



STEM 教学设计与实施

主编 陈冬花 赵子嫣



南京大学出版社



河南省“十四五”普通高等教育规划教材

STEM教学设计与实施

◎主编 陈冬花 赵子嫣



南京大学出版社

第一章 STEM 教育发展

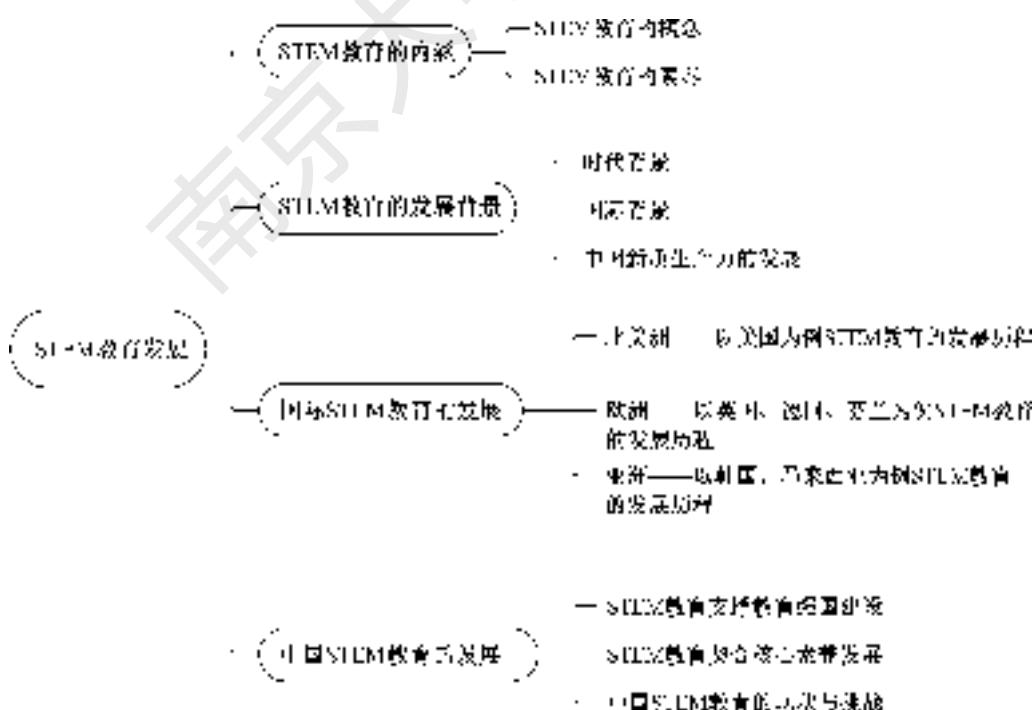


本章概要

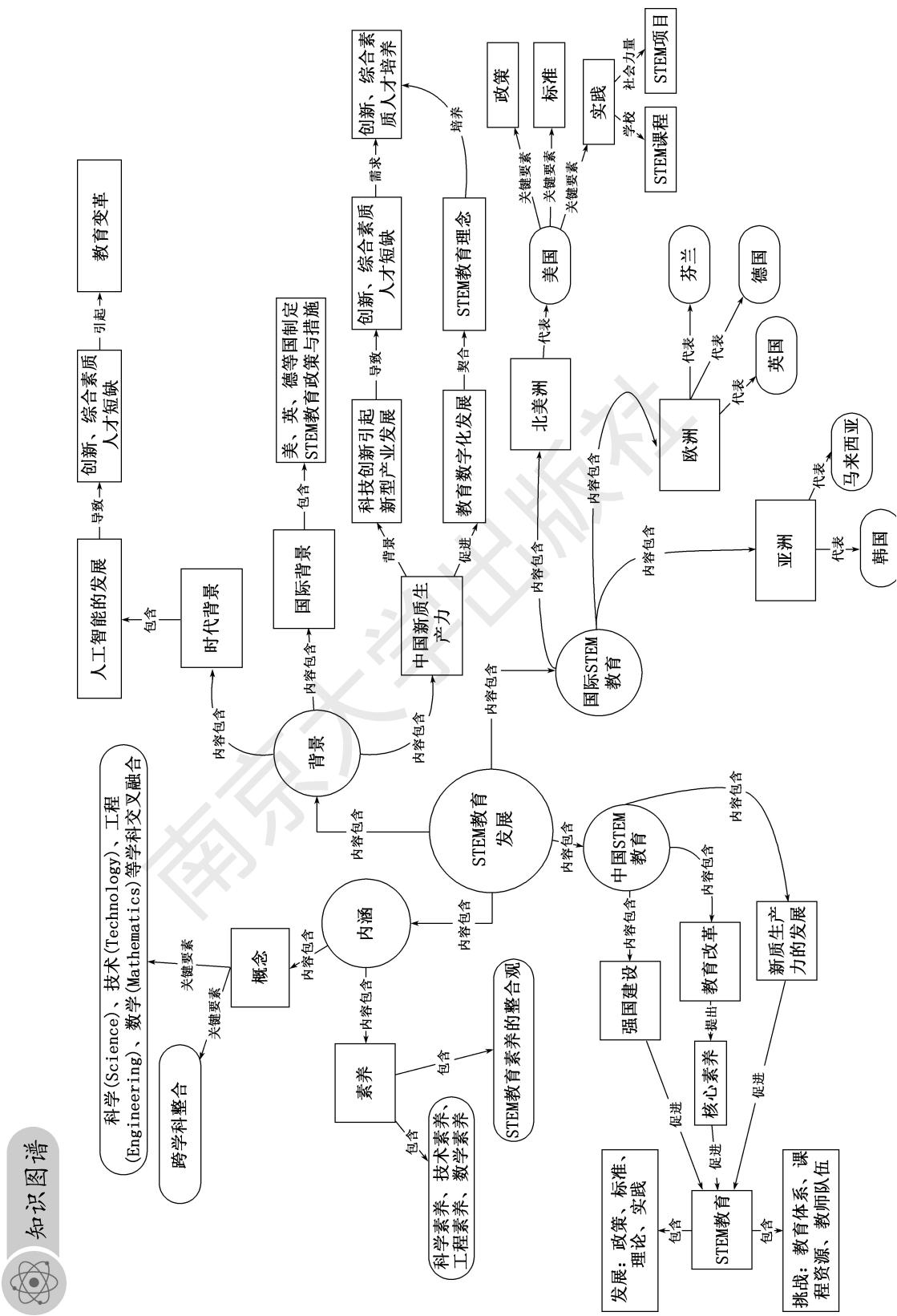
全章围绕 STEM 教育,简述 STEM 教育发展的背景,从 STEM 教育的政策、教育标准和教育实践三个方面描述了 STEM 教育在全球不同国家的发展历程及改革特点。随后,基于新质生产力和教育数字化转型的背景,阐述中国 STEM 教育的发展与挑战。



