

DOI: 10.16750/j.adge.2022.07.003

浙江大学高水平产教融合培养卓越工程师的实践与探索

严建华 包刚 王家平 韦巍 薄拯 卜佳俊

摘要：以智能化为特征的第四次工业革命正在深刻影响卓越工程师的培养路径和育人内涵，推动我国重塑工程师培养体系，增强自主培养卓越工程师的能力。以浙江大学为例，阐述了发挥高水平研究型大学优势，构建一流产教融合生态，深化专业学位研究生教育改革，依托工程师学院培养研究生层次卓越工程师的实践与探索。

关键词：产教融合；卓越工程师；专业学位；工程师学院；研究生教育

作者简介：严建华，浙江大学副校长，教授，杭州 310058；包刚，浙江大学研究生院院长，工程师学院院长，教授，杭州 310058；王家平，浙江大学工程师学院发展委员会副主任，教授，杭州 310058；韦巍，浙大城市学院副校长，教授，杭州 310058；薄拯，浙江大学工程师学院党委书记，常务副院长，教授，杭州 310058；卜佳俊，浙江大学研究生院副院长，专业学位处处长，教授，杭州 310058。

在全球创新格局和世界产业链、供应链形态的重塑过程中，科技、产业和教育等多中心交融成为打造全球工程技术创新高地的重要支撑，不断凸显高水平产教融合培养卓越工程师队伍的战略性和必要性。我国是世界上唯一拥有全部工业门类的国家，但许多产业面临工程师数量不足、质量不高的问题，导致一些战略领域或关键产品因工程化能力弱而被“卡脖子”。在迈向现代化国家和世界科技强国的新发展阶段，我国将高水平科技自立自强作为战略支撑，大力实施新时代人才强国战略，加快建设世界主要科学中心、重要人才中心和创新高地，必须有效解决当前缺乏大批卓越工程师、缺乏自主培养卓越工程师能力的问题。而要解决这一问题，需要全面掌握自主培养卓越工程师的内在规律，发挥高水平研究型大学和科技领军企业的优势力量，重塑卓越工程师培养体系。习近平总书记在中央人才工作会议上深刻地指出：“要培养大批卓越工程师，努力建设一支爱党报国、敬业奉献、具有突出技术创新能力、善于解决复杂工程问题的工程师队伍。”^[1] 这既系统阐释了为未来产业高质量发展培养卓越工程师的核心要求，也科学定位了卓越工程师培养对于国家“两中心一高地”建设的战略意义。

一、第四次工业革命深刻影响着卓越工程师的培养路径与育人内涵

当前，以智能化为特征的第四次工业革命大幕已经全面开启，交汇性技术突破不断涌现，社会体系性变革持续创新，正产生全方位、全球性、颠覆性的影响。在这一背景下，新一轮科技革命和产业变革必将催生全新的人才需求，引发卓越工程师培养的革命性变化。

1. 卓越工程师的培养环境与路径发生了重大变化

第四次工业革命与第二次机器革命交织演进，正重塑全球创新格局和世界产业链、供应链形态，将全方位影响“两个大局”的走向和我国社会主义现代化建设进程，让卓越工程师的培养环境与路径发生了前所未有的变化。①智能化成为驱动未来产业发展的核心力量。智能化进程将加快农业、工业、服务业等各行各业的科技赋能，在衣食住行医等各方面改变生产关系、社会结构，使产业的产生方式、发展模式等发生根本性变革，如智能化对传统产业的改造形成了智能汽车、智慧能源等未来产业。②多学科交叉会聚成为突破工程技术难题的创新源泉。新能源、新材料、新物质、新航天、新生物等学科群正不断重组或融合，工程技术的前沿性领域

持续涌现,如信息学、生物学、材料科学等学科的深度交叉融合,催生了合成生物、生物制造、材料大数据等交叉前沿方向。③多中心交融成为打造全球工程技术创新高地的重要支撑。科技中心、产业中心和教育中心相互贯通,推动创新要素的网络式分布、联动性汇聚和跨区域合作,如工程师学院将成为科技、产业和教育汇聚融通的新型平台,有力支撑了工程科技创新和人才培养。

