

为创新而学：综合科学技术与工程教育的范式转型

——以浙江省初中综合“科学”课程建设为例

沙琦波*

(浙江省教育厅教研室, 杭州, 310012)

摘 要：新时代的科学教育必须超越传统上以操作技能训练为主的浅表化模式，转向以发展学生科学思维为核心、通过技术与工程实践来驱动学生创新能力形成的新模式。浙江省近年来利用区域产业升级契机，围绕新课改理念，加快综合科学课程建设。为实现从“做中学”“用中学”向“创中学”的范式跨越，首先，我们通过培训提高了教师对工程技术与科学关系的认识；其次，推行了系统化的转型策略，以工程迭代逻辑为核心，增加专项工程实践模块，创设有效的工程实践情境，创建思辨场域，创新过程性与发展性相结合的多维评价；最后，构建了以在地资源的开发与转化为目的的区域与校本协同保障机制。

关键词：科学教育；范式转型；技术与工程实践；创中学；科学思维

过去提起浙江义乌，人们首先想到的多是小商品代工基地。而当科学教育变成仅是培养“能工巧匠”的技术教育，当科学课堂沦为“大手工课”时，恰似早期义乌“低附加值输出”的劳动密集型产业形态。今天，面对我国企业界轰轰烈烈的产业转型升级，科学教育作为创新人才培养的源头活水，必须迎头赶上。通过技术与工程实践将“做”与“思”结合起来，培养学生科学创新思维和实际问题解决能力，这一范式转型是建设教育强国、科技强国的关键路径。^[1]那么，如何超越“做”和“用”的层面，将科学教育延伸至“思”的维度，实现从“做中学”“用中学”到“创中学”的跨越？近年来浙江初中科学教育改革借助区域产业升级的智慧，开启了为创新而学，指向学生科学思维发展的技术与工程实践改革探索。

* 沙琦波, 945568723@qq.com。

一、提高认识：明确科学与技术工程的关系

当前，我国科学教育实践对科学、技术与工程三者关系的认知仍存在一定的偏差，常常将它们割裂或混淆，忽视其内在的逻辑联系。而思想认知指导实践过程，在开展技术与工程实践之前，亟须带领教师们厘清科学、技术与工程之间的基本关系。只有从根本上破除认知误区，才能在技术与工程实践中实现从“实践操作”向“思维培养”的转变，真正达成知识迁移与素养进阶。

（一）科学是技术与工程发展的理论基石

科学是人类在研究自然现象、发现自然规律的基础上形成的知识系统，以及获得这些知识系统的认识过程和在此过程中所利用的方法^[2]，它为技术工具的开发和工程问题的解决提供理论支持。比如，根据热胀冷缩的特性，人类发明了温度计，这体现了科学原理向实用技术转化的过程；根据电流磁效应制造出的电磁继电器被用于自动控制电路中，凸显了科学在解决工程问题过程中所扮演的基础性角色。这些案例印证了科学既推动技术创新，也指引工程实践的发展方向。

（二）技术是科学通向工程的关键桥梁

科学揭露自然的本源规律，但科学知识却不能直接用来解决实际的工程问题，还需要技术介入。技术的生成源于对自然或生活中具体现象的观察，这些现象既蕴含可被认知的科学规律，又折射出人类的需求，构成了技术产生的动因来源。从现象到工具，这就是技术生成的过程。比如，人难以徒手轻松地把东西撕开，就根据杠杆原理发明了剪刀；人无法徒手把高处的枝条剪断，就将剪刀、滑轮组等简单机械进行组合，解决了“如何安全、省力地修剪高处枝条”这个具体问题。可见技术的发明与完善为科学理论用于工程实践架设了一座桥梁，将抽象化的科学知识物化为具体的解决方案，最终满足工程技术的应用要求。

