

从科学理论的形成看科学研究精神

The Spirit of Scientific Research Seen from Formation of a Scientific Theory

张九庆

(中国科学技术发展研究中心 北京 100038)

一个成熟的科学理论的形成包括提出问题、收集证据、提出假说、检验假说、修正假说和形成理论等 6 个步骤。每一个步骤都有不同的特征,完成这个步骤都需要科学思维,这些科学思维的综合就构成了科学精神(狭义)的全部内涵。本文的目的就是从科学理论的形成过程及其特征来考察科学精神(狭义)的内涵。

一、关于科学精神的定义

要给科学精神下一个十分准确而完整的定义、对科学精神的内涵作出精确的解释和说明是一件

困难的事情,因为科学本身就是难以定义的。

像人们可以把广义的科学定义为一种累积的知识体系、研究方法、生产力要素或者社会建制一样^[1],广义的科学精神可以从多个视觉、多个层次来考察。从哲学的角度看,科学精神是一种辩证的、求实的、追求真理的哲学沉思;从社会人文的角度看,科学精神是体现人类在对自然的认识和改造过程中体现出来的求真、至善、臻美的文化精神;从结构的角度看,科学精神是由科学知识、科学思维、科学方法和科学精神共同组织的科学体系大厦的一部分;从功能的角度看,科学精神是一种摆脱自然、宗

如果你已有了一个本科学位,应检查一下你所获得的知识和经验今天对你的帮助如何,还缺些什么。你很可能缺乏一些使你现在的知识和技能得到充分利用的文科基础。你最好的选择是选修一些课程,而不必攻读另一个学位。当然,随着文科硕士名额的增加,你也可以面对一种新的选择。

不管你选择了哪个方向,一定要尽可能用各种方式继续学习。在这个充满机会、快速变化的世界中,你所获得的新知识对你必定很有帮助。

未来的工作趋势

工作年限已根本改变。工作人员不会再数十年为一个雇主工作。他们通常为某个雇主工作 2~4 年,接着就会换一个工作。如果他们继续为同一雇主工作,他们则希望经常变换工作岗位。

职业管理已从公司指导转向工作人员控制。一项预测说,受过教育的年轻人将在毕业后的 10 年里变换 4~10 个工作。接下来他们将休息 3~12 个月,以后重新工作。雇主们将会很高兴接受他们,因为他们常常发现这些人有很多新想法,而且非常渴望重新回到工作大潮中去。

短期项目任务将会盛行。

称职标准将会变化。学习一门专业、终生都停留在一个领域的观点已经过时。人们已在不停地跳

槽,而且未来还会更加频繁地跳槽。尽管仍会有专家,但对多面手的需求将会更多。新出现的工作将会有新的责任、期望和知识基础。

技术在未来工作中往往充当某种中心角色。技术将迅速变化,它将被开辟出新的领域且反映时代的需要,以便能够完成全新的各类不同工作。我们面临的挑战将是赶上潮流、不断学习。

与雇主的关系未来也会变化。公司将主要关注于核心任务。不必要的部分、分公司和职能将被剥离出来、卖掉或撤销。整个公司将由一组核心员工来管理,他们将负责很多的应急工作、战略联盟、伙伴关系以及保证工作的顺利完成。为此,他们须具备全新的技能,这些技能更多的是面向谈判、协调、促进而不是管理、指导和控制。

对雇员的素质要求将会变化。雇主们要找的是知识面广的候选者,而不仅是某一领域的专家。未来的日子里,需要越来越多的能思考、合作、创造、解决问题、沟通以及领导的人才。社会最需要的是那些学会了如何学习、受过雄厚的多学科教育、能够容易适应任何情况的人。

总之,未来的工作世界将与今天的有很大不同,相应地,大学早期的专家化设计不再适应未来的环境。显然,文科教育对于雇主们来说将更有价值。

(编译自《今日美国》2000 年 11 月号)

