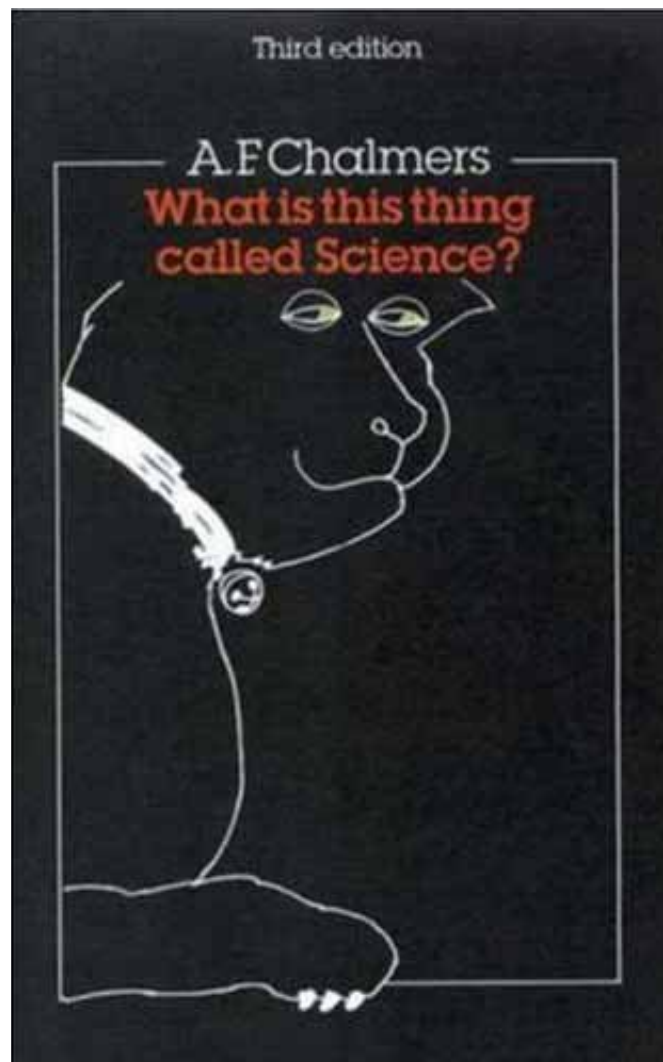


科学究竟是什么？



第三版 中文版：2002(非原书扫描)

A. F. 查默尔斯著

A. F. Chalmers

邱仁宗译

电子书制作: [smalltree](#)

仅用于教学 2007

WHAT IS THE THING CALLED SCIENCE?

1976 年澳大利亚昆士兰大学出版社第一版

1978, 1979, 1981 年重印

1982 年第二版

1984, 1987, 1988, 1990, 1991, 1994 年重印

1999 年第三版

"像所有年轻人一样，
我企图成为一个天才，
但笑声宽厚地进行了干预。"

——劳伦斯·杜勒尔：《克利亚》

目 录

中译本序.....	i
第一版序.....	ii
第二版序.....	iv
第三版序.....	v
导 论.....	- 1 -
第一章 归纳主义： 科学是从经验事实推导出来的知识.....	- 4 -
1. 广泛持有的常识科学观.....	- 4 -
2. 眼见为实.....	- 6 -
4. 陈述表达可观察事实.....	- 10 -
5. 为什么事实应该先于理论？	- 12 -
6. 观察陈述的可错性.....	- 13 -
补充读物.....	- 15 -
第二章 观察是实践的干预.....	- 17 -
1. 观察： 被动和私人的， 还是公共和主动的？	- 17 -
2. 伽利略和木星卫星.....	- 19 -
3. 观察事实是客观的， 但也是可错的.....	- 21 -
补充读物.....	- 22 -
第三章 实 验	- 23 -
1 不仅是事实， 而且是有关的事实.....	- 23 -
2 实验结果的产生和更新.....	- 24 -
3 改变科学的实验基础： 历史的例子.....	- 26 -
4 作为科学合适基础的实验.....	- 30 -
第四章 从事实推导出来理论： 归纳	- 32 -
1 导言.....	- 32 -
2 婴儿逻辑.....	- 33 -

3 科学定律能够从推导出来事实吗?	34 -
4 什么是好的归纳论证?	36 -
5 归纳主义的深层问题.....	39 -
6 归纳主义的吸引力.....	42 -
第五章 介绍证伪主义	47 -
1 导言.....	47 -
2 支持证伪主义的逻辑论点.....	48 -
3 可证伪性是理论的标准.....	49 -
4 可证伪性的程度、明晰性和精确性.....	52 -
5 证伪主义和进步.....	55 -
补充读物.....	58 -
第六章 精致的证伪主义, 新颖的预见和科学的成长.....	59 -
1 相对而不是绝对的可证伪度.....	59 -
2 越来越增大的可证伪性和特设性修改.....	60 -
3 证伪主义科学观的确认.....	62 -
4 大胆性、新颖性和背景知识.....	64 -
5 归纳主义和证伪主义的确认观比较.....	65 -
6 证伪主义之优于归纳主义.....	67 -
补充读物.....	68 -
第七章 证伪主义的局限性.....	69 -
1 逻辑境况引起的问题.....	69 -
2 证伪主义不适宜的历史根据.....	72 -
3 哥白尼革命.....	73 -
4 证伪主义分界标准的不适宜及波普尔的反应.....	80 -
补充读物.....	81 -
第八章 作为结构的理论 I: 研究纲领.....	83 -
1 作为结构的理论.....	83 -
2 介绍托马斯·库恩.....	85 -
3 范式和常规科学.....	86 -

4 危机和革命.....	- 89 -
5 常规科学和革命的功能.....	- 93 -
6 库恩科学观的优点.....	- 94 -
7 库恩在科学通过革命而进步上的矛盾.....	- 96 -
8 客观知识.....	- 98 -
补充读物.....	- 101 -
第九章 作为结构的理论II：研究纲领.....	- 103 -
1 介绍拉卡托斯.....	- 103 -
2 拉卡托斯的研究纲领.....	- 103 -
3 纲领内的方法论和纲领的比较.....	- 107 -
4 新颖的预见.....	- 108 -
5 用历史来检验方法论.....	- 111 -
6 拉卡托斯方法论的问题.....	- 113 -
补充读物.....	- 115 -
第十章 费耶阿本德的无政府主义科学论.....	- 117 -
1 迄今为止的故事.....	- 117 -
2 费耶阿本德反对方法的论据.....	- 117 -
3 费耶阿本德维护自由.....	- 122 -
4 对费耶阿本德个体论的批评.....	- 123 -
补充读物.....	- 124 -
第十一章 方法中的方法论变化.....	- 126 -
1 反对普遍方法.....	- 126 -
2 望远镜资料代替肉眼资料：.....	- 127 -
3 理论、方法和标准的点滴变化.....	- 131 -
4 轻松的间歇.....	- 133 -
补充读物.....	- 135 -
第十二章 贝叶斯进路.....	- 136 -
1 导言.....	- 136 -
2 贝叶斯定理.....	- 136 -

3 主观贝叶斯主义.....	- 138 -
4 贝叶斯公式的应用.....	- 141 -
4 对主观贝叶斯主义的批评.....	- 145 -
补充读物.....	- 148 -
第十三章 新实验主义.....	- 150 -
1 导言.....	- 150 -
2 具有自己生命的实验.....	- 151 -
3 黛博拉·迈约论严格实验检验.....	- 154 -
4 从错误中学习和引发革命.....	- 156 -
5 新实验主义透视.....	- 158 -
附录：理论与实验的愉快会面.....	- 161 -
补充读物.....	- 163 -
第十四章 为什么世界应该服从定律？	- 164 -
1 导言.....	- 164 -
2 作为规律性的定律.....	- 164 -
3 定律是能力或倾向的表征.....	- 167 -
4 热力学和守恒定律.....	- 169 -
补充读物.....	- 172 -
第十五章 实在论与反实在论.....	- 173 -
1 导言.....	- 173 -
2 全球反实在论：语言、真理和实在.....	- 174 -
3 反实在论.....	- 177 -
4 某些标准的异议和反实在论的回应.....	- 178 -
5 科学实在论和猜想实在论.....	- 181 -
6 理想化.....	- 184 -
7 未表达实在论或结构实在论.....	- 185 -
补充读物.....	- 187 -
第十六章 跋.....	- 188 -
注释.....	- 192 -

书 目.....	- 194 -
人名索引.....	- 204 -
译后记.....	- 226 -

中译本序

向中国读者们问候。你们能够用中文阅读我的书，我感到高兴和荣幸。我希望你们会发现这本书是有趣的和有用的。

这本书的主要目的是把握科学知识的特征和特点。与一些读者从我这本书得到的印象相反，我的确认为科学具有某种特殊的地位。然而，确切地把握这些独特特点不是一件容易的工作。这本书三个版本之间的重要区别表明我在追根究底时遇到的困难。没有简单的规则或处方可用来检验知识的科学性。不但如此，科学的性质(不如说各门科学的性质)随着时间的推移，知识探求者学会新的或更好的工作方法而变化。也许，获得有关我们生活在其中的复杂世界的知识的任务本身也是复杂多变的，对此不应感到惊奇。我想起，一位澳大利亚前总理试图用“生活本来就不轻松”这句话来为他的政策的不良效应找借口，结果使他声名狼藉。

我相信，解决我们问题的关键在于严格检验这一观念，尽管我肯定我在本书第三版中对它的讨论大有改进之处。应该将科学理论用经验或实验证据证明，或理论应该与经验或实验证据相容的思想本身太弱。可以种种方式解释理论与证据相容，但如果一个相争的理论对证据能够处理得一样好，那么就不能说这个理论得到证据的确认。一个理论经受住证据的严格检验，以致对理论与证据之间的匹配的唯一可能的解释是令人瞩目的吻合。黛博拉·迈约用统计学论据令人启发地探索了严格检验的概念，我在第十三章引用了她的观点。但注意她利用的统计学是 20 世纪的发展，现在仍然在演变。因此，即使严格检验概念是把握科学独特特点的关键，什么算是严格检验本身仍有待变化和改进。

我希望这些话有助于阐明我认为我在这本书面临的中心问题的性质是什么，以及为什么我肯定我已经写的远不是对这个问题的终极定论。也许要不了几年，就需要第四版了。我欢迎出现这样的前景：来自中国的对第三版的批评将部分激励新版本的出现。

艾伦·查尔默斯

2001 年 8 月

阿德莱德

第一版序

本书旨在对科学性质的现代观点作一个简单、明了和初步的介绍。当我教科学哲学的时候，无论教的是学哲学的大学生，还是希望熟悉关于科学的最新理论的科学家，我越来越意识到没有一本合适的书，更不要说有少数几本书，可以推荐给初学者。可以得到的关于现代观点的资料，只有原著。许多原著对初学者来说太难，而且它们数量太多，要使大量学生得到它们，是不容易的。本书对于任何想认真从事研究这个题目的人来说，是不能代替原著的，但是我希望它将提供一个有用的较易接近的起点，这种工作别人还没有做过。

我想使本书的讨论进行得简单明了，一直写了约三分之二的篇幅，这个打算证明是合理地现实的。但是当我已经达到那个阶段，并开始批判那些现代观点的时候，我吃惊地发现，第一，我比原先想的更加不能同意这些观点；第二，从我的批判中，正在浮现出一个相当连贯的新观点。这个新观点在本书后面几章加以概述。想到本书的后半部分不仅包含有关科学性质流行观点的概要，而且还包含新观点的概要，我很高兴。

我开始对科学的历史和哲学发生专业的兴趣是在伦敦，那时处于一种为卡尔·波普尔教授的观点所支配的气氛中。从本书的内容中必定很明显地看出，我得益于他、他的著作、他的讲演和他的课堂讨论，也得益于已经去世的拉卡托斯教授。本书前半部分的形式受惠于拉卡托斯那篇论述研究纲领方法论的光辉论文很多。波普尔学派的一个值得注意的特点是，它要求人们澄清他们感兴趣的问题，并且简单明了和直截了当地表达他们对这个问题的看法。虽然在这方面我归功于波普尔和拉卡托斯的榜样很多，但我简单明白地表达自己的看法的能力却大部分来自我和海因兹·波斯特教授的交往，当我在切尔西学院科学史和科学哲学系作博士论文时，他是我的指导老师。我不能摆脱一种不安的心情：他将会退回我这本书的稿本，要求我把他所不理解的地方重写。我特别感激我在伦敦时的同事，

那时他们中的大多数是学生，其中有一位叫诺雷塔·科尔特奇，曾经给我很大的帮助，她现在在印第安那大学。

上面我提及作为一个学派的波普尔学派，然而直到我从伦敦来到悉尼，才完全认识到我曾经属于这个学派所到达的程度。我吃惊地发现，受维特根斯坦或蒯因或马克思影响的哲学家认为，波普尔在许多问题上是完全错误的，某些人甚至认为他的观点是绝对危险的。我想，我从这个经历中学到了很多东西。我学到的东西之一是，在一些重要问题上，波普尔确实是错误的，就如在本书的后一部分中所论证的那样。然而，这并不改变这样一个事实：波普尔的进路比起我遇到过的大多数哲学系中所采取的进路要好得多。

我很感激我在悉尼的朋友，是他们使我从沉睡中醒悟过来。我这样说并不是指我接受他们的观点，而不接受波普尔的观点。他们也完全知道这一点。但是由于我没有时间对框架的不可通约性去说些蒙昧主义的废话(这里波普尔学派会使他们感到刺耳)，我被迫承认和反对我的悉尼同事和对手的观点达到这种程度，以致使我懂得了他们观点的长处和我自己观点的弱点。我在这里挑出让·居尔特瓦和沃尔·萨奇廷来特别提及，我希望这不会使人不高兴。

留心的读者会在本书中侥幸地发现从符拉第米尔·纳勃阔夫那里偷来的奇特的隐喻，我知道我应对他表示感谢(或致歉)。

最后我要向那些不关心本书、不愿阅读本书、不能容忍我写这本书的朋友们热烈地说声“你好”。

艾伦·查尔默斯
悉尼，1976年

第二版序

根据本书第一版的反应来判断，似乎前八章对“对科学性质的现代观点作一个简单、明了和初步的介绍”这一任务完成得不错。似乎普遍认为后四章任务完成得不好。因此，在这一修订的扩展的版本中，我实际上一至八章保留不变，而用完全新的六章来代替后四章。第一版后面部分的问题之一是，它不再是简单的和初步的了。我努力将那些新的章写得简单一些，但是我仍然担心我在处理最后两章的困难问题时不能完全做到这一点。我也努力使讨论简单一些，但我希望不会因此而没有争论。

第一版后面部分的另一问题是缺乏明晰性。虽然我深信我所探索的大部分是正确的，但我肯定没有表达出一个连贯的和论证充分的立场，正如我的批评者清楚指出的那样。这不能全怪路易斯·阿尔都塞，他的观点在我写这本书时非常时髦，其影响在本书第二版仍有待于辨识。我已经吸取了教训，将来我会十分谨慎，以免受最新巴黎时尚不适当的影响。

我的朋友特丽·布莱克和但尼丝·拉塞尔使我相信在费耶阿本德的著作中有比我以前准备承认的更为重要的内容。在这一版中我已给他更多的注意，并努力将精华与糟粕区分开，将反方法主义与达达主义区分开。我也应该将关于“框架不可通约性”的重要意义与蒙昧主义废话区分开。

对本书的修改更多地要归功于许多同事、评论人和通信人的批评。我将不一一提及他们的姓名，但我感激他们，向他们致谢。

由于修改这本书导致一个新的结局，封面上的猫的顶部消失了。然而，尽管她没有胡须，猫的其余部分确实还不错，因此我们还保留她，只是要求读者重新解释她的微笑。

艾伦·查尔默斯

悉尼，1981 年

第三版序

这一版对前一版作了重大改写，原封不动的章已经很少，许多已经被新的章代替了。也有一些新的章。改动的理由有二。其一，自从我写了这本书后我教科学哲学导论课已经二十年了，教学经历告诉我如何将工作做得更好。其二，在最近的十年或二十年里科学哲学有了重要的发展，对此任何一本入门读本必须予以考虑。

科学哲学中当前有影响的学派是设法在贝耶斯定理，即概率计算定理的基础上建立一种科学观。第二种倾向，新实验主义则对实验的性质及其在科学中的作用给予更多的注意。第十二和十三章是对这些学派的介绍和评价。最近的工作，尤其是南希·卡特赖特的工作提出了科学中定律的性质问题，因此本版有一章讨论这一问题。同样有一章是要跟上科学的实在论解释与反实在论解释之间的争论。

因此，虽然我不能僭称我对形成本书标题的问题已经获得确定的答案，但我已经努力跟上当代的争论，并将它以不太专门的方式介绍给读者。在每章结尾推荐补充读物，这对要更深入探讨这些问题的读者是有用的，对他们新的出发点。

我不想一一提及所有那些我从他们学习如何改进这本书同事和学生。我从1997年6月在悉尼举行的“科学究竟是什么？二十年以后”国际专题学术讨论会学习很多。我感谢这次专题学术讨论会的主办者，英国文化委员会、昆士兰大学出版社、开放大学出版社、海克特出版公司和维特格威里奇·布姆，以及与会和撰写论文的那些同事和老朋友。这一事件确实鼓舞了我的士气，激励我承担重写这本书的重大任务。许多重写工作是我在麻省理工学院狄布纳科学技术史研究所进修时完成的，我对此表示感激。我不可能希望有比那里更支持我、更有利于我集中力量工作的环境了。我要感谢哈索克·张仔细阅读我的原稿以及他的有益的评论。

我已经忘记了这只猫微笑的意义，但我似乎找到了仍然保留她的解释：她让人放心。

艾伦·查尔默斯

麻省坎布里奇，1999年

导 论

在现代，科学受到高度尊重。显然，广泛持有的一种信念是科学及其方法有些特别。称某一主张、某一推理路线或某项研究为“科学的”，是想说具有某种优点或特殊的可靠性。但是，科学有哪点特别？导致特别值得称赞或可靠结果的“科学方法”又是什么？本书就是试图说明和回答这类问题。

日常生活有很多证据说明科学受到高度尊重，尽管有人对科学不再那么着迷，因为有人认为科学应对像氢弹和环境污染这类后果负责。广告常常宣称一种特殊的产品已经科学地证明比它的竞争产品更白、更有效、更有性感或者在某方面更优越。这样做他们希望说明他们的主张根据特别充分，并且也许是不容争辩的。最近一家报纸刊登了一幅提倡基督教科学的广告，标题是：“科学说话了，它说圣经已经证明是真的”，接着告诉我们说：“甚至科学家自己现在也信圣经”。这里是直接诉诸于科学和科学家的权威。我们可以问一下：这种权威的基础是什么。对科学的高度尊重不限于日常生活和大众媒体。这种尊重在学术和教育界也很明显。许多研究领域被其支持者称为科学，力图暗示他们采用的方法是如传统的科学（例如物理学或生物学）一样有着坚实的基础和可能富有成果。政治科学和社会科学现在是平常的事了。马克思主义者强烈地坚持历史唯物主义是一门科学。此外，图书馆学、管理科学、讲演科学、森林科学、奶品科学、肉类和动物科学，以及丧葬科学都出现在大学课程里。¹关于“创世科学”的争论仍然如火如荼。在这种情境下值得注意的是参与争论的双方都认为有某种特殊类别的“科学”。他们有分歧的是创世科学是否有资格称为科学。

在所谓的社会科学或人文科学里的许多人同意这样的论证路线。“过去三百年物理学无可争议的成功应归因于一种特殊方法，即‘科学方法’的应用。所以，如果社会科学和人文科学要模仿物理学取得成功，那么首先就要理解和表述这种方法，然后将它应用于社会科学和人文科学。”这种论证路线提出两个基本问题，即“作为物理学成功的关键的科学方法是什么？”以及“将这种方法从物理学转移并应用于别处是否合理合法？”

所有这一切突出了这一事实：关于与其他种类知识相对立的科学知识的独特性，以及科学方法的确切鉴定问题，具有根本重要性。然而，正如我们将要看到的，回答这些问题完全不是那么简单的。人们对这些问题的回答拥有一些流传广泛的直觉，这些直觉也许可合适地概括为这样的思想：科学的特别之处是它从事实中推导出来，而不是根据个人的意见。这也许把握了这样的思想：虽然对查尔斯·狄更斯和 D.H. 劳伦斯的小说的相对优点个人意见可以不同，但对伽利略和爱因斯坦的相对性理论的相对优点的评价则没有留下个人意见差异的余地。确定爱因斯坦新观点优于以前关于相对性的是事实，任何认识不到这一点的人是完全错了。

正如我们将要看到的，科学知识的独特特点在于它是从经验事实中推导出来的这种想法，仅在仔细而高度限定的条件下才能得到认可，如果要限定的话。我们将会遇到一些怀疑，通过观察和实验获得的事实是否像传统认为的那样一目了然和放心可靠。我们也将发现能够提出强有力的理由声称科学知识既不可能根据事实得到定论性的证明，也不可能得到定论性的否定，即使认为可以得到这些事实。支持这种怀疑论的某些论据基于对观察性质的分析，以及对逻辑推理及其能力性质的分析。其他论据则来源于对科学史和当代科学实践的仔细考查。科学理论和科学方法的现代发展的一个特点是，越来越将注意力转向科学史。这一发展对科学哲学家令人尴尬的结果之一是，科学史上那些轶事，不管它们是伽利略、牛顿、达尔文，还是爱因斯坦的创新，与标准的哲学的科学观说它们应该如此并不一致。

认识到科学理论不能定论性地被证明或否定以及哲学家的重构与科学中实际发生的事很少类似以后，一个反应是全然抛弃科学是按照某种特别的方法进行的一种理性活动这一观念。正是这种反应使得哲学家保尔·费耶阿本德 (Feyerabend, 1975) 写了一本题为《反对方法：无政府主义认识论纲要》的书。按照隐藏在费耶阿本德晚期著作中的最极端的观点，科学并没有什么特别的特点，使它在根本上优于例如古代神话或巫毒教等其他种类的知识。对科学的高度

尊重似乎是一种现代宗教，扮演着与早期欧洲基督教一样的角色。这暗示科学理论之间的选择被归结为由主观价值和个人愿望决定的选择。

从社会学或所谓“后现代”观点写作的晚近作者也持有与费耶阿本德相同的科学理性怀疑论。

本书反对对传统科学观和科学方法遇到的困难作出这种反应。本书努力接受费耶阿本德以及其他许多人的挑战中合理的东西，但同时要提供一种能够把握科学独特和特别的特点的科学观，并能够回答他们的挑战。

第一章 归纳主义： 科学是从经验事实推导出来的知识

1. 广泛持有的常识科学观

我在导论中提出，“科学导源于事实”这个口号抓住了认为科学知识的独特特点是什么的流行观念。在本书前面 4 章，这种观点要受到批判审查。我们将发现，这个口号隐涵的许多东西不能得到辩护。然而，我们也将发现，这个口号并非完全误导，我将试图提出它的一个可辩护的版本。

当人们声称科学之所以特殊是因为它基于事实时，他们推定事实是关于世界的主张，仔细地、没有偏见地使用感官就可以直接确立这些主张。科学必须建立在我们能够看到听到和触摸到的东西之上，而不是建立在个人意见或思辨想象之上。如果对世界进行仔细的、没有偏见的观察，那么用这种方式确立的事实就构成科学的可靠的、客观的基础。其次，如果将我们从这个事实基础推到构成科学知识的定律和理论的推理是可靠的，那么就可以认为这样得到的知识本身是牢靠地建立的和客观的。上面一席话是我们熟悉的故事的梗概，这个故事反映在关于科学的众多的著作中。J. J. 戴维斯在他的论科学方法一书中写道：“科学是建立在事实基础上的结构”(1968, p. 8)，科学方法是 H. D. 安东尼(1948, p. 145) 仔细阐述的一个主题，他说：

引起同传统决裂的与其说是伽利略所作的观察和实验，不如说是他对观察和实验的态度。对他来说，基于观察和实验的事实被当作事实来对待，而与某种先入之见无关……观察的事实可能符合也可能不符合人们承认的宇宙图式，但是，在伽利略看来，重要的事情是接受这些事实，并且建立符合这些事实的理论。

安东尼在这里不仅清楚表达了科学知识基于由观察和实验确立的事实这一

观点，而且描述了这一观念的历史性转折，这样做绝不是他一个人。一个有影响的主张是，作为历史事实，现代科学产生于 17 世纪初，那时人们认真采纳了将观察事实作为科学基础的战略。那些信奉和利用这个科学诞生故事的人认为，在 17 世纪以前，可观察事实没有被认真当作知识的基础。这个熟悉的故事继续说，那时是相反，知识主要建基于权威，尤其是哲学家亚里士多德的权威和圣经的权威。仅当这种权威受到像伽利略那样一些新科学的先驱例诉诸经验的挑战，现代科学才成为可能。下面经常讲述的有关伽利略和比萨斜塔的故事取自罗博塔姆 (1918, pp. 27-29)，这个故事精确地领会了这个观念：

伽利略第一次与大学教授们比试与他研究落体运动定律有关。亚里士多德一条公认的公理是落体的速度受它们各自的重量制约：例如，重两磅的石头下落的速度比重一磅的快两倍。在伽利略否定这条规则以前，没有人对它的正确性提出过疑问。他宣称，重量与物质无关；两个重量不等的物体同时到达地面。由于教授们嘲笑他的声明，伽利略决定在公开的场合进行试验。于是，他邀请大学全体师生都来亲自目睹他要在斜塔上做的实验。在一个确定的日子的早晨，伽利略在大学师生和市民在场下登上塔顶，他带了两个球来，一个球重 100 磅，另一个重 1 磅。他将球在胸墙边小心放好，将它们推落；目睹两个球均匀落下，在下一个瞬间，一声巨响，它们同时撞击地面。老传统是错误的，以青年发现者为代表的现代科学获得了她应有的地位。

试图将认为科学知识来源于事实的这种常识科学观加以形式化的两个学派是经验主义者和实证主义者。17 和 18 世纪的英国经验主义者，尤其是约翰·洛克、乔治·贝克莱和大卫·休谟认为，所有知识应该来源于观念，而观念是借助感觉植入心中。实证主义者对事实是什么持一种更为宽泛而更少心理学导向的观点，但也持有经验主义者认为知识应该来源于经验事实的观点。逻辑实证主义者，1920 年代起源于维也纳的一个哲学学派，继承 19 世纪奥古斯特·孔德引入的实证主义，将它形式化，密切注意科学知识与事实之间关系的逻辑形式。经验主义和实证主义均持认为科学知识应该以某种方式来源于观察事实的常识观。

在科学来源于事实的主张中有两个完全不同的问题。一个问题涉及这些“事实”的性质以及科学家如何得到这些事实。第二个问题涉及一旦获得事实后，如何从事实导出构成我们知识的定律和理论。我们将依次探讨这两个问题，这一章和下面两章将讨论科学赖以建立的事实性质，第4章讨论科学知识如何从事实导出的问题。

在常识观中，关于事实应是科学基础的立场可区分出三个成分。它们是：

- (1) 事实是通过感觉直接给予仔细的没有偏见的观察者的。
- (2) 事实先于，并独立于理论。
- (3) 事实构成科学知识结实而可靠的基础。

我们将会看到，这些主张每一个都面临困难，只有在非常限定的形式中才能接受它们。

2. 眼见为实

部分是因为视觉是观察世界最广泛使用的感觉，部分是为了方便，我将对观察的讨论限于视觉领域。在大多数情况下，不难了解可以将这里提供的论证重组一下就能应用于其他感觉。一个简单的视觉观可以叙述如下。人用他们的眼睛看。人眼最重要的成分是晶体和视网膜。来自被看物体的光线通过介质从物体到达晶体。晶体物质使光线折射，使它们到达视网膜焦点，于是形成物体的映像。到此为止，眼睛的功能活动类似照相机。但记录最后映像的方式有很大不同。视觉神经从视网膜通到脑的中枢皮层。这些神经携带有关光线落到视网膜不同区域的信息。正是脑记录这一信息使人类观察者看到物体。当然，可以在这个简单化的描述上添加许多细节，但这里的叙述把握了总的概念。

刚刚结束的通过视觉观察的叙述强烈地提示两点。这两点已经被结合进常识的科学观或经验主义科学观。第一点是，由于观看时脑记录有关世界的事实，人类观察者多少能直接获得这些事实知识。第二点是，从同一地方观看同样物体或情景的两个正常的观察者将会“看到”同样东西。同样组合的光线射到每一个观察者的眼睛上，他们正常的眼睛晶体将它们集中在他们正常的视网膜上，产生相同的映像。于是，相同的信息通过他们正常的视觉神经传到每一个观察者的脑，使得两个观察者看到同样的东西。在后面的几节中，我们将会看到为什么这种图画是严重误导的。

3. 视觉经验不仅决定于看到的物体

最彻底的常识观认为，关于外部世界的事实是通过视觉直接给予我们的。我可以确定，在我的书桌上有一盏灯，或我的铅笔是黄色的，因为它们就在我的眼前。我们已经知道的关于眼睛如何工作的故事可以支持这种观点。如果这就是一切，那么看到什么决定于我们注视的东西的性质，当观察者面对同样景象时，他们总有同样的视觉经验。然而，有大量证据表明，情况根本不是如此。两个正常的观察者，在同样的物理条件下从同样的地方看同样的物体，不一定获得同一视觉经验，即使在他们各自视网膜上的映像也许确实是同一的。两个观察者不一定“看到”同样东西，这一点有重要意义。正如 N. R. 汉森(1958)指出，“看到的东西比碰到眼球的东西更多”。有一些简单的例子将会证明这一论点。

图 1

我们大多数人初次看到图 1 时，看到的是楼梯的素描，梯级上部表面可见。但这不是我们能够看它的唯一方式。也不难把它看作是梯级底部表面可见的楼梯。接着，如果人们注视这张图一段时间，人们一般会发现人们看到的东西频繁改变，不由自主地从上面可见的楼梯变到从下面可见的楼梯，然后再变回到前者。然而似乎可合理地假定，由于观察者看到的仍然是同一物体，视网膜上的映像并无变化。这张图被看作从上部看到的楼梯，还是从下部看到的楼梯，取决于观察者视网膜上映像以外的东西。我想本书读者中没有人会对我说图 1 描绘楼梯这一点提出疑问。然而，对一些非洲部落(他们的文化中没有用二维透视画来描绘三维物体，也没有楼梯这种东西)的成员进行实验的结果表明，那些部落的成员根

本不把图 1 看作是楼梯。由此似乎可以得出这样的结论：观察者在看东西时得到的知觉经验并不单单决定于他们视网膜上的映像。汉森(1958, 第 1 章)曾用一些更引人入胜的例子来说明这一点。

另一个例子是儿童看“图谜”：要在一棵树的图画里，发现树叶中间画着的一个人脸。这里，一个看这幅画的人所体验的主观印象，起初是与一棵树及其树干、树叶、树枝一致的。但是，一旦发现了人脸，这就改变了。一度曾被看作树叶和树枝的那部分东西，现在被看作一个人脸。情况又是这样：在这个“图谜”得到解决以前和以后，所看到的是同一个物理客体，并且大概观察者视网膜上的映像找到解决图谜和发现人脸的时候并没有改变。如果在以后某个时间再来看这幅图，一度已经解决过这个“图谜”的观察者就很容易很快就看到人脸。这似乎意味着，一个观察者看到的東西是受他或她过去经验的影响。

有人也许会问：“这些人为的例子与科学有什么相干？”对这个问题的回答是，不难从科学的实践中举出一些例子来说明同样的论点，即观察者在观看物体或情景时看到的東西，他们体验的主观经验，不仅决定于他们视网膜上的映像，而且也依赖于观察者的经验、知识和期望。这一论点隐含在无可争议的如下认识之中：在科学中人们不得不学会做一个胜任的观察者。无须说服一个曾经不得不学会用显微镜观看的人相信这一点。当初学者通过显微镜注视一张老师准备的切片时，他并不能辨认出合适的细胞结构，即使老师通过显微镜注视同样切片时毫无困难地辨认出细胞结构来。重要的是要指出，在这种情境下使用显微镜的技术人员一旦知道要寻找什么，他们在准备合适的条件下观察到细胞分裂不会有很大困难：然而在发现它们以前，这些细胞分裂却观察不到，虽然我们现在知道在通过显微镜检查的许多标本中必定会观察到细胞分裂。迈克尔·波兰尼描述了当教师教医学学生通过检查 X 线片来作出诊断时，医学学生知觉经验的变化。在下面的一段引文里，迈克尔·波兰尼(1973, p. 101)描述了当教师教医学学生通过检查 X 线片来作出诊断时医学生知觉经验的变化。

设想一个在上肺部疾病 X 线诊断课的医学生。在一间暗室里，他注视着置于

一个病人胸前的荧光屏上的影迹，倾听着放射学家用专门术语对他的助手评论这些阴影有意义的特征。起初，这个学生完全迷惑了。因为他在这张 X 线胸片上只能看到心脏和肋骨的阴影，在它们之间有一些蛛丝状斑。专家们似乎在信口讲述他们想象中的虚构事物；他一点也看不见他们所谈论的东西。然后，由于他继续倾听了几个星期，细心地查看各种不同病例的新片子，他开始有了尝试性的理解；他逐渐忘掉肋骨，并开始看到了肺。最后，如果他聪明地坚持下去，在他面前将会展现一幅充满有意义细节的全景：生理的变异和病理的变化，疤痕，慢性感染和急性病的征候。他进入了一个新世界。他仍然只看到专家能看到的部分，但是现在这些片子肯定有意义了，对片子的大多数评论也是如此。

当有经验而熟练的观察者和未经训练的新手两者面对同样境况时，他们并没有同一知觉经验。这与认为知觉是通过感官直接给予的主张相冲突。我使用的一些例子支持观察是人造的主张，对这一主张的通常回应是，从同样地方看同样情景的观察者看到同样的东西，但对他们看到的東西解释有所不同，对此回应我要争论。就知觉而言，观察者与之直接接触的唯一东西是他或她的经验。这些经验不是独一无二地给予的，也不是不变的，而是随观察者拥有的知识和期望而不同。我准备承认，被物理境况独一无二地给予的是在观察者视网膜上的映像；但观察者与那个映像没有直接的接触。当常识观的维护者假定，在知觉时有某种独一无二的东西给予我们，但可以给予各种不同的解释时，他们是在作出没有论证的假定：在我们视网膜上的映像独一无二地决定我们的知觉经验，而将许多相反的证据置之不顾。他们过分地使用了照相机类比。

在说了所有这一切后，我要澄清我在这一节究竟不主张什么，免得认为我实际论证的比我想要论证的还多。第一，我肯定不是主张在我们视网膜上的映像的物理原因与我们看到什么没有任何关系。我们不可能仅仅看到我要看到的東西。然而，虽然我们视网膜上的映像是我们看到什么的部分原因，这个原因的另一十分重要的部分则是我们心或脑的内在状态，它本身依赖我们的文化教养、我们的知识和我们的期望，而并不是仅仅决定于我们的眼睛和观察到的情景的物理性质。第二，在各种不同的条件下，我们在各种境况看到什么是相对稳定的。我们

看到什么对我们的心或脑的依赖并非那么敏感，以致使交流和科学成为不可能。第三，在这里援引的所有例子中，在某种意义上可以说所有观察者看到同样的东西。贯穿这本书我接受并预设一个单一的、独特的物理世界独立存在于观察者之外。因此，当一群观察者注视一张照片、一架仪器、一张显微镜切片或者其他什么东西时，在某种意义上他们通过注视而面对，因而看到同样的东西。但由此不能得出结论说，他们具有同一的知觉经验。在十分重要的意义上他们看到的是不同的东西，我对认为事实是通过感官不成问题地和直接地给予观察者的观点的探究正是建立在后一意义上的。这在什么程度上破坏了认为感觉能够确立科学所需充分事实的观点，还有待分晓。

4. 陈述表达可观察事实

在平常的语言学用法中，“事实”的意义是含糊的。它可能指表达事实的陈述，也可能指这种陈述所指的事态。例如，月球上有山脉和火山口，这是事实。这里可能认为事实是指山脉和火山口本身。另一种可能是，认为“月球上有山脉和火山口”这一陈述是事实。当声称科学基于事实，导源于事实时，显然后一解释比较合适。关于月球表面的知识不是基于，也不是导源于山脉和火山口，而是导源于关于山脉和火山口的事实陈述。必须区分理解为陈述的事实与那些陈述描述的事态，也必须区分事实的陈述与可能引起将那些陈述作为事实接受的知觉。例如，无疑当达尔文乘坐比格尔号进行闻名的航行时，他遇到了许多新的动植物物种，因此这是他一系列新颖知觉经验的内容。然而，如果他停留在那里，他就不会对科学作出重要的贡献。仅当他提出描述这些新颖发现的陈述，使得其他科学家也了解这些发现，他才对生物学作出了重要贡献。就乘坐比格尔号航行产生新的事实，使得进化论可由此产生或与之有联系而言，构成那些事实的是那些陈述。对那些主张知识导源于事实的人来说，他们必须记住事实是那些陈述，而不是那些知觉或例如山脉和火山口那样的客体。

在作了这些澄清之后，让我们回到本章的第 1 节结束时关于事实性质的两项

主张(1)和(3)。一旦我们这样做以后它们就马上变得非常成问题。我们知道可构成科学合适基础的事实必须采取陈述的形式,认为事实是通过感觉直接给予的这种主张看起来十分错误了。因为即使我们将前一节突出的困难撇在一边,并假定知觉是在看这个动作中直接给予的,那么显然描述可观察事态的陈述(我称之为观察陈述)不是通过感官给予观察者的。认为事实陈述通过感官进入脑是荒谬的。

在观察者提出和同意观察陈述以前,他或她必须拥有合适的概念框架以及拥有如何合适使用这个概念框架的知识。当我们思考儿童如何学习描述世界(即作出关于世界的事实陈述)时,这一点是很清楚的。考虑一下父母如何教孩子识别和描述苹果。父母给孩子看苹果,指着它,发出“苹果”这个词。孩子马上会模仿重复“苹果”这个词。在掌握了这个要领后,也许就在那天晚些时候,孩子看见一个网球,会指着它说“苹果”。在这个时候父母就会来解释这个球不是苹果,演示球不能像苹果一样咬着吃。孩子还会犯错误,例如将佛手瓜当作苹果,就要求父母作出更为精细的解释。等到孩子在有苹果时能够成功地说出苹果的时候,他已经对苹果知道了很多。所以,推定我们在从关于苹果的事实导出关于苹果的知识之前必须先观察到那些事实,似乎是个错误,因为表述为陈述的合适事实是以关于苹果的许多知识为先决条件。

让我们从谈论儿童进到与我们理解科学的工作更为有关的一些例子。想象一位熟练的植物学家,由一个像我一样对植物学一窍不通的人陪同,参加对澳大利亚灌木林的实地考察旅行,目的是收集有关当地植物群落的可观察事实。无疑,植物学家将会能够收集比我能观察和表述多得多的可辨识事实,理由很清楚。植物学家拥有比我自己更精细的概念框架可供利用,他或她比我知道更多的植物学。植物学知识是表述可构成事实基础的观察陈述的先决条件。

因此,记录可观察事实不仅要求接受刺激,例如射到眼睛上的光线。它还要求合适的概念图式以及如何应用它的知识。在这个意义上,假定(1)和(2)不能接受。关于事实的陈述不是由感觉刺激直接决定,观察陈述以知识为先决条件,因

此实际情况并不是我们先确定事实，然后再从事实导出知识。

5. 为什么事实应该先于理论？

我将对认为科学导源于事实这种主张颇为极端的解释作为出发点，这种主张隐含着在从事实导出科学知识以前必须确立事实。先确立事实，然后建立适合这些事实的理论。我们的知觉在一定程度上依赖我们先前的知识，因而依赖我们有准备的状态和我们的期望(在本章较早讨论过)这一事实，以及观察陈述以合适的概念框架为先决条件(在前一节讨论过)这一事实，都表明这是不可能做到的要求。确实，一旦接受仔细检查，就会发现这是一个相当愚蠢的想法，我怀疑有那个认真的科学哲学家会维护它。如果我们没有我们要探索何种知识或要试图解决何种问题的指导，我们如何能够通过观察确立关于世界的重要事实？为了进行可能对植物学作出重要贡献的观察，我们首先需要对植物学知道得更多。此外，如果在科学中有关事实必须始终先于它们可能支持的知识，那么我们的科学知识是否适宜应该对照可观察事实进行检验这一思想就没有什么意义了。我们对有关事实的探索需要由我们目前的知识状态指导，后者告诉我们测量例如不同地点大气中臭氧浓度会产生有关的事实，而测量悉尼青年头发的平均长度则不会。因此，让我们放弃获得事实应该先于提出构成科学知识的定律和理论这一要求，并且来看看一旦我们这样做以后我们能够从科学基于事实的观念中挽救些什么。

根据修改的立场，我们直率地承认观察陈述的表述以重要的知识为先决条件，在科学中寻找有关事实受知识指导。这种承认不一定破坏科学具有经观察确立的事实基础这一主张。让我们首先采纳这一论点：重要观察陈述的表述以合适的概念框架的知识为先决条件。这里我们要注意，要有表述观察陈述的概念资源是一回事；这些陈述的真假则是另一回事。看看我的固态物理教科书，我可以抽出两个观察陈述“钻石的晶体结构具有反向对称性”和“在硫酸锌的晶体内，每一个晶格有四个分子”。拥有一定程度的有关晶体结构以及晶体结构如何表征的知识对于表述和理解这些陈述是必要的。但即使你没有那个知识，也能认识到用同

样的术语能够表述其他类似的陈述，例如“钻石的晶体结构不具有反向对称性”和“钻石晶体每一个晶格具有四个分子”。在某种意义上所有那些陈述都是观察陈述，即一旦人们掌握了合适的观察技术，观察就能确定它们的真假。这样做了以后，只有我从教科书抽出的陈述得到观察确认，而从这些陈述构建的其他陈述就被反驳。这证明了这样的论点：知识为表述重要观察陈述所必需这一事实仍然没有解决如此表述的陈述哪些被观察证实，哪些没有。结果，承认描述事实的陈述的表述依赖知识并没有破坏这一观念：知识应该基于得到观察确认的事实。如果人们坚持确认与某种知识有关的事实应该先于任何知识的获得这一愚蠢要求，那就有问题了。

于是，承认对事实的探索和表述依赖知识不一定破坏科学知识应该基于观察确认的事实这一观念。如果观察陈述的真假能直接由观察确定，那么不管那些陈述如何表述，以这种方式确认的观察陈述提供给我们科学知识重要的事实基础。

6. 观察陈述的可错性

我们已经在探索科学的观察基础方面有了进展，但我们还没有摆脱困难。在前面的一节中，我们的分析预设了观察能够以不成问题的方式可靠地确立观察陈述的真理性或其他方面。但是这种预设是合法的吗？我们已经看到问题可以种种方式从以下事实发生：不同的观察者在观看同样情景时不一定有同样的知觉，而这可导致对可观察事态是什么不一致。这一点对科学的重要性已得到科学史中有文件证明的案例的证实，例如奈伊(1980)描述的关于所谓N线的效应是否可观察的争论，以及艾基和默尔凯(1976)描述的在射电天文学早期悉尼与剑桥天文学家之间对可观察的事实是什么的不一致。面对这些困难如何能够为科学确立可靠的观察基础我们迄今说得不多。关于观察事实的适宜性的判断基于预设知识，因而使那些判断成为可错的，这就产生有关科学观察基础可靠性的进一步困难。我将用例子说明这一点。

亚里士多德将火包括在四要素内，所有地上物体都由四要素组成。火是一种独特的十分轻的物质这一假定持续了数百年，但现代化学将它完全驱除了。那些用这个预设工作的人注视火焰在空中升起，认为他们直接观察到火；于是对他们来说，“火上升”是被直接观察经常证实的观察陈述。我们现在拒绝这种观察陈述。要点是，如果提供我们用来描述我们观察的范畴的知识有缺陷，以那些范畴作为先决条件的观察陈述同样有缺陷。我的第二个例子涉及人们在 16 和 17 世纪认识到地球在运动，绕着自己的轴旋转，沿着轨道绕太阳运行。在使这种认识成为可能的条件具备以前，可以说“地球是静止的”这一陈述是得到观察确认的事实。毕竟，人们不能看到或感觉到地球运动，而且如果我们跳到空中，地球也不会在我们下面因旋转而离开我们。从现代的观点看，我们知道这个观察陈述是假的，不管外观如何。我们了解惯性，并且知道由于地球在旋转我们正在朝水平方向以每秒 100 公理的速度运动，没有理由认为为什么当我们跳向空中时这应该有变化。改变速度需要力，而在我们的例子里，没有水平方向的力在作用。因此我们保持我们与地球表面共有的水平速度，落在我们跳起来的地方。“地球是静止的”并没有像一度认为它那样得到可观察陈述的确定。但是要完全理解为什么会这样，我们需要了解惯性。这种了解是 17 世纪的发明。我们有一个例子可作为例证说明对观察陈述的真理性或其他方面的判断如何依赖于形成背景的知识，而判断正是在这个背景上作出的。科学革命不仅是科学理论渐进的转换，而且也是可观察事实的转换！

我的第三个例子进一步说明了最后一个论点。它涉及在年运行中从地球上看到金星和火星的大小。这是哥白尼理论的一个推断，地球沿着在金星外侧与火星内侧之间的轨道围绕太阳运行，在年运行中金星和火星的外观大小应该有显著变化。这是因为当地球与其中之一处于太阳同侧时，地球相对地接近它，而当地球与其中之一处于太阳的对侧时，地球相对地远离它。从定量来考虑这个问题，按照哥白尼理论其效应是相当大的，外观直径可预测的变化对火星是 7 倍，金星是 5 倍。然而，当用肉眼仔细观察行星时看不出金星大小有变化，火星大小的变化不超过 1 倍。因此，观察陈述“在年运行期间金星的外观大小没有变化”得到直接确认，在哥白尼的《天体运行论》一书序言中提到这是一个被“各个时代所有经

验确认的”的事实(Duncan, 1976, p. 22)。奥西安德是序言的作者，他对哥白尼理论的推断与我们“可观察事实”之间的冲突印象如此之深，以致他用它来论证不应该照字面意义来对待哥白尼理论。我们现在知道对行星大小的肉眼观察是有欺骗性的，眼睛是一个在黑暗背景上测量小光源大小的十分不可靠的仪器。但是伽利略指出了这一点，并表明用望远镜来看金星和火星，就能清楚辨认预测的大小变化。这里我们有了一个明显例子说明知识和技术的改进使纠正观察事实的错误成为可能。例子本身很平常，并不神秘。但它的确表明，认为科学知识基于观察获得的事实观点必须承认事实和知识都是可错的，要接受校正，科学知识及其建基于其上的事实是相互依赖的。

我用“科学导源于事实”这一口号想要把握的直觉是，科学知识具有特殊地位，部分是因为它建立在可靠的基础上，由观察坚实确立的扎实事实上。本章的若干考虑是对这种轻松自在观点的威胁。一个困难涉及知觉在多大程度上受到观察者的背景和期望的影响，因此对一个人是可观察事实，对另一个人则未必如此。困难的第二个来源是，对观察陈述真理性的判断在多大程度上依赖于已经知道或假定的东西，从而使观察事实同作为观察事实基础的预设一样可错。这两类困难都提示，也许科学的可观察基础并不是像广泛地和传统地认为的那样一目了然和安全可靠。在下面一章我试图通过考虑观察的性质，尤其是在科学中使用的观察的性质，用比我们迄今讨论的更具辨识力的形式，来一定程度上减轻这些担心。

补充读物

关于经验主义者和实证主义者认为知识如何从感觉提供给心的东西中导出的经典讨论，请分别阅 Locke (1967) 和 Ayer (1940)。Hanfling (1981) 是一本逻辑经验主义的导论，包括它对科学观察基础的论述。在知觉层次对这些观点提出挑战是 Hanson (1958, chapter 1)。对整个问题的有用讨论可在 Brown (1977) 和 Barnes, Bloor and Henry (1996, chapters 1-3) 中找到。

第二章 观察是实践的干预

1. 观察：被动和私人的， 还是公共和主动的？

许多哲学家对观察的理解通常将观察看作一种被动的、私人的活动。认为当观看时，我们只是睁开眼睛，指挥眼睛让信息流入，记录看到的東西，因此观察是被动的。正是观察者心内或脑内知觉自身直接确证这个事实，例如“在我前面有一个红的西红柿”。如果这样来理解观察，那么确定可观察事实就是一件完全私人的活动。这是由个人完成的，在感知行动中密切注意提供给他或她的东西。由于两个观察者并不获得对方的知觉，他们就不可能参与由他们的知觉确立的事实是否有效的对话。

被动和私人的知觉观或观察观是完全不适宜的，并没有对日常生活的知觉，更不要说科学提供精确的论述。日常观察远不是被动的。为了确定知觉的正确性需要做一系列的事情，许多是自动地，也许无意识地。在看这个行动中我们对物体进行扫描，移动我们的脑袋来检验所观察的情景中有什么预期的变化等等。如果我们不能肯定通过窗子观看到的情景是窗外发生的事情还是在窗子上的反映，我们可以移动我们的脑袋来检查在看到情景的方向上有什么效应。一般认为，如果由于某种理由根据我们的知觉我们对实际发生的情况表示怀疑，我们能够采取种种行动来解决这个问题。在上面的例子中，如果我们有理由怀疑西红柿的映像是聪明地设计的视觉映像，而不是真正的西红柿，我们可以仔细看它，触摸它，必要时我们可以尝尝它或将它切开。

这些少量的有点初步的评论仅仅触及充满细节的故事的表面，心理学家能够告诉我们在感知行动中个人所做的许多事情。对我们的工作更为重要的是，考虑一下这一点对观察在科学中所起作用的意义。说明我的论点的一个例子是显微镜

在科学中的早期使用。当罗伯特·虎克和亨利·鲍威尔斯等科学家使用显微镜来观看苍蝇、蚂蚁等小昆虫时，他们经常对观察事实发生分歧，至少虎克起初将分歧的原因归诸于照明不同。他指出，苍蝇的眼睛在一种光下看起来像覆盖孔的格子(顺便说一句，这使鲍威尔斯相信实际情况就是如此)，在另一种光下像覆盖圆锥体的表面，在第三种光下像覆盖金字塔的表面。虎克为了澄清这个问题进行了实践干预。他努力使标本的照明均一来消除由于耀眼和复杂反射而引起的虚假信息。他做到这一点是靠了使用通过盐水溶液散射的烛光照明。他也从各种方向来照明他的标本，以确定在这些变化之下哪些特点保持不变。有些昆虫需要用白兰地浸泡，使之不能运动，又没有损伤。

虎克的书《显微学》(Micrographia, 1665) 含有许多来自虎克这些行动和观察的详细描述和观察。这些成果过去是公共的，现在仍然是公共的。别人可以检查、批评和补充这些成果。如果苍蝇的眼睛在某种照明下像覆盖小孔的东西，那么密切注意他或她的知觉的观察者不可能有用地评价这种事态。虎克表明了在这种情况下为了检查这种外观的真实性能做些什么，而他建议的程序任何愿意做而受过训练的人都可以进行。关于苍蝇眼睛结构的可观察事实最终是一个主动而公共的过程的结果。

能够采取行动来探索作为观察事实提出来的那些主张是否适宜这一点具有这样的推断：知觉的主观方面不一定是一个科学不可解决的问题。前一章讨论了同样情景的知觉可以种种方式随不同观察者的背景、文化和期望而有不同。由于这一无可怀疑的事实产生的问题在很大程度上能够通过采取合适的行动而得到解决。个人的知觉判断因一系列理由而不可靠，这对任何人不应该是新闻。在科学中的挑战是如何安排客观境况使依赖这种判断的情况减少到最低限度，如果不能消除的话。有一两个例子可以说明这一点。

月球幻觉是一种常见现象。当月球在高空，它显得比在地平线低处小得多。这是一种幻觉。月球没有改变它的大小，它离地球的距离在它位置改变的几小时内也没有变化。然而，我们并非必须相信关于月球大小的主观判断。例如我们可

以爬上一根装有十字金属丝的观测管道，使我们可在标尺上读到它的定向。在观测地点与月球形成的对向角可由十字金属丝与月球每一边的联接来确定，并注意标尺上相应读数的差异。当月球在高空时这样做后，再在它接近地平线时重复。在这两种情况下标尺读数没有显著差异这一事实，反映月球大小仍然没有变化。

2. 伽利略和木星卫星

有一个历史例子说明本节与上节讨论的相关性。1609 年晚期，伽利略建造了一架强大的望远镜，用它来观测天体。在以后的三个月他所作出的许多新颖观察是有争议的，与有关哥白尼理论正确性的天文学争论密切相关，而伽利略已成为哥白尼理论热心的斗士。例如，伽利略声称他观测到有四个月球围绕木星旋转，但他难以说服别人相信他观察的正确性。这是一个时机问题。哥白尼理论涉及有争议的主张，例如地球是动的，每天围绕它的轴旋转，每年围绕太阳运行。哥白尼在上一世纪前半世纪向之挑战的公认观点是，地球是静止的，太阳和行星围绕地球运动。反对地球运动的一个论据，远不是微不足道的论据是，如果地球像哥白尼主张的那样围绕太阳运动，月球就会拉在后面。一旦人们承认木星有四个月球，这个论据就消除了。因为即使反对哥白尼的人也同意木星是运动的。结果，木星带着它的月球运动，展现了哥白尼的反对者认为地球不可能有的现象。

伽利略用望远镜对木星月球的观察是否正确在那时是个时机问题。尽管有起初的反对以及他的许多同时代人似乎不可能用望远镜辨识木星月球，伽利略终于在两年内说服了他的对手。让我们看看他如何能够做到这一点 - 他如何能够使他对木星月球的观察“客观化”。

