

【比较与借鉴】

科创教育的国际动向及其经验启示

关韶峰 杨 田

【摘要】为应对科技产业革命以及未来国际竞争,党的二十大提出“科学、教育、人才一体化发展”战略,凸显全面变革科创教育的重要性。文章客观梳理和分析美国、德国、日本等国家科创教育发展现状与动向,归纳出政策导向注重科创贯穿教育系统、教学活动强调实践导向和项目驱动、师资队伍建设多途径标准化、生态系统校内外多元协同等特征与经验。受这些经验启示,我国需要从顶层设计层面树立科创教育的政策导向,从路径选择层面推动教育评估和师资培养体系构建以及行动式教学范式转向,从科创教育生态层面构建高校引领、社会多方参与的科创教育共同体。

【关键词】科创教育;国际动向;高质量发展

【作者简介】关韶峰,上海市科创教育研究院(上海 200072);杨田,华东理工大学高等教育研究所(上海 200237),教育部“大数据与教育决策”实验室(上海 200032)。

【原文出处】摘自《教育发展研究》(沪),2024.6.1~9

【基金项目】本文系上海市科创教育研究院2024年度研究课题“青少年科创教育理论与制度研究”(2024-KJ-P01)的部分成果。

一、政策导向:从科学教育到科创教育

从欧美等国的科创教育发展历程来看,不论是实行教育分权制的国家还是中央集权制的国家,都明显注重在国家政策层面提供有力支持以推动科创教育的发展。这种政策导向的重视不仅贯穿于教育系统,也涉及到各个层面,致力于进行顶层设计,深入思考长远发展,采取全面施策推动科技创新。

(一)美国:在顶层设计上推动科创教育实践

美国作为科技强国和STEM教育发源地,高度重视科学教育。早在1996年,美国就颁布了《国家科学教育标准》。在旧标准实施的过程中,科学教育出现了探究性教学泛化和模式化倾向^[1],致使科学教育无法在人才培养和科技创新方面发挥积极作用。且随着世界和美国的科技发展日新月异,旧标准已无法适应科学发展的步伐,亟须制定新的课程标准来推进科学教育,确保科学教育紧跟时代的步伐。

2011年,美国国家科学院主导制定了《K-12科学教育框架:实践、跨学科概念、学科核心概念》,后续在该框架的基础上制订了《新一代科学教育标

准》。《K-12科学教育框架》中指出,“面向真实情境问题,可以让学生更有机会像科学家和工程师那样展开实践、探索和运用学科核心概念,并通过跨学科共通概念在各个领域的学科内容之间建立联系。^[2]”基于真实情境问题的“学科核心概念”“跨学科概念”“科学与工程实践”的三维整合架构便是该理念在美国科创教育实践中的重要体现,强调学生不仅仅需要掌握科学的核心概念,更要积极参与科学与工程实践,培养解决实际问题的能力。这样就改变了以往科学学科知识相互独立、科学知识与实践互不相干的现象,而是将三者有机地融合,使得跨学科概念、科学和工程实践进入课堂,成为科创教育的主体。

STEM(科学、技术、工程、数学)教育作为科创教育的一种典型样态,美国将其视为培养创新人才的关键。2014年颁布的《支持课外的STEM教育法案》中,国会指出目前有很多权威性研究证明了美国学生在STEM教育上越熟练会提高国家未来经济竞争力以及美国的科学探索与技术创新^[3]。2018年美国白宫发布了《制定成功路线:美国STEM教育战略》,其中提出要发展和丰富战略合作伙伴关

系,要在教育机构、雇主和社区之间发展新的联系,这意味着为了实现 STEM 教育的全面发展,要建立一个覆盖学校、家庭、学院、大学、图书馆、博物馆以及其他社区资源的完整生态系统(STEM Ecosystem)^[4]。2022 年 12 月,美国教育部发布《提高标准:面向所有学生的 STEM 卓越计划》^[5],强调进一步实施和扩大公平、优质的 STEM 教育,涵盖从学前教育到高等教育的所有学生,培养学生的全球竞争力,为未来参与全球竞争做好准备。这一系列政策举措无不体现出美国在顶层设计上支持科学创新教育方法,推动科创教育的实践。

