

# 丛 书 序

近年来，随着人工智能、量子科技、生物工程等前沿技术的快速发展，人类社会正以前所未有的速度走向数字化与智能化。在这种深度变革的时代背景下，教育的形态与内涵也面临着深刻挑战。STEM（science，科学；technology，技术；engineering，工程；mathematics，数学）教育，即融合科学、技术、工程与数学的跨学科教育，作为面向未来、对接科技与社会发展的重要教育形态，正成为世界各国教育改革与人才战略布局的重要抓手。

为了回应这一全球趋势，并推动我国 STEM 教育理论体系与实践模式的本土化探索，我们组织策划了“同济大学 STEM 教育研究丛书”。本丛书立足全球视野、聚焦本土实践，力图搭建一个具有系统性、开放性与前瞻性的 STEM 教育知识平台，为中国教育界、政策制定者及一线教育实践者提供启发与支持。

作为本丛书的首册，《STEM 教育理论与实践》的出版，标志着“同济大学 STEM 教育研究丛书”正式启动。按照整体规划，丛书将在理论建构、国际比较与本土实践之间展开系统研究，后续还将陆续推出《美国 STEM 教育：政策、演变与社会影响》《英国 STEM 教育：创新教育与跨学科协作》《日本 STEM 教育：跨文化学习与科技教育》《新加坡 STEM 教育：跨学科整合与项目式学习》《我国 STEM 教育：从全球视野到本土实践》等分册。各分册将从不同国家和地区的教育传统、政策演进、课程实践与社会影响出发，呈现 STEM 教育在全球范围内的多样形态与发展经验，并为我国 STEM 教育的理论深化与实践创新提供参照。

《STEM 教育理论与实践》，是本丛书理论奠基与结构起点。全书共分七章，深入探讨了 STEM 教育的核心概念、发展逻辑、结构功能与国际图景，从“理念构建”到“阶段演进”，从“功能分析”到“政策回应”，构建了一套具有内在逻辑的 STEM 教育研究框架。该分册不仅是理论与实践的结合，也是一种全球经验与本土智慧的交融，为其他分册提供了理论铺垫与问题导向。其他分册将在此基础上展开多元维度的比较与深描，共同探索 STEM 教育如何在不同国家回应社会发展需求与适应教育文化背景。《STEM 教育理论与实践》由同济大学史秋衡讲座教授团队主持完成。他们以深厚的学术功底和宽广的国际视野，构建出兼具理论张力与现实关照的研究体系。在此，谨向史秋衡讲座教授团队表示诚挚的感谢和衷心的祝贺。

作为丛书主编，我深知教育研究责任之重大、改革实践任务之艰巨，也对丛书其他分册寄予厚望，期待其能为我国 STEM 教育的深化发展提供有力支撑，助力培养具备科学精神和人文素养的拔尖创新人才。我相信，通过这套丛书，我们最终能构筑起一个具有思想深度与现实意义的 STEM 教育知识体系。这不仅是一次学术协作的尝试，更是一次共同书写未来教育的使命担当。

蔡三发

2025 年 5 月

# 前言

STEM 教育，作为科学、技术、工程和数学多学科融合的教育理论与实践模式，自诞生以来便受到全球的广泛关注。从 20 世纪中叶苏联发射“斯普特尼克 1 号”卫星引发全球对科教体系的重视开始，STEM 教育逐步从零散的教育尝试发展为具有明确理论框架与实践范式的系统教育体系，如今已上升至全球治理层面。在短短的几十年间，STEM 教育实现了从萌芽到成熟的跨越式发展，彰显出其在推动教育变革、促进社会可持续发展方面的巨大潜力。当前，具有跨学科核心性质的 STEM 教育逐渐成为教育的关键支柱。STEM 教育为学生提供整体认识世界的桥梁，通过面向问题的“项目式”学习，学生能够将所学知识和方法联系、交融，形成一个统一的整体。这种教育方式旨在消除传统教学中各学科知识割裂的障碍，有助于提升学生综合解决实际问题，特别是解决涉及可持续发展的复杂现实问题的能力。