伽利略用一个环将一个有同等间距的水平线和垂直线标志的标尺安装在他的望远镜上，这样使标尺能够面对观察者，并能沿着望远镜上下滑动。用望远镜观测的人可以用一只眼睛用望远镜看，另一只眼睛看标尺。为了便于看标尺，用小灯照亮标尺。将望远镜瞄准木星时，将标尺沿望远镜滑动，直到用一只眼睛通

过望远镜看到的木星映像出现在用另一只眼睛看到的标尺中央方块为止。这样做了以后，通过望远镜看到的一个月球的位置可在标尺上读到，读数与它与木星的距离相对应，为木星直径的倍数。木星的直径是一个方便的单位，由于使用这个单位作为标准，就自动承认这样的事实：从地球上看到的木星外观直径随它接近地球或远离地球而有变化。

伽利略利用这些就能够记录伴随木星的四颗“小星星”的每天运动。他能够表明数据与小星星的确是以恒速围绕木星运行的月球这一假定相一致。这个假定不仅得到定量测定的证实，而且也得到定性观察的证实，当这些卫星通过木星的背面或前面或进入它的阴影，它们就从视野消失。

伽利处在一个强有力的地位来论证他对木星月球观察的真实性，尽管肉眼不能见到它们。他能够并确实反对这样一种意见，说这些月球是望远镜产生的幻觉，指出这种意见难以说明为什么这些月球出现在木星附近，而不是在别的什么地方。伽利略也能诉诸他的测量的一致性和可靠性，及其与这些月球定期围绕木星运行的假定相容。伽利略的定量数据得到独立观察者的证实，包括罗马学院和罗马教皇法庭的观察者的观测，他们是哥白尼理论的反对者。更有甚者，伽利略能够预测这些月球的进一步位置以及月相和月蚀的发生，这些也被他自己及独立观察者确认，这些由斯蒂尔曼·德赖克(Stillman Drake, 1978, pp. 175-176, 236-237)记录在案。

望远镜观测的真实性很快被伽利略同时代人接受，他们是有能力的观察者，甚至也被起初反对他的人接受。确实，有些观察者始终不能辨认这些月球，但我认为这并不比詹姆斯·塞尔伯(James Thurber, 1933, pp. 101-103)不能通过显微镜辨认植物细胞结构更为重要。伽利略论证他对木星月球望远镜观察的真实性的力量在于他的主张能够经得住一系列实践的、客观的检验。虽然他的论证也许并非绝对定论性的，但比其他主张(例如说他的观测是望远镜产生的幻觉或人为产物)能够做的任何论证都无比地强有力。

3. 观察事实是客观的，但也是可错的

试图从我们已经提出的批评中挽救关于可观察事实的强主张可遵循下列路线进行。如果观察陈述能够直接接受感觉检验，并经受住这些检验，它就构成值得形成科学基础一部分的事实。这里的“直接”是要把握这样的观念：观察陈述的正确性应该接受种种常规客观程序的检验，而无需观察者方面精巧的主观判断。对检验的强调使观察陈述的辩护具有主动、公共的性质。在这个方面，也许我们可以把握由观察可靠地确立事实的观念。毕竟，只有沉湎于某种嗜好的哲学家才会愿意花费时间去怀疑，像米表读数那样的事情能够在很小误差范围内靠仔细利用视觉来可靠确定。

在前一段提出的可观察事实概念需要付出一些小的代价。这个代价是，可观察事实在某种程度上是可错的，可接受修改。如果一个陈述够得上成为可观察事实，因为它通过迄今为止能够向它提出的所有检验，这并不意味着它一定能经受住因知识和技术的进展而成为可能的新型检验。我们已经遇到两个重要的观察陈述的例子，它们根据充分的理由被接受为事实，但是鉴于新的进展最终被摒弃：“地球是静止的”和“火星和金星的外观大小在每年运行中没有显著改变”。

根据这里提出的观点，适合于构成科学知识基础的观察既是客观的，又是可错的。就它们能够接受简单明了的程序检验而言，它们是客观的，而就它们可被由于科学和技术的进展而成为可能的新型检验推翻而言，它们是可错的。这一点可用伽利略工作的另一个例子说明。伽利略在他的《两个主要世界体系的对话》(Dialogue concerning the Two Chief World Systems, 1967, pp. 361-363)中描述了一种测量星体直径的客观方法。他在他自己与远距离的星体之间悬一根绳索，这根绳索正好挡住星体。伽利略论证说，绳索与眼睛的角度等于星体与眼睛的对向角。我们现在知道伽利略的结果是虚假的。我们感知的星体的外观大小完全是由于空气和其他干扰效应，与星体物理大小没有决定性关系。伽利略对星体大小的测量依据的是现在已经被摒弃的假定。但是这种摒弃与知觉的主观方面没有关系。伽利略的观察是客观的，因为这些观察使用的是常规程序，如果今天来

重复，这些程序产生的结果与伽利略获得的结果是大体相同的。在下一章，我们将有理由来进一步发展这个论点：科学缺乏不可错的观察基础不仅仅是由于知觉的主观方面。

补充读物

关于科学的经验基础是经得住检验的陈述的经典讨论请阅：Popper (1972 chapter 5)。强调观察的主观方面在 Hacking (1983) 的后半部，Popper (1979, pp. 341-61) 以及 Chalmers (1990, chapter 4)。也请参考 Shapere (1982)。

第三章 实 验

1 不仅是事实，而且是有关的事实

在这一章，为了论证的方便我假定，仔细利用感觉能够建立可靠性。我已经提出，不管怎么说，在与科学有关的许多境况下，这个假定是肯定能得到辩护的。计算盖氏计数器上的滴答声，注意标尺上指针的位置，这些例子都是不成问题的。有这些事实就解决了关于科学事实基础的问题了吗？科学知识能够从能被观察确定的陈述所构成的事实中推导出来吗？在这一章我们将看到对这些问题的回答都是断然的“否”。

应该指出的一点是，科学中所需要的不仅是事实，而且是有关的事实。能由观察确立的大多数事实，例如在我的办公室里书的数目或我的邻居汽车的颜色，与科学完全无关，科学家们去收集这些事实是浪费时间。哪些事实与一门科学有关，哪些无关相对于 那门科学的发展的目前状态。科学提出问题，并且理想地观察能提供一个答案。这是什么组成科学有关事实这一问题的部分答案。

然而必须强调更为重要的一点，为此我要介绍一个故事。当我年轻的时，我的哥哥 和我关于怎么说明草在同一牧场上有牛粪的地方比其它地方长得更快这一事实。我肯定这一事实不是我们第一个注意到。我的哥哥的意见是，这是牛粪的施肥效应，而我怀疑这是一种覆盖效应，牛粪对下面的土地有保墒和抑制蒸发的作用。我现在强烈怀疑我们都不全对，主要的说明是奶牛不大愿意吃它们自己的粪周围的草。所有这三种效应大概都起作用，但我们兄弟所作的那种观察不可能分辨出效应的程度。有必要进行一些干预，例如，有一个季节将奶牛不在这块牧场上放牧，看看在牛粪上的草长得长草是否减少或消失，将粪磨细消除它的保墒作用，但仍保留它的施肥作用等等。

这个例子所说明的境况是典型的。在我们周围有许多种过程在起作用，它们以复杂的方式叠加和相互作用。一片掉落的叶子受到引力吸引、空气阻力和风力的作用，并且当它掉落时腐烂也起一些作用。当一些事件自然发生时，不可能通过对这些事件的仔细观察而达到对这种种过程的理解。对落叶的观察并不产生伽利略落体定律。这里学到的教训是一目了然的。为了与鉴定和说明在自然界起作用的种种过程有关的事实，一般需要在实践中进行干预，试图将要研究的过程分离出来，消除其他过程的效应。简言之，必须做实验。

到这一步花了我们一些时间，但是也许应该有点明显的是，如果有构成科学基础的事实，那么那些事实表现为实验结果，而不是任何陈旧的可观察事实。可是在最近二十年内科学哲学家才仔细注意实验的性质及其在科学中起的作用，于是这一点才变得明显的。确实，这是本书前面几版给予很少注意的一个问题。一旦我们集中于关注提供科学基础的实验，而不仅仅是观察，我们就会在本章其余部分看到，我们一直在讨论的问题就有点不同的情况了。

2 实验结果的产生和更新

实验结果无论如何不是被直接给予的。任何一个实验工作者，甚至任何一个攻读科学的学生都知道，做实验不是一件容易的事。

成功地进行重要的新实验能花几个月或甚至几年的时间。在 20 世纪 60 年代我是一个实验物理学家，对我自己经验的简要描述将清楚地说明这一点。故事的细节对读者不重要，我的目的不过是给大家提供一个概念：产生一个实验结果会有多复杂，会涉及哪些实践上的努力。

我的实验的目的是从分子散射出低能量的电子，以发现它们在这过程中失去了多少能量，从而获得有关分子本身在各能量层次的信息。为了达到这个目的，必须产生一束电子，它们全以相同的速度运动，从而具有相同的能量。必须安排

它们仅仅在进入检波器以前撞击一个靶分子，否则就会丧失所寻找的信息，而且必须用设计合适的检波器测量散射电子的速度或能量。这些步骤中的每一步都是一次实际的挑战。速度选择器有两块导电的金属片，弯曲成其中有电位差的同心圆。进入金属片之间的电子，如果它们的速度与金属片之间的电位差相匹配，它们就会出现在环形通路的另一端。否则，它们就会在导电金属片上偏转。为了保证电子有可能只撞击一个靶分子，就必须在一个高度真空，只含有一个靶分子样本、压力很低的地方做实验。这就要求充分利用真空技术。测量散射电子的速度必须用类似产生单能量束时使用的环形电极。测量以特定速度散射的电子强度可用这样的办法：将金属片之间的电位差规定一个值，只允许具有这个速度的电子穿过环形金属片，并出现在分析器的另一端。检测出现的电子包括要测量微小的电流，这又要充分利用技术。

那是一般的想法，但是每一步都提出了一系列实际问题，任何人在这领域工作的人都熟悉这些问题。使仪器摆脱用来制造仪器的种种金属发射的多余气体是很困难的。这些分子被电子束离子化可凝结在电极上，引起虚假的电位。我们的美国对手发现电极镀金极大地有助于将这些问题减少到最小限度。我们则发现，在电极上镀一层以碳为基础的溶液(称为“aquadag”)有很大帮助，虽说不像镀金那样有效，但更适合于我们的研究预算。在这项实验得出重要结果以前，我的耐心(以及我的研究经费)早就失去了。我理解一些研究生在最终获得重要结果以前遭了多大的磨难。30年以后的现在，低能量电子光谱仪是相当标准的技术。我的努力以及更成功的后继者努力的细节，并不重要。我所说的应该足以说明无可争辩的论点应该是什么。如果实验结果构成科学立足的事实，那么它们肯定不是经由感觉直接给予的。事实的确立是必须经过努力的，并涉及相当多的实际知识，实践中的试错法，以及利用可得的技术。

对实验结果适宜性的判断也不是直接了当的。仅当实验设置是合适的，扰乱因素得到消除，实验才是适宜的，才可解释为展示或测量实验打算展示或测量的东西。有关这些因素的知识不充分可导致不合适的实验测量和错误的结论。因此，实验事实与理论之间有着重要的相互联系。如果有关实验的理论有缺陷或错误，

实验结果就有可能出错。

有关实验的这些一般的，在一定意义上相当平凡的特点的推断是，实验结果是可错的，可因明显的理由而更新或代替。由于技术方面的进展，实验结果可变得过时，由于理解方面的进展(根据这种理解认为实验设置不合适)，它们可被摒弃。这些论点及其的意义将在下一节用历史的例子加以说明。

3 改变科学的实验基础：历史的例子

在 19 世纪后 25 年放电管现象支配着极大的科学兴趣。如果高电压通过插入封闭玻璃管的每一端的金属片连接起来，就发生放电，在管内引起种种辉光。如果大气压在管内不是太大，就会产生流光，连接带负电的金属片(阴极)和带正电的金属片(阳极)。这些已知为阴极射线，它们的性质是当时科学家很感兴趣的问题。德国科学家海因里希·赫兹在 19 世纪 80 年代进行了一系列实验，意图阐明它们的性质。作为这些实验的结果，赫兹作出结论说，阴极射线不是带电粒子束。他达到这一结论部分是由于当阴极射线受到与它们运动方向成垂直的电场影响时它们并不像带电粒子束预期的那么发生偏转。我们现在认为赫兹的结论是错误的，他的实验是不适宜的。在 19 世纪结束前 J. J. 汤姆逊进行的实验令人信服地表明电磁场使阴极射线偏转，其方式与带电粒子束一致，并能测量电荷与粒子质量的比率。

正是由于技术的改善和对境况理解的增进使得汤姆逊有可能改进实验，摒弃赫兹的实验结果。构成阴极射线的电子可使玻璃管内的气体分子离子化，即使分子中的一两个电子移位，使它们成为带正电荷。这些离子能聚集在仪器金属片上，导致从实验的角度看是虚假的电场。大概正是这种电场妨碍赫兹产生汤姆逊终于能够产生和测量的偏转。汤姆逊能够改进赫兹的工作的主要办法是得益于经过改进的真空技术，从玻璃管消除了更多的气体分子。由于有了改进的真空状态，有了对电极的更为合适的安排，汤姆逊能够确定赫兹宣布不存在的偏转。当汤姆逊

使他仪器的压力上升到赫兹仪器曾达到的水平时，他也不能检测到偏转。在这里重要的是要认识到，不应该责备赫兹他得出这样的结论。如果他对境况的理解是如此，他能利用的知识是如此，他有充分理由相信，在他仪器里的压力是很低，他的仪器安排得很合适。仅仅是由于后来的理论和技术的进展，才使人们看到他的实验有缺陷。其寓意当然是：谁知道未来的进展将表明哪些当代的实验结果有缺陷？

赫兹绝不是一个假冒伪劣的实验家，他是最好的实验家之一这一事实由于下列的成功而得到证实：他是 1888 年产生无线电波的第一个人，那是他两年辉煌的实验研究的顶点。除了揭示一种值得探索和需要用实验完善的新现象外，赫兹的无线电波具有重要的理论意义，因为它们确认了麦克斯韦的电磁理论，这个理论是他在 19 世纪 60 年代中叶提出的，并且含有存在这种波的推断（尽管麦克斯韦自己没有认识到这一点）。赫兹实验结果的大多数方面仍然是可接受的，并且今天仍保留它们的意义。然而他的一些结果需要被替代，并且他对它们的主要解释之一应被摒弃。所有这些论点都说明实验结果如何接受修订和改进。

赫兹能用他的仪器产生稳定的波，使他能够测量它们的波长，他能据以推演出它们的速度。他的结果显示，波长更长的波通过空气中比沿着电线传播的速度更快，比光更快，而麦克斯韦的理论则预测它们都将以光速在空气中和沿着赫兹仪器的电线传播。由于赫兹已经表示怀疑的理由，这些结果是不适宜的。从实验室墙上反射回到仪器的波引起多余的干扰。赫兹(1962, p. 14)自己对结果的思考如下：

读者也许会问我为什么自己没有努力用重复实验来解决这个疑点。我确实重复了实验，但是正如人们期望的那样，仅仅发现了，在同样的条件一次简单的重复不能消除疑问，反而增加了疑问。只有在更有利的条件下进行实验才能达到确定的结果。这里的更有利条件意味着更大的房间，但我对此无能为力。我再次强调在观察时多加注意不能弥补空间的狭小。如果长波不能显现，就不能清楚地观察它们。

由于他的实验设备对他手头的工作不合适，赫兹的实验结果不满意。如果要消除来自反射波的多余干扰，所研究的波的波长需要小到能与实验室的尺度相比较。正如人们所得知的那样，在几年内实验在“更为有利的条件下”进行，产生的速度与理论的预测相一致。

这里要强调的一点是，实验结果不仅要求令人满意，即对发生什么有精确的记录，而且也合适或重要。对它们的设计应专为阐明某个重要问题。一个重要的问题是什么，一组特定的实验是否令人满意地回答这个问题，这些判断很大程度上取决于如何理解实际的和理论的境况。正是电磁学相竞争理论的存在，以及其中一个主要的理论预测无线电波以光速传播，才使赫兹尝试测量无线电波的速度成为特别重要，而正是理解到波的反射行为才使人们明白赫兹的实验设置不合适。由于从物理学观点看是一目了然并非神秘的理由，赫兹实验的这些特殊结果被摒弃了，并且不久被代替了。

赫兹研究的那段轶事及其对它的思考清楚说明实验要合适或重要，当实验不合适或不重要时实验结果就要被代替或摒弃，它也清楚地说明另一方面：对他的速度测量的摒弃与人类知觉问题毫无关系。没有任何理由怀疑赫兹仔细观察了他的仪器，测量距离，注意是否有火花通过他检波器中的缝隙，并且记录仪器读数。在如下的意义上他的结果能被认为客观的：重复这些实验的任何人将会得到类似的结果。赫兹他本人也强调了这一点。赫兹实验结果的问题不是因为他的观察不满意，也不是因为缺乏重复性，相反是因为实验设备不能令人满意。正如赫兹指出的，“小心进行观察不能补救空间的缺乏”。即使我们承认，赫兹能够通过仔细观察建立可靠事实，我们能看到这本身不足以产生出使科学工作满意的实验结果。

上面的讨论能用来说明实验结果的可接受程度是如何依赖理论的，在这方面的判断是如何会随我们科学理解的发展而变化。更一般的层次说明了这一点的是，自从赫兹第一次产生出无线电波以来，赫兹产生出无线电波的重要意义已经

有了变化。在那时，若干竞争的电磁学理论之一是詹姆士·克勒克·麦克斯韦，他发展了迈克尔·法拉第的关键想法，将电磁状态理解为无孔不入的以太的力学状态。这个理论不同于它的竞争者，后者假定电流、电荷和磁体超距作用，但不涉及以太，它则预测无线电波以光速运动的可能性。正是物理学发展的这一方面给予了赫兹实验结果的理论意义。因而，赫兹及其同代人能够将无线电波的产生解释为确认以太的存在。二十年以后根据爱因斯坦的狭义相对论，人们放弃了以太。赫兹的实验结果仍然被认为是确认了麦克斯韦理论，但仅仅是它的一个重写的版本：放弃以太，将电磁场看作独立的实在的实体。

另外一个有关第 19 世纪测量分子量的例子，进一步说明实验结果相干性和解释如何取决于理论的脉络。19 世纪下半世纪由于化学组成原子理论，化学家认为测量自然产生的元素和化合物的分子量具有根本的重要性。这对支持普劳特假说的人尤为如此。他的假说是，氢原子是基本的建筑砖块，其他原子由这些砖块构成，因为这导致人们期望以氢为准来测量分子量将会是整数。然而人们一旦认识到自然产生的元素含有成比例的同位素混合物，这虽然并没有特殊的理论意义，可是从理论化学观点看，上一世纪占主导地位的实验化学家辛辛苦苦测量分子量在很大程度上变得不相干了。这种境况促使 E. 索迪对其结局作出如下的评论 (Lakatos and Musgrave, 1970, p. 140)：

有些事肯定类似命运中的悲剧(如果不是比悲剧更惨的话)，这一悲剧突然笼罩了 19 世纪这一群杰出的、光辉夺目的化学家的毕生工作，他们的同代人正确地将他们的工作作为精确科学测量的王冠和完美的代表来崇敬。至少暂时来说，他们艰难获得的结果没有什么意义，正如测定一堆瓶子的平均重量没有意义一样，其中有些瓶子是满的，有些或多或少是空的。

这里我们目击旧的实验结果被认为不相干而撇在一边，理由不是因为人类知觉有问题。这些 19 世纪的化学家被“他们的同代人作为精确科学测量的王冠和完美的代表来崇敬”，我们没有理由怀疑他们的观察。我们也无须怀疑他们观察的客观性。我也不怀疑，如果同时代的化学家要重复同样的实验，他们会得到类似

的结果。令人满意地进行实验是实验结果可接受的必要条件，但不是它的充分条件。它们还需要相干性和重要性。

我要用从物理学和化学及其实践的观点看无可争辩的方式，对我在例子的帮助下要建立的论点加以概括。认为实验结果是科学合适基础的传统经常更新。旧的实验结果因一系列直接了当的理由而认为不满意被摒弃，被更满意的结果代替。实验结果之被摒弃可能因为实验对可能的干扰源的防范不够充分，因为测量使用不敏感和过时的检测方法，因为终于明白实验不能解决手头的问题，或者因为实验计划来解决的问题本身有疑问。尽管人们能够将这些意见看作是对日常科学活动的相当显而易见的评论，然而它们对正统的科学哲学具有严重的含义，因为它们推翻了广泛持有的观点：科学有赖于可靠的基础。不但如此，它们也推翻了为什么这与人类知觉成问题的特点有关系的理由。

4 作为科学合适基础的实验

我在本章的前面几节对实验结果是直接给予的和完全可靠的观念进行了批判检查。我论证了实验结果在某些方面是依赖理论的，它们是可错的和可修正的。这可被解释为对下列观念的严重威胁：科学知识是特殊的，因为它以特别苛求和令人信服的方式得到经验的支持，人们可论证说，如果科学的实验基础像我论证的那样是可错的和可修正的，那么基于实验基础的知识同样是可错和可修正的了。由于认为科学理论由实验支持，这种担心能因循环论证而得到加强。如果诉诸理论是为了判定实验结果的满意性，而那些同样的实验结果又是理论的证据，那么我们就陷在一个循环论证之中。似乎很大的可能是科学并不靠实验结果提供资源来解决相竞争的理论支持者之间的争论。一个阵营诉诸他们的理论来维护某些实验结果，而与之对立的阵营诉诸他们相竞争的理论来维护不同的实验结果。在这一节我将提供理由来反对这些极端的结论。

必须承认，理论和实验之间的关系有可能包含循环论证。这能用下列取自我

在学校教书那时的故事来说明。我要求学生沿着下列思路来做实验。目的是测量带电流的线圈的偏转，线圈悬在马蹄磁铁两极之间，并沿着与磁铁两极连线成直角的轴自由旋转。线圈形成电路的一部分，这个电路含有一节电池供应电流，有一个电表来测量电流，以及一个可变的电阻使得有可能调整电流的强度。目的是注意磁铁的偏转如何对应于电表记录的电路电流各种值。那些学生认为实验很成功，因为当他们以电流为背景绘制偏转曲线，显示二者成正比时，他们得到了一张很好的直线图。我记得我对这个实验感到很不自在，虽然我也许明智地没有将我的担心传播给我的学生。我的担心源于我知道在电表内是什么这一事实。在电表内是一个线圈，以某种方式悬在磁铁的两极之间，线圈被通过线圈的电流偏转，引起指针在电表上可见的、刻度平均的标尺上移动。因此，在这个实验中，当认为电表上的读数是电流的测度时，偏转与电流的比例是已经预设好的。被认为得到实验支持的东西是已经预设好的，这里确实是循环论证。

我的例子说明在诉诸实验的论证中如何出现了循环论证。但同一例子可用来表明情况不一定如此。上面的实验本来能够，也应该采取这样一种测量电路电流的方法，它不必使用磁场内线圈的偏转。所有实验都推定一些理论的真理性的以便帮助判定实验设置是令人满意的，仪器正在阅读预定它们要读的东西。但是这些预设的理论不一定与受检理论是同一的，有理由认为好的实验设计的前提之一是保证实验设置预设的理论受检理论不是一回事。

有助于正确看待“实验依赖理论”另一点是，不管理论如何指导实验，实验结果在很大程度上决定于世界，而不是理论。一旦仪器、电路、开关都已安排好，屏幕上可能会有闪光，也可能没有，光束可能偏转，也可能没有，电表上的读数可能增加，也可能没有。我们不可能使结果符合我们的理论。这是因为物理世界使得赫兹进行的实验没有产生阴极射线的偏转，而汤姆逊进行的改进的实验却产生了偏转。正是两位物理学家实验安排方面的实质差异，而不是他们持有的理论上的区别，导致不同的结局。在这个意义上实验的结局决定于世界的运转，而不是有关世界的理论观点，是世界提供了对照世界检验理论的可能。这不是说重要的结果是容易达到并且不可错的，也不是它们的意义总是一目了然的。但是它确

实帮助建立了这样的论点：对照实验结果检验科学理论的可接受性是有意义的探索。而且，科学的历史给我们提供了成功地面对挑战的例子。

补充读物

在使科学哲学家对实验产生新的兴趣中 Hacking (1983) 的后半部书是早期的重要行动。对这个话题的其他探索有：Franklin (1986), Franklin (1990), Galison (1987) 和 Mayo (1996)，尽管这些详细的讨论仅在本书第十三章讨论“新实验主义”时才具有充分的意义。在这章提出的问题在 Chalmers (1984) 中有略为更详细的讨论。

第四章 从事实推导出来理论：归纳

1 引言

在本书的前面几章我们已经考虑过这样的观念：科学知识的特征是它从事实推导出来。我们已经达到了这样的阶段，我们对观察和实验事实的性质给予了详细的注意，这些事实可被认为是科学知识从中推导出来的基础，尽管我们已经看到那些事实不能像一般设想的那样能够直接地和可靠地确立。让我们假定，合适的事实能够在科学中确立。现在我们必须面对科学知识如何能够从那些事实推导出来的问题。

“科学从事实推导出来”可以解释为意指，建构科学知识首先要确立事实，然后建立适合于这些事实的理论。我们在第一章讨论了这个观点，并认为不合理而摈弃了它。我要探索的问题涉及用某种逻辑意义，而不是时间意义上来解释“推导”。不管哪一个在先，事实还是理论，要讨论的问题是理论在多大程度上靠事

实支持。最强的主张是，理论可从事实合乎逻辑地推导出来。也就是说，如果事实已知，就能够证明理论是事实的推断。这种强主张不能得到支持。理解为什么如此我们必须看看逻辑推论的若干基本特点。

2 婴儿逻辑

逻辑是从其他已知陈述推演出陈述。它涉及从什么得出什么。在这里我不想详细叙述和评价逻辑或演绎推理。反之，我要用一些十分简单的例子提出一些足以达到我们目的的论点。

下面是一个逻辑论证的例子，这个论证是完全可接受的，或者用逻辑学家的术语来说，是完全有效的。

例 1

1. 所有哲学书都是令人厌烦的。
2. 这本书是一本哲学书。
3. 这本书是令人厌烦的。

在这个论证中，(1)和(2)是前提，而(3)是结论。在我看来，这很明显：如果(1)和(2)是真的，那么(3)也一定是真的。一旦已知(1)和(2)是真的，(3)不可能是假的。断言(1)和(2)是真，而拒绝(3)是自相矛盾。这是逻辑上有效的演绎的关键特点。如果前提为真，那么结论必为真。逻辑是保真的。

例 2

1. 许多哲学书是令人厌烦的。

2. 这本书是哲学书。
3. 这本书是令人厌烦的。

在这个例子中，(3)不是必然从(1)和(2)中得出。即使(1)和(2)是真的，也许这本书最后证明是并不令人厌烦的少数几本哲学书之一。这个论证是无效的。

读者现在也许感到厌烦了。这类经验肯定对例 1 和例 2 中陈述(1)和(3)的真值有影响。但需要强调的一点是，单单逻辑推演不能确立我们例子中表示的那类事实陈述的真值。在这方面逻辑能够提供的一切是，如果前提为真，论证是有效的，那么结论必定为真。但前提是否为真不是一个诉诸逻辑能解决的问题。一个论证可以是完全有效的，即使其前提为假。请看下面的例子。

例 3

1. 所有猫有五条腿。
2. 疯咪是我的猫。
3. 疯咪有五条腿。

这是完全有效的演绎。如果(1)和(2)为真，那么(3)必定为真。在这个例子中(1)和(3)是假的。但这不影响这个论证是有效的这一事实。

在强的意义上逻辑独自不是新的真理的来源。构成论证前提的事实陈述的真不能靠诉诸逻辑来确立。逻辑只能揭示从我们已经有的陈述中得出什么，或者在这些陈述中已经含有什么。与这种局限相对照的是，逻辑的很大优点是它的保真性质。如果我们能肯定我们的前提是真的，那么我们同样能肯定我们从这些前提中推导的一切也都是真的。

3 科学定律能够从推导出来事实吗？

在我们讨论了逻辑的性质以后，人们可以明显地看到，科学知识不可能从事实推导出来，如果将“推导”解释为“逻辑推演”。

科学知识的一些简单例子足以说明这一基本点。让我们考虑一些低层次的科学定律，例如“金属遇热膨胀”或“酸使石蕊纸变红”。

这些是一般陈述。它们是哲学家所指的普遍陈述的例子。普遍陈述指特定种类的所有事件，金属遇热的所有实例，浸泡在酸中的石蕊纸的所有实例。科学知识总是包含这种一般陈述。观察陈述是为一般科学定律提供证据的事实，当我们说到观察陈述时，情况就完全不同了。那些可观察事实或实验结果是在特定时间获得的、有关某一事态的具体断言。哲学家称它们为单称陈述。它们包括这样一些陈述，例如“当加热时铜棒长度增加”或“浸泡在盐酸烧杯中石蕊纸变红”。假设我们手头拥有大量这些事实，作为我们希望从中推导出科学知识的基础（在我们的例子中是关于金属或酸的科学知识）。什么样的论证能够使我们从作为前提的那些事实达到作为结论的我们设法推导出的科学定律？在我们有关金属膨胀的例子中，这个论证可以图式表示如下：

前提

1. 当在场合 t_1 遇热时金属 x_1 膨胀。
2. 当在场合 t_2 遇热时金属 x_2 膨胀。
- n . 当在场合 t_n 遇热时金属 x_n 膨胀。

结论

所有金属遇热膨胀。

这不是一个逻辑上有效的论证。它缺乏这种论证的基本特点。它完全不是那种情况：如果构成前提的陈述为真，则结论必为真。不管我们对膨胀的金属作过多少观察，即在我们的例子里不管 n 有多大，没有逻辑上的保证在某种场合下某个金属样本遇热收缩。既声称所有已知金属遇热引起膨胀，又声称“所有金属遇

热膨胀”是假的，其间没有矛盾。

伯特兰·罗素提出的一个可憎的例子也说明了这一一目了然的论点。一只火鸡在火鸡农场的第一天注意到人们在早上 9 时给它喂食。在这个经验每天重复了七个星期以后，这只火鸡认为可以安全地得出这个结论了：“人们始终在早上 9 时喂我。”唉，这个结论肯定是假的，在圣诞节前夜人们没有喂它，反而将它的喉咙割断了。火鸡的论证使它从许多真的观察导致假的结论，这清楚表明从逻辑的观点看这个论证是无效的。

我已经用金属膨胀的例子说明的这种论证，是从有限数目的具体事实进到一般结论，这称为归纳论证，不同于逻辑的演绎论证。区别于演绎论证的归纳论证的特点是，由于它们从关于一些事件的陈述进到关于所有事件的陈述，它们超越了包含在前提中的东西。一般科学定律总是超越可用来支持它们的有限数量的可观察证据，这就是为什么它们绝不可能像逻辑演绎那样根据证据得到证明。

4 什么是好的归纳论证？

我们已经看到如果要将科学知识理解为从事实推导出来，那么必须在归纳而不是演绎的意义上理解这个“推导”。但是什么是好的归纳论证的特征呢？这个问题具有根本的重要性，因为显然不是所有来自可观察的事实概括都是有保证的。有些概括过于草率，或基于不充分的证据，正如我们谴责仅根据与一两个邻居发生不愉快的遭遇就将某些特征归因于整个少数民族一样。那么到底在什么条件下才能合法地断言科学定律从有限的观察和实验证据“推导”出来呢？

回答这一问题的最初尝试是要求：如果要为从可观察事实到定律的归纳推论辩护，那就必须满足下列条件：

- 1、 形成概括基础的观察数必须大。

- 2、 必须在各种各样条件下重复观察。
- 3、 任何业已接受的观察不应该与导出的定律相冲突。

条件 1 被认为是必要的，因为显然仅根据一次

观察铁棒膨胀就作出结论说所有金属遇热膨胀不是合法的，正如仅根据一次观察澳大利亚人醉酒就作出结论说所有澳大利亚人是醉鬼一样不合法。在概括能够得到辩护以前，大量独立的观察是必要的。一个好的归纳论证不跳跃到结论。

在上述例子中增加观察数的一个办法是重复加

热一根金属棒或继续观察某一特定的澳大利亚人一个晚上又一个晚上地喝醉酒，也许再加上一个早上又一个早上地喝醉酒。显然，以这种方式获得的一系列观察陈述会形成各自概括的十分满意的基础。这就是为什么条件 2 是必要的：“所有金属遇热膨胀”将是一个合法的概括，仅当这个概括所立足的对膨胀的观察是在各种各样条件下进行的。应该加热种种金属，长棒、短棒、银棒、铜棒等等，应该在高压和低压、高温和低温条件下加热等等。仅当在所有这些场合金属棒膨胀，通过归纳概括出一般定律就是合法的。而且很明显，如果观察到特定的金属棒加热后不膨胀，那么概括出的定律得不到辩护。条件 3 是必不可少的。

上述可用归纳原理的下列陈述概括：

如果在各种各样的条件下观察到大量的 A，且所有这些 A 毫无例外地具有性质 B，那么所有 A 具有性质 B。

对归纳的这一表征具有严重问题。让我们考虑条件 1，要求大量观察。一个问题是“大量”的含糊性。要求作 100 次，1000 次，还是更多的观察？如果我们在这里试图规定一个数目使之精确，那么肯定在所选的数目上有很大的任意性。问题不仅如此。在许多情况下要求大量实例是不合适的。为了说明这一点，考虑

一下公众对核战争的强烈反应，这种反应是第二次世界大战临近结束时在广岛掷了第一颗原子弹激发的。这种反应基于认识到原子弹引起那么大规模的广泛破坏和人类苦难。然而这种广泛的和肯定合理的信念仅基于一次激动人心的观察。同理，一个人坚持要将他的手放在火上许多次才作出火灼伤人的结论，那他就是一个十分顽固的研究者。让我们考虑一个与科学实践有关、不那么具有想象性的例子。假如我重复一项在最近的科学杂志上报道过的实验，并将我的实验结果送去发表。杂志编辑肯定地会拒绝我的论文，解释说这项实验已经有人做过了！条件 1 充满着问题。

条件 2 也有严重问题，来源于围绕什么算作条件的重要变更这一问题的困难。在研究金属遇热膨胀时什么算作条件的重要变更？必须变更金属的种类、压力和时间吗？对变更金属种类的回答“是”，对变更压力的回答可能“是”，对变更时间的回答则“否”。但是对这种回答的根据是什么？这个问题是重要的，因为不回答这个问题，可无限增加其他变更来无限延伸变更的清单，如实验室的大小和实验人员袜子的颜色等。除非消除这些“多余的”变更，永远不会满足使归纳推论能够得到接受的条件。那么，认为一系列可能变更是多余的，根据是什么？常识的回答是非常一目了然的。我们根据先前的知识来区分对我们正在研究的系统可能有影响的因素与对它不可能有影响的因素。正是我们对金属和能够作用于金属的种种办法的知识使我们有这样的期望：金属的物理行为将取决于金属的类型和周围的压力，而不是一天的时间或实验人员袜子的颜色。我们根据我们当前的知识储备来帮助判断，当研究某一效应的一般性时什么条件是相干的，需要变更。

对这个问题的这种回应肯定是对的。然而，它对强烈主张科学知识应该通过归纳从事实推导出提出了一个问题。当我们提出在评判某些条件对所研究现象（例如金属膨胀）是否相干时所诉诸的知识本身如何得到辩护时，问题就发生了。如果我们要求这种知识本身应通过归纳获得，那么我们的问题又再次发生，因为进一步的归纳论证本身要求对相干的条件等等作出规定。每一次归纳论证都要诉诸先前的知识，这种知识需要归纳论证来为它辩护，这又要诉诸进一步的先前知识，如此等等，不一而足，形成一根永无休止的链条。要求所有知识用归纳辩护

变成一种不可能满足的要求。

即使条件 3 也成问题，因为很少科学知识能满足不能有已知的例外这一要求。在第七章将详细讨论这一点。

5 归纳主义的深层问题

让我们称认为科学知识通过某种归纳推论从可观察事实推导出的立场为归纳主义，称那些持这一观点的人为归纳主义者。我们已经指出这种观点固有的严重问题，即确切地说出在何种条件下一个概括构成一个好的归纳论证的问题。也就是说，不清楚归纳究竟是什么。归纳主义立场还有深一层的问题。

如果我们相信当代科学知识都是真的，那么人们不得不承认许多知识指称的是不可观察之物。例如它指称质子和电子、基因和 DNA 分子等等。如何能使这种知识适应归纳主义立场？就归纳推理涉及某种来自可观察事实的概括而言，显然这种推理不能够产生有关不可观察之物的知识。来自有关可观察世界的事实任何概括只能产生有关可观察世界的概括。因此，不可观察世界的科学知识绝不可能由我们已经讨论过的那种归纳推理来建立。这使归纳主义者处于很不舒服的地位，因为他们不得不摈弃大部分当代科学，其根据是它超越了从可观察之物的归纳概括能加以辩护的内容。

另一个问题来源于这样的事实：许多科学定律采取了精确的、用数学表述的定律形式。万有引力定律说的是，任何两个质量之间的力与它们的质量的乘积成正比，而与它们之间距离的平方成反比，这是一个显而易见的例子。与这些定律的精确性相较，对作为这些定律的可观察证据的任何测量却是不精确的。大家理解，任何观察都会有一定程度的误差，反映在科学家的实践中，他们将特定测量结果写成 $x \pm dx$ ，这里 dx 代表估计的误差范围。如果科学定律是来自可观察事实的归纳概括，就很难明白人们如何能够避免构成归纳论证前提的测量的不精

确性。也很难明白精确的定律如何能够在不精确的证据基础上得到归纳辩护。

对归纳主义者的第三个问题是哲学上古老的棘手问题，称为归纳问题。任何人持科学知识在各个方面必须或者诉诸(演绎)逻辑来辩护，或者从经验推导出来给予辩护的观点，就会发生这个问题。大卫·休谟是一位 18 世纪的哲学家，他就持这种观点，正是他清楚地提出这个我将要突出讨论的问题。

当我们提出归纳本身应如何得到辩护的问题时，就产生归纳问题。归纳原理应如何得到辩护？讨论这种观点的人有两个选择：诉诸逻辑或诉诸经验来为它辩护。我们已经看到第一种选择不行。归纳推论不是逻辑(演绎)推论。这样留给我们的只有第二种选择：试图诉诸经验来为归纳辩护。这种辩护会怎么样呢？大概会这样。业已观察到归纳要在大量场合起作用。例如，光学定律从实验室实验结果通过归纳推导出来，在设计光学仪器时已经有无数场合运用了这些定律，而设计出来的仪器运转得令人满意。从行星位置的观测中通过归纳推导出来的行星运动定律，已经成功地用于预测日月蚀和行星会合。随着我们根据通过归纳推导出来的科学定律和理论作出的成功预测和说明次数增多，这个清单可以大大延伸。于是，这样论证下去，就可用经验为归纳辩护了。

然而对归纳的这种论证是不能接受的。一旦将这种论证形式用图式表示如下，就可以明白为什么不能接受了：

归纳原理在场合 x1 成功地起作用

归纳原理在场合 x2 等等成功地起作用

归纳原理始终起作用

在这里断言归纳原理有效性的一般陈述是从它成功应用的许多个别场合中推论出来的。所以，这个论证本身是个归纳论证。因此，试图诉诸经验来为归纳

辩护是假定了人们正在试图证明的东西。它是依靠诉诸归纳来为归纳辩护，所以是完全不能令人满意的。

避免归纳问题的一个尝试是削弱证明科学知识是真的要求，满足于这样的要求：根据证据可证明科学主张可能是真的。因此，可用来支持比空气密度大的物质降落在地球上这一主张的大量观察，尽管不允许我们证明这一主张为真，但的确保证这个主张可能是真的这一断言。按照这一建议，我们可重新表述归纳原理如下：“如果在各种各样的条件下观察到大量 A，且如果所有这些观察到的 A 都具有性质 B，那么所有 A 可能都具有性质 B”。但这一重新表述并没有克服归纳问题。重新表述的原理仍然是一个普遍陈述。它根据有限数目的成功暗示着，这一原理的所有应用将导致可能是真的一般结论。因此，试图诉诸经验来为概率形式的归纳原理辩护就是诉诸有待辩护的那种归纳论证，这种情况与原始形式的归纳原理完全一样。

将归纳论证解释为导致可几的真理而不是真理还有另一个基本问题。一旦人们试图根据具体证据精确估计定律或理论多么可几，问题就产生了。随着对一般定律的观察支持增加，该定律是真的概率也就增加，这在直觉上似乎有道理。但这种直觉经不住检查。按照标准的概率理论，很难避免这样的结论：不管观察证据有多少，任何一般定律的概率为零。用非专业方式来说，任何观察证据由有限数目的观察陈述组成，而一般定律所主张的涉及无限可能的案例。于是，根据证据计算定律的概率是有限数除以无限数，不管证据的有限数目增加多少倍，其概率仍然为零。用另一方式来看这个问题，无限数的一般陈述总可以与有限数的观察陈述相容，正如可以通过有限数的点画出无限的曲线一样。也就是说，无限数的假说总可以与有限数的证据相容。因此，任何一个假说为真的概率为零。在第十二章我们将围绕这个问题讨论一个可能的出路。

在本章以及前面几章，我们已经揭示了认为科学知识通过某种归纳推论从事实推导出来的观念有两类问题。第一类问题关注的是详细说明一个适宜的归纳论证是什么。第二类问题涉及试图为归纳辩护时的循环论证。第一类问题比第二类

问题更严峻。我并不把归纳问题看得太严重的理由是，任何试图提供一种科学观必定会面临同样性质的问题。如果我们设法为我们使用的每一条原理进行理性辩护，我们必定会遇到麻烦，因为我们不可能为理性论证本身提供理性论证，而不假定我们要论证的是什么。甚至对逻辑也不可能不用丐辩来论证。无论如何，什么是一个有效的演绎论证可以用高度精确性来详细说明，而什么是一个好的归纳论证则怎么也说不清楚。

6 归纳主义的吸引力

在本书开头几章我们已经讨论了归纳主义科学观，即认为科学知识通过归纳推论从事实推导出来的观点，20 世纪一位经济学家所写的下面一段话包含了归纳主义科学观的一种简要表达。

让我们想象有一个超人，他的头脑威力无比，但就其思维的逻辑过程而言则是正常的……如果他使用科学方法，其过程会如下：首先，他会观察所有事实，并把它们记录下来，对它们的相对重要性不加选择，也不加先验的猜测。其次，他会分析、比较和整理这些观察过和记录下来的事实，除了思维逻辑所必要的以外，不作假说或假定。第三，从对这些事实的分析归纳地引出有关这些事实之间分类关系或因果关系的概括。第四，进一步的研究既是演绎的，也是归纳的，根据先前确立的概括进行推论。¹

我们已经看到，收集事实能够和应该先于获得和接受任何知识这种观念经不住分析。这等于是认为，我对澳大利亚灌木丛中植物群落的观察要比受过训练的植物学家的观察更有价值，正是因为我对植物学知之甚少。让我们摒弃经济学家对科学的这一部分表征。留下来的部分则是具有一定吸引力的描述。这部分概括在图 2 中。构成科学知识的定律和理论通过归纳从观察和实验提供的事实基础推导出来。一旦这些一般知识到手，就能够据以作出预测和提供说明。

定律和理论
归纳演绎
提供观察预测和
获得事实说明

图 2

考虑下面的论证：

1. 纯水在摄氏零度结冰(如果有充分时间)。
2. 我的汽车水箱含有纯水。

3. 如果温度降至摄氏零度以下，我的汽车水箱里的水将结冰(如果有充分时间)。

这里我们有一个有效逻辑论证的例子：从含在前提 1 内的科学知识推演出结论 3。如果 1 和 2 是真的，3 必定是真。然而，1、2 或 3 的真不能被这种或任何其他演绎确定。对于归纳主义者来说，科学知识的来源是经验，不是逻辑。根据这种观点，1 将由直接观察水结冰的种种实例来确定。一旦 1 和 2 被观察和归纳确定，那么预测 3 就能从它们推演出来。

比较重要一点的例子更为复杂，但观察、归纳和演绎所起的作用基本相同。作为最后一个例子，我要考虑归纳主义对物理科学如何能够说明虹的描述。

前面例子的简单前提 1 这里被支配光的行为的一些定律代替，即光的反射和折射定律，以及关于折射量依赖光的颜色的断言。这些一般定律通过归纳从经验推导出来。进行了大量实验室实验，从镜子和水面反射光线，在各种各样条件下

测量光线从空气进入水中、从水到空气的折射角等等，直到为保证从实验结果通过归纳推导出光学定律所必需的任何条件都满足为止。

我们前面例子中的前提 2 也为一组更复杂的陈述代替。这些陈述包括这样一些断言：相对于地球上的观察者太阳在天空中的某个特定方位，雨滴正在从一块相对于观察者位于天空某个特定区域的云落下。类似这样一些描述研究对象细节的陈述称为初始条件。实验装置的描述是典型的初始条件。

已知光学定律和初始条件，现在就有可能进行演绎，以得出对观察者可见的虹的形成的说明。这些演绎不再像我们前面的例子那样不言自明，它们包含着数学的论证，又有文字的论证。推导大体是这样的：如果我们假定一颗雨滴大体上是球形的，那么一束光线通过一颗雨滴的途径大体上可以被描述如图 3。设来自太阳的一束白光在雨滴的 a 点射入，按照折射定律，红光将沿着 ab 通过，而蓝光将沿着 ab' 通过。反射定律要求 ab 沿着 bc 反射，ab' 沿着 b'c' 反射。折射定律决定在 c 和 c' 点折射，致使虹的观察者会看到白光的红色和蓝色成分被分离（光谱的所有其他颜色也是如此）。我们的观察者也可看到任何雨滴同样的颜色分离，因为这些雨滴都处在天空某一区域这样的位置，使得连接雨滴和太阳的直线与连接雨滴和观察者的直线形成一个夹角 D。于是几何学的考虑得出这样的结论：假如雨云足够大，观察者就可看见一个有颜色的弧。

图 3

这里我只是概述了对虹的说明，但这足以表明有关推理的一般形式。设光学定律是真的（对于无限定的归纳主义者来说，这一点能够通过归纳用观察确立），并且设初始条件被正确描述，那么就必然得出虹的说明。所有科学说明和预见的一般形式都可以总结如下：

1. 定律和理论
2. 初始条件

3. 预见和说明

这就是图 2 右边所描绘的那一步。

归纳主义的基本科学观的确有一些即时的吸引力。它的吸引力在于这样的事实：它似乎的确以形式的方式把握了一般持有的关于科学知识独特特征，即它的客观性、可靠性和有用性的直觉。我们在本节里已经讨论了归纳主义对科学有用性的观点，即科学能够帮助作出预见和说明。

归纳主义者所设想的科学客观性导源于观察、归纳和演绎本身在多大程度上是客观的。可观察的事实被理解为可由无偏见地使用感觉来确定，不允许任何主观因素干扰。就归纳和演绎推论而言，它们的适宜性取决于它们在多大程度上符合公共提出的适宜性标准，因此再一次没有给个人意见留下余地。推论要么符合客观标准，要么不符合。

科学的可靠性来自归纳主义者对观察以及对归纳和演绎的主张。按照无限定的归纳主义者的看法，形成科学事实基础的观察陈述能够直接由小心使用感觉而可靠确立。其次，假如满足适宜的归纳概括的条件，这种可靠性传递给通过归纳从那些事实推导出来的定律和理论。归纳原理保证了这一点，而归纳原理被推定为形成科学的基础。

归纳主义立场虽然似乎有吸引力，但我们已经看到，它在最好的情况下也需要严格限定，在最糟的情况下它是完全不适宜的。我们已经看到，对科学适宜的事实根本不是直接给予的，而实际上是不得不建构的，在某些重要的意义上它们依赖于它们预设的知识（在图 2 的图式里忽略了这种复杂性），并且会被改进和代替。说得更严重一些，我们始终不能够精确地详细说明归纳，使得我们能够区分来自事实的可辩护概括与匆忙的或草率的概括，这是一件艰难的任务，正如发现超冷的液体能够朝山上流一样（假如自然界有使人惊讶的能力）。

在第十二章我们将讨论最近作出的努力，试图将归纳主义科学观从它的困难

中抢救出来。同时，我们将在下面两章转向一位哲学家，他试图通过提出一种不包括归纳的科学观来闪开归纳问题。

补充读物

休谟归纳问题的历史渊源见 Hume 的 *Treatise on Human Nature* (1939, Part 3)。对这个问题的经典讨论见 Russell (1912, chapter 6)。对休谟论证的后果的彻底而专门的研究见 Stove (1973)。卡尔·波普尔声称已经解决了归纳问题见 Popper (1979, chapter 1)。对归纳推理的可合理理解的解释见 Hempel (1966) 和 Salmon (1966)，更详细的讨论见 Glymour (1980)。也参阅 Lakatos (1968)，这是一本论文集，包括拉卡托斯本人引起争论的考查建构归纳逻辑的努力。

第五章 介绍证伪主义

1 引言

卡尔·波普尔是归纳主义的替代者，我将称之为“证伪主义”的最有力的提倡者。波普尔 1920 年代在维也纳受教育，那时一群哲学家宣告逻辑实证主义的诞生，他们以维也纳学派闻名于世。这些哲学家之中最著名的是鲁道夫·卡尔纳普，在他的支持者与波普尔的支持者之间的冲突和争论是 1960 年代以前科学哲学的特点之一。波普尔自己讲述了他如何摆脱这样的观念：科学之特别是因为它从事实推导出来，事实越多越好。他怀疑洛伊德主义者和马克思主义者如何根据他们的理论来解释一系列人类行为或历史变化的实例，并声称这些实例支持他们的理论的做法。在波普尔看来，这些理论永远不会出错，因为它们是如此灵活，足以使人类行为或历史变化的任何实例调适得与他们的理论兼容。因此，尽管表面上这些理论是得到一系列事实确证的强有力理论，但事实上他们不能说明什么，因为它们什么也不能排除。波普尔将这一点与爱丁顿在 1919 年进行的对爱因斯坦广义相对论的著名检验作了比较。爱因斯坦的理论具有这样的含义：光线靠近质量大的物体如太阳通过时应该弯曲。结果，位于太阳远处的恒星看起来其位置应该偏离光线不弯曲时观察到它的方向。爱丁顿在从太阳来的光线因日蚀而被阻挡时观察到了这颗恒星的偏斜。于是人们得知：偏斜被观察到了，爱因斯坦理论得到了验证。但波普尔指出，事情本来可能不是如此的。由于作出了一个具体的可检验的预测，广义相对论冒着很大的风险。这种预测排除了与理论冲突的观察。波普尔从此吸取一个教训，通过作出确定的预测，真正科学理论排除了一系列可观察事态，而他认为弗洛伊德理论和马克思主义理论则不能做到这一点。于是他达到了他关键观念：科学理论是可证伪的。

证伪主义者直率地承认观察受理论指导，并以理论为前提。他们也乐意抛弃

如下的主张：理论可根据观察证据确定为真或可能为真。理论由人类智力自由创造的推测性和试探性的猜想或猜测，试图克服先前理论遇到的问题，给世界或宇宙某些方面提供适宜的描述。推测性理论一旦提出，就要接受观察和实验严格和无情的检验。经受不住观察和实验检验的理论必须淘汰，由其它推测性猜想代替。唯有最适的理论才能生存。虽然决不能合法地说一个理论是真的，但可以说这个理论是最好的，比以前出现的任何理论好。对证伪主义者来说，不会出现归纳的表征和辩护问题，因为他们认为科学不涉及归纳。

对证伪主义这一扼要概括将在下面两章加以充实。

2 支持证伪主义的逻辑论点

按照证伪主义，通过诉诸于观察和实验的结果，能够表明某些理论为假。这里有一个简单的逻辑论点似乎是支持证伪主义者的。我在第四章里已经指出，即使我们假定我们以某种方法可以得到真的观察陈述，单独在这个基础上凭逻辑推演要达到普遍的定律和理论是永远不可能的。然而，从作为前提的单称观察陈述开始，通过逻辑推演达到普遍定律和理论为假，则是可能的。例如，如果给我们一个陈述：“在 x 地方，t 时，观察到一只渡鸦不是黑色的”，那么由此合乎逻辑地得出：“所有渡鸦都是黑的”为假。也就是说，这样的论证：

前提在 x 地方，t 时间，观察到一只渡鸦不是黑色的。

结论不是所有的渡鸦都是黑色的。

是一个逻辑上有效的推演。如果肯定前提而否定结论，就包含了矛盾。再举一两个例子将有助于说明这个相当寻常的逻辑论点。如果在某项检验实验中观察能确定这样的事实：十公斤重的东西和一公斤重的东西在自由下落运动中有着大致相同的速度，那么就能得出这样的结论：物体下落的速度与它们的重量成正比这种断言是假的。如果能够确定无疑地证明光线经过太阳附近时偏斜成一条弧形光程，那么说光线必定以直线传播就不对了。

全称陈述的假能够从合适的单称陈述中推演出来。证伪主义者充分利用了这个逻辑论点。

3 可证伪性是理论的标准

证伪主义者把科学看作试探性地提出的一组假说，目的是为了准确地描述或解释世界或宇宙某些方面的行为。然而不是任何假说都是这样的。任何一个假说或假说体系，要被承认具有科学定律或理论的地位，必须满足一个基本条件。如果一个假说要成为科学的一部分，它必须是可证伪的。在进一步论述以前，弄清证伪主义者对“可证伪的”这一术语的用法是重要的。

这里是几个简单断言的例子，它们在所指的意义上是可证伪的。

1. 星期三从来不下雨。
2. 所有的物质受热都膨胀。
3. 在靠近地球表面的地方松手将重物(如一块砖)放开，如果不被阻挡，就垂直下落。
4. 当光线从平面镜上反射时，它的入射角与反射角相等。

