《科学中的革命》

作者：科恩

译者：鲁旭东、赵培杰、宋振山

申明:本书由清风免费电子书下载（Www.vipcn.Com）自网络收集整理制作，仅供预览交流学习使 用,版权归原作者和出版社所有，如果喜欢，请支持订阅购买正版.

谨以此书

献给

我近半个世纪的朋友和同事

亨利-格拉克

献给

我的良师益友

恩斯特-迈尔

献给

我从事科学革命研究的朋友和研究生

鲁伯特-霍尔和玛丽-霍尔

以及保罗-罗西

前言

这部《科学中的革命》.对四个世纪以来的革命这一概念进行了历史探讨和分析研 究。这么复杂的一个课题，由于所涉及的事件、人物以及思想等等如此之广，因而似乎 需要从不同的角度进行大量的研究。首先要做的就是，分析一下从一种富有革命性的思 想的萌动开始到相当多的科学家们接受并运用一门新科学为止这一过程中，科学革命发 展的各个阶段.对于科学中的某一组特定的事件是否构成一场革命这类问题的判断，肯 定是因人而异的。而我，则为是否发生了科学革命，提出了一组判断标准 组以历

史证据为依据的标准.我所说的那些阶段和标准（本书的第2章和第3章分别对它们进行 了概述），构成了本书的分析框架。

本人运用这一框架，批判地考察了现代科学存在以来的四个世纪中所发生的一些重 大的科学革命。导论部分所论述的是，这四个世纪各个时期的政治革命或社会革命，以 及当时革命留给人们的普遍印象，因为我发现，在科学语境范围内，“革命”这个词的 出现，总是既反映了一些有关政治革命和社会革命的流行理论，又反映了人们对实际当 中业已发生的革命的某些认识。所以，我对这里所讨论的每一场科学革命的思考，都是 以社会革命和政治革命作为背景知识的。

我们必须把历史上人们对革命的看法与历史学家对革命的看法区别开。前一部分所 包含的是，人们在革命时期以及随之而来的各个时期中的观点，这一部分都是一些客观 的历史事实和资料：而后一部分所包含的则是，人们目前的一些主观的看法.当然，对 于本书所讨论的每一场革命，我也作过一番主观的、史学家式的评价。不过，我在每一 个例子中也都强调了历史证据的重要性。几乎在每一个事例中，这两方面都是融合在一 起的：那些通过了历史证据检验的革命，在今天的历史学家（和科学家们）的眼中，仍 会被看成是革命。不过，通过历史证据与历史学家所作判断的比较，也揭示出了一些令 人迷惑的异常现象。

尤其应当指出的是，对历史证据的研究表明，科学革命这一概念，像革命这一概念 本身一样，并不是、也没有成为固定不变的东西。例如，本书所提供的文献资料就证明 r：在科学进步是以渐进増长的方式为主还是一系列革命的结果这一问题上，科学家们 和史学家们的规点是木断变化的。除『对科学革命总的看法方面有变动外，人们在判断 某些特定的事件是否具有革命性这方面的观点，也是不断变化的。哥白尼革命就是一个 很恰当的例子.那种认为随若1543年《天体运行论》的出版天文学出现了一场革命的看 法，只不过是18世纪天文学家们幻想的产物而已：这种看法曾流行一时.以致于哥白尼 革命一度成了科学革命的范式。然而，史学家们对历史证据的批判性考察证明，那根本 不是什么哥白尼革命，它充其量可以被称之为是一场伽利略和开普勒革命。

时过境迁，甚至对于一些伟大的政治革命的意义及其重要性，人们的认识也会发生 根本性的转变.在《人权论》（1791）中，托马斯•潘恩解释『美国独立战争和法国大 革命怎样把一种新的革命性思考引入『政治科学之中。潘恩之所以闻名于世，主要是因 为他在美国独立战争期间所写的那些小册子，他最著名的著作有：《常识》以及《危机》 等等，他的《人权论》则是作为对埃德蒙伯克的《法国革命感想录》（1790）的答复而 写的。从美国和法国的一些事件中，人们对于革命有了新的认识。潘恩对这种新的观点 的解祥就是一个典型的例子，它说明，政治概念的产生不仅与理论有关，而且与现实当 中发生的事件有关：

以往号称的革命，只不过是更换几个人，或稍稍改变一下局部状况。这些革命的起 落是理所当然的，其成败存亡对革命产生地以外的地区并不能发生什么影响。可是，由 于美国和法国的革命，我们看到现在世界上事物的自然秩序焕然一新，一系列原则就像 真理和人类的存在一样普遍，并将道德同政治上的完美以及国家的繁荣结合在一起。然 而，到了 1853年，亦即以上论述过了不足半个世纪，朱塞佩•马志尼就不再把法国大革 命看作是进步的政治活动的梏模他写道（1907,251）： “法国的进步是依赖其自身 的力量把自己从18世纪和旧的革命中解放出来的他论证说，法国大革命“不应当被 看作是一个行将实施的计划，而应当被看作是一个活动的总结：它不应当被看作是一个 新时代的开端，而应当被看作是一个即将灭亡的时代必经的垂死阶段。”到了 19世纪甚 至到了对世纪，革命的目的就是去完成法国大革命未竞的事业，关于这一点，可以在马 克思、恩格斯以及许许多多20世纪的革命理论家的著作中十分清楚地看到.［奇+书+网］

英国政治的历史给人们提供了两个明确的例子，它们说明，某些事件曾被当成是革 命，而随若时间的推移，这种情况又被改变过来『°换句话说，科学中的革命并非总是 一种表现为革命的不断变革。对于18世纪的历史学家和政治理论家来说，1688年的光荣 革命一是政治革命的典范，然而到了今天，它似乎已经不那么具有革命性了。美国独立 战争，亦即现在通常所谓的革命战争或独立战争，也是如此.与此相反的是，17世纪中 叶的英国革命一般根本不被看作是一场革命，而且，这种状况一直延续了 200年。不过， 在19世纪和20世纪的一些评论家们看来，英国的这场革命不是一场像光荣革命那样的政 治革命，而是一场夭折了的社会革命.从17世纪末以及18世纪有关革命的文献中，从法 国大革命到马克思时代这半个世纪左右的文献中，从马克思时代到列宁时代的文献中， 从1917年俄国革命以后的几十年中以及本世纪SO年代。60年代、70年代到80年代的有关 文献中，人们也许可以看到，对于革命由什么构成这一问题的认识，也是因时代不同而 相去甚远的。这些变化，在有关科学革命的讨论中也有所反映，这一点并不奇怪。

从历史的角度对（无论是科学的还是政治的）“革命”这个词的起源及其相继而来 的词义的讨论，看起来也许是抽象的、且臺无党派偏见的，然而，一个简单的例子就将 表明，情况并非总是如此。在其《穆斯林的革命概念》（1972, 37-38）这篇论文中， 伯纳德•刘易斯讨论了古阿拉伯语中“众多表示造反或起义的词”的来源，其中也包括

“thawra”这个词。他写道：“在古阿拉伯语中，th-w-r这个词根的意思是，站起来

（例如一头骆驼那样），或者，受到鼓动或激励从而…奋起反抗。”随后，刘易斯解耗 说，这个词“常常被人们用于建立一个小的、独立的主权国家这类语境之中”，而且这 个词的名词形式，“例如在……'一直到这股兴奋的劲头消失了为止’这句短句中，首 先意味着兴奋的状况” 一一刘易斯说，这是“一个非常恰当的介绍爱德华-塞德在 回答刘易斯时（197, 315）问道：“除非显然是为了让现代语名誉扫地，否则，为什么 要给现代阿拉伯语的革命一词在词源上找一个表示骆驼站起来这种情景的词根呢？ ”塞 德断言，“刘易斯的推论二其目的显然是要“贬低当代对革命的评价，把革命贬低成 只不过像骆驼自己从地上站起来那样，没有什么伟大（或美妙）可言。”如果我们想象 一个相反的情况，即东方学者也许会由于西欧或美国的革命概念本身是从某个（如复归 或潮涨潮落等贿关周而复始的观念中发展出来的，因而十分轻蔑地批评这个概念，那么， 我们或许就能理解塞德的批评所具有的说服力实际上，按照塞德的理解，刘易斯的 词源学观点带有他称之为“东方学”的思想风尚的色彩，这种思潮是“一种对东方进行 控制、重组和行使锵权的西方时尚。”塞德认为，刘易斯对词源的讨论，反映J'他的政 治立场和社会立场，他的这种立场致使他把“thawra这个词与骆驼的站起，更普遍地， 与兴奋”联系在一起，而不是与“为生活的理想而斗争”联系在一起.在我有刘易斯此 文的那部书的编者前言中，情况显然也是如此。编者说，“在中东，为独立而进行的斗 争和激进的活动，即comp d'etat,起义和造反”，与西方人所理解的革命一词并不相符 （瓦里基沃第斯，1972, II）.编者提出的理由是，“西方人认为有权反抗腐败政权， 而这种观念是与伊斯兰教的思想相抵触的。”

我最初开始写这本书，是为了对（16世纪和17世纪）科学的革命、对作为科学进步 模式的科学革命这两个概念的起源和相继产生的用法加以探索。我发现，许多历史学家， 甚至包括一些科学史家在内，都以为这两个概念是在我们这个时代产生的，那些使用这 些概念的科学史家们搞错『年代，试图把过去的事件强行纳入20世纪的模式中。在研究 中，我从过去四个世纪的每个世纪中都发掘出了讨论科学革命的例子，而且它们涉及的 至少是19世纪初以前的科学革命，我在此时的惊讶读者或许不难想象。由于历史学家对 这方面的资料并不完全了解，科学家、哲学家和社会学家亦是如此，所以，在本书中， 按年代顺序对这些概念用法的记载占『很大的篇幅。

我在《思想史杂志》（1976. 37： 257-288）上发表的一篇文章中曾经介绍过我最 初的一些发现，我原打算把这篇论文扩展成一部小型专著。不过，正如托马斯•曼（在 为其约瑟夫丛书所写的序言中）以及其他许多学者所说的那样，“Fatasuahabcntli belli”（“书有书之命”）。堆积如山的证据资料，促使我完成了这部批当庞大的著作。 即使如此，我的发现也并没有全部用上：我可以把这部书写得更长些，长到现在的三至 四倍。仅有关第一次世界大战和俄国革命以来的革命问题，就足以成为一部专著的主题。 不得已，我只举出了一些精心筛选过的实例，在我看来，它们有些是现行观点的典型， 有些则具有特殊的意义。

本书是一项具有双重目的的庞大的研究计划的一部分.在一定程度上，我所关心的 是探讨和阐明从事某一学科事业的人运用另一学科的观念（概念、方法、理论、工具等） 进行工作的创造性过程。我在另一部著作《牛顿革命》（1980）中，曾对这种研究给予 了高度重视。我在那部书中强调指出，“观念转变”的学说是革命过程的一个关键的组 成部分。不过，在本书中，我对转变这个概念的使用作了限制，以避免使读者首先对有 关科学革命的长篇分析和科学革命的编年史感到兴味索然。至于对科学革命中概念转变 的进一步分析，我把它放在后面的研究中。我的研究的第二个目的，就是要解释并分析 自然科学、精密科学与社会科学和行为科学之冋的相互作用。本书把历史研究与分析研 究融为一体。我的目的并不仅仅在于，用一些特殊的事例去鉴定和研究某一学科的一种 观念被另一学科采用时所发生的那种一般的转变过程：除此之外，我还打算分析一下社 会科学的“科学”基础，并且要考察社会科学界是怎样运用科学来证实科学发现在公共 政策问题中的适用性的。尽管人们一般以为，思想的流通往往都是从自然科学和精密科 学走向社会科学和行为科学，但是在许多很有意义的事例中，却也存在若方向相反的流 通情况。这本论述革命的书之所以涉及这个论题，是因为“革命（evolution）”这个 概念和名词源于科学（天文学和几何学）“，转而又进入了论述政治变化和社会变化的 领域，从而经历了一场很有意义的初始变化。正如本书的文献资料所表明的那样，革命 这个变化者的概念，反过来又从社会科学及有关政治理论和政治活动的各种文献中返回 到对科学变化的讨论之中。正因为如此，本书要对一个有关这两个研究界之间关系的领 域进行探讨。

本书通篇所论述的，就是政治革命（或社会革命）这一概念与科学革命这一概念之 间的相互作用，当然我也充分地意识到，应该对这个课題进行更为全面的探讨。早在17 世纪，甚至在现代的非循环意义的革命概念得到普及之前，许多作者就寻求用政治类比 来解释科学的进展。当然也存在着相反的论题，即科学和科学革命有可能对政治革命产 生影响，这个论題我曾提到过，但未加以探讨。众所周知，马克思、尤其是恩格斯，把 他们的革命运动看作是“科学的二“科学社会主义”、“科学共产主义”这些术语， 经常在马克思主义的（特别是苏联的）文献中出现，不过，据我所知，对于“科学的” 这个词的此种用法在多大程度上依赖于国内科学界通常理解的“科学”这一概念的用法， 尚无严格的估价。

虽然科学革命概念的变化这一论题贯串本书始终，而且它也的确就是本书的主线， 但许多读者还是会发现，那些各具特色的革命案例史是饶有趣味的。本书的大部分都是 由这些案例史组成的，它们描述了一些标志着现代科学发展的伟大革命，其中的一些具 体事例展示了我所发现的革命的几个不同阶段，它们还为一系列独特的事件是否就是革 命提供r证据。此外，这些案例史还说明r,政治革命的想象和流行的革命理论曾经怎 样制约了（并且还在制约着）人们对科学革命的认识.法国大革命前和大革命后世人对 革命的看法,就是一个明显的例子。另一个例子是，那些确认并且记述过一场从板块构 造和大陆漂移等新思想中产生的地球科学革命的科学家们，曾经受到库恩著作的影响。

在大部分案例史中，我喜欢复述那些引起或参与革命的科学家们以及那些没有参加 革命的旁规者们对革命的表述，但没有在每一个事件中明确地解释某个人心里所想的可 能是什么。这里的问题有两个方面。首先，我们并不确切地知道某一特定的科学家心里 所想的可能是什么：其次，（在本书的大量例子中）许多科学家对某一具体的科学革命 或一般意义上的科学革命都有过非常明确的阐述，但却未必提出过一项有关革命乃至科 学变革的大概模式的严密而完整的理论。这样一种作法，例如，把阿尔伯特-爱因斯坦 1905年和1906年对科学领域中的革命的评论，与著名的1905年俄国未能成功的革命中的 事件以及那些想彻底改革俄国社会的理想主义的希望联系起来，是很有吸引力的：同样 具有吸引力的是，他否认相对论理论范围中的革命的那些论述，也可以用来说明其对19 17年俄国革命时的暴力行为、对第二次世界大战后不久德国流产的革命、包括柏林街头 的战斗等一系列暴力行为所持的反对态度。必须应予考虑的是，爱因斯坦反对报纸给他 涂上过多的革命色彩：这种作法无疑促使他赞同这样一种观点，即他的工作是进化性的 而不是革命性的。在评价爱因斯坦的科学革命观时，有一点要切记在心：爱因斯坦对革 命和进化的全部论述，都是在一些孤零零的只言片语中出现的，而且，它们往往都是对 别人论述所作的答复：我不知道他关于科学发展过程有过什么完整的论文、信件甚或十 分成熟的详尽的短论，关于科学革命的论述就更不用说了。在过去三个世纪中表述过自 己对具体的科学革命或一般意义上的科学革命的看法的其他科学家们，大概也是如此。 所以，我在每个实例中为读者提供的，都是现今对革命的表述。不过，读者不难认识到， 在涉及某一特定的科学理论时，硬要求某个人或某几个人对革命的每一陈述都与“革命” 这个词的含意相一致是没有道理的。

最后要说的是，我常常以一种也许过于自信的方式谈到我的那些发现。我知道，在 许多情况下，我都应在叙述中加上“就我所知”或“就目前我的研究所表明的”这类短 语。是否还有比我所发现的更早的例子呢？我决不想妄称，我的研究是详尽无遗的，这 种课題是不会有这样的结果的。但愿那些获得r进一步信息的读者们也能通知我，以便 我在本书以后的版本中加以更正。

读者们会很自然地希望知道，这本书与T. s.库恩的《科学革命的结构》以及其他 一些著作有者怎样的关系。许多读者都会意识到，在使科学家和科学史家的思维发生转 变、使他们转而相信（或使他们重视）革命是科学变革中的一种规律这一观点方面，库 恩的著作有若极为重要的影响。所以，在我这本科学革命的概念史中，库恩的著作可算 是一项重要的历史事件。库恩分析中的一个主要论点就是，所有种类的科学变革，包括 革命在内，并非像恩斯特•马赫以及其他一些人所设想的那样是观点竞争的结果，而是 由接受或信仰这些观点的科学家们造成的。这个论题，是我根据对发展的四个阶段的分 析提出的：我发现，这四个发展阶段是所有科学革命共有的性质。最后，我同意库恩这 一总的看法，即革命就是一组科学信念的转换——用库恩原来的术语讲，就是“范式” 的转换：库恩原是在此种语境中使用这个术语的，但我觉得不幸的是，他这个词用得很 模糊，而且是在数种完全不同的意义上使用的，所以，他后来放弃了这个词.

不过，我在本书中并不打算讨论库恩归之于“科学革命的结构”的一些特定的性质。 例如，我不打算探讨科学中的革命必然是由危机促成的这一命题,因为我发现，这个命 題的例外太多以至难以成立。对于他别的体系的细节亦是如此。我也不打算探究库恩改 变“范式”、“范例”、“专业基质”等词之间的差别这个问题。有据可査的实际情况 是非常有趣的，虽然库恩的体系已经成『科学史家们讨论、批评或赞同的重要话题.但 是科学史学家们（包括库恩本人在内），却不打算在其现行的著作中利用库恩的框架。 因而，库恩对哲学家和科学社会学家（以及迥然不同的领域中的学者如政治理论家们） 的影响，似乎比对科学家和当今的科学史家的影响更为强烈.不过必须指出，对于史学 家来讲，近年来地球学中的革命却是个例外。［清参向莱因戈尔德（1980）对库恩体系、 对科学史家们所承认的历史的一流的分析性介绍，他的介绍虽有不散之处，但并无恶意」

库恩一而再、再而三地谈及小型的革命和大型的革命.所谓大型的革命是指那些一 般在科学论文中被承认是革命的事件，例如，那些与哥白尼、牛顿、拉瓦锡、达尔文以 及爱因斯坦等人联系在一起的事件。而库恩所谓小型的革命，可能也包括诸如二十几位 科学家用一个新的范例取代一个已被接受的范例这类情况。在公开的讨论和公开发表的 论著中，库恩强调了这些小型革命的普遍本质。不过在我的著作中，我愿把精力集中在 那些规模较大或更为显著的革命上。我这样做的理由之一是，我所阐述的确定革命何时 发生的客观方法，恰好适用于科学中那些与政治革命极为相似的革命。

读者也许会察觉到，我既非哲学家，也非科学社会学家。作为一个史学家，我的目 的是进行一种批判性、分析性的历史研究，而不是去争论库恩体系或其他科学哲学家体 系或科学社会学家体系的是非功过。简而言之，我的目的虽然与库恩的目的有所不同， 但肯定会有交叉。本书决非是另一部讨论库恩之“结构”的著作：相反，本书是从一种 新的、严格的史学观点来考察科学革命这一课题的尝试。

我在前面引用r托马斯-曼和其他人说过的一句拉丁文名言，以表明这一众所周知 的现象：书有书之命，书籍的产生是由研究和写作内在的逻辑决定的。正值本书付梓之 际，我意外地发现了对这种现象来说更为全面、更为确切的这样一句话，它出自特伦西 努斯-莫鲁斯的《论贺拉斯作品多变的音节和格律》（第1286行）：Procaptu iccto rishabcntsua fata libclli.-它的意思是说，有谁能否认书的未来取决于读者对它 们的承认呢？我希望，本书能使读者得到一定的满足，当然也欢迎大家的批评指正，以 便促进进一步的研究和思考。如果这个富有魁力的有关革命的课题能够引起学者们的注 意，那么本书潜在的目的也就完全达到了。

I.伯纳徳•科恩

致谢

这些年来，本人受恵于许多同行、朋友和学生，如借姆斯•阿德勒、彼得•巴克.

洛兰.J.达斯顿、乔伊•哈维、迈克尔•海德尔伯格、约瑟夫•杜本、斯蒂尔曼•德宙克、 亨利-格拉克、皮埃尔-雅各布、杰勒德侨兰德、罗伯特-普罗克特、巴巴拉-里夫斯、 琼•理査夜、雪莉•罗以及弗兰克•萨罗韦，他们有的使我注意到了过去四个世纪中一 些讨论科学革命的事例，有的为我解答了一些疑难问题，承蒙以上学者鼎力相助，特此 深表谢意。本书曾经不少好友和学术界同行审阅斧正，其中有：杰德・Z.布赫瓦尔德、 彼得•加里森、欧文-金格里奇、约翰•海尔布伦、杰拉尔德-霍尔顿、厄体技-马文、 阿悬•米勒以及诺埃尔•斯韦德罗，他们审阅的部分从一章到数革不等。此外，约瑟夫 •杜本、理査德•克布默和罗伊•波特这三位学者在本书最后定稿前通读了全文，他们 的批评意见使我获益匪浅。

朱莉娅•布登兹和安妮•米勒•恵特曼均为我多年的挚友.在撰写本书过程中，我不 断得到朱莉惭布登兹的大力支持，她参与了我各个部分的研究工作，直至本书完稿。若 无她的帮助，要完成这部综合性的长篇著作恐怕难以想象。而安妮-米勒-恵特曼则像 以前一样，其才智和洞见再次使我大受神益。本书是在我失去了夫人弗兰西斯•戴维斯 爱的支持和颇具创造性的评论后完成的第一部著作，在此情况下，她们二人的贡献就更 显得有意义。在研究初期，克里斯蒂・I.麦克拉奇斯曾做过我的研究助手。我非常感谢 黛安・Q.韦布、德博拉•库恩和克里斯丁 •彼得森这三位学生，他们协助我核对了正文 并配齐『参考文献。著作目录最后的收集整理和核对工作由伯莎•亚当森和D. L.巴坎 完成。萨拉•特蕾西为本书编制了索引。

特别需要一提的是哈佛大学出版社的黄事阿瑟•罗森塔尔，当我情緒低落需要重振 精神之际，他向我伸出J'援助之手，他的这份情谊令我永世难忘。苏珊华莱土是位具有 难得的鉴赏力和洞察力的编辑，在本书写作的各个时期，华莱士的重要意见对完善本书 起到了相当的作用。

最后，我裏心地感谢斯宾塞基金会在此项研究的初级阶段给予我的支持，本书的写 作正是以此支持为基础的。在过去数年中，对我在科学中的革命这一课题的研究工作以 及包括这一课题在内更大的项目的研究工作的主要支持，来自艾尔弗宙德・E.斯隆基金 会：很难想象还会有哪个基金会能够比它更体谅自己所资助的人。

第一章导论

今天，我们往往会理所当然地认为，科学及其与之相随的技术，是通过一系列的革 命性飞跃而进步的，这些飞跃亦即巨大的跃进，使得我们对自然界的看法焕然一新了。 那么，就对科学进展的描述而言，革命是否已经成为一种总能够盛行不衰、并且总能够 令人满意的描述方式了呢？那些富有创新精神的科学思想家们，例如开普勒、伽利略、 哈维等人，是否确信他们本人的工作（从我们今天使用革命这个词的意义上讲）是革命 的呢？与达尔文、弗洛伊德、爱因斯坦同时代的人是否认为这些科学家的理论都引起一 场革命r呢？也许，他们不喜欢把科学进步看作是那么富有戏剧性的？社会的和政治的 变革.例如法国大革命和马克思主义的兴起等，对于科学家、哲学家以及历史学家们对 科学革命的思考会产生什么样的影响呢？由于这些人的着眼点全都放在r过去那些伟大 的科学革命上，因而令人惊讶的是，几乎没有什么学者谈到过这类问题一而这些问题， 作为科学变革的一个特征，是与革命这一观念的历史演变密切相关的。我对这些问题充 满了好奇之心，正是这种好奇心促使我撰写了本书。

本书的主要内容，就是论述17-20世纪科学革命这一概念的编年史和这一概念前后 相继的变化情况：我从这四个时期的每一个当中挑选出了一些主要的革命事例进行说明。 我之所以选择这些革命的事例，或者是因为它们本身固有的历史重要性（例如哥白尼革 命、牛顿革命、达尔文革命以及爱因斯坦革命等事例那样），或者是因为，它们与阐明 或例证我所说的所有科学革命的主要特点有关联。

我并非只是以我自己的个人评价，甚至也不仅仅是凭借与合格的历史学家保持一致， 去断定哪些历史时期构成了科学上的革命时期：我是以历史证据作为依据的，我既要依 靠历史事件的参与者和同时代的目睹者们的判断，也要对延续下来的传统加以考虑。例 如，以下这些均为历史事实：在18世纪初，丰特奈尔明确地指出.微积分的发明是数学 中的一场革命：1773年拉瓦锡宣布，他的研究纲领将导致一场革命：1859年，査理•达 尔文为赖尔的地质学革命而欢呼，并且预言，如果人们接受他本人的思想，那将引起一 场“相当可观的自然史革命同时代的文献表明，拉瓦锡和达尔文的彻底改革以及相 对论和量子论，很快就被公认为是场革命。此外，今天几乎所有的科学家和科学史家们 对过去都有这样一种一致的看法，即所谓革命就是对科学思想进行一些重大的重新组合。 当然，这种意见的一致并未使这些事件成为革命：我们将在第3章看到，那些追加的检验 可用来帮助我们确定，什么可以看作是革命，什么则不行：我们还可以（在第2章中）看 到，革命思想发展过程中那些截然不同的阶段，就是科学革命是否确实发生了的象征。 除了这些问题之外，人们对于全面的历史记录不可能存在什么争论：它表明，在现代科 学开始进入成年时起至今的大约300年间，科学发展中的那些重大事件在思想上和实践中 都被看作是革命。本书的主要任务，就是对那些事件、对把它们视为革命的那些说明加 以描述和分析。

科学革命的定义问题

给“革命”下定义这个问题，困扰着几乎每一个有关政治革命和社会革命的讨论， 在有关科学革命的文献中也渗透着这个问题。我并不想在本书中展示一种严格的“革命” 定义或“科学革命”定义，尽管我讨论了所有科学革命都具有的一些特征，例如，它们 发展所经历的几个阶段、可作为证据来验证它们是否发生过的检验标准以及革命性变革 产生时思想观念的转变等。虽然，对于我在本书中视作革命并加以论述的例子，人们也 许不会有什么不同的意见，至少在所有相信确实存在着科学革命的那些学者们当中是如 此，但是，对于如何精确定义所有这些革命共有的特点，大概就没有一致的看法了。 有关革命由什么构成以及革命如何定义的讨论尽管与历史有关，但它毕竞是哲学问题。 我知道我自己不是一个哲学家，而作为一位史学家我总是小心谨慎控制住自己，不去喋 喋不休地妄加评论。在彼得-布赖恩-梅达沃和琼-梅达沃所著的《亚里土多德到动物 园：哲学家的生物学词典》中，有一段关于定义的讨论（198, 66）很有启发性：

在那些规范的语境中，定义是无比重要的，例如在数理逻辑中，定义就是用一种符 号代替另外一种或另外几种符号的规则，但在日常生活中，在诸如生物学这样的科学中, 强调定义的重要性就是言过其实事实决非是：如果全部专门术语未曾作过精确的定 义，那就谈不上进行论述r：真若如此，也就不会有生物学了。精密科学如数学、理论 力学、理论物理学以及天文学和部分化学领域，都有若源远流长的传统，而定义在传统 中已经变得至关重要r。在这一点上，生命科学与它们不同。不过，倘若并非所有的科 学都需要精确的定义，那么无疑也就没有理由去坚持，科学史必须像是科学的一个组成 部分而不是別的。

有据可査的资料表明，“revolution-这个词最初是作为一个精密科学的专门术语 流行于世的，长期以来，它在这个领域中曾经有过（而且现在仍然有着）一种与“突然 的戏剧性变化”截然不同的含义。Revolution这个词的意思是重复（如一年四季那样的 循环运动），或者涨落（例如潮汐的运动）。因而在科学中，revolution意指所有永恒 的变化，无休无止的重复，以及可作为完全重新开始的起点的终点。这就是我们会想到 的“行星在它们的轨道上运转”这类短语的含义。无论如何，“科学的革命”或“科学 中的革命”这类措词，却不具有这种连续性或持久性的含义：相反，它所指的是，连续 性的打破，已经可以承前启后的新秩序的确立，旧的、为人熟知的事物与新的不同寻常 的事物之间的分水岭等。历史学家的任务就是査明一个含义为持续性和重复发生的纯科 学术语，在何时和怎样转变成『一个表示政治和社会经济事物中的剧烈变化的词语，进 而去发现，这个异化了的概念以何种方式反过来又被用于科学自身。这组转变决非只是 一种术语用法上的变更。它表明，在我们对人和社会活动的分析中，在我们心目中的科 学家和科学活动的形象之中，已经发生了一种深刻的变化。

从18世纪到我们这个时代，许多科学家都在其著述中把他们自己的创造看作是革命， 但是哥白尼和牛顿却没有这样做。牛顿及其前辈们之所以没有承认自己的事业是革命性 的，其部分原因在于，他们的工作是在“革命”这个词普遍应用于科学领域之前完成的。 不过，还有更深一层的理由：在现代科学最初100年左右的时冋里，许多伟大的富有创造 性的科学家们，更愿意把他们自己看作是古代知识的复兴者或重新发现者（与他们同时 代的人甚至也这样看），他们甚至认为自己是改善和扩展知识的革新者，但不认为他们 自己是我们今天通常所说的那种革命者。

18世纪初，在丰特奈尔认识到数学中己经发生了一场革命后不久，牛顿的《原理》 就被看作是构成了物理学中的一场革命，又过了没多久，罗伯特•西默宣布，他己经发 动『一场电学革命。这些事件发生时，政治意义上的革命还有着一种温和宽厚的内涵。 以后，法国大革命走向J'极端，进入『恐怖时代，以至于“革命”变成了一个与其说是 表述飞速发展的词，莫如说是一个令人毛骨悚然的词.曾齿参与法国大革命而受到政治 迫害并于1794年移居美国的约瑟夫-普里斯特利，为我们说明了 18世纪末人们对革命的 态度是怎样发生变化的。在给与罗伯特•富尔顿共同研制汽船的政治家、发明家R.利文 斯顿的一封信中，普里斯特利对他的这件收信人“在纸的制造方面最有价值的发现“表 示祝贺（斯科菲尔德1966. 300）。“如果您能成功地把纸漂白，”普里斯特利写道，

“您将在整个造纸业中引起一场革命。”此信写于1799年，普里斯特利没有忘记当时人 们对革命的普遍反感，所以他马上加『一个注释表示歉意，他说，利文斯顿的创新决不 能“在此时此刻被称之为革命。虽然它很值得称赞，但这样说只能使它名誉扫地。但是 不管怎样，这种说法对我来讲还不是不可接受的，

19世纪《共产党宣言》的发表，1848年的革命，以及第一国际的成立及其世界革命 的计划等，使得那种认为急剧的变革是与暴力活动联系在一起的思想又死灰复燃了。由 于革命的负作用在生活于19世纪50年代的大部人的心中造成了不良影响，因而，英国和 爱尔兰的科学家如达尔文和汉密尔顿等把他们各自对科学的重视称之为旧的温和意义上 的革命（仿佛新的政治上的迫切要求对科学变化的形象没有什么影响似的），也就不足 为怪在欧洲大陆，科学家的反应却截然不同。 在20世纪，俄国革命这一充满了戏剧性的事件，以及可能即将来临的世界共产主义 的幽灵，使有些人，其中有些是科学家，有些不是科学家，被例如爱因斯坦的相对论这 样的所谓激进物理学的“布尔什维主义”惊呆了。毛泽东的学说和中国革命以及后来出 现的“文化大革命”与我们这个时代相隔不久。他们又使革命活动的概念和形象发生了 变化.

政治革命与科学革命的比较

自问世纪以来，政治理论和伴随有急剧的社会结构变革的政治事件，对科学革命的 概念有着深刻的影响。因此，了解以下问题也许是不无益处的：哪些政治革命（和有关 的理论顺特有的性质，在今天我们大部分人公认的科学革命概念中得到了体现？哪些被 证明是不适用的呢？对这两种类型的革命的比较将会表明，这二者比我们最初所想象的 更为相近。（后面的补充材料1. 1为读者提供r一些资料，它们说明，在历史上人们是 怎样看待政治革命与科学革命的比较的。

所有政治革命共同具有这样一个特点，即含有“新”的因素，正如汉纳•阿伦特

（1965）坚持认为的那样。“现代的革命概念，”她写道，与“历史过程会突然再现这 一看法有若密不可分的联系因此，革命意味若“一种全新的局面、一种鲜为人知或 闻所未闻的情况即将呈现出来。”然而我们将看到，在科学革命中，新与旧之间的转变 存在着某些中间环节.在政治革命中也存在若这种联系，尽管这种联系也许不那么密切。 不过，看来与常识相矛盾的是，这种特点并不会使科学革命或政治革命的作用的强弱和 影响的大小受到损害.

很明显，在确定某一系列的事件是否“真的”构成了一场革命时，必须对新事物的 深度和广度作出判断.也许，正如佩蒂（1938, ii）所指出的那样，从法国大革命和俄 国革命这样的“伟大革命”到“麦克佩斯谋杀邓肯一世这样的宫廷政变”，都有若一个 连续的阶段。然而在其他人眼中，coups d'etat或宫廷政变也许会被看作是“反叛行为”， 它们不包括任何根本性的政治的（即政治制度的）或社会的变化。因此，从某种程度上 洪，指明某一特定的事件为革命，不仅依賴于判断变化种类（是否有政治制度的变化） 的客观标准，而且还依救于个人对变化程度的判断。这后一个因素有碍于任何对革命作 出普遍适用的定义的尝试。

凡是研究科学革命的人很快都会发现，这些事件也像社会革命、政治革命以及经济 革命一样，有若不同等级，按其重要性可以分为重大的革命和小型的革命。有些大规模 的变动，使得某一门学说全都受到影响，不仅如此，有的影响甚至波及到其他学科的解 释模式和思维模式，例如像达尔文革命或相对论和量子力学革命所表现出来的那样。另 外还有一些较小的革命，它们也许只对某一门学科的一部分有着非常深刻的影响，但并 不影响这一门学科的整体思想或其他学科的思想：主要由威廉•冯特促成的新实验心理 学基础中的革命，就是一个例子。乔治•盖洛德•辛普森（1978, 273）,在评论大陆漂 移理论初期所面临的反对意见时，试图确切地划分革命的等级，在评论中，他把“物理 地质学”中的这一变化称之为“较大的次等革命，读者们会发现，这种说法令人费解， 因为辛普森并未解释那些可能造成“较大”革命或“次等”革命之分的细微差别，他也 没有指明在较小的革命与较大的次等革命之间或许存在的那些差别。这种把革命分成不 同等级的倾向，早在18世纪就开始出现了，当时，天文史学家J. -S.巴伊讨论了一些 大规模的革命，如他所认识到的由哥白尼、牛顿导致的革命：他还讨论了伴随着新的观 察仪器被采用而出现的较小的革命，这种情况有可能导致一种新的思维方式或一种新的 知识基础。

新的仪器也有可能引起大规模的革命性影响.望远镜的发明所带来的影响就是如此。 在其笔记和其著作《星际信使》（1610）中，伽利略记录了月球上的山脉，从而确i正了 —用他的话来说一一 “月球像是另一个地球这一古老的毕达哥拉斯派的观点。”作为 一个坚定的哥白尼学说的信徒，伽利略不知不觉地从他所观察到的月球阴影区内的光亮 点和黑斑中，得出了有关月球表面情况的结论，他设想.月球的表面与地球的表面是相 似的。当他通过新发明的望远镜注视月球时，他“看到了”与地球上类似的情况（参见 科恩1980, 211 — 215）。伽利略发现，木星有四个卫星.这一发现对天文学来说是一项 重大的成果。地球怎么能以惊人的速度（大约每秒20英里）围绕太阳运动而又不失去其 月球呢？在伽利略时代，这个疑难问題成了反对地球有可能沿轨道运行的一项有力的证 据。伽利略也许永远解决不了那个难题.但是他发现，木星在运动时并未失去四个卫星， 这就使那种认为如果地球运动就不可能不失去其卫星的反对意见不再有什么说服力了。 随后伽利略发现，太阳上有黑子而且太阳也在自转。他观察到，金星也像月球一样有不 同的相位，他从金星的相位与其外观大小之间的对应关系中推出这样一个结论：金星在 围绕太阳运行，而不是围绕地球运行.他还发现，许多“星云状物质”只不过是一些很 模糊的星星的集合物。这些星星，人的肉眼是觉察不出的，而天空中还有无数颗星星， 它们在望远镜发明以前从未被任何人看到过。

天文学从来就不是一成不变的.不过，天文学中的这些革命性转变（包括对托勒密 体系的错误所作的直观说明在内）.并非是由望远镜“导致”的，而是由伽利略精神导 致的。伽利略吸收了哥白尼学说，并且通过望远镜进行了观察，在此基础上他得出了一 些非正统性的结论，而伽利略精神正是这种结论的产物。望远镜使天文学的数据库在种 类、规模和范用方面发生了巨大的变化：然而这些数据内部和它们自身并没有构成一场 科学革命.

对计算机来讲，情况就不同了，计算机像概率和统计学一样.已经对科学的思维和 理论的形成产生『根本性的影响，为世界气象学提供的那些新的计算机模型就是一例。 这就是说，伽利略通过望远镜使数据发生的变化，是需要放弃传统的理论并接受新的理 论的，可是，它们对理论与实验数据的相关方式并没有产生根本性的影响。与此形成对 照的是，概率的引入导致了一种新的理论一事实上这是一门新的科学，在这种理论中， 因果一一对应的传统基础被一种统计的基础取代了。计算机的使用也是如此，因为逻辑 上相关的命题和形式数学陈述已被综合的计算机模型取代r.

除了新以外，科学中的革命与社会政治革命都具有的另一个特点是改宗现象（有关 改宗问题的讨论见本书第30 $）«有一个例子足以说明科学改宗者的革命热情。1596年， 在《宇宙的奥秘》（1981, 63） —书初版的前言中，开普勒描述了他改信哥白尼天文学 所经历的几个阶段，对这个问题，他在该书的头两章又进行了详述。他相信，上帝已经 给他指明：哥白尼体系为什么会创造出来，它是怎样创造出来的，为什么只有6颗行星而 “不是20颗或100颗”行星.以及为什么这些行星位于它们各自的轨道上，为什么它们有 着它们所显示出的那样的速度，等等.以后.他用我们今天所说的开普勒第三（或和谐） 定律进行了解释。可是在1596年，他正在着手证明的是，创造了世界并且管理着宇宙的 秩序的上帝，早已考成到了 “自毕达哥拉斯和柏拉图时代以来为人们所知的5种规则的几 何体后来他写道，他对哥白尼的日心说体系怀有“这样一种敬意：既然我已经在我 的内心深处证实它，而且，既然我注意到它具有无可置疑和令人欣喜若狂的完美特点， 我就应该当着我的读者们的面竭尽全力为它辩护°” 政治革命与科学革命的比较并不限于热情这类内在因素的范围。例如，每一场政治 革命都有一系列的与接管权力机构有关的武力活动.这是它们的主要特点。査默斯-约 翰逊（1964 , 6）则明确地指出，“那些并非由改变体制的暴力行为而引起的"剧烈变革, “就是其他形式的社会变革的例子。”虽然人们通常也许不会认为科学革命中包含着暴 力活动，但是，科学中许多伟大的革命业已显示出了一种与实际推翻一个政府相类似的 活动模式。在一场科学革命中，往往会有一系列这样的活动，通过这些活动，可以获取 对科学界和教育部门等的控制，并控制住科学院、科学实验室以及那些负责政策制定、 财力分配的重要的科学委员会中的权力宝座。这一点在苏联非常富有戏剧性的李森科革 命中可以看到，在这一革命过程中，正统的（西方的）遗传学的势力被击溃了。李森科 及其追随者控制了苏联科学院的遗传学部门和农业实验站系统。他们重写了教科书以适 用他们那些新的非正统的观点，而且，他们还对整个遗传学的教育和实验系统作r重新 安排。这些革命者把所有拒绝恪守这条新的革命路线的遗传学家甚至科学院院士从其岗 位上赶走苏联很有影响的遗传学家N. I.瓦维洛夫虽是苏联科学院院长的兄弟，但 也销声匿迹r：事实上，1943年他去世的时候，并没有发表官方的讣告来说明他在集中 营的最后岁月和最终死在集中营里的详细情况和具体的日期。

在20世纪30年代的纳梓德国，纳粹党人不仅把犹太人免了职，而且还批准进行一场 革命运动，去清除德国科学界中的“非雅利安人”或过多的理论思维的污痕。这场运动 的两个领导者就是，诺贝尔物理学奖获得者菲利普•勒纳德和约翰尼斯•斯塔克。在希 特勒的统治下，斯塔克试图整顿并扩展德国的物理学界，但是他受到了以麦克斯•冯・ 劳厄为首的一些勇敢而正派的人的反对，其中有麦克斯嘈朗克，阿诺德•索末菲，以及 维纳尔-海森伯等，斯塔克把他们称作是“科学中的白种犹太人，-“爱因斯坦精神的 总督”（参见赫尔曼1975. 615）»勒纳德是斯塔克的老师，也是他的朋友和同事，勒纳 德还是一位极端狂热的爱国者，他坚信，一个“被缴『械的民族”就是一个“耻辱的民 族”（赫尔曼1973. 182）»在德国科学家和医生1920年的年会上.勒纳德与爱因斯坦进 行『公开的辩论，勒纳德“猛烈的恶意攻击”和他“臺不掩饰的反犹偏见”使得这场辩 论格外引人注目。早在1924年，勒纳德在结束他关于物理学的一次学术讲演时，把阿道 夫-希特勒吹捧成“一个具有清醒头脑的真正哲学家他成了希特勒的首席物理学权 威，并且出版『一部四卷本的关于实验物理学的著作，題为《德国物理学》（193&193 7）,他把这部书定义为“雅利安物理学”或“雅利安人的物理学他说：“科学…… 是由种族决定的，是由血统决定的。”“德意志物理学”组织，有官方的纳梓党人做其 后盾，但除此之外它从来没有像李森科及其追随者在苏联的遗传学领域所做到的那样， 获得对德国物理学的全面控制。只有少数几个同行加入了斯塔克和勒纳德的行列，而他 们的“努力，除了对第三帝国的支持以外，没有留下什么成果”（赫尔曼1973. 182：拜 尔琛1972）.

当然，由于政治势力而导致的科学变革，并不仅仅限于20世纪的苏联和纳粹德国的 集权主义。我们会发现，笛卡尔主义的势力在不同阶段对法国科学界从思想到机构的控 制，也许就是一个早期的例子（萨顿1982）O富有革命精神的笛卡尔主义者，为了扩大 势力，在可以想象得到的每一个阶层，与代表传统力量的耶稣会会员和他们的学校、与 教会及其巴黎大学、并且与亚里士多德主义者进行了斗争。他们获准参加了一些有影响 的沙龙的活动，并且最终，从知识分子中吸引了一批追随者。不久之后，笛卡尔主义者 控制了学校（中等学校和耶稣会会员的私立高等学院）以及大学。笛卡尔主义者在巴黎 科学院中有一个强有力的代言人，这就是科学院的“常务秘书”丰特奈尔，他不仅是一 位坚定的笛卡尔主义者，而且还撰写了一部论述笛卡尔的宇宙涡旋（“旋风涡”）体系 的重要著作。雅克•罗奥是一位著名的笛卡尔的追随者，17世纪后半叶，他的综合教科 书取代r传统的著作，并且成r标准的科学知识的来源：这部教科书被印刷『一次又一 次，并且被译成数种不同的语言。

1687年，伊萨克•牛顿提出了新的富有革命性的科学理论，很明显，该理论所要打 败的真正敌人并不是亚里士多德主义者和经院哲学家，而是笛卡尔主义者及其以涡旋说 为基础的物理宇宙学.牛顿在其《原理》第二篇的结论中指出,笛卡尔的假说“是完全 与天文现象相抵触的”，它所导致的是一场“混乱而非对天体运动的理鮮。”不过，这 还不足以驳倒笛卡尔主义者以及其他一些人：一场主动的游说不得不在许多战线上同时 进行。首先是明确地寻求政府的支持，这场运动是在牛顿向是家学会及其支持者詹姆斯 二世国王呈送他的《原理》（第一版）时发起的。埃德蒙•哈布知道国王对海军事务感 兴趣，他就为国王写了一个专门的说明来介绍《原理》中讨论潮汐运动部分的内容（参 见科恩和斯科费尔德1978. &amp;5）。由于教会在涉及思想的各个领域有着如此强大的 势力，所以，牛顿主义者想要控制新的玻意耳讲座（这是根据化学家和自然哲学家罗伯 特•玻意耳的意愿设立的），当时，该讲座由伦敦教会组织的八场证明基督精神的布道 组成（参见格拉克和雅各布1969）.这些讲座立即就成了解样牛顿科学的重要媒介。

牛顿主义者遵循了罗奥所选择的路线，他们推广通俗的介绍新科学的讲座，并且广 泛地进行示范以便使这门学科的内容更合乎人们的口味，更易于人们理解。威廉•惠斯 顿和J. T.德扎古利埃都是牛顿理论的倡导者。牛顿则利用他个人的影响，在一些重要 的大学里用信奉牛顿学说的教师取代了信奉经院哲学的教师和信奉笛卡尔学说的教师。 不久就出现了一个强大的牛顿学说网，其中包括爱丁堡的科林•麦克劳林，剑桥的罗杰 •科茨，牛津的戴维-格由戈里，另外还有其他一些人。为获得对教科书的控制，牛顿 的信徒塞缀尔-克拉克给他所翻译的罗奥论自然哲学的著作加了一个批评性说明。正是 这位克拉克，在与莱布尼兹的著名论战中，为牛顿进行了辩护。最终，罗奥的论著变成 了假借已被修正了的笛卡尔主义的名义传播牛顿的自然哲学的重要著作。牛顿的其他信 徒们则撰写了新颖的教科书。最后,在牛顿夫伦敦担任造币厂督办的时候，他被选为皇 家学会的会长，他利用这个职务可以确保这家机构去参与为确立牛顿哲学地位所做的斗 争，并且在与莱布尼兹关于谁先发明了微积分的争论中捍卫牛顿的领先权。

这些例子，绝大部分是从成功的或部分成功的革命中选出来的。当然，除此之外还 有一类情况，即革命失败的情况。在政治领域中，失败的突出例子有1848年的革命和俄 国1905年流产的革命。科学家和科学史家一般都不谈失败的革命。也就是说，他们倾向 于只用“革命”这个名称去命名那些实际己取得成功的运动（参见第2章）。还不曾有人 写过一部科学失败史.这也是革命问题的一个方面.在这方面,科学活动显然不同于政 治活动和社会活动。

政治革命或社会革命与科学革命不同的最后一点，就是目的。从某一种意义上讲， 这两种类型的革命都有一个特定的狭义的目的。例如，牛顿革命的目的，就是建立一个 新的合理的力学系统，在此基础上，人们就可以追溯和预见地球和空中所观察到的现象。 这个目的的实现是以质量、空冋、时间、力和惯性等概念为出发点的，而已它还包含着 万有引力概念。这看起来与创建某一种社会这类目的有些相似，例如，在创建一种社会 的目的中，可能就包含着经济上机会均等、政治自由、建立议会体制或代议制政府等等 要求。真正的区别在于，在大部分政治革命和社会革命中，目的被说成是即刻便可以达 到的。比如，毫无疑问，俄国革命的目的就是建立一个共产主义国家和无阶级的社会。 这个目的的实现，从未被看作是一系列无止境的政治革命和社会革命的前奏：一旦这个 理想的国家建成了，以后也就没有革命的必要了。然而科学的发展，尤其是问世纪和18 世纪革命时期过后的发展，使我们预料到,科学将要进行一系列连续的没有终点的革命。 在这里，不存在这样一个最终的特定的目标：一旦它实现就意味着不再会有革命发生了。 举例来说，牛顿的信徒就充分意识到，还有些领域，比如化学。光学、热学以及生理学 领域，十分需要进行一次科学革命。甚至在地球动力学和天体力学领域内，太阳和地球 的同时运动过程中月球的运动，仍然是一个尚未解决的疑难问题。在科学中，一次成功 的革命也就为进一步的革命制定了一个革命的纲领，而一场政治革命和社会革命（至少 在理想上）则有一个最终的革命希望实现的纲领。

革命性科学与社会

科学革命在社会中所起的作用与政治革命或社会革命的作用是完全不同的。通过策 划或宣传推翻业已建立的社会秩序或政治制度、提出一种可以付诸实践以至有可能导致 一场社会革命或政治革命的理论、进而参与一场革命运动，社会上的或政治中的激进分 子对现行的社会秩序或政治制度构成r威胁。因此看起来，社会中的或政治上的激进分 子，对于我们的生活方式、我们政府的体制、我们的价值系统是一种直接的潜在的危险, 甚至似乎会给我们的家族系统、我们的家庭、我们的财产和我们的职业带来危险。对于

“富人”和“穷人”来说，显然，这方面的讨论的确与富人更有关系，不过，即使穷人 也可能希望在现行的制度中（哪怕是在很小的范围内）取得成功并成为富人，因而避开 革命运动。另一方面，科学中的激进分子对科学中现行的知识结构或状态构成了直接的 威胁，但并没有在整个社会范围内构成威胁。当然，科学的确会对一般的男男女女的生 活产生影响，不过，这种影响往往只限于一定的程度，并且，这种影响不是直接的而是 间接的，是一些实际应用带来的结果。以聚合物化学这门基础科学为例，这门科学本身 对社会并没有什么影响，但是，把它用于生产人造纤维，这门科学便对我们的生活方式、 我们的经济体系、以及可能的就业情况的重新安排产生了巨大的影响。对于宙达、超音 速飞行、核动力、战胜疾病以及探索空间等等来说也是如此。科学革命实际附带的成果, 就是技术革新，随之而来的是旧的职业消失和新的职业可能出现。

然而，有一些革命思想却遭到普遍反对，因为从某种程度上讲，它们似乎威胁若一 些对于社会秩序十分重要的信念。达尔文的《物种起源》（1859）,在外行的读者中， 甚至在一些科学家中，引起了很大的敌意，我们应当看到，这种敌意从本质上洪是没有 科学根据的。并非整个世界真的关心这些技术性的问题，例如：物种的变化、由来和稳 定性，自然选择、生存斗争、或适者生存等等，至少人们并不关心这些表述适用于野生 的动植物还是家庭培育的动植物。不过，对宗教界而言，达尔文进化论的内在含义的确 令人烦恼，因为它对《创世纪》头几页中有关创造物的说明提出r怀疑。人与猿有着共 同的祖先，人在自然界中并不具备自有历史记载以来所有的哲学和宗教给予他的那种独 一无二的地位，这些戏剧性的论断使许多人有『一种名副其实的苦闷感。科学革命的这 一方面一一亦即它们对严密的科学领域之外的男人和女人们的思维活动的影响，被称作 是意识形态的组成部分。

哥白尼学说的内在含义，即人类及其所居住的地球在宇宙中的中心位置被別的星球 取代了，也是一个革命性科学思想中含有意识形态成分的有趣的例子。看起来，当人们 被告之：他所居住的行星已经被从一个固定的中心位置上移走了，它只不过成了（用哥 白尼的话说）“另一个行星，”而且从物理上讲，成了一个相当不起眼的行星，此时此 刻，对他的自尊心肯定是一个实实在在的打击。约翰•多恩（他大概还没有信奉那些支 持或反对那种新体系的最为简洁的、专门的天文学论证）写道，没有一个固定的位置， 地球就会丢失，而且人甚至不知道到何处去找它：“所有的内在联系都不复存在了, 马丁•路德对专业天文学（即使有所r解的话）r解的并不多，然而，甚至在没有阅读 哥白尼所写的任何东西时，他就对哥白尼思想产生了强烈的反感。

哲学家、神学家、政治学家和社会学家，以及受过教育的男人和女人们，在考虑整 个物理宇宙和自然界，考虑“自然规律”、宗教或宗教信仰的基础、以及上帝的本质甚 至政府的形式时，他们的思想方式也会受到牛顿革命的影响。不过，哥白尼思想也许最 终超越出『严格的科学范围之外，其影响比牛顿思想更大，这是因为，那种以为人在宇 宙中有着独特的地位、而且唯人独尊的观点，亦即传统的人类中心说，被哥白尼学说动 摇了。从这方面讲，哥白尼的影响大概与达尔文的影响而不是牛顿的影响更为相似。

西格蒙德•弗洛伊德把人们对他的革新的敌意与类似的人们对哥白尼思想和达尔文 思想带有故意的反应进行r比较，他就是根据他个人的痛苦经历和他对历史的长期考察 进行著述的。也许，爱因斯坦革命所引起的，是20世纪世界范围内知识界最大的轰动。 当然，大部分人并不理解爱因斯坦的理论，尽管如此，他们还是认为，新的相对论物理 学为意味着“任何事物都是相对的”这样一种广义的相对主义提供了依据，对于宗教、 伦理和道德方面的“绝对”信仰而言，不再有什么可以站得住脚的标准了。

1973年，在牛津的一次赫伯特-斯宾塞讲座上.卡尔-波普尔对科学革命和意识形 态革命作了区分，这种区分还是很有用的。在他看来，一个是“一种新的理论合理地推 翻一种已被确立的科学理论，”另一个则包含若“对于思想意识（甚至那些把某些科学 结果掺入其中的思想意识）'社会给予保护’或'社会予以承认’的所有过程哥 白尼革命和达尔文革命”说明r究竟是怎样“一场科学革命引起一场意识形态革命”的, 从而也就例释r科学革命在什么情况下可能有着不同的“科学的”和“意识形态的组成 部分”（1975, 88）。革命这两个方面最令人感兴趣的大概是，一场革命也许在科学中 有着深刻的影响，但其构成中却没有意识形态的组成部分。一个突出的例子就是场论物 理学的引入，这项工作大部分是由法拉第和麦克斯韦完成的，它使物理学基础发生了全 面的革命，而且从根本上取代r物理学的牛顿基础，它牢固地根植于有心力这一概念之 中，并且为相对论物理学开辟r道路。尽管从那时起每一位物理学家都意识到，这一学 科已经发生了极为根本性的转变，但是，在对经典物理学的这种大胆的改造中，却不含 任何意识形态方面的成分。量子力学，“物质理论的历史中一次最为根本性的科学革命”

（波普尔，1975, 90）,也是如此。量子力学革命没有任何意识形态方面的成分，海森 伯的测不准原理并没有像几年以前的相对论那样抓住公众的想象力，这些事实使物理学 家们长期感到困惑不解。值得注意的是，至少到目前为止，在我们这个时代伟大的分子 生物学革命中，也并未含有任何惊人的意识形态方面的成分。

社会上对科学革命的第二种敌意，也许可以说是对科学的成果和应用的一种反应， 而不是对科学本身的一种反应。由于许多民用技术和军用技术的迅速进步都是由新的科 学或科学革命导致的，现在已经有了这样一种倾向，即把科学和技术看作是同一回事， 甚至有人认为科学应对技术负责。这并非是一种全新的现象。在大萧条期冋，以科学为 基础的技术革新速度过快的增长，被认为应对所谓的因技术发展而导致的失业负责，以 致于一度出现r一种“暂停科学”的要求。我们已经看到，对我们时代耗资巨大的空冋 计划，有些人提出了反对意见，其中这样一些人的反对尤为强烈：他们宁愿看到公众的 钱花在改善我们的城市条件或从事其他的社会慈善事业上，而不愿把这些钱花在更新我 们对太阳系和宇宙其他部分的知识上.而且，对于那些以最新的生物学发现和物理学发 现作为其技术基础的武器，许多人已经表露出r一种显而易见的强烈关注。我们周围那 些善良的女士和先生们，将会谴责污染和其他的环境恶化方面的现象，而且一也许对, 也许不对一把这些恶果归咎于作为技术革新之主要动力的科学。还有如此之多的人认 为，科学发展所经过的革命并非是乐善好施之举，而且对于“人类的条件”来说并不意 味着真正的进步。

除了这类考虑之外，在科学共同体自身之中，有这样一种普遍的信念，即认为科学 中的每一场革命都是一种进步。当然，总会有些顽固分子出来反对任何会摧毁现有的概 念、理论和普遍信念的重要的革新。科学中的每一场伟大的革命都会在一些科学家中引 起反对意见：其反对的程度和范围，甚至会被看作是反映革命性变化的深度的一种尺度。 此外，每一位科学家都不会愿意他花『很多的时间和很大的精力学来的技能和专业知识 变成过时的东西.从这种意义上讲，每位科学家在保持现状中都可得到一种即得利益。 尽管对于变革会有这样一种出于本能的反对，但是，与在社会政冶系统中所看到的情况 不同，科学系统中并不存在试图为保持事物的现状和压制科学中的革命运动而组织起来 的保守党派。在科学中，你常常会看到激进分子和保守分子（甚至个别反对革命的人）， 而且•总会有这么一些人，他们更喜欢旧的方法和方式.而不喜欢新的。然而我认为， 所有科学家都会同意已故的保罗-西尔斯记录下的对人文学科的一位同事的一段回答， 这位同事说：“我想，你会把我看作是一个守旧的人，但我认为，细菌与疾病没有什么 联系。”他回答说：“不！我并不认为你是一个守旧的人：我认为，你只不过是无知而 己

由于科学革命会在科学领域中产生一种革新，而受其影响的主要是不同的科学家， 因而非科学家并非一定要理解全新的科学。许多不同的科学家、甚至大部分科学家，尤 其是其专业范围与革新无关的那些科学家，也许对新的科学理论难以理解。爱因斯坦的 相对论理论就是这样的一个例子。曾经有过这么一种流行的说法，即只有8个人（或12个 人）懂得相对论，这反映出该理论的所谓难理解性给人留下的深刻印象。可是，它对于 公众而言的那种难理解性，既没有影响科学共同体对相对论的承认，也没有影响大众们 提出这样一种看法，即爱因斯坦是一个天才，他那难以理解的、革命性的理论，是20世 纪最伟大的思想成就之一。

总的来讲，科学著作只是为了写给不同的科学家看的，与此不同，艺术、音乐或文 学作品往往并非（当然也不排除）只是为了让艺术家、音乐家或作家欣赏或阅读而创作 的。文学作品生来就是让大家读的，艺术作品生来就是让大家看的，而音乐作品生来就 是让大家听的.此外，艺术家、音乐家和作家的生活，在相当大的程度上取决于有欣赏 力的观众、听众或读者所付的酬金和版税。这是一种对创作领域中真正富有革命精神的 那些人不利的情况，每当大众的口味可以决定创作领域中的可接受性准则时，这种情况 几乎就会不知不觉地出现。当然，也有一些例外，例如斯特拉文斯基和毕加索的情况就 是如此。一种总体上“全新的独创风格二尤其是在艺术界，似乎已经使毕加索取得r 普遍的成功，而且其成功的范围远远超出了公众对他的作品所能理解的范围。臺无疑问， 在本世纪20年代，能够阅读、理解和充分欣赏詹姆斯•乔伊斯作品的作家和批评家的人 数，与当时能真正理解爱因斯坦广义相对论的科学家的人数相差无几。不过，尽管许多 科学家还不能把爱因斯坦的这一理论全部吃透，或者，尽管他们在阅读爱因斯坦的著作 时尚不能轻松自如或完全理解，但爱因斯坦的结论却被他们接受并应用了。再看若乔伊 斯的情况，他的作品只获得了评论界的称誉：而读者大众和大部分以写作为生的人并没 有接受和应用乔伊斯的全新的改革，因为他们很难读懂他的《菲内根的觉醒》（这部作 品在《变迁》周刊上连载发表时，曾被称作是“进步的作品”），而且，如果采用新的 风格就会使作者脱离读者，这样就会妨害而不是改善他们的职业状况。

一些保守的社会（所有高度组织化和制度化的社会，从要自我保护这个意义上讲， 本质上都是保守的），对科学中的革命活动的容忍程度已经并不单单限于容许其他形式 的精神或艺术的创造性成就的存在，它们甚至还对其予以鼓励，这真是一种自相矛盾而 且令人费解的现象。然而，一个有着极为激进的政治、社会或经济观点的男人或女人， 就有可能遇到障碍（特别在涉及到就业问题上时更是如此），这些障碍会对正常的前途 的发展产生妨碍作用，而且，这种人，作为一个持不同政见者，甚至有可能会遇到法律 或国家的压制，不过，对于科学家来讲，一旦他或她最激进的观点取得成功，那就会获 得特别的荣誉.科学是一种特殊的事业.在这种事业中，革命活动已经制度化了：这种 系统不仅承认独创性并赋予它很大的价值（正如R. K.就顿告诉我们的那样），而且还 给予成功的革命者大笔奖金并在社会方面给予报答。在文学、艺术或音乐领域中，极端 的激进分子会被当作是先锋派的成员，而且他或她的观众、听众或读者有可能寥察无几： 与科学相比，这些创造性领域对于革命者既没有报答、奖金，也没有荣誉。此外，值得 注意的是，尽管诺贝尔奖金定期地奖给那些做出过业已变得十分重要且确实具有革命性 的贡献的科学家，但在文学界还不曾有过这样的奖励来奖赏那些有着类似的重要性和革 命性且具有创新精神的作家.如奥古斯特•斯特林堡，亨里克•易卜生，马塞尔•普鲁 斯特.箔姆斯•乔伊斯，或弗吉尼亚•沃尔夫等。

社会之所以愿意支持和奖励革命性的科学，甚至支持和奖励某种极端的通常难以理 解的科学，其主要原因就在于，社会对于实际利益的期望是经常不断的，例如，希望生 活得更健康更长寿，希望有更好的交通运输和通讯条件.有新的得到r改进的人造纤维， 希望有效率更高的农业和加工业，希望日常生活中有更多的方便，国防事业中有更为完 善的设备，如此等等.过去半个世纪的经验一次又一次生动地证明,越是富有创新性和 革命性的科学，其实际应用的意义也就越为深远，影响也就越为广泛。

对科学革命的预见

尽管每一位科学家都会对即将来临的革命有所意识，但是，并没有什么明显的普编 的迹象可以告诉科学领域中甚至最为敏锐的观察家，下一场革命将在那里发生、将采取 什么样的形式.即使最有才华的科学家也无法精确地预见他们自己将会引起什么样的革 命。（这正好与政治革命者或社会革命者形成r对照：政治革命者或社会革命者都有一 个事先制定好的纲领，因而能把其革命活动对准精心确定下来的目标。）

在科学中之所以无法准确地预见革命将在哪里发生或它将由什么构成，一个主要的 原因就是，不同的科学彼此都可谓是“艺术二在一个领域中某项不可预见的革命性革 新，也许会为某个别的领域提供手段，从而导致该领域取得惊人的进展。这是因为，某 一科学领域中的革命性进展，往往依赖于其他科学领域中的革命，这种不可预见性是快 速地按指数増加的。分子生物学的兴趣就是一个例子，尤其是DNA结构的阐释，它需要利 用物理学中发展起来的一门技术——x射线晶体学.由于技术中最为迅速的变革往往来自 基础科学中那些无法预见的革命，因而在技术的预测方面，尤其是对于技术领域中即将 来临的革命的预测，也就有r一种按指数増长的不确定性。计算机科学家中流传着这样 一种说法：在本世纪40年代末50年代初，计算机这门新兴专业的一位大专家曽预见说. 只要有六、七台计算机就能满足美国未来的需要r，再多几台就能满足整个欧洲的需要 了。尽管当时的计算机十分庞大，但最终表明，这个数字还是太小了。这位不知名的预 见者难以预测到，在未来，一系列的革命（如固体物理学中的革命那样）竟然能完全改 变计算机的大小、性质和功能。

科学中的革命是不可避免的.从这个意义上讲，它们也是不可抗拒的，至少，只要 科学继续存在，情况就会是如此。当然，它们也许不得不等待，直到有一个特殊的富有 革命精神的天才来点燃导火索。而科学家们，正如我们所说的那样，是不希望革命受到 阻碍的。不过，这些革命的进度，或者，它们发生的频率，既可能减慢也可能加快。也 就是说，有些因素，例如大规模的财政支持,能够加快科学进步的速度，能够使更多的 领域向具有革命性的科学活动开放，因为这种支持能为研究提供更多的人力，能够制造 或购买昂贵的仪器设备。开展野外调査，或考察、探险，进行观测，在科学共同体中建 立起更完善的通讯系统，以及给那些富有创造精神的女士和先生们更多的时间进行思考

（亦即，让他们从过去繁重的教学和管理岗位上解脱出来），所有这些都需要大笔的资 金。有可能获得职业基金和用于培训研究生的奖学金，这种希望吸引者具有创造潜力的 育年男女步入科学界.相反，资金匮乏不仅限制者购置和制造研究用的仪器设备、限制 者考察的进行，而且还限制着人们外出和进行无拘无束的交流，以及对于进步来说必不 可少的科学情报机构的中枢系统的活动。更为重要的是，缺少资金会使专业人数和奖学 金的数额减少，并且会缩小用来招募下一代科学家的通信网.这种人力的减少，就会使 富有革命精神的天才人物在恰当的时间位于恰当的位置上的可能性减小，从而直接减缓 科学革命的速度。

科学革命概念的转变

今天，谈论科学革命、哥白尼革命、达尔文革命、计算机革命、信息革命等等已经 不足为奇近年来，几乎科学技术中的每一个进步，都在每天的新闻报道中被描述成 是一场革命。从某种程度上可以认为，这是因为在语言的使用中有些词使用得太滥了， 但另一方面，这也是这样一个简照的事实的反应，即科学中已经发生r许多革命，而且 还在继续发生者革命.在我撰写本章时，只要我向书房中的一个书架上瞥一眼就会看到 十几本有关计算机的书，这些书的书名都有“革命”的字样。谁会否认已经有了一场计 算机革命呢？

不过，即使到『20世纪，科学家和科学史家也并没有普遍认为，科学是通过一系列 的革命而进步的。在本世纪上半叶，人们一般认为，科学中发生革命是极为罕见的事。 相反，科学被看作主要是以一种渐进的方式发展的，也就是说，科学是通过一个累枳的 过程而发展的，在这个过程中，一个小的发展或増长，多少有点规律地随着另一个进步 或増长的发生而出现。按照这种模型，比通常增长量大很多的发展，例如与牛顿、拉瓦 锡、达尔文、卢瑟福或爱因斯坦等人的活动相当的进步，也许可以说是构成r一场革命： 革命的发生，也有可能是一个又一个本身很小的进步累枳而成的。然而，如此重要的科 学领域中的重组活动，即使有人认为它们的确发生过，其发生也会被认为是极为罕见的。

乔治•萨顿，科学史这一学术研究领域的主要奠基者之一，并不是一位科学革命的 伟大信徒。他甚至这样认为，其实只是我们肤浅的“对科学进步的第一印象”告诉我们， 科学是通过不连续的巨大发展而前进的。这些巨大的发展像一组“巨大的楼梯，每一级 巨型台阶都代表一个必不可少的重要发现，即那些几乎是骤然之间就使我们到达r-•个 更高的水准之上的发现。”他说，当我们“作出我们的分析时”，我们发现，这些大的 进步……可以划分成较小的进步，而那些小的进步还可以划分成另外一些更小的进步， 直到最后，这些进步似乎完全消失了为止（1937, 21-22人许多科学家和史学家们都同 意这一点：卢瑟福（1938, 73）说，“并非任何一个人都会理所当然地做出一项惊人的 发现，”这段话实际上充分地再现了 R. A.密立根的这一粗暴的论断一科学中发生革 命是极为罕见的事。萨顿的分析使他确信，科学所具有的积累性是它的一个主要部分： 事实上，他（1936. 5）断言，科学只不过是“实实在在地积累和渐进若的”人类活动一 -J. B.科南特（1947 , 20）和其他一些人也都赞同这一看法.在许多分析家看来，科 学中的革命，倘若确实发生的话，那么一定像社会政治领域中那些伟大的革命一样，是 一些并不常见的事，'包们只是偶而地打断一下在其他方面均为“常态的”有规律的或 渐进式的发展.

1962年，T. S.库恩的《科学革命的结构》一书，从根本上改变『我们对科学变化 的看法。没有几本科学史方面的著作曾经引起人们如此巨大的兴趣和持续这么长久的讨 论。甚至那些并非在所有细节上都同意库恩的分析的人，也不得不承认，科学的发展并 非必然就是一个枳累的过程，科学中存在着一些大的革命，在这些大的革命之间还有一 些较小的革命，革命的过程是科学知识增长模型的一个组成部分。

在其具有创新性的研究中，库恩并没有阐述一般的历史，而是根据与库恩所说的 “常态科学”交替出现的一系列革命，阐述『科学变革的社会动力学。库恩图式业已适 用于多种不同的领域，如历史政治学理论，科学和公共政策（生物医学知识的应用除外）. 除r适用于历史、哲学和科学社会学以外，它甚至还可以用来说明现代大学的性质问题。 人们对库恩大胆描述的一个主要反应，就是对他分析的某些部分提出了怀疑，并指出， 他的图式并不是普遍适用的，它只适用于某些科学、或某些特殊的时期或特定的事件。 人们对他的专门术语（即著名的“范式”这个词）的确切含义，也不得不提出疑问（或 者说.不得不对这个术语含义的模糊性和多重性加以探究）.在涉及到科学变革时使用 革命这一概念是否合宜，对此已经有人提出了疑问。这些问题以及库恩的页献将在本书 第2章和第26箪中进行讨论：这里只需认识到，在有关科学的过去、现在和未来的讨论中, 库恩对对于革命这个概念的推广使用有着引人注目的影响。

翻一翻任何有关当代科学史的著作或文章，看一看世界各地的杂志中赋予科学革命 无处不在的名声，就可以了解到，本世纪扣年代以来事态是如何变化的。自1962年以来. 大批专门论述17世纪科学革命的著作问世其中有5本［作者分别是巴萨拉，里格希尼 •博内利和谢伊，布洛，卡尼，以及罗西］涉及到编年史，而且所有这些书，其大部分内 容都是不同领域中尝试定义、解释或分析科学革命原因的那些学者所作论述的摘录。在 这几本书中，乔治-巴萨拉编的那本书讨论了现代科学兴起的“外在因素和内在因素”： 在这里，编者“有意地避开了 '科学革命'这个术语，而使用了一个不那么讲究但更为 精确的短语'16世纪和问世纪科学的兴起。’”在第15届国际科学史大会上（爱丁堡， 1977）,讨论哲学、方法论和历史的第】1小组中，每6篇文章中就有1篇涉及到革命问题。

在大量的而且还在不断增长的有关科学革命的文献中，在对这一课题几乎每一个可 以想象得到的方面的研究和分析中，几乎无人提及这个概念的历史。刘易斯•福伊尔的 著作《爱因斯坦和科学时代》（1974, 241-252）则是个例外,这本书例举了把革命这 个概念用于科学之上的一些例子，这些例子主要是19世纪末和20世纪的。倘若事实上科 学史家并非大都以忽视他们自己的学科和专业的历史而著称的话，那么.科学史家对这 一论题的忽略或许更会令人惊讶（参见萨克宙和默顿1972：萨克宙1980）。

本书的目的就是要填补文献中的这个空白一在科学家、哲学家和史学家构想出的 科学变等的道路上，探索四个世纪以来诸多变革的由来。在许多情况下，那些使用“革 命”这一术语的学者们.心中所想的恐怕不是别的，只是用一个历史的比喻来表示某一 伟大的转变，或某一项确实很有意义的发明。这也是一种印象主义的并且带有个性色彩 的用法：我怀疑，学者们在论及科学中的革命时，心中所想的是否总是它与某个特定的 社会革命或政治革命相类似。不过，我们将考察许多实例，它们表明社会革命和政治革 命的理论对科学革命概念的改变产生了强烈的影响。我们还将看到，这些概念是怎样受 到学者们所生活的时代中实际发生的社会革命和政治革命的进一步影响的。

例如，在世界许多地方，那些具有革命性的科学，其形象都受到人们对1917年俄国 革命中产生的布尔什维主义的厌恶的影响。在18世纪，拉瓦锡尚且可以把他的化学革命 与法国正在进行的政治革命相比较，当时，法国革命正处在波旁王朝的君主专制制度的 更迭这样一个较为温和的阶段：然而不久，当革命的过火行为进入了恐怖时期时，这种 比较就失去了它的那种意义，而拉瓦锡本人也在断头台上一命鸣呼了。生活在18世纪后 半叶的英国史学家，在考虑光荣革命甚至在考虑美国的独立战争时，大概非常有理由把 革命看作是温和的，是对恢复英国人的某些自然权力起到了一定影响的。不过，这样的 史学家也必须合情合理地承认，法国大革命是有害的一大灾祸，因为伴随若它的是更为 狂热的社会暴力活动，它对业已建立起来的秩序的破坏也更为彻底。这不像是一个理论 上的例子，因为它把爱德蒙•伯克的观点准确地描述『出来。 当前的一种观点为革命概念随着时间的推移而变化提供了一个关键性的例子，这种 观点认为，科学革命也许已经延续了一个世纪，甚至延续了三个世纪，即从1500年到18 00年（霍尔，1954）。这不仅使得这场科学革命成『有历史记载以来持续时间最长的革 命，而且，它也许还暗示若一种与光荣革命、美国独立战争以及法国大革命等模式完全 不同的革命概念。也就是说.现在流行的有关科学革命的观点，在有意或无意地使用着 这样一种革命概念：这种概念显然不是通过从一组假定的政治革命和社会革命的原则和 实践中进行抽象、并把它们原封不动地用于对科学增长的思考之上得来的。

无论一种给定的有关科学变革的观念是受社会政治理论或社会政治事件的影响，还 是受其他外部原因的影响，我们都可以胸有成竹地说，它总要受到科学发展本身的影响 —即总要受到使科学家们对其领域的认识、或者使其专业中的实践一天天发生戏剧性 变化的那些理论、发明或系统阐述的影响。从对科学变革的本质臺无认识的时代到亲眼 目睹科学变革的时代，史学家、哲学家或科学家对科学变革究竟有什么看法，我们尚无 法充分了解。只有在将来的某个时候，我们才能够正确地评价：更大的社会范围内的那 些看法和事件是以什么样的方式影响『对这些事件的解释的。出于这个原因，本书把相 当大的篇幅集中在具体的科学发展的各个阶段上一亦即对一个理论被构想、被讨论、 被反对、被改造、直到最后被承认有可能导致有关自然界的一种革命性的新观点为止这 一过程的各个阶段，进行探索。简而言之，本书不仅要讨论科学革命的概念，而且还要 展示一些实际发生的科学革命事件的主要特点，对于这些事件来讲，革命这一思想是完 全适用的，并且，这些事件还倒示了不同世纪中科学革命的典型。

第二章科学革命的几个阶段

过去的十年中，科学史家和科学哲学家掀起『一场对科学革命或科学进步的方式进 行各种各样分析的热潮。在这些科学史家和科学哲学家中，有費耶阿本德，库恩，拉卡 托斯，劳丹，波普尔，夏皮尔，图尔明，以及我本人。在此期间出版的大量文献中.很 多都对这些分析中的这种或那种分析内在的一致性、广泛的适用性或普遍的应用等问题 进行了一系列的论证，争论的主要部分集中在T. S、库恩的思想上。要正确地评价库恩 的那些论述的真正价值，并无必要在每一个细节上都与他一致。库恩的论述很独特，它 们都是以“范式”这个概念为基础的（1962： 1970： 1974： 1977）»所谓范式，就是一 组共有的方法、标准、解释方式或理论.或者说是一种共有的知识体。在库恩看来，所 谓科学中的革命，就是这样的一种范式向另外一种范式的转换，他认为，科学形势中出 现的危机使新的范式的产生成为必然，从而导致『这种范式的转换。在一个公认的范式 中，科学家们的活动被称之为“常态科学二这种活动通常是由“解难题”构成的，这， 也就是増加业已得到承认的知识的储备。这种常态科学会一直延续下去，直到反常出现 时为止。反常最终会导致一场危机，随之而来的就是一场将要产生新的范式的革命。

在应用这一模式的过程中已经出现『一系列的问题。其中之一就是，库恩是在数种 不同的意义上使用“范式”这个词的（马斯特曼1970：库恩1970）：另一个问题是，并 非所有的革命都是从危机中产生的：还有一个问题，即这一整套模式在物理科学中的应 用的效果似乎要比它在生物科学中应用的效果好（迈尔1976：格林1971）O不过，库恩 的分析有个实实在在的成就，那就是提醒我们注意到：革命的发生乃是科学变革中的一 种具有规律性的特征，而且，科学中的革命还有一个重要的社会组成部分——新的范式 被科学共同体接受。库恩业已做出了重大贡献，他使得人们的讨论从科学思想之间的冲 突转移到持有这些思想的科学家或科学家集团之间的冲突上了。此外，他还着重强调『 革命的某些特征，例如：反常的出现（它会导致危机状况的生成，从而促使革命的发生）, 新、旧范式之间存在的不相容性（它成『跨越范式的那种有意义的对话的障碍），以及 在大革命之间有小型的革命存在，如此等等，不一而足。

现代科学已经存在四百年了，我本人的研究与库恩研究的主要不同之处就在于，我 一直在探讨：对这四百年间科学中所发生的那些革命性变革，参与其中的目睹者和同时 代的分析家们各持什么态度。这种探索方法把革命这~概念看作是一个复杂的、从历史 上讲是不断变化的整体一它必然也要受到政治领域中的革命理论和革命事件的影响一 一而并非単代只是有关科学变革如何发生的一种观念。我也做r尝试，只要有可能，就 把同时代人对待革命的看法与以后的历史学家和科学家的说明，包括我们当今时代的历 史学家和科学家的说明在内.并列而论。我对科学中的革命的辨别。主要是以对历史证 据的检验为依据，而不是看它们是否符合某一固定的分类（参见第3章）。其首要的一步 是考察科学中引起革命的那些思想的起源和发展的模式，在我撰写的《牛顿革命》（19 80）这部书中，我就曾以这种方法探讨过牛顿的那些具有革命性的创新之举。下一步就 是对科学革命的细微结构加以考察，正如这里所做的那样，我把新思想或新理论的起源 或者新体系（或新范式）的起源当作出发点，然后追溯它们公布于世和普及传播的过程， 最后，明确划定那几个为科学共同体所接受的阶段，亦即导致人们所公认的革命的那几 个阶段。

我们怎么才能知道一场革命已经发生r呢？对此存在若两类标准。一类来源于根据 严格的定义所作的逻辑分析，另一类则来源于历史方面的分析。科学中有许多重要的革 命，例如牛顿革命、达尔文革命、爱因斯坦革命、化学革命以及近年来的分子生物学革 命和地球科学中的革命等等，都是从这两方面的标准被证明是革命的。它们都通过了我 在第3章中给出的那些对革命的检验。在本章中，我的目的就是考察：我所发现的构成r 科学革命之特有顺序的那些前后相继的阶段，以及参与其中的目睹者和同时代的分析家 们在为这类革命提供文献证明方面所扮演的角色。科学中确实有革命发生，我认为这是 已知的事实，尽管我意识到：有些人不相信这一点，即使在那些相信者当中，对于科学 发展的哪些事件构成r革命也还没有一致的意见。

从思想革命到论著中的革命

在对大量的革命进行研究的过程中，我发现，在所有的科学革命中都有四个主要的 阶段，这四个阶段清晰可辨、前后相继。第一个阶段我把它称之为“思想革命”，或曰 “自身中的革命二当一个科学家（或一个科学家小组）发明了解决某一个或某一些重 要问题的根本办法时，或者发现r一种新的使用信息的方法时（有时候是使信息的有效 范围大大超出现有的界限），当他（或他们）提出了一种新的知识框架、而现有的信息 在此之中可以以一种全新的方式得到表述时（从而导致一种谁都未曾料想到的预见）， 或者引入r一组改变现有知识特性的概念或提出一种革命性的新理论时，第一阶段的革 命就会发生。简而言之，这革命的第一阶段，乃是在所有科学革命的萌生之时总能发现 的、由一个或数个科学家去完成的过程。它是由某一个人的或某一个小组的创造性活动 构成的，这种活动通常与其他的科学家共同体没有相互作用.它完全是在自身中进行的。 当然，这种创新也是从现有科学的母体中产生的，而且常常总是现行科学思想的一种根 本性转变.此外，它表现出与为人们一般所接受的哲学的某些准则、与当时的科学模式 和科学标准有若密切的关系。不过，在新的科学中表现出其自身具有革命潜力的那种创 造性活动，往往都是私下或单独进行的。

新的规律或发现，总是作为日记本或笔记本中所记栽的事项。或者以一封信、一组 短文、一篇报告或一份详尽的报告书的概要等形式被记录或记述下来的，它们最终也许 会作为一篇文章或一部著作发表、出版。这就是革命的第二个阶段一对一种新的方法。 概念或理论的信仰。通常，这一阶段的构成是：写出研究纲领，也许，还要像拉瓦锡那 样，指明其结果将“注定”（参见格拉克1975.用户给物理学和化学带来一场革命）。 不过，这种信仰的革命依然是私下进行的。

科学中的每一场革命，全然是作为一个科学家或科学家小组的思想活动而开始的， 然而，一场成功的革命 场能够感染其他科学家讲能影响科学未来的进程的革命一

一不可避免地要通过口头或文字告知同行们。对于科学中所发生的革命而言，最初的思 想革命阶段和信仰革命阶段，都是私下进行的，不过它们必然要导致公开的阶段：把思 想传播给朋友、同事、同行，以至随后在整个科学界范围内传播。今天，这第三个阶段 的开始，可以采用以下这几种形式：如打电话，通信，与朋友或最亲近的同行们座谈， 或者，在某人所在的研究室或实验室内举行小组讨论会，随后，更为正式的介绍将会在 研究室传统的学术讨论会或某次科学大会上进行。如果没有引起同行们强烈的反对意见. 或者，批评者或学术报告的作者本人没有发现根本性的缺陷，那么，这初步的交流也许 会导致这样的情况：它不是公开地而是作为非正式的出版物流传于世，也许，有人会建 议把它作为一篇科学论文或一部专著正式出版。“论著中的革命”这个术语，确切地描 述出这第三个阶段：在这个阶段，一种思想或一组思想已经开始在科学共同体的成员中 广泛地流传了起来。

思想革命，往往要等到科学家把其思想完全付诸于文字时才算结束。牛顿在天体力 学方面的重要页献，就是一个著名的例子。1679年，在与罗伯特•胡克的通信中，牛顿 获悉了一种新的分析行星运动的方法，随后，他便把这种方法用于解决当时用面积定律 尚不能解释的行星沿椭圆形轨道运动的原因问题。接若，他又把他的初步发现付诸文字， 不过，（据我们所知）他并没有把他的思想及其推论完全写出来。在哈市（168年8月） 来访询问有关力和行星轨道的事宜之前，牛顿甚至未曾公开承认过他业已取得了这样惊 人的进展。后来，牛顿把他的成果整理成了一份丰富而详实的报告，并且，在哈市的建 议下，牛顿于1684年丨1月把他的成果送交皇家学会注册，从而使他的发明领先权可以得 到保护。哈兩十分清楚，在牛顿之前，还不曾有人对导致行星运动的力提出过全新的、 具有革命特性的分析.不过，在牛顿刚刚为哈兩和皇家学会准备好那篇论文之后，亦即, 在他于1685年的头几个月将其私下的思想中的革命转变成公开的论著中的革命之后不久, 牛顿就在他那卓越成就的基础上更上一层楼，进而发现，太阳和每一颗行星彼此之间总 是要以引力形式相互作用，因此，每颗行星既要作用于其他行星，也要受到其他行星的 作用一这是通往发明万有引力概念之路最为重要的步骤，而万有引力这一概念，则是 牛顿的科学革命的基础（参见科恩1981： 1982）.

科学中的革命在这最初三个阶段的任何一个阶段中，都有可能会失败。也许，一个 发明者或发现者私人的文献材料被放在档案中，在相当长的时冋里无人问津，以致落满 了灰尘，而这时再想用这些思想引发一场革命，已经为时过晚了。倘若作者及早决定把 其发现送去付印，或者以其他的形式进行广泛的传播，那么，一场革命也许业已发生了。 在托马斯•哈里奥特（1560— 1621）未发表的有关天文学、数学和物理学的论文中，在 伊萨克•牛顿（1642-1727）的数学手稿中，就有两个这样的例子，它们本来都可能成为 巨大的科学迸步，然而由于这些材料未能付印出版，所以直到三个多世纪以后，这进步 才发生。我并不想暗示，如果哈里奥特在天文学和物理学中的发现（雪利1981）或者牛 顿在数学中的新发明（牛顿1967）付梓问世了，那么，它们必然会引起一场革命。我只 是想说，这两个例子都表明：巨大的科学进展，很有可能仅仅由于未能被人们问津，因 而直到三个多世纪以后在我们这个时代高深的研究计划实施之前，它们都未能发挥出它 们所具有的革命潜力.

在某些情况下，革命的失败也许并不像哈里奥特的情况和牛顿的情况那样，是因为 科学家未能把其著作送去公开出版而造成的。从埃瓦里斯特-伽罗瓦在代数方面所做的 基础性工作（群论）中，就可以找出这样的例子。伽罗瓦（181-1832）确实是将其成就 付诸文字了，并且把它们送交给法国科学院准备发表，但是，这些成就却未能被承认。 伽罗瓦还没来得及把其所有的数学发现和研究计划整理好以便全部撰写出来，他就在一 次决斗中被杀死了。他的生命赋予他的时间，只够他完成一份短文来说明他所创立的群 论的思想：而那些在当时可能会使其同时代人信服并有可能引起数学革命的论著，却始 终未能完成。

勒内-笛卡尔（1596—1650）的经历，则是对在公开论文阶段革命进展又一次被延 误的说明。1633年，他抛开『《宇宙论》的激进的手稿，这部手稿的主要论题是宇宙起 源学，其中包含了对惯性的一般定律首次完整的阐述。他刚刚听说枷利略和哥白尼的天 文学学说被判有罪，而他想象不出怎么能在此时出版他那部含有哥白尼天文学理论的

《宇宙论》呢？他甚至把《人论》这部著作中有关生理学的部分隐匿r起来，因为他难 以想象把对生命科学的论述与作为其基础的哥白尼学说分割开来。即使这样，笛卡尔革 命也没有被完全彻底地、永久地埋没起来，因为在笛卡尔去世木久，《宇宙论》这部书 中有关宇宙学以及生理学的部分就发表了。除此之外，笛卡尔还不停地撰写他的另一部 著作《哲学原理》，并且出版了这部著作：在这部书中，他阐述了惯性定律和他在宇宙 学方面的部分规点：不过，实现这场革命的强有力的工具，却在一段时间内被剥夺了。

从论著中的革命到 即使某位科学家的著作公诸于世r,但在有足够数量的其他科学家

开始相信论著中 的理论或发现、并且开始以新的革命的方式从事他们自己的科学事业之前，科学革命仍 不会发生。在此时此刻.能够导致科学革命的手段，只不过就是把某位科学家或某一科 学家小组成员思想上的成就进行公开的交流。这就是每一场科学革命的第四个或者说最 后一个阶段。

据科学史记载，许多革命性思想从来都没有超出过公开发表的阶段。催眠术就是一 个很好的例子.梅斯梅尔曾提出过一个具有革命精神的医学“科学”系统，这是一个与 他的医疗实践相关的系统。尽管他在外行人中（达恩顿1974）和某些改宗了的医生中贏 得『一大批追随者，但是，梅斯梅尔的概念和方法最终还是被医学和科学的研究机构拒 绝了，因为这些机构发现，这些概念和方法没有科学价值。它们无法证实动物破性说的 催眠“流”的存在。

在本世纪，很多具有革命性的“现象”领域，也都类似地因为科学评论家们无法找 到它们存在的真实依据而被拒绝1903年在法国发现的N・射线就是其中之一。这些射 线曾在科学共同体中引起『极大的注意，而它们的发现者勒内一普罗斯佩-布隆德洛也 曾名噪一时，不过后来却又声名狼藉。因为最终表明，N射线只存在于它们的发现者的内 心之中，而其他一些愿意相信它们的科学家们，显然只是在内心中暂时中止了他们正常 的科学怀疑（罗斯莫达克1972：奈1980）。本世纪20年代在苏联发现的生育辐射也是如 此。根据假定，这种辐射含有一些由生长中的植物或其他生物释放出的射线，它们能够 穿透石英，但却不能穿透玻璃。对于植物生理学与辐射物理学交界之处这个令人兴奋而 且具有革命性的新问题，发表的论文数以百iR然而最后，精确的实验证明，这些射线 并不存在。在另外一场这类失败的革命中，保罗•卡默勒在维也纳宣布，他已经证实了 获得性特征的遗传。1926年，那个也许会成为他证明获得性特征能够被遗传的蟾蜂交配 的标本，其实是搀了假的：他在蟾蛛皮下注射J'墨汁.

这些例子（卡就勒及其搀『假的标本也许应该除外：参见凯斯特勒1971）的说明. 自欺欺人的行为和大批追随者的激动心情，几乎都有可能把论著中的革命变成科学中的 革命。从一定的程度上洪，这些应属于“边缘”科学甚或“病态”科学的范畴（兰米尔 1968：罗斯坦德I960）.但是，一场失败的科学革命未必就是这样一尽管通常很难区 分什么是过分激进的东西，什么是病态的东西。兰米尔解释说，总的看来，“不诚实的 行为察寥无几疽’科学家们也会“因主观印象、不切实际的妄想或知觉阈的相互影响而 误入迷途，他们对人类自己究竟能做到什么的这种无知，使他们自己上了错误结果的当， 两次流产的革命，一次是维利科夫斯基的辐射宇宙物理学，另一次是聚合水，都说 明了这个问题的困难。伊曼纽尔-维利科夫斯基试图用一组有关太阳系是如何进入其目 前状态的激进观点，使物理学发生一场革命。他的革命理论的一部分是：根据《圣经》 与其他早期记录，仅在几千年前，金星曾重复地与地球和火星发生过碰撞：当时，金星 是颗彗星。无庸赘述，维利科夫斯基的观点与有关动力学和引力的基本定律是矛盾的。 他认为在行星相逢时，电力和磁力超过引力的作用。尽管他的思想激进，尤其在一些公 开出版物上，得到了广泛的传播，但却没有被科学共同体承认。事实上，他们已有了一 些严肃认真的看法，甚至还出现了一大批反对势力.1973年，在美国科学发展联合会的 一次会议上曾发生过一场争论。五位科学家（其中有卡尔•萨根）对行星碰撞理论进行 了抨击：只有维利科夫斯基本人为它作了辩护（参见戈德史密斯1977：萨根1979）O在 1979年12月2日（亦即维利科夫斯基逝世两周之后）《纽约时报》（New York Times）有 关这一事件的评论中，罗伯特•费斯特罗列举J'维利科夫斯基三个业已得到证实的预言， 另外还有七个重要的预言却受到『直截了当的反驳。他不无遗憾地说，“问题”不是

“别的”，因为“在我们的一生当中，再也没有什么能比目睹一场科学思想的革命更令 人激动的了然而“不幸的是”，他得出结论说，“证据并不支持这种可能性 聚合水，最初被称之为“异常水”，是1961年由一位在一小型的省级科技研究所工 作的俄国化学家发现的：俄国一位著名的物理化学家鲍里斯・V.杰里亚京，苏联科学院 一个很有威望的研究所中一个庞大班子的领导者，几乎立即接手『这项研究（参见弗兰 克斯1981）.这种液体是从普通水中产生的，但它与我们所知道的水的性质几乎没有一 点是相同的：它的沸点与水的沸点不同，冰点也不同。在1969年6月27日出版的美国最主 要的科学杂志《科学》的一篇文章中，作者提出『光谐学上的证据来支持下述的看法： 这些物质的属性“再也算不上是什么异常的情况『，确切地说，它们是一种新发现的物 质即聚合之水或聚合水的属性。”这种聚合需要“一种以前未被认识到的粘合工艺，以 便来构造一个只含有氢原子和氧原子的系统起初，西方的科学家们对这项发现并不 怎么重视。但是不久，关于聚合水的研究就在英国展开了：随后，美国也开始了大规模 的研究，与此同时还召开r许多讨论会，美国国防部提供r数以百万计的资金作为支持。 因为审定研究投标的一位人士写信给美国空军科研局说：“这种类型的工作将会导致全 部化学（包括与空军有很大关系的那部分在内）的一场革命，（弗兰克斯1981. 186） 英国著名的结晶学家J. D.贝尔纳曾欢呼说，聚合水是“本世纪最重要的物理•化学发现”

（同上，49）。

没过多久，有关聚合水的研究论文，就宛如潮涌一般发表在一些较有名气的科学杂 志上了： 1970年11月杰里亚京在名望颇高的《科学美国人》杂志上，发表了一篇关于这 种“超密度水”的说明。这种新发现的内在意义也引起了人们的一些思考。在读者面很 广而且很有权威性的英国杂志《自然》上（1969 , 224： 198）,宾夕法尼亚州的一位教 授发出J'警告，他说，如果“以牺牲外界在任何条件下都能找到的普通水为代价使（水 的）聚合体状态出现，”那么，地球上的生命也许就会全部灭绝。“地球上水的聚合化 也许会使地球变成金星的一个臺无二致的复制品，他总结说，必须极为小心谨慎，因 为“一旦聚合核在土壤中散播开，再做什么都无济于事了。”

当然，持怀疑态度者也不乏其人，其中有些相当坦率。他们劝告海军科研局、空军 以及国家科学基金会不要用财政赞助来支持聚合水的研究，以免最后给人一种荒唐可笑 之感。在写给《科学》杂志（1970, 168： 1397）的一封题为《“聚合水”令人难以置信》 的信中，乔尔・R.希尔德布兰德，美国物理化学界的老前辈，表达了科学共同体的许多 成员对聚合水是否存在的怀疑。最终表明，聚合水的那些属性，纯系（弗兰克斯1981. 136）“不同类型和不同层次的拼凑的产物。”《自然》杂志的一篇社论沮丧地说：“有 好几位实验者全力以赴地进行工作以寻求这样一种可能性，即那样的拼凌也许可以用来 说明他们的大部分观察，但是实验失败了，而且是没什么可值得夸耀的失败， 聚合水这件事对分析科学革命有着特殊的意义，其所以如此，不仅在于它是一场失 败的革命，而且还在于它最初成功的方式。大部分失败的科学革命，都是一些从未超出 过我所说的论著中的革命阶段的革命。也就是说，他们在科学共同体中未能引起人们足 够的支持来重建能够构成一场革命的科学理论。其他一些革命的失败，则是因为实验发 现反驳了它们。它们当中的许多革命根本就没有通过最初那很有价值的检验。不过，在 聚合水这个事例中的那场革命（至少在一段时间内），即使算不上是场确确实实的革命， 那也可以这么说：它几乎构成『一场严格意义上的科学革命。许多值徒对这个课题进行 了大量的研究，并发表『很多研究论文，其中有不少都是由一些很重要、很有名气的财 政资助者倡导的：有关这种新物质属性的论述，在一些重要的杂志上扩散开来。为J'解 释这种异常的聚合是怎样在水中产生的，那就需要一场革命。从这种意义上讲，也许， 把聚合水的发现描述为一种需要一场革命的发现（或一种具有革命性的发现），比把它 说成是一场严格意义上的革命更为恰当。倘若聚合水意味着一场革命而不仅仅是什么别 的革命的产物，那么，也许有人就想说，尽管科学共同体中持有强烈怀疑态度者占有相 当数量的比例，这场革命也几乎成功好几年了。然而，这种怀疑态度甚或明显的敌视， 是任何科学革命初期阶段都有的一种常规的特征。

直到最后也没有发生什么聚合水革命，因为严格的实验检验最终要求人们放弃对这 种聚合水的信念。可以理解，为什么许多科学家一定要克服他们原来所持的那种怀疑态 度，而且还要加入那些从事聚合水研究的人们的行列之中。这是因为，人们总有一种强 烈的欲望要投身于科学的前沿，要成为为新的有争议的事业而工作的队伍中的一员。这 些研究人员们不大可能搞什么阴谋来哄骗他们的科学家同行，但是相反，他们却很可能 由于想获得具有建设性成果的欲望过于强烈而自己欺骗自己（参见齐曼1970）o这种被 迷惑的情况为数甚多，其历史是一个很值得那些研究科学社会学、科学心理学以及科学 革命本质的人去探索的问题。聚合水事件的兴衰，展示出在今天激烈竞争的科学系统的 压力之下人们在实验室中是怎样实际工作的：他们的所做所为，并不总是与对抽象真理 的理想追求这〜长期以来业已形成的传统形象相一致的。

任何一位科学家对放弃业已接受并据之推进其专业工作的那组观念，都会有一种自 然的抵触情緒，而这常常与积极参与一场革命运动的那种欲望相冲突。通常，新的和具 有革命性的科学系统所遇到的是抵触而不是热情的欢迎。这是齿为，维持现状对每一位 取得了成功的科学家来说，在思想方面、社会方面甚至财务方面都有好处（参见巴伯19 61）。当然，如果每一种革命的新观念都受到热情的欢迎，那么，其结果也许将是一片 混乱.

既顽固又蛮不讲理地坚持某项论证，是对科学变革进行抵制的一个方面，而这种坚 持，实际上也就是实力和稳定性的一个根源。许多已经尝试过或已经计划过的革命根本 就没有通过检验。也许它们的预言未被证实，也许其实验基础被证明是错误的或不恰当 的，或者可能，其理论本身被揭示出是有缺陷的。假如一种新提出的理论或方法没有什 么实际利益的话，为什么要采纳它而断送一门科学的生命呢？正是由于这种严厉的检验， 使得许多具有革命性的科学发展遭到拒绝。科学事业不同于政治领域和社会领域，对于 不同的科学家给革命以合法地位的各个步骤.科学事业均已承认r：这样，尽管会受到 科学中保守势力的抵制.但革命运动并不是非法的，并不会超出已被人们接受的科学变 革的规范之外。而且，在科学中对革命的拒绝也是一个有序的过程，它并不依赖什么不 可抵抗的压力。

当然，这种系统并不总能充分发挥作用。在遗传学的基础定律的发现中就可以看到 这样一个触目惊心的实例：科学革命的发展出现了中断。在19世纪m年代，格布戈尔•孟 德尔发现r遗传学的基础定律。孟德尔在一家公开出版但鲜为人知的杂志上发表『他的 著作，而他的论文也确确实实被编入『有关这个问题的文献目录指南之中。然而，它却 被忽视r半个世纪，直到1900年，它又几乎同时分别被卡尔•科伦斯、埃里克•切尔马 克、雨果•德-弗里厄斯重新发现（奥尔拜1966）»德-弗里厄斯是偶然看到他的杰出 前辈的这一著作的，他使这一著作引起了科学界的注意。在孟德尔发表其独出。己裁的 论文的时代，科学界人土所探讨的是遗传的变异和融合，而不是固定性：科学界对他的 发现尚无思想准备，因而忽视r它。从某种意义上讲，孟德尔也许领先了他的时代半个 世纪.

那些受过光的发射、传播和吸收像连续的波动现象这一学说教育的科学家们，显然 在1905年最难放弃这一已被接受r的光的理论，而转过来去承认爱因斯坦那“具有启发 意义的”不连续的光的量子概念。对于任何一位按照动植物的物种是固定不变的这一信 念培养出来的人来说，当达尔文于1859年提出物种进化观时，让他们接受这一概念肯定 同样也是很困难的。不过，一个激进的理论也可能在某些方面很有意义，这可以使得人 们对它的好感很快超过对旧理论的偏爱。可能，它因能解释一些反常现象或预见一些意 外的新现象而贏得一些信徒：也许，它能把各自独立或互无关联的科学分支统一起来： 或者，它可以使讨论达到更为精确的程度，甚至能简化那种当时所作的假设.有时候， 新的理论会从一个戏剧性的实验或观察中获得支待。例如，1907年爱因斯坦在其广义相 对论中预言，光线在引力场中会发生弯曲，而这一点被实际证明则是在1919年发生日全 食期间。不过，尽管得到了证实，但在那以后40年左右的时间里，广义相对论并没有成 为大多数科学家关注的焦点，仅有相对来说数量不多的一些对宇宙学问题感兴趣的天文 学家和数学家使它有所发展。只是在第二次世界大战后，亦即该理论提出大约40年之后， 广义相对论问题方成『许许多多物理学家和天文学家实际研究中具有头等重要性的问题。 就这样，甚至是在该理论已被确证了的情况下，从论著中的革命到物理学领域中真正的 大规模革命还被延误『很长的时间。

爱因斯坦在1905年就发表了论述狭义相对论的论文这一事例，为论著中的革命与科 学革命之间出现中断的现象提供r明确的证明。爱因斯坦的这篇论文的题目是《论运动 物体的电动力学》，当时，哥廷根大学的物理学家马克斯-玻恩所研究的正是这个问题。 玻思是由大卫-希耳伯特和赫尔曼-闽科夫斯基执教的一个研究班的成员，这个研究班 的研究课题是“运动物体的电动力学和光学二玻恩（1971）记述说，这个研究班的学 生“研究H. A.洛伦夜、亨利•彭加勒、G. F.菲茨杰拉德、拉莫尔以及其他一些人的 研究论文，但是爱因斯坦的名字却未被提及1906年毕业后，玻恩去了剑桥大学，在 那里听『约瑟夫•拉莫尔主持的电磁学理论的演讲和J. J.汤姆森的有关电子理论的演 讲，可是，“仍然没有听说过爱因斯坦的大名只是后来，1907-1908年在布勒斯劳 时，玻恩才从两位年轻的物理学家那里得知有关爱因斯坦的论文的情况，这两位物理学 家是弗里茨•赖歇和斯坦尼斯劳斯•洛里亚，他们建议他读一下这篇论文。他读了， “而且立即获得了深刻的印象。”玻恩回忆说，当时人们对爱因斯坦的了解只不过是， “他是伯尔尼瑞士专利局的一个文职公务员，”这一切显然说明，他不是这个研究班的 成员.

在发表其有关狭义相对论的著作的同一年，爱因斯坦还在一家重要的科学杂志《物 理学年鉴》上，提出r他对普朗克量子概念的根本性修正。即使如此，直到本世纪20年 代为止，它也未能超出论著革命的阶段。R. A.密立根进行了一系列实验，试图证明爱 因斯坦错了。可是他发现，事实恰恰相反，爱因斯坦对量子理论大胆的重新阐述，确实 预见到r实验所证实的光电效应定律。然而，他却尽其所能断然否认爱因斯坦对量于理 论的修正是正确的。尽管在1913年，对于尼尔斯•玻尔有关新的原子模型的革命性建议 来说,爱因斯坦的新概念有着重要的意义，但是，在这一年推荐爱因斯坦去柏林工作的 时候,他的保证人们（其中也有普朗克）都感到，有必要为这位被推荐者在量子领域中 的想入非非表示歉意。从这个事实中可以看出，爱因斯坦的新概念并未得到普遍承认。

有时候，由于革命的科学家缺乏正统的凭证，论著中的革命也许就不能转变成一场 科学中的革命r。对于已被确立的科学专业而言，出自该专业队伍之外而对它所做的那 些根本性修正，科学家们对之总是不屑一顾。臺无疑问，维利科夫斯基及其思想最初遭 到敌视，在很大程度上是由于这个事实：他本人并非是某个公认的科研部门的成员，他 并不是某所大学、某个研究所或某个工业实验室的工作人员：他是一位非专业人员，一 位业余爱好者。此外，他最初是在《哈珀斯杂志》一篇通俗性文章中而不是在一家严肃 的科学杂志上提出他的思想的，这违反了正统的程序.当然，维利科夫斯基思想最终被 拒绝的主要原因是：它们不正确，或者说，它们不精确，不是定量性的，以致于无法用 观察或实验对它们真正地进行检验。

在100多年前的19世纪70年代，J. H.范托夫遇到了几乎与此完全相同的情况。当 时，他提出r不对称的碳原子概念：这种带有革命色彩的思想修正了正统的化学理论， 对此，大部分化学家持敌视态度，甚至未给予认真的考虑。德国伟大的有机化学家赫尔 曼•科尔比也是批评者之一。他之所以不重视范托夫的思想，部分是因为，范托夫只不 过是“乌得勒支兽医学校的” 一个成员。科尔比写道，他不是去追求合乎逻辑的和“精 确的化学研究”，对此他“臺无体验二相反，范托夫“曾认为，骑上珀伽索斯相当方 便（显然，兽医学校给他贷了款），而且可以相当方便地表明……在他飞往化学的帕尔 纳索斯山顶峰的大胆飞行期间，原子是以什么方式在整个宇宙空间中自己聚集起来的” （科尔比1874, 477：参见斯内尔德斯1974. 3）。范托夫思想遭到反对的另一部分原因 是由于这样一个事实：他曾把原子和分子描写成仿佛是具有物质实在性的，而这与大部 分有机化学家的思想是大相径庭的，化学家们愿意使用原子和分子概念，但对它们是否 真实存在却持怀疑态度。今天，范托夫有关不对称碳原子的革命性思想，业巳被公认为 是立体化学的基础了.

假如在通往科学革命的道路上有这么多的障碍，那么，任何新的理论或发现取得成 功，或多或少都会令人感到惊讶。事实上，许多革命思想并非是以或许能被它们最初的 提倡者们承认或接受的形式幸存下来的：相反，在以后的革命者的手中，它们均已发生 了变化。举例来说，在lop年开普勒发表经过他本人彻底重建了的哥白尼天文学学说以前, 哥白尼于1543年在其著作《天体运行论》中详尽阐述了宇宙学体系，并未对天文学产生 十分重要的影响。我们可以觉察出，从开普勒那时起，天文学开始了一场革命，这场革 命以牛顿的工作而告结束。然而，这场革命并非仅仅是一场被延误了半个世纪的哥白尼 革命。确切地说，这门新的天文学根本不是真正意义上的哥白尼天文学（尽管人们仍然 常常把它称作是“哥白尼革命在重建中，开普勒基本上拒绝了哥白尼几乎所有的 假定和方法：所保留下来的，只是其原来的中心思想，即太阳是固定的，而地球每年则 在环绕太阳的轨道上运行一周，同时，它每天还自转一周。不过，这种观念也并不是哥 白尼最早提出来的，这一点哥白尼很清楚：它来源于他的一位古代老前辈萨摩斯岛的阿 利斯塔克。

在大陆漂移理论的历史中，显然也有与上述相同的变化现象。在魏格纳于第一次世 界大战前发表他的革命性学说到这场革命于20世纪60年代最终被承认之冋，我们又可以 看到有着一段明显的历史间隔。不过，魏格纳所想象的是，各大陆曾经在海中像巨大的 平底船似的分散地航行者或被推动者，它们就是这样在地壳上运动：而最终革命的发生 则是基于海底扩张这一概念，即海底扩张使地壳的巨大断面（板块）以在一边增大、在 另一边裂开的方式运动着。由于这些板块可能环绕着大陆的陆地块体，因此，它们的运 动就引起了大陆的分离。与上述哥白尼革命的那个例子相同，在这场革命中，魏格纳理 论中所保留下来的主要是这一思想：今天各大陆彼此相互所处的位置，与它们在地球形 成时的情况并不相同.

失败的科学革命通常也就销声匿迹了。但一场政治革命或社会革命（1848年的那些 革命和1905年流产的俄国革命）失败了，它仍然可能是一个很有意义的事件，它可以用 来作为社会政治条件或问题的一个标志，值得历史学家们去重视（兰格1969：斯特恩19 74：乌拉姆1981）,有些失败了的政治革命，其目的也许仍旧能在以后的革命时期在一 定的程度上得以实现。然而，科学史家一般则不考虑革命的失败，除非它们是些“反常” 科学的例子。其所以如此,也许是因为大多数科学史都是由科学家自己写的，他们对历 史上真理的成功和发展阶段，比对历史中真理和谬误混杂时的兴衰沉浮阶段更感兴趣。

第三章鉴别科学革命发生与否的证据

对科学革命的讨论，不可能完全避免这样一组相关的问题：（1）什么是革命？（2） 我们怎样才能说一场革命是否业已发生了？乍看上去，它们似乎可能并非是迥然不同的， 尤其在相信所有完美的定义一定要具有“操作”成分时更是如此。结果表明，对科学中 的革命是否发生，即使没有清晰的定义，也是有可能进行有效的检验的。

库恩（1962）把科学中的革命表征为：当一系列的“反常”已经导致了一场“危机” 时所发生的（用他的原话来说）“范式”的转换，这样的表征有助于我们系统地阐述一 个定义并进行检验。然而，在试图使反常、危机和范式这三个概念精确化时，我们却又 面临若一个三重问题。此外，还有（业已提及过的）这个问题，即库恩的图式并非税臺 不差地适用于所有的科学革命。

对于革命由什么构成的定义问题，我也无法轻而易举地给出一个答案。我重申一下， 具有历史意义的是，在现代科学存在以来的四个世纪左右的时冋里，科学家和科学的规 察者们已经倾向于把某些事件称之为革命r。这些事件包括概念的根本性变化，标准的 或已经被接受的解释规范中的彻底更迭，出现新的假设、公理，可接受性知识的新的形 式，以及包括部分或全部这些性质同时还具有其他性质的新的理论。牛顿革命导致『具 有根本性的万有引力概念，而且实现r用数学语言来表述和发展自然哲学的目的：笛卡 尔革命被断定是以“机械论哲学”为基础的，它用物质和运动来解條所有现象：气体的 分子运动理论、放射性概念等的引入，都是以概率论为基础的，而量于理论甚至对简单 的非概率的因果理论予以否认：进化论否定物种是固定不变的，而且，它还引入r一种 不允许对个别事件进行预测的科学：相对论不仅敲响『绝对时空的丧钟，而且从根本上 改变『显然过于简单的同时性概念：哈维革命提出了这样一种思想：血液通过动脉从心 脏流出，又通过静脉流回心脏，它就这样不断地循环着，而且，哈维革命还拒绝r这样 一种源远流长并且得到『完全确认的学说：血液只不过是静脉中的涨潮和落潮，它是不 断地从肝脏中产生出来的。在所有这些事例中，都出现过通常曽被（而且现在仍被）称作 革命的事件。无论我们是否喜欢“革命”这个词，无论我们是否有能力提出一个适用于 所有这些例子以及其他一些例子的定义，这都是一个历史事实。

在这里，我的主要目的是弄清楚被人们承认已经发生过的那些革命，而不是抽象地 去分析某一个概念，因而，我的研究方法始终都是，考察人们是怎样来理解科学中的革 命的。而这就需要同时进行一种四项一组的系列检验，这组检验也许普遍适用于过去四 个世纪中所发生的所有重要的科学事件。这些检验纯梓是以历史和事实为基础的。构成 它的第一部分是目击者的证明，即当时的科学家和非科学家们的判断。我想，在这些目 击者中，有哲学家，政治学家，从事政治事务的人，社会科学家，新闻工作者，文学界 人士，甚至还有很有修养的外行人。当丰特奈尔记录下他对所处的时代的印象时，牛顿 和莱布尼兹仍然在世，并且还在为微积分的发展而工作，丰特奈尔的印象是，他们的创 造已经在数学中引起r一场革命。在牛顿去世后的十年中，克宙洛为牛顿的《原理》而 欢呼，称它是力学科学革命的“新纪元二拉瓦锡对化学革命的根本性改革，被他同时 代的许多科学家看作是化学中的一场革命。而很多与达尔文同时代的人，则把进化论描 写成一场生物学中的革命。在本世纪20年代和30年代，即大陆漂移说的地位从论著中的 革命转变成科学中的革命很久以前，对于地球科学家而言，显而易见，魏格纳有关大陆 运动的思想将会引起一场革命。所有这些革命都通过了第一个检验一当时的目击者的 证明。

上述例子中有三个是这样：对革命的发生起者主要作用的科学家（拉瓦锡、达尔文、 魏格纳）都明确地指出，他们本人的工作大概会引起一场革命。这种与其他目击者一致 的意见，会増加这些目击者们证明的力量。不过，这种特殊的证据不多，对此，显然不 应看得过重，因为大多数科学家由于科学事业常规的束缚，常常过于谦虚或过于拘谨， 以致于无法对他们自己的创造作出这样的评价。另一方面，假如没有目击者证实事件的 发生（例如19世纪的孟:德尔或巴贝奇的科学革命），对于一场科学革命实际上已经发生 这类事后的历史评价，我是不会过分相信的。

一个科学家也许会以为，他正在引起或者已经引起『一场革命，尽管以后的事件表 明.这样一场革命从未发生过。西就的电学理论和马拉的光学理论就是两个例子.此外， 正如我们在第2章中所看到的那样，在许多事例中，科学革命运动根本就未发展成为全面 的革命——我们只举几个例子，如催眠术、N射线以及聚合水等就是如此.因而，我们需 要进一步的检验以补充目击者的证明.

第二项检验就是，对据说曽经发生过革命的那个学科以后的一些文献进行考察。对 写于1543年与1609年之间的天文学论文和教科书的研究表明，哥白尼的思想和方法并未 被釆用。由此可以说，这一检验暗示者在那些年月里并不存在哥白尼革命。与此形成对 照的是，18世纪的大部分数学著作一无论是专业论文。报刊上的文章还是教科书一 都是按照新的微枳分思想（不是莱布尼兹的规则系统，就是牛顿的规则系统）撰写的， 从而为丰特奈尔有关微积分的发明是数学革命的新纪元这一论述，提供了具有确证作用 的证据。类似地，假如我们把1687年以后（含有强有力的万有引力天体力学成分的）数 学天文学与《原理》发表以前的天文学加以对照和比较，我们就有『证明牛顿革命的证 据。显然，这项检验本身至多能在重组的程度上得出这么一种主观的判断：它是否足以 构成一场科学革命。不过对于在某一科学的重要著作中没有发现此种影响这样的否定性 判断而言，这种检验却是确定性的。在许多情况中，证据的确是不容置疑的（例如，在 微积分那个例子中），至少是得到了有力的确证。前两项检验结果合起来，向我们强烈 地暗示着某一场革命发生过。

第三项检验是，有相当水平的历史学家、尤其是科学史学家和哲学史学家们的判断。 这里大概不仅要包括现在的和近代的历史学家的判断，而且还要包括很久以前的历史学 家的判断。18世纪的历史学家J. -S.巴伊就是一个例子，这位历史学家曾著述过与哥 白尼有关的16世纪的一些事件.历史学家或具有历史学家头脑的学者们（如哲学家、社 会学家以及其他社会科学家）并不要求去验证牛顿革命、化学革命或达尔文革命。把对 所有这三项检验的肯定回答结合在一起，就能十分有力地令人确信：这些事件就是革命。 历史学家们可能普遍地把某一时期看作是革命时期.但从当时占统治地位的观点来看， 这些时期并非如此。一个主要的例子，我们不妨再提一下，就是哥白尼革命.我们会看 到，那种认为在16世纪就已经发生过『一场哥白尼的天文学革命的观点，其实是由后来 的历史学家们，首先是】8世纪的蒙塔克勒和巴伊，发明出来并使之保留下来的虚构之物。 古代目睹者的证明与以后的历史学家的观点之冋的这种不一致，也许已经结历史学家们 提出『警告，劝他们对这种尚未证实的革命应持怀疑态度。通过对这种情况中的那些事 件加以严密的分析就会使人们明白：错误是怎样产生的，它是怎样取决于与开普勒和伽 利略相关的那些事件的，而这些事件却是在哥白尼的论文发表（1543）半个或半个多世 纪以后发生的。然而，这毕竟是一个历史事实：在大约两个世纪中，历史学家和科学家 都曾相信有过一场哥白尼革命。对这种在事件发生很久之后做出的判断，一定要进行批 判性考察，尤其当人们面对当代的历史证据标准而作出这样的判断时更应如此。

我认为，“19世纪的统计学和统计思维领域中曾经有过一场伟大的科学革命”这一 判断，是一个正确的历史判断。从阿道夫•凯特尔、J.克拉克•麦克斯韦、路德维格・ 玻尔兹曼以及约翰•赫歇尔等人的著作中，也许可以发现这场革命的一些模糊迹象。可 是我不知道，对于这场革命，同时代的人有过多少明确的编述（尽管赫歇耳紧接若就进 行『评论），就像化学革命期间和达尔文革命期冋同时代的人所做的那样。这所意味的 也许不是别的，而是我们的无知，它反映出我们对这个问题的历史相当原始的知识状态。 既然很少有严肃的历史学家关心或曾经关心过概率和统计学的发展，因而，革命的第三 项标准在这里就不十分适用了。不过还有第四项标准亦即最后一项检验标准，它也许适 用于统计革命，这就是今天这个领域从事研究的科学家们的总的看法。在这里，20世纪 的物理学家、生物学家和社会科学家大都认识到，在他们自己的时代，以统计学为基础 的物理学（放射物理学和量子物理学）、生物学（遗传学）和社会科学的建立，已经对 过去构成了一种明显的突破，而且，已经有过一场统计学革命了。

在这第四项检验中，我对现存的科学传统，对构成『正在从事自己事业的科学家所 接受的作为文化遗产一部分的神话，给予了相当的重视。神话在科学中起若有一定意义 但却又不恰当的评价作用，我敢肯定，这种作用类似于神话在一般社会中所起的作用。 当然，有关科学英雄和据信是由他们导致的革命的神话，并不能成为过去事件的历史证 据，但是，它们却给我们提供r证明某些重要时期确实存在过的线索，这些重要时期是 指科学发展的形成时期。科学家们对于自己过去的总的看法，加强了另外三项检验所提 供的那些证据.

无论如何，第四项检验并不是独立于前三项检验的。显而易见，科学家们有可能受 历史学家们的影响，而历史学家们也有可能受科学家们的影响。也许，科学家和历史学 家都迷恋某一种悠久的传统，就像在化学革命中那样.甚至一种在错误基础上建立起来 的传统，也会对以后的历史学家和科学家产生强烈的影响，就像前面提及的哥白尼革命 明显地表现出来的那样。

一个颇具启发性的例子，就是我们这个时代中的地球科学的革命，在这个例子中， 所有四项检验的结果都是同样的。这场革命的基本概念是，地球表面的陆地曾经有过而 且现在依然有着一种相对的运动，亦即大陆漂移。当艾尔弗宙德•魏格纳在1914年的战 争前首次提出大陆漂移理论时，它便被地球科学家普遍地认为是具有革命性的，而且， 它在本世纪20年代和30年代得到了广泛的讨论（尽管它尚未真正地被地质学家和地质物 理学家共同体接受）一从而通过了第一项检验：同时代的科学家的看法。此外，魏格 纳本人充分地意识到了他的思想的革命性。在本世纪60年代和70年代，建立在板块构造 思想基础上的新型的大陆漂移理论成为地球科学家信念的一部分时，他们都愿意把这种 变化说成是一场革命.地球科学的文献证明，一场戏剧性变化已经在这一学科中发生了， 它与一场革命没有什么不同。这样，大陆漂移理论就通过了第二项和第四项检验。最后， 在进行第三项检验时我们也许会注意到，历史学家已经写出『一些著作，在这些著作中， 大陆漂移思想的出现及其对它的承认，被描述为一场科学中的革命。许多历史学家和科 学家在讨论大陆漂移理论时，甚至援引库恩的思想，用范式和范式的转换来描述这个问 题。在这个例子中，既然我们所有的检验都被考虑到r,那么，对于已经发生了一场革 命还能有什么怀疑吗？大陆漂移理论通过了鉴定革命的所有检验。

对于我来说，同时代人的证明具有十分重要的意义。在后人的判断中，对革命事业 的考虐，比对革命的长期影响或对革命以后科学史的考虑要少，与此不同，同时代见证 人所提供的，则是对正在进行之中的事业的直接洞察.举例来说，这个事实就很有现实 意义：达尔文不仅相信他的新思想将会导致一场革命，而且在1859年出版的《物种起源》 的结论中也确确实实是这么说的。他对“自然史中的重大革命”作了预见，像他这样在 已经出版的著作中如此大胆地发表这么一个声明（在这个例子中，就是在主要的出版物 中宣布这项发现）的科学家实属罕见.达尔文的判断得到了大批与他意见相同的人的附 和。拉瓦锡和达尔文对各自思想中所蕴藏的革命的阐述，不仅分别得到r与他们同时代 人的确定性判断的支持，而且还得到r后来的历史学家和科学家们所作的评价的支持。 不过，自我评价也许是不可靠的。没有几位科学家和历史学家知道罗伯特•西默尔，而 知道他的那些人也很难同意他的这种观点：他对电学的贡献是“富有革命性的我们 甚至会得出更为令人信服的判断：让•保罗•马拉，不管他自己怎么评价，从未在科学中 引起过一场革命。

把自己的工作描述成革命的科学家似乎为数不多.我对这个问题进行了大约15年的 研究，在此期间得到r许多学生和朋友们的鼎力相助，有些研究助手们的研究成果也使 我获益匪浅，而这些年的研究表明，那种科学家直言不讳地称自己的贡献富有革命性 （或者认为自己的贡献将会导致一场革命、自己的贡献是革命的一个组成部分）的事例， 充其量不过十几个，按年代顺序，这些科学家分别是：罗伯特-西默，j. 一p.马拉， A. -L.拉瓦锡，贾斯特斯•冯•李比希，威廉•罗恩•汉密尔顿，査尔斯•达尔文， 鲁道夫•菲尔绍，乔治•康托尔，阿尔贝特•爱因斯坦，赫尔曼•闽科夫斯基，马克斯 •冯•劳厄，艾尔弗宙德•魏格纳，阿瑟・H.康普顿，欧内斯特•埃弗布特•贾斯特， 借姆斯D.沃森，以及伯努瓦•曼德布罗特。

当然还有一些人，他们也曽引人注目地说过，他们已经创立r一门新的科学（塔尔 塔利亚，伽利略）或一门新的天文学（开普勒），或者，发明r一种“新的哲学化的方 法”（吉伯）。我们并不指望能发现很纟17世纪末以前的有关科学革命的参考材料.在 18世纪声称正在引起一场革命的那三位科学家中，唯有拉瓦锡一个人的工作成功地得到 J'他同时代的人以及后来的历史学家和科学家们同样的评价.

