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

中国教育科学研究院

2017 年 6 月 20 日

目 录

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

随着移动互联网、物联网、人工智能、智能制造等高速发展，数字高新技术正渗透到我们生活的方方面面，并不断地与不同领域不同产业紧密结合，重构产业内部结构，提升产业效益，推动人类向数字化和智能制造时代迈进。

互联网是数字化时代的关键性技术。十二届全国人大三次会议政府工作报告首次提出“互联网+”行动计划，指出“将推动云计算、大数据、物联网、移动互联网等与现代制造业结合，促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康有序发展，引导互联网企业拓展国际市场”。据有关资料，2016 年全球移动工作者已经达到 13 亿，比 2010 年增长了 13%。2020 年预计互联设备将达到 200 亿数量级，这意味着很多家庭中的家居用品都会关联起来，我们的未来生

活可能发生巨变。2016 年 7 月，人民网研究院组织专家学者撰写的《中国移动互联网发展报告（2016)》蓝皮书正式发布。报告对移动互联网价值创造的路径与模式做了总结提炼。总的来讲，借助移动互联网，内容生产要素被跨空间、跨时间重组；新技术加入进来，丰富了内容形态；新资本也形成聚集，创造了新的生产模式，新价值随之产生。

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，也是“信息化”时代的重要发展阶段。顾名思义，物联网就是物物相连的互联网。这有两层意思：其一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络；其二，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信，也就是物物相息。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算等通信感知技术，广泛应用于网络的融合中，也因此被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。

物联网技术在物流、家庭、医疗、电力、交通、农业、军事等领域都得到了很多应用。物联网技术与工厂生产的结合，催生了智慧工厂。物联网技术应用于生产线过程检测、实时参数采集、生产设备与产品监控管理、材料消耗监测等，可以大幅度提高生产智能化水平。在钢铁行业，利用物联网技术，企业可以在生产过程中实时监控加工产品的宽度、厚度、温度等参数，提高产品质量，优化生产流程。物联网与工厂生产设备的融合，可以对工厂在生产过程中所产生的各种污染源，进行实时监控。把传感器应用到设备、油气管道中，可以感知危险环境中工作人员、设备机器、周边环境等方面的安全状态信息等。物联网应用在智慧工厂，具有相当广泛的应用前景，经济效益和社会效益明显。

人工智能的研究是一个不断努力推动机器智能向前发展的过程。它正在形成“人工智能效应”，即人工智能将一种新技术带入人们的生活，一旦人们习惯了这种技术，它便不再被认为是人工智能。2014 年秋，斯坦福大学发起了人工智能百年研究调研项目，主要考察人工智能的发展现状，展望未来发展潜力并分析其对社会的影响。2016 年 9 月，作为人工智能百年研究中的一部分，斯坦福发布了《2030 年的人工智能与生活》报告。该报告分析了人工智能过去 15 年的发展状况，并预测了其未来 15 年的发展趋势。

该报告认为，随着技术的发展，人工智能将广泛应用于交通、家庭生活、医疗、教育等多个领域。在交通领域，2030 年，飞行器或机器人等人工智能设备将会作为交通工具运用于北美的城市中。人工智能系统还将被应用于执行危险任务的领域。在家庭生活领域，家庭机器人将在北美城市出现并得到推广，它们将在我们的生活中扮演邮递员、清洁员、保安等角色，但由于技术限制和机器设备成本高等原因，初期可能仅限于特定领域。在医疗保健领域，医师通过自动化助手，凭借自身经验和直觉进行诊疗，并根据智能机器的输出结果做出判断。医疗机器人将完成许多医学任务，但无法实现完全自动化，需要人机交互。互动结果将对治疗过程形成反馈，从而形成治疗过程的“闭环”。在教育领域，兼具互动乐趣与学习效果的教学机器人等智能设备可能会得到普及，但并不能完全取代人类教师。如何最佳地整合人机交互与面对面学习将是人工智能在教育领域应用的核心问题。

当前，智能制造成为业界关注的热点。智能制造融合了信息技术、先进制造技术、自动化技术和人工智能技术，它可以实现整个制造业价值链的智能化和创新，是信息化与工业化的深度融合。智能制造俨然成为新的工业革命的象征，正逐步形成新的生产方式、产业形态、商业模式和经济增长点。智能制造包括开发智能产品；应用智能装备；自底向上建立智能产线，构建智能车间，打造智能工厂；践行智能研发；形成智能物流和供应链体系；开展智能管理；推进智能服务；最终实现智能决策。

在过去的 30 多年中，制造业作为增速最快的经济部门之一，一直是我国经济快速增长的引擎，在促进经济增长和吸收就业方面发挥了重要作用。但近年我国制造业增速放缓，经济进入中高速增长的新常态，制造业面临前所未有的挑战和机遇。目前，在全球产业分工中，我国制造业仍处于全球价值链的中段，参与的是较低层次、研发与创新含量较低、增值率较低的国际分工。今后我国制造业要参与更高层次的国际分工和竞争，迫切需要转型升级。

“中国制造 2025”发展规划将在我国制造业转型升级中起到至关重要的推进作用。目前，“中国制造 2025”已制定了一个“1+11”的文件支撑体系，11 个文件包括五大工程落实方案、四个专项规划和两个三年行动计划。五大

工程即智能制造工程、高端装备创新工程、制造业创新中心工程、工业强基工程、绿色制造工程。四个战略性领域专项规划分别是制造业人才发展规划、新材料产业发展规划、信息产业发展规划、医药工业发展规划。两个重要支撑性行动计划是制造业质量品牌提升三年行动计划和发展服务型制造三年行动计划。

21 世纪的人才要在当今复杂世界中维持竞争力，需要具有快速掌握新的知识技能以解决复杂问题、收集和评估信息的能力，尤其是从各种数字媒体中获取信息的能力。各国的教育实践表明，STEM 教育有助于培养学生的科学探究能力、创新意识、批判性思维、信息技术能力等未来社会必备的技能和创新能力，并有可能在学习者的未来生活和工作中持续发挥作用。

数字化时代的到来，进一步推动教学突破时空限制，促进教与学的双重革命，打造了没有围墙的校园，汇聚海量的知识资源，为学习者提供更加优质、多样、个性化的学习支持，推进不同地区、不同群体之间教育的平衡发展，使得教育公平理念从理想走向现实。这一时代背景为发展 STEM 教育提供了良好基础，并深入地改变着教师的教学模式与学生的学习方式。

（二）国际背景

当今世界，全球化趋势深入发展，第四次工业革命如火如荼，科技的飞速发展正在重塑人类社会。知识和技能越来越成为各国参与国际竞争、促进经济发展的核心因素，各国均把技能人才竞争提升到国家战略的高度，这其中，又以科学、技术、工程、数学（STEM）人才的竞争最为关键。

STEM 专业人才对各国抢占第四次工业革命先机，促进制造业的智能升级具有关键作用。发展 STEM 教育有助于各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；更能够助力新兴经济体抓住信息技术和互联网革命带来的发展契机，在新兴产业领域抢占先机，实现经济上的飞跃和赶超。对于所有国家而言，STEM 教育的发展涉及基本的公民科学素养的培养，也关乎劳动者就业能力的提升，对于促进就业、维护社会稳

定、提升公民素质均具有重要意义。

新世纪以来，以美国、英国、德国为代表的主要发达国家，都在国家战略的层面制定了促进 STEM 人才培养的政策措施，加大了对 STEM 教育领域的公共和私人投资，整合政府各个部门、大中小学、企业、科研机构、社区和家庭的力量，共同促进 STEM 教育发展。

2007 年，美国国会通过《国家竞争力法》，提出了应加强 STEM 教育投入。2007-2011 年，美国国家科学委员会先后发表了三份报告，提出了促进 STEM 教育的国家行动计划，将 STEM 教育从大学本科阶段拓展到基础教育阶段，并制定了《K-12 科学教育框架》和《新一代科学教育标准》，从联邦政府到州政府，从基础教育到高等教育，STEM 教育促进项目在美国全面展开。

在英国，一方面 STEM 对于知识密集型经济的重要影响不断凸显，另一方面技能短缺的问题日益突出，科学、技术、工程和数学领域有 43%的技能缺口难以填补。为促进 STEM 教育发展和相关领域人才培养，英国注重相关政策的顶层设计，协调包括政府教育、商业、贸易、就业、国防等各个部门，联合广大专业学会和科研机构、大中小学、企业雇主，共同开展促进 STEM 教育的项目计划。近年来，英国开展了 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。这些计划已经显现出成效，2010 年以来，英国大中学生学习 STEM 专业的人数显著增加，STEM 学科成绩也有所提升，人才缺口问题初步缓解。

作为传统的制造业强国，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。新世纪以来，德国联邦和各州提出了有关数学、信息、自然科学和技术教育和人才培养的多项倡议，启动了一批涵盖从学前教育到高等教育和职业教育的“教育链”全程的 STEM 促进项目。

在芬兰，学生们在 PISA 数学和科学项目测试中优异成绩并没有令政府、教育届人士和社会公众降低对于 STEM 教育的重视程度。相反，如何促进学生对于 STEM 学科的兴趣，帮助学生认识到 STEM 教育与未来职业生涯的联

系，更早地引导和鼓励儿童参与 STEM 学习，同时促进和提升 STEM 教育教学的研究成为近年来芬兰教育发展的重要内容。芬兰政府、大中小学、工商企业、社区、家庭等多方合作，积极推动 STEM 教育发展，推出了以 LUMA 数学和科学教育发展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，在校外针对 3-19 岁的儿童和青少年量身打造 STEM 学习和教育活动，促进 STEM 教育研究和教师发展。

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 教育教学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

从历史的角度看，社会经济转型是生产力发展的必然要求。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。一个国家要想顺利进入高收入国家，就要推动经济与产业结构的升级。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，关键就是要不断深化供给侧结构性改革，深入实施创新驱动发展战略，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，推进优先发展教育，提高教育质量。国际经验表明，国家越是发达，人力资源水平也就越高。在世界主要发达经济体，经济发展和国民财富增长越来越依靠劳动力素质的提高，特别是新的经济增长方式、新的科技创新主要依托于高质量的人力资源和高效益的人力资源开发。人力资源优势，尤其是创新人才和高水平技能人才已经成为跻身世界强国之列的决定因素。

1.经济社会转型发展对人才质量提出更高要求

我国劳动力总量居世界首位，但创新人才和高技能人才的缺乏是教育目前面临的主要问题。根据 2016 年全球创新指数数据，我国每百万人员研发人员数量在 128 个国家中排名第 46，处于中等偏上水平，在扩大高技能人力资源规模方面，仍有很大的发展空间。2014 年 11 月，瑞士洛桑国际管理发展学院首次发布《世界人才报告》，至今已经发布三份年度报告。中国 2014 年排名为 43 名，2015 年为 40 名，2016 年为 43 名，尽管有所浮动，但幅度不大。最新数据显示：我国在发展中国家行列处于相对领先地位（俄罗斯第 41 名，南非第 42 名，印度尼西亚第 44 名，巴西第 45 名，阿根廷第 55 名，墨西哥第 56 名，印度第 60 名），但与主要发达国家还有较大差距（瑞士第 1 名，美国第 14 名，英国第 20 名），人才竞争力不强的问题仍然存在。

2.经济社会转型发展对人才结构提出更高要求

我国现有人力资源队伍中，中低层次人才多，高层次、高技能型人才少，人才队伍结构不合理问题凸显。根据 2016 年《世界人才报告》，我国“熟练工人的可获得性”、“金融人才的可获得性”以及“高级管理人才的可获得性”、“语言人才满足企业需求的程度”、“高级管理人员国际经验”等指标在 61 个国家中全部位列 40 位以后，与我国的第一人口大国和第二经济大国地位形成强烈反差。同时，创新人才培养成效不明显。与主要发达国家相比，具有国际影响力的重大原创成果少，引领科技潮流的大师级人物，基础研究促进经济社会发展的作用少，教育在创新人才培养方面发挥的主导作用急待加强。

3.STEM 教育在促进社会经济转型上具有独特而重要的作用

目前，我国经济社会发展正处于重大转型期，人口结构、经济结构和社会发展方式都会经历深刻的变革。在这个大变革时代，教育肩负着建设人力资源强国的重任，必然要适应社会经济发展的新变化、新要求和新挑战。必须进一步提高教育服务经济增长的能力，加快教育教学内容的更新、教学方式的变革，提高学生的实践能力、创新能力，更多地为区域经济社会发展提供更加适合的

人才。从国际视野来看，STEM 教育已经成为很多发达国家保持竞争力的战略选择。美国发布了名为《培养下一代科学、技术、工程和数学杰出创新人才—选拔和培养美国人力资本》的报告，推动美国 STEM 杰出创新人才的甄别、选拔和培养工作。2016 年美国启动“计算机科学普及计划”，以适应创新经济时代的要求和挑战。2015 年 3 月，日本文部科学省公布了“理工人才培养战略”，旨在通过培养运用新理念与高技能将理论知识转化为实际应用的高产出型理工人才，以打破当前日本劳动力人口不断减少、经济社会发展出现低迷滞后的困境。2015 年 12 月，澳大利亚联邦及各州和地区教育部长在教育委员会会议上签署了《STEM 学校教育国家战略 2016-2026》（National STEM school education strategy 2016-2026），旨在采取国家行动，改进澳大利亚学校的科学、数学和信息技术教学与学习。2016 年起在“国家创新与科学进程”中实施“小小科学家计划”与“让我们学会计算培训计划”，以确保澳大利亚儿童具备未来就业所需的数学与科学技能，培养未来的科学家与数学家。

为此，我们建议把 STEM 教育作为科教兴国的新突破点，紧紧围绕创新驱动发展国家战略，重点关注经济新常态下的人力资源需求变化，以 STEM 教育为切入点，推动教育创新，改革人才培养模式，加强创新人才和高水平技能人才培养，发挥其对中小学教育、高等教育等多个领域的系统性影响，构建政府部门、科研机构、高新企业、社区和学校相融合的教育生态体系。面向“中国制造 2025”重点领域，扩大节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车等战略性新兴产业人才培养规模，打破传统学科、专业局限，加强 STEM 教育在不同学段之间的衔接，加快培养技术创新和社会服务融合发展的复合型人才，为我国社会经济转型提供人才支撑。

（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。据测算，2015 年，我国劳动年龄人口平均受教育年限达 10.2 年，比 2012 年提高 0.4 年；主要劳动年龄人口受

过高等教育的比例达到 15%，比 2012 年提高 1.3 个百分点；新增劳动力平均受教育年限达到 13.3 年，比 2010 年的 12.7 增加 0.6 年。但不容忽视的是，创新人才和高水平技能人才的缺乏已经成为影响我国经济社会实现转型的瓶颈。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。人力资源与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率较大，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。

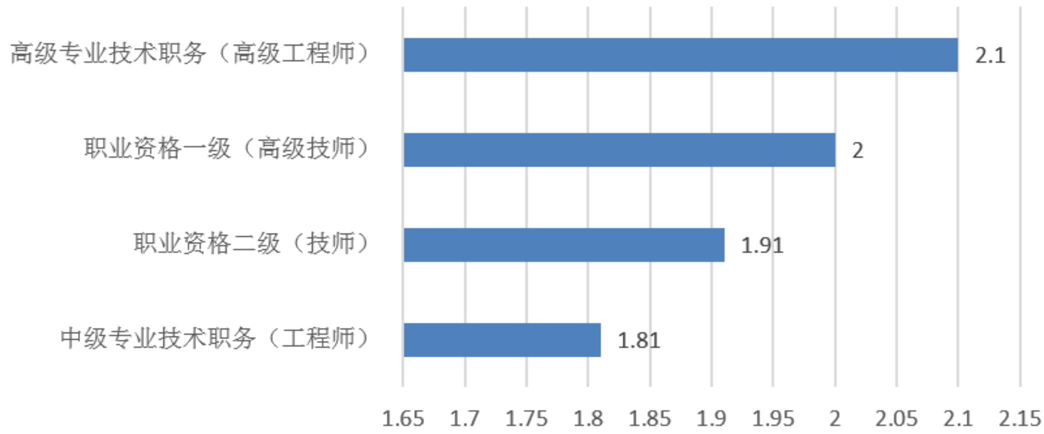

图 1 中国高级技术技能人才需求倍率情况

STEM 教育的提出，使传统的理工科教育不再停留在单一学科内部，通过加强科学、技术、工程、数学等学科之间的联系，打通学科壁垒，采取更加灵活的学习方式，让学习者在真实情境下开展深度学习，有利于创新人才和高水平技能人才的培养。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，很可能会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。

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。目前，我国制造业规模跃居世界首位，形成了门类齐全、独立完整的制造体系，成为支撑我国经济社会发展的重要基石和促进世界经济发展的重要力量。我们针对节能与新能源汽车、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人等十大重点领域[①]，对各行业的人才结构特点进行分析，为我国 STEM 教育的开展提供参考。

1.节能与新能源汽车行业的人才结构

以节能与新能源汽车行业为例，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。随着节能与新能源汽车产业发展形势的不断向好，节能与新能源汽车产业从业人员将呈现紧缺势头。以 2020 年我国汽车产销量 2500 万辆计算，到 2020 年节能与新能源汽车所占比例将达到 12%，到 2025 年，我国汽车产销量将突破 3000 万辆，节能与新能源汽车所占比例将达到 26.7%-33.3%。随着生产性服务业、新兴业态的发展，这一比例将会达到 35%-40%，如按照目前相关专业毕业生人数的增长率进行测算，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。

2.新一代信息技术行业的人才结构

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。每十万人口中信息产业从业人员达到 790 人。从人才总量上看已经满足市场需求。但是，当前的人才培养层次结构不能与市场需求相匹配。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。从我国 IT 产业的人才结构上来看，低、中、

[①]中国教育科学研究院课题组. 制造业十大重点领域多层次人才培养[R]. 北京：中国教育科学研究院，2015.

