

科学教育应从区分科与技开始

艾伦¹ 李鼎²

1 首都师范大学 北京 100048 2 上海市中小学数字化实验系统研发中心 上海 200072

摘要 不对科学与技术进行严格区分,或将成为科学教育的最大障碍。从科学与技术的本质出发,区分科学与技术、科学教育与技术教育,并进一步分析我国与美国在科学教育标准上的差异性,提出我国现阶段科学教育应该关注和改革的问题,指出“双减”中做好科学教育加法的关键性要素,并讨论科学教育中的技术干扰现象,最后提出现阶段科学教育的改进措施。

关键词 科学教育; 技术教育; 科学教育标准; 科学课程标准; 技术干扰

中图分类号: G633.98 **文献标识码**: B

文章编号: 1671-489X(2024)23-0007-05

0 引言

2023年5月发布的《教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》提出,要通过3~5年努力,达到中小学科学教育体系更加完善,科学教育质量明显提高,中小学生科学素质明显提升的主要目标。同年12月,教育部办公厅又发出《关于推荐首批全国中小学科学教育实验区、实验校的通知》,明确了要在全国范围内建设中小学科学教育实验区、实验校,探索科学教育实施有效途径和人才培养创新模式的工作目的。本文将要论述,为了能够达成上述目标,在中小学科学教育中必须严格区分科学与技术,注重科学教育与技术教育在教育理念、教学目标、教学内容与教学方法上的不同;必须认识到混淆科学与技术的教学对科学教育是十分不利的,有可能成为科学教育的一大障碍。

1 科学与技术的本质区别

为了能够将混淆科学与技术对科学教育的影响阐释清楚,首先应该对科学概念与技术概念在本质上的区别进行解析。本节将从科学与技术在目的、逻辑和形态方面的不同分别进行论述。

1.1 科学与技术在目的方面的不同

在研究目的方面,科学与技术存在着本质上的不同。科学的任务是发现客观存在事物的一般性规律,科学是一种探究未知、理解世界的方法;它通

过观察、实验和逻辑推理,发现客观存在事物的一般性规律。科学研究的成果通常以定律、理论等形式呈现,这些成果具有普遍性和可重复性;科学的目标是揭示自然现象背后的基本原理,为人类社会的发展提供基础理论。而技术的任务则是发明一个原本不存在的事物,通过运用科学定律和人类的科学原创,将理论转化为实际应用。技术的成果通常以实物形式呈现。

在创新性方面,科学创新常被称为原创,科学创新或科学发现的成果是抽象的且具有唯一性,例如,科学家牛顿将在物理学上的发现形成以数学公式形式所描述的物体运动规律——牛顿第二运动定律,在宏观物理中是没有其他形式可以取代的。技术创新或技术发明成果则是具象的且具有多样性,例如,工程师能够根据牛顿第二运动定律发明以及设计制造出火箭、航天飞行器、回旋加速器等,它们具有不同的功能和形式。

1.2 科学与技术在逻辑方面的不同

在研究过程方面,科学与技术也有本质上的不同。科学研究过程是一个分析过程,是从特殊到一般的逻辑归纳;科学家通过细致观察、逻辑思维和实验验证进行理论构建,揭示自然或社会规律。而技术研究过程是一个综合与设计的过程,是从一般到特殊的逻辑演绎;工程师通过技术应用解决具体问题,以达到不同的特定目的。

科学研究是从观察客观现象开始的,通过实验验证和数据分析来揭示事物的本质,总结出普遍性的规律,再进一步发展出新的理论和方法;这是一个不断试错、修正和深化的过程,需要研究者具备严谨的逻辑推理和批判性、发散性思维。相比之下,技术研究更加注重实用性,研究者根据已有的知识和技术设计出解决方案,综合不同的方法与技术,通过实验来测试方法的可行性,最终发现某个实用的事物。应该注意到,科学与技术的研究过程都依靠实验,并都通过实验采集数据,但是科学实验的数据是用于验证抽象的一般性规律的正确性,是在不断地进行证伪;而技术实验(其实使用“试验”一词更加确切)的数据是用于产品功能上的完善和技术指标的提升。两种实验的作用对象与目的目标

