

引用格式：范佳萍, 李倩倩, 王颖. 顺应科技创新趋势构建科学教育生态系统. 中国科学院院刊, 2025, 40(2): 283-290, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20241015002.

Fan J P, Li Q Q, Wang Y. Developing science education ecosystem in line with technological innovation trends. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2025, 40(2): 283-290, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20241015002. (in Chinese)

顺应科技创新趋势 构建科学教育生态系统

范佳萍 李倩倩* 王颖

1 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190

2 中国科学院大学 公共政策与管理学院 北京 100049

摘要 科学教育是落实党的二十大提出的教育、科技、人才一体发展的重要结合点，是培养科技创新人才、提升全民科学素养的关键性、基础性工作。构建由教育主体、科研主体和用人主体等各类创新主体共同组成的科学教育生态系统是我国实现高质量发展和中国式现代化的必然要求。文章综合国内外科学教育实践，明确科学教育生态系统的内涵及特征，构建了包含参与主体（participants）、角色定位（position）、育人举措（practices）、协同机制（partnerships）和评估引导（assessment）的“4P+1A” 多维科学教育生态系统分析框架，提出构建我国科学教育生态系统的实施路径，以期为我国高质量发展培养高水平的科技人才。

关键词 科学教育，生态系统，科学素养，人才培养，多主体

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20241015002

CSTR 32128.14.CASbulletin.20241015002

近年来，习近平总书记多次强调加强人才自主培养，重视培育人的科学思维、科学精神。2023年5月，习近平总书记在二十届中央政治局第五次集体学习时再次强调，进一步加强科学教育、工程教育，加强拔

尖创新人才自主培养，为解决我国关键核心技术攻关提供人才支撑。2024年我国公民中具备科学素养的比例为14.14%^①，与美国（28%）、瑞典（35%）等发达国家相比，以及与2035年实现25%的公民具备科学素

*通信作者

资助项目：中国科学院学部咨询评议重点项目（2023ZW08A024），中国科学院重点部署项目（E2X03016）

修改稿收到日期：2024年12月24日

① 新华社. 第十三次中国公民科学素质抽样调查(2024). [2024-10-10]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202404/content_6945626.htm.

养的目标相比，仍有较大差距。推动我国科学教育事业的进步与改革，全面提升公民的科学素养，培养具备科学精神的创新型人才，是实现中华民族伟大复兴的重要基础和战略任务^[1]。

世界新一轮科技革命和产业变革迅猛发展，全球教育正从工业时代以知识传授为核心，向以培养人的创新能力为核心的教育范式转变。随着 ChatGPT、Sora 等人工智能技术的发展和广泛应用，对基于工业时代建立的教育底层逻辑将带来范式革命性转变。面向未来的科技创新人才，需要丰富的科技教育资源和实践场景作为支撑，以及更加注重科学方法、科学精神、批判性思维和创造性思考等创新能力的培养。因此，仅靠传统教育主体已无法完成科学教育的使命任务，构建跨部门协作、多类科技创新主体协同育人的科学教育生态系统势在必行。此外，根据教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部联合发布的《制造业人才发展规划指南》，预计2025年，我国新一代信息技术产业将出现950万人才缺口，高档数控机床和机器人领域人才缺口将达450万人，航天航空装备领域人才缺口将达47.5万人。通过构建科学教育生态，联合相关行业企业建立一个强大的早期学习系统，既能帮助公民提升基本科学素养，也有利于各关键领域科技创新人才的自主培养。

1 世界各国积极布局科学教育生态系统

当前，主要发达国家均将构建科学教育生态系统视为实现国家科学教育战略目标的关键举措，主要包括制定长期规划并优化组织机制、建立和完善科学教育标准、促进伙伴关系和跨机构合作。

