

培养有工程素养的下一代——美国 K-12 工程教育政策文本的多维分析

Cultivating the next generation with engineering literacy: A multidimensional analysis of the United States K-12 engineering education policy texts

张美婷, 于雅姿, 叶甲楚*

湖南大学教育科学研究院

* yejc@hnu.edu.cn

【摘要】 随着世界各国对创新人才需求的增加, 工程教育逐渐受到重视。K-12 阶段是学生身心健康发展的重要阶段, 将工程教育融入 K-12 阶段有助于培养学生的实践能力、创新能力以及团队合作能力等, 是培养创新型人才的重要途径。本文通过对六部美国 K-12 工程教育政策文件的分析, 发现了美国 K-12 工程教育政策文本具有关注现实情况、注重公平性、强调实践能力、推动学科整合、标准化发展五个特征, 并对我国中小学工程教育的发展提出了几点建议, 希望能够为相关领域的研究提供参考。

【关键词】 中小学工程教育; 教育政策; 文本分析

Abstract: Integrating engineering education into K-12 stage is helpful to cultivate students' practical ability, innovation ability and teamwork ability, and is an important way to cultivate innovative talents. Based on the analysis of six American K-12 engineering education policy documents, this paper finds out that American K-12 engineering education policy texts have five characteristics: paying attention to the reality, paying attention to fairness, emphasizing practical ability, promoting discipline integration, and standardizing development, and puts forward several suggestions for the development of Chinese primary and secondary school engineering education, hoping to provide references for research in related fields.

Keywords: Engineering education in primary and secondary schools; Educational policy; Text analysis

1. 前言

近年来, 随着科技发展与社会进步, 多国各领域都急需创新型人才推动经济社会快速发展。STEM 教育是一种包含科学、技术、工程和数学学科的跨学科教育方法, 可以培养学生对与国家研究和国家整体创新能力直接相关的学科的兴趣和能力(CSKEE, 2010)。工程教育是 STEM 教育的一部分, 但如今愿意从事工程行业的毕业生远远不能满足社会发展的需要。K-12 是学生身心健康发展的重要阶段, 让学生在此阶段尽早地接触工程教育, 有助于增进学生对工程的理解, 提升他们未来进入工程行业的可能性。作为工程教育的起源地, 美国政府出台了一系列教育政策文本以引导 K-12 工程教育的发展, 本文选取其中六个文本进行分析, 试图得出利于我国 K-12 工程教育发展的启示。

2. 文献综述

作为 STEM 教育的发源地, 美国对工程教育的关注已持续较长时间。沃尔夫(1998)将工程定义为“约束下的设计”, 即工程师在设计特定问题的解决方案时会受到问题本身的限制。狭义的工程是指“设计人造世界的过程”(CKEE, 2009)。《K-12 科学教育框架: 实践、交叉概念和核心思想》认为工程是“实现人类解决特定问题的方案的参与系统的设计实践”(NRC, 2012)。工程教育对培养创新人才至关重要。有研究表明, 工程教育可激发学生兴趣, 提升工程能力与技术素养, 并吸引更多青年投身工程行业(CKEE, 2009)。黄芳(2011)指出工程教育能

够促进 K-12 与高等工程教育间的衔接。占小红等人(2022)也提出应将工程教育作为我国基础教育教学的重要组成部分。《K-12 工程教育的标准?》强调应先明确 K-12 工程教育核心思想,包括概念、技能等(CSKEE, 2010)。综上, K-12 工程教育旨在培养学生解决复杂问题的能力,通过实践活动提升工程理解与兴趣,引导更多学生进入工程行业参与社会建设。

3.美国 K-12 工程教育政策的特征分析

本文主要选取由美国权威机构发布、对美国 K-12 工程教育发展产生较大影响的教育政策文本进行分析,分别是:《K-12 工程教育:了解现状与发展未来》《K-12 工程教育的标准?》《K-12 科学教育框架:实践、交叉概念和核心思想》《下一代科学标准》《STEM⁴:合作促进变革的力量》《技术与工程素养框架》。依据政策文本特点,本文将分析指标分为发布机构、参与起草人员、面向对象、总体目标、文本内容五项。

