

目 录

◇ “新工科”发展动态

综合性高校工程教育发展战略研讨会在复旦大学召开.....	1
“新工科”建设复旦共识.....	3
教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知.....	6
“新工科研究与实践”综合性高校组工作会议在复旦大学召开.....	8
工科优势高校新工科建设研讨会在天津大学举行.....	9
天大行动：“新工科”建设行动路线.....	11
新工科研究与实践专家组成立暨第一次工作会议在北京召开....	14
教育部发布新工科研究与实践 24 个选题方向.....	16

◇ 认识“新工科”

中国科学报：新工科——一场工程教育新革命.....	25
里瑟琦科教观察：何谓“新工科”.....	28
钟登华：新工科建设的内涵与行动.....	37

◇ 建设“新工科”

张大良：新工科建设的六个问题导向.....	47
马陆亭：打造新工科 为制造强国建设提供学科支撑.....	51
吴爱华等：加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济.....	53
陆国栋等：“新工科”建设与发展的路径思考.....	66
林建：面向未来的中国新工科建设.....	77
夏建国等：“新工科”建设背景下地方高校工程教育发展刍议...92	
李茂国等：工程教育范式——从回归工程走向融合创新.....	101

综合性高校工程教育发展战略研讨会在复旦大学召开

2月18日,综合性高校工程教育发展战略研讨会在复旦大学召开。来自北京大学、南京大学、厦门大学、中山大学、中国科学技术大学等综合性高校,以及浙江大学、上海交通大学、天津大学、同济大学、北京航空航天大学等工科优势高校的百余名代表参加。会议围绕新经济对工程教育的需求和挑战、综合性大学新工科的研究与实践等问题展开深入研讨,为加快建设工程教育强国献计献策。

当前,世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行,综合国力竞争愈加激烈。国家实施创新驱动发展、“中国制造2025”“互联网+”“一带一路”等重大战略,以新技术、新业态、新产业为特点的新经济蓬勃发展,要求工程科技人才具备更高的创新创业能力和跨界整合能力,加快新工科建设,助力经济转型升级。

中科院院士、复旦大学校长许宁生致开幕辞,教育部高等教育司司长张大良做大会主旨报告。会议分别由中国科学院院士、复旦大学常务副校长包信和和教育部高等教育司理工处处长吴爱华主持。

张大良司长分析了新经济发展的趋势,强调新经济快速发展迫切需要新型工科人才支撑。新工科以新经济、新产业为背景,新工科的建设和发展,一方面要设置和发展一批新兴工科专业,另一方面要推动现有工科专业的改革创新。他总结回顾了我国新工科建设的前期探索,指出高校要加快培养当前产业急需人才,主动布局面向未来技术和产业的人才培养。为加快实现我国从工程教育大国走向工程教育强国,高校要树立创新型、综合化、全周期工程教育“新理念”,构建新兴工科和传统工科相结合的学科专业“新结构”,探索实施工程教育人才培养的“新模式”,打造具有国际竞争力的工程教育“新质量”,建立完善中国特色工程教育的“新体系”。

斯坦福大学 Thomas Kenny 教授、北京大学工学院副院长王建祥教授分别介绍了斯坦福大学工程学院和北大工学院工程教育人才培养的理念和具体做法。腾讯公司副总裁、技术管理委员会主任王巨宏从新业态的角度,介绍了现代创新型企业对人才能力素质的需求和对人才培养环节的建议。北京航空航天大学原副校长郑志明教授结合国家重大科技专项,介绍了国家重大发展战略对工程科技人才培养的挑战。包信和院士通过国内外工程教育对比,介绍了复旦大学作为综合性大学在培养新型工程人才方

面的特色做法。下午的圆桌会议上，各校代表围绕“在高水平综合性大学深入开展工程教育”这一主题，进行了深入的研讨。

据了解，为推动新工科建设和发展，教育部将启动“新工科研究与实践”课题项目，发挥高校的基层首创精神，围绕工程教育的新理念、学科专业的新结构、人才培养的新模式、教育教学的新质量、分类发展的新体系等内容开展研究和实践。

来源：复旦大学网站

责编：苏晓亚

科技部：将建立科技奖励诚信档案

针对日前印发的《关于深化科技奖励制度改革方案》，科技部表示将建立科技奖励诚信档案，发现存在“学术不端”将一票否决。《方案》明确，今后科技奖励的评选要改为提名制。《方案》在提出适当提高国家科技奖奖励标准的同时，还明确“要强化科技奖励的荣誉性”，禁止以营利为目的使用国家科学技术奖进行营销和宣传。对“拼凑”“包装”、“游说评委”等行为一票否决；对造假、侵占他人成果等行为“零容忍”，科技部副部长黄卫表示，今后，“要对涉及违规的科研成果采取一票否决、撤销奖励等措施，对违规责任人采取公开通报，阶段性或者永久性参与国家科技奖活动的资格。”

来源：《西安晚报》

责编：苏晓亚

2016 年全国教育经费统计快报发布

教育部近日发布了 2016 年全国教育经费统计快报。快报显示，2016 年全国教育经费总投入为 38866 亿元，比上年增长 7.57%。其中，国家财政性教育经费为 31373 亿元，比上年增长 7.36%。教育经费总投入在学前教育、义务教育、高中阶段教育、高等教育和其他教育间的分配占比分别为 7.21%、45.29%、15.84%、26.01%，5.65%。根据统计快报，2016 年全国幼儿园、普通小学、普通初中、普通高中、中等职业学校、普通高等学校生均教育经费总支出均比上年有所增长，增幅分别为：15.97%、8.88%、10.50%、11.34%、8.03%、3.35%。

来源：教育部网站

责编：苏晓亚

“新工科”建设复旦共识

高等教育发展水平是一个国家发展水平和发展潜力的重要标志。习近平总书记指出，“我们对高等教育的需要比以往任何时候都更加迫切，对科学知识和卓越人才的渴求比以往任何时候都更加强烈”。当前世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，综合国力竞争愈加激烈。工程教育与产业发展紧密联系、相互支撑。为推动工程教育改革创新，2017年2月18日，教育部在复旦大学召开了高等工程教育发展战略研讨会，与会高校对新时期工程人才培养进行了热烈讨论，共同探讨了新工科的内涵特征、新工科建设与发展的路径选择，并达成了如下共识：

1. 我国高等工程教育改革发展已经站在新的历史起点。国家正在实施创新驱动发展、“中国制造2025”“互联网+”“网络强国”“一带一路”等重大战略，为响应国家战略需求，支撑服务以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展，突破核心关键技术，构筑先发优势，在未来全球创新生态系统中占据战略制高点，迫切需要培养大批新兴工程科技人才。我国已经建成世界最大规模的高等工程教育，工程教育专业认证体系实现国际实质等效，国家统筹推进世界一流大学和一流学科建设，为加快建设和发展新工科奠定了良好基础。

2. 世界高等工程教育面临新机遇、新挑战。第四次工业革命正以指数级速度展开，我们必须在创新中寻找出路。发达国家的历史经验证明，主动调整高等教育结构、发展新兴前沿学科专业，是推动国家和区域人力资本结构转变、实现从传统经济向新经济转变的核心要素。为应对金融危机挑战、重振实体经济，主要发达国家都发布了工程教育改革前瞻性战略报告，积极推动工程教育改革创新。我国高等工程教育要乘势而为、迎难而上，抓住新技术创新和新产业发展的机遇，在世界新一轮工程教育改革中发挥全球影响力。

3. 我国高校要加快建设和发展新工科。一方面主动设置和发展一批新兴工科专业，另一方面推动现有工科专业的改革创新。新工科建设和发展以新经济、新产业为背景，需要树立创新型、综合化、全周期工程教育“新理念”，构建新兴工科和传统工科相结合的学科专业“新结构”，探索实施工程教育人才培养的“新模式”，打造具有国际竞争力的工程教育“新质量”，建立完善中国特色工程教育的“新体系”，实现我国从工程教育大国走向工程教育强国。

4. 工科优势高校要对工程科技创新和产业创新发挥主体作用。总结继承工程教育改革发展成功经验，深化工程人才培养改革，发挥自身与行业产业紧密联系的优势，面向当前和未来产业发展急需，主动优化学科专业布局，促进现有工科的交叉复合、工科与其他学科的交叉融合，积极发展新兴工科，拓展工科专业的内涵和建设重点，构建创新价值链，打造工程学科专业的升级版，大力培养工程科技创新和产业创新人才，服务产业转型升级。

5. 综合性高校要对催生新技术和孕育新产业发挥引领作用。发挥学科综合优势，主动作为，以引领未来新技术和新产业发展为目标，推动应用理科向工科延伸，推动学科交叉融合和跨界整合，产生新的技术，培育新的工科领域，促进科学教育、人文教育、工程教育的有机融合，培养科学基础厚、工程能力强、综合素质高的人才，掌握我国未来技术和产业发展主动权。

6. 地方高校要对区域经济发展和产业转型升级发挥支撑作用。主动对接地方经济社会发展需要和企业技术创新要求，把握行业人才需求方向，充分利用地方资源，发挥自身优势，凝练办学特色，深化产教融合、校企合作、协同育人，增强学生的就业创业能力，培养大批具有较强行业背景知识、工程实践能力、胜任行业发展需求的应用型和技术技能型人才。

7. 新工科建设需要政府部门大力支持。教育部、有关行业主管部门和各级政府应对新工科建设进行重点支持，推动体制机制改革，加强政策协同、形成合力，在优化相关领域专业结构、改革培养机制、强化实习实训、加强师资队伍建设等方面出台更多的支持措施，为新工科人才培养提供良好的政策环境。

8. 新工科建设需要社会力量积极参与。打造共商、共建、共享的工程教育责任共同体，深入推进产学合作、产教融合、科教协同，通过校企联合制定培养目标和培养方案、共同建设课程与开发教程、共建实验室和实训实习基地、合作培养培训师资、合作开展研究等，鼓励行业企业参与到教育教学各个环节中，促进人才培养与产业需求紧密结合。

9. 新工科建设需要借鉴国际经验、加强国际合作。扎根中国、放眼全球、办出特色，借鉴国际先进理念和标准，明确新工科教育未来发展的重点和方向，分析新工科人才应具备的素质，构建新工科人才能力体系，培养具有国际视野的创新型工程技术人才。加强国际交流与合作，将“中国理念”“中国标准”注入“国际理念”“国

际标准”，扩大我国在世界高等工程教育中的话语权和决策权。

10. 新工科建设需要加强研究和实践。我们将共同启动“新工科研究与实践”项目，围绕工程教育的新理念、学科专业的新结构、人才培养的新模式、教育教学的新质量、分类发展的新体系等内容开展研究和实践。我们将携手更多高校共同探索新工科的内核要点和外延重点，充分发挥基层首创精神，边研究、边实践、边丰富、边完善。我们将以更宽的视野、更大的勇气、更高的智慧、更强的担当来推进新工科建设，推动形成广泛共识，凝聚各方合力，为建设工程教育强国做出积极贡献。

参会高校名单：

北京大学	清华大学	北京交通大学
北京航空航天大学	北京理工大学	北京化工大学
中国科学院大学	南开大学	天津大学
大连理工大学	吉林大学	复旦大学
同济大学	上海交通大学	华东理工大学
华东师范大学	上海工程技术大学	南京大学
苏州大学	浙江大学	中国科学技术大学
厦门大学	山东大学	武汉大学
华中科技大学	中山大学	汕头大学
桂林电子科技大学	四川大学	兰州大学

来源：高等教育司网站

责编：苏晓亚

高校专利管理云服务平台正式开通

4月26日，中国专利信息中心 CNTAT 正式发布高校专利管理云服务平台。该平台通过有效管理高校专利资源和人才资源，将为高校提供专利转移转化辅助决策支持，打造高校专利管理从事务管理到运营管理的一站式服务。高校作为专利申请的主力军，是科技创新的重要主体，高校专利已经成为国家技术创新的重要源泉。在高校专利申请量高速增长的情况下，高校急需利用信息化手段来提高专利管理水平。

来源：《科学网》

责编：苏晓亚

教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知

教高司函〔2017〕6号

各省、自治区、直辖市教育厅（教委），新疆生产建设兵团教育局，部属各高等学校：

高等工程教育在我国高等教育中占有重要的地位。深化工程教育改革、建设工程教育强国，对服务和支撑我国经济转型升级意义重大。2016年6月，我国工程教育专业认证体系实现国际实质等效，为深化工程教育改革提供了良好契机。当前，国家推动创新驱动发展，实施“一带一路”“中国制造2025”“互联网+”等重大战略，以新技术、新业态、新模式、新产业为代表的新经济蓬勃发展，对工程科技人才提出了更高要求，迫切需要加快工程教育改革创新。为深化工程教育改革，推进新工科的建设和发展，现决定开展新工科研究和实践。具体通知如下：

一、主要内容

新工科研究和实践围绕工程教育改革的新理念、新结构、新模式、新质量、新体系开展。主要内容分为：

1. 工程教育的新理念：结合工程教育发展的历史与现实、国内外工程教育改革的经验和教训，分析研究新工科的内涵、特征、规律和发展趋势等，提出工程教育改革创新的理念和思路。

2. 学科专业的新结构：面向新经济发展需要、面向未来、面向世界，开展新兴工科专业的研究与探索，对传统工科专业进行更新升级等。

3. 人才培养的新模式：在总结卓越工程师教育培养计划、CDIO等工程教育人才培养模式改革经验的基础上，开展深化产教融合、校企合作的体制机制和人才培养模式改革研究和实践。

4. 教育教学的新质量：在完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度的基础上，研究制订新兴工科专业教学质量标准，开展多维度的教育教学质量评价等。

5. 分类发展的新体系：分析研究高校分类发展、工程人才分类培养的体系结构，提出推进工程教育办出特色和水平的宏观政策、组织体系和运行机制等。

二、组织方式

新工科研究和实践以课题项目形式进行。有关高校根据新工科建设和发展需要，自主设立研究课题；经专家论证后，我司正式立项。为便于课题组织和交流，分三组

开展研究和试点：

1. 工科优势高校组。由传统的工科特色和行业特色高校共同参与，发挥自身与行业产业紧密联系的优势，面向当前和未来产业发展急需，推动现有工科的交叉复合、工科与其他学科的交叉融合，开展工科优势高校新工科研究和实践。由浙江大学牵头联系。

2. 综合性高校组。由综合性大学参加，发挥学科综合优势，面向未来新技术和新产业发展，推动学科交叉融合和跨界整合，推动应用理科向工科延伸，开展综合性高校新工科研究和实践。由复旦大学牵头联系。

3. 地方高校组。由地方高校参加，发挥自身优势，充分利用地方资源，对接地方经济社会发展需要和企业技术创新要求，深化产教融合、校企合作、协同育人，推动传统工科专业改造升级，开展地方高校新工科研究和实践。由上海工程技术大学、汕头大学共同牵头联系。

