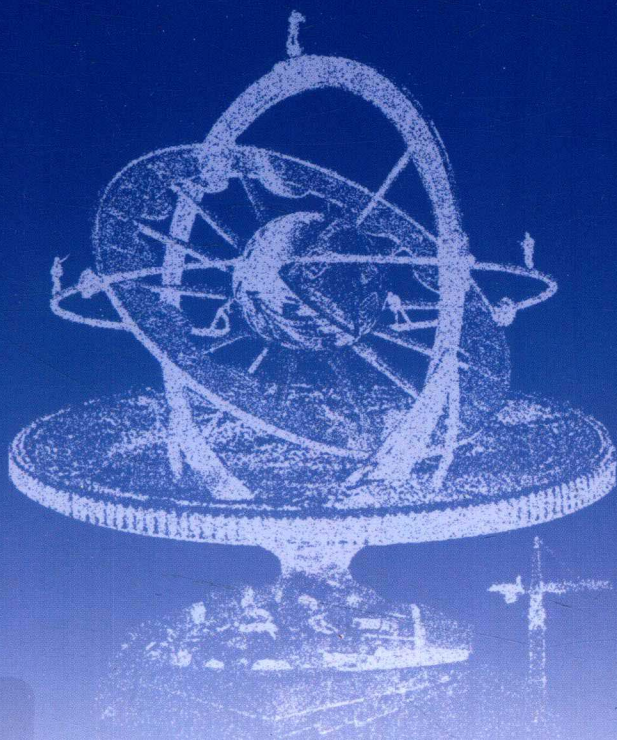




高等院校通识教育系列教材

追问科学

周祝红 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



高等院校通识教育系列教材

追问科学

周祝红 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

追问科学/周祝红著.—武汉:武汉大学出版社,2019.4
高等院校通识教育系列教材
ISBN 978-7-307-12737-1

I.追… II.周… III.科学学—高等学校—教材 IV.G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 273932 号

责任编辑:徐胡乡

责任校对:汪欣怡

版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮箱:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉中科兴业印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:11.25 字数:267千字 插页:1

版次:2019年4月第1版 2019年4月第1次印刷

ISBN 978-7-307-12737-1 定价:30.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

自序 科学的形象

科学是什么？

这是个问题吗？是谁在问？又期待怎样的回答？

真正的问题会有层次和结构，会在不同的历史文化语境中呈现出不同的模样。

知识阶层首先关心的是作为思想的科学。科学史家丹皮尔(W. C. Dampier)在他的经典著作《科学史》的开篇就尝试勾勒“科学思想发展的完备轮廓”：

“在希腊人看来，哲学和科学是一个东西，在中世纪，两者又和神学合为一体。文艺复兴以后，采用试验方法研究自然，哲学和科学才分道扬镳；因为自然哲学开始建立在牛顿动力学的基础上，而康德和黑格尔的追随者则引导唯心主义的哲学离开了当代的科学，同时，当代的科学也很快地就对形而上学不加理会了，不过进化论的生物学以及现代数学和物理学，却一方面使科学思想臻于深邃，另一方面又迫使哲学家对科学不得不加以重视，因为科学现在对哲学，对神学，对宗教，又有了意义。”^①

古希腊，科学和哲学是同一个东西，都是追根溯源的活动，它的表达形态是思想，是思想的纯粹化、深入化、系统化，是 episteme(“知识”“科学”“洞见”)。古希腊的“科学”至少包含两层意思，首先是指一切有条理的知识或学问；其次是普遍性的真理，是洞见。现代英语语词“Science”的词源是古希腊语词“episteme”和拉丁语词“Scientia”，但已经不是“一切系统化的知识”，而只是“nature science”——自然科学的简称了。

中世纪，科学、哲学与神学合为一体。经院哲学家们尝试用科学理性论证信仰，最后的结果是“恺撒的归恺撒，上帝的归上帝”，理性不可能证明上帝是否存在，但理性精神本身却得以复兴。

文艺复兴以后，“采用试验方法研究自然，哲学和科学才分道扬镳”。属于科学的试验方法要遵循严格的规范，即受控可普遍重复。试验只有在严格可控的条件下进行，能再现结果才是“科学”的，才能鉴别科学理论的真伪，也才有可能转移为技术，成为改造自然的现实力量。

牛顿模仿欧氏几何演绎系统化方法建构起经典力学大厦，《自然哲学之数学原理》以“伟大的综合”完成了近代科学革命。那个时代的知识阶层都相信，牛顿学说是关于自然的真理，是精确的、严密的、经过证明的、不可怀疑的，是真正的“episteme”——

① [英]W. C. 丹皮尔. 科学史[M]. 李珩, 译, 北京: 商务印书馆, 1997: 1.