断言(1)是可证伪的，因为观察到有一个星期三下雨就能被证伪。断言(2)是可证伪的。它能被大意是这样的观察陈述证伪：某一种物质 x ，在时间 t ，受热不膨胀。接近冰点的水就能证明(2)为伪。(1)和(2)都是可证伪的，并且是假的。断言(3)和(4)据我所知也许是真的，虽然如此，它们在所指的意义上是可证伪的。一块砖松手放开时往上“掉”，在逻辑上是可能的。断言“砖”松手放开时往

上“掉”，并无逻辑上的矛盾，虽然也许这类陈述从来没有被观察所支持过。断言(4)是可证伪的，因为光线射向镜面的入射角是斜角时可以设想，以垂直于镜面的方向反射出去。如果反射定律是正确的，这就永远不会发生，但是假如发生，也无逻辑上的矛盾。(3)和(4)都是可证伪的，即使它们也许是真的。

如果存在与某个假说相矛盾的逻辑上可能的一个或一组观察陈述，这个假说就是可证伪的，如果这个或这组陈述被确定为真的，就会证明这个假说是假的。

这里有几个陈述不满足这个要求，因而是不可证伪的。

5. 天或者下雨或者不下雨。

6. 在欧几里得圆上，所有的点与圆心等距。

7. 体育竞猜可能有运气。

没有逻辑上可能的观察陈述能反驳(5)。不管天气怎么样，它总是真的。由于欧几里得圆的定义，断言(6)必定是真的。如果圆上的点不与某个定点等距，那么这个图形就不是一个欧几里得圆。由于同样的理由，“所有单身汉都是未婚的”，是不可证伪的。断言(7)引自报纸上的一个占星图。它代表了算命者的狡猾策略。这个断言是不可证伪的。它等于告诉读者，如果他今天打了一个赌，它可能赢，而不管他有没有打赌，打赌了不管他是否赢，这个说法仍是真的。

证伪主义者要求科学的假说，应该是可证伪的(在我已经讨论的意义上)。他们坚持这点，因为一个定律或理论，只有通过排除一组逻辑上可能的观察陈述，才能提供信息。如果一个陈述是不可证伪的，那么这个世界不管可能具有什么性质，不管可能以什么方式运动，都与这个陈述没有冲突。与陈述(1)(2)(3)(4)不同，陈述(5)(6)(7)没有告诉我们有关这个世界的任何知识。科学的定律或理论按理应该提供我们一些有关世界事实上如何运动的信息，因而排除了它(在逻辑上)

辑上)可能但是事实上并非如此的运动方式。“所有行星围绕太阳作椭圆运动”这一定律是科学的,因为它断言:行星在事实上作椭圆运动,排除了正方形的或卵形的轨道。正因为这个定律提出了关于行星轨道的明确主张,它就具有信息内容,并且是可证伪的。

粗略地看一下某些可被认为科学理论典型组成部分的定律,就可表明它们满足可证伪性标准。“不同的磁极互相吸引”,“酸加碱产生盐和水”,以及类似的定律能够很容易被认为是可证伪的。然而,证伪主义者坚持认为,某些理论虽然它们表面上似乎具有好的科学理论的特征,事实上只是伪成科学的理论,因为它们是不可证伪的,因此应该予以摒弃。波普尔声称,马克思历史理论的至少某些说法,弗洛伊德的精神分析,以及阿德勒的心理学就有这个缺点。下面关于阿德勒心理学的漫画式介绍就能说明这一点。

阿德勒理论的一个基本原则是:人类行动的动机是某种自卑感。在我们的漫画式介绍里,这一论点得到下列事件的支持。当一个小孩掉进河里的时候,附近一个人正站在这条危险的河的河岸上。这个人或者跳进河里去救这个小孩或者他不这样做。如果他跳进水里,阿德勒派的反应是指出这如何支持了他们的理论:这个人显然需要通过表明他勇敢得足以不顾危险跳进水里,来克服他的自卑感。如果这个人没有跳进水里,阿德勒派又能声称这是对他理论的支持。当这个小孩淹死的时候,这个人通过表明他具有强烈的意志留在岸上不受干扰,而克服他的自卑感。

如果这段漫画式介绍能代表阿德勒理论运用的方式,那么这个理论就是不可证伪的。它与任何种类的人类行为都不矛盾;正因为如此,它没有告诉我们关于人类行为的任何东西。当然,在根据这些理由摒弃阿德勒理论之前,有必要研究这个理论的细节,而不是这一段漫画式介绍。但是,有许多社会的、心理学的、宗教的理论引起这样的坏疑:它们想说明一切,但是它们什么也没有说明。把灾难解释为上帝对我们的考验或惩罚,不管哪一个说法最适合情况,就能使钟爱世人的上帝的存在与某些灾难的发生相行不悖。动物行为的许多例子可被看作支持

下列断言的证据：“动物被设计得以便最好地履行赋予它们的功能”。以这样的方法行事的理论家，犯了算命先生遁词的那种罪过，遭到了证伪主义者的批判。如果一个理论要有信息内容，它就必须冒被证伪的危险。

4 可证伪性的程度、明晰性和精确性

一个好的科学定律或理论是可证伪的，正因为它对世界提出确定的主张。对于证伪主义者来说，从这一点很容易地得出这样的结论：一个理论越是可证伪的，它就越好，这里的“越”字是在不严格的意义上使用的。一个理论断言得越多，表明世界实际上并不以这个理论规定的方式运动的潜在机会就越多。一个十分好的理论是一个对世界提出非常广泛主张的理论，因此它是高度可证伪的，无论什么时候去检验它，它都是经受得住证伪的。

这一点可以用一个浅显的例子来加以说明。考虑一下这两个定律：

(a) 火星以椭圆形轨道围绕太阳运行。

(b) 所有行星以椭圆形轨道围绕它们的太阳运行。

我认为很清楚，(b) 作为一则科学知识比 (a) 有更高的地位。定律 (b) 告诉我们 (a) 告诉我们的一切，并且此外告诉我们的还更多。定律 (b) 这个更可取的定律，比 (a) 更可证伪。如果对火星的观察结果是证明 (a) 为伪，那么它们也就证明 (b) 为伪。任何对 (a) 的证伪都是对 (b) 的证伪，但是反之则不然。可以设想证伪 (b) 的有关金星、木星等轨道的观察陈述同 (a) 不相干。如果我们遵循波普尔，把那些能证伪定律或理论的观察陈述叫作那个定律或理论的潜在证伪者，那么我们就说，(a) 的证伪者形成一个类，它是 (b) 的潜在证伪者的子类。定律 (b) 比定律 (a) 更可证伪，这就等于说它断言得更多，是更好的定律。

一个并非想象的例子涉及开普勒的太阳系理论和牛顿理论之间的关系。我指的开普勒理论是他的行星运动三定律。那个理论的潜在证伪者由有关在特定时间、相对于太阳的行星位置的若干组陈述组成。牛顿的理论是一个代替开普勒理论的更好的理论，内容更加丰富。它由牛顿运动定律加万有引力定律组成，后者断言：宇宙间任何一对物体都互相吸引，其引力与它们的距离的平方成反比。牛顿理论的某些潜在证伪者是关于在特定时间行星位置的若干组陈述。但是还有其它许多陈述，包括涉及落体和钟摆的行为，潮汐与日月位置之间的相互关系等等。对牛顿理论的证伪比对开普勒理论的证伪有着多得多的机会。然而，如证伪主义者所说，牛顿理论能够经得住未遂的证伪，因而确立了它对开普勒理论的优越性。

因此，高度可证伪的理论应该比不那么可证伪的理论更可取，倘若它们实际上并没有被证伪。这个条件限制对证伪主义者是重要的。已被证伪的理论必须被无情地摈弃。科学事业在于提出高度可证伪的假说，随之审慎而顽强地试图证伪它们。引用波普尔的话来说：

所以我能愉快地承认，像我这样的证伪主义者宁愿通过大胆的推测，试图解决一个有意义的问题，即使(并且尤其是)这个推测很快被证明是假的，而不愿背诵一连串不相干的老生常谈。我们宁愿这样做，因为我们相信，这是我们能从我们的错误中学习的方法；在发现我们的推测是假时，我们将学到很多有关真理的东西，并将更加接近真理。

我们从自己的错误中学习。科学借助试错法进步。逻辑境况使普遍定律和理论不可能从观察陈述中推导出来，但是可能推演出它们为假，由于这一点，证伪就变成科学中重要的里程碑、惊人的成就、主要的生长点。更为极端的证伪主义者对证伪意义的有点反直觉的强调，将在以后几章中加以批判。

因为科学的目的在于有大量信息内容的理论，证伪主义者欢迎提出大胆的推测性猜想。卤莽的推测应受到鼓励，只要它们是可证伪的，只要它们被证伪时就被摈弃。这种决一死战的态度同极端归纳主义者提倡的谨慎是相冲突的。按照后

者，只有那些能表明是真或可能是真的理论才被允许进入科学。我们应该仅在合法的归纳所容许的范围内超出经验的直接结果。与之形成对照，证伪主义者认识到归纳的局限性和观察之服从于理论。自然的奥秘只有借独创的和深刻的理论之助才能被揭示出来。面对世界实在的猜想性理论的数目越多，那些猜想越具有推测性，在科学中取得重大进展的机会就越大。推测性理论的扩散并没有危险，因为任何对世界作不恰当描述的理论会被观察或其它检验结果而被无情地淘汰。

理论应该是高度可证伪这一要求有着引人注目的后果：理论应该陈述清晰和精确。如果一个理论陈述得如此模糊以至完全不清楚它主张些什么，那么当被观察或实验检验时，总能把它解释得与这些检验的结果相一致。这样，它就能顶住对它的证伪。例如，歌德(1970, p. 295)写到电时说：

它是无，是零，只是一个点，然而寓于所有显而易见的存在中，同时它是原点，由此对最微弱的刺激，就呈现双重的外观，一种只是显现自己消失的外观。这种显现被激发的条件，随特定物体的本性而无限变化。”

如果我们按其表面价值考虑这段引文，很难看到可能有哪一组物理条件能证伪它。正因为它是如此模糊和不确定(至少从其上下文看来)，它是不可证伪的。政治家和算命先生能免于犯错误的责难，是靠使他们的断言如此的模糊，以至它们总能被解释成与无论什么样可能的结果都是兼容的。对高度可证伪性的要求排除了这样的花招。证伪主义者要求，理论要以足够的明晰性陈述去冒证伪之险。

关于精确性有类似的情况。一个理论阐述得愈精确，它就变得愈可证伪。如果我们同意一个理论越是可证伪，它就越好(倘若它没有被证伪)，那么我们也必须同意，一个理论的主张越是精确，它就越好。“行星以椭圆形轨道绕太阳运行”比“行星以闭合的环形轨道绕太阳运行”更为精确，因此更可证伪。卵形的轨道可证伪前者，但不能证伪后者，而任何可以证伪后者的轨道也将证伪前者。证伪主义者必定宁愿选择前者。同样，证伪主义者必定宁愿选择这种说法：光在真空中的速度是每秒 299.8×10^6 米，而不愿选择每秒 300×10^6 米这种较不精确的说法，

正是因为前者比后者更可证伪。

对表达的精确性和明晰性的密切联系着的要求，二者都是从证伪主义科学观中自然地得出的结论。

5 证伪主义和进步

证伪主义者认为的科学进步可总结如下。科学始于问题，这问题与对世界或宇宙某些方面行为的说明相联系。科学家提出可证伪的假说作为对问题的解决。然后这些猜想性假说受到批判和检验。有些很快被淘汰。其他的可能证明是较成功的。这些假说必须接受更加严格的批判和检验。当已经成功地经受了广泛而严格的检验的假说最后被证伪时，一个与原来已经解决了的问题迥然不同的新问题出现了。这个新问题要求发明新假说，接着又重新开始批判和检验。这个过程如此无穷地继续下去。永远不能说一个理论是真的，无论它多么好地经住了严格的检验，但是可以有希望地说，现行的理论比它的前驱者优越，优越是在这样的意义上：它能经住那些证明前驱者为伪的检验。

在我们考察几个例子来说明这个证伪主义者的科学进步观之前，应该对“科学始于问题”这个断言说几句话。这是科学家过去面临的几个问题。蝙蝠在夜间怎么能飞得如此灵活，尽管它们的眼睛很小而视力差？为什么普通气压计上量出的气压，在高海拔比低海拔要低？为什么在伦琴的实验室里的照相底片不断地变黑？为什么水星的近日点移动？这些问题是从或多或少是直接的观察中产生的。那么证伪主义者之坚持科学始于问题，不正是朴素归纳主义者之坚持科学始于观察吗？对这个问题的回答是坚决的“否”。上述构成为问题的观察仅仅是根据某个理论才成为问题的。第一个是根据生物用眼睛“看”这个理论而成为问题的；第二个对于伽利略理论的支持者才成为问题，因为这个观察和“真空力”理论相抵触，他们接受“真空力”理论来说明为什么水银不从气压计的管里下落；第三个对于伦琴才成为问题，因为在那时大家默认：不存在任何种类的射线能穿透照相底片的

容器而使它们变黑；第四个之成为问题，是因为它与牛顿理论不兼容。科学始于问题的断言与理论先于观察和观察陈述的主张是完全兼容的。科学并不始于纯粹的观察。

我们现在言归正传，回到证伪主义的科学进步观，即从问题到推测性假说，到对它们的批判和最终的证伪，然后再到新的问题的前进过程。将提供两个例子，第一个是关于蝙蝠飞行的简单例子，第二个是关于物理学进步的更为重要的例子。

我们从问题开始。蝙蝠能自由自在地快速飞翔，避开树枝、电线、别的蝙蝠等等，且能捕捉昆虫。然而蝙蝠的眼睛视力差，在任何情况下大多数飞行在夜间。这就提出了一个问题，因为它显然证伪了一个似乎正确的理论：动物和人类一样，用它们的眼睛看。证伪主义者将提出猜想或假说来试图解决这个问题。也许他提出，虽然蝙蝠的眼睛看起来视力差，然而它们能以我们所不了解的某种方法在夜间有效地用它们的眼睛看。这个假说是能够加以检验的。把一些蝙蝠样本放进有着障碍物的暗室里，用某种方法来测量它们避开障碍物的能力。现在把同一些蝙蝠蒙住眼睛再放进暗室。在实验之前，实验者可以进行如下的演绎。演绎的一个前提是他的十分明确的假说：“蝙蝠能用它们的眼睛在飞行时避开障碍物，不用它们的眼睛就不能这样做”。第二个前提是实验设计的描述，包括下列陈述：“这些蝙蝠样本被蒙住了眼睛，因此它们就不能使用它们的眼睛”。实验者能够从这两个前提通过推演推导出：这些蝙蝠样本在检验实验室里不能有效地避开障碍物。现在进行了实验，发现蝙蝠避免碰撞恰如以前一样有效。这个假说已被证伪。现在需要重新运用想象、新的猜想、假说或猜测。也许一个科学家提出，蝙蝠的耳朵具有以某种方法避开障碍物的能力。能够检验这个假说，试图去证伪它，方法是：在放进检验实验室之前塞住蝙蝠的耳朵。这次发现蝙蝠避开障碍物的能力受到显着的损害，这个假说得到了支持。证伪主义者现在必须尝试使他的假说更为精确，以致使它变成更加容易证伪。有人提出，蝙蝠听到它自己的尖叫声从固体物体反射回来的回声。检验这一点可在释放它们前封住蝙蝠的口。蝙蝠又一次和障碍物相撞，假说又一次得到支持。现在证伪主义者好像正达到一个对问题的

试探性解决，尽管实验并没有证明蝙蝠飞行时是如何避免碰撞的。表明这个假说错误的任何因素都可能出现。也许蝙蝠不是用它的耳朵而是用靠近耳朵的感受区域来检测回声的，当蝙蝠的耳朵被塞住时，这个区域的功能也受到损害。也许不同种类的蝙蝠用非常不同的方法检验障碍物，因而实验里使用的蝙蝠不是真正具有代表性的。

物理学从亚里士多德经过牛顿到爱因斯坦的进步提供一个更大规模的例子。证伪主义者对这个进步过程的叙述大致是这样。亚里士多德的物理学在某种程度上是相当成功的。它能说明广泛的观象。它能说明为什么重物下落到地上(寻求它们在宇宙中心的自然位置)，它能说明虹吸管和升水泵的作用(这种说明建立在真空的不可能性上)等等。但是最后亚里士多德的物理学在一些方面被证伪了。从匀速运动的船桅顶上掉下的石头，落在桅脚的甲板上，而不是如亚里士多德理论预测的那样落在离桅杆一些距离的地方。可看到木星的卫星绕木星转而不是绕地球转。在十七世纪，积累了一大批其他的证伪结果。然而，一旦牛顿的物理学通过伽利略和牛顿等人的猜想建立和发展起来，它就是一个代替亚里士多德物理学的优越理论。牛顿的理论能够说明落体、虹吸管和升水泵的作用以及亚里士多德能够说明的其他任何现象，还能说明对亚里士多德成为问题的现象。此外，牛顿的理论还能说明亚里士多德的理论没有接触过的现象，诸如潮汐和月亮的位置之间的相关和引力随海拔高度不同而变化。在两个世纪里，牛顿的理论是成功的。也就是说，借助它预测新现象来证伪它是不成功的。这个理论甚至导致一个新行星，即海王星的发现。但是不管它获得多大成功，坚持不懈地试图证伪它最终证明是成功的。牛顿的理论在一些方面被证伪了。它不能说明水星轨道的细节，不能说明在射线管里高速运动电子的可变质量。然后，当 19 世纪过渡到 20 世纪之际，物理学家面临挑战性的问题，这些问题要求设计出新的推测性假说来逐渐地克服这些问题。爱因斯坦能够接受这个挑战。他的相对论能够说明证伪牛顿理论的现象，同时在牛顿理论已被证明是成功的那些领域也能够与它相匹敌。而且，爱因斯坦的理论预测了一些壮观的新现象。他的狭义相对论预测质量应该是速度的一个函数，质量和能量能互相转化；他的广义相对论预测光线应为强引力场所弯曲。想用新现象反驳爱因斯坦理论的试图失败了。对爱因斯坦理论的证伪仍然

是对现代物理学家的一个挑战。它们的成功如果终于发生的话，将标志着在物理学进步中向前的新的一步。

典型的证伪主义的物理学进步观就是如此。以后我们将有理由怀疑它的准确性和有效性。

从以上所述很清楚，进步、科学成长的概念是证伪主义科学观中的一个中心概念。下一章要更为详尽地研究这一问题。

补充读物

证伪主义的经典课本是 Popper 的 *The Logic of Scientific Discovery* (1972), 1934 年首次用德文出版, 1959 年译为英文。他的晚近的论文集为 Popper (1969) 和 Popper (1979)。波普尔关于他自己如何通过比较弗洛伊德、阿德勒、马克思与爱因斯坦达到他基本思想的故事见 Popper (1969) chapter 1。其他与证伪主义有关的资料见下一章末尾。

第六章 精致的证伪主义， 新颖的预见和科学的成长

1 相对而不是绝对的可证伪度

前一章提到了一个值得科学家考虑的假说所应该具备的若干条件。一个假说应该是可证伪的，越可证伪就越好，然而应该尚来被证伪。更为精致的证伪主义者认识到，仅仅具备这些条件是不够的。还有一个与科学需要进步相联系的条件。一个假说应该比它所取代的假说更可证伪。

精致的证伪主义科学观强调科学的成长，把注意的焦点从单个理论的价值，转向若干相互竞争的理论的相对价值。它提供的是科学的动态图景，而不是最朴素的证伪主义的静态科学观。在问到一个理论时，不是问：“它是可证伪的吗？”，“它有多大的可证伪性？以及“它是否已经被证伪？”，而是更恰当地问：“这个新提出的理论是否可以取代它向之挑战的理论？”。一般说来，一个新提出的理论，如果比与之竞争的理论更可证伪，尤其是如果它预测一种不曾为与之竞争的理论提到过的新现象，就可接受为值得科学家们考虑的理论。

强调比较理论系列的可证伪性程度，是强调科学是一种不断成长、不断演化的知识体的一个推断，这样就有可能回避一个技术性问题。因为要确定单个理论有多大的可证伪性是非常困难的。可证伪性的绝对量度之所以不易确定，显然是由于一个理论的潜在证伪者的数目总是无穷的。很难设想对于“牛顿的万有引力定律有多大的可证伪性？”这一问题能够怎样回答。另一方面，对若干定律和理论的可证伪程度加以比较却往往是可能的。例如，“一切成对物体之间的引力和它们的距离平方成反比”这一论断就比“太阳系各行星之间的引力和它们的距离平方成反比”这一论断更可证伪。后一论断蕴涵在前一论断之内。证伪后者的也

就证伪前者，但是反之却不然。在理想的条件下，证伪主义者希望能够说，构成一门科学历史演变的理论系列，是由可证伪的理论组成，在这种理论系列中的每一个理论都比前一个理论更可证伪。

2 越来越增大的可证伪性和特设性修改

科学的理论随着科学的进步，应该越来越可证伪，并因而具有越来越多的内容和提供越来越多的信息。这种要求排除了仅仅是为了保护某一理论避免被证伪的威胁而进行的理论修改。某一理论的修改，例如再加上一条额外的假定或对某个现有的假定作一点修改，凡不具有可检验性的推断(这些推断已不是未修改理论的可检验推断)者，称之为特设性修改。本节下文将举例说明所谓特设性修改的概念。我将首先讨论证伪主义者会加以拒绝的一些特设性修改，然后再把这些特设性修改同非特设性的因而会受到证伪主义者欢迎的一些修改进行对照。我从一个相当浅显的例子开始。请考虑这样一个概括：“面包给人以营养。”这个粗浅理论，如果说得更详细些，就等于是说：如果小麦以正常的方式生长，以正常的方式制成面包，再由人们以正常的方式食用，那些人就会得到营养。由于偶然的情况，这个显然是无害的理论在法国一个农村却遇到了麻烦：小麦的生长正常，面包的制作正常，但是吃过这种面包的人却大多数得了重病，而且有许多人死亡，“(凡)面包给人以营养”这个理论被证明为伪。这个理论可以经过以下的调整得到修改而避免被证伪：“除了在那个法国农村所焙制的那一批面包以外，(凡)面包给人以营养。”这是一种特设性修改。检验这个经过修改的理论不能不同于检验原来的理论。检验原来理论，要由任何人食用任何面包。可是检验修改后的理论则只限于食用除了在法国导致灾难性后果的那一批以外的面包。修改后的假说的可证伪性就小于原来的理论。证伪主义者反对这类打补丁的做法。

下一个例子不那么可怕而且比较有趣。这个例子基于十七世纪的伽利略和他的亚里士多德学派对手之间实际上发生过的一次争论。伽利略在用他新发明的望远镜仔细观察了月球之后宣告，月球并不是一个光滑的球体，它的表面倒是充满

了山岭和凹坑。他的亚里士多德学派对手在反复观察之后不得不承认情况看来确实如此。但是对于许多亚里士多德派来说，这种观察结果却威胁到了一个根本观念，即一切天体都是完美的球体。伽利略的对手面临着显然有可能被证伪的威胁，以一种毫不掩饰的特设性方式来捍卫自己的理论。他说，月球上有一种不可见的物质充塞着凹坑，覆盖着山岭，从而使月球获得了完美的球形。当伽利略问道怎样才能检测这种不可见物质的存在时，回答是无法检测。因此无可置疑，修改后的理论不能导致任何新的可检验的推断，因而是证伪主义者所完全不能接受的。被激怒的伽利略以一种独具一格的机智方式揭露了对手立论的虚弱。他宣称，他准备承认月球上存在着这种不可见、不可检测的物质，但是他坚决认为，这种物质的分布并不像他的对手所说的那样，而事实上是堆积在山顶，以致这些山岭要比从望远镜里所看到的高出许多倍。伽利略就在发明这种特设性保护理论法的无谓游戏中智胜他的对手。

科学史上还有另一个可能是特设性假说的例子要简略地提一下。在拉瓦锡之前，燃素说曾经是燃烧的标准理论。根据这个理论，燃素是在物质燃烧时从那些物质中散发出来的。在发现许多物质燃烧后增加了重量以后，这种理论受到了威胁。克服证伪的一个办法，就是提出燃素具有负量的说法。如果这个假说只能以比较燃烧前后物质重量的方式加以检验，那么它就是特设性的。它不能导致任何新的检验。

试图克服某种困难而修改理论，并不必然是特设性的。以下就是几个并非特设性的，因而从证伪主义观点看来也是可以接受的修改的实例。

让我们回到“面包给人以营养”这个论断的证伪，看一看它能够用怎样一种可接受的方式来加以修改。一种可接受的做法是用下列的论断来取代原来被证伪的理论：“除受特种真菌污染的麦子所制成的面包以外，凡面包都能给入以营养”（再附上对于那种真菌及其特性的详细说明）。这种修改后的理论不是特设性的，因为它导致新的检验。用波普尔（Popper, 1972, p. 193）的话来说，它是能够独立检验的。可能的检验将包括：对用以制成有毒面包的小麦进行检验，以确定是否

有那种真菌，在一些专门准备的小麦上培养那种真菌，并检验由这种小麦制成的面包的营养效果，对那种真菌进行化学分析以检查是否存在已知毒素，等等。所有这些检验(其中有许多并不构成对于原有假说的检验)都可能导致经过修改的假说之被证伪。如果经过修改的、更可证伪的假说经受了新的检验而未被证伪，那么，人们就可以获得某种新的知识，就可以作出进步。

现在我们要转向科学史寻找一个并非虚构的实例。我们不妨考虑一下导致海王星发现的一系列事件。十九世纪对于天王星运动的观察结果表明，它的轨道大大地偏离了根据牛顿的引力理论所预测的轨道，从而给引力理论提出了一个问题。法国的勒维叶和英国的亚当斯试图克服这个困难，他们提出在天王星的附近有一颗先前未发现的行星。这颗被推测的行星与天王星之间的引力解释了后者偏离起初预测的轨道。事件表明这种设想不是特设性的。只要它具有适当的大小，而且是造成天王星轨道摄动的原因，就有可能估计这颗被推测的行星的大致方位。一旦做到了这一点，就可以通过望远镜观测适当的天域以检验这种新的设想。盖勒正是以这种方式终于第一个看到了现在已知为海王星的这颗行星。为了确保牛顿的理论不致被天王星轨道的偏离证伪所采取的行动，远不是特设性的，它导致了对于这一理论的新的检验，而这一理论以戏剧性的循序前进的方式，通过了这种检验。

3 证伪主义科学观的确认

在前一章把证伪主义作为归纳主义的代替办法加以介绍时，证伪(也就是理论未能经得住观察和实验的检验)曾被描绘为具有关键的重要性。已经论证在逻辑上容许根据可取得的观察陈述确立理论的伪而不是它的真。也已经论证，科学的进步应该靠提出大胆的、高度可证伪的、试图解决问题的猜想，并继而进行不懈的努力来证伪新的设想。与此同时也有人认为，当那些大胆的猜想被证伪时，科学就获得有意义的进展。以证伪主义者自居的波普尔在本书 66-67 页上所引的段落说过同样的话，那一段的着重点是他自己加的。然而，把注意力完全集中于

证伪的实例却等于是在歪曲更精致的证伪主义者的立场。前一节最后举出的一个例子，就已经明确地包含着这一点。以一个可独立检验的推测性假说挽救牛顿理论的尝试之所以成功，是因为这一假说终于被海王星的发现所确认，而不是因为它而被证伪。

将具有大胆的高度可证伪的猜想之被证伪看成是科学获得有意义进展的时刻是错误的，在这一点上需要纠正波普尔。当我们考虑到种种极端的可能性时，这一点就变得十分清楚。在一个极端，我们可以看到形似大胆冒险猜想的理论，而在另一个极端，我们也看到小心谨慎的猜想，提出的论断似乎并不涉及任何重大风险。任何一种猜想只要经不起观察或实验的检验，就被证伪，而只要能够通过这样的检验，我们就会说，它已经被确认。标志着重大进展的将是大胆猜想之确认，或谨慎猜想之证伪。属于前一类的事例能提供信息，并将成为对科学知识的重要贡献，就是因为它标志着前所未闻的或是曾被认为不可能的事物的发现。海王星和无线电波的发现以及爱丁顿对于爱因斯坦认为光线在强引力场将会弯曲这一冒险预见的确认，都构成了这一类的重大进展。冒风险的预见得到了确认。谨慎的猜想被证伪之所以能提供信息，是因为这类事例确定，被认为毫无问题是真的事情，事实上却是假的。罗素证明基于看来几乎是不证自明的一些命题的朴素集合理论是自相矛盾的，就是一个显然谈不上有什么风险的猜想被证伪而提供信息的一个例子。与此形成对照的是，大胆猜想之证伪或谨慎猜想之确认却不能提供多少新的知识。一个大胆的猜想被证伪，那么由此得到的全部知识只是又一个疯狂的念头被证明是错误的而已。开普勒关于行星轨道间的间隔可以参照柏拉图的五种均匀的固体加以说明的推测之被证伪，并不是标志物理学进步的重要里程碑。同样，谨慎的假说之被确认，也不提供信息。这样的确认仅仅表明，某种立论周密而且是公认为不成问题的理论又一次得到了成功的应用而已。例如，用某种新的方法从铁矿石中提炼出来的铁在加热时也象别的铁一样膨胀这样一种猜想之得到确认，就没有多大的重要性。

证伪主义者希望摈弃特设性假说而鼓励提出有可能改进被证伪理论的大胆假说。那些大胆的假说将导致原来被证伪的理论所不能产生的新颖的可检验的预

见。然而，尽管导致有可能进行新的检验这一事实使得假说值得进行研究，但是只有在它经受住了至少是其中一些检验之后，才能认为这个假说改进了它所要取代的成问题的理论。这就等于是说，新提出的大胆假说在能够被认为宜于代替已证伪理论以前，必须能够作出某些新颖的预见并得到确认。许多轻率而鲁莽的推测都经受不住嗣后的检验，因而不能认为它们对科学知识的成长作出了贡献。偶尔也有轻率而鲁莽的推测确实导致了新颖的看来是不可能的预见并且为观察或实验所确认，因而成为科学成长史上光辉的一页。大胆猜想所导致的新颖预见的确认，在证伪主义科学成长观中占有非常重要的地位。

4 大胆性、新颖性和背景知识

对于分别用来修饰假说和预见的两个形容词“大胆”和“新颖”还有必要再说出几句。它们两者都是历史上相对的概念。在科学史某一阶段被认为是大胆的猜想，在较后的阶段却并不一定仍然是大胆的。当麦克斯韦在 1864 年提出他的“电磁场动力学理论”时，那是一个大胆的假说。其所以是大胆的，是因为它违反了当时所公认的一些理论，这些理论包括下列假定：电磁系统(磁体、充电体、载流导体等等)间的相互作用是越过空虚的空间瞬时完成的，而电磁效应只能通过具体的物质以有限的速度传播。麦克斯韦的理论却和这些被普遍接受的假定相抵触，因为他的理论预测光也是一种电磁现象，并且正如后来所认识到的那样预测，波动的电流应该发出一种新型的辐射，也就是以有限速度在空虚的空间传播的无线电波。所以，麦克斯韦的理论在 1864 年是大胆的，由此而产生的关于无线电波的预见，则是一种新颖的预见。今天麦克斯韦的理论能够为电磁系统的一系列作用提供精确解释这一事实已经成为公认的科学知识的一部分，而断言无线电波的存在及其某些特性也就不是什么新颖的预见了。

如果我们把科学史上某一阶段得到普遍接受和充分肯定的科学理论总和称之为当时的背景知识，那么我们就可以说，只要根据当时的背景知识看来一个猜想的论断未必可能，它就是大胆的。爱因斯坦的广义相对论在 1915 年就是一个

大胆的理论，因为当时的背景知识包含认为光沿直线传播的假定。这一假定就与广义相对论的推断之一相抵触，这一推断就是，光线在通过强引力场时应该弯曲。哥白尼的天文学在 1543 年是大胆的，因为它和当时认为作为宇宙中心的地球是静止的背景假定相冲突。而在今天，他的天文学就不会被认为是大胆的了。

正若要参照有关的背景知识来考虑猜想是否大胆一样，判断预见之是否新颖要看预见所涉及的现象在当时的背景知识中是否考虑在内，或是否被这种背景知识所明确排除。关于海王星的预见在 1846 年是新颖的，因为当时的背景知识并没有提到过这样一颗行星。布瓦松从 1818 年菲涅耳光的波动说推演出的预见，即对不透明圆盘的一侧加以适当的照明则在另一侧的中心就应该观察到一个光斑，是新颖的，因为构成当时背景知识的一部分的光的微粒说，排除了出现这种光斑的可能。

上一节表明，对科学知识成长作出重大贡献，或是在大胆的猜想得到确认的时候，或是在谨慎的猜想被证伪的时候。关于背景知识的概念使我们能够看到，这两种可能性会作为一次实验的结果而同时出现。背景知识是由许多谨慎的假说构成的，正是因为这种知识是得到充分肯定而且被认为是不成问题的。某一大胆猜想之得到确认势必牵涉到据以判断此项猜想为大胆的那种背景知识某一部分之被证伪。

5 归纳主义和证伪主义的确认观比较

我们已经了解，根据精致的证伪主义的解释，确认在科学中起着重要的作用。但是，这并不妨碍照样给那种观点贴上“证伪主义”的标签。精致的证伪主义者在否认理论能够在任何情况下可被证明为真或可能真的同时，仍然认为理论可被证明为假并加以摈弃。科学的目的在于证明某些理论为假并以更好的理论，即能够显示出具有更大的经受检验能力的理论加以代替。新理论的确认之所以重要，在于确认提供证据证明新理论比所要取代的理论高明，在新理论的帮助下或在确认

新理论时发现的证据证伪了所要取代的理论。一旦新提出的大胆的理论成功地取代了它的对手，就该轮到它自己来充当严峻检验的靶子了，这些检验将在更大胆猜想的理论帮助下被设计出来。

由于证伪主义者所强调的是科学的成长，因而他们的确认观和归纳主义者的有很大的不同。根据第四章所述的极端归纳主义者的观点，确认某一理论的一些事例的意义，完全取决于得到确认的观察陈述和这些陈述所支持的理论之间的逻辑关系。盖勒对海王星的观察给予牛顿理论的支持度与现代对海王星的观察所提供的支持度毫无差异。获得这种证据的历史情境是无关紧要的。确认的事例之所以是确认的事例，只在于它给理论提供归纳支持，得以成立的确认事例的数目越多，理论得到的支持就越大，因而它是真的可能就越大。这种非历史的确认理论似乎会产生这样一种并不动人的结果：对落下的石头、行星的位置等等所作的无数观察，只要能够增加万有引力定律真值的概率，就会成为值得进行的科学活动。

与此相对照，在证伪主义者看来，确认的意义在很大程度上要依确认的历史情境为转移。如果确认是检验一项新颖预见的结果，那种确认就可以使理论获得某种高度的价值。那就是说，如果估计到根据当时的背景知识某一确认不大可能会发生，那种确认就有重要意义。确认如果是既有的定论，就没有意义。如果今天我以抛掷石头到地上来确认牛顿的理论，我对科学就并没有作出任何有价值的贡献。反之，如果明天我确认认为两个物体之间的引力取决于物体温度的推测性理论，并因而证伪牛顿理论，我就会对科学知识作出重要贡献。牛顿的引力理论及其某些局限已经构成现今背景知识的一部分，而引力对于温度的依赖关系却并不是。这里有另一个例子可以支持证伪主义者赋予确认的历史观点。赫兹在检测到第一束无线电波时确认了麦克斯韦理论。而每当我收听我的收音机时，我确认了麦克斯韦理论。在这两个事例中，逻辑境况是相同的。在每一个事例中，理论都预测无线电波应被检测到，而在每一个事例中，成功地检测到无线电波都为理论提供了某种程度的归纳支持。尽管如此，赫兹仍然由于他所成就的确认，而恰如其分地享有盛名，而我所作出的经常不断的确认，在科学情境下却理所当然地被人们所忽略。赫兹向前迈出了重要一步。当我收听收音机时，我只不过是在原

地踏步。对这种差别起作用的是历史情境。

6 证伪主义之优于归纳主义

我们在概述了证伪主义的基本特点之后，现在是考查证伪主义观点比归纳主义观点有哪些优点的时候了。我们在前面几章讨论过，按照归纳主义，科学知识是从给予的事实中通过归纳推导出来的。

我们已经看到，某些事实，尤其是实验结果在某种重要的意义上是依赖理论的和可错的。这拆了那些归纳主义者的台，他们要求科学拥有不成问题的事实基础。证伪主义者认识到事实与理论都是可错的。然而，对于证伪主义者来说，有一组重要事实构成科学理论的检验基础。这组事实就是已经经住严峻检验的那些有关事实的断言。这确实具有科学事实基础是可错的这一推断，但这一点对证伪主义者不是一个大问题，但它对归纳主义者却是一个大问题，因为证伪主义者仅仅谋求科学的不断改进，并不追求证明真理或可能的真理。

归纳主义者在详细规定一个好的归纳推理的标准时遇到困难，在回答什么条件下可以说事实给予理论以重要支持时也有困难。在这一方面，证伪主义者的遭遇比较好。当事实构成对理论的严峻检验时，它们就给予理论重要支持。得到确认的新颖事实就是这类事实的重成员。这有助于说明为什么实验的重复并不能大大增加对理论的经验支持，对此事实极端归纳主义者难以适应。进行特定的实验也许构成对理论的严峻经验。然而，如果实验做得很好，理论经受住了检验，那么以后重复同样的实验就不会被认为对理论的严峻检验，因而也就越来越不大可能给理论提供重要支持。再者，虽然归纳主义者在说明关于不可观察之物的知识如何从可观察事实推导出来时有问题，然而证伪主义者则没有这种问题。可通过探索它们的新颖推断来严厉检验有关不可观察之物的断言，从而给予支持。

我们已经看到归纳主义者在表征归纳推论并为之辩护时遇到麻烦，即难以表

明理论是真的或可能是真的。证伪主义者则通过坚持认为科学并没有归纳来绕过这些问题。演绎是用来揭示理论的推断，因此理论能够经受检验并被证伪。但是并没有作出这样的断言：经受住检验表明理论是真的或可能是真的。这些检验的结果充其量表明一个理论比它的前驱者是个改进。证伪主义者与其说看重真理，不如说看重进步。

补充读物

波普尔对他的证伪主义的成熟思考请阅他的 1983 年一书 *Realism and the Aim of Science*。在世哲学家丛书的 Schilpp(1974) 含有波普尔的自传，批评者论他的哲学的一些文章，波普尔著作作对那些批评者的答复，以及详细的波普尔著作的书目。对波普尔观点的概述请阅 Ackermann (1976) 和 O'Hear (1980)。在“证伪主义科学观中的确认”一节中有关波普尔观点的修改在 Chalmers (1973) 有更详细的讨论。

第七章 证伪主义的局限性

1 逻辑境况引起的问题

构成科学定律的概括决不能在逻辑上从可观察事实的有穷集中推演出来，但一条定律的假可以在逻辑上从与之冲突的一件可观察事实中推演出来。观察确定有一只黑天鹅就证伪“凡天鹅皆白”。这一点是没有例外的和不可否认的。然而，利用这一点作为支持证伪主义科学哲学的根据就不是看起来那么容易了。一旦我们超越例如关于天鹅颜色那种极端简单的例子进而到更复杂的事例，更接近于科学中遇到的那种典型境况，问题就出现了。

如果某一观察陈述 O 的真业已给定，那么就能推演出在逻辑上推出不会有 O 的某一理论的假。然而，正是证伪主义者他们自己坚持认为构成科学基础的观察陈述是依赖理论和可错的。因此， T 与 O 之间的冲突并不具有 T 为假的结果。从 T 推出与 O 不一致的预见这一事实中在逻辑上得出的结论是：要么 T 为假，要么 O 为假，但单靠逻辑不能告诉我们何者为假。当观察和实验提供与某一定律或理论的预见相冲突的证据时，也许错的是证据，不是定律或理论。这种境况的逻辑并不要求在与观察或实验冲突时应该摈弃的总是定律或理论。也许摈弃的是可错的观察，而保留与之冲突的可错理论。保留哥白尼理论，而抛弃与这一理论逻辑上不一致的对金星和火星大小的肉眼观察，正是这种情况。保留现代对月球轨迹的说明，而摈弃基于肉眼观察的对它大小的估计，也是这种情况。有关事实的一种断言所立足的观察或实验不管有多么可靠，证伪主义者的立场不可能排除这样的可能性：科学知识的进展可揭示这种断言之不适当。因此，直截了当地说，观察对理论的定论性证伪是不可能做到的。

证伪的逻辑问题不止于此。如果能够确定非白天鹅一个实例，“凡天鹅皆白”

当然被证伪。但是对证伪逻辑的这样简单化例证掩盖了现实检验境况的复杂性对证伪主义造成的困难。现实的科学理论由复合的普遍陈述组成，而并不是只有一个像“凡天鹅皆白”那样的陈述组成。再者，如果要用实验检验一个理论，涉及的陈述比组成受检理论的那些陈述更多。需要增加在理论上面的有辅助假定，例如支配使用仪器的定律和理论。此外，为了推演出要用实验检验其有效性的预见，必须增添初始条件，如对实验设置的描述。例如，设通过望远镜观察某一行星的位置来检验某一天文学理论。该理论必须预测望远镜在特定时刻看到这颗行星的方位。这种预测从中推导出的前提包括组成受检理论、初始条件(如行星和太阳先前的位置)、辅助假定(如能够校正光从这颗行星通过地球大气产生的折射的假定)等等相互联系的陈述。现在如果从这一堆前提中得出的预见证明是假的(在我们的例子里，如果行星并没有出现在预测的区域)，那么在这种境况下逻辑允许我们作出的结论是：至少前提之一必定是假的。它并不能够使我们鉴定出哪个前提是错误的。也许受检理论是错的，但也许辅助假定或某一部分的初始条件描述应对错误预见负责。一个理论之所以不能被定论性地证伪，是因为不能排除这样一种可能性，即应该对错误的预见负责的，并不是受检验的理论，而是复合检验境况的某一部分。在比埃尔·迪昂(Duhem, 1962, pp. 183-188)首先提出这个困难以及威廉·蒯因(Quine, 1961)后来重提它以后，这个困难往往被称为迪昂/蒯因命题。

以下是天文学历史上可以说明这一论点的一些例子。

在前面引用过的一个例子里，我们讨论了牛顿的理论是怎样明显遭到天王星轨道的反驳。就这一事例而言，后来证明错误的不是牛顿的理论，而是对于初始条件的描述没有考虑到尚待发现的海王星。第二个例子是哥白尼的理论首次发表以后几十年，丹麦天文学家第谷·布拉赫声称已经驳倒哥白尼理论时的论证。布拉赫争辩道，如果地球围绕太阳旋转，那么在地球从太阳的一侧运动到另一例的一年过程中，从地球上观察到的某一恒星的方向就应该发生相应的变动。但是当布拉赫试图用他的仪器(当时所能有的最精确、最灵敏的仪器)检测他所预测的视差时，他失败了。这导致布拉赫作出结论，哥白尼的理论是错误的。事后我们知

道，引起了错误预见的并不是哥白尼的理论，而是布拉赫的一个辅助性假定。布拉赫对于恒星距离的估算太小，比实际小了许多倍。当他的估算被一个更接近于实际的估算代替之后，预测的视差就变得太小而难以为布拉赫的仪器检测到。

第三个是伊姆雷·拉卡托斯(Lakatos, 1970, pp. 100-101)设计的一个假设性例子：

这是一则关于一个想象的行星行为异常的故事。有一位爱因斯坦时代以前的物理学家根据牛顿的力学和万有引力定律 N ，和公认的初始条件 I ，去计算新发现的一颗小行星 p 的轨道。但是那颗行星偏离了计算轨道。我们这位牛顿派的物理学家是否认为这种偏离是为牛顿的理论所不允许的，因而一旦成立也就必然否定了理论 N 呢？不。他提出，必定有一颗迄今未知的行星 p' 在干扰着 p 的轨道。他计算了这颗假设的行星的质量、轨道及其他，然后请一位实验天文学家检验他的这一假说。而这颗行星 p' 大小，甚至用可能得到的最大的望远镜也不能观察到它：于是这位实验天文学家申请一笔研究经费来建成一台更大的望远镜。经过了三年，新的望远镜建成了。如果这颗未知的行星 p' 终于被发现，一定会被当作是牛顿派科学的新胜利而受到欢呼。但是它并没有被发现。我们的科学家是否因此而放弃牛顿的理论和他自己关于有一颗在起着干扰作用的行星的想法了呢？不，他又提出，是一团宇宙尘云挡住了那颗行星，使我们不能发现它。他计算了这团尘云的位置和特性，他又请求拨一笔研究经费把一颗人造卫星送入太空去检验他的计算。如果卫星上的仪器(很可能是根据某种未经充分检验的理论制造的新式仪器)，终于记录到了那一团猜想的宇宙尘云的存在，其结果一定会被当作牛顿派科学的杰出成就而受到欢呼。但是那种尘云并没有被找到。我们那位科学家是否因此就放弃了牛顿的理论，连同关于一颗起干扰作用的行星的想法和尘云挡住行星的想法呢？不。他又提出，在宇宙的那个区域存在着某种磁场，是这种磁场干扰了卫星上的仪器。于是，又向太空发出了一颗新的卫星。如果这种磁场能被发现，牛顿派一定会庆祝一场轰动世界的胜利。但是磁场也没有被发现。这是否就被认为是对牛顿派科学的否定了呢？不。要么又提出另一项巧妙的辅助性假说，要么……于是整个故事就被淹没在积满尘土的一卷又一卷期刊之中而永

远不再被人提起。”

如果这个故事，被认为是可以说明一些道理的，那么它说明了一种理论总可以将它所面临的证伪转嫁给假定复合网的另一部分而免于被证伪。

2 证伪主义不适宜的历史根据

使证伪主义者陷于窘境的一个历史事实是，如果他们的方法论得到科学家的严格遵守，那么被公认是科学理论中最佳范例的那些理论，就根本不可能发展起来，因为早在萌芽状态就会遭到摒弃。可以举任何一个经典科学理论为例，无论是在提出之初或是到了晚些时候，都可以找到在当时被公认的、被认为与这个理论不一致的、以观察为根据的断言。尽管如此，那些理论并没有被摒弃，而它们之没有被抛弃就成了科学的幸运。以下是能够支持我的论点的几个历史上的例子。

牛顿的万有引力理论问世之初，曾经由于对月球轨道的观测而被证伪。花了几乎五十年的时间，才把这个证伪转给牛顿理论以外的其他原因。后来，牛顿理论又与水星轨道的细节不一致，虽然科学家们并没有因此理由而摒弃这个理论。事实表明，要用一种保护牛顿理论的方式把这一证伪解释过去是决不可能的。

第二个例子和玻尔的原子理论有关，这个例子是由拉卡托斯提出来的 (Lakatos, 1970, pp. 140-54)。这个理论在发展初期，曾经与这样一种观测结果不一致，即某种物质在超过 10^{-8} 秒的时间内是稳定的。按照这个理论，带负电荷的电子在原子内部沿着轨道围绕带正电荷的核运动。但是根据作为波尔理论前提的经典电磁理论，沿着轨道运动的电子应该发生辐射。这种辐射将使沿着轨道运动的电子失去能量而陷入核内。经典电磁理论的定量细节则把这种陷入核内发生的时间估计为 10^{-8} 秒。幸而波尔不顾这种证伪而坚持了他的理论。

第三个例子涉及到气体运动理论，这个例子有助于说明那个理论的创始人明确地承认理论一提出就被证伪的情况。当麦克斯韦 (Maxwell, 1965, vol. 1, p. 409) 在 1859 年第一次发表气体运动理论的详细内容时就在同一篇论文中承认，这个理论被气体比热的测量结果所证伪。十八年以后，麦克斯韦在评论气体运动理论的推断时写道：

有一些推断与我们现今对物质结构的理解一致因而无疑是使我们感到非常满意的，但是也还有一些推断却很可能把我们的心安理得的状态中惊醒过来，而且也许会把我们从一向借以获得庇护的全部假说中驱赶出来，使我们进入作为一切真正知识进展前奏的那种彻底自觉的无知境界。

运动理论内部的一切重要发展都发生在那次证伪之后。又一次幸运的是，这个理论并没有因为被气体比热的测量证伪而被放弃，而朴素证伪主义者会被迫坚持认为要放弃的。

第四个例子是哥白尼革命，下一节将对此加以比较详细的介绍。这个例子将强调，在考虑到重大理论变革的复杂性时证伪主义者所面临的种种困难。这个例子也将提供一个背景，以便就近年来为了表征科学的本质及其方法所作的更为合适的努力展开讨论。

3 哥白尼革命

在中世纪的欧洲，地球被普遍认为是有限宇宙的中心，太阳、行星和恒星全都环绕地球运行。作为天文学发展基础的物理学和宇宙学，基本上还是公元前 4 世纪由亚里士多德发展的。公元 2 世纪，托勒密建立了一套详细的天文学体系，该体系明确规定了月球、太阳和所有行星的轨道。

在 16 世纪最初几十年内，哥白尼建立了一套新的天文学，那是包含有一颗运动着的地球的天文学，它向亚里士多德和托勒密的体系提出了挑战。根据哥白尼的观点，地球并不是静止不动地处在宇宙的中心，而是和其他行星一道环绕太阳运行。到了哥白尼的想法被证明有根据的时候，亚里士多德的世界观已经为牛顿的所取代。这是一次历时一个半世纪才告完成的理论变革。关于这次重大理论变革的故事的细节，并不能给归纳主义者和证伪主义者所主张的方法论提供支持，倒是表明有必要为科学及其成长作出不同的、也许结构更为复杂的解释。

当哥白尼在 1543 年首次发表他的新天文学的细节时，有许多论据可以提出而且也确实提出来反对他的新天文学。联系到当时的科学知识来看，这些论据是合理的，而哥白尼针对这些论据为他的理论所作的辩护，倒不能令人满意。为了理解这种局面，有必要熟悉一下亚里士多德世界观的某些方面，反对哥白尼的论据正是以这种世界观为根据。下面就扼要地介绍一些有关的论点。

亚里士多德学派的宇宙分为两个绝然不同的区域。月下区是内区，从处于中心的地球一直伸展到月球轨道的内侧。月上区则包括整个有限宇宙的其余部分，从月球轨道一直伸展到恒星天层，后者标志宇宙的外部边界。边界以外一无所有，甚至没有空间。在亚里士多德的体系中，空无一物的空间是不可能存在的。月上区的一切天体全都是由一种被称为以太的不可败坏的元素构成。以太有一种沿着正圆轨道环绕宇宙中心运动的天然倾向。这种基本观念在托勒密的天文学中有所修改、有所扩展。自从在各种不同的时间所观测到的行星位置无法与以地球为中心的圆形轨道概念相调和，托勒密又在他的体系中引入了被称为本轮的更多的圆。行星沿着圆或本轮运动，本轮的圆心又沿着圆形轨道环绕地球运动。这样一些轨道又可以用在本轮上增添本轮等等的方法加以进一步修正，由此而形成的体系也就可以和行星位置的观测结果相容，而且也就有可能预测行星的未来位置了。

与月上区的那种秩序井然、不可败坏的性质相对照，月下区的特征是变化、生长和衰退，繁殖和腐败。月下区的一切物质是气、土、火、水四种元素的混合，

各种元素混合的相对比例决定着由此而形成的物质的特性。每一种元素在宇宙中各有其天然的位置。土的天然位置在宇宙的中心；水，在地球的表面上；气，在紧接着地球表面的上方区域内；火，在大气层的顶端，靠近月球的轨道。因而地上的一切物体由于所含四种元素的相对比例而在月下区各有其天然位置。石头，由于绝大部分是土，所以天然位置接近地心；火焰，由于绝大部分是火，所以天然位置接近月球轨道，如此等等。一切物体都有沿直线向上或向下朝着它们天然位置运动的倾向。因此，石头的天然运动是朝着地心直线向下，火焰的天然运动是直线向上，离开地心。天然运动以外的一切运动，都必须有原因。例如，箭必须由弓射出，而车辆必须由马匹牵引。

这些就是亚里士多德的力学和宇宙学的梗概，而亚里士多德的力学和宇宙学则是被哥白尼同时代人奉为圭臬，也是被用作反驳地动说时的论据。我们不妨看一看在反驳哥白尼体系方面比较有力的一些论据。

也许对哥白尼的体系构成了最严重的威胁的，是所谓塔的论据。这种论据大致如下。如果地球象哥白尼所宣称的那样是环绕着它的轴旋转的，那么地球表面上的任何一点在一秒钟内都将移动一个相当大的距离。如果有一块石头从建立在这运动着的地球上的一座塔顶上落下来，它将完成它的天然运动而向着地心落去。在它下落的过程中，由于地球的旋转，塔将随地球而运动。因此，当石头落到地面的时候，塔一定已经离开了它在石头开始落下时

所占据的位置。所以石头就应该落在距离塔基相当远的地面上。但是，实际上并不会发生这种现象。石头落在塔基的地面上。因此，地球不可能是旋转的，而哥白尼的理论是假的。

另一个反驳哥白尼的力学论据，涉及到象石头、哲学家以及诸如此类松散地存在于地球表面上的物体。如果地球在旋转，为什么这些物体并不像石块从旋转的车轮边缘上被甩出去那样，从地球表面上被甩出去？如果地球在自转的同时又环绕太阳运动，为什么它没有把月球甩在后面？

本书上文还提到一些基于天文学考虑的反哥白尼论据。这些论据包括，观测恒星位置时看不到视差，以及在肉眼观察下火星和金星并不随着一年时间的推移而发生可看到的大小变化这些事实。