2.重新理解卓越工程师的内涵特征

面对第四次工业革命带来的影响,特别是面对国家打好产业基础高级化和产业链现代化攻坚战的要求,需要从服务国家战略急需、驾驭未来科技创新、引领未来产业发展的高度重新理解卓越工程师的内涵和重要性。①应理解卓越工程师培养层次的高端化,即需要定位在硕士、博士等研究生教育层次,让学生在高校的研究性培养与企业的实践性培养一体化贯通下体验产学研深度融合,并获得专业的文化熏陶和高水平科研训练。②应理解卓越工程师能力素质的拔尖性,即需要凸显尖端技术创新能力,让学生在处理复杂工程技术问题的实践中成长成才,并掌握工程师拔尖人才发现问题、解决问题的高阶能力。③应理解卓越工程师知识结构的复合性,即需要拥有多学科交叉的知识结构,能够运用最新的知识和技术手段,在更高层面更宽领域思考复杂的工程技术问题,领导传统产业转型升级和战略性新兴产业创新发展。

3.制约我国自主培养卓越工程师的关键因素

从关键制约因素看,缺乏自主培养卓越工程师能力已成为影响新时代人才强国战略实施和世界科技强国建设的主要问题。这一问题突出表现在:①战略布局需要进一步优化,专业学位研究生培养的学科领域与国家战略产业发展方向不够匹配,引领未来产业高质量发展的人才配置不够精准。②培养体系需要进一步健全,具有研究生培养层次的高水平工程师学院比较缺乏,工程师培养过程中创新能力实训不足,高校和企业的育人积极性转化为产教融合的体制机制还不够健全。③培养能力需要进一步提升,高校在工程师教育体系中的核心作用

发挥不够,专业学位研究生教育迫切需要克服学术学位研究生培养的惯性。

教育部等部门已经出台《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》等系列文件,明确了创新工程教育教学组织模式、完善多主体协同育人机制等改革任务和重点举措。2022 年 3 月 24 日,教育部宣布正式启动卓越工程师产教联合培养行动,同时明确将卓越工程师培养作为高等教育高质量发展的重点,全方位深层次大力度推进卓越工程师教育改革。我国高水平研究型大学作为科技第一生产力、人才第一资源、创新第一动力的结合点,在培养新型的卓越工程师方面具有天然优势,可以也应该承担培养国家需要的工程科技领军人才的时代重任,在系统重塑符合卓越工程师培养规律的育人体系中发挥引领性作用。

二、深化专业学位研究生教育改革,大力培养高层次工程人才

专业学位研究生教育是培养高层次工程人才的主要途径。近年来,浙江大学始终心怀“国之大者”,紧紧围绕国家战略需求,发挥综合型、研究型、创新型大学优势,积极构建高水平产教融合生态,打造卓越的研究生教育体系,不断深化专业学位研究生培养模式改革,多措并举大力培养研究生层次的工程人才。

1.聚焦科技自立自强和国家关键领域急需人才培养,超前布局优化专业学位类别和领域

浙江大学工程教育基础雄厚,在工程与信息领域拥有机械工程等 20 个一级学科博士学位授权点以及人工智能、海洋技术与工程两个交叉学科博士学位点;工程博士专业学位研究生培养体系覆盖电子信息、机械、材料与化工、资源与环境、能源动力、土木水利、生物与医药、交通运输等全部 8 个工程专业学位类别。学校针对专业学位研究生培养目标,分类别、分领域制定选拔标准和考查方式,不断优化专业学位研究生招考遴选模式。2021 级相关专业共招收博士研究生 1781 人,占全校博士研究生招生总数的 47.5%;招收硕士研究生 3758 人,占

全校硕士研究生招生总数的 43.6%。

2018 年以来,学校围绕集成电路、人工智能、网络空间安全、储能技术、关键软件、设计育种等“关键领域急需人才培养专项计划”持续深化改革创新,同时积极申请提前布局航空发动机及燃气轮机、核科学与技术等专项任务。相关领域由院士领衔的学术领军人才牵头,依托国家科技重大专项等战略性任务以及国家重点实验室、国家级协同创新中心、国家重大科技基础设施、工程研究中心等高层次研发平台,和行业重点企业开展联合培养,实现与学科建设、人才培养及产业创新相互促进、协同发展。