(1) 制定长期规划并优化组织机制，推动构建科学教育生态系统。美国在2018年发布的国家科学教育战略规划中，明确提出要构建科学教育生态系统^②；2022年美国总统科技政策办公室进一步提出了改革和增强美国的科学（science）、技术（technology）、工程（engineering）、数学（mathematics）和医学（medicine）的STEMM生态系统的愿景^③。从2011年起，美国在其国家科学技术委员会下，成立联邦科学、技术、工程与数学（STEM）教育协调委员会和6个跨机构工作组，明确了其国防部、能源部、卫生与公众服务部等14个成员单位在科学教育中的使命定位。英国通过“科学与创新投资框架”和STEM教师的培训，建立国家科学学习网络，整合教育资源并促进学生、教师和研究人员的交流合作^④。德国针对“工业4.0”的需求，构建了科学教育战略框架，培养适应新时代工业需求的技能人才^⑤。澳大利亚颁布《国家STEM学校教育战略（2016—2026）》，明确协调各方资源、构建科学教育生态系统^⑥。韩国和日本均先后制定科学教育战略计划，推动科学教育生态化

② National Science and Technology Council. Charting a Course for Success: America's Strategy for STEM Education (2018). [2023-03-31]. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>.

③ Office of Science and Technology Policy. Equity and Excellence A Vision to Transform and Enhance the U.S. STEMM Ecosystem (2022). [2023-03-31]. <https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/12/12/equity-and-excellence-a-vision-to-transform-and-enhance-the-u-s-stemm-ecosystem/>.

④ U.K. Government. Department for Education and Skills. Science and Innovation Investment Framework 2004-2014 (2004). [2023-03-31]. <https://dera.ioe.ac.uk/id/eprint/14223/1/file31810.pdf>.

⑤ BMBF. MINT Action Plan 2.0 (Jun. 2022). (2023-12-05). <https://www.bildung-forschung.digital/digitalezukunft/de/unsere-ueberzeugungen/digitalstrategie-des-bmbf/mint-aktionsplan/mint-aktionsplan.html>.

⑥ Australian Government Department of Education and Training. National STEM School Education Strategy, 2016–2026. Canberra: Department of Education and Training, 2016.

发展。

(2) 建立和完善科学教育标准, 促进学科融合, 适应科学发展需求和挑战。美国、英国、德国、日本和新加坡等国家已经采取了具体措施来确立科学教育的国家标准和框架。美国在科学教育领域的发展尤为显著, 其2012年制定的《K-12科学教育框架》为2013年发布的《新一代科学标准》奠定了基础。《新一代科学标准》强调了3个关键维度——学科核心概念、科学与工程实践, 以及跨学科概念, 这一标准已成为指导美国科学教育的重要文件^⑦。在美国, 各州大约每5年就会修订课程标准。英国教育与科学部于1989年发布了《国家科学教育课程标准》, 确立了全国统一的科学课程标准, 为中小学科学教育提供了官方指导^⑧。目前, 英国1—9年级的科学课程标准依据的是2013年修订的《英国国家课程: 科学课程学习计划: 第一和第二阶段》和《英国国家课程: 科学课程学习计划: 第三阶段》^⑨; 10—11年级使用的是2014年修订的《英国国家课程: 科学课程学习计划: 第四阶段》^⑩。德国自21世纪初起, 专注于建立全国性教育标准^⑪。日本和新加坡同样制定了符合各自国家发展战略的科学教育标准, 以确保教育体系能够满足未来科技和社会发展的需求。制定这些标准的参与者, 不仅涉及教育部门专家, 更有科学家、企业专家等不同类型。

(3) 促进伙伴关系和跨机构合作, 加强全学段的科学教育有机衔接。各国从地方自下而上的实践探索出发, 逐渐形成国家层面的多主体协同参与科学教育

格局。澳大利亚和德国通过建设有效的伙伴关系和实验室合作, 加强了STEM领域的教育和实践。日本则注重学科整合和社区协作, 强化跨学科的科学、技术、工程和艺术和数学(STEAM)教育, 促进了科学教育生态空间的延伸^⑫。美国和澳大利亚在国家科学教育政策中明确提出构建科学教育生态系统, 采取多样化举措在科学教育体系中提升学习者的科学素养和技能, 构建起涵盖各教育阶段、有机衔接的科学教育生态。

