



中国教育科学研究院
National Institute of Education Sciences



中国教育科学研究院
STEM教育研究中心
National Institute of Education Sciences
Center for STEM Education

中国 STEM 教育白皮书

(精华版)

中国教育科学研究院

2017 年 6 月 20 日

一、中国 STEM 教育背景

保持卓越，领导世界——这是当今发达国家全力发展 STEM 教育的终极宗旨。在以美、德等为代表的发达国家中，STEM 教育均位居国家行动的战略高度，承担着打造本国在全球范围内核心竞争力的重大任务。从他们舍我其谁的 STEM 教育口号中，可以一窥其壮志宏图——“成功者将是那些发明世界的人，而不是那些适应世界的人！”“为未知而教，为未来而学！”

（一）时代背景

从农耕时代到工业时代再到信息时代，技术的不断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。今天，互联网、云计算、大数据、人工智能等新技术，正以改变一切的力量，在全球范围掀起一场影响人类所有层面的深刻变革，新技术正在重构产业结构，提升产业效益，推动人类社会向数字化和智能制造时代迈进。未来，知识和智慧将会取代资本和资源，成为驱动经济社会发展的关键力量。从事一般体力劳动或简单脑力劳动的职业将逐渐被技术所取代，只有那些具有创新思维和高水平技能的人才，才能在激烈竞争中占据主动。在这种大背景下，传统教育受到了前所未有的挑战。我们的学生经过十几年甚至更长时间的学校教育后进入社会，可能会从事那些今天并

不存在的职业，社会发展迫使教育必须做出改变。今天的学生要想在 21 世纪成功工作和幸福生活，就必须掌握新的技能、知识和专长，以成功应对未来社会的复杂挑战。

（二）国际背景

STEM 教育有助于培养学生具有适应未来的关键能力，并有可能在未来生活和工作中持续发挥作用，因此成为世界各国教育改革战略选择的。一方面，STEM 教育有助于发达国家应对老龄化带来的劳动力人口减少、填补技能劳动力缺口，促进经济良性发展；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契机，在新兴产业领域中抢占先机，实现经济的飞跃和赶超。新世纪以来，以美国、英国、德国为代表的主要发达国家，都从国家战略高度制定了 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，随后制定了《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 示范活动，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、日本、澳大利亚、韩国等国家，STEM 教育同样受到高度重视，各国都在针对各自技能劳动力结构和产业发展中的相关问题，从国家人才战略层面制定 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、促进社会广泛参与的有益模式。

（三）社会经济发展背景

在世界经济发展过程中，产业结构的变化趋势一般是：在发展初期，农业比重急剧下降，工业和服务业比重相对上升；在发展成熟期，农业和工业的比重都出现下降趋势，服务业比重则保持上升趋势。中国目前已经进入中高收入国家行列，能否成功实现社会经济转型，关键就是要推动劳动密集型经济转向知识密集型经济。无论从当前推进经济转型升级，还是从长远促进经济和社会协调发展看，都需要抓住教育这个最基础、最根本的环节。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，很可能对教育领域的综合改革起到牵一发而动全身的作用，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。从长久来看，STEM 教育的持续有效实施，将对劳动力水平提高产生积极的促进作用，帮助我国经济从劳动密集型向技术密集型的转型。

（四）产业与人才背景

人力资源是一个国家最宝贵的战略资源。近年来，我国教育为提升人力资源水平和优化人力资源结构做出重要贡献，但不容忽视的是，创新人才和高水平技能人才仍然十分缺乏。从总量上看，我国科技人员数量与发达国家大体相当，但高端人才的数量与发达国家差距巨大，每万人劳动力中科学家和工程师的平均人数仅为 11 人。人力资源和社会保障部发布的数据显示，我国市场高级专业技术职务（高级工程师）、职业资格一级（高级技师）、职业资格二级（技师）、中级专业技术职务（工程师）岗位空缺与求职人数的比比较大，倍率分别为 2.10、2、1.91、1.81，社会发展迫切需要培养大量的高技术技能人才。

以汽车行业为例，全球主要汽车企业集团的中高级技工占工人总数的 40% 以上，而我国仅占 4.3%。调查显示，我国汽修企业初中及以下学历、高中学历、大学专科及以上学历工人的结构比例约为 4:5:1，而发达国家的比例一般为 2:4:4。节能与新能源汽车产业从业人员将呈现紧缺势头，到 2020 年将产生