当今世界正处于新一轮科技与产业革命的重要时期。在这样一个技术高度变革、人工智能（artificial intelligence, AI）席卷而来的时代，STEM 教育已突破传统学科教育的范畴，演变为国家科技创新能力建设的战略高地。放眼全球，诸多发达国家纷纷将 STEM 教育纳入国家战略规划，通过系统的课程设计、师资培训及教学实践，培养具有国际竞争力的未来创新人才，这折射出 STEM 教育在重塑人力资本结构中的核心价值。如何科学地构建我国 STEM 教育发展战略、引领全球 STEM 教育潮流，已成为一个亟待解决的重要议题。

我国 STEM 教育发展始终交织着本土传统与全球潮流的张力。儒家教育强调的“格物致知”精神与 STEM 教育倡导的探究学习形成了历史呼应，然而城乡教育资源差异、标准化课程缺失等现实问题，又凸显出本土化改造的迫切性。2023 年 11 月，联合国教科文组织第 42 届大会通过了在中国上海设立国际 STEM 教育研究所（UNESCO International Institute for STEM Education, UNESCO IISTEM）的决议，标志着联合国教科文组织一类中心首次落户中国。国际 STEM 教育研究所系联合国教科文组织的组成部分，是联合国教科文组织在欧美之外的首个全球性一类中心。国际 STEM 教育研究所将成为国际 STEM 教育领域交流合作的重要平台，有利于我国与其他国家深入分享 STEM 教育的先进理念和成功实践经验，进一步提升我国科技创新人才的培养质量，在全球 STEM 教育发展进程中发挥更为重要的引领作用。

本书基于对 STEM 教育的深入研究与实践探索，旨在剖析 STEM 教育的核心概念、原则性边界、发展阶段、分类特征、本质内涵、结构功能和全球发展图景，为教育研究者、教育政策制定者、一线教育工作者及关注教育发展的各界人士提供全面而深入的理论与实践参考。此外，通过对国际上多个国家 STEM 教育发展历程的深入研究，本书绘制出全球 STEM 教育的分布图景，并提炼出普适性议题及对全球发展的反思，这有助于我们了解国际 STEM 教育的发展趋势，也能为我国 STEM 教育的发展提供宝贵的经验。结合我国国情，本书对 STEM 教育的国家框架、政策重点及制度改革进行了深入的探讨，旨在为构建具有中国特色的 STEM 教育体系贡献智慧与力量。本书始终秉持“顶天”“立地”的学术追求：既在理论上构建 STEM 教育的元话语体系，突破西方中心主义的解释框架，又在实践中提炼可操作的行动指南，助力一线教师跨越“理念落地”的鸿沟。

本书的完成得益于国内外学者的智慧启迪与实践者的经验分享，亦离不开社会各界对 STEM 教育的持续关注。衷心希望本书能够成为推动 STEM 教育理论与实践发展的重要引擎，激发更多教育工作者对 STEM 教育的思考与探索。在建设科技强国的时代征程中，我们坚信，扎根中国大地、融通国际经验的 STEM 教育，必将绽放出更加绚烂的光彩。当数百万青少年通过 STEM 教育获得解决复杂问题

的“元能力”，无数教育者在课堂中播下创新的火种时，我们必将迎来人才辈出的崭新局面，为实施创新驱动发展战略、建设世界科技强国筑牢人才基石。本书撰写的具体分工如下：第一章，孙昕妍、任柯蒙；第二章，陈思迪；第三章，许洋、先雨可、李玲玲；第四章，王玲玲；第五章，曹凡、赵瑾奕、李玲玲；第六章，廖智鑫；第七章，史秋衡、黄洁琼、李玲玲。本书由史秋衡进行总策划和指导，由史秋衡、李玲玲进行统稿和定稿，由吴天一、黄志聪负责校对。

