



科学的沉思 和 沉思的科学

论科学研究、科学热点、科学方法

陈 洪 著

上海科学技术出版社

内容提要

哲学和自然科学在高等院校是两门独立的学科,但它们之间有着天然的联系,这种联系没有纳入我们的教学计划。事实上,从科学发展史看,这种联系不但与人类的世界观、价值观、科学规范有关,更与我们的科学视野、研究问题的思路、解决问题的方法有关。作者结合自己的留美亲历和科研实践,对下列五个主要问题进行了认真的思考和讨论:科学家应该有在哲学层面上总结成果的自觉性;科学家除本学科的研究外,还应把科学作为一个整体予以关注;学科交叉已成为科学发展的大趋势,自然科学的公理化和形式化的研究方法成为社会科学效仿的对象,但相反的趋势,即自然科学向社会科学学习的问题没有受到重视;自然科学和哲学之间需要一个桥梁,然而在中国这种研究并没有受到重视;在我国自己国土上取得的科研成果尚未获得诺贝尔奖的个中原因很多,现实的科研体制、科学家的价值观、科学规范只能使我们距离这个目标越来越远。

本书读者群包括大专院校师生,尤其是自然科学和工程技术专业的师生,对哲学、自然辩证法专业的师生也有参考价值。

前言

人只不过是一根苇草,是自然界最脆弱的东西,但他是一根能思想的苇草。用不着整个宇宙都拿起武器才能毁灭他,一口气、一滴水就足以致他死命了。然而,纵使宇宙毁灭了他,人却依然比置其于死命的东西要高贵得多,因为他知道自己要死亡,以及宇宙对他所有的优势,而宇宙对此却是一无所知。因而我们全部的尊严就在于思想。正是由于它而不是由于我们所无法填充的时间和空间,我们才必须提高自己。因此,我们要努力好好地思想,这就是道德原则。

——帕斯卡

整个科学的统一仅在于它的方法,不在于它的材料。

——皮尔逊

科学可以分为四个层面:(1)器物技术层面是科学的应用部分;(2)解释层面,包括基本概念、实事、定律、理论,是科学的基本内容;(3)社会层面,包括科学的社会建制和文化环境,是科学的社会基础;(4)精神层面,包括科学思想、科学方法,是科学的灵魂。后两个内容是自然哲学、科学哲学、科学社会学的研究内容,本书探讨其中的某些问题。

现代自然哲学和现代科学哲学是两个与自然科学联系最紧密的学科。自然哲学是自然观,主要讨论自然界的物质性、系统性;自然系统的组成、结构和功能、自组织现象、层次结构和演化发展规律等。科学哲学主要讨论科学方法论,包括研究科学知识的性质、组成和结构;科学探索的程序、方法和规划;科学文化的传统、变革和价值。

文艺复兴以来,物理学、化学、生物学等各部门实验自然科学从自然哲学的母体中分离出来,成为独立的学科领域。自然科学脱胎于哲学,就像母亲生下一个儿子,儿子一天天长大,最后长成一个很有成就的独立的个体。此时,在很多问题上,儿子和母亲开始有不同的看法,有时候争论,甚至争吵。然而,当母子静下心来认真考虑对方意见的时候,儿子认为母亲的教导还是有道理的,而母亲也从儿子的问题中吸收了大量的新的科学信息。毕竟,儿子和母亲是有血缘关系的。自然科学和哲学就在这种既相互影响又相互斗争中发展。

自然科学还有另一个来源——宗教,这是很多人没有注意的问题。宗教被现代人认为是科学的对立物,这种看法有些偏颇,我在“宗教——科学的一个源”一章中有比较详细的讨论。

哲学、科学方法论对科学发展和科学家的影响是深刻的,每个科学家都自觉不自觉地被这些规则指导,当然,有时也被这些规则束缚。在科学异常时期,科学家往往寻求哲学的支持,以削弱传统对心灵的束缚。17世纪牛顿力学的出现,20世纪相对论和量子力学的产生,都是以研究当时的传统哲学为先导的。思想试验(科学基础的哲学思考)对于牛顿力学、相对论和量子力学的产生都起了关键作用。伽利略、爱因斯坦、玻尔的著作中有大量的思想试验报告和哲学分析,其目的是搞清危机产生的根源,突破旧的世界模式,建立新的宇宙图像,并在哲学层次上总结、提炼出新的原理,这是实验室做不到的。观察、思考、建立理论模型、检验、再观察、修正模型、哲学提升直至接近真理,科学就是在不断地改错中建立起自己的理论体系,而科学家也有足够的思想准备,接受新体系的诞生。杰出的科学