洞见，哲学的任务是追问这样的知识何以可能？

真理何以可能？科学何以可能？康德理性批判哲学认为，我们的理性不是被动接受自然给予的感性材料，而是主动地以主体的理性原则设立法庭，强迫自然显现自己的奥秘。理性原则如同一张透亮的网，将感性材料纳入其中，建构起有序的自然界，科学的真理性源于主体认识原则的普遍必然性。

黑格尔则认为，科学揭示的是自然界有限事物量的规定，哲学关心的是质的规定以及自然作为整体与精神和上帝之间的关系。

黑格尔被认为是最后一个古典哲学大师，之后哲学进入分裂的时代。如果说英美科学哲学传承了康德的理性批判精神，以反思科学为己任，与20世纪初科学革命的狂风骤雨相伴而生，那么“康德和黑格尔的追随者则引导唯心主义的哲学离开了当代的科学”，“人的存在”成为欧陆思辨哲学、人本哲学的主题。

经过科学革命洗礼的现代生命科学、数学、物理学使得“科学思想臻于深邃”。一方面，离开哲学母体的科学飞速成长，开始运用属于自然科学的逻辑分析、试验方法解答人类精神最为深邃的问题，如生命的起源、宇宙的未来、时空本性、数本身、生命意义、自由意志、意识等，在前沿地带，科学总能为永恒的哲学问题做贡献，这迫使哲学对科学不得不加以重视；另一方面，不论科学有着多么伟大的力量，“它永远不能反映存在者整体”。科学方法有自己的边界，科学现在不能，也许永远不能回答一些整体性的问题，如果要关照生命和宇宙整体，“我们不但需要科学，而且需要伦理学、艺术和哲学；我们需要领悟一个神圣的奥秘，我们需要有同神灵一脉相通的感觉，而这就构成宗教的根本基础”。^①

科学也不仅仅是思想。近代科学革命开启了一个对人类整体而言更加深刻的进程——科学技术化。演绎系统化的理论形式与受控实验原则合流，使得科学思想可以物化为实验，进而转化为技术，成为征服和改造世界的巨大现实力量，技术化的科学急速生长，全球扩张；与此同时，这个过程也深刻而又迅速地改变并重塑着人类的存在方式。短短三百年，人类就从农业文明、工业文明相继跨越进入以生物技术和信息技术为主导的数字科技时代。特别是近半个世纪，以移动互联与人工智能为标志的高新技术的变革日新月异，重新铸造着人类的现在和可预见的未来，对人类生活方式的影响已经远远超过了工业革命。人工智能、互联网、量子计算、机器人、云计算，虚拟现实、脑科学、基因工程、物联网等领域正在相互融合，形成一股强大的洪流，将全人类的智慧和信息相互连接，以光速传播，被每一个移动互联终端或者说每个人共享，这使得整个世界天涯咫尺。数字技术的普及对人类社会各个领域的影响日甚一日，难以估量。

科学的技术化自第一次工业革命开始，蒸汽机便是科学与技术结合的产儿。蒸汽机的雏形是纽康门(Thomas Newcomen)大气机，大气机的工作原理是利用真空把大气压力作为动力传递做功，而真空的理论研究是由伽利略的学生托里拆利等人完成的。18世纪60年代，瓦特(James Watt)运用当时前沿的布莱克潜热理论改良纽康门大气机，现代蒸汽机就此诞生。瓦特天才的发明不仅仅是技术的变革，而是完成了科学思想向技术

① [英]W. C. 丹皮尔. 科学史[M]. 李珣, 译, 北京: 商务印书馆, 1997: 21.

转化的关键一步，使科学与技术的结合得以实现。此后数年间，蒸汽机就作为动力投入产业革命，人类进入“蒸汽时代”^①。

进入19世纪，1821年英国科学家法拉第(Michael Faraday)受电磁能够相互作用现象启发，设想“从磁产生电”。经过10年的努力，终于成功实现电磁感应，并依据实验结果提出“法拉第力线”思想。1862年，麦克斯韦(James Clerk Maxwell)写出“麦克斯韦方程”，用一组明晰优美的微分方程描写电和磁之间的深刻联系，同时预言了电磁波的存在。1888年，德国物理学家赫兹(Heinrich Rudolf Hertz)，用实验证实了电磁波的存在。科学理论和实验一旦确立，技术突破就水到渠成了。发电机、电动机、电力系统、电报、电话、电影等一系列重大发明接踵而至，开启了第二次工业革命(1870—1914)，推动人类步入“电气时代”。

第二次工业革命又被称为“协同时代”(The Age of Synergy)^②。协同时代的科学不再仅仅是思想，还要落实为实验，进而引导技术创新；技术不再单纯依靠经验积累，而是以科学理论为指引，如虎添翼。科学与技术相辅相成，循环拉动，相互依存，不可剥离。