来自同时代的观察者或参与者的有关科学革命的证据，显然在一定程度上并不是十 分可靠的。较早时期遗留下来的证据可能是偶然的：即使它以某种有形的形式（出版r 的记录、日记、注释、通信以及诸如此类的东西）而存在，它也许仍然不为今天的历史 学家所知。缺乏这种明确指出一场革命已经发生（或即将发生）的文献，并非总能用来 作为没有发生革命的一种确证。换句话说，这种同时代人的证据，是我们作出一场革命 已经发生这一判断的一个充分条件，但并非总是必要条件。

从某一正在进行的讨论中获得的信息也许是非常有价值的。1858年伦敦林奈学会会 长的年度报告，就是一个很恰当的例子，这一年，达尔文和华莱士发表了他们两人对物 种通过自然选择而进化这一问题首次相互的交流。然而那位会长却说，过去的一年，并 非是以改变某门科学面貌的一场革命而著称的一年。我们是否应当设想，他对进化论的 革命含义的反应是极为迟钝的呢？不必如此。因为我们将会看到，他的报告表明，他是 相信科学中会发生革命的，而且他猜想，生命科学中一场重要革命出现的时机已经成熟

由此看来，他的陈述所要表明的是，并非仅仅宣布有关进化和自然选择等大胆思想 就会引起伟大的达尔文革命。对于一场即将发生的革命而言，还需要有细致而全面的文 献证明材料，以及非常完备的理论，就像一年以后达尔文在他的著作中所提供的那样。 仅仅阐述『激进的思想并不能导致达尔文革命，达尔文革命是由数量巨大的事实资料与 高层次的理论推理之间的相互作用引发的。无可否认，这四项标准终归还是些主观的标 准。显然，它们并非对每一件可能发生的偶然事件都适用。不过，它们至少提供『一•些 条件，这些条件足以使我们判定革命是否业已发生，而这样的判断也许会得到进一步的 研究和批判性反思的支持。

第四章“革命”概念的转变

政治革命通常被认为是一种突发性的、剧烈的而且是全面的变革，它常常伴随有暴 力活动，或者说，至少要动武。这样的根本性变革富有戏剧性的特点，它往往能使旁观 者看出一场革命正在发生，或者刚刚进行过一场革命。现代初期的阶级革命，例如美国 的独立战争和法国大革命，都以其改变政治体制而闻名于世，法国大革命则比美国独立 战争来势更为猛烈。在这两个例子中，政府或统治者都被推翻、被抛弃了。通过被统治 的人民或他们的代表们的活动，一个新的政府取代了旧的政府。从一定范围上讲，光荣 革命也是如此。

到了19世纪，革命和革命活动开始超出政府形式这种纯梓的政治考虑范围，并且开 始涉猎那些基本的政治或社会经济领域。结果，“革命”这个词不仅能用于那些导致剧 烈的政治变革或社会经济变革的事件上.而且还能用于那些想要实现这种变革的活动

（不管它们已经失败还是尚未成功）。因此，马克思和恩格斯在1848年的《共产党宣言》 中提出『一个革命蓝图，并且发出了进行“一场共产主义革命”的号召，一年以后，马 克思指出r “1849年的一些征兆”（1971, 44）： “法国工人阶级的革命起义，以及世 界范围内的战争。”

自比世纪以来，革命多于武装起义，多于向已被确认的权力的挑战，多于反对或主 动放奔对政府的忠诚或服从。也就是说，革命的数量超过了那些未必会导致一个新型的 政府或新的社会经济体系的反抗活动和造反活动。

一个统治家族替换另一个统治家族，或者说改朝换代.这种情况己不再被看作是一 场革命了。一般来讲，仅仅与当权者的对立，特别是公开的和诉诸武力的对立，只会被 看成是造反一•当奋起反抗当权者的活动被证明无论在短期或长期之内都是失败的情况 下，尤其如此。例如，我们今天所知道的美国内战，以前曽被称之为南北战争或造反. 而在口语中，南部联邦的士兵则被北方人称之为南军士兵。（南方佬式的喊叫，则用来 指南部联邦士兵拖长腔的尖声喊叫。埃国内战是指保王党人的军队与圆颅党人的军队之 间的冲突，以及査理一世被判处死刑、共和体制的建立.而与这场内战有关的那些事件 被18世纪的历史学家和编年史家克拉伦登称之为“英国的造反和英国的南北战争， 革命这个概念的历史，不能与这个词本身使用方式的历史分割开。因为使用方式的 历史有者许多与科学革命这一课題密切相关的问题。首Mrevolution"（革命）这 个同本身来源于晚期拉丁语，作为一个名词，它源于拉丁文的动词“rcvolvcrc”，意为 “使后退”，从而“展开”，“读完”，“重复”，以及“仔细考虐”：由此，其进一 步的意思为“回归”，“再发生匚其次.名词“revolutio”（“绕转”）作为一个专 业术语用于天文学（以及数学），始于中世纪的拉丁语.第三，“revolution•,这个词 逐渐在政治意义上使用，以表示一种同期性的过程或兴衰，它意味着恢复某种以前的状 态，而最终则意指一种“推翻”过程。第四，“revolution”这个词与政治事物领域中 的推翻过程联系了起来，而后來，“推翻”之意不再带有“revolution” 一词表示周期 性的那些涵义了：同时，“revolution”这个词开始用来意指远非通常意义上的事件了。 在对革命进行反思的发展过程中，人们很早就认识到英国已经发生过一场革命（1688年 的光荣革命）以及科学中正在进行着一场革命，这一点具有相当重要的意义° 18世纪初， （与我们今天使用革命这个词意义十分相似的）革命在人们看来不仅与政府有关，而且 与思想领域和文化事业领域尤其是科学的发展有关：人们意识到，到了牛顿时代，一场 革命已经在科学中发生了。这个时期值得注意，因为至少有三位不同的科学家认识到， 他们个人的研究有可能导致（或正在导致）一场科学革命。

在18世纪的最后的25年之中，美国独立战争和法国大革命用事实证明，革命是连续 的政治进程和社会进程的一部分，同时，拉瓦锡宣布『科学中的一场新的革命：化学革 命。到了这个时候，人们也开始普遍承认，曾经有过一场哥白尼革命，还曽有过一场牛 顿革命以及相继而来的一些小的科学革命。

在19世纪和对世纪，“revolution"这个词被用来指一系列的社会革命事件和政治 革命事件，无论它成功与否。伴随着革命运动的形成，革命理论本身也得到了发展，通 过献身革命的那些人有组织的集体活动，理论在革命运动中被付诸实践。首先产生的是 “持久的”（或持续的或正在进行中的）革命的概念，而不是这样一种革命概念，即由 一系列在相对来说较短的时间冋隔中一个接一个地聚集起来的事件构成的革命。在20世 纪，接连发生的大大小小的革命已经使每一个人强烈地意识到，革命是政治的、社会的 和经济的变革的一种规律，而且在今天，人们已经普遍承认，它们同样也是科学变革中 的一种规律。

古代的革命

研究政治理论的学者对革命的历史分析，至少要追溯到哲学家柏拉图和亚里土多德 以及历史学家希罗多德和修昔底德那里。尽管古代有不少事业也许可以被称之为革命， 但是.希腊人并没有一个同样的专门的词可用来描述它们。希腊的哲学家和历史学家们， 喜欢用许多不同的词来描述我们会称之为革命起义和变革这类事物。因此，“尽管希腊 人的革命有许许多多，但他们却没有一个专门描述革命的词（哈托1949, 498）.简而言 之，那时的“革命”一词，与我们自1789年以来对这个词的理解相比，还是一个尚不明 确、尚未充分阐述清楚的概念。阿瑟•哈托曾对这个词和这个概念早期的历史进行过重 要的研究。对于柏拉图，哈托指出，“他的理想国会退化成荣誉政治，而荣誉政治又会 堕落成寡头政治，如此等等，然后通过民主又退化成僭主政治”（同上），从这种意义 上讲，他的“革命”更恰当地说是一种演变。显然，柏拉图本人实际上并没有构想出这 么一个完整的循环，而且他也并不相信这些事件会接连不断一次又一次地重复，因为这 要求俗主政治再次让位给理想国。波利比奥斯做到了这一点.波利比奥斯称，他把柏拉 图所说的作『总结。其实并非是柏拉图而是波利比奥斯认为，帝王政治转变成“僭主政 治，僭主政治转变成贵族政治，贵族政治转变成寡头政治，寡头政治变成民主政治”： 然后，“民主政治变成暴民政治，暴民政治又会转变成原始的状态.而这种状态……无 疑不可避免地导致帝王政治和一场新的循环”（p. 499）。用波利比奥斯自己的话讲， “这就是政治革命的循环，这个过程是自然而然的，在这一过程中，政体会发生变化、 会消失，最后则会回到它们的出发点上。”被利比奥斯使用了 “anakykloois”这个词

（来源于kyklos这个词干，意为环或轮，是英文“cycle” 一词的词根），用旋转中的轮 子来表述这种循环观：“在它的旋转背后起推动作用的是命运之神”（或“命运女神”）。 亚里士多德的《政治学》第五篇讨论的就是革命问题，其中含有对革命的循环理论 的批驳和抵制（V, 12, Vii）o亚里士多德用来描述“革命”的“惯用语”是“metabo lc kai stasis"（伴有暴动的变革）：对于没有暴力行为的过程’只用“mctabolc” （“新陈代谢”）这个词来表述。哈托（p. 500）得出结论说，希腊人显然思考过革命这 一概念，而且经历过革命。然而，虽然总能找到一个词来描述这个概念或立的某个词组， 可是希腊作者“却不总是选择同一个词，有时要选择两个或更多的词其原因也许在 于，尽管他们经历过许多革命，既有近期的革命也有早期的革命，但从欧洲“正处于17 89年的革命之中”这句话的意义上看，他们并非是“古代革命”的见证人（同上）。 罗马人也没有一个专门的用来描述“革命”的词（哈托1949. 500）o在拉丁语中， 与我们的“革命”较为接近的说法是“novae res”（新生事物，革新），但实际上，它 所表示的是我们大概会称之为革命成果的东西。在用来表示革命活动的短语中有：“n。 vis rebus studcrc"（为革新而奋斗），或“res novarc”（革新）等。另外两种源于 古代的说法是："mutatio rcrum"（事物的变化）和'\*commutatio rci publicac"

（政府的变动）：这些语句，在文艺复兴时期亚里土多德《政治学》一书不同的拉丁文 译本中保留了下来。

西塞罗釆用并推广了柏拉图-波利比奥斯的制度循环变化论（Rep. 1. 45）： “这种 循环以及也许会被称之为政府的变动和交替中的革命的那种事物，令人惊讶不已（Miri que sunt orbes ct quasicircuitus in rebus publicis commutationum ct vicissit udinum）。”在这里以及其他一些地方，西塞罗用Morbis"（意为轮子，环状物，圆形 物，循环）把这种变化概念描述为一种循环出现的情况。按照M. L.克拉克的观点（引 自哈托1949 . 501）,西塞罗把这些变化看作是“自然而然但并非是不可避免的”：也就 是说.“博学多才的政治家可以对它们施加影响并阻止它们。'‘西塞罗既把这种循环变 化的概念应用于过去的事件上，也把它应用于他那个时代正在发生者的政治变化上，他 说：“不久你们就会看到车轮的转动（Hie illc iam vertetur orbis）" （Rep 2. 45）. 或者"政局的车轮已经转动『（orbis hicin republic cst convcrsus）" （ Att. 2.

9. 1： cf. 2. 21. 2）o在他晚年的一部著作中[Dedivinattione （《占卜论》）2.

6].西塞罗谈到“也许可以称之为政治革命的事物（quasdam convcrsioncs rcrum pu biicarum）.,”在这里，西塞罗使用了这么一个名词“convcrsio”，它的意思是“转变”， 由此，在与我们的“政治革命”相类似的彻底变革甚或是动用武力进行变革这种意义上， 就有了 “旋转的”或“周期”（如四季中周期性变化）等含义：他还这样把“convcrsi o"这个词与 “mo —tus”（Scst. 99）或"perturbatio" （Phil. 11. 27）结合在一起 使用。在其著作《天体运行论》的前言中，哥白尼提到他在西塞罗那里发现的一个命题 “西塞塔斯假设地球在运动”（1978, 4）。所参考的材料是西塞罗的《学园派哲学》 （Acadcmica. prior. 2. 123）.在那里，西塞罗记述了泰奥弗拉斯托斯所说的一段话， 泰奥弗拉斯托斯说，按照西塞塔斯的观点，地球“围绕若其中轴飞速地运动，”因而在 地球上的观察者看来天空是运动的。西塞罗的原话是“quae [terra] cumcircum axem sc summa edentate convcrtat ct torqueat."在这里，动词"\*converters"（作为 反身动词使用）意为绕着一个轴线转动或旋转，因此类似于循环这个词。

在以后的拉丁语中，“revolutio"这个名词有了古典拉丁语中的“convcrsio”的 含义。可以举出公元五世纪的两个例子：一个是马蒂安努斯-卡佩拉（9. 22）笔下的 “周天过程[sidcrcacrevolutionisexcursus]."另一个是奥古斯「在《上帝之城》 （22. 12）中把灵魂的转生描述为许多“通过不同身体的循环[per diversa corpora revolutio-ncs J© ”

中世纪和文艺复兴时期

在中世纪，虽然有时起义和某个王朝统治者的被迫下台会在政府中导致一些变动， 但从完全彻底且富有戏剧性地摧毁社会政治统治集团的体制这个意义上讲，中世纪算不 上是革命的见证。1381年英国的农民起义具有许多初期革命的特点，其中包括“火烧庄 园，毁掉有关土地使用权、猫园等等的记录，暗杀地主和律师，以及［1 0 （?）人进

军……伦敦，“在那里，律师和官员被杀，他们的住宅遭到洗劫，萨伏依［（冈特的） 约翰的宫殿］被焚毁”（兰格1968 . 290）o然而，从革命这个词现在的意义上讲，它还 不是一场革命，因为它尚无富有生命力的纲领，甚至并不想终止君主体制或废除贵族统 治，即使有纲领，在消除异常的不满或制止暴行方面也是十分有限的。有些学者（罗森 斯托克1931, 95；哈托1949, 502）曾经说过，“revolution”这个词现行用法的起源， 可追溯到意大利的文艺复兴初期，例如.在14世纪马泰奥•维拉尼的《编年史》中（4. 89=维拉尼 1848, 5： 390）.他曾提到过 1355 年间的“la subita rcvoluzionc fatta p cricittadini di Siena" C锡耶纳的市民引起的急遽的革命”）。显然，这里所说 的是一场人为的政治事件，而且，这一事件的发生并非是超出人类控制能力的结果。不 过，鉴于在另一节（4. 82=5： 384）维拉尼提到这同一事件时使用了这样的表述：“I cnovita fattc nclla citta di Siena（在锡耶纳市引起的变革），而且，他还用ri voluzionc （9. 34=6： 223）和 “revoluzioni” （5. 19=5： 413）来描述一般的政治 动乱，所以，正如哈托告诫我们的那样，我们一定要小心谨慎，切不可把这种据说是人 类活动结果的单一的革命看得太重*了 .*

学者们已经发现了另外几个早期使用“rivoluzionc”这个词的例子，不过，从那时 流行的用法上看，这个词并不是作为一个政治名词或政治概念来使用的。马基雅维利在 其著作中表明，他的确开始探讨我们所说的政治革命的概念『，他喜欢将习惯上用拉丁 语表述的"\*commutatio rci publicac"或“mutatio rcrum"用意大利语的 umutazion c di stat。，来表示，尽管至少有一次［在《君主论》（ch. 26）中］他写作时是在更 为一般的变革的意义上使用了 “rcvoluzoni”（哈托】949, 503）.到了 16世纪初，佛罗 伦萨的历史学家圭恰尔迪尼（1970, 81）把政府中的一次变动写成是一场“rivouzionc”. 一般似乎认为，revolution这种新的表示政治变革的含义产生于中世纪末和文艺复兴初 的意大利，以后便向北传播开了。

在中世纪和文艺复兴时期，“revolution”这个词的本义是天文学方面的.因此， 也许是联想出来的也许是派生出来的，这个词还有占星术方面的含义。但丁用意大利文 和拉丁文，乔望用英文，爱耳弗勒根纳斯（主要由他为但丁提供天文学方面的信息）和 梅萨哈拉用拉丁文译文，另外还有萨克罗伯斯科以及其他一些人，在明确的意义上用这 个词记录了所观察到的恒星、太阳、月球和各个行星每天的运动，还记录了行星（或者 被认为是它们所隶属的天球）轨道上的表现运动。在科学革命初期.这个词被大胆地用 在了哥白尼的名著《天体运行论》（1543）的标題中，而且还不时地出现在伽利略1632 年发表的《关于两大世界体系的对话》中。在一些历史著作中也可以看到它：在印了许 多版并有数种外文译本的勒击雄的《趣味数学》中（该书的英文本是由威廉•奥特宙德 译的）.在文森特•温类似的通俗易憧地概述天文学和占星术的著作中，以及斯特里特 的《卡罗来纳天文学》（1661）中（牛顿年轻时就是从这部书中记录下开普勒第三定律 的），都可以发现这个词。换句话说，从12世纪到问世纪以及后来，revolution这个词 经常而且显著地出现在（既用拉丁文也用本国语撰写的）有关无文学和占星术的专业论 文中，并且出现在《神曲》这样的非专业性著作中，以表示天体（或它们的夫球）旋转 360度并且完成〜次环行运动或按某一単位计量的这种周期性的（周期循环的）运动。不 过“revolution”的含义也扩大了，它可以表示任何旋转或周而复始的情况——从车轮 的转动这种物理事件，到象征心中反复考虑某件事的概念。

到了文艺复兴时期.继而在17世纪中，“revolution”开始获得了比其原有的天文 学和占星术上的含义更宽的意义，其含义大大超出『所例举的数学和物理学的范围。Re volution可以是任何一种周期性的（或半周期性的）事物的变化，最后，它可以用来表 示任何一些经历一系列有序的发展阶段的现象一一循环（意指“转一圏”）甚至文明事 物或文化事业的兴衰，也像涨潮和落潮一样，被称作是一种循环。所有这些含义显然与 该词本来的天文学上的意义有关.

有一个类似的词，这就是“rotation （自转）”，有时候，人们会把“revolution （公转）”与它混为一谈。今天，我们喜欢明确地去区分物体围绕其轴线的运动（自转） 与物体沿若一个封闭的路线或轨道的圖月运动（公转）：所以我们说，地球既围绕其轴 线进行者周日的自转，又在其围绕着太阳的轨道上进行着周年的公转。不过，直到问世 纪末，这两个词还时常被相互替换地使用着，例如,在牛顿的《原理》（1687）中就是 这样。-Rotate"这个词来自拉丁文动词“rotarc”（意为旋转或回转）：拉丁文名词 -rota"意指车轮（从而后来也就有了马车的含义），甚至还可以有在比喻时表示变化 和无常的含义.在当代英语的习惯用法中，“rota”这个同保留『下来，以表示轮班或 轮流工作的固定秩序，甚或用来表示花名录或人名爪。晚期的拉丁文名词“rotatio”使 我们有了我们的词“rotation”。

在中世纪和文艺复兴时期，算命的“tarocchi-（纸牌）像今天的纸牌一样，其中 重要的一张牌就是“rotadifortuna”或命运之轮。人的命运被假定是由这种命运之轮 或“rota”及其转动决定的。这样，也许就有了两种主要的“转动”的根源，人们相信 它们影响者甚至决定若人生的进程和国家的进程：一种是命运之轮的转动、旋转或疾驰， 另一种是天球的绕转。大概，“revolution”这个词的出现可以与命运之轮因而也可以 与天球联系在一起（亨利•格拉克已经发展了这一看法）。从政治语境中的“revoluti on"或-rivoluzionc"出现的频率与命运之轮或"rota di fortun”的关联中，有可能 发现这种联系的证据。在但丁那里，“revoluzione"作为一种表示天国的圆周运动的词 出现在《神曲》中：但他并不需要“rotadifortuna”这种想象。尽管轮子的旋转是圖 周运动，但这并不意味着，轮子的转动从何处开始结束时还将止在何处。因此，虽然对 于天球的运动而言，回转、返回或完成一次循环等都有着实际的意义，但对命运之轮来 讲却并非必然如此。

有充分的证据可以证明，在中世纪末和文艺复兴时期，有一种普遍流行的信念认为， 政府的事物是受正在运行中的行星的控制的。尤金•罗森斯托克-休伊斯（193, 86-87; 参见哈托】949, 511）发现了一个德国16世纪时的例子，在这个例子中，人类历史中的事 件，与“在最初的运行中”（“in derersten Revolution”）关系到黄道十二宫的行 星有关。维拉尼（哈托1949. 510）对1362年有过一段记载，其中有占星术所提供的佛罗 伦萨人将要出兵攻打比萨的准确时冋.开普勒和伽利略都把用占星图为统治者算命当作 他们专业工作的一部分。开普勒（1937, 4： 67.参见格里万克1973, 144）曾认为，参 星的出现是与那些延长了的灾祸有关的，这些灾祸“不仅由于君主的去世，而且由于随 之而来的政府中的变动[nicht ebendurch Abgang cincs Potentatens und darauf er fblgcndc Ncucrung im Regimen]"导致『一些苦难。在1606年的一封信中，开普勒

（1937. 15： 295-296）批评了占星术“以宇宙的运行为基础[exrevolutionemundi]N 对人类历史所作的浅薄的预见。有些图片证据可以表明，伊丽莎白女王和路易十四的皇 权及其君主政治的基础是与占星术联系在一起的（参见图1、图2和图3）。

生活在文艺复兴时期或者生活在1&17世纪的人，一下子就会把“revolution”这个 词与巨大的时间之轮的展现这一思想联系在一起。时间之轮及其运行这一概念，不仅被 用来作为一种纯梓的思想的隐喻，而且还可以用具体的实物形象和物理客体为例对它加 以说明。例如，在文艺复兴时期建筑物的钟楼上，谁都能看到标志若时间进程的表针 （表针只有一个，即指示小时的时针）连续不断的运行。时间消逝的另一个形象化的比 喻，大概就是在包括太阳、恒星和月球在内的夫球运行的过程中每天的表观运动。对于 时间之轮，也可以根据太阳每年在其视轨道上穿梭于固定的恒星之间的运动作出形象化 的描述。天球每天的运转（我们今天把这称之为自转）会带来其从早晨到中午、傍晚直 至夜间的变化，并且标志着一种每24小时为一天的周期。在一年的进程中，太阳在其轨 道上的运行所带来的变化有回升和日落的位置变化，白昼与黑夜的时冋长度的变化，以 及季节的变化等。

这些周期性变化的重要性质不仅仅在于，从“evolution”这个词本身意味若“转 回来”这个意义讲它们是一系列现象的循环或重复，而且在于，在每次这类时冋循环的 过程中，总有一些戏剧性的重要变化。有什么差别能比得上日夜之间或冬夏之间的差别 呢？！它们的差别就像是这样：生命产生，进入成熟阶段，然后死亡，腐烂，最终又复 活一一亦即地球上生命的循环和生命无穷无尽的延续。天文时的循环周期包含着一系列 变化，这些变化太富有戏剧性了，用“突变”这个词来定义它们是十分恰当的，蒙田及 其他一些文艺复兴时期的作者都曾用它来表示某种巨大的变化，而我们则会把与这类变 化相似的事件称之为革命。到了 17世纪，一场revolution所指的就是人类事物和民族命 运变化的大潮中的一系列事件、一次循环或一种涨落兴衰，或者（或多或少）是以前的 某种状态的再现，而依次単独发生的事物和特别的事件往往被称作是突变。不过，即使 某个重大的事件或变化并非必然就是某一固定顺序的组成部分，但由于它随着伟大的历 史车轮的发展及时地发生和形成因而，用revolution来形容它也还是可以的。rcvo lution也可以用来指某一改变了历史的正常进程的事件，例如一个使历史车轮稍稍加快 前进的事件，或者一种开辟了一个新纪元（或“cpoca”）、标志着新纪元开始的事件。 在16世纪和17世纪，甚至在18世纪，巨大的变革都被称作是revolution.这反映出『对 占星术事业、对命运之轮、对事物的兴衰或循环以及对历史车轮的前进等进行思考的背 景情况。

这种“involution”的出现，其最有趣的地方也许就在于，它暗示着有些事件是由 超出人的意愿和力量的一些因素决定的一或许是由占星术业、或许是由有关（历史车 轮的运行导致的）循环演替的规律决定的。因此，人类事件和历史的进程，大概也像恒 星、太阳、月球以及行星等的运动那样，遵循着同一个不可抗拒的固定的程序安排，上 帝的直接干预能使它们发生变化，就像奇迹中发生的那样。也许，人的干预也可以引起 一场革命，从而超越或在瞬息之间取代由那些恒星的运行所决定的固定的顺序。

17世纪

除了这些用法和含义外，作为表述非循环的巨大变化事件的revolution概念，渐渐 地出现了。在这一发展过程中我们务必要牢记的是，在16世纪和17世纪初，“revoluti on"这个词含有两种显然对立的一般性意义。一种所指的是这样一类要经历循环的全过 程的具体的活动，它最终能导致一个与以前的某一状态同一或类似的状态，或者，导致 这类循环的一种继续或一种不需具有严格周期性的涨落兴衰过程。另一种所指的是，顏 覆，推翻，“mutatiorcrum （事物的变化）二在国家大事中、在王朝的继承中或者一 个政体中具有相当重要意义的变革等。第一种所要借助的是一个完整的周期或转动360度 这样的概念：第二种所要借助的则是180度的大转弯这样的概念，这种大转弯只不过是一 种短时冋内的激进的变革，听起来很像是我们1789年以后的revolution （即政治革命） 概念。不过，这二者之间的差别也许未必像看上去那么大。因为在此时，人们普遍相信， 正如大部分有记载的历史所表明的那样，进步的方式就是回到早些时候那些更好的时代 之中.

自古以来，人们就把一次重要的进步想象为是回到以前的某个状态，即回到某个黄 金时代去。把时钟或日历向后拨就构成『进步这种信念，是与世界本身或生活的环境不 断恶化这一概念联系在一起的，按照西方的宗教思想来看，这样一种衰退可以追溯到人 类的堕落、被逐出伊甸园之时。在我们当中，有谁的父母不曾对他说过“以前的”情况 更好？我们的父母是对的。食物在新鲜时显然比冷冻后、比用化学染料和防腐剂掺了假、 比装在缺少新鲜空气的塑料袋中味道更好、更有营养。很清楚，在轮船男女服务员的照 顾下坐在平安宁静的包舱中漂洋过海，要比八个或十个人坐在一排拥挤不堪的宽体喷气 客机中舒服得多。学无疑问，在谈到孩子们小的时候更尊敬他们的长辈、举止更有礼貌 时，我们的父母也是对的。今天，像我们这样生活在化学战、生物战以及核湮灭的不断 威胁下的人，没有谁在回顾以往时不把过去的某些最黑暗的日子看作是从某种意义上讲 比我们现在要好的时代。16世纪、17世纪和18世纪的社会政治的改革者们，也以同样的 方式期待者回到某个更美好的或类似的时代，回到符合圣经宗旨的环境中，回到受登山 宝训中宣布的正义原则所支配的世界。因此.从回到某个更美好的时代、建设起“一个 天堂”、恢复一一如1649年平均主义者的《宣言》所提出的那样的（艾尔莫1975. 153） ——“［存在于］原始的基督徒［自发的］公社”的那些原则等意义上讲，剧烈的变革 被看作是一 \*\*revolution （回返）”。直到美国独立战争时,“revolution”这个词的 确定的含义仍然是恢复，在这里是指恢复《权利法案》（1689）的原则，这项法案对在 美国的英国殖民地上的英国人并不适用。

在16世纪、17世纪甚至到了 18世纪，要想说出某位作者心中所想的“revolution" 是哪种意思：是一种明确的复归（一种循环现象、一种涨落兴衰），或是（可以导致某 种新事物的确立的）某一大规模的事件，还是某个顺次发生的事件，并不总是那么容易 的（有时甚至是不可能的）。例如，在1603年约翰•弗洛里奥所译的蒙田的《随笔集》 （p. 74）中有这么一段具有现代意味的话：“综观我们内部的和国内的这些争斗，有谁 不会惊讶地大喊：这个巨大的世界框架正在接近毁灭，审判之日即将降临，别再念念不 忘业已看到的许许多多更糟的revolutions *（*吧……？ ”孤立地看，这段话似乎很像是具 有1789年以后意味的一段评论，弗农F.斯诺（1962. 169）就是这样解释的，但是， “许许多多更槽的”这一修饰语的出现暗示者，弗洛里奥所想的只不过是以前循环出现 的事件，甚或仅仅是以前的一些事件：这一解释得到了以下事实的证实：弗洛里奥的 -revolutions"指的是蒙田的 “Choses （事件）” （1595. “97” =88： 1906, 204）, 而斯诺却没有注意到这一点。在指我们会称之为“革命”的那些事件时，蒙田是用“mu tation d'cslal （政府的更迭）”来表述的,此语源于拉丁文的“commutatio rci pub liCac"o

在斯诺提出的另一个例子中（以及他没有提及的一部分译著中），无疑大都具有循 环的意味。在1614年版的威廉•卡姆登的《文物杂论》中，有一章是讨论“服饰”的， 在1605年的第一版中没有这部分内容。在这一章即将结束时（p. 237）,卡姆登说： “据此看来，对于那些厌恶当今流行的小手提包的人，就让他们记住塔西佗的话吧。世 间万物都是周而复始的，就像一年的四季那样，人们的生活方式也是如此，也有其周期 性。”显然，这段话包含『塔西佗在类似的情况下说的另一段话中的类似的内容，当然， 塔西佗这段原话中没有“revolution”这个词［Annals （编年史）3. 55. 5］： -Nisi

fort rebus cunctis incst quidam velut ortis. ut quem ad modum temporum vice s\* its morum vertantur

在《哈姆市特》（5. 1. 98）著名的“墓地”这场戏中，有一个在涉及到人类事物 和生活时把“revolution”当作循环讲的引人注目的例子.莎士比亚笔下的哈姆市特对 小丑掘出的骷髅说：“从这种变化上，我们大可看透生命的无常。难道这些枯骨生前受 了那么多的教养.死后却只好给人家当木块一般抛若玩吗？想起来真是怪不好受的 莎士比亚是否［像斯诺（1962. 168）指出的那样］把“solution等同于恢复某个人以 前的状态，或等同于回到生•死循环过程以前的某个位置”呢？也就是说，这里是否含有 涨落兴衰的意味、或某些作者归之为“命运倒转”的意思？莫里哀所写的“残忍的命运 会使我们面临所有大变革”（《普绪喀》611-612行）中.就含有这种意向。

17世纪上半叶，在一般的或非科学的意义上使用“revolution”这个词时，往往是 指类似于某种天文学意义上的循环或半循环现象。因此，在1611年的一部词典中，“re volution-只被定义为“旋转一周，环行，回到最初的位置或出发点：循环过程的完成。” 不过，“revolution”渐渐有了表示某一重大的事件和变化的含义。以下这段话摘自詹 姆斯•豪厄尔1646年所写的一封信，从中我们或许可以了解到“revolution” 一词的这 两种含义是怎样同时出现的：“我想，后来万能的上帝与全人类产生了不和……因为在 这12年的时冋里，不仅在欧洲，而且在世界各地都出现了一些最奇怪的变化（rcvoluti on）和最可怕的事件，我敢冒昧地说，在亚当死后，它们就已经在如此短暂的一段时冋 周期（revolution）内落到了人类的身上在“如此短暂的一段时冋周期内”这个短 语中，豪厄尔（1890. I： 512）是按照传统的含义和词的本义来使用revolution这个词 的：但是在“最奇怪的变化”这个短语中，他也许想到了、也许没有想到那些动荡的岁 月中的政治事件。

16世纪没有经历过我们今天使用这个词所表示的任何重大的或大范围的社会领域和 政治领域中的革命。因此，在16世纪或17世纪初，也就没有什么政治事件或社会事件可 用来作为革命理论的具体事例，或者，可为人类具有创造性的工作范围中的（激烈的甚 至是突发的长期变化意义上的）革命提供事例或概念模型。不过，到了 17世纪中叶，政 治变动使得革命理论和革命概念有『实际发展的迹象，在这些变化中，有著名的1688年 的光荣革命一第一个被承认的现代革命（关于宗教改革运动清参见本章补充材料4. 1）。

在今天，人们对17世纪中叶的光荣革命（参见下文）出现前几十年的一系列事件的 讨论，使得光荣革命的意义不怎么明显对于这些事件，人们今天有时候把它们统称 为英国革命一在史学家中，这一普遍的用法由来己久，而其中的许多史学家并不认为 这些事件就是一场革命。有的史学家，例如阿克顿勋爵（1906, 219）.把后来出现的光 荣革命归属于英国革命，这种情况造成了更多的混乱。对这一所谓的英国革命，几乎从 未有人给它下过定义，甚至那些认为有过这样一场革命的人也未定义过。这场所谓的革 命的主要特点是，不时地被戏剧性事件打断的一些政体方面和宗教方面的大动荡：内战 （1642-1646）.査理一世皇帝受审并被处决（1649）.联邦的空位期和奥利弗•克伦 威尔控制下的摄政政体。19世纪著名的立宪史专家塞缕尔-罗森-伽德纳把历史的这一 幕看作是“1625 —1660年的清教徒革命，”并且，他编纂的那部历史资料巨著（1906） 就是以此为题的：但在其中（例如，pp. X. xi）他也提到过“英国革命。”尽管这场英 国革命以暴力活动（内战，弑君）为特征，而且在政体的外在形式（联邦制而非君主制） 方面导致了暂时的变化，但是，并没有出现“具有永恒价值的”根本性的政治变革或社 会变革。甚至基本的王权神授问題和（建立在选民基础上拥有真正至高无上权威的）议 会的权力问题，在光荣革命之前一直没有得到充分的解决。（奇•书\*网•整•理\*提\*供）

伽德纳（在］886年以及其它的著作中）提出的清教徒革命这一专有名词，是以这一 显而易见的事实为依据的，即与国王作对的主要是清教徒，但他们对立的问题是些经济 和政治方面的问題（反对皇室运动的参与者包括许多新兴的商人阶级和工匠阶级的人士， 他们要求在政府中能发挥更大的作用，并促使政府减少在财政和贸易方面所加的限制）。 在清教徒运动中，有一些真正的革命党人，其中最极端的派别就是那些所谓的平均主义 者（对他们的这一称呼具有贬义，因为他们笃信民主和平等）。平均主义者曾两度败在 克伦威尔手下，而“他们所希望的'革命'一直没有发生（艾尔莫1975. 9）o他们想废 除垄断和特权（但不废除私有财产权），他们要确立的是普遍的“男人作主的家庭选挙 权”，但不是“无条件限制的男人的选举权”（p. 50）.他们的目的是要通过激进的议 会改革，地方行政官员和其他官员的选挙，政府部门的更迭，政府的分权和其权力的严 格限制，以及君主政体和贵族院的废除等一系列步骤，使政府的模式发生革命。

当今最重要的论述英国革命的作者克里斯托弗•希尔在《革命的世纪》（1972, ch .II. pp. I65fF.）中断言：在 \*\*1640-1660 的 20 年中

许多方面都可以与】789年的法国大革命相比拟的” “一场大的革命发生它之 所以是一场“大革命”，是因为“法国式的君主专制制度一去不复返“专制政府 的工具，星法院和高等宗教事物委员会，被永远地废除了二而“议会对税收的控制则 被认可了。”不过，希尔又指出，这“是一次很不完整的革命，”“在1640年到1660年 期间，曾经有过两次革命，其中只有一次成功了，希尔还坚持认为，曾经有过一场

“伟大的人类思想中的革命” 项“具有普遍意义的成就……即政治问題也许可以

通过讨论和辩论来解决，”“实恵和权宜之汁比神学和历史更为重要，”而且，“无论 是文物研究还是在《圣经》中寻箪索句，都不是导致国家的和平、秩序及繁荣的最佳途 径。”由此看来，我们应当同意希尔的这一观点，即它构成r “一场如此伟大的思想革 命，以致于我们难以想象在此之前人的思想活动是怎样进行的。”在这本书中，希尔总 结了一下自1640到1660这20年的影响，他把“受挫失败的”“清教徒革命”与“无法毁 灭的思想中的革命”进行『对比。后者包括王政复辟后组成皇家学会的那些人导致的科 学革命和“这一皇家学会要为之献身的散文革命，

19世纪以前，人们一般不把这场所谓的英国革命称之为革命：在其出现的世纪中， 人们把它称作“大叛乱”和“内战二19世纪的史学家和政治家弗朗索瓦-基佐撰写了 一部十分有影响的六卷本的《英国革命史（1826-1856）＞.在这部著作中，他把法国大 革命和英国革命（二者都以弑君为特征）进行了对比，并且对英国相对温和的革命学说 大加赞赏。这部书特别令卡尔•马克思怒火中烧，他在1850年一篇重要的文章中对基佐 进行了抨击。马克思和恩格斯在许多著作中讨论『英国革命（当然也讨论了光荣革命）。 到了 20世纪，许多有关英国史的著作都把英国（清教徒）革命和光荣革命一并提及。

光荣革命

尽管】7和18世纪许多历史和政治书籍的著者把英国革命称之为一场革命，但在当时, 它并没有被普遍认为是渐渐形成的政治革命概念的具体体现，我们这里所要追溯的正是 这种概念的历史。确切地讲，思想主流中的第一次现代的革命是光荣革命，这也许是因 为，它所导致的变化是持久性的。18世纪中叶，在《法国百科全书》关于革命的条目中， 光荣革命被列为典型，而英国革命甚至没有被提及。在第一版的《不列颠百科全书》 （1771. 3： 550）中，据说“政治中的”革命被定义为“政府中的重大变化或转变 有人说从这种意义上讲，革命这个词被“显著地”用来表示“1688年英国的重大事件， 这一年，簷姆斯二世国王放弃了王位，奥兰治亲王和王妃被宣布为英格兰的国王和女王 40年以后，在出版第四版时（1810. 17： 789）,《不列颠百科全书》列举『四种含义的 政治革命：“所谓英国发生的革命”（光荣革命，1688）, “美国独立战争”，“18世 纪末左右波兰发生的革命”（这场革命使波兰被奥地利、普鲁士和俄国瓜分了），以及

“法国大革命”——“无论从伴随它所发生的事件或由它产生的结果來看，它是所有革 命中非凡无比的革命，

光荣革命由两大事件和导致它们的两个阶段组成：簷姆斯二世的逊位，威廉和玛丽 的即位。与后来历史上的大部分革命不同，尽管这场革命也伴随有大規模炫耀武力的情 况，但相对来说它是和平的和不流血的。革命使君主国的天主教路线改为新教路线，并 且使王位继承人永远是新教徒有『保证。不过，十分有意义的重要之举是，证明了国王 的权力并非绝对是神授之权，它需经过被统治者，至少是议会所代表的被统治者的同意 和认可。据说，当王位因龍姆斯已经——据宣布如此——“放弃了”统治权而出现“空 缺”时就发生了这种情况：“并没有宣布他已经被'废ST,或已经'fbrfaultcd'亦 即'丧失了'王权”（乔治・M.特里维廉1939. 145）： “，空缺’这个词从理论中已 经打破了神圣的世袭权，”而往位继承法 把王位共同授予威廉和玛丽，则从实践上打 破了这种权力.在1689年的一年里，英国人的一些权利和特权在构成《民权宣言》的一 系列“条款”中得到了详细的说明，这一文件提出了一些威廉和玛丽要当国王和女王必 须接受的条件。除非他们承认已公布的对皇权的限制，否则他们就不能登上君主的宝座。 在威廉和玛丽同时接受王权和《民权宣言》时，他们在形式上同意了一项契约，该契约 无需进行根本性改动已有三个世纪了.英格兰已经“有『一部宪法草案”，它已经在发 挥作用并且已经奏效但是我们必须注意到，《民权宣言》“并没有引入任何新的法 律原则，甚至没有提及对不信奉国教者的不容和法官的终身制等问題，尽管大家完全同 意，立即进行这两方面的改革是非常必要的”（特里维廉1939, 150）。

今天，光荣革命所具有的革命性看起来也许是微乎其微的，尤其与法国大革命和俄 国革命相比，更是如此。但在随后的18世纪中，像保守的大卫•休谟和约瑟夫•普里斯 特利这些具有不同政治观点的人一致承认，君主的统治者要得到被统治者的同意和认可 这一原则很有意义。在普里斯特利看来（1826. 286—287）：

我们历史上最重要的时期，就是威廉国王统治下的革命

时期。正是在那时，在经历『多次动荡、经历了政权机构的不 同成员为争夺权力所进行的频繁的争斗（参与者中有些人付 出了很大的血的代价）之后，我们的宪法终于确立了下来。像 这样非凡并且取得了如此可喜成就的革命，直到近年来美国 和法国发生了更加非凡的革命之前，恐怕在世界历史上都可 谓是独一无二的.正像休谟先生所说的那样，这场革命割除 了一些以世袭权为依据对权力的要求：当一位王子被选中时， 他要在一些明文规定下才能获得王位，并且把他的权威建立 在与人民权利相等的基础上。

对大多数英国人来讲，这是一场慈善的革命。臺无疑问，光荣革命因此有助于在思 想上把革命与进步观点连在一起。

在光荣革命中，进步与保守形成r鲜明的对比，在題为《英国革命》的一篇文京中， 阿克顿勋爾（1906）用一种戏剧性的方式描述r这两个方面.阿克顿在文中介绍『伯克 和J. B.麦克莱的观点，他说，麦克莱“煞费苦心地指出，1688年的革命不是革命的而 是保守的，它远远不如对近代错误的纠正，而且又回到了古代原则那里。”这场革命 “基本上是君主政体方面的・” “统治阶级没有发生什么变化，”也就是说,“没有出 现社会的贵族势力向民主势力的力量的转换。”无论是非常议会中还是随后的《权利法 案》中都没有提到“自由政府，宗教自由，国民教育，解放奴隶，贸易自由，救济贫困， 出版自由，政府团结，辩论公开等。”尽管如此，阿克顿依然认为，这场革命是“英国 这个国家有史以来所做的最伟大的事情因为“它在契约基础上建立起了国家政权， 并且订立r这样一条原则，即违背契约就会丧失王权•”既然是“议会授予王权，并且 是在一定的条件下授予王权，”议会“在行政方面和立法方面就成『最高的机构”：

“这一切并不是恢复原状，而是转化”（P. 231）0

在把革命的两大部分——具有重要意义的政府形式的改进和恢复更为古老的原则或 状态一连在一起时，光荣革命使本意为循环的“revolution-这个词的用法有『发展， 即它可用来表示变化所具有的非凡性.最终，随着这个世纪的消逝，revolution结果成 了这样一个词：它主要是指某种全新的事物的输入，就像美国的独立战争和法国大革命 那样，而且不再指重新肯定或复辟

光荣革命所带有的恢复旧状的色彩，在第16版的《不列颠百科全书》（1823, 17： 789）的关于政治革命的综合条目中阐述得很清楚。文中说，这场革命不仅规定（重新规 定）继承人应为新教徒.而且宪法要“恢复其原有的纯洁性，此外，这一 “重要事件” “巩固了” 一而不是规定或首次提出了一 “不列颠人的权利和自由这类似于克 拉伦登（d. 1674）在其所著的《英国叛乱和内战史》（bk. 11, &amp;207）中对“rev olution”这个词的使用。克拉伦登把1660年复辟后的那段局面，描述成这样一种情况： “王室中许多受排斥的成员良心泯灭，义愤皆无，他们忍气吞声，许多年没有对王室采 取更进一步的步骤，一直到革命时为止

在托马斯•霍布斯有关长期国会的历史的著作中（1969 . 204）可以看到，作者的论 述很有说服力，在他的笔下，恢复或循环几乎有若相同的政治含义：“我发现，在这场 革命过程中，最高权力在循环运动，这一循环是在一父一子两个篡位者之间进行的.从 己故的国王开始”到他的儿子为止。最高权力的循环“从査理一世国王到长期国会：又 从长期国会到残余议会：再从残余议会到奥利弗-克伦威尔：然后又从理査德-克伦威 尔（即奥利弗•克伦威尔的长子）回到残余国会：随后由此到长期国会：再从长期国会 到査理二世国王，循环在这里有可能滞留很长时间。”克拉伦登伯爵在1660年9月13 H 《论军队的遣散》的讲演中，曽求助于另一种循环，即行星的周期性运行：“占星学家 进行了似是而非的辩解（但愿它是真的），即过去20年间的所有这些运动卩］已经成了 非自然的运动，而且它们都是由一颗邪恶的星星的罪恶影响引起的：尽管存在那些邪恶 的星星的影响，但对我们没有多大的妨碍。上述占星学家向我们保证，星星的邪恶被排 除了：天国仁慈的守护神逐渐占了上风，并且制服了邪恶势力，而我们原来那些仁慈的 星星们又重新统治我们了”（《国政短论集＞.1692. 3）.

我不知道，人们首次把历用年的革命称之为“光荣的”是什么时候，不过我知道， 在当年，约翰-伊夫林在写给塞缪尔-佩皮斯的信中问道，究竟怎样“我也能在这场惊 人的革命中为您效劳呢？ ”在第二年，一本教科书中提及了 “这场伟大的革命早在 1695年，人们就用“rcvohitionccr”（“与革命有关的人”）这个词来指支持1688年诉 诸革命解决问題的那些人。据说《国政短论集》（1692）中1660-1669的那卷曾打算 “说明后来的那场革命的必要性和明确的合理性，18世纪初的几十年中，也曾有过许 多关于1688年革命的论述：在塞缕尔•约翰逊博士的《英语词典》中，“revolution" 的第三个定义为：“政府或国家状况的变动。我们用它来……表示在承认威廉国王和玛 丽女王后所产生的变动。”

在法国，支持保守的天主教观点的人并不认为诉诸革命是件有益的或光荣的事。人 们所看到的只是一种循环，以及被处死刑的査理一世和仓皇溃逃的簷姆斯二世之间的一 种相似，他们二者都曾是信奉天主教的君主，并且都失去了各自的王位，他们都被新教 徒取代了： 一个被克伦威尔取代，另一个被奥兰治的威廉取代。有人担心，在法国也会 出现类似的革命循环，这种担心是很自然的。法国耶稣会会上皮埃尔•约瑟夫•奥尔良 公爵所著的《英格兰革命史》的一个主题就是，在这些事件中并不存在什么不可抗拒性。 诚如他将此书（1711年译成英文，1722年又印行了第二版）题献给路易十四时所说的那 样，“'过去之事（美国革命）……未能制止，并非陛下之过若路易之“忠告得以 采纳，”且其“继承人也接受这些忠告，则英格兰国王仍会雄居在他的宝座之上。”

然而，法国的新教徒们在1688年的革命中看到了新的希望。在那一年的年底，皮埃 尔•朱利奥在《牧人寄给巴比伦监狱中呻吟的忠于法国的人们的信》中，表述了他这位 新教徒的希望：这场“伟大而惊人的革命无疑将导致其他一些革命，这些革命臺不逊色 于”（引自古利姆特1975）威廉和玛丽通过革命继承王位.朱利奥发现了希望，“无需 流血、刀光剑影和火焰，反基督教者（即路易十四）的暴政就会垮台o- 1691年，在讨 论査理一世被处决和克伦威尔的飞黄腾达时，天主教徒击冈纳特产生了这样一种想象， “那些无所事事的和不安分的灵魂讨厌过持续安定的生活，他们喜欢革命：简而言之， 所有那些希望在变革或普遍的动乱中获利的人，都加入了这个阴谋集团，并且不遗余力 地促使其成功

概念的扩展

让一玛丽•古利姆特在他的《语词、革命和历史》（1975）中曾经指出，在17世纪 最后的10年中，法国人在谈到】688年的英国革命时，相当广泛地使用“revolution”这 个词和这个概念，当然，他们谈及这场革命时并不是把它当作什么“光荣的”事情，而 是当作新教徒对已经建立起来的君主制的一种威胁。古利姆特特别探讨了 17世纪末18世 纪初文学作品（悲剧和浪漫作品）中的革命思想以及史学著作中的革命思想。他所发现 的丰富的事例表明，“revolution"这个词和这个概念正在民冋逐步流行起来，这些例 子有助于解样人们为什么在这些年冋接受了数学和科学中发生过革命这一看法。遗憾的 是，这部杰出的著作虽然在很大程度上发展了作者有关17世纪的革命观念的主题，但由 于受到20世纪50年代、60年代和70年代的各种政治事件强有力的和公认的影响，它却没 有坚定不移和始终清晰地区分17世纪的观点和作者本人的解样。在涉及到“revolution” 这个词的实际出现时，尤其是这样，（正如20世纪的思想家们所看到的那样）作者的观 点不同于他所分析的那些著作中的某种关于revolution的观念。即使在所举出的例子中， 也并非总是要进行真正切实的尝试，以便揭示岀“revolution”实际出现时究竟是指一 种循环现象，还是指某一件独特的具有相当意义的事件。

然而，那些说明“革命”确实发生的例子的数目，为这个含有剧烈变革意思的词和 概念的逐渐流行，提供了令人信服的证据。費奈隆的《特宙马克的奇遇》(1699年4月出 版)就是一例：在1719年以及后来出版的注释本中，该书“涉及了许多富有传奇色彩的 事件，其中包括査理一世的死，査理二世的复辟，克伦威尔的独裁，以及簷姆斯二世的 倒台等”(参见古利姆特1975)O费来隆在好几章中讨论了 “造反”和“造反的原因”

(尤其是“政府中的那些达官显贵们的野心和不满”)。有三场’‘虚构的革命”，每一 场都是在其王子已成『暴君的君主政体中发生的：在其中的两场革命中，暴君被杀死了， 在另一场革命中，暴君被流放了。正如古利姆特注意到的那样，其中有两场革命中出现 了暴动(“rcvoltc”)，人民揭竿而起，以便获取他们的自由，但他们未能摆脱君主制、 建立共和制。他们根据继承的合法性思想或有倾向的投票，选择『新的国王：所以有人 说，这种“革命根本没有创造出一种新的秩序，甚至没有对现行的君主模式进行根本性 的改革，而是恢复『一种专治政治已经致使其堕落的旧的政治秩序费奈隆说，“只 有突然出现的暴力革命才能使这个行将倒台的政权回到其合乎自然的正常轨道上”(引自 古利姆特1975)o 1697年，在一部题为《绅士考特尼一英国伊丽渉白初恋密史》的小 说中，勒•诺布耳描述了英王簷姆斯二世的一位拥护者对英国革命的看法，他写道：

“英格兰是一个没有间歇的、革命的大剧场，转瞬之间一片宁静就会变成最猛烈的狂风 暴雨，而統风暴雨又会立即变为一片宁静。” 17世纪末许多法国小说中都充满r革命的 精神，这些小说竟然是些“(涉及历史和风流韵事的著作)”。勒•诺布耳在《阿布拉 •缪勒——马赫麦特五世退位的历史》中讲了一个故事，叙述r “1687年】1月奥特曼帝 国发生的革命，苏丹马赫麦特被废點，他的兄弟索里曼被推上了王位。”

原为天文学概念的“revolution-转而被用在了有关政治事物甚至生活状况的领域 之中，这种新的用法，在17世纪弗朗索瓦•波米编著的一部法语.拉丁语词典中得到了说 明。他的《皇家词典》(3rdcd, 1691)有两个各自独立的关于“revolution”的词条， 第一个词条的含义号技术意义上的，指貨统的循环运动和天体的运行：“tour, cours des Astres .天体的运行、公转、旋转、运动周期(AstrorumCircurmactus . circuit us. circuitio. convcrsio)"<,关于“revolution”的第二个词条专用于政治变革方 面，指一般性变化：甚至还被用来指时间的推移和命运的变迁：“changcmcnt d' ctat .国事的变化、变革、变动。世态炎凉，命途纟舛(Pubicac rci commutatio, convcr sio. mutatio. Temporum varictas. fortunacquc vicissitude ) "o

在约翰•欧文顿的《苏格拉特之行1689> (1696) 一书中，可以看到revolution这 个词新的含义的扩展。在书的四个附录中，第一个是“戈尔康达王国近年來革命的历史 所讨论的革命看来已经使政府发生了变化，一个傀儡国王从他的政府那里夺回了权力， 没有诉诸武力就成『一个真正的君主.在引言中，欧文顿描述J'他从格击夫森德启航的 过程，那是“1689年4月11 0.威廉国王陛下和玛丽女王陛下加冕的纪念日。”他说，船 被派往东印度群岛，“船作为信使去传播这场非凡的革命的喜讯：通过这场革命，二位 尊贵的陛下荣登宝座，全国上下普天同庆。”欧文顿谈到“査-埃格伯反对他父亲的造反” 时(newcd. )929. pp. 108—109).也使用了 “revolution” 这个词，以暗示一种复 辟。他“日复一日地盼望若出现一场如意的革命，”欧文顿说，“那时他就有可能重返 印度，他所希望的是父亲的去世会把他召回故里，

在革命的新时代，早期的一部关于英国革命的著作很有新的现实意义。安东尼-阿 沙姆的《政府的混乱和革命》(1649：参见扎戈林1954. Ch. 5)是在其1648年出版的著 作的基础上扩充而成的。他是在一般意义上而非特殊意义上使用“混乱和革命”这个词 组的，在光荣革命之后他的这部著作之所以看起来很重要，是因为他从政治上对合法的 和不合法的君主制政权进行了探讨。

再介绍一 F托马斯-霍布斯和约翰-洛克对“revolution”的用法，我们的讨论大概 可以就此为止了。霍布斯完全熟悉“revolution”这个词传统上的科学含义，他在关于 几何学和自然哲学的著作中，也就是在这种含义上使用这个词的。他在著述中曾谈到过

“逆运转”，“本轮”，以及意指完整循环运动的公转。在其对“英格兰内战的研究” 或Behemoth （pt. 4, coni.）中，霍布斯把这个科学术语转用到政治方面，他（正像我 们看到的那样）写道：“这场革命”就是“最高权力在循环运动，循环是在一父一子两 个篡权者之间进行的，从己故的国王开始，到他的儿子为止，

不过，当霍布斯若手“描述一场突然的政治变革”（斯诺1962, 169）时，他一像 培根、柯克、格布维尔和塞尔登一样——“使用了 '造反'、’叛乱'、’颠覆’等词。” 洛克在《自然法则论文集》和《人类理解论》这两部著作中都使用*T* -revolution"这 个词，用来指地球围绕太阳的周年运动（她的“每年一周的公转”），并且把太阳说成 是行星“公转”的中心（斯诺1962. 172：拉斯莱特1965, 55）。在政治领域中，洛克曾 对弗朗索瓦•贝尼埃《最近一次国家革命的历史》进行过认真而细致的研究，他仿效贝 尼埃用“革命”这个术语来指已经完成的改朝换代。他的著名的《政府论（下篇）》， 因其为光荣革命辩论和对以契约为基础的政府理论的介绍而享誉天下，“evolution” 这个词他在书中只使用了两次（bk. 2. &amp;&amp;223, 225）.每次都是用来指一种政 治上的循环，通过循环，恢复某种以前的涉及宪法问题的状态，因此他提到了 “人民迟 迟不肯放弃他们的旧的制度的倾向，”这种倾向“在我国发生的许多次革命中，在现代 和过去的时代，仍然使我们保留由国王、上议院和下议院组成的我们的旧的立法机关， 或者经过几番毫无结果的尝试后仍然使我们重新采用这一制度”

a {tcxt-dccoration:nonc} 第五章科学革命：对科学革命的首次承认

许多历史学家，其中包括罗杰・B.梅里曼（1938）, H. R.特击弗•罗伯（1959）, E.霍布斯鲍姆（1954）,以及J. M.古利姆特（1975）等，已经注意到了 17世纪中叶在 欧洲的不同地区一美国，法国，荷兰，加泰罗尼亚，葡萄牙，那不勒斯以及其他一些 地方一几乎同时发生的起义、暴动或革命。显然，这是一个充满了危机和不稳定因素 的时期，并且，看起来似乎存在若一种普遍的革命，而不同地区所发生的事件只不过是 这一革命特定的表现形式。那时，正如特宙弗•罗琅所指出的那样，存在若一种“普遍的 危机”，这对于当时思维敏捷的人来说是显而易见的。lcd3年I月25日，杰里迈亚-惠特 克在众议院的一次讲道中宣称：“这些日子是令人战慄的日子，”而且，这种“战慄是 世界性的：它出现在帕拉坦.波希米亚，德国，加泰罗尼亚，葡萄牙，爱尔兰，以及英 国”（参见特击弗•罗珀1959. 31, 62n.特。

17世纪也是科学革命的时代。1642年英国的第一次内战.恰恰始于伽利略的《两种 新科学》这部运动学的奠基性著作发表四年之后，笛卡尔的《方法谈》和《几何学》发 表五年之后。牛顿的《原理》是科学革命最有意义、最有影响的著作，它出版于1687年， 亦即光荣革命的前一年：事实上，这本书是奉献给倉姆斯二世和皇家学会的。与17世纪 的政治革命相比，科学革命在许多方面更为彻底、更富有创新性，而且业已证明，它的 影响更为深远.不过，据我所知，还不曾有人把科学革命与在同一世纪发生的其他革命 联系起来，也不曾有人推测说：在政治领域发挥作用的那种革命精神也许与导致科学巨 变的那种精神是同一的。

确定科学革命的深度和广度的最好方法，就是把17世纪已经初具规模的科学学科与 其在中世纪末最为相近的学科作一番比较。我们来考虑一下重要的运动问题吧（因为 “忽视运动就是忽视大自然中世纪的学者们，按照通常的亚里士多德的观点，把 运动理解为从可能到现实的任何一种变化。因此，运动规律并不仅仅限于位移（位置的 变化）,它还要涉及任何一种能够作为时冋的一个函数加以量化的变化，其中包括随着 年代的变化而増加或减少的重量，甚或天惠的获得与丧失。在14世纪，当学者们对位移 加以特别考虑时，他们就充分意识到了，运动既可能是匀加速的，也可能是非匀加速的， 而且这些学者还能够从数学上证明，如果匀速运动速度的大小与加速运动速度的平均值 相等的话，那么，在给定时间里，匀加速运动与同一时间内的匀速运动是完全等效的。 然而，14世纪的数理哲学家以及15世纪讨论他们工作的那些人，从来没有把这些数学原 理应用于物理事件例如落体运动上，以便对它们加以检验。另一方面，伽利略在对这一 问題的探讨中并未把这些原理以及其他一些原理看作是纯数学的抽象，而把它们看作是 在实验中制约着实际的物理过程和事件的定律。伽利略甚至用著名的斜面实验，对自由 落体定律进行了检验和确证，他在《两种新科学》中对此进行了描述。伽利略对这些定 律的阐述，与其14世纪的前辈们的阐述相比，在数学方面没什么差别，不过，他的数学 是在物理学语境中表述的，而且用物理实验进行『检验。斯蒂尔曼•德击克（1978）发 现，伽利略的一些难以理解的笔记，原来记的是一组当时所做的实验，这些实验使伽利 略发现了这些定律。

这类例子向我们表明，通过与数学分析结合在一起的实验来发现原理，在经验的关 系域中建立起科学定律，以及通过实验检验来考察知识的有效性，这些是多么新颖和富 有革命性啊。在传统上，知识是以信念和直觉、理性和天启为基础的。新科学不再把所 有这些作为理解大自然的手段r,而是把经验一一实验和批判性观察一作为知识的基 础和对知识最终的检验。推论像学说本身一样具有革命性。这是因为，不仅新的方法把 知识建立在一个全新的基础之上了，而目，它还意味着，无论对什么人来讲，名人的话 未必就是非信不可的r：人们可以用所掌握的经验对任何一种命題和理论加以检验。因 此，17世纪新科学所考生的，并非是著者或呈报者的身份。地位或学识方面的情况，而 是其呈报中的正确度，是他对科学方法的正确理解，以及他在实验和观察方面的技能。 现在，就连最普通、最卑微的学生也能对最伟大的科学家所提岀的理论和定理进行检验 （甚至能指岀其存在的错误）。因此，知识所具有的是民主性而不是等级性，并且，知 识更多依赖的不是少数精英的洞察，而是某种适当的方法的应用，这种方法，任何具有 足够才智的人都能很容易地理解，而且能用来掌握新的实验和观察原则、『解从资料中 得出恰当结论的途径。由此可见，对科学革命期间整理这种方法的人们理应给予很多重 视，这样做不足为怪•这些人，加培根、笛卡尔、伽利略、哈维以及牛顿等人，都曾著 书立说，阐述了科学研究的方法.

16世纪末和17世纪的科学家们，充分意识到了他们这种直接求助于大自然的思想方 法的新颖性。这种思想方法在16世纪末有关植物和动物方面的著作中是显而易见的。这 些著作不仅展示了一种新的、源于观察的运用的实在论观点，而且还明确地阐明，书中 的那些说明都是根据生物实例作出的.例如，富克斯1542年的植物标本集中有这样一整 页的插图，它展示r艺术家和木刻家依照摆在他们面前的植物进行工作的情景。在维萨 里的伟大著作《论人体的结构》中（1543）.有一幅插图展示了进行解剖所需的所有必 要的工具。该书的献词朴实无华：“自己动手，维萨里不但希望他的学生一读者们能 重复得出他的结果并证实他的发现，从而丰富我们的知识：他还表明，他的革命性著作 是建立在实验事实和可检验的事实之上的。

16世纪对大自然的这种迷恋，在人们对发现新大陆、尤其是对发现南美洲和北美洲 的反应中，表现得十分明显。令人感兴趣的恰恰不是陆地的形状或地质沉积物，而是植 物和动物等各种生命的形式。这些动物是否是挪亚时代的洪水冲到那里去的呢，是否是 与欧洲的动物截然不同的呢？也许，它们与那些动物并无关联，是大洪水后特殊的创造 物？这两个问题都会令人困惑不解，因为看起来，它们的答案似乎与《圣经》是背道而 驰的。而在美洲出生的人们的起源这一问题，就更会令人疑云难消了。

在17世纪初的10年中，伽利略制造的望远镜使人们第一次知道了天空是什么样，这 使得整个世界都为之兴奋。马乔里•尼科尔森为我们记述r全欧洲的人怀着渴望的心情 期待着伽利略望远镜的每一次新的发现，他还借助诗人们所用的形象化的比喻，记述r 伽利略是怎样迅速做出发现的。1620年，本•琼森发表r一部题为《来自新大陆的消息》 但并非论述美洲大陆的著作，此书讨论的对象是天空，尤其是月球，书中论述了望远镜 —而且总是与伽利略的大名连在一起，以便说明林利略的发现，该书还提到了《星际 信息》或《信使》。琼森的著作是一部传播新生事物的著作，它像莫纳德的那部描述美 洲药用植物群的題为《来自新发现的世界的喜讯》的著作一样富有幽默感。具有革命性 科学的新生事物即将来临的预兆出现r。因为伽利略不仅宣布r新的事实、新的信息， 而且很快得出结论说，通过望远镜获得的新的观察资料否证『托勒密体系（这点确实做 到了），并且证实了哥白尼体系（这点并未做到）。

许多富有创造性的科学革命的著作.其书名中都使用了 “新”这个字。开普勒（16 09）出版r一部以物学原理为基础的著作，題为《新天文学》。伽利略最后一部著作 （1638）的题目是《两种新科学》：虽然，这题目也许并不是他选定的，但在谈及他已 经发现的许多新的值得注意的事物时，他确实提到过这第三部关于运动的著作。塔尔塔 利亚给他的书起名为《新科学》（1537）。冯•居里克把他用来阐述新发明的空气泵所 取得的革命性实验结果的著作定名为《马德堡的新实验》（】672）。玻意耳在他许多著 作的书名中都使用了 “新”这个字。1600年，威廉•吉伯发表了一部題为《论磁石…… 一门被许多论据和实验证实的新的生理学》的著作.此书的书名可谓意味深长。他在献 词中写道：“谨以这部几乎是全新的前所未闻的”关于“自然知识”的著作献给“你们， 唯有你们，真正的哲学家，高尚之士，不仅能够从书本中而且能够从事物的本身获取知 识的人。”吉伯知道，在当时.只有一小部分人致力于“这种新的哲学探讨

科学革命产生了一种新的知识和获得这种知识的新的方法，同时也产生出了提倡、 记录和传播这种知识的新的机构。这类机构就是那些由志同道合的科学家们（以及那些 对科学非常感兴趣的人们）组成的协会或学园。他们会聚一堂，一起做实验，他们去参 观別处所进行的实验工作和对实验的检验，听其成员所做的有关科学工作的报告，了解 其他的科学组织或其他的国家正在从事的事业。科学共同体的出现，是科学革命的显著 标志之一。到了 17世纪60年代，在法国和英国都有了固定的国家级科学院，它们都有了 官方的杂志，以便于它们各自的成员发表其研究成果。

以伊萨克•牛顿为例，我们可以看出，入选成为这种学会的成员有着多么重要的意 义» 1671年，伊萨克•巴罗（卢卡斯讲座的教授，牛顿的前任）把牛顿新发明的反射式 望远镜的样品带到伦敦，呈交给皇家学会。牛顿的发明受到“称赞”，没过多久，牛顿 就被选为皇家学会的成员。牛顿很高兴得到伦敦的科学家同行们的如此赏识，他不久就 写了一封信，寻问学会何时聚会，以便他能够提供一份报告，阐述他所做的与光和颜色 有关的一系列实验，这一系列实验是新的望远镜发明的基础。牛顿年轻气盛，他写信给 已经竭尽全力使他成为其会员的那家学会，他对干事说，他的发现是迄今为止对大自然 的运行所做的“最为奇妙的”探索。牛顿渴望立即向他新的科学家同事们展示其发现的 这种心情，与他后来不愿发表（或勉强同意发表）他的任何发现这种态度形成J'鲜明的 对比，它向我们暗示着，对于一个科学家来说，正式获准成为常设的科学共同体的成员 是何等重要。

牛顿论光和色的论文有着好几个第一：它是牛顿第一次发表科学著作：它是颜色物 理学的第一篇或奠基性论文：它是第一次以文箪的形式在科学杂志上发表的重要的科学 发现。此外，它之所以令人瞩目，是因为它描述了牛顿的实验以及他由此得出的理论结 果，而没有为某个宇宙论体系或神学教条进行辩护：它是纯科学，这也就是从此以后直 至今天我们所理解的这个词的含义。

不断出现的科学共同体所具有的一个革命性特征，就是正式的信息网的建立。这种 信息网的确立，部分是依靠个人的出访和相互的书信往来，但主要还是依靠科学杂志和 科学报告来完成的。短命的伽利略西芒托学院（实验学院）在一卷本的《智者》（sagg i. 1667）中用意大利文发表了其成员的成果。1684年又出版了英文版，在一卷本的英文 版书中有一幅具有象征意味的卷首插图，以表示意大利科学院是怎样把其传统传播到伦 敦的皇家学会的。皇家学会的《哲学学报》既有用英文发表的文章，也有用拉丁文发表 的文章。为了方便欧洲大陆的读者，把用英文发表的文章也全部译成拉丁文的学报，不 久便问世了。《哲学学报》的文摘或摘要都是用英文出版的，但很快就被译成r法文， 而法国科学院的各项发现，也可以从英文版的材料中得知。17世纪发表的伟大的科学著 作的数量是令人惊讶的，但它们并非像人们通常所料想的那样都是用拉丁文发表的，它 们是用各自国家的语言发表的。例如，伽利略的《关于两大世界体系的对话》（意大利 文版，1632：英译本，1661：拉丁文译本，1635）,笛卡尔的《几何学》（法文版，16 37：拉丁文译本，1649, 1659）,牛顿的《光学》（英文版，1704：拉丁文译本，1704）, 等等。其他此类的例子还有，笛卡尔的《屈光学》（1637）,惠更斯的《光论》（1690）. 以及胡克的《显微术，或对微小生物体的生理学描述》（1665）。

从皇家学会的首任秘书亨利-奥尔登伯格大量的书信往来中，我们可以看到信息网 所起到的作用。1668年，奥尔登伯格在写给当时在巴黎的惠更斯的信中，表述『学会想 与他建立通信联系的愿望，并希望他向学会介绍“他在有关运动问题方面所做出的发现，” 即使他“认为还不适宜用书面形式发表的［成果］”也行。奥尔登伯格还问恵更斯，是 否“愿意向他们透露他的有关理论，以及作为其理论根据的有关实验。”惠更斯同意 “勿庸置疑，他的成果寄来时，学会将在他们的登记簿上备案，以便使其发现权得到保 护。”几个月后，惠更斯的原文送来了，克里斯托弗•宙恩对其中的一部分进行了研究。 随后“进行了一些实验”，用以检验惠更斯的理论和宙恩的理论，由于实验设备的工作 不甚理想，实验又被安排在以后的一个星期聚会上重做了一次。过了不久，恵更斯与市 恩的发现何者居先的问题就出现『。惠更斯把一份用“密码或变位字”写成的关于新的 研究成果的陈述送交给皇家学会登记备案，以此作为“今后保护他的发明或发现的方式”， 等到有朝一日“他认为适当时再用普通的语言对它们加以解释。”20多年以后，爱德蒙 •哈布力劝牛顿把一份对他的发现的说明递交皇家学会备案，以保护他的领先权。时至 今日，仍然可以从登记簿上査到牛顿1684年秋天所写的小册子《论运动》.牛顿著名的 《原理》，就是后来在此书的基础上扩充而成的。

科学社团和科学院在建立发现和发明的领先权的记录制度方面的作用，是科学革命 另一个重要的标志。科学革命是有史以来第一种致力于连续的发展过程而并非某一目标 的革命。如前所述，政治革命和社会革命都有一个明确的目的，即建立某种形式的国家 政权或社会制度，尽管人们也许并未料想可以在不久的将来建立这样的国家.然而，新 的科学却被看作是一种发现过程，一种永无止境的研究过程.为『发表和传播各种发现， 为『建立能够用来从事发现工作的实验室和天文台以及动植物园，准备工作一应俱全。 出版杂志以发表新的成果、为保护发现的领先权而建立备案存档系统、对最富有革命性 的进展予以奖励，通过这些活动，持续的变革过程得以制度化。我不知道有什么别的革 命或革命运动能使即将到来的持续的革命进程如此制度化。的确，太阳底下还是有新东 西的.

虽然，科学有可能是一种对真理永无止境的探索，但人们普遍希望，在有效地医治 人类疾病方面，科学进步能导致具有实用价值的发明和改进。这类记述出现于17世纪初， 培根和笛卡尔有关方法论的专题论文也有这方面的论述。笛卡尔在他的《方法谈》中写 道：要是有个富人能向他证明，在医疗和卫生保健方面也能开发出类似于像农业机械化 那样的实用技术，那该有多好呀。培根也反复论述过同样的问题，他论证说，科学一 有关自然的知识——将会导致对我们的环境的控制，将会给予我们新的力量。培根很明 智地接着指出，这种实际应用与其说是增加舒适的生活用品的手段，莫如说是具有更多 的“预示真理和保卫真理”方面的价值。培根这样讲的意思是说，由于新的科学革命是 以经验为基础的，它的原理也就有可能在实际的设计工作中体现出来。那些体现若新的 原理或以新的原理为基础的正在运行的机器，为这些原理所包含的真理提供『明确的证 据。

所有这些革命性特点暂且不谈。是什么使得科学革命通过基本的科学进步真正得以 实现了呢？我们已经看到，抽象的运动定律被枷利略的自由落体定律取代了。再进一步， 把自由落体 种典型的加速运动一一与匀速的水平运动过程结合在一起，就可以像

伽利略指出的那样，勾勒出抛射体的抛物运动的轨迹.破学萌发于17世纪。开普勒发现 了行星运动的三大定律.这些定律以后均以他的名字命名，他还全面阐述r现代的宇宙 日心说体系亦即我们通常所说的哥白尼学说。牛顿不仅创立了颜色学，而且创造出r- 种同时包容地球物理学和天体物理学的数学体系。他的万有引力原理，既可以说明开普 勒定律和自由落体定律，又可以解样海洋中的湖汐运动和地球的形成。它甚至还可以提 供依据，从而在管星出现四、五十年以前便可成功地作出预见。在其解释的简洁性方面， 在其应用的深度和广度方面，牛顿物理学无疑具有一种革命的意义。

当然，在对大自然的理解过程中，并非只有物理学会遇到革命。生命科学也很有活 力，正因为如此，哈维发现了血液循环，这导致了一场生理学的革命。在这里，就像在 运动学中一样，革命也具有明确的无可争辩的否证色彩。如果不是亚里土多德本人那就 是亚里士多德派的什么人预见说，在空气中，重的物体比轻的物体运动得快，它们的运 动速度与它们的重量成正比。很容易用实验证明，这是错的.与此类似的是，羨伦曾经 认为，血液在静脉中有涨有落，而且还可通过心室隔膜或中隔上的微孔，从心脏的一边 流入另一边。然而，正像上述预见被证明是谬误一样，盖伦也完全错r。

同时代人的科学革命观

尽管很难否认，在】6世纪机17世纪中已经产生了具有重大意义的科学进步，但有些 评述者却宁愿把这些发展看作是改进而不愿把它们看作是革命，有些人甚至根本否认这 种确实伟大的进步曾经发生过。在17世纪末18世纪初的论战亦即著名的书战或古今之争 中发表的那些著作，就是一个例子。由丰特奈尔、格兰维尔、佩罗、斯威夫特、坦普尔 以及沃顿等人写的著作，甚至在科学和医学领域中也倾向于使用知识的“改进”这一概 念，而不使用“革命”。下面的事实更令人惊讶：丰特奈尔和斯威夫特在别的著述中却 使用了革命这个词，丰特奈尔还把这个词和这个概念用于新数学之中。在谈到厚“今” 薄“古”和我们称之为科学革命的伟大成就时，这些作者（除一人外顺乎都避免使用 “革命”这个词。托马斯-斯普拉特为皇家学会所写的辩护（1667）几乎与此完全相同， 他的这部书致力于展示新科学所取得的成就，科学将会带来的一一甚至会给语言带来的 种种变化。书中主要讨论的是创新和改进之事，而不是革命。

17世纪末.科学革命开始被人们承认。尽管吉伯、伽利略、开普勒、哈维以及其他 一些人都强调他们著作的创新性，但我尚未发现，在问世纪末以前有过什么明确而清晰 地探讨科学中存在若革命的论述。不过，有一封1637年用意大利文写的信中却引人注目 地提到了哈维著作的革命性。

对于科学革命史的研究而言，这封信确确实实是一份非同寻常的文件。它清晰地说 明了科学中的新发现是怎样被人们发觉具有革命性的，不过它也说明了，用单一的一个 词来描述这种革命性是何等的困难。这封信写于笛卡尔的《方法谈》和《几何学》出版 的那一年。写信的人是拉法埃洛-马吉奥蒂，罗马的一位牧师和科学家。他将此信寄给 他的一位牧师同行，佛罗伦萨的法米亚诺•米凯利尼，他向他的朋友们，包括上了年纪 的伽利略在内，通报了哈维做出并于1628年公布的生理学方面的新发现，他写道，“这 就是血液在我们的身体中所进行的循环二这一发现“足以推翻整个医学体系，就像望 远镜的发明巳经使整个天文学颠倒了过来，以及指南针（已经）对通商、火炮对军事技 术的影响那样”（伽利略1890, 17： 65）.

在1637年，只用“革命”这个词或这个概念来描述哈维发现的激进性还为时过早。 也许过了半个多世纪以后才能说，血液循环的发现，将会使一场“医学革命”由此开始。 马吉奥蒂使用的动词是“rivolgcrc”，其意为“使转变”、“熟思”（如“再三考虑”）， 有时是指“推翻二为了确保他的读者能得其要领，他解样了他使用这个词所指的意思， 因为在当时，对某一门科学有如此“毁灭性的（亦即革命性的）作用的发现并不常见。 所以，马吉奥蒂把它的影响与技术上的两个重要突破一一黑色火药和指南针的发明作了 比较。培根曾说，这组技术上的革新以及活字印刷术，已经使现代世界发生了最为根本 的变化。（我们可以看到，培根并没有马上使用“革命”这个词，也没有使用这个词公 认意义上所谓的革命概念・）马吉奥蒂实际上是在说，就把一门科学学科颠倒过来这一 新的现象而言，既没有适当的名称也没有清晰的概念，这种新现象也不是某种已被认定 的事件，它很像已经使世界性的贸易、探索和战争等状况发生r变化的那些非同寻常的 发明。截至1637年为止，在科学的任何分支业已做出的发现中唯一最富有戏剧性、并且 从推翻旧的学说的意义上讲最具有革命性的发现，就是伽利略所揭示的新的天体现象。 为了有效地阐明他的观点，马吉奥蒂又把哈维的发现与伽利略的发现作了比较。伽利略 给了托勒密体系致命的一击，他证明，托勒密体系是错误的，而且.数千年以来天文学 家所写的论述天空的著作中，没有任何一个有关天体的概念是正确的。同样，哈维指岀， 盖伦的体系是错误的，因此，以盖伦的生理学为基础的所有医学体系应予更换。正因为 这样.马吉奥蒂说，血液循环之发现的作用可以与“望远镜的发明”相媲美，望远镜的 发明已经使“天文学颠倒了过来，在这一事例中，马吉奥蒂没有（像他刚才那样）使 用“rivolgcrc”这个动词，而使用了 “rivoltarc”，这个词的意思不仅是“背叛”， 而且还意味若“颠倒”，“翻过来”从而“走向反面”，“抛弃”等。

真正把“革命”这个词与哈维发现连在一起的，是威廉-坦普尔爵士在】7世纪下半 叶所写的一篇论文。从作者使用这个词的方式中，我们可以看到现代的革命概念出现初 期时的情况。坦普尔的这篇论文大约写于1686年以前（见伍德布里奇1940, 212）.题目 为《论健康与长寿》，作者在文中谈到了希波克拉底和盖伦创立的古代医学体系，谈到 了帕拉切尔苏斯“废除全部盖伦模式”的尝试以及他在引入“化学医学疗法”方面的工 作,随后他讨论了哈维和血液循环。坦普尔（他对，I： 73）把这一系列事件称之为“生 理学帝国中的”亦即“医术”或医学帝国中的“伟大变革或革命二“帝国”这个词的 使用暗示者，坦普尔在这里意指的并不是某一独特的戏剧性事件的出现这一新的含义， 而是“革命”这个词在“帝国革命”这个短语中的那种传统的含义。很有可能，坦普尔 在别的著述中（《英雄的美德＞.1821. 1： 104）把帝国革命想象为逐渐展开或前后相 继的事件。此外，坦普尔本人并非真地相信哈维革命，他认为，对于循环学说，“人们 期望若它能够使整个医学事业焕然一新二但是实际上，它“并没有产生这样的作用。” 在《古今学问论》（1690 （1963）. 7］］中，总的来看，坦普尔所持的是一种厚古的 观点。他论证说，古书是最好的，而且，用阿方索•埃尔•萨比奥的话来讲，生活中值 得追求的只有“燃朽木、饮陈酒、会旧友、读古书他问道，"哪些是我们自认为技 高一筹的科学呢？ ”在］500年的时间中，“除了笛卡尔和霍布斯大概可以自封为哲学家 外”，再没有什么新的声名显赫的哲学家了。他发现，在天文学中“除了哥白尼体系外， 没有什么可与古人相竞争的……新东西了，在医学中，除了哈维的血液循环的新发现外， 情况也是如此坦普尔坚信不疑地认为，“即使它们是真的，” “这两项伟大的发现 也没有改变天文学或医学事业的结论因此，尽管这些发现使“发现者获得『很高的 荣誉，”但它们“对世界的用处并不大."（pp. 56-57, 71）

丰特奈尔在其1683年出版的《死者的新对话》一书也讨论了医学中的革命问题。该 书中有一段古希腊后期的医生和生理学家埃拉西斯特拉塔与威廉-哈维（书中称之为埃 尔韦）之间的对话。对话开始，由埃拉西斯特拉塔首先发言，他简要地概述了哈维所报 告的奇迹：血液在身体中循环，静脉血管把血液从末端输送到心脏.然后，血液离开心 脏进入动脉血管，由动脉把血液送到末端。他承认，去代的医生以为，血液只是一种非 常缓慢的从心脏到身体末端的运动，这是十分错误的：他还叙述了世界多么感谢哈维 “消除了那个古老的错误。”接下来，埃拉西斯特拉塔在对话中承认，现代人能比古代 人成为更好的科学家，而且.他们能获得更多的有关自然的知识：不过，他宣称，他们 “成不了更好的医生”，因为古代的医生能像现代的医生一样.为人们医治疾病。

哈维反驳说，许多病人的死亡都是由于对血液循环的无知造成的。埃拉西斯特拉塔 答复说，“你相信你的新发现确实有用，那么有什么用呢？ ”在哈维作出肯定的回答时， 埃拉西斯特拉塔问，为什么现在还像以前一样有那么多的死者走入极乐世界呢？ “哦！” 哈维说，“如果他们死了，那是他们的错误，而不是医生的错误。”在回答结束时，哈 维对未来作了一番乐观的解縁，他说，到那时世界就会“有闲暇充分利用新近的发现，” 因为“巨大的效益”将会随着时间的推移被人们发现。在约翰•休斯所译的英文本中 （丰特奈尔1708）.埃拉西斯特拉塔有这样一句粗暴的评语：将来“不会有这样的革命， 相信我的话吧。”这就是说，人类以前就有了 “一定的断定有用知识的标准，”尽管对 它又做r少量的补充，但它永远不会被超过。丰特奈尔在结束这篇对话时作了一番悲观 的解條：无论科学家在人体方面做出什么样的发现都是徒劳的，因为“大自然是不可战 胜的”，而人们还会不断地在既定的时刻死去。

从目前的情况看，这篇对话是极有意义的。首先，丰特奈尔把像哈维（“在人体中 发现了新的管道”）那样的发现，与天文学家发现“天空中的一颗新的恒星”加以比较 —这类发现很少有或者根本就没有什么实际的用途。其次，尽管丰特奈尔十分信奉笛 卡尔的哲学，但他却直截了当地反对笛卡尔在《方法谈》中所说的那段大话，即如果得 到资助，医学研究将会使生命周期无限延长。最后，我们会注意到，丰特奈尔（借埃拉 西斯特拉塔之口）提出的医学中没有革命这一主张，与丰特奈尔本人的这一认识即数学 中存在着革命是截然不同的。这样看来，对革命的可能性的否认，也许可以说是法国医 生普遍反对哈维的伟大发现的一个标志（参见罗杰1971, 13, 169）。虽然笛卡尔热心支 持血液循环学说，但丰特奈尔可能并不认为，对医学事业来讲，这一发现算得上是什么 伟大的成就。事实上，丰特奈尔似乎并非相信，在医学中曾发生过革命。埃拉西斯特拉 塔所说的“不会有这样的革命”这句话，无疑已经表白了丰特奈尔的信念，不过，他本 人所说的话略有不同。在约翰•休斯的译本中，埃拉西斯特拉塔说的是：“不会有这样 的革命，相信我的话吧。”而丰特奈尔是这样写的：“Sur ma parole . ricn nc chan gcra”（“相信我的话吧，什么都不会变”）。

化学家和物理学家罗伯特-玻意耳在其1656年11月所写的一封信中也提到了革命： 我告诉您一件很平常的事，您就会了解愚套入的轻率的 推断有可能使他疯狂到什么程度：某些寡廉鲜耻之徒竟然把 不可思议的荒谬的事物归咎于神灵，而臺不为之脸红。谈到 消息的公开性，最近全面而完美的成功的消息仅仅限于在议 会的大堵之内传播.以致于我现在只能抄录报纸，至多只能事 先根据报纸去猜测。对于我们新的代表们将会证实什么、或 者我们将会得到什么，我不敢妄加猜测，更不敢白纸黑字地写 下来：我不会有所顾忌的只是承认，我的希望和恐惧都是有非 常特别的动因的：我还可以无所顾忌地说，我据以预计会有时 雨或猛烈的暴风雨来临的云彩，尚不是看不见的未凝结的水 气。至于我们的思想方面，我的确可以值心十足地预计，会有 一场革命，通过它，神将会成为一个失败者，而真正的哲学繁 荣也许会出乎人们的意料之外。

（British Librarj- Harley MS 7003. fols. 179/80]

在科学范围内，我没有发现玻意耳有过什么类似的陈述（在簷姆斯•雅各布把玻意 耳看作是革命者的那部著作（1979）中，也没有提到这类情况]。不过，综观玻意耳那些 行文繁冗的论著，如果有人断言说，这些书连提都没有提过这类问题，那么他一定是一 个冒尖的学者.

我已经指出，许多17世纪的科学家都意识到了他们的成果具有的创新性，而且在他 们自己著作的标题中都表明了这一点，一些17世纪最伟大的科学家们（吉伯、开普勒、 笛卡尔、哈维、牛顿）对他们各自著作的非传统的特性作了明确的陈述，他们指出了古 代和中世纪的作者的错误，并采取了革命的态度。亨利•鲍尔在其所著的《实验哲学》 （1664）的结尾部分，对新的应用科学作了丰富的佩述。“这是这样的一个时代，”他 写道，“哲学伴随着一场大潮来r--“消遥学派的值徒们也许希望阻挡这一潮流二 就像“阻止自由哲学的泛滥’哪样。他断言，“一定要抛弃所有陈腐的垃圾，推翻腐朽 的建筑，”这是因为，“不得不为一个更为宏伟的、永远不会被推翻的哲学专业奠定一 个新的基础的时刻来到『°”他说，这种新的哲学，“将以经验和感知为基础，详细讨 论自然界的各种现象，从自然界事物的本源那里推究其原因，就像我们所观察的事物可 以被艺术再创造出来和力学证明确实可靠那样。”

我发现，在18世纪初的数年中，丰特奈尔的著作中就有了相当早的关于数学革命的 陈述，此陈述完全是现代式的而且十分清晰。当时，丰特奈尔正在伏案撰写论述微枳分 的著作，微积分是牛顿和莱布尼兹发明的，它无雄是17世纪最富有革命性的知识成果。 丰特奈尔在其著作中一而再再而三地借用革命这个新的概念，以此来说明这种数学理论 是多么不同凡响。它给予科学家的力量，远远超出了前人“难以想象”的范围。革命只 是刚刚开始，但这已经使那些开创者们与在此不久之前还可谓是最聪明最有经验的数学 家们相比，能够更巧妙地解决数学问題。

在医学领域中我们发现，1728年牛顿去世后不久，W.科伯恩医学博士在谈到帕拉切 尔苏斯时，曾明确地在新的意义上使用了 “革命”这一术语，甚至还暗示，革命的发生 是医学体系发展的一个特征。

三十多年以后，数学家克宙洛为牛顿在理论力学领域中开始的一场革命而欢呼，理 论力学是一门边缘学科，它包含了数学和物理学两个领域。值得注意的是，牛顿为纯数 学和数学物理学做出的伟大贡献，其革命方面那样明确地得到了承认，这是因为，牛顿 的成就标志着科学革命的顶峰。现在的证据证明了我们的判断，而且更加强调了这一点： 17世纪最富有革命成果的领域是纯数学和理论力学领域。

第六章第二次科学革命及其他革命？

本书所讨论的科学革命，是对所有科学知识均有影响的革命，从这一点讲，它既不 同于本书所讨论的別的革命，也不同于大部分科学史著作中所讨论的革命。它使科学的 基础发生了彻底的变化，使实验和观察受到了重视：它提倡一种新的数学理论的理想， 强调预见的重要性，并且大力宣扬：将来所做岀的发现不仅能使有关我们自己和我们这 个世界的知识向前发展，而且还能増加我们对自然作用的控制范围。与之相伴而来的， 还有一场组织机构中的革命。对如此大范围的思想革命和机构革命的认识，自然而然地 会致使科学史家和其他对历史感兴趣的学者们去探讨：是否还有过（或还将有）其他此 类的科学革命？

科学机构中的革命

我们在第5章中了解到，科学革命的一个重要的革命特征，就是科学共同体的兴起， 各种科学组织和机构的建立就是一个例子。在19世纪初的几十年中，那些历史悠久的科 学组织和机构一一皇家学会。巴黎科学院，以及它们在柏林、斯德哥尔摩、圣彼得堡和 其他地方的那些小兄弟们 已经无法再容纳大量增加的富有活力的科学家了。于是，

产生了许许多多地方的科学组织和专业的科学杂志，如法国的《物理学杂志》.英国为 物理学界出版的《哲学杂志》等。随若科学家和科学事业拥护者人数的激増，专业的科 学组织如英国地质家协会出现罗杰•哈恩（1971, 275）把科学专业人员和支持他们 的各种机构的数量的巨增描述为“19世纪初的'第二次’科学革命°”

英国科学促进会始建于1831年，在法国、美国、德国等等国家也都有与它相应的组 织。它的成员人数不限，甚至可以说，它是一个网罗人才的组织。通过与地方团体一起 工作，每年在一个城市举行一次会议，以便最终使全国都能成为科学运动的成员，这些 机构推动了 “科学促进”活动的开展。在它的会议上，英国科学促进会这一标准组织被 分成几个科学组（数学组，物理组，化学组，天文组，等等），每年出版的会议记录也 是如此。当然，会议期间总有少量的综合性发言和重要的讲演，甚至还有一些可能使较 大范围的听众们都感兴趣的会议。关于后者，最著名的例子就是BAAS （英国科学促进会 的缩写——译者）I860年的牛津会议，在这次会议上，威尔伯福斯主教与托马斯•亨利 -赫肯黎就达尔文进化论发生了争论.

我认为，可以举出一个很好的事例来说明在19世纪末和20世纪初的几十年间所发生 的第三次科学革命。这次革命也有许多是机构方面的革命。首先，在这段时间中，大学 确实成r大规模的研究和高等教育的中心，这是过去loo多年左右的时间中形成的模式。 自学成才的科学家一一如法拉第和达尔文这样的非专业学者一逐渐被这样一些科学家 所代替：这些人有专业知识，受过先进的科学训练，而且都拿到了学位文凭（文学硕士， 哲学博士，科学博士，等等）。像约翰斯•霍普金斯这样的新型大学，是为了专门赞助 研究生的学习和研究而创办的，那些老的大学则设有研究机构。有关后者的例子当首推 剑桥大学的卡文迪什实验室：另外还有芝加哥的耶基斯天文台，以及哈佛的比较动物学 博物馆等。许多这样的研究部门与大学并无直接关系，例如：科尔德斯普林港遗传学实 验室，华盛顿的卡内基协会，以及美国的洛克菲勒研究所，法国的巴斯德研究所，以及 德国的凯泽•威廉协会，能斯特、普朗克以及爱因斯坦都曽在这里工作过。

第三次科学革命所处的时代，正是各种科学的研究、管理机构有控制地建立和扩大 的时期。不过，最重要的也许是，这一时期出现了工业实验室和以开发新产品为目的的 科学研究的成果大规模的应用，以及对现有产品制造业进行的改造和各种标准的建立。 第一个从科学与技术的合作中产生出令人叹为观止的经济效益和社会效益的产业，就是 颜料化学。19世纪后期，德国颜料化学革命最有意义的一个方面，就是大学、产业部门 以及政府为了研制有实际效益的最终产品一起动脑筋、想办法。以科学为基础、需要不 同的研究机构通力合作的技术进步，成了我们这个社会与生俱有的一个特征。

提到管理，就会使我们直接转向我认为可以算是第四次科学革命的这个话题，这次 革命是在第二次世界大战以来的若干年中发生的。这次革命有两个重要的机构方面的特 征，那就是，政府的巨额（如美国在20世纪60年代占国民生产总值百分之三的）支出和 有组织的研究。第四次科学革命的这两个特征，大概都可以追溯到第二次世界大战时期 原子弾的发明和生产方面的巨大开销（同时还有成本略小但生产规模很大的设备如宙达、 近爆引信方面的开销），以及各种抗菌素的开发和生产方面的巨大开销。今天，在科学 的某些分支中（最显著的是高能物理和空冋研究），知识状况与政府愿在某个科研项目 上花费的资金的数额直接联系在一起。在19世纪，达尔文在伦敦郊区的达温宅居住了几 十年，在那里独自进行研究和思考，偶尔做些开销很少但很有意义的实验：然而这种情 况，就像所谓火星人做的科学研究那样，对今天的科学家而言是十分陌生和不可思议的。 这种差别在于，今天科学家们的绝大部分时间和精力根本不是用在进行直接的研究上， 而是用在制定转让计划，査阅别的科学家所写的科学论著和转让计划，撰写情况报告， 出席委员会的会议，到外地或国外去参加正式的和非正式的会议和研讨会，以及其他的 科学方面的大会等。

第三次科学革命所处的时期，各种专业化的科学学会宛如雨后春笋，相继出现，其 中不仅有美国物理学会、美国化学学会这样的学术组织，而且还有学科内的一些专业团 体，例如，美国光学学会，美国流变学学会，以及植物生理学家协会等。这些组织为综 合性的科学杂志（《物理学评论》，《现代物理学评论》）和各种专业的出版物提供r 资助。第四次科学革命是以更新的科学交流形式作为标志的。这些新的形式包括，大規 模分发用复印机复制的出版前的非正式样本.有时甚至是杂志同意利用之前的文章，以 及出版一些短论（与其很有权威性的老前辈《物理学评论》相比，《物理学评论信札》 能远为迅速地发表这方面的交流九在从事相同或不同项目的研究工作者之冋，能顺利 发挥作用的交流网络，即老德里克•德前拉诺赖斯称之为无形学院的那种团体，也应运 而生了。鉴于今天对“大科学”的财政支持有着十分重要的意义，在政府内新成立了 （或改造了）一些机构，以便负责政府的研究基金的组织。估价和分配。在美国，除了 专门设立的国家科学基金会，国家健康研究所之外，还有陆、海、空三军中的拨款机构， 如国家航空和宇宙航行局和原子能委员会等。

科学中的观念革命

到目前为止，对四次科学革命几乎全是从其机构特征方面来描述的。然而，在这四 次革命发生的同时，或多或少地总是伴随着一些科学思想方面的变化。科学革命把实验

和观察确立为我们认识自然的基础，并且表明，数学的发展是解决科学问题的关键，数 学是表述科学的最高形式。随着牛顿《原理》的出版，革命到达了顶点，这本书的全名 表达了哥白尼、伽利略、开普勒以及其他学者的目的：展示出“自然哲学的数学原理） 在此以后的一个半世纪中，把自然状态数学化的工作持续进行着，而且在理论力学和天 文学领域最为成功：但是，18世纪伟大的化学革命却不是以牛顿的数学模式为终结的。 奥古斯坦-菲涅耳在19世纪20年代发展的光的波动理论，成了此种意义上的牛顿物理学 的另一个领域。牛顿模式，可谓第一次科学革命的顶峰，但是显然，它并不能简単地挪 用到其他的科学分支当中。

在对这一课題透彻的讨论中，T. S.库恩（1977, 220）使我们注意到了 “许多物理 科学部门研究工作特点的一个重要的变化二这一变化出现在1800年到1850年之间的某 个时期，“特别是在一些被当作物理学的那些领域的一系列研究中，库恩说，“培根 式物理科学的数学化”这一变化，是“第二次科学革命的一个方面。”库恩着重指出了 这一事实，即“数学化”只是第二次科学革命的“一个方面”：“】9世纪上半叶也证明 『科学事业在规模上的巨大增长、科学组织形式上的重要变化以及科学教育的全面建设。” 库恩非常正确地强调『“这些变化几乎以同一方式影响了所有的科学”这一事实。因此. 要“解释19世纪新近数学化的科学有别于同一时期其他科学的特点”，还要考虑一些别 的因素。

伊恩•哈金（1983, 493）用一种引人注目的方式把库恩暗示的思想革命和机构变化 等想法做了推广。哈金认为，这场科学革命和库恩所谓的第二次科学革命都是“大革命”， 他提出『一种“初级的以经验为据的规则”，即每一场大革命必定都伴随有“一种集中 体现新趋向的新的机构。”按照这种分析来看，第二次科学革命不仅包括库恩所说的培 根科学的数学化，而且还包括作为新的生物学的达尔文自然史学说的出现。达尔文生物 学在体系和思想方面独辟蹊径。它大量地吸收『那些非科学工作者为非科学目的所收集 的信息，亦即动植物的饲养者和培植者的记录和经验，而且，它实质上创立了一门非牛 顿式的科学。这是现代第一个重要的科学理论，它的产生虽事出有因，但并无前兆。尽 管生物学者和博物学家渴望有他们自己的牛顿，但是事实却是，当他们的“牛顿”査尔 斯•罗伯特•达尔文出现时，他的理论并没有《原理》所说的科学的基本特征。达尔文 指出,并非所有科学进步的方式一定都具有牛顿模式的数学特点，科学中的伟大进步也 有可能是以非数学的培根方式进行的。此外，我认为，1859年《物种起源》出版后的讨 论形式，是社会大规模地参与科学的一个方面，这种情况，是英国科学促进会秩序井然 的机构的一个特征。

第三、第四次科学革命是否也伴随有科学思想方面的变化呢？这类变化是否也是这 两次革命的特征呢？这是一个很难回答的问题。第三次科学革命的涉及面很广，包括三 次伟大的物理学革命（麦克斯韦革命，伟大的相对论革命和量子力学革命），数次化学 革命，以及生命科学中的革命等，生命科学中最有意义的革命大概就是遗传科学的创立 了。如果我必须选出一种唯一的特征，它适用于表征麦克斯韦（虽然并非恰好适用于他 具有革命性的场论）、爱因斯坦（但不适用于相对论革命）以及量子力学和遗传学等的 贡献.那么，这种特征就是概率的引入。从这个意义上讲，正像第一次科学革命完全是 受简单的牛顿式一一对应的物理事件的因果关系支配的那样，第三次科学革命处于这样 一个时期：许多科学领域（包括社会科学领域）都引入了一组组理论和解释，这些理论 是以概率论而不是以简单的因果关系为基础的。

对于第四次科学革命而言，很难想象得出也有这么一个唯一的可以成为其思想标志 的特征。不过，有一个事实具有重要意义，那就是，生物学中有相当一部分（尽管不是 全部）可以被看作简直就是应用物理学和化学的一个分支。同时，在物理学领域中，最 具有革命性的总的思想特征，大概就是抛弃了这样一种幻想：有一个纯基本粒子的世界， 在这些粒子之间只存在电的相互作用.

过分强调科学中四次机构革命和四次观念革命的同时性是很危险的，尽管如此，希 望有朝一日能辨明思想内容的变化与科学作风的变化之间以及科学研究机构的变化与从 事科学事业的方式的变化之间的某种因果关系，这种想法依然是很有吸引力的。

历史学家对其他伟大的科学革命的看法

据我所知，“第二次科学革命”这个术语，是由T. S.库恩引入科学史文献中的。 1961年，库恩在《爱希斯》杂志上发表了一篇论述测量在物理学中的作用的论文，在文 中他使用了这个术语.库恩的这篇文章(1977, 1781T)原是递交给美国学会联合会测量 问题学术报告会的一篇论文。其他作者也许已经在库恩之前在不同的意义上提到过第二 次科学革命：但我可以断定，正是经过库恩的讨论，这个术语才正式地进入了有关科学 史、科学哲学和科学社会学的论述之中。

罗杰-哈恩关于第二次革命的思想提出得较早，但它与库恩的思想截然不同。哈恩 的观点见于他那部著名的研究巴黎科学院的著作(1971, 275ff.).在他看来，第二次 科学革命，是“一场关键性的社会变革，它使科学进入了更为成熟的阶段，而且，像17 世纪的第一次革命一样，它超出了国界。”在描述中，哈恩并没有讨论第二次科学革命 期间科学的实际发展，他把注意力集中在作为这种革命特征的机构的变化上即：“一般 性的学术社团的衰亡和更为专业化的机构的兴起”以及“各不相关的科学学科的专业标 准的同时建立伴随着第二次科学革命的是各种大学和研究机构的出现，尤其是“高 等学府中” “专业科学”研究的出现。这个时代就是这样，“专业化的实验室”逐渐取 代了 “问世纪以来在这一舞台上占统治地位的各种学会

哈恩特别让我们注意这一点，即科学共同体规模极大地扩充，这一规模因素本身， “迫使机构发生了分化。”他发现，专业化的生产和发展，是各门科学中“学术问题日 益专门化”的必然结果，同时，也是”每一科目特有的实验要求的产物最后，哈恩 还要把专门化的兴起与“科学和科学的直接应用之冋差距的不断缩小”连在一起，这种 缩小因素，使得“(相对于专门科学而言的)一般性科学的作用，在要求专门技术的情 况下，趋于减小。”哈恩看到教育方面出现了一个严重的问题：为了有效地发挥其作用， 一个“受过全面教育的工程师或医生”就需要尽可能使知识的专业化达到最高程度，这 样一来，“也就不可能同时期望对老的综合性科学亦即自然哲学有深刻的了解。”

另一位对其他的科学革命进行过探索的是史学家休•卡尼(1964. 151-155)o他暗 示说，古代中国和由希臍的“科学活动”“也许可以不无公正地被看作是场革命”，而 且，自牛顿时代以来，“还发生过别的科学革命。”他发现，在19世纪末20世纪初曾经 发生过一次与哥白尼革命、伽利略革命以及牛顿革命等相类似的伟大革命：“这场科学 革命的伽利略，是苏格兰人克拉克•麦克斯韦，它的帕多瓦(Padua) “是剑桥大学的卡 文迪什实验室，它的开普勒则是爱因斯坦。提到这场革命，人们还会联想到另外一些人, 如瑞利勋爵，)卢瑟福，玻尔，薛定i号以及海森伯等、”在这段论述中，卡尼的以下陈 述非常有意思：“无论你对第一次科学革命中大学的重要性持什么观点，第二次革命中 大学的杰出作用看起来是毋庸置鼠的疽’他还指出，“政府对科学的赞助与第二次科学 革命的关系也值得我们注意最后，在书的“跋”中他提出了这样一种见解.“在19 世纪中还发生过第三次科学革命，其特点与法拉第和克拉克-麦克斯韦的领域中所发生 的革命臺无共同之处，对此他作了如下的解释：“19世纪还经历了一场同样彻底的时 间探讨方面的革命……首先是地球的年龄，其次是人类的年龄，再次是宇宙的年龄，这 些最终都被看作是历史探讨的新的范畴。在对宇宙探讨方面的这场方式独特的革命，像 17世纪的数学革命一样，有着深远的意义。”但是，与卡尼的第二次革命不同，这第三 次科学革命并不包括专业机构的革新。而且，在他的介绍中也不包含伟大的达尔文革命, 他的介绍只限于物理学领域。不过，他确实提出了一个非常重要的论题，亦即，到了 “20世纪中叶”，史学家不再认为，“哥白尼、伽利略和牛顿等人的成果”“能构成一 场独特的人类历史上前所未有的科学革命。-

在埃弗宙特•门德尔松论述“19世纪科学的來龙去脉”的一篇文章中(琼斯1966), 也有对第二次科学革命的陈述。在这部分陈述中，门德尔松强调『“19世纪科学的社会 结构中”的变化，他把注意力集中在新的杂志、新的科学协会和这样两种组织的发展上： 一种是基础广泛的科学组织如不列颠协会，另一种是新兴的致力于对科学特定的分支学 科进行专门研究的组织。谈到“在其中进行科学实践的社会机构中的那些变化”时，他 认为，也许可以把它们称之为“第二次科学革命”。对他来讲，这场革命可称作是典型 的科学工作者所具特征方面的根本性改变。门德尔松指出，在17-18世纪，科学家们大 都是业余爱好者。也就是说，他们并非依靠科学实践来谋生，他们或者是一些富有的无 需为生计操劳的人，或者是在一些完全不同的行业（如医疗、商业贸易、船舶建造等等） 中谋生的人。到了 19世纪，科学家们逐渐开始从中层甚至中下层的社会中产生，因而， “在科学本身的实践过程中，19世纪的科学家们不得不为他们所从事的科学活动寻求支 持。”这种变化中的一个明显的特征就是，科学共同体要“考虑其成员的职业需要”， 结果，“在寻找对科学家的认可和支持上花费了大量的时冋。”

历史学家斯蒂芬•布拉什（1982）也对两次科学革命提出了他自己的看法。他认为， 第一次科学革命“发生在1500-1800年之间，它是哥白尼、伽利略、牛顿和拉瓦锡等人研 究工作的产物：”第二次革命发生在1800-1950年之间，它是“由道尔顿、达尔文、爱因 斯坦、玻尔、弗洛伊德以及其他许多人引起的。”他断言，“我们的文明世界只遇到过 两次全面的具有如此重大意义的革命。”我认为，布拉什所说的第二次科学革命，是人 们业已指出的有史以来所发生的各种革命中持续时间的长度居第二位的革命：它恰好是 历时最长的此类革命的一半，最长的革命，即鲁帕特•霍尔首先指出的那场从1500年到 1800年绵延r 300年的事件。就像他能洞察到哥白尼赞同地压体系和爱因斯坦赞同狭义相 对论有着相似的理由一样，布拉什把达尔文和达尔文主义与20世纪的“物理学革命”相 比较也给人带来了烦恼。不过，考虑这些问题以及布拉什对未来可能的第三次科学革命 的总结性评论，也许会使我们离題太远了。无论如何，在我看来，把1500到1800年冋的 事情不加区分地混在一起，说它们构成了具有重要意义的单一的科学革命，似乎太过分 了。

恩里克-贝龙写过一部有关“第二次科学革命的研究”的书，该书的总标题为《论 著中的世界》（意大利文版1976：英译版1980）o很难用几句话说清楚贝龙所构想的第 二次科学革命到底是什么。在他看来，这场革命起源于18世纪末到】9世纪初的几十年间 的某一时期。“逐渐认识到彻底改变机械论式的世界观的必要性，”是这场革命的一个 组成部分。他发现，“要推翻科学上的这种世界观，其前提”就是要对“各种自然现象” 进行一系列的调査研究，这使得人们对“那种把宇宙理解为无始无终的宇宙钟的信念” 产生了怀疑。从“这场革命”中产生了一种“新的世界观，依据这种世界观来看，事物 不再是按照循环的模式重复出现的，而且也不再受一成不变的规则支配了相比之下， 这种新的世界是“受一种进化的过程制约的，这种进化过程对有机的和无机的物质形式 都会产生影响。”为阐述这种新思想所揭示出的“机械论传统中的”那些问题和矛盾， 人们做出『“不懈的努力”，这些努力“以及它们引起的对科学解释的思考二就是

“这第二次科学革命”的基础。

这场革命始于“热力学、辐射理论、电磁场理论以及统计力学等新的理论的出现。” 贝龙发现，所有这些理论有一个共同之处，这就是，它们都“提出了物质结构和物理学 定律的真正意义的问題，”并且通过这种方式改变了伽利略•牛顿传统。尽管这基本上是 一场物理学革命，包括“对力学基础的全面反思，”但19世纪的历史表明，这种“物理 学领域中的新的世界观”已经“对其他科学，如生物学、化学和几何学’产生了深远的 影响。

贝龙说，他的“意图”就是“要证明19世纪经典物理学的革命性，”尽管他坚持认 为，这“并非必然会贬低人们通常所说的相对论和量子力学所具有的创新性他甚至 认为，“我们这个世纪的物理学”应当被看作是“始于18世纪末和19世纪最初十年的那 场革命中最缺手的问题的产物。”贝龙得出结论说，“这场第二次科学革命今天仍然在 进行若。”

在对贝龙此书的一篇富有洞察力的评论中，‘和斯蒂芬-布拉什一开始就对“这场

'第二次科学革命”’的定义，提出了他自己的看法一一第二次科学革命就是“把量子 力学和相对论看作是物理学的基础，并用它们取代牛顿物理学的那些历史事件。”大部 分科学家和科学史家认为，这些事件是从1887年开始到1927年为止这段时期内的一段时 间中发生的（但未必都称它们是一场“第二次科学革命”，甚至未必称它们是一场连续 的“科学革命”）一在1887年和1927年迈克尔逊.莫宙实验的结果和海森伯的测不准原 理先后发表布拉什在描述中把贝龙的解释与更为常见的分析进行了对比。通常，人 们若重考虑的是“机械论的或决定论的世界观的失败，以及令人惊讶的实验结果的激増， 这些结果迫使人们放弃古典的空间、时间、物质和能量概念，然而，正如布拉什指出 的那样，贝龙论证说，“第二次科学革命实际上早在19世纪以前就开始了。”而且，这 场革命“并非是机械论的衰落或某一组专门实验导致的结果，而是作为科学问題和客观 知识本源的数学理论的出现所孕育的产物

库恩和贝龙是依据数学与物理学的关系来认识第二次科学革命的（显然他们所说的 并非是同一场革命），他们税臺未提具有革命性的机构变化。哈恩则强调指出，机构变 化是第二次科学革命的一个重要特征。门德尔松也强调了第二次科学革命所具有的机构 特征或社会学特征。卡尼主要关心的是物理学中的变化，但他注意到，在19世纪，不同 的民族有若不同的科学传统，而政府对科学的支持也是因国而异的。只有伊恩•哈金在 认识上实现了卓越而大胆的飞跃，他指出了观念上的第二次科学革命与机构上的第二次 科学革命之间的联系。

素心学苑收集整理

第七章哥白尼革命

每当史学家们著书立说论述科学中那些富有戏剧性的变化时，首先跃入他们心头的 便是宇宙中心问題的根本性转变，这一转变，一改那种把地球看作是宇宙的静止不动的 中心的观点，而认为太阳是宇宙的中心。这一变革，亦即众所周知的哥白尼革命，常常 被描述为我们参考系的一次全面的变更，它在许多层次都引起『反响。宇宙学上的这一 转变被看作是富有革命性的转变：所以，哥白尼就是一位“反叛的宇宙设计师”，他导 致了一场“宇宙概念结构中的革命”（爱德华-罗森1971. pref.）.托马斯-库恩

（1957）看来，作为一场“思想中的革命、一场人类宇宙观及人类自身与宇宙的关系的 观念等的转变”，哥白尼革命并不是一个单一的事件（尽管用的是“单数”名词）。据 说，这一 “西方思想发展中划时代的转折点”需要从不同意义的层次上来考虑，这是因 为，首先，它是一次“天文学基本概念的革新”：其次，它是“人类对大自然的理解的” 一次“根本性”的变更（它最后以“一个半世纪以后” “牛顿的宇宙概念”这一 “出乎 意料的副产品”的产生而告结束）：再次，它是“西方人价值观转变的一部分”（pp. Vii. 1, 2）»所以，按照库恩的观点，人们所说的哥白尼革命并非仅仅是科学中的一场 革命,它是人的思想发展和价值体系中的一场革命。然而其他人［例如，克龙比（1969. 2： 176-177））却仅仅认为，“哥白尼革命只不过把天体看上去的周日运动归因于地球 围绕其轴线的那种自转，把它们的周年运动归因于地球围绕太阳的那种公转，

从对科学革命概念的批判性分析的角度洪，哥白尼革命有着特别的意义，因为在当 时，哥白尼的著作和学说并未在已被人们所承认的天文学理论的基本体系中造成任何直 接的根本性的变化，它只是对实验天文学家的实践活动有些轻微的影响。那些承认有过 哥白尼革命的史学家和哲学家们，并没有去关注哥白尼行星理论的原理或细节，他们也 没有去关注月球理论或实验天文学家日复一日的工作一一如计算行星和月球的位置.制 定星历表等实际工作，所有这些都是用占星术算命所必须的。如果他们首先注意到天文 学是一门艰辛的科学，并且把他们的研究集中在倘若哥白尼思想真的影响『天文学家的 工作，其可能的影响方式是什么这一问題上，那么，这些史学家和哲学家就不会再断言 16世纪曾有过一场天文学革命，更不会断言有过一场普遍的哥白尼革命了。对于科学来 洪，哥白尼天文学的影响直到他的论文发表（1543）大约半个世纪到四分之三个世纪之 后才开始出现，当时，亦即问世纪初，通过对地球运动物理学的思考，人们提出了一些 运动学的问题。这些问题直到一种全新的惯性物理学出现后才得以解决，而这种物理学 绝非哥白尼物理学，它的产生是与伽利略、笛卡尔、伽桑狄和牛顿等人的工作联系在一 起的。此外，到了17世纪，哥白尼的天文学体系巳经完全过时，它被开普勒体系取而代 之简而言之，正如本章将要表明的那样，认为科学中有过哥白尼革命的思想受到r 反驳，它是以后的史学家虚构出来的。（我发现最早提及哥白尼革命的是J. S.巴伊和 J. -E.蒙塔克勒，他们的这些论述将在补充材料7. 4中予以分析。）显然，伴随着所 谓17世纪中叶的英国革命也有类似的情况，正如我们所知道的那样，这场所谓的革命， 在一个半世纪以后的法国大革命爆发之前，并没有被普遍地认为是一场革命。

哥白尼体系

哲学家。史学家（以及科学史家）对哥白尼的介绍实在太多r,而所有这些介绍都 局限于哥白尼的专著《天体运行论》开篇的数页上。在这里，哥白尼描述r通常所谓的 “哥白尼体系”，并用一幅画有同心圆的常常被转载的图作了生动的说明［见图4 （1）］- 这幅图看起来很简单，但对它的解样远非一件容易之事。原稿上展示了一组共八个同心 圆，但并没有充分说明它们所表示的含义。位于中心的圆中有一个词“Sol”，意为太阳， 它是静止不动的。从最外面的圆向内看，圆与圆的间隔处依次从1到7编r号：第1条环状 带上所标的是恒星，以后每一条环状带都标看一种行星的名字：2. 土星：3.木星：4, 火星：5,地球：6,金星：7,水星。每条行星的环状带上不仅标有一个行星的名字，而 巨还有该行星公转的恒星周期。例如，从外面数第三条环状带上标者：“3Iovisxiia nnorumrcvolutio" （3.木星，12年一转）。标有地球的那条环状带上写着：“5. Tc liuris cu Luna an. rc. " （Tclluris cum Luna annua rcvolutio：地球带着月球， 一年一转）。

这些圖和环状帯是什么昵？在那些未受过训练的读者们看来，它们似乎是圆形的轨 道，但是，研究哥白尼的学者爱德华•罗森（1971, 巳经使我们转过来面对这样

一个事实：这些并非是行星的轨道。它们是那种物理学家所谓的天球。哥白尼返回到嵌 有行星的天球这一概念上『，这一概念可以追溯到古代的欧多克索斯、亚里上多德、卡 立普斯等人的学说，这些人认为（环绕若地球的）那些行星处在一个巨大的旋转者的球 体之中，由此看来，从（欧多克索斯引入宇宙论中并被亚里上多德加以推广的）天球这 种概念的意义上讲，哥白尼著作的标題《大体运行论》应当改为《大球运行论》。不过 我们也注意到，哥白尼已经把古希腊的那种以地球为中心的天球思想转变成新的以太阳 为中心的天球思想。这本书的标题很难说是富有革命性的，相反，它暗示着该书与古代 有关宇宙的思想是一脉相承的。哥白尼使用天球学说还暗示着、哥白尼也许以为，他的 工作是对古代天文学的一种改良，而不是富有革命性的替代.哥白尼所采用的描述顺序 和描述方式严格地遵循托勒密的《天文学大成》的方针，则更进一步地证明r这一点 （参见下文）。

近年来，人们对哥白尼天球的真正本质已经有了愈加激烈的争论。诺埃尔•斯韦德 罗（1976, 127-129）业已整理出了一些相当令人信服的证据，它们说明，哥白尼可能 已经构想出r一系列相邻的天球。斯韦德罗指出，在其手稿中，哥白尼给七个圆标出r 插图说明，而所画的圖却有八个，所以很明显，这些插图说明肯定指的是圖与圆之间的 七处空冋。他得出结论说，这几处空间大概是对应于“那些大球自身的，每一处都表示 某一空冋层（具体范围并未划定），每一处都是与其上面或下面的天球相邻的木刻 版印制的书（纽里姆伯格，1543）使我们的问题复杂化了，哥白尼没有核对出也没有更 正印刷中的问题（参见图4 （2） ］»在这里，算上附加的表示围绕地球运动的月球轨道的 小圖，一共有九个圆。木刻者也许只是愚盘地把插图说明标在r这些圆错误的那一侧， 但这样一来圆的数目就过多r.因为这两个未标说明的国位于标者地球及月球的那个圆 周的两侧。关于这些大球的真计一本质以及它们的完整性和连续性的程度存在着争论， 对这种争论若无非常深入的了解，我们可能仍然会认为，哥白尼手稿中所画的图比那位 千里之外的木刻者所制的图具有更高的权威性，并己会得出结论说，这些图中所面的的 确是天球，而不是更是现代特点的概念所指的那种位于虚空的空间之中的自由循环轨道。

最外面的天球是M l.Stcllarum fixarum sphacra immobilis （静止的恒星天球）： 这里又使用了一个古老的概念：恒星天球。不过哥白尼又做了一下改动，因为传统的恒 星天球必须有每日一次的自转。这样才能说明日夜的变化，而在哥白尼的格式中，天球 是不动的。在哥白尼体系中，日夜变化现象是地球每日围绕地轴旋转所产生的结果。说 这些星星是“恒定的”，是因为它们在其天球中，彼此之冋没有位移活动 行星

（或移动的星星）则与此相反，它们不仅彼此之间会有相对的运动，而且还会进行相对 于恒星的运动.

哥白尼设想，恒星是非常遥远的，因为人的肉眼观察不到它们的周年视差。但它们 也不可能是无限远的，因为太阳被假定是它们的中心一这对于一个天球来讲是完全正 确的.但对于一个无限的恒星天字来讲则是不可能的，这样的恒星天空不和能有什么几 何学意义上的中心。哥白尼写道：“Stcllarum fixarum sphacra, scipsam ct omnia contincns .idcoquc immobilis,ncmpc univcrsi locus”。（既然是宇宙的寓所，那么， 包罗它自身及万物的恒星天球肯定是静止不动的・）不过，正如J.T.克拉克（1959,12 5）已经指出的那样，这与他在前几页中所说的一段话是矛盾的：“Mobilitsa-sphacr ac cstin circulum voivi . ipso actu fbrmam suam cxprinmcntis"（自转是天球的 属性，天球的形状正是通过这种自转来表现出来的）。

哥白尼的天球图被（例如A.沃尔夫1935. 16）错误地解释成是哥白尼天文学宇宙体 系的一种表述，困为这些圖周上分别标着TL土星轨道，” “III.木星轨道，”等等。 当然，哥白尼充分地认识到，没有哪一组简单的循环运动能对太空世界作出准确的描述。 因此，他开始者手构造一个复杂的体系.他先完成了一本题为《短论》的小册子（此书 写于154年，但17世纪前并未出版），随后他又在《大体运行论》中进行了充分的阐述。 任何一位熟悉天文学的人大概都会意识到，《大体运行论》第】册上的那幅图，至多不过 是一个图解式的、高度简化了的系统的模型，为了说明多种多样的现象.哥白尼不仅引 入了一定数量的本轮（这种本轮与托勒密体系中的本轮的作用战然不同），而且甚至还 引入了本轮的本轮（或者说.第二级本轮，亦即cpicyclcts）。我们将在后面看到，有 人认为，哥白尼体系极为简明，与之相反，托勒密体系却十分复杂，这种看法，就业已 涉及到的圖周的数目而言，值得怀疑，事实上，情况决非如此。甚至哥白尼本人在《短 论》中也承认，需要有“34个圆”以便“描述天空的全部结构和所有行星协调一致的活 动”（斯韦德罗1973. 510）.

在考虑《天体运行论》可能的革命影响时，我们必须重视作为开篇的第1册与其余5 册之间存在的差别。对于这种差别，E. J.迪埃克斯特休斯（1961. 289）已经作了明确 的概述，他提醒我们注意，“《天体运行论》是由两部分组成的，这两部分在目的、性 质以及重要性方面是大相径庭的。”

整个这部书共分为6册，书的第1册単独构成了书的第一部分。它……对这个新的世 界体系作了极为简明易憧的说明。

第二部分由第2—6册构成，它……以严格的科学方式……对这个体系作『复杂而详 尽的叙述，从而构成『一部与《天文学大成》难度相同的教科书。书的第三册阐述了已 发现的地球在运动而太阳静止不动的论据。

哥白尼与托勒密的区别

在《天体运行论》和《短论》这两部著作中，哥白尼对托勒密天文学进行了抨击。 哥白尼这样做并非是因为在托勒密天文学中，太阳是运动的地球却是静止的，而是因为， 托勒密没有严格地坚持这样一个规则即：所有天体的运动肯定只能用匀速圖周运动或圆 周运动的组合来解释。托勒密认识到要想对行星的运动作出准确的说明，就必须放 奔这种匀速圆周运动的想法，并且，他大胆引入『以后所谓的“等分点”，这样沿某段 弧线的非匀速运动相对于这一点而言，看上去就像是匀速的运动了。从准确性观点的角 度讲.这是向前迈进r一大步（参见图5）,而且它的确是开普勒以前对行星运动最完备 的解條。然而，哥白尼却认为，等分点的使用违背了基本的原则，他把自己最初的研究 集中在设计一个由太阳、行星、月球以及恒星等组成的系统上，在这个系统中，行星和 月球以匀速运动的方式沿若一个圖周滑行，或者以这种运动的某种组合的方式运动者。

哥白尼为他的天文学提出r两个目标。他要与已知的托勒密模型所展示的（并非是 实际观察到的）那些运动取得一致：同时他还要坚持所有天体的运动肯定都是匀速的圖 周运动这一物理学原则。哥白尼在《短论》和《天体运行论》中都提到并且赞同古代的 卡立普斯和欧多克索斯承认的学说，在他们的学说中，圆周运动的组合（或天球的自转） 已经被用来说明各种现象r：不过哥白尼认识到，这个特殊的体系还有不少缺陷。从所 涉及的数字结果方面看，哥白尼在《短论》中相当大的部分所写的都是托勒密和“大多 数其他的”天文学家的行星理论，这些理论都使用r本轮（参见图6）：然而正像哥白尼 （在《短论》的引言中）痛心地指出的那样，引入“等分点”这一事实意味者，“任何 一个行星，无论是在它所依附的天球之中，或者相对于它的特定的圆。己而言，从来都 没有进行过匀速的运动。”正如诺埃尔•斯韦德罗（】973, 434）业已指出的那样，哥白 尼“在其对托勒密模型所作的评论中……承认，从计算的角度看，对行星运动的这种描 述是准确的，”但是，他“根据原则，反对那种违背匀速圆周运动思想的做法，人们 普遍认为，哥白尼坚持匀速圆周运动，乃是哲学的或形而上学的教条向柏拉图倒退的一 个组成部分，然而斯韦德罗（P. 435）却为哥白尼的立场（至少是为他在《短论》中的 立场）提供了一个物理学基础，而且他得出结论说：“对于（诸如有关天体特有的运动 的哲学的或形而上学的原则）这类事物的思索，不属于数学天文学的领域

哥白尼显然以为，他在天文学取得的重大成就之一，就是恢复了匀速圆周运动的原 则。他的追随者伊拉兹马斯-莱因霍尔德断言，在哥白尼看来，与把地球从宇宙中心的 宝座上撵走而把太阳定为宇宙中心相比，排除r等分点并且退回到纯匀速圖周运动的思 想上则是更有意义的贡献（欧文-金格里奇1973. 515）0伊拉兹马斯-莱因霍尔德完成 了《普鲁士星表》（1551）的编写工作，他在他本人收藏的一本《天体运行论》的扉页 上（用拉丁文）写着：“天文学公理：天体的运动是匀速圆周运动，或者.是由匀速圆 周运动部分合成的运动”（金格里奇1973. 515）O

如果恢复希腊人的这种匀速圖周运动准则也算是革命的话，那么可以说，曾经有过 一场只限于思想复古意义上的哥白尼革命，一场涤罪仪式，在这一过程中，后出现的革 新都将被排除：这可不是那种新的彻底破除旧的东西意义上的革命，而“哥白尼革命” 这一名词通常所指的，恰恰是这种新的意义上的革命。哥白尼的论文可以看作是对匀速 运动的告别辞，至少，他希望被理解成这样。倘若如此，那么，正像O.纽格鲍尔指出的 那样，这在哲学上比在天文学上更为成功，这是因为，如在不到一个世纪以后伽利略所 证明的那样，行星的运动并不是匀速的，只用简单的匀速圖周运动的合成并不能十分准 确地描述行星的运动.