高端人才的比例约为 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。尽管信息技术行业的从业人员总量很大，但是低层次的从业人员过剩，不仅不能促进整个产业的发展，相反还会加大产业发展的成本；而高级人才的短缺会限制产业的扩张以及整体水平的提升，不利于产业的后续发展。

3.航空航天行业的人才结构

在航空航天行业，从 2005 年到 2014 年，我国培养的航空航天类人才总数累计约为 8.9 万人，其中中等职业人才 1.8 万人、高等职业人才 1.2 万人、本科人才 3.5 万人、硕士及以上人才约 2.4 万人。但是，学生的复合创新能力不高，单一的技术人才充分，而高素质综合能力较强的复合人才略显匮乏。到 2025 年，我国航空航天人才存在一定缺口，将达到约 4.8 万人，与此同时，面对国际竞争加剧、国家发展战略推进、以及产业结构优化升级的新形势和新挑战，航空航天装备的多层次多类型人才培养体系需进一步完善，优化结构，提高素质。

4.高档数控机床和机器人行业的人才结构

在高档数控机床和机器人领域，调研发现，根据不同时期经济发展的需求，在经济高潮时，我国每年数控机床操作人才短缺 30 万人左右，即使在低潮时也面临着 20-25 万左右的缺口。2014 年中国制造业机器人密度达到 35 台/万人，这一数值的全球平均水平是 62 台/万人，日本、德国分别为 332 台/万人和 273 台/万人。我国的机器人密度不仅远低于制造业发达国家水平，也低于世界平均水平。尽管我国某些自主研发的机器人性能、精度等都与世界水平相差不多，卖价也基本相当，但在应用环节，因为缺少操作、维修等专业人才，不少企业“机器换人”步伐缓慢。研究发现，我国市场至少有 150-200 万机器人产业人才缺口。按照世界机器人发展评估标准，在第一轮产业升级中，每 100 台机床要配置 20-25 台机器人，而目前，中国每百台机床只有 3-5 台机器人。如果按照一个机器人配比一个人才，缺口就相当大。

5.海洋工程装备和船舶行业的人才结构

在海洋工程装备和船舶领域，数据显示，我国海洋人才资源总量目前达到201万人，其中中国科学院院士和中国工程院院士50多位，技能人才58.7万，专业技术人才137万，从事与海洋产业相关工作的人员约3000万。人才虽然总量庞大，但并不能完全满足需求，仍然存在很大缺口。据测算，到2020年，海洋人才资源总需求量将超过300万人，其中技能人才需求为79万人。按照目前的增长趋势，人才数量还不能满足行业发展的要求。目前，我国海洋工程装备和船舶领域的人才结构比较完整，包含科技创新人才、企业经营管理人才、工程技术人才、技术技能人才和急需紧缺专门人才。但海洋工程装备和船舶领域存在一定程度的失衡。人才存量绝大部分集中在工程技术和技术技能人才领域，而在海洋工程装备和高技术船舶核心技术领域，我国的高端科技创新人才还相当缺乏，匹配程度不高，企业经营管理人才也存在类似的问题。

6.先进轨道交通装备制造业的人才结构

在先进轨道交通装备制造业领域，截止到2012年全国从事轨道交通、船舶、航空航天以及其他运输设备制造的人员为254.7万人。但是，整体受教育水平偏低，高层次人才短缺。交通运输设备制造业作为技术密集型领域，从业人员受教育水平明显高于制造业总体状况，但与国外相比仍存在较大差距。2010年从业人员规模达到661万人，其中初中及以下文化程度人员占54%，高中28%，大专及以上占18%，而美国制造业大专及以上文化程度的比例高达32%。我国交通运输设备制造业从业人员人均受教育年限为10.8年，明显低于美国制造业从业人员平均13.2年的受教育年限。复合型人才短缺。根据产业迅猛发展分析，轨道交通装备制造业对这类复合型人才的需求将不断扩大。专业技术人员数量偏少。从当前轨道交通制造企业从业人员情况看，本科及以上的专业技术人员占比偏低。交通运输设备制造业中工程技术人员占从业人员比例为6.8%（2010年）。高层次、全方位、专门的研究专家队伍较为缺乏。

7.电力装备行业的人才结构

在电力装备领域，人才培养体系相对完整，人才数量基本够用。2011 年，电力装备领域年末从业人员已经达到 583 万人。2012 年，我国电力装备领域高校本科招生数超过 10 万人。然而，在由制造大国向制造强国迈进过程中，电力装备领域学科、专业设置趋同化较为明显，高校对学生的培养模式单一，教学内容陈旧、人才用非所学严重，复合型创新人才紧缺现象较为明显。随着国家发展战略全面实施，电力装备产业亟需一批科技创新人才、企业经营管理人才以及复合型技术人才。

8.农机装备行业的人才结构

在农机装备领域，农机人才培养的教育体系基本健全，但是招生难的情况比较突出。相比与其他非农学科，多年来，农林院校及农机教育被大多数考生冷落，成为所谓的“冷院校”、“冷专业”。统计数据显示，我国农业装备专业人才的有效供给不足。以农业工程本科生招生为例，有两个表现：一是农机人才培养的规模占普通高等院校工科分大类本科生比例较低。二是与农业工程相关专业每年的招生数、毕业生数和在校生数浮动较大，并不稳定。同时，学科专业趋同，农机复合创新型人才紧缺；培养模式单一，农机人才质量普遍不高；教育内容陈旧，农机人才用非所学。

9.新材料行业的人才结构

在新材料领域，目前新材料领域人才队伍存在如下问题：一是整体数量不足，现有就业人员规模不足以支撑新材料产业的发展；二是科学研究及科技研发人员比例相对较低，高端领军人才不足；三是面向企业需求的工程技术人才和经营管理人才不足，特别是新一代高技能人才以及一线技术人才。从人才供给状况看，近年来我国材料领域人才培养数量稳步上升，但是技术技能型人才培养规模不足。2012 年普通高校材料类专业本科在校生为 20.33 万人，研究生在校生为 4.35 万人，专科及高职在校生 4.53 万人。专业设置与产业发展需

求结合较弱，缺乏特色和前沿性。人才培养存在专业面狭窄、教学内容相对陈旧、实践环节少的问题，造成学生创新能力和工程实践能力薄弱，无法满足材料类企业的用人需求。未来，需要扩大人才培养规模，调整人才培养结构；创新人才培养机制，提高人才适应性；以政府为主导，依靠市场机制，引导校企合作。

10.生物医药及高性能医疗器械行业的人才结构

在生物医药及高性能医疗器械领域，各类人才均十分匮乏，已经被列入多个主要城市的“紧缺人才目录”。其中生物医药最缺研发人才和高级经营管理人才，高性能医疗器械最缺研发人才、经营管理人才、工程技术人才和技术技能人才。欧美发达国家垄断了 90%以上的生物医药及高性能医疗器械技术，我国以中低端仿制产品为主，高端产品严重依赖进口。自主创新研发能力差的一大原因在于科技创新研发人才匮乏。我国生物制药行业大中型企业中，研发人员占比仅为 11%，而韩国约为 27.1%；医疗器械制造研发人员占从业人员的比例为 7.4%。按专家预测的 2025 年产业产值增长幅度，如果生物医药和医疗器械产业以每年 15%的增长速度，人均创造营业收入以每年 10%的增长速度，科技创新研发人才占比达到 20%来计算，到 2025 年，我国仅大中型企业生物制药对科技创新研发人才的缺口约为 6 万人；大中型医疗器械企业对科技创新研发人才的缺口约为 9 万人。

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。随着我国经济发展进入新常态，资源和环境约束不断强化，劳动力等生产要素成本不断上升，投资和出口增速明显放缓，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改革方向。

二、中国 STEM 教育现状

凝心聚力，砥砺奋进——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

在中国，STEM 教育是一个国外引入的概念，2001 年起在科技教育领域就已经开始陆续有对 STEM 教育的引入和介绍。2012 年以后对 STEM 教育的研究开始繁荣，2016 年达到高潮。中国 STEM 教育的兴起有两个重要因素，首先是国家“大众创业、万众创新”的政策。2014 年 9 月李克强总理在夏季达沃斯论坛提出，要在 960 万平方公里土地上掀起“大众创业”“草根创业”的新浪潮，形成“万众创新”“人人创新”的新势态。2015 年李克强总理在政府工作报告又提出：“大众创业，万众创新”。2015 年 1 月李克强总理考察了深圳的柴火空间，从此创客在中国进入爆发式发展时期。创客教育开始在中小

学兴起。影响中国 STEM 教育发展的第二个因素是信息技术的发展。2015 年基础教育地平线报告中在驱动学校应用教育技术的趋势分析中指出，提升科技艺术（STEAM）学习是近期趋势，同时指出教育技术在基础教育创客空间中的应用是近期发展的趋势。2016 年 STEM 和创客教育被写入教育部教育信息化文件。此后 STEM 教育在中国进入蓬勃发展阶段，在教育实践、教育研究和教育政策方面取得显著进展。

1.开创新局面：STEM 教育中国实践正在兴起

中国的学校教育一直以学科教学为主，过去在中国有句俗语："学好数理化，走遍全天下"。这种情况在改革开放的初期一直存在，最优秀的学生会去报考理工科的专业。在中小学数学、物理、化学、生物也一直是比较重要的学科，得到学校和学生的广泛重视。相对比较薄弱的环节是小学科学、劳技、高中通用技术以及科技活动。STEM 教育在世界很多国家都被当成是满足 STEM 产业发展需求，培养创新人才的国家战略。因此，STEM 教育在国外一般都有国家的顶层设计，从高校到中小学具有系统的政策、经费支持、形成完整的社会网络，有连贯的课程和社会组织机构的广泛参与。

但是 STEM 在中国的兴起更多的是国家大政策趋势下的草根行为，各类 STEM 产品公司是力推 STEM 教育活动和进行学校课程的主力军。所以目前 STEM 教育在中国的实践呈现出零散的多样化的态势。

（1）各地积极探索 STEM 教育推进方式

2015 年深圳市出台《深圳市中小学科技创新教育三年行动计划（2015-2017 年）》。该计划提出要大力推进 STEM 课程，通过择优引进与自主开发相结合，探索形成适合深圳市学生需求和中小学衔接的 STEM 课程体系，促进科学、技术、工程和数学知识的融合，引导学生以问题为导向，在观察、提问、设想、实验等探究过程中形成良好的创新素养。根据该计划，到 2017 年，深圳市中小学普遍开设 STEM 课程，培育形成 30 个以上具有深圳特色的 STEM 项目。同时深圳市还出台了《深圳市中小学创客教育课程建设指南（试行）》和《深圳市中小学创客教育实践室建设指南（试行）》。这是目前我国地方政府

文件中对于 STEM 教育比较系统的一个省市。

2016 年江苏省教育厅和江苏省科协联合下发《关于开展科学、技术、工程、数学教育项目试点工作的通知》，并在全省开展了试点学校申报和 STEM 教师培训工作。

2016 年成都市发布《中共成都市委教育工委成都市教育局 2016 年工作要点》，提出引导中小学开展"STEM"教育，培养学生科学素养、创新精神和创造能力。

（2）一批 STEM 教育机构健康发展

目前，社会上涌现出了很多有影响的 STEM 教育机构，如上海 STEM 云中心、柴火空间、鲨鱼公园、寓乐湾等。

上海 STEM 云中心借助上海市科协专业协会、学会、研究会的支持，依托华东师范大学及国内外高校、科技企业的资源，为学校提供云平台、STEM 课程研发、授课、STEM 素质综合测评系统等服务。目前该云中心有 80 多门课程，进入了 200 多家学校。[①]

柴火空间为学校提供创客空间解决方案和课程服务。2015 年，在柴火创客创新教育计划发布会上，柴火创客空间与 42 所学校签约，并计划在未来的三至五年内，与数百所学校建立合作关系，为学生们提供一个可以将创意转为现实的梦想平台。[②]鲨鱼公园是针对低龄儿童的校外 STEM 教育机构。寓乐湾是一家专注于创客教育的机构，目前向 2000 多所中小学提供课内及课外的创客教学及产品服务。[③]这类企业目前非常多。

此外还有一些民间组织活跃在 STEM 教育领域。例如，中国 STEM 教育协作联盟是推广、普及 STEM 教育的公益组织，致力于支持学校发展科学课程、帮助学生发展创新能力，推动建立适宜于 STEM 科学教育发展的社会协同机制[④]。中国教育学会也成立了科创教育联盟，联盟将致力于借鉴发达国家有益经验，结合中国国情，打造具有中国特色的 STEAM（集科学、技术、工

[①]参见：http://www.stemcloud.cn
[②]祁琦.柴火创客空间与 42 所学校签约[N]. 深圳商报，2015-06-20（A02）.
[③]参见：http://www.stemedu.cn/html/gywm/yyljj/
[④]中国 STEM 教育协作联盟学术研讨会成功举办[EB/OL].(2016-11-21)[2017-06-03]. http://learning.sohu.com/20161121/n473721875.shtml

程、艺术、数学于一体的综合教育）课程及评价体系[①]。各地成立的各类创客联盟或者类似机构也非常多。这些机构活跃在中国的 STEM 教育舞台上，以各种不同方式推动了中国 STEM 教育的发展。

（3）STEM 教育方法得到推广

STEM 教育在学校中是一项跨学科的教育，学生应该在真实的任务中学习，项目式学习应该是主要学习方式。科创教育联盟的调查结果显示，39%教师在上课时使用任务驱动法，37%教师使用讲授法，34%教师使用问题探究法、案例教学法。除此之外项目教学法、讨论法等教学方法也会运用到，并且大多数教师会在上课时交叉使用这些教学方法。相对来说，模拟教学法和发现教学法，使用相对较少。这些联盟学校基本上是中国最优秀的高中，对于大部分学校来说，教师基本掌握了项目式学习方式。

（4）STEM 主题实验室落户中小学

从科创教育联盟的 60 所高中学校里的理工科类实验室种类（见表 1），可以看出，除国家课程要求的学科实验之外，这些高中还配备了一些个更高深的实验室，这些实验室可以和高校有更紧密地联系，甚至课程和教师都有高校或者研究机构提供。这也是未来 STEM 教育发展的趋势之一，与高校建立更紧密地联系，充分利用高校和研究机构的资源开展 STEM 教育。

表 1 科创教育联盟理工类实验室类型

化学	纳米与化学可视化实验室
地理	地理信息实验室、地理 GPS 实验室、天文大数据实验室、风洞实验室
物理	高中物理通用实验室、初中物理通用实验室、物理综合实验室
计算机	计算机科学实验室、信息技术前沿实验室、空间信息技术实验室
生化	生化实验室、能源系统实验室
生物	生物学分子实验室、互动显微镜室、生物通用实验室
数学	数学建模实验室、DIGIT 数字实验室
综合	系统思考实验室、创客空间

[①]赵婀娜、赵丹. 中国教育学会科创教育联盟成立[EB/OL].（2017-03-27）[2017-06-02]. http://edu.people.com.cn/n1/2017/0327/c367001-29171480.html

智能	自动化机器人实验室

2.支撑新发展——中国 STEM 教育研究呈逐渐繁荣的态势

（1）研究数量迅速攀升

在中国知网以“STEM 教育”为关键词进行搜索，时间从 2001 年 1 月到 2017 年 5 月共获得 682 条相关记录。可以看出 STEM 教育研究在中国过从无到有的发展过程，以及爆发式的增长。中国的 STEM 教育研究是从 2012 年以后开始发展的，2016 年出现一个爆发式的发展。

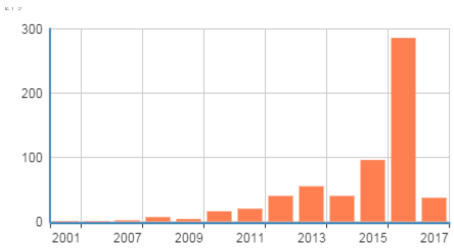

图 2 中国 STEM 教育研究数量变化

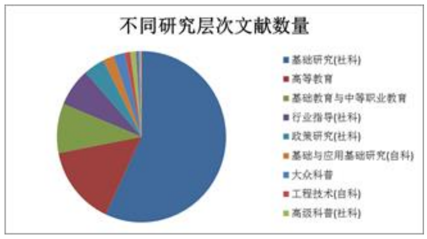

图 3 中国 STEM 教育研究层次

（2）研究层次以基础研究为主流，同时呈现多样化的态势

在相关的研究文献中，有 213 篇属于基础研究（社科类），高等教育 56 篇，基础教育 25 篇，行业指导 27 篇，政策研究 15 篇。比较早期的研究是华东师范大学范燕瑞的硕士论文《STEM 教育研究》，被下载了 284 次。还有很大一部分文章是介绍美国的 STEM 教育，涵盖了人才战略、政策、测评、课程、工程教育、创客等方面。对国内 STEM 的相关研究不是很系统，关注主题多集中在课程、教学、技术的操作层面，也有一些学者从人才培养的角度进行了探索。如赵中建《STEM 视野中的课程改革》（2014），余胜泉《STEM 教育理念与跨学科整合模式》（2015），杨晓哲《数字化时代的 STEM 教育与创客教育》（2015），叶兆宁《集成式 STEM 教育：破解综合能力培养难题》（2015），江丰光《连接正式与非正式学习的 STEM 教育——第四届 STEM 国际教育大会述评》（2017），冯华《STEM 教育视野下的综合课程建设》（2016），赵兴龙《STEM 教育的五大争议及回应》（2016）等。

（3）华东师范大学发布的相关文论数量最多

华东师范大学发表的STEM教育相关研究的论文数量远远超出其他单位。华东师范大学的硕士和博士论文有很多是针对 STEM 教育的研究，如范燕瑞《STEM 教育研究》（2014 硕士论文），徐海莹《美国 STEM 教育监测的指标体系研究》（2015 硕士论文），杨亚平《整合性 STEM 教育理念下工程类高职数学教学模式的建构》（2016 博士论文）。这些对 STEM 教育的研究相对比较系统，赵中建教授又组织出版了《中小学 STEM 教育丛书》，应该是国内对 STEM 教育研究比较成体系的。

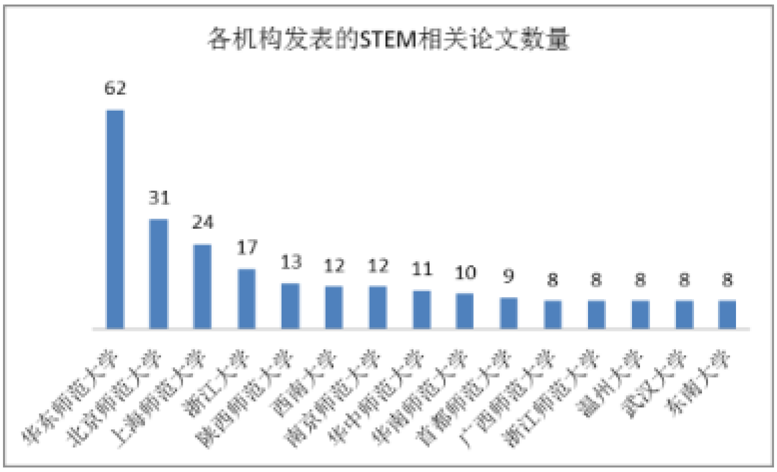

图 4 中国各机构发表的 STEM 相关论文数量

（4）研究类别主要集中在教育理论、中等教育和高等教育方面

中国 STEM 教育类别最多的为教育理论与教育管理，占比 36%；其次为中等教育，占比 24%；排在第三位的为高等教育，占比 15%。

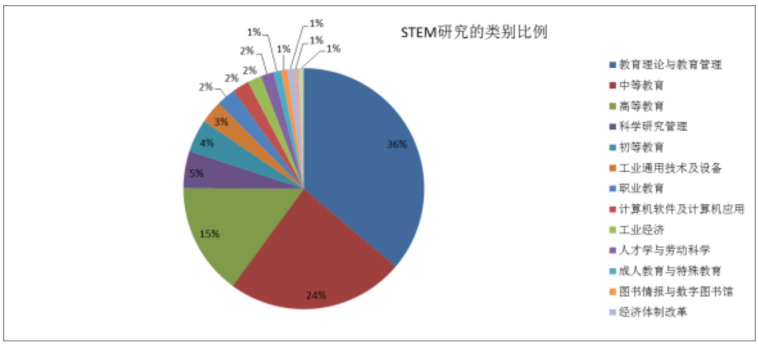

图 5 中国 STEM 教育研究类别比例

（5）在研究内容上创客与 STEM 研究相互交织，美国 STEM 教育研究占很大比重

美国是最早开始重视 STEM 教育的，而且有系统化的政策、课程、师资培训以及资金的配套。所以中国在开始做 STEM 教育的时候主要会先从研究美国开始，并进行了很多的引进工作。