家不仅注重本学科的科学发明,科学理论和模型的建立,更注重支撑这些知识的哲理精神,优秀的科学家需要有哲学思考的自觉性。

科学和技术是两个完全不同的概念。科学是人类在研究自然现象过程中所构造的一系列理论体系,因此属于社会的意识形态和精神文化。而技术是人类操纵、利用和改造自然的实践手段,本身就是直接的生产力元素。科学研究是最主要的科学活动,我在第一篇的《论〈科学研究〉的层次》、《自然科学诺贝尔奖的定量研究》、《论科学观察》和《科学理论中的比喻》等章节中探讨了科学研究的规律。

第二篇主要讨论近年来科学研究的几个热点问题——“复杂”和“混沌”。这两个问题事实上还没有结论,也没有找到研究思路 and 有效的研究方法,到目前为止,甚至连它们的边界都不很清楚。然而,这正是它的全部意义所在,因为它企图解答一切常规科学无法解答的问题。在自然科学领域,搞理论的人对于国外的新理论是非常敏感的(如对于“混沌”的研究),而那些搞技术、搞工程的人似乎对理论的新进展不太关心。因此,深入浅出的向广大科技工作者介绍一些国外的理论成果也是我最感兴趣的。为此,写了《复杂性第二定律》、《混沌和生命》等文章。DNA 双螺旋模型的发现,曾经点燃了人们彻底认识生命的希望,然而近年来的研究表明,生命的复杂程度远远超出我们的想象。我在《一个科学模型引起一场革命》一章中进行了讨论。

第三篇的内容比较丰富,针对的是近代科学中普遍存在的、片面强调“还原论”这一哲学思想的弊病,以及由此而来的种种问题,如学科分隔造成的隔阂,综合的、整体观念的缺乏,

只见树木不见森林的短视和偏见,在丰富多彩的现实面前的僵化和无能等等。这些弊病不仅阻碍了科学的发展,而且是人类面临的许多现实问题难以得到有效解决的原因所在。我在《论耗散结构和相对论中自然科学哲学观点的差异》一章中,对“还原论”和“整体论”、“简单性”和“复杂性”、“决定论”和“非决定论”的问题进行了探讨。20 世纪中叶以后,科学出现了融合、交叉的趋势,大力提倡交叉科学,这不但指向其他学科学习科学内容,还意味着要学习其他学科的研究方法;不但指自然科学各学科的交叉,也指自然科学与社会科学的交叉。在《论交叉科学》一章中,对自然科学各学科的交叉趋势进行了论述,在《自然科学和社会科学的交叉研究》一章中对这两个学科的交叉进行了探讨。此外,“金钱崇拜”、“官本位”、“短期经济行为”的泛滥使很多知识分子热心于功名利禄、身份、地位,而不愿埋头献身于专业研究。因此,科学道德、科学规范教育是当务之急,为此,写了《科学发现的优先权和科学规范》和《国人的诺贝尔奖情结》等文,尽管这个声音十分微小,但这是一个正直的知识分子的心声。

我在美国杜克大学读博士的时候参加过一个哲学讨论班,每周讨论一次,内容包括西方哲学流派介绍,现代自然科学和哲学的关系,哲学家和科学家的争论等。圣菲研究所的客座教授 R. Palmer 博士和其他教授有时候也参加讨论,题目不限,自由发言,气氛热烈,其中有很多我感兴趣的问题。此后,我开始注意有关科学和哲学关系的问题。学习科学史、科学哲学、科学方法论使我的科学视野大为开阔,研究思路更加明晰,获益匪浅,并陆续写了一些文章,本书就是自己的学习和研究心得。