哥白尼对天文学的影响

哥白尼写《天体运行论》.首先是要写一部天文学专著，而不是对地球运动问题进 行哲学探讨。《天体运行论》的任务就是像托勒密所做的那样、像他的那部伟大论著的 标题中所暗示的那样，展示出宇宙的“数学结构哥白尼在其论著的前言中强调『书 的数学内容，他指出，在这里“数学是专为满足数学家的需要的”：这一点，在书的扉 页上那句印成希腊文用以警告读者的柏拉图的名言中表现得尤为突出：“不憧几何学者 就此止步，《天体运行论》出第一版时，全书共il 391页，其中只有14页的篇幅论述的 是普遍规则、物理学原理、他的哲学观点以及他认为地球而非太阳在运动的理由。这里 包括了哥白尼的这样一些论据：行星的表现运动是由于它们在各自围绕太阳的轨道上的 运动引起的，这种表现运动，则因地球每年的轨道运动所引起的观察位置的变化而有所

减弱。这部专著的绝大部分讨论的都是“难啃的”数学天文学。哥白尼说明r怎样确定 行星和月球的经纬度，以及怎样处理整个行星现象和月球现象领域中的问题。哥白尼为 外层的行星即火星、木星、土星等的运动以及内层的行星金星的运动设计『一组运行轨 道：水星自身需要有一种特殊的截然不同的运行路线。月球的问题暂且不谈，后面另作 论述（参见下文）。哥白尼与托勒密不同，他对使用等分点持蔑视态度，正因为这样， 他不得不引入了一种轨道套轨道的烦琐的体系：一个本轮的中心在一个均轮上，而另一 个小的本轮的中心又在这个本轮上。由于哥白尼的模型是直接从托勒密的模型那里演变 过来的，因此，为了能适于日心说的处理，哥白尼把行星天球的中心定在空间的一个虚 空点上——亦即地球天球或一种“平太阳”的中心 而不是把行星宇宙的中心定在

太阳本身上。所以事实上，哥白尼的《天体运行论》的学说，并非像人们通常描述的那 样，真的是日心说（或以太阳为中心的）理论，而只是太阳静止说（即太阳是不动的） 理论。现代天文学中真正的日心说体系，并不是哥白尼而是开普勒在其1609年那部论述 火星的著作中引入的。

不过，对于天文学家来讲，重要的问题并不在于有关太阳为静止、地球在运动的证 据是否比有关地球为静止、太阳在运动的证据更为令人信服（如书的第1册的开篇所讲的 那样）。相反，天文学家必须要做的是去判定，有关行星的、地球的（与太阳的表观运 动等价的）以及月球的运动的数学理论，是否优于人们在托勒密的《天文学大成》和以 后的星表中所看到的那些数学理论。这个问题包括两个方面：（1）哥白尼的计算方法所 得到的结果是否比托勒密的方法更符合观察结果？（正如我们马上就会看到的那样，答 案是：否。）（2）哥白尼的计算方式是否比托勒密的方法用起来更为容易（即更为简便）？ （尚未有证据表明，这个问题在16世纪末曾有人讨论过。）

可以把这两个问题作为与哲学争论（匀速圆周运动是否为必要条件）或宇宙论争论 （“真正”运动者的究竞是地球还是太阳）毫无关系的问题提出来。对我们而言，不了 解有关地球运动的哲学讨论或宇宙学讨论，似乎就无法对计算方法作出评价，但在17世 纪，这两个课题是分开来考虐的。也就是说，哥白尼的数学天文学独立于其宇宙学，它 被认为是进行计算的一种假说基础。确切地说，《天体运行论》出版时事实上曾有过一 段哥白尼本人写的卷首语，这段卷首语是賛成这种看法的。到了 17世纪，人们开始认识 到，这段说哥白尼体系只能被看作是一种计算假说的卷首语，其作者并非哥白尼。不过， 直到19世纪初，博学的天文学家一史学家J. B.德朗布尔依然认为，这篇关于假说的声 明是哥白尼本人写的。

在考虑天文学中（而非圆周运动的宇宙学或哲学中）可能发生过的哥白尼革命时， 我们必须把哥白尼计算地球运动（或太阳的表现运动）、行星运动和月球运动的系统与 托勒密的系统进行比较和对照。哥白尼的方法是否为天文学家提供了更为准确的结果呢？ 欧文-金格里奇用计算机査明『16世纪这些行星实际所处的位置.并把这些结果与16世 纪托勒密星表的制作者所得出的结果进行『比较。他发现，火星黄经的误差为5。。但是 他指出：“正如开普勒在其《鲁道夫星表》中所抱怨的那样，1625年哥白尼的火星误差 已经接近了 5。”（金格里奇1975. 86）,简而言之，哥白尼的结果在数值方面并不比

（假定要用它们去取而代之的）托勒密的结果更为完善。如果哥白尼采用伯恩哈德•瓦 尔特的而不是他本人的观察结果（参见R.克宙默1981）.他也许会大大降低这些误差。

哥白尼本人以为他的行星天文学能准确到什么程度呢？据宙蒂库斯记录（《新星表》… MDLL p. 6：参见安格斯•阿米塔奇1957, 153）.哥白尼曽经说过，如果他的行星理论 能与所观察到的行星的位置相符合（亦即，精确到10弧分以内），他本人也会像毕达哥 拉斯当年发现那条著名的以其名字命名的定理时一样兴奋不已。然而事实上，哥白尼从 来没有达到这样准确的程度。要想『解这一准确值的大小，也许有必要指出，观察者的 肉眼平均只能分辨出两两一对相距4孤分的恒星。按照纽格鲍尔的观点（1968, 90）,在 16世纪末第谷•布拉赫以前，精确到IO弧分人们就会认为观察与理论完全相符没过 多久，10孤分便被人们认为太不精确『，一个理论如果与第谷•布拉赫所确定的火星的 观测位置之冋有接近这个值的差额，那就可以认定该理论是没有价值的而且应当抛弃。 对开普勒来说，在第谷对行星所做的观察中，哪怕是8弧分的误差也是难以想象的。第谷 所确定的一些基本星的位置，一般与它们真正的位胃相差不到1孤分（A.贝里1898, 14 2）.而且可以设想，除『几个例外的情况外，他所确定的行星的位置的误差还没有超过 1弧分或2弧分的。在《新天文学》中（1609）.继承了第谷•布拉赫观察的开普勒写道

（贝里译本1898. 184）：

既然神明出于仁慈赐予我们第谷-布拉赫这样一位最为细心的观测者，而他的观测 结果揭示出…计算有8弧分的误差，所以我们理应怀若感激的。心情去认识和应用上帝的 这份恩赐…因为如果我认为这8孤分的经度可以忽略不计，那么我就应当完全纠正第十六 章所提岀的…假说。然而，由于这些误差不能忽略不计，所以，仅仅这8孤分就己经表明 了天文学彻底改革的道路：这8部分已经成为本书大部分内容的基本材料。

那些认为天文学中曾有过哥白尼革命的史学家们，喜欢引拉兹马斯•莱因霍尔德的 （《普鲁上星表》或《普鲁士人星表》）为证，这部书的书名是为了纪念两个“普鲁士 人”：哥白尼及莱因霍尔德的賛助人普鲁士公爵奥尔布市克特。这部书出版于1551年， 即《天体运行论》出版仅八年之后，它被公认是属于哥白尼体系的一部著作，尽管星表 精确到孤秒“而哥白尼只精确到孤分”（德市尔1906, 345）.但该书的总体安排还是遵 循《天体运行论》的模式进行的。这些星表获得了真正的成功，无疑这“提高了哥白尼 的名望”（金格里奇1975a. 366）,不过，他那使“行星参数有些小的改动以便使它们 更加准确无误地与哥白尼所记录的观测结果相吻合”*的方法,*却系“徒劳无益之举，因 为哥白尼所确定的行星的位置存在着一些错误”（p. 366）o德兩尔（1906, 345）得出 结论说，由于“新近的观测极为贫乏，”莱因霍尔德的星表“并不比它们所取代的那些 星表好到哪里…而且，在第谷和开普勒的工作取得成果之前，也不可能有什么更佳的进 展

'有一点（欧文•金格里奇提醒我注意到了这一点提至关重要的，这就是，在16世纪 末，事实上尚未有人按照哥白尼的。小木轮体系计算过行星的位置（在哥白尼的这一体 系中，小本轮或小圆的中心在本轮上，而本轮的中。动则在均轮或参考圆上）。他们只 是借用哥白尼的《天体运行论》中或莱因霍尔德的《普舎土星表》中所列出的星表的内 容。此外，哥白尼所用的是终端位置而不是平均位置，因而，从来就不存在是否应增加 或减去某个修正值这种模糊不定的问题，而这种问题却是古老的（以平均位置为基础的） 星表的一个特点，这是一个严重的疑难问题.而且是误差的根源所在。这样看来，《天 体运行论》中的星表对计算天文学有过实实在在的（而且是有益的）影响，尽管哥白尼 的太阳不动说的天文学的基本特征并没有产生这样的影响。然而人们认为，构成哥白尼 革命的恰恰是哥白尼天文学的那组概念以及它的宇宙体系，而不是他计算出的星表。

虽然哥白尼体系没有带来更准确的结果，但人们常常认为这一体系“比托勒密系统 更简明、更精致”（S. F.梅森1953. 102）.而且，“根据哥白尼体系来进行无文学计 算更容易r.因为在计算中所需的圆的数目少多fo"有一部副标題为《现代天文学之 父》的哥白尼传记，此书大概会使我们相信，“通过确立地球绕轴自转并且在一轨道上 公转，哥白尼把托勒密认为进行假设必不可少的圖周运动的数额减少『一大半”（阿米 塔奇1957. 159）.有关这一问題的许多说明，都表现出『罗伯特•帕耳特（1970. 114） 所说的"80.34集合二这一信条至少可以追溯到阿瑟•贝里1898年的《天文学简史》. 按照此书的观点，哥白尼宇宙只需34个圖，而托勒密或其信徒则需80个圆。事实上，很 难准确地说明每个体系究竞需要多少个圆：圆的数目取决于计算模式和体系的发展状态。 找们业已看到，哥白尼在他的《短论》的结尾部分曾说过，他只需要34个圖，然而德国 的天文学史专家厄恩斯特•津纳（1943. 186）则说，哥白尼实际需要38个圖。阿瑟•凯 斯特勒（1959. 572-573）计算出《天体运行论》中所需用的圆的数目为48个。纽格鲍尔

（1975. 926）指出，托勒密所需的圖的数目为43个一比《天体运行论》中所需的数目少 5个。欧文•金格里奇发现，“哥白尼体系与古典的托勒密体系的比较”有可能“更为精 确，只要我们把圆的计数限制在（太阳）、月球以及行星的经度结构中即可：这样，哥 白尼需要18个圖，托勒密需要15个。”因此他得出结论说，"哥白尼体系比原来的托勒 密体系还要复杂一点”（金格里奇1975, 87）。

显而易见，在简化天文学体系方面未曽有过哥白尼革命。无论如何，确定这两个天 文学体系哪个更为简明的，并非仅仅是所需圆的总量。不管哥白尼实际上大概需要过 （或假定他需要过）多少个圆，事实是，只需草草翻一下《天体运行论》（三种英译本 中的任何一个版本，亲笔所书的手稿的两个摹本中的任何一个，最初的任何一个印刷本 或手抄本，或较晚的任何一个拉丁文本），就可以得出这样一个印象：哥白尼连篇累牍 地使用本轮。即使一位新手也能看得出，《天体运行论》与《天文学大成》中的图解， 在几何学方法和构图方面有着某种亲缘关系，这一点与任何朴素的、认为哥白尼的著作 无论从哪种显而易见的意义上讲都比托勒密的著作更富有现代性、更为简明的观点是不 相符的。

对于已被公认的托勒密体系的某些特色，哥白尼有能力作出解舔（或者说，能够解 释得过去）。例如，为J'解释为什么从远离太阳的地方从来没有看到过金星，托勒密曾 假定，金星本轮的中心总是位于从地球到太阳的一条直线上（参见图7）。水星也有同样 的特点，尽管它的某些情况更为复杂。不过，哥白尼对同一现象只是用这一简单的事实 加以说明：金星和水星环绕太阳的轨道小于地球环绕太阳的轨道。对于其轨道在地球轨 道之外的三个行星或外行星，托勒密理论中含有这样一个前提：这三个行星中每一个的 本轮的半径，总是与地球上的观测者到（平）太阳的一条直线相平行的。在哥白尼的解 释中，这两条直线仿佛是收敛的，或者一换一种说法一“本轮指向行星的半径方向 与地球到太阳这一直线方向的永远平行，已不再是得不到解释的巧合『，它是地球在轨 道上进行环绕太阳的公转这一物理现象的一种显示”（罗森1971a. 408）o

常常有人说，与托勒密体系相比，哥白尼体系的一个主要的特点就是这种对行星运 动的“自然的”解释。在托勒密体系中，太阳围绕地球运动，它只不过是另一个行星或 “游荡的星星”，对于水星、金星、火星以及木星和土星等的运动为什么表现出一些与 太阳有关的特点，该体系并未作出解释。据说，当这一体系的参照中心从地球转向太阳 时，这种奇怪的现象就变得合情合理或者说可以理解不过，就此而论必须注意，在 哥白尼体系中，同样的五个行星的运动特点是与地球相关的，尽管对哥白尼来说，地球 像它们一样也是一个行星（参见纽格鲍尔1968. 102-103 ）<>

哥白尼对他自己的月球运动理论非常自豪。托勒密对月球运动的解释不仅违背『匀 速运动原则。而且对于月球的位置，只有在极大地夸张月球距离的变差的条件下，这种 解释的准确性才能达到可以容忍的程度，尽管月球的表现尺寸与视差并没有什么相应的 变化。在《天体运行论》中，哥白尼（罗森1971. 72）毫不含糊地批评了托勒密的月球 理论，因为它预言说：“当月球处在上弦情况下并且位于本轮的最下方时，它…将新月 和满月时看上去几乎大四倍。”同样，“在上弦和下弦时，月球的视差也应大大増加 然而，哥白尼断定，任何一位进行细心观测的人“都将会发现，就这两方面而言，上弦 月和下弦月的差别是微不足道的，在《天体运行论》第4册第3章中，哥白尼充分地阐 述了他自己的月球理论，该理论长期以来一直被认为可能是这一论著中最有独创性的部 分：该理论运用了第二个本轮，即小本轮，它是其中心位于本轮之上的一个小圆。设想 月球是在小本轮上运行，这样就排除『非匀速运动以及明显错误的、人们并未观察到的 所谓表现尺寸的巨大变化。近年来己有学者指出，早在此理论大约一个半世纪以前，大 马士革的天文学家伊本•阿沙特就阐述过这类月球理论（参见E. S.肯尼迪、V,罗伯茨、 F.阿布德以及W.哈特内等人的系列论文），但是我们没有任何证据可以说明哥白尼是 怎样受到他的稼斯林前辈的影响的。（参见哥白尼1978. pp. 358, 385： De rev. bk.

3, ch. 4）

《天体运行论》与托勒密的《天文学大成》是密切相关的，它并没有真正构成什么 人们可以察觉到的、焕然一新的离经叛道行为，此外，事实上，在这两部书中，就像在 中世纪的阿尔-巴塔尼的《天文学》中那样，“章与章之冋、定理与定理之间、星表与星 表之间”（纽格鲍尔，1957, Zbo）都有着一种对应的关系。只是到了开普勒时代（在第 谷•布拉赫时代也是如此），“这种传统的魔力才被破除”：我们可以同意纽格鲍尔的 这一观点：“在开普勒论火星的著作《新天文学》出版以前，没有哪部天文学著作的标 題像它那样意味深长

J. L. E.德宙尔通常总是赞美哥白尼的成就，但他也不得不得出这样的结论：哥白 尼的著作有“一个严重的缺陷-（1909. 342）.不仅哥白尼本人几乎没有进行过什么实 际的观测，而且，由于“对新的观测无所需求二他的著作因此受损。更确切地讲，这 一缺陷的产生部分是由于哥白尼“过分相信了托勒密所进行的观测的准确性”，部分是 由于“哥白尼在许多方面寸步不离他的伟大前辈丁开普勒显然是第一位作出这样批评 的天文学家，在他的《新天文学》中，他批评了哥白尼试图“更多地去解释托勒密而不 是去解释自然几乎所有的评论者都指出，哥白尼和托勒密使用的是同样的资料.纽 格鲍尔（1957. 202-206）曾把“托勒密的水星运动的模型与哥白尼理论”加以对比， 他得出这样的结论，即“除了哥白尼坚持用圆周表示每一部分的运动而托勒密则已更为 自由地进行探讨以外，这两种模型就在像投影中显示出的那样，几乎没有什么差别。

是否曾有过哥白尼革命？

那么，对于所谓与哥白尼及其《天体运行论》有关的革命，我们能得出什么结论呢？ 无论就实用天文学还是计算天文学而言，哥白尼所进行的改革很难说是革命性的，在某 些方面甚至可以说是倒退。不过，在提倡用实在论哲学取代流行的工具主义方面（参见 补充材料7. I）.哥白尼或许可以说是富有革命精神的。我们已经看到，有人声称，所 需圖周数目的锐减意味若更进一步的简明性，但是经过严格的考察证明，这类主张是错 误的。推广匀速圆周运动是哥白尼体系的一个特点，从某种特定的物理学观点或哲学观 点考虑，匀速圆周运动的推广比托勒密的等分点更能令人满意，然而这并没有证明天文 观测是件轻而易举的事。开普勒放弃『这种推广。在成功地以本轮轨道为基础构造一个 新的天文学体系时，开普勒首先恢复『托勒密的等分点结构.

在16世纪下半叶，人们就地球运动问題对哥白尼体系曾有过一番争论（关于这一点， 请参见J. E. L.德市尔、T. S.库恩、多罗西•斯廷森以及恩斯特•律纳等人的著作）。 我认为，这一点也是很有意义的，即莱因霍尔德制作《普鲁上星表》，是16世纪行星天 文学的发展依赖哥白尼的唯一重要的例子。就这些星表而言，是哥白尼提供了观测、模 型、计算方式以及原始推导和数据，而莱因霍尔德不过是再加工了一下。然而，这些星 表的制作——正如我们看到的那样一一 “并没有为莱因霍尔德提供机会，以表明其信仰， 而且他也没有暗示，哥白尼体系在物理学方面是否是正确的”（德宙尔1906, 346）。简 而言之，尽管有人使用了哥白尼的星表以及他的某些计算方法，但1543-1600年的天文 学文献并未表明有什么革命的迹象。按照第3章所提出的检验来看，我们必定会得出这样 的结论：如果曾有过哥白尼革命，那么这场革命是发生在17世纪而不是16世纪，而且它 是一场与开普勒、伽利略、笛卡尔以及牛顿等人的伟名联系在一起的革命。这些科学家 们所进行的改革使天文学体系发生了如此大的变化，以致于它已经不再是严格意义上的 哥白尼体系了，尽管开普勒出于对哥白尼的尊敬把他的一部巨著取名为《哥白尼天文学 概要》.但这部书是对他自己的革新所作的终极陈述。17世纪许多论述科学问題的作者 并不怎么重视哥白尼（参见补充材料7. 2）.这也暗示了，在天文学中不曾发生过哥白 尼革命。

从严格的天文学观点而不是宇宙学（形而上学）观点出发，我们这个时代的早期天 文学研究领域中的杰出学者0.纽格鲍尔（1968. 103）就会得出这样的结论：

现代史学家充分利用事后认识的有利条件，他们强调日心体系和它所导致的简明性 的革命意义。事实上，行星位置的计算完全遵循的是古代的模式，而且所得出的结果也 是同样的。哥白尼的太阳理论肯定是与实际的计算、与根本的投影式观念背道而驰的。 对月球理论而言，应该有第二个本轮并以此代替等分点一我们现在知道，这是些与伊 斯兰天文学的某一学派相似的方法——这种投影式的美妙想法，并不能使人们更容易地 想象行星现象。若不是第谷•布拉赫和开普勒，哥白尼体系只会有助于使托勒密体系以 更复杂但能令哲学家满意的形式永久存在下去。

按照纽格鲍尔的观点（1957）,哥白尼为天文学作出了三项重要页献。他澄清r从 观测到确定参照值的各个步骤，这是方法论上的一项重要改进。他富有洞察力，发现无 需附加的和任意的假定而凭借简単的计算便可得知行星与太阳的距离。另外，他那所有 行星的轨道有一个统一的中心的假设，为行星纬度的问題找到了答案。

考虑一下例如1600年的情况，或许除了第谷•布拉赫正在进行的革命外，那时的天 文学中大概没有什么可以觉察得到的革命。当时，第谷-布拉赫正在用他的新方法对天 文学进行全面的改造。这些新的方法包括：使用设计巧妙、制造精良的天文仪器（规模 很大，并备有“小水平板”系统（a system of-pinnules"）,以便能指示出细微的孤 的标度的确切的读数），使用新的大气折射表、新的观测体系.以及一一也许最重要的 是一一从事这样一种新的，实践，即夜复一夜地在某个行星可见的全部时冋内对它进行 连续的观测。第谷的那些革新像伽利略用望远镜对月球表面所做的观测一样，其本身并 没有在科学中构成一场革命，但它们确确实实地为将会逐渐导致牛顿革命的新的开普勒 天文学提供『新的和准确的数据。

1616年，哥白尼的学说因其革命的内容而名扬天下，当时，《天体运行论》被列入 了《禁书索引》之中：类似地，伽利略的《关于两大世界体系的对话》在1633年也被禁 止出版了。不过，据说《天体运行论》只是“donee corrigatur”（在修改前）被禁止， 而伽利略的《对话》却被无条件地列入了《索引》之中：而且，大概直到19世纪，情况 始终如此。在1600年的索引中，《天体运行论》被列入了圣徒会众命令修改的图书的目 录之中，此书的非革命的性质和特点由此昭然若揭。几乎要求进行的所有修改，都不过 是把对实在的陈述或确定的陈述改为对种种前提条件或假说的陈述。例如，第1册第11章: 的标題《地球三相运动的证明》被一笔改为《论地球三项运动假说及其证明》。

以牛顿的《原理》（1687）为顶峰的17世纪物理学所取得的伟大进展，并非起源于 哥白尼那一个圖套一个圆的复杂体系，而是起源于新的开普勒体系（该体系以太阳为中 心，而且每一行星的轨道都是一种统一的简单的曲线即椭圆曲线），起源于显然决非哥 白尼主义者的伽利略和笛卡尔等人的物理学思想。正如我们将在第8章:中看到的那样，开 普勒体系差不多在每一基本原理上都与哥白尼相矛盾。在17世纪的大半个世纪中以及以 后的时冋里，每当科学家讨论哥白尼体系时.他们几乎总是在指开普勒体系。德宙尔 （1909. 344）曾直率而大胆地指出：“哥白尼并没有创造出当今人们所说的'哥白尼体 系如果说天文学中有过一场革命的话，那么，这是一场开普勒和牛顿的革命.而 决不是什么不折不扣或确凿无疑的哥白尼革命。

第八章开普勒、吉伯和伽利略：

物理学中的一场革命？

那些著书立说论述哥白尼革命的学者们，常常都会得出这样一个结论，即这场革命 在开普勒和伽利略进行革新之前并未发生。实际上，这两位科学家大胆而新颖的思想远 远超出r朴素的哥白尼学说所及的范畴。伽利略是哥白尼学说的热心提倡者，他设法根 据自己用望远镜所做出的发现来证实哥白尼学说。不过，他对运动学的贡献是借助数学 分析和实验完成的，这.比他的前辈哥白尼的工作更富有革命性。开普勒据说也是哥白 尼的一位信徒，尽管他最终放弃了除两条最普遍的哥白尼公理以外的所有哥白尼学说， 这两条公理是：太阳是静止不动的：地球不仅要进行自转，而且还要进行公转。为了取 代《天体运行论》的复杂方法，开普勒提岀了一种既新颖又完全不同的论述宇宙的天文 学体系，直到今天，这种体系基本上仍为人们所承认。他还为整个天文学提出了一个新 的力学基础。

开普勒对天文学具有双重目标的重新构造，显然是最富有革命性的。但我们必须要 问一下，这是一次就默的或非公开的革命，还是一次公开的革命？如果是后者，那么它 是否是在它那个时代发生的呢？从本质上讲，它是否是一次不受外界影响的科学革命呢？ 它是否停留在论著革命阶段？对伽利略也必须问同样的问题。我们还应简要地考虚一下 威廉-吉伯的工作：吉伯是与开普勒、伽利略同时代的人，年龄为三者之首.他是位革 命者，这不仅体现在他对实验技术的提倡上，而且还体现在他的思想上，他认为，地球 是一个巨大的球形磁体。这种观点使开普勒从中得到了这样一种暗示，即行星的磁作用 力也许就是致使行星运动的动力因素.

开普勒：不可思议的革命者

约翰尼斯-开普勒致力于行星动力学（即对致使行星运动的作用的分析）和一种以 物理学的各种因素而不是以运动学的教条为基础的天文学的研究工作，从某些方面上讲， 他的确是位现代派人物。然而，他的身上依旧带有很深的传统的烙印。他是占星术的忠 实信徒（事实上，他是最后一位重要的集天文学家和笃信不疑的占星术家为一身的人）， 他的科学思想中充满r所谓数字神秘主义的色彩，他从宇宙论必然性的基本原理开始论 证。他特别骄傲的是他早期的“发现”，即行星轨道的数目、大小及其顺序与五种（而 且只有五种）规则的几何体的存在之间有着直接的关系。在他最伟大的发现中，有一项 是他幸运地根除了一个重要的数学误差的影响而获得的，不过，他是用另一个误差来抵 消第一个误差的影响的。开普勒是有史以来最伟大的天文学家之一：但我们还是可以轻 而易举地把他的一些著作汇集成册，而这些著作表明，他的思考和他的学说是多么不科 学。

开普勒1609年发表的那部论著的标题，勇敢地表明了他的天文学所具有的革命性： 他说，他已经创造出了一门新的天文学。这门天文学之所以新，其理由不下数种。但开 普勒在这部著作的书名中只是强调，这门新的天文学是“以各种原因为基础的，”并强 调它是一门“新的天文学”（开普勒把这个字印成了希腊文）.或者，还用这个标题， 但是可以说，这本书是一部PhpicaCocIcstis或天体物理学著作。开普勒用这个术语似 乎已经表明，他正在迈出超越亚里士多德的一步。亚里士多德的形而上学是继他的物理 学之后发展起来的，开普勒要用他本人的新的天体物理学代替亚里土多德的形而上学。 正如开普勒在1607年】。月4日写给约翰-乔治-布伦格尔的信中（1937. 16： 54）指出的 那样，在他即将出版的书中，他要提出他的新的“哲学或天体物理学，以便取代天体神 学或亚里士多德的形而上学。’”在《新天文学》的导言中，开普勒作『类似的陈述， 他进一步说明，他已经对“运动的自然原因”进行了探讨和研究＜3： 20）.该书是一部 相当激进的纲领，激进到要用天体的致动作用来说明行星的运动，若想了解其激进程度 只需注意：在这方面，开普勒可谓是前无古人，且在当时又无知音。甚至伟大的伽利略 也不曾构想过天体力学这样一种导致运动的动力体系.难怪亚历山大•科伊市（1961.

166）激动地写道，“开普勒著作的标题所表明的不是征兆而是一场革命

开普勒的天文学，完全是根据这一学科的目的、方法和基本原理对它进行的一次全 面的重建。在开普勒以前，天文学家的目标纯梓是摄影式的，也就是说，他们的目的是 要创建一种（以一个圖套一个圆为基础的）天体几何学，这种几何学给出的行星的位置 是与观察相一致的。开普勒要找出运动真正的物理原因，亦即运动的理由，而不仅仅是 去发明或完善几何系统。因为他认为，太阳是这里所说的动力的中心，太阳肯定位于宇 宙的中心。因此，真正的太阳一而不是哥白尼的“平太阳”一位于所有行星轨道平 面共同的交叉点。

至于方法，开普勒所关心的是，在对轨道、对匀速运动等等完全没有任何随意的或 有限制力的限定的情况下，借用数学来找出由太阳的作用力所致的实际的行星轨道的曲 线（大小、形状、方向）。经过一番辛苦的努力他发现，每一颗行星都是在呈椭圆形的、 简単凸曲线的轨道上运动。对大多数行星而言（水星除外），其椭圆形轨道的形状与纯 圆形相差不大，但是，太阳并非位处中心，甚至不是处在接近中心的位置上：情况很像 是这样，有一个圆形轨道（或者说，准圆形的椭圆轨道），而太阳明显地不在它的中心 上（或者说是偏离中心的）。开普勒还发现，行星沿着椭圆轨道的运动，并非是匀速的， 而是直接与面积定律相吻合的。这个定律同时解释了为什么每个行星在近比点（或在靠 近太阳的轨道上）运动得很快，而在远日点（远高太阳的地方）却运动得很慢。

开普勒的天文学就是一种与其物体概念直接相关的力的天体物理学，这种力的天体 物理学是以一组新的运动原理为基础的。在他看来，一个行星或行星的卫星（“卫星’ 这个词是他引入天文学的），或者，某一物理客体，像是一块没有生命的大石头：它本 身没有什么内在的或能动的力。由于具有这种情性（开普勒称它为“惯性”），这种物 体既不能自己使自己运动起来，也不能保持自己的运动。要想运动，这种物体就需要有 一个推动作用•显然，由于这种被动性或惰性，无论何时何地，一旦动力消失或不再起 作用，物体必然会停止运动。对于双世纪的读者来讲，这似乎不是什么激进的结论，但 它与2000年来受亚里士多德思想制约的科学和哲学的观点却是针锋相对的：按照亚里土 多德的思想，一个物体，只有在它到达了它的“自然位置’对才会停止运动.这种自然 位置学说假定了一种等级制空冋，在其中，重的物体“自然而然”会向下面的一个中心 运动，而轻的物体则向上运动。天国中物体运动的空间不同于“尘世”中物体运动或静 止的空冋，这是因为，这类物体在自然界中的等级不同而且它们的终极构成也不同。显 而易见，像开普勒这样一个信奉哥白尼学说的人，既已采纳r地动说观点，那就必须放 奔自然位置信条以及与之相关的等级空间学说。开普勒提出r以下新的基本原理：空冋 是各向同性的，空冋是不分等级的，并不存在什么自然位置，而且，物质是惰性的。在 提出新的原理时，他揭示出了哥白尼思想所暗示的东西，即地球本身以及月球和其它行 星都属于同一物理学的研究范畴。开普勒关于惯性、力以及运动的物理学原理，暗示着 亚里土多德宇宙学的终结和牛顿科学时代的即将来临。

如果所有行星的运动都直接受太阳运动的支配（因为所有行星都沿若椭圆形轨道运 动，而太阳处在椭圆的一个焦点上，况且，所有行星在轨道上的运动都受据认为与太阳 有关的面积定律制约），那么必然存在着一种作用于行星之上指向太阳方向的力，这是 从开普勒的这一思想中推出的：行星本质上是惰性的，因而必须要有一种力来保持它们 在轨道上的运动。开普勒得出结论说，这种力肯定是磁性的力。他知道，威廉-吉伯证 明，地球是一个巨大的球状礎体。既然地球是一个行星，为什么別的行星不会是磁体。 太阳不会是磁体昵？太阳和行星的磁极方向决定r轨道是椭圆形的而不是纯圆形的。

开普勒的惯性概念与伽利略（后来又被笛卡尔加以完善）和牛顿所发展的惯性概念 不同。不过，他的天文学与牛顿的天文学更为相象，而不怎么像伽利略或笛卡尔的天文 学，因为他把轨道和轨道运动与作为成因的力联系了起来。开普勒可能对力的函数有过 错误的认识（认为力的变化与距离而不是与距离的平方成反比），但这并不重要，重要 的在于，也许是他首先构想出r一种天体的作用力，并且认识到r这种力的作用肯定是 某种与距离成反比的函数。

开普勒在《鲁道夫星表》的前言中曾经指出，他的（我们愿说是具有创新性和革命 性的）工作有一个主要的特征，那就是整个天文学“从非真实的循环论证向寻求自然原 因的转变，开普勒说，哥白尼是后验地在观察的基础上创造出其体系的，但是他断定， 宇宙的真实排列可以先验地从宇宙观之中、从物质的本质和属性之中得到证实。的确， 开普勒认为，如果亚里土多德还活着的话，这样一种证明甚至也会使他感到满意的。因 而开普勒相信，在追寻终极因方面，他已经远远超过了哥白尼。他在1603年7月4日给法 布里休斯的信中（1937. 14： 412）写道，他的天文学业已得到『天文观察的检验和印证。 从这种意义上讲，正如埃里克•艾顿1979年3月17日给我的信中指出的那样，开普勒的 “先验推理包含的并非是必然的结果，而只是一些可能的结果。”

毋庸置疑，开普勒为天文学的发展提出了一个革命性的纲领。因为他是一位喜欢反 思的人，他较为详实地记录了他的思想观点和方法的发展过程。我们已经对例如他那行 星运动第三定律的发现的契机作『细致的说明。在他的《新天文学》中，他非常审慎而

详细地阐述r他的思想革命和信仰革命的各个时期：他把错误的计算结果也都记了下来, 这样，读者就可以r解到他的思想和计算的演变过程，这些发展变化导致他最终抛弃r 传统的圆周运动天文学，并且开始探索其他类可能的轨道的曲线。虽然读者会对后面一 页又一页对开纸上陷入绝境的订算感到厌烦，但开普勒提醒自己不要忘了他靠手算完成 这些计算吃『多少苦。在得到了答案后，他把它们付样出版r。随着他的主要著作一 或《宇宙的奥秘》（1596）、《新天文学》（1609）、《鲁道夫星表》（1627）、或

《宇宙和谐论》（1619）以及《哥白尼天文学概要》（1618-162）等的出版，一场思想 革命完全变成了论著中的革命，书已出版，谁都可以阅读和利用。

那么，是否出现r一场科学革命呢？开普勒论著中的革命是否改变了大文学家的实 践、是否已成『天文学思想的基础以致于随继就会在科学中有一场开普勒革命呢？我认 为，回答是否定的。首先，从开普勒到牛顿，这期间的几代天文学家并没有完全接受新 的开普勒天文学。例如，占统治地位的天文学思想，不久就发生了变化，笛卡尔涡旋系 统而不是开普勒所提倡的研究天体作用的动力学成『它的中心。在某种程度上看，这是 由于开普勒末能成功地像牛顿最终做到的那样发明一门新的足以满足天文学需要的力学 所造成的结果。开普勒试图以一种修正过的亚里士多德学说为基础来创立一门天体力学, 但却没有（也不可能）如愿以偿。

其次，对于天空中也许存在若一些绵延数亿里的太阳力这一观点，也有人抱有截然 相反的看法。例如，伽利略在解释哥白尼天文学时，既没有承认也没有运用开普勒的行 星运动的三定律。在其《关于两大世界体系的对话》中，伽利略特别批评了开普勒的这 一暗示：起控制作用的力，能够像月亮有可能导致我们海洋的潮汐运动那样，穿越空冋 向外运动。尽管椭圆轨道定律（开普勒第一定律）得到了从事实际工作的天文学家的普 遍承认，但椭圆的第二个或“空闲的”焦点的作用仍然令人費解，况且，由于数百年来 的偏见，对于行星轨道的形状不是圆形这一点，仍然存在着范围相当大而且是很“自然 的”反对意见。对许多天文学家来说，面积定律（开普勒第二定律）似乎使他们在概念 上困惑不解而不是有所帮助。无论如何，正如开普勒本人注意到的那样，这一定律除非 利用一些近似值，否则就不能作为精确计算行星位置的基础，为r取代开普勒的面枳定 律，从开普勒时代到牛顿时代的天文学家们打算借用一种直接近似法，这种方法的基础 就是以空闲的焦点（它可以用来作为一种等分点）为中心的问量矩的匀速转动，即使对 于那些愿意接受并使用这两个定律的人来讲，这些定律本身也是古怪的东西，因为它们 看上去与所接受的基本原理并没有什么因果上的或演绎上的关联。

许多天文学家确实认识到了开普勒的第三亦即和谐定律（它是在1619年出版的《宇 宙和谐论》中而不是1609年出版的《新天文学》中发表的），开普勒在这条定律中展示 出，行星的恒星周期的平方与它到太阳的平均距离的立方的比是恒定不变的。不管这第 三定律多么有趣，它并没有实际用途，因为它既不能作出什么预见，也没有什么明显的 物理学上的原因、理由或证明，而且，它似乎只不过是开普勒对数字有多种好奇心的一 种体现。这个定律既无助于计算行星的位置.也无助于确定行星的轨道。原则上讲，它 可以用来预见行星在与太阳的任一已知的距离上出现的周期，但这是一个理论问题而非 实际问题。这一定律也像椭圆轨道定律和面枳定律一样，看不出它能起到什么明显的物 理学原理方面的作用.

此外，在考虑开普勒天文学时，我们必须记住，在（《哥白尼天文学概要》中）最 后的总结里，开普勒所阐述的并不仅仅是行星运动三定律，亦即我们今天熟知的开普勒 定律。书中还有许多此类定律，其中包括，行星的大小和顺序与轨道的大小和顺序之冋 的关系，以及行星轨道的非圆周性规则这种我们今天会认为不届于物理学范畴因而不予 考虑的问题。开普勒纳入此书的还有他的第一个发现：行星轨道的数目和大小与柏拉图 五种规则的几何体之间关系的定律。要接受开普勒的天文学，还存在着一个问题，即机 械论物理学原则与泛灵论物理学原则的混合。这二者的混合所导致的并不是一种纯梓的 研究物理作用及其所导致的物理运动的动力学。例如，轨道运动或行星的公转，是由物 理学上的太阳-行星的（磁的）作用力来说明的，而地球和太阳规则而持续的自转却被说 成是一种泛灵论的“灵魂原则”的结果。在开普勒那里，“解释运动的泛灵论原则与机 械论原则展开r竞争”（麦克斯-卡斯帕1959, 296）0

实际情况是，在牛顿的《原理》（1687）以前,几乎没有什么理论的或实用的天文 学著作提到过开普勒行星运动三大定律，更不用说开普勒有关导致轨道运动的天体作用 的思想了。因而看起来很清楚，1687年以前，科学中未曾有过开普勒革命。我们回顾一 下便可得出这样的结论：开普勒的纲领仅仅构成『一场论著中的革命一这并不是因为， 在思想上，开普勒尚未十分成功地发展出一个可以恰当地说明他所发现的行星运动清定 律的动力学体系，而是因为他未能成功地使他的大部分的同代人和随继而来的后继者们 转过来相信他的椭圆轨道的行星天文学或他的天体物理学。

威廉-吉伯：实验论者及其代言人

像开普勒一样，威廉•吉伯也必须纳入17世纪初富有革命精神的科学家之列。他在 其著作《论礎石》（DeMagnctc. 1600）中表明了他的科学的创新性：他在该书的副标 题中说，他的这本书是一部“Physiologianova, plurimis &argumcntis &cxpcrimc ntisdcmonstrat. ”意思是说，他创立了一门“新的生理学”或自然哲学。一门新的自 然科学，一门被“许多论据和实验证明了的学说，这门新的自然哲学就是磁学，而该 书的题目告诉读者，吉伯所关心的是磁石或天然磁石、“磁体”（例如磁铁）以及“地 球大礎石”。在此书中，吉伯通篇强调实验主义的思想，这一观念暗示着，知识的基础 是经验、实地的实践经验或者经验证明。在后期的古典拉丁语中，“cxpcrimcntum”和 -cxpcricntia"这问个词既有“经验”（甚至“尽人皆知”的经验）的意思，也有“实 验”的意思，正像法语中的“cxpccncc"和意大利语中的“cspcrtcnza"仍然含有的意 思那样。由此可见，吉伯是在强调实地的实践经验（例如铁匠和航海者的经验），通过 实验对自然界的直接研究，以及以经验而不是直觉或推测为基础的知识。

除了让人们注意到书的副标題所表明的该书的特色之外，吉伯还搜集『大量新的实 验信息，他在书页的空白处加『许多注释。以便说明他或多或少“根据对事物的重要性 和微妙性”所描述的“我们的发现和实验”究竞是什么（1900, ii）。吉伯研究了摩擦 后琥用中的引力现象，而他有关这一现象的论述，就是他对问题进行实验探讨具有创新 性的一个实例（Ch. 2, bk. 2儿他严厉地批评了 “我们这个时代的”这样一些哲学家， 这些人'自已没有什么发现，没有得到任何实践经验的支持,……没有取得一点进步” （p. 48）：不仅琥珀和贝褐碳（像他们所猜想的那样）对小的物体有吸引作用，而且钻 石、蓝宝石、红榴石、彩虹宝石、蛋白石、紫石英以及布里斯托石（一种英国宝石或晶 石），绿宝石和水晶也都有此作用。具有类似引力的还有玻璃（尤其是透光和透明的玻 璃），由玻璃或水晶制成的人造宝石，锐玻璃，还有从各种矿石中提炼制成的多种晶石， 以及箭石等。另外，硫磺、香乳脂和由染有各种颜色的虫胶合成的硬的封蜡也有引力作 用。甚至硬树脂，例如雌黄，也有这种作用，当然，它的作用不是很强的：在相对干燥 的天气中，岩盐、白云母石和明矶石则很难产生引力作用，而且，即使产生了其作用也 是很微弱的。

《论磁石》那篇写给“公正的读者”的前言，是对科学革命的原则呼声最高的陈述 之一。作者在其中自豪地说，那些“可靠的实验”和“业己证明了的论点”，优于“一 般的哲学家们的那些可能的猜测和看法在这里，吉伯谈到了 “我们的哲学…来目… 对事物孜孜不倦的观察，”他还谈到『“真实的证明和……显然意义明确的实验，”以 及“（明显地使每一种哲学繁荣的）大量的实验和发现。”他还描述了进行哲学探讨的 正确方法，凭借这种正确的探讨，人们的认识才有了从“不难理解的问題”到“更为值 得注意的其他问题”以至最终到“有关地球的那些隐匿的最为神秘的问题”这样的不断 发展，从而“了解到那些问题的起因，而这些问题，或是由于古代人的无知，或是由于 现代人的疏忽，因而未被认识到并被漏掉*r* （fol. ii）«

吉伯作『经验方面的记录：他最终也发明『一些理论并构想出了一些假说。吉伯本 人最重要的科学见解就是：地球本身是一个大磁石，它有南北两个磁极。他断定，他已 经从实验上说明了，完全呈球状且有两极的天然磁石会绕轴自转，他因此得出结论说， 地球肯定要进行自转，正如哥白尼已经告诉人们的那样。不过，吉伯对地球的公转没有 多大的兴趣，因为对他来讲，这是一个与磁性无关的问题嫩此而言，他不算是一位哥白 尼主义者。

人们会注意到，在吉伯的纲领中，《论磁石》的主題并非总是十分详细地贯穿始终 的，尽管这样，他认为一门新的科学即将出现这一明确断言的重要性并没有因此而减小。 像开普勒一样，吉伯也生活在一个过渡的时代，所以，看到“吉伯的大话和浮夸虽不可 取，但他却是位温和的逍遥派学者，而且从不进行他所批判的那些剽窃活动”（海尔布 伦1976. 169）,我们也就不会惊讶不已了。虽然海尔布伦非常恰当地拒绝承认“吉伯是 位革命英雄”，而且不愿相信他的“文艺复兴式的夸夸其谈是真实的，”但他还是盛赞 吉伯出版『“一本最早的有关地球物理学的一个特别分支的专著，”一本“首先发表的 有关大量相互联系且得到r再次证明的实验报告

然而，尽管吉伯有革命热情，但他并未创建一门新的科学。当时的迹象和以后半个 多世纪发表的磁学方面的著作，都没有表明这一学科发生了剧烈的变比。他在电引力这 一新兴的研究课题方面的著述，也未能使科学家们建立起一门新的物理学的分支学科： 只是到『下一个世纪才出现了这一学科。由此看来，吉伯的工作未能通过鉴別科学革命 的前两项检验，科学家和史学家也都未设想科学中有过一场吉伯革命。所以，虽然吉伯 确实是位富有革命精神的人，但他至多只是引起r一场论著中的革命。毋庸置疑，他的 《论礎石》包含若革命的种子，但它毕竞没有引发一场革命.

纵然吉伯没有引起或发动一场革命，他的工作仍可谓是以后所进行的一场革命的一 种征兆或预示.在以后的那场革命中，科学从一门主要是哲学和抽象的学科逐渐变成了 一门以经验、以那种通过实验直接对大自然提岀问題而获得的特殊经验为基础的科学。

伽利略富有革命性的科学

比任何人都先提倡新的实验科学技术的科学家，就是伽利略。伽利略的科学纲领像 开普勒的纲领一样，确实是富有革命性的，而且，它还包含r有可能会潜在地影响所有 科学的方法和结果，从这一点来讲，它有着更为重要的意义。与开普勒不同，伽利略的 著作广为流传（并被译成r别的语言），而且，他的著作对他那个时代的科学家和科学 思想产生r巨大的影响。这种影响甚至随若对他进行的著名的审讯和定罪而扩大

似利略做出『大量发现，不过，他的革命活动主要在以下这四个独特的领域著称于 世，即望远镜天文学，运动原理和运动规律，数学与经验的关系的模式，以及实验科学 或实验法科学・（有人可能会十分恰当地举出一些例子来说明，伽利略在另一个领域也 很著名，这第五个领域就是科学哲学，然而，伽利略在这方面颇具革命特征的思想，都 包含在实验科学和数学与经验的关系方面

许多证据都可以证明伽利略在运动学领域进行了富有革命性的工作。而且，17世纪 中叶那些物理学著作的编、撰者们一一克里斯蒂安-惠更斯，约翰-沃利斯，罗伯特• 胡克，伊萨克•牛顿一都承认并使用了伽利略的那些定律和原理。至少在两个世纪中， 许多科学史家和科学哲学家都在为伽利略革命而欢呼.此外，长期以来，物理学家和其 他领域的科学家们一直认为伽利略是位革命英雄，甚至夸大他的作用，以致于把他说成 是现代科学和科学方法或实验方法的创始人，是牛顿前两个运动定律的发现者。简而言 之，伽利略似乎轻而易挙地通过r鉴别是否已经引起的一场科学革命的所有检验。

伽利略首次公开展示他的富有革命性的科学是在1610年，当时，他发表了用望远镜 探索天空所取得的最初一部分成果。在本书第1箪中我曾谈到过伽利略对天空的看法的转 变过程，即从个人的观察经验到得岀理智的结论的转变过程.他用类推原理和物理光学 说明，月球表面也像地球一样，峭壁林立，起伏不平.他发现，地球使月球生辉发亮。 他看到木星系统有四个卫星，金星有位相变化。他的望远镜不仅展示了有关太阳、地球 以及行星这些以前已为人知的天体的一些新的消息，而且在可视的范围内向人们展现岀 了用肉眼从未看到过的大量的恒星（和卫星）。

伽利略的发现，以及其他人的发现，首次向所有人说明『天空是什么样.金星的位 相，如果与行星的表现尺寸联系起来，就能证明金星轨道所环绕的是太阳而不是地球， 并由此证明托勒密是错的。所有这些发现都是与哥白尼的这一命題相一致的：地球只不 过是另一个行星：也就是说，所有的发现表明，地球更像是个行星而不像是与行星不同 的东西。伽利略因此立即证明，他业已说明了哥白尼体系的正确性（尽管事实是，他的 发现与第谷•布拉赫的体系也是十分相容的,而在第谷•布拉赫的体系中，地球仍被看 作是位于中心，其他行星环绕着太阳，太阳则围绕若地球循环运动）。

这些发现使观测天文学发生r革命性转变，并且从根本上使哥白尼天文学讨论的层 次发生了变化。在1610年以前，哥白尼体系可能看起来是一种思想实验，一种假设的计 算系统，对那些否认地球看上去像是一颗行星（即我们认为是闪耀着极为灿烂的光芒的 星球）的人来讲，它是某种在哲学上荒诞不经的东西。在1610年革命发生并产生了成果 后，科学家能够（并且确实）证明，地球与其他行星实在相似，而且理应有同样的运动。 哥白尼非常正确地指出，地球只不过是“另一颗行星二要想否认这种新的在经验上得 到r修正的哥白尼学说，只有拒绝用望远镜去观察，或者断言，通过望远镜所看到的肯 定是一种光学假象或是望远镜的透镜所产生的一种畸变，而不是行星的真面目。一些非 常明智的哲学家都釆取了这一态度，这一事实表明,在当时，以经验证据为基础来认识 大自然是一种多么激进多么富有创新性之举。

伽利略在其中引起革命性变化的第二个领域就是运动学.这一课题一直被认为是自 然哲学的中心：所以，在其《两种新科学》（1638）第三天对话的开场白中，伽利略夸 耀说，他正在引进“一门有关一个极为古老课题的崭新的学科”（伽利略1674. 147）« 也许.许多有关运动的新定律和新原理都应归功于伽利略。他发现了摆的等时性一一为 一个自由摆动的摆沿弧线运动所经过的弧的长度越来越短时，它的运动速度也会减慢， 但它完成每次摆动的全程所需要的时间却（总是）保持不变。他通过激动人心的实验证 明，在空气中，重量不同的物体下降的速度几乎是相同的，而并不（像以前亚里士多德 以及今天未受过物理学教育的大部分人仍然认为的那样提与物体的重量成比例的。他发 现，自由降落是匀加速运动的一种情况，在这种情况下，运动速度随着时冋的持续而増 加，运动的距离与时间的平方成正比。他提出了矢量速度的独立性原理，并采用『矢量 速度组合（合成）法，他运用这一原理来解决抛射体的轨道问题：他发现，这种运动的 路竺是一条抛物线。因此，他指出，当大炮的炮简与地平线成45。倾角时，大炮的射程 最远.

在对抛射体的抛物路线所作的分析中，伽利略勾画出r慣性运动原理形成初期的情 况。一系列相继得到『改造的概念导致了牛顿1687年的惯性定律，显然，其中第一个概 念就是伽利略提出来的。不过必须要记住的是，伽利略主要是从运动学角度来分析运动 的。也就是说，尽管伽利略的讨论有一些或包含着一些力的作用问题，但他既没有尝试 去找出引起（或导致）运动的力，也不曾试图去发现作用力与运动之冋严格的数学关系。

伽利略的第三个页献是在数学领域。现代科学，尤其是物理学，其特征就是用数学 来表述其最高原理和定律。到了 17世纪，科学的这一特征开始显示出『重要意义，而且, 这种特征的重要性在牛顿的《自然哲学的数学原理》（即《原理》）出版时到达了第一 个高峰。从伽利略在《两种新科学》第三天对“自然加速运动”的讨论里，我们可以看 到伽利略方法论具有革命性的一面。伽利略在提出这一话题时解释说，假设任何一种运 动并从数学上说明其本质，这种做法（就像以前经常做的那样）是完全合理的。不过， 他愿遵循另一种方针，亦即“找出并阐明与大自然所进行的那种运动［加速运动烬可能 完全一致的定义在考虑“在某一高度静止不同的”石头是怎样下落之后，他得出结 论说，“新增值的速度”的连续获得，是由“最简单和最明显的规律导致的”（伽利略 1974. 153-154）,这就是说，这种増值总是以同样的比率持续进行的。因此，（a）在 下落的每一连续相等的特定距离内，或（b）在所消逝的每一连续相等的时冋间隔内，速 度的増加肯定总是相等的。伽利略岀于逻辑上的理由对等距规则不予考虑，转而着手阐 述等时規则的各种数学推论，其中有这样一个结论：在匀加速运动中，“物体在任何时 间内所通过的距离都与各自所用的时间成倍比”（也就是说，它们各自都与那些时间的 平方成正比）。伽利略随后对“这是否就是大自然在她的下落的物体上施加的加速作用” 提出了疑问。

答案是通过一项实验找到的，这一实验程序“在把数学证明应用于物理学推论的那 些学科中是非常有用和非常必要的”（伽利略1974. 169）。实验也许看起来是相当容易 的，但实验设计和对实验结果的解样，需要对现代科学的基本原理有高水平的理解（参 见下文）.要正确地评价伽利略程序具有何等的革命性和创新性，我们应当把它与中世 纪的数学家一哲学家们的活动加以比较和对照。在12、13和14世纪，数学家一哲学家们 一直在积极探讨运动问题（参见第5章），他们的数学发展处于一种抽象的水平。在这里, 运动问题属于一般的范畴，这一范畤包含『从“潜在性”到“实在件”（亚里土多德的 定义）的任何一种可以量化的变化，这里的“潜在性”和“实在性”包罗万象，从爱、 仁慈到（从一处向另一处的）地点的变化。所以，伽利略要根据（并举例说明）自然界 中实际出现的运动来阐述有关运动的数学定律，这的确是一个大胆的举动。以前同样也 没有人发展到用实验检验来证明物理学定律——而这里正是伽利略为科学做出重要贡献 的第四个领域.

伽利略在数学上阐述『诸多运动定律，其中包括匀速运动定律，匀加速运动定律， 以及抛物运动定律等等。这例证了17世纪科学的一个（可以臺不过分地说）普遍特征， 亦即这一思想：基本的自然规律必须是用数学阐明的.在17世纪中，对数学的这种强调 有着多种多样的形式.例如，从最初级的水平上讲，数学也许仅仅意味若数量的确定， 计数作用。也许存在着这样的柏拉图教条：宇宙中的真理将借助数学而不是借助观察和 实验来发现，首先应该考値的是数学方面的特性，而不是与经验世界的一致.我们已经 看到，在相当一段人类的历史中，人们感到圆是一种完美的体现，天体运动最应表现出 这种完美的特点。咖利略驳斥r所有此类抽象的几何属性观，他认为，也许有些不同的 几何特征最能说明某些特殊情况。当然，从数学上阐述科学是对科学的最高级的表述这 种观点，在】7世纪并不是十分新鲜的东西：托勒密曾把他的伟大的天文学杰作取名为 《数学的综合》或《综合》。对伽利略而言，这些传统的数学观与新科学的数学观之冋 的差异意味着，在经验世界与知识的数学形式之间将会有一种和谐，这种和谐可以通过 实验和批评性观察来获得。

不过，在伽利略撰写的数学著作中，他所阐述的并不是通常我们所想到的那种数学， 亦即代数方程的应用，混合比例（例如“距离与时间的平方成比例”），流数，或微积 分等。他所论述的是数列。以下规则即为其中一例：若取自由落体在第一段时间间隔末 的速度值作为速度単位，则它在相继且相等的时间间隔末的速度为从一开始的自然数 （或整数），或者说它在相继且相等的时间间隔内所走过的路程彼此的比为奇数，或曰， 在这一系列时间间隔末所走过的总距离按平方律变化。在《试金者》中（伽利略1957. 237-238）.伽利略对自然界的数学问題作『精彩的陈述，他指出，应该把几何学看作 像有关数的法则一样重要。“哲学［自然科学，或科学］写在宇宙一这部一直向我们 敞开的伟大著作中”：但是，“我们如果不先学会书里所用的语言、掌握书里的符号， 就不能J'解它.这部书是用数学语言写出的，它的字母是三角形、圆和别的几何图形。 不借助它们，那就一个字也读不憧。”所以，谈到伽利略与数学的关系时.重要的并不 在于数学本身的水平有什么创新之处，而在于他清晰而引人注目地表述了用数学来阐述 自然现象的必要性，以及以实验和观察为基础确立自然界的数学规律的必要性。

谈到伽利略与科学实验方法论的关系，有必要谨慎一些.近年来有一项值得注意的 事业（主要集中在小约翰•赫尔曼•兰德尔的著作中），这就是对伽利略科学方法论的 先驱者进行探讨。我发现，很多的历史学家都犯了一个根本性的错误，即没有分清有关 方法的那些抽象的陈述或格言与实际的科学工作之间的区别。在许多16世纪的作者的著 作中，确实有听起来像是讨论实验或从事科学研究的方式的论述，然而，r解到这些作 者中没有一个人曾完成过任何一项科学研究工作这一事实，我们就不太相信它们真是有 关实验问题的阐述了.附带说一句，在拉丁语和罗曼语中，用来表达实验、经验的词都 是相同的，而且大体上每个人都知道。

据说，伽利略曾在一个高塔上抛下重量不等的物体这一著名的实验，解决了一个独 特的问题。所谓伽利略在众目睽睽的情况下在比萨斜塔上进行演示，公开与亚里士多德 学说对抗之说，不过是些过于耸人听闻的虚构之词，无疑，它们都是杜撰出来的。不过, 伽利略确实在自己的笔记本中记录过他“从一个高塔上”把重物抛下来的情况。伽利略 这样做是为了了解：传统的“常识”规是否正确,重物在空气中自由下落时的速度是否 与它们各自的重量成比例。伽利略用另一种实验来检验他的假说一自由下落的物体的 运动是匀加速的。我们要问的是：自由落体的速度的増值是否与消逝的时间成正比呢？ 我们会看见，在进行一项人们会在其中提出这类有关大自然的问題的实验中，将会产生 出许多问题。要直接检验这种比率是不可能的。所以，伽利略检验了另一个定律，一个 他希望检验的逻辑推论，这就是：距离与时间的平方成正比。即使这一检验也超出『伽 利略的能力所为，因为自由下落的物体运动得太快，以致于他难以进行测量。因此，正 像他所说的那样，他“冲淡重力”，在一个斜面上进行了实验。他在实验中发现，时间 平方律确实经受住了实验的检验。当然，伽利略是位伟大的实验家.他充分认识到，进 行大量不同角度的斜面实验是很重要的：在所有这些斜面实验中，定律都经受住『检验。 我不想详细地讨论伽利略是怎样根据斜面角度的増大用数学来表述重力沿斜面的分量的。 只要说明以下这一点就足已了：伽利略在所选择的例子中表明，随着思想的发展和“科 学”的日益复杂，必须要设计出一个实验用来检验那些哪怕看起来最简单的定律如：距 离与时间的平方成正比。

伽利略不仅认识到对运动所作的抽象的数学推理一般均可适用于自然界中所观察到 的真实的运动，并且通晓用实验来检验数学规则的技术，他也熟知怎样说明思想状态与 实验状态的差距。例如，他通过实验发现，从一个高塔上下落的重的物体比轻的物体略 微早一点接触地面：他把这个微小的差额归因于空气阻力以及重的物体和轻的物体克服 这种阻碍作用的相对能力。他提出结论说，在理想状态下，在真空中或自由空间内.它 们下落的情况是完全相同的。

在进行实验设计以便对假说加以检验的同时，伽利略还对自然现象作r实验探讨。 斯蒂尔曼•德宙克对伽利略的手稿进行『仔细研究后，重现『这类探讨实验。这类实验 很有可能就是伽利略解决惯性问题的关键，而且，它们几乎已经使伽利略以一种与他在 《两种新科学》中所描述的方法略有不同的方式得出『匀加速运动定律。

伽利略的确不是第一位进行实验的科学家，但他是头等重要的科学家之一，他在进 行数学分析的同时，使实验成j‘他的科学的一个组成部分。事实上，他把实验技术与数 学分析相结合（例如在斜面实验中所做的那样），使他名符其实地成r科学的探究方法 的奠基人。

伽利略大量的实验和天文学观察包含r他的科学的哲学中两个革命的特征（与斯蒂 尔曼•德宙克的通信为我澄清r这个问题）。一个是，伽利略所表明的信念：“感性经 验和必要的证明”“不仅优于哲学信条而且优于神学信条很有可能，直到】9世纪，

“大多数科学家才采取r与他相同的立场。”第二个特征与伽利略的探讨工作有关（德 布克称，伽利略的探讨是“他的科学中主要的富有创新性的部分，而且，伽利略在许多 地方都提到过这种探讨”）.这就是“在裁决任何科学问题时权威不足为据。”在《水 中的物体》中，伽利略更进一步评论说：“阿基米德的权威并不比亚里士多德的权威更 加重要：阿基米德之所以正确，是因为他的结论与实验相符，總击克怀疑“除r他那 些自身就可以说明问题的发现外，伽利略对其科学中任何新颖的问题都要考値。”我们 可以同意德宙克的看法，即伽利略仅仅“把他自己看作是把托勒密很成功地运用于天文 学上的方法用在了物理学上：也就是，在不考虑古老的［亚里士多德的］意义上的因果 条件或［借助于）形而上学原则的情况下，用几何学方法和算术方法把辛勤测星的结果 运用在可检验的预见之上

伽利略的成果广为人知，人们也都因此承认，他使运动学得到了改革和更新。沃尔 特•査尔顿1654年出版了《自然科学》一书，该书主要涉及的是新老原子论的自然哲学, 而且，它以介绍伽利略、伽桑狄以及笛卡尔等人在运动学方面的成就而闻名.査尔顿在 这部书中毫不怀疑地认为，伽利略的研究是全新的研究。他认为“伟大的伽利略”“史 定了运动本质的…基础”，正是这一成就导致了 “亚里士多德的有关学说”的“覆灭” （p. 435）o他认识到了，“没有一位古人的探讨”深入到“物体向下运动”时速度增 加的“比率或速率”，而伽利略却发现r这个问题.此外，正是这位“伟大的伽利略” 完成了 “对大自然最鲜为人知的奥秘的探讨，这种探讨是无与伦比的”（35, 455）.

在17世纪的科学文献中，伽利略似乎不仅是运动定律的发现者和亚里土多德的驳斥 者，而且还是最早用望远镜观察天空的探索者。约瑟夫-格兰维尔在其论文《现代实用 知识的改进》中（1676. 18-19）.用了整整一页的篇幅来论述伽利略用望远镜所做出 的发现：

在［第谷-布拉赫］以后随继而来的时代，亦即我们这个时代，他的发现和他的前 辈人著名的哥白尼的那些发现得到了非常好的应用：而且，天文学在人们心目中获得了 有史以来最为崇高、最为完美的地位.如果愿意的话，可以用一部书的篇幅来描写所有 独特的发现，但我不想这样做，我只想简要地谈一下.我打算先谈谈伽利略，这位享有 盛名的望远镜的创造者，尽管首先发明这种绝妙的望远镜的荣誉应归于阿姆斯特丹的雅 各布斯•梅齐乌斯，但改进了它的却是著名的伽利略，而且是他首先把望远镜应用于对 星空的观测：凭借得天独厚的优势，他发现了银河的本质，发现了猎户星座上端由2】颗 新星组成的星云，和由36颗新星在巨蟹座中共同构成的另一处星云，他还发现了土星的 光环，木星的卫星，他把它们的运动汇编成了一个星历表。根据这些新月状的东西就可 以确定木星到地球的距离，以及到子午圏的距离，这将是一件很有意义的事，因为这总 可以通过一年一次或两次的月食来测量：其实，根据这些新的行星的星蚀进行计算的机 会是常有的，这一年反复出现了 480次。此外，（望远镜还促使）伽利略发现了奇怪的土 星位相，它有时是椭圆形的，有时是圆形的：金星也像月球一样有时増大，有时缩小： 他还发现了太阳的黑点，以及它围绕自己的中轴的自转：还发现了由其不同位置的黑点 集合而成的月球的天平动：以及其他一些令人惊讶的、具有实用价值的奇妙的现象，它 们是古人从未见到过的。

也许可以把这段会令读者室息的说明与格兰维尔对开普勒一带而过的叙述加以对照： 下一个要谈的是开普勒，他首先提出了椭圆假说，并对火星的运动进行了极为准确 的和富有启发性的观察：他还用最为清晰和明确的方式撰写出了哥白尼天文学的概要， 书中含有其他一些人的发现，也有他本人的几项著名的发现：书中没有提到星历表，也 没有提到有关营星的著作。格兰维尔甚至没有提及开普勒的面积定律或和谐定律，而已 显然对开普勒以行星运动的物理学原因为基础建立新的天文学纲领并不重视。

牛顿在《原理》中指出，伽利略之所以名扬天下，不仅是因为三项运动定律中的头 两项定律，而且还是因为这头两项定律的推论，它们涉及到了向量速度的组合问题及其 解决办法。’所以，牛顿为伽利略欢呼，说伽利略是他自己的理论力学最初的奠基者， 同时却贬低了开普勒的作用：说他只是行星运动的第三定律或和谐定律的发现者，彗星 的观察者。他甚至怀疑开普勒是否发现了椭圆轨道定律和面积定律。（有关牛顿和开普 勒的讨论，参见科恩1975） 17世纪的天文学无疑就是伽利略天文学。伽利略倡导使用望 远镜，从而使天文学的观察基础发生了革命，并使他以现代科学奠基者之一的身份赢得 了主导地位。他对自由下落问题的研究。他对抛射体运动和沿斜面向下的运动的分析， 业己成为与实验相结合的数学分析的典范。他所发现的有关匀速运动和匀加速运动的定 律依然是这门科学的基础。实验方法，尤其是那些每次可能只改变一个参量的实验方法， 仍旧以他的名字命名.伽利略比开普勒（他没有伽利略那种用实验获取知识的惊人才能） 和吉伯（他缺少伽利略的那种数学知识）更胜一筹，他的研究体现『科学的新的特点， 这些特点则是科学革命的表征。伽利略是现代科学最伟大的奠基者之一，他是科学革命 中的一位英雄人物。

然而，伽利略革命并没有完成。在其运动问題的研究中，伽利略把他的注意力主要 集中在我们今天会称之为运动学的那部分。他已经开始思考地球运动中力的作用，但他 所取得的最重要的进展并不是在这方面。与开普勒不同，伽利略本人完全没有注意到， 宇宙中的作用力、地球的作用力或太阳的作用力，有可能是行星运动现象的原因。他无 视开普勒行星运动定律的发现，而且嘲弄开普勒的这一见解：月球远距离的作用力有可 能是导致海洋中湖汐运动的原因。在科学中，伽利略革命的完成还需要有另一个阶段的 革命，那就是对惯性、对加速度产生的地球的和天体的作用力的认识，伽利略本人在这 些问题方面的思考尚处于萌芽阶段。牛顿革命使伽利略已经完成的工作中的潜力得以实 现，而且取得r远远不仅如此的成就。当然，在此之前还需要有半个世纪的发展时期。 说伽利略科学革命的完成还需要有一场更为深入的革命，而伽利略在运动原理和运动定 律方面所做出的那些伟大发现——就其所达到的程度而言——只是有可能成为科学革命 顶峰的宇宙动力学的发现的初级阶段，这一结论对这位曾在科学史上享有如此高的声望 的人来讲，并不是什么不光彩的事情。

第九章培根与笛卡尔

科学革命是对方法甚为关注的时期。有关这一课题的部分文献，反映出r这一新时 期的自我意识的状况，在这一时期，人们认为.对知识的发展而言，正确的规则和程序 比洞察力和才智更为重要。17世纪发表的一篇又一篇专题论文，要么始于对方法的讨论， 要么终于某一方法论命题。例如，有关方法这一课题最著名的著作之 笛卡尔的

《方法谈》（1637）,其写作和出版就是为了介绍三部科学著作：《几何学》、《气象 学》和《屈光学》。在牛顿的著作中，阅读面最广、最常被人们引用的著作之一，是那 篇方法论的“总附注”，此文是为《原理》（1713）第二版写的一个总结，在其中，他 讨论了自然哲学中解释的本质以及假说的作用。

方法问题之所以成为科学革命的中心，是因为新的科学或新的哲学主要的创新之处 在于数学与实验的结合。旧的知识，是由各个学派、立法部门、学者并借助圣人、神的 启示以及《圣经》等的权威通过立法确立下来的，17世纪的科学被认为是以经验和正确 的感知为基础的。任何一位通晓实验技术的人都可以对科学真理进行检验一一这正是新 的科学与传统知识，无论是旧的科学、哲学或是神学，大相径庭的一个因素。而且，方 法很容易掌握，从而使任何一个人都可以做出发现或找出新的真理。正因为如此，新的 科学成r文明史中最伟大的促进民主的动力之一。真理的发现，不再只是少数几位精英 —极为体面或有着非同凡响的天资的男人或女人才能得到的赏賜了。在介绍其方法时， 笛卡尔说：“我从来没有自负，认为自己的心智有紋臺比一般人的心智更加完善的地方” （笛卡尔1965, 4）» 17世纪的科学没有哪方面像其方法及方法带来的结果那样富有革命 性。

科学革命造就了两位杰出的集方法之大成者：弗兰西斯-培根和勒内-笛卡尔。对 培根在科学史上的地位，人们的看法有些分歧，因为他不是一位科学家，他甚至无视他 那个时代哥白尼、吉伯以及伽利略等人做出的那些伟大发现。相反，笛卡尔在物理学和 数学领域都是一位受人尊敬的人物，而且被普遍地认为是现代第一流的哲学家之一。在 本章中我们将探讨这一问題，即17世纪的科学中是否曾有过一场培根革命或笛卡尔革命, 或者说，培根和笛卡尔是否也像哥白尼、吉伯和开普勒那样，为阐明、强调或（只在某 种程度上）使科学革命具有某些基本特色做出r相当重要的贡献。

弗兰西斯•培根：新科学的先驱

人们通常认为，培根对科学革命的贡献有四个方面：作为一名科学哲学家，他提倡 了一种研究大自然的方法：他集中地对科学(以及广义地讲，人类知识)进行了分类： 他洞察到，新科学的实际应用将会改进生活的质最和人类对大自然的控制讲且.他设想 并组织r科学共同体(强调『科学院校和科学团体的重要性培根是归纳法的代言人， 而归纳法一与大量的实验和观察相结合一构成了许多科学的基础，培根也就因此成 了新科学的代言人。

培根抨击说，纯归纳逻辑没有创造性，因为它永远也不能使知识增加。他还抨击了 老式的简爪枚举归纳法，因为这种方法只有在所涉及的事物的类都是有限的和可达的情 况下才能适用(参见昆顿1980. 56-57),例如这一命题：皇家学会的创始人都是年过3 0的男子。培根断言，他的新归纳法超过了这种亚里士多德的完全的或完备的归纳法( “以简単的枚举进行归纳的方法” 一一NOV. Org., bk. 1. aph. 105).因为它将导致 对所有事物的概括，而不仅仅是对某一有限枚举的所有成员所具有的某种性质的概括。 培根注意到，一个人是无法在普遍的意义上证明归纳的真的.“所有”这个词，肯定总 是含有一种可能性，即有可能发现归纳概括的例外.因为归纳概括是一实际上它必然 是一一以有限的例子为基础的。培根认为，取凭一个反例就足以否证一个归纳，而每一 个正面的证明所能做到的只是増加我们的信念，这一正确的评价使培根赢得『荣誉。因 此，在其《新工具》(bk. I, aph. 46=1905, 266)中，他指出，反例更有力(“maj orcst vis instaniac ncgativac").培根这么早就认识到了那些原则,即本世纪的 G. H.冯•赖特和卡尔•波普尔所阐述的规律一一自然或理论不是可证实的，而是可否 证的：培根的这一功劳是了不起的。

培根认为，他所提出的在实验基础上进行归纳的方法，将会为科学提供一种新工具 (novum organum),以取代亚里士多德的归纳逻辑这种老式的工具。培根不重视假说， 他设想，科学的发展，是通过把实验和观察积累起来的实际资料汇集成大量的图表而完 成的。当然，培根正确地认识到，仅靠信息的积累并不足以产生有用的归纳科学原则： 他提倡进行筛选，但这样一来问題就出现了：怎样确立筛选原则？玻意耳、胡克、牛顿 等科学家在不同程度上表述了他们各自对培根哲学的信奉。在其《原理》(2ndcd. 17 13: 3rd cd. 1726) 一书中，牛顿甚至探讨了归纳法的推广，即从可以实际对其进行实 验的物体的属性或性质推广到“一切物体所固有的属性-(rule 3. bk. 3)o他断然指 出，培根已经用某种方式充分证明了 “我们必须把那些从各种现象中运用一般归纳而导 出的命题看作是完全正确的.或者是非常接近于正确的：虽然可以想象出各种与它相反 的假说，但是在没有出现其他现象足以使之更为正确或者出现例外之前，仍应对它持如 此态度”(3rd cd., rulc4)o “这条规则，”他说，“必须遵守，以便不致于用假说 来回避归纳论证。”

培根的实证论对17世纪科学思想的影响.可以从“判决性实验”这一概念的出现中 略见一斑，伊萨克.牛顿在对他1672年的实验的描述中，在有关日光的分析与合成理论及 颜色本质的理论中，十分有效地使用了这一概念。这种表述出目胡克的《显微术》(16 65, 56),它是胡克从培根的“判决性事例”这一概念演变过来的(1905, 343：培根， Nov. Organ, bk. 2. aph. 36)。牛顿对假说持反对态度，他在《原理》(2ndcd.) 最后的总附注中所概括出的口号“力戒假说”就是一个例子，而培根的思想还有可能是 这种态度的主要根源。

如果培根的一般归纳法真的被许多科学家釆用的话，培根的程序分类和他的详细的 规则也就无人道循了。那些传统的辩护者们说，培根起到r科学方法的革新者和集大成 者的作用(福勒1881. Ch. 4).其实，这种说法在哲学中而非科学中更为恰当。培根的 《新工具》读起来不像是一部论述现代科学的著作，他对热的讨论(这种方法在第二卷 中的主要应用)更像是他应当抨击的亚里土多德和经院哲学式的讨论，而不像是新科学 的一个范例。尤其像査尔斯-桑德斯-皮尔斯指出的那样，没有哪个培根除错表式的

“机械论”系统能够产生有意义的新的科学知识。“培根勋渤(有关方法)的观念超过 了以前的见解，”皮尔斯(1934. 224)写道，“对他的夸大其辞臺无畏惧的现代读者首 先得到的印象就是，他有关科学发展过程的看法是不充分的，

此外，培根科学观中一个显而易见的不足之处就是，没有认识到数学在科学理论中 的重要作用。强调事实的积累而不是假说的设立固然好，但培根所谓的发展过程却轻视 概念的更新，而现已证明，在科学的发展中，概念的更新甚至比事实和限定性的归纳更 为重要。皇家学会确实曾提出，把大量收集有关矿石、手工行业等等的实际资料作为它 的一个目的。然而，实际的科学发展模式却往往(而且依然提概念性和理论性的，决非 只是事实性的。我们有什么理由把拒绝承认伽利略发现木星卫星的人说成是所谓的科学 方法的代言人呢？！

在科学史中，有一种学科在传统上是按照真正的培根方式发展的，这就是气象学。 长期以来，在世界各地众多的气象站中，科学家们一直在以一种会使弗兰西斯•培根欣 喜的方式收集者有关温度、湿度、降雨量以及风力、风向情况的资料。不过有据可査的 是，科学的这一分支没有(以归纳的或其他别的什么方式)像物理学、化学、生物学及 地质学那样，发展成一门实用的理论体系。我们可以谈论天气，但我们不能十分准确地 预报天气，也不能使天气有所改变。

也许，培根使科学哲学发生r革命，但他无疑并没有在科学领域中引起一场培根革 命。培根对科学的分类，实际上是对知识的分类，情况亦是如此(有关这一问题请参见 福勒1881. Ch. 3：昆顿1980. ch. 6).培根体系被修正了，随后又荣幸地以表格和图 解的形式出现在18世纪中叶狄德罗和达朗贝所编的伟大的《百科全书》的简介和导论中。 无论如何，培根可能在哲学这一领域做出了伟大的贡献，但它并没有在科学中构成一场 革命.

那么，对于培根与科学革命的关系我们将提出什么结论呢？我像昆顿(1980, 83) 一样认为，培根主要在两个方面，即“作为一位倡导者和批评家”，可以说比较重要。 他所做出的一个伟大贡献就是，“使科学摆脱了宗教和宗教的形而上学，” “使对自然 的研究因在当时被看作是巫术、被轻蔑、被认为是低级的辛苦且単调的工作而被禁止的 状况发生了转变”(昆顿1980. 83-84).更为重要的是，培根认识到科学将提高人类 的能力，使人类能更有效地控制环境。“科学的真正的、合法的目标，”他在《新工具》 中写道(bk. 1, aph. 81 = 1905. 280), “说来不外是这样：把新的发现和新的力量惠 赠给人类生活“虽然通向人类权力和通向人类知识的两条路途是紧相邻接，并且几 乎合而为一”(bk. 2. aph. 4=1905 . 303)： “真理和功用……乃是一事"(bk. 1, aph. 124=1905, 298)。“人类要对万物建立自己的帝国.那就靠方术和科学了，”他 写道(bk. I. aph. 129=1905. 300). “因为我们若不服从自然，我们就不能支配自 然•”无疑，人们极力把培根说成是“归纳科学哲学家”(B.法林顿1949).不过我们 必须记住，在这些观点中，培根主要关心的并不是改变生活条件。相反，他认为，“各 种成果自身，作为真理的证物，其价值尤大于增进人生的安乐”(bk. 1, aph. 124=1 905. 298)o

培根还是一位重要的倡导者，他提倡把科学家组织起来成立各种学会和科学院，这 种组织的特点就是进行集体研究。在一部题为《新大西岛》(1627)的未完成的乌托邦 式的著作中，他描述了一个中央科学研究所，在这里备有实验室、植物园，动物园，厨 房，胳炉，甚至还有机械工场。在这部著作中，培根宣称，在科学中：通过分工知识的 生产会更有效地进行.关心经济史的人们常常称赞培根首先阐述『分工的一般观念。至 于培根是否对皇家学会的主要创始人有过很大的影响，人们可能会有一点怀疑，皇家学 会这一研究部门在相当大的程度上被认为是带有培根的烙印.在斯普拉特的《皇家学会 史》中(1667).培根的名字不仅跃然纸上并且倍受賛扬，此外，他还成了富有窝意的 卷首插图中的人物，由此可以证明培根的影响。我们会承认，皇家学会“也许可以公正 地说是对弗兰西斯-培根的最大纪念”(法林顿1949, 18)。

笛卡尔的科学革命

培根并非是他那个时代意识到真正的科学将会导致医学和各种技术领域进步的唯一 的一位思想家。笛卡尔在他著名的《方法谈》（1637）中提出了几乎完全相同的观点。 在此书的结尾部分，他讨论了 “尽我们所能为人类谋取普遍利益”的目标（1965, 50）。 与笛卡尔提出的原理并行发展的完备的科学，将会成为那种“在科学中极为实用的知识 科学，恰当地讲应用科学，将会“使我们自己成为自然……的主人和占有者，在一些 具体的目标中，他希望，机械装置的发明“能使我们不需辛苦便可享受各种农产品和地 球上的所有财富。”他特别强调，对于医学。对于最终消灭“身体和心灵的疾病”。根 除“老年人的衰弱”等等来讲，科学有着十分重要的作用（笛卡尔1956. 39-40）。由 此看来，那种以实验或经验为基础的科学的发展，自然会产生这样一个结果即：使人们 以为知识的进步会导致新的实用发明、会导致健康状况的有效改善。

笛卡尔并不认为，正式的学会或研究机关可以资助和供应实验设备，以满足科学家 团体进行共同的研究事业的需要，笛卡尔的这种观点与培根的观点不同。不过他也感觉 到，单凭某一个人很难完成所有的实验：在《方法谈》的结尾部分，他讨论『一些也许 会使研究者得到希助的方法，例如，对他的“必要的实验的开销”提供捐款，并且提供 保护以便使“他在闲暇时也不会受到任何勒索者的打扰”（笛卡尔1956. 47）O他甚至 公开提出『社会和个人赞助科学事业的问题。他在1632年5月10日给梅森的一封信中暗示, 他渴望能有一位富有的赞助者为已经列出的一系列“天体现象”的研究提供资金（笛卡 尔 1970. 24： 1971. I： 249）.

培根把他自己看作是新科学的先驱者，他的作用就是倡导人们去研究新的科学（ ~Ego cnim buccinator tatltum ":培根 1857. 1: 579：《进展》4. 1）。"我所做到 的只是，”他在写给普莱福（Platfcr）博士的信中说，“摇铃，把有识之士一起唤醒°” 笛卡尔是一位真正的革命者.是一种新科学的创始人，他自己也充分认识到了这一点。 在1619年3月他23岁时，笛卡尔曽（在给贝克曼的一封信中：参见1971, 10： 156）预告 说，一门“全新的科学”即将岀现：他自豪地断言，这门新的科学能普遍地解决数学中 的问題。在当年的11月，他在梦中梦到了 “一门惊人的科学的根据”被发现了（1971, 10： 179）.

10年以后，笛卡尔和其他几个人一起受邀去听一个演讲，该演讲对学校中教授的传 统哲学进行了批驳。这个演讲［据笛卡尔的传记作者贝莱特讲，译文见史密斯（1952. 40ff.）］, “几乎获得了满堂喝彩。”在听众中，唯有笛卡尔“非常慎重，没有表露 出任何賛许之情，“这，引起了巴黎奥拉托利会的创始人天主教枢机主教德•贝律尔以 及教皇的教廷大使梅森神父等其他一些人对他的注意，所有这些人都力劝他陈述自己的 观点。在随即而来的对话中，他吐露了他本人的“'一般法则’，他有时也把它称作他 的'自然方法一它取之于“数学科学的宝库笛卡尔给德-贝律尔枢机主教留 下了深刻的印象，他邀请笛卡尔到他那里去作客，更为详细地解释其方法。笛卡尔向他 剖析了自己方法的本质，并指出，“这种方法可能产生的实际效益，将会使他的哲学研 究方法被应用到医学和力学领域二从而“导致健康的恢复和保护，并且……导致人类 的体力劳动在一定程度上的减少和减轻。”枢机主教鼓励他’‘从事这项［研究自然的］工 作，-竭尽全力进行科学和哲学的改革。

这一规划在1637年得以完成，是时出版了三本关于科学的著作（《几何学》、《屈 光学》、《气象学》）以及《方法谈》，并加以副标題“在科学中进行推理和寻求真理 的正确途径这种方法在以前的一部著作中就已得到充分的陈述，该书完稿于1628 年左右（即他会见枢机主教德•贝律尔前后），书名为《指导心灵的规则》：该书在笛 卡尔去世后（1701）约SO年才出版。笛卡尔的方法是一种清晰而成功的思维方式，但决 不是实用的或为业余爱好者用来进行实验并从实验中获取结论的手段。然而，像培根的 方法一样，笛卡尔的方法也是旨在通过把某个综合的和复杂的问题分解成较为简単的要 素或组成部分来做出发现。他说，他的模型可以在他的新几何学中看到，在那里，对复 杂曲线的研究就是通过这种分解成简単要素的方式进行的。这个方法得到了概括的表述： 它不仅可以用于科学和哲学，而且还适用于“无论什么领域的……任何理性的探讨”［ （伯纳德•威廉斯）1967. 345）。事实上，笛卡尔所信奉的是一种牢固的包括科学、哲 学等在内的所有知识的统一体，他形象地把这种统一体比喻成一棵大树，树根是形而上 学，树的主干是物理学，树的分枝则是这些专门的论题：医学，机械学，伦理学等。他 说，聚集起来的所有这些科学“是与人类的智慧同一的，无论所应用的学科多么不同， 这一点是始终如一的”（鲁勒】：1971. 10： 360） o

尽管笛卡尔的大部分科学是以实验和观察为基础的.他那些得到了充分阐述的科学 概念和方法概念却是理性主义的和非经验主义的。他认为，科学最终还是应当建立在哲 学基础之上。在笛卡尔看来.日常经验的元素具有“复合性”，必须把它们还原为“简 单性”（"naturae smpliccs”），他后来又把它称之为“原理”（“princi・pa”）， 意指“第一存在”如“体积、形状、运动”等（鲁勒12： 1971. 10）»笛卡尔以天然磁 石或破铁为例（1911. 1： 47）：

［如果］问题是，“破铁的本质是什么？-人们……马上就会去预言进行这种探索 一定非常辛苦且困难重重，他们只盯住了最为棘手的问题，而对屡见不鲜的事实不予考 虑，并且矇眺地指望，通过在潜蔵着多种原因臺无成果的领域中的探索，能找到某种鮮 为人知的东西。有一种观点认为，在不是由一些自明的简单本质构成的破石中不可能有 什么尚待认识的东西，反思这种观点的人对怎样进行工作不会心存疑虑。他首先会去收 集所有观察资料.经验可以给他提供有关这种石头的观察资料，他下一步就是要从这些 资料中推断出简照性之混合物的特性，这是展示他业已看到的与磁石有关的所有现象必 不可少的一步.完成『这一步，他就可以大胆地断言，他已经在人类的智慧和已知的观 察能够提供给他的有关磁石的知识的限度内.发现了磁石的真正本质。

从其最极端的观点看，笛卡尔哲学会把自然界的所有活动和现象还原为物质和运动 的原理。

笛卡尔对科学改革的杰出贡献，就是这种机械论哲学的建立，它所寻求的是，以物 体构成的部分为依据来解释物体的属性和活动。笛卡尔反对终极因或目的论的解释，并 且抨击了占统治地位的亚里士多德学派或经院哲学家们用诸如“实体形式”和“神秘的 属性”等同语解释现象的模型。但是，他又有别于其他反对这种思维方式的人，他提出 了一种现实的选择，亦即，把问题分解成主要属性、普遍属性和数量属性等小的类： “物质微粒的形状、大小、排列以及运动”（1971, 8—1： 314H： 26）»他断言说，在 整个世界中，并不存在无法用这种“纯物理原因一亦即，丝臺不依赖心灵和思想的原 因”进行解样的现象。

到牛顿的《原理》发表时，笛卡尔的机械论哲学已经在欧洲科学中占据『统治地位 （参见第1章）。玻意耳在谈到“有关物体、物质及运动的两个最重要、最普遍的原理” 时（玻意耳1772. 3： 16）、想到的恰恰就是笛卡尔的机械论哲学。玻意耳所著的《形式 和性质的由来》（1666）,为的是要说明机械论哲学，并且“根据其组成部分的运动、 大小、外形以及装置”说明"……物质的行为者的”活动。玻意耳把这里所说的那些属 性称之为“物质的机械影响.因为人们乐意把它们看作是各种机械的不同运转”（玻意 耳1772. 3： 13）.惠更斯和莱布尼兹总的来讲都是机械论的信徒。正是因为这一点，他 们双双拒绝牛顿的万有引力概念一一万有引力是指一种穿越空冋对物体和运动发挥作用 并且不会减小的作用力。

牛顿本人在接受机械论哲学的教育时是很理智的。与极为偏狭的笛卡尔原理不同， 牛顿相信（类似于玻意耳的）原子的存在：因而也承认真空的存在。笛卡尔不相信有虚 空，他甚至认为物质和广延性是同一的。当时得到公认的哲学要求使所有现象符合物质 运动的原理，从而在科学中只允许接触性作用力的存在，在这样的时代牛顿居然得出结 论说存在若一种超越空间的万有引力，这的确是一种大胆之举。牛顿的这一步［正如韦 斯特福尔指出的那样（197］, 377-380）］意味着他对得到公认的哲学进行了根本性的 修正，也意味者（科恩1980. 68-69） “牛顿式”的发展允许其万有引力概念这类成果. 尽管他当时仍然希望或寻求找到一种途径，使这种在哲学上不可接受的新的力的原理与 笛卡尔有关物质和运动的概念协调起来。在牛顿的《原理》和《光学》中，有大量的证 据可以证明，他大体上是信奉笛卡尔的机械论哲学的，他努力寻求把现象还原为“所有 物体的普遍属性”（《原理》，2ndcd.l713. bk. 3, rule 3）.

笛卡尔的《宇宙论》写于1629和】633年冋，但此部著作在他去世以后才出版。此书 内容包括他关于运动的思想，以及对其惰性原理最早的明确的表述。匀速直线（或惯性） 运动状态在力学上完全等同于静止状态这一大胆的陈述，尚不等于牛顿的惯性原理，但 这二者多少在形式上是相等的。只不过，笛卡尔把他的原理建立在一种永恒的学说上一 一即上帝在创世时造成的运动是不能被消灭的：而牛顿的原理则源于质量的本质。

笛卡尔在他的《原理》中公布了他的惯性规则,同时还有一组碰撞规则.但是，由 于他不了解动量的矢量木质，他的規则大部分都是不正确的一从他所做的一些简照的 实验就可以很容易地发现这一点。笛卡尔还在他的顺理种充分说明了他的涡旋体系：规 模宏大的稀薄的或精微的物质不断运动的涡旋，产生了我们所说的引力效应，其中包括 使行星进入椭圆形轨道。他还在书中阐述了后來遭到牛顿反对的相对空间概念。

结果笛卡尔认为，“真正的物理学”是数学的一个分支，只有“通过数学才能获得 真正的物理学知识”（笛卡尔1971. II： 315-316：宙1974, 311）。他在《哲学原理》 中声称，他的理论是以他的数学为基础的：“物理学中既不需要也不希望有任何原理不 同于几何学和抽象数学中的原理，因为后者能解释一切自然现象。”在1637年12月写给 梅森的一封信中（笛卡尔1974. I： 478：宙1974, 32）.他解释说，《屈光学》和《气 象学》一一这两本1637年被笛卡尔描述为“运用这种方法的短论”的小册子一有助于 使大多数人相信这种万法“比通常的方法好”，而笛卡尔本人非常骄傲的是“这一点已 经在我的《几何学》中得到了证明

笛卡尔是有史以来最伟大的数学家之一。约翰•斯图亚特•穆勒（1889. 617）欢呼 说，笛卡尔的数学是“这门精确科学发展中有史以来取得的最伟大的独一无二的进步。” 笛卡尔也许承认这一点。他在写给梅森的一封信（笛卡尔1971, I： 479：击1974, 28） 中说.他的新几何学（解析几何学）“胜于一般的（亦即欧几里德的）几何学，恰如西 塞罗的修辞学高于小孩子的ABC那样

对笛卡尔数学成就的许多论述都只限于坐标几何学和用代数方法解决“几何”问题 方面。不过，笛卡尔的重要改革也许并不在这种简取的技术层次上，而在于用综合的分 析方法进行思维的模式上（击1974. 30）o例如，求一个量的平方，传统上意味着作一 个其边长等于或相当于此量的正方形：“平方”就是这个正方形的面积.求立方的情况 与此相似.笛卡尔是一种新的表示幕的方式（如用X2表示。或X的平方：用X3表示xxx或 x的立方）的倡导者，一旦引入这种指数记法，就会出现这样一种重大的进展，即笛卡尔 的这种繇或指数概念成了抽象的实在.这使得数学家可以写下xn”，在这里，n的值既可 以是2或3,而且事实上甚至也可以是分数。笛卡尔使代数摆脱了几何学的束缚，从而使 数学发生了革命性的转变，并导致了 “一般代数学”的出现，它使得那种认为在几何学 和算术学中“人的知识和能力所能及的一些”都业已获得的主张（1628）成为合理的了。 牛顿有关积分的最初思想，是在仔细地研究笛卡尔的数学著作以及一些评论者们对笛卡 尔《几何学》的论述时形成的（参见怀特塞徳所编的牛顿，Math. 1967. 1）»笛卡尔数 学具有革命性，这一点不仅从笛卡尔以前和以后的数学的比较中可以看到，而目，注意 一下117世纪的数学（以及以后几个世纪的数学）牢固地带有笛卡尔思想的印记，我们也 可以发现这一点。因此可以说，笛卡尔数学通过了鉴别革命的历史的检验。

对留卡尔科学中其他的革命部分.如以机械论为基础对动物和人类生理学的解释， 对人类生理心理学的解條（参见笛卡尔1972）,我将不予讨论。但必须要指出的是，笛 卡尔要把所有动物的（以及人的）功能还原为机械的活动，这一目标大概是他在科学中 最大胆的一项创新，以后几个世纪的生理学家称赞说，这是一个真正的革命之举。笛卡 尔同意哈维对血液循环的看法，不过他对一些本质问题尤其是心脏的活动持有不同的意 见。他还对地理学做出了开拓性的贡献，他提出了一种地层理论，认为地球是依据物理

-机械原理的长期活动形成的。

像伽利略和开普勒一样，笛卡尔也把他自己看作是一位创造新科学的革命者。只不 过，伽利略认为他创造出了一门新的地面运动的科学和一门新的材料力学，开普勒则断 言他创造出了一门新的天文学，而笛卡尔声称：他使所有的科学和数学、甚至还使科学 的方法论基础或哲学基础发生了革命。当然，他的主张还不足以使人们相信有一场笛卡 尔革命，但这一主张却受到了 17世纪许多作者所作的评论的支持。例如，约瑟夫•格兰 维尔在他对古代学问和现代学问的比较中，不仅表述r他对笛卡尔在数学和物理学方面 的巨大成就的评价，而且还把笛卡尔的名字用大号黑体字印出来以示其伟大（格兰维尔 1676. ＜随笔》3, 13fT）我们已经知道科学界人士是怎样釆纳了笛卡尔的新的数学以及 他那富有革命性的机械论哲学。他的崭新的惯性原理及其富有革命性的运动状态概念， 成r牛顿的理论力学和天体力学的基础。他的还原论的生物学原理，最终在现代生理学 的大部分领域占据了统治地位。因而毋庸置疑，慎卡尔在科学中的创新，通过了鉴别科 学革命的前两项检验。

此外，史学家和哲学家们巳经断言，18世纪中叶以来有过一场与笛卡尔相关的革命, 从那时起，把革命这一概念用于科学的发展上就成了一种通常的惯例。这是第三项检验。 笛卡尔科学也通过了第四项亦即最后一项检验一一当时在世的科学家们的看法。对笛卡 尔革命的证明，可以追溯到18世纪，追溯到达朗贝有关笛卡尔革命的讨论（1751）和A. R. J.杜尔哥的断言一笛卡尔“发动了一场革命”（参见杜尔哥1973, 94）。安托尼 •孔多塞有关笛卡尔的观点是根据“人类命运革命的第一原理"来描述的。艾蒂安-博 奈-孔狄亚克承认有过一场笛卡尔革命，但是他明确地否认培根是一位富有革命精神的 人物 位革命的鼓动者乃致发动者。到了 19世纪，曾经论述过笛卡尔与一场反对革

命的活动的关系的威廉•休厄尔指出，培根“公布新方法”时并非“只是纠正了一些特 殊的流行性错误-（1865. I： 339）.培根的方法“把反叛转变成革命，并且建立起一 个新的哲学王朝。”

在一些分析家们看来，培根已经对哲学中的革命或科学方法论的革命产生了影响， 笛卡尔则对科学本身产生了影响。在路易斯-菲吉尔和亨利-德-布莱恩维尔论述科学 史的著作中，可以看到有关这种影响的有力陈述。在其1874年的《论假说：动物即自动 机》这篇论文中.托马斯-亨利-赫胥黎写道，笛卡尔“确实为运动和感觉的生理学做 出了贡献（哈维则为血液循环的生理学做出了贡献），并且开辟了通往关于这些过程的 机械论理论的大道，他的后继者们遵循的都是这种机械论理论”（赫肯黎1881. 200-2 01）。在本世纪，诺贝尔生理学奖获得者査尔斯•谢灵顿勋爵作出了更为有力的断言。在 讨论笛卡尔的动物的身体就是一架机器这一思想时.谢灵顿（1946. 187）注意到，“我 们周围的机器有了如此大规模的増加和发展，以致于机器这个词在17世纪的部分词义也 许已经不复存在了。笛卡尔对这个词比对别的词使用得更多，而且这个词比富有革命色 彩且一直充满变化的生物学具有更广的意义。”不过，L.罗思却断言，“现代的批评及 对盖德•弗罗丹塔尔的评论表明，笛卡尔主义的创新之处既不在于其生理学、认识论， 也不在于其伦理学或形而上学，而在于其物理学，”罗思得出结论说，“笛卡尔的'革 命’在于这样一种尝试,即用以形而上学为基础的物理学来代替以物理学为基础的形而 上学”（1937, 4）o

保罗•施宙克是本世纪评述17世纪科学和哲学重要的分析家之一，他写道，尽管 “牛顿的《原理》…在物理学中导致了一场根本性的变革，”但它“很难说是与笛卡尔 的《原理》具有同等档次的富有革命性的著作”（1967, 36）.施宙克援引了伟大的历 史学家朱尔斯•米什莱的观点，米什莱“断定，随着《方法谈》的发表，1789年的革命 就已经开始了小约翰-赫尔曼-兰德尔在其《现代思想的形成》中（1926. 235fF.）. 一次又一次地谈到笛卡尔革命。他臺不怀疑，笛卡尔革命是17世纪最有意义的革命。

笛卡尔满足了所有重要的鉴别科学革命的检验要求。他也在使哲学发生革命，不过， 这也许与思考他对科学的影响并非完全相关。他同时代的人对他思想所具有的革命性的 证明，可以用以下事实来说明：他的《哲学文集》被编入了《禁书索引》，而且直到20 世纪最后一次印刷此索引时，该书仍保留在这一索引中，而此时，伽利略的《对话》已 被从中划去有一个多世纪了。

笛卡尔革命有几个与许多科学革命不同的特点。首先，它没有持续下来.牛顿的自 然哲学是对笛卡尔物理学直接的、正面的打击（参见前面的第I章）：牛顿在其《原理》 第二编的结论中指出，涡旋体系是与开普勒的面积定律相矛盾的。不过，笛卡尔有着如 此大的影响，以致于到了 18世纪中叶，法兰西主要的电学科学家阿贝•诺莱，像他同时 代的人、他那个时代最伟大的数学家和数学物理学家利昂纳德•欧拉一样，仍然信奉笛 卡尔的涡旋原理。笛卡尔对真空或虚空的可能性的否认，木久就过时r,不过他关于运 动状态的基本概念以及惯性定律，则成『以后物理学发展的中心。在生理学和心理学领 域，笛卡尔的直接影响一直持续到19世纪以后。

笛卡尔革命与其他科学革命第二个不同之处在于，没有哪个伟大的科学原理或理论 是以他的名字命名的，而且，在仍被讲授的此类原理或理论中，没有哪个是与他联系在 一起的。曾一度被称之为笛卡尔折射定律者，很像是这种特殊的发现，但是，由于其第 一发现者是斯奈尔，所以该定律现在被称之为斯奈尔定律（也许，有人错误地称它为斯 涅耳定律），而笛卡尔已被证明是从这位第一发现者那里剽窃了这一定律。然而，在数 学方面，情况并非如此，在这里，笛卡尔革命最为深刻，并且持续了很长时间。我们使 用笛卡尔符号律这一名称，就是表明我们对笛卡尔在代数领域诸项发现中的一个发现的 承认。数学家们把直角坐标系称之为笛卡尔坐标系，以此来赞誉笛卡尔这位现代科学之 初的一场伟大革命的发动者。

第十章牛顿革命

牛顿革命不同于我们业已考察过的那些（确实发生『或据说发生了的）科学革命和 数学革命，在其一生当中，牛顿一直被认为引起了一场革命.在其《自然哲学的数学原 理》中，牛顿导致了微积分革命和力学科学的革命，因此，他受到了与他同时代人的賛 赏。牛顿在历史上独领风骚，他是一位非凡的人物，因为他在诸多不同领域中做出了如 此之多十分重要的贡献如：纯数学和应用数学：光学、及光和颜色的理论：科学仪器的 设计：力学理论的整理和编纂以及这一学科基木概念的系统阐述：物理学的主要概念 （质量）的发明：新的科学方法论的系统的论述等等.他还对热、对化学和物质理论、 对炼丹术、年代学以及基督教《圣经》的解释和其他一些问题进行了研究。

牛顿的数学革命分为两个方面：微积分的发明（他与莱布尼兹共享此荣），以及数 学在物理学和天文学中的应用。正是这后一方面导致r （相对于其数学革命而言的）科 学中的牛顿革命。当然，在牛顿的前辈中，也曽有过一些伟大的人物探索过用数学原理 来陈述自然哲学，如西蒙•斯蒂文，伽利略，开普勒，沃利斯，胡克，惠史斯等.从这 个意义上讲，牛顿革命是（可以追溯到科学革命之初的储多学者所创造出的成果的顶峰, 而不是牛顿的某种全新的创造、把牛顿的《原理》与开普勒的《新天文学》、伽利略的 《两种新科学》、沃利斯的《力学》、胡克有关运动问题的论述、或恵更斯（有关摆钟 的论文里）关于匀加速运动的论述等作最简单的比较就可以看出，在深度、范围和技巧 几个等级方面，存在着某种不同。正是由于总体规模的猛増，牛顿的《原理》成r “物 理学革命”的“新纪元”［正如克布洛（1714）所说的那样）.

时常有人断言，牛顿把诸如开普勒、侧利略或明克等科学家们完全不同的思想或原 理汇集在一起，并对它们进行了综合.然而，很难说牛顿富有革命性的科学就是这些思 想的合成或组合，因为实际上，牛顿在其《原理》中把它们的荒谬不实之处披露r出来。 “真”科学不可能只是荒谬不实的思想或原理的产物.牛顿在《原理》中展示的此类错 误观点包括：

开普勒：三大行星定律对行星运动的“真实”描述：作用在那些天体上的太阳力随 着距离的增加而减弱，而且只是在接近黄道平面处发挥作用。太阳肯定是一个巨大的磁 铁：任一运动的物体由于其“固有的惰性二一旦动力不再发挥作用，它就会停止运动。

笛卡尔：以太之海运载着行星在巨大的旋涡中到处运动：原子并不（也不可能）存 在，真空或虚空也是不存在的。

伽利略：落向地面的物体的加速度在整个过程中保持不变，即使离开地球落向月球 的物体亦是如此：月球对海洋的潮汐运动不可能有任何影响（或成为其原因）。

胡克：作用于一个（具有惯性运动分量的）物体上、遵循平方反比律的同心力，导 致了这样一种轨道运动，即其速度与其到力的中心的距离成反比：这一运动定律与开普 勒的面积定律是一致的。

我们还可以进一步看到，牛顿否定了 “离心”力的存在，而这种离心力恰恰是惠更 斯运动物理学发展的基础。牛顿用“向心”力这个概念取代了它们，牛顿之所以选用这 个名称，是因为它与恵更斯的“visccntrifugs （高心力）”有些相似一尽管意义不 同且所指方向相反。

把牛顿的《哲学原理》（他常常用这个名称来指他的著作）与笛卡尔的《哲学原理》 加以比较和对照，就会看出牛顿革命的本质。具有批评眼光的读者会发现，笛卡尔《原 理》的一个异常之处就是，它避开数学，而热中于进行哲学、物理学（或自然哲学）的 哲学的研究。在这本书的四个部分中，只有两个部分专门讨论物理学和宇宙的涡旋体系 的发展。笛卡尔确实在这里提岀了碰撞的数量规则，但我们已经知道，在每一个例子中 这些规则都是错的。笛卡尔把这些规则作为一个子集纳入了他的第三自然定律之中。不 过，当沃利斯在《皇家学会哲学学报》发表正确的规则时，它们有了一个更为严格也更 为准确的称谓：“运动定律二牛顿在其《哲学原理》一开始，就提出了一组定义，随 后是一些“运动的公理或运动定律二其中前两条与笛卡尔的自然定律的前两条大致相 当。牛顿似乎把笛卡尔的^rcgulac quacdam sivc leges naturae ”数量规则或自 然法则”）转变成了他的“axiomata sivc leges molus”（“运动公理或运动法则”）。

牛顿的运动三定律和他所归纳的理论力学的公理为：（1）惯性原理：任一物体都将继续 保持其静止或匀速直线运动的状态，除非有外力作用于其上：（2）力与其动力效应之冋 的关系，即一次推动（或相继产生）的外力会使物体的动量沿外力作用的方向发生变化 （对相继产生的力而言，是指某一单位时冋内的变化）：（3）作用力和反作用力相等。

牛顿还把笛卡尔的标题“PrincipiaPhilosophiac （哲学原理）”改成了 “Phil。 soPhiac naturalis principia mathcmatica （自然哲学的数学原理）"，他因此夸耀说， 在使原理数学化的过程中，他创立了一门非同一般哲学的自然哲学。牛顿《原理》的数 学化特点不仅表现在对这些原理的阐述上，而且还表现在对命题的证明和应用上：它还 阐明了一种在自然哲学中使用数学的重要的新的时尚。

牛顿的《原理》在许多方面都堪称杰作。它包含『纯数学最初的一些成果（极限理 论和圆锥截面几何学），它发展了动力学的主要概念（质量、动量、力），它整理和编 纂了动力学的诸项原理（运动三定律），它还说明了开普勒行星运动的三大定律的动力 学意义及伽利略以下实验结论的动力学意义：重量不同的物体（在地球的同一位置）自 由下落时有着相同的加速度和相同的速度。它阐述了曲线运动定律、对摆的运动的分析 以及表面约束运动的本质，它还说明r怎样处理连续变化的力场中粒子的运动问题。牛 顿还指出r分析波的运动的方法，并探讨了物体在各种具有阻力的媒介中运动的方式。 书的最后一部分亦即第三篇，可谓是全书的顶峰，在这里，他揭示了受万有引力、以及 一种广义力的作用（其中一个特别的现象就是众所周知的地球的重垦）制约的牛顿的宇 宙体系。牛顿在这部分讨论了行星及其卫星的轨道的长度，彗星的运动和运动轨道，以 及海洋中湖汐现象的产生等。

不妨考虑一下月球运动明显的不规则问题，《原理》对这个问题的探讨是该书的思 想具有新水平的一个实例。在过去的一千五百年间，天文学家们在处理月球运动问题时, 总是在构造几何图式，而不考虑原因.而现在，牛顿指出，摄动现象是“月行差”的主 要根源，而这种摄动则是太阳引力和地球引力对月球的作用的主要结果。随着1687年 《原理》的出版，人们就有可能从第一原理或第一原因开始，通过对结果的研究来处理 这一问题。正如《原理》第二版的评论者们注意到的那样，这是一种全新的处理这类问 題的方法。

也许，在所有这些成就中，最伟大的就是对潮汐的解释，即潮汐是太阳和月亮的引 力对海洋的吸引作用导致的。“海洋中的湖涨潮落”，牛顿断言（bk. 3, prop. 24）,

“源于太阳和月亮的作用他分析『岁差和月球对地球假定的赤道鼓起区不平衡的吸 引作用，以此为基础，他预言，地球的形状呈扇圆形：从这里我们可以看出牛顿所取得 的成就的重要意义。

从《原理》所表现出的致力于惯性物理学的研究这一点，一些分析家们可能会看出 此书的伟大所在：对于牛顿来讲，惯性是质量的一种特性。牛顿是第一位明确区分质量 与重量的作者，而且他进一步认识到，物体的质量具有两种各自独立彼此不同的方面。 质量是物体阻止被加速或阻止使其运动状态或静止状态发生变化的一种量度：这就是它 的惯性。（牛顿有时使用'‘惯性力”或“visincrtiac”这样的术语一一这种类型的力 有别于那种“活动的’功或能产生加速作用的力。）不过，物体的质量同时也可以作为 对给定的引力场的一种反应的量度。那么，在物体对加速作用的（惯性的）阻力与其对 某一引力场的（引力的）反应之间为什么又会有若某种联系呢？这在经典物理学中是找 不到答案的。牛顿独具慧眼，他认识到，对这种关系的了解必须以实验为依据，所以， 他若手进行实验以证明惯性与重力之间的这种恒定的关系。然而，只有在爱因斯坦的相 对论中才能看到“惯性”质量与“引力”质量等价的逻辑必然性。爱因斯坦极为佩服牛 顿，因为牛顿对这个问题有了如此深刻的见识，而且认识到了，他解释这种等价关系的 理由只能以实验为依据。

牛顿《原理》中的数学的本质常常被人误解。如果只是泛泛地一页一项翻着，那就 会给人一种印象，即牛顿所使用的数学是几何学尤其是古希腊的几何学。其风格似乎是 欧几里德式或阿波罗尼奥斯式的。然而，更仔细地考虑一下就会发现，牛顿是在用微积 分阐述问題，他运用几何学方法根据不同的比率和比例来陈述各种关系，并且同时，把 “极限”看作是一种等于零的（或是初始的）基本量。因此，尽管牛顿没有详述他以后 系统地运用的微枳分（或“流数”）的规则系统，但他的确大量地运用『极限方法，这 显然等价于使用J'微积分，或者说，所使用的极限方法可以很容易地转换成牛顿算法或 莱布尼兹算法的符号体系。马奎斯•德•洛皮塔尔认识到了《原理》的这一方面，他注 意到（正如牛顿得意地提到的那样），这部书中的数学几乎全是微枳分。对于任何一位 细心的读者来讲，在该书第一编第一节对极限理论的阐述中，在第二编第二节明确的流 数（牛顿用来表示微分的术语）理论中，这一点表现得更为明显。此外，《原理》之著 名还因为，它最早使用了一些其他的数学方法，例如，无穷级数的广泛应用。

牛顿的风格

在我看来，从我所谓的“牛顿的风格”中，可以发现牛顿科学革命的本质。从牛顿 在《原理》中对开普勒诸定律的讨论，就可以很容易地看到这一点。牛顿的讨论，始于 一种纯数学的结构或想象的系统一它并不只是一个简化r的自然事件，而是一种在实 在的世界中根本不存在的纯属虚构的系统。在这里.“实在的”这个词所指的，只是由 实验和观察揭示出来的外在世界。在这种系统中，单一的质点围绕若一个力心运动。牛 顿用数学方法指出（bk. 1. prop. I）,只要在这一结构或系统中能有一种来自沿轨道 运行的质点或粒子的力恒久地指向不动的力心，那么开普勒的面积定律（即他的第二定 律）就可成立.他接下来证明其逆命題，即如果面枳定律成立，那么就会有一种向心力 或指向中心的力存在。因此，向心力的存在被证明，既是开普勒面枳定律成立的必要条 件又是其充分条件。随后牛顿指出，如果运动轨道呈椭圆形，那么，向心力必然与距中 心的距离的平方成反比。最后他证明，如果在此种力的条件下存在若几个沿轨道运行的 质点，它们彼此没有相互作用——或者（结果相同）如果把任一给定质点的运动与其在 距中心的某一不同距离上的运动相比较一那么，开普勒第三定律或和谐定律就可成立。 顺便提一句，我们也许注意到，牛顿在这里首次指明r开普勒第三条定律中每一条的动 力学意义。牛顿的活动在很大程度上构成r纯数学的第一个阶段。

在第二个阶段，牛顿把他的精神构造物与实在的世界进行r比较。当然他立刻发现， 在实在的世界中（例如，在我们的太阳系中），沿轨道运行的物体，并不是围绕着“数 学的”力心运动，而是围绕若别的实在物体运动。月球围绕若地球运动而地球和其他行 星围绕着太阳运动。此外，为r使其精神构造物或想象系统能与实在的世界更为谐调一 致，牛顿改进『这一系统，使其质点数增加到两个。其中一个质点位于中心，并且吸引 着另一个在轨道上运动的质点，它不断地把后者从其所在的另一条直线惯性运动的轨道 上拉开。但是，按照任一作用都有一个大小相等方向相反的反作用这一原理（牛顿第三 运动定律），就会得出这样的推论：如果位于中心的物体吸引着沿轨道运行的物体，那 么，在轨道上运行的物体也必定吸引若位于中心的物体。这样，这种精神构造物扩展到 有两个相互作用的物体的系统了。牛顿继续指出，在这类条件下，情况不再是在轨道上 运行的物体沿着一个纯椭圆形的轨道围绕位于焦点的中心物体运动了。相反，他发现， 这二者都是沿椭圆形轨道围绕着它们共同的引力中心运动。

这种双物体系统构成r一个得到r改进的阶段，在此阶段，牛顿又一次用数学方法 阐述了他的（现已修正了的）精神构造物。他随后把这个改进r的系统与外在的世界进 行r比较，这就是改进r的第二阶段.当然，他发现，这个系统还是与我们周围的实在 世界不相符的.例如，在我们的太阳系中，围绕太阳运动的行星并非只有一个，而是有 好几个。这样，为r使他的精神构造物更进一步符合外在的世界系统，牛顿又继续开始 了另一个阶段的工作.他在系统中引入了不止一个而是两个或更多的质点，它们在围绕 中心质点的轨道上运行。这样，运用牛顿的第三定律，又一次得出以下推论：沿轨道运 行的每一个质点，既受到中心物体的吸引，也对它有者吸引作用。换句话说结论就是， 沿轨道运行的每一个质点，既是一个可被吸引的物体，也是一个具有吸引力的中心。在 这些沿轨道运行的物体中，任何一个物体都会对其他的每一个发生作用，同时也会受到 它们各自作用的影响。这个系统包含『这样一些物体：它们彼此以摄动的方式相互作用， 这些摄动导致r与开普勒定律的一种细微的偏离。于是，牛顿继续努力，以图在我们的 太阳系中找出与开普勒定律相差的数量测度。

在数学结构和对实在世界的比拟之间、以及第一阶段和第二阶段之间的这种对位式 的变换中，牛顿不仅从单一物体系统发展到了多物体系统，而且发展到r沿轨道运行且 带有卫星的多物体系统，例如，地球的卫星是月球，土星和木星也都有各自的卫星。到 此为止他一直讨论的都是质点，而不是有形的物体，因为他还没有开始考虑大小和形状， 不过最终，他把讨论的层次从质点转到了具有一定尺寸和外形的物理实体之上。

我所描述的过程，并非只是20世纪人们（对牛顿在《原理》中提出问題的方式）的 一种事后分析.它与有文献为证的牛顿思想的各个发展阶段是相符的。1684年秋，牛顿 写r一本小册子（《论运动》），在其中，他介绍r他研究开普勒定律以及有关这个问 題其他方面的一些成果。他在书中指出，向心力是面积定律成立的必要充分条件，椭圆 形轨道则暗示着，这种力与距离的平方成反比，这与他后来在《原理》中所作的阐述十 分相似。但是那时尚未认识到，他的证明仅仅适用于单一物体系统的精神构造物，所以 他骄傲地写道：“附注：因此，沿椭圆形轨道运行的诸行星都有一个位于太阳中心的焦 点，而且以以行星间太阳的距离为半径扫过的面积，是与时间成正比的，这完全像开普 勒假设的那样不久牛顿就认识到，实际上，行星不可能沿单纯的开普勒椭圆轨道运 动。他看出，他的结果只适用于人工构造的单一物体系统，在这个系统中，地球被简化 为一个质点，而太阳被简化成一个固定的力心。

1684年】2月，牛顿完成了《论运动》的修订稿，在这里，他在一个相互作用的多物 体系统范围内，对行星的运动进行了描述。与以前的小册子不同，这一修订本得出了这 样的结论：“行星既非完全在椭圆形轨道中运动，也不会在同一轨道中出现两次。”这 一结论导致牛顿得出r以下结果：

ktkt像月球的运动一样，对于每个行星而言，它有多少种运动就有多少种轨道，每 一个轨道都取决于所有这些行星的合成运动，所有这些行星彼此之间的相互作用就更不 用说了……要考虑如此众多的运动的原因，并用（容许简便计算的）精确的定律来确定 这些运动，这，如果我没说错的话，已经超出r全人类知识界的能力范围。

牛顿已经觉察到行星彼此之间存在着引力作用。在上面这段引文中他已经用明确的 语言表达出r这种觉察：\*\*corum omnium actioncs in sc inviccm”（所有这些行星彼 此之间的相互作用）。从这种彼此的重力吸引作用可以推知，在物理世界中，开普勒的 三个定律并不都是正确的，它们只是在某种数学的构造物中才是正确的，在这种构造物 中，对彼此的轨道不发生相互作用的质量，要么是一种数学的力心，要么就是一种固定 的具有引力的物体。牛顿对数学王国（在这里，开普勒定律均为正确的定律）与物理王 国（在这里，那些定律只是“假说”或近似值）所作的区分，是牛顿天体力学富有革命 性的一个特征.

在以前所写而后来又成了《原理》第三篇的一本小册子中，牛顿说明了：对第三运 动定律的思考怎样导致r关于太阳与每个行星之间、行星与其卫星之冋、以及两个行星 彼此之冋存在者一种相互作用的力的概念。同样的思考导致r一种富有革命性的新的思 想，即宇宙中的一些物体肯定都在“彼此吸引。”他自豪地陈述了这一结论，并作了解 释性说明，他指出，在地球上的任何一对物体中，引力的量是如此之小，以致于难以观 察到。“也许，”他写道，“只有在巨大的行星体上才能观察到这些力。”在所有行星 中，木星和土星的质量是最大的，所以，他对它们运动过程中轨道的摄动进行了探索。 在约翰-弗拉姆斯蒂德的希助下，牛顿发现，当两个行星相距很近时，土星的轨道运动 的确会出现摄动。

《原理》的第三篇讨论了宇宙系统，不过，它比以前的那本小册子更富有数学色彩。 在这里，牛顿用了基本上相同的方式讨论了引力问题。首先，在所谓的月球试验中，他 把重力或地球引力扩大到月球，并且证明这种力的大小与距离的平方成反比。进而他认 为，这种地球引力与太阳对行星的作用力、与一个行星对其卫星的作用力是相同的。现 在，他把所有这些力统统称之为重力.借助第三运动定律，他把作用于行星之上的太阳 力的概念改造成了太阳与行星之间的相互作用力的概念。与此类似，他把行星作用于卫 星上的力的概念，改造成r行星与其卫星之间的相互作用力的概念。最后，这种改革导 致了这样一种观点，即所有物体都以引力的方式相互作用。

请不要把我对牛顿思想发展过程的分析，看作是想贬低他那种非凡的富有创造力的 天赋所起的作用：恰恰相反，我认为应当承认这种天赋。我的分析说明了牛顿对物理学 具有丰富创造力的思维方式，通过种种方式，他按照实验和批判性观察所揭示的情况用 数学对外在的世界进行j‘描述。由于他并不认为这种构造物就是对物理世界精确的表述, 所以，他可以无拘无束地去探讨数学引力的属性和作用，尽管他发现，“远距离发挥作 用的”控制力在真正的物理学王国中既是不相容的也是不允许的。随后，他把他的数学 构造物的推论与那些通过观察得到的有关外在世界的原理和定律如开普勒的面枳定律和 椭圆轨道定律进行r比较。这种数学构造物哪里有不足，牛顿就对哪里加以改进。这种 思维方式，亦即我所说的牛顿风格，因其伟大著作的标题“自然哲学的数学原理”而引 起了人们的注意。

万有引力定律说明了行星的运动近似地遵循开普勒定律的原因，并说明r为什么它 们各自又以不同的方式与这些定律有偏离。正是万有引力定律证明了，为什么（在没有 摩擦力的情况下）所有物体在地球上的任一指定位置下落时的速度都相等，以及为什么 这一速度会随着高度和纬度而变化。万有引力定律还解释r月球的规则运动和不规则运 动，为理解和预测潮汐运动提供r物理学基础，它还说明r早就被观察到但没有得到解 舔的地球的岁差率与月球对地球赤道鼓起区的吸引作用之间有着怎样的关系。由于数学 引力能够成功地解释和预见所观察到的宇宙现象，牛顿断言，肯定“真的存在若”这么 一种力，尽管那种被人们普遍承认而且他本人也信奉的哲学并不允许也不可能允许这种 力成为自然系统的一个组成部分。所以，他提倡要对万有引力怎样产生作用进行探讨。

虽然牛顿有时也认为，万有引力也许是由以太粒子流碰撞某一物体产生的脉冲引起 的，也许是由某种到处弥漫的以太的变化引起的，但这两种看法他在《原理》中均未提 及，这是因为，如他最终所指出的那样，他从“不会杜撰假说”来作为物理学的解释。 牛顿的风格导致了他的数学的万有引力概念，而且，这种风格致使他把自己的数学结论 用于物理世界，尽管这并非是他能够相信的那种力。

与牛顿同时代的一些人对远距离的引力观念极为困惑，以致于他们无法着手探讨其 性质，而且他们发现，很难接受牛顿物理学。牛顿说，他已经没有能力解释万有引力是 怎样发生作用的，但“这种引力确实存在而且足以解释天体现象和潮汐现象，这就够『°” 对此，与他同时代的某些人难以苟同.那些承认牛顿的风格使万有引力定律有一种真实 感的人，说明了该定律怎么能解释如此众多的现象，并且寻找一种解样来说明，这种力 是怎样超越遥远的距离在空虚的太空中延伸的。牛顿的风格使得牛顿可以从事万有引力 的研究而不会因时机不成熟受到约束（这种约束有可能会妨碍他的伟大发现）。18世纪 的生物学家G. L. L.德•布丰曾写道，一个人的风格与他本人是分不开的。就牛顿来讲, 他的伟大发现是不可能与其风格相脱离的。

牛顿革命的确认

有许多文献都可以证明科学中的牛顿革命。18世纪的科学史家让-西尔万-巴伊写 道，“牛顿推翻或改变了所有思想”：他的“哲学导致了一场革命巴伊并不仅仅满 足于去笼统地说明科学中的牛顿革命。他注意到，牛顿揭示天体奥秘的钥匙就是数学： 几何学。巴伊指出：“被假定为致使物体运动的东西，确实在使物体运动：对此，有充 分的证明。唯有牛顿的数学（几何学）推测到了自然的秘密，

巴伊很有洞察力，他发现，“数学解释的优势在于，它们有若普遍性如果行星 按开普勒定律运动，那么，它们肯定是“由存在于太阳中的某种力推动的”，这一论点 仅仅取决于数学或几何学方面的原因和一般的运动原理。在牛顿的论证中，没有涉及太 阳的什么具体的物理属性，与此不同的是，开普勒在其论证中借助了一些具体的属性， 如太阳的磁作用力和太阳的礎极作用.此外，相同的数学论证表明，对也遵循同样的开 普勒定律的木星和土星而言，它们的卫星也必然同样是“由存在于这两个行星中的力推 动的换句话说，木星和土星与它们各自的卫星系统的关系，恰如太阳与其行星系统 的关系，唯一不同的地方在于所控制的范围和作用的大小。地球与我们的月球的关系也 同样是如此（巴伊 1785. VO1. 2. bk • 12. see. 9. pp. 486f.）.

