

第十七章 如何阅读科学与数学

这一章的标题可能会让你误解。我们并不打算给你有关阅读任何一种科学与数学的建议。我们只限定自己讨论两种形式的书：一种是在我们传统中，伟大的科学与数学的经典之作。另一种则是现代科普著作。我们所谈的往往也适用于阅读一些主题深奥又特定的研究论文，但是我们不能帮助你阅读这类文章。原因有两个，第一个很简单，我们没有资格这么做。

第二个则是：直到大约19世纪末，主要的科学著作都是给门外汉写的。这些作者——像伽利略、牛顿与达尔文——并不反对他们领域中的专家来阅读，事实上，他们也希望接触到这样的读者。但在那个时代，爱因斯坦所说的“科学的快乐童年时代”，科学专业的制度还没有建立起来。聪明又能阅读的人阅读科学书就跟阅读历史或哲学一样，中间没有艰困与速度的差距，也没有不能克服的障碍。当代的科学著作，并没有明显表示出要忽视一般读者或门外汉。不过大多数现代科学著作并不关心门外汉读者的想法，甚至也不想尝试让这样的读者理解。

今天，科学论文已经变成专家写给专家看的东西了。就某个严肃的科学主题的沟通中，读者也要有相对的专业知识才行，通常不是这个领域中的读者根本无法阅读这类文章。这样的倾向有明显的好处，这使科学的进步更加快速。专家之间彼此交换专业知识，很快就能互相沟通，达到重点——他们很快便能看出问题所在，并想办法解决。但是付出的代价也很明显。你——也就是我们在本书中所强调的一般水平的读者——就没法阅读这类文章了。

事实上，这样的情况也已经出现在其他的领域中，只是科学的领域更严重一些罢了。今天，哲学家也不再为专业的哲学家以外的读者写作，经济学家只写给经济学家看，甚至连历史学家都开始写专业的论著。而在科学界，专家透过专业论文来作沟通早已是非常重要的方式，比起写给所有读者的那种传统叙事性的写法，这样的方式更方便彼此的意见交流。

在这样的情况下，一般的读者该怎么办呢？他不可能在任何一个领域中都成为专家。他必须退一步，也就是阅读流行的科普书。其中有些是好书，有些是坏书。但是我们不仅要知道这中间的差别，最重要的是还要能在阅读好书时达到充分的理解。

※ 了解科学这一门行业

科学史是学术领域中发展最快速的一门学科。在过去的几年当中，我们看到这个领域在明显地改变。“严肃的”科学家瞧不起科学历史家，是没多久以前的事。在过去，科学历史家被认为是以研究历史为主，因为他们没有能力拓展真正的科学领域。这样的态度可以用萧伯纳的一句名言来作总结：“有能力的人，就去做。没有能力的人，就去教。”

目前已经很少听到有关这种态度的描述了。科学史这个部门已经变得很重要，卓越的科学家们研究也写出有关科学的历史。其中有个例子就是“牛顿工业”(Newton Industry)。目前，许多国家都针对牛顿的理论及其独特的人格，作密集又大量的研究。最近也出版了六七本相关的书籍。原因是科学家比以前更关心科学这个行业本身了。

因此，我们毫不迟疑地要推荐你最少要阅读一些伟大的科学经典巨著。事实上，你真的没有借口不阅读这样的书。其中没有一本真的很难读，就算牛顿的《自然哲学的数学原理》(Mathematical Principles of Natural Philosophy)，只要你真的肯努力，也是可以读得通的。

这是我们给你最有帮助的建议。你要做的就是运用阅读论说性作品的规则，而且要很清楚地知道作者想要解决的问题是什么。这个分析阅读的规则适用于任何论说性的作品，尤其适用于科学与数学的作品。

换句话说，你是门外汉，你阅读科学经典著作并不是为了要成为现代专业领域的专家。相反地，你阅读这些书只是为了了解科学的历史与哲学。事实上，这也是一个门外汉对科学应有的责任。只有当你注意到伟大的科学家想要解决的是什么问题时——注意到问题的本身及问题的背景——你的责任才算结束了。