(二)德国:制定三维国家课程标准

德国通过制定三维国家科学教育标准,变革科学教育体制,统一各州多样化的课程体系,从传统科学教育对学生的知识输入向更加关注学生自主学习的输出引导转变。德国联邦教育与研究部(BMBF)等在大量研究的基础上,在由“认知过程”“能力方面”和“复杂性”构成的三维能力模型作为框架的基础上,结合科学科目(物理学、化学和生物学)的特点,系统设计了国家科学教育标准框架的三维能力模型(“能力的方面”“学科知识内容”和“能力等级”)^[6]。2016 年德国推出了 MINT 教育战略框架,该框架强调数学、信息技术、自然科学和技术(MINT)领域的教育,目标是培养学生在这些关键领域的技能和兴趣,推动创新和科技领域的发展。2019 年,德国联邦教育及研究部推出了“MINT 行动计划——在 MINT 教育中走向未来”战略框架,该框架汇聚了各种支持和加强 MINT(数学、信息技术、自然科学和技术)教育的措施。特别强调了青少年 MINT 教育、MINT 专业人才培养、提高 MINT 领域的女性机会以及社会中的 MINT 教育这四个重要方面。2022 年 6 月,德国启动了 MINT 行动计划 2.0,该计划设定了合作、质量、网络、家庭、研究以及早期培养六个新的行动领域。这一更新的计划旨在进一步加强 MINT 教育,推动更多的合作,提高教育质量,建立更强大的网络,加强家庭参与,促进相关研究,并强调对早期 MINT 教育的关注。德国近十年 MINT 教育卓有成效,科创教育课程质量、学生数量与就业人数、学历等级等方面均得到有效提升^[7]。

(三)日本:采取系列措施振兴科创事业

日本在培育科技创新人才方面一直颇有经验,涌现出一批自然科学领域诺奖获得者。但近年来,

国际论文发表数、被引用数等关键性指标显示,其研究能力呈现出相对下降趋势。为进一步振兴科技创新事业,日本政府采取了一系列措施。2020 年,日本时隔 25 年大范围修订《科学技术基本法》,并将该法的名称变更为《科学技术·创新基本法》^[8],适用对象扩展至人文社会科学领域和各种创新创造活动,并新增了在人才的培育和使用方面的科研机构、大学及各类民营经济主体应尽的义务。日本文部科学省将教育、科学技术、学术、文化和体育的振兴置于未来先行投资的关键位置,将科学教育领域的重组和改革作为政府改革的核心之一,于 2003 年全面启动了“喜欢科学技术、理科”计划^[9],旨在加强基础教育阶段的科创教育,实施了建设科学重点高中的计划——“超级科学高中”(SSH)项目。其次,加强产学研合作。利用大学、研究所等设施和设备,开发科技课程,并邀请研究人员到教育场所讲座,促进初中与高中、大学、研究机构和企业之间的交流与合作。最后,推动教育信息化技术的普及和活用。利用研究所等机构开发的可视化模拟软件和观测数据等研究成果,开发并推行科创教育的数字教材,旨在使儿童更容易理解科学现象和科学原理。这一系列措施旨在推动科创教育的发展,培养学生对科学的浓厚兴趣,并加强学校与产业界、研究机构之间的合作,以促进科技领域的创新和发展^[10]。

二、教学活动:强调实践导向和项目驱动

发达国家的科创教育注重培养学生的实践能力,强调他们通过参与实验、项目以及解决实际问题的实际经验来应用理论知识。这种教育方式旨在培养学生解决真实挑战的能力。学生通常参与基于项目的学习,通过团队协作共同解决真实世界中的问题,这有助于他们发展创新思维和解决问题的实际技能。

国家创新竞争力的根本源泉在于人才,美国一直重视人才培育,建立了覆盖各年龄段、各层次和各领域的教育体系,其特征就在于注重培养学生的发散性、批判性思维,提高学生发现问题、解决问题和学以致用能力,引导学生在大量阅读、资料搜索与思辨中得出结论,在观察、发现、思考和实践中学悟知识并举一反三。美国从基础教育阶段就重视通过实践导向培养学生的创造力与创新能力,这为其实现高等教育阶段的人才培育目标奠定了基础。此外,美国的校外 STEM 学习多数是免费的。夏令

营、放学后项目以及星期六课程等多样化的活动形式为学生提供了参与的机会。这种免费的教育模式不仅促使更多学生积极参与,而且为他们提供了在实践中探索科学、技术、工程和数学等领域的机会,培养了创新和解决问题的能力。项目式教学方法使得学生拥有自主选择权;学生的学习风格具有多样性;学习可以激发学生原有的好奇心^[11]。这样的开放性学习环境也有助于激发学生对 STEM 领域的兴趣,为其未来的职业发展奠定坚实基础。