20世纪刚刚开始，现代科学革命的狂风暴雨就骤然而至，催生了以相对论和量子学说为核心的现代科学。

爱因斯坦(Albert Einstein)创建的狭义相对论和广义相对论，以其深邃的思想、优美的数学、辉煌的验证揭示出宏观和宇观高速运动世界的规律；薛定谔(Erwin Schrödinger)的波动方程、海森堡(Werner Karl Heisenberg)的测不准关系、费曼(Richard Phillips Feynman)的路径积分是量子力学三大核心方程，量子学说不仅成功地阐明了原子结构，而且打通了理解尺度较大的分子和固体、液体和气体物理，以及更小尺度的粒子物理的道路；克里克(Francis Harry Compton Crick)和沃森(James Dewey Watson)发现DNA双螺旋结构，为分子生物学奠基，人类开始解读上帝创造生命的语言；冯·诺依曼(John von Neumann)和图灵(Alan Mathison Turing)的可计算理论，使得机器模仿人类思维成为可能。

现代科学如同阿拉丁神灯，呼唤出现代技术的巨人，可上九天揽月，可下五洋捉鳖，似乎有着无穷的潜能。计算机无限地拓展着人的智力，航天技术让人类在太空和月球漫步，哈勃望远镜将人类的目光延伸到130亿光年外宇宙的开端处，基因工程在分子层面对生命个体进行操作……人类不但用思想也用行动开辟着世界的疆域，也重新塑造着自己。

21世纪，数字技术大放异彩。移动互联、大数据、人工智能深入到人类生活衣食住行各个方面。数字技术本身就是科学技术化、技术科学化的产物。以手机为例，“方寸之间，集人类数千年科学和技术成果之大成，数百位科学家、发明家薪火相传，才带来今天这种执世界于掌心的智能设备。每次打开手机，都使用物理、化学、光学、电磁学、计算机、互联网、无线电通讯、量子力学、相对论的原理。科学与技术水乳交融，

① 参见刘青峰. 让科学的光芒照亮自己[M]. 成都：四川人民出版社，1984：29.

② 参见MIT科技评论. 科技之巅2[M]. 北京：人民邮电出版社，2017：总序.

巧夺天成”。^①

科学技术化，技术科学化，科学与技术相互推动相互生成，融合为有生命的整体。这个过程起始于第一次工业革命，但并不是一个自然发生的过程，而是有着特殊的外部社会环境，具体而言就是开放的资本主义政治经济结构的确立。追逐利益的资本和权力强烈要求科学引导技术，驱迫技术借助科学的力量社会化。一旦科技释放出改天换地的巨大潜能，所变革的就不仅是人类与自然的关系，也深刻变革了人与人、人与社会、国与国，甚至不同文化之间的关系，科学技术与不同文化传统相互冲撞所产生的社会后果也截然不同。

我们知道，20 世纪初触发量子革命的一个重要契机是“紫外灾变”，即黑体辐射能量随波长分布的试验值和理论值不相符。可是为什么在 19 世纪末黑体辐射是科学研究的热点？其理论背景是，19 世纪物理学家们对热辐射的性质、辐射能量与辐射源的关系、辐射能量随波长的分布等进行了大量研究，已认识到光谱、热辐射、光辐射是统一的。

另一个至关重要的助力是工业上高温测量的需要。当时的德国（普鲁士）刚刚打赢普法战争，急于从一个“土豆王国”变成一个工业化的“钢铁王国”。发展钢铁工业需要提高冶炼技术，炼钢的关键是控制炉温，当时的工程师们是通过钢水的热辐射谱来辨认温度的，这大大促进了德国科学界对黑体辐射的研究；与此同时，早已完成工业革命的英国也在改进炼钢技术，以保持工业和军事上的世界霸主地位，因此许多英国科学家和德国同行一样，致力于研究黑体辐射。这时候的科学研究就不仅以探求自然规律为导向，而是关心工业技术的诉求，而工业技术中，代表国家意志的军事工业对科学转移为军用技术的要求最为迫切。

工业和政治的介入使得科学释放出难以想见的强大力量，这种力量“首先展现在战场。20 世纪两次世界大战，伤亡人数超过 1.2 亿。参战双方都从实验室源源不断推出新式武器：战机、坦克、潜艇、毒气、原子弹”。“第二次世界大战更被称为物理学家的战争，图灵的密码机破解了德国‘英格玛’密码系统，帮助盟军制服了德国潜艇，雷达帮助英国皇家空军赢得了不列颠之战，原子弹结束了二次世界大战。”^②自此，科学被看成是实现国家意志的最重要的战略资源。

热战之后是冷战。两大敌对阵营展开军备竞赛，比拼的实则是科技实力。1961 年苏联率先实现载人太空飞行，1969 年美国阿波罗 11 号载人飞船成功登月，宇航员阿姆斯特朗在荒凉的月球上迈出“个人的一小步”，却是“人类的巨大飞跃”。

“曼哈顿计划”和“阿波罗登月计划”的实施和完成标志着“大科学时代”的到来。大科学时代，不仅是科学与技术相互依存、相互促成，融合为一个有结构、有生命的整体，并且作为整体的科学技术与社会政治、经济、文化相互影响，成为一个有机的生态体系。现代科学技术研究同时包含学术性和工具性两个向度的基础研究、应用研究和技术开发几乎同步进行，联系日益密切。由于研究项目宏大、投资巨大、多学科交叉、需

