

党的二十大精神·建设教育强国（二）

中国特色工程教育体系的演进历程、 内涵特征及未来进路

张炜^{1,2} 王良² 林永春²

（1. 浙江大学 科教发展战略研究中心；2. 公共管理学院，浙江 杭州 310013）

摘要：文本回顾了欧洲、美国和中国的工程教育制度演化过程，发现虽然不同国家和地区的工程教育体系各具特色，但总体遵循从技术范式、科学范式到工程范式的变迁特征，且各国工程教育体系的发展与所在国家的工业化和现代化进程密切相关，表明工程教育是现代化转型的重要驱动力之一。面向中国式现代化的战略使命，亟须构建具有中国特色、世界水平的工程教育体系。中国特色工程教育体系是与我国具体国情相适应、服务中国式现代化的工程教育体系，具有深度服务国家重大战略需求、推动工程科学与工程实践有机平衡、促进知识创新与产业实践同步发展、贯通多阶段与融合多类型教育体系以及加速融合数字化与智能化技术等关键内涵特征。基于此，文本从构建工程教育战略整体规划，推动工程教育规模结构质量动态调整，科教产融合驱动教育教学改革等三方面提出加快构建中国特色工程教育体系的未来进路。

关键词：工程教育体系；制度演化；中国特色；内涵特征

中图分类号：G642；TB-4 **文献标识码：**A **文章编号：**1005-9245（2024）02-0058-10

自1747年法国巴黎高科路桥学校建立以来，工程教育已走过270余年的历史，为推动工业革命与人类文明发展作出巨大贡献。世界工程教育发展大致经历了技术范式、科学范式和工程范式等不同阶段。中国本土工程教育虽起步较晚，但其始终与国家现代化和工业化进程密切相连，成为驱动中国现代化发展的重要力量。党的十八大以来，伴随工业化的巨大进步，中国工程教育迎来新的发展机遇。目前，我国已建成世界上规模最大的高等工程教育体系，成为驱动高等教育高质量发展和建设教育强国的“突破口”与“先手棋”。党的二十大报告从党和国家事业发展全局高度和长远角度明确了以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的使命

与任务，面对这一任务要求，有必要梳理和比较不同国家工程教育体系建设的发展历程及其最新改革动向，进而厘清中国特色工程教育体系的内涵特征与未来进路，为打造中国特色、世界一流的工程教育体系作出前瞻性贡献。

一、中美欧工程教育制度建设的发展历程与改革动向

（一）中美欧工程教育制度建设的发展历程

1. 欧洲：从“艺徒制”到多元化的现代工程教育体系

现代工程教育肇始于欧洲，以“艺徒制”和精

收稿日期：2023-08-01

基金项目：本文系教育部哲学社会科学研究重大委托项目“中国工程教育战略与改革路径研究”（22JZDW002）、教育部哲学社会科学研究重大课题“习近平总书记关于中国特色世界一流大学建设的重要论述及其溯源研究”（21JZDW002）的阶段性成果。

作者简介：张炜，浙江大学科教发展战略研究中心副主任，公共管理学院教授、博士生导师；通讯作者：王良，浙江大学公共管理学院博士研究生；林永春，浙江大学公共管理学院博士研究生。

英教育为特色的欧洲工程教育对现代工程教育发展产生了深刻影响。工程教育和工程活动一样久远而古老^①，早在古希腊时期，欧洲由金属工人、陶工、泥瓦匠等组成的合作组织就致力于培训学徒与传播创新，中世纪欧洲的各种“行会”（Guilds，早期职业化工匠群体）在欧洲工匠群体中发挥工程教育的功能，以师傅带徒弟为特征的“艺徒制”成为当时工程教育的主要形态^②。“艺徒制”在漫长的历史演进中，契合不同阶段的主要生产方式和特定时期的国家定位，历久弥新，至今焕发勃勃生机。法国巴黎高科路桥学校的设立拉开了现代工程教育的大幕。在第一次工业革命和第二次工业革命的催动下，法国工程教育得到空前发展，以综合理工大学（EP）为代表的一大批高等专业工程师学院相继建立。法国将工程视为精英职业，认为工程是培养未来政治家和领导人的精英职业，逐渐形成以“精英化”教育为特色的工程教育体系，并开始向“双轨制”教育模式转变。一方面，以神学色彩为主的传统大学培养体系逐渐向普及综合科技知识的综合型大学转型；另一方面，以培养专业科技人才和军官为目标的大学校逐渐向精英化职业教育转变，后者是开展高等工程教育的主阵地。第二次世界大战后，精英化的法国工程教育再度飞速发展，密切了与产业界的联系，立足培养高素质的工程师和工程博士，加强与企业共同合作科研攻关，促进工程人才间的流动。其通过采取基础知识和工程专业能力双向培养、立项合作、“引企入校”等一系列措施，建立起完善的高等工程教育体系^③。在工程教育快速发展的同时，法国的工程教育专业认证持续得到重视，1934年，法国工程师职衔委员会（CTI）成立，主要负责“工程师资格认定和工程师文凭发放”工作；2005年，该组织的评估和认证结果开始与欧洲工程师教育认证体系（EUR-ACE）相互认可，推动了法国工程教育的国际化进程。

