

STEM教育能力何以提升

——《芬兰国家STEM战略和行动计划》的解读与启示

连婷婷

陕西科技大学文化与教育学院, 陕西 西安

收稿日期: 2024年4月26日; 录用日期: 2024年5月24日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

近年来STEM教育已成为全世界教育改革热点, 各教育发达国家相继发布相关政策支持STEM教育的发展。更值得关注的是, 2023年5月16日, 芬兰教育和文化部发布《STEM国家战略和行动计划》, 指出了目前芬兰STEM教育的困境, 明确了芬兰STEM教育的措施, 为芬兰STEM教育的发展指明了方向。基于芬兰STEM教育政策, 结合我国目前的STEM教育发展现状, 探讨了发展我国STEM教育的实施路径, 一是国家层面加强STEM教育的顶层规划, 二是构建系统的STEM教师培养体系, 三是整合多方力量促进STEM教育发展, 为我国STEM教育的发展提供了思路。

关键词

STEM教育, 跨学科, LUMA中心, 教育改革

How to Improve STEM Education Ability

—Interpretation and Enlightenment of Finland's National STEM Strategy and Action Plan

Tingting Lian

School of Culture and Education, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an Shaanxi

Received: Apr. 26th, 2024; accepted: May 24th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

In recent years, STEM education has become a hot topic in education reform all over the world, and various education-developed countries have successively issued relevant policies to support the development of STEM education. More noteworthy is that on May 16, 2023, the Finnish Minis-

try of Education and Culture issued the “STEM National Strategy and Action Plan”, which pointed out the current predicament of STEM education in Finland, clarified the measures for STEM education in Finland, and pointed out the direction for the development of STEM education in Finland. Based on the STEM education policy of Finland and the current development status of STEM education in China, this paper discusses the implementation path of developing STEM education in China. The first is to strengthen the top-level planning of STEM education at the national level, the second is to build a systematic STEM teacher training system, and the third is to integrate various forces to promote the development of STEM education. It provides some ideas for the development of STEM education in our country.

Keywords

STEM Education, Interdisciplinary, LUMA Center, Educational Reform

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, STEM 教育已成为全世界基础教育改革领域的热点, 它不但在短短三十年就完成了从教育思想到实体课程的全面进化, 更一跃成为世界公认的“21 世纪最具指导性的教育改革话语” 占据各国教育改革政策的焦点。从定义上来看, “STEM” 来自科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)与数学(Mathematics)的首字母缩写, 经过 20 世纪 80 年代科学领域内课程整合风潮, 再加上 21 世纪对高技能人才的培养需求, STEM 教育最终形成突破学科壁垒解决实际问题, 指向素养培养的跨学科整合基调[1]。

STEM 教育作为跨学科课程整合的有效路径, 在对学生综合素养有效培养的基础上为全球劳动力市场提供了大量高素质人才。因此被看作当前“促进教育公平”与“帮助学生获得他们在全球市场竞争所需知识”的“最有力推动者”, 并发展成为各国基础教育政策的焦点之一。美、英、澳、德等发达国家陆续发布了多份重要的 STEM 教育报告及相关规定。比如, 美国在 2015 年颁布了《STEM 教育法(2015)》(STEM education Act of 2015), 以正规法案的形式体现了推进 STEM 教育改革的决心[2]。特朗普政府于 2018 年 12 月发布《制定成功路线: 美国的 STEM 教育战略(2019~2023)》, 对未来五年 STEM 教育发展进行系统的顶层设计; 美国国家科学基金会于 2020 年 5 月发布《未来 STEM 教育的愿景》, 为培养具备 STEM 知识的专业人才提供指引[3]。为了更有效地保障 STEM 教育在英国的发展, 2017 年英国政府颁布了《建立我们的工业战略绿皮书》, 提出技术教育是英国发展现代工业的核心, 要建立专门的机构进行技术教育, 加大教育投资以促进 STEM 教育的发展, 进而解决技术人才短缺的问题。英国把提高 STEM 教师准入门槛作为发展 STEM 教育的主要手段, 2019 年 6 月, 英国教育部经过一年多调研和评估, 发布了《STEM 和 MFL: 教师供应和招聘计划评估》, 以提升 STEM 教师的质量。