2.在产教融合中强化思想政治教育元素,培育有思想、有灵魂的卓越工程人才

浙江大学牢牢把握正确办学方向,在专业学位研究生教育中践行“人格、素质、能力、知识”融合一体的全人教育理念。学校坚持将理想信念教育融入工程教育,深挖工程发展史中的红色根脉资源,打造浸润式、可互动的思政现场教学平台,广泛宣传王淦昌、程开甲等中国共产党精神谱系中的浙大人,大力弘扬爱党报国的传统,厚植红色工程师的家国情怀。为一线优秀工程师发挥传帮带作用搭建平台、提供舞台,校内外协同打造研究生教育共同体,探索“校内导师+行业导师”双导师制,同时启动学科思政特色创新项目建设,成立“求是高峰论坛”“工程师说”思政工作坊,让学生在行业导师的互动中铸就工匠精神,使学生在感知行业前沿中涵养赤诚奉献的精神品格。重点打造研究生“课程思政”典型,以教学名师为主体培育“工程伦理”等产教融合的示范样板课程,建立了涵盖专业学位研究生培养全过程的思政教育体系。

3.系统优化专业学位研究生培养模式,打造卓越工程师培养体系 2.0

浙江大学围绕打造卓越工程师培养新体系,相继成立了先进技术研究院、国家特色化示范性软件学院、微纳电子学院、网络空间安全学院等特色学院,并于 2016 年成立国内首家研究生层次的工程师学院,为多学科校企团队融合、多领域研究生整合

培养提供实体化平台,形成培养全日制、非全日制工程博士及工程硕士研究生的完整体系。

(1)健全制度体系。学校成立电子信息等 11 个覆盖全部工程类别的专业学位研究生教育指导委员会,委员中具有行业背景者占三分之一以上。成立学部级的工程类专业学位研究生学位评定委员会,由分管校长担任主任,统筹全校工程类专业学位研究生学位授予、导师遴选和质量评议工作。成立专业学位处,统筹协调全校专业学位研究生教育,是国内高校中首个设置正处级同类型培养机构的高校。

(2)完善教学体系。学校积极与行业龙头企业合作,建立面向产业发展实践的课程体系和实习实训体系。遴选建设一批高质量的专业学位研究生实践类课程、校企共建精品课程、核心课程、大类平台课程,“高端装备智能制造典型案例”等案例入选中国专业学位案例中心的“数字中国”专题案例库,历年总入库案例数居全国前列。

(3)优化培养模式。学校积极探索专业学位研究生培养新模式,坚持培养目标更具产业应用导向,科研方向更有学科交叉引领,促进教学和科研内容紧密对接行业企业需求。建立实践导向培养模式,贯通工程类专业学位研究生培养与行业职业资格评审机制,以工程师职称改革倒逼专业学位研究生培养质量提升。按照深化教育评价改革和分类培养要求,制定了工程类专业学位研究生学位申请实施细则、导师资格遴选标准、培养方案制定办法和工程师职称评审等规范性文件。

4.依托高水平产教融合打造高端育人平台,提升专业学位研究生实践创新能力

浙江大学发挥科教协同产教融合优势,系统谋划加强校内外实习实训和实践平台建设,形成高校、地方、异地研究院、龙头企业、科技园区多维链条的育人合作网络,有力推进了“科研-实践-教学”一体化发展。学校积极探索学科建设与产业创新互动的新道路,在校外建设了一批有效链接学科和产业的高能级创新平台及大型科技基础设施,实现“基础研究—技术研发—技术评价—示范应用—产业