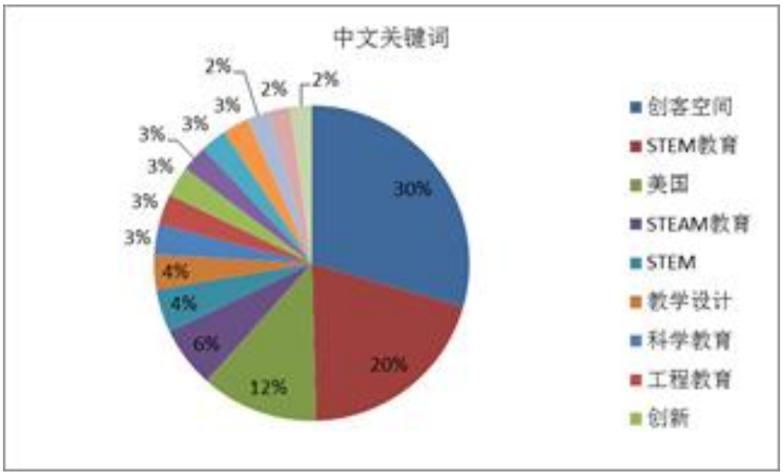

图 6 中国 STEM 教育研究内容比例

3.明确新定位——STEM 教育纳入国家战略发展政策

虽然 STEM 的概念在近几年才成为我国教育界的一个热点，但这并不意味着 STEM 教育在我国是一个全新的领域。因为 STEM（或 STEAM）教育是“一种重实践的跨学科政策的教育理念和教育模式”[①]。STEM 具有跨学科、趣味性、体验性、情境性、协作性、设计性、艺术性、实证性、技术增强性等九个特征。在跨学科整合上，有“学科知识整合取向”、“生活经验整合取向”、“学习者中心整合取向”三种类型。[②]据此，总结我国 STEM 相关教育政策，可以发现具有以下几个特点。

国家科技战略政策融入 STEM 教育理念。与其他国家不同的是，虽然我国没有把 STEM 教育这一概念写入到国家的有关发展战略中，但是在一些战略性政策中，特别是科技战略政策中将 STEM 教育的理念融入了其中。例如，

[①]钟秉林. STEAM 教育如何本土化[N].人民政协报，2017-04 -05（009）.
[②]余胜泉,胡翔. STEM 教育理念与跨学科整合模式[J]. 开放教育研究，2015，(4）:13-22.

2006 年《国务院关于实施<国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）>若干配套政策的通知》中指出，“大力倡导启发式教学，注重培养学生动手能力，从小养成独立思考、追求新知、敢于创新、敢于实践的习惯。切实加强科技教育。”[1]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：“科学素质决定公民的思维方式和行为方式，是实现美好生活的前提，是实施创新驱动发展战略的基础，是国家综合国力的体现。”该文件还提出，在义务教育阶段要基于学生发展核心素养框架，完善中小学科学课程体系，研究提出中小学科学学科素养，更新中小学科技教育内容，加强对探究性学习的指导；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，同时规范学生综合素质评价机制，促进学生创新精神和实践能力的发展。[2]

科学教育政策重视 STEM 教育。综合课程是我国 STEM 教育早期实施途径，新时期则为科学课程。从相关的政策文本来看，早期我国的 STEM 教育更多的体现在对综合课程的倡导上。1999 年《中共中央国务院关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定》提出要改变课程过分强调学科体系、脱离时代和社会发展以及学生实际的状况，加强课程的综合性和实践性，重视实验课教学，培养学生实际操作能力。[3]2001 年《国务院关于基础教育改革与发展的决定》则更是明确提出“小学加强综合课程，初中分科课程与综合课程相结合，高中以分科课程为主”的改革。[4]这里的两个文件虽然都没有提及 STEM 教育，但是所提出的课程改革的理念与 STEM 教育是一致的。例如，在内容上，按照 2010 年教育部征集基础教育课程改革教学研究成果时对综合课程的解释，其包括“科学、历史与社会、艺术等”。而在具体的教学形式上，前述文件所强

[1]国务院关于实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》若干配套政策的通知[EB/OL].(2016)[2017-05-31].
http://www.gov.cn/zwgk/2006-02/14/content_191891.htm
[2]国务院办公厅关于印发全民科学素质行动计划纲要实施方案（2016-2020 年）的通知[EB/OL].(2016-03-14)[2017-05-31]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-03/14/content_5053247.htm
[3]中共中央国务院关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定[EB/OL]. (199-06-13)[2017-05-31].
http://www.moe.edu.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/moe_177/200407/2478.html
[4]国务院关于基础教育改革与发展的决定[EB/OL].[2017-05-31].
http://www.moe.edu.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/moe_16/200105/132.html

调的与真实生活相联系、注重实践性与动手能力等与 STEM 教育的主张也是一致的。从新时期的政策来看，我国 STEM 教育的实施则更多体现为科学课程。例如，按照 2017 年教育部印发的《义务教育小学科学课程标准》，小学科学课程的内容主要包括物质科学、生命科学、地球与宇宙科学、技术与工程四个领域，同时该标准指出，小学科学课程是一门实践性课程、也是一门综合性课程。另外，小学科学课程要与并行开设的语文、数学等课程相互渗透，促进学生的全面发展，其实施的主要形式为探究活动。倡导跨学科学习方式，介绍了 STEM 是一项以科学、技术、工程、数学有机融为一体，以项目学习、问题解决为导向的课程组织方式，有利于学生创新能力的培养，建议教师可以在教学实践中尝试 STEM 教育。①

教育信息化政策明确 STEM 教育发展任务。STEM 教育是教育信息化内涵发展的重要方式，明确 STEM 教育发展任务成为教育信息化新战略、新规划的重要内容。从目前的国家政策来看，STEM（或 STEAM）的概念均出现在信息化相关的文本中。2015 年，教育部在《关于“十三五”期间全面深入推进教育信息化工作的指导意见（征求意见稿）》中首次提出要“探索 STEAM 教育、创客教育等新教育模式”②；2016 年教育部在《教育信息化“十三五”规划》进一步要求：“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，着力提升学生的信息素养、创新意识和创新能力，养成数字化学习习惯，促进学生的全面发展，发挥信息化面向未来培养高素质人才的支撑引领作用。”③这反映出，目前我国 STEM 教育政策是与信息技术密切联系在一起的，利用信息技术手段是我国推进 STEM 教育的一个重要政策主张。

①教育部关于印发《义务教育小学科学课程标准》的通知[EB/OL]. (2017-02-06)[2017-05-31]. http://www.moe.edu.cn/srcsite/A26/s8001/201702/t20170215_296305.html
②教育部办公厅关于征求对《关于“十三五”期间全面深入推进教育信息化工作的指导意见（征求意见稿）》意见的通知[EB/OL]. (2015-09-02)[2017-05-31]. http://www.moe.edu.cn/srcsite/A16/s3342/201509/t20150907_206045.html
③教育部关于印发《教育信息化“十三五”规划》的通知[EB/OL].(2016-06-07)[2017-06-02]. http://www.moe.edu.cn/srcsite/A16/s3342/201606/t20160622_269367.html

（二）问题与挑战

STEM 人才不能满足经济社会发展需要是 STEM 教育面临的根本问题和终极挑战。高级技能人才和创新人才的匮乏已经成为我国经济社会发展的瓶颈。人力资源与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率较大，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。汽车产业、信息技术产业、航空航天行业、高档数控机床和机器人领域、先进轨道交通装备制造业领域、新材料领域、生物医药及高性能医疗器械领域等普遍存在人才培养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略显匮乏、人才总量缺口较大等问题。

1.缺少 STEM 教育国家战略高度的顶层设计

目前，STEM 教育在中国仅仅在教育部信息化文件中提到，这远远与 STEM 教育在国家发展中的重要性不相匹配。中国的《国家创新驱动发展战略纲要》提出要在 2020 年建成创新型国家。目前我国在全球竞争力中排名 28，在各项指标中我们排名比较靠后的指标为：技术准备度排名 74，高等教育与培训排名 54，创新排名 30。[①]在全球创新指数排名中，中国排名 25。《中国制造 2025》规划已经进入到实施阶段。教育部、人力资源社会保障部、工业和信息化部联合印发了《制造业人才发展规划指南》。据预估，到 2025 年，中国的新一代信息技术产业人才缺口 950 万，高档数控机床和机器人产业人才缺口 450 万，电力装备产业人才缺口 905 万，新材料产业人才缺口 400 万，节能与新能源汽车产业人才缺口 103 万。[②]

STEM 教育对于实现我国建设创新型国家和制造业 2025 规划都具有非常

[①]The World Economic Forum. The Global Competitiveness Report 2016–2017[R/OL]. [2017-06-02]. http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf

[②]《中国制造 2025》进入实施阶段，这几个行业人才缺口最大[EB/OL].（2017-02-16）[2017-06-02]. http://mt.sohu.com/20170216/n480899722.shtml

重要的意义，因此必须提高到国家层面来看，而不能仅仅把 STEM 教育作为教育内部的一种理念和方法。而目前缺少国家层面的顶层设计。必须要站在国家创新人才培养的高度来看问题，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 教育的开展。

2.社会联动机制不健全

STEM 教育是国家的事情，需要动员全社会的力量推进，而不仅仅是教育部门的事情。所以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。目前中国的 STEM 教育各自为战，尽管也形成了一些联盟，但是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。

3.缺少打通学段的整体设计

STEM 教育作为人才培养战略，需要根据未来人才的需求通盘考虑人才的培养，才能真正见到实效。人才的成长是从小到大以一贯之的，根据不同的年龄段的身心发展特点，提供最恰当的内容与方式，并且保证人才培养目标的连续性，内容、技能、方法的叠加性，而不是割裂的教育。目前我国的 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 的内容设计，但是到了初中没有相应的延续课程，到了高中也没有，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，没有系统。高等教育与基础教育没有衔接，职业教育与高等教育也没有衔接，基础教育与职业教育也没有衔接。这样凌乱的 STEM 教育内容不利于人才的系统性培养和叠加效果的产生。因此，STEM 教育要打通学段做系统性的整体设计。

4.标准与评估机制尚未建立

STEM 教育是面向青少年的教育，也是也进入学校的教育，因此什么样的课程能够进入学校，期望取得什么样的效果，开展的众多 STEM 教育项目是

否达到了预期的效果，最终培养的 STEM 人才数量是否与国家的发展需求相匹配，高等教育和基础教育应该做什么调整都应该有相应的标准和评估。只有这样才能保证 STEM 教育有效健康的发展，而不会乱象丛生、鱼龙混杂。目前中国的 STEM 教育还处于发展初期，所以相应的标准和评估机制都还没有建立起来，急需改进这一现状。

5.STEM 教育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课程，所以技术工程类教师在学校几乎没有。科创教育联盟对其 57 所会员学校进行了一项 STEM 教育的调查，结果显示：27%的老师认为教师专业教学能力是制约 STEM 课程教学的最大瓶颈。27%的老师对课程结构设置不甚了解。26%的老师认为学校实训的设施和实验室不足。10%的老师分析学生状况不理想。10%的老师认为现行的《信息技术》、《通用技术》等课程不适合现行的教学和学生学习。[①]目前小学科学课增加了 STEM 内容，而且从一年级开始开设，对于小学来说面临着双缺口的问题，第一，科学教师的数量严重不足，第二，现有的科学教师也不能胜任 STEM 内容的教学。对于初高中来说，如何开展 STEM 教育，是以随意的选修课内容出现，还是以系统化的课程群的形式出现？无论哪种情况，都面临着谁来任课的问题。所以，培训教师是当务之急，但是培训教师有何依据？如何培训？目前的现状是有些地区从各国外引进一些培训课程，或者自己开展一些相应的培训。对于教师的专业成长来说还需要提供系统化的专业发展指南，这样培训才能有依据，而不是随意而行。将来的 STEM 教师专业发展需要有科学依据和理论支撑的分级培训，这样才能有效地解决当前 STEM 教师师资缺乏的问题。

6.缺乏国家项目示范引领

中国目前国家倡导的科技类活动和项目，主要是全国青少年创新大赛、全

[①]夏隽.STEM 教育现状调查报告[R].2017.4

国未来工程师博览与竞赛、还有一些科技体育类的项目和机器人竞赛项目。这些项目都在某种程度上丰富了学生的科技活动，在倡导理念、推进实践方面发挥了作用。但是这些项目都由各部门分别组织，没有形成整体。作为国家层面的 STEM 教育，还需要设计一些国国家倡导的示范项目，能够在全国范围内推动 STEM 教育的有效开展。这些示范项目不仅仅局限在竞赛活动上，还应该包括课程开发、教师培训等方面，从而形成系统性。

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、理应创造时机，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，而首先采用的缩略语字母是 METS 而不是 STEM。因 NSF 项目负责人不喜欢这个首字母缩写，建议修改。后来就演变成了 STEM。使用首字母缩略词的第一个 NSF 项目之一是 STEMTEC，1998 年资助的马萨诸塞州阿姆赫斯特大学的科学，技术，工程和数学教师教育合作组织。[①]

[①]参见：https://en.wikipedia.org/wiki/Science,_technology,_engineering,_and_mathematics

对 STEM 教育并没有一个公认的完整定义，每个国家和组织对其理解不同，都会衍生出不同的内涵来。在美国，STEM 是保持国家竞争力的战略，2006 年 1 月 31 日，美国总统布什宣布了《美国竞争力计划》。布什提出主动解决联邦政府在 STEM 领域支持教育发展和各级学术进步方面的不足。要求联邦大量增加先进的研发计划的资助（包括通过美国能源部对物理科学进行高级研究的联邦资助支持的一倍），以及增加美国高等教育中 STEM 学科的毕业生。英国提出 STEM 教育的初衷就是发现在高等教育中存在一些脆弱而重要的学科，STEM 学科首当其冲，英国认为这些学科的发展关系到英国的安全和未来。激发青少年对 STEM 学习的兴趣，提高高等教育中学习 STEM 专业的人数，满足英国经济发展中 STEM 产业的人员缺口是英国 STEM 教育的主要诉求。其他国家重视 STEM 的原因大同小异。

当然 STEM 教育不仅仅是满足了人才培养的数量需求，同时在提高人才质量上也发挥重要作用。在美国，STEM 是一个综合学科或者综合项目，STEM 学习的主要方式是项目式学习，因此对于培养学生跨学科解决问题的能力，培养学生的 21 世纪技能，包括批判性思考能力、创造力、合作能力、沟通能力等都能发挥作用。因此 STEM 教育作为课程、作为学习方式、作为学习环境、作为非正式学习在学校层面得到推广。

近些年 STEM 教育也有很多不同的扩展，主要扩展如下[①]：

STM（科学，技术和数学;或科学，技术和医学）;

eSTEM（环境、科学、技术、工程、数学）;

iSTEM（Invigorating 振兴科学，技术，工程与数学），确定了教授 STEM 相关领域的新途径；

METALS（STEAM +逻辑）由苏苏在哥伦比亚大学教师学院引入；

STREM（科学，技术，机器人，工程与数学），添加机器人作为一个领域；

STREM（科学，技术，机器人，工程和多媒体），添加媒体作为一个领域；

STREM（科学，技术，阅读，工程和数学），添加阅读领域；[②]

[①]参见：https://en.wikipedia.org/wiki/Science,_technology,_engineering,_and_mathematics

[②]这个缩略语 WIKI 中没有收入，但是近些年在中国流传是美国的新动向。ITEEA 会议中提到过这种说法。

STEAM（科学，技术，工程，艺术和数学）；

STEAM（科学，技术，工程和应用数学）;更多关注应用数学；

GEMS（工程，数学和科学女），用于鼓励女性进入这些科学领域的计划；

BEMS（男子工程，数学和科学），用于鼓励男性进入这些科学领域的计划；

STEMM（科学，技术，工程，数学和医学）；

AMSEE（应用数学，科学，工程和创业）。

这些不同的扩展反映了各国和机构对 STEM 的不同理解与需求，因此会在大框架之下根据需要不断的调整内容和含义。

中国为什么要开展 STEM 教育呢？大背景是中国要在 2020 年建成创新型国家，中国要实现产业的升级，要在重点科研和产业领域实现突破。而现实是我们也同样面临着人才的不足，我们需要加快培养新兴产业的专业技术人才，同时，所有的人在未来的教育中都应该具备 21 世纪技能。教育部在 2016 年发布了《中国学生发展核心素养》总体框架，提出我们要培养在未来社会具有核心竞争力的人才。目前，中国中小学教学以学科教育为主要方式，理科、数学学科由于是考试科目，在学校中受到重视。但是技术、工程、特别是与未来发展密切相关的计算机编程等科目在中小学中基本没有。高等教育和职业教育中相关专业与未来国家发展相适应也需要做一些调整。所以，STEM 在中国的背景下应该具有独特的内涵。

STEM 教育在中国应该包含几个层面的含义：

1.STEM 教育应该纳入国家创新型人才培养战略

STEM 教育在中国首先应该是国家创新人才培养战略的一部分，要服务国家竞争力提升和产业发展的需求。创新驱动是国家发展的核心动力，新一轮的技术革命将重塑世界竞争格局。我国能否在新一轮的国际竞争中脱颖而出，取决于我们能否拥有足够的具有国际竞争力的创新人才。但目前我们距世界发达国家还有差距。[①]“我国许多产业仍处于全球价值链的中低端，一些关键核

[①]中共中央国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》[EB/OL].（2016-05-20）[2017-06-02].http://politics.people.com.cn/n1/2016/0520/c1001-28364670.html

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，我国支撑产业升级、引领未来发展的科学技术储备亟待加强。适应创新驱动的体制机制亟待建立健全，企业创新动力不足，创新体系整体效能不高，经济发展尚未真正转到依靠创新的轨道。科技人才队伍大而不强，领军人才和高技能人才缺乏，创新型企业家群体亟需发展壮大。”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，并有吸纳世界优秀人才来华的政策。这样我们才能在人才竞争中保持优势，实现中华民族的伟大复兴之梦，早日建成创新型国家。

2.STEM 教育是一场国家终身学习活动

STEM 教育对于国家来说，不仅仅是人才战略，同时也是一场浩大的国家终身学习活动，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。通过 STEM 教育使科技能够惠民、富民。

2016 年教科文发布了《变革我们的世界：2030 年可持续发展议程》报告（Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development），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”。报告指出，未来的社会将是一个全民终身学习的社会，学习与工作将不会被截然分开，正规学习与非正规学习的界限会变得更加模糊。技术的快速发展迭代，产业的升级更新，不仅仅改变了人们的工作，而且改变了人们的生活。因此，STEM 教育不仅仅是培养 STEM 产业人才，同时也是让每个公民都具有 STEM 素养，能够适应社会的发展，能够自如的应对科技带来生活变化，并能够运用科技知识和技能保持生命的健康，过上幸福生活。