3.1. K-12 工程教育政策的发布机构与起草人员

美国 K-12 工程教育政策由国家级科研机构(NAE、NRC、NAS 等)联合发布,其系统化论证流程保障了文件的科学性与国际认可度。这些经动态优化的指导性文件,已成为包括我国在内的多国政策制定的重要范式参考。政策文本编制采取跨领域协同模式:由教育行政部门统筹规划,工程学者提供学科支撑,教研专家建构理论框架,基础教育教师验证实操路径,第三方组织搭建社会参与平台。这种“学术-行政-实践”三元共建机制,有效实现了政策科学性与落地性的有机统一。

3.2. K-12 工程教育政策的面向对象

上述六个政策文件面向对象包括教育政策制定者、学校管理者和教师、课程开发者、学生、家长及社会公民。这些文件基本都面向政策制定者,强调教育政策的连续性与系统升级。学校管理者和教师可依此明确工程教育目标与任务,确保管理与教学契合国家方向。课程开发者能精准定位课程主题,保障教材与时俱进。学生作为实施对象,可获得更多工程教育资源,加深理解并规划职业方向。家长和社会公民通过政策了解教育目标与资源分配,引导学生参与课外工程活动,提升工程素养。

3.3. K-12 工程教育政策的总体目标

综合 K-12 工程教育政策的总体目标,大致可分为制定 K-12 工程教育的标准、确定学生工程素养的评估标准、确保 K-12 工程教育面向全体学生。《K-12 工程教育:了解现状与发展未来》(CKEE, 2009)《K-12 工程教育的标准?》(CSKEE, 2010)《K-12 科学教育框架:实践、交叉概念和核心思想》(NRC, 2012)和《下一代科学标准》(NRC, 2013)均致力于制定统一的 K-12 工程教育标准以供 K-12 学校的管理者、教师等参考。《K-12 科学教育框架:实践、交叉概念和核心思想》(NRC, 2012)《下一代科学标准》(NRC, 2013)和《STEM⁴:合作促进变革的力量》均强调应使所有学生都接受工程教育(Advance CTE et al., 2018),明确了工程教育应该是面向全体学生的教育。《技术与工程素养框架》旨在为所有学生的技术和工程素养制定评估标准,以了解 K-12 学生对技术和工程的掌握情况(NAGB, 2018)。

3.4. K-12 工程教育政策的内容特征

政策内容是教育政策的主要组成部分,对教育政策的内容进行分析可以更好地把握政策文本的内在特征。本文对上述六个政策文本内容的进行分析,发现美国 K-12 工程教育政策文本内容具有关注现实情况、注重公平性、强调实践能力、推动学科整合、标准化发展五个特征。

3.4.1. 关注现实情况 政策制定始终基于系统性诊断:早期研究(CKEE, 2009; CSKEE, 2010)揭示工程教育存在课程标准缺失、师资培训断层及学生群体单一化问题;中期报告(NRC, 2012)指出科学教育组织碎片化与实践机会匮乏;近期文件(Advance CTE et al., 2018; NAGB, 2018)则聚焦标准化评估体系缺失及种族、地域间的 STEM 素养差异。这种“问题诊断-政策干预”的递进式逻辑,确保了政策靶向性。

3.4.2. 注重公平性 政策体系通过三重路径推进教育公平:在制度层面,《下一代科学标准》(NRC, 2013)确立全民科学教育基准;在实践层面,《STEM⁴》提出补偿性支持策略(Advance

CTE et al., 2018); 在文化层面,《K-12 工程教育现状研究》(CKEE, 2009)强调教材需增强跨文化包容性,使各民族学生都能拥有接受工程教育的机会。

3.4.3. 强调实践能力 构建“认知-行动”融合的培养体系:从《科学教育框架》(NRC, 2012)要求知识应用导向,到《下一代科学标准》将工程设计纳入科学探究维度,再到《技术与工程素养框架》(NAGB, 2018)将实践细化为技术思维、系统设计等可观测指标,政策持续强化工程实践的课程地位。

3.4.4. 推动学科整合 形成渐进式整合路径:早期《工程教育标准研究》(CSKEE, 2010)提出“注入法”(将工程要素融入现有学科)和“映射法”(建立跨学科知识关联);中期《科学教育框架》构建实践、交叉概念与核心思想三维模型;后期《STEM⁴》确立学科融合三大原则(Advance CTE et al., 2018),实现从局部衔接向系统整合的转型。

