

斯坦福大学工程学院的 跨学科教育及启示

●王 梅 李梦秀

摘 要 培养跨学科新型工程人才是当前高校工程教育发展的新趋势。美国斯坦福大学工程学院通过依托科研平台实施跨学科研究性教学、不断优化课程资源、丰富教学途径、为学生提供多样化的工程实践项目等方式实现其新型工程人才的培养目标。目前我国正处于新工科建设进程中,借鉴斯坦福大学工程学院跨学科教育的经验,对培养面向21世纪的新型工程人才具有重要意义。

关键词 跨学科教育;斯坦福大学;新工科

作 者 王 梅,天津大学教育学院副教授、博士 (天津 300354)

李梦秀,天津大学教育学院 (天津 300354)

我国目前新工科建设的“三步战略”(即“复旦共识”“天大行动”“北京指南”)反映出新工科建设由理念构建、方向引领向路径选择的逐级深化。从时代脉络和人才发展来看,知识交叉与融合成为新工科建设创新人才培养的着力点^[1],而跨学科教育正契合当前新工科人才培养的目标。美国是世界高等教育强国,积累了丰富的高等教育发展经验,斯坦福大学作为美国高等教育的一面旗帜,其工程教育长久以来一直处于世界创新前沿。为此,本研究对斯坦福大学的工程教育进行探究,以期为我国新工科建设提供有益的思考和启迪。

一、跨学科教育改革的动因

(一) 知识生产模式的转型

自洪堡创建柏林大学以来,知识生产模式经历了高度抽象化的学术探讨型的“洪堡模式”(知识

生产模式I)以及强调应用情境性、社会问责的“后洪堡模式”(知识生产模式II)^[2]。进入21世纪后,知识生产发生了重大变化,复杂多样的现实性问题助推知识生产,从太空育种到阿波罗登月,现实生活中的每一项研究课题都具有跨学科性,如何解决城乡建设、环境、能源、交通和人口等一系列现代化建设中的问题成为大学、企业以及社会进一步发展的基石。^[3]2003年美国学者埃利亚斯·G.卡拉雅尼斯(Elias G. Carayannis)在其著作《创新网络和知识集群中的知识生产、散播和运用》中首次用“国家创新网络”“多维协调创新机制”“知识集群”等知识生产方式来描述“知识生产模式III”^[4]。随着“知识生产模式III”观念逐步深化,跨学科教育在大学中的地位日益凸显。

以往在知识生产模式I的理念下,大学按照学

本文系2014年度国家社会科学基金教育学一般课题“协同学视阈下博士生培养模式的国际比较研究”(编号BDA140028)的研究成果。

科门类进行分类传授,这种带有强烈人为因素、时代特征和社会因素的细化型课程,使知识在某种程度上被割裂,导致培养的学生缺乏整体性思维,知识结构单一,最终向社会输出越来越“专”的人才,难以应对日益复杂的社会问题。^[5]而知识生产模式 III 不仅关注知识生产的应用情境性,提出大学中的研究与教育要从现实出发,而且更强调不同质的知识以及极具差异的人、文化、技术,通过在知识网络中不断碰撞,形成联系,创造新的知识。^[6]人才培养作为大学知识生产的一部分,一方面要实现知识的传播与复制,另一方面要培养未来的知识生产者。因此,学科交叉与融合不仅是科技创新的突破口,而且也成为人才培养的关键。

（二）工程人才需求的发展

世界人口、经济、资源、环境等压力日益增长,高新技术产业飞速发展以及社会对现代工程技术人才的迫切需求都将对工程教育产生巨大冲击,创造性地解决重大的全球问题也越来越需要工程教育发挥其价值。20 世纪 80 年代,美国就曾开展以“科学导向”为核心的工程教育改革举措——“回归工程运动”(Return to Engineering Movement)。2017 年美国工程院发布《美国工程技术教育》(Engineering Technology Education in the United States)再次强调了工程教育在支持国家技术基础设施和创新能力方面应发挥的重要作用。从回归实践、提升工程师和科技人才解决问题的能力,到强调突出多学科性、培养创新型工程人才,美国各高校在工程教育领域不断前进与探索。

（三）跨学科教育改革的提出

2015 年初,斯坦福大学工程学院成立了未来工程委员会(The Stanford Engineering Future Committee,简称 SoE-Future),专注于解决当前及未来社会将面临的重大问题。该委员会通过寻求来自校外数百人的意见,并针对“工程学院可以在哪些领域对世界产生重大影响、学校应如何改革来应对未来的机遇和挑战”这两个战略性问题来询问意见,委员会收到的数项建议与想法经过严格和全面筛选,形成了包括 20 份白皮书、130 多个具