3.STEM 教育是跨学科、跨学段的连贯课程群

对于学校教育来说，STEM 应该是贯穿幼儿教育到高等教育而整体设计的

课程群。STEM 教育包括 STEM 学科课程和综合课程，学生从小学习 STEM 课程不仅仅需要建立起系统的知识结构，培养思维习惯，掌握思维方法。同时，通过综合性的 STEM 课程，培养学生运用所学知识，创造性解决问题的能力。完成这些目标，不是单一的课程能够解决的，因此，STEM 一定是一个系统化设计的课程群，打通学段设计，才能保证知识结构的建立和系统思维方法的培养。零散的动手操作活动无法解决知识结构和思维方法建立的问题。

按照中国现有的课程体系，技术、工程类课程和综合类课程缺失和不足，因此，STEM 课程设计需重点突出技术、工程类学科，特别是高中阶段完全可以与大学的学科打通，设置一些工程类学科，这样也便于与高等教育的人才培养相对接，便于高等教育按照专业对人才素质的要求选拔优秀人才，形成从小到大一以贯之的人才培养体系，便于人才的培养和迅速成长。

4.STEM 教育是面向所有学生的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，尽管在细节上会略有不同，但是总的来说基本一致，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。人工智能的兴起，将会使未来的社会和职业发生巨大变化，未来的人需要更加具有审美能力和创造力，能够具有共情能力，能够与人合作。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六大核心素养“人文底蕴”、“科学精神”、“学会学习”、“健康生活”、“责任担当”、“实践创新”和十八项具体的指标，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 教育的重要学习方式是项目式学习，强调在真实的任务中学习，强调在动手实践中学习，这样的学习过程是培养学生团队合作、解决问题、理性思维、批判质疑、勇于探究、技术运用的最好载体。而 STEM 的扩展还可以包括艺术和人文，因此，STEM 教育是培养学生核心素养的最好载体。

5.STEM 教育是全社会共同参与的教育创新实践

STEM 教育的内涵很丰富，涉及到人才培养，社会活动、各级各类教育，产业等多方面，覆盖人群全口径，因此 STEM 教育的实施必须是全社会共同参与。政府、企业、高校、研究机构、学校、社会团体、甚至包括军队都与 STEM 教育密切相关，都能从不同的角度贡献自己的力量，以保证 STEM 从政策到内容的研发，从活动组织到内容实施都能得到相应的支持和落实。而且 STEM 教育自身也是一项不断发展变化的事物，它打破了原有的行业机构间条块分割，贯穿了教育自身纵向的断裂，在内容和形式方面也与原有的传统学习方式不同，是不断更新的创新实践。STEM 教育的实施过程既有互联网的互通互联、分享、众创的特性，又聚集了一批双创企业，所以 STEM 教育是全社会共同参与的教育创新实践。

（二）中国 STEM 教育 2029 创新行动计划

1.行动背景

全球化加速了创新驱动经济发展升级，刺激美国将 STEM 教育提升到了国家战略高度，并通过立法提升全民的 STEM 素养。各国的 STEM 教育实施对中国开展 STEM 教育、发展科学教育和培养创新型人才具有启示作用。借鉴先进国家 STEM 教育成功经验，中国需要走教育本土化路线，加强学校教育各学段中科技创新人才培养体系的连贯性，强化政府在教育与人才战略中的积极导向作用，加快立法建设，鼓励企业界等社会单元积极参与到教育发展与人才建设的工程中。

我们，全体行动组成员，一致认为，中国 STEM 教育应该受到各阶层的广泛关注。基于一体化全方位立体式的建设模式，STEM 教育发展迅猛，也将带动课程建设与评价、教师教育、职业教育等变革，对国内教育改革、经济发展、社会公平和人力资源储备将产生积极的影响。在促进经济发展、支持就业、创业和结构改革、提高生产力和竞争力、为公众提供优质服务及应对全球挑战等方面发挥至关重要的作用。全体行动成员旨在通过卓有成效的行动推动创

新，促进经济可持续发展，夯实未来发展基础。

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："科学素质决定公民的思维方式和行为方式，是实现美好生活的前提，是实施创新驱动发展战略的基础，是国家综合国力的体现。"该文件还提出，在义务教育阶段要基于学生发展核心素养框架，完善中小学科学课程体系，研究提出中小学科学学科素养，更新中小学科技教育内容，加强对探究性学习的指导；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，同时规范学生综合素质评价机制，促进学生创新精神和实践能力的发展。贯彻落实这一文件精神，我们充分意识到在已有合作论坛框架下开展创新对话对于促进驱动发展、整合资源及助力中国经济特别是制造业蓬勃可持续发展的重要性。

我们即将推出的《中国 STEM 教育 2029 创新行动计划》，是专家学者们共同针对中国国情所提出的对未来十余年 STEM 教育的展望，对 STEM 教育普及具有非常明确的指向性，也将提供具体实例来帮助应对目前 STEM 教育所存在的挑战。该报告将强调参与机构的普及性，呼吁吸纳更多的社会力量协同开展 STEM 教育创新；提倡 STEM 教育能够惠及全体学生，尤其是特殊群体学生；希望能够培养创新思维和科学探究的能力，通过注重学习过程的测量改变评价方式和创新培养模式。该行动计划对我国的 STEM 教育发展规划和研究定位将具有非常深远的影响和意义。

2.指导原则

我们，全体行动组成员，在推动学术交流与研究合作的过程中将遵循以下原则：

协同。中国教育科学院 STEM 教育研究中心鼓励增强各行动组成员创新体系内的协同合作，构建活力、合作、包容的新 STEM 生态系统。支持市场竞争、可预测性以及良好的基于实证的政策制定和监管问责机制。

合作。行动组同意通过政策对话、共享最新案例和经验以及应对全球的共同挑战来鼓励全面的合作方式。我们也充分意识到企业界在 STEM 共同研究

中发挥的重要作用，包括公私伙伴关系以及大型企业与中小企业间的伙伴关系。

开放。我们将支持在各方同意的情况下，自愿推动知识扩散和技术转移。据此，行动组将支持采取适当措施，推动开放科学，在可找寻、可访问、可交互、可再用（FAIR）的原则下，提高获取公共财政资助 STEM 研究成果的便利。此外，我们还强调在更为开放的体制下，通过知识产权保护和提高公众科学素养对推动 STEM 教育的重要性。

包容。行动组将致力于依靠包容创新，鼓励采取行动尽最大可能为包括贫困及少数民族地区提供 STEM 教育和其它机遇，努力减少极端贫困地区科学教育不均衡等现象。

创新。行动组鼓励建立 STEM 创新学习生态体系，出于整合多种资源的目的，并不在于为学生提供一种标准化的学习模式，而在于为他们提供一种多元的个性化学习的空间。个性的彰显源自拥有自主选择的权利，而自主选择的前提在于拥有丰富、多样化的资源。充分地利用各种机构和专业人士等社会资源为 STEM 学习服务，从而利于得以展开个性化的学习获取更为丰富的学习资源，为实现中华强国梦而奠基。

3.战略目标

我们愿与各方一道，以服务国家创新驱动发展战略为宗旨，整合社会资源，建立一个由政府部门、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，打造若干理念先进、特色鲜明、质量领先的 STEM 教育示范基地，培养一批国家发展急需的创新人才。

4.主要内容

中国 STEM 教育 2029 创新行动计划的内容主要包括以下七个方面：

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甚为关键。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，并在资金保障、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，我们行动组，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。

科技创新人才培养是一项系统性、长期性的工程，需要根据国情整体布局，促进各学段教育连贯一致、各类型学校相互配合，突出重点、抓住关键、有序推进。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。注重培养中小学生学习 STEM 的兴趣，奠定必要的基础；引导职业学校学生树立工匠精神，强化 STEM 技能技术训练；鼓励大学生积极投身 STEM 领域，提高科技创新能力和就业创业能力。完善 STEM 教育课程教学体系，促进各学段 STEM 教育的有效衔接，打通学生成长关节，疏通学生学习渠道，融通学生学习内容。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。

STEM 教育更提倡用跨学科方法解决真实世界的具有挑战性的问题，要打破学科之间的壁垒，使学生获得多学科解决问题的教育经验。为了实现这一目标，需要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，帮助教师们获得多学科 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。行动组将成立专业师训平台，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。

为此我们计划以“大中小为核心，政府干预，第三方积极协助”合作模式进行培养：（1）国家的重视和社会各方团体的共识是走向合作的契合点，在第三方科技咨询机构的倡导下逐渐引起社会的注意和国家的重视，使得国家和社会力量共同意识到 STEM 教师教育对于整个 STEM 教育事业才能使得各方力量自觉走向合作的道路。（2）明确的角色分工是高效运转的前提。在合作模

式中，各大要素各自具 有不说而明的角色定位和分工，在合作中能遵循各自的职责，从而保证合作的顺利进行。（3）建立统筹协调的领导机构是整合多方资源的有力措施。合作模式未来的建设方向就是建立统一协调机构，统和现有项目，整合资源。这表明建立能够统筹协调多方资源的领导机构，对整合资源资源具有重要作用。（4）相应和及时和反馈评估机制是改善合作效果的必要条件。当前众多的 STEM 教师教育项目缺乏配套的反馈评估机制，从而难以把握项目的优劣，改进也就无从下手。需要评价反馈程序，才可凸显合作模式的优势。

第四，建设 STEM 课程标准与评价体系。

在课程方面，STEM 教育代表了课程组织方式的重大变革。目前中小学最广泛采用的课程模式是分科教学。然而，要让学生为未来的职业发展做好准备，他们必须超越学科的界限进行思考。因此，STEM 教育的课程设计应该使用“整合的（integrated）课程设计模式”，即将科学、技术、工程和数学等整合在一起，强调对知识的应用和对学科之间关系的关注。在 STEM 教育中，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和技能。

当向学生展示如何创建合作团队以及在开展基于现实的学习时，以下五个方面值得注意：（1）学生可以运用跨学科的知识和技术来支持他们的工作，当涉及相关活动时，能够回顾所学概念并作更深入的理解。（2）学生识别和尊重自己和他人的不同技能，在融入团队的过程中学会怎样做好自身角色，并不断帮助成员学习如何完成项目、服务社会。（3）学生能够更自然地通过团队合作来解决那些被当作主体报道的冲突和话题。（4）学生期待 STEM 教育活动，并且采取更多措施和努力做准备。（5）参与者和同伴能够感觉到更多的团队认同和自豪感，实现从 ME（个体的学生）到 WE（社会的参与者）的转变。相比关起门来学习课本知识的传统教条式课堂教学方式，STEM 项目式学习不再限制学生，而且能够提高学生各方面的能力。学生在研究和解决问题的过程中必须运用各种不同的方法，就各自的解决方案相互沟通。因此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，打造一体化 STEM 创新生态系统。

对 STEM 教育的经济投入、媒体宣传和多方参与是其可持续发展的基础，也是可以吸引学生参与的重要方式。我们行动组，愿与各种社会力量协作，建立基于地区特色的 STEM 实践社区。同时，我们倡议博物馆、青少年宫、科技馆、数字媒介等社会机构积极开放空间，成为 STEM 教育非正式学习的组成部分。我们也倡议媒体加强 STEM 教育的宣传报道，推动形成全社会重视的 STEM 育人环境，构建一体化 STEM 创新生态系统。

第六，打造服务经济的教育与人才战略高地。

美国 STEM 教育计划的推行是一项由政府、国会、企业和社会团体、公众共同参与、共同努力的系统工程，呈现出战略上的高度重视，资金上的大力投入，以及多部门协同行动等特点。STEM 教育的核心目标正是为国家培养高素质的劳动力，服务于经济发展。企业是经济发展中最具活力的单元，对科技创新人才具有强烈的敏感性、自主性和迫切需求性，故而正确引导企业积极参与教育改革，加强企业与 STEM 教育的联合，发挥企业界对教育发展的支持作用，打造人才战略规划高地，发布 STEM 各行业人才报告。

其一，全社会统一思想和认识，确立以科技人才和创新创业人才为主的创新型人力资源在国家未来发展中的战略地位。

国家的核心竞争力究其根本是人才的竞争，包括科学家、工程师、技术工人、创新创业人才在内的复合型、创新型人力资源，是 21 世纪决定国家竞争优势的人力资源。

十八大以来，在人才问题上，习总书记强调创新驱动实质上是人才驱动，要把人才资源开发放在科技创新最优先的位置，明确了人才在我国实施创新驱动发展战略中的重要地位和关键作用。

其二，创新型人才教育培养必须强调创新驱动发展战略下部门的协同，动员全社会资源在共识基础上的积极参与、交流协作和多元投入。

必须打破传统的教育模式。借鉴美国 STEM 教育计划的理念和组织实施

机制，基于自身科技教育哲学传统，发展中国特色的创新型人才培养模式，实现从人口大国向人力资源强国的转变，充分发挥“创新人才红利”。

创新型人才的培养教育不是孤立的某个部门的活动，是一项政府、学校、企业、社会团体、公众共同参与、共同努力的系统工程。因此，需要按照创新驱动发展顶层设计和全面深化改革的总体部署，各个部门和机构统一思想、协同配合，充分调动全社会的积极性和创造性，使国家创新人才战略得以全面贯彻。

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、PPP 等模式参与到创新型人才教育、工程技术教育和创新创业教育中来。探索出一套“政府主导、企业运营、院校实施”的新教育模式。

其三，以推动创新型人才培养和工程教育、创新创业教育为抓手，加快我国教育和科技体制改革步伐。

结合《关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》（国发[2014]64 号文）的实施，进一步将创新型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发展规划和路线图设计。

推动现代教育技术，如自带设备、虚拟现实、云计算、物联网、数字校园等在工程技术教育与创新创业教育的应用。

第七，推广 STEM 教育成功模式。

STEM 教育对于一个国家的国际竞争力、经济发展水平以及国民素质都有着重要的意义，这一切都需要靠 STEM 教育的正确开展来完成，所以 STEM 教育成功模式的推广具有广泛的应用前景。一般将 STEM 教育应用分成验证型、探索型、制造型和创造型等几种，但这样的分类并不是绝对的，它只考虑了学术研究者的最终成果。若从中间过程考虑，验证、探究、制造和创造是有可能交替出现的，所以教师在使用时需要围绕目标，从学生的自身特点、具体学习环境等因素出发进行灵活选择和综合应用，使 STEM 教育的效果达到最佳。同时，我们将支持科技创新人才流动，解决未来对新技能的需求，分享最佳实践案例研究，包括广泛提供 STEM 教育，继续重视并支持女性群体在科

技创新活动中的作用。

需要考虑在国家层面规划未来 STEM 教育的课程设置方式、师资培养模式和教育创新模式，增加学科融合的正式和非正式探究类课程类型，帮助学生冲破现有分科教学的局限性，学会多学科解决问题的方法，以培养学生解决真实问题的能力、创新思维和科学素养。另外，还需要思考 STEM 教育的推广和规模化，增加社会参与路径、宣传力度和资金投入，将 STEM 教育和学校教育、创客教育、实践社区等方面结合起来，促进 STEM 教育的参与性、共享性和普及性。

《中国 STEM 教育 2029 创新行动计划》的全部意义，在于集结每一位关怀国家民族未来走向的行动者，包括你我，为中国 STEM 教育的纵深发展——贡献卓越智慧、创设优越环境、提供普惠机遇、铺平共享道路。以全球视野纵观时代大势，新一轮的国际竞争已然蓄势待发，而科技创新正在成为重塑世界格局与国家地位的关键变量。百年大计，教育为先，我们每一位 STEM 教育实践者将以亲历和见证的方式，参与到这场科技创新浪潮的千帆竞进中，参与到民族复兴的砥砺奋进中。让我们携手同心，倾情倾力——不负盛世，不负众望，不负光荣伟大的中国崛起之梦！

附录：部分国家 STEM 教育发展情况

（一）美国的 STEM 教育

2007 年 10 月，美国国家科学委员会（National Science Board）正式在国会大厦宣布“美国科学、技术、工程和数学教育体系重大需求的国家行动计划”，此计划针对美国教育面临的主要挑战，提出了两方面的措施：一是要求在国家层面增强对 K-12 年级阶段和大学本科阶段 STEM 教育的主导作用，在横向和纵向两个方面进行协调；二是要提高教师的水平并增加相应的研究投入。报告敦促要重新确保美国的“STEM 教育体系能够培育我们的孩子为维持美国在未来科学技术领域的卓越地位做好准备。”碰巧当时正值前苏联人造卫星上天 50 周年前夕，这一事件震惊了世界，并促进美国人民采取激烈的行动，促进 STEM 研究和教育。[①]

1.美国 STEM 教育产生背景

自前苏联人造卫星发射后，美国就深刻意识到其国家核心竞争力在世界范围内的普遍下降，认为国家核心竞争力的本质是人才的竞争，科学家、工程师和技术工人将是 21 世纪处于主导地位的人力资源。美国劳工部早在 1996 年就指出，几乎所有的科技职业都离不开 STEM 基础知识[②]。2007 年美国教育部

[①]赵中建.美国 STEM 教育政策进展[M]. 上海：上海科技教育出版社，2015.

[②]National Commission On Teaching America's Future. What Matters Most: Teaching for

的调查显示，当今 75%发展最快的职业都需要大量的科学或数学技能[①]。美国政府统计署预测，2015 年有三分之一的工作与 STEM 息息相关。然而，美国本土劳动力却缺乏 STEM 职业所要求的数学素养、计算机素养和问题解决能力等，致使外国人占据了许多中坚职位。可是随着新兴经济的崛起，优质的外国员工流失加速，STEM 劳动力缺口增大。为此美国密切关注 STEM 人才培养。

此外，美国大多数中小学学生并没有为今后在知识型社会立足做好准备，其教育质量不容乐观。美国国家教育进展评估（National Assessment of Educational Progress，即 NEAP）的最近结果表明：大约 75%的学生到 8 年级时还未熟练掌握数学。美国不同群体间的学生在 STEM 学科上的学业成就相差巨大，非白种人、低收入群体、女性等弱势群体的表现尤为欠缺。在各类国际测评中，美国学生的表现处于中下水平。2011 年的 TIMSS 测试中美国只有 10%的 8 年级学生高于“科学”国际基准，而新加坡和中国分别为 32%和 25%[②]。美国历年的 PISA 成绩仅在 OECD 国家平均值上下波动。为此奥巴马 2010 年呼吁“美国的未来领导地位取决于今天我们如何教育我们的学生——特别是在科学、技术、工程和数学（即 STEM）领域。”2014 年又言“为了学生能掌握新经济体所需的技能，如问题解决能力、批判性思考、STEM 技能等，学校正在付出巨大努力。有些改变是艰难的，但值得我们努力。”可见国际竞争力下降是促使美国实施 STEM 教育战略最为关键的原因[③]。

2.美国 STEM 教育的发展历程

2005 年，美国国家科学院（NAS）、国家工程院（NAE）、医学科学院（IOM）

America's Future. Report of the National Commission on Teaching & America's Future.[M]. New York, National Commission on Teaching & America’s Future, 1996.