日本尊重每个孩子的个性,让儿童通过体验式的实践活动接触科学。文部科学省非常注重学校与社区、政府机构、民间团体等的合作,积极开展特色校外体验活动,探索拓宽学生学习和活动的场所与机会。例如与林野厅合作开展“森林游览”活动,让学生学习森林中的科学知识^[12]。文部科学省也与科学技术厅展开合作,开展“触摸自然科学”计划,让中学生在大学等科研机构接触尖端科技成果,对儿童开放国立大学、大学公用机构和专门学校等^[13]。日本所开展的科创教育并非将学生限制于课堂之内,而是注重让儿童在实际活动内容中增加实际体验。

瑞典的学校系统积极鼓励学生参与科创项目,并强调实践性科学教育的重要性。学生常常参与各类实地考察、实验和科学展示,通过亲身经历深刻领悟科学原理。为推动学生的主动学习,一些学校在教育中采用了“探究性学习”(Inquiry - Based Learning)的方法,这一方法鼓励学生通过实际观察、提出问题以及进行实验,激发他们对科学知识的主动探求和深入理解。通过这种互动式的学习过程,学生不仅能够在实践中应用理论知识,而且培养了批判性思维和解决问题的能力。

三、师资力量:多元路径加强科创教师队伍建设

教师是提高科创教育质量的基础与保障,为此,不少发达国家都建立了科创教师专业标准并通过多元路径加强科创教师队伍建设,更好地满足当今科技发展的需求,培养更多具有创新精神和实践能力学生(如表 1 所示)。这一过程中,不仅需要关注培养途径的多样性,还要注重实践经验的积累和教师团队的协同发展,以推动科创教育事业取得更大的成就。

(一)强调科创教师职前培养标准建设

科学教师的科创教育专业能力是保障青少年

科创教育品质与成效的抓手。为此,世界各国纷纷制定并发布了科创教师培养标准和方案,强调对教师专业能力的发展关注,重视教师的专业背景,致力于加强教师队伍建设。

美国于 2014 年颁布《工程教师准备和专业发展标准》(Standards for Preparation and Professional Development for Teachers of Engineering),对中小学教师所具备的工程教育专业能力作出明确要求,“教师需要熟悉工程职业;需要理解工程教育的跨学科特性;需要精通以问题解决与工程设计为主线的教学实践性知识”,并开展一系列教师工程教育专业能力提升项目。总而言之,美国教育体系包括学校在提升科学教师的科创教育综合素养和专业能力方面是力求涵盖教师全生命周期的。

表 1

学校	项目名称	内容
科罗拉多博尔德大学 (University of Colorado Boulder) 工程学院和教育学院	“工程 + ” (Engineering Plus) 项目	按照“诊断主体需求→匹配专业导师→设计提升方案→开展嵌入式指导”的路径对在职中小学教师的工程教育专业能力进行培育 ^[14]
新泽西大学 (College of New Jersey) 的工程学院和教育学院	面向师范生(包括本科阶段与研究生阶段)的工程教育相关必修课与选修课	包括《工程职业概论》《工程学基础》《工程设计》《教学中的工程实践》等,以保证师范生正式走上教师岗位时具备出色的工程教育专业能力 ^[15]

英国教育部于 2013 年进行更新的《教师标准》是全国范围内适用于教师培训的标准。这一标准不仅规定了全体教师的培训要求,而且对各大学制定职前科学教师培养方案提出了明确的指导要求。此外,英国教育部还发布了职前教师培养 (ITT) 核心内容框架,其主干内容与《教师标准》保持一致^[16]。该标准强调教师将学生的教育置于首要任务,并要求在工作和行为方面达到最高标准。教师被要求保持诚实正直的态度,具备扎实的学科知识,并不断更新作为教师的知识与技能,同时保持自我批评的意识。此外,标准要求教师建立积极的职业氛围,与家长建立积极的合作关系,以确保学生的最大利益。

澳大利亚科学教师协会(ASTA)2002年发布《全国优秀科学教师专业标准》,从专业知识、专业实践和专业领导三个维度对高水平科学教师标准进行了界定和描述^[17]。专业知识是指具备广泛的科学知识、科学教育知识和学生知识。专业实践是指与学生一起工作,以获得高质量的科学学习成果。专业领导是指反思型科学教师,强调科学教师在学校和社区中发挥领导作用,对整个科创教育领域产生积极的影响。

(二)采取多种途径促进科创教师专业发展

为促进科创教师的专业发展,发达国家采取了多种途径。政府通过颁布相关政策,鼓励高校和科研机构提供教育培训服务,确保教师们始终保持在科学领域的专业素养。专业机构负责研制教师标准,并提供专业认证,以激励教师持续进行专业成长。同时,这些国家也鼓励社会力量的广泛参与,通过项目、资金等方面的支持,积极促进科创教师培训,确保他们具备最新的科学知识和教学方法。这一系列措施的实施旨在提高科创教育的质量,为培养具有创新精神的未来科学人才奠定坚实基础。