史秋衡

2025年4月30日



# 目 录

丛书序

前言

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第一章 STEM 教育核心概念与实践探索 .....     | 1  |
| 第一节 STEM教育的概念与内涵 .....         | 2  |
| 第二节 STEM教育的发展与实践 .....         | 14 |
| 第三节 STEM教与学的实践探索 .....         | 30 |
| 第二章 STEM 教育发展阶段与分类特征 .....     | 43 |
| 第一节 STEM教育的里程碑图景 .....         | 44 |
| 第二节 STEM教育发展阶段的时序模型 .....      | 50 |
| 第三节 STEM教育发展分类模式特征 .....       | 65 |
| 第三章 STEM 教育的本质与高质量发展 .....     | 74 |
| 第一节 数智时代STEM教育的核心价值 .....      | 75 |
| 第二节 “三位一体”布局下STEM教育的重构原则 ..... | 83 |
| 第三节 高质量教育体系建设对STEM教育的要求 .....  | 93 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第四章 STEM 教育的结构与功能 .....        | 104 |
| 第一节 STEM教育的结构分析 .....          | 105 |
| 第二节 STEM教育结构与功能的关联性 .....      | 118 |
| 第五章 STEM 教育的国际图景与议题 .....      | 132 |
| 第一节 STEM教育的国际分布图景 .....        | 133 |
| 第二节 STEM教育的普适性议题 .....         | 147 |
| 第三节 对全球STEM教育发展的反思 .....       | 159 |
| 第六章 我国 STEM 教育的国家框架与政策重点 ..... | 164 |
| 第一节 STEM教育的国家框架 .....          | 165 |
| 第二节 STEM教育的政策重点 .....          | 174 |
| 第三节 STEM教育的制度改革 .....          | 185 |
| 第七章 STEM 教育发展的逻辑、议题与趋势 .....   | 192 |
| 第一节 STEM教育的发展逻辑 .....          | 193 |
| 第二节 全球STEM教育的发展议题 .....        | 204 |
| 第三节 我国STEM教育的发展趋势与远景规划 .....   | 211 |



## STEM 教育核心概念与实践探索

当今世界，全球化浪潮汹涌澎湃，第四次工业革命如火如荼，科技创新正以前所未有的速度改变着人类社会的运行方式。知识与技能是推动经济增长、增强国际竞争力的关键要素，其战略价值日渐凸显。面对这一发展趋势，世界各国纷纷将技能人才培养提升至国家战略高度，STEM 教育领域的人才竞争尤为激烈。STEM 教育融合了科学、技术、工程和数学四大领域的教育理念，正以其独特的问题导向方法和多学科有机整合的跨学科实践学习模式，引领教育领域的创新潮流，不仅是培养未来科技人才的关键途径，更是推动国家创新能力和提高竞争力的重要支柱，具有先导性、基础性、战略性地位。本章从 STEM 教育的核心概念与实践原则出发，多角度挖掘 STEM 教育概念的产生、发展及分布状态，深入剖析 STEM 教育的多元内涵、学科框架与核心理念，明确其教与学的基本原则，以期为相关教育工作者和政策制定者提供有益的参考与借鉴。

在全球化与科技革命的宏大叙事中，STEM 教育的战略意义不容忽视。本章从理论根基与实践逻辑的双重维度切入，力图构建 STEM 教育的完整认知框架。第一节锚定历史坐标，通过梳理发展脉络（从政策驱动到全球实践扩散）、解析核心矛盾（科技教育供给与人才需求的失衡）及探索实践路径（跨学段渗透与终身化延伸），为后续两节深入探讨 STEM 教育的内涵本质与教学原则提供条件。从“动态历程”到“静态结构”的递进式分析，能帮助读者在时空交织的视角下全方位把握 STEM 教育的理论内核与实践张力。

## 第一节 STEM教育的概念与内涵

STEM教育有着多种既相互关联又兼具不同指向的内涵,既是一个研究领域、一种育人理念,又是一种课程形态、一种教学方式。<sup>①</sup>聚焦个体的科学素养、技术素养、工程素养、数学素养教育,覆盖从幼儿园、小学、初中、高中到大学及继续教育等成长发展的全阶段,旨在培养具有科学探究能力、创新意识、批判性思维的创新型和复合型人才。科学、技术、工程、数学构成了STEM教育的元学科框架。STEM教育着重于4个学科知识的融合与协调表达,蕴含跨学科整合的核心精神,植根于建构性学习与教学研究的深厚土壤,展现出面向未来的前瞻教育视野。

### 一、STEM教育的多元内涵

#### (一) 作为新兴研究领域的STEM教育

STEM教育的兴起,源于科技革命的迅猛推进。要准确把握STEM教育的本质特征,必须追溯其产生的历史背景和发展脉络。作为科技发展的产物,STEM教育理念肇始于20世纪下半叶的美国。在科技突飞猛进、新兴学科不断涌现、交叉研究领域持续拓展的背景下,美国为维持其科技霸权地位,急需培养大批的科技创新人才,直接促使了STEM教育模式的诞生。从本质上看,STEM教育呈现出两个核心特征。

其一,体现现代科学技术发展的整合性,突出科学、技术、工程和数学四大学

---

<sup>①</sup> 杨明全. 论STEM教育的本土化建构:内涵、价值及实践探索. 现代远程教育研究, 2024 (1): 39-45, 53.

