

北京大学科技哲学丛书

科学革命的结构



〔美〕托马斯·库恩著
金吾伦 胡新和 译



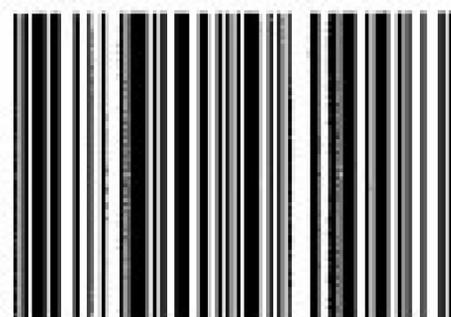
北京大学出版社

北京大学科技哲学丛书

第一辑书目

- 《科学革命的结构》〔美〕托马斯·库恩 著 / 金吾伦 胡新和 译
《哥白尼革命》〔美〕托马斯·库恩 著 / 吴国盛 张东林 李立 译
《从封闭世界到无限宇宙》〔法〕亚历山大·柯瓦雷 著 / 邬波涛 张华 译
《牛顿研究》〔法〕亚历山大·柯瓦雷 著 / 张卜天 译
《近代物理科学的形而上学基础》〔美〕爱德文·阿瑟·伯特 著 / 徐向东 译

ISBN 7-301-06100-5



9 787301 061008 >

责任编辑：张凤珠

封面设计：林胜利

ISBN 7-301-06100-5/B·0255

定价：14.00元

N02
2K3

科学革命的结构

〔美〕托马斯·库恩 著
金吾伦 胡新和 译

北京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学革命的结构/[美]托马斯·库恩著;金吾伦 胡新和译. —
北京:北京大学出版社,2003.1
(北京大学科技哲学丛书)
ISBN 7-301-06100-5

I. 科… II. ①库…②金… III. 科技哲学 IV. N02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 107137 号
著作权合同登记 图字 01-2002-5265

Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*,
The University of Chicago Press, 1996.

书 名: 科学革命的结构

著作责任者: [美]托马斯·库恩著 金吾伦 胡新和 译

责任编辑: 张凤珠

标准书号: ISBN 7-301-06100-5/B·0255

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> 电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752022

排 版 者: 北京军峰公司

印 刷 者: 北京大学印刷厂

经 销 者: 新华书店

890mm × 1240mm A5 开本 6.625 印张 184 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 14.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,翻版必究

《北京大学科技哲学丛书》总序

作为哲学二级学科的“科学技术哲学”(简称科技哲学)过去叫“自然辩证法”,但从目前实际涵盖的研究领域来看,它既不能等同于“科学哲学”(Philosophy of Science),也无法等同于“科学哲学和技术哲学”(Philosophy of Science and of Technology)。事实上,它包罗了各种以“科学技术”为研究对象的学科,比如科学史、科学哲学、科学社会学、科技政策与科研管理、科学传播等等。过去二十多年来,以这个学科的名义所从事的工作是高度“发散”的:以“科学、技术与社会”(STS)为名,侵入了几乎所有的社会科学领域;以“科学与人文”为名,侵入了几乎所有的人文学科;以“自然科学哲学问题”为名,侵入了几乎所有的理工农医领域。这个奇特的局面也不全是中国特色造成的,首先是世界性的。科技本身的飞速发展带来了许多前所未有但又是紧迫的社会问题、文化问题、哲学问题,因此也催生了这许多边缘学科、交叉学科。承载着多样化的问题领域和研究兴趣的各种新兴学科,一下子找不到合适的地方落户,最终都归到“科技哲学”的门下。虽说它的“庙门”小一些,但它的“户口”最稳定,而在我们中国,“户口”一向都是很重要的,学界也不例外。

研究领域的漫无边际,研究视角的多种多样,使得这个学术群体缺乏一种总体上的学术认同感,同行之间没有同行的感觉。尽管以“科技哲学”的名义有了一个外在的学科建制,但是内在的学术规范迟迟未能建立起来。不少业内业外的人士甚至认为它根本不是一个学科,而只是一个跨学科的、边缘的研究领域。然而,没有学科范式,就不会有严格意义上的学术积累和进步。

HAA 03/04

中国的“科技哲学”界必须意识到：热点问题和现实问题的研究，不能代替学科建设。惟有通过学科建设，我们的学科才能后继有人；惟有加强学科建设，我们的热点问题和现实问题研究才能走向深入。

如何着手“科技哲学”的内在学科建设？从目前的现状看，科技哲学界事实上已经分解成两个群体，一个是哲学群体，一个是社会学群体。前者大体关注自然哲学、科学哲学、技术哲学、科学思想史、自然科学哲学问题等，后者大体关注科学社会学、科技政策与科研管理、科学的社会研究、科学技术与社会(STS)、科学学等。学科建设首先要顺应这一分化的大局，在哲学方向和社会学方向分头进行。

本丛书的设计体现了我们把“科技哲学”作为哲学学科来建设的构想。我们深知，一个学科特别是人文学科的范式，通常体现在它的经典著作和教科书中。目前，科技哲学专业的研究生们还没有公认的必读书目和必修课程体系。我们希望通过本丛书，为有哲学兴趣的科技哲学教师和学生提供一种可供选择的方案。

我们的注意力将集中在自然哲学、科学哲学、技术哲学和科学思想史四个分支学科上，因为这四个子学科是对科学技术进行哲学反思的核心和基础学科。我们将在这四个学科方向上，系统积累基本文献，分层次编写教材和参考书。我们希望本丛书的出版能够有助于推进科技哲学的学科建设，也希望学界同行和读者不吝赐教，帮助我们出好这套丛书。

本丛书的编辑出版受到“北京大学创建世界一流大学计划”经费资助。

吴国盛

2002年12月于燕园四院

序

vii

本文^①是差不多十五年前所构想的一项计划的第一份正式出版的报告。当时,我还是一位理论物理学的研究生,即将完成我的博士论文。这时我有幸参加了一项实验性的大学课程,这是为非理科学学生开设的物理学,由此而使我第一次接触到科学史。使我非常惊讶的是,接触了过时的科学理论和实践,竟使我从根本上破除了关于科学的本质和它所以特别成功之理由的许多基本观念。

那些基本观念有一部分是我原先从科学训练中得来的,另一部分则来自我对科学哲学的长期业余兴趣。不论这些观念在教学上为何有用,也不论它们抽象说来如何言之成理,这些观念都与历史研究所展示出来的事业完全不符。然而它们对于许多科学讨论曾经是并且现在仍然是基本的,而如今又失去了它们的逼真性,因此看来需要彻底加以追究。结果便是我的职业计划发生了剧烈的改变,使我从物理学转移到了科学史,接着又逐渐地从相对直接的历史问题,转回到更多地关注哲学问题,而正是对哲学的关注才引导我去关心历史的。除了几篇文章外,本文是我早期发表的那些主要论述哲学问题的著作中的第一篇。此外,本文也力图向我自己及我的朋友们解释我最初是怎样从科学转向科学史的。

^① 库恩的这本著作最先是论文(essay)形式发表的,所以原文中提到本书时,都用的是“本文”(this essay)。不过在1969年写的后记中就都用本书(this book)了。为使读者从中看出本书的演变脉络,故按原文译出。——译者

我第一次深究下面所要论述的某些思想的机会,是由哈佛大学学者奖学金学会的年轻学者奖学金(Junior Fellow of the Society of Fellows of Harvard University)提供的。没有那段自由的时期,要过渡到一个新的研究领域将会是非常困难的,也许就不可能成功。我在那些年的部分时间花在真正的科学史上,尤其是继续研究亚历山大·柯瓦雷(Alexandre Koyre)的著作,并且第一次接触到埃米尔·迈耶逊(Emile Meyerson)、海林纳·梅茨格(Helene Metzger)和安纳利泽·格尔(Anneliese Maier)的著作。^①这些人比大多数其他现代学者更清晰地表明,在一个科学思想的准则与今日所流行的准则大相径庭的时期,科学思维会是怎样的。虽然我逐渐地怀疑他们的一些特殊诠释,但他们的著作,以及A. O. 拉夫乔伊(Lovejoy)的《伟大的存在之链》(*Great Chain of Being*),在形成我的关于科学思想史可能是什么的概念中,仅次于第一手资料。

viii

然而,那些年的大部分时间,我都是在与科学史无明显关系的研究领域渡过的,但在这些研究中所揭示的问题,与科学史所带给我的问题一样地引起我的注意。一个偶然碰到的脚注导致我注意到J. 皮亚杰(Jean Piaget)的实验,皮亚杰通过这些实验既阐明了成长中的孩子的不同的世界,也阐明了从一个世界过渡到另一个世界的过程。^②我的一位同事指点我读知觉心理学的论文,尤其是格式塔心理学家的论文。另有一位同事向我介

① 特别有影响的是: Alexandre Koyre, *Etudes Galileennes* (3 vols; Paris, 1939); Emile Meyerson, *Identity and Reality*, trans. Kate Loewenberg (N. Y., 1930); Helene Metzger, *Les doctrines Chimiques en France du debut du XVIIe a la fin du XVIIIe siecle* (Paris, 1923), and *Newton, Stahl, Boerboave et la doctrine chimique* (Paris, 1930); and Anneliese Maier, *Die Vorlaufer Galileis im 14 Jahrhundert* "Studien zur Naturphilosophie der Spatscholastik", (Rome, 1949).

② 因为这些实验展示出的概念和过程,也是从科学史中直接突现出来的,所以,皮亚杰的两组研究特别重要: *The Child's Conception of Causality*, trans. Marjorie Gabain (London, 1930), and *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant* (Paris, 1946).

ix 介绍了 B. L. 沃尔夫(Whorf)关于语言对世界观的影响的各种思辨;而 W. V. O. 蒯因(Quine)则为我揭开了分析—综合区别的哲学疑难。^①这是一些带有些随意性的探索,都是学者奖学金学会所许可的,而且也只有通过这类探索我才能碰上路德维希·弗莱克(Ludwik Fleck)的那篇几乎无人知晓的专论:《一个科学事实的发生与发展》(Basel, 1935),这篇论文先于我而提出了许多我自己的思想。与另一位年轻学者 Francis X. 萨顿的评论结合在一起,弗莱克的工作使我认识到,那些思想可能需要在科学共同体的社会学中,才能被确立起来。虽然读者在本书中很少发现这些著作和对话,但我受他们的恩惠要比我现在所能回想或估计的还多。

在我当初级研究员的最后一年,我被邀请到波士顿的洛厄尔研究所(Lowell Institute)去讲演,这给我提供了第一次机会来彻底试验我正在发展中的科学概念。结果是一系列的八个公开讲演,1951年3月发表,题目是《物理理论的探索》(The Quest for Physical Theory)。第二年,我开始教真正的科学史,在此后几乎十年的时间里,由于需要讲授每一个我以前未曾系统地研究过的领域内的问题,就很少有时间去明白地阐述最初把我带进该领域的那些观念。然而幸运的是,这些观念对我的许多更高级教程提供了潜在定向的源泉,也提供了某种问题结构的源泉。我因此而要感谢我的学生,我们在一起上了极有价值的课,不但考验了我的观点的生命力,而且使我学到了有效表达它们的合适技巧。自从我初级研究员期满后,我所从事的大多主要是历史研究,而且明显是纷杂的,但其中的问题和方向则是统一的。其中若干篇涉及这种或那种形而上学在创造性的科学研究中所

① 沃尔夫的论文由 John B. Carroll 汇集成: *Language, Thought, and Reality - Selected Writings of Benjamin Lee Whorf* (N. Y., 1956); Quine 在他的“Two Dogmas of Empiricism”中提出他的观点,此文重印于他的 *From a Logical Point of View* (Cambridge, Mass., 1953) pp. 20 - 46.

起的整合作用。其他几篇是考察相信一种不相容的旧理论的人们,是如何积累和消化新理论的实验基础的。在此过程中这些论文描述了我在下面称之为新理论或新发现之“突现”(emergence)的发展类型。此外,这些论文间还有其他的联系。

本论文孕育的最后阶段,始于我应邀在行为科学高级研究中心所渡过的1958—1959那一年。我再次有可能对下面所要讨论的问题给予全身心的关注。甚至更为重要的是,那一年我是在主要由社会科学家所组成的共同体中度过的,这使我面对着这些社会科学家共同体与我所受训练的自然科学家共同体之间差别的问题,而这些问题是我所未曾预料过的。尤其令我震惊的是,社会科学家关于正当的科学问题与方法的本质,在看法上具有明显的差异。我的历史知识和学识使我怀疑,自然科学家们是否比他们的社会科学同事们对这些问题的解答更坚实或更持久。然而,不知怎的,天文学、物理学、化学或生物学的实践者对其中的基本问题通常并没有展开争论,而今日在比方说心理学家或社会学家中间对这些基本问题的争论则似乎已习以为常了。力图找出这种差异的来源,使我认识到此后我称之为“范式”(Paradigm)的东西在科学研究中所起的作用。我所谓的范式通常是指那些公认的科学成就,它们在一段时间里为实践共同体提供典型的问题和解答。一旦我的疑难冰释,这篇论著的草稿也就一蹴而就了。

这篇草稿的细致历史无需在此絮述,但关于它几经修改仍保留的形式还有几句话必须说一说。在第一个版本完成并做了大量修改以前,我一直期望这份手稿将会独立成卷收入《统一科学百科全书》(*Encyclopedia of Unified Science*)中。这套具有开拓性著作的编辑们先是要我将初稿给他们,接着坚决地让我许下承诺,最后以格外的通达和无比的耐心等待结果。我非常感恩于他们,尤其是查理斯·毛里斯(Charles Morris),他鞭策着我,并对完成的手稿提出了宝贵的意见。然而,百科全书篇幅有限,要求我必须以极其浓缩和纲要式的形式表达我的观点。虽然以

x

后发生的事多少使这些限制有了放松,并且使之有可能同时单独出版,但这本著作仍以论文的形式而不是以我的论题将最终所需要的充分篇幅的书的形式出版。

xi 由于我的最基本的目的是要敦促学术界改变对熟悉的资料的看法和评价,所以,这种首次表达的纲要性特征就不见得是缺陷了。正相反,自己从事研究并按这里倡导的观点准备重新定向的读者也许会发现,这种论文的形式更能发人深思和更易于消化吸收。但这种形式也有不足,而这些不足正好为我一开始就说明的话做辩护,即我希望最后有一本更大篇幅的书在广度与深度上扩展本论文中所论及的内容。有用的历史证据远非我下面所开拓的空间所能容下,而且来自生物学史的证据与来自物理学史的证据同样的多。我决定只涉及后者,这部分是因为增加本论文的连贯性,部分则是基于目前的能力。此外,这里所发展的科学观提示出一些新的历史学与社会学研究中类型的潜在前景。例如,反常或违反预期吸引科学共同体日益增多注意的方式就需要做详细的研究。又如,消除反常的一再失效可能导致危机出现的方式也需要做深入的研究。或者再如,如果我是对的,当每次科学革命改变了经历革命的共同体的历史视角,那么,视角的改变将影响革命之后教科书和研究著作的结构。一种这样的影响——研究报告脚注中所引技术文献分布的转移——应作为革命发生的一种可能指标而加以研究。

xii 压缩篇幅的需要,也迫使我放弃了对许多主要问题的讨论。例如,我对在科学发展中前范式与后范式时期之间的区别就讨论得太过纲要式了。竞争着的每个学派早期都受极类似于范式的某种东西所指导;存在着这样的情况(虽然我认为它们很少见),在这些情况下两种范式在后期能够和平共处。单单具有一种范式不完全是第二章中所讨论的发展性转变的充分条件。更重要的是,除了偶尔的简要旁白之外,我一点也没有涉及关于工艺进步或外在的社会的、经济的和思想的条件在科学发展中的作用。然而,人们只要看一看哥白尼和历法的关系就能发现,外

在条件可能有助于把一个纯粹的反常转变为一场尖锐危机的源泉。同样的例子也阐明了,对于寻求这样那样的革命性改革以结束危机的人来说,科学之外的条件可能会影响可供他选择的范围。^① 我认为,像这些作用因素的认真考虑不会修正我在本文中所阐发的主要论点,但这样肯定会对科学进步的理解增加头等重要的分析维度。

最后的并且也许是最为重要的是,篇幅的限制严重地影响到我对本文中科学的历史定向观之哲学含义的处理。很明显,这些含义是存在的,我已力图指明并记述了主要的含义。但在这样做的时候,我通常对当代哲学家在这些相应问题上所取的各种立场的细致讨论忍痛割爱。在我已经指明怀疑的地方,也往往只能直指他们的哲学态度,而未能对其中的任何一个充分明确的表达做出说明。其结果,有些知道并采取这些明确立场工作的人可能会感觉到,我误解了他们的意思。我认为,他们错了,但本文并不打算说服他们。若要说服他们,就需要有另一本很长又非常不同的书才行。

这篇序言开头的传记片段,是用来表达我对那些学术著作和机构的谢意的,正是他们帮助我形成了我的思想。其他有益于我的,我将在以后各页的引文中表达我的谢意。然而,无论在上面或下面说过的或没有说的,都不足以表达出我个人受惠于许多人的感激之情,因为正是他们的建议和批评时时支持和指导我理智的发展。从本文思想的开始成形到现在,时间已过去

xiii

① T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 122 - 132, 270 - 271 讨论了这些因素。关于外部的思想环境与经济条件对实质性科学发展的其他影响,在我的以下论文中作了阐述: "Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery," *Critical Problems in the History of Science*, ed. Marshall Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 321 - 356; "Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot," *Archives internationales d'histoire des sciences*, XIII (1960), 247 - 251; and "Sadi Carnot and the Cargnard Engine", *Isis*, LII (1961), 567 - 574. 因此仅就本文中所讨论的有关问题而言,我把外部因素所起的作用看得较小。

很长了；要是将在本文的字里行间受到其某种影响的所有人列出名单，那么我的朋友和熟人几乎都应列入。所以，我必须限制自己只能列少数最有影响的人，这些人对我影响之深，即使是记忆再坏也将难以遗忘的。

首先是詹姆斯·B. 柯南特(James B. Conant)，当时的哈佛大学校长，是他导引我进入科学史并因此而促发了我对科学进步本质的观念的转变。自那儿开始，他一直慷慨地提供他的思想、批评和时间——包括需要阅读的手稿草稿并提出重要修改建议的时间。列奥纳多·K. 纳什，五年中我和他一起教授由柯南特博士创始的其方向已历史地确定的课程，在我的观点刚开始成形的那些年，他甚至是一位非常积极的合作者，在我的观点发展的最后阶段，我还非常怀念他。然而，在我离开波士顿剑桥到伯克利大学以后，幸好有我的伯克利同事斯坦利·卡维耳(Stanley Cavell)取代了纳什的角色，创造性地回应我的观点。卡维耳是一位哲学家，主要研究伦理学与美学。他研究所达到的结论与我自己的结论相当一致，这成了激励和鼓舞我的一个取之不尽的源泉。此外，他是从我不完整的句子中就能揣摩我的思想的惟一的人。这种交流方式证实了他能击中我的要害，在我准备我的第一份手稿时，他能指引我以这样那样的方式突破若干主要的障碍。

xiv

自完成初稿后，许多其他朋友帮助我作了修改。如果我这里只列出对我贡献最大最有决定性的四个名字，我想，其他朋友是会原谅我的。他们是伯克利的费耶阿本德(Paul K. Feyerabend)、哥伦比亚的内格尔(Ernest Nagel)、劳伦斯辐射实验室的诺伊斯(H. Pierre Noyes)和我的学生海尔布朗(John L. Heilbron)。海尔布朗在我准备最后定稿时，经常跟我一道紧密地配合着工作。我发现，他们所有的保留意见及建议对我极有帮助。但我没有理由相信(也没有理由怀疑)他们或上面提到的其他人会完全赞同我在最后手稿中的全部观点。

最后我要感谢我的父母、妻子和孩子们，当然这是一种完全

不同类型的感谢。我会最终承认,他们中的每个人都对我的工作做出思想上的贡献。但他们也在不同程度上做了某些更重要的工作。这就是说,他们让我能安心工作并鼓励我为之而倾注全力。任何一位有着与我一样的计划、要为之拼搏的人都会认识到,这种计划的完成将会让他们付出多大的代价。我真不知道该如何感谢他们才好。

托马斯·S. 库恩
加利福尼亚,伯克利
1962年2月

目 录

《北京大学科技哲学丛书》总序	吴国盛(1)
序	(1)
第一章 绪论:历史的作用.....	(1)
第二章 通向常规科学之路	(9)
第三章 常规科学的本质	(21)
第四章 常规科学即是解谜	(32)
第五章 范式的优先性	(40)
第六章 反常与科学发现的突现	(48)
第七章 危机与科学理论的突现	(61)
第八章 对危机的反应	(71)
第九章 科学革命的本质与必然性	(85)
第十章 革命是世界观的改变.....	(101)
第十一章 革命是无形的.....	(123)
第十二章 革命的解决.....	(130)
第十三章 通过革命而进步.....	(144)
第十四章 后记——1969	(156)
索 引.....	(189)
人名译名对照表.....	(193)
译后记.....	(197)

第一章 绪论：历史的作用

1 历史如果不被我们看成是轶事或年表的堆栈的话，那么，它就能对我们现在所深信不疑的科学形象产生一个决定性的转变。这个先前形成的、甚至由科学家们亲手描绘的科学形象，主要得自对已有科学成就的研究。这些成就被记录在经典著作中，更近期的则被记录在教科书中。每一代新的科学家都从中学会如何从事这一行业。然而，这些书的目的不可避免地是说服和教育；从这些书中所获得的科学观根本不符合产生这些书的科学事业，正如同一个国家的文化形象不可能从一本旅游小册子或语言教科书中得到一样。本文要力图表明，我们在一些基本方面已经被教科书误导了。本文的目的是要勾画一种大异其趣的科学观，它能从研究活动本身的历史记载中浮现出来。

如果我们主要是寻求和考察那些从科学教科书中得出的、不含历史的旧规老套的问题的回答而继续使用历史资料的话，那么，新科学观就将不可能从历史中产生。例如，这些教科书似乎经常这样暗示：科学的内容是惟一地由书中各页所述的观察、定律、理论所呈现的。这些书几乎始终无例外地被理解为，科学方法只是由收集这些教科书资料所使用的各种操作技巧，连同把这些资料与教科书的理论概括联系起来所使用的逻辑运作，二者凑合在一起的结果而已。这样一种科学观大大影响了我们关于科学的本质及其发展的理解。

如果科学就是流行教科书中所收集的事实、理论和方法的总汇，那么，科学家便是这样一批人：他们不管成功与否，都力求为这个特殊总汇贡献一二。科学的发展就变成一个累积的过

程：事实、理论和方法在此过程中或单独或结合着而被加进到构成科学技巧和知识的不断增长的堆栈之中。而科学史则变成一门编年史学科，它记载这些成功的累积过程以及抑制它们累积的障碍。这样，关心科学发展的历史学家便明显地有着两项主要的任务：一方面，他必须确定出当代科学的每一事实、定律和理论是何人何时发现或发明的；另一方面，他必须描述和解释阻碍着现代科学教科书诸成分更迅速地累积起来的错误、神话和迷信。大部分研究都指向这些目标，如今有些研究仍然如此。

然而，近年来，有些科学史家已经发现，越来越难完成科学累积发展观所指派给他们的任务。累积过程的编年史家们发现，附加的研究使他们很难回答这样的问题：氧是何时被发现的？能量守恒是谁首先想到的？逐渐地，其中有些人怀疑提这类问题简直就是错误的。或许科学并非是通过个别发现和发明的累积而发展的。同时，这些历史学家们还面临着日益增多的困难，即如何区分出过去的观察和信念中的“科学”成分，与被他们的前辈们已经标明是“错误”和“迷信”的东西。例如，他们越仔细地研究亚里士多德的动力学、燃素化学或热质说（Caloric thermodynamics），就越确凿地感觉到，那些曾一度流行的自然观，作为一个整体，并不比今日流行的观点缺乏科学性，也不更是人类偏见的产物。如果把那些过时的信念称作神话，那么，神话也可以通过导致现有科学知识的同类方法产生，也有同样的理由成立。另一方面，如果可以把它们称为科学，那么，科学就包含着与我们今日的信念完全不相容的一套信念。当在这两者之间择一时，历史学家们必定会选择后者，过时的理论原则上并不因为它们已被抛弃就不科学了。然而，这样的选择将很难把科学发展再看做是一个知识添加而增长的过程了。相同的历史研究不但揭示出把个别发明和发展孤立起来有困难，而且还揭示出对科学是由个别科学家做出的贡献而组合在一起的这种累积过程的极大怀疑。

所有这些怀疑和困难的结果是在科学研究中发生了编史学

革命,尽管这场革命目前仍处在早期阶段。科学史家并未全然认识到他们这样做的意义,但是他们已经逐渐地开始提出新型的问题并且追踪不同的、通常是非累积的科学发展线索。科学史家不再追求一门旧科学对我们目前优势地位的永恒贡献,而是尽力展示出那门科学在它盛行时代的历史整体性。例如,他们不问伽利略的观点与现代科学观点之间的关系,而是问他的观点与他所在的科学团体,即他的老师、同辈及直接后继者之间是什么关系。而且,他们坚持在研究该团体与其他类似团体的意见时,采取一种通常与现代科学观点非常不同的观点。从这种新的观点出发,能够给那些意见以最大的内在一致性并且可能与自然界更紧密地契合。这些工作所取得的成果,最好的典型也许体现在柯瓦雷的著作中。这些著作告诉人们,科学并非像旧编史学传统的著作家们所讨论的那种事业。这些历史研究至少已提示出一种新科学形象的可能性。本文旨在勾画出这个形象的轮廓,使新编史学的某些含义更加明确。

4 在这种努力的过程中,科学的哪些方面将突现而居于优势地位呢?为了表达的方便,我们首先要提出的是,方法论的指导法则本身不足以对许多类型的科学问题提供惟一的实质性的结论。一个奉命去考察电学或化学现象却不知道电学或化学为何物,只知道什么是科学的人,他可能会合理地得出许多不相容结论中的任何一个结论。在那些合理合法的可能性之间,他所得到的特殊结论可能是由他先前在其他领域内的经验决定的,可能是由他研究中的偶然事件决定的,也可能是由他个人的性格决定的。例如,关于恒星的哪些信念,被他带到化学或电学的研究中去了呢?与新领域有关的许多可设想的实验,他又选择了哪种先做呢?复杂现象的哪些方面造成的结果冲击了他,使他选择了对了解化学变化的本质或电亲和力的本质特别有关的方面?至少对个人,有时也对科学共同体而言,对于像这类问题的回答往往是科学发展的基本决定因素。例如,我们将在第二章中看到,大多数科学的早期发展阶段,是以许多不同的自然观不

断竞争为特征的,每一种自然观都部分地来自于科学观察和科学方法的要求,并且全都与科学观察和科学方法的要求大致相容。这些不同学派之间的差别,不在于方法的这个或那个的失效——这些学派全都是“科学的”——差别在于我们将称之为看待世界和在其中实践科学的不可通约的方式(incommensurable ways)。观察和经验能够并且必须大幅度地限制可容许的科学信念的范围,不然就没有科学了。但是,观察和经验不可能单独决定这种信念的特定实质。在一段确定的时间内,一个科学共同体所信奉的信念之诸组成成分中,总是有一种明显的随意因素,其中包含着个人与历史的偶然事件在内。

然而,这种随意性因素并不意味着任何科学团体无需一套共同接受的信念就能实践科学事业。它也决不意味着,科学团体在一段时期里事实上所承诺的这种特殊信念组合是不重要的。对一个科学共同体来说,在它认为还没有获得像下面的问题的答案以前,有效的研究是很难开始的:宇宙是由什么样的基本实体构成的?这些基本实体是怎样彼此相互作用的?这些基本实体又是怎样与感官相互作用的?对这些实体提出什么样的问题才是合理的,以及在寻求问题解答中使用什么样的技术?至少在成熟科学中,对于像这样一些问题的答案(或答案的替代物)已坚实地植根于教学知识中,以便准备让学生去从事专业的实践。因此这种教育既严格又刻板,所以这些答案才有希望深植在科学家的头脑中。科学教育之所以能够这样做,就很好地说明了常规研究活动的奇特功效,也说明了常规研究活动在任何给定时间内都有明确进行的方向。当我们在第三、四、五章考察常规科学时,我们将要描述,作为持久而忘我努力的这种研究强把大自然塞进由专业教育所提供的概念箱子里。同时,我们将要发问,如果没有这类概念箱子,研究是否还能进行,尽管在概念箱子的历史起源中以及偶然地在它们尔后的发展中都存在着随意性因素。

这种随意性因素总是存在的,而且它在科学发展中有着重

要影响,这种影响将在第六、七、八章中详细考察。常规科学——大多数科学家不可避免地要在其中花费他们一生的活动——是基于科学共同体知道世界是什么样的假定之上的。多数事业的成功得自自然科学共同体愿意捍卫这个假定;如果有必要,他们会不惜代价为之奋斗。例如,科学家往往要压制重要的新思想,因为新思想必定会破坏常规研究的基本承诺。不过,只要这些承诺还保留有随意性因素,那么,常规研究的真正本质保证了新思想不可能长期被压制。有时,一个应该用已知规则和程序加以解决的常规问题,科学共同体内最杰出的成员们做了反复的研究以后,仍未能获得解决。在别的场合,为常规研究而设计制造的仪器未能按预期方式运行,由此而揭示出一种反常,虽经一再努力,仍不能与共同体预期相一致。通过这些方式和其他方式,常规科学一再地误入迷津。到了这种时候,即到了科学团体不再能回避破坏科学实践现有传统的反常时期,就开始了非常规的研究,最终导致科学共同体做出一系列新的承诺,建立一个科学实践的新基础。这乃是一个非常规时期,其间科学共同体的专业承诺发生了转移,这些非常规时期在本文中称之为科学革命。科学革命是打破传统的活动,它们是对受传统束缚的常规科学活动的补充。

科学革命显著的范例,是那些在科学发展中以前一直被称为革命的著名事件。因此,在第一次直接探讨科学革命本质的第九、第十章中,我们将反复讨论科学发展中的几个重大的转折点,这些转折点是与哥白尼、牛顿、拉瓦锡、爱因斯坦的名字联在一起的。至少在物理科学中,这些历史事件比大多数其他事件更能清晰地展现出所有的科学革命究竟是什么。其中的每一次革命都迫使科学共同体抛弃一种盛极一时的科学理论,而赞成另一种与之不相容的理论。每一次革命都将产生科学所探讨的问题的转移,专家用以确定什么是可接受的问题或可算作是合理的问题解决的标准也相应地产生了转移。而且每一次革命也改变了科学的思维方式,以至于我们最终将需要做这样的描述,

即在其中进行科学研究的世界也发生了转变。这些改变,连同几乎总是伴随这些改变而产生的争论一起,都是科学革命的决定性特征。

这些特征,通过例如牛顿革命或化学革命特别明显地突现出来。不过,本文的一个基本论点是,对许多其他并不明显地具有革命性的事件的研究,同样也具有这些特征。对受其影响远远为小的专业团体来说,麦克斯韦方程与爱因斯坦方程同样都是革命的,相应地也同样受到抵制。其他新理论的发展,只要这些新理论触犯了某些专家的特殊职权范围,通常也会相应地激起同样的反应。对这些专家们来说,新理论意味着支配常规科学原来实践的许多规则要发生改变。因此新理论必不可免地要对他们已经成功地完成了的许多科学工作加以重新审视。这就是为什么一个新理论,无论它应用范围有多么专一,也决不会是对已有知识的一种累积。新理论的同化需要重建先前的理论,重新评价先前的事实,这是一个内在的革命过程,这个过程很少由单独一个人完成,更不能一夜之间实现。历史学家总是想要为这个延伸过程标明精确的日期,而他们的词汇又迫使他们把这个过程看成是一个孤立事件,由此导致的困难也就不足为怪了。

新的理论发明不是对所在领域专家具有革命性影响的惟一的科学事件。支配常规科学的承诺不仅指定了宇宙包含了何种类型的实体,而且还暗示出宇宙不包含哪些类型的实体。由此可以得出(虽然这个要点将需要更进一步讨论):像氧或 X 射线这样的发现,并不单单是在科学家的世界中增添一个新事物而已。这种结果最终是会有有的,但这要到专业共同体对传统的实验程序做出重新评价,改变共同体长期熟悉的实体概念,并在此过程中,改变据以涉及世界的理论框架之后才有这样的结果。科学事实和科学理论,也许除了在单一传统的常规科学实践中之外,都是截然不可分离的。这就是为什么意外的发现不单纯是事实的输入,也说明了科学家的世界由于事实或理论的基本

新颖性而在质上得到改变,在量上得到丰富。

8 这种引申了的科学革命本质的概念,在本文中将进一步叙述。我承认,引申容易曲解惯常的用法。不过,我还得坚持认为甚至科学发现也是革命的,这是因为在我看来恰恰是有可能把发现的结构与例如哥白尼革命的结构联系起来,才使得引申了的概念如此重要。前面的讨论显示出常规科学与科学革命这两个互补概念将怎样在随后的第九章中展开。本文的其余部分力图叙述留下的三个主要问题。第十一章通过对教科书传统的讨论,考察科学革命为什么以前是这样地难以为人所理解。第十二章描述旧常规科学传统的信奉者和新常规科学传统的拥护者之间的竞争。由此也将考虑在科学探究的理论中,将在一定程度上取代由我们惯常的科学形象所熟悉地做出的那些确证或否证程序的整个过程。科学共同体各部分之间的竞争,实际上一直是拒斥一种先前被公认的理论或采纳另一种理论的惟一的历史过程。最后,第十三章将提出通过革命而发展如何能与科学进步的惟一特征相容这个问题。不过,对这个问题,本文将提供一种答案的主要轮廓,这个答案取决于科学共同体的特征,它需要做更多的探索与研究。

毫无疑问,有些读者肯定会怀疑历史研究是否可能会影响到这里所说的那种概念转变。一整套二分法会有利于表明,不可能真正做到这一点。历史诚如我们通常所说的,是一门纯粹的描述性学科。然而上面所提示出的论点则往往是诠释性的,而有时则是规范性的。同时,我的许多概括涉及到科学家的社会学或社会心理学;然而我的一些结论至少在传统上是属于逻辑或认识论的。在前一段中,我甚至似乎有可能已经违反了“发现的范围”(Context of Discovery)和“辩护的范围”(Context of Justification)这个当代非常有影响的区分。还有什么能比通过这种对9 对不同领域与不同关注点的混合所展示的混乱更深刻的吗?

当在观念上放弃了这些区分以及与之类似的其他区分时,我一时还难以更清晰地意识到它们的重要性和力量。多年来我

一直把它们视作关系到知识的本质,而且我现在仍然认为,经过适当的重铸,它们还能告诉我们某些重要的东西。然而,当我力图把它们应用到获得、接收和消化知识的实际情况时,甚至是广义的应用,也使得它们似乎是非常成问题的。与其说它们是应当先于科学知识的分析的基本逻辑的或方法论的分类框架,不如说它们现在似乎已成为对它们赖以展开的问题的一组传统的实质性回答的整合部分。这种循环并不会完全使它们归于无效。但这样就会使它们成为一个理论的组成部分,并且由此使它们有规则地应用于其他领域的理论而经受同样的检验。如果它们的内容有着更多更纯粹的抽象,那么我们就必须找出其内容,找的方法就是考察它们应用于意欲阐明的资料。对于科学史中的诸多现象,难道就不能合理地应用关于知识的理论去解释吗?

第二章 通向常规科学之路

10 在本书中，“常规科学”是指坚实地建立在一种或多种过去科学成就基础上的研究，这些科学成就为某个科学共同体在一段时期内公认为是进一步实践的基础。现在，这些与原初形式几乎面目全非的成就，已由初级的或高级的教材详尽地阐述了。科学教科书阐发了公认的理论，列举出该理论许多的或所有的成功应用，并把这些应用与示范性的观察和实验进行比较。在19世纪初这些书变得流行以前（在新成熟的科学中甚至更晚），许多著名的科学经典就起着这一类似的功能。亚里士多德的《物理学》、托勒密的《天文学大全》、牛顿的《原理》和《光学》、富兰克林的《电学》、拉瓦锡的《化学》以及赖尔的《地质学》——这些著作和许多其他的著作，都在一段时期内为以后几代实践者们暗暗规定了一个研究领域的合理问题和方法。这些著作之所以能起到这样的作用，就在于它们共同具有两个基本的特征。它们的成就空前地吸引一批坚定的拥护者，使他们脱离科学活动的其他竞争模式。同时，这些成就又足以无限制地为重新组成的一批实践者留下有待解决的种种问题。

凡是共有这两个特征的成就，我此后便称之为“范式”，这是一个与“常规科学”密切有关的术语。我选择这个术语，意欲提示出某些实际科学实践的公认范例——它们包括定律、理论、应用和仪器在一起——为特定的连贯的科学研究的传统提供模型。这些传统就是历史学家们在“托勒密天文学”（或“哥白尼天文学”）、“亚里士多德动力学”（或“牛顿动力学”）、“微粒光学”（或“波动光学”）等等标题下所描述的传统。研究范式，包括研

究许多比上面所列举的那些名称更加专门的范式,主要是为以后将参与实践而成为特定科学共同体成员的学生准备的。因为他将要加入的共同体,其成员都是从相同的模型中学到这一学科领域的基础的,他尔后的实践将很少会在基本前提上发生争议。以共同范式为基础进行研究的人,都承诺同样的规则 and 标准从事科学实践。科学实践所产生的这种承诺和明显的一致是常规科学的先决条件,亦即一个特定研究传统的发生与延续的先决条件。

11

因为在本文中,范式概念将经常取代已熟悉的种种概念,所以对引进它的理由做更多的说明。为什么具体的科学成就,作为专业承诺的一个焦点,要比可能是从其中抽象出来的各种概念、定律、理论和观点更在先呢?在何种意义上共有范式对研究科学发展的学者来说是一个基本单位,这个基本单位又不可能充分地划归为具有同样功能的逻辑原子组分呢?我们将在第十章里讨论这些问题,对这些问题与其他类似问题的解答将为理解常规科学和与之有关的范式概念提供基础。然而,更抽象的讨论将取决于对常规科学的范例或对范式的范例有一个清楚的了解。尤其是,当我们注意到,没有范式或至少没有像上面所举的那种明确的、具有约束力的范式,也可能有某种科学研究时,常规科学与范式这两个相关的概念就将会得到澄清。取得了一个范式,取得了范式所容许的那类更深奥的研究,是任何一个科学领域在发展中达到成熟的标志。

如果历史学家追溯任何一组被选择出来的相关现象的科学知识,他很可能会发现一种略有变异的模式,这里以物理学的历史为例。今天的物理教科书告诉学生:光是光子,即是表现出某些波动特征与粒子特征的量子力学实体。研究按此进行下去,或者按照更精致的特征和数学的特征进行下去,并从这种特征中推衍出通常的语言表达。然而,光的这种特征的展示还不到半个世纪。在普朗克、爱因斯坦和本世纪初其他人发展这个特征之前,物理教科书普遍认为,光是一种横波运动,这个概念

12

植根于一个 19 世纪早期由杨(Yong)和菲涅尔(Fresnel)的光学著作最终得出的范式中。波动理论起初也几乎为所有的光学工作者所不接受。18 世纪时,这个领域的范式是由牛顿的《光学》提供的,它教导人们说,光是物质微粒。那时的物理学家们都在寻找光粒子打在固体上所施加的压力,而早期的波动理论家们并不这样做。^①

物理光学范式的这些转变,就是科学革命,而一种范式通过革命向另一种范式的过渡,便是成熟科学通常的发展模式。然而,这种模式并不是牛顿工作以前那段时期的特征,而这正是我们这里所关心的两种发展模式的差别。从远古直到 17 世纪末叶都没有显示出一种单一的、普遍接受的关于光的本质的观点。相反地,却有做许多竞争着的学派和子学派,其中大多数都信奉伊壁鸠鲁、亚里士多德或柏拉图理论的这种或那种变形。一批人把光看做是从物质固体中发射出来的粒子;另有一批人认为光是一种物体与眼睛之间的媒质的变态;又有一些人则用媒质与从眼睛发射出来的物质相互作用来解释光;此外也还有其他各种组合和变形解释。每一个相应的学派都从它与某种特定的形而上学的关系中吸取力量,每一个学派都强调作为范式观察结果的那些光学现象,而这些现象正是该派理论最能解释的。其他的观察通过特设性(ad hoc)的精心说明来对付,或者把它们作为突出问题留待做进一步的研究。^②

所有这些学派在各个时期都对牛顿以前光学的概念、现象和技巧做出过重要的贡献,而牛顿正是从这些贡献中得出第一个近乎为人所一致公认的物理光学范式的。任何关于科学家的定义,若将这些不同学派的富有创造性的成员排除在外,那也就

① Joseph Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light, and Colours* (London, 1772), pp. 385 - 390.

② Vasco Ronchi, *Histoire de la Lumiere*, trans, Jean Taton (Paris, 1956), Chaps. i - iv.

将他们的现代继承者排除出去了。那些人都是科学家。然而，任何人要是对牛顿以前的物理光学做一通盘的考察，就会得出这样的结论：尽管该领域的实践者们都是科学家，但他们活动的最后结果却并不那么科学。由于没有采取共同的信念作保证，所以，每一位物理光学的著作家都被迫重新为这个领域建造基础。在这样做的时候，他可以相对自由地选择支持其理论的观察和实验，因为并不存在一套每位作者都必须被迫使用的标准方法或被迫解释的标准现象。在这些情况下，所写的著作不只是与大自然对话，而且往往更多的是与其他学派的成员们直接对话。这种模式在今日许多有创造性的领域中并不陌生，也与重要的发现和发明相容。然而，这不是牛顿以后物理光学所具有的发展模式，也不是今天所熟悉的其他自然科学所采取的发展模式。

18世纪前半叶的电学研究史，提供了一个更具体、更著名的例子，以说明一门科学在它获得第一个普遍被接受的范式以前是如何发展的。在那个时期，有多少重要的电学实验家，例如豪克斯比(Hauksbee)、格雷(Gray)、德沙古利埃(Desaguliers)、杜·费(Du Fay)、诺勒特(Nollett)、华生(Watson)、富兰克林(Franklin)等人，几乎就有多少关于电的本质的观点。所有这些为数众多的电概念有一个共同的东西——它们都部分导源于机械——微粒哲学的某一变种，正是这种机械——微粒哲学指导那时全部的科学研究。而且所有关于电的概念都是真正科学理论的组成部分，也是这样一些理论的组成部分：这些理论部分是从实验和观察中推导出来的，部分又决定着研究中附加问题的选择与诠释。然而虽然所有的实验都是有关电的，虽然大多数实验家都

读过彼此的著作,但他们的理论都不过是一种家族相似而已。^①

其中有一批源自 17 世纪实践的早期理论家把吸引和摩擦生电看做是基本的电现象。这些人倾向于把排斥看做是由于某种机械反弹所产生的次级效应,并且竭力拖延对格雷新发现的效应——电导效应的讨论和系统研究。别的“电学家”(他们自己这样称呼)把吸引和排斥看做是电的同等基本的表现,并相应地修正了他们的理论和研究工作(实际上这批人人数很少——甚至连富兰克林的理论也从未充分说明两个带负电荷的物体何以会相互排斥)。但是他们也与前一批人一样,在同时说明最简单的电导效应时,遇到许多困难。但这些电导效应提供了第三批人研究的出发点。他们倾向于把电说成是能穿过导体的“流体”,而不是从非导体中发射出来的“以太”(effluvium)。这样他们又碰到了如何把他们的理论与大量的吸收效应和排斥效应相协调的困难。只是通过富兰克林和他的直接后继者的工作,才出现了一种理论,能够同等简便地说明所有这些极相近的效应,并且确实为后一代的“电学家们”的研究提供了一个共同的范式。

像数学和天文学这些领域早在史前时期就有了第一个坚实的范式,也有像生物化学这样的领域是由已经成熟的专业分化和重新组合而形成范式的,除此之外,上面所勾画的情况在历史上具有典型性。虽然这样的说明包含了我不得不继续使用的简

① Duane Roller and Duane H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb* (“Harvard Case Histories in Experimental Science,” Case 8; Cambridge, Mass, 1954; I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin’s Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), chaps., vii – xii) 本文下段中某些分析的细节我受惠于我的学生海尔布朗(John L. Heilbron)的一篇尚未发表的论文,在该文出版前,关于富兰克林范式的突现在某种程度上更详细更精确的说明包含在 T. S. Kuhn, “The Function of Dogma in Scientific Research”, in A. C. Crombie (ed.), “Symposium on the History of Science, University of Oxford, July 9 – 15, 1961,” 将由 Heinemann Educational Books, Ltd. 出版。

单化做法,把一段漫长的历史事件硬套上一个单一的又多少是随意选取的名字(例如牛顿或富兰克林),但我认为,这些类似的对基本观点的不一致表征着例如,亚里士多德以前的运动研究,阿基米德以前的静力学研究,布莱克以前的热研究,波义耳和波尔哈夫以前的化学研究,赫顿(Hutton)以前的历史地质学研究。在生物学各分支——例如遗传学研究中——第一次普遍被接受的范式还是更近的事;而在社会科学各部分中要完全取得这些范式,至今还是一个悬而未决的问题。历史向我们提示出,通向一种坚实的研究共识(research consensus)的路程是极其艰难的。

不过,历史也向我们提示出,在这条路上行进所遇困难的某些理由。没有范式或范式的某种候补者,所有与某一门科学发展可能有关的事实,似乎都同样地重要。其结果,早先搜集事实的活动比起后来科学发展所习惯的这种活动来,是一种远为随机的活动。此外,由于缺乏寻求某种特殊形式的更不显眼的信息之理由,所以早期搜集事实通常都局限于那些信手可得的资料。这样得到的事实堆中,除了偶然的观察和实验结果,还包含了某些更神秘莫测的资料,这些资料是从像医学、历法制定和冶金术这些已确定的技艺中得来的。因为这些技艺易于提供不能按因果关系发现的事实,所以,技术经常在新科学的突现中起着重要的作用。

16

这类收集事实的活动尽管对许多重要科学的起源是必要的,但是凡考察过例如普林尼(Pliny)百科全书式的著作,或17世纪培根的自然史的任何人都会发现,这类收集事实的活动会产生困境。人们多少会犹豫是否能把这样搜集到的文献称做是科学的。培根派关于热、颜色、风和采矿等等的“历史”充满了信息,其中有些还很深奥。但是这些历史把后来证明是有启发性的事实(例如,通过混合而生热)与那些有时过于复杂以致根本

不能被理论整合的事实(例如,粪堆的温热)都混杂在一起。^①还有,由于任何描述都必然是部分的,所以,一部典型的自然史常在它十分详尽的叙述中,遗漏掉那些对后来的科学家们有重要启发的细节。例如,在早期关于电的各种历史著作中,几乎没有一部提到过,草屑被摩擦过的玻璃棒吸引后又会反跳出去。这种效应似乎是机械效应,而非电效应。^②再还有,由于偶然的事实搜集很少有时间或工具进行批判性的考虑,所以,自然史常常把各种描述,如我们上面所举的描述与其他描述,例如,逆向生热(或冷却生热)这些我们目前还难以得到检证的描述并列起来。^③只有在非常偶然的情况下,像古代静力学、动力学和几何光学那样,在没有受先已建立的理论指导而搜集到的事实,才足可以明确地宣告容许第一个范式的突现。

- 正是这种情形,导致了科学发展早期阶段学派林立的特征。
- 17 如果没有至少是暗含的一套相互关联的理论与方法论的信念,以容许作选择、评价与批评,那么,自然史就不可能获得诠释。如果这套信念还未暗含在事实的搜集中——一旦已经暗含,则搜集到的事实就不再是“纯粹的事实”了——那么,它必定将由外界提供,也许通过流行的形而上学,通过另一门科学,或通过个人的和历史的偶然事件。因此,毫不奇怪,在任何科学发展的早期阶段,不同的人面临着同样范围的现象,尽管通常不都是完全相同的现象,但却以不同的方式描述和诠释它们。值得惊奇,而且也许是我们称做科学的领域内独一无二的是,这些最初的

① 请比较培根的《热的自然史纲要》,见 F. Bacon, *Novum Organum*, 载于 J. Spedding, R. L. Ellis and D. D. Heath (ed.) *The Works of Francis Bacon*, vol. VIII, pp. 179 - 203.

② Roller 和 Roller, 前引书,第 14、22、28、43 各页。只是在这些引文中的工作最后被记录下之后,排斥效应才作为一种确定的电效应而得到普遍的承认。

③ Bacon, 前引书,第 235、337 页,那里说:“微温的水比很冷的水更容易结冰。”对这种惊奇观察早期历史的部分说明,请见 Marshall Clagett, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics* (N. Y., 1941), Chap. iv.