思维导图



知识图谱



第一节 STEM 教育的内涵

学习目标

1. 理解 STEM 教育的内涵, 阐释 STEM 教育的本质。
2. 归纳 STEM 教育与创客教育、科学教育的区别与联系。
3. 明晰 STEM 素养的内涵。

问题思考

1. STEM 教育的核心内涵是什么?
2. STEM 教育模式与传统教育模式比较, 其优势体现在哪里?

知识聚焦

一、STEM 教育的概念

(一) STEM 教育的本质

美国国家科学委员会(National Science Board)1986 年发布的报告《本科生的科学、数学和工程教育》(Undergraduate Science, Mathematics and Engineering Education)中首次提出了“科学、数学、工程和技术教育”的说法, 该报告也被国内学者普遍看作美国 STEM 教育的起源^①, 但彼时尚未有统一名词代指上述学科领域。美国国家科学基金会(National Science Foundation, 简称 NSF)教育和人力资源部门主任 Judith Ramaley 首次使用首字母缩写词“STEM”来指代科学、技术、工程和数学课程, 标志着 STEM 教育正式出现。NSF 定义了广泛的 STEM 领域, 不仅包括数学, 自然科学, 工程, 计算机和信息科学等常见科学领域类别, 还包括了心理学, 经济学, 社会学和政治学等社会科学领域。而后, 作为首字母缩写词的 STEM 在国家、州和地方以及科学界的众多计划得以采用, 代表了对一门或多门 STEM 学科甚至整个科学教育领域的描述。

STEAM 教育是步入 21 世纪以后由美国 Yakman 教授在原有 STEM 教育的基

^① NATIONAL SCIENCE BOARD. Undergraduate science, mathematics and engineering education [OL]. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED313248>.

础上,将艺术(Art)作为一个重要的人文因素加入其中而发展起来的。2023年12月,联合国教科文组织第十一个一类中心 STEM 教育研究所在上海落户,为了与联合国教科文组织保持一致,本教材在名称上沿用 STEM,在教学案例中会涉及 STEM 和 STEAM 的交替使用。

STEM 教育并不仅仅将科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、数学(Mathematics)四类学科简单叠加,而是强调多学科交叉融合,形成一种有目的、系统的深层整合,使这些学科彼此融合成一个有机整体,并以解决实际问题为导向。通过 STEM 教育,学生在实践中获得和应用知识,提升解决问题的能力。STEM 教育也与心理、经济、管理、社会和政治等学科相关,是通过参与真实的项目实现跨学科融合,强调对知识的应用和对学科之间关系的关注。

(二) 相关概念辨析

1. STEM 教育与创客教育

STEM 教育与创客教育都强调跨学科的学习和实践能力的培养,但两者之间存在一些差异。STEM 教育强调跨学科,强调不同学科的整合。创客教育的核心是创造,它涉及不同的学科知识,但其本身不以学科为重;STEM 教育和创客教育都倾向于指向真实情境问题的解决。大多数情况下,STEM 教育的问题多来自教师的设定和引导,即使学生提出自己的问题,也常在共同讨论的专题内。创客教育中的问题更倾向于由学生自己提出的;创客教育强调真实作品的产出,而 STEM 关注动手实验。创客教育强调学生要设计和制作自己的作品或产品。虽然 STEM 教育注重实践和动手实验,但并不特别强调学生必须拥有自己的作品或产品;两者都关注学生解决问题的综合能力培养,但侧重点不同。STEM 除培养学生综合解决问题的能力外,更强调培养学生跨学科的多元思维。创客教育更看重学生独立的创造思维的培养,学生需要有自己的创意,并努力实现。

2. STEM 教育与科学教育

两者都关注培养学生的综合素养,但侧重点不同。科学教育侧重于科学知识的系统传授和学生科学探究能力的培养。STEM 教育的侧重点在于培养学生的综合素养和创新能力;两者学科整合程度不同。科学教育主要以自然科学各学科为独立的教学单元进行教学,虽然在教学过程中也会强调学科知识之间的联系,但总体上各学科之间的界限较为分明。STEM 教育的显著特点是跨学科整合;两者在教学方法与组织形式上不同。科学教育在教学方法上以传统的课堂讲授、实验教学、课后作业等为主,教学组织形式一般以班级授课制为主。STEM 教育主要采用项目式学习、基于问题的学习等作为其主要的教学方法和组织形式。

(三) STEM 教育与传统教育的区别

STEM 教育与传统教育在教育目标、课程设置、教学方法、评价体系、师生角色等

方面存在显著区别。

1. 教育目标的不同

传统教育主要侧重于知识的传授,以学生对各学科基础知识的记忆、理解和掌握为核心目标。STEM 教育的目标则更为多元和综合。它致力于培养学生的综合素养,不仅包括科学知识、技术技能、工程思维和数学能力,还涵盖了创新思维、批判性思维、合作能力、沟通能力以及解决复杂问题的能力等。STEM 教育旨在使学生能够适应快速变化的现代社会,具备在跨学科领域中开展创新工作的能力,为未来在新兴科技领域、创新型企业或多学科交叉的职业环境中发展做好准备,以应对全球性挑战,如气候变化、能源危机等问题,推动社会的可持续发展。

2. 课程设置的不同

传统教育的课程设置通常是按照学科门类进行划分,各学科之间界限分明。STEM 教育的课程设置强调跨学科整合。它打破了传统学科之间的界限,将科学、技术、工程和数学等学科知识有机融合在一个个具体的项目或主题中。课程内容以项目驱动,学生在完成项目的过程中主动探索和学习不同学科的知识,并学会如何综合运用这些知识。同时,STEM 课程还注重与现实生活和社会实际需求紧密联系,使学生能够真切感受到所学知识的实用性和价值,激发学生的学习兴趣和学习动力。

3. 教学方法的不同

传统教育多采用讲授式教学法,教师在课堂上占据主导地位,是知识的传授者。STEM 教育则倡导以学生为中心的探究式、项目式教学方法。教师更多地扮演引导者和组织者的角色。在教学过程中,教师会提出具有挑战性的问题或项目任务,引导学生通过自主探究、小组合作的方式去寻找解决方案。这种教学方法能够充分调动学生的学习积极性和主动性,培养学生的创新能力、合作能力和实践能力,使学生在实践中不断积累经验,提升综合素质。