化”全链条创新,将育人和创新进行高度融合,打造了以产教融合为特色的高端育人平台^[2]。

学校先后与央企、科技领军企业、重点民企建立了 900 多个研究生联合培养基地,其中“浙江大学软件学院网新恒天研究生联合培养实践基地”等 3 个基地入选“全国示范性工程专业学位研究生联合培养实践基地”,“浙江大学-阿里巴巴(中国)有限公司创新人才联合培养基地”等 15 个基地入选“浙江省研究生联合培养基地”。打造本土化与国际化一体的高端实践育人平台,延续 20 多年研究生挂职锻炼传统,启动“致远”海外实践计划,建设近 200 个海内外实践培养基地,每年有 1000 多名研究生在“一带一路”沿线国家和地区参加 4 至 6 周的社会实践。

三、浙江大学工程师学院(浙江工程师学院):高水平产教融合培养卓越工程师的高校范例

为响应创新驱动发展战略、《中国制造 2025》等国家战略,服务国家、区域经济社会发展和产业转型升级需求,浙江大学和浙江省委省政府于 2016 年 9 月共同创办浙江大学工程师学院(浙江工程师学院),致力于培养面向产业的高端工程领军人才和具有国际竞争力的大国工匠。5 年多来,学院围绕培养创新型、应用型、复合型人才的要求,坚持“政府主导、校企协同、复合交叉、国际合作”的办学方针,以产业需求为导向,以实践能力培养为重点,以全方位产教融合为手段,建立学科无界限、院系无壁垒、校企无缝隙、校地无距离的“四向融合”机制,培养造就大量高端工程创新人才和未来产业领导者,推进地方经济社会发展和产业转型升级,努力成为引领我国工程专业学位研究生教育改革的示范样板。

1. 改革破题、创新制胜,打造卓越工程师培养示范区

在教育部和浙江省委省政府的大力支持下,工程师学院依托浙江大学的多学科优势、雄厚的工科实力、深厚的政产学研合作基础和广泛的国际合作优势,以相对独立的办学实体和专业学位评定委员会等机构促进交叉融合,汇聚全校优质教育资源,

联合行业龙头企业,积极探索高水平产教融合培养卓越工程师的模式。学校新设“工程教育创新岗”用于构建高水平应用型师资队伍,划拨了 147.5 亩发展用地新建办学设施,形成工程师学院相对独立的办学空间。作为浙江大学直属单位,工程师学院设立党委、纪委,打破院系、学科界限,可在工程专业学位全部 8 个类别招收硕士、博士研究生以及工程管理类专业学位研究生。目前,学院在读专业学位研究生达 4100 余人,其中工程博士生 510 余人,成为国内专业最全、类型最多、规模最大的院级专业学位研究生办学实体。

2. 回归工程、系统重塑,完善卓越工程师培养体系

浙江大学以工程师学院为“改革实验田”,积极探索高端应用型人才分类培养的有效途径。实施“校内导师+校外合作导师”双导师制,已聘任 2300 多位影响力大、声誉好的行业、企业专家担任校外合作导师,深度参与专业学位研究生培养方案制定、课程设计、论文指导等培养全过程。调整招生结构,培育集成电路、人工智能、网络空间安全、储能技术等关键领域新兴的学科专业增长点,促进人才培养与产业需求有效匹配。构建以“工程素养课→跨界前沿课→综合工程实训课→专业实践课”为主线,以品牌示范课程、案例库及教材建设、行业专家同堂授课制度全覆盖等为抓手的现代大工程格局下的课程教学体系。在工程师学院集中建成门类齐全的 8 大工程实训平台,按 8 个专项实践模块和 4 个综合实践系统建设“高阶工程认知实践”课程,打造以“设计→制造→测试→分析→集成→协同”为核心的工程技术训练体系,可为智能汽车、物联网、机器人、智慧交通等领域人才培养提供支撑,其中 50 万元以上的大型实训设备已有 143 台/套,并依托平台提供 40 余门专业课所涉及的实训内容。破解在企业开展专业实践训练的“虚化”“软化”现象,出台相关管理考核办法,企业、学院、研究生、导师签订四方协议,研究生在企业参加专业实践训练时间不少于半年。已派出 2000 余名学生进入企业实习实践,参与 1000 余家企业的科研项目,申请和授权专利 600 余项。制定实际应用导向的研究