更值得关注的是, 为确保经济可持续增长, 提升公民幸福感, 芬兰文化部早在 1996~2002 年就实施了 LUMA 项目(数学和自然科学发展项目), 2013 年 11 月成立了 LUMA 国际中心, LUMA 中心的成立成为芬兰 STEM 教育发展的重要标志, 2023 年 5 月 16 日发布《STEM 国家战略和行动计划》(以下简称《政策》), 该政策主要包括 2021 年的《STEM 战略 2030》和 2022 年的《STEM 行动计划》《STEM 战略 2030》强调了 STEM 战略的重要性及挑战, 明确了芬兰 STEM 领域的主要目标及愿景[4]。《STEM 行动计划》旨在提高国民 STEM 能力, 为社会发展培养创新型人才, 促进社会公平。因此, 了解《政策》核心内容,

归纳梳理 STEM 战略整体框架,理清 STEM 行动计划主要措施,为我国 STEM 教育的发展提供行动指导,具有重要价值。

2. 《政策》发布背景及主题框架概述

自然科学、数学和技术方面的竞争力是社会发展的基础,精通自然科学和技术的人是社会非常重要的资源,而 STEM 教育关注科学、技术与工程和数学领域的科技人文融合教育创新,成为世界教育改革领域持续关注的研究热点之一,《政策》提出:STEM 能力的发展是个人学习历程的一部分,从出生开始持续到幼儿教育进而持续到不同层次的教育,并发展为持续性学习,除了在不同层次的教育中学习,还辅以不同形式的学习,如校外考察访问、个人兴趣爱好、虚拟环境等,因此,STEM 能力为多种对象的不同视角。

充分了解、分析其他国家 STEM 教育发展动向,为提升我国公民素养、培养科技创新型人才、提升国家竞争力提供参考。本文以《政策》作为 STEM 教育发展动向的主要来源,从《政策》发布的时代和背景阐述 STEM 战略的重要意义、挑战、前景展望,进而解析我国 STEM 教育发展前景审思。

2.1. 发布背景

随着全球化发展对综合型、创新型人才的大量需求,许多国家对于高素质人才的培养出台了相关政策,多项研究表明,科学、技术、工程和数学(统称为 STEM)的综合教育对于培养知识渊博、精通技术的综合人才至关重要。因此,近年来,STEM 教育成为世界基础教育改革热门问题,美国的一项研究表明 STEM 教育是提升学生的自我效能感、计算思维和任务价值的有效途径。在芬兰 STEM 教育的重要性已得到广泛认可,但年轻学生普遍对科学和工程缺乏兴趣,这是阻碍国家经济发展的一个因素,因此 2021 年通过启动 LUMA 芬兰中心网络,努力解决这一挑战。

从近年美国、英国、德国等教育发达国家发布的 STEM 相关政策分析来看,各国主要从四个方面助力 STEM 教育的发展,一是为大力发展 STEM 教育许多教育发达国家均出台相关政策以强化 STEM 战略地位,二是诸多发达国家加大对 STEM 教育投入,美国国家科学基金会向国会提交的请求文件中,2021 年在 STEM 领域投资预估 393.71 亿美元,2022 预算为 439.91 美元,除此之外,为鼓励学生研究 STEM 领域,美国定向发放 STEM 奖学金。三是加强 STEM 师资队伍建设,美国州教育委员会于 2021 年 4 月发布《支撑学前至小学 3 年级高质量 STEM 教育的教师培训》为培养高质量 STEM 教师提出了方案。四是开放多元化学习通道,以加深 STEM 教育国际交流合作。美国于 2022 年 1 月发布《早期职业 STEM 研究计划项目》,通过各项政策引进 STEM 人才。

芬兰社会的成功和国际竞争力基于高水平,高技能的专业人才,然而芬兰劳动力市场却面临技术工人短缺的问题,因此为增加人才的可用性,芬兰于 2023 年发布“2023~2027 年人才提升计划”。为提升全体国民的受教育水平和综合素质,培养科技创新人才,芬兰教育与文化部公布 2024 年 80 亿欧元预算提案,较 2023 年度预算增加 2.74 亿欧元,为确保芬兰具备促进社会、生态和经济可持续发展的自然科学和数学能力,2023 年 5 月 16 日,芬兰教育和文化部发布《STEM 国家战略和行动计划》。显然各教育发达国家都十分重视 STEM 教育,采取合理的 STEM 人才培养策略,培养大量高技术创新型人才是各国所面临的重大挑战。