4. 评价体系的不同

传统教育的评价体系主要以考试成绩为依据,对学生的学业成绩进行量化评价。STEM 教育的评价体系更为多元化和综合化。它不仅关注学生的学业成绩,还更注重他们在学习过程中的表现。评价内容包括学生在项目中的知识应用能力、创新思维能力、团队合作能力、问题解决能力、沟通表达能力等多个方面。评价方式采用多种形式相结合,如项目报告、作品展示、小组互评、教师评价、自我评价等。这种多元化的评价体系能够全面、客观地反映学生的学习情况,促进学生积极参与学习过程,注重自身综合能力的培养,而不仅仅是追求考试成绩。

5. 师生角色的不同

在传统教育中,教师是知识的权威,是教学活动的主导者。在 STEM 教育中,教师的角色发生了显著转变,成为学生学习的引导者、组织者、促进者和合作者。教师需要根据学生的兴趣和实际情况,设计具有启发性和挑战性的项目任务。学生在项

目式学习中,主动提出问题、寻找解决方案,充分发挥自己的想象力和创造力。学生在这个过程中不再局限于被动接受知识,而是主动整合不同学科的知识,通过实践探索来验证自己的想法。同时,学生在小组合作中学会与他人沟通协作,共同完成项目任务,培养了团队合作精神和沟通能力。

STEM 教育与传统教育在教育目标、课程设置、教学方法、评价体系、师生角色等方面都存在显著区别。STEM 教育以其跨学科整合、以学生为中心、注重实践创新和综合素养培养等特点,适应了现代社会对创新型和复合型人才的需求。然而,传统教育也有其自身的优势和价值,在知识传授的系统性和深度方面有着丰富的经验积累。在教育改革的进程中,我们应充分认识到两者的特点和差异,积极探索将 STEM 教育理念与传统教育有机结合的途径,取二者之长,补二者之短,构建更加科学、合理、高效的教育体系,为培养适应时代发展需求的高素质人才奠定坚实基础。

二、STEM 教育的素养

STEM 教育是一种以科技创新为导向的有效教育形态。注重创新精神和实践能力培养是 STEM 教育的主要目的。培养学生的 STEM 素养是 STEM 教育的基本目标。STEM 教育对学生的素养要求与 21 世纪人才素养要求一致,都是要求学生具有批判性思维、创造力、合作能力和沟通能力,这些能力是在 STEM 驱动的经济和社会中必须具备的。

著名物理学家莱昂·莱德曼(Leon Lederman)将 STEM 素养概括为“在知识经济中个人适应和接受新技术带来的变化的能力、与他人进行跨界合作的能力、与不同层面的人进行有效交流与沟通的能力,以及找到针对当今难以想象的问题的创意性解决方案的能力”。显然,此时,STEM 教育已不再满足于缺乏综合方法的传统学科课程(科学、技术、工程、数学)的简单组合,“STEM 教育最重要的现代概念可能是整合的概念——这意味着 STEM 是用于解决现实问题的各种学科的有目的的整合。”随后,美国在 2013 年颁布的《新一代科学教育标准》(Next Generation Science Standards,简称 NGSS)中再一次强调“要在教学中实现 STEM 跨学科领域横向整合,尤其要将工程设计融入科学教育的结构,以引导更多学生在后基础教育阶段选择 STEM 相关领域,回应社会对具有创新与批判精神的人才的需要”。

(一) STEM 教育素养的学科观

STEM 各学科素养包含科学素养、技术素养、工程素养和数学素养。经济合作与发展组织、美国大学入学考试委员会、我国教育部高等学校教学指导委员会等都对 STEM 各学科素养进行了基本界定。

1. 科学素养

科学素养在 2015 年国际学生评估项目 (Program for International Student Assessment,简称 PISA) 科学素养测试的评价框架中被定义为:运用科学知识(如物

理、化学、生物科学和地球与空间科学)理解自然界并参与影响自然界有关决策的能力。科学素养可以从以下三个方面来理解:第一,科学地解释现象,包括认识一系列自然现象和技术产品,并能对其作出评价和解释;第二,评价和设计科学研究,要求能够科学地描述、评价科学研究并提出解决方案;第三,科学地解释数据和证据,要求能够分析评价数据和各种不同方式表示的参数,并能得出恰当的科学结论。

2. 技术素养

技术素养被国际技术教育协会 (International Technology Education Association,简称 ITEA) 定义为使用、管理、理解与评价技术的能力。它包括四个理解方面和一个能力,即对技术本质、技术与社会关系、设计和人造世界的理解,以及对技术化世界的适应。

3. 工程素养

了解工程素养就要先了解工程,工程以一系列科学知识为基础,结合经验的判断,经济地利用自然资源为人类服务的一种专门技术就是工程,工程也是服务于某个特定目的的各项技术工作的总和,而工程素养就是对工程设计的技术与开发过程的理解能力。另外,工程课程的内容大多是基于各种项目,整合多门学科的知识,将难以理解的概念与学生的生活紧密联系,从而激发学生去探索并解决问题的兴趣。

4. 数学素养

个人在各种情境中发现、表达、解释和解决数学问题的能力即为数学素养,其中包括:数学推理能力;运用数学概念、过程、事实和工具来描述、解释和预测现象的能力;认识数学在世界中的作用,对相关数学问题做出判断与决策。其中,最重要的是数学的核心素养,包括逻辑推理与论证、解决问题、数学建模、数学表达、运用符号和工具以及沟通交流的能力。

(二) STEM 教育素养的整合观

有研究学者提出,应该将 STEM 素养视为一个整体性的概念,以整合的视角来分析 STEM 素养的内容构成。美国科学教育专家罗杰·W. 拜比认为,STEM 素养可以分为概念理解、过程性技能以及解决与 STEM 教育相关的个人、社会乃至全球问题的能力这几个方面。具体来说包括:第一,分辨生活情境中的问题,理解基于证据的 STEM 教育的相关问题的结论;第二,从知识、探究和设计的角度理解 STEM 教育的学科特点;第三,意识到 STEM 教育的学科对物质、精神、文化环境的影响;第四,愿意参加与 STEM 教育相关的事务,成为一个有建设性思维、关心社会、有反思能力的公民。2012 年,美国学者 Zillman 在布卢姆教育目标分类理论的基础上,将 STEM 素养的构成为三个层次,第一层次是科学、技术、工程、数学以及相关领域的素养;第二层次是认知、情感、动作和技能等学习领域的能力素养;第三层次是个人适应并接受由新技术驱动而产生变化的素养。他认为,STEM 素养不应该局限于内容

领域,而应被视为一种促进深层次学习的方式,其中包含技能、能力、事实性知识、程序、概念和元认知能力。

第二节 STEM 教育的发展背景

学习目标

1. 阐述 STEM 教育的发展背景;理解社会经济发展背景对 STEM 教育的影响。
2. 解释教育数字化转型与 STEM 教育的契合点。
3. 理解 STEM 教育对我国跨学科创新型人才培养的重要意义。