是完全不同的。

1.3 科学与技术形态方面的不同

从哲学本体论出发，可以清楚地区分科学与技术具有完全不同的存在形态。科学与技术都是客观存在的，所以它们都是哲学本体论（亦称“存在论”，Ontology）所谓的存在者，但是它们作为存在者却具有完全不同的存在形态：科学的存在形态为思维形态，而技术的存在形态则为物质形态^[1]。

区分科学与技术的存在形态是十分重要的，因为这将决定对科学与技术进行教育时所遵循的完全不同的教育理念。教育理念是对教育的理性认知，它是教育哲学研究的范畴^[2]，是针对不同内容进行教育时应各自遵循的“公理”^[1]。对科学与技术在哲学存在形态上的区分决定着它们各自的教育理念，反射出各自不同的教学观、课程观、教学价值观等。

2 科学教育中对“科”“技”的区分

在中小学科学教育中需要对科学与技术进行区分，以保证科学教育不偏离正确的轨道，从而能够达到最初设定的科学教育目标。科学教育中对“科”“技”的区分最终应使人们清楚科学教育与技术教育的本质区别、我国科学教育与国外科学教育的差异性以及我国中小学科学教育所最应该关注的东西。

2.1 科学教育与技术教育

技术教育不是一个常用词，本文使用它是为了强化对科学教育本质特征的阐释。其实在我国各级学校中进行的信息技术、通用技术、教育技术等课程教学应该都属于技术教育的范畴。科学教育与技术教育具有完全不同的教育理念。

2.1.1 教育理念的不同

教育理念是人们对教育的理性认知。所以科学教育理念与技术教育理念都应该被理性哲学所规定，也就是分别被科学的哲学存在形态与技术的哲学存在形态所决定。

科学的存在形态为思维形态，所以科学教育的教育理念在教学观上必须强调对学生逻辑思维的训练，在课程观上应该注重学生对科学知识的归纳以及科学知识的理论性与体系性，而在教学价值观方面要体现学生理性科学思想的建立。技术的存在形态为物质形态，所以技术教育的教育理念在教学观上必须强调学生形象思维的训练，在课程观上应该注重学生对技术过程的演绎以及技术的规范性与设计性，而在教学价值观方面要体现学生技能的提高与技术创新能力的建立^[1]。

2.1.2 教学目标、教学策略的不同

教育目标在学校的科学教育与技术教育中体现为各自课程的教学目标，不同的教育理念决定了完全不同的教学目标，而不同的教学目标又必须通过不同的教学策略来实现。通常教学目标一般分为知识目标与能力目标（或显性知识目标与隐性知识目标），同样对于这两种不同性质的教学目标也会采取不同的教学策略。

目前，中小学科学教育的知识目标和内容一般定位在物质科学、生命科学、地球与空间科学这三个领域；而技术教育的知识目标和内容则一般定位在信息技术、计算机软件技术、人工智能技术以及通用技术这几个方面。科学教育的能力目标应定位于学生逻辑思维能力的建立与科学实验能力的培养；而技术教育的能力目标则应定位于学生综合设计能力的提高。在教学策略方面，科学教育采取的教学策略多为：通过观察发现问题→根据问题提出假设→依据假设建立模型→运用逻辑思想实验→组建实验进行验证→根据数据归纳理论→相互协作宣讲研讨→撰写报告总结规律；技术教育采取的教学策略多为：提出目标（任务导向）→目标综合（理论运用）→工程设计（技术搭建）→进行试验（成品检测）→总结改进→撰写报告。