要跟上科学发展的脚步，找出事实、假定、原理与证据之间的相互关联，就是参与了人类理性的活动，而那可能是人类最成功的领域。也许，光这一点就能印证有关科学历史研究的价值了。此外，这样的研究还能在某种程度上消除一些对科学的谬误。最重要的是，那是与教育的根本相关的脑力活动，也是从苏格拉底到我们以来，一直被认为是中心的目标，也就是透过怀疑的训练，而释放出一个自由开放的心灵。

※ 阅读科学经典名著的建议

所谓科学作品，就是在某个研究领域中，经过实验或自然观察得来的结果，所写成的研究报告或结论。叙述科学的问题总要尽量描述出正确的现象，找出不同现象之间的互动关系。

伟大的科学作品，尽管最初的假设不免个人偏见，但不会有夸大或宣传。你要注意作者最初的假设，放在心上，然后把他的假设与经过论证之后的结论作个区别。一个越“客观”的科学作者，越会明白地要求你接受这个、接受那个假设。科学的客观不在于没有最初的偏见，而在于坦白承认。

在科学作品中，主要的词汇通常都是一些不常见的或科技的用语。这些用语很容易找出来，你也可以经由这些用语找到主旨。主旨通常都是很一般性的。科学不是编年史，科学家跟历史学家刚好相反，他们要摆脱时间与地点的限制。他要说的是一般的现象，事物变化的一般规则。

在阅读科学作品时，似乎有两个主要的难题。一个是有关论述的问题。科学基本上是归纳法，基本的论述也就是经由研究查证，建立出来的一个通则——可能是经由实验所创造出来的一个案例，也可能是长期观察所收集到的一连串案例。还有另外一些论述是运用演绎法来推论的。这样的论述是借着其他已经证明过的理论，再推论出来的。在讲求证据这一点上，科学与哲学其实差异不大。不过归纳法是科学的特质。

会出现第一个困难的原因是：为了了解科学中归纳法的论点，你就必须了解科学家引以为理论基础的证据。不幸的是，那是很难做到的事。除了手中那本书之外，你仍然一无所知。如果这本书不能启发一个人时，读者只有一个解决办法，就是自己亲身体验以获得必要的特殊经验。他可能要亲眼看到实验的过程，或是去观察与操作书中所提到的相同的实验仪器。他也可能要去博物馆观察标本与模型。

任何人想要了解科学的历史，除了阅读经典作品外，还要能自己做实验，以熟悉书中所谈到的关系重大的实验。经典实验就跟经典作品一样，如果你能亲眼目睹，亲自动手做出伟大科学家所形容的实验，那也是他获得内心洞察力的来源，那么对于这本科学经典巨著，你就会有更深的理解。

这并不是说你一定要依序完成所有的实验才能开始阅读这本书。以拉瓦锡(Lavoisier)的《化学原理》(Elements of Chemistry)为例，这本书出版于1789年，到目前已不再被认为是化学界有用的教科书了，一个高中生如

果想要通过化学考试，也绝不会笨到来读这本书。不过在当时他所提出来的方法仍是革命性的，他所构思的化学元素大体上我们仍然沿用至今。因此阅读这本书的重点是：你用不着读完所有的细节才能获得启发。譬如他的前言便强调了科学方法的重要，便深具启发性。拉瓦锡说：任何自然科学的分支都要包含三个部分：在这个科学主题中的连续事实，呈现这些事实的想法，以及表达这些事实的语言……因为想法是由语言来保留与沟通的，如果我们没法改进科学的本身，就没法促进科学语言的进步。换个角度来看也一样，我们不可能只改进科学的语言或术语，却不改进科学的本身。这正是拉瓦锡所做的事。他借着改进化学的语言以推展化学，就像牛顿在一个世纪以前将物理的语言系统化、条理化，以促进物理的进步——你可能还记得，在这样的过程中，他发展出微积分学。

提到微积分使我们想到在阅读科学作品时的第二个困难，那就是数学的问题。

※ 面对数学的问题

很多人都很怕数学，认为自己完全无法阅读这样的书。没有人能确定这是什么原因。一些心理学家认为这就像是“符号盲”(Symbleblindness)无法放下对实体的依赖，转而理解在控制之下的符号转换。或许这有点道理，但文字也转换，转换得多少比较更不受控制，甚至也许更难以理解。还有一些人认为问题出在数学的教学上。如果真是如此，我们倒要松口气，因为近来有许多研究已经投注在如何把数学教好这个问题上了。