教和权力等的束缚而追求解放和自由的理性力量；从历史的角度看，科学精神是科学在不断演化和变化的过程中逐渐形成的，得到科学共同体承认的一种范式；从道德的角度看，科学精神是一种独立、诚实、无私的、实事求是的品质。

狭义的科学精神是指在自然科学中科学研究活动如科学理论的形成、技术发明的创造和工程技术的应用过程中人们应该遵守的思维方式、行为准则、价值取向，也就是说狭义的科学精神可以称为“科学研究精神”。

本文论述的是狭义的科学精神，同时文中所说的科学思维也特指科学研究活动中科学家应该和必须具备的思维模式。

二、科学理论的形成过程及特征

1. 提出问题与人文因素的影响

科学研究活动是一个解题的过程，一个科学家的真正的科学生涯都要从提出问题开始。一个科学问题必须是可以言传的，也就是说它能够用文字、图形或者模型来表述，而不是只能意会的东西；同时一个科学问题也必须是在现实知识基础上认为可解的，而不是一些子虚乌有的东西。

劳丹把科学问题分为经验问题和概念问题^[2]。自然界中使我们感到惊奇或者需要说明的任何事物构成经验问题（包括未解决的问题、已解决的问题和反常问题），由这种理论或那种理论显示出来的问题则构成概念问题（包括内部概念问题和外部概念问题）。科学进步的基本衡量尺度是已解决问题（经验的或者概念的），科学的目的就是不断扩大其解决经验问题的范围、不断缩小反常问题和概念问题的范围。

科学家的个人情感在从事科学研究活动开始时就已经介入其中。例如，科学家对自然感到无比地好奇，这种好奇心将成为他们今后从事艰苦并且通常是枯燥乏味的研究工作时的不竭动机和力量的源泉；其他的情感包括对问题的兴奋、解决问题的雄心、憧憬解决问题之后的幸福感等等。

还有很多外部因素也在科学活动开始时发挥作用。当科学家决定花费时间和精力对一些科学问题进行攻关时，对科学问题的选择也必然受到文化、社会、政治和经济因素的影响。每一个科学家生活和工作的不同的国家、文化、政治、经济等背景，决定了哪些问题是可以研究的，哪些问题是不能研究的；哪些问题是能够得到大量资助的，哪些问题必须是自费或者业余研究的；哪些问题是政府鼓励的，哪些问题是企业鼓励的。在科学问题变得日益复杂化并需要大量经费支持的今天，选择一个能够得到资助的科学问题是科学家首要考虑的。

还有一些非科学因素也决定了科学家走向不

同的道路。比如，一个科学家会因为对自然界严重的大气污染特别义愤来选择污染成因作为科学问题；另一个科学家可能从事有关烟草对人类健康的影响问题，仅仅是因为他能够从烟草公司获得研究职位和薪金。

科学家的直觉、灵感（往往来自于睡梦）和机遇等也可能产生科学问题。也就是说，提出问题、发现问题本身与科学思维也可以是没有关系的。

尽管科学理论形成从开始到结束的整个过程都受到这些个人情感因素、外部因素和非科学因素的影响，而且这些影响的作用往往不可低估，但它们与最终的科学理论的可靠性和客观性没有必然的联系。科学问题不会受命于这些因素，因为科学方法中后续的步骤将逐步排除这些因素对科学问题的影响而把科学引向客观与可靠的结论，当然这需要很长的时间和艰苦努力。

2. 通过科学思维收集经验证据

接下来科学家要收集解决科学问题的相关信息也就是证据。获取证据的过程也是科学家应用科学思维的开端。

科学研究活动需要的是经验证据。经验证据是指个体通过自身或者借助仪器能够眼见、耳闻、手触、鼻嗅、舌尝的东西，也就是易于感知的、能够共享的东西。虽然这里的经验只是个体经验，但经验证据之所以重要是因为当某一个人宣称有此证据后它是可重复的、其它的人也可以感知的。