除法国外，德国工程教育的发展历程也具有

鲜明的特色。受法国工程教育发展和工业革命等因素影响，1821年，德国建立了第一所现代工程教育学校——卡尔斯鲁厄多科性技术学校（Polytechnische Schule in Karlsruhe），标志着德国工程教育的开端。从1870年开始，大量多科性技术学校被升格为“高等工业学校”（即 Technische Hochschulen，后改为 Technische Universität，工科大学），德国工程教育确立了其在教育界和产业界举足轻重的地位^④。1910年，德国形成了双轨道、三层次的教育体系，即以实用为导向的技术教育和以科学研究为导向的学术教育，各划分为高、中、低三个层次^⑤，其高等教育创造性地采用硕士和博士二级学位制度，并且分为理工科大学（TU/TH）和应用技术大学（FH）两类。20世纪末，德国进行学制和教育理念的多方面改革，但其重视产教融合的本质和“双元制”的教育属性实现了路径传承。1999年，欧洲29个国家的教育部长共同签署“博洛尼亚宣言”（Bologna Declaration），德国工程教育制度改革按下加速键，开始逐步实施与国际接轨的“学士—硕士—博士”三级高等教育人才培养体制。2013年，德国正式推出“工业4.0”概念，在这一振兴工业的国家战略指导下，德国“学习工厂”模式应运而生，强化了学校与企业的深度合作，贯通了“学校—企业—学生”的系统网络，推动了工程教育改革，实现了学术与工作一体化、理论与实践一体化^⑥。德国工程教育的飞速发展，与其独有的专业认证保障制度密不可分。1999年，德国成立了针对性的专业认证机构——德国工程教育认证协会 ASIIN。2013年，德国退出《华盛顿协议》，继续专注于培养精英化的专业技术人才，采用考试、课程以及条件等偏过程的要素进行评估^⑦，形成了独具特色的工程教育专业认证体系。

2. 美国：“技术—科学—工程”三元互动的制度变迁路径

美国的工程教育始于19世纪初，其200余年的发展演进过程呈现技术、科学与工程相互交织影

① 王沛民、顾建民、刘伟民：《工程教育基础》，杭州：浙江大学出版社，1994年版，第49-52页。

② 孔寒冰、叶民、王沛民：《多元化的工程教育历史传统》，《高等工程教育研究》，2013年第5期。

③ 李明慧、曾绍玮：《国外高等工程教育与产业的契合经验及启示——基于德国、美国、法国三国的分析》，《中国高校科技》，2020年第4期。

④ 黄亚妮：《德国高等工程教育模式改革的特点及其启示》，《教育与经济》，2006年第2期。

⑤ 李曼丽：《工程教育体系的历史制度主义分析——美国与德国的范例》，《高等工程教育研究》，2009年第2期。

⑥ 陈正、秦咏红：《德国学习工厂产教融合的特点及启示》，《高校教育管理》，2021年第4期。

⑦ 胡德鑫：《德国专业认证制度改革的行动方略与演绎逻辑》，《高教探索》，2020年第11期。

响,又不断流转创新的特征^①。受英法等国工程教育的影响,美国工程教育最先迎来技术范式变革。1794年,西点军校的建立开创了美国工程教育的先河,19世纪中后期,大量工科院校的建立促使美国迎来工程教育快速发展的阶段,其工程院校的数量从1862年前的12所发展到1896年的110所。1862年,莫雷尔法案和“赠地学院”促使美国工程教育从车间向教室转移,这一阶段的工程教育重视工程实践,强调技术应用,辅以操作手册和实用章程,采用岗位制和学徒制的制度体系,以培养现场工程师为目标,较少强调科学理论或数学分析。第二次世界大战后,科学知识对社会发展的巨大推动作用使人们开始对当时的工程师培养体系进行系统反思。1955年,美国工程教育协会(ASEE)和美国工程师职业发展协会(ECPD)发布“格林特报告”(Grinter Report),强调要在工程教育中建立具有科学导向的课程,加强学生对基础科学理论的掌握,推动工程教育从“拇指法则”转向工程科学,由此,基于科学理论的工程课程与教学被正式认可。1958年,美国政府发布《国防教育法》,联邦政府开始通过财政拨款全力支持大学开展数学和自然科学方面的研究,美国工程教育领域“科学范式”全面改革正式开始。“科学范式”注重基础科学学习和理论分析能力培养,强调科学的重要性,工程成为科学的分支。工程师培养模式与科学家趋同。在新范式的指引下,美国的基础科学研究快速发展,培养出一大批科学工程家。1993年,麻省理工学院工学院院长乔·莫西斯(Joel Moses)提出“大工程观”,“工程范式”正式登上工程教育的舞台。其特征是平衡实践与工程、科学与理论,注重对学生进行包括工程实践能力在内的全方位综合素质的培养,重视工程实际以及工程教育本身的系统性和完整性,其实质是一种螺旋式的递进^②。进入21世纪,美国科技与教育领域的智囊机构为应对工程人才短缺和工程教育质量等问题,发布了一系列政策规划和研究报告,例如,《2020工程师》《K-12教育中的工程:现状与前景》,以期重振工程