科在推动科技创新中的显著价值。20 世纪虽历经战争阴霾,却创造了前所未有的科技辉煌,图灵机理论催生的计算机革命、爱因斯坦相对论引发的物理学范式转换、量子力学带来的认知革命,以及曼哈顿计划、阿波罗登月、DNA 双螺旋结构等重大突破,无不彰显了 STEM 学科的基础性作用。这些科技里程碑促使教育界重新审视知识体系的价值层级,最终聚焦于最具创新驱动力的 STEM 教育。

其二,形成独特的跨学科范式,强调四个学科间的有机整合。作为“元学科”(meta-discipline),STEM 教育从诞生伊始便致力于突破传统学科的界限,以核心科学知识要素为纽带构建新的知识整合框架。STEM 教育这门跨领域学科的独特属性在于,不是四门学科的机械叠加,而是通过重构知识体系,形成一个新的综合性学科,呈现其独特的教育形态,以更好地培养学生的创新精神与实践能力<sup>①</sup>。

## (二) 作为创新育人范式的 STEM 教育

STEM 教育本质上是一种面向未来的创新育人范式,其核心要义在于发展学生的 STEM 素养,培养科技创新人才。STEM 素养是一种复合型素养,其核心涵盖融会贯通地运用多学科知识的能力,解决现实复杂问题的实践创新能力,以及包括设计思维、计算思维等现代思维方式在内的系统思维能力。鉴于 STEM 教育本身具有跨学科属性,科学、技术、工程和数学等学科蕴含的核心知识、方法与思维方式,构成了学习者发展整合思维和开展跨学科探究的重要基础。STEM 教育的四大核心素养构成了一个有机的整体,各维度既具有独特价值,又相互支撑。科学素养涵盖系统性的科学知识体系、规范化的科研方法应用,以及科技与社会互动关系的辩证理解;技术素养主要体现为对技术工具的操作能力、技术系统的管理能力、技术价值的评估能力、技术原理的理解能力;工程素养突出了工程设计思维的系统性、工程实践思维的创新性、工程问题思维的综合性;数学素养则表现为对数学概念的迁移应用能力和数学方法的普遍推广能力。在这四种素养中,技术素养和工程素养发挥着关键的整合功能,构成了科学素养与数学素养由抽象理论向具体应用转化的关键实践枢纽。

从育人目标来看,STEM 教育致力于培养综合型人才和应用型人才两类关键人才。前者具备跨学科视野与综合素养,能够驾驭当今时代重大科技问题或重大科技项目带来的挑战;后者拥有实践智慧和实践创新能力,善于将理论转化为技术方

---

<sup>①</sup> 余胜泉,胡翔.STEM 教育理念与跨学科整合模式.开放教育研究,2015(4):13-22.

案,是推动产业技术创新的中坚力量。基于育人目标构建的 STEM 人才培养实施路径,是在掌握四大学科基础知识的基础上,培养学生自主质疑、设计、分析、推演和运算的能力。这体现了教育理念从知识传授转向能力培养、从学科分立走向跨界融合、从理论学习迈向实践创新的重要变革。STEM 育人范式变革不仅顺应了知识经济兴起与科技发展提出的时代要求,更代表着未来教育改革的重要方向,为创新型社会建设提供了重要支撑。

### (三) 作为新型课程形态的 STEM 教育

在当代教育实践中,STEM 教育也被视作一种创新的课程形态。其显著特征在于打破传统分科教学(如物理、化学、生物等独立学科)的界限,通过学科融合的方法,将科学探究、技术创新、工程实践和数学建模四个维度系统整合,形成具有独特育人功能的跨学科课程架构。在 STEM 课程体系中,四个学科领域既各司其职又紧密配合。科学作为综合性学科,整合了物理、化学、生物及地球科学等学科分支,致力于系统地培育学生的科学认知体系、思维范式、探究技能与创新精神。技术学科虽然不像传统学科那样具有明确的知识边界,但在科技迅猛发展的今天,其基础性和通用性特征日益凸显。工程学以实际问题为导向,通过方案设计、产品制作、系统构建等实践环节,将创新构想转化为现实成果。数学作为研究数量关系与空间形式的学科,为技术和工程领域提供了重要的基础工具。STEM 教育正是通过主题式教学将这些学科巧妙地融合,充分展现了其跨学科的教育价值。