日本在全国范围内全面推行小学高年级(4-6年级)的“学科担任制”,将以往几乎所有学科由班主任教授的模式转变为不同学科由专任教师负责的模式,这种模式在小学高年级的理科教育中得到广泛落实。为了推动初中和高中理科教育的升级,日本东京的许多学校还为理科专任教师配备1名辅助教师,这些辅助教师大多是退休返聘人员,专门负责在实验教学等环节为学生提供额外支持。这一变革旨在提高学科教学的专业化水平,促使学生更深入地学习理科知识。通过引入“学科担任制”,日本小学高年级的理科教育得到了更加系统和有针对性的教学,有助于培养学生对观察、实验和编程等实践性技能的兴趣和掌握。此外,在初中和高中专门为理科教师配备辅助教师,进一步提升了实验教学的质量,确保学生在理科领域接受更为全面和深入的培训。通过这一改革,日本旨在加强科创教育的深度和广度,提高学生的科学素养,为培养未来的科技人才奠定坚实基础。这也符合全球范围内对STEM教育的日益重视,帮助学生更好地适应未来社会的科技发展。

四、生态体系:校内校外多元协同发展

科创教育强调校外非正式学习的重要性,校内

校外教育相辅相成。在校外非正式学习的组织实施过程中,调动和整合社会力量的深入、长期、高效参与是决定学习实践效果的关键因素。全方位、立体式的社会力量支撑涵盖场所、设施、人才、资金等多个方面,各自发挥所长,形成协同作用,从而改善学习环境和提高学习效果。

(一)校企深度联合

培养学生科技创新素质的关键在于重点培养和强化学生的科技创新能力,其所学全部科技创新知识技能最终均需要转化为内在实践。新加坡、美国、法国等发达国家先后构建了校企深度联合的培养模式,通过集中整合学校的教学资源与企业的科研资源,为学生搭建综合实践平台与基地,尽可能多地为其提供科技创新的实践机会,从而使其可以在亲自动手进行科技创新实践的过程中强化对所学知识技能的理解和认知。

新加坡积极将校外项目与校内课程融为一体,并与科研机构以及行业组织建立有机的合作关系,成为学校科创教育发展的有力支持。这些机构和组织为新加坡的校外非正式学习提供了关键支持。以新加坡科学中心为例,该中心设立了专门的STEM教育和推广部门,不仅为学校项目提供专业建议和协助学校与行业建立联系,还组织师生参与基础电子学、物联网、激光切割和雕刻、3D计算机辅助设计、3D打印和扫描、PCB设计和制造等方面的培训研讨会^[18]。这种紧密的校外合作使得学生能够更好地融合理论知识与实际技能,促使科学教育更加贴近现实需求,推动了整体科学教育的优质发展。

美国在发布的《2026:STEM愿景》中提出,致力于整合学校、图书馆、博物馆、基金会、企业、社区组织、专业人才等多方资源,共同建设具有本地特色的STEM实践社区。美国中小学科创教育改革中非常重要的一项基础性工作便是设立“项目引路”机构(Project Lead The Way, PLTW)。项目引路机构的重要功能是撬动技术、航空、能源、自动化、健康等方面的世界领先企业与之“达成合作关系,形成了课程建设的多元协同机制,不断更新与丰富着美国中小学工程教育的课程资源”^[19]，“面向3-12年级学生的工程系列课程,包括工程设计介绍、工程的原理、航天工程学、民用工程和建筑、整合计算机技术的制造、计算机科学的原理、数字电子、环境的可持续性、工程设计与发展9个课程单元”^[20],成

为美国最大的中小学 STEM 课程提供者。

法国通过将研究生培养制度引入青少年教育体系当中,通过促进学校和企业之间的沟通与联系,由企业负责结合自身实际,提供相应的科技或产品创新课题以及所需基本资源,由教师和企业内部科研人员共同成立培养队伍,在引导和组织学生参与课题研究和综合实验之下,使其可以形成较强的科技创新素质。在德国,科学教育的发展同样强调社会力量的强大支持。约有 250 家企业和机构成为 MINT 教育的合作伙伴和赞助商,这些合作伙伴包括全球性企业和研究机构。德国拥有 26 个研究机构的科学家与欧洲粒子物理研究实验室共同组成了“粒子世界网络”,以便师生了解最新的天文和粒子物理相关知识。这一举措旨在促进科学知识的交流与合作,为学生提供更广阔的学科视野。德国巴斯夫公司也致力于为幼儿与小学生打造实验室项目,旨在激发孩子们对科学的兴趣,通过亲身实践和创造性思维,培养他们的科学探索精神。