本书是一本关于科学方法论和科学哲学的高级科普读物。它的对象是理工科的教师、学生以及在职的科研和工程技术人员。本书中的多数论文在国内外公开刊物上发表过,每一章独立成文,但各章之间有一定的内在联系,出书前,做了一些文字上的修改和补充。

但愿本书能让没有读过哲学专业的科技工作者和缺乏自然科学背景的哲学工作者都有所收益。希望本书是引玉之砖,引出更多的好文章,也希望引起科技工作者对科学哲学研究的兴趣和热情,并通过这种研究使自己的工作更上一层楼。鉴于作者本人的专业不是哲学,所以特别希望得到专业人士的不吝赐教,也希望得到其他读者的批评、指正。

作 者

2008年1月20日

目 录

第一篇 科学研究 1

- 第 1 章 论“科学研究”的层次/2
- 第 2 章 自然科学诺贝尔奖的定量研究/15
- 第 3 章 论科学观察/28
- 第 4 章 科学理论中的比喻/45
- 第 5 章 论科学模型/54
- 第 6 章 科学结论的逻辑问题/66
- 第 7 章 伟大的数学/76

第二篇 科学热点 85

- 第 8 章 简单产生复杂/86
- 第 9 章 复杂性第二定律——一个正在建立的、还不严格的定律/97
- 第 10 章 如何处理生物复杂性问题/107
- 第 11 章 混沌——一种被重新认识的运动形态/117
- 第 12 章 混沌和复杂/125
- 第 13 章 混沌和生命——“混沌边缘”理论/132
- 第 14 章 一个科学模型引起一场革命/141

第三篇 科学方法 155

- 第 15 章 20 世纪三位著名的科学哲学家/156
- 第 16 章 科学发现的优先权与科学规范/173
- 第 17 章 宗教——科学的一个源/190
- 第 18 章 论交叉科学/204
- 第 19 章 自然科学和社会科学的交叉研究/218
- 第 20 章 国人的诺贝尔奖情结/238
- 第 21 章 论“耗散结构”和“相对论”中自然哲学观点的差异——纪念爱因斯坦逝世 50 周年/254

普利高津记 267



这部分论述科学研究的几个规律。第1章是关于科学研究的层次问题,即科学发现、技术发明、科学理论、科学模型、科学哲学。第2章在总结上世纪自然科学诺贝尔奖工作的基础上,对物理学、化学、生理学或医学奖中的科学发现、技术发明、科学理论的比例进行分析,得出物理学为 $2.5:1:1$,化学为 $1:1:1$,生理学或医学为 $5:1:1$ 的结论。第3章讨论与“科学观察”有关的问题。观察拉开了近代科学的序幕,也是现代科学研究的重要手段。该文指出,“看”是先天的,“看见”是后天的,“观察”是科学训练的产物。第4章讨论“科学模型”。一个得到科学界承认的理论模型必须具备一致性、简单性、逻辑性和统一性的特征。从各学科的发展历史中,我们看到一个科学模型大致的进化过程:即解释模型→结构模型→假说/概念模型→学说/理论模型→预测模型。第5章介绍了科学研究中常用的比喻形式。指出,正确、恰当的比喻是科学理论形象化的重要途径。第6章介绍了科学结论的逻辑问题。因为从特定的事例归纳到普遍规律存在着“归纳逻辑谬误”,所以,在科学研究中特别要注意科学结论外推的局限性。第7章论述数学在自然科学和社会科学中作用。指出,数学曾经引起了三次科学革命,20世纪以来的科学已经远远地脱离了“常识”和“直观”的束缚,越来越多的科学正借助复杂的数学探索本领域的问题。