[①]Becker K H, Park K. Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Meta-Analysis.[J]. Journal of STEM Education: Innovations and Research,2011,12(5-6):23-37.

[②]Becker K H, Park K. Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Meta-Analysis.[J]. Journal of STEM Education: Innovations and Research,2011,12(5-6):23-37.

[③]赵中建.STEM:美国教育战略的重中之重[J].上海教育,2012，(11):16-19.

和国家研究委员会（NRC）发布的《驾驭风暴：美国动员起来为更加辉煌的未来》报告基于美国政府秉承的“科学与工程领域的卓越与领先带来的巨大的经济和社会效益”信念，期望美国在新世纪继续占领科学与工程方面的领先地位。

2006 年，美国国会发布了《美国竞争力计划：在创新中领导世界》报告，指出政府投入 1360 亿美元的经费，用于构建科技与教育的宏伟蓝图[①]。该报告的核心为加大对教育与研究的经费投入，全力促进研究的开发、创新和教育的发展，从而提升国家的核心竞争力。同年，美国州长协会提出 STEM 教育和 K-12 衔接的问题，提出一项警示美国政府必须时刻加强对学生 STEM 教育的报告。

2007 年，美国对当前实施 STEM 教育战略背景、现状、问题和相应的策略进行分析之后，由美国国会一致通过《国家竞争力法》。该法案重点提出了加强 STEM 教育的投入、研发和新教师的培训，批准从 2008 年到 2010 年间为联邦层次的 STEM 研究和教育计划投资 433 亿美元，并要求把美国国家科学基金增加到 220 亿美元。同年 10 月，美国国际科学委员会（NSB）又一次发表报告：《国家行动计划：应对美国科学、技术、工程和数学教系统的紧急需要》。该报告提出：加强国家层面对 K-12 阶段和本科阶段 STEM 教育的主导作用，提高 STEM 教师水平和相应的研究投入。该报告还将 STEM 教育从本科阶段拓展到基础教育阶段，进行全面实施。

2009 年 1 月 11 日，美国国家科学委员会（NSB）代表美国国家科学基金会（NSF）发布致美国当选总统奥巴马的一封公开信，其主题是“改善所有美国学生的科学、技术、工程和数学（STEM)”。该公开信指出：国家的经济繁荣和安全要求美国保持科学和技术的世界领先和指导地位。大学前的 STEM 教育是建立领导地位的基础，而且应当是国家最重要的任务之一。委员会敦促奥巴马政府抓住这个特殊的历史时刻，并动员全国力量支持所有的美国学生发展高水平的 STEM 知识和技能。

2011 年，美国国家科学院委员会（NSB）发布了《成功的 K-12 阶段 STEM

[①]American Competitiveness Initiative : Leading the word in innovation[DB/OL].（2006-02）[2017-06-01]. http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED503266.pdf

教育：确认科学、技术、工程和数学的有效途径》报告。报告认为，在中小学实施 STEM 教育的目标主要有三个：一是扩大最终会在 STEM 领域修读高级学位和从业的学生人数，并扩大 STEM 领域中女性和少数族裔的参与度；二是扩大具有 STEM 素养的劳动力队伍并扩大这一队伍中女性和少数族裔的参与度；三是增强所有学生的 STEM 素养，包括那些并不从事与 STEM 职业相关工作的学生或继续修读 STEM 学科的学生。美国州长协会在 2011 年 12 月又针对 STEM 教育行动发布了《制定科学、技术、工程和数学教育议程：州级行动之更新》报告，分析了该协会 2007 年提出的行动议程中的弱势之处，重新提出"实施州级 STEM 议程"的各项具体措施[①]。

2011 年，奥巴马总统推出了旨在确保经济增长与繁荣的新版《美国创新战略》报告。报告强调要求政府关注教育改革，尤其要重视 STEM 教育，并努力在 2020 年前再培养出 10 万名从事 STEM 教育的教师。同年 4 月，美国政府为吸引人才，向全球宣布：在美国大学学习科学、技术、工程与数学的外国留学生，毕业后可继续以学生身份在美工作实习 12 个月，而美国移民执法局（ICE）公布目录上入选专业的毕业生可在美专业实习（OPT）长达 29 个月。

3.美国 STEM 教育实施现状分析

在美国的 STEM 教育发展中，政府一直大力推动，学校则是 STEM 教育实施的主要场所，同时企业也为 STEM 教育提供了较大支持。下面我们主要从学业水平、人才培养和工程教育三个方面对美国STEM教育现状进行分析。

（1）STEM 学业水平现状及举措

虽然 STEM 教育在美国备受重视，但是与 STEM 相关的数学和科学成绩却不容乐观。据报告，大约 75%的美国八年级学生还未熟练掌握数学。另外，美国不同群体学生在 STEM 学科上的学业水平差距明显，其中低收入群体、女性等弱势群体的学习成绩较为落后、能力表现较差。

在 PISA 测试中，美国学生的总体水平一直处于中下水平，历年排名和成

[①]赵中建. 为了创新而教育[N]. 中国教育报，2012-06-15（07）.

绩仅在 OECD 国家平均值上下波动（见表 2）[1]。这其中，美国学生成绩取得的细微上升与美国重视 STEM 教育是分不开的，但是美国学生的基础较差，要短期内取得明显的进步也不切实际，因此奥巴马政府加大 K-12 阶段的 STEM 教育发展力度，关注学生 STEM 素养的提升。另外，美国精英高中还面向特定群体招生（STEM 资优生或弱势群体），提供严格的 STEM 课程、充足的 STEM 教学时间、丰富的 STEM 教育资源和优秀的 STEM 教师等。目前全美大约有 90 所 STEM 精英高中，这一数字还在不断增加中[2]。

表 2 美国历年 PISA 评估结果[3]

	数学	科学	参与数
2000	19/493	14/499	32
2003	26/483	22/491	41
2006	35/474	29/489	57
2009	31/487	23/502	65
2012	26/481	21/497	65

（2）STEM 课程目标与资源整合

STEM 学科的课程资源不是简单地把四门学科课程知识进行线性叠加，而是把原本独立、分散的不同领域的学科知识和技能以活动为基础，通过形式多样的学习活动（基于项目的、基于探究的、基于主题的和基于问题的）支持学生在解决问题的过程中实现不同学科知识与方法在不同情境中的迁移、运用和生成。

2007 年，美国学术竞争为委员会为 K-12 阶段 STEM 教育制定了国家目标，明确规定学生在中学后教育和进入社会两个阶段都需要具备 21 世纪经济

[1] PISA Key Findings 2000-2012[EB/OL]. [2017-06-02]. http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/.
[2] National Research Council of the National Academies. Successful K-12 STEM education: identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics[M]. Washington, D.C.:National Academies Press, 2011.
[3] Hausamann, D. MINT Talent Support in School Labs-New Perspectives for Gifted Youth and for Teachers of the Gifted.[A]. Albert Ziegler. etc. Gifted Education As a Lifelong Challenge: Essays in Honour of Franz J. Monks[C]. New York: Lit Verlag, 2012: 201-217.

技术时代取得成功所应具备的科学、技术、工程和数学技能（21 世纪技能），促使有志向、有能力的学生成为 STEM 领域的专家、教育家和领导者，提升学生在 STEM 教育中的参与性[①]。

2012 年，美国发布了《K-12 科学教育框架》（A Frame Work for K-12 Science Education）[②]（以下简称《框架》），指出科学教育须面向所有学生，普及科学与工程教育，并为学生未来从事 STEM 专业领域职业奠定知识基础的目标。

2013 年，美国又发布了《新一代科学教育标准》（Next Generation Science Standards）[③]（以下简称《新标准》），沿承了《框架》的设计理念和目标要求，强调科学教育中 3 个维度，即实践（Practices）、跨领域概念（Crosscutting concepts）和学科核心概念（Disciplinary core ideas）。在科学与工程技术融合的过程中，美国 STEM 课程注重培养学生解决问题能力、创新能力和创造能力[④]。美国是典型的分权制国家，联邦政府不直接管理教育，教育的权利由各州政府掌管，因此州政府根据本州的情况制定教育政策。《新标准》是美国各州政府设定 STEM 课程目标的重要依据。

“项目引路”（Project Lead The Way，简称 PLTW）项目是在全美范围内规模最大的技术教育项目之一，其优质的课程、注重实践的教师培训、强有力地保障措施和有效的合作途径在全美范围内引起了广泛的影响。PLTW 一直致力于初中和高中 STEM 课程的开发，不过近年也已开发出一套小学的 STEM 课程。其中初中课程包括“技术之门”（Gateway To Technology，GTT），高中课程包括“工程之路”（Pathway To Engineering，PTE）和“生物医学科学”（Bio medical Sciences，BMS），小学课程包括“初等工程课”（Elementary Engineering Lessons）等。

[①]US Department of education of education. Report of the academic competitive council[R/OL].(2007-05)[2017-06-02]. http://science.nsta.org/nstaexpress/acc.pdf

[②]National Research Council A frame work for K-12 science educational：Practices, crosscutting concepts ,and core ideas[M].Washington DC: The National Academies Press, 2012: 7-15

[③]DCI Arrangements of the next Generation science standards[EB/OL].(2013-4)[2017-06-02]. http://www.next genscieiice.org/next-generation-science-standards

[④]李扬．STEM 教育视野下的课程建构[D].杭州：浙江师范大学，2014.

表 3 美国 STEM 课程设计[①]

<table>
<tr><th>学段</th><th>核心课程</th><th>选修课程</th><th>项目课程</th></tr>
<tr><td>中小学</td><td>数学、科学和信息技术</td><td>各校不同</td><td rowspan="4">EIE 课程、PLTW 项目课程等</td></tr>
<tr><td rowspan="3">高中</td><td>高等数学：代数 2、其他高等数学、初等微积分、微积分</td><td rowspan="3">大学预备课程：AP 课程、IB 课程</td></tr>
<tr><td>提高型科学和工程：生物、化学、环境/地球科学、物理、工程</td></tr>
<tr><td>与 STEM 相关的技术课程：计算机信息技术、工程或科学技术、健康技术</td></tr>
</table>

（3）STEM 未来教师培养计划的启动

目前，美国面临着高质量的数学和科学老师严峻短缺的问题。奥巴马政府时期开始关注 STEM 教师的培养。在 2009 年实施的“为创新而教计划”中，奥巴马政府提出在随后的五年内，5 个公共和私营部门为一万多名未来教师提供培训，同时支持现有 10 万多名 STEM 教师的专业发展。2012 年启动的“尊重项目”，政府提供巨额资金并提高教师地位，旨在打造一支全美 STEM 学科最优秀的教师。2014 年又提出“STEM 国家人才培育策略”，针对中小学 STEM 教育提出了切实、具体的规划，包括实现各州 STEM 创新网络合作、培训优秀 STEM 教师、建立 STEM 专家教师团、资助 STEM 重点学校和增加 STEM 科学研究投入等。STEM 领域相关的公司也积极投入，以及各种慈善团体、基金会的资金支持，甚至连科学博物馆和科学中心也参与到 STEM 教师的培养中，表现出“举国一盘棋”的高度统一局面。

（4）关注弱势学生群体，不断缩小教育差距

美国 STEM 教育倡导关注弱势学生群体，满足弱势群体的教育需求，提高弱势学生群体参与 STEM 学习的兴趣与机会。尤其重视女性和少数民族的

[①]范颜瑞.STEM 教育研究——美国 K-12 阶段课程改革新关注[D].上海：华东师范大学，2011.

学生，鼓励 STEM 教师到贫穷地区和少数民族地区教学以缩小教育差距，促进教育公平。美国采取的步骤是首先明确了需要解决 STEM 领域弱势群体的需求问题，尤其是关注女性和少数民族的学生；其次，针对弱势群体的需求问题，发挥信息技术优势，提高弱势群体学生的 STEM 参与程度；最后，通过针对性的教学、培训等工作使 STEM 教育项目延伸到弱势群体[①]。

4.美国社会各界大力支持和推动 STEM 教育

美国在推进 STEM 教育中，除了政府的大力支持外，社会力量的参与也是一个重要方面。以“变革方程”(Change the Equation)为首的一批民间组织机构在推动 STEM 教育的过程中扮演了极为重要的角色，是衔接政府、社会力量与学校教育的重要桥梁。值得注意的是，美国在推进 STEM 教育的过程中，从来就不认为这只是学校的职责，而是力图发动全社会的力量特别是企业界的力量来共同推动 STEM 教育的普及和深入发展。变革方程作为美国一个致力于在中小学推广 STEM 教育的公益机构，是在盖茨基金会和纽约卡内基公司的支持下由多位商界精英和社会名流创办起来的，是一个非盈利、无党派的由企业 CEO 领导的组织。它动员美国的商界，通过利用他们的投资、独特的资源和影响力来推动 STEM 教育，并承诺不断扩大优秀的 STEM 教育项目在学校和社区中的覆盖范围，尤其要通过 STEM 教育项目增强全体美国人的能力和潜质。

表 4 STEM 教育评估的关键指标[②]

关键指标	指标内容
需求	(1)STEM 职业应对全球经济风暴的情况 (2)STEM 领域失业率降低情况
期望	(1)州对学生设立高期望 (2)数学标准和测试的变化 (3)科学课作为高标准和期望的前沿领域 (4)在国家问责制度方面确保科学课与其他学科同等重要

[①]DESIGNPRINCIPLES 3.0 For Effective STEM Philanthropy [EB/OL]. [2017-06-03]. http://www.changetheequation.org/sites/default/files/CTEqDesignPrinciples.pdf

[②]Vital Signs[EB/OL]. [2017-06-02]. http://vitalsigns.changetheequation.org.

	(5)高中毕业生做好继续深造的情况
资源支持	(1)给教师提供世界一流的资源和支持 (2)州为学生提供优秀的实验室等设备情况 (3)家长对学生学习 STEM 的参与度和支持态度 (4)州为教师提供有效的专业发展途径以增强能力的情况 (5)州为贫困地区学生提供的资金支持情况
师资力量	(1)确保学生有高素质的师资队伍 (2)教师应该有丰富的知识和较强的能力 (3)确保优秀的 STEM 教师不流失
挑战性内容	(1)确保投入科学课的时间 (2)所有学生参与到科学项目中 (3)学习者尽早接触工程课以激发学生学习的兴趣 (4)学习者应该具有接触挑战性课程的机会 (5)性别不影响大学先修课程(AP)的学习
学习机会	(1)四年级和八年级学生的数学成绩有所提高 (2)重视女性和少数族裔的学生 (3)加强高中和大学之间 STEM 人才的衔接 (4)加快缩小教育差距作为改革的优先选项 (5)提高 STEM 学位的比例 (6)学生高中毕业之后应该为继续深造做好准备

（二）英国的 STEM 教育

英国作为工业革命的发源地，在很长时间内科学技术一直在世界处于领先地位，直到十九世纪后开始受到挑战。为此，英国在 19 世纪中期就开始“科学运动”，并一直致力于科技教育的改革，但是这种科技教育的改革仍然未能满足英国发展的需求。英国认为目前在英国国家发展中缺少 STEM 技能人才是制约英国经济发展的主要因素，而其根源在于教育。因此，英国把 STEM 教育作为英国未来发展的国家战略来考虑。

1.STEM 人才短缺是英国开展 STEM 教育的核心动力

在世界范围内，英国一直处于发展的前列。在 2016-2017 全球竞争力指数

排名中英国位列第 7，在全球创新指数排名中位列第 3。英国认为自己是欧洲创新、专利、建立和拓展业务的最佳地点。英国占世界人口的不到 1%，但是高质量发表研究论文占世界的 16%。[①]但是，在发展中也面临高技能人才严重短缺的问题。英国对此有清醒的认识，并力图通过 STEM 教育，培育青少年对科学技术的兴趣，将来能投身于 STEM 相关行业，保持英国科技创新的活力和领先地位。

STEM 对英国经济举足轻重。英国是世界上第六大经济体，欧盟内第三大经济体。STEM 在英国经济中占有重要地位，科学、工程和技术支撑整个经济，包括发电和配电、公用事业、食品链、医疗保健以及物理、运输和信息通信基础设施。在英国仅工程就占英国经济总额的 25%，制造业产品占英国出口的 50%。[②]英国“易于确定”的工程部门的总增值额（GVA）为 3,700 亿英镑，来自数学科学研究的总增值额为 2080 亿英镑。英国 ICT 行业每年估值 580 亿英镑。在英国（2012 年）有超过一百万人直接从事基于物理学的业务，英国医药行业净贸易额达 28 亿英镑。[③]

英国经济雇用约 3000 万人，其中有 580 万人从事 STEM 职业，大约占总人数的 20%。这个数字不包括涉及 STEM 相关职业的其他人员，如医生，护士或从早期到大学一级的 STEM 科目。专业工程界的“工程未来”联盟估计，只有 430 万人从事工程职业。其中约 350 万人在工程公司内从事高级技术人员或专业工程职业。[④]

劳动力技能是竞争优势和业务绩效的关键因素。许多创新组织依靠定期吸纳优质 STEM 毕业生来刷新创新能力。创新型企业的 STEM 毕业生总体比例较高，明显高于非创新型企业。

STEM 技能对于知识密集型经济的未来至关重要。2014 年英国工业联合会（CBI）的报告中指出，2010 年，约有 40%的英国职工被列为“知识型员

[①]The UK STEM Education Landscape，Royal Academy of Engineering, May ,2016
[②]Engineering for a successful nation Royal Academy of Engineering 2015[EB/OL]. [2017-06-02]. http://www.raeng.org.uk/publications/reports/engineering-for-a-successful-nation
[③]Jobs and growth: the importance of engineering skills to the UK economy. Royal Academy of Engineering 2012.
[④]The Universe of Engineering: A Call to Action Report. Engineering the Future. November 2014[EB/OL].[217-06-02]. www.engineeringthefuture.co.uk/universe/default.aspx

工”，到 2020 年这一比例预计将超过 50%。未来的工作将越来越多地要求 STEM 教育有助于能力开发；不仅要有技术知识，还包括批判性思维、逻辑、数学推理和数值分析，设计以及更广泛的科学方法能力。STEM 教育培养的这些能力是未来社会所有职业都需要的能力，因此对那些非 STEM 职业的部门，也需要具有 STEM 素养。

STEM 技能短缺问题，教育是核心根源。英国正面临着技能短缺问题。根据英国就业和技能委员会的数据，在英国的科学、技术、工程和数学（STEM）领域有 43%的“技能缺口”难以填补，这种日益增长的“缺口”的核心根源被认为是教育，即从学校到工作场所的培训。学生在中学就不愿意选学 STEM 相关科目。例如在 2016 年，只有不到 2%的学生参加了计算机或信息技术科目的 A-Level 课程。这样的结果导致英国经济关键工作的技能受到限制，因此英国政府提出提高向 STEM 行业工作人员提供培训的重要需求。[①]目前对于英国工程专业人员的空缺而言，由于缺乏技能，近 60%的空缺难以填补。