① MIT 科技评论. 科技之巅峰 2[M]. 北京：人民邮电出版社，2017：总序。

② MIT 科技评论. 科技之巅峰 2[M]. 北京：人民邮电出版社，2017：总序。

要昂贵而复杂的实验设备，这就不仅需要科学技术工作者内部的组织和分工协作，而且需要政府和企业的经费支持。也因此，从事科技工作的科学家和工程师身兼多重角色，他们不仅是科学工作者，同时也是企业员工和国家公民，当科学活动的行为准则与对企业的职责和对国家的忠诚相抵触，或者科学活动本身的学术性和工具性发生冲突时，如何协调便是一个现实的困境。其中最为突出的是企业利益(利益驱动和专利保护)和国家利益(以国家安全的名义独占科学成果)对科学共有和分享原则的挑战。

“政治和商业的卷入，重新塑造了科学和技术本身。亚里士多德开创的纯粹科学越来越稀有，科学和技术越来越受政治和资本的支配，没有明确应用前景或商业价值的科学或技术难以获得资本的支持。科学家不再是希腊先贤那样的自由个体，而是研究机构的雇员，按主管者规划的‘专业’方向探索。许多科学研究和技术发展，都是军事所发起。”^①

可是这并非故事的全部。的确，科学活动需要的资金越来越多，实用和商业价值的诉求是科学技术发展的强大动力，但这并不意味着，科学必然依附于政治和商业，知识必须服从于资本和权力。纯粹科学虽然越来越稀有，但也越来越重要，因为纯粹科学中沉淀着科学的规范和方法，蕴含使科学“成其所是”的精神。

科学精神是反思的，是追根溯源，是叩问变化中不变的普遍性和必然性，并且表达为有内在逻辑的知识体系。变化中不变的那个普遍性，是希腊语的 *logos*(逻格斯)，拉丁语的 *ratio*(比例、分寸)，英语的 *reason*(理性)，反思与理性一体两面，一脉相承。

科学精神是批判的。科学从不自诩为真理，从来都认为追求知识是困难的，需要不断经受经验和思想的批判。苏格拉底认为智慧在于“自知其无知”，柏拉图的“洞喻说”揭示了求知是不断深入的过程，也是挣脱束缚争取自由的过程，亚里士多德则坚持“吾爱吾师，吾更爱真理”，他们都以不同方式为科学的批判精神背书。

科学精神也是自由精神。科学源于理解自然和生命本身的好奇心。亚里士多德《形而上学》开篇第一句，“求知是人的本性”。科学追求知识追求真理，以自身为目的，只关心知识自身的完满，不关心知识是否有实际的用处。自由是科学之心，一旦失去自由，科学就会沦为实现其他目的的手段，也就失去了科学之成为科学的理据，科学自身便荡然无存。

今天，不可否认资本和权力对科学的强力介入助推了科学的技术化，使得科学释放出改天换地的潜能，成为科学发展的强大动力。但是，科学的自由精神，那种自发的探索未知世界的渴求，依旧是科学发展最内在的力量，依旧被科学界主流珍视和持守。事实上，即便是在今天，真正原创性的发现往往来自纯粹科学，来自对未知世界不可遏制的好奇心。

如万维网，它诞生于欧洲核子实验室，是寻找“上帝粒子”的副产品。“上帝粒子”是用来解答作为万物基石的基本粒子如何获得质量的。追问万物的本源，追问宇宙的基石是什么，是最不以实际用处为目的的“形而上学”之问，再没有比“形而上学”更加“纯粹”的科学了。

^① MIT 科技评论. 科技之巅峰 2[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2017: 总序.

又如，2017年最为重要的科学事件是探测到了引力波。引力在牛顿力学体系中是一个源于新柏拉图主义的哲学形而上学概念，在爱因斯坦相对论中，引力是时空弯曲的经典效应或者说几何效应，引力波是时空涟漪。从提出概念到被实验证实，跨越300年，数代科学家的努力，每一步都是以思想为先导，每一步都是为了检验科学思想的真伪。我们为科学思想得到确证而欢欣鼓舞，即便它看起来一点“用处”都没有。

特别需要说明的是，由于政治和经济力量的介入，科学狂飙突进，如脱缰野马奔向难以预想的未来，这引发了来自哲学、宗教、艺术等人类精神领域对科学持续不断的反思和批判。核武器、环境污染动摇了科学造福人类的信念；对生命在基因层面进行操作引发诸多伦理困境；能够深度学习的人工智能开始挑战人类尊严；科学技术的商业化触发了虚无主义、享乐主义等诸多现代后现代病症，等等。科学不是人类精神的全部，反思“科学是什么”，理解科学有所能和有所不能，还需要探讨科学与哲学、宗教和艺术的关系。