体建议的工程教育改革战略——《斯坦福大学工程教育的未来:战略规划 2015》(SoE Future: strategic planning 2015)。

在这份战略规划中,委员会提出从研究、教学和实践三方面实施跨学科教育改革。在研究方面,主张通过好奇心及问题驱动开展研究,改造和拓展新知识,为未来工程领域的突破性发展奠定基础;在教学方面,要向学生提供世界一流的研究性教育,向学术界、工业界以及其他行业的人员提供广泛的在线学习资料和机会;在实践方面,通过多样化的实践项目拓宽受教育者思维,提高工程实践能力,培养应对 21 世纪挑战的未来工程师。

二、跨学科教育的路径选择

（一）跨学科的研究性教学

大学作为教学、科研以及社会服务为统一的综合体,将教学与科研相结合是实现其知识生产和服务社会职能的有力手段。目前,斯坦福大学工程学院拥有 50 余所主题实验室以及兼研究与教学为一体的 5 所研究院,为院系和学科之间提供空间和知识交叉,为师生们创造共享的研究空间,提供学科资源,激发新想法,促进知识互动,引导新发现。这些跨学科研究机构符合斯坦福长期以来跨越边界解决大问题的传统,有助于教师和学生共同参与全球面临的环境、能源和健康等挑战。

早在 1998 年,为加强生物医学研究,斯坦福大学成立了生物医学工程与科学研究中心——Bio-X(代表生物科学、物理科学、医学和工程学),创造了斯坦福大学将不同学科的学者聚集在一起进行跨学科研究的模式。进入 21 世纪后,斯坦福大学借鉴 Bio-X 跨学科研究中心的模式,新建了很多其他类型的跨学科实验室和研究机构,将具有多种专业知识的研究人员聚集在一起,从事新的研究,创造新知识、技术和产品。在研究的同时,不断致力于开发校本课程,使来自不同学院的教师和学生能够间接接触跨学科科学研究。不仅如此,各个跨学科研究中心也是学生学习的真正场所,学生可通过申请自己感兴趣的实验室参与合作研究。通过将教师与学生聚集在一起,在正式场合或非正式

场合的讨论接触不同问题、不同思维方式、不同工作方式。在正确的时间将正确的人聚集在一起，专注于解决特定问题是斯坦福大学迈出的关键一步。

（二）课程的整合与优化

随着工程领域的扩大以及社会问题复杂化，工程师遇到越来越多需要突破单一学科边界、运用众多技术、综合各种专业知识才能解决的现实性问题。因此，如何培养下一代工程师、教什么、如何教是我们当前必须不断探索的内容。斯坦福大学始终秉持“运用最合适的方式，教授最有价值的内容”这一理念，结合其宽泛的学科背景，以课程为突破口，不断整合其课程内容、探索更加优化的教学方法，探讨未来工程师需要了解的知识，帮助学生为将来的生活做好准备。

斯坦福大学是拥有工、商、法、医、教育、人文与科学、地球能源与环境科学七大学院的综合性强校，在这一优势下，斯坦福大学工程学院通过充分利用各学院资源，不断革新其专业设置。目前，斯坦福大学工程学院有生物工程（Bio-engineering）——融合了工程、生命科学与医学，该计划有工程学院和医学院联合支持；化学工程（Chemical Engineering）——融合化学科学与工程学的基础知识和开拓性技术；土木与环境工程（Civil and Environmental Engineering）——可持续建筑和基础设施的设计、建造和管理；环境系统工程（Environmental Systems Engineering）——为学生提供解决问题的技能和知识，以探索和开发影响生物圈、土地、水和空气质量的环境问题的解决方案等九大部门。交叉性专业的设置使众多跨部门与跨学科的工程专业课程得以开设。如，航空航天——强调飞机和航天器的结构，利用空气动力学指导和控制的多学科计划；建筑设计——将建筑设计与尖端工程技术相结合；生物医学计算——结合生物学、医学和计算机科学前沿的跨学科专业等。除此之外，斯坦福大学还倡导学生或老师自主设计工程专业或课程，鼓励师生在现有专业未涵盖的领域设计自己的课程。

多学科知识的学习并不是 21 世纪工程科技人

才的全部，斯坦福大学工程学院认为工程核心课程应为学生提供深厚的学科洞察力，沟通、设计和团队合作的技能。除了学科专业知识外，还必须发展学生的道德观，因为工程师的教育必须考虑他们将来工作的后果。工程教育需要更深入地与人文科学和社会科学进行融合，将这些要素纳入斯坦福大学工程学院。

在教学方式方面，斯坦福大学工程学院也在不断改善在线学习的材料。其短期目标是由斯坦福大学的 X 学院和计算与数学工程学院进行在线学习工具的研发，由教师开发一个 15 分钟的在线学习模块，话题由教师自主决定。这些学习资料与课程将免费提供给斯坦福大学以外的人进行学习和使用。斯坦福大学还将工程师在实践中遇到的现实性问题进行汇总，开发工程师案例，丰富学生在线学习材料。同时，也将社会现实的挑战呈现给学生，让学生学习、思考以及贡献解决方案，这极大地吸引了学生以及校外人士共同促进斯坦福大学工程教育的卓越发展。