各地教育行政部门要积极推动工程教育改革，组织开展新工科研究和实践。有意愿开展新工科研究和实践的高校，请将研究课题提交给牵头高校汇总。请各牵头高校分别组织成立专家组，对研究课题进行论证，并组织项目的中期检查、交流、结题验收等。我司将适时增加部分新工科“卓越工程师教育培养计划”专业点，并通过多种方式给予支持。

三、时间安排

1. 2-4 月，各牵头高校组织成立专家组；研制发布各类课题指南；组织动员高校申报。

2. 4-5 月，有关高校向牵头高校提交研究课题项目任务书；牵头高校组织专家组论证后，向我司提供建议课题名单。

3. 5 月底，我司根据专家论证意见和各组课题总体情况，正式公布研究课题项目名单。

高等教育司

2017 年 2 月 20 日

来源：新华社

责编：苏晓亚

“新工科研究与实践”综合性高校组工作会议在复旦大学召开

4月1日上午,“新工科研究与实践”综合性高校组工作会议在复旦大学召开。来自北京大学、吉林大学、南京大学、四川大学、山东大学、中山大学、武汉大学、厦门大学、苏州大学、青岛大学、中国科学技术大学、华东师范大学等综合性高校,清华大学、浙江大学、上海交通大学、同济大学等工科优势高校以及汕头大学、上海应用技术大学等地方高校的校领导、教务部门领导及学科专家参加了此次会议。会议由复旦大学教务处处长徐雷主持,复旦大学常务副校长包信和和教育部高等教育司理工处处长吴爱华参加会议并作重要讲话。

今年2月18日,综合性高校工程教育发展战略研讨会在复旦大学召开,参会各高校达成了“发展新工科,引领新经济”的“新工科”建设复旦共识,新工科成为热议话题。同时会后教育部高等教育司启动了“新工科研究与实践”课题项目。本次综合性高校组工作会议是落实复旦共识,将新工科建设具体化的重要会议。综合性高校组14所高校针对新工科建设和发展中的关键问题,结合前沿研究和实践探索,组织各方力量,精心设计并报送了91个具有全局性、战略性、前瞻性的选题,选题涵盖工程教育的新理念、学科专业的新结构、人才培养的新模式、教育教学的新质量、分类发展的新体系等五个类别。

会上北京大学、吉林大学、华东师范大学、复旦大学分别交流了前一阶段的选题的基本思路。基于选题征集情况,复旦大学牵头起草了《综合性高校“新工科研究与实践”项目指南》提交本次会议讨论。立项项目分为研究类与实践类,其中重点关注新工科人才培养结构调整优化,新工科培养的课程体系、能力体系、质量体系,新工科培养体系、路径与培养模式,以学生为中心的教学手段和教学方法创新,产学研合作、产教融合、科教协同,新工科专业设置、评估与管理机制,适应新工科发展的师资队伍建设与评价体系。

吴爱华处长总结了本次工作会议并指出,《项目指南》应具备高度的方向性、引领性、探索性和实践性。同时吴爱华从五个关键点阐述了教育部关于新工科建设的开展思路:问产业需求改专业、问技术发展改内容、问学生志趣改方法、问内外资源创条件、问国际前沿定标准。

本次会议充分体现了“新工科研究与实践”综合性高校组阶段性的工作成果,同时为下一步工作打下了坚实的基础。

来源:复旦大学网站

责编:苏晓亚

工科优势高校新工科建设研讨会在天津大学举行

4月8日，工科优势高校新工科建设研讨会在天津大学召开。会议由教育部高等教育司指导、天津大学主办，主题为“新工科建设：愿景与行动”，旨在新工科建设共识的基础上，进一步围绕工程教育改革的挑战、机遇与路径深入研讨，形成新工科建设的行动计划。

来自60余个高校和单位的200余名代表参会。教育部高等教育司司长张大良发表主题报告，天津大学党委书记李家俊、天津市教委主任王璟出席会议并分别致辞。会议分别由天津大学副校长余建星、教育部高等教育司理工处处长吴爱华主持。高等教育出版社副总编韩筠等参加会议。

教育部高等教育司司长张大良发表主题报告。他指出，建设发展新工科，要着眼高等教育改革发展全局，把握高校人才培养工作的新形势新任务。今天的中国高等教育已经站在了由大到强的新的历史起点上，新工科建设要植根这一时代背景，在人才培养方面把握好“一魂、三规、三教、两学”，抓好党建铸灵魂；落实规划见实效，把握规律守法则，健全规范立制度；培训教师强核心，更新教材调内容，改进教法增活力；端正学风优生态，培养学生固根本。他指出，建设发展新工科要聚焦国家发展战略，支撑服务发展动能转换、产业转型升级。我国经济发展面临动能转换、方式转变、结构调整的繁重任务，新技术、新产品、新业态和新模式蓬勃兴起。工程教育与产业发展紧密联系、相互支撑，新产业的发展要靠工程教育提供人才支撑，特别是应对未来新技术和新产业国际竞争的挑战，必须主动布局工程科技人才培养，提升工程教育支撑服务产业发展的能力。他指出，建设发展新工科，要主动面向未来，全面深化高等工程教育改革。要坚持问题导向，做到“六问”，即问产业需求建专业、问技术发展改内容、问学校主体推改革、问学生志趣变方法、问内外资源创条件、问国际前沿立标准。通过深化综合改革、内涵建设，形成新工科建设发展体系，充分体现“五强化”：一是强化新工科人才质量的核心定位；二是强化一流工科教育教学的评价导向，在各自领域办出特色、办出一流水平；三是强化服务国家战略和区域发展的责任担当；四是强化为国家和社会做贡献的价值追求；五是强化面向未来和国际先进水平的目标引领。最终实现“八育人”：教书育人、科研育人、实践育人、管理育人、服

务育人、文化育人、组织育人和协同育人。

研讨会上，天津大学校长钟登华，清华大学副校长杨斌，哈尔滨工业大学副校长徐晓飞，加拿大工程院院士、汕头大学执行校长顾佩华，北京大学工学院院长张东晓分别发表了题为“新工科建设路线图”、“对新工科人才培养的几点认识”、“围绕面向可持续竞争力的‘计算机+’专业的新工科人才培养模式改革探索”、“新工科与新范式”、“应对工学重大挑战及重大挑战学者培养计划”的主题报告。浙江大学作为工科优势高校组牵头高校，介绍了“新工科研究与实践”项目指南的编制情况。北京理工大学、重庆大学、东南大学、华东理工大学、华南理工大学、华中科技大学、上海交通大学、四川大学、西安交通大学、西北工业大学、西南交通大学等十一所高校代表先后发言，针对新工科建设与大家分享了各学校的思考与探索。

张大良作大会总结，认为会议研讨内容高深、精准、新实，会议回望了多年来新工科人才培养研究探索和创新实践的经验做法，展望了当前和未来培养新工科人才的改革重点和核心要素，更重要的是守望了新工科人才培养的使命和规律。守望使命就是新工科建设要落实总书记讲的“四个服务”，做到“四个坚持不懈”。新工科的课程体系要做到课程思政+思政课程，专业老师要与思政课老师同向同行。守望规律就是在新工科建设方面不要操之过急，经济产业发展是快变量，新工科人才培养是慢变量，要处理好两者关系，不要破坏规律、违反规律。他认为，今天的研讨深化了认识、拓展了见识、延伸了学识。对推进新工科的背景、面临的问题、机遇和挑战较复旦会议有了新的认识，下一步要探索新范式。今天的研讨交流还拓展了新工科已有的探索成果和经验做法，使大家在今后的新工科建设中少走或不走弯路。通过对新工科基本内涵、核心要义、主要特征、新工科人才的知识体系、培养模式、师资队伍、评价体系等方面的研究，延伸了学识。

本次会议得到了广泛关注，参会单位非常踊跃，专门设置了分会场，并通过新浪微博进行了网络直播。与会代表一致认为，新工科建设是全面推进新时期工程教育改革创新，加快建设工程教育强国，服务产业转型升级的必然选择，建设并发展好新工科，才能为实现中华民族伟大复兴的“中国梦”提供强有力的人才和智力支撑。

来源：高等教育司网站

责编：苏晓亚

天大行动：“新工科”建设行动路线

工程改变世界，行动创造未来，改革呼唤创新，新工科建设在行动。当前世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，我国经济发展进入新常态、高等教育步入新阶段。2017年4月8日，教育部在天津大学召开新工科建设研讨会，60余所高校共商新工科建设的愿景与行动。与会代表一致认为，培养造就一大批多样化、创新型卓越工程科技人才，为我国产业发展和国际竞争提供智力和人才支撑，既是当务之急，也是长远之策。

我们的目标是：到2020年，探索形成新工科建设模式，主动适应新技术、新产业、新经济发展；到2030年，形成中国特色、世界一流工程教育体系，有力支撑国家创新发展；到2050年，形成领跑全球工程教育的中国模式，建成工程教育强国，成为世界工程创新中心和人才高地，为实现中华民族伟大复兴的中国梦奠定坚实基础。为此目标，我们致力于以下行动：

1.探索建立工科发展新范式。根据世界高等教育与历次产业革命互动的规律，面向未来技术和产业发展的新趋势和新要求，在总结技术范式、科学范式、工程范式经验的基础上，探索建立新工科范式。以应对变化、塑造未来为指引，以继承与创新、交叉与融合、协同与共享为主要途径，深入开展新工科研究与实践，推动思想创新、机制创新、模式创新，实现从学科导向转向以产业需求为导向，从专业分割转向跨界交叉融合，从适应服务转向支撑引领。

2.问产业需求建专业，构建工科专业新结构。加强产业发展对工程科技人才需求的调研，做好增量优化、存量调整，主动谋划新兴工科专业建设，到2020年直接面向新经济的新兴工科专业比例达到50%以上。大力发展大数据、云计算、物联网应用、人工智能、虚拟现实、基因工程、核技术等新技术和智能制造、集成电路、空天海洋、生物医药、新材料等新产业相关的新兴工科专业和特色专业集群。更新改造传统学科专业，服务地矿、钢铁、石化、机械、轻工、纺织等产业转型升级、向价值链中高端发展。推动现有工科交叉复合、工科与其他学科交叉融合、应用理科向工科延伸，孕育形成新兴交叉学科专业。

3.问技术发展改内容，更新工程人才知识体系。将产业和技术的最新发展、行业

对人才培养的最新要求引入教学过程，更新教学内容和课程体系，建成满足行业发展需要的课程和教材资源，打通“最后一公里”。推动教师将研究成果及时转化为教学内容，向学生介绍学科研究新进展、实践发展新经验，积极探索综合性课程、问题导向课程、交叉学科研讨课程，提高课程兴趣度、学业挑战度。促进学生的全面发展，把握新工科人才的核心素养，强化工科学生的家国情怀、全球视野、法治意识和生态意识，培养设计思维、工程思维、批判性思维和数字化思维，提升创新创业、跨学科交叉融合、自主终身学习、沟通协商能力和工程领导力。

4.问学生志趣变方法，创新工程教育方式与手段。落实以学生为中心的理念，加大学生选择空间，方便学生跨专业跨校学习，增强师生互动，改革教学方法和考核方式，形成以学习者为中心的工程教育模式。推进信息技术和教育教学深度融合，建设和推广应用在线开放课程，充分利用虚拟仿真等技术创新工程实践教学方式。完善新工科人才“创意-创新-创业”教育体系，广泛搭建创新创业实践平台，努力实现50%以上工科专业学生参加“大学生创新创业训练计划”、参与一项创新创业赛事活动，建设创业孵化基地和专业化创客空间，推动产学研用紧密结合和科技成果转化应用。

5.问学校主体推改革，探索新工科自主发展、自我激励机制。充分发挥办学自主权和基层首创精神，增强责任感和使命感，改变“争帽子、分资源”的被动状态，只争朝夕，撸起袖子加油干。利用好“新工科”这块试验田，推进高校综合改革，建立符合工程教育特点的人事考核评聘制度和内部激励机制，探索高校教师与行业人才双向交流的机制。工科优势高校、综合性高校、地方高校要根据自身特点，积极凝聚校内外共识，主动作为、开拓创新，开展多样化探索。

6.问内外资源创条件，打造工程教育开放融合新生态。优化校内协同育人组织模式，通过建立跨学科交融的新型机构、产业化学院等方式，突破体制机制瓶颈，为跨院系、跨学科、跨专业交叉培养新工科人才提供组织保障。汇聚行业部门、科研院所、企业优势资源，完善科教结合、产学研融合、校企合作的协同育人模式，建设教育、培训、研发一体的共享型协同育人实践平台。推广实施产学研合作协同育人项目，以产业和技术发展的最新成果推动工程教育改革，到2020年，争取每年由企业资助的产学研合作协同育人项目达到3万项，参与师生超过10万人。

7.问国际前沿立标准，增强工程教育国际竞争力。立足国际工程教育改革发

沿，研判发达国家工程教育新趋势、新策略，以面向未来和领跑世界为目标追求，提出新工科人才培养的质量标准。深化工程教育国际交流与合作，既培养一批认同中国文化、熟悉中国标准的工科留学生，又鼓励具备条件的高校“走出去”，面向“一带一路”沿线国家培养工程科技人才、工程管理人才和工程教育师资。完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度，将中国理念、中国标准转化为国际理念、国际标准，扩大我国工程教育的国际影响力，实现从“跟跑并跑”到“并跑领跑”。

来源：《中国高等教育》

责编：苏晓亚

清华大学今年将全面实行大类招生

5月20日，清华大学举办2017年校园开放日暨招生信息交流会，今年清华大学招生将全面推行大类招生。除此之外，清华大学还将新增2个本科专业、2个本科培养项目。据校方介绍，清华大学高度重视大类改革，学校专门成立了大类培养领导小组，校长邱勇任组长。2017年，清华大学在前期新雅书院实体化和机械学院大类招生试点的基础上，全面推行大类招生培养和管理，将纳入本科招生的所有专业整合为16大类，分别为：建筑类，土木类，环境、化工与新材料类，机械、航空与动力类，能源类，电子信息类，计算机类，自动化与工业工程类，数理类，化生类，经济、金融与管理类，人文与社会类，法学类，艺术类，文理通识类和临床医学类。学生填报志愿的时候将需要按照专业类来填报，在大一年级，所有学生将接受大类统一的通识教育课程、专业导引课程、专业基础课程等，在大一结束前完成专业确认，并在大二进入相关院系开始专业学习。清华大学招办主任刘震告诉记者，大类招生既减少了考生填报志愿的盲目性，又给了考生更大的选择自由权，打破了学科界限，有利于交叉型、复合型、高素质人才培养。除此之外，清华大学还将新增包括土木类的交通工程专业和建筑类的风景园林专业2个本科专业。新增2个本科培养项目：新增社科学院的国际事务与全球治理方向本科培养项目，世界文学与文化实验班也将纳入“清华学堂人才培养计划”，成为清华首个文科学堂班。