巴伊本人愿意承认万有引力的概念和原理，因为借助万有引力，如此众多的现象都 可以得到解样：许许多多的观察数据和经验规律都可以通过数学从万有引力的属性中推 导出来（see. 41, pp. 555f.）o不过他发觉，开始，许多（法国著名的）科学家把牛 顿体系划分为数学哲学和纯自然哲学.因而对于P. L. M.德•莫佩尔蒂一（按照巴伊 的看法）他“似乎是……我们数学中首先使用引力原理的人，”巴伊［vol. 3 （"disc ours premier"）： 7］不得个指出，“开始，他只是从其可计算结果方面来考虑引力原 理：他是从数学家的角度而不是从物理学家的角度承认万有引力的也就是说，莫佩 尔蒂同意牛顿的数学系统和构造物（我们的第一阶段和第二阶段），但并不承认牛顿在 其宇宙体系中（第三阶段）肯定是在讨论实在问题。

事实上，在题为《论引力定律》（173）的论文中，莫佩尔蒂在这一点上十分明确。 他写道：“我根本不考虑引力与正确的哲学是相符还是相悖•”相反，“在这里，我只 是从一个数学家［几何学家］的角度来讨论引力问题。”莫佩尔蒂只是把引力看成是

“一种量，因为它在物体的各个部分都是均匀分布的，且其作用是与质量成比例的，所 以，无论它可能是多少，根据它就可以预测许多现象『°”换句话说，莫佩尔蒂承认牛 顿的风格，并且愿意作为“几何学家’法探索万有引力定律的数学结果。既然结果与自 然界中所观察到的现象一致，那么，莫佩尔蒂从自然哲学家的角度问他自己，是否存在 着这么一种确系物理实在的力，或者，是否有什么别的理由可以说明，为什么物体仿佛 是在这么一种力的情况下活动？如果确实存在着这么一种力，它必然有其存在的原因： 我们也许可以注意到，他的思想是深深地嵌在机械论哲学之中的，以致于他把自己局限 在这种引力作用的两种质料因中：某种源于具有引力作用的物体的原因，或物体以外的 某种物质运动造成的原因。

在克宙洛的著作中也可以看到类似的对牛顿风格的确认。克宙洛解舔说，“牛顿先 生……讲得很明确，即他使用引力这个词时，仅仅是在期待着其原因的发现：事实上， 根据有关自然哲学的数学原理的专题论文很容易得出这样的判断：它的唯一目的就是要 确立引力是一种事实”（克宙洛1749, 330）。

到了 18世纪末，万有引力概念渐渐地被人们普遍承认在其伟大著作《天体力学》 （1799-1825年出版）的前言中，拉普拉斯一这一学科中的第二个牛顿 开始就

谈道（1829. p.xxiii）：

接近17世纪末时，牛顿把他的万有引力的发现公布于众。从这时起，数学家们已经 成功地把所有已知的宇宙系统中的现象归之于这一伟大的自然定律，并且因此使有关天 体的理论和天文图表达到了意想不到的精确程度。我的目的是要从散见于大量著作中的 这些理论里提出一种连贯的思想。液体及固体的平衡和运动，组成了太阳系以及存在于 无限空冋中的类似的系统，由此看来，引力所导致的所有结果，也就构成了天体力学的 研究对象，或者使力学原理应用到研究天体的运动和外形上了。从最一般的意义上看， 天文学是力学的一个重大问題，在这里，运动的元素是任意的常量。这种问題的解决， 同时取决于观察的精确程度和分析的完善程度。

尽管拉普拉斯的哲学见解有了转变，如他1814年出版的《概率哲学导论》中明显地 表现出的那样，但他并未感到有什么必要一在原理发表一个世纪以后一去讨论引力 穿越空冋延伸其作用这一点是否是合理的。在《天体力学》的第二“卷”《论万有引力 定律和天体引力中心的运动》中，其首散即为《论从观察中演绎出的万有引力定律》。 他写道（1829, I： 249）,我们受到“诱惑”，“把太阳的中心看作是这样一种引力的 中心，这种引力可以在各个方向上无限地延伸，其大小按距离的平方反比率而变化 由于完全不会为使用牛顿的“引力”这个词感到难堪，而且在普遍地甚或超出牛顿的范 围之外进行思考时也不再会因这个词哲学上的暗示而感到反感，拉普拉斯简単明『地得 出结论说：“太阳以及有自己卫星的那些行星，都具有一种吸引作用，这种引力在无限 地延伸，力的大小与所延伸距离的平方成反比，所有物体在其活动范围内都是如此” （P. 255）。此外，“通过类比使我得出这样的推论，即在所有的行星和彗星中普遍地 存在着一种类似的力，他十分明确地得出结论说，“人们所观察到的作用于地球上的 引力，是一条扩展到整个宇宙的普遍定律的一个特例”，这种“引力”并“不完全与总 的质量有关二它对于“组成物的每一个粒子都是相同的”（p. 258）。他欢呼说，牛 顿的“万有引力”是一条“伟大的自然原理”，“物质的所有粒子相互吸引，这种作用 与质量成正比，而与它们彼此的距离的平方成反比-（p. 259）O

这一原理的成功和万有引力的应用，或者爱因斯坦以前的所谓“经典”力学（或牛 顿力学）的应用，使这一学科成了所有科学的典范或理想。例如，19世纪中叶和19世纪 末大部分关于达尔文革命的争论，都是以方法为中心，而且往往集中在达尔文是坚持还 是放弃『牛顿方法这一问題上。在诸如古生物学和生物化学等若干领域中的科学家们， 想象有一天他们各自的科学领域中也会有自己的牛顿，而且他们的科学也会达到牛顿的 《原理》那样完备的程度。乔治•居维叶在1812年问道，为什么“自然史界不会有朝一 日出现它自己的牛顿呢？ ”在1930年左右，奥托•瓦尔堡叹惜说，化学界中的牛顿（J. H.范托夫和威廉F.奥斯特瓦尔德在1887年都曾谈到过化学界需要这样的人物）“还没 有出现”（参见科恩1980. 294）o ［奇+书+网］

牛顿革命也成了意识形态的一个重大的组成部分，唯一可与之相提并论的则是另一 届科学革命，即达尔文革命。艾塞亚.伯林（1980. 144）对牛顿的影响作了总结：

牛顿总想的冲击是巨大的：无论对它们的理解正确与否，启蒙运动的整个纲领，尤 其是在法国，是有意识地以牛顿的原理和方法为基础的，同时，它从他那惊人的成果中 获得了信心并由此产生了深远的影响。而这，在一定时期中，使现代西方文化的一些中 心概念和发展方向发生了确实是极富创造性的转变，道德的。政治的、技术的、历史的、 社会的等等思想领域和生活领域，没有哪个能避免这场文化变革的影响。

牛顿及其同时代的约翰•洛克，是伟大的新思想的代表人物，这些新思想构成了那 些“著名的信念和思想习惯中的革命”（兰德尔1940, 253）,它标志着，随着启蒙运动 的发展，现代社会正在出现。今天，在思考这一长达三个世纪之久的影响时，我们也许 会发现，很难理解：牛顿实际成就是在创建自然之数学理论方面，但他的成果竞然产生 了如此空前的影响。哈市曾作出过一个牛顿式的预言——1758年（哈市和牛顿去世以后 很久）将会有一颗彗星出现，当这一预言被证实时,恐怕唯有“不同寻常的”、“非凡 的”、“令人惊异的”这类形容词才能表达科学家和非科学工作者们内心之中的敬畏之 情。无论在哪里，无论是男人还是妇女都发现了这样一种指望，即在所有人类知识和所 有人类事物的管理中都会产生出一种类似的合理的演绎和数学推理系统，一种与实验和 批判性观察联系在一起的系统。18世纪“显著地”成了一个“信仰科学的时代”（兰德 尔1940. 276）：牛顿是成功科学的象征，是哲学、心理学、政治学以及社会科学等等所 有思想的典范.

18世纪的重农主义者们充分地表述厂对以普遍规律为依据的牛顿式“自然法则”的 信仰。按照重农主义者的规点，“根据不可改变的、不可避免的和必然发生的规律，并 且以永恒的必然的联系方式”，所有“社会中的事实都连在了一起”（安德烈-纪德和 夏尔-里斯特1947. 2） “一旦他们认识到了这些规律”，无论是个人还是管理机构就会 遵守这些规律。重农主义者不仅相信，人类社会是“受自然规律制约的，”而且还认为， 存在若一些“控制着物理世界、动物社会、甚车每一种有机体内部生活的同样的规律” （p. 8）。启蒙运动时男人和妇女们抛弃了传统的人类关系和人类社会秩序的概念，他 们希望有自己的牛顿，他一他们肯定地说一“即将出现，这种“社会科学界的牛 顿，”按照克兰-布林顿（C.布林顿1950. 382）的观点，人概会创造出一种新的“社 会科学系统，人们只有遵循（它们］才能确保有一不是已成为过去的而是即将在未来 出现的一一真正的黄金时代，真正的伊甸园-1748年孟德斯鳩出版了《论法的精神》， 在这部书中，他把一个运转良好的君主政体与“宇宙系统”作了比较，在宇宙系统中存 *在着*“一种吸引力”，它能够“吸引”所有物体趋向“中心”，孟:德斯鳩以《原理》*为* 榜样，“确立了……第一原理”，并且发现广这些原理中自然而然地产生的一些特例。

在可以应用理性原则的思想和活动的几乎每一个可能的层次上，都留下了牛顿革命 的重大影响。即使到了今天，在牛顿的时间、空间和质量概念甚至牛顿的引力原理已被 爱因斯坦的体系取代r的情况下，牛顿科学仍然在许许多多科学的和日常经验的领域中 占据着至高无上的地位。这些领域包括日常生活经验的领域和我们常用的机械（“原子 能”装置除外）的领域。本世纪最为壮观的活动一对空间的探索一并不是爱因斯坦 相对论的一个例证,它只是经典的引力物理学的直接应用的一个实例。经典的引力物理 学是由牛顿在其《原理》中完成的，经过两个多世纪牛顿信徒们的努力，它发展成『理 论力学这样一门科学，而且成r大体力学的核心。牛顿革命不仅仅是这场科学革命的顶 峰，而且一直是人类思想史中具有最深远意义的革命之一。

第十一章 维萨里、帕拉切尔苏斯和哈维：生命科学中的一场革命？

对科学革命的探讨有这样一种倾向，即注重物理学和精密科学，而不注重生物学或 生命科学：注重与哥白尼、牛顿、伽利略和开普勒等人密切相关的革命，而不注重维萨 里或哈维开始进行一场革命的可能性.史学家和科学家们持有同样的观点，他们都认为, 20世纪前所发生的那些重大的科学革命一除了一次之外——都出现在物理学领域。达 尔文对生物学中那场孤单単的革命的发生起『很大的作用。本章所要考察的是，可能业 已导致r 16世纪和17世纪的一场生物学或生命科学革命的三位革命的发动者们所从事的 科学事业。

安德烈•维萨里：造反还是革命？

安德烈•维萨里（1514-1564）.现代解剖学的奠基者，1543年，他的伟大著作［

《论人体的结构（或构造）》］出版了，这与哥白尼的《天体运行论》的问世是在同一 年。在其著作出版时，维萨里正值青春年华，他朝气蓬勃，风华正茂：而此时的哥白尼 却是垂暮之年，事实上，他已经不久于人世了。维萨里的才能，从其事业一开始就被人 们认识到了：他于1537年12月5日以优异的成绩获得了帕多瓦大学的医学博士学位，并且 在第二天被指定担任外科学的教师，开始为医学系的学生讲授外科学和解剖学，当时他 年仅23岁。他一开始就表现出了他那种很有主见的性格，在其仍带有’'盖伦思想色彩” 的“动物解剖学的授课和演示”之中，他冲破『传统，并且“打破惯例…自己亲自动手 进行解剖，而不是把这项工作交给一位外科医生去做”（奥马利1976. 4）. 一年以后， 即1538年，维萨里出版了两部著作。一部是解剖图集，书名为：《解剖六图》。另一部 是以前教师们所用的“与盖伦学说相适应的”解剖手册的“増订本”，这本书因维萨里 本人的“独到的解剖学见解”（例如“心脏的收缩是与动脉的跳动同步进行这一显然与 盖伦相反的意见”）而著称于世.据官方记载，1539年，这位杰出的解剖学专家和讲师

“已经令所有的学生都钦佩不已了

在这同一年，帕多瓦刑事法庭的法官把已被处死的罪犯的尸体移交给维萨里，以供 解剖学研究之用。有了充足的可供解剖之用的尸体的来源，维萨里在人体解剖学领域取 得了重大进展，并且“开始逐渐认识到，盖伦对人体解剖的描述，基本上不过是一种对 一般动物解剖学的说明，而且对人体来讲，这种说明常常出现一些错误”（同上，p. 5）。 时至1539年年底，他已经可以在帕多瓦而且也可以在博洛尼亚（他被这里的医学专业的 学生邀请去做解剖示范）公开宣布，学习人体解剖的唯一道路不是死读书本，而是直接 从事解剖和观察。他把有关节连接的人类的骨骼与类人猿或猴子的骨骼加以对照和比较， 以此证明，毋庸置疑，盖伦对骨骼的说明大部分是以类人猿而不是以人为基础的。此外， 正如维萨里在《构造》（奥马利泽，1964 , 321）的前言中指出的那样，“许多不正确的 见解……出现在盖伦的理论之中，有一些甚至出现在他关于猴子的论述中。”由于那时 的盖伦在医学理论和实践的每一个方面都是一位受人尊敬、无可争议的权威，维萨里的 大胆挑战必然无疑会被看作是一种造反行为。那么，这是否是革命的第一步呢？

维萨里的杰作《论人体的构造》是一部厚厚的对开本著作，其中有大量非同凡响的 整页的插图，这种情况表明，艺术的运用到达了表现科学知识的高度。今天仔细想想， 也会令人激动不已，因为它们是大约四个半世纪以前就取得的成果。维萨里后来在推动 解剖学本身的发展方面的作用也许减小了，因为事实上，差不多他的书一出版，他就结 束了他的学术生涯，放弃了他的解剖学研究。带着“年轻人的冲动”（奥马利1976, 5）, 他辞去了教学工作，开业行医，当上了査理五世皇帝的“皇室”医生＜■

1555年査理五世退位后，维萨里继续留在西班牙，并且当上了査理的儿子菲利普二 世的御医» 1564年他离开西班牙去巴勒斯坦朝圣，而一显然是一在回家途中，在希 腊的扎金索斯岛去世

维萨里的目的，就是要让医生和解剖学家认识到当时的盖伦解剖学中的一些不恰当 的甚至是谬误的东西，从而着手对这一学科进行改革，那时的这一学科一用他的话讲 —处于这样一种状况，能够教给学生的知识非常少，而且比一个居夫在其店铺里告诉 人们的知识高明不了多少。在维萨里看来，真正的解剖学，亦即基于解剖的解剖学，是 整个医学唯一坚实可靠的基础。C. D.奥马利一20世纪杰出的维萨里生平和事业的研 究者一认为，甚至“［维萨里著作标题中的］'构造’这个词都可以作这样的解释，即 它不仅是指人体的构造，而且也是指医术的基本结构或基础，维萨里不仅试图用图文 并茂的方式纠正盖伦的错误，而且还主张，每一位医学专业的学生和每一位医生本人都 应把自己有关人体的知识建立在进行解剖的基础之上.奥马利把维萨里的辩解概括为： “除了以前已经做过实地解剖的外科医生外，教授或教师也都必须走下自己的讲台，自 己动手进行解剖”（同上，7）。维萨里著作中给人印象最深之一的部分是，他解释了医 生们自己做解剖时的失败怎样和为什么导致了医学的退步。

在古代的或古典的拉丁文中，与我们今天用革命这个词所表达的意思最相近的是 “novacrcs”（从字面上看，意为“新事物臺无疑问，维萨里的《构造》中有大 量的新事物，其中许多是与盖伦的论述或已被公认的观点相矛盾的。建立以直接的人体 解剖经验为基础的解剖学知识，并且为了比较，建立以动物解剖为基础的解剖学知识， 以及提倡医学专业的学生们、解剖学家和医生们自己动手完成解剖工作，这些也都是崭 新的、闻所未闻的事情。维萨里不仅用实例说明，这种实地解剖已经产生了新的知识： 而且他还为读者提供了明确的指导，告诉他们应当怎样看手进行解剖，以便证明维萨里 本人的描述，或“得出某种独立的结论。”维萨里著作的革命方面的价值，因其精美而 详尽且艺术性很强的解剖学图解有了相当幅度的提高.正是为了强调“自己动手”这一 革命性建议，维萨里甚至还在书中用『一整页的插图，以展示完成他建议读者去做的解 剖所必备的工具。

臺无疑问，维萨里成功地在解剖学这一学科中、在解剖学的教学方法方面开始了一 场改革。据奥马利称：“到了 17世纪初，除了少数几个保守的中心如巴黎和帝国的某些 地方外，维萨里的解剖学既赢得『学术界的支持，也赢得了公众的支持”（】976, 12）。 然而奥马利并没有说，维萨里使解剖学这一学科革命化了，也没有说维萨里开始『一场 革命，甚至在其很有权威性的传记的开头这样讲：“现在，大部分学者并不认为安德烈 •维萨里是现代解剖学的奠基者-（1964）O我也没有发现，科学史家们一或者，就 此而论，生物学史专家、医学史专家以及解剖学史专家们一曽普遍地提到过一场“维 萨里革命”，尽管与通常使用的“哥白尼革命”这一表述中所表示的所谓天文学改革相 比，维萨里在改造他的科学中的实实在在的成就和直接的影响似乎更值得使用“维萨里 革命”这一称谓。

对维萨里的评价之所以未把他看作是一位革命者，一个可能的理由恐怕就是，他秉 性谦虚，这一点从他对盖伦的实际评论中可以略见一斑：他曾把盖伦尊称为“医生王子”。 在他出版的著作中，他既没有对盖伦或盖伦学说采取正面攻击的方式，也没有对盖伦进 行批评或纠正，除非有这样的特殊情况，即“他觉得有充足的理由采取这样的行动”

（奥马利1964, 149）O他“从来没有违反过他的这一行为准则”，他也从来没有嘲笑过 盖伦或“公开以盖伦为戒”。（另清参见本书第5章的补充材料5. 2中有关维萨里的人道 主义的论述。）

维萨里并未采取一种反对盖伦的革命态度。他在公开表述任何与盖伦的教导不同的 观点前，都要犹豫很长一段时冋，而且，当他最终这样做时，他只是批评盖伦关于解剖 学的著作，而不是“从总体上批判盖伦的医学体系”（沃尔特•佩奇尔和P.拉坦希196 4. 318）.尽管维萨里大胆地批评了盖伦的那些从未“与他有过任.臺偏离”的追随者 （维萨里1543, pref-4：法林顿译，1932, 1362）,但维萨里马上又补充说，他本人并 不希望让人觉得似乎“对这位作者有价值的东西背叛无遗，或者对其权威有任何不敬之 举这样，在用对事实的描述性陈述否定了盖伦的“腔静脉发端于肝脏这一说法”后， 在指出盖伦“没有注意到已观察到的腔静脉口的大小是主动脉口的三倍”之后，维萨里 总结说，“然而，我并不觉得更详细地去研究这些问题以及其他许多问题有什么乐趣可 言”（奥马利泽，1964, 177）.这种态度也许与（后面所讨论的）具有反叛精神的帕拉 切尔苏斯的态度形成『对比，后者公开把阿维森纳的医学著作付之一炬，借以宣布，所 有这些著作臺无价值。

据说，左心室和右心室中间隔着的那层隔膜（壁）上存在着微孔，在对此微孔的讨 论中，也许能最清楚地反映出维萨里的这种不革命的态度。这些微孔或通道是盖伦生理 学的一个基本的组成部分，它们提供『一条必由之路，使得血液可以一次一滴地从所谓 “动静脉”（对我们来讲，是指肺动脉）藩入“静动脉”（或肺静脉）。盖伦在授课时 说（而且盖伦主义者也相信），空气就是通过“静动脉”从肺部输送到心脏，它在“静 动脉”处与从隔膜上的微孔中藩过来的一滴一滴的血结合在一起，从而产生出了动脉血。 我们现在知道，尽管在隔开左右心室的隔膜上有一些微小的凹斑，但并不存在这里所谓 的从左心室通向右心室的微孔（反之亦然）。这些凹斑是难以识别的：“甚至连一根细 细的毛发也无法穿其而过，从心室的这一边进入到另一边”（査尔斯•辛格1956. 14）o 然而査尔斯•辛格注意到，“有些人对理性的证明视若无睹，他们仍然继续相信确实存 在若这样的思路。”为什么？ “伟大的盖伦相信它们存在，这就足矣！”

通过对人的心脏的实地解剖，维萨里马上就明白了，并不存在此类从心脏的一边通 向另一边的通道。我认为，一个真正的革命者完全可以得出结论说，整个盖伦的生理学、 甚至以此为基础的盖伦医学肯定错了，而且应当立刻予以抛弃，因为它们事实上是没有 任何根据的。但维萨里并没有这样做！相反，他在其书的第二版中（巴塞尔，1555）表 现出“缺少自信”，这可能只会使他对盖伦有关心脏和血液的学说进行改革（M. 6, Ch .15）o我们得知，他有意识地“使他的教科书在很大程度上'迎合’盖伦的学说（d。 gmata）。”维萨里之所以恪守盖伦的生理学学说不敢越市池一步，并非是因为他真诚地 相信它们是正确的，而是“因为他觉得他无力完成改革工作”（佩奇尔和拉坦希，1964, 318）.

维萨里在《构造》中指出，心脏隔膜是“由心脏中极为致密的物质构成的，”因此 —尽管隔膜“两边凹斑密布”——“就我们所能感知的情况來看，没有哪个凹斑的构 造是从右心室通向左心室的有签于此，他只能得出这样的结论：“因而我们不得不 为造物主使血液从右心室穿过肉眼看不见的微孔进入左心室的技术［industrial所叹服” （辛格泽，1956, 27）O在《构造》的第二版中，这段话略有修改（同上）：

尽管这些凹斑有时候十分明显，但就可感知的情况来看，没有哪个是从右心室通向 左心室的…我还没有发现最隐蔽的穿过心室隔膜的通道。然而，那些断言血液是从右心 室输送到左心室的解剖学教師还在描述这类通道。无论如何，我对心脏这方面的功能是 十分怀疑的。

在他对这一问题的另一处讨论中，表现出了他在逐渐独立于盖伦的迹象（辛格泽， 1956. 28）：

在涉及到心脏的结构及其各部分的作用时，我使自己的论述大体上与盖伦的学说相 符：这并非是因为，我认为这些学说无一不与真理协调一致，而是因为，有时在提到这 些部分的新的用途和功效时.我自己依然信心不足。不久以前，我还不敢与盖伦这位医 生王子有總毫偏离……然而，心脏隔膜与其他部分一样厚实致密。因此，我无法想象…… 哪怕是最小的微粒怎么能从右心室通过隔膜材料到达左心室.

我们似乎可以同意査尔斯•辛格就维萨里对心脏的态度所作的解释（1956. 25）： “在他那个时代，整个生理学都是以盖伦的观点为基础的，羨伦的观点要求人们相信， 存在着穿过隔膜微孔的通道，使得血液可以从右心室进入左心室，这种观点还要求人们 相信，空气是通过静动脉（即我们所说的肺静脉进入心脏的，“不对心脏的活动作出 解释”，维萨里就难以“对此提出怀疑，”而他要这样做就要因此“推翻有关人体的著 作中的所有流行的见解，使一切都发生变化”：而这却是维萨里“不愿意做的因此， “他在著作中暗示，穿过心脏隔膜的通道并不真的存在，但他并非一开始就这么毫无保 留地说了出来”（同上）。维萨里并不是一位成熟的革命者。他并没有完全彻底、直截 了当地否认人体可能是像盖伦曾经讲授过的并且与维萨里同时代的人依旧相信的那样活 动的。

当然，个别矛盾的事实的确不像T. H.赫肯黎（1894）所说的“一个美丽的假说被 一个丑阳的事实扼杀了”那样，能够把理论推翻。许多科学史家和科学哲学家都指出过， 一些理论尽管与个别的实验事实或观测事实相矛盾.但在有更好的可以取而代之的理论 出现之前，它们仍然继续存在。或者，像麦克斯•普朗克（以及约瑟夫•洛夫林约SO年 以前所说的）那样，旧的理论在所有相信它们的人死光之前绝不会消失（1949：参见本 书边码第467页）。不过，这种矛盾事实的积累，最终将会敲响某一理论或某一科学体系 的丧钟，并导致T. S.库恩所说的一个范式取代另一个范式。实际情况是，在《构造》 （以及后来的《概论》）中，维萨里并没有采取他在帕多瓦和博洛尼亚采取过的那种大 胆的反叛态度，那时潍萨里公开用有关节连接的人类的骨骼和类人猿的骨骼来说明，盖 伦的骨骼解剖学适用于他解剖过的动物，而不适用于人类。

维萨里釆取了不革命的态度，即使在论证盖伦的某些错误时也是如此：这种态度无 疑与他的个性有关。不过我们也必须记住，要在科学领域中充分表现出一种革命的态度， 恰如我们所看到的伽利略、笛卡尔、哈维以及后来的问世纪的科学家们在其著作中表现 的那样，这对于1543年那个时代而言毕竟还是早了一些。此外，维萨里深受人文主义传 统的影响，这种传统基于对古典哲学、文学。艺术和科学之伟大的仰慕，并且寻求恢复 古希腊文化的社会准则（参见本书边码第485页，第5章的补充材料5. 2）。维萨里大概 认识到了，他的任务就是做一名希腊解剖学的改革者和希腊解剖学传统的恢复者，而不 是去充当对有关盖伦科学的流行看法展开攻击的发起人。我们将会看到，维萨里不是革 命者，而威廉-哈维却是位革命者，他显然愿意抛弃盖伦生理学的基础，并愿意接受因 此而可能对医学实践产生的任何影响。

具有反叛精神的帕拉切尔苏斯

许多史学家在提到与维萨里同时代但比他年纪稍长的帕拉切尔苏斯时，都说他的思 想富有革命性.的确如此，帕拉切尔苏斯（1493-1541）的生活和事业中有着一种反抗和 反叛的痕迹，或许还有革命的痕迹。甚至他使用帕拉切尔苏斯这个名字（他36岁左右时 起的一个别名），也许就是在指他已经出版了 ■推翻传统的”反论式著作（佩奇尔1974. 304）. “反论”这个词源于希腊语中的“超出…之外”和“看法二合起来意为“与…… 看法相矛盾二亦即“与已被承认的看法相矛盾"o 1527年，帕拉切尔苏斯在巴塞尔被 任命为市立医院的医生和教授时，他拒绝进行例行的宣誓：相反，他却发起了一次猛烈 的攻击，声称他不同意盖伦原则，并且宣布了一种新的医学体系。仅仅过了几个月之后 （1527年6月24 H）他当众焚烧了一本当时标准的教科书：阿维森纳的《医典》。

与学院的规则和传统截然相反，帕拉切尔苏斯讲课时不使用拉丁文，而使用日耳曼 方言，他甚至允许理发师兼外科医师进入他的讲习班。他对“有组织的宗教活动和古典 的学问”同样予以拒绝。人们描述他说，与他“对传统科学和医学的大规模谴责相类似 的情况，在他那粗舎的行为和勉强对传统习惯和权威所作的让步中也可以看到”（佩奇 尔1974. 306）。非正统的行为举止和进行论战，是他晚年生活的特征，他的生活犹如钟 摆动荡不定，一会儿从事有精良设备的上等职业，一会儿又成了 “漫游四方'一身乞丐 打扮的’世俗的鼓动者他于1541年在萨尔茨堡去世，“在他死后很长一段时间内”， 他的墓地成『“患者们朝拜的一块圣地”（p，305）.帕拉切尔苏斯教名中的Bombastu s,长期以来被认为是“bombast （大话）”这词的来源。

作为一个科学革命者，帕拉切尔苏斯在两个重要的领域很有影响，这两个领域是： 医学和化学。在他的那个时代以及后来的大约两个世纪的时间内，几乎所有的医学理论 和医学实践都受这样一种古老的学说支配，即疾病是因四种体液（包括血液、粘液、胆 汁或黄胆汁、以及抑郁液或黑胆汁）不平衡造成的。据信，这种不平衡所导致的疾病， 是关系若每个人身体的特定“构成”的这些体液中的某一种或某几种体液过量或不足的 直接结果。大体上讲，这种学说暗示着，有多少人就有多少种不同的疾病，而且，这些 疾病不是由某种特殊作用物引起的，它们不会有什么特别的组织上的影响或伤害。作为 一个真正的革命者，帕拉切尔苏斯采取了一种大相径庭的立场，他认为，疾病是身体外 部的原因造成的，每一种疾病都有一种“特殊的”发生部位.他确信，疾病的原因都可 以在矿物界和空气中找到，并且认为疾病“是由体外的某种特殊作用物决定的，这种作 用物占据『身体的一部分，对身体的结构和功能施加控制，从而对生命构成威胁”—— 这就是“由寄生虫引起疾病的疾病观或本体论的疾病规，它从本质上讲也就是现代的疾 病观”（佩奇尔1974. 307）。传统医学的治疗方法无外乎使病人发汗、腹泻、或给人放 血、让人呕吐，而帕拉切尔苏斯医学的目的，是要为治疗每一种疾病找出特别的物质。

正因为这样，寻找医疗用化学药剤的工作与帕拉切尔苏斯的化学观点密切地联系在 了一起。他认为存在着三种“要素”即：盐，它关系着（或负责）任何物质的固态情况： 硫，它关系着易燃物的情况或脂肪过多的情况：汞，它关系若烟雰（蒸气）状情况或液 态的情况。尽管这些都是化学要素，但它们都被暗示者是有灵魂的，这与帕拉切尔苏斯 身上特有的炼金术的烙印是分木开的.帕拉切尔苏斯制造出了许多新的化合物（主要是 在其寻求药剂的活动中完成的），他显然还发明『通过除去水份生产浓缩酒精的方法， 美国北方的农民就是借用这种方法，不用蒸饲器便可把发过酵的苹果汁制成苹果白兰地。 在1618年版和以后几版的《伦敦药典》列出的帕拉切尔苏斯制造的化学药品中（其中包 括甘汞），也许可以看出他对化学发展的影响。但他的名望因其“对传统采取了臺不妥 协的否定态度’而受到损害（似奇尔1974. 3if）.而且，他有意识地复兴甚至发展了那 些纯朴的没有受过教育的人（或异教徒）所保留下来的民间医学，这使得许多有可能成 为他的信徒的人感到不快。也许，他对科学最伟大的页献是，使炼金术从传统的寻求把 贱金属炼制成金或银的这一目的，转变为设法把生命无限期地延长，并且为炼金术制定 了一个新的目标：去发现能有效地治疗疾病的物质。

前面的说明就是要明确这一点：我们今天感觉到的帕拉切尔苏斯的教学和实践中最 优秀最有意义的东西究竟是什么。不过，正如沃尔特•佩奇尔＜1958. 344）提醒我们的 那样，帕拉切尔苏斯的化学有一部分属于“神秘的’域“符号的”宇宙学和哲学，这些 东西“无雄是非科学的二尽管他在化学实验室中的工作是合乎逻辑的，他有了新的配 制矿物化合物的方法并从事重金属方面的工作。在医学方面，虽然他的新的疾病理论和 与之相随的医疗原则都很重要，但他反对'哪种传统的把理论医学建立在解剖学和生理 学上的作法一他对这两个领域知之甚少而且也无多大兴趣，他的医学体系虽然含有 “现代病理学中的生殖细胞”概念，但它“总的看來，并非是科学的”，因为它是“以 他的小宇宙理论为基础的类推和比喻”的集合体，在这一体系中，“观察和原始科学的 部分里”也许渗入了过多的“会使我们感到奇怪的推测的大杂烷”（同上，345）。

在医学和化学领域中，曾有过一场风靡欧洲的帕拉切尔苏斯运动，这一运动是在帕 拉切尔苏斯去世大约30年后开始的（艾伦•德布斯1965, 33 - 37： 1977）。注意一下來 自反面的反应，我们便可以了解这一运动是多么声势浩大。例如，1569年，巴伐利亚公 爾下令他的领地内的所有寺院“坚持讲授希波克拉底和盖伦的医学，而不许讲授新医学， 帕拉切尔苏斯的医学是“一场革命运动”，这场在16-17世纪享有盛名的运动，也使得 其发动者名声大振，而且突出了他“単枪匹马”发起『这一运动的特点（佩奇尔1958. 349）。然而后来，这场运动又使其发动者的名声一落千丈，并且——因为J. B.范•海 尔蒙特和其他一些人按照一种更严格的科学方式推进了这一运动一一产生出r “医疗化 学”而没有产生出帕拉切尔苏斯化学.

在蒙田写于16世纪70年代到80年代的《随笔集》中，“革命”这个术语似乎还没有 用来指激进的“革命性”变化。有关此类变化的概念，以一种引人注目的形式（尽管没 有实际使用“革命”这一术语）出现在这些随笔中最著名的《为市蒙德-塞朋德辩护》 中，此文大约成文于1576年。在谈到医学时，蒙田（1958. 429）提到了 “一个陌生的人, 他们称他为帕拉切尔苏斯，”他一他们说——“正在改变和推翻古代的教条体系，” 而且他坚持认为，到现在为止，医学“除了能致人于死地之外别无它用蒙田发现， 这一判断与事实相符，但他很精明地断定说：“要用我的生命去接受他的新经验的检验， 我认为这并非是很明智的

在另一篇题为《论父子相似》的随笔中，他谈到了经过压缩的古代医学史（同上， 586）.他把这部分历史称之为“那些古代医学中的质变，”质变这个字眼与今天讨论科 学中发生革命时的习惯用法极为相似.蒙田谈到了 “一直到我们这个时代的不汁其数的 其他的情况（亦即质变］”：他说，这些情况“绝大部分”是“不折不扣的。普遍的质 变，就像帕拉切尔苏斯、列奥纳多•费欧拉文蒂和阿根塔留斯等人在我们这个时代导致 的质变一样接着，蒙田表明r他对帕拉切尔苏斯医学本质的充分理解，他注意到， 帕拉切尔苏斯“改变的不仅仅是一种惯例，据我所知，他所改变的是整个医学的主体和 秩序正像蒙田如此准确地看到的那样，帕拉切尔苏斯及其追随者们已经为医学的理 论和实践提出了一个革命纲领。

显而易见，蒙田提到的帕拉切尔苏斯的质变，具备了成为革命所需要的素质，那么， 是否真的有过一场帕拉切尔苏斯革命呢？按照我在本书采用的分类系统来看，帕拉切尔 苏斯显然是一位革命者。毫无疑问，帕拉切尔苏斯的医学是一场思想中的革命，即一场 “自身中的革命二在新近的一篇文章中，艾伦•德布斯（1976, 307）极力证明曾发生 过一场帕拉切尔苏斯学说复兴后的“药学革命” 一一而且他认定，它发端于“帕拉切尔 苏斯用化学改造医学的幻想既然帕拉切尔苏斯以岀版的形式公布J'他的见解，且这 些见解被他的追随者们采纳并用来作为他们的指南，我认为，应当公正地说，论著中的 帕拉切尔苏斯革命也曾有过。不过，对于帕拉切尔苏斯是否导致r一场科学革命这一问 題，许多17世纪的作者的回答是否定的。而且，今天我们最敏锐的史学家们也赞同这一 看法。因而，沃尔特-佩奇尔，当代帕拉切尔苏斯学者中的老前辈，提醒我们注意，在 帕拉切尔苏斯那里，占首要地位的是，“研究和探测大自然以说明他的宇宙论哲学和宗 教哲学的正确性的那种愿望，此种愿望成r促进其研究的推动力量"（1958. 350）.佩 奇尔总结『他毕生对粕拉切尔苏斯的研究后得出这样的看法：“在一系列研究大自然的 学者中（现代科学的诞生应归功于这些人），”帕拉切尔苏斯并不十分出色，他甚至算 不上是一位出色的“具有现代思想和革命思想的”医生（同上人约翰-马克森-斯蒂尔 曼（1920. 173）在总给其对帕拉切尔苏斯的研究时得出的评价是，“他的方法并非是现 代科学的方法斯蒂尔曼概述『他本人十分赞同的马克斯-纽伯格的这一颇有学术水 平的观点（同上，129）：

纽伯格正确地评价J'帕拉切尔苏斯成就的价值，但依然怀疑，他是否能像维萨里和 昂布舎瓦兹-帕宙一样，可以被看作是一位医学的改革者，确切地讲，他并没有奠定什 么重要的基础，对他大部分思想的真正价值的解释，有待于以后的现代科学思想的发展。 他的目的是把医学建立在生理学和生物学的基础上，但他所选择的方法并不是正确的方 法，而且，他的类比推理和异想天开的大宇宙哲学和小宇宙哲学，既不能令人信服也是 行不通的。纽伯格认为，他的游说活动所表现出的对医学K况的不满和愤愤不平，很难说 就是一场革命.这场革命是后来通过运用更为科学的方法所进行的富有建设性的工作才 导以出现的。

两个世纪前，沃尔特•査尔顿就曾说：“那位异想天开的酒鬼帕拉切尔苏斯的敬慕 者们是群笨蛋”（1654, 3）.这大体上反映出了査尔顿对帕拉切尔苏斯及其著作相当不 满.

威廉-哈维与生命 威廉-哈维既不同于帕拉切尔苏斯也不同于维萨里，他在论述盖伦 时总是毕恭毕敬 的，而且，在不得不纠正盖伦的错误时，他似乎显得很痛苦.不过，他在关于血液循环 的著作中既大胆又旗帜鲜明地表明，要为人类生理学和动物生理学奠定一个新的基础， 它将完全取代统治科学观念和医学观念长达约15个世纪之久的盖伦学说。哈维充分意识 到了他的纲领所具有的革命本质，他的赞美者和诋毁者们也都意识到了这一点。他提岀 了一个封闭式的机械论系统，在此系统中，心脏使血液注入动脉和静脉：不仅如此.他 还阐述J'単循环系统的观点。血液的単循环系统事实上是由哈维首创的。他的工作标志 者从想象中的通路到可以证明的循环、以及从不可证明的盖伦的猜想到以经验事实为依 据的定量的生物学的彻底的转变。威廉•哈维的贡献，使得生命科学以成熟的科学革命 的参与者的身份步入『现代领域。

威廉•哈维出生于】578年，即维萨里的《构造》发表35年以后。以1593年到1599年 他是剑桥大学冈维尔与凯厄斯学院的学生，随后，他去帕多瓦接受进一步的教育，1602 年，他获得r医学博士学位。哈维的老师中包括伟大的解剖学家和胚胎学家吉罗拉莫・ 法布里齐（或法布里齐乌斯），静脉澹膜的发现者。哈维在帕多瓦时，这所大学是促进 科学发展而且思想活跃的一个中心：当时，年轻的伽利略也是该大学的一个教授，他不 久发现r月球上的山峰、金星的位相、木星的卫星以及其他许多新的天体现象。返回英 格兰后，哈维开业行医，并且成了皇家内科医师学会的会员（从1615年到1656年他曾任 拉姆利的外科学洪師）。他被任命为簷姆斯一世的御医，并且在査理一世时期担任r类 似的职务。他同情保皇党人，而且确实在内战中仍然担任査理一世的护理工作。由于査 理一世对哈维的工作很感兴趣，哈维获准用王室养的一些鹿来进行生育方面的研究。16 57年哈维去世，享年79岁。

与维萨里不同，哈维制定了一个被说成是“庞大的研究纲领”的计划，它有可能导 致一系列以他“心脏运动、呼吸、脑功能和脾功能、动物的运动和生殖、以及比较解剖 学和病理解剖学等方面的独创性研究”为基础的种种学科的著作的问世，和有关诸如动 物的生殖与动物胚胎学这类课题的著作的出版（拜勒比尔1972. 151）o然而他只完成和 出版了两部专著，一部是有关血液循环的著作，题为《论心脏的运动》（1628）,该书 还有一个补充部分《论血液循环》（1649）：另一部是部头大得多的《论动物的生殖》 （1651）.它记录『当时和更早些时候有关卵生动物和胎生动物的生殖以及胚胎学思想 的重大发展。这后一部著作采纳r渐成说的观点，它是以揭示全部可见的发育阶段的详 尽分析为依据的。尽管哈维成功地阐述了 “自古以来第一个全新的生殖理论，”但他的 思想（虽然是“超过他的那些前辈的一项重大进步”）却在很大程度上逐渐被“后来的 研究”“破坏了”（拜勒比尔1972. 159）.而他的《论动物的生殖》相对于他的那部伟 大著作《论心脏的运动》而言，显得不那么重要

哈维的那部论血液循环的著作的全名是：《动物心血运动的解剖研究》。这本书在 美因河畔的法兰克福出版，书印得很槽，全书只有72页（加2页），并附有两幅插图。哈 维发现血液循环一事是问世纪重大的科学事件之一。有人说，《论心脏的运动》“以简 洁的形式包容『比已经出版的任何医学著作都丰富的重要内容”（道尔顿1884. 163）. 与他同时代的人充分意识到了，他对人类生理学和动物生理学所作的系统的阐述有着头 等重要的意义.史学家和科学家们一致认为，他使生物学思想和医学思想发生了革命。 总之，哈维的工作通过『鉴别科学革命的所有检验。此外，虽然哈维的著作写得很早， 因而没有使用“革命”这个词，但他在说心脏的运动冲的确十分明确地表明，他己经有 r很大的创新，即“我有关心脏运动和功能的新概念和血液在身体中循环运动的新概念” （1963. pref. 5）.他写道，尽管许多“杰出和博学之士”已经阐明了这一学科的某些 方面，“但我这部书是唯一的与传统相对立的著作，而且是唯一的断定血液是沿着它特 有的、以前尚不为人所知的循环路线流动的著作”（p. 6）。在第八章中（p. 57）.他 简单明『地表明，他的思想“如此新颖，而且迄今为止尚未有人谈到过，以至于讲到它 们时，我不仅担心会受到少数存心不良的人的困扰，而且害怕所有的人都会反对我。” 哈维记述说，他领悟到血液循环的真谛，便开始在“私下向朋友们”、“在公开场合. 在学院找开的解剖学课中”阐述其“有关这一问题”的观点。他的一些同事“要求对这 一新生事物有更充分的解释，他们认定，这一问題值得研究，而且它将被证明具有极为 重要的实践意义。”（与哈维的名字联系在一起的革命在前面的第5章中讨论过了°）

哈维对生物学和医学的生理学基础的根本性改革包括三个重要方面。其中意义最大 的恐怕就是，坚定地把实验和细致的直接观察确定为发展生物学和确立医学知识的方法。 对亚里土多德，哈维予以称赞，因为他注重实验：对盖伦，哈维则予以抨击，因为（哈 维认为）他的学说实际上不是以实验甚至也不是以直接的观察为依据的。哈维使“新一 代解剖学家”受到r鼓舞，“他们都试图仿效他在动物功能的研究中所使用的方法”

（拜勒比尔1972. 151）.哈维改革生物学的第二个重要方面是，引入了定量推理，并把 它作为有关生命过程问題的结论的基础。当然，还有血液循环的发现，它完全“使生理 学思想革命化r”（同上）。

我已经说过了，哈维著作中非常新颖的部分之一，就是论证r心脏、动脉和静脉构 成了一个循环“系统二在史学家对这个问題几乎所有的讨论中，哈维系统总是被用来 与盖伦“系统”相比较。但事实上并不存在什么盖伦“系统”。盖伦连一部完整的介绍 其生理学思想的著作都没有写过：史学家们所介绍的那个系统［正如特姆金（1973）提 醒我们注意的那样），是用从他的不同著作中抽出来的只言片语拼凑而成的。而且，这 些只言片语产生的不只是一个盖伦系统，而是好几个盖伦系统。例如，盖伦把肝脏和静 脉看作是与心脏和动脉系统完全不同的系统。而哈维在这部分的革命则是単一系统概念。

要想了解哈维革命怎样完全改变r知识框架，有必要简略地考察一下当时所流行的 一些思想观点.盖伦认为，已被消化的食物会以“乳糜”的形式被输送到肝脏，在这里 它又转变成血液，随后血液又从这里流出，通过静脉把营养送到身体的各个器官和各个 组成部分。血液被假定在肝脏中注满了 “天然元气二据信，这种天然元气是完成生命 活动不可或缺的东西。肝脏血虽然也有涨有落（不过不是循环），但大部分都从肝脏中 流了出去。按照盖伦系统的观点，有一部分肝脏血通过“动静脉”（即自哈维以来人们 所说的肺动脉）流入肺中，在这里，它会把聚积起来的杂质和废物排入周围的空气中。 据认为，另一部分肝脏血则流入了心脏的右心室：盖伦假定，这部分血将通过把左心室 与右心室分隔开的心脏隔膜或肌肉壁上的狭小通道，流到心脏的左部。据认为，一旦这 部分血液流入了左。动室，便会通过“静动脉”（即我们所说的肺静脉）与进入肺部的 空气混合在~起，并被注满了 “动物元气”一其颜色从深紫色变为鲜红色。这部分 '衡鲜血液’将通过动脉进人身体的各个部分。第三个“系统”出现在脑部，它是“动 物元气”的来源，通过空心的神经，“动物元气”从脑中输送出去。

在哈维时代，有些科学家已经意识到，血液通过肺动脉到达肺部，又从肺静脉返回。 接替维萨里任帕多瓦大学解剖学教授的吕亚尔都斯-哥伦布就已经认识到『这种有时被 称作小循环（或更恰当地说肺部过渡）的现象。哈维本人在帕多瓦的老师阿夸彭登特・ 阿布•法布里齐乌斯已经发现，在静脉中存在着一些瓣膜，尽管他没有把握住瓣膜对于 血液循环的全部意义，但这项发现还是很重要的。哈维充分认识到了法布里齐乌斯发现 中的暗示：在静脉中运动着的血液只会流向心脏：哈维进行了一系列不同的实验和检验， 以证明在静脉中只有単向的流动。瓣膜会使人联想到泵的活动，正如哈维告诉我们的那 样，当他考虑。已胜及其瓣膜系统的结构时，他想到了泵（参见査尔斯•韦伯斯特1965： 佩奇尔 1976. 212-213）.

在被称作收缩和舒张的活动中，心脏挛缩、扩张。当心脏的一个心房挛缩时，其中 的血液就会被排出来：当它扩张时，它就会吸入新的血液，这些血液在下次享缩时又会 被排出。由于心脏有瓣膜，所以血液的流动是单向的。正如哈维指出的那样，血液被排 出左心室推入主动脉，亦即大动脉，随后又被排出（在每次相继而来的排出后）进入动 脉系统。血液通过静脉回到心脏进入右心室。挛缩和扩张推动血液从右心室进人右心耳， 然后从右心耳流出，通过肺动脉进入肺脏。血液通过肺静脉流回心脏，进入左心耳。血 液从这里被送入左心室，然后又一次流出，进入主动脉和动脉系统。这样就完成了心脏、 动脉和静脉一单循环系统的所有部分的一次连续的循环。

从活体解剖、肉眼观察和实验中积累的大量证据，使哈维的新概念得到『证实。他 可以自豪地宣布，他已经纠正了“一个持继了两千多年的错误。”他的发现不是以教条 为依据，而是以对80多种不同种类的动物所进行的经验研究为基础的，这些动物包括， 不同的哺乳动物、蛇、鱼、龙虾般炼、蜥蜴、蜻始和昆虫等（肯尼思•基尔1965. 130）. 他的各种实验和观察资料是无可争辩的。他在其著作的第五章中指出，盖伦说血液可以 穿过心脏隔膜上的微孔，然而他错了.这种微孔并不存在：因此，“必须准备和开通一 条新的通道

哈维充分意识到，他的定量研究（正如他所说的那样）是件“新生的”事物，他担 心，他会受到所有读者的攻击（ch. 8）。今天看来，转而进行量化的论证似乎是很平常 很自然的事。但在哈维那个时代情况决非如此，尽管定量的测量已经进入『药房医学领

域。切莫忘记，对当时来讲，用数量的方式表示身体温度和对血压进行定量的测量，为 时尚早。纵然事实上哈维并没有发明生物学的定量方法，但他的确使用了量化的推理并 取得了显著的效果。奥塞•特姆金（1961）曾经指出，盖伦运用了类似的定量论证，以 便证明尿并不完全是“肾中营养物的残余成份”（佩奇尔1967. 78）。范-海尔蒙特大 约与哈维同时，也在进行定量的生物学实验，尽管这些材料是在很久以后发表的（佩奇 尔1967. 78）,圣托里奥在他自己身上进行了一系列实验，在实验中，他记录下了他对 自己的固态食物和液态摄取量、以及液态和固体的排泄物所做的定量的测量，并且确定 了排汗量：他的著作《医学统计》描述了他的方法并提供了一些数据资料，该书出版于 1614年，即哈维的《论心脏的运动》出版前14年.不过，那时定量方法的使用并未普及, 哈维也充分意识到，他的量化推理，无论从方法还是从结果来看，都是很激进的。哈维 不仅把量化方法用于生命科学的经验调査研究之中，而且还用于“已经为生物学和医学 开辟了一个新时代、并一直使这些学科保持着牢固基础的发现”之上（佩奇尔1967, 80）。 哈维所要做的就是，根据实际的测量来确定人的心脏及狗和鱼的心脏的容量。然后，他 把这一数值与脉搏跳动的次数相乘，计算出从心脏输送到动脉的血的总量 平均每

个人每半小时大约为83磅。哈维说，通过这些定量的测量表明，“心脏的跳动不断地把 血液从心脏中排出，而排出量大于摄取的食物所能提供的量或所有静脉血管在任一时刻 所包容的全部血液。”他随后指出：“倘若，即使通过心脏和肺部的血流量最小时，通 过动脉和整个身体的血流量也会比食物的吸收所能提供的血液量多得多——那么，这只 有通过循环才能实现”（ch. 9佩奇尔泽）。简而言之，哈维觉得他能够“计算出血的总 量，并能证明血液的循环运动”（ch. 12）。他总结说（Ch. 14）：

签于计算和视觉证明已经确证了我的所有假说，即血液通过心室的搏动流过肺部和 心脏，并被有力地推进身体的各个部分，从那里静静地进入静脉和肌肤的多孔结构，流 回各处，通过这些静脉血管从周围流向中心，从小静脉血管进入大静脉血管，最后，进 入腔静脉到达心耳：所有这一切，如此大的血流量和如此大规模的潮涨潮落一从心脏 流出到达神经末梢区域，再从神经末消区域回到心脏一一也是被摄取的营养物无法提供 的，而且，其数量也大大超过了满足身体营养所需的量。

所以我只能得出这样的结论，即动物的血液处于周而复始环流不息的运动之中，这 是心脏的一种活动或功能，它是借助心脏的搏动来实现的，一言以蔽之，它是心脏搏动 的唯一原因。佩奇尔（1967, 76ff.）发现，“哈维的直接批评者如约翰•里奥兰和支 持者如安德烈亚•阿戈里、琼-马泰特以及约翰-米克市里都强调定量论证，从而证实 了 “哈维的计算确实具有重大的历史意义二拥护者们支持新理论的理由只有一个： “有定量的论证”（同上

臺无雄问，哈维的发现“使生理学思想革命化了 ”（拜勒比尔1972. 151）»在考虑 这一革命时我们务必小心谨慎，切不可以它没有牛顿的世界体系那样的宇宙论意义为理 由，或以它没有像哈维去世30年以后出版的牛顿的《原理》那样几乎使整个科学都发生 了变化为理由而极度地轻视它。它的确是一场生物学革命。虽然并非每个人都承认这一 新的发现，但许许多多的科学家和医生们却都承认它.毕竟，哈维的论证是令人信服的。 定量的论证再加上寻找中隔微孔的失败，是对盖伦生理学的致命一击。粉膜则证明了血 液的单向流动。证据中唯一缺少的，是可以证明连接最小的动脉与最小的静脉的毛细血 管存在的证据，这些毛细血管最终被M.马尔皮基发现

在评价哈维时，我们还必须注意区分生物学思想和方法中的革命与医学的科学基础 （即生物学）中的革命和医学实践中的革命之冋的区别。按照18世纪的医生和医学史家 约翰•弗赖恩德（1750. 237）的观点，哈维曾打算写一部有关他的发现在医学中的实际 应用的著作，但他一直没有动笔。（参见本章的补充材料II. 1有关哈维的发现缺少直接 的实践成果的论述。）从17世纪中不难找到证据来证明，哈维已经为科学做出了一项伟 大的发现，血液循环的发现是一项伟大的思想成果，但它对于医学实践而言并不具有

（或尚未具有）同等的重要意义。有鉴于此，我认为，我们有理由得出这样的结论：在 生物学（或生理学中）有过一场哈维革命，尽管在医学实践中不曾有过类似的哈维革命。

最后，把哈维的工作与伽利略的工作加以对照和比较，也许能给人以启示。哈维创 造了一个有唯一中心（心脏）的単循环系统.从而取代了盖伦的复合系统。这是一项类 似于哥白尼、尤其是开普勒创造的单一的宇宙系统的成就，哥白尼和开普勒创造的系统 取代了托勒密的《天文学大成》中由几个独立的系统组合而成的系统。类似的情况还有， 哈维证明『盖伦学说的謬误，从而使该学说受到『毁灭性的打击，而伽利略则证明.托 勒密的金星体系与实际情况不符，这二位的证明也许可以说是异曲同工的。不过，这里 有一个根本性的区别。尽管伽利略指明.金星肯定是在围绕太阳的轨道上运动，而不是 在一个其中心围绕地球运动的本轮上运行，但他的结论是模糊的。新的资料不仅适用于 哥白尼体系，而且适用于第谷体系甚至还适用于后来的里乔利所发明的宇宙系统。而哈 维的论证以及他所做的实验、观察和定量推理，不仅证明了盖伦学说的谬误，而且同时 无可争议地证明了一种新的科学一血液循环。这就是为什么我们可以臺不含糊地说在 科学中曾有过一场哈维革命的理由。

第十二章启蒙运动时期的变革

18世纪以两场大规模的政治革命而著称。这两场革命确立了我们今天所理解的“革 命” 一词的含义一导致产生一个全新的并且与过去根本不同的社会制度或政治组织形 式的激烈的社会或政治剧变一这就是1776年的美国革命（北美独立战争）和1789年的 法国大革命。然而，作为激进变革一一作为一个突变点或同过去的决裂，而不是向已逝 去的更美好岁月的循环式的回归一的革命这个概念的出现不仅可以追溯到启蒙运动时 期社会和政治思想及行动的领域，而且还可以在这一时期文化和知识问题的讨论中找到 它的来源。

我们已经看到，丰特奈尔早在18世纪初就把“革命” 一词的这个新的含义运用到数 学之中。1728年，帕拉切尔苏斯（1493-1541.生于瑞士的医师、炼金术士）对医学的重 新概括被人们称作医学中的一场革命，而在1747年，牛顿的力学体系也被归结为一场

“物理学中的革命二但是，在18世纪，正如在中世纪末或文艺复兴时期一样，“革命” 一词原有的含义往往是同其新的内涵同时存在的，甚至在法国大革命之前几十年的作品 中，人们是否在现在的意义上明确使用“革命” 一词这一点也并不总是十分清楚的。为 了确认我们所讨论的革命真正是一个単一的事件，一场具有重大意义的真正不朽的变革， 而不仅仅是循环式的变革中的一个阶段，我们或许应当进行一番认真的分析。而且，我 们还有这方面的一些例证，通过这些例证我们将会发现，真正把握作者所说的革命的含 义是不可能的。

“革命” 一词的多义性

18世纪论述革命主题的最多产的作家是阿贝-德-维尔氛他的历史学著作不断用法 文再版，而且此后又被译成英文、西班牙文、意大利文、德文和俄文。在他的著作中， 最重要的是《马耳他制度史》（1726）、《罗马共和国革命史》（1719）、《葡萄牙》

（1689）和《瑞典）＞ （I695）o关于葡萄牙的那一卷是丰特奈尔鼓励维尔多写的。显 然，这本书是他所有著作中最受欢迎的：国家图书馆（巴黎）陈列了本书的不下35个版 本或版次，而且英国图书馆（伦敦）则记载着本书英文版的八个版本，第一版出版于17 00年.

在维尔多关于罗马共和国的著作最近一个版本（1796）的序言中，人们知道了他关 于葡萄牙历史的著作以如此快的速度一版再版的原因：人们发现，这本书的主题正好是 同那个时候（1689）在英国完成的革命相关联的。维尔多最初把这本书的名字定为《葡 萄牙反叛史》，但在22年后（1711）,当他出版经过修改和增补的版本时，维尔多将标 題改为“葡萄牙革命史”。本书新版的序言解释说，“革命”（revolution）这个词要 比“反叛”（conjuration法文，作“谋反”、“阴谋”解）更适合新的版本，因为现在 在书中加进r许多其他事件（“革命”）.此外，主要的论题是这样“一项事业”，

“在这个事业中，领导者们把仅仅将王冠归还给他们认为是王权的合法继承人的王子当 作他们的目标”，而且在这个意义上“革命”要比“反叛”更合适。尽管这个特别解样 的言外之意是将王权从西班牙篡夺者手里“归还”给葡萄牙的合法的统治者，但是，在 本书的其他地方以及在他的其他历史著作中，维尔多仍然倾向于用“革命” 一词去指称 那些引起重大政治变革的重要事件。甚至在冠以“反叛”标題的葡萄牙史的第一版中， 维尔多用“革命”这个术语去指称1640年葡萄牙那场成功的起义，通过这场起义，葡箭 牙从在布鲁甘扎斯家族的约翰四世统治下的西班牙的控制中独立出来。维尔多在该书第 一版序言中说：“这是一场值得我们注意的革命匚他还写道：“就皇族的权利、国家 的利益、人民的傾向，甚或大多数谋反者的动机而言，我们在历史上也许从未看见任何 其他的反叛能够像这次反叛那样称得上是公正的”。而且，我们也从未看见人民“不分 年龄、性别，不分社会地位”而进行的如此广泛的参与。

当我们转向斯威夫特1704年与他的《书战》这篇短论一同发表的散文《一只澡盆的 故事》时，那么我们将发现，在“革命” 一词的含义中有不少模梭两可之处.在《一只 澡盆的故事》的第四部分的开头，斯威夫特告诉他的读者：现在，他们“必定期望听到 伟大革命的事”.这些显然是具有重要意义的事件，但是并没有什么已知的线索帮助读 者确定这些事件是否可能是一个循环过程中的阶段，或者说是标志着世事兴衰的事件， 或仅仅是一些不寻常的偶然事件。如果理解了这些革命同“戏剧之神”彼得一他经常 受到崇高的描述一一联系在一起，那我们或许会得到些许帮助。彼得需要基础（“一个 比他生来就拥有的更好的基础”）以“支撑这个崇高”，而且，这样，斯威夫特可能使 彼得“终于设法转向设计师和艺术鉴赏家一在这里他获得r如此成功一因此目前在 世界上极为流行并被广泛使用的许多著名的发现、设计和机器，应完全归功于彼得爵士 的发明”（斯威夫特1939, I： 65）o

然而，一个现存政权或社会形式的一般性的垮台，而不是有预谋的、激烈的颠覆的 意义，出现在斯威夫特在第四部分稍后段落（p. 75）就“这一切混乱和革命”所写的一 个评论中（在这个评论中，斯威夫特谈了宗教改革的混乱和令人不安的结果）二随后， 在对宗教改革的两个方面进行隐喻的描述时，斯威夫特对路德和加尔文作了比较。后者 不免轻率和粗鲁，而“马丁”（路德）一在他最初的热诚的举动之后一“决心在其 余的事业中比较有节制地进行。”斯威夫特最后对路總的活动进行了概括：“这是我迄 今能够收集到对路德在这场大革命中的活动的最近的记录”（p. 85）.

斯威夫特写了一本小册子，即《关于一个国家中疯狂的原形、习惯和改良的离題话》。 而革命就是在这本小册子中的第九部分一种多少有些不同的情况下提到的。在斯威夫特 看来，在对任何“在単身汉的影响之下在世界上进行的最伟大的行动的考察和概括中二 我们都会发现，这些杰出人物完全是“这样一些人，他们的自然理性已经从他们的饮食、 教育、某些情绪的盛行以及空气和气候的特殊影响中接受了伟大的革命”（p. I02）o 这样一些“伟大的行动”可以划分为三类：“依靠征服建立新的帝国二“创制并传播 新的宗教”，“新的哲学纲要的发展和进步”。显然，这些革命决不是循环式的，也决 不是某个盛衰过程的一个部分。它们是导致产生激进变革（即使算不上大规模的政治革 命）的事件。斯威夫特可以得出这样一个结论：疯狂是“所有那些在帝国、哲学和宗教 之中已经发生的人革命的根源在这里，人们也许明自『开始类似于1789年之后的“革命” 一词的意义的重大变革的内涵。从斯威夫特的下述论断看，也许更是如此：“想象能够 创造出更崇高的场景，而且产生出比命运女神成造物主将会给予的更美妙的革命”（p. 108）.

斯威夫特的同胞和继承者并没有始终把革命这个新兴的概念看作是一个単一的事件， 而且也仍然在一种比较陈旧的循环的意义上说到革命.萨缪尔-约翰逊在他1755年编辑 出版的《英文辞典》中对1688年的光荣革命作『介绍。他在《漫步者》（这是约翰逊在 1750-1752年独自编写和发行的每周两期的报纸一译注）（1751年2月2日第92期：《巴 特和斯特劳斯＞.1969）中联系布瓦洛（163-1711.法国诗人，当时文学批评界泰斗） 的下面一段话，运用了这个比较古老的概念：“经过时间检验的，而且通过人的精神在 各种各样的知识革命中所经历的所有变化而受到赞美的书……比任何现代能够夸耀的更 值得我们尊重”。在科林•麦克劳林（1698.1746,英国数学家）的《论牛顿的哲学发现》 （1748） 一书中，我们看到了几乎完全相同的表述。他在书中说：“追溯在以后的岁月 里通过各种革命而学习的历史似乎并不值得”（p. 39）。麦克劳林也提到了亚里士多德 在“学习的革命”与“星辰的升落”之间所作的比较（P. 42）。在此，“革命”的意义 近似于麦克劳林在讨论笼罩欧洲的乌云散后学习的复兴——“自由的艺术和科学得以复 兴，而且，它们从这场愉快的革命中都不比自然哲学获得的多”（p. 41）——时所使用 革命一词的含义。在这种场合下，这种革命看上去似乎是一个类似循环的复辟而非创新 盛衰过程的一个阶段.

即使到18世纪中叶，也仍然没有关于“革命” 一词的単一的明确的含义。这一点我 们在卢梭《社会契约论》（1762） —书中就可看到：在该书第4卷第4章中，卢梭谈到

“各个帝国的革命”以及这些革命的“起因二在这里是一种循环的用法，即革命被视 为帝国的兴衰或接续。卢梭注意到民族或种族的延续现象，这可从下述一个限定从句清 楚地看到：“可是，现在却已不再有民族在形成若了，因而我们就差不多只有凭推测来 解说他们是如何形成的”。但是，在该书第2卷第8章《论人民》这篇论文中，卢梭谈到 发生革命的“暴力时期”，在这里，革命一词显然具有非循环论的意义。卢梭还说，

“被内战所燃烧着的国家一一可以这样说一又从死灰中复活二这样一个举证使上述 把“革命”看作是政治领域中的激烈变革的解释更为清楚明了。在稍后的段落中，卢梭 预言：“俄罗斯帝国想要征服全欧洲，但是被征服的却将是它自己。它的附庸而兼邻居 的駐鞄人将会成为它的主人或我们的主人的：在我看来，这场革命是光盯避免的”（p. 37）。卢梭这里所说的不可避免或必然性，连同各个帝国的演替，带有浓重的循环论色 彩，虽然俄罗斯帝国的“臣民”“将要变成它的主人”的暴力方法也许同样预示者1789 年后革命概念的可能性。在卢梭“内阁的一次革命便引起国家中的一次革命”这样一个 论断（bk. 3, ch. 6）.肯定有一个循环的关系条件。但是，卢梭至少在这里试图表达 激进变革的一个意义，因为他在解样前面那段话时提到“一切大臣而且差不多一切国王 所共有的准则，就是在一切事情上都采取与他们前任相区的措施”。

在1754年的《论人类不平等的起源和基础》一书中，卢梭在描述人类从第一个或原 始的（自然的）阶段向有组织的社会的第二阶段的过渡时，使用了 “革命” 一词。卢梭 把这场“革命”归因于冶金术和农业的发明。他在该书中写道：“冶金术和农业这两种 技术的发明，引起了这一巨大的变革。”而且，他注意到，其中的第一阶段是“最少革 命或变革的二

18世纪中叶的许多著作家乞灵于循环论的革命观一在他们那里，革命通常是指文 化的盛衰或者“帝国的革命” 一一其中最典型的代表是法兰西学院常务秘书让-弗朗西 斯•马蒙泰尔.他承担了狄德罗和达朗贝共同编纂的《百科全书》中所有关于诗歌和文 学条目的写作。在其《文学概论》（1737） “诗歌”部分中，他说历史学家己写过“帝 国的革命二然后他提出了这样一个问题，即“为什么从没有人想到要写艺术的革命， 并且在自然中寻找艺术产生、成长、辉煌和颓废的物质和精神原因昵？ -（1787. 9： 2 97）哲学家孔狄亚克对人类思想的发展阶段和“帝国的革命”也作了类似的比较，因为 他曾经说：“信仰革命源于帝国的革命”（1798, 14： 17）。

但是，在1755年，孔狄亚克曾敏锐地指出：“培根提出『一个过于完善的方法以至 不可能成为一场革命或变革的动力：相反，笛卡尔可能是比较成功的”（1947, I： 776）. 在这里，孔狄亚克也提出了非循环论的革命现。在经济学家A. R. J.杜尔哥（1727-i 78）的一些早期著作中，我们也发现了 “革命” 一词的多少类似的用法。在18世纪50年 代的“论通史”这篇论文中，柱尔哥对科学思想（哲学）的历史作了简短的考察。他述 及亚里士多德、培根，还有“伽利略和开普勒。正是由于他们的考察，因此奠定了哲学 的真正基础。然而，却是比他们更大胆的笛卡尔沉思并进行了一场革命（1973, 94）二 把一场革命归功于笛卡尔这样一种做法，在18世纪著作家中间是相当难得的，尽管法国 科学家和哲学家必然会称赞他所进行的根本的创新。在1750年写于索邦神学院的另一篇 文章（《对人类精神连续发展的哲学评论》）中，杜尔哥改变『自己的态度。他慨叹道：

“伟大的笛卡尔，即使你并不总是喜欢发现真理，至少你巳经摧毁了谬误的专横和暴虐” （1917. 58）.在后面（&amp;13. 1）我们还将看到，这个时候，人们相信有一场两个 阶段的革命。笛卡尔完成的只是第一个阶段一根除谬误一但尚未完全发展到第二阶 段，即创立一种新的学说以取代旧的理论。

伏尔泰

当新的概念发展时，尤其是当一个新的概念是对一个旧的概念的改造时，总是要有 一些模糊和混乱的时期。18世纪中叶曾反复出现过这种现象，但是也许没有比伏尔泰的 著作中所清楚表现出来的更典型的例子了。伏尔泰最早的著作包括他的《哲学通信》或 《关于英国的通信》（1733）。在该书中讨论反三位一体主义者时（第七封信），伏尔 泰表达了我们刚刚在孔狄亚克那里所遇见的同样的思想：“您看，在舆论中，像在帝国 里那样，起了何等的革命”。关于这个循环式的革命过程的例子是：“出了三百年风头、 又被遗忘了四个世纪，阿里乌派死灰复燃了伏尔泰在这些“信”中一次又一次地向 人们指出17世纪科学和哲学（尤其是伽利略、培根、牛顿和洛克）的伟大。但是，他从 来没有用“革命”这个术语，他也没有用比较容易地转换成激进的“现代”科学观的术 语来表达新科学的伟大。

在《哲学通信》出版近对年后，伏尔泰出版了他的《路易十四时代》（1751）。这 是一本历史文学的经典.而且也是一本以将思想史与政治历史相结合而引起广泛注意的 著作。在第二节中，伏尔泰介绍『革命的含义：“每个时代都产生了它的英雄和政治家： 每个民族都曾经历过革命：所有历史对于那些仅仅希望记住事实的人来说，都是一样的”。 也许，这里所说的“革命” 一词的含义是指在“四个幸福时代”达到其类似循环的顶点 的盛衰，“在这四个幸福时代之中，艺术趋向成熟”：而它们都分别开创了 “一个人类 思想崇高的纪元二另一方面，伏尔泰可能赞成革命作为一个在其中产生某些全新的东 西的事件的新的含义。后者更多地同他在几段文字之后讨论什么“我们叫作路易十四的 时代”这一问题时的说法相一致。伏尔泰认为，在这一时期，“产生了理性的哲学”， 也就是说，“从C.黎塞留的晚年到路易十四死后的那些岁月这一段时间，与在我们的政 体方面一样，在我们的艺术、精神和习俗等领域发生了一场全面的革命二在这一例证 中，并没有任何真正想回到法国任何先前的状态的意思，尽管伏尔泰可能早就记住，这 个伟大变革的阶段具有与其他三个伟大时代（菲利普和亚历山大的时代，恺撒和奥古斯 都的时代，意大利文艺复兴的时代）开始时的共同的特征。因此，在这个句子中我们也 许会理解，为什么“革命”的两个含义是密切联系在一起的，为什么关于创新和变革的 世俗的或非循环观念是从关于盛衰的循环的观点或观念中产生的。

在论述路易十四时代的著作中，伏尔泰用“革命” 一词来描述发生在英国的光荣革 命（ch. 15. pars. 9. 20）,但是并没有“光荣的”这个形容词。作为一个法国人，伏 尔泰只能表达这样一种观点：在欧洲大多数国家，威廉被看作是“英国的合法国王和民 族的解放者”，然而，“在法国，他被看作是他的岳父的王国的篡夺者”（1926, 140）。 通过对“经历了人类思想的革命”的这个幸福时代的描述，伏尔泰引入了科学一这是 第对章的主题。我认为，既然这样，那么这里关于“革命”的非循环的含义就没有什么 模糊之处了，尤其是因为伏尔泰此后开始介绍伽利略、托里拆利、居里克（1602-1686. 德国物理学家、工程师和自然哲学家）和笛卡尔在科学中所进行的新的创造。但是，对 哥白尼的讨论引入了一个复兴的概念。伏尔泰没有直接提到他的名字，但是却提到“一 位苦恼的圣徒”。他确实“把长期被人们忘却的古代巴比伦人的古老的太阳系复活

（p. 352）。值得注意的是，虽然伏尔泰提到一场“人类精神的革命二以及“在我们 的艺术、精神和习俗中发生的全面的革命’，但他似乎从末使用“科学的革命-（scic ntific revolution）或“科学中的革命” （revolution in the science）这样一些表 述方法，他甚至也没有引入与某一门単独的科学一譬如说天文学或力学一一或某个单 独的科学发展或个人（如哥白尼或牛顿）或日心说的引入相联系的“革命” 一词•这是 更值得我们注意的，因为伏尔泰认识到像伽利略和牛顿这样一些重要的开创者在科学中 进行的创新的是多么重要，又是如此根本。

在伏尔泰1756年出版的最富雄心的历史著作《风俗论》一书中，革命的概念频繁出 现。该书的序言是从讨论地球本身业已经历的变迁开始的：而且他一开始就谈到“我们 这个世界所经历的变化也许与国家经历的革命一样多”（1792, 16： 13）。这里所说的

“革命”的确是指某个伟大的（甚或天翻地覆的）变革事件，这一点似乎是没有什么疑 问的。随后对在我们的地球上发生的这些“伟大革命”的讨论使这一解释确定无疑。例 如，伏尔泰断言，“所有这些革命中最伟大的革命”或许是“阿特兰提斯洲（大陆）的 消失，如果世界的这个部分确曽存在过的话-（p. 15）.而且，对“革命” 一词的这个 显然非循环的用法出现在第197章对整个历史的总结中：这个总结一开始就谈到“査理曼 时代以来［整个地球所经历的］革命的这个大舞台” 一一天灾和破坏一以及“千百万 人惨遭杀戮二

革命是不连续性和变革

除去这么多的可作多种解释的例子之外，到18世纪中叶，“革命”一词开始主要用 于指称某一次伟大的变革，不再具有某一次盛衰或循环延续的必要的、特定的言外之意。 狄德罗和达朗贝编纂的《百科全书》，虽然是一部自封的“科学艺术和贸易辞典二但 在“革命”这个条目中把革命一词作为“在一个国家的政体中发生的重要变化”的政治 含义放在首位：

1: REVOLUTION. s. f. signific cn terme de politiguc un change—

ment considerable anivc dans Lc gouvcmcmcnt d'un ctat

（也就是说，“革命”是一个阴性词，以政治性的措词说，它

表示“在一个国家的政体中”发生的“重要的变化”）

对该词的注释包括三个句子。首先，“这个词来自拉丁文词rcvolvcrc,指滚转、移 变、岁月之周而复始、回归”：其次，“从来没有哪个国家未经历过某些革命”：第三， “维尔多已经给我们提供『两三部关于不同国家的革命的杰出的历史著作。”紧接若的 一段述及革命和英国。该辞条指出，“尽管大不列颠无论在什么时候都曾经历过许多革 命”，但是英国人使用这个词时特指1688年的革命。关于光荣革命的这个条目后面的署 名是“D. J. ”（即谢瓦利埃-德-让古儿

在这些关于政治革命的讨论之后，对科学中发生的革命又作『三个表述。这三个表 述没有专门讨论科学发展中已发生的革命（关于这方面的内容，清参看下面第13章）， 而是专门探讨了作为几何学（革命的动力）、天文学（在天文学中，证明存在两种形式 的“革命”：一种是轴向的旋转或循环，一种是轨道的革命）和地质学中的专门名词的 革命。在这三个表述中，最长的是由“O”（达朗贝）所写的对天文学的描写。关于地质 学的条目被冠之以“地球的革命”这一标题。这些被认为是“博物学家”（自然主义者） 给予这样一些“自然事件”的称谓：“在这样一些自然事件之中，我们地球的面貌由于 火、空气和水的作用已在其不同的部分发生了改变，而且现在仍然在变化着二最后， 还有一个更长的条目，要比论述政治学和科学的条目加在一起的内容长出三倍多，这个 条目就是“钟表学中「所运用」的革命二这篇论文（署名为“M.罗米利”）探讨了钟 表机构中传动装置的齿轮和组合。

在地质学中使用"革命” 一词具有特别意义。revolutions ofthccarth或earths revolutions这样一些表达方法主要见于市丰的著作中。例如，在1749年出版的《地球 论》的第二篇论文中，他写道（布丰1954. 104）：

由于海水的自然运动，以及下雨、冰冻、流水、风、地心之火、地震和潮水等等的 作用，地球的表面曾发生过数以万计的革命、剧变、特殊的变迁和蚀变。我们不可能对 此表示怀疑。

因此他认为地球表面所发生的变化是“自然革命的延续”的结果（p. 105）。对 “革命” 一词这同一用法还见于布丰的其他著作,尤其是他的《自然的纪期》（Epochs of Nature） （1779）.该书开始是这样说的（1954. 117）：

在公民史（Civil History）中，人们图谋自己的利益和权利，寻求自己的荣誉，并 且解释古代的碑文以推定人类革命的纪元，确立人类的或公民的（civil）事变［精神的 事件」的日期，在自然史中人们运用的也是同样的方式。因此有必要钻研世界的档案， 从地球的内部获取古代的遗迹，收集它们的碎片，并且把所有能够使我们回到自然的不 同时代的物质变化的线索汇集到一系列的证据之中。

G.居维叶在】812年极其明显地运用了布丰对历史学家和地质学家的比较。居维叶把 自己看作是一个新的文物研究家：他“不得不同时学习如何复原过去革命的遗物并且解 释它们的意义二布丰论述在那些极为久远的年代所发生的变化，论述完全被人们遗忘 的事件以及“在人的记忆之先的革命”（p. 118）。在布丰看来，革命显然是连续发生 的，但是这些革命一一无论是在政治领域还是在自然史领域一决不是循环的。

布丰对“革命”（revolutions）概念的使用后来极大地影响到德国哲学家J. G.赫 尔德。赫尔德的从类历史哲学大纲（1784-1791 ）＞ 一书第1卷第3章的标题就是：“我们 的地球经历了许多革命以后才变成它今天的样子”。赫尔德被公认为人类学研究和原始 文化科学研究的先驱.他运用一种“进化论的”观点说明为了人类而存在并且表现出人 所没有的缺陷的低级生命形式。但是，这些低级生命形式不一定就是向人类演化的生物 的先前的状态.他的人类进化论不是人的生物学发展，而是人的文化发展。他的著作把 人类历史解样为“关于随着时冋和地点的不同而有所变化的人的力量、行动和爱好的一 部纯梓的自然史。”人类的文化发展被看作是一个完全自然的过程，是人与它周围变化 者的物质环境之间的相互作用。因此，赫尔德遵循布丰的做法（见索特，1910）,从由 于水、火和空气的作用而产生的革命方面论述J'地球的历史（1887, 13： 21）o他特别 指出，这其中的某些革命促进J'地球的形成，而且他表示希望：“我要活到看见关于最 初创造『地球的最早的根本革命的理论”（】887, 13： 22）。他说，市丰“只是这门科 学的笛卡尔二而且，他的假设终将被驳倒，就像开普勒和牛顿这样的人被笛卡尔的假 设超越和取代一样。在谈到“关于热、空气、火的新发现以及它们对地球一物质的结构、 合成和分解的各种影响”，以及电学和磁学的新的“简明的基本原理”时，赫尔德可以 设想一个时间，到那时，地球的结构将会“像开普勒和牛顿解释太阳系的结构那样”获 得完全而确定的解释。

赫尔德相当自然地追循布丰的做法，把“革命”看作是推动地球发展的天翻地覆的 重大事件（《人类历史哲学大纲》第1卷第3章）。他断言：“今天，这种可怕的变化并 不「像在地球历史之初那样」频繁了，因为地球已经停止了它的发展”，这个地球“已 经老了二但是他认为，正如里斯本大地震所表明的，这样一些革命并未完全终止（18 87, 13： 24）.

美国革命和法国革命的影响

当18世纪进入其第三个四分之一时冋的时候.出现了自光荣革命以来最著名的单一 的社会政治事件。今天，在法国、俄国和中国的革命之后，美国革命一就像它的先驱 光荣革命一样一看来也许并不十分激进，甚至还算不上是一次“革命的”事件.而且. 还有一种保守的政治倾向将美国革命称为独立战争，或者折裏地说，是革命的战争。在 它自身所处的那个时代，美国革命具有一种双重形象。一方面，它是一场激进变革（主 要是回到光荣革命的条件和状态以及它的《权利法令》或《权利法案》——意义上的 “革命二保守主义者可以支持一场旨在回到或者一如B・贝林喜欢说的——“循环到” （revoivemnt） 一个世纪或者更早以来所有英国人都保证拥有然而却主要受到沃波尔 （1734-1742任英国首相）政府侵蚀的权利。但是，某些激进分子，包括像托马斯•杰 斐逊和托马斯-潘恩这样一些形形色色的政治人物，在革命中看到了某些全新东西的确

立。这就是革命之后不久即被采纳的美国国宝之上的箴目“NovusordoScclorum”—— 时代的一种新秩序，或者如三十年代末重新解释时所说的 种“新政” 一一的意义。

革命，而不是回归到某个比目前好的古老状态的新的内容，体现在杰斐逊《独立宣 言师亮的语调中：“当处于人类的事件之中时，对于一个民族来说，解除把他们同其他 人联系在一起的政治束缚，在地球的力量之中设想自然法和自然之神得以确立的独立的 和平等的地位，就变得必要了”。这里不是眼光落后地维护古代权利，而是关于目前状 况的明确陈述。此外，杰斐逊所说的“公正和平等的地位，既不必从天启之神那里寻找 根据，也毋需基督教圣经的辩护，而是“自然’域“自然之神”的昭示。杰斐逊并没有 像他原来打算做的那样，继续乞求“神圣的和不可否认的”真理，而是仍然断言，在特 定意义上说，某些真理是“不证自明的二牛顿正是在这个意义上设想他的《自然科学 的数学原理》建立于其上的公理是不证自明的。而且，革命的新奇之处在下述激进的主 张中也被立刻断言：“人类的创造者赋予”人类某些“不可剥夺的权利”，其中包括

“生命、自由和对幸福的追求二

法国革命比较早地采用了它的美国前辈使之确定的名字.它的政治和社会改革纲领 无论与光荣革命相比，还是与美国革命相比，都前进了许多。而且，正如我早就指出的， 在法国革命之后，“革命”这个词本身一般说来已经失去了任何残余的循环论的意义， 而保留『其纯梓天文学的意义。法国革命不仅爽快地赞同这个词的新的意义：革命中的 事件也影响到以多种方式对革命进行思考。首先，大革命的极端手段和暴力导致人们对 无论哪种形式的革命都可能带来的不幸结局以及它们的正常的、有益的结果产生忧虑。 第二，法国革命确立了一个典范，人们依此典范把深刻的社会变革看作是政治行动的~ 个附随物。第三，事实证明，这一新的革命概念的言外之意是，革命带有必然性，就像 行星围绕太阳转的革命是必然的一样’“

虽然法国革命是眼光向前的，而且一般说来不被看作是向一个先前状态的回归，但 是，仍然存在过去岁月的许多重要成分，这在礼仪和标志中是显而易见的。因此，革命 的一个重要标志是一顶垂尖圆锥“自由帽”，它可以在18世纪叨年代的无数雕版印刷品 上看到。这顶帽子传统上是由一位希腊奴隶获得他的解放证书时戴的，而且它是己经获 得自由的一个显著的标志（见插图8和9）。另外一个标志是一捆棍棒，古罗马的“法西 斯”，在美国革命中也用了这一标志。这里是对法国革命的新的纲领与现在受到新生活 （也许还有一个新的或扩展了的意义）感染和影响的远古传统之间的密切关系的一个象 征性的表达。

已故的汉纳•阿伦特特别指出，旧的天文革命观以及回归的含义是法国革命的一个 特点。她把传说中的国王路易十五与罗会福科尔•利昂古尔公爵在1789年7月14日晚上 （巴土底监狱刚被攻占之后）的一次谈话作为自己的主要例证。据说，国王是这样说的： “这是一次起义。”而利昂古尔则说：“不，阁下，它是一场革命二当然,我们无法 知道利昂古尔当时在想什么，而事实上我们也无法从任何同时代的材料中知晓他究竟有 没有这样说。H.阿伦特对革命作『深入研究，而且至少我会相信她对这个问题的历史的 和分析的洞察和远见。她认为，在这个传说的谈话之中，“革命” 一词是“最后一次在 政治上使用的，也就是说，在把它的意义从天上带到地上的旧的隐喻的意义上使用的” （197. 47人在18世纪的政治出版物中，我本人发现了对H.阿伦特思想的一个独立的更 进一步的证实•作为本书的插图再版的，这个同时代的出版物展示出“法国革命的天文 学体系二而且，根据利昂古尔的说法，H.阿伦特推测：“重点从一个循环运动的合法 性完全转向其必然性，这也许是第一次二因此她提出，革命的政治形象仍然来自“星 体的运动”，但是“现在所强调的是，人的力量是不能阻止”革命的运动的，而且，它 已变成“一条自然规律”。人们传说的1789年7月14日的那些谈话指出了起义和革命的区 别，这在18世纪是一个规模和目的的区别。起义被认为是叛乱或暴动，而革命则意味着 国家的政治和社会体制的根本变革。在现时代的条件下，利昂古尔也许会说，的确不存 在反对目前的政权领导人的暴动，而只有改变政治制度的运动。换言之，他可能会设想 对既定的政权形式而不是仅仅对执政的政权的威胁。

第十三章18世纪的科学革命观

在18世纪初，B.丰特奈尔（1657-1757,法国科学家，文人，伏尔泰称之为路易十 四时代最多才多艺的人）站在一个得天独厚的位置上评估他那个时代的数学和科学。作 为巴黎皇家科学院的常务秘书，他总结『科学院成员的思想活动，并且写作了一部关于 这个群体早年活动的历史。因此，丰特奈尔关于数学中所发生的革命的看法，对于一部 关于科学革命的历史的著作来说，具有特别的重要性.丰特奈尔在《几何学……原理》 （1727） 一书的序言中讨论了牛顿和莱布尼茨新发明（或发现）的微积分，以及伯努利、 洛必达、瓦里尼翁这些伟大数学家在将这一学科“极大地’驻前推进的过程中所使用的 几个方法.然后他说，微积分将“一种人们从前不敢对此抱任何奢望的工具”引入了数 学，而且“这是一个在几何学中几乎发生全面革命的时代”（1790, 6： 43）. “cpoqu c”（时代）和“revolution"（革命）这两个词的连合（conjunction）使我们确信， 丰特奈尔期望这样一个量的体系的变化将完全改变数学的状况。而且，丰特奈尔同时强 调，这场革命是■愉快的”，换言之，它对于数学科学来说是进步的或有益的.尽管伴 随若出现『几个问题。

丰特奈尔在1720年以常务秘书的身份为数学家M.罗尔写的颂词中使用f “革命”这 个术语。“革命” 一词在这里的出现与罗尔本人的工作无关，而是在关于洛必达《无穷 小分析》（这是关于微积分的第一部教科书，1696年在巴黎出版，后来又分别于1715. 1720、1768年再版）一书的评论中提出来的。（丰特奈尔实际上是洛必达那本书的匿名 序言的作者，尽管他运用了一种可能使不善猜疑的读者认为它是洛必达本人文笔的风格・） 丰特奈尔认为（1792. 7： 67）：

那个时候，洛必达的书已经出版『，而且，几乎所有数学家都开始转向新的无穷几 何学「即新的微积分」。一一直到那时也没有多少人知晓。数学家们所使用的方法的惊 人的普遍性，证明的极其简洁，最困难的解法（解式）的精巧和速度，一种特别的、出 人意料的新奇，都引起J'数学家的注意，因而，在数学王国中发生了一场非常显著的革 命。

丰特奈尔在为洛必达所写的颂词（1704）中也使用了 “革命”这个概念。在这篇领 词中.丰特奈尔再一次谈到洛必达的教科书以及’哪些正在成长为数学家的人们对《无 穷小分析》一书的渴望二丰特奈尔写道，洛必达的目的“主要是造就数学家”，而且， 他满意地看到，“以前留给那些现在已近暮年、对数学感到忧虑的人们的问题，对于年 轻人来说，已经成为首先要解决的问题了二“显然，这场革命的规模将会更大，而且 总有一天，我们将会像从前发现那么多的数学家那样，发现更多的数学研究者"（1790. 6： 131）.

上述在谈到洛必达的教科书时对“革命” 一词的这两个用法与以前的情况是不同的， 因为，微积分引起了数学中的一场观念的革命，而洛必达的《无穷小分析》一书则巩固 『那场革命，并且使它的方法和成就对于数学家的职业革命化是如此有效和得心应手。 换言之，（在丰特奈尔看来）洛必达对于吸引年轻的数学家（几何学家）进行新的分析 并且赋予它们以新的力量发挥了主要的作用。因此.丰特奈尔看来在•\*uncrevolution presque totalc dans lagcomctric"（几何学（数学」中的一场几乎是全面而彻底 的革金）和\*, unc revolution bicn marquee （非常显著的革命）之间作『区分，如洛必 达的书在几何学界所产生的革命（即几何学界的一场显著的革命）。

确切些说，那些研究微枳分的人都从经验中体会到了丰特奈尔所描述的东西一一以 一种简单而又直接的方式解决那些最困难的问题的力量。解决复杂问题的卓越的工具的 这种意义通常首先展现在对分析几何学的研究中，以及后来的微积分中。在经历了 17世 纪的两次伟大革命一一笛卡尔和牛顿（他同莱布尼茨共同分享了荣誉）之后，数学的力 量和深奥被掲示出来。

正如丰特奈尔充分意识到的，牛顿和莱布尼茨就微积分的发明优先权问题曾进行过 激烈的论战。在其《几何学……原理》一书的序言中谈到微积分时说：“牛顿是第一个 发现这个奇异的运算的人，而莱布尼茨是第一个将它公之于众的人。关于莱布尼茨和牛 顿都是微积分的发明者这个问题，我们已在】716年加以叙述和说明，而且我们在此也不 会再作重复”。

丰特奈尔使用“时代”（“它是一个几乎全面革命的时代”）表明，“革命”具有 创造某种全新的东西的含义（见上文，第4章）。丰特奈尔也写道“总体的革命”或全面 的革命。在思考一场意义极其重大的变革时，“total”（总体的、完全的）和“comp】 etc"（全部的，彻底的）这些词是被用来表明：革命改变了一切。然而这意味着，这样 一个用语的使用者已经忘记了这个词原来的循环的含义，因为一场全面的或总体的革命 （如在三百六十度摆动或绕轨道转满一圏时），照字义讲意味着回到出发点，也就是说， 根本就没有任何根本的变化。

丰特奈尔除了论及数学领域的革命外，还谈到人类事务其他领域的革命。在一篇有 名的短论一“论数学的有用性”一一中，他说，历史提供了一幅“人类事务中继续革 命的景象二这些构成了一个接若一个不断发生的帝国、道德、习俗和信仰的盛衰和兴 亡（1760. 6： 69）。在他关于彼得大帝一世的颂词中，丰特奈尔专门谈到在俄国发生的 革命，以及马莫德在波斯进行的一场革命。

在18世纪初，丰特奈尔展现给我们的革命（不带有该术语的旧的循环的根源的任何 遗迹）观，是把革命看作一种被认可的科学变革的方式一当然，这里所说的科学的变 革是在数学中的变革，而不是自然科学或生物科学中的变革.我未曾发现丰特奈尔谈及 笛卡尔引发了一场革命，虽然丰特奈尔坚定地相信笛卡尔哲学：在他为牛顿所写的传记 中，他也没有援引革命的概念或使用这个术语（见科恩和斯科菲尔德的著作1978. 427- -474）。我认为，对于数学中而不是自然科学中的一场革命的这个卓越的比较早的论述 具有重要意义，同时也表明，无论笛卡尔还是牛顿的自然哲学，正像牛顿和莱布尼茨的 新数学一样，到那时为止尚未得到充分而普遍的认可.

随着18世纪的发展，牛顿在自然哲学中的革命才越来越多地为人们所认识（而且， 最终得到几乎普遍的认可）。我所发现对牛顿《自然哲学的数学原理》革命力量的最早 的明确阐述，见于阿列克塞一克劳德-克宙洛1747年11月15日在巴黎皇家科学院的一次 会议上宣读的论文的开场白中。克击洛明确说：牛顿的“名著《自然哲学的数学原理》 是标志着自然科学中一场伟大革命的划时代的事件”。这里，我们也许可以再次注意到， 使用“时代” 一词，在克宙洛断言一场牛顿式的革命时，是一个强有力的因素。克宙洛 的陈述更加重要，因为他在其中进行陈述的那篇文章致力于探讨这样一种可能性，即牛 顿的引力平方反比定律可能并不是精确无误或绝对正确的，而是需要修改的。

对科学革命的这两个比较早的论述都与牛顿有关，这个事实值得注意，因为，正是 牛顿在理论数学中的成就和他在万有引力力学的基础上对宇宙体系的分析实际上给科学 的革命打上了深深的烙印，并使科学家和哲学家们都认识到，一场革命事实上已经发生 了。我们也许可以说，牛顿】687年的《自然哲学的数学原理》对于认识一场科学革命的 发生，发挥了与历温年光荣革命显然对政治革命发挥的相同的作用。

狄德罗和达朗贝

正如我们在上一章看到的，在狄德罗和达朗贝共同编纂的伟大的《百科全书》中， 对政治革命（在世俗的非循环的意义上的革命）以及作为几何学、天文学、地质学和钟 表学中的一个术语的“革命”进行了相当多的讨论。但是，对于科学中发生的革命一 与过去进行彻底决裂意义上的革命——则未作任何涉及。关于这个主题，我们必须转向 《百科全书》中由达朗贝和狄德罗的著作增补的其他条目。在《百科全书》（1751年出 版）的“引言”中，在简短地概括近代科学的兴起，或者说与近代科学密切相关的哲学 的兴起时，达朗贝引入了革命的概念.但是，该篇短论的目的是要概括出对所有知识包 括科学的〜种方法论的和哲学的分析——这在他的计划中占据r主要位置一一而不是描 述科学本身。

达朗贝的历史描述是从“掌玺大臣（大法官）培根”（他被置于一个前辈的位置上） 开始的，然后转向对笛卡尔所进行的根本的创新作简短的概括。尽管充分认识到牛顿自 然哲学的重要性一事实上，正是牛顿的自然哲学推翻和取代了笛卡尔的自然哲学一 但达朗贝仍然觉得需要为笛卡尔这位法国人和数学家同行说几句话。因此，他提请人们 特别注意笛卡尔（他显示r “如何摆脱经院哲学、舆论和权威的束缚的智慧”）伟大的 “反叛二达朗贝非常清楚地知晓政治的革命力量的作用，而且他把笛卡尔描绘成（17 51-1780, I： xxvi：达朗贝1963. 80-81） 位反叛者的领袖，他最先敢于起来反抗一

种专横、独断的势力，而且，在准备一场彻底的革命的时候，奠定了一个更公正、更美 好的而他本人不可能看到被确立起来的政体的基础。”笛卡尔在如此“准备”“革命” 的过程中的作用，或他的“反叛”，是“对哲学的一个页献，这一贡献比起他的杰出的 后继者此后所作的页献可能是更难以做出的二尽管达朗贝没有专门指出这一点，但是 他含蓄地告诉我们，笛卡尔所准备的革命是由牛顿完成的。因为，达朗贝不仅同时用可 以想象到的最可嘉许的措辞详细而清楚地说明r牛顿在普通物理学、天体力学和光学领 域中所取得的成就，而且他还特别指出，当牛顿“终于出现”时,他''赋予哲学一种显 然它要保持的形式”。因此，在科学中，牛顿实际上完成了笛卡尔只是对此作了准备的 革命.

而且，在指出这个■伟大的天才「牛顿以识到现在正是从自然科学中清除猜想和含 糊的假设的时候-（1963. 81）之后，达朗贝说，牛顿“几乎完全回避讨论他在其最有 名的著作中的形而上学二这个评论的重要性在于，它使达朗贝对牛顿的描述得出『这 样一个结论：“因此，既然他在这里没有引起任何革命，那么我们将不会从这一主題

「即形而上学」的观点来考虑他二这里的意思是说，牛顿是从其他的观点一万有引 力，天体力学，宇宙体系，光学，科学解释的性质和局限一引发了一场革命。实际上, 达朗贝明确地说.牛顿“无疑己经得到整个的认可，因为他用大量真正的财富丰富了哲 学”（1963, 83）。然后他又作了适当的评论。他说，牛顿“通过讲授哲学，也许做了 更多明智的事情，并且把笛卡尔迫于环境而不得不给予它的那种大胆限制是在合理的范 围之内” （1963. 81）.

科学中的革命的概念非常清楚地见于达朗贝为《百科全书》写的题为“Experiment al”（实验）的条目中。在该文中.就像在“引言”中那样，达朗贝对这一学科的历史 作了简短的回顾，再次强调了培根和笛卡尔并以牛顿为结束.首先，达朗贝认为，培根 和笛卡尔引入『“实验物理学的精神”：不久，意大利的实验研究院、玻意耳、马略特 等人继续了这一工作。后来（《百科全书》＜1751 — 1780X： 299）,笛卡尔的科学取代 了亚里士多德的科学，也就是说，取代『亚里士多德的注释者们的科学。他认为，牛顿 成功地证明r他的前辈只是預言过的东西——将数学引人物理学的真正的艺术。牛顿把 数学与实验和观察相结合，创立r一门真正新的科学，这门科学是“精密的、深奥的和 有启发意义的二达朗贝认为，最初，牛顿的思想并末被充分地欣然接受，但是，“新 的一代牛顿式的科学家终于崛起了二因此，达朗贝几乎和大约两个世纪以后马克斯・ 普朗克所做的一样，是最早认识到科学革命的世代特点的人之一。达朗贝写道：“一旦 一场革命的基础得以确立，那么这场革命就几乎总是在下一代人中完成。革命的完成不 太可能更早，因为完成这一革命的障碍是自动消失的，而不是人为地放弃的：当然，它 也不会更晚，因为一旦越过『完成革命的障碍，那么人类精神的发展通常要比它自己期 望的快得多，除非它遇到新的障碍，使它不得不长时间地停止下来二在这段话中，达 朗贝不仅表达r一种随着世代的交替科学得以历史发展的哲学：他还把科学中的伟大革 命集中于牛顿的著作。

在另外一篇与《百科全书》无关的作品一“对18世纪中叶人类思想的概要描述” —中，达朗贝提岀『关于思想领域革命的一种一般理论（1853. 216-218）： “大约三 百年来，自然似乎注定『每一个世纪的中叶都是人类思想中发生革命的时代”。他特别 提到，“在15世纪中叶，对君士坦丁堡的夺取，在西方国家引起r文学界的复兴同 样，“16世纪中叶则经历了宗教和欧洲大部分国家体制的一个迅速的变革二最后，

“在】7世纪中叶，笛卡尔创立了一门新哲学二

《百科全书》第6卷1756年在巴黎出版，其中收有达朗贝写的词条“实验二前面的 一卷（第5卷，巴黎，1755）收入了狄德罗关于科学中的革命的讨论：这个讨论见于他所 写的“百科全书”这个条目中。狄德罗注意到这样一个事实：科学中正在发生变革，所 以，在以前的世纪中出版的所有辞典都会缺少科学发明或放在显著地位并赋予新的意义 和重要性的新的词汇.因此，在“光行差”这个词条下面，比较旧的辞典不可能给出现 时的天文学的意义（这同布拉德宙＜1693 —1762,英国天文学家）的发现〈即光行差效 应的发现）联系在一起），而“电流”这个条目可能只会有一条线或两个给出的“虚假 的概念和古老的偏见二狄德罗认为，即使如此，“科学和文理科学（包括艺术、自然 科学、社会科学及人文学科）中的革命也许并不如在力学中发生的革命那样有力和被人 强烈地感觉得到：但是，在科学和文理科学中都发生『革命二

狄德罗在其著名的论文“对自然的解释”（1753年初版，1754年又作『扩充）中也 曾述及科学中的革命。狄德罗写道，“我们正在接近科学中的一场伟大革命”（1818, 1： 420）,这场革命将完全拒斥几何学以及科学中的几何学精神。他说：“依据我们的 作家对伦理、小说、自然史和实验物理学的爱好判断，我几乎可以确信，不出一百年， 人们在欧洲连三个伟大的几何学家也列举不出来，

这些以及其他一些段落都标明“革命”（或“革命的变革”）在狄德罗科学发展理 论中的重要性•像达朗贝一样，狄德罗认为，科学的进步和发展是以一系列连续的革命 为标志的，但是“在这一场革命与另一场革命之间的最大间隔”是一个“固定的量”这 个思想显然是从他发源的。尽管表面看来狄德罗把革命主要看作是激进的世俗的变革， 但在前面的段落中也存在若把革命看作是一个循环的革命变革过程的言外之意：其中， 最大的间隔这个术语甚至使人们听到r在循环的周而复始自然现象之中革命周期的弦外 之音。而且，人们应当认识到，尽管政治领域中的革命的循环意味在《百科全书》的 “革命”这一词条中并没有全然出现，但是，这个意义却正好出现在达朗贝的“引言” 中，在这里，他谈到（《百科全书》175J1780, I： p. XI） “关于帝国及帝国的革命研 究的主要成果二稍后，达朗贝在“引言”中还论及作为激进变革之要素的革命，但是 仍然存有帝国盛衰，腐朽和再生演替进行的思想含义。他开始说到中世纪“那些黑暗的 岁月二在那时，“一场能够使世界呈现出新的面貌的革命必然能够使人类摆脱野蛮状 态”（p.xx）。他继续说：“希腊『拜占庭］帝国被摧毁『，而且它的灭亡使残余的知识 流回欧洲。印刷术的发明以及梅迪契家族和弗兰茨一世的保护和支待，使人们的思想重 新活跃起来，而且启蒙运动到处获得再生”（1963, 62）。这段话的循环的弦外之音， 盛衰和消长的意义更加引起人们的注意，因为，在那个时候，这可能依然是对“革命” 一词的普遍用法。

论述天文学中革命的两位作者

我们已经看到，在《百科全书》出版的时候，“革命’作为一种世俗的而非循环的 重大变革的新的含义已经流行开了，至少在法语中是如此。在18世纪后半叶，这个概念 以及表达这个概念的词汇，越来越多地被运用于思想领域，特别是关于科学的作品中。 然而，不同的作者，根据他们的学科来断定不同时代革命的时冋。因此，拉朗德在赫维 留之后的时代看到了天文学中的一次革命（1764. 1： 131）：

这是一个所有民族都在为作出新发现以及使这一学科趋于成熟的荣誉而彼此争论的 时代：尤其是巴黎的科学院，伦敦的皇家学会，在这次革命中发挥『最伟大的作用。它 们造就了无数杰出的科学家和著名的天文学家。

但是，拉朗德并没有把“革命” 一词用于说明哥白尼对托勒密权威的反叛，也没有 用于伽利略或开普勒发现或引入的全新的东西：他显然把“革命” 一词用于称呼发现和 改进的过程一他认为这个过程是最近几个时代确立和详尽阐述天文学这一学科的过程 的一个部分。当然，我们必须谨慎地设想，在拉朗德的论述中出现的这个差别，来源于 一个关于用法的有意识的和清晰的决定。也许最重要的只是：拉朗德的确在科学中引入 了革命概念。

在法国大革命前十年出版的巴伊（1736-1793）的著作向人们指明了科学中革命的概 念是如何获得它借以在19世纪继续牢固确立起来的形式（当然有变化）的。在其《近代 天文学史》一书中，巴伊介绍了几种重大的革命一从哥白尼宇宙体系和牛顿自然哲学 的大规模的详尽阐述一直到望远镜的设计和使用中的革命性的创新。作为一名经验丰富 的天文学家，巴伊企图附加十字准线，尤其是測距器来改进望远镜：“对工具的这个完 善，实践中的这种精确性，以一种非常明显地产生一场革命的方式对所有观察或观测产 生影响二而且，“这场革命，这种巧妙的运用的想法应归功于皮卡德和奥祖（1785, 2： 272-273）.

巴伊探讨了过去以及他那个时代的革命，甚至预测了即将到来的革命，尽管只是一 些小规模的革命一主要是新的计算（无近似值）和积分的工具和方法。他也预言了摆 钟将被取代。巴伊的历史也引入了一个非常清楚地拟定出的两阶段革命的概念，这个概 念适用于大规模的科学革命，在这些革命之中，首先要摧毁己被认可的概念体系，然后 确立一个新的概念体系（见&amp;13. I）。然而，甚至在巴伊的著作中.周期性的革命 变革的陈旧概念与对“革命”这个术语的新的用法，都是用于指称科学中根本的、激动 人心的变革，某一个人的著作和思想的影响是特别经常地存在的。

正是巴伊把已经发生了一场哥白尼革命的思想传播开来的，尽管他的两阶段革命理 论显然会使他得出这样一个结论：无论是伽利略还是开普勒，他们实际上都没有促成一 场他认为哥白尼已经促成的那种革命。他确实坚信牛顿学说所引发的革命，这在他的历 史著作中一再表现出来。巴伊充分认识到笛卡尔所作的显著贡献，但是他显然没有发现 笛卡尔的创新是革命性的。巴伊说，天文观测当然是针对原因而提出问题：“敢于把宇 宙的一般运动规律归结为地球上的物体的运动规律，的确是一个卓越的思想。这样一种 胆识和雄心是我们近现代以来的几个世纪独有的：这个荣誉和功劳应归于笛卡尔二而 且，“笛卡尔发现，同一种机理无论在天空中还是在地面上都必定是物体的动力”。巴 伊继续写道，即使笛卡尔没有完全想到真正的机理，“我们也决不能忘记，这个新的卓 越的思想是他的天才的结果-（1781. xi）.他说，“在公正地评判笛卡尔的时候二 我们“没有减损牛顿这位伟大人物的任何荣誉二而且，“假若笛卡尔用他在几何学中 的新发现打开『通往最美好的发现的道路，那么开普勒预见到并且留给我们比他所拥有 的更多的自然科学（物理科学）的真理。笛卡尔敢于做的事情比较多，而且他的胆识是 衡量他的天才力量的尺度：他只是不够精明。他似乎没有意识到在他那个时代广为人知 的许多事实”（1785, 2： 192）»

巴伊也从天文学发展中一个循环过程方面着手写作。因此，一场革命有时可能意味 者回到某个比较古老的思想或观念，或某个比较陈旧的原则。但是，巴伊敏锐地注意到， 人们决不能仅仅因为现在使用的某个思想或观念可能从前曾经出现过就设想不存在任何 真正的变革。他举出r-•个奇怪的例证：“异教神学设想世界是从一个鸡蛋中产生出来 的：无知和渊博的知识通过相反的道路达到同样的结果殊途同归，这并不是第一次”

（2： 519）。在他的历史著作的第2卷的开始，巴伊对由于循环革命所引起的变革作『更 完全的表达（2： 3-4）：

在写这部历史的时候，我们发觉，一方面，人们相信宇宙机理的简爪，因而仍然倾 向于这个思想，甚至在无视它的时候也是如此：另一方面我们看到，这个思想是给我们 保存下来的最古老的一个思想。结论自然是我们回到我们由此开始的思想：这就是我们 的道路，我们总是在一个圖圈中转来转去。然而，这个思想，这个已知世事的第一个开 端已使自身变成r一场革命的目的。

巴伊在自己的历史著作中一次又一次地谈到（如I： bk. 8. &amp;l ）随若文明的起 落天文学科学的兴衰。巴伊认为，古代巴比伦人、印度人和中国人的天文学是“我们不 知道其伟大作用的一种比较早的文明”的科学的“残骸”，“它们被一场伟大的革命所 摧毁”（1781, 18）。这种文明丧失了天文学思想，只能是“因为某次大的革命，这次 革命毁灭了人、城镇和知识，剩下的只是残骸。一切都证明，这场革命是在地球上发生 的”（p. 59）。在《物质通论》或索引一其中包括他的三卷本的《现代天文学》和单 独的一卷《古代天文学》一一对这两种革命的论述（参见“革命”条）先于对恒星和行 星革命的论述。

巴伊认识到，在革命中可能存在循环的过程一这对任何职业天文学家来说都是非 常明显的。这一事实并不减低他在论及以一个世俗的而非循环的巨大变革为特点的历史 事件时使用“革命” 一词的冲力。由于巴伊不仅用“革命”来表示科学中的根本变革

（这同达朗贝和狄德罗是一样的），而且事实上把这个词汇和概念整个引入到他关于现 代天文学的历史著作中，所以我们可以提出结论：到这个时候，“革命”得到充分认可 并被引入到科学史的叙述以及对科学思想、理论、方法、思想体系的生成和发展的分析 之中.

18世纪末论述科学革命的著作者

到18世纪幼年代，法国出现了许多直接论述科学中所产生的这一场或那一场革命的 作者。但是，孔多塞的情况也许尤其引起我们的注意，因为据利特宙说，他是“rcvolu tionnairc-（革命的，革命者）这个术语的首创者。科学中的革命这个概念（以及用 “革命” 一词来表达它的做法）经常出现在已故科学院院士的颂词中。正像丰特奈尔 （Fontenelle）早先曽经做的那样，孔多塞在担任科学院常任秘书期间，一直承担着这 些颂词的写作和宣读。因此，在杜哈梅•杜蒙西奥的颂词（1783）中，孔多塞是这样说 的：“他将成为科学史中一个时代的标志，因为我们发现，他的名字是同那场专门把科 学导向公共用处的思想革命联系在一起的”。哈勒的颂词（】778）说：“冯•哈勒在其 中公开这些发现的著作标志若解剖学革命的时代达朗贝的颂词（1783）说：“这个 原则是物理•数学科学中一场伟大革命的时代标志二欧拉的颂词（1783）中说：“他以 其在数学科学中引发的革命而赢得这一荣誉”。（见孔多塞1847, 2： 300. 641： 3:58, 40,以及7. 8, 9. 28）如此等等。在这其中的三个例子中，我们看到孔多塞把“时代” 和“革命”这两个术语并列用于一个世纪之久的传统，它明确地介定了 “革命” 一词的 非循环的意义.