2.2. 框架概述

1) 《STEM 战略 2030》内涵解析。《政策》介绍到,STEM 领域包括自然科学、技术、工程和数学,具备 STEM 专业知识的高水平专家对社会发展至关重要。生态可持续发展,经济可持续增长是保证社会发展的必要条件,而具有 STEM 能力的人才可以应用多学科专业知识积极参与社会活动来应对全球性挑

战。《政策》进一步指出面向未来的具备 STEM 能力的人才和 STEM 专家可以支持各类职业的发展,例如,在科学研究、商业生活、公共部门需要检查关键结果或验证猜想时,STEM 人才具备解决问题和评估风险的能力。多学科 STEM 能力也促进了创造力和创新能力的产生,具备创造力的科研人员不仅是新知识的生产者,也是高等教育和整个教育系统的基础。

2) 选择 STEM 战略的缘故。《政策》指出 STEM 战略的目标是在各部门的合作下确保 STEM 能力可以促进芬兰社会、生态和经济的可持续发展。在国家前瞻工作中,自然科学和数学能力是各部门工作的关键,是社会公民的核心能力,同时也是基础能力。技术能力、创新能力、可持续发展需求、循环经济都是在 STEM 能力的基础上建立起来的。科学和技术能力在数字化进程中至关重要,STEM 能力可以用来应对未来工作中的挑战,包括预防和减缓气候变化。《政策》重点强调 STEM 战略可以促进社会公平,最大限度发挥人才的潜能,同时避免学习条件的不平等,保证在芬兰各地无论年龄、文化背景、性别、语言有何差异都有平等机会去发展 STEM 能力。

3) 芬兰在 STEM 能力方面面临的挑战。一方面随着经济的快速发展,芬兰各企业及公共部门专家严重短缺,高质量的研究需要高水平的专业知识,如操作环境中的关键因素,环境和气候变化的情况,工作方式的转变都体现了 STEM 能力对于劳动者的重要性。另一方面在芬兰普遍认为 STEM 能力对于社会发展至关重要,但从申请高等教育机构不同领域的人数可以看出人们对于科学领域缺乏兴趣,与此同时数学和自然科学领域顶尖专家的比例下降了一半而数学,数学能力差的比例翻了一倍,自然科学差的比例增加了两倍。此外,在参与 PISA 调查的国家中芬兰学生的数学及科学能力下降幅度最大,与此同时在信息通信技术部门女性占比较小,2013 至 2019 年期间,芬兰高等教育 STEM 部门的新生女性占比增加了不到一个百分点。《政策》还提到挑战在于幼儿教育和护理(ECEC)教师缺乏数学思维,幼儿早期技能的学习与数学思维有关,早期数学思维的培养可以为其他学科带来积极意义,因此在 ECEC 教师的培养中,应注重对数学学科内容的教授,还应提升 STEM 学科教师的自我效能感,以便为学习者提供从幼儿教育到高中教育的 STEM 学科高质量教学。学习动机与能力是相辅相成的,芬兰年轻一代的学习态度和学习动机在一定程度上阻碍了数学和自然科学的发展,可以在校园开展学习活动,在学校和社区之间进行科学传播,激发年轻人对数学和自然科学的兴趣。

3. 《政策》所呈现的 STEM 战略计划

3.1. STEM 战略目标

2021 年 6 月 15 日,教育和文化部任命了一个工作组来制定 STEM 战略,该工作组的任期为 2021 年 6 月 15 日至 2021 年 10 月 31 日,其任务是编制一份国家科学、技术、工程和数学战略提案,审查科学、技术、工程和数学活动的不同观点及其影响,并在编制该战略时与各部门进行协商,保证该战略的合理性。

日常生活平稳,社会运转良好是 STEM 战略首要目标。《政策》指出大多数新的工作岗位都需要较高 STEM 能力,如气候变化和健康安全,当信息洪流可以进行过滤并提前采取行动时,人们的生活将更加顺利,社会福利得以维持,当我们能够提高 STEM 能力,改善劳动力的可用性,有助于芬兰在国际竞争中取得成功。其次 STEM 战略的目标是通过 STEM 的社会职能增加劳动力供应,STEM 战略的后续措施应包括提高 STEM 在教学和工作生活中的应用水平,增加 STEM 专业人员和 STEM 专家的供应,响应各企业各公共部门的 STEM 人才需求,提高个人 STEM 能力,由教育部门和不同的雇主部门承担起终身学习的目标。再者,要保证不同层次的幼儿教育和保育教学质量要高。发展 STEM 教育必须注重教学方法,采用更多针对学习者或基于现象和主题的教学模式,教师必须提升 STEM 能力并掌握良好的教学技能,此外,STEM 教育必须促进平等,以便整个社会的 STEM 潜力得到激发和运用。STEM 研究是充满