2 科学教育生态系统的内涵和特征

2.1 科学教育生态系统的内涵

科学教育是与传授科学知识、提升科学素养、培育科学精神、培养科技人才有关的教育活动, 其目的是通过理解自然界的规律和原理来培养学生的科学知识、科学思维、实验技能和科学态度^⑬。传统的科学教育主要指在中小学阶段开展的以自然科学内容为主, 发展个体及群体科学素养的教育教学活动。随着社会需求的演变, 科学教育的范畴不断扩大, 演变为覆盖基础教育到高等教育, 以及职业教育阶段, 包括校内正式科学教育和校外非正式学习环境(如家庭、工作场所、博物馆、社区等)中进行的科学教育^⑭, 以美国的STEM教育为代表的国际科学教育多指后者, 其内容也从基本的科学、技术、工程和数学逐步扩展到包含艺术、医学、信息技术等与社会生产和应用联系紧密的领域。本文更加关注广义的科学教育, 即面向基础教育至高等教育、继续教育、职业教育, 既包

⑦ National Research Council, National Science Teachers Association, American Association for the Advancement of Science, & Achieve, Inc. (2013). Next Generation Science Standards, NGSS. [2024-09-22]. <http://www.nextgenscience.org/>.

⑧ The U.K. Government. Department for Education. National curriculum in England: Science programmes of study: Key stages 1 and 2 (2013). [2024-09-23]. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a806ebd40f0b62305b8b1fa/PRIMARY_national_curriculum_-_Science.pdf.

⑨ The U.K. Government. Department for Education. National curriculum in England: Science programmes of study: Key stage 4 (2014). [2024-09-23]. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7efc65ed915d74e33f3ac9/Science_KS4_PoS_7_November_2014.pdf.

括学校正式学习环境中的科学教育，也包括校外非正式学习环境（如家庭、工作场所、博物馆/图书馆/天文馆、社区、科技社团等）中的科学、技术、工程、数学、医学、艺术和信息技术及其相互交叉、融合的学科领域。

科学教育生态系统的概念最早由美国提出，其强调一个国家的科学教育涉及学校、社区和区域等多个不同层面之间的互动与依存，整个系统的健康和可持续性依赖于资源的有效配置和各要素间的有效联动^[7]。科学教育生态系统作为一种新的教育理念和管理模式逐步被各国采纳和探索，也正在重塑人们对于科学教育的认知和实施方式。早在2000年，中国科学院学部就强调，科学教育应将科学知识、科学思想、科学方法和科学精神作为一个整体体系来发展，使学习者将这些能力内化，转化为他们信念和行为准则^[8]。2022年中国科学院和教育部联合部署了“我国科学教育改革战略研究”，组织100余位院士专家开展研究，提出面向全球科技竞争日趋激烈的重大挑战，指出我国亟待系统搭建科学教育体系。

基于欧美及我国科学教育生态系统实践的观察和相关研究，本文认为：科学教育生态系统是由政府引导，促进学校、科研机构、科技企业（以下简称“企业”）及社会各界等相互作用、相互依存、紧密联系的复杂系统；通过资源有效统筹、体制机制协同及政策法规支持，科学教育生态系统为学习者提供正式和非正式的科学教育机会，实现全学段覆盖、跨学科融合和多场景实践的科学教育，培养创新人才和提升公民科学素养。科学教育生态系统学习者包含中小学学生、中小学教师、本科生、研究生、博士后、大学教师和继续教育学习者等。

2.2 科学教育生态系统的特征

主体多样性。在科学教育过程中，不同类型的参与者和机构共同协作，形成一个多元化的生态系统。科学教育生态系统中的参与主体包括政府、学校、科

研机构、企业、社会组织和学习者等。这些主体通过协同开发和利用教育资源，构建一个共育的生态环境。

政府引导性。政府的引导对构建资源互补、协同发展的良性循环至关重要。政府通过建立健全政策法规体系、完善体制机制、开放多样化的合作渠道发挥其引导作用。政府不仅统筹配置必要的资源支持，更重要的是通过体制机制强化各主体参与的内在动力，确保科学教育资源高效流转和整体目标的实现。