分歧大部分总是会消失的。

这些分歧确实在相当大的程度上消失了,而且显然是一劳永逸地消失了。它们的消失总是由前范式学派之一的胜利造成的,获胜的这一学派因为它的自身特征性的信念与成见(preconception),总是只强调那个庞大而又不发达的信息库中的某一特定部分。这为把电想像成是流体,并因此特别强调传导作用的那些电学家提供了一个极好的案例。这种信念很难处理大量已知的吸收和排斥效应,在这种信念引导下,其中有些人设想出把电流体用瓶子装起来。他们努力的直接成果就是莱顿瓶(Leyden jar),一个偶尔或随意探索自然的人也许是永不可能发现这样的装置的,但事实上,就在18世纪40年代初期,^①至少有两位研究者独立地发展出了这种装置。富兰克林几乎是从他开始电学研究起,就特别关心解释这种新奇而又特别具有启发意义的专门仪器。他成功地做到了这一点,这为他的理论成为一种范式提供了最有效的论证,虽然这一范式仍然还不能充分说明所有已知的电排斥现象。^②理论要作为一种范式被接受,它必须优于它的竞争对手,但它不需要,而且事实上也决不可能解释它所面临的所有事实。 18

电的流体理论为相信它的小团体所提供的东西,富兰克林的范式后来为电学家的整个团体提供了。它提示出哪些实验将值得去做,哪些实验只与次要现象有关或涉及太复杂的电现象,因而不值得去做。只有范式才能非常有效地起到这种作用,部分是因为学派内部的争论停止了,也就终止了对基本问题的无休无止的重述,部分是因为他们相信他们所走的路子是对的,这

① Roller 和 Roller,前引书,第51-54页。

② 麻烦的情况是带有负电荷物体的相互排斥,对此请见Cohen,前引书,第491-494页,第531-543页。

就激励科学家们去从事更精确、更深奥、更费心力的那类工作。^① 由于不必再去关注所有的电现象,因而这个已统一的电学家团体就更加详细地对专门挑选出来的现象进行探索,设计出研究需要的更专门的仪器,并且比以往电学家更顽强更系统地运用这些仪器。搜集事实和阐明理论都成为具有高度指导性的活动。电学研究的有效性和效率也大大提高了,它从社会学角度证明了弗兰西斯·培根的这样一句深刻的方法论格言:“真理从错误中比从混乱中更容易出现。”^②

19 下一章我们将考察这种具有高度指导性的或以范式为基础的研究活动的本质,但必须首先简要地指出范式的突现怎样影响在这个领域内实践的团体之结构。在自然科学的发展中,当一个个人或一个团体第一次产生出一种综合,它能吸引大多数下一代的实践者时,较旧的学派就逐渐消失了。这种消失部分是由于这些学派的成员改信新范式造成的。但总还有一些人,他们固守这种或那种旧观点,并且干脆被逐出这个行业,此后也不再理睬他们的工作了。新范式暗含着这个领域有了一个新的、更严格的定义。那些不愿意或不能把他们的工作与该范式

① 值得注意的是,富兰克林理论的接受并没有完全结束一切争论。1759年,罗伯特·西默(Robert Symmer)提出了该理论的两流体说,此后许多年,电学家分成了两派,一派主张电是单一流体,另一派主张电是两种流体。但由于这一问题的争论,只能证实已经使专业统一起来的東西。电学家虽然在这一点上还继续存在分歧,但很快就得出:任何实验检验都不能区分这一理论的两说法,因此它们是等价的。此后,这两个学派都能够而且确实发掘出了富兰克林理论所提供的一切裨益(同上书,第543-546页,第548-554页)。

② Bacon,前引书,第120页。

相协调的人,他们只能孤立地进行工作或者依附于某个别的团体。^①在历史上,这些人常常只能停留在哲学部门里,毕竟许多特殊的科学都是从哲学那里孕育出来的。正如这些迹象所暗示的,有时正是接受了一种范式,使先前只对自然界研究感兴趣的团体转变成成了一门专业或至少是一门学科。在科学中(尽管不像医学、技术和法律那样的领域,它们主要的存在理由是外部的社会需要),发行专门刊物,建立专家学会,争取列入学校课程中,所有这些活动通常都与一个团体第一次接受一个单一范式密切相关。至少从一个半世纪前,科学专业化的建制模式第一次发展,直到最近专业化的各种附属物获得了它们自身的声望时,这段时期内的情况就是如此。

关于科学团体的更严格定义,还产生了其他的结果。当个别科学家能够接受一个范式时,他在他的主要工作中不再需要力图重新建立他的领域,不需要从第一原理出发并为引进的每一个概念进行辩护。这项工作可以留给写教科书的人去做。无论如何,有了一本教科书,有创造力的科学家可以从教科书中未深入探讨过的地方开始他的研究工作,因而他可以格外集中地研究他那个团体所关注的自然现象中最微妙和最深奥的那些方面。而当他这样做时,他的研究报告在方式上也开始改变了。

20

^① 电的历史提供了一个能从普利斯特列、开尔文和其他人的生涯中重现的出色范例。富兰克林报告说,世纪中叶欧洲大陆最有影响的电学家诺勒特(Nollet),“除了他的优秀的嫡传门徒 B 先生之外,他是活着能看到他自己的学派存在的最后一人”(Max Farrand [ed.] *Benjamin Franklin's Memoirs* [Berkeley, Calif., 1949], pp. 384 - 386)。然而,更为有趣的是所有学派日益从专业科学中分离出来的忍耐力。例如,试以占星术为例,它一度是天文学的一个整合部分。或可以看看 18 世纪以来直到 19 世纪初一个曾受尊重的“浪漫主义”化学传统。查尔斯·C. 吉利斯庇(Charles C. Gillispie)在以下两篇文章中讨论的正是这种传统:“The Encyclopedie and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences,” *Critical Problems in the History of Science*, Marshall Clagett (ed.), (Madison, Wis., 1959), pp. 255 - 289; and “The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory”, *Archives internationales d'histoire des sciences*, XXXVII (1956), 323 - 338.

这些研究报告方式的演变还研究得太少,但它们的现代产品的意义对所有人都是明显的,虽然对许多人说来是难以读懂的。科学家的研究通常也将不再体现在写给任何可能对该领域感兴趣的人所读的书,像富兰克林《关于电……的实验》或达尔文的《物种起源》那样。相反,他们通常以简短的论文的方式出现,只写给专业同事们读,这些人被认为都具有共有范式的知识,惟有他们能够写出论文,也才能读懂为他们写的论文。

今天在科学界,所发行的书本通常要么是教科书,要么是对科学生活的这一方面或那一方面的回顾性反思。写书的科学家很可能会发现,写书不但不能提高他的专业声望,反而会受到损害。只有在各门科学发展的早期阶段,即前范式阶段,这样的书才一般地保持着与专业成就同样的关系,这种关系今天只有在其他创造性领域还仍然保持着。只有这些仍然保留着以书的形式作为研究交流工具的领域,无论是有论文或没有论文,专业化的界限仍未划得很明确,外行人总希望通过阅读研究实践者们的原始报告就能跟上研究的步伐。在数学和天文学中,研究报告在古代就很难为受过一般教育的听众所理解。在动力学中,在中世纪后期研究已变得同样深奥,只是在17世纪早期,当一个新范式取代了曾指导中世纪研究的范式时,曾一度变得为一般人所能理解。电学研究在18世纪末以前需要为外行人进行翻译,而在19世纪物理科学的大多数其他领域就已很难为一般人所理解了。在18、19这两个世纪间,生物科学的各部门也同样出现了类似的过渡。在社会科学各部门中这种过渡也许今天还在进行中。人们哀叹专业科学家与他在其他领域内的同事之间的鸿沟正在日益加深,虽然这种哀叹已习以为常且也确实正当,但对于这种鸿沟与科学进步内在机制之间的基本关系却注意得太少。而这种现象却依然如故。

自史前以降,研究领域一个接一个地跨越了历史学家称之为“一门科学的前史及其本身的历史之间的分野”。这些领域向成熟的过渡,很少像我在这里不得不纲要式地讨论的所可能暗含

的那么突然或那么明显。但它们的过渡在历史上也不是渐进而共存的,也就是说,不是在诸领域的整个发展中实现过渡的。在18世纪的前80年,电学著作家所具有的关于电现象的信息比他们16世纪的前辈们要多得多。在1740年以后的半个世纪中,他们关于电的知识的清单只增加了很少的几种。不过,在一些重要的方面,18世纪最后30年内卡文迪什(Cavendish)、库伦(Coulomb)和伏特(Volta)的电学著作,与格雷、杜·费,甚至富兰克林等的著作之间的距离,远远大于18世纪初期这些电学发现者的著作与16世纪著作之间的距离。^①在1740年到1780年这段期间,电学家第一次有可能认为已经奠定了他们这个领域的基础。从这点出发,他们把电学问题的研究更具体和更深入,并且日益把他们的研究成果以论文的形式向其他电学家们报告,而不是以书的形式写给更大范围的知识界阅读。作为一个团体,他们已经达到了古代天文学家们、中世纪研究运动的学者们、17世纪晚期物理光学的研究者们和19世纪早期历史地质学的学者们那样的水平了。这就是说,他们已经有了一种范式,用以指导整个团体的研究工作。除了事后认识到的这种好处,就很难能找到其他标准以致可以明确地宣告一个领域已经成为科学了。

22

^① 富兰克林以后,在以下几个方面有了巨大的发展:电荷探测器的灵敏度,第一种可靠而又普遍推广的测量电荷技术,电容概念及其与最新精练的电压概念之间关系的进展,以及静电力的定量化。所有这些发展请见 Roller 和 Roller,前引书,第66-81页;W. C. Walker, "The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century", *Annals of Science*, I (1936), 66-100; and Edmund Hoppe, *Geschichte der Elektrizität* (Leipzig, 1984), Part I, Chaps, iii-iv.

第三章 常规科学的本质

23 一个团体接受了一个单一的范式之后,这种范式所容许的更专业化、更深奥的研究其本质是什么呢?如果范式代表了最终所做的工作,那么,还有什么进一步的问题留待这个已统一的团体去解决呢?如果我们现在注意到已使用的术语可能误导读者,那么,这些问题似乎将更为迫切。按照其已确定的用法,一个范式就是一个公认的模式或模式(Pattern),在这一意义上,在我找不出更好的词汇的情况下,使用“Paradigm”(范式)一词似颇合适。但人们将很快就会看出,许可这种合适的模式和模式的意义,并不完全是在“范式”定义中通常包含的意义。例如,在文法中,“amo, amas, amat”就是一种范式,因为它展示出一种模式,可用来构成大量其他拉丁文动词,例如,照此可得到“Laudo(赞美),Laudas, laudat”。在这种标准用法中,范式起着容许范例(examples)重复的作用,其中的任一范例原则上都可用来代替这个范式。另一方面,在科学中,一种范式是一种很少用以重复的对象。正相反,像惯例法中一个公认的判例一样,范式是一种在新的或更严格的条件下有待进一步澄清和明确的对象。

要想明了为什么是这种情况,我们必须认识到一个范式在它最初出现时,它的应用范围和精确性两方面都是极其有限的。范式之所以获得了它们的地位,是因为它们比它们的竞争对手能更成功地解决一些问题,而这些问题又为实践者团体认识到是最为重要的。不过,说它更成功既不是说它能完全成功地解决某一个单一的问题,也不是说它能明显成功地解决任何数目的问题。范式的成功——无论是亚里士多德对运动的分析、托

勒密关于行星位置的计算、拉瓦锡有关天平的使用,还是麦克斯韦使电磁场数学化——在开始时很大程度上只是选取的、不完备的、有可能成功的预示。常规科学就在于实现这种预示,其方法是扩展那些范式所展示出来的特别有启发性的事实,增进这些事实与范式预测之间的吻合程度,并且力图使范式本身更加明晰。

24

如果不是一门成熟科学的实际实践者,就很少有人会认识到一种范式给人们留下非常多的扫尾工作要做,而完成这些扫尾工作又是多么地令人迷醉。这两个要点人们必须理解到。大多数科学家倾其全部科学生涯所从事的正是这些扫尾工作。这些工作构成了我在这里所称的常规科学。仔细的考察就会发现,无论在历史上,还是在当代实验室内,这种活动似乎是强把自然界塞进一个由范式提供的已经制成且相当坚实的盒子里。常规科学的目的既不是去发现新类型的现象,事实上,那些没有被装进盒子内的现象,常常是完全视而不见的;也不是发明新理论,而且往往也难以容忍别人发明新理论。^①相反,常规科学研究乃在于澄清范式所已经提供的那些现象与理论。

或许这些都是缺点。当然,常规科学所研究的范围是很小的;我们现在讨论的常规研究,其视野也受到严格的限制。但这些都因信仰范式而受到的限制,却正是科学发展所必不可少的。由于把注意力集中在小范围的相对深奥的那些问题上,范式会迫使科学家把自然界的某个部分研究得更细致更深入,没有范式的指导这样做,将是不可想象的。常规科学又具有一种内在机制,每当造成这些限制的范式不能有效地发挥作用时,它能保证使束缚研究的那些限制变得松弛。这时,科学家们的行为开始不同了,他们研究问题的本质也随之改变了。然而,在范式依然成功的期限内,专业团体将能解决许多问题;如果没有对范式

25

^① Bernard Barber, "Resistance by Scientists to Scientific Discovery," *Science*, CXXXIV (1961), 596 - 602.

的承诺,团体的成员就很难想得到,也不可能去研究这些问题。这样获得的成就中,至少总有一部分将具有永恒的价值。

为了更清晰地展示常规研究或基本范式的研究指的是什么意思,我现在将力图对常规研究所构成的主要问题做一分类和阐述。为了方便起见,我先不谈理论活动,而从搜集事实开始,也就是说,先谈科技刊物上所描述的实验和观察,科学家们正是通过这些刊物与他们的专业同行交流其研究成果的。科学家们通常报告关于自然界的哪些方面呢?是什么理由决定他们的选择呢?而且由于大多数科学观察都要耗费大量的时间、设备和金钱,那么,又是什么动机促使科学家去追求这种选择直到得出结论呢?

我认为,关于事实的科学研究通常只有三个焦点,而这三个焦点既不经常是也非永远是泾渭分明的。首先是范式所表明的特别能揭示事物之本质的那类事实。通过运用这些事实解决问题,范式就能使这些事实以更大的精确性和在更多样的情况下得以确定。对这些有意义的事实的确定在不同时期里都有,它们包括:天文学中——星球位置和大小,双星的蚀周期和行星周期;物理学中——物质的比重和可压缩性,波长和光谱强度,导电性和接触电位;化学中——化学组成与化合量,溶液的沸点和酸性,结构式和旋光性。力求增进这些已知事实的准确性,扩大其范围,在实验科学与观察科学文献中占有重要的比例。为此目的,复杂的特殊仪器被一次又一次地设计出来,而这些仪器的发明、制造及安装都要求第一流的人才,要耗费大量的时间和许多的钱财。同步加速器和望远镜是最新的例子,这些例子表明只要范式保证他们所寻求的事实是重要的,那么科学工作者就尽心竭力去做。从第谷(Tycho Brahe)到劳伦斯(E. O. Lawrence),一些科学家的巨大声誉,不是从他们的发现有任何新颖性中取得的,而是来自他们为重新确定一类先前已知事实而发展出的方法的精确性、可靠性和适用范围。

第二类虽然普遍但却较少的事实判定,针对的是这样一类

事实的,虽然它们常常没有多大的内在意义,但可以与范式理论的预测直接进行比较。我们很快就将看到,当我从常规科学的实验问题转向理论问题时,一个科学理论,尤其是主要以数学形式构成的理论,就极少有场合可以与自然界直接进行比较。甚至爱因斯坦的广义相对论迄今也不多于三个这样的场合。^①而且甚至在可以应用于比较的那些场合,它也经常要求取理论的近似值和仪器的近似性,以致严重地限制了所期望的一致程度。不断改进这种一致程度,或找出从根本上能够证明这种一致性的新领域,是一项对实验者和观察者的技巧和想像力的永恒挑战。特殊望远镜证明了哥白尼关于周年视差的预测;阿特伍德机差不多在牛顿《原理》之后一个世纪才第一次发明,首次明确地证明了牛顿第二定律;傅科(Foucault)的仪器表明光速在空气中要比在水中大;巨型闪烁计数器被设计用来证明中微子的存在——像这样的以及许多别的特殊仪器都说明了为使自然界和理论达到越来越一致而需要巨大的努力和创造性。^②证明一致性的努力便是常规实验工作的第二种类型,它甚至比第一类工作更明显地依赖于范式。范式的存在决定了什么样的问题有待

27

① 仍普遍被承认的惟一能长期站得住的检验点是水星近日点的进动。遥远星体光谱线的红移,可以从比广义相对论更基本的考虑中推导出来,光线绕太阳时的弯曲可能也是这样,这一点现在还有争论。总之,对后一种现象的测量还依然是不确定的。一种辅助性检验点可能最近会确立:穆斯堡尔(Mossbauer)辐射的引力迁移。或许在这个现在很活跃但长期休眠的领域将很快会有别的检验点。对此问题的最新纲要式说明请见 L. I. 希夫(Schiff),“A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories of Relativity”, *Physics Today*, XIV(1961), 42-48.

② 关于两种视差望远镜,见 Abraham Wolf, *A History of Science, Technology, and Philosophy in the Eighteenth Century* (2d ed.; London, 1952), pp. 103-105. 关于阿特伍德机,见 N. R. Hanson, *Patterns of Discovery* (Cambridge, 1958), pp. 100-102, 207-208. 关于最后两种特殊仪器,见 M. L. Foucault, “Methode generale pour mesurer la vitesse de la lumiere dans l'air et les milieux transparents. Vitesses relatives de la lumiere dans l'air et dans l'eau……”, *Comptes rendus……de l'Academie des sciences*, XXX (1850), 551-560; and C. L. Cowan, Jr., et al., “Detection of the Free Neutrino: A Confirmation”, *Science*, CXXIV(1956), 103-104.

解决；范式理论往往直接地隐含在能够解决问题的仪器设计之中。例如，若没有《原理》，用阿特伍德机所做的测量就将毫无意义。

第三类实验和观察，我想，它已囊括尽常规科学搜集事实的活动。这项活动包括从事阐明范式理论的经验工作，解决范式理论中某些残剩的含糊性，以及容许解决那些先前只是注意到但尚未解决的问题。这类活动是三类活动中最重要的一项，所以描述它还得加以细分，在数学内容较多的科学中，旨在阐明范式理论的某些实验是用来确定物理常数的。例如，牛顿的工作表明，单位距离的两个单位质量之间的力，对宇宙中任何位置上的所有物质都是一样的。但即使没有估计出这种吸引力的大小，即万有引力常数的大小，牛顿本身所提出的问题也能得到解决；而在《原理》问世后一百年内，也没有其他人设计出能够确定该常数的仪器。卡文迪什在 18 世纪 90 年代所做的著名测定也决非是最后一个。由于万有引力常数在物理理论中所处的中心地位，所以，改进这个常数值一直为许多杰出的实验家所反复努力。^①这类连续工作的其他例子还有：天文单位、阿佛加德罗常数、焦耳系数、电荷等等的确定。如果没有范式理论规定问题并担保有一个稳定解的存在，就不可能构思出这些精心的实验工作，也不可能做任何一个实验。

不过，阐明一个范式的努力并不限于宇宙常数的确定。例如，这些努力也可以旨在确定定量定律：波义耳的气体压力与体积关系定律、库仑的电吸引力定律、焦耳的电阻和电流生热的关系式等全部属于这一类范畴。一个范式是发现这类定律的前提条件，也许这一点并不显而易见。我们常听说，这些定律是通过考察测量发现的，而测量只是为测量而测量，并无理论承诺。但

^① J. H. Poynting, "Gravitation Constant and Mean Density of the Earth" 一文中评论了 1741 年与 1910 年间 24 个引力常数的测量，见 *Encyclopedia Britannica* (11th ed.; Cambridge, 1910: 19-11), XII, 385-389.

是,历史并不支持这种过分的培根式方法。波义耳的实验只有等到人们认识到空气是一种弹性流体,所有精致的流体静力学概念都能对之加以应用时才能做到,否则是不可设想的(即使可以设想,也可能是另一种诠释,或者根本就做不出任何一种诠释)。^① 库仑的成功,取决于他构造出特殊的仪器用来测量点电荷之间的作用力(以前测量电力作用通常的盘式天平药仪器,根本找不出其间的一致性或简单的规律性)。但库仑的这种仪器设计反过来又取决于以前对电的这样一种认识,即:每一个电流体粒子超距地作用于每一个其他的粒子。库仑所寻求的正是这些粒子之间的力,只有这样的力才能被可靠地假定为与距离有一种简单的函数关系。^② 焦耳的实验也可能被用来说明定量定律是如何经由范式的阐明而突现的。实际上,定性范式与定量定律之间的关系是如此的普遍和紧密,以致自伽利略以来,在能够设计出仪器以实验来确定出它们之前好多年,这些定律就经常借范式之助而被正确地猜测出来了。^③

29

最后,还有旨在使范式明晰的第三类实验。这类实验比其他类型的实验更近乎于探究。在某些时期和某些科学中,当研究工作更多地涉及自然界规则性之定性方面而不是定量方面时,这类实验便特别地盛行。从一组现象中发展出来的范式,当它应用于其他十分密切相关的现象时,往往会含糊不清。于是,实验就需要在范式被应用于有意义的新领域的各种可能方式中,选择出一种最合适的方式。例如,热质说的范式应用就是通

① 关于流体静力学完全移植到气体学,见 *The Physical Treatises of Pascal*, 由 I. H. B. 施皮尔(Spiers)和 A. G. H. 施皮尔译,附有 F. 巴里(Barry)所作的引言和注释(纽约,1937年)。托里拆利(Torricelli)最初相应的引进(“我们生活在为元素空气海所淹没的最底层”)见第164页。有两篇主要论文展示出气体学的迅速发展。

② Duane Roller and Duane H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb* (“Harvard Case Histories in Experimental Science”, Case 8; Cambridge, Mass., 1954), pp. 66-80.

③ 例如,见 T. S. Kuhn, “The Function of Measurement in Modern Physical Science”, *Isis*, LII (1961), 161-193.

过混合和状态改变来加热和冷却。但是,热的释放或吸收还有许多别的方式——例如,通过化学化合,通过摩擦,通过气体的压缩或吸收——而且热质说可以若干不同的方式被应用来解释这些。例如,若真空具有热容量,那么压缩生热就能被解释为是气体与虚空混合的结果了。或者它也可以被解释为由于随着压力的改变气体的比热发生了变化。除此之外,也还有若干种其他的解释。许多实验都是为了精细探索这些不同的可能性,并在其中做出区分;所有这些实验都来自热质说这一范式,而且实验设计与结果的诠释全都是为了开拓这个范式。^①一旦压缩生热的现象被确立,那么在此领域内的一切进一步的实验都将以这种方式依赖于范式。给定了现象,阐释这种现象的实验还能有别的选择吗?

现在我们转而讨论常规科学的理论问题。它们与实验问题和观察问题一样,也可分成几乎相同的三类。常规的理论工作的一部分,虽然只占小部分,不过是用现存的理论去预测具有内在价值的事实信息。天文历书的制作,透镜特性的计算,以及无线电传播曲线的绘制,都是这类问题的实例。然而,科学家一般都把它们看做是苦差事而扔给工程师或技师去干。其中的许多成果没有机会发表在重要的科学杂志上。但这些重要科学杂志却刊载大量对这些问题的理论讨论。它们对非科学家说来,必然看上去差不多是一样的。这些都是从事理论工作,这并不是因为理论结果的预测有内在价值,而是因为它们能够直接面对实验。它们的目的是展示范式的新应用,或者是提高已有应用的精确性。

这类工作的需要,是由于在发展理论与自然界的接触点时经常会遇到极大的困难。考察一下牛顿以后的动力学史,就能扼要地说明这些困难。到18世纪初期,那些在《原理》一书中发

^① T.S. Kuhn, "The Caloric Theory of Adiabatic Compression", *Isis*, XLIX(1958), 132-140.

现范式的科学家们,把这本书的结论理所当然地看做具有普遍意义,他们这样做有着充分的理由。科学史上还没有别的著作能同时容许在研究的范围和精确性两方面都获得重大的进步。在天体研究中,牛顿推导出了开普勒(Kepler)行星运动定律,并且还解释了已观察到的月亮不服从这些定律的某些方面。在地球研究方面,他推导出单摆和潮汐的一些零星观察结果。运用辅助性假定和特设性(ad hoc)假定,他也能推出波义耳定律和声音在空气中传播速度的重要公式。就当时科学的状况来说,这些论证的成功是令人印象极其深刻的。但就牛顿定律所假定的普遍性而言,这些应用的数目并不很大,而且牛顿在其他方面也几乎没有发展。此外,如果与今天的任何一位物理学研究生应用这些相同的定律所得的成就相比较,牛顿少量的应用甚至也不精确。最后,《原理》一书的整个构思,主要是用以解决天体力学问题的。怎样使它适用于解决地球上的问题,尤其是怎样适用于受限制的运动,还并不清楚。但在当时,地球上的问题已经获得了巨大的突破,发展出了一套相当不同的技巧,这套技巧最初由伽利略和惠更斯(Huyghens)发展起来,18世纪,伯努利(Bernoullis)、达兰贝尔(D'Alembert)和其他许多人使之在欧洲大陆得到扩展。也许有人能够表明他们的技巧与《原理》中提出的技巧都是一个更普遍公式的一些特例,但有一段时间,没有人能够看出这种假定究竟如何证明。^①

31

现在我们集中注意于精确性问题。我们已经说明了问题的经验方面。为了提供牛顿范式具体应用所要求的特殊资料,需要有特殊的设备——像卡文迪什仪器,阿特伍德机,或改进后

① C. Truesdell, "A Program toward Rediscovering the Rational Mechanics of the Age of Reason", *Archive for History of the Exact Sciences*, I (1960), 3-36, and "Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's principia", *Texas Quarterly*, X (1967), 281-297. T. L. Hankins, "The Reception of Newton's Second Law of Motion in the Eighteenth Century". *Archives internationales d'histoire des sciences*, XX(1967), 42-65.

32

的天文望远镜。要达到理论预言与自然的一致,在理论方面也存在类似的困难。例如,当牛顿把他的定律应用到单摆时,为了给摆长提供一个单一的定义,他不得不把摆锤作为一个质点处理。他的大多数定理,除了少数几个假设性的和尚未发展的之外,也都忽略了空气阻力效应。这些都是合理的物理近似。不过,既是近似,它们就限制了牛顿的预测与实际的实验之间所期望的一致程度。当牛顿理论应用于天体问题时,同样的困难甚至就显得更加清楚了。用望远镜做简单的定量观测表明,行星并不完全服从开普勒定律,而牛顿理论则表明,它们本不该服从开普勒定律。为了推出这些定律,牛顿被迫只考虑个别行星与太阳之间的相互引力,而忽略所有其他的引力作用。因为行星之间也是相互吸引的,所以,所应用的理论与望远镜观测之间人们也只能期待一种近似的相符。^①

当然,所达到的这种相符程度已经使得做这一工作的科学家们非常满意了。除了某些地球上的问题外,再也没有别的理论能比牛顿理论做得更好了。没有人因为实验与观测的这种有限制的相符而怀疑牛顿理论的有效性。不过,这些相符程度的有限性却为牛顿的后继者们留下了许多迷人的理论问题。例如,为了处理两个以上互相吸引的物体的运动以及探讨受扰动轨道的稳定性,都需要理论技巧。这类问题耗费了18世纪和19世纪初叶许多欧洲最杰出数学家们的精力。欧拉(Euler)、拉格朗日(Lagrange)、拉普拉斯(Laplace)和高斯(Gauss),全都为改造牛顿范式与天体观测之间的一致程度问题做了一些他们最辉煌的工作。许多这样的巨匠同时致力于发展数学,以满足无论是牛顿还是他同代的大陆力学学派所未曾想到过的问题所需要的应用。例如,他们为流体动力学和振动法问题发表了大量文献,创造了一些非常有效的处理这些问题的数学技巧。这些应用问

^① Wolf,前引书,第75-81页,第96-101页;and William Whewell, *History of the Inductive Sciences* (rev. ed.; London, 1847), II, 213-271.

题可以认为是 18 世纪最光辉和最艰巨的科学工作。我们还可以从考察后范式时期的热力学、光的波动理论、电磁理论或是任何别的其基本定律是完全定量的科学分支,来发现其他的例子。至少在更数学化的那些科学中,最理论性的工作就属于这一类。

33

但并不全都是这一类。甚至在数学科学中也还有阐明范式的理论问题;当科学发展还主要处在定性时期时,这些理论问题占主导地位。在更加定性和更加定量的两类科学中,都有些问题其目的只在于通过重新表述而进行澄清。例如,《原理》并不总是表明应用是一件容易的事,部分是因为它保留了首次冒险中不可避免的某种粗糙,部分是因为它的许多意义只隐含在它的应用中。总之,对很多地球问题的应用来说,一套与《原理》明显无关的大陆数学技巧似乎更为有效。因此,从 18 世纪的欧拉和拉格朗日,到 19 世纪的哈密尔顿(Hamilton)、雅可比(Jacobi)和赫兹(Hertz),许多欧洲最杰出的数学物理学家一再努力于以一种等效的、但逻辑上和美学上又更加满意的形式重新表述力学理论。这就是说,他们希望有一种逻辑上更连贯一致的形式将《原理》及大陆力学中那些明显和暗含的意义展示出来,同时将能更统一更明确地应用于新阐明的力学问题。^①

这些类似的对范式的重新表述,在所有的科学中都曾一再出现,但它们的绝大多数都会导致范式的实质性变化。这样的变化比上面所举的对《原理》的重新表述要大得多。这些变化源自前述旨在阐明范式的经验工作。事实上,把这类工作归入经验工作是任意的。与其他任何一类常规研究比较起来,阐明范式的问题既是理论的,也是实验的;前面所举的那些例子在这里也将同样地适用。在库仑能制造出他的仪器并用它来做测量以前,他必须使用电学理论以确定他的仪器该怎样建造。他的测量结果又能使这个理论更加精练。再例如,那些设计实验以区别压缩生热的各种理论的人,一般都是提出理论以进行比较的

34

① Rene Dugas, *Histoire de la mécanique* (Neuchâtel, 1950), Books IV - V.

同一类人。他们既用事实又用理论从事工作,而他们的工作不只是产生新信息,而且使范式更加精确,这是因为他们消除了原初存在于他们据以工作的范式中的模棱两可之处。在许多科学中,大多数常规研究都属于这一类。

这三类问题——确定重要事实、理论与事实相一致、阐明理论——我认为已经涵盖了常规科学的文献,不论是经验科学的还是理论科学的文献。当然,它们并没有涵盖科学的全部文献。还有一些非常规的问题,而且也许正是为了获得这些问题的解决,才使整个科学事业特别值得为之而献身。但是非常规问题并不是那么容易出现的。它们只能在特定场合才能突现,需要在常规研究的进程中为之做好准备。因此,甚至是最好的科学家所从事的绝大多数问题,通常也越不出上述三种类型。在范式指导下工作决无他途可寻,而抛弃了范式,也就等于终止了范式所规定的科学实践活动。我们很快就会发现,这种抛弃范式的事确曾不止一次地发生过。它们是科学革命所赖以转动的轴心。但是在开始研究这些革命之前,我们还需要对为革命铺设道路的常规科学有一个更全面的了解。

第四章 常规科学即是解谜

我们刚刚讨论过常规研究的问题,其最引人注目的特点, 35
或许是其目的不在于产生概念或现象的多么大的新颖性。有时,例如像波长的测量,除了结果的最精微细节之外,其余的一切都是事先已知的,只是预期的类型范围略宽一些。库仑的测量也许不需要都符合平方反比定律;研究压缩生热的人往往准备接受若干种结果中的任一结果。然而甚至在这些情况中,预期的并因此而可接受的结果,其范围总比想像力所能及的范围要小。而研究结果如果不落入这个较狭小的范围,通常就被认为是研究工作的失败。失败的责任不在自然界,而在科学家。

例如,在18世纪,用盘式天平之类的仪器测量电吸引的实验很少为人所注意。因为这些实验所得的结果既不一致又不简单,不能被用来阐明这些实验所依据的范式。因此,它们仅仅是一些纯粹的事实,与电学研究的继续进步毫无关联,而且也不可能有关联。只是有了后来的范式反观它们时,我们才能看出它们所展示的电学现象的那些特征。当然,库仑和他的同时代人也掌握了这种后来的范式,或者是掌握了当应用于吸引问题时能产生相同预期的一种范式。这就是为什么库仑能够设计出一种仪器,由这种仪器所得结果能为范式的阐明所需求。但也正是这个原因,库仑的结果并不令人惊奇,而且有些库仑的同辈也能事先预见到这个结果。即使其目标在于阐明范式的研究计划而不希求意外的新事物。

但是,如果常规科学的目的不是为了去发现重大的实质性的新事物——如果在接近预期结果中的失败通常被认为就是一

36 个科学家的失败——的话,那么,为什么还要去致力于这些问题的研究呢?部分答案已经讨论过了。至少对科学家来说,常规科学所得的结果是有意义的,因为它们扩大了范式所能应用的范围和精确性。然而,这个回答还不能说明科学家对常规研究的问题所表现出来的热情和专注。比方说,没有一个人只是因为将要获得的信息的重要性,而倾注多年心血去发展一台更好的分光仪或去求得扼动弦问题的一个精确的解。计算星历表或利用现有仪器做进一步测量所得到的数据,往往也是重要的,但科学家通常对这些活动不屑一顾,因为这些活动大多都是重复曾完成过的程序。科学家们对这些活动的拒斥,提供了一个常规科学问题之所以如此迷人的线索。虽然常规研究的结果能够预期,而且往往相当详尽,以致还有待认识的那部分都显得不重要了,但获得这种结果的方式依然很成问题。解答常规研究问题,即以一种新的方式实现预期,这就需要解决所有各种复杂仪器方面、概念方面以及数学方面的疑难。成功的人,证明自己是一位解谜(Puzzle - Solver)专家,而谜所提出的挑战正是驱使他前进的重要力量。

“谜”和“解谜者”这两个术语点明了前几页中已变得越来越突出的若干论题。从这里所使用的完全标准的意义上说,谜就是特殊的问题范畴,它可以用来检验解谜者的创造力或技巧。字典里的举例是“拼图谜”(jigsaw puzzle)和“字谜”(crossword puzzle),而我们现在需要专门突出来谈的,就是这些谜与常规科学问题所共有的特征。这些特征之一刚刚已经做了讨论。判别一个谜的好坏标准,不是看它的结果是否内在地有意义或重要。相反地,真正迫切的问题,例如治疗癌症或持久和平方案的设计,通常根本就不是谜,主要是因为它们不可能会有任何解。试考虑拼图谜,假如图片纸是从两个不同谜盒的每一个中任意选取出来的,由于这个问题有可能(虽也未必)甚至使最聪明的人都束手无策,所以它不可能用来检验解谜的技巧。从任何通常意义上说,它根本就不是一个谜。虽然内在价值不是一个谜的

37

标准,但确信有一个解的存在则是它的标准。

我们已经知道,科学共同体取得一个范式就是有了一个选择问题的标准,当范式被视为理所当然时,这些选择的问题可以被认为是可解的问题。在很大程度上,只有对这些问题,科学共同体才承认是科学的问题,才会鼓励它的成员去研究它们。别的问题,包括许多先前被认为是标准的问题,都将作为形而上学的问题,作为其他学科关心的问题,或有时作为因太成问题而不值得花费时间去研究的问题而被拒斥。就此而言,范式甚至能把科学共同体与那些社会所重视的又不能划归为谜的形式的问题隔离开来,因为这些问题不能用范式所提供的概念工具和仪器工具陈述出来。这些问题会分散科学共同体的注意力,17世纪培根主义的某些方面和一些当代社会科学曾给我们以这方面的深刻教训。常规科学之所以看起来进步得如此神速,其理由之一乃在于,它的实践者们集中于解决只有缺乏才智的人才不能解决的问题上。

但是,如果常规科学的问题就是这种意义上的谜,那么,我们就不再需要问为什么科学家会以如此的热情和专注去攻克它们。一个人投身于科学,可能有各种各样的动机。他们之中有的可能希望成为有用的人,有的可能为开拓新疆界所激励,有的希望发现新秩序,而有的可能为检验已确立的知识所驱使。这些动机以及其他的动机,也有助于确定日后他将要去从事研究的特定问题。再有,虽然结果会遭偶然的挫折,但仍有好的理由解释,为什么这类动机会首先吸引他进入科学领域,随后又引导他向前迈进。^①作为一个整体的科学事业的确一再证明是有用的,能开拓新疆界,能展示秩序,也能检验长期公认的信念。不

38

^① 然而,在个人的作用与科学发展之整体模式之间的冲突所造成的挫折,有时可能是十分严重的。有关这一问题,见 Lawrence S. Kubie, "Some Unsolved Problems of the Scientific Career", *American Scientist*, XLI(1953), 596 - 613; and XLII(1954), 104 - 112.

过,从事常规研究问题的个人却几乎从来不做任何一件这类事情。一旦投入研究,他的动机又是完全不同的了。此时他所面临的挑战是这样的信念,即:只要他足够精明,他就能在解谜中获得成功,而这个谜在他之前还没有人能解或解得不好。许多最伟大的科学头脑都倾注在解这类谜上。在绝大多数场合,任何特殊的专门领域除了解“谜”之外就没有别的工作可做了,这一事实对于醉心于这类解谜的人来说,并不会减少对它的迷恋。

现在让我们转向谜与常规科学问题之间另一个更困难也更具启发性的共同方面。如果一个问题被看成是一个谜,那么这个问题必定要有一个以上确定的解为其特征。也还必须有一些规则,以限定可接受解的性质和获得这些解所采取的步骤。例如,为了解一个拼图谜,就不仅仅是“拼出一幅图”而已。一个孩子或一位当代艺术家都能将挑出的拼图片散在一些空白的背景上,做成许多抽象的形状。由此而得到的图可能会比谜底的图更好看,更有独创性。不过,这样的一幅图并不是一个解。为要得到解,所有的拼图片都必须用上,它们的空白面都必须朝下,它们之间必须毫不勉强地相互扣紧,直到不留一点空隙。这些都是支配拼图谜解的规则。不难发现,许多解谜游戏,如填字谜、谜语、象棋残局问题等等,对可接受的解都有着类似的限制。

39 如果我们把“规则”一词的使用大大拓展,有时使它等同于“已确立的观点”或“先人之见”,那么,可进入一个已知研究传统中的问题,就会展示出某种类似于谜的特征。一位制造出一种仪器用以确定光的波长的人,必定不满足于只能对一些特定光谱线产生出某些特殊光谱的仪器。他不只是一位探索者或测量者。相反,他必定用已确立的一套光学理论分析他的仪器,以表明他的仪器所产生的数值正是他所界定的波长的那些数值。如果理论中或他的仪器的某个未经分析的部分中有着某种含糊性,使他无法做出论证,那么,他的同事们可能会有理由断定,他根本就没有测量到什么东西。例如,电子散射极大值只是到后来才知道是电子波长的标志,当初测量与记录时并不了解它的

明显意义。在它们变成某种东西的量度以前,它们必须与一种理论联系起来,这种理论能预见到物质在运动中的类波行为。而且甚至在这种联系被指出以后,仪器必须重新设计,以便使实验结果可能与理论明显地发生关联。^① 满足了这些条件,问题才能被解决。

理论问题可接受的解,也受到类似的限制。整个 18 世纪,许多科学家想从牛顿运动定律和万有引力定律推导出月球的被观察到的运动,但始终没有成功。由此,有些人提议用一个从小距离内导出的定律取代平方反比定律。然而,这样做等于是改变范式,就是规定出一个新谜,而不是去解旧谜。结果是科学家一直维护原来的规则,直到 1750 年一位科学家发现如何才能成功地应用这些规则。^② 只有改变了游戏的规则,才能提供另一种选择。 40

研究常规科学传统,我们还能发现许多附加规则,这些规则提供了关于科学家得自范式之承诺的许多信息。这些规则可以分成哪些主要范畴呢?^③ 最明显也可能是最有约束力的范畴,就是我们刚刚注意到的那些类型的概括(*generalizations*)。这些概括是对科学定律的明显陈述,也是关于科学概念和理论的明显陈述。当这些陈述持续受到尊重时,它们就有助于确立谜题和限定可接受的解法。例如,牛顿定律在 18 世纪与 19 世纪时就发挥了这样的功能。只要它们确实有这些功能,那么,物质的量便是科学家基本的本体论范畴,而作用于物质间的力就是研

① 对这些实验进展之简要说明,请见 C. J. Davison 的诺贝尔奖演讲第 4 页,载于 *Les prix Nobel en 1937* (Stockholm, 1938)。

② W. Whewell, *History of the Inductive Sciences* (rev. ed.; London, 1847), II, 101 - 105, 220 - 222.

③ 这个问题我受惠于 W. O. 哈格斯特龙(Hagstron),他的科学社会学工作有时与我本人的工作有重叠。

究的主要课题。^①在化学中,长期以来定组成和定比定律都有一种精确而类似的力——确立原子量问题,限定化学分析的可接受的结果,并告诉化学家什么是原子和分子,什么是化合物与混合物。^② 麦克斯韦方程和统计热力学定律在今天有着同样的支配力和功能。

但是,历史研究展示出,像上面所谈到的这些规则既不是惟一的,甚至也不是最有意义的。例如,在比定律和理论更低、更具体的层次上,有着许多承诺,由它们支配着作用仪器的类型,并规定了正当地使用这些仪器的方式。在化学分析中,对火的态度
41 态度的改变,在17世纪化学发展中起着重大的作用。^③19世纪,赫尔姆霍兹(Helmholtz)关于物理实验能够阐明生理学领域的概念的看法遭到了生理学家们强烈的抵制。^④而在本世纪,化学色层分析法的奇特历史再次显示出仪器承诺的顽强力量,它们像定律和理论一样,为科学家提供了游戏规则。^⑤当我们分析X射线的发现时,我们将会看出这类承诺的理由所在。

历史研究还有规则地展示出,有一类更高层次的、准形而上学的承诺,虽然这些承诺还不是科学的不变特征,但却较少受时空的局限。例如,大约在1630年以后,尤其在笛卡儿影响深远的科学著作问世以后,绝大多数物理学家都假定,宇宙是由微观的微粒组成的,而所有的自然现象都能用微粒的形状、大小、运

① 关于牛顿主义的这些方面,见 I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956). Chap. vii, esp. pp. 255 - 257, 275 - 277.

② 这个例子将在第十章结尾处再做较多的讨论。

③ H. Metzger, *Les doctrines chimiques en France du debut XVIIe siecle a la fin du XVIIIe siecle* (Paris, 1923), pp. 359 - 361; Marie Boas, *Robert Boyle and Seventeenth - Century Chemistry* (Cambridge, 1958), pp. 112 - 115.

④ Leo Konigsberger, *Hermann von Helmholtz*, trans. Francis A. Welby (Oxford, 1906), pp. 65 - 66.

⑤ James E. Meinhard, "Chromatography: A Perspective", *Science*, CX (1949), 387 - 392.

动和它们的相互作用来解释。这套承诺既是形而上学的又是方法论的。作为形而上学的承诺,它告诉科学家宇宙包含什么类型的实体,不包含什么类型的实体:宇宙中只有不断运动着的、有形状的物体。作为方法论的承诺,它告诉科学家最终定律和基本解释必须是这样的:定律必须指定微粒的运动和相互作用,而解释则必须将任何已知的自然现象划归为在这些定律支配下的微粒的作用。更重要的还是,这种宇宙的微粒观告诉科学家,他们研究的许多问题应当是什么。例如,一位像波义耳那样的信奉新哲学(即机械微粒哲学——译者)的化学家,他定会对能被视作嬗变(transmutations)的那些方法特别的注意。因为这些反应比任何别的反应能更加清晰地展示出微粒重组的过程,而微粒重组过程必定是化学变化的内在基础。^①微粒论哲学的类似影响,我们可以在力学、光学和热学的研究中看到。

42

最后,在更高级的层次上还有另一组承诺,谁若是没有这些承诺,他就不能成其为科学家。例如,一个科学家必须致力于理解世界,并扩展这种使世界有序化的精度和广度。这种承诺反过来又必定会导致科学家自己或他的同事以丰富的经验细致地考察自然界的某个方面。如果这种考察发现明显的无序(disorder),那就迫使他精练他的观测技巧,或者迫使他进一步阐明他的理论。毫无疑问,还有其他类似于此的规则,这些规则始终为科学家们所信守。

各种承诺——概念的、理论的、工具的和方法论的——所形成的牢固网络的存在,是把常规科学与解谜联系起来的主要源泉。因为这个承诺构成的网络提供了各类规则,它们告诉成熟科学的专业实践者世界是什么样的,他的科学又是什么

^① 关于微粒说的一般情况,见 Marie Boas, "The Establishment of the Metaphysical Philosophy", *Osiris*, X(1952), 412 - 541. 关于它对波义耳化学的影响,见 T. S. Kuhn, "Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century," *Isis*, XLIII (1952), 12 - 36.

样的,如此他就能满怀信心地集中钻研由这些规则和现有知识已为他界定好了的深奥问题。这时科学家个人所接受的挑战就是为未解之谜求得一个解。在这些方面和其他方面关于谜和解谜规则的讨论,能启迪我们把握常规科学实践的本质。然而,在另一方面,这种启迪也可能使我们误入歧途。尽管在一段时期内明显存在着为一个科学专业的所有实践者都坚持的规则,但这些规则本身不可能囊括这些专家在实践中所共同具有的一切。常规科学是一种高度确定性的活动,但它又不必要完全由规则所确定。这就是为什么在本文开始时我引进共有范式而不用共有规则、假定和观点作为常规研究传统连贯性源泉的原因。我认为,规则导源于范式,但即使没有规则,范式仍能指导研究。

第五章 范式的优先性

为了找出规则、范式与常规科学之间的关系,首先让我们考虑,历史学家怎样将前面已描述过的作为公认规则的承诺之特殊地位分离出来。对某一时期某一专业做仔细的历史研究,就能发现一组反复出现而类标准式的实例,体现各种理论在其概念的、观察的和仪器的应用中。这些实例就是共同体的范式,它们存在于教科书、课堂讲演和实验室的实验中。研究它们并用它们去实践,相应的共同体成员就能学会他们的专业。当然,历史学家此外还会发现由一些其地位仍被怀疑的成就所占据的边缘地区,但已解决了的问题和技巧的核心通常是明确的。除了偶尔的模棱两可外,一个成熟科学共同体的那些范式是能够被相对容易地确定的。

43

然而,共有范式的确定不是共有规则的确定。确定共有规则还要求有第二步,而且多少是不同类型的一步。当历史学家采取这一步时,必须将共同体的范式相互作比较,并且与共同体中流行的研究报告进行比较。在这样做时,其目的是发现明显的或暗含的可分离的因素,这些因素是这个共同体的成员从他们更具全局性的诸范式中抽象出来的,并展开成为它们研究的规则。任何人想要描述或分析一种特殊科学传统的进化,都必须找出这类公认的原则和规则。正如前一章所指出的,几乎可以肯定,他至少会获得部分成功。但是,如果他的经验完全与我本人的经验一样的话,那么他就会发现寻找规则比寻找范式更加困难,更加难以令人满意。他用来描述共同体共有信念的某些概括将不会有问题。然而,其他概括,包括上面用作实例的某

44

些概括看来就极不清晰了。不管他能想像出用什么措辞还是用任何别的方式,这些概括几乎肯定要遭到他所研究的团体的某些成员的拒斥。不过,如果研究传统的连贯性是用规则来理解的话,那就需要对相应领域中的共同基础做出某种详细的说明。结果,寻找一套足以构成一个已知常规研究传统的规则,就变成一个连续不断遭受严重挫折的努力了。

然而,承认这种挫折,就有可能诊断出它的根源所在。科学家们都能同意牛顿、拉瓦锡、麦克斯韦或爱因斯坦已为一组突出的问题提供了看来是永恒的解答,而不会同意使那些解答成为永恒的特殊抽象特征,尽管有时他们没有意识到这一点。这就是说,他们能够同意确认一个范式,但不会同意对范式的完整诠释或合理化,也不会去这样做。缺乏标准诠释或不能得出一致同意的规则并不会阻止范式指导研究。常规科学也能通过直接检查范式来部分确定,这一确定过程往往借助于但并不依赖于规则和假定的表述。事实上,范式的存在并不意味着有任何整套的规则存在。^①

这些说法的第一个后果,是不可避免地引出了种种问题。如果没有一套适当的规则,那么是什么东西把科学家限制在一个特定的常规科学传统中呢?“直接检查范式”一词又能意味着什么呢?对类似这些问题的部分解答是由后期维特根斯坦提供的,虽然是在非常不同的条件下提出的。因为这种条件更加基本,也更加熟悉,所以,首先考虑他的论证形式会对我们有所帮助。维特根斯坦问道:为了既明白而无可争议地使用“椅子”、

^① 迈克尔·波兰尼(Michael Polanyi)天才地提出了一个非常类似的论点,他论证科学家的许多成功依赖于“意会知识”(tacit knowledge),即依赖于经由实践获得且又不够明确阐述的那种知识。请见他的 *Personal Knowledge* (Chicago, 1958), 特别是第 v, vi 章。

“树叶”或“游戏”等这些词,我们需要知道些什么呢?^①

这个问题非常古老,而且一般地已有了解答,这只要说:我们必定有意识地或直观地知道一张椅子、一片树叶或一场游戏是什么。这就是说,我们必须把握某一套属性,这套属性是所有的游戏和这套惟一的游戏所共同具有的。但维特根斯坦断定,已知我们使用语言的方式和我们应用这种方式的那类世界,那就不需要有这一组特征。虽然对由许多游戏、椅子或树叶所共有的某些属性进行讨论常常能帮助我们学会如何使用相应的词,但是并不存在这样一组特征,可以同时被应用于类似的所有成员,而且也仅能应用于它们。相反,当面对着一种先前未曾见到过的活动,我们应用“游戏”一词,是因为我们正看到的活动与我们先前已学会用这个名字称呼的许多活动之间,具有亲密的“家族相似”。简言之,对维特根斯坦来说,游戏、椅子和树叶都是自然家族,每一家族都由重叠和交叉的相似之网所构成。这张网的存在充分说明了 we 认定相应的对象或活动是成功的。只有当我们命名的家族重叠并逐渐相互融合——即只有当不存在自然家族——我们在辩论和命名中获得的成功才能证实,相对应于我们使用的每一类名称都有一套共同的特征。

从单一常规科学传统内产生的各种研究问题和技巧,也具有类似于上述家族成员之间的关系。它们所共有的东西并不是说,它们符合某一组明显的或甚至完全可发现的规则和假定,这组规则和假定赋予该传统以它所具有的特征,并植根于科学家的思想之中。相反地,它们可以通过相似和通过模拟科学整体的这一部分或那一部分联系起来,这个科学整体就是从事研究的共同体认作是已确立了成就。科学家通过模型从事工作,而模型是从其所受教育和其后的钻研文献中获得的,他们往往

^① Ludwig Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, trans. G. E. M. Anscombe (N.Y., 1953), pp. 31 - 36. 不过,维特根斯坦对必然支持他所略述的命名程度的那类世界几乎什么也没有说。所以下面所指的部分不能归功于他。

无需明确知道或无需知道什么特征给这些模型以共同体范式的地位。而且正因为他们这样做,他们也就不需要整套规则了。他们参与其中的研究传统所展示出的连贯性,也许并不暗含着有一套进一步的历史研究或哲学研究可能揭示出来的内在规则和假定存在。科学家们通常并不询问或争论是什么使某一特定问题或解答变得合理,这种情况诱使我们假设,至少他们是直觉地知道答案的。但这种情况只是表明,科学家觉得不论是这个问题还是其答案都与他们的研究没什么关系。范式比能从其中明白地抽象出来进行研究的任何一组规则更优先、更具约束力、更加完备。

至此这种讨论还完全是理论性的:范式无需可发现的规则的介入就能够确定常规科学。现在就让我来指出相信范式实际上确是以这种方式运作的若干理由,以使该论证更清晰、更有力。首先,正如我们在前面已充分讨论过的那样,发现曾指导过特定常规科学研究传统的诸规则极其困难。这种困难非常接近于一位哲学家想要说出所有游戏共同具有哪些特点时所遇到的困难。第二,前一个理由其实是这个理由的必然推论,那就是它植根于科学教育的本性之中。我们都应该清楚地知道,科学家从不抽象地学习概念、定律和理论,也不从它们自身中学习。相反,这些思想工具从一开始,就是在无论是从历史的观点还是从教学的观点看都具有优先性的单元中被教授的。它与应用一起出现并通过应用得以展示出来。一个新理论总是与它在自然现象的某种具体范围的应用一道被宣告的;没有应用,理论甚至不可能被接受。在理论被接受以后,这些应用或其他的应用就会伴随着理论写入教科书,未来的从业者就会从教科书中学习他的专业。这些应用在教科书中并非纯粹作为点缀品或历史文献而已。正相反,学习理论的过程依赖于对应用的研究,包括用铅笔与纸和在实验室中用仪器来解决实际问题。例如,如果学习牛顿动力学的学生的确发现了像“力”、“质量”、“空间”和“时间”这些词的意义,那么,他并非是从教科书里虽然有时有帮助但并

不完整的定义中学到的,而是通过观察和参与这些概念应用于解决问题的过程中学到的。

这个通过自己动手而学习的过程贯穿于专业入门的整个过程中。一个学生从大学一年级课程开始,一直到他做博士论文,指派给他的问题变得越来越复杂,而很少有前例可援。但他们继续密切地模仿先前的成就,以提出他在以后独立科学生涯时从事常规研究的问题。人们可以任意假设,科学家就是这样不知从什么地方直观地为自己获取抽象的游戏规则的,但没有任何理由相信这样的假设。虽然许多科学家轻松而精彩地谈论某一具体的现行研究所依据的特定假说,但他们在表征自己领域的研究基础、该领域的合理问题和方法等方面,并不比外行人更好一点。即使他们真的从根本上已学会了这些抽象,那也主要表现在他们成功地进行研究工作的能力上。不过,这种能力无需求助于假设性的游戏规则也能得到理解。

科学教育的这些结果从反面提供了第三个理由以假定:除了抽象规则外,范式还通过直接模仿以指导研究。常规科学没有规则也能进行,只要相关科学共同体对已获得的特定问题解答达成共识。每当范式或模型还留下不可靠的地方,规则就因此而变得重要,对这些规则漠不关心的冷漠态度也将消失。再者,事实也确是这样的。尤其是,前范式时期通常是以对合理的方法、问题和解答的标准的频繁而深入的争论为标志的,尽管这些争论主要是为了确定学派而不是为了达成一致。前面我们已经讨论过光学和电学的一些争论,这些争论在17世纪化学和19世纪初期地质学的发展中甚至起了更大的作用。^①而且,像这样的争论并不随着范式的出现而永远消失。虽则在常规科学期间

48

^① 关于化学,见 Metzger, H. *Les doctrines chimiques en France du debut du XVIIe a la fin du XVIIIe siecle* (Paris, 1923), pp. 24 - 27, 146 - 149; and Marie Boas, *Robert Boyle and Seventeenth - Century Chemistry* (Cambridge, 1958), chap. ii. 关于地质学,见 Walter Cannon, "The Uniformitarian - Catastrophist Debate," *Isis*, LI(1960), 38 - 55; and C. C. Gillispie, *Genesis and Geology* (Cambridge, Mass., 1951), Chaps. iv - v.