趣味性的，教育行政部门必须采取行动促进 STEM 领域的研究和潜在 STEM 职业的选择，在教学活动中以学习者为中心强调 STEM 能力在不同职业中的重要性，教师教育必须根据各企业需要进行调整，积极与各企业取得联系增加 STEM 学习者的职业选择，同时必须考虑到 STEM 学科教师的职业吸引力，重视教师的继续教育。最后要增加 STEM 交流机会，沟通交流是以上目标实现的桥梁。

3.2. 《STEM 行动计划》主要措施

2022 年 5 月 5 日，芬兰教育和文化部任命了一个指导小组，负责编制 STEM 战略的行动计划。指导小组的任期为 2022 年 5 月 5 日至 2022 年 12 月 31 日，其任务是指导科学、技术、工程和数学行动计划的编制，指导社会不同部门参与者的行动，并在指导中审查整个社会的需求。

在制定 STEM 战略行动计划之初，有人指出，教育和文化部愿意并能够为发展 STEM 教学和提高 STEM 能力创造先决条件和激励措施，此外，《政策》提到教育和文化部可以将制定各项政策的各部门与整个社会的众多参与者联系在一起，行动计划在准备过程中也注意到新的观点，教育和文化部要求本《政策》提及的所有措施绝不能限制参与者的积极性和主动性，措施清单不是静态的呈现，需要在适当的时间进行审查和更新，这些措施分为三大类：发展教育和教学措施；检测、调查和一般发展的措施；促进交流和激发兴趣的措施。各项措施具体内容见表 1：

Table 1. Measures for the development of education and teaching are concretely presented

表 1. 发展教育和教学的措施具体呈现

编号	措施	责任方	时间跨度
1	组织数学和科学教学方面的培训，将最新的研究应用于各级教育中。	芬兰国家教育署，培训机构	2023~2030
2	通过增加自然科学与数学的教学投资，确保每人都能掌握基本技能，将人均数学与自然科学能力提升至 2000 年代初的水平。	教育和文化部，芬兰国家教育署	2023~2030
3	促进高中与高等教育机构之间的合作，在平等条件下鼓励学生学习数学、自然科学与技术学科。	教育和文化部，芬兰国家教育署，高中教育教师，高等教育机构	2023~2030
4	鼓励职业教育提供者继续教授数学和科学课程专业内容。在职业教育和培训中，保持教学的部门性质以及与工作生活的联系。	芬兰国家教育署，职业教育机构	2023~2030
5	在普通大学和应用科学大学招生时，鼓励学生学习数学和自然科学相关科目。	高等教育机构	2023~2030

为保证 STEM 行动计划的实施，《政策》提出了检测、调查和一般发展的措施，具体内容见表 2：

Table 2. Measures for detection, investigation and general development

表 2. 检测、调查和一般发展的措施

编号	措施	责任方	时间跨度
1	减少因学习者的学习背景导致的数学与自然科学能力弱的情况，根据课程安排对高等教育机构进行平等、免费、高质量的考察访问，通过学位教育和预科教育(TUVA)支持学习者在各段学习中无缝衔接。	芬兰 LUMA 中心，高等教育机构，芬兰国家教育署	2023~2030
2	在实施普通高中质量教育战略时，教育提供者考虑到数学和科学科目的吸引力，进行联合学习的规划，进一步创造学习机会缓解科目独立的影响。	芬兰国家教育署，教育提供者	2023~2030
3	提供关于幼儿教育 and 护理、基础教育和高中教育的各种研究数据，并将其用于新研究的开发。发展数学和科学领域的博士课程，增加博士研究生职位。	芬兰 LUMA 中心，大学	2023~2030

为促进各 STEM 学习者的交流，激发青年人的学习兴趣，《政策》提出了如下措施，具体内容见表 3:

