

科学教育的三位一体： 科学史、科学方法与科学知识

张双南

摘要：针对当前中国社会暴露出的科学认知误区，剖析其根源在于科学教育的结构性缺失，即偏重知识灌输，而轻视对科学史的理解与科学方法的训练，导致公众难以形成持久的科学素养。通过系统回顾科学从古希腊起源到广义相对论的演进历程，阐释了科学发展的核心路径，即逻辑化、量化与实证化。基于此，必须深化“第四次科学启蒙”，构建“科学史、科学方法、科学知识”三位一体为核心的现代科学教育体系，系统提升公众科学素养与国家创新能力。

关键词：科学史；科学方法；科学知识；科学素养

一、从诺贝尔奖引发的闹剧看科学认知的误区

2017年诺贝尔物理学奖授予了发现爱因斯坦百年前预言的引力波的三位科学家。奖项公布后，网络上曾出现一场闹剧：一位被称为“诺贝尔哥”的下岗工人，多年前曾在某电视节目中提及相关概念，引力波被证实后，众多网友认为该奖项应属于他，还认为此前在节目中质疑其观点的嘉宾“欠他一个道歉”。当时国内许多媒体转发相关视频，以“尊重梦想”为标签引导话题；还有评论称，节目现场嘉宾与主持人“无资格评判科学”，甚至断言该下岗工人“可能是未来中国诺

尔奖获得者”。

这场闹剧的核心问题在于，该下岗工人的相关表述与科学并无关联，却得到了网络上一边倒的支持。类似的认知混乱在社会上并不少见：流言与谣言传播速度极快，远超科学知识的普及速度。例如引力波被证实后，市场上出现了“防引力波辐射服”，有朋友怀孕时甚至咨询笔者哪款防辐射服效果更好；再如疫苗谣言、地震谣言、伪健康科普知识等，在网络上泛滥成灾。

这些现象背后，反映出中国社会的科学认知现状：其一，科学谣言传播迅速，民众辨别能力不足；其二，所谓的“民间科学家”得到部分民众与媒体的盲目支持，这些“民

作者简介：张双南，中国科学院高能物理研究所研究员，中国科学院粒子天体物理重点实验室主任（北京 100049）。

间科学家”常执着于“推翻经典科学理论”，又不遵循科学方法与规律，却被误认为“有科学精神”；其三，部分民众，尤其是老年人，易被伪科学概念欺骗；其四，许多人缺乏独立思考能力与逻辑辨别能力，面对信息时习惯盲从“权威都说了”“单位传疯了”，甚至信奉“高手在民间，偏方治大病”等非理性观点。

即便接受了十几年教育，许多人离开学校后仍会遗忘科学知识、丧失科学判断能力。为什么会出现这种情况？我认为，本质上是科学教育出了问题——我们传统的科学教育偏重科学知识传授，忽视了科学史与科学方法的培养，导致知识难以转化为持久的科学素养。

以笔者自身经历为例，1979年我进入大学，1984年考取研究生，1986年赴英国留学时，曾陷入一个深深的困惑：与国外同事讨论时，他们常追问“这件事的‘科学’是什么？”“你的研究里面的‘科学’是什么？”我突然发现，自己读了十几年书、接受了当时最好的教育，竟不知道“科学”二字的真正含义。这个问题让我花了大量时间思考科学的本质，也让我意识到科学史与科学方法教育的重要性。

二、科学的起源：从古希腊文明说起

要理解科学，需要先从人类文明史切入。科学是现代文明的核心组成部分，甚至可以说现代文明即科技文明。人类文明史上，四大文明古国（古巴比伦、古埃及、古印度、中国）均发源于大河流域，所以鲜少有人关注“海洋文明”的作用。事实上，古希腊文明（爱琴海文明）虽产生时间较晚、持续仅650年，却成为西方文明的直接源头，更是现代科学的起源地。

古希腊文明的核心成就，在于开启了以理

性认识自然的模式。公元前五六世纪，尤其是希波战争后，希腊经济与文化高度发展，其文学、科技、艺术、哲学等领域的成就对后世影响深远。与其他古文明不同，古希腊人不依赖“超自然想象”（如神创论）解释自然，而是试图以“自然的方式说明自然”，这便是自然哲学的核心，也是科学的雏形。

自然哲学的核心问题是“宇宙万物的本原与演变”，这一问题至今仍是科学研究的核心。而提到自然哲学，就不得不提及亚里士多德——他是古希腊知识的集大成者，被誉为“古代最博学的人物”，也是物理学和天文学的奠基人。亚里士多德的贡献主要有三点：其一，将科学分为理论科学、实践科学与创造科学，为科学从哲学中分离奠定了基础；其二，其著作《工具论》系统阐述了形式逻辑，提出“三段论”推理方法，为西方近代科学提供了逻辑基础；其三，基于当时的观测，提出“地心说”宇宙模型，虽后续被修正，却开启了“以理论模型解释自然现象”的科学传统。