几乎不存在这些争论,但它们在科学革命开始之前和革命期间又会有规则地再次出现,在此期间范式将首先受攻击,随后即发生了改变。在牛顿力学到量子力学的过渡期间曾激起过关于物理学的本质和标准的许多争论,有些争论至今仍在继续着。^①有些今日健在的人还能记得由麦克斯韦电磁理论和统计力学所引发的类似争论。^②更早一些时期,伽利略力学与牛顿力学的同化引发了与亚里士多德学派、笛卡儿学派和莱布尼茨学派关于科学的合理标准的一系列特别著名的争论。^③当科学家对关于他们领域的基本问题是否已经解决发生争论时,寻求规则便获得了一种通常所没有的功能。但只要范式未受损害,那么即使对合理性没有一致意见或对合理性根本无任何考虑,范式仍能发挥其指导功能。

承认范式比共有规则和假定具有优先地位的第四个理由可以用来结束本章的讨论。这篇论著的导论已经提示了革命的规模可能有大有小,其中有些革命只影响专业中更为专门的成员,对于他们来说,即使是一个新的意外现象的发现也可能是革命性的。下一章将选择这类革命的例子,但它们究竟怎么能够存在,对此我们仍然还远远没有搞清楚。如果常规科学像我们在前面讨论中所暗示的那样是如此的稳固,科学共同体又是组织

① 关于量子力学的争论,见 Jean Ullmo, *La crise de la physique quantique* (Paris, 1950). chap. ii.

② 关于统计力学,见 Rene Dugas, *La theorie physique au sens de Boltzmann et ses prolongements modernes* (Neuchatel, 1959), pp. 158 - 184, 206 - 219. 关于接受麦克斯韦的工作,见 Max Planck, "Maxwell's Influence in Germany", 载于 *James Clerk Maxwell: A Commemoration Volume, 1831 - 1931* (Cambridge, 1931), pp. 45 - 65, esp. pp. 58 - 63; and Silvanus P. Thompson, *The Life of William Thompson Baron Kelvin of Larges* (London, 1910), II, 1021 - 1927.

③ 关于与亚里士多德派战斗的一个样板,见 A. Koyre, "A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton", *Translations of the American Philosophical Society*, XLV(1955), 329 - 395. 关于与笛卡儿派和莱布尼茨派的争论,见 Pierre Brunet, *L'introduction des theories de Newton en France au XVIIIe siecle* (Paris, 1931); and A. Koyre, *From the Closed World to the Infinite Universe* (Baltimore, 1957), chap. xi.

得如此的严密,那么,范式的改变又何以能只影响一个小小的子团体呢?前面已经说过的似乎暗含着常规科学是一个单一整体性的和统一的事业,它必然与所有的范式共存亡,也与其中的任何一个范式共存亡。但是,科学显然极少或甚至从未有过这样的情况。纵观整个科学领域,情况往往倒是,科学似乎是一个相当松散的结构,它的各个部分之间很少有连贯性。这一点与非常熟悉的观察不应有任何冲突。恰恰相反,范式代替规则将使我们科学领域和专业的多样性更容易理解。当有明显的规则存在时,它们通常能适用于非常广泛的科学团体,但范式不需要这样。分隔很远的学科的从业者,例如天文学和植物分类学的研究者,他们从非常不同的书本中所描述的科学成就中得到教育。甚至在同一领域或密切相关的领域中工作的人,开始学习许多相同的书和科学成就,但他们在专业更专门化的过程中却可能获得相当不同的范式。

举一个例子来说,试考虑由所有物理科学家构成的相当大而多样的共同体。今日这个团体的每个成员都学过比方量子力学定律,而他们中的大多数人在研究或教学中都使用这些定律于某个问题。但他们并非全都学过这些定律的同样应用,因而他们也并不全都以相同的方式受到量子力学应用实践的影响。在不同专业的专门化道路上,只有少数物理学家接触到量子力学基本原理。其他人则详细研究把这些原理应用于化学,另有一些人把这些原理应用于固态物理学,如此等等。对他们中的每一个人来说,量子力学究竟意味着什么,这要取决于他们所选修的课程,他们所读过的教材,以及他们所研读过的杂志而定。由此,尽管量子力学定律的改变对所有这些团体将是革命性的,但那些只反映于某一种量子力学范式应用中的改变,也只是对一个特定专业的更专门化成员才是革命性的。对于该专业的其他成员和那些实践于其他物理科学中的人来说,这种改变根本就不必是革命性的。简言之,虽然量子力学(或牛顿动力学,或电磁理论)是许多科学团体的范式,但对不同团体来说,它

的意义并不相同。因此,它能同时确定常规科学的若干传统,这些传统有重叠但外延却不尽相同。在这些传统之内发生的革命,并非必然将扩展到其他传统。

专门化后果的一个简要例证,可能会加强这一系列的论点。一位研究者,他想知道科学家是怎样看待原子理论的,就去问一位著名的物理学家和一位杰出的化学家,单个氦原子究竟是不是分子。两位科学家都毫不犹豫地回答了,但答案却是不同的。化学家说,氦原子是分子,因为从气体运动论来看,它的行为像分子。另一方面,物理学家则说,氦原子不是分子,因为它没有显示出分子光谱。^①这两个人大体上说的是同一个粒子,但他们是从他们各自的训练和研究实践来看待它的。他们在问题解答中所得的经验告诉他们分子必须是什么。毫无疑问,他们的经验有着许多共同之处,但在这个案例中,经验告诉两位专家的却不是相同的东西。随着我们讨论的深入,我们将会发现这类范式的不同有时可能会产生何等重要的后果。

^① 这位研究者就是詹姆士·K. 西尼尔(James K. Senior),我受益于他的一个口头报告。某些有关的问题在他下面这篇论文中做了讨论,“The Vernacular of the Laboratory”, *Philosophy of Science*, XXV(1958), 163 - 168.

第六章 反常与科学发现的突现

常规科学,即我们刚刚考察过的解谜活动,是一项高度累积性的事业。它的目的在于稳定地扩展科学知识的广度和精度,在实现这一目的上确也获得杰出的成功。在所有这些方面,它都非常精确地符合最通常的关于科学工作的形象。然而,科学事业的一项标准产品却失落了。常规科学的目的不在于事实或理论的新颖性,而当常规科学成功时,也无新颖性的发现可言。但科学研究却不断地发现新的和始所未料的现象,而且基本的新理论也一再地为科学家们所发明。历史甚至提示出,科学事业已经发展出了一套强有力的独特技巧,以产生这类令人惊讶的现象和理论。如果科学的这一特征与我们前面已经说过的相一致,那么,在范式指导下的研究,必定是一种引起范式改变的特别有效的方式。这就是事实和理论的基本新颖性所导致的结果。在一套规则指导下进行的游戏,无意中产生了某些新东西,为了消化这些新东西就需要精心制作另一套规则。当这些新东西成为科学的组成部分之后,科学事业,至少是这些新东西所在之特殊领域的那些专家们的事业,就再也不会与以往相同了。

我们现在必须问一问,到底是怎么会发生这类变化的。让我们先考虑第一类发现,即事实的新颖性,然后再考虑发明,即理论的新颖性。不过,发现与发明之间的区别,或者说事实和理论之间的区别,我们很快就会看到,乃是非常人为的。这种人为性正是本论著中若干主要论题的重要线索。考察一下本章将要选取来讨论的那些发现,我们就会很快地看出,这些发现决非孤立的事件,而是很长的历史过程,它们具有一种有规则地反复出

53 现的结构。发现始于意识到反常,即始于认识到自然界总是以某种方法违反支配常规科学的范式所做的预测。于是,人们继续对反常领域进行或多或少是扩展性的探索。这种探索直到调整范式理论使反常变成与预测相符时为止。消化一类新的事实,要求对理论做更多的附加调整,除非完成了调整——科学家学会了用一种不同的方式看自然界——否则新的事实根本不会成为科学事实。

为了看清新事实和新理论在科学发现中是如何紧密地纠缠在一起的,我们来考察一个特别著名的范例,这就是氧的发现。至少有两个人有资格要求说氧是他发现的,另有几位化学家在1770年代初必定也已在实验室容器中得到了这种空气但不知道它。^①在这个气体化学的例子中,常规科学的进步为一次相当彻底的大突破铺平了道路。有资格认为自己是最早制备出这种相当纯净气体的人是瑞典药剂师 C. W. 舍勒(Scheele)。不过,我们也可以不提他的工作,因为他的工作在许多人一再宣布氧的发现之后才发表,因此对我们这里最为关心的历史模式没有影响。^② 第二位有资格这么说的是英国科学家和牧师约瑟夫·普里斯特列,他搜集了加热红色氧化汞时释放出来的气体,这是他对从大量固体物质所放出的“空气”(“airs”)进行长期常规研究中的一个项目。1774年他把这样制得的气体认作是笑气,1775年,在他做了进一步的检验之后,他又把这种气体认作燃素含量比通常要少的普通空气。第三位有资格要求最早发现权

① 关于氧发现的更经典讨论,见 A. N. Meldrum, *The Eighteenth - Century Revolution in Science—the First Phase* (Calcutta, 1930), chap. v. 一个不可或缺的新近评论,包括对优先权争论的说明,见 Maurice Daumas, *Lavoisier, theoricien et experimentateur* (Paris, 1955), chaps. ii - iii. 一个更完整的说明和文献,也见 T. S. Kuhn, “The Historical Structure of Scientific Discovery”, *Science*, CXXXVI (June 1, 1962), 760 - 764.

② 不过,见 Uno Bocklund, “A Lost Letter from Scheele to Lavoisier”, *Lychnos*, 1957 - 1958, pp. 39 - 62, 关于舍勒的作用有不同的评价。

的是拉瓦锡(Lavoisier),他在1774年普利斯特列的实验之后开始做这一工作而导致他发现氧,而且这种发现可能是从普利斯特列那里得到暗示的结果。早在1775年,拉瓦锡报告说,加热红色氧化汞所得的气体是“其自身完全没有改变的空气,[只是]它更纯净、更适于呼吸而已”。^①到了1777年,可能是从普利斯特列那里得到了第二次暗示之助,拉瓦锡才得以断定,这是一种别的气体,是大气的两个主要成分中的一个成分,这个结论是普利斯特列始终不肯接受的。

这种发现的模式提出了一个问题,它可以向科学家已意识到的任何一个新现象发问。首先发现氧的是普利斯特列,还是拉瓦锡呢?如果是他们两个中间一个的话。不管是谁,氧又是什么时候被发现的呢?即使只有一个人有资格要求最先发现权,我们仍然可以提出这样的问题。如果是作为裁决发现的优先权和发现的日期,那么,我们根本就不关心这一答案。不过,我们力图产生出一个答案只是为了阐明发现的本质,因为事实上根本就找不出这样的答案。发现不是那种可以适合于提出这种问题的过程。这样的提问——自1780年代以来反复争论氧发现的优先权问题——正是赋予发现以如此基本作用的那种科学形象中某种偏颇的症状。再看看我们所举的例子。普利斯特列要求氧的发现权是因为他最先游离出一种气体,它后来被认作是一种独特的气体。但是,普利斯特列的样品并不纯,而如果我们可以把一个人在手里握着的那瓶不纯的氧说成是发现了氧,那么,任何一位曾用瓶子装了大气空气的人都可被认为是氧的发现者了。此外,如果普利斯特列是发现者,那么,又是何时做出这一发现的呢?1774年他以为他已得到了笑气,这是一种他早已知道的气体;1775年,他把这种气体看做是脱燃素空气,

^① J. B. Conant, *The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775 - 1789* (“Harvard Case Histories in Experimental Science”, case 2; Cambridge, Mass., 1950), p.23. 这本非常有用的小册子在许多有关的文献中重印过。

但它仍然不是氧气,对燃素化学家来说,甚至是一种完全意外的气体。拉瓦锡的要求也许更有力,但它也遇到同样的问题。如果我们拒绝将荣誉授给普利斯特列,那我们也同样不能因为拉瓦锡在 1775 年的工作使他把气体认作“完全是空气本身”而将荣誉给了拉瓦锡。也许我们可以等待到 1776 年和 1777 年的工作,因为这两年的工作导致拉瓦锡不仅看到这种气体,而且还知道了这是什么气体。然而,即使这样授给他荣誉也还成问题,因为在 1777 年甚至直到他生命終了,拉瓦锡还坚持,氧是一种原子的“酸素”,而且还认为只有当这种“要素”与热质,即热物质结合在一起时才有氧气形成。^①我们是否因此而说,氧在 1777 年还没有被发现呢?有些人也许想这样说,但是酸素被逐出化学要到 1810 年以后,而热质则一直苟延到 1860 年代。但氧早在这两个日期之前,就成为一种标准的化学物质了。

很明显,我们需要有一套新词汇和新概念用以分析类似于氧的发现这样的事件。虽然“氧被发现了”这句话无疑是正确的,但这会误导我们以为,发现某种东西是一个单一而简单的行动,从而把“发现”的概念与我们通常的(而且也是成问题的)看见(Seeing)的概念混同起来。这就是为什么我们会如此乐于假定,发现,像看见或摸到那样,应该可以毫不含混地归属为某一个人和某一时刻。但归属于某一时刻总是不可能的,而归属于某一个人也往往难以做到。不考虑舍勒,我们就能放心地说,氧在 1774 年前还没有被发现,我们也可能说,它到 1777 年或稍后已经被发现了。但在这样一段时间限度内,任何想确定发现日期的尝试必然不可避免地是随意的,因为发现一类新现象必定是一个复杂的事件,这个事件包含着既认识到那个东西,又认识到那个东西是什么。例如,我们注意到,如果我们认为氧是脱燃素空气,那么我们会毫不犹豫地坚持普利斯特列发现了氧,虽

^① H. Metzger, *La philosophie de la matiere chez Lavoisier* (Paris, 1935); and Dumas, 前引书, chap. vii.

则我们仍然不清楚他是什么时候发现氧的。但是如果观察与概念同化,事实与理论同化两者在发现中是不可分离地连结在一起的话,那么发现就是一个过程,必须经历时间。只有当所有有关的概念范畴都预先准备好了,在这种情况下这现象不是一种新的类型,发现那个东西又能发现它是什么,两者才能毫不费力地一起同时发生。

现在假定发现包含一段持续的、虽然不必是很长的概念同化过程。我们是否也能说它包含着范式的改变呢?对这个问题,虽然迄今尚不能给出一般的答案,但在这种情况下至少回答必须是肯定的。拉瓦锡从 1777 年起在他的论文中所宣告的内容也是燃烧的氧化理论多于氧的发现。氧化理论是重新表述化学的基石,它对化学是如此的重要,以致人们通常称之为化学革命。事实上,如果氧的发现不是化学新范式突现的必不可少的部分,那么我们开始时讨论的优先权问题就不会看得太重要了。这个案例的情形像其他案例的情形一样,一种新现象及其发现者所具有的价值,与这种现象违反由范式做出的预测的程度成正比。然而需要注意的是,氧的发现本身并不是化学理论变化的原因,这一点在以后的讨论中很重要。在拉瓦锡还未从事这种与发现新气体有关的研究工作很久以前,他就确信这样两点:燃素论有错误和燃烧物吸收大气中某种成分。他把许多内容记载在一个密封笔记本中,于 1772 年存放在法国科学院的秘书那里。^①对氧所做的研究工作,为拉瓦锡早已感觉到的(燃素说)有点不对头的想法提供了更多的形式和结构。研究告诉了他一件他已经准备去发现的事——在大气中燃烧的失去的物质的本质。对种种困难的预先意识必然起了重要作用,使拉瓦锡能够在实验室里看到像普里斯特列那样的气体,而普里斯特列自己

^① 关于拉瓦锡不满情绪的起源的最权威说明,见 Henry Guerlac, *Lavoisier - the Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772* (Ithaca, N. Y., 1961).

却始终未能在实验中看到这种气体。反过来说,需要有一次重要的范式修改以使拉瓦锡看到他所看到的东西,也是为什么普利斯特列终其漫长的一生却未能看到它的根本原因。

57 两个其他更简要的例子,将会加强我刚刚谈过的论点,同时也将有助于我们从阐明发现的本质,进而理解发现在科学中突现的条件。为了描述做出发现的主要方式,这里所选出的两个例子既各不相同,又与氧的发现不同。第一个例子是 X 射线,这是一个通过偶然事件而发现的经典案例。这类发现所突现的次数,要比科学报告的标准格式所能容许我们觉察到的频繁得多。X 射线发现的故事开始于有一天,物理学家伦琴(Roentgen)中断了他对阴极射线的常规研究,因为他注意到与他的屏蔽仪器有一段距离的铂氰化钡屏,在放电过程中,会发出光来。进一步的研究——他们花了七个激动人心的星期,这段时间里,伦琴很少离开实验室——表明,光是从阴极射线管沿直线发出来的,辐射所造成的阴影不可能因磁铁和附近其他许多仪器发生偏转。在宣布他的发现之前,伦琴自己深信,这种效应不是由于阴极射线,而是某种至少与光类似的东西引起的。^①

即使是这样简要的叙述,也揭示出它与氧的发现有明显的相似性:在用红色氧化汞做实验以前,拉瓦锡已经做了实验,但并没有产生在燃素范式下预期的结果;伦琴的发现始于认识到他的屏上本不该发光而发光了。在两种情况下,感觉到反常——即感觉到一种他的范式没有为研究者准备的现象——对导致新发现起到了关键的作用。但还是在这两种情况中,觉察到某种东西出了毛病仅仅是发现的前奏。无论是氧还是 X 射线,如果没有进一步实验和同化过程,它们就不会突现。例如,究竟伦琴研究到哪一点,我们才可以说 X 射线实际上被发现了呢?

58 不,无论如何不可以说是在伦琴注意到发光屏的第一个瞬间。

^① L. W. Taylor, *Physics, the Pioneer Science* (Boston, 1941), pp. 790 - 794; and T. W. Chalmers, *Historic Researches* (London, 1949), pp. 218 - 219.

至少另有一位研究者见过这样的发光,但他没有发现任何东西,以致使他后来大为懊恼。^①差不多同样清楚的是,也不能把发现的时刻推迟到他研究的最后一周,因为最后一周伦琴正好在探索他已经发现了的新辐射的性质。我们只能说,X射线是于1895年11月8日和12月28日之间在维尔茨堡突现的。

然而,氧的发现和X射线之间存在的第三个重要的相似方面,就不是太明显了。与氧的发现不同,X射线的发现至少在十年后并没有导致在科学理论上有任何明显的变动。那么,在什么意义上我们才能说这个发现的同化需要有范式改变呢?的确,伦琴和他的同辈们所赞成的范式不能被用来预见X射线(麦克斯韦电磁理论当时还未被普遍接受,阴极射线的特殊理论还只是几种流行的思辨假定中的一种)。但是至少在任何明显的意义上,这些范式并不禁止X射线的存在,而燃素说则禁止拉瓦锡对普利斯特列气体所做的诠释。相反,1895年,大家都接受的科学理论和实践,都承认有许多形式的辐射——可见光、红外线和紫外线。X射线为什么不能作为一类人所熟知的自然现象的一种新形式而被接受呢?例如,为什么它们不能像发现一种新化学元素那样被接受呢?在伦琴的时代,人们仍在寻找新元素以填补周期表中的空位并且陆续有了发现。这些追求是常规科学的一项标准工作,对所获得的成功,只应祝贺,不应惊奇。

然而,X射线的发现不仅令人惊奇,而且使人震动。开尔文(Lord Kelvin)勋爵起初宣称这是一种精心设计的骗局。^②其他人,虽然他们无法怀疑证据,但却明显地表现出动摇。尽管已有

① E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, I (2d., ed.; London, 1951), 358, n.1. 乔治·汤姆逊爵士(Sir George Thomson)曾告诉过我第二件几乎被忽略的事件。威廉·克鲁克斯爵士(Sir William Crookes)由于注意到难以说明的模糊照相底片而走上了发现之路。

② Silvanus P. Thompson, *The Life of Sir William Bacon Kelvin of Largs* (London, 1910), II, 1125.

理论并不禁止 X 射线,但 X 射线的出现却深深地违反了根深蒂固的预期。我认为,这些预期是暗含在已确立的实验室程序的设计和诠释之中的。到 19 世纪 90 年代,许多欧洲的实验室内还广泛地采用阴极射线装置。如果伦琴的仪器产生了 X 射线,那么,许多其他的实验家必定也有时产生过这些射线而不为所知。或许这些射线可能还有其他未知的来源,但先前的解释中并没有涉及到 X 射线。至少,有几种人们久已熟知的仪器未来将不得不用铅作屏蔽。以前常规计划中已完成的工作,现在必须重做,因为早先的科学家们未曾认识到也不曾设法控制这一相关的变量。的确,X 射线开辟了一个新领域,并因此而增加了常规科学研究的潜在范围。但是更为重要的是,它们还改变了业已存在的领域。在此过程中,它们否定了先前是合乎范式的那些类型的仪器。

总之,不管是否意识到,只要科学家决定使用某种特定的仪器,并用一种特殊的方式使用它,那就等于做了这样一个假定,即:只有某些类型的情况会发生。除了理论上的预期,还有仪器的预期,而且这些预期在科学发展中往往起着决定性的作用。例如,一个这样的预期,正是氧延迟发现的故事的一个部分。当对“空气的精华”(Goodness of air)进行标准检验时,普利斯特列和拉瓦锡都把两体积的这种气体与一体积的笑气混合,在水面上摇动该混合物,并测定残余气体的体积。这种标准程序是从以前的经验中得到的,这种经验使他们确信,对于大气气体,残余气体将是一份,而对任何其他气体(或被污染的空气),体积则要大些。在氧的实验中,他们两人都发现,残余气体接近一体积,并相应地鉴定了这种气体。只是在很久以后,并且部分是出于一种偶然的原因,普利斯特列放弃了这个标准程序,并尝试以其他比例把这种气体与笑气相混合。他于是发现,用四倍体积的笑气时,就几乎根本没有残余气体了。他对最初检验程序的承诺——这种检验程序已为许多先前经验所认可——同时也是

对不存在像氧那样行为的气体的一种承诺。^①

如果我们涉及到例如像铀裂变被延迟确定的情况,那么,前面所谈的这类实例就成倍增多了。这种核反应特别难以认识的一个原因,是人们认为轰击铀所产生的结果不外是铀在周期表上的邻居,与一般的人工放射现象没什么差别。^②我们是否应该断定说,由于这些仪器承诺经常发生误导,因而科学应该放弃标准试验和标准仪器呢?这将会导致一种难以设想的研究方法。范式程序和应用,就像范式定律和理论一样,都是科学所需要的,而且它们有相同的作用。它们会限制科学研究所涉足的现象领域,这在任何给定的时刻都是不可避免的。认清了这一点,我们就可以同时看出,像 X 射线这样的发现,必然会使科学共同体的一个特殊部分的范式发生变化,并因此而导致程序和预期这两个方面的变化。其结果,我们也得以理解, X 射线的发现何以在许多科学家看来似乎是打开了一个奇妙的新世界之门,并因此而如此有效地参与到导致了 20 世纪物理学的危机中去。

61

我们要举的科学发现的最后一个例子,就是莱顿瓶的发现,它可以归为由理论推导出来的那一类。初看起来,这个术语似乎是悖论性的。我们在前面所说的许多事实都表明,由理论事先预期的发现都是常规科学的组成部分,并不会产生新类型的

① Conant, 前引书, 第 18 - 20 页。

② K. K. Darrow, "Nuclear Fission", *Bell System Technical Journal*, XIX (1940), 267 - 289. 氪, 两种主要裂变产物之一, 在裂变反应被充分理解以前, 似乎用化学方法一直未被鉴别出来。钡, 两种产物的另一种, 也几乎到这种研究的后来阶段才得到鉴定, 因为这个元素碰巧不得不加入放射性溶液, 使核化学家正在寻找的这个重元素沉淀出来。由于没有把加入的钡与放射性产物分离, 此后经历了差不多五年时间, 当反复研究了 this 反应之后, 最终才得到以下的报告: "作为化学家, 我们应从这个反应中导出……须改变先前[反应]图式中的所有名字, 用钡、镭、铯代替镭、钡、钍。但是, 作为核化学家, 与生物学的关系非常紧密, 我们不能使我们自己完成这种飞跃, 使之与核物理学的所有以往经验发生矛盾。也许有一系列惊奇的偶然事件致使我们的结果成了骗局"。(Otto Hahn and Fritz Strassman, "Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehender Erdalkalimetalle," *Die Naturwissenschaften*, XXVII [1939], 15)

事实。例如,我前面谈到过 19 世纪后半叶新化学元素的发现,都是以常规科学的方式正常进行的结果。但是,并非一切理论都是范式理论。无论在前范式时期还是在导致大规模范式改变的危机时期,科学家们通常都会发展出许多思辨性的和不精确的理论,这些理论本身为发现指出了途径。然而,情况往往是,发现不完全是由这些思辨性的和试探性的假设所预见到的。只有当实验和试探性理论相互连接在一起使之达成一致时,发现才会突现出来,理论才会变成范式。

莱顿瓶的发现不但表现出我们这里谈到的所有这些特点,而且也表现出我们以前所讨论过的其他特点。拿电学研究来说,在它开始时,并没有单一的范式。相反地,倒有许多的理论,它们全都是从相对可接受的现象中推导出来的,并处于相互竞争之中。它们之中没有一个能成功地使全部电学现象条理化。这种失败正是若干反常的来源,提供了莱顿瓶发现的背景。竞争着的电学家学派中有一派把电当作是一种流体,而这种概念引导许多人力图用瓶子把流体装起来,他们手里拿着一只装满水的玻璃瓶,并让水与一根从正在运转的静电发电机中引出来的导线接触。当水瓶从静电发电机那里移开,用另一只手去接触水(或与水连接着的那根导线),这时每一位研究者都会感受到强烈的电击。然而,这类最初实验并没有使电学家们发现莱顿瓶。这个装置的出现用了很长时间,并且再次表明要指出完成这个发现的确切时间是不可能的。储存电流体的这些早期尝试之所以成功,只是因为研究者把瓶子拿在手上,人则是站在地面上的。电学家们还必须懂得,瓶子既需要有内部的导电涂层也需要有外部的导电涂层,而且流体实际上根本就不储存在瓶子内。在研究的进程中,他们在有些地方也觉察到这一点,引导他们看出某些别的反常效应,于是我们称之为莱顿瓶的这种装置才突现出来。而且,导致莱顿瓶突现的那些实验,其中有不少是富兰克林做的,它们也要求流体理论作重大的修改,并因此而

提供了电学的第一个完整的范式。^①

在大小不等的程度上(对应于从惊奇到预期结果的连续),上述三个范例所具有的共同特征,也就是所有导致新类型现象出现的发现的特征。这些特征包括:先意识到反常,观察与概念认识上逐渐地并且同时地突现,以及范式范畴与程序的随之改变,而这种改变又往往伴随着阻力。甚至有证据表明,这些相同的特征已被建构入知觉过程自身的本质之中了。在一个非常值得专业之外的人了解的心理学实验中,布鲁纳(Bruner)和波斯特曼(Postman)让实验受试者辨认在短时间和受控条件下出示的一系列扑克牌。其中许多牌是正常的,而有一些则做成反常的,例如,红色的黑桃 6 和黑色的红心 4。实验中每一次只给一位受试者出示一张牌,出示的曝光时间逐渐增长。每次曝光以后就问受试者他看到了什么,如果两次连续辨认正确,就算结束一次实验。^②

63

许多受试者即使在扑克牌曝光的最短时间内也能辨认出绝大多数牌,而稍稍加长一点曝光时间,所有的受试者都能辨认所有的牌。对于正常的牌,这些辨认通常是正确的,但当反常的牌出示时,受试者们也几乎总是毫不犹豫或毫不困惑地认作是正常的牌。例如,黑色的红心 4 可能被认作是黑桃 4 或红心 4。他们没有意识到任何不正常,这种反常牌立即被置于为先前经验所准备好的概念范畴之中了。人们甚至不可能说,受试者们看到的東西与他们辨认出的东西是不同的。如果将反常牌曝光时间加长,那么,受试者就会开始犹豫,并且显示出已意识到了反常。例如,当亮出一张红色的黑桃 6 时,有些受试者就会说:这

① 有关莱顿瓶的不同进展阶段,见 I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), pp. 385 - 386, 400 - 406, 452 - 467, 506 - 507. 其进展的最后阶段,见 Whittaker, 前引书, pp. 50 - 52.

② J.S. Bruner and Leo Postman "On the Perception of Incongruity: A Paradigm", *Journal of Personality*, XVIII (1949), 206 - 223.

是黑桃6,但有点不对头的地方——黑色上有红边。再把亮牌时间加长,受试者更加犹豫和混乱,直到最后,有时相当突然地,大多数受试者就会毫不犹豫地做出正确的辨认。此外,当他们辨认了两三张这样的反常牌之后,他们就会轻而易举地辨认出其他的反常牌了。不过,有少数受试者始终不能对他们的范畴做必要的调整。甚至当亮反常牌的时间增加到需要辨认正常牌时间的80倍,他们仍然还有多于10%的反常牌不能正确地辨认出来。这时不能辨认的受试者往往会感到十分沮丧。其中一位叫了起来:“我不能分辨这种花色,不管它是什么。我现在甚至看不出它像是一张牌。我不知道它现在是什么颜色,是黑桃还是红心。我现在甚至连黑桃究竟是什么样子的都搞不清了。我的天哪!”^① 下一章,我们将在某些地方看到,科学家也会有类似这样的行为。

这个心理学实验,不管是作为一个隐喻,还是因为它反映了心灵的本质,都为科学发现过程提供了一种极其简单又极富有说服力的图式。在科学中,也像在玩扑克牌实验中一样,新事物总是随着困难一起突现出来,它违反期望所提供的背景,并以抗拒来表现自己。起初,人们只能感受到预期的和通常的情形,即使在后来出现反常的那些情况下也是如此。然而,进一步熟悉以后,就会意识到有某种事情出了差错,或者是把这种结果与以前出了差错的事情联系起来。这种对反常的意识开辟了一个新的时期,在此时期内概念范畴被调整,直到使最初的反常现象变为预期现象时为止。至此,科学发现就完成了。我已经强调过,所有重要的科学新事物的突现都包含这一过程或与此极类似的过程。我现在要指出,认识了这个过程,我们就能最终开始了解到为什么常规科学虽不直接追求新事物,而且最初还倾向于压制新事物,但却有效地促成了新事物的出现。

^① *Journal of Personality*, XVIII (1949), p. 218, 我的同事 Postman 告诉我,尽管他事先知道此一实验的情况,但他还是发现一看见怪牌就非常不舒服。

在任何一门科学的发展过程中,最先接受的范式,通常会让人感觉到它对于科学研究者容易理解的大多数观察和实验,能给予相当成功的说明。因此,进一步的发展通常要求建构精巧的装置,发展出一套深奥的词汇和技巧,精练概念,使之不断地减少与它们通常的常识原型(Prototypes)之间的相似性。这个专业化的进程,一方面使科学家的视野受到极大的限制,并使范式变化受到相当严重的阻碍。科学已日益变得僵硬。另一方面,在由于范式的指引而使科学家团体的注意力集中的那些领域内,常规科学导致了资料的详尽,也导致了任何其他方式都不能达到的观察—理论相一致的精确性。此外,这种详细的资料和观察—理论一致的精确性具有的价值,超越了它们本身并不总是很高的固有的价值。没有主要为起预见作用而建构起来的特殊仪器,最终导致新事物的结果就不可能发生。即使当这种仪器存在时,新事物也只能对那些精确知道他将预期的是什么,能够认识到某个地方出了差错的人才会突现。反常只在范式提供的背景下显现出来。范式越精确,涵盖面越广,那么它作为对反常的一个指示器就越灵敏。在科学发现的常规模式中,甚至阻碍变化的力量也是有用的,下一章我们将对这种用途做更充分的探索。这种阻力将保证范式不会太轻易地被抛弃,科学家将不会轻易地被反常烦扰,因而导致范式改变的反常必须对现存知识体系的核心提出挑战。重要的科学新发现通常同时突现在几个实验室中,这一事实标志着常规科学具有强烈的传统性质,也标志着这种传统的追求为常规科学自身的变化彻底地铺设了道路。

第七章 危机与科学理论的突现

66 第六章所讨论的科学发现既是范式变化的原因,又是范式变化的结果;而且隐含在这些发现中的变化,既是建设性的,又是破坏性的。在发现被同化了以后,科学家就能说明更大范围的自然现象,或者能更精确地说明某些先前已知的现象。但要达到这一点,只有通过放弃某些以前的标准信念或程序,同时用其他新成分代替先前范式中的那些原有成分。我已论证过,这类转变与通过常规科学活动所达到的所有发现密切相关,只有那些除细节之外、其余早被预言的毫无新奇可言的发现不在此列。然而,发现并不是这些破坏性——建设性的范式变化的惟一原因。在本章中,我们将开始考虑由新理论的发明所导致的类似的、但一般规模更大的范式变化。

我们已经论证过,在科学中,事实和理论、发现和发明并没有绝对而永久的区分,所以我们能够预料到本章与前章之间会有所重叠(不能认为普里斯特列首先发现了氧,拉瓦锡接着又发明了氧这种说法有其吸引力。氧作为发现,我们在前面已经说过了;我们很快将作为发明再次讨论它)。在讨论新理论的突现时,我们也将不可避免地扩大我们对发现的理解。还有,重叠不是同一。前一章所考虑的各类发现,至少单独一个不能促成像哥白尼革命、牛顿革命、化学革命和爱因斯坦革命等那样一些范式的转换。它们也不能促成更小的、极其专门的领域中,像光的波动理论、热力学理论或麦克斯韦电磁理论所产生的范式变化。

67 由于常规科学活动不是为了追求发现,更不是为了直接追求发明新理论,那么像这样的理论怎么能从常规科学中产生出来呢?

如果说反常意识在新现象的突现中起着作用,那么谁也不会对一种类似的但更深刻的意识是所有可接受的理论变化的必要条件这一点感到惊奇。我认为,在这一点上,历史证据是十分明确的。在哥白尼发表天体运行论之前,托勒密天文学处在一种矛盾重重的状况。^①伽利略对运动学的贡献,与经院批评家在亚里士多德理论中所发现的困难密切相关。^②牛顿的光和颜色的新理论起源于这样一种发现,即:没有一种现存的前范式理论能说明光谱的长度,而代替牛顿理论的波动理论正好发表于人们对在衍射和极化效应与牛顿理论的关系上产生的反常日益关注时。^③热力学诞生于19世纪两个并存物理理论的冲突,而量子力学则围绕黑体辐射、比热和光电效应等种种困难而提出。^④再者,除牛顿的情况外,在上述所有例子中,科学家们所意识到的反常是如此长久和深刻,以致人们可以把它影响所及的领域恰如其分地说成是处于日益增长的危机状态中。因为它要求大规模的范式破坏,要求常规科学的问题和技巧有重大转变,所以,在新理论的突现之前,一般都有一段显著的专业不安全感时期。人们不难料想,这种不安全感是在常规科学解不开它本应解开的谜的这种持续失败中产生的。现在规则的失效,正是寻找新规则的前奏。

68

① A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500 - 1800* (London, 1954), p. 16.

② Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (Madison, Wis., 1959), Parts II - III. A. Koyre 在他的 *Etudes Galileennes* (Paris, 1939) 一书中,特别是在第一卷中,展示出伽利略思想中大量的中世纪成分。

③ 关于牛顿,见 T. S. Kuhn, "Newton's Optical Papers," in *Isaac Newton's Papers and Letters in Natural Philosophy*, ed. I. B. Cohen (Cambridge, Mass., 1958), pp. 27 - 45. 关于被动理论的前奏,见 E. F. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, I (2d ed., London, 1951), 94 - 109; and W. Whewell, *History of the Inductive Sciences* (rev. ed.; London, 1847), II, 396 - 466.

④ 关于热力学,见 Silvanus P. Thompson, *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs* (London, 1910), I, 266 - 281. 关于量子理论,见 Fritz Reiche, *The Quantum Theory*, trans. H. S. Hatfield and I. L. Brose (London, 1922), chaps. i - ii.

首先让我们来看一看范式变化的一个特别著名的例子,这就是哥白尼天文学的突现。当它的先驱者——托勒密体系,在公元前后两个世纪的四百年间首先发展起来时,它在预言恒星和行星的位置变化方面是极为成功的。没有其他古代体系能做得像托勒密体系那样好;对于恒星,托勒密天文学作为技术上的近似今日仍然在广泛地发挥作用;对于行星,托勒密的预言与哥白尼的预言一样好。但对一个科学理论来说,极为成功绝不是完全的成功。在有关行星位置和岁差两方面,托勒密体系所作的预言与当时的最佳观测值之间从未获得完全的一致。进一步缩小这些细小的不一致,就成为许多托勒密的后继者从事常规天文学研究的重要问题,恰如使天体观测与牛顿理论结合起来的类似企图成为18世纪的牛顿后继者的常规研究问题一样。有段时期,天文学家们有一切理由假定,这些企图是成功的,正像那些企图已导致托勒密体系的成功一样。已知一个特定的观测值与理论值不一致,天文学家肯定能够通过托勒密的复合圆体系做些特殊的调整而消除这种不一致。但随着时间的推移,任何一位注意着这种天文学常规研究最后结果的人都会看到,天文学的复杂性极其快速地增加,远远超过其准确性的增加,而且这种不一致在一处纠正了,很可能又会在另一处出现。^①

69 因为天文学传统一再受外在条件影响而中断,又因为没有印刷条件,所以,天文学家之间的交流受到限制,这些困难只是慢慢地被认识到。但最后终于有人察觉到了。到13世纪阿方索十世(Alfonso X)宣称,如果上帝在创造宇宙时请教过他,一定会得到善意的劝告。16世纪,哥白尼的合作者诺瓦拉(Domenico da Novara)坚持,任何像托勒密体系那么笨拙和不准确的体系,都不能真实地揭示自然界。而哥白尼本人在《天体运行论》一书

^① J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler* (2d ed.; N. Y., 1953), Chaps. xi - xii.

的序言中写道,他所继承的天文学传统最后只创造了一个怪物。到16世纪初,越来越多的欧洲最好的天文学家认识到,天文学范式在应用于它自己的传统问题时失败了。这种认识是哥白尼摒弃托勒密范式、寻找新范式的先决条件。他的著名序言至今仍然是对危机状态的一个经典描述。^①

当然,常规技术解谜活动的崩溃,并不是哥白尼所面临的天文学危机的惟一因素。更详细的讨论还应涉及到历法改革的社会压力,这种压力使得解决岁差之谜尤为紧迫。另外,一个更充分的叙述,还需考虑中世纪对亚里士多德的批评、文艺复兴时期新柏拉图主义的兴起,以及其他重要的历史因素。但是技术崩溃依然是危机的核心。在成熟科学中——天文学在古代已成为成熟科学了——像上面所列举的外在因素,在决定崩溃的时机、在认识到崩溃的难易程度以及在特别引起注意而使崩溃首先发生的领域等方面,具有重要的意义。虽然这类问题极其重要,但已超出本书的范围,故不在此论述。

如果在哥白尼革命的例子中,许多东西已经弄清楚了,那么让我们转到第二个颇为不同的案例,即拉瓦锡的燃烧的氧化理论突现之前的危机。在18世纪70年代,许多因素结合在一起,在化学中发生了一次危机,而历史学家们就这些因素的本质或它们的相对重要性,未能达成一致的意见。其中有两个因素被普遍认为具有头等重要性:气体化学的兴起和重量关系的问题。前者的历史开始于17世纪,其时空气泵发展起来并应用于化学实验中。在其后的一个世纪里,化学家们通过运用这种泵及其他许多气体装置,日益认识到空气必定是化学反应中的一种活跃的因素。但有少数例外——这些例外是如此含糊以致根本不是例外——化学家们继续相信,空气是惟一的气体。直到1756年,当布莱克(Joseph Black)表明,固定空气(CO_2)可以肯定地从

70

^① T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 135 - 143.

正常空气中分离出来以前,两种气体样品总被认为只是在不纯程度上有差别而已。^①

自布莱克的工作以后,气体研究有了迅速进展。卡文迪什、普利斯特列和舍勒的贡献尤为突出,他们共同发展出许多新技术,能够把一种气体样品与另一种气体样品分离开来。所有这些人,从布莱克到舍勒,全都相信燃素理论,并且经常用它来设计和诠释实验。舍勒实际上是第一位得到氧气的人,他通过设计出一系列精巧的实验使燃素从热中除去,从而制得了氧。然而,他们实验的最后结果是得到了各种各样的气体样品和气体性质,这些结果极其复杂,以致燃素理论越来越难以与实验室的工作相符合。虽然这些化学家中没有一位认为燃素理论应该被替代,但他们在应用它时已不能前后一贯了。到18世纪70年代初拉瓦锡开始他的空气实验时,有多少气体化学家几乎就有多少燃素理论的变形。^②一个理论的变形骤增,正是危机的通常迹象。哥白尼在他的序言里,也抱怨过这种情况。

然而,气体化学的燃素理论含糊性的增加和有用性的降低,还不是拉瓦锡所面临之危机的唯一来源。他还特别关注解释大多数物体在燃烧或焙烧时的增重现象,而这又是一个具有漫长史前历史的问题。至少有一些伊斯兰化学家已经知道,有些金属在焙烧时重量增加。17世纪时,若干研究者从这个同样的事实中得出这样的结论,即一种焙烧过的金属从大气中攫取了某种成分。但17世纪,这种结论在大多数化学家看来似乎并非是必然的。因为既然化学反应能够改变反应物的体积、颜色和质地,那为什么化学反应就不会使反应物的重量改变呢?重量并不总被视作物质量的量度。此外,焙烧增重仍然是一种孤立的

^① J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (2d ed.; London, 1951), pp. 48-51, 73-85, 90-120.

^② 虽然他们主要关心的是稍晚一段时期。许多有关材料散见于 J. R. Partington and Douglas Mckie's, "Historical Studies on the Phlogiston Theory", *Annals of Science*, II (1937), 361-404; III(1938), 1-58, 337-371; and IV (1939), 337-371.

现象。大多数天然物体(例如,木头)在焙烧时都减少重量,而这正是后来燃素理论所预测到的。

但在18世纪时,这些对增重问题最初还是合适的回答,现在变得越来越难以维持了。部分是因为天平渐渐地被用作标准的化学工具,部分是因为气体化学的发展使之有可能并且需要保持气态的反应产物,化学家们发现焙烧增重的例子越来越多。同时,牛顿重力理论的影响导致化学家们坚持认为,重量的增加必然意味着质量的增加。这些结论不一定要拒斥燃素理论,因为燃素理论还可以用许多方式加以调整。也许燃素具有负重量,或者也许当燃素离开焙烧物时,就有火粒子或其他某种东西进入到焙燃物中。此外还有其他种种解释。尽管增重问题并没有导致拒斥燃素理论,但它的确导致了对这个显得十分重要的问题的专题研究大为增加。其中的一篇专题研究报告题为:《论燃素作为一种有重量的物质,并对它所造成的重量变化进行分析》,1772年初在法国科学院中宣读,就在这一年年底拉瓦锡向科学院秘书递交了他著名的密封备忘录。在他写这份备忘录之前,这个问题多年来还是一个为化学家尚未明确意识到的问题,此时已变为一个突出的未解之谜。^①许多不同的燃素理论的翻版被精心设计出来以解决这个未解之谜。正像气体化学中的诸多问题一样,增重问题也越来越令人难以捉摸:燃素理论究竟是什么。虽然人们继续信任和依托它作为一种研究工具,但是,这个18世纪化学的范式渐渐地失去了它独一无二的地位。渐渐地,它指导下的研究变得类似于前范式时期各竞争学派所进行的研究,这正是危机的另一种典型的结果。

现在,让我们再来考虑第三个也是最后一个例子:19世纪后期物理学中的危机,由此危机为相对论的突现铺设了道路。这个危机的根源之一可以追溯到17世纪晚期,那时一批自然哲

^① H. Guerlac, *Lavoisier—the Crucial Year* (Ithaca, N. Y., 1961). 全书记载了危机的演变和对它的最早认识。对拉瓦锡有关处境的清楚陈述,请见该书第35页。

学家,其中最著名的是莱布尼茨,他们批评牛顿为古典的绝对空间观建立了最新翻版。^①他们几乎能够(但并不完全)表明,绝对位置和绝对运动在牛顿体系中根本没有起任何作用;他们的确成功地暗示出一种完全相对性的空间和运动观在美学上的吸引力将在尔后显示出来。不过,他们的批评是纯逻辑的。正像早期的哥白尼派批评亚里士多德关于地球稳定性的证明一样,他们连做梦也没有想到,过渡到一个相对论体系竟还能有观察结果。他们在任何一点上都没有把他们自己的观点与把牛顿理论应用于自然界时所引起的任何问题联系起来。其结果,他们的观点在 18 世纪前几十年里连同他们自己一起带进了坟墓,只是到了 19 世纪后几十年,当他们的观点与物理学实践有了一种非常不同的关系时,才又复活过来。

与空间的相对论哲学最终发生关联的技术问题,大约在 1815 年以后随着光的波动理论被接受而开始进入常规科学,虽然直到 19 世纪 90 年代,这些技术问题还没有引发出危机。如果光是受牛顿定律支配在机械性以太中传播的波动,那么,天体观察和地球上的实验都潜在地有可能探测到穿过以太的漂移。在天体观察中,只有对光行差的那些观察才有足够的精确度以提供有关的信息,因而通过光行差测量来探测以太漂移就变成了常规研究的一个公认的问题。为了解决这个问题,许多专门仪器被建造出来了。然而,这种仪器并没有探测到可观察的漂移,因而这个问题就从实验物理学家那里转给了理论物理学家。在 19 世纪中叶的几十年间,菲涅尔、斯托克斯(Stokes)和其他人对以太理论设想出了大量的注释,用以解释观察漂移的失败。这些注释中的每一种都假定,一个运动物体拖曳了某一部分以太随着它一起运动。而每一种诠释都能足够成功地解释这种否定结果,不仅是天体观察和地面实验,而且还包括著名的迈克尔

^① Max Jammer, *Concepts of Space: The History of Theories of Space in physics* (Cambridge, Mass., 1954), pp. 114 - 124.

逊(Michelson)和莫雷(Morley)实验的否定结果。^①除了各家注释之间有冲突之外,依然不存在别的冲突。在缺乏有关的实验技术的条件下,即使各家注释之间的彼此冲突也不会变得尖锐起来的。

只是到19世纪最后20年,随着麦克斯韦电磁理论被逐渐接受,这种局面才开始改变。麦克斯韦本人属于牛顿派,他相信光和电磁波一般都是通过一种机械性以太粒子可变动的位移来传播的。他的电磁理论的最初形式都使用了他赋予这种以太媒质的假设性质。这些性质虽然在他最后的理论中都放弃了,但他仍然相信,他的电磁理论可与牛顿机械观的某种注释相容。^②发展一种合适的注释是对牛顿及其后继者的一种挑战。然而,在实践中,像在科学发展中一再发生的那样,要产生出一种所需要的注释会遇到极大的困难。正像哥白尼天文学纲领提出以后,尽管它的作者很乐观,却造成了当时的运动理论的日益增加的危机;同样,麦克斯韦理论尽管源自牛顿理论,最终仍使它的源头牛顿范式产生了一次危机。^③这次危机变得极其尖锐,其焦点就是由我们刚刚讨论过的与以太有关的运动问题所造成的。

麦克斯韦关于运动物体的电磁行为的讨论,没有涉及以太拖曳,而这证明要把以太拖曳引进他的理论非常困难。结果,设计用来探测以太漂移的一系列早期观察,就变成了反常现象。因此在1890年之后的那些年内,我们可以看到曾做了一长系列实验上和理论上的尝试,去探测有关以太的运动并力求把以太拖曳融入麦克斯韦理论中。前者一直没有成功,虽则有些分析

① Joseph Larmor, *Aether and Matter... Including a Discussion of the Influence of the Earth's Motion on Optical Phenomena* (Cambridge, 1900), pp. 6-20, 320-322.