孔多塞在其中对革命概念和术语使用最为突出的主要著作是《人类精神进步史梗概》。 该书初版于1795年。孔多塞在该书中论述了新近发生的美国革命以及尚未完成的法国革 命，同时敏锐地阐明『造成这两次革命各具不同特点的原因。他对笛卡尔的探讨在目前 具有特别的重要性。他认为，笛卡尔给予“人们的思想以一般的动力，这种动力是人类 命运中的一切革命的第一条原则”（孔多塞1955. 147： 1933, 173）。在解释化学的兴 起时，孔多塞对这一学科作了某些改进，“这些改进扩展了这一学科的方法，而不是增 加『它的真理，预示着一场成功的革命并为这场革命作了准备，因此实际上影响到整个 既定的科学体系。”孔多塞试图“发现”收集和分析气体的“新方法”：为化学物质

“编制一种（新的）语言（术语）”：“采用一种科学的符号法”：“亲和力的一般规 律”：将物理学的“方法和手段”用于“计算具有严格精确性的实验的结果”：而且 “把数学运用于结晶现象”（1955, 153-154： 1933, 180—181）。孔多塞在此也清楚 地说明了他关于我们所处这个时代人们激烈争论的话题的科学的看法。

孔多塞在谈到化学而不是物理学、天文学或生命科学时特别使用r “革命” 一词， 自然是因为他事实上已经亲眼目睹近期发生的化学革命。这场革命是拉瓦锡在双重意义 上引发的，因为他是这场革命的主要设计师，而且为化学革命命名。他至少在三部手稿 中用“革命”这个特有字眼谈论他自己的工作。

拉瓦锡并不是18世纪从“革命”方面来谈及他自己在科学中的工作的唯一科学家。 另外两个人是西默尔和马拉。至少三位科学家用“革命”这个词描述他们正在做的事情，

这个事实标志着科学中革命的概念 被清除r任何循环、回归或盛衰的窝意一一已

逐渐成为一个被认可的理解科学中如何取得进步的方式。

如人们所料，约瑟夫-普里斯特利一美国革命和法国革命的一位热烈的支持者一 一是那些把革命的概念从政治领域移置到科学之中的人之一”'。在1796年出版的一部 关于燃素和水的分解的著作中，他认为新化学的胜利是“科学革命’才最伟大、最突然 和最普遍的一项革命（见第14章）。

普里斯特利与他同时代的大多数人的不同之处在于，他认为科学中的革命并不总是 进步的，而且也并不总是引起知识状态中某个更迅速的发展。他说：“在所有实验哲学 分支的历史中，没有什么是比成功或失败的最出人意料的革命更平常的了二他这样解 释他的观点＜1966. 300）：

的确，一般说来，当许多有独创性的人们专心致志于某个已被充分展开的学科时， 研究是愉快而平等地进行的。然而，正如在电学的历史以及现在有关空气的发现中一样， 从最出人意料的地方现出了光明，因此，科学大师们不得不从新的更简爪的原理重新开 始他们的研究：所以，对于科学的某一学科来说，甚至当它处在其发展的最迅速或最有 希望的状态之中时，遇到停滞或挫折也不是不正常的。

其他运用科学革命概念的人有威廉-卡伦，A. -R. 一J.杜尔哥和伊曼纽尔-康德, 以及那些经历过生命科学中哈维革命的人们。另外一位曾经论述过科学中的革命的18世 纪科学家是一位瑞士生物学家査尔斯•博内。他在1779年写道：“关于植物的叶子的那 本书再一次把我同另一位伟大的人联系在一起，不久他就在生理学中进行了孟德斯鳩在 政治学中进行的同样的革命：我所说的是己故的哈勒先生”（1948, 155）。因此，博内 同意孔多塞关于哈勒在科学中的革命影响的看法。（奇\*书\*网.整\*理\*提\*供）

到18世纪末.有许多作者论述了在从牛顿到拉瓦锡和伏打这个世纪启蒙运动中科学 的革命性发展.特别是其中的三位作者发展『研究这样一些革命的理论基础和观点：萨 缪尔•米勒，苏格兰的约翰谱莱费尔（关于他请参见下面&amp;18. 1）以及德国的克里 斯托夫•李希膛贝格（参见下面514. 2）。米勒是新泽西的一位教土，他第一个对18世 纪的思想成就作『全面的考察（《对18世纪的简短回顾》第一部分）：他在长达两卷的 文字之中，对那个时期在科学、艺术、文学中的革命和改进作了概括（纽约，1803）。 显然，米勒用“革命” 一词概指巨大的进步，因为它强调被认作他正在考察其成就的那 个世纪期间的规范的科学（以及艺术和文学）的发展模式。正如他本人所承认的（2： i x）,他的著作是一个汇集，而不是独创性的原文：“尽管这部著作的较大部分是由汇编 组成的，但是作者声明自己并不是一个纯梓的汇集者.他认为他已提出了他本人的观点、 感想和推论”。米勒在阅读（包括许多法文著作，这一点在其脚注和附注中是特别明显 的）的过程中可能已经遇到过科学和艺术革命的概念。

在第二卷最后他的“揭要”（p. 411）中，米勒认为18世纪的特点在于，它“显著 地是一个自由探索的时代二人们在一个比以前所知的更大的程度上学会“摆脱各种特 殊名目的权威……抛弃被认为是建立在永久基础之上的所有主张，推翻建立在这些基础 之上的体系二人们极力推进他们的探索，蔑视一切约束，不受任何旧习惯的限制，同 时引起了一场“人类精神的革命二如此作出的想象是一种常于狙麗的思想的无套裤汉 的形象，而且米勒努力指出，这场“革命……伴随着许多有利的方面，同时也有其许多 有害的方面二然后，他详细说明了这两方面的情况。

稍后，他又回到“科学的革命和进步二同时他注意到，“刚刚过去的时代显然是 以科学中的革命为特征的”（2： 413）：

各种理论或学说比以前任何时期都丰富多彩，它们的体系更加多样化，革命以更快 的速度接连发生。

在几乎每一个学科，时尚或原则的变化，及权威的变化是如此令人目不暇接地接踵 而至，以致人们记起或列举它们可能都是比较困难的。

米勒给自己提出的问題就是说明这个“科学革命的频率和速度”。他对这一问题作 了一个最时新的回答，因为他看到了我们今天所说的“科学共同体”出现的首要原因。 米勒特别针对“知识的惊人的传播”：“一大批调査者和实验者遍布各个领域”：而且 —最重要的是一“科学家们进行了空前的交往和交流”，因此，“每一种新的理论 通常都自始至终受到及时的考察和研究”，由此也造成r “比以往任何时候都更巧妙和 辉煌的组织结构的相继建立和破坏”。所以，由于“一系列发现、假说、理论和体系的 迅速的连续的产生二“科学界比以往更加清醒和繁忙”（2： 438）。当认识到米勒已 在多大程度上超越了一个纯粹的汇编者的局限之后，他总结了他的“概述”，他说：

“18世纪显著地是文学的和科学的交往的时代。”

在米勒十多年的著述中.对科学革命的存在有一个更进一步的认识。在《法兰西语 言研究院词典》（由该研究院自己审査、修订和增补）第5版（1811年）中，我们发现了 最初的循环的和天文学的定义：

一颗行星或恒星回到它原来由此出发的同一个点.行星的革命。天体的革命。周期 的革命。在同一意义上。世纪革命，时代革命，季节革命。

同时也提到一种“性情的革命”（Revolution d' humeurs）.这个条目最后谈到 “使这些国家产生动摇的重大的、激烈的变革”，“古罗马的革命，瑞典革命，英国革 命”。在狄德罗和达朗贝编纂的《百科全书》关于革命的词条中提到这三种革命。在

《词典》的这个版本（1811年）中，没有提到法国革命或美国革命，虽然在1793年版本 中曾举法国革命为例。法兰西语言研究院的词典编纂者们指出，在说革命这个词时，人 们往往想到建立一种新秩序：“当人们在谈论这些国家的历史简単地说革命时，他们指 的是重大的革命，即带来一种新秩序的革命。因此，在说到英国时，革命指的是1688年 的那场革命”。

但是，在目前条件下，最重要的是专门论及人们有所比喻地使用“革命”一词的方 法的段落：“关于在公共事务中发生的变化,在言语问題中的变化，看法的变化，等等 其中所列举的例子有：迅速的、突然的、出人意料的、奇异的、惊人的、愉快的革命。

时间引起事务中的不可思议的革命。

这个世界的事物都将经历大的革命。

艺术、科学、思想和时尚中的革命。

因此，在正式进入到符号文字的记录中以后，对“科学中的革命”的表达被公认为 指称一个表示科学变革特性的被接受的概念。

第十四章拉瓦锡与化学革命

化学革命在科学革命中占据首要位置，因为它是最早被普遍认识并且被它的发起者 A-L.拉瓦锡称为革命的主要革命。拉瓦锡之前的科学家们已经认识到，他们的计划将 导致某种全新的东西，而且将直接违反公认为真实的科学信条的既定規范：然而，与其 他人不同，拉瓦锡也想到作为思想中一种特别变革的科学革命的概念，而且他断定，他 本人所从事的工作，实际上将构成这样一场革命。其他人曾著述讨论科学中的革命，但 这些已是在久远的过去发生的事情，或至少是昨天的事情了，而并非目前所为。就我所 知，只有罗伯特•西默尔先于拉瓦锡描述了他对作为“革命”一创造的科学的页献：但 是西默尔所提出的双流电学理论并没有引起一场革命，正像拉瓦锡的化学理论并未引起 一场革命一样.此外，电学充其量不过是一门科学（物理学）的一个单独的分支，而化 学则包含整个的物质科学。因此，化学中的一场革命有可能动摇几乎所有自然科学甚至 生物科学的基础。

在拟订其研究计划和目标时，拉瓦锡不得不想到它们对科学的根本意义.他在1773 年一本实验室记录中写道：“这个学科的重要性又一次促使我从事整个这项工作。在我 看来，这项工作注定要引起物理学和化学中的一场革命在拉瓦锡1791年写给夏 普塔尔（Chaptai）的信中，我们看到了拉瓦锡关于化学中的一场革命的同样的概念和想 像。拉瓦锡在信中说：“所有年轻的科学家都接受了新的理论，因此我断定，这场革命 是在化学中完成的二

化学革命大约是在美国革命那一段时间中发生的，而且在法国大革命期间达到高潮。 拉瓦锡意识到了革命的这种汇合。在1790年2月2日，他给本杰明•富兰克林写了一封非 常值得注意的信。他在信中就化学革命向他的这位美国朋友作了简洁的说明，然而他又 论及法国的政治革命一因此明确地展示了在他看来这两种革命是如何联系在一起的。 他向富兰克林宣布，法国科学家被划分为两个阵营：一个阵营的科学家墨守和坚持旧的 学说和理论：一个阵营的科学家则站在他这一边。后一个阵营包括德-莫维奥、贝托莱、 富克罗伊、拉普拉斯、蒙日以及“一般地说科学院的物理学家们”。在报告r英国和德 国的化学状况之后，他断定（杜维恩和克里克斯泰因，1955, 127：史密斯，1927, 31）： “因而，在这里，在人类知识的一个重要部分中发生了一场自您离开欧洲以来的一场革 命”。同时他又补充说：“如果您同意的话，那我将把这次革命看作是充分发展了的甚 至彻底完成r的革命，接着，拉瓦锡转向政治革命：“在给您介绍了迄今为止在化学 中发生的事情之后，再给您谈一谈我们的政治革命也许是适当的。我们认为这场革命已 经完成，而且再也不可能回到旧秩序二到1790年2月，国王的专制统治被废除，法国已 成为一个君主立宪制国家，主要的权力属于国民议会：然而，直到1790年7月14日新的宪 法才被制订出来并得到国王认可。

在1790年或1791年，当一场革命在政治领域中充分发展之后，发现拉瓦锡正在思考 化学中的革命是并不奇怪的。甚至在美国革命和法国革命发生之前的1773年的实验室记 录中他对革命的比较早的涉及，也并非特别出人意料的，因为，到那个时候，政治的、 文化的和思想的革命（包括科学中的革命）的概念在法国巳经相当普遍了。关于拉瓦锡 1773年的笔记，值得注意的是（1）他在其中预言『后来实际上发生的自然科学中的一场 即将到来的深刻的革命：也就是说，他能够预言一场科学的革命：而且（2）.这个笔记 的作者以及这场革命的主要发起者是同一个人。

拉瓦锡的贡献

化学革命最重要的特点在于它推翻了占统治地位的“燃素”说，并以一种以氧气的 作用为基础的理论取而代之。拉瓦锡证明，这种气体是空气的一个成分。他认为，空气 是气态的物质而非某种容易变态的单一物质的混合物。氧气是燃烧、戒烧和呼吸过程中 的积极的作用物。要看化学革命引起的变化多么深刻，就要注意在那个时候金属性的矿 石被看作是元素组成的而且金属元素被认为是混合的（即金属性矿石或“金属灰”和 “燃素”的混合物）。从拉瓦锡以来，我们以为金属是元素（如果是清一色的话，即既 非合金，亦非混合物），以为金属及是金属元素和氧气的混合物。化学的语言把新的知 识反映在诸如“氧化物”、“二氧化物”、“过氧化物”等等名词之中。新化学的基本 内容包括现代的元素概念，化合物概念和混合物概念：元素表（与我们今天所看到的极 其相似）的产生：对已知化合物的化学分析。

化学革命利用了通称“质量守恒”或“物质守恒”的一般原则。这一原则阐明：在 一个化学反应中，所有参与反应物的总的质量（或重最泌定等于所有生成物的总质量

（或重量）。现在对所有科学都带有根本性的这一原则，那时并不是化学理论的根本原 则。如果这样，那么就可能存在一个惊论（设想燃素是一种物质，而且因此一在牛顿 学说的意义上一一具有质量和重星）。因为实验证明，在由金属灰十燃素=金属这个等式 所指定的过程中，金属灰的重量要大于金属的重最。一些坚持燃素说的人通过把一个

“负重量”让与燃素来解释这个矛盾，而其他的人则试图把质量或重最问题归结为一个 比重问题（见帕廷顿和麦凯，1938,第3部分）以寻求出路。普里斯特利则比这两种人要 高明得多。他直率地说，在自然科学中，重量（或质量）并不总是一个主要的考虚。当 然，他是对的。不从质量或数量方面加以讨论的有形的“物质”的三个例子是：牛顿的 以太，団兰克林的电流以及（拉瓦锡所相信的）热流。我们在这里可以看到，新化学的 原则是如何具有革命性。我们可能注意到，拉瓦锡对上述等式的修正（金属灰=金属十氣 气）为物质守恒的基本原则提供r实验的证明（因为空气有重量）。

拉瓦锡对氧气（或空气的要素）在燃烧和锻烧中的作用的分析被记录在】772年】1月 1日的一篇学术短文中（这篇短文曾于1773年5月5日在皇家科学院宣读）。他在该文中指 出，“硫在燃烧时不但不会失去重量，相反会增加重量”，而且，“磷也是相同的情况”。 他接着说，这一 “重量的増加来自在燃烧过程凝固的大量空气「实际上，正如他后来发 现的，只是空气的一部分，即氣」”。他注意到，这个发现导致他相信：“对于由于燃 烧或娘烧中而増重的所有物质来说，很可能会发生”同样的现象（艾德1964 . 61：麦凯， 1935. 117）o 1773年关于“物理学和化学中的革命”的论文（笔记）基于一系列“用新 的装置”进行的实验，目的在于“把我们关于进入化合或从物质中释放出的空气的知识 与其他已获得的知识联系起来”以“形成一种理论”（梅尔德伦1930. 9：贝特洛1890. 48 ）»

我已经提到关于氧化物的新的化学名称。依据新理论的更严密的逻辑而改变现有的 名称，是科学革命的特点。在哈维发现血液循环之后，我们已经看到r在动脉和静脉方 面这个过程的一个例证。在1787年，路易斯•贝尔纳-居伊顿-德-莫维奥、克劳德- 贝托莱以及安东尼-弗朗索瓦-德-富克罗伊与拉瓦锡合作创制一种新的术语表一这 些术语将依据拉瓦锡的新的化学理论反映物质的实际化学成分。这四位合作者在1787年 出版的《化学命名法》是一部第一手的革命文献，是拉瓦锡活跃的思想框架的关键。不 仅新的名称依赖于拉瓦锡对化合物的分析，而且名称的次序也可以提供关于氧气饱和的 相应的程度的情况。例如，含硫的盐可以是硫酸盐或亚硫酸盐：而且一般说来，原子价 较高的酸（以及……酸盐）是渗透着氧气的那些酸或酸盐。但是，含硫而不含氧的化合 物则是・idcs （复数），正如在硫化钾中那样。与此相似，一种钾和氣的化合物就可能是 氧化钾（而且就其他金属元素来说也是如此）。在他的《化学初论》（1789： 1792年又 出版德文版，1790年出版英文版，同时还有荷兰文版，意大利文版和西班牙文版）一书 中，拉瓦锡强调哲学家孔狄亚克的影响。孔狄亚克曾说：“推理的艺术依簌于一种做得 好的语言二届然我们对拉瓦锡的陈述可能需要有所保留（格拉克1975. 112）,但是他 明确地说，这个最终的论述源出对语言和命名的考虐一一在“我没有能够阻止它”的情 况下，已形成为一个化学体系。

对这场革命的认可

几乎在同时，出版物中都公认已经发生了一场化学革命。拉瓦锡的朋友和合作者让 -巴蒂斯特•米歇尔•比凯在】778年出版（古夫，1983）的一本小册子中比较早地提到这 场革命：这本小册子是在一年前向巴黎医学院宣读的一篇论文的基础上写成的。比凯认 为，新的化学的“气体学说”充分说明了当面对新的发现时必须抛奔旧观念的原则。他 说，没有什么能比关于气体的新发现“在科学中产生了一场如此巨大的革命”并且“对 这一美好的科学的进步作出了如此多的贡献二

古夫（同上）已经找到了很可能是在出版物中提到拉瓦锡化学革命的第一个人。它 是在拉瓦锡刚刚开始一系列将导致关于燃烧和空气的一种新规点实验之后提及的。安托 万•鲍姆写作『一本论述化学的三卷本著作，他在1773年的出版物中提到这场革命，那 时，拉瓦锡私下曾表达他的这样一个信念：他的研究计划将“引起物理学和化学中的一 场革命二在这个时候，拉瓦锡已经确信，燃烧引起与空气（或一部分空气）的化合， 应当放弃燃素说，但是他尚未出版关于这个主题的任何东西。鲍姆在他的论文的一个附 录中.在讨论新的发现，尤其是“凝固的空气”（二氧化碳）及其特性时，提到了化学 中的一场革命。鲍姆说，一些自然科学家认为：凝固的空气带有必定使燃素遭到抛奔的 “特性”，并且取而代之。他继续说（古夫1983）： “在这同一些自然科学家看来”， 凝固的空气“将引起化学中一场彻底的革命［总体的革命」”，而且，甚至“改变我们知 识的秩序二因为鲍姆与拉瓦锡的关系并不是特别密切，所以，我们对他是如何听到拉 瓦锡的革命思想的这一点并不清楚：我们只能设想，鲍姆试图用“物理学家”这个短语 概指拉瓦锡及其追随者一那么，就其他人而言，谁在进行这样一场革命呢？

亨利•格拉克（1976）为我们追溯到了其后对化学革命的认可。比凯1778年出版的 那本书并不是特别有名的。格拉克发现，对于广为宣传拉瓦锡所引发的化学革命的概念 起最大作用的作者是富克罗伊。富克罗伊甚至在他的《自然史创級教程》（1782）中

“转向拉瓦锡的新化学之前”就曾提到一场即将来临的革命。他在此写道：“只有当更 进一步的实验使我们确信所有的化学现象都可以依靠气体的理论而无须乞灵于燃素而得 到解縁时，才能有更合适的教程，他特别指出，他的同行化学家麦克尔确信“新的发 现必定在化学中引起伟大的革命”（富克罗伊，1782, 1： 22）o在后来的版本中，富克 罗伊谈到每天都赋予我们的理论以新的力量的新的发现。由于富克罗伊《自然史初级教 程》（1782）以及富克罗伊在其中谈论“革命”的其他著作的普及，格拉克断言，正是 富克罗伊在认可和褒扬“化学中的革命”或其他相同说法并使之规范化方面起到了最有 效的作用（关于更进一步的论述清参看斯米顿1962年的著作）。特别是，有一篇对拉瓦 锡的巨著的很长的评论一“由富克罗伊和J.德•奥恩署名二而实际上是富克罗伊

“写作和提交的”（格拉克1976. 3） ——指出，“化学在近年所经历的革命实际上是M .拉瓦锡先生所作的一系列实验的结果。”这个评论是“作为拉瓦锡《化学初论》第一 版第二次发行时的一个附录第一次出版的，而且还继续发表在此后的版本中”（同上）， 所以，拉瓦锡在完整表述他自己的理论的同时，也宣告了革命的产生。

格拉克同时还发现，甚至“在拉瓦锡1789年发表《化学初论》从而建立起他的新化 学理论之前”，在爱尔兰化学家理査德-柯尔万论述燃素的著作的法译本的一篇序言中 就已经提到正在进行中的这场革命。被认为是拉瓦锡夫人一（根据格里莫克斯的权威 之见）被普遍认为是该书的译者一所写的这篇序言中，解释了为何加了一连串的脚注 以在每一个步骤上都驳斥柯尔万的燃素说观点。拉瓦锡夫人认为，如果没有这些注释， 那么“这部著作可能就不足以推进正在化学中进行的那场革命。”

这个记录还应当包括已出版的论及革命的另外一个重要的例子一拉瓦锡本人的论 述。这个论述（就像富克罗伊提到的麦克尔的看法，柯尔万一书法文版的序言以及比凯 的观点）在拉瓦锡把他整个的理论发表在《化学初论》之先.根据是“论关于改进和完 善化学命名法的必要性”这篇论文。它是“拉瓦锡先生在1787年4月18日巴黎科学院的一 次公开会议上宣读的”，并且作为《化学术语分类法入门》（巴黎，1787） —书中介绍 性的章节发表。文中拉瓦锡并没有说化学术语分类法的改革构成化学科学中的一场革命， 或者这场革命正在酝酿之中。相反，拉瓦锡宣布，“新的方法”将“在讲授化学的方式 中引起一场必然的甚至迅速的革命。这个例子使我们回想起早在几乎一个世纪以前，在 描述数学中的革命时，丰特奈尔援引『这样一条原则：科学中任何一场真正根本的革命 都意味着教育中的一场革命。

拉瓦锡的预言迅速得到证明。在约瑟夫•普里斯特利1796年写的一本小册子中我们 可以找到这方面的证据。这本小册子是在《化学术语分类法入门》出版九年之后、柯尔 万的论文的法文译本出版八年以后问世的，“莫维奥、拉瓦锡、普莱斯、蒙日、贝托莱 和富克罗伊对此作了注释”。普里斯特利在谈到“贝托莱、普莱斯、蒙日、莫维奥、富 克罗伊、哈森弗宙茨先生，以及柯尔万先生的尚存的答辩者”时，“对燃素说作了简短 的辩护二他在开始时说，

几乎没有哪些革命（即使有也极少）如此规模之大，如此突然，又如此普遍，以致 现在通常所说的新的化学体系和反燃素说是如此盛行和普遍。反燃素说的主要对象是施 塔尔的燃素说，而他的燃素说曾一度被认为是科学中从未有过的最伟大的发现。

普里斯特利认为，这场革命的步子是如此巨大，以致“过去二、三十年中的每一年 比上一个世纪任何十年的时间对科学，尤其是化学都具有更大的重要性二然后，他表 示承认，“这种新的理论”被认为是“具有如此牢固的基础”，从而“一种新的术语分 类法一人们把全部注意力集中于它——被发明和创造出來” 一一 “人们现在几乎普遍 使用”这种分类法。结果是，“不管我们釆用还是不釆用该体系，我们都必须学习新的 语言因为，假若不学习这种语言，那就不再能够“理解某些最有价值的现代出版物”。 这就证明r在拉瓦锡所说的教学和化学术语分类法的革命与化学中的革命之间有着密切 的联系。

最后，我们也许注意到，拉瓦锡的实验室记录的发表（由M.贝特洛1899年发表在一 本題为《化学革命：拉瓦锡》的书中）在历史的记录中通俗地并且永久地固定住了化学 革命这个名称.早在一个半世纪之前（正如莫里斯•克罗斯兰在1963年所说的），G. 一 F.维奈尔显然最先提到化学中的一场革命，并且预言了这样一场“革命”《百科全书》，‘ 1754年版，“化学”这个词条）。

显然，拉瓦锡的化学革命经过了一场科学中的革命所经历的全部检验。所有历史学 家和科学家都认为它是一场革命，正如它在它自身所处的那个时代被看作是一场革命一 样。此外，整个化学科学及其语言都遵循着在化学革命中所提出的方针和路线。因此， 化学革命是科学革命的一个示范性的例子。&#26;

第15章 康德的所谓哥白尼革命

当在18世纪末从事写作的时候，康德是会熟悉蒙塔克勒、巴伊和其他人阐述的这样 一个思想的：哥白尼引发了天文学中的一场革命。而且，到那个时候，人们已相当普遍 地用“革命”这个术语去概指科学、审美以及整个思想领域的激进变革。那时，“革命” 还很渺茫。因此，考虑到康徳在哲学史中的突出地位，他关于革命、科学中的革命的看 法，对于我们研究18世纪的这些概念是特别重要的。但是.由于人们普遍认为康德把他 自己在哲学中的创新归之为一场哥白尼革命，所以这些看法甚至是更引人兴趣的。

康德哥白尼革命的神话

迪埃克斯特休斯在其权威著作《世界图像的机械化》（1961, 299）中断言，“自康 徳以来，'哥白尼革命’这个概念一直是对某种见解或看法的根本改变的一个确定的表 达，而且在科学史中，1543年被看作是中世纪与近代之间分界的实际日期二大量论述 康德思想和哲学史的著作都认为，康德把他本人在哲学方面的成就与一场哥白尼革命相 比较。几年前，开放大学（这是英国电视台在群众教育方面所进行的一项大胆尝试。它 给予那些不能通过正常途径到某所学院或大学学习的人相当于学士的学位）节目“第二 水平线”开设了 “革命的时代”这一课程。其中两个主要的单元就被叫做“康德的哥白 尼革命”：一个単元的副标题是“思辨哲学二另一个単元的副标题是“道德哲学二 在第一个箪元中，作者（维西，1972, 10）提到“思辨哲学中康德的哥白尼革命”，但 他从未明确把这个概念看成是康德本人的创造。在第二个单元（汉夫林1972. 23-25） 中，作者臺不含糊地说，“康德本人并未明确把他在道德哲学方面的努力与'哥白尼革 命’相比较，正如他并没有把自己在思辨哲学方面的成就与此相比一样。但是，我认为 我们仍然可以公正地说（人们也经常这样说），这个比较既适用于前者，同样也适用于 后者

既不熟悉有关康德的文献，也不通晓哲学史的读者不可能知道对康德的“哥白尼革 命”的确信是如何近于普遍（尤其是英国和美国的著作家中间）。下面是我们随便选择 的几个例子：

康德……在「《纯粹理性批判》」序言中…谈到在我们的思想方式中所计划的“哥 白尼革命（伯徳1973. 190-191）

康德把他自己的哲学革命与哥白尼发动的革命相比较。（佩顿1936. 1： 75）

现在我们可以理解当康徳声称引发了一场像哥白尼在天文学中发动的革命那样的哲 学中的革命时他的含义了。（布罗徳1978. 12）

康德将这种设想先天知识的可能性的新的方法与哥白尼在天文学中引起的革命相比 较。（林赛 1934. 50）

他坚持认为，他的哥白尼式的革命并不损害经验世界的经验现实，就像日心说也不 改变或否认经验世界的现象一样。（科普尔斯顿1960, 6： 242）

在［他的《纯粹理性批判》」第二版序言中，他把自己与哥白尼相比，并且说他己 在哲学中引起『一场哥白尼革命。（罗素1945, 707）

康德说他自己已经引起了一场“哥白尼革命”。（罗素1948 , 9）

康德进行比较的全部意义在于，我们在两个假说中发现『一场革命或对一个很久以 前无人表示异议的基本假设的彻底修正。在一种情况下，假想的是观察者的静止性，另 一种情况是观察者的被动性。（韦尔顿1945, 77）

尤其出人意料的是，康德本人标志若他自己认为是作为一场哥白尼革命而引起的革 命。但是，除了他认为它是一场革命外，在其中没有什么哥白尼的东西……因为他的革 命，就它是一场革命来说，严格地讲正是反哥白尼的革命。（亚历山大1909, 49）

…康德本人自豪地称呼他的一个思想为“哥白尼革命二（波普尔1962, 180） 康德相信，他对理性的批判引起了哲学中一场事实上的“哥白尼革命二（艾肯19 57, 31）

众所周知，康德在《纯粹理性批判》的序言中特别提到r “哥白尼革命‘，从而对 问題作了简洁的陈述。（卢卡奇1923. 111）

康德在《纯梓理性批判》（1787）第二版序言中将称他的哥白尼革命的东西…… （谢瓦利埃1961. 3： 589）

我把康德的学说看作是哥白尼革命的一个伟大的、个人的哲学成就。关于这一点， 康德本人曾几次提到・（奥伊泽尔曼1972. 121）

关于康德所谓的“哥白尼革命”的根本思想。（德勒兹1971. 22-23）

康德对自己完成『一场真正的哲学革命而高兴……一这场革命可以与哥白尼在宇 宙论和数学秩序中的革命相比。（德沃，1955, 434）

康德在思想史中的革命行动，他的“哥白尼革命”・（维尔莱明1955. 358）

我们所作的这一系列引证使人们对哲学家的中间一个相当普遍的看法更确信无疑『： （a）曾经有过一场哥白尼革命，而且（b）康德认为他自己在哲学中的根本创新，是那 场革命之后的另一场哥白尼革命，或者说像一场哥白尼革命.如果抽出半小时的时间随 便翻阅一下图书馆的书架，就可以发现至少几十个这样的说法：这些说法都出自著名学 者之口，并且发表在由我们第一流的学术和大学出版社出版的著作之中。此外，《百科 详编》（它是新版，也就是所谓第15版《不列颠百科全书》的一部分，被形容为“详解”： 1973. 10： 392）的权威说法是：

康德骄傲地宣称他在哲学中完成r一场哥白尼式的革命.正像近代天文学的奠基人 哥白尼由于把恒星的运动部分地归之于观察者的运动从而解释『恒星的表面上的运动一 样，康德则通过揭示客体与心灵相符合一在认识中，不是心灵去符合事物，而是事物 要符合心灵一而证明『心灵的先天原则如何适用客体。

许多论述康德或哲学的著作都包含有关于“哥白尼革命”（弗拉肖斯1962, 98ff： 杜威，1929, 287）, “康德的哥白尼式的革命”（波普尔1962. 180）的章节。杜威在 1929年主持吉福德讲座期冋，在谈到“寻求确定性”时大胆地断言：“康德声称从有知 识的主体的观点来看待世界以及我们关于这个世界的知识，从而在哲学中引起『一场哥 白尼式的演变［原文如此，应为革命revolution］杜威最后相当不谦虚地把他本人对 哲学的贡献评价为与康德引起的革命同样重要的另一场哥白尼式的革命。卡尔-波普尔 在1954年的一篇论文［这篇论文后来又在他的《猜想与反驳》重新发表（1962, 175低）］ 中，有一部分专门谈到康德的“哥白尼式的革命二波普尔在此引证了康德的一句话： “我们的理智不是从自然获得它的规律，而是把它的规律强加于自然二对此，波普尔 评论说：“这个公式概括了康德本人自豪地称呼他的'哥白尼式的革命’的一个思想” （p. 180）。一本专门论述《康德的遗产与哥白尼革命》的著作（维尔莱明，1954）也 已出版。在1970年召开的第三次国际康德大会的已经出版的文献汇编中，至少有三篇论 文谈到“康德的哥白尼式的革命”（贝克，1972, 121, 147, 239）,而且有一篇论文的 标題就是“休谟和康德的哥白尼式的革命”（234fT.）.

在我们谈r这么多之后，如果再说康德并没有把他自己的页献与一场哥白尼式的革 命相比较，无论对于读者来说，还是对于我本人来说，看来肯定是令人惊讶的。而且我 肯定读者会充分理解为什么在最后编写这一章的时候，我不止一次地发现有必要回到康 德的《纯粹理性批判》（它最初出版时的德文本以及现在流行的三个英译本L. J. M. D .米克尔约翰，1855：马克斯•缀勒，1881：诺爱•肯普•史密斯，1929,以及许多重 印本）以使我保持确信，在至少三种语言中的如此之多的著名权威可能使这样一个如此 明显的错误继续存在下去。在1929年吉福德讲座的听众中，是否可能没有一个人知道康 德的原文，所以可能引起了杜威对他的错误的注意？在第三次国际康德大会上，就没有 一个康德学派的学者曾经用德文或英文阅读康德的著作，并记得他实际上说的什么吗？ 在1974年以“科学与社会：过去、现在和未来”为题的哥白尼学术报告会上宣读的一篇 论文（斯特奈克，1975）对杜威和康德的哥白尼式的革命作了比较（C.科恩，1975）。 有一篇学术评论对这篇论文进行了讨论（克罗普赛，1975）。这篇评论提出了这样一个 问題："［卡尔・］科恩教授…把杜威的哲学说成是一场真正的哥白尼革命的产物”

（105）.但是评论者没有纠正对康德的哥白尼革命的提法：而且，显然也没有任何一位 读者这样做。

那些论述康德的哥白尼革命而且实际公康德的所谓类比提供r根据的作者让读者参 看《纯梓理性批判》第二版序言（1787：初版于1781年）。我们一会儿将看到，这篇新 的序言是非常有趣的，因为它对科学（数学和实验物理学）中的革命以及知识发展中的 革命进行『讨论。关于哥白尼康德实际上是这样说的（引自康德《纯梓理性批判》1926 年版,第20页，即Bxvi页）:

于是吾人之进行正与哥白尼之按其基本假设而进行相同。以“一切天体围绕观察者 旋转”之假定，不能说明天体之运动，哥白尼乃更假定观察者旋转，星球静止不动，以 试验其是否较易成功（《纯粹理性批判》，蓝公武译，三联书店，】957年版，第12-13页）。

这里，人们不必是一位德国学者，甚至也无需对德国语言十分熟悉，就可以看到， 在我们所引的这段话中，康德所说的是就哥白尼的“基本意图”或“基本思想”而言， 而不是“就一场革命而言”。在今天人们公认可靠和权威的译本中，诺曼-肯普-史密 斯将康德所说的“哥白尼的最初设想”改为“哥白尼的基本假设二这也许可以提供对 康德的意图的一个合理的解释，但是，它事实上完全背离『康德本人简单的和明确的表 述。因此，肯普•史密斯也给原来德文中的短语加了一个脚注。他的译文是：

因此我们恰恰应当依据哥白尼的基本假设［mit den ersten Gedanken des Kopemi kusj的思路而进行。由于依据“一切天体都围绕观察者旋转”这个假定不能令人满意地 解释天体的运动，因此他作了这样一个尝试：假若让观察者旋转，而星球静止不动，那 么是否更能取得成功.

但是，在肯普-史密斯的那本注释（1923）中.读者没有得到任何暗示，康德写的 是"mit den ersten Gedanken des Kopemikus 而不是 "mit dcr ersten HyPothese d cs Kopcmilkus\*\

康德的这段话清楚地说明r他的意图。在哥白尼之前的天文学中，人们假定，行星 表面运动的所有复杂性都是现实的。但是，在哥白尼之后的天文学中，人们看到，这里 所说的复杂性有一部分是由于观察者在一个运动者的地球上的位置而产生的。比较早的 形而上学也作r类似的假定：事物的所有外部表征（现象）都具有超出认知心灵之外的 一种现实性，正如行星运动的复杂性在哥白尼之前的天文学家看来也具有现实性一样。 然而，康德的新观点设想：我们知识的对象不是“自在之物,, （thingrinthcm-sclv cs）.而是我们的心灵与我们感觉的对象相互作用的结果.所以，康德对'物自体”

（things as they arc in themselves ）与''呈现在我们面前的事物（things as they appear to us）作了重要区分（肯普-史密斯，】968, 38）.

康德的做法可能类似于哥白尼革命的传统观点，因为在天文学和数学中我们可以看 出“长久以来未遭非议的一场革命，或对一个基本设想的彻底修正”（韦尔顿1945. 77）o 也就是说，“在一种情况下，人们假定的是观察者的静止性，在另一种情况下设想的是 观察者的被动性二许多哲学家指出，康德的所谓革命不是真正哥白尼式的革命。正如 贝特兰•罗素（1948 , 9）所说，"康德说他完成了一个'哥白尼式的革命’，但是，如 果他说完成了一个'托勒密式的反革命’，可能会更准确些，因为他把人重又放回到哥 白尼从此推翻人的权威地位的中心二

无论康德的实际意图如何，他显然而且肯定不是说他完成了（或将完成）形而上学 中的一场哥白尼式的革命。上面我们所引证的那一整段话（Bxvi）不包含任何这样的说 法，而且它既没有提到一场哥白尼式的革命，也没有提到在形而上学中的任何革命（无 论是实际上的或是即将来临的）。但是，虽然在《纯梓理性批判》的任何版本中没有一 个地方提到一场哥白尼式的革命，但是却存在形而上学中发生一场革命的迹象。尤其值 得注意的是，康德没有提及一个哥白尼式的革命，因为在第二版序言中，他充分展开r 科学中革命的概念以及知识革命的概念。然而，在陈述康德的革命观之前，有必要提一 下康德提及哥白尼的其他两个地方一一它们都出现在《纯梓理性批判》第二版序言的一 个注释中。在这个注释中，康德＜1929. 25=Bxxii）解释了 “天体运动的根本规律” —大概是开普勒的法则一一如何“给予哥白尼最初仅假定为一种假说的东西以已证实 的确实性，且在同时又产生出联结宇宙的无形力量（牛顿的引力）的证明。”康德又说， 假若“哥白尼不敢于在观察者中而不在天体中探求所观察到的运动”，那么牛顿的万有 引力“将永远木会被发现”。在这些句子之中我不能发现康德表达了这样一个看法：即 他相信曾经发生了一场哥白尼革命：它们甚至可能暗示了这样一个意思：只是到开普勒 和牛顿的时代方发生了一场革命。这些句子确实表明『康德本人所认为的“与［哥白尼的」 这个假说相似的观点的转变”的作用.就［哥白尼的」这个假设而言，康德“在这个序言 中只是作为一个假设提出来的，目的在于引起人们对进行这样一个转变（它总是假设的） 的这些最初的尝试的特点的注意二但是一一康德又断言一这个假设将“在《批判》 本身之中，从我们关于时空之表象的性质以及悟性的基本概念而证明其为必然的，而非 假设的二

在康德的论述中，哥白尼的名字只是在康德提到“最初的思想”时以及在我们刚刚 讨论过的段落中出现的。在康德的其他著作中，也曾提到哥白尼，但是都与革命的观念 无关。简而言之，一场自称的康德的“哥白尼革命”与历世纪末所谓的天文学中的哥白 尼革命一样，似乎并没有多大的现实性。尽管在著名的杂志上至少有三篇学术文章试图 告诉广大的哲学家们康德并没有把他的贡献与一场哥白尼式的革命相比（克罗斯，1937： 汉森.1959：恩格尔，1963）,但是，著名的哲学家们在自己的书和文章中仍然给予 “康德的哥白尼式的革命”以一个显著的位置。

康德对于科学中革命的看法

《纯梓理性批判》第二版序言中对科学中的革命的讨论是值得注意的。18世纪的许 多学者认为，革命，以及在科学中产生某种全新东西或直到那个时候才存在的某种东西 的突然的、引人注目的飞跃.推动科学向前发展。康德就是这样一位学者。他所谈到的 第一场革命是找们知识的激动人心的变化。这场革命所包含的“革命” 一词的新的含义 逐渐为人们普遍使用。就他使用“革命”这个术语而言，严格地说，康德是一个新思想 家（现代人）而不是一个传统拥护者：他所说的“革命”不是指某个循环的变革或某个 盛衰，或回到从前的某个更理想的状态，而是与过去进行完全而彻底决裂的一个根本的、 前进的步骤。

在康德看来，第一个革命发生在数学之中并且在于把一种陆地测量的经验知识转变 成一个演绎体系。“真实的方法”如同“在论证等边三角形性质的第一人（不问其人为 泰勒斯或其他某人）的心中显现的”“新的光明”而被发现。关于这件事，康德说（19 29, p. 19=Bxi-xii）：

他所创建的真实的方法，并不在检验他在图形中或在图形之赤裸裸的概念中所见及 的事物，以及由此以理解图形之性质，而在发现所必然包含于“他自身先天地构成的概 念”中的事物，由他所呈现此先天的事物于他自身的构成方法，以把它表现于图形之中。 假若他以先天的确实性而认识任何事物，那么，除去必然由他自身依据他的概念所加入 于图形中的东西之外，绝不附加任何事物。

康德在这里把“科学的荡荡大道”与“盲索”作r对比.这个对比或差异并不总是 容易理解和把握的。但是，从根本上康德似乎要说，在逻辑中，理性仅论究其自身，但 在科学的几何学中，理性则被用于它自身之外的某些事物一如几何图形一一尤其是等 边三角形。思想中的革命(RevolutiondcrDcnkarl)在于认识到,“无论是经验的规 察，还是对概念的分析都无助于我们证明任何数学的真理”(佩顿，1937, 366)。仅用 眼睛观察，或者依靠检査以确定等边三角形的性质是不够的，考察关于这样一种三角形 的概念也是不够的。相反，“我们必须运用……康德所说的概念的'建构’：也就是说， 我们必须先夭地展示与我们的概念相一致的直觉，因此，“康德认为最早的数学家的 发现似乎是”(同上)：

必须依据他本人思索的并先天地展示出来的合乎概念的东西构造图形：而且，为掌 握一定的先天的知识，除去必然由他自身依据他的概念所加入于图形中的东西外，绝不 附加任何事物.

康德认为(1929, I9=Bxi),几何学的这个根本的转变“必定是由于某一个人的 高明思想所引起的革命因而，这个人指出了 “这门科学必须进入的途径，遵由这个 途径，方可能得到所有一切时代及其无限扩展中的确实的进步

康德坚持认为，“这场思想革命「Revolution dcr Denkart」远比发现绕行著名的 好望角的航线要重要得多”。然后他又提到“这场革命的纪念二所以，在一页之上几 行文字之中对革命有三种不同的提法(两次是作为“Revolution”，一次是作为“Vera ndcrung"提出来的)(p. 19=Bxi).

在紧接在后面的较短的段落(192. 19一20=Bxii),康德从数学转向“自然科学 —这里所说的自然科学，是建立于经验的原则之上的二自然科学花费了比数学长得 多的时间才进入“科学之大道”的。康德说，“只是在一个半世纪之前”，培根才“部 分地开始”这个转变并“在一定程度上在那些已经走上”创建一种以经验为基础的科学 —这可以说“是一场思想革命的意想不到的结果一的道路的人们中间激起了新的生 气和活力。

在下一段，康德毫不掩饰地“推溯实验方法史的正确途径二在此，他仅仅提到伽 利略、托里拆利、施塔尔这几个人的实验以为例证。他断言，物理学经历了一场“其观 点中的仁慈的革命「其思想的有利的革命y'。对于康德来说，“物理学中的'仁慈的革 命’所依据的'幸运的思想’是，当理性必须在自然中探求而非虚构事实时，凡由理性 自身的渊流而不能知而只能从自然学习的东西，理性必须在这个探求之中把它自身置于 自然之中的东西作为其指导二正是在这方面，“自然研究在数世纪的冥行盲索以后才 进入科学的坚实的道路”(pp. 20-21 =Bxiv).

此神话的起源

在讨论了数学以及实验的或以经验为基础的物理学之后，康德转向了形而上学， “一门完全孤立的思辨的理性科学-(p. 21=Bxiv)o他把这一学科与数学和自然科学 作『比较。他指出，数学和自然科学是“由于一场突发的革命而变得今天这样繁荣的” (pp. 21 —23=B xv—xvi)在这个讨论的第三页上出现 了 \*\*mit den crstcnGcdankcn desKopemikus”这样的用语.我们已经看到，这一说法可以逐字译为“就哥白尼的最 初思想而言"(with the first thoughts ofCopcmicus)e在这里’康德的观点显然 是，哥白尼已完成了从一个静止的观察者的看法向一个旋转的观察者的观点的转换。他 表明，当人们使观察者的运动脱离太阳、行星、恒星的已观察到的或表面的运动时，那 么就会出现变化。因此，康德所理解的哥白尼的“最初思想”似乎是在逻辑在先而非历 史连续的意义上说的。而且，如果康德想说哥白尼开始或创始J'一一天文学中、科学中 或思想领域一的一场革命，那么他又为何不这样说呢？因为，就在前面几页，他还在 讨论科学中的革命，而在这一页一开始他又谈到科学中的革命，显然，这样一场革命的 概念在他的思想中占据显著地位。不管康德是否认为有一场哥白尼革命，他在《纯梓理 性批判》第二版序言中肯定没有这样说。这个事实在讨论康德对哥白尼的评论被置于其 中的科学革命和思想革命的时候，似乎是更为重要的.当然，在提到哥白尼的那一段的 开始就提到革命也不可能导致注释者们认为康德提到了一个哥白尼式的革命°

康德说，他认为他的书给予形而上学以科学方法的确定性。他坚持认为，哲学家应 当尝试模拟数学和自然科学的进行程序，至少“就它的作为同样的理性知识类推于形而 上学的模拟可能允许的范围而言”是如此(1929. 22=Bxvi).此后，康德又谈到他留 给“后人的遗产是一种成体系的形而上学”。他说，“这是一件不可轻视其价值的礼物”， 因为“理性将因而能道循科学的坚固的道路，而不是像以往那样没有审査和自我批判地 冥行盲索”(p. 30=B xxx)o

能说形而上学中的这样一个变革就是一场革命吗？康德对此作了肯定的回答。他说, 他的论述的目的在于“改变当前盛行的形而上学的方法，并且遵循几何学家和自然哲学 家的做法，由此在形而上学中发动一场全面的革命[cine ganzlichc Revolution] (B xxii)o因此，康德加入了 18世纪科学家一西默尔、拉瓦锡、马拉一的行列。这些 科学家都说自己的工作就是引发和制造革命。但是，康徳既没有说这场革命是哥白尼式 的革命，也没有举哥白尼或天文学为证。因为，在任何已知的信件、出版的著作或手稿 中，康德都不曾提到一场哥白尼革命。所以，他不可能说过，他对哲学的重大贡献是 (或将是)引发一场哥白尼式的革命。

那么，我们所见到的文献又怎么可能是如此错误呢？ 一个可能的解释是：在一个段 落开始的时候论述了形而上学中的革命，而在此之前的一段有一个比较长的脚注，其中 谈及哥白尼和牛顿。注释者们的错误可能由于把关于形而上学中的革命的句子与前面的 那个脚注合在一起了。但是，因为康德用的是“几何学家和自然哲学家的例子二而非 天文学家的例子，所以在我们看来，任何可能的(尽管是未必有的)联系都是与一场牛 顿式的革命而非哥白尼式的革命的联系。无论最初错误的根源如何，作者们显然是彼此 以讹传讹，而没有仔细审査其来源。尽管有三个关于康德从未描述过一场哥白尼式的革 命的告诫，而区也没有多少人说康德在形而上学中引发过一场哥白尼式的革命，但是， 这个错误在哲学文献中还是年复一年地存在了下来。

正当我完成对这一章的最后修改时，我又见到四本继续存有这个长期错误的书。一 本是罗杰-斯克舎顿写的，作为“昔日名人”丛书之一由牛津大学出版社出版。作者在 书中强调“康德所说的他在哲学中'哥白尼式的革命(1982. 28)。另外一本是己 故的恩斯特•卡西尔的一部伟大的杰作(初版于1918年)。这部著作已译成英文。书中 一篇新的“英文版导言”(1981, vii) 一开始就讨论了 “康德在哲学中的哥白尼式的革 命”。我们在其中还读到：“哥白尼革命是建立在一个全新的哲学观和哲学方法的基础 之上的，康德把这种新的哲学观和哲学方法描述为批判的和先验的-(p.viii).

在研究歌德、康德和黑格尔的一本一流的著作中，沃尔特•考夫曼写道(1980. 87 -88)： “康徳声称完成了一场哥白尼式的革命二但是，考夫曼认为，在《纯梓理性 批判》中，康德“完成了一个反哥白尼的革命。他颠倒和推翻『哥白尼对人的自尊的震 耳欲聋的攻击”，因为他“使人重新回到了世界中心的地位二《科学史辞典》(1981) 中有一个论述哥白尼革命的非常有洞察力的条目，它强调这个表达方式可以有两种含义: 其一是哥白尼“将一种日心体系引入天文学”，其二是“这样一种体系以带有开普勒所 提出的椭圆形轨道的经过修正的形式在17世纪牢固地确立起来二该条目最后评论到： “人们同康德一样，用'哥白尼式的革命’这个概念普遍描述任何能够促进思想进步的 观念的根本改造二但是，在这同一本辞典后面有关康德的条目中，对所谓哥白尼式的 革命没有任何涉及。

把哲学或形而上学中一场自称的哥白尼革命归因于康德并非最近的发明。在1799至 1825年期冋，至少有四位研究康德哲学的作者一在出版物或讲座中一公开说，康徳 本人期望或者已经着手进行哲学中的一场哥白尼式的革命。一位在德国生活多年的法国 人夏尔-德-维拉尔把大量解样康德思想的出版物献给了他的同胞。在1799年《北方的 目击者》中一篇关于《纯梓理性批判》的文章里，维拉尔说道，康德对人类知识和推理 的沉思“使他认为在形而上学中需要一个类似哥白尼在天文学中完成的革命”（p. 7）。 然后，维拉尔用与康德本人在《纯梓理性批判》第二版序言中描述“哥白尼的最初思想” 时（B.xvi）所使用的相似的术语和措词，解样了康德革命的性质。在另一部著作《康德 哲学》中（1801, PP. Viii-x）.维拉尔暗示，笛卡尔、拉瓦锡以及哥白尼和康德己经 引起了一场思想革命.

十六年后，维克托•库辛重新提出了康德的哥白尼革命的话题。库辛是他那个时代 阅读最为广泛的哲学普及者之一，而且他的书有许多版本并一再重印。1817年他在巴黎 大学文学院主持讲座期间，把康德与哥白尼革命联系在一起。他的这些讲演直到1841年 才出版。编者为此所写的“按语”说，这些讲演是在法国大学中对康德体系的最早介绍 （1841. iv-v）o在第二版（1846, 1： 105-113）中，人们清楚地知道，库辛在1816 年也讲授过康德的思想，但是在那时，他的徳语水平特别差，故他不得不依靠康德著作 的拉丁文本和法文的二手著作。在1817年，当他能够从德文原文阅读康德著作时（1： 2 55, n. 2）,库辛解释说，“康德在形而上学中引起了一场与哥白尼在天文学中引发的 革命相同的革命二在他1820年的讲演（1842, 1846, 1857年版：1854年英文版）中， 库辛说，“康德意识到他正在进行的革命：他充分认识了他所处的时代并理解J'时代的 需要二然后，他又用与他在1817年的讲演中几乎相同的语言重新概括了康德《纯粹理 性批判》第二版序言.

在1818年，菲利普-阿尔贝-斯特普费尔写的一篇论述康德的重要文章被收入参考 著作《全传》第22卷中。该文的一个脚注解耗说，夏尔•德•维拉尔本来在写这篇文章, 但他后来又让斯特普费尔代劳，因为即将离开人世，故他无力赋予这篇论文以预期的形 式。斯特普费尔讨论了康德《纯梓理性批判》第二版（但在第239页他又称第三版），并 且明确把完成哲学中一场哥白尼革命的思想归于康德。他说，康德“认为他有责任在思 辨科学中引发一场他的卓越的同胞、普鲁土人哥白尼已在自然科学中完成的革命一这 个类比是康德本人的思想”（p. 239）.在pp. 239-240.斯特普费尔相当详尽地发挥 了这一思想，最后他明确地提到哥白尼：“我们将不再围绕事物旋转：由于使我们自己 成为它们的中心，所以，我们将使它们围绕我们旋转.这就是哥白尼的革命二类似于 库辛的描述的这个陈述，将使康德具有托勒密而非哥白尼的地位。但是，无论库辛还是 斯特普费尔，似乎都没有像后来人那样认识到，可以把这场革命叫做托勒密式的反革命。

1825年，在《朗迪南西斯百科全书》（第20卷）中一论述哲学的条目里，托马斯・ 沃格曼从《全传》中引证『一段把康德与一场哥白尼式的革命相联系的文字并译为英文。 虽然这段文字是由斯特普费尔所写，但是沃格曼却把这个条目归维拉尔所为。根据沃格 曼的译法（p. 151）,康德“认为他注定要在思辨科学中完成一个类似他的卓越的同胞、 普鲁土人哥白尼在自然哲学中已经完成的革命：这个类比的想法最初是由康德本人作出 的沃格曼继续随若斯特普費尔发挥。斯特普费尔最后得出结论说（同上）：“我们 将不再围绕事物旋转，而是在使我们自己成为它们的中心的同时，使它们围绕我们旋转。 这就是哥白尼的革命二

沃格曼在《朗迪南西斯百科全书》有关哲学的条目及其他条目中把康德与革命和哥 白尼联系起来.在关于哲学的条目（1825. 129）中，沃格曼对康德和哥白尼展开『充分 的比较，同时又特别指出：“我禁不住对这两位伟人进行有希望的类比。康德创立了一 种与哥白尼的理论同样富有想像力的理论：而且，如果它像哥白尼的理论那样经受住时 代的检验，那么它将引发和完成的革命同样也将是光荣的二

维拉尔（1799）、库辛（1817： 1820）、斯特普費尔（1818）和沃格曼（1825）并 不是在这个比较早的时期把康德与哲学中的一个哥白尼革命联系起来的唯一的几位作者。 另外一个人是斯塔尔夫人。在1813年伦敦版的《论德国》（这也许可以看作是第一个版 本，因为】810年的巴黎版在法国被禁止发行，那时，该书的印刷尚未完成），她断言 （3： 13-14）.

路德说，“人类精神就像是马背上的喝醉酒的农民：当他在这边起来后，他又倒向 另一边匚所以，人在他的两个本性之间不断地来回变动、摇摆：有时，他的思想使他 脱离他的感觉，而有时他的感觉又吞噬他的思想，而且他又企图把一切都归于思想或感 觉。不过，在我看来，诞生一种坚定的学说的时刻已经到來.形而上学必将经历一场像 哥白尼在宇宙体系中完成的革命那样的革命。它必须把我们的灵魂重新放回到那个中心 去并使之像太阳那样转动：外部的客体环绕着它而运动，并且从它那里获得光明。

这段话是斯塔尔夫人在谈到培根时说的，但是，在《论德国》的同一部分对德国哲 学的进一步论述表明，斯塔尔夫人所思考的是整个徳国唯心主义哲学（一般）和特殊的 康德哲学.

斯塔尔夫人并没有说康徳本人期望一场哥白尼式的革命，但是维拉尔说康徳认为这 样一场革命在形而上学中是需要的。库辛认为，康徳若手在形而上学中引发一场哥白尼 式的革命，而且斯特普费尔说康德认为自己有责任在思辨科学中造成这样一场革命。值 得人们注意的是，斯特普费尔的讨论概括说："C‘ cstlarcvolutiondcCopcmic”， 沃格曼译为：“这就是哥白尼式的革命二人们也许注意到，除去维拉尔之外，所有这 些作者都把康德对“哥白尼的最初思想”的类比发展成为一个隐喻，这个隐喻远远超出 了康徳在直接谈及哥白尼的文字中实际上所包含的鮮明性和含义。

卡尔-莱昂哈德-莱因霍尔德的例子是大为有趣的，因为他是18世纪80年代康德哲 学的一个著名的宣传者和解舔者，而且，他还谈到康德著作中对革命和哥白尼的论述。 莱因霍尔德似乎并没有专门就一场哥白尼革命明确写过著作或文章，但是，其中至少有 一段可能使其他人把康德与一场哥白尼革命联系了起来。莱因霍尔德对康德《纯粹理性 批判》的探讨是比较早地介绍和描述这部著作的辅助材料之一。这个探讨见于1794年他 的《纠正过去哲学家的误解》一书第2卷中。在第7部分“论《纯粹理性批判》的基本原 理”，莱因霍尔德论述了康德《纯粹理性批判》第2版序言。他说，康德在该序言中以一 种非常有趣的方式指明『形而上学迫切需要通过“批判”来进行的“思想转变”（p. 4 ID-接着，他又相当详尽地摘引并评释了康德关于革命的言论（pp.411 — 415）.在第 415页上，他把在康德的《纯粹理性批判》第二版序言中相隔几页的两种陈述并列在一起 （见 Bxvi 和 xxii 页）：

“这种情形正与哥白尼最初的思想的情况相同。哥白尼假设一切天体都围绕观察者 旋转，因此不能很好地说明天体的运动。于是，他假定观察者旋转，恒星静止不动，以 尝试其是否更易于成功二一“依据几何学家和物理学家所确立的例证，使形而上学 革命化，以改变迄今为止一直流行的形而上学的程序，这种尝试即纯梓思辨理性批判的 主要目的二

在此，这些段落是未加修饰逐字逐句直译过来的，所以，人们也许会明白，它们的 并列怎么可能影响到后来的读者并使他们称康德在形而上学中的革命为一场哥白尼式的 革命。莱因霍尔德本人并没有明确说过一场哥白尼式的革命，尽管他认为康德“创始并 引入了现在完全不可避免的革命”（pp. 415X16）。

然而，早在1784年，莱因霍尔德（p. 6）就认为启蒙运动是一场革命.而且，在他 著名的《康德哲学信札》的第一篇信札一这篇信札写于1786年8月，因而早于《纯粹理 性批判》第二版序言一中，莱因霍尔德就已经把康德与革命（pp. 124-125）和哥白 尼（p.】26）联系在一起了，但是，他并没有把两者合在一起从而使康德成为一场哥白 尼式的革命的发起者。

在19世纪中叶，威廉•休厄尔非常谨慎地对康德本人的论述作了忠实的概括。在他 的《归纳科学的哲学》（全称为《以归纳科学史为依据的归纳科学的哲学》）（1840） 中，他写道：“康德的见解所引起的沉思人类知识的习惯方式中的革命是最全面的。他 本人完全不公正地把它与哥白尼的太阳系理论所引起的变革相比较”。休厄尔让读者参 看“康德的《纯梓理性批判》序言，第XV页”，他明确把康德关于形而上学中一场革命 的论述与哥白尼所引入的新的观点区别开来。

第16章 德国不断变化者的革命语言

在前面的章节中，我们主要通过法语和英语一在17和］8世纪进行学术讨论的两种 主要的日常语言一的著作描述了科学这一概念和名称的演变、发展，以及这个概念在 科学变革中的运用。在这个时候，德语尚未成为世界上科学家们、政治和社会思想家、 哲学家、历史学家和神学家的通用语言：它成为一种通用语言是19世纪的事情。但是， 对革命的讨论，以及关于在讨论中所使用的语言的一系列争论开始于18世纪末期。这些 讨论和争论的方式此后一直影响到德国的思想以及有关这一主题的写作。

看一看德文有关革命的文献，人们就会对两种用法之间的争论留下深刻印象：法文 中的-revolution"（革命）一词和可以提出的德文中的代用词，这些代用词中最主要 的是“Umwalzung”（暴力变革，彻底变革，革命），其他还有“Umdrehung”（旋转）、 -Umsturz"（推翻，颠覆）、“Umschwung”（骤变，根本改变，转变），“Umlauf” （循环，运转）（和“krcislauf”〈循环运动＞）・另一主要用法是德文中的“Umkeh g”（翻转，颠倒，回返九其他的用词还有：“Vcandcrung （改变或更迭），“gro ssc Vcrandcrung"（大变革），Staasvcrandcrung （国家的变革或更迭）。

•Umwalzung' 一词來源于'um'（环绕、旋转）和'Walzcn'（滚转、旋转，如同 英文中的'Waltz'〈华尔並舞＞）,而且因此是德文中“革命”一词的同义词。\*Umd rchung'通常用其旋转的直接含义（革命）：例如，德文中’RPM' （revolutions p cr minute）的同义词是 \*U / min" （Umdrehungen in dcr Minute）： \* Drehung'的意 思是（像车轮那样）旋转、转动，因此也包含若循环交替或革命的意思。“Umstarz”具 有“推翻”、'倾覆”.“瓦解”、“颠覆”、“颠倒”、“天翻地覆”的意思，因此 也包含着社会和政治的“颠覆”、“推翻”、“剧变”和“革命”的含义。“Umschwun g"意指“回转”，“突变”、“改变”和“回转•Um-lauf的含义是天文学中的 “运行”，也意指“循环”：这后一种含义也用'Krcislauf' —词表达（正如用'Blu tkrcislauf 一词来表达“血液循环” 一样）。动词'Umkethen'还意指“旋转”或 “颠倒”（倒转，颠覆）。它也许是与'Umwalzung'最接近的词，而且是16世纪通用的 德文词中与'revolution'在意义上最接近的词。因此，当路德抨击哥白尼体系（对此， 他只听说过，但从未研究过）时，据说他（在他的“席间话”或“餐桌谈话”中）曾经 说过这样的话：“ Dcr Narrwilldicganzc Kunst Astronomiac Umkehren”（这个愚套 的家伙企图推翻整个天文学的）。在进行这同一个讨论的一篇拉丁文报告中，哥白尼被 视为一个"企图推翻整个天文学的”人（\*\*qui totam astro-logiam invcrtcrc xult"）. 这里“invcrtcrc”的意思就是“倒置’*域*"颠倒”和“推翻”。

因为’^volution'是一个从法文来的（最早是从拉丁文产生）词，所以格林兄弟 （Grimm brother）著名的《德语大辞典》未曾收入（R卷出版于1893年），这使得学者 们追溯德国著作家们从中世纪一直到最近使用几乎所有主要语词的方式。但是，在18世 纪中叶，词典编纂者约翰-海因里希-策德勒并没有表现出如此狭隘的民族主义思想， 而且在他的巨著《世界百科大全》（从1732年到1750年共出版了 54卷）中'dicRcvolu tion\*这个条目收入第引卷（1742）»在这一条目之下共有两个定义，但未作任何引证 或举例。第一个定义涉及政治的变革：革命“是说一个国家在其行政和政策方面经历了 一次重要的变革二这个定义是相当宽泛的，因此它同样可以包括进这样一个革命的概 念：革命是确立某种全新的、没有前例的东西的行动.同时，它也包含这样一个思想， 即一场政治革命是一个周期性的循环现象，是向某个先前状态的回复。第二个定义显然 是循环论的：行星环绕太阳作轨道运行的周期。

尽管策德勒引入并介绍了 'die Revolution”这个概念，而且它作为一种德文的表 达似乎已完全融合到德语中来，但是，后来的词典编纂者并没有如此简帆地接受这个外 来词。约翰•克里斯托弗•阿德隆（Johann christoph Adclung）在1774—1780年编纂 的四卷本《高地德语方言词典》并没收入“革命”（Revolution）这个条目，虽然“革 命-（Revoution）这个条目出现在1793-1801年増订的六卷本中。在这两个版本中间， 曾发生过两个值得注意的事件：法国大革命，以及加速用他们的德语同义语取代外来语 词的运动。例如，法语中的'edition' —词在这时被放弃，转而赞成将两个词根译成德 文：'Ausgabc'（版，版本,版次）。18世纪末这个民族主义的爆发可以与希特勒执政 时代的做法相匹配。例如，在希特勒上台以后，外来词（如’Telephone'被勒令由它们 的最相近的纯梓德文的同义词取代（如'Telephone'就由'Fcrnsprechapparat'取代）。

阿德隆对上述两个事件作出了强烈反应。他直接提到法国大革命，并且讨论『将 ,Revolution' 一词译成徳语的尝试。阿徳隆像策德勒那样，划分出了不同的革命变革 的类型（革命变革被界定为“事物的过程或关系中的一种全面的变化-）：（1）自然的 革命，或自然中的革命是指改变了地球面貌的伟大事件。（2）公民（社会）革命则是指 一个国家的政体或制度组织的彻底变革，这样一些变革通常都伴随若暴力，如在以共和 制取代君主制的过程中所表现的那样.这方面的例证有英国的光荣革命和法国大革命。 阿德隆强烈反对“近来”用一个德文词取代'Revolution」革命）一词的企图。他特 别指出，在所提出的替代中，“最不成功的"是'Umwalzung'和\*Staatsumwalzung' （“颠覆”和“国家的颠覆”），因为它们只是“一个外来词的字面解样二其他这样 的词还有'Vcrandcrung'或'Umandcrung'（变化，改变），4Umschattung'（改造）， ,Hauptvcrandcrung'（主要或首要的变化），以及'Staasvcrandcrung'（国家的变 革或改变）。他断言，如果人们不得不去在德文找一个•Revolution'（革命）的同义词 的话，那么，'Um wandlung'（改变，转变，改造）可能是被优先考虑的。

对阿德隆的回答见于约阿希姆-海因里希-卡姆佩的两卷本词典（1801年）中。卡 姆佩抨击阿德隆是一个“吹毛求疵的语言学家”，并且要求德国人用他们自己的词汇 'Umwalzung'取代外来词,Revolution'.以作为表达政治变革的语词。卡姆佩还夸耀 说，正是他本人在1792年的一篇政治著作中引入了 ’Umwalzung'这个词，用以指称法国 大革命。而且，他不客气地断言，在过去十年中，数以千计的德国著作家都“称赞••他 在他已经引入的新的意义上使用•Umwalzung'» 一位批评家指出，'Umwalzung'意指 一种有形的和有规律的运动（如同地球围绕它的轴旋转一样），因此，用于政治变革是 不适当的。尽管这里所说的政治变革有些是以一种和平的、有序的方式发生的，但是， 许多其他变革并非如此一尤其是那些受选票和群众行动影响的政治变革。卡姆佩暗示， 革命的唯一可允许的含义是一个周期性的事件的最初的词源学的意义，因此这个词不能 表示在政治革命中所发生的各种政治变革。此外，他还指出，’Um-wal-zung'中的音 节间的连接是比’Rc-vo-lu-tion'中音节的连续更和谐悦耳的.

卡姆佩没有讨论'Revolution'或'Umwalzung'可以正当地运用于任何激进的变革 而不是在政治学领域运用的可能性。这是更为奇怪的，因为他引证了康徳（以及赫尔德） 的一些话，以说明主要的德国思想家对'Umwalzung'的用法。但是，正如我们已经看到 的，康德谈论过科学和哲学中的“革命二几年前，《康德全集》的前九卷都附有一个 经计算机编排的动词索引（马丁，1967-1969）。这个全集包含了康德的全部主要著作。 表达革命意义的语词出现的次数如下：

die Revolution 57

dcr Umlauf 33

die Umdrehung 25

die Drehung 15

die Umwalzung 12

dcr Umschwung 10

dcr Umsturz 7

dcr Krcislauf 6

显然，康德使用'Revolution」革命）一词的次数几乎是他使用'Umwalzung'— 词次数的五倍，而且比使用任何其他同义语要经常得多。

康德在大量著作中都曾求助于革命概念。在他早期的科学著作一特别是那些论述 天文学的著作，其中最著名的是他的《自然通史和天体理论》（《宇宙发展史概论》） （1900. 1970年版：初版为德文版，1754） ——中，对天体的沿轨道运行作了相当多的 论述。在其《学院之争》（1798：参见康德《全集＞.1902年版，第7卷，第59, 85. 8 7. 88. 93页）这篇论文中，他讨论了政治革命。在一本论述宗教的小册子（《在理性范 围内的宗教》）中，他两次特别提到“人的气质中的一场革命”（1793：康德，1960. 41-43）.但是，除去在其《纯梓理性批判》第二版序言中对科学中两次伟大革命的讨 论外.康德似乎没有更多地考虑科学中的革命。

康德的同时代的人歌德多次提到法国大革命以及在意大利、西班牙、葡箭牙发生的 革命。它们多见于书信、诗歌、散文和游记中。在为他所翻译的狄德罗的一篇论文（17 98-1799）所写的序言中,歌德指出（1902. 33： 206-207）,狄德罗己经引起了一场

“艺术中的革命二歌德认为，每一个“艺术中的革命"都会促进“对自然的全面认识”。 歌德在他的自传《诗与真》（1811-1831）中说，在文学中也发生了革命。他本人就参 加了不止一次“德国文学的革命”（同上，1902, 24： 52）o他在1820年说，展望中的 某些发展也是“革命性的”（37： 119 —120）。那些断绝和放弃对过去的依附或迷恋的 人总能产生一个革命性的变革” （"revolutionaren Ubergang"）.在他的一个格言中

（4： 221）,他谈到那些认为他们可以保持克制的弱者的愚套的'革命观点’（“revo lutionarc Gesinnungen"）。

歌總对于科学中的革命的看法主要表现在他的引起人们广泛争论的《颜色学》（18

10）以及辅助性著作《顔色学史资料》中。这是歌總展开对科学史论述的唯一著作。在 这部著作中，歌德称赞培根拥护一门以经验为基础的科学。尽管曾经接受传统的亚里士 多德哲学的教育.但是培根却賛成以经验为基础的科学，这对于歌德来说恰为一典型例 证，即通过这种方式，“革命的思想”，即“革命的思维方式”可以作为独立的个人的 贡献.而不是在普遍的社会背景之下的缓慢的吸收，而得到发展（1947—1970, 6： 147）O 歌德还特别指出，培根的能力和活动是“对权威的反叛”（“gcgcndicAntoritatans trebende"）.并且用MrevolutionarerSinn"（“革命的意识”）这个短语来描述培 根的思想和影响的特点。他具有一种革命的意识和精神：这种意识和精神最充分地表现 在他的关于自然科学的著作中（p. 152）。这是歌德就在一场激进变革的意义上的科学 中的革命这一主题所曾作出的最清楚的表述。

但是歌德的确賛成科学变革的循环论，虽然当他在《颜色学》中就这一主题进行讨 论时并没有在这种意义上使用“革命”这个现行的词.他认为，历史就像是活的有机体， 从来就不是静止的：“一切事物都不是静止的”。事物在不断进步，但它从来就不是直 线的，所以，前进的运动是循环的，实际上是螺旋状的或盘旋上升的一就如同植物的 生长一样。歌德对植物的螺旋状生长趋向进行了极富创造性的研究。就这种关于历史以 及科学的历史发展的观点而言，歌德受到维柯的《新科学》的影响。《新科学》是启蒙 运动时期表述循环论历史观的主要著作。歌德阅读『这本著作并赞成其学说（菲埃托尔 1950. 131）o在其笔记中，歌總详细地展开了一系列的循环，以描述科学的成长和发展 （见格罗特 1972. 14—18）»

在德国有关革命的著作的历史中，亚历山大•冯•洪堡的观点是特别重要的，因为 他的著作被如此广泛地阅读。他在1845年到1862年期间撰写并出版了五卷本的《宇宙》 这部空前的科学巨著。在这部巨著之中，洪堡试图运用受过教育但没有经历专门的科学 训练的大众能够理解的语言，对整个宇宙的物质结构进行精确的全面的描述。这部著作 对所讨论的每一主要学科的科学史都作『表述。据估计，这部著作在19世纪50年代销售 了八万多册。几个不同的英文译本也已出版。

洪堡把宇宙的历史划分为七个时期。第一个时期开始于古希腊，而最近一个时期则 是以17世纪望远镜的发明为开端的一系列科学发现。他写道，假如印度人的（印度•阿拉 伯）数字系统为希腊人所知的话，那么，在关于宇宙的数学知识中就可能会产生一场革 命（"cine Revolution"） （1845—1802. 2： 198）«洪堡声称,哥白尼已在天文学的 世界观中引起了一场革命（'Umwandlung', 198）,并且也引发了一场“科学的革命”

（"Wisscnschaftlichc Revolution'. 350—351）。洪堡写道，"哥白尼所引发的科 学的革命难得连续不断地向前发展，以达到它发现宇宙的真正结构的目标二当洪堡转 向17世纪和望远镜发现之后的天文学，谈到伽利略和开普勒时，并没有像谈及哥白尼时 那样使用“革命”这个术语。就此而言，他也许是步历史学家J. -S.巴伊的后尘。洪堡 也并没有认为牛顿的成就是一场“革命”，也许是因为在这部著作中，牛顿及其万有引 力定律没有引起充分的重视，而且只是附带地提及。这可能是歌德著作的一个影响。歌 徳的《颜色学》的大部分章节致力于反驳牛顿的著名的光的理论，并且用歌德本人的理 论取代这种理论。歌德和洪堡是非常好的朋友。洪堡哲学的许多思想都受到歌德哲学的 影响或者说与歌德的许多哲学思想相似。

洪堡探讨了 “进步的速度得以迅速提高”的方式或途径，并且提出了 “所有自然科 学中都期待周期性的、无止境的改造和转变”这样一个思想（同上，3： 24）.但是，如 果说在德文版的《宇宙》中只在几个地方提及科学中的革命，那么读者在E. C.奥特 （Otte）所译的英文版中可能会发现有比洪堡当初写这本书时更多的地方提到了革命。 例如，奥特（1848-1865, 1： 48）写道：“愉快的革命”，其实，洪堡原来在这里所说 的只是“dicglucklichc Ausbildung”（愉快地造就、培养）。

在19世纪另一位重要思想家G. W. F.黑格尔的早期著作中（1817）,人们发现，黑 格尔依照布丰、赫尔德和施勒策尔的方式探讨J'地球上的革命。在其《哲学史》中.黑 格尔称以康德为中心德国哲学时期一场“思想方式中的革命”（1927-1940, 19： 534）» 他还坚持认为，来源于牛顿和洛克著作的“形而上学的经验论”可以看作是精神活动中 的“完全的革命二虽然黑格尔称赞牛顿和洛克的“形而上学经验论”是革命性的，但 他对牛顿进行了激烈的批判一一这一态度和立场后来一直延续到恩格斯的著作中。他嘲 笑牛顿的光理论是“野蛮的-（1970： 2, 139）.并且严厉批评牛顿在实验方面的愚笨 和错误（同上：参看，1927-1940, 19： 447）»特别是他严厉批评了牛顿在《自然哲学 的数学原理》一开始对开普勒的面积定律（联结各行星到太阳的半径向量在等时内扫过 等面枳断作的所谓数学的证明。他把牛顿关于正弦和余弦在无穷小三角形中可视为相等 的设想看作是违背了数学的基本原理（1969, 273）。此外，而且更为严重的是，“数学 完全不可能证明物质世界的质的规定，因为它们是以题目的质的特点为基础的定律”。 但是，黑格尔在谈到历史中的革命时的确曾提及科学中的革命。在他的《哲学全书》的 第2部分自然科学中，黑格尔说：“一切革命，无论是科学中的革命或世界史中的革命， 其发生仅仅由于精神［Geist］改变『它的范畴以理解和检査属于它的东西，以便以一种 更真实、更深刻、更直接和更统一的方式获得和掌握自身匚

弗里德里希•恩格斯著名的科学著作《反柱林论》的另一个标题是《欧根•杜林先 生在科学中实行的变革》。在英文中，这一标题被译作“欧根•柱林先生在科学中的革 命但是，人们对于恩格斯的意图尚存有一些疑问，因为他在文中用了两个词：'Um walZung'和'Revolution'。这一问题显然使一位法国翻译家感到困惑。在第一个法文 版本（1911）中，翻译者不愿用“欧根•杜林先生在科学中的革命”这个可疑的标题， 而是采用了一个描述性的标题：“哲学，政治经济学，社会主义”，以“反对杜林”为 副标题。然而，作者在修订本书时把这一标题改为“欧根•杜林先生在科学中引起的混 乱”（1932）。恩格斯在这部著作中没有一处提到科学的'Revolution'或'UmwalZun g'（参见下面第23章）。

在19世纪，如在20世纪一样，'Umwalzung'作为'ReVolution'的对应词而流行和 通用。两者之间主要的差异似乎是（而且现在仍然是）：'Umwalzung'很少用于一就 我所知 循环的或周期性的事件，如一颗行星在其轨道中运行（revolution）.而 且通常也不用来指示“重大的”政治革命，如法国大革命或俄国革命。科学家们（如阿 尔伯特•爱因斯坦）在谈及科学中的革命时，既用'Umwalzung',也用'Revolution'。 然而，我还没看到有谁用'Umwalzung'来称呼科学的革命（Scientific Revolution） 或产业革命（Industrial Revolution）。&#26;

第十七章产业革命

产业革命并非科学中的一次革命，甚至也不是直接或主要以科学的运用为基础的一 次革命一一我们这里所说的革命是指像在19世纪下半叶发生的染料制造业中的革命这样 的名副其实的革命。但是，它是一场其时冋跨度包含美国和法国的革命以及化学革命的 革命，而且，它像化学革命一样，在那时被认为是人类事务中的一场革命。因此，在任 何历史中都必须认识到，这场革命的中心论題包括对在政治领域之外发生的革命愈益増 强的自觉和意识。

在此我不想探究产业革命的性质和重要性，关于这一主题已经产生了大量的学术文 献。这样一个探究将使我们远离话题，而考虐超出本书主要焦点的论题。在我们目前的 条件下，产业革命主要对于它的历史编纂学中的相似之物（和不相似之物）有意义，而 且对于科学革命和科学中的革命的概念也是有趣的。

产业革命与科学革命或科学中其他革命共同的主要的历史编纂学问題是确切地介定 名称的含义：然后是一个双关问题：这样一场革命何时发生，它实际上是否已经发生。 当我们把《社会科学百科全书》（1932）和后来的《国际社会科学百科全书》（1968） 中对待产业革命的态度作一番比较，那么，关于这些问題的观点的前后变化就一目了然 了。前者用十三个对开页的篇幅介绍“产业革命”，而后者只是告诉读者“参见'经济 增长’，'经济和社会’，'工业化’’现代化”’这些条目。依照思考社会科学的新 的时代，产业革命不再是一个主要范畴。事实上，在这四个条目当中，只有一个条目 （“工业化”）提到了产业革命。其中有两段专门论述这一事件。第一段指出，这个短 语“长久以来一直被用来指称大约从1750年至】825年这个时期”。在这一时期，“机械 学的原理，包括蒸汽动力，在英国被应用于制造业”，从而引起了 “经济结构和经济増 长中的一个显著变化第二段强调，“在学者们中间，就产业革命在英国的发源这个 问題”尚未达成“一致意见”，并且指出最近学术界的看法（迪恩和科尔，1962） “对 在英国经济的产业结构长期演化的过程中产业革命的古典时期的特点提出『疑义”（p. 253 ）o

甚至1932年那个比较旧的条目在一开始就注意到，这个名称“作为一个称号，被公 认是不能令人满意的”，甚至被人们称为“一个不幸被选择出的称号二它指出，“人 们主要是反对用革命这个词二经济史学家“运用了这个短语”，但是，他们这样做反 而“使得人们更含糊并作许多内心的保留”（p. 4）：

他们不喜欢在这个术语的任何一般可以接受的意义上所说的在经济事务中发生革命 的提法。伯尼说,“突然的巨大的变化与经济发展的缓慢的渐进的过程是不一致的”： 塞说，“在经济史的大舞台上，没有发生过任何突然的场景的置换：而李普森经过对17 和18世纪的研究之后断言，“在经济发展中没有任何中断，却总有一个恒久不变的进步 和变化的趋势，在这个趋势之中，旧的东西与新的东西几乎是人们感觉不到地掺杂在一 起”.

不过，1932年的《社会科学百科全书》承认，“尽管存在许多含糊不明之处，但是 这个术语还是维持不变，而且也没有创造出更好的词来取代它二在关于“产业革命的 观念”的一篇演讲中，G. N.克拉克牵强附会地指出，当S. J.克拉彭“撰写关于1820 年以来英国经济发展史的伟大的权威著作时”，他“避免了提出一个替代［产业革命」 的术语的学究式的想法，但是（我无意认为）他从未用过这个术语”。

关于“革命” 一词在科学中的第一次使用，科学史学家们有各种各样的看法。关于 产业革命，安娜•贝赞森发现，保罗•曼托克斯在1905年曾把这个概念和名称归于阿诺 德•汤因比（那位知名的历史学家的伯父）：“我们认为，这个提法来自阿诺德•汤因 比”：而且，大约在十年以后.W. E.拉普尔德（】914年4月）指定1845年为“这个术语 第一次见诸出版物的时间”，并巨断言，弗里德里希•恩格斯是第一个“公认的使用者”。 最近（1962）, E. J.霍布斯鲍姆在他的《革命年代，1789-1848》中写道：“正是产 业革命这个概念反映『它对欧洲的比较缓慢的影响。那个事件在这个词出现之前就已在 英国存在了。直到19世纪则年代，英国和法国的社会主义者一他们本身就是一个没有 前例的团体一才发明了它：这可能是由法国的政治革命类推出来的”（P. 45）。

最早明确提到工业革命也许是在1788年，当时阿瑟-扬指出，“一场革命正在酝酿 之中二他所考虑的一个典型的例子就是新近发明的棉织机被应用于羊毛工业。其他人 显然使用了诸如“伟大的和非凡的”、“极其令人惊奇的”、“超出人们想象力的”这 样一些短语来描述新的技术和工艺（包括蒸汽动力，焦炭炼铁，新的陶瓷工艺和纺织机）， 虽然只有阿瑟•杨实际上使用r “革命”这个术语。但是，一年之后，1789年在法国发 生的事件，使革命这个概念和名称以其目前最通常的用法而流行开来。而且此后不久， 许多人在法国都提到技术和工艺中的“革命”和工业革命。

我们对于这个概念和名称在法国产生和发展的历史有更多的了解，因为（安娜•贝 赞森在1921-1922年）对这一主题的详尽而充分的研究特别探讨了法国的来源。到19世纪 20年代，“产业革命”这个术语在法国似乎是相当普遍的.例如，在1827年8月27曰《世 界箴言报》（Lc MonitcurUnivcrscl）的一篇文章中，“伟大的产业革命”（Grande Revolution Industricllc）这个词组以斜体的形式出现在那一页的中间。普罗斯佩,•德 洛内在1829年把甜菜取代亚麻栽培（flax culture）形容为“这场产业革命的另一个牺 牲品”的例证.甚至更早，就有人提到工业领域中的一次革命，尽管没有明确使用“产 业革命"（revolution industricllc）这个术语。安娜•贝赞森所发现的最早的例子是 埃尔伯夫的尚贝（在1806年12月27 H）提出的一条规则.该规则认识到，“这场革命已 经给产业带来了好处二1819年，法国化学家让•安托万•夏普塔尔曾提到纱线制造业 中的变革，认为它是“工艺中的一次伟大革命二在1836年对关税的一个著名的讨论中， 拉马丁指出，“它是一场全面的革命，1789年的商业和工业”因此在经济领域把“这场 全面的革命”与政治领域中的法国革命所产生的变化联系在一起。

对于科学史学家来说具有特别重要性的是19世纪早期在法国提出的这样一个观点， 即应用科学和专门技术知识在法国工业革命中具有决定性作用。这同人们通常所持的普 遍看法形成鲜明对比：在英国，工业革命所依靠的与其说是科学的应用，不如说是技术 和机械的独创性。安娜•贝赞森援引了许多例证，其中一个例证引自1804年关于染色工 艺的一部著作：

在这方面，在我们当中发生了一次可喜的革命：我们的工厂不再交托给无知的工人： 相反，人们在其大多数中发现『非常文明的有知识的人，受过良好教育的物理学家，而 且，人们必须重视他们，以推进实用工艺的进步。

在1837年，产业革命显然已载入经济史的文献一一J. A.布朗基的《政治经济学史》 之中。不到十年，弗里德里希-恩格斯就已经把无产阶级的崛起与产业革命联系在一起 了。他的《英国工人阶级状况》（1845年，英译本，1858, 9）开始一段是这样说的：

英国工人阶级的历史是从18世纪后半期，从蒸汽机和棉花加工机的发明开始的。大 家知道，这些发明推动了产业革命，产业革命［既是一场社会革命，也是一场经济革命， 因为它］同时又引起了市民社会中的全面变革，而它的世界历史意义只是在现在才开始 被认识清楚。

卡尔-马克思在《资本论》中至少两次使用了 “产业革命”（industricllc Rcvol ution） 一词，但是，他既没有让人们特别注意这个词，也没有详细说明它的意义：他只 是“把它作为某种读者可以理解的东西附带地介绍的”（克拉克1953. 14）。

阿诺德•汤因比死后出版的《英国工业革命讲演集》（1884）为那些在英国工业化 的经验中看到一种类似于历史的伟大政治革命的革命的模式的后来的历史学家树立了榜 样。汤因比选择1760年为那次革命开始的日期，而其他著作者原来倾向于他1750年至17 60年这一时期作为开始日期，而另有其他一些作者（如约翰•乌尔里克•内夫）则把革命 的开始追溯到16世纪中叶。汤因比影响的范围和程度在本世纪初明显地表现出来：此时， 保罗•曼托克斯的重要的综合性著作《18世纪的产业革命》（】905：英译本，1928： 19 64年第12版）在它的第一页上指出，汤因比创造了这个名称。此后，有大量的书籍和文 章以产业革命为主要论题，而且，产业革命甚至显著地出现在书和文章的标題中，尽管 就这个术语的意义尚存在相当大的分歧。例如，在初版于1948年并反复再版的一部著作 《产业革命1760-18301中，T. S.阿什顿（他遵从汤因比把1760年作为产业革命开始 的日期）对“革命” 一词是否确当表示怀疑（因为“'革命’包含者实际上并非经济发 展过程特征的变化的突然性”）并且坚持认为，“变化并不仅仅是'产业的’变化，而 且也是社会和思想的变化二关于这次革命的一个问题是，这次产业革命不像政治革命 而像科学革命，延续了相当长的时冋，含括两个世纪中约七、八十年。此外，“革命” 也不完全是产业的革命，因为产业革命的某些最“革命的”方面恰好是人口统计学的

（人口规模的变化以及农村和城市人口传统比例的变化）、农业的和经济的（商业、贸 易的增长，现代竞争体制）方面。

至少对于那些认为“产业革命”是一个有意义的概念的著作家来说，它似乎引起了 非常激烈的争论。我们在第26章将看到与西波拉（Cipola）所表达的下述观点（1973. 7）相似的关于科学革命的大辩论的一些实例（巴特费尔德，史密斯，奥恩斯坦）：

在1780年至1850年这一时期不到三代人中，一场在人类历史上没有先例的影响深远 的革命改变了英国的面貌。从那时起，世界不再是清一色的.历史学家经常使用或误用 “革命” 一词意指一场激进的变革，但是，从来没有什么革命像产业革命这样是如此激 动人心地“革命的”——也许新石器时代的革命是一个例外。这两次革命都改变了历史 的进程，可以说，这其中的每一次革命都引起了历史过程中的突变。新石器时代的革命 使人类从一个由狩猎者的野蛮的群体组成的分散的集团（据霍布斯的名言，这时人类的 生活是“孤独、贫穷、肮脏、野蛮和短暂的”）向一个有点相互依赖的农业社会集团转 变。工业革命则使人由农夫•牧羊人转变为以无生命能源为动力的机器的操纵者.

其他的例证还有：产业革命“在不到两百年的时间里改变了西方人的生活，改变了 西方社会的性质以及它同世界其他民族的关系”（兰德斯1969. 1）： “人类社会的生产 力在人类历史上第一次摆脱了束缚自己发展的桎梏，因此能够持续地迅速地向前发展， 从而达到今天人、商品和公用事业的无限制的増加”（霍布斯鲍姆1962. 45）o霍布斯 鲍姆（1968, 13）断言：“产业革命标志若有文献记载的世界历史中人类生活的最根本 的转变匚甚至在汤因比的书中也可以找到相当平凡的例子.专门论述“革命的主要特 点”的一章开始的两句话是：“产业革命的实质是用竞争取代以前控制和决定若财富的 生产和分配的中世纪的规则。因此，它不仅是英国历史最重要的事实之一，而且，欧洲 两大思想体系一一经济科学以及与之相对应的社会主义一的产生和发展也都归功于它” （P. 58）。在这一章中，汤因比强调人口的迅速增长和“土地革命”，这两者“在18世 纪末伟大的工业变革中发挥了制造业中的革命一一通常人们更注意这个领域的革命一 所具有的同样巨大的作用”（p. 61）。

20世纪伊始，一些著作家即开始设想其他的工业革命。《社会科学百科全书》（19

32）提请人们注意两部著作。在这两部著作中，作者把第一次世界大战后“朝向合理化 的努力以及由于电力和新的化学工序的出现和进步而发生的变化”看作是“新的产业革 命”（W.米金）和“第二次产业革命”（H. S.杰文斯）。这两部著作还提出，甚至在 这次产业革命开始之前，已经发生了其他的工业革命.早在1894年，J. R.格林夫人就 曾写到15世纪英国的产业革命，而且在我们自己所处的时代中，H.范韦尔韦克巳考虑过 11世纪的一种“产业革命二而V.戈登•査尔德则在自己的著作中谈及育铜器时代末期 的一次“产业革命二这个设想产生过其他工业革命的过程与科学史学家们关于已经发

生过不止一次科学革命的讨论不无相似之处（清参看上面第6章）。

产业革命与科学革命的相似之处还在于这样一个方面，即一些历史学家倾向于把这 两种革命看作是连续的过程，一直延续到20世纪，甚至延续至今。因此，埃里克•霍布 斯鲍姆（1962, 46）特别指出，产业革命“的确不是一个有开始有结束的事件。问它将 在什么时候'结束'是没有意义的，因为它的实质在于，自此以后，革命变革成为规范， 它仍然在继续”。

依据这些多变的概念，几乎所有论述产业革命的作者都认识到，需要使他们的术语 更精确。戴维•兰德斯（1969. 1）对这一问題进行了相当细致而广泛的讨论。他指出： “'产业革命’（小写）这两个词通常指技术创新的复杂性。这里所说的技术创新用机 器代替人的技能，用无生命的力量代替人的和动物的力量，从而促成了由手工艺业向制 造业的转变，而且也因此产生了一门现代经济学二这种“产业革命”“已经使许多国 家发生了变化，虽然变化的程度各有不同。”兰德斯进一步说：

这些词有时还具有另一种意义。它们通常被用来概指任何迅速的重大的技术工艺变 革，而且，历史学家们已经谈到一次“13世纪的产业革命”，一次“比较早的产业革命”， “第二次产业革命”，“南部棉花产区的产业革命二在这个意义上，那么，我们拥有 多少历史地划定的产业革命的顺序，加上那些将会在未来出现的顺序，那么，我们就会 经历多次“革命”：例如，有这样一些人，他们说，我们已经处在第三次产业革命之中， 第三次产业革命是自动化、空中运输和原子能的革命。

最后，兰德斯注意到当把两个词大写时产生的第三种意思。产业革命这个术语通常 “指从农业和手工业经济转变到以工业和机器制造业为主的经济过程的第一个历史证明”。 这次产业革命“是18世纪在英国开始的，然后又以不同的方式传播至欧洲大陆国家及海 外其他几个地区二

当G. N.克拉克（1953, 29） 1952年在格拉斯哥就产业革命概念进行讲演时，他不 禁断言，“从历史编纂学的观点看，产业革命的思想己经衰颓了”：

我们不得不承认，这个名称通常所限定的那个短暂的时期，是一个迅速变革的时期••… 产生了令人惊奇的新的机器：人口的大规模增长和流动：一种新的社会不满。然而，这 些都不是可以用一句话的公式来概括的经济生活中一个独特的突变和盛衰的方面。

特别是，克拉克发现，产业革命是有先例的，所以它并没有什么明显的开端。而且， 实际的时间表在不同的一虽然是相近的一地点或场合也是不一样的。最后，他问， 什么革命可能从17世纪开始，而到20世纪仍然尚未完成？我们将会看到，当20世纪的历 史学家深入研究科学革命的时候，这些同样的考虑几乎都会出现（下面，第26$）O

第十八章靠革命，还是靠进化？

19世纪一科学中的这个时代，从道尔顿的原子论一直延续到普朗克的量子理论， 而且其中还包括达尔文的进化论一充满革命的思想和革命的政治、社会运动。在激进 的理论和思想体系的名册上，记载着马克思和恩格斯的社会和政治思想，达尔文的进化 论，孔德的实证主义哲学和弗洛伊德的精神分析学说。自法国大革命宣告r它的诞生以 来，这个世纪又经历了 1820-1824年，1830年，1848年和1871年的革命，以及全欧洲民 族革命运动和世界范围内的革命运动的崛起。1848这一年是特别不同寻常的。以1905年 流产了的俄国革命而告终，19世纪臺无疑问是一个“革命的时代”（霍布斯鲍姆，1962）。 然而，19世纪也是一个进化的时代。达尔文的进化论，作为那个世纪的主要的新的科学 概念，不仅改变了生物学的进程和当时流行的关于科学如何进步的观念，而且还影响到 从社会学、政治科学和人类学到文学批评这样一些领域中的理论。不过，似乎有些自相 矛盾的是，这个在当时占据统治地位的进化论思想，却是在科学史上一次最伟大的革命 的背景中产生出来的.

从那个世纪之初开始，人们似乎普遍在法国大革命的意义上来理解“革命” 一词的 含义一建立一种新的秩序，创造一种新的制度，提出一系列新的思想。对几乎所有的 思想家和实干家来说，“革命”一词完全失去了它原来所具有的回复。循环或盛衰这样 一些同源学的内涵。但是，在19世纪中期前后，又出现了对这个慨念的新的曲解：“不 断革命”。这种说法是卡尔-马克思和弗里德里希•恩格斯在讨论在一个“小资产阶级的” 民主政治之下，“无产阶级的”组织应当坚持什么样的立场和态度这个问题时提出来的 （马克思和恩格斯，1962, 1： 106—117）。马克思和恩格斯的回答是：“他们的战斗口 号应该是：'不断革命”’（《马克思恩格斯选集》第一卷，人民出版社，第392页）. 但是，甚至比这更早，1848年10月，P. -J.蒲鲁东（1923. 3： 17）就曾公开宣称： “谁要谈革命，谁就必谈进步二他继续说，由此可见，“革命是，nn permanence （永 久地）进行的，而且，严格说来，在各不相同的革命中，只有完全相同的革命才是不冋 断的二不断革命的概念的意义后来慢慢超出纯梓意识形态重要性的范围：在列宁去世 以后的俄国，它变成『托洛茨基和斯大林以及他们各自的追随者之间的一个主要的思想 分歧点（参见泰奇，1973, 84-92. 97-105）.不断革命无疑是18世纪把革命看作是能 够推翻现存的政治、社会或经济制度并建立起一种新的政治、社会或经济制度的某个单 一的事件或一系列相关事件这样一种革命观的根本转变。

那些在19世纪以科学中的革命为主题著书立说的人没有明确地运用马克思的“持续 的革命”或“不断革命-（permanent revolution）这两个短语，而且也并不是科学在 蒲鲁东、马克思和恩格斯的头脑中产生了这个长期革命的形象。不过，在19世纪，许多 科学家和科学分析家开始把科学设想成一个持续的或永无止境的探索。科学探索的这个 方面已由一个数学的隐喻表达出来：真理存在于一根渐近线上，这意味着科学没有任何 简単的有限的终点，真理是一个非常遥远的目标，我们可以越来越接近这个目标，但永 远不会完全地达到它.

所以，随者19世纪的往前发展，人们承认，在科学中发生了革命，而且科学的发展 正是由于革命（也许是一系列不间断的革命）的推动，但是，人们也逐渐认识到，这样 一些革命可能是长期的一而不像一场政治革命那样持续几年的比较短的时间。而且， 也正是在这时出现了科学革命的概念：一系列的事件传播『也许一个世纪或更多的时冋， 从哥白尼一直到牛顿：在这个传播的过程中，产生了近代科学。这个概念清楚地出现在 奥古斯特•孔德的著作中（参见格拉克，1977, 33）。但是，就象孔總的许多思想那样， 我们在圣西门的著作中可以发现这个概念的萌芽。吼德曾当过圣西门的秘书，参看下面 第22章。）同时，我们还看到，在19世纪最初的几十年里，人们普遍意识到一场长期的 产业革命。在20世纪.把科学看作是一个连续过程，或看作是一个长期的、甚至持久的 革命这种观点出现在赫伯特-巴特费尔德的被广泛阅读的讲演集（949）和鲁怕特-霍尔 的《1500—188年的科学革命》（1954）中。

并非所有19世纪论述科学进步的思想家都接受这样一个观点：革命无论怎样都是理 想的或不可避免的。在那个世纪的最后25年中，人们开始期望，科学中的革命是可以避 免的，而且在某些思想团体中，人们认为，科学中的革命根本就不会发生。像马赫、玻 尔兹曼、纽康和爱因斯坦这样一些知名的科学家认为，重大的突破是一个进化过程而非 革命过程的组成部分.在1904年圣路易斯世界博览会期冋召开的艺术和科学大会上，西 蒙-纽康就“科学研究者的进化”致介绍辞。他坚持认为，这个进化是一个“有价值的 主題"（1905. 137）： “从这个观点来看，推动人类提高到现在他所处的主人地位的运 动的主要动力显然是科学的研究者……作为使这个研究者的代表们能够在今天聚在一起 的第一个动力，让科学研究者的进化成为今天我们的有价值的主题。因为我们要通过研 究一个有机体产生和发展的各个阶段『解它的进化，所以，我们必须弄清楚，科学研究 者的工作怎样同他的前辈们所付出的徒劳无益的努力联系在一起”。纽康把革命看作是 长期进化发展的顶点：它们也许是不明显的，而且.也许要经过比较深的研究才可能被 揭示出来。

19世纪将近结束时由革命到进化这种看法的变化，在某种程度上是思想家们对政治 和社会发展的一个反应，因为他们越来越强烈地感受到政治革命的消极方面。无论人们 怎样看待法国大革命的目标和理想，但是有一个不可回避的事实：共和国向一位指导者 屈服，并且最终由一个皇帝来统治。旧的贵族保留了下来，而且拿破仑又加封了一些新 贵族，这是对所谓“平等”的嘲讽和玩弄，而且人们忘却恐怖时代猖狂的暴行，可能需 要很长很长的时间。必须记住，19世纪欧洲的革命都伴随若暴力：在1848年革命中，人 们依靠街垒和路障进行战斗，同时恢复了法国大革命的极端。

183。年，历史学家B. G.尼布尔在他的《罗马史》第2卷序言（尼布尔，1828-183 2.第2卷，第2页：参见席德尔，1950, 237）中写道：“如果上帝不进行干预”，那么 这个世界就将重新崩溃，就像“三世纪中期在罗马社会中发生的情况那样：幸福、自由、 教育和科学的绝灭二四十年后，1871年II月，雅各布•布尔克哈特就法国大革命时代 作了一系列演讲。他在开始说：“关于这个过程可以说的是，在我们今天所处的时代发 生的一切，实际上是一个革命的纪元，而且，也许我们比较接近这个时代的开端，或者 我们正处在它的第一二个阶段：从1815年到1848年这表面上似乎很平静的三十年原来不 过是那一幕伟大的戏剧中一个幕间插曲。但是，这似乎正在变成与我们的地球上过去曾 经发生的所有那些事件形成鮮明对照的一种运动”（布尔克哈特1942 , 200）»

根据关于革命的破坏性的这些类似的评论，我们在看到革命概念一它在20世纪最 初四分之三的时间里一直是一个占主导地位的概念一在20世纪最后四分之一的时间里 在某种程度上让位于进化概念时，就不会感到惊奇了.在科学之中，我们也许能够在地 质变化理论中为这个从革命到进化的变化找到证明。这个例子是特别值得注意的，因为 它生动地说明『政治领域中的革命的变化者的观念和经历对科学思想的实际发展（而不 是对关于科学进步或科学史的看法）产生的影响和作用。可以通过比较地质学家在18世 纪，19世纪初，19世纪末对“革命”这个术语的三种用法来看这个变化。

在18世纪，对于地球历史的考察一般都遵循布丰关于改变了地球的性质并且改变了 地球的结构和地表的革命的看法。与启蒙运动的传统一致，这样一些革命一般被看作是 有序的发展过程的特别重要的冋断性的阶段，而不是以暴力为特点的灾变。在19世纪初， 由于法国大革命的影响.革命的形象发生了变化。因此，居维叶使用这一术语时这个术 语的含义完全不同于他的前辈们使用时的含义。居维叶充分认识到法国大革命的影响和 作用，尤其是它对科学的影响，并且在1827年写了一本深入研究这一主题的颇有见地的 著作。所以，当我们发现（道从马丁 •舎德维克的建议1972. 109）居维叶改造了布丰地 球上的革命的概念，而赋予它一种1789年以后的意义，也不会惊奇。这样一些革命不再 仅仅是一系列地壳蚀变的连续，而其中最后一次蚀变又是（在布丰看来）由人造成的。 现在，它们变成了猛烈的、突变的事件，同时伴随着生命自身的毁灭。在这方面，居维 叶所说的革命不仅包括地质学的变化，而且也包括动物群和植物群的古代种类的灭绝： 我们通过对古化石记录的研究，知道这些物种在过去的时代是存在的。

到19世纪末，人们普遍反感和厌恶“革命”，并且期望，地质学家现在在说明地球 历史的时候完全没有必要再使用革命这些字眼。目的在于运用达尔文对“物种进化”所 作阐释的地质学的类比和类推一它已经取代了居维叶用以解释在古化石中所发现的植 物和动物的演替的灾变或革命的演替一一取代关于这样一些革命的旧的看法.威廉漠里 斯-戴维斯在1904年圣路易斯艺术和科学大会上的致辞中清楚地表达了这个观点.W. M .戴维斯用进化和革命这两个概念评价19世纪期间地球科学的进步和发展。当然，他充 分认识到“以19世纪下半期的进化论哲学取代19世纪上半期的目的论哲学的那场革命” （1906, 494）。他断言，“这场革命使我们关于地球及其居民的看法发生了深刻变化二 他坚持认为地质（理）学家应当在比达尔文的自然选择“更广泛的意义”上使用进化这 个术语。他的这一见解在目前条件下具有更重要的意义。在对地质学变化的讨论中，他 断言，“我们非常高兴用进化所表明的平静的过程取代我们的前辈们的激烈的革命”

（p. 496）<>

看来似乎相当奇怪的是，当激烈的革命活动与反对这一活动的行动交锋的时候，像 査尔斯-达尔文和天文学家、哲学家赫歇耳爵士这样的本质上保守的人对科学的看法可 能如此激进，以致他们认为“革命”是一个值得称赞的成就。达尔文和赫歇尔都把査尔 斯•赖尔对地质学的影响是一场革命，而且达尔文还进一步正确地预言，当他自己的思 想被普遍接受时，生物科学中将发生一场“重大的革命二这个使一门科学“革命化” 的规念，在】9世纪实际上是相当普遍的，尽管到那个世纪末出现了偏离这个概念的运动。 1845年，有一篇关于显微镜和组织学的演说惊呼电流的发现“使整个化学和相当大部分 的物理学革命化”的规模和范围（贝内特1845. 520）o在达尔文发表他关于进化论的第 一篇论文那一年（1858）.伦敦林宗协会主席预言，生物学中一场革命的时机已经成熟。 在1888年对病菌生源说的一次讨论（康恩1888. 5）中，有人解秣说，当那个时代的医生 还是学生的时候，这一理论就被嘲笑过：“所以，他们仍然会拒绝接受一种使关于疾病 的概念如此革命化的理论二在拉普拉斯的一本传记（阿喇戈1855. 462： 1859年版，第 309页）中，弗朗索瓦•阿喇戈认为开普勒和牛顿所取得的成就是“天文学中的令人惊叹 的革命”。在《哈來斯新月刊》杂志的一篇文章中，一位美国记者（較丁，1878）说： 利斯特的“治疗创伤的消毒方法几乎使外科手术革命化二

在认为科学是通过缓慢的积累还是更激进的革命规而发展这两种看法之间的紧张状 态，在尤斯图斯•冯•李比希的著作中得到生动描述。李比希是19世纪中期最杰出的科 学家之一。在1866年一篇题为“科学思想的发展”的论文中，李比希提出了一个相当新 颖的主张：由于大量研究者的渐渐积累起来的贡献.几个世纪以来，科学一直在平稳地 往前发展”（见李比希，1874）。这方面的一个例证是现在关于大气中气体的性质的思 想的确立是几千年来成百上干人努力的结果。这也许是对关于科学发展的“累积规”或 ••増长观”的最早的正式描述之一。

当然，如李比希在另一篇论文中认识到的，伟大的科学家所作出的贡献对于科学的 进步是极为重要的。为了表明这样一些贡献的精确性质，他拿一个圆周运动作类比。他 说，这个运动是变化者的半径的循环。他说（同上，273）. “进步或发展是一个圖周运 动，在这个运动中，半径变长，而且，假若我们的知识视野要开阔一些的话，那么，任 何一种新的富有成效的思想必然要由现存的思想来补充二他这样解释这个过程：“从 伟人们的最有影响的成就中去掉他们从其他人那里得到的思想，总会剩下某些其他人所 没有的东西一通常只是一种新思想的一小部分，然而，也正是因为这一点,一个人才 成其为伟人。”对科学的这个特殊看法拒绝靠革命而发展的概念。但是，李比希在一个

“自传提纲”（1891, 36： 1891a, 277）写道，“通过贝采利乌斯，H.罗斯、密切利希、 马格努斯和维勒这个学派，有机化学中一场伟大的革命已经开始。”

在反复再版并很有影响的一本《19世纪欧洲思想史》（初版于1903年）中，历史学 家J. T.默茨他自己归入到拒绝主要根据革命来看待那个时期的19世纪的那些学生之列。 默茨拒绝“把19世纪的思想看作根本上革命的思想”，因为“破坏的工作就其比较早的 和比较激烈的阶段而言，属于上述时代”，属于一个“被正确地称之为一个革命的世纪 的时期”（1896, 1： 77-78）.在随后几页，歎获探讨了 “革命精神”的破坏性特点。 所以，他说.“破坏工作的确仍在进行之中：在这个建设的或重建的工作中间，我们仍 要目睹革命精神的作用二作为“这些破坏性影响”的一个例证，他指向了 “在康德哲 学和在其进一步发展中蜕变为一种肤浅的唯物主义和一种绝望的怀疑论的唯心主义学派 中产生和形成的新思想”。

默茨如此沉湎于革命和破坏的相同意义，以致他甚至公开宣称他的目的在于“把思 想看作是一种建设性的而非破坏性的力量匚所以，尽管他承认，“没有一个时代像我 们这个时代拥有如此丰富的彼此竞争和广泛交锋的理论，如此荡涤旧的观念，如此破坏 许多时代以来一直固守的原则（p. 80）,但是，他依然强调（“把我的注意力和我的叙 述集中在”）“在这个世纪中涌现出来的卓越的和建设性的思想”（p. 81）： “如此建 设性的思想是那些能量守恒和消耗的思想：海损原则，统计学和概率学说：科学和哲学 达尔文和斯宾塞科学和哲学中的进化论思想：个人主义和个性学说，以及洛采关于“价 值世界的独特规点。”所以，默茨对这一主題的发展只在很少地方运用r科学中（或哲 学中）革命的概念，甚至作为一个隐喩来使用，无论怎样都是木奇怪的。我们因此可以 赋予他在谈到麦克斯韦的电磁理论时使用“革命的”这个形容词的做法以特殊的重要性。 奇怪的是，当默茨在他的叙述中提到麦克斯韦时，他忘记了他原来曾经把革命与破坏等 同起来，而且似乎是在他那个时代比较普遍的意义上使用“革命的”这个词来表示具有 特殊效能的激进的创新。

默茨生动地描述r一种我已经提到过的现象：历史学家和科学家关于的许多言论，表达r 也许并不代表一种认真而充分地展开的而且一贯采取的哲学立场的 观点。所以。虽然默茨在他的的《19世纪欧洲思想史》第I卷中把革命等同于破坏：但在 第2卷，在专门论述科学的两卷的第2卷中，又在一种完全不同的和更普遍的意义上釆用 了革命的概念。麦克斯韦的电磁理论并不是默茨把科学同革命联系在一起的唯一例证。 默茨认为，除之“达尔文所提出的见解”外，科学中没有什么其他的思想像“能量的思 想”这样对“一般的思想”产生过如此强大的作用和影响。此后，默茨（1903. 2： 136 ■137）指出，“必须创造一个新的词汇表”，教科书“必须重写”，“必须用更正确的 术语修正和重新表述既成的理论二“必须用新发明的方法着手解决若干时代以来一直 潜伏着的问题”。他说，“把自然看作是能量转换的运动场”的这些结果，应该看作是

“科学思想领域中的革命”。但是，在他随后对这些发展的描述中，“革命”这个词和 概念显然是找不到的。

尽管利昂-埃里拉和其他人认为科学是一个持久的或永无止境的探索（不管是革命 的还是进化的），到19世纪末出现了一个愈益壮大的思想运动，它认为科学是有限的， 而且在某些领域是几近完成的。绝大多数物理学家似乎都持这一观点，虽然化学家和天 文学家也都表达了这一观点（见巴达士，1972）。关于科学的圆满性的这个含义的设想， 是麦克斯韦在作为剑桥大学第一位卡文迪什教授的就职演说（1890. 2： 244）中提出来 的，即“在几年之后，留给科学家们的唯一工作将是把［大的物理常数的］这些量度推进 到另一位小数二麦克斯韦本人一直在发挥这个观点，可能只是抵制它，但是L.巴达土 （1972）指出，这个观点可能比通常人们所设想的更为普遍，尤其是在英语国家的自然 科学家中间是如此。

关于这个“下一位小数”集合的一个经常被引据的例子是A.A.迈克尔逊，他以测定 光速和参与迈克尔逊-莫宙实验而闻名。在芝加哥大学1898-1899周年大事表中，他发表 了他就芝加哥大学赖尔森物理实验室的忘我精神发表的演说的一个摘要，有一部分是这 样说的（引自巴达士，1972, 52）： “尽管我们从来都不敢有把握地断言物理学的未来 没有甚至比过去的那些人物更令人惊叹的非凡人物，但是，绝大多数主要的基本的原则 似乎已经牢固地确立起来……一位著名的物理学家说过，物理学未来的真理要在第六位 小数中寻找”。迈克尔逊的同事R. A.密立根认为（1950. 23-24）.这位著名的物理 学家就是开尔文勋爵。密立根说，迈克尔逊后来可能“为这句话而深深地自责”：但是 迈克尔逊在不止一个场合重复过这个说法o 1903年，他在《光波及其应用》一书中说：

在测量科学中如何运用极限值呢？简单和一般说来，答案似乎是：在所有未来的发 现中，大部分发现都必定在这个范围之中。物理学比较重要的基本规律和事实都已被发 现，而且这些规律和事实现在被如此牢固地确立了起来，以致由于新发现的原故而取代 它们是极其不可能的.不过，人们发现，对于其中的大多数规律来说，有许多明显的例 外，而且，当观察达到一定局限，也就是说，当实验的环境达到能够考察极端的情况时， 尤其如此。这样的考察可以肯定不会推翻规律，而是将发现其作用产生明显例外的事实 和规律。

1897年，在伦敦出版『査尔斯•埃默森•柯里写的一本书《电和礎的理论》。我不 知柯里为何人（他的名字并未出现于《国民传记辞典》和《科学家传记辞典》中，在

《世界科学名人录》中也找不到）。但是，他的书是麦克米兰公司出版的，而作者显然 是相当有些名气的，从而有幸清路德维希•玻尔兹曼作序。开始的一句话是这样说的： “理论物理学的所有学科，除去电学和破学外，在科学目前的状态下，都可以被看作是 结束了的，也就是说，年复一年，在它们当中只发生了某些无关紧要的变化二后来因 其创造性的研究工作而相当出名的两位物理学家——普朗克和密立根一都曾表现出对 物理学之未来的悲观主义。1875年，普朗克曾为在古典语文学、音乐和物理学这些学科 中为自己选择一个职业而感到为难。他不顾菲利普・J. G.冯•乔利的劝告，选择了物 理学。乔利教授曾经告诉他，在那一学科中没有任何新的发现（迈斯纳1951. 75）o密 立根（1950, 269-270）说，1894年在哥伦比亚大学，当社会科学的新的“活的”领域 刚刚在开辟的时候，他的研究生同学“继续讥笑他坚守一种像物理学这样的'已经完成 的'而且是'死的学科’”。

19世纪有关科学中的革命的思想的整个历史，完全可以轻而易举地写成一本书。三 位法国著名思想家一一圣西门、孔德和库尔诺一一的思想以及马克思和恩格斯的影响， 我们将在稍后一章中探讨。但是，我们将首先转向19世纪最重要的科学革命，即达尔文 的革命。令人啼笑皆非的是，达尔文的革命使进化这个概念广为流传，这个概念对于削 弱一些科学家对存在科学革命的确信最终起了促进作用。

第十九章达尔文的革命

达尔文的革命是19世纪科学中的主要革命。它摧毁了以人为宇宙中心的宇宙观，而 且“在人的思想中引起了一场比自在文艺复兴时期科学得以再生以来任何其他科学的进 步更伟大的变化”（迈尔1972, 987）。达尔文的革命是人们通常所列举的科学中的伟大 革命中所提到的唯一的生物学革命。人们通常列举的科学中的伟大革命，一般都与自然 科学家们的名字联系在一起：哥白尼、笛卡尔、牛顿、拉瓦锡、麦克斯韦、爱因斯坦、 玻尔和海森伯。正如西格蒙徳•弗洛伊徳（1953, 16： 285）敏锐指出的，达尔文革命是 给予人类自我陶醉的自我形象以沉重打击的三次革命之——其他两次革命是哥白尼的革 命和弗洛伊德本人开始的革命。而且，达尔文革命与科学中所有其他革命不同，因为， 就我所知，它是在对其理论的第一次充分表述包含若它将产生一场革命这样一个正式宣 言的唯一一次革命。

达尔文进化论的巨大的革命影响在某种程度上产生于超出科学之外的内容，产生于 人们所说的并存的思想革命。甚至对于科学家们的反应来说，这也是事实，因为科学家 同其他人一样，其看法要受到他们的哲学淙教及其他先入之见的强烈影响。所以，达尔 文的一位批评家坚持认为，《物种起源》对他的“道德趣旨”造成了 “很大的冲击二 他说，达尔文是从“原因是上帝的意志”这个观点出发的。这位批评家说，他能够“证 明”上帝“代表若他的创造物的利益”，而且他担心，达尔文提出的另一种观点最终将 使人类“受到一种可能使它变得野蛮和残忍的伤害二他还担心，达尔文将使“人类败 落到一个比以前它曾陷入的更严重的退化和堕落的境地，因为它的文字记载向我们表明 了它的历史”。这些担心出现在剑桥大学伍德沃德地质学讲座教授写给达尔文（达尔文， 1887. 2： 247-50）的一封信中。该信最后的署名是“您的忠实的老朋友”亚当-塞奇 威克。这个颇具感情色彩的说法强调『赫肯黎对达尔文的告诫中的预言的事实。赫胥黎 曾警告达尔文（同上，231）：-除非我犯了一个极大的错误，不然你就要受到相当多的 侮辱二

达尔文对革命的看法

在1848年革命席卷欧洲11年之后，达尔文在1859年出版了他的《物种起源》一书。 他写就《物种起源》最后一稿时，正是《共产党宣言》发表10年之后。《共产党宣言》 不仅宣告了一场即将来临的革命，而且也使为进行政治和社会革命而采取的行动制度化。 达尔文在19世纪40年代和50年代期间阅读的杂志中有大量谈论政治革命、革命活动，甚 至科学中的革命的文章或文字。尽管在英国有一些工业不稳定的迹象，但是，英国人并 未感觉到革命的威胁：他们唯一的革命经历要上溯到1688年的那些日月，而且，与1789 年或1848年的革命相比，光荣革命可以说是一个相当平静的变革。所以，英国的科学家 和哲学家可以以一种超然的安之若素的心态来认真思考革命，至少是科学中的革命。在 《物种起源》出版前几十年，达尔文可能早已熟悉革命变革的形象（详见&amp;19. 1）. 而且他在自己的书中有好几次明显谈到科学中的革命。

其中有一处是在第】0章，在此，达尔文称赞簌尔的“自然史中的革命二此外，在 第9章（1859 . 306）讨论“地质记录的不完全”时，达尔文写道，“在我们的古生物学 思想中发生了一场革命二在《物种起源》的最后一章（其中对他自己理论作了充分的 和正式的声明）中，达尔文直率地说：“我在本书中所阐述的见解，或者有关物种起源 的类似见解.一旦普遍地被采纳，那么我们就可以隐约地预见到，在自然史中将发生一 场重大的革命二这个表述有一种特别的达尔文的韵味。它以一种人们所熟知的达尔文 独有的谦虚体现和包含在“我们可以隐约地预见到”这些词中，但是，它接若又大胆地 和有力地宣告“一场更大的革命二

在一个正式的科学出版物中声言革命这件事，在科学史中似乎是没有先例的。许多 科学家在通信或手稿中，在笔记或个人的研究日记中都写道，他们自己的工作或者是革 命性的，或者是引起或产生革命的。拉瓦锡在巴黎科学院宣读『一篇后来发表的论文， 该论文提到新的化学，以及必然要用革命（化学基础中的革命，因而影响到教育）特有 的字眼创造出一种新的化学命名法，但是，就像达尔文一样，他在充分描述新的理论时， 没有使用“革命”这个术语。

我们没有有关达尔文关于革命或关于科学中的革命的思想发展的直接证据。他肯定 熟悉居维叶所使用的地质学意义上的革命概念。赖尔的著作继续了这一传统。較尔的 《古人类的地质证据》（1914）中有一章论述『过去时代的“许许多多巨大的地质学革 命”。我们从达尔文的自传中还得知，他把法国大革命与暴力联系在一起。在描述他在 剑桥同亨斯罗教授的交往中亲眼目睹的一个可怕的事件时，达尔文写道，它是一幕“几 乎同法国大革命时期人们可能经历过的相似的可怖景象”（1958, 65）。他说的是，有 两名盗尸的罪犯被逮住了：当他们被押送到监狱去时，“忽然来『一帮凶恶的流氓，把 他们拦住，从警察手中夺去了他们，并且拖着他们的双腿.在泥泞的石子路面上行走”。 这两名罪犯（受害者），“从头到脚全身都是污泥，满脸流血：这是被这帮人踢伤和被 石块击破的二所以，“他们简直好像是死尸一般”。长久地埋在达尔文记忆中的这个 暴力的经历，使我们进一步确信，对于达尔文来说，科学中革命的概念并不是一个暗指 变化的无用的隐喻，而是指侵犯科学知识的既成体系的基本信念的完全改变。

早在lw年丨月11日《物种起源》发表10年半之前，达尔文写信给英国博物学家约瑟夫 •胡克爵士（1887. 2： 23）说：“光明终于闪现出来二“我几乎确信（与我原来所持 的观点相反），物种不是（它就像是坦白一次谋杀）永远不变的”。我们也许可以同意 己故的沃尔特-費伊-坎农的说法（1961）：达尔文的确是在认真思考谋杀，思考“赖 尔根据他的关于永恒的稳定性的均变论原则所拥护的对一切东西的杀害”。

在此后十五年时间里，达尔文从把科学中的反叛的暴力看作是“谋杀”（破坏）既 成的思想这个1848年以前的观念发展到在1859年骄傲地宣告“一场重大的革命二在提 出谋杀（破坏）和革命这两种看法之间的这12年时冋里，包括1848年的革命活动及其结 果。这些事件在达尔文在那些年中阅读的杂志中是很突出的（见&amp;19. 1）»

我们有直接的证据表明，到1859年，正当达尔文要完成《物种起源》一书的写作的 时候，科学中革命的思想还是虚无缥缈的。林奈学会（伦敦）主席托马斯-贝尔在他18 59年5月的就职演说中探讨了科学中的革命，这是对学会过去一年活动的评论的一部分＜■ 他说（盖奇1938. 56）, “只有在相隔很长一段时冋之后，我们才能够合理地预期任何 突然的和辉煌的创新，这些创新将在任何学科的知识的特点上打上一个明显的和永久的 印记二他继续说，像“培根、牛顿、奥斯我、恵斯通、戴维和达盖尔”这样的人的出 现，“是一种偶然现象”，“他们的生活和经历是上帝保佑的，目的是在人的周围环境 和追求中引起某个重大的变化二关于科学革命和革命者（上述六人中有四人是活着的

同时代人）的这些评论，是对他的主要观点的一种注解：“已经过去的那一年，的确不 是以任何那些惊人的发现 它们同时使与之有关的科学部分革命化——为特色的二

这些评论或注解是格外重要的，因为在那一年中，在林奈学会中宣读了达尔文关于进化 论的初步报告和阿尔弗布德-拉塞尔-华莱士的论文“论变种无限背离其原型的倾向二

当宣读这些论文的时候，贝尔一直在主持会议。研究林奈学会的历史学家注意到， “贝尔显然不怎么知道或根本不知道在他正在主持的会议上关于整个生命尤其是人类生 命的思想中的一场革命的开始”（盖奇］938, 56）。此言甚是！但是，在目前更为重要 的是，贝尔意识到在科学中发生『革命，而且生命科学正在为革命作准备。达尔文在 《物种起源》中关于自然史中一场即将来临的革命的论述，可以看作是对贝尔以主席身 份所作总结的一个直接回答。

达尔文革命的早期阶段

达尔文的进化论清楚地展示『从早期思想基础的革命到论著中的革命的发展阶段。 达尔文在随海军考察船比格尔号作环球旅行（1831 —1836）期冋的经历是极为重要的， 尤其是他对化石的研究以及对“现存的动物在形式上与已灭绝的物种有紧密联系这一自 然法则的确认”：但是，如恩斯特•迈尔（1982. 395）坚持认为的，“在1831年参加比 格尔号环球旅行的达尔文已经是一位经验丰富的博物学家了 ”。我们有可靠的证据表明 （同上书，408 -409：萨洛韦，】983）,达尔文在刚开始环球旅行时并没有成为一个进 化论者。他的这个转变发生在1837年，那时，他公开『他的第一个关于“物种的演变” 的笔记。

达尔文是慢慢得出关于他的思想的结论的o 1844年，他写出了一篇长达230页手写稿 的论文（达尔文，1958）,它包含若后来写就的《物种起源》的基本内容。因此，考虑 到第二年9月的自然选择理论，而且在大约20年的时间末以任何形式公开他的思想，我们 很难说达尔文在1837年变成了一个进化论者。简言之，思想革命是在1836-1837年完成 的：投入革命的第二阶段，也就是说，非公开的革命，是1844年形成的。但是，论著中 的革命的公开阶段是另一个15年之后的事情，那时（1858）.达尔文收到了华莱士寄给 他的论文，文中提出了自然选择的独立见解。

从不公开的革命到公开的理论革命这个转变应当引起注意的一个方面是，达尔文投 入到这个转变之中正是他写作1844年论文的时候。1844年7月5日，他写给妻子一封信， 信中说，他“刚刚完成” 了他的“物种理论”的“草稿二他请求，万一他“突然死去”， 她“花四百英镑让它出版”，同时专门指出，救尔将是把这部著作付之出版的最好的编 辑（“如果他乐于承担的话”），而且，如果赖尔不能如愿的话，那么福布斯、亨斯罗、 胡克和斯特里克兰都可以完成这一嘱托。达尔文甚至告诉他的妻子，如果他们这些人 “谁都不愿”接受这个嘱托的话，她要设法找到一个编辑，并且告诉她“如果找一个编 辑有什么困难的话二如何处置这部书稿。

正如人们都十分熟悉的，达尔文进化论最初是以达尔文和华莱士联合论文的形式发 表出来的。在华莱士寄给达尔文一篇请求转交地质学家査尔斯-赖尔的论文之后，达尔 文发现它是“异常美妙和有趣的二实际上，这篇使达尔文感到震惊的论文包含着加文 -德•比尔爵士所说（1965, 148）的“对达尔文本人关于物种靠自然选择而进化的理论 的简洁的但却完美的表述”。达尔文的第一个可敬的本能就是隐瞒他自己的著作，发表 华莱士的短文.但是，最后经过赖尔和植物学家约瑟夫瑚克一他们都是达尔文的朋友， 甚至更为重要的是，他们是科学和真理的朋友一一的劝说，他同意把华莱士写的论文， 与达尔文未发表的1844年论文的摘要，连同达尔文1857年写给哈佛大学爱沙-葛市的信 的摘录，同时一起发表出来。其中包含着达尔文一直在写作的那部著作的“简短的大纲二 这些书信，连同华莱土的论文都在1858年7月1日伦敦的林奈学会的会议上被宣读，而且 在同年8月20日的《林奈学会会报》上发表，发表时的标题为：“论物种形成变种的倾向， 论变种和物种由于自然选择而永存

说到人们对这些新思想的承认，达尔文后来写道：“我们这次发表的联合论文，却 很少引起人们的重视：我记得当时只有都柏林的霍顿教授，提出『唯一公开的意见：他 断定说，这篇联合论文中的一切新观点都是虚假的，而一切正确的观点都是陈旧的“ （1887. 1： 85）O （达尔文本人没有出席林奈学会这次著名的会议・）胡克后来告诉弗 朗西斯•达尔文（在1886年），他和赖尔“都曾经强调（就博物学家而言）应当充分注 意这些论文以及它们对博物学家、历史学家等等的未来的影响"（1887. 2： 125-126）» 他说，“论文引起了人们极大的兴趣二但是“没有任何相应的讨论”。那次会议之后， 人们“平心静气地”谈论这个新的学说：“赖尔賛成，而且也许我也有几分賛同……而 ［林奈学会的］会员们则为此而慑服，他们在其他情况下可能会反对这一学说二但是， 后来成为林奈学会主席的乔治-边沁在读了达尔文一华莱士的论文后感到如此“不安”， 以致他撤销了后来准备列入那次会议日程的发言。在那篇发言中，他利用他对英国植物 群的研究支持关于物种稳定性的思想”（达尔文，1887, 2： 294）＜,

这一段插曲说明了人们经常讨论的一个问题，也就是说，就对达尔文进化论所作出 的贡献而言，我们应当把多少功劳和荣誉记在阿尔弗宙德-拉塞尔-华莱士的名下？把 “达尔文革命”仅仅归功于达尔文一人是公平的吗？华莱士的论文，作为激励达尔文为 了发表而迅速完成《物种起源》的一个可读版本的直接原因，肯定是头等重要的。而且， 我同时认为，単就这一点来说，也是对进化论学说的一个重大页献！但是，从对林奈学 会发表的1858年论文的谨慎反应看，単单达尔文和华莱士提出的物种依自然选择而进化 的思想的发表，显然并没引起那场革命。正如达尔文《物种起源》一书中所说的，这场 革命还有待争论，有待大量的事实来证明。因为这里所展示的是生物学中的一种新的思 维方式和一门全新的科学（见斯克里温，1959）。发表的时间是1859年11月24日，而且 整本书也即将出版。人们所盼望的第二个版本在大约一个半月后的1860年1月7日同读者 见面。紧接着，第三版也问世了。在两年之内，一共吿出了 25000本.

有一位科学家在一份科学通报中的确使用了在林奈学会上宣读的论文。这位科学家 就是坎农-亨利-贝克-特里斯特拉姆。他是一位英国圣公会牧师和鸟类学家，一直从 事撒哈拉大沙漠的云雀和鸣禽的研究。他特别为在这些云雀和鸣禽的色彩中以及它们的 大小和形状中所看到的“逐渐的”变异或演变打动.1858年，他向他的一位朋友一阿 尔弗宙德-牛顿展示了他的研究成果。阿尔弗宙德-牛顿后来成为剑桥大学的第一位动 物学教授，那时他刚刚结束对冰岛的鸟类考察归来。当A.牛顿回到家时，他发现有一期 八月份的《林奈学会会报》.其中登载着达尔文和华莱土联合发表的论文。看到这些论 文后，他立刻改变了自己的观点，并且马上认识到，关于通过自然选择而进化的新的学 说可以证明特里斯特拉姆的结论以及他所遇见的某些其他的变种。他把这个消息转达给 了特里斯特拉姆。特里斯特拉姆在1859年10月的《鹑》杂志上发表的研究报告谈到了达 尔文和华莱士给林亲学会的通报，并且解释了自然选择如何说明『鸟类有一种与它们所 姓环境的沙地和土壊相配的颜色，从而保护自己免受捕食它们的动物的侵害，并且使它 们在自然选择的过程中姓在有利地位：而且，就鸟嘴的不同大小和形状而言，也是如此， 它们因此可以使鸟类在它们要在其中采食蠕虫的不同种类的土壊中采集食物时更为有利。

特里斯特拉姆在后来的历史著作中对于1861年在牛津召开的“英国科学进步协会” 的会议上著名的赫肯黎•威尔伯福斯论战作了非常有趣的评论。在这场论战中，人们一般 认为毕晓普•塞缪尔•威尔伯福斯（“油嘴滑舌的萨姆'”）被赫肯黎羞辱和战败，而 且被迫退出r他在思想上出丑的地方.然而，事实是，威尔伯福斯给当时在场的许多科 学家留下了一个深刻的印象。这些科学家中包括特里斯特拉姆，他第一个在出版物中公 开改变自己原来的立场，转向以自然选择为基础的新的进化论。威尔伯福斯的论点使他 确信，他当时变成了一个反达尔文主义者，而且在他的余生中也一直如此，尽管他的朋 友A.牛顿曾多次试图使他重新转向这一理论。此外，我们也许还可以补充说，威尔伯福 斯不仅完全没有为他的行为而感到羞愧，而且发表了经过扩充和订正的他在《每季评论》 上的谈话。这篇论文后来又被骄傲地重印在两卷本的威尔伯福斯论文集中。（关于特里 斯特拉姆和威尔伯福斯的情况，请参见科恩1984）.

最近我有机会重新阅读了威尔伯福斯的文章，之后我发现，虽然威尔伯福斯激烈地 抨击了达尔文，但他也称赞达尔文在《物种起源》一书中对科学作出的重要贡献。威尔 伯福斯认为.应当归功于达尔文的在生物学思想中的主要创新是 无论人们相信与

否一自然选择的思想。当然，威尔伯福斯并不相信进化，而且因此他把自然选择解释 为上帝择除不健全者的过程。在我看来，这似乎是格外值得注意的，因为托马斯-亨利 •赫胥黎一达尔文进化论的主要捍卫者之 有时被称为“达尔文的斗犬”，他从

未完全接受其理论的这个特别的部分（见波尔顿，1896,第18章）。

我们有充足的证据表明，达尔文本人所处时代的科学家和其他思想家认为他的进化 论和自然选择理论是革命性的。在《物种起源》发表前夕的11月21日，英国植物学家休 伊特・C.沃森写信给达尔文说，自然选择“具有所有伟大的自然真理的特点，它澄清r 晦涩不明之处，简化r错综复杂的环节，并且极大丰富了以前的知识二而且，尽管他 提醒达尔文“在某种程度上，需要限制或修改你目前对自然选择原则的运用，而且如果 可能的话.也需要在某种程度上扩展这一原则的应用范围二最后他告诉达尔文，“你 是本世纪（即使不是所有世纪的）自然史中最伟大的革命者二20世纪的科学家、哲学 家和历史学家（如恩斯特•迈尔，迈克尔•鲁斯，D. R.奥尔德罗伊德和格特鲁德.希梅 尔法伯）现在也一直认为，科学中的达尔文革命确曾发生，而且达尔文的理论自1859年 以来对生物学和古生物学的历史产生『深远的长期的影响。自达尔文以来生物学的历史， 尤其是在过去20年中生物学的发展，表明达尔文的进化论对这一学科产生『多么深刻的 影响。因而，我们这里所说的达尔文的革命是非常容易地通过对这样一些革命的所有检 验的一场伟大的革命。

达尔文革命的性质

然而，达尔文的学说究竞有哪些革命特点呢？谁都知道，达尔文并非信奉进化的第 一个人。实际上，历史学家似乎并不太情愿找出信奉一种一般进化论的达尔文的先驱， 甚或那些早就考虑过自然选择思想的人。但是.我们必须指出的是，1859年以前对这些 思想的表述并没有像达尔文在《物种起源》中所做的那样，根本改变科学的性质。造成 这个差别的一个主要原因，在我看来似乎在于这样一个事实，达尔文不只是提交了另一 篇论文，或者说，他并不只是提出了对一个假说的另一个陈述（不管它表面看来有没有 道理），而是经过认真推理和依据大量经观察或考察所取得的证据表明，物种经自然选 择而进化的学说，是合乎逻辑的可靠的学说。其中，他把极其丰富的动植物繁殖者的经 验汇集在一起：正如他所说的，这些人实行的是一种人工选择——从这里人们可以认识 到，自然产生了一种“自然选择二他还从动植物的地理分布中，从地质学史以及有关 自然史的其他领域中引证『大量的证据。此外，达尔文以一种引人注目和令人信服的方 式陈述r在任何单一物种的个体中自然的几乎无限变异的事实。这个事实是与种群自然 增长法则、与可利用的食物的相应増长的缺乏联系在一起的.无论对于他来说，还是对 于我们来说，似乎无法回避的结论是：生存斗争，它导致了一个“自然选择”的过程。 后来，他也把这个过程称作“适者生存他在这里采用了一在A. R.华莱士的建议 下一一起始于赫伯特-斯宾塞的一个效果不好的使人遗憾的提法。

换句话说，达尔文并不只是重新阐述r关于进化发展的某些旧的一般思想，而是为 更进一步的讨论和科学的发展提出r新的和富有挑战性的具体论点。我们在他在相继的 地质时代的化石记录中所发现的不同物种的沿革问题中找到例证。人们提出r大量的解 释来证明这一现象。居维叶提出了一系列“革命”，和毁灭生命的灾变，认为此后是新 的生命的诞生.査尔斯-赖尔则提出r-•个似乎明显和合乎逻辑的解释，即在物种之中 存在生存竞争，在这个斗争或竞争中，一些物种消失了，我们只能通过化石或地质记录 认识它们。赖尔提出了恩斯特•迈尔（1972, 984）所说的“一种微观灾变论”，一个 “关于物种平稳地灭绝并且被新产生出的物种所取代的概念二赖尔和居维叶之间就这 个主题的看法上的主要差别在于，赖尔把“灾变分散成为与单个物种而不是整个动物群 相关的事件二达尔文将赖尔这个物种之间进行竞争的概念转变成为个体之间展开竞争 的概念。

根据已被人们广泛接受的确定的变异的事实，一个物种的个体成员的特点是各不相 同的。但是，一些变种相应于环境的性质更适合生存.在随后的生存斗争中，一些变种 比其他变种更有利：例如，与背景调合的一种颜色也许有助保护某个物种不被某个捕食 者在择食时发现，而且因此有利于生存，而一种与背景大不相同的颜色则很容易使它被 发现和吃掉。达尔文在这些现象中看到，一个个体生存的机会依赖于个体所拥有的特殊 的变种（变异）.他把这个特定的有差别的生存过程叫做自然选择：它是这样一个过程， 在这个过程中，再生产中最终的成功出现在那些其变种（变体）最适合环境，因而最有 可能再生产出它们自己的种属的个体中间。这里对爪一的个体的专注，以及“对有机界 一切东西的特点的强调”，在恩斯特.迈尔（1982, 46）看来，是认识和思考自然界的革 命的新的方法的关键：“种群思考”。种群思想家“强调指出，在性方面进行者再生产 的物种中的每一个个体与所有其他的个体都是根本不同的二在研究生物学或自然史的 这种新的方式中，不存在任何’'理想的类型”，也没有基本同一的个体的任何“等级”。 达尔文的自然选择进化论，正是以“对每一个体的独一无二的特点的认识”为基础的： 恩斯特•迈尔认为，这个认识对于达尔文思想的发展来说是“革命性的二

从赖尔的种间竞争概念到达尔文种内竞争概念的演变是对我曾经称作思想转变的创 造性过程的一个基本说明（1980,第4 尤其是该章第3节）。产生这个重大的革命越 升的原因是达尔文偶然阅读了马尔萨斯的著作。我们非常感激桑德拉•赫伯特（】971： 而且尤其参见吉塞林，1909）指出了马尔萨斯在使达尔文注意“对一个物种的个体的…… 可怕的修剪” 一一它“促使达尔文把他所知的物种层次上的斗争的知识运用到个体层次 上的斗争中去” 方面所起的特定作用。然后，达尔文认识到，“物种平面上的生

存是进化的记录，而个体平面上的生存则是它的推进二简而言之，赖尔“专注于物种 层次上的竞争”显然使达尔文没有认识到“个体平面上的'生存斗争’的进化的潜力”。 因此。赫伯特断言，对于达尔文在1838年9月28日之后对自然界中的斗争的思想进行解样 的可能性所取得的“新的理解”来说，应当把马尔萨斯“看作是贡献者而不是促动者二 因为达尔文的自然选择是以三个要素为基础的一一“个体的变异性，人口过剩趋向，在 自然中起作用的选择基因”（同上，214）——所以，我们可以看到，这个转变作为达尔 文创造性思想的一个阶段是多么关键。而且，我们现在可以更加明确马尔萨斯真正起到 的作用，即它并不在于给达尔文所提出的假说增加另一个因素，也不在于给达尔文提供 了一个人口増长的数学法则，而在于通过使达尔文“把注意力集中在对自然的竞争刺激 弱肉强食，饥荒，自然灾害——正如它们在同一群体的成员的个体差异上所表现 的那样”，从而引导达尔文把赖尔的概念转变成一个个体内部的斗争。这是向对单一种 群的个体中间“生存斗争（迈尔坚持这一点，1977, 324）的认识的“概念转变”的决定 性因素，是向今天人们所熟知的“种群思考”的决定性转变.