（三）多样化的实践项目

工程教育重视学生实践能力的培养在 20 世纪 90 年代已成为高校改革重点。卡内基基金会在《培养工程师》的报告中指出，工程实践是一种集复杂性、创造性、负责任为一体，同时基于需求背景的生产性活动，学生都应该经历专业实践与思考专业实践的需求，将理论与实践相联系。^[7] 斯坦福大学工程学院的全球工程计划（GEP—Global Engineering Programs）即是在这一背景下提出的。

全球工程计划最初于 2007 年创建，名为“中国计划”，旨在协调清华大学与斯坦福大学工程学院之间的首次交流。随着这十年的发展，全球工程计划已形成包括夏季工程技术考察（SETS）和夏季工程技术国际实习（SETII）、Bing 海外研究计划（BOSP）等在内的多样化实践项目。现在已跨越多个大陆，提供包括研究、服务工作、实习和学术考察多项活动，旨在为工程学生提供了解全球不同地区技术和工程的机会，建立专业性工程活动网络，并在文化多样和国际化的环境中获得现实世界

的工作经验，从而提高学生的工程实践能力。每一个项目结束后，负责该项目的教授均要对学生进行考察，学生将获得 2 个单位的学分。以今年 9 月开展的 WASH 项目为例，该项目邀请了斯坦福大学工程学院的学生参与赞比亚学校儿童的供水、卫生和教育干预的实施和评估。在为期 20 天的实地考察中，学生们掌握了在资源受限的环境中获得安全饮用水等方面的一手经验，学习现场管理的实验研究设计原则，帮助改进该地区卫生保健方案的设计和实施，从而获得与环境工程相关的知识和技能。

该实践项目的实施不仅增强了学生的专业知识与技能，而且学生在这一过程中了解到多样化的文化、环境、需求等，开阔了他们对“工程”的理解，使他们认识到跨学科教育的重要性，在今后学习中要注重多学科知识的掌握，因为卓越的工程师有时也要是一名“历史学家”或“地理学家”。

三、跨学科教育对我国新工科建设的启示

我国新工科建设的提出是高校对经济发展需求的积极应对，然而各高校该如何把握这一契机进行改革，需要我们在研究与探索中不断寻找“新工科”发展之路。斯坦福大学工程学院的跨学科教育改革实践可以帮助我们“摸着石头过河”，为我国“新工科”建设之路提供借鉴。

（一）以需求为导向，探索跨学科的方向与目标

斯坦福大学工程学院的改革是从全球性、宽领域的视野出发，总结当前及未来人们将面临的挑战与需要，将这些问题与工程领域相结合，探索如何解决现实性的问题，探索如何改革工程教育来培养面向世界的工程师。未来工程委员会通过好奇心驱动和问题驱动的研究产生新知识，并为未来工程系统提供基础，通过向学生提供世界一流研究性教育，向学术界、工业界和社会领导人提供广泛的在线学习资料和机会，通过拓宽广泛接受教育的人的思想，改善社会和整个世界来进行工程领域的研究、教育、文化三大方面的改革。

改革始于问题与需求。“新工科”的提出就是

我国在国际竞争、社会发展、人民需求的基础上产生的。那么“新工科”要往哪个方向发展也必然是由国家、社会和人民所面临的问题和需求决定。同时，“新工科”的提出也恰恰证明了我国工程教育领域仍然存在许多需要改进的地方。随着信息技术与全球化发展，当前许多新产业与新技术的诞生都来自于最真实的实践与企业发展中。因此，实施新工科建设需要我们对当前社会的新经济、新产业、新技术进行发掘与总结，整合相关领域的需求与问题，同时着眼于需求与产业、技术的未来发展方向，立足现实，面向未来进行工程教育改革。做到“问产业需求建专业”“问技术发展改内容”，实现工程教育的改革与发展，既要满足新时代与新常态下经济发展需求，又要能引领新兴产业与适应新经济的未来发展。

（二）多主体参与，搭建跨学科教育实施平台

当代，科学、技术与工程越来越脱离“最纯粹”“最初始”的形态，这与社会诸多方面的联结密不可分。斯坦福大学工程教育改革实施与发展离不开政府政策主导、社会人士资金支持、相关企业通力合作以及斯坦福大学自身积极主动搭建的合作平台。特别是协同工程加速器计划，学生在实践中完成学习、训练、创造，在这一过程中，教师与学生实现了共同成长，最终现实性的问题也得以解决。协同工程加速器作为产学研教完美结合的优秀范例十分值得我们学习与借鉴。