教育^③。在一系列政策的推动下,美国构筑起以基础教育为起点的完整的工程师培养系统,创新了人才培养途径和新模式,提升了工程师的实践能力和问题解决能力。与此同时,美国的工程教育专业认证机构开始引领全球工程教育。1932年成立的美国工程与技术认证委员会(ABET),专门从事工程、技术、计算机和应用科学领域学术机构的工程教育鉴定工作,在1989年发起和签署《华盛顿协议》,逐渐主导全球范围内的工程教育专业鉴定和质量评估工作。自此,一个标准规范、张力扩大、可操作性强、注重跨学科交叉融合和输入性要素评估的美国专业认证网络正式形成^④。

3. 中国:从“模仿学习”到“自主探索”的进阶化路径

中华人民共和国成立前,受战争动乱影响,我国工业发展缓慢,工程学校实体相对缺乏,尚未形成完整的工程教育体系。中华人民共和国成立后,我国工程教育体系开始逐步健全,虽然相较于美国、欧洲起步时间晚,但发展迅速,具有显著的中国特色、清晰的体系建设路径,高度契合我国工业化、现代化的发展状况。中华人民共和国成立到20世纪80年代中期,我国工程教育体系建设主要效仿苏联,在计划经济的背景下进行,以培养技术人才、助力工业化建设、强调学徒制和工程实践为主要特色。这一阶段我国的工程教育体系建设重点是服务我国工业化需求,特别是国家基础工业和国防工业领域,建设了一批初具体系的工科专业院校,设置了一批契合国情发展的学科专业,培养了一批急需的技术工程人才。从20世纪80年代中后期开始,我国开始成立综合性研究型大学,工程教育体系逐步走向“科学范式”。1984年,教育部印发《关于高等工程教育层次、规格和学习年限调整改革问题的几点意见》,确定了高等工程教育的层次、规格和学习年限等具体原则,将我国工科教育划分为专科、本科、硕士和博士四个层次^⑤,我国工程教育结构基本定型,与英美国基本一致。在科教兴国背景下,我国工程人才培养主要以科学理论

① E.F.Crawley, J.Malmqvist, S.Stlund, et al. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach, Springer US, 2007.

② 叶民:《工程教育CDIO模式适应性转换平台的研究》,浙江大学博士学位论文,2014年。

③ 姚威、邹晓东、胡珏:《美国工程教育的政策动向及其启示》,《高等工程教育研究》,2012年第5期。

④ 郝海霞、陈艳艳:《秉承卓越:美国工程教育专业认证标准的变革路径与价值趋向》,《现代教育管理》,2021年第2期。

⑤ 林健、郑丽娜:《从大国迈向强国:改革开放40年中国工程教育》,《清华大学教育研究》,2018年第2期。

的通识性教育为主，侧重对现象的原理性解读与分析，强调以培养工程科学家和专业教师为旨趣^①，对工程应用与技术实践关注较少。为逐步克服“工料理化”倾向，服务国家新型工业化发展道路，培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才，2010年，教育部启动“卓越工程师教育培养计划”。为主动应对新一轮科技革命和产业变革，2017年，“新工科”建设的“复旦共识”“天大行动”“北京指南”三部曲先后奏响，陆续发布《关于开展新工科研究与实践的通知》《高等学校人工智能创新行动计划》《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划2.0的意见》，我国工程教育体系逐步由科学范式向工程范式转变，整体工程教育模式力图回归“集成性、实践性与创造性为一体”的工程本真逻辑^②。2020年，我国工学在校生达1378.49万人，是2012年的1.44倍，其中，工学博士、硕士、普通本科、普通专科的年均增幅分别为6.74%、8.79%、3.90%和4.81%，培养了一大批直接面向应用端的专业技术人才^③。在专业设置方面，产教融合趋势逐渐显著，机械、土木等传统工科专业占比不断降低，新兴产业对口专业比重上升，学科专业结构不断优化，为培养高水平应用型工程专业人才提供了强大的教育体系支撑。与此同时，2015年，中国工程教育专业认证协会（CEEAA）成立，2016年6月，我国正式加入《华盛顿协议》，为我国工程教育系统化、制度化、专业化高质量发展构建了体系保障。我国工程专业认证开始走上以学生为中心，注重学习结果产出的内涵式发展道路^④，2021年，我国申请专业认证的学校数量达1778所，通过专业认证的毕业生数量达到220484名。

（二）制度变迁视角下中美欧工程教育制度建设路径

梳理分析中美欧工程教育制度建设的发展历程与改革动向可以发现，不同国家和地区的工程教育体系各具特色，其演进和变化的路径各不相同。具体而言：一是工程教育受到工业化和现代化进程的显著影响，实质性地作用和推动工业化与现代化进