如前所述，我们简单勾勒出在西方文化语境中科学的形象。科学从空间维度可以区分为：作为思想的科学——建构世界图景；作为器物和技术科学——社会化为改造世界的力量；作为社会环境和后果的科学——与政治经济力量相互推动；作为精神的科学——塑造科学之为科学的内在理据。从时间维度，科学如同有生命的整体，不同层面互为因果，循环拉动，不断生长，核心部分是科学与技术相互依存、循环推动的整体。科学技术化，技术科学化，科学技术的循环往复作为整体与政治、经济、文化相互作用，呈现为今天的生态系统，成就大科学时代。

在我们中国的语境中，科学的形象与西方的不尽相同，我们通常是本着实用态度来理解科学。科学的第一个形象是“科技”。“科学技术是第一生产力”“科教兴国”，科学技术是国家最重要的战略资源，是国家重器，要服务于大国崛起。所以，我们理解的科学首先是器物，小到大众使用的科技产品，如手机、电脑、互联网、高铁，大到彰显国家意志的北斗导航、辽宁号航母、墨子号飞船等高端技术。科学的另一个形象是“真理”。“真理”意味着正确的、合理的、高级的，也能产生实际效用，“知识就是力量”。将一种思想或行动冠以“科学”之名，就不仅是“事实判断”，也是“价值判断”，科学是既正确又有用的好东西。因此，我们学习科学往往看重科学的具体内容，例如，实验如何做，方程如何写，却很少关注没有什么“用处”的纯粹思想，自由精神。

可是，总有一些处境迫使我们重新思考“科学是什么”的问题。

首先，是反对“伪科学”的需要。自20世纪80年代开始，气功、特异功能、各种号称推翻了爱因斯坦相对论的“民科”、各种开了“天眼”的大师、星座学、科学算命等，层出不穷，直到今天仍有人试图用手机拍摄“意念移物”，称之为“超科学”。真正科学的实验和观察有必须遵循的规范，具体而言是要求实验在严格受控的条件下进行，不接受偶然的、与实验者精神状态不可剥离、不可被自己或者他人严格重复的结果。这看起来简单的原则，却使科学实验与其他一切幻觉、臆想、假象相区别，获得了空前强大的理性。伪科学之所以能假装成科学，就在于人们通常没有意识到真实发生的自然或精神现象不一定“科学”的事实，只有那些受控可普遍重复的实验和观察才是。不过，伪科学权做娱乐也未尝不可。

其次,是如何回答李约瑟难题(近代科学革命为什么没有发生在中国),以及如何评价中国传统的关于自然的理论和技艺(如阴阳学说、中医)。这里有个潜在的对科学的预设,即认为科学是关于自然的系统化知识,并且是有用的。阴阳学说有一整套说词,几乎可以说明我们遇见的一切自然现象,中医也有自己独特的理解生命的话语体系。中医能治病,这是最简单的事实,可是以科学之名为中国传统的关于自然和生命的知识体系辩护却备受诟病,没有达成共识,症结在于对“科学是什么”的理解不同。

如果我们把科学界定为亚里士多德意义上追求真理的自由学问,是假说-演绎的逻辑体系与受控实验原则相结合的有生命整体,很难说西方意义上的科学在中国古代社会存在过,李约瑟问题也就自然被消解掉了。同样的道理,阴阳学说和中医理论更多是经验的积累,很难科学化。

最为重要的是我们今天的处境。虽然中国的科学技术取得了举世瞩目的巨大成就,但无论是理论还是技术都缺少前沿的、核心的、基础的、创造性的成果。我们总是在模仿,却从未超越。施一公先生就曾直言不讳地说,“如今我们的 GDP 已经全球第二,但是看技术革新和基础研究的创新能力,作为一个国家我们排在 20 名开外。……有的人或许会怀疑,认为我说的不对,会说我们都上天揽月、下海捉鳖了,怎么可能创新不够,我们都高铁遍布祖国大地了,怎么可能科技实力排在 20 名开外。我想说的是,你看到的指标和现象,这是经济实力决定的,不是科技实力决定的。我们占的是什么优势,我们占的是经济体量的优势。请大家别忘了,1900 年我们签订《辛丑条约》赔款九亿八千万白银的时候,中国的 GDP 也是世界第一,但大不代表强,这是我们面临的一个沉重的现实”。^① 破解困局,重新深入思考科学的结构、方法和精神在今天尤为迫切。

回到西方的历史语境。在成长为巨人之前,科学曾经是人类文明中的一个独特的孩子,孕育在古希腊自然哲学的母体中,拥有理性和自由的高贵基因;中世纪,曾为上帝捧过祭品,也借信仰之力发展了理性精神;近代,由于政治和经济力量的介入,科学释放出巨大潜能,进而从哲学和宗教中分离出来,走上独立发展的道路,但飞速生长所带来的环境破坏、核战争的威胁、生命伦理困境、人工智能对人类尊严的挑战等,都在向人类警示,科学已经被自己释放的巨大力量冲击得晕头转向,迷失了来处和归途。