利益共生性。各参与主体之间具有互利共生、共同发展的关系。教育主体培养人才，科研主体进行科技创新，用人主体提供实践场景，各方通过合作和资源共享，推动科技创新、教育改革和人才培养的良性循环。通过这种利益共生关系，生态系统中的各主体可以更好地应对科技创新环境的变化，提升科技人才培养质量，实现持续的创新驱动和高质量发展。

动态适应性。动态适应性特征使得科学教育生态系统能够在复杂多变的环境中持续演进，确保系统的长期活力和竞争力。各参与主体及其协同机制能够根据外部环境的变化，灵活调整与优化系统内部的资源配置、合作方式和发展策略，从而保持系统的稳定、创新和高效发展。

3 科学教育生态系统的分析框架

国内外科学界和学术界普遍认为，构建多渠道、多途径和多元主体协同参与的科学教育和培养创新人才的体系是科学教育未来的发展方向。纵观各国构建科学教育生态系统的政策与实践，对科学教育生态系统的机理认知、理论框架的深入分析仍然较少，本文提出科学教育生态系统多主体协同育人的分析框架——“4P+1A”五维分析框架。

3.1 科学教育生态系统“4P+1A”分析框架

“4P+1A”五维分析框架包含参与主体（participants）、角色定位（position）、育人举措

(practices)、协同机制 (partnerships) 和评估引导 (assessment) (图1)。科学教育生态系统中, **参与主体**, 包括政府、学校、科研机构、企业、社会组织和学习者等; **角色定位**, 指不同主体在整个生态系统中的职能与作用分工; **育人举措**, 包括各主体根据其角色和职能, 提供的正式和非正式的多样学习机会; **协同机制**, 指系统内不同主体通过有效的合作与互动, 形成相互依存、共同发展的协作模式; **评估引导**, 确保各主体之间的资源整合、信息共享、目标统一, 从而推动整个科学教育生态系统的健康发展与持续改进。

3.2 “4P+1A” 分析框架的构成要素与内涵阐释

科学教育生态系统中参与主体是系统的基本构成单元, 角色定位是立足不同主体战略定位的价值引领和内驱动力, 二者紧密联系、内在统一。在科学教育生态系统中, 各参与主体角色定位、主要功能和所开展的科学教育活动有差异, 但都是以学习者个体为核心的。① **各级政府**。主要角色是制定战略规划、统筹资源、建立科学教育标准体系和法律保障体系, 以及优化体制机制, 提升跨机构合作效率, 引导和促进各方合作, 打破传统教育模式的限制, 并进行必要的监

督保障举措, 保证整个生态系统高效运行。② **中、小学学校**。目的是培养学生对科学的兴趣, 激发学生的创新思维。其中, 中、小学教育工作者是知识传递者和创新思维的培养者, 同时也是教育改革的执行者。③ **大学和科研机构**。其角色定位是提供高等教育, 培养创新人才, 通过科学研究创造知识并推动科学前沿的拓展, 为社会提供科学教育的公共服务。④ **企业**。产品和服务创新的主体, 科研成果转化的平台, 以及经济价值的创造者; 对科技创新人才的需求是科学教育体系发展的风向标, 也是推动科学教育生态系统发展的根本动力。在科学教育生态系统中, 企业“育人”和“用人”功能相结合, 充分赋予其人才培养的自主权。⑤ **社会组织**。扮演着连接学术界与公众、支持非正式教育和终身教育、促进科学知识普及与应用的关键角色。

育人举措是科学教育生态系统实现育人功能的行动路线。举措类型包括: ① **统筹规划型**——战略规划、体制机制建设、法律体系完善和资金保障体系构建。政府主要采取统筹规划型举措, 设计并持续优化科学教育生态系统整体框架。② **知识传授型**——教授课程和科学教育讲座。这一类别涵盖中小学、大学、