(二)科技竞赛

通过科技竞赛推动科技创新人才的发掘和培养是一种有效的做法。这包括制定严格规范的赛事规则和流程,以选拔出卓越的人才。此外,科技竞赛还可以通过培养学生的创新和问题解决能力来产生辐射效应。为了鼓励优秀人才投身科学事业,提供顶级深造机会是必不可少的措施。

在美国,通过由政府负责为中小学和银行、科技企业等机构进行“搭桥牵线”,定期举办包括机器人大赛等在内的各种创新比赛,从中择优选出百件优秀创意产品、计划书等,并为其提供 1000 美金的资助基金,使得创意产品能够实现商品化、产业化。德国高度重视本国青少年在国际青少年科学奥林匹克竞赛中的参与,每年积极投入数学、生化和物理等领域的竞赛,并屡创优异成绩。此外,德国还定期举办国内青少年科研竞赛、联邦信息科学竞赛以及投资芯片竞赛等多个赛事,为 10 岁以上的孩子提供了广泛的参与机会。这些竞赛不仅覆盖各个年龄段,还为孩子们提供了在科学领域展现才华的平台。这些科研竞赛得到了联邦教育科研部以及众多高校和企业的资金支持,为孩子们提供了更丰富的资源和更广阔的舞台。这种全方位的支持不仅鼓励了青少年在科学领域的深入探索,也培养了他们的创新意识和团队协作精神,为国家的科技

进步注入源源不断的活力。日本的科学技术振兴机构(Japan Science and Technology Agency, JST)同样为中小学科学技术教育做出了许多行动。从 2011 年起, JST 联合教育委员会与各地方企业举办科学甲子园全国大会^[21]。科学甲子园面向高中学生,开展科学、数学、信息等多领域的全国性比赛,旨在为全国各地爱好科学技术的高中生建立一个聚集、交流和竞争的场所,同时也与其他国家的高中生进行交流和互动。通过科学甲子园获胜推荐、自荐、教育委员会或者学校等推荐,招募各地区对科学有兴趣和能力杰出的中小學生进入“下一代科学家育成计划”项目^[22],进一步发展其科学和数学等领域能力。

五、我国科创教育高质量发展的启示

近年来,美国等国家对于科创教育的重视程度和投入水平显著增加,甚至将科创教育上升为国家战略,如美国将大力发展科创教育作为确保其全球竞争力的战略性举措。党的二十大把科技、教育、人才一体化培养提到国家战略层面,这就要求打破科技、教育之间的政策体制藩篱,以科创教育改革为突破点,带动我国科技、教育系统性变革,由以传授知识为主的科创教育初级阶段向以培养创新能力为主的科创教育新模式转变。

(一)顶层设计:从传统学科到聚焦科创的教育政策导向与驱动

1. 政策驱动重塑科创教育认知结构与行为倾向

认知结构和行为倾向对行为实践具有重要的影响,如果没有相关主体在顶层设计层而达成理解与认同,就无法实现自上而下适当的科创教育行动。美国在构建科创教育的路径上采取了“上下协同”的策略,在政策法案层面“持续性地强调与描绘了达成跨学科深度统整的工程教育愿景蓝图”^[23],将科创教育的核心问题引导为跨学科深度统整。如果没有自上的政策法案驱动,教育认知结构与行为倾向是无法完成自我重塑的,跨学科深度统整更不可能成为科创教育新的基本理念与实践范式。

经过多年的投入,我国科创教育行政单位和相关机构已经积累了一定的科创教育资源和内容,但在科创教育资源的建设中,各行政主体缺乏统筹、沟通和协调,导致行政资源的重复建设和浪费。相反,对于一些科创教育理论研究、体系构建、政策支

撑等对于科创教育事业发展具有基石作用的底层工作,缺少统筹和实施的主体,造成科创教育体系整体发展缺少科学性、体系性、系统性的规章、制度和原则。因此,一方面应当加大对于科创教育的理论与实证研究的投入;另一方面,无论国家还是省市地方层面,应当成立针对科创教育发展和改革的整体设计和协调的常设机构,制定科创教育统筹协调机制,协调政府部门间、政府与社会、教育与科研的工作机制。