生学位申请前置要求和培养质量评价指标体系,强化分类培养和分类评价,保证专业学位研究生培养质量。

3.项目驱动、服务急需,创新卓越工程师培养的“项目制”模式

工程师学院自2019年起实施“项目制”人才培养模式,打破“一师一徒”制的指导模式,以项目为人才培养单元,针对国家重大战略行业、新兴产业急需的“高精尖缺”人才需求,依托浙江大学多元交叉的国家级研发平台、科创中心、实训平台等有利条件,围绕国家急需的关键领域设立“先进材料与高端制造”“高端集成电路芯片设计与制造”“高端化学品先进制造”等23个“工程专业学位研究生卓越培养项目”,累计招生1500余人。项目直面产业需求,坚持复合交叉,组建由院士等战略科学家和高层次人才领衔的研究生联合指导和课题攻关团队,汇集来自不同专业类别领域的研究生,与1~2家行业龙头企业紧密合作,实现人才培养、科学研究、技术研发、成果转化有机联动。例如“先进材料与高端制造”卓越工程师培养项目团队在浙江桐庐开展国家战略急需的镍基单晶高温合金研发工作,每年吸引电子信息、材料与化工、机械、能源动力等4个不同工程专业学位类别近30位工程硕士、工程博士研究生进行跨专业学习和“卡脖子”技术攻关,不仅有力地支撑了当地新材料产业发展,还于实践中培养学生爱党报国、敬业奉献的品质,真正带出了一支具有突出技术创新能力、善于解决复杂工程问题的工程师队伍。

4.校企协同、开放合作,构建卓越工程师教育共同体

工程师学院充分调动高校与企业两个主体的积极性,每个卓越工程师培养项目均成立了培养委员会,其中约1/3的委员来自企业。工程师学院与华为公司、吉利集团等企业合作新开发实践类课程30余门,每学年200位以上行业企业资深实务专家进校同堂授课。与央企及头部企业合作共建研究生联合培养基地,引导研究生面向经济建设主战场建功

立业。毕业生获得研究生学历、硕士学位证书的同时,可申请获得工程师职称证书,缩短成长周期,提升职业竞争力。试点“企业出题,高校答题,企业评卷”的“订单式”育人模式,与龙头企业合作开设人才培养班,输送包括总工级别在内的近200名工程专业学位研究生。拓宽全球发展布局,借鉴工程强国先进经验,与法国巴黎综合理工学院、荷兰埃因霍芬理工大学等国际顶尖工程院校开展联合培养项目,中法双硕士项目已招收6届72名研究生,前三届29名研究生全部获得法国创新创业管理高级硕士学位。

5.产教融合、科教协同,提升卓越工程师品牌竞争力

工程师学院全面融入长三角一体化战略和浙江“重要窗口”建设,结合地方特色产业开展人才培养与科研合作,搭建服务全省经济社会发展的人才蓄水池和支撑地方产业发展与引才育才的桥梁。受省委组织部、省经信厅、省科协等单位委托,共同制定全省卓越工程师能力评价标准,推动筹建全省工程师学会,引导科研团队与各地特色产业工程师协同创新中心、山区海岛29县的行业和企业需求相衔接,促进共同富裕。在地方政府、企业的支持下,工程师学院设立数字金融分院、宁波分院、衢州分院,并加快布局温州分院、嘉兴分院,为地方直接培养、引进和输送人才,有效支撑当地智能装备等千亿产业集群转型升级。例如2018年在衢州成立浙江大学工程师学院衢州分院和浙江大学衢州研究院(以下简称衢州“两院”),衢州“两院”合署运行,实行理事会领导下的院长负责制,由浙江大学分管副校长和衢州市分管副市长担任理事会双理事长,中国工程院院士、浙江大学教授任其龙担任院长。衢州“两院”围绕衢州市化工、材料、新能源、生物医药等主导产业,校企共建分析测试中心和中试实验实训基地,开展虚拟实训、中试研究和高新技术孵化等业务;倾力创建浙江省高端化学品技术创新中心,落地转化等离子体产业化项目等,打造具有世界领先水平的关键核心技术研发平台和产业园,为地方引育包括19名国家级人才计划或青年人