问题思考

1. STEM 教育如何更好地服务于创新人才培养?
2. STEM 教育如何服务新质生产力的发展?

知识聚焦

一、时代背景

从农耕时代到工业时代再到信息时代,技术的持续进步带动了生产力的提高,并不断推动人类社会向更高层次发展。当前,互联网、云计算、大数据、人工智能等新技术的崛起,正在全球范围内引发一场深刻的变革。2024 年中国发展高层论坛年会中科技部副部长吴朝晖也指出,中国政府高度重视人工智能的发展,并通过加强科技创新、深度赋能实体经济、推进伦理建设等方面加快推动该领域的技术发展。人工智能的应用将在教育、医疗、家政等行业引发深远的社会变革,满足消费者对自动化、实时化和个性化的需求。人工智能等新技术的发展将重构产业结构,提升产业效益,并推动人类社会迈向数字化和智能制造时代。这一过程中,知识和智慧逐渐取代资本和资源,成为经济社会发展的关键力量,对传统教育提出了前所未有的挑战。随着职业领域的变革,教育必须适应时代发展,培养学生掌握未来社会所需的新技能、知识和专长。在这样的背景下,STEM 教育应运而生,它的发展源于全球化和科技竞争的时代需求,强调科学、技术、工程和数学的融合,旨在培养学生的创新能力、实践能力和解决实际问题的能力。STEM 教育理念适应了现代社会对跨学科、综合型人才的需求,得到了国际社会的普遍重视,并在我国得到政策的大力支持,成为提升国家竞争力、培养未来社会栋梁的重要途径。随着教育改革的深入,STEM 教育正逐步融入基

础教育体系,为学生的全面发展奠定坚实基础,以应对 21 世纪社会的复杂挑战,包括人工智能带来的机遇和挑战。

二、国际背景

STEM 教育能够有效提升学生应对未来挑战的核心技能,这些技能将在他们的日常生活和职业生涯中持续发挥重要作用。因此成为世界各国教育改革的战略选择。一方面,STEM 教育有助于发达国家应对老龄化导致的劳动力减少问题,填补技能劳动力缺口,促进经济健康发展;另一方面,STEM 教育能够帮助新兴经济体抓住信息技术和互联网革命带来的发展机遇,在新兴产业领域中抢占先机,实现经济的飞跃和赶超。

21 世纪以来,以美国、英国、德国为代表的主要发达国家,纷纷从国家战略高度制订了 STEM 教育的政策与措施。美国国会通过了《国家竞争力法》,提出应加强 STEM 教育投入,随后制订了《K-12 科学教育框架》和《新一代科学教育标准》,推动 STEM 教育全面展开;英国政府颁布了“科学与创新投资框架”,首次在政府文件引入 STEM,陆续开展了 STEM 教师培训,建立了国家科学学习网络,确立了国家级 STEM 示范项目,并启动了国家科学技术大赛和高等教育 STEM 计划;德国为助力“工业 4.0”,应对技能人才的巨大缺口,自上而下搭建了 STEM 教育战略框架,将促进 STEM 人才培养写入国家发展战略;芬兰推出了以“LUMA(数学和科学教育)项目”为代表的全国性 STEM 教育促进项目,设立了 LUMA 国家中心,以专业共享为原则,量身打造 STEM 学习和教育活动,促进 STEM 教育发展。

在以色列、澳大利亚、韩国等国家,STEM 教育同样受到高度重视。各国根据各自技能劳动力结构和产业发展需求,从国家人才战略层面制订 STEM 教育发展政策,在学前教育、基础教育、高等教育和职业技术教育中广泛开展促进 STEM 教育和人才培养的项目计划,加大投入并积极探索跨部门合作,形成促进社会广泛参与的有效模式^①。

三、中国新质生产力的发展

(一) 新质生产力的提出

2024 年 1 月,中共中央政治局就扎实推进高质量发展进行第十一次集体学习。习近平总书记在主持学习时强调了新质生产力。新质生产力是创新起主导作用,摆脱传统经济增长方式,生产力发展路径,具有高科技、高效能、高质量特征,符合新发展理念的先进生产力质态。

2024 年 7 月,党的二十届三中全会上强调发展新质生产力要推动技术革命性突

^① 中国教育科学研究院 STEM 教育研究中心.《中国 STEM 教育白皮书》(精华版)[R/OL].(2017-06-20)[2025-01-19]. <https://www.ictdedu.cn/uploadfile/2018/0507/20180507033914363>.

破,推动劳动者、劳动资料、劳动对象优化组合和更新跃升。^①

习近平总书记在多个场所提到新质生产力这个概念,新质生产力强调科技创新在经济社会发展中的核心地位,科技创新要素赋能产业体系,将会不断培育未来产业、壮大战略性新兴产业,并推动传统产业的转型升级。

新质生产力的本质是先进生产力,根据马克思主义的生产力理论,人是生产力中最活跃的要素。^② 在这样的背景下,人才成了发展新质生产力的第一资源。人才不仅是劳动资料和劳动对象的发明者、创造者和革新者,也是生产力发展的创新要素。新质生产力的发展也将通过人才的创新和能力来实现。

(二) 产业与人才的需求

我国提出要因地制宜发展新质生产力,建立未来产业投入增长机制,完善推动新一代信息技术、人工智能、航空航天、新能源、新材料、高端装备、生物医药、量子科技等战略性产业发展政策和治理体系,引导新兴产业健康有序发展。

当前我国的人才缺口还较大,根据工信部的预测,到 2025 年,我国制造业十大重点领域人才缺口约为 3 000 万人,其中新一代信息技术产业人才缺口为 950 万人,新能源新材料人才缺口为 503 万人,高端装备人才缺口为 1 038 万人。人瑞人才与德勤中国 2023 年预测,当前我国互联网、智能制造、智能汽车、人工智能等 11 个重点产业的数字人才缺口约在 2 500 万至 3 000 万,且缺口仍在持续扩大。

瑞士洛桑国际管理发展学院发布的《世界人才排名报告》显示,中国内地的世界人才排名从 2012 年的第 50 位提高至 2024 年的第 38 位,但对比美国 2024 年全球第 21 位的排名仍有不小的差距。欧洲工商管理学院联合有关机构发布的《全球人才竞争力指数》显示,2019 年中国的全球人才竞争力指数排名第 45 位,2023 年上升至第 40 位,对比美国 2023 年全球第三的排名,中国仍需加强人才领域的追赶。

总之,当前我国人口红利的逐渐消失和创新驱动发展战略发展的双重背景下,经济社会对技术技能人才数量和质量的需求日益增强,主要依靠资源要素投入、规模扩张的粗放发展模式难以为继,调整结构、转型升级、提质增效刻不容缓。加强创新型和复合型教育的发展,提高人力资源开发水平,是回应经济社会新常态对人才培养需求的重大改革方向。

(三) 教育数字化转型与 STEM 教育

新质生产力是数字时代更具融合性、更体现新内涵的生产力,数字化、智能化是其重要特征。数字经济作为一种新型经济形态,成为推动新质生产力发展的重要力量。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲

^① 中国政府网. 中共中央关于进一步全面深化改革推进中国式现代化的决定[EB/OL]. (2024-07-21)[2025-1-20]. https://www.gov.cn/zhengce/202407/content_6963770.htm.