2.2 中美之间的科学教育差异性

在现阶段的科学教育中，我国中小学应该使用中国式的教育内容与教育模式，盲目地照搬西方国家科学课程的教学内容与方法，或者固守中国传统的教学内容与方法都是不应该的。西方国家在科学和科学教育的认知上与我国存在巨大差异，这里以美国科学教育为代表，通过对中美之间科学认知与科学教育的差异性分析将问题厘清。

2.2.1 我国在科学认识上存在的问题

在我国历史上，科学与技术的发展是非常不平衡的，著名英国学者李约瑟认为技术的发展在中国十分突出，中国古代在技术发明上的成就十分辉煌，并非常深刻地影响着西方，但在科学上的表现却乏善可陈^[3]。《科学是什么》的作者吴国盛教授指出，在对科学的认识上，中国人心目中是“科”“技”不分的，当谈到科学时会不由自主地使用“科技”一词，人们口中的“科技”其实本质上指的是“技术”^[4]。而对于影响我国科学认识与科学发展的原因，爱因斯坦有一个著名的论断，他认为西方科学的发展是以两个伟大的成就为基础的，一个是形式逻辑体系，另一个是系统的科学实验，中国则缺乏这两个东西^[5]。我国在科学与科学教育的认识上存在着两个最大的问题，第一是科学与技术不分，过多地强调技术的作用，用技术取代科学；第二是在科学教育的认识上缺乏对逻辑思维和科学实验的重视。

2.2.2 美国中小学科学教育的特征

能够反映美国中小学科学教育特征的就是美国政府颁布的一系列科学教育标准，较早的有《国家科学教育标准（1996）》[National Science Education Standards (1996)]，其后有《K-12 科学教育框架：实践、交叉概念和核心思想（2012）》[A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (2012)]，再后是简称 NGSS 的《下一代科学标准：各州（2013）》[Next Generation Science Standards: For States, By States (2013)]。这些标准有一个共同的特点，就是在强调科学教育的教学内容同时也对技术、工程的教学内容提出了要求。

《国家科学教育标准（1996）》首先区别了科学与技术，指出科学的目标是理解自然世界，技术的目标是对世界进行修改以满足人类的需要；该标准中技术教育则是为帮助学习科学而设计的^{[6]24}。另外，该标准中科学内容标准部分规定的科学教育内容除了物质科学、生命科学、地球与空间科学以外，还有“科学与技术”这一重要内容^{[6]6}。《K-12 科学教育框架：实践、交叉概念和核心思想（2012）》将科学教育框架划分为三个维度：科学和工程实践（实验教学）、交叉概念（跨学科教学）、学科核心思想；其中学科核心思想的四个领域为：物质科学（PS）、生命科学（LS）、地球与空间科学（ESS）、工程技术和科学应用（ETS）^{[7]3}。该框架指出，工程技术内容的加入是为学生提供了一条对科学作用理解的加强途径^{[7]11}。《下一代科学标准：各州（2013）》则是基于上述 K-12 科学教育框架建立起来的科学教育标准^[8]，几乎继承了 K-12 科学教育框架的全部内容和思想，但更加规范化、具体化，并提倡科学教育中采用 STEM 教学策略^[8]。综上，美国科学教育标准反映出他们能够清晰地区分出科学与技术、科学教育与技术教育，同时将技术教育作为科学教育的助力，而不仅仅是平行于科学教育的一个内容。

2.2.3 中美科学教育标准比较

我国于 2022 年中小学开始施行《义务教育科学课程标准（2022 年版）》，该标准的课程内容部分规定义务教育科学课程设置 13 个学科核心概念和四个跨学科概念^{[9]16}。这 13 个学科核心概念可以归纳为四个学科领域：物质科学（1～4）、生命科学（5～8）、地球与空间科学（9～11）、工程技术（12～13）。它们与美国科学教育标准的学科核心思想四个领域相一致，而四个跨学科概念则又与美国科学教育标准的交叉概念部分基本相同。所以，我们认为美国制定的科学教育标准对我