2.英国的 STEM 教育政策是国家战略的部分

英国一直重视科学教育，并不断地进行科学教育改革，1988 年又在课程中引入了设计与技术课程，目的就是提高学生的科学与技术素养。STEM 教育第一次出现在英国政府文件中是 2004 年。

（1）STEM 写入政府文件

2002 年，英国发布了一个“为了成功的科学工程技术（SET)”报告（SET for success），也称之为“罗伯特（Gareth Roberts）报告”。这份报告旨在评估未来英国是否会由于高质量的科学家和工程师不足导致发展受限。报告指出目前英国学习科学，工程，数学和技术的年轻人数量不足。该报告第一次将 SET（科学、工程和技术）引进英国政策词典。同时该报告还强调了数学技能对创新经济的重要性。2004 年英国政府颁布了“科学与创新投资框架（Science and Innovation Investment Framework 2004-2014:Next Steps)”，这份报告是英国第一次在政府文件引入了首字母缩略词 STEM。“科学与创新投资框架”内容

[①]技能缺口，英国教育界如何应对？[EB/OL]. (2017-05-10)[2017-06-02]. http://juesheng.com/15097.html

涉及到各个部门，其中当时的教育和技能部确定了超过 470 个 STEM 计划。

（2）重视高等教育的 STEM 学科

2005 年，英国高等教育资助委员会（HEFCE）认定一些 STEM 科目是“战略重要和脆弱的科目”（Strategically Important and Vulnerable Subjects，SIVS），希望这些战略重要但是脆弱的 STEM 学科不会在高等教育中由于经费和其他一些因素而被削弱。该报告分析了英国大学各学科的学生人数的数据，提出“大学 STEM（科学，技术，工程，数学）部门正处于危机之中”是夸张的，但是如果不加以控制，大学将无法再提供足够数量的 STEM 毕业生来满足英国经济发展的需求就会真实发生。该报告提出要重视战略重要和脆弱的学科，但是也要防止市场的过度干预。此后英国高等教育资助委员会每年都会对这些学科进行评估并发布年度报告。该报告对于英国高等教育中学科定位与调整给与了数据支持。

（3）调动社会力量开展 STEM 教育

2006 年英国为了更好的推动 STEM 教育的开展，由教育与科学部（DfES，现为 DfE）和贸易与产业部（DTI）发布了“STEM 项目报告”旨在呼吁各方联合起来推动 STEM 教育的开展。由此设立了“STEM 凝聚力计划”。该计划的目标就是要汇集各种利益相关方来共同推广 STEM 学科。STEM 凝聚力计划分为 11 个行动方案，对应于 STEM 教育的主要活动领域（例如，持续专业发展，学生 STEM 生涯教育，加强丰富 STEM 的活动）。该项目的特点是发挥各机构的优势，顶层设计，分别实施，通过社会机构的广泛参与协同工作，最终从各个方面加强 STEM 教育。

（4）学徒制是培养新型 STEM 人才的成功途径

学徒制是英国传统的学习方式，20 世纪 90 年代以后英国进行了改革成为现代学徒制，特别是 2000 年以后形成了新的学徒制框架，该框架共有 7 个层级。从 2013 年开始，雇主组织（“开拓者”）开发新的学徒制，共同设计学徒制标准和评估方法。到 2015 年 7 月，共有 140 个开拓者雇主组织共同交付或正在提供超过 350 个学徒制标准。2017 年 1 月提出的新技术教育体系提出了新的 15 种技术途径。政府通过改进与完善学徒制的课程和运行机制，增强社

会的认同感和满足企业的需求，学徒制已经成为英国培养 STEM 人才的重要途径。

（5）面向 2030 年的科学与数学教育

英国皇家社会科学政策中心 2014 年发布了一份报告：“科学与数学教育的愿景”（Vision for Science and Mathematics Education）。该报告提出了英国未来科学与数学教育发展的蓝图。报告对科学与数学教育提出了 6 个愿景：所有的学生都要学习数学和科学直到 18 岁；保持课程与评价的稳定性，并能支持卓越的教学；教师具有高专业素质，能够有力的支持科学与数学教学；学生通过更好的生涯意识和指导理解 STEM 的重要意义；通过适当和广泛的评价与测试来判断学生、教师和教育制度是否成功；教育政策和实践要通过更好的基于证据的方式体现。该报告同时还提出了具体的解决措施建议。

（6）现代工业战略与新技术教育

2017 年 1 月英国政府颁布了《建立我们的工业战略绿皮书》，提出英国的现代工业战略中技术教育是核心。在现代工业战略中英国政府准备投资 1.7 亿英镑建立知名的技术研究所，负责为所有地区的 STEM 科目提供更高水平的技术教育。该战略还将促进数学教育的发展和解决 STEM 技能短缺问题，主要是增加高等教育中 STEM 毕业生人数的增长，并解决区域不平衡的学生进入更高级的 STEM 资格问题。新技术教育还将鼓励终身学习，重视社区学习中心的作用。探索采用新型 UCAS 方式搜索和申请技术教育课程。英国认为教育和技能是生产力变化的决定因素。

3.英国 STEM 教育采用顶层设计，各界参与的运行机制

（1）国家顶层设计

英国的 STEM 教育是英国政府作为解决英国技能人才短缺，繁荣英国经济，提高英国国家竞争力而提出的国家战略性目标。因此，STEM 教育不是教育内部的改革，而是国家战略。在英国出台的 STEM 教育文件中，首先是国家战略文件，例如英国的生产力计划（Productivity Plan）“打好基础：创建更加繁荣的国家”（Fixing the foundations: Creating a more prosperous nation），现

代工业战略等，然后才是各部门如何配合国家战略的具体落实措施，从基础教育、高等教育、继续教育、培训就业出台系统化的政策。

2012 年英国科学技术委员会给英国总理写了一封信，提出英国如果要在整个教育条件范围内实现卓越，需要从 4 岁到 24 岁实施综合系统的 STEM 教育，涵盖学校，进修、培训以及大学。而这只能通过多个政府部门和议程的有效工作来实现。[①]该信还提出，STEM 生涯所有关键领域（课程，教学，测试，获得 STEM 和职业咨询和指导）应该整体设计和实施，并且需要有政府的治理和问责制度。

英国 STEM 教育的国家顶层设计还表现在开展一些国家层面的 STEM 活动。2010 年之后，英国政府充分认识到 STEM 科目在学校中的重要性，采取各种措施，提高青少年 STEM 的参与度和成就。项目包括继续支持国家科学学习中心，国家科学和工程博览会（Big Bang UK Young Scientists & Engineers Fair），STEMNET 和创建 Your Life 等计划，鼓励年轻人学习 A level 数学和物理学。

（2）社会各界的广泛参与

在英国政府网站上以 STEM 为核心词搜索，相关的文件报告多达 1330 份，其中包含教育部、商业，创新和技能部（原名称）、贸易与投资部、英国就业和技能委员会，国际发展部、国防部等各部委机构，也包括一些学会、机构，如国防科技实验室，科技馆博物馆群体等，涉及范围非常广泛。英国的 STEM 教育是社会各界的广泛参与。而且英国的国家计划“STEM 凝聚力计划”的主要目标就是使英国的 STEM 利益相关群体均能参与到 STEM 相关活动中，共同推进英国 STEM 教育的开展，核心目标就是提高青年人对 STEM 的兴趣和技能，能有更多高技能的 STEM 人才参与到 STEM 相关职业中，以确保英国经济的繁荣发展和在科学技术领域的领先地位。

通过英国皇家工程学院的研究数据可以看出，英国 STEM 教育至少有 600 多个主要支持工程教育的机构。这些机构大多数组织都是专业教育培训提供者，但是也包括学术社团和专业机构，例如科学发现中心，实地考察中心，学

[①]STEM EDUCATION Text of a letter to the Prime Minister，11 July 2012，Council for Science and Technology

科协会和教师支持组织等。此外还有众多的小型组织，大学和企业也会参与到 STEM 教育中。

（3）政府投资与社会融资相结合

英国的 STEM 教育中投资主体还是政府，主要用于国家项目上。同时基金会、企业以及其他社会团体也会投入资金开展相关项目。而政府对此还有相关的鼓励和减税政策。例如英国政府在中提出，在未来 5 年给学校投资 6700 万英镑，用于招募和培训超过 2500 名数学和物理教师，并拥有 15,000 名现有的数学和物理教师①。为英格兰地区的职业和技术教育提供每年 5 亿英镑的额外资金，用以培训更多的技术工人。由大学和其它成人教育提供机构提供课程，并由现有的成人教育预算提供资金支持，免费开展数字技能培训。英国政府与惠康信托合作，成立一个 3000 万英镑的启发性科学资本基金，以支持 STEM 教育项目的开展。

2016 年英国大学和科学部投入 2.04 亿英镑的投资，以寻求和支持 STEM 的发展②，涵盖化学，物理，数学，统计学，计算机科学和工程部门。这些资金用来鼓励学生通过学习来对加深对 STEM 领域的了解。

（4）英国 STEM 教育的主要项目

①STEM 教师培训项目

STEM 项目开展的重要影响因素是要有高质量的教师。STEM 教师短缺也是英国面临的问题，特别是专家型的教师尤为短缺。为此英国采取了一系列的措施，招聘与培训相结合。在英国开展教师培训的机构很多，包括国家中心和各种学会机构。这些教师培训大部分资金是政府拨款，同时也有一些社会机构的捐助。

国家科学学习网络（National Science Learning Network），是英国最大的专门开展 STEM 专业教师发展的网络，该网络遍布英国。包括设立在约克大学的国家 STEM 学习中心，这个中心配备有最先进的实验室和设备，成体系的

①Fixing the foundations: Creating a more prosperous nation，Presented to Parliament by the Chancellor of the Exchequer by Command of Her Majesty，July 2015

②Britain’s STEM sector stimulated with £204m investment for universities[EB/OL].（2016-03-01）[2017-06-02]. http://realbusiness.co.uk/funding/2016/03/01/britains-stem-sector-stimulated-with-204m-investment-for-universities/

培训课程。国家科学学习网与其他很多机构建立了伙伴关系，得到包括项目 ENTHUSE 在内的一系列资助者提供支持，每年为超过 15,000 名教师和其他工作人员提供专题培训和支持。该网络提供的培训方形式多样化，既有脱产的培训，也有在线培训和课后会议培训。目标是改善教师和学校领导的开展 STEM 教育的能力，包括 STEM 的学科，教学法知识和 STEM 职业意识；开展 STEM 教育的信心，动力和能力；STEM 领导力；提高教学质量的能力；在 STEM 领域中立足和进步的能力。要培养学生的 STEM 素养，参与 STEM 项目，并取得成就。让更多的学生 16 岁以后选择 STEM 科目和职业。

设立在约克大学的国家 STEM 学习中心也提供对 STEM 科目的支持，中心的电子图书馆有数量过万的课程资源供教师免费下载。该中心过去是国家科学中心，因此在科学领域更强。目前也开始为设计和技术，计算机和数学教师提供越来越多的专业发展活动。

皇家工程院-连接 STEM 教师计划。英国皇家工程院有一个比较大的中学教师支持计划，建立了一个在跨学科的教师网络。目前约有 600 所学校参与这项活动。该计划是围绕四十名本地教师协调员组建的，他们组织本地网络会议和在该地区的学校进行合作项目。专业发展活动基于“实践社区”的概念，教师分享关于优秀案例和思想。该项 STEM 教师计划更重视通过提供现实生活中应用的工程环境，提高教师的跨学科能力。该项目的课程资源教师也可以从国家 STEM 中心的网站上免费下载。

②国家级 STEM 示范活动

英国的 STEM 教育项目鼓励通过国丰富多彩的得 STEM 活动，吸引青少年参与，培养他们的兴趣，并激发潜能，将来从事 STEM 行业。英国的 STEM 活动有些是国家组织的，覆盖面广，影响力大。还有一些是机构自发组织的，形式多样，满足不同人群的需求。

你的生命（Your Life）。这是一项为期三年的活动，旨在帮助英国的年轻成年人在当前竞争激烈的全球经济中取得成功的数学和科学技能，该项目具有三大目标：第一，改变年轻人思考数学和科学的方式，提高对这些科目的兴趣和对广泛职业的认识。第二，增加 16 岁及以上青年人对数学和科学研究的

参与，目标是在 3 年内，参加 A Level 课程中学习数学和物理的人数达 50%。第三，增加所有人，特别是女性在科学，技术，工程和数学类职业就职的机会。

STEMNET。STEMNET 是一个组织，旨在激发年轻人对科学，技术，工程和数学的兴趣。通过学习 STEM 科目帮助年轻人发展自己的创造力，解决问题和技术技能，使他们能够更好地做出有关 STEM 问题的知情决策。

STEMNET 运行了三个项目。STEM 大使项目：28,000 名志愿者为教师提供免费资源，帮助他们以新的创新方式为学生提供 STEM 课程。STEM 俱乐部网络项目：这是课外 STEM 科目的俱乐部，让儿童能够通过探究、调查和操作的方式学习 STEM。学校 STEM 咨询网络项目：英国有 45 个组织向学校提供公正的建议，帮助学生学习 STEM，培训和就业。STEMNET 从商业，创新和技能部（BIS）和教育部获得资金。

国家科学技术大赛。英国的国家科学和工程大赛对所有 11 至 18 岁的英国居民和全日制教育开放。大赛奖励在 STEM 项目中取得卓越成就的学生。设立大赛的目标是认可和奖励青少年在 STEM 各个领域的成就，并鼓励他们对 STEM 课题感兴趣。该项竞赛由英国科学协会与 Big Bang Fair 和 Young Engineers 合作开展。

国家高等教育 STEM 计划（The National HE STEM Programme）。科学，技术，工程与数学目前是英国国家重点工作。由于英国在经济高速变化的时候希望能够在全球竞争中保持领先地位，因此提高创新能力和企业能力变得越来越迫切。英国国家高等教育（HE）STEM 计划就是为此设计的。项目的基本原则是伙伴关系和可持续发展。目的是加强高等教育中战略重要和脆弱的学科，保证高水平 STEM 技能人才的培养能够满足用户和就业者双方的需求。

4.英国通过推动 STEM 教育缓解了 STEM 人才短缺

英国经过十几年的 STEM 教育的推动，取得了显著的成绩。英国开展 STEM 教育的核心诉求是培养学生对 STEM 学科的兴趣，增加学习 STEM 学科的人数和在学徒制种选择 STEM 方向的人数，从而缓解英国经济发展中 STEM 人才短缺的问题。从这一目标定位来看，英国的 STEM 教育还是取得

了很好的效果。表现在如下方面：

（1）学习 STEM 专业的人数增加

2010 年至 2014 年，工程技术和制造技术的学徒突破了 52%。2015 年，在 A Level 学习中选择计算机的人数增长了 30%。2016 年，学习 STEM 本科学位的人数增加 5%。2016 年，GCSE 结果显示 16 岁以下学生参加 STEM 科目的学生比 2015 年增加了 6.4%。学习 GCSE 计算机科学的学生人数大幅增加，从 2015 年的 35141 人增加到 2016 年的 62454 人。2015 计算机科学的女生人数增加了一倍以上，包括生物学，化学，物理学，核心科学，附加科学，地理学，历史和计算在内的 16 岁以下学生的 EBACC 科目的总入学率增长了 3.4%。[①]

英国被定义为战略重要而脆弱的高等教育中的 STEM 学科的研究生就读人数从 2002 到 2010 年增加了 37%，其中物理与空间学科增加了 61%，化学与材料科学增加了 24%，工程技术增加了 42%。[②]

（2）STEM 学科成绩得到提升

GCSE 的考试成绩可以反映英国学生学业成就。2016 年英国 GCSE 考试中“好”或“优秀”学校的学生人数比 2010 年多了 140 多万[③]

英国（英格兰，威尔士和北爱尔兰）每年约有 65 万名学生参加了涵盖广泛科目的 GCSE 考试。其中，大约 30 万将在数学和科学中达到“良好”的成绩（A*-C），这是学生进一步学习 STEM 科目 3 级（Alevel 或同等职业资格）的最低要求。在 GCSE 数学和科学方面取得良好成绩的学生中，约有 9 万人学习 A level 的数学课程，这一比例比过去有所提高。在 A Level 课程中选择 STEM 科目包括生物、化学、设计与技术、计算机、物理、高级数学的人数比例也有所增加。

（3）STEM 高技能人才空缺得到缓解

英国就业和技能委员会开展“高层 STEM 技能的需求与供应”的研究，

[①]The UK STEM Education Landscape，Royal Academy of Engineering, May ,2016
[②]Strategically Important and Vulnerable Subjects，The HEFCE advisory group’s 2010-11 report，P25
[③]Statement from Minister of State for School Standards Nick Gibb[EB/OL]. (2016-08-25)[2017-06-02].https://www.gov.uk/government/news/gcse-results-day.

在 2103 年和 2015 年分别出版了研究报告，报告分析了英国 STEM 技能人才的供需情况。我们可以看出 STEM 教育的效果。

2007 年英国 STEM 行业技能人才的空缺率为 30%，2011 年为 22%。在英格兰，2007 年核心 STEM 职位空缺 34%，2011 年，核心 STEM 职位空缺 26%。2007 年，核心 STEM 职位空缺在英格兰的东部为 40%，东北部为 39%。[①]

英国 STEM 教育的最大特征是经济目标导向，所有的计划设计都围绕着解决 STEM 技能人才短缺问题，解决如何保持国家创新竞争力的问题。所以，英国的 STEM 教育更多是一个国家宏观战略问题，投资的重点也在高等教育和大学的创新研究项目方面。尽管英国提出 STEM 人才短缺的根源在教育，但是并没有在基础教育方面对 STEM 作系统的变革，仅仅从教师培训、学徒制的支持、开展相关 STEM 活动方面进行一些努力。不过在课程、教学、生涯方面还缺乏系统性的设计，特别是在基础教育阶段并没有关于 STEM 的整体规划和预算支持。

（三）德国的 STEM 教育

德国是近现代史上具有重要影响力的发达国家，是世界第四大经济体，更是欧洲经济的发动机。德国经济的根基是制造业，从汽车工业、医疗设备到新能源相关风力发电等领域，德国一直以其卓越的工业水准和创新能力闻名世界，德国 70%的制造业产品都用于出口。正是因为其制造业体系的强大和稳固，德国经济在世界经济危机和欧洲债务危机中表现亮眼，始终保持稳定。近年来，为助力“工业 4.0”，同时应对技能人才的巨大缺口，德国联邦和各州都提出了有关促进数学、信息、自然科学和技术（德语简称为 MINT）教育和人才培养的政策倡议，在基础教育阶段制定了相关学科新的教育标准，促进课程改革，并启动了一批涵盖学前教育、基础教育、高等教育以及职业技术教育的

[①]The Supply of and Demand for High-Level STEM Skills，Evidence Report 77 November 2013，P85

MINT 促进项目。

1.MINT 教育应对技能人才短缺，助力工业 4.0

为了在第四次工业革命中保持和提升德国制造业的世界领先优势，提升德国工业竞争力和创新能力，促进经济的可持续发展，德国政府在 2013 年汉诺威工业展上正式提出“工业 4.0”的概念，旨在推动工业领域的智慧革命，推进创新质量和成本效率相结合的新型生产制造方式的变革。随着工业 4.0 项目的展开，德国政府加大了在智能技术和创新型数字化应用领域的投入，然而，这些领域巨大的人才缺口成了新的问题。

加上人口老龄化因素，德国技能劳动力短缺的问题则更加严峻，并且主要集中在数学、工程、自然科学和技术领域专业，即 MINT 领域。短缺的技能人才类型不仅包括具有高等教育学历的专业人才如工程师，更涉及多个行业领域的技术工人。2012 年，德国联邦教育与研究部在其调查报告《MINT 展望——MINT 教育推广指南与 MINT 类职业规划》中指出，一些行业、地区和岗位的高级技工缺口已经很大 。根据科隆德国经济研究所的调查，2014 年秋季，德国 MINT 专业技能人才空缺岗位有近 12.4 万个。2015 年到 2020 年，预计德国 MINT 专业普通职业教育水平的技能人员中将有 64.6 万人退休，人才缺口将累计达到 131.6 万；高等教育层次的 MINT 人才将有 32.8 万人退休，人才缺口达到 6.7 万个。[①]为了应对这些挑战，助力工业 4.0 发展，德国迫切需要吸引更多青少年投身 MINT 专业的学习和培训。

2.自上而下搭建 MINT 教育战略框架

（1）《德累斯顿决议》将 MINT 教育列为教育发展重要目标

德国将 MINT 专业人才培养视为涉及基础教育、职业教育和高等教育众多方面的系统工程，需要联邦和州、教育各个层次类别以及教育系统与社会其他部门的协同合作，需要自上而下的政策框架和有效的合作机制。

2008 年十月，德国总理默克尔与各州州长在德累斯顿举行教育峰会，讨

[①]Institut der detuschen Wirtschaft Köln. MINT-Herbstreport[R]. 2014. 39-41.