15 万的人才缺口，到 2025 年将产生近 25 万的人才缺口。

以信息技术行业为例，我国目前信息产业人才资源总量达到 1050 万人，其中，电子信息产业 913 万人，电信业 137 万人。每十万人中信息产业从业人员达到 790 人。根据国际经验，合理的软件人才结构应该是蓝领技术人员、软件工程师、软件架构与分析师并存的金字塔形状。人才基数由大到小，形成梯次，它们之间的比例应该是 6: 3: 1。我国 IT 产业的人才结构的比例约为 7.2: 2.4: 0.4，中低级人才所占的比重偏大，处于高端的高级人才相对来说还很短缺，限制了产业的扩张以及整体水平的提升。

总之，在当前我国人口红利的逐渐消失和创新驱动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 STEM 教育，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诉求的重大改革方向。

二、中国 STEM 教育现状

凝心聚力，砥砺前行——当前中国的 STEM 教育，并没有完全模仿国外的做法，而是结合国家与社会需要，汇聚社会各界的力量，不断探索 STEM 教育的实践路径。在中国人口红利消失和经济发展进入新常态的双重背景下，调整结构、转型升级、提质增效刻不容缓。STEM 教育的突破性发展，将不仅回应中国经济社会转型对人才培养的崭新诉求，更将是中国立稳世界强国之列、实现大国梦想的教育方案！

（一）发展与成就

目前，STEM 教育在中国进入蓬勃发展阶段，在教育实践、理论研究和教育政策方面取得明显进展。

一是各地积极探索 STEM 教育推进方式，江苏省、深圳市、成都市都发布专门的文件，大力推进 STEM 课程，开展了试点学校申报和 STEM 教师培训工作。以柴火空间为代表的民间机构活跃在中国的 STEM 教育舞台上，以各种不同方式推动了中国 STEM 教育的发展。许多学校建立了 STEM 专业教室或创客空间，在课堂教学中推动项目式学习。

二是 STEM 教育研究呈逐渐繁荣的态势，研究数量迅速攀升，在 2016 年

呈现出了爆发式增长，这一年发表的论文数量接近 300 篇。这些研究以基础研究为主，所占比例超过一半，并在政策、行业指导、科普等领域呈现多样化的态势。

三是 STEM 教育被纳入国家战略发展政策，2016 年国务院发布的《全民科学素质行动计划纲要实施方案（2016—2020 年）》强调指出，在高中阶段要鼓励探索开展科学创新与技术实践的跨学科探究活动。2016 年教育部在《教育信息化“十三五”规划》明确提出，有条件的地区要积极探索信息技术在“众创空间”、跨学科学习（STEAM 教育）、创客教育等新的教育模式中的应用。2017 年教育部印发《义务教育小学科学课程标准》，倡导跨学科学习方式，建议教师可以在教学实践中尝试 STEM 教育。

（二）问题与挑战

目前，我国的人才结构普遍存在人才培养的层次结构不能与市场需求相匹配、高素质综合能力较强的复合人才匮乏、人才总量缺口较大等问题。培养一大批有创新思维、动手能力强的人才，以满足经济社会发展的需要，这是 STEM 教育迫切需要解决的根本问题。具体来说：

第一，缺少 STEM 教育国家战略高度的顶层设计。STEM 教育对于实现我国建设创新型国家和推进制造业强国都具有非常重要的意义，不能仅仅把 STEM 教育作为教育内部的一种理念和方法，必须要站在为国家建设培养创新人才的高度来看问题，从产业发展、人才需求、人才培养的角度统筹考虑，整合全社会的资源推动 STEM 教育的发展。

第二，社会联动机制不健全。STEM 教育是一项内容丰富、涉及面广的系统工程，需要整合全社会的力量来统筹推进，而不仅仅是教育部门的事情。这就需要建立社会联动机制，整合各种社会资源，发挥各自优势，在同一体系下形成合力。目前我国在推进 STEM 教育时基本都是各自为战，尽管也形成了一些专业机构和学校联盟，但都是民间的松散机构，无法形成全社会的合力，导致力量分散，缺乏力度，质量也良莠不齐。