国义务教育科学课程标准有一定的参考性。但在科学与技术的关系上，我国义务教育科学课程标准没有强调工程技术内容是为了促进学生对科学的学习，却在课程性质部分指出“科学也包括技术与工程”^{[9]1}，或者说技术也属于科学，这反映出我们对“科”“技”的认知是不够清晰的。

2.3 现阶段科学教育的特点

《教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》是指导我国现阶段科学教育的政策文件，该文件中强调指出要在教育“双减”中做好科学教育加法。该文件包含两个重要的核心概念：第一个是“双减”，“双减”的对象是义务教育阶段的学生，“双减”的目的是减轻学生的课业负担，而“双减”的结果是使学生在校的 15:30～17:30 这段时间空余出来；第二个是“加法”，“加法”所加的内容应该属于科学教育教学内容，实行“加法”的目的是弥补义务教育科学课程标准之不足，科学教育“加法”实施的时间则是学生在校期间的 15:30～17:30。

根据前文的对比分析，现阶段实施科学教育的具体内容应该包括（且不限于）以下这些。

1) 在教育教学中应该纳入对科学与技术概念进行根本区别的相关内容，以弥补在这方面认知上的不足。

2) 应该增加科学发展史的内容，并与技术发展史进行对照比较，从中了解科学的本质。

3) 应该加强科学实验教学，并与工程技术实验做严格区分。需要指出的是，相对于美国科学教育标准的三个维度，我国义务教育科学课程标准仅强调了交叉概念（跨学科）和学科核心思想（核心学科概念）这两个维度，而没有强调科学和工程实践（科学实验）维度。

4) 应该加强逻辑思维训练，建议增加在头脑中进行科学实验设计的过程，即通过思想实验来实现逻辑思维训练。

我国现阶段的科学教育是中国式科学教育，它的特点应该是在区分科学与技术的基础上开展的科学教育教学，它不能完全照搬西方的科学教育标准，也不能固守自己传统的教学内容和方法，应实现如上所述“双减”中的加法，才是科学教育的创新。

3 科学教育中技术的干扰

在现阶段的中小学科学教育中，“科”与“技”混淆，不对科学与技术进行区分的表现是很多的，在这里将它们统称为科学教育中的技术干扰。分析科学教育中的技术干扰现象，对技术干扰的结果做出判断，提出克服技术干扰的措施，是本节讨论的

重点内容。

3.1 技术干扰的表现

科学教育中的技术干扰现象至少可以分为三个方面：教学内容方面、科学实验方面、教学评价方面。它们分别表现为用 STEM（或 STEAM）代替科学教育内容，用工程技术实验代替科学实验，用工程技术制品代替科学教育成果。

3.1.1 用 STEM（或 STEAM）代替科学教育

由于《义务教育科学课程标准（2022年版）》提出了跨学科的教学理念，一些学校就将 STEM 的教学内容直接搬进课堂，认为这就是科学教育。STEM 教学包括科学内容（S）、技术内容（T）、工程内容（E）和数学内容（M），STEAM 在 STEM 的基础上又增加了一个艺术内容（A）。需要说明的是，跨学科教学绝不是混淆学科界限，而是要让本学科的知识在其他学科中得到应用、起到作用。例如，用力学知识解决搭桥技术和工程问题、用物理现象解释数学定律等。其实，美国的科学教育标准中的跨学科概念（Crosscutting Concepts）更加注重社会科学的融入，它的核心思想第四个领域 ETS 部分特别指出了科学与社会的关系^[7]。科学教育不是 STEM，不能将 STEM 作为科学教育的教学内容，STEM 只能以教学策略的形式出现。