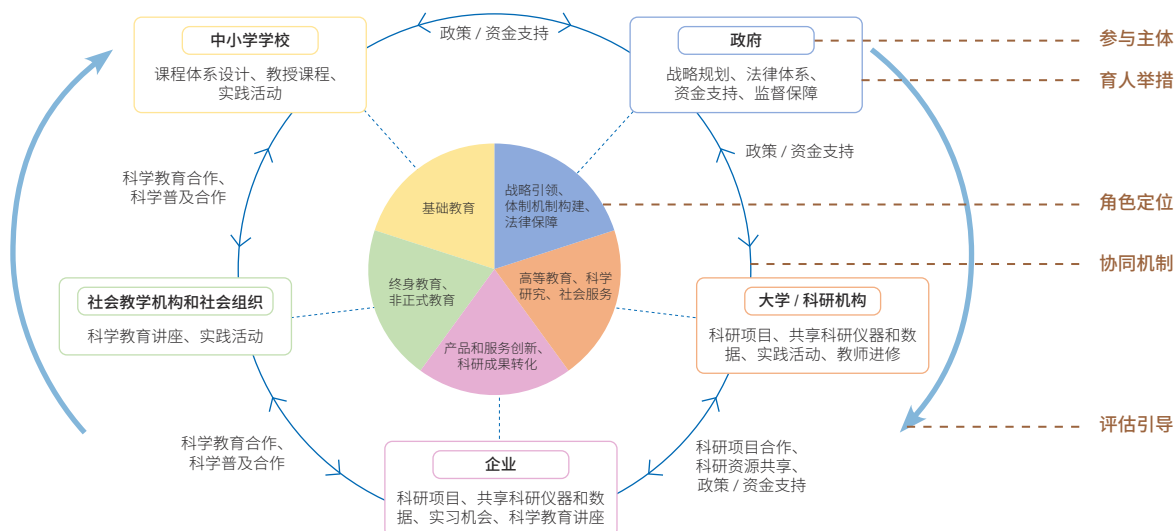


图1 科学教育生态系统的分析框架

Figure 1 Analysis framework of science education ecosystem

科研机构、企业和社会教育机构和社会组织等主体，它们共同承担科学教育生态系统传播科学知识的基础任务。③ **基础能力培养型**——科研项目、实践活动、共享科研仪器和数据、培训教师等。这些举措主要由大学、科研机构和企业等科技创新主体实施，以培养具备科研能力与创新精神的科技人才，促进前沿研究和技术创新的紧密结合，加速科研成果的转化与应用。④ **产业实践型**——主要由企业提供实习机会、实践平台。企业作为科技发展的前地和人才需求的主要来源，面向产业发展需求，为本科和研究生毕业生提供科研场地，不仅有助于学生将理论知识转化为实践能力，更是构建人才与市场无缝对接的关键桥梁。

协同机制促进各参与主体之间的有机互动和资源整合，是科学教育生态系统发挥系统效能的纽带和桥梁。机制类型包括：① **资源互补型**——政策/资金支持和科研资源共享。政府在此机制中扮演核心角色，通过制定有利政策和提供必要资金，为整个生态系统注入强劲动力。同时，企业通过向高校和科研机构提供资金支持或建立科研资源共享平台，不仅助力基础研究，也获得了自身发展所需的技术与知识支撑，形成了互利共赢、双向驱动的协同关系。② **合作参与型**——科研项目合作、科学教育合作和科学普及合作等。它鼓励企业、大学、科研机构、中小学校、社会教学机构及社会组织等多方主体，共同参与育人活动，以加速科技人才培养，满足科技产业对高素质人才的需求。这一机制不仅促进了知识、技术与资源的有效流动，还确保了人才链上各主体利益的深度融合与共赢，发挥了科学教育生态系统培养人才、服务经济社会发展的重要作用。

评估机制是科学教育生态系统的关键保障，为系统的持续优化和发展提供反馈与支持。① **评估主体及对象**。政府及教育行政部门、学校及教育机构或专业评估机构对学习个体、育人主体、育人举措和协同机制进行评估。② **评价考核目标**。以是否实现科学教