其中的部分原因是没有人告诉我们，或是没有早点告诉我们，好让我们深入了解：数学其实是一种语言，我们可以像学习自己的语言一样学习它。在学习自己的语言时，我们要学两次：第一次是学习如何说话，第二次是学习如何阅读。幸运的是，数学只需要学一次，因为它完全是书写的语言。

我们在前面说过，学习新的书写语言，牵涉到基础阅读的问题。当我们在小学第一次接受阅读指导时，我们的问题在要学习认出每一页中出现的特定符号，还要记得这些符号之间的关系。就算是后来变成阅读高手的人，偶尔还是要用基础阅读来阅读。譬如我们看到一个不认得的字时，还是得去翻字典。如果我们被一个句子的句法搞昏头时，也得从基础的层次来解决。只有当我们解决了这些问题时，我们的阅读能力才能

更上层楼。

数学既然是一种语言，那就拥有自己的字汇、文法与句法（Syntax），初学者一定要学会这些东西。特定的符号或符号之间的关系要记下来。因为数学的语言与我们常用的语言不同，问题也会不同，但从理论上来说，不会难过我们学习英文、法文或德文。事实上，从基础阅读的层次来看，可能还要简单一点。

任何一种语言都是一种沟通的媒介，借着语言人们能彼此了解共同的主题。一般日常谈话的主题不外是关于情绪上的事情或人际关系。其实，如果是两个不同的人，对于那样的主题彼此未必能完全沟通。但是不同的两个人，撇开情绪性的话题，却可以共同理解与他们无关的第三种事件，像电路、等腰三角形或三段论法。原因是当我们的话题牵涉到情绪时，我们很难理解一些言外之意。数学却能让我们避免这样的问题。只要能适当地运用数学的共识、主旨与等式，就不会有情绪上言外之意的

问题。除此之外，也没有人告诉我们，至少没有早一点告诉我们，数学是如何优美、如何满足智力的一门学问。如果任何人愿意费点力气来读数学，要领略数学之美永远不嫌晚。你可以从欧几里得开始，他的《几何原理》是所有这类作品中最清晰也最优美的作品。

让我们以《几何原理》第一册的前五个命题来作说明。（如果你手边有这本书，你该打开来看看。）基本几何学的命题有两种：(1)有关作图问题的叙述。(2)有关几何图形与各相关部分之间的关系的定理。作图的问题必须着手去做，定理的问题就得去证明。在欧几里得作图问题的结尾部分，通常会有Q. E. F. (Quod erat faciendum)的字样，意思是“作图完毕”，而在定理的结尾，你会看到Q. E. D. (Quod erat demonstrandum)的字样，意思是“证明完毕”，。

《几何原理》第一册的前三个命题的问题，都是与作图有关的。为什么呢？一个答案是这些作图是为了要证明定理用的。在前四个命题中，我们看不出来，到了第五个，就是定理的部分，我们就可以看出来了。譬如等腰三角形（一个三角形有两个相等的边）的两底角相等，这就需要运用上“命题三”，一条短线取自一条长线的道理。而“命题三”又跟“命题二”的作图有关，“命题二”则跟“命题一”的作图有关，所以为了要证明“命题五”，就必须要先作三个图。

我们也可以从另外一个目的来看作图的问题。作图很明显地与公设(postulate)相似，两者都声称几何的运作是可以执行出来的。在公设的案例中，这个可能性是假定(assumed)出来的。在命题的案例中，那是要证明(proved)出来的。当然，要这样证明，需要用到公设。因此，举例来说，我们可能会疑惑是否真的有“定义二〇”中所定义的等边三角形这回事。但是我们用不着为这些数学物件是否存在而困扰，至少我们可以看到“命题一”所说的：基于有这些直线与圆的假定，自然可以导引出有像等边三角形这样东西的存在了。