程，是具体国情背景下现代化建设的先驱力量。工程教育制度建设存在多种有效路径，但其演化发展始终与具体国家和地区的工业化与现代化水平相适应。从中美欧工程教育体系建设发展的历程看，每个国家的工程教育体系都是依据本国的政治体制、社会文化背景、经济发展水平等要素制定的，在制度变迁、主要培养模式、专业认证和改革领域各有侧重。例如，法国的工程师精英化培养，德国坚持“二元制”工程教育模式，美国工程教育从技术范式到科学范式再到工程范式的变迁路径以及我国始终服务于工业化发展和现代化建设的工程教育制度等都具有独特的内涵与特色。因此，各个国家均需结合本国具体的发展阶段与发展模式探索适合自己的工程教育体系改革之路。二是不同国家的工程教育制度变迁路径均呈现“技术—科学—工程”范式演变特征。各个国家的工程教育通常都遵循范式变化规律，即“技术范式—科学范式—工程范式”的进阶逻辑，旨在将工程教育从过度强调工程科学的理科化趋势转变为更重视工程系统思维及实践情境，其目标是重视依托工程项目构建以能力和素质为中心的人才培养体系。世界各国通过不同时期的范式转变，培养了各层次的科技人才和工程人才，支撑了国家工程科技产业在不同阶段的快速发展。三是工程教育体系的高质量发展均需构建以专业教育鉴定和工程师资格认证为主的质量保障体系。伴随工程教育的快速发展，各国都意识到专业评估和资格认证对人才培养保障的重要作用，纷纷建立从事认证评估的专门机构，并且认证机构的职能也逐渐向专业化、集成化、标准化的方向转变，为工程教育高质量发展保驾护航。

（三）中美欧工程教育教学改革的前瞻动向

1. 丰富工程教育内涵，推广整合式工程教育
近年来，“工程范式”主导下的工程教育内涵不断丰富，产业发展环境与工程教育环境之间的破壁效应愈发明显，工程教育不仅仅局限于工程本身，呈现更多维度的整合趋势，与人文、社科、创业等联系紧密。为此，美国国家科学基金会（NSF）将具有整合特征的STEM（Science、Technology、

① 吕正则、张炜、李拓宇等：《打造“系统工程师”的我国高等工程教育体系变革策略》，《高等工程教育研究》，2016年第5期。

② 李飞、张炜、吕正则：《高等工程教育系统的理论建构与特征分析》，《高等工程教育研究》，2019年第5期。

③ 张炜、汪劲松：《我国高等工程教育的发展历程、基本特征与改革方向》，《研究生教育研究》，2022年第3期。

④ 胡德鑫、纪璇：《中国工程教育专业认证制度四十年回眸：演变、特征与革新路径》，《国家教育行政学院学报》，2022年第12期。

表1 中美欧工程教育制度建设的差异化特征对比

特点	美国	德国	法国	中国
制度变迁	技术—科学—工程 动态演进	技术—科学—工程 动态平衡	技术—科学—工程动态平衡	技术—科学—工程 动态演进
培养模式	学徒制 合作教育	学徒制 “二元”制	学徒制 精英教育	分层分类 新工科模式
工程专业认证机构	美国工程与技术认证委员会 (ABET)	德国工程教育认证协会 (ASIIN)	法国工程师职衔委员会 (CTI)	中国工程教育专业认证协会 (CEEAA)
工程专业认证特色	输入—过程—输出 专业教育鉴定与 工程师认证结合	注重过程要素 专业教育鉴定与 工程师认证结合	精英化认证 专业教育鉴定与 工程师认证结合	注重标准化评估 专业教育鉴定与工程师认证 基本分离
改革动向	新工科教育转型 集成式课程体系	创业导向 产教融合	“企业教席”全链路双向合作	教育链、人才链、产业链、 创新链耦合 多学科融合

Engineering、Mathematics, 科学、技术、工程、数学) 作为国家战略持续更新迭代, 先后发布 10 余个重要方案、文件、标准等, 推动科学、技术、工程与数学教育的发展。英国、法国、爱尔兰、荷兰和西班牙也采用了与 STEM 相近的科学政策推动相关领域教育的发展。具体到高校层面, 2002 年, 美国富兰克林·欧林工学院开发出面向产业需求的集成式课程体系, 提出工程教育的三角理念, 即在工程教育的基础上, 融入创业教育和人文社会艺术教育, 培养专业技术人员的整体素养。在欧林的三角理念中, 传统的工程教育处于顶端, 是工程师培养的核心, 创业教育和人文社会艺术教育是工程师培养的两翼, 同时, 欧林将创业内容融入各类课程, 设计和开发了一系列创新性课程、模块化课程、融合性课程, 旨在通过内容和灵活的课程学习方式, 以提升工程学习者的整体素养。2014 年, 伦敦大学学院 (UCL) 正式发布和实施综合工程计划 (IEP), 该计划一方面设置了通用课程结构, 即所有工程专业的学生在前两年采用通用课程结构, 该课程结构的核心在于设置一系列场景项目, 以 5 周为 1 个周期, 学生先通过 4 周实践学习一系列知识和技能, 这些知识和技能将在为期 1 周的密集设计项目中得到应用。另一方面, 设置共享性多学科内容, 使整个学院的所有工程学生共同参与一系列多学科项目。此外, 在综合工程计划中, 学校密切联系行业、发展机构和社区等工程实践主体, 以学生为中心, 通过挑战、设计和专业技能、核心工程模块、场景、如何改变世界 (HTCTW) 和辅修科

目等一系列子模块, 将以项目为主导的情景工程问题贯穿人才培养始终, 不断拓宽工程教育的内涵, 整体提升学生的综合工程素养。哈尔滨工业大学在回归工程理念的指导下, 积极推进工科大类培养机制改革建设, 于 2019 年发布《一流本科教育提升计划 2025》。完善了“一二年级通识平台课程 + 三年级专业基础课程 + 四年级专业模块课程”的培养模式, 最大程度地整合教学资源, 打造本研一体化协同育人创新实践平台, 提升了实验条件和设备能效, 通过各类创新创业计划、创新创业大赛的辅助培养模式, 加强了学生的创新创业能力, 实现了工程实践与理论知识的融通。