Table 3. Measures to promote communication and interest in learning

表 3. 促进交流和学习兴趣的措施

编号	措施	责任方	时间跨度
1	利用网络支持科学中心和媒体促进科学教育的开展和科学能力的提升。增加不同层次的教育、企业、组织、博物馆、科学中心和网络之间的合作，例如通过联合项目促进合作。	教育和文化部，科学中心，组织，博物馆，媒体行为者	2023~2030
2	为儿童和青少年提供发展娱乐性科技爱好的机会，并给不同性别和不同背景的人提供平等机会。	市政当局，科学中心，芬兰 LUMA 中心	2023~2030
3	通过联合运动，增加数学、自然科学和技术教师职业吸引力。合作的目的是介绍教师职业，鼓励年轻人和其他领域人才进入这一领域。	芬兰 LUNA 中心，教育学教师组织，高等教育机构	2024~2025

4. 基于芬兰 STEM 战略的思考

通过解读《政策》发现，芬兰国家高度重视 STEM 教育的发展，一方面增加数学与自然科学的投资发展教育和教学，提升 STEM 领域教师的专业能力增加 STEM 教师的职业吸引力，另一方面通过各种渠道促进不同组织之间的科学交流，在社交媒体上引起不同群体对数学、自然科学与技术的讨论，从幼儿教育开始培养孩子的兴趣，通过各种竞赛活动为不同年龄的学习者提供交流学习的机会。

近年来我国政府也非常重视 STEM 教育，积极探索各教育阶段的衔接，各学科之间的融合，各领域间的统整。比如，我国教育部 2017 年发布的《义务教育小学科学课程标准》对学生动手操作及跨学科学习能力提出了明确要求，尤其是要提高学生对科学、科技、工程、数学等知识整合运用的能力；2022 年我国教育部发布的《义务教育数学课程标准(2022 年版)》强调数学是一种实用的规律科学，教学宜重视与其他学科的联系，这与 STEM 教育跨领域整合的概念一致[5]；2021 年 6 月国务院发布《全民科学素质行动规划纲要(2021~2035)》，强调提升基础教育阶段科学教育水平，推进技术与科学教育的深度融合，综上可知，近年来我国非常重视 STEM 教育的发展。在实践层面，我国多地区先后确定 STEM 教育试点学校，如：江苏省 2015 年确定了 26 所第一批 STEM 教育项目试点学校，深圳各中小学普遍开设 STEM 课程，形成了有深圳特色的 STEM 项目，2021 年广州开展 STEM 教育与创客教育，提升学生的科学素养、创新能力。我们可以发现经济、教育发达的地区，STEM 教育发展呈现繁荣态势，但不能否认很多欠发达地区 STEM 教育仍需进一步推进，因此，我们有必要认真解读《政策》所呈现的 STEM 战略，借鉴芬兰 STEM 计划并根据实际情况进行调整，这对于我国 STEM 教育的积极推进有着重要意义。

4.1. 国家层面加强 STEM 教育的顶层规划

从芬兰对 STEM 教育的设计和规划可知，STEM 教育的发展是一项系统工程，我国 STEM 教育的开展首先需要国家层面的顶层规划，2017 年 6 月 20 日，中国高等教育科学研究院发表的《中国 STEM 教育白皮书》为我国 STEM 教育的发展揭开了新篇章，虽然我国部分发达地区在 STEM 教育的探索上已小有成效，但 STEM 教育在我国的发展并不全面，另一方面我国的 STEM 教育还存在许多问题，如，基础教育阶段是否开设 STEM 课程；高等教育是否开设 STEM 专业；STEM 能力评价机制；STEM 教师如何培养；如何推广 STEM 教育；STEM 人才就业方向等问题都亟待解决，以上问题需要国家层面进行顶层设计，从而为 STEM 教育的发展指明方向。