3.1.2 用工程技术实验代替科学实验

科学实验提供了理解自然现象和社会现象的手段，而工程技术实验提供了解决实际问题的工具，两者在本质上是不同的。用工程技术实验代替科学实验的第一个表现是在学校科学实验室建设和仪器配备方面，一些单位将 3D 打印、开源器件、无人机、智能机器人等内容作为科学实验室建设内容配备到学校，而这些技术开发型的仪器设备和材料与科学实验室建设是相悖的。用工程技术实验代替科学实验的第二个表现是将实验教学内容定位在硬件设计类和软件开发类等解决实际问题的内容上，这与科学实验探索自然或社会现象的目标是不相容的。科学实验的目的是通过控制和观察现象来验证或推翻现有的科学假设，探索未知领域，并为理论提供实证支持，与工程技术实验是完全不同的。

3.1.3 用工程技术制品代替科学教育成果

对科学教育效果的评价常以展示教学成果的形式进行。一个典型的科学教育成果展是这样的：展区分为幼儿科创区、小学科创区、中学科创区，展出的作品有脑机接口、遥控赛车、无人机、动物乐园、航模与船模、建模与机器人、电子电路设计等。显然，这些成果都属于工程技术设计产品，它们的共同特点是具有物质形态，与技术的存在形态一致。科学的存在形态为思维形态，科学教育成果的展现

应该定位在思维的变化上，它包括逻辑思维的建立、发散性思维的提升、创新性思维的激发等，这种改变最终应体现在学生分析归纳问题的能力方面，它与技术教育的成果要求截然不同。

3.2 技术干扰的结果

如果对现阶段科学教育中技术干扰的结果进行判断，则其结果大致可分为两种，即显性的和隐性的。

3.2.1 技术干扰的显性结果

现阶段科学教育中技术干扰的显性结果是那些可以被直接看到或感觉到的现象，它主要表现在师资培养、实验室建设与实验教学、课程设置三个方面。在师资培养方面，由于技术干扰使得科学教师不能在概念上理解科学，不能在理念上掌握科学教育，导致科学教育教学的正常开展不能得到保证。在科学实验室建设方面，由于技术干扰，导致不能够建设一个真正的科学实验室，用工程技术实验室代替科学实验室，所进行的实验也就会脱离科学实验，脱离科学实验教学。在课程设置方面，由于技术干扰会使得学校 15:30 ~ 17:30 的科学教育活动重复《义务教育科学课程标准（2022年版）》的内容，这就在客观上超出了《义务教育课程方案（2022年版）》所规定的课时数^[10]，不仅没有减负，反而实际造成了增负。

3.2.2 技术干扰的隐性结果

科学作为存在者，其存在形态为思维形态，所以科学教育从本质上是在解决人的思维问题，具体化为逻辑思维、发散性思维、创新性思维等，而这些东西并非具象的，它们的抽象特点决定了其必然是隐性的。现阶段科学教育中的技术干扰会使得这些思维能力的建立与提高无法实现，又由于它们的隐性特征使人们不易做出科学的判断，也就不能对它们进行正确的测量与评价。科学教育中技术干扰产生的这个隐性的结果或许是对科学教育造成的最大伤害。

3.3 克服技术干扰的措施

关于克服科学教育中技术干扰的措施虽然目前还不够成熟，但是下面列出的五个方面的措施基本能够反映出各种需求。

3.3.1 加强中小学科学教师职后培训

对于现阶段中小学科学教育，依靠职前系统教育培养紧缺的科学教师不太现实，而加强现有科学教师或兼职科学教师以及科学教育管理人员的职后培训才是最有效的。对科学教师进行培训的内容应以科学概念、科学教育理念、科学实验教学能力、科学教学策略、科学教学评价等为主。

3.3.2 建立中小学科学实验室标准

现阶段中小学科学教育主要呈现在义务教育阶

段,义务教育的强制性特点决定了实验室与仪器设备应该建立配备标准,而我国义务教育的地域性特点又允许配备标准的形制可以为地方标准,这就给各地教育装备管理部门提出了新的任务,需要为各个地区的中小学制订科学教育的实验室建设标准和实验仪器设备的配备标准^[11]。在建立这些标准时,必须把握科学实验室的特点,严格区分科学实验室与技术实验室,区分两种实验室配备的仪器设备。一般来说,科学实验室的仪器设备应以工具型设备为主,包括观察工具、测量工具、分析工具等,并且管理应为开放形式。