2. 逐渐破除学科壁垒, 改革教育教学模式

长期以来, 以学科为基本单元的工程教育培养体系是工程教育发展的基石。但近年来科学技术的深度发展不断驱动工程知识体系快速更新, 产业创新的步伐正不断超越工程教育的内容与环境, 内外部环境的变化倒逼工程教育破除学科壁垒, 实现工程教育体系重构。国内外一流工科院校在破除学科壁垒方面作出积极探索。2017 年, 美国麻省理工学院开启引领新一轮工程教育变革的“新工程教育转型 (NEET)”计划, 该计划以反思和重构工程教育为目标, 建立了导向“新机器与机器群”的三维动态培养体系, 设置了以自主机器、生命机器、数字城市、可再生能源机器和先进材料机器等关键性前沿领域主题的五个串编体系为核心的教学内容框架, 以系统的、动态的、众联的、可持续性的观念重塑工程教育的模式, 有效破除了传统学科壁垒对

工程人才培养的束缚^①。2019年，清华大学提出以创新学术思想和引领技术发展为核心的“双T”工科发展理念和“工科+”工程教育整体发展思路，即以提升工科发展水平为主要目标，以工程基础研究、学科交叉和工程教育为着眼点，以创新融合为手段，努力推动工程科技人才培养和重大技术突破，创新融合的工程教育发展思路融合工科与其他学科优势，密切工科和产业界联系，促进了工程基础研究工作的前瞻性、颠覆性关键技术的研究工作，促进了工程学科与其他学科相互交叉发展。

3. 加速科教产融合深度，强化真实工程体验以产教融合方式提升学生真实的工程体验成为各国工程教育变革的新趋势之一，例如，法国将校企联合培养的博士生视为企业雇员，享受医疗保险等社会福利，同时，在工程师大学设置“企业教席”，开展全链路双向合作的产教融合实践。“企业教席”历史悠久，是法国工程师大学推进产教融合的特色成果和有效机制，通常由一家或几家企业出资设立，在各工程师大学的具体标准框架下，以市场化运行模式开展工作。“企业教席”的设立帮助企业直接参与学校育人体系，实现了企业前沿技术实践优势和学校教学科研力量优势的结合以及开创性教学实践项目设计、面向产业共性技术的科研攻关和高水平国际合作联合培养相契合，极大地促进了创新型、应用型工程科技人才的培养^②。2013年，工业4.0战略的提出，助推了以“学习工厂”为载体的工程教育模式在德国的发展。“学习工厂”模式在真实场景中开展工程教育，综合采用体验式学习、基于游戏的学习与游戏化学习、基于问题的学习、基于项目的学习、研究性学习等以主动学习为特征的工程教学方式，提升了学生的真实工程体验，培养了一批基于真实场景驱动想象未来、构建未来的工程科学家、技术企业家和卓越工程师。

二、中国特色工程教育体系的内涵特征

党的二十大报告明确以中国式现代化全面推进

中华民族伟大复兴。在服务中国式现代化的新阶段和新征程，要积极探索与构建具有中国特色、世界一流的工程教育体系，推动中国工程教育发展实现历史性突破、跨越式发展、创新式进步。中国特色工程教育体系应当是与我国具体国情相适应、与中国式现代化相衔接的工程教育体系，其鲜明的中国特色内涵主要体现为：一是具备深度服务国家重大战略需求的能力；二是能够推动实现工程科学与工程实践的有机平衡；三是促进工程知识创新与服务产业实践的同步发展；四是紧密联动基础教育、本科教育、研究生教育及促进工程教育与职业教育的密切融合；五是加速融合数字化与智能化工程教育。

（一）深度服务国家重大战略需求的工程教育体系

工程直接将科学发现同产业发展相联系，成为改变世界的重要力量，是人类应对全球挑战、实现可持续发展的战略选择^③。中国特色工程教育是培养工程科技人才、推动工程科技发展的重要教育类型，在服务国家重大战略需求中发挥关键作用。首先，随着工业化和教育现代化的发展，工程教育培养目标不再是培养单一的技术型人才，而是涵盖工程师、工程科学家、技术企业家和高素质技能人才等多层次、多类型的系列工程人才图谱。因此，中国特色工程教育体系应当成为服务国家重大战略需求的高水平“人才库”和“蓄水池”。据不完全统计，党的十八大以来，我国工程教育为社会培养了超过5000万工程人才，有力支撑了社会主义现代化建设。目前，全国有1100余所学校开办工程教育，1.9万多个工科专业，在校生约550万人，每年稳定输送160余万工科本硕博毕业生，中国普通高校工科专业招生数、在校生数、毕业生数都远远高于世界其他国家，稳居世界首位，为引领推动大型基建、航空航天、高铁、特高压、核电、信息通讯、新能源汽车等先进制造业发展作出了历史性贡献，有力地支撑和稳固了我国全球制造业第一大国的地位。其次，当前我国高校科研组织承担着服务国家战略的责任^④，但长期以来以“自由探索”为特征的高校科研组织受学科壁垒、学术自由、不确