论未来德国教育改革发展的政策方向、措施及两级政府的教育合作，并通过了以“通过教育实现进步——德国资格计划”为标题的《德累斯顿决议》。这份决议是在新的历史背景下，德国联邦和各州就德国未来教育发展核心目标和关键领域达成的共同愿景，也是具有现实意义的行动纲领。这份文件提出了德国教育发展的十大目标措施，其中第四条就是“加强数学、信息、自然科学和技术（MINT）专业”，提出“必须加强少年儿童对于 MINT 领域的兴趣，以适当的举措在中长期应对目前已经出现的技能劳动力缺乏的问题。”

（2）文教部长会议对 MINT 教育提出具体建议

2009 年，作为德国联邦与州、以及州与州之间教育政策协调机制的文教部长会议（KMK）颁布了《关于加强数学-自然科学-技术教育的建议》，明确了 MINT 专业学习对于社会经济和科技发展、国家竞争力提升以及个人职业发展的重要意义，指出一个有持续竞争力的、高技术水平和高创新的经济需要一流的自然科学家、工程师、技师和专业人才。因而要尽早培养学生在数学-自然科学上的兴趣，强调要加强课程学习同实践的关联，特别加强数学、信息科学、自然科学和技术学科（MINT 专业，即英语中的 STEM 专业）的学习。《建议》也提出了从学前教育到高等教育的各个学段的教育教学、教师专业发展、课程内容建设、学校发展、跨机构合作等各方面促进 MINT 专业教育的多项建议措施。①

（3）搭建跨部门合作平台

2012 年，德国国家工程院（Acateh）、德国工业协会(BDI)以及德国雇主联合会(BDA)共同发起了“国家 MINT 论坛”，作为一个科研院所、学术机构、企业部门、行业协会以及教育机构协同合作，促进 MINT 人才培养的组织框架。论坛成员包括德国工程师协会、德国 9 所工业大学联盟、大学校长联席会、莱布尼茨学会、德国电信基金会在内的共 30 家学术组织、行业协会和基金会。论坛以工作组的形式开展研究合作，提出 MINT 教育政策建议，制定共同的质量标准，支持相关研究项目。自 2012 年以来，论坛每年举行“国家 MINT 峰会”，邀请政府官员、研究专家、企业领袖等共同探讨 MINT 教育发展，德

①KMK. Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der Mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung[R]. Bonn: 2009.

国总理默克尔也曾出席2014年的第三届论坛.此外，德国工业协会（BDI）和德国雇主联合会（BDA）还发起了“MINT创造未来”计划，通过发布MINT人才缺口报告、评选MINT友好学校、支持MINT教育项目等，促进MINT教育的开展。

3.搭建“教育链”，MINT促进项目全面启动

（1）在学前教育阶段促进儿童科学素养培养

德国MINT教育注重“教育链”的系统搭建，认为MINT教育应该贯穿从学前教育、到高等教育和职业教育的全部教育过程和教育领域。文教部长会议（KMK）2009年《关于加强数学-自然科学-技术教育的建议》提出，数学和科学素养的教育在幼儿早期启蒙和学前教育阶段就应当展开。幼儿园应当系统地将数学和科学的启蒙纳入儿童的日常教育之中，帮助儿童建立对于自然科学、数学和技术的基本经验，促进他们手工技能的发展，引导他们有针对性地观察和认识自然现象，为进入学校系统后的STEM专业知识学习典型兴趣和认知基础。

早在2006年，联邦教育科研部在亥姆霍兹国家研究中心联合会、西门子基金会、沃尔斯堡汽车城、德国电信基金会和迪特马•霍普基金会等机构的资助和支持下，成立了以促进学前儿童和小学生科学素养发展为宗旨的“小小研究者之家”基金会，在全国范围内，组织开展幼儿园和小学数学-科学-技术教育的专家咨询、实践指导、教师继续教育培训和资格认证工作，联合企业、科研机构等组织建立地方科学教育网络，同时为幼儿园和学校提供科学教育的素材、实验资源，帮助幼儿园和小学加强相关软硬件和师资建设，成为真正有利于儿童进行科学探索的“小小科学家之家”。其中教师的MINT教育继续教育项目是基金会当前最重要的工作之一，基金会组织教育专家开发针对幼儿和儿童的科学教育理论和教学法培训项目，通过教师培训提高他们启发儿童的科学探索兴趣、引导儿童进行科学探索和研究尝试的能力，并通过认证机制促进教师科学教育专业能力的成长。“小小研究者之家”目前是德国最大的早期教育促进项目，并计划在未来几年将其服务覆盖到全国 80%的学前教育机

构。

（2）制定相关学科教育标准，促进基础教育课程改革

2002 年到 2004 年，文教部长会议（KMK）先后对数学、物理、化学、生物和信息技术的“高级中学毕业考试统一要求”的内容进行了修订，更加强调各学科整体性教育目标的实现和知识应用能力的考察。例如，数学学科的高级中学毕业考试统一要求中强调，数学不仅应当被视为一门“规范的科学”，还应当被作为“对现象进行理性解释的思维模式的存储池”和“根本性的问题解决能力思维的演练场”，因而数学教学应当特别重视数学能力的培养。在此基础上，2005 年以来，各州分别制定了更加细化的高级中学毕业考试要求，并将其贯彻到文理中学的课程设置和日常教学之中。

同时，作为搭建全国性的教育标准体系的一部分，2003 年以来，文教部长会议先后颁布了颁布了包括 4 年级、9 年级和 10 年级数学学科以及 10 年级生物、化学和物理学科在内的多个学科和年级教育标准。这些学科标准强调对于各学科核心领域和基本素养的准确把握，为 MINT 学科教学提出了更加明确和可比的质量目标。

在学校课程教学中，德国近年来特别强调实践性知识的学习和跨学科素养的训练。按照文教部长会议关于 MINT 教学的指导性建议，德国小学教育阶段注重在常识课（Sachunterricht）中联系学生的实际生活经验系统地介绍自然科学-技术知识部分的内容；在中学 5 到 10 年级，通过开设专业课程、自然科学-技术综合课程以及按照学习领域、跨学科或者以学科综合的方式开设课程，来进行连续的自然科学教育。中学第一阶段旨在培养学生自然科学的学科观念，激发学生对自然科学和技术的兴趣。而文理中学高级阶段则主要对自然科学知识进行加深和扩展。

需要特别强调的是德国近年来中小学教学中对于信息技术学习和应用的重视。一方面信息技术和媒介被作为一门重要的科目纳入到基础教育的课程教学之中。很多州从初中开始将信息技术作为自然科学的一门科目供学生选修。另一方面，各州都在极力推动学校教学硬件和软件方面的数字化，大多数学校都配备了一定规模的计算机、多媒体等先进的数字化设备，并对教师进行

数字化教学的培训，如巴伐利亚州推出了校内远程通讯与多媒体教师培训项目，而数字学习材料也被黑森州等州正式纳入教师教育材料的范畴。此外，各州也在教学大纲中明确指出，要让学生接触和使用新的媒体，并培养学生对数字化媒体的使用和鉴别能力，能够熟练的使用互联网搜索和甄别信息等具体要求。

（3）支持青少年科学竞赛活动

为了鼓励青少年科学兴趣、素养和科学能力的发展，德国同样鼓励各类以青少年为参赛对象的科学竞赛活动。例如，德国每年都组队参加国际青少年科学奥林匹克竞赛的数学、生物、化学和物理四项赛事，并为此每年在全国范围内按年龄分组开展选拔赛。此外，在德国比较重要的青少年科学赛事还包括已有 40 多年历史的德国数学竞赛，旨在鼓励青少年科研创意和科技发明的青少年科研竞赛、联邦信息科学竞赛计算机科学和鼓励青少年在微电子领域进行探索的“投资芯片”（Invest a Chip）竞赛活动。总体来看，德国的这些青少年科学竞赛活动基本都是每年举行一次，涵盖了数学、科学和技术的各个领域，面向 10 岁以上的各个年龄组的青少年，并且具有广泛的参与性，所有感兴趣的青少年都可以参加。对于全国性的青少年科学竞赛，联邦教育科研部、各大科研院所协会和众多高校、企业、基金会等都予以支持，很多竞赛活动都是科研院所和企业直接参与承办。德国教育界、舆论和家长对于对于青少年的科学竞赛活动普遍持肯定和支持的态度，认为这有助于促进青少年科学兴趣、素养和能力的培养和个人的全面发展，也有助于发现那些具有潜力的科学人才，并给予他们更多专业的发展支持。

（4）MINT 友好学校评选

“MINT 友好学校”是德国在“MINT 创造未来”联盟框架下设立的年度学校评选项目。该项目旨在通过评选活动和标杆学校的榜样效应鼓励学校促进数学、信息、科学和技术专业的教育教学，培养学生对于这些专业领域知识和职业前景的兴趣，提升教学质量，在学校中营造促进 MINT 学习的良好氛围，并加强学校之间以及学校与企业、科研机构之间有关 MINT 教育的合作。评选活动的支持和赞助单位包括了德国多家知名企业、基金会、专业学会以及

地方政府，如德国电信、德国铁路、思科公司、罗伯特·博世基金会、德国数学学会等。该评选活动分别针对小学、中学初级和中学高级阶段、以及在海外的德国学校等设有不同的组别。选出的学校可以获得来自企业界、基金会、专业学会等机构的有关数学、科学、信息和技术知识学习和学生发展的各种支持。学校还能够加入全国性和地方性的 MINT 学校联盟，加强 MINT 教育之间的合作交流。

（5）校园和企业实验室项目

依托于强大的工业反哺，德国历来有重视职业教育和实践能力的传统，通过参与大学实验项目、进入企业体验学习等方式，让儿童和青少年在解决具体问题的过程中对相关职业建立更加深入的了解，沿着 MINT 教育链发展。

目前，有近 300 所德国科研机构和大学参与到了欧盟“校园实验室”项目之中。这些机构将其实验室向青少年开发，采用“探究式学习”的教学方式，让青少年自主展开高科技实验，甚至成为实验课题的负责人，在真实实验环境中提高 MINT 意识、培养 MINT 技能。例如，德国国家航天与空间研究中心建立了 9 所校外科学实验室，并向全德青少年开放 13 项课题，涉及激光技术、雷达技术、环境遥感、气象、卫星观测数据分析、卫星导航等领域。在一天的参观安排中，每个学生都可以从这 13 个课题中选择 2 个自己感兴趣的方向，自由参与到相应的实验中，针对每个方向进行两小时的集中操作实践。

除了大型研究机构和大学，企业也是推动 MINT 教育的重要组成部分。例如，巴斯夫公司针对不同年龄段的青少年和儿童分别建立了“少年儿童实验室”和幼儿将于项目。少年儿童实验室旨在给中小学学生提供实验机会，一至四年级一年级学生在这里使用化学设备探索生活中观察到的科学现象；五六年级学生则通过实验学会如何把小点子变成新产品；13 到 19 岁的少年们可以通过一些项目习得化学和生物技术，把课堂中学到的知识运用起来。每年，有超过 18000 名德国中小学学生参与实验室的活动之中。

（6）鼓励更多女性青少年投身 MINT 专业

数学-科学-技术传统上被视为是由男性占领和主导的专业和职业领域，而这种社会偏见会在很大程度上影响女性青少年的专业和职业选择。让更多女

性投身 MINT 专业的学习、研究和工作将有助于缓解这些领域人才紧缺的状况，这也是促进公平地教育参与和职业参与、促进社会个体实现更好发展的诉求。因而在德国当前的教育政策中，鼓励更多女性青少年对数学-科学-技术专业的兴趣，促进她们在这些领域的学业和职业发展成为一项重要的内容。

2008 年 6 月，德国联邦教育科研部发起了以“来做 MINT”（Komm mach MINT）为口号的“促进女性参加数学-科学-技术工作国家公约”计划。这一计划以那些正面临中等教育向高等教育过渡或从高等教育向职场过渡的女性青少年，旨在向她们展现工程-自然科学领域工作的真实景象以及女性在其中的发展机会；鼓励更多女性青少年发展对自然科学和技术学业的兴趣；以及促进女性大学毕业生在技术企业和科研机构的就业和职业发展。该国家公约的主要组织形式是一个广泛的联盟网络，联邦和地方政府部门如联邦和各地劳动局、公共机构、学术和科研单位、企业、行业协会、社会组织以及媒体等都可以作为合作伙伴加入该公约，并致力于公约目标的贯彻。目前已经有 190 个成员机构签署了该公约。

公约推动的核心工作是一个有关 MINT 职业发展、职业选择、专业介绍以及学业服务的各类项目的在线数据库系统的建设，以一个统一的信息平台向女性青少年提供在线专业和职业倾向测试、MINT 相关信息介绍、专业咨询和个人辅导的服务。[①]公约的成员伙伴同时通过各类活动致力于这些项目在不同部门、地区和机构的贯彻实现。这一同样以“来做 MINT”为标题的在线数据库系统及其合作伙伴也会组织线下的主题活动，通过工作坊、个人专业和职业选择咨询、企业参观与体验、与 MINT 领域杰出女性榜样交流等多种形式鼓励和支持女性青少年在科学和技术领域的学业及职业发展。目前，这一在线系统已经累计汇总了超过 1000 项面向女性的 MINT 项目。例如由联邦教育科研部（BMBF）和联邦家庭、老年人女性和青少年部（BMFSFJ）共同支持的“Girls’ Day”（女孩未来日）是一项全国范围内的面向 5 年级以上中学女生的开放日活动，每年举行一届，众多政府机构部门、企业、高校、科研院所、公共部门在开放日期间向女生开放，并举办各类专题活动，让女生们了解和体

[①]公约主页：http://www.komm-mach-mint.de/

验与自然科学和技术工程有关的各类工作。自 2001 年启动以来，已经有累计超过 150 万女学生参加了这一活动。

（四）芬兰的 STEM 教育

芬兰教育以其在世界经济合作发展组织（OECD）开展的国际学生学业成就测评项目（PISA）中取得的优异成绩而闻名于世。相较于其他国家，芬兰学生在 PISA 项目中取得的数学和科学成绩都处于较高水平。很多研究者对此探因认为，芬兰学生之所以取得优异成绩，在很大程度上得益于其世界领先的教师职前培养。

尽管芬兰学生在 PISA 项目中取得了相对优异的数学和科学成绩，但事实上，科学、技术、工程和数学教育，也即通常所称的 STEM 教育，对包括芬兰在内的欧洲国家而言，也是一种挑战。根据有关调查结果，欧洲很多国家的学生对 STEM 教育的兴趣并不高。学生更倾向于选择学习他们感兴趣的知识，这种事实使得欧洲国家不得不担忧学生的科学素养、他们对 STEM 教育相关知识的掌握以及该领域未来专业人才的培养和储备。此外，很多学生也未能意识到 STEM 教育与他们未来职业生涯的联系。

因此，为了鼓励学生加强学习 STEM 学科，保持和促进他们对这些学科的学习兴趣，应尽早为他们提供系统化的支持和帮助。最新的研究表明，对儿童兴趣的引导和干预措施应在他们 4 岁之前就开始。

芬兰政府、大学与中小学、工商企业、社区、家庭等多方机构共同合作，积极推动 STEM 教育发展。其中 LUMA 项目比较有代表性，也是芬兰开展 STEM 教育的最大平台。

1.以重大项目为载体构建全国范围的 STEM 教育网络

早在 1996-2002 年期间，芬兰教育部就组织和开展了一项名为 LUMA 的数学和科学教育发展项目。在芬兰，LUMA 是“LUonnontietee”（芬兰语，意为自然学科）和“Mathematics”这两个词的缩写。芬兰教育部开展 LUMA 项

目，旨在改进 STEM（科学、技术、工程、数学）教育实践和增强学生对这些学科的学习兴趣。

该项目结束后，芬兰不同行业和组织对 STEM 教育领域的热情和创新活动仍在继续。首个 LUMA 中心于 2003 年在赫尔辛基大学成立。该中心理事会成员来自芬兰教育部、芬兰国家教育委员会、赫尔辛基大学、赫尔辛基市政府、工商企业协会、教师协会等多个机构和组织。2007 年以来，另外 9 个性质类似的 LUMA 中心在芬兰不同大学陆续成立。在此基础上，2013 年 11 月芬兰又成立了国家 LUMA 中心，成为芬兰 STEM 教育领域里程碑式的大事件。

国家 LUMA 中心是全国范围内不同大学各分支 LUMA 中心的总协调部门，旨在促进和支持从幼儿园到大学所有层次的教育机构、工商企业部门、教育行政部门、博物馆、科技中心、教师组织、媒体、学生、家长及其他任何相关组织和个体，围绕 STEM 教育开展国内及国际合作。

在当前国家 LUMA 中心协调和支持的 STEM 教育合作网络中，大学、中小学、教师、学生、家长、工商企业界都参与其中，合作推进更多的 3-19 岁儿童或青年参与学习 STEM 学科，同时为各层次教师开展以研究为导向的终身学习和专业能力发展提供相应支持。