才计划入选者在内的高水平队伍,在当地培养了硕士研究生94人,为企业累计提供技术攻关和咨询服务逾百次,带动浙江大学科研成果在衢州落地,构建了新时代校政企合作新模式。

面向育人与创新协同发展的未来,浙江大学工程师学院(浙江工程师学院)将进一步提升卓越工程师教育的卓越性,为浙江省争创社会主义现代化先行省和国家“两中心一高地”建设提供具有国际竞争力的人才资源支撑。

四、依托高水平研究型大学打造卓越工程师培养战略基地的思考

当前,百年变局与复兴全局交织激荡,新一轮科技革命、产业变革和教育革命叠加推进,在复杂严峻的国际形势下,具备尖端创新能力、能解决复杂工程问题的卓越工程师已经成为影响国家高水平科技自立自强的关键变量,是国家打好产业链现代化攻坚战的战略基石^[3]。面对当前的国际竞争环境,我国必须依靠国内高等教育系统,自主培养能突破战略领域“卡脖子”技术方面的人才,着力培养一批创新型卓越工程师。要充分发挥国家战略科技力量在培养创新型卓越工程师中的作用,尤其是高水平研究型大学要勇担职责使命,加快构筑我国卓越工程师培养的战略基地。

1.以校企深度协同解决产教融合不紧密的问题,面向龙头企业发展需求,探索工程师定制化培养方案

卓越工程师的培养需要充分调动高校与企业两个主体的积极性,加快贯通教育链、产业链与创新链,全面深化校企战略合作伙伴关系,打造工程师教育共同体,探索面向龙头企业需求的工程师定制化培养新方案。一方面,要改革招生考试制度,试点推进专业学位研究生硕博贯通培养,支持学术学位硕士研究生推免攻读专业学位博士研究生;统筹全日制和非全日制专业学位研究生培养,分类分学科群建立选拔标准和考查方式,鼓励战略急需领域有工作经验的工程师“回炉”深造。另一方面,要

系统优化工程师培养体系,完善产教融合基地在城市、企业及高校的布局,支持高校分类建立更紧密的政产学研合作平台,调动行业龙头企业的积极性,协同高水平研究型大学,建立面向产业发展实践的课程体系和实习实训体系。

2.以学科交叉会聚补齐单一专业局限性的短板,面向未来产业迭代发展创新工程师项目制培养模式

卓越工程师需要以多学科交叉的知识结构为依托,领导传统产业转型升级和战略性新兴产业创新发展。要发挥高水平研究型大学的多学科优势,整合学科资源,设计面向未来产业发展需求的工程师培养特色项目,补齐工程师培养过程中单一专业局限性的短板^[3]。同时要构建跨学科跨领域的新型导学模式,推进高校和行业企业的导师队伍融合发展,探索跨界合作的联合导师团队机制。注重在实践中提升学生的工程科技创新能力,着力培养复合型高层次工程人才。

3.以系统改革方式突破体制机制不灵活的障碍,面向卓越发展要求完善工程师学院现代化治理框架

高水平研究型大学具备建立工程师学院的综合实力,要勇于成为工程专业学位研究生教育改革先行者。要顺应新形势完善现代工程师学院的治理新结构,推动工程师学院的治理框架向外延拓,集聚政府、企业和高校优势资源,探索集人才培养、科学研究、成果转化、社会服务为一体的校地企合作新模式,促进工程师培养与政产学研合作联动发展^[3]。

参考文献

- [1] 习近平出席中央人才工作会议并发表重要讲话[EB/OL]. (2021-09-28). http://www.gov.cn/xinwen/2021-09/28/content_5679883.htm#1.
- [2] 张泽,陈云敏,严建华,等.学科建设与产业发展创新互动[N].光明日报,2020-10-27(15).
- [3] 吴朝晖.解决“卡脖子”问题 培养卓越工程师[N].光明日报,2022-06-14(13).

(责任编辑 周玉清)