① 刘进、王璐瑶：《麻省理工学院新工程教育转型：源起、框架与启示》，《高等工程教育研究》，2019年第6期。

② 李敏、征琪、张炜：《高等工程教育产教融合实现路径探析——法国工程师大学“企业教席”案例》，《高等工程教育研究》，2022年第4期。

③ 轩福贞：《推动工程教育观念革新 为中国式现代化建设提供全方位人才支撑》，《中国高等教育》，2023年第1期。

④ 苏明：《高校有组织科研合法性的形成与协调》，《高等工程教育研究》，2023年第2期。

定科研活动等因素影响^①，难以直接有效对接与适应有组织的科研需求。相对以“发现”为核心的科学教育而言，以“造物”为主的工程教育具有目标清晰、确定性和集成度较高、多学科联动性强等显著特征，能更好地进行有组织的科研活动和深度服务国家重大战略需求。因此，中国特色工程教育体系要在承担学科交叉、项目较大、集成度高的科研项目中发挥越来越重要的作用，紧紧围绕国家重大战略需求，以成体系、建制化的模式有效组织科技创新活动，主动承担国家重大科技工程项目研发攻关任务，深度服务国家战略需求，为实现中国式现代化贡献力量。

(二) 工程科学与工程实践有机平衡的工程教育体系

从发展历程看，全球工程教育历经技术范式、科学范式到工程范式的转型，时至今日，工程科学与工程实践同等重要，致力于两者相互结合已成为工程教育发展的共识^②，为此，中国特色工程教育体系必然要实现工程科学与工程实践的有机平衡。一方面，我国高度重视并布局整合科学、技术与工程的课程与教育体系。例如，2019年，国务院办公厅发布《国务院关于印发全民科学素质行动规划纲要(2021-2035年)的通知》，强调完善高中阶段包括科学、数学、物理、化学、生物学、通用技术、信息技术等学科在内的学业水平考试和综合素质评价制度，支持在校大学生开展创新型实验、创业训练和创业实践项目。采取的一系列措施推动了整合式的工程教育课程体系建设，既培养了学生的数学和科学理论知识，又培养了学生的技术与工程实践技能以及利用数学和科学知识理解与解决工程问题的能力。另一方面，我国高校在“新工科”和新型工程教育模式的探索中尝试推动科学与实践的深度融合。近年来，我国高校积极开展中国情境下的工程教育实践探索，不断涌现出“天大方案”“华南理工F计划”“成电方案”“广东方案”等各具特色的新型工程教育模式，不仅有力推动了我国高等工程教育的转型发展，而且在工程科学与工程实践的平衡发展方面取得了显著成效。例如，电子科技大学和华南理工大学等具有工科优势的高校开发了覆盖全体本科学生、逐级挑战的项目式课程体系，为学生提供工程实践下深度体验项目迭代

的全贯通式挑战性的学习环境，为培养工程科学的发现者、工程技术的发明者、工程系统的设计者与创造者奠定了良好基础。

(三) 知识创新与产业实践同步发展的工程教育体系

面向知识生产模式转型，多层次、多形态、多节点的学科群与学科生态系统推动知识创新和产业实践发生密切交互与同步发展，知识创新和解决实践问题成为工程教育的重要目标。为此，中国特色工程教育体系应高度重视产教融合，促进知识创新与产业实践的同步发展。在内容方面，中国特色工程教育不仅是应用科学知识、技术知识、实践经验、技巧等的“造物”活动，而且是在工程实践活动和解决实际问题中不断产生与创新工程知识的活动，是“自然科学—技术—工程”与“工程—技术—技术科学”并存的工程教育体系。近年来，我国工程教育高度重视产教融合发展，教育部牵头布局建设了8个集成电路国家产教融合创新平台、3个储能技术国家产教融合创新平台，累计有1100余所本科院校与近800家企业产学研合作立项3.7万项，深入实施国家级大学生创新创业训练计划，有超过1000所高校的139万名大学生立项约33.3万个国家级项目，通过举办中国大学生工程实践与创新大赛，有效带动提升了广大学生的工程实践与创新能力。在组织方面，知识创新与产业实践同步发展要求工程教育突破教育边界，以产业创新为引领实现更高质量的产教融合发展。目前，已推进建设28所示范性微电子学院、11个一流网络安全学院、50个现代产业学院、33个特色化示范性软件学院、首批12家未来技术学院。2022年7月25日，北京航空航天大学成立卓越工程师产教联合培养研究中心，着力搭建产教互动交流平台，探索产教联合培养长效机制，在推动工程教育服务产业实践中发挥了良好的示范引领作用。

(四) 贯通不同阶段与融合多种类型的工程教育体系

中国特色工程教育是一个整体化、系统化和进阶化的动态教育过程，是强调以能力和素质为中心的工程人才培养体系，涵盖了基础教育、高等教育和继续教育阶段的教育全链条。第一，中国特色工