我们再回到“命题五”，有关等腰三角形的内角相同的定理。要达到这个结论，牵涉前面许多命题与公设，并且必须证明本身的命题。这样就可以看出，如果某件事为真（也就是我们有一个等腰三角形的假设），并且如果其他某些附加条件也成立（定义、公设与前面其他的命题），那么另一件事（也就是结论）亦为真。命题所重视的是“若……则”这样的关系。命题要确定的不是假设是否为真，也不是结论是否为真——除非假设为真的时候。而除非命题得到证明，否则我们就无法确认假设和结论的关系是否为真。命题所证明的，纯粹是这种关系是否为真。别无其他。

说这样的东西是优美的，有夸大其词吗？我们并不这么认为。我们在这里所谈的只是针对一个真正有范围限制的问题。作出真正逻辑的解释。在解释的清晰与问题范围有限制的特质之中，有一种特别的吸引力。在一般的谈话中，就算是非常好的哲学家在讨论，也没法将问题如此这般说得一清二楚。而在哲学问题中，即使用上逻辑的概念，也很难像这样清晰地解说出来。

关于前面所列举的“命题五”的论点，与最简单的三段论法之间的差异性，我们再作些说明。所谓三段论法就是：所有的动物终有一死；

所有的人都是动物；

因此，所有的人终有一死。

这个推论也确实适用于某些事。我们可以把它想成是数学上的推论。假定有动物及人这些东西，再假设动物是会死的。那就可以导引出像前面所说三角形那样确切的结论了。但这里的问题是动物和人是确切存在的，我们是就一些真实存在的东西来假设一些事情。我们一定得用数学上用不着的方法，来检验我们的假设。欧几里得的命题就不担心这一

点。他并不在意到底有没有等腰三角形这回事。他说的是，如果有等腰三角形，如果如此定义，那一定可以导出两个底角相同的结论。你真的用不着怀疑这件事——永远不必。

※ 掌握科学作品中的数学问题关于欧几里得的话题已经有点离题了。我们所关心的是在科学作品中有相当多的数学问题，而这也是一个主要的阅读障碍。关于这一点有几件事要说明如下。

第一，你至少可以把一些比你想像的基础程度的数学读得更明白。我们已经建议你从欧几里得开始，我们确定你只要花几个晚上把《几何原理》读好，就能克服对数学的恐惧心理。读完欧几里得之后，你可以进一步，看看其他经典级的希腊数学大师的作品——阿基米德

(Archimedes), 阿波罗尼乌斯(Apollonius), 尼科马科斯(Nicomachus)。这些书并不真的很难，而且你可以跳着略读。

这就带入了我们要说的第二个重点。如果你阅读数学书的企图是要了解数学本身，当然你要读数学，从头读到尾——手上还要拿枝笔，这会比阅读任何其他的书还需要在书页空白处写些笔记。但是你的企图可能并非如此，而是只想读一本有数学在内的科学书，这样跳着略读反而是比较聪明的。

以牛顿的《自然哲学的数学原理》为例，书中包含了很多命题，有作图问题与定理。但你用不着真的每一个都仔细地去读，尤其第一次从头看一遍的时候更是如此。先看定理的说明，再看看结论，掌握一下这是如何证明出来的。读读引理(lemmas)及系理(corollaries)的说明，再读所谓旁注(scholiums)（基本上这是讨论命题与整个问题之间的关系）。这么做了之后，你会看到整本书的全貌，也会发现牛顿是如何架构这个系统的——哪个先哪个后，各个部分又如何密切呼应起来。用这样的方法读这本书，觉得困难就不要看图表（许多读者是这么做的），只挑你感兴趣的内容来看，但要确定没错过牛顿所强调的重点。其中一个重点出现在第三卷的结尾，名称是“宇宙系统”，牛顿称之为一般的旁注，不但总结了前人的重点，也提出了一个物理学上几乎所有后人都会思考的伟大问题。

牛顿的《光学》(Optics)也是另一部伟大的科学经典作品，你应该也试着读一下。其实书中谈到的数学部分不多，但你一开始看时可能不这么认为，因为书中到处都是图表。其实这些图表只是用来说明牛顿的实验：让阳光穿过一个小洞，射进一个黑暗的房间，用棱镜截取光线，下