当然，对于充分理解达尔文的思想对马尔萨斯的感受性以及对导致种群思考（在其 中有亚当•斯密经济思想中的个人主义和竞争的原则，施韦贝尔在1977年，格舎伯在19 74年都对此作了揭示）的竞争的重要性的认识来说，还有其他一些必须考虑到的因素。 关于这一点，我们也必须充分注意达尔文本人的陈述：自然选择的概念产生自我的可以 称之为人工选择一一那些为再生产而可能选择表现出理想特征的个体的动植物繁殖者的 长期实践一一的一个转化。而且，有一种空幻的看法认为，一个上天注定的过程以一种 有点像“选择”的方式清除了不容易适应环境者。

对达尔文学说的反应

有人抨击达尔文没有遵循据说是公认为有效的研究科学的方式的简爪的规定的模式： 从这些抨击中，可似清楚地看出达尔文思想的革命性质。为了弄清楚达尔文的自然选择 进化论在多大程度上背离了传统的科学思想规范，譬如说人们在牛顿的自然哲学中所看 到的规范，人们只要考虑这样一个事实就行了：达尔文的进化论不是论断性的，但仍然 是因果律的。也就是说，虽然通过自然选择和各种其他相近的原则，达尔文进化论把一 个原因归于目前的物种由自然选择产生的过程，但是，即使具备环境条件的话，这门科 学也不能比较精确地预言进化的未来过程。换句话说，达尔文指出，甚至当“不可能对 未来作出预言”时，一门科学也可以“对过去作令人满意的解释”（斯克里温1959. 47 7）o

在对达尔文的公开抨击中，亚当•塞奇威克说，“达尔文的理论不是归纳的一一不 是以一系列公认的事实为基础的”（达尔文，1903. 1： 149页注），而且，达尔文的方 法“也不是真正的培根式的方法”（达尔文，1887. 2： 299）.他写信给达尔文说：

“你已经抛弃了……真正的归纳法”。但是，达尔文在他的《自传》（1887. 1： 83）中 声明，他“应用真正的培根原理，而且丝毫不根据任何已经有的理论，极其广泛地去搜 罗事实二达尔文非常高兴地认识到“所采取的研究方法，无论从哪个方面说，在哲学 上都是正确的”（1903, 1： 189）。亨利•福西特告诉他，根据约翰•斯图尔特•密尔 的看法.达尔文的“推理，自始至终都是相当严格地依照严密的逻辑原则”。此外，密 尔说，达尔文所遵循的“研究方法是这一学科特有的唯一方法二我们可以理解赫胥黎 为什么对1860年7月《每季评论》中对达尔文的批评尤其感到不快了（达尔文.1887, 2： 183）。在《每季评论》上的那个批评中，“一位肤浅的冒牌的理工硕士”竟厚颜无耻地 嘲笑达尔文“是一个'愚套的’人，他竭力'要把他完全不可靠的猜测和臆想的构架支 撑住’，而且他'对待自然的方式’要被视为'对自然科学是完全耻辱的’而加以谴责 和拒绝二赫肯黎通过揭露那位批评者对古生物学的无知，以及完全缺乏比较解剖学的 知识，而表明这个批评是不合格的：只泉在赫肯黎写了这些文字之后，他才发现那位批 评者是他在牛津的宿敌 毕晓普•威尔伯福斯（达尔文，1887, 2： 183）。

另一方面，达尔文的敬慕者则把他与牛顿和哥白尼相比一他们是过去的公认的伟 大革命的发起者。德国生理学家埃米尔•柱布瓦盾蒙说，达尔文极为幸运地活者看到他 的思想被普遍接受和承认（1912, 2. 29）.这与哈维的情况形成鲜明对比。哈维在他那 个时代的科学家们欣然承认血液循环之前就去世了» T. H.赫胥黎对于“査尔斯•达尔 文与伊萨克-牛顿和迈克尔-法拉第齐名”，并且像他们一样“提出了一位真理的探求 者和自然的阐释者的崇高理想”这一点臺不表示怀疑（达尔文，1887, 2： 179）O他还 说，就像牛顿的名字“与万有引力理论”有若密切联系，达尔文的名字是同“关于栖息 在我们地球上的生物的起源的理论”分不开的。而且，《物种起源》一书是扩展自“牛 顿的《自然科学的数学原理》发表”以来产生的“自然知识领域”的“最有效的手段”

（p. 557）o A.R.华莱士（189, 142）坚持认为，《物种起源》“不仅把达尔文的名字 放在与牛顿同一个平面上，而且他的著作将永远被视为19世纪科学成就的伟大（即使不 是极其伟大的）著作之一

甚至达尔文本人也在许多谈到接受或反对“牛顿万有引力理论”的场合，把自己与 牛顿相比（1903, 2： 305）。他极其谨慎和谦虚地坚持认为，他并不想说，自然选择无 论如何都是与万有引力相当的。而且，他在自己的辩护中确实援引了这样一个事实：

“牛顿不能掲示引力到底是什么”。达尔文（1887, 2： 290）还补充说，牛顿反对莱布 尼茨并且说：“正是哲学领悟了一个钟表的运动，虽然你并不知道为什么重力往地面傾 斜”.

达尔文革命的后期阶段

在《物种起源》出版之后的20年中，英国以及其他许多地方（在这些地方有许多著 名的杰出人物，但在法国普遍缺少支持者），大多数生物学家都逐渐改变原来的立场， 转信物种进化学说。达尔文在1878年写道：“现在，在生物学家中间，对于进化论几乎 取得了完全一致的意见"<1887. 3： 236）。但是，人们对自然选择、达尔文关于人类 的性选择和共同由来的思想，似乎并无多大兴趣（见迈尔，1982,第501及以下各页：鲁 斯1979. 8；尤其是鲍勒1983）.在我们刚引证过的那封信中，达尔文承认，“关于方法， 诸如自然选择发挥『多大作用，外部条件起多大作用，或者是否存在某种神秘的、先天 的完美趋向，仍然存在相当大的分歧二如R. W,布尔克哈特说的（《科学》，N83. 2 22： 156）, “达尔文在其所处时代的最热烈的拥护者一一英国的T. H '赫肯黎和德国的 恩斯特-海克尔一对于进化的作用有着与达尔文不同的而巨彼此也互不相同的）理解二 争论的主要问题是，进化是否是通过一代又一代的繁殖过程中的小的变异的渐渐积 累起来的影响而进行的，或者是否大的变异起着决定性作用.另外一个主要的问題产生 于对遗传性的争论，这个问题在两个方面使选择复杂化了：是什么机制引起自然选择对 其起作用的变异，而且变异又是如何传给后代的？到20世纪，孟德尔的遗传学把注意力 从自然选择和小的变异转向大的变异、突变和不连续变异（参见爱伦，1978：普罗文， 1971：舎斯，1979）。此后，自然选择和达尔文学说开始衰落，这是朱利安•赫肯黎所 说的“达尔文学说的黑暗”时期（1974, 22ff. ）o 20世纪30年代，当我开始做研究生 的时候，历史的评价是明确的。有一本我们都曽读过的权威著作，即埃里克•诺登舍尔 德的《生物学史》（英文第二版，1935））说，“正如人们通常所做的那样”，把自然 选择理论“抬高到与牛顿确立的引力定律同样重要的自然规律的地位”是“极其不合理 的”，“时间已经证明了这一点”（p. 476）。实际上，诺登舍尔德告诫他的读者，

“达尔文的物种起源理论在很久以前就被放弃达尔文所确定的其他事实也都仅仅具 有次要的价值”。那么，我们以什么为根据才能“充分证明”在伦敦威斯敏斯特大教堂 墓地中达尔文的坟墓紧邻牛顿的坟墓呢？诺登舍尔德的答案是，假若我们不考虑他在科 学中的地位而是“依照他对整个人类文化发展的影响”一即他对语文学、哲学、历史 观和人的一般生命观的影响一来“评判他”，那么，他可以享有这样一种荣誉。

但是，近几十年，自然选择又重新得到认可，并且出现了一种“进化论的综合”

（关于这一点请参看迈尔和普罗文1980年的论述，尤其是迈尔的序言）。换言之，最初 的达尔文革命衰弱了，因此出现了一场反对达尔文的反革命，这场反革命不是反对整个 的进化论，只是反对达尔文的进化论及其自然选择的首要概念。恩斯特•迈尔根据“遗 传学家与生物学家之间的概念差别”探讨r达尔文主义者或新达尔文主义者与他们的论 敌之间的这个分歧，并且指出，这两个派别分别“属于两种不同的生物学，我把它们叫 做近因生物学和终因生物学”（迈尔和普罗文1980. 9：迈尔，1961）。对于一个局外人 来说。构成近来进化论生物学一这是遗传学家和生物学家共同活动的结果一一特点的

“进化论的综合”，很可能就是第二次达尔文革命或者说是达尔文革命的第二阶段，或 许也可以说是一场变化了的达尔文革命。但是，人们不应当认为这场革命已经结束。入、 们提出了一个重要的修正，它又一次对简单的自然选择提出了挑战，并且根据“不时间 断的平衡”作了说明（见爱尔德击季和古尔德，1972：古尔德和爱尔德击季，1977）。

达尔文革命在科学之外的影响

达尔文的思想在科学领域之外产生了革命性的影响，这一影响远远超出『它们对于 生物学或自然史的重要性。通过对小说的“进化” 一直到社会的进化的研究，“进化” 已扩'展到人类思想或努力的各个方面，还有谁不熟识这~点呢？伍德罗•威尔逊在对 《美国宪法》的卓越研究中指出，把牛顿的自然哲学原理运用于这一学科是一个错误。 他说，相反，应当通过进化来理解《宪法》：“政府不是一台机器，而是一个活生生的 东西。对于达尔文來说，它是可以解释的，而对于牛顿就不是这样”（1917, 56）。人 们都清楚地知道，在19世纪末，出现了一种被称之为“社会达尔文主义”的特殊社会思 想，它试图把社会学与进化论联系在一起，而达尔文在一封著名的信中曾经说这个联结 是“愚蠢而荒谬的"（1887, 3 ： 237）.

当然，在达尔文所处的时代，就进化论而言，真正使人们产生震动的是这一理论对 《圣经》的字面解释所提出的挑战和怀疑。我并不认为，如果问題只是一个动植物的问 题，甚或地球的年代问题，那么会有人如此强烈地臣对达尔文。也就是说。如果没有必 要把人本身也包括进进化的范围和进化的过程之中.或者没有必要断言人类是自然选择 的结果，那么，宗教信仰者也就不会作出如此强烈的反应。当然，过去（现在仍然）有 某些原教旨主义者如此相信基督教圣经的字面解释，以致他们可能奋起进行武装反抗， 甚至对地球的年代要比圣经中所计算的年代长这样一个假设提出质疑。而且我们一定不 能忘记，同一种原教旨主义信仰者，现正在美国的州议会和法院中进行努力.为将“神 造论”与进化论相并列而确立教室中的“平等时间”原则。

达尔文在《物种起源》中，只是在一个句子中曾经暗示“人类的起源和历史，由此 也将得到许多启示”，以图避开人的问题（1859.倒数第三段）。但是，达尔文的批评 者自那时到现在一直强调进化论对我们自身的明显含义以及显然无法回避的结论：人类 只是持久的进化过程的一个暂时的最终结果。的确，甚至阿尔弗宙德.拉塞尔-华莱士也 不能使自己相信，自然选择可以解样或说明历史中人类的发展，并且认为有必要祈求某 个造物主的积极参与（见科特勒，1974）。这个问题是有案可査的。它在1864年第一次 出现于《人类学评论》中一篇论“人”的文章中，后又见于《每季评论》（1869）中的 一篇书评之中，在这篇书评中，华莱士评述了様尔的《地质学原理》第10版（1867-18 68）和他的《地质学基础》第6版（1865）。他认为，仅仅自然选择永远也不可能产生出 人的大脑,人类的语言器官和手等等。达尔文极度痛苦地在1869年3月给华莱士写信说, “但愿你还没有把你自己的和我的子孙如此斩尽杀绝二在他自己的那一份《每季评论》 中标出这段话时，在“不”字下面连画了三条线，并且用了一连串的感叹号.

达尔文革命大概是科学中曽经发生过的最重要的革命，因为它的效果和影响在许多 不同的思想和信仰领域中都是相当深远的。这场革命的结果是对世界、人和人的制度的 本质重新进行了系统的思考。达尔文革命对世界产生了新的看法，它把世界看作是一个 动态的、进化的世界，而不是一个静态的、有系统的世界，并且认为人类社会是以一种 进化的模式向前发展的。我们将会看到，卡尔•马克思甚至预见『技术和发明的进化史， 在这个进化史中，达尔文用来说明动物器官的概念将被用来分析人类工具的发展。

新的达尔文主义的观点否认任何宇宙目的论，并且认为进化并不是通向一个“更好 的”或“更完美的”型式的过程，而是这样一系列阶段：在这些阶段中，具有最适合于 它们环境的特殊条件的特点的个体得以繁殖和延续 对于社会来说也是如此。特殊

的创造将不再有任何根据。任何“绝对的人类中心说”都将成为过去，因为“共同血统” 的原则是对所有活着的生物（包括人）而提出来的。关于这些推断和结论，我们还必须 补充说，达尔文的革命给任何关于宇宙或自然中的目的的论点敲响了丧钟，因为变异是 一个偶然的和无定向的过程。在生命科学中，实现了从比较陈旧的生物学概念向新的人 口思维的引人注目的重大转变。而且，除r这些新的方面外，达尔文还开始r方法的创 新，引入r一种新的科学理论，在这理论中，预测的作用是与经典的牛顿的模式不同的。

所有这些含义并不是立刻展现出来的，但是，其中有相当部分是如此必然地展现在 人们面前，以致引起r直接的激烈的争论。在历史上，从未有哪一种科学理论的预言和 发表在世界上几乎所有国家中引起如此直接的激烈的争论一这是达尔文自然选择进化 论的真正革命的特点的一个标志。对于这种理论的阐释、评论和抨击几乎是同时开始的， 而且一直持续到今天我们所处的时代.在现时代其他科学创造者之中，只有一人是可以 与达尔文相比的，他就是西格蒙德•弗洛伊德一一这一事实向人们表明了弗洛伊德早期 把他自己思想的未来影响与达尔文思想所曾产生的作用相比时表现出的远见卓识（见下 面第24章）。关于进化论及其意义的历史的、哲学的甚至科学的争论，在达尔文去世一 个世纪之后仍然影响若严肃的思想家们的思想，这一点使我们更进一涉确信达尔文学说 的非凡的生命力以及他的进化论的深远意义。

第二十章法拉第、麦克斯韦和赫技

19世纪，在物理学中产生了许多革命性的进步，尽管这些进步一一无论就其科学内 容或思想内容来说一一没有哪一个像达尔文革命那样产生过世界性的影响。19世纪物理 学所取得的成功，包括新的能量学说及能量守恒定律，光的波动说，气态运动论和统计 力学，电流定律，破学和电礎学理论，电动机和发电机原理，新的光谱（分光）学说， 关于辐射和吸收热量的发现，把辐射扩展到红外线和紫外线辐射，以及其他许多诸如此 类的进步等等。但是，多数物理学家以及现代物理学的新一代历史学家一致认为，其中 最深刻的一场革命一一即使不是唯一的最深刻的革命一一是以麦克斯韦的理论而著称的 革命一人们有时把这场革命归功于麦克斯韦和迈克尔-法拉第，而且有时也被人们比 较公正地归功于法拉第，麦克斯韦和海因利希-赫兹三人。麦克斯韦革命的重要性在于， 它不仅对电、电破和光的理论作了根本的修正，而且是对牛顿的自然科学的思想体系的 第一次大规模的修正.

虽然这次革命的某些特点可以被所有读者理解.但是，麦克斯韦思想的核心或精髓， 甚至对于许多受过物理学训练的历史学家来说，也是难以把握的。这里的一个主要问题 是要弄清楚迈克尔-法拉第的思想与麦克斯韦所发展r的理论之间的联系。毫无疑问， 法拉第的页献是极为重要的,其中包括他关于磁场是由力线组成的重要概念以及关于电 磁感应的传导并不是瞬间完成的而是需要时间的非凡的见识。不过，法拉第从根本上说 是非定量的和非数学的系统表达并没有产生他所说的传导时间的一个数值。在他的《论 法拉第的力线》一文中，麦克斯韦极力赞颂法拉第的含蓄的思想，并且更进一步说, “虽然完全清楚地知道空间、时间和电（磁）力的基本形式，但是，也许是为r科学的 利益，法拉第并没有成为一个职业数学家”。法拉第“用自然的非技术的语言”表述了 他的思想，而且，——麦克斯韦说一一 “我写作这篇论文主要是期望使这些思想成为一 种数学方法的基础”。所有研究过这一学科历史的人们都告诫我们，如果把麦克斯韦的 “页献仅仅看作是在阐释方面的贡献，那么就会严重低估它的价值”（特里克尔，1966, 102）o正如M.普朗克曾经雄辩地指出的，“麦克斯韦具有丰富的想象力和数学见识。 他远远超出r他曾对其观点进行概括、归纳并使之更为准确的法拉第二麦克斯韦“因 此创造r一种理论，这种理论不仅可以与被公认为正确的电和磁的理论相比拟，而且最 终完全超越了它们-（1931, 57）.

历史学家以及具有历史意识的科学家们一致认为，如果麦克斯韦在创立一种数学理 论的过程中没有对法拉第的思想进行深刻改造，法拉第的那些论文可能永远不会引起一 场革命一一因此我们也可以称麦克斯韦的数学理论为法拉第.麦克斯韦理论。麦克斯韦 不仅把法拉第的思想改造成为具有数学形式的思想，而且发展『一种把静电学和电破学 的基本原理与光速联系在一起的星的表达方式一一这一成就使电磁理论的道理更为明晰， 并且开辟『通过电磁波的实际生成而进行实验检测的可能性。承认法拉第在麦克斯韦思 想形成和发展过程中的作用,强调r产生麦克斯韦的理论的创造性的转变过程，但是决 没有减低或轻视麦克斯韦对麦克斯韦革命的重要贡献。就威廉-汤姆森对这场革命的页 献来说（见下文），这甚至是更为真实的，因为，“汤姆森非凡的才华产生的是有说服 力的非系统的见识，而不是完满的理论”（埃弗里特1974. 205）o通过运用汤姆森形象 化地描述电的现象的方法以及汤姆森“把能量原理运用到电学之中”的结果，麦克斯韦 才能够认识到它们的重要性。

麦克斯韦在1855—1856. 1861-1862. 1863. 1864和1865年发表的一系列论文中发 展了自己的思想，而且在1873年的《论电和磁》一文中，这些思想基本最终形成。但是， 在此后几年，这一革命性的新的学说仍然只是理论上的一场革命，而且，只是当海因利 希•赫兹的工作证实电破波之后，它才成为科学中的一场革命。由于这一原因，这场革 命有时被人们称为法拉第•麦克斯韦•赫兹革命：甚至那些探讨麦克斯韦的革命性工作的 人们也都指出，这场革命并不是麦克斯韦一个人所引起的革命。例如，阿尔伯特•爱因 斯坦讨论了 “将永远同法拉第、麦克斯韦和赫兹的名字联系在一起的伟大变革"（1953. 161： 1954, 268）。但是，他又立刻补充说，“麦克斯韦对这场革命作出了最大最重要 的页献二在另外一个场合，他则无意中忽略『赫兹，而且只是提到“法拉第和麦克斯 韦在电动力学和光学中所引起的革命”：他说,这场革命是“自牛顿以来,理论物理学 中第一个伟大的重要的进步"（1953. 154-155： 1954. 257）。但是，爱因斯坦在他的 自传中仅仅谈到“麦克斯韦的理论二并且说，在他还是一个学生的时候.这一理论就 显得是“革命性的”理论（希尔普，1949）。

麦克斯韦对法拉第思想的改造

这一改造过程可以在麦克斯韦著名的论文“论物理中的力线”中看到。在讨论法拉 第关于在某个存在磁力线的空冋中必定存在某种应力的思想时，麦克斯韦实际上在开始 提出『这样一个问题：空间要展现法拉第的假设所需要的实际的应力分配，究竟需要哪 一种传导体呢？ *C.* W. F.埃弗里特追溯r麦克斯韦用以吸取苏格兰工程师W. J. M.兰 金的思想以及威廉•汤姆森（开尔文勋爵）的结论从而创立自己关于物理中的力线的理 论的途径.在这里我们可以看到对科学思想作权威改造的过程的要素，这一改造产生出 一种全新的思想，电可以“通过空冋传播”，而且不一定仅仅是“局限于导管的一种流 体。麦克斯韦在他的论文的结论中谈到人们所说的一个“惊人的发现”一这个新提出 的导体的振动不仅将证明磁力线，而且也将具有与光同样的性质二麦克斯韦用斜体字 的方式表达了他的结果与众不同的特点。他写道（1890, 1： 500）,我们“几乎不可能 回避这样一个推论：光是一种介质中的横向波动，这种介质也是电磁现象的起因。

但是，甚至就此而言，麦克斯韦思想的萌芽也可以在法拉第的一篇值得注意的论文 —栽入1846年5月《哲学杂志》中的一篇題为“对光线一振动的若干思考”的论文—— 中找到。在这篇论文中，法拉第提出，关于“辐射是力线中一种高级形式的振动”的大 胆看法，是“一种思辨的影子”.在这篇论文中可能最使我们感兴趣的是一正如西尔 维纳斯，P.汤普森在1900年（p. 193）指出的一它没有引起人们多大的注意，甚至比 较早地为法拉第写传记的人也都没有注意这篇论文。因为这些人是在麦克斯韦的光的电 磁理论被普遍承认之前写作传记的，所以他们在其中还尚未认识到人们后来赋予它的重 要性。约翰•廷德尔（1868）把法拉第的思索仅仅看作是“曾经由一位科学家所进行的 最卓越的思辨之一”而不予考虑。亨利-本斯-琼斯在1870年只是用半行字顺便提到过 它。约翰•霍尔-格拉德斯通在1872年甚至都没有提及它.但是，麦克斯韦后来说，

“横向磁场干扰的传播排斥正常磁场的看法显然是法拉第教授在他的’对光线一振动的 若干思考’（1890, 1： 535）中提出来的”。在麦克斯韦看来，“他［法拉第］提出的光 的电磁理论，实质上与我在这篇论文中开始展开的理论是同一理论，只是在1846年没有 任何数据测算传播的速度二我同意C.W.F.埃弗里特的看法，即对麦克斯韦对法拉第

“对光线振动的若干思考”所作的评论要有所保留，因为，那篇论文的“任何直接的影 响”在麦克斯韦思想的发展过程中都可以清楚地看出.“这些评论是在事后几年作出的， 而且是麦克斯韦堂吉河德式的慷慨的一个例证。他在那时与法拉第和汤姆森的信件中的 评论并未表示出任何这样的影响二

在关于麦克斯韦对物理学的页献的一篇评论（1896, 204205）中，R. T.格莱兹布 舎克提请人们注意麦克斯韦理论的五个基本特点并且“承认，在麦克斯韦所处的时代， 没有多少关于它们的直接证据二麦克斯韦所作的最大胆的设想之一就是，维持光波的 同一种介质必定能够成为电磁场中的介质。他断言，在空冋中必定存在电磁波.而且， 作为空冋分析方面的一位先驱，麦克斯韦指出，把电的单位即静电単位和电磁单位的两 种系统联结在一起的因素是一种速率，而已事实上有一个非常接近光速的数值、这意味 着，光本身就是一种电磁现象，是一连串的电磁波。麦克斯韦在1864年想说、数字的结 果似乎“揭示了光和磁是同一种物质的作用，而且，光是一种根据电磁规律通过场传播 的电磁干扰

马克斯•普朗克（1931, 57）在这个见识中看到了对“评价一种理论的标准”的最 可行的说明和例证。“它真正解释了除那些它以此为基础的现象之外的其他现象二普 朗克没想，无论是法拉第还是麦克斯韦■最初都没有联系他们对电礎学基本定律的考察 来考虑成研究光学二但是，“一百多年来激起来自力学方面的抨击的整个光学领域却 被麦克斯韦的《电磁场的动力学理论》一举证服『”，所以，“从那时以来，每一种光 学现象都可被直接视为一个电磁学的问題二对普朗克来说、“在任何时候，这都将是 人类理智的努力的最伟大的凯旋”之一。

海因利希-赫兹的贡献

因而这里是一个检验一一不仅要看看电礎波是否可以产生出来，而且要弄清楚它们 是否有光的速度。这样，我们就可以理解海因利希•赫兹在直到1888年的那些岁月里所 进行的一系列实验的重要性：他的这些实验最终证实了麦克斯韦理论的预言.赫兹不仅 生产出r电破波，并且（通过测量已知频率的驻波的波长）发现广电磁波的速度：他通 过实验表明，这些电磁波在反射、折射和极化等特点方面与光相似，而且，它们是可以 被聚焦的。赫兹本人把这一理论看作是“麦克斯韦在法拉第观点的基础上创立的并且我 们称其为法拉第•麦克斯韦理论的一种理论"（1893. 19）.

赫兹的贡献并不仅仅是计划并实施『一个机敏的实验，虽然这个实验的成就是巨大 的。他还表明，他的实验作为“对一个假定的远距离活动的有限传播的第一个证明”是 多么重要。（麦科马克，1972, 345）。因此，他的实验的作用在于使物理学家们关于电 破学的观点实现『从“远距离的瞬冋活动”向“麦克斯韦关于电磁过程是在电介体中发 生的，以及一种电磁以太包含着比较古老的发光的以太的功能的看法”的根本转变（同 上）。但是，要完成这一革命，赫兹还必须清楚地阐明，“当物理学家们自称麦克斯韦 的追随者时”，“他们所賛成的是什么理论”。（关于这一点，可参见麦科马克在第34 6页上所作的精彩概括，尤其是关于赫兹对麦克斯韦的“向量电势”的论述的探讨。）最 后，他除去了这一理论的某些“不必要地使形式主义复杂化”的物理学的特点＜1893. 21）.并且（在他的《电波》一作的导言中）断言，“麦克斯韦的理论”不过是“麦克 斯韦的方程式体系二由于对麦克斯韦理论的接受，尤其是在欧洲大陆对这一理论的采 纳，都是遵循赭兹提出的思路，所以我们就可以理解，为什么爱因斯坦和其他一些人在 讨论这场革命时把赫兹的大名也包括在内。

由于许多原因，麦克斯韦的理论是难以接受和理解的。第一，它在概念上是创新的， 拥有诸如“位移电流”这样一些激进的概念。第二，麦克斯卡不只是把这一理论看作是 对新的原理的数学上的精炼或推敲，而且也是根据物理学的型式提出来的。首先，这些 新的原理体现在诸如嵌齿轮和滑车等机械装置中：他的真诚的追慕者格莱兹布鲁克禁不 住把一个“多少有些粗俗的看法”引入到这些装置之中（1896, 166）,尽管他确实强调 这些装置对于它们的创造者来说只是“一个型式二麦克斯韦从未完全放弃旋转的电子 管和以太的涡旋。在他的《电和磁》中（2： &amp;831： 1881. 2： 428）,他写道，“磁 力是涡旋的离心力的作用”，而“电动势”则是“加于起联结作用的结构的应力”的结 果。法国数学家亨利•彭加勒对于麦克斯韦的理论持有鲜明的态度（见下文他禁不 住介绍了一本书，即《麦克斯韦理论和光的电磁理论讲演录》（1890, V）.目的在于表 明，当“一位法国读者第一次打开麦克斯韦的书的时候”，一种不安甚至通常是疑惑的 感觉如何与他的赞美交织在一起。在另一部著作（1899：英译本1904 . 2）中，彭加勒承 认，麦克斯韦归之于以太的“复杂结构” “使他的体系古怪而又枯燥乏味二彭加勒认 为，事实上，人们“似乎是在阅读对有传动装置、有传导运动并且在作用力之下弯曲的 拉杆，有轮子、传动带和节速器的工场的描述二而且，彭加勒认为，它体现了“英国 人对这种概念的偏好：这些概念的出现正是迎合了英国人的心意”。但是，他也注意到， 麦克斯韦本人“首先放弃了他自己的离奇的理论”，而且，“它并不是出现在他的完整 著作中二这里所说的“完整著作”可能是指麦克斯韦的那一系列论文。彭加勒立刻补 充说，我们决不能懊恼“麦克斯韦的智慧追寻了这一僻径，因为它因此导致了最重要的 发现”，而且彭加勒坚持认为（p. 12） “麦克斯韦著作中永恒的要素”在于这样一个事： “它独立于一切特殊的解释二

赫兹在德国伟大的物理学家亥姆霍兹的建议下所进行的实验证实了麦克斯韦的预言。 在欧洲大陆，尤其是在德国，（高斯，韦伯等人）傾向于一正如普朗克所解释的（普 朗克，1931, 58-59） 一一 “根据位势理论一这是高斯从牛顿的远距离作用的定律为静 电磁场推演出来的，而且由此产生了很高的数学成就”一专门探求“电动力学的成就二 法拉第•麦克斯韦关于不存在任何这样的“直接的远距离作用”以及力场具有“一种独立 的物理实在”的见解，是如此令人不可思议和如此难以理解，以致普朗克认为，这种新 的理论“在德国找不到任何立足点，而月.甚至几乎引不起人们的注意”。亥姆霍兹提 出了他自己的一种理论，在这种理论中，他试图保持瞬时作用的程式，而且仍然包含着 麦克斯韦的方程式。他鼓励赫兹进行实验，不仅是为了发现电磁波是否存在或是否能够 被产出（因为这两者都是他的理论和麦克斯韦的理论所需要的），而且是为了在两种不 同看法之间作出选择，因为这两种看法都导致r关于电破波的物理特性的非常困难的预 言。（关于亥姆霍兹与麦克斯韦之间理论差别的简洁说明，请参见特纳1972. 251-252。） 在关于“麦克斯韦的理论和赫兹的动摇”的一部通俗的一也就是说，非数学的一 一著作（1899：英译本，1904,第7章）中，彭加勒解释了赫兹的实验如何在麦克斯韦的 理论与它的对手之冋提出了 “实验难题”。这两种理论都一致同意许多被证实的预言

（例如，电干扰沿一导线传播的速度与光速相同，电磁干扰通过空间传导），它们就这 些作用在空间中传播的时间则有不同意见。假若不存在麦克斯韦的“位移电流二那么 传播就应当是瞬间的。但是，根据麦克斯韦的理论.在空气或真空中的传播速度，应当 与沿导线传播的速度为同一速度一也就是说，它应当与光速相同。因此.彭加勒提出 了这样一个问题：“因而，这里是一个实验难题：我们必须测定，电磁干扰以什么速度 依靠感应通过空气传播。如果这个速度是无穷大的，那么我们就必须遵循旧的理论：假 如它与光速相等，那我们就必须接受麦克斯韦的理论。”赫兹最初的实验并没有提供一 个容易的答案.实验的结果“似乎无可否认地驳斥了旧的电动力学理论”，但是，“又 似乎谴责了麦克斯韦的理论二在1899年的著作中，彭加勒说，“这个失败仍然不能获 得令人满意的解释二他推测，赫兹用了一面“对于波长来说过于小的”反射镜，所以，

“折射反而扰乱了所观察的现象二无论怎样，后来的实验（首先是萨拉森和德拉里夫 进行的实验）无可辩驳地证明，麦克斯韦的理论是正确的。这标志若以远距离瞬时作用 为基础的理论的终结，并且表明，人们开始普遍接受麦克斯韦范式中场的理论，以及与 光速相等的有限的传播速度。因此，法拉第•麦克斯韦理论上的革命转变成为法拉第•麦 克斯韦•赫兹科学中的革命。

对这次革命的证明

在1888年，赫兹把他关于电波的实验的最后结果通知『亥姆霍兹。在这一年所作的 一个演讲中，亥姆霍兹（1907. 3）谈到“法拉第•麦克斯韦的思想”在理论物理学（

“以太的理论物理学”）中所引起的一场“完全的革命”（cincvollstandigcUmwalz ung）o然后，亥姆霍兹（p.4）用类似库恩的语言，讨论『电学理论很可能要首先经历 的"危机”（"cine Krisis, die erst durchgcmacht werden muss"）o 但是，亥姆 霍兹所说的“危机”和“革命”与库恩所说的“危机”和“革命”之间的区别在于，亥 姆霍兹似乎已经看到了从“革命”中出现的“危机”，而且所处的条件也与从前不同了。

关于“革命”的一个比较谨严的表述见于1894年奥古斯特-福普尔的教科书《麦克 斯韦电学理论入门》。爱因斯坦在苏黎世做学生时，正是从这本教科书中学到了麦克斯 韦的理论•（霍尔顿在1973年的著作中（205-212）对福普尔在爱因斯坦思想发展中的 重要作用作了探讨。）在该教科书的序言中，福普尔强调赫兹如何不仅证明『电磁波的 存在（和速度），而且在理论上确立了一个“转折点”，它强有力地使物理学家们摆脱 了以远距离作用量为基础的（韦伯和其他人的）旧理论。赫兹的发现使“舆论产生了转 变”（“UmschwungdcrMcinungcn”），导致了 “舆论的逆转”［即颠倒：而且可能是 一场革命性的变革］（iii, iv）.

不久，法国哲学家、科学家皮埃尔•迪昂也提出『类似的看法。迪昂的探讨是更为 有趣的，因为，他不仅是一位著名的科学家和卓越的哲学家，而且还是一位知名的科学 史学家。他声称他的著作对麦克斯韦的电理论进行了 “历史的和批判的研究二在描述 麦克斯韦著作的影响时，迪昂（1902. 5）接连用了两个术语：'boulcvcrscr'（使动 荡，使震惊）和'revolution'（革命）一这正是我们在后來恩格斯《反杜林论》法 文版中由德文'Umwalzung'（革命）邊译过来的相同的两个词。迪昂直率地说，“这场 革命是一位苏格兰物理学家倉姆斯•克拉克•麦克斯韦努力的结果”（1902, 5）。在一 段关于历史的题外话中，迪昂特别指出，“麦克斯韦推翻r理论物理学据以发展的自然 秩序：但是，在他的有生之年，他没有未得及看见赫兹的发现使他的大胆假设转变成为 一个先知者的预言”（p.8）°在对麦克斯韦的第一篇论文的讨论中，迪昂比较了电现象 与一种流体在阻抗介质中的运动。与此同时，他发现，麦克斯韦的语言似乎表明，“使 物理学的这一学科革命化”根本就不是“他的意图”（p. 55）。迪昂还高度賛扬路德维 希•玻尔兹曼在1891年和1893年发表的著作。在这些著作（论文）中，玻尔兹曼试图 “用全新的概念，建构一个在其中可以合乎逻辑地把麦克斯韦的方程式联系在一起的体 系”，而且迪昂认为，这个体系是排除在麦克斯韦本人提出他的不同方程式的过程中的 一个主要问题的途径。迪昂发现，在麦克斯韦的那一系列方程式中，充满“矛盾和谬误” （pp. 223-224）。

在迪昂讨论麦克斯韦和革命一年之后，约翰•西奥多•默茨出版『其《19世纪欧洲 思想史》的第2卷（1903年）。在这一卷中，他把麦克斯韦关于电磁理论的论文看作是一 套“革命的丛书”，并且指出，“麦克斯韦的思想对科学的一不但如此，甚至公众的 —思想的发展产生了相当大的影响”（pp. 77—78, 88）。

我已经提到爱因斯坦连续用革命的术语谈论麦克斯韦。在1920年的一次谈话中（莫 斯科夫斯基1921. 60）.爱因斯坦对麦克斯韦的革命作『如下概括：

经典力学把所有电的和力学的现象归之为粒子相互间的直接作用，而不考虑它们彼 此间的距离。对这种最简単的定律牛顿是这样表述的：“引力等于质量的乘积除以距离 的平方”（引力与两物质粒子的质量乘积成正比，而与它们之间距离的平方成反比）。 与此截然不同，法拉第和麦克斯韦引入了一种全新的物理实在，即力场。这些新的实在 的引入，给予我们以极大的助益，以致于与我们的日常经验相违背的远距离作用的概念 首先变得不必要了，因为，场从一个点到另一个点附若于整个空间之中，没有任何中断 或间隔。其次，场的定律，尤其是就电而言，呈现为一种比在不设想任何场的存在的条 件下要简単得多的形式，而且只有质量和运动才被看作是实在。

在他的“自传笔记”中（希尔1949. 32-33）.爱因斯坦详尽阐述了这个主题：

在我的学生时代，最迷人的主题就是麦克斯韦的理论。由远距离的力向作为基本的 量值（参量）的场的转变使它看来好像是一种革命的理论。把光学结合到电磁理论之中， 这一理论所确立的光速与绝对静电和电磁单位系统之间的联系，折射指数与介电常数的 联系.以及一个物体的反射率和金属传导率之冋的质的联系一它就像是一个天启。

在赫技用实验证实电磁波的预言大约半个世纪以后，爱因斯坦对一场麦克斯韦革命 的感觉敏锐的评价，在卡尔-波普尔对科学革命的清晰而鲜明的概括中又重新得到表述 （1975. 89）o他说，“法拉第和麦克斯韦的革命，从一种科学的观点看，正像哥白尼 的革命一样伟大”，因为“它推翻了牛顿的主要教条一一向心力的教条”。

许多评论家指出，麦克斯韦的理论在英国比在欧洲大陆获得『更普遍的支持。但是， 仍然存在不同意见。开尔文勋爵就是其中之一。在1884年于约翰斯•霍普金斯大学所作 的《巴尔的摩讲演》中，他直率地说：“如果我知道什么是光的电磁理论，那么，我也 许就能够联系光的波理论的基本原理来思考它二此外，“我也许可以说，在我看来， 关于它的一个似乎可以理解的唯一正合需要的东西，我认为是不可接受的二在分析18 75年到1908年间英国的状况时，阿瑟•舒斯特爵士说，在英国，没有人进行实验以证实 麦克斯韦的预言，因为“我们也许过于自信麦克斯韦的看法固有的真理和单纯”。既然 我们“考虑到支持电磁理论的冋接证据，所以认为不值得进行一个'广泛展开的实验研 究那么，为什么还要进行这样一个“肯定将占用和耗费大量时间和劳动”的实验 研究呢？实际上，进行这样一个实验似乎并无多大意义，因为看来显而易见的是，实验 的“结果”将是“一个定论二但是，蜉斯特说，卡文迪什实验室的年轻人“错了”， 因为他们“忘记了，在国外.而且在某种程度上说在这个国家中，绝大部分科学思想并 无兴致甚至舍不得放弃一种灵活多变的有实体的非常有用的以太，转而接受一种其性质 并不像任何已知物体的性质的介质”。

麦克斯韦的革命与我们前面一直在讨论的那些革命多少有些不同：那些革命可以比 较容易地与像拉瓦锡或达尔文这样的単个人的科学思想联系起来。这场已经进行了长达 半个多世纪之久的革命需要三个显著的贡献.即法拉第废克斯韦和赫兹三个人分别作出 的贡献。对于这三位伟大的物理学家的重要作用，存在不同的看法。麦克斯韦的革命这 个称呼也许源于这样一个事实：电磁理论集中体现在麦克斯韦的方程式中，这可能就是 爱因斯坦认为麦克斯韦在这场革命中“发挥了最大作用”的原因。但是，爱因斯坦同样 尊敬法拉第，而且在他的研究中对两者都作了生动的描述。这场革命看来似乎像人们归 功于哥白尼的革命。在哥白尼的革命中，开普勒改造r哥白尼的概念，然后，牛顿又发 展『这些概念.然而，两者之间仍然有一个根本的差别，因为开普勒基本放弃了哥白尼 的原理，而麦克斯韦则在自己的理论中把法拉第置于一个非常重要的地位，给予法拉第 的概念以新的精确性和重要性，并且在牛顿以开普勒思想为基础进行创建的意义上发展 了法拉第的思想。

麦克斯韦对一种新物理学的贡献并不限于他的电磁学理论。它们还包含其他许多论 題，其中有分子物理学、热力学和气态运动论。他使科学家们意识到量纲分析的重要性， 并且在物理理论中传播r模式的概念，这个概念已经成为我们时代物理学的一个重要特 点。我们已经看到，麦克斯韦的电磁理论顺利通过了三次革命的检验：亲眼目睹者的证 *明,*历史学家的评判，科学家们的看法。第四次检验——物理学思想的记录一表明， 麦克斯韦的革命（或者说，法拉第、麦克斯韦利赫兹的革命）是由】8世纪和19世纪的经 典物理学向2世纪新的相对论物理学和量子论转变过程中的一个重要因素。像牛顿革命以 及采用和推广r理解外部世界现象的新方法的科学中的其他革命一样，它也是人类思想 中的一场伟大革命。

第二十一章一些其他的科学发展

达尔文和麦克斯韦的革命，并不是在他们所处的时代被认为是革命性的而在我们今 天所处的时代仍可能被普遍认为是革命的生物学和物理学中唯一的剧变。历史学家和科 学家在从数学和统计学到地质学和医学等领域中，提出r 19世纪科学革命的许多候选者。 在这一章中，我们将简短考察一下这其中的一些发展，最后再概括地说一下应用科学领 域中的伟大革命。

簌尔在地质学中的革命

在考察19世纪期间地球科学中的进步时，伦纳德-威尔逊所举出的实例是“在1841 年之前”所发生的“地质学中的革命二在这一年，赖尔创立了他的“均变说”：他在 其3卷本《地质学原理》（】830—1833）中对这一学说和理论作了详尽阐述。正如赖尔在 1829年的一封信中所解释的，他的目标是宏伟的（威尔逊，1972, 256）.他说，尽管他 的书“不敢妄想对地质学中所有已知的东西作出概括”，但是，它“将努力确立起科学 中的推理原则，而且，作为对我关于那些原则的看法的描述，作为巩固由于接受这些原 则而必然产生的体系的证据，整个我的地质学将呈现在人们面前二从根本上说，他认 为，“除了那些现在发生作用的原因外，从我们可以追忆的远古一直到目前，无论什么 东西，都不曾有任何原因发生过作用。而且那些现在发生作用的原因，也从未发生过与 它们现在所发挥的作用的能量不同的作用”.威尔逊认为，他书中的第17章，“以'依 据现在发挥作用的原因解释他表以前的变化’为题，实现r这一诺言”（P. 280入此外， 簌尔在该书中还用四箪的篇幅陈述r “显然是新的和创造性的思想二威尔逊断言，这 本书是“革命性的”（p. 280. 281. 293）,因此前进『一大步。他同时还强调指出， 这本书是造诣精深的，而且人们争相购买。我们可以补充说，这本书的不同版本接连不 断地问世（第2版，*3卷*本，1832-1833：第3版，4卷本，1834）,说明了人们对该书的 兴趣以及该书具有的重要性。因此，显然，如果这确实是一场革命，那么它就不只是论 著中的一场革命。

但是，并非所有研究地质学的史学家都赞同威尔逊的结论：“赖尔在人们关于地球 历史的思想中开始了一场革命”（p. 293）o在对威尔逊传记的一篇评论中（载】973年 6月5日《科学＞.179： 57-58）.塞西尔•施奈尔论述了人们可以用来“驳斥传记作者” 的证据，而且他认为，“較尔的均变论思想并没有多少新颖之处，而且，就说他的思想 是革命性的思想的根据而言，它们对于正在出现的世俗的世界史也是无关紧要的二的 确，威尔逊所引证的任何断言較尔的《地质学原理》是革命性的或引起革命的评论家或 同时代的阐释者的论述.并没有证实他自己的判断。然而，正如我们已经看到的，只是 在赖尔的论著第一卷发表20年之后，査尔斯•达尔文在《物种起源》第9章接近开始的地 方（1859, 282）才对“較尔爵士关于地质学原理的宏篇巨著作了评价二达尔文说，

“未来的史学家将会认识到，它在自然科学中引起了一场革命二在1844年的一封致伦 纳德•霍纳的比较早的信中（达尔文，1903 , 2： 117,见下文第29章所引），达尔文对 这样一种说法作了解释。达尔文在信中说，在读『赖尔的书之后，人们就会认为甚至新 的现象’‘都是由他发现的”。关于赖尔革命的另外一个同时代的证明见于天文学家和哲 学家约翰•赫歇尔1836年2月20日致簌尔的一封信.在该值中，赫歇尔说：“在我看来. 你的《地质学原理》是那些在其学科中引起完全的革命的著作之一”（见巴贝奇，】938, n. 1. p. 226）O

既然赖尔的地质学被他的同时代人视为革命性的学说，因此，一个决定性的历史考 验是，此后地质学及其姊妹学科古生物学的历史是否表明赖尔的著作发挥r与一场革命 相当的作用。我认为，这是不成问题的。历史学家之间的争论反而集中在赖尔在多大程 度上作r创新这一问题。在科学之中，绝对的创新似乎并不是革命的一个明确规定的特 点。大多数（即使不是全部）革命表现出连续性的特点，因此，甚至科学中最激进的思 想，都一次又一次地证明不过是对现存的传统思想的改造o （1980年我在《牛顿的革命》 中对这个主题作了充分的发挥。）这是科学的一个如此明显的独有的特征，以致像阿尔 伯特-爱因斯坦这样的某些科学家最终认为他们的著作展现的是进化而非革命：对已知 的或为人们所相信的东西的彻底改造或调整，而不是发明或创造某种新的东西。唯一一 个反对人们说发生了一场赖尔革命的意见是，地球科学中的所有思想或观点，并不都是 以他提出的思想为条件的，但是，严格说来.这将限制那场革命的范围和作用，但并木 是全然否定它的

生命科学中的进步

在一本题为《19世纪的生物学》（1977）的研究著作中，威廉•科尔曼论述了生命 科学中许多重要的革命。他对病理解剖学家“使传统的局部解剖学和器官解剖学的事业 革命化”的行动与细胞理论后来对病理解剖学的改造作了比较（p. 20）o特别是他让我 们注意巴黎医院中的医生们在1800年前后“由于把对尸体的事后生理调査分析与对患者 的痛苦的临床描述”结合起来，而“在医学中引起的一场革命二在论“人”的一章中， 科尔曼一开始就断言，在拉马克和海克尔之间发生了 “一场人对其过去的意识中的一场 革命-（p. 92）.就此而言，科尔曼发现涂尔干的结论“确实是革命性的"（P. 114）o 在论“功能：动物机器” 一章中，他描述了四位德国“还原论者” 1847年是如何在柏林 相遇的。这一年，正是“革命爆发的前一年，而且，与此有关，人们计划在生理学的抱 负和方法论中进行一场革命-（p. 151 ）＜,该书最后说明了 19世纪末的情况，并且考察 了 “对于生物学问题倾向于公开坚持一种生理学观点的生物学的新成员”。实验生理学 “确立了一种在实验中”理解“生命过程，日常的每时每刻都在发生着的事件一其总 和就是生命 的典型方法二凭实验之名.科尔曼断言，“使生物学的目标和方法

革命化的一场运动已经开始二

1858年，鲁道夫•卡尔•菲尔绍发表了他的巨著《细胞病理学》：今天的许多人认 为，这部著作预示若生物学中一场革命的到来。尽管人们对此并未普遍表示赞同，但是， 几乎无可怀疑的是，菲尔绍的理论引起了医学的生物学基础中的一场革命一一菲尔绍本 人曾表明这一点。菲尔绍对于我们具有特别的意义，因为他把其作为一个激进的改革者 的积极的政治生涯与他在医学病理学中的科学生涯结合在一起。1848年初，他奉政府派 遣到西里西亚调査当时该地一次斑疹伤寒的爆发，（正如他本人告诉我们的）他对波兰 少数民族朝不保夕的生活条件感到极大震惊。这一次经历使他由一个持有自由主义社会 和政治信念的人转变成为一个倡导进行广泛的社会和经济改革的激进主义者.所以，并 不奇怪，他参加『柏林的起义：这些起义是整个1848年革命的一部分，并且进行了巷战。 之后，他成为柏林民主大会的成员并且编辑发行《医学改革》周刊。

由于其革命的政治活动，他被取消r在柏林的学术地位，因此，他被迫移居维尔茨 堡。1849年被任命为德国病理解剖学这一新学科的首任教授。在这里，他获得了作为科 学家的重要地位，发展『我们所说的“细胞病理学”的概念。1856年他回到柏林，担任 新成立的“病理学研究所”的教授和所长。由于其教学以及关于在正常的健康条件下和 异常的疾病条件下，细胞都是基本的単位，而疾病乃是活细胞的紊乱和失调造成的学说， 他享有很高声誉。他在后来的生涯中，发展了他的生物医学概念，积极参加政治活动， 关心公共卫生事业，并且创立了一种关于疾病的社会学理论.他甚至成为人类学这门新 的科学的美基者。

1861年，他被选为代表德国进步党的普鲁士议会的议员。他是德国进步党的创始人 之一。他坚决反对啤斯麦。俾斯麦为此曾愤怒地向他提出决斗，但是菲尔绍没有接受这 一决斗。因此，他是一位非同寻常的伟大的科学家：他既是一位政治活动家和社会改革 家，而且，他所进行的专业改革，不仅改变了医学职业的规则，而且改善了公共卫生和 医疗保健的状况。其他一些科学家也曾是政治活动家，但是没有什么人达到像菲尔绍所 达到的作为议会中俾斯麦的反对派的领袖这样重要的或相当高的政治地位（弗莱明1964. X）.

在他创办的《医学改革》周刊第一期中（1848年7月10H）.菲尔绍把政治革命的思 想与医学改革相结合。他（在第1页中）写道，“国家状态中的革命「UmwalzungJ”以 及“新的制度的建立二是影响到整个欧洲所有有头脑的男男女女的“政治风暴”的一 部分，因此标志着“整个生活观念的彻底转变”。他坚持认为，医学不可能不受到这些 风暴的影响，“不能再回避和拖延一场激进的改革了二欧文•阿克尔克奈克特（1953. 44）认为，对于菲尔绍来说.“自由和科学是天然的盟友”，而且，“1848年革命既是 一个政治事件，显然也是一个科学的事件二在其周刊中，菲尔绍写道：“三月的时代 终于到来.批判反对权威、自然科学反对教条、永恒的权利反对人们任意独断的常规的 伟大斗争一这一斗争已经两次动摇过欧洲社会一第三次爆发了，而且胜利是属于我 们的二阿克尔克奈克特把政治与医学的这个统一看作是菲尔绍思想的一个特色（p. 4 5）：

细胞病理学理论对于菲尔绍本人来说是非常重要的，因为它似乎在客观上揭示了人 体中的他所努力探求而且认为在社会中是“自然的” 一种情况……因此，对于菲尔绍来 说，细胞病理学远不止是一种生物学理论。就此而言，他的政治和生物学观点是互相补 充和加强的。细胞病理学揭示了人体是一个由彼此平等的个体组成的自由国家，是一个 由细胞组成的联邦，是一个民主的细胞国家。事实证明，人体是一个由彼此平等的因素 组成的社会单位，而在体液的或凝固的（神经）病理学中，则设想了一种生物组织的非 民主的寡头政治。正像在政治领域中为争取“第三等级”的权利而战斗一样，因此菲尔 绍也在细胞病理学中为人们没有充分认识其价值和功能的细胞的“第三等级”（结缔组 织）而战。

因此，当我们发现菲尔绍谈到如下事情时并不感到惊奇：“医学的最后的任务或使 命就是在一个生理学的基础上组织社会”（引自同上书，46）.菲尔绍认为，社会科学 是医学的一个分支。由此他明确指出，“医学是一门社会科学，而且政治学不过是大规 模的或更高级的医学”，“医生是贫苦者的天生的代言人，而且，社会问題应当主要由 他们来解决二

阿克尔克奈克特认为（1953. 47）.在其关于医学实践的著作中.菲尔绍“更喜欢 '改革者’而非’革命者’的说法，因为在他看来，这是对把破坏和建设，把对他所拥 护的过去的成就的批判和尊重结合和统一起来这一特点的更好的描述”。但是，就像在 1848年那样，他确实参加r革命的政治活动。

在《细胞病理学》这部巨著（1858：英译本，1860）的序言中，菲尔绍谈到，医学 科学家有责任使他的“职业同行”广泛了解迅速积累和不断增长者的新知识.然后，他 断言：“我们要进行改革，而不是革命二此外，他慨叹道（1858, iX： 1860. X）.他 的著作似乎“有更多革命的而非改革的气味”，但是，这主要是因为“必须首先反对最 近的［现时代的」那些虚假的、错误的或独断的学说，而不是比较久远的那些著作家的学 说”。但是，在正文中，当他描述他在发展的激进的新思想时一而且正是他声称（18 60, 27）“在一个细胞出现的地方，以前必有细胞存在”之前一他使用了更引人注目 的革命的形象。他明确提到“过去几年”在病理学中所发生的’dcrUmschwung' （186 0年英洋本中将此译作'the revolution'）。他在这里选择『\*Umschwung'.虽然在 他谈到政治或社会事件时通常使用,Umwalzung'.甚至'Revolution'这些词。但是, 就菲尔绍而言，重要的是，他是在科学中引起一场革命而且积极参加一场政治革命的非 常少的几个科学家之一。而且，他公开坚持他所提出的这样一个观点：革命的政治学和 革命的科学可以是相互影响，甚至是相互补充和加强的。

数学，概率和统计学

数学在19世纪取得了巨大进步。新的领域得以开辟（例如，非欧几里得几何学，数 理统计学，向量解析和四元法），而且新的严密的标准完全改变了古典的分析或功能理 论（复杂变量的功能）。在19世纪末，乔治•康托尔创立r一门新的数学学科一超穷 基数和超穷序数理论。人们把他伟大的贡献描述为“向无穷王国的大胆推进”，它极大 地推动了 20世纪对数学的基本原理的研究（梅什考斯基：1971. 56）o显然，这是数学 思想中的一场革命。康托尔本人充分意识到他的工作的革命意义。在1885年致康托尔的 一封信中，瑞典数学家米塔格•列夫勒写道，康托尔的工作同高斯对非欧几里得几何学的 研究“一样是革命性的”（杜本，1979, 138）。而且，约瑟夫•柱本发现，在写给法国 科学史学家保罗•坦纳里（1934. 13： 304）的一封信中，康托尔直率不讳地说，他所从 事的工作是革命性的.

康托尔并不是19世纪自认为引起（或将要引起）一场革命的唯一的数学家。另外一 位是爱尔兰数学家威廉-罗恩-汉密尔顿爵士。托马斯-L.汉金斯发现，汉密尔顿在丨 834年就他（在以前写给他叔父的一封信中）所说的“他改造整个动力学一在这个词的 最广泛的意义上说一一的希望和决心”写『一封值得注意的信。该信是汉密尔顿1834年 写给威廉•休厄尔的.汉密尔顿写道（汉金斯，1980, 177-178）,新的动力学“也许 将引起一场革命二非数学家一般都不熟悉汉密尔顿的著作。我们上面作评论时刚刚引 证的那篇论文就是《动力学的一般方法》（】834）。在该文中，汉密尔顿提出『他所说 的“示性函数”的特性，并且揭示了 “接近示性函数以把它运用到行星和替星的摄动的 方法”（汉金斯1972. 89）o示性函数是汉密尔顿两个伟大的“发明”之一：另外一个 伟大的发现是“四元法”（四元数），这是一个三维复数体系，人们可以用一种类似于 向量解析的方法使用这个体系。J.威拉德•吉布斯所发明的向量解析最终取代了作为动 力学和数学物理学语言的四元法（四元数）。（汉密尔顿的四元数在他们所处的时代是 如此流行，而且又是如此完全适合物理学，以致J，C.麦克斯韦在他关于电和礎的著名 的论著中把它们用于对电磁这个学科的数学表述°）汉密尔顿的论文“第一次对应用于 动力学的示性函数作『一般性的陈述”（p. 88）,而且发展『我们今天所说的“汉密尔 顿’原理。这篇论文的确是具有革命性的，因为，他在该文中推导出了运动的“典型方 程组”，“汉密尔顿的主要函数二以及汉密尔顿自己关于人们后来所说的汉密尔顿-雅 可比方程的看法。汉密尔顿的《动力学的一股方法》这篇论文＜1834： 1835年作J'増补） 对经典力学作『公式化的说明，这个说明后来成为今天量子论和统计力学的权威标准。

汉密尔顿方法，特别是雅可比发展了的方法，已证明对天体力学是尤为有用的。例 如，它对于解决如何测定三个天体的运动——根据牛顿的万有引力反比定律，其中的每 一个天体都吸引着其他两个天体一问題是特别重要的。由于人们普遍接受『向量解析 以及张量解析，所以，在自然科学中已经淘汰了汉密尔顿的四元数。J. D,诺思认为 （1969）.归根到底，汉密尔顿四元数理论的“压倒一切的重要性”可能在于“它引入 『一个非互换乘法定律二这一定律“激励其他的代数学家从他们的公理中”剔除互换 律。（互换乘法定律指，两个数相乘的次序并不影响其乘积一一8乘以2的积与2乘以8的 积相同.）

在19世纪，有关概率和统计学的三个主要领域都获得显著的发展。第一个领域是数 学理论（以拉普拉斯为先导），第二个领域是统计学应用于对社会的分析，从所谓的

“道德统计学”开始：第三个领域是为科学引入『一个统计学基础。其中第二个领域通 常与比利时统计学家阿道夫-凯特尔的名字联系在一起。凯特尔以其关于某些数字恒久 性或合规律性的意外发现一一婚姻、死亡、出生、犯罪等等一而使全世界的读者震惊。

我们有一个相当充分的证据可以雄辩地证明有关社会的新的统计学的发现的革命影 响。正如约翰•赫歇尔爵士在1850年所说的（PP. 384-385）. “人们开始惊奇地—— 但并不是没有某些良好的渺茫的期望一一听到”

不仅生死和婚嫁，而且法庭的判决，普选的结果，在抑制犯罪时所进行的惩罚的影 响——医疗的比较值以及治疗疾病的不同方式一一自然研究的每一个部门的数字结果中 的有限的概差一一自然的、社会的和道德的原因的发现，一而且，甚至证据的重要度， 以及合乎逻辑的论点的确实性一似乎都可以用对一个无偏见的分析的敏锐的彻査来測 定。这里所说的对一个无偏见的分析的敏锐的彻査，即使不会立刻导致实在（实证）真 理的发现，至少也将保证发现和排除许多有害的和不断侵扰的谬误。

这一段文字搞自《爱丁堡评论》（1850年7月）中关于刚刚出版的凯特尔与阿尔贝特 国王有关《概率论》的通信集的译本（1849）的一篇人们广泛阅读和争论的文箪（见赫 歇尔 1857. 365ff.）-

但是，发生过一场革命吗？估计对社会所作的新的统计学的分析是否由于其深远的 意义而被视为一场统计学的革命的一个方法，就是认识反对新的统计学思维方法的激烈 程度。以统计学为基础的科学或知识的两个反对者是奥古斯特•孔德和约翰-斯图尔特- 密尔。孔德在其《实证哲学教程》（bk. 6, Ch. 4）中嘲笑“某些几何学家妄想使社会 研究服从一种奇异的数学的概率论而使社会研究成为一种实证研究’h855, 492）.孔德 严厉驳斥龍姆斯•伯努利，尤其是孔多塞企图把概率论和统计学应用到社会理论（或社 会学）之中。他说（p. 493）

人们开始普遍认识到政治哲学的真髓，而且事实上由于孟德斯鳩、孔多塞本人的努 力，这一真髓已被掲示出来，此外，社会的新的动荡也强有力地鼓舞着人们。在这样一 个时候，拉普拉斯再重复这样一个哲学错误，是没有任何理由的。从那时起，一系列模 仿者用单调乏味的代数学的语言继续重复这个幻想，而没有増加任何新的东西，滥用r 恰恰属于真正的数学精神的荣誉：所以，这个谬误现在只是将会使用它的政治哲学的极 端无能的一个不自觉的证明，而不是像一个世纪之前那样，是科学研究的不成熟的本能 的一个象征。再也没有哪个概念比这个概念更荒iff：它把一种假设的数学理论作为它 的基础或它的操作模式。在这种理论当中，符号被误认为思想，我们计算和测定数字的 概率：进行这种计算也就等于把我们自己的无知看作是测量我们各种观点的几率次序的 自然手段。

孔德反对统计学和概率论很可能是基于他这样一个信念：“一切科学的目标都在可 预见”（即准确的预言）：他在1822年关于“改造社会”的一篇文章中提出了这一论点 （弗莱彻1974. 167）O为达到这一目的，“由对现象的观察所确立的规律”应当使科学 家能够预言现象的接续和演替。由此可见，“对过去的观察应当像我们在天文学、物理 学、化学和生理学中所看到的那样，揭示未来二在《实证哲学教程》第六卷（“社会 物理学”）中，孔德扩展和进一步发挥了这个论題。在其中的第三章中，孔德主张， “社会现象服从自然规律，同时容许合乎理性的预见”。孔德这里所说的是合乎理性的 经典力学的简単的因果律的预言一他认为，这些预言与统计学和概率论的“不准确的” 预言是相对立的。

约翰-斯图尔特-密尔在其最重要的或“主要的哲学著作”《逻辑体系》中，反对 科学或社会科学中的统计学论点或对概率的误用。密尔认为(1973-1974, 1142),

“确实需要有充分可靠的证据使任何有理性的人相信，我们的无知可以通过一个对数字 起作用的系统而溶入到科学中去二密尔又说.“这个奇怪的意图无疑导致一位学识渊 博的思想家一孔總先生一一极端地反对整个的这个学说，尽管事实上保险业的实践以 及其他大量实在的经验天天都在证明着这一学说”。这个陈述，如同《逻辑体系》第一 版(1843)中的其他陈述一样，在第二版和后来出版的其他版本中被删除了：但是，没 有哪一位读者会忽视或忘记这样一个明显的结论：密尔对于概率的基础以及运用概率的 有效性抱以完全否定的态度(见密尔1973-1974. 8-9： bk. 3. ch. 17-18. app F. G. pp. 1140-1153)o 当密尔在其《逻辑体系》(1973-1974 年，bk. 3. ch. 18. &a mp;3)中说“对概率运算的误用”已经使之成为“数学的真正耻辱”时，人们对他的观 点就确信无疑

许多科学家和哲学家或者直接反对在科学中使用概率和统计学，或者对在科学中使 用它们的正确性表示极大怀疑。迟在1890年，彼得-格思里•泰特在其《物质的特性》 第2版中，可能仍然采取一种反统计学的态度，并且说到“由于对《概率论》的显然是没 有根据的运用——统计学的方法正是以概率论为基础的一而大大增加的”气态运动论 中"仍然存在着的困难”(p. 291 )o

克劳德-贝尔纳对在科学中对统计学和概率的运用进行了更频繁的和坦率的批评。 贝尔纳通常被人们称作近代实验生理学的奠基人。他在其《实验医学研究导言》(】865： 1927. 131-139)中直率不讳地说他不知道“我们怎么能够在统计学的基础上教授应用 的精密科学二他认为，对统计学的使用必然“只能产生推测的科学”，而且“永远不 可能产生出富有活力的实验科学，即根据一定的规律调制现象的科学二而且，他主张， ■依据统计学，我们可以推测关于某个特定事例的或大或小的概率，但是却永远不可能 获得任何确实性，也永远不可能获得任何绝对的决定论二既然“事实从来都不是同一 的”，所以，“统计学只能是所进行的观察的以经验为根据的点査”(pp. 138 —139)。 因此，如果医学以统计学为基础，那么它就“只能是一种推测的科学：只有以实验的决 定论为基础，它才能够成为一门真正的科学，即一门可靠的科学”。贝尔纳在这里指出 了他所说的“所谓观察敏锐的医生”的观点与“实验医生”的观点之冋的区别。贝尔纳 认为，实验科学导致了一种严密的决定论：他和其他生理学家认为，这种严密的决定论 是与概率论或统计学的考虑或看法不相容的。

在1904年圣路易斯万国博览会期间召开的“艺术和科学大会”上的一篇演说中，特 别有哲学头脑的理论物理学家路德维希-玻尔技曼简短地论述了如何把统计学应用于科 学和社会科学.他捍卫“统计力学的定理(公理)”，认为“它们像所有有根据的数学 定理一样”，是正确的。与此同时，他特别注意到，把统计学应用于其他领域有一个困 难，例如，在设想“基本错误的相等几率”时，就是这样。他暗示要把统计学应用于

“活生生的人,……人类社会,……社会学等等，而不是只应用于……力学的粒子”： 同时.他让人们注意把这样一些研究置于概率论的基础之上而产生的“原则困难”。他 说，“如果采用了可以从其他基本的观念推演出来的相等概率的概念二那么，这一学 科“就像数学的任何其他分支学科一样精确和严密"(1905 , 602)。

在1983-1984这一学年期间，在比勒费尔德大学举办了一次国际性的跨学科的洪习 会和专题讨论会。会议的主题是••1800-1930年间概率论的革命二在那里所进行的各种 研究令人信服地表明，19世纪在社会和科学的思想中持续不断的变革，展现出一种革命 性的力量。但是，我认为，没有任何根据可以证明，由于统计力学的发展，革命(即使 有的话)到19世纪末时已经不只是一种论著中的革命了。另一方面，随着一个概率论的 或统计学的基础引入遗传学和进化概念被引入量子论，物理学和生物学在20世纪都经历 了一次非常彻底的变革。量子革命通常被看作是科学中所曾发生的革命中最伟大的一次 革命，而且，由简单的因果关系向统计学的考察的转变，一般被认为是它的最革命的特 点之一。因此，我敢断言，在20世纪，根本就没有什么科学中全面的革命意义上的’概 率论的革命”（或更确切地说，’‘概率化的革命二这至多只是一场直到20世纪初才获 得科学中的革命的潜能的论著中的革命。到1914年，在一本題为《概率》的著作（它对

“不同学科的科学知识中”的概率和统计学作了非专门性的一般解释）中，法国数学家 埃米尔•玻莱尔指出，“我们几乎没有意识到，我们已经面对着一场真正的科学革命”

（p. ii）.

应用 史学家们一致认为，19世纪的伟大革命之一就是科学作为推动技术和社会变革的

种重要力量的崛起。阿尔弗布德•诺思•怀特海对这场革命作了非常简明的描述：与此 同时，他指出，19世纪最伟大的发明，是发明的方法的发明。我们在下述一个简单的事 实中可以看到这种技术或工艺革新的生产力：杜邦公司1942年的销售总额中，几乎有一 半的产品在1928年之前是没有的，或者是那时没有大规模地生产的。而这就是公司的一 个研究计划的影响和作用。

尽管我们今天常说，基本的科学知识中的进步，对于改变我们衣食住行的必需品、 我们通讯和运输的材料，以及我们谋生和进行国防的方式，起到『相当大的推动作用， 但是，这在一百年之前一般是不可能的。从培根和笛卡尔以来的科学家和哲学家都曾预 言，知识的发展和进步将使人成为他的环境的主人，但是，关于这一进程，并没有多少 令人信服的例证。我们有一个大约是在1800年之前的重要例证，它标明，一位科学家完 全为了知识的进步而进行的研究，作为一个始料未及的副产品，导致一个对人类有益的 实际发明。这就是木杰明•富兰克林对导体和绝缘体的性质、静电感应现象、物体的形 状对其电的特性的影响、接地在电效应中的作用，以及辉光、放电、瞬态放电和剧形放 电（电晕放电）的性质所作的基本研究。这一研究使富兰克林认识到闪电放电是一种电 的现象，然后又促使他进行了检验这个结论的实验，并最终发明了避宙针装置一缓释 带电的云，从而避免宙击，以至把宙击安全地传导到地面。迟在19世纪初，在法国的一 次公共的辩论中，关于避宙针的这一段个人历史可能还被当作基本的科学研究如何导致 出人意料的实践发明的一个基本范例而举证。但是，如果由此产生的实际发明与饮食或 健康、通讯或运输、国防或谋生的方式直接联系在一起的话，那么，这个例证实际上是 不能令人信服的。［奇+书+网］

就科学对技术和工艺的影响而言，在19世纪发生『革命性的变革，这首先表现在染 色工业中。在19世纪中期以前，染料是从自然资源获得的：植物，昆虫，甲壳类动物， 以及某些矿物.到19世纪末，合成生产出的染料几乎完全取代了这些自然的产物.这场 革命的第一个阶段是，1856年威廉•亨利•珀金发现了一种新的染料，它可以把丝绸染 成一种红紫色（苯臉紫）。那时，他还只是一名学生，而且他所发现的染色物质则是从 事生产合成奎宁的不成功实验的最后结果。生产这种染料的原料是煤焦油，而煤焦油则 是通过蒸馋法生产从煤中提取的照明气体的过程的副产品。珀金开始成批生产新的苯胺 紫染料，而且在随后几年，一种新的工业产生了。这种新的工业的基础就是能够合成现 有的通常是从自然产物中获取的染料或者创造全新的合成染料的化学家们所进行的研究。 这些新的染料比较便宜，而且染色也较快。我们也许看到了这种新的工艺和技术在一种 染料一苗草红或“土耳其红”一的历史中的革命作用。19世纪60年代，茜草红是从 茜草属植物茜草根中提取的：而苗草属植物则是普罗旺斯的主要农作物，而且在西班牙 北部、意大利、希腊和北非被大面积种植和栽培。几十年之后，合成的茜草红几乎消灭 了西草属植物农业，而在今天，茜草属植物只是作为珍品在植物园中种植。

与许多比较早的合成染料大不相同，茜草红一染料化学家维特认为（哈伯1958. 83）—是“化学研究中一种新的趋势，即有目的的化学的第一个结果”（“人工合成 的基本原理”：见o. N.维特1913. 520）.化学家们现在被组织起来，以把他们的研究 引向特定的技术和工艺目标。最后一种被合成产品取代的天然染料是綻蓝，它的生产几 乎是完全由英国人控制的。早在1880年，旋蓝实际上就已经合成了，但是，这个制作过 程比较缓慢，而且代价也相当大。在合成的敍蓝1897年上市之前，引导这方面的研究， 把从事工业研究的化学家们的科学劳动及其学术成果集中起来，花去『17年的时间。巴 登州的苯腔和碳酸钠制造厂为此投入的费用合计达五百万美元，这是到那时就单个研究 项目所投入费用的最高数目。三年以后，德国的总产量相当于从25万英亩的土地上收获 的綻蓝的产量（布隆克，1901）.

正是在染料工业中，科学第一次显示了它的巨大的技术和工艺力量。广大地区的整 个经济几乎在一夜之间被彻底改变这正像以前专门用于种植和栽培茜草类植物的土 地或者被翻耕转向种植葡萄或其他作物，或者被迫休耕或荒芜一样。国家和世界的命运 受到应用化学研究的成果的影响。在19世纪60年代初，德国几乎没有什么染料工业，但 到了 1881年，它则成『世界上几乎一半染料的生产国。到1896年，这个数字上升到刀叽， 到1900年则达到SO.90%。德国的制造商成功地夺取了世界市场，在很大程度上是由于他 们“能够利用一大批相当能干的化学家：这些化学家对研究的通常是不辞劳苦的热爱， 是除瑞士外的其他国家不能相比的”（哈伯1958. 129）.最后，还应当注意到，由于不 稳定的染料是易爆炸物，所以，德国由政府倡导和资助的染料工业在为世界战争生产着 一个潜在的武器库。

认识应用化学中的革命所产生的巨大影响的另一个方面是要注意到，英国的东印度 公司1896年出口的依靠天然原料生产的綻蓝，其价值达350万英镑之多，到1913年，这个 数字跌至6千英镑。此外，1913年德国（合成族蓝的主要生产者）出口的旋蓝的价值约为 200万英镑.但是，其他一些资料表明，这场革命的全景是，在这十七年间，旋蓝染料的 价格由每磅约8个先令下降到每磅约3. 5先令（见芬德利1916. 237）。

第22放三位法国人的观点：

圣西门、孔德和库尔诺

科学中革命的概念以一种值得注意的方式出现在19世纪三位法国哲学家和社会思想 家——圣西门、孔德和库尔诺一的著作中。这三个人都发展了一种历史变革的哲学， 在这种哲学中，科学具有特殊的重要性：而且，他们这三个人都曾设想，在不久的将来, 社会科学将达到天文学和数学已经达到，而“生理学”（生物学）正处在这一过程之中 的一个高级的和确定的状态。

亨利•圣西门：革命和科学宗教

亨利•圣西门（1760-1825）是思想史上一位有趣的人物，因为，尽管他实际上并 不了解科学，但他却雄辩地论述了科学的重要意义：而且，他还设想，科学家在重新组 织社会方面将发挥一种极为重要的作用。尽管在晚年他不再迷恋科学，而且一更特别 地——对于他同时代的科学家接受他自己的思想失去了信心，但是，他所设计的一个更 美好的社会蓝图却总是强调科学思想和科学理想的重要性。他甚至渴望一种有科学家•牧 师的科学宗教，并且梦想物理学家就像是教皇那样的人。更为重要的是，他盼望在一个 不太久远的将来，将对科学以及教育体系和教育方法进行改造，从而保证科学为了所有 劳动者的利益而“完善工艺”（见曼纽尔1956： 1962, 113）。

今天，当人们记起圣西门时，通常把他看作是一位前社会主义的“社会主义的”思 想家，一位科学崇拜的早期的鼓吹者和奥古斯特.孔德的实证哲学的一位前驱。弗里德里 希•恩格斯在他的小册子《社会主义从空想到科学的发展》中称赞圣西门的政治和社会 思想。他说：“我们在圣西门那里看到了天才的远大眼光，由于他有这种眼光，后来的 社会主义者的几乎一切并非严格地是经济的思想都以萌芽状态包含在他的思想中”（19 35, 38。见中文版《马克思恩格斯选集》第3卷411页）。埃米尔•徐尔干则称圣西门为 “实证哲学和社会学的英基人二我们从下面一个引自圣西门《论人类科学》的论述 （1865-1878. 40： 25—26：转引自曼纽尔1956. 113）可以看见现代实证哲学的发端： 一切科学开始都是推测性的。事物的伟大秩序注定了它们都将成为实证的科学。天 文学开始是占星术：化学的起源不过是炼金术：曾经长时间在江湖骗术中挣扎的生理学， 今天则是建立在已观察到并且得到证明的事实之上的：心理学现在开始把自己建立在生 理学的基础之上，并且从自身中清除了它曾立足于其上的宗教的偏见。

在他的《给一位日内瓦居民的信》（写于1813年）中还预言，社会科学将成为与天 文学、物理学、化学和生理学处在一个层次上的科学•（在这部著作中，他没有使用 “实证的”这个术语来描述精密科学：他第一次使用这个术语是在1807年：见曼纽尔， 1956. 132）o他根据科学相继“从迷信和形而上学中解放岀来”（同上）的次序，在后 来奥古斯特•孔德进行阐述之前，对科学的等级层次作了划分和说明。与孔德一样，他 认为，生理学只是刚刚进入或将要进入“实证的”状态。他在《给一位日内瓦居民的信》 中写道（1865 —1878, 15： 39-40：英译本见曼纽尔1956, 133）, “生理学仍然姓在一 个不幸的地位或状态，而占星学的［原文如此！］和化学科学已经越过了这一位置或状态匚 他还说，“生理学家现在被迫从他们中间驱逐哲学家、伦理学家和形而上学家，这正像 天文学家驱逐占星术士和化学家驱逐炼金术士一样。孔德将乞灵于关于占星术士和炼金 术上的同一个形象。

圣西门写的三部主要著作都与科学的主題直接相关：《19世纪科学著作概览》（18 08）,《论万有引力》（1813年12月），以及《论人类科学》（写于】813年1月，但直到 1858年才发表）。正是在《论人类科学》中，他最充分地发展了他关于科学中革命的理 论。在该书两部分的第一部分的一个附录中，圣西门对革命作『探讨。这个探讨采取r “写给生理学家的信”的形式（1858. 382—386）。如果他们会“大胆地支持我的话”， 那么，“几年以后将发生一场伟大的和有益的革命二然后，圣西门说，历史表明，科 学革命和政治革命是交替进行的。依次说来，每一次革命都是下一次革命的原因和前一 次革命的结果.圣西门说（1858. 382-386）,这一番扼要的重述“将证明，下一次革命 必是一场科学的革命，正像我的著作将用越来越多的证据向你们证明的，正是应主要依 靠你们（生理学家）来引起这场革命，而且，这场革命必定对你们是特别有用的二

圣西门的历史序列是从与哥白尼的名字联系在一起的科学革命开始的，然后是路德 的政治革命。继之而起的科学革命包含培根的著作，伽利略对“地域围绕地轴作周日旋 转”的证明，这一证明“完善了哥白尼体系二随之而来的政治革命发生在英国，在这 场革命中，査理一世“受到他的国民的审判”，而且，“古人所不知晓的一种新的社会 组织秩序”得以确立起来：与此同时，路易十四则“若手使整个欧洲屈服于他的管辖之 下二在随之而产生的科学革命中，出现了牛顿和洛克，而且这两个人“产生了在科学 中引起一个巨大飞跃的重要的新思想”：他们的思想在法国的《百科全书》中得到发展 和运用。继之而起的政治革命就是法国大革命，这场革命是“在《百科全书》出版几年 之后开始的”。

那么，圣西门不得不就下一次科学革命作出预言.这场革命将是“人类科学”（人 的科学）中的一场革命，它是以“生理学知识”为基础的。圣西门设想，这门新的科学 将成为学校教育的一部分，而且，用这种新的科学培养起来的人们，将有能力用在其他 科学（天文学，物理学，化学）中所运用的方法来处理政治问题。18世纪的著作总是傾 向于瓦解或破坏社会，而即将来临的19世纪的作品将“努力改造社会二我复制了圣西 门《论人类科学》初版时的两页文字，这样，读者可能就会鉴别出两种形式的革命之间 印刷上的对应性。

圣西门从他的目录中删去了化学革命。过去发生的革命的顺序是从哥白尼开始，达 到培根和枷利略的成就，然后又到牛顿（以及洛克和《百科全书》派的思想家）。这三 组已经完成的革命，圣西门所提到的这样一些唯一实际的革命，构成『我们今天所知晓 的科学革命（the Scientific Revolution）«奥古斯特.孔德在对圣西门思想进行改造 的过程中，似乎对这个单一的概念作r最早的明确的表述。

奥古斯特•孔德和实证论哲学

奥古斯特.孔德是19世纪最具有创造性的和最重要的思想家之一。他对科学、哲学和 社会科学的深刻影响是相当广泛而普遍的。他开创了被称之为“实证主义”的思想运动， 而目.他为一门尚末存在的学科发明r “社会学”这个名称。他的哲学思想详细地阐述 在他的《实证哲学教程》一书中。该书在1830-1842年冋用法文出版，而且由哈里亚特・ 马蒂诺译成r英文。孔德在英美世界的影响.并不像他在法国和欧洲大陆以及拉丁美洲 曾经产生而且现在仍在产生的影响那样深远。在20世纪，孔德哲学的某些部分，在受到 恩斯特-马赫思想强烈影响并通过维也纳学派而传播的“逻辑实证主义”的学说中被赋 予『新的生命力。在这个新的变体中，显然再没有什么人把孔德看作是实证主义的奠基 人。

孔德把两个重要的新的概念引入到科学的历史发展中。第一个概念就是他的三阶段 规律。孔德认为.人类精神的发展经历的三个阶段是认识和理解外部世界的现象的过程 中必然要经历的，而且是说明这样一些现象的方式和途径。第一个阶段是“神学的”阶 段，在这一阶段，一切事件都被归于上帝和神灵的活动：第二个阶段是“形而上学的” 阶段，在这一阶段，上帝或神圣的力量的意志被抽象概念所取代：最后，第三个或“实 证的”阶段，是当科学的解释取代r形而上学的时候所达到的。孔德通过对文化或文明 的发展、思想之发展，尤其是科学的发展的广泛的历史描述，探讨了这三个阶段的接续 和演替。他“确信，关于科学之历史的知识是极端重要的二而且，他甚至更进一步地 指出，“如果我们不了解一门科学的历史，那么我们就根本不会完全通晓这门科学” （1970. 49）o因此，孔德是第一个倡导要严肃认真地和系统地研究科学史的人。乔治 -萨顿一值賛扬孔德是科学史这一学科的奠基人。

孔德的第二个历史概念构成他对科学作的新的和具有相当创造性的分类的一部分。 他提出r一个分类表，在这个分类表中，他根据“一般性不断减少，而相互依赖性和复 杂性不断增加”的一种历史的和分析的层次，对科学作了分类。因此，这个分类系统不 仅是通过一种逻辑的分析确定的，而且也被历史所证明。数学是所有科学的基础，是所 有科学中最具有一般性的科学，而且在历史上也是最早成为“实证的”科学的科学。在 孔德的分类序列中，在数学之后的是天文学。在天文学中，物体被认为是自由运动的， 或者说，物体的运动不受周围的流体、碰撞、摩擦以及在关于可见物体的地球物理学 （物理过程）中出现的所有其他复杂性对运动的阻抗。紧接若天文学之后的是物理学、 化学和生理学（在孔德所处的时代，正处于成为"实证的”科学的过程之中），而最后 一门科学是“社会学二在孔德的分类中，心理学未占得一席之地，因为孔德认为，它 或许应当视作人类生物学（“生理学”）的一部分。这样一个分类表与孔德在巴黎综合 工科学校作为一名数学家所受的训练以及他对精密自然科学所进行的研究是协调一致的。 由于他在数学和物理学方面的背景，孔德把物理学（地球物理学）看作是所有科学的模 式和榜样，因为在物理学中，观察和实验与数学相结合，从而产生出一个真正“实证的” 知识体系。因此，在他的早期著作中，孔德把未来关于社会的科学视为一门“社会物理 学”一凯特尔后来在一种完全与此不同的意义上使用了这一术语。

孔德的三阶段规律，就像一切创造性的思想一样.在某种程度上是对他的前辈，尤 其是孔多塞、卡巴尼斯和圣西门（孔德曾做过他的秘书）的概念或思想的改造。比较一 下圣西门和孔德两人的观点，也许可以看出这一改造的程度，而且这因此也是衡量孔德 的真正独创性的方法.圣西门认为在最后一个发展阶段，哲学变成了拒斥一切不可证实 的东西意义上的“科学的”哲学。但是，在孔德看来，把最后一门科学一社会学一 确立为一种“实证的”学说还不是最终阶段：几门科学彼此间的区别尚未克服，以致产 生出一个完整的（总体的）实证主义体系，甚至这样一种“关于世界和人的观念”：它 终将是值得称之为“哲学”的一种综合。在这个最后阶段，一切知识都将是“实证的” 和浑然一体的，都将结合在关于人和社会的科学，即新的社会学科学之中。因此，人们 不仅将认识和理解人和社会的问題和需要，而且也会清楚地知道改造和改善人及其社会 的现状所应釆取的步骤。这个思路必然使实证主义发展成为一种宗教，甚至发展到有教 堂、有一大批教士或牧师，有一个“实证主义的”圣人目录胞括摩西，荷马，亚里土多 徳，阿基米德，朱利叶斯•凯撒，圣保罗，査理曼，但丁，谷登堡，莎士比亚，笛卡尔， 腓特烈大帝，比沙）的地步。

圣西门和孔德互相之间的影响是难以把握的，因为在他们之间存在着一个严重的冲 突或分歧。孔德和圣西门都称他们从孔多塞关于科学相继成熟的学说中受益匪浅，但是， 孔德谨慎地拒绝承认他从圣西门那里获得了什么教益，而且只是以轻蔑的语言提到他。 人们经常推测，圣西门对孔德的影响必定要比孔德对圣西门的任何可能的影响更重要些。 就我本人的断定而言，这种观点或看法（没有任何现实的证据证明这一观点）的唯一依 据是，在他们学术上交往甚密的时期，孔德比圣西门年轻，而且此时孔德是圣西门的秘 书。但是，考虑到孔德是他那个时代最卓越的、而且影响最大的思想家之一，而且年轻 人一般要比年老一些的人拥有更丰富的创造性的思想，那么，孔德对至西门的影响难道 就不习能比圣西门对孔徳的影响更为重要吗？无论怎样，他们许多思想（包括三阶段规 律，科学的相继发展，“实证主义”或“实证的”科学的概念）之间存在相当大的一致 性并不减低对孔德的创造性才华的评价。重要的不是孔德在某种程度上在改造着比他年 长的朋友和同事的某些思想，而是他创造性地运用了这些思想。（关于这个论题的一个 比较好的评论见于曼纽尔1962, 251-260）最后，孔德确信，其他人（让一巴蒂斯特・ 萨伊和査尔斯-德诺耶）在他的思想发展过程中，要比他所说的那个“愚瑟的老哲学家” 和那个“堕落的骗子”占有更重要的地位。他的“精神祖先”（曼纽尔1962, 257）是休 谟、康德、孔多塞、德•迈斯特尔、加尔和比沙。

在论述科学的发展时，孔德经常采用科学中革命的概念，以及16和17世纪科学中的 普遍革命的思想。例如，他在1820年的一篇题为例近代史的简短评价》的论文中，就曾 援引科学革命的思想（弗莱彻1974 . 99）O孔德在文中说：

直到近代，它们［自然科学］还在自身中混合者迷信和形而上学。只是到了 16世纪末 和17世纪初，它们才完全摆脱了神学的信条和形而上学的假说。它们在其中开始成为真 正实证的科学的时代，必定是从培根开始，然后到伽利略，并一直持续到笛卡尔。培根 首先引发了这场伟大的革命，而他的同时代人伽利略则为这场伟大的革命提供了最早的 范例，笛卡尔则决定性地把理智从关于科学的权威的羁绊中解放了出来。然后，出现r 自然哲学，而且科学的性能获得r它真正的特点，即贡献出一个新的社会制度的精神要 素。

而且

从这个时代开始，各门科学在自然的延续顺序中，也就是说，根据它们实际上与人 之间的关系的密切程度，而都相继变成『实证科学。因此，首先是天文学，然后是物理 学，稍后是化学，最后一在我们自己所处的时代中一一是生理学，被发展成为实证的 科学。所以.就一切专门的知识而言，这场革命已经彻底完成r,而且对哲学、伦理学 和政治学来说，这场革命显然已达到了它的终点。

在1822年发表的一篇題为《简论科学在社会改造中的必要作用》的论文中，孔德提 出了 “科学家在我们的时代应当把政治学提高到观察（经验）科学的地位”的原则（弗 莱彻1974, 135）。他的分析基于他的三阶段规律。他声称“四门基本的科学一一天文学， 物理学，化学和生理学”一“以及附属于它们的科学”都已成为实证科学，与此同时， 他又不得不说，生理学的某些方面仍然存在于所有三种状态中。例如，“人们特别称之 为道徳的（moral）现象”“被一些人看作是一种持续的超自然的作用的结果：而另外一 些人则把它们与能够予以证明的并且不可超越的有机体的状况联系在一起二孔德在18 25年11月《对科学和科学家的哲学思考》一文中，对这一思想又作了更详尽的发挥（弗 莱彻1974. 182ff.）o孔德在该文中对“过去两个世纪中人类精神的进步”进行评价时 特别指出，“道德现象（moral phenomena）是所有从神学的领域中摆脱出来并进入物理 学的领域的现象中最新的现象二他实际上认为，“生理学家［或生物学家」在我们时 代正是以与动物生态的其他现象同样的精神研究道徳现象的二而且，尽管他不会站出 来赞成“道德生理学”领域中彼此矛盾和冲突的这种或那种理论，但是，他确实坦率地 断言，“显示出每一门年轻的科学中不可避免的一种不确定性的这个理论差异的存在， 恰恰清楚地证明了，就我们知识的这个分支来说，正如对所有其他的学科一样，伟大的 哲学革命已经完成二

因此，可以相信，孔德把科学的发展一它们转变成为一种实证的状态一看作是 一种革命的连续。他认为近代科学的确立是一场“伟大的”革命。然而，我没有看到孔 德在什么地方曾论述过科学由此而得到发展的革命过程本身，而目.我也不能断定孔德 是否曾有根据地对科学的或哲学的革命与社会的或政治的革命进行过比较或对照。不过, 对于孔德来说，用很简単的理由就可以说明为什么“从一种社会制度向另一种社会制度 的转变，永远不可能是连续的和直接的”，而且为什么“总是有一个过渡的混乱状态” （1975. 24：英译见伦兹尔1975. 201）.首先，“无政府混乱状态的罪恶的经历”与考 虑旧制度的缺点相比，能在更大的程度上激励或激发新的制度。第二，在旧制度消灭以 前，“关于必须要做的事情，不可能形成任何适当的概念”，因为

我们的生命是短暂的，我们的理由是薄弱的，我们不可能使我们自己摆脱我们周围 的环境的影响。甚至最狂放的梦想家，也都在他们的梦幻中反映着当前社会的状况：而 设想出一种与我们生活于其中的政治制度根本不同的真正的政治制度是更不可能的。最 崇高的精神在接近即将来临的时期之前，是不可能辨识出这一时期的特征的.而且，在 此之前，旧制度的外売将被全部打碎和抛弃，而且民众的精神将习惯于旧制度毁灭的景 *况。*

孔德援引亚里士多德为例。亚里士多德“不可能设想出不建立在奴隶制之上的一种 社会状态，这个社会必然要废除在他之后几个世纪中所发生的一切关于他自己所处 的时代，孔德说，“注定要进行的革新是如此广泛又如此彻底”以致“其决定性的准备 时期在以前也从未如此持久而又如此危险二他说，“在世界历史的进程中，革命的行 动第一次依赖于一种有次序地否定一切有秩序的政权的完整学说。-对于科学中革命的 历史的研究者来说，孔德对革命的政治变革所作的三阶段分析是非常有趣的，因为，早 在一个世纪之前，J. S.巴伊就已把三阶段中的两个阶段引入了对科学的论述和探讨。 孔德的三位一体包括旧的东西的毁灭，由此而产生的混乱的无政府状态，以及新的东西 的确立。巴伊设想了一个两阶段的过程，通过这两个阶段，每一次科学中的革命都将首 先是破坏一种现存的知识体系，然后创造并采用一种新的知识体系。

库尔诺

安托万•奥古斯坦-库尔诺是奥古斯特•孔德的同时代人，是一位数学家和行政官员。 人们今天记得他，主要是由于他对概率论的贡献，而且也是因为他对科学知识作了一般 的或哲学的分析，而且对科学解释的性质进行了研究。他与孔德的不同在于，他的认识 论是以盖然论为特点的，而孔德则坚决反对概率和统计学成为社会科学或科学的钥匙和 关键。

与孔德类似，库尔诺也提出了一种对科学的分类，这种分类法是同历史，同科学的 发展实际经历的阶段联系在一起。但是，库尔诺反对孔德对“宗教的、哲学的和科学的 学说相继出现”的三阶段的“所谓必然的次序”所作的公式化的描述（1973, 4： 27）O 而且，孔德所看到的是一个单向度的或直线的进步或发展（级数），而库尔诺则提出一 个双向度的模式（矩阵），他称之为“复式簿记”表（见库尔诺，1851, &amp;237, 28 9：格兰杰1971, 452—453）。这里所提出的纵向类目有点类似于孔德的历史学的分类： 数学科学：物理和宇宙论科学（相当于孔德所说的天文学、物理学、化学以及地质学和 工程学）：生物和自然科学（孔德的生理学）：精神论的和符号论的科学（这在孔德的 分类表中是没有的）：政治的和历史的科学（包括孔德的社会学）。

在其《论我们知识的基础》（185】）一书中，库尔诺并没有明确说这个纵的排列代 表一种历史的序列，尽管这个排列包含若逻辑上的从属和依赖关系，它要求某些科学在 时间L是在其他科学之先的。库尔诺的这部论著运用了大量历史上的例证，但在论述科学 变革的过程时并没有举出什么实例。诸如在计算数学中所发生的那些伟大变革，仅仅被 归之为“伟大的革新”，“创造”和“重大发现”（&amp;200, 201： 246-249）＜,在库 尔诺看来，显然具有革命意义的一个事件是伽利略否定了 “从毕达哥拉斯到开普勒这些 哲人”终生所作的徒劳无益的探索。这些哲人希图在“和谐的思想”中找到“对大量宇 宙现象的解样”。他们把“和谐的思想”与“他们自己考虑的而且同用于测量连续的最 值无关的数字的某些属性神秘地联系起来”（p. 246）：

真正的物理学是在伽利略否定了这些长期的徒劳无益的思辨，并且不仅考虑到通过 实验来考察自然一培根也提出了这一思想——而且想到通过把测量自然现象中一切能 够被測最的东西作为实验的直接对象从而准确地说明赋予实验的一般形式时才确立起来 的。

因此，库尔诺把伽利略的大胆创新比作拉瓦锡在化学中的革新。他称此为“一场相 似的革命二库尔诺认为，“这场革命是一个半世纪以后在化学中发生的。那时，拉瓦 锡敢于进行比较，也就是说，敢于进行测量或定量分析，而对于拉瓦锡所比较和分析的 这些材料，在他之前的化学家只是把他们所说的定性分析运用其中”。因此，库尔诺认 为，伽利略和拉瓦锡都是科学中的一次革命的引发者。但是，在《论我们知识的基础》 中论述“连续性和不连续性”时，关于这一点，库尔诺对于“数和量”要比对科学中的 革命更感兴趣。

库尔诺的一本书有这样一个特别吸引人的标題一《论科学和历史中的基本观念的 顺序》（1861）。这部著作虽然引用了许多历史的实例，但是，与其说它是一种历史的 探索，不如说是对科学和历史的逻辑或哲学的研究。库尔诺认为，这里所说的“基木观 念的顺序”是一种逻辑的而非编年学的顺序。尽管这部著作在某些地方论述了政治的和 社会的革命（尤其是英国和法国的革命），但是，在谈到像哥白尼、笛卡尔、伽利略、 莱布尼茨和牛顿这样一些著名的科学人物时，并没有采用革命的概念。不过，在第5章开 始一段中，库尔诺顺便提到过一些革命。在这一段中，库尔诺将物理数学与化学和物理 学作了对比。他说，“化学和物理学取得了进步，并且经历了革命，而在几何学和力学 中则没有什么进步或相应的革命”（1861, 120）。但是，在随后的论述中，库尔诺既没 有具体说明这些革命是什么，也没有说这些革命到底在多大程度上是科学进步的特征。

库尔诺最注重历史性研究的著作是他的《对近代思想和事件的发展的考察》。该书 初版于1872年。它的一个主要论題是革命在科学和技术、社会科学以及人类社会的发展 过程中的作用。其中有三章的标題表明了革命概念的重要性：第三卷第一章中的“数学 中的革命”（关于17世纪），第4卷第1章中的“化学中的革命”（论述18世纪），第5卷 第6章中的“经济的革命”（有关19世纪）。该书最后整个第六卷专门论述法国大革命及 其影响。

在对中世纪作了一般性的介绍和论述（第1卷）之后，第2卷一开始就对历世纪“科 学的进步”进行了分析的叙述。对数学的初步的说明和解释是从哥白尼革命开始的（18 72 , 99）： “在历世纪的科学史中，一切都在哥白尼的名字以及他在天文学中引起的革 命的重要性面前相形见细，苍白无力二的确.“哥白尼在天文学中引起的革命，将永 远是理性战胜感觉，战胜想像，战胜一切成见的伟大胜利的最完美的例证，是有可能取 得这样一个胜利的确证，是人们可以把所有对同一体裁的批判性论述与之相比的最好例 证”（P. 101）。“这个典型是由所有科学中在时间上最古老的也是最完善的科学提供 的”，这是“绝对适当的” [bicndansl' ordrc]。

第3卷讨论17世纪的情况。它一开始就提到“未来舆论的革命，信仰的革命，制度的 革命，语言的革命，以及趣旨的革命”（p. 172）。作者认为，17世纪科学的进步和革 命赋予那个时代以独一无二的伟大特点，无论宗教。政治或哲学，还是文学和艺术，都 不可能赋予那个时代以同样显著的特点二这个世纪以“一系列伟大的科学发现”以及 一次“数学中的革命”为标志(同上)。库尔诺对他关于这个世纪以及这一世纪在科学 中发生的革命的看法作了如下概括(pp,173-174)：

17世纪科学发展的历史确切划分了一个时代，在这个时代，为了自身，为了某些人 在它们中所发现的魔力，或者通过对其未来作用的神秘的模糊的预感而长期发展的理论 科学，突然搞开了宇宙秩序中那些最基本、最简単、最伟大因而最令人难忘的东西的奥 秘。一般运动规律，引力的作用，以及最后，关于天体的形状和运动的理论，或者…… “世界的体系”一这些都是由抽象的思辨和批判的观察的奇妙结合所确定和解释(就 人类掌握它用以解释任何东西的范围而言)的结果。从那时起，在理论科学的领域中， 正如在观察和实验的领域中一样，新的发现一个接着一个：在几何学中，如同在天文学 和物理学中一样，新的发现变成『革命。而且，至少对几何学和天文学来说，这些革命 在其各个领域中都是空前绝后的。所以，这些革命所唤起的伟大科学家的声誉也是无与 匹敌的，而且，近来似乎也没有什么荣耀会减低与他们有幸发现并揭示出来的最重要的 真理和比较高的规律在神圣计划的秩序中占据的地位相同的地位。这个地位将一直保留 在人类的记忆之中。

库尔诺并没有像丰特奈尔那样，把莱布尼茨和牛顿的发现归之为一场“革命”，尽 管他认识到了微积分的极端重要性(bk. 3, chi, p. 177).而且他还引证了丰特奈尔 关于17世纪数学中某些创新的思想(p. 180)。库尔诺也没有把在“门世纪的物理科学 和自然科学’冲的发现列为革命(bk. 3, ch. 2).虽然他确实提到那时出现的并且集 中在理论数学和物理力学领域的一次“革命性的危机”(p. 192)。但是，他称赞伽利 略使科学走上了新的道路：库尔诺认为，伽利略向人们揭示了如何从诸如一块石头的坠 落或一盏吊灯的摇动这样一些“最寻常的现象”中引出重要的科学的结论(pp. 186—1 87)。他指出了 “迫使造物主公开她的秘密，使简爪的基本的数学定律现出其本来面目” 的方法和途径.伽利略是“实验物理学和数学物理学的创立者二而且尤其是“物理力 学的创立者”。但是，显然他没有引起一场“革命二而且，牛顿也是如此(pp. 189— 190).

库尔诺用“革命”这个术语加以描绘的整个17世纪的物理和自然科学中的唯一发现 是哈维的血液循环。他说，在哈维的发现之后，“依照某些根据可以预期在近代化学后 来在工业中所带来的那种医学中将发生一场革命二但是，这个发现不久就“对医学理 论和实践的变迁产生了决定性的影响二因此，库尔诺断言，一个科学发现的实际意义， 与实际所发现的东西的内在重要性并无多大关系，而是更多地与它成为其一部分，而且 它能够具有其产生某个包含着科学改革或革命的萌芽的新思想这一特点的科学的成熟阶 段联系在一起(pp. 194-195).

在描述18世纪的数学和科学时，库尔诺指出，拉瓦锡的著作是“化学的革命”(p. 271 )<,拉瓦锡的研究使“化学真正改变了它的面貌”：这门科学“经历了一场革命”

(p. 278)<,然后，他问：“为什么化学一自拉瓦锡以来，已经取得『如此大的进步， 而且在其中，理论产生了如此经常的变化一没有发生更多的革命昵？ ”

在19世纪(也就是说，到】870年)，库尔诺没有发现任何值得用“革命”这个术语 来加以描述的科学的进步。在赋予这个对事实的简爪陈述过多的重要性时，人们必须小 心谨慎。库尔诺很可能没有对他曾经讨论过以弄清它是否构成一场革命的每一个发现或 创新进行认真的评价。但是，实际上他的著作对英国革命(P. 90. 94. 242-251. 543. 549).法国大革命(p. 46L550),英国革命和法的革命之间的相似之处(pp.54(K55 0).政冶革命(p.91,93,111). 19世纪的经济革命(pp.418-427).以及数学和科学 中的许多革命，这些革命的一般特点，作了相当多的论述。因此，在这种情况下，就库 尔诺在描述科学事件的“革命”特点而言，任何失败或不足，必定是值得注意的。

第二十三章马克思和恩格斯的影响

在对19世纪革命及革命概念发展的任何研究中，卡尔-马克思的思想都占有一个首 要的地位。甚至很早发生而没有受到马克思影响的那些革命，人们现今也通常从一种 “马克思的”观点来解释。在前面的论述中，我已经提到过马克思“不断革命”的概念 以及这样一个事实：在创立公开宣布自己明确的革命目标的民族国家内部和国际性的有 组织的团体方面，马克思是一个先锋。在这一章中，我的意图与其说是探讨马克思关于 革命的思想或马克思的革命活动，不如说是考察卡尔-马克思所表达的关于科学变革和 科学中的革命的观点的特定主题，并且把马克思关于这些主题的看法与弗里德里希-恩 格斯的有关思想作一番类比和对照。这一论題完全不同于对马克思在20世纪对科学史解 释的影响的研究。

任何注意这个问题的人都立刻认识到，马克思既没有受过传统自然科学的专门的良 好教育，而且也并不十分关心这些学科，以及天文学、物理学、化学、地质学的技术内 容。他的人文学的教育包括某些数学的知识，但是，他从来没有接受过上面所列学科的 任何正规训练一一比如说“高级文科中学”或大学水平的训练。在他的成年。他对生命 科学的某些方面产生兴趣，并阅读了德国包括格奥尔格。毕希纳、雅各布、莫勒斯霍特 和卡尔-福格特在内的科学普及者们的相当数量的著作。虽然马克思批判了这些人所主 张的“粗俗的机械唯物主义”（见施密特1971, 86）,但他显然受到莫勒斯霍特关于

“自然是一个循环过程”这种自然观的影响。马克思发现，这种自然观与彼得罗•维里 的思想有许多共同之处：而且，马克思在《资本论》中引证维里的话时，对维里的思想 是赞同的。

根据被赋予“科学的”这个形容词的重要性（恩格斯及所有马克思主义者，尤其是 苏联正统的著作家用这个词来描述所谓的“科学的’杜会主义或“科学的“共产主义）， 看一看马克思本人使用这个形容词时赋予它的含义并不是没有意义的。《剩余价值理论》 （这是《资本论》未完成的第四卷的草稿）的第二部分提供了一个线索（1968：见马克 思，1963-197】）。在第九章（第二节）中，马克思比较了李嘉图和马尔萨斯的经济学。 他说.李嘉图“把无产阶级看成同机器、驮畜或商品一样”，因为从李嘉图的观点看， “无产者只有当作机器或驮畜，才促进'生产或者说，“因为无产者在资产阶级 生产中实际上只是商品二马克思认为，这不是“一种卑鄱的行为二“这是斯多葛精 神，这是客观的，这是科学的匚而且，“只要有可能不对他的科学犯罪，李嘉图总是 一个博爱主义者，而且他在实际生活中也确是一个博爱主义者。”

“马尔萨斯牧师”与李嘉图就完全不同了。“他也为了生产而把工人贬低到驮备的 地位，甚至使工人陷于饿死和当光棍的境地二而且，马克思说，“在贵族的某种利益 同资产阶级的利益对立时，或者，在资产阶级中保守和停滞的阶层的某种利益同进步的 资产阶级的利益对立时.——在所有这些场合，马尔萨斯'牧师’都不是为了生产而牺 牲特殊利益，而是竭尽全力企图为了现有社会统治阶级或统治阶级集团的特殊利益而牺 牲生产的要求二马克思认为，“为了这个目的”，马尔萨斯“在科学领域内伪造自己 的结论二然后，马克思断言，“这就是他在科学上的卑鄙，他对科学的犯罪，更不用 说他那无耻的熟练的剽窃手艺了”。马克思接着又说，“马尔萨斯在科学上的结论，是 看若统治阶级特别是统治阶级的反动分子的'眼色’捏造出来的：这就是说，马尔萨斯 为了这些阶级的利益而伪造科学”。

因此，马克思这里所使用的“科学的” 一词的意义似乎是“无偏见的”和“真正的”, 所以并不包含某种特别的研究方法或检验方法的任何直接内涵。而且，“科学的” 一词 似乎也不是指论題或内容中的任何特别的限制。马克思在下一个片断（第二部分，第九 章，第三节）中明确了这一点：在这里，马克思举出了三个例子“表明李嘉图科学上的 公正

星马克思的已经编辑和出版的著作中，我找不到任何对科学革命（the Scientific Revolution）或一般的科学中的革命，或任何科学中任何特定的革命的论述。（但是， 在很多地方提到产业革命和革命性的机械或工业的发明。）我也没有能够找出马克思对 科学产生进步的途径或方式的任何分析，甚或科学发现的顺序中主要事件的清单。但是， 马克思就把达尔文的进化论运用于技术和工艺的历史发展一这似乎是这一领域中对一 种进化的历史的最早建议一进行了一个有趣的讨论。

许多年来，在历史学的文献中一直有这样一个传说，即卡尔•马克思曾希望把《资 本论》献给达尔文，而且曾写信给达尔文征询达尔文本人的允诺，但是达尔文拒绝了他 的敬意。现在可以明确的是，达尔文拒绝承受这一荣誉的一封信的草稿是写给马克思的 女婿爱德华•艾威林而不是马克思本人的。马克思的确曾把《资本论》第一卷的一个平 装本送给达尔文。这一卷同达尔文图书馆的其他书仍然保存在一起。它告诉我们一个奇 妙的故事。在该书扉页的右上角題写若：

査尔斯•达尔文先生

他的真诚的敬慕者

卡尔-马克思

1873年7月16日于伦敦

莫德纳维拉斯

梅特兰公园

马克思把一本有自己題辞的《资本论》送给达尔文的决定，显然是在该书出版一段 时间之后作出的，因为送给达尔文的书并不是1867年的第一版，而是1872年的第二版。 达尔文没有通读马克思的这整部著作.当我在达尔文的唐恩的家（肯特）中考察时，我 发现这部书只是被翻到第105页（全书共822页另外，我们没有任何根据可以说明达 尔文对马克思著作的看法（他可能有某些看法）。

马克思在《物种起源》面世（1859）八年之后于1867年出版的《资本论》第一版中 没有提到达尔文。达尔文和进化论第一次出现是在第一二版的两个脚注中（这也许可以 解释为什么马克思在第二版问世以后，把他的一本书寄给了达尔文）。马克思只是在

《资本论》的这两个脚注中直接地明确提到达尔文。在其中的一个脚注（第一卷，第十 四章，第二节：参见中译本《资本论》弗里德里希•恩格斯

关于人们通常所『解和熟悉的科学（即物理科学和生物科学），马克思没有写过多 少文章或著作，而恩格斯对这些科学，这些科学的发展和革命，则有相当大的发言权。 人们最熟悉的他的一本著作就是《反杜林论》（它的另一个标題是《欧根•柱林先生在 科学中实行的变革》）・作者称（1959. 9）.这本1878年用德文发表的著作（第二版出 版于1885年，第三版出版于1894年）决不是探讨各种科学的“什么'内心激动’的成果”, 而是相反：它是作者对“经济学、世界模式论等等的规律”感到愤怒的结果.杜林声称 发现了这些规律，而恩格斯则发现，它们同杜林“所提出的物理和化学的定律” 一样， 是以其"谬误或陈腐”为特点的（1959. 12）-在分析恩格斯关于科学中的革命的论述 之前，我们必须认识到这样一个事实：该书德文的标題并没有用'Revolution'这个词， 而是用 了 , Umwalzung': Herm Eugen Duhrings Umwalzung dcr Wisscnschafto 无论 ,Umwalzung'是否'Revolution'的同义词 这个问题将在下面探讨 恩格斯都是

在讽刺的意义上使用这个词的。他肯定并不认为杜林真的在科学中引起了一场革命。实 际上，整个标题很显然是为嘲弄杜林而讽刺地模仿了杜林在其中抨击美国经济学家亨利 •C,凯里思想的论战性著作：《凯里在政治经济学和社会科学中实行的变革》（1865）, 尽管这并不是恩格斯主要驳斥的三本书之一。恩格斯嘲笑柱林在《哲学教程》（1875） 中提出的主张，并且写道：“我们现在还不了解这一哲学许诺要向我们揭示的'在自己 强有力地进行变革的运动中，揭示外部自然和内部自然的一切地和天’”（1980, 134： 1959. I98）O

我们早就看到，在】8世纪末和19世纪初，德国有一种用德语的同义词'Umwalzung' 取代拉丁语的’Revolution” 一词的倾向。恩格斯差不多都用这两个词，似乎它们是可 以互换的。从他的著作看不出，同'Revolution' —词相比，他真的偏爱\*Umwalzung' 一词。考察一下他的《自然辩证法》，就可以弄清他对这两个词的用法。《自然辩证法》 一书中的大部分文学或片断显然是在1872年至1882年这十年间写的，而且被认为包含着 他关于科学的最成熟的思想。这部著作一直没有完成，而且直到1927年才得以出版（恩 格斯1940. xiv）.开始的几段描述了 15和16世纪发生的伟大变革，这是“人类从来没有 经历过的最伟大的、进步的变革（dicgrosstc progressive UmwalZung;"（恩格斯：

《自然辩证法》，人民出版社，1971,第7页）。当时，“自然科学也在普遍的革命中发 展者，而且它本身就是彻底革命的。”所以，这部著作不仅一开始就说到革命，而且在 随后的段落中，显然在可以互换的意义上使用了新的德语中的词'Umwalzung'和比较古 老的法语词4Revolution\接着，恩格斯（同上8, 9）比较了 “革命的科学frcvolu tionarcNatu^isscnschaft］"与“保守的自然”之冋的显著差别。尽管恩格斯是这样 开始的，但是，恩格斯概述科学史（“导言”）的其他部分却没提到作为革命的伟大创 新。因此，康德“在这个僵化的自然观上打开第一个缺口”（同上，12）,赖尔“第一 次把理性带进地质学中”（同上，13）,'‘物理学有了巨大的进步……「在」1842年， 是自然科学这一部门中的划时代的一年”（同上，14）,而在化学中则取得了 “惊人迅 速的发展”（同上），等等。这一常例的唯一可能的例外是居维叶，他“关于地球经历 多次革命的理论在词句上是革命的，而在实质上是反动的”（同上，13）。但是，恩格 斯这里很可能是指居维叶在谈到“地球经历多次的地质学革命’对使用了 'revolution' 这个实际的词，而不是说居维叶使用了无论就其内涵还是就其外延说革命的词句。

通过把《自然辩证法》中已经完成『的导言的这些开头的段落与某些初步的历史评 论（同上，162-287）作一番比较，也许可以在某种程度上阐明恩格斯对'Umwalzung' 和'Revolution'这两个词的用法。在这些历史札记中，当恩格斯写道"地球从来没有 经历过的最伟大的一次革命（dicgrosstc RevolutionJ",并且说“自然科学也就在 这一场革命中Fin dicscr Revolution］诞生和形成起来”而且“是彻底革命的frevo lutionar"］时（同上，172）,他使用了 'Revolution'而不是'Umwalzung'—词.有 人猜测，恩格斯是否因为不想如此接近地连续四次使用这个词而在他最后的草稿中把第 —个’Revolution'改为'Umwalzung'«但是，显而易见的是，恩格斯在草稿中写的只 是,dic grosstc Revolution'.而没有任何进一步限定的形容词：但在最后的草稿中’ 他不仅用 \*Umwalzung,代替'Revolution',而且还把'dicgrosstc Revolution 改为 die grosstc progresive Umwalzuny '（同上，7）。似乎一场'Umwalzung'是什么激 进的、根本的颠覆或彻底的变革，因此可能需要一个修饰形容词具体说明它是否一次必 定进步的变革。对于恩格斯来说，一场'Revolution'将永远不需要一个形容词来体现 或表达其进步的特点.

《反杜林论》中的一句话向人们表明,在恩格斯对'Revolution'和'Umwalzung' 这两个词的用法之间作有意义的区分是比较困难的。恩格斯在这本书中写道：“当革命 的风暴［dcrOrkandcrRevolution」横扫整个法国的时候，英国正在进行一场比较平 静的但是威力并不因此减弱的变革Fcinc stillcrc. abcrdarum nicht mindcrgcwalt ige Umwalzung］" «马克思恩格斯选勒，人民出版社，第三卷，第301页）。这一变 革「Umwalzungj就是“工场手工业变成了现代的大工业，从而把资产阶级社会的整个基 础革命化了「revolutionierten」”（同上）。像往常一样，这里的“革命-（Revolu

tion）是用来指法国大革命,而'Umwalzung'则用于指称恩格斯经常说的'die in—d ustricllc Revolution'（工业革命） 虽然它的影响是用'revolutionierten'这 个动词来描述的。而且，大约在一页之后，恩格斯（在谈到罗伯特•欧文时）曾谈论

"die industricllc Revolution'（工业革命）。马克思通常也使用这一术语。恩格斯

在自己的著作中还曾写过资产阶级的'Revolution'和资产阶级的,Umwalzung',生产 中的'Revolution'和生产中的'Umwalzung'（后者与前者相比，使用的频率是六比一）。 不管恩格斯著作的标题如何，《欧根-杜林先生在科学中实行的变革》中很少提到

科学中的革命，而且，它并未向人们展示一种关于科学是如何进步的充分展开的首尾一 贯的理论。在整个这本书中，在谈到科学时，“革命”（Revolution）这个词只出现过 两次。第一次出现在第二版的序言（1885）中。在这篇序言中，恩格斯谈到“把大量积 累的、纯粹经验主义的发现予以系统化的必要性，就会迫使理论自然科学发生革命”

（《马克思恩格斯选集》.人民出版社，第三卷第53页）。恩格斯在该书第三部分讨论 生产时，又一次使用了 “革命”（Revolution）这一概念。他说，“大工业的技术基础 是革命的二恩格斯引证『马克思《资本论》中的一段话来说明这一点。马克思在那段 话中讨论r “机器、化学过程和其他方法”。根据恩格斯的概括，科学丰富r “现代工 业的技术基础”——“它也同样不断地使社会内部的分工发生革命，不断地把大量资本 和大批工人从一个生产部门投到另一个生产部门”（同上，333-334）«人们可能会注意 到，在这第二个例子中，提到的只是科学的革命化影响，而不是科学中的革命。

在第二版序言中，在上面我们提到的那段文字之前的一段文字中，在说到“自然科 学本身也正处在如此巨大的变革过程中”时，恩格斯使用了 •Umwalzungsprozcss-这个 词一这似乎进一步证明了在把'Revolution'和Pmwalzung'用于说明变革的过程而 非传统的政治革命时，两个概念是可以互换的（同上，53）.此后，在嘲弄杜林时，恩 格斯（同上，261-262）使用动词Pmwalzcn'来描述所谓“科学的'更加深刻的基础 的奠定’和变革，实际上对任何人来说，甚至对柏林《人民报》的编辑部来说，都是可 以做到的『”，而且认为“我们只要说，吃东西是一切动物生活的基律，我们就对整个 动物学实行了变革”。

因此，我们很难断定科学革命的概念，即使是名符其实地表达的科学革命的概念， 对于恩格斯具有根本的重要性。甚至在一个关于自然科学中的“伟大发现”和取得的进 步的片段一它在恩格斯已出版的论路德维希-费尔巴哈的小册子［《路徳维希•费尔 巴哈和德国古典哲学的终结》中被删去了一也没有提到“革命”「无论是’Revoluti on'还是'Umwalzung'」，而且，恩格斯在谈到达尔文对生物学思想的伟大调整和改造 的许名著作中，也没有使用革命的术语或概念。在（恩格斯为《资本论》第二卷写的序 言中）论述拉瓦锡时，没有提到“化学革命”这个短语。不过，马克思显然在科学的许 多方面受过良好的教育，而且关注有关科学史的问題（参见R. S.科恩1978, 134—135）。

我们以上所作的引证以及其他一些论述都证明，恩格斯充分认识到科学的革命力量。 有许多例证都表明他已经意识到，科学中实际上发生了革命，而且对于科学革命有许多 重要的见识。例如，他认识到，科学革命的结果之一就是引起专门术语的革命（尽管他 一直未能就这一主题展开论述）.但是，没有任何根据证明他曾对关于科学进步的理论 或革命过程进行过认真思考，或者就这一主题写过哪怕连续两段文字。

a {Icxt-dccoration: none} 第二十四章弗洛伊德的革命

过去一个世纪所发生的三次最伟大的思想革命是与卡尔-马克思、査尔斯-达尔文 和西格蒙德-弗洛伊德的名字联系在一起的。达尔文的革命从根本上重建『自然科学， 并且在进化论生物学的狭小的范围之外，尤其在社会科学中，产生了重要的影响。马克 思主义由于其思想和政治的结果，而成为社会科学中（以及社会和政治活动中）的一种 革命力量：马克思主义的拥护者宣称，马克思主义是“科学的二而对许多人来说，弗 洛伊徳的革命是不明确的，因为就它的重要地位，人们并没有一致的意见：弗洛伊徳的 精神分析学是科学吗？或者，它是社会科学吗？或者，它甚至根本不是科学？

关于弗洛伊徳、精神分析和弗洛伊德革命的文献卷帙浩繁，而且是相当混乱和彼此 矛盾的。这种状况在很大程度上是由于形形色色的学派不断从弗洛伊德确立的正统的核 心中分化出来造成的.精神分析已经引起了一些哲学家或科学家连续不断的强烈批评： 他们关注使不能忍受弗洛伊德对性的问題的公开讨论的男男女女保持谨慎和规矩的方法。 这些接连不断的强烈的批评或抨击可以看作是弗洛伊德革命的深远影响的一个标志。

除r已经提到的因素外，在分析和评价这场革命的过程中还出现r其他一些问题。 其中有不少问题是由于目前无法获得许多原始的极为重要的文献（如弗洛伊德与威廉- 弗利斯的全部通信）造成的。这些文献将对弗洛伊德理论，尤其是他的有争议的诱好理 论（参见下文论述）一这是精神分析革命中的一个插曲，一些人认为它削弱了精神分 析学和精神分析疗法的正确性的基础——的发展阶段作出重要的历史的阐释。只能到21 世纪.当弗洛伊德的档案全部公开并且能够对其进行全面的学术审査的时候，我们才能 够批判地评估弗洛伊德思想发展过程中的这一个或其他的插曲或事件以及精神分析运动 的其他成员对这些思想的运用。

弗洛伊德的革命与本书中描述的所有其他科学中的革命不同，因为精神分析学的核 心几乎完全是由一个独立的个人，即西格蒙德•弗洛伊德创立的（不过，关于这一点还 请参看维特，1960：埃伦伯格，1970）。此外，只是在这场革命中，原始的文献（弗洛 伊德本人的书和文章）由于其科学的内容而不是其历史的价值仍然受到实践者的高度重 视和认真研究。不仅正统的弗洛伊德主义者一精神分析学家，精神病医生，心理学者, 社会工作者，社会学家，人类学家，等等一仍在阅读弗洛伊德本人的著作，而且他的 许多著作对于不一定赞同弗洛伊德的概念和理论，而且在不同程度上对主要的正统学说 持有异议的科学家、实践者和社会科学家来说，也是重要的经典和教科书。精神分析疗 法（主要集中于精神分析的过程）与弗洛伊德发展和运用的那些疗法仍然是基本相同的。 主要是由于这个原因，批评家们经常指责弗洛伊德的精神分析学是一个封闭的体系，它 更近似于哲学甚或宗教，而非真正的科学。

弗洛伊德是一个引人注目的和有说服力的著作家，是德国散文的真正天才的大师一 -他的科学体裁的这个方面在英语翻译中就看不见『°尽管一正如弗洛伊德在许多场 合说的一一他的目标是创造一种探脱了其历史的哲学重负的科学的心理学，但他却故意 选择“简単的代（名）词”描述三种精神动力（1953, ZO： 195） —das Ich （自我）， dasEs （它）和das Uber-Ich （超我他说，这是因为，在精神分析中，“我们希望 保持与通行的思维方式的联系，并且喜欢使它的概念成为在科学上有用的，而不是拒斥 或抛弃它们”。运用这样一些普通的而非深奥的措辞和说法，“没有任何价值”：原因 是很实际的：精神分析学家希望他们的理论被他们的病人“理解”：这些病人“经常是 很聪明的，但并不总是有学问的。”他解样说：“非人格的'它’是与正常人使用的某 些表达形式直接联系在一起的。人们说，'它击穿了我'：'那时，在我里面有某种比 我更强大的东西‘° 'C' ctait plus fort que moi\* （即比我更强大的某种东西） 但是，在英文中，这些平常的名词不见它们变成了深奥难解的拉丁语的代名词'eg 。’（自我），,Super-ego'（超我）和'id'（以德，即本能冲动）一今天，更多 的人是从其弗洛伊德的而非拉丁文中原始的意义来理解这些概念的。弗洛伊德在这里遵 循着在新的特定的和有限定的科学的场合使用普通语言中的术语——工作，力坦，能量 —的物理学家们的传统。弗洛伊德还采用了诸如“俄狄浦斯情结（Oedipuscomplex）” 和“里比多（Libido）”这样一些经典的说法。

罗伯特•霍尔特（1968, 3）指出，考虚一下三个例式可以更好地理解弗洛伊德的著 作。其一是“精神分析的一般理论”（拉帕波特，1959）,它有时被归为心理玄学（me tapsychology）.这一学科是一系列“精神分析体系可以建立于其上的理论假设”，弗 洛伊德在1895年的“科学心理学纲要”（1954, 347-445）. 1915年的“论心理玄学” （1953. 14： 105-235）.以及《梦的解样》（1900： 1953. 45）中作了详细阐述。另 一个例式被霍尔特称为“弗洛伊德的种系发生学理论”，它包括弗洛伊德的“崇高的思 索，这些思索主要是进化论的和目的论的”。这一范畴的著作充满文学的引喻和隐喻， 而不是严格的或“明确的心理器官的模式”。诸如弗洛伊德的《图腾与禁忌》（1913）、 《超越快乐原则》（1920）、《幻想的未来》（1927）、《文明及其不满》（193）和 《摩西和一神教》（1934-1938）就属于这一类著作。

最后，在弗洛伊德的所有页献中，在科学上最重要的是“精神分析的临床理论，以 及它的精神病理学，它对精神方面的性现象的发展和性格结构的解释”：这些理论和解 释是以“由人的生活史中的主要事件（现实的和幻想的广构成的论题为基础的。对于从 事实际工作的精神分析学家来说，正是这一理论指导者临床诊断和治疗。甚至那些严格 说来可能并不是弗洛伊德主义者的人一精神病医生，精神病学的社会工作者，临床心 理学者一一也受到这一理论的强烈影响：这一理论一“被不确切地归之为'心理动力 *学“'*一一 “甚至已通过关于性格（人格）的教科书而渗透进一般的学院心理学之中”’

*4*，

在对弗洛伊德产生的影响的一个非常有价值的研究中，戴维-沙科和戴维-拉帕波 特（1964）向人们表明，弗洛伊德的革命思想是多么深刻地渗透到心理学思想之中：不 一定是“它们扎根于其中的特定概念和解释性理论”（霍尔特］968, 4）.而是“一般的 概念和观察二弗洛伊德的主要的根本的创新是他对无意识和超出我们的理性控制的心 理学的力最对行为、愿望、幻想和动机因素的影响的认识。他使人们注意和重视所有心 理现象一一从梦和幻觉到纯粹的口误一一的重要性，尤其重视性在个人自婴儿时期以来 的心理发展中的作用.