② R.T. Glazebrook, *James Clark Maxwell and Modern Physics* (London, 1896), chap ix. 关于 Maxwell 最后的态度, 见他本人的书, *A Treatise on Electricity and Magnetism* (3d ed.; Oxford, 1892), p. 470.

③ 关于天文学在力学发展中的作用, 见 Kuhn, 前引书, 第 vii 章。

家认为他们的结果还不明确。后者产生了许多大有希望的开端,尤其是洛伦兹(Lorentz)和菲茨杰拉德(Fitzgerad)的工作,但他们的工作也又揭示出其他的疑难,最后恰好使竞争理论激增,这正是我们在前面已经看到过的那种危机的伴生物。^①爱因斯坦狭义相对论正是在这样的历史背景下于1905年突现出来的。

75 这三个事例几乎都非常典型。在每个案例中,一个新理论只有在常规的问题解决活动宣告失败之后才突现出来。再者,除了哥白尼的例子,其中科学之外的因素起了特别大的作用之外,理论的崩溃和增生作为危机的一个信号,在新理论崛起之前一二十年就出现了。新理论好像是对危机的一个直接回答。还有一点值得注意,虽然它也许算不上非常典型,这就是导致理论崩溃的那些问题都是那些早已被认识到了的问题。早先的常规科学实践有各种理由认为它们已经解决或全都能解决,这就有助于解释为什么一旦遭受失败,这种失败的感觉会显得如此之强烈。一种新问题未能解决往往会令人失望,但决不会令人惊奇。问题或谜题通常产生不出最初的一击,最后,这些范例还具有同一个共同特征,可能使人们对危机作用的印象更加深刻:造成危机的每个问题的解,在相应的科学中危机还未出现时,至少已经部分地被预见过;而在没有危机的情况下,这些预见被忽视了。

惟一完备的预见,也是最著名的预见,那就是公元前3世纪阿利斯塔克(Aristarchus)对哥白尼日心说的预见。人们常常说,如果希腊科学不那么重演绎,也不那么受教条所束缚的话,那么,日心说天文学的开始发展就可能会比它实际的要提早18个世纪。^②但这种说法忽视了历史条件。当阿利斯塔克提出他的

① Whittaker, 前引书, I, 386 - 410; and II (London, 1953), 27 - 40.

② 有关阿利斯塔克的工作,请见 T. L. Heath; *Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus* (Oxford, 1913), 第 II 部分。有一个对忽视阿利斯塔克成就传统地位的极端陈述,请见 Arthur Koestler, *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe* (London, 1959), p. 50.

学说时,地心说体系极为合理,并不需要日心说体系,即使日心说体系更能满足需要。托勒密天文学的整个发展,包括它的胜利和它的崩溃,都发生在阿利斯塔克的建议提出以后的几个世纪里。此外,也没有明显的理由应认真对待阿利斯塔克的建议。甚至哥白尼的更加精致的建议也不比托勒密体系更简单更准确。我们将在下面更清楚地看到,有效的观察检验没有提供在它们之间进行选择的基础。在这些情况下,导致天文学家接受哥白尼体系的因素之一(也是不能导致他们接受阿利斯塔克建议的一个因素)就是存在公认的危机,正是这种危机首先要求创新。托勒密天文学已经不能解决它的问题了;时间为竞争者提供了机会。我们另外两个范例没有提供类似的这样完整的预见。但肯定地从大气中吸收的燃烧理论——17世纪由雷(Rey)、胡克(Hooke)和梅猷(Mayow)等所提出的理论——之所以未能得到充分重视的原因之一,就是因为这些理论没有与常规科学实践中被公认的难点连接起来。^① 18—19世纪的科学家之所以长期忽视从相对论观点去批评牛顿理论,也必然主要是基于类似的理由。

科学哲学家们已经一再论证过,对于任何一组已知的资料,总可以建构出一个以上的理论。科学史表明,尤其在新范式的早期发展阶段,发明出这样一种替代的理论也不是很困难的。但这种替代理论的发明恰恰是科学家们很少做的,除非是在其科学发展的前范式阶段和在其后演变期间非常特殊的场合。只要范式提供的工具能继续表现出有能力解决它所规定的问题,通过有信心地使用这些工具,科学就能得到最快和最深入的发展。理由是清楚的。科学中像制造业中一样,更换工具是一种浪费,只有在不得已时才会这么做。危机的意义就在于:它指出更换工具的时机已经到来了。

^① Partington,前引书,第78—85页。

第八章 对危机的反应

77 现在让我们假定,危机是新理论出现的前提条件,那么我们要问,科学家们对危机的存在是怎样反应的呢?这个问题的部分明显而又重要的答案是:首先应从注意科学家在面临甚至是严重的和长期的反常情况下从不肯做的事情中去发现。虽然他们可能开始失去信心,然后考虑别的选择方案,但他们决不会抛弃已导致他们陷入危机的范式。这就是说,他们并不把反常视作反例,虽则在科学哲学的词汇里,这些反常就是反例。这种概括部分地只是一种来自历史事实的陈述,其事例前面已有所述,下面还将给出更多。这些都暗示出我们后面对拒斥范式的考察将会发现更多的东西:一个科学理论,一旦达到范式的地位,要宣布它无效,就必须有另一个合适的候选者取代它的地位才行。科学发展的历史研究已经告诉我们,迄今为止根本就不像否定主义方法论框框所说的能直接与自然界做比较的过程。这种议论并不意味着,科学家决不拒斥科学理论,也不意味着,经验和实验在他们拒斥科学理论的过程中是不必要的。但它的确意味着最终将成为中心要点的东西——即导致科学家拒斥先前已接受的理论之判别行动,总是同时伴随着接受另一个理论的决策,导致做出这种决策的判断,包含着范式与自然界的比较以及范式间的相互比较。

此外,对科学家因为面临反常或反例就会拒斥范式这一事实表示怀疑,还有第二个理由。在阐发这一条理由时,我的论证将预示着我的这本论著的另一个主要论题。上述怀疑的理由纯粹是事实性的;这就是说,这些理由本身便是一种时下盛行的认

78

识论的反例。由此,如果我提出的论点是正确的话,它们就能有助于给这种认识论创造一种危机,或者更准确地说,加强这种久已存在的危机。上述理由本身不能也不会证明这种哲学理论是错误的,因为它的维护者将像我们在前面所说的科学家在面临反常时所做的那样做。他们将会设计出大量的注释并对他们的理论作特设性的修改,以消除任何表观的冲突。事实上,许多相关的修改和限定早已见诸文献了。因此,如果这些认识论的反例不只在于构成一种小小的刺激,那是因为它们有助于构建一种新的不同的科学分析理论,在这种分析理论中,这些反例就不再是困难的来源了。此外,如果一种典型的模式(我们在后面谈科学革命时将要考察这种典型模式)可以适用这种情况,那么,这些反常就将似乎不再是简单的事实了。从一种新的科学知识理论来看,这些反常倒很像是恒真式(tautology),很难设想对这种局面还会有其他的陈述。

例如,人们经常注意到牛顿的运动第二定律,虽然它是几个世纪来艰辛的事实和理论探究的结晶,但对那些按照牛顿理论进行研究的人来说,却很像是一个纯逻辑的陈述,任何观察实验也不能驳倒它。^① 在第十章中,我们将会看到,化学定比定律,在道尔顿以前,是一种偶然的实验发现,是一种值得怀疑的概括,但在道尔顿的工作以后,它就成了化学化合物定义的一个部分,实验工作本身就不可能推翻它了。科学家面对反常或反例时并不拒斥范式,这一概括在许多这样的地方都表现出来了。科学家不能一面拒斥范式,一面又仍然是科学家。^②

虽然历史不大可能记载他们的名字,但确有一些人因为不能容忍危机而被迫抛弃了科学。那些有创造性的科学家像艺术 79

① 特别请见 N. R. Hanson, *Patterns of Discovery* (Cambridge, 1958), pp. 99 - 105 中的讨论。

② 因为按库恩的观点,没有范式也就没有科学,就不成其为科学家。所以一面拒斥范式,一面又想成为科学家,那是不可能的。——译注

家一样,有时候必须能生活在一个不协调的世界里——在另一个地方我已经把这种必要性描述为暗含在科学研究中的“必要的张力”。^①但是,我认为,这种拒斥科学而改行乃是靠反例本身所能导致的仅有的一类范式拒斥。一旦发现了据以观察自然界的第一个范式,就再也不会再有缺乏任何范式的研究工作了。拒斥一个范式而又不同时用另一个范式去取而代之,也就等于拒斥了科学本身。这种行为只反映出人的行为而不是范式。他必然会被他的同行看做是“只会责怪他的工具的木匠”。

同样的论点反过来说,至少可以同样有效:不存在无反例的研究。因为,区分常规科学与处于危机状态的科学的究竟是什么?答案显然不是说常规科学没有面临反例。恰恰相反,我们前面所称的谜才构成常规科学,谜的存在只是因为没有任何范式能为科学研究提供完全解决它的所有问题的基础。只有极少几个似乎曾是这样的学科(例如,几何光学),但却在很短时间内就根本不能提供进行研究的问题,而变成解决工程问题的工具了。除了那些特别专门的工具性问题之外,每一个被常规科学看做是谜的问题,从另一种观点看,都可被看做反例,因而被看做危机之源。哥白尼看做是反例的东西,托勒密的大多数后继者却看做是在观察和理论之间相一致中的一个谜。拉瓦锡看做是反例的东西,普里斯特列却看做是在燃素理论阐释中的一个已成功地解决了的谜。爱因斯坦看做是反例的东西,洛伦菲、菲茨杰拉德和其他人却看做是在阐释牛顿理论和麦克斯韦理论中所产生的一个谜。此外,危机的存在本身并不能使一个谜转变成一个反例。谜和反例之间不存在明显的分界线。相反,由于范式变形的增多,危机使常规解谜规则变得松弛,最终容许一

^① T. S. Kuhn, "The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research", in *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Talent*, ed. Calvin W. Taylor (Salt Lake City, 1959), pp. 162 - 177. 关于艺术家之间的可比较现象,见 Frank Barron, "The Psychology of Imagination", *Scientific American*, CXCIX (September, 1958), 151 - 166.

种新范式突现。因此我认为,只能两者择一:要么任何科学理论都不曾面临过反例,要么所有科学理论始终都面临着反例。

还会有其他可能的情况吗?这个问题必然要求对哲学作历史的和批判的阐明,而这些论题在此不再讨论。但是,我们至少可以注意到两个理由,以解释科学为什么如此合适于提供对以下概括的一种说明,即事实惟一地决定了一个陈述的真和假。常规科学必须不断地力求使理论和事实更加密切地一致起来,而这样的活动会很容易地被看成是检验或看成是寻求证实或否证。其实不然,它的目标是解谜,而只有假定范式的有效性,谜的存在才有可能。所以解谜不成只能怪科学家而不能怪理论。这里,我们再次引用前面已引过的谚语:“低劣的木匠才会责怪他的工具。”此外,科学教学把对一种理论的讨论与对它的范例的应用的评论结合在一起的方式,有助于加强一种主要是从其他来源得出的证实理论的印象。这样做的一个最简单的理由,读科学教科书的人轻易地把应用当作是支持理论的证据,当作是该理论应被信任的理由。但是,学科学的学生接受理论,是教师和教科书的权威造成的,而不是因为证据。他们还能有别的选择吗?或者他们有能力做出判别吗?教科书中所给出的应用不是作为证据,学习这些应用是学习在现行实践基础上的范式的一部分。如果把应用当作证据,那么,由于教科书并没有提供其他的诠释,或没有讨论那些科学家还未能用范式解答的问题,就会认定这些教科书的作者有极端的偏见。这种指责当然是毫无理由的。

81

让我们回到最初的问题上。科学家在意识到理论和自然界之间的一致中存在反常时是怎样做出反应的呢?刚才讨论过的情况表明,即使这种不一致比在理论的其他应用中所经历的不一致大到无以说明的地步,也不一定会导致任何深刻的反应。总会有不一致存在。甚至最难解决的不一致通常都会在常规实践中最终获得解决。通常的情况是,科学家愿意等待,尤其当该领域的其他部分还有许多问题存在时更是如此。例如,我们已

经注意到,在牛顿初次计算月球的近地点运动以后的60年间,预测值只有观察值的一半。当欧洲最好的数学物理学家继续与这个众所周知的不一致徒劳无益地拼搏时,时常有人建议修改牛顿的平方反比定律。但没有人非常认真地考虑过这些建议,而在实践中,这种对一个主要的反常持有的耐心已被证明是合理的。克莱劳(Clairaut)在1750年就已指出,只是应用的数学错了,而牛顿理论一如既往仍然有效。^①甚至在很可能几乎没有出错的情况下(或许因为所包含的数学比较简单或人们熟知及别处是成功的那种情况),持久而公认的反常也并不总会引发危机。没有一个人因为在牛顿理论的预测与声音速度及水星运动两者之间的长期公认的不一致,而对牛顿理论发生过认真的怀疑。关于音速的不一致经由出于一种非常不同的目的所做的关于热的实验而最终地和相当出人意外地解决了;第二个不一致在一次危机之后随着广义相对论的问世而消失。不过,这次危机在广义相对论的产生中并没有起任何作用。^②很显然,这两个不一致似乎并没有多大的重要性,以致使人如经历危机时那样地惶恐不安。它们可以被看做是反例,并将它们搁置一旁待日后再行研究。

由此我们可以得出,如果一个反常是会引发危机的,那么,它通常必定不仅仅是反常而已。在使范式与自然界相契合中总会有种种困难存在;其中的大多数困难或迟或早会被正确地解决,而解决的过程往往是不能预见的。对于他们遇到的每一个反常都要穷究的科学家,将很少会做出有意义的工作。我们因此必须问,是什么因素使得一种反常似乎值得去考查?对这一问题很可能根本不存在标准的答案。我们已经考察过的案例虽

① W. Whewell, *History of the Inductive Sciences* (rev. ed.; London, 1847), II, 220 - 221.

② 关于声速,见 T. S. Kuhn, "The Caloric Theory of Adiabatic Compression," *Isis*, XLIV(1958), 136 - 137. 关于水星近日的长期移动,见 E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II(London, 1953), 151, 179.

然各具特征,但无划一的规定。有时一个反常能使我们对范式中清晰而基本的概括明显地产生疑问,正如对接受了麦克斯韦理论的人来说,就会产生以太拖曳问题。或者像在哥白尼革命中那样,一种反常虽然没有明显的基本重要性,但它所禁止的应用却具有特殊的实践重要性,如制定历法和占星术,都可能引发危机。或者像18世纪的化学,常规科学的发展会把一个以前只是使人苦恼的反常转变成危机的来源:在气体化学技术有了进展以后,重量关系问题就具有一种前所未有的地位。大概还有其他的情况能使一个反常变得特别紧迫,而且通常几个这样的情况将结合在一起。例如,我们已经注意到,哥白尼面临危机的一个来源便纯粹是时间的长短问题,天文学家们为减少托勒密体系中残留的不一致所做的努力历时一千余年始终未能成功。

由于类似这些理由或别的理由,当一个反常变得似乎不只是常规科学的另一个谜时,向危机和向非常科学的转变就开始了。这时反常本身就更普遍地为专业人员所承认。该领域的越来越多的杰出人物越来越注意于反常。如果它仍然继续阻碍(通常并不阻碍)问题的解决,那么,这些杰出人物中的许多人就会把求解这个问题看做是他们这个学科的主题,对于他们来说,这个领域已与它早先的情况不再相同了。它的部分不同的外表只是源自科学考察的新的定位。一个甚至更重要的变化根源是,对于焦点问题所得的大量部分解的发散性质。起初对阻碍问题的进攻,都还能相当密切地遵循范式规则。但由于阻碍继续存在,越来越多的进攻就会包含着对范式做某些小的或者不那么小的修改,这些修改各不相同,各显其能,但没有一个会成功到足以让团体当作范式来接受。随着这种发散的修改增多(这些发散的修改越来越频繁地被描述为特设性调整),常规科学的规则也就越来越模糊,虽则范式依然存在,但很少有实践者能同意别人对它的诠释。甚至以前已经解决了的问题的标准解答也开始受怀疑了。

当问题变得尖锐时,这种局面有时也会让涉足其中的科学

家们认识到。哥白尼抱怨说,在他那个时代,天文学家们“在这些天文学的研究中是如此的不一致……以致他们甚至不能解释或观察季节年的恒定长度”。他继续说道:“他们的研究仿佛是一个艺术家在给模特儿画像,他从不同的模特儿形象中搜集到手、脚、头和其他部分,虽然每一部分都画得惟妙惟肖,但没有与一个单独的身体联系起来,并且由于各部分彼此不能配合,所以,画出来的结果是一个怪物而不是人。”^①爱因斯坦,受当时语言使用的限制,只用不甚华丽的笔调写道,“这就像一个人脚下的土地都被抽掉了,使他看不到哪里有可以立足的坚实基础”。^② 泡利(Wolfgang Pauli),在海森伯(Heisenberg)为新量子理论指明了道路的矩阵力学论文发表之前几个月,写信给一位朋友,说:“现在,物理学又陷于混乱得可怕的时刻。无论如何,它对我来说是太困难了,我倒希望自己一直是一个电影喜剧演员或别的角色,而从未听到过物理学。”这段证言,如果与泡利在不到5个月以后所说的话相对照,就会特别令人印象深刻,泡利说:“海森伯的那种力学再一次给我的生活以希望和欢乐。的确,它并没有为谜题提供解,但我相信,我们又有可能向前推进了。”^③

这种对范式崩溃的明显认识是极其罕见的。但是,危机的效果并不完全取决于对它的自觉认识。关于这些效果我们能说些什么呢?其中只有两点似乎具有普遍性。所有危机都始于范式变得模糊,随之而使常规研究的规则松弛。在这方面,危机时

① 引自 T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), p. 138.

② Albert Einstein, “Autobiographical Note”, in *Albert Einstein: Philosopher—Scientist*, ed. P. A. Schilpp (Evanston, Ill., 1949), p. 45. 中译本可参见许良英等编译:《爱因斯坦文集》第一卷,商务印书馆,1977年,第21页。

③ Ralph Kronig, “The Turning Point”, in *Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*, ed. M. Fierz and V. F. Weisskopf (N. Y., 1960), pp. 22, 25–26. 该文有许多篇幅描述了在1925年前的几年中量子力学的危机。

期的研究非常类似于前范式时期的研究,只是前者差异集中在明确而较小的范围内。而所有危机又都以三种方式之一结束。有时常规科学最终能处理引发危机的问题,尽管有些人已经失望,他们把引发危机的问题看成现存范式的终结;有时即使采用了非常新的途径也无法解决这一问题。于是科学家断定,在他们领域的目前状况下不会有对此问题的解答,他们把问题标记出来,搁置一旁,留待后人;最后,也是我们最关心的情况,危机可能随着范式的新候补者的突现以及为接受它所做的斗争而终结。这最后一种终结模式将在后面几章做较多的讨论,但我们必须预先做一点说明,以便完成关于危机状态的演化和结构的评论。

从一个处于危机的范式,转变到一个常规科学的新传统能从其中产生出来的新范式,远不是一个累积过程,即远不是一个可以经由对旧范式的修改或扩展所能达到的过程。宁可说,它是一个在新的基础上重建该研究领域的过程,这种重建改变了研究领域某些最基本的理论概括,也改变了该领域中许多范式的方法和应用。在这个转变期间,新旧范式所能解决的问题之间有一个很大的交集,但并不完全重叠。在解谜的模式上,也还存在着一个决定性的差异。当转变完成时,专业的视野、方法和目标都将改变。一位富于洞察力的历史学家,最近在考察由范式的改变而使科学重新定向的经典例子时,把它比做“倒转乾坤”,指出这一过程包含着“处理与以前一样的同一堆资料,但通过给它们一个不同的框架,使它们处于一个新的相互关系系统中了”。^①已经注意到科学进步这个方面的其他人,则强调它与视觉格式塔改变的相似性:纸上的符号,初看上去像一只鸟,现在看上去像一只羚羊,或者与此相反。^② 这种类比可能是

85

① Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300 - 1800* (London, 1949), pp. 1 - 7.

② Hanson, 前引书,第1章。

误导。科学家决不会把某种东西看做是别的东西；相反，他们只是看到它而已。我们已经考察过普利斯特列把氧气看做是“脱燃素空气”这种说法所造成的某些问题。此外，科学家并没有格式塔实验主体所拥有的那种自由，能在看的方式间来回变换。不过，因为今天大家都非常熟悉格式塔变换，所以，它有助于我们理解大范围的范式转变时所发生的事情。

86 前面的论述可能有助于我们认识危机是新理论突现的适当的前奏，尤其是因为我们在讨论科学发现的突现时已经考察过小范围的相同过程。正是因为新理论的突现打破了一个科学实践的传统，引入了一种新的传统，这种新传统是在不同的规则指导下和在一个不同的对话框架内运作，它只在第一种传统已被感觉到走入迷途甚远时才可能出现。然而，这样的议论只是研究危机状况的开场白，而可惜的是，研究这方面的问题要求有心理学家的本领更甚于历史学家的本领。非常规研究是什么样的研究呢？如何使反常具有类定律性呢？当科学家仅仅意识到某种基础性的东西出了问题，而这些问题所涉及的层次又是他们的训练所难以处理的时，他们该怎么办呢？这些问题需要做深入得多的研究，而这种研究又不全是历史学的问题。所以，下面的讨论将必然比前面的论述更带有试探性，而且也更不完备。

一个新范式往往是在危机发生或被明确地认识到之前就出现了，至少是萌发了。拉瓦锡的工作提供了这一案例。他的密封记录本是在第一次彻底研究燃素理论中的重量关系之后和在普利斯特列的著作揭示出气体化学中严重危机之前不到一年，就放入法国科学院里了。再如，托马斯·扬(Thomas Yong)关于光的波动理论的第一次叙述，是在光学危机发展的很早阶段就发表了，而这次危机当时几乎还没有被注意到。但在他第一次发表论文后的十年内，并没有从杨那里获得帮助，却很快成为国际科学界不满的对象。类似这样的案例，人们只能说是范式的小裂缝，是常规科学规则的最初模糊，它们足以在某个人那里诱发出看待该领域的新方式。介乎最初感觉到有困难存在与认

识到有一种有效的替代方案之间的东西,在很大程度上必定是无意识的。

然而,在其他案例中——例如,在哥白尼、爱因斯坦和当代核理论等案例中,在最初意识到旧范式的崩溃和新范式的突现之间有一段相当长的时间。当这种情况发生时,历史学家至少能抓住一些关于非常规科学究竟是什么的暗示。当理论面临着一种公认是基本性的反常时,科学家的第一次努力往往是把它更精确地分离出来,分析它的结构。虽然现在意识到,常规科学的规则不可能是十分正确的,但科学家会促使这些规则在存在困难的领域内更严格地适用,去看出这些规则在何处以及如何能使它们更适用。同时他也将寻求扩大裂痕的方式,使其比在实验中被认为是可以预先知道的结果显得更加明显,也许还更具有启发性。而在后一种努力中,比在科学的后范式发展的任何其他部分,他会更加给人以我们最流行的那种科学家的形象。首先,他往往好像是一位随便找东西的人,做实验也只是看看到底会发生什么事,寻找一种其性质完全无法猜测的效应。同时,由于没有理论,就无法设想出任何实验来,所以科学家在危机时总是尝试去提出某些思辨性理论,如果成功了,就能找出通往新范式的道路,如果不成功,也能相对容易地将它们舍弃。

87

开普勒关于他长期致力于火星运动的叙述,普里斯特列关于他对新气体增多所作反应的描述,都提供了由于意识到反常而作那类更随意研究的经典范例。^①但是,当代理论和基本粒子的研究,可能是所有这些范例中最能阐明这个问题的范例。如果没有危机存在,那么人们去考察常规科学的规则到底在多大范围内适用,为了探测中微子到底需要付出多大的代价才似乎

^① 关于开普勒对火星研究工作的说明,见 J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Tales to Kepler* (2d ed.; N. Y., 1953), pp. 380 - 393. 个别不准确之处并不妨碍为我们提供所需的资料。关于普里斯特列,见他本人的著作,尤其是 *Experiments and Observations on Different Kinds of Air* (London, 1774 - 1775)。

是合理的,对这些问题的考虑有必要吗?或者,如果这些规则并没有在某个未知的地方明显被打破,那么,宇称不守恒这一基本假说是否会被提出或者会去检验呢?像过去十年物理学中的许多别的研究那样,这些实验部分是试图对一组仍在扩散着的反常做出限制和规定。

88 这类非常规研究经常伴随着另一种非常规研究,虽然决非是如此普遍。我认为,特别是在公认的危机时期,科学家常常转向哲学分析,以作为解开他们领域中的谜的工具。科学家通常并不需要当哲学家,也不想当哲学家。的确,常规科学通常与创造性的哲学保持一段距离,而且这可能有充分的理由。在常规研究工作能够利用范式作为模型进行时,就无需使规则和假定弄得很清楚明白。第十章中,我们注意到,由哲学分析所找出的整套规则,甚至也并不非要不可。但这不是说,寻找假定(甚至是不存在的假定)不可能是削弱心理上的传统束缚、并为新传统提供基础的一条有效途径。17世纪牛顿物理学的突现,20世纪相对论和量子力学的突现,并不是偶然事件,而是两者都以相同时代研究传统的基本哲学分析为先导和相伴随的。^①在这两个时期里,所谓的思想实验在研究的进步中起到如此重要的批判作用,也不是偶然的。正如我在别处指出过的,在伽利略、爱因斯坦、玻尔和其他人的著作中占了如此重要地位的分析性思想实验,是经过精心设计的,以实验室中不能达到的明晰性,用现有知识暴露旧范式的缺陷,从而揭示危机的根源。^②

随着这些非常规程序个别或集合地展开,另一件事情也可能发生。由于把科学研究的注意力集中于困难的狭小领域,又由于对实验反常将意味着什么有了科学上的心理准备,所以,危

^① 关于伴随17世纪力学而出现的哲学上的相应论点,见 Rene Dugas, *La mécanique au XVIIe siècle* (Neuchatel, 1954), 特别是第 xi 章。关于19世纪类似插曲,见同一作者的早期著作 *Historie de la mécanique* (Neuchatel, 1950), pp. 419 - 443.

^② T. S. Kuhn, "A Function for Thought Experiment", in *Melanges Alexandre Koyre*, ed. R. Taton and I. B. Cohen, 该书于1963年由 Hermann (Paris) 出版。

机常常会使新发现增多。我们已经注意到,危机意识如何使拉瓦锡的工作与普里斯特列的工作区别开来;氧气不是觉察到反常的化学家们能在普里斯特列的工作中发现的惟一新气体。又例如,新的光学发现迅速增多正好是在光的波动理论突现之前和那一期间。有的发现,像反射造成的偏振现象,虽是意外事件的结果,但这些意外事件也很可能是在对存在困难的领域做了集中研究后才出现的(马勒斯 [Malus] 做出了这个发现,他正好为科学院关于双折射的有奖论文开始工作,而双折射问题众所周知是处在一种不能令人满意的状况)。其他的发现,像在一个圆盘阴影中心的光点这样的发现,都是来自新假说的预期,这些预期的成功又促使新假说转变成后来的工作范式。而另有一些发现,如刻痕颜色和厚底板颜色等,它们的效应虽则经常为人所见而且以前也偶尔被论及,但像普里斯特列的氧一样,它们一直被融化在众所周知的效应中,以多种方式阻碍了对它们本质的认识。^①还可以给出一个多重发现的例子,这就是大约 1895 年以后,有许多其他新发现伴随着量子力学同时出现。

非常规科学必定还有其他的表现和效应,但在这个范围内我们还很少开始去找出需要加以提出来讨论的问题。然而,或许在这一点上已没有更多需要讨论的问题了。前面的论述应该足以表明,危机为何同时打破了陈旧的框架,并提供了范式的根本转变所必须的累积资料。有时,新范式的形式在非常规研究赋予反常的结构中已经预示出来了。爱因斯坦曾说过,还在他有了替代古典力学的方案之前,他就已经看出黑体辐射、光电效应和比热这三个著名反常之间的相互关系了。^②更常见的情况是,这样的结构预先没有被自觉地看出来。相反,新范式或者一

① 关于新的光学发现的一般情况,请见 V. Ronchi, *Historie de la lumiere* (Paris, 1956), chap. vii. 关于对这些效应之一的早期解释,见 J. Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours* (London, 1772), pp. 498 - 520.

② Einstein, 前引书。

90 种容许日后阐释的充分的暗示,都是一下子突现出来的,有时是在午夜,有时是在一个深为危机所烦恼的人的头脑里。这个最后阶段的本质是什么——一个人如何发明(或发现他已经发明了)整理现已全都聚集起来的资料的一种新方式——目前必定还是一个难解之谜,也许将永远难解。这里让我们只注意与此有关的一件事。获得新范式、做出这些基本发明的人,几乎总是非常年轻的人,或者是新进入一个其范式将由他们所改变的领域的人,^①也许对此不需要再做更明确的说明,因为很明显,他们很少在以前的实践中受常规科学传统规则的束缚,他们特别有可能看出,那些规则已不再适用了,并且去设计出另一套规则替代它们。向新范式的转变便是科学革命,现在我们已经有了充分准备来直接探讨这个课题。不过,首先要注意一个最后的且难以捉摸的方面,我们在前面的最后三章中的材料已如此做了准备。在第六章开始,我们先引进了反常概念,“革命”和“非常科学”这两个术语似乎一直可以看成是等价的。更重要的是,这两个术语都只能意味着“非常规科学”(non-normal science),这种循环定义至少会使某些读者感到困惑。实际上不需要这样做。我们很快就会发现,类似的循环正是科学理论的特征。然而,无论它是否令人困惑,这种循环有其存在的价值。本章与前两章已经引入了大量判别常规科学活动崩溃的标准,这些标准

91 根本不依赖于崩溃以后是否会继之而发生革命。科学家面临反常或危机,都要对现存范式采取一种不同的态度,而且他们所做研究的性质也将相应地发生变化。相互竞争的方案增加,做任何尝试的意愿,明确不满的表示,对哲学的求助,对基础的争

① 关于年轻人在基础科学研究中作用的这种概括是如此普遍以致已成了老生常识。再者,只要稍稍留意一下任何一张对科学理论做出基本贡献的名册,就会提供印象深刻的证明。不过,这种概括极其需要做系统的研究。Harvey C. Lehman (*Age and Achievement* [Princeton, 1953]) 提供了很多有用的资料;但是,他的研究没有尝试挑选出包括基础的重新概念化的那些贡献。这些资料没有探究特定的环境,即使有也只是与科学上较早期的生产力相伴随的环境。

论,所有这一切都是从常规研究转向非常规研究的征兆。常规科学的概念更多地取决于这些征兆的存在,而不是取决于革命的存在。

第九章 科学革命的本质与必然性

92 现在我们终于可以讨论与本书题目即科学革命直接相关的问题了。究竟科学革命是什么？它们在科学发展过程中的作用是什么？对这些问题的大部分答案，在前几章已作预示，尤其是我们在前面的讨论中，已指出科学革命在这里是指科学发展中的非累积性事件，其中旧范式全部或部分地为一个与其完全不能并立的崭新范式所取代。然而进一步的讨论必然面临随之而来的一个实质性问题，为什么范式的转换应被称之为革命？面对政治发展和科学发展之间的众多根本不同之处，有什么类似的特征能表明两者的历程中均有可称之为革命的事件发生呢？

这种类似的一个极为明显的方面是，政治革命通常是由于政治共同体中某一些人逐渐感到现存制度已无法有效应付当时环境中的问题而引发的，这些制度也构成当时环境的一部分。同样，科学革命也起源于科学共同体中某一小部分人逐渐感觉到：他们无法利用现有范式有效地探究自然界的某一方面，而以前范式在这方面的研究中是起引导作用的。在政治发展和科学发展中，那种能导致危机的机能失灵的感觉都是造成革命的先决条件。而且这一种类似不仅适合于像哥白尼天文学革命和拉瓦锡化学革命那样重大的范式转换，也同样适用于像发现氧气和 X 射线这样只涉及发现一个新现象的小得多的范式转换，尽管得承认把后者也称之为革命有点牵强。我们在第五章末尾已经谈过，科学革命只有对那些其研究领域受到范式转换直接影响的研究者，才会有革命性的感觉。对局外人而言，所谓革命不过是发展过程中的必经阶段而已，就像局外人观察 20 世纪初的

93

巴尔干革命一样。例如对天文学家而言,发现 X 射线的意义只不过是增加了一项知识而已,因为他的范式不受这一新辐射存在的影响。但对诸如开尔文、克鲁克斯和伦琴等研究辐射理论或阴极射线管的人而言,X 射线的发现必然要破坏旧范式,同时创造新范式。这就是只有在常规研究出了某种差错之后,才会发现这种射线的原因。

政治发展和科学发展中的革命在其发生方面的相似显然已毋庸置疑。然而,这二者间的类似还有另一个意义更为深刻的方面,而且第一方面的意义的呈现也有赖于对它的分析。政治革命的目的,是要以现有政治制度本身所不允许的方式,来改变现有政治制度。因此革命的成功必然要部分废除一套制度而代之以另一套制度,而在过渡阶段,社会则根本不是完全由制度统治的。起初只是危机削弱着政治制度的功能,正如科学危机动摇了范式的支配地位一样。日益增多的个人开始疏离政治生活并逐渐偏离常规。随着危机深化,其中许多人就会献身于具体的改革行动,以期变换制度,重建社会。这时,社会不免分化为互相竞争的阵营或党派,有的主张维持旧制度,更多的则寻求建立新制度。而一旦这种极化现象出现,政治解决危机的方案则必然失败。因为各党派对于政治变革据以实现和得以评价的制度模型意见不同,也因为他们不承认有超越制度框架的标准可用以裁决各自的分歧,故而各党派在关于革命的冲突中最终只能诉诸唤起民众的技巧,经常还包括使用武力。虽然革命在政治制度的演化中具有举足轻重的地位,但这恰好是因为革命并不仅仅是一政治的、只与制度有关的事件。

94

本书以下部分,主要想阐明对范式转变所做的历史研究,显示出科学演化具有与之极为相似的特征。正如在相互竞争的政治制度间做出选择一样,在相互竞争的范式之间做出选择,就等于在不相容的社会生活方式间做选择。正因为这样,范式的选择并不是也不能凭借常规科学所特有的评估程序,因为这些评估程序都部分依据某一特定范式,而正是这一特定范式出了毛

病,面临争论,才有其他范式试图取而代之。当不同范式在范式选择中彼此竞争、互相辩驳时,每一个范式都同时是论证的起点和终点。每一学派都用它自己的范式去为这一范式辩护。

指出这种论证的循环性,当然不会使论证错误或者无效。当以某一范式为其立论前提的人在为这种范式辩护时,其论证能清楚地展现出,在人们采用了这种新的自然观后,整个研究将会是怎样的境况。这种展开极具说服力,常常令人不能不信服。然而不管其说服力有多强,循环论证只能作为劝说别人的一种手段。对于那些拒绝接受其论证前提的人而言,这种论证无法从逻辑上甚或概率上说服他们接受。参与范式争辩的各方,由于各自出发点和价值观的相似处十分有限,因而无法在共同前提的基础上相互辩驳。在范式选择中就像在政治革命中一样,不存在超越相关共同体成员间的共识的标准,问题的解决依赖于大家意见的一致。这样为了知道科学革命是如何实现的,我们不但要考察自然现象和逻辑的推动和影响,也要研究那些在各特殊的科学家共同体中有效的说服论辩技巧。

为了了解何以范式选择问题决不能单凭逻辑和实验明确地解决,我们先得简略地考察一下,常规研究时期的科学家与革命阶段的科学家有何差异,这些差异的本质是什么?这是本章与下一章的主要目的。尽管我们已经举出过许多足以表现这种差异的案例,我想不会有人怀疑科学史上还有更多的这种例子。人们可能会怀疑的,倒是这些案例究竟能否增进我们对于科学本质的了解,因此我将首先从这一问题谈起。假若我们承认范式的摈弃是历史事实,那么它除了表明人类的轻信和观念混乱外,对我们还有什么启发呢?是否有什么内在的理由可以说明:为什么一种新现象或新理论的吸收,必须得放弃旧的范式呢?

首先要注意的是:如果真有这样的理由,它们一定与科学知识的逻辑结构无关。原则上,一种新现象的突现并不一定会与以往的科学研究相冲突。假设在月球上发现了生物,这当然会破坏现存的范式(这些范式告诉我们,月球上不具备生物生存的

条件),但如果在银河系的不怎么为人所知的区域发现了生命,就不会与现存范式有什么冲突。同样,一种新理论可能并不与任何旧理论相冲突。它可能只讨论以前未知的现象,例如量子理论讨论的是本世纪之前尚未发现的亚原子现象(当然我们必须注意它并不只讨论这些现象而已)。或者,新理论可能仅是比现有理论更高层次的理论,它能把一批较低层次的理论组合在一起,而无须对其中任一理论做实质性改变。今天,能量守恒理论就是这样一种理论,它把力学、化学、电学、光学和热学等联结在一起。我们还可以想象出其他新旧理论融洽共存的可能性。所有上述情形应当由科学发展的历史进程加以例证。如果确实如此,科学发展就会名副其实是累积性的,新的现象不过是在自然界中先前未知的领域中发现秩序而已。在科学的演进中,新知识所取代的是无知,而不是与之不相容的另一种知识。

当然,科学(或许也包括不像科学那么有效的某些其他事业)可能完全是以这种累积方式成长的。许多人相信科学就是这样发展的,而更多的人倾向于认为累积方式至少是科学发展应彰明的理想模式,若不是常为人们标新立异、故发怪论的癖性所扭曲的话。这种信念基于一些重要的理由。在下一章我们将发现:科学是一种累积知识的活动这种观点,与一种占主流地位的认识论关系密切,这种认识论认为知识是由人的心灵直接赋予原始感觉材料的结构。而在第十一章中,我们将讨论有效的科学教学法,为这种累积性科学史观提供了多么强有力的支持。然而无论这种理想图示看起来多么可信,现在已有越来越多的理由让我们怀疑,这是否就是科学的图像。在科学史上的前范式时期之后,在所有同化新理论和几乎所有同化新现象的过程中,事实上都必然要求摧毁旧范式,并发生不同的科学思想学派间的彼此竞争和冲突。科学从未因累积始料未及的新奇现象而发展过——这种情形的例外几乎不存在。任何曾经认真地研究过史实的学者,必然会怀疑我们赋予科学的累积性发展的理想图示。或许科学是另一种类的事业。

如果我们仅由历史事实着手已足以产生上述怀疑,那么当我们再回顾前面的讨论,就会发现经由累积新奇现象而发展,不但事实上很少,而且原则上不可能。常规研究是累积性的,它的成功在于科学家能不断找到以现有概念和仪器就差不多能解决的问题(这就是过分注重有用的问题,而不管它们与既有知识和仪器的关系,很容易抑制科学发展的原因)。如果一个科学家想解决一个既有知识和仪器容许探讨的问题,他并不四处探寻,图谋创新。因为他知道他想达到的目标,并以此来指导思路和设计仪器。只有在他对自然和仪器等的设想出了差错之后,始料未及的新奇现象或新发现才会突现。通常这种反常现象与按范式预设的结果差距愈大、愈难以理解,则由此导致的新发现愈加重要。因此,显然那种揭示了反常现象的旧范式,是与能将这种反常消融为类规律的正常现象的新范式相冲突的。第六章中所讨论过的通过破坏旧范式才能得到新发现的例子,并非历史上的偶发事件。事实上没有其他有效的办法来产生新发现。

在发明新理论的事例中,我们能更清楚地证明以上论点。原则上,只有三类现象可以引发新理论。第一类是那些现存范式已妥为解释的现象,但它们很少成为科学家创建新理论的动机或出发点。若科学家真的这么做了,例如第七章末讨论过的三个著名的预见例子,由此建立起新理论是很少为人接受的,因为自然界并没有提供辨别新旧理论的依据。第二类现象是指那些其本质已为现有范式所表明,但其细节的理解却有待范式的完善的现象,它们是科学家常规研究的对象。但是这种研究的目的,在于完善现有范式,而非发明新范式。只有当这种完善工作失败后,科学家才会遭遇第三类现象,即公认的反常现象,其特征是无法被现有范式同化。只有这类现象才会促成新理论的发明。范式为除了反常之外的所有现象提供一个在科学家视野内的确定的理论位置。

但是,如果形势需要新理论,以解决因旧理论与自然间不相应而出现的反常,那么一个成功的新理论必然做出某些与旧理

论不同的预言。如果两者在逻辑上是相容的,则这种差别就不可能存在。在同化反常的过程中,新理论势必取代旧理论。甚至像能量守恒这样今天看来似乎是逻辑上的上层结构的理论,它仅通过几个独立构建的理论与自然界相联系,但在科学史上它也不是在不破坏既有范式的情形下产生的。事实上它也源自一次危机,这危机的关键因素在于牛顿力学与一些新近的热质说的结果不能相容。只有在抛弃了热质说之后,能量守恒律才成为物理学的一部分。^①而且还必须再经过若干时间,它才看上去像是一种逻辑上更高层次的理论,一种与其先驱理论不相冲突的理论。很难想像如果对自然界的信念没有破坏性的转变,新理论怎么能崛起并为大家所接受。虽然逻辑上的蕴涵关系作为新旧理论间的关系是一种可容许的观点,但从历史上看这种观点是不可能的。

如果现在是一个世纪以前,我对革命的必然性的讨论可就此结束。但不幸的是,今天我不能就此结束,因为如果我们接受了当今最流行的对科学理论的本质和功能的诠释,那我上述关于革命必然性的观点就不能成立了。这种诠释与早期的逻辑实证论关系密切,也未曾被后期的实证论者明确摒弃。它限制已被接受的理论的应用范围和意义,这样只要后来的理论能对某些同样的现象做出相同的预言,就可说这两个理论互不冲突。对这种关于科学理论的狭隘观念的最著名和最强有力的例证,出自关于现代的爱因斯坦力学和衍生于牛顿《原理》的旧力学方程式之间关系的讨论。按照本书的观点,这两个理论根本不能相容,其关系正如哥白尼天文学之与托勒密天文学一样。只有在认识到牛顿理论是错了之后,才能接受爱因斯坦的理论。在今天我的这一观点仍未被广泛接受,^②因此我必须先考虑一下

① Silvanus D. Thompson, *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs* (London, 1910), 1, 266 - 281.

② 例如,见 P. P. Wiener 的意见,载 *Philosophy of Science*, XXV(1958), p.298.

反对它的最流行的观点。

99 这些反对意见的要旨如下：相对论力学不能证明牛顿力学是错的，因为牛顿力学仍被绝大多数的工程师成功地应用着，许多物理学家在某些情况中也使用它。此外，使用旧理论的适当性，可以从在其他应用上取代了它的新理论得到证明。爱因斯坦理论可以证明，在某些条件的限制下，牛顿方程的预测与仪器测量的结果颇为一致。例如，如果想用牛顿理论得到满意的近似解，物体的相对速度必须远小于光速。在这个以及其他条件限制下，牛顿理论似乎可从爱因斯坦理论导出，因此可以说前者是后者的一个特例。

反对观点继而指出，任一观点与其自身的特例是不可能冲突的。爱因斯坦的理论之所以能让人觉得牛顿力学错了，完全是因为有些牛顿派学者太不谨慎的缘故，他们认为利用牛顿理论可以求得十分精确的结果，或者断言在极高的相对速度下牛顿力学仍然有效。由于他们不可能找到任何证据支持这些看法，当他们这么说时就违背了科学研究的规范。至于牛顿理论是否仍是一个有有效证据支持的科学理论，答案是肯定的。只有对这个理论的应用范围和意义的过分宣扬——这种宣扬从不是科学的应有部分——才能被爱因斯坦证明是错的。若把这些纯属人为夸张的部分予以删除，则牛顿理论从来没有而且也不可能受到挑战。

这样的论辩只要稍做变动，就足以使任何在科学史上曾经成立过的科学理论免受攻击。例如备受诋毁的燃素说，就能解释大量的物理和化学现象。它能解释为什么物质会燃烧（因它的富含燃素），也能解释为什么金属彼此间有那么多共同的特性，而它们的原矿砂却没有。这是因为金属都是由各种元素同燃素化合生成的，它们都共有燃素，故产生许多共同性质。此外，燃素说能解释许多反应，例如炭或硫诸元素燃烧后产生酸。而且它也解释了在一份体积有限的空气中发生燃烧时空气体积的减少，因为燃烧而释放的燃素“破坏了”空气的弹性，正如火

100

“破坏了”钢制弹簧的弹性一样。^①如果持燃素说者曾宣称,他们的理论所能解释的仅限于这些现象,则该理论可能永不会受到挑战。相似的论辩能用在任何曾成功地解释了任何一类现象的理论。

但以这种方式拯救理论,则理论的应用范围势必会限制在最初解释的现象内,且其精确程度也只能限制在已有实验资料所能提供的限度内。^②再进一步(一旦迈出第一步就难免这一步),这样的限制就会禁止科学家对任何尚未观察过的现象做任何“科学的”推测。这样一来,只要科学家的研究涉及的领域在过去从未应用过某一理论,或他的研究需要得到比过去应用某一理论所得到的更精确的资料时,他就无法依赖这个理论了。这些禁令在逻辑上是讲得通的。但接受了这种禁令之后,研究工作根本无法进行,科学也就无法开展了。

我现在的这个论点事实上是一个恒真式。若科学家不对某种范式做出承诺,则不会有常规科学。甚至科学家在踏入新的研究领域,或对理论与实际之间的吻合程度有较高的要求时,都必须坚持对既有范式的承诺,否则范式就不可能提供尚未解决的谜题,让科学家从事研究。此外,不仅常规科学研究依赖于对范式的承诺。若科学家只在有例可循时才利用现有理论,那就

不可能有意外发现、反常或危机了。而意外发现、反常和危机正是指向非常规科学的路标。若我们同意实证论者对理论的正当应用范围所做的限制,则那种告知科学共同体什么样的问题会导致重大变迁的机制必然会停止运作。当这种情况发生时,科学共同体将不可避免地回复到前范式时期的状态——所有的人

101

① James B. Conant, *Overthrow of the Phlogiston Theory* (Cambridge, 1950), pp. 13-16; and J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (2d ed., London, 1951), pp. 85-88. 对燃素说的成就的最完整、也最同情的论著是 H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930), Part II.

② 请与用另一种极不相同的方法所获得的结论比较,参见 R. B. Braithwaite, *Scientific Explanation* (Cambridge, 1953) pp. 50-87, esp. p. 76.