① 潘教峰、鲁晓、王光辉：《科学研究模式变迁：有组织的基础研究》，《中国科学院院刊》，2021年第12期。

② 郝莉、康国政、何诣寒等：《新时代工程教育改革：挑战与模式设计》，《高等工程教育研究》，2023年第3期。

程教育体系强调工程人才能力成长全教育谱系建设，是以工科为基石，多阶段、多类型教育协同发展的工程教育体系。其中，基础教育是工程教育的基石，应重视基础教育阶段的工程素质养成，将工程教育理念融入基础教育阶段，加强对科学、技术、工程和数学领域中小学教师队伍的培养，注重对中小学生科学与工程的兴趣激发、学习方法、工具运用和思维方式等核心素养的培养，提高学生对工程的基本认识和对工程师的职业向往，发展动手操作能力，培养创造发明兴趣。第二，研究生教育是工程教育的重要阶段。当前，我国工学学位毕业生中的硕博士比例低于美国。为此，中国特色工程教育体系应高度重视研究生层次的工程教育培养工作，推动研究生招生计划增量适度向工学类倾斜，加大专业学位研究生培养力度，适当提高工学类优秀本科毕业生免试保送硕士、直接攻读博士和硕博连读比例，确保工程人才培养适度超前于产业发展需求。第三，工程教育与职业技术教育要相互促进、协同发展。职业教育作为培养技术技能人才的主阵地，每年为现代制造业、战略性新兴产业和现代服务业等领域提供 70% 以上的一线新增从业人员。因此，中国特色工程教育体系应引领提升职业技术教育质量，强化实施“现场工程师专项培养计划”，优先在制造业重点领域建设一批现场工程师学院，推动课程设置与产业需求对接、就业实习与生产制造对接、学校名师与企业工匠对接、学校科研与企业成果对接、教师培训与企业培训对接，培养高素质技术技能人才。

（五）加速融合数字化与智能化技术的工程教育体系

推动工程教育数字化和智能化转型是中国特色工程教育的重要使命，也是推动未来工程教育创新和变革的重要路径。数字技术的发展不断推动实现传统产业的数字化转型和数字化产业的规模化发展，不断涌现新业态和新经济。截至 2022 年 4 月，代表全球数字化制造最高水平的 103 家“灯塔

工厂”中，中国拥有 37 家，位列全球第一。人类世界和知识体系正在由传统的“物理—人类社会”二元空间向“信息—物理—人类社会”三元空间跃迁，人工智能、物联网、区块链等数字技术的不断发展与突破，推动实现产业数字化的赋能创新与数字产业化的增量创新，同时，新技术、新产品、新业态不断涌现，对工程创新人才培养提出了更高要求。因此，工程教育要拥抱数字化创新，实现工程教育数字化和数字化工程教育^①。此外，工业 4.0 和数字世界与物理世界的深度融合要求在孪生空间中重构工程教育，在教学活动中促使学生从更高层面领悟物理世界与数字世界融合的本质与关键，促使学生把深度融合的意识、观念和思维方式变成一种习惯，从而有利于创新能力的形成^②。欧美发达国家围绕工业数字化转型带来的挑战相继发布了多个数字化战略报告^{③④}，强调培养工程师的数字化能力。2021 年 6 月，最新修订的《华盛顿协议》中针对工程本科毕业生的能力，增加了计算基础知识、使用数据建模和计算技术模拟的能力以及面向新技术和未来技术的适应力等新要求。由此可见，数字化和智能化正成为工程教育发展的重要趋势，提高未来工程师的数字胜任力是工程教育的重要挑战之一。当前，我国教育数字化转型尚处于起步探索阶段^⑤，工程教育数字化转型的路径尚不清晰。因此，中国工程教育体系建设亟须主动探索和融合应用 VR (Virtual Reality, 虚拟现实)、AR (Augmented Reality, 增强现实)、数字孪生和 ChatGPT 等新型数字—智能技术。

三、中国特色工程教育体系的未来进路

习近平总书记强调：“建设教育强国，是全面建成社会主义现代化强国的战略先导，是实现高水平科技自立自强的重要支撑，是促进全体人民共同富裕的有效途径，是以中国式现代化全面推进中华

① 潘云鹤：《新时代高等工程教育的范式变革与未来展望》，《科教发展研究》，2021 年第 1 期。

② 李培根、陈立平：《在孪生空间重构工程教育：意识与行动》，《高等工程教育研究》，2021 年第 3 期。

③ 施锦诚、孔寒冰、吴婧姍等：《数据赋能工程教育转型：欧洲数字化战略报告分析》，《高等工程教育研究》，2021 年第 1 期。

④ 吴婧姍、王雨洁、朱凌：《学科交叉：未来工程师培养的必由之路——以机器人工程专业为例》，《高等工程教育研究》，2020 年第 2 期。

⑤ 胡姣、彭红超、祝智庭：《教育数字化转型的现实困境与突破路径》，《现代远程教育研究》，2022 年第 5 期。

民族伟大复兴的基础工程。”^① 打造中国特色、世界一流的工程教育体系是我国建设世界重要人才中心和创新高地、实现大国崛起和民族复兴、促进社会发展和增进人类福祉的重要路径，进一步健全完善中国特色工程教育体系，率先建成世界工程教育强国，是一项重大且紧迫的战略任务。