精神分析革命的不同阶段

像科学中的所有革命一样，弗洛伊德革命的开始阶段涉及一场思想革命，或自在的 革命（rcvokition-in—itself）。这场革命发生在19世纪90年代初期，那时，弗洛伊 德与J.布罗伊尔合作,运用催眠术开始了对癒病（歇斯底里）的研究。在巴黎与让•马 T-夏尔科共事的一个比较短暂的但富有成效的时期，弗洛伊德已经开始从临床学出发 研究催眠术。弗洛伊德关于无意识的机能的思想，在同威廉-弗利斯一柏林的一位鼻 喉专家一一进行思想交流期间经历了一个迅速的和彻底的发展。弗利斯不仅对弗洛伊德 的生理学和心理学思想产生了非常大的影响.而且他还使弗洛伊德转变成为一个非理性 的生物命理学家（bionumcrologist）,而弗洛伊德的传记作者对他的思想发展过程的这 个方面只是轻描淡写，未给予足够重视（萨洛韦1979. 144）O弗洛伊德在与弗利斯交往 期间写作的文献构成投入的革命，包括“科学心理学纲要”的构思（弗洛伊德1954. 35 5-445）.

1896年5月，在对“维也纳精神病学和神经病学学会”发表的演讲中，弗洛伊德阐述 了他关于癒病（歇斯底里）的原因的学说（1952. 62-64）.正如在其自传中所描述的 （1952. 62-64）.弗洛伊德最初相信年长的女性告诉他的关于她们在幼年时代被一位 父亲（这是最经常的情况）、叔伯或一位比较年长的兄弟诱奸的故事。后来，他发现， 他的双亲的“神经症状与实际发生的事件没有直接的联系，而是与体现和包含着期望的 梦幻联系在一起”，而且，“就神经病（精神神经病）来说，心理的现实比物质的（肉 体的）现实更重要，这是弗洛伊德对“俄狄浦斯情结一这个概念后来具有如此压倒 一切的重要性——”的最初的隐约的感觉。

几乎与此同时，弗洛伊德放弃了他关于歇斯底里的诱奸理论，开始了他著名的自我 分析。这一过程延续『许多年，但是最集中的部分是在弗洛伊德的父亲于1896年10月去 世后不久的1897年夏秋之间（琼斯1953. 1： 324）。弗洛伊德对他幼年时代对他的父母 的受压抑的情感的分析得出了这样一个结论：年轻的男性对他们的母亲有恋母情结的情 感，而对他们的父亲则持有敌意：这是他们成长过程中的一个正常阶段。

弗洛伊德在1897年10月15日写给威廉-弗利斯的一封信中采用了俄狄浦斯的例子 （弗洛伊德1954. 223）,并且在1900年出版的《梦的解释》中充分、详细地发挥了这一 论題。弗洛伊德到那时还尚未釆用“情结” （Comdex）这个术语：他运用俄狄浦斯的故 事只是证明他的发现，表明这一发现的强有力的根据可以追溯到古希腊时期的古人，可 以追溯到关于“深远的和万能的力量”的神话。在进行这一描述时，弗洛伊德写道：

“儿童…迷恋一个双亲而憎恨另一个双亲”，这是“大量心理冲动的基本要素之一”。 尽管弗洛伊德强调他的患精神神经病的父母的体验，但是他认为，'精神神经病患者在 这个方面与仍然正常的其他人［并无］不同他断言，精神神经病患者“只能通过扩 大地展示在大多数婴儿的心智中产生的还不太明显和不太强烈的对他们的父母的爱和恨 的情感，方能辨别出来”（弗洛伊德1953. 4： 260-261）.在他的自传中，弗洛伊德写 道，在生命之初，当“被认作俄狄浦斯情结的关系确立起来”时，男孩“把他们的性期 待集中在他们的母亲身上，并对他们的父亲表现出敌意的冲动，把他们的父亲看作是一 个敌手，而女孩则釆取类似的态度二因此，俄狄浦斯情结从一开始就不被认为是完全 而限于男性的（参见924. Ik

在1898年的“论精神神经病病因论中的性的因素”这篇论文中，弗洛伊德第一次公 开论述了他关于幼儿性征的思想。但是，直到1900年他才在他的第一部伟大著作《梦的 解释》中正式宣告精神分析的革命。我认为，这是在一部出版的著作而不是某种科学杂 志上的一篇论文或在一系列专题论文中公之于众中的科学中的最后一次革命。1900年在 维也纳出版的这部著作曾反复增订和修改（1901, 1911. 1914, 1919）.而且在1913年 出版了第一个英文本.

弗洛伊德在随后几年中又出版了其他一些重要著作：《日常生活的精神病理学》

（1901）.《笑话及其与无意识的关系》（1905）,《性学三论》（1905）.这时，人 们已经可以对一种完整的理论和实践作出科学的评价，因而表示赞成或反对了。最初， 医学界的精神病学者、神经病学家以及学术机构中的心理学家极端反对弗洛伊德的思想。

（根据抄科和拉帕波特的说法），那些“直到1910年……仍然表示激烈反对的”人编辑 『一部真实的棉神病学和神经病学名人录》以及在“科学和医学的其他学科”中的那些 人的“反应”都是'稍极的”（见弗洛伊德1913. 182, 166）O沙科和拉帕波特提出， 那些受过教育的门外汉缺乏兴趣（即使感兴趣，也是表示反对）反映『内行们的强烈反 对。他们还发现，在这些早期的岁月里，弗洛伊德的思想并没有引起教士们的特别注意。

尤其是弗洛伊德对婴幼儿性征的发现遭到广泛的反对和抵制。弗洛伊德在自传中说，

“精神分析中没有什么发现像性功能开始于生命之初，而且甚至在幼年时期就以重要的 性状表现出来这个主张遭到如此普遍的反对和招致如此强烈的愤怒"（1952. 62）。但 是，“也没有任何其他的分析的结论能够如此容易又如此完满地得到证明二考虑一下 那时流行的关于幼年时代的观点，我们也许就可以明白弗洛伊德的发现是多么新颖和具 有革命性。弗洛伊德明确地解释说：“幼年时代被看作是'无真无邪的’，是没有性的 渴求的，而且，与'纵欲’的恶魔的斗争被认为是到青春期的躁动年华才开始的。在要 幼儿中不能忽视的这样一些偶然的性活动被认为是堕落和不成熟的邪恶的证据，或者被 视为天生的古怪行为，

因此，科学中的弗洛伊德革命不是由弃恶从善的既定的职业男女进行的，而是由有 吸引力的和自信的年轻人，不受传统习惯思想的影响的将要开始其职业生涯而在后来成 为精神分析学家的开业者进行的。新思想的拥护者们应马萨诸塞州依斯特的克拉克大学 校长G.斯坦利•霍尔的邀清在该校集会。被邀请者包括弗洛伊德本人，A. A.布里尔

（某些弗洛伊德著作的美国译者），桑多尔•費伦奇（一位匈牙利精神分析学家，是弗 洛伊德多年最密切的朋友之一），恩斯特•琼斯（后来成为弗洛伊德的传记作者）和卡 尔・G.荣格。就在一年之前的1908年4月，一批精神分析学家在萨尔茨堡相聚，举行他 们的第一届国际大会.出席这次会议的有一位美国人（布里尔）.二十六位奥地利人

（其中包括弗洛伊德，阿尔弗宙德•阿德勒，奥托•兰克，威廉•施泰克尔和弗里茨・ 维特尔斯），两位英国人（琼斯和外科医生、心理学家威尔弗宙德•特罗特），两位德 国人（包括卡尔•亚伯拉罕），两位匈牙利人（費伦奇和F.斯坦），六位瑞土人（包括 荣格）。会议之后，专门致力于这门新学科的第一本杂志《精神分析和心理研究年鉴》 创刊。1910年3月，在纽伦堡召开了第二次国际精神分析大会，而且从那以后，定期召开 国际精神分析会议。地方的团体作为分会加入国际精神分析学会。到1911年，即该学会 创立之后一年，这个专业团体就已包含106个成员。科学中的一场革命开始了。由于这个 团体是由观点各异甚至严重对立的人组成的，所以，不久就不断有人脱离这个弗洛伊德 主义的团体，然后各自形成一个持不同观点的运动。其中主要有阿德勒（在1911年分裂）, 施泰克尔（1912）,荣格（1913）,兰克（1926）。但是，即使如此，他们也仍然受到 弗洛伊德思想的影响，尽管他们作r这样或那样的修正。而这正进一步证明r在关于人 的精神的思想以及治疗精神错乱的方法中的彻底变革——这是弗洛伊德革命的标志。正 统的弗洛伊德派的精神分析的批评家认为，精神分析运动对于弗洛伊德的最初思想并没 有实质性的、足以引起重视的偏移或背离。其他人，包括阿尔弗宙德•卡津（195, 16） 则坚持认为，“就这场'弗洛伊德的’革命的大部分而言，弗洛伊德本人并没有起多大 作用二是19世纪的革命，还是20世纪的革命

我把弗洛伊德的革命归之为】9世纪的一次革命，理由是这次革命的最初三个阶段一 一自在的革命，投入的革命，理论上的革命一是在1900年达到的。鉴于弗洛伊德的科 学及其推论在我们今天具有如此重要的意义，我们也许早就应当把注意力集中在发生在 20世纪的科学中的革命。

在写于1923年并于次年发表的一篇论文中（1953. 19： 191）.弗洛伊德本人就是把 这一场运动看作是一个19世纪的现象还是20肚纪的现象这个问題谈了自己的想法。他说， “精神分析可以说是随着20世纪诞生的：因为它在其中作为某种新东西呈现在世人面前 的出版物——我的《梦的解释》一是在’1900年’出版的。”弗洛伊德然后解释说，

“精神分析并不是从天上掉下來的既成的东西” 一一 “它是从比较旧的思想出发的，并 对这些过去的旧的思想作了进一步的发展：它起源于比较早的提议，然后对这些提议作 了详尽阐述。因此，关于它的任何历史，必须首先考虑决定它的源起的那些影响，都不 应忽视在它产生之前的时代和环境。”弗洛伊德以19世纪中叶对“人们所说的'官能性' 神经病”的治疗为开端：接着，他又论述了伯恩海姆、夏尔科和雅内的工作以及布罗伊 尔所作的推进和发展，这一切导致布罗伊尔和他本人的合作著作《歇斯底里研究》的发 表。然后他详细叙述『自己的贡献，这些页献到1900年达到一个顶峰。

但是，正如弗洛伊德或许要指出的，19世纪或20世纪这个问题并不是那么明显地确 定的。弗洛伊德在他的论文中强调ZO世纪是因为，他在1923年写的这篇论文，是一本题 为《这些多事之秋：正如它的许多创造者所言，20世纪正在发展中》（伦敦和纽约，19 24）的书中的一章。正像弗洛伊德心理学著作的标准版的编者指出的（1953. 19： 191： 4： Xii）.《梦的解释》（如弗洛伊德所言）的确是在1900年出版的，但它实际上早在 1899年11丿］就出版了。在1932年写的一篇论文中，弗洛伊德（1953, 4： Xii）说：“我 的《梦的解样》一书最后摆在我的面前是在1899年冬天，尽管它的书名页上填迟到20世 纪而且，在1899年】1月5日写给威廉-弗利斯的一封信中，弗洛伊德告诉说：“这本 书［《梦的解释》］昨天终于出版了 ”（弗洛伊德1954. 302）.

这个例子也许只能用以证明，把思想史和科学史纳入到诸如世纪这样的任意的编年 学的划分是多么的困难。无论怎样，弗洛伊德同样错误地认为，1900年是20世纪的开端。 因为我们时代的第一年是1901年，第100年（完成一个世纪）是100年，而不是99年。因 此，第19组一百年（19世纪）的最后一年或第一百年是1900年而不是1899年，而20世纪 的第一年确切说应当是1901年。

弗洛伊德论科学革命和创造性：与哥白尼和达尔文的比较

对弗洛伊德思想，尤其是那些关于性的思想的敌视，自然使弗洛伊德主义者把他们 的大师的辛劳与任何勇敢的拓荒者的艰苦相比拟。弗洛伊德的传记作者恩斯特-琼斯曾 写道：“哥白尼和达尔文都以极大的勇气面对关于外部现实的不受欢迎的真理-（1940. 5）.但是，正如弗洛伊德所为，“面对内部现实的那些真理则要付出某种只有极少人能 够独立付出的劳动”。弗洛伊德本人敏锐地意识到他在精神（心灵）科学和疗法的历史 中的革命地位.他在许多场合把他自己的科学理论与哥白尼和达尔文的理论相比较。弗 洛伊德对他们的理论感兴趣，与其说是由于他们的科学影响，不如说是由于我们今天所 说的他们的“意识形态的”内容。尽管弗洛伊德从未（在有记载的谈话中，在已发表的 通信中，或者说在已出版的著作中）援引或提出“哥白尼的革命”或“达尔文的革命” 这样一些说法，但是，他确实表达过这样一个意思，即哥白尼和达尔文所做的工作是根 本性的，而且对于人类关于自身的概念具有重大意义.显然，弗洛伊德从来没有明确说 过他是一个革命者，或者精神分析就是一场革命。在《幻想的未来》（1953, 21： 55） 中，弗洛伊德写道：“科学观点的转变是发展，是进步，而不是革命

弗洛伊德在1907年断言，如果有人要求说出“十本最重要的书”，那么他将把“像 哥白尼、相信巫术的老医生约翰-维尔、达尔文的《人类的由来》等人所取得的那样的 科学成就算在内”（1953, 9： 245）。哥白尼、约翰•维尔和达尔文的这个排列并不是 随意的，因为这些人代表者弗洛伊德认为人类自我陶醉的自尊在其中受到重大打击的三 个领域：宇宙论、心理学和进化论生物学。弗洛伊德认为，哥白尼推翻了人类在宇宙中 的固定的中心地位，而达尔文则揭示了人类与其他动物的密切的亲族关系。维尔这位16 世纪的没有多少悟性和非凡胆识的医生，则勇敢地同迫害巫师的狂热的暴行作斗争，尤 其是他解释了假孕（“虚假的怀孕”）并不是一个妇女与魔鬼交合的征兆，而是一种医 学生理状态，它是由我们今天所说的心理或身心原因造成的。令人奇怪的是，弗洛伊德 引证的是一个在权威的医学史（辛格和安德伍德：或施赖奥克：或齐尔布尔格和亨利， 1941）中甚至都没提到的相当不出众的16世纪医生，但是，我们也许应当尊重他的现代 性、合理性和勇气（见齐尔布尔格1935）。但是，另一方面，没有多少研究心灵的人物 值得被抬高到与哥白尼和达尔文所享有的同样高的地位。他也许选择『夏尔科，因为他 曾一再对他［夏尔科］表示赞扬（1953. 1： 135： 3： 5. 9-10： 6： 149： 12： 335： 19： 290： 24： 411）,并把他描述为神经病学的“最伟大的领袖”和“每一国家神经病学者” 的“伟大导师二弗洛伊德在这方面选择的另一个突岀的例子是达尔文的在其《物种起 源》之上的《人类的由来》。弗洛伊德是经过深思熟虑选择《人类的由来》一书，还是 他只是匆匆记下他第一次想起的达尔文的书名，我们对此完全不清楚。但是，弗洛伊德 也许是有意识地提到《人类的由来》，因为在这部著作中，达尔文断然提出『人类和动 物物种之间的亲族关系的学说。鉴于弗洛伊德对人类的自我形象所遭受的打击的特别兴 趣，《人类的由来》在当时显然是一本比《物种起源》更为重要的著作，尽管后者对于 进化论生物学甚至对于整个科学来说都可能是一部伟大得多的著作。

在弗洛伊德看来，哥白尼从地球中心的宇宙向太阳中心的宇宙的转变一一就像达尔 文的“摧毁了人们傲慢地在人与动物之间竖起的壁垒”的人类起源的理论一样一是非 常重要的，这与精神分析学说所获得的承认是基本类似的。弗洛伊德揭示了 “有意识的 自我与一个强大的无意识的关系对于人类的自我怜爱或自大是一个多么严重的打击”， 正如“人类起源理论所给予的生物学的打击以及哥白尼的发现给予它的比较早的宇宙论 的打击”以前对我们自我陶醉的自我形象的伤害一样（1953, 19： 221）O弗洛伊德认为， 接受这三种理论的障碍来自情感的而非理智的原因，这因此解释『“它们的多情的特点”。 他指出，“总体上说二人们对精神分析理论都表示反对，正如“由于其神经错乱而接 受治疗的个人神经病人”所作的那样。对弗洛伊德理论的抵制和反对一类似于从前对 哥白尼和达尔文理论的抵制和反对一一并不是“通常起因于反对最科学的创新那种抵制 和反对二而是由于“这样一个事实：强大的人类情感受到这一理论的主題的伤害，

弗洛伊德把哥白尼和达尔文的影响与精神分析理论所受到的敌视联系起来的最著名 的例子见于他的《精神分析引论》（1916J917）第三编“神经病通论”中.弗洛伊德在 这一编中论述了“人类天真的自爱和自尊曾先后从科学手中受了两次重大的打击二自 哥白尼以来，人们“知道我们的地球不是宇宙的中心，仅仅是无穷大的宇宙体系的一个 小斑点”（1953, 16： 285）»达尔文的研究“摧毁了人类假想的异于万物的创生特权， 证明人是动物王国的成员之一，而且同样具有一种不可磨灭的啓性。”但是，在弗洛伊 德看来，'对人类的自大狂的第三次也是最沉重的一次打击”“来自现代心理学研究， 因为这种研究向我们每人的'自我’证明，就连在自己的屋里也不能自为主宰：而且能 得到少许关于内心的潜意识历程的信息，就不得不引以自满fo"

令人奇怪的是，弗洛伊德似乎从来没有从革命方面谈他本人激动人心地推翻了经典 的心理学和传统的精神疗法。但是（在1916-1917）他确曾采用“对我们的科学的普遍反 叛”这样一种说法。他说，这一反叛的特点是“蔑视一切学究式虚假礼仪的考虑，而且 使反对者摆脱公正逻辑的一切束缚和限制”（1953, 16： 285）o这一说法对于革命史学 家来说是特别有意义的，因为’revolt'（反叛）意味着反对既成的权威的起义和暴动， 而弗洛伊德正是一直抱怨他本人的激进的和新的思想的确立和被接受遭到了抵制。

弗洛伊德充分意识到哥白尼并不是断言地球运动性的第一人。在其《精神分析引论》 中，他特别指出，"［与哥白尼的体系］相似的某种东西早已由亚历山大的科学表示过了 ” （1953. 16： 285）.而且亚历山大还清楚地表明，远在哥白尼之前,“毕达哥拉斯的信 徒就已对地球的特权地位产生怀疑，而且在公元前3世纪，萨姆斯岛的阿里斯塔尔丘斯就 曾断言，地球要比太阳小得多，而且围绕着那个天体运动。”因此，“甚至哥白尼的伟 大发现……也已在他之前由人作出了所以，对“人类的自我怜爱和自尊”的宇宙论 的打击,不是在作出“那个发现”时发生的，而是当它“获得普遍承认”时发生的。达 尔文关于人类并不是“不同于动物或优于动物”，而“他本身……是从动物演化来的… 与某些物种有比较密切的联系，而与其他物种的联系则比较远”的理论也是与此相似的 （1953. 17： I41）o这些结论并不只是达尔文自己作出的，而是从“査尔斯•达尔文、 他的合作者和先驱者的研究”推演和总结出来的。

在如此列举和说明哥白尼和达尔文的先驱者时，弗洛伊德无论如何都不是贬低和诽 谤这两个人的创造性。相反，他正是为了表达一种一般的创造力理论。弗洛伊徳认为. 我们的许多（如果不是全部的话）最具有“创造性的”思想可以追溯到某个比较早的思 想家.而通常在我们自觉的思想中我们也许忘记r某个人。弗洛伊徳举出的一个显著的 例子是路德维希-博尔恩。博尔恩1823年“三天内成为一个创造性作家的艺术” 一文对 自由联想的方法作r引人注目的描述，因此在精神分析中是非常重要的。当弗洛伊徳认 识到哈夫洛克-埃利斯宣布斯韦登博格教神秘主义者、诗人和医生加思-威尔金森是自 由联想的“真正的”创制者后，这篇文章引起r他的注意（弗洛伊徳，1955, 18： ZM）» 虽然弗洛伊德完全忘记了博尔恩的论文，但他后来回忆到,“在他十四岁的时候，就有 人赠送给他博尔恩的著作集，而在过去五十年后，他仍然保存着这本书，而且这是他少 年时代保存下来的唯一的一本书。”此外，博尔恩“是他深入钻研的第一位作者。”使 弗洛伊德尤为惊奇的是他发现，博尔恩在论文中论述r “舆论对我们的理智产物所表现 出的潜意识的抑制力”.并且认为这种潜意识的抑制力是比“政府的审査制度”更为压 抑和暴虐的。“政府审査制度”这个概念的提出在某种意义上使弗洛伊德回想起r “在 精神分析中作为梦•潜意识的抑制力重新出现的’审査制度弗洛伊徳断言，“因此， 这个暗示也许揭示r在如此许多情况下被猜测隐藏在表面的创造性之后的潜在记忆的片 断似乎并不是不可能的

在另一部著作中，弗洛伊德在谈到“二元（重）论（1937］-时援引了 \*ciyptimncs ia'（潜在记忆）这个概念。“根据这种二元（重）论，一种死亡的本性，或毁灭的本 性，或攻击的本能，正像具有展现在里比多中的爱欲的合作者一样是真确的”（1953, 23： 244）—他特别指出，这种理论并未被普遍接受.他说.当他在亚克拉戈斯的恩培 多克勒的著作中偶然发现他的这一理论时，他是多么的高兴.弗洛伊德说（pp. 245-2 47）： “我已作好充分准备为这样一个确认而放弃独创性的荣誉”。他还说（p. 245）,

“由我早年阅读书籍的广度看，当我永远也不能断定我认为是一个新发现的东西是否有 可能不是潜在记忆的一个结果时”.这尤其如此。

弗洛伊德在1923年曾说.“我在解條梦以及进行精神分析的过程中”所使用的许多 新思想的独创之处，已证明是其他人曾经思考并明白地提出过的。他说,“我忽视了这 些思想中唯一一个思想的来源”，“我把这个概念称作'梦•潜意识的抑制力-（195 3. 19： 261-263）O他现在也许会说，“正是我关于梦的理论的这个基本的部分是…… 「约瑟夫］波普尔-杜克斯独自发现的”（1953, 19： 262：此外还请参见4： 94-95. 10 2-103. 308-309注解，14： 13—20）。不过，弗络伊德并没有接着从这个独立发现的 陈述推想一个共同的来源，他也没有探究（或思索）一种科学思想的相继出现中间的不 同之处而非相似之处，从而使它成为一个根本上独创性的创造。（关于这个一般性的主 題，请参见科恩著作.1980.）

1956年，奈杰尔•沃克在《听众》杂志上发表了一篇文章.该文是在英国广播公司 （BBC）电台一次谈话的基础上写成的，題为“弗洛伊德和哥白尼”。在1957年和1977年 重新发表这篇文章时，他把标题改为“一个新的哥白尼吗？ ”这篇文章过分强调约翰・ 弗里德里希•赫尔巴特等人心理学思想对弗洛伊德的影响，并同时指出，弗络伊德把自 己与哥白尼和达尔文相比是没有根据的，因为被弗洛伊徳视为“我们关于心灵概念中的 一场科学革命”的东西其实是“一个技术上的进步”，这一进步以一种引人注意的方式 使19世纪徳国思想家们已经提出的一个概念“通俗化二因此，在沃克看来，弗洛伊德 在历史上的作用似乎像是“环球航行者”的作用，因为他们“所做的是让人们相信地球 是圆形的，而不是所有’地理学家’的论点。”所以，沃克把弗洛伊德与18世纪英国的 航海者和探险者C.库克而不是哥白尼或达尔文相比。他在1957年把这个比较由C.库克提 高到麦哲伦并已说：“在把弗洛伊德与麦哲伦而不是哥白尼相比时，我并不是在贬低他 的成就的价值为辩护他的观点，他断言，像瓦特和马可尼这样的技师“对于他们下 一代人的生活人式可能会产生比牛顿或道尔顿更伟大的影响二

沃克一再发表的这篇文章有许多历史错误（例如，约翰•道尔顿推翻了 “声名狼藉 的燃素说”）。这样一个错误也许会使拔们注意对弗洛伊德关于哥白尼和达尔文的论述 的一种普遍误解：弗洛伊德自比这两位伟大的科学家.事实与此相反，在弗洛伊德讨论 哥白尼和达尔文的三种场合的任何一个场合中，弗洛伊徳都非常谨慎地避免作一种涉及 个人的比较，而是强调哥白尼、达尔文和精神分析理论及其影响的相同之处.他的传记 作家恩斯特•琼斯说（1953, 2： 45）： “我非常怀疑是否弗洛伊德曾把自己看作是一名 伟人.或者他曾把自己与他认为伟大的人一歌德、康徳、伏尔泰、达尔文、叔本华、 尼采——相比当玛丽•波拿巴曾评论说弗洛伊德是“兼有巴斯德和康德特点的一个 人物”时，弗洛伊德回答说：“这是非常善于辞令的，但是我不能同意你的看法。这并 不是因为我谦虚和客气，而是因为事实上臺无根据。我对于我已经发现的东西有比较高 的评价，但是，那并不是我自己的发现或功劳。伟大的发现者不一定就是伟人。有谁比 哥伦布更多地改变了这个世界？他是谁？他是一个探险家。的确，他与众不同，但是， 他并非一个伟人。所以你看到，一个人可以发现没有其意义的伟大东西，但他是真正伟 大的二

琼斯（1953. 3： 304）大胆和直率地“赋予弗洛伊德与达尔文相同的思想人师的地 位琼斯实际上早在1913年就赋予了达尔文这个“非常恰当的称号”（见萨洛韦1979, 4）.而且在1930年对这一主题作了进一步的论述。他指出，“弗洛伊德的工作即精神分 析的创生，是其重要性只能与达尔文的工作相比的对生物学的贡献。”萨洛韦对此讥讽 地评论说（p.5）：琼斯“后来同其他弗洛伊德的信徒一道，在确立弗洛伊德随后作为一 个’纯粋心理学家’的身份和地位方面，发挥了关键作用。”

弗洛伊德1917年在《意象》（Imago）杂志上发表《精神分析学道路上的一个难题》 一文。在该文中，他论述了对人的自我形象的三个打击（1953. 17： 139-143）.并且大 胆地提出，’怕我在它自己的屋里也不能自为主宰。”此后不久，他的朋友和同事卡尔 •亚伯拉罕“温和地作了评论二他说，这篇论文“看上去是一个个人的文献”（琼斯 1953. 2： 226）.弗洛伊德在1917年3月25日的一封信中答复说，亚伯拉罕说他给人留下 了 “理应获得与哥白尼和达尔文同样的地位的印象”时，他是“正确的二但是他评论 说，他并不想“因此而放弃这个有趣的思路”，而且因此他“至少把叔本华放在最显著 的地位弗洛伊德在此涉及了这样一个事实，即他并没有直接提到他本人，但在最后 一段文字中他倒介绍『他的先驱者。在陈述了 “认识无意识的精神过程对于科学和生活 革命［弗洛伊德用了 'momentous' J意义”之后，他接着说，“首先迈出这一步的并不是 精神分析学说”（1953, 17： 143）。应当“视为先驱者的”还有“哲学家中的”那些人 ——“首先包括伟大的思想家叔本华二弗洛伊德坚持认为，叔本华的“无意识的'意 志’相当于精神分析学的精神（心理）本能二而且，也是叔本华“告诫人类现在仍然 被它如此极力贬低或低估的它的性的渴望的重要性是不可忽视的”。弗洛伊德断言，精 神分析只是“在一个抽象的［即科学的而非哲学的］基础上”“证明r” “性的重要性和 精神生活的无意识”，而且“从涉及到每一个个人的重要问题上对它们作了说明

人们也许会认为，弗洛伊德，以及一在弗洛伊德之后一他的传记作家恩斯特・ 琼斯在否认弗洛伊德自比哥白尼和达尔文这个问题上过于敏感。沙科和拉帕波特（1964） 发现，这种“敏感是难以理解的，因为弗洛伊德曾反复把精神分析与其他两个历史发展 相提并论，如果不是把它们完全视为等同的话。”他们推测，“这两位作者和传记作家 的谨慎和谦虚也许妨碍J'他们对这个比较作出客观的辨明。”而且，对弗洛伊德实际所 写的东西的认真分析表明，就对人类的“自我陶醉的自我形象”的（宇宙论的，生物学 的和心理学的）打击而言，他并不关心自己作为一个创造者或革命者的形象。弗洛伊德 关注的是这些对于地球中心说、人类中心说和自我中心论的打击的革命含义，而且，也 许只能通过冋接的含义一如果有的话一才能表明，他本人在科学史中的位置可能是 与人们给予哥白尼和达尔文的地位相同的。&#26;

第二十五章科学家的观点

19世纪是一个革命的时代，在政治、社会、科学、工业、文化和艺术各个领域都发 生r革命，无论其成功与否。这在历史上第一次使人们懂得变化可以是戏剧性的、革命 的，而不只是渐进的。20世纪则是另一种意义上的革命时代，因为革命发生得更为频繁 且其影响也更加深远.它们不仅使人类及其社会以及社会制度受到震动，而且还撼及自 然界本身。已很难找到一块有人活动的地方能逃避革命所带来的巨大变化。革命己深入 到各个领域：通讯（无线电，电视），制造业（合成纤维和塑料），电子（固态传感器， 印刷电路，集成电路），战争（核武器.导弹），绘画（毕加索，马梯斯，米罗），音 乐（斯特拉文斯基，勋伯格，斯托克豪森），文学（乔伊斯，F.沃尔夫），导航（布达， 远程定位），各门科学学科（爱因斯坦，玻尔，克里克和沃森），医学（索尔克疫苗， 精神分析，起搏器和心脏外科），还有数据和信息处理一由此我们已经看到了计算机 革命的步伐。我们还亲眼看到社会革命和政治革命在永无完结地继续：受到俄国革命和 中国革命影响的人比以往任何一次革命都多，受到影响的程度也更深：来自有关拉丁美 洲和非洲的大大小小的起义和暴乱的新闻越来越多，从军事政变到地道的社会和政治革 命。

19世纪从1789年动乱的余波中诞生，先后经历了 1848年的政治革命以及马克思主义 者领导的革命运动。在科学上，我们已经看到了《物种起源》中正式宣告的达尔文进化 论，它预示若即将发生的革命。即便如此，19世纪后半叶（和20世纪初）知识发展的主 流是进化的而不是革命的。本杰明•凯德的《社会的进化》（1894）和L.豪勒维克的 《科学的进化》（1908）等著作就是进化观的例证。大体上说来，19世纪的政治和社会 革命并没有取得成功，它以1905年的俄国革命的失败作结（1905年通常标志着20世纪科 学的开始）。19世纪的政治和社会变革虽然富有戏剧性，有时还有激烈的暴力冲突，但 以通常的观点而论，这一过程基本上仍然是循序渐进的，而且在讨论这一时期的科学发 展时.人们一般也持这种见解。

相反，20世纪却被惊人的激变所震撼.历史的延续有J'真正的中断。俄国和中国的 革命对社会、政治、经济都产生了巨大的影响，在世界范围内引起了国际性的革命运动， 其影响远远超过『当年的法国革命。本世纪初在科学上同样发生了伟大的革命，主要反 映在物理学上：X射线、量子理论、放射性、相对论、电子、原子核» 1905年，也就是俄 国革命流产的那一年，爱因斯坦发表r他的划时代的相对论论文和另一篇论文，这篇论 文引起r物质和辐射物理学的革命，并建立起量子理论（它由M.普朗克于1900年开创）。 从那以后，相对论和量子论思想一直占据着物理学思想的主导地位。在艺术方面，1914 年前，出现r斯特拉文斯基的节奏异常强烈的《春之祭》和毕加索以及布拉克的令人瞠 目的绘画，这些作品开创r结构主义、现代主义和抽象艺术以及不谐和和弦音乐的先河。 20世纪出现r大最的关于革命的理论和观点，这并没有什么可惊奇的。因为本世纪 头几十年，政治、社会、艺术和科学都发生了戏剧性的变革，革命（而不是进化）已成 为我们这个时代描述科学发展的主导性观念。但革命是科学进步所期望的或必备的特征 这样一种观念，在本世纪上半叶却不像现在这样容易被大多数人所接受。许多学者，包 括历史学家和科学家们自己，对于科学特别是基础物理学中发生的革命性变化感到忧虑， 正像他们对遍及全球的政治和社会结构的剧烈震荡感到忧虑一样。有的人，如爱因斯坦 主张抛弃科学革命的观念（见28章）：还有人如R. A.密立根，不但拒绝科学革命的观 念，而且还否认在科学中有任何革命性的进步。

这一章我们将列举一些本世纪出现的有关科学革命的观点，并将特别注重于科学家 们的论述。下一章，我们将考察助世纪科学史家逐渐接受科学革命观念的过程，特别是 当T. S.库恩具有巨大影响的著作《科学革命的结构》于1962年发表后，接受科学革命 观念的人数达到了顶峰。第27章，将论述相对论革命和量子论革命。在大多数人的心目 中，相对论被看成是我们时代科学革命的典范。而对于那些懂行的人来说，量子论则是 历史上最伟大的革命之一。第四章，将讨论具有特殊重要性的地球科学革命。因为这个 领域的专家学者已经认识到它是一场革命，已经用革命的语言和结构来书写它的历史， 甚至还运用『库恩对革命的理论分析方法以洞察地球科学革命的结构。而且，这场革命 以清晰的和引人注目的形式显示『所有伟大的科学革命的一些主要特征。

第二次世界大战前的政治和科学的激进主义

1908年，政治革命家V. I.列宁的一部哲学著作公开出版了，它主要论述正在物理 学中出现的革命的本性和影响，书名是《唯物主义和经验批判主义》。这部著作的公开 意图主要是维护“马克思主义哲学二反击那些当时对“辩证唯物主义”的攻击。但对 于本书的目的来说，列宁的某些论述（体现在标題为：“最近的自然科学革命和哲学唯 心主义” 一章中）是特别值得注意的.它可以作为一个例子，用来说明物理学发生革命 的观念很早就已广泛传播开来

列宁集中讨论了镭元素问题。这一期间该问题突出地出现在许多有关文献中。使列 宁和他的同代人震惊的是，当一小块镭的温度比周围环境温度高时，这种情形会明显地 持续下去。而按照古典力学理论和能量守恒定律，热体定会把热量放射到温度较低的环 境中去，直到达到热平衡，也就是说，直至物体和周围环境的温度相等。因此，镭的性 质不但向科学家展示了一个必须被纳入科学的概念框架中去的新现象一放射性，而且 这种新的物质在几个方面摧毁r经典科学的基础。也许最值得注意的是：在放射性现象 中，元素的原子会自发地发生衰变和“姻变”，而变成另一种完全不同的元素的原子。

列宁援引来作为例子的许多学者中，有法国数学家和哲学家亨利•彭加勒。从彭加 勒1907年写的哲学著作《科学的价值》一书中，列宁看到了他对物理学出现“严重危机” 的论述。按照彭加勒的观点，物理学中发生了严重的危机，其罪魁祸首是“伟大的革命 者——镭二彭加勒的见解受到了广泛的尊重，因为他是法国，也许还可以算是全世界 最卓越的科学家之一.他忧郁的危机宣言引起r人们的注意：新的发现不仅推翻r能量 守恒原理，而且也同样危及到“拉瓦锡原理或物质守恒原理”：危及力学的基础，包括 牛顿作用和反作用相等的原理：危及到其他公认的物理学基础。

人们从镭和放射性中看到了革命的破坏力。其它许多新的发现通常也都具有这种特 征。《亨利-亚当斯的教育学》（1907）这部著作以最富戏剧性的形式对革命破坏力这 个主題展开r讨论。在谈及亚当斯对zoo年大博览会的感想时，亚当斯用“发动机和圣 母”这一比喻对旧的蒸汽力和新的电力之间的差异表示惊讶。他发现r “连续性的中断” （p. 381）,它“为历史学家的研究对象设置了一个深不可测的裂缝”：“在蒸汽和电 流之间找不出比耶稣受刑架和教堂之间更多的联系。如果不是可逆的话，那么各种力是 可以互相转换的，而对电来说，如同在信仰世界中它只是服从绝对的命令二在迷惑不 解之中，亚当斯求助于兰利，他是一位天文物理学家，华盛顿史密森学会的会长。

兰利帮不了他，实际上他似乎也被同样的问题所困扰，他总是重复说新的力是无法 无天的，他尤其是反复声称他对新射线的发现没有责任，这些射线如同杀父的仇人，它 们气势汹汹地向科学开『刀。他自己的射线是有益无害的，他利用它们得到了双倍宽的 太阳光谱。但镭否定了他的上帝，对兰利来说，也就是否定了他的科学真理。这种力是 全新的。

看到1890到达1905年间物理学发展中出现革命的人不只是列宁、亚当斯、彭加勒和 兰利。不过，并不是每个人都被这些新发现的含义所困扰。例如，彭加勒在他的关于 '时间和空间”（1963, 23）的论文中，把相对论看成是“最近物理学进步中”发生 “革命”的主要成果：在另一篇论文中，他暗示了这样的意思：星子理论是潜在的“自 牛顿以来自然哲学经历的最深刻的革命二

20年代，“革命” 一词从1917年俄国革命一第二次革命或布尔什维克革命中获得 了一个新的激进的含义，这场革命使新的名词“布尔什维克主义”出现在通常的演讲之 中。这场革命不仅完全推翻门日沙皇的统治，而且使俄国的财产制度和人民的经济生活 都发生了戏剧性的转变。这些革命性的变化被这样一个事实所加强，正如布林顿所考察 的那样（1952）：在俄国革命中，“事件都集中发生在”比近代其它革命“更短的时间 内二

在许多美国人和欧洲人心目中，法国革命和俄国革命是两次典型的革命，但后者也 许具有更广泛的意义，因为它产生了可以输出的布尔什维克主义这个幽灵，促进『一场 国际性的革命和颠覆运动。此外，法国革命没有产生一个稳定的革命共和制度，不到15 年，法国就复辟了皇权统治，而苏维埃政权已持续了半个多世纪，如今它比其早期更强 大。因而，一些科学家目睹了俄罗斯旧秩序的崩溃，并感到了一种对自己国家现存生活 方式的威胁。那么，他们对科学面临的形势同样心神不安也就没有什么可奇怪的了。量 子物理学和新的原子概念在被X射线，放射性和相对论带来的危机上雪上加霜，使一些科 学家在新科学和布尔什维克之间找到『共同点，对布尔什维克主义的害怕，甚至是对可 能的布尔什维克主义感染的告诫，都在本世纪20年代关于科学和科学革命的讨论中出现 了。

20年代发生的心理学革命使一些人在更大的程度上把革命的科学同政治上的激进主 义结合起来。J. B.华生的著作《行为主义》（1924）在美国的报纸上被大加渲染：

“也许…但是有史以来最重要的著作”，这部著作“标志若人类文明史的新纪元”（华 生和麦克唐加尔1928. 102）»在英国，值得注意的是华生体系宣传要“使伦理学，宗教 和精神分析学一爭实上，使所有的精神和道德科学革命化，上述这些摘录是华生的 对手威廉姆•麦克唐加尔作的，他还补充说.华生的著作“宣称的不只是革命化，简直 就是废弃所有这些的庄严的东西二

麦克唐加尔的看法不无道理。华生的《行为主义》一书的结束语就是这样一个宣言： 行为心理学将取代现有的心理学的原理与实践。在最后一章的最后一节，华生得意地将 其副标题命名为“行为主义一全部未来实验伦理学的基础”（1924, 247）。这层意思 在该节开头的两句中表达得更为突出，华生展望他的行为主义是“一门科学，它使所有 的人一男人和女人憧得他们自己的行为”。并将布助“男人和女人……重新调整他们 自己的生活二并“使他们运用健康的方式培养自己的孩子”（p.248）°他提出了一个 新的宇宙乌托邦概念：如果我们依照行为主义原理，“以行为上的自由”对儿童加以培 养，他们将依次以更科学的方式培养自己的孩子，“最终世界将变成一个适合人类居住 的场所二

华生与斯金纳不同，斯金纳是木世纪早期的行为心理学家，他曾发表过一部叫《沃 尔登第二》的小说，他嘲笑那些“去往被上帝抛奔的地方，建立一块领地，赤身裸体地 在那里过原始公社式生活，以植物的根茎作食物”的人，他的乌托邦将是整个世界，他 说，他的计划“如果能实施.那么这个世界将逐步得到改变”。然而，华生也许想避开 某些可能的批评（记得那是1924年），他强调说：“我不是想寻求一场革命二在他的 著作1930年版的序言中，华生承认“我们已被指责为……布尔什维克主义者二“批评 文章进行人身攻击，甚至是在谩骂二他认为那些反对他的情绪出自对他的基本观念的 憎恨，他的观念是：“人是一种动物，他与其它动物唯一不同之处在于他的行为举止的 类型二他说他遇到r与达尔文相同的阻力，因为“人类不愿意把自身同动物相提并论二 他声称害羞的灵魂将被从“行为主义中驱逐出来”，因为一个“保持科学头脑”的心理 学家在描述人类的行为时与在描述“被宰杀的公牛的行为时”使用的是完全相同的术语

*U ,*

行为主义包含着革命的因素。彼得-梅达沃和简-梅达沃1983年写过这方面的文章， 他们认为华生“和那些被他说服的人带来r一场真正的心理学上的培根革命二因为他 们用“经验的东西代替r那些由于不是即存地呈现在我们的感官面前而必须依靠推理才 能懂的东西二两位梅达沃考虑r习惯的“心理状态如喜悦，痛苦，恶意，甚至是（关 于这一点我们在哪儿划线呢？）意识本身二他们看到行为主义“以经验的叙事体和报 道文体取代r反省心理学的特殊假设”，从而确定了这场革命及其影响的范围。

本世纪前半叶有一种倾向是将科学的发展同政治上的激进主义联系在一起，体现这 一倾向的另一个例子涉及爱因斯坦的相对论。对于许多在科学上批评和反对相对论的人 来说，相对论简直就是在俄国蔓生的布尔什维克主义在科学中的映象。布尔什维克主义 已在德国和匈牙利出现，看来正危及西方文明和社会全部的已被接受的价值观念。风格 严肃的《纽约时报》（1919. 11. 16, 8）刊登了一篇題为《科学界的爵士乐》的文章， 该文一开始就提出r四个问题：“太空何时弯曲？平行直线何时相交？圖何时变成非圆？ 三角形的内角和何时不等于两直角之和？ ”答案：“当然是在布尔什维克主义进入科学 领域的时候！”文章接若引用了同査尔斯-普尔的谈话内容，普尔是哥伦比亚大学的天 体力学教授。下面是该文的某些摘录：

普尔教授在读过有关爱因斯坦相对论的快讯后说：“过去几年中，整个世界都处在 动荡状态，无论是精神上的还是物质上的。也许在物质方面的不安定如战争，罢工，布 尔什维克的崛起等能被实际察觉到的东西下面，是深深波及世界的精神困扰。这种精神 上的不安定明显体现在公众所持的对待社会问题的态度和倾向性期望上。这就是欲以激 进的，未曾尝试的社会实践来推翻业已确立的，行之有效的政体形式。

“精神上的不安定也侵扰着科学.今天在科学领域恰恰也有一场同政治和社会生活 领域类似的冲突。有许多人向往对宇宙进行心理学上的思索，热裏于各种奇思怪想，他 们要我们抛弃已被证实的理论，而实际上恰恰基于这些理论，现代科学和力学的大厦才 得以建立二

接着，这位哥伦比亚大学教授对牛顿到爱因斯坦的引力理论发展史作r进一步的讨 论，他总结说：

目前已经测量到的（光线受太阳影响）弯曲效应这一事实，在科学上有极为重要的 意义。这一结果也许会改变某些迄今已被接受的有关太阳附近物质的密度与分布的观念。 但我不明白这样的观察事实何以能证明第四维的在在？或者说怎么能推翻几何学的基本 概念？

我读『各种论述第四维空间的文章，包括爱因斯坦的相对论和其它关于宇宙构成的 心理推测文章。读完之后，我的感受如同参议员布朗德哥在华盛顿的一次庆贺晚宴后的 感受一样，他说他感觉到如同和爱丽统一道漫游仙境，与狂人一道喝茶一样.

有位记者曾问起过爱因斯坦如何看待“C. L.普尔教授”的意见，这位教授坚持说 爱因斯坦的理论“无法验证二而且说“无须爱因斯坦，我们依靠牛顿定律就能解释一 切物理现象，甚至包括水星的摄动二爱因斯坦机智地回答道（《纽约时报》1921. 4. 4）： “我没有看到普尔教授的谈话二

英国天文学家A. S.爱丁顿是将广义相对论介绍到英语国家的第一人。第一次世界 大战中的1916年，他收到『荷兰天文学家德赛特寄来的爱因斯坦1915年发表的论文。意 识到爱因斯坦研究课题的重要性，爱丁顿钻研r爱因斯坦运用的“绝对微积分”以便弄 懂广义相对论。他在为伦敦物理学会所作的著名的《引力相对性理论报告》（1918）中， 称广义相对论为“思想上的革命，它深刻地影响到天文学，物理学和哲学，并把它们推 上『新的发展道路上且永不逆转二后来，爱丁顿发表『一本关于相对论的通俗读物， 題为《空间，时间和引力》（1920）和一部为科学工作者所写的著作瑚对论数学理论》 （1923）. 1954年，爱因斯坦称其是“所有语言中介绍相对论最好的著作”（p.281）。 因此，令人感兴趣的是《爱丁顿对这一物理新观念的介绍中，谈及了人们指责物理学已 被一种科学上的布尔什维克主义所侵袭。

爱丁顿在季福德发表厂题目为《物理世界的本质》的演讲（1928,爱丁顿在开头的 一段中讨论了那些“坚决反对现代科学中的布尔什维克主义，把住旧秩序不放”的思潮， 他把“我们关于时空观的根本变革”（由爱因斯坦和闵科夫斯基于1905-1908年间引入） 同卢瑟福1911年引入的“自德谟克利特以来物质观的最伟大的变革作『比较。他说 卢悬福的工作并没有在广大公众中“引起强烈的震动”，而“新的时空规从各方面看去， 都被认为是革命性的”:：要说所谓布尔什维克主义的话，他倾向认为真正的主角该是 卢瑟福而不是爱因斯坦。

像20年代的某些人一样，爱丁顿深深地意识到革命是科学发展的特征之一。他详细 解释了为什么原子结构的奇异新发展通常没有被打上革命性的发展这一红色标记。他说： “表示性质特征的形容词’革命的'常常被用在两项伟大的现代发展上，一是相对论， 一是量子论二他解释说，这两个理论是揭示世界奥秘的新发现，而且使“我们关于世 界的思维方式”发生了根本性的“变化”（同上，2）。

爱丁顿领导了 1919年的日蚀观测，结果证实了广义相对论的一个预言（见第27章）。 他认为相对论革命同原子结构和量子理论革命一样，只是表明科学知识以革命的步伐向 前进展的具体事例。他在结尾处提出『这样一个问题：“没有任何迹象表明下一个三十 年不会发生另一场革命，甚或是完全的反革命”？这里反革命类比政治上的反革命。爱 丁顿接着提到r革命的继承性概念，最后以“科学的发展如同玩一个巨大的拼板游戏一 样”的比拟结束J'他的《物理世界的本质》＜1928, 352-353）（他作比较时的语言和 想像同40年后库恩所用的很相似）。在他看来，科学革命并不意味着已布排和联结停当 的各个板块必须拆散，而是在添置新的板块中，我们必须对将会形成的拼板图结构的原 有想法进行修正。爱丁顿的结束语是：欧几里德，托勒密和牛顿的体系“已经完成了它 们的使命二将来爱因斯坦、玻尔、卢瑟福和海森伯的体系“也必然让位于对世界有更 充分认识的体系……但每一次科学思想上的革命就如在旧的曲谱上配上的新歌词，过去 的东西并不是被完全抛奔而是被扬弃，在我们企图表述真理的所有失误中，科学真理的 内核在稳定増长：关于科学真理我们可以说：它变化得越多，它的真理性也越多二

在两次世界大战之间，有许多别的科学家也提到过革命问题，M.居里写『一部回忆 她已故丈夫P.居里的文字（1923, 133.134）,她说：P.居里在索伯内荣升教授时，作 了一个关于对称性，向量和张量以及晶体的演讲，同时也“提到了在这个新领域（放射 性）中所作出的发现，以及在科学上引起的革命二

本世纪则至30年代，有一位论述新科学的多产作家叫簷姆斯•吉恩斯，他和爱丁顿 一样，是英国天文学家。他在后期写的一部著作《物理学和哲学》（1943, ch. I） 一书 的开头，探讨了科学中的革命。该书第一句话回忆了乔治•萨顿和卢瑟福助樹（同上， ch. 1）,并声称“科学的发展通常是步步为菅，逐步推进的”，在科学的征途上有一层 未知的“雰”，面对着它，“即使眼光最敏锐的探索者”，“也看不到几步远二但是， “这层雰有时也会消散，正是在一片较为开阔的视野里，可以做出令人惊奇的发现二 这样，“全部科学有可能进行一场万花筒般的组合”，这就是说，将有一场革命带来

“重新组建的冲击波，并将深入到各门科学中去”，甚至使“人类目前的全部思想”得 到更新。吉恩斯认为，如此典型的“重组”或革命是罕见的，他只提到“很快深入人心 的三次：哥白尼革命，达尔文革命和牛顿革命。第四次这样的革命目前正在物理学中产 生，”这场革命的重要意义''远远超出物理学之外”，因为它影响到我们的世界观。在 这个世界中，我们构筑生活。总之，“这场革命影响到哲学二应用卡尔•波普尔的范 畴，这四次革命的每一次都包含重要的观念形态上的革命。吉恩斯（1943, 14）认为革 命的'渐物理学”主要包括两个理论：相对论和量子力学。

物理学家关于科学革命的相反观点

上面讨论的几个例子表明，本世纪上半叶，在论及政治和社会革命，科学和文化革 命，绘画，音乐和建筑革命时，革命概念的使用及关于革命的隐喻比比皆是.但在本世 纪中，始终也有许多人否认科学革命，无论是建设性的革命还是破坏性的革命。早期对 革命使科学取得进步的观点持反对意见的人有物理学家R. A.密立根，长期以来他一直 被视为是美国科学界的领袖人物。他的第一篇论述科学革命的文章发表在1912年5月的 《大众科学月刊》上.他的这篇文章是论“物质的运动理论”和“电的原子理论”的， 他开门见山地宣称“非常愿意同那些所谓在科学中存在革命性发现的这样的观点展开论 战”，“那些听信这种观点的人大多是没有直接从事科学研究的人二在谈及那些所谓 “不断宣告问世的革命性发现”时，密立根说：“这些发现十有八九如同七岁儿童的发 现所具有的革命性一样”，这些儿童在老师“告诉他们5+2=7之前，他们只知道3+4= 7" （p. 418）»

密立根攻击的主要矛头指向这种观点：不断出现的根本性的新发现完全摧毁『现存 的知识大厦。在他1917年2月所作的演讲中，他的思想更加具体化了。他说：“科学的发 展几乎从来不以革命的方式出现”（】9】7, 175）, “报纸的标题”常常是“冠有革命的”， 但革命“几乎从未发生过”。他反复重申：不！ “科学的进展通常是一个逐渐积累的过 程，几乎从来不依靠革命”。他接若说：“即使有时我们的某些工作是革命性的，但这 绝不是经常的二可一百多年（或至多一百三十年）冋，“人类生活的全部外界条件发 生的革命性变化比有史以来任何时代都要充分得多”，科学家们在探讨革命是常常注意 到密立根的这种典型的前后矛盾（p.】72）。

K. K.达罗曾任美国物理学会秘书许多年，他是一位保守主义者，持有同密立根类 似的观点。在他的一部著作《物理学的复兴》（1937. 15）中，他强调指出：牛顿，拉 普拉斯和傳里叶的“思维方式”今天仍然十分适用，因此应当“赞颂物理学中的保守主 义二而不应宣传“物理学中全新的观念，对古典物理学的令人恐怖地破坏，以及许多 令人惊讶的发现二当然，他憧得物理学发生的变化是“如此之大，以至于应用强有力 的言辞来描述它”，但这种描述必须掌握分寸，决不应像现在人们常常听到的那样过分”。 他指出：“认为古典物理学被推翻了，被废除了，被否定了，被革命了”是很不合适的。 他接若说：“任何人都不应该著谈物理学革命，除非他立即补充说任何地方都不会有一 场革命具有比旧体系的渐进性，严谨性，可靠性更多的优点二他总结道：不！ “革命 不是一个恰当的词汇！”现代物理学中没有革命，有的只是“极为迅速的进化-（p. 1 6）.

与持有类似观点的人一样，达罗认为革命一词暗含着与过去完全决裂的意思，而 “物理学却从未如此二他说事实是“物理学家憎恨放弃一直管用的任何理论。实际上 我们很少这样做二达罗的结论是：作为一条规律，理论物理学的革新者们“至为关切 的是他们要使自己成为经典的主导路线的合法继承者二我不清楚达罗说这句话是否有 所指，但到1937年，科学文献资料中已到处是革命的词句.事实上，“革命”和达罗的 ■极为迅速的进化“也许可以看成是同义语，条件是将“革命” 一词极端政治上的含义 以及科学革命隐含着摧毁或扫除旧东西，并以某种全新的东西取而代之。实际上，这类 科学革命确己出现过，例如从亚里士多德体系到牛顿物理学，从托勒密体系到开普勒天 文学的更替就是如此.但许多革命并不像达罗所理解的那样总是同过去作完全的决裂。

具有波兰-法国双重国籍的化学家和哲学家A.迈耶森是30年代在科学史和科学哲学 领域有很大影响的一个人。体现在他的著作中的对革命态度同前面几位有些相似，但并 不那么偏颇。他很少运用革命的概念，有一次他捎带若谈到量子物理学革命，“它推翻 了实在的图景”（193】，69）o他经常用的是“科学的进化”（p. 116）或“数学的进

化”（p. 326）。他的这种作法同某些持有类似观点的人如J.德威相似。J.德威曾计 划“解释科学的进化”（p. 416）。迈耶森摘引了一句他非常赞同的居里夫人（1927. 758）在悼念H. A.洛伦兹时所说的关于“量子理论和新力学激荡的进化”。迈耶森的目 的在更大程度上是精确地把握和描述哲学家和科学家的思想过程，并不只在于写出科学 史。他强调他的目的取决于他的下述信念。这个信念是：“科学进化”是不断变化者的 世界观的历史.所谓“科学革命”是指那些使科学家改变基本观念的大事，如化学家抛 弃燃素说，物理学家抛弃热质说（P. xii）o他关心的是科学家怎样才能很乐于放弃基 本的前提而接受那些常常与已被确信的旧理论完全相反的新理论。在他经历过的年代里， 相对论引起了他所指的“进化”（不是革命！）。他总结说：科学的“决定性进展”或

“革命”表现为一种过程，它与“科学的基本进化”背道而驰。这些“革命”经常发生， 因为“伟大的变革者（加拉瓦锡）打碎了那些束缚研究方法和思维方法的枷锁”。但迈 耶森更关心的是进化的过程而不是革命的过程，甚至到了把某些革命看作是进化的程度。

最近的物理学发展引发了许多对科学革命的探讨，在1963年春，E,拉比诺维奇一 《原子科学公报》的编辑，在芝加哥大学作过四次关于科学革命的公开系列演讲。他指 出（1963. 9. 15）：只有我们这个时代“能亲身经历了三次同时发生的革命”，其中头 两次是“社会革命”（以新的方式取代旧的统治方式）和“民族革命”（废除殖民地）， 第三次革命“是科学和它的产儿一技术带来的二他强调说“科学革命”的特点同社 会和政治革命不同，后者是“区域性的”或“暂时性的”激变，而前者却是“全球性的， 巨大的，无可逆转的变革”，科学革命告诉人们“贫穷不会持久”。由此可见，他集中 探讨的主題同前面的人略有不同：科学革命改变了我们关于“栖息地”的观念，改变r “我们在宇宙中地位”的观念。出于对弗洛伊德的不自觉的模仿，他提出了三次革命的 见解.头两次分别是哥白尼革命和达尔文革命，但第三次革命不是精神分析学的出现而 是“宇宙范围的扩展”（他错误地相信“世界同心观”与居于中心地位的人有关）。然 后他讨论了他很在行的课题“原子核物理学革命”和“人类已具有自我毁灭能力“的问 题。他提醒人们注意的下述科学革命的作用值得我们摘录如下（p. 16—17）

现代科学消除了人们对未来的忧虑：在一个可预见的时间内，全部技术的发展最终 将不得不停止，因为煤炭和石油将全部耗尽。在太阳系行将消亡时，人类也许仍然要伤 心地等待着必然毁灭的来临.但我们目前眼界的改变类似于濒临死亡的老人于刚刚走上 生活道路的青年人对生命渴望之间的差别。

拉比诺维奇称现代物理学的二象性和“对严格因果观的抛弃”是“人类世界规的一 次重要革命"（p. 18）.相对论是另一次“思想上的革命”（1963. 10. Ilk

拉比诺维奇在一次演讲中，运用了 “成功的永久性科学革命”的概念并预言它必然 会“影叶…各个领域人们的思想”。他把战争的“非理性化”和外交失去了 “它的最重 要的工具一一花言巧语的战争威胁”（1963. 11. 9.） （1963. 12. 14.）看作是科学 革命的后果，这种后果在“原子弹和洲际导弹面世后”达到了极点。在考察『他所谓的 “本世纪科学革命”的一个主要后果之后，他以一个微妙的按语作结“国际科学家共同 体是世界共同体的雑形”（1963. 10. 11.）。

诺贝尔奖金获得者伊•普里高津在他的著作《从存在到演化》一书（1980, xii）的 序言中，谈到他的写作目的是：“向读者转达我们正处在科学革命时代的证据二在这 场革命中，有一个对科学方法的“真正地位和意义”的重新估价的问題。普里高津把这 一时期同科学史上另两个戏剧性的时期做了比较，这两个时期是“古希腊科学方法的诞 生”和伽利略时代“科学方法的复兴二普里高津希望读者懂得“当我谈到科学革命的 时候，并不仅仅意味着科学中的某些重大发现，如夸克，脉冲星和分子生物学等二在 普里高津看来，科学革命的意义在于抛奔长期以来坚持“相信微观粒子一分子，原子， 基本粒子的简単性”这样使他引出三个主要论点：1）“不可逆过程和可逆过程一样真实”, 2）不可逆过程在“物质世界中起着根本性的建设性作用”，3） “不可逆性深深植根于 动力学之中二这样的一场革命明显与通常的“科学进化”不同（p. xvi）o像许多科 学家一样，普里高津运用r革命的概念.但没有将其重要性进一步展开。由于这个术语 运用得很少，因此它在书中显得非常醒目。在第2章论述“古典动力学”的开头，它出现 在一个显著的位置上，普里高津把古典动力学看成是“20世纪科学革命诸如相对论和量 子论的起点"（p. 19）o

A.費歇1979年发表了一篇物理学评论，他谈到了 M.吉尔一曼对物理学“统一”问 題的见解。吉尔-曼期待者“以越来越深刻的方式弄懂我们生活于其中的宇宙的本质二 他说他企盼在物理学中“发生一场革命”，这场革命同“过去发生的日心说，进化论， 狭义相对论，星子力学革命一样伟大”（费歇1979, 12）。S.温伯格（1977. 17f）把

“狭义相对论和量子力学的发展”看成是“伟大的革命二但他告诫我们不应把革命的 概念不恰当地运用于20世纪物理学的每个方面，例如他感到“量子场论自1930年以来的 发展过程中，基本要素已经具备，没有必要再来一场革命）

亚-摩拉1958年在物理学家沃-泡利逝世前不久同他进行了一次谈话。这次谈话的 内容使我们能深入『解科学革命的潮流以及年轻的物理学家发动科学革命的动机。这种 革命的概念决不会带来破坏性的污点，相反表达『人们的一种共同感受：革命是科学发 展的创建性力量。泡利对摩拉说：“在我年轻时，我想我是当时最好的形式主义者。我 认为我是革命的，如果有重大问題出现，我就能成为解决这些问題的人。而重大问题的 提出和解决由其他人完成r,我自然就成r古典主义者而不是革命者二而后他说：

“我年轻时太蠢”，这句话显然是一种反省（摩拉和里钦伯1982. xxiv ）»

物理学之外关于革命的见解

赞成和反对科学革命的见解在生物科学中同样也有反映。分子生物学和联合基因工 程技术在新闻媒介中，继电子计算机之后第二个获得了“革命”的称谓。1918年3月4日，

《波士顿环球报》上一篇文章的标题就是“生物科学革命的到来”。文章若重介绍『 “新加利福尼亚实验室”，它报道说：“该实验室依靠蛋白质可以精确地加以分析”和 “基因可以从最基本点制造出来”的手段“正在使生物科学发生革命二“科学时代” （《纽约时报h 1983. 4. 12.） ±有一篇文章标題是“DNA密码：革命的30年二19

53年4月2 5H. J. D.沃森和F. H. C.克里克在《自然》上发表文章，宣布了他们关于 “生物遗传主导化学结构”的发现，许多科学家都认为这“显然是本世纪医学科学中最 重要的发现”。《科学时代》上的这篇文章就是为纪念这一重大发现30周年而作的，目 前很少有人不同意上述见解.或P.梅达沃的见解（《纽约书评》1977. 10. 27.）：

“毫无疑问，20世纪最伟大的科学发现……是确认脱氧核糖核酸（DNA）的化学结构—— 具体地说是DNA中四个不同的核昔酸在分子肽链上的排列次序一一蕴含着基因密码并且是 有关指令的物质栽体，通过这些指令，一代有机体制约下一代的发展二这就是“分子 遗传学的伟大革命”（p. 19）。甚至在做出这一发现之前，这两位合作者之中至少有一 位显然已看到了这项进展的革命性质。沃森在那一时期的工作总结中谈了他的看法：

“双螺旋结构——将使生物学发生革命"（1980. 116）»

我们已经看到，在20世纪前期就发生了心理学革命。曾建立起第一个心理学实验室 的W.冯特在他的很有影响的著作《生理心理学基础》（1837年第1版）的第5, 6版（19 02： 1908）中讨论过革命。他指出：“作为一门实验科学，生理心理学致力于心理学研 究的改革，这场改革的重要意义并不亚于引入实验导致自然科学思想的革命”，他甚至 认为心理学研究的这种变革也许比自然科学革命更为重要，“在自然科学领域，即使没 有实验，在适当的条件下，精确的观察也是可能的，而在心理学领域，没有实验则是无 能为力的二

我们也许还可以从《不列颠百科全书》的不同版本中两位人类学家的争论中看到20 世纪思想革命的突出地位，他们争论的问题是，人类文化是在全球各地域独立地演化发 展的，还是产生于埃及或其附近，然后再逐渐传播到全世界的。在该书第11版（1910- 19H）的一篇关于人类学的文章里，文化演化的辩护者E. B.泰勒写到：“人类学”致 力于“系统积累从前人如佩尔泰斯，拉泰特，科里斯蒂及其后继者们所作出发现以来的 所有知识”，“这一繁重的任务二他写到：“目前己没有什么发现能同考察骨洞和漂 砾层所获得的奇异发现相媲美二“这些奇异的发现导致了一场现有关于人类起源理论 的迫切的革命二

《不列颠百科全书》1922年第12版除包含第11版的29卷外，还増加了 3卷补充了 191 0-1921年间的新内容。第12版共有两篇人类学的文章。一篇就是泰勒写的，新收入的一 篇是G. E.史密斯写的，史密斯是文化“扩散”论的拥护者，他的观点同泰勒的“人类 学发现……已经达到了极限”的“明确断言”相反。在他看来，从那时几乎每一年，人 类学领域都有“丰富的资料发现”。“对这些资料重要性的认识也更为清楚二他强调 指出：这些年“人类学的每一个分支都发生了深刻的革命二在许多令人惊奇的新发现 中，史密斯提到了新近的有关皮尔丹人的新发现。史密斯列举这一例子让人难以理解

(如维克多•希尔夜所说)，因为已有人向史密斯本人指出，有理由怀疑上述发现可能 是恶作剧者搞的骗局。尽管两位人类学家的观点相互对立，一个认为文化的演化是独立 的，另一个认为文化的演化是传播的，但他们都明确地认为是科学革命推动了人类学的 发展.

在1981年召开的世纪之交的美国形态学讨论会上，科学革命是中心议题之一。会上， G.爱伦(1978)提出了一个未经认可的观点：1890到1910年间，美国的生物学研究经历 了一个从形态学到实验生物学的飞跃。由此导致一个更基本的问题，科学的发展是“周 期性的飞跃”还是“一个层次到另一个层次上的革命”(1981, 172-174)? J.麦斯凯 恩在论文中指出“接受科学的发展是迅速的，不连续的观点的生物历史学家在逐渐增多”， 虽然她认为哲学历史学家并不一定赞同“库恩关于科学革命的观点二也许他们只是觉 得“从事科学工作的个人或团体抛弃陈旧的观念会使科学的发展加快”(p. 89).而他 自己与上述历史学家的观点相反：“我坚持认为承认科学发展的这种革命的规点会使努 力真实地描述科学未来图景的企图发生混乱二她相信“连续观二她总结说用革命或 进化这类用语讨论美国的生物学会导致混乱，“把科学的发展变化一般地看作是进化的 还是革命的，连续的还是不连续的”这样的问题是“吹毛求疵”。R.莱戈在他的论文中， 很少泛泛地提到革命问题，他主张要“坚持古生物学中的形态学传统二因此，“运用 连续观而不是革命观.才能最好地了解那个时代生物科学的发展历史”(1981, 129-1 30)»

在对批评的回答中，G.爱伦摆脱光前研究的狭窄领域，以便把与进化相对立的革命 的概念引入科学中去。他坚信“从1890年到1910年间，生物学领域中发生了出其不意的 或革命性的变化(在库恩的意义上)二他提出『“一种进化的模式……在这个模式中， 进化和革命两个因素始终都在起作用”。他强调说，根本上说来，“任何革命性变化都 有赖于先前的进化，反之，所有进化性的变化都将导致…革命性的变化-(p. I73)O 这意味着“量的”或“小的.逐渐的”，“进化的”变化会导致“质的二或“大的， 完全不同的”，“革命的”变化。他认为当量变到质变的转化缓慢发生时，就是进化， 当这种转化迅速完成时，就是革命。他把科学的发展看作物种的演化中的“间断的平衡” 模式相似，这个模式是S. J.古尔德和N.爱尔德市季在古生物学研究中提出来的。他们 认为在生物进化的长河中，有“迅速变化的时期，新物种的产生和旧物种的消亡都是很 快的，接若便是缓慢变化的稳定时期，使物种与环境完全相适应二在进化生物学中引 入一种带根本性的但尚未被接受的观点所产生的新问题比它解决的更多，正如F.丘吉尔 在他的文章的结论中指出的那样，他认为“所谓人类也具有类似的组织和个体的发展趋 势是值得怀疑的-(1981. 181).

上述争论给近年来出现的一个非常主要的反对派的事实提供了佐证。那些人反对革 命是科学发展的一个特征。我的一位科学同仁听说我正在写作一本关于科学革命的著作 后，不只一次地写信给我，要求就这个课题跟我展开争论。使我感到吃惊的是，他的每 一封来信都流露出对科学中的“革命”这一概念和词汇本身的敌意，甚至当他压根儿还 不知道我打算怎么写我的这本书时就是如此。很长时间里我都感到迷感不解，革命的概 念中到底有什么东西那么容易引起敌意？我对此曾进行了一番思索.我认为这种情形某 种程度上是出自对库恩著作的反感。很明显.并木是所有的科学家都同意P.梅达沃（1 979, 91）的见解：“人们接受『库恩的观点，这是一个肯定的信号，表明科学家们发现 这些观点很有启发性，因为他们自己没有时间进行纯哲学上的思考”。但是，尽管“库 恩的观点有助于说明科学家的心理二而且是“对科学史饶有兴味的评论”（p.92）, 然而库恩的观点有一个特点很容易激怒许多科学的实际工作者。因为库恩的观点很露骨， 他认为大部分科学研究都是一种“扫尾工作”，不断前进中的科学的这一特点显然不被 那些“不是一门成熟科学的实际工作者”所欣赏（1970, 24）O实际上，“大多数科学 家在他的全部科学生涯中所从事的正是这样的“扫尾性”工作。尽管库恩说这类工作

“干起来……也是令人着迷的二但许多科学家定会觉得这种独特的表达方式是在贬低 他们的形象。因为科学家应当是勇敢的探索者，新道路的开拓者，辉煌成就的获得者和 真理事业的推进者。

第二十六章历史学家的观点

在第1敌中，我们已经了解到，科学史家乔治•萨顿在1937年就认为：在正常情况下, 科学的进步是一种增长的活动或积累的活动，而不是一种革命的延续。许多科学家和科 学评论家接受了这一规点，其中有化学家J. B.科特南和物理学家E.卢瑟福：而且（将 如我们在最后一章中将要看到的）至今仍有少数人仍在坚持这一规点。但是，到了 20世 纪扣年代，科学史家们开始接受科学革命的概念，从根本上来说，是受到了三部重要著 作的影响。这三部著作是：H.巴特费尔德的《近代科学的起源：1300-1800> （1949年 初fig. 1957年再版）：A. R.霍尔的《科学革命：1500—1800》（1954年初版，1983年 再版）和T. S.库恩的《科学革命的结构》（1962年初版，1970年再版）。巴特费尔德 和霍尔只是肯定了科学革命在历史上的地位，因为巴特費尔德仅向人们介绍了另一种革 命一近代科学革命。但是，库恩的著作一出版，科学革命作为有规律发生的现象，就 被人们普遍地接受了.

根据通常的说法，是巴特费尔德把“近代科学革命”这一术语引进历史的话题中的。 而当我有一次向他问及这个问题时，巴特费尔德（他一直对史学史研究很感兴趣）答道， 他完全意识到他在传播“近代科学革命”这一观念时所起的作用。但是，他认为，这一 观念并不是他的创新。事实上，我们仔细阅读一下《近代科学的起源》，可以发现：这 本书是在1984年的一系列讲演稿的基础上写成的，由此表明他并非认为他是这一规念的 创始人。

然而，巴特費尔德在使“近代科学革命”这一观念深入人心上起了重要作用•他以 强有力的和雄辩的事实宣称：近代科学革命的最终结果“不仅使繁琐哲学黯然失色.而 且使亚里士多德物理学解体“它不仅推翻了中世纪科学的权威，而且推翻r古代科 学的权威，此外，这场革命“远远胜于自基督教产生以来的任何事物，它使文艺复兴 以及宗教改革黯然失色巴特费尔德是一位普通史学家，而不是一位科学家或科学史 家，因此，他的戏剧性的结论特别对其他有名望的史学家和哲学家产生影响（甚至对科 学史学家和科学哲学家也是如此）。这些史学家和哲学家都能把从伽利略到牛顿时期现 代科学的突变事件，恰当地看作历史上的主要革命。怀特海认为，按照“天才世纪”的 简単规则，那个时代的伟大的科学事件是与伽利略.牛顿以及他们同时代人的名字联系 在一起的。巴特費尔德为了强调那个时期科学思想的革命性质，用了这样两个词组：

“英勇的冒险”和“人类实践的伟大乐章二首先，巴特費尔德强调r他叫作带着“各 个不同类别头衔”的革命的影响，并且，他避免了用宗教改革的或社会和经济因素的影 响来轻易地解释革命。

在《近代科学的起源》一书中，巴特费尔德不仅给近代科学革命以突出的地位，尽 可能地把它看作西方文明中的最著名事件，而且，他提到r “化学领域里的一场滞后的 科学革命。”如此表明，他意识到了一场滞后的牛顿革命，这可能侧重的是“化学领域 里迟到的科学革命”与长期流行的术语“化学革命”相比并不只是一种简单的变种。化 学革命最早是由革命的大师拉瓦锡提出来的，自M.贝特洛的《拉瓦锡化学革命》（189 0） 一书岀版之后，“化学革命”广为使用。我必须承认我从没有确信：这就意味若科学 革命是“滞后的”，只是因为“滞后的”这一术语，更有助于理解自然事件，例如像后 来关于雨的解释。巴特资尔德没有让读者清楚他所指的“化学上的科学革命”与“拉瓦 锡化学革命”之间的概念有什么真正的不同。他尽最大可能地表明近代科学革命对最初 的数学，天文学和物理学的影响，而不是对化学革命和直到法国革命出现的类似的化学 革命的影响。即：在近代科学革命改变各门学科的进程中，化学革命的到来要比天文学 和物理学晚一个世纪左右。

巴特费尔德的影响是随这一事实的出现而不断扩大的，即，他的著作正作为对科学 历史的专业领域的积极探索而出现，并使之推广到许多知识领域：普通历史学，哲学， 政治科学，经济学，社会学。在第二次世界大战中出现的许多科学的应用，国际核武器 的控制问題，对未来的希望与恐惧共存，这使科学和技术引起了许多科学家和非科学家 真正的关注。这种关注使人们对科学史，科学革命以及对科学革命创立的现代科学的应 用产生了日益浓厚的兴趣。巴特费尔德第一个对科学革命（近代科学创立的革命）的令 人震惊的论述，恰恰是在此时出现的，因而产生了极大的影响。他的著作几乎立刻被作 为初级学生和高级学生的公共教科书.这种定论作为权威性的论断影响了整整一代学者 和科学家。

早期著作家论革命

然而，巴特费尔德并不是20世纪以来第一个详细论述科学革命的历史学家。许多被 巴特费尔德引证过的重要著作家在早期都讨论过科学革命和科学中的革命这样的论題。 M.奥恩斯坦医生是这些作家中最早的一个，她在哥伦比亚大学时的医学论文《17世纪科 学协会的法则》于1913年出版。它至今仍然是经典著作：该书分别于1928年和1975年两 次重印。奥恩斯坦除了把近代科学革命作为単个的统一的运动来分析外，她还把科学革 命的概念用于规模较大的革命中的特殊事件。例如，她提到望远镜时说“它使天文科学 彻底革命化了•”她提到了 “林奈的革命著作”，“光学的革命性变化”，“大学中的 革命”（】928, 8. 13. 249, 262）。奥恩斯坦特别提到了发生在17世纪前半期的一次变 化，它“比起先前时期逐渐进化以来，似乎更像'变异”'（p. 21 ）o她这样概括她的 发现：“在17世纪后半期”，科学协会是文化的产物，“更像科学革命的大学”。值得 注意的是，她断定：“与许多载入史册的、似乎并没有什么意义的革命相比，在思考和 探索的基本习惯中存在着一场革命”。这最后引证的夸大成份，是因为巴特费尔德在后 来的解释中用了标准的术语。对我们来说，可能最为突出的是：在她的讨论中没有指出 但我们能够找到的一条线索：近代科学革命的概念就像科学革命的概念，可被用于任何 其他的事务，而不仅仅是历史学上解释和分析的一个标准模式。

20世纪20年代，一位名叫A. A.玻特的学者，他对巴特費尔德和许多科学史家，科 学哲学家产生了很深远的影响，他的历史学及其评论文集《现代物理学的形而上学基础》 （1925）.在近代科学革命时期，作为对科学哲学基础的经典研究，受到了高度的重视。 玻特是一位训练有素的哲学家，后来，他放弃r对早期思想及其意义的研究，转而专事 宗教哲学.

玻特的书有一多半是论述哥白尼，开普勒，伽利略，笛卡尔，吉伯和玻意耳的，其 余的论述“牛顿的形而上学二在玻特引用的一篇参考文献中介绍牛顿时说，是牛顿引 发了突出的事变一“崭新的知识革命”（p.203）。然而，玻特在阅读了牛顿的著作后 认为，这个推论具有“悲观”色彩。因为，牛顿“以他权威的见解，应当在他丰富多彩 的工作中对所用方法做清楚的陈述”。玻特仔细査阅r牛顿的各种论文，试图为“这种 陈述找到任何特殊而详细的说明”，但这一切都是徒劳无功的。

在这个有着很大影响的历史研究中，玻特还提到了 “r.玻意耳的化学革命”，他使 用了这样一个题目“特殊的假说和实验的方法，而不是几何学的归纳法”（p. 200）o 对玻特来说，在开普勒和伽利略时期，“科学中精确数学的运用按照其秩序二带来了 “一场著名的形而上学革命-（p. 156）O玻特还提到“天文学革命”。伽利略的“因 果关系的实证概念”和相伴随的科学被认为是一场“完整的革命”（p. 89）O玻特认为， 这是描述“伽利略革命的伟大性”（p. 93）的一个恰当的词组，而且它包含了 “循环式 革命”的旧式解释，即从某点出发，又回到该点的一种封闭运动。在描述伽利略时.玻 特提到了一场“思维革命”（p. 84）. A.柯伊雷和巴特费尔德后来更充分地发展了这 个思想。在玻特的论文中，人们还能看到“哥白尼革命-（p. 50）.它被说成是“最根 本的革命”，人们认为玻特确信：道路是由“像库萨的尼古拉这样的思想家的自由宣哲” （p. 28）铺成的。玻特讨论了哥白尼革命的远景.认为他的体系的“简洁性”能“正确 地…减少他的革命观念确实会引起的某些偏见二而且，在对这一事件的一般性介绍中， 玻特列举了出现在当代科学的前两个关键世纪中的所有基本的发明，他认为“在1500-1 700年间，这种革命确已发生-（p. 16）.

玻特的著作开辟『一种科学思想的新领域一一从哥白尼到牛顿的物理学的形而上学 基础和宗教含义。就展示的程度来看，值得注意的是：这种新科学是“与历世纪和问世 纪的哲学和宗教思潮不可分割的”（格拉克1977. 63）o但就现在的背景来看，这种经 常重印的著作，对于近代科学革命和“基本”的哥白尼革命的讨论，是有意义的。

在涉及17世纪的科学中使用革命概念的另一位著作家，是哲学家怀特海。他认为， 望远镜“可能会作为玩具而保留”（】923, 165）,而在伽利略的手中“它（望远镜）却 引起了一场革命二然后，怀特海尽力去“解释伽利略带给他那个时代的主要的革命思 想”。怀特海在《科学与现代世界》（1925） 一书（该书是根据他1925年在波士顿的洛 韦尔讲座的讲稿整理成的）中一再提到他称之为16世纪的“历史的反叛”，他认为，这 种反叛包含着科学，在科学领域中，“这意味着要求实验和推理归纳法”（p. 57）。虽 然，在涉及到伽利略时.他并没有专门使用“革命”这个词，但毫无疑问，存在着对伽 利略革命影响的评论。“对人类有史以来的观念产生了最根本的变革”（p. 3）。然后， 他继续说了一句值得记住和经常被引用的话“自从基督降生在马槽中，不知是否有过如 此小的涟俯竟能掀起如此轩然大波”。这对伽利略革命来说，似乎是一个奇怪的隐喩， 因为伽利略自己的风格是好斗的，他力求建立新哲学、新科学和新天文学。他力求去消 灭反动势力，他确信这种反动势力在奴役中控制着他的上帝，在科学中导致谬误。但是， 怀特海试图用历史学中立的观点去观察那时的事件，也许，对特伦特俱乐部P.萨皮的历 史来说，它只适合作男人们的消遣读物。今天，值得注意的是，怀特海在他的思想体系 中，对他写到过的伽利略的审判作了很大的改动，他以前把17世纪伽利略受到的审讯、 悔过和宣判称为“温和的谴责”和“光荣的禁闭”（p. 2）.我承认怀特海的介绍是试 图去表达这样一种感觉，伽利略科学的革命性含义，没有清楚地向他的同代人表示出来， 也没有真正地对他们的思想产生直接的和强烈的影响，因此，著作家们仅仅是使用“温 和的谴责”这种提法，几乎和人们惩罚一个瘦弱顽皮的孩子一样轻描淡写•

本世纪20年代，又一本受欢迎的书是J. H.小兰德尔所著的《当代精神的产生》 （1926年初版，1940年重印，1976年再版），当时，年轻的哲学家小兰德尔只有20岁。 小兰德尔认为：从中世纪到近代世界促成的伟大革命运动既不是文艺复兴，也不是宗教 改革.而是受到了 “科学不断发展的影响”（p. 164）。“无论几个世纪以来取得过怎 样的胜利，注定要在人们信仰中发动一场最伟大革命的，既不是人文主义，也不是基督 教改革，发动这场最伟大革命的是科学”（p. 203）。接着，小兰德尔讨论了哥白尼的 著作，他认为，哥白尼的思想中，没有什么真正是革命的，除了对他介绍的“旧作家们 已发现的谬误”和“甚至观察和常识是难免有错”（p. 230）这一思想的“否定意向二 小兰徳尔对“哥白尼革命是由伽利略完成的”（p. 235）这种见解十分敏感，他赞成这 样一种极端的规点，比哥白尼和伽利略革命“更有意义的是创造了新物理学的笛卡尔革 命”（p. 244）.在科学中，他不仅对照“哥白尼和笛卡尔革命”，发现了 “从中世纪 到近代的天文学的一场革命-（p. 242）＜,而且，把斯宾诺莎发动的革命和笛卡尔发动 的革命联系起来，看作是“人们信仰上的两次重大的革命”（p. 247）。小兰德尔提到 了后来的革命，他引用狄德罗的话来表述，我们“正处于一场伟大科学革命的关节点上”

（p. 265）。他也注意到了：当代革命已显示出了修正“牛顿体系的美好前景”（p. 2 54）。牛顿和洛克“在思想的值仰和习惯中对革命产生了影响”，这正适合塑造一个

“启蒙和理性的时代”。《当代精神的产生》论述了许多这样的科学革命。

历史学家P.史密斯把近代科学革命这个词组作为《现代文化史》中一章的标題，显 然，他是特别强调近代科学革命的。史密斯像巴特費尔德一样，是一位通史学家，而不 是一位科学家，甚至不是一位科学史学家，他的学术成就是撰写了关于伊拉斯谟的学术 论文。史密斯最早认识到科学及其历史将成为“当代文化”的一个核心部分.他对科学 的杰出页献可以通过他著作的第一卷的副标题表明出来，即：“伟大复兴1543-1687-o 那个时期，哥白尼的《天文学革命》和牛顿的《原理》相继问世。然而，在强调科学的 革命时，史密斯却举出另一位普通史学家J. H.罗伯森的例子，罗伯森的《精神发展论》 （1921）有一章題为“近代科学革命二史密斯认为近代科学革命是“历史上最伟大的 革命二（并以类似于奥恩斯坦和巴特费尔德的夸大的华丽词藻）坚持认为它是“超过 有史以来前人所作过的一切的科学成就"（p. 144）O

1939年，科学家J. D.贝尔纳出版『一本具有挑战性的著作《科学的社会功能》， 一位马克思主义者批评它是在科学和社会之间随意建立秩序.考虑到作者的政治态度， 对他很少涉及科学革命，我们并不惊讶。在他涉及的革命中包括：伴随“农业的发明” 出现的“人类社会的第一个伟大革命”（pl4）, 17世纪的“精神革命”（p. 27）.

'“革命的……机械学新思想”（p. 167）, “是随若炮弹的飞行而产生的二20世纪 初期“通讯和运输方法的改进”（p. 170）是“同时使数百万计的人同时而直接行动的 可能性革命化了”，“伟大的化学革命”（p. 335）是“拉瓦锡创立的”，以及“20世 纪伟大的量子革命”（p. 368）。还有18世纪和】9世纪的工业革命和“第二次工业革命”

（p. 392）,在第二次工业革命中，“科学比在第一次工业革命中起了更大。更有意义 的作用”（p. 343）,而且成为矿山技术中未来革命的基础，但是，贝尔纳并没有认真 地发展（过去，现在和未来）科学革命的主题，虽然，他详细描述了近代科学革命的性 质和影响。但是，他并没有更多地涉及17世纪一般的革命概念。这一主題只是出现在単 独一书中，这一节开头有个副标題：“近代科学革命：资本主义的任务”。而当贝尔纳 在20世纪SO年代巴特费尔德后扩充、修改和完全重写这部书时，他广泛使用『革命的概 念，以至于读者能十分容易地得到这样的印象：科学革命已成为他的历史思想基本框架 的一部分（贝尔纳1954： 1969）»贝尔纳四卷一套的《科学史》第二卷的标题是“科学 革命和工业革命二由此带来了这样一种情形：在此后30年左右，科学史的创作文献中 已到处是近代科学革命和科学中的革命了。因此，贝尔纳著作的两个阶段反映了时代的 特征。这两个时期就是：1950年前，是开始认识革命包括近代科学革命这些概念，而19 50年后，则是这些概念作为我们对科学变化的理解的本质而得到广泛的应用。

亚里山大-柯伊市的开拓性作用

我将用对亚里山大•柯伊雷的讨论来总结前巴特费尔德研究。柯伊击是本世纪504 0年代中在科学史著述中最有影响的人。至少在巴特費尔德前十年，柯伊市就把科学革命 的观点作为一个中心的组织原则而加以有意义的应用.他1939年出版的《伽利略研究》 普遍被认为是一部奠基性的著作，是“科学研究中的一场史学革命”（库恩，1962, 3）。 作为这场革命的结果，科学史家已不再去寻找“古老科学对我们现在的永久奉献”。而 是“试图去展示自己那个时代科学的历史完整性二因此，像库恩所作的那样，例如： 新的科学史家“不是去探寻伽利略的观点与现代科学的关系，而宁可去寻求他的观点与 他那个团体人们的观点（例如：他的老师，同代人以及科学界最近的杰出人物）之间的 关系”（同上）.此外，“他们坚持研究科学共同体的观点和其他观点上类似（通常又 远远不同于现代科学的观点）的人们的观点，并给予这些观点最大的内在一致性，使它 们最大可能地适合于自然界二

这种新的探讨（也许最好的例证在A.柯伊宙的著作中）集中于一种新的概念分析， 不仅关心个别科学家的思想.而且也关心同时代科学的，哲学的，甚至宗教的預想：包 括根据盛行的或“已接受”的哲学或论題而获得的科学的可接受性或崇高性原则（霍尔 顿，1977）。柯伊宙的分析对17世纪的研究带来了某种显著的变化.例如：像亚里士多 德宇宙的解体，空冋的数学化等，这些变化在特征上是如此重要，就像发动了一场知识 革命.

柯伊宙著名的《伽利略研究》是以这样一个宣言开头的，我的目的就是进行一项 “科学思想的进化（和革命）的研究二他把“17世纪的科学革命”看作是人类思想中 的一次“真正的突变”，在特殊意义上，“突变”这个术语已被G.巴克莱所采用。柯伊 市认为，自古希腊对宇宙的最早研究以来，“突变” 一直是最重要的。科学革命是“已 被表述和产生成果的近代物理学（或更精确地说是经典物理学）的一种意义深远的知识 变革二这种突变基于一种重要的“空间几何学化”，实质上就是由欧几里德的“抽象 空间”取代了亚里士多德和托勒密的“有形的宇宙”（1939： 1978）。柯伊宙确信：17 世纪科学的革命性变化只是“人类思考其自然环境方式的变化”。正如R.霍尔（1970, 212）所说，柯伊宙“一再坚持，促成古典科学发展的变化既不是社会经济性的，也不是 技术性的，更不是有关科学的方法论的二R.霍尔概括说：“在文艺复兴晚期，对知识 变革总特征作这种表述.不能不使历史学家把科学革命作为一部伟大的历史戏剧去对待”. 把’'它的次要的情节都作为伟大的剧情。到了 17世纪中、后期，这出戏的高潮逐渐岀现 了”。（p. 213）

巴特费尔德深受柯伊宙著作的影响，这不仅表现在像伽利略的柏拉图主义，数学的 作用.亚里士多德宇宙的解体以及在科学革命中所谓的实验的次要作用这些独特的题目 中，而且，他还接受并且实际地运用了柯伊宙的观点，即人类思考自然现象的方式中发 生了本质变化。

巴特费尔德的近代科学革命概念

巴特费尔德的近代科学革命概念相当明显地不同于通常的科学革命，甚至不同于涉 及18和19世纪的近代科学革命，不同于20世纪头几十年所表达的科学革命。据他看来. 没有法国和俄国革命模式的革命。相反，他把近代科学等同于从哥白尼那个时代，或伽 利略和开普勒那个时代以来的现代科学的全部发展。虽然，巴特费尔德谦虚地说他并没 有引进新的概念，而且，谨慎地谈论“所谓的科学的革命”，或“被叫做科学革命的东 西”，他指出：近代科学革命在伽利略.或伽利略和牛顿的时代，不仅仅是单一系列的 历史事件，正如奥恩斯坦，玻特和柯伊宙已经描述的情况。巴特費尔德认为：革命将成 为一种延续历史或创造历史的力量，这种力量正将历史推到我们面前。因此，在他的著 作中.近代科学革命出现『类似于马克思的“永久革命”的特征。他在谈话中经常讨论 这一点，而不是在书中写下来。

因此，巴特资尔德第10章用了这样一个标题：“近代科学革命在西方文明中的地位二 很明显，使近代科学革命以这种意义出现，这就意味若不仅是把一个新因素与当时其他 因素一样引入历史中，而且，“它证明r科学具有如此増长的能力，在它的应用中具有 如此宽广的领域.以至很早以来就明显起r直接的作用,也就是说.开始去控制其他的 因素-（p. 179）O总之，近代科学革命不仅标志若许多伟大的变化.而且成为当代科 学的根基。巴特资尔德兴奋地说：“我们现在说西方文明附带若日本这个东方国家，而 不再是希腊-罗马哲学家的意识，这不是指日本的基督教徒.我指的是科学，是17世纪后 半叶以来，就开始改变西方面貌的思维模式和所有的文明设施。

此外，巴特资尔德确信：“今天，我是这样一种位置上去了解它的复杂性”，这比 起我们之前这个领域里活跃『20年甚或50年的前辈来说，当然更加清楚『°他使我们清 楚了：我们（在1949年）没有戴“有色眼镜”，我们也没有“借古喻今”，在20世纪40 •50年代中，“已被掲示的事物，只是更生动地产生了深远的、重要的转变.世界在科学 革命中已经度过『 300多年二革命在哥白尼、伽利略和牛顿的时代就已经开始。因此， 对巴特费尔德来说，近代科学革命的历史意义随着科学在后来，甚至是近来的发展而増 长和澄清。这有助于去解释“为什么我们的前辈很少意识到17世纪的意义和近代科学革 命的至上的重要性。为什么他们要关注文艺复兴或18世纪的启蒙运动”。西方文明在17 世纪已获得了它的现代特征，尤其是通过近代科学革命，或在与近代科学革命的关系中 表现出来：“这就是为什么自基督教产生以来，在历史上一直没有出现可与之相比的里 程碑二

科学史家们对革命的应用

前面的例子表明，科学中的革命和近代科学革命的概念突出地出现在20世纪50年代 前许多重要著作家的著作中。此外，这类革命在柯伊市或巴特资尔德前的最通用的教科 书一W. C.丹皮尔经常再版的《科学史》——中得到了广泛的讨论。例如，他在1929 年该书初版时讨论了 “由哥白尼理论引起的” 一场天文学革命：牛顿时代人类理性观的 一场革命：19世纪出现在生物学领域的一场“人类思维方式”的革命，还有革命性的物 理学发现以及“生物学领域的一次革命性成果，当时生理学和心理学发现『意识和物质 的联系，同时达尔文创立了进化论二丹皮尔也提及了 “心理学中的革命二以及由20 世纪数学和物理学产生出的“一场名副其实的思维革命二在这部书中，他虽然频繁使 用“革命”这个字眼，但他没有明白展示关于科学革命的发展理论，也没有把科学革命 的概念作为重要的主导思想。另外，近代科学革命也并非他著作的主题。

尽管革命这一主题时常出现，但是我们还不能得出结论在20世纪上半叶的历史学家， 科学史家和科学家们像我们今天这样承认近代科学革命的存在，并把这个思想作为主导 原则，或是普遍意识到科学发生了革命性的变化。20世纪30年代，有关科学史的一些重 要的研究既没有提及科学革命的概念，也没有提及近代科学革命的概念。例如，近代科 学革命这个思想在R. K.默顿1938年出版的《17世纪英国的科学，技术和社会》的经典 著作中，明显地没有作为一个技术术语和一种思想出现：而且默顿也没有提及科学革命。 其次，这样的术语也没有在苏联学者B.赫森1931年写的著名文章（1931, 1971）中出现 过，这篇文章被看作是对“牛顿原理的社会及经济根源”运用开创性的马克思主义分析。 同时,在G. N.克拉克1937年出版的一本针对赫森理论的书《牛顿时代的科学和社会福 利》中也没有出现过“近代科学革命”这样的名词：最后，在H.格拉克1952年出版的 《西方文明的科学》的开创性总结中，“近代科学革命”既非主题也非副題，书中涉及 科学时唯一一次用到“革命”这个词，是在提及拉瓦锡化学革命时。

在近代科学的编史工作中，1954年A. P.霍尔的《1500-1800年的近代科学革命》 一书出版堪称一件大事。这本书的副标题是“当代科学态度的形成”，尽管霍尔（vii, 375）承认H.巴特費尔德著作的重大意义，他的这本书仍是第一部主要论述近代科学革 命的著作。霍尔强调『在16世纪开始出现的“互补”类型的科学发展一一 “理论概念和 事实发展的两条明确的路线”，在“科学中持续明显地同步发展”（P. 37）。他认为

“16世纪的科学精神很自然地从中世纪的成果和进步中发展起来二通过吸收大量的学 术思想和尽量釆用A.柯伊宙的研究思想，霍尔把读者引向伽利略思想的根源一那种导 致他的两项伟大贡献的思想的发展。霍尔发现伽利略的《关于两门新科学的对话》（16 38）并没有像伽利略原来设想的那样在动力学中引发一场真正的革命，就如《对话》前 几部分现在只是被看作是“两种宇宙论各自优劣进行比较的论述”（p. 77）O他在书中 这部分结束时提出了意义重大的预见：下个世纪“科学的主題是借助伽利略对运动的描 述分析，用笛卡尔力学原理广泛地解释自然-（p. 101）»霍尔在每一章都采用了一整 套新的概念分析。科学史传统著作中特有的一系列英雄形象消失了。取而代之的是思想 和事实，理论和实验或观察渗透到宗教和哲学思想的大背景中的这段历史。如果说,H. 巴特費尔德像个有无资而又有激情的业余爱好者突然涉猎科学革命史，那么，R.霍尔却 绝对是个有才识的内行。

霍尔以前出版过一本专著，《17世纪的弹道学》（1952）,这本书预示了他以后卷 入r对技术史的深入研究。所以我们并不奇怪他的具有创新意识的一章讨论“近代科学 革命的技术因素”，在这一章中，他阐明了对手工机械传统以及科学与技术之间的相互 作用的真知灼见。回顾一下，他书中最精彩的部分是关于科学器械的讨论（pp. 237-2 43）——在A.沃尔夫的《16、17世纪科学、技术与哲学史》以及他的论述18世纪的类似 著作中，进一步介绍和阐明了这一论题。霍尔一直在写作近代科学革命时代的科学，并 准备完全重写开创性的著作《科学史》（1983年修订出版）。值得注意的是，他预言从 1500-1800年这个300年内的近代革命时期是历史上最长的革命时期。

近代科学革命史的不确定性

稍作考察即可知道.则世纪有些科学史家和哲学家一直使用若近代科学革命的概念。 然而，在1950年以前,尽管关于近代科学革命和科学上某一次革命的确定的个人规点时 常出现，这些观点却从未有意识地用于组织一场历史学讨论.人们对是否存在近代科学 革命以及革命的性质，组织结构等都不甚感兴趣。我发现在1950年前后史学家和哲学家 们的著作中很少关注这些话题，这和科学家们的著作，尤其是那些大声疾呼反对科学革 命的科学家们的著作形成鲜明对比。早期科学史家们通过对诸如“近代科学革命”这些 词的运用的忽视态度，来表明革命尤其是近代科学革命在科学上所起的作用之微弱。当 今关于科学史的论著中包括以下学者一些各种各样的观点：“A.孔德是首先意识到近代 科学革命并为其命名的”：“近代科学革命”这个惹眼的术语来源于并不久远的1943年， 当时A.柯伊南首次使用了这个词，“近代科学革命这个词概括了一个时代，并且归纳概 括了现代科学发展的特点，我认为这个词最初是由H.巴特菲尔德在1948年首次使用的二 据我所知，追溯科学革命概念的起源唯一严肃的努力得出的结论是：“1755年，D.狄德 罗引进『科学革命的概念”。这些例证说明学术传统中并没有包含贯穿20世纪的科学革 命和近代科学革命的主题。

20世纪50年代，近代科学革命理论的广泛传播在很大程度上要归功于巴特費尔德和 柯伊击的努力，柯伊市的《伽利略的研究》于1939年在法国出版，此书成为大战的牺牲 品，直到20世纪40年代末才出现在学术界。但巴特費尔德和柯伊击都未更多地推进较小 的科学革命和运用这类概念.这一主题在他们的著作中并不特别突出。所以这个问题留 待T. S.库恩解决，他使历史学家，哲学家和科学社会学家完全认识到科学发展的这一 特点，并把学术界的注意力引向这样一个主题：革命并非仅仅出现在科学中，而且是整 个科学事业的常规。在前几章，我提到这种成就最终与大众对库恩的特殊理论“科学革 命的结构”的认同是无关的。同时我还提到他的影响的重要特色是把学者的注意力从学 术纷争的观念中转移到个别科学家或派系之间的纷争中。库恩的影响可以看成是把学术 界日益増长的对一个大规模的近代科学革命的关注转向个别的小规模科学革命。即使我 们认为还有第二，第三或是第四次近代科学革命，与大量科学中的革命相比，这也仅仅 是一小部分。此外，库恩从整体上观察了在科学领域的革命并从整体的观点出发对本书 中的几场革命（哥白尼，达尔文和爱因斯坦革命）进行了讨论。

关于近代科学革命的研究

很自然地，对近代科学革命的存在的认同刺激了许多新的关于那场革命的性质的研 究。其中一项研究导致了推翻A.柯伊市最热裏的主题，也就是得到H.巴特費尔德认同 和响应的主题一一在近代科学革命中实验的地位和作用被过分夸大了。尤其是柯伊布坚 持认为据传由伽利略和帕斯卡等人进行的实验记述实际上是哲学的传奇故事，它们是编 造出来为他们的研究寻找的冠冕的经验性依据。例如，他认为伽利略并未进行过在《两 种新科学》中描述的那次著名的斜塔实验。但柯伊宙通过伽利略的叙述得出对1/10脉冲 的不同实验得出的观察结果存在一致性.但当T. B.塞托制造出和伽利略描述的那个实 验中相似的仪器并重作这个实验时，他发现很容易达到这种精确度。最近，S.德拉克发 现新的手稿证据说明伽利略早期关于运动学的发现是以实验为基础的。当然，柯伊布强 调用新思维看待伽利略的运动的作法是对的，但新思维需要实验来布助发现，需要把实 验当做发现规律的检验标准。

现在正探讨的近代科学革命的另一个方面是炼丹术、炼金术等这类被强调理性科学 的学者们忽视的思想背景。这一领域的先锋，并发挥r重大影响的是已故的f.耶茨。我 们对这些学科在科学发展上产生的影响，甚至这类研究对牛顿这类人物产生的真实影响 进行估价还为时过早.但我们至少可以确切得知牛顿对炼金术和预言学的研究深入持续 『多年。若有可能发现他参与到我们称之为非科学领域或非理性思想中的理性活动影响 他的科学研究到了何种程度时，这将是富有挑战性的一件事。

对于科学活动的社会结构的研究一直在进行着，一些论著有相当价值，很多学者从 社会因素的影响角度发表对近代科学革命的理解。但迄今为止，还存在含糊的被忽视的 关于科学革命的心理研究。这是一个无人涉足的领域，这片大有希望的领域可能为科学 革命研究开出一个全新的天地，因而在科学及科学活动的学术分析中开创新纪元。

第二十七章相对论和量子论

无论是对非科学家还是对科学家来说，相对论简直就是本世纪科学革命的同义语， 而对于那些知情者来说，量子论（尤其是它的发展形式量子力学）是一次更为伟大的革 命。我们将看到爱因斯坦作为科学家的伟大之处，他对这两场革命都做出『根本性的贡 献。

谈到相对论，我们必须记住有两种不同的相对论理论：一是狭义相对论（1905）, 它研究时间，空间和同时性问题，由此推导出著名的质能关系式E=mc2°二是广义相对 论（1915）,它研究引力问题。尽管两种相对论都是革命性的，但对相对论革命的探讨 主要集中在狭义相对论的结果上。然而，真正促成全世界对狭义相对论引起重视的事件 是1919年广义相对论的一个预言一星光经过太阳附近时，会因太阳引力场的作用而发 生偏转一一获得了证实。这次验证是在一次日蚀时进行的天文观测完成的，这一事件立 即使相对论风摩全世界，而爱因斯坦也一夜之冋成了家喻户晓的人物。

狭义相对论

爱因斯坦于1905年首次提出狭义相对论原理，论文发表在《物理学年鉴》上，同年， 他对狭义相对论作『重要补充，并为辐射问题建立了最初形式的质能关系式。1907年， 爱因斯坦完成『一篇的相对论的综述文章，其中包含一般形式的质能关系式E=m2。他的 卓越论文建立『全新的质量，时间和空间概念，并向明显简单的同时性观念提出了挑战。 最初，爱因斯坦提出『“相对性原理”，并引进了 “另一个假设”：“在任何给定的惯 性系统中，无论发光物体是处于静止状态还是在作匀速运动，光在真空中的传播速度都 是一个确定值c”。相对论的伟大意义在于，它抛弃r “绝对”时空观以及空间充满了以 太的思想：而在当时，以太被视为是光和其它形态电磁波的传播媒介。

现在看来，1905年6月爱因斯坦关于相对论的开创性论文在《物理学年鉴》上发表， 是理论革命阶段的典型例子。我们在第2章中已经看到，M.玻思1905-1906年冋在哥廷 根研究“运动物体的电动力学和光学”时，竟然从未听说过爱因斯坦和他的工作。1906 . 1907年冋，英国剑桥大学的情况亦是如此。根据爱因斯坦妹妹的回忆（佩斯1982. 150 ■151）.爱因斯坦当时“想象在有名的，拥有众多读者的杂志上发表论文，便会立即引 起注意二当然，他期望“强烈的反对和最严厉的批评”，但缺少反响和“冷处理”反 而使他“非常失望二不久，他收到M.普朗克的一封信，就论文中几处疑点提出问题， 这使爱因斯坦感到“异乎寻常的高兴”，因为普朗克是“当时最伟大的物理学家之一二 相对论后来迅速变成『物理学家感兴趣的议论和研究课题。这种戏剧性转变主要是由于 普朗克较早且较深入地介入了相对论研究所引起的。爱因斯坦论文发表的第二年，普朗 克就开始在柏林讲授相对论理论，但他当时讲演的基础不是爱因斯坦的工作而是洛伦兹 的电子论» 1907年，普朗克的助手冯•劳厄（后来的诺贝尔奖金获得者）发表『一篇关 于相对论的专论。

1906年9月，普朗克在德国物理学会上发表『关于相对论的演讲（同年刊登在杂志上）: 1907年，在普朗克的指导下，K. V.莫森格尔完成『第一篇专论相对论的博士论文（佩 斯1982. 150-151）o佩斯指出，早期介入这一领域的人实在是太少了。乌尔茨堡的Y. 劳布和布莱斯劳（乌罗斯劳）的L.拉登伯格是为数不多的几个例外。劳厄曾经来到伯尔 尼拜访爱因斯坦，他发现难以置信的是，这个’年轻人”竟然是“相对论之父”。几年 后，冯•劳厄撰写了一篇非常出色的介绍相对论的学术论文.冯•劳厄在1917年3月24日 写给爱因斯坦的信中，表达了对自己的物理学革命性工作的兴奋之情：“终于实现『！ 我的关于波动光学的革命观点发表了二他接着写道：在“这一紧要关头”，它们“无 疑会激起每一个保守的物理学家最强烈的憎恨”：但“我仍然要坚持这些备受谴责的观 点”.

°除『队玻恩自己介绍了他是怎样每一次听说相对论的之外，我们还从L.英費尔德那 里『解到当时的一些情形。英费尔德（1950. 44）曾谈到他的朋友S.洛里亚教授告诉他 的一件事，洛里亚的老师“克拉克大学的维特科夫斯基教授（他是一位非常伟大的教师）” 读『爱因斯坦1905年关于相对论的论文后，冲着洛里亚兴奋地喊道：“读读爱因斯坦的 论文吧，又一个哥白尼诞生了！”又过了一段时间（玻恩说是1907年）洛里亚在一次物 理学会议上遇到了玻恩，他向被恩谈起爱因斯坦，并问他是否读过那篇相对论论文。结 果，“不光是玻恩，在场的每一位都从未听说过爱因斯坦二英費尔德的故事说，他们 立即“跑到图书馆，从书架上取出《物理学年鉴》第17卷，开始读起爱因斯坦的论文二 英费尔德说，M.玻恩立即认识到相对论的伟大，同时感到有必要对它进行数学形式化。 英费尔德认为，玻思后来对相对论的研究工作，“是早期对这一科学领域做出的重要页 献二

最初，表示愿意接受爱因斯坦狭义相对论的物理学家很少，因此不足以在世界范围 内引发一场科学革命。但德国理论物理学家中却有一部分拥护者。1907年7月，普朗克在 致爱因斯坦的信中说：“相对论原理的倡导者仅仅形成『一个不大的圈子”，由此他坚 信，他们之间“取得意见一致尤显重要”（佩斯1982, 151）。“相对论原理”既体现了 普朗克个人偏爱的洛伦兹理论，也体现了爱因斯坦的相对论，然而，爱因斯坦的声望在 持续增长，尽管仍然缓慢，1907年秋，J.斯塔克（《放射性和电学年鉴》的编辑）写信 给爱因斯坦，要求他写一篇相对论的评述文章。】906年普朗克曾使用过相对性理论的术 语（米勒1981, 88）.但1907年爱因斯坦采用了今天人们更熟悉的名称一相对论。第 一篇引用爱因斯坦相对论论文的文章是W.考夫曼1905年撰写的。他认为爱因斯坦的“研 究……与洛伦兹的研究在形式上是相同的二只不过后者有益于推广。考夫曼最后说. 他自己的实验数据驳倒了爱因斯坦和洛伦兹的电子理论，我们将稍后再来研究这个问题。

】op年，B.爱伦菲斯特写了一篇以爱因斯坦理论为主題的论文。第二年（1908）, H.闵科夫斯基发表文章，把爱因斯坦理论从根本上转化为数学形式，“大大简化『狭义 相对论二经过这样几个步骤，理论革命才变成『真正的科学革命。佩斯（1983, 152） 指出，从1908年开始，爱因斯坦的名声及影响迅速提高。

爱因斯坦的学术生涯开始坦荡起来了o 1909年春.他从伯尔尼瑞士专利局一个地位 低微的审査员，一跃而成为苏黎士大学理论物理学助理教授，这很明显是由于他在固体 量子论方面所做的工作。爱因斯坦的推荐人之一写道：爱因斯坦“当届最伟大的理论物 理学家之列”（佩斯1982, 185）。“由于相对论原理方面的工作，他正受到极其广泛的 重视lop年7月8日，爱因斯坦获得『日内瓦大学的荣誉学位，同时获得这项荣誉的还 有化学家W.奥斯特瓦尔德和M.居里夫人，他在这个职位上只呆了两年，1911年3月他来 到了布拉格，晋升为德国卡尔•费迪南大学正教授。在那里工作了 16个月后，F.弗兰克 接替了这个职位。爱因斯坦又返回苏黎士，担任综合技术学院的物理学教授。

当然，影响接受狭义相对论的困难主要是观念上的，但也的确存在实验上的障碍。 在1905年开创性的论文的结尾，爱因斯坦推导出一个电子横质量公式。这个公式与洛伦 兹理论中的公式极其相似，其中的差异很快就被消除了。于是，这两种理论能给出相同 的结果。但是，考夫曼在分别发表于1902和1903年的论文中指出，他的实验结果与洛伦 兹理论（同样适用于爱因斯坦理论）的预言有很大差异，爱因斯坦对这些结果无动于衷 （见米勒1981, 81-92： 333—334）。1906年，考夫曼在《物理学年鉴》（一年前爱因 斯坦发表相对论论文的同一杂志）发表了一篇文章，详细归纳『爱因斯坦的时空观（米 勒1981, 343）,并探讨了洛伦兹•爱因斯坦电子理论。他总结道，他自己的测量结果于 洛伦兹•爱因斯坦理论的“基本假设是不相容的”（见霍尔顿1973. 189-190： 234-235）o 洛伦兹因此写了一封信给彭加勒（米勒1981. 334-3371982. 20-21）.说他自己的“心 智已经枯竭”。他对彭加勒说.“不幸的是二他的假说“与考夫曼的新实验矛盾二 他认为“不得不放弃它二但爱因斯坦却坚信：实验数据与理论冋“系统误差”的存在 说明有“未被注意的误差源”：新的更精确的实验一定会证实相对性理论。爱因斯坦的 话得到了证实，1908年.A. H.布歇尔发表了新的实验结果，完全符合洛伦夜和爱因斯 坦的預言。1910年，E.胡普卡的实验对此再次予以确证。而决定性的结果是1914-1916 年间获得的。从那以后，各种表明相对论正确性的论据不断出现，且极为丰富。

随着实验证据的出现，相对论本身进行了根本性的重构.这项工作是哥廷根大学数 学教授H.闵科夫斯基完成的。有趣的是，几年前，阅科夫斯基在苏黎世大学教过爱因斯 坦数学o 1908年，闵科夫斯基发表论文，引进四维“时空”概念，取代了孤立的三维空 间与外加一维时间的不相容概念，他还把相对论转化为现代张量形式（这要求物理学家 们进一步学习由里奇和列维•西维塔建立的新的数学理论），在相对论中引进专业术语， 并明确指出：由相对论观点看，传统的牛顿引力理论已经不够用了（佩斯1982. 152）. 很明显，爱因斯坦开始并没有理解闵科夫斯基工作的意义，甚至认为把他的理论写成张 量形式是“多余的技巧”（同上）。但到了 1912年，爱因斯坦终于转变过来了： 1916年， 他以感激的心情承认闵科夫斯基使他大大地简化了从狭义相对论向广义相对论的过渡。 爱因斯坦（1961, 56-57）后来着重强调了闵科夫斯基的页献，他说，如果没有他，“广 义相对论……也许还在襁褓中二英译本经常采用的语句是“nofurthrthanitslon gcloths".,尽管“windcl”在德文中最普遍的意思是“尿布”，但这里的含义显然是： 如果没有闵科夫斯基，广义相对论一定还在孕育之中.

闵科夫斯基的时空观首次公开发表于1907年11月5日的一次演讲中，演讲的标题是 “相对论原理”。但这篇演讲直至闵科夫斯基去世后六年的1915年才出版。不过借助在 1908年和1909年发表的另外两篇论文，闵科夫斯基的时空观已经流传开了（加里森1979, 89）。闵科夫斯基充分认识到了他的页献的重要性。在1907年演讲时，他开宗明义地说： “先生们，我想向诸位讲述的时空观念……从根本上是全新的,……由此，孤立的空冋 和时间观念本身将注定要消失在阴影之中”。事实上，闵科夫斯基在这篇演讲的初稿上， 把他的新时空观的“特征”说成是“革命的”，而且是“极端革命的”（同上，98）。 可是，在讲演稿最后付印时，“革命的”这类词语被删除了。

M.玻恩向我们讲述他最初阅读爱因斯坦论文时的经过，这让我们了解到爱因斯坦的 概念是多么深奥难怪，甚至对于那些没有数学问題的人也是如此。1907年，当洛里亚向 他介绍爱因斯坦论文时，玻恩正是H.闵科夫斯基大学研究班的成员，因此，“对相对性 思想和洛伦兹变换很熟悉二他回忆说，即便如此，在阅读爱因斯坦论文时，“爱因斯 坦的推理超出我的意料之外玻恩发现，“爱因斯坦的理论是全新的和革命性的”， 是天才的创造.爱因斯坦的观点“向I.牛顿建立的自然哲学以及传统时空观大胆提出了 挑战现在看来，玻恩确实认识到了爱因斯坦思想革命和理论革命的威力，但也清醒 地看到了真正的科学革命尚未到来。新的观念和新的思维方式仍在研究之中，要科学家 们接受、应用并作为他们共同的思想基础还须假以时日。玻恩后来明确指出，事实上， 爱因斯坦理论是如此激进，如此新奇和革命，以至必须“做出相当努力才能很好地消化 和吸收二而且他还提醒我们，“并不是每个人都能够或愿意这么做”，看来他本人当 初是做到了。爱因斯坦革命要求人们普遍接受关于物质世界的全新的思考方式。

1909年美国科学家G.刘易斯和R.托尔曼发表的文章，清楚地说明了接受爱因斯坦 假说的实际困难。他们承认爱因斯坦的相对性原理“综合『大量实验事实，没有出现矛 盾的反例”，其中他们列举布歇尔的实验作为支持这一理论的重要依据。然而，他们在 感到相对论基本“原理”这一方面无可挑剔时，也感到另一方面暴露出的问题。例如，

“绝对运动无法观察到”这一普遍原理表示理解时，他们觉得相对于任何独立观察者光 速不变的原理令人难以接受（米勒1981. 251-252）O他们认为.后一原理将导致长度 和时间相对性的“奇异结论”，这可能是“基于某种感官心理学上的科学幻想二

时冋一年年地过去，越来越多的物理学家终于转变了过来。然而，他们当中有许多 人只接受爱因斯坦公式，承认“收缩性”是光速不变性引起的空间问题的基础。但是， 他们仍然坚持绝对时间和同时性的信仰（包括洛伦兹在内，见米勒1981. 259）. 1911年 4月，法国物理学家B.朗之万在波隆那哲学家大会上发表演说，为相对论増添了更为轰 动性的色彩。朗之万是一位卓越的科学家，爱因斯坦曾经说过，如果他没有发现狭义相 对论，朗之万将会发现它。在讨论时间相对性或钟慢问題时，朗之万没有釆用爱因斯坦 那种利用运动时钟和静止时钟解释时间效应的费解的作法，而是用所谓的“享生子悖论” 取代了爱因斯坦的“时钟悖论二并立即成为众所皆知的由相对论引出的怪物。相对论 的时间问題是这样产生的：如果一对挛生兄弟一个留在地球上，另一个去星际空间旅行， 那么当旅行的兄弟返回地球时，竞会发现与留在地球上的兄弟的年龄已经不同了。朗之 万列举的另一个例子是，旅行者沿直线飞向一颗恒星，绕其一周后原路返回.如果旅行 的速度足够大（当然比光速小），最后旅行者将发现，在他两年的旅行中，地球已经度 过了漫长的两个世纪.哲学家H.相格森后來承认，正是朗之万】9if年4月的演讲，“第 一次唤起了我对爱因斯坦观念的注意二

时钟（或挛生于）悖论很快成为（在某种程度上今天仍然是）相对论使人困惑甚至 招来敌意的原因。V.劳厄曾谈到那些反对相对论的“思想内容”、基本公式或数学结果 的人。1911年他写信给爱因斯坦，反对相对论的共同理由“主要是时间相对性和由此产 生的悖论二劳厄在1912年写的第一部相对论教科书中指出：这些悖论和其它有关时冋 相对性的问题具有“伟大的哲学意义”，正是由于这一原因，“只能用哲学方法”对待 这些问题。我们还注意到，爱因斯坦在1911年讨论这一见解时.使用了理想实验的方法。 他假设把装有“小生物的盒子”送向“遥远的飞行旅程”，结果在它返回地球时，“盒 子的内部情况几乎没有变化”.而留在地球上的生物已“繁衍生息许多代了二

尽管许多人不愿轻易接受爱因斯坦对物理学基本思想进行彻底重构.但他们却已在 应用爱因斯坦的数学结果了。劳厄（和另一些人）曾指出，这些数学结果在形式上和洛 伦兹理论的结果是一致的，但它们的'物理本质’御有差异.劳厄甚至宣称（1911）, 两种理论的“实质差别是不可言喻的二但人们很快就认识到爱因斯坦的理论更加优越， 特别是在广义相对论建立之后，狭义相对论的重要性尤其显露出来。

大约到了 1911年，爱因斯坦的狭义相对论已经有J'数量足够多的拥护者，一场科学 革命发生了。同一年，A.索末菲宣布，相对论理论已经“完整地建立起来了，它不再是 物理学的前沿了”（米勒1981. 257）。1912年初，刚刚获得1911年度诺贝尔物理学奖的 W,维恩建议，授予爱因斯坦和洛伦兹这项最高奖赏。他在推荐书上写道：从“逻辑的规 点看”，相对论原理“应当被看作理论物理学最重要的成就之一”（佩斯1982. 153）O 他说，目前已有“实验明确证实了这一理论二他总结说，“洛伦兹是发现相对论原理 数学内容”的第一人，而爱因斯坦则“成功地将相对论简化为一个简単的原理二

当然，并不是所有物理学家都接受这一革命性的新观念.范德瓦尔斯在1912年说， 至今还不能解释为什么质量和长度随若速度的变化而变化（米勒1981. 258）。除了时间 相对性引起悻论外，在否定绝对长度、时冋和质量方面还引起了更根本性的反对意见， 而“同时性的相对性”也是很难令人接受的。然而更加困难的是抛弃以太概念。如果没 有介质支承，光和其它电磁波如何在空间存在呢？反对意见和声势如此强烈，也可看作 是新理论革命性质的一个标志。

在众多的反相对论的观点中，普林斯顿大学的W. F.马吉教授（1912. 293）很有代 表性» 19if年，他在美国物理学会作会长就职演说时说，相对论原理不能满足这样的标

准：任何“真正有用的终极答案……应当为每一个人所能理解，包括训练有素的学者及 一般公众二对他来说，相对论无法使人理解，因为它不能“用普通的，任何人都能明 白的力，空间和时冋概念来描述二可是他显然并不清楚，牛顿的力和惯性的概念在】6 87年时是多么新奇！他显然也不憧得，除『少数几个学过理论物理学的人之外，真正憧 得力和概念这些“普通概念”的人是多么稀少！（奇•书\*网.整•理\*提\*供）

马吉还宣称，“应当问问相对论发展中新思想的创造者，他们是否认识到这一理论 的用途是多么有限，是否认识到它用可理解的术语描述宇宙是多么的无能为力二他准 备“警告他们最好先收起他们的辉煌理论，除非能够通过简化，利用普通物理学概念圖 满解释相对论原理”。

L. T.莫尔1912年在《自然》杂志（1912. 94： 370-371）上发表评述文章，总结 归纳了马吉演说中的观点，并就科学革命作出了以下论述：

爱因斯坦教授的相对论和普朗克教授的量子论已被喋喋不休地宣布为自牛顿时代以 来科学方法上最伟大的一场革命。他们用数学符号作为科学的基础，拒绝承认数学符号 背后潜在的坚实的实验基础，因而用主观宇宙取代客观宇宙。从这一角度来看，他们的 做法无疑是革命的。问題是，他们这样做是前进还是倒退，是走向光明还是陷入黑暗？ 一般认为，伽利略和牛顿开创的革命依靠科学家们的实验方法取代了学院派的形而上学 方法，这显然是正确的。而现在，所谓的新方法似乎恰恰相反，因此，如果这里包含什 么思想革命的话，那事实上不过是返回到中世纪的繁琐哲学的方法中去。

大约在20年后，L. T.莫尔（现任辛辛那提大学研究生院院长）在他撰写的牛顿传 记（1933, 333）中，仍然表达了他对“爱因斯坦教授广义的相对论”的厌恶，他指责这 是“通向唯心主义哲学的最大胆的企图：这样的哲学只是灵活思维的逻辑游戏，完全无 视客观世界的事实：它或许是有趣的，但却深深陷入了经院哲学”。他总结道，如果坚 持相对论物理学（及其哲学），“将导致科学颓废变质成为中世纪经院哲学和宗教神学”。 读者对于莫尔污蔑数学和符号逻辑学的伟大发展也许不会感到奇怪，他写道（同上，33 2）, “值得注意的事实是，两部伟大的著作，两部或许是科学头脑所能做出的最天才的 创造，现在正受到攻击：《新工具》受到现代符号逻辑学家的攻击：《原理》受到相对 论物理学的攻击二他最后的结论是：“当现代派被长期遗忘之后，亚里士多德和牛顿 将会重新受到尊重：他们的学说将重新获得应用”（同上），从这些事例中我们可以发 现，一场科学革命的深度与保守主义的猖狂进攻的猛烈程度以及它给科学思想所带来的 根本变化的程度是成正比的。

广义相对论

爱因斯坦曽经说过，即使他没来到这个世界上，狭义相对论也会出现，因为“时机 已经成熟”（英费尔德1950. 46）,但广义相对论则不然。他怀疑，如果他未建立广义 相对论，“它是否会为人所知”。广义相对论被称作“第二次爱因斯坦革命”（同上）。 这是一次极大的飞跃，正当许多物理学家开始接受狭义相对论时，它再一次把他们抛在 后面。普朗克曾以极大的热情欢迎狭义相对论并成为最早的支持者之一，他曾对爱因斯 坦说：“现在一切都要解决你为什么还要招惹其它另一些事呢？ ”爱因斯坦之所以 这么做是因为他是一位天才，远远走在了同时代人的前面。他懂得狭义相对论是不完满 的，未能解决加速度和引力问题。他后来谈到导致他思想豁然开朗的主要思想（他曾将 其称为“一生中最令自己兴奋的思想”，见佩斯1982, 178引用的爱因斯坦的回忆。）是 1907年11月在伯尔尼专利局工作时产生的。这个思想是：“一个人在自由下落时，将感 觉不到自己的重量。”他说，这一“最简单的思想”促使他天。始研究引力理论，但直 到1915年，他才发表了比较完整的广义相对论理论，第二年他又发表了被一位传记作家 称为“钦定版本”的广义相对论，这个理论的建立主要基于英費尔德所说的“三个主题”: 引力，等效原理，几何学与物理学的关系。理论的核心则是新的引力场定律和引力场方 程，有人说，麦克斯韦在电磁场上做过什么工作，爱因斯坦在引力场也做过什么工作。 广义相对论引人注目的特征之一是将牛顿力学中的引力简化为四维时空中的弯曲。J. H 一吉恩斯在《不列颠百科全书》1922年第12版的相对论条目中写道：“宇宙图景”的新 情景不再是“三维空间中一片以太海洋的受迫振动二而是“四维空间世界线上的一个 纽结二

广义相对论提出了三个可检验的预言。第一个是水星的近日点的摄动，该现象指出， 轨道上运动的行星在绕太阳运行时，每完成一个周期并非精确返回到空间的原来位置， 而是稍稍有些前移。这一事实早在19世纪中叶就已发现，但经典的牛顿天体力学无法对 摄动现象做出满意的解林。第二个预言是，光线在引力场中将发生偏转。按照这个说法， 星光在经过太阳附近时，将受到太阳引力的影响而偏折。结果是恒星的机位会有一个变 化。观测这一现象只有发生日全蚀时才能进行，否则太阳的强烈光线使地面上根本观测 不到太阳附近的恒星光线（瑞士天文学家M.施瓦兹柴尔德对这个现象做了详细的定量描 述）。第二个预言通常被称为谱线“红移”，即恒星辐射总是背离我们而去。这就是广 义相对论提出的三项检验方法。但我们知道当时正是1915年，第一次世界大战的硝烟笼 罩在各科学发达国家的上空。爱因斯坦正在柏林，不可能进行任何日蚀观测。

但爱因斯坦没有停止工作，1917年，他在《普鲁士科学院院刊》上发表论文，题为 《广义相对论宇宙观》。尽管其中的结论已被抛弃.但这篇论文开辟了理论物理学的一 个新领域。爱因斯坦指出，“义相对论能为我们的宇宙结构……问题带来希望之光二 科学的宇宙学研究由此创立，它把宇宙从形而上学的一个分支转变为物理学和天文物理 学的一部分（英費尔德1950, 72： “论爱因斯坦和宇宙学”，见佩斯1982. &amp;15）.