如果说,科学的加速成长在西方引起的忧虑是难于驾驭它,对我们正在崛起的古老文明来说,忧虑是双重的,一方面,科学发展所引发的现代后现代病症我们一样不缺;另一方面,我们又急切地想要改变科学原创乏力、基础薄弱的现状。反观现实,科学在当代中国占据着近乎于意识形态的崇高地位,可同时,伪科学也层出不穷、花样翻新。

可见“科学是什么”依旧是我们不能不面对的真问题。这不仅相关科学华美的外表和日益丰富的内容,更是科学结构、方法和精神。科学是人类认识自然和自己的一种独特方法,也是在蒙昧中点燃的探索未知、追求真理的精神火炬,稀有而珍贵,即便如此,科学也不是人类精神的全部,科学有所能也有所不能。科学方法有自己的边界,一旦无视边界就有可能异化为异在的、非人的、毁灭人的力量。

^① 施一公:“这种愚蠢的状况不变,中国高校没前途”,2014 年 9 月在“欧美同学会·中国留学人员联谊会第三届年会的演讲”。

我们的工作是用科学事实，特别是正在发生的影响巨大的科学事件来具体说明，科学理论和实验应当遵循的原则，传统技术和现代技术的异同，科学结构的成长以及与哲学、宗教、艺术逻辑的历史关系。

最后，是对未来科学的憧憬：让技术成为艺术，让科学回归人性。

目 录

第1章 科学的生命源于整体	1
1. 科学理论的结构	1
2. 科学实验的原则	10
3. 传统技术与现代技术	16
4. 科学结构的生长	29
5. 科学精神	37
第2章 科学与哲学	64
1. 哲学的基本问题	64
2. 科学建构自然图景	73
3. 哲学思考自然本性	101
4. 作为哲学的前沿科学	110
第3章 科学与艺术	128
1. 古希腊：科学与艺术同源	128
2. 近代：求知与审美同一	131
3. 现代：科学与艺术的分离与交汇	136
4. 让技术成为艺术	144
第4章 科学与宗教	147
1. 古希腊：科学与宗教同源	147
2. 中世纪：宗教对科学从压制到吸收	148
3. 近代：否定性放大	149
4. 现代：共生与互补	152
5. 真信仰与真科学	154
第5章 科学技术的憧憬	156
1. 西方哲学的憧憬	156
2. 生命活动的意向结构	158
3. 真正的人是类存在物	160
4. 本源的劳动展开世界也确证人性	161

5. 真理在感性生命活动中显现	162
6. 自由的逻辑	163
7. 自由感	165
参考书目	168

第1章 科学的生命源于整体^①

科学理论是思想体系，但并非任何的思想体系、知识体系都有资格称为科学。理想的科学理论有严格的要求和规范，对科学理论规范的揭示是20世纪经典科学哲学的成果，简言之，科学理论应该是演绎系统化的。演绎系统化理论要求概念有清晰明确的规定，要求从尽可能少的前提出发，合逻辑地推演出每个论断，论断间有内在的逻辑关系，不能相互矛盾，论断间的构造性结合可以推演出新论断，做出前所未有的预见。这样的理论体系最重要的特质是可证伪性和可预见性。可证伪性使得理论能够接受观察和实验的鉴别，能够不断修正错误、不断进步；可预见性使得理论能够引导我们探索未知世界。这是人类其他知识体系所不具备的特质。

我们以霍金量子宇宙论为例来说明科学理论的结构、特质、评价及演进的可能方式。

1. 科学理论的结构

史蒂芬·霍金被公认为是继爱因斯坦之后最伟大的理论物理学家之一，他最重要的科学探索工作是奇性定理、黑洞辐射和宇宙自足解。

奇性定理预言：自然科学中统一定义的、可测度的时间不是无限延伸的，而是有起始或是终结，时间中断的奇点也意味着因果性失效和科学预见性的丧失。

黑洞辐射的发现表明黑洞并不是如经典理论所认识的僵死的、只进不出的无底深渊，而是能向外辐射能量粒子，并能在最后的爆炸中消失掉。

黑洞辐射部分地统一了引力、热和量子三大学说。引力不是力而是时空弯曲的结果，是时空拓扑的力学效应、经典效应，黑洞热辐射则是时空拓扑转换的边界效应、量子效应。引力与热连接的桥梁是量子的不确定性。

宇宙自足解是霍金运用量子路径积分方法解决奇点困境的尝试。霍金将路径积分思想推广到宇宙时空结构本身，将宇宙理解为拥有所有可能的时空结构，据此写出宇宙波函数，再借助虚时间和无边界假设得出宇宙自足解。宇宙自足解描写了一个从虚无中自发创生、指数膨胀的宇宙。

霍金证明的奇性定理宣告了时间的起始和终结，暗示出经典的量子、引力和热理论都是不完备的；黑洞辐射的发现则部分统一了相对论、量子 and 热；宇宙自足解则是对自

^① 本章见周祝红. 思辨的宇宙——霍金量子宇宙论的哲学分析[M]. 北京：科学出版社，2007：60-65.