由于我所提到的以及其他类似的论据，哥白尼理论的支持者曾经面临着严重的困难。哥白尼本人也深深地沉溺于亚里士多德的形而上学之中，而未能对那些论据作出恰当的回答。

鉴于反驳哥白尼的论辩的力量，人们很可能要问，在 1543 年，究竟能说些什么支持哥白尼理论呢，回答是，“没有很多”可说。哥白尼理论主要的魅力在于它能以简洁的方式对行星运动的许多特征作出说明，而对立的托勒密理论却只能以一种缺乏魅力、矫揉造作的方式来说明它们。这些特征是，行星的逆行，以及水星和金星与其他行星不同总是留在太阳的近处这一事实。一颗行星按照有规则的间隔期退行，那就是说，停止它在恒星间的向西运动(从地面上观察)，而在继续它的再度向西运动之前短时间地折回原先的路径向东运行。在托勒密的体系中，逆行是用增添一些专门为了说明逆行而设计出来的本轮这样一种有点特设性的伎俩来加以说明的。在哥白尼的体系中，就不必采取这种矫揉造作的做法。逆行是由于地球和其他行星在恒星的背景上一同环绕太阳运行的自然结果。类似的论点也适用于太阳，水星和金星总是比较接近的问题。只要水星和金星的轨道处于地球轨道的内侧这一点能够成立，这是哥白尼体系的自然结果。在托勒密的体系中，就必须把太阳、水星和金星的轨道人为地拉扯到一起，才能形成所要求的结果。

哥白尼理论有一些数学特点是于它有利的。除此之外，就其简单性和符合行星位置的观测而论，这两种对立的体系是不相上下的。以太阳为中心的圆形轨道不能与观测结果相调和，以致于哥白尼也不得不象托勒密那样增添一些本轮，为了能够使轨道与已知的观测结果相符而增添的本轮总数，对于两种体系说来是大致相同的。在 1543 年，由于数学上的简单性而产生的有利于哥白尼的论据，不

能被认为足以对抗不利于他的力学和天文学论据。虽然如此，仍然有一些在数学上有才能的自然哲学家终于被吸引到了哥白尼体系一边，他们为了捍卫这一体系而作出的努力，在以后的一百年左右取得了越来越大的成功。

在捍卫哥白尼系统方面贡献最大的一个人就是伽利略。他从两方面做到了这一点。第一，他用望远镜观察天空，在这样做的过程中，他改造了那些要求哥白尼理论加以说明的观测资料。第二，他创立了新的力学，后来取亚里士多德力学而代之，正是由于这种新力学，才使得那些反驳哥白尼的力学论据终于烟消云散。

当伽利略在 1609 年制成他第一批望远镜并把它们串接起来瞄向天空时，他获得了激动人心的发现。他看见了许许多多为肉眼所无法看到的恒星。他看到了木星所拥有的几个卫星，他看到了月球表面有高山和深坑。他通过望远镜观测时也观察到火星和金星外观的大小以哥白尼体系所预测的方式发生变化。后来，伽利略终于确证，金星也像月球一样有盈亏，这一事实完全为哥白尼体系所容纳，而为托勒密的体系所不容。木星的几颗卫星粉碎了亚里士多德派反对哥白尼的论据，其根据的事实是：卫星总是和据说是运动着的地球呆在一起。而现在亚里士多德派不得不面对有关木星及其卫星的同样问题。像地面一样起伏不平的月球表面，推翻了亚里士多德关于尽善尽美、永不败坏的天与不断变化、容易腐败的地这两者之间的区别。金星盈亏变化的发现，标志了哥白尼派的成功和托勒密派的新问题。无可否认的是，伽利略通过他的望远镜所作的观测一旦得到承认，哥白尼理论所面临的困难也就减少了。

关于伽利略和望远镜的上述评论引起了一个严肃的认识论问题。为什么应该认为用望远镜观测，比用肉眼观测更为可取？对于这个问题的一个回答是，可利用望远镜的光学理论来说明它的放大的特性，并且对我们可能以为会影响望远镜映像的各种像差作出说明。但是，伽利略本人并没有为此目的而利用光学理论。能够在这方面提供支持的光学理论是由伽利略的同时代人开普勒早在十六世纪首次提出来的，而这种理论又在以后几十年内得到了改进和扩充。回答我们关于望远镜优于肉眼的问题的第二种方式，是用某种切实可行的办法证明望远镜的有

效性，例如瞄准远处的高塔，船只之类，以显示这种仪器是怎样放大并使得观测物体变得更加清晰可见。但是，要用这种办法来为望远镜在天文学中的应用辩护仍然是困难的。在用望远镜观察地上的物体时，要把观测物体和望远镜所造成的像差区别开来是可以做得到的，因为观测者熟悉高塔、船只之类物体的形象。而当观测者探测天空时情况就不同了，因为他对观测的对象不熟悉。在这方面有意义的是，伽利略按照他用望远镜观察到的月球绘成的月球表面图就含有一些月球上实际并不存在的凹坑。那些“凹坑”想必就是伽利略那些远不是完善的望远镜的作用所引起的像差。这一段所说的足以表明，要为望远镜观测的优越性辩护不是一件简单易行的事情。对伽利略的发现提出质疑的那些对手们并不都是愚蠢、顽固的反动分子。辩护已唾手可得，而且随着望远镜的越来越完善和关于望远镜作用的光学理论不断发展，辩护也越来越有说服力。但是所有这一切全都需要时间。

伽利略对科学的最大贡献是他在力学方面的研究。他为后来取代了亚里士多德力学的牛顿力学奠定了某些基础。他把速度和加速度明确地区别开来，他断言自由落体以恒定的加速度运动而与它们的重量无关，下落的距离与下落的时间的平方成正比。他否认亚里士多德关于一切运动都必须有原因的论断。他论证说，一个沿着与地球同心圆的线水平运动的物体，其速度不增又不减，因为它既不上升又不下降。他分析了抛射体运动，他把一个抛射体的运动分解为二，一部分是水平运动，按照他的惯性定律以恒定速度进行；另一部分是垂直运动，以恒定加速度由上向下进行。他表明，由此合成的一个抛射体的运动轨迹，是一条抛物线。他提出了相对运动的概念，他论证一个系统的匀速运动，不取得系统外的某个参考点，就不能以力学的方法，把它检测出来。

这些重大的发展，并不是伽利略在瞬间完成的。它们逐渐出现的时间跨越了半个世纪，在他的《两种新科学》(Galileo, 1974)一书中达到顶点，这部著作最初发表在1638年，距哥白尼主要著作的发表，几乎有一个世纪之久。伽利略用许多例证和思想实验使他的新概念成为有意义的并越来越精确。伽利略偶然也描述他实际进行过的实验，例如关于球体从倾斜的平面上滚下的实验，尽管伽利

略实际上究竟做过多少实验是一个有争议的问题。

伽利略的新力学使得哥白尼的体系能够面对上文提到过的一些异议，而立于不败之地。置于塔顶而且和塔一起参与环绕地球中心的圆形运动的物体，落下以后将继续同塔一起处于那种运动之中，并因而落在塔基的地面上而与经验相一致。伽利略把这个论据又向前推进一步，他断言他的水平运动观点的正确性，可以用这样的实验来证明：从一只匀速行进的船的桅杆顶上落下一块石头，并注意到这块石头落在桅杆底部的甲板上，尽管伽利略并没有宣称他曾经做过这个实验。伽利略未能十分成功地说明，为什么掉下的物体没有从旋转着的地球表面甩出去。

虽然伽利略的科学研究工作主要是为了加强哥白尼理论的地位，但是伽利略自己并没有创立一种详细的天文学，在认为行星轨道是圆形的这一点上倒似乎是在步亚里士多德学派的后尘。在这方面获得重大突破的是伽利略的同时代人开普勒，他发现每一个行星的轨道可以用一个椭圆来表示，太阳是这个椭圆的两圆心之一。这就消除了哥白尼和托勒密都认为是必要的那种复杂的本轮系统。在托勒密的地球中心体系中不可能有类似的简明性。开普勒拥有第谷·布拉赫的行星位置记录资料，这些记录比哥白尼所能获得的更为准确。经过对这些资料的苦心钻研分析，开普勒终于提出了他的行星运动三定律：行星沿椭圆形轨道环绕太阳运行；某一行星与太阳的连线在相同的时间内扫过相同的面积；以及行星运行周期的平方与它离太阳的平均距离的立方成正比。

伽利略和开普勒确定无疑地加强了支持哥白尼理论的论据。然而，在那个理论牢靠地建立在包罗广泛的物理学基础之上以前，还必须取得更多的发展。牛顿终于能利用伽利略、开普勒和其他人的研究成果建构了那包罗广泛的物理学，1687年发表在他那部《原理》之中。他对作为加速度的原因而不是运动的原因的力提出了明确的概念，这个概念出现在伽利略和开普勒的著作中是有点混乱的。牛顿用他自己的线性惯性定律代替了伽利略的惯性观点，根据他的惯性定律，物体在不受外力作用的情况下继续沿直线作匀速运动。牛顿的另一项重大贡献当

然是他的万有引力定律。这使得牛顿能够说明开普勒的行星运动定律和伽利略的自由落体定律的近似正确性。在牛顿的体系中天体的领域和地上物体的领域被统一了起来，这两类物体全都按照牛顿运动定律在力的影响下运动。牛顿的物理学一经形成，就有可能把它详细地应用在天文学上。例如，就有可能在考虑到月球的有限大小、地球的自转以及地球轴的晃动等等因素来研究月球轨道的细节。也就有可能去研究由于太阳的有限质量、行星之间的引力等的因素所引起的各行星偏离开普定律的现象。像这样一些的发展要占用牛顿一些继承者下两个世纪的精力。

我在这里扼要介绍的故事应该足以表明，哥白尼革命并不发生在从比萨斜塔上扔下一两顶帽子的时候。同样清楚的是，无论是归纳主义者或是证伪主义者都没有提供一个与之相容的科学观。关于力和惯性的新概念，并不是作为仔细观察和实验的结果而出现的。它们的出现也不是由于大胆猜想的证伪和一个大胆猜想为另一个不断代替的过程。新理论的早期表述，包括新颖概念的不完善表述，是在对那些表面的一次次证伪不予理睬的情况下坚持下来和发展起来的。只是经过许多科学家若干世纪的智力劳动和实践活动，在新的物理学体系终于创立之后，新的理论才能够即使在细节上也成功地与观察和实验的结果相吻合。不考虑到这样一些因素，任何科学观都不能被认为是接近于合适的。

4 证伪主义分界标准的不适宜及波普尔的回答

波普尔为他的科学与非科学和伪科学之间的分界标准提出了一个诱人的论据。科学理论应该是可证伪的，即它们应该有、能够被观察和实验检验的推断。如果说这个标准不合格，因为它的弱点是它太容易满足了，尤其是波普尔本来会将它们归于非科学的许多知识断言都满足这个标准。占星术士确实作出了一些可证伪的断言（也作出了一些不可证伪的断言）。同一家“你的星宿”报纸的栏目作出了一些（不可证伪的）预言，例如第五章引用的“体育竞猜可能有运气”，但它也许诺生日在3月28日的那些人“将会有一位新的情人使你的眼睛闪闪发光，并使社

会活动增添光彩”，这种许诺当然是可证伪的。任何牌子的基督教原教旨主义坚持认为圣经字字真金，不可证伪。但如果没有海洋且/或也没有鱼，《创世纪》中上帝创造海洋，并让鱼生活在海洋中的断言就会被证伪。波普尔自己指出，就其将梦解释为愿望实现而言，弗洛伊德理论面临被梦魔证伪的威胁。

证伪主义者对这种意见的可能回应是指出，理论不仅是必须可证伪的，而且也必须不被证伪。这也许排除了让占星术成为科学的断言，波普尔论证说它也排除了弗洛伊德理论的科学性。但是这种解决办法难以接受，因为它排除了证伪主义者想要保留其科学性的一切理论，我们已经看到大多数科学理论有它们的问题，并且与已得到接受的观察等发生冲突。因此，按照精致的证伪主义，面临显然的证伪时修改理论，甚至置证伪于不顾而坚持理论，希望有朝一日问题能够得到解决，也都是可以允许的。在下面波普尔 (Popper, 1974, p. 55) 所写的段落里，反映了这类回应，他试图面对我在这里提出的困难：

我总是强调需要某种教条主义：教条的科学家起着重要作用。如果我们太容易接受批评，我们就永远不知道我们理论的真正力量在哪里。

我的观点是，这段话表明根据本章提出的这类批评证伪主义面临多么严重的困难。证伪主义的异军突起是为了强调科学的批判要素。我们的理论应该接受无情的批判，以使不合适的遭到淘汰，用更合适的理论加以代替。面临理论可能被证伪的确定性程度有多大的问题，波普尔承认置明显的证伪于不顾而保留理论往往是必要的。因此，尽管建议要无情批判，结果却是它的反面，教条主义也起着积极作用。人们很可能要问，一旦允许教条主义起关键作用，证伪主义还留下什么。再者，如果批判态度和教条态度都被默许，那么就很难了解排除的是什么态度。（如果非常合格的证伪主义变得如此软弱，什么都不能排除，因而与导致波普尔提出证伪主义的主要直觉发生冲突，那就令人啼笑皆非了。

补充读物

在 Schilpp (1974) 中有对波普尔证伪主义的一系列批评。在 Lakatos (1970) 中有对除了最精致的证伪主义外的一切批评。本章有关证伪主义与哥白尼革命不

相容的许多论点引自 Feyerabend (1975)。

Lakatos and Musgrave (1970) 有一些文章对波普尔的观点与托马斯·库恩的观点作了批判性比较，下面一章要讨论库恩的观点。Mayo (1996) 中有一些对波普尔观点的微调性批评。

第八章 作为结构的理论 I：研究纲领

1 作为结构的理论

前一章扼要介绍的哥白尼革命提示，归纳主义和证伪主义的科学观都过于零碎。他们把注意力集中在理论和个别的或成组的观察陈述之间的关系上，而没有考虑到一些具有重大意义的科学理论发展模式的复杂性。自从 1960 年代以来，人们由此达到的共同结论是，更为合适的科学观必须来自对科学活动在其中进行的理论框架的理解。下面三章讨论三种颇有影响的科学观，它们都是采取这种进路的成果。（在第十三章我们将有理由提出这样的质疑：“理论占支配地位的”科学观是否已经走得太远。）

需要把理论看作结构的一个理由起源于对科学史的研究。历史研究揭示，重要科学的演化和进步显示出一种为归纳主义和证伪主义的解释所忽略的结构。哥白尼理论已经为我们提供了一个例子。在牛顿以后物理学研究在牛顿框架内进行达两个世纪之久，直到 20 世纪初这个框架受到相对论和量子论的挑战，对这一事实的反思进一步增强了这一观念。然而，历史的论据并不是为什么有些人认为需要集中于理论框架的唯一理由。另一个更有普遍意义的哲学论据与观察如何依赖理论这一点密切关联。第一章着重指出观察陈述必须以某种理论的语言加以表达。因此，理论的精确性和提供信息的程度如何，利用该理论语言形成的陈述和出现在这些陈述中的概念的精确性和提供信息程度也如何。例如，我想人们会同意，牛顿关于质量的概念要比民主之类的概念具有更为精确的意义。前一概念之所以具有比较精确的意义，是由于这样一个事实：它在一个精确的编织紧密的理论即牛顿力学中起着特定的、定义明确的作用，这种意见是有道理的。对照之下，出现“民主”这一概念的社会理论，却含糊不清而且五花八门。如果这提示在某一术语或陈述意义的精确性与该术语或陈述在某一理论中所起的作用之间的密切

联系能够成立，那么，由此而产生的直接结论就是必须要有结构融贯的理论。

概念的意义依赖概念在其中出现的那个理论结构以及前者的精确性依赖后者的精确性和融贯程度这一论点，可以通过指出一个概念借以获得意义的其他方式的局限性而变得更加有道理。这样的其他方式之一是认为概念可以通过下定义而获得意义的观点。必须摒弃下定义作为确定意义的基本方法，因为只能用意义已经给定的其他概念来给概念下定义。如果其他概念的意义本身也是通过下定义来确定，其结果显然就将是一种无穷倒退，除非有些术语的意义是通过其他手段获知的。如果人们不是已经知道了许多单词的意义，一部辞典就会毫无用处。牛顿不可能用先前获得的那些概念来为质量或力下定义。他必须通过发展新的概念框架来超越旧的概念框架的局限。第二种方式是认为概念的意义可以通过直指定义来获得。我们在第一章讨论儿童学习“苹果”的意义时已经知道，即使像“苹果”那样的简单概念，这种方式也难以得到支持。当涉及类似力学中的“质量”或电磁论中的“电场”等概念的定义时，这种方式就更不合理了。

认为概念至少部分地是从它们在某个理论中所起的作用而推导出它们意义的主张，可以从以下一些历史的回顾中得到支持。与流行的神话相反，对于伽利略在力学方面的革新，实验根本不是关键。他在阐明他的理论时所提到的许多“实验”，其实是思想实验。这对于那些认为新颖理论来自实验结果的那些人来说是不可置信却又不可否认的，但是如果人们接受这一点，即精确的实验只有在有了能够产生以精确的观察陈述为其形式的预见的精确理论时才有可能进行，那就完全可以理解的了。人们也许会争辩说，伽利略当时正处于为创立一种新的力学作出重大贡献的过程之中，那种力学在后来阶段证明是能够为详细的实验提供支持的。他的努力包括思想实验、类比和例证性隐喻，而不是详细的实验，对此不必惊奇。可以提出这样的论据，其大意是：一个概念，无论是“化学元素”、“原子”、“无意识”或别的什么概念的典型历史是，概念最初总是作为一种模糊的观念而出现的，后来随着它在其中起作用的那个理论取得更为精确而融贯的形式而逐渐明晰起来。电场这一概念的出现可以解释为对这种观点的支持。这一概念在19世纪前半世纪被法拉第首次引入时是十分含糊的，而且是借力学上的类比，

包括使用例如拉长的绳这样的东西以及以隐喻的方式使用“张力”、“功率”和“力”之类术语之助，被清楚表达出来的。随着电场与其他各种电磁量之间的关系变得更加明确，场的概念也就变得越来越好界定了。一旦麦克斯韦又一次借助力学类比引入了他的位移电流，就有可能使得以麦克斯韦方程式表现出来的那个理论具有较大的融贯性，而那些方程式则清楚地鉴定了所有各种电磁量之间的相互关系。正是到了这一阶段，一向被认为是各种场的力学基础的以太才被弃置不用，场这一被清楚界定的概念才获得了自己的独立地位。

在这一节里，我试图通过科学工作和论证在其中进行的理论框架来为探讨科学建立一个逻辑基础。在这一章和以后两章里，我们要查看从事这一观念的三位重要科学哲学家的工作。

2 介绍托马斯·库恩

托马斯·库恩(Kuhn, 1970a)在他的《科学革命的结构》一书中对归纳主义和证伪主义科学观提出了重要挑战，该书首次发表于1962年，八年以后重新印刷，附加一篇澄清性的后记。从那时以来，库恩的观点在科学哲学中一直引起反响。库恩是作为物理学家开始其学术生涯的，后来才把注意力转移到科学史方面来。在这样做的时候，他发现他关于科学的性质的先入之见发生了动摇。他终于认识到，传统的科学观，论是归纳主义的还是证伪主义的，都经不起历史证据的比较。库恩认为应该使理论和他所理解的历史境况更加符合，他的科学观后来就是作为这样一种努力而发展起来的。他的理论的一个关键特点是，强调科学进步的革命性质，这里的革命意味着放弃一种理论结构并代之以另一种不相容的理论结构。另一个重要特点是，科学共同体的社会学特征起着重要作用。库恩关于科学如何进步的图景可以概括为下列开放的图式：

前科学—常规科学—危机—革命—新的常规科学—新的危机

在一门科学形成以前的杂乱无章和五花八门的活动，在某个范式得到某一科学共同体的坚持时，终于变得有结构、有方向。构成一种范式的是：某一特定科学共同体成员们所采纳的、一般性理论假定和定律，以及应用这些假定和定律的技术。在一种范式内工作的人们，不论这种范式是牛顿力学、波动光学、分析化学或是别的什么，都是在从事库恩所说的常规科学。常规科学家将在他们为了解释和适应实验结果所揭示的实在世界某些有关方面的表现而进行的努力中，阐明和发展范式。在这样做的时候，他们会不可避免地经历困难，遇到明显的证伪。如果对这类困难失去了控制，危机状态就发展起来。危机的解决，发生在全新的范式出现并吸引越来越多科学家的忠诚，直到原先那个破绽百出的范式终于被放弃的时候。不连续的变化构成一次科学革命。新的范式，充满了希望而不是被显然无法克服的困难所困扰的范式，现在指引着新的常规科学活动的进行，直到它也陷入严重的麻烦和新的危机，结果是引起新的革命。

在先了解这样一个梗概之后，再让我们进一步对库恩图式的各个成分作一番仔细的考察。

3 范式和常规科学

一门成熟的科学是由单一的一种范式所支配的。¹ 范式为在它所支配的科学内合法的工作规定标准。它协调并且指导在该范式内工作的一群常规科学家“解决难题”的活动。按照库恩的观点，有一个能够维持常规科学传统的范式的存在，是区别科学与非科学的特征。牛顿力学、波动光学和经典电磁学全都曾经构成也许仍然构成范式，因而有资格成为科学。大部分现代社会学缺乏范式，因而也就没有资格成为科学。

正如下文将要说明的那样，缺乏精确的定义是范式的本性。尽管如此，仍然有可能对组成范式的某些典型的组成部分加以描述。在这些组成部分中，有明确陈述的基本定律和理论假定。例如牛顿的运动定律形成了牛顿范式的一部分，而

麦克斯韦的方程式则形成了经典电磁理论范式的一部分。范式也包括把基本定律应用到各种不同类型境况中去的标准方法。例如，牛顿的范式将包括把牛顿的各种定律应用到行星运行、钟摆、台球冲撞以及其他诸如此类的现象上去的方法。为了使范式的定律能够对实在世界产生影响所必需的仪器制造和仪器使用技术，也包括在范式之内。牛顿的范式应用于天文学，包括各种合格的望远镜的使用，以及使用望远镜的技术和对用望远镜收集到的数据加以校正的各种技术。范式的另一个组成部分由一些非常一般的形而上学原则所组成，这些原则对范式内的工作起指导作用。在整个 19 世纪，支配着牛顿范式的，大致是像这样的一种假定：“应该把整个物理世界解释为按照牛顿运动定律在各种力的影响下运转的机械系统”，而 17 世纪笛卡尔的纲领则包括这样一个原则：“虚空是没有的，物理宇宙是一台大钟，其中所有的力都表现为推力”。最后，所有的范式都包含一些非常一般的方法论规定，如：“认真努力使你们的范式与自然相匹配”，或“把使范式与自然相匹配的努力的失败看成是严重问题”。

常规科学包括作出详尽的努力来阐明范式，以改善它与自然之间的匹配。一种范式总是很不精确和开放的，为完成大量那类工作留有充分的余地。库恩把常规科学描绘成按照某一范式的规则进行的解决难题的活动。而难题具有理论和实验两方面的性质。例如，在牛顿范式内，典型的理论难题包括为处理处于一个以上引力影响下的行星运动问题设计数学技术，以及为把牛顿定律应用于流体运动而发展合适的假定。实验难题包括改进望远镜观测的精确度，以及发展能够可靠测量引力常数的实验技术。常规科学家必须预设，范式为在范式内出现的问题提供解决的手段。解决某一难题的失败，被看成是科学家的失败而不是范式的缺陷。无法解决的难题，被看成是反常而不是范式的证伪。库恩承认一切范式都会包含一些反常（例如，哥白尼理论与金星外观的大小，或牛顿范式与水星轨道），并摒弃任何牌号的证伪主义。

常规科学家们必须对他们在其中工作的范式不加批评。只是由于如此，他们才能集中精力去详尽地阐明范式和从事深入探索自然所必需的秘传性工作。正是在基本原理上不再存在分歧，把成熟的常规科学与不成熟的前科学的相对说来是

杂乱无章的活动区别开来。按照库恩的说法，前科学的特征就是基本原理上的分歧不一和争论不休，严重到详细的秘传性工作无法进行。几乎是有多人在这领域内工作就会有多种理论，每一个理论家都不得不重新开始和为他自己特定的进路辩护。库恩举牛顿以前的光学为例。从古代直到牛顿的时代，有过种类繁多、五花八门的关于光的性质的理论。在牛顿提出并捍卫了他的微粒说以前，没有达到过普遍的一致，也没有出现过细的，普遍接受的理论。前科学时期彼此对立的理论家，不仅在基本理论假定方面，而且也在与他们的理论有关的种种观察现象方面意见纷纭，莫衷一是。就库恩承认范式在指导对可观察现象的探索 and 解释方面所起的作用来说，他与观察和实验依赖理论这种看法相一致。

库恩坚持认为范式所包含的要比能够以明确的规则和指示的形式明确规定下来的东西更多。他引用维特根斯坦对“游戏”这一概念的讨论来阐明他的意思。维特根斯坦论证，要为一种活动开列出能够使它成为游戏的必要和充分的条件，是不可能的。当人们尝试着这样做的时候，他们总会发现有某种活动虽然包括在他们的定义之中，但他们却不愿把它当成游戏，也有某种活动为定义所排除，但他们却又愿意把它看作游戏。库恩断言，关于范式也存在着相同的情况。如果有人要为科学史上或当代科学中某一范式的特征作出精确而明晰的描述，其结果总会发现这一范式内的某项工作与那种特征描述不相符。然而，库恩坚持认为，事情的这种状态并不能使范式的概念成为站不住脚的概念，正如与“游戏”有关的类似情况不能排除对“游戏”概念的合法使用一样。即使不存在完备的明确的特征描述，个别的科学家仍可以通过他们的科学教育获得某一范式的知识。在对某一范式内的工作已经十分熟练的导师指导下，通过解决标准的问题，进行标准的实验，最后再完成一项研究，一个有抱负的科学家就变得熟知那一范式的方法、技术和标准了。这位有抱负的科学家并不见得就能对他或她所获得的方法和技巧作出明白无误的描述，正像一个木匠师傅未必能对他或她的手艺所依据的原理作出充分描述一样。常规科学家的知识许多是迈克尔·波兰尼所说意义上的意会知识(1973)。

由于接受训练的方式和为了有效地工作而接受训练的必要，典型的常规科

学家们会对他们在其中工作的那个范式的精确性质一无所知，也无法明确表达。然而，一个科学家却并不因此就不能在必要时明确表达出他的范式所包含的预设。这样的必要出现在一种范式受到了对立的范式威胁的时候。在这种情况下，就有必要把某一范式所包含的普遍定律、形而上学的和方法论的原则等等清楚加以说明，以便捍卫它们而去对抗构成威胁的新范式所包含的定律和原则。在下一节，我将扼要介绍库恩关于范式怎样会陷入麻烦而为对立的范式所代替的论述。

4 危机和革命

常规科学家满怀信心地在某一范式所规定的界限明确的领域内工作。范式向他提出一系列明确的问题以及他相信对于解决那些问题是合适的方法。如果他因任何一次未能解决某个问题的失败而抱怨范式，他将会象木匠抱怨自己的工具一样受到指责。尽管如此，失败还是会遇到的，这样一次次的失败终于可以达到如此严重的程度，以致对范式构成了一次严重危机并使这一范式遭到摒弃，并被不相容的另一范式所代替。

仅仅存在某一范式内未解决的难题，并不能构成危机。库恩承认范式总会遇到困难。总是会有反常存在。只有在一系列特殊的条件下，那些反常才会发展到动摇人们对范式的信心。这样的反常将被认为是特别严重的，如果它被看成是对于范式基本原理的打击，而又顽固地拒不屈服于常规科学共同体成员们为了消除它而进行的努力。库恩在举例时提到 19 世纪末叶麦克斯韦电磁理论中的以太以及地球相对于以太的运动问题。一个不那么专门的例子是彗星给亚里士多德那种由相互联系而清澈透明的天球组成的秩序井然而又完备充实的宇宙所提出的一些问题。还有一些反常也被认为是严重的，如果它们对某种迫切的社会需要构成了重大的问题。困扰着托勒密天文学的那些问题，在哥白尼时代从改革历法的需要来看是迫切的。对反常的严重性产生影响的还有它拒不屈服于消除它的努力的时间长短。严重反常的数目则是影响到危机发作的又一因素。

按照库恩的说法，要对科学危机时期的特征作出分析，必须在具备历史学家的才能的同时，还具备心理学家的素养。当反常终于被认为构成了某一范式的严重问题时，一个“显著的专业上不安全”时期就开始了。试图解决问题的努力变得越来越激进，而范式所规定的解决问题的规则却变得越来越失去约束力。常规科学家们开始从事哲学和形而上学的争论，试图用哲学的论据为他们那些从范式的观点看来是可疑的革新辩护。科学家们甚至公开对占统治地位的范式表示不满和不安。库恩(Kuhn, 1970a, p. 84)引述了沃尔夫冈·泡利对他所认为的1924年前后日趋增长的物理学危机的反应。恼怒的泡利向他的朋友坦率地承认，“现在，物理学又一次陷入了可怕的混乱之中。无论如何，对我来说是太困难了。我倒宁愿我是一个电影喜剧演员之类的人物，而从未听到过物理学。”一旦某一范式已经被削弱和动摇到它的支持者对它失去了信心的地步，革命的时机就成熟了。

危机的严重性将由于对立的范式的出现而深化。按照库恩的说法(Kuhn, 1970a, p. 91)“新的范式，也就是允许以后明确表达的想法突然出现，有时是在半夜，在深陷于危机之中的某个人的头脑里。”新的范式将与旧的非常不同而且互不相容。根本的分歧是各种各样的。

每一种范式都会把世界看成是由不同种类的东西构成的。亚里士多德的范式认为，宇宙分为两个截然不同的领域，不可败坏、永不变化的月上区和容易破坏的、不断变化的地区。后来的范式认为整个宇宙都是由相同的几种物质构成的。拉瓦锡以前的化学包含有这样一种看法，认为世界上有一种叫做燃素的东西会在物质燃烧时被释放出来。拉瓦锡的新的范式却认为并没有燃素这样的东西，而氧这种气体却是存在的，并且在燃烧中起着十分不同的作用。麦克斯韦的电磁理论包含一种占据着所有空间的以太，而爱因斯坦对电磁理论对空间进行了根本改造，取消了以太。

互相对立的范式会把不同种类的问题看成是合法的或有意义的，关于燃素重量的问题对于主张燃素理论的科学家是重要的，对于拉瓦锡却毫无意义。关于行星质量的问题，对牛顿派是根本性的，对亚里士多德派却是异端邪说。相对于以

太的地球速度问题，对于爱因斯坦以前的物理学家具有深刻的意义，爱因斯坦却使之烟消云散。不同的范式既会提出各不相同的问题，也包含着各不相同、互不相容的标准。没有得到说明的超距作用，在牛顿派中是被容许的，却被笛卡尔派认为是形而上学甚至是迷信而不予理睬。没有原因的运动在亚里士多德看来是荒诞不经的，在牛顿看来却是天经地义的。元素的嬗变在现代核物理学中（正像在中世纪炼金术和 17 世纪机械论哲学中那样）占有重要地位，但是与道尔顿原子论的纲领的目的却是南辕北辙。现代微观物理学内有不少可描述的现象具有不确定性，这种不确定性在牛顿纲领中是没有立足之地的。

科学家对世界某一特定方面的看法，是受他在其中工作的那种范式指导的。库恩论证说，在某种意义上，互相对立的范式的支持者，“生活在不同的世界之中”。他引为证据的事实是，西方的天文学家首次注意、记录和讨论天上的变化是在哥白尼的理论提出之后。在那以前，亚里士多德的范式曾断定，在月上区不可能发生任何变化，而且相应地也就没有人观察到任何变化。被注意到的那些变化，总是当作大气上层的扰动而被解释过去。在第三章里已经举过库恩以及其他人的更多的例子。

对于个别科学家由忠于某一范式转为忠于不相容的另一范式这种变化，库恩比之为“格式塔转换”或“宗教信仰的转变”。没有任何纯逻辑的论据可以证明一种范式就比另一种范式优越，并因而可以迫使一个有理性的科学家作出这种改变。这种证明之所以不可能的理由之一是，一个科学家对某一科学理论价值优缺点的判断所牵涉到的因素是多种多样的。个别科学家的决定取决于他给予不同的因素何种优先地位。这些因素包括诸如简单性、与某一迫切的社会需要的联系、解决某一特定问题的能力等等。因此，一个科学家就有可能由于其某种数学特点的简单性而被吸引到哥白尼理论一边。另一个则可能由于在哥白尼理论里看到了历法改革的可能而被它所吸引。第三个却可能由于他在从事地球上力学，他意识到哥白尼理论给这种力学带来的种种问题，而拒不采纳哥白尼理论。第四个则可能由于宗教的理由而摒弃哥白尼主义。

其所以在证明某一范式优于另一范式方面不存在任何逻辑上使人信服的论据的第二个理由，是由于互相对立的范式的支持者，在使用的标准和形而上学原则等问题上各行其是。在用范式 A 自己的标准评判时，范式 A 也许优于范式 B，但是当范式 B 的标准用作前提时，评判的结果就可能要颠倒过来。论证的结论，只有在它的前提被接受的情况下，才具有令人信服的力量。对立范式的支持者不会接受彼此的前提，所以也就必然不会被彼此的论证所折服。正是出于这样一种原因，库恩(1970, pp. 93A) 把科学革命同政治革命相比拟。正如“政治革命的目的在于以那些政治制度本身所禁止的方式去改变政治制度”。所以“在政治上是无可凭借的”，因此，“在互相竞争的范式之间”作出选择“证明是互不相容的共同体生活方式之间的选择”，任何论证都不可能“在逻辑上甚或在概率上是令人非信不可的。”然而这并不是说，各种各样的论证在影响科学家作出决定是就不是重要的因素。库恩认为，究竟有哪些因素证明是在促使科学家改变范式方面起了作用的，就应该是由心理学和社会学研究去发现的问题。

所以，当某一范式与另一范式竞争时之所以没有任何逻辑上令人非信不可的论据，能够使有理性的科学家不得不放弃一种而选择另一种，是有着不少相互关连的理由的。没有科学家必须用来评判范式优缺点或前途的单一准则，而且彼此竞争的纲领的支持者各有自己的一套标准，甚至以不同的方式看待世界，用不同的语言描述世界。对立范式的支持者之间的论证和讨论的目的应该是说服而不是强迫。我以为，我在本段扼要说明的，正是库恩关于对立的范式是“不可通约的”这一论断的含义。

引起一场科学革命的，不是个别科学家，而是作为整体的有关科学共同体放弃某一范式和采纳另一新范式。当越来越多的个别的科学家，由于各种各样的理由而改信新的范式时，也就出现了“日益扩大的专业忠诚分配的转移。”(Kuhn, 1970a, p. 158) 如果这场革命成功的话，那么这种转移就会扩大，以致把有关的科学共同体的大多数人都包括在内，而只留下一些持不同意见者。这些人将被排除在新的科学共同体之外，他们也许会在哲学系中寻求避难。无论如何，他们终将死亡。

5 常规科学和革命的功能

库恩的著作在某些方面可能会使人产生这样一种印象，以为他对科学的性质的论述是纯描述性的，那就是说，他的目的只不过是对科学理论或范式以及科学家的活动加以描述而已。如果情况确实如此，那么库恩的科学观，作为一种科学的理论来看，就没有多大价值。除非对于科学的描述性论述以某种理论为依据，否则在应该描述什么样的活动和活动成果时就会无所适从。尤其是，三流科学家的活动和成果就会要像一位爱因斯坦或一位伽利略的成就那样详加记载了。

然而，把库恩对科学特征的论述仅仅归结为对科学家工作的描述也是错误的。库恩坚持认为他的论述是一种关于科学的理论，因为它包括对科学各组成部分的功能所作的说明。按照库恩的看法，常规科学和革命都是为必要的功能服务的，所以科学必然不是含有这些就是含有别的一些有助于发挥那些功能的特征。让我们看一看库恩所说的那些功能是什么。

常规科学时期为科学家们提供机会去发展某个理论的秘传细节。由于他们认为据以工作的那种范式的基本原理是理所当然的，他们在范式之内工作就能够进行费力而必要的实验性和理论性工作，以便在越来越大的程度上改进范式与自然之间的匹配。正是由于相信范式是足以胜任的，他们才能专心致志于解决他们在这一范式内所遇到的各种具体的难题，而不必为了他们的基本假定和方法的合法性去争论。这就要求常规科学必须在很大程度上是不许批判的。如果所有的科学家对他们一直在据以工作框架的所有部分都持批判态度，任何细节性的工作就根本无法完成。

如果所有的科学家曾经是并仍然是常规科学家，那么某一特定的科学就会囿于某一范式而不能超越它而进步。从库恩的观点看来，这将是一个严重的缺陷。一种范式既包含着用来观察世界和描述世界的一种特定的概念框架，也包含着使

得这种范式和自然匹配的一套特定的实验技术和理论技术。但是没有一个先验的理由能允许我们指望任何一种范式是尽善尽美的，甚至不能指望它是所能得到的最好的。能够达到一种完全适宜的范式的归纳程序是不存在的。因此，科学就应该在其本身内部含有足以突破一种范式进入另一种更好的范式的手段。这就是革命的功能。所有范式就其与自然匹配而论在某种程度上都是不适宜的。当那种匹配不当变得严重起来，也就是说，当危机发展起来的时候，用另一种范式来代替整个范式的革命步骤，对于科学的有效的进步来说，就成为必不可少的了。

库恩用通过革命实现进步来代替成为归纳主义科学观特征的积累进步。按照后一种观点，随着作出了数量上和种类上越来越多的观察，使新的观念得以形成，旧的观念得以精炼，而它们之间新的规律性关系得以发现，科学知识就持续不断地成长。从库恩独特的观点来看，这种看法之所以错误，在于它忽略了范式对实验和观察所起的指导作用。正是因为范式对于在范式内进行的科学活动具有如此广泛的影响，使得一种范式之取代另一种才不能不是革命性的。

库恩的论述中还有一种功能值得一提。如上所述，库恩的范式并不是精确得能够用一套明确的规则加以代替的东西。不同的科学家或科学家团体，可以用多少不同的方式来解释和应用这种范式。在相同的境况面前，并不是所有的科学家都会作出相同的决定，采取相同的战略。这样有好处，因为所尝试的战略数目会多起来。风险将因此而为整个科学共同体内所有成员分担，某种长期的成功的机会将因此而增加。库恩(Kuhn, 1970c, p. 241)问道，“要不是这样，作为一个整体的团体又怎能两面下赌注，万无一失呢？”

6 库恩科学观的优点

库恩认为科学工作是在主要方面不被质疑的一个框架内解决难题这一观念，肯定对科学的描述有正确的地方。像波普尔的“猜想和反驳”方法所表征的那样，对其基本原理不断提出怀疑的一门学科不大可能取得有重要意义的进步，只

不过因为原理不受挑战的时间太短，就无法进行秘传性工作。波普尔的方法用来描绘爱因斯坦发挥其独创性以及对其物理学若干基本原理的挑战而作出巨大进展的史诗般图景非常好，但是我不应该忘记这样的事实：花了两百年在牛顿范式内进行细节性工作，花了一百年在电磁理论内进行细节性工作，才能揭示爱因斯坦得以辨认出并用他的相对论解决的问题。不断批评基本原理是哲学的特征，而不是科学的特征。

如果我们比较库恩与波普尔的努力来把握占星术在什么意义上不同于科学。正是库恩的论述更具说服力，黛博拉·迈约(Mayo, 1996, chapter 2)令人信服地论证了这一点。从波普尔的观点看，占星术可诊断为非科学，要么因为它是不可证伪的，要么因为它是可证伪的，且被证明为假。第一点不管用，正如库恩指出(Kuhn, 1970b)，即使在文艺复兴时期，那时占星术盛极一时，占星术士确实作出了可证伪的预见，并且这些预见确实经常被证伪。但这后一事实不足以将占星术排除在科学之外，要不然物理学、化学和生物学也会基于类似的理由被排除在科学之外，因为正如我们已经看到的那样，所有科学都有它们的问题，表现为引起疑问的观察或实验结果。库恩的回应是，他认为比方说天文学与占星术之间的区别在于，天文学家能够从预见失败中学习，而占星术士则不能。天文学家可精炼他们的仪器，测试各种可能的干扰，假设存在尚未被检测到的行星或月球不是球状的等等，然后进行过细的工作来看这些改变是否能够消除失败的预见提出的问题。与之相对照，占星术士则没有资源以同样的方式从失败中学习。天文学家拥有而占星术士缺如的“资源”就是一个共享的范式，这个范式能够支撑常规科学传统。于是，库恩的“常规科学”就是一门科学的关键要素。

库恩科学观的另一部分“科学革命”也有相当大的价值。库恩用革命这一概念来强调科学进展的非积累性质。科学的长期进步不仅包括确证事实和定律的积累，而且也时常包括推翻一种范式，并用另一不相容的新范式取而代之。库恩肯定不是提出这一论点的第一个人。正如我们已经看到的，波普尔本人强调科学进步包括批判地推翻理论及其被其他理论代替。但是，对波普尔来说，一个理论被另一个代替只不过是一组断言被一组不同的断言代替，而从库恩的观点来看，科

学革命不止于此。一场革命不仅包括普遍定律的变化，而且也包括认识世界方式的变化以及用来评价理论标准的变化。正如我们已经看到的，亚里士多德理论设定一个有限的宇宙，它是一个系统，在这个系统中每一件物体有它的自然位置和功能，而一个重要细节是天上与地上之间的区别。在这个图式内，援引宇宙中各种各样物体的功能是合法的说明模式(例如，石头掉地是达到它的自然位置，使宇宙恢复它的理想秩序)。在 17 世纪科学革命以后，宇宙是无限的，其中的物体借助由定律支配的力相互作用。所有的说明要诉诸那些力和定律。就经验证据在亚里士多德和牛顿理论(或范式)中所起的作用而言，对于前者，在最优条件下运转的、没有仪器帮助的感官获得的证据被认为基本的，而对于后者，通过仪器和实验获得的证据则是基本的，往往优于感官直接提供的东西。

库恩指出存在着科学革命，这种革命包括的不仅是所作断言的范围有了变化，而且被设定为组成世界的实体的性质，以及证据和被认为合适的说明模式也有了变化，作为一个描述性事实，他无疑是正确的。更有甚者，一旦承认这一点，那么任何合适的科学进步观必须包括对在革命进程中如何作出可解释为进步的变化进行论述。确实，我们可以利用库恩对科学特征的描述，并以特别尖锐的方式提出这个问题。库恩坚持认为，什么是问题可因范式而异，用来衡量所建议的问题解法的适宜性标准也随范式而异。但是如果标准随范式而异的情况确是如此，那么为了评判一个范式比它代替的范式更好，因而这种代替是构成了进步，能够诉诸何种标准呢？恰恰是在何种意义上可以说科学通过革命而进步呢？

7 库恩在科学通过革命而进步上的矛盾

库恩在我们提出的基本问题上含糊其辞是出了名的，他自己的著作突出说明了这一点。在出版了《科学革命的结构》之后，库恩受到了提出了一种科学进步“相对主义”观的责备。我的意思是指，库恩提出了这样一种进步观，按照这种进步观，一个范式是否比它挑战的范式更好的问题得不到确定的、中性的答案，而是取决于作出评判的个人、团体或文化的价值。库恩显然对这种责备心里不安，

在他添加在《科学革命的结构》第二版的后记中力图使他自己与相对主义保持距离。他写道 (Kuhn, 1970a, p. 206)。“后来的科学理论解决难题比先前的理论要好，往往是在迥然不同的应用环境里。这不是一种相对主义立场，而是表明我对科学进步坚信不疑。”就库恩自己强调什么算是一个难题，什么算是对难题的解决是依赖范式的而言，就库恩 (Kuhn, 1970a, p. 154) 在别处提供的例如“简单性、范围大小以及与其他专业的相容性”而言，这个标准是成问题的。但是更成问题的是这二者之间的冲突：库恩一方面声称他在进步问题上不是相对主义者，另一方面在他的书中有许多段落读起来表明他是相对主义立场明白无误的维护者，甚至根本否认科学进步有理性标准。

库恩将科学革命同格式塔转换、宗教改宗和政治革命相比拟。库恩利用这些比较来强调，一位科学家对某一范式的忠诚转向另一范式在很大程度上不能用普遍接受的标准的理性论证促使的。第 6 页 (英文本) 上那张图从上面看到的楼梯转变到从下面看到的楼梯，是格式塔转换的合适例子，但是它用来强调在多大程度上这种转换正好与理性选择相反，而宗教改宗则正好类似这种转变。就与政治革命类比而言，库恩 (Kuhn, 1970a, pp. 93-94) 坚持认为政治革命“旨在用那些政治制度本身禁止的方式改变政治制度”因此“在政治上是无可凭借的”。通过类比，“相争的范式之间的”选择“证明是不相容的共同体生活方式之间的选择”，因此任何论证都不是“在逻辑上，甚至在概率上令人信服的”。库恩坚持认为 (Kuhn, 1970a, p. 238) 我们发现科学性质的方法“本质上是社会学的”，而发现科学的性质要通过“考查科学团体的性质，发现它珍视什么、容忍什么和鄙弃什么”，如果这意味着不同的团体珍视、容忍和鄙弃不同的东西，这也导致相对主义。这确实就是当前流行的科学社会学的支持者如何解释库恩的，将他的观点发展为明白无误的相对主义。

在我看来，库恩在他的书的第二版 (以后记结尾) 发表的科学进步观包含两个互不相容的组成部分，一个组成部分是相对主义的，另一个不是。这就开辟了两种可能性。第一种可能性追随前节提到的社会学家走的道路，支持和发展库恩思想中的相对主义成分，这包括要对科学进行社会学研究，库恩间接提到过这种

研究，但从未作出回应。第二个可能性是将相对主义弃之不顾，改写库恩，使他的思想与科学进步的根本意义相容。这种可能性要求回答这样的问题：在什么意义上可以说一个范式比它代替的范式进步。我希望在本书结尾时将清楚地看到，我认为最有成效的选择是什么。

8 客观知识

“互相竞争的范式之间的过渡…必定是要么突然（尽管不一定在瞬间）发生，要么根本不发生。”我对库恩(Kuhn, 1970a, p. 150)这句话感到困惑，对此感到困惑的不止我一个。范式的变化怎么能够突然发生，而又不一定在瞬间发生呢？我认为不难找到这个成问题的句子体现的混淆的根源。一方面库恩意识到这样一个事实：科学革命的扩展需要一个相当长的时期，包括许多理论上和实验上的工作。库恩自己对哥白尼革命(Kuhn, 1959)的经典性研究证明这些工作达数世纪之久。另一方面，库恩将范式变化与格式塔转换或宗教改宗相比拟，就可以使人们马上明白“突然”发生变化这一概念的意义。我认为，库恩实际上在这里混淆了两类知识，讲清楚它们的区别是重要的和有帮助的。

如果我说“我知道我写这一段的日期，而你不知道”，那么我指的是我了解的知识，它在我的心中或脑子里，但你了解，不在你的心中或脑子里。我知道牛顿第一定律，但我不知道如何在生物学上将小龙虾分类。这又是一个什么东西在我的心中或脑子里的问题。关于麦克斯韦没有意识到他的电磁理论预见到无线电波，爱因斯坦则意识到迈克尔逊-莫雷实验结果的断言，包含了“知道”在“意识到”意义上的同样用法。知识是心的状态。在这种用法与个人的心的状态也有关系的意义上，与这种用法紧密联系的是，一个人是否或在多大程度上接受或相信某一断言或一组断言。我相信伽利略对使用望远镜的有效性提出了一个令人信服的论据，而费耶阿本德没有。路德维希·玻尔兹曼接受了气体运动理论，而他的同胞恩斯特·马赫则没有。所有这些谈论知识或断言拥有知识的方式都是个人的心的状态或态度。这是常见的完全合法的谈论方式。由于缺乏一个更好的术语，我

将称这里所谈论的东西为主观意义上的知识。我将它与我用来指客观意义上的知识的不同用语区分开来。

“我的猫生活在没有动物居住的屋子里”这句话具有矛盾的性质，而“我有一只猫”和“今天一只豚鼠死了”这些句子具有“我的白猫杀死了别人的宠物豚鼠”这一陈述的推断的性质。在这些例子中，句子具有我赋予它们的性质这一事实，在一般意义上是一目了然的，但不一定如此。例如，在谋杀审判时一个律师在经过煞费苦心的分析后，可能发现一个证人报告的事实具有与第二个证人的报告相矛盾的推断。如果事情真是这样，那么事实就是如此，不管所说的那个证人是否意识到这一点，或者是否相信这一点。更有甚者，如果这个律师没有发现其中的不一致，这种不一致也许一直未被发现，因此从来没有人意识到这一点。尽管如此，事情仍然是：这些陈述是不一致的。命题具有不同于人们所意识到的那些东西的性质。它们具有客观性。

我们在第一章已经遇到过一个区分主观知识与客观知识的实例。我区分了个人的知觉经验与以下两方面的知识：一方面是他们可能认为是这些经验的推断的东西，另一方面是可能作为支持的观察陈述。我指出这两方面的知识是能够公开检验和辩论的，而个人的知觉经验则不行。

包括在其某个发展阶段知识体内的一堆令人迷惑的命题同样具有从事研究的人不一定意识到的性质。现代物理学的理论结构是如此复杂，它显然不能够把它与任何一位物理学家或一群物理学家的信念等同起来。许多科学家用他们各自的技能，分别对物理学的发展和阐明作出贡献，正象许多工人协力建造一所教堂一样。也正如一位无忧无虑的尖顶修建工人可能不知道在教堂地基旁挖掘的工人作出某种不祥发现的含义一样，一位自负甚高的理论家也可能不知道某种新的实验发现对他工作的关系。在任何一种情形下，客观关系存在于结构各部分之间，与个人是否意识到这种关系无关。从科学中找到历史例子来证明这一点是容易的。不过往往有这样的情况：一个理论的未预料的推断，如实验预见或与另一理论冲突，是被后继的工作发现的。例如波瓦松能够发现和证明，菲涅耳的光波动

说有下列推断：在适当照明的不透明盘的阴影面中央应可见一块亮斑，这个推断菲涅耳本人并没有意识到。在菲涅耳的理论与它挑战的牛顿微粒说之间发生的种种冲突也就被发现了。例如前者预言，光在空气中的运行速度应该比在水中快，而后者预言水中光速应该更大。

我通过谈论陈述(尤其是有关理论和观察断言的陈述)的客观性质，已经说明了知识在什么意义上可解释为客观的。但是不仅仅这类陈述是客观的。实验设置和程序、方法论规则和数学系统也是客观的，因为它们与处于个人心中的东西不同。个人能够面对它们，能够利用、修改和批判它们。一个科学家可面临一种客观境况 - 一组理论、实验结果、仪器和技术、论证方式诸如此类 - 为了改变和改进这种客观境况，科学家必须利用的正是这些东西。

我不想把“客观的”这个术语用作评价的。按照我的用法，不一致或说明的东西很少的理论也是客观的。确实，这些理论客观上具有不一致或说明很少的性质。虽然我对“客观的”这一术语的用法来源于和紧紧遵循卡尔·波普尔(尤其是他1979那本书的第3和4章)，但我不打算追随他卷入在什么确切的意义上存在这些客观性质的棘手问题。陈述不具有物理客体具有的意义上的性质，说清楚这种语言客体以及其他如方法论规则和数学系统那样的社会建构的存在方式，是一件棘手的哲学工作。我满足于在常识层次，利用我已经用过的例子来说明我的论点。达到我的目的，这就足够了。

库恩对方式的许多谈论完全适合我已经介绍的那种两分法的客观这一侧。他谈到在范式内解决难题的传统，范式面临的反常，以及在涉及不同标准和不同形而上学假定是各种范式如何不同，这全都是合适的实例。用库恩的术语来说，接受这种谈论方式，提出在什么意义上可以说某一特定的范式是它对手的改进这一基本问题，就很有意义。这是一个范式之间客观关系的问题。

然而，在库恩的书里还有另一种谈论方式在起作用，这种谈论处在我的两分法的主观那一侧。这包括他关于格式塔诸如此类的谈论。像库恩所做的那样，用

格式塔转换来谈论从一种范式转换到另一种，造成了这样一种印象，不能去比较转换两边的观点。从一种范式转变到另一种等同于当科学家从忠诚于一种范式改变到忠诚于另一种时他或她的心或脑内发生的变化。正是这种等同导致本节开始时介绍库恩那句句子体现的混淆。如果我们的关注是科学的本性以及在何种意义上可以说科学是在进步(库恩的关注似乎也是如此)，那么我的意见是，必须从库恩的论述中去除所有有关格式塔转换和宗教改宗的谈论，我们应坚持对范式及范式之间关系的客观表征。许多时候库恩所做的正是如此，而且他的历史研究是有助于阐明科学本性的重要资料宝库。

如何说一个历史上存在过的范式比它取代的对手要好，不同于如何或为什么个别科学家改变他们的忠诚，从忠于一种范式改变到忠于另一种，或者如何或为什么他们根据一种或另一种范式工作的问题。个别科学家在他们的科学工作内作出判断和选择是出于各种各样的理由，往往受主观因素的影响，这是一回事。一种范式与其他范式之间的关系，作为事后诸葛亮看得最为清楚，这是另一回事。如果有什么独特的意义可用来鉴定科学进步的话，那就是后一类的考虑才能给出答案。这就是我为什么不满意库恩在他的 1977 年的著作(第 13 章)中试图用集中于“价值判断和理论选择”来对付相对主义指责的缘故。

补充读物

关键的资料当然是库恩的 *The Structure of Scientific Revolutions* (1970a)。在“*Logic of Discovery or Psychology of Research*” (1970b) 中库恩讨论了他的观点与波普尔观点之间的关系，并在“*Reflections on My Critics*” (1970c) 中对他的批评者作出了答复。对库恩科学哲学的详细讨论见 Hoyningen-Huene (1993)，它包含有库恩著作的详细目录。Lakatos and Musgrave (1970) 含有库恩与他批评者的交换意见。有关社会学家对库恩思想的利用见 Bloor (1971) 和 Barnes (1982)。可作为本章第一节概述的立场例证的有关科学中意义建构的论述见 Nersessian (1984)。