从课程成效角度分析,这种整合式课程展现出多重优势。首先,它打破了学科间的壁垒,有助于学生形成整体认知图景。其次,通过精简课程数量,有效地缓解了学生的学习压力。最后,基于现实生活和社会需求的设计,显著提升了课程的实践性,对培养学生的实际操作能力大有裨益。STEM 教育采用跨学科融合与实际应用相结合的教学方式,并非对四门学科内容的简单罗列,而是将其有机融入一个以真实问题为导向的统一教学框架中,全方位地提升学生的科学素养、技术素养、工程素养和数学素养。

### (四) 作为现代教学方式的 STEM 教育

2016 年,教育部出台《教育信息化“十三五”规划》,明确指出“要依托信息

技术营造信息化教学环境,促进教学理念、教学模式和教学内容改革,推进信息技术在日常教学中的深入、广泛应用”,“有条件的地区要积极探索信息技术在‘众创空间’、跨学科学习(STEAM 教育)、创客教育等新的教育模式中的应用,着力提升学生的信息素养、创新意识和创新能力,养成数字化学习习惯,促进学生的全面发展”。该文件将跨学科学习定位为信息化时代教学变革的关键环节,说明教育界也将跨学科学习视作一种教学方式,充分肯定了其教学价值。

STEM 教育作为一种创新的科学教育范式,关注对学生的批判思维、逻辑分析、创新求解和协作实践能力的培养。这种教学模式的本质特征是倡导学生的“探究式学习”,教师的角色定位应从传统的知识灌输者转变为学习促进者,通过启发式指导激发学生的探究意识,培养学生自主发现问题、分析问题及建构解决问题的能力。在实践层面,项目式学习已然成为实施 STEM 教育的主流方式。项目式学习主要包括以下几种典型模式:①科学探究类,主要应用于自然科学领域,帮助学生理解影响人类行为的内外部因素,掌握科学实验方法;②社会调研类,适用于人文社科领域,引导学生分析社会现象,预测发展趋势,学习社会研究方法;③工程设计类,聚焦技术工程领域如机器人开发等,培养学生的创新设计和技术实现能力;④综合应用类,通过跨学科项目培养学生解决复杂问题和发展创新思维的能力。这些多样化的项目式学习模式能有效地提升学生的 STEM 素养。

将 STEM 教育视作一种教学方式,其根本价值在于能够突破传统课堂的局限,实现学习方式的多元化。在 STEM 教学情境中,学生可以通过模拟科学家的研究过程进行探索,借鉴工程师的工作方法开展创造,体验更加丰富多样的学习活动。这种教学模式能让学生通过角色代入感受创新的乐趣,相比传统以知识记忆为主的学习方式,这种方式更能激发学生的学习兴趣,并在知识应用过程中培养学生更高层次的认知能力。

## 二、STEM 教育的元学科框架

1986 年,美国首次提出“科学、数学、工程和技术教育集成”的纲领性建议,20 世纪 90 年代后期,美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)开始使用“SMET”这一专业术语,用以指代科学(science)、数学(mathematics)、工程(engineering)和技术(technology)四个独立的学科领域,但当时尚未建立起

学科间的有机联系。直至 20 世纪初,美国国家科学基金会发布报告正式将“SMET”重新命名为“STEM”,这一术语顺序的调整,不仅是名称上的变化,更折射出一种“倾向于应用”的教育哲学理念。