3.4.5. 标准化发展 建立“基准约束-自主创新”平衡机制:在课程标准维度,《科学教育框架》明确核心概念与交叉概念;在评估维度,《技术与工程素养框架》设立技术与社会等三大评估领域;在教学实施层面,《STEM⁴》允许学校根据生源特点调整课程形态。这种“框架标准化+实施弹性化”模式,既保证质量基准又激发教学创新。

4.对我国 K-12 工程教育发展的建议

4.1. 构建标准化框架体系,完善质量保障机制

美国政策实践凸显国家层面统一标准体系对教育质量规约的重要价值。我国亟需建立具有本土适切性的 K-12 工程教育标准框架,通过三维度进行系统建构:其一,研制涵盖“工程思维-技术素养-创新实践”的核心能力矩阵,形成分学段递进式目标体系;其二,构建“基础模块+拓展模块”的课程内容图谱,明确科学探究、工程设计、系统思维等关键领域;其三,建立多元化评估指标体系,整合形成性评价与总结性评价工具。建议建立动态监测与反馈机制,通过政策执行效果追踪研究进行周期性调适。

4.2. 强化教育公平导向,构建包容性发展机制

基于美国政策中凸显的“equity by design”理念,建议实施双轨推进策略。横向维度需开展全国性工程教育基线调研,重点解构师资专业化指数、课程实施效能、学生参与动机等关键变量,建立结构方程模型揭示影响因素作用路径。纵向维度应建立补偿性政策干预体系,针对农村及欠发达地区实施策略:资源配置优先倾斜、教师培训优先覆盖、数字平台优先接入。建议将工程教育纳入基本公共服务范畴,立法保障其作为公民核心素养的培育权利。

4.3. 重构实践育人范式,推进学科融合创新

借鉴美国 NGSS 框架中“三维整合”课程理念,建议实施工程教育课程体系重构工程。在实践维度,构建“四阶递进”教学模型:情境浸润(1-3 年级)-项目体验(4-6 年级)-系统设计(7-9 年级)-社会创新(10-12 年级),每阶段配置典型工程设计挑战。在学科整合层面,开发 STEAM-RL(科学、技术、工程、艺术、数学与人文素养)融合课程模块,重点突破学科壁垒,建立基于复杂问题解决的超学科学习模式。建议设立区域性工程教育创新实验室网络,打造“做中学”实践共同体。

4.4. 创建协同治理模式,激发多元主体动能

参考美国“全社会参与式”工程教育治理经验,建议构建“三维六体”协同机制。政府层面成立跨部门工程教育统筹委员会,完善“政策供给-资源配置-质量监测”支持链;学校层面推行工程教育教师制度,建立教师专业发展学分银行;社会层面实施“百企千校”工程,推动建立企业主导的工程实践基地群。将工程教育参与度纳入企业社会责任评估指标,建立政-校-社协同创新的生态系统。

5.结语

通过对六部政策文本的分析,发现其政策在发布机构、起草人员及内容上因面向对象不同而有所侧重,总体目标包括制定标准、评估学生素养、确保教育普及。政策内容呈现关注现

实、注重公平、强调实践、推动学科整合、标准化发展五大特征，并提出多项内容标准与策略建议，为 K-12 工程教育的实施提供了有力参考。K-12 工程教育的有效实施和推广离不开各部门之间的通力合作，政府部门的督促与引导，学校和教师的大力实施，家长和社会的信任与配合，都有助于提升资源利用率，为工程教育提供更多支持。另一方面，制定 K-12 工程教育政策前需全面掌握现状，结合多方力量，针对不同对象设计引导措施，同时保留灵活调整空间，并定期评估更新以适应教育需求变化。

参考文献

- 黄芳(2011).美国 K-12 工程教育与高等工程教育的衔接及启示. *高等工程教育研究*(6):24-29.
- 徐显龙,国洪琦,江鑫广&张天琦(2023).我国 K-12 工程教育的角色定位、价值取向和实现路径. *中国电化教育*(12),34-40.
- Advance CTE, ASSM, CSSS&ITEEA (2018). *STEM⁴: The power of collaboration for change*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Committee on K-12 Engineering Education (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Committee on Standards for K - 12 Engineering Education.(2010). *Standards for K-12 Engineering Education?* Washington, DC: The National Academies.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- The National Assessment Governing Board (2018). *Technology & engineering literacy framework*. U.S. Department of Education.
- Wulf, W.A. (1998). *The image of engineering*. Issues in Science and Technology. Winter.