第三，缺少打通学段的整体设计。目前我国 STEM 教育没有形成完整的系统性方案，各学段内容和目标不衔接。在小学科学教育中有 STEM 的内容，但是到了中学没有相应的延续课程，完全由学校自行开课。由于对 STEM 的理解不同，STEM 教育的实施内容也是五花八门，没有标准，不成系统。高等教育与基础教育没有衔接，职业教育与普通教育也没有衔接。这种割裂的状态不利于人才的系统性培养和叠加效果的产生。

第四，标准与评估机制尚未建立。我国 STEM 教育还处于发展初期，相应的标准还处于空白状态。比如，到底什么样的课程才能进入学校、这些课程期望取得怎样的效果、STEM 教育项目是否达到预期效果、最终培养的 STEM 人才是否与国家需求相匹配等等，这些问题都亟需解决，只有建立相应的标准和评估机制，才能保证 STEM 教育健康持续发展。

第五，STEM 师资队伍整体水平不高。STEM 教育目前在学校实施中面临的**最大瓶颈就是教师问题**。中国 STEM 教育最缺少的是技术与工程教育，而原有的师范院校中没有相应专业，所以技术工程类教师在学校非常紧缺。在小学阶段，科学课教师的数量不足，现有的科学教师也不能完全胜任 STEM 的教育教学；在中学阶段，如何开展 STEM 教育尚未解决，即便有些学校已经开设了 STEM 方面的选修课或必修课，但都面临着合格教师短缺的问题。

第六，缺乏国家级项目的示范引领。目前政府倡导的科技类活动和项目，主要是全国青少年创新大赛、全国未来工程师博览等。这些项目在某种程度上丰富了学生的科技活动，在倡导 STEM 教育理念、推进 STEM 教育实践方面发挥了作用。但是这些项目由不同部门组织，没有形成整体，尤其是缺乏一些国家级项目的示范引领。这些项目不应仅局限于竞赛活动上，还应该包括课程开发、教师培训、评估标准等方面，从而引领 STEM 教育实践逐渐系统化。

三、中国 STEM 2029 计划

乘云而上，中国气派——面对狂飙突进的科技创新浪潮，中国岂可坐待时机，而应创造时机，探索一条有中国特色的 STEM 教育发展道路。为推动我国 STEM 教育的健康持续发展，加强教育改革与国家创新驱动发展战略的结合，充分发挥国家教育智库的前瞻智慧与广泛影响，中国教育科学研究院愿携手各方有志者和有识者，共创 STEM 教育的中国气派，共建发展新格局，用教育创新构筑国家和民族的美好未来！

（一）中国背景下的 STEM 教育内涵

STEM 是科学（Science），技术（Technology），工程（Engineering），数学（Mathematics）英文首字母的缩略语，最早是由美国国家科学基金会提出。目前 STEM 教育没有一个公认的定义，每个国家或组织都有不同的理解。近年来，随着 STEM 教育的快速发展，STEM 还拥有了很多不同的扩展，主要包括 STM（科学，技术和数学；或科学，技术和医学）、STEAM（科学，技术，工程，艺术和数学）、STREM（科学，技术，阅读，工程和数学）等。在已有研究的基础上，我们认为 STEM 教育应该包含几个层面的含义：

第一，STEM 教育应该纳入国家创新型人才培养战略。目前，我国许多产业仍处于全球价值链的中低端，一些关键核心技术受制于人，发达国家在科学前沿和高技术领域仍然占据明显领先优势，科技人才队伍大而不强，领军人才和高技能人才缺乏。在这样的背景下，把 STEM 教育纳入国家创新人才培养战略非常必要。从国家层面顶层设计，统筹考虑国家产业发展、人才储备、各级各类教育，形成需求、政策、制度、内容、评估、经费相配套的一体化战略，既能有目的的培养创新人才，同时也能提供适宜于创新人才成长的环境。