美国学者艾布特斯 (Abts) 使用“元学科”的概念来诠释 STEM 教育,即强调它并非四个学科的简单集合,而是一个整合了科学、技术、工程和数学等学科的知识体系,反映了不同学科知识在真实情境中紧密相连的实际样态<sup>①</sup>。一方面,元学科是 STEM 教育的基础构建模块。STEM 教育强调跨学科知识的融合,而科学、数学、工程和技术四个元学科为这种融合提供了基础,且元学科教育培养的能力也是实现 STEM 教育能力目标的重要支撑。如图 1.1 所示,桑伯格 (Thornburg) 的研究认为,科学研究“发现的世界”,工程研究“造物的世界”,科学与数学相互联系,且两者与技术和数学的关系是动态的、紧密联系的,并随着时间的推移不断变化。另一方面,STEM 教育是元学科整合与升华的平台。STEM 教育为元学科之间的整合提供了一个具体平台,打破了传统学科之间的界限,促使科学、数学、工程和技术学科的知识与方法在实际问题解决情境中相互融合。同时,STEM 教育能够培养学生的高层次综合能力,如跨学科问题解决能力、创新思维能力和团队协作能力等,这是对元学科教育能力培养的升华。

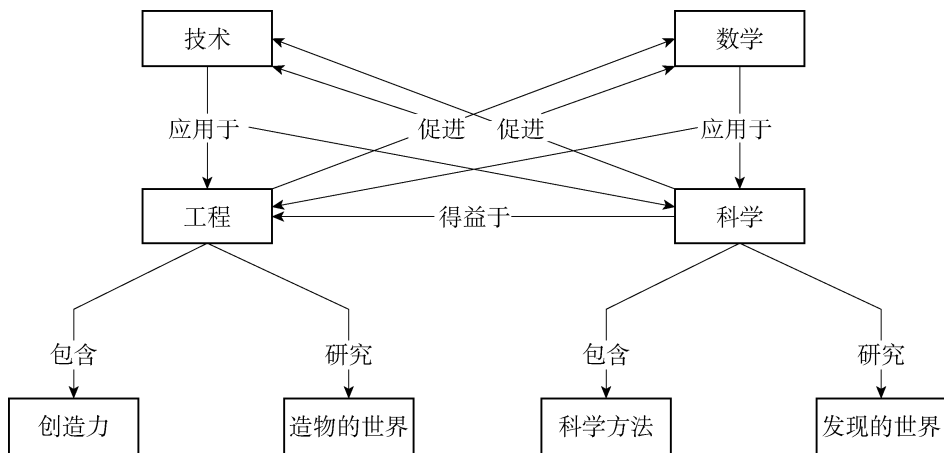


图 1.1 STEM 教育的元学科关系

资料来源: Thornburg D D. Why STEM Topics are Interrelated: The Importance of Interdisciplinary Studies in K-12 Education. <http://tcse-k12.com/pages/stem.pdf>

<sup>①</sup> 转引自: Morrison J. Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM), 2006, 20(2): 7.



## （一）“科学”教育的基础构建

科学教育注重知识体系的系统性构建,涵盖物理、化学、生物等多个自然科学领域的基础理论知识,从微观的原子结构到宏观的生态系统,这些知识相互关联、层层递进。同时,科学教育强调探索性,鼓励学生对自然现象提出疑问,并通过基于实证的解释方式给出答案,这种思维方式和方法论构成了科学教育的精髓。2015年,国际学生评估项目(Programme for International Student Assessment, PISA)在其科学素养测评框架中,对“科学素养”做出了明确界定:科学素养指个体能够运用科学思维分析论证,并对科技相关社会议题做出理性判断与决策的能力。。这一定义包含三个维度的能力要求:一是科学现象阐释能力,即能够对各类自然现象及技术成果进行科学认知与合理解释;二是科学研究评估与设计能力,表现为可以系统地描述和评判科学研究,并提出有效的问题解决方案;三是数据与证据解析能力,强调能够对不同形式呈现的科学数据和参数进行专业分析,最终得出可靠的科学结论。

STEM教育中也不断突出学生科学素养培养的重要性。根据经济合作与发展组织的定义,科学素养是指运用科学知识识别问题、基于证据得出结论,从而理解自然世界及人类活动对自然世界的影响,并据此做出决策的能力。这一能力主要包含科学兴趣、科学方法、科学知识、科学精神四大核心要素。在STEM教育理念中,“S”(科学)的独特之处恰恰在于为学生创设模拟科学探究的情境,使学生亲历科学认知的全过程,从而系统地培养学生的科学思维方式和探究能力。