来源：《新华社》

责编：苏晓亚

新工科研究与实践专家组成立暨第一次工作会议在北京召开

6月9日,新工科研究与实践专家组成立暨第一次工作会议在北京会议中心召开。教育部副部长林蕙青作书面报告。来自高校、企业和研究机构的30余名专家组成员参加会议。

林蕙青指出,工程教育在我国高等教育中占有重要地位,高素质工程科技人才是支撑产业转型升级、实施国家重大发展战略的重要保障。当前,世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行,以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展,迫切需要培养造就一大批多样化、创新型卓越工程科技人才。高校要主动服务国家战略需求,主动服务行业企业需要,加快建设发展新工科,打造“卓越工程师教育培养计划”的升级版,探索形成中国特色、世界水平的工程教育体系,促进我国从工程教育大国走向工程教育强国。

持续深化工程教育改革,要抓好五方面重点工作

林蕙青强调,持续深化工程教育改革,要抓好五方面重点工作:

一是抓理念引领,坚持立德树人、德学兼修,着力培养“精益求精、追求卓越”的工匠精神。树立创新型、综合化、全周期工程教育理念,全面落实“学生中心、成果导向、持续改进”工程教育认证理念。

二是抓结构优化,一方面加快现有工科专业的改造升级,体现工程教育的新要求;另一方面主动布局新兴工科专业建设,培养引领未来技术和产业发展的人才,争取由“跟跑者”向某些领域的“领跑者”转变,实现变轨超车。

三是抓模式创新,完善多主体协同、多学科交叉融合的工程人才培养模式,促进学生个性化发展,强化工程人才的创新创业能力培养,推进新型工程教育信息化。

四是抓质量保障,加强工程人才培养质量标准体系建设,建立完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度,制订符合工程教育特点的师资评价标准与教师发展机制。

五是抓分类发展,促进高校在不同层次不同领域办出特色、办出水平,工科优势高校要对工程科技创新和产业创新发挥主体作用,综合性高校要对催生新技术和孕育新产业发挥引领作用,地方高校要对区域经济发展和产业转型升级发挥支撑作用,努

力培养各种类型的高素质工程人才，全面提升工程教育质量。

形成新工科建设“北京指南”

与会专家审议并原则通过了《新工科研究与实践项目指南》，形成了新工科建设的“北京指南”。指南鼓励高校审时度势、超前预判、主动适应、积极应答，充分发挥基层首创精神，探索实践工程教育的新理念、学科专业的新结构、人才培养的新模式、教育教学的新质量和分类发展的新体系。

与会校长们纷纷表示，所在高校将先行先试、积极探索，率先开展新工科研究和实践，为全面深化工程教育改革积累经验，成为新工科建设的推动者和引领者。专家们还围绕深化工程教育改革政策措施、专家组工作机制等问题进行了研讨。

新工科研究与实践专家组阵容堪称“豪华”，40名成员中大学校长书记20人、副校长7人，“两院”院士15人、海外院士2人，清华大学校长邱勇、天津大学校长钟登华、复旦大学校长许宁生、上海交通大学校长林忠钦、浙江大学校长吴朝晖和中山大学校长罗俊担任专家组召集人。

教育部高等教育司司长吴岩在会议总结时指出，新工科建设势在必行，以新技术、新产业、新业态和新模式为特征的新经济呼唤新工科的建设，国家一系列重大战略推动实施呼唤新工科的建设，产业转型升级和新旧动能转换呼唤新工科的建设，提升国际竞争力、硬实力呼唤新工科的建设。新工科是“卓越工程师教育培养计划”的升级版，要面向产业界、面向世界、面向未来，深化工程教育改革、加快建设新工科，促进我国工程教育加速进入世界第一方阵。

新工科建设“三部曲”

据悉，今年2月和4月，教育部在复旦大学和天津大学分别召开了综合性高校和工科优势高校的新工科建设研讨会，形成了新工科建设的“复旦共识”和“天大行动”，得到社会广泛关注。百余所高校采取不同形式对新工科进行了专题研讨，广东、浙江等地教育行政部门专门组织召开了新工科建设推进会，主动谋划加快建设新工科。从“复旦共识”到“天大行动”，再到此次会议形成的“北京指南”，新工科建设“三部曲”起承转合、渐入佳境。下一步教育部将组织开展新工科研究与实践立项，推动高校深入探索和实践。

来源：微言教育

责编：苏晓亚

教育部发布新工科研究与实践 24 个选题方向

教育部 6 月 12 日正式发布《新工科研究与实践项目指南》。指南规划出的新工科研究与实践项目有新理念、新结构、新模式、新质量、新体系 5 个部分共 24 个选题方向。

导 读

新理念选题结合工程教育发展的历史与现实、国内外工程教育改革的经验和教训，分析研究新工科的内涵、规律和发展趋势等，提出工程教育改革创新的理念和思路。包括 4 个选题方向：新工科建设的若干基本问题研究；新经济对工科人才需求的调研分析；国际工程教育改革经验的比较与借鉴；我国工程教育改革的历程与经验分析。

新结构选题面向产业、面向世界、面向未来，对传统工科专业进行改造升级，开展新兴工科专业建设的研究与探索等，推动学科专业结构改革与组织模式变革。包括 4 个选题方向：面向新经济的工科专业改造升级路径探索与实践；多学科交叉复合的新兴工科专业建设探索与实践；理科衍生的新兴工科专业建设探索与实践；工科专业设置及动态调整机制研究与实践。

新模式选题在总结卓越工程师教育培养计划等工程教育人才培养模式改革经验的基础上，深化产教融合、校企合作的人才培养模式改革、体制机制改革和大学组织模式创新。包括 5 个选题方向：新工科多方协同育人模式改革与实践；多学科交叉融合的工程人才培养模式探索与实践；新工科人才的创新创业能力培养探索；新工科个性化人才培养模式探索与实践；新工科高层次人才培养模式探索与实践。

新质量选题在完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度的基础上，研究制订新工科专业人才培养质量标准、教师评价标准和专业评估体系，开展多维度的质量评价等。包括 6 个选题方向：新兴工科专业人才培养质量标准研制；新工科基础课程体系（或通识教育课程体系）构建；面向新工科的工程实践教育体系与实践平台构建；面向新工科建设的教师发展与评价激励机制探索；新型工程教育信息化的探索与实践；新工科专业评价制度研究和探索。

新体系选题分析研究高校分类发展、工程人才分类培养的体系结构，提出推进工程教育办出特色和水平的宏观政策、组织体系和运行机制等。包括 5 个选题方向：工

科优势高校新工科建设进展和效果研究；综合性高校新工科建设进展和效果研究；地方高校新工科建设进展和效果研究；工科专业类教学指导委员会分类推进新工科建设的研究与实践；面向“一带一路”的工程教育国际化研究与实践。

一、新理念选题

此类项目应结合工程教育发展的历史与现实、国内外工程教育改革的经验和教训，分析研究新工科的内涵、特征、规律和发展趋势等，提出工程教育改革创新的理念和思路。

1. 新工科建设的若干基本问题研究

目标：分析新工科建设面临的机遇和挑战；揭示新工科的内涵、特征、规律和发展趋势；从国家视角、全球视野和未来角度，提炼新工科人才培养的核心目标，提出我国工程教育发展的新理念和新思路，为新工科建设提供指导。

内容：新工业革命的基本特征及其对工程教育的影响与挑战；新工科的内涵、特征、规律和发展趋势；提炼新工科人才培养的核心目标；新工科与传统工科、应用理科的关系；新工科的主要范围和划分标准；新工科建设面临的机遇和挑战；工程教育的范式迁移；我国工程教育必须承担的国家责任、全球义务和未来使命，如何贯彻落实国家“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念；我国工程教育改革发展的新理念、新思路；不同类型院校新工科建设的重点、难点和主要任务。

预期成果：研究报告、高质量论文、案例集等。

2. 新经济对工科人才需求的调研分析

目标：围绕新技术、新产业、新业态和新模式，进行分行业、分区域、大规模的行业企业调研，为高校工程专业设置和人才培养提供依据和指导。

内容：调研大数据、云计算、物联网、人工智能、虚拟现实、基因工程、核技术等新技术和智能制造、集成电路、空天海洋、生物医药、新材料、新能源等新产业对工程科技人才的需求状况及趋势，为新工科专业设置和建设、专业结构调整和人才需求分析提供数据支撑、建议和发展思路。

预期成果：形成结构完整、数据详实的调研报告和咨询报告、专业发展战略、高质量论文等。

3. 国际工程教育改革经验的比较与借鉴

目标：从国际比较的视野进行总结分析，为我国工程教育改革提供经验和借鉴。

内容：分析欧美日等主要发达国家工程教育改革的历史和经验，总结高等教育与历次产业革命互动的规律，特别是第三次工业革命以来的工程教育改革趋势；从工程教育发展的背景、政策、体制机制、人才培养模式、学科和专业、课程与教学、师资队伍建设和评价体系等维度进行对比分析；总结国际工程教育发展的规律，提供可资借鉴的经验。

预期成果：研究报告、案例集等。

4. 我国工程教育改革的历程与经验分析

目标：梳理我国工程教育改革发展的历史，总结成功经验，揭示存在问题，分析未来发展趋势，提出政策措施。

内容：深入调研改革开放以来我国工程教育改革的实施情况，包括卓越工程师教育培养计划、战略性新兴产业新专业建设、专业认证、CDIO、示范性软件学院和微电子学院等前期探索；全面总结我国工程教育改革发展的经验与特色，揭示我国工程教育发展的规律；分析当前我国工程教育面临的问题，研判发展趋势，研究提出新工科发展的对策建议、相关政策和配套措施等。

预期成果：研究报告、咨询报告、案例集、高质量论文等。

二、新结构选题

此类项目应面向新经济发展需要、面向世界、面向未来，对传统工科专业进行改造升级，开展新兴工科专业建设的研究与探索等，推动学科专业结构改革与组织模式变革。

5. 面向新经济的工科专业改造升级路径探索与实践

目标：满足改造提升传统产业和培育壮大新兴产业的需要，推动高新技术与工科专业的知识、能力、素质要求深度融合，探索工科专业改造升级的实施路径。

内容：研究分析新经济对传统工科专业人才培养提出的新要求，更新课程体系和教学内容；探索传统工科专业信息化、数字化改造的途径与方式；探索传统工科专业多学科交叉复合改造的途径与方式；面向人工智能、大数据、云计算、物联网等新技术，探索基于现有工科专业改造升级的新方向、新领域，逐步形成新的课程体系等。

预期成果：改造升级一批传统工科专业，提交专业培养方案、课程体系、系列教材和实施案例等。

6. 多学科交叉复合的新兴工科专业建设探索与实践

目标：根据新技术和新产业发展趋势，促进学科交叉与跨界整合，推动工科专业之间、工科与其他学科专业交叉融合，培育建设新兴工科专业。

内容：探索设置面向新技术、新产业以及未来技术的新兴工科专业；制定以多学科交叉为特征的各类新兴工科专业培养方案；重组并优化涵盖各学科基础知识的新工科专业的课程体系和教学内容；构建新工科专业的实践创新教育教学体系；研究多学科交叉的新兴工科专业对师资队伍的要求以及实现途径。

预期成果：形成若干新兴工科专业的设置论证报告，提交专业培养方案、课程体系、系列教材和实施案例等。

7. 理科衍生的新兴工科专业建设探索与实践

目标：以引领未来技术和产业为目标，探索理科在技术前沿的应用，推动应用理科向工科延伸，促进理、工、医等学科交叉发展，孕育产生新兴工科专业。

内容：聚焦国家战略和未来产业需求，探究应用理科产生新技术的环境、条件和路径，研究理科与工科之间交叉融合的方式，推动应用理科与环境、医学、材料、能源、通讯、人工智能等领域交叉融合，培育新兴工科领域及其相关专业；根据复合型人才培养要求，确立新兴工科专业的建设目标，形成与之相适应的知识结构和能力要求等。

预期成果：形成若干由理科衍生的新兴工科专业的设置论证报告，提交专业培养方案、课程体系、系列教材和实施案例等。

8. 工科专业设置及动态调整机制研究与实践

目标：建立满足产业发展需要的专业设置和动态调整机制，提升工程人才培养对国家战略和经济发展的适应性和支撑能力。

内容：研究产业发展特征及其规律，把握产业发展对工程人才要求的动态变化；对专业设置和动态调整机制、专业与区域经济发展的适配性进行研究和实践；为建立专业设置及其动态调整机制提出具有操作性的建议和方案。

预期成果：形成面向产业发展的工科专业设置及动态调整的体制机制。

三、新模式选题

此类项目应在总结卓越工程师教育培养计划、CDIO 等工程教育人才培养模式改革

经验的基础上，深化产教融合、校企合作的人才培养模式改革、体制机制改革和大学组织模式创新。

9. 新工科多方协同育人模式改革与实践

目标：进一步推动开放式办学，创新大学组织模式，建立政校企等多主体协同育人模式，推进科教结合、产学研融合、校企合作的协同育人体制机制改革。

内容：争取各种社会资源，吸引多方面参与新工科建设，创新高校与境内外行业企业、科研院所、其他高校及地方政府的多方协同育人模式，构建优势互补、项目共建、成果共享、利益共赢的人才培养共同体；结合新经济发展趋势和产业需求，构建多主体参与、产学研融合的新工科人才协同培养模式；推动大学组织创新，探索建设由校内外多方参与的产业化学院等新型组织模式。

预期成果：建设一批面向新兴产业领域的产业化学院，如机器人学院、智能制造学院、大数据学院等；建设一批集教育、培训、研发一体的共享型协同育人实践平台；形成有利于社会机构深度参与高校专业培养目标制定、课程设置、教学内容和方法改革、质量评价等活动的体制机制等。

10. 多学科交叉融合的工程人才培养模式探索与实践

目标：打破固有学科领域界限，形成体现多学科交叉融合特征的工程人才培养模式。

内容：优化学院组织模式，建立跨学科交融的新型机构，为跨院系、跨学科、跨专业培养新工科人才提供组织保障；改革课程体系，开设跨学科课程，探索面向复杂工程问题的课程和教学模式；组建跨学科教学团队、跨学科项目平台，推进跨学科合作学习等；研究制定多学科交叉融合能力达成的评价标准和考核办法，建立质量监控体系；开展体现学校优势与特色的专业集群建设。

预期成果：建设一批满足多学科交叉融合人才培养的新组织机构；探索形成多学科交叉融合的工程人才培养目标和标准、课程体系、师资结构、管理模式等；开设若干体现多学科交叉融合的新课程。