第二，STEM 教育是一场国家终身学习活动。STEM 教育旨在通过全社会力量的参与，以多种形式的活动吸引青少年热爱科学、参与 STEM 实践活动，了解 STEM 职业，提高全民科学素养，提高公众理解科学的能力。2016 年联合国教科文组织发布了《变革我们的世界：2030 年可持续发展议程》报告，提出“确保全纳、公平、有质量的教育，增进全民终身学习的机会”。STEM 教育不仅仅是培养科学、技术、工程等方面的人才，同时也是让每个公民都具有 STEM 素养，能够适应未来社会的发展，能够自如应对科技带来生活变化，并能够运用科技知识保持生命的健康，过上幸福的生活。

第三，STEM 教育是跨学科、跨学段的连贯课程群。培养学生运用所学知识，创造性解决问题的能力是 STEM 教育的主要目标。完成这一目标，不是单一课程能够解决的，因此，STEM 教育需要一个系统化设计的课程群，打通学段设计，保证完整知识结构的建立和系统思维方法的培养。在我国现有的课程体系中，技术、工程类课程和综合类课程还明显不足。因此，我国 STEM 教育的课程设计要重点突出技术、工程类学科，特别是高中阶段完全可以与大学的某些学科打通，设置一些先修课程，加强与高等教育相对接，形成一以贯之的人才培养体系，便于 STEM 人才的培养和迅速成长。

第四，STEM 教育是面向所有学生培养综合素质的载体。21 世纪人才最重要的不是知识，而是能力。国际社会提出了 21 世纪技能，各国均出台了相关的关键能力框架，它们在尽管在细节上略有不同，但总的方向基本一致，都强调要培养学生的批判性思考能力，创造力、与人沟通的能力、与人合作的能力等。2016 年教育部发布的《中国学生发展核心素养》总体框架提出了中国

学生的核心素养，包括理性思维、批判质疑、勇于探究、勤于反思、劳动意识、问题解决、技术运用等。STEM 教育倡导在真实的任务中学习，强调在动手实践中学习，这种更加综合的学习将是培养学生这些核心素养的重要途径。

第五，STEM 教育是全社会共同参与的教育创新实践。STEM 教育内涵丰富、涉及面广，贯穿了不同学段，在课程内容和组织形式方面也与传统的学习方式不同，甚至还打破了原有行业机构间的条块分割，这种特征决定了 STEM 教育很难靠任何一方的力量来实现突破。STEM 教育的深入实施一定需要全社会力量的共同参与，政府、企业、高校、研究机构、学校、社会团体等都从不同的角度贡献力量，构建协同创新的 STEM 教育生态，才能保证 STEM 教育从政策措施到课程研发、从活动组织到教学实施的全面落实。

（二）中国 STEM 教育 2029 创新行动计划

为进一步发挥 STEM 教育在促进科技创新和提高国家竞争力中的基础性和先导性作用，我们愿与各方一道，启动“中国 STEM 教育 2029 创新行动计划”，以服务国家创新驱动发展战略为宗旨，坚持“协同、合作、开放、包容、创新”的原则，整合全社会资源，建立由政府部门、科研机构、高新企业、社区和学校相融合的中国 STEM 教育生态系统，打造覆盖全国的 STEM 教育示范基地，培养一大批国家发展急需的创新人才和高水平技能人才。

第一，促进 STEM 教育政策顶层设计。STEM 教育是培养创新人才的一个重要途径，对国家未来发展具有不可忽视的重要作用，因此在国家层面进行相应的顶层设计尤为关键。以美国为例，近三十年来，美国政府连续发布多项关于发展 STEM 教育的指导性文件，在资金保障、社会参与、项目设计等方面给予大力支持，培养了大批 STEM 教育方面的人才，为美国经济发展做出了重要贡献。目前创新驱动已经成为我国的一个重大战略，我们愿与社会各界一道，推动 STEM 教育政策的顶层设计，助力这一战略的全面实施。

第二，实施 STEM 人才培养畅通计划。构建起良好的 STEM 人才培养体系，才能真正实现国家人才建设的可持续发展。对于中小學生，要注重培养学

习 STEM 的兴趣，奠定必要的基础；对于职业学校学生，要引导树立工匠精神，强化 STEM 技能技术训练；对于大学生，要鼓励积极投身 STEM 领域，提高科技创新能力和就业创业能力。总之，要完善 STEM 课程教学体系，促进各学段 STEM 教育的有效衔接，进一步优化 STEM 教育活动，提高相关活动的吸引力、科学性和教育质量，为每一位学生参与 STEM 活动提供保障。