都在从事科学研究,但他们的总成果却根本不像科学。难怪为了成就重大的科学进展,我们必须付出的代价是:承诺一个可能会出错的范式。

更为重要的是,在实证论者的论辩中有一个逻辑上的漏洞,这个漏洞会使我们的讨论立刻回到革命性变迁的本质这一问题上来。牛顿力学真的能从爱因斯坦的相对论力学中导出吗?这种推导过程会是什么样的呢?设想有一组陈述, E_1, E_2, \dots, E_n ,共同组成相对论的所有定律。这组陈述包含代表空间位置、时间、静止质量等等的变量和参数。利用逻辑和数学工具,可以从这组陈述导出另一组可以由观察来检验的陈述。要想证明牛顿力学的确是相对论力学的一个特例,我们必须在上述这组陈述(E_i)之外,再加上额外的陈述,例如 $(v/c)^2 \ll 1$ (物体运动速度远小于光速),来限制参数和变量的范围。这组扩大后的陈述可用来导出另一组新陈述, N_1, N_2, \dots, N_m ,其形式与牛顿运动定律、万有引力定律等完全相同。显然,只要加上一些限制条件,牛顿力学就可以从爱因斯坦理论中推导出来。

然而这种推导至少在这一点上是似是而非的。虽然(N_i)是相对论力学定律的特例,它们并非牛顿定律。因为这些陈述的意义只能以爱因斯坦理论加以诠释,它们怎么能是牛顿定律呢?在爱因斯坦理论的陈述中 E_i 代表空间位置、时间、质量等的变量和参数,依然出现于 N_i 陈述中,并依然代表爱因斯坦的空间、时间和质量等概念。但这些概念在爱因斯坦理论中的物理蕴涵与在牛顿体系中的截然不同(牛顿理论中的质量是守恒的,而爱因斯坦理论中的质量可转变为能量。只有在相对速度很低的情况下这两种质量才能以相同的方式来测量,但即使这样我们也不能认为它们是相同的)。除非我们改变 N_i 陈述中的物理变量的定义,否则导出的这些陈述就不是牛顿理论中的定律。如果我们真这么做了,至少就现在公认的推导的意义而言,就不能说我们从爱因斯坦理论中推导出牛顿定律了。实证论的论辩当然已经解释了为什么牛顿定律似乎仍然有效。因此,如果一个汽

车司机的行为表现出他似乎生活于牛顿力学所描述的宇宙,那是有充足理由的。我们同样有理由去教土地测量员们以地球为中心的天文学。但这论辩仍未达到它的目标,即没能证明牛顿定律是爱因斯坦理论的一种极限情况。因为这两个理论的差异并不仅仅是形式上的,为了二者间的过渡,我们还不得不同时改动他们所描述的宇宙体系的基本构成要素。

必须改变已经确立、且为大家所熟悉的概念的含义,这正是爱因斯坦理论的革命性影响的核心。虽然较之地心说到日心说、燃素说到氧化说、光的微粒说到波动说等范式转换,它要更为精微难辨,但它所导致的概念转换对前已确立的范式的决定性摧毁却毫不逊色。我们甚至可以把这个事件看做科学史上革命性重新整合的原型。正因为它并未涉及引入新的研究对象或概念,牛顿力学到爱因斯坦力学的转变才特别清晰地显示出:科学革命就是科学家据以观察世界的概念网络的变更。

上述讨论足以表明,在另一种哲学观照下,理所当然的观点是什么。至少对科学家而言,在一个被抛弃的科学理论与其后继者之间,绝大多数的明显差异都是实质性的而非形式上的。虽然过时理论总可以被看做现行理论的特例,但只是为了一定的目的才会这么做,而且这只有借助于后续理论、即更现行的理论的指导才能完成。此外,即使这种转换是诠释旧理论的正当工具,其结果也只是一个极受限制的理论,它只能重述已知的现象。正因为其简化性,这种重述有用,但它不足以指导常规科学的研究。

因此,现在我们应承认相继范式之间的差异是必然的和不可调和的。那么我们是否能更清楚地分辨出这些差异有哪些类?我已反复阐明过其中最明显的那一类,即相继范式对于宇宙的构成要素及其行为有不同看法。例如,对关于亚原子粒子的存在、光的物质构成、热或能量的守恒性等问题意见不同。这些都属于实质性差异,下不赘言。但范式间的差异不仅仅是关于实质的,因为范式既是科学家观察自然的向导,也是他们从事

研究的依据。范式是一个成熟的科学共同体在某段时间内所接纳的研究方法、问题领域和解题标准的源头活水。因此,接受新范式,常常需要重新定义相应的科学。有些老问题会移交给别一门科学去研究,或被宣布为完全“不科学”的问题。以前不存在的或认为无足轻重的问题,随着新范式的出现,可能会成为能导致重大科学成就的基本问题。当问题改变后,分辨科学答案、形而上学臆测、文字游戏或数学游戏的标准经常也会改变。科学革命中出现的新的常规科学传统,与以前的传统不仅在逻辑上不相容,而且实际上是不可通约的。

104 牛顿的研究工作对于 17 世纪常规科学传统的冲击,为范式转换所产生的这类较为细致的效应提供了明显的例证。在牛顿以前,17 世纪的“新科学”已最终成功地推翻了亚里士多德学派和经院学者以物质的本质来解释其现象的学说。像石头往下掉落是因为它的“本质”驱使它向宇宙中心运动这种说法,已被看做是一种同义反复的文字游戏,而不再是公认的科学陈述。从这以后,多种多样可以知觉的现象,诸如物质的颜色、味道、甚至重量都必须用构成该物质的基本微粒的大小、形状、位置和运动加以解释。如果有人认为构成物质的基本微粒还有其他性质,就会被当作出于一种神秘思维而非科学思考。莫里哀在嘲笑一个医生把鸦片的安眠效能解释为它具有催眠的潜能时,他正是准确地捕捉到了这种时代的新精神。在 17 世纪后半叶,许多科学家宁愿解释为:鸦片粒子是圆形的,所以它们沿着神经运动时能够镇静神经。^①

在 17 世纪以前,用神秘的性质来解释现象,乃是正常的科学研究不可或缺的一部分。然而在 17 世纪接受了机械—微粒模型以后,证明这一模型在许多学科都能导致丰富的研究成果,同时也使这些学科抛弃了那些其解答不能为大家普遍接受的问题

^① 关于微粒说的概要,见 Marie Boas, “The Establishment of the Mechanical Philosophy”, *Osiris*, X (1952), 412 - 514, 关于粒子形状的味觉作用,见第 483 页。

题,而代之以新问题。例如在力学中,牛顿的运动三定律与其说是新的实验的结果,倒不如说是尝试用基本的中性微粒的运动和相互作用重新解释众所周知的现象的成果。让我举一个具体实例。因中性微粒在接触时才能相互作用,所以这一机械—微粒模型使科学家的注意力集中于一全新的课题:碰撞后质点运动的改变。笛卡儿提出这一问题并提供第一个可能的答案。惠更斯(Huyghens)、阮恩(Wren)、沃利斯(Wallis)更进一步推进了这方面的研究。虽然他们做过钟摆碰撞实验,但其成就主要靠把早已熟知的运动特征应用于新问题。而牛顿则把他们的成果纳入他的运动定律。第三定律所说的“作用”等于“反作用”,实际上就是碰撞双方所经受的运动量的变化。而相同的运动量改变为隐含于第二定律内的动力学的力提供了定义。从这个例子,可以看出微粒范式既提出了新问题,也提供了这一问题的绝大部分解答,在17世纪这类例子不胜枚举。^①

105

不过,虽然牛顿的大部分工作是针对机械微粒世界观引申出的问题,并体现了源自这一观点的标准,但由他的工作所产生的新范式,却使科学中据以判定问题和解答正当性的标准,发生了进一步的、部分破坏性的变化。若把万有引力解释为每对物质粒子间的内在吸引力,则它与经院学者所说的“下落倾向”一样是一种神秘的性质。因此只要微粒论的标准依然有效,为万有引力寻求机械观的解释,对于接受《原理》一书为范式的人,就成为最富挑战性的问题。牛顿本人对这一问题十分关注,18世纪许多牛顿的追随者也是如此。惟一的其他选择就是抛弃牛顿理论,因为它无法解释万有引力,而的确有许多人这么做了。但最后这两种观点都没成功。因为不以《原理》为范式就无法从事研究,而又不能为其中的万有引力找到与微粒观标准相符的解释,这就迫使科学家逐渐接受万有引力确实是物质的内在性质

^① R. Dugas, *La mécanique au XVII^e Siècle* (Neuchâtel, 1954), pp. 177 - 185, 284 - 298, 345 - 356.

106 的观点。到 18 世纪中叶,这种解释几乎已被普遍接受,其结果是真正返归(不同于退化)到经院学者的标准。内在的吸引和排斥加上大小、形状、位置和运动,成为物理上不可还原的物质的第一性质。^①

由此对物理学的标准和问题领域所造成的改变,再次产生重大的后果。例如在 18 世纪 40 年代,电学家可以大谈电流的吸引“本性”而不会招致一世纪前莫里哀对医生的那种嘲讽。当电学家采取这一观点后,电学现象就逐渐展现出一种新秩序,与把它看做是只能由接触而相互作用的机械性流体的效应大不相同。特别是当电的超距作用本身成为一个独立的研究课题时,我们现在称之为感应生电的现象,就可被看做是这种超距作用的效应之一。以前,感应生电现象不是被当作电“气”直接接触的效应,就是归因于电学实验室中免不了的漏电造成的。这种感应生电的新观点,后来成为富兰克林分析莱顿瓶的关键,并由此开创了电学中新的牛顿范式。寻求物质固有的力这一观点合法化后,受其影响的并非仅有力学和电学。18 世纪一大批关于化学亲和性和置换系列的文献,也导源于牛顿理论的这一超力学方面。相信不同的化学物质之间有不同的吸引力的化学家,设计出以前无法想像的实验,并寻求各种新的化学反应。没有这段过程中发展起来的资料和化学概念,就无法理解后来拉瓦锡、尤其是道尔顿的成就。^② 界定正当问题、概念和解释的标准一旦发生变化,整个学科都会随之转变。在下一章中,我甚至要说有这么一种感觉,整个科学家研究的世界也随之转变。

107 这种前后相继的范式间的非实质性差异,可以从任何一门科学的发展史上的几乎任何阶段,找到其他例证。现在让我们

① I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956) chaps. vi - vii.

② 关于电学,见上引书,第八、九章。关于化学,见 Metzger, 前引书第一部分。

再举两个较简明的例子。在化学革命以前,化学家公认解释化学物质的性质及其在化学反应中的变化,是他们的研究主题之一。化学家认为所有的化学物质都是由少数基本“要素”(Principle)所组成,燃素即其中之一,并由此去解释为什么某些物质是酸性的,有些有金属性,有些是可燃的等等。他们在此方向上已有所进展。我们已知道燃素能解释为什么金属都如此相似,也可用类似的论述来解释酸性物质的相似。拉瓦锡的改革,最终去除了这种化学“要素”,但也由此使化学丧失了一些真实的和更有潜力的解释能力。为弥补这种损失,就需要改变标准。所以在19世纪大部分时间中,一个化学理论若不能解释化合物的性质,并非是它的罪过。^①

再看另一例。克拉克·麦克斯韦和其他19世纪光的波动说倡导者都相信:光波必须凭借一种以太物质来传播。与他同时的许多最优秀的科学家,把设计一种力学介质以支持这种波动,当作电磁学的标准问题。然而,他自己的光的电磁波理论根本没谈到能支持光波的介质,而且还清楚地使这样的探讨更难进行。起初,麦克斯韦理论因这些理由而遭广泛反对。但像牛顿理论一样,麦克斯韦理论在电学中不可或缺,当它获得范式地位之后,共同体对它的态度也随之改变。到20世纪初,麦克斯韦仍坚持力学以太的存在,但不过是口头说说而已,不再像以前那么认真,同时设计这种以太介质的种种尝试也放弃了。科学家谈电的“位移”时,不谈是什么在位移也不会被认为不科学了。结果又产生了一组新问题和新标准,其中之一与相对论的出现有很大关系。^②

上述科学共同体对于正当问题和解答标准的观念的特征性转变,假如有人认为它们总是从方法论上较低的层次逐步升到

① E. Meyerson, *Identity and Reality* (New York, 1930), Chap. X.

② E. W. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II (London, 1953), 28 - 30.

较高层次的话,那它们对于本书的论旨就没什么意义了。因为那样的话,转变的效果就会像是累积性的。无怪乎有些历史学家认为:科学史记录的,是人们对科学本质的看法逐渐成熟和精练的过程。^①然而,若想为科学的正当问题和解答标准是累积发展的这一论点辩护,甚至比为理论的累积性发展辩护还要难。虽然18世纪大部分科学家都放弃了解释万有引力的尝试,但尝试本身却促成了丰富的成果,而这并不说明解释万有引力本质上是不正当的;同样,反对把万有引力说成是内在于物质的力并非不科学或是玄思。我们并没有客观的标准据以做出这种判断。真正发生的,并不是标准的降低或升高,而不过是采纳新范式后标准的变化。而且这种变化可能逆转过来,再次返归早先的标准。在本世纪爱因斯坦成功地解释了万有引力,这个解释使物理学采纳的一组新的标准和问题,在万有引力来源方面倒与牛顿的前人、而不是他的后继者颇为相似。再举一例,量子力学的发展,取消了源自于化学革命的方法论禁忌。化学家现在可以(极成功地)解释在实验室中使用或制造出来的化学物质的颜色、聚合状态及其他性质。类似的回归甚至可能正发生在电磁理论中。现代物理学中的空间概念,不再像牛顿或麦克斯韦理论中所使用的是惰性的均匀的,它的新性质有些竟同那些以前归之于以太的相似。也许有朝一日我们能知道电位移是什么。

通过把重点从范式的认知功能转移到其规范功能,上述实例扩展了我们对于范式为科学活动塑形的方式的了解。前面我们讨论的主要是范式作为科学理论的推进器的作用,此时其功能是告诉科学家哪些实体存在,哪些不存在,以及这些存在的实体如何活动。这些资料构成了一张地图,其细节要由成熟的科

^① 企图把科学发展纳入这张普罗克拉斯之床的一个卓越的和最新的例子,见 C. C. Gillispie, *The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas* (Princeton, 1960).

学研究来阐明。由于自然界太复杂太多变而难以随意探索,这份地图对科学的持续发展就像观察和实验一样重要。由于范式包含了理论,所以它是研究活动的构成要素。可是它也是科学其他方面的构成要素,这正是我们刚才所谈的。特别是刚才的例子表明了范式不仅给科学家以地图,也给了他们绘图指南。在学习范式时,科学家同时学到了理论、方法和标准,它们通常是彼此缠结,难分难解的。因此当范式变化时,通常决定问题和解答的正当性的标准,也会发生重大改变。

这一看法使我们回到本章开始时的论题,因为它清楚地告诉我们,为什么在竞争着的范式间做选择,必然会引出不能由常规科学的标准来解决的问题。两个科学学派在问题和解答的标准上分歧的程度与其不相容程度一样重大,因此在辩论各自范式的优劣时,也必然涉及对方的标准。在这种部分带有循环论证的辩论中,每个范式都表明它多少符合自身预设的标准,但却很少能满足对方的标准。造成范式辩论中这种逻辑上各说各话、无法沟通的特色,还有其他的原因。例如,因为没有任何范式能解决它提出的全部问题,而且两个范式不会留下完全相同的未解问题,范式辩论总会涉及这个问题:哪一些问题比较值得去解答?像在竞争着的标准间做选择一样,价值问题只有用常规科学之外的标准才能解答,而正是这种求助外部标准的必要,才最明显地表现出范式辩论的革命性特征。一些甚至比标准和价值更重要的东西也出了问题。迄今我仅论证了范式是科学的构成要素。现在我希望表明其另一个意义——范式也是自然界的构成要素。

第十章 革命是世界观的改变

111 从现代编史学的眼界来审视过去的研究纪录,科学史家可能会惊呼:范式一改变,这世界本身也随之改变了。科学家由一个新范式指引,去采用新工具,注意新领域。甚至更为重要的是,在革命过程中科学家用熟悉的工具去注意以前注意过的地方时,他们会看到新的不同的东西。这就好像整个专业共同体突然被载运到另一个行星上去,在那儿他们过去所熟悉的物体显现在一种不同的光线中,并与他们不熟悉的物体结合在一起。当然,那种事并没有发生过,科学共同体并没有经历地理上的迁移;实验室外日常事务依旧进行。尽管如此,范式改变的确使科学家对他们研究所及的世界的看法变了。只要他们与哪个世界的沟通是透过他们所看的和所干的,我们就可以说:在革命之后,科学家们所面对的是一个不同的世界。

大家熟悉的视觉格式塔转换实验很有启发性,我们可以把它当作一个用以说明科学家世界的转变的基本原型。革命之前科学家世界中的鸭子到革命之后就成了兔子。先前从上面看到的是盒子的外观,后来却成了由下面看到的内部。这类转变在科学训练中是很普遍的,虽然通常它是逐渐发生的,而且几乎总是不可逆的。在看一幅等高线地图时,学生看到的是纸上的线条,而制图师却看到了一张地形图。在看一张云室照片时,学生看到的是混乱而间断的线条,物理学家却看到了他所熟悉的亚核事件的记录。只有在经过多次这种视觉转变之后,学生才成为科学家世界中的居民,见科学家之所见,行科学家之所行。可是,学生们进入的这个世界,并不是被环境的性质和科学的性质

112

决定而一成不变的。宁可说,它是被环境和学生在其中受训练的特定常规科学传统二者联合决定的。因此,在科学革命的时候,常规科学传统发生了变化,科学家对环境的知觉必须重新训练——在一些熟悉的情况中他必须学习去看一种新的格式塔。在这样做之后,他所探究的世界似乎各处都会与他以前所居住的世界彼此间不可通约了。由不同范式指导的学派间彼此多少总会有误解,这是其另一个理由。

当然,格式塔实验最普通的形式只显示出知觉转变的性质。它们并没有告诉我们:在知觉过程中范式或过去同化了的经验的作用是什么。但在这一方面,已经有了很丰富的心理学文献,它的大部分源自汉诺威研究所的开拓性工作。将眼镜架装上反相透镜后给实验对象戴上,起初他看到的是整个倒置的世界。他的知觉器官开始仍以先前习惯的方式运作,结果是他完全失去了方向感,造成尖锐的个人危机,但是当实验者开始学习去应付他的新世界,他的整个视野又跳回正常状况——通常这需要经过一段视觉完全混乱的过渡时期。此后,视界中的物体又完全被看成与戴上反相镜之前时一样。同化了一个先前反常的视野,会影响并改变视野本身。^①作为一种比喻,也不算夸张地说,习惯于反相透镜的人已经经历了一次视觉的革命性转变。

在第六章讨论过的异常纸牌实验,实验对象也经历了一个十分类似的转变。若不是延长亮牌时间,从而使他们知道这世界上还有异常的牌,他们就只看到那些过去经验所熟悉的扑克牌。然而一旦经验提供了必要的另外的范畴,他们就能够在普通所需的短时间内一眼认出异常的牌。还有许多其他实验也证实,实验对象所看到的实验物体的形状、颜色等等,都依对象先

113

^① George M. Stratton 做的原始实验,“Vision without Inversion of the Retinal Image”, *Psychological Review*, IV(1897), 341 - 360, 463 - 481. Harvey A. Carr 提供了一个比较现代的评论: *An Introduction to Space Perception* (New York, 1935), pp. 18 - 57.

前训练和经验的同而不同。^①通盘考虑了这些例子所源自的丰富实验资料之后,会使人怀疑连知觉本身也需要某些类似范式的东西作为前提。一个人所看到的不仅依赖于他在看什么,而且也依赖于他以前视觉—概念的经验所教给他去看的东西。若是缺少这种以前的训练,用威廉·詹姆斯的话来说,只会有一种“繁杂而琐碎的混乱”。

近些年来,好几位研究科学史的人已经发现,我上面描述过的种种实验是很有启发性的。尤其是汉森,已经用格式塔论证来说明一些(我在这里要讨论的)科学信念的相同结果。^②其他同事也已注意到,如果我们假定科学家有时也会经验到像上面描述的知觉转变的话,科学史就会变得更易于理解,更具有连贯性。然而,虽然心理学实验具有启发性,它们却不能——就这些案例的本质而言——提示我们启发性以外的东西。它们确实显示了知觉的特征有可能是科学发展的关键所在,但却不能证实科学家所精心进行的受控观察也具有那些特性。而且,正是这些实验的本性使得它们不可能直接证实那一点。如果历史范例是要使得这些心理学实验显得切题的话,我们必须首先注意到历史可以提供哪些证据,以及不可以提供哪些证据。

格式塔实验的对象知道他的知觉已经转变了,因为当他手里拿着同样的书或纸张时,他能够使他的知觉反复地来回转变。意识到他的环境丝毫不曾改变,他可以逐渐地把注意力从图像(鸭子或兔子)上转移到他正注视着纸张的线条上。最后,他甚至可以学会只看到线条而没看到任何图像,这时他可以说(但先前他不能正当地这么说)他真正看到的是这些线条,而不是把它们或者看成一只鸭子,或者看成一只兔子。同样的道理,异常

① 例如,见 Albert H. Hastorf, “The Influence of Suggestion on the Relationship between Stimulus Size and Perceived Distance”, *Journal of Psychology*, XXIX (1950), 195–217 以及 Jerome S. Bruner, Leo Postman, and John Rodrigues, “Expectations and the Perception of Color”, *American Journal of Psychology*, LXIV (1951), 216–227.

② N. R. Hanson, *Patterns of Discovery* (Cambridge, 1958), Chap. i.

扑克牌实验中的受试者知道(或更准确地说,能被说服)他的知觉必然已经转换过了,因为一个外在的权威——主持实验者——向他保证:无论他看到的是什么,他刚才一直在看一张黑心五。在这两个例子里,如同所有类似的心理实验,实验的有效性都有赖于它们能够以这种方法去分析。除非能够凭借一种外在的标准来证实视觉的转换,否则我们无法推论出有不同的知觉模式的可能。

可是,对于科学中的观察,情况恰好相反。除了自己的眼睛和仪器,科学家没有任何其他的凭借。如果科学家有一个更高的权威来提示说他的视觉已经转换了,然而那个权威本身又会成为科学家的资料来源,那么权威的视觉也会成为他的问题(就如同实验对象对心理学家的关系)。如果科学家的知觉也能像格式塔实验的对象一样来回转换,那么同样的问题也会发生。光被认为“有时是波而有时是粒子”的那段时期,其实是一个危机时期,是一段什么地方出差错了的时期。直到波动力学发展起来,并且证明光是一种既不同于波也不同于粒子的自我一致的实体后,危机才告结束。因此,在科学中,如果知觉的转换伴随着范式的改变,我们或许不能期望科学家去直接证实这些改变。注视着月球,皈依为哥白尼学说信徒的人不会说:“我过去看到的是一颗行星,但是我现在看到的是一颗卫星。”那种说法等于暗示托勒密系统曾经一度是正确的。事实上,新天文学的皈依者会说:“我曾经把月球当作(或把它看成)一颗行星,但是我错了。”这种陈述确实在科学革命以后一再出现。如果这种说法通常掩盖了科学视觉的转变或其他某些具有相同效应的心理变化,我们就不能期望直接证明这种转变,而宁可去寻找一些间接的行为上的证据,以表明:接受一个新范式的科学家会以与以前不一样的方式来看这个世界。

现在,让我们回顾历史资料,我们要问:相信会有这种转变的历史学家,在科学家的世界中能发现哪些种类的转变呢?威廉·赫舍尔(Sir William Herschel)爵士发现天王星可以作为第一

个例子,而且它与异常牌实验是很相似的。在1690到1781年间,许多天文学家,包括几位欧洲当时最杰出的观测者,至少17次在我们现在认为是天王星所在之处看到一颗星。他们之中最好的一位观测者事实上在1769年一连四夜都看到了这颗星,但却没注意到它会运动,否则就不会认为它是恒星。12年后,赫舍尔以他自制的超级望远镜第一次看到了同样的对象,结果是他已能注意到其明显的圆盘状,这至少对恒星而言是异乎寻常的。一定有什么出了差错,于是他暂缓例行的认定,而做进一步的考查。这种考查显示出天王星在恒星之间运动,所以赫舍尔宣布他看到了一颗新的彗星。只是在几个月之后,所有把它的运动归于一般的彗星轨道的努力都告失败,莱克塞尔(Lexell)才建议:它的轨道可能是行星轨道。^①这个建议被接受之后,专业天文学家的世界里就少了一颗恒星而多了一颗行星。几乎一个世纪以来,这个天体被看来看去不知看了多少次,但在1781年之后被以不同方式看待了;因为像一张异常的纸牌一样,它无法再适合于过去的范式提供的知觉范畴(恒星或彗星)了。

这种视觉的转换使得天文学家能把天王星看做行星,但它影响的不只是对先前观测到的对象的知觉而已。它的影响更为深远。虽然证据不很确实,赫舍尔所造成的小规模的范式改变,大概帮助天文学家在1801年后的短时间内发现了许多小行星或小游星。因为它们体形很小,在望远镜中并不能呈现出曾令赫舍尔警觉的那种异常形象,但是已有发现更多行星的思想准备的天文学家,借助于标准的仪器,在19世纪的前50年间便发现了20颗小行星。^②天文学史上还有许多范式引发的科学知觉改变的例子,其中有些甚至更为明确。例如,西方天文学家在哥白尼的新范式提出后的半个世纪中,首次在先前认为是永恒

① Peter Doig, *A Concise History of Astronomy* (London, 1950), pp. 115 - 116.

② Rudolph Wolf, *Geschichte der Astronomie* (Munich, 1877), pp. 513 - 515, 683 - 693. 尤其注意 Wolf 的论述使他多么难以把这些发现解释为 Bode 定律的结果。

不变的星空中看到了变化,这难道纯属偶然吗?中国人的宇宙信念并不排除天象变化,他们在早得多的时代里已记录了天空中出现的许多新星。还有,中国人甚至不靠望远镜,在伽利略及其同时代人看到太阳黑子的几世纪前,就已经很有系统地记载下它们出现的情形了。^①太阳黑子和一颗新恒星,并非是哥白尼之后西方天文学的天空中天象变化所仅有的例证。使用一些传统的工具,有的简单到只是一段线,16世纪末的天文学家一再发现在原本只有永恒不变的行星和恒星的天空中,竟有许多彗星在任意遨游。^②天文学家用古老的工具观察古老的对象,却很容易而又迅速地看到许多新东西,使得我们不由得要说:在哥白尼之后,天文学家生活在一个不同的世界里。无论如何,他们的研究给人的印象似乎就是如此。

117

前述例子都选自天文学,因为天文观测报告通常都以较为纯粹的观察词汇写成。只有在这种报告中,我们才能期望找到科学家的观察和心理学家对实验对象的观察之间的充分类似。但是我们不需要坚持这种类似的充分性,稍微放松些标准,我们会得到更多。如果我们能满意于动词“看”的日常用法,我们可能会很快发现我们遇到过许多其他的随范式转换而发生的科学知觉转换的例子。“知觉”和“看”的这种引申的用法当然需要明确的理由,但是让我首先以实例来阐明它在实践中的应用。

再来看一下前面举过的两个电学史上的例子。在17世纪,电学研究为形形色色的以太理论所导引,电学家一再地看到碎屑从曾吸引它们的带电物体上弹开或落下。至少这是17世纪的观察者说他们看到的,我们没有理由怀疑他们对自己知觉的报告。在同样的仪器面前,一个现代的观察者会看到静电排斥

① Joseph Needham, *Science and Civilization in China*, III (Cambridge, 1959), 423 - 429, 434 - 436.

② T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass., 1957), pp. 206 - 209.

现象(而不是机械的或重力的反弹),但是历史事实是(除去一个大家都忽略了例外),在豪克斯比(hauksbee)的大型仪器放大了其效应之前,没有人曾看到静电排斥。可是,接触生电以后的排斥现象只是豪克斯比所看到的许多新排斥现象之一。通过他的研究,就好像经历了一个格式塔转换,排斥突然变成生电的正宗基本表现形式,反倒是吸引需要解释了。^①18世纪早期能够看到的电学现象要比17世纪的观察者所能看到的更精致、更丰富多彩。第二个例子,在富兰克林范式被接纳之后,电学家眼中的莱顿瓶已是与以前不同的东西。这装置变成了一个电容器,而形状和玻璃都对它无关紧要,反而是两片导电层——其中一层原装置中并没有——突现出重要性。文字讨论和图解逐渐证实:两片金属中间夹一个非导体,已成为这类装置的原型。^②同时,其他电感效应得到了重新描述,还有另外一些效应则第一次被注意到。

这种转换并不只发生于天文学和电学。我们已经评述过在化学史中,也能发现一些类似的视觉转换。我们说过,拉瓦锡看做氧气的东西,普里斯特列却看成是脱燃素的空气,而其他人却什么也没看到。可是,拉瓦锡在学会看到氧气的过程中,也必须改变他对其他许多熟悉事物的看法。例如,普里斯特列和他的同时代人当作土元素的东西,拉瓦锡却看做化合物矿石,此外还有许多类似的改变。至少,发现氧气的结果使拉瓦锡从不同方式去看自然界。因为我们没有理由不假定自然是固定不变的,变的只是拉瓦锡的看法,按思维经济原则,我们应说:发现氧气之后,拉瓦锡是在一个不同的世界里工作。

过一会儿我要来研究是否有可能避免这种奇怪的说法,但是首先我们要再举一个这种说法的例子,它来自伽利略研究中

^① Duane Roller and H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electric Charge* (Cambridge, Mass., 1954), pp. 21 - 29.

^② 参见第 X 章中的讨论,以及该章注 9 中引书中所列文献。

最著名的一部分。从远古以来,大部分人都看到过由一条线绑着的一重物来回摆动,直到最后静止下来。对亚里士多德的信徒来说,他们相信一个重物的运动是由它的本性引起的,它想从较高的位置运动到较低的位置上的一种自然静止状态,物体的摆动只是一种费力的落体运动。因为受线的约束,这重物只有在一段曲折的运动和相当长的时间后,才能在低点上静止下来。另一方面,当伽利略注视一个摆动物体时,看到的却是一个单摆,一个几乎能无限地重复同样运动的物体。在经历了多次的这种观察之后,伽利略也观察到单摆的许多其他性质,他的新动力学中许多最有意义、最具创见的部分便是基于这些性质而构建出来的。例如,从摆的性质中伽利略导出了他惟一充分而又完备的论据,来说明落体重量和下落速率间的不相干性,同样也用于说明斜坡垂直高度与下滑物体终端速度间的关系。^①对于所有这些现象,他看待的方式都与以往的不同。

为什么会发生这种视觉转换? 凭借伽利略个人的天才吗? 当然是的。但是注意,这种天才并不表现在对摆动物体有更精确、更客观的观察上。就描述而言,亚里士多德的信徒的知觉同样精确。当伽利略报告说摆的周期独立于摆的(那些甚至大到 90°)振幅时,他对摆的观点使他看到比我们现在能发现的更多的规律性。^②其实,真正发生的是天才利用了一个中世纪范式转换所提供的知觉的可能性。伽利略并没有完全被教化成一个亚里士多德的信徒。恰恰相反,他被训练为以推力理论(*impetus theory*)来分析物体运动。这理论是中世纪晚期的一种范式,它认为一个重物的连续运动,是由最初抛射重物的人注入重物的内力导致的。吉恩·布里丹(*Jean Buridan*)和尼可·奥斯姆(*Nicole Oresme*),这两位 14 世纪的经院学者使推力理论达到了完美的

^① Galileo Galilei, *Dialogues Concerning Two New Sciences*, trans., H. Crew and A. de Salvo (Evanston, IU., 1946), pp. 80 - 81, 162 - 166.

^② 同上, pp. 91 - 94, 244.

120 表述,他们也是至今所知的能在摆动运动中看到一些伽利略看到的東西的第一批人。布里丹这样来描述弦的振动运动:当打击弦时,推力首先被注入弦中,推力在使弦克服弦的张力和产生位移中消耗掉;然而弦的张力总使弦恢复原状,注入不断增加的推力直至达到运动的中点(最高点)为止;然后推力再使弦反向位移,推力又消耗在对抗张力上;如此这般弦会以一种对称的方式无限地持续运动下去。其后,奥斯姆在今日所知的第一本讨论摆的著作中,对石头的摆动做了类似的概略分析。他的观点显然非常接近伽利略最初据以分析摆的观点。^①至少在奥斯姆这个例子里,在伽利略的例子中也几乎同样,他的观点,只有在运动分析问题上从亚里士多德范式转变为经院学者的推力范式之后,才成为可能。经院学者的范式出现之前,摆并不存在,科学家看见的只是摆动的石头。摆是由范式引起的格式塔转换之类的事件创造出来的。

可是,我们真的需要把伽利略与亚里士多德的区别,或者拉瓦锡与普里斯特列的区别描述成一种视觉的变换吗?当这些人在注视同类对象时,他们真的看到不同的东西了吗?我们难道真的可以正当地说他们在不同的世界从事研究吗?这些问题不能再回避下去了,因为很明显,有另一种更通常的方式来描述所有上面讨论过的历史事例。许多读者一定会想说:随着范式转换而改变的,只是科学家对观察的诠释而已,而观察本身却是由环境和知觉器官的性质一劳永逸地确定了的。按这种观点,普里斯特列和拉瓦锡都看到了氧气,但他们却以不同的方式诠释他们的观察;亚里士多德和伽利略也都看到了摆,但他们对所看到的却有不同的解释。

121

让我立刻申明,这种关于当科学家改变他们关于基本物质的见解时究竟发生了什么的通常的观点,既非完全不当,也非

^① M. Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (Madison, Wis., 1959), pp. 537 - 538, 570.

一个纯粹错误。它实际上是一个始自笛卡儿,并与牛顿力学同时发展的哲学范式的一个基本部分。这个范式对科学和哲学都有很大的贡献。利用这种范式,如同利用牛顿力学一样,对于增进我们的基本理解是富有成效的,这种成就以其他途径可能就无法达到。但是也正如牛顿力学这个例子表明的,即使范式过去获得的最惊人成就也无法保证危机永不发生。今天在哲学、心理学、语言学甚至艺术史等领域的研究,都显示出这个传统范式不知怎么出了问题。我们绝大部分注意力必然集中于斯的科学史研究,也日益明显地显示出这个范式已无法适应。

这些促成危机的学科尚未在这个传统认识范式之外提出一个可行的替代方案,但它们确实已开始暗示出新范式所具有的一些特性。例如,我尖锐地意识到下述说法的困难:当亚里士多德和伽利略注视摆动的石头时,前者看到的是受约束的落体,后者看到的却是单摆。同样的困难在本章开头的一些话中,以更基本的形式表现出来:虽然这世界并没有因为范式的改变而改变,范式转换后科学家却在一个不同的世界里工作。然而,我确信我们必须学会了解类似的陈述。科学革命中所发生的事情,并不能全部归结为对个别的不变的资料的重新诠释。首先,资料并不是确定不变的。一个摆并非一块石头落体,氧也不是脱燃素的空气。结果,我们下面就会看到,科学家从这些不同的对象处所收集的资料本身就不同。更重要的是,无论是个人或是共同体把受制约落体转变为摆,或是把脱燃素空气转变为氧的过程,并不像一个诠释过程。在没有确定的资料可供科学家来解释的情况下,这过程怎么能进行呢?与其说那些拥抱了新范式的科学家像诠释者,倒不如说他们像戴上了反相眼镜的人。虽然他面对的是与过去相同的世界,也知道是这么回事,他仍然发现这世界的许多细节彻底改变了。

上述议论,并非意在否认科学家会对观察和资料做出其特有的诠释。恰恰相反,伽利略诠释了他对摆的观察,亚里士多德诠释了他对石头落体的观察,莫森布鲁克(Musschenbroek)诠释

了他对充电瓶子的观察,富兰克林则诠释了他对电容器的观察。但是每个这种诠释都预设了一个范式。这些诠释都是常规科学的一部分,而正如我们已知的,常规科学是一种旨在修饰、扩散和精练早已存在的范式的事业。第三章已经列举过许多这种以诠释为中心的例子。这些例子正是绝大多数科学研究的典型。在每个例子中,科学家借助于已被接受的范式,知道哪些是数据、哪些仪器可用以获取这些数据,以及哪些相关概念可用以诠释这些数据。给定范式之后,探究这一范式的事业的中心就是数据的诠释。

但是这种诠释事业——而这正是前面倒数第二段的重点——只能够阐发一个范式,而不能修正它。常规科学决不可能改正范式。相反,正如我们已看到的,常规科学最终只能导致识别出反常及导致危机。而所有这些反常和危机只能以一种像格式塔转换式的比较突然而无结构的事件来结束,而不是以思虑和诠释来消解。此时科学家常常会说从一个先前朦胧模糊的难题的“困扰”中“云翳顿开”或“灵光闪现”,使他们能以一种新的方式来透视问题的多个部分并首次允许有它的解。在其他情况中,相关的灵机则得自睡梦中。^①“诠释”一词的任何一种日常含义都不适用于这些使新范式诞生的直觉的闪光。虽然这种直觉有赖于经验——依据老范式从事研究所获得的反常和正常的经验,但是它却不是逻辑地或一点一滴地与过去经验的某个特定部分有关联,而诠释却应该如此。事实上,这种直觉汇集了大部分老经验,而把它们转化为一股新经验,这股新经验会一点一滴地与新范式(而不是老范式)关联起来。

为了更好地了解新旧经验的这些差别,让我们暂时回到亚

^① [Jacques] Hadamard, *Subconscient Intuition, et Logique dans La recherche Scientifique* (Conference faite au Palais de la Decouverte Le 1945) pp.7-8. 一个更完备的描述,虽然局限于数学中的新发明,见同一作者的 *The Psychology of Invention in the Mathematical Field* (Princeton, 1949).

里士多德、伽利略和单摆上来。他们不同的范式与双方共有的环境间的相互作用,能提供各方什么样的数据呢?看到受制约的落体,亚里士多德观点的人会测量(或至少会讨论——亚里士多德的信徒很少测量)石头的重量,它被提起的垂直高度,以及它回到静止状态所需要的时间。这些数据加上介质的阻力,就是亚里士多德科学在讨论落体运动时所运用的概念范畴。^①由这些概念范畴所指导的常规科学研究不可能产生伽利略发现的定律。它只能——经由另一条路,它确实——导致一连串的危机,从这些危机中才孕育出伽利略的观点。作为这些危机和其他一些观念变化的结果,伽利略对摆动着的石头有了非常不同的看法。阿基米德对浮体的研究使得介质变得不重要;推力理论使得运动变得对称而持久;而新柏拉图主义则将伽利略的注意力引向圆形的运动形式。^②因此,他只测量了摆的重量、半径、角位移以及周期,而这些数据恰好是能够加以诠释以产生伽利略单摆定律所需要的。在这件事中诠释几乎是不必要的。有了伽利略的范式之后,单摆之类物体的规律性几乎唾手可得。否则我们就无法解释伽利略关于摆的周期完全与振幅无关的发现,这个源自伽利略的常规科学的发现就不得被铲除,因而今日我们也就根本无法引证它了。对一个亚里士多德的信徒来说并不存在的规律(事实上,自然界也从未精确地显示过这一规律),是那些以伽利略的观点看摆动着的石头的人的直接经验的结果。

124

也许上述例子有点过分想像,因为亚里士多德的信徒并没有讨论过摆动的石头。从他们的范式看这是个极为复杂的现象。但是亚里士多德的信徒确实讨论过一个较简单的例子:自

① T. S. Kuhn, "A Function for Thought Experiments," in *Melanges Alexandre Koyre*, ed. R. Taton and I. B. Cohen, 由巴黎的 Herman(公司)于 1964 年出版。

② A. Koyre, *Etudes Galileennes* (Paris, 1939), I, 46 - 51; 以及 "Galileo and Plato", *Journal of History of Ideas*, IV(1943), 400 - 428.

由落体,在这里视觉差异同样是很明显的。在思考一块自由下落的石头时,亚里士多德看到的是状态的改变而不是一个过程。因而对他来说,运动的相关测量是移动的总距离和消耗的总时间,从中产生的参数是我们今天称作平均速度的量,而不是速度。^① 类似地,因为石头是受它的本性驱使而趋向它最终的静止点,所以在运动中的任一瞬间亚里士多德把石头到最终静止点的距离看做相关的距离参数,而不是离开运动起点的距离。^② 这些概念参数构成其著名的“运动定律”的大部分基础,并赋予它们以意义。可是,部分因为推力范式,部分因为一种叫形式的伸缩性的学说,经院学者的批评改变了过去对运动的看法。一个由推力推动的石头,离起点越远时得到的推力越多;所以距起点的距离而不是距终点的距离成了相关的参数。此外,经院学者把亚里士多德的速度概念一分为二,它们在伽利略之后很快变成我们所说的平均速度和瞬时速度。但是透过新范式来看,这些概念都是它的一部分,而自由落体就像摆一样,几乎一经探究即可找出支配它的定律。伽利略并非是提出石头以匀加速运动下落的第一个人。^③ 而且,在他开始从事斜面实验之前,他已经提出自己关于这个问题的定理并推导出许多结果。这个定理位于一组新规律构成的网络中,这些新规律有待于天才去发现,而天才所生活的世界,是由自然界和伽利略及其同辈据以研究的范式所共同决定的。生活在这个世界里,只要伽利略愿意,他仍然能够解释为什么亚里士多德看到他所看到的。可是伽利略关于下落石头的直接经验内容,并不是亚里士多德式的。

当然,我们还不清楚是否需要如此关注“直接经验”,即那些已为范式所突出、一经探究便能呈现其规律的知觉特征。这些特征显然会随着科学家对范式的承诺的改变而改变,但是它们

① 见第 114 页(旁码)。

② Koyre, *Etudes Galileennes*, II, pp.7-11.

③ Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, 第四、六、九章。

与通常所说的原始资料或粗糙经验——所谓的科学研究的起点——大不相同。也许我们应该把直接经验看做易变的而搁置一边,而去讨论科学家在实验室中所进行的具体操作和测量。或者也许我们的分析应该从直接经验再深入一步。例如,或许该以一种中性的观察语言来分析,一种专门设计用来描述科学家的视网膜映像的语言,这种映象使科学家看到他们所看到的東西。只有通过这一类途径,我们才有希望进入一个其中经验将再次始终是稳定的领域——其中,单摆和受约束的石头就不是不同的感觉,而是对观察悬吊着的石头得到的明确资料的不同诠释。

126

但是,感官经验是固定而中性的吗?理论只不过是對既有资料的人为解释吗?几乎指导西方哲学近三个世纪的认识论观点即刻而明确地回答:是的!由于目前还没有发展起足以取代它的观点,我发现要完全放弃这一观点是不可能的。但是,它已不再能有效地发挥其功能,而试图通过引入一种中性观察语言来使它复原,在我看来也毫无希望。

一个科学家在实验室里从事的操作和测量并不是经验中“既有的”,而是“费力地采集的”。它们并不是科学家所看到的——至少在他的研究尚未很好进展、他的注意力尚未聚焦前就不是。倒不如说它们是更基本的知觉内容的具体标志,而它们之所以被选用于常规研究的精细分析,是因为它们可以给已被接受的范式带来丰富的发展机会。操作和测量当然部分源自于直接经验,但更为明显的是它们是由范式所决定的。科学并不进行所有可能的实验操作,它只选择那些当范式与直接经验(它们已部分地由范式决定)相参照时,显出比较相关的实验来进行。其结果,拥有不同范式的科学家就进行不同的具体实验操作。对单摆所做的测量与对受制约的落体所做的测量不相干,为了阐明氧的性质而进行的操作也不同于为了研究脱燃素后的空气的特性而做的实验。

至于一种纯粹的观察语言,也许迟早会被设计出来。但是

自笛卡儿之后三百年来,我们对这一可能事件的期望,仍然完全依赖一个关于知觉和心灵的理论,而这一理论却无法解释现代心理学实验正迅速发现的众多现象。鸭子—兔子的例子表明:两个具有相同视网膜印象的人能够看到不同的东西。而反相透镜的例子则表明:两个具有不同视网膜印象的人能够看到相同的东西。心理学对同样的效应提供了大量证据,这些证据所引发的怀疑由持续试图展现一种真实的观察语言的历史而加强。现今为达到这一目的而建构一种可普遍应用的纯知觉语言的努力,也远未成功。而那些有所进展的尝试都有一个特征,即大大加强了本书中的一些主要论点。从一开始他们就预设了范式,它或者是一个现代的科学理论,或者来自日常语言的一部分,然后他们试着从中剔除所有非逻辑和非知觉的语词。在一些领域这种努力非常深入,而且有一些精彩的结果。当然这种工作值得继续做下去。但是所有这些工作的结果是一种和应用于诸科学中的语言一样的语言,它包含着许多对自然界的预期,一旦这些预期破灭,这语言便失去其功能。纳尔逊·古德曼(Nelson Goodman)在描绘他的《表象的结构》一书的主旨时,所说的正是这一点:“幸运的是(除已知存在的现象外)此外再无疑点;因为‘可能的’情况——那些并不存在但或许存在过的情况——的概念是很不清楚的。”^①因此,一种仅限于报道一个事先完全知道的世界的语言,不可能中立而客观地报道“直接的感觉内容”。现有的哲学研究甚至不能给我们以一点暗示,那种中立而客观的语言会是什么样的。

^① N. Goodman, *The Structure of Appearance* (Cambridge, Mass., 1951), pp. 4-5. 这段话值得再引长一些:“如果 1947 年威明顿的所有体重在 175 磅到 180 磅之间的居民,而且只有这群居民,是红头发,那么 1947 年威灵顿的红头发居民”和“1947 年威灵顿体重在 175 磅和 180 磅之间的居民”,就可以结合成一个构造性定义……下述这个问题没有意义:是否“当初可能有”某人只能适用于两个谓词之一而不能两个都适合?……一旦我们已经决定不存在这种人……幸运的是就没有什么疑点;因为“可能”情况,即事实上不存在但当初有可能存在的情况这一概念,非常不清楚。

在这种情况下,我们至少可以这样猜想:当科学家把氧气和单摆(或许还有原子和电子)当作他们直接经验的基本成分时,他们在原则上以及实践上都是对的。由于科学家是这样一种人,他们的这种文化,以及最后他们这种职业的经验中都蕴涵着范式,科学家的世界中才有行星和单摆、电容器和化合矿石以及其他这类的东西。与这些知觉对象相比,米尺读数和视网膜印象都是精心完成的构造,只有经科学家为了其特殊的研究目的而事先设计好时,这些构造才有机会直接进入经验。例如,这并不是说一个科学家在注视着这一块摆动着的石头时,他惟一可能看到的是一个单摆(我们已指出另一个科学共同体能看到受制约的落体)。我实际上是建议:一个注视着摆动着的石头的科学家,他原则上不可能有比看见一个单摆更基本的经验。其他的可能不是某种假设的“固定的”视觉,而是透过另一个范式的视觉,把摆动着的石头变成另外一种东西。

128

如果我们还记得无论科学家还是普通人都不是以零碎的方式学会看这个世界的,这一切看来会更加合理。除非所有概念的 and 操作的范畴都预先准备好了——例如为了去发现另一种超铀元素或为了看见一栋新房屋——科学家和普通人都对其经验之流进行整块的清理和分类。孩子把“妈妈”这个词从用于称呼所有人转到称呼所有女性,然后转到称呼自己的母亲;在这过程中他不仅仅在学习“妈妈”的含义或者他的妈妈是谁。他同时也学到了一些男性与女性间的判别以及其他女性和母亲对待他的不同方式。他的反应、期望和信念——确实大部分他所知觉的世界——也都相应地改变了。同样,哥白尼的信徒拒绝再把太阳当作“行星”,他们也不只是学会了“行星”的意义或太阳到底是什么。事实上,他们改变了“行星”一词的意义,以使它在一个不仅仅是太阳、而是所有的天体都不再能以过去的方式去看待的世界中,能继续担任有用的角色。这一点对我们前面讨论过的任何一个例子都适用。看到氧而不是脱燃素的空气,看到电容器而不是莱顿瓶,看到单摆而不是受制约的落体,这都只是科

129

学家对于一大群相关的化学、电学或力学现象的视觉所发生的整合性转变中的一部分。范式同时决定了经验中的广阔领域。

然而,只有在经验已经被这样决定之后,寻求一个操作定义或者一种纯粹的观察语言的工作才能够展开。那些想问是哪些测量或视网膜印象使得一个物体成为单摆的科学家或哲学家,当他们看到单摆时必须已能够识别它。如果他看到的是受制约的落体,他就根本不会问这种问题。如果他看到一个单摆,但是他以看一个音叉或一个振动天平同样的方式去看它,则他的问题就无法解答。至少它无法以相同的方式去回答,因为它已不是相同的问题。因此,虽然它们始终是正当的问题,而且有时会让人受益匪浅,关于视网膜印象或特定的实验室操作结果这样的问题,都预设了一个在知觉上和概念上已以某种方式划分过的世界。在一定的意义上这种问题可说是常规科学的一部分,因为它们依赖范式的存在而存在,也因范式的转变而有不同的答案。

130 作为本章的结束,我们以下不再谈视网膜印象,而仍将注意力局限于实验室的操作,这些操作为科学家早已看到的事物提供了具体而琐碎的指标。我们已经反复地观察过这种实验操作随范式转换而变化的一种方式。在一次科学革命之后,许多旧的测量和操作都成为不相干的而为其他的所代替。科学家并不把所有用于脱燃素空气的实验用于氧气。但是这种改变决不会是完全的。不管他会看到什么,革命之后科学家仍然注视着相同的世界。而且虽然他以前使用语言、实验室仪器的方式可能不同于革命之后,但是其大部分语言和仪器在革命前后并无二致。其结果,是革命后的科学总是包括许多革命前的操作,用同样的仪器完成,并由同样的术语描述。如果这些持久应用的实验操作确有改变的话,则必然发生在它们与范式的关系或它们的具体结果上。现在我要举最后一个新的例子,借以指出这两种改变都会发生。考察道尔顿和他同时代人的工作,我们会发现同一个实验操作,当通过不同的范式与自然界相关联时,能成

为自然规律的不同方式的标志。还有,我们会看到旧的实验操作在它所扮演的角色中有时会产生不同的具体结果。

整个 18 世纪的大部分和 19 世纪初期,欧洲的化学家几乎普遍相信构成所有化学物质的基本原子是靠相互的亲合力结合在一起。所以银块是靠银粒子之间的亲合力而形成的(一直到拉瓦锡之后这些粒子本身都被认为由更基本的粒子构成)。根据同一理论,银溶于酸(或盐溶于水)是因为酸粒子吸引银粒子(或水粒子吸引盐粒子)的力量大于溶质粒子间的吸引力。同样,铜会溶于银的溶液而使银沉淀,这是因为铜与酸的亲合力强于银与酸之间的亲合力。许许多多的其他现象都是用相同的方式解释的。在 18 世纪,这个选择性亲合力理论是个很好的化学范式,被广泛地、有时成效卓著地应用于化学实验的设计和分析中。^①

可是,亲合力理论区别物理混合物和化学化合物的方式,在道尔顿的工作被接纳之后就很少出现了。18 世纪的化学家确实能识别这两种过程。当物体混合后产生热、光、泡沫或其他这类情形时,就被认为是发生了化学结合。另一方面,如果混合物中的不同粒子能够用肉眼辨别,或以机械方式分开,则只是物理混合物。但是对于大量的中间类型——如水中的盐、合金、玻璃、大气中的氧等——这些粗糙的标准则没什么用处。大多数化学家在他们的范式指导下,把整个中间地带看做是化学的范围,因为其中包含的过程都受同一种力支配。盐溶于水或氮气中加入氧都如铜氧化一样是化合的例子。把溶液看做化合物的论证是非常有力的。亲合力理论本身早已被很好证明,此外化合物的形成也可解释观察到的溶液的匀质性。例如,如果氧和氮气只是在大气中混合而不是化合,那么较重的氧气就应该沉积到底层。把大气当作是混合物的道尔顿从未令人满意地解释

131

^① H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930), pp. 34-68.

为什么氧气没这样。接纳了他的原子理论最终造出了一个以前没有过的反常现象。^①

也许有人会说把溶液看成化合物的化学家,同他们的后辈们相比较只不过对化合物的定义有所不同。在一个意义上情况或许如此,但这个意义并非把定义看成只是方便的约定。18世纪中可操作的试验并不能完全区别混合物和化学物,而且或许就不可能。即使化学家真的探寻过这种试验,他们找到的标准也会把溶液当作化合物。这种化合物、混合物的区别是他们范式的一部分,是他们看待整个研究领域的方式的一部分,因而它先于任何特定的实验室试验,虽然它并不先于整个化学业已积累起来的经验。

但是当他们这样去看化学时,化学现象所例证的规律就不同于接纳了道尔顿的新范式后所出现的规律。特别是,当溶液仍旧被当作化合物时,再多的化学实验本身也不能产生定比定律。18世纪末的学者几乎都知道:某些化合物中其组成成分的重量比例通常是固定的。德国化学家李希特(Richter)甚至注意到某些种类的化学反应呈现出进一步的规律性——这些规律包括在现在的化学当量定律中。^②但是,除了把它们当作配方外,化学家并没有利用这些规律性,而且几乎直到18世纪末都没人想到要把这些规律普遍化。既然有明显的反例存在,像玻璃或溶于水的盐,不抛弃亲和力理论并且重新建构化学领域的概念框架,要想使这些规律普遍化是不可能的。在18世纪和19世纪之交,法国化学家普罗斯特(Proust)和贝尔托莱(Berthollet)的著名论辩就清楚地表明了这一点。普罗斯特宣称所有的化学反应都呈现定比关系,贝尔托莱则表示反对。双方都搜集了引人

^① H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, pp. 124 - 129, 139 - 148. 关于道尔顿,见 Leonard K. Nash, *The Atomic - Molecular Theory* ("Harvard Case Histories in Experimental Science", Case 4; Cambridge, Mass., 1950), pp. 14 - 21.

^② J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (2d ed., London, 1951), pp. 161 - 163.