（三）工程是科学与技术的集成应用

工程实践聚焦真实情境中的实际需求，通过科学和技术的协同作用，在约束条件下权衡利弊、进行决策，最终形成解决方案或完成物化产品的制作。所以，简单地将工程理解为“动手做”是极其片面的。比如，设计制造扬声器的过程就是依据了声音产生和安培力等科学原理，用到了像漆包线绕制、振膜材质选择、分贝仪检测声音的响度等技术手段，最后设计并制作出了音质好、响度大、外形美观的扬声器产品。同时，在解决一些复杂的工程问题过程中也会暴露出一些技术瓶颈，触发科学研究的“新突破”，让科学和技术不断地发展和完善。

二、实践进路：课堂教学的转型策略

学科实践作为一种学科学习方式，是实现学生从知识学习向核心素养转化的基本过程和方式。^[3] 技术训练脱离科学思维会成为无源之水、无本之木；反过来，科学探究也不可局限于科学实验这一种实践方式，以科学的思维方式联结起来的工程技术探究和实践活动，才是培养学生科学素养的最有效途径。工程实践的迭代优化本身就是科学思维的最佳实践，具体而言，可以通过

增加专项工程实践课程模块,创设有效的工程实践情境,创建思辨场域,创新多维评价,优化以技术与工程实践为载体的科学思维培养路径。创构独立章节可为教师提供开展技术与工程教学的“工具箱”,创设真实且富有挑战的工程情境可激发学生的探索欲望,以问题链、认知冲突、共同体论证为核心的思辨场域能促使学生思维走向深广,以主体协同、过程显影、诊断赋能为基础的新型评价体系则有助于实现以评促学,最终达成课堂教学的转型升级,推动科学教育实现从“认识世界”到“改造世界”的跨越。

(一) 创构融合技术与工程实践的教材专项章节

在大力推进中小学工程教育的进程中,要为学生提供系统的工程课程内容、丰富的工程学习机会以及优质的工程项目体验。^[4]浙江教育出版社版科学新教材在每册的最末章节融入“探索技术与工程的世界”“制造技术与工程”“建筑结构与工程”等和技术与工程实践相关的内容,从课程结构层面将原本零散的技术与工程实践系统整合为与科学理论深度融合、并行不悖的课程组成部分,为课堂教学的转型提供了清晰的逻辑框架与实践指南,为教师开展技术与工程教学搭建了“脚手架”。

通过增设独立章节,教材将以往作为教学“点缀”的技术与工程实践,提升为具有固定课时与规范教学要求的正式教学单元,实现了从“软要求”到“硬任务”的根本转变。在模块内容设计上,紧密围绕本册科学核心概念,构建了一系列循序渐进的工程项目。例如,在学习“日地月的相对运动”知识后,设置“制作三球运动演示模型”的实践任务。在该项目的推进过程中,学生需综合运用外啮合齿轮传动、齿轮同轴传动和多齿轮传动等机械传动方式,实现日、地、月三球联动,并通过选择不同齿数的齿轮与契合的齿轮传动组合,准确模拟月地公转周期比。通过参与此类具有明确工程目标与科学原理支撑的项目,学生亲历设计与制作、测试与优化的工程实践过程,将静态的科学知识转化为解决复杂问题的动态能力和工程思维。

(二) 创设真实且富有挑战的工程情境

科学教育正日益聚焦于学生核心素养的发展,项目化学习是实现这一目标的重要方式。研究表明,对事实性知识或程序性知识的学习,只有在学习者能准确知道它可用在什么情境以及在新情境中如何加以修正时,才是有效的、可以迁移的。^[5]工程情境以其内在的实践性与综合性,有力地促进了知识的整合与能力的迁移,已然成为项目化学习的重要载体。