己所证明的奇性定理的否定,“拯救”了科学预见性和时间。

霍金量子宇宙论是探索性的,并未被科学界普遍接受,思想本身充满形而上学的意味,例如,虚时间、宇宙是真正的免费午餐、宇宙拥有所有可能历史,等等。这样探索性的工作是否遵从了科学理性的原则?

1.1 科学说明的逻辑

“一切事物的发生都是有原因的”,普通逻辑中的因果律被看作是科学说明的逻辑基础。通常人们认为,科学说明区别于哲学、宗教、常识和其他观念体系的地方在于,它揭示了一个事件之所以发生的真正原因,是确定而可靠的知识。可是为什么如亚里士多德用万物趋向于自己的自然位置来说明苹果落地或如中国古代用“阴阳”之说解释自然现象不是一种科学说明呢?看上去,它们的理由很充分,也符合一般的常识。

经过长期探索,科学哲学家发现,科学说明(说明已知或预见未知)必须具备特定的结构,逻辑实证主义用如下的模式定义科学说明^①:

(1) 先行条件(逻辑前提): $C_1, C_2, C_3, \dots, C_m$;

(2) 普遍定律: $L_1, L_2, L_3, L_4, \dots, L_n$;

(3) 要说明(或被预见)的现象: E 。

依据此模型,当我们要说明或预见事件 E 为什么发生时,首先要去寻找一个条件集合 $\{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ 和一个普遍定律集合 $\{L_1, L_2, \dots, L_n\}$, 当条件集合为真,代入普遍定律集,我们就能从逻辑上推导出 E 会发生,则 E 事件的发生就得到了科学说明。

霍金证明时空奇性或者说霍金对时空奇性的预见和说明正具备上述逻辑结构^②:

(1) 先行条件: C_1 = 因果性成立 C_2 = 广义相对论正确

C_3 = 有物质存在, 能量非负;

(2) 普遍定律: L_1 = 现代微分几何相关定律

L_2 = 广义相对论方程;

(3) 被预见会发生的现象: E = 存在时空奇性。

奇性定理成立的前提集为真,“因果性成立”是对科学理性最基本的要求;“广义相对论正确”,已被无数实验所验证;“能量非负,有物质存在”,人类观测所及的时空都是这样。“条件集”代入“定律集”就可以合逻辑地导出预见的事件——时空奇性。推导过程是极复杂的,但经过许多专家反复推演,公认推理过程没有错。

20 世纪,科学哲学中逻辑实证主义学派所主张的许多核心思想如观察陈述和理论陈述的严格区分、发现范围和辩护范围的严格区别、理论与方法的区分都遭到了广泛的批评甚至否定,但其界定的上述科学说明的逻辑结构至今仍然受到科学界和哲学界的普遍承认。当科学家想要说明或预见事件 E 发生时,必然会去追溯另一组条件集 C 和把 E 与 C 联系起来的普遍规律 L , 科学规律无非是事件 E 和 C 之间的普遍联系,这联系既可

① 参见金观涛. 我的哲学探索[M]. 北京: 人民出版社, 1998: 146.

② Hawking S W, Penrose R. The Nature of Space and Time[M]. Princeton: Princeton University Press, 1996: 15.

以是确定因果律也可以是概率统计因果律。事件 E 与 C 以规律 L 的方式相互关联和制约，便是自然科学中因果规律的结构。

霍金曾幽默地说，科学界能够接受“时空奇性”是因为“人们实在辩论不过数学”，其实倒不如说，人们争辩不过的是内心所认同的科学规范。科学说明和预见的形式结构是因果律在自然科学中的具体体现，也是科学看待自然的一种方式，即自然现象处在普遍联系的结构中，科学规律则是现象间关联和制约的方式。“时空奇性”是由确认为真的逻辑前提和普遍规律合逻辑地推导出的，完全符合科学说明逻辑结构的要求，因此终于被科学界作为合理的科学说明接受下来。

也正是因为同一个理由，科学家们又拒绝承认“时空奇性”。依据霍金的观点^①，“时空奇性”是时间的起始和终结，是因果性失效和科学预见性丧失的地方，这意味着，依据科学说明的逻辑结构合逻辑地预见的“时空奇性”本身意味着宇宙中存在着科学理性结构不成立的地方，科学说明的形式结构自己证明自己不成立——一个悖论。因此，“时空奇性”被科学界称为“奇点困境”，被认为是 21 世纪自然科学两大理论困境之一。

科学家们千方百计想要解决“奇点困境”但都不成功，目前较有希望的可能途径是有科学家发现奇点证明隐含着温度的极限条件，若考虑到热效应就有可能逃开时空奇性。霍金对自己所证明的“时空奇性”也深感不安，认为这是科学理性所不能接受的，他的“宇宙自足解”假说可以看成是解决奇点困境的一种尝试。