注目的实验证据来支持自己。然而,双方只能是各说各的,他们的辩论也就毫无结果。贝尔托莱当作比例能变化的化合物,在普罗斯特看来却是一种物理混合物。^①这既不是实验问题,也不是改变传统定义的问题。这两个人就像伽利略和亚里士多德之间曾有过的情形一样,在本质上互相误解,难以沟通。

这就是约翰·道尔顿从事其研究工作时的学术背景,这些研究最终导出了他著名的化学原子论。但是,直到研究的最后阶段之前,道尔顿既不是一个化学家,对化学也不感兴趣。他其实是个气象学家,研究关于水吸收气体和气体吸收水等物理问题。部分因为他受到的不同专业的训练,部分也因为他在自己专业中的研究,他研究这些问题时所依据的范式就与当时化学家的不同。特别是他把诸气体的混合和水吸收气体等看成是物理过程,一种亲和力在其中不起任何作用的过程。这样,对他来说溶液所呈现的匀质性就是一个问题,但是他认为他能够解决这个问题,只要他能确定他的实验混合物中各种原子粒子的相对大小和重量。为了确定这些大小和重量,道尔顿终于转向化学,而且一开始就假设:在他认为是化学反应的有限范围内,原子只能以一对一或其他一些简单的整数比结合。^②这个自然的假设的确使他得以确定原子粒子的大小和重量,但它同样也使定比定律成为一个同义反复。对道尔顿而言,任何反应如果其参与者间没有确定的比例关系的话,仅由此事实即可断言它不是一个纯粹的化学过程。一条在道尔顿研究之前实验无法确立的定律,一旦他的研究被接受之后,就成了一个构成原理,没有任何一组化学测量能够违背。这场科学革命(它或许是我们的例子中最完备的一个)的结果是:同样的化学操作在其与化学概括的

① A. N. Meldrum, "The Development of the Atomic Theory: (1) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions," *Manchester Memoirs*, LIV (1910), 1-16.

② L. K. Nash, "The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory", *Isis*, XLVII (1956), pp. 101-116.

关系中,呈现出与以前大为不同的形式。

134 不用说,道尔顿的结论在刚发表时受到了广泛的攻击。特别是贝尔托莱,他从未信服过。就这问题的本性而言,他也无须被说服。但是对大多数化学家而言,道尔顿的新范式显然比普罗斯特的更令人信服,因为它不仅是一个区分混合物、化合物的新标准,还有更广泛和更重要的含义。例如,如果原子只能以简单的整数比进行化学结合,那么重新考查已有的化学资料就应能揭示出许多倍数比(而不仅是固定比)的例子。化学家不再写,比方说碳的两种氧化物中氧的重量各占 56% 或 72%;而是写作在重量上一份碳应与 1.3 或 2.6 份氧相结合。当旧的实验操作结果以这种方式来记录时,一个二比一的比例就跳入眼帘;而且这种情形在分析许多已知的反应和另外的新反应时都出现了。此外,道尔顿的范式还能够同化李希特的研究成果,并显示出其中的普遍性。再有,它也提出了新的实验,特别是盖-吕萨克关于化合容量的实验,而它们又产生了其他的规律,一些过去的化学家从未梦想过的规律。化学家从道尔顿那儿得到的并不是新的实验定律,而是一种从事化学研究的新途径(他自己称之为“化学哲学的新体系”),而且这条新途径如此迅速地被证明是富有成效的,以至于在法国和英国,只有少数老化学家才反对它。^①结果,化学家开始生活在一个新世界中,在那儿化学反应表现出与以前大不相同的方式。

随着这一进程,发生了另一个典型的非常重要的变化。化学数据本身开始在这儿或那儿改变了。当道尔顿最初在化学文献中寻找数据来支持他的物理理论时,他发现有些反应的记录符合他的理论,但也难免发现某些不符合的记录。例如,普罗斯特对铜的两种氧化物的测量结果是,两种氧化物中氧的重量比为 1.47:1,而不是原子论所要求的 2:1;而普罗斯特正是最期望

^① A. N. Meldrum, "The Development of Atomic Theory: (6) The Reception Accorded to the Theory Advocated by Dalton", *Manchester Memoirs*, LV(1911), 1-10.

得到道尔顿比例的人。^① 这就是说,他是一个很好的实验家。而且他对混合物和化合物关系的看法是非常接近道尔顿的。但是,要使自然界符合一个范式是很困难的。这就是为什么常规科学的谜题如此具有挑战性以及没有范式指导的测量如此罕有地得出任何结论的原因。因此,化学家并不能单凭证据来接受道尔顿的理论,因为许多证据仍然是否定性的。相反地,即使在接受了这个理论之后,他们仍然得极力使自然界与之相符。这种过程在这一事件中,几乎花费了整整一代人的时间;而当它结束后,甚至连著名化合物的百分比构成都不同了。数据本身也已改变,这是当我们说革命之后科学家工作于一个不同的世界中时,想表达的最后一层意思。

① 关于 Proust, 见 Meldrum, "Berthollet's Doctrine of Variable Proportions", *Manchester Memoirs*, LIV(1910), 8. 测量化学组成和原子量方面的逐渐改变的详细历史尚未写出,但是 Partington 在注 22 中的书中提供了许多有用的指南。

第十一章 革命是无形的

136

我们还必须问科学革命是如何结束的。可是在这么做之前,似乎有必要最后一次尝试来增强我们对于科学革命的存在及其本质的信念。迄今为止我都以实例来展示革命,而且这种例子可以举出多到令人厌恶的地步。但是很明显,这些例子是因为其为人熟知而特意挑选出来的,而且其中大部分通常被看做只是科学知识的增加,而不是革命。这种观点能够应用于任何一个新的例子,因此继续举例或许难以令人信服。为什么革命几乎是不可见的呢?我可以提出很好的理由。科学家和普通人对创造性的科学活动的印象,都出自同一个权威性的来源。这个来源部分出于重要的功能方面的理由,系统地隐瞒了科学革命的存在和意义。只有在认识和分析了那个权威的本质后,我们才有希望使历史例证成为有效的论证。而且尽管我的论点在结论那一章才能完全展开,现在所需要的分析将会指出科学研究的诸多方面中,最能清楚地把它与其他创造性活动(也许神学除外)区别开来的那一方面。

至于这一权威性来源,我想到的主要是科学教科书以及模仿它们的普及读物和哲学著作。所有这三类书籍——直到最近,除了通过研究实践外,还没有其他任何重要的关于科学的信息来源——有一个共同点,它们专注于一组互相关联的问题、资料 and 理论,通常是专注于写书时科学共同体所承诺的那套特定范式。教科书本身旨在传达当代科学语言的词汇和语法。普及读物则企图用较为接近日常生活的语言来描述这些科学成果。

137

而科学哲学,特别是英语世界中的科学哲学,则去分析这组已经

完成的科学知识的逻辑结构。虽然对这三者更充分的认识有赖于对三者各自特色的认识,但这里我们最关心的是它们的共同点。三者全都记录着过去革命的**稳定成果**,并展示了当前的常规科学传统的基础。为了实现其功能,对于这些基础当初如何被认识、其后如何被这专业采纳的全过程,它们就没必要提供真实可靠的信息。至少就教科书而言,在这些问题上甚至有很好的理由来解释它们为什么会系统地使人误解。

在第二章我们曾注意到:对于教科书及其替代物的日益增长的依赖,总是任何一门科学中第一个范式兴起的附带现象。在本书的结论那章中,我将论证:教科书支配一门成熟科学的现象,会使这门科学的发展模式与其他领域的极为不同。让我们暂且先接受这个论点:普通人和科学家的科学知识,都来自于教科书和源自教科书的少数其他几类文献,这种情形其程度是其他领域前所未有的。然而由于教科书是使常规科学得以延续下去的教学工具,每当常规科学的语言、问题结构或标准改变时,教科书就得全部或部分重写。总之,它们在每次科学革命以后都必须重写。而且一旦重写,它们不可避免地会隐瞒革命的作用,甚至隐瞒产生了它们的这一次革命的存在。因而无论是从事研究的科学家还是教科书的一般读者,除非他亲身经历过一次革命,否则其历史感只能触及这个领域中最近一次革命的结果。

这样,教科书总是一开始就剔除科学家对他的学科的历史感,然后提供以替代物。标准的情形是:科学教科书只包含一点历史,或者放在导论中,更常见的是散见于提及早期的伟人英雄的附注中。这些附注使学生和专业人员感到他们是一个屹立已久的传统的参与者。然而,教科书中塑造的这种使科学家有参与感的传统,事实上从未存在过。为着一些明显的和功能性的理由,科学教科书(以及如此多的老的科学史著作)只会提到一部分过去科学家的工作,即那些很容易看成对书中范式问题的陈述和解答有贡献的部分。部分由于选择,部分由于歪曲,早期

科学家所研究的问题和所遵守的规则,都被刻画成与最新的科学理论和方法上的革命的产物完全相同。无怪乎在每一次科学革命之后,教科书以及它们所蕴涵的历史传统都必须重写。也无怪乎随着它们被重写,科学再一次看上去大体像是个累积性事业。

当然,并不是只有科学家这个团体,才趋向于把本学科的去,看成是朝向今天的优越地位直线发展的过程。回头重塑历史的诱惑无所不在,且历久常新。但是科学家更为重写历史的诱惑所影响,这部分是因为科学研究的成果并不太依赖于科学的历史情境,部分因为科学家的现代地位看来非常稳固,除非在危机和革命时期。无论是关于科学的现在还是过去,过多的历史细节,或是对已提出的历史细节的过多渲染,只能不适当地给人类的偏见、错误和混乱以地位。为什么要去夸耀科学以其最好、最持久的努力才得以抛弃掉的东西呢?这种对于历史事实的蔑视,深深地且功能性地植根于科学行业的意识形态中,而这个行业却赋予其他种类的事实细节以最高的价值。怀特海写道:“不敢忘记其创始者的科学是个死掉的科学”,他抓住了科学共同体的非历史精神。然而,他并不全对,因为科学像其他专门事业一样,的确需要英雄,也的确铭记着他们的名字。幸运的是,虽然不忘这些英雄,科学家却能忘记或修改他们的研究成果。

这样做的结果造成一种持续的倾向,企图使科学史看起来是直线式的或累积性的,这种倾向甚至影响到科学家回顾自己的研究。例如,道尔顿关于其化学原子论发展的三个互相矛盾的叙述,都使人觉得他很早就对那后来使他成名的化学化合比例问题感兴趣。事实上,一直到他的创造性研究近乎完成时,他才触及到那些问题及其解答。^①道尔顿的所有叙述中省略掉的

^① L.K. Nash, "The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory," *Isis*, XLVII (1956), pp. 101 - 116.

是：把一组以前局限于物理学和气象学的问题和概念，应用到化学上所产生的革命性效果。这就是道尔顿所做的，结果是化学领域重新调整了研究方向。这种重新导向教导化学家从老的数据提出新的问题，得出新的结论。

再举一例。牛顿写道：伽利略已经发现恒定的重力所产生的运动与时间的平方成正比。事实上，伽利略的运动定理当放置在牛顿的动力学概念框架中时，的确是这么一种形式。但是伽利略根本没这么说过。他对落体的讨论很少提到力，更不用说导致物体下落的一种恒定的重力了。^①把伽利略范式根本不许问的问题的答案归功于伽利略，牛顿的叙述隐藏了在科学家就运动所提出的问题和他们觉得能接受的答案中，发生的一个不大但却是革命性的重新表述的效用。但是，就是这种对问题和答案的表述的变化，而不是新奇的经验发现，才能解释动力学从亚里士多德到伽利略以及从伽利略到牛顿的转变。正是由于隐瞒了这些变化，教科书中那种把科学的发展线性化的倾向，就掩盖了一个科学发展中最有意义的插曲的核心过程。

140

上述例子展示了在每次革命的背景中重建历史的开端，这种重建通常由革命后的科学教科书加以完成。但是这种完成包含着比上述对历史曲解更多的东西。这些曲解使得革命成为无形的，而在科学教科书中对一些仍然可见的材料安排暗示了一个过程，这个过程如果真的存在过，就会否定革命的作用。因为教科书旨在使学生迅速地熟悉那些当代科学共同体认为它已知道的东西，它们就尽可能分别地、逐个相联地处理当前常规科学中的各种实验、概念、定律以及理论。就教学而言，这种表述的技巧是无可非议的。但是当它配合以科学著作中普遍的非历

^① 牛顿的话，见 Florian Cajori (ed.), *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World* (Berkeley, Calif. 1946), p. 21. 这段话应该与伽利略自己的看法比较，见他的 *Dialogues Concerning Two New Sciences*, trans. H. Crew and A. De Salvio (Evanston, ILL., 1946), pp. 154 - 176.

史气息,配合以上面讨论过的不时会出现的系统性曲解,一种非常强烈的印象就会不可抗拒地呈现出来:科学通过一连串的个别发现和发明而达到现状,这些个别事件聚集在一起就构成了现代专业知识的整体。科学教科书的这种表述暗示:从科学事业一开始,科学家就在努力追求体现在今天的范式中的特定目标。在一个通常比喻为砌砖建楼的过程中,科学家在这个当代科学教科书提供的知识总体上,一个接一个地添加上另外一件事实、一种概念、一条定律或一个理论。

141 但是科学并不是这样发展的。许多当代常规科学的谜题在最近的科学革命之前并不存在。它们几乎都不能追溯到这门科学的历史开端。早期的前辈们以他们自己的仪器、自己的解题准则去研究他们自己的问题。也不能说只是问题改变了,而是教科书范式用以符合于自然的整个事实和理论的网络都已转变了。例如,化学组成的恒定性是否是一个纯粹的经验事实,化学家在他们工作的任何一个世界中都能通过实验来发现这个事实?或者不如说它是一个新网络中的不容置疑的元素?这个由事实和理论配合而成的新结构被道尔顿用以适应整个早期的化学经验,并在这一过程中改变了这个经验。同理,恒定的力产生恒定的加速度是否只是一个动力学学者始终在寻找的单纯事实?或不如说它是一个只能首先在牛顿理论中提出的问题的解答,这一解答由牛顿理论从问题被提出以前就已存在的资料中就可做出?

这里所提出的问题,是针对教科书所表述的看似一个个逐步发现的科学事实而发的。但是显然,它们对教科书所表述的理论也有其所指。当然,那些理论的确“符合事实”,但是那只发生在把以前即有的合适资料转变为事实之后,这些事实对前一个范式根本不存在。这意味着理论也不是一点一滴地演化以符合那些始终在那儿的事实的。其实,理论及其与之相符的事实一起突现于对先前科学传统的革命性重组中,在这个传统中,科学家与自然界之间以知识为媒介的关系也不尽相同。

最后一个例子,或许可以澄清我的这一说法:即教科书的表述方式影响着我们对科学发展的印象。每一本初级化学教科书都会讨论化学元素这个概念。在介绍这个概念时,我们几乎总是把它的起源归功于17世纪的化学家罗伯特·波义耳;在他的《怀疑的化学家》一书中,留意的读者会发现一个与今天的颇为接近的“元素”定义。提及波义耳的贡献有助于使初学者知道化学并非始于磺胺药剂;此外,它告诉初学者科学家的传统工作之一就是发明这种概念。作为训练科学家的教材的一部分,这种归功于波义耳的做法非常成功。可是,它再一次例示出这种历史错误的模式,这种错误会使科学家和普通人对于科学事业的本质产生误解。

142

按照波义耳的本意,他的元素“定义”只不过是一个传统化学概念的一种意译,他不过想用之以论证并不存在化学元素这种东西。作为历史,教科书对波义耳的贡献的说法是完全错误的。^①当然,这种错误是无足轻重的,尽管它并不比其他对资料的歪曲表述更无足轻重。可是,当这种错误被结合进且构造为教科书的技术结构、并由此培育出科学形象时,它就不再是无足轻重的了。就像“时间”、“能量”、“力”或“粒子”一样,元素这一概念是教科书的组成部分,通常根本不是发明或发现的。特别是波义耳的定义,往前至少能追溯到亚里士多德,而往后则通过拉瓦锡而进入现代教科书。但这并不是说科学自古以来已经具有现代的元素概念。像波义耳那样的字面上的定义,若仅考虑它们本身则几乎没什么科学内容。它们并不是意义(如果有的话)的完整逻辑阐明,而更像是教学的辅助用具。这些定义所指向的科学概念,只有在了一本教科书或其他系统的表述中与别的科学概念、操作程序和范式应用相关联时,才得到其全部意义。由此像元素这种概念很少能独立于相关的背景而被发明出来。

^① T. S. Kuhn, “Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century”, *Isis*, XLIII (1952), pp. 26 - 29.

143

而且一旦给定,科学家就无须去发明,因为它们已在科学家的手中。波义耳和拉瓦锡都以重要的方式改变了“元素”的化学意义。但是他们并没有发明这一概念,甚至没有改变作为其定义的文字表述。正如我们所看到的,爱因斯坦也不必去发明甚或去清楚地重新定义“空间”和“时间”,以便在他的研究背景中给它们以新的意义。

那么波义耳的包括了 this 著名“定义”的那部分著作的历史作用是什么呢?波义耳是一次科学革命的领袖,通过改变“元素”与化学操作和化学理论的关系,这次革命把“元素”概念转变为与以前大为不同的工具,并在此过程中转变了化学和化学家的世界。^①为了使这个概念获得现代的形式和功能,还需要其他的革命,包括以拉瓦锡为中心的革命。但是,对这每个阶段所涉及的过程以及目前已有知识编入教科书后对这个过程的影响,波义耳都提供了一个典型的例子。在科学的诸多方面中,教学形式比其他任一方面都更能决定我们关于科学本质的形象以及发现和发明在科学进展中的作用等问题的看法。

^① Marie Boas, *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry* (Cambridge, 1958) 一书,有许多地方论述波义耳对化学元素这一概念的强化所做出的积极贡献。

第十二章 革命的解决

我们刚才讨论过的教科书只会有一次科学革命之后出现。144
它们是一个新的常规科学传统的基石。在研究教科书的结构时我们很明显地遗漏了一步。在什么样的过程中范式的新候选者替换了老的？不论是一个发现或一个理论，任何对自然的新诠释都首先浮现于一个或少数几个人的心中。是他们首先学会以不同的眼光去看科学和看这个世界；而他们这种转换眼光的能力，则得之于他们在各自专业中常人所不具备的条件。绝无例外地，他们的注意力都全部集中于那些产生危机的问题上；此外，他们通常都非常年轻，或踏入深受危机困扰的领域才不久，因此比起大部分同时代的同行而言，他们对由老范式决定的世界观和各种规则的信奉就没有那么深。但是他们怎么能做到，又必须做些什么，去转变整个学科或学科中相关的分支学科学者的看待科学和世界的方式呢？是什么促使一个团体放弃一种常规科学传统而转向另一种？

要了解这些问题的重要性，请记住：对于哲学家所探讨的已确立了的科学理论的检验、证实和否证等问题来说，上述问题是历史学家所惟一可以提供的重建。就一个从事常规科学的人而言，研究者是一个谜题的解答者，而不是一个范式的检验者。在寻找一个特定谜题的解答时，虽然他会尝试许多不同的途径，放弃那些没有产生所要求的结果的途径，但他这么做时并不是为了检验范式。毋宁说他像个弈棋者，面对一个棋局，他尝试各种不同的弈法以求解此局。这些尝试，无论是对弈者或对科学家，都只是试验他们自己的能力，而不是试验比赛规则。只有在范 145

式不受怀疑的情况下,才有可能进行这种尝试。因此,对范式的检验,只会发生在科学家总是无法解答一个重要的谜题而引起危机之后;而且即使在那时,它也只发生在危机意识已经引发出一个现有范式的竞争者之后。在各门科学中,这种检验并不像解答谜题,只涉及单一范式与自然界之间的比较。相反,范式检验是作为两个敌对范式之间为争取科学共同体的忠心而竞争的一部分而出现的。

如果仔细考察,这种说法显示出与两种当代最流行的哲学上的证实理论之间的出乎意料却又或许很有意义的类似。几乎没有科学哲学家仍在寻求证实科学理论的绝对标准。他们注意到没有一个理论可以经历所有可能的相关检验,因而不问:是否一个理论已被证实?而是问:在现已存在的证据下理论成立的概率是多少?为了回答这个问题,有个重要的学派尝试比较不同的理论解释已有证据的能力。这种坚持理论间的比较的做法同时也表示出接受一个新理论的历史情形的特征。它很可能指出了未来关于证实的讨论将采用的一个方向。

可是,概率证明理论一般而言都有赖于某种第十章已讨论过的纯粹的或中性的观察语言。有一种概率理论要求我们把现有的科学理论与所有其他能想象为符合同样观察数据的理论作比较。另一种则要求想象出所有现有的科学理论可能必须通过的实验。^①显然,为了特定(绝对的或相对的)概率的计算,某种想象的建构是必要的,但我们难以看出如何才有可能完成这种建构。正如我已经强调过的,如果不可能有科学上或经验上中性的语言体系或概念体系,那么所提议的替补检验和理论的建构就必须在某一个基于范式的传统内进行。而一旦这样限定出来,就无法去谈论所有的可能经验或可能理论。结果是概率理

① 关于概率证明理论的主要途径的简要梗概,见 Ernest Nagel, *Principles of the Theory of Probability*, vol. I, No.6 of International Encyclopedia of Unified Science, pp. 60-75.

论掩盖了证明的情形,如同它们对证明情形的说明一样。虽然正如他们所坚持的,这种情形有赖于不同理论与分布广泛的证据间的相互比较,但是引起争论的理论和观察总是与早已存在的证据密切相关。证明就像自然选择:它在一特定的历史情形中,在实际上可供选择的各种对象间挑选一个最合适的。假如还有一些其他对象也存在,那么这个选择是否仍然是最好的?假如现有的资料都是另外一种如何呢?——这些都是提了没用的问题。没有工具能用来寻求它的答案。

卡尔·R. 波普尔对整个这一问题网络已经发展出一种非常不同的途经,他根本否认任何证实程序的存在。^①相反,他强调否证的重要性,即强调这么一种检验的重要性——当其结果是否定的,科学家就必须抛弃一个已确立的理论。显然,否证的这种作用很像本书为反常经验——即引起危机并为新理论铺平道路的经验——所指派的作用。然而,反常经验并不等于否证经验。我甚至怀疑后者的存在。如我在前面已反复强调过的,没有任何理论能解答在一给定时期它所面临的所有谜题;即使已得到的解答也不常是完美的。恰好相反,正是这种理论与资料间的吻合程度的不完备和不完美,才界定出许多表征了常规科学的谜题。如果理论与数据间稍有不合即成为抛弃理论的理由,那么所有的理论在任何时候都该被抛弃。另一方面,如果只有理论与数据的严重不符才构成抛弃理论的理由,那么波普尔

147

主义者就需要某种“不可几性”或“否证程度”的标准。在制定这么一种标准时,他们几乎必然会遇到那些使各种概率或证明理论的提倡者头痛的种种困难。

前面所提到的许多困难都可以避免,如果我们认识到这两种流行的对于科学探究的内在逻辑的对立观点,都尝试把两种相当分离的过程压缩为一。波普尔的反常经验对科学非常重

^① K. R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (New York, 1959), 尤其是第1-4章。

要,因为它召唤起现有范式的竞争者。但是尽管否证确实发生,它并不随着、也不单纯因为反常的突现或否证的实例而发生。毋宁说它是一个随后而来的分离的过程,这过程也同样可称之为证实,因为它存在于一个新范式对于旧范式的胜利中。而且正是在这种证实—否证的联合过程中,概率论者的理论比较发挥了中心作用。我想这种两阶段的表述具有极大的逼真性,而且它也可以使我们着手阐明在证实过程中事实和理论的相符(或不符)所起的作用。至少对历史学家而言,说证实是确定事实与理论间的符合并没有什么意义。所有历史上有意义的理论都与事实相符,只不过程度有别。对于单一理论是否或如何好地符合于事实这类问题,并没有更准确的答案。但是当理论不止一个、甚至成对出现时,我们就可以问极为类似的问题。当问及两个现实存在且互相竞争的理论哪一个与事实更为相符时,这个问题就非常有意义。例如,虽然普利斯特列和拉瓦锡的理论都无法精确地符合已有的观察,但绝大多数同时代的化学家都用了不到十年,即断定拉瓦锡的理论与事实符合得更好。

148 可是,这种表述使得在范式之间进行选择的任务,看起来比实际上的更容易也更熟识。假如只有一组科学问题,只有一个在其中进行研究的世界以及只有一组解答它们的标准,那么范式之间的竞争也许可以通过像计算每个范式的解题数量那样的某个过程而多少是惯例式地获得解决。但是事实上,这些条件从未完全满足过。不同范式的倡导者之间总有误解存在。没有一方会认可另一方在论证中所需要的所有非经验假设。像普罗斯特和贝尔托莱关于化合物的组成之争,必定会部分是各说各的。虽然每一方都可能希望使对方接受自己的看本专业及其问题的方式,他们都不会希望去证明它。范式之间的竞争不是那种可以由证明来解决的战斗。

竞争着的范式的支持者之间,在观点上总难有完全的沟通,其理由我们也谈到过几点。总起来说这些理由已被描述为革命前与革命后的常规科学传统间的不可通约性,这里我们只需简

略地重述其要旨即可。首先,竞争着的范式的支持者对于候补范式所应解决问题的清单看法不同。他们的标准或科学的定义并不一样,是否一个运动理论必须解释物质粒子间的吸引力?还是它只要简单指出有这种吸引力存在就可以了?牛顿动力学曾遭到广泛的拒斥,因为它不像亚里士多德和笛卡儿的理论,只简单指出了引力的存在。当牛顿理论被接受后,科学因此而放弃了一个问题。然而,那个问题正是广义相对论可以骄傲地宣布已为它解决了的问题。再如,传播于19世纪的拉瓦锡化学理论,禁止化学家问为什么金属都这么相像,这一问题燃素说化学已经询问和解答过。化学界转变到拉瓦锡范式,就像物理界转变到牛顿范式一样,不仅意味着丧失了一些可以问的问题,而且也失去了已得到的它们的解答。可是,这种损失也不是永久性的。在20世纪,有关化学物质的性质问题及对它的某些解决一起,又重新进入科学。

149

然而,这种不可通约性还不仅表现在标准上。因为新范式由旧范式产生出来,所以它们通常都收编了许多传统范式以前使用过的语汇和仪器,既有概念上的也有操作上的。但是新范式很少以传统的方式去应用这些借过来的要素。在新的范式中,老的语汇、概念和实验彼此之间有一种新的关系。其不可避免的结果,是两个互相竞争的学派之间存有误解,虽然这种用词不十分恰当。那些因为空间不能是“弯曲的”而嘲笑爱因斯坦广义相对论的外行人,并不简单是不正确的或弄错了。同样,那些试图发展起欧几里得框架中的爱因斯坦理论的数学家、物理学家和哲学家也是如此。^① 空间在以前的意义上必须是平直的、均匀的、各向同性的,而且不受物质存在的影响。如果它的意义

^① 关于普通人对弯曲空间概念的反应,见 Philipp Frank, *Einstein, His Life and Times*, trans. and ed. G. Rosen and S. Kusaka (New York, 1947), pp. 142-146. 关于一些在欧几里得空间里保持广义相对论的收获的尝试,见 C. Nordmann, *Einstein and the Universe*, trans. J. McCabe (N. Y., 1922), 第九章。

不是这样,牛顿物理学就不能成立。为了转变成爱因斯坦的宇宙,以空间、时间、物质、力等等为绳线编织的整个概念网络都必须变换并用以重新网住自然。只有那些完全转变过来(或根本没有转变)的人才能准确地发现他们之间有哪些一致或不一致。革命前后的沟通必然是不完全的。再举一个例子,想想那些因为哥白尼宣称地球会运动而叫他疯子的人,他们既不是恰好错了,也不是非常错误。“地球”的意义对他们来说有一部分就是固定的位置。至少他们的地球是不能运动的。相应地,哥白尼的创新并不仅是使地球运动而已。其实,它是关于物理学和天文学的一种全新的看法,这种看法必须要改变“地球”和“运动”的意义。^①若没有这些改变,一个运动着的地球的概念就是发疯。另一方面,一旦做出并理解了这些改变,笛卡儿和惠更斯就都能认识到:地球的运动对科学而言是一个没有什么内容的问题。^②

这些例子指向了竞争着的范式的不可通约性的第三个、也是最基本的方面。就某种我无法再进一步解释的意义而言,竞争着的范式的支持者在不同的世界中从事他们的事业。一个世界包含了缓慢下降的受制约的石头,而另一个则包含重复自身运动的单摆。在一个世界中溶液是化合物,在另一个世界中则是混合物。一个世界嵌置于平直空间模型中,另一个则在弯曲空间模型中。两组在不同的世界中工作的科学家从同一点注视同一方向时,他们看到不同的东西。这并不是说他们能看到任何他们喜欢的东西。他们都在注视这个世界,而且他们所注视的东西并没有改变。但是在有些领域中他们看到不同的东西,而且他们所看到的東西彼此间的关系也不同。这就是为什么对一组科学家而言根本无法证明的定律,另一组科学家有时却认

① T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, 1957), 第三、四、七章。在什么范围内,日心说不止是一个严格的天文学问题,是贯穿全书的一个主题。

② Max Jammer, *Concept of Space* (Cambridge, Mass., 1954), pp. 118 - 124.

为直觉上很明显。同样,这也是为什么在他们希望彼此能完全沟通之前,其中一组必须经历我们称之为范式转换的变化过程。正因为它是一种不可通约物之间的转变,竞争着的范式之间的转变就不可能(借助逻辑和中性经验的推动)逐步地完成。就像格式塔转换一样,它要么必须立即整个地变(虽然不必在瞬间完成),要么就根本不变。

那么,科学家是怎么完成这种转变的呢?部分答案是:他们经常不能。在哥白尼死后近百年,哥白尼学说几乎没赢得几个信徒。《原理》一书出版后半个或多个世纪,牛顿的研究尚未被普遍接受,尤其是在欧洲大陆上。^①普里斯特列从未接受过氧气理论,开尔文勋爵也从未接受过电磁理论等等,不胜枚举。科学家自己也常常注意到这种转变的困难。达尔文在他的《物种起源》结尾处,有一段极有洞察力的话:“虽然我完全相信此书观点的真理性……,但是对于观点与我完全相反的博物学家,我并没有期望能使他们信服,他们的心目中已充满从他们的观点去观察到的事实……但是我有信心面对未来,面对那些年轻的、正在成长的博物学家,他们将能毫无偏见地去看这个问题上的两种观点。”^②而马克斯·普朗克在他的《科学自传》中回顾自己的生涯时,悲伤地谈到:“一个新的科学真理的胜利并不是靠使它的反对者信服和领悟,还不如说是因为它的反对者终于都死了,而熟悉这个新科学真理的新一代成长起来了。”^③

这些事实以及其他类似的事实都众所周知,毋需再做进一步的强调。但是它们的确需要重新评价。在过去,它们常被归

151

① I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), pp. 93 - 94.

② Charles Darwin, *On the Origin of Species* (authorized edition from 6th English ed.; New York, 1889) II, 295 - 296.

③ Max Planck, *Scientific Autobiography and Other Papers*, trans. F. Gaynor (N. Y., 1949), pp. 33 - 34.

152 因于科学家也是人,所以偶尔也会不承认自己的错误,即使是面对明确的证据。但是,我要争辩说在这些事件中,证据或错误都不是关键所在。改换所效忠的范式是一种不能被迫的改宗经历。终生抗拒——尤其是来自那些其研究生涯使得他们承诺一个较老的常规科学传统的科学家——并不是对科学标准的违背,而正是科学研究自身本性的一种标志。这种抗拒,源自于确信旧范式终将解决它的所有问题,自然界终可塞进那范式所提供的盒子之中。在革命时期,这种信念不可避免地显得很顽固,有时甚至很愚蠢。但是事情并不仅仅是这样。正是这种信念才使常规科学或解决谜题的科学成为可能。而只有通过常规科学,专业的科学共同体才能成功地首先开发旧范式潜在的应用范围和精确度,然后分离出其困难,而新范式则有可能通过研究它们而突现。

然而,说这种抗拒现象是不可避免的和正当的,说范式转变无法用证据来辩护,并不意味着任何论证都不相干,或科学家不能被说服去改变观点。科学共同体曾一再地转向新范式,尽管这种转变有时要花一代人的时间。而且,这些改宗并不与科学家也是人这个事实冲突;相反,其发生正是因为科学家也是人。虽然有些科学家,特别是那些较年长、较有经验的科学家会一直抗拒下去,大部分科学家总能以这种或那种方式被打动。每一段时间都会有些人改宗,直到最后抗拒者死光以后,整个专业又会在一个单一的新范式内工作了。因此,我们必须问改宗是如何产生的,又是如何受到抗拒的。

我们可以期望对这个问题做出何种解答呢?正因为问及有关说服的技巧、有关在没有证据的情况中的论证与反论证,我们的问题是一个新的问题,它要求一种以前没有做过的研究。我们只能限于一个非常局部的、印象性的考察。此外,我们前面的讨论结合这种考察的结果,表明当问及说服而不是证明时,科学论证的本性问题就没有单一的或不变的答案。科学家个人可以出于各种各样的理由接受新范式,而且往往同时有好几个理由。

其中有些理由完全不属于科学领域,例如太阳崇拜帮助开普勒成为一个哥白尼信徒。^①其他理由则与科学家个人特有的经历和个性有关。甚至创新者的国籍、他们已有的声望以及他们的导师有时也能起重要作用。^②所以,最后我们必须学着以不同的方式来问这个问题。那时我们关心的不再是事实上使用这个或那个科学家的改宗的论证,而是那种迟早要重组为单一团体的共同体。可是,我要把这个问题留到最后一章讨论,现在光考察在范式转变的论争中证明是最有效的某些论证。

或许新范式的信奉者所提出的一个最流行的主张是,他们能解决导致老范式陷入危机的问题。如果这一主张能合理地实现,那么它通常可能就是一个最有效的主张。在出现新范式的领域中,大家都知道遇到了麻烦。这些麻烦已一再地被研究过,而解决它的企图也一再被证明是徒劳的。那种能够明确地区别两种范式的“判断性实验”,甚至在新范式发明之前就已经认识和检验过了。所以哥白尼宣称他已经解决了日历年长度这个困扰人的老问题,牛顿声称他协调了人间和天上的两种力学,拉瓦锡认为他已解决了气体识别和重量关系的问题,而爱因斯坦则说他已使电动力学与一种修正过的运动科学相容。

如果新范式在定量方面展示出的比旧范式的更加精确,那么上述这类宣称就特别可能成功。开普勒的鲁道夫星表在定量上优越于所有从托勒密理论计算出来的星表,是使天文学家改信哥白尼理论的最主要因素。牛顿能成功地定量预言天文观测

① 关于太阳崇拜在开普勒的思想中所起的作用,见 E. A. Burt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, rev. ed. (N. Y., 1932), pp. 44 - 49.

② 关于声誉所起的作用,请看下面这个例子:瑞利勋爵在他的声誉已确立之后,曾向大英协会提交一篇关于电动力学中的一些佯谬的论文。当这篇论文最初送交时,他的名字由于疏忽而遗漏了,这篇论文一开始被看做那些专找麻烦的人写的,不予采用。稍后,当作者的名字填上后,大英协会以十分抱歉的态度接受了这篇论文(R. J. Strutt, 4th Baron Rayleigh, *John William Strutt, Third Baron Rayleigh* [N. Y., 1924], p. 228)。

现象,也许是他的理论战胜其他更合理但只能做定性说明的竞争者的最重要原因。而在本世纪,普朗克的辐射定律和玻尔的原子理论惊人的定量上的成功,很快就说服了许多物理学家去采纳它们,虽然从整个物理科学来看,这两种新理论所造成的问题比它们能够解决的要多得多。^①

但是,仅宣称能够解决引起危机的问题往往并不够,也并非总能这么正当地宣称。事实上,哥白尼的理论并不比托勒密的更精确,也没有直接导致任何历法上的改进。还有光的波动理论,在它问世后的许多年里,甚至不能像粒子理论一样成功地解决光偏振效应问题,而这问题是导致光学危机的主要原因。有时,作为非常规研究特征的不太严谨、不太受传统约束的研究,会产生一个候补范式,它最初完全无助于解决引起危机的问题。这时,支持它的证据就必须在这个领域的其他部分寻找,经常是采用各种方式得出。只要新范式在这些其他部分能够预言老范式流行时完全没有料想过的现象,便能发展出极具说服力的论证。

155 例如,哥白尼的理论建议:行星该像地球,金星该显示出位相,宇宙必然比先前所认为的要大得多。结果在他死后六十年,望远镜突然显示了月球上的山脉,金星的位相以及一大群先前没有注意到的恒星,这些观察为这新理论召来了大批的信徒,特别是在非天文学家中间。^②在波动光学的例子里,使科学家改宗的一个主要因素甚至更戏剧化。当菲涅耳证实了圆盘形阴影中心确有一白点存在时,法国对波动理论的抗拒顷刻间就可说是完全冰释了。这个白点效应甚至他自己也没有预料到,但是他先前的反对者之一泊松却曾证明,这种效应是菲涅耳理论的必

^① 关于量子理论所造成的新问题,见 F. Reiche, *The Quantum Theory* (London, 1922), 第 2、6-9 章。关于本段中的其他例子,参考本章先前的一些脚注。

^② Kuhn, 注 4 书中, pp. 219 - 225.

然的、尽管看来是很荒谬的结果。^①由于这类发现所引起的震撼,也由于新理论一开始就明显没有把它们“纳入”进来,所以这类论证特别有说服力。有的时候,即使论证的现象在能说明它的理论出现之前早已为人观察到,也能得到这种额外的说服力。例如,爱因斯坦似乎没有预料到广义相对论可以精确地解释水星近日点运动中的那个著名的反常,当确实能这么解释时,他也体验到了一次同样的胜利。^②

迄今所讨论的关于新范式的所有论证,都是基于竞争者之间解题能力的比较。对科学家来说,这些论证通常是最有意义和最具说服力的。前述范例都显示出这种论证的巨大说服力是无可置疑的。但是,这些论证无论对个人、对集体而言都不是不可抗拒的,其理由我们等会再谈。幸而,还有另一种考虑,能够使科学家弃旧迎新。通常这种考虑都没有表达得很明白清楚,不过其要点是诉诸于个人的适宜感或美感——新理论被说成比旧理论“更灵巧”、“更适宜”或“更简洁”。这种论证大概在数学上比在科学上更有效。大部分新范式的早期形态都是粗糙的。等到其美学上的吸引力得以全部展现时,科学共同体的大部分人早已为其他方式所说服。然而,美学上的考虑的重要性有时却是决定性的。虽然这种考虑往往只能吸引一部分科学家接受新理论,但新理论的最终胜利有赖于这部分人。假如不是他们因为非常个人的理由而很快地接受了它,新的范式候选者可能永远也无法充分发展到足以吸引整个科学共同体的忠诚的地步。

156

为了了解这些较为主观的、更具有美感的考虑的重要性,请

① E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, vol. I (2nd ed.; London, 1951), p. 108.

② 关于广义相对论的发展,见 *A History of the Theories of Aether and Electricity*, 第二册(1953), 151 - 180; 关于爱因斯坦对这个理论与观察到的水星近日点运动精确一致的反应,见 P. A. Schilpp (ed.), *Albert Einstein, Philosopher - Scientist* (Evanston, ILL., 1949), p. 101 所引的信件。

回忆一下范式论争所涉及的东西。当一个范式的候选者首次被提出来时,它只能解决它所面临的问题中的少数几个,而且大部分解释还远不完善。在开普勒之前,哥白尼理论几乎没有改进依赖托勒密体系所做的行星位置预测。当拉瓦锡把氧看成“空气本身”时,他的新理论完全无法解决新气体激增所提出的问题,这正是普里斯特列在他的反击中非常成功的地方。像菲涅耳的白点的例子是极为罕见的。通常说来,只有在新范式已被发展、接受和利用之后很久,看来具有决定性说服力的论证才会提出来——像傅科摆证明了地球的自转或斐索实验显示了光线在空气中的速度比水中要快。产生这类论证是常规科学工作的一部分,而且它们的作用并不是体现在范式论辩中,而是体现在革命以后的教科书中。

157 在那些教科书写成之前而范式论辩仍在进行之时,情况是很不相同的。通常新范式的反对者能够正当地宣称:即使在旧范式遇到危机的领域中,新范式也不比旧的优越。当然,某些问题新范式处理得较好,它也揭示了某些新的规律性。但是旧范式仍有可能再加以精练来面对新的挑战,就如它以前成功地应付了其他挑战一样。第谷·布拉赫以地球为中心的天文学系统以及后来的各样燃素说翻版,都是对新范式候选者的挑战的反应,而且都相当成功。^①还有,传统理论和程序的辩护者几乎总是能指出一些它的新对手尚未解决的问题,而那些问题从他们的观点看却根本不是问题。直到水的成分被发现为止,氢气的燃烧是支持燃素理论、反对拉瓦锡理论的一个强有力的论据。而且在氧气理论胜利之后,它仍然不能解释为什么从碳可以制备出可燃的气体,而燃素论者曾指出这个现象是支持他们理论

^① 关于布拉赫的体系,它同哥白尼体系在几何学上是完全等效的,见 J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler* (N. Y., 1953. 3rd ed.), pp. 359 - 371. 关于燃素理论的最后几种版本及其成功,见 J. R. Partington and D. Mckie, "Historical Studies of the Phlogiston Theory," *Annals of Science*, IV, (1939), pp. 113 - 149.

的有力论据。^①即使在引发旧范式的危机的领域,新旧范式之间的论辩有时也几乎旗鼓相当。而在危机区域之外,传统范式常常会占据决定性优势。哥白尼摧毁了关于地球运动的一种历史悠久的解释,却没有新的取代它;牛顿对于传统的重力的解释以及拉瓦锡对金属的共同性质等等,也都是这样,只有破而不能立。简言之,如果新范式的候选者一开始就必须被那些讲求实际的人只用相对的解题能力来评估的话,科学中就不会有什么重大的革命发生。如果再加上我们前面讨论过的范式的不可通约性导出的反论证,那么科学中可能就根本不会发生什么革命了。

但是范式论辩并不真的会涉及相对解题能力,虽然它们通常因为一些好的理由而以这类术语表达。其实,问题在于:究竟哪一个范式将在未来指导研究,这种研究中的许多问题是现有的竞争者还不敢夸口能完全解决的。在这些不同的从事科学的方式中必须做出选择,而在这种情况下这种选择必然是要取决于未来的前景,而不是过去的成就。那些在新范式的早期阶段就支持它的人,通常并不顾及其解题记录。他们必须对新范式有信心,相信它将会成功地解决它所面临的许多大问题,他们只知道其中的一些老范式已无法解决。做出这种选择,只能基于信念。

158

这也就是前述的危机如此重要的理由之一。没有经历过危机的科学家很少会放弃解题能力的过硬证据,而去追随那些易于被证明为且广泛被看做虚幻的东西。但是仅仅有危机还不够。对某一选定了的候选范式的信心也必须要有基础,虽然这基础不必是合理的或绝对正确的。必须有某些东西至少使得一些科学家觉得这个新提议是条正道,而有时这只有个人的和不可

^① 关于氢气提出的问题,见 J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (London, 1951, 2nd ed.) p. 134. 关于一氧化碳, 见 Kopp, *Geschichte der Chemie*, III (Braunschweig, 1845), pp. 294 - 296.

言说的美学理由才能做到。有些科学家正是因为这些理由而改变其信念,尽管其时大部分可言说的技术论据都指向其他方向。无论是哥白尼的天文学理论,还是德布罗意的物质理论,当它们首次问世时,都没有什么其他主要的吸引人的地方。即使在今天,爱因斯坦的广义相对论仍然主要是在美感上吸引人,而这种吸引力在数学领域之外,很少有人能感受得到。

这并不是说新范式的胜利最终要通过某种神秘的美感才能达到。恰恰相反,几乎没人会只为了这些理由而抛弃一个传统。那些真的这么去做的人通常会误入歧途。但是如果一个范式真的要胜利,它必须得到一批最初的支持者,这些人会去发展它以期能产生和增殖有力的论据。而且即使这些论据能够达到,它们也并非单个地起决定性作用。因为科学家是理性的人,他们中的大部分最终会为这个或那个论证所说服。但没有哪一个单独的论证能够或应该说服所有的科学家。实际的情形并不是整个团体发生改宗,而是对其信奉在专业群体中的分布,有一个日益增加的转变。

159 起初,新的范式候选者可能只有少数支持者,有时这些支持者的动机也是可疑的。然而,如果他们真有能力,他们将会改进它,探索它的可能性,并且表明:在它指导下共同体将有什么样的状况。照此发展下去,如果这个范式注定会获胜,支持它的论据的数量和说服力将会增加。于是就会有更多的科学家发生转变,对新范式的探索也会继续。逐渐地,基于这个范式的实验、仪器、论文、著作的数量都会倍增。再后来,更多的人会信服新观点的丰富性,采用这种从事常规科学的新模式,直到最后只剩下一些年长的死硬派未被转变。而即使是他们,我们也不能说他们错了。虽然历史学家总能找到几个人(例如普利斯特列)几乎不讲道理地死命抗拒下去,但是他也难以找出某一点,在这一点上这种抗拒便变成是不合逻辑的或不科学的了。他最多只能说:在整个专业共同体都已改宗后,那些继续抗拒下去的人事实上已不再是科学家了。

第十三章 通过革命而进步

至此,我已在本书篇幅允许的范围内,将对科学发展的纲要式描述和盘托出。然而,它们还不足以提供一个结论。如果这个描述真的把握住了一个科学持续进化的基本结构,那么它也同时引发了一个特别的问题:为什么上述的科学这种事业能这样稳定地一直向前迈进,而艺术、政治理论或者哲学就不是这样发展的?为什么几乎只有我们叫做科学的活动才拥有进步这份殊荣?对于这些问题,最常见的答案已为本书所否定。我们必须找出替代的答案才能结束本书。 160

我们立刻会注意到:这个问题有一部分完全是语义学的。“科学”这一名词在很大程度上是留给那些确实以明显的方式进步的领域的。这一点在经常发生的关于某门当代的社会科学是否是真正的科学之类的辩论中,表现得再清楚不过了。今天我们毫不迟疑地称之为科学的领域,在前范式时期也曾有过类似的论辩。这些论辩从头到尾,表面上都围绕这个引起争论的名词的定义。例如有些人争辩说,心理学是一门科学,因为它具有这种那种特征,其他人则反驳说,一个领域要成为一门科学,那些特征不是必要条件,也不是充分条件。往往是为这个问题投入了巨大的精力,引起了极高的激情,而局外人简直不懂是为什么。能这么依赖一个“科学”的定义吗?一个定义能告诉一个人他是否是科学家吗?果真如此,为什么自然科学家或艺术家并不为这个术语的定义而忧心忡忡呢?人们不可避免地会怀疑,争论涉及的其实是更为基本的问题。下面这些问题或许才是真正的问题:为什么我这个领域不能像比如说物理学家那样地向

161 前发展？在技术、方法或意识形态上得有怎样的改变才能使我这行也那样地进展呢？可是，这些问题却不是有一个一致同意的定义就可解决的。再者，如果可以援引自然科学的先例，那么要大家不再为这些问题烦恼，不在于终于找到一个定义之日，而在于他们对过去和目前的成就取得共识之时。例如，经济学家比起其他社会科学家，较少辩论他们的领域是否是科学这个问题，这也许是很有意义的。这是因为经济学家知道什么是科学吗？或者不如说是因为他们都同意什么是经济学？

上述命题有个逆命题。虽然后者不再是简单的语义学命题，但却有助于显示我们的科学观和进步观二者间难分难解的关联。许多世纪以来，在古代以及早期的近代欧洲，绘画被认为正是一种累积性专业。在那时，画家的目标在于描绘现象。像普里尼和瓦萨里这些艺术批评家和历史学家，那时都以崇敬的心情记录了从远近法到明暗法等一连串的发明，这些发明使得越来越完善地描绘自然成为可能。^①但是那时同样也是科学和艺术之间没有什么鸿沟的时代，尤其是在文艺复兴时代。列奥纳多只是那些能自由地出入各个后来分属不同范畴的领域的人们中的一个。^②而且，即使在这种不同领域间的持续交流停止后，“艺术”一词仍然继续用于技术和工艺，就像绘画和雕刻一样，它们也被看成是进步的。只有在美术明确地抛弃以描绘大自然为目标、并且开始重新向原始模型学习之后，我们今天认为是理所当然的那种艺术和科学之间的鸿沟，才呈现出来。即使在今天，让我再一次变换讨论的领域，我们之所以如此难以看出科学和技术之间的重大差异，部分原因必然与进步都是这两个领域的明显属性这一事实有关。

① E. H. Gombrich, *Art and Illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation* (N. Y., 1960), pp. 11 - 12.

② 同上, p. 97, 以及 Giorgio de Santillana, *The Role of Art in the Scientific Renaissance, in Critical Problems in the History of Science*, ed. M. Clagett (Madison, Wis., 1959), pp. 33 - 65.

可是,认识到我们倾向于把任何具有进步标志的领域都看做科学,只能够澄清、而不是解决我们目前的困难。问题依然存在:为什么进步会是本书所描述的科学这一以技术和目标去从事的事业中如此显著的一个特征?这个问题中包含了几个问题,我们得把它们分开来考虑。可是,这几个问题除了最后一个以外,其解决都部分依赖于我们对科学活动与科学共同体二者间的关系,采取一种与通常的相反的看法。我们必须学习去把通常当作结果的东西看做原因。只要我们能这么做,则“科学的进步”甚至于“科学的客观性”这类用语就可能显得是多余的了。事实上,我们刚才已经说明了这种多余的一个方面。一个领域取得进步是否就因为它是一门科学,抑或它是一门科学是否就因为它获得进步?