11. 新工科人才的创新创业能力培养探索

目标：完善工科人才“创意-创新-创业”教育体系，提升工科人才创新创业能力，探索建立创新型工程人才培养模式。

内容：完善创新创业教育课程体系和管理制度，加强创新创业通识教育，积极探索设置学科前沿课程、综合性课程、问题导向课程、交叉学科研讨课程；强化毕业设

计的创新创业导向；探索“工科+”创业双学位、主辅修制度等多样化培养模式；建设基于工科优势特色的高校创新创业平台，引导鼓励学生积极参与创新活动和创业实践。

预期成果：建立创新型工程人才培养的路径，形成以创新创业能力为导向的培养模式；形成推动创新创业成果转化应用、产学研用紧密结合的体制机制等。

12. 新工科个性化人才培养模式探索与实践

目标：落实以学生为中心的理念，满足学生的个性化需求，探索形成以学习者为中心的工程教育模式。

内容：调研分析互联网时代大学生的思维方式、行为方式、学习目标和方式，总结借鉴国内外高校个性化人才培养的成功经验；提供丰富多样的课程与教学资源，鼓励学生在导师指导下自主规划职业发展，允许学生选择专业和自由组合课程；总结借鉴“拔尖计划”等教学改革经验，探索新工科个性化人才培养模式，充分展示学生天赋特长；研究制定自主设计培养方案和自创专业的标准和程序，建立必要的支撑保障条件；完善个性化的人才培养质量评价，推进课程体系与培养方案持续改进。

预期成果：形成以学生为中心的个性化人才培养方案、管理模式和运行机制，提供基于案例、数据的实践经验等。

13. 新工科高层次人才培养模式探索与实践

目标：面向产业高层次工程科技人才需求，探索本研分段衔接的知识结构、课程体系、培养模式及配套制度体系。

内容：分别对本硕博阶段学习目标、课程体系、学习成果评价等进行深入分析，探索相关专业不同阶段的核心知识、能力和素质要求的有效衔接，形成多渠道的学生发展路径；建立适应不同培养方案的选课体系，完善不同专业的学分确认机制；探索实施学生自主选择 and 基于相应准入条件的学生分流方案；针对本研分段连续培养的学生制定合适的培养模式和选课体系等。

预期成果：完成研究报告，提供培养模式、选课体系和学分确认机制的方案，并提供相应数据。

四、新质量选题

此类项目应在完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度的基础上，研究制订新工科专业人才培养质量标准、教师评价标准和专业评估体系，开展多维度的质量评价等。

14. 新兴工科专业人才培养质量标准研制

目标：制订新兴工科专业人才培养质量标准。

内容：立足国际工程教育改革前沿，研判发达国家工程教育新趋势、新策略，以面向未来和领跑世界为目标追求，组织高校和产业共同研究提出新兴工科专业人才培养的质量标准，包括培养规格和基本要求、课程体系、教学规范、师资队伍等内容，作为专业设置、专业建设、教学质量评估的基本遵循。更新完善卓越工程师教育培养计划培养标准。

预期成果：一套新兴工科专业人才培养质量标准及实施方案、项目成果报告，卓越工程师教育培养计划培养新标准等。

15. 新工科基础课程体系（或通识教育课程体系）构建

目标：构建面向新工科的基础课程体系（或通识教育课程体系）。

内容：依据新工科人才培养的要求，针对工科专业的基础课程体系进行整合、优化、重组，提高学生的学习效率和效果；探索如何有效培养工科学生批判性思维、设计思维、工程思维、数字化思维、工程管理思维、工程伦理、跨文化沟通素养等；研究新工科人才应具备的数字化思维与能力，面向非计算机类工科专业开展计算机通识课程体系的改革与实践等。

预期成果：形成新工科专业基础课程综合改革方案；建设一系列新工科通识课程。

16. 面向新工科的工程实践教育体系与实践平台构建

目标：构建面向新工科的工程实践教育体系与实践平台。

内容：围绕工科学生工程实践能力培养的目标、课程设置、实习实训安排、经费投入、体制机制、雇主反馈等关键环节开展调查，深入分析我国工科学生工程实践能力的现状与问题；推进基于成果导向的工科学生工程实践能力培养，设计评价体系，指导改革实践；征选全国范围内的制造业企业和高科技企业，建立工程类大学生实习基地，形成校企间长期稳定合作关系；从政策配套、学校体制机制、企业深度参与等维度提出相关对策建议。

预期成果：形成一批可推广的工程实践教育体系与实践平台，建立有针对性、可操作的评价体系及对策建议报告。

17. 面向新工科建设的教师发展与评价激励机制探索

目标：探索符合工程教育特点的教师任职要求、考核与评价标准、教师发展机制。

内容：结合不同类型高校和学科的特点，强化教师工程背景和工程实践能力，对

教师的产业经历提出明确要求并积极创造条件，探索与新工科相匹配的师资队伍建设路径，制定实施教师分类评价标准。

预期成果：形成新工科师资队伍分类评价标准、激励机制、政策保障及教师发展方案等。

18. 新型工程教育信息化的探索与实践

目标：推进信息技术与工程教育深度融合，创新“互联网+”环境下工程教育教学方法，提高工程教育效率和教学效果。

内容：探索优质教学资源共享、学生自主学习和交流、学习行为分析和教学持续改进的信息化手段，培养学生数字化思维，提升信息技术应用能力；针对新工科领域，建设一批优质在线课程，既服务高校人才培养，也满足企业培训需求；探索工程实践教学教学中虚拟仿真等信息技术的深度应用，实现优质实验教学资源开放共享。

预期成果：开设一系列新工科领域在线开放课程；建设若干应用虚拟仿真等技术的工程实践教学平台；研制工程教育信息化报告；形成与工程教育信息化相配套的共享和交流机制、教学管理平台等。

19. 新工科专业评价制度研究和探索

目标：以适应经济社会发展需求、促进人的全面发展作为衡量人才培养质量的根本标准，推进校内评价与外部评价相结合，建立新工科专业评价制度，完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度。

内容：研究新工科专业评价指标体系；研究面向培养目标达成度的定量和定性相结合的评价方法；探索形成新工科专业评价的实施机制，包括完善评价主体、优化评价过程、合理化应用评价结果；完善我国工程教育专业认证制度等。

预期成果：形成新工科专业评价的指标体系、评价方法、实践案例、高质量论文等。

五、新体系选题

此类项目应分析研究高校分类发展、工程人才分类培养的体系结构，提出推进工程教育办出特色和水平的宏观政策、组织体系和运行机制等。

20. 工科优势高校新工科建设进展和效果研究

目标：跟踪总结工科优势高校新工科建设相关进展和成效。

内容：调研分析工科优势高校新工科建设的计划和实施情况，总结相关经验和实践案例，分析存在问题和障碍，提出相应对策建议。

预期成果：工科优势高校新工科建设进展报告。

21. 综合性高校新工科建设进展和效果研究

目标：跟踪总结综合性高校新工科建设相关进展和成效。

内容：调研分析综合性高校新工科建设的计划和实施情况，总结相关经验和实践案例，分析存在问题和障碍，提出相应对策建议。

预期成果：综合性高校新工科建设进展报告。

22. 地方高校新工科建设进展和效果研究

目标：跟踪总结地方高校新工科建设相关进展和成效。

内容：调研分析地方高校新工科建设的计划和实施情况，总结相关经验和实践案例，分析存在问题和障碍，提出相应对策建议。

预期成果：地方高校新工科建设进展报告。

23. 工科专业类教学指导委员会分类推进 新工科建设的研究与实践

目标：充分发挥工科专业类教学指导委员会作用，统筹各领域相关高校，分类推进新工科建设。

内容：在全面分析产业需求和技术趋势的基础上，对传统工科专业改造升级和新兴工科专业建设提出建议；探索满足不同人才培养定位的差异化培养方案，修订或制订专业质量标准；组织开展新工科建设的经验交流，提炼形成可推广、可复制的经验。

预期成果：工科专业类课程体系、培养模式改革的实施方案，出版满足新工科建设要求的系列教材，提出分类推进新工科建设的政策建议。

24. 面向“一带一路”的工程教育国际化研究与实践

目标：围绕“一带一路”战略实施，扎根中国、放眼全球，推进工程教育国际化，提升我国工程教育国际影响力和对国家战略的支撑能力。

内容：探索构建“一带一路”工科高校战略联盟，共同打造工程教育共同体，推动“一带一路”沿线国家和地区大学之间在工程人才培养、科学研究、文化交流等方面的全面合作；推动高校与走向“一带一路”的企业实施产学研合作育人，培养面向“一带一路”的工程人才。

预期成果：打造面向“一带一路”的工程教育国际联盟和工程教育共同体；培养一批认同中国文化、熟悉中国标准的工科留学生；推动具备条件的高校“走出去”，面向“一带一路”沿线国家培养工程科技人才、工程管理人才和工程教育师资等。

来源：《光明日报》

责编：苏晓亚

中国科学报：新工科——一场工程教育新革命

不久前，一场关于综合性高校工程教育发展的战略研讨会在复旦大学召开，包括北京大学、南京大学在内的 30 多所高校参加此次会议。在这次会上，一个概念成为了大家讨论的中心议题，那就是“新工科”

就在这场讨论会结束后不久，教育部发布了《教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知》（以下简称《通知》），希望各地高校开展新工科的研究实践活动，从而深化工程教育改革，推进新工科的建设和发展。

此后，一场关于新工科的讨论开始在国内高校中迅速展开，成为了当前工程教育的热点话题。那么，什么是新工科？我们为什么要建设新工科呢？

尚待明确的定义

当任何一个新概念出现在公众眼前时，人们通常首先提出的一个问题便是——它是什么？新工科也不例外。不过，要想准确地解释“新工科”并不是一件容易的事情，因为新工科本身内涵十分丰富，涉及范围也很广泛。更重要的是，当前对于新工科的研究还处于探索阶段，以至于至今还没有一个很准确的定义。

在《通知》中，新工科的主要研究内容被归纳为“五个新”，即工程教育的新理念、学科专业的新结构、人才培养的新模式、教育教学的新质量、分类发展的新体系。对此，教育部 国家教育发展研究中心高教室主任马陆亭表示，从便于理解而言，老工科对应的是传统产业，新工科对应的是新兴产业

“从某种程度上说，新工科就是有别于传统工科的学科交叉产物。”在接受《中国科学报》记者采访时，马陆亭说，新工科可以是老工科加上一些新技术甚至是人文社科内容杂糅产生，比如以信息化带动工业化；同时，它也可以是一些理科学科的产业化、应用化而逐渐出现的应用型理科，比如应用量子力学，这种应用型发展很可能会带来不可估量的前景

关于新工科的概念，长期从事工程教育研究的天津大学教育学院副教授杨秋波认为，可以从高校和社会两个角度来理解。

对高校来说，新工科首先是指新兴工科专业，如人工智能、智能制造、机器人、云计算等原来没有的专业，当然也包括传统工科专业的升级改造。这些都需要新理念

的指引和新培养模式的支撑，最后实现更新更高的教育质量。

对社会来说，新工科强调的重点则是新结构和新体系。新结构要与产业发展相匹配，既面向当前急需，又考虑未来发展。新体系是指要实现高校分类发展，也要促进学校教育与社会教育的有机结合。

“《庄子》中有一句话：‘始生之物，其形必丑。’新工科还是新生事物，虽不完善但生机勃勃，不要去纠结它的概念是什么，只要大方向明确了，关键还是去探索、总结、推广。”杨秋波说。

现实形势的需求

新工科概念的提出，在很大程度上是当前工程教育大趋势的一种体现。

在复旦大学召开的那场研讨会上，与会高校达成了一份《复旦共识》。在这一共识中，对于当前的工程教育的背景，有这样一段表述：我国已经建成世界最大规模的高等工程教育，我国高等工程教育改革发展已经站在新的历史起点……我们必须在创新中寻找出路。

“当前，世界科技革命与我国的结构调整、产业升级会催生出大量的新兴产业，作为后发国家，这批新兴产业是我国实现弯道超车，在技术层面和经济发展上超过发达国家的有效路径。”马陆亭说，当然，技术的发展离不开人才创新，想要发展这批新兴产业，就必须相对应地培养一批人才。发展新工科从某种程度上说，就是培养这样一批新型人才。

“新工科正是在科技革命、产业变革、新经济以及新起点这样的大背景下提出来的概念。”马陆亭说。

需要指出的是，当前国内工程制造领域的某些结构性问题，也催生了人们对新的工程教育模式的探索。教育部职业教育与成人教育司巡视员王继平就曾表示，虽然我国制造业人才已经初步形成了一定的聚集高地，但依然存在着制造业的人才结构性过剩与短缺现象，传统产业人才素质提高和转岗转业任务艰巨，领军人才和大国工匠紧缺，基础制造、先进制造技术领域人才不足，支撑制造业转型升级能力不强。

“如今，制造业人才培养与企业实际需求脱节，产教融合不够深入、工程教育实践环节薄弱，学校和培训机构基础能力建设滞后。”王继平说

对此，杨秋波也表示，新工科建设是对新一轮科技革命和产业变革的主动响应。

无论是从产业变革大趋势来看，还是从中国发展新经济大需求来看，都需要大批新兴工科人才支撑，然而现阶段一些领域存在人才奇缺的情况

“众所周知，以‘AlphaGo’为标志，人工智能进入了2.0时代，智能制造是‘中国制造2025’的主动方向，人工智能正逐渐成为一种产业，但我国却面临着人工智能人才严重不足的状况，在国际产业竞争中处于劣势。这些问题迫切需要加强新工科建设来解决。”杨秋波说。

高校自发的行动

值得一提的是，虽然新工科的概念近期才被人们所关注，但国内高校对于新工科人才培养的尝试其实早已经开始。比如在2016年，中国科学院大学便成立了国内首家未来技术学院，北京大学也已经开始设置整合科学试验班，尝试培养新工科人才。对此，教育部相关负责人曾表示，这样的做法值得鼓励，未来也将在全国范围内鼓励高水平综合性大学进行类似尝试

当然，对于新工科的探索并不仅限于“高水平综合性大学”。此次教育部下发的《通知》便明确表示，新工科的研究与实践主要从“工科优势高校”“综合性高校”和“地方高校”三类学校入手，各类高校根据自身特点开展不同的研究，并由不同的高校牵头联系。

采访中，对于《通知》中所列举的三种类型高校，马陆亭逐一进行了分析：“工科院校主要以原来的优势学科为基础，围绕学科群建设进行集成创新；综合大学利用多学科优势催生交叉学科，特别是以理科为基础的有应用前景的新兴学科值得大力发展；地方高校专攻知识转化与应用，很多科学技术都是在应用中产生的，所以这类大学要定位社会服务，紧抓社会的需求。”