《义务教育科学课程标准(2022年版)》在“技术与工程”部分,强调让学生养成通过“动手做”解决问题的习惯,培养学生的探究实践能力。^[6]在开展项目化学习的过程中,创设真实且富有挑战性的工程情境,能够有效激发学生的内在动机,驱动他们在需求分析、问题识别、方案设计与决策中,主动调用所学知识,并将其转化为具体可行的解决方案。例如,在围绕“浮力”开展项目化学习时,教师可以创设“设计并制作一艘大载重量的船”这一工程情境。在此过程中,学生不仅需要理解阿基米德原理等核心概念,还需综合考虑材料选择、结构设计、稳定性与载重之间的平衡等问题。这类情境往往涉及多个领域知识的交叉融合,在角色代入与迭代优化的过程中,学生不断强化基于证据做出决策的意识,充分挖掘自身创新与实践能力,实现了从“被动执行操作”到“创造性解决问题”的转变。

当然,工程情境的创设应注重情境的真实性、综合性与开放性。教师应立足学生的生活经验

或社会热点问题，整合多学科知识内容，鼓励学生从多角度分析问题、提出多样化解解决路径。具体可围绕表 1 所列的五大类工程情境展开项目化学习，系统提升学生在真实世界中解决问题的能力。

表 1 技术与工程实践中五大类工程情境创设

类型	定义	举例
生活应用 品质改善	聚焦日常生活中遇到的实际问题，改善品质、提升便利	自动浇水装置、自动升降遮光帘、便携式即热开水机、输液报警器等
节能环保 可持续发展	引导学生关注资源循环利用、新能源应用和生态环境保护	雨水收集装置解决校园绿化灌溉、抽水蓄能电站模型、风光互补供电的智能路灯模型、家用小型鱼菜共生系统等
工具制作 技术创新	设计制作能完成特定任务的新工具或改进现有工具	高枝剪、响度可调节的扬声器、电话机、液压机、便携式显微镜等
生命关怀 健康守护	设计服务于人体健康、动植物关怀的方案或装置	盲人智能避障手杖、植物自动补光系统、自动宠物喂食器等
工程原型 科学探索	模拟科学家和工程师进行科学探索和数据收集	桥梁结构模型、多级火箭分离模型、火星着陆器模型、潜水艇浮沉模型等

（三）创建促进批判性思维发展的思辨场域

科学教育不仅关注“如何做”，更注重“为何如此”与“何以得知”，强调科学争辩与推理活动，并将其置于科学实践过程的核心位置。^[7] 因此，通过技术与工程实践来培养学生科学思维，在创构模块、创设情境的基础上还需构筑思辨场域，让学生能经历质疑、论证、辩护、修正等思辨过程，通过思维活动推动认知发展。那么，如何让学生置身于思辨场域，主动卷入触发深度思维的头脑风暴呢？以来源于实际生活中的真问题统领教学，设计出一条主线清晰、逻辑严密的问题链，组织学生开展模型建构、推理论证和质疑创新，是建构思辨场域的基本条件。通过呈现反常现象或矛盾方案等，打破学生的思维定式，使其原有认知与实证事实之间产生冲突，促使他们积极主动地探究，乃至重构知识网络。借助共同体论证方式，暴露不同观点并进行辨析，既能提高学生逻辑的严密性，也可以让他们的思维水平逐步提升。以问题链引导思辨方向，以认知冲突激活思辨动力，利用共同体论证的方式提升思辨质量，共同构建起推动科学思维发展的思辨场域，使科学教育真正成为培养学生批判性思维、逻辑推理与创新能力的关键路径。

（四）创新过程性与发展性相结合的多维评价体系

为避免技术与工程实践流于机械操作，除了创设有效情境、创建思辨场域之外，还需创新多维评价，从主体协同、过程显影和诊断赋能等角度探索能够真正促进学生科学思维发展的评价体系，以达到以评促学、以评促思的目的。

变革评价主体，推动教师一元主导转向多元协同。引导学生展开自评，对学习过程和结果进行有效的自我调控。利用小组互评提高学生的逻辑表达能力，在辨析中加深对科学知识的理解。同时将用户的产品体验融入其中，通过模拟真实市场反馈，增强学习与社会联系，让思维真实地发生。