第三，建设资源整合和师资培养平台。我们将组建学校发展共同体，推选优秀学校担任牵头学校，定期组织开展研讨活动，加强校际之间的沟通与交流，促进资源共建共享。加强具有跨学科背景的师资力量的培养，尤其是针对 STEM 教育相对落后地区和群体的师资培训，帮助他们获得多学科 STEM 学习经验，提高关于科学、数学和技术的本质认识和科学素养，并提倡教师们将 STEM 教育融入课堂教学中。成立专业师训平台，吸引全国高校及地区教师培训机构加入共同打造 STEM 师资培训高地。

第四，建设 STEM 课程标准与评价体系。STEM 教育的课程设计强调对知识的应用和对学科之间关系的关注，学生需要不断地评估自身的兴趣点、经验和才能，通过基于现实的项目，在深度和广度上应用跨学科的知识 and 技能。评价过程要改变以往单一的方式，强调多元评价主体、形成性评价、面向学习过程的评价，由学生本人、同伴、教师对学生学习过程的态度、兴趣、参与程度、任务完成情况以及学习过程中形成的作品等进行评估。

第五，努力打造一体化 STEM 创新生态系统。我们将联合政府、学校、高新企业、社会组织等各方力量，建立健全长效合作机制，动员全社会资源在共识基础上积极参与、交流协作和多元投入，共同搭建 STEM 教育的支持体系，建立基于地区特色的 STEM 实践社区，鼓励博物馆、青少年宫、科技馆、数字媒介等社会机构积极开放空间，为学习者提供更加广阔的学习平台。

第六，打造服务教育的教育与人才战略高地。充分调动全社会的积极参与，放宽门槛，鼓励制造型企业、社会团体等多元主体都能够以产学研、战略联盟、联合基地等模式参与到 STEM 教育中来。探索一套“政府主导、企业运营、院校实施”的 STEM 教育模式，进一步将创新人才培养和工程技术教育、创新创业教育纳入到国家科技管理平台的工作框架内，统筹人才、科技和教育等

方面工作，组织开展面向未来的 STEM 教育发展规划和路线图设计。

第七，推广 STEM 教育成功模式。STEM 教育大致分成验证型、探索型、制造型和创造型，学校在实践时可以进行灵活选择和综合应用，因地制宜探索 STEM 教育的最佳实践模式。我们将持续关注各地区 STEM 教育实践的开展，分享优秀实践案例，提供 STEM 教育的相关资源，支持更多群体参与到 STEM 教育中。我们将成立 STEM 教育专家委员会，引入一流的专家指导力量，定期或不定期组织专题培训、项目研讨、实地指导等活动，保证实践探索的良性持续发展。进一步扩大 STEM 教育的试点范围，增加社会参与路径，加强宣传力度和资金投入，将 STEM 教育和学校改革、创客教育、社区实践等结合起来，促进 STEM 教育在更大范围内获得成功。

《中国 STEM 教育白皮书》编委会

咨询专家:

田慧生（中国教育科学研究院院长、教育部基础教育课程教材发展中心主任）

李 普（科技部科技人才交流开发服务中心主任）

赵新力（中国科学技术交流中心副主任）

毕结礼（中国职工教育和职业培训协会常务副会长）

曾天山（中国教育科学研究院副院长）

王 猛（教育部综合改革司体制改革处处长）

邱成利（科技部政策司人才与科普处调研员）

谢光锋（中国科学院学部科学工作局科普处处长）

孙 诚（中国教育科学研究院职业与继续教育研究所所长）

于发友（中国教育科学研究院办公室主任）

陈如平（中国教育科学研究院基础教育研究所所长）

马晓强（中国教育科学研究院教育信息与统计研究所所长）

张振威（中国科学技术协会青少年科技中心副主任）

季士志（中国科协青少年科技中心办公室副主任）

俞俊生（北京邮电大学电子工程学院教授）

王殿军（清华大学附属中学校长）

朱建民（北京市第三十五中学校长）

编委会主任:

王素（中国教育科学研究院 STEM 教育研究中心主任）

执笔人员:

王 素 曹培杰 李正福 康建朝 秦 琳 夏 隽 王晓宁 张永军

审定: 田慧生

编辑: 张永军