而在杨秋波看来，“这次新工科的立项，不同于以往，既是研究项目，要搞清楚新工科的内涵与规律；也是实践项目，不能坐而论道，要体现到人才培养的实践之中；更是改革项目，要不断创新人才培养模式和机制体制，激发活力”。对于高校来说，“大方向明确了，要发挥基层首创精神，聚焦需求，发挥优势，主动实践，根据自身的基础和特色去探索和推进新工科”。

来源：《中国科学报》

责编：苏晓亚

里瑟琦科教观察：何谓“新工科”

2月18日，综合性高校工程教育发展战略研讨会在复旦大学召开。中国拥有世界上最大规模的工程教育。2016年，工科本科在校生521万人，毕业生119万人，专业布点17037个。工科在校生约占高等教育在校生总数的三分之一。会议围绕新经济对工程教育的需求和挑战、综合性大学新工科的研究与实践等问题展开深入研讨，为加快建设工程教育强国献计献策。

当前，世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，综合国力竞争愈加激烈。国家实施创新驱动发展、“中国制造2025”“互联网+”“一带一路”等重大战略，以新技术、新业态、新产业为特点的新经济蓬勃发展，要求工程科技人才具备更高的创新创业能力和跨界整合能力，加快新工科建设，助力经济转型升级。

教育部高等教育司张大良司长分析了新经济发展的趋势，强调新经济快速发展迫切需要新型工科人才支撑。新工科以新经济、新产业为背景，新工科的建设，一方面要设置和发展一批新兴工科专业，另一方面要推动现有工科专业的改革创新。他总结回顾了我国新工科建设的前期探索，指出高校要加快培养当前产业急需人才，主动布局面向未来技术和产业的人才培养。为加快实现我国从工程教育大国走向工程教育强国，高校要树立创新型、综合化、全周期工程教育“新理念”，构建新兴工科和传统工科相结合的学科专业“新结构”，探索实施工程教育人才培养的“新模式”，打造具有国际竞争力的工程教育“新质量”，建立完善中国特色工程教育的“新体系”。

此次会议有关信息通过复旦大学新闻网迅速传播，学术界对何谓“新工科”，何谓“老工科”进行了热烈讨论。教育部教育发展研究中心马陆亭研究员认为，从会议所传递的信息来看，原工科大学的与传统工业相关的专业为老工科，新经济发展所需要的新工科更加凸显学科交叉与综合的特点，综合性大学发展出的以理科为基础的工科具有新工科的特点。《高等工程教育》杂志常务副主编余东升教授认为，“新工科”是从新时期全面创新我国高等工程教育以适应引领新经济发展的战略视角出发，提出的新观点。无论是新经济发展还是新一轮的科技和产业革命，都对高等工程教育的变革发展提出了新的挑战。新的挑战不仅要求我们从战略高度创新高等工程教育的理

念，推动高等工程教育的学科专业和人才培养模式建设，积极开展相关政策的研究，更为重要的是，还要求我们重新认识高等工程教育的本质和内在发展规律。“新工科”的提出为工程教育的理论和实践探索提供了一个全新的视角，也是对国际工程教育改革发展做出的中国本土化的回应。

目前新工科凝聚了越来越多的共识，其战略意义得到普遍认同，但其内涵和外延仍需作进一步的深入研究和讨论。为了对促进学界对“新工科”有一个更加具象的认识，里瑟琦智库高等教育委员会根据张大良司长报告的主旨思想梳理了2012年专业目录和2015年本科专业备案与审批结果（2016年2月发布）中的新工科专业分布情况（表1、表2），供学界参考，敬请留言批评指正。

表1：2012年专业目录“新”“老”工科对照表

0801	力学类	“新”“老”工科类别
080101	理论与应用力学（注：可授工学或理学学士学位）	
080102	工程力学	
0802	机械类	
080201	机械工程	
080202	机械设计制造及其自动化	
080203	材料成型及控制工程	
080204	机械电子工程	
080205	工业设计	
080206	过程装备与控制工程	
080207	车辆工程	
080208	汽车服务工程	
0803	仪器类	
080301	测控技术与仪器	
0804	材料类	
080401	材料科学与工程	
080402	材料物理（注：可授工学或理学学士学位）	
080403	材料化学（注：可授工学或理学学士学位）	
080404	冶金工程	
080405	金属材料工程	
080406	无机非金属材料工程	
080407	高分子材料与工程	
080408	复合材料与工程	

0805	能源动力类	
080501	能源与动力工程	
0806	电气类	
080601	电气工程及其自动化	
0807	电子信息类	
080701	电子信息工程（注：可授工学或理学学士学位）	新工科专业
080702	电子科学与技术（注：可授工学或理学学士学位）	新工科专业
080703	通信工程	新工科专业
080704	微电子科学与工程（注：可授工学或理学学士学位）	新工科专业
080705	光电信息科学与工程（注：可授工学或理学学士学位）	新工科专业
080706	信息工程	
0808	自动化类	新工科专业
080801	自动化	新工科专业
0809	计算机类	
080901	计算机科学与技术（注：可授工学或理学学士学位）	新工科专业
080902	软件工程	新工科专业
080903	网络工程	新工科专业
080904k	信息安全（注：可授工学或理学学士学位）	新工科专业
080905	物联网工程	新工科专业
080906	数字媒体技术	
0810	土木类	
081001	土木工程	
081002	建筑环境与能源应用工程	新工科专业
081003	给排水科学与工程	
081004	建筑电气与智能化	
0811	水利类	
081101	水利水电工程	
081102	水文与水资源工程	
081103	港口航道与海岸工程	
0812	测绘类	
081201	测绘工程	
081202	遥感科学与技术	新工科专业
0813	化工与制药类	
081301	化学工程与工艺	
081302	制药工程	
0814	地质类	
081401	地质工程	
081402	勘查技术与工程	

081403	资源勘查工程	
0815	矿业类	
081501	采矿工程	
081502	石油工程	
081503	矿物加工工程	
081504	油气储运工程	
0816	纺织类	
081601	纺织工程	
081602	服装设计与工程（注：可授工学或艺术学学士学位）	
0817	轻工类	
081701	轻化工程	
081702	包装工程	
081703	印刷工程	
0818	交通运输类	
081801	交通运输	
081802	交通工程	
081803k	航海技术	
081804k	轮机工程	
081805k	飞行技术	
0819	海洋工程类	新工科专业
081901	船舶与海洋工程	新工科专业
0820	航空航天类	
082001	航空航天工程	
082002	飞行器设计与工程	
082003	飞行器制造工程	
082004	飞行器动力工程	
082005	飞行器环境与生命保障工程	
0821	兵器类	
082101	武器系统与工程	
082102	武器发射工程	
082103	探测制导与控制技术	
082104	弹药工程与爆炸技术	
082105	特种能源技术与工程	
082106	装甲车辆工程	
082107	信息对抗技术	
0822	核工程类	
082201	核工程与核技术	
082202	辐射防护与核安全	新工科专业

082203	工程物理	
082204	核化工与核燃料工程	
0823	农业工程类	
082301	农业工程	
082302	农业机械化及其自动化	
082303	农业电气化	
082304	农业建筑环境与能源工程	
082305	农业水利工程	
0824	林业工程	
082401	森林工程	
082402	木材科学与工程	
082403	林产化工	
0825	环境科学与工程类	
082501	环境科学与工程	
082502	环境工程	
082503	环境科学（注：可授工学或理学学士学位）	
082504	环境生态工程	
0826	生物医学工程类	
082601	生物医学工程（注：可授工学或理学学士学位）	
0827	食品科学与工程类	
082701	食品科学与工程（注：可授工学或农学学士学位）	
082702	食品质量安全	
082703	粮食工程	
082704	乳品工程	
082705	酿酒工程	
0828	建筑类	
082801	建筑学	
082802	城乡规划	
082803	风景园林（注：可授工学或艺术学学士学位）	
0829	安全科学与工程类	
082901	安全工程	
0830	生物工程类	
083001	生物工程	
0831	公安技术类	
083101k	刑事科学技术	
083102k	消防工程	

表 2：2015 年本科专业备案与审批结果中的“新”“老”工科专业分布对照表

专业名称	类别	新增数	“新”“老”工科类别
物联网工程	新增备案	61	新工科专业
网络与新媒体	新增备案	47	新工科专业
工程造价	新增备案	44	
金融工程	新增备案	44	
软件工程	新增备案	35	
机械电子工程	新增备案	31	
数字媒体技术	新增备案	29	新工科专业
网络工程	新增备案	27	新工科专业
汽车服务工程	新增备案	27	
材料科学与工程	新增备案	22	
通信工程	新增备案	21	新工科专业
物流工程	新增备案	20	
车辆工程	新增备案	20	
土木工程	新增备案	20	
光电信息科学与工程	新增备案	16	新工科专业
风景园林	新增备案	16	
生物制药	新增备案	15	新工科专业
制药工程	新增备案	15	
电气工程及其自动化	新增备案	14	
机械设计制造及其自动化	新增备案	14	
工程管理	新增备案	13	
新能源材料与器件	新增备案	13	新工科专业
测绘工程	新增备案	13	
视觉传达设计	新增备案	13	
建筑电气与智能化	新增备案	12	
建筑学	新增备案	12	
城市地下空间工程	新增备案	11	
化学工程与工艺	新增备案	11	
环境工程	新增备案	11	
道路桥梁与渡河工程	新增备案	11	
新能源科学与工程	新增备案	9	新工科专业
城乡规划	新增备案	9	
电子信息工程	新增备案	8	新工科专业
食品科学与工程	新增备案	8	

专业名称	类别	新增数	“新”“老”工科类别
交通工程	新增备案	8	
环境生态工程	新增备案	8	新工科专业
环境科学与工程	新增备案	8	新工科专业
建筑环境与能源应用工程	新增备案	7	新工科专业
医学影像技术	新增备案	7	
医学信息工程	新增备案	7	新工科专业
给排水科学与工程	新增备案	7	
人文地理与城乡规划	新增备案	6	
能源与动力工程	新增备案	6	
能源化学工程	新增备案	6	
自动化	新增备案	6	新工科专业
信息工程	新增备案	5	新工科专业
安全工程	新增备案	5	新工科专业
园林	新增备案	5	
微电子科学与工程	新增备案	5	新工科专业
轨道交通信号与控制	新增备案	5	新工科专业
焊接技术与工程	新增备案	5	
交通运输	新增备案	4	
机械工程	新增备案	4	
质量管理工程	新增备案	4	
宝石及材料工艺学	新增备案	4	
飞行器制造工程	新增备案	4	新工科专业
计算机科学与技术	新增备案	4	新工科专业
工业工程	新增备案	4	
高分子材料与工程	新增备案	4	
符合材料与工程	新增备案	3	
材料成型机控制工程	新增备案	3	
遥感科学与技术	新增备案	3	新工科专业
采矿工程	新增备案	3	
工业设计	新增备案	3	
地质工程	新增备案	3	
飞行器设计与工程	新增备案	3	
功能材料	新增备案	3	新工科专业
地理科学	新增备案	3	
光源与照明	新增备案	3	

专业名称	类别	新增数	“新”“老”工科类别
生物工程	新增备案	3	
材料化学	新增备案	3	
生物医学工程	新增备案	3	新工科专业
水利水电工程	新增备案	3	
地球信息科学与技术	新增备案	2	新工科专业
智能科学与技术	新增备案	2	新工科专业
信息与计算科学	新增备案	2	新工科专业
历史建筑保护工程	新增备案	2	
冶金工程	新增备案	2	
植物科学与技术	新增备案	2	
集成电路设计与集成系统	新增备案	2	新工科专业
电子与计算机工程	新增备案	2	新工科专业
信息管理与信息系统	新增备案	2	新工科专业
航空航天工程	新增备案	2	
测控技术与仪器	新增备案	2	
铁道工程	新增备案	2	
化学工程与工业生物工程	新增备案	2	
电气工程与智能控制	新增备案	2	
葡萄与葡萄酒工程	新增备案	2	
导航工程	新增备案	2	
智能电网信息工程	新增备案	2	新工科专业
机械工艺技术	新增备案	2	
纺织工程	新增备案	2	
勘查技术与工程	新增备案	1	
海洋资源开发技术	新增备案	1	新工科专业
过程装备与控制工程	新增备案	1	
船舶与海洋工程	新增备案	1	新工科专业
金属材料工程	新增备案	1	
港口航道与海岸工程	新增备案	1	
广播电视工程	新增备案	1	
乳品工程	新增备案	1	
农业机械化及其自动化	新增备案	1	
飞行器适航技术	新增备案	1	新工科专业
武器系统与工程	新增备案	1	
水声工程	新增备案	1	新工科专业

专业名称	类别	新增数	“新”“老”工科类别
交通设备与控制工程	新增备案	1	
假肢矫形工程	新增备案	1	
水文与水资源工程	新增备案	1	
服装设计工程	新增备案	1	
水务工程	新增备案	1	
能源与环境系统工程	新增备案	1	
空间信息与数字技术	新增备案	1	新工科专业
地下水科学与工程	新增备案	1	
电子信息科学与技术	新增备案	1	新工科专业
地理国情监测	新增备案	1	
酿酒工程	新增备案	1	
标准化工程	新增备案	1	
海洋资源与环境	新增备案	1	
设施农业科学与工程	新增备案	1	
飞行器质量与可靠性	新增备案	1	新工科专业
电磁场与无线技术	新增备案	1	新工科专业
分子科学与工程	新增备案	1	
粉体科学与工程	新增备案	1	
自然地理与资源环境	新增备案	1	
环保设备工程	新增备案	1	新工科专业
矿物加工工程	新增备案	1	
信息安全	新增审批	9	
数据科学与大数据技术	新增审批	3	新工科专业
网络空间安全	新增审批	2	新工科专业
飞行器控制与信息工程	新增审批	2	新工科专业
船舶电子电气工程	新增审批	2	
机器人工程	新增审批	1	新工科专业
材料设计科学与工程	新增审批	1	新工科专业
地理空间信息工程	新增审批	1	新工科专业
水利科学与工程	新增审批	1	
交通管理工程	新增审批	1	
航海技术	新增审批	1	
轮机工程	新增审批	1	
安全防范工程	新增审批	1	

来源：里瑟琦科教观察

责编：苏晓亚

钟登华：新工科建设的内涵与行动

党的十八大以来，习近平总书记多次指出，未来几十年，新一轮科技革命和产业变革将同我国加快转变经济发展形成历史性交汇，工程在社会中的作用发生了深刻变化，工程科技进步和创新成为推动人类社会发展的主要引擎。这为工程教育创新变革带来了重大机遇，但这一机遇不再是简单的扩大规模、增加专业的传统机遇，而是倒逼我们反思工程教育、建设“新工科”的新机遇。