^② 黄汉权. 深刻领悟发展新质生产力的核心要义和实践要求[J]. 求是,2024(07):13-16.

要》中也强调了数字化转型在推动经济社会发展中的重要作用,并提出了相关政策和措施。教育作为社会系统的重要组成部分,承担了为经济社会提供人才保障的重要使命。在数字经济发展的驱动下,教育正朝着数字化转型,通过技术支撑实现教育的全要素、系统性变革,同时,担负着为未来数字社会培养人才的使命。

技术赋能下的教育数字化经历了远程教育、互联网+教育、智慧教育等发展阶段,随着人工智能技术的进步,教育在智能测评、学习过程评价、自适应学习等都有所推进。信息的主要载体和传播工具已从书籍转向互联网或移动智能终端。教学方式正从“纯线下”转向“纯线上”或“线上与线下相结合”,其组织形式也从单一的“他组织”(如传统学校)向“他组织”与“自组织”(如学习社群)相结合转变。教育数字化转型使人类跨入“信息化智能文明”时代。随着知识和技术的更新速度不断加快,“智本”将代替“知本”,“学力”将重于“学历”,教育目标正从“传递知识”走向“发展心智”。

新质生产力赋能产业,使我国在未来产业、新兴产业和传统产业转型发展中急需大量创新型、技能型、复合型人才。从产业和人才需求章节的数据中也验证了此观点。而培养创新型、技能型、复合型人才的要求契合了 STEM 教育的培养目标。STEM 教育是一种培养学生创新能力和解决实际问题能力重要途径,它强调在真实情境中进行跨学科知识整合,打破了学科之间的壁垒,将科学、技术、工程和数学等学科知识融会贯通。STEM 教育形式鼓励学生根据自身兴趣和能力进行学习,并在项目或任务中发挥自身优势,实现个性化发展,从而培养出数字化经济社会发展需求的创新技术人才。

STEM 教育方式与教育数字化转型中倡导“基于问题和协作的学习”理念相吻合,STEM 教育是基于问题和项目式学习来实现跨学科融合的方式,需要数字化、网络化、智能化的教育背景做支撑。数字技术为打破传统教学模式中“批量生产”的局限提供了有力支持,从而更加关注学生的个性化发展,通过缩小班级规模、实施小组学习、提供可选择的项目式学习以及利用数字课件(如可汗学院)等方式,学生可以根据自身兴趣、能力和进度进行学习,实现真正的个性化学习体验。

STEM 教育通过设计真实情境下的项目,让学生在解决问题的过程中,将不同学科知识进行整合,并习得解决实际问题的能力,培养学生成为知识建构者和问题解决者,提升他们的创造性思维和实践能力。STEM 教育强调激发学生的好奇心与探索欲,让学生体验到创造、分享和合作的乐趣。学生应以个人或小组为单位作为项目的主导者,在自己感兴趣的任任务或项目中发挥各自的优势,从而实现个性化的发展,这与教育数字化转型过程中强调的“个性化和自定进度的学习”高度契合。

STEM 教育不是针对某个学科或某个学段的具体改革,它更像是一个切入点,在教育数字化背景下构建创新人才培养模式,撬动课程改革,并在中小学教育、职业技术教育、高等教育、继续教育等多个领域都会产生系统性影响。从长远来看,STEM 教育的持续有效实施,将对劳动力素质提高产生积极的促进作用,助力我国经济从劳动密集型向技术密集型转型。

第三节 国际 STEM 教育的发展

学习目标

- 理解各国在 STEM 教育方面的政策教育标准以及教育实施发展历程。
- 比较和分析不同国家 STEM 教育发展的侧重点和特色。
- 深刻理解 STEM 教育的目的和使命，并热情投身于 STEM 教育领域的推广与发展。

问题思考

- 比较不同国家 STEM 教育政策、课程标准和教育实践。
- 德国 STEM 教育的政策对当下开展 STEM 教育有何启示？

知识聚焦

一、北美洲——以美国为例 STEM 教育的发展历程

(一) STEM 教育政策的发展历程

自 1986 年起，美国政府开始布局 STEM 教育，认识到 STEM 教育在国家发展中的关键作用，并陆续推出了多项政策和支持措施，以确保 STEM 教育战略的持续发展。表 1-1 是美国政府在 STEM 教育领域采取的措施。

表 1-1 美国政府在 STEM 教育领域采取的措施

年份	发布机构	发布文件/法案名称	主要内容
1986	美国国家科学委员会	《本科科学、数学和工程教育》报告	STEM 教育的最早的雏形
1996	美国国家科学基金会	《塑造未来：科学、数学、工程和技术的本科生教育新期望》	培养 K-12 教育系统中的师资，提高全民的科学素养
2007	美国国会	《美国竞争力法案》	加强 STEM 教育投入，推动 STEM 教育全面展开

(续表)

年份	发布机构	发布文件/法案名称	主要内容
2015	美国国会	《2015 年 STEM 教育法》	将计算机科学纳入 STEM 教育课程, 实现教育的数字化转型
2018	美国政府	《绘制成功之路: 美国的 STEM 教育战略》	提升国民 STEM 素养, 增强多样性、公平性和包容性, 提供具备 STEM 素养的劳动力
2024	美国政府	《STEMM 公平与卓越 2050: 国家进步与繁荣战略》	STEMM 是传统 STEM(即科学、技术、工程和数学)概念的扩展, 加入了医学领域。该战略强调了非传统学生和成人学习者的 STEM 教育路径, 建立包容的教育文化和环境, 推动 STEM 领域的多元化发展

(二) STEM 教育标准的发展历程

美国科学院国家研究理事会于 1996 年颁布了《国家科学教育标准》。2000 年, 美国国际技术教育委员会推出了技术学科的学科标准——《技术素养标准: 技术学习之内容》。2010 年, 美国州长协会与各州教育官员委员会针对美国各州的教育状况发布了《州立共同核心数学课程标准》。^① 2013 年, 美国又颁布了《新一代科学教育标准》。