## （二）“技术”教育的应用实践

技术教育的内容具有动态更新的特点。2007年,国际技术教育协会(International Technology Education Association, ITEA)对技术素养进行了权威定义,将其归纳为包含技术运用、管理、评估和认知的能力体系。这一定义从五个相互关联的维度对素养进行了构建:对技术本质的深刻认识,对技术与社会互动关系的把握,对设计理念的理解,适应技术化环境的能力,以及对人工世界的系统认知。在STEM教育框架中,技术扮演着知识传递媒介与创意实现工具的双重角色。技术发展始终植根于特定的人文社会环境,与人类文明进程保持着动态互动。优秀的技术成果往往体现了技术与工艺的完美结合,并通过实际应用不断得到验证和

完善。值得注意的是,技术知识具有鲜明的经验性特征,难以通过简单的逻辑推演或规律套用来获取。这就要求学生在技术学习的过程中,不仅掌握基本原理,更有在工程实践中对技术、知识进行实际转化的能力。

### (三)“工程”教育的设计思维

工程教育以创新设计和实践应用为核心,要求学生基于现实需求,综合运用科学和数学知识,完成工程系统和产品的开发与优化。2014年,美国“国家教育进步评估”(national assessment of educational progress, NAEP)项目提出“技术和工程素养评价框架”,涵盖技术和社会、设计和系统、信息和通信技术三个核心领域,其中“设计和系统”维度集中体现了工程素养要求。具体来讲,工程素养涉及工程知识、工程设计与技能、工程意识三个方面。在STEM教育中,工程教育的重点在于培养学生解决工程问题的系统性思维和方法论,而非简单的动手制作能力。这种工程思维是人类探索未知领域、应对未来挑战的重要支撑,也是创造新价值、推动文明进步的源泉。工程教育的目的是让学生不仅能够深入理解科学原理、技术方法和数学知识,还能够将这些知识应用于实际问题解决中,从而形成跨学科设计思维。

### (四)“数学”教育的逻辑支撑

数学教育以发展学生的逻辑思维为核心目标,通过系统地演绎推理和归纳分析训练,帮助学生构建完整的数学认知体系,理解数学概念间的内在关联与推导逻辑。PISA 2021 数学素养测评框架对数学素养做出了操作性定义:个体在现实世界的复杂情境中运用数学思维进行推理,通过数学符号系统进行表达,阐释及应用数学知识以解决实际问题的综合能力。具体来说,数学素养就是运用数学概念、方法、原理和工具,来描述、解释和预测现实世界现象的能力。它有助于学习者成为具有数学思维和社会责任感的现代公民,能够理解数学的社会价值并做出理性的数学判断<sup>①</sup>。我国的《普通高中数学课程标准(2017年版2020年修订)》中提出数学核心素养包括数学抽象、逻辑推理、数学建模、直观想象、数学运算、数据分析,

---

<sup>①</sup> 董连春,吴立宝,王立东.PISA2021 数学素养测评框架评介. 数学教育学报,2019(4): 6-11, 60.



具体而言,可以转化为运算能力、推理能力、空间想象能力、数据分析能力和问题解决能力。在 STEM 教育中,数学扮演基础性角色:科学探索通过数学语言精确地表述自然规律;技术创新依赖数学方法实现精确的校准与优化;工程实践则以数学原理为指导方向。数学的适用性建立在科学理论的基础上,技术的可靠性取决于数学计算的准确性。在工程实践过程中,科学原理和技术应用中蕴含的数学知识得以综合运用,最终转化为具体的工程成果。这种跨学科的互动关系,充分体现了数学作为 STEM 教育基础支撑的重要价值。

### 三、STEM 教育的核心理念

STEM 教育的核心理念体现了跨学科整合、建构性学习与教学及引领未来教育视野的特点。这些理念不仅有助于培养学生综合运用知识解决实际问题的能力,还能够促进学生创新思维和实践能力的发展,为学生适应未来科技进步和促进终身学习型社会发展奠定坚实的基础。