对评价内容来说，不再是对结果单一的观照，要增加对学习的过程显影，借助设计草图、迭代日志等工具捕捉隐匿的思维发展轨迹，利用结构化评价量表从认知深度、实践水平、思维品质

和社会责任感等方面刻画学生的真实科学思维水平。

立足评价功能维度，从服务甄别筛选向服务成长赋能转变，入项阶段以前置性评价诊断学情，过程中通过形成性评价及时提供反馈，出项阶段通过总结性评价引导学生反思成长，激发内驱力。

三、保障机制：区域与校本协同的支持系统构建

（一）在地资源的开发与转化

传统科学教育常依赖于课本和实验室，与现实生活并未有更多关联，而在地资源则为技术与工程实践提供了真实的应用场景。联动位于浙江缙云的抽水蓄能电站，教师可引导学生开展“抽水蓄能电站设计”，对发电站设计中的选址条件、运转过程中的能量转化等问题展开分析，一起探秘这个“超级充电宝”背后的科学原理。这类基于真实情境的学习，可以将抽象的科学原理与学生的直接经验紧密结合，不仅增强了学生感性认识，也促进了学生对科学概念更为深入的理解。同时，这种基于在地资源的学习也有助于建立起学生与家乡之间的情感纽带。

将在地资源转为科学教育资源要整合多样化场域作为实施载体，将“产业链、生态链、能源链”转化为“育人链”，实现学科融合与场域贯通。如绍兴越城通过绘制“科学教育资源一张图”，将区域内分散的场馆、场景串联成网，构建“半小时科学实践圈”，以“全域资源一盘棋”的布局推动科学教育融入城市肌理。以在地资源为主题推进项目式学习，有利于冲破学科壁垒，让学生体验知识在真实情境中的综合应用，全面培养其批判性思维、工程决策与创新能力，使其契合未来社会发展对复合型人才的需要。

（二）教研共同体的建设与协同

协同备课聚焦思维目标，课例研究优化教学过程，资源共享提供专业支撑，多路径环环相扣，使教师不再是孤立的个体，而是形成一个学习型组织，成为教研共同体。教研共同体不仅涵盖学科组内教师的互动、区域间教研组的联动，也可以吸纳其他学科教师，形成“真实问题导向”的协同备课机制，聚焦思维发展进行驱动性问题链和学习支架的设计。同时，教研共同体可开展基于课例的循环式观课和研讨，将关注点从“教师教得怎么样”转向“学生学得怎么样”“思维发展到哪里”，不断改进和完善能激发并支撑科学思维发展的教学策略。

与此同时，推动优质教学资源共建、共享与创新应用，构建起全域覆盖、高效流动的资源服务体系，为全省科学课堂深度赋能。通过“之江科学”公众号推送配套实验演示视频（近一年来共推送了40余部），为全省科学教师提供可复制、可推广的实践范例；组织省内优秀教师编写并出版《义务教育课程标准课例式解读》《素养导向教学设计丛书》等，积极回应科学教育重点问题，广泛探讨新课标、新教学、新样态，切实降低实践门槛，切实提升技术与工程实践的能力转化。

（三）教师素养模型的建模与应用

初中综合科学课的教师应该具备的素养，是规划、设计和组织教师培训的指南针。因此，我们首先与教师们一起建构“教师素养画像”，即确定教师的能力模型，回答“在技术与工程实践中

教师应该是什么样子”的问题。有了这张清晰的“画像”，就可以将有关教育理念转化为具体的、可操作的教师行为标准，确保教育改革从“蓝图”走向“施工”，最终实现学生科学思维的发展。