古希腊人对科学的另一贡献，是建立了“理论模型与观测结果对比”的理念。例如亚里士多德的“地心说”模型，无法解释火星等行星的“逆行现象”，即行星在天空中看似反向运动的现象。为了解释行星的“逆行现象”，托勒密在“地心说”的基础上提出“本轮模型”——在地球为中心的基础上，为每个行星增加一个“小圆轨道”，以此描述和预言行星的运动。这一模型虽复杂，却体现了“以观测修正理论”的科学逻辑。

三、科学方法的演进：从“日心说”到广义相对论

科学发展的本质是科学方法的不断完善。从托勒密的“地心说”到爱因斯坦的广义相

对论，每一次突破都伴随着“观测—建模—验证—修正”的科学逻辑升级。

(一) 哥白尼的“日心说”：简约性与模型创新

16世纪，哥白尼对托勒密的“本轮模型”提出质疑——该模型虽能解释观测结果，却过于复杂，不符合科学模型的简约性原则。基于此，他提出“日心说”模型，认为太阳是宇宙中心，地球与其他行星均绕太阳运动，行星的“逆行现象”是由于地球与行星运动速度不同导致的“视觉错觉”。

“日心说”模型的优势在于模型简洁，但当时其预测精度不如托勒密的“地心说”模型，核心原因是哥白尼假设行星运行为匀速圆周运动，与实际观测存在偏差。

(二) 开普勒三定律：从经验规律到定量模型

哥白尼的学生开普勒，继承了天文学家第谷的精确观测数据。开普勒通过分析数据，突破了匀速圆周运动的假设，提出“开普勒三定律”：行星轨道为椭圆、太阳位于椭圆一个焦点上；行星与太阳连线在相等时间内扫过相等面积；行星公转周期的平方与轨道半长轴的立方成正比。

这一定律首次以定量方式精准解释了行星运动，也验证了“日心说”的合理性。但仍有质疑者认为“地心说可通过修正同样符合数据”，“日心说”仍缺乏决定性证据。

(三) 伽利略的观测：实验与仪器的突破

1608年，伽利略听闻荷兰人发明望远镜后，迅速改进并制成天文望远镜，于1609年首次用望远镜观测太空。他的观测成果成为“日心说”的关键证据：其一，发现木星的四颗卫星，证明并非所有天体都绕地球运动；其二，发现月球表面有山脉与陨石坑，并非“完美球体”；其三，观测到金星的相位变化，

只有“日心说”能解释这一现象。

伽利略的贡献不仅在于证实了“日心说”，还在于开创了“实验研究自然规律”的科学方法。例如，他通过“斜面实验”与“思想实验”提出惯性原理：假设一个无摩擦的斜面，小球从斜面滚下后，若斜面逐渐变平，小球的加速度会减小，虽然在水平方向不再受力，但是最终会以在水平面方向匀速运动持续前进——这与亚里士多德“物体运动需要外力维持”的理论完全相反，为牛顿力学奠定了基础。

此外，伽利略还提出“相对性原理”：在封闭的匀速运动系统中（如匀速行驶的船），无法通过内部实验判断系统是否运动。这一思想后来成为爱因斯坦狭义相对论的重要基础。

(四) 牛顿力学：科学规律的系统化

牛顿在伽利略、开普勒等人的基础上，在《自然哲学的数学原理》一书中提出“牛顿三定律”与万有引力定律，首次建立了统一的力学体系。牛顿的伟大之处在于：其一，将万有引力从地球推广到宇宙，提出“科学规律具有普遍性”；其二，通过数学推导，从“牛顿三定律”演绎出“开普勒三定律”，证明了经验规律背后的理论本质。后人又基于万有引力定律，预言了海王星的存在，后来被观测证实，验证了科学理论的“预言能力”。

牛顿力学的成功，确立了科学方法的核心标准：逻辑化、量化、实证化。但牛顿力学并非完美，例如它无法解释“水星近日点进动”现象，且“超距作用”也与后来的相对论存在矛盾。

(五) 爱因斯坦的广义相对论：科学理论的突破与验证

爱因斯坦意识到牛顿力学的缺陷后，开始探索新的引力理论。他的突破始于两个关键思考：

一是“等效原理”：在封闭系统中，引力

与加速度产生的效果无法区分。这一原理表明，在引力场中可通过局部坐标系消除引力影响，为相对论的数学建模提供基础。

二是“时空弯曲”：基于等效原理，爱因斯坦认为引力的本质是“时空弯曲”——质量会导致时空扭曲，物体沿弯曲时空的“最短路径”运动，表现为引力。这一理论需要复杂的数学工具，爱因斯坦在数学家朋友的帮助下，于1915年创建广义相对论。