#### (一) 以跨学科整合为核心,打破学科壁垒,构建综合知识体系

在现代社会,复杂的社会现实问题往往无法依靠单一的学科知识来解决,而是需要跨学科的知识整合才能有效应对。传统的学科划分方式虽然在科学研究、自然现象探索及教学组织方面具有一定的优势,但这种割裂的知识体系难以反映真实世界的整体性和复杂性。特别是在科学技术高度融合发展的背景下,物理、化学等单一学科教学的局限性日益凸显。为了应对这一挑战,理工科教育正经历着从分科走向整合的范式转变,STEM 教育正是这一变革的重要产物。STEM 教育的本质是一种跨学科学习方法,在于打破学科壁垒,构建跨学科的学习范式,将碎片化的知识重组为有机联系的整体,从而消除这四门学科之间的传统界限,帮助学生形成对世界的整体认知。美国弗吉尼亚理工大学的学者格雷特·亚克门(G. Yakman)于 20 世纪初提出 STEAM 跨学科教育框架,通过联结并整合多门学科知识,采用交叉学科的教学方法,构建出了一个金字塔式的教育模型(图 1.2)。

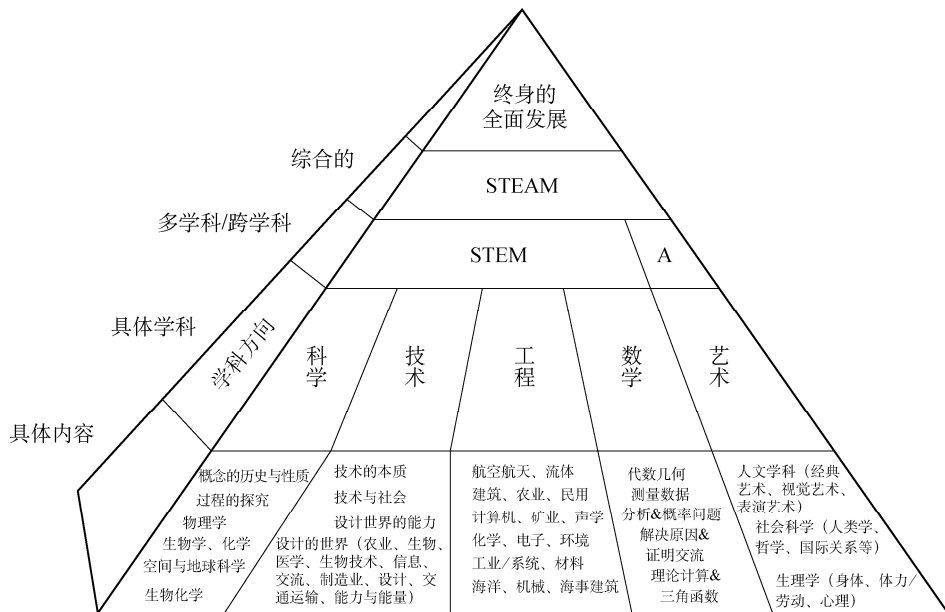


图 1.2 STEAM 教育框架

资料来源：Yakman G. What is the point of STEAM?—A Brief Overview. [https://www.researchgate.net/publication/327449281\\_What\\_is\\_the\\_point\\_of\\_STEAM-A\\_Brief\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/327449281_What_is_the_point_of_STEAM-A_Brief_Overview)

### 1. 第一层：通识教育与终身发展的联结

金字塔的最顶层是通识教育水平，体现了教育的终极追求。这一层次着眼于对学生综合素质的培养，与全人教育理念深度契合，注重个体的全面发展，进而与终身教育理念形成了内在关联。STEAM 教育致力于塑造学生的全面素质，包括价值观的塑造、社会情感能力的培养、批判性思维的养成及文化素养的提升等多个维度。例如，通过引导学生关注社会问题、参与社会实践，培养他们的社会责任感和公民意识；鼓励学生欣赏不同文化中各具特色与代表性的艺术作品、文学作品，进而拓宽他们的文化视野、提高他们的审美情趣，使他们在未来面对复杂多变的社会环境时，能够保持独立思考和适应能力，更重要的是为他们在不同领域的发展提供了无限可能。无论是选择从事科学研究、技术创新、工程建设，还是投身艺术创作、数学理论研究等领域，学生都能凭借在通识教育阶段获得的素养，快速适应并展现出卓越的潜力。这一层级作为整个 STEAM 教育框架的顶层，确保每一个教育环节都围绕着“培养全面发展的终身学习者”这一核心目标展开，充分彰显了 STEAM 教育的终身性和整体性价值。