2. 打破学科界限构建中国特色的科创教育体系

对科创教育认知结构与行为倾向的重塑首先遇到的便是学科及其界限的问题。无论在高等教育阶段还是在基础教育阶段,无论在美国这样的发达国家还是在我国,科创教育的学科定位都需要从传统学科设置的理论和实证中进行突破。换句话说,我国各学段的学科设置传统根本找不到科创教育,更何况与之对应的教材、课程、师资培训等教育要素。正因为缺少基本的科创教育学科体系,在专门设置科创教育学科还是融入物理、化学、生物、信息化等相关学科之间摇摆不定,从而造成科创教育出现碎片化、浅层化与低效化等问题。

既然是改革,就要打破传统学科设置的成规,打破束缚我国未来科创教育行动的学科界限,构建有中国特色的注重“破、立、师、评”的科创教育学科体系。所谓“破”是指“破除传统设置学科壁垒”,从科学发展史的趋势和科学技术发展的时代特征,改革传统学科设置中不科学、不与时俱进的部分;所谓“立”是指确立不同学段的青少年科创教育培养目标,并围绕培养目标建立科创教育课程、教材、项目与实践内容体系,从空间和时间上建立大中小一体化的科创教育体系;所谓“师”是指科学教师的全生命周期培训,以多元路径加强科学教师、科技辅导员队伍建设,指导和支持师范院校、综合大学、科研院所、科技企业以及社会机构开展科学教师 and 科技辅导员的综合素质的培养与培训;所谓“评”是指制定科学素养、意识、精神、能力的多维青少年科创教育评价标准,要从传统的、单一的知识考察转向关注学生科学综合素质表现考察。

3. 以引进优质科创教育资源为目标推动国际科创教育合作

中美技术贸易战和由此引发的经济与技术脱钩是进入 21 世纪以来由美国引起的逆全球化大势

的时代背景。从中央到地方都清醒认识到,在独立自主、自力更生的忧患思维基础上,必须加大对外合作和对外开放的范围和深度。教育尤其科创教育作为一项战略性的事业理所应当在一种开放性的发展思维和理念下进行。科创教育的国际合作与交流的意义和价值,不仅在于能够促进中外处于不同社会文化背景的青少年彼此加深了解,“开展青少年国际科技交流活动,能够为来自不同地域、文化但对科学技术有着共同爱好的青少年提供加深了解、碰撞思想和发展友谊的机会和平台”^[24];更重要的是能够推动科学教师、基础教育学校、科创教育研究者、高校及科研院所之间的学习、交流与合作,从而达到促进科创教育借鉴、发展和改革的目的。这就要求政府出台一系列推动科创教育国际合作的鼓励和支持举措,围绕着学习和引进优质的科创教育资源这一核心命题开展科创教育国际合作。

(二) 实践导向和项目驱动:评价、师资与行动式范式转向

1. 建立中国特色的科创教育评价框架、命题技术和数据库

青少年科创教育既承担着激发青少年好奇心、探索欲的职责,也承担着早期识别和早期培养拔尖创新人才的重任。因此,对于科创教育的学科体系建设来说,研究青少年科创教育评价,尤其是青少年科创素养评价体系,能够有效发挥青少年科创教育对拔尖创新人才的早期识别功能,检验和激发青少年的好奇心与探索欲水平,整体推动青少年科创教育发展,切实为国家做好拔尖创新人才早期识别与培养工作。可见,面向青少年特定年龄群体的科创素养评价体系一方面为实施拔尖创新人才早期识别奠定基础;另一方面为青少年科创学习效果进行质量监测提供参考标准,为有效开展青少年科创教育提供指引。

鉴于此,构建青少年科创教育评价体系应包括评价原则、评价目标、评价内容、评价对象、评价主体、评价方式、评价工具等。制定面向青少年特定年龄群体的科创素养预测性评价需要梳理近年来大型国际测评(如 PISA、TIMSS、NEAP 等)的经验和国内测评经验(如上海市“绿色指标”等),重点关注各类测评的框架和技术,形成有中国特色的科创教育评价框架和命题技术,并建立拔尖创新人才学生数据库,为后续青少年开展拔尖创新人才早期识

别提供依据。

2. 构建科学教师综合科学素养和教学能力培养与职业发展系统

美国教育体系包括学校在提升科学教师的科创教育综合素养和专业能力方面是力求涵盖教师全生命周期的,这一启示告诉我们,科学教师全生命周期培养体系是建设高素质、专业化、创新型科学教师和科技辅导员队伍的重要支撑。因此,为培养新一代科学教师和科技辅导员,我国教育体系特别是基础教育学校应当结合教师认证标准、教学标准等进行科创教育师资培训与职业发展体制设计,建立以“主体—环境”为架构、以“绩效—标准”为导向、聚焦科学教师综合科学素养和教学能力培养与职业发展系统。这套体系的特点是:第一,遵循师资培养目标和职业发展与科创教育教学目标的一致性;第二,注重科创教育教学理念与实践的科学性和可操作性,重视职前师范培养与职后能力提升的延续性;第三,强化教师科学素养和能力培养评价的精准性。