3.3.3 制订中小学科学教育课程指南

前文谈到,《义务教育科学课程标准(2022年版)》不能完全满足现阶段中小学科学教育的要求,所以制订一个适合当前中小学科学教育的课程指南就显得尤为重要。如前所述,这个指南应该突出科学教育理念,在科学与技术的概念区分、科学发展史、科学实验教学以及逻辑思维训练等方面都做出相关的教学规定,以便在此基础上编制各地科学课程的校本教材和地方教材。

3.3.4 研制中小学科学教育评估办法

各个学校科学教育的效果如何,对它的判断需要一个科学的测量与评价方法,也就需要一个科学教育评估办法出台。这将是一个艰巨的工作,在这方面的经验十分不足,研制过程也会非常曲折而漫长。

3.3.5 加强中小学科学教育管理工作

中小学校科学教育管理包括教育资源管理、教育质量管理、教育安全管理三个大的方面。科学教育资源管理包括师资管理、实验室管理、课程资源管理;科学教育质量管理包括科学教育过程质量管理、科学教育考核质量管理、教育资源质量管理;科学教育安全管理包括科学教育活动学生安全管理制度制定、科学教育活动学生安全管理人员配置、科学教育活动安全设施配备。

4 结束语

我国中小学现阶段的科学教育必须重视严格区分科学与技术、科学教育与技术教育,避免用工程技术教学内容代替科学教育的教学内容,这是我国现阶段科学教育成功发展的关键。在重视克服混淆“科”“技”的同时,还应该注意科学教育资源的建设问题。科学教育资源包括人力资源——科学教育教师的培养,包括人工物力资源——科学实验室和科学实验仪器设备的配备,还包括科学人工

智力资源——科学教学课程的建设^[12]。培养的科学教师应该能够从本质上严格区分科学与技术、科学教育与技术教育;配备的科学实验室和仪器设备应该区别于工程技术实验室及其仪器设备;建立的科学教育校本课程或地方课程应该能够弥补义务教育科学课程标准的不足。只有这样,才能使我国中小学现阶段科学教育的目标得以实现。

最后还需要特别指出,本文的初衷是强调科学教育中避免在概念上对科学与技术的混淆,并不是要贬低技术的作用。从科技发展的角度看,科学的进步引发了技术革命,而理性技术的发展又推动了理性科学的进一步提高。先进的技术作为科学教育的教学工具和手段,一定会使得科学教育得以长足发展。

5 参考文献

- [1] 艾伦,刘强. 科学课程与技术课程的定位:兼论科学与技术的区别[J]. 中国教育技术装备, 2023(5):1-6, 11.
- [2] 刘黎明. 教育哲学[M]. 开封:河南大学出版社, 2021: 29.
- [3] 李约瑟. 文明的点滴:东西方的科学与社会[M]. 张卜天, 译. 北京:商务印书馆, 2018:1-2.
- [4] 吴国盛. 什么是科学[M]. 广州:广东人民出版社, 2016:6.
- [5] 爱因斯坦著. 爱因斯坦文集[M]. 1卷. 许良英,李宝恒,赵中立,等译. 北京:商务印书馆, 2017:772.
- [6] National Science Education Standards[S]. Washington, DC: The National Academies Press, 1996.
- [7] A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press, 2012.
- [8] Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.
- [9] 义务教育科学课程标准(2022年版)[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2022.
- [10] 教育部关于印发义务教育课程方案和课程标准(2022年版)的通知[A/OL]. (2022-04-08)[2024-03-04]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A26/s8001/202204/t20220420_619921.html.
- [11] 艾伦,刘强. 中外义务教育发展政策对比研究[J]. 教育与装备研究, 2023, 39(4):3-9.
- [12] 艾伦,刘强. 论教育资源[J]. 教育与装备研究, 2022, 38(11):6-12.