第一篇 科学研究

第1章 论“科学研究”的层次

1.1 引言

中世纪西方思想界占统治地位的理性主义产生于古希腊哲学家亚里士多德(公元前384—322年)的一元论的世界观。这种世界观认为人的理智和思想不但可以洞察宇宙万物的奥秘,也是衡量一切真理的标准。人可以通过自己的默想,在理智中设立大前提,然后以此推演下去,得出规律,并用以解释各种事物,这种方法也称为“演绎法”。从古希腊到中世纪,“演绎法”是研究科学的主要方法,那时候,人们仅注重理性思维,却忽略或反对对事物的观察分析。在理性主义的束缚下,以实验、观察为主的现代科学不可能得到发展。

公元1543年,波兰天文学家哥白尼提出“日心说”,并得到伽利略和开普勒从观察中得到的资料的支持,推翻了“地心说”,从此,经验主义的治学方法开始抬头。经验主义强调观察的重要性,在观察的基础上思考、分析、发现规律,这种方法称为“归纳法”。经验主义哲学的兴起拉开了现代科学的序幕。但与此同时,也带来了怀疑主义,只相信经验过的东西,不承认因果关系的存在,认为科学只是以往经验的归纳,无法预测将要发生的事件。

近代科学、现代科学从16世纪下半叶逐渐从哲学的母体中分离出来,力学、物理学、化学、生物学等成为独立的学科,并发展出独特的研究方法,这些方法包括实验、解剖和观察等,统称为科学实验方法。经过三百多年实验资料的积累、各学派的自由争论、资料的去伪存真,使人类对于自然界

的认识不断深化,至19世纪上半叶,自然科学取得了一系列伟大成就,被誉为19世纪科学三大发现的“能量转化”、“细胞”和“进化论”使人类对自然过程相互联系的认识有了很大的提高。20世纪中叶以后,电子计算机的出现,使各学科研究结果的定量处理成为可能,科学实验的对象也从“单一目标”发展到“系统目标”,即研究对象的组成元素更多,元素之间的相互关系更复杂。

科学研究是科学活动之一,而科学实验又是科学研究的主要内容,尤其是实验科学。20世纪以后,科学研究逐渐社会化,变成了一种由科学家、社会大众、政府、企业、社会组织参与的社会活动。当前,科学研究的含义与18、19和20世纪的含义有所区别,它不但包括自然科学,也包括社会科学、人文科学。1950年,美国科学家温伯格(A. Weinberg)提出了“大科学”(big science)的概念,当时这个概念主要指实验装备的尺寸,如大型火箭、高能粒子加速器。与之相反的是所谓的“小科学”,它是指试验规模小、参与人数少、研究经费不多的研究项目。近年来,还有一种普遍的说法,认为小科学是一种“假设驱动的科学”(hypothesis-driven science),而大科学是一种“发现的科学”(discovery science)。当然也有人认为这种分类方法不合适,指出,“大项目”和“大科学”是两个不同的概念,建议从“目标的全局性和整体性”区分“大科学”和“小科学”,并把“大科学”分成两大类型——“工程型”和“概念型”^[1]。对于科学的分类方法见仁见智,但无论如何,对科学本身的研究(“科学学”的主要内容之一)是人类自我反省的表现。近年来,对于科学的社会功能、科学的负面效应的讨论逐渐多起来,它反映了人类对于科学研究这种社会活动的更多关注,也反映了人类对“科学”认识的深化。

当前,世界各国,尤其是发达国家把巨大的人力、物力、

财力投入到科学研究上,并制定出各种激励政策,加快科学技术向生产力的转化。因此,科学研究已经不是科学家少数人在实验室的个体行为,而变成政府、资本、大众共同参与的社会行为;科学研究也不再是少数人感兴趣的事业,而变成一种经济效益可观的产业;科学研究的目的也不仅仅是自然规律的发现,而是把科学成果技术化,进而产业化和商品化。发展中国家由于社会、经济发展的需要,往往把有限的人力和财力投入到应用研究而不是基础研究,因此失去了重大科学发现的机会,也使应用研究因缺少人才和理论支撑而显得后劲不足。

科学研究有什么规律?它和技术的结合点在哪里?商业因素如何影响科学研究?这是本文探讨的内容。

科学研究是一种多层次的结构体系。几百年来,科学研究的实践表明,它至少可以分为以下几个层次:(1)发现和证实、证伪;(2)发明和技术创新;(3)科学理论/模型;(4)哲学的思考。