美国 STEM 课程国家标准由美国联邦教育部协同其他教育管理部门和研发机构共同研发, 规定了 STEM 课程标准最本质的要求。其中, 数学课程标准关注了学生的最近发展区与学段的衔接, 注重培养学生数学能力; 科学课程标准注重课程融合的理念, 将工程内容融入科学课程, 将工程和科学作为 STEM 课程整合的核心。总之, 美国 STEM 课程的国家标准具有明显的指导性与开放性, 为各州指明了 STEM 综合课程的发展趋势。

(三) STEM 教育实践的发展历程

美国作为 STEM 教育这一领域的先行者, 它在 STEM 教育的课程设计和实践活动中展现了诸多创新和值得探究的方面。美国的 STEM 教育实施较为全面且成熟, 采取了一系列措施, 如建立以 STEM 为中心的学校、推广 STEM 课程、在学校基础上设立 STEM 教育中心等。特别是在课程设置上, 突出科学和工程学的实际操作。

美国的 STEM 教育的理念不仅融入了多学科课程, 在 STEM 课程的开发与普及过程中还引入了社会力量, 以两个代表性的 STEM 教育项目为例, 一个是“项目引

^① 李佳, 袁野. 数字化转型中的 STEM 教育 [M]. 北京: 教育科学出版社, 2023: 49-63.

路”,这是一个为初中和高中生提供 STEM 课程服务的非营利组织 STEM 教育项目。另一个是“变革方程”,这是由众多公司 CEO 联合发起的非营利机构组织的 STEM 教育项目,主要帮助学生为未来 STEM 领域的职业生涯做准备,并开发了丰富的 STEM 资源库。此外,美国还有其他教育组织也在进行 STEM 课程的实践,并融入了各自的特色。例如,826 全美(826 National)通过将写作实践融入 STEM 教学,帮助青少年提高写作能力。

如今,美国的 STEM 教育已经超越了传统学校的范畴,形成了一个校内课程与校外家庭、社区、多种机构场所相互补充的教育网络。这种教育模式将系统化的学科学习和项目式、问题式学习进行整合,共同构成一个支持性的学习环境。经过长期的发展和磨炼,美国已经逐步形成一个完整的 STEM 教育生态系统,学生既能够参与体系化的 STEM 学科学习,也能够体验更加自由、非结构化的 STEM 课程、项目和活动,为学生的全面发展提供了丰富的学习机会和体验。

二、欧洲——以英国、德国、芬兰为例 STEM 教育的发展历程

(一) 英国 STEM 教育发展历程

英国政府为推动 STEM 教育采取了大量积极措施,重点培养下一代对科学、技术、工程和数学学科的兴趣和能力,英国在人才培养上展现前瞻性的努力。

2014 年 12 月,英国推出了《国家课程框架》,为 STEM 教育的每个学科和每个学习阶段设定了具体目标。科学教育方面强调了科学与工程教育的结合,着重于学生智力和技能的发展与应用,并提出了逐步提升学生探究技能的目标。数学教育方面确保学生掌握基础数学知识,深化学生对数学概念的理解,并提升他们准确、迅速运用数学知识的能力,培养学生使用数学语言进行猜想、评估、概括和构建论点的能力,以及解决常规和非常规问题的能力。工程与技术教育开设了富有活力的设计与技术课程。这些课程旨在提升学生对工程技术流程的理解,并强调创新和批判性思维的培养。

英国 STEM 教育实践方面得到多个组织和机构的支持,其中包括英国皇家工程学会、STEM Learning 和一些教育公司,这些机构通过不同的方式支持着 STEM 教育的实施,如表 1-2。

表 1-2 英国提供 STEM 教育资源或服务的部分机构

STEM 教育实践路径	代表机构	主要工作内容
政府机构主导的 STEM 课程开发与教学	英国皇家工程学会	进行 STEM 课程开发和教学方面的工作
STEM 教师培训与课程开发	STEM LEARNING	为 STEM 教师开发培训课程,自主研发 STEM 课程
教育公司开发的 STEM 课程产品	TWIG、CUBETTO 等	开发 STEM 课程产品

（二）德国 STEM 教育发展历程

德国作为欧洲的主要经济体,以其稳定的工业和完备的职业教育体系著称。德国政府高度重视 STEM 教育,为适应快速发展的社会需求,2022 年,德国联邦教育及研究部部长蒂娜·斯塔克-瓦辛格宣布 STEM 行动计划 2.0,以全面推动整个教育链的 STEM 教育发展。为了促进 STEM 教育在德国的进一步发展,德国的科学家们深入探讨了 STEM 学科的课程标准,强调学生的动手操作和创新能力,旨在提升学生解决现实生活问题的技能,注重跨学科综合能力的培养,重视职业规划教育和学科教学融合。

德国的 STEM 教育推进不仅体现在学校正规课程中对学科标准的整体性制订,STEM 教育实践也独具风格,涵盖了“校园实验室”的设立、企业合作的 STEM 项目以及“小小研究者之家”的推广。

在“校园实验室”模式下,部分德国学校将 STEM 教育融入日常教学中,通过融合校内外的课程资源和社会力量,有效地实施了 STEM 相关课程。这种模式不仅丰富了学生的学习体验,还加强了理论与实践的联系。

德国企业界对 STEM 教育的贡献同样显著。例如,巴斯夫公司带头实施了一系列免费的 STEM 教育计划,包括面向不同年龄段的“巴斯夫儿童和青少年实验室”和“巴斯夫幼儿教育”,主要是通过实践活动,如动手工作坊和实地参观,激发学生对 STEM 学科的热情,尤其是化学领域,并让学生认识到化学在日常生活中的重要性。

此外,德国联邦教育科研部早在 2006 年就联合多家企业和机构,如亥姆赫兹国家研究中心联合会、西门子基金会和沃尔斯堡汽车城,共同创立了“小小研究者之家”基金会。该基金会致力于为小学和幼儿园提供数学、科学和技术教育的全方位支持,包括软硬件资源、专业指导、教师培训和资格认证。这一举措反映了德国工业界和企业界对教育领域的回报,同时也展现了通过独立机构推动 STEM 教育发展的模式。

总之,德国的 STEM 教育实践不仅注重课程内容和教学方法,还强调了企业与教育界的深度合作,以及通过多元化途径促进学生的 STEM 兴趣和能力培养。

（三）芬兰 STEM 教育发展历程

2023 年,芬兰教育、文化部和旅游部发布了《芬兰国家 STEM 战略与行动计划》,强化了 STEM 教育在芬兰国家战略中的地位,反映了芬兰对 STEM 教育的重视以及在该领域的持续努力和创新。芬兰的教育体系因其课程的整合性、跨学科性以及实践性而受到全球教育工作者和研究者的瞩目。芬兰对 STEM 教育师资的严格要求,确保了教师队伍的高素质。自 1866 年起,芬兰就引入了手工课程,并在其演进过程中逐步融入科学探索和技术融合的元素,鼓励男女学生共同参与设计和制作活动。