1.2 科学理论的形式结构^②

“科学说明的逻辑”是科学理论的微观结构，是对单个自然现象或事件的说明或预见，而完整的科学理论则要求尽可能多地说明相关现象并且纳入系统化的逻辑构造体系中，这便是科学理论“演绎系统化”的理想。

简单说来，“演绎系统化”是指从少数几个定义和公理出发，借助逻辑和数学规则合逻辑地推导出其他定律并说明相关现象。科学理论演绎公理化的理想成型于欧氏几何，由伽利略推广到力学，经过牛顿“伟大的综合”在经典力学中得以实现。《自然哲学之数学原理》成为自然科学理论形式体系的典范。爱因斯坦称自己的广义、狭义相对论理论结构都是模仿牛顿经典力学形式体系完成的。

霍金的奇性定理、黑洞辐射和宇宙自足解都还只是科学假说，不能算完整的科学理论，但科学理论“演绎系统化”同样是霍金的理想。他认为，科学应当寻求理论的统一，应该能够从几个简单的基本原理出发，在量子不确定的限度内预见宇宙中所发生的一切。黑洞辐射之所以是一个“惊人”的科学发现，最重要的原因在于它揭示出了量子、引力和热三大理论深刻的内在关联，预示了三大理论统一的前景。^③

^① Hawking S W, Penrose R. The Nature of Space and Time [M]. Princeton: Princeton University Press, 1996: 103.

^② 参见江天骥. 当代西方科学哲学 [M]. 北京: 社会科学出版社, 1984: 24-65. 黄顺基. 逻辑与知识创新 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2002: 321-396.

^③ Hawking S W. A Brief history of time [M]. Bantam books, 1996: 228-233.

逻辑实证主义学派的许多科学哲学家对科学理论逻辑结构的构成要素进行了深入分析,所形成的正统观点认为,“科学理论可以看作由经验定律、理论原则、对应规则、数学计算与模型这五大要素所组成的多重结构”^①。

我们依据卡尔纳普(R. Carnap)“演绎的两种语言模型”区分经验定律、理论原理和对应规则。卡尔纳普将科学理论体系的整个语言划分为两种——观察语言和理论语言。观察语言的“描述常词”称作观察名词,指称可观察的对象或过程和这些对象的可观察属性或关系。观察语言只包含初等逻辑,假定能够完全被理解;理论语言的“描述常语”称作理论名词,指称不可直接观察的抽象理论对象或过程及关系或属性。理论语言由数学语言和理论名词组成,包含广博的逻辑,对其内涵的说明总是不完全的,存在不断深入的过程。

卡尔纳普还定义两种公理及理论名词的意义。理论公理是科学理论的基本规律和核心思想,它只包含理论名词而不含任何观察名词;对应公理给理论名词规定了经验的可操作规则,既包含理论名词也包含观察名词;理论名词的意义要求一个理论名词只有当可以依据给定理论的理论公理和对应原则合逻辑地推演出包含该理论名词的可观察陈述时,它才是相对于给定理论有意义的。

亨贝尔(C. G. Hempel)针对卡尔纳普所代表的正统观点提出了自己改进后的新看法。他认为科学理论的表达有两类陈述:其一,内在原理——说明这个理论所设定的事物和过程以及被假设支配它们的规律(相当于卡尔纳普的“理论公理”)。其二,连接原理——规定“内在原理”和可观察的现象联系起来的方式(相当于“对应公理”)。亨贝尔不赞成观察名词和理论名词的严格区分,以及以此为依据区分理论语言和观察语言或区分“理论公理”和“对应公理”。他强调并没有精确的标准可以严格区别“内在原理”和“连接原理”,两者可以既包含理论名词也包含观察名词,部分理论名词也可以是我们熟悉的已被确认的“先行”理论名词。

综合卡尔纳普、亨贝尔和其他科学哲学家的见解,我们一般地界定:经验定律是关于直接可观察的对象的属性和关系的普遍命题,可以直接经受实验检验;理论原理是关于不可直接观察的抽象理论对象的普遍规律,不能直接得到检验,但却可以借助“对应规则”合逻辑地推导出可观察的、可以直接检验的“观察陈述”;对应规则规定“理论原理”和“经验定律”或“观察陈述”的关联方式,使抽象的理论原理能够经受间接的经验确认进而具有经验意义,成为实证的。

霍金的“宇宙自足解”虽然只是假说不能算做完全的科学理论,但我们可以预见,若霍金的假说最终能得到确认并且“宇宙学”能够形成较完整的理论体系的话,霍金的“宇宙波函数”会是“宇宙学”最核心的方程,就如同牛顿力学三定律在经典力学体系中的地位一样。因此,我们可以凭借经过综合的经典科学哲学的正统观点分析霍金“宇宙自足解”的理论结构和要素构成。

首先是理论原理(内在原理)。具体到霍金的量子宇宙学,它应该是霍金理解宇宙生成和演化图景基本思想的理论表达。霍金找到了能表达其核心思想的理想化数学方

^① Hawking S W. A Brief history of time[M]. Bantam books, 1996: 228-233.