浙江是全国最早在全省范围推行初中“科学”综合课程的省份之一。这门课程将物理、化学、生物、地理等学科内容深度融合，这本身就要求教师必须构建融合式的学科知识结构。为此，各地市依托省级政策支持、市级评比驱动和常态化教研活动，着力将这一素养要求系统性地融入教师的专业发展和日常教学之中。在此背景下，两大核心能力的塑造成为素养画像的关键维度：一是课题转化力，即善于从真实情境中提炼出学生可参与的探究课题；二是反向设计力，即能从科学思维培育的目标出发，逆向构建以学生为中心、以思维发展为目标的问题链与活动链。为系统培养上述能力，浙江创新性地采用了“实地情境浸润式研训”模式，例如通过组织教师深入省内智能汽车产业平台等龙头企业、研发中心，在专家讲解与实地考察中，探索从工程现实中剥离并提炼出科学课题的策略和路径，并以观念建构和思维发展为目标，反向设计出环环相扣的教学环节。

四、结语

从“代工制造”迈向“自主智造”的义乌产业升级之路，对初中科学技术与工程教育范式转型有着深刻的启示作用。科学教育不应局限于培养“能工巧匠”的操作技能，而应以科学思维发展为核心，由传统的“做中学”“用中学”走向“创中学”。在实施层面，教师需扎实落实新教材中增设的技术与工程模块教学内容，深入理解其设计理念与育人价值，增强创设真实且富有挑战的工程情境的意识和能力，创建触发学生深度思维发生的思辨场域，创新主体协同、过程显影和诊断赋能的多维评价体系。同时，地域层面还应构筑起区域和校本协同共进的支持系统。只有这样，科学教育才能打破“大手工课”的桎梏，回应国家对拔尖创新人才的迫切需求，肩负起塑造未来创新力量的使命担当。

基金项目

2025 年度浙江省哲学社会科学规划部门合作专题研究课题“新时代背景下科学教育高质量发展的路径探析”（25BMHZ115YB）、浙江省教育科学规划 2025 年重点课题“互动图谱：深度学习视角下初中科学课堂深度互动研究”（2025SB063）

作者简介

沙琦波，浙江省教育厅教研室初中科学教研员，正高级教师，省特级教师。

参考文献

- [1] 郑永和，何雨泽，王杨春晓. 行动中的科学教育：内涵、价值与实践路径 [J]. 人民教育，2025（Z2）：20-26.
- [2] 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准（2022 年版）[S]. 北京：北京师范大学出版社，2022.
- [3] 邵锋星. 在思维与实践深度融合中培育科学核心素养 [J]. 人民教育，2022（Z2）：41-43.

- [4] 董泽华. 中小学工程教育课程体系的构建研究 [J]. 课程. 教材. 教法, 2025, 45 (5): 39-46.
- [5] 张红霞, 郁波. 从“探究”到“实践”: 科学教育的国际转向与本土应对 [J]. 教育研究, 2023, 44 (7): 66-80.
- [6] 胡卫平. 在探究实践中培育科学素养——义务教育科学课程标准 (2022 年版) 解读 [J]. 基础教育课程, 2022 (10): 39-45.
- [7] 同 [5].

Learning for Innovation: Paradigm Transformation of Integrated Science, Technology and Engineering Education: A Case Study of the Integrated Course of Science in Junior High School in Zhejiang Province

Sha Qibo

(Teaching and Research Institute, Department of Education, Hangzhou, 310012)

Abstract: Modern science education must transcend the traditional model focused on operational skill training, shifting toward a new paradigm that prioritizes the development of students' scientific thinking and fosters innovative capabilities through technological and engineering practices. In recent years, Zhejiang Province has leveraged regional industrial upgrading opportunities to accelerate the development of integrated science curricula aligned with the new curriculum reform concepts. To achieve the paradigm leap over “learning by doing” and “learning through application” to “learning through creation”, we have implemented three key measures: First, we have enhanced teachers' understanding of the relationship between engineering technology and science through professional development. Second, we have adopted systematic transformation strategies centered on iterative engineering logic, including specialized engineering practice modules, effective practical scenarios, critical thinking environments, and multidimensional evaluations combining process-oriented and developmental assessments. Finally, we have established a regional and school-based collaborative support mechanism aimed at developing and transforming local resources.

Key Words: Science Education; Paradigm Shift; Technology and Engineering Practice; Creative Learning; Scientific Thinking