3. 推动以项目制、任务制为核心的行动式科创教育范式转向

通过对发达国家的科创教育分析,不难总结出全球科创教育正在从近 200 年来以知识传授为核心的教育范式转变成以项目、实践为核心的行动式科创教育范式。

什么样的科创教育改革才是顺应教育发展规律和适应新时代发展需求的?答案一定是项目制、任务制的行动式科创教育范式。这就要求从政策层面确立以下导向:其一,科创教育要更新以知识传授与考核为核心的理念和观念,推行“学以致用”的教学方法,把青少年引入沉浸式、体验式的学习实践场域当中;其二,需要强调的是,在这种场域中不再有学科界限,其原因在于任何项目、任务的完成都被设置为对跨学科或交叉学科人才培养探索与实践的鼓励和支持;其三,行动式科创教育范式是有其时代特征的,那便是为了应对数字化的大趋势,在各学段加强青少年的数字思维、数字素养和数字能力的培养。这里面蕴含着两个层面的数字化内容:一个是以数字技术为科创教育内容,即让青少年从理论、机制、应用等层面理解数字技术,这是青少年数字素养、数字能力方面的培养,既涉及好奇心探索欲的激发,也包含数字领域拔尖创新人才的早期识别与培养;另一个是以数字技术作为科

创教育工具的层面,即鼓励科学教师、科技辅导员、科研人员、科技企业技术专家组成跨学科团队,加大提升教师培训以及对数字化科创教育平台和产品的研发和应用。

(三)多元协同发展:高校引领、企业参与的科创教育生态

基础教育学校是青少年科创教育的主阵地,但这绝对不能成为科学教师和科技辅导员的孤军奋战。从社会层面构建科创教育共同体是重视校外科创教育学习环境育人功能的现实要求。如果不能建立校内外多元科创教育主体的协同育人机制,不同学段的青少年必然会被隔断在各个自说自话、自娱自乐的科创教育场域当中,就不可能实现跨学段的纵向持续科创教育和横向拓展跨学科内容的深度整合。

1. 高校引领的大中小科创教育一体化建设

高校引领在科创教育理念与实证研究、学科构建、师资培训方面的贡献和作用不再赘述,在此重点讨论高校引领在科创教育实践活动方面的重要作用。高校可以通过构建科研项目、学生参访、科学家参访中小学、夏令营、科技节等科创教育体系,引领青少年科创教育实践。首先,研究表明以项目的形式,建立国家实验室、全国重点实验室、大型科学设施面向各类学校开放与服务的制度,将青少年带到高校等科研院所,与科学家面对面交流,以成员身份加入课题研究,会让青少年对科学技术和工程技术的认识和态度产生积极变化。青少年进入高校科研实验室的“学习经历对他们心中科学家的刻板印象能够产生显著的改善,同时还可以增加学生对科学家本人及其工作环境的了解,对他们的科学从业意愿产生积极影响”^[25]“给予了学生们近距离接触科技工作者的机会,使学生有机会了解科技工作者的科学研究方向和个人兴趣,并了解他们的日常生活,打破了科技工作者‘高不可攀’的刻板印象”^[26]。其次,高校科技工作者与中小学进行合作打造丰富多彩的青少年科学项目化实践课程也是高校引领的重要内容,如上海大学环境与化工学院与上海大学附属中学深度合作推出针对青少年的工程教育等系列项目化课程、北京科技大学教师在附小开设科学类课程,“大手牵小手”,共享优质教育资源^[27]。此外,科技冬夏令营作为一项课外活动对于提升青少年好奇心探索欲以及拔尖创新人才的早期识别与培养至关重要,“有研究发现参加科

技夏令营的初中生到了高中后选择科技相关职业的比例高于未参与的学生”^[28]。

2. 从产业层面培育科创教育服务产业的共同体和生态

我国应当通过政策支持和激励措施,提高科技企业特别是中小科技企业参与科创教育的意愿和能力。将科创教育的参与度纳入小巨人、专精特新企业、高新技术企业等评比和考核体系当中,设立科创教育产业发展基金,加大对前沿科技企业参与科创教育事业的支持力度,对科技企业开发的科创教育产品、课程及实验设备等降低教育系统采购清单准入门槛。另一方面,培育和支持社会培训机构的发展,提供必要的资源和培训。降低科创教育社会培训机构的准入门槛,积极引导社会培训机构加大投入,将前沿科技引向教育资源孵化转化的业务当中,秉承“创新驱动、服务引领、资源整合、开放共享”的理念,构建科创教育生态系统,提升科创教育服务水平,促进科创教育的全面发展,建设科创教育服务产业发展的核心驱动机构。

参考文献:

[1] 郑钢. 美国科学教育中的探究与实践[J]. 云南教育(视界综合版), 2017(4): 43-44.