现在,我们要问为什么像常规科学那样一种事业会取得进步,并从回想它的一些最明显的特征开始。通常,一个成熟的科学共同体的成员以一个单一的范式或一组密切相关的范式作为研究的依据。不同的科学共同体很少研究相同的问题。那些例外的情形是因为不同的共同体拥有几个共同的主要范式。可是,如果我们从任何单个共同体——无论是否由科学家组成——的内部来看,成功的具有创造性的工作的结果就是进步。它不是进步还会是什么呢?例如,我们刚才注意到当艺术家以描绘大自然作为其目标时,批评家和史学家都记述了这个极为团结的群体在向其目标迈进中取得的进步。其他创造性领域也展示出同类的进步。精练教义的神学家或推敲康德道德哲学的哲学家也有助于进步,当然这种进步仅对与他们共有前提的群体而言。没有一个创造性的学派会认为有一类工作一方面是创造性的成功,另一方面却对这个群体的集体成就无所增益。就像许多人一样,如果我们怀疑许多非科学的领域中是否真正有进步,原因并非单个的学派毫无进步,而是因为那儿总是有一些竞争着的学派,而每一学派又都在不断地质问其他学派的基础。例如,那些认为哲学没有进步的人强调的是至今亚里士多德的

门徒仍然存在,而不是说亚里士多德的学说没有进步。

然而,关于有没有进步的这些怀疑在科学中也会产生。在整个前范式的时期中有许多竞争着的学派,这时除非在同一学派的范围内,否则很难找到进步的证据。在第二章中我把这个时期描述为许多个人从事科学研究的时期,但是在这一时期中他们的成果并没有组合成我们所知道的科学。还有,在革命时期,当一个领域中的基本信条再度成为争论的焦点,关于采取了这个或那个对立的范式后,有可能造成进步停止的怀疑就不断产生。那些拒绝牛顿理论的人宣称这个理论诉诸于固有的力,会使科学回到中世纪的黑暗时代。那些反对拉瓦锡化学的人坚持说:抛弃传统的化学“要素”,而支持实验室的元素,就是抛弃已获成就的化学解释,这不过是玩弄名词、逃避困难罢了。爱因斯坦、玻姆以及其他反对居主流地位的量子力学几率诠释,也源自于一种类似的、但表达得比较温和的感觉。简言之,只有在常规科学时期,进步似乎才既明显又确定。然而,在此期间,科学共同体不可能有其他方法去看待其工作的成果。

因此,关于常规科学,对进步问题的部分答案,只在于观察者的视界。科学的进步和其他领域中的进步并不是不同种的东西,但是因为大部分时间并没有竞争着的学派在质问彼此的目的和标准,这使得一个常规科学共同体的进步更容易被察觉。可是,这只是部分答案,而且并非最重要的答案。例如,我们已经注意到,一旦接受了一个共同的范式,科学共同体就无需经常去重新考察它的第一原理,其成员就能全神贯注于它所关心的现象中最细微、最隐秘之处。这确实会不可避免地增加整个团体解决新问题的效力和效率。科学中专业生活的其他方面更进一步增强了这种非常特殊的效率。

这些方面中,有一些是成熟的科学共同体与外行人和日常生活的需求独有的隔离状态造成的。这种隔离从未是完全的——我们这里讨论的是程度问题。可是,没有其他专业共同体像科学共同体那样,个人的创造性只向这一专业的其他成员提

出,也只由他们来评价。即使是最艰涩的诗人、最抽象的神学家,也远比科学家更关心外行人对他的创造性工作的赞许,虽然他可能更少关心普遍的认可。这种不同有着重要后果。正因为他只针对他的同事这个团体工作,团体的成员分享他的价值和信念,因此科学家能将单一的一套标准视为理所当然的。他无需去担心某一其他团体或学派会怎么想,从而能比那些为公认标准较少的团体工作的人,更快地解决一个又一个问题。更重要的是,科学共同体与社会的隔离,使一个科学家能把注意力集中到他有充分理由相信他能解决的问题上去。科学家不像工程师、众多的医生以及大多数神学家,无需去解决那些亟待解决的问题,也无需在没考虑到适宜的工具前就去解答。在这一方面,自然科学家与许多社会科学家之间的对比也很有启发性。社会科学家通常倾向于以达致一种解答的社会重要性作为他们选择研究课题的理由,例如种族歧视的影响,或商业景气循环的原因等,而自然科学家几乎从不这么做。这样你会期望哪个团体能以较快的速度解决问题呢?

与较大社会的隔离的效果,还由于专业科学共同体的另一个特性而得以大大强化,这一特性即共同体成员的教育培养的本性。在音乐、美术和文学中,专业人员是通过置身于其他艺术家、尤其是早期艺术家的作品之中而得到教育的。除了原作品的摘要或手册以外,教科书只起次要的作用。在历史、哲学和社会科学中,教科书就重要得多了。但是即使在这些领域中,基本的大学课程也要采用类似的原始资料选读,其中有些是这个领域的“经典著作”,有些则是写给同行看的当代的研究报告。结果是这些领域中的学生,得不断地被提醒那些他将要加入的群体中,曾有人试图去解决的五花八门的问题。甚至更为重要的是,对这些问题他经常面临着互相竞争且不可通约的解答,他最终必须自己去评估它们。

至少可把这种情形与当代自然科学做一对比。在这些领域里,学生主要依靠教科书,直到他学习的第三年或第四年才开始

自己的研究。许多科学课程甚至并不要求学生去读那些不是专门为学生写的书。少数课程的确指定了若干研究论文和专著作作为补充读物,但也只限于那些最高级的课程和那些没有教科书可用的领域里的文献。在一个科学家培养教育的最后阶段以前,教科书都系统地取代了那些使它们的写作成为可能的创造性的科学文献。出于对其范式的充分相信(正是由此使这种教育方法成为可能),很少会有科学家想去改变这种方法。例如,毕竟那些学物理的学生所需要知道的所有东西,在许多最新的教科书中都以更简洁、更精确、更有系统的形式得以重述,为什么他们还要去读牛顿、法拉第、爱因斯坦或薛定谔的著作呢?

166 虽然我并不想为这种类型的教育有时费时太多做辩护,但我们不能不注意到一般来说它是非常有效的。当然,这是一种狭隘而且僵硬的教育,也许除了正统神学之外,它比其他任何教育都更如此。但是就常规科学工作而言,就在教科书定义的传统中的解谜而言,科学家几乎可说是装备精良、训练有素的。而且他对另一种任务,即通过常规科学产生重要的危机也有充分准备。当然,危机一旦出现,科学家就并非有了同样好的准备。虽然长期的充分危机或许会反映于不再那么僵硬的教育实践中,但科学训练的设计并非为了培养那种能很容易地发现一条全新途径的人。然而一旦有人提出一个范式的新候选者——通常由一年轻人或这个领域的新手——由过去教育的僵硬性而导致的损失只会落在个人身上。即使花费一代人的时间来完成范式的转换,个人的僵硬性,与能因情况需要而从一种范式转而相信另一种范式的科学共同体之间也是相容的,特别是这种僵硬性能提供给共同体以一个敏感的指示器:有什么东西不对劲了。

因此,在正常情况下,一个科学共同体是解决它的范式所规定的问题或谜题的极为有效的工具。而解决这些问题的结果必然是进步。这些都不成问题。然而,这就更突出了科学中进步问题的第二个主要部分,所以我们现在来讨论它——通过非常规科学的进步。为什么进步也总是明显地伴随着革命而发生

呢？如果我们再一次想一想革命还能有什么别的结果，就能学到好多东西。革命以两个对立阵营之一的全面胜利而告终，这个团体会说它胜利的结果是不进步的吗？那样说简直就是承认自己错了，而对方是对的。至少对于他们来说，革命的结果必须是进步，而且他们处于优越的地位，可以使其共同体的未来成员以同样的方式去看待过去的历史。第十一章已详细地描述过完成这件事的技巧，而且我们刚刚重提过与专业科学生活密切相关的一个方面。当一个科学共同体抛弃一个过去的范式时，它也同时抛弃了具体体现这一范式的大部分书籍和论文，即不再把它们作为专业核查时的适当依据。科学教育使用的不是艺术博物馆或经典文库那一类的东西，而其结果有时会使科学家对其学科过去的观念产生重要的扭曲。比起其他创造性领域的工作者，他更会把本学科的去看成是直线地通向它现在的优越地位中的一个阶段。简言之，他把它看成进步。当他置身于此领域中时，不会有其他看法。

167

这些说法不可避免地会让人联想到，成熟的科学共同体的成员就像奥威尔《1984》一书中的典型人物一样，都是权势者重写历史的牺牲品，而且这种联想并非完全不恰当。在科学革命中有失也有得，而科学家似乎对前者特别视而不见。^①另一方面，对通过革命而进步的解释也不能就此止步。这么做就意味着在科学中有权就是正确，就是进步。这种说法如果并未隐瞒这一过程的性质以及在不同范式之间做出选择的权威的性质的话，也不算全错。如果单单只是权威，尤其是非专业性的权威作为范式论辩的仲裁者的话，那么这些辩论的结果仍然可以是革命，但绝不会是科学的革命。科学的存在本身有赖于把在范式

^① 科学史家常常会遇到以令人吃惊的形式表现出这种盲目性的例子。上他们的课的主修科学的学生，常常是他们所教的学生中最有收获的一群学生。但是他们通常是开始时最令人灰心的一群学生。因为学科学的学生“知道正确的答案”，特别困难的是要他们以一门老科学自己的概念去分析这门老科学。

168 中选择的权利授予一种特殊的共同体的成员。为了科学的生存和成长,这种共同体究竟必须多么特殊呢?这也许可由人类对于科学事业的把握是多么稀少微薄这一事实表示出来。每一种我们有记录的文明都曾拥有其技术、艺术、宗教、政治系统和法律等等。在许多种文明中,这些方面已经发展到和我们相近的水平。但是只有源于古希腊的文明所拥有的科学,才超出了最原始的发展阶段。大部分的科学知识是欧洲最近四个世纪的产物。其他的地方和时间没有出现过这种具有科学生产力的特殊共同体。

这些共同体的本质特征是什么?显然,它们需要更多的研究。在这个领域中目前只能做一些最富尝试性的概括。然而,成为一个专业科学共同体的成员的一些必要条件,应当已经是非常清楚了。例如,科学家必须关注有关大自然行为的种种问题。此外,尽管他对自然界的关注其范围可以是整体性的,但他实际研究的问题必须是关于细节的。更重要的是,令他满意的解答应当不仅仅是个人的,而必须为许多人都接受。而接受这些解答的团体不应从社会整体中随机抽出一些人组成,而是明确限定的、由科学家中的专业同行组成的共同体。科学生活中最坚定的原则之一(或许尚未见诸文字)就是在科学问题上禁止诉诸政界首脑或社会大众。承认一个具有独一无二的能力的专业共同体的存在,并接受它作为专业成就的惟一仲裁者,还具有进一步的含义。作为个人,并借助于共同的训练和经验,专业团体的成员必须被看成是游戏规则或作为明确判断的某种等价基础的惟一持有者。怀疑他们共有这种评价基础,就等于承认有不相容的科学成就的标准存在。这样一来必然会引起在科学中是否有真理的问题。

169 科学共同体所共有的这些特征,完全是从常规科学的实践中得出的,也应为常规科学所具有。这正是科学家通常被训练来从事的活动。可是,请注意,虽然只举出这一些特征,已经足以把这种共同体与所有其他专业团体区别开来。此外还应注

意,虽然这些特征源自于常规科学,它们也能说明这个团体在革命期间、尤其是范式论辩期间所做出反应的许多特点。我们已经注意到,这种团体必然会把范式转换看成进步。现在我们也认识到,这种观念在一些重要方面是自动实现的。科学共同体是一个极其有效的工具,它能使通过范式变换得以解决的问题的数量和精确度达到最高限度。

因为科学成就的单位是已解决了的问题,又因为科学共同体非常清楚哪些问题已被解决了,所以很少有科学家会轻易地被说服去采用一种新观点,而这种观点又将使许多早已解决的问题重新成为问题。必须是自然界本身首先破坏了科学家的职业安全感,使得以前的科学成就成为问题。而且即使这种情况发生了,新的候选范式也出现了,科学家仍会不愿意接受它。除非满足以下两个非常重要的条件。首先,新范式必须看来能解决一些用其他方式难以解决的著名的和广为人知的问题。其次,新范式必须能保留大部分科学通过旧范式所获取的具体解题能力。科学研究不像许多其他创造性领域,并不视新奇本身为迫切需要而去刻意追求。结果,新范式尽管很少或从未拥有旧范式的所有能力,但通常保留了许多过去成就的最具体部分,并且总能容许除此之外而附加的具体问题的解。

就此问题说了许多,并非提出解题能力是范式选择的唯一的或确定的根据。我们已经指出过不可能有那种标准的许多理由。但我想说的是:一个科学专家组成的共同体会尽其所能,使它能精确而细致地处理的资料的汇集得以持续不断地增长。在这个过程中,共同体会受到一些损失。经常有些老问题要抛弃。此外,革命常会使共同体的专业关注范围变狭窄,使它的专门化程度增加,并使它与其他科学或普通的团体间的沟通更加困难。虽然科学一定会向深度发展,但却不一定会在广度方面有所拓展。如果它确实在广度上有所拓展,那也主要是表现在科学专业的激增上,而不是表现在任何一个专业关注范围的扩大上。然而,虽然单个共同体会有这样那样的损失,这种共同体的

170

本性提供了实质性的保证：由科学所解决的问题的数量和这种问题解答的精确度都将不断增长。至少共同体的本性可以提供这样一个保证，如果真有一种方式提供这一保证的话。还能有比科学共同体的决定更好的标准吗？

上面这几节指出了方向，按此方向，我相信科学中的进步问题的一个更精致的解一定会找到。也许它们指出了科学进步并不很像我们过去所认为的那样，但是它们同时也表明：只要科学这种事业仍然存在，上述那类进步就不可避免地将以表征科学事业。在科学中并不需要其他种类的进步。更精确地说，我们可能不得不抛弃这么一种不管是明确还是含糊的想法：范式的转变使科学家和向他们学习的人越来越接近真理。

现在我们该注意到，直到前两页为止，“真理”一词在本书中只在引自弗兰西斯·培根的一句话中出现过。即使在前两页中出现，它也只是作为科学家的一个信念的来源：在科学研究中彼此冲突的规则不能共存，除非在革命时期，这时这一专业的主要任务是罢黜百家，定于一尊。本书所描述的发展过程是一个从原始开端出发的演化过程，其各个相继阶段的特征是对自然界的理解越来越详尽，越来越精致。但是，这一进化过程不朝向任何目标。这种说法一定会使读者困惑不已。我们全都深深地习惯于把科学看成是一种不断地向由自然界预先设定的某个目标接近的事业。

但是，需要有这样的目标吗？我们把科学发展看成是从某一时刻科学共同体的知识状态出发的演化过程，难道就不能说明科学的存在和它的成功吗？它确实有助于想象存在那么一种完全的、客观的、真实的对自然界的叙述，对科学成就的真正度量就是它使我们接近这个终极目标的程度吗？如果我们能学会用“按我们确实知道的去演进”取代“按我们希望知道的去演进”，许多令人烦恼的问题就会在这过程中消失。例如，在这个迷宫中的某处必定埋藏着归纳问题。

我还不能更详尽地说明这种不同的科学进展观的结果。但

是,它有助于认识到我所提议的概念上的改变,非常类似于一个世纪前西方人所经历的那一次事件。达尔文于1859年首次发表他的以自然选择为机制的进化理论时,使许多专业人员最伤脑筋的既不是物种变化的观念,也不是人可能从猿进化而来的这种想法。种种指向进化的证据,包括人的进化在内,已经累积几十年了,进化这一观念在以前就有人提出并广泛传播了。虽然进化这种观念本身确实遇到了特别是来自某些宗教团体的抵抗,但它决非达尔文主义所面临的最大困难。最大的困难来自几乎可说是达尔文独创的一个想法。所有著名的达尔文之前的进化理论——拉马克、钱伯斯、斯宾塞以及德国的自然哲学家的理论都把进化当成是一个有目的的过程。人和现代一切动植物的“理念”都被认为是从生命的最初创造起就已经有了的,或许是在上帝的心中。那个理念或蓝图为整个进化过程提供了方向和指导力量。进化发展的每一个新阶段,都是对这一原始蓝图的更完善的实现。^①

172

对于许多人来说,废除这种目的论式的进化观,是达尔文的理论中最引人注目和最难以接受的部分。^②《物种起源》不承认任何由上帝或自然所设定的目的。相反,只有在既有环境中 and 目前实存的有机体间起作用的自然选择才是逐渐而又不断地产生更复杂、更精致和更特化的有机体的机制。即使是像人的眼睛和手这样具有惊人适应性的器官——这些器官的构造以前为存在一个最高级的巧匠和预先的蓝图提供了强有力的证据——也都是一个从原始起点稳步地前进但却不朝向任何目标的过程的产物。物竞天择能产生人、高级的动物和植物的信念,是达尔文理论中最困难、也是最令人不安的方面。缺乏一个特定的目

① Loren Eiseley, *Darwin's Century: Evolution and the Men Who Discovered It* (N. Y., 1958) Chaps. ii, iv - v.

② 关于一位著名的达尔文主义者为此问题而做的斗争,有一个特别深刻的说明,见 A. Hunter, *Asa Gray, 1810 - 1888* (Cambridge, Mass. 1959), pp. 295 - 306, 355 - 383.

的,“进化”、“发展”和“进步”这些词能有什么意义呢?对许多人来说,这些词似乎突然都成了自相矛盾的东西。

把科学观念的进化与有机体的进化相提并论这么一种类比,很容易被扯得太远。但是对于这一章所讨论的问题而言,这个类比是近乎完美的。在第十二章中所描述的革命的解决过程,就是通过科学共同体的内部冲突,选择出从事未来科学活动的最适宜的道路。为常规的研究时期所间隔开的一连串革命性选择的基本成果,就是我们称为现代科学知识的那一套适应力惊人的工具。这种发展过程中的相继阶段,以精练和特化程度的增加为标志。这整个过程或许已经发生,如我们现代所设想的生物进化过程那样,而无需一设定好的目标,一种永恒不变的真,其中的科学知识发展的每一阶段,都是一个更好的范例。

读者看到这儿,恐怕禁不住会问:这样的进化过程为什么能得以进行呢?为了使科学成为可能,包括人在内的自然界必须是怎样的呢?为什么科学共同体能形成其他领域所不能达到的共识?为什么经历了一次又一次范式转变后,这种共识仍得以维持?以及为什么范式转变会无一例外地产生一个在任何意义上都比以前所知的更完善的工具呢?从一种观点看,除了第一个问题外,其余的都已答复过了。但是从另一种观点看,这些问题仍像本书开始时那样悬而未决。不仅科学共同体必然是特殊的,共同体作为其一部分的整个世界也必然具有一些十分特殊的性质。可是我们现在并不比开始时更清楚这些性质肯定是什么。然而,“这个世界必须像个什么样子,人才可能了解它”?这一问题并非本书的创造。恰恰相反,它和科学本身一样古老,而且它仍然没有解答。但是也不需要在这里解答,任何与科学的成长相容的自然观,都与这里提出的科学进化观相容。因为这种进化观也与对科学生活的仔细观察相容,我们有强有力的理由来采用它,去尝试解决那许许多多依然存在的问题。

第十四章 后记——1969

本书问世至今已近七年。^① 在这期间,批评者的反应和我自己进一步的工作,都使我对本书所讨论的一些问题的理解有所深入。我的基本观点仍未改变,但是我现在已认识到其最初的表述形式中的那些引起了不必要的困难和误解的方面。由于这些误解中有一些是我自己的,清除掉它们将使我有所进步,并为本书的改写提供基础。^② 同时,我也很高兴能有这个机会概述所需做修订之处,以回答一些重复出现的批评,并介绍我自己的思想目前正在发展的方向。^③

174

本书的几个主要困难都围绕着范式这一概念,我就从它们

① 这篇后记首先是应日本东京大学的中山茂博士的提议而写的,为的是放在他所翻译的本书日文版中。中山茂博士曾一度是我的学生,现在是我的朋友。我十分感谢他的这个提议,感谢他耐心地等待本文的完成以及他允许本文也收入英文版中。

② 对这一版我并未作系统性的改写,仅限于改正了一些印刷错误以及包括了可分离的错误的一段。其中之一在第30页到第33页,描述牛顿的《原理》一书在18世纪力学发展史中的作用。另一个在48页,有关对危机的反应。

③ 另外的有关论述可在我最近的两篇论文中找到:“Reflections on My Critics,” in Imre Lakatos and Alan Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge* (Cambridge, 1970); and “Second Thoughts on Paradigms”, in Frederick Suppe (ed.), *The Structure of Scientific Theories* (Urbana, Ill., 1970 or 1971),二者都在印刷中。我在下面引用时,将把第一篇简称为“Reflection,”把收入这篇论文的书简称为 *Growth of Knowledge*;把第二篇论文简称为“Second Thoughts”。

175 开始讨论。^①在紧接着的下面这一节中,我想先把这一概念与科学共同体的观念纠缠在一起的情形清理一下,并指出如何得以区别二者:然后讨论这种分析区别会导致的一些重要结果。其次我想考虑的是,当通过考察一个前已确定的科学共同体的成员的行为来寻求范式时,会发生些什么事。这一程序很快揭示出在本书的大部分篇幅中,“范式”一词有两种意义不同的使用方式。一方面,它代表着一个特定共同体的成员所共有的信念、价值、技术等等构成的整体。另一方面,它指谓着那个整体的一种元素,即具体的谜题解答;把它们当作模型和范例,可以取代明确的规则以作为常规科学中其他谜题解答的基础。这个词的第一种意义(可称作社会的意义)是下面第二节的主题;第三节则讨论“范式是示范性的以往成就”。

至少从哲学上说,“范式”的第二种意义是更深层的一种,我就这种意义所做的论断,是本书所引起的争论和误解的主要来源,更是我被指责为使科学成为一种主观的、非理性的事业的主要原因。这些问题将在第四、五两节讨论。前一节论证像“主观的”、“直觉的”这一类字眼不可能恰当地用于描述隐含在共有范例中的知识成分。虽然这样的知识随着规则和标准的变化重新释义后会有基本的变化,然而它们是系统的、经得住时间考验的,在某种意义上可改正的。第五节应用上述论证于不相容理论间的选择问题,并在简短的结语中极力主张:持有不可通约观点的人应被看做不同语言共同体的成员,他们之间的交流问题应分析为翻译问题。第六、七两节是本篇的结论,讨论三个问题。前一节针对本书的科学观是彻头彻尾的相对主义这个罪名。后一节开始先讨论本书中的论证是否像一些人所说的,混淆了描述模式和规范模式;结尾则简要评论了一个值得专文讨

① 关于范式的最初表述,对我的最有力的批评是 Margaret Masterman 的“*The Nature of a Paradigm*,” in *Growth of Knowledge*; and Dudley Shapere, “*The Structure of Scientific Revolutions*,” *Philosophical Review*, LXXIII (1964), 383 - 394.

论的题目:本文的主要论点能合理地应用于科学之外的领域中 176
的程度。

一 范式与共同体结构

“范式”一词在本书中出现很早,其出现方式实质上是循环的。一个范式就是一个科学共同体的成员所共有的东西,而反过来,一个科学共同体由共有一个范式的人组成。并非所有的循环性都是逻辑上错误的(我将在这篇《后记》的末尾为一个具有同样结构的论证辩护),但这一循环却是许多真实困难的根源。我们能够、也应当无须诉诸范式就界定出科学共同体;然后只要分析一个特定共同体的成员的行为就能发现范式。因此,假如我重写此书,我会一开始就探讨科学的共同体结构,这个问题近来已成为社会学研究的一个重要课题,科学史家也开始认真地对待它。初步的成果(其中许多尚未发表)表明,探讨这一问题所需要的经验技术并非无足轻重,但是有一些是现成的,其他的也一定能发展起来。^①大多数职业的科学家都能即刻回答出他们所属的共同体,并认为当代各种研究专业的分布,当然可由其成员至少大致明确的各个团体来确定。因此,这里我假定将能发现更系统地鉴定它们的方法。我将不去介绍这些初步的研究成果,而是简略地说明构成本书前几章基础的关于共同体的直观概念。这一概念现已为科学家、社会学家和许多史学家

^① W. O. Hagstrom, *The Scientific Community* (N. Y., 1965), Chaps iv and v; D. J. Price and D. de B. Beaver, "Collaboration in an Invisible College," *American Psychologist*, XXI (1966), 1011-1018; Diana Crane, "Social Structure in a Group of Scientists: A Test of the 'Invisible College' Hypothesis," *American Sociological Review*, XXXIV (1969), 335-352; N. C. Mullins, *Social Networks among Biological Scientists*, (Ph. D. diss., Harvard Univ., 1966), and "The Micro-Structure of an Invisible College: The Phage Group". (Paper delivered at an annual meeting of the American Sociological Association, Boston, 1968)

所广泛接受。

177 根据这一观点,一个科学共同体由同一个科学专业领域中的工作者组成。在一种绝大多数其他领域无法比拟的程度上,他们都经受过近似的教育和专业训练;在这个过程中,他们都钻研过同样的技术文献,并从中获取许多同样的教益。通常这种标准文献的范围标出了一个科学学科的界限,每个科学共同体一般有一个它自己的主题。在科学中、在共同体中都有学派,即以不相容的观点来探讨同一主题。但是比起其他领域,科学中的学派少得多。他们总是在竞争,而且这种竞争通常很快就结束,其结果,科学共同体的成员把自己看做、并且别人也认为他们是惟一的去追求同一组共有的目标、包括训练他们的接班人的。在这种团体中,交流相当充分,专业判断也相当一致。另一方面,由于不同的科学共同体集中于不同的主题,不同的团体之间的专业交流有时就十分吃力,并常常导致误解。如果继续下去,还可能引发重大的、难以预料的分歧。

当然,这种意义上的共同体在许多层次上都有。在含义最广的层次上,是所有自然科学家的共同体。在稍低层次上的主要科学专业团体,有物理学家、化学家、天文学家、动物学家等的共同体。就这些主要团体而言,除了其边缘性人物外,确定共同体成员的身份并不难。最高学位的学科,专业学会的成员资格,所阅读的期刊,这些通常已足以确定一个成员的身份。同样的技巧也可用以界定主要的次级团体:有机化学家以及或许其中的蛋白质化学家,固体高能物理学家,射电天文学家等等。只有在再次一级层次上才会出现经验问题。举一个现代的例子来说,你如何在一个抗菌素专家的团体公开宣布之前界定出它呢?为了这个目的,你必须借助于出席特殊的会议,了解他们的论文发表前手稿或校样的传播范围,特别是他们正式和非正式的发

178

流网络,包括在书信往来和引文脚注中发现的联系。^①我认为,至少是现代的和历史上较近期的这种工作,是可以做也会有人做的。它会产生典型的百人左右的共同体,有时人数更少,也更重要。通常单个科学家,尤其是那些最有能力的,会同时或先后属于几个这种团体。

这种共同体就是本书描述为科学知识的生产者和确认者的单位。范式是为这样的团体的成员所共有的东西。若不考虑这些共有要素的性质,本书前面所描述的科学的许多方面就根本无法理解。但是其他一些方面却可以,尽管在本书中并未独立地描述它们。因此,那些方面与本文无关,在直接讨论范式之前,我们只注意一系列涉及共同体结构的问题。

或许其中最引人注目的问题,就是我所说的一个科学领域的发展中,从前范式时期到后范式时期的转变。我在上面的第二章勾画过这种转变过程。在它发生之前,这一领域中众多学派逐鹿中原。其后,随着一些著名的科学成就的确立,学派的数目极大地减少,通常只剩下一个,接着一个更加有效的科学实践模式开始了。这一模式一般而言限于一定范围,并以解谜为己任,这就要求其成员承诺他们领域的基本观点才可以进行。

这种向着成熟转变的性质,应当得到比本书中所做的更为充分的讨论,尤其是那些涉及当代社会科学发展的讨论。为了这个目的,指出这种转变不需要(我现在认为也不应当)与首次获得一个范式相联系也许是有帮助的。所有科学共同体的成员,包括“前范式”时期的各学派,都共有那些我把它们集合起来称作“范式”的各种要素。随着这种向着成熟的转变而来的变化,不是一个范式的存在,而是它的性质。只有在这种变化之

179

^① Eugene Garfield, *The Use of Citation Data in Writing the History of Science* (Philadelphia: Institute of Scientific Information, 1964); M. M. Kessler, "Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing," *American Documentation*, XVI (1965), 223 - 233; D. J. Price "Networks of Scientific Papers," *Science*, CIL (1965), 510 - 515.

后,常规的解谜研究才有可能。因此,那些我以前用以与获取一个范式相联系的一门发展了的科学的许多属性,现在我把它们当作这样一种范式的结果。这种范式鉴定出具有挑战性的谜题,提供解谜的线索,并保证那些真正聪明的解谜者定会成功。只有那些勇于注意到自己的领域(或学派)中也有范式的人,才有可能感觉到:一些重要的东西在这种向着成熟的转变而来的变化中牺牲掉了。

第二个问题至少对历史学家更重要,它涉及本书中暗含的一种科学共同体与科学学科主题间的一一对应。这就是说,我反复表现出像“物理光学”、“电学”与“热学”等等必然指称着科学共同体,因为它们确实指称着学科的研究主题。我们的这种表达方式惟一能容许的另一种解释似乎是:所有这些学科都属于物理学共同体。然而这种学科与共同体的对应关系正如我的科学史同事已反复指出的,通常经不起认真的考察。例如,在19世纪中叶之前,并没有物理学共同体存在,它是后来由两个以前独立的共同体(数学和自然哲学)的一部分结合而形成的。在今天它已是一个单一广大的共同体的学科领域,而过去则以不同方式分布在不同共同体的领域中。而其他较为狭窄的学科,例如热学和物质理论,则早已存在并无须成为任何单一科学共同体的特殊领域。不过,常规科学和科学革命都是基于共同体的活动。为了发现和分析它们,人们必须首先澄清科学的共同体结构在历史上的变化情形。一个范式支配的首先是一群研究者而不是一个学科领域。任何对于范式指导下的研究或动摇了范式的研究所做的研究,都必须从确定从事这种研究的团体入手。

一旦以这种途径去分析科学的发展,好些曾是批评家注意焦点的困难可能就会消失。例如,许多评论家以物质理论为例,认为我过分夸大了科学家对于一个范式的效忠的一致性。他们指出直到最近那些理论仍是持续的分歧和争辩的论题。我同意他们的描述,但不认为那是什么反例。至少在1920年之前,物

质理论并非任何科学共同体的特殊领域或学科主题。相反地，它们是一些专家团体的工具。不同共同体的成员有时选择不同的工具，并且批评其他共同体所选的工具。更重要的是，物质理论并非那种任何单一共同体的成员都必须对其取得共识的论题。共识的需要取决于共同体的工作。19世纪上半叶的化学正提供了这么一个例子。虽然作为道尔顿原子理论的结果，化学共同体的几个基本工具(定比、倍比、化合重量)已成为公共财产，但在这一事件之后，化学家仍很有可能利用这些工具做研究，而不同意原子的存在，有时态度还非常激烈。

我相信一些其他困难和误解会以同样的方式消解掉。部分由于我所选的例子，也部分由于我对相关的共同体的性质和大小未交待清楚，有一些读者推断我的重点主要或完全在与哥白尼、牛顿、达尔文或爱因斯坦有关的较重要的革命上。然而，对共同体结构的一个更清楚的勾画，应当有助于强化我试图创造的一种大为不同的印象。对我来说，革命是一种特殊的、涉及团体承诺的某种重建的转变。但是它不必是一个大的转变，对于单一共同体之外的人而言，它也不必似乎有革命性，这种共同体或许只有不到25人。正因为这种类型的转变(在科学哲学文献中未被注意到或讨论过)在这种较小的规模上如此经常地发生，以致作为与累积性变化相对立的革命性转变才如此迫切地需要加以理解。

181

与前面的修正关系密切的最后一个修正，也许有助于促进这种理解。许多批评者怀疑危机——共同察觉到有些事不对劲——是否像我暗示的那样总是出现在革命之前。然而我的论证并不依赖“危机是革命的一个绝对必要的条件”这一前提；危机只需要作为通常的前奏，即提供一种自我矫正的机制，以保证常规科学的严密性不会永远不受挑战。革命也可由其他途径引发，尽管我认为这种例子极少。此外，我现在要指出缺乏对于共同体结构的适当讨论，模糊了我的下述观点：危机并非必须由经历它们、并且有时还承受作为其结果的革命的共同体的研究工

作来引发。像电子显微镜这样的新仪器或麦克斯韦理论这种新定律,都可能在某个专业中发展起来,却在另一个同化了它们的领域中造成危机。

二 范式是团体承诺的集合

182 现在转而来谈范式,我们要问范式可能是什么。这是本书中遗留下的最不清晰也是最重要的问题。一位持赞同态度的读者(她与我同样相信“范式”代表了本书中最重要的哲学成分)整理出一份不完全的分析索引,并肯定这个词在本书中至少有二十二种用法。^① 我现在认为,这些用法的主要差异是由于文笔上的不一致(例如牛顿定律有时是一个范式,有时是一个范式的一部分,有是又是范式性的),要消除它们并不困难。但是在这种编辑加工之后,这个词仍有两种非常不同的用法,必须把它们区分开。其中含义较广的用法在本节讨论,另一种用法则在下节分析。

我们用刚才谈过的方法确定了一个专家组成的特殊共同体后,人们通常或许会问:这个共同体的成员究竟共有哪些东西,足以解释他们彼此间专业交流的比较充分和专业判断的颇为一致? 对于这个问题,我在原书中提供的答案是:一个范式或一套范式。但是范式的这种用法与下面讨论的用法不同,这个词是不适当的。科学家自己会说他们共有一个理论或一组理论,如果这个词最终能在这一意义上来重新理解,我会很高兴。然而,在当今科学哲学的用法中“理论”一词所意指的结构,在其性质和范围上都远比这儿所需要的要狭窄。在范式能摆脱其眼下的含义之前,为避免混淆我宁愿用另一个词。这个词我建议用:“学科基质”(disciplinary matrix):用“学科”一词是因为它指称一个专门学科的工作者所共有的财产;用“基质”一词是因为它由

① Masterman, 前引书。

各种各样的有序元素组成,每个元素都需要进一步界定。所有或大部分我在原书中当作范式、范式的一部分或具有范式性的团体的承诺对象,都是学科基质的组成成分,并因而形成一个整体而共同起作用。不过,我不再把它们当作一个整体来讨论。我也不会在这儿开列一份其成分的详尽清单,但是指出学科基质的主要成分种类,既可以澄清我目前研究途径的性质,也可同时为我下一个主要论点铺路。

一种重要的成分我称之为“符号概括”,我用这一名称来指那些团体成员能无异议也不加怀疑地使用的公式,它们都很容易用 $(x)(y)(z)\varphi(x,y,z)$ 之类的逻辑形式来表达。它们都是学科基质中的形式的或易于形式化的成分。有时它们以符号形式出现: $f = ma$ 或 $I = V/R$ 。其余的则通常以文字表述,如:“元素以固定的重量比例相结合”,或“作用等于反作用”。如果像这样的公式不能为大家普遍接受的话,团体成员在他们的解谜事业中,就找不到得以施展其数学和逻辑操作的强有力技巧的立足点。虽然分类学的例子使人们觉得常规科学不用这种公式也能进行,但极为普遍的是,一门科学的力量看来随着其研究者所能使用的符号概括的数量的增加而增强。

183

这些概括看起来像是自然定律,但其作用对团体成员而言却常常不仅如此。有时它就是自然定律,例如焦耳—楞次定律, $H = RI^2$ 。发现这个定律时,共同体成员已知H、R、I代表什么,这些概括只是告诉他们以前所不知道的关于热、电流、电阻行为的某些事情。但是更常见的,正如本书前面的讨论所指出的,符号概括同时还有第二种作用,科学哲学家在分析中通常都单独讨论它。像 $f = ma$ 或 $I = V/R$ 这种概括,一方面是定律,另一方面是式子中某些符号的定义。而且,它们的这种不可分离的合法功能和定义功能之间的平衡关系,也会随着时间变化。我将在另一种条件下再详细分析这些论点,因为对一个定律的承诺与对一个定义的承诺,其性质大不相同。定律是经常可以一点点修正的,但是定义作为同义反复则不能。例如,接受欧姆定

律的条件的一部分,是对“电流”和“电阻”重新定义;假如这些词仍代表它们过去的意思,欧姆定律就不对了;这就是它会受到极力反对、而焦耳—楞次定律不会的原因。^①或许这种情形是典型的。我现在猜想所有的革命都无不涉及放弃这样一部分概括,即它们的功能先前的某个方面是一种同义反复。爱因斯坦究竟是表明了同时性是相对的,还是改变了同时性这一概念本身?那些认为“同时性的相对性”这一说法是悖论的人真的就错了吗?

下面我们来讨论学科基质的第二种成分,我在原书中对这种我称之为“形而上学范式”或“范式的形而上学部分”的成分已谈过许多。在我心目中它指的是下述这一类共同体成员共同承诺的信念:热是物体构成部分的动能;所有可感知的现象都是中性原子在虚空中相互作用的结果,或是由于物质和力,或是由于场效应,等等。要是我现在重写本书的话,我会把这种承诺描述为相信特定的模型,我也会把模型的范畴扩展到包括那些颇有启发性的种类:电路可以看做一个稳态流体动力学系统;气体分子的行为像是随机运动中的微小的有弹性的弹子球。虽然团体的承诺程度差别很大,但这种承诺的结果也非同小可;模型的类型尽管从启发式的到本体论的多种多样,却都具有类似的功能。例如,它们供给研究团体以偏爱的或允许的类比和比喻,从而有助于决定什么能被接受为一个解释和一个谜题的解答;反过来,它们也有助于决定未解决谜题的清单并评估其中每个的重要性。然而请注意,科学共同体的成员也许并不必须共有这些模型,甚至连启发性也不需要,虽然他们通常都是这样做的。我曾指出过19世纪上半叶化学共同体的成员并不一定要相信原子

^① 对这一事件的重要部分,见 T. M. Brown, “The Electric Current in Early Nineteenth-Century French Physics,” *Historical Studies in the Physical Sciences*, I (1969), 61-103, and Morton Schagrin, “Resistance to Ohm’s Law,” *American Journal of Physics*, XXI (1963), 536-547.

的存在。

学科基质中的第三种成分,我在这里把它们描述为价值。通常它们比符号概括和模型更能为不同的共同体所广泛共有,而且它们在使全体自然科学家觉得他们同属一个共同体上起了很大作用。尽管它们始终在起作用,但是当在一个特定共同体的成员必须查明危机之所在时,或后来必须在不相容的从事研究的方式之间做选择时,则愈发显得重要。或许最牢固地持有的价值与预言有关:预言应当是精确的;定量预言比定性的更受欢迎;无论能允许的预言误差的限度如何,它应当始终能满足一个特定领域的要求等等。不过,也有一些价值是用以评价整个理论的:首先也是最重要的,它们必须允许谜题表达和谜题的解;只要可能,理论应当是简单的、自洽的、似然的、与当时采用的其他理论相容的(我现在认为本书在讨论危机的起源和影响理论选择的因素时,几乎没有考虑内部一致性和外部一致性这些价值,是一大弱点)。当然也有其他种类的价值,例如科学应当(或不必要)具有社会效益,不过前面所做的讨论已足以表明我所想说的东西了。

185

然而,共有价值有一个方面确实值得我们特别注意。比起学科基质中的其他成分来,价值可能由共有它们的人做极为不同的应用。在一个特定团体中,对于精确度的判断相对而言(尽管不是完全)不会随时间流逝或个人因素而有多大变化。但是对于简单性、一致性、可信性等等的判断,则往往因不同的人而差异很大。对于爱因斯坦而言,旧量子论中的一个不能容忍的不一致性,使常规科学研究不可能进行,但对玻尔和其他人来说,这不过是一个可望以常规方法解决的困难。甚至更为重要的是,在必须应用价值的情形中,若分别考虑不同的价值,经常会导致不同的选择。一个理论可能比其他理论较为精确,但在一致性或可信性方面却稍逊一筹,旧量子论就是一例。简言之,尽管科学家广泛地共有一些价值,尽管对这些价值的承诺深深地植根于科学中并成为其构成要素,但是价值的应用,却有时受

到那些使团体成员得以区别的科学家的个性和经历等特征的极大影响。

186 对于前面这些章节的许多读者而言,共有价值在运作上的这个特征,似乎是我的立场的一个主要弱点。由于我坚持科学家所共有的东西并不足以使他们对像在竞争着的理论中做选择或在一般的反常和引起危机的反常间做区分这种事情上获得一致的见解,所以我有时被指责为推崇主观性甚至非理性。^①但是这种反应忽略了价值判断在任何领域所显示出的两个特征。第一,即使团体成员并不都以相同方式应用共有价值,它们仍然是团体行为的重要决定因素(如果不是这样的话,就不会有关于价值理论或美学的特殊哲学问题了)。在表现作为首要价值的年代里,人们画的画并不都一样,但是当这个价值被丢弃后,造型艺术的发展模式则起了极大的变化。^②请想象一下在科学中如果一致性不再是一个首要的价值,将会发生什么。第二,个人的差异性在应用共有价值时,可能对科学起着必不可少的作用。必须用到价值之点,也总是必须冒险之处。大部分反常现象能用常规方法解决;大多数对新理论的设想结果也都证明是错的。如果共同体的全部成员把每个反常都当作危机的起源,或去接受同事提出的每个新理论,科学也就终结了。另一方面,如果没人愿冒着很大的风险去对反常现象或带着新标记的理论做出反应,也就很少或干脆不会有革命了。在这一类事情中,凭借共有价值而不是共有规则作为支配个人选择的依据,或许这正是共同体用以分散风险并保证其事业长期成功的途径。

现在来谈学科基质中的第四种要素,它并非其中的最后一

① 特别是见: Dudley Shapere, "Meaning and Scientific Change," in *Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, The University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, III (Pittsburgh, 1966), 41 - 85; Israel Scheffler, *Science and Subjectivity* (New York, 1967); 及 *Growth of Knowledge* 一书中 Sir Karl Popper 与 Imre Lakatos 的论文。

② 见上面第十三章开头的讨论。

种,但却是我这儿所要讨论的最后一种。对它而言,“范式”一词是完全恰当的,无论是在哲学上,还是在发生学意义上;这也是团体的共有承诺的成分中促使我选择“范式”一词来描述的首要因素。然而,由于范式一词已有自己特定的用法,这里我用“范例”来取代它。我所谓的范例,首先指的是学生们在他们的科学教育一开始就遇到的具体的问题解答,包括在实验室里、在考试中或在科学教科书每章结束时遇到的。此外,这些共有范例至少还得加上某些在期刊文献中常见的技术性问题的解答,这些文献为科学家在毕业后的研究生涯中所必读,并通过实验示范他们的研究应怎么做。比起学科基质中的其他种成分,各组范例之间的不同更能提供给共同体以科学的精细结构。例如,所有物理学家都从学习同样的范例开始:如斜面、圆锥摆、开普勒轨道这样的问题;以及像游标尺、量热器、惠斯登电桥这样的仪器。但是随着他们训练的展开,会逐步用不同的范例来说明他们共有的符号概括。虽然固体物理学家和场论物理学家都共有薛定谔方程,但对这两组物理学家来说,只有这个方程最基本的应用案例是共同的。

187

三 范式是共有的范例

范式是共有的范例,这是我现在认为本书中最有新意而最不为人所理解的那些方面中的核心内容。因此,比起专业基质中的其他成分,我们应当更注重范例的讨论。一般来说,科学哲学家并不讨论一个学生在实验室里或在教科书中遇到的问题,因为这些问题被认作不过是供学生去练习应用他们所学到的东西。也就是说除非学生先学会理论及若干应用它的规则,否则他根本不会解题。科学知识蕴涵在理论和规则中;问题被用以熟悉其应用。然而,我已试图论证对于科学认知内容的这种定位是错误的。学生在做完许多习题后,再多做一些或许只能增加其熟练性。但在一开始及稍后一些时间里,做习题是在学习

188

关于自然界的重要东西。没有这样的范例,他前面所学过的定律和理论就没有什么经验内容。

为了说明我的想法,再简略地回顾一下符号概括。牛顿第二定律是一个广为人们所共有的范例,通常写作 $f = ma$ 。比如说当社会学家或是语言学家发现一个特定共同体的成员都毫不置疑地表达和接受其相应的表达式时,若不做更多的研究,就不可能进一步了解这个表达式及其中各项的意义,不可能了解这个共同体的科学家如何用这个表达式与自然界相联系。确实,仅他们无异议地接受它,并用之为逻辑和数学操作的起点这一事实本身,并不意味着他们对其意义及应用等问题都意见一致。当然,他们的确在很大程度上意见一致,或者这种一致能在其后的交流中很快达成,但是人们或许正是要问在哪一点上,用什么方法来交流并达到一致? 面对一个特定的实验情形,他们是如何学会挑出相关的力、质量和加速度的?

在实践中,尽管这些方面很少或从未被人注意到,学生所必须学的甚至比这些还要复杂。问题并非仅直接对 $f = ma$ 进行逻辑和数学的操作。这一表达式对于考察是一个定律概略,或定律框架。当学生或研究中的科学家从一个问题情形转向另一个时,操作对之进行的符号概括也改变了。对自由落体问题, $f = ma$ 成了 $mg = m \frac{d^2s}{dt^2}$; 对单摆,它成了 $mg \sin Q = -ml \frac{d^2Q}{dt^2}$; 对一

对相互作用的简谐振子,它变成两个方程,其中第一个写作

$$189 \quad m_1 \frac{d^2s_1}{dt^2} + k_1s_1 = k_2(s_2 - s_1 + d);$$

对更复杂的情形,如陀螺仪等,它又采用了其他形式,其与 $f = ma$ 的家族相似性更加难以察觉。然而,学生在学习从各种前所未见的物理情形中鉴别出力、质量和加速度的同时,也学会了设计出 $f = ma$ 的适当形式将这些物理量相联系,而这种形式通常与他以前遇到过的不一样。他怎么学会这么做呢?

一个为学科学的学生和科学史家都熟悉的现象,提供了这

个问题的线索。学生们常会说他们已精通了教科书中的一章，并完全理解了它，但对解答章末的一些习题仍感吃力。一般而言，这种困难也以同样方式被克服。学生在教师的帮助下，或独立地会发现一种方式，把他的问题看做像是一个他已遇到过的问题。通过这种相似性，抓住了两个或更多的问题间的类似，他就能用以前证明为有效的方式，把符号联系起来并使之与自然界相对应。像 $f = ma$ 这样的定律概略，其作用像是一个工具，告知学生应寻找什么样的相似性，并运用什么样的格式塔去看这一情形。最后所获得的在各种情形中看出其中彼此相似之处的能力（例如都是 $f = ma$ 或其他符号概括的对象），我认为是学生做范例习题的主要收获，不管这些练习是用纸笔做的，还是在设备完善的实验室里做的。在完成一定数量的这种（彼此间可能差异很大）练习后，他就能像其专家团体中的其他成员一样，用一个处于同一个格式塔中的科学家的眼光，去观察所遇到的情形。对他来说，它们已不再是训练之初遇到时的那种情形，同时他自己也练就了一种久经考验并为团体认可的观察方式。

获取相似关系的作用，在科学史中也表现得很清楚。科学家通过模仿以往的谜题解答来解谜，常常很少求助于符号概括。伽利略发现一个球滚下斜面后，获得的速度正好使它得以滚上另一具有任意斜率的斜面上的同样高度，并学会把这种实验情形看做与带有点质量摆锤的单摆相类似。其后惠更斯解决了物理摆的摆动中心问题，他想象物理摆伸展开的形体由伽利略点摆锤组成，点摆间的约束能在摆动中的任一瞬间松开。一旦约束松开，每一点摆都将能自由摆动，而所有点摆都达其最高点时，其集合的引力中心会像伽利略单摆一样，仅上升至这一广延体的重心开始下降的位置。最后，丹尼尔·伯努利发现了使来自小孔的水流类似于惠更斯的单摆的方法。先确定水槽和喷嘴中水的引力重心的在一无限小时间间隔中的下降，再想象流出的水粒子然后以这一间隔中获得的速度，分别上升到所能达到的最高点。这些水粒子重心的上升速度，必须等于水槽和喷嘴中

的重心的下降速度。按照这样的观点,长期困扰人们的流出速率问题就迎刃而解了。^①

191 这个事例,应有助于读者开始理解我上述说法的意思,即学会从不同的问题中看出彼此间相似的情形,并将其看做同一科学定律或定律概略的应用对象。同时,它也应能表明为什么我认为我们关于自然界的重要知识得自于学习相似的过程,并因而蕴涵在观察物理情形的方式中,而不是在规则或定律中。这个例子中的三个问题都是18世纪力学家的范例,只用了一条自然定律,即所谓的“对等原理”,通常表达为:“实存的下降等于潜在的上升。”伯努利对它的运用应能显示出它是多么的重要。然而仅就这个定律的字面表述本身而言,它实际上并不重要。把它交给一个当代的物理系学生,他知道这些词语,也能做这些问题,但是现在采用的是不同的方法。再想象一下这些词句对于一个熟知其文字却完全不知其问题的人意味着什么。对他而言,只有在认识到“实存的下降”和“潜在的上升”是自然界的成分后,这一概括才能起作用,也就是说在学习这一定律之前,先得知道自然界中确实呈现或不呈现的有关情形。这种学习并不完全依赖文字媒介,而是文字表述与具体应用实例结合在一起;自然界与文字是共同学会的。再一次借用迈克尔·波兰尼的有用的术语,这一过程中所得到的是“意会知识”(tacit knowledge),它只能得之于科学实践,而不是纸上谈兵。

^① 例如,见 Rene' Dugas, *A History of Mechanics*, trans. J. R. Maddox (Neuchâtel, 1955), pp. 135 - 136, 186 - 193, and Daniel Bernoulli, *Hydrodynamic, sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus academicum* (Strasbourg, 1738) sec. iii. 18世纪上半叶,力学通过模仿前人的问题解答而进步的情形,见 Clifford Truesdell, "Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's *Principia*," *Texas Quarterly*, X (1967), 238 - 258.