经验证据区别于日常生活中经常遇到的其他证据，如传闻证据、证言证据、现场证据、启发性证据、神灵证据、情感证据。传闻证据是道听途说的东西，因难以确定消息来源而不可靠。证言证据（目击证人的叙述）和现场证据（通过现场工具、动机和时机分析得出的信息）是法庭判案时经常采用的，但它们经常也是靠不住的。启发性证据是某个人认为自己受到某种超自然的力量暗示启发后而表达出来的言辞。神灵证据是指某些人认为的由鬼怪、精灵、超正常的和超自然的实体展示的信息，它们因为不能由别人觉察且不可重复而更不可靠。情感证据是来自于个人的主观感受，虽然可重复但只为一个人独有，也不可靠。科学家在收集证据时必须把这类证据立即排斥在科学大门之外。

最接近经验证据的是权威证据。权威证据是权威代言者（权威人物、论文著作、专利公告、媒体广告等）告知的信息。任何一个人获得知识都离不开权威证据，一是因为我们生活在权威证据包围的环境之中，比如从小接受家长、老师和教授的教育；二是人类社会经验表明依靠权威是自然选择的必然结果；三是接受权威证据是个人获得知识最快、最有效的办法。

一个科学问题的经验证据有两个来源。一是科

学家自己进行的科学观测和科学实验。科学观测是借助感官和仪器而进行的一种有目的、有计划、有选择性的感知活动；科学实验就是运用实验工具，通过人为控制、干预或模拟自然现象而进行的一种科学研究活动。这些科学观察和科学实验必须是是可以重复进行的，得到的经验证据是能够被验证的。二是来自于权威证据。只有那些在科学家认可的书刊（即专业刊物、专业书籍）上得到正式发表的科学原理、模型、公式、图形、数据等权威证据才有可能被认为是经验证据。

科学家获得这些经验证据能否成为这个科学问题的有效和可靠的经验证据，需要用理性思维和怀疑态度进行判断。理性思维是严格遵守逻辑规则，采用归纳与演绎、分析与综合等方法进行的推理活动。这里需要把理性思维与非理性思维做一个比较。理性思维是需要经过严格的训练和学习才能获得的，而非理性思维是天生的；理性思维通常是一个困难和漫长的过程，而非理性思维则是突发的、短暂的、冲动的、容易的；理性思维需要与人的愿望、意志作斗争，对很多人来说是痛苦的；而非理性思维随从人的愿望、意志，给人以愉悦的感觉；理性思维的结果往往是人们难于直接感知而不愿很快接受的，而非理性思维的结果是人们能直接感知因而容易接受的。怀疑态度则促使科学家时常对经验证据进行先行的检验，不受经验数据的自我欺骗和被动欺骗。例如，你自己掌握的和从别处收集来的经验数据是否完备可靠；观测与实验获得的数据有多大的误差等。

当科学家掌握了自认为是完整有效的经验证据之后就进入到下一个步骤——形成假说。

3. 形成假说与科学方法

根据以上经过一系列的科学思维处理后的经验证据，就可以对某一科学问题做出可检验和待检验的猜想性和尝试性的解答，这就形成了科学假说。

形成假说必须依靠一系列科学方法，包括科学归纳（从经验证据寻找普遍特征）、类比方法（以一个事物的经验证据为基础向另一个事物的经验证据过渡）、统计方法（处理具有多种可能性的随机现象的经验数据）、数学方法（用抽象的符号和数学语言把经验证据统一起来）等等。对科学方法的选择是科学家的个人行为，不同的科学家有不同的思维风格，但是不同形式的假说本质上应该是等价的、可以相互转换的（如物理学中量子理论中的薛定谔的波动力学与海森堡的矩阵力学）。

一个假说可能为真；亦可能为假，故必须接受后续的验证。科学家通过发表论文或者撰写著作的形式公开自己的假说，去接受科学共同体的验证。非科学思维者也可以得出某一假说，但他们往往到