育的发展目标作为考核标准，通过前瞻性的评估框架引导系统的持续优化。③ **评价体系构建**。确立多维度、可量化的评价标准与指标，确保评估的科学性和公正性。④ **动态跟踪评价与反馈机制**。通过实时监测、定期评估与即时反馈，确保教育过程中的问题得到及时发现与解决。

4 培育我国科学教育生态系统的实践思考

科学教育是落实党的二十大报告提出的教育、科技、人才三位一体发展的最佳结合点，是提升全民科学素养的重要基础，关乎国家未来的发展战略。新中国成立70余年来，我国在科学教育领域稳步发展，体制建设不断优化，为我国科技人才培养与公民科学素养提升奠定了坚实的基础。近年来，我国又修订了《义务教育科学课程标准（2022年版）》，将1—9年的科学教育标准进行一体设计，提出了“核心素养”导向。2023年5月，教育部等18部门联合印发了《关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》，形成社会协同支持机制，盘活各方科学教育资源。我国科学教育发展至今，已具备科学教育生态系统的基本要素，但是科学教育主体的多样性和自主性不足，各要素之间协同机制尚不健全。面向未来，亟待加强科学教育生态系统建设，为我国高质量发展提供高水平的科技人才供给。

建议将构建科学教育生态系统，作为我国科学教育改革的主线，建立健全除学校以外的其他社会多主体参与科学教育的协调机制，制度化、体系化推进科学教育生态系统建设。① **建立科学教育协调机制**。统筹协调教育部门、科研机构、科技企业等开展科学教育活动、开发科学教育资源，促进各方在校内外融合的科学教育中发挥各自的优势和作用，加快形成面向未来的科学教育生态系统。② **研究制定我国科学教育改革的战略规划**。明确科学教育是我国面向未来实现高质量发展的基础性和战略性工作，对实现高

水平科技自立自强的奋斗目标具有核心支撑作用；要总体统筹科技资源和教育要素的精准对接、有效配置，激发形成科学教育生态系统的内生动力，构建高效、持久和有弹性的科学教育生态系统；为培养具有科学素养和创新能力的人才提供制度性保障。

加快建立国家科学教育标准体系和评价体系，为多元主体参与科学教育提供基本遵循。①打破现有学科界限。根据大科学时代科技创新的范式与特征，重新梳理知识基本结构、重新建立知识的总体框架，特别要关注科学发现、技术发明与产业实践的结合，要体现中国学术思想精华，将西方科学的还原论思维与东方系统论思想有机融合。②构建全学段贯通式科学教育体系。制定不同学段的科学教育培养目标，以及相应的课程标准和教育方式。同时，要重视从小学到大学的各个教育阶段之间的衔接和贯通，构建符合中国国情的科学教育体系。③建立以科学素养为核心的多维度评价标准。要将评价重点从学业成绩和知识掌握，转向重视学生的创新能力和综合素质表现；评价时效也要从结果性评价，转向建立过程性监测与指导。

健全激励机制，激励社会多元主体积极参与构建科学教育生态系统，增强财政部门和科技部门对科学教育的投入和支持。①引导多渠道资金投入。在教育经费和科技经费中安排必要经费，统筹支持科学教育的开展，通过社会责任、给予税收优惠、专项资金支持等多种手段有效激励，鼓励相关企业、社会机构等多方力量参与科学教育事业。②推动社会多元主体参与科学教育。鼓励科技界和各类校外场所，如博物馆、科技馆等，积极参与科学教育的推广。支持他们研究开发多样化的优质科学教育资源与产品，如视频、音频、动手实践等形式。③建立科研资源的教育转化机制。研究建立国家科技计划项目成果与科学教育之间的有效衔接机制；持续优化国家重大科技基础设施等向各类学校提供开放和支持服务的制度。