“新工科”建设是高等教育领域在国家政策与经济发展战略的指导下所做出的相应的改革策略，符合国家与社会发展趋势。高校作为人才培养的主体，应承担起工程教育改革的责任与使命，但仅凭高校一己之力难以实现复合型人才培育、经济技术创造、国家综合国力增强等宏伟目标。因此，“新工科”建设路径仍需政府等部门支持，社会群体等力量齐参与，打造共商、共建、共享的新式工程教育责任共同体。

企业、行业作为实践领域最直接的参与者，一方面应积极发声，反馈市场需求，力推标准更新，参与政府和高校改革决策；另一方面，企业、行业

需响应政府政策,主动加入高校工程教育改革,承担人才培养责任。结合自身特点与高校进行长期性合作,将自身需求以项目研究的形式与高校进行合作,在共同承担某一项目过程中积极参与人才培养、完成技术创新,实现双赢。高校在合理配置校内资源时,积极向校外拓展社会资源,积极促进学校发展规划,为培养新式跨学科人才创造充沛条件。此外,高校拓宽学术视野,推动校企协同、科教协同相融合,以致在更广的范围实现配置优质教学资源,共同搭建课程与开发教程;最后,主动挖掘和联系行业部门、科研院所的优势资源,积极共建工程创新训练中心和实习实训基地,开展跨学科、跨领域的合作研究,探索建立产学研教协同育人长效机制^[8]。高校要发挥基层首创精神,充分利用好“新工科”这块试验田,强化工学结合、校企合作,企业直接参与到人才培养的全过程。

(三) 整合学科资源,促进跨学科教育课程体系建设

研究人员发现,一个学科的分析框架和工具与其他学科突然产生联系与交叉可以彻底改变研究。学科的交叉点就是出现新思想和创新研究的地方。斯坦福大学认识到,应对越来越复杂和相互关联的世界所提出的挑战就是要开展不同工作,凭借其雄厚的资金和开创性的教师队伍,通过跨学科的方法进行研究 with 教学改革。从跨学科研究实验室和研究中心的设立到创建工程 20 专业,整合规划工程教育的研究领域与课程内容,从 K-12 计划到协同工程加速器,丰富工程领域人才结构,积极开展多学科性研究,无不体现了工程教育的融合性与创新性。

我国当前的工程专业设置过于偏向技术性方向,专业设置过细,理科与人文基础不够,缺乏创新性与交叉性,使高等工程教育偏向于职业技术人才培养。高校在“新工科”改革之路上,应逐渐转变因循守旧传统,注重学科间交叉融合。一方面,对所有高校而言,在发展方向上需要主动搭建多学科多专业培养平台,建设跨学科实验基地,有效促进院系间协同合作;在学生管理上可实行混合编班住宿,营造学科交叉融合的学习和生活氛围;在课

程设置上,应强调宽基础——加强基础数理化课程模块,广领域——注重通识教育,增长学生社会科学知识,多元化选择——在选修课模块,扩大学生自主权,结合自身需要可进行跨院系选课;在培养方式上,积极开展综合性研究项目,鼓励各院系学生积极参与,共同研究,重视培养复合型人才。此外,各类高校应结合自身基础与院校发展特点,实施特色改革,实现“从不同轨道实现弯道超车”的目标^[9]。综合类高校应面向新技术和新产业的发展,推动应用理科向工科延伸,积极探索科学向技术领域转变,开发创造新的工程领域;工科优势高校应面向当前与未来产业发展,整合现有资源,积极开展跨学科、多学科的工程研究与设计,探索工程人才培养新模式;地方高校应充分并合理开发、利用地方资源,同时顺应地方经济社会发展需要和企业技术创新需求,实现专业与产业对接,突出体现地方特色。

参考文献:

- [1]钟登华.新工科建设的内涵与行动[J].高等工程教育研究,2017(3):1.
- [2]吴立保,吴政,邱章强.知识生产模式现代转型视角下的一流学科建设研究[J].江苏高教,2017(4):15.
- [3]刘仲林.跨学科教育[M].郑州:河南教育出版社,1997:317.
- [4]蒋文昭.基于模式3的大学知识生产方式变革[J].黑龙江高教研究,2017(4):35.
- [5]孟成民.学科文化融合视角下跨学科复合型人才培养[J].教育与职业,2013(8):50.
- [6]黄瑶,王铭.试析知识生产模式 III 对大学及学科制度的影响[J].高教探索,2017(6):13.
- [7]姚威,邹晓东,胡珏.美国工程教育的政策动向及其启示[J].高等工程教育研究,2012(5):89.
- [8]李江霞.积极倡导、主动参与、深化合作、全程协助——美国企业界在工程教育改革中的作用[J].高等工程教育研究,2012(02):123.
- [9]王庆环.从不同轨道实现超车[N].光明日报,2017-4-3(5).