第九章 作为结构的理论 II：研究纲领

1 介绍拉卡托斯

伊姆雷·拉卡托斯是在 1950 年代移居英国的匈牙利人，受到卡尔·波普尔的影响，用他自己的话说，波普尔“改变了他的生活”(Worrall and Currie, 1978a, p. 139)。虽然拉卡托斯是波普尔科学观的热心支持者，但他终于认识到波普尔证伪主义面临的若干困难，即我们在第七章考虑过的那类困难。在 1960 年代中叶，拉卡托斯意识到库恩《科学革命的结构》一书中孕育着另一种科学观。虽然波普尔和库恩提出了对立的科学观，但他们的观点在许多方面是共同的。尤其是他们都采取反对实证主义、归纳主义科学观的立场。他们都将理论(范式)置于优于观察的地位，并坚持认为寻求、解释以及接受或摒弃观察和实验结果是在理论或范式的背景上进行的。拉卡托斯继承并发展了这一传统，寻找修改波普尔的证伪主义，并使它摆脱困难的办法，其中包括吸收库恩的某些洞见，而完全摒弃库恩观点的相对主义方面。正如库恩一样，拉卡托斯看到了将科学看作在某方法论的一框架内进行的活动的优点，发明了“研究纲领”这一短语来称呼他在某种意义上取代库恩范式的概念。拉卡托斯方法论的主要资料来源是他 1970 年的著作。

2 拉卡托斯的研究纲领

我们在第七章看到波普尔证伪主义的一个主要困难是，对明显的证伪应该责备一堆理论中哪一部分没有明确的指南。如果让个别科学家去随他或她的意去责备不管是哪一部分，那么就很难看到成熟科学怎么能以团结协作的方式进步。拉卡托斯的回应是提出，不是科学的所有部分都是同样的。某些定律和原理比其他的更为基本。确实，某些是如此根本，几乎是一门科学起定义作用的特征。因而

对任何明显的失败，都不会责备它们。相反，应该责备不那么根本的成分。于是可以将一门科学看作根本原理含义的纲领式发展。科学家可以通过修改较为外周的假定来谋求解决问题，只要他们认为合适就行。只要他们的努力是成功的，他们就将对同一研究纲领的发展作出贡献，不管他们修补外周假定的努力多么不同。

拉卡托斯所指的根本原理就是研究纲领的硬核。一个纲领的硬核，除了其他方面之外，起着界定一个纲领特征的作用。它表现为一些非常一般的、构成纲领发展基础的假说。以下是几个例子。哥白尼天文学的硬核就是这样一些假定：地球和其他行星沿着轨道环绕静止的太阳运行，而地球则每天自转一周。牛顿物理学的硬核，则由牛顿的三个运动定律加上他的万有引力定律组成。马克思的历史唯物主义的硬核则是这样一种假定：社会的重大变化要由归根到底决定于经济基础的阶级斗争、阶级的性质以及这种斗争的细节来说明。

一个纲领的基本原理需要增添一系列补充假定，以便充实纲领，使之能够作出确定的预见。组成这一系列补充假定的不仅有补充硬核的明确的假定和定律，而且也有作为初始条件(用来具体规定特定境况)基础的假定以及在观察和实验结果中预设的理论。例如，哥白尼纲领的硬核就需要通过再给最初的圆形行星轨道增添许多本轮而加以扩充，而且还必须改变先前对地球与恒星间距离的估计。起初，这个纲领也包括用肉眼揭示有关恒星和行星位置、大小和亮度的假定。在一个明确阐明的纲领与观察之间的匹配不合适，则归因于补充假定，而不归因于硬核。拉卡托斯称补充硬核的附加假说的总合为保护带，强调它保护硬核以免证伪的作用。按照拉卡托斯(Lakatos, 1970, p. 133)的意见，“它的创立者的方法论决定”使硬核成为不可证伪的。与之对照的是，必须修改保护带中的假定，以努力改进纲领的预见与观察和实验结果之间的匹配。例如，通过将椭圆代替哥白尼的若干组本轮以及用望远镜观察数据代替肉眼观察数据来修改哥白尼纲领内的保护带。最后，通过修改恒星与地球之间距离的估计和增添新的行星终于使初始条件也得到修改。拉卡托斯在表征研究纲领时充分使用“助发现法”一词。一个助发现法是帮助发现或发明的一组规则或提示。例如，解决十字谜的助发现法，

一部分也许是“从要求短词回答的开始，然后进到要求长词回答的线索”。拉卡托斯将研究纲领内的工作分为反面助发现法和正面助发现法。反面助发现法规定建议科学家不要去做的事。正如我们已经看到的那样，建议科学家不要去修补他们在其中工作的纲领的硬核。如果一个科学家确实去修改硬核，那么结果他或她就退出了这个纲领。当布拉赫·第谷提出只有其他行星而不是地球绕太阳旋转，而太阳绕地球旋转时，他就退出了哥白尼纲领。

一个纲领的正面助发现法规定科学家应该做什么，而不是规定他们不应该做什么，这就比反面助发现法更难加以具体表征。正面助发现法对应该如何补充硬核以及如何修改保护带以便使纲领产生可观察现象的说明和预见提供指导。用拉卡托斯自己的话来说(Lakatos, 1970, p. 135), “构成正面助发现法的是已部分明确表达出来的有关如何改变、发展研究纲领的‘可反驳的变种’以及如何修改、加强‘可反驳的’保护带的一组暗示或提示。”发展一个研究纲领所要做的不仅是增添某些合适的辅助假说, 而且也要发展某些适宜的数学的和实验的技术。例如, 从哥白尼研究纲领创始之初就十分清楚, 必须要有能够处理本轮的数学技术, 以及经过改进的观测行星位置的技术。拉卡托斯为了阐明正面助发现法的观念, 引用了牛顿引力理论早期发展的故事。在这里正面助发现法包括人们应该从简单的、理想化的场合开始, 然后在掌握这些场合以后, 再进到更复杂和更现实的场合这样的思想。牛顿最初通过考虑一个点状行星环绕一个静止的点状太阳的椭圆运动而得出他的引力平方反比定律的。显而易见的是, 要把这个纲领实际上应用于行星的运动, 就必须将纲领的这种理想化形态发展成为更加现实的形态。但是这种发展牵涉到一些理论问题的解决, 因而不经过大量的理论工作就无法实现。牛顿本人面临着一个确定的纲领, 也就是由于受正面助发现法的指导而取得了重大的进展。他首先考虑到太阳和行星都是在它们相互吸引的影响下运动的事实, 然后, 他考虑到行星的有限的体积, 并且把它们都当作球体看待。在解决了由于采取这一步而产生的数学问题之后, 他进一步考虑到其他的复杂因素, 例如由于行星有自转的可能以及各行星之间以及每个行星与太阳之间都存在着引力这一事实而引起的其他复杂情况。一旦牛顿在这纲领方面沿着一条从开始就以一定的必然性显现出来的途径走到那样远的地步时, 他开始关注他的理论与观察之间的

匹配问题。当他发现缺乏这种匹配时,他就能够进一步考虑非球体行星之类问题。正面助发现法既包含理论纲领,也包含实验纲领。这种纲领包括发展更精确的望远镜以及把望远镜用于天文学所要求的辅助理论,例如提供适宜的手段来考虑光在地球大气层发生折射的那些理论。牛顿对于他的纲领的最初的表述已经表明要制造其灵敏度足够在实验室的规模上检测引力(卡文迪许实验)的仪器。

牛顿的运动定律和引力定律作为其核心的这个纲领提供了强有力的助发现指导。这是从一开始就制订好的相当确定的纲领。作为另一个正面助发现法起作用的例子,拉卡托斯(Lakatos, 1970, pp. 140-155)对玻尔的原子理论的发展作了论述。拉卡托斯强调,发展研究纲领的这些例子的一个重要特点是,观察性检验都是在较晚的发展阶段上才成为相干的方面。这与我在第八章第1节关于伽利略创立他的力学的评论是一致的。在一个研究纲领内进行研究工作,早期总是在对显而易见的观察证伪不加注意或不予置理的情况下进行的。必须给予一个研究纲领有充分实现其潜在可能的机会。应该设置适度精致而适宜的保护带。在我们所举的哥白尼纲领的例子中,这包括发展适宜的力学和有助于解释望远镜数据的光学。根据拉卡托斯的意见,当一个纲领发展到适于接受实验性检验的地步时,具有压倒性重要意义的是确认而不是证伪。一个研究纲领的价值在于它在多大程度上作出可被确认的预见。当盖勒首次观测到海王星和哈雷如预测的那样回归时,牛顿纲领曾经历过这种戏剧性的确认。像牛顿早期计算月球轨道那样的预见失败,只不过表示需要做更多的工作来补充或修改保护带。

一个研究纲领的优点主要表现在它在多大程度上导致可被确认的新颖预见。隐含在我们前面讨论内的第二个指征是,一个研究纲领应该确实提供一个研究的纲领。正面助发现法应该充分融贯的,能够制订一个纲领来指导未来的研究。研究纲领要能够成为合格的科学研究纲领就必须同时满足这两个条件。拉卡托斯提出,马克思主义和弗洛伊德心理学是能够满足第二个指征,但不能满足第一个指征的纲领,而当代的社会学是在一定程度上能够满足第一个指征但不能满足第一个指征的纲领(尽管他没有用任何细节来支持这些评论)。无论如何,一个进步的研究纲领应保持它的融贯性,至少应断断续续地作出得到确认的新颖预见,而

一个退化的纲领则丧失其融贯性，且/或不能作出得到确认的新颖预见。一个退化的纲领被一个进化的纲领所代替就是拉卡托斯式的科学革命。

3 纲领内的方法论和纲领的比较

我们需要讨论在一个纲领内工作情境下与一个研究纲领与另一个发生冲突情境下的科学研究纲领方法论。单个研究纲领内的工作包括以增加和明确提出各种不同的假说来扩大和修改它的保护带。任何这类行动都可以允许，只要不是像第六章所讨论过的那种意义上的特设性的。对一个研究纲领的保护带所作的增补或修改必须是可以加以独立检验的。个别的科学家或科学家团体都完全可以用他们所选择的方式去修改或增补保护带，只要他们的做法能为新的检验提供机会，从而使新颖的发现成为可能。为了说明问题，不妨从牛顿纲领的发展中举出我们以已经利用过多次的一个例子，并且考察一下勒维叶和亚当斯在致力于麻烦的天王星轨道问题时所遇到的处境。这两位科学家选择了修改纲领的保护带，提出这是由于初始条件不适当，提示临近天王星还有一颗未被验明的行星，它干扰了天王星的轨道。他们的做法符合拉卡托斯方法论，因为它是可检验的。经过训练的人用望远镜对准天空的相应区域，就能找到这颗猜测的行星。但按照拉卡托斯的观点，其他可能的回应也是合法的。例如轨道问题可以责怪望远镜产生新型的光行差，只要提出这样的意见能够检验这种光行差的实在性。在某种意义上，用来解决某一问题的更可检验的做法，也是更好的做法，因为它增加成功的机会（成功意味着这种做法导致对新颖预见的确认）。拉卡托斯方法论排除特设性做法。例如，就我们所举的例子来说，将排除这样的试图：令人烦恼的天王星轨道动之所以会如此是因为这是一个复合轨道，是天王星自然而然的运动。这种试图没有开辟新的检验，从而不会有新颖的发现。

另一种被拉卡托斯方法论排除的做法是那些背离硬核的行动。这一做法破坏了纲领的融贯性，等于放弃这一纲领。例如当一个科学家试图提出天王星和太阳之间的引力不服从平方反比定律来解决天王星的轨道问题时，他也就放弃了牛顿

派的研究纲领。

理论的复杂综合体的任何一部分都可能引起明显的证伪这一事实，对信赖一种绝对的猜测与反驳方法的证伪主义者提出了一个严重的问题。对于他来说，在查找麻烦根源方面的无能为力将产生无方法的混乱。拉卡托斯的方法论就是为了避免这样的后果；维持秩序的是纲领硬核的不可侵犯性和与此相伴随的正面助发现法。在那种框架里独创性猜测的扩散将导致进步，只要由这些独创性猜测所产生的预见偶尔证明是成功的。保持或摈弃某一假说的决定，相当直截了当地取决于实验的检验的结果。观察与受检假说的关系，在研究纲领内相对说来是不成为问题的，因为硬核和正面助发现法有助于界定相当稳定的观察语言。

正如上面提到的，拉卡托斯版的库恩革命是一种研究纲领被另一种取代。我们已经看到库恩 (Kuhn, 1970, p. 94) 对在什么意义上可以说一种范式优于比它代替的范式这一问题，不能给出清楚的答案，这使他没有选择余地，只好诉诸科学共同体的权威。后继的范式优于它们的前驱者，是因为科学共同体作出了这样的评判，“没有比有关共同体的一致意见更高的标准了”。拉卡托斯不满意库恩理论的相对主义含义。他找到了一个处于特定范式以外的标准，对拉卡托斯来说就是研究纲领，可以用来鉴定非相对主义的科学进步的意义。他的这个标准位于他的进步的和退步的研究纲领概念内。进步是用一个进步的纲领代替一个退化的纲领，后者是对前者的改进，改进的意义在于它能表明它能有效地预见新颖现象。

4 新颖的预见

拉卡托斯提出的非相对主义进步量度主要依靠新颖预见的概念。一个纲领优于另一个就在于它能更为成功地预见新颖现象。拉卡托斯后来终于认识到新颖预见的概念并不像它最初显示的那样一目了然，需要仔细琢磨这个概念，使之能够在拉卡托斯方法论内，或者在任何设法重用它的方法论内服务于要求它起的作

用。

我们在波普尔方法论的语境内已经遇到过新颖预见这一概念。在这种语境内我提出，波普尔立场的本质在于，在特定时刻，一种预见是新颖的，只要它不被包容在当时人们熟悉的、被普遍接受的知识之内，或与这个知识发生冲突。波普尔认为，用它的新颖预见来检验一个理论，是对这个理论的严格检验，正因为这个预见与流行的期望发生冲突。拉卡托斯在类似波普尔的意义上使用新颖预见这一概念是要帮助他表征一个研究纲领的进步性，但正如他后来终于认识到的那样，这并不成功，利用一些颇为明显的反例就能证明这一点，这些反例就是取自拉卡托斯自由地利用来证明他观点的那些纲领。这些反例涉及这样一些境况，一个研究纲领的优点是根据它有能力说明当时业已确定和熟悉的现象，而不是波普尔意义上的新颖现象。

自从古代以来人们就已经知道行星运动的一些特点，但这些特点唯有在哥白尼理论出现后才得到令人满意的说明。这些特点包括行星的逆行以及金星和水星从来不会离开太阳很远这一事实。一旦假定地球连同其他一起绕太阳旋转，而水星和金星的轨道在地球内侧，那么就会自然而然得出这些现象的定性特点，然而在托勒密理论中，只能通过专门为此目的而设计的本轮加以说明。拉卡托斯同哥白尼以及我想我们之中的大多数人一起承认，这是哥白尼体系优于托勒密体系的主要标志。然而在下述的意义上，哥白尼对行星运动一般特点的预见不能算是新颖的，即由于明显的理由我们已经确定这些现象自从古代以来已经是众所周知的了。在我们所讨论的意义上恒星视差是一个新颖预见，对恒星视差的观测，很可能是对哥白尼理论的第一次确认，但它不适合于拉卡托斯的目的，因为这是直到19世纪，哥白尼理论对托勒密理论的优越性在科学内已经被接受很长时间后才发生这样的事。

很容易找到其他的例子。可用来支持爱因斯坦广义相对论的少数观察之一是水星轨道近日点的进动，这一现象在爱因斯坦说明它以前很久就众所周知，被人们公认。量子力学最令人印象深刻的特点之一是它能说明气体光谱，在量子力学

提供说明以前半个世纪实验者就熟知这个现象。可以说这些成功是现象的新颖预见，而不是新颖现象的预见。

鉴于 E. 扎哈尔提出的考虑，拉卡托斯终于认识到需要修改他在科学研究纲领方法论最初表述中对新颖预见的论述。毕竟，当评估可观察现象在多大程度上支持一个理论或纲领时，究竟是理论在先，还是对现象的认识在先，这是一个与哲学并不相干的偶然的史实。爱因斯坦的相对论能够说明水星的轨道，也能够说明光线在引力场的弯曲。这些都是支持爱因斯坦理论的重大成就。事实是，人们知道水星近日点的进动先于爱因斯坦理论的提出，而光线弯曲是后来发现的。如果相反，即光线弯曲先知道，后来发现水星近日点进动，或者这两个现象都是在以前就知道的，或都是后来发现的，这对我们评估爱因斯坦理论有什么关系吗？对这些思考的相应回应的细节仍在争论之中，例如阿兰·默斯格雷夫(Alan Musgrave, 1974 b)和约翰·沃勒尔(John Worral, 1985 和 1989a)，但需要把握的直觉以及在比较哥白尼与托勒密时什么在起作用，似乎是完全一目了然的。托勒密派对逆行运动的说明并不构成对其范式的重要支持，因为托勒密派通过增添专门为此目的而设计的本轮来修改其范式以使其与可观察数据相适合。与之相对照的是，可观察现象从哥白尼理论中自然而然地得出，无需作任何人工调整。一个理论或纲领的那些算数的预见是自然的预见，而不是生造的预见。也许在这种直觉背后是这样一种思想：证据之支持理论，仅当没有理论，证据中一些同时发生的事是一些没有说明的偶然巧合时。如果哥白尼理论基本上不正确，它如何能够成功地预见行星运动所有那些可观察的一般特征呢？对托勒密之说明同样现象，这个论据就不起作用。即使托勒密理论十分错误，它能说明这些现象也不是巧合，因为添加本轮的方式就是为了保证它能说明这些现象。沃勒尔(Worral, 1985, 1989)就是这样处理这个问题的。

鉴于这一点，我们应该重新表述拉卡托斯的方法论如下：一个纲领是进步的，是由于它作出得到确认的自然的(而不是新颖的)预见，在这里“自然的”与“生造的”或“特设性的”相对而言。(我们将在第十三章从一个不同的，也许更好的角度来重新讨论这个问题。)

5 用历史来检验方法论

拉卡托斯与库恩同样关注科学史。他相信科学理论能够帮助理解科学史就好了。也就是说，在某种意义上方法论或科学理论要用科学史来检验。然而，正如拉卡托斯意识到的那样，多么需要认真说清楚这样做的确切方法。如果不加区分地解释科学哲学需要与科学史匹配，那么好的科学哲学也不过是对科学的精确描述。如果这样，就不能把握科学的基本特点，也不能区分好科学与坏科学。在这个意义上，波普尔和拉卡托斯往往认为库恩的科学观“仅仅是”描述性的，因而有缺陷。波普尔对这个问题是如此警惕，因此他与拉卡托斯不同，否认与科学史的比较是论证科学哲学的合法方法。

我认为拉卡托斯在他 1978 年那本书中描述的立场，其基本点如下。科学史上有些事件毫无问题是进步的，在任何精致的科学哲学出现以前就可以达到这种认识。如果有人想否认伽利略物理学对亚里士多德物理学是一个进展，或者否认爱因斯坦物理学对牛顿物理学是一个进展，那么他或她就不是用我们的方式在使用科学一词。关注如何用最佳方法将科学加以分类的我们，为了表述这个问题，对于什么是科学有一个前理论的概念，而这个前理论概念包括有能力来识别重大科学成就（例如伽利略和爱因斯坦的成就）的经典例子。有这些预设作为背景，我们现在就能够要求任何科学哲学或方法论必须与这些经典例子相容。也就是说，任何科学哲学应该能够把握伽利略在天文学和物理学中的成就在什么意义上是主要重大进展。因此如果科学史揭示，伽利略在他的天文学中转变了人们对什么是可观察事实的观念，在力学中他主要依赖思想实验，而不是实在的实验，那么这对这些科学哲学家就提出了一个问题，因为他们将科学进步描绘为通过积累可靠的观察事实和小心地从这些事实作出概括而累积的、渐进的进步。拉卡托斯研究纲领方法论的早期版本由于使用了新颖预见的观念而可能受到批评，因为它不能把握在什么意义上哥白尼天文学是进步的，正如我在前面的章节做的那样。

拉卡托斯用这种论证模式，进而批评实证主义和证伪主义方法论，其根据是它们未能理解科学进步中经典事件的意义，并与之相对照论证说他自己的科学观没有这种缺陷。于是拉卡托斯或他的支持者转向科学史上较小的事件，从科学史上挑中一些曾经令历史学家和哲学家困惑的事件，并表明从科学研究纲领方法论的观点如何能够完全理解其意义。例如许多人对这一事实感到困惑：当托马斯·扬在 19 世纪初提出光的波动说时，很少人支持他，而二十年后菲涅耳版本的波动说却得到广泛的接受。约翰·沃勒尔 (Worrall, 1976) 给拉卡托斯的观点提供了历史的支持，他表明作为一个历史事实，扬的理论并没有以自然的方式(与之相对的是生造的方式)在实验上得到强有力的支持，而菲涅耳版本的理论得到了这种支持，并且由于他引入了数学工具菲涅耳版本的波动说具有十分优越的正面助发现法。拉卡托斯的一些学生或以前的学生进行的研究被收在豪森的书中 (Howson, 1976)，他们的目的正是以这种方式支持拉卡托斯的方法论。

拉卡托斯终于明白他的方法论的主要优点是给撰写科学史提供帮助。历史学家必须努力鉴定研究纲领，表征它们的硬核和保护带，并记录它们以什么方式进步或退化。正是以这种方法阐明科学如何通过纲领之间的竞争而进步。我认为，必须承认拉卡托斯及其追随者成功地用这种方式进行的研究阐明了物理科学史上若干事件，豪森一书 (Howson, 1976) 中的论文揭示了这一点。虽然拉卡托斯的方法论能够对科学史家提供忠告，但拉卡托斯并没有想这也就是对科学家的忠告。假如拉卡托斯发现他有必要来修改证伪主义以克服他面临的问题，那么对他来说这是一个不可避免的结论。不应该面临证伪就摈弃理论，因为也许责备应该指向某个来源，而不是理论，一次成功不能永远确定理论的优点。这就是为什么拉卡托斯要引入研究纲领，给纲领以时间发展，纲领在退化期后会进入进步期，或初步成功后退化。(在这个方面值得回忆的是，哥白尼理论在他获得初步成功后退化了几几乎一个世纪之久，然后由伽利略和开普勒等人使之再现生机。)但是一旦走到这一步，那就很清楚，沿着这些思路拉卡托斯方法论就不可能给科学家当场提出忠告：必须放弃某个研究纲领，还是宁愿选择与之相匹敌的某一特定的研究纲领。一个科学家继续根据退化的纲领工作，不是非理性的，也不是必然被误导，只要他或她相信有种种办法使之再现生机。唯有从长期来看(即从历史的

观点来看)，可以用拉卡托斯的方法论来对研究纲领作有意义的比较。在这方面，拉卡托斯作出了这样的区分：一方面是对研究纲领的评价，这只有依靠历史的后见之明才能做到；另一方面是对科学家的忠告，拉卡托斯否认他的方法论的目的是提供这种忠告。“科学中没有即时理性”成为拉卡托斯的一个口号，这个口号把握了这样的意义：他认为实证主义和证伪主义就其可能被解释为提供可用来接受和摒弃理论的标准来说，奢望太大。

6 拉卡托斯方法论的问题

正如我们已经看到的，拉卡托斯认为用科学史来检验方法论是合适的。所以，即使用他自己的术语，提出他的方法论在描述上是否适宜这样一个问题是合法的。有根据怀疑它的适宜性。例如，是否有“硬核”这种东西可用来鉴定应该在科学史上找到的研究纲领？反证据来自于这样的事实：科学家在多大程度上有时的确试图通过调整他们在其中工作的理论或纲领的基本原理而来解决问题。例如，哥白尼自己曾将太阳向行星轨道中心边上移动一点，让月球围绕地球而不是太阳运行，利用种种办法来调整本轮运动的细节，以致这些运动不再是齐一的了。那么，哥白尼纲领的硬核到底是什么呢？在 19 世纪，曾经有过认真的努力来通过修改反比平方引力定律来处理例如水星运动等问题。因此，这就破坏了拉卡托斯自己在历史上找到的有关硬核的最佳例子。

更为深刻的问题涉及在拉卡托斯科学观中起着如此重要作用的方法论决定是否真实。例如，我们看到，根据拉卡托斯(Lakatos, 1970, p. 133)的意见，由于“它的拥护者的方法论决定”，纲领的硬核是不可证伪的。这些决定是历史的真实，还是拉卡托斯想象的虚构？拉卡托斯的确没有真正提供根据来给出他需要的答案，也不完全清楚进行何种研究将会提供这类证据。这个问题对拉卡托斯是至关重要的，因为方法论决定是区分他自己的观点与库恩的观点的所在。库恩和拉卡托斯都同意，科学家在一个框架内协调地工作。对于库恩，至少就他的心态来说，科学家如何和为什么这样做要由社会学分析来揭示。对于拉卡托斯，这导

致不可接受的相对主义。因此，他认为，凝聚力来自理性的方法论决定。拉卡托斯对指出这些方法论决定不是历史的(当代的)真实的责难没有给予回答，也没有对在什么意义上这些决定应该被认为理性的问题提供清楚的答案。

对拉卡托斯另一根本的批评是与本书中心议题直接关联的，即什么是科学知识的特征？至少，拉卡托斯的雄辩提示，他的方法论意在对这个问题提供一个确定的答案。他声称，“科学方法论的中心问题——陈述一个理论是科学的要满足的普适条件问题”，是一个“与科学合理性问题密切联系”的问题，以及这个问题的解决“应该给我们就接受一个科学理论是否合理性提供指导”(Worrall and Currie, 1978a, pp. 1689, 斜体是原来有的)。拉卡托斯(Lakatos, 1970, p. 176)将他的方法论描绘为解决那些“帮助我们设计防止智力污染的定律的问题”，“我[拉卡托斯]给出了在一个纲领内进步和停滞的标准，以及‘淘汰’整个研究纲领的规则”(Worrall and Currie, 1978a, p. 112)。根据拉卡托斯观点的细节和他自己对这些细节的评论，很清楚拉卡托斯的方法论不能满足这些期望。他并没有给出淘汰整个研究纲领的规则，因为坚持退化的纲领，希望它将卷土重来是合乎理性的。如果坚持哥白尼理论达一个世纪之久是科学的，在此期间哥白尼理论获得了显著成果，为什么当代马克思主义者(拉卡托斯的主要攻击目标之一)努力发展历史唯物主义，以期它获得显著成果不是科学的。实际上，拉卡托斯承认，一旦他认识到并承认，在物理科学语境下他的方法论只能作出事后判断，这拥有历史上后见之明的好处，他的方法论就不能判定任何当代的理论为非科学的“智力污染”。如果没有“即时理性”，那么就不能当场摒弃马克思主义、社会学或任何其他拉卡托斯讨厌的理论。

拉卡托斯方法论的另一基本问题来源于他认为必须用科学史的研究来支持他的方法论。拉卡托斯及其追随者借助对物理科学最近三百年的案例研究，论证这是必要的。但是如果将这种方式支持的方法论用于判断其他领域，这在实际上就是不加论证地假定，所有研究领域如果要被认为“科学的”，就必须具有物理学的基本特征。保尔·费耶阿本德已经这样批评了拉卡托斯。拉卡托斯的程序肯定是一个重要的根本的丐辩，必须将它明确加以陈述，以便揭露其问题。为什么人

们会期望评判物理学的一种方法论或一组标准也许不适合其他领域，这至少有若干初始的理由。物理学能够并且往往确实在受控实验的人工条件下将个别机制—引力、电磁力、基本粒子碰撞时起作用的机制等等分离出来。但一般不能这样来对待人和社会，而不破坏正在研究的对象。生物系统的功能活动必然牵涉众多的复杂性，因此即使生物学也可能显示与物理学的重要区别。在社会科学，所产生的知识本身形成被研究系统的一个重要组成部分。因此，例如经济理论可能影响个人在市场上的运作方式，于是理论的变化可能引起被研究的经济系统的变化。这种复杂情况并不适用于物理科学。行星不会因我们行星运动理论的变化，而改变它们的运动。不管从这些反思中可能发展出的论证力如何，情况仍然如此：拉卡托斯没有作出论证就预设，所有科学知识都应该基本上类似最近三百年来的物理学。

当我们考虑拉卡托斯逝世后发表的一项研究，论“牛顿对科学标准的影响”(Lakatos, 1976a)时，另一个基本问题又暴露出来了。在这项研究中，拉卡托斯提出这样的论据：牛顿实际上引起了科学标准的变化，拉卡托斯明确认为这个变化是进步的。但是，拉卡托斯之能提出这样一个论据，并不能高枕无忧地假定(他在别处反复地假定)：对科学的评价必须参照某个“普适的”标准。如果牛顿将科学标准改变得更好，那么人们就可能问：“参照什么标准这个变化是进步的？”这样我们就有了一个与库恩面对的同类问题。这是我们需要面对的问题，也许在本书后面能消除这个问题。

补充读物

拉卡托斯方法论主要文本是他 1970 的文本，“Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes”。大多数其他关键论文已经被收集在 Worrall and Currie (1978a and 1978b)。Lakatos (1968), The Problem of Inductive Logic 和(1971), “Replies to Critics”也很重要。拉卡托斯将他的思想应用于数学的引人入胜的论述 的论述是他的 Proofs and Refutations

(1976b)。Howson (1976) 包含有历史的案例研究以支持拉卡托斯的立场。另一种研究是 Lakatos and Zahar (1975)。Cohen, Feyerabend and Wartofsky (1976) 是纪念拉卡托斯的论文集。Feyerabend (1976) 是对拉卡托斯方法论的重要批评。Musgrave (1974b), Worral (1985), Worral (1989a) 和 Mayo (1996) 讨论了新颖预见的概念。B. Larvor (1998), Lakatos: An Introduction 是一本对拉卡托斯工作的有用的概述。

第十章 费耶阿本德的无政府主义科学论

1 迄今为止的故事

我们似乎在探索科学的特征用以区分科学知识与其他种类知识时遇到了麻烦。我们从实证主义者采纳的观念开始，他们在 20 世纪初是如此有影响，认为科学是特殊的，因为它从事实推导出来。但是这种努力失败了，因为事实不是那么简单得足以支撑这个观点，它们是“依赖理论的”和可错的，因为不知道如何使理论能从事实“推导”出来。证伪主义的命运也好不了多少，主要是因为科学的任何现实境况下不可能确定错误预见的原因所在，因此如何能够明确地证伪一个理论与如何能够确认一个理论一样难以捉摸。但是库恩和拉卡托斯试图通过将注意力集中在科学工作的理论框架上来解决这个问题。然而，库恩过份强调在相竞争的范式内工作的科学家“生活在不同的世界里”，以致他无法阐明在什么意义上在科学革命过程中从一种范式转变到另一种是向前进了。拉卡托斯努力避免这个陷阱，但是除了在他的答案里他自由运用的方法论决定是否真实等问题外，他以这样一个标准结束：表征科学的标准是如此宽松，以致只能排除极少数智力追求。对这些失败不感到惊奇，并且试图引出他所看到的这些失败的充分含义的一位科学哲学家就是保尔·费耶阿本德，本章要介绍和评估他的有争议的，然而有影响的“无政府主义”科学观。

2 费耶阿本德反对方法的论据

保尔·费耶阿本德是奥地利人，他大多数的学术生涯是在加利福尼亚的伯克利度过的，但他也曾曾在伦敦与波普尔和拉卡托斯交往，并与他们争论。1975 年他出版了一本题为《反对方法：无政府主义知识理论的概要》的书。在这本书中，

他向论述科学方法以领会科学特殊地位的任何试图提出了挑战，论证说没有这种方法，科学并没有令它必然优于其他形态知识的特点。费耶阿本德表示，如果有一个科学方法的不变原则，那就是“怎么都行”原则。可以利用费耶阿本德早期或晚期的著作中一些段落来严格限定他在《反对方法》一书中包含的极端无政府主义科学观。然而，对我们最有启发的是坚持不那么限定的无政府主义，来看看我们从它能够学习什么。无论如何，正是费耶阿本德立场的极端形态使它具有特色，也使试图反对它的科学哲学家感到吃力。

费耶阿本德主要论证路线是试图破坏科学哲学家提供的对方法和科学进步的表征，办法是以下面的方式根据他们自己的理由向它们提出挑战。他以他的对手(包括绝大多数哲学家)认为科学进步的经典实例作为科学变革的例子，并且表明作为一个历史事实，那些变革并不符合那些哲学家提出的科学理论。(为了将他的论证贯彻到底，费耶阿本德自己不必同意这些事件是进步的。)费耶阿本德诉诸的主要例子是伽利略作出的物理学和天文学的进展。费耶阿本德的论点是，如果一种科学的方法和进步观甚至不能理解伽利略的革新，那么它就不是与科学有关的。在概述费耶阿本德立场时我将大部分坚持伽利略的例子，主要是因为这可充分说明费耶阿本德的立场，而且也因为这个例子也容易理解，无需要求助于晦涩的专业细节。

费耶阿本德的一些论点是我们熟知的，因为在本书中早些时候我已经由于种种目的而引用它们。

在本书第一章有一些引文说明了实证主义或归纳主义的观点，认为伽利略的革新可以用他如何认真对待可观察事实，并将他的理论建立在其上面来加以说明。费耶阿本德(Feyerabend, 1975, pp. 100-101)所引的伽利略的《两个世界体系的对话》(Galileo, 1967)中的一段话表明伽利略的想法并不是这样：

你对毕达哥拉斯的[地动]意见的追随者是如此之少感到惊异，而我对一直到今日还有人信奉和追随它感到惊奇。我也从不非常仰慕那些人杰出的聪明才智，

他们坚持这种意见，将它作为真理加以接受：他们通过纯粹的理智力量来压服他们自己的感官，使得理性告诉他们的东西凌驾于感觉经验清晰呈现给他们相反的东西。因为正如我们已经看到的那样，反对我们已经考查过的地球旋转的论据是非常有道理的，而托勒密和亚里士多德主义者以及所有他们的弟子认为这些论据是定论性的这一事实，的确是其有效性的强有力论据。但是与年运动公然矛盾的经验的作用如此之大，以致我要再说一遍，当我反省亚里斯达克斯和哥白尼能够使理性战胜感官，以致理性全然蔑视感官，与他们的信念结为一体，我的惊奇就更加无限了。

伽利略完全没有接受他的当代人认为由感官证实的事实，对他 (Galileo, 1967, p. 328) 来说用理性战胜感官，甚至用“优越的更好的感官”即望远镜来代替感官是必然的。让我们来考虑伽利略需要“战胜”感官证据的两个实例 - 他之摒弃地球静止的断言以及他之摒弃金星和火星外观大小在年运行期间不发生可察觉变化的断言。

如果一块石头从塔顶掉下来，它落在塔基旁。可以将这个经验以及其他类似经验作为地球静止的证据。因为如果地球运动，比方说围绕它的轴旋转 (伽利略在上引段落中所指的地球旋转)，那么在石头掉下时地球是否应该在石头下面运动，结果石头应该掉在离塔基间隔一段距离的地方？伽利略是否诉诸事实来摒弃这个论据？正如费耶阿本德指出的，这肯定不是伽利略在《对话》中所做的。伽利略 (Galileo, 1967, p. 125 以后) 通过让读者动脑筋来达到所要的结果。他的论证如下。一个球从无磨擦的斜面滚下速度将增加，因为它在一定程度上向地球中心“下降”。相反，一个球在无磨擦斜面向上滚将减速，因为它离开地球中心上升。在说服读者将这一点作为显而易见的事实接受后，就问他或她如果斜面完全是水平的，球的速度将会发生什么。答案似乎是速度既不增加，又不减少，因为球既不上升又不下降。球的水平运动持续不变，保持稳定。虽然没有牛顿惯性定律，这正是匀速运动的例子，没有原因匀速运动持续不变，这足以让伽利略来对抗一系列反对旋转地球的论据。伽利略从中引出的含义是，当地球旋转时石头从塔降落与塔共享的水平运动维持不变。这就是为什么石头与塔呆在一起，落在塔

基地面上。因此，塔的论据并不以许多人设想的方式确定地球是静止的。伽利略论据的成功在于，根据他自己的特许它不诉诸观察和实验结果。（我要在这里指出，在伽利略时代无磨擦斜面甚至比现在更难获得，在斜面上不同地点测量球速在当时是不可行的。）

我们在第一章看到，金星和火星外观的大小很重要，因为哥白尼理论预见它们应该有可察觉的变化，这一预见没有被肉眼观察证实。一旦人们接受望远镜观测的资料，而不是肉眼观察的资料，这个问题就解决了。但是应如何为优先选择望远镜资料辩护？费耶阿本德描述的境况以及伽利略对这种境况的回应如下。接受望远镜在天文学情境下揭示的东西无论如何不是一目了然的。伽利略并没有关于望远镜的合适或详尽的理论，因此他不可能诉诸某个理论为望远镜资料辩护。确实，在地面观测时可以用试错法来辨明望远镜视觉。在远距离建筑物上所刻的读数，肉眼不可辨别，可以走近这栋建筑物来核对，一旦船只达到港口，就能验明遥远船只所装货物。但是给用望远镜作地面观测所作的辩护，不可能直接用于为望远镜的天文学观测辩护。用望远镜作地面观测有一系列的视觉线索协助，而在作天文学观测时则没有这些线索。我们能够将真正的映像与望远镜制造的许多假象区别开来，因为我们熟悉被视察的东西。因此，例如望远镜揭示远处船只的帆在飘动，一边是红的，另一边是蓝的，伴随着黑色斑点在帆上面盘旋，这些扭曲、色彩和斑点可以作为假象而被排除。然而，当注视太空时，我们进入一个不熟悉的领域，对什么是真实的，什么是假象，缺乏清楚的指导。不但如此，与熟悉物体比较可帮助判断东西的大小，利用视差和交迭可帮助判断东西的远近，可是在天文学中这是奢望，一般不可行，并且肯定伽利略不可能靠近行星，用肉眼核对来检查行星的望远镜视觉。甚至有直接证据表明望远镜资料是错误的，因为它将月球放大的倍数与它放大行星和恒星的倍数不同。

按照费耶阿本德 (Feyerabend, 1975, p. 141) 的意见，困难在于，为了说服那些既反对哥白尼理论又反对天体的望远镜资料的那些人，求援于论证是不适宜的。因此，伽利略需要并确实求援于宣传和计谋。

在另一方面，有一些望远镜现象明白无误地符合哥白尼理论的。伽利略引入这些现象，作为支持哥白尼的独立证据，而情况变成了这样：一个被反驳的观点（哥白尼主义）与从另一个被反驳的观点（望远镜现象是天空的忠实映像这一观念）出现的现象具有一定的类似。伽利略因他的风格和聪明说服技巧而成功了，因为他用意大利文而不用拉丁文书写，因为他求助于因个人气质而反对旧观念以及与之相连的做学问标准的那些人。

应该很清楚的是，如果费耶阿本德对伽利略的方法论的解释是正确的，那么标准的实证主义、归纳主义和证伪主义的科学观在适应这种解释时会遇到严重问题。按照费耶阿本德的意见，可以使它与拉卡托斯的方法论相适应，但只是因为这个方法论是如此宽松，它几乎可以适应一切。费耶阿本德揶揄拉卡托斯，欢迎他作为“无政府主义者伙伴”，虽然是“伪装的”，开玩笑地将《反对方法》献给拉卡托斯“朋友和无政府主义者伙伴”。费耶阿本德解释说，亚里士多德的地静框架得到肉眼资料的支持，而哥白尼地动理论得到望远镜资料支持，这两种学派本身是相互排斥的，他对这两个框架的解释令人想起库恩将范式描绘为相互排斥的看待世界的方式。确实，这两个哲学家都是独立地发明“不可通约”一词来描述两个理论或范式之间的关系，即由于缺乏中立于理论的事实以资比较，不可能将它们在逻辑上加以比较。库恩通过诉诸社会共识来恢复法律和秩序，基本上回避了费耶阿本德的无政府主义结论。费耶阿本德 (Feyerabend, 1970) 反对库恩诉诸科学共同体的社会共识，部分是因为他认为库恩并没有区分达成共识的合法与非法方式（例如杀掉所有的反对者），也因为他认为诉诸共识不能区分科学与其他活动，例如神学和有组织的犯罪。

费耶阿本德认为他自己已经确定，试图把握科学知识的特殊特点（使它优于其他知识形态）的努力遭到失败，他由此引出的结论是：在我们社会中赋予科学的崇高地位，推定它不仅优于比方说马克思主义，而且优于黑巫术和巫毒教等，是不能得到辩护的。按照费耶阿本德的意见，高度尊重科学是一个危险的教条，起着类似他所描绘的 17 世纪基督教曾经起的压制作用，他指的是伽利略与教会的斗争等事件。

3 费耶阿本德维护自由

费耶阿本德的科学理论处于这样一个伦理框架内，它将高度价值赋予个人自由，包括费耶阿本德称之为“人道主义态度”。按照这种态度，个人应该是独立的，拥有 19 世纪哲学家约翰·斯图亚特·穆勒 (Mill, 1975) 在他的“论自由”论文中捍卫的那种自由。费耶阿本德 (Feyerabend, 1975, p. 20) 宣称自己支持“增加自由、过一个充实的、有回报的生活的努力”，支持穆勒提倡“培养产生或能够产生充分发展的人”。从这种人道主义观点出发，费耶阿本德根据无政府主义科学观通过使科学家摆脱方法论约束而增加他们的自由，并且更一般地将在科学与知识其他形态之间的选择自由留给个人。

根据费耶阿本德的观点，在我们社会中科学的体制化与人道主义态度不一致。例如，在学校里科学是作为一门课来教授的。”于是，虽然一个美国人现在能够选择他喜欢的宗教，但他仍然不被允许要求他的孩子在学校里学习巫术，而不学习科学。在国家与教会之间是分离的，但在国家与科学之间没有分离”(Feyerabend, 1975, p. 299)。费耶阿本德写道 (Feyerabend, 1975, p. 307)，鉴于此，我们需要做的是“将社会从意识形态上僵化的科学束缚中解放出来，正如我们的祖先将我们从某一个真正宗教中解放出来一样！”在费耶阿本德的自由社会映像中，不赋予科学以优于其他形态知识或其他传统的地位。在自由社会中一个成熟的公民是“一个已经学会自己作决定，因此已经决定支持他认为最适合他的事情的人”。科学将被作为历史现象与其他童话，例如“原始社会”的神话一起学习，使得每一个个人“拥有达到自由决定所需的信息”(Feyerabend, 1975, p. 308, 斜体是原来有的)。在费耶阿本德的理想社会里，国家在种种意识形态之间是中立的，以保证个人保持选择自由，而没有违反他们意志强加于他们的意识形态。

费耶阿本德反对方法的论据的顶点，连同他维护特定标记的个人自由，是他的无政府主义知识理论 (Feyerabend, 1975, pp. 284-285, 斜体是原来有的)。

卡尔纳普、亨普耳、奈格尔[三位杰出的实证主义者]、波普尔，甚或拉卡托斯想用来使科学变革合理化的任何方法都是不可应用的，能够应用的一个方法，反驳，其力度也大为减少。留下的是美学判断，趣味的判断，形而上学偏见，宗教渴望，简言之，留下的是我们的主观愿望：科学的最先进和最普遍的部分还个人以自由，而科学比较贫乏的部分使人丧失自由。

于是，没有科学方法。科学家应该遵循他们的主观愿望。怎么都行。

4 对费耶阿本德个体论的批评

对费耶阿本德人类自由理解的批评可以作为有用的初阶来评价他对方法的批评。费耶阿本德自由观念的中心问题来源于自由在多大程度上完全是消极的，即将自由理解为摆脱约束。个人应该摆脱约束，为了他们能够遵循他们的主观愿望和做他们喜欢的事。这忽略了问题的积极方面，个人能有多少手段来实现他们的愿望。例如，讨论言论自由可以并且往往根据摆脱表现为国家压制、诽谤法律等诸如此类的约束。因此，例如学生们在校园内打断一位学者表达同情法西斯主义的观点的讲演，也许会控诉这些学生侵犯了讲演人的言论自由。控诉他们给讲演人的自然权利设置障碍。然而，从积极的观点看，可以根据个人可得多少资源来使他们的观点被别人听到。例如，一个特定的个人是否有权利用媒体？这个观点使人们对我们的例子产生新的见解。也许可以根据下列理由来为打断讲演做辩护：让讲演人利用大学讲堂、扩音机、媒体广告等等，而那些主张其他观点的人却没有。当 18 世纪哲学家大卫·休谟批评约翰·洛克的社会契约思想时，精彩地说明了我正要达到的观点。洛克将社会契约解释为由民主社会成员自由采纳的，不想订立契约的任何人有移居到别的地方的自由。休谟的回应如下：

我们可以认真地说，一个贫穷的农夫或工匠不懂外国语言和习俗，每天靠他挣的微薄工资，有离开他的国家的自由选择吗？我们也许同样断言，一个人由于

仍然留在船上，就是同意去主人的领地，尽管他在熟睡时被带到船上的，他要离开这条船，不得不跳入海洋中淹死。¹

个人出生于在他们以前就存在的社会里，而在这种意义上社会具有他们不能选择的特征，以及不可能处于可以选择的地位上。我们可选择的行动方针，从而他们是自由的确切意义，决定于他们在实践上可以获得的种种行动方针所必需的资源。在科学上也是如此，想对科学作出贡献的人将面对的境况有：种种理论、数学技巧、仪器和实验技术。由于客观存在的境况，科学家们可选择的行动路线一般是有限的，而一个特定的科学家可选择的路线又决定于个别科学家可获得的其中一部分现存资源。科学家可自由挑选的只是对他们敞开的有限选项，仅在这个意义上科学家有自由遵循他们的“主观愿望”。更有甚者，理解那种境况的前提条件是认识到个人面对的那种境况的特征，不管你喜欢还是不喜欢它。不管在科学中还是一般在社会上那种境况有什么变化，主要的理论工作涉及对个人面临的种种境况的理解，而不是一般化地诉诸不受约束的自由。

具有讽刺意义的是，费耶阿本德在他的科学研究中在否认中立于理论的事实方面走得很远，却在他的社会理论中诉诸于雄心勃勃的中立于意识形态的国家概念。这样一种国家如何能够存在，它如何运行，靠什么维持下去？鉴于在把握“这种国家”的起源和性质问题方面作出的认真努力和已经做的工作，费耶阿本德对乌托邦的空想推测显得幼稚可笑，在他的乌托邦里所有人自由追求他们的爱好而不受限制。

批评费耶阿本德将他的科学观置于包括一个天真的自由观念的个体论框架内是一回事。把握他在科学中作出“反对方法”的论据则是另一回事。在下一章里，我们将看到从费耶阿本德对方法的攻击中可以建设性地挽救些什么。

补充读物

费耶阿本德在 *Science in a Free Society* (1978) 中发展了他在 *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge* (1975) 中的若干思想。 *Realism, Rationalism and Scientific Method* (Feyerabend, 1981a) 和 *Problems of Empiricism* (Feyerabend, 1981b) 是他的论文集，其中有一些是在他的“无政府主义阶段”以前。“*Consolations for the Specialist*” (1970) 和 “*On the Critique of Scientific Reason*” (1976) 是他分别对库恩和拉卡托斯的批评。我针对费耶阿本德对伽利略科学的描绘写了两篇文章“*Galileo's Telescopic Observations of Venus and Mars*” (Chalmers, 1985) 和 “*The Galileo that Feyerabend Missed*” (Chalmers, 1986)。

第十一章 方法中的方法论变化

1 反对普遍方法

哲学家提出种种科学方法试图把握科学知识的独特特点，我们在前一章看到费耶阿本德为反对这种种的科学方法提出了论据。他使用的关键战略是论证对科学方法的那些论述与伽利略在物理学和天文学作出的进展不相容。我在别的地方 (Chalmers, 1985 和 1986) 与费耶阿本德对伽利略事件的历史论述有争论，我的异议的一些细节将在下一节介绍和利用。一旦这段历史纠正过来，我相信被纠正的历史仍然会对标准的科学观和科学方法提出问题。也就是说，我认为在某种意义上能够维持费耶阿本德反对方法的论据，倘若我们清楚已被反驳的方法是什么。费耶阿本德的论据是反对这样的主张：有一种普遍的、非历史的科学方法，它包含着所有科学应该达到的标准，如果它们无愧于科学称号的话。在这里“普遍的”一词用来表明所建议的方法适用于所有科学或假定的科学 - 物理学、心理学、创世科学等无论什么样的科学，而“非历史的”一词表示方法的无时间性性质。应该用这种方法来评价亚里士多德物理学与爱因斯坦物理学，德谟克里特的原子论与现代原子物理学。我很高兴与费耶阿本德一起认为普遍的、非历史的方法这一概念很没有道理，并且甚至是荒谬的。正如费耶阿本德 (Feyerabend, 1975, p. 295) 所说，“认为科学能够并且应该遵照某些固定不变的普遍的规则运行的观念，既是不现实的，也是有害的”，“对科学有害是因为它忽视了影响科学变革的复杂的物质和历史条件”，并且“使得科学更缺乏适应性，更具独断性”。如果应该有一个科学方法能够评判所有种类的科学，评判过去、现在和未来的科学，那么人们也许最好问一下：哲学家有什么资源能使他们达到如此强有力的工具，如此强有力以致它可以提前告诉我们评判未来科学的合适标准是什么。如果我们将科学理解为改善我们知识的开放探索，那么为什么不能给我们留有余地来改善我们的方法，根据我们学到的东西来修改和精炼我们的标准。

要是将方法理解为普遍的不变的方法，那么我参与费耶阿本德发起的反对方法的运动，就没有问题。我们已经看到费耶阿本德对反对方法的论据的回应是设定：没有方法，科学家应该遵循他们自己的主观愿望，怎么都行。然而，普遍的方法与没有方法绝没有穷尽可能性范围。一条道路将认为，科学中有方法和标准，但它们可随不同科学而异，而且在科学内能够变化，而且变化得更好。不仅费耶阿本德的论据未能反对这种中间观点，而且他的伽利略例子也能以支持中间观点的方式加以重新解释。在下面一节我将努力表明这一点。

我认为，存在着一条中间道路，按照这条中间道路的看法，历史上可能的方法和标准寓于成功科学之中。像我一样坚定地反对费耶阿本德的无政府主义和极端相对主义的科学哲学家的一般回应是，像我一样寻求中间道路的那些人是在欺骗自己。例如，约翰·沃勒尔(1988)清楚地表达了他的论证的一般路线。如果我要用避免相对主义的方式来维护科学方法的变化，那么我有责任来表明以何种方式这种变化变得更好。但是根据什么标准变得更好？除非有一些超级标准来评判标准的变化，才不能用非相对主义方式来解释这些变化。但是超级标准将我们带回到普遍方法，这意味着放弃这些标准。因此，沃勒尔的论证就是，要么普遍方法，要么相对主义。没有中间道路。作为反驳这种论证的准备，举一个科学中标准变化的例子还是有用的。下一节将讨论伽利略完成的这种变化。

2 望远镜资料代替肉眼资料：

标准的变化

伽利略的一个亚里士多德派反对者(引自 Galileo, 1967, p. 248)称“在作哲学思考时感官和经验应该是我们的指导”这种观念，为“科学本身的标准”。对亚里士多德传统的一些评注者已经注意到知识断言应该与感官证据相容，而感官要在合适条件下充分小心地运用。鲁多维科·盖谟纳特(Geymonat, 1965, p. 45)，

伽利略的传记作者，提到“[伽利略革新]那时大多数学者共同持有的”信念，认为“只有直接的视觉才具有把握现实实在的力量”。莫里斯·克拉维林(Clavelin, 1974, p. 384)在比较伽利略科学与亚里士多德科学时，观察到“逍遥学派物理学的主要座右铭是，决不要反对感官的证据”，同样，斯蒂分·戈克罗杰(Gaukroger, 1978, p. 92)写到“亚里士多德著作中对感官知觉的这种根本的和彻底的依赖”。对这一基本标准的目的论辩护十分常见。感官的功能被理解为提供给我们有关世界的信息。所以，虽然在不正常条件下(例如在雾中，或观察者生病或喝醉酒)感官可能误导，但认为感官在完成它们的任务时会系统地误导人是没有道理的。伊尔文·布洛克(Block, 1961, p. 9)在一篇论亚里士多德的感官知觉理论令人启发的文章中刻划了亚里士多德观点的特征如下：

自然造就一切都有目的，而人的目的是通过科学理解自然。因此，自然这样来塑造人和他的器官使得所有知识和科学从一开始就必定是错误的，这是一个矛盾。

许多世纪以后，托马斯·阿奎那对亚里士多德的观点作出了反响，正如布洛克(Block, 1961, p. 7)报告说：

感官知觉对它合适的对象总是忠实的，因为作为一般规则，自然力在对它们合适的活动中不会失败，如果它们失败，那是由于某种干扰或其他原因。因此，仅在少数情况下，感官对它们的合适对象判断不准确，因此只是由于某种器官缺陷，如当人发烧生病，甜的东西尝起来是苦的，因为他们的舌头有毛病。

伽利略面临的境况是，依赖感官，包括肉眼观测资料，是“科学本身的标准”。为了引入望远镜，让望远镜观测资料代替和支配某些肉眼观测资料，他必须公然反抗这个标准。当时他这样做了，结果改变了科学标准。正如我们已经看到的，费耶阿本德不相信伽利略有可能提出令人信服的论据，因而需要求助于宣传和计谋。但历史事实告诉我们不是这样。

我已经考虑到伽利略为他的木星卫星的视象？？？的真实性提出的论据。在这里我要集中于费耶阿本德为接受望远镜揭示的金星和火星外观大小改变能够收集的论据。我们在前面一节已经谈到这个问题的迫切性，我们也接受费耶阿本德对妨碍接受望远镜对天空观测的困难的解释。