1.2 科学发现和证实、证伪

科学发现是科学研究的第一层次。在科学进入社会生活的早期,科学发现占主导地位。这种发现可以在实验室(实验)得到,也可以在自然界(观察)得到。科学发现是指自然界原本存在的现象和规律,由于实验手段的进步不断被揭露和总结出来。这种现象和规律往往以论文、报告、讲演等形式向专业人士和社会大众公开,而成为社会的“公有财产”。尽管这些发现的取得需要巨大的人力、财力的消耗,并且随着科学的进步,科学发现的成本也越来越高,但是发现者和投资者的回报仅仅是荣誉性的,或者是投入和回报不成比例的奖励。

科学发现一般不被知识产权保护,科学发现的成果是全人类共有的。然而资本的介入,使这一不言自明的问题复杂起来,因为某一科学发现可能孕育着巨大的商机和巨大的效益。本来自然现象和自然规律的发现是全人类的公有财富,现在可能变成某些人(或集团)的谋利手段,因此科学发现的公开就变得比较谨慎了,也就是说资本的介入正改变着原来意义上的科学发现。

人类基因组的测序成功,就是资本介入的一个例子。人类基因是一种自然形态的物质,本不属于知识产权保护之列,但在DNA测序完成后(中国承担了1%的测序任务),一些生物技术公司出于商业利益考虑(尽管目前它的商业价值仍是潜在的),申请了大量专利,企图把人类基因组的研究成果垄断起来,似乎新技术甚至新的生命形式和新的遗传序列要到律师那里,把它们作为专利存档后才能发表,这一做法使科学发现变成了商业秘密。关于人类基因组的数据是否公布并被无偿使用,是各国科学家共同关心的问题。ENCODE计划是有关人类基因组的“百科全书”,被美国国立人类基因组研究所限定为“公共资源项目”(community resource project),所有数据一经核实,必须放入公共数据库,供所有研究者无条件使用^[2]。ENCODE计划的实施避免了各个科学实体之间的恶性竞争和资源浪费,也为那些高难度科学计划的推进、不同研究实体的联合树立了榜样。

又如纳米微生物(nanobe)被认为是一种全新的生物形态,上世纪末,澳大利亚昆士兰大学的地质学家菲利普·尤文斯,在用电镜扫描一块从海床下几千米处的岩石时,竟发现了细菌的微丝,它的直径不超过20纳米,即人头发丝的五千分之一。而目前地球上已知的最小的球状细菌的直径为50~80纳米,纳米微生物的极低水平的代谢有助于它们在

如此小的空间生存。有科学家认为 50~80 纳米是生物体体积的极限,因为比这更小的体积无法容纳生物生存的各种“器官”。尽管目前对尤文斯发现的纳米微生物是否为生物,是否为生命的最原始形态,是否为无机界向生物界的过渡形态等很多问题尚有待回答,但是一些美国生物技术公司看见可能的应用前景(据说,多囊肾病可能与纳米细菌有关),对研究进行了大量的风险投资,因此可以想象,其研究成果也必然被商业化。由于当前的科学研究需要巨大的投入,所以科学研究需要资本介入,而资本介入也必然改变原来意义的科学研究。与这种潮流相对应的是实验室环境和气氛的变化:实验室越来越大,有严格的等级,野心勃勃,科研是为了得到更多的资金、得到提拔和掌握权力,更是为了致富。

一般意义的科学发现必须具有重现性。这需要科学家有足够的耐心去重复观察和实验,彻底搞清楚现象(或规律)产生的环境、条件和结果。这就是哲学意义上的“证实”和“证伪”。科学实验是“证实”和“证伪”的重要手段。科学实验的正结果为“证实”;科学实验的负结果为“证伪”。“证实”和“证伪”在科学研究中的作用都是积极的。