芬兰的学校设施重在营造多样化开放式学习环境,这些环境非常适合开展

STEM 课程。芬兰 STEM 教育的独特之处在于建立了 STEM 体系,由赫尔辛基大学的 LUMA 中心统筹协调。全国各地的 LUMA 中心与高等教育机构和研究机构紧密合作,共同参与中小学课程开发与实施、课外 STEM 活动以及 STEM 教学研究等项目。一些 LUMA 中心还负责 STEM 教师的培养工作。芬兰的 STEM 教育整体上强调机会的均等性、学生的自主性以及学习的趣味性。

三、亚洲——以韩国、马来西亚为例 STEM 教育的发展历程

(一) 韩国 STEM 教育发展历程

2011 年韩国政府发布了《搞活整合型人才教育(STEAM)方案》,提出以数学和科学为中心结合工程技术的 STEAM 教育方案,主要培养现代社会所需的具备科学技术素养的人才。韩国的 STEAM 教育起源于美国的 STEM 教育,后来加入了艺术(Art)元素,形成了 STEAM 教育。韩国的 STEAM 教育不仅融入了人文艺术内容,还强调学生的综合运用能力和实际问题发现能力。韩国科学创意财团主导实施了一系列系统化的 STEM 教育推广活动,与韩国教育部携手推进了多个教育项目,其中包括重点推进特定 STEM 领域整合的项目(如生物科技);运用最新科技产品的项目;将人文艺术融入 STEM 教育的项目(如制造业中的创新艺术);与未来职业规划相结合的设计基础项目(如机器人工程、信息系统专家等)。韩国的 STEM 教育由韩国科学创意财团领导,与教育部合作推进,展现了自上而下的特点。

(二) 马来西亚 STEM 教育发展历程

STEM 一词首次在《马来西亚教育蓝图(2013—2025)》中提出,政府明确提出了提高教师对 STEM 教育的认识及激发学生学习兴趣的目标。马来西亚在 STEM 教育上虽然属于起步阶段,但政府也在积极推动 STEM 教育的发展,马来西亚通过教育部、政府机构以及国有企业的共同努力,推进 STEM 教育的发展。特别是在 STEM 教育竞赛方面,马来西亚展现了其独到的特色。同时,在 STEM 教育的实践研究领域,马来西亚的研究人员也在国际学术期刊上发表了涉及 V-Stops 和 Web Quest 等多种新技术应用的研究成果,表 1-3 充分描述了马来西亚 STEM 课程和实践的相关内容。

表 1-3 马来西亚 STEM 课程和实践

教育阶段/领域	课程内容/活动	特点/成就
中学教育	技术图形通信、可持续发展基础、发明、运动科学、家庭科学、工程制图、机械工程、农业科学、信息与通信技术	提供多种 STEM 相关选修课程

(续表)

教育阶段/领域	课程内容/活动	特点/成就
高中教育	科学与技术路径(物理、化学、生物、数学、数学进阶)	文理科分流,理科实施“科学与技术路径”
课外教育	STEM 在线挑战平台	2020 年教育部建设的在线平台,通过挑战在线任务,提升学生能力,评估 STEM 教育成效
	“所有人的 STEM”活动	国家 STEM 中心和马来西亚科学、技术和国家天文馆等官方机构协同合作组织的大型活动,包括讲座、展览、竞赛等,面向学生、家长、社区和教师,在乡村地区举办,体现教育公平
	国家石油公司科学探索中心等活动	国有企业也积极推动 STEM 教育的发展,提供丰富的 STEM 学习机会,开设工作坊如创客工坊、玩乐实验室、科学戏剧大赛等。还设置了国油 RBTX 挑战赛,提升数字素养,包括机械相扑、机械猎手等项目,2021 年还推出虚拟挑战模式

第四节 中国 STEM 教育的发展

学习目标

1. 阐述中国 STEM 教育政策的背景和发展历程。
2. 分析 STEM 教育在推动新质生产力发展中的作用,以及如何通过教育改革应对快速变化的需求。
3. 理解 STEM 教育与核心素养发展之间的联系,以及它们如何共同促进学生的全面发展和社会进步。

问题思考

1. 中国 STEM 教育对学生核心素养培养有哪些积极影响?
2. 如何开展 C-STEM 教育?

知识聚焦

一、STEM 教育支撑教育强国建设

（一）强化 STEM 教育是我国战略发展的重要支撑

习近平总书记在中央政治局第五次集体学习时的讲话指出：“教育兴则国家兴，教育强则国家强。建设教育强国，是全面建成社会主义现代化强国的战略先导，是实现高水平科技自立自强的重要支撑，是促进全体人民共同富裕的有效途径，是以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的基础工程。”

习近平总书记在全国科技创新大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话中进一步指出：“加快培养造就一支规模宏大、结构合理、素质优良的创新型人才队伍。加快建设国家战略人才力量，着力培养造就卓越工程师、大国工匠、高技能人才。”STEM 教育将培养科技创新人才作为主要目标，是我国强国建设和人才战略推进的重要支撑。

（二）推进 STEM 教育是我国教育改革的重要内容

2023 年 2 月，习近平总书记在二十届中央政治局第三次集体学习时指出：“要在教育‘双减’中做好科学教育加法，激发青少年好奇心、想象力、探求欲，培育具备科学家潜质、愿意献身科学的研究事业的青少年群体。”

2023 年 6 月，教育部等十八部门联合发布《关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》对中小学科学教育工作进行了全面部署，并明确提出，通过 3 至 5 年努力，中小学科学教育体系更加完善，科学教育教师规模持续扩大、素质和能力明显增强，科学教育质量明显提高，中小学生科学素质明显提升。同时，STEM 教育是教育强国指数的重要组成部分，是提升教育服务能力的关键因素。加快推进 STEM 教育、打造中国教育品牌，已成为教育强国建设的重要抓手和任务。

（三）加强 STEM 教育是促进新质生产力发展的关键举措

在推进新质生产力发展中，教育发挥着重要作用。一方面，新质生产力的发展需要大量掌握先进科技知识和技能的人才，另一方面新质生产力的发展涉及多个学科的交叉与融合。传统的教育体系难以满足这种快速变化的需求，STEM 教育由于强调科学、技术、工程和数学的综合应用，能够培养学生的跨学科思维和综合解决问题的能力，成为发展新质生产力的应然之举^①。

^① STEM 教育 2035 行动计划领导小组. STEM 教育 2035 行动计划[R/OL]. (2024-07-09)[2025-1-19]. <https://stem.zjnu.edu.cn/2024/0803/c13414a473551/page.htm>.