（一）主动做好中国整体工程教育战略谋划

全面建设世界领先的工程教育强国，探索形成具有中国特色、世界水平的工程教育体系，要主动做好战略谋划工作。一方面，要在中央教育工作领导小组层面健全工程教育改革发展协调机制，建立跨部委协同工作小组，统筹教育部、科技部、工信部、中国科学院、中国工程院、中国科学技术协会等相关部门的工程教育改革与发展资源力量，发挥体制机制优势，形成跨部门协同发展合力，重点突破全链条贯通的国家工程教育系统、中国特色卓越工程师培养体系、政产学研深度融合的工程教育体制机制、现代化职业教育高质量发展路径等重大战略；另一方面，应适时编制和出台《中国工程教育中长期发展规划》，借鉴美国工程教育协会（ASEE）年度报告“工程与工程科技简介（Profiles of Engineering and Engineering Technology）”的条目，分门别类做好我国工程教育领域的数据统计和数据库建设工作，以教育大数据分析为支撑，鼓励不同类型高校分层分类培养匹配产业需求的工程人才，全面提升工程学科和专业建设质量。

（二）推动工程教育规模结构质量动态调整

推动工程人才培养规模结构质量与产业需求总体相匹配，工科研究生特别是博士研究生比重显著增加，建成完善的政产学研用协同育人机制和以立法为基础的现代工程师制度，工程教育系统强有力支撑科技强国和制造强国建设，深度参与全球工程教育治理并形成具有国际影响力的认证标准体系，工程教育支撑引领经济社会发展和产业转型升级的能力水平显著提高，率先建成世界领先的工程教育强国。具体而言，一是加快学科调整和优化，加速学科融合和调整。汇聚多学科优势，打造适配新一代信息技术、智能制造、生物医药等战略新兴产业的新专业，例如，机器人工程、智能科学与技术、量子信息科学、合成生物学等，持续推动传统工科实现信息化、智能化。二是优化工科研究生教育的

规模和结构。在规模上，推动研究生中工科学生人才培养总量快速增长，扩大工程人才储备基数；在结构上，提升工程类博士生规模在研究生教育体系中的结构比例，打造一批面向战略新兴产业的高层次应用型国家队，以突破核心产业“卡脖子”技术、前沿技术、关键共性技术难题。三是以国家重大需求、重点任务为牵引，打造真实性工程学习情境，大幅提升工科类学生的复杂工程问题解决能力。遴选一批面向国家战略发展的大工程、大项目、大设备研发等任务情境，前瞻性布局工程博士人才培养。加强工程技术领军人才培养，满足创新型国家建设对高层次应用型工程技术创新人才的需求。四是加速构建国际化工程教育体系。积极融入全球工程教育体系，服务“一带一路”倡议，通过互派留学生和访问学者、国际间产学研合作、主办和参加国际工程会议等方式，推进专业认证和学历互认，加快我国工程教育国际化步伐，提高国际影响力和话语权。

（三）强化科教产深度耦合驱动工程教育教学改革

在微观的教育教学方面，应主动采纳学习科学范式，以多层次的科教产融合和打造真实性工程学习情境为手段，推动工程教育专业鉴定体系和工程师职业资格认证制度的有机结合。一是整合中国科学院、中国工程院、中国科学技术协会、团中央和高校资源，强化基于工程实践的创新创业教育体系，在深度解决工程创新的实际情景问题中培养工程科学家和技术企业家，同时，做实做深“工程（技术）+双创”实践活动，培养一批能够实现重大工程科技创新突破、促进原创成果创业转化的卓越工程师。二是提升优化工程类教师队伍多元化结构，深入推动产业界人士参与工程人才培养。明确高校、科研院所和企业之间师资互聘制度及实施标准。一方面，引导业界人才进入高校指导学科建设；另一方面，引导高校专家进入企业指导科技成果转化，加快技术在产学研间的流动速度。三是及时更新教学工具与设备，重视回归工程实践的情境式教学模式。深化未来技术学院和现代产业学院建设，通过搭建校内企业生产线、建设虚拟产业实践教学教室等先进的教学设施，为学生提供基于工程情境的学习环境，增加学生在产业真实情境中的学习和探索机会。

^① 《习近平在中共中央政治局第五次集体学习时强调 加快建设教育强国 为中华民族伟大复兴提供有力支撑》，https://www.gov.cn/govweb/yaowen/liebiao/202305/content_6883632.htm。

Engineering Education System in China: Evolution, Features and Future Development Approaches

ZHANG Wei^{1, 2} WANG Liang² LIN Yong-chun²

(1.Institute of Science and Education Development Strategies ;
2. School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310013)

Abstract: After reviewing the evolution of engineering education systems in Europe, the United States, and China, the paper finds that although engineering education systems in different countries and regions have their own characteristics, they generally follow the same path of technological-scientific-engineering transition. Moreover, the development of engineering education systems is closely related to the industrialization and modernization process of their respective locations, indicating that engineering education is one of the important driving forces for modernization. The strategic mission of Chinese path to modernization calls for building a world-class engineering education system with Chinese characteristics. Such a system should adapt to China's specific national conditions and serves Chinese path to modernization ; specifically, it should serve the country's major strategic needs, promote the organic balance between engineering science and engineering practice, encourage the simultaneous development of knowledge innovation and industrial practice, connect multiple stages and integrating multiple types of education systems, and accelerate the integration of digital and intelligent technologies. Based on this analysis, this paper proposes three approaches to building the engineering education system with Chinese characteristics : outlining an overall plan for engineering education strategy, promoting dynamic adjustment of the size and quality of engineering education, and driving education and teaching reform through the integration of science, education and industry.

Key words: Engineering Education System ; Institutional Evolution ; Chinese Characteristics ; Features

[责任编辑: 潘静静]

[责任校对: 李 蕾]