广义相对论的验证过程，完美体现了科学研究的方法：首先，爱因斯坦用其计算“水星近日点进动”，结果与观测完全吻合；其次，他预言“光线经过大质量天体时会发生弯曲”，1919年爱丁顿带领团队在日全食时观测到这一现象，证实了该理论；此后，广义相对论还预言了引力波、黑洞等现象，均被后续观测验证。

广义相对论并未“推翻”牛顿力学，而是在更广泛的范围内推广了引力理论——在弱引力场、低速运动中，牛顿力学仍是近似正确的理论。这也体现了科学发展的规律：新理论需兼容旧理论的合理部分，并解释旧理论无法覆盖的现象。

四、科学的本质：目的、精神与方法

从科学史的演进中，可总结出科学的核心要素，即科学的目的、精神与方法。

科学的目的是发现自然规律，包括自然界、人类社会、生物行为等领域的规律。科学不直接负责“应用规律”，规律的应用属于技术范畴。技术可利用科学规律造福人类，也可能带来风险，二者需明确区分。

科学的精神可以分为三个方面。一是质疑精神。不盲从权威，通过寻找理论缺陷、验证实验误差推动科学进步，而非无理由地“怀疑”，不能仅因“不符合个人认知”否定

理论。二是独立精神。科学规律不依赖研究者身份，无论研究者是谁，相同条件下的结果应一致。三是唯一精神。科学规律具有普遍性，不存在“东方科学”与“西方科学”之分，仅存在不同时代、不同发展程度的科学。

科学的方法可以分为三个方面。一是逻辑化。符合形式逻辑，确保理论自洽。二是量化。以数学语言表达规律，实现精确计算与预测。三是实证化。理论推导的结论需通过观测或实验验证，无法实证的理论不属于科学。

需要注意的是，科学并非唯一的学术领域。哲学、数学等学科同样具有极高的智力价值，但哲学无须“实证”，数学无须“符合自然现象”，二者与科学的评价标准不同。科学的独特价值在于，其逻辑化、量化、实证化的方法能产生可验证的规律，进而推动技术创新。

五、中国科学教育的现状与未来：第四次科学启蒙的必要性

回顾中国科学启蒙的历程，可以发现三次重要尝试。

第一次科学启蒙（1919年“五四运动”），提出欢迎“德先生与赛先生”，但因当时民族存亡是首要任务，科学启蒙未能深入推进；第二次科学启蒙（1956年“向科学进军”），推动了“两弹一星”等重大科技成就，奠定了现代工业基础，但未真正实现全民科学素养的提升；第三次科学启蒙（1978年“科学的春天”），邓小平提出“科学技术是第一生产力”，推动了科学知识的普及与高考制度的恢复，但仍侧重“科学知识传授”，忽视了科学史与科学方法教育。

当前中国科学教育的核心缺陷，在于“重知识、轻方法、缺历史”——偏重传授科

学知识，在培养学生的逻辑思维、独立思考与实证能力方面有所欠缺，导致了很多人接受了十几年教育，知识随时间遗忘，素养未真正形成。

因此，我们需要推动“第四次科学启蒙”，即构建“科学史、科学方法、科学知识”三位一体的科学教育体系。通过科学史，让学生理解科学的起源与发展，认识到“科学是不断演进的过程”；通过科学方法，让学生掌握“观测—建模—验证—修正”的逻辑，形成独立判断能力；通过科学知识，让学生掌握基础规

律，为进一步的学习与应用奠定基础。

只有这样，才能培养出具有逻辑思维、辨别能力与主动学习能力的下一代，真正提升中国的创新能力。现代技术的源头是科学，只有掌握科学的本质方法，才能突破“卡脖子”技术，实现科技自立自强。希望科学家和科学教师共同推动这一教育变革，让科学真正扎根中国，为国家的科技发展与社会进步奠定坚实基础。

(责任编辑：张一鸣)

The Trinity of Science Education: History of Science, Scientific Method and Scientific Knowledge

Zhang Shuangnan

Abstract: In response to the current misunderstanding in scientific cognition exposed in the Chinese society, this study analyzes its root cause as the structural deficiency in science education which is overemphasis on knowledge transmission and neglect of understanding of the history of science and training in scientific method, hindering the public from developing enduring science competency. By reviewing the evolution of science from its origins in ancient Greece to the development of general relativity, the study elucidates the core pathways of scientific advancement which are logicalizing, quantifying and empiricalizing. On this basis, it is imperative to deepen the fourth scientific enlightenment and construct a modern science education system centered on the trinity of history of science, scientific method and scientific knowledge, thereby systematically enhancing public science competency and national innovation capacity.

Key words: history of science; scientific method; scientific knowledge; science competency