伽利略诉诸光渗现象来怀疑对行星的肉眼观测，这提供了优先选择望远镜观测的根据。伽利略的假说(Galileo, 1967, p. 333)是，当眼睛在一个昏暗的背景上观看小的、亮的、远的光源时“自己有障碍”。由于这一点，这些物体“因偶然的、外来的光线而放异彩”。于是，伽利略(Galileo, 1957, p. 46)在别处说明，如果恒星“被肉眼观看，它们呈现给我们的不是它们简单的(也可以说是它们物理的)大小，而是放射着灿光，周边是闪烁的光线”。如果是行星，望远镜会消除这种光渗现象。

由于伽利略的假说涉及这样一种主张，光渗现象是光源的亮度、大小和距离作用的结果，可以不用望远镜的其他种种方法来修改那些因素以对它进行检验。伽利略(Galileo, 1957, pp. 46-47)显然用过一些方法。通过一块云、一块黑幕、彩色玻璃、一个管子，手指间的缝隙或一张卡片上的小孔来观看，以减少恒星和行星的亮度。如果观看的是行星，光渗现象可以通过这些技术加以消除，因此它们“显示出完全圆的球形，具有明确的边界”，而如果观看的是恒星，决不可能完全消除光渗现象，它们“决不可能看起来被圆形边缘所环绕，但不如说有外表有光辉，其光线在振动，光芒四射”。就光渗现象依赖被观察光源外观大小而言，伽利略的假说被这样的事实证实：月球和太阳没有光渗现象。假说的这一方面以及相关联的光渗现象依赖光源的距离，可以在地上接受直接的检验。可以从近处或远处，白天或夜晚观看一个发光的火把。在晚上间隔一段距离观看时，当与它的四周相比较它很亮时，它就显得比它真的大小要大。于是，伽利略(Galileo, 1967, p. 361)说，他的前辈，包括第谷和克拉维斯本应该在估计恒星大小时更加小心谨慎。

我不相信他们认为火把的大小就是它在深暗背景显现的那样，不如说它是在

发亮的背景上所感知的那样：因为我们的灯在夜晚从远处看起来要大，但从近处看灯的火焰看起来要小，并且周围有界限。

光渗现象之依赖于光源相对于其环境的亮度因拂晓时恒星的外观而进一步得到确认，那时恒星显得比在夜晚小得多，在明亮的白昼观测金星时它显得“如此的小，目光敏锐才能看到它，尽管在随后的夜晚它看起来像个火把”。这后一效应提供了一个检验金星大小预测改变的大致方法，这种检验并不包括诉诸望远镜证据。只要观测限于在白昼或拂晓，可以用肉眼检验。按照伽利略的意见，至少大小的变化“完全能为肉眼感知”，虽然对它们的精确观测唯有靠望远镜 (Drake, 1957, p. 131)。

于是，通过颇为一目了然的实际演示，伽利略能够显示，当观看地上和天空领域小的比它们的周围环境亮的光源时，肉眼产生不一致的信息。伽利略为之提供一系列证据的光渗现象，以及用灯更加直接的演示，表明用肉眼观测小的亮的光源是不可靠的。其中一个含义是，当金星与它周围环境相比很亮时，在白昼对金星的肉眼观测应该比在夜晚观测更好。与后者不同，前者显示金星的外观大小在年运行期间是变化的。谈论所有这一切都可以无需提及望远镜。现在当我们注意到利用望远镜观测行星可消除光渗现象，而且外观大小的变化与在白昼用肉眼可观测的变化相一致，支持望远镜观测资料的强有力理由就开始出现了。

支持关于金星和火星大小的望远镜观测资料的真实性的最后一个论据是，它们恰恰符合当时所有严肃的天文学理论的预测。这一点与费耶阿本德以及伽利略自己所介绍的情况相冲突，他们的介绍都隐含着这些资料对哥白尼理论提供支持，而对它的对手没有提供支持。哥白尼理论的对手是托勒密和第谷·布拉赫的理论。这两个理论都确切地预测金星和火星大小的变化，与哥白尼理论预测的一样。离地球距离的变化导致预测外观大小的变化，在托勒密系统中就出现了，因为当行星经过叠加在均论(后来与地球的距离相等)上的本轮时离地球更近。离地球距离的变化也发生在第谷·布拉赫中，在这个系统中是行星而不是地球绕太阳运行，而太阳本身绕静止的地球运行，其理由与它们发生在哥白尼理论中的相同，

因为它们二者在几何学上是等价的。德雷克·J. 德 S. 普赖斯(1969)已经十分一般地表明，一旦系统调整到适合于行星和恒星被观察的角度，情况必然如此。自从古代起，行星外观大小就对重要天文学理论提出了一个问题，这连奥西安德在他给哥白尼的《天体运行论》一书写的序言中也承认的。

我们已经概述了伽利略如何为接受重要的望远镜观测结果进行论证，我认为这些论证是令人信服的，历史事实证实，这些论证在短时期内令伽利略所有认真的对手折服。但在确立他的论据时，伽利略迈出的第一步是用仪器获得的资料来代替肉眼资料，这是科学中的总趋势，他在这样做时破坏了并且革新了“科学本身的标准”。他的这一成就又与支持和反对方法的论据有什么关系呢？

3 理论、方法和标准的点滴变化

面对(例如沃勒尔)认为不可能的论据，伽利略怎能做到提出合理的理由来改变标准呢？他之所以能够这样做，是因为他与他的对手之间有许多共同点。他们的目标是大体重叠的。除了其他许多外，他们共同的目的是要描述为经验证据证实的天体运动。毕竟，托勒密的《天文学大成》充满着行星位置的记录，第谷·布拉赫则以建造庞大的四分仪等仪器闻名，这大大增加了这些记录的精确性。伽利略指出，他的反对者没有明智的选择自由，对有些低层次的观察只好接受，例如在夜晚远距离看起来，一盏灯要比实际的大，在白天的光线里金星看起来要比夜晚的黑暗中小。在拥有共同目的的背景上，像这样一些可分享观察使伽利略足以能够说服他的反对者，同时使用“聪明的说服技巧”，这些技巧不过是一目了然的论证，在这种情境下，他们至少会愿意放弃“科学本身的标准”，并接受某些望远镜资料，而不是他们的肉眼资料。

在科学的任何发展阶段，一门科学由达到特种知识的具体目的、达到这些目的的方法，评判在多大程度上已经满足的标准，以及(就实现这些目的而言)表达科学活动目前状态的事实和理论组成。在实体网络内每一个个别的项目都会根据

研究而修正。我们已经讨论了理论和事实如何是可错的(记住使液体过度冷却可反驳液体不能向山上流的断言), 并且我们在上节例证了方法和标准的变化。一门科学的目的所采取的具体形态也可能变化。让我举一个例子。

罗伯特·波义耳的实验工作确实是对 17 世纪教学革命的重要贡献。可以辨认出波义耳工作的两个在某种意义上有点冲突的方面, 代表了老的和新的从事科学的方式。在他的更具哲学性的著作中, 波义耳支持“机械论哲学”。按照这种哲学, 物质世界被看作由物质组成。有这样一种物质是明白无疑的。可观察的、具有大小的物体由物质的微观粒子的各种排列组成, 变化则根据粒子的重新安排来理解。物质粒子具有的唯一性质是每一个粒子拥有的特定的大小、形状和运动, 连同不可入性作为区别物质与虚空的空间的性质。当一个粒子与另一个碰撞, 粒子的运动就发生变化, 这种机制是自然界所有活动和变化的源泉。对一些物理过程的说明要将这个过程追溯到所牵涉到的粒子的运动、碰撞和重新排列。在表达这种观点时, 波义耳就是在赞同这种新的机械论世界观, 它被看作是亚里士多德世界观的合适代替者。在这种世界观中, 适宜的说明是终极说明。最终的说明要诉诸粒子的形状、大小、运动和碰撞, 这些概念本身不需要说明。于是, 从这个观点来看, 科学的目的是终极说明。

波义耳除了支持机械论哲学外, 也做实验, 尤其是气体力学和化学实验。正如波义耳自己的话隐含的, 他的实验上的成功并不产生机械论哲学内要求的那种知识。波义耳的空气物理学的实验, 尤其是用空气泵所作的实验(使他能够从玻璃室排除大多数空气), 导致他说明一系列现象, 例如根据空气的重量和弹性来说明排空室内外气压计的行为。他甚至能够提出以他的名字命名的将定量气体的压力与体积联系起来的定律。但从机械论哲学的观点来看, 他的说明不是科学的说明, 因为它们不是终极的。在重量和弹性这些性质本身根据粒子机制得到说明以前, 诉诸重量和弹性是不能接受的。不必说, 波义耳不能满足这个要求。最终人们认识到波义耳的实验科学探求的说明, 既是有用的, 又是可能达到的。与之相对照, 人们终于认识到在严格意义上的机械论说明是不可能达到的。结果, 在 17 世纪末, 在物理学中终极说明的目的被放弃了。人们终于明白这个目的是乌

托邦，尤其是在与实验科学的成就相对照时。

于是，总的思想是，目的、方法、标准、理论和观察事实这个网构成特定时期的一门科学，这个网的任何部分都能够渐进地发生变化，而这个网的其余部分提供背景，变化的论据可以根据这个背景提出。然而，肯定不可能提出合理的论据来支持一下子改变网中的一切，因为这样就失去了据以提出这种论据的根据。因此，如果科学具有这样的特征，即相竞争的科学家从他们各自的范式的观点看一切都不同，他们生活在不同的世界里，以致他们没有任何共同点，那就确实不可能把握科学进步的客观意义。但是科学或科学史，或者任何别的学问，实际情况都不是如此。我们不需要普遍的、非历史的科学方法论来对科学进步提供客观解释，而对方法如何能够变得更好的客观解释是可能的。

4 轻松的间歇

我能够想象约翰·沃勒尔和想法类似的相对主义反对者和普遍方法捍卫者会对我采取的上述路线如何作出反应。他们会说，例如我举的伽利略的例子，虽然它确实说明标准的变化，但这牵涉到诉诸某个更高、更一般的标准。伽利略及其对手都要求，例如他们对行星轨道的论述应该得到相应证据的验证。一旦我们说出了这些一般假定，我的批评者就非常可能争辩说，这就是那些构成普遍方法的一般假定，正是这些假定形成据以评判伽利略引起的变化是进步的背景。我听他们说，没有这种背景，你不可能论证这种变化是进步的。

让我作出一个让步。假设我们试图提出一些一般原则，从亚里士多德到斯蒂芬·霍金的任何科学支持者都会坚持它们。假设结果得到的是类似这样一些原则：“认真对待论证和可得证据，不要去追求超出可得方法范围以外的那种知识或那种水平的确认。”让我们称它为常识的科学方法。我承认在常识意义上，有普遍的方法。但让我马上要试图消除约翰·沃勒尔及其盟友因从我那里获得让步而自鸣得意的喜悦心情。让我首先指出，虽然常识普遍方法是正确而适宜的，但它使他们所有人以及我自己都无法工作，因为一个专业哲学家无法表述、赏识和维护

它。我指出，更严重的是，一旦我们进一步抓住这个问题不放，要求对什么算是证据和确认，何种断言可以维护和如何维护等提供更多细节，那么这些细节将随不同科学而异，随历史情境而异。

表述常识方法也许还不是一件让科学哲学家留下来从事的十分费力的工作。然而，我要提出，对常识方法的欣赏就会抗拒科学研究中的当代趋势。我指的是那些科学社会学家和后现代主义者（让我简单称他们为“平齐者”），他们不重视甚或否认赋予科学知识的特殊地位，他们的根据是，给科学知识颁发信任证书就必然涉及科学家和科学家团体的利益，例如经济或社会地位、专业利益等等，这完全像任何其他的社会性工作一样。我对此的回应是，比方说，在改进化学物质如何合成的知识与改善专业化学家的社会地位之间存在常识的区分。我甚至要走得更远，建议如果有一些公然违抗这种常识的学术运动，那么拥有这种常识的那些人应该要求不资助这些运动。指出下面这一点是有趣的，即传统科学哲学家本身给平齐者打开大门起了促进作用。正是他们推定，在科学与其他种类知识之间区分只能通过哲学上阐明的普遍方法才能达到。结果，当那些努力遭到失败时（本书前面几章已经表明这些努力已经失败），就打开了大门让平齐者进来。迈克尔·默尔凯(Michael Mulkay, 1979)肯定是最温和的平齐者之一，他就是一个许多可能的科学分析家，他得出的结论是：由于他称之为的“标准观点”的失败使科学的社会学分类成为必要。¹

这将我们带到了差不多十五年前在科学哲学内争论的地方。我们在这里不能离开这个问题，因为在这个时期内一直有从那时发展起来的，并值得注意的两个重要的运动。其中一个运动是通过采纳某一版本的概率理论来发展对普遍方法的论述。我们将在下一章考查它。第二个运动是努力反对它认为的理论占支配地位的科学的过度倾向，通过仔细注视实验以及实验涉及什么来摆脱这种过度倾向。这种进路将在第十三章讨论。

补充读物

在 *Science and Its Fabrication*, (Chalmers, 1990, chapter 2) 中, 我反对普遍方法的论据更为详尽一些, 而“Galileo’s Telescopic Observations of Venus and Mars” (Chalmers, 1985) 和 “The Galileo that Feyerabend Missed” (Chalmers, 1986) 含有对费耶阿本德的伽利略案例研究的批评和改进。Laudan (1977) 和 Laudan (1984) 涉及在普遍方法与无政府主义之间找到中间道路, 但与我不同。与波义耳工作有关的案例的细节可以在 “The Lack of Excellence of Boyle’s Mechanical Philosophy” (Chalmers, 1993) 和 “Ultimate Explanation in Science” (Chalmers, 1995) 找到。

第十二章 贝叶斯进路

1 引言

我们中的许多人对预测哈雷彗星的最近一次回归充满自信，我们预订了周末远离灯光的乡村，以便观测它。我们的信心证明没有落空。科学家具有足够的信心，依靠他们的理论将载人飞船送入太空。当其中一个飞船出了差错时，我们印象深刻，但当科学家借助计算机之助，能够很快算出如何利用余下的火箭燃料正确点燃火箭发动机，使飞船进入可使它回归地球的轨道时，我们也许并不惊讶。这些故事提示，从波普尔和费耶阿本德开始迄今为止一直被哲学家强调的理论可错性被放错了位置，并被夸大了。波普尔派主张所有科学理论的概率是零，能与这些故事相协调吗？在这方面值得强调的是，在我的这两个故事中科学家利用的理论是牛顿理论，按照波普尔派（和大多数其他人）的解释牛顿理论在本世纪初在许多方面被证伪了。肯定是什么地方出了严重差错。

有一群哲学家的确认为事情根本错了，在过去二十年中他们努力纠正它，他们的努力受到欢迎，他们被称为贝叶斯主义者，因为他们的观点基于十八世纪数学家托马斯·贝叶斯证明的概率论定理。贝叶斯主义者认为将零概率赋予一个得到确认的理论是不合适的，他们谋求某种归纳推论来产生理论的非零概率，以避免第四章描述的那种困难。例如，他们能够表明，当利用牛顿理论来计算哈雷彗星或飞船轨道时，如何和为什么可将高概率赋予牛顿理论。

2 贝叶斯定理

贝叶斯定理是关于条件概率的定理，命题的证据依赖于与那些命题有关的证

据(因而以这些证据为条件)。例如,在赛马中赌家赋予每匹马的概率取决于他所知道的每匹马过去的表现。而且,赌家将根据新的证据(例如当他发现在到达跑道终点时其中一匹马大汗淋漓、虚弱不堪时)来改变这些概率。贝叶斯定理是规定如何根据新的证据改变概率的定理。

在科学的情境下问题是如何根据证据将概率赋予理论或假说。让 $P(h/e)$ 指根据证据 e 假说 h 的概率, $P(e/h)$ 指根据假说是正确的假定赋予证据 e 的概率, $P(h)$ 是不知道 e 时赋予 h 的概率,而 $P(e)$ 是在关于 h 的真值没有任何假定时赋予 e 的概率。于是贝叶斯定理可写为:

$$P(h/e) = P(h) \cdot P(e/h)$$

$$P(e)$$

$P(h)$ 是指先验概率,因为它是在考虑证据 e 以前赋予假说的概率,而 $P(h/e)$ 是后验概率,在考虑证据 e 以后赋予假说的概率。因此这个公式告诉我们如何根据特定证据修改一个假说的概率。

这个公式表明先验概率 $P(h)$ 应该根据证据 e 由定标因子 $P(e/h)/P(e)$ 来改变。很容易明白这与普通的直觉如何一致。 $P(e/h)$ 因子是设定 h , e 有多大可能。如果 e 从 h 必然得出,则 $P(e/h)$ 为最大值 1,如果从 h 必然得出 e 的否定,则其为最小值 0。(概率的值总是处于代表确定性的 1 与代表不可能性的 0 之间)。证据在多大程度上支持一个假说,与假说预见这个证据的程度成正比,这似乎是很合理的。定标因子的除数项 $P(e)$ 是当假说 h 未被承认为真时,证据被认为有多大可能的测度。因此,如果不管我们是否接受某种假说,某个证据极为可能,当这个证据得到确认时这个假说就没有得到重要的支持。反之,除非假说得到接受,否则这个证据非常不可能,那么这个假说就会得到高度确认。例如,如果某个新的引力理论预见重物降落在地上,那么观察石头降落不会使这个理论得到重要的确认,因为普遍期望石头会降落。另一方面,如果那个新理论预见引力随温

度而略有变异，那么发现有这种效应就会使这个理论得到高度确认，因为没有这个新理论这个效应是很不可能的。

贝叶斯主义科学理论的一个重要方面是，先验和后验概率的计算总以理所当然的假定，即接受波普尔称之为背景知识为背景。例如，当在前面的段落里提出，当 e 从 h 必然得出， $P(e/h)$ 的值为 1，而 h 被认为与可获得的背景知识结合在一起是理所当然的。我们在前面几节里已经看到在理论产生可检验的预见以前，需要添加合适的辅助假定。贝叶斯主义者考虑了这些情况。全部的讨论都假定，概率的计算以被接受的知识为背景。

贝叶斯定理在什么意义上确实是一个定理，澄清这一点是很重要的。虽然我们不在这里考虑细节，但我们要指出，有一些最低限度的关于概率性质的假定，它们加在一起构成所谓的“概率运算”。贝叶斯主义者和非贝叶斯主义者都同样接受这些假定。否认这些假定就会有一系列不合意的后果。例如，可以表明违反概率运算的赌博系统在下列意义上是“非理性的”，它使赌家有可能在不管赌博、赛马等各种可能的结局如何，赌注下在哪一边都能赢。（允许这种可能性的赌博系统称为荷兰账本。这些系统违反了概率运算。）贝叶斯定理可从构成概率运算的前提中推导出来。在这个意义上，定理本身是无可争议的。

迄今为止，我们已经介绍了贝叶斯定理，并试图指明，它规定一个假说的概率如何根据证据而改变，这把握了有关证据影响理论的一目了然的若干直觉。现在我们必须花更大的精力进而讨论有关概率的解释问题。

3 主观贝叶斯主义

在贝叶斯主义者本身中间，他们对有关概率性质的基本问题并不一致。在分歧的一边，我们有“客观”贝叶斯主义。按照他们的意见，概率代表理性行动者根据客观境况应该赞同的概率。让我试图用赛马的例子来说明他们立场的要旨。假

设我们面前有一张参加赛马骑手的名单，而没有提供给我们任何有关马的信息。于是，人们也许会争辩说，根据“一视同仁原则”赋予每一匹马获胜可能性以概率的唯一理性的方法是将概率在骑手之间平均分配。一旦我们以这些“客观的”先验概率作为开端，那么贝耶斯定理规定应该如何根据证据来修改概率，因此产生的后验概率也就是一个理性行动者应该接受的那些概率。这种进路的一个主要而声名远扬的问题是，在科学领域内，如何将客观先验概率赋予假说。似乎我们必须将在某一领域所有可能的假说开列出来，运用一视同仁原则将同样的概率赋予每一个假说。但这种包括所有假说的单子从哪里来？有理由认为在任何领域可能提出的假说的数目是无限的，这会使每一个假说获得零概率，这样贝耶斯式的比赛就无法开始。所有假说具有零概率，波普尔赢得了胜利。如何达到有限数目的假说，以便能够客观分配非零先验概率？我自己的观点是，这个问题是不可克服的，而且我从目前的文献中也得到这样的印象：大多数贝耶斯主义者自己也正在改变这个观点。因此让我们转到“主观”贝耶斯主义。

对于主观贝耶斯主义者来说，贝耶斯定理处理的概率代表主观信念程度。他们论证说，可在这个基础上发展对概率理论前后一致的解释，而且正是这种解释可以完全适合于科学。可用我在本章开头一段引用的一些例子来部分把握其基本原理。主观贝耶斯主义者争辩说，不管赋予所有假说和理论零概率的论证有多强有力，事情根本不是如此：一般的人们，尤其是科学家，并不将零概率赋予得到充分确认的理论。我预订了我到山区旅行去观测哈雷彗星这一事实提示，他们至少在我这个例子上是对的。科学家在他们的工作中认为许多定律是理所当然的。天文学家不加疑问地使用光的折射定律，参与空间计划的人不加疑问地使用牛顿定律，这证明他们将接近于（如果不是等于）1 的概率赋予这些定律。主观贝耶斯主义者只是将科学家事实上具有的对假说信念的程度作为他们进行贝耶斯运算的先验概率基础。这样，他们就避免了波普尔的责难：所有普遍性假说的概率必然等于零。

贝耶斯主义在赌博中起着重要作用。我们已经注意到，贝耶斯定理能够在概率运算内得到证明，而概率运算是避免荷兰账本的一个充分条件。贝耶斯对科学

的进路利用了这一点，在科学与赌博系统之间进行了周密的类比。一个科学家对某一假说的信念程度类似于他或她认为某一匹马会赢得赛马的公平的胜算。然而这里需要澄清可能的含糊之处。如果我们坚持与赛马作类比，那么赌家认为公平的胜算可被认为指他们私人的主观信念程度，也可能指在他们下赌注行为中实际表达的信念。这二者不一定是一回事。赌家可能由于他们相信的胜算需要特别大的赌注而惊惶失措或不知所措而背离他们相信的胜算的指令。当应用贝叶斯运算于科学时，不是所有贝叶斯主义者在这些可供选择的办法中作出相同的抉择。例如，乔恩·道尔灵(Dorling, 1979)认为概率是反映在科学实践中的测度，而豪森和厄尔巴赫(Howson and Urbach, 1989)则认为概率是主观信念程度。道尔灵观点的困难是不知道在科学实践内与打赌行为相应的是什么。而像豪森和厄尔巴赫所做的那样，鉴定主观信念程度的概率至少具有弄清楚概率指的是什么的优点。

试图根据科学家的主观信念来理解科学和科学推理对谋求客观科学观的人是令人失望的出发点。豪森和厄尔巴赫对这种责难给出了回答。他们坚持认为，贝叶斯理论是一种客观的科学推论理论。也就是说，给定一组先验概率和一些新的证据，贝叶斯定理就能客观地规定，根据这个证据新的后验概率必定是多少。在这一方面，贝叶斯主义与演绎逻辑之间没有区别，因为逻辑对构成演绎前提的命题的来源什么也没有说。它只是规定，一旦给定这些命题，从这些命题中必然得出什么。对贝叶斯主义的辩护还可以更进一步。可以争辩说个别科学家的信念，不管在开始时有多大的差异，随着提供合适的证据，能够使它们趋同。可以非形式的方法容易看到怎么能这样。设两个科学家开始时对假说 h 可几的真值分歧很大， h 预见到意料之外的实验结果 e 。赋予 h 高概率的那个科学家认为 e 的可能性将比赋予 h 低概率的科学家认为的大。因此对前者 $P(e)$ 高，而对后者则低。现在设 e 在实验上得到了确认。每一个科学家将不得不用因子 $P(e/h)/P(e)$ 来调整 h 的概率。然而，由于我们设定 e 从 h 中得出， $P(e/h)$ 为 1，定标因子为 $1/P(e)$ 。因此，开始给予 h 低概率的科学家将比开始给予 h 高概率的科学家以更大的幅度提升 h 的概率。随着更多的阳性证据到手，起初表示怀疑的科学家被迫提升 h 的概率，以致最终接近于已经信服的科学家的概率。贝叶斯主义者争辩说，

正是以这种方式分歧很大的主观意见通过对证据作出回应客观地形成一致。

4 贝叶斯公式的应用

前面一节我们已经看到贝叶斯主义者是如何理解和认可科学中的典型推理模式的。在本节，我们将举更多应用贝叶斯主义的例子。

在前面几章里，已经指出，当用实验检验一个理论时有一个回报递减的规律在起作用。一旦一个理论被一次实验确认，在同样条件下重复同样的实验不被科学家认为像第一次实验那样高度确认这个理论。贝叶斯主义者很容易解释这一点。如果理论 T 预见实验结果 E ，那么 $P(E/T)$ 的概率为 1，因此使 T 的概率根据阳性结果 E 增加的因子是 $1/P(E)$ 。实验每次顺利进行，科学家很可能期望实验以后也会顺利进行。也就是 $P(E)$ 将会增加。结果，每次重复理论是正确的概率将增加一点点。

可以根据历史实例来提出支持贝叶斯进路的其他论点。其实，我认为正是贝叶斯主义者从事科学中历史案例的研究，成为一个关键理由，使得他们的进路近几年有发展的机会，这个趋势开始于乔恩·道尔灵 (Dorling, 1979)。我们在讨论拉卡托斯方法论时指出，按照他的方法论，重要的是纲领的确认，而不是明显的证伪，可以将证伪归罪于保护带中的假定，而不是硬核。贝叶斯主义者声称他们能够把握这种战略的基本原理。让我们看看他们如何做到这一点，先来注意一下豪森和厄尔巴赫 (Howson and Urbach, 1989, pp. 97-101) 利用的历史实例。

这个例子关于 1815 年威廉·普劳特提出的一个假说。普劳特对这一事实影响深刻，即化学元素的原子量相对氢的原子量一般接近整数，于是他推测说，元素的原子是由氢原子的整数组成的。也就是说，普劳特认为氢原子起着基本建筑砖块的作用。争论的问题是，普劳特及其追随着对发现氯的原子量相对氢是 35.83 (1815 年测量)，即不是整数的理性反应是什么。贝叶斯主义者的战略是，

将概率赋予普劳特及其追随者的理论及其背景知识，这个概率反映出他们本来会赋予它们的先验概率，然后利用贝叶斯定理计算出这些概率如何根据引起问题的证据（即氯原子量的非整数值）的发现而变化。豪森和厄尔巴赫试图表明，当这样做了以后，结果是普劳特的假说的概率只降了一点儿，而有关的测量是否精确的概率大幅度下降。鉴于此，普劳特保持他的假说（硬核）而责怪测量过程的某些方面（保护带）是完全合理的。这似乎原来没有根据的拉卡托斯方法论中的“方法论决定”获得了一个明确的基本原理。不但如此，在这里追随道尔灵的豪森和厄尔巴赫给所谓的“迪昂-蒯因问题”提供了一般性的解法。面临着一张假定之网的哪一部分应该对明显的证伪负责的问题，贝叶斯主义的回答是，馈入合适的先验概率，计算后验概率。这样就会表明，哪些假定会跌落到低概率，因而应该抛弃哪些假定以便使今后成功的机会最大化。

我不想在普劳特的案例或贝叶斯主义者提供的任何其他案例中仔细检查计算的细节，但我要再说几句，至少让读者了解他们工作方式的特色。普劳特的假说 h 及氯的非整数原子量证据 e 对被赋予假说的概率的影响，是在背景知识 a 的情境中评判的。背景知识的最为有关的方面是对测量原子量可用技术和化学物质纯度的信心。需要对 h ， a 和 e 的先验概率作出估计。豪森和厄尔巴赫将他们的估计立足于普劳特派对他们假说的真值满怀信心这一历史证据，提出 $P(h)$ 的值为 0.9。他们根据化学家知道不纯问题以及对特定元素原子量的不同测量结果迥然有别，将 $P(a)$ 置于较低值 0.6。概率 $P(e)$ 是根据这一假定来评估的：不同于 h 的另一理论是认为原子量是随机分布的，因此例如赋予 $P(e/\text{非 } h \& a)$ 概率 0.01，其根据是：如果氯的原子量在一个单位时间间隔内是随机分布的，那么它是 35.83 的机会是百分之一。将这些概率估计以及类似的其他一些估计馈入贝叶斯定理产生出 h 和 a 的后验概率 $P(h/e)$ 和 $P(a/e)$ 。结果是前者为 0.878，后者为 0.073。请注意：普劳特假说 h 的概率从原来的 0.9 只下降了一点，而测量是可靠的假定 a 的概率下降幅度很大，从 0.6 下降到 0.073。豪森和厄尔巴赫的结论是，普劳特派保持他们的假说，怀疑测量是合理的反应。他们指出，只要能合适反映历史文献记载的普劳特派的态度，馈入进行计算的数字的绝对值关系并不大。

可以利用贝叶斯进路来批评对特设性假说的不合意性及相关问题的一些标准解释。在本书前面我仿效波普尔提出这样一个思想：特设性假说是不合意的，因为它们不可独立于导致提出这些假说的证据而检验。一个相关的思想是，用来建构理论的证据不可又用来作为这个理论的证据。从贝叶斯主义的观点来看，虽然这些观念有时对证据如何更好地确认理论得出一些合适的答案，但它们也会走入歧途。不但如此，作为这些观念基础的基本原理是被误解的。贝叶斯主义者试图以下列的种种方式做得更好。

贝叶斯主义者同意广泛持有的观点，即各种各样的证据比某一特定种类的证据更好地确认一个理论。贝叶斯主义有一个一目了然的基本原理说明为什么应该如此。要点是，努力用单一种类的证据去确认理论回报递减。这是从这一事实得出的结论：每次用这种证据确认这个理论，那么表示相信未来仍将这样做的信念程度逐渐下降。与之相对照，被新的种类的证据确认的理論的先验概率也许很低。在这种情况下，将这种确认（一旦发生这种确认）的结果馈入贝叶斯公式导致赋予该理论的概率显著增加。因此，独立证据的重要意义是不容争论的。然而，豪森和厄尔巴赫强调说，从贝叶斯主义的观点看，如果假说因其特设性而被排除，缺乏可独立检验性不是这样做的正当理由。不但如此，他们否认用于建构理论的资料不能用来确认它。

试图因可独立检验性要求而排除特设性假说的主要困难是，这个要求太弱，并且以与我们的直觉相冲突的方式接纳假说。例如让我们考虑伽利略的对手试图在面对伽利略观测到月球各种形态和环形山时提出环绕可观察的月球存在着一种透明的晶状物质来保留其月球是球形的假定。这种调整不能用可独立检验性来排除，因为它是可独立检验的，这为下列事实证明：以各种方式在月球着落时没有受到这种晶状球的干扰，这就反驳了这种调整。格雷格·伯姆福德(1993)曾提出过这一点，在波普尔主义的传统中哲学家定义特设性概念的一系列努力遇到一系列困难，这提示他们是在给一个实际上只不过是一个常识概念，下一个专业的定义。虽然伯姆福德的批评不是从贝叶斯主义的观点提出的，但豪森和厄尔巴赫

的回应是类似的。他们的观点是：特设性假说之被摒弃只是因为它们被认为不可能，而由于这一点它们被赋予低概率。设理论 t 因某个引起问题的证据而陷入困难，通过增加一个假定 a 来修改它，于是新的理论 t 是 $(t \& a)$ 。那么， $P(t \& a)$ 不可能大于 $P(a)$ ，这是概率论的直接推断。因此，从贝叶斯主义的观点看，只是根据 $P(a)$ 不大可能，给予修改的理论低概率。伽利略的对手的理论被摒弃，因为这个理论不可能。仅此而已，何须画蛇添足。

现在让我们转向利用资料建构理论以及否认建构理论的资料可支持理论的案例。豪森和厄尔巴赫 (Howson and Urbach, 1989, pp. 275–280) 提供了一些反例。有一个装有筹码的瓮，我们起初假定所有筹码是白的，没有一个有颜色。设我们从瓮中取出筹码 1,000 次，每次取出后放回去，并将瓮摇动；结果是取出 495 个筹码是白的。现在我们调整我们的假说：瓮内有同等数目的白色筹码和有色筹码 (下称“同等数目假说”)。用以得出修正假说 (同等数目) 的证据是否支持修改后的假说呢？豪森和厄尔巴赫合理地提出，它支持，并表明根据贝叶斯主义的理由为什么是这样。作为取出 495 个白色筹码的实验的结果，导致同等数目假说概率增加的关键因子是，如果同等数目假说是假的取出同等数目筹码的概率是多少。一旦人们同意这个概率很小，实验确认同等数目假说的结果就能从贝叶斯运算中一目了然地得出，即使这个假说是用来解释资料的。

对贝叶斯进路提出的标准批评的确击中了它的某些版本的要害，但我认为豪森和厄尔巴赫维护的版本能够回击这种批评。为了利用贝叶斯定理，必须能够评价 $P(e)$ ，即考虑证据的先验概率。考虑假说 h 时，将 $P(e)$ 写成 $P(e/h) \cdot P(h) + P(e/\text{非 } h) \cdot P(\text{非 } h)$ 更方便，在概率理论中二者显然同一。贝叶斯主义者需要能估计设假说是真时证据的概率，如果证据从假说中必然得出，其概率为 1，但如果假说是假，证据概率也为 1。正是这后一点是成问题的。似乎有必要估计根据除 h 以外的所有假说，该证据的可能性如何。这是一个主要的障碍，因为任何一个特定的科学家都不可能知道所有可能替代 h 的假说，尤其是正如一些人提示的那样，这必然包括尚未发明的所有假说。豪森和厄尔巴赫选择的回应是，坚持认为在他们的贝叶斯运算中的概率代表个人概率，即个人事实上赋予种种命题的概率。根

据某些替代 h 的假说，某证据是真的概率值将根据一个科学家知道什么来决定（这肯定排除尚未发明的假说）。因此，当处理例如普劳特案例时，豪森和厄尔巴赫仅取原子量随机分布的假说作为普劳特假说的替代者，他们根据历史证据表明原子量随机分布假说是普劳特派认为可作为替代者的假说。正是豪森和厄尔巴赫信奉主观概率的彻底性使得他们有可能避免这里提出的特定问题。

在我描绘贝叶斯主义对科学分析的若干要素时，我主要集中于豪森和厄尔巴赫勾划出的立场，因为我认为这是最能摆脱不一致性的立场。由于根据科学家实际持有的信念程度解释概率的这种方式，他们的系统得以将非零概率赋予理论和假说，并确切地解释了概率应如何根据证据而修改，它也能够给科学方法的关键特征提供一个基本原理。豪森和厄尔巴赫用历史案例研究来修饰他们的系统。

4 对主观贝叶斯主义的批评

正如我们已经看到的那样，主观贝叶斯主义，即始终如一地将概率理解为科学家实际持有的信念程度的观点，具有这样的优点，即它能够避免困扰谋求某种客观概率的其他贝叶斯主义的许多问题。然而，对许多人来说，接受主观概率是为了能够地将概率赋予理论而付出太高的代价。一旦我们像豪森和厄尔巴赫怂恿我们这样做的那样，认为概率是主观信念程度，那么一系列不幸后果也就产生了。

贝叶斯运算法被说成是客观推论模式，可用来根据给定的证据将先验概率转化为后验概率。一旦我们这样看问题，必然得出的结论是，在科学家的（后验）信念中反映出来的相竞争的研究纲领或范式的支持者之间的科学分歧，必然在科学家持有的先验概率中有其根源，因为证据被认为是给定的，而推论又是客观的。但是先验概率本身是完全主观的，不接受批判分析。它们只是反映每一个科学家拥有的种种信念程度。结果，对相争理论的相对优缺点以及在什么意义上可以说科学在进步提出问题的我们那些人，并没有从主观贝叶斯主义者那里得到对问题的答案，除非我们对这样一个答案心满意足：信念是科学家的出发点。

如果主观贝叶斯主义是理解科学及其历史的关键，那么为了获得这种理解我们需要得到的最重要信息来源就是科学家实际持有或过去确实持有的信念程度。（信息的其他来源是证据，我们将在下面讨论。）因此，例如理解光的波动说优于微粒说，将要求拥有有关 1830 年代菲涅耳和布瓦松参与争论时怀有的信念程度的知识。这里有两个问题。一个是获得有关私人信念程度的知识问题。（回想一下豪森和厄尔巴赫区分了私人信念与行动，并坚持认为他们的理论与之打交道的是前者，因此我们不可能从科学家做什么，甚至写什么，推论出他们的信念。）第二个问题是，为了把握在何种意义例如光的波动说是对它的前驱者是个改进，我们需要获得这些私人信念这种想法的不合理性。当我们将注意力集中于现代科学的复杂性，以及科学在一定程度上是个协作事业时，这个问题更强化了。（回想一下我在第八章与建造教堂的工人所作的比较。）彼得·盖里森(1997)提供了一个极端的但令人信服的例子，他论述目前基本粒子物理学得工作性质时说，通过实验工作使许多深奥的数学理论对世界发生作用，而这些实验工作包括精巧的计算机技术以及其运转要求崭新工程学的仪器。在这种情况下，没有一个人能单独掌握这一复杂工作的所有方面。理论物理学家、计算机程序编制员、机械工程师和实验物理学家，全都有他们各自的技能，对这一协作性事业作出贡献。如果这一事业的进步性应被集中于信念程度，那么我们应选择谁的信念程度，为什么？

在豪森和厄尔巴赫的分析中，信念程度在多大程度上依赖先验概率是另一个问题。似乎是，假如一个科学家一开始就非常相信对他或她的理论（在主观贝叶斯主义中没有什么东西能防止信念程度达到人们想要的那么强），那么这种信念不可能被任何相反的证据所动摇，不管这个证据有多强或多细致。普劳特的研究事实上说明了这一点，而豪森和厄尔巴赫就是利用普劳特的研究来支持他们的立场。回想一下，在这项研究中我们假定开始时普劳特派理论（这个理论认为原子量是氢原子量的等倍数）的先验概率是 0.9，而原子量的测量是实际原子量合理精确的反映这一假定的先验概率是 0.6。根据获得的氯的值是 35.83 计算出的后验概率，普劳特理论是 0.878，而认为实验是可靠的假定是 0.073。因此，普劳

特派坚持他们的理论而摈弃这个证据是正确的。我要在这里指出，普劳特假说背后的原初动机是除氯以外一系列原子量接近整数的值，而测量原子量的是普劳特后来认为不可靠的那些技术，他们给予这些技术的概率低到 0.073！这难道不是说明，如果科学家从一开始就非常教条，他们能够消除任何不利的证据吗？就此而言，主观贝叶斯主义没有办法认定这种活动是坏的科学实践。对先验概率不能评判。必定认为它们简直就是给予的。正如豪森和厄尔巴赫 (Howson and Urbach, 1989, p. 273) 他们自己强调的，他们“没有义务就人们采取的给先验概率赋值的方法立法”。

贝叶斯主义者反对波普尔主义者断言所有理论的概率必定是零有一个筹码，因为他们将概率等同于科学家事实上具有的信念程度。然而，贝叶斯主义的立场不那么简单。由于贝叶斯主义者必须赋值的概率是反事实的，因此不可能简单地将概率等同于实际持有的信念程度。让我们以过去的证据对一个理论有多重要为例。要是水星规道的观测先于爱因斯坦广义相对论几十年，如何能够将这些观测作为对这个理论的确认呢？要根据这个证据计算爱因斯坦理论的概率，除了其他事情以外，就要求主观贝叶斯主义者提供一个爱因斯坦支持者本来会给予水星轨道进动概率的概率测量值，而在不知道有爱因斯坦理论的情况下。这个概率就不是科学家实际有的信念程度，而是他们本来会有的信念程度的测量值，如果科学家不知道他们事实上知道什么的话。这些信念程度的地位以及人们应如何评价它们的问题，提出了一些严重的问题。

现在让我们转向在主观贝叶斯主义中“证据”的性质。我们已经将证据看作给予的，将证据馈入贝叶斯定理，先验概率就转换为后验概率。然而，正如本书前面几章本来应该澄清的那样，科学中的证据远不是一目了然地给予的。豪森和厄尔巴赫 (Howson and Urbach, 1989, p. 272) 的立场是明确无疑的，且与他们整个进路保持一致。

“我们建议的贝叶斯理论是一种根据资料进行推论的理论，对于认可这些资料是否正确以及甚至你对这些资料的信任是否是绝对的，我们什么话也没有说。

也许这样做是不正确的，也许你对它充满信心有点傻。贝叶斯的支持理论是这样一个理论：接受一些证据陈述为真如何影响你对某个假说的信念。你如何接受证据的真值，你接受它为真是否正确，从这个理论的观点来看，是完全不相干的问题。”

这对要写一本科学推理的书的那些人，这肯定是一个完全不能接受的立场。因为我们谋求的难道不正是关于什么才算科学中合适的证据的理论吗？一个科学家当然会对某一可作证据的断言作出回应，但不是通过问作出这种断言的科学家他或她相信它有多强烈，而是通过理解产生这个证据的实验性质，采取了哪些预防措施，如何估计误差等等。肯定会要求一个好的科学方法理论提供在什么条件下能够认为证据是适宜的论述，并且能够指明科学中的经验工作应该做到的标准。实验科学家当然有许多摒弃假冒伪劣的方法，但不是诉诸主观信念程度。

尤其是当豪森和厄尔巴赫对批判作出回应时，他们强调需要馈入贝叶斯定理的先验概率和证据都是关于某个东西的主观信念程度，而主观贝叶斯主义对此（某个东西）却什么也没有说。但在什么程度上他们的立场仍然可称为一个科学方法理论呢？留下来的一切只是一个概率运算定理。设我们对豪森和厄尔巴赫作出让步，承认正如他们解释的这个定理的确是具有类似演绎逻辑地位的一个定理。那么这种慷慨的让步说出了他们立场的局限性。他们的科学方法理论告诉我们有关科学的东西，同观察到科学坚持演绎逻辑的规定一样多。至少，绝大多数科学哲学家认为科学视演绎逻辑为理所当然是不成问题的，但希望能告诉他们的不仅如此而已。

补充读物

Dorling (1979) 是一篇有影响的论文，使主观贝叶斯主义现代化，而 Howson and Urbach (1989) 对它提供了执拗的、不害臊的论据。Horwich (1982) 是用主观概率理解科学的另一试图。Rosenkrantz (1977) 努力发展包括客观概率在内

的贝叶斯主义科学观。 Earman (1992) 是对贝叶斯纲领的批判性的，但是给予技术性的保护。 Mayo (1996) 包含着对贝叶斯主义的持续批判。

第十三章 新实验主义

1 导言

如果我们认为贝叶斯主义的科学推论理论是个失败，我们仍然没有表征科学知识的独特处何在。波普尔强调观察依赖理论，理论总是超越观察，因而决不能从证据推导出来，对实证主义和归纳主义提出了问题。波普尔的科学观基于最佳理论是经受住最严格检验的理论这样一个思想。然而，他的科学观对当一个理论，而不是背景知识的某个要素应该对失败的检验负责时，不能提供清楚的指导，也不能对经受检验的理论充分肯定。我们讨论过的后续努力全都比波普尔所做的更进一步推进依赖理论的思想。拉卡托斯引入了研究纲领，认为它们是按照约成的决定而保留或摈弃的，例如决定责怪辅助假定，而不是硬核原则应对明显的证伪负责。然而，他不能给这些决定提供根据，在无论如何它们太弱，不能规定何时应抛弃一种研究纲领而支持另一种。库恩引入了范式，而不是研究纲领，从而引入了比波普尔的理论依赖影响更大的范式依赖，但库恩在明确回答怎能说一个范式比它代替的是改进这个问题时甚至比拉卡托斯更糟。可以认为费耶阿本德将理论依赖运动推向极端，完全放弃了科学有特殊方法和标准的思想，与库恩一起将相争的理论描绘成不可通约的。可以将贝叶斯主义看作是我称之为的理论依赖传统的一部分。对他们来说，有助于对科学理论作出优缺点判断的背景理论假定是通过先验概率引入的。

对于一群哲学家来说，困扰当代科学哲学的一系列问题根本上是由于采取了趋向极端的理论依赖的观点。虽然他们不想回到实证主义观念，即认为感官为科学提供不成问题的基础，但他们的确不是在观察中，而是在实验中为科学寻找一个相对可靠的基础。我将仿效罗伯特·阿克曼 (Ackermann, 1989)，将这一最近的趋势称作“新的实验主义”。按照它的支持者看来，用伊恩·海金 (Hacking, 1983,

p. vii)的话来说，实验能够有它独立于大范围理论的“自己的生命”。人们争辩说，实验主义者拥有一系列实际战略来确定实验效应的实在性，而无需求助于大范围的理论。不但如此，如果将科学进步视为坚定不移地增加实验知识积累，那么就能够重新建立科学累积进步的观念，而不会受到下列断言的威胁：存在着包括大范围理论变革的科学革命。

2 具有自己生命的实验

本节我们从主要取自古丁(Gooding, 1990)的历史故事开始。1820年夏末奥斯特发现带电电线的磁效应以某种方式绕电线周转。法拉第着手进行实验，以澄清这个断言是什么并进一步发展它。在几个月内，他实际上建立了一个原始的电动机。用软木塞从上到下将圆柱形玻璃管封住。一根电线从软木塞顶部中央插入圆柱体，末端有一个吊钩，钩上垂直地悬挂第二根电线。电线下端可自由环绕一个软铁圆筒的末端旋转，软铁圆筒通过软木塞底部伸入圆柱体底部。在摇晃着的电线的底部末端与铁心之间的电接触通过安放在软木塞下部的汞池维持。为了使这个“发动机”动起来，将一根磁棒的一个极安在从软木塞下部冒出来的铁心末端附近，而用一根电线将铁心同从软木塞顶部冒出来的电线通过电池联系起来。随之发生的电流引起摇晃的电线下端环绕磁化铁心旋转，而铁心与汞维持着接触。法拉第迅速将这个装置的样本发送给他在全欧洲的竞争对手，并附有如何使它运转的指示。他向他们指出，他们可以或者通过倒转与电池的联系，或者通过倒转磁体来使旋转方向倒转。

认为法拉第的成就是依赖理论和可错的是否有用或合适？可以在非常弱的意义上说它是依赖理论的。如果法拉第在大陆的竞争对手不知道磁体、汞和电池是什么，他们本来不能遵循他的指示。但这不过是对下述极端经验主义思想的反驳：事实必须通过感觉资料进入在其他方面什么也不知道的心内直接确立。谁也不否认这样的断言，即能够区别磁体与胡萝卜的人并不一定能认识到在电磁理论中什么算是一个已经确立的事实。在“胡萝卜不是磁体”是一个理论如此宽泛的意

义上使用“理论”一词是不明智的。不但如此，将所有谈论都解释为“依赖理论”无助于把握法拉第等人与安培等人之间的真正区别。众所周知，法拉第设法用带电体和磁体发出的并充满在它们周围空间的力线来理解电磁现象，而大陆的理论家想到的是电液，它滞留在绝缘体内，通过导体流动，而电液元素的相互作用是超距的。这些是有争论的理论，而懂得法拉第的电动机效应在下列意义上不是“依赖理论”的：懂得它依赖于接受或熟悉相争理论中的一个就行。在那时的电磁理论内，法拉第的电动机确立了一个所有电磁理论必须考虑的、在实验上已经确立的效应。

认为法拉第的电动机效应是可错的也无济于事。法拉第的电动机有时不起作用，这是事实，因为磁体太弱，或者因为电线浸泡在汞池内，而汞对旋转阻力太大，或者因为任何别的原因。因此，“所有电线处于按法拉第描述的实验安排内都旋转”这一陈述是假的。但这只是表明，试图用这类全称陈述把握法拉第发现的本质是不合适的。法拉第发现了一种实验效应，通过建立一个起作用的装置证明了它，并提供给他的竞争对手使他们能够建立也起作用的装置。可能的失败既不奇怪，也不相干。今天接受的对法拉第电动机的理论说明与法拉第和安培二者提供的说明显著不同。但直至今日法拉第的电动机通常是起作用的。很难理解理论上的未来进展如何能得出电动机不起作用的结论（尽管未来发现其他实验效应很可能使法拉第的电动机变得陈旧不堪）。用这种方式看问题，以可控方法可能产生的实验效应不是可错的，这些效应永远存在着。不但如此，如果我们用这些效应的积累来理解科学的进步，那么我们对科学的进步有一个不依赖于理论的理解。

第二个例子进一步支持这种看事情的方式。详细研究海因里希·赫兹实验生涯的杰德·布克沃尔德(Buchwald, 1989)表明赫兹如何打算产生新颖实验效应。他声称已经这样做了但有时并没有得到公认。不难看到为什么赫兹通过赫尔姆霍兹学习电磁理论，用赫尔姆霍兹的理论框架看事情，而后者只是当时对电磁理论的若干理论进路之一（其他主要的进路是韦伯和麦克斯韦的）。唯有理解和维护赫兹对他实验所作的理论解释的细节，赫兹的发现是一种新的效应这一点才能得到

理解和维护。这些结果是高度依赖理论的，而一位新实验主义者很可能会争辩说，这正是为什么它们没有被公认为新的效应的缘故。一旦赫兹产生出了他的电波，事情就完全不同了。有这些波存在这一点可以用独立于所支持的一般理论来证明。赫兹能够用受控方法显示这种新效应。他建立了驻波，表明小的电花检测器显示在这些波的腹点有最大量电花，而在节点没有电花。布克沃尔德经过试验发现，这根本不容易做到，结果也不容易重复。但我并不断言实验是容易的，我只不过断言认识到实验证明存在一种新的用实验产生的现象这一事实可以不依赖于诉诸相争电磁理论中的一个或另一个，所有阵营很快接受赫兹的波证实了这一断言。

于是，产生受控实验效应可独立于高层次理论来实现和了解。同理，新实验主义者可显示实验家可得的一系列战略来证实他们无需诉诸高层次理论的断言。让我们考虑例如，一个实验主义者会如何论证用工具进行的特定观察代表某种实在的东西，而不是人造物。伊恩·海金(Hacking, 1983, pp. 186-209)关于使用显微镜的故事很好地证明了这个论点。标记方格的微型格栅蚀刻在玻璃片上，通过摄影缩小使格栅看不见。缩小的格栅可用显示格栅及其标记方格显微镜观看。这已经强烈地显示显微镜有放大作用，而且是可靠的放大作用。顺便说一句，这一论据并不依赖显微镜如何工作的理论。现在我们考虑一下，有一个使用电子显微镜的生物学家在观看置于格栅上的血小板。(海金在这里正在报告一位科学家告诉他的实际事态。) 在细胞内可观察到一些稠密的物体。这位科学家不知道这些物体是在血内存在的，还是显微镜的人造物。(他怀疑是后者。) 他注意到格栅中哪些标记方格含有这些稠密的物体。接着，他通过荧光显微镜观看他的样本。同样的物体在格栅的同样位置又出现了。所观察的东西代表血内的物体，而不是人造物，对此能有任何怀疑吗？依据完全不同的物理学原理起作用的两种显微镜，因而可以明白二者产生同一人造物的机会是高度不可几的，这一知识就是使这种论据令人信服所要求的一切。这种论据并不要求每一种显微镜如何起作用的详尽理论知识。

3 黛博拉·迈约论严格实验检验

黛博拉·迈约(Mayo, 1996)是试图以哲学上严格的方法把握新实验主义含义的一位科学哲学家。迈约集中她的努力于实验如何证明断言的具体方法,并关注如何鉴定哪些断言得到确认,并如何确认。作为她处理问题基础的思想是,如果已经用了种种方法调查了可能错误的断言,并且加以排除,也只能说一个断言得到实验的支持。如果一个断言受到实验的严格检验,也只能说这个断言得到了实验的验证,而正如迈约通常解释的,对一个断言的严格检验必须是,如果这个断言是假的,它就不可能通过这个检验。

可以用一些简单的例子来例证她的思想。设光折射的斯奈尔定律受到一些十分粗糙的实验检验,在这些实验中很大的误差范围归因于入射角和折射角的测量问题,又设已经表明在那些误差范围内这些结果与这个定律是可以相容的。那么这个定律是否得到检验它的实验的支持呢?从迈约的观点看,这个回答是“没有”,因为由于测量的粗糙性,即使折射定律是假的,而另一些同斯奈尔定律差别不大的定律是真的,它也十分有可能通过这个检验。在我学校教书的时候,有一道练习题有助于理解这一论点。我的学生曾进行一些十分仔细的实验来检验斯奈尔定律。然后,我把这些实验连同一些其他的折射定律介绍给学生们,这些定律是在古代和中世纪斯奈尔定律发现以前就已经提出来的,我邀请学生们用他们已经用来检验斯奈尔定律的测量来检验它们。由于他们的测量引起的很大误差范围,所有其他的折射定律都通过了检验。这就清楚地证明了这个论点:所讨论的那个实验没有构成对斯奈尔定律的严格检验。即使斯奈尔定律是假的,而历史上其他折射定律之中一个是真的,它也会通过这个检验。

第二个例子进一步例证了迈约立场背后的基本原理。今天早晨我喝了两杯咖啡,今天下午我头痛。“我早晨的咖啡使我头痛”这一断言是否因此得到确认?迈约的立场把握了为什么回答是“否”的理由。在可以说这个断言经受严格检验并且因而得到确认以前,我们必须排除这个断言是错的种种可能。也许我的头痛是由于昨天晚上我喝的特别强烈的越南啤酒,也许由于我今天起得太早,也许由于我发现这一节太难写,如此等等。如果要确定在喝咖啡与头痛之间有某种因果联

系，就必须进行受控实验，来排除其他可能的原因。我们必须设法确定很不可能发生的结果，除非咖啡的确引起头痛。仅当差错的可能来源已经得到排除，因而除非这个断言是真的，否则它不大可能通过检验，实验才构成对断言的支持。这一简单的思想有助于以简洁的方式把握有关实验推理的普通直觉，迈约也将它扩展到提供新鲜的洞见。