联合国教科文组织在 2015 年的研究报告中指出：世界高等教育正在发生革命性变化，并呈现出了“大众化、多样化、国际化、终身化、信息化”的趋势，高等工程教育作为其中重要的组成部分，也遵循上述趋势进行了多次转型，从注重技术应用的“技术范式”转换为注重科学研究的“科学范式”，又转换成为注重实践的“工程范式”，并时刻瞄准未来的新范式。“新工科”的率先提出为高等工程教育的改革探索提供了一个全新视角和“中国方案”。本文试图从为什么要建设“新工科”、什么是“新工科”和如何建设“新工科”三个方面进行探讨。

一、为什么要建设新工科

“新工科”这一概念自 2016 年提出以来，在不到一年的时间里，教育部组织高校进行深入研究，形成了“复旦共识”和“天大行动”。显然，“新工科”不是局部考量，而是在新科技革命、新产业革命、新经济背景下工程教育改革的重大战略选择，是今后我国工程教育发展的新思维、新方式。

1. 服务国家战略发展新需求需要建设新工科

国家重大战略和需求是工程教育改革创新的重要起点。实现“两个一百年”奋斗目标，统筹推动“五位一体”总体布局 and 协调推进“四个全面”战略布局，贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，深入实施“创新驱动发展”、“一带一路”、“中国制造 2025”、“互联网+”、“京津冀协同发展”等重大战略，推动大众创业、万众创新，支撑服务产业转型升级和经济发展动能转换，适应以“新技术、新产品、新业态和新模式”为特点的新经济，迫切需要深化高等工程教育改革，认真履行好高等工程教育在人才培养、科学研究、社会服务、文化传承创新、国际交流合作中的职责使命，进一步增强使命担当，承担起实现中华民族伟大复兴中国梦的历史

使命。

2. 构筑国际竞争新优势需要建设新工科

国际竞争归根到底是人才和教育的竞争。未来，资源短缺、环境污染、能源紧张、气候变化、人口老龄化等全球性难题对人类生存和可持续发展构成严峻挑战。国际竞争日趋激烈，世界多极化、经济全球化、文化多样化、社会信息化深入发展。新一轮科技革命和产业革命蓄势待发，学科交叉融合加速，新兴学科不断涌现，颠覆性技术层出不穷，催生产业重大变革和新兴产业发展，创新驱动成为许多国家谋求竞争优势的核心战略。机器人与自主系统、大数据分析、移动和云计算、网络空间、能源、智慧城市、量子计算、虚拟现实与增强现实、合成生物等新兴科技趋势深刻改变着人类的思维、生产、生活和学习方式，人才培养和争夺成为关键。加快工程教育改革，培养创新工程人才，主动承担起应对挑战、造福人类、塑造未来的时代责任成为在激烈的国际竞争中赢得主动的重要战略选择。

3. 落实立德树人新要求需要建设新工科

立德树人是教育的根本任务和中心环节。《关于加强和改进新形势下高校思想政治工作的意见》指出：以立德树人为根本，把社会主义核心价值观体现到教书育人全过程，坚持全员、全过程、全方位育人，培养又红又专、德才兼备、全面发展的中国特色社会主义合格建设者和可靠接班人。《意见》进一步深化了立德树人的内涵，也为高等工程教育改革提出了指导方向。积极推动工程教育的全面改革创新，遵循工程教育的发展规律和工程创新人才发展规律，把培养未来全面发展的工程人才放在更加突出的战略位置，是落实立德树人新要求的重大举措。

来自代尔夫特理工学院 2014 年的研究报告《Engineering Education in a Rapidly Changing World》显示，未来的工程教育主要包括以下几个关键方面：工程严谨性、批判性思维与非标准化解决问题、跨学科与系统思维、想象力、创造力、主动性、沟通与合作、全球化思维模式、多样性与流动性、学生参与和专业学习共同体、就业与终身学习。

当前，我国高等工程教育经过“质量工程”“卓越工程师教育培养计划”、“2011 计划”、“创新创业改革”等重大改革举措，取得了巨大的成绩，形成了规模第一、层次完备、专业齐全的工程教育体系。而加入“华盛顿协议”，更标志着我国

工程教育真正融入世界。但也应当看到,我国高等工程教育大而不强的问题仍然存在,工程教育在卓越工程人才培养方面表现出一些不适应:

一是理念不适应。当前,工程教育领域存在的一些问题与工程教育理念滞后直接相关,主要表现在工程教育理念与当前的变化和未来的需求不适应。例如,以学生为中心、成果导向、质量持续改进的工程教育认证理念贯彻落实不到位,终身学习、个性化学习理念没有完全融入教育过程,多学科交叉融合理念有待强化,绿色工程教育理念尚未牢固确立等。

二是人才结构不适应。世界级工程领军人才和拔尖人才不足,大国工匠紧缺,基础、新兴、高端领域工程科技人才短缺,工程技术人才支撑制造业转型升级能力不强,传统工程人才相对过剩,呈现出制造业人才结构过剩和短缺并存、企业“用工荒”与毕业生“就业难”并存的局面。

三是知识体系不适应。当今社会,新知识呈指数级数发展,边缘学科、交叉学科不断涌现,知识成果转化周期缩短。但从内容上看,工程教育课程知识陈旧,与实践和社会需求脱节;从结构上看,学科专业设置按照既有知识体系呈层级式结构,划分过细;从机制上看,学科专业调整设置灵活性不足,滞后于市场和产业发展需求。

四是培养模式不适应。以全球化、网络化为代表的一系列颠覆性技术的发展使得教育、学习、信息共享的方式发生了变化,由此带来了教学方法和模式、教学环境和条件以及教师的需求和结构等的不适应。于此同时,经济环境和社会雇主需求的变化要求工程教育从单纯追求学术表现回归到与实践的相关性,致力于回应、参与和解决不断涌现的人类社会问题。

因此,加快深化工程教育改革、建设“新工科”是立足我国战略发展需求、国际竞争趋势和立德树人时代要求提出的深刻命题,关系国家未来和民族振兴。工程教育必须瞄准世界一流加快改革,以“新工科”的整体面貌迎接多重战略机遇与挑战交织并存的新形势、新任务,为国家经济转型和社会发展提供强有力的人才保障和智力支撑。

二、什么是新工科

(一) 新工科的内涵

“新工科”的内涵是:以立德树人为引领,以应对变化、塑造未来为建设理念,以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径,培养未来多元化、创新型卓越

工程人才。

“新工科”，“工科”是本质，“新”是取向，要把握好这个“新”字，但又不能脱离“工科”，其内涵可以从三个层面来理解：

1. 理念新：应对变化，塑造未来

理念是行动的先导，是发展方向和发展思路的集中体现，“新工科”建设应以理念的率先变革带动工程教育的创新发展。

(1) 新工科更加强调积极应对变化

创新是引领发展的第一动力，创新的根本挑战在于探索不断变化的未知。著名管理学家德鲁克曾经说过：没有人能够左右变化，唯有走在变化之前。“新工科”应该积极应对变化，引领创新，探索不断变化背景下的工程教育新理念、新结构、新模式、新质量、新体系，培养能够适应时代和未来变化的卓越工程人才。

(2) 新工科更加强调主动塑造世界

高等教育作为人才第一资源、科技第一生产力、创新第一驱动力的重要结合点，与社会经济的发展十分紧密。工程教育更是直接地把科学、技术同产业发展联系在一起，工程人才和工程科技成为改变世界的重要力量。因此“新工科”应走出“适应社会”的观念局限，主动肩负起造福人类、塑造未来的使命责任，成为推动经济社会发展的革命性力量。

2. 要求新：培养未来多元化、创新型卓越工程人才

“新工科”作为一种新型工程教育，其育人的本质没有变，但对人才的培养要求发生了变化。

(1) 人才结构新

工程人才培养结构要求多元化。一方面，当前我国产业发展不平衡，处在工业 2.0 和工业 3.0 并行的发展阶段，必须走工业 2.0 补课、工业 3.0 普及和工业 4.0 示范的并联式发展道路，因此工程人才需求复杂多样，必须健全与全产业链对接的从研发、设计、生产、销售^[3]到管理、服务的多元化人才培养结构；另一方面，从工程教育自身来讲，应根据对未来工程人才的素质能力要求，重新确定专、本、硕、博各层次的培养目标和培养规模，进而建立起以人口变化需求为导向、以产业调整为依据的工程教育转型升级供给机制。

（2）质量标准新

工程人才培养质量要求面向未来。目前对未来工程师的质量标准尚未有一个统一的界定，但对未来工程师素质的大量描述在一定程度上反映了未来工程人才质量的核心要素。美国工程院发布的《2020 的工程师：新世纪工程的愿景》报告中提出：优秀的分析能力、实践能力、创造力、沟通能力、商业和管理知识、领导力、道德水准和专业素养、终身学习等是未来工程师应该具备的素质。2016 年世界经济论坛报告《The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution》特别强调了包括社会技能、系统技能、解决复杂问题的技能、资源管理技能、技术技能在内的交叉复合技能。基于国际标准和我国重大战略需求和发展实际，我们认为，未来的工程人才培养标准应该强调以下核心素养：家国情怀、创新创业、跨学科交叉融合、批判性思维、全球视野、自主终身学习、沟通与协商、工程领导力、环境和可持续发展、数字素养。

3. 途径新：继承与创新、交叉与融合、协调与共享

从某种意义上说，“新工科”反映了未来工程教育的形态，是与时俱进的创新型工程教育方案，需要新的建设途径。立足天津大学、放眼中国和世界，我们能感受到“新工科”蓬勃兴起的力量。

（1）继承与创新

“新工科”要根植于我们的历史积淀和传统优势。从中国工程教育诞生起，天津大学（北洋大学）就肩负着“兴学强国”的使命，从兴学救国、科学建国到科教兴国，“实事求是”“穷学理，振科工，重实验，薄雕虫”“不从纸上逞空谈，要实地把中华改造”等价值理念塑造了我们“家国情怀”的使命感，广大校友立足自身岗位，把“家国情怀”转化为服务国家发展的实际行动，有力支撑了国家重大战略、重大工程和重大项目。

“新工科”要面向未来全面加快改革创新。“新工科”必须通过人才培养理念的升华、体制机制的改革以及培养模式的创新应对现代社会的快速变化和未来不确定的变革挑战。天津大学精密仪器与光电子工程学院作为“国家试点学院”，以“工程科学实验班”为载体探索传统工程教育转型为“新工科”，通过多层面学生选拔、竞争性分流、本硕博统筹培养、自主选择专业、个性化课程体系、小班化教学、双导师制

等“以学生为中心”的教育模式变革，致力于培养“具有深厚数理基础和人文素养，善于从工程中发现科学问题，并能运用科学原理解决工程难题，能够解决人类面临重大问题和国家重大战略需求的仪器仪表领域未来工程领军人才”。

（2）交叉与融合

交叉与融合是工程创新人才培养的着力点。基于多学科交叉、产学研融合，斯坦福大学的硅谷模式、剑桥大学的科技园区等对创新人才培养提供了很好的参考。天津大学积极探索创新创业教育，培育交叉融合的育人生态，建立了宣怀学院和搭伙众创空间等创新创业教育和实践平台，将高水平科研优势和产学研资源转化为育人优势，打造从“创意-创新-创业”完整链条的创新人才培养模式。

交叉与融合是重大工程科技创新的突破点。学科交叉融合是工程科技创新的源泉，关键核心技术和重大工程创新科技成果的突破大多源于学科交叉。天津大学研制的“海燕”水下滑翔机，用于“天宫二号”的“在轨脑-机交互技术测试系统”，保障大坝长期安全运行“智慧大坝”技术体系，以及麻省理工学院研制的“蜂群”无人人机协同作战等都是学科交叉的成果。

（3）协调与共享

以协调推动“新工科”专业结构调整和人才培养质量提升。教育部引导高校主动布局面向未来技术和产业的新专业，2010年后新设战略性新兴产业相关工科本科专业点1401个。同时，通过协调工程教育多利益主体关系，形成了高校主体、政府主导、行业指导、企业参与的协同育人模式，逐步突破制约工程教育人才培养质量的政策壁垒、资源壁垒、区域壁垒等。

以共享推动“新工科”优质教育资源和教育成果共建共享。经济全球化的不断深入与创新要素的加快流动使得共建共享、合作互补成为高等工程教育发展的共同选择。中国-东盟工科大学联盟、中俄工科大学联盟等都是高等工程教育主动适应全球化的具体实践。天津大学与佐治亚理工学院共同建设天津大学佐治亚理工深圳特色学院，以中外合作办学的形式进一步探索建设“新工科”。

（二）新工科的特征

“新工科”的内涵决定了“新工科”以下几个方面的特征：

1. 战略型

“新工科”不仅强调问题导向，更强调战略导向。“新工科”建设必须站在战略

全局的高度，以战略眼光和战略思维加快理念转变，深化教育改革，既为支撑传统产业转型升级等当前需要培养人才，又要为支撑新型产业培育发展等未来需求培养人才。

2. 创新性

创新是工程教育发展的不竭动力。“新工科”建设要将经济社会发展需求体现在人才培养的每个环节，围绕产业链、创新链从建设理念、建设目标、建设任务、建设举措等方面进行创新性变革，重塑工程教育，而不是旧范式下细枝末节的修补。

3. 系统化

“新工科”建设是一个系统工程。首先需要从系统的角度积极回应社会的变化和需要，并将培育发展“新工科”和改造提升传统工科作为一个系统，设计一个教育、研究、实践、创新创业的完整方案^[4]，为工程教育改革发展不断提供新动力。

4. 开放式

“新工科”是更高层次的开放式工程教育。应以开放促改革、促创新，对外加强国际交流与合作，对内促进工程教育资源和教育治理的开放，加快形成对外开放和对内开放深度融合的共建共享大格局。

三、如何建设新工科

“新工科”建设行动路线着眼于国家“两个一百年”的战略目标，提出了“三个阶段、三个任务、三个突破”的行动方案。

1. 阶段目标

到 2020 年，探索“新工科”模式，支撑新技术、新产业、新经济的发展。

到 2030 年，形成中国特色的“新工科”发展优势，服务创新驱动发展能力显著增强。

到 2050 年，形成引领全球“新工科”的中国模式，为全面建成小康社会和实现中华民族伟大复兴的中国梦提供支撑。

2. 关键任务

(1) 学与教

重构人才知识体系。围绕产业链、创新链对学科布局和专业设置进行前瞻布局和动态调整，建设一批服务现代产业的新兴学科专业集群，加快传统学科专业的改造；基于时代和未来卓越工程人才核心素养和能力加快课程改革，更加注重前沿知识和学

科交叉知识体系建设,更加注重实践创新性课程体系建设,更加注重工程教育通识课程体系建设。

重塑人才培养质量观。加快制定适应工科学生终身发展和社会需要的核心素养体系和学业标准体系,完善学生、老师、雇主、校友等共同参与的“以学生为中心”学生培养质量持续改进体系,完善从学习目标—培养目标—培养方案—课程大纲—评价分析—课程品质报告—改进方案实施—学习目标的闭环质量持续改进体系。