二、STEM 教育契合核心素养发展

“核心素养”这一概念最早出现在经济合作与发展组织(OECD,简称“经合组织”)和欧盟理事会的研究报告中。1997年,经合组织启动21世纪核心素养框架研究工作,并在报告中首次提出了“核心素养”这一概念理论框架。该框架聚焦于21世纪学生应具备哪些核心的知识、能力与情感态度,以成功融入未来社会,并在满足个人自我实现需要的同时推动社会发展。这一框架的构成也回应了当前和未来技术变革及全球化带来的挑战。

2014年3月,教育部在印发的《关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》文件中,首次明确提出了构建“核心素养体系”的概念。这一举措标志着中国在核心素养研究领域迈出了重要一步。

2016年9月,经过两年的攻关研究和广泛征求意见,《中国学生发展核心素养》总体框架正式颁布。这一框架详细阐述了中国学生应具备人文底蕴、科学精神、学会学习、健康生活、责任担当、实践创新六大核心素养,这六大核心素养的培养旨在促进学生的全面发展,提高其综合素质,为未来的学习和生活打下坚实的基础,同时,也为教育改革和人才培养提供了重要依据。

2018年1月,中国教育部正式颁布《普通高中课程方案和课程标准》(2017年版),首次在课程中提出了学科核心素养。

2022年4月,教育部颁布《义务教育课程方案和课程标准(2022年版)》,在义务教育阶段首次提出核心素养。同时,把“加强课程综合性和注重关联性”“变革育人方式,突出实践”作为其中基本原则。

《义务教育课程方案(2022年版)》中,要求各门课程用不少于10%的课时设计跨学科主题学习。这一调整旨在提升学生的综合实践能力和跨学科素养。同时也涉及了对综合实践课程的调整,该方案提出要加强课程内容的内在联系,突出课程内容结构化,并探索主题、项目、任务等内容组织方式。

《义务教育信息科技课程标准(2022年版)》颁布,标志着信息科技课程在义务教育阶段的地位得到了显著提升。它不仅将信息科技课程独立于综合实践活动课程之外进行定位,还明确了算法、人工智能在课程逻辑主线中的地位。同时,这一课标还详细阐述了信息科技课程的四个核心素养:信息意识、计算思维、数字化学习与创新以及信息社会责任,并针对不同学段制订了相应的教学目标。

《义务教育科学课程标准(2022年版)》的核心素养包括科学观念、科学思维、探究实践和责任态度。其中,责任态度要求学生具备探究兴趣、实事求是、追求创新、合作分享等品质,并关注科学、技术、社会与环境之间的关系。科学教育的具体目标包括对自然现象的好奇心和探究欲、掌握基本的科学知识和原理、培养科学思维和解决问题的能力、增强科学实践和创新精神等。

从第一节 STEM 教育的概念和素养来看,STEM 教育通过跨学科的学习方式,让学生在解决实际问题的过程中锻炼思维方法和实践能力以及提升创新能力,和我

国青少年核心素养应具有必备的品格、关键的能力和正确的价值观,为适应未来社会形成综合型人才相辅相成。STEM 教育为培养核心素养的培养形成了有效的路径。时代发展和教育进步必然促使 STEM 教育与核心素养的对接成为趋势。

三、中国 STEM 教育的现状与挑战

(一) 中国 STEM 教育的现状

2017 年 1 月,我国教育部发布《义务教育小学科学课程标准》,强调科学教育是立德树人工作的重要组成部分,是提升全民科学素质、建设创新型国家的基础。2017 年 6 月,教育部直属的中国教育科学研究院成立 STEM 教育研究中心,对 STEM 领域开展了广泛而深入的研究并发布科研成果《中国 STEM 教育白皮书》。2018 年 5 月,“中国 STEM 教育 2029 行动计划”启动仪式在北京举行,主要目的是提高我国 STEM 教育质量,将全国 79 所学校列为“中国 STEM 教育 2029 行动计划”首批领航学校,228 所学校列为首批种子学校。2022 年教育部与中国科学院启动了推进科学教育的项目,就加强科学教育研究和实践探索达成战略合作。2023 年,教育部启动全国中小学科学教育实验区、实验校建设项目,首批有 124 个实验区、994 所实验校入选。2023 年联合国教育科学文化组织第 42 届大会决议在中国上海设立教科文组织国际 STEM 教育研究所(UNESCO II STEM),成为首个以 STEM 教育为主题的国际研究机构,也是首个落户中国的教科文组织一类中心,同时还是亚洲首个全球性一类机构,具有 STEM 教育领域信息交流中心、网络中心、资源中心和能力建设中心的功能作用。2024 年 7 月,中国教育发展战略学会发布《STEM(科学、技术、工程和数学)教育 2035 行动计划》,从 STEM 课程体系、教育评价、数字化建设计以及 STEM 教师培训等多方面促进我国 STEM 教育的发展。

在理论研究方面,专著和学术论文均取得了较大突破。例如,教育科学出版社出版了“中国 STEM 教育 2029 行动计划”丛书 12 本、上海科技教育出版社出版了《技术与工程素养标准:技术与工程在 STEM 教育中的作用》,清华大学出版社出版了《STEM 教育理论与实践》等。另外,根据中国知网数据显示发现近年来有关 STEM 教育、科学教育和工程教育的研究主题不断丰富。

(二) 中国 STEM 教育面临的挑战

一是 STEM 教育体系化建设不足。在课外 STEM 教育活动上,不同组织机构力量分散,尚未形成有效合力;在学校 STEM 教育方面,不同教育阶段之间以及学校教育与校外教育衔接不够紧密。

二是课程资源建设不健全。我国中小学阶段的跨学科性质 STEM 课程多为临时性和补充性课程,缺乏系统性整体设计和规划。

三是教师队伍建设严重滞后。STEM 教育作为一种理念,要求教师具备跨学科教学的能力,但我国目前合格的“跨学科整合”专业化 STEM 教师比例不足 5%,教师

实践经验尤其是与产业相关的工程实践较为匮乏,这使得 STEM 课程教学难以深入和扎实。

总之,尽管 STEM 教育在中国正迅速发展,但仍面临诸多挑战。未来,中国将在政策支持、教育改革、师资培养、资源整合和国际合作等方面持续努力,以促进 STEM 教育的全面发展。



探究与实践

1. 请设计一份调查当地中小学 STEM 教育课程实施情况的方案。
2. 探究你所在地区 STEM 教师队伍现状,分析教师专业发展需求和面临的挑战。
3. 小组合作,选择一个中国 STEM 教育的成功案例,分析其成功经验和可推广价值。