让我们考虑一下所谓的“添加悖论”，我用一个例子来说明。让我们想象牛顿理论 T 已经被仔细观测的彗星运动所确认，并仔细地排除了由于附近行星的吸引、在地球大气中的折射等等引起的差错来源。设我们现在通过将例如“绿宝石是绿的”一个陈述添加在牛顿理论上建构理论 T' 。 T' 是否也被对彗星的观测确认呢？如果我们持这样的观点，即一个预见 p 确认一个理论，如果 p 从这个理论中必然得出并被实验确认，那么 T' （以及大多数以类似的方式建构的理论）被观测确认，但这违反我们的直觉。于是有了“添加悖论”。然而，从迈约的观点看， T' 没有被确认，因而这个“悖论”被消解了。给定我们排除可能差错来源的假定，我们就可以说彗星轨道不大可能确认牛顿派的预见，除非牛顿理论是真的。但对 T' 则不能这么说，因为如果绿宝石是蓝的，且 T' 是假的，完全不会改变彗星符合牛顿派预见的可能性。 T' 没有被所说的实验确认，因为实验并没有以种种方式去探求“绿宝石是绿的”也许是假的。对彗星的观测能够严格检验 T ，但不能严格检验 T' 。

迈约将这种推理路线延伸到不那么微不足道的例子。她热心于通过鉴定理论结论来检查理论推测，这些结论远远超越实验证据许可的范围。她对爱丁顿检验爱因斯坦关于光在引力场弯曲的预见的分析可以说明这一点。

爱丁顿利用日蚀来观测恒星的相对位置，这时的恒星所处的位置正好是，它们的光通往地球时接近太阳。他将这些相对位置同是年后来观测的相对位置（那时这些恒星不再与太阳紧紧排在一起）作了比较，发现了可测量的差异。迈约注意到了日蚀实验的细节，她论证说，爱因斯坦的引力定律被这些实验确认了，这个理论是他广义相对论的一个后件，但广义相对论本身则没有。让我们看看她是

怎么做的。

如果认为日蚀实验的结果确认了广义相对论，那么必定有可能论证，这些结果很不可能发生，如果广义相对论是假的。我们必须能排除广义相对论与这些结果之间的错误联系。这在这个例子中不可能做到，因为事实上有一整类的时空理论，爱因斯坦理论仅是其中之一，所有这些时空理论都预见了爱因斯坦的引力定律，从而也预见了日蚀实验的结果。如果除了爱因斯坦理论以外的这类理论中的一个是真的而爱因斯坦理论是假的，那么同样的日蚀实验结果是完全在意料之中的。因此，这些实验没有构成对爱因斯坦广义相对论的严格检验。它们不能将爱因斯坦理论与已知的其他理论区分开来。断言日蚀实验支持爱因斯坦广义相对论是远远超越了实验证据许可的范围。

当我们考虑日蚀实验确认爱因斯坦引力定律这一更局限的断言时，情况就不同了。观测当然是符合这个定律的，但在合法地将这作为这个定律的证据以前，我们必须排除这种符合的其他可能的原因。仅当我们说，除非爱因斯坦的定律是真的，否则不会发生所观测到的位移时，才能合法地这样做。迈约详尽地表明如何考虑和排除不同于爱因斯坦定律的其他定律，包括来自太阳与推定具有质量的光子之间按反比平方定律相互吸引的牛顿定律。日蚀实验严格检验了爱因斯坦引力定律，但广义相对论则没有。

新实验主义者一般关注于把握可以独立于高层次理论而可靠确立的实验知识领域。迈约的观点与这种志向互相配合得很好。从她的视角看来，可以按照上述路线，通过严格检验实验定律而确认它们。科学知识的成长应理解为这些定律的积累和扩展。

4 从错误中学习和引发革命

当证明实验结果没有差错，且如果一个断言是假的这些结果就不可能产生

时，实验结果就确认这个断言。然而，迈约之关注实验差错的重要性不止于此。她关注做得漂亮的实验如何使我们能够从错误中学习。从这个观点来看，在以前认可的断言中发现错误的实验既有积极功能，又有消极功能。也就是说，它不仅能证伪这个断言，而且能在积极方面鉴定一个以前不知道的效应。迈约在重新表述库恩的常规科学观时，清楚地说明了发现错误在科学中的积极作用。

让我们回想在第八章我们关于波普尔和库恩对为什么占星术没有资格作为科学这一问题所给予的互相冲突的答案的论述。按照波普尔看来，占星术不是科学，因为它是不可证伪的。库恩指出，这是不合适的，因为占星术过去是，现在仍是可证伪的。在 16 和 17 世纪，当占星术还“值得尊敬”时，占星术士的确作出一些可检验的预见，许多这些预见结果证明是假的。科学理论也作出结果证明是假的预见。按照库恩看来，区别在于科学是能够建设性地从“证伪”中学习，而占星术不行。对于库恩来说，在常规科学中存在着一一种解难题传统，而占星术则没有。科学不止是理论证伪。也存在建设性克服证伪的方法。从这个观点看，波普尔经常用“我们从我们的错误中学习”的口号来表征他自己的进路，却不能这样做，因为他的消极的证伪主义观把握不住科学如何从错误(证伪)中学习的合适的积极观点，这是具有嘲讽意义的。

在这里迈约与库恩站在一起，将常规科学认同为实验。让我们注意发现错误起积极作用的一些例子。观测到天王星轨道有问题对牛顿理论及当时背景知识提出了一个问题。但问题的积极方面是如何能找出麻烦的根源，用我们已经讨论的方式导致海王星的发现。我们以前已经提到的另一例子是赫兹的阴极射线实验，这导致他作出结论说，阴极射线未被电场偏转。J. J. 汤姆逊能够指出他的错误部分是由于认识到，如同在放电管一样，射线将残留物离子化，导致在电极上形成带电离子，并形成电场。汤姆逊通过降低管内压力和更为合适地安排电极，发现了赫兹没有注意的电场对阴极射线的影响。但也知道了有关离子化和形成空间电荷等新效应。在偏转实验中这些新效应成为应解决的障碍。然而，结果证明它们也是重要的。气体被通过它们的带电粒子离子化，对于研究云雾室内的带电粒子，具有基本的重要性。实验主义者对仪器上起作用的效应的详尽知识，使他或

她能够从错误中学习。

迈约不仅仅是将库恩的常规科学观念翻译为实验实践。她指出了实验发现和纠正错误的能力如何能够引发或促进一场科学革命，这是一个完全非库恩主义的论点。迈约的最佳例子是 20 世纪前十年末让·佩林所做的关于布朗运动的实验。佩林对布朗粒子的详细的、有独创性的、踏实的观察，无可怀疑地确定，它们的运动是随机的。这连同观察到粒子分布密度随高度而变异，使佩林能够定论性地表明，粒子的运动破坏了热力学第二定律，而符合运动学理论详尽的预见。你不可能得到比这一点更具革命性的东西了。应该讲讲的类似的故事还有例如黑体辐射、放射性衰变和光电效应的实验研究，它们迫使人们在 20 世纪最初几十年抛弃了经典物理学，构成新的量子理论的重要方面。

隐含在新实验主义进路的是，否认实验结果总是依赖“理论”或“范式”的，以致不可能在它们之间作出裁决。这一点的合理性来源于对实验实践，对于如何利用仪器、消除错误、设计交叉核查以及处理标本等等的关注。正是在这个意义上这种实验生命能够以独立于思辨性理论的范式维持下来，并能使实验生命的产物成为理论的主要约束。在这个意义上科学革命是“合理性的”，是实验结果迫使我们接受科学革命。极端的理论或范式统治的科学观丧失了并且不理解科学最独特的成分，实验。

5 新实验主义透视

新实验主义者业已表明，通过一系列独立于高层次理论的战略，包括实践干预、交叉核查、误差控制和消除等，实验结果如何能够得到证实，以及如何能够产生实验效应。结果他们能够提供一种科学进步观，将科学进步解释为实验知识的累积。由于采取了最佳的理论是经受住最严格检验的理论，并将对一个断言的严格检验理解为如果该断言为假很可能检验失败，新实验主义者就能够表明，实验如何能够影响对迥然不同的理论比较，以及实验也如何能够引发科学革命。

仔细注意实验的细节，以及它们究竟确立了什么，有助于检查理论，以及区别什么是实验证实的东西，什么是思辨的东西。

毫无疑问，新实验主义使科学哲学重新脚踏实地，这很有价值；它对过分的理论统治的进路是一贴有用的矫正剂。然而，我认为，将它看作对科学性质问题的完备答案是错误的。正如本章前面几节着重点提示的，实验不是那么独立于理论的。健康地很有助益地强调实验生命不应该使我们看不到理论也具有自己的生命这一事实。新实验主义者认为，将每一次实验都看作对理论提出的问题努力作出的回答，这是个错误，因为这低估了实验可有它自己的生命，这是对的。当伽利略将他的望远镜对准天空时，他并没有关于木星卫星的理论要检验，但从此以后由于利用了新仪器或新技术开辟的机会，发现了许多新颖的现象。另一方面，情况确实仍然如此：理论往往指导实验工作，指点通向发现新颖现象之路。毕竟，正是爱因斯坦广义相对论的一个预见推动了爱丁顿去考察日蚀，正是爱因斯坦气体运动理论的延伸驱使佩林用他的方式去研究布朗运动。同理，正是涉及绝缘介质偏振现象的变化率是否应该有类似传导电流这样的磁效应这个基本理论问题使赫兹走上实验之路，其顶点是产生无线电波，而阿拉戈之发现圆盘阴影中央有耀斑是直接检验菲涅耳光的波动说的结果。

不管理论是否能否将实验引向正确的方向，但新实验主义者敏锐地把握了实验知识如何能以独立于高层次理论的方式得到证明。黛博拉·迈约的确对实验结果如何能利用一系列消除错误的技术和误差统计学得到可靠的确定，提供了详尽和令人信服的论述。然而，一旦需要赋予实验结果以超越产生这些结果的实验境况的重要意义时，就需要参照理论。

迈约努力表明误差统计学能够应用于仔细控制的实验以得出这样的结论：这种类型的实验可以(具体规定的)高概率产生特定结果。将记录的实验样本看作这类实验可达到的所有可能结果的样本，在样本基础上可将误差统计学应用于赋予群体以概率。这里的一个基本问题是，什么样的实验算是同类实验？所有实验在一些方面互不相同，例如它们在不同时间、不同实验室进行的，使用不同的仪器

等等。对这种探求的一般答案是，这些实验必须在相干的方面是类似的。然而，对什么是相干的判断是依据目前的知识获得的，因而随知识的改进而改变。例如我们设想一下，伽利略进行了一系列实验，他从这些实验结果中得出结论说，引力引起的加速度是个常数(让我们虚拟地让伽利略使用现代的误差统计学，并设想他能够将低概率赋予未来不利于他的实验)。从现代的观点看，人们能够明白，即使在未来某个场合伽利略在海平面上干得很好，他之依赖加速度值会使他失望。正如伽利略所做的那样，假定下落趋势是重物的固有性质，这种性质只是由于它们是物质客体才拥有的，在这种语境中显然海拔高度是不相干的，并且因此伽利略的样本具有代表性。关于什么算是同一类型实验的判断要在理论背景上作出。

撇开这类问题不谈，只要认为实验结果具有超越产生这些结果的特殊条件的重要意义，理论考虑就变得关键起来。迈约自己论证说，日蚀实验确认了爱因斯坦引力定律，这是显而易见的。正如迈约说明说明的，这包括表明这些结果与牛顿理论对现象的最佳估计是不相容的，也与其他可能想象的任何理论(例如奥利弗·洛奇之诉诸以太机制)不相容。一个接着一个，发现这些其他的理论都不行。迈约得到迪森和克罗梅林的允许，引用了他们在《自然》杂志上的一篇文章说：“我们似乎是因精疲力尽而将爱因斯坦定律作为唯一令人满意的说明。”我不想在这里对下列说法提出辩驳：这表明鉴于这些条件当时接受爱因斯坦引力理论是合情合理的。但论证的关键部分基于这样的假定：事实上没有其他可接受的理论。迈约不可能排除经过修改的牛顿理论、以太理论，以及尚未想到的其他理论能够说明日蚀实验结果的可能性。这就是为什么她明智地不将概率赋予这些假说。因此，她支持科学定律和理论的论证归结起来是断言：它们比其他可得的竞争者更好地经受住了严格的检验。迈约与波普尔派的唯一区别是，她具有说清楚什么算是严格检验的优点。理论考虑起着关键的作用。

新实验主义者坚持认为实验家拥有强有力的技术可坚实而可靠地确立实验知识，这些知识可相对地独立于纯理论。这些断言如能站得住脚，那么就能抑制过度的可错论，维护被理解为可靠的实验知识成长的累积的科学进步观。然而，

一旦让我在本节讨论的这类理论考虑起关键作用，那么必须承认相应程度的可错论。

新实验主义并没有表明如何能够从科学中排除理论，有时是高层次理论。在这方面注意到这一点是重要的：在判定牛顿力学对宇宙飞行的可靠性时重要因素是，给定所预期的速度，根据相对论计算出的与它的偏差可以忽略不计。无疑，科学中“理论的生命”也是重要的。例如，在改进电子显微镜时使用的量子力学原理，甚或全部科学利用的能量守恒定律，都是比从特定的实验得出的概括多得多。它们在科学中有什么样的生命，这种生命与实验的关系又如何？

一些新实验主义者似乎愿意在经过充分确定的实验知识为一方，与高层次的理论为另一方之间划一条线。（当黛博拉·迈约区分广义相对论为一方与更为局限的引力理论为另一方时，似乎在朝这个方向前进。）有些人将这一观点推到这个地步，认为唯有实验定律才能对世界的存在方式作出可检验的断言。高层次理论似乎起着某种组织或助发现的作用，而不是对世界的存在方式作出断言。这类考虑将我们引向最后两章要讨论的问题。

附录：理论与实验的愉快会面

许多人同意，一个理论经受住严格检验，就是一个好的理论。然而，科学中有许多种确认的案例并不那么容易适合这种描述，除非在表征检验的严格性时非常小心谨慎。我想到一些理论与观察之间匹配的案例，它们之间不匹配并不表明反对理论。最好用一些例子来显示这一想法。

科学中一类常见的境况是，一个理论连同若干复杂的也许可疑的辅助假定作出一个新颖预见。当预见得到确认，认为理论获得重要的支持，这是合情合理的。一方面，如果预见没有得到确认，问题可能出在辅助假说上，也可能出在理论上。因此，也许出现这样的情况：检验预见并不构成对理论的严格检验。然而，当预

见得到确认时，理论获得重要支持。奈尔·汤姆森 (Thompson, 1994 及 1998) 详细地发展了这一点。下面是一个很好的例子。哥白尼理论预见金星应该像月球一样显示位相，倘若假定金星是不透明的，这些位相以特定的方式与它外观大小的变化相关联。从历史的观点看，我用斜体表达的断言(正如哥白尼和伽利略都非常明确地陈述过的那样)完全是一个悬而未决的问题。当伽利略利用他的望远镜观测金星的位相，发现其恰如哥白尼理论(连同金星是不透明的假定)所预见的那样，随地球、太阳和金星的相对位置以及随金星外观大小而变化时，认为这是对该理论(以及辅助假定)的证据，这是完全合理的。如果观察到金星的位相，这本来既可以归因于理论，也可以归因于辅助假定，因此在这个意义上这种做法并不构成对哥白尼体系的特别严格的检验。

一个相关的也十分常见的境况是，在观察的意义很不清楚的凌乱境况下探求一个理论。在这里，将理论预见与观察作详细匹配有助于确认理论和对观察的解释，而匹配失败只是指明还要做更多的工作。有一个例子是使用电子显微镜观察晶体中的错位。1930 年代中叶对固体的强度、展延性和可塑性的论述已经在理论上预见到在晶体固体内其他方面很规则的原子排列中的错位和不完整。如何晶体结构完全规则，那么晶格之间的力将会太强，不允许固体有已知的强度和柔韧性。在 1950 年代早期电子显微镜已经发展到这样的阶段，使一些人相信他们可以观察到晶格和错位，尽管电子/标本相互作用的理论还没有发展到足以用某种方式给出确定的预见。1956 年吉姆·曼特尔(1956)和彼特·赫尔希等(1956)产生出电子显微镜映像，他们鉴定这些映像显示出了错位。他们为这些复杂映像的解释作辩护的方式非常类似新实验主义者强调的方法。例如，观察到使晶体弯曲等实践干预的效应符合映像确实是晶格的这一假定，而例如 X 射线和电子衍射等不同物理过程的效应则给出相互支持的结果。然而，除了我在这里提出的论点外，理论与观察之间的匹配在一定程度上有助于确认两者。例如曼特尔应用阿贝的显微镜理论于晶体的电子映像的形成，将在他的预见与所观察到的模式之间显著匹配看作确认他的理论，也确认将映像解释为晶格的映像。赫尔希观察到的错位恰如流行的错位理论所预见的，并认为这既确认了他的理论，也确认了他的映像代表错位这一事实。在这些案例中，在理论与观察之间的愉快匹配构成了对理

论的重要支持。在另一方面，实验境况非常凌乱和难以理解，这就允许除了归因于受检理论外对失败可有很多说明。我认为可以预期我在这里描述的那种境况在实验科学中是经常发生的。

黛博拉·迈约对严格性的表征能够适应这些例子。¹ 她将问如果理论是假的，这些确认是否本来就可能发生。在我的哥白尼例子以及晶格错位例子里，回答都是：它们非常不可能发生。因此，在每一个例子中，有关的理论都从理论预见与观察之间观察到的吻合得到重要的支持。迈约的严格性观念与科学实践是一致的。

补充读物

Hacking (1983) 是新实验主义的先驱著作。这类的其他著作有：Franklin (1986) 和 Franklin (1990), Galison (1987) 和 Galison (1997) 以及 Gooding (1990)。Ackermann (1989) 提供了对这一观点的概括。Mayo (1996) 是对这一观点最为精致的哲学辩护。

第十四章 为什么世界应该服从定律？

1 引言

在前面几章里我们一直关注认识论问题，即科学知识如何诉诸证据得到证明以及这种证据的性质等问题。在这一章和下一章我们将转向本体论问题，即在这个世界上有什么东西存在的问题。现代科学假定或表明什么样的实体存在在这个世界上？迄今为止，在本书中认为对这个问题的部分答案是理所当然的。现在则认为存在着定律这种东西是理所当然的：定律支配着世界的行为，发现定律是科学的事。本章关注的是这些定律是什么样的实体。

世界受定律支配，发现定律是科学的事，这样的观念是常识。然而，这种观念等于什么，远不是没有问题的。罗伯特·波义耳在 17 世纪强调指出了一个问题。定律(法律)的概念来源于社会领域，在那里它的意义是一目了然的。个人服从或不服从社会的法律，个人能够理解法律及违反法律后果。但是一旦以自然的方式理解法律(定律)，怎么能说自然界的物质系统服从法律(定律)？因为不可能说它们能够理解它们要服从的法律(定律)，并且无论如何应用于科学的基本定律是无例外的，因此与一个人违反社会法律和承担其后果没有相关关系。那么什么东西使物质按定律运动呢？这是一个合理的和简单的问题，然而也不是一个容易回答的问题。波义耳的回答是，上帝使物质按照他规定的定律运动。我认为从现代的观点看，波义耳的回答留下了许多问题。让我们看看我们是否能干得更好。

2 作为规律性的定律

对“什么使物质按定律运动？”的问题的一个常见的回答是否认它的合法性。哲学家大卫·休谟有力地表达了这种推理路线，从此以后一直很有影响。从休谟的观点来看，认为似定律的行为由某个东西引起，这是个错误。其实，自然界因果关系的整个观念都应受到质疑。推理如下。例如当两个台球相碰撞时，我们能够观察到它们在碰撞前不久和碰撞后不久的运动，而且我们也许能够辨认出碰撞后的速度与碰撞前的速度之间有规律性联系，但我们决不能看到的是除此以外的东西：一个台球对另一个的原因作用。从这个观点来看，因果关系不过是规律性联系，定律具有“A 类型事件总是伴随着或跟随着 B 类型事件”。例如，伽利略的落体定律采取这样的形式：“每当在地球表面附近释放一个重物时，它以匀加速降落在地上”。这就是所谓定律的规律性观点。没有什么东西使物质按定律运动，因为这不过是事件之间事实上的规律性。

对定律的规律性观点的一些标准的有力的反对意见认为，这种观点没有区分偶然的规律性与似定律的规律性。波普尔举出了“没有一只恐鸟活过 50 年以上”这个例子为例。恐鸟是一种现在已经灭绝的物种，很可能没有一只恐鸟活过 50 年以上，但如果环境条件更为有利一些，有些恐鸟本来可以活过 50 年，由于这个理由我们倾向于认为这一概括不是自然律。但它是一种无例外的规律性，据此理由它有资格成为一条定律。每当在曼彻斯特工作日结束时工厂汽笛鸣响，伦敦的工人就放下了工具，也许情况很可能如此，但即使对这一概括没有例外，它也没有资格成为一条自然律。这类例子很多，它们提示：自然律不仅仅是规律性。规律性观点另一困难是，它不能鉴定因果依赖的方向。在吸烟与肺癌之间存在规律性联系，但这是因为吸烟引起肺癌，而不是相反。这就是为什么我们能够希望通过消除吸烟来降低癌症发病率，但不能寄希望于通过发现癌症治疗方法来遏制吸烟。事件显示的规律性不是使规律性成为定律的充分条件，因为似定律行为不仅仅是规律性。

除了认为规律性是定律的充分条件这一观念的困难外，科学中一目了然的考虑强烈地提示规律性也不是必要条件。如果认真对待认为定律描述事件之间无例外的规律性联系这一观点的话，一般被认为科学定律的断言都不够资格。上述的

伽利略落体定律就是这样一种情况。秋天树叶很少以匀加速降落在地上。根据不加限定的规律性观点，这将使这条定律成为假的。同理，阿基米德原理部分地断言比水密度大的物体下沉，但浮在水面上的针反驳了这个原理。如果认为定律是无例外的规律性，那么由于缺乏这种规律性，很难找到定律的候选者了。不但如此，在科学内部被认为定律的大多数(如果不是所有)概括都没有这个资格。

从科学实践和常识的观点来看，对这些意见有现成的回应。毕竟，为什么秋天没有以规律性方式掉落在地上，对此已有清楚的了解。它们受到起着干扰作用的气流和空气阻力的影响，正如针的下沉可受到表面张力的抑制。正是因为物理过程受到干扰影响的阻挠，表征这些过程的物理定律需要在设计的实验条件下检验，在这样的条件下消除或控制这些阻挠作用。与科学相干的规律性，表示似定律行为的规律性，一般是过细的实验的来之不易的结果。考虑一下例如亨利·卡文迪什不得不走很长的路才得到具有引力的球以显示引力的反比平方定律，而在赫兹失败的地方 J. J. 汤姆逊最终成功地显示运动的电子在电场规律性的偏转。

对定律的规律性观点的维护者对这些意见的一个显而易见的回应是，用条件句形式重新陈述这个观点。定律可以下列形式表述：“假如干扰因素不存在，A 类型事件规律性地跟随着或伴随着 B 类型事件”。因此，伽利略的落体定律变成“假如重物没有遇到变化不定的阻力或没有被风或其他干扰因素偏转，它们以匀加速降落地面。”短语“其他干扰因素”表示这样一个一般问题：如何能够表述定律适用必须满足的那些条件的精确陈述。但是我将这个困难撇在一边，因为我认为规律性观点在这里面临的困难多得多。如果我接受将定律表征为以条件句陈述的规律性，那么我们必须接受定律仅适用于那些条件满足时。由于通常仅在特殊的实验仪器上才获得这些相应条件的满足，我们不得不作出这样的结论：科学定律一般只适用于实验境况，而不是在它们之外。就会认为伽利略定律仅适用于当落体在排除空气阻力等类似因素的境况。因此，按照这种经过修改的规律性观点的版本，秋天的树叶不服从伽利略的落体定律。这是否与我们的直觉相冲突？难道我们不应该说，一片秋天的叶子受落体定律支配，但也受空气阻力和空气动力学的定律支配，因而发生的降落是各种不同的定律共同作用的复杂结果？因为条件

句形式的规律性观点将定律的适用性限制在满足相应条件的实验境况内，在这些条件以外发生什么，什么也不能说。按照这个观点，对为什么秋天树叶通常最后降落在地上，科学什么也不能说！这里的困难与这样一个问题相呼应：如果认为新实验主义穷尽了有关科学知识的一切所引起的问题。因为正如我们在前面几章看到的，虽然新实验主义很可能把握了在强的意义上科学的进步可理解为实验知识的不断累积，留下来没有论述的是在实验境况内达到的知识如何能传送到那些境况之外并应用于别处。我们应如何说明工程师之利用物理学，在地质学史中如何利用同位素确定年代，或如何利用牛顿理论于彗星运动？如果认为科学定律既应用于实验境况内部，又应用于外部，那么就不能将定律与在实验境况才能达到的规律性混为一谈。定律的规律性观点不可取。

3 定律是能力或倾向的表征

有一个简单易行的办法摆脱我们迄今为止讨论过的有关定律概念问题。这个办法是同样认真对待在科学和常识内隐含的东西，即物质世界是能动的。事物自然地发生在世界内，它们之发生是因为世界中的实体具有以它们的方式作用或运动的能力或倾向。球反弹因为它们具有弹性。宣告内容物有毒、易燃或易爆的容器上的警告告诉我们内容物能够干什么以及它们有如何作用的倾向。详细说明一个电子的质量和电荷表示它对电磁场会有什么样的反应。一个事物是什么的重要因素是它能够做什么或变成什么。正如亚里士多德正确地观察到的，我们需要根据事物的潜在存在以及实际存在来表征它们。正如成长为一棵橡树的能力是一粒橡树子应该是什么的重要部分，因此电荷的异性相吸同性相斥以及加速时放射是一个电子应该是什么的重要部分。我们对系统进行实验来发现它们具有如何运动的倾向。

一旦我们允许用例如倾向、趋势、力量和能力这些东西来表征物质系统，那么就能将自然律看作表征那些倾向、趋势、力量和能力。伽利略的落体定律描述有重量物体所具有的以匀速降落地上的倾向，牛顿引力定律表述有质量物体之间

吸引的能力。一旦我们用这种方式解释定律，我们就不再需要期望定律去描述世界中发生的一系列事件，因为这些事件一般是若干倾向、趋势、力量和能力以复杂的方式共同作用的结果。一片树叶按伽利略定律降落的趋势受到风的作用的阻碍，这一事实本身不是怀疑趋势继续按该定律作用于这片树叶的理由。从这个观点来看，我们就能够很容易理解，收集鉴定定律有关的信息，为什么必须进行实验。需要将符合所研究的定律的趋势与其他趋势分离开来，这种分类要求相应的实践干预。由于洋底的不规则性以及太阳、行星和月球之间的引力，我们不可能希望根据牛顿理论和初始条件来精确描述潮汐。尽管如此，引力是潮汐的重要原因，而有适当的实验来鉴定引力定律。

从我正在维护的观点看，原因与定律是密切联系的。事件是通过作为原因的具有作用力的具体事物的作用引起。月球的引力吸引是潮汐的主要原因，带电粒子引起离子化，在云雾室留下轨迹，振荡的电荷引起无线电装置发射无线电波。对能动力在这些情况下作用方式的描述构成自然律。引力的反比平方定律定量地描述有质量物体具有的吸引能力，经典电磁理论的定律描述带电物体吸引和辐射的能力。正是在自然界起作用的作用力使定律成为真的(如果它们是真的话)。于是，我们对波义耳的问题有了一个现成的答案。正是具体事物具有的，当它们相互作用时起协同作用的力量和能力，迫使那些具体事物按定律运动。有效的因果关系引起似定律的运动。波义耳面对的问题是，他需要定律，也需要求助上帝，正是因为他倾向于将倾向性质归于物质。

大多数哲学家似乎不愿意接受包括倾向或能力作为基元的本体论。我不理解他们的不愿意。也许不愿意的理由部分是历史的。力有个坏名声，神秘而晦涩，在文艺复兴期间巫术利用它，亚里士多德派在形式的伪装下随意地使用过它。波义耳的机械论哲学摈弃能动性质可以看作对这些传统的过分膨胀的一种反应，也许是过度的反应，也是受神学关注的推动。然而，引用能力、趋势等没有什么神秘的，在认识论上也没有什么可疑的。对能力、趋势等的断言可以接受与其他任何种类的断言一样严格的经验检验。不但如此，尽管有许多哲学家对趋向性质表示厌恶，但科学家一直引用它们，没有它们就无法工作。在这方面，注意到下列

事实是重要的：波义耳在他的实验科学中恰恰与他的机械论哲学相反，自由地使用趋向性质，例如酸度和空气的弹力等。种种形式的可塑性使 17 世纪的机械论哲学家感到尴尬。霍布斯抱怨说，波义耳赋予空气以可塑性等于承认空气能够自己运动。波义耳和 17 世纪的其他科学家继续使用可塑性概念，而从来不能用非趋向性性质将它解释过去。从此以后，也没有人能成功地做到这一点。我不明白哲学家有什么理由对这种常见的，其实是到处存在的，科学家常用的趋向性质的用语提出疑问，或认为有必要将它解释过去。

认为定律表征趋向、力量、能力或趋势的观点有这样的优点，它在一开始就承认一切科学实践中隐含的东西，即自然界是能动的。它说明了什么使系统按照定律运动，它将定律与因果关系自然地联系起来。它也给前一章里遇到的问题提供一个现成的解法，即在实验境况中获得的知识可传送到这些境况以外的可能性问题。一旦认识到世界中的实体是由于它们拥有的能力才成为如此的，而且这种认识是隐含在科学实践和日常生活中的，那么描述这些能力、在实验境况中鉴定的定律就能够被推定也应用于这些境况以外。虽然如此，我不可能拍拍屁股就走，因为有一些重要的科学定律难以适合这种图式，这使我良心不安。

4 热力学和守恒定律

让我们回到我在前一段落概述和维护的观点，即将定律理解为因果力，定律的因果观。物理学有些重要定律并不适合这种图式。热力学第一和第二定律不适合，基本粒子物理学的一系列守恒定律也不适合。热力学第一定律断言，一个孤立系统的能是恒定的。第二定律断言在一个孤立系统的熵不可能减少，其后果是可保证热从热物体流向冷物体，而不是相反，因而排除了从海水提取热能并使之作功的可能性，其唯一代价是降低海水温度。能成功地这样做的机器将是第二类永动机，不同于第一类永动机，引起能量的净增加。热力学第一定律排除了第一类永动机，而热力学定律排除了第二类永动机。这些十分普遍的定律与物理系统的运动有关，可用来预测它们的行为，完全与起作用的因果关系细节无关。这就

是为什么不可能将这些定律解释为因果律。

让我来提供一个例子来说明我的论点。如果冰受到比正常大气压高的压力影响，它的熔点就会降低。这就是为什么悬挂重物的电线通过冰块会缩短。在分子水平上说明这一点远不是那么明显和确切的，可能没有详细的解释。由于压力推动分子更为靠近，人们可期望在这种条件下分子之间的引力增强，导致将它们分开所需要的热能增加，从而熔点升高。这恰好就是接近融点的典型固体发生的情况。但冰不是典型的固体。冰中的水分子比它们在液态时更为松散地挤在一起，这就是为什么冰的密度比水低。（这样正好，否则湖泊和河流会从底部冻起并在持续零下温度时期全部冰冻，从而消灭了所有鱼类以及其他水生动物。）如果冰中的分子被迫比正常状态时更为靠近，它们之间的力降低，因此分离它们需要较少的热能，熔点降低。力如何依赖分子位置的确切方式很复杂，依赖包括力的互换和库仑力等精细的量子力学细节，对此现在还不确切知道。

知道了上述的复杂性以后，人们会对此感到惊奇：詹姆斯·汤姆逊在 1849 年能够预测水的冰点随压力而降低，从而先人一步作出这一现象的经验发现。他的推导所需要的一切就是热力学定律加上水的密度大于冰的经验事实。汤姆逊用思想实验设计了一个循环过程，从 0°C 水提取热，然后将热转换到 0°C 的冰中。如果这种发动机提供一种从水中提取热，并将所有的热转换为膨胀所作的功，于是这就是为热力学第二定律排除的第二类永动机。汤姆逊认识到，压力增加冰点降低的假定可妨碍这个不可接受的结论。

我要强调的这个案例的特点是，汤姆逊作出这个预见时并不知道分子水平因果过程的细节。热力学的独特特点及其主要优点是，它应用于宏观层次，而不管潜在的因果过程如何。恰恰是热力学定律的这个特点，使它们不能成为因果律。

因果观的困难不止于此。可以用详细说明作用于力学系统每个成分的力，并利用牛顿定律追溯该系统的发展来理解和预测其运动。在这种进路内，很容易将牛顿定律解释为对物体作用力和反作用力这一倾向的描述。然而这不是处理力学

系统的唯一方式。力学定律也可写成以能量而不是力为出发点。汉密尔顿和朗格兰日的力学公式就采取这种进路，所要求的是将一个系统的位能和动能表达为确定它们所需的座标的函数。于是，将这些表达式馈入汉密尔顿或朗格兰日的运动方程式，就可以完全说明系统的进化。

詹姆斯·克勒克·麦克斯韦(Maxwell, 1965, vol 2, pp. 783-784)试图将他的电磁理论置于朗格兰日的形式内，用特别生动的方式说明了这一点。我们想象有一个钟楼，其中复杂的机械装置由掉到下面敲钟人房间的绳子驱动。我们假定绳子的数目等于系统自由度的数目。作为绳子位置和速度的函数的系统的位能和动能能够由用绳子来作的实验确定。一旦我们有了这些函数，我们就能写下这个系统的朗格兰日方程式。给定任何一个瞬间绳子的位置和速度，就有可能推导出任何其他瞬间的绳子的位置和速度。我们能够做到这一点，而无需知道在钟楼内发生的因果关系细节。朗格兰日方程式所陈述的不是因果律。

也许有人会反对说，对朗格兰日力学公式的这些观察结果对定律的因果观并不构成一个严重的反例。人们可指出，虽然无视钟楼机械装置的详细因果关系，朗格兰日对钟楼机械装置的处理一样可行，但一旦有机会接近钟楼，获得适当的经验，就能用牛顿的，从而也就是因果的术语来表述这种因果关系。毕竟，人们可以看到朗格兰日方程式可从牛顿方程式推导出来。

这最后的断言不再是真的了(如果它曾经是真的)。在现代物理学中，朗格兰日方程式比可从牛顿定律推导出来的那些方程式得到更为普遍的解释。能量被普遍地解释为一切种类的能量，不仅是在力的作用下有质量物体产生的能量，例如朗格兰日方程式可容纳电磁能，电磁能包括依赖速度的位能，并使场的电磁动量这些东西成为必要，而电磁动量不同于相应于质量乘速度这种动量。极而言之，在现代物理学朗格兰日(或相关的汉密尔顿)的这些公式并不能被作为它们基础的因果论代替。例如，种种守恒原理，例如电荷和宇称的守恒，与朗格兰日能量对称函数中的对称性密切联系，不能用潜在的过程阐明。

所有这一切的结果可总结如下。物理学内一系列定律可被理解为因果律。在这样做有可能时，对波义耳问题就有一个现成的答案：倒底是什么迫使物理系统按照定律运动。正是定律表征的因果力的作用，使系统服从定律。然而，我们已经看到，物理学有些基本定律不能解释为因果律。在这种情况下，对波义耳问题没有现成的答案。什么使系统按照能量守恒定律运动？我不知道。系统就是这样运动。我对这种境况感到不舒服，但我不知道如何能够避免它。

补充读物

有关与这里表征的定律观不同观点，以及对规律性观的详尽批判，见 Armstrong (1983)。实验如何指向定律的因果观见 Bhaskar (1978)。Cartwright (1983) 对能够有适用于世界的基本定律表示怀疑，但在 (1989) 中修改了她的观点，已维护某种更为类似因果观的观点。在 Christie (1994) 中用有趣的例子描述了许多哲学家如何表征定律与科学家使用的定律概念之间的冲突。这一章的材料主要取自，并进行了稍微详尽的讨论的是 Chalmers (1999)。另外最近讨论定律性质的是 van Fraassen (1989)。

第十五章 实在论与反实在论

1 引言

有关科学知识所作的自然假定是，它告诉我们许多有关世界的本性，这完全超越了表面上显现出来的样子。它告诉我们电子和 DNA 分子，光线在引力场弯曲，甚至在观察世界的人类出现以前很久世界上盛行的情况。科学不仅是旨在提供我们有关这些事物的知识，而且主要的是它在这样做时获得了成功。科学不仅描述可观察的世界，而且也描述在外观背后的世界。这就是实在论有关科学的大致陈述。

为什么有人要否认实在论呢？当然有许多当代科学哲学家这样做。怀疑实在论的原因之一是，关于不可观察的世界的断言必定是假设性的，因为它们超越了在观察基础上能够牢固确立的东西。关于科学的实在论过于匆忙行事，因为它的断言超越了能够合理地维护的东西。历史的反思加强了这些怀疑。过去曾对不可观察的实体作出过断言的许多理论家结果的确认明在这方面过于草率，因为这些实体已经为人们摒弃。牛顿的光微粒说、热的热质说，还有麦克斯韦的电磁理论（就它假定电磁场是物质以太状态而言）都是例子。虽然这些理论的理论部分已经被摒弃，反实在论注意到，基于观察的那些部分仍旧保留了下来。牛顿对色差和干涉的观察，库仑的带电物体的吸引和排斥定律，以及法拉第的电磁感应定律已经结合进现代科学之中。科学的持久不衰的部分是基于观察和实验的部分。理论仅仅是脚手架，一旦它们不再有用，就要被抛弃。这就是典型的反实在论立场。

于是，实在论立场反映了大多数科学家和非科学家未加思索的态度，实在论要问：“涉及例如电子和引力场等不可观察的实体的科学理论如何能够那么成功，如果它们没有（至少近似地）正确描述不可观察的领域？”反实在论在作出回应时

强调，证据对科学的理论部分的支持不具定论性，并指出：不管过去的理论是实在的不正确描述这一事实，它们照样证明是成功的，正因为如此，假定当代的理论也是如此，这是合情合理的。这就是我们在本章要探讨的争论。

2 全球反实在论：语言、真理和实在

在当代文献中实在论与反实在论的争论往往采取我认为没有帮助的形式，而且无论如何它是我和许多其他人要讨论的是不同的争论。对这场讨论的一般而抽象的术语不感兴趣的读者不妨跳过这一节。我称之为的全球反实在论提出的问题是，包括科学语言在内的任何种类的语言，如何能与世界打交道，或与世界挂上钩。它的维护者说，我们没有办法通过感知或任何其他方式与实在面对面，直接获得有关它的事实。我们只能从人为的视角来看世界，并用我们理论的语言来描述它。我们永远陷在语言的圈子里，不能突破它的束缚、独立于我们的理论“直接”描述实在。全球反实在论否认我们能用任何办法（不仅在科学内）接近实在。

我怀疑有任何严肃的当代哲学家认为我们能够与实在面对面，直接获得有关它的事实。我要提醒读者在本书中我们大概在第二章留下了这种思想。因此，在这种意义上我们全都是全球反实在论者，但仅此而已，因为这是一个很弱的论点。当认为不能直接接近实在具有这样的后果，即为对科学和一般知识采取的怀疑论态度辩护时，它就变成强的论点。这个思想是，任何知识都没有作为对世界的表征这类特权地位，因为我们不能接近世界，不能接近就不能为此辩护。这种观点是没有根据的。虽然我们真的不能不用某种概念框架描述世界，然而我们能够通过与世界的相互作用来检验那些描述的适宜性。我们发现世界不仅是通过观察和描述，而是通过与它相互作用。正如在第一章讨论的，必须用语言表述的、有关世界的断言的建构是一回事。这些断言的真伪是另一回事。真理的概念往往被认为对实在论的争论具有重要关系，因此要求讨论真理概念。

最为有利于实在论者的真理理论是所谓真理符合论。这个理论的一般思想是

一目了然的，可用常识来例证，以致使它看起来几乎是老生常谈。按照符合论，一个句子是真的，当且仅当它符合事实。句子“这只猫是在席子上”是真的，当且仅当这只猫是在席子上，这个句子是假的如果它不在席子上。一个句子是真的，如果事情如句子说得那样，否则是假的。

这个真理概念的一个困难是容易，它也可能容易导致悖论。所谓的说谎者悖论就是一例。如果我说“我从不讲真话”，那么如果我说的是真的，那就我说的是假的！另一个例子如下。我们想象有一张卡片，卡片的一面写着“这张卡片的另一面的句子是真的”，而另一面写着“这张卡片另一面上写的句子是假的”。稍加思索就会发现这两个句子既是真的，又是假的。

逻辑学家阿尔弗雷德·塔尔斯基证明对于一个相当简单的语言系统而言，如何能够避免悖论。关键的一步是，他坚持认为，当人们正在谈论某种语言的句子的真假时，必须仔细区分正在被谈论的语言系统中的句子，即“对象语言”，与有关对象语言的谈论在其中进行的语言系统中的句子，即“元语言”。关于卡片的悖论，如果我们采纳塔尔斯基的建议，那么我们必须判定：卡片上的每一个句子是在正在被谈论的语言中，还是在其中进行谈论的语言中。如果人们遵循这条规则，即每一个句子必定要么是对象语言，要么是元语言，不可两者兼有，那么两者都不可能指称对方，也不可能被对方所指称，这样就不会发生任何悖论了。

因此，塔尔斯基符合论的关键思想是，如果我们要谈论某个特定语言的句子的真，那么我们需要更为一般的语言，即元语言，用这种语言我们能够既指称对象语言的句子，又指称那些对象语言与之符合的那些事实。塔尔斯基必须能够表明如何能系统发展真理符合论概念，使对象语言内的所有句子避免悖论。这是一项技术上困难的工作，其理由是：对于任何重要的语言，有无穷数目的句子。塔尔斯基完成了他的工作，但那些语言包括的是有限数目的单称谓词，如“是白的”或“是桌子”。他的方法包括将一个对象必须满足的谓词的意义看作是给定的。

日常语言的例子似乎是浅显的。例如， x 满足谓词“是白的”，当且仅当 x 是

白的。假如这种满足概念适用于某一语言的所有谓词，塔尔斯基表明如何能从这个出发点为该语言的所有句子建立真理概念。(用专门术语来说，将这种简单的满足概念看作给定的，塔尔斯基就可以用回归方法定义真理。)

塔尔斯基的成果当然对数理逻辑具有重要的技术意义。它与模型理论有基本的关系，对证明理论也有意义。但这些问题远远超过本书的范围。塔尔斯基也表明，用自然语言讨论真理时，如何能引起矛盾，以及这些矛盾如何能得以避免。但我认为他的工作就止于此，塔尔斯基本人也这样认为。为了达到我们的目的，我认为塔尔斯基的符合论也就是纳入这个浅显的规定(“雪是白的”当且仅当雪是白的)中的这个内容。也就是说，塔尔斯基业已表明，可以利用常识的真理概念而摆脱曾被认为威胁它的悖论。从这个观点看，如果世界就是像科学理论所说的那样，那么有关这个世界的科学理论就是真的，否则就是假的。我们关于实在论的讨论涉及真理概念，我将使用的这是这个符合论的真理概念。

那些急切维护全球反实在论的人认为，真理符合论在描述句子与世界之间关系时并没有避开语言。如果人们问我，像“这只猫是在席子上”一个陈述符合什么，那么除非我拒绝回答，我必须给出一个陈述作为回答。我将回答说“这只猫是在席子上”符合在席子上的这只猫。支持反对意见的那些人对此会回答说，我在给出回答时，我没有表征一个陈述与世界之间的关系，而是表征一个陈述与另一陈述之间的关系。这是一个起误导作用的反对意见，可用一个类比来证明这一点。如果我有一张澳大利亚地图，人们问我地图指什么，那么回答是“澳大利亚”。在给出这个回答时我不是在说地图指的是“澳大利亚”这个词。如果问我地图指什么，我没有别的选择，只能给出一个言语的回答。这张地图是被称为澳大利亚的一大块陆地的地图。在猫和地图的例子中，都不能合理地说，我的言语回答断言，句子“这只猫是在席子上”(在第一个例子里)和地图(在第二个例子里)只是指的言语。(我认为，例如斯蒂夫·沃尔伽(Woolgar, 1988)关于科学的全球反实在论就包含着我在努力在这里清除的混乱。)至少对我来说，“这只猫是在席子上”这个断言指的是世界的一种事态，如果这只猫在席子上它就是真的，如果这个断言完全不可理解和显然是不正确的，那么它就是假的。

一个实在论者将会断言科学的目的是达到有关可观察的和不可观察的世界的真的理论，而将真解释为符合事实的常识概念。一个理论是真的，如果世界是如理论所说那样，否则就是假的。在席子上的猫的例子中，能够相当明显地确定陈述的真。对于科学理论，这就远不是这种情况了。我要重复一遍，我要探讨的那种实在论并不断言我们能够与实在面对面，直接获知哪些事实是真的，哪些是假的。

实在论者与反实在论者有关科学的传统争论涉及是否应该将科学理论看作在无限制意义上的真理的候选者，或者是否应该仅仅将它们看作就可观察世界作出的断言。因此，双方均视科学的目的是某种意义上的真理（我将解释这种意义是上面讨论的那种符合）。因此，争论双方均不支持全球反实在论。因此，让我们将全球反实在论撇下不谈，开始认真考虑更为严肃的工作。

3 反实在论

反实在论认为一个科学理论不过是一组可被观察和实验证明其有根据的断言。许多反实在论者可以也往往被称为工具主义者。对于他们来说，科学理论不过是帮助我们将观察和实验结果相关起来，以及预测这些结果的有用工具。将理论被解释为真或假是不合适的。亨利·彭加勒(Poincaré, 1952, p. 211)将理论与图书馆书目相比较，以例证他的立场。对书目可以有有用性来加以评价，但认为它们是真或假的那就是判断错误。工具主义者对待理论就是如此。他们要求理论应该是普遍的（将范围广泛的各种观察置于理论的庇护之下）和简单的，更主要应该是可与观察和实验相容的。巴斯·范弗拉森(van Fraassen, 1980)是一位当代的反实在论者，就他认为理论确实是真或假的而言，他不是一个工具主义者。然而，他认为就科学而言，理论的真假是离题的。对他而言，一个理论的价值是要根据它的普遍性和简单性来评判，它在何等程度上得到观察的证明，并导致新型种类观察。范弗拉森称他的立场为“建构经验主义”。主张仅仅根据可控科学效

应的成长来看科学的成长的新实验主义支持者也有资格成为我正在讨论的意义上的反实在论者

反实在论背后的动机似乎是希望将科学局限于可被科学手段辩护的那些断言，从而避免不可辩护的思辨。反实在论者可以指望科学史来证明他们认为科学的理论部分不是可靠地确立的断言。不仅过去的理论已经被作为假的而摈弃，而且被这些理论假定的许多实体也不再被认为存在了。牛顿的光的微粒说为科学很好地服务了一百多年。不仅微粒说现在被认为假的，而且并没有牛顿光学隐含的那些微粒。在 19 世纪波动光学和电磁理论中如此重要的以太已经同样被抛弃，麦克斯韦的关键思想，即电荷不过是以太张力的间断，现在被认为显然是错误的。然而，反实在论者将坚持认为，虽然这些理论证明不是真的，但不能否认他们在整理和的确在发现可观察现象中的积极作用。毕竟，正是麦克斯韦推测电磁现象代表一种以太的状态使他达到了光的电磁理论，并最终导致发现无线电波。鉴于这一点，仅仅根据理论整理和预见可观察现象的能力来评价理论似乎是合理的。同样，当理论不再有用时，就可以抛弃理论本身，但理论导致的观察和实验发现则可以保留。正如过去的理论和这些理论使用的不可观察的实体已经被抛弃，因此我们能够预期我们现在的理论也要被抛弃。理论帮助我们将观察和理论知识结构树立起来的脚手架，一旦它们完成了它们的工作，它们就可以被抛弃。

4 某些标准的异议和反实在论的回应

反实在论者预设，在可靠建立的观察层次的知识与不能可靠建立、至多有助发现作用的理论知识之间有明确的区分。在本书前面几章里讨论的观察的理论依赖性和可错性，至少在表面上对这个观点提出了一些问题。如果观察陈述和实验结果被认为可接受，因为它们能经受住检验，但鉴于新的更能起辨别作用的检验，它们在未来可能被代替，那么这就开辟了这样一个可能，使实在论者也以同样的方式对待理论，否认观察知识与理论知识之间有基本或截然的区别，而反实在论者正是将他或她的立场置于这种区别之上。

让我们在实验层次而不是仅仅观察层次讨论这个问题。在这里反实在论者不一定否认理论在发现新的实验效应中的作用。然而，正如我在论新实验主义的那章里所做的那样，他或她可强调，新的实验效应可以独立于理论的方式评价和处理新的实验效应，而当理论发生急剧变化时，这种实验知识不会丧失。我列举了法拉第发现电动机和赫兹产生无线电波等例子。可以用有利于反实在论立场的方式处理类似这些案例。然而，科学中所有实验结果是否都能以这种方式被解释为独立于理论，这是有争论的。让我再一次引用利用电子显微镜研究晶体错位的故事来明确这个问题。早期工作的某些方面可能帮助反实在论者。种种控制和交叉检查可确定错位观察的有效性，这不依赖于有关电子显微镜和电子束与晶体相互作用的详尽理论。然而，随着工作变得更为复杂，对可观察映像的解释只能通过事实细节与理论预见之间的一致达到和得到支持。这不否认错位的知识对理解物质的强度以及固体的许多其他性质具有巨大的实际意义。一个反实在论者必须能够做到的是，表明这一知识的实验上有用的部分能用独立于理论的方式表述和证明。我不在这里试图解决这个问题，但我的确认为关于晶体错位的知识构成一个十分有趣和有教益的检验案例。

对反实在论的另一个标准的异议涉及理论的预见成功。异议是这样的：理论怎么能在预见上取得成功，如果它们不是真的，至少不是近似真的。在一个理论导致发现新型种类的现象的那些案例里，这个论证具有特别的力量。假如爱因斯坦的广义相对论成功地预见光线在太阳旁边弯曲，怎么能将它看作仅仅是计算手段？当现在用电子显微镜能够“直接”目击有机分子的结构时，怎么能认真地坚持认为归因于有机分子的这些结构仅仅是工具呢？

反实在论者可能作出如下的回应。他们当然同意，理论可导致新现象的发现。的确，这是他们自己对一个好的理论的要求之一。（记住认为理论在科学中没有位置，这不是反实在论者立场的一部分。问题是理论拥有什么样的地位。）然而，一个理论在这方面富有成效这一事实并不表明它是真的。从下列事实来看，这是明显的：过去的理论在这方面证明是成功的，即使从现代的观点看不可能认为它

们是真的。菲涅耳认为光是在弹性以太中的波的理论成功地预见了阿拉戈发现的耀斑，麦克斯韦对以太位移的推测导致无线电波的预见。鉴于爱因斯坦理论和量子力学，实在论者认为牛顿理论是假的。然而牛顿理论在最终被反驳以前，取得了达两个世纪之久的预见的成功。因此，历史难道没有迫使实在论者承认预见成功不是真理的必要指征？

科学史上有两个重要的历史事件已被用来试图怀疑反实在论。第一个是哥白尼革命。正如我们已经看到的，哥白尼及其追随者面临的问题是维护他们地球运动的断言。对这些问题的一个回应是对理论采取反实在论立场，不按字面意义把它看作是描述真实的运动，而只要求它与天文学观测相容。这种观点的明确表达是由奥西安德在他为哥白尼的主要著作《天体运行论》所写的序言中提出的。他写道，

…一个天文学家的义务是通过仔细的和熟练的观测撰写天体运动史。然后，他在转向这些运动的原因或对这些原因提出假说时，由于他不可能以任何方式获得这些真实的原因，必须进行构思和设计被假定的假说，使他能够根据几何学原理对过去和未来的这些运动进行正确的计算。本书作者[哥白尼]卓越地完成了这些义务。由于假说不一定是真的，甚至不是可几的，如果它们提供了与观测一致的计算方法，单凭这一点也就足矣。(Rosen, 1962, p. 125)

由于采取这一立场，奥西安德以及具有类似想法的天文学家就无须面对哥白尼理论提出的困难，尤其是地动论引起的那些困难。然而，像哥白尼和伽利略一样的实在论者被迫面对这些困难，并努力消除它们。由于采取这一立场，伽利略在力学中作出了重大进展。实在论者由此取得的教训是，反实在论是没有成效的，因为反实在论者掩盖了从实在论视角来看要求解决的困难问题。

反实在论者可以回应说，这个例子是对反实在论立场的歪曲。反实在论者对理论的要求是坚持理论应该是普遍的和统一的，使它们能覆盖范围广泛的现象。从这个观点来看，反实在论者必须设法将天文学和力学置于一个理论框架内，这

正好与实在论者一样去解决哥白尼理论引起的力学问题。在这方面，令人啼笑皆非的是，一位杰出的反实在论者，比埃尔·迪昂 (Duhem, 1969) 在他的书《拯救现象》中选择哥白尼革命的例子来支持他的论据！

经常被援引的第二个历史事件是 20 世纪初原子理论的证明。在 19 世纪最后几十年，迪昂及其他著名的反实在论者，例如恩斯特·马赫和威廉·奥斯瓦尔德，拒绝将原子理论按字面意义看待它。他们的观点是，不可观察的原子在科学中没有位置，即使有位置也应该将它仅仅作为有用的虚构加以对待。1910 年原子理论令绝大多数科学家 (包括马赫和奥斯瓦尔德，但不包括迪昂) 满意地得到了证明，实在论者认为这表明反实在论的虚假和贫乏。但反实在论者再一次作出了回应。他们要求，唯有得到观察和实验确认的那部分科学才应该有真假问题。然而，他们承认，随着科学进步，随着设计出更具探测能力的仪器和实验技术，可接受实验确认的断言范围也扩展了。因此，承认原子理论在 19 世纪没有得到证明，但在 20 世纪得到证明，对反实在论者不成问题。例如，奥斯瓦尔德就明确表示过这一态度。