4.2. 构建系统的 STEM 教师培养体系

专业的 STEM 教师是培养 STEM 人才、发展 STEM 教育的保障,简单地教授几门学科或引用其他学科的方法或知识来进行教学并不能实现真正的跨学科融合,利用多学科知识解决真实情景中复杂的问题,有利于消除各学科之间的界限,真正达到多学科融合,因此 STEM 教师不仅需要从理论知识出发寻找各学科的整合之策,还需利用学科知识在实践中解决问题。芬兰始终坚持培养研究型教师,在理论课程学习的基础上开展实践课程,课程设置涵盖教育理论和学科知识、教学实践、教育研究三部分,渗透在四个阶段的学习过程中,第一、第三阶段着重培养职前教师的研究能力,第二、第四阶段,让职前教师进入中小学展开实践,在实践中理解学生需求,学会处理教学中遇到的问题,如此螺旋式的培养方式保证了 STEM 教师的专业素养、实践能力。现阶段,我国并未形成成熟的 STEM 教师培养体系,专业的 STEM 教师数量不足,现有 STEM 教师专业素养不高,针对以上情况,我国需构建系统的 STEM 教师培养体系,统一 STEM 教师培养标准,提升 STEM 教师准入门槛,可在高等教育学府中开设 STEM 教育专业,并采取理论教学与实践课程相结合的教学方式培养专业的 STEM 教师,也可将 STEM 课程列入数学、科学、技术等专业师范生的必修课,针对一线 STEM 教师可以成立教师工作坊,采取丰富多样的培训方式提升教师专业素养。

4.3. 整合多方力量促进 STEM 教育发展

芬兰依托 LUMA 网络系统的构建,整合学校、政府、企业的力量共同促进 STEM 教师的专业发展。一方面 LUMA 网络通过跨部门协同为 STEM 教师提供丰富的教育资源,LUMA 中心与大学、企业合作成立科学实验室供职前教师进行教学实践,为 STEM 教师进行科研提供了绝佳场所,另一方面芬兰政府大力支持 LUMA 中心的构建,科学中心、博物馆也是 LUMA 中心的合作对象,正是有了大学、企业、多方力量的支持,LUMA 中心才得以整合 STEM 教师教育资源。目前我国 STEM 教育的发展仍处于起步阶段,全面实施 STEM 教育需要整合多方力量,只有国家部门、学校、企业、社会多方合作,才能推动 STEM 教育在我国广大土壤落地生根,国家层面应出台相应政策,制定 STEM 教育发展规划,开发 STEM 教育相关课程,并给与资金支持,保障 STEM 教师的培养。学校层面应落实 STEM 教育理念,为 STEM 教育的实施搭建平台,为师生提供学习资源,加强教师培训,培养教师的知识整合能力,根据学生的实际情况,创新性地设计课程,激发学生的学习兴趣,并对学生学习情况设计合理的评价标准。企业层面应广泛接纳 STEM 相关人才,在保证 STEM 相关人员收入的基础上,加强对 STEM 相关人员的培训,利用软件程序或影视作品增强大众对 STEM 的认识。社会层面应为 STEM 教育的开展提供公共资源,利用科技馆、青少年活动中心、博物馆开展 STEM 相关活动,鼓励广大学生、群众参与进来,一方面增加 STEM 教育的影响力,另一方面使更多学习者对 STEM 教育产生兴趣,增加未来职业感。

总之,目前我国 STEM 教育的发展存在不平衡现象,我们一边为发达地区的 STEM 教育发展情况欢欣鼓舞,一边又不得不担心许多欠发达地区的 STEM 教育发展情况。芬兰 STEM 教育的推进为我国 STEM 教育的发展提供了借鉴,一方面我国 STEM 教育的发展离不开国家层面的顶层规划、教育部门构建系统的 STEM 教师培养体系,另一方面也需要学校、企业、等社会多方力量的支持,相信通过多方协作、公共资源的整合,我国 STEM 教育的发展定能迈上新的台阶。

参考文献

- [1] 陈凯,夏晶,陈悦.《中国 STEM 教育白皮书》的文本挖掘[J].基础教育,2019,16(3):25-38.
- [2] 任友群,张逸中.STEM 视角看教育改革如何促进科技创新[N].文汇报,2015-07-17(006).
- [3] 李刚,吕立杰.构建公平而有质量的 STEM 教育生态——《制定成功路线:美国的 STEM 教育战略》解读及启示[J].

中国电化教育, 2019(7): 99-106.

- [4] 沈伟, 杨悦宁. “合作创造更多”: 芬兰 STEM 教师教育的供给主体与协同机制[J]. 高等教育研究, 2021, 42(12): 101-109.
- [5] 武小鹏. 国家政策视角下国际 STEM 教育发展路径、价值取向和启示[J]. 当代教育论坛, 2020(2): 55-64.