创新教学方式与技术。2017年《地平线报告》预测了未来五年内高等教育技术应用中的主要技术、关键趋势和重要挑战(见表1)。不难看出,更具互动性、智能化和个性化的教学方式与技术将加快发展,以3D网络环境、增强现实与虚拟现实、人工智能等信息技术为支撑的探究式、讨论式、参与式教学和混合式学习等学与教的方式与技术将逐步普及。

表1 《地平线报告》中国高教版和全球高教版比较

		中国版	全球版
主要技术	一年以内	翻转课堂、移动学习、创客空间、大规模开放在线课程	自适应学习技术、移动学习
	二到三年	学习分析及适应性学习、增强现实及虚拟现实技术、虚拟和远程实验室、量化自我	物联网、下一代学习管理系统
	四到五年	情感计算、立体显示和全息显示、机器人技术、机器学习	人工智能、自然用户界面
关键趋势	短期趋势	更多应用混合式学习设计、开放教育资源快速增加、STEAM学习的兴起	混合学习设计、协作学习方法
	中期趋势	重设学习空间、跨机构协同日益增加、反思高校运作模式	持续关注测量学习、重设学习环境
	长期趋势	编码素养的兴起、推进变革和创新文化、转向深度学习方法	推进创新文化、深度学习方法
重大挑战	有难度的挑战	个性化学习、教育大数据的管理问题、推广教学创新	成就差异、数字挑战
	可应对的挑战	将技术融入师资、混合采用正式与非正式学习、提升数字素养	提升数字素养,整合正式和非正式学习
	严峻的挑战	培养复合思维能力、平衡互联生活和非互联生活、重塑教师角色	管理知识过时、重新思考教师角色

(2) 实践与创新创业

强化实践创新创业能力。延展实践育人平台,强化教学实验、科学实践、实习实训;改变工程实践环境和工程实践模式,通过创客模式、3D打印等新技术、新模式将真实世界的体验融入工程教育。同时,教育者应先受教育,加强教师实践和创新创业

教育教学能力。

完善创新创业人才培养模式。建立思想政治教育、跨学科培养、产学研协同、创新创业指导和服务为一体的全员、全过程、全方位创新创业人才培养模式，完善工程教育供给体系，打破制约创新创业人才培养的壁垒和边界。

加强技术转移与成果转化。坚持科教融合、产教融合，围绕经济发展重大需求，集中力量突破一批支撑战略性新兴产业发展的关键核心技术和前沿技术；完善技术转移与成果转化体制机制和服务体系，加快推动工程科技创新成果转化为经济社会发展的现实动力。

（3）本土化与国际化

中国声音。习近平总书记多次强调，办好中国的世界一流大学，必须有中国特色，必须扎根中国大地办大学。“新工科”建设必须坚持面向国家重大战略需求和国民经济主战场，探索同我国历史、国情、文化更加适应、同我国发展的现实目标和未来方向更加紧密的工程教育体制机制，为人民服务，为中国共产党治国理政服务，为巩固和发展中国特色社会主义制度服务，为改革开放和社会主义现代化建设服务，向世界发出中国声音。

家国情怀。家国情怀是对国家、历史、文化的深刻认同和深厚情感，以国为家，具有忧患意识、担当精神和爱国情感。“新工科”应秉承“兴学强国”的责任和使命，找准在服务国家战略中的定位和方向，明确支撑国家经济社会和产业发展的路径和举措，将家国情怀融入工程人才培养全过程，培养主动服务社会、解决关系国家发展和民生疾苦重大问题的工程人才，为实现中华民族伟大复兴的中国梦作出贡献。

全球视野。大力围绕“一带一路”等国家总体对外开放战略，积极推进工程教育国际化，吸收和整合优质国际高等工程教育资源，加强国际学术和人才交流，加强国际工程科技合作，提高我国工程教育面向未来的国际竞争力和影响力。

3. 重点突破

（1）推动工程教育立法工作，有力促进协同育人

探索和制定《工程教育法》。从法律层面强化大学生创新创业教育的公共服务体系建设和制度保障，建立健全行业企业深度参与大学生实践创新能力培养制度，彻底

解决大学生实习实训难问题，形成产学研深度融合的协同育人机制。

(2) 扩大办学自主权，打造工程教育发展新动能

扩大招生自主权、学位授予自主权和学科专业设置与调整自主权。贯彻落实教育部五部门《关于深化高等教育领域简政放权放管结合优化服务改革的若干意见》，破除束缚工程教育发展的体制机制障碍，打造工程教育发展新动能。

(3) 改革教育评价体系，让工程教育回归工程

建立符合工程教育特点的评价体系。高等工程教育应以服务国家为首要任务，把关注点放在衡量人才培养成效，衡量大学对经济社会发展、对国家创新竞争力提升、对行业企业技术进步的 actual 贡献上，而不是以简单的论文、引用等可量化数据进行评价。

工程改变世界，科技创造未来，工程教育决定着人类的今天，也决定着人类的未来。“新工科”必须把培养时代和未来的创新型卓越工程人才摆在更加突出的战略位置，加强对“新工科”建设规律的研究，以新的理念、新的要求、新的途径加快我国工程教育改革，为“中国梦”的实现和未来复杂多变的世界提供智力支撑和人才保障。

（作者介绍：钟登华，天津大学校长、中国工程院院士）

来源：《高等工程教育研究》

责编：苏晓亚

.....

教育部进一步引导鼓励高校毕业生到基层工作

5月3日，教育部印发通知，要求各地各高校把积极引导毕业生到基层工作摆上重要议程，实施“一把手工程”，会同有关部门建立和完善激励大学生到基层干事创业的长效机制，使大学生能够下得去、留得住、干得好、流得动，到国家最需要的地方去建功立业，报效祖国。通知要求，各地各高校要落实好高校毕业生基层就业学费补偿和助学贷款代偿、考研加分等政策。要因地因校制宜，制定鼓励或奖励的办法，通过宣传教育、表彰先进、资金奖励、畅通成才渠道等多种方式，激励毕业生到基层工作。建立大学生到基层实习实践制度，组织大学生到乡镇、街道、社区、农村和生产一线实习实践。广泛收集中小微企业的招聘信息，主动组织企业进校园招聘，搭建高校毕业生到中小微企业就业平台。

来源：《人民日报》

责编：苏晓亚

张大良：新工科建设的六个问题导向

新工科建设要坚持问题导向，做到六问：问产业需求建专业，问技术发展改内容，问学校主体推改革，问学生志趣变方法，问内外资源创条件，问国际前沿立标准。

一问产业需求建专业

学科专业和人才培养类型结构问题是工程教育改革的核心问题。要加强工程科技人才的需求调研，掌握产业发展最新的人才需求和未来发展方向。要做好增量优化，主动布局新兴工科专业建设。注重专业设置前瞻性，积极设置前沿和紧缺学科专业，加快建设和发展新兴工科，提前布局培养引领未来技术和产业发展的人才。要做好存量调整，加快传统学科专业的改造升级。引导高校结合社会发展的新需求、学科交叉融合的新趋势、科学研究的新成果，拓展传统学科专业的内涵和建设重点，形成新课程体系，打造传统学科专业的升级版，服务钢铁、石化、机械、轻工、纺织等产业转型升级、向价值链高端发展。要推动学科专业交叉融合，加强复合型工程技术人才培养。

二问技术发展改内容

当前，在新一轮工业革命的背景下，企业的技术发展日新月异，工程教育必须主动适应。要面向产业需求深化教学内容与课程体系改革。积极探索综合性课程、多视角解决问题的课程、交叉学科研讨类课程，以学科前沿、产业和技术最新发展推动教学内容更新，把内容陈旧、轻松易过的“水课”变成有深度、有难度、有挑战度的“金课”。要把创新创业教育融入工程教育的全过程。进一步落实创新创业教育的具体要求，充分发挥工程教育在师资队伍、实践平台、行业协同等方面的优势，广泛搭建创业孵化基地、科技创业实习基地、专业化创客空间等创新创业平台，营造创新创业教育氛围，推动创新创业教育全方位贯穿、深层次融入专业教育，着力培养学生创新精神、创业意识和创造能力。

三问学校主体推改革

高校是新工科建设的责任主体。“新工科研究与实践”的立项，既是研究课题，要搞清楚新工科的内涵与规律，也是实践项目，不能坐而论道，要付诸人才培养的实践行动之中，更是改革方案，要不断创新人才培养模式和机制体制，激发活力。要增强新工科建设的责任感与使命感。从历史规律来看，每一次工业革命都要求工程教育的内容与模式发生转型。当前世界经济正在加速向以网络信息技术产业为重要内容的

经济活动转变，我们必须布局新工科建设，从而获得未来竞争优势。要以新工科建设为契机优化学科专业结构。高校要做好学科专业的整体规划，完善学科专业动态调整和自我更新机制，在新工科建设过程中大胆实践，探索学科专业设置管理的新范式。要以新工科建设为抓手推进学校综合改革。改革只争朝夕，落实重在方寸。高校要发挥基层首创精神，充分利用好“新工科”这块试验田，推进人事制度改革，完善适应高校教学岗位特点的内部激励机制，探索高校教师与行业人才双向交流的机制；紧跟产业变革创新培养模式，强化工学结合、校企合作，让企业直接参与到人才培养全过程。

四问学生志趣变方法

在互联网时代，知识获得已经不存在障碍，但学习动力、注意力变成了稀缺资源。必须根据学生志趣调整教育教学的方式方法，提高教学效率和效益。要坚持并全面落实以学生为中心的理念。尊重学生自主选择，推进高校学分制改革，探索建立与学分制相适应的课程设置、学籍管理、质量监控、考核评价等教学管理制度，方便学生跨专业跨学校进行学分认定与转换，加快管理者本位向以学习者为中心的转变。要加强教学方法和教学手段的改革。借鉴学习科学的最新研究成果，丰富教学方法，加强师生互动，增强学生的“向学力”。要着力推进信息技术与教育教学深度融合。建设一批以大规模在线开放课程为代表、课程应用与教学服务相融通的优质在线开放课程，推进以学生为中心的教学方式方法变革。

五问内外资源创条件

为促进学校发展，必须优化配置校内资源，积极获取社会资源，为人才培养创造更好条件。现在，高校面向社会汇聚优质资源的动力和能力还是不足。大学是开放的，要把办学视野打开，推进校企协同、科教协同，在更大范围内优化配置教学资源，主动联系和挖掘行业部门、科研院所、企业优势资源，积极共建实习实训基地，统筹安排学生到实务部门、生产一线实习实践。要推广“卓越工程师教育培养计划”实施经验。要推广实施产学研合作协同育人项目。要探索建立一批产学研合作示范学院。鼓励有条件的高校与行业企业、科研院所合作，共建一批国家级产学研合作示范学院，以产业发展需求为导向，探索建立产学研合作协同育人长效机制，建设一批协同育人、共建共享的实践基地或工程创新训练中心。

六问国际前沿立标准

要实现我国工程教育由大到强的根本性转变，从“跟跑并跑”到“并跑领跑”，

实现全面超越，必须站在国际前沿来考量我们的人才培养，建立具有国际竞争力的工程教育体系。要加强工程人才培养质量标准的研究和建设。要进一步完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度。要关注世界前沿科技进展和发达国家经济转型战略，如未来将在以下领域开展全面竞争：石墨烯技术、全面破解人脑、重组基因组、会学习的电脑、商用太阳能飞机、智能飞机、永不停止的太空竞赛，再如美国正在积极推动再工业化，在高端制造业领域形成一批新的增长点，特别是实施工业 4.0 战略，重新树立国家竞争优势。我们要把这些国际前沿转化成我们的培养标准。

新工科建设体系要体现“五个强化”

我们要通过深化综合改革形成新工科发展体系，新工科发展体系要充分体现五个强化：

第一是强化新工科人才质量的核心定位。新工科建设的核心定位是质量。

第二是强化一流工科教育教学的评价导向。我们的评价导向是在各自领域办出特色、办出一流水平。

第三是强化服务国家战略和区域发展的责任担当。既要服务国家战略需要，也要支撑区域发展需求，要有这样的责任担当。

第四是要强化为国家和社会做贡献的价值追求。新工科建设不是一个概念，而是一项行动，这项行动的价值追求是为国家、为社会多做贡献。

第五是强化面向未来和国际先进水平的目标引领。新工科最终要引领国际先进水平。中国现在是全球第二大经济体，但不是经济强国，经济强国要靠制造业强国支撑，制造业强国要靠我们现有的制造业和未来的先进制造业来支撑。因此，新工科要面向未来，培养面向未来的人才。

“六问”最终体现在“五个强化”上。近期，为推动新工科建设和发展，我们将组建新工科研究与实践的专家组，提供理论指导和战略咨询；根据新工科研究与实践项目指南，面向高校征集项目，在评审之后正式立项。条件成熟时，考虑增加部分新工科“卓越工程师教育培养计划”专业点，并通过多种形式支持新工科建设。新工科项目不是牌子，不是帽子，而是要切实地在教育教学改革深化上，在提高工程教育人才培养质量上有所体现。

建设发展新工科要因时而动，“时”是新一轮科技革命和产业革命的历史性交汇，是国家产业发展的新形态，是国家高等教育发展的新阶段；同时要返本开新，

“本”是中国教育的特色，是中国教育发展的现实、未来和挑战。返本才有根，新工科的“新”要立足新经济的新，要面向当前急需和未来发展培养新工科人才，把握由来、坚守本来、吸收外来、开创未来。相关高校要顺势而为，主动作为、勇于创“新”，从而扎实推进新工科建设，培养一大批又红又专、全面发展的新工科人才，为建设工程教育强国作出贡献，为创新型国家建设提供人才支撑和智力支持。

（作者介绍：张大良，教育部高等教育司司长）

来源：《光明日报》

责编：苏晓亚

.....