在讨论了反实在论并显示它如何对某些标准的异议进行抗辩后，现在让我们看一看争论另一方面的境况。

5 科学实在论和猜想实在论

我以陈述非常强的形式的实在论开始，有人称之为“科学实在论”。按照科学实在论，科学的目的是获得在所有层次，不仅是在观察层次，关于世界上存在什么以及它们如何运动的真的陈述。不但如此，它断言科学已经朝向这个目的进步，因为科学已经达到至少近似真的理论以及至少已经发现一些东西是存在的。例如，科学已经发现有电子和黑洞这些东西，并且虽然有关这些实体的较早的理论已经得到改进，那些较早的理论是近似真的，因为通过将它们作为目前理论的近似推导出来就能表明这一点。我们不可能知道我们目前的理论是否是真的，但它

们要比先前的理论更真，当它们在未来被更为精确的理论代替时至少将保留近似的真理。科学实在论者认为这些断言本身就是科学的断言。人们声称，科学实在是科学成功的最佳说明，正如根据世界来检验科学理论一样，也可根据科学史和当代科学来检验科学实在论。正是主张根据科学史来检验实在论，因而称这种形式的实在论为“科学的”。理查·波义德(Boyd, 1984)对我在这里概括的科学实在论提供了清晰的陈述。

对于这种强的形式的实在论来说，一个关键问题来自科学史，而历史揭示科学是可错的和可修正的。光学历史提供了最有说服力的例子。光学在从牛顿微粒说进展到现代时曾经历根本的变化。按照牛顿的意见，光由物质微粒束组成。代替它的菲涅耳理论将光解释为一种贯穿在渗透一切的弹性以太内的波。麦克斯韦的光的电磁论重新解释这些波是涨落的电磁场，尽管保留了这些场是一种以太的状态。20 世纪初，以太被排除了，留下其本身作为实体的场。不久人们必须引入光子来补充光的波性质的粒子方面。我认为实在论者和反实在论者都同样认为从头到尾这个理论系列是在进步。但这种进步如何能与科学实在论的严格要求相调和呢？当理论的急剧变革显而易见时，如何能将这个理论系列解释为朝向越来越接近对世界中存在什么的表征呢？首先，光用粒子来表征，然后是在弹性以太的波，然后是涨落的场自身，然后是光子。

大家承认，有一些其他的例子似乎更好地适合实在论的图景。电子的历史就是贴切的一例。当在 19 世纪末以阴极射线初次发现电子时，将它简单地解释为一种具有很小质量和电荷的微粒。玻尔认为需要用他早期形式的原子量子理论来修改这个图景，在他的这种理论中电子围绕处于中心的带正电的核旋转，但没有像对旋转的带电粒子预期的那样发生放射。现在电子被认为量子力学实体，具有半自旋，在适当条件下能像波一样运动，并服从费米-狄拉克统计学，而不是经典统计学。可合理地设想，在这个历史过程中被指称和进行实验的是同样的电子，但我们不断地改进和校正我们对电子的知识，以致可合理地认为关于电子的理论系列是在接近真理。伊恩·海金(Hacking, 1983)曾指明了从这种观点如何能够加强实在论立场的途径。他论证说，反实在论者不适当地过分强调能够观察什么

和不能够观察什么，而没有充分注意在科学中实际上能够操纵作什么。他论证说，能够表明科学中的实体是实在的，一旦在实践中能够以受控方式操纵它们，并利用它们在其他某种东西中引起效应。可以产生正电子束，将它们瞄准靶，以受控方式引起效应，尽管不能直接观察到它们，怎能说它们不是实在的？海金说，如果你能喷射它们，那么它们就是实在的(p. 23)。如果采纳这个判定什么是实在的标准，那么也许我的关于光的微粒和以太的例子不一定反对实在论，因为从来没有在实践上操纵过那些实体，因而从来没有确定它们是实在的。

认为科学实在论太强的实在论者试图用种种方式削弱它。波普尔及其追随者支持的那种实在论可称为猜想实在论。猜想实在论者强调我们知识的可错性，充分意识到过去的理论及其有关世界上存在的种种实体的断言已经被证伪，并被完全不同地解释世界的更为优秀的理论所代替。我们目前的理论中哪些会经历同样的命运，还不知道。因此猜想实在论者不会断言已经表明我们目前的理论近似真，也不会断言它们已经定论性地鉴定在世界上存在哪些种类的东西。猜想实在论者不会排除电子有可能遭受与以太同样的命运。尽管如此，猜想实在论者仍然认为科学的目的正是发现什么真正存在的真理，对理论的评价是看它们在多大程度上达到这个目的。猜想实在论者会说，我们能够宣称过去的理论是假的，这个事实本身表明我们对这些过去的理论未能达到的理想具有一个清楚的想法。

尽管猜想实在论者坚持认为他们的立场是科学应采纳的最富有成果的立场，但他们没有称他们的立场是科学的。科学实在论声称，可以根据科学史来检验他们的立场，而且他们的立场可说明科学的成功。猜想实在论者认为这一点过于雄心勃勃。在科学中的一个理论能被接受为对一系列现象的说明以前，可合理地要求有一些支持该理论的独立证据，即独立于应被说明的现象的证据。正如约翰·沃勒尔(Worrall, 1989b, p. 102)曾经指出的，科学实在论满足这个要求是没有问题的，因为有独立于科学实在论要说明的科学史的证据。总的要点是，一旦认真对待科学本身内部提出的有关什么算作具有重要意义的确认那种严格要求，很难明白历史证据如何能够确认科学实在论。而猜想实在论者认为猜想实在论是哲学的而不是科学的立场，要根据它能解决的哲学问题来维护这种立场。

猜想实在论的主要问题是它的断言较弱。它并不断言能够知道目前的理论是真的或近似真的，它也不断言科学已经定论性地发现一些东西存在于世界上。它只是断言，科学的目的是达到这些东西，而当科学达不到这个目的时有办法识别出来。猜想实在论者不得不承认，即使科学达到真的理论和对存在之物的真的表征，也没有办法知道它。人们完成可能要问，当理解和评价目前或过去的理论时这种观点与最为精致的反实在论的观点之间有什么区别。

6 理想化

对实在论提出的标准异议，例如迪昂 (Duhem, 1962, p. 175) 提出的异议是，不能将理论在字面意义上看作对实在的描述，因为理论描述是理想化的，而世界不是。我们都可回忆起，我们在学校里学习的科学是例如无摩擦的平面、点质量和不能伸展的线这些东西，我们大家都知道世界上没有东西可与这些描述相匹配。也不应该认为这些简化仅在初级读本里才有，而以后更先进的科学则介绍表征实在事态的更为复杂的描述。牛顿的科学不可避免在天文学中使用近似法，例如将行星看作点质量或匀质球体等。当利用量子力学推导出氢原子的性质(如它特有的光谱)时，将它看作带负电的电子在带正电的质子邻近运动，而与它的环境分离开来。现实的氢原子是绝不会与它的环境分离开的。卡诺循环和理想气体以及其他的理想化在科学中起着关键作用，但在现实世界中没有它们的对应物。最后，我们注意到，从实在论的观点来看，认为表征世界中系统的参数，例如行星的位置和速度、电子的电荷等，在用精密的数学方程式处理时，具有不同程度的精确性，而实验测量总是伴随某种误差范围，因此测定的量用 $x \pm dx$ 表示， $\pm dx$ 表示误差范围。于是，总的思想是，理论描述是种种方式的理想化，不可能与现实世界境况相符合。

我自己的观点是，科学中的理想化并没有对通常认为的那样实在论提出问题。就所有实验测量毫无疑问存在不精确性而言，并不因此而必然得出所测定的

量没有确切的值。例如，我可论证说，在物理学中我们有强有力的证据断言，在每一个电子上的电荷是绝对同一的，不管对该电荷的测量并不精确。许多宏观性质，例如金属的导电性和气体光谱，依赖于电子服从费米-狄拉克统计学(而不是经典的玻尔兹曼统计学)的方式，因为电子在强的意义上是同一的。这个例子不可能使反实在论者认为电子是理论虚构，但像哈金那样，我认为对电子的实验处理现在已经习以为常，使得对电子采取反实在论态度是极端没有道理的。

鉴于前一章对自然律的讨论，可以积极的方式来看待理想化。人们提出，常见的一类定律描述具体事物以确定的方式运动的力和趋势等等。人们强调不应该期望可观察的事件系列反映这些力和趋势的有序作用，因为它们在其中起作用的系统是复杂的，涉及与其他的力和趋势同时发生的作用。因此例如不管我们努力设计多么精确的实验来测量阴极射线在放电管内的偏转，我们决不能够完全消除附近质量的引力对电子的作用、地球磁场的作用等等。人们在一定程度上承认，定律的因果观有助于理解科学中的定律，而规律性观不行，那么这就要求我们将定律看作对外观背后起作用的因果力的描述，与这些因果力与其他力结合起来，产生可观察的事件或事件系列。也就是说，定律的因果观是实在论的观点。而反实在论者不得不用某种形式的规律性观来理解科学中定律的作用。我们在前一节已经讨论了他们面临的困难。

7 未表达实在论或结构实在论

如果我们采取最精致形式的实在论和反实在论，那么每一种实在论形式都有重要论点支持它。实在论者可指出科学理论的预见成功，并可问道：如果理论仅仅是计算手段，如何能说明这种成功？反实在论者可反对说，过去的科学理论在预见上也是成功的，即使实在论者被迫说它们是假的。理论的急剧转折是支持反实在论的关键论点。有没有一种观点能够把握这两种世界观的优点呢？过去我曾试图用我称之为未表达实在论来做到这一点。这种观点与约翰·沃勒尔(Worrall, 1989b)发展的他称之为结构实在论类似。我用的词不那么流行。也

许，沃勒尔的运气更好一些。

从实在论观点看，光学史提供的例子最成问题，因为在那里我们看到了无疑是成功的理论，但随着对光的理解的变化它们被推翻了。因此，让我们集中于这个有问题的案例，并看看能够在多大程度上挽救实在论观点。波普尔派的实在论者一心要击败实证主义或归纳主义对科学的理解，指出对以前得到充分确认的理论的证伪支持他们这样的论据：不管支持科学理论的阳性证据有多么多，它仍然是可错的。按照这种精神，他们坚持认为例如菲涅耳的光的波动说已经被表明为假的。（没有弹性以太，波动说不能处理如光电效应等现象，在这种效应里光显示它的粒子般性质。）但是，将菲涅耳理论简单地作为假的而弃之不顾，是否有益或正确？毕竟，在范围广泛的条件下，光的确像一种波。菲涅耳理论不限于预见的成功。它成功地把握了有关光的正确性质，在范围广泛的条件下光显示出类似波的结构。正是因为菲涅耳理论成功地把握这种结构，它才能作出成功的预见，导致例如著名的白斑那样非常成功的预见。沃勒尔通过专门注意菲涅耳理论的数学结构而强调了这一点，他指出在菲涅耳处理光时出现的许多方程式，例如提供在透明表面反射和折射细节的方程式，仍然保留在目前的理论中。也就是说，从当代对物质的理解的观点来看，菲涅耳的方程式对范围广泛的光现象提供了真的而不是假的描述，尽管菲涅耳对作为他的方程式基础的实在的若干解释已经被抛弃了。

因此，科学在这样的意义上是实在论的：科学试图表征实在的结构，并且就它在越来越精确的程度上已经成功地做到这一点而言，它已经取得了扎扎实实的进步。过去的科学理论在预见上是成功的，因为它们的确至少近似地把握了实在的结构（所以它们的预见成功不是一个得不到说明的奇迹），于是就避免了反实在论的主要问题。另一方面，虽然由于赋予实在的结构不断得到精炼，科学取得扎扎实实的进步，伴随这些结构的表达法（弹性以太、独立于物体的作为物体容器的空间）则经常被代替。表达法发生了转折，但数学结构不断得到精炼。因此，“未表达实在论”和“结构实在论”这些术语都说到了点子上。

在物理学中进步的一个重要特点是一个理论在多大程度上能够说明它所替代的理论具有的成功度，而不仅仅能够重复后者预见的成功。菲涅耳的光理论是成功的，因为在范围广泛的条件下光的确具有波的性质，这一事实被当代理论加强了，而不是反驳了。同理，从相对论观点来看，人们能够理解为什么在范围广泛的条件下，质量不是太大，其运动速度不是太接近光速，将空间看作独立于时间和独立于在其中的物体的容器，是一个不会使我们发生太大错误的假定。在物理学中任何进步观必须能够符合这些一般特点。人们称能够做到这一点的观点是什么，是不那么重要的。

补充读物

这种讨论主要根据 Worral (1982) 和 (1989b)。关于科学实在论的论文集见 Leplin (1984)。波普尔对实在论的维护和工具主义的反对见 Popper (1969) (chapter 3) 和 (1983)。对反实在论的经典辩护见 Duhem's (1962) 和 (1969) 以及 Poincaré (1952)，现代版本是 van Fraassen (1980)。

第十六章 跋

在这结论性的节里我要对前面几章讨论的东西进行反思。我提出三个相互关联的问题，这些问题是我在撰写这本书的过程中所关注的，并继续要关注这些问题。

一、我是否已经回答了作为本书题目的问题？科学究竟是什么？

二、在本书中提供的历史实例与维护的哲学论点之间的关系是什么？这些实例是否构成支持我的论据的证据，或它们只不过是些例证而已？

三、在第十二和十三章讨论的贝耶斯主义者和新实验主义者对科学作出的普遍性断言与第十一章中提出的反对方法的论据有什么关系？如果不存在普遍的科学观，那么对问题的所有进一步讨论都是多余的，情况是否如此？

我的回应如下。我重申不存在普遍的科学观和科学方法，它们适用于一切科学和科学发展的一切历史阶段。当然，哲学并没有资源来提供这样一种普遍的科学观。在一定的意义上形成本书标题的那个问题是误导的。尽管如此，对不同阶段不同科学的表征仍然是一件有意义和重要的工作。在本书中，我试图为从 17 世纪的科学革命到现在的物理科学完成这项工作（虽然我避免去处理具有全新特点的现代革新，如量子力学和量子场论的问题）。这项工作主要包括借助合适的历史实例来展示物理科学的本性。所以，历史实例构成这项工作的重要组成部分，不仅是例证而已。

虽然对物理科学的论述不能给科学提供普遍的定义，但它对什么算科学什么不算科学的争论，例如“创世科学”的地位的争论，并不是没有用处的。我推定，维护创世科学的那些人的主要目的是指它具有像物理学那样得到公认的科学同样的性质。本书维护的立场能够使这种断言得到应有的评价。在展示在物理学中谋求何种知识，何种方法可用于确立这种知识，以及取得何等成功以后，我们就有了我们需要的与创世科学比较的基础。一旦学科之间的同和异已经得到展示，

我们就拥有所需的一切来对它们作出明智的评价，就能够评价称创世科学为科学意味着什么。这并不需要普遍的科学观。

我在前段中表明我对物理科学的描绘要用合适的“历史实例”来维护。对此，应加以详细阐明。合适的实例涉及物理科学作为知识的功能。它们涉及物理科学中对世界作出何种断言，以及那些断言以何种方式作用于世界和接受世界的检验。它们涉及哲学家称之为科学认识论。从事科学哲学要借助历史实例进行，这些历史实例展示和澄清了科学的认识论功能。这类科学史是有选择的历史，当然并不是只有这类科学史是可能的或重要的。科学知识的产生总是在社会情境内。在那里这一目的与其他目的的实践相互联系在一起，例如科学家个人或专业的目的、资助机构的经济目的、种种宗教或政治团体的意识形态目的，如此等等。探索这些联系的历史既是合法的，又是重要的，但这些联系不在本书计划之内。目前一系列各种各样的“科学的社会研究”非常流行，这隐含着我在本书中进行的那类认识论研究，对科学是社会的种种意义不给予应有的注意，就不能完成任务。我在本书中没有正面面对这些学派提出的挑战。我已表明他们说不能做的事情实际上就那么做了，我对此已经感到颇为满意。我在我的《科学及其制造》(Science and Its Fabrication, 1990)中努力与当代科学的社会研究结清了账，在这本书中我希望澄清：我认为科学的社会和政治研究具有很大的重要性。要点是这种研究与认识论的相干性。

现在让我转过来讨论：鉴于我否认普遍方法，贝叶斯主义和新实验主义的地位如何这一问题。正如豪森和厄尔巴赫在 1989 年那本书的标题所传出的清楚信号那样，贝叶斯主义似乎试图提供一种普遍的科学推理。然而这种印象并没有经过分析。即使我们毫无疑义地接受贝叶斯的方法是使我们得以根据新证据调整归结为信念的概率的普遍方法，它也没有单挑出科学推理，并将它与其他领域区别开来。实际上，贝叶斯主义最有用的应用是在赌博，而不是在科学。因此，如果贝叶斯主义要告诉我们科学有什么独特之处，那么它就必须增加科学中种种信念及其与证据关系的论述。我认为，这唯有仔细注意科学本身才能做到。不但如此，我认为当这样做时，不同科学中的差异，甚至一门科学中方法的质变就会浮现出

来。也就是说，即使贝叶斯进路是正确的，它对否认普遍方法也没有构成的威胁，并需要我支持的那种科学认识论史。

新实验主义当然在物理和生物科学内揭示了实验的重要特点及其成就。然而，不能认为它产生的科学观提供了这种普遍的科学观。新实验主义通过实例表明了在过去三百年期间自然科学中实验的能力和成就，并且黛博拉·迈约通过诉诸于误差理论和统计学对许多实验推理提供了一个形式的基础。由于两个理由，这并不等于普遍的科学观。其一，新实验主义强调实验操作使得一些学科，尤其是不可能和不适宜进行实验操作的社会和历史科学学科成为多半不相干。将科学等同于实验科学可避免这个结论，但这样做很难讨好那些要称自己为例如政治科学家或基督教科学家的人。其二，正如我们在第十三章论证的那样，就新实验主义观没有包括对理论在科学中所起种种关键作用的充分论述而言，它是不完备的。我认为这个问题是很明显的，例如在彼特·盖里森 1997 年那本书中他对 20 世纪微观粒子物理学的进步提供了内容丰富的论述，但仅集中于粒子检测器和计数器、它们的能力及其演变。在这本书中不清楚的是粒子的实验检测与高层次理论之间的关系，这些理论包括对称和守恒原理，而理解这些粒子并将它们加以分离正是借助这些原理。在写这篇跋的时候，我认为自然科学哲学中的一个突出而迫切的问题是，如何将案例研究体现的理论在实验科学中起诸多作用的最新论述增添在新实验主义者的洞见上。

下面的历史性反思例证了从新实验主义者的工作中提炼出对科学的普遍表征或规定的困难，也例证了在我想的那种澄清理论与实验之间关系性质的研究。在科学革命时代，有关人们应该努力通过实验操作世界来理解世界的想法决不是新颖的。广义上可理解为现代化学前驱的炼金术，是要有目的地转化物质(在狭义上是企图将金属转变为金子)，这可追溯到古代，而在中世纪特别繁荣。这种做法没有取得成功。这种不成功不能简单地归之于缺乏理论指导。一系列原子论的和其他的物质理论向炼金术士提供了信息。如果人们否认理论，仅注意实验实践，那么在 16 和 17 世纪冶金业和制药业的工匠传统中可以辨认出显著的进步。然而，这里涉及的知识在性质上不同于 17 世纪末和 18 世纪才出现的化学。化学

的确有“理论”，但是与原子论没有关系的低层次理论。所需要的和在 18 世纪初出现的，是物质的化合和重组的观念，包括在化合时物质在作为结果的化合物中继续存在，而从那里只要操作合适可将它们再提取出来。物质分为酸和碱，二者中和产生盐，这就提供了组织研究的途径，使得无需原子论的或其他的物质理论也能取得进步。这样一直到 20 世纪，将这种思辨与实验联系起来的时机已经成熟。因此，实验在科学中的作用及其与理论的关系问题是一个复杂的、与历史有关的问题，即使我们局限于讨论化学。

我以对本书中探索的科学观与科学家工作之间关系的评论作为结语。由于我已经否认哲学家有能够提供评判科学标准的普遍科学观，由于我已经论证只能通过仔细注意科学本身才能有对种种科学的合适论述，结论也许是哲学家的观点是多余的，唯有科学家本人的观点才是重要的。也就是说，人们也许认为，就我已经成功地提出我的论据而言，我已经把我自己解雇了。这个结论(幸好对我而言)是没有根据的。虽然科学家自己是能从事科学的实践者，不需要哲学家的忠告，这是对的，但科学家并不特别擅长于从他们的工作后退一步，来描述和表征这项工作的性质。科学家善于使科学进步，但并不特别善于说清这种进步是什么。这就是为什么，科学家在争论科学的性质和地位时并不特别装备精良，当就科学的性质和地位进行争论(例如涉及对创世科学的评价)时，一般干得并不好。这本书并不打算对科学作出贡献，甚至不打算对我所集中注意的物理科学作出贡献。不如说，主要借助历史实例，我试图澄清物理科学是什么或曾经是什么。

补充读物

关于中世纪时期的炼金术的论述及相关的原子论理论，见 Newman (1994)。将炼金术解释为化学而不是作狭义理解的论据，对在 17 世纪之交出现的对“炼金术”的狭义解释的论述，见 Newman and Principe (1998)。有关 18 世纪引入能够支持新的化学科学的化合概念的论述，见 Klein (1995) and Klein (1996)。

注释

导论

1. 这个单子根据 C. 特鲁塞德尔所作的调查，引自 J. R. R 拉维兹(1971), p. 387n。

第四章 从事实推导出理论：归纳

1. A. B. 沃尔夫的引文，引自 Hempel (1966, p. 11)。

第八章 作为结构的理论 I：库恩的范式

自从最初写了《科学革命的结构》以后，库恩承认他起初以不同方式使用“范式”一词。在该书第二版的后记里，他区分了这个词的两种意义，广义的“学科基质”和狭义的“范例”。我继续在广义上使用“范式”这个词来指库恩现在称之为学科基质的东西。

第十章 费耶阿本德的无政府主义科学理论

休谟的“论原始的契约”的引文引自 Barker (1976, p. 156)。在这一段落批评洛克的具体观点可在同书 pp. 70-72 找到。

第十一章 方法中的方法变革

不应该将我在这段中的话看作意味着当科学在社会中发挥作用时，对科学的政治和社会分析没有用处，对此我在《科学及其制造》(Science and Its Fabrication, 1990, chapter 8)中已经加以澄清。我的话也不是要轻视在“科学的社会研究”名义下进行的一切，因为当代许多工作对科学工作的性质已经产生有效的洞见。我的这些话只是针对那些人，他们认为自己已经建构了地位如此高的社会学知识或其他知识，以致从这种观点来看他们能够评判科学知识没有特殊的地位。

第十三章附录

1. 我起初认为我的论据也是黛博拉·迈约立场的反例，但在私人通讯里她说服了我认为不是。

书 目

- Ackermann, R. J. (1976). *The Philosophy of Karl Popper* Amherst, University of Massachusetts Press.
- Ackermann, R. (1989). "The New Experimentalism", *British Journal for the Philosophy of Science*, 40, 185-90.
- Anthony, H. D. (1948). *Science and Its Background*. London, Macmillan.
- Armstrong, D. M. (1983). *What is a Law of Nature?*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ayer A. J. (1940). *The Foundations of Empirical Knowledge*. London, Macmillan.
- Bamford, G. (1993). "Popper's Explications of Ad Hocness: Circularity Empirical Content and Scientific Practice", *British Journal for the Philosophy of Science*, 44, 335-55.
- Barker E. (1976). *Social Contract: Essays by Locke, Hume and Rousseau*. Oxford, Oxford University Press.
- Barnes, B. (1982). *T. S. Kuhn and Social Science*. London, Macmillan.
- Barnes, B., Bloor; D. and Henry J. (1996). *Scientific Knowledge: A Sociological Analysis*. Chicago, University of Chicago Press.
- Bhaskar; H. (1978). *A Realist Theory of Science*. Hassocks, Sussex, Harvester.
- Block, I. (1961). "Truth and Error in Aristotle's Theory of Sense Perception", *Philosophical Quarterly*, 11, 1-9.
- Bloor D. (1971). "Two Paradigms of Scientific Knowledge", *Science Studies*, 1, 101-15.
- Boyd, R. (1984). "The Current Status of Scientific Realism" in Leplin (1984), pp. 41~2.

- Buchwald, J. (1989). *The Creation of Scientific Effects*. Chicago, University of Chicago Press.
- Brown, H. J. (1977). *Perception, Theory and Commitment: The New Philosophy of Science*. Chicago, University of Chicago Press.
- Cartwright, N. (1983). *How the Laws of Physics Lie*. Oxford, Oxford University Press.
- Cartwright, N. (1989). *Nature's Capacities and Their Measurement*. Oxford, Oxford University Press.
- Chalmers, A. F. (1973). "On Learning from Our Mistakes", *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 164-73.
- Chalmers, A. F. (1984). "A Non-Empiricist Account of Experiment", *Methodology and Science*, 17, 9~114.
- Chalmers, A. F. (1985). "Galileo's Telescopic Observations of Venus and Mars", *British Journal For the Philosophy of Science*, 36, 17~91.
- Chalmers, A. F. (1986). "The Galileo that Feyerabend Missed: An Improved Case Against Method" in J. A. Schuster and R.A. Yeo (eds), *The Politics and Rhetoric of Scientific Method*. Dordrecht, Reidel, pp.1-33.
- Chalmers, A. F. (1990). *Science and Its Fabrication*. Milton Keynes, Open University Press.
- Chalmers, A. F. (1993). "The Lack of Excellency of Boyle's Mechanical Philosophy", *Studies in History and Philosophy of Science*, 24, 541~4.
- Chalmers, A. F. (1995). "Ultimate Explanation in Science", *Cogito*, 9, 141-5.
- Chalmers, A. F. (1999). "Making Sense of Laws of Physics" in H. Sankey (ed.), *Causation and Laws of Nature*. Dordrecht, Kluwer.
- Christie, M. (1994). "Philosophers versus Chemists Concerning 'Laws of Nature'", *Studies in History and Philosophy of Science*, 25, 613-29.

- Clavelin, M. (1974). *The Natural Philosophy of Galileo*. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Cohen, H. S., Feyerabend, P. K. and Wartofsky M. W (eds) (1976). *Essays in Memory of Imre Lakatos*. Dordrecht, Reidel.
- Davies, J. J. (1968). *On the Scientific Method*. London, Loagman.
- Dorling, J. (1979). "Bayesian Personalism and Duhem's Problem", *Studies in History and Philosophy of Science*, 10, 177~7.
- Drake, S. (1957). *The Discoveries and Opinions of Galileo*. New York, Doubleday.
- Drake, S. (1978). *Galileo at Work*. Chicago, Chicago University Press.
- Duhem, P (1962). *The Aim and Structure of Physical Theory*. New York, Atheneum.
- Duhem, P (1969). *To Save the Phenomena*. Chicago, University of Chicago Press.
- Duncan, M. M. (1976). *On the Revolutions of the Heavenly Spheres*. New York, Barnes and Noble.
- Earman, J. (1992). *Bayes or Bust? A Critical Examination of Bayesian Confirmation Theory*. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Edge, D. O. and Mulkay, M. J. (1976). *Astronomy Transformed*. New York, Wiley Interscience.
- Feyerabend, P. K. (1970). "Consolations for the Specialist" in Lakatos and Musgrave (1970), pp. 195~230.
- Feyerabend, P. K. (1975). *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*. London, New Left Books.
- Feyerabend, P. K. (1976). "On the Critique of Scientific Reason" in Howson (1976, pp. 20~39).
- Feyerabend, P. K. (1978). *Science in a Free Society*. London, New Left Books.

- Feyerabend, P. K. (1981a). *Realism, Rationalism and Scientific Method*. Philosophical Papers, Volume I. Cambridge, Cambridge University Press.
- Feyerabend, P. K. (1981b). *Problems of Empiricism*. Philosophical Papers, Volume II. Cambridge, Cambridge University Press
- Franklin, A. (1986). *The Neglect of Experiment*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Franklin, A. (1990). *Experiment, Right or Wrong*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Galileo (1957). "The Starry Messenger" in S. Drake (1957).
- Galileo (1967). *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, transl. S. Drake. Berkeley, California, University of California Press.
- Galileo (1974). *Two New Sciences*, transl. S. Drake. Madison, University of Wisconsin Press.
- Galison, P. (1987). *How Experiments End*. Chicago, University of Chicago Press.
- Galison, P. (1997). *Image and Logic: A Material Culture of Physics*. Chicago, University of Chicago Press.
- Gaukroger, S. (1978). *Explanatory Structures*. Hassocks, Sussex, Harvester
- Geymonat, L. (1965). *Galileo Galilei*. New York, McGraw Hill.
- Glymour; C. (1980). *Theory and Evidence*. Princeton, Princeton University Press.
- Goethe, J. W. (1970). *Theory of Colors*, transl. C. L. Eastlake. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Gooding, D. (1990). *Experiment and the Making of Meaning: Human Agency in Scientific Observation and Experiment*. Dordrecht, Kluwer.
- Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge, Cambridge University Press.

- Hanfling, O. (1981). *Logical Positivism*. Oxford, Basil Blackwell.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hempel, C. G. (1966). *Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- Hertz, H. (1962). *Electric Waves*. New York, Dover.
- Hirsch, P. B., Horne, R. W and Whelan, M. J. (1956). "Direct Observation of the Arrangements And Motions of Dislocations in Aluminium", *Philosophical Magazine*, 1, 677-84.
- Hooke, R. (1665). *Micrographia*, London, Martyn and Allestry.
- Horwich, R (1982). *Probability and Evidence*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Howson, C. (ed.) (1976). *Method and Appraisal in the Physical Sciences*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Howson, C. and Urbach, P. (1989). *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*. La Salle, Illinois, Open Court.
- Hoyningen-Huene, P. (1993). *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*. Chicago, University of Chicago Press.
- Hume, D. (1939). *Treatise on Human Nature*. London, Dent.
- Klein, U. (1995). "E. F. Geofroy's Table of Different 'Rapports' Observed Between Different Chemical Substances", *Ambix*, 42, 79~100.
- Klein, U. (1996). "The Chemical Workshop Tradition and the Experimental Practice: Discontinuities Within Continuities", *Science in Context*, 9, 251~87.
- Kuhn, T. (1959). *The Copernican Revolution*, New York, Random House.
- Kuhn, T. (1970a). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, University of Chicago Press.

Kuhn, T. (1970b). "Logic of Discovery or Psychology of Research" in Lakatos and Musgrave (1970), pp. 1-20.

Kuhn, T. (1970c). "Reflections on My Critics" in Lakatos and Musgrave (1970), pp. 231-78.

Kuhn, T. (1977). The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change. Chicago, University of Chicago Press.

Lakatos, I. (1968). The Problem of Inductive Logic. Amsterdam, North Holland.

Lakatos, I. (1970). "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes" in Lakatos and Musgrave (1970), pp. 91-196.

Lakatos, I. (1971). "Replies to Critics" in R. Buck and R. S. Cohen (eds), Boston Studies in the Philosophy of Science, Volume 8. Dordrecht, Reidel.

Lakatos, I. (1976a). "Newton's Effect on Scientific Standards" in Worrall and Currie (1978a), pp.193-222.

Lakatos, I. (1976b). Proofs and Refutation & Cambridge, Cambridge University Press.

Lakatos, I. (1978). "History of Science and Its Rational Reconstruction" in Worrall and Currie (1978a), pp.102-38.

Lakatos, I. and Musgrave, A. (eds) (1970). Criticism and the Growth of Knowledge. Cambridge, Cambridge University Press.

Lakatos, I. and Zahar, E. (1975). "Why Did Copernicus' Programme Supersede Ptolemy's" in R. Westman (ed.), The Copernican Achievement. Berkeley; California, University of California Press.

Larvot; B. (1998). Lakatos: An Introduction. London, Routledge.

Laudan, L. (1977). Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth. Berkeley; University of California Press.

Laudan, L. (1984). *Science and Values: The Aims of Science and Their Role in Scientific Debate*. Berkeley, University of California Press.

Leplin, J. (1984). *Scientific Realism*. Berkeley University of California Press.

Locke, J. (1967). *An Essay Concerning Human Understanding* London, Dent.

Maxwell, J. C. (1877). "The Kinetic Theory of Gases", *Nature*, 16, 245~6.

Maxwell, J. C. (1965). "Illustrations of the Dynamical Theory of Gases" in W D. Niven (ed.), *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, 2 Volumes. New York, Dover.

Mayo, D. (1996). *Error and the Growth of Experimental Knowledge*. Chicago, University of Chicago Press.

Mentet; J. (1956). "The Direct Study by Electron Microscopy of Crystal Lattices and Their Imperfections", *Proceedings of the Royal Society, A*, 236, 11~35.

Mill, J. 5. (1975). *On Liberty*. New York, Norton.

Mulkay; M. (1979). *Science and the Sociology of Knowledge*. London, Allen and Unwin.

Musgrave, A. (1974a). "The Objectivism of Popper's Epistemology" in Schilpp (1974, pp. 560)~96).

Musgrave, A. (1974b). "Logical Versus Historical Theories of Confirmation", *British Journal for the Philosophy of Science*, 25, 1-23.

Nersessian, N. (1984). *Faraday to Einstein: Constructing Meaning in Scientific Theories*. Dordrecht, Kluwer.

Newman, W R. (1994). *Gehennical Fire: The Lives of George Starkey*,

an American Alchemist in the Scientific Revolution. Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Newman, W R. and Principe, L. M. (1998). "Alchemy vs Chemistry: the Etymological Origins of a Historiographic Mistake", *Early Science and Medicine*, 3, 32~5.

Nye, M. J. (1980). "N-rays: An Episode in the History and Psychology of Science", *Historical Studies in the Physical Sciences*, 11, 125-56.

O'Heat, A. (1980). Karl Popper. London, Routledge and Kegan Paul.

Poincare', H. (1952). *Science and Hypotheses*. New York, Dover.

Polanyi, M. (1973). *Personal Knowledge*. London, Routledge and Kegan Paul.

Popper, K. R. (1969). *Conjectures and Refutations* London, Routledge and Kegan Paul

Popper, K. R. (1972). *The Logic of Scientific Discovery*. London, Hutchinson.

Popper, K. R. (1974). "Normal Science and Its Dangers" in Lakatos and Musgrave (1974, pp.51- 8).

Popper, K. R. (1979). *Objective Knowledge*. Oxford, Oxford University Press.

Popper, K. R. (1983). *Realism and the Aim of Science*. London, Hutchinson.

Price, D. J. de 5. (1969). "A Critical Re-estimation of the Mathematical Planetary Theory of Ptolemy" in M. Clagett (ed.), *Critical Problems in the History of Science*. Madison, University of Wisconsin Press.

Quine, W. V. O. (1961). "Two Dogmas of Empiricism" in *From a Logical Point of View*. New York, Harper and Row.

Ravetz, J. R. (1971). *Scientific Knowledge and Its Social Problems*.

Oxford, Oxford University Press.

Rosen, E. (1962). *Three Copernican Treatises*. New York, Dover

Rosenkrantz, R. D. (1977). *Inference, Method and Decision: Towards a Bayesian Philosophy of Science*. Dordrecht, Reidel.

Rowbotham, F. J. (1918). *Story Lives of Great Scientists*. Wells, Gardner and Darton.

Russell, B. (1912). *Problems of Philosophy*. Oxford, Oxford University Press.

Salmon, W (1966). *The Foundations of Scientific Inference*. Pittsburgh, University of Pittsburgh Press.

Schilpp, P A. (ed.) (1974). *The Philosophy of Karl Popper* La Salle, Illinois, Open Court.

Shapere, D. (1982). "The Concept of Observation in Science and Philosophy", *Philosophy of Science*, 49, 485–525.

Stove, D. (1973). *Probability and Hume's Inductive Skepticism*. Oxford, Oxford University Press.

Thomason, N. (1994). "The Power of ARCHED Hypotheses: Feyerabend's Galileo as a Closet Rationalist", *British Journal for the Philosophy of Science*, 45, 255–64.

Thomason, N. (1998). "1543 – The Year That Copernicus Didn't Predict the Phases of Venus" in A. Corones and G. Freeland (eds), *1543 and All That*. Dordrecht, Reidel.

Thurber J. (1933). *My Life and Hard Times*. New York, Harper.

van Fraassen, Bas C. (1980). *The Scientific Image*. Oxford, Oxford University Press.

van Fraassen, Bas C. (1989). *Laws and Symmetry*. Oxford, Oxford University Press.

Woolgar; 5. (1988). *Science: The Very Idea*. London, Tavistock.

Worrall, J. (1976). "Thomas Young and the 'Refutation' of Newtonian Optics: A Case Study in the Interaction of Philosophy of Science and History" in Howson (1976, pp.107-79).

Worrall, J. (1982). "Scientific Realism and Scientific Change" in *Philosophical Quarterly*, 32, 201~1.

Worrall, J. (1985). "Scientific Reasoning and Theory Confirmation" in J. Pitt (ed.), *Change and Progress in Modern Science*. Dordrecht, Reidel.

Worrall, J. (1988). "The Value of a Fixed Methodology", *British Journal for the Philosophy of Science*, 39, 263-75.

Worrall, J. (1989a). "Fresnel, Poisson and the White Spot: The Role of Successful Predictions in Theory Acceptance" in D. Gooding, S. Schaffer and T. Pinch (eds), *The Uses of Experiment: Studies of Experiment in Natural Science*. Cambridge, Cambridge University Press.

Worrall, J. (1989b). "Structural realism: The Best of Both Worlds?", *Dialectica*, 43, 99-124.

Worrall, J. and Currie, G. (eds) (1978a). *Imre Lakatos, Philosophical Papers, Volume I: The Methodology of Scientific Research Programmes*. Cambridge, Cambridge University Press.

Worrall, J. and Currie, G. (eds) (1978b). *Imre Lakatos, Philosophical Papers Volume 2: Mathematics, Science and Epistemology*. Cambridge, Cambridge University Press.

Zahar E. (1973). "Why Did Einstein's Theory Supersede Lorentz's", *British Journal for the Philosophy of Science*, 24, 95-123 and 223-63.

人名索引

- Abbe, E. (阿贝) 211
- Ackermann, R. (阿克曼) 86, 194, 212
- Adams, J.C. (亚当斯) 78, 136
- Adler A. (阿特勒) 64, 73
- Althusser, L. (阿尔都塞) xiv
- Ampere, A.M. (安培) 195, 196
- Anthony H.D. (安东尼) 1
- Aquinas, T. (阿奎那) 164
- Arago, F. (阿拉戈) 206, 235
- Archimedes (阿基米德) 215
- Aristarchus (亚里斯塔克) 151
- Aristotle (亚里士多德) 2, 15, 218
-
- 证伪 71-2, 76, 93, 95, 97, 100
- 费耶阿本德 151, 152
- 方法 161, 163-164, 171
- 范式 113, 114, 115, 121, 142
- Armstrong, D.M. (阿姆斯特朗) 225
- Ayer, A.J. (艾耶尔) 18
- Bamford, G. (巴姆福德) 185
- Barnes, B. (巴恩斯) 18, 129
- Bayes, T. (贝耶斯) xvi, 174-192, 193, 194, 247, 249, 250
- Berkeley, G. (贝克莱) 3
- Bhaskar, R. (巴斯卡尔) 225
- Blake, T (布莱克) xiv

- Block, I. (布洛克) 163-164
- Bloor D. (布鲁尔) 18, 129
- Bohr N. (玻尔) 91-92, 134, 239
- Boltzmann, L. (玻尔兹曼) 125, 243
- Boyd, R. (波伊德) 238
- Boyle, R. (波义耳) 169-70, 173, 213-214, 219-20, 22-25
- Brahé, T. (布拉赫) 89-90, 100, 133, 166, 167, 168
- Brown, H. J. (布朗) 18
- Buchwald, J. (巴奇沃德) 197
- Carnap, R. (卡尔纳普) 59, 157
- Carnot, (卡诺) 8. 242
- Cartwright, N. (卡特赖特) xvi, 225
- Cavendish, H. (卡文迪什) 134, 216
- Chalmers, A. (查尔默斯) 26, 40, 86, 159-160, 161, 173, 225, 249
- Chang, H. (张) xvii
- Christie, M. (克利斯蒂) 225
- Clavelin, M. (克拉维林) 163
- Clavius, C. (克拉维斯) 166
- Fresnel, A. J. (菲涅耳) 82, 126-127, 143, 188, 206, 235, 238, 244-245
- Freud, (弗洛伊德) 8. 59, 60, 64, 73, 102, 135
- Galileo (伽利略) xx, xxi, 1, 142, 144

证伪 70, 72, 76-77

费耶阿本德 151-155, 159, 162

落体定律 2-3, 28, 99-101, 214-217

木星卫星 22-24

新实验主义 206, 207-208, 210

客观方法 25

范式 106, 117, 134-135

概率 185

实在论和反实在论 236

望远镜 17, 97-98, 125, 163-168, 171, 173

Galison, P. (盖利森) 40, 189, 212, 250

Galle, J. (盖勒) 78, 83, 135

Gaukroger, S. (戈克罗杰) 163

Geymonat, L. (盖莫纳特) 163

Glymour, C. (格利摩尔) 58

Goethe, J.W. (歌德) 68

Gooding, D. (古丁) 194

Hacking, I. (海金) 26, 40, 194, 198, 212, 239-240, 243

Halley, E. (哈雷) 135, 174, 179

Hamilton, W.R. (汉密尔顿) 223, 224

Hanfling, O. (汉夫灵) 18

Hanson, N.R. (汉森) 5, 6, 18

Hawking, S. (霍金) 171

Helmholtz, H. van (赫尔姆霍兹) 197

Hempel, C.G. (亨普耳) 58, 157

Henry, J. (亨利) 18

Hertz, H. (赫兹) 32-36, 40, 84, 197, 204, 206,

216, 234

Hirsch, P. (赫尔希) 211-212

Hobbes, T. (霍布斯) 220

Hooke, R. (虎克) 20–21

Horwich, P. (霍里奇) 192

Howson, C. (豪森) 143, 148, 180, 182–192, 249

Hoyningen-Huene, P. (霍宁根-休恩) 129

Hume, D. (休谟) 3, 50, 58, 158, 214

Kepler, J. (开普勒) 66, 80, 98, 100, 101, 144

Klein, U. (克莱因) 253

Koertge, N. (克尔特奇) xii

Kuhn, T. (库恩) 103, 107–129, 193, 194

费耶阿本德 149, 155, 159

拉卡托斯 130, 137–138, 141, 145, 148

新实验主义 203–204

Oersted, H. C. (奥斯特德) 194

Osiander, A. (奥西安德) 17, 167, 236

Ostwald, W. (奥斯瓦尔德) 237

Pauli, W. (泡利) 113-114

Perrin, J. (佩林) 204, 206

Plato (伯拉图) 80

Poincaré, H. (彭加勒) 232, 246

Poisson, S.D. (布瓦松) 82, 12-17, 188

Polanyi, M. (波兰尼) 7-8, 112

Popper, K. (波普尔) xi-xii, 26, 58, 127, 129, 193

证伪 64, 65, 66-67, 73, 76, 79, 86, 101-103

费耶阿本德 150, 157

拉卡托斯 131, 138, 139, 141

定律 214

新实验主义 203, 208

对归纳的异议 59-60

范式 119, 120, 121

概率 174, 178, 179, 184, 185, 190

实在论和反实在论 240, 244, 246

Post, H. (波斯特) xii

Powers, H. (鲍威尔斯) 20

Price, D.J. de S. 1(普赖斯) 67

Principe, L.M. (普林西普) 253

Prout, W. (普劳特) 36, 182, 183–184, 189–190

Ptolemy, C. (托勒密) 93, 94, 95, 97, 100, 113,

139, 140–141, 151, 167, 168

Quine, W.V.O. (蒯因) xii, 89, 182–183

Roentgen, W. (伦琴) 69, 70

Rosenkrantz, R.D. (罗森克兰茨) 192

Rowbotham, E.J. (罗伯塔姆) 2

Russell, B. (罗素) 45, 58, 80 Cohen, R.S. (科恩) 148

Comte, A. (孔德) 3

Copernicus, N. (哥白尼) 1-17

证伪 82, 87, 89, 92-101

费耶阿本德 151, 152, 167

拉卡托斯 131, 132, 139, 140-141, 144, 145

木星卫星 22-23

新实验主义 210, 212

范式 104, 110, 113, 116, 124

实在论和反实在论 236, 237

Coulomb, A. (库伦) 222, 22-27

Currie, G. (克里厄) 130, 146, 148

Curthoys, J. (居尔特瓦) xiii

Dalton, J. (道尔顿) 115

Darwin, C. (达尔文) xxi, 10

Davies, J. J. (戴维斯) 1

Democritus (德谟克里特) 161

Descartes, R. (笛卡儿) 109, 115

Dickens, C. (狄更斯) xx

Dirac, P. A. M. (狄拉克) 239, 243

Dorling, J. (道尔灵) 179–180, 181, 192

Drake, S. (德雷克) 24, 166

Duhem, P. (迪昂) 89, 182–183, 237, 241, 246

Duncan, M. M. (邓肯) 17

Earman, J. (厄尔曼) 192

Eddington, A. (爱丁顿) 59, 79, 201, 206, 209

Edge, D. O. (艾基) 15

Einstein, A. (爱因斯坦) xx, xxi, 36

证伪 59–60, 71, 72–3, 79, 82

拉卡托斯 139–140, 142

方法 161

新实验主义 201-202, 206, 208

范式 114, 117, 119-120, 125, 142

概率 190

实在论和反实在论 235

Faraday, M. (法拉第) 35, 106, 194-196, 227, 234

Fermi, E. (费米) 239, 243

Feyerabend, P. (费耶阿本德) xiv, xxi, xxii, 149-160, 193-194

证伪 103

拉卡托斯 147, 148

异议 161-162, 164, 167

范式 125

概率 174

Franklin, A. (弗兰克林) 40, 212

Lagrange, J. L. (拉格朗日) 223-224

Lakatos, I. (拉卡托斯) xi-xii, 36, 58, 129, 130-148, 181, 193

证伪 90, 91, 103

费耶阿本德 149, 154, 157, 159

Laudan, L. (劳丹) 173

Lavoisier, A. (拉瓦锡) 77, 114

Lawrence, D. H. (劳伦斯) xx

Leplin, J. (列普林) 246

Leverrier, U. J. (勒维叶) 78, 136

Locke, J. (洛克) 3, 18, 158

Lodge, O. (洛奇) 208

Mach, E. (马赫) 125, 237

Marx, K. (马克思) xii, xix, 59, 60, 64, 73, 131, 135, 146, 147, 155

Maxwell, J. C. (麦克斯韦) 33, 35, 36, 197

证伪 81, 84, 92

定律 223

范式 106–107, 109, 113, 114, 125 实在论和反实在论 226, 233, 235, 238

Mayo, D. (迈约) 40, 103, 120, 148, 192, 198, 205, 207–209, 212, 250

Menter, J. (曼托尔) 211

Michelson, A.A. (迈克尔逊) 125

Mill, J.S. (穆勒) 156

Morley, L. (莫雷) 125

Mulkay M.J. (穆尔凯) 15, 172

Musgrave, A. (默斯格雷夫) 36, 103, 129, 140, 148

Nabokov, V. (纳勃阔夫) xiii

Nagel, E. (奈格尔) 157

Nersessian, N. (内尔塞相) 129

Newman, W.R. (纽曼) 253

Newton, I. (牛顿) xxi

哥白尼革命 93, 100–101

证伪 66, 70, 71, 72, 75, 84, 90, 91

费耶阿本德 152

拉卡托斯 131, 133–134, 136, 147–148

定律 217, 218–219, 223–224

海王星 78, 83, 89

新实验主义 200–201, 202, 208

光学 111

范式 104, 105, 109–115, 120, 121, 125, 127, 142

概率 179

实在论和反实在论 226, 233, 235, 238, 242

Nye, M. J. (奈伊) 15

O’Hear, A. (奥黑尔) 86

Russell, D. (拉塞尔) xiv

Salmon, W. (萨尔蒙) 58

Schilpp, P.A. 86, (施尔普) 103

Shapere, D. (夏佩尔) 26

Snell, W. van R. (斯奈尔) 199

Soddy E. (索迪) 36-37

Stove, D. (斯多夫) 58

Suchting, W. (萨奇廷)xiii

Tarski, A. (塔尔斯基) 229-230

Thomason, N. (汤姆森) 210

Thomson, J. J. (汤姆逊) 32-33, 40, 204, 216, 222-223

Thurber, J. (塞尔伯) 24

Urbach, P. (厄尔巴赫) 180, 182-192, 249

van Fraassen, B.C. (范弗拉森) 225, 232, 246

Wartofsky, M.W. (华托夫斯基) 148

Weber, W. (韦伯) 197

Wittgenstein, L. (维特根斯坦) xii, 111

Wolfe, A.B. (沃尔夫) 53

Woolgar, S. (沃尔伽) 231

Worrall, J. (沃勒尔) 130, 140, 141, 148

拉卡托斯 143, 146

方法 162-163, 168, 171

实在论和反实在论 241, 244, 245, 246

Young, T. (扬) 143

Zahar, E. (扎哈尔) 140, 148

*人名索引中的页码是英文版页码。

英汉科学哲学术语对照表

ad hoc hypothesis 特设性假说

anarchistic theory of science 无政府主义科

学论

anomaly 反常

anti-realism 反实在论

auxiliary assumption 辅助假定

background knowledge 背景知识

basic statement 基础陈述

Bayes' theorem 贝叶斯定理

Bayesianism 贝叶斯主义

behaviourism 行为主义

capacity 能力

causation 因果关系

coherence 融贯

conceptual framework 概念框架

confirmation 确认

conjectural realism 猜想实在论

conjecture 猜想

conventionism 约定主义

correspondence 符合

deduction 演绎

degree of belief 信念度

demarcation 分界

disposition 倾向

disciplinary matrix 学科基质

empiricism 经验主义

epistemology 认识论

exemplar 范例

explanation 说明

experiment 实验

fallible 可错的

falsifiability 可错性

falsification 证伪

falsificationism 证伪主义

falsibility 可证伪性

falsity 假

global anti-realism 全球反实在论

hard core 硬核

heuristic 助发现法

improbable 不可几的

improbability 不可几性

induction 归纳

inductionism 归纳主义

inference 推论

initial condition 初始条件

instant rationalty 即时理性

subjective Bayesianism 主观贝叶斯主义

tendency 趋势

test 检验

thought experiment 思想实验

trial and error 试错法 instrumentalism 工具主义

interpretation 解释、诠释

irrationalism 非理性主义

justification 辩护

law 定律、法律

logical empiricism 逻辑经验主义

logical positivism 逻辑实证主义

metalanguage 元语言

method 方法

methodology 方法论

negative heuristic 反面助发现法

new experimentalism 新实验主义

normal science 常规科学

object language 对象语言

objective Bayesianism 客观贝叶斯主义

observation 观察、观测

ontology 本体论

paradigm 范式

perceptual experience 知觉经验

pluralism 多元论

positive heuristic 正面助发现法

positivism 实证主义

potential falsifier 潜在证伪者

power 力、力量

pre-science 前科学

principle of induction 归纳原理

probable 可几的

probability 概率

problem of induction 归纳问题

problem situation 问题境况

protecting belt 保护带

prediction 预见、预测

pseudo-science 伪科学

rationalism 理性主义

rationality 理性、合理性

reality 实在

reason 理由、理性

reasoning 推理

refutation 反驳

regularity 规律性

research programme 研究纲领

scientific realism 科学实在论

scientific revolution 科学革命

simplicity 简单性

singular statement 单称陈述

structural realism 结构实在论

truth 真理、真、真值

universal statement 普遍陈述

unrepresented realism 未表达实在论

verification 证实

译后记

1978年9月，新西兰威卡托大学华裔学者孔宪中先生来华时，谈起科学哲学最近在西方的发展，并送了我们一本当年新出版的他的朋友查尔默斯先生的著作《科学究竟是什么?》。这本书对当时西方著名科学哲学家诸如波普尔、拉卡托斯、库恩、费耶阿本德等人的理论，作了简明生动的介绍，并提出了作者自己的看法。国外许多大学将此书作为教学用书，备受欢迎。查汝强和江枫先生以及我于1979年合作将此书译出，1982年由商务印书馆出版。出版后许多大学将此作为教学用书，使我们备受鼓舞。

1997年我收到查尔默斯先生的邀请，希望我参加是年6月在澳大利亚悉尼举行的“科学究竟是什么？二十年以后”国际专题学术讨论会，但我由于忙于各种什物，不克参加。2000年我收到该书的第三版。后来北京大学科学与社会研究中心的王骏先生希望我此译出，将有助于对大学本科生和研究生的教学。由于查汝强先生已经作古，江枫先生久已失去联系，这项工作只好由我独自完成。这本第三版除了一小部分外，基本上是本新书。补充了费耶阿本德以后科学哲学的发展，而前面部分也作很大修改，以致连这本书的题目本身“科学究竟是什么？”也提出了质疑。鉴于科学哲学近二十年的发展，作者对费耶阿本德以前的科学哲学的论述比较全面，不过其代价是少了棱角和犀利。然而，对费耶阿本德以后科学哲学的论述，对于我们中国对科学哲学感兴趣的人来说，十分宝贵。

我特别邀请作者为这本中译本作序，作者欣然同意，并立即将序通过电子信箱发来。这次的译文难免有不少错误缺点，希望读者指正。另外，我要说明的是，这次没有将“书目”翻译为中文，是为了便于读者查找。在正文中作者在括号内指明姓名、出版年代和页码，是为了便于我们在“书目”中找到出处。我在译文中修改了一些术语的译名，请读者查找“英汉科学哲学术语对照表”。

希望本书的出版能有利于我国科学哲学的教学和研究。

邱仁宗

2001年8月23日

北京草桥欣园