芬兰全国开展 STEM 教育合作的核心价值是“专业共享”。国家 LUMA 中心鼓励所有的合作机构和个体自由开放地分享他们的创意、优秀经验和实践做法，促进和支持儿童、青年和教师形成一定的社群组织，为他们提供相应的机会与大学和工商企业界的科技社群开展互动。

2.STEM 教育网络旨在激发青少年相关学科的学习兴趣

芬兰 LUMA 项目开展的多数活动是学校常规教育课程之外的，一般在学生放学之后或假期开展。这些活动通过选择多种多样的场合，充分利用现有基础设施和社区环境，以及精心设计、丰富多彩的活动流程、工具和材料，创设出积极的、参与的、合作的、以学生为中心的、基于现象和问题的、情景式的学习氛围，最终为儿童和青年带来沉浸式的 STEM 学习体验、探索的乐趣和知识及技能长进。

LUMA 项目的核心目标是“人人学习 STEM”。STEM 教育的原初目标是培养未来科学家和工程师，只和少数学生有关联。后来，STEM 教育目标发生转变，越来越多地与个人日常生活及社会需要相结合。LUMA 项目和 STEM 教育目标转变相契合，它通过开展一系列非正式的活动，将个人的、社会的和职业的三维目标结合在一起，更好地吸引大多数学生的兴趣，使他们学到日常生活和未来工作可能需要的 STEM 知识和技能。LUMA 项目之所以注重和工商企业界合作，也是为了培养和增强儿童和青年未来从事 STEM 相关职业的兴趣，但仅限于引导而不强行灌输。

教师在培养儿童和青年 STEM 学习兴趣方面扮演着重要角色。LUMA 项目注重对教师开展专业能力培养，首先使教师对 STEM 教育产生强烈兴趣并提高相关学科授课能力。

有关 STEM 学科及其教育模式的研究也是 LUMA 项目核心内容之一。开展该类研究一方面是为了使活动设计更加科学合理，另一方面是为了评估项目活动的实施效果。教师积极参与研究过程，很多研究主题与 ICT 技术在 STEM 教育中的应用有关。研究所得结果不仅通过国内及国际正式出版物向外界传播，而且及时送达相关教师，便于他们更好地改进 STEM 教育实践。目前，一些最新的研究成果已经应用到教师职前教育和在职培训中。

3.大中小学协作创设多样化的 STEM 教育活动及资源平台

LUMA 项目有很多成功的活动形式，诸如 STEM 俱乐部、营地教育、针对 3-19 岁儿童和青年量身打造的网络在线杂志等。

所有这些非正式的 STEM 教育活动，通过向参与者展示 STEM 教育和他们的密切联系，以及让他们感知通过这样的活动可以加强青少年之间的社会交往和合作，从而提升他们对 STEM 教育的兴趣。不管是在俱乐部还是营地教育活动中，活动组织者都注重对 ICT 技术和工具的使用，包括拍照、摄像、剪辑以及通过建模和可视化技术来学习和认识某些现象。参加这些活动的青少年往往还形成自己的作品，成为 LUMA 网络在线杂志的重要内容，这些作品包括稿件、照片和视频。

（1）“黄金时代少年营”营地教育活动

在这些活动中，知名度比较高的是国际性的“黄金时代少年营”（MYC, Mill-ennium Youth Camp）。该活动发端于 2010 年，定期组织世界不同国家 16-19 岁青少年学生参加营地教育活动。MYC 旨在通过营地活动增加青少年对 STEM 教育的兴趣，传播芬兰在该领域的专业知识和最新进展，同时让他们熟悉芬兰在该领域的学习和就业机会。

（2）年度“科学教育国际论坛”

芬兰国家 LUMA 中心还组织年度“科学教育国际论坛”（ISSE, International Symposium on Science Education）。参加论坛的人员包括来自世界不同国家的 STEM 教育研究者、教师、师范生以及非教育领域的其它机构代表。通过国际论坛，他们可以建立联系、互相学习。

（3）“小小技术家”俱乐部活动

LUMA 项目为 7-12 岁的小学生及 13-16 岁的初中生组织很多有趣的 STEM 俱乐部活动，活动开展地点多在大赫尔辛基地区的学校中，时间一般安排在课下或假期，而且是免费的。俱乐部通过设计多种多样的活动和游戏，激发儿童参与 STEM 教育的兴趣，一方面为那些数学和科学天才儿童提供积极的学习体验，另一方面也为那些在数学和科学学习方面遇到困难和挑战的儿童解决问题。

每种俱乐部一般包括 6-10 次活动，每次活动 1-1.5 个小时。STEM 相关专业的师范生也会参加俱乐部活动，在指导学生的过程中也提高自身教学水平。师范生参加每次活动，都会得到赫尔辛基大学及其它组织机构有关专家的评价和反馈。

在这些俱乐部之中，名为“小小技术家”（Little Jippo Clubs）的俱乐部非常有创意，而且最受欢迎。“小小技术家”俱乐部活动在赫尔辛基大学校园开展，针对 3-6 岁的儿童。俱乐部活动对象之所以延伸到学前儿童，是因为一些研究发现，如果儿童在学前阶段就开始接触 STEM 学科活动，他们在今后的学习中会更加喜爱 STEM 教育。“小小技术家”俱乐部将艺术元素融入 STEM 学科，主要开展动手操作活动。它旨在让儿童在获取学习乐趣和成就感的同时，

养成思考、讨论和探究的习惯。

“小小技术家”俱乐部共包括 6 次活动，不同活动之间由精彩的虚构故事串联。除了面对面的活动，儿童还可以通过阅读“小小技术家”在线杂志和观看相关视频，与父母在家中做一些小实验。虚构的故事激励儿童通过他们亲自观察和思考，积极探索日常事物，诸如颜色、物质形态、密度和空间等。总之，“小小技术家”俱乐部活动通过故事、启发、角色扮演、音乐等整合了科学、技术、艺术和情感教育。这样的 STEM 教育更像是一种游戏。很多家长反馈，这样的俱乐部活动有效培养了他们孩子参与 STEM 教育的兴趣和积极态度。

（4）青少年与 STEM 专家见面会

青少年与 STEM 专家见面会主要是面向 14-19 岁青少年所开展的一种非正式的 STEM 教育活动。通过该活动，青少年不仅有机会认识和了解芬兰 STEM 领域的专家，而且可以结交更多的志同道合的朋友。

每年 8 月份到次年 5 月份期间，LUMA 项目每个月在大赫尔辛基周边地区的大学、研究机构或相关的企业内部组织一到两次这样的见面会。每次见面会持续 2-3 个小时。邀请到的专家向青少年介绍研究方案、仪器设备、目前正在开展的研究项目、他们自身所从事的工作以及 STEM 领域未来的学习前景和机会。例如，有关计算机编程方面的见面会，是由赫尔辛基大学计算机科学系的顶尖专家以及在世界范围内领先的芬兰 ICT 企业的相关专家共同组织的。

在见面会中，青少年可以互相分享和讨论自身学习 STEM 学科的经验，并就某些问题咨询相关专家。如果他们参加了 8 次或以上的见面会，并且通过国家 LUMA 中心的在线论坛认真汇报学习心得和感想，就能获得一定的高中课程学分。

（5）大学内部 STEM 实验室和课堂全真体验活动

国家 LUMA 中心及大学各分支 LUMA 中心为中小学教师提供免费带领学生进入周边地区大学内部实验室和课堂进行全真观摩和体验的机会，以此支持学校所开展的 STEM 学科正式教育。他们可进入全真观摩和体验的实验室主要有以下几个：赫尔辛基大学的化学实验室、计算机实验室、数学实验室和物理实验室，奥尔托大学的 LUMARTS 实验室，东芬兰大学的物理和机器

人实验室，以及拉普兰塔理工大学的物理实验室。

LUMA 项目所组织开展的大学实验室和课堂全真体验活动，非常受中小学教师和学生欢迎。仅 2013 年，到赫尔辛基大学化学实验室参观学习的中小学生多达 4000 人。这些与 STEM 学科相关的大学实验室，还被用作中小学相关学科教师在职培训和工作坊活动场地。

（6）在线杂志为青少年和教师创设 STEM 线上学习社区

LUMA 项目还编辑和发表多种多样的网络在线杂志，激发青少年和教师对 STEM 教育的兴趣，并为他们提供相应支持。青少年可以免费获取和阅读在线杂志。

名为“Jippo”的在线杂志（芬兰语版），主要面向芬兰 3-10 岁儿童，以有趣的方式向他们介绍 STEM 领域的奇闻异事。该杂志旨在激发儿童好奇心，鼓励和支持他们与父母在家庭中做一些小实验，在遇到问题时通过网络向 Jippo 吉祥物发起提问并得到指导。儿童通过阅读这样的在线杂志，可以体验到学习的乐趣并对生活世界及 STEM 相关知识更加热爱。学校教师也可以从这样的在线杂志中找到好的教学素材。Jippo 在线杂志自 2003 年上线以来，受到学生及教师的一致喜爱。

名为“Luova”的在线杂志（芬兰语版），自 2007 年开始上线，主要面向芬兰 11-19 岁的青少年，帮助他们更好地发现与 STEM 研究和创新相关的发明和创造所带来的乐趣。该杂志旨在为青少年、研究人员和教师提供有价值的信息和素材，并鼓励青少年开展更多的 STEM 学习和探索。青少年在阅读该在线杂志时，还可以通过博客和相应的网络插件进行互动。

名为“My Science”的在线杂志（英语版），面向世界各国对 STEM 学科感兴趣的 16-19 岁的青少年。该杂志主要编撰和发布 STEM 领域的新闻、学术文章、有趣图片和视频以及学生的生活和研究博文。该杂志的主要目的是为了给世界不同国家的青少年提供更多学习和探索 STEM 知识的机会并介绍和传播芬兰的研究和创新活动。

此外还有名为“LUMA-sanomat”（芬兰语版）和“LUMA News”（英文版）的在线杂志，主要面向芬兰及世界各国的 STEM 学科教师及研究人员，为他

们提供一个了解 STEM 教育相关信息和内容的国家级门户渠道。一方面为教师提供与 STEM 教育教学相关的、最新的、有趣的和有启发性的信息和素材，让他们可以实际应用于日常教学活动。另一方面在世界范围内更好地介绍和宣传世界知名的芬兰教育。

以上杂志的编辑团队包括来自大学的 STEM 领域专家、工商企业专业人员等。读者在阅读在线杂志的同时，通过网络社区积极参与讨论，以文字、图片、视频等形式来咨询问题、分享观点和经验，并在其它社交网站上分享和传播相关内容。数年来，多以万计的儿童、青少年、教师已经成为这些在线杂志的忠诚读者。2009 年，芬兰“公共信息传播国家奖”颁发给了 LUMA 项目的“Jippo”和“Luova”在线杂志。

（五）以色列的 STEM 教育

以色列只有 700 万人口，建国历史只有 60 余年，周围敌对势力遍布、战乱不断，而且自然资源匮乏。但这样一个国家，却拥有比那些和平稳定的大国多得多的创业公司，人均吸引的风投数量是美国的两倍，欧洲的三十余倍。以色列的经济奇迹令世人瞩目，成为很多国家和地区追求创新发展的榜样。以色列所取得的经济奇迹离不开其别具特色的 STEM 教育体系的支撑。

1.STEM 教育在以色列经济崛起中扮演重要角色

以色列社会经济以知识经济为支撑，在研发上给予高投入，同时在智力和学术上有着高产出。2010 年，国内研发投入占 GDP 比例高达 4.4%，并且在 2005-2010 年间以每年 4.1%的比例逐年增长，在 OECD 国家中居于前列。

以色列知识密集型企业的发展实力和潜力得到全球认可，2008 年 52%的国内研发投入来自私立部门。时至 2012 年，240 余家国际知名企业在以色列建立起专门的研发中心。在以色列除钻石之外的所有产品出口额中，与研发相关的产品出口份额占到一半以上。早在 2000 年，以色列便被称为硅谷第二，研发和创新能力与美国波士顿、芬兰赫尔辛基、英国伦敦、瑞典西斯塔不相上

下，仅次于美国硅谷。以色列在特殊领域的专利拥有量上也居世界前列，它在2011 年世界竞争力报告专利生产率排名中高居第四。

以色列的科研机构实力在全球位于前列，高比例的科研出版物，位于前列的大学排名以及诸多大学科学和专利方面的国际奖项，使得以色列的科研机构一直在全球范围内独占鳌头。尤其是在计算机科学、数学、化学学科方面，以色列大学居于领先地位。以色列特别注重产学研合作，所有的研究型大学都设有专门的技术转让部门。

由美国学者丹▪塞诺（Dan Senor）和以色列学者索尔 • 辛格（Saul Singer）合著的畅销书《创业的国度：以色列经济奇迹的启示》被翻译为二十余种语言版本。该书对以色列经济崛起的原因做了深度挖掘。该书认为，创新是一个国家在全球知识经济环境中取得发展的关键要素，而创新的根基在于教育，尤其在于科学、技术、工程、数学等 STEM 学科领域的教育。

2.以色列的 STEM 教育体系别具特色

以色列特别重视教育，国家从上到下一致认为教育发展是走向现代社会的必经之路。尤其 STEM 教育，被以色列人民认为是国家科学技术领先于其它国家的重要法宝。不管是政府还是普通公众，都很重视 STEM 教育的发展。早在 2006 年，以色列的一项民意调查显示，78%的民众将科学和技术列为国家的首要资源，90%的民众认为科学技术发展是国家安全的必备要素，94%的民众认为科学技术是国家经济和民生发展的重要保障。工程师、医生和科学家被以色列父母首选为他们希望孩子能够在未来从事的三大职业。

从以色列基础教育阶段来看，小学和初中都开设有丰富多彩的 STEM 相关学科。生物、化学、环境等科学教育是高中一年级的必修课，但对于高二和高三年级而言是选修课。工程和技术方面的课程也是以选修课的性质面向所有高中生开设的。和欧美很多国家一样，在以色列，毕业会考成绩是高中毕业生申请高校的重要凭据。数学是高中毕业会考必考科目，但其它 STEM 学科都是选考科目。从实际情况来看，大约 1/3 的以色列普通高中学生会学习 STEM 相关学科。在 2011 年国际教育成就评估协会（IEA, International Association for the Evaluation of Educational Achievement）组织的第五轮国际数学和科学趋势评测项目（TIMSS, The Trends in International Mathematics and Science Study）中，以色列数学和科学成绩分别排第 7 和第 13 名。该项目主要对 4 年级和 8 年级学生的数学与科学学业成绩进行评测，2011 年有 60 多个国家参加了这项评测。

从高等教育阶段来看，相对于国家人口规模而言，以色列有着较为庞大的高等教育系统。截至 2012 年，它由 8 所综合性大学、27 所学术型学院、25 所学术型教师学院以及 70 所旨在培养高级工程师和科学技术人员的专业型学院。每年，这 70 所专业型学院在近 50 个专业方向上授予两万余名毕业生技术和工程方面的学位或文凭证书，为国家培养了大批专业技术人才。

与其它国家相比，以色列 STEM 教育体系有两方面最大特点：

首先，根据法律，以色列整个教育体系分为三部分，第一部分由国家政府管理并服务于无宗教信仰的犹太人和阿拉伯人；第二部分由国家政府管理并服务于有宗教信仰的犹太人和东正教徒；第三部分既不由教育部投资也不由国家政府管理，独立运转并服务于极端正统派。在这三部分各成一体的教育系统中，第二部分的中小学很少开设 STEM 学科，第三部分的中小学则完全杜绝开设 STEM 学科，主要专一于宗教方面的教育教学。而第三部分人口占到以色列总人口的 20%左右，这在很大程度上削减了潜在的 STEM 学习者。

其次，根据法律要求，以色列所有高中毕业生都要义务服兵役，男生 3 年、女生两年。这种国情的特殊性，一方面使得以色列的 STEM 教育体系没有从中小学直接顺利延展过渡到高等教育阶段，另一方面使得以色列的 STEM 教育得到很大程度的加强。因为，义务服兵役从多个方面直接或间接影响和促进了 STEM 教育的发展。一者，国防部会遴选优秀的高中毕业生，在他们服兵役的同时还可以接受 STEM 学科的学院教育，多出的学习年限算作延长服兵役的时间，等他们退伍时已经具备了很多 STEM 方面的专业技能。二者，服兵役期间，这些青年人可以接受到部队里组织的 STEM 方面的教育培训，这些培训课程与部队的项目任务有关，等他们退伍之时已经成为 STEM 方面的专业人才，很容易到相关企业就业。三者，国防部还开展一些与 STEM 教育

相关的精英培训项目，这些项目的培训内容涉及国家机密级科学技术成果，造就了很多 STEM 高精尖人才等等。

3.以色列为 STEM 教育及相关行业发展营造有利的政策环境

以色列有一系列有关 STEM 和科技创新的法律与政策，为 STEM 教育及相关行业发展搭建起有力的政策环境。如《鼓励企业研究与发展法》，在以色列高科技快速发展的关键阶段发挥了重要作用。以色列在智力产权方面有 20 余项法律法规，都旨在为创新者提供保障，并鼓励地方 STEM 相关领域的创新。当然，维护教育权利方面的法律，高资助高补贴性质的公立大学教育系统，都为 STEM 教育发展奠定了基础。另外还有《鼓励风险投资法》以及有关国际入驻企业税收等多方面的优惠政策，都促进了 STEM 相关企业和行业的发展。而这些行业的发展意味着对 STEM 相关人才的需求，从而带动了 STEM 教育的长足发展，形成了良性循环。

4.以色列以多样化的项目为载体全力助推 STEM 教育发展

以色列一直到 20 世纪 80 年代私有化和自由化浪潮到来时，才结束了集中计划经济时代。因此，尽管这些年来私有企业在规模上和活力上取得了大幅增长，有关 STEM 教育的很多发展项目还是以政府的相关法律法规、政策与资助为主要载体。

过去一些年，以色列在中小学 STEM 教育方面组织和发起了多样化的项目，以此助推 STEM 教育发展。如成立专门的“科学与技术行政管理中心”，该中心联合教育部更好地确保教育系统的毕业生能够满足企业与部队对人才的需求。该中心制订 STEM 教育目标，研发相关课程与教学，支持和促进 ICT 技术进课堂并监测学生在 STEM 学科方面的学习情况。再如，教育部成立专门的荣誉项目，遴选优秀学生参加为期 6 年的 STEM 学科学习。这些学生在 5-6 年级时被教师选定，然后在 7-12 年级期间持续性地参加荣誉项目。等项目结束，他们已经高中毕业。这些学生被重点考虑选派到部队的特定部门或专业高等教育机构，进一步深造。此外，以色列教育部还发起名为 Matar 的项目，

该项目由教育部资助并由大学具体执行。项目的主要内容是为 STEM 学习创建在线平台，包括面向学生的在线课堂建设，面向教师的课堂支持措施建设以及面向学校层面的相关书籍与信息资源建设等。

另外，20 世纪 90 年代以来，以色列政府部门、研究机构、工商企业、民间机构等不同主体围绕 STEM 教育及行业发展还发起了其它许许多多的项目，推动 STEM 教育不断发展。