参考文献

- 1 郑永和, 杨宣洋, 袁正, 等. 高质量科学教育体系: 内涵和框架. 中国教育学刊, 2022, (10): 12-18.
Zheng Y H, Yang X Y, Yuan Z, et al. The high-quality science education system: Connotation and framework. Journal of the Chinese Society of Education, 2022, (10): 12-18. (in Chinese)
- 2 胡献忠. 新版英国《国家科学教育课程标准》及其启示. 全球教育展望, 2001, 30(3): 44-49.
Hu X Z. New edition of science in the national curriculum in UK and its inspiration. Global Education, 2001, 30(3): 44-49. (in Chinese)
- 3 姚建欣, 郭玉英, 伊荷娜·诺曼. 美、德科学教育标准的比较与启示. 全球教育展望, 2016, 45(1): 94-104.
Yao J X, Guo Y Y, Neumann I. Comparative research on Germany and USA's educational standards of science education. Prospects of Global Education, 2016, 45(1): 94-104. (in Chinese)
- 4 Matsuura T, Nakamura D. Trends in STEM/STEAM education and student's perceptions in Japan. Asia-Pacific Science Education, 2021, 7(1): 7-33.
- 5 Bybee R W. How is STEM education reform different from other education reforms// The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. Arlington: NSTA Press, 2013: 33-40.
- 6 杨玉良. 构建中国特色世界水平的科学教育体系. 中国教育学刊, 2022, (10): 1.
Yang Y L. Building a world-class science education system with Chinese characteristics. Journal of the Chinese Society of Education, 2022, (10): 1. (in Chinese)
- 7 Bybee R W. If STEM is an opportunity, what is the federal government's role?// The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. Arlington: NSTA Press, 2013: 53-62.
- 8 中国科学院学部“面向21世纪发展我国科学教育的建议”研究组, 路甬祥, 师昌绪, 等. 面向21世纪发展我国科学教育的建议. 中国科学院院刊, 2000, 15(5): 324-325.
The Study Group of the Academic Divisions of the Chinese Academy of Sciences, Lu Y X, Shi C X, et al.

Recommendations for the development of science education
in China in the 21st Century. Bulletin of the Chinese

Academy of Sciences, 2000, 15(5): 324-325. (in Chinese)

Developing science education ecosystem in line with technological innovation trends

FAN Jiaping LI Qianqian* WANG Ying

(1 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Science education is a critical intersection for advancing the integrated development of education, science, and talent as outlined in the 20th National Congress of the Communist Party of China. It plays a foundational role in nurturing scientific innovation talent and enhancing scientific literacy across the nation. Developing a science education ecosystem, composed of diverse entities from the education system, research institutions, and employment sectors, is essential for China's high-quality development and its unique path to modernization. Drawing on both domestic and international practices in science education, this study clarifies the connotation and characteristics of the science education ecosystem. The study proposes a five-dimensional analysis framework of the science education ecosystem, which includes participants, position, practices, partnerships, and assessment (4P+1A). Finally, the study outlines implementation pathways for constructing a scientific education ecosystem in China, with the aim of fostering high-level scientific talent to support the nation's high-quality development.

Keywords science education, ecosystem, scientific literacy, talent cultivation, multiple participants

范佳萍 中国科学院大学、中国科学院科技战略咨询研究院博士研究生。主要研究领域：科学教育。

E-mail: fanjiaping22@mailsucas.ac.cn

FAN Jiaping Ph.D. Candidate at University of Chinese Academy of Sciences (UCAS) and Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS). Her research focuses on science education. E-mail: fanjiaping22@mailsucas.ac.cn

李倩倩 中国科学院科技战略咨询研究院副研究员。中国发展战略学研究会社会战略专业委员会副秘书长。主要从事社会计算、社会治理研究。E-mail: lqqcindy@casisd.cn

LI Qianqian Associate Researcher of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS). Deputy Secretary-General of Social Strategy Professional Committee of the Chinese Association of Development Strategy Studies. Her research interests include social computing and social governance. E-mail: lqqcindy@casisd.cn

■责任编辑：金杭川

*Corresponding author