面放一张白纸，就可以看到光线中各种不同的颜色呈现在纸上。你自己就可以很简单地重复这样的实验，这是做起来很好玩的事，因为色彩很美丽，而且描绘得一清二楚。除了有关这个实验的形容，你还会想读一下有关不同定理或命题的说明，以及三卷书中每卷结尾部分的讨论，牛顿在这里会对他的发现作个总结，并指出其意义。第三卷的结尾尤其出名，在这里牛顿对科学这个行业作了一些说明，很值得一读。

科学作品中经常会包括数学，主要因为我们前面说过数学精确、清晰与范围限定的特质。有时候你能读懂一些东西，却用不着深入数学的领域，像牛顿的书就是个例子。奇怪的是，就算数学对你来说可怕得不得了，但是一点也没有数学有时造成的麻烦还可能更大呢！譬如在伽利略的《两种新科学》中，这是物质能量与运动的名作，对现代读者来说特别困难，因为基本上这不是数学的书，而是以对话形式来进行的。对话的形式被诸如柏拉图的大师运用在舞台或哲学讨论上，非常适合，运用在科学的讨论上就不太适合了。因此要明白伽利略到底谈的是什么其实是很困难的。不过如果你试着读一下，你会发现他在谈一些革新的创见。

当然，并不是所有的科学经典作品都用上了数学，或是一定要用数学。像希腊医学之父，希波克拉底(Hippocrates)的作品就没有数学。你可以很容易读完这本书，发现希波克拉底的医学观点——预防胜于治疗的艺术。不幸的是，现代已经不流行这样的想法。威廉·哈佛讨论血液循环的问题，或是威廉·吉伯特讨论磁场的问题，都与数学无关。只要你记住，你的责任不是成为这个主题的专家，而是要去了解相关的问题，在阅读时就会轻松许多。

※ 关于科普书的重点

从某一方面而言，关于阅读科普书，我们没有什么更多的话要说了。就定义上来说，这些书——不论是书或文章——都是为广泛的大众而写的，而不只是为专家写的。因此，如果你已经读了一些科学的经典名作，这类流行书对你来说就毫无问题了。这是因为这些书虽然与科学有关，但一般来说，读者都已经避免了阅读原创性科学巨著的两个难题。第一，他们只谈论一点相关的实验内容（他们只报告出实验的结果）。第二，内容只包括一点数学（除非是以数学为主的畅销书）。

科普文章通常比科普书要容易阅读，不过也并非永远如此。有时候这样的文章很好——像《科学美国人》(Scientific American)月刊或更专业的

《科学》(Science)周刊。当然，无论这些刊物有多好，编辑有多仔细多负责任，都还是会出现上一章结尾时所谈到的问题。在阅读这些文章时，我们就得靠记者为我们过滤资讯了。如果他们是好的记者，我们就很幸运。如果不是，我们就一无所获。

阅读科普书绝对比阅读故事书要困难得多。就算是一篇三页没有实验报告，没有图表，也没有数学方程式需要读者去计算的有关DNA的文章，阅读的时候如果你不全神贯注，就是没法理解。因此，在阅读这种作品时所需要的主动性比其他的书还要多。要确认主题。要发现整体与部分之间的关系。要与作者达成共识。要找出主旨与论述。在评估或衡量意义之前，要能完全了解这本书才行。现在这些规则对你来说应该都很熟悉了。但是在这里运用起来更有作用。

短文通常都是在传递资讯，你阅读的时候用不着太多主动的思考。你要做的只是去了解，明白作者所说的话，除此之外大多数情况就用不着花太大的力气了。至于阅读另外一些很出色的畅销书，像怀特海的《数学入门》(Introduction to Mathematics)、林肯·巴内特(Lincoln Barnett)的《宇宙和爱因斯坦博士》、巴瑞·康孟纳(Barry Commoner)的《封闭的循环》(The Closing Circle)等等，需要的则比较多了。康孟纳的书更是如此，他所谈的主题——环保危机——对现代的我们来说都很感兴趣又很重要。他的书写得很密实，需要一直保持注意力。整本书就是一个暗示，仔细的读者不该忽略才对。虽然这不是实用的作品，不是我们在第十三章中所谈到的作品，但是书中的结论对我们的生活有重大影响。书中的主题——环保危机——谈的就是这个。环保问题是我们的问题，如果出现了危机，我们就不得不注意。就算作者没有说明——事实上他说了——我们还是身处危机中。在面对危机时，（通常）会出现特定的反应，或是停止某种反应。因此康孟纳的书虽然基本上是理论性的，但已经超越了理论，进入实用的领域。