此为止，不经过或者不愿意经过后续的检验假说和修正假说的过程，而直接把假说当成理论进行传播。

4. 检验假说与科学假说的特征

科学假设是依据尽可能多的实验材料和经验事实以及尽可能在牢固的科学基础上创造出来的，是经验证据和科学思维的产物。如果说形成假说往往是归纳与综合方法的结果，那么检验假说则是演绎与分析方法的开端，因此科学哲学家把从检验假说到形成理论的步骤称之为假说—演绎法。波普尔为假说—演绎法的科学方法论贡献了“可证伪性”、“可检验性”等基本概念^[3]。

科学假说有以下基本特征。（1）假说的自洽性。假说的各个组成部分是符合逻辑的，不存在矛盾命题。（2）假说的兼容性。它与得到确证的科学原理是向下兼容的。（3）假说的解释性。它能够解释符合原来科学理论的经验证据和自己获得的新的经验证据。（4）假说的预见性。通过科学思维能够推论出的经验证据超过它直接说明的经验证据的范围，因此包含着尚未检验的经验证据。（5）假说的可检验性。它是可以被经验证据证实或者被经验证据证伪的。（6）假说的简单性。简单性原则是一个美学原则，它要求尽可能少地包含彼此独立的假说或者公理。（7）假说的试探性。它只是尝试性地解答问题，是可修正的、改变的，并非唯一的。其中最重要的特征是它的预测性和可检验性。

考察一个科学假说是否成立，就是要看它是否具备上述基本特征。例如，只有包含了自然过程、自然事件、自然规律等经验证据的假说才是可检验的，而包含非自然知识的假说则不能被检验；凡是声称是绝对正确的假说也不是科学假说。

检验科学假说的过程实际上是重新收集和认识经验证据的过程：一是科学家通过不断的观测与实验增加了新的经验证据，二是假说预测的经验证据需要接受检验，三是原来的经验证据可能与新的假说预测的经验证据产生矛盾而重新检验。

5. 修正假说与科学争论

如果科学假说被检验为不能成立，它必须被修正或者抛弃。在这个时候，人文因素又起着重要的作用。科学家因为花去了大量的时间、精力甚至财力才形成了科学假说，因此不可能简单地抛弃他们自认为正确的东西。由于怀疑态度的存在，科学家也不会轻易接受一个他人认为正确的假说。科学家对假说的辩护与反驳成为科学进步的动力。为了保护科学假说的核心部分，科学家通常会逐步建立一些辅助性的保护带。在辩护与反驳过程中，组成科学假说的核心及其保护带被不断地修正、不断地检验。

检验假说与修正科学假说的过程中就产生了

科学争论。科学争论表现为科学界在经验证据(实验发现、观察报告、数据分析、统计结果等)的有效性、科学方法的选择、假说的预见性结论的应用等诸多方面的分歧和论争。一个严肃的科学争论必须限定在科学研究探索的范围内进行,拒绝来自科学外部因素的影响;它也必须是理性的,以经验证据为基础进行理性推理,拒绝个人情感、个人信仰等非理性的东西。

只有经过科学共同体多次检验的科学假说才能成为可靠知识的一部分——科学事实。科学事实是高度证实的科学假说,是可以重复检验的,形成了人类知识中的真理部分。因为很多的科学事实,例如生物组织的进化、生命中核酸的存在、大陆的漂移等,与人的普遍意识、过去的哲学观念以及宗教相违背,因此很多人否认它们。通常我们把否认科学事实的行为称为非理性的行为,不管这种行为是来自科学家还是其他人。

6. 形成理论与科学理论的基本功能

科学理论是多个科学事实的整合建构。库恩概括了一个好的科学理论具有5个基本特征:精确性,从理论导出的结论与观察实验的结果相符;一致性,不仅内部自我一致而且与现有的一些公认理论一致;广泛性,理论的结论远远超出了最初要解释的特殊观察、定律;简单性,理论应当简单,给现象以秩序;有效性,理论应当产生大量新的研究成果。^[4]