[2] National Research Council. A framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas [M]. Washington: The National Academies Press, 2012.

[3] STEM Education Act of 2014 [EB/OL]. https://en.wikipedia.org/wiki/STEM_Education_Act_of_2014.

[4] Charting a Course for Success: America's Strategy for STEM Education [EB/OL]. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/05/f62/STEMEducation-Strategic-Plan-2018.pdf>.

[5] Raise the Bar: Lead the World [EB/OL]. <https://www.ed.gov/raisethebar/>.

[6] 谭宗颖,王婷,陶斯宇. 国外主要国家应对科学教育危机的政策举措及启示[J]. 科学与社会, 2015, 5(3): 47-56.

[7] 任平,林嘉雯. 德国 MINT 教育: 让中小學生始终保持对科学教育的兴趣和热情[J]. 人民教育, 2023, (11): 73-76.

[8] 科学技術・イノベーション基本法 [EB/OL]. https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=407AC1000000130_20210401_502AC0000000063.

[9] 文部科学省. 科学技術・理科大好きプランの主な施策 [EB/OL]. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu10/siryo/allach/1335656.htm.

[10] 国际青少年科技教育的政策与发展——日本青少年

科技教育政策 [EB/OL]. <https://www.163.com/dy/article/H1SD8VDE05149EVC.html>.

[11] 魏晓东,于冰,于海波. 美国 STEAM 教育的框架、特点及启示[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2017, 35(4): 40-46, 134-135.

[12] 内閣府ホームページ. 子供・若者白書について(令和3年版) [EB/OL]. <https://www8.cao.go.jp/youth/whitepaper/r03gaiyou/pdf/r03gaiyou.pdf>.

[13] 吴忠魁. 日本文化立国战略与基础教育改革的新发展[J]. 比较教育研究, 2001, (4): 1-5.

[14] National Science Teachers Association. Standards for Science Teacher Preparation [EB/OL]. (2003-01-03) [2023-04-20]. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download>.

[15] National Academy of Engineering and National Research Council. Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects [M]. Washington: The National Academies Press, 2009: 74-75.

[16] GOV. UK. Teachers' Standards [EB/OL]. <https://www.gov.uk/government/publications/teachers-standards>.

[17] NSTA. NSTA Professional Learning Units and Courses [EB/OL]. <https://www.nsta.org/plu>.

[18] About Science Centre Singapore [EB/OL]. <https://www.science.edu.sg/home/about-us/about-science-centre-singapore>.

[19] 钟柏昌,张祿. 项目引路(PLTW)机构的产生、发展及其对我国的启示[J]. 教育科学研究, 2015, 26(5): 63.

[20] Project Lead The Way. Our Programs. PLTW Engineering [EB/OL]. [2021-10-15]. <https://www.pltw.org/>.

[21] JST 科学技術振興機構. 科学の甲子園 [EB/OL]. <https://koushien.jst.go.jp/koushien/>.

[22] JST 科学技術振興機構. ジュニアドクター育成塾 [EB/OL]. <https://www.jst.go.jp/cpse/fsp/>.

[23] 邹逸,金丽珍. 美国中小学工程教育改革的进展与启示[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2024(1): 113.

[24] 李晓亮. “一带一路”科学教育合作与交流[J]. 中国科技教育, 2017(7): 27.

[25] 张正严,陈霞玲. 科技工作者参与中小学科学教育的价值向度与实践路径[J]. 教师教育学报, 2023(6): 65.

[26] CAKMAKCI, TOSUN O, TURGUTS, et al. Promoting an Inclusive Image of Scientists Among Students: Towards Research Evidence-based Practice [J]. International Journal of Science and Mathematics Education, 2011, 9(3): 627-655.

[27] 科学教育新课标发布一年多来,多地积极探索——做好科学教育加法提升科学育人水平 [EB/OL]. (2023-07-14) [2023-10-13]. http://www.moe.gov.cn/jyb/xwfb/s5147/202307/t20230714_1068807.html.

[28] EIJCK M V, HSUP-L, ROTH W-M. Translations of Scientific Practice to Students' Image of Science [J]. Science Education, 2009, 94(4): 611-634.