英国无文学家A.爱丁顿在战时研究了爱因斯坦的著作（见第25章），并很快成为爱 因斯坦思想的忠实信徒和热情宣传者。他后来写了大量著作，包括权威性的《引力相对 论理论报告》（1918）,学术著作《相对论的数学理论》（1923）,两部通俗著作《空 间，时间和引力》（1920）以及《物质世界的木质》（1928）,此外还有大量的演讲， 文章和小册子.P. A. M.狄拉克回忆说，他在布里斯托尔大学读书时，就是通过爱丁顿 的著作才最初接触到相对论的。更为重要的是，第一次世界大战刚一结束，爱丁顿立即 在1919年组织了一支英国日蚀观测队，去检测星光经过日全蚀太阳时将发生偏转的预言。 与预言相符观测结果立即震撼『全世界的科学家和公众。

今天很难想像1919年世界科学界的无限兴奋之情。两支观测队分别出发，一个派往 巴西的索布拉尔，另一个由爱丁顿率领来到西班牙所属圭那亚海岸附近的普林西比岛。 1919年秋，观測数据进行了整理和分析后，在11月6日召开的英国皇家天文学学会和皇家 学会的联席会议上天文学家们宣布：“星光确实按照爱因斯坦引力理论的预言发生了偏 折。”皇家天文学会的侧察部杂志和《皇家学会会刊》都对历史性的会议作『充分报道。 著名科学家J. J.汤姆森是会议主席，他宣称：这是“自牛顿以来引力理论的一项最重 要的成果”，是“人类思想的最伟大的成就二第二天，1919年II月7日，历来严谨的英 国《泰晤士报》赫然出现了醒目的标题：“科学中的革命”，两个副标题是“宇宙新理 论”，“牛顿观念被推翻二11月8日，《泰晤士报》又发表了另一篇论述革命的文章， 标題为“科学革命”，“爱因斯坦挑战牛顿”，“杰出物理学家的观点”。文章告诉读 者，“这件事成了下议院热烈讨论的话题”：卓越的物理学家，皇家学会会员，剑桥大 学J.拉莫尔教授“受到围攻，要求对牛顿是否被击败，剑桥大学是否垮台做出答复二 荷兰的报纸也迅速刊登『这一消息。H. A.洛伦兹在11月9日的《鹿特丹报》上发表文章, 《纽约时报》立即翻译转载。11月23日，M.玻恩也在《法兰克福大众报》上发表文章。

12月14日，爱因斯坦的照片刊登在《柏林画报》周刊的封面上，照片下的文字说明宣称： 爱因斯坦开创了“人类自然观的一场革命”：他的洞察力堪与哥白尼、开普勒和牛顿相 比（佩斯1982. 308）。在12月4日《自然》杂志的一篇文章中，E.昆宁翰指出：爱因斯 坦的“思想是革命性的二

A.佩斯（】982, 309）曾核査了自1919年11月9日开始《纽约时报》索引中有关爱因 斯坦和相对论的文章标题或传奇故事。“爱因斯坦理论的胜利”与“十二智者书”连接 在一起（其中谈到爱因斯坦警告出版商的话“全世界不会有再多的人懂得它”）。该报 不仅刊登传奇故事，而且还发表r社论，相关文章持续见报，直至当年12月佩斯发现， 从那以后直到爱因斯坦去世，《纽约时报》没有一年不刊登有关爱因斯坦的文章，爱因 斯坦成『一位传奇人物。当爱因斯坦1921年去伦敦时，霍尔丹勋飼在皇家科学院的一次 演讲中，把爱因斯坦引见给了大家。爱因斯坦住在霍尔丹的别墅里，当爱因斯坦来到他 家时，霍尔丹的女儿见到这位著名的客人后，竞“激动得昏r过去”（佩斯1982. 312）o 霍尔丹在皇家科学院介绍爱因斯坦时，谈到在这次演讲之前，爱因斯坦“已经到西敏寺 大教堂瞻仰了牛顿的墓地二

自那时起直至现在，科学家和非科学家，历史学家和哲学家撰写的著作都把（广义 和狭义）相对论与“革命”紧紧地联系在一起1912年，霍尔丹在他的著作《相对论 时代》（第4章）中谈到这个问题时写道：“爱因斯坦开创了我们关于物理学观念的革命二 对于哲学家K.波普尔（恵特罗1967, 25）来说，爱因斯坦使“物理学革命化”。物理学 家M.玻恩（1962. 2）和S.伯吉亚（1979, 82）的表述分别是：爱因斯坦的“革命时空 观”和“爱因斯坦革命二玻恩（1965. 2）还说：“IM年的狭义相对论”是标志物理学 “古典时期的终结和新纪元的开始”的一件大事。S.温伯格（1979. 22）认为，爱因斯 坦最伟大的成就是，“他第一次把时冋和空间纳入『物理学的体系，从而脱离了形而上 学的束缚二按照数学家A.玻莱尔（I960. 3）的说法，爱因斯坦“不仅带给我们新的 物理学理论，而且教给了我们认识世界的新方法”。因此，“凡是学习过他的理论的人， 不可能再按他们过去的思维方式进行思考了 西班牙哲学家J. 0.伽塞特在他的著作 中没有明确使用革命一词，但他却宣称：爱因斯坦的“相对论是当今最重要的智慧成果二 因此，爱因斯坦相对论在开创物理学革命的同时，也引起了一场哲学革命。

事实表明，广义相对论比狭义相对论更能满足本书第3章提出的科学革命的检验标准。 但是，广义相对论的发展史比起狭义相对论来更显得艰难曲折。很长一个时期，只有天 文学家（而且只是那些研究宇宙学的天文学家）对广义相对论感兴趣，物理学家则不然， S.温伯格（1981, 20）指出：“在最基本的层次上研究物质的物理学的全部现代理论， 在很大程度上依靠两大支柱”，一是“狭义相对论”，一是“量子力学二塞格尔（19 76, 93）在回顾20年代和30年代物理学家们的活动时，也特别指出：“与狭义相对论相 对应的广义相对论，目前尚不是物理学家们感兴趣的前沿课题二这也就是说，广义相 对论与狭义相对论不同，它对于当时主要的研究课题如物质理论和辐射理论并不是必须 的。例如，在我30年代末攻读物理学研究生时，几乎所有的课程如原子物理学，量子力 学甚至一些基础课和专业基础课都涉及到狭义相对论，但只有少数数学家（在G. D.伯 克霍夫的激发下）研究广义相对论。另外，广义相对论暗示，建立得最为成功的理论物 理学的一个分支一牛顿万有引力理论一犯了一个根本性的错误或说它并不完整，而 且广义相对论还引进了 “四维时空的弯曲”这一奇特的概念来解释引力。我们应当懂得， 伟大的1919年日蚀实验只是定性地说明『光线传播将受引力场的影响，更精确的日蚀实 验则是以后的事了。但是，在爱因斯坦最初提岀的三项检验方法之外，再找到新的方法 可能又要过去数十年.温伯格曾指出，只有在“爱因斯坦建立他的理论40年之后"（温 伯格1981. 21）.才能构想出并完成新的更精确的实验，证实广义相对论.

第二次世界大战结束后的几十年间，世界发生了很大的变化，在实验室进行精确的 验证实验已经成为现实。于是，人们对引力的本质，引力与自然界的其它几种基本力

（电礎力，强相互作用，弱相互作用）的关系问题产生了新的兴趣。庞大的物理学和天 文学“工业”日益兴起，集中研究广义相对论及其在宇宙学和宇宙论研究中的应用。其 他的物理学分支也是如此。结果正如S.温伯格所预言的，人们一项重要的共识是，为了 “弄憧超短距离的万有引力”，还需要“另一次伟大的飞跃”（1981, 24）,另一次革 命，“建立更加普遍适用的原理”，而目前我们对此还没有任何概念。一句话，广义相 对论今天已成为科学家乐此不疲的研究课题，热情之高或许是前所未有的。

量子论的创立：普朗克和爱因斯坦

量子论在许多重要的方面与相对论有所不同。几乎每一个人都听说过相对论和他的 创立者A.爱因斯坦，但只有科学家和少数非科学家（他们不是学过科学，就是对科学感 兴趣。）知道量子论。然而，几乎每一个涉及到物理学某一方面的人（不仅是物理学家， 也包括化学家，天文学家，生物化学家，分子生物学家，冶金学家等）都会在他们各自 的工作中经常性地应用量子论及其成果。在这方面，广义相对论远远不能望其项背。量 子论不仅广泛渗透到许多学科中，而且也和相对论一样，使我们的科学思想和科学哲学 发生了根本变革。相对论和量子论的革命性很早就被人们认识到，但两者都长时间处在 理论革命阶段.

量子论的发展经历了三个主要阶段：古典量子论（普朗克，爱因斯坦，玻尔，索未 菲，康普顿），量子力学（德布罗意，薛定诲，海森伯，约尔丹，玻恩）以及最新的相 对论量子力学或量子场论，前两个阶段均被视为革命.事实上，物理学家们感到很难找 到足够有力的言词表述量子革命的深度和广度。W.维斯考普夫（1973, 441）认为，

-M.普朗克发现量子这一壮举，…创立了一门最富成果的学科，也是自然科学最具革命 性的发展”。他补充说，在普朗克做出发现后的三十年间，“我们关于物质特性和行为 的知识发生了广泛而深远的变革二历史上很少有哪个时期能与之相比。P.戴维斯（1 980. 9）写道：“本世纪初，关于物质的量子论的出现导致科学和哲学发生了一场革命”。 他指出，“耐人寻味的是，历史上几次最伟大的科学革命在很大程度上都不被一般人所 注意二他认为这是由于“革命所蕴含的摧枯拉朽之力几乎超出了人们的想像 甚

至超过了科学革命本身-"（p. II）

量子论通常被视为创立于1900年.这一年，普朗克发表了他的“作用量子”的概念。 普朗克不像爱因斯坦五年后所做的那样，他没有涉及光或辐射相互作用的过程。他探讨 的仅仅是容器壁上振动粒子的能量交换和黑体辐射问题。他通过研究发现，能量的交换 是以跳跃的方式进行的，大小与能量值hv有关，这里的h是普朗克首次引入的自然界的普 遍恒量。正如T. S.库恩所指出的，普朗克在1900年仅仅作了这样的假定：能够以频率 v振动的振荡体（有形体，而非以太振动）的总能量可能是由一组与它们的频率成正比的 单元能量子的集合。与后来的光量于概念相比，这个假定是非常克制的。而光量于概念 则指出，光是有一个个具有确定性质的分立实体组成的，每一个实体（即光量子）具有 的能量为hv.

我们很容易理解普朗克为什么没有，哪怕是设想进一步做出更为实质性的假设：光 是由分立的粒子或能量小球“组成的二首先，这样的假设对他的黑体辐射公式來说并 不必要：其次，也是更重要的，它与19世纪建立的最为完善的物理学分支之 光学

有着不可调和的矛盾和冲突。由麦克斯韦，赫兹以及其他人建立起来的光学理论表明， 光（和各种电磁辐射）是一种波动现象，在空间传播过程中始终振荡着，显然这与所谓 的分立粒子的概念是绝对不相容的。事实上，当爱因斯坦五年后公布他的光量子假说时， 它本身就包含者概念上的困难。因为按照这个假说，光量子的能量取决于光的频率，光 的频率又是通过测定波长换算的，而测定波长必须使用“干涉”技术，而这恰恰是几十 年前波动光学理论赖以建立的实验基础。

普朗克后来谈到他大胆建立能量子概念时说，这是“孤注一掷的行动”（佩斯1982. 370）o按照佩斯的说法，他的推理“是疯狂的二但这种“疯狂却是神圣的二“只有 最伟大的划时代的人物才能把这种神圣的疯狂引人科学二这种精神使他做出“第一次 伟大的观念上的突破”，把我们这个时代的物理学与全部经典物理学区分开来：这种精 神把一个非常保守的思想家“改造成一个有些犹豫不决的革命者”。尽管普朗克通常被 描绘成一个违背自己意愿，被迫迈出通向量子论关键性一步的物理学家，但他在许多场 合下却流露出对爱因斯坦和他自己工作所体现出的革命性的由裏称赞。他对爱因斯坦相 对论极尽赞美之辞（见霍尔顿1981. 14）.他在一次谈话中说：“这种新的思维方式…… 远远高于理论科学研究，甚至知识论研究所取得的任何成就二对普朗克来说，“相对 论引发的一场物理学观念的革命，在深度与广度上只有哥白尼体系引发的天文学革命可 与之相比二普朗克在诺贝尔奖授奖仪式上所作的讲演中说，“要么作用量子是一个虚 构的量，辐射定律的全部推导也是虚构的，不过是空洞而臺无意义的算术游戏：要么辐 射定律的推导是以正确的物理概念为基础”。他解释说，如果是后者，那么作用量子将 “在物理学中起根本性的作用”.原因是，它“是一种崭新的，前所未闻的事物，它要 求从根本上修改我们自从牛顿和莱布尼兹在一切因果关系的连续性基础上，创立了微积 分以来的全部物理学概念”。在这篇演讲中，谨慎的普朗克在谈自己的工作时，没有明 确使用“革命”术语。爱因斯坦充分认识到普朗克在开创全新的物理学过程中的地位和 贡献。1918年，爱因斯坦推荐普朗克作为诺贝尔奖候选人，以表彰他“奠定了量子论的 基础，丰富了全部物理学，这在近年来表现得尤为明显”（佩斯1982, 371）。

M.玻恩在皇家学院为普朗克写的悼词中，描述了 1900至1905年整个知识界的疾风暴 雨之势。玻恩“臺不怀疑”普朗克有关“作用量子的发现”，是“堪与伽利略和牛顿， 法拉第和麦克斯韦开创的科学革命相媲美”的一件大事。他在早些时候曾写道，“量子 理论可以追溯到1900）年，那一年，普朗克宣布了他的能量子或量子这一革命性概念” （196, 1）.他宣称，这件大事“对科学的发展是决定性的”，因此，“它通常被视为 经典物理学和现代或量子物理学的分水岭”。但玻恩（1948. 169;171）提醒我们说，不 要轻率地接受所谓“普遍承认”的观点，即“普朗克做出伟大发现的1900年，标志若物 理学新纪元的真正到来”，因为“在新世纪的最初几年，几乎什么事情也没有发生过二 玻恩又说，“当时正是我作学生的时候，我记得在课堂上很少提及普朗克的观点。即使 偶尔提到了，也是作为一个理所当然应当被抛弃的'县花一现的假说'，玻恩特别强 调爱因斯坦的两篇论文（分别写于1905和1907）的重要性。可是，尽管玻恩宣称1900年 后“普朗克已转入别的研究领域”，但他"绝没有忘掉他的量子1906年普朗克所写 的一篇关于热辐射的论文表现了这一点，这篇论文“巧妙地展示了导致量子假说的一个 步骤，给人以极深刻的印象”（玻恩1948. 171）»

爱因斯坦在开创相对论革命的年代里，还对量子论做出了根本性的贡献，这充分说 明了爱因斯坦的伟大之处。在1904年一篇关于统计物理学的论文中，爱因斯坦首次提到 量子论。1906年,他再次以统计力学为主題进行了研究，建立了今天所谓的“固态量子 论”。更为重要的是，正是他在1905年3月撰写的论文标志从普朗克潜在的革命思想到真 正的科学革命的转变，尽管还只是处在理论革命阶段.1905年论文包含两个根本性的假 设：一个是，当光或“纯”辐射在空间传播过程中，它被构想成由分立的和单个的粒子 或小球（量子）组成：另一个是，物质在辐射或吸收光（或任何形式的电磁辐射）的过 程中，也是以同样的量子形式进行的.这些假说不仅同普朗克】900年的假说相去甚远， 构成一场彻底的转变，而且也与当时普遍接受的物理学理论有着根本性的冲突。佩斯 （同上）认为，这项工作已成为“爱因斯坦对物理学最具革命性的贡献”：它“推翻了 关于光和物质相互作用的全部现存观念二我们已经看到，爱因斯坦本人特别把他的这 项发现描述成“革命的”。

爱因斯坦1905年3月的论文题为“关于光的产生和转化的一个启发性观点”。“hcu ristic" 一词在物理学中很少使用，它主要是在哲学和教育学中使用，意思是某种假定 （或说法）对发现和解标有一定的帮助，但不必把它当真。按理说，爱因斯坦应该在19 07年那篇相对论的论文和《狭义和广义相对论浅说》（1917.英译本1920）中再次使用 这个词汇，但他没有这样做。他之所以在论述光学的论文中引进这个词，原因是他提出 了一个可能并不存在的粒子性概念解释光的大部分已知现象。光的波动学说是19世纪物 理学取得的最伟大的成就之一，并且被光的干涉实验所证实.克莱因援引别人的话说， 爱因斯坦（克莱因1975. 118）显然是在提议“物理学家们放弃光的电磁波理论二而这 是“麦克斯韦的电磁场理论和全部19世纪物理学取得的最伟大的胜利”，除此之外，爱 因斯坦的假说没有任何实际意义。因此，爱因斯坦提出的只是临时性的假说.

描述一种波动所用的基本参量是速度、波长和频率。在爱因斯坦粒子假说的能量于 hv概念中，频率v常常通过波动方程导出，而其中波长参数则运用“干涉”技术测定。 但在光量子概念中，对于波动理论极其重要的参星波长对于粒子或光量子却没有明显的物理意义。连续的或波动的特性与分立的或粒子的特性之冋的对立是如此明显.以至于 爱因斯坦不得不在他的论文中写上这样的话：“假设我们的见解是符合实际的二普朗 克始终认为，光和其它形式电磁辐射是由波动构成的,因而是无限可分的：分立的能量元 或量子只是连续波与物质化互作用产生的一种效应，例如在光的吸收扣辐射过程中所表 现出的，但却不是光波的基本特征。其他物理学家也长期持这种看法。按照爱因斯坦19 05年的假设，光本身正是由分立元或量子构成的，也就是说，光（和任何形式的电磁辐 射）必定具有一种“细胞”状的结构.在爱因斯坦的概念中，量子是光本身的基个特征， 而不是以在光和物质相互作用过程中才表现出来。尽管科学家和科学史家今大一般都称 “爱因斯坦的光量子理论”。但光子的概念是很晚才建立的，而且它另外还有动量的性 质。而且，爱因斯坦直到临终以前（如在去世前一周的一次采访中）仍然坚持说，它 “不是一个理论”，因为它不能为光学现象提供个圆满的解释。

尽管爱因斯坦的论文是假说性的，启发性的，不完整的和理论上的，但其中确实有 一节是极为重要的、确定的，可以通过直接实验加以验证。这部分是爱因斯坦对光电效 应的讨论光电效应现象是赫兹于1887年发现的.它的许多特性是P.勒纳德于1902年观察 到的。在光电效应现象中，入射光照在金属表面上会引发电子辐射。实验表明、入射光 必须超过某个频率以后，才能打出电子：实验还表明，不同金属的“临界”频率是不同 的。爱因斯坦指出，假设光是由分立的量子构成，那么“最简单的设想是”，一个“光 量子把它的全部能量给予了单个电子二如果光（或辐射）是単色的，频多为v ,则每 个光量子的能量为hv。这个能量要做两件事：克服金属对电子的束缚力而作“功-（P）: 给辐射电子一定的功能（E）：电子离开金属表面时拥有的能量用公式表示就是：

E + P=hv

或

E=hv\_P.

爱因斯坦公式解释『光电效应的一些规律。一个规律是，辐射电子的动能E与光的亮 度或强度无关，而只取决于它的频率。（爱因斯坦的解释是，光强是光子数目的量度. 表明辐射电子的数目，而非能量）。公式还揭示了辐射电子的能量E与入射光频率v之间 的定量关系。另一个规律是，每一种金属在光电辐射过程中，都有一个确定的最小频率。 爱因斯坦公式对此的解释是：光电效应只有当频率足够大，使得hv大于P时才会发生。

爱因斯坦的公式还预言：E直接根据v的变化而变化：如果根据实验给出动能与频率 的关系图，那么直线的斜率就是普朗克常数h。不久后，J、J.汤姆森的学生A. L.休斯 以及其他一些人各自进行『验证性实验.结果证明了爱因斯坦公式的正确性。但真正的 判决性的实验是R.A.密立根做出的：这些实验不仅确i正了爱因斯坦公式，而且得到了一 个新的，很精确的普朗克常数h （见惠顿1983）。

密立根关于这些实验的论文（1916）是相当奇特的。尽管他承认“在每一个场合二 爱因斯坦的“光电效应公式”均能够’'精确地预言实验的观测结果”，但他又称，爱因 斯坦赖以推导出这个公式的“半微粒理论，目前似乎完全站不住脚”。他在当年又一次 重复了他的立场，指出爱因斯坦的“电破光细胞假说”是“大胆的”，实际上“也是粗 糙的二在《论电子》（1917） —书中，密立根写道，爱因斯坦公式是“一个和支持他 的假说一样大胆的预言”，但爱因斯坦这个激进的预言完全没有“逻辑基础二密立根 说，结果发现“爱因斯坦的这个公式”竞然能够'精确地预言”密立根和其他人“通过 实验获得的事实”，这是多么令人惊奇！在他的书里，严然是一个革命的敌人的密立根， 并没有实事求是地告诉他的读者，他本人进行这些实验的目的是推翻爱因斯坦公式，也 包括公式赖以建立的光量子假说。1949年，密立根承认在他的一生中曾花了十年时间

他写道，"结果和我所有的预期相反，在1915年我不

“检验爱因斯坦1905年的公式”。

得不宣布它无异议地被实验证实,

尽管它似乎不合常理。”

密立根（1948 . 344）清楚地表达『他反对爱因斯坦光量子概念的理由：它们"似乎

完全违背了我们关于光的干涉现象的全部知识”，以及波动理论的实验基础。1911年:

爱因斯坦本人感到，他必须公开“声明光量子概念的权宜性特征”，因为它“似乎无法 与已经得到完全证实的波动理论协调一致二佩斯发现，爱因斯坦的谨慎“几乎被误解 为他的犹豫不决”，这一事实可以解释许多令人不解的现象。例如，爱因斯坦的拥护者 冯-劳厄1907年在写给爱因斯坦的信中说，他听说爱因斯坦“放奔r他的光量子假说” 后很高兴。冯•劳厄并非唯一产生误解的人。1912年索末菲说，爱因斯坦不再坚持“他 （1905）提出的大胆的观点了二而密立根在］913年宣称，“我相信”爱因斯坦“大约 在两年前,…已放奔了”他的光量子概念o 1916年，密立根又一次宣称，尽管实验证实 了爱因斯坦公式，但它所依据的“物理学理论”被证明是“完全站不住脚的，因此我相 信，爱因斯坦本人也不再坚持它了二但深入研究过爱因斯坦论文和信件的佩斯指出，

“没有任何证据表明他在某个时候放弃过他的1905年所做的任何宣言二R.斯图威尔 （1975. 75-77）于1975年以令人信服的证据宣布，爱因斯坦从未对他的光量子假说有 过任何动摇，事实上，他本人对此“越来越深信不疑”.

直至1918年，卢瑟福（见佩斯1982. 386）还说，“能量与頻率之间的这种明显联系， 物理学至今还不能做出解释。”佩斯在研究这段插曲时指出，“甚至在光电效应预言被 证实和接受之后，除了爱因斯坦本人外，几乎没有任何人在光量子方面做过任何工作”。 作为证据，佩斯引证了 1922年爱因斯坦获诺贝尔奖金时的贺词。爱因斯坦不是因为他的 相对论，也不是他的光量子理论，而是“因对理论物理学所做的页献，特别是因发现r 光电效应定律而获奖因此，我们只能得出这样的结论，爱因斯坦的革命性贡献当时 只是停留在理论革命阶段，并未得到实际上的支持。

密立根企图否定爱因斯坦新观念这件事，不能简単地以此认为当时的物理学界普遍 存在若反对爱因斯坦开创性观点的潮流。对爱因斯坦理论观点的一般态度是不予理睬， 而不是积极论战。作为一个真正伟大的科学家，密立根确实是一个例外。1913年，一份 推荐爱因斯坦当选普鲁士科学院院土的正式文件，反映了当时物理学界的一般态度。在 这份文件上签名的是四位伟大的科学家和爱因斯坦的支持者，他们是M.普朗克，W.能 斯特，H.舎本斯，和E.华伯。这份发表于1962年文件（见佩斯1982. 382）高度评价『 爱因斯坦的杰出贡献，它甚至宣称：“在大大丰富现代物理学的每一个重大研究领域中， 爱因斯坦几乎对每一个重大问题都做出了杰出页献。”然后，他们感到应该原谅爱因斯 坦“有时……也会在他的思索中失去目标”，例如“他的光量子假说二在谈到原谅这 一过失时，他们补充说：“即使在最精密的科学中.没有一点冒险精神，也是不可能引 进全新的思想的，即使荷马也有弄错的时候。

量子论和光谱：玻尔原子模型

前面谈到的并非量子论发展的唯一线索。1912年，在曼彻斯特卢瑟福实验室工作的 一位年轻的丹麦人提出了一个全新的、革命性的原子模型。N.玻尔最初接触的是卢瑟福 的原子模型，它如同一个高度缩小的太阳系，中央原子核周围是“轨道行星” 一样的电 子。玻尔模型的革命性在于，新的“原子模型”能够解释一定频率的光的辐射和吸收。 他采用『普朗克的辐射理论，即能量“明显可分的辐射”是存在的。然后他指出，“普 朗克关于原子系统行为的理论之普遍适用性，是爱因斯坦最早指出的，“并得到了其他 物理学家的发展。众所周知的事实是，玻尔假设：处在稳定轨道上的电子既不发生辐射 也不吸收能量，但当它从一个稳定轨道“跃迁”到另一能量较低的轨道时，原子就会辐 射出一个光量子：反之，当电子吸收一个光量于时，它将“跃迁到能量较高的轨道上。 玻尔指出，以此为基础，他能够推导出几个已知的光谱学定律。这就是著名的、革命性 的“古典”量子论的起源。

很难判断被尔当初是如何看待自己理论的革命性的。从1913年到1924年，他肯定在 尝试尽可能使他的理论包容更多的经典概念，以使其以“符合伟大传统”的形态出现。 然而，玻尔在谈到他最初的理论时，只是称其为原子“模型”，这使人想起了爱因斯坦 在1905年他的光量子论文中使用的特定的用语“启发性二到了 20年代初，几乎没有任 何人怀疑玻尔理论的革命性，绝大多数哲学家都意识到『这一点。玻尔理论后来的发展 包括.从単电子原子（氢）扩展为双电子原子（気）：引进椭圆轨道的概念。许多物理 学家对这一伟大理论的发展做出了页献，除玻尔外.另一位重要的人物是A.索未菲。同 所有革命性的科学思想一样，玻尔的量子论也没有立即得到科学界的普遍接受，尽管他 与实验发现的规律在数值上符合得更好。或许这种推迟的原因并非由于玻尔原子模型和 光请量子论本质的革命性，而是由于第一次世界大战的影响。大战后，几乎每一个著名 的科学家都对量于论发展的重要结果产生r浓厚的兴趣。

玻尔理论本质上是与爱因斯坦的理论联系在一起的，因为二者都假定电子与光子相 互作用的方式是一对一的。在表述光电效应时，爱因斯坦考虑r光子具有足够的能量引 起吸能电子辐射并脱离物质表面的情况，而这种情况在玻尔理论中是一种极端条件间离 子化）：当光子能量较小时，电子不会脱离原子，仅仅“跃迁”到更高的轨道。玻尔理 论中令人难以置信的困难是所谓分立态与定态概念，也就是轨道的概念。而且，正如爱 因斯坦一样，玻尔也提出『一个直接同麦克斯韦物理学基本原理相矛盾的假设。麦克斯 韦认为，在电场（原子核周围的正电场）中运动的带电体（电子）必然发生辐射。按照 所有已被接受的物理学原理，一个轨道电子必然会因为辐射的缘故不断地减少它的能量， 那么它的运动轨道也就会不断地降低直至最终落入原子核内。但玻尔假定，一个电子能 够在稳定的轨道上绕原子核旋转，而不会释放能量而发生辐射，这就是影响这一理论被 接受的主要障碍。M. V.劳厄就是反对者之一，他怀疑玻尔理论的主要理由是其直接违 反麦克斯韦物理学。

那些在30年代开始学习物理学的人如我本人，一定会回忆起当时的情景。那时，量 子论课程（以及许多教科书）的特点之一就是先进行一番历史回顾，然后才开始正題。 在历史回顾中，学生们可以一步步地r解到古典辐射理论（包括能量均分原理）的失败 以及（普朗克和爱因斯坦开创的）量子论发展的各个阶段。然后，讨论光谱学原理和玻 尔理论对这些原理的阐释，接着是索末菲将玻尔理论中的圆轨道发展成椭圆轨道。这一 阶段往往特别强调密立根，弗兰克和赫兹的实验的历史意义.最后，学生们会逐步学到 电子的自旋，量子数的概念以及伟大的泡利不相容原理。现在看来.之所以对量子论被 接受的原因进行历史考察，是因为授课的教授们和教科书的作者们感到有必要让学生们 j‘解前辈科学家们的经历，他们是如何转变的，是如何被迫接受一个全新的观念与尚不 完善的物理学基础的。这就是量子论革命性质的一个标志。

深入研究玻尔1913年至1923年发表的著述可以发现，尽管他运用了普朗克常数并涉 及爱因斯坦的光电效应理论，但他并没有明确宣布赞同光量子理论。这就是说，他的工 作主要是研究电子轨道（也就是能级）发生变化时光的吸收和辐射问题，而不涉及光的 本性和光的传播。在其原始论文（1913）中，玻尔承认了他引进了一个“与经典电动力 学原理不相容的量，即普朗克常数”（见霍尔顿和库恩1969：米勒1984）。现在看来， 玻尔理论似乎是经典力学用于确定稳定态的量子化概念以及不连续假设的奇异结合。玻 尔（1963, 8）显然明白，他的“原子模型”尚不完善，是不完整的初级形式，因为它的 “基本思想与经典电动力学理论那些久经考验的，备受赞美的原理相冲突二正如M.克 莱因所发现的，1910年至1913年间，像M.普朗克和H. A.洛伦兹这样的科学家对爱因斯 坦的光量子理论提出的最尖锐的批评也只限于“光量子说完全不能解释光的干涉和衍射 现象-（1970）.玻尔本人在1913年的一次演说中说，原子释放的是纯辐射而不是光量 子。从1913年到大约1920年，玻尔一直尝试若把经典的光的波动理论与原子辐射理论协 调起来，最终建立了他所谓的“对应原理”。但A.索未菲1922年在他的颇有影响的论文

《原子结构和光谱线》中，对应原理唯一使他惊奇的是，“保留了那么多的波动理论， 甚至在绝对是量子特性的光谱过程中也是如此”（p. 254）O索未菲最后说，“现代物 理学目前正面临着不可调和的矛盾＜p. 56）玻尔本人甚至提议抛弃他所说的“所谓 的光量子假说”。对这个激动人心的年代进行探讨不仅看到在企图建立一个与原子模型 有关的，令人满意的光谱学量子论过程中产生了多么大的混乱，而且还表明将革命的新 观念同经典物理学结合起来是多么困难。索末菲（1922, 254）指出，现代物理学必须勇 敢地承认新与旧之冋的矛盾，应当“坦率地承认它们的非相容性”，W,泡利对这个观点 极为赞同。

玻尔理论符合科学革命的全部检验标准。例如，1929年卢瑟福在一封发表于《自然 科学》杂志的信中宣称，“玻尔教授大胆地运用量子论解样光谱的产生”，构成了一场 革命，他说玻尔的理论是“普朗克假说的直接发展，对物理学具有深刻的革命意义”， 1969年，J.考克罗夫特爵士指出.玻尔把“经典力学和量子论结合起来描述电子轨道的 运动”是一次伟大的发展，它“促使原子理论革命化二同笛卡尔革命一样，玻尔革命 并没有持续多久。正如当年笛卡尔的工作后来得到了扬弃和发展，玻尔理论的某些基本 内容合并到另一场革命，量子力学革命中去。在量子革命过程中，玻尔革命可以被视为 第一阶段。

通向量子力学：伟大的量子革命

1926年，爱因斯坦的光量子概念获得了 “光子”的称谓。光子一词是美国物理化学 家G. N.刘易斯建立的，但他用来描述与光电子略有不同的概念。尽管刘易斯原来的概 念早已被抛弃了，但光子却迅速成为物理学中的一个标准词汇（见斯图威尔1975. 325）。 可是，20年代中期的光子概念与爱因斯坦原来的光量子不同，它还包括某种特殊的性质， 其中最重要的就是动量，这一点爱因斯坦最初并未考虚，但他确实在1916年引进了动量 （P=hv/c）特性：这个概念甚至早在1909年就已出现在J.斯塔克的一篇论文中（见佩斯 1982 . 409）o光子可能具有动量的思想是P.德拜和A. H.康普顿于1923年提出的。事 实上，康普顿还做出了现代物理学的一项最轰动的发现，即今天以他的名字命名的康普 顿效应。康普顿依据无可辩驳的实验事实证明：“辐射量子带有方向性的动量和能量” （斯图威尔Icqs, 232）。L.斯图威尔回顾了这项工作的历史，他指出康普顿的动机与 十年前的密立根不同，不是检验爱因斯坦的預言。斯图威尔还发现，A.索未菲在lop年 10月9日写给康普顿的贺信中，首次使用『“康普顿效应”这一术语。索未菲还透露，康 普顿的结果是头一年夏天他与爱因斯坦“讨论的主要问题二

尽管康普顿的结果最初也引起了一些争论，但人们（如海森伯）很快就认识到，康 普顿效应不仅是辐射量子论的转折点，而且是全部物理学的转折点。康普顿很早就意识 到自己工作的革命性。1923年，康普顿在美国科学促进协会所作的演讲（这篇演讲于19 24年发表于《富兰克林研究所杂志》上）中坦称，他的发现“使我们关于电磁波传播过 程的概念，发生了革命性的变化，然而，当他在《国家科学院院刊》（9： 350-362） 上发表的另一篇文章中却说：“目前的衍射量子概念绝没有冲击”经典波动理论。爱因 斯坦终于看到了自己的观念得到了证实，他宣布，现在有两种不同的光本性理论：波动 性和粒子性，“二者都是不可缺少的，而且人们必须承认，它们没有任何逻辑联系，尽 管二十年来，理论物理学家作了巨大的努力（试图找到某种联系）°”

大约在同一时期，L.德布罗意在康普顿成就的鼓舞和启发下，提出了物质波的概念。 在1923年发表的论文中，他引用了“康普顿的最新结果二以及光电效应和玻尔理论作 为他确信波粒二象性的理由，他宣布，爱因斯坦的光量子概念是“绝对普适的二爱因 斯坦，玻尔以及康普顿的工作启发他接受了 “光量子的客观实在性”。

徳布罗意没有从物理意义上阐述光的波粒二象性，但他坚信这种二象性是自然界的 普遍特性，即使普通物质（如电子）也是同时具有粒子性和波动性，这一革命性的概念 是德布罗意在他的博士论文中（1924年11月25日提交）首次建立的，而后，爱因斯坦对 它作了进一步的发展。值得指出的是，正是爱因斯坦的工作引起了薛定i号对物质波的重 视（见恵顿1983）.美国科学家戴维逊和革末以及英国的G.P.汤姆森（J. J.汤姆森之 子）所作的实验证实了德布罗意的假说。而更为重要的是，它是新量子力学的前奏，而 量子力学是与薛定谬和海森伯的名字联系在一起的（见克莱因1964：雅莫尔1966：拉曼 和福曼1969：斯图威尔1975.以及米勒1984）O这一新的科学革命（特别是在M.玻恩引 进了几率波的概念之后）的伟大意义在于，量子力学在20世纪后半叶成为物理学和自然 科学的核心内容。

科学史上有这样一个众所周知的事实，从20年代开始，爱因斯坦拒绝接受量子力学， 认为它不过是对自然界的“权宜”性说明，从而使得爱因斯坦与整个物理学界产生了分 歧。爱因斯坦反对的主要观点是，新物理学引进几率思想作为它的基础缺乏经典的因果 性和确定性，以及由此导致的描述自然界的不完备性（这似乎是完全对他本人而言 尽管如此，爱因斯坦认识到量子力学是物理学发展的一大进步，虽然它是一个权宜性的 假说。他向诺贝尔评奖委员会推荐量子力学的共同创建者薛定i号和海森伯为候选人（见 佩斯1982, 515）。耐人寻味的是，爱因斯坦本人曾对量子力学的统计学基础做出了重要 贡献.

量子力学革命，或第二次量于革命的历史，以及它从潜在的革命性到理论革命到科 学革命阶段的迅速转变，很自然成了本书一章的研究主题。量子力学对物理学发展的革 命意义在过去的半个世纪中表现得已经很明显。这些发展对科学和思维方式的重要性， 近几十年几乎任何一本科学哲学著作都对它作了深入阐述（见玻恩1949：戴维斯1980： 費困曼1965：雅莫尔1974和苏帕尔1977）»

古典量子论的最后堡垒

在本章结束之前，我们介绍一个严肃的插曲，它能够说明爱因斯坦光量子概念的真 正革命性质。1924年，也就是康普顿宣布康普顿效应的发现一年之后，玻尔（同H. A. 克拉摩和J. C.斯拉特一道）发表了一篇论文，旨在反对光子概念。玻尔在他的原子理 论中采用了量子概念，而这一原子理论很快得到了普遍接受并使物理学的这一学科发生 了革命性的变化。当时，量子论中还存在着许多无法解释的困难问题，直到几年后建立 了量子力学，这些问题才得到解决。但玻尔理论同普朗克最初的量子论一样，本身并没 有涉及到“自由辐射场”，也就是光或其它电子辐射在空间的量子化问题。爱因斯坦】9 05年的论文发表后的二十年间，玻尔和许多物理学家一样，他们虽然接受了量子论，但 只承认光在辐射和吸收时的量子化，而不是光本身的量子化。他们必须记住，大量实验 （包括干涉实验和衍射实验）以似乎无懈可击的证据证明『光的连续波动传播。

玻尔-克拉摩•斯拉特假说是玻尔最后一次坚持他反对用量子论对光作一般性描述的 立场。他坚信，他自己的“对应原理”能在辐射和吸收量子论和已经广为认可的电磁波 传播理论之冋的鸿沟上架起一座桥梁.在1919年及其以后的几年中，他甚至表达过这样 的愿望：如果对维护“我们的经典辐射理论”有必要的话，他将不惜迈出最为极端的一 步一一放弃能量守恒原理（见斯图威尔1975. 222）.

1922年】2月11 H.他在诺贝尔奖颁奖仪式上作演讲时，再次提到了这个问题。当时 他解舔说：“近年来，爱因斯坦理论的预言已经得到了……精确的实验证实。”但他又 立刻补充说：“尽管具有启发性意义二但爱因斯坦的“光量子假说”与所谓的干涉现 象“完全不能相容二因此，不可能在辐射本质意义上解释光。“这成了 1924年的玻尔 -克拉摩•斯拉特论文的主题，论文的主要目的是：探索辐射特性的原因，“但并不涉及 任何与光在自由空间传播定律相背离的光的电磁波理论”，而只研究“虚辐射场与发光 原子相互作用这一特例二这篇论文中，作者声明：在单次原子相互作用过程中，他们 将“抛弃…能量与动量守恒原理的一个直接运用”，他们认为，守恒原理仅在宏观统计 水平上是有效的，对単个原子并不适用。在此前两年，索未菲曾说过：抛弃能量守恒原 理可能是医治光的波粒二象性疾病“最好的药方”（佩斯1982. 419）。几年后，海森伯 （1929）在评述这段历史时指出，“玻尔•克拉摩•斯拉特理论代表了古典量子论危机的 顶点”（佩斯1982, 419）：按照佩斯的说法，它是“古典量子论的最后一座堡垒二

斯拉特后来在致B. L. F. D.瓦尔登的信中说，“能量和动量统计守恒的思想”是 由“玻尔和克拉磨上升为理论的，这和我更好的见解完全相反”（斯图威尔1975. 292）。 斯拉特指出，玻尔和克拉摩有充分的理由说明“在当时的条件下，没有任何现象需要假 定空间中光微粒（或量子）的存在。”斯拉特“对抛弃量子论获得的益处同放奔能量守 恒和因果律造成的损失作了比较，终于被所获得力学机制的简单性所征服二

否定这一理论的意见“非常之多”（斯图威尔&amp;7）°然而，真正的答案并没有 在理论讨论中出现，而是来自于直接的实验。关于实验结果，我们不妨引用赫胥黎曾经 说过的话：“一个漂亮的假说被一个丑陋的事实扼杀了，实验毋庸置疑地证明，能量 和动量守恒定律即使在单一原子层次上也是有效的。这一判决性实验釆用的正是康普顿 效应技术.第一批实验结果是柏林的W.玻特和H.盖革获得的，而后，A. H.康普顿和 A. W.西蒙得到了更为精确的结果。1925年4月21 H.玻尔一听到这个消息，立即写到： “目前最迫切的事情是，给我们革命性的努力以尽可能体面的葬礼”（见斯图威尔1975.

301：佩斯1982. 421）。同年7月，他在《物理学杂志》上发表文章，两次提到了革命。 他写到，“我们必须为这样的事实作好准备：经典电动力学理论所需要的推广，要求对 那些迄今为止一直描述自然的概念进行革命性的变革二这段插曲和玻尔对他的议论， 也许正显示了量子论的巨大威力，它是那样伟大以致于使人们不自觉地使用革命的语言。

第二十八章爱因斯坦论科学革命

对于许多历史学家，哲学家，社会学家和科学家来说，相对论革命已成为科学革命 的典范。但爱因斯坦却认为他的贡献应被视为物理学进步的组成部分，而不是物理学革 命性的发展。他从未写过专门的文章论述与进化規相对应的革命规这一主题，但他却在 许多场合下对此作过深刻的表述。

在评价爱因斯坦关于科学革命的观点时，我们必须注意，在他获得国际声望之前， 他的观点与其后来的观点是不同的。这也许能解释这样一个事实，他在1905年3月写给C .哈比希特的一封信中，把自己的光量子概念说成是“非常革命的”（希里格1954 . 89）. 但在1947年，他却强烈反对科学发展是由一股稳定的革命潮流所推动的观点。就我所知， 这封致哈比希特的信，是爱因斯坦唯一一次使用“革命的”这一词汇來描述他自己的工 作和本世纪物理学。其它关于爱因斯坦对科学革命的论述，或散见于他的通信中，或流 露在他的演讲中，或体现在他所写的有关自己的工作或其他科学家成就的文章里。因此 他的每一个见解必须放在特定的背景下去考察和理解。我发现没有证据表明爱因斯坦对 科学革命的模式有过什么重要的思想或曾建立有关科学发展途径的真正理论.我在这里 还要补充一点语言上的问題：爱因斯坦的母语是德语，因此，在理解和翻译上也会出现 问题.

在爱因斯坦发表了他的“非常革命的”光子概念，相对论以及对布朗运动的深入研 究成果一年之后，他明确地谈到他的忧虑，他担心也许他再也不会得到做出上述成就时 所具有的创造力。难道伟大的创造力真的穷尽了吗？ Igu年5月3日他写信给M.索洛文， 表达了他担心不再会做出新的重要的科学贡献的忧伤心情。他说：“我将要步入停滞不 前和思想贫乏的年龄段了，面对年轻人的革命热情，这个年龄段的人只能悲叹而已”

（爱因斯坦1956, 5：见費纳1971. 297： 1974）。这句话说得多少有点模糊，但我想其 含义之一就是，一个富有创造力的青年科学家容易产生“革命性思想”，因此他们很可 能形成“非常革命性的”观念。我认为不能把1905-1906年的两封信中发现的“革命的” 这个词汇看作与当时科学界流行的革命一词的含义有何不同.这就是说，爱因斯坦特别 强调光量子概念体现『很强的不连续特性，是物理学进程中的革命性突破。

爱因斯坦于】905至1906年对革命性科学的召唤与他1947年的评论形成了鲜明的对照。 1947年1月30日《纽约时报》刊登了这样一条新闻：“爱因斯坦的理论得到拓展二这是 指A.薛定谤的声明：“解决了一个30年悬而未决的老问題：爱因斯坦1915年的伟大理论 得到有力的推广，《纽约时报》报道说，薛定i号宣称他已将广义相对论从引力范围扩 展到电磁领域。这项研究是“我们科学家应当做的事，而制造原子弹却相反，薛定i号 的声明被人们视为是不够谦虚的。在此之前，《纽约时报》派人采访了爱因斯坦，要他 发表看法。釆访报道同有关薛定窝的新闻登在一起。它只引用了爱因斯坦的几句话，他

“目前还不能对此做出任何评价二爱因斯坦说：“我缺乏第一手材料”，而且“有关 科学上的事情”，他与薛定窝只有“有限的联系匚

但是，尽管爱因斯坦没有在新闻媒介上做出公开评论，他却写了一篇文章.其英译 本M.克莱因曾引用过（1975, 113）。爱因斯坦说：“读者得到的印象是每过五分钟就 会发生一次科学革命，简直就像某些不稳定的小国家发生军事政变一样爱因斯坦认 为（根据克莱因的引证）：“过多使用科学革命这个术语会使人对科学发展过程产生错 误的印象二爱因斯坦写道：这个“发展过程是前后连续几代最优秀的头脑加上不知疲 倦的劳动”，是“逐渐导致对自然规律的更深刻的认识过程二在这些文字中，我们可 以发现，尽管爱因斯坦强调科学进步的枳累的一面，但他没有完全排除偶然发生的革命。

克莱因发现：“只有当（科学上的）变革达到法国或俄国革命那种程度时，爱因斯 坦才特别地提到了科学革命二我们已经看到爱因斯坦一再提到麦克斯韦革命（或法拉 第，麦克斯韦，赫兹革命）。在他的“自传注释”（1949, 37）中，爱因斯坦指出：

“从引进（电磁）场而开始的革命绝没有完结。”克莱因（1975, 118-119）对爱因斯 坦的成就进行深入的分析后指出，爱因斯坦并没有真正创立新的“光量子理论”，而仅 仅是提出一个假说，它是“建立必要的新理论的一个富有启发性的向导二克莱因还指 出，在爱因斯坦提出相对论时，他没有宣称他“发现了新的基本理论二因此在他1907 年的论文中（1915年的文章中也是如此），爱因斯坦正确地指出狭义相对论不过是“一 个富有启发性的原理二对爱因斯坦说来，相对论不能构成一场革命。

尽管爱因斯坦在他1905年做出的三个伟大贡献中，只把其中的一个冠以“革命性的” 这样的定语，但他的科学界的同仁、学生、合作者和传记作者都赞成科学史家的规点： 狭义相对论、光量于论、对布朗运动的解释这三者都具有革命性质。其中他对布朗运动 的解释最不为人们所知，但它的革命性质是与生俱来的，齿为它为解决分子运动这一基 本问题提供了一个全新的方式。在研究分子运动时，爱因斯坦建立了“已给出的统计涨 落理论中第一个重要的方法”（克莱因1975. 116）o由波兰物理学家M. V.斯莫尔乌克 尔斯基同时独立提出了这一理论，被许多同代人看作是革命性的，特别是当它被J.佩兰、 斯维德伯格和其他人的实验证实以后.但爱因斯坦并不认为这一工作是革命性的，因为 “它不过是摆脱机械论世界观所得出的一个必然结果”（同上）。

爱因斯坦1905年论光的量子性的论文的革命意义已经在本书第27章中讨论过了。但 这里我们应当注意爱因斯坦在标題中用了 “启发性的” 一词.他所阐述的尚不是一个理 论，而是以一个假说为基础解释各种各样的现象，而假说的正误在他那里是无关紧要的， 它只是作为解释的基础。爱因斯坦直到去世时仍然没有将“理论” 一词向光量子假说联 系在一起，在他去世前一周.爱因斯坦纠正一位“爱因斯坦的光量子理论”的来访者， 爱因斯坦强调说：不，光量子“不是一个理论”，因为光量子和相对论不同，爱因斯坦 认为相对论是以前物理学逻辑的进化式的发展，而光量子假说同以前的原理不能相容。 他认为他得出的光的概念是奇特的，甚至是完全站不住脚的.因此他采用“革命的”作 为光量子假说的定语也许暗示了这种不合适的，甚至不正确的特性，而不只是它的新奇。

众所周知，爱因斯坦在他科学生涯的鼎盛时期，曾花費大量的时冋致力于创立“统 一场论二但没有取得成功。统一场论试图以一种内在联系的方式将引力和其它物质力 统一在一起，以期对物理世界进行准确完整的描述。M.克莱因认为爱因斯坦后来的关于 科学革命的见解是他对正在到来的革命的信念的一部分.这场革命将恢复物理学中某些 在20世纪的冲击下失去的性质。克莱因（1975, 120）写道：“当爱因斯坦心存疑虑地反 对声称这个或那个新发现的理论引起了物理学革命的时候，他指的是’真正的革命 牛顿世界观的旧体系已被抛奔，但他的天才后继者必须提出一个可理解的、一致的和统 一的物理实在图景，以代替已被抛弃的旧图景。没有给出完整新图景的暂时的思想成果 理应获得应有的评价，但爱因斯坦拒绝把它们称作是已经完成的革命二

让我们回过头來看看爱因斯坦对伽利略的评价。他和开普勒和牛顿一道是爱因斯坦 所崇拜的英雄人物。爱因斯坦不仅盛赞伽利略的科学成就，而且欣赏他工作所体现的主 导思想：“竭力反对任何根据权威而产生的教条。”爱因斯坦称赞伽利略貝承认“经验 和周密的思考才是真理的标准”，他评论说，伽利略的这种态度在那个时代是“多么危 险和多么革命这些话岀自爱因斯坦为S.德宙克英译的伽利略的《对话》所写的序言, 我们关于爱因斯坦和革命的讨论很快就会涉及这本书。

爱因斯坦的序言分别用德文和所谓的“S.巴格曼的权威英译本”的出版。尽管两种 版本中都出现门司一个词汇一革命的，因德文版有一段话中釆用了另一个完全不同的 词汇：bahnbrcchcnd (字面意思是“开创”)，按照“权威译本”，这段话的意思是

“对话的革命性的真正内容二在序言中，爱因斯坦把伽利略比作政治革命者。按照爱 因斯坦的观点，伽利略抛弃了古代学者的权威和偏见，而坚信自己的推理。因为在伽利 略时代，几乎没有“具有坚定意志，并且兼具智慧和勇气的人”敢于挺身而出，反对

“那一批无所事事的说教者，他们靠了人民的无知，披着牧师和学者的外衣”，借以 “维护自己的权势二爱因斯坦认为伽利略的地位是“开创性”和“革命的二但他没 有使用“伽利略革命”这样的词句。他懂得即使没有伽利略，在17世纪也能看到“腐朽 的文化传统的枷锁”被打破，他的谨慎说明他担心自己也难免具有“一般人的弱点”， 那就是“由于醉心于所崇拜的人物，而夸大了他们的地位”。

当时爱因斯坦已经熟练地掌握了英语，无论是写作还是讲演，但他还是宁愿用德语 写作。我们不知道他在审阅那个“权威译本”时有多细心，但我相信如果不能表达他本 人的思想的话,他绝不会放过用“revolutionary”代替"bahnbrcchcnd”的译法。当时 译者与爱因斯坦就在一起工作，难道是他歪曲『爱因斯坦的意思？无论如何，爱因斯坦 就在几行前刚刚用了 “革命的(revolutionary)” 一词，从上下文的意思来看，其用意 是毫不含糊的。四年前，爱因斯坦在他的“自传注释”(1949, 53)中，在叙述曾朗克 之后的时期也使用『同样的词：在普朗克的开创性工作之后(nach Plancksbahnbmchc ndcrArbeit).但这一次和他提到伽利略不同，他没有将普朗克的工作说成是“革命的二 他讨论r “根本危机一这场危机的严重是由于普朗克深入研究r热辐射而突然被人们 认识到的”(1900, 37)。

爱因斯坦在他的“自传注(1949, 32-35)中讨论了麦克斯韦理论的革命性，他 用“伽利略•牛顿组合”对比“法拉第•麦克斯韦组合”，其中每一组合中的第一人都抓 住了“定性的联系二第二个人则都是把这种联系用精确的公式表达了出来，并且使它 们可以定量地运用。我们相信，凡是对照读过“自传注释”和“对话”序言的人都不能 不得出这样的结论：爱因斯坦承认有两次伟大的革命.第一次是以伽利略革命为先导的 牛顿革命，在他们那里质量和加速度的概念同力的新观念联系『起来，这是一种超距作 用力。第二次是在一定程度上基于法拉第电磁感应观念上的麦克斯韦革命，他们引进r 场的概念来代替牛顿的“超距作用”一爱因斯坦非常确切地强调说“场同样也描述了 辐射"(1949. 35)。

1927年《自然科学》上发表了一篇爱因斯坦撰写的纪念牛顿的文章，他写道：“由 法拉第和麦克斯韦发动f电破学和光学革命……这一革命是牛顿革命以后理论物理学的 第一次重大的根本性的进展二从上下文可以看岀，爱因斯坦在这里似乎也隐含若承认 了牛顿革命。这里爱因斯坦没有像在其它文章中那样使用“revolution” 一词，而是使 用『“法拉第-麦克斯韦的电磁和光学革命(umwalzung)”。我们知道，umwalzung -般 被视为revolution的同义语。

爱因斯坦在后来评述牛顿的文章(1927： 1954. 260)中表达『他自己的看法.他提 出：“广义相对论是场论研究规划的最后一步”。然后他说：“从量上看来，他自己对 牛顿的学说只作了很小的修改，但从质的方面说来，他的改进则是深刻的”。这是爱因 斯坦对广义相对论进化的特性的经典论述。“修正了的牛顿理论”这句话表达了爱因斯 坦的内心思想：他的工作只是一种改进(transfbrmaion),而不是全新的创造。我们知 道，认识到这是一场改进绝不会贬低我们对新的观念可能带来的革命性变化的估价。在 这篇文章中，爱因斯坦说：“麦克斯韦和洛伦兹的理论不可避免地会导出狭义相对论， 狭义相对论既然放弃了绝对同时性观念，也就排除了超距作用力的存在二他希望读者 认识到狭义相对论是进化的台阶，尽管我们也许看到了这样一种改进的意义是如此重大， 因而不论其进化特性如何突出，它也能被看作是革命性的。在文章中，爱因斯坦深刻地 如实地揭示了狭义相对论和广义相对论的意义。而对大多数历史观察家来说湘对论似乎 不仅是革命的，而且是最高层次上的革命。

进化这一主題在爱因斯坦的许多文章里都作r阐述。他在伦敦《泰晤士报》（1919 .H. 28爱因斯坦，230）上的一篇通俗文箪中写道：“狭义相对论”只是“麦克斯韦和 洛伦兹电动力学的一个系统发展--1921年在伦敦皇家学院所作的一次演讲中，爱因斯 坦进一步发挥r这一思想，他说：“相对论……可以说是完成『麦克斯韦和洛伦兹建造 的巨大的智慧大厦”，他试图把“场物理学推广到各种现象，包括引力在内”（同上， 246）O然后他臺不含糊地声明：'‘这里我们并没有革命的行动，它只是一条可以追溯到 几个世纪前的发展路线的自然延续二下面我们即将考察爱因斯坦的这一声明是否是对 新闻媒介的夸张所做出的反应。但我们应当注意到，进化的主题同样在他的其它演讲中 以及后来的文章中出现，例如在评价牛顿的文章（p. 261）中，爱因斯坦讨论了 “我们 关于自然过程的观念的进化二然而，试图把爱因斯坦的见解纳入一个简帆的模式所面 临的困难是，事实上，即使在同一篇文章里，爱因斯坦所描述的科学发展的图景也是十 分不同的：“我们的基本观念的革命自19世纪末已开始发生了二德文原文是这样写的： Mcin umschw-ungdcr grandanschauungcn由巴格曼（爱因斯坦 1954. 257）翻译成英 语是：“我们的基本观念发生的渐变二可是我们或许能参考爱因斯坦论述麦克斯韦的 文章，得到对这句话理解的一点启示（见前面第20章爱因斯坦这样写道“在任何时 候，这场伟大的变革（或革命）都将和法拉第、麦克斯韦和赫兹的名字联系在一起二 但在紧接着的下一句话中，爱因斯坦用了 “革命（revolution）- 一词来描述这一事件， 这使我们清楚地看到他把“变革（umschwung）-用作“革命”的同义语。爱因斯坦评价 牛顿文章第一位翻译者将“umschwung”翻洋成Hrevolution"（这是许多词典中这个词 的第一个释义），但却改变『作者的语法关系，变成“我们基木观念中的逐步革命二 也许这为科学史的变化引入了一个新的概念，而事实上它在逻辑上是自相矛盾的。可是 我们无论选择这个词的哪一个释义，毋庸置疑的是爱因斯坦确信科学中伟大的革命性变 革能够发生且已经发生，但它们很少（如果有的话）是与过去的思想没有任何逻辑联系 突发性的、戏剧性的和无法预期的变化。然而他本人从未在公开场合或私下说相对论是 这样一场革命。

吉拉德•霍尔顿在1981年写过一篇评述爱因斯坦的文章，他讨论了爱因斯坦关于 “科学理论是通过进化而发展的思想”（P. 14）。他强调爱因斯坦的主张：“物理学理 论最美妙的命运是能指出一条建立一个包容更广的理论的途径，而旧理论本身则是新理 论的一种特例二特别具有说服力的是爱因斯坦第一次来到美国时所作的演讲（《纽约 时报＞）.1921. 4. 4 见霍尔顿 1981, 15）：

目前在公众中广泛地流传着一个错误的见解，认为相对论同牛顿、伽利略以来的物 理学格格不入，同他们的推理完全对立。而实际情形与此相反，没有伟大的物理学前辈 的发现，没有他们建立的前导理论，相对论简直是不可想像的，它没有赖以生存的基础, 凭心而论，没有以往必须作的工作，相对论不可能适时出现。那些为建立相对论奠定基 础的人有伽利略、牛顿、麦克斯韦和洛伦兹。

米歇尔•布宾在哥伦比亚大学介绍爱因斯坦时说，他是一种理论的创立者，而这种理 论是“动力学的一次进化，而不是一场革命二当时他对爱因斯坦的立场一定会心领神 会的.

上述爱因斯坦的见解表明，用一句话来概括爱因斯坦是否相信科学中发生了革命是 多么困难。他一定知道大多数人（不论是科学家还是非科学家）都认为相对论是一场革 命，因此他不厌其烦地（在不少场合下）指出相对论迈出的是逻辑的、进化的一步，而 不是与旧观念的直接决裂的一步。他不只一次说有麦克斯韦革命，而且在1953年他臺不 含糊地介绍伽利略的《对话》时运用『“革命性” 一词，语气显然比他半个世纪前称自 己的光量子为’‘富有启发性的”加重r许多。

探讨爱因斯坦有关科学革命和科学进化的思想，我们不该忘记，爱因斯坦从未写过 有关文章，也没有在有记录的谈话中，或在我们能收集到的信件中专门讨论这一主题。 而且我们知道爱因斯坦在许多方面都是一位很谦虚的人，因此他会极力反对在报刊上宣 传他发动r科学革命。在他的一次最为坦率的表态中，他突出反对的是新闻媒介给人造 成了这样一种印象：科学革命“每五分钟”就会发生一次。但应当注意的是，即使在爱 因斯坦尖锐反驳对薛定i号的成就过分渲染时，他也没有完全排除发生科学革命的可能性。 天件谦和与对新闻机构作法的反感很可能是爱因斯坦把自己开创的革命看作为“进化” 的主要原因。

此外，对年轻的富有理想的知识分子来说，在1905和1906年出现“革命”一词，同 1917年后的意义完全不同。爱因斯坦把他的工作看作是进化的而不是革命性的主要论述， 是在1917年俄国革命和第一次世界大战结束后很快遍及中欧的革命夭折后做出的，当时 柏林的大街上还在进行若血腥的战斗。从20・50年代，正如我们所知，爱因斯坦乐于撰写 论述伽利略（也许还有牛顿）革命的文章，他还多次写过评述麦克斯韦革命的文章。我 认为，重要的是在爱因斯坦40年代写的自传中，占有突出鲜明地位的，是他对麦克斯韦 革命的论述，那是一种强烈而明快的论述。当爱因斯坦谈到麦克斯韦革命是由法拉第、 麦克斯韦和赫兹共同做出（还附加了麦克斯韦具有“狮子般的领袖地位”）的时候，臺 无疑问他强调的是观念变革的深度，而没有顾及时间的跨度。因为法拉第的论文发表于 19世纪30年代，赫兹的论文发表于】9世纪90年代，这场革命横跨半个多世纪的漫长时冋。 这个例子表明爱因斯坦思想中的伟大科学革命不能同突发性的、剧烈的政治事件进行严 格的类比，政治变革是以统治形式的更替为特征的。

爱因斯坦先前的助手巴纳什-霍夫曼曾写过几部关于爱因斯坦和现代物理学的书。 他告诉我他从未听到爱因斯坦说过任何反对发生科学革命的话。在霍夫曼同爱因斯坦长 期的秘书和朋友合作写的一本书中，霍夫曼依据大量有关爱因斯坦革命的论述，发现爱 因斯坦的科学規并不自相矛盾。霍夫曼把爱因斯坦曾用于伽利略和麦克斯韦的科学但没 有用于他自己的科学的那些评语照搬于爱因斯坦的科学。英费尔德在他所写的论述爱因 斯坦和相对论的书中，称狭义相对论是“第一次爱因斯坦革命”（1950, 23： 40）.广 义相对论是“第二次爱因斯坦革命二英费尔德是爱因斯坦的亲密助手，并和爱因斯坦 合作完成『《物理学的进化》（1938） —书。英费尔德评价爱因斯坦对量子理论的贡献 是量子理论“这场未完成的伟大革命”的一个主要步骤，它是“革命的同时也是调和的二 记者亚历山大-莫斯柯夫斯基曾报道过大量同爱因斯坦谈话的内容，他说狭义相对论体 现了“物理学思想的革命性转变”（1921, 113）,广义相对论要求“革命性的自然观念” （p. 6）. “我们中冋很少有人意识到沿着爱因斯坦观念的发展线索，等待我们的是更 深刻的内在革命（p. 141）,普朗克，这位在思想和言论上均比较保守的人在宣称爱因 斯坦工作的极端革命性方面显然没有统臺的犹豫（霍尔顿1981. 14）：

这种关于时间的新的思维方式极大地要求物理学家具有抽象和想像的能力。他远远 超过在理论科学研究中甚至在知识论中取得的任何惊人的成就……，相对论引起的世界 观的革命，就其影响的深度和广度来说，只有哥白尼引进的新的宇宙体系所导致的革命 可与之相比。

但丹尼斯•西夏马（1969. ix）发现：“牛顿运动定律其自身的逻辑是不完整的， 从中产生的问题一步步导致了极端复杂的广义相对论有许多科学家和历史学家认同 爱因斯坦的观点，认为相对论是已有科学观念的扩展和改进，同样也有许多证据表明相 对论是本世纪最伟大的革命之一，是一场主要的科学革命。

爱因斯坦在大量文放中以及自传中都认为，进化和革命均是科学发展的要素，现今 已经成为两项重要的研究课题。吉拉德•霍尔顿（1981）集中研究爱因斯坦关于相对论 进化性质的表述和他1947年声明反对薛定诲宣称的革命的立场。因此他只是提到了但并 没有讨论爱因斯坦致哈比西特的有关量子理论的信，也没有考察爱因斯坦许多关于麦克 斯韦革命的论述。另一方面，马丁 •克莱因（互975）在了解到爱因斯坦关于相对论是科 学进化过程中的一部分这一思想的同时，他也研究了爱1\*1斯坦关于革命的论述一这类 论述同麦克斯韦、薛定i号和爱因斯坦自己的光量子假说联系在一起。

第二十九章大陆漂移和板块构造说：地球

最近发生的地球科学革命，由于具有一些表征科学革命全部性质的特点而引人注目。 但这场革命也因显示出我们这个时代科学所独有的特性发人深思。从根本上讲，这场革 命包括抛弃大陆是在一个固定的基础上形成、生长或发展这一传统观念，引进了大陆在 地球表面彼此之间以及相对于洋底“漂移”这一如此激进的概念。这场革命的一个特征 是其板块构造说，亦即：地球表面被分成一个个刚性板块，包括大陆和洋底，它们相互 之间相对于地底在作非常缓慢的漂移运动。

大陆漂移说是阿尔弗宙德-魏格纳（1880-1930）在1912年一篇重要的学术论文中 提出来的，并且在几年后（1915）出版的一部专著中加以发展和完善。人们几乎立刻就 意识到了这个假说潜在的革命性质，因为它要求对地理学的全部基础进行重新修订。20 世纪20・30年代冋，地理学家对大陆运动的观念进行了广泛的讨论，结果，反对意见几乎 是同声一片。因此，魏格纳提岀的地球漂移说长期以来处于我所说的理论革命阶段，直 到SO年代中期，不断发现的新证据才越来越对大陆可能运动的假说有利。但直到本世纪 60年代，一场地球科学革命才真正发生.

历史分析表明，这场地球科学革命结束了长达半个世纪之久的理论革命状态外仅仅 是因为人们勉强接受了一整套已处休眠状态或早先被摒奔的观念或理论。这场科学革命 伴随着研究地球的新手段和传播知识的新技术的产生而产生.不仅许多地球科学家沿着 非传统的路线思考，而且，有不少物理学家也投入了地球科学的研究之中，并做出『伟 大的发现。因此，最终发生的地球科学革命并不仅仅是长期受到抵制的、作为传统观念 的一次根本性转变的大陆漂移说的简単复活，而且还创立了新的板块构造理论来描述大 陆的漂移说的简单复活，而且还创立了新的板块构造理论来描述大陆的运动.从某种意 义上说，魏格纳的原始理论并未导致一场科学革命，但是，最终的科学革命确实体现『 魏格纳理论中大陆运动这一中心思想和把地表分成两类地域（陆地和海底）的观念。

这场革命的一个最突出的特点就是，处在学科工作中的地理学家普遍意识到他们正 在经历一场地球科学革命。许多科学家撰写文章或专论都强调了考察大陆和地球的思维 方式所发生变化的革命性质：他们写出了标题醒目的著作，如《地球科学中的革命：从 大陆漂移说到板块构造说》（哈拉姆1973）或《地球科学革命的严峻年代》（格伦1982）» 强调革命性不仅是后来历史性或评论性文章和书籍的特点，也是地球科学革命年代中学 术论文的特点。例如，《科学》杂志中的一篇颇具新意的学术论文（奥普代克1966）的 标题是“南海深海岩心的古礎研究”，它的副标题是“确定地域历史事件发生时冋的革 命方法1970年，在讨论“新的一类错误”期间，J. T.威尔逊声称最近关于地磁逆转 的发现构成了地球科学中的“革命二在（国际科学联合会理事会的）“上地幔计划”

（U. M. P.）的最终报告（1972）中，“U. M. P.实施期冋提出的板块构造的统一概 念”被说成是地球科学中的一场“革命”（舒利文1974. 343）。

20世纪70年代发表的有关历史评述和总结性著作（主要由母语是英语的科学家著述） 所体现的革命意识在某种程度上反映了这一事实：20世纪60年代大陆漂移和板块构造说 为人们所接受是与库恩1962年出版的《科学革命的结构》产生的巨大影响分不开的。因 此，阿兰•考克斯（1973）安东尼•哈拉姆（1973）、乌苏拉•马文（1973）和J. T. 威尔逊（1973、1976）在讨论和评述大陆漂移理论的最新发展时都特别提到了库恩。这 场科学革命还由于在其后的十几年冋出现了一系列出色的历史著作而引人注目。这些著 作有许多本身就是地球科学家撰写的，其中一些科学家亲自对这场革命做岀了根本性的 贡献.

作为对最近这段历史的考察结果，我们现在已经知道，弗兰西斯•培根不是大陆运 动观的创立者（马文1973）。他仅是指出非洲和秘鲁西海岸之间有一种大致的吻合。几 乎两个世纪之后的亚历山大•冯-洪堡也没有通过认识大西洋两边海岸线之间的相似， 从而进一步提出两个大陆曾经是连在一起，以后才分开的。但是，1859年，居住在巴黎 的美国人安东尼奥-斯尼德一佩宙格里尼用法文写的名为《创世纪及其未解之谜》这本 边缘书中，首次提出『原始大陆分裂和组成部分移动的思想。有人还宣称，奥地利地质 学家爱德华•苏斯是大陆漂移说的早期倡导者，正如马文（1973）所指出的，这个看法 是完全错误的。但是苏斯在20世纪初确实曾提出最初有两块古生代大陆，“亚特兰蒂斯” （位于北大西洋）和冈瓦纳大陆（在南大西洋）。他把后者命名为冈瓦纳，这是印度中 部地区（巩德人居住地）。苏斯像19世纪一些先驱一样，认为我们现在的大陆是更大的 原始大陆的遗迹，其碎片已沉没到海底盆地。但他并没有提出原始大陆的分裂过程，因 而也就没有建立我们今天所理解的大陆漂移思想（马文1973. 58）»

一个更能说明问题的例子是美国地质学家F. B.泰勒。他在1910年发表了长篇论文, 首次提出『一个具有内在逻辑性的、连贯一致的假说，这个假说包含了某种我们今天所 理解的大陆漂移说的成份（哈拉姆1973. 3）。这个假说最早是在1898年出版的一本小册 子中阐述的，但泰勒的理论主要是依据天文学，而不是地理学或地质学。他假设很久以 前地球俘获r一颗彗星，它后来成r今天的月亮。这场天文学事件增大了地球的旋转速 度，产生了更大的潮汐力，这两种作用的合力将大陆从极地拉开。在他1910的论文中以 及后来的出版物中，泰勒用地质学证据（爱尔德宙季1976. 271）进一步完善了他的大陆 运动的论点，但是这些没有引起地质学界的普遍重视（马文1973. 63-64L 1911年， 另一位美国人，H. B.贝克尔指出，存在一种由宇宙力包括太阳系行星的摄动引起的大 陆移动（同上，65）。当魏格纳出版他的著作时，他总结了许多前人的工作，有一段详 细讨论了泰勒的贡献。但是魏格纳两次宣称他“仅仅是在漂移理论的基本轮廊已经形成 时，才了解到泰勒所做的这些工作”（同上，8-10）.在这部著作的最后一版（1962中， 魏格纳在历史回顾部分中又加上了一些新的人名。他在这一版中写道：“我还在F. B. 泰勒1910年的著作中发现了与我的理论非常相似的观点”。

魏格纳的大陆运动理论

地质学家和地球物理学家开始对大陆漂移假说进行认真的讨论是在A.魏格纳的著作 出版以后。从所受的教育和个人职业看，魏格纳并不是一个地质学家，而是天文学家和 气象学家（他的博士论文是天文学史方面的），魏格纳的学术生涯先是在马尔堡谋得r 一个天文学和气象学的职位，后来在格兰兹获得『一个气象学和地球物理学教授的职务 （1924-1930）.在二、三十岁时，他一直在格陵兰进行气象考察» 1930年，在第三次探 险时，他献出r生命。按照曾与魏格纳一起进行第一次考察的劳格•科赫的说法，大陆 漂移思想是魏格纳在观察海水中冰层的分解时形成的。但是魏格纳自己只是说，大约是 在1910年的圣诞节期间，他突然被大西洋两边海岸极度的相似和吻合所震惊，而这一点 启发他思考大陆横向运动的可能性。

很明显，魏格纳当时并没有认真地看待这一思想，反而认为“这是不可能的”而放 奔了（魏格纳1924. 5： 1962. I ）.但他确实在第二年秋天开始建立他的大陆运动假说。 他说他当时“相当偶然地”读到『“一篇描述非洲和巴西古生代地层动物相似性的文献 摘要”（马文1973, 66）。在这篇摘要中，大西洋两岸远古动物化石的相同或相似被用 来证明当时非常流行的、非洲和巴西之间存在陆桥的说法。例如，蛇很显然不能渡过浩 瀚的大西洋。因此，在南大西洋两岸发现同样的或十分相似的蛇化石，就证明很久以前 的南美洲和非洲之冋存在一条陆路通道的可能性是相当大的。如果换一种相反的解释， 即假设在这两个地区的大部分土地上存在极其相似但又是相对独立的生物进化过程，而 这是完全不可能的。

魏格纳对化石的相似性的印象非常深刻，但他不同意这两块大陆曾由某种形式的陆 桥或由现已沉没的大陆联结起来的假说。因为这些假设需要进一步对这些陆地或陆桥的 沉没或崩解做出解释，而对于这些不存在任何科学证据。当然，大陆之间确有陆桥存在， 如巴拿马地峡和曾存在过的白令地峡，但没有真正可靠的证据证明古代跨越南大西洋的 陆桥。作为一种替代性的理论，魏格纳把他早年关于大陆漂移的可能性的思想重新发掘 出来，并且按照他的说法，把原来纯梓是“幻想的和非实际的”、“没有任何地球科学 意义的、只是一种拼图游戏似的奇思异想，上升有效的科学概念。魏格纳在1912年的一 次地质学会议上，引用了各种支持证据，对他的假说作了进一步的发展，概括并总结r 他的成果。他最初的两篇论文在当年的晚些时候发表。1915年他发表『专題论文《大陆 和海洋的起源》(Die Entstchung dcr kontinente und Ozcanc)。魏格纳在这部著作 中，详细罗列『他所发现的所有支持大陆漂移说的证据。该著作的修订本于1920、1922 和1929年陆续出版，并被译成英文、法文、西班牙文和俄文。在译自1922年德文第三版 的英译本(1924)中，魏格纳的表述\*\* Die Vcrschicbung dcr kontinente"被准确地洋 为“大陆位移”，但很快就被普遍使用的术语“大陆漂移”所取代。

魏格纳将自己的论点建立在地质学和古生物学论据的基础上，而不仅仅是海岸的高 度吻合，他若重强调大西洋两岸地质学的相似性。在他的著作的最后一版中，他引用了 来自古气象学的证据o 1924年，他还与科本合作撰写了一部关于古气象学的专著，并由 此推论地球的极地始终是在迁移的(要详细『解魏格纳关于地理学、地质学、生物学、 古气象学、古生物学方面的论点和论据，清参阅哈兰1973年出版的著作的第2箪)。魏格 纳认为，在中生代并一直延续到不太遥远的过去。曾存在过一个巨大的总陆地或原始大 陆，他将其称为“庞哥-(Pangaea).这块原始大陆后来破裂，庞哥碎片的分裂、位移， 逐渐形成『我们今天所处的各大陆的格局。他认为，大陆漂移(或称运动、移动)的两 个可能的原因是：月亮产生的潮汐力和“极地漂移”力(pohlflucht).即由于地球自 转而产生的一种离心作用。但是，魏格纳懂得，大陆运动的起因这一难题的真正答案仍 有待继续寻找。他在他的著作(1962 , 66)中写道，大陆漂移理论中的牛顿还没有出现。 这话与当年居维叶、范托夫和其他一些人的心态是多么的相似。他承认，“漂移力这一 难题的完整答案，可能需要很长时冋才能找到二现在看来，魏格纳最根本也是最富创 造力的页献在于，他首次提出大陆和海底是地表上的两个特殊的层壳，它们在岩石构成 和海拔高度上彼此不同这样一个概念。在魏格纳所处的时代，大多数科学家认为，除『 太平洋以外，各大洋都有一个硅铝层海底。魏格纳的基本思路后来为板块构造说所证实。

尽管魏格纳的大陆漂移理论长时间姓于理论革命阶段，但这并不意味着他的思想没 有引起注意或没有追随者。事实上，当时的情况远非如此！ 20世纪20年代，国际科学界 就此展开了一系列全球性的激烈论战。1922年4月160.在影响巨大的《自然》杂志(v oi. 109. p. 200)上，发表了一篇未署名文章，对魏格纳著作的第二版(1920)进行了 评论。这篇文箪详细概括『魏格纳理论的基本观点，并希望这部著作的英文本能早日面 世。“考虑到许多地质学家持强烈的反对意见”，文章的作者指出，如果魏格纳的理论 最终被i正实，将会发生一场与“哥白尼时代天文学观念的变革”相似的“思想革命’

(P. 203)。一位名叫O.巴辛的人，在听了魏格纳的一次演讲后，在德国最重要的科学 杂志《自然科学》(1921, 219-220)上的一篇文章中写道，在柏林地理学会听过魏格 纳演讲的人，“都绝对地被征服魏格纳的理论得到了 “普遍赞同二尽管在随后 的讨论中有过一些小心的反对意见和善意的警告。巴辛的结论是：“没有反对魏格纳的 充分理由，但是，在理论得到臺无保留地接受以前，还必须找到更加坚实可靠的证据。”

在英国《地质学杂志》1922年8月号的一篇评论中则出现了完全不同的声音，在这篇 文章中，菲利普•較克直率地指出，魏格纳“不是在探求真理，而是在为一种理由辩护， 而对反对这一理论的事实和论点置之不理”。在美国，《地理学评论》1922年10月号上 发表了 H. F,宙德的文章，他尖刻地指出，他所了解的所有事实无不是对大陆漂移和极 地迁移理论的致命打击。在同一年秋天，大陆漂移说也成了英国科学促进会年会上探讨 和争论的主题。公开发表的由W. B.怀特撰写的年会报告将这一事件描述成“活跃的也 是毫无结果的二但是，1922年3月16日的《曼彻斯特卫报》发表了 F, E.维斯教授的 《大陆移动：新的理论》这一署名文章。维斯指出，魏格纳的理论“对于地理学和地质 学都是极为重要的”，“对于生物科学也大有裨益二他最后总结说，这一理论“是一 个极好的科学假说，它将大大激发进一步的探究二

20世纪20年代有关大陆漂移的主要科学事件，是1926年由美国石油地质学家协会在 俄克拉何马州的图尔萨召开的一次辩论会，会议论文集《大陆漂移理论：魏格纳关于陆 地起源和运动的论文集》于1928年出版。出席那次辩论会的有魏格纳本人和F. B.泰勒, 其他11位与会者中，有8位美国人和3位欧洲人。会议主席，荷兰地质学家，马兰德石油 公司副总裁W.格拉赫特为这本文集写了支持大陆漂移说的长篇序言和驳斥反对意见的后 记。这两篇文章占据『该文集一半以上的篇幅。一些与会者（耶鲁大学的C. R.郎格维 尔，都柏林大学的J.乔里.德尔夫特大学的G. A. F.莫兰格拉夫，格拉斯哥大学的J. W,格利高里，霍普金斯大学的小约瑟夫・T.辛格瓦尔德）对这个理论深表怀疑，但他 们的态度是宽容的，而另一些人（斯坦福大学的贝莱•威利斯，芝加哥大学的罗林・T. 钱伯林，美国海岸和大地测量局的威廉•玻维，霍普金斯大学的爱德华.贝利则极力坚持 他们提出的相反的地质学论据，并且故意用一种伪科学的和错误的方法为他们自己进行 辩护，他们还以嘲讽的口吻宣称，他们的作法与魏格纳的思维方式和著述风格是完全一 致的。从今天占优势的观点反过来看，这些批评中充满的仇视和恶意的情緒是耐人寻味 的。很显然，魏格纳确实已经向地球科学和牢固的传统信仰的基础发起『正面攻击。

魏格纳假说在诸多方面招致反对.首先,它直接反对几乎所有地质学家和地理学家 的传统思想。这些人从懂事时起受到的一直就是旧有理论的教育，这种理论认定大陆是 静止的，地表是固定不动的。大陆漂移说则认为，陆地之间存在一种相对的横向运动。 这个大胆的设想就像伽利略时代的哥白尼学说一样，在世人眼中是荒谬的“异端”’

“。其次，新的假说认为，对于最肤浅的观察者来说，地球显然是刚性的，而事实并非 如此。不过，魏格纳的假说也由此带来J'新的问题，正如地球物理学家哈•杰弗里斯等 人很早就指出的,大陆漂移似乎需要巨大的、几乎无法想像的动力，它远远超过魏格纳 本人提出的潮汐力和极地漂移力。争论的焦点似乎可以用形象的语言加以描绘：“脆弱 的陆地之舟，航行在坚硬的海床上”（见格伦1982. 5）, 一般人都认为，这显然是不可 能的.

在科学史上，对新理论的提出者往往进行怀有偏见的指责，试图将已开始的科学革 命扼杀在萌芽状态，不幸是一种普遍现象。不仅魏格纳的方法受到攻击，而且因为他没 有专业文凭，不是地质学家，而是一位德国气象学家，因此，他被拒绝参加地质学会议， 耶鲁大学古生物学名誉教授査理•舒克特（1982. 140）.把大陆漂移假说称为“德国理 论”，而且，他以明显赞同的态度引用P.特迈（法国地质勘探局局长）的话说：魏格纳 的理论仅仅是“一个漂亮的梦，一个伟大诗人的梦”，当人们试图拥抱它时，将发现

“他得到的只是一堆泡沫和一缕清烟二而且在舒克特看来，“魏格纳的归纳太轻率了， 根本不考虑地质学的全部历史”（p. 139）,他只是一个局外人，一个在古生物或地质 学领域中没有做过任何实际工作的人。舒克特断定：“一个门外汉把他掌握的事实从一 个学科移植到另一个学科，显然不会获得正确的结果”。

魏格纳被拒绝一一至少部分是因为他不是地质学“俱乐部”的成员，这一点已经被 文献所证实。哈•杰弗里斯在攻击魏格纳的理论，证据和科学方法时，宣称“魏格纳基 本上是个气象学家1944年，切斯特・R°郎格维尔在《美国科学杂志》（vol. 242. p. 229）上的一篇文章中虚伪地指出：“仁爱的评论家们指出”，魏格纳的前后不一致 和种种疏忽“可以得到宽容，因为他不是地质学家二更有甚者，直到1978年，乔治・ 伽罗德•辛普森（1978. 272）还一再重复他早年的观点，认为“魏格纳的大部分古生物 和生物学依据，要么是歧义的，要么是完全错误的。”他指责魏格纳（这个“德国气象 学家”）竞然敢涉足他“没有第一手知识”的领域。

20世纪30M0年代，大多数地质学家都赞同杰弗里斯在其颇有影响的著作《地球》第 3版（1952）中所表述的观点：“30年代为大陆漂移说进行的辩护，没有产生经得起检验 的理论二保守的地质学家和古生物学家甚至把大陆漂移的观点用作课堂上“解闷的笑 料”。哈佛大学古生物学教授帕西-E。由蒙德，告诉他的学生，泥盆纪的瓣鳄纳斧足动 物有一半在美国发现而另一半在爱尔兰发现。这两部分“吻合的相当好”，因而肯定是 “同一瓣變纲斧动物的两半，这是被魏格纳的假说将其在更新世一分为二的”（马文19 73, 106）»

然而，本世纪20-30年代，支持魏格纳的也大有人在.哈佛大学的宙金纳德・A.戴 利赞同大陆漂移的基本思想，尽管他不是严格的魏格纳派，而且他本人有一次也说过魏 格纳是“一个德国气象学家二戴利提出了他自己的大陆运动学说，现在看来这一学说 已经有些“接近现行的板块构造模型之门（马文1973. 99）。在他那本《我们这颗 运动的地球》（1926） —书的扉页上，戴利写下了 “EppursiMuovc” 一一这是伽利略 在被迫放弃他一直信仰的哥白尼的地动说时所说过的一句辩解的话。（-Eppursi Muo vc"意思是“地球仍在运动”）。

20年代，魏格纳观点的主要支持者之一是瑞士诺伊夏特地质学院的创始人和院长埃 米尔•阿岗德» 1922年，在第一次世界大战结束后的第一次国际地质学会议上，阿岗德 勇敢地站出来支持魏格纳提出的“亚洲板块构造”的基本思想，阿岗德不仅收集并整理 了大量支持魏格纳学说的论据，而且在划分魏格纳的“运动说”和传统的“固定说”的 界限方面作了有益的工作。他宣称，“固定说不是一种理论，而是对几种粗糙理论的消 极拼凑”（阿岗德•卡洛兹1977. 125）.尽管阿岗德确定无疑地赞成“运动说”并列举 了支持这个学说丰富且详细的证据，但他不得不承认：“对产生大陆漂移的力，目前我 们还一无所知”（p. 162）。

为年代魏格纳的两个主要支持者是亚瑟-霍尔姆斯（许多人认为他是“本世纪英国 最伟大的地质学家”）（哈拉姆1973, 125）和南非地质学家亚历山大-柱-托依特。1 928年那部美国大陆漂移论文集出版时，霍尔姆斯接受了大陆漂移说，并在1928年9月号 的《自然》杂志上发表了一篇评述该论文集的文章。他在文章中指出：“所有反对意见…… 主要是针对魏格纳本人而不是他的基本观点二他还指出，“当人们似乎发表完了所有 观点之后，接若又出现『比泰勒和魏格纳已提出的更强有力的证据支持大陆漂移说。” 霍尔姆斯不但接受了大陆运动的一般观点并成为大陆漂移说在英国的主要辩护人，而且， 他还提出『新的产生漂移运动的力学原因。按照他的见解，地慢（地球紧临地壳下的那 一部分）中熔岩的对流运动会导致山脉的形成和大陆的漂移（马文1973. 103：哈拉姆1 973, 26）。杜•托依特生活于约翰内斯堡，像乌苏拉•马文（1973, 107）提醒我们的 那样，“生活在古代冈瓦纳大陆的中心，那片大陆的漂移证据最为充分，”他在一本名 *为*《我们奇妙的地球》（1973）（副标题是“大陆漂移假说”）的书中总结了自己的观 点。这本书的献辞是，“纪念魏格纳及其他对我们地球地质学作出的卓越贡献”，在这 部书中，杜•托依特提出了一个于魏格纳学说略有不同的地球理论（见马文1973, 107- 110：哈拉姆1973. 30-36）,例如，杜•托依特提出，原始大陆并非像魏格纳所说的只 有一个一庞哥，而是有两个，即北半球的“劳洛细亚和南半球的冈瓦纳”。

杜-托依特把反对魏格纳假说的原因归结为两个因素：一是缺乏令人满意的产生漂 移的力学机制：二是“顽固的保守主义二他认为后者是整个地质学史中的一个特点。 然而，柱•托依特十分清楚，接受大陆漂移说意味若要“重修我们全部的教科书，不仅 是地质学的，而且还包括古地理学，古气象学和地球物理学的教科书”（P. 5）。他说， 臺无疑问，“漂移说体现了一个伟大而又根本的真理”，而泰勒和魏格纳提出r一个 “革命性”的假说（p. Vii）。

杜-托依特并不是唯一将魏格纳的理论看作是“革命性”的人。1921年《自然科学》 杂志上的撰文者，1922年《自然》杂志上未署名的评论者，1922年F. E.维斯，1926年, 凡•德•格拉赫特以及其他一些朋友和敌手，都使用过这一术语。戴利（1926, 260）把 大陆漂移理论说成是“新的令人惊异的解释”，许多地质学家认为它过于离奇，甚至是 惊人的，是一个“革命性的观念”。菲利普•簌克也暗示过魏格纳观点的新奇性和革命 性，他曽指出，“陆地运动对于我们来说，犹如地球运动对于我们的祖先一样不可思议” （1922. 338）。在《地质学杂志》1928年发表的一篇评述《图尔萨论文集》的文章中， 救克明确地使用了魏格纳的“革命性理论”这样的用语。

魏格纳自己十分清楚，他的新观念具有潜在的革命性。1911年，也就是在他公开发 表他的新观点的前一年，魏格纳写信给他的同行、教师W.科本。他写道，为什么我们 “犹豫不决，不愿放弃旧观点？ ”“为什么人们极力阻止新的观念达十年甚至三十年之 久？也许就因为它是革命性的？ ”接着他为他的反问附上了大胆而又简单的答案：“我 认为旧观念的寿命不会超过十年了”！

由于大陆漂移说的革命性质，必须有比通常更为有力的证据才能使得这一理论获得 科学家共同的支持。要使任何根本性的或彻底的变革为科学界所接受，要么必须有无懈 可击或无可辩驳的证据，要么必须有超过一切现有理论的明显的优越性。显然，在本世 纪20.30年代，魏格纳的理论尚不具备上述两个条件。事实上，直到50年代以后才找到了 这种“无懈可击”的证据。而且，接受魏格纳的观点就意味着必须对全部的地质科学进 行彻底的重构.显然，在缺乏无可辩驳的证据的情况下，人们当然不愿意这样做。芝加 哥大学地质学家R. T.钱伯林在1926年美国石油地质学家协会会议论文集中写道，在美 国地质学会1922年召开的一次会议上，他曾经听到这样的说法：“如果我们接受魏格纳 的假说，我们就必须忘掉过去七十年中的全部知识并且一切从头开始。”现在看来，这 种说法是完全正确的。我们应当注意到，钱伯林的话在四十年后又在不同的意义上被重 新提了出来。1968年，图佐•威尔逊(1968a, 22)在一部著作中写道：“既然地球确实 是以缓慢的方式运动者的活跃的天体，而我们非要把它看作是基本上静止不动的，那么 我们就必须彻底修改我们以往的全部理论和全部教科书，从全新的观念开始，建立一门 全新的科学

哈拉姆(1973, 110)在试图解舔为什么魏格纳没有为大陆漂移说提供令人满意的力 学机制一一这普遍被认为是“接受魏格纳假说的最大障碍”一时指出“引力理论、地 破学和电学在得到满意的解释以前很长一段时间就为人们普遍接受了。”他又说，在地 质学中，尽管对“潜在原因”没有得到共识，但这并没有妨碍“前冰川时期存在”这一 假说为人们普遍接受.然而，J. T.威尔逊(1964. 4)争辩说，“人们在满意地解释某 种现象(如地磁场)或过程(如暴风雨)之前，并不总是乐于承认这些现象或过程的存 在的关于这一点，应当进一步作些说明.R.劳丹明智地指出，大陆漂移的“力学机 制”问题与“引力理论、地礎学和电学”或“暴风雨的存在”有很大的不同.在大陆漂 移说中，问题“并不仅仅在于缺乏力学机制或原因，”(劳丹19782：古廷1980. 288) 而是“全部可以想像得出力学机制都严重地冲击者物理学的理论而且，目前已经建 立了有关地球及其内部自然现象的理论且为人们广为接受，它们能够完善而合理地解释 大部分已经观察到的现象。

S. K.郎肯(1980. 193)通过研究发现，尽管在50年代或更早的时候，“人们普遍 认为，缺乏力学机制是大陆漂移说的地质学或古生物学证据被接受的主要障碍，”然而 在今天，“板块构造理论却在没有普遍认可的物理学机制的情况下被人们接受了。”他 在1980年前后指出，“板块运动的力学本质问题，”是“当代地球物理学家们面临的最 重要的挑战

魏格纳理论的改造

现在看来，由于我们亲眼目睹了这场革命的全过程，因而很容易发现，把理论革命 与现行革命两个阶段区分开来的是两个根本性的突破。第一个突破是，积累了大量新的、 令人信服的表明大陆和海底确实存在若相对运动的证据。这些证据比海岸线的吻合。甚 至比大洋两岸地质学和生态学的符合，以及植物和动物化石的相似要优越许多许多。第 二个突破是，理论的根本性的重构，致使基本观念发生了重大变革，并由此产生了这样 一个问题：这场最终完成了的革命是否可以公正地看作就是那场企求了近半个世纪而一 直没有成功的革命？这一情形与所谓的哥白尼革命有许多相似之处。这场在伽利略和开 普勒的推动下，最后由牛顿完成的革命，仅仅保留了哥白尼最一般的天文学观念，即地 球运动而太阳静止的观念，而摒弃r哥白尼宇宙学的基本特征。同样，地球科学革命仅 仅保留r魏格纳的最一般的思想，即大陆之间可以有相互运动，而放弃r魏格纳理论的 基本特征一一由硅组成的大陆单独或分开在海洋地壳上运动，而海洋地壳密度更大的壳 层则固定不动。

目前的最新观点是这样的：覆盖在地球表面的巨大板块在运动者，其中有的板块会 带动大陆或部分大陆和海成一道运动。因此，整块大陆运动的理论被另一种不同的理论 所取代。新的理论指出，陆地运动不过是地壳内部剧烈运动的表规现象。在这种因果联 系过程中，魏格纳假说中列举的“极地漂移力”和“潮汐力”变得臺无意义了。

50年代的新证据首先来自古磁学和地磁学的研究。古破学研究的是“残留花”岩石 中的礎性，即研究残留在固化的培岩样品中的礎性。这种磁性由于地球破场的影响而留 在含有氧化铁的岩石中。伦敦的p. M. S.布莱克特和剑桥大学的S. K.郎肯以及其他人 所作的研究表明，地球的磁场从来不是恒定的而是变化的，甚至还经历过南北倒置。其 变化的方式与时间有密切的关系，而这种关系是可以确定的（这些研究因高灵敏度的地 破仪的出现而成为可能，布莱克特就是这种仪器的主要发明人）。当仔细描绘出磁极位 置移动的路径后，会从中发现破极的移动和变化情况各个地域彼此不同，这表明每块陆 地各自在独立地运动者。相关证据还揭示出地球南部各陆地聚集在南极地区形成一个原 始大陆一冈瓦纳大陆的时间，因此，这些组成部分说明我们现在的各个大陆肯定存在 着某种横向运动（见麦肯奇1977. 114-117）.

沿着这条研究线索所获得的第一批成果，地球科学界没有立即接受大陆移动的存在： 无疑，关于地球破场演化史的细节尚有太多的没有解决的难题。而关于磁机制的见解

“过于复杂深奥，其中还存有许多未经检验的假说”（麦肯奇1977. 116）o但是，主要 是在地球物理学家中对此产生了极大的兴趣。1956年，地学一本以大陆漂移为主題的论 文集出版了，澳大利亚国立大学的E.埃尔温对过去几年的磁机制研究作了回顾与评述， 最后他总结道：“各种证据对此后的结果，倾向于对地球磁轴相对于地球本身发生过位 置变化的观念以及各大陆相互之间有'漂移’运动的观念有利”（埃尔温1953： 1958. 见马文 1973» 150-152）©

推动魏&纳的基本京想（而非魏格纳理论本身）复兴的第二条研究线索是关于海底 山脉的研究。海洋和内陆湖泊大约覆盖了地球表面的70%。由于关于海底的特征与本质 的知识在本世纪3010年代还相当粗浅，因此，我们容易理解为什么战前关于大陆漂移的 争论最终没有定论（哈拉姆1973. 37）.然而，有关大西洋底的地形图早已存在，1916 年，泰勒就曽指出，大西洋两边的陆地好像是从海底山脉两侧慢慢升起的。魏格纳本人 也通过密度、磁性、成份等方面的分析，指出海底是玄武岩构成的，但没有人对此予以 注意。我们目前关于大陆运动的直接线索来自对海底世界的研究。在国际地球物理年 （1957-1958）期间，在测量地球引力和相关地震•引力数据方面，已经有了全新的技术。 地球物理学家找到了测定通过海底的热流速率的方法，这些研究的一般结论是：巨大的 海洋壳层岩石块确实能够“相互之间明显地移动一大段距离”（哈拉姆1973. 52）»这 些研究成果与来自磁机制研究获得的发现不谋而合，都强有力地支持大陆之间经历了相 互运动的观点.到这时为止，大陆漂移理论才正式由于板块构造说的广泛被接受而得以 完善。板块构造说是一个结构系统，按照这种学说，地壳像“大板块的拼图，用形象的 比喻就如巨大的大块浮冰或铺路石。”这些板块独立地运动着，边缘与别的板块碰撞则 会发生变形。马文特别强调说：“运动的板块不像魏格纳所设想的那样是大陆，也不是 整块的海底壳层"（1973. 165）.既然每一板块既包括陆地部分也包括海底部分，那么 板块的运动和魏格纳大陆运动的概念，便相去甚远了。因此，由于最初的“大陆漂移” 术语，含有整块大陆运动的意味，它不再是严格精确的了（哈拉姆1973. 74）. 1968年， 人们提出六大板块和十二个小板块覆盖地球的观点。从那时起，有关板块构造学说的理 论细节越来越充实了.

海底扩张说

为了完满地解释地壳的不稳定性和可变性，板块构造理论还必须与“海底扩张说” 结合起来。海底扩张说是普林斯顿大学的哈里•赫斯于1960年首次提出来的。该学说描 述的是纵貫主要大洋海丘两侧的海底部分持续受到挤压的过程。赫斯最初是在1960年撰 写的一篇手稿中阐述这个观点的，而该手稿作为一本书中的一章直到1962年才正式出版。 由于这个观点极为新颖、奇特，以致于赫斯把书中的这一章看作是“一篇地球散文诗”。 赫斯指出，逐渐降到海底的巨大海丘是地壳下地幔内焰融物质上涌的出口。这种物质同 样沿着海丘的两侧流淌、冷却、固化，最后变成地壳的一部分覆盖在原来的地壳之上。 当海丘两侧的地壳以这种方式积累増长时，这种物质（巨大的板块）就会横向离开海丘。 既然地球不可能增大，这个板块在増长过程中也不会简箪地扩张，那么在远离诲丘之外， 必定会有一处板块发生分裂。换言之，板块离海丘最远处的边界被挤到另一个板块底下， 并最终进入地幔中。这时，板块边缘的水分全部被挤压出来，而板块进入地幔的部分又 重新变成了熔融状。这个过程同某种对流“传送带”联系在一起，即从海丘的地幔中带 出物质，然后把它传送出去，这些物质最终在远处的海沟附近又再次回到地幔中。

于是，大西洋底便产生了一股巨大的、持续的压力，它把载有南美洲和非洲的两大 板块推离大西洋中的海丘。大约在1. 8亿年以前，南美洲和非洲是连在一起的，这就是 冈瓦纳大陆。两块大陆的分裂线与导致海底扩张的，并且现在仍很活跃的大西洋底海丘 线十分吻合。每当发生地震时，这条海丘线便清楚地显现出来，目前，它与南美洲和非 洲的大西洋海岸线的距离大致上是相等的。

赫斯进而提出了海底扩张说的合理推论。他认为，由于海底扩张效应，海底壳层不 断地在大陆一边创生，而同时又在大陆的另一边消失（麦肯奇1977, 117）»这个观点通 常被看成板块构造说进一步发展的主要内容，也是我们理解大陆漂移理论的主要基础。 大西洋地壳层从海丘移出的速度大约是每年四厘米。按照这个速度推算，大西洋海底壳 层从海丘全部移出，也就是移动整个大西洋宽度的距离所需的时间为两亿年.这个数字 立即可以用来解释许多未知的奥秘。例如，海底钻孔找到的化石标本都未超过两亿年

（中生代前后）.而从陆地上挖掘出的海生化石研究表明，这些海生生物都可追溯到二 十亿年以前。再如，假设海床的年龄与大陆同样古老，那么按正常的沉枳速度，海床上 应当产生很厚的沉积层，但钻探分析表明，海床上的沉积物很少。简而言之，在海洋存 在的几十亿年中（乌耶达1978, 63）,海底并不是永恒的，而是在不断地变化，不断地 运动.

如果把赫斯的观点同板块构造说的一般思想结合起来，就可以满意地解释另一个现 象或过程：板块边缘新物质的增加，并不使板块的面积增大.由于压力作用，板块在不 断地缩小。这一点在两个板块的碰撞处山脉的形成和山脉的更替中，表现得非常明显。

哈里-赫斯在阐述他的海底扩张说时，很清楚他的理论“与大陆漂移说并不完全相 同”（1962 , 617）。按照大陆漂移说的思想.“大陆…受某种未知力的驱动，在海底壳 层上漂移”，但他的理论的基本思想是，大陆“被动地浮在地幔之上，当地幔物质从海 底海丘上流出时，大陆便横向移动开来

前面曾谈到，一般人都认为：最初的纯梓古磁学证据并不能完全说服大多数地球科 学家放弃“大陆固定规二决定性的证据来自新的破机制的研究，它戏剧性地证实了海 底扩张说。船载磁測仪掲示出海底壳层条状磁化区域的存在（休莱1959. 61 ）o如果赫 斯的解样是正确的，那么在海丘两侧就应该有对称的条状磁化区域。这项验证性实验是 剑桥大学当时的研究生F. J.维恩和他的导师P. H,马修斯提出的。实地测量很快证实, 条状磁化区域确有预期的那种对称性.

按照这一理论，当炽热的熔融物质沿海底海丘流淌并固化时，它便感应了当时的地 磁场。既然新的物质把它从海丘上推开，它仍将保持冷却时所感应的磁性。因此，每一 条前后相继固化的物质带应该有记录形成日期的磁性标志，而海丘两侧同时对称形成的 物质带也因此具有相同的磁性方向o 1963年，维恩和马修斯在《自然》杂志上发表了这 一重要假说，这个假说翌年就通过『实验（实测）检验。事实上，地球磁场演化的历史 不仅表现出一些微小的变化，而且在目前已知的年代中还经历过南北逆转。所有这些， 都是在实测和研究海底海丘两侧的条状破化带过程中发现的。

虽然这个假说今天听起来非常具有逻辑性，一点也不令人惊奇，但在当时看来却是 异常激进而大胆的。维恩回忆说，当他第一次把他的观点告诉剑桥大学地球物理学家莫 里斯•希尔时，尽管希尔“很有礼貌的一声不吭，只是看着我并且谈些别的事情，但他 一定在想我今天疯了”（格伦1982. 279）»维恩还把他的假说告诉r爱德华•布拉德譌 士，即使布拉德爵士 “这有点大胆猜测的味道二但他却对此持“非常积极的鼓励和赞 赏的态度二维恩“非常渴望能和特迪（爱德华的爱称）•布拉德共同发表这个观点，” 因为他觉得他们俩的名字并列在一起，“布拉德和维恩看起来很了不起二但特迪非常 直率地拒绝r,他不想让他的名字出现在这篇论文上.布拉德是地球物理学界一位著名 的革新家，他对地球热流理论作出过重要的贡献。他善于接受新思想，“以极大的热情 接受r这个假说并以高度赞赏的态度四处传扬二他只是不愿意在一开始就接受维恩的 请求成为合作者（p. 358）。

维恩和马休斯提出的假说（加拿大的劳伦斯-莫布也曾独立地提出过，详情见1982. 271）“堪与本世纪地球科学中的任何成就相媲美”（p. 271）。它不但能确定无疑地证 实赫斯的海底扩张说，而且还能推算出扩张的速度。推算方法是基于一种独立的、由地 破场倒置所标定的精确的时间尺度。看来，人们普遍赞同这样的看法：维思•马休斯•莫 宙假说的确证，触!发J•地球科学的“革命”。在这些突破性成就的基础上，下一步要做 的工作便是：“建立全球构造的新理论，重构地球知识的新体系”（哈拉姆1973. 67）。

革命地位的确立

凡是研究过地球科学最近刀年发展史的人（如上述舒利文1974,特别是格伦1982） 都会认识到，要最终完成这样一场革命，还有多少重要的工作有待完成。在前面的论述 中，我只是介绍『几位最著名人物的杰出页献。关于爱德华•布拉德、图佐•威尔逊、 莫里斯•欧文以及其他一些科学家的重要工作，我几乎没有提及。长期以来，许多著名 的地球物理学家不但拒绝接受板块构造理论，也拒绝接受海底扩张说的基本思想。被 《自然》杂志誉为“苏联最伟大的地球物理学家”的弗拉基米尔-贝洛索夫1970年宣称： “海底扩张说没有一个方面能经得住批评”（舒利文1974. IOS）« 12年后的1982年12月， 年届91岁高齢的哈罗尔德-杰弗里斯爾士在《皇家天文学会地球物理杂志》（vol。71. 555-556）上发表文章，仍然以不屑一顾的口吻，把''海底板块的错动”比作“用黄油 做的刀切黄油二60年来，杰弗里斯一直是反对大陆漂移说的主要代表人物。

地球科学界的保守主义除了托依特提到的之外.在权威性的《科学家传记辞典）） 1976年版中也得到了印证。在该辞典中，魏格纳的条目（vol. 14, 214-217）是澳大利 亚悉尼大学的K. E.布伦撰写的。他在这篇文章的结论部分，不大情愿地提到了倾向于 支持魏格纳观点的证据（来自古磁学和海底壳层研究）。但紧接着.他罗列『一大堆

“反对大陆漂移说”的新旧批评意见。布伦写道：当“该理论的创立者们就这些批评意 见作出答复后，这些答复也受到了质疑”（p. 216）O 1976年，也就是哈拉姆和马文的 历史研究著作（二者都宣称地球科学革命已经取得了成功并分析『它的结构）出版三年 后，当时这篇最新的魏格纳传记的最后结论是：“大多数地球科学家的热情，甚至是宗 教式的狂热，促使他们相信大陆漂移理论已建立起来*r* （p. 217）»

布伦使用“宗教式的狂热”这种说法，是因为60年代观念变化时期所使用的语言带 有很强的宗教隐喻色彩，在涉及到转变问题时更是如此。库恩通过研究发现，这一点是 科学革命过程中相当普遍的特点之一.图佐•威尔逊的经历便是一个典型的例子。威尔 逊在1959年还是大陆漂移说的主要反对者之一。但没过几年，他的观念发生了转变，并 自称是“改造了的反大陆漂移说者”（见威尔逊1966, 3-9.谈及了他的转变过程）。 后来，他不仅提出『一些支持大陆漂移说的重要的地质学证据，而且还成为地球科学革 命的主要先驱之一。1963年，国际地质学和地球物理学联合会第13次会议在美国伯克利 举行。在会后出版的关于“上地幔计划”的文集中，威尔逊发表文章勇敢地宣布：“地 球科学中已经在孕育一场伟大的科学革命”（塔克奇1970. 244）»他说，地球科学目前 的情境正同“哥白尼和伽利略的观念被接受前天文学的情境：分子和原子概念引入以前 化学的情境：进化论建立之前生物学的情境：量子力学诞生前物理学的情境” 一样。

60年代末70年代初，出现了大量关于大陆漂移说。古破学和地磁学的论文集。1968 年4月，美国哲学学会年会文集便是其中之一，其标题为《重游冈瓦纳大陆：大陆漂移说 的新证据恥该文集收录了这样一篇文章：《静止还是运动的地球：当前的科学革命》。 文章作者威尔逊(1968. 309： 317)宣称：“我们这个时代发生的这场伟大的科学革命 应当称作魏格纳革命”，以纪念这场革命的“主要倡导者”。地球科学家们一般都赞同 威尔逊的意见，认为确实存在一场科学革命，作为首先提出大陆漂移说的关键人物魏格 纳理应获得这一殊荣。可是，历史上以个人名义命名革命的荣誉曾经赋予给哥白尼、伽 利略、牛顿、拉瓦锡、达尔文和爱因斯坦，但至今仍未赋予魏格纳。

正如我们已经看到的那样，许多文献的作者把魏格纳开创的科学革命比作哥白尼革 命。二者有一点是极为相似的：地球科学中最后的革命与魏格纳最初的假说已相去甚远， 而开普勒、伽利略和牛顿最终建立起的体系中，与哥白尼的理论一样大相径庭。正如天 文学革命直到哥白尼的著作1543年发表半个多世纪后才最终到来一样，地球科学革命也 是在魏格纳最初的论文与著作发表50年后才得以发生。最终发生的所谓哥白尼革命，实 际上是牛顿革命，这场革命主要基于伽利略、开普勒的成就，而作为这场革命基础的 “哥白尼体系”最终成为『开普勒体系。与此相似的是，本世纪60年代发生的地球科学 革命并没有体现魏格纳的理论，而只是体现『其学说所蕴含的基本思想，即在地球的全 部演化史中，大陆并非一直固定在现在其所处的位置上，在历史上的某个时期，它们曾 聚集在地球的两极。魏格纳的主要贡献是首次提出『大陆运动的思想，它在地球科学革 命中的地位正如哥白尼的主要页献一一指出可以按照地球运动而非静止的观念构造一个 新的宇宙体系一一在天文学革命中的地位一样。

地球科学从固定观到运动观，特别是向大陆漂移说和板块构造说的飞跃，根据第3章 提出的四项主要的检验标准，无雄是一场革命。首先，传统地质学观念发生的这种变化 在当时就被许多观察家包括这一领域的实际工作者看作是一场革命。我认为，这是发生 科学革命的主要标志.其次，考察1912年以前和1970年以后的地球科学的内容表明，量 的变化也足以构成一场科学革命。第三，严肃的科学史家们也断言：地质学思维方式的 变革足以引发一场科学革命。很明显，这有点主观膽断的意味，但它确证了参与这场革 命的地质学家和地球物理学家的结论。我们已经看到，在成功的地球科学革命发生以前 很久(即理论科学革命阶段以前)，很多地质学家甚至那些魏格纳学说的反对者们都意 识到了大陆漂移说的革命性，并且完全懂得如果接受了这种规点，对全部的传统地质学 理论来说将意味若什么。第四，当今地质学家们普遍认为，他们的学科已经发生了一场 革命.

但是，这场革命的程度如何？它能称得上是一场堪与达尔文革命、量子力学革命和 相对论革命或是牛顿革命相比的重要的科学革命吗？或者是规格稍逊一筹的，与化学革 命类似的革命吗？我们已经看到，乔治・G.辛普森把它称为“一场重要的亚革命(Sub -revolution)"<, D. P.麦肯奇(1977, 120-121)在一篇文章《论板块构造说与地质 学理稻’进化”的关系》的中，把“板块构造说对地球科学的冲击”与“DNA结构的发现 对生物学的冲击”作『对比。他的结论是：“板块构造说与导致分子生物学创立的那些 发现相比，是一场不太具备根本性质的革命”，正是由于这个原因，“这一新思想…已 经被地质科学所同化并迅速地加以发展。”但对任何局外人来说，如果了解到我们关于 地球演化史观念发生的根本性变化，必然会感到观念的飞跃是如此巨大，简直就是一场 伟大的革命。只是由于完全缺少意识形态成份，这场革命才显得不那么壮观。

第三十章结论：作为科学革命特征的改宗现象

革命的许多方面，诸如创造过程，科学家个人在革命性的科学观念的形成和传播过 程中的作用，科学革命家的个性以及科学通讯技术和方法的变化对科学革命的影响.都 没有在本书中加以研究。我只是谈到了科学革命与社会、政治、制度或是经济根源之冋 相互作用的程度和层次的许多方面。此外，我仅仅用例证指出r科学革命和社会政治革 命之间的可能联系和继承关系。

但在科学革命中，有一个一再出现于原始的和第二手文献中的经验现象，我乐于在 此进行一番讨论，这一现象就是改宗.人们常常引用普朗克的话（194, 33-34）来表明 改宗之难：“新的科学真理不是由于说服它的反对派，使他们接受而获得胜利，而是由 于这些反对派最终死去，而熟悉它的新一代人成长起来使科学真理获得胜利，半个世 纪前，哈佛大学的教授约悬夫-洛维林表达过类似的观念。他对他的学生们说：光有两 种理论，波动说和微粒说。据说他当时声称：今天每一个人都相信波动说，原因是所有 相信微粒说的人全都死了。不过，正如我们所知，这类表述中肯定会有一个真理的标准 问题，新的科学观念确实赢得r后人，但也说服了某些反对派，本书的许多例证表明r 这一点。普朗克就亲眼目睹了他的基本观念被他的科学同事们接受、修改和运用的过程。 科学革命的这一特征一赢得科学工作者一非常具有普遍性，因此我把它的烈度作为 从理论革命到科学革命转化的标志。

这种信念上的巨变很可能是破坏性的。全新观念的接受几乎总要引起对基本问题一 一时间和空间、同时性、物种的稳定性、原子的不可分性、微粒和波动的不相容性、因 果性、可预见性进行重新思考。此外，新观念总是以完全不同的思想抛奔过去已被广泛 接受的信仰。这就难怪科学家要采用“已经看到了光明”或“改变值念”这一类词句， 他们自觉不自觉地把自己的经验与古典的宗教体验相比较。

在《科学革命的结构》（1962）中，库恩使用了两个词组来揭示这一现象：不可逆 的“格式塔转变”和“改宗经验二他明确讨论r从忠诚一个范式转变为忠诚另一个范 式，这是一个类似于转变宗教信仰的行为。虽然这不是他写作大纲中的主要内容，但这 一点仍以显著的地位出现，尽管库恩没有挙出例证。人们只要读过这部关于科学革命的 名著，就不能不对无处不在的关于转变的词语留下深刻印象。有时，科学家运用转变一 词不过是出于形象或文字上的考虑，例如，1796年约瑟夫•普里斯特利（1796： 1929. 1920）描述了 “爱丁堡的布莱克博士以及我知道的所有苏格兰人是如何声称转向了”新 的拉瓦锡化学体系的。两个世纪后，物理学家A.佩斯（1982, 150）则用同样的词汇描 述新物理学。从前一章我们看到，威尔逊的情况也是如此，他是板块构造理论的创立者 之一，也是大陆漂移理论早期的传播者。

大约一百年前，赫胥黎曾写道：“皈依科学信仰的后果之一就是承认因果律在任何 时候和任何情况下的普遍和绝对的有效性二这一论点是赫肯黎在回答那种对达尔文 “企图恢复古老的异教女神一偶然性”的责备时提出来的.在赫胥黎看来，贬低达尔 文的人认为达尔文“设想变异是’偶然性’造成的，最适合者经受住了生存斗争的'偶 然性’得以生存。”因此，他们指出，达尔文理论中，“偶然性取代了上帝的设计°” 在回答达尔文主义对保守主义者的批评时，赫肯黎指出，那些如此看待“偶然性”的人 是“古代迷信和愚昧的继承人……他们的心灵从来没有被科学思想的光芒照亮过”。他 们是顽固的，迄今为止并未转向科学：他们拒不承认因果律.赫胥黎解移说：这种承认 “是一次信仰上的行动二原因在于“就本质而言，这一命题的真实性是不可证实的二 而这种信仰的与别的信仰的不同之处在于它“不是盲目的，而是合理的二它“无可辩 驳地被经验所证实，它是一切行动的唯一值得信赖的基础”。赫肯黎不仅用了大量篇幅 驳斥达尔文的反对派，而且为了达到目的，他还使用了我们今天看来有些过分的类比于 宗教的方法。他做的甚至比我所指出的还过分，他谈到“我们远古祖先对偶然性的崇拜 现在在人们之中竟然仍有市场”（达尔文，1887, 2： pp. 199-200）o

改宗思想在达尔文的通信中突出体现出来，下面是他1858年至1859年间几封值的片 断：

[1859年1月25日致A.R.华莱士」你问我有关赖尔的精神状态。我认为他有些动摇不 定，但没有屈服。他经常厌恶地对我说，如果他被“误解” r.那将是多么令人讨厌的 事，“原理”的再版工作是多么没有意思。他最正直，最诚实，我想他最终被“误解” 是必然的。胡克博士几乎和你我一样成了异教徒，而我认为胡克是迄今为止欧洲最称职 的评论员。

[1859年9月20日致C.赖尔]你以前对物种不变性的怀疑，也许比我的著作对你的改 宗（如果你巳经改变了的话）影响更大……无论我怎样表达对你的学说的信服都不过分， 上帝知道我从不逃避困难。我愚蠢地渴望着你的判决，这并不是说你不改宗会令我失望： 因为我记得我花費了很长时间才转变过来：但是如果你能转变过来的话，我将是极为高 兴的，尤其是我对这种转变有一份功劳的话。

[1859年9月23日致W. D.福克斯」我并没有傻到想使你改宗的程度。

[1859年10月15日致J. D.胡克」莱尔准备重新阅读我的著作，我仍然对他的改宗 抱有希望，或者按他的说法，使他离经叛道了。

[1859年10月15日致T. H.赫肯黎]我决不希望你转变到我的许多谬误上来。

[1859年11月11日致A.格布：」赖尔……快转变到我的观点上来了.

[1859年11月13日致AR.华莱士」胡克认为（赖尔）完全转变了。

赖尔后来在给胡克的一封信中讨论了这个问題（1887. 2： 193）： “我发现，我没 有能使过去反对达尔文甚至现在反对赫胥黎的人的态度有『多大程度的转变。他们必须 放弃“古老而长期为人们所珍爱的观点，这些观点使我早年对科学理论产生了兴趣，那 时我深信帕斯卡、哈拉姆称之为'大天使毁灭的理论’二在这些摘录中，我们不但注 意到“改宗”和其他宗教术语的运用，而且还看到达尔文自己的改宗也用『很长的时间。 这是科学家们的普遍话题。J. J.汤姆森在他的自传中叙述了他接受原子的可分性是多 么困难。

达尔文的通信还使我们能够看到转变的实际经历.H. C.沃森曾把达尔文称作“自 然史中最伟大的革命家”，他在】859年11月21日写道，“自然选择”包含了 “全部伟大 自然真理的特点”，它澄清了 “模糊的东西”，简化了 “复杂的东西”，极大地补充了 “以往的知识”（达尔文1887, 2： 226）,赫胥黎在说明《物种起源》被接受时阐述『 新进化论的作用（1888）：它像“一道闪电，给在黑暗中迷失方向的人们突然照亮一条 道路，不管这条道路是否能直接安抵家中，但肯定是一条光明之路”。随后，他用『一 个宗教隐喩，他说：“达尔文和华莱土驱散了黑暗，起源说的烽火引导着黑暗中的人们”。

化学家罗萨•迈耶对科学改宗的解释是引人注目的。几年后，迈耶回忆起1860年召 开的卡尔斯鲁厄会议结束时发生的令人震惊的事件。会议是由伟大的有机化学家凯库勒 召集的，是“化学史上最重要的会议之一”（范-斯普朗森1969. 42）o这是首次为解 决科学内部的紧迫问题而召开的国际科学大会。讨论的中心是几种竞争的、极为不同的 原子量体系所造成的混乱。由于非常不确定导致许多化学家转向化合量以寻求出路。原 子量体系的差别来自原子和分子概念的歧义。例如，同一化学元素的原子能否结合成分 子（意大利化学家阿伏伽德罗的问题）？化学键是否只在不同元素的原子之间形成（现 代原子论的创始人道尔顿的问题）？这次会议试图一劳永逸地解决这个棘手的问题，全 部有机化学的结构形式须依赖它来解决（见德-米尔特1948）。

无须惊奇的是，来自世界各地的化学家们简単而又普遍可接受的方案结束他们的会 议。但这次会议确实有正面结论：会议邻近结束时，热那亚大学化学教授S.坎尼査罗散 发『一本小册子，他在其中对会议的中心议題作出了解答，今天这一解答已经被普遍接 受。坎尼査罗主要借鉴了阿伏伽德罗的工作，同时也吸收了 C. F.热劳尔的观点，他一 直在向他的学生们教授这个困扰整个科学界的难题的解答方法。迈耶一读到这个小册子 就立刻转向了坎尼査罗体系，而且他和几位不同国家的科学家一道成为元素周期律（或 体系）的发现者。这次会议两年后，坎尼査罗在《化学进展年度报告》上发表了一篇分 析文章，几十年后，迈耶为其再版作序，描述『他自己的转变经历。由于这段说明非常 经典.所以很值得在此全文引用：

会议结束后，根据作者的意见，他的朋友a.帕维希散发r一本薄薄的、乍看意思不 大的小册子：坎尼査罗的Sunto-,这是一个重译本，原著在几年前就出现了，但并没有 引起足够的重视。我也拿到了一本，并准备在返回的途中阅读。到家后我一遍又一遍地 阅读这本小册子并惊叹它对最重要的焦点问题给予的启示。它使我眼界一开，疑虑顿除， 代之而来的是一种平静、确定的感觉.如果说几年后我能对澄清形势，平息过去激动的 情绪有所贡献的话，那么我应当深深感谢坎尼査罗的论文。其他许多与会者想必也有类 似的感受。激烈的争论浪潮开始平息下来(坎尼査罗1891, 59-60)»

读者也许会注意到迈耶提到了塔素斯的索尔(SaulofTarcus),因为他使用的是 “擦亮了……我的眼睛”以及其他宗教体验的语言.很显然，迈耶一定认识到在科学转 变和宗教变宗之间存在相当大的相似之处。

在历史地研究革命时，人们必须清楚，在古典时代，“转变观念”意味着在旧的循 环意义上发生了一场革命，甚至在宗教中，“改宗”仍然保留『某些古代精神再生的意 味，否则就不可能探讨改宗。但这一术语的现代用法，尤其是在科学中，指的是根本改 宗和接受完全不同的观点。因此观念的转换，使我们走上了循环之路。尽管科学分析不 容许采用宗教术语如“改宗”来探讨科学变化，但历史学家在研究“改宗”时的主要任 务——如同在研究“革命”时一样一不是为『裁决过去的言行，而是记录并分析它们。

更多精彩好书，更多原创手机电子书，请登陆清风免费电子书下载-[Www.vipcn.Com](http://Www.vipcn.Com)