科学理论的基本功能是解释功能和预见功能。科学理论的解释功能是指人们能够利用科学理论推断出的结论来验证已经存在的经验证据。它不仅包括因果解释(一个确定性事物在给定初始条件后,过去与将来都是可以决定的),也包括概率解释(由于某些新事物本身具有的不确定性导致现象符合统计规律);不仅包括结构解释(事物的性质表现为其构成的基本成分的性质的综合),也包括功能解释(事物的系统功能表现为各种因素下的功能的综合);不仅包括渐进解释(事物的各种历史阶段存在逻辑关系),也包括突变解释(事物的内部性质因外部条件突然变化而发生突变)。科学理论的预见功能是指人们能够从科学理论逻辑地推断出未知的经验证据,这些证据已经存在但不为人知,或者暂时不存在但必将发生。

例如,相对论、量子力学、进化论、基因工程学、宇宙大爆炸等科学理论等就是目前人类拥有的最可靠的、最严格的知识体系,能够对宇宙、自然、生命的起源、发展、构成和未来给出最有力的解释或者预见。

严格意义上的科学理论都是科学假说,科学理论也只是相对真理。由于科学是不断发展和进步的,更新的经验证据有的还没有纳入到现在的理论之

中,有的与现存的理论相矛盾,因此产生了新的科学问题,于是科学研究活动进入到下一个循环过程。

三、科学研究精神的基本内涵

从以上科学理论的形成过程可以推论出关于科学研究精神的丰富内涵,以下几条是比较重要的。

1. 非科学与科学之间存在不可逾越的界限,但科学假说与科学理论之间不存在不可逾越的界限。需要把“科学与非科学”和“科学假说与科学理论”区分开来。科学研究精神拒绝的是不具备经验证据基础的、超自然的非科学,而不是带有探索性质的科学假说,因此对待非科学应当严格、对待科学假说应该宽容。

2. 科学理论的形成要经历不同的过程,不同的过程对科学家的思维有不同的要求,因此必须把“发现的非理性思维”与“辩护的非理性思维”分别开来[有的哲学家简单地把科学活动分为“发现”与“证明(辩护)”两部分]。科学研究精神不拒绝个别科学家某个阶段性思维中的突发奇想,如鼓励科学家依靠好奇心、直觉等提出原创性问题。科学研究精神拒绝的是科学家在假说检验与评价过程中的非理性。

3. 科学理论需要的经验证据必须是有效的,因此既要保证通过自身观测和实验的经验证据是真实可靠的,也要保证采用的权威证据的来源是真实可靠的。科学研究精神就要求科学家在收集证据时严格按照科学规范进行,不仅不能伪造、任意修改经验证据,也要防止因疏忽造成的经验证据失真。

4. 一个科学理论的形成需要较长的和复杂的检验过程,任何科学家不能借助任何非科学的手段(比如媒体、广告、权威人物等)自我宣称或者立即宣称一个科学假说为一个科学理论。这就要求科学家不管为自己的假说辩护还是反驳他人的假说时都要有开放的心态、等待验证的耐心和平等的态度,也就是说科学研究精神要求科学家坚毅执着但不固执己见。

5. 在现代大科学时期,一个科学家往往只能完成一个步骤甚至只是一个步骤的一部分,因此科学研究活动提倡团队合作的团队精神。在这个团队中以多种形式(紧密的或松散的、实质的或者虚拟的)尽可能地集合起完成各个步骤所需要的科学家,这样才能尽快地完成科学理论形成的全过程。

参考文献

- [1] J. D. 贝尔纳. 历史上的科学. 科学出版社, 1981
- [2] 拉瑞·劳丹. 进步及其问题. 华夏出版社, 1999
- [3] K. R. 波珀(现通常译为波普尔). 科学发现的逻辑. 科学出版社, 1986
- [4] 托马斯·S·库恩. 必要的张力. 福建人民出版社, 1981

(责任编辑 王宏章)