这并不是说康孟纳的书特别重要，而怀特海或巴内特的书不重要。《宇宙和爱因斯坦博士》写出来之后，像这样一本为一般读者所写，研究原子的历史的理论书，让大家警觉到以刚发明不久的原子弹为主要代表、但不是全部代表的原子物理本质上的严重危机。因此，理论性的书一样会带来实际的结果。就算现代人不注意逐渐逼近的原子或核战争，阅读这类书仍然有实际的需要。因为原子或核物理是我们这个年代最伟大的成就，为我们带来许多美好的承诺，同样也带来许多重大危机。一个有知识、而且有心的读者应该尽可能阅读有关这方面的书籍。

在怀特海的《数学入门》中，是另一个有点不同的重要讯息。数学是现代几个重要的神秘事物之一。或许，也是最有指标性的一个，在我们社会中占有像古代宗教所占有的地位。如果我们想要了解我们存活的这个时代，我们就该了解一下数学是什么，数学家是如何运用数学，如何思考的。怀特海的作品虽然没有深入讨论这个议题，但对数学的原理却有卓越的见解。如果这本书对你没有其他的作用，至少也对细心的读者显示了数学家并不是魔术师，而是个普通的人。这样的发现，对一个想要超越一时一地的思想与经验，想要扩大自己领域的读者来说尤其重要。

第十八章 如何阅读哲学书

小孩常会问些伟大的问题：“为什么会有人类？”、“猫为什么会那样做？”、“这世界最初名叫什么？”、“上帝创造世界的理由是什么？”这些话从孩子的口中冒出来，就算不是智慧，至少也是在寻找智慧。根据亚里士多德的说法，哲学来自怀疑。那必然是从孩提时代就开始的疑问，只是大多数人的疑惑也就止于孩提时代。

孩子是天生的发问者。并不是因为他提出的问题很多，而是那些问题的特质，使他与成人有所区别。成人并没有失去好奇心，好奇心似乎是人类的天生特质，但是他们的好奇心在性质上有了转化。他们想要知道事情是否如此，而非为什么如此。但是孩子的问题并不限于百科全书中能解答的问题。

从托儿所到大学之间，发生了什么事使孩子的问题消失了？或是使孩子变成一个比较呆板的成人，对于事实的真相不再好奇？我们的头脑不再被好问题所刺激，也就不能理解与欣赏最好的答案的价值。要知道答案其实很容易。但是要发展出不断追根究底的心态，提出真正有深度的问题——这又是另一回事了。

为什么孩子天生就有的心态，我们却要努力去发展呢？在我们成长的过程中，不知是什么原因，成人便失去了孩提时代原本就有的好奇心。或许是因为学校教育使头脑僵化了一死背的学习负荷是主因，尽管其中有大部分或许是必要的。另一个更可能的原因是父母的错。就算有答案，我们也常告诉孩子说没有答案，或是要他们不要再问问题了。碰到那些看来回答不了的问题时，我们觉得困窘，便想用这样的方法掩盖我们的不自在。所有这些都在打击一个孩子的好奇心。他可能会以为问问题是很不礼貌的行为。人类的好问从来没有被扼杀过，但却很快地降格为大部分大学生所提的问题——他们就像接下来要变成的成人一样，只会问一些资讯而已。

对这个问题我们没有解决方案，当然也不会自以为是，认为我们能告诉你如何回答孩子们所提出来的深刻问题。但是我们要提醒你一件很重要的事，就是最伟大的哲学家所提出来的深刻问题，正是孩子们所提出的问题。能够保留孩子看世界的眼光，又能成熟地了解到保留这些问题的意义，确实是非常稀有的能力——拥有这种能力的人也才可能对我们的思想有重大的贡献。