早期的科学实验,往往是单因素实验,即固定其他因素,只研究某因素与研究对象的数量关系、因果关系,其方法论的基础是:认为各因素是独立的(没有交互作用),各因素和研究对象的作用也是独立的。然而随着研究对象的复杂化,单因素的研究方法已经无法适应这种研究。例如卷烟香气风格和口味特征的研究。目前鉴定出的烟草中的 3 000 多种化学成分,在烟草燃烧过程中,产生了有 30 000 种化学成分的烟气,它们是“香气风格和口味特征”的物质基础,它们中的任何一部分或任何一个因素都无法替代整体的功能。科学发现在 20 世纪以后呈现出几个特点:首先,这些发现往往

在交叉学科和边缘学科中获得;其次,它们往往是“微观”和“宇观”的现象;第三,往往借助大型精密仪器,因此发现成本大幅提高;第四,很多发现赖以支撑的经典理论和哲学基础发生了动摇。20世纪末对于非线性系统的研究,对于“混沌”的研究,对于生物“结构和功能关系”的研究等等都体现了这些特点,在后面的文章中我们将给出比较详细的讨论。

1.3 科技发明和技术创新

科学和技术是两个完全不同的概念。科学是人类在研究自然现象过程中所构造的一系列理论系统,因此属于社会的意识形态和精神文化。而技术是人类操纵、利用和改造自然的实践手段,本身就是直接的生产力元素。近代科学技术的发展规律表明,理论科学往往走在技术发明前面,甚至创造技术发明。科学技术发明(简称科技发明)表面看来是科学研究的物化形态,事实上,在“物化”之前,很多“概念”首先被人们创造出来:在蒸汽机、望远镜、飞机、电脑、宇宙飞船还没有问世之前,它们的概念就被发明出来了。

科技发明是科学研究的第二层次。今天参与人类生活的各种工具、器械、电器、计算机等都是科技发明的产物。科技发明与资本结合是现代企业的运作模式之一,也是产生利润的手段之一。如果说科学发现使人类对自然界的认识不断深化,那么科技发明对人类物质文明的进步有着不可估量的贡献。一个科技发明,小到影响某个产品的产量、质量,大到促进生产力的发展并影响人类的生活质量和生活方式(如电视、电话、计算机)。

科技发明分为两类,一类是在科学发现和科学理论的基础上做出的。例如1831年法拉第完成了“磁生电”实验,并在后来被确立为“法拉第电磁感应定律”,它是现代电工学的

基本原理,在此基础上发明了发电机和电动机。1873年,麦克斯韦出版了他的电磁学专著《电磁学通论》。在这部著作里,麦克斯韦以他特有的数学语言,建立了麦克斯韦方程(即电磁学的微分方程组),揭示了电荷、电流、电场、磁场间的普遍联系。在这一理论的指导下,发明了无线电通讯、广播、电视、雷达等。另一类是从自然现象或偶然事件中得到启发,经过设计改进,找到应用领域。例如1690年法国人巴本从炼铁厂广泛使用的活塞式风箱中得到启发,发明了一个带活塞的汽缸,第一次将汽缸、活塞结构和蒸汽冷凝形成真空的原理运用于蒸汽机,为以后瓦特实现蒸汽机的革命(1784年)开辟了道路。又如,人们从自然界的风力、水力能做功的现象中受到启发,1769年英国人阿克莱发明了“水力纺纱机”;1785年英国人卡特莱特发明了“水力织布机”等等。

科学研究和技术创新的结合点就是科技发明。在科学技术高度发达的今天,一个科技发明的产生往往需要资金、人力、管理的大量投入。与科学发现不同的是,科技发明可以申请知识产权保护,但有时两者没有明显的分界。例如,发酵、制药工业使用的菌种如果是自然界采集、筛选的,不能申请专利。但如果该菌种经过人工诱变或基因改造变成一株“工程菌”,并用于生产,就可以得到专利保护。科技发明已经脱离了意识形态的范畴,是科学“物化”的一种形态。

1.4 科学理论和模型

科学理论(含工程理论)是科学研究的第三层次。如果仅把科学发现罗列起来,就无所谓科学。人们试图把自然现象(包括科学发现)概括出一个简明的规律,即爱因斯坦说的,以最适当的方式画出一幅简化和易领悟的世界图像,这就是科学理论。