四 意会知识与直觉

我提到意会知识,同时又拒绝规则,这就引出了另一个问题,正是这一问题困扰着我的许多批评者,并似乎成为指责我推崇主观性和非理性的凭据。有些读者觉得,我试图使科学依赖于一种不可分析的个人直觉,而不是逻辑和定律。但是这种诠释在两个基本方面有所误解。其一,即使我确实谈的是直觉,那也并非个人的直觉,而是一个成功的团体成员们所共同拥有的经过考验的直觉;新手们通过训练以获取它们,作为加入团体的准备工作的一部分。其二,这些直觉并非原则上不可分析的。相反,我设计了一个电脑程序实验,正在研究它们在一个基本层次上的性质。

192

这里我不想多谈那个程序,^①但仅仅提到这一点就足以显示我最基本的观点。当我说到蕴涵于共有范例中的知识时,我并非指一种比蕴涵于规则、定律或鉴别标准中的知识在系统性和可分析性方面差些的认知模式。我想说的是如果人们认为能从范例中抽象出规则,并用以取代其作用,然后用规则重建一种认知方式,那就曲解了我的意思。或者换个说法,当我说从范例中获取认出特定情形是否类似于以前见过的其他情形的能力时,我并非指这种过程完全不可能用神经一大脑机制加以解释。我所主张的是这种解释就其本性而言,并不回答“对什么而言是类似的”这类问题。这种问题要求一个规则,在这个例子中则要求一个标准据以对特定情形分类,得出相似性集合。而我所坚持的,就是在这个例子中应抵制那种寻求标准(或至少是一完备集)的欲望。然而,我所反对的并不是系统,而是一种特定类型的系统。

为了指出这一问题的实质,我得暂时离开主题。下面所说

^① “Second Thoughts”一文中有一些关于这个论题的资料。

的现在对我而言是十分明白的,但是我在原书中经常借用的像“世界改变了”这样的句子,提示出人们对此并非总是明白无误的。如果两个人站在同一个地点并注视同一个方向,我们即使冒着唯我论的风险,也必然推断他们受到几乎相同的刺激(要是两人能使他们的眼睛处于同一个位置,刺激将会是同一的)。但是人们看不见刺激;我们对于它们的知识是高度理论性的和抽象的。另一方面,人们拥有感觉,而且我们不必去假定两个观察者的感觉是同样的(怀疑者或许还记得在1794年约翰·道尔顿描述了色盲之前,没有人注意过它)。相反地,许多神经过程发生在受到刺激和意识到感觉之间。我们所确知的是:极为不同的刺激能产生相同的感受;同样的刺激能产生极不相同的感受;最后,由刺激到感受的途径部分地为教育所制约。在不同社会里培育出的人在某些场合,像是看到了不同的事物。如果我们不再试图鉴定刺激和感受间的一一对应,我们或许会认识到他们事实上确实看到了不同的事物。

现在请注意有两个团体,它们的成员在受到同样的刺激时有两种系统的不同的感受,在某种意义上它们确实生活在不同的世界里。我们假定刺激的存在以解释我们对世界的感知,我们又假定它们的不变性以避免个人的和社会的唯我论。对于这二者我都毫无保留。但是我们的世界里首先充满了的不是刺激,而是我们感受的对象,它们对于不同的个人或不同的团体则不必相同。当然,就那些个人属于同一个团体,因而共有教育、语言、经验和文化而言,我们有很好的理由假定他们的感受是相同的。否则我们如何解释他们彼此间交流的充分性以及他们对环境的反应在行为上的共同性?他们必然以几乎相同的方式看待事物和处理刺激。但是不同团体的分化和特化,使我们无法找到类似的(共同性)证据以支持感受的不变性。我怀疑,使我们做出从刺激到感受的途径,对所有不同团体成员都一样这种假定的,仅仅是一种狭隘心理。

现在再回到范例和规则,我一直试图指出的(尽管以一种初

步方式)是这一点。无论是整个共同体文化或其中的一个次级专家共同体,这种团体的成员据以学会在遇到同样刺激时看到同样东西的基本技术之一,就是被各种情形的实例所示范,这一团体的先辈们已学会把其中一些看做彼此相似的,并与其他情形相区别。这些相似的情形也许是同一个人的相继的感官印象,例如是母亲的印象,并最终在视觉上被确认了其特征身份,以区别于父亲或姐姐。它们也可能是自然家族的成员的表象,例如天鹅的形象和鹅的形象。或者对于较特殊的团体成员来说,它们还可能是牛顿情形的实例,即它们的相似之处在于都受符号公式 $f = ma$ 的支配,而不同于那些(比如说)应用光学定律的情形。

现在假定情况确实如此,那么我们应当说从范例中所获得的是规则及其应用它们的能力吗?这种描述是很诱人的,因为我们把一个情形看做类似于我们以前遇到过的一些情境,这必然是完全由物理和化学定律支配的神经过程的结果。在这个意义上,一旦我们学会这么做,认出相似性这一过程必然和我们心脏的跳动一样有系统。但是正是这一比喻也暗示了这种认出过程也可能是不由自主的,一种我们无法控制的过程。如果这样,那么我们就不能适当地把它想象为可以运用规则 and 标准去操纵的事情了。当我们用规则 and 标准去谈论它,那意味着我们还有选择的可能,例如我们可以不遵守某条规则,或误用一个标准,或试验用其他看待事物的方式。^①而这些正是我认为我们在这过程中做不到的事。

或者更准确地说,这些事直到我们有了感觉、感知到某个东西之后,我们才做得到。而在有了感觉之后,我们确实经常寻找

^① 假如所有的定律都像牛顿定律一样,所有的规则都像(基督教)十诫一样,这一点或许就不能这么说了。在那种情况下“违背一条定律”将毫无意义,而反对一条规则也不意味着一个不受定律支配的过程。不幸的是,交通法规(traffic laws)和类似的立法产物是可以违反的,因此很容易造成混淆[这是英文中对定律(law)和法规(rule)的混用造成的。——译注]

195 标准并应用它们,也确实可能去致力于诠释,这是一个深思熟虑的过程,我们通过它来做出选择,但并不在感知过程本身中做选择。例如,也许我们刚看到的某事有些古怪(请回想反常扑克牌)。一转弯,我们看到妈妈进了一家城镇商店,而这时我们认为她在家里。对刚才所见到的情形稍加思索,我们猛然醒悟,“那不是妈妈,因为她的头发是红色的!”当进了这商店,再看见这个妇女,我们会惊讶怎么把她当作妈妈。又如,也许我们看见一只正在浅池的水底觅食的水鸟尾部的羽毛,这是一只天鹅还是一只鹅?我们会思索我们之所见,并在心目中将这尾部羽毛与以前所见过的天鹅和鹅的相比较。再如,或许我们是初级的科学家,只想知道一个我们已能容易地辨认的自然家族或其成员的某种普遍特征(例如天鹅的白颜色)。我们也思索我们先前所感知的东西,去寻找这一特定家族成员所共有的特征。

这些都是审慎思考的过程,在这些过程中我们确实在寻找和应用标准和规则,亦即我们去试图诠释已获得的感觉,去分析对我们已是既有的东西。不论我们如何去做,这些过程最终必然涉及神经过程,因而为物理—化学定律所支配,正是同样的这些定律一方面支配着感知,另一方面又支配着我们的心跳。但是在这三个事例中系统都遵从同样的定律这一事实,并不足以使我们假定:我们的神经系统已被编制好以同样的方式在诠释、感知和心跳过程中运作。因此,我在本书中始终反对的,是一种始自笛卡儿的传统即试图如同在感知之后的做法一样,把感知过程本身也当作一个诠释过程来分析,不过是以一种无意识的诠释形式。

当然,我们之所以强调感知的完整性,是因为有大量的既往经验隐含在把刺激转化为感觉的神经系统中。一种适当编制好的感知机制具有生存价值。我们说不同团体的成员面对同样的刺激可能有不同的感知,但这并不意味着他们可以有任意的感知。在许多环境中,一个团体若不能区分狼和狗的话就不能生存。在今天,一个核物理学家团体若不能辨识出粒子和电子的

轨迹,也就不成其为科学家。正因为只有如此少的观察方式适应了需要,那些经历了团体应用的考验的方式,才值得一代又一代地传下去。同样,也正因为它们的既往成功,使它们得以为历史所选择,我们必须谈一谈隐含在刺激—感觉途径中的关于自然界的经验和知识。 196

或许“知识”是个错误的词语,但是我们有理由使用它。那些隐含在把刺激转化为感觉的神经过程中的东西,具有下述特征:它通过教育来传递;在一个团体当前的环境中,经过试验,发现它比其以前的竞争者更有效;最后,通过进一步的教育,发现它不适应环境时,它也会发生变化。这些都是知识的特征,也解释了我为什么要用这个词。但这是一种奇异的用法,因为它忽略了这些东西的另一个特征。我们没有直接的通道去分析我们知道的究竟是什么,没有规则或概括能用以表述这种知识。规则所能提供的通道只涉及刺激,而不能触及感觉。我们通过精心建构的理论来理解刺激,但对隐含在刺激—感觉途径中的知识,由于没有这种通道去分析,只能是可意会而不可言传的。

虽然上述讨论显然只是初步的看法,在细节上也并非完全无误,但我有关感觉的观点却是紧扣其词语本义的。至少它是一个关于视觉的假说,应加以实验研究,即使或许还不能直接核查。但是像在这儿这样谈论看和感觉,像在本书中一样,也起着隐喻的作用。我们并没有看见电子,而只看到它在云室中的轨迹或蒸汽泡。我们根本没看见电流,而只看到安培计或电流计上的指针。而在本书中,特别是在第十章中,我反复地表现出似乎我们确实感知到像电流、电子和场这类理论实体,似乎我们从范例的考察中已学会感知它们,似乎在这些事例中用谈论标准和诠释来取代谈论看起来也是错误的。从“看见”转换到像这些情境,这个隐喻并不足以为这些主张提供论据。它迟早要被消 197
除掉,而代之以更贴切词义的谈论模式。

上面提及的电脑程序已开始指出这么做的办法,但篇幅和

我目前所了解的度都不允许我在这儿消除这一隐喻。^①相反,我将试图暂时保护它。看到水滴或数字标示盘上的指针,对不认识云室和安培计的人而言,是一个原始的感知经验。因而在得出关于电子或电流的结论之前,这个经验需要思索、分析和诠释(或外界权威的介入)。但对那些学过这些仪器并有许多操作它们的范例经验的人,情况就大不相同了,相应地,他对来自这些仪器的刺激的处理方式也就不同。对一个寒冬的下午他呼吸中的水气,他的感觉或许与常人没什么两样,但是在观看云室时,他看见(这里指字面意义)的不是水滴,而是电子、粒子等等的轨迹。如果你愿意,这些轨迹被他诠释为相应的粒子出现的标志的标准,但是他得出结论所经历的途径,比起把它诠释成水滴的人来既要短些,也不相同。

198 再比如,想想那些正查看安培计读数的科学家。他的感觉或许与常人一样,特别是这个人以前读过其他仪表的话。但是科学家是在整个电路的背景中看见(仍在字面意义上)这个仪表的,他也懂一些其内部构造。对他而言,指针的位置是一个标准,但只是电流值的标准。为了诠释读数,他所需确定的只是仪表上被读出的刻度。而另一方面,对于外行来说,指针的位置就是指针的位置,而不是其他任何东西的标准。为了诠释它,他必须考察整个电路的设计,无论是内电路还是外电路,考察用电池和磁铁做的实验,等等。无论是在“看见”的隐喻用法中,还是在其字面意义上,都是感知结束,而后诠释开始。这是两个不同的

① 对于“Second Thoughts”一文的读者而言,下述含义隐晦的话或许是最主要的。在神经过程之后,要能立即认出自然家族的成员,有赖于这些需要分辨的家庭间,有着空白的感知空间。例如,如果从鹅到天鹅有一水鸟的感知连续体,我们就必须引入一特别的标准以区分它们。对于不同观察的实体而言,情况也一样。假如一个物理理论只允许一个电流存在,即使没有一套规则以确定鉴定它的必要条件和充分条件,只要很少的标准就足以鉴定出它来,这些标准也会随着事例的不同而变化很大。这一点又引出了一个或许更为重要的合理推论。给定一组鉴定一个理论实体的充要条件,这个实体就可以通过取代而从这一理论的本体论中删除。然而,若没有这些规则,则这些实体无法删除;它们的存在为理论所需要。

过程,而究竟感知留下些什么给诠释去完成,则与当事人以往的经验 and 训练的性质和数量有极大的关系。

五 范例、不可通约性与革命

上述讨论,为澄清本书中的另一方面提供了基础,即我对不可通约性及其在科学家关于理论选择的辩论中的重要性的评论。^① 在第十章和第十二章中,我论证说这种辩论中的双方不可避免地会以不同的眼光看待某些双方都诉诸的实验或观察情形。然而,由于他们用以讨论这些情形的词汇大部分都相同,当用以指称自然界时,其中必然有些语词双方的指称方式不一样,从而双方彼此间的沟通不可避免地只是不完全的。其结果,一个理论对于另一个理论的优越性,就成了辩论中无法证明的东西。我极力主张,每一派必须尽力通过劝说,以使对方转变。可是哲学家却严重地误解了我的论证中这些部分的含义。他们中有些人报道说我相信下列这些说法:不可通约的理论的支持者彼此间根本无法沟通;其结果,在关于理论选择的辩论中不能诉诸健全的理由;相反,理论的选择最终必然基于个人的和主观的理由;实际做出的抉择有赖于某种神秘的灵感。书中造成误解的这些段落,是使我被指责为提倡非理性的科学观的主要原因。

199

首先来考虑我对证明的论述。我所试图说明的,是个简单的论点,在科学哲学中已早为人所熟知。关于理论选择的辩论,不可能塑造成与逻辑或数学证明完全类似的形式。后者中前提和推理规则在一开始就已制定好。如果双方对结论有异议,可在随后的辩论中回溯其推理步骤,按事先的规定一步步核查。在这过程的最后,总有一方会承认自己犯了错误,违反了事先公认的规则。而一旦认错,他就无以立足,从而使对方的证明成为必须相信的。只有在双方发现对制定好的规则有不同的理解和

^① 下面的论点在“Reflections”一文的第5、6节有更详细的论述。

应用时,他们以前的协议才不再足以作为证明的基础,辩论才会不可避免地采用科学革命时期的方式继续下去。这种辩论是关于前提的,它借助于劝说作为证明的可能性的序幕。

200 这个我们比较熟悉的论点既不意味着不存在用以说服人的好的理由,也不意味着这些理由对团体来说并非最终决定性的。它甚至也不意味着据以选择的理由不同于科学哲学家通常所列举的,即精确性、简单性、有效性等等。它所启示我们的,是这样的理由像价值那样起作用,因而能为那些遵从它们的个人或集体以不同方式运用。例如,如果两个人对其理论的相对有效性存在意见分歧,或他们对这点意见一致、但对有效性的相对重要性及在做出选择时的地位意见不同,则双方都没有错,也都不是不科学。不存在用于理论选择的中性规则系统,也不存在只要正确应用就能使团体中每个成员做出同样决定的系统决策程序。在这个意义上,做出有效决定的是整个专家共同体,而不是它的个别成员。要了解科学以其固有方式发展的原因,人们无需追究那些使每个人做出特定选择的个人经历和个性方面的细节,尽管这个题目也很诱人。人们必须了解的是一套特定的共有价值与一个专家共同体所共有的特定经验相互作用的方式,正是这种方式保证了这一团体的大多数成员最终找出一组决定性的论证。

这一过程就是说服,但它也提出了一个更深刻的问题。两个人以不同的方式感知同一情形,而又使用同样的词汇去讨论,他们必然以不同的方式使用这些词汇。这就是说,他们按我所谓的不可通约的观点来谈论。他们怎么能希望彼此交谈呢?更不用说去说服对方了。即使对这个问题做一个初步的解答,也必须进一步界定这种困难的性质。我猜想,它至少部分地具有下述形式。

常规科学研究,依赖于把研究对象和情形依据其原始的相似性加以分类的能力,这种能力来自于范例学习。这里“原始的”一词的含义,是指在依据相似性分类时,无需回答“相对什么

而言相似”这个问题。于是任何革命的核心方面之一,就是某些这种相似关系改变了。过去归于同一类的对象,在革命后分到不同的类别中,同样也有相反的情况。想一想哥白尼之前和以后的太阳、月亮、火星和地球;伽利略之前以及以后的自由落体、单摆和行星运动;或者道尔顿之前及以后的盐类、合金和硫铁混合物。由于在类别变动中大部分原属同类的对象仍归于一类,这些类别的名称通常也保留下来。然而,一个次级类别的转换,通常是类别间相互关系网络的重大转变的一部分。把金属从化合物类转换到元素类,在一个新的燃烧理论、酸性理论和物理的和化学的结合理论的兴起中,起了极为重要的作用。这些变化很快地扩展到整个化学领域中。因此,当这种重新分布发生时,毫不奇怪地会出现两个在过去交谈中显然完全能彼此理解的人,突然发现他们对同样的刺激会做出不相容的描述,并得到不相容的概括。这些困难并非在他们的所有科学谈论中都会遇到,但是它们会发生,并集中于那些对理论选择至关重要的现象周围。

201

这种问题虽然首先在交流过程中明显起来,却并非仅仅是语言上的,因而不能简单地由规定引起麻烦的术语的定义来解决,因为这些词语是部分从它们在范例中的使用方式中直接学到的。当交流出现阻碍时,参与者不能说:“我以下述标准规定的方式,来使用‘元素’(或‘混合物’或‘行星’或‘不受约束的运动’)这个词。”即他们不可能诉诸这样一种中性语言,它既对双方有共同的用法,又能对双方的理论甚至其经验结论作恰当的表述。这种理论分歧的一部分,是在用以反映这种分歧的语言之先就已存在的。

不过,经验到这种交流的阻塞的人肯定还有所凭借。他所获得的刺激是一样的。他们一般的神经系统也是一样的,只不过经过不同的编序(program)。再有,他们的经验领域中除了很小但很重要的一块外,甚至连神经过程的编序都几乎相同,因为他们共有一个历史,除了最近的很小一段外。其结果,他们共有

202 日常生活与大部分科学世界和语言。拥有如此多的共同之处，他们应该能找出许多使他们得以不同的东西。然而，所需要的技巧既不是开门见山，也不是拐弯抹角，更不是科学家常规研究所用的那些方法。科学家很少对这些技巧有确切的认识，也很少利用它们，除非在需要用以劝说他人改宗，或说服他们自己。

简而言之，当交流阻塞时，其参与者所能做的，就是把彼此看做不同语言共同体的成员，然后把自己当作翻译。^①他们以团体内和团体间谈话的差异为研究主题，首先试图去发现那些在各个共同体内使用毫无问题、但在团体间的讨论中却成为麻烦的焦点的字词和语句（不造成这种困难的语句可以用同音译出）。找出科学交流中的这种困难领域后，他们下一步就能借助于共有的日常词汇致力于进一步阐明他们的麻烦。即各方都会试图去发现，当对方接受了一个会使他产生不同的语言反应的刺激时，他到底会看见什么和说什么。若是他们能不把反常行为看成仅是错误和神经失常的结果，他们总有一天会成为非常优秀的彼此行为的预言者。每一方都学会了把对方的理论及其结果译成自己的语言，同时也能用自己的语言去描述使用那个理论的世界。这正是科学史家在论述过时的科学理论时所做（或应该做）的。

203 既然从事这种翻译工作，能使被阻塞的交流的参与者设身处地地经验到彼此观点的优点和缺点，那么，它就是劝说和使人转变信念的有力工具。然而即使劝说也不一定成功，而假如成功了，也不一定伴之以或随之而有信念的转变。这两种经验是不同的，其间的一个重要区别我刚刚得以完全认识。

① 对于翻译的大多数有关方面经典论述，请见 W. V. O. Quine, *Word and Object* (Cambridge, Mass., and New York, 1960) 第一章和第二章。但是蒯因似乎假定两个接受相同刺激的人会有相同的感受，因此他没有讨论翻译者必须能描述那个被翻译语言所应用的世界的程度。关于这一点，请见 E. A. Nida, "Linguistics and Ethnology in Translation Problems," in Del Hymes (eds.) *Language and Culture in Society* (New York, 1964), pp. 90-97.

我认为,劝说某人就是使他相信劝说者的观点更优越,因而他应用之以取代他自己的观点。有时这无需借助于翻译这类工具也能做到。缺少翻译时,为一个科学团体成员所认可的许多解释和问题表述,对另一团体成员就难以理解。但是每个语言共同体通常从一开始就产生一些具体的研究成果,它们虽然能用两个团体都以相同方式去理解的语句来描述,却不能用对方自身的词汇来说明。如果新的观点屹立了一段时间并继续是有效的,能以这种方式表达的研究成果就可能愈来愈多。对一些人来说,仅这些成果本身就是决定性的。他们会说:我不知道这种新观点的支持者是怎么成功的,但是我必须学;不管他们做的是是什么,那明显是对的。刚刚进入这个专业的人特别容易有这种反应,因为他们还没有熟识任一团体的特定语汇和承诺。

然而,通常那些以两个团体都能用相同方式运用的词汇叙述的论证,并非决定性的,至少在对立观点的发展晚期之前是这样。那些已为本专业认可的这种论证中,若不求助于为翻译所允许的一些更广泛的比较,没有几个能有说服力。尽管付出的代价经常是冗长而复杂的语句(想一想普罗斯特和贝尔托莱的争论若不用“元素”一词该如何进行),但许多其他研究成果得以从一种共同体语言翻译成了另一种。而且,随着这种翻译的进行,各个共同体中的成员也能开始切实地理解到,一个以前看来难懂的陈述,如何能够成为对立团体成员的一个解释。当然,像这类技巧的有效性,并不保证能说服对方。对大多数人来说,翻译是一个强制性(threatening)的过程,它完全不属于常规科学。在任何情况下,反论证总是可以找到的,而且没有任何规则规定论证和反论证间的平衡必须如何打破。然而,随着论证数量的逐步积累和各种挑战逐步成功地化解,到最后只能用盲目的顽固来解释那些仍负隅顽抗的人。

在这种情形中,为历史学家和语言学家早已熟悉的翻译的第二个方面,就变得至关重要了。将一个理论或世界观翻译成自己的语言,并不是使它成为自己的理论或世界观。若那样的

话,翻译者必须采用这个理论或世界观看待问题的方式,并据以来思考和工作,而不仅仅是把这种以前不懂的语言翻译出来而已。然而,这种转变是不由自主的,不是思考和意志所能决定的,不论他的想法有多么好的理由。在这种学习翻译的过程中的某一点上,他发现这种转变已经发生,他尚未做出决定,却已陷入这个新语言中。或者这么说,就像许多已步入中年才初遇相对论和量子力学的人,他发现自己完全为这个新观点所折服,却苦于无法使之融化于思想中,并在它所塑造的世界中感到自在。从理智上说他已做出了选择,但这种选择的有效性所要求的改宗又使他感到困惑。他仍可以使用这个新理论,但这么做时就像个生活在异域他乡的外国人,他之所以能在那儿生活是因为那儿已有本地人居住。他的工作寄生于这些本地人的工作上面,因为他缺乏这个共同体的未来成员通过教育而将获得的思维定势组合(Constellation of mental sets)。

因此,我比之为格式塔转换的改宗的经验,处于整个革命过程的核心。用于选择的好的理由,提供了改宗的动机,以及使之更有可能发生的氛围。而翻译可以提供探索神经过程重新编序的入口,这一过程尽管现在还无法分析,却肯定是改宗的内在基础。但是好的理由和翻译并不构成改宗,我们必须详细地阐明这一过程,以理解一种基本的科学变化。

205

六 革命与相对主义

上述立场有一个结果特别使一些我的批评者感到困扰。^①他们发现我的观点有相对主义的色彩,特别是在本书最后一章的论述中。我对于翻译的议论更突出了这种指责的理由。不同理论的支持者,就像是不同的语言—文化共同体的成员。认识

^① Shapere, "Structure of Scientific Revolution," 和 *Growth of Knowledge* 一书中 Popper 的论文。

到二者间的这种类似,在某种意义上意味着:支持不同理论的两个团体可能都是对的。这种立场应用到文化及其发展上,就是相对主义。

但是应用到科学上,这种立场或许并非是相对主义的,而且就其批评者都没有注意到的一个方面来看,它绝不可能只是相对主义的。那些发展比较成熟的科学中的研究者,不论是将其看做一个团体或一些团体,基本上都是解谜者。虽然他们在做理论选择时所依据的价值,也来自他们工作的其他方面,但在这些价值相互冲突时,对一个科学团体的大部分成员来说,居主导地位的标准,仍然是那种业已证明的确立和解决自然界提出的谜题的能力。解谜能力和其他价值一样,在应用中也不是没有歧义的。两个共有这一标准的人,在应用它时也可能得出不同的判断。但是一个给它以至尊地位的共同体的行为,与那个不这么做的共同体的行为将会有极大的不同。我相信,在科学中给予解谜能力以高度评价,会有以下结果。

想象一株演化树,代表着各门现代科学学科始自其共同起源(例如自然哲学和工艺)的发展。一条线自树干直至树梢尖端,沿树向上决不折转回头,循此可找出一连串有亲缘关系的理论。考虑任何两个这样的理论,选择那些离起点远些的,然后列出一张关于标准的清单,以使一个无所偏向的观察者每次都能区分出哪个理论早些,哪个是更近期的理论,这应当不难做到。清单中最有用的有:预言的精确性,特别是定量的精确性;雅俗间的平衡,深浅的适度;解决不同类型问题的数量。像简单性、适用范围、与其他科学的相容性等虽也是科学生活中的重要因素,对这一目的却用处较小。虽然上述清单还不是我们所设想的整体,但我相信这种清单一定可以完成。如果确实这样,那么科学的发展就像生物的演化一样,是一个单向性的不可逆的过程。后期的科学理论在一个常常大不相同的应用环境中,较其先前的理论表现出更好的解谜能力。这并非一个相对主义的立场,在它所显示的意义上,我是一个科学进步的真正信仰者。

然而,与在科学家和一般人中最流行的进步观念相比较,这个立场缺少一个基本要素。通常一个科学理论之所以被认为比它的前任要好,不仅因为它在发现和解谜方面是一个更好的工具,而且因为它以某种方式更好地表现出自然界的真相。人们常常听说在发展中前后相继的理论会逐渐逼近真理。显然,像这种概括所指的并非导自一个理论的谜题解答和具体预言,而是指这个理论的本体论,即指这个理论植入自然界中的实体,与自然界中“真实在那儿”的东西之间的契合程度。

207 或者有其他方式可以拯救这个适用于所有理论的“真理”概念,但是这种方式不行。我认为不存在独立于理论的方式来重建像“真实在那儿”这种说法;一个理论的本体与它的自然界中的“真实”对应物之间契合这种观念,现在在我看来原则上是虚幻的。另外,作为一个历史学家,我特别能感受到这种观点的不合理。例如,我不怀疑作为解谜工具,牛顿力学改进了亚里士多德力学,而爱因斯坦力学改进了牛顿力学。但是我在它们的前后相继中看不出本体论发展的一贯方向。相反,在某些重要方面(虽然不是所有方面),爱因斯坦广义相对论与亚里士多德理论的接近程度,要大于这二者与牛顿理论的接近程度。虽然将那个立场描述为相对主义的诱惑是可以理解的,但这种描述在我看来是错误的。反过来,如果说这个立场就是相对主义,则我看不出相对主义在对科学的本质和发展的说明中丧失了什么。

七 科学的本性

最后,我想简略地讨论一下对本书的两种常见的反应,第一种是批评的,第二种是赞许的,而我认为这两种都不很对。虽然它们既与我前面所谈的无关,彼此也不相关,但是它们都很流行,已足以要求我至少做出某种回答。

有一些读者注意到我反复来回于描述模式和规范模式之间,这种转换特别表现在有些段落起首以“但是科学并不是这么

做的”，而结尾用的是主张科学家不该这么做。有些批评者认为我混淆了描述与规范之间的关系，违背了一个由来已久的哲学定理：“实然”不能意味着“应然”。^①

实际上，这个原则已成为陈词滥调，不再到处受到尊重了。一些当代的哲学家已经发现有些重要情境中，规范性和描述性根本无法区分。^②“实然”与“应然”并不总是像过去看上去那么泾渭分明的。但是要澄清我的立场的这一看似混淆的方面，无需借助于现代语言哲学的精细和敏锐。本书展现了一个关于科学本性的观点或理论，和其他的科学哲学一样，这个理论对于科学家为了使他们的事业成功而应采取的行为方式，同样有所推断。虽然它不一定比其他任何理论更为正确，却也为重申“应当这样”和“应当那样”提供了一个正当的根据。反过来说，重视我这个理论的一组理由是：科学家事实上就是按照这个理论所说的他们应当怎样行动的方式去做的，他们的方法是为了保证他们的成功而发展和挑选出来的。正因为我的描述性概括也能从这个理论中导出，它们成为这一理论的论据；而按照其他关于科学本性的观点看来，这些概括则构成反常行为。

208

我认为这个论证的循环并不是缺陷。我们所讨论的观点的重要性，并未被它起初所依据的观察所穷尽。甚至在本书首次出版前，我已发现它们提出的这个理论，有些部分是探究科学行为和科学发展的有用工具。把这篇后记与本书第一版相比较，可以表明这个理论在继续起着这种作用。没有哪一种仅仅是循环的观点能提供这种指导。

对于本书的最后一种反应，我的回答当然是另外一种。一些人赞赏本书，主要并不是因为它阐明了科学的本性，而是因为他们发觉本书的主要论点可以应用于许多其他的领域。我了解

① 许多例子中的一个，见 *Growth of Knowledge* 一书中 P. K. Feyerabend 的论文。

② Stanley Cavell, *Must We Mean What We Say?* (New York, 1969), Chap. i.

他们的意图,也不会去使他们对扩张这一立场的尝试泄气,但是他们的反应却使我困惑。在一定程度上,本书确实把科学发展描绘成一个由一连串相续的为传统限定的时期并间以非累积性的间断点的过程,因此其论点无疑有广泛的可应用性。但事情本应如此,因为这些论点原本借自其他领域。文学史家、音乐史家、艺术史家、政治发展史家以及许多其他人类活动的历史学家,早就以同样的方式来描述他们的学科。以风格、口味、建制结构等方面的革命性间断来分期,是他们的标准方法之一。如果说我对像这样的概念有什么创见的话,那主要是我把它们应用到科学这一过去广泛被认为是以不同方式发展的领域。可以设想,我的第二个贡献是范式作为一个具体成就,一个范例这个概念。例如,我猜想:假如绘画能被看成彼此模仿而不是以符合某个抽象的风格规则来创作的话,艺术上一些围绕风格概念而产生的著名困难就会消失。^①

然而,本书也打算提出另外一种论点,对许多读者而言,它不太容易看得清。虽然科学发展也许比我们过去所设想的要更像其他领域的发展,它也有明显的不同。例如,说科学至少在其发展过了某一点之后,以一种其他领域所不具备的方式进步,这话不能说是错的,不管进步本身可能是什么。本书的目标之一,就是考察这样的差异,并着手解释它们。

例如,请回想本书反复强调的:在发展成熟的科学中没有(我现在应该说很少)竞争着的党派。或者,请回忆我所评述的范围,其中一个特定科学共同体的成员成为这个共同体的工作的仅有观众和裁决者。或再想想科学教育的特殊性质,想想以解谜为目标以及在危机和抉择时期科学团体所引用的价值系统。本书还区分出同类的其他特征,其中每一个单独看并不必

^① 对这一点以及关于科学的特殊性质的更广泛的讨论,可见我的论文“Comment on the Relations of Science and Art,” *Comparative Studies in Philosophy and History*, XI (1969), 403 - 412.

然为科学所独有,但它们合拢起来,便构成使科学活动区别于其他活动的整体特征。

关于所有这些科学的特征,还有许多有待于了解。这篇后记以强调研究科学共同体结构的需要而开头,我将以强调类似的需要,特别是与其他领域的相应共同体的比较研究的需要来结束。一个特定的(科学的或非科学的)共同体如何选择它的成员?这个团体的社会化过程及其不同阶段是怎样的?这个团体把什么看做它的集体目标;它能容忍什么样的个人或集体偏差,又怎样控制不容许的偏离?对科学的更完整的理解,还有赖于其他种类的问题的答案,但是没有哪一个领域有比这儿更多的迫切需要研究的问题。科学知识像语言一样,本质上是一个团体的共同财产,舍此什么也不是。为了理解它,我们必须认清那些创造和使用它的团体的特征。

210

索引

(这一《索引》系皮特·里格斯所做。作者和出版社都非常感谢他提议在本书中加此附录,并同意将其付印。)^①

A

阿方索十世 Alfonso X, 69

阿基米德 Archimedes, 15, 123

爱因斯坦 Einstein, A., 6 - 7, 12, 26, 44, 66, 74, 83, 98 - 99, 101 - 102, 108, 143, 148 - 149, 153, 155, 158, 165

B

逼真性 Verisimilitude, v

必要的张力 *The Essential Tension*, 79

波普尔, 卡尔爵士 Popper, Sir Karl, 146 - 147, 186n, 205n

玻义耳 Boyle, R., 28, 41, 141 - 143

不可通约性 Incommensurability, 103, 112, 148, 150, 198ff

不同的世界 "Different Worlds", 118, 150

布拉赫, 第谷 Brahe, Tycho, 26, 156

布莱克 Black, J., 15, 70

C

常规科学 Normal science, 5 - 6, 10, 24 - 34, 80

成熟科学 Mature science, 10, 24, 69

D

达尔文 Darwin, C., 20, 151, 171 - 172

道尔顿(和/或道尔顿化学) Dalton, J. (and/or Dalton's chemistry), 78, 106, 130 - 135, 139, 141

德布罗意 De Broglie, L., 158

笛卡儿(或笛卡儿的) Descartes, R., (or Cartesian), 41, 48, 121, 126, 148, 150

地质学 Geology, 10, 22, 48

^① 本书的 1962 年第一版和 1970 年第二版均没有索引,此索引为 1996 年第三版新加。本中译本将索引按照索引项汉语拼音顺序重排,以方便中文读者。——译者

电学 Electricity, 4, 13 - 15, 16, 17 - 18, 20 - 22, 28, 35, 61 - 62, 106 - 107, 117 - 118

F

发现 Discovery, 53, 62, 96 - 97

反常 Anomalies, 62 - 64, 67, 82, 87, 113

范式 Paradigm, 10, 15, 18 - 19, 23, 43 - 44, 182 - 191

范式选择 Paradigm choice, 94, 109 - 110

非常科学 Extraordinary science, 82 - 89

否证 Falsification, 77 - 79, 146 - 147

富兰克林 Franklin, B., 10, 13, 15, 17, 18, 20, 62, 106, 118, 122, 151

G

伽利莱, 伽利略 Galilei, Galileo, 3, 29, 31, 48, 67, 118 - 20, 121 - 125, 139 - 140

概念箱子 Conceptual Boxes, 5, 152

哥白尼(和/或哥白尼主义) Copernicus (and/or Copernicism): 6, 8, 26, 67 - 69, 71, 74 - 76, 82, 83, 115 - 116, 128, 149, 150, 152 - 153, 154 - 155, 157, 158

格式塔转换 Gestalt Switch, vi, 63, 85, 111 - 114, 150

观察语言 Observation Language, 125 - 126, 129

光学 Optics, 11 - 14, 16, 39, 42, 48, 67, 79, 89, 154 - 155

过程 Progress, 20, 37, Chap. XIII esp. 160, 162, 166

H

核裂变 Nuclear fission, 60

赫顿 Hutton, J., 15

J

教科书科学 Textbook science, 136 - 138

解谜 Puzzle solving, 36 - 39

金星 Venus (planet), 154

K

开尔文勋爵, Kelvin, Lord, 59, 93, 98n

开普勒 Kepler, J., 30, 32, 87, 152 - 154, 156, 189

科学革命 Revolutions in science, 6 - 8, 92 - 98, 101 - 102

科学共同体 Scientific community, 167 - 169, 176 - 180, 185 - 187

克莱劳 Clairant, 81

库伦 Coulomb, C., 21, 28 - 29, 33, 35

蒯因 Quine, W. V. O., vi, 202n.

L

拉瓦锡(和/或拉瓦锡化学) Lavoisier, A. (and/or Lavoisier's chemistry), 6, 10, 44, 54 - 56, 57,

- 59 - 72, 78, 79, 86, 89, 106 - 107, 118, 120, 130, 142 - 143, 147 - 148, 153, 156 - 167, 163
- 莱布尼茨 Leibniz, G. W., 48, 72
- 莱顿瓶 Leyden Jar, 17, 61 - 62, 106, 118, 129
- 赖尔 Lyell, Sir Charles, 10
- 累积过程 Cumulative process, 2 - 3, 52, 84, 95, 96, 161
- 量子理论 Quantum theory, 48, 49 - 50, 83 - 84, 89, 95, 108, 154
- 伦琴 Roentgen, W., 57 - 58, 93
- M**
- 麦克斯韦 Marvell, J. C., 7, 28, 40, 44, 48, 58, 66, 73 - 74, 80, 82, 107, 109
- N**
- 牛顿, Newton, Sir Issac (and/or Newtonianism), 6, 10, 12 - 13, 15, 26 - 27, 30 - 33, 39 - 40, 44, 47 - 48, 67, 71, 72 - 74, 76, 78, 79, 98 - 99, 101 - 105, 106, 107, 121, 139 - 140, 148, 150, 153, 154, 157, 163, 165
- P**
- 泡利 Pauli, W., 83 - 84
- 培根, 弗朗西斯爵士 Bacon, Sir Francis, 16, 18, 28, 37, 170
- 普朗克 Planck, M., 12, 151, 154
- 普利斯特列 Priestley, J., 53 - 56, 58, 59 - 60, 66, 69, 79, 86, 89, 118, 120, 147, 159
- S**
- 舍勒 Scheele, C., 53, 55, 70
- 深奥的问题 Esoteric problems, 24
- 世界改变 World changes, 111, 118, 121, 150
- 水星(行星) Mercury (planet), 81, 155
- T**
- 特设性 Ad hoc, 13, 30, 78, 83
- 天王星 Uranus (planet), 115 - 116
- 托勒密 Ptolemy, 10, 23, 67 - 69, 75 - 76, 82, 98, 115, 154, 156
- W**
- 危机 Crisis, 67 - 75, 80, 84 - 86, 181
- 维特根斯坦 Wittgenstein, L., 45
- X**
- X射线 X-rays, 7, 41, 57 - 59, 61, 92 - 93
- 行星 Planet(s), 25, 128
- Y**
- 亚里士多德 Aristotle, 2, 10, 12, 15, 48, 66 - 69, 72, 104, 118, 121 - 125, 140, 148, 163
- 一致 Consensus, 11, 15, 153, 161, 173

- 意会知识 Tacit knowledge, 44, 191
意义改变 Meaning change, 128, 201 - 204
月球运动 Lunar motion, 30, 39, 81
- Z**
- 知觉 Perception, 53 - 56, 57 - 59, 70 - 72, 79, 85, 99 - 100, 102, 106, 107, 121 - 122, 126, 129, 157
中微子 Neutrino (particle), 27, 87
周年视差 Annual stellar parallax, 26
阻力 Resistance, 62, 65, 83, 151

人名译名对照表

(按中译名汉语拼音顺序排列)

A

阿方索十世 Alfonso X
 阿佛加德罗 Avogadro
 阿基米德 Archimedes
 阿利斯塔克 Aristarchus
 爱因斯坦 Einstein
 奥斯姆, 尼可 Oresme, Nicole
 奥威尔 Orwell

B

巴里 Barry, F.
 柏拉图 Plato
 贝尔托莱 Berthollet
 波尔哈夫 Boerhaave
 波兰尼, 迈克尔 Polanyi, Michael
 波普尔, 卡尔·R. Popper, Carl R.
 波斯特曼 Postman
 波义耳 Boyle
 玻姆 Bohm
 伯努利, 丹尼尔 Bernoulli, Daniel
 泊松 Poisson
 布拉赫, 第谷 Brahe, Tycho
 布莱克 Black

布里丹, 吉恩 Buridan, Jean
 布鲁纳 Bruner

D

达兰贝尔 D'Alembert
 德布罗意 De Broglie
 德沙古利埃 Desaguliers
 笛卡儿 Descartes

F

菲茨杰拉德 Fitzgerad
 菲涅尔 Fresnel
 斐索 Fizeau
 费, 杜 Fay, Du
 费耶阿本德, 保尔·K. Feyerabend,
 Paul K.
 弗莱克, 路德维希 Fleck, Ludwik
 伏特 Volta
 傅科 Foucault
 富兰克林 Franklin

G

伽利略 Galileo
 盖—吕萨克 Gay-lussac

高斯 Gauss
哥白尼 Copernicus
格雷 Gray
古德曼, 纳尔逊 Goodman, Nelson

H

哈格斯特龙 Hagstron, W. O.
哈密尔顿 Hamilton
海尔布朗 Heilbron, John L.
海森伯 Heisenberg
汉森 Hanson, N. R.
豪克斯比 Hauksbee
赫顿 Hutton
赫尔姆霍兹 Helmholtz
赫舍尔, 威廉爵士 Herschel, Sir
William
赫兹 Hertz
胡克 Hooke
华生 Watson
怀特海 Whitehead
惠更斯 Huyghens
惠斯登 Wheatstone

J

吉利斯庇, 查尔斯·C. Gillispie,
Charles C.
焦耳 Joule

K

卡维耳, 斯坦利 Cavell, Stanley
卡文迪什 Cavendish
开尔文 Kelvin
开普勒 Kepler

柯南特, 詹姆斯·B. Conant, James B.
柯瓦雷, 亚历山大 Koyre, Alexandre
克莱劳 Clairaut
克鲁克斯, 威廉爵士 Crookes, Sir
William

库伦 Coulomb
蒯因 Quine, W. V. O.

L

拉夫乔伊 Lovejoy, A. O.
拉格朗日 Lagrange
拉马克 Lamarck
拉普拉斯 Laplace
拉瓦锡 Lavoisier
莱布尼茨 Leibniz, G. W.
莱顿 Leyden
赖尔 Lyell
劳伦斯 Lawrence, E. O.
雷 Rey
楞次 Lenz
李希特 Richter
里格斯, 皮特·J. Riggs, Peter J.
列奥纳多 Leonardo
列奥纳多·K. 纳什 Nash, Leonard K.
伦琴 Roentgen
洛伦兹 Lorentz

M

马勒斯 Malus
迈尔, 安纳利泽 Maier, Anneliese
迈克尔逊 Michelson
迈耶逊, 埃米尔 Meyerson, Emile
麦克斯韦 Marvell

梅茨格,海林纳 Matzger, Helene

梅猷 Mayow

莫雷 Morley

莫里哀 Moliere

莫里斯,查尔斯 Morris, Charles

莫森布鲁克 Musschenbroek

穆斯堡尔 Mossbauer

N

内格尔,恩斯特, Nagel, Ernest

牛顿 Newton

诺贝尔 Nobel

诺勒特 Nollet

诺瓦拉 Novara, Domenico da

诺伊斯 Noyes, H. Pierre

O

欧拉 Euler

欧姆 Ohm

P

泡利 Pauli, Wolfgang

培根 Bacon, F.

皮亚杰 Piaget, Jean

普朗克 Planck

普里尼 Pliny

普里斯特列 Priestley, J.

普林尼 Pliny

普罗斯特 Proust

Q

钱伯斯 Chambers

R

阮恩 Wren

瑞利勋爵 Rayleigh, Lord

S

萨顿 F. X. Sutton, Francis X.

舍勒 Scheele, C. W.

施皮尔 Spiers, A. G. H.

施皮尔 Spiers, I. H. B.

斯宾塞 Spencer

斯托克斯 Stokes

T

汤姆逊,乔治爵士 Thomson, Sir
George

托勒密 Ptolemy

托里拆利 Torricelli

W

瓦萨里 Vasari

维格纳 Wiener, P. P.

维特根斯坦 Wittgenstein, L.

沃尔夫 Whorf, B. L.

沃利斯 Wallis

X

西默,罗伯特 Symmer, Robert

西尼尔,詹姆士·K. Senior, James K.

希夫 Schiff, L. I.

薛定谔 Schrodinger

Y

雅可比 Jacobi

亚里士多德 Aristotle
扬, 托马斯 Yong, Thomas
杨 Yong
伊壁鸠鲁 Epicurean

Z

詹姆斯, 威廉 James, William
中山茂 Shigeru Nakayama

译后记

托马斯·库恩(Thomas Kuhn 1922—1996)的《科学革命的结构》一书,被公认为是现代思想文库中的经典名著。它的出版成了20世纪科学哲学的转折点,开创了科学哲学的新时期。它无疑已导致了科学观上的一次深刻革命。当代科学和哲学的发展越来越显示出它的巨大意义和活力。任何一位想要了解科学及其演变的本质的人,不能不读一读这本新时代科学哲学的“圣经”。

1990年在美国麻省理工学院召开了一次库恩会议,包括逻辑经验论元老亨普尔在内的全世界的著名科学哲学家云集一堂,就库恩对科学史和科学哲学的巨大影响做出了肯定性回应,库恩的工作有口皆碑,它使科学哲学产生了决定性的转折,对此做多么高的评价都不会过分。

虽然中国学术界对库恩其人并不陌生,《结构》一书的第一版(1962)也由李宝恒、纪树立两位先生翻译,于1980年出版,对于我们了解库恩及其理论具有开创性的价值,但由于当时条件的限制,版本较旧,译文尚有错讹,又未能重新再版,这就严重地影响了中国学界对库恩观点的进一步了解。多年来,读者要求翻译《结构》新版的呼声甚高,因为1970年的新版中包括有作者1969年写的“后记”,对《结构》第一版中的许多观点做了重要补充和修正。我和胡新和研究员应出版社之邀,勉为其难地担当起新译《结构》一书的重任,虽然自不量力,但却也属义不容辞。书中“序”和第一至八章由我翻译,第九至十三章及“后记—1969”由胡新和翻译。胡新和还翻译了1996年第三版中由皮

特·丁·里格斯所做的索引,并做了中文版中的《人名译名对照表》。

就我个人来说,1989年前读过李、纪译本和库恩的其他原作,也写了若干篇介绍库恩及其观点的文章。1989年4月底我赴美国波士顿访问。到了波士顿不几天就与库恩教授联络,出乎意料的是,这位“科学革命家”竟第二天就屈尊前往我的住所来看望我,令我惊喜交加。这位大家炯炯有神的目光,红里透黑的皮肤,魁梧的身躯,使人一眼就看出他的胸中有一个巨大的世界。他对人的和蔼可亲和诚恳,使我觉得立即缩短了与他之间的距离。他关心中国,向我谈到他与王浩教授一起在哈佛读学位的经历。有一次,他们两对夫妇四个人一起到餐馆吃饭,招待员问他们要不要筷子,库恩马上说:要四双。但到了吃饭时,却只有他一个人不熟练地用中国筷子吃饭。这是一种对中国的友情,是一种设身处地了解中国的内心表达。

我送给他一幅梅花盛开的中国画,他十分喜爱。两个月之后,一个大雨滂沱的下午,他的夫人开车接我和纪树立教授去他家作客。在沿着查尔斯河行驶的过程中,汽车前窗玻璃模糊得无法看清道路,我替库恩夫人不时地擦去玻璃内面的雾气,库恩夫人边开车边向我们友好地介绍库恩的生活经历。看得出来,她为自己有库恩这样的丈夫而充满着自豪。到了寓所,库恩出来开门,一进门就见到了墙上挂着那幅红梅图,库恩教授微笑着指指它向我们示意。梅花盛开,使我顿入一片春情画意之中,温暖着我的心。那天,我们整整交谈了一个下午。

《结构》一书的哲学核心,库恩自己说是第十章《革命是世界观的改变》。掌握了这一点便掌握了本书的精髓。库恩在那章中说:“范式的改变的确使科学家对他们所涉及的世界看法不同了。……在革命之后,科学家们所面对的是一个不同的世界。”“革命之前科学家世界中的鸭子,在革命之后就成了兔子。……所以,在科学革命时期,常规科学传统发生了改变,科学家对环境的知觉必须重新训练——在一些熟悉的情况中,他必须学习

去看一种新的格式塔。在这样做了之后,他研究的世界在各处看来都将与他以前所居住的世界彼此不可通约(incommensurable)。”

这个“不可通约性”论题成了后库恩理论的基本内容。库恩在1990年发表的《结构之后的道路》(*The Road Since Structure*)一文中写道:“自《结构》一书写成之后三十年来,此书还没有一个别的方面能如此深深地牵挂着我,这些年中我所突现的最强烈的感觉就是,不可通约性必定是任何历史的、发展的或进化的科学知识观中一个基本的成分。”1992年他在题为《历史的科学哲学之困境》(“The Trouble with the Historical Philosophy of Science”)哈佛演讲结尾中这样说道:“你们中知道我的人,可能最初都知道我是《科学革命的结构》一书的作者。这本书中最中心的观念,一方面是‘革命变化’,另一方面是称为‘不可通约性’的某种东西。阐明这些观念,尤其是不可通约性,是我在这里简述的这个计划的核心。”退休后的库恩,从波士顿中心区迁到哈佛广场附近风景优美的查尔斯河畔的一所公寓里,继续潜心于他的这一计划。当我于1992年再度访美登门拜访时,从三层楼上健步下来开门的库恩还是那样精力充沛,容光焕发,雄风依旧。

《结构》一书是以范式为中心展开的。《序言》中也提到,他一旦找到了范式这一概念,长期困扰他的疑难顿时冰释了,《结构》一书的草稿就不费力地完成了。而且事实上,人们也总是把《结构》与范式联系在一起的。但到了80年代,范式在他的文章中又很少见到了,代替它的是“不可通约性”一词。我在第一次与库恩见面时就问他:这种情况是否意味着他的观点改变了呢?库恩当时回答说:观点必定要改变,这是我的基本观点,就此而言,我的基本观点没有改变(大意如此)。1990年初,在一次我也在场的哈佛大学研讨会上,库恩又针对这个问题发表了如下谈话:“我希望你们都还记得,你们中大部分人所知道的我的那本书(即《结构》),是写于近三十年前。令人非常惊奇的是今天仍有那么多人会对之感兴趣,这使我很高兴。但几乎每一个读

它的人都用不同的方式去读它,而对于那本书原来究竟写些什么,我自己的看法却成了许多种看法中的一种。我曾经在一些场合试着去解释我觉得《结构》是一本什么样的书,它要说明什么问题。这导致后来有些说法流行在一些学术圈子里,有些甚至成了国际性的,说‘库恩已经改变他的观点了’。真的,如果在经历了二十五年之后,我的看法还一成不变,那才真会使我难堪。在这段日子里,我难道不该学到一些东西吗?但一般说来,我应该说我的观点没有改变。所谓的改变,通常只是表面、偶然或以前根本不对的那些东西。今天我仍然深深地执著于与那本书有关的问题之中。……其实都是属于同一个不断进行的努力,基本上它们都是同一方面所下的功夫。”

如此说来,库恩后来关于不可通约性、不可翻译性、可能世界与语义学等方面的努力,旨在推进《结构》一书中尚未展开或已提出了问题但还需要深入探究的有关问题的研究。了解了库恩的这一思想历程,就能明白《结构》是他的奠基性著作。我的这段简短回忆,希望能对读者理解《结构》一书有所助益。

库恩于1996年6月17日走完了他人生的旅程,于波士顿去世,享年73岁。从此我们再也读不到他的新作了。带着多年未见库恩,又永不能再与他相见的遗憾,1997年5月我再访波士顿时希望能去瞻仰这位我崇敬的哲人的墓地,种种原因,未能如愿,至今仍深为叹息。

可以告慰库恩的是,《结构》一书的新版几经波折,在吴国盛先生的帮助与北京大学出版社的努力下终于出版了。库恩地下有知,一定会高兴的。我的同事怀着与我同样的心情和态度,竭诚欢迎读者对译文中出现的错误提出批评。

N02
2K364



A1010450

金吾伦
2000年元月31日