江苏高水平大学建设打破终身制

4月20日，江苏省政府召开高水平大学推进会，江苏高水平大学建设将覆盖全体本科高校，采取“专项+综合”的办法，打破终身制，实行优胜劣汰的支持机制。“专项”即高校优势学科建设工程、特聘教授计划、协同创新计划、品牌专业建设工程四大专项，“综合”项目为今年新设，将重点支持具备一定实力的高校加快提高综合竞争力，向高水平 and 世界一流迈进。江苏省财政厅、江苏省教育厅已配套出台高水平大学建设综合奖补资金管理暂行办法。江苏省将组织开展省属高校全国百强评审认定工作，符合条件的高校都可以申报，将依据评审结果给予建设经费支持。

来源：《中国青年报》

责编：苏晓亚

最新 TOP100 欧洲最具创新力大学榜单发布

路透社今年最新出炉的 TOP100 欧洲最具创新力大学榜单中，比利时的荷兰语天主教鲁汶大学（KU Leuven）荣登欧洲最具创新力大学榜单的榜首。名列第二的是伦敦帝国学院，剑桥大学位列第三，位居第四的是慕尼黑工业大学。该榜单旨在遴选出对科学技术做出了最大贡献并为全球经济带来重要影响的欧洲大学。专利申请和论文引文数据等是该榜单遴选的重要指标。总体而言，在欧洲商业和政治方面占主导地位的国家也在欧洲最具创新力大学榜单中占主导地位。然而，掌控了推动创新的因素，人口较少，经济规模较小的国家也能超越大国。

来源：中国教育和科研计算机网

责编：苏晓亚

马陆亭：打造新工科 为制造强国建设提供学科支撑

当前，一些综合性大学正在探索“新工科”建设。“新工科”是相对“老工科”而言的：“老工科”主要与传统工业相对应，“新工科”主要与新兴产业相对应，是在新型工业化背景下兴起的工科专业。大力推进“新工科”建设，对于促进我国产业转型升级、实现经济平稳健康发展具有重要意义。

发展“新工科”是经济发展的必然要求。制造业是立国之本、兴国之基。当前，以高新技术为基础的新兴产业已成为新时期强国之利器，各国纷纷把发展先进制造业作为抢占未来竞争制高点的主要战略。比如，美国提出再工业化战略，德国提出“工业4.0”，等等。我国要成为制造强国，必须走工业化与信息化深度融合、科技含量高的新型工业化道路。这在客观上对工科专业的发展提出了新要求，需要相关学科不断推陈出新，为我国产业转型升级、建设制造强国提供学科支撑。目前，我国综合性大学有着发展“新工科”的强烈意愿；一些工科大学顺应新兴产业发展需要，也在进行学科的战略调整。可以说，目前我国高校已积聚了发展“新工科”的雄厚基础和巨大能量。

只有发展“新工科”才能占据产业发展制高点。发展“新工科”，不仅仅意味着培养模式的转变和人才类型的增加，而且具有占领未来产业发展制高点的战略意义。新兴产业的发展是科学发展与技术进步共同作用的结果。但在一些时候，技术对一个国家特别是后发国家的重要性要高于科学。因为科学无国界，技术有壁垒；科学原理是公开的，而技术手段很多时候是保密的。技术是生产力的实现方式，技术高才能产品好、国家强。当然，科学的作用是基础性的，是技术的支撑。“新工科”恰恰深度融合了科学和技术的各自优势。当前，“新工科”的发展主要以信息科学与技术为牵引，主要包括未来先进制造业所涉及的十大重点领域，同时涉及一些已显现出巨大发展潜力的领域，如大数据应用、新材料、生命科学、量子科学与技术、创意设计等。这些正是综合性大学理科应用发展的方向，也是高水平工科大学集成创新的重要路径选择。这些融合科学与技术优势的“新工科”的发展，将有力促进我国先进制造业的发展，使我国在世界产业竞争中占据一席之地。

采取有效举措推动“新工科”发展。新形势下，高校主管部门和政府相关部门应从战略高度认识“新工科”建设的重大意义，采取有效举措助力“新工科”建设。应给予办学水平较高的大学充分的自主设置新学科、新专业的权力，把推动学科交叉发展作为“双一流”建设的重要内容。同时，完善相关政策，促进教育与产业、区域融合发展，促进高校与企业、科研部门协同育人。高校应以经济社会发展需求为导向，敏锐把握新兴产业发展趋势，积极支持“新工科”专业实现跨越式发展。为此，要加强跨学科中心建设，包括跨越院系的跨学科中心和同一院系内的跨学科中心建设，重视学科群发展，形成跨院系、跨学科、跨专业的交叉培养新机制；建立不同形态的孵化器，加强与产业界的合作，推动科研成果向技术和产品转化；加强课程建设，重视开设前沿课程、小型课程和交叉课程，让学生对课程有更多的选择。当然，对不同高校来说，“新工科”建设的主攻点和制度安排应有所不同。综合性大学可以利用其雄厚的科学研究实力，瞄准世界前沿，加强先进技术院所建设；高水平工科大学应与新兴产业及其龙头企业形成更加紧密的联系，努力为新兴产业发展提供技术引导和支撑。

（作者介绍：马陆亭，国家教育发展研究中心高等教育研究室主任）

来源：《人民日报》

责编：苏晓亚

北京大学公布浙江“三位一体”招生方案

4月30日，北京大学2017年浙江省“三位一体”综合评价招生简章发布，除确定65名招生计划外，还对招生专业、报名方式、选拔程序、录取标准作出了说明。根据简章，北大今年在浙江的“三位一体”综合评价招生涉及24个院系的27个专业。考生须符合报考专业的选考科目要求，如数学类、心理学类选考科目为物理，法学类选考科目为物理、历史，但也有一些专业不限选考科目。录取将根据考生高考投档成绩、高中学业水平考试成绩与北大组织的测试成绩构成的综合成绩择优录取，其中高考投档成绩（折算成百分制）占总成绩的60%，北大组织的测试成绩（折算成百分制）占30%；高中学业水平测试成绩（折算成百分制）占10%，同时，考生的高考投档成绩须达到浙江省2017年高考一段线。

来源：科学网

责编：苏晓亚

吴爱华等：加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济

我国经济发展正在进入结构调整、转型升级的攻坚期，新旧增长动能正在转换，以互联网为核心的新一轮科技和产业革命蓄势待发，新技术、新产品、新业态和新模式蓬勃兴起，创新成为国际竞争的新赛场，既为后发国家赶超跨越提供了战略机遇，也将进一步加剧国际间的人才竞争。工程教育与产业发展紧密联系、相互支撑，新产业的发展要靠工程教育提供人才支撑，特别是应对未来新技术和新产业国际竞争的挑战，必须主动布局工程科技人才培养，加快发展和建设新兴工科专业，改造升级传统工程专业，提升工程教育支撑服务产业发展的能力。可以说，工程教育主动布局和深化改革到位，就会对经济转型升级产生积极促进作用；反之，工程教育改革滞后，将会迟滞产业升级进程。

一、新经济快速发展迫切需要新型工科人才支撑

当前，我国工程教育改革发展的外部环境正在发生快速的变化。从国际看，近年来主要发达国家都在推动发展新经济，抢占产业和科技革命的制高点，“工业4.0”、分享经济、虚拟现实和人工智能技术的发展风起云涌。从国内看，我国经济正处在新旧动能转换的关键时期。新经济是发展新动能的源泉，新经济发展越快越活跃的地区，发展的新动能就越强劲，应对经济下行压力的韧性和回旋余地相对更大，发展的动力、活力和空间、前景也相对更好，能够有力支撑经济保持中高速增长、迈向中高端水平。

根据2016年上半年的调查分析，我国新经济的发展趋势为：**一是互联网深刻改变各行各业。**互联网对实体经济的革新不仅是技术层面，更重要的是思维和模式的变革。以BAT（百度、阿里巴巴、腾讯）为代表的一批企业创新思维活跃，技术和模式不断变革创新，“互联网+”新商业模式对传统行业产生了颠覆性的影响。**二是创新型企业正在异军突起。**华为、大疆、华大基因等企业已在创新上迈入世界“第一梯队”，这些企业的共同特点是专注于产品和技术创新，创新与市场高度结合，现有的产业基础和人才力量已不输于人，也到了有能力有条件创新驱动发展的阶段。**三是新技术催生壮大新产业。**在世界范围内，以新能源、新材料、生物技术为代表的新技术的涌现

和不断升级，造就一批新产业，如光伏、锂离子电池、新制药等。**四是制造业智能化的趋势方兴未艾。**装备的智能化升级、智能工厂的兴起已经成为制造业升级的重要趋势。智能装备、高档数控机床、机器人产业等，不仅节约了人工成本，更重要的是提升了生产效率和产品质量。**五是“双创”厚植新经济的发展沃土。**“大众创业，万众创新”，培育了新的创新生态，使人才、技术、资金、市场加快融合，草根创业更加有效。

人才是发展壮大新经济的首要资源。由于大量科研人员集中在高校、科研院所，一些高校毕业生学用脱节，许多新经济企业都反映最大的问题是人才难求。工程教育以面向社会生产活动培养人才为根本特征，加快发展新经济必须建设发展“新工科”，健全新经济发展人才支撑体系。

（一）发展新经济要求面向未来布局新兴工科专业

新经济的发展以新技术革命为引领，以信息化和工业化深度融合为突破，以商业模式和体制机制创新为标志，以人力资本的高效投入减少对物质要素的依赖，推动新一轮生产方式变革和经济结构变迁。

一方面新经济中不断涌现出移动互联网、云计算、大数据、物联网、智能制造、服务型制造、电子商务、移动医疗服务、云医院、互联网安全产业、智能安防系统等新兴产业和业态，这些领域均面临着人才紧缺的问题，必须加快发展新兴工科专业，更新改造传统工科专业。另一方面，新技术是新经济的基础，必须关注未来可能会出现的新技术，特别是颠覆性技术，提前进行人才培养布局。习近平总书记在国际工程科技大会上指出，未来几十年，信息技术、生物技术、新能源技术、新材料技术等交叉融合将会引发新一轮科技革命和产业变革。从面向未来技术的角度来看，要按照科学-技术-产业的逻辑，更加关注以理科为背景的技术发展，并进一步发展新兴工科专业。

应该注意到，新经济是一个动态的、相对的概念。经济发展总是在推陈出新，不同时期的经济都有“新”的部分，一定时期的“新”也会逐渐变成“旧”。因此，新兴工科专业的布局也是一个动态的过程，当前应鼓励高校着眼于互联网革命、新技术发展、制造业升级等时代特征，因地制宜，办出高质量新兴工科专业。

（二）发展新经济要求工程科技人才具备更高的创新创业能力和跨界整合能力

新经济发展的本质是要素资源的重新配置和生产关系的重新构建，关键在于创

新。创新驱动的新兴产业逐渐成为推动全球经济复苏和增长的主要动力，引发国际分工和国际贸易格局重构，全球创新经济发展进入新时代。随着更多“AlphaGo”的出现，未来的工程科技人员需要应用现在还未出现的技术，去解决还未出现的问题。著名经济学家熊彼特严格区分了“发明”与“创新”，提出只有成功实现了商业化的发明，才可以被称之为创新。新经济的创新周期越来越短，技术开发和产业化的边界日趋模糊，技术更新和成果转化更加快捷，产业更新换代不断加快。这些均要求工程技术人才必须建构起符合新经济要求的思维方式，具备创新创业的意识和能力。

新经济是一个跨行业、跨领域的概念。正如李克强总理在 2016 年“两会”答记者问时所指出，“新经济的覆盖面和内涵很广泛，涉及一、二、三产业，不仅仅是指三产中的‘互联网+’、物联网、云计算、电子商务等新兴产业和业态，也包括工业制造当中的智能制造、大规模的定制化生产等，还涉及到第一产业当中有利于推进适度规模经营的家庭农场、股份合作制，农村一、二、三产融合发展等”。**从新经济的发展路径来看**，新经济强调以产业链整合替代传统专业化分工，涌现了“互联网+”“设计+”等新业态，“软产业”与“硬产业”互动融合，不断向产业链和价值链高端环节延伸。**从新经济的技术背景来看**，互联网作为新一轮科技和产业革命的核心，有着极强的跨界渗透能力，体现在互联网的一整套规则和观念对其他产业的改造上，“互联网+”的产业创新模式要求工程科技人才在行业专精的基础上，进一步拥有跨行业、跨学科的知识和能力储备。**从新经济的依托学科来看**，以绿色、智能、泛在为特征的群体性技术革命具备典型的“学科交叉融合”特征。学科是相对独立的知识体系，但正如物理学家普朗克所说，“科学是内在的整体，它被分解为单独的学科不是取决于事物的本身，而是取决于人类认识能力的局限性”。新经济将会催生一批具有跨界特征的新兴学科。因此，面向新经济的工程科技人才应具有交叉复合特征，具备跨学科、跨产业的跨界整合能力。

（三）发展新经济要求建立更加多样化和个性化的工程教育培养模式

新经济产业形态的多样性决定了工程教育培养模式的多样性。新经济的“新”同时强调了传统产业和新兴产业两方面，不只涉及新技术、新产业、新业态，传统产业也能产生新经济。当前我国产业发展不平衡，既有大量的劳动密集型产业、一定量的资本密集型产业，也有知识密集型产业，尚处在工业 2.0 和工业 3.0 并行的发展阶段，

必须走工业 2.0 补课、工业 3.0 普及和工业 4.0 示范的并联式发展道路。在**人才培养定位**上要体现人才多样性的要求，既面向新一代信息技术、现代交通、航天工程、通讯工程等领域的培养一定规模的高端工程科技人才，也面向劳动力密集的加工制造等领域培养大规模工程科技人才。在**人才培养过程**上应表现为产学合作、科教协同、国际合作和本研协同等。

个性化是培养创新创业能力、跨界整合能力的内在要求，也是对新时期工程教育对象学习和思维习惯的响应。当前，我国高等教育面对的是世界上最大规模的独生子女群体，也是世界上最大规模的互联网时代“原住民”，他们的人生目标更加多样，价值观更加多元，接受新思想新知识的渠道更多。必须尊重学生作为个体“人”的发展需要，充分考虑每一个学生的个体差异，给所有学生以充分的机会来达成学习成果。随着“慕课”等新型在线开放课程和学习平台在世界范围迅速兴起，拓展了教学时空，增强了教学吸引力，也为个性化培养模式提供了有力支撑。

（四）发展新经济的国际经验要求加快发展新工科

从美国的产业发展历程来看，20 世纪 70 年代，微电子、计算机技术、程控交换通讯，甚至互联网的原型——阿帕网等信息技术革命的主要技术已基本完成，但直到 90 年代中期才拓展到整个经济体中，其中的延迟清晰可见。1972 年至 1995 年之间美国制造业生产率增速减缓，但是制造业中的计算机制造却逆势上扬，年均增长率高达 17.8%。综合众多专家的分析可以看出，人才培养对新技术创新和新产业发展需要适应的时间，信息产业所需人才的知识和技能并非简单的培训就可以解决，它需要整个教育系统作出相应的调整。美国的高等教育系统从 20 世纪 70 年代初开始，利用 20 多年的时间适应信息技术革命所引发的人才资源转型的需要，其自身也完成了战后高等教育结构转型，与美国的新经济产生了良性互动。从高校毕业生数量来看，1971 年授予“计算机和信息科学”学士学位 2388 人，2005 年这一数量达到 54111 人，年增长率高达 9%。

2008 年金融危机爆发之后，美国实施“再工业化”战略。2009 年 7 月，美国制造业联盟发布了《为美国制造一个更好的未来》的报告，要求政府从贸易政策、技能培训、投资研发等方面采取措施保护制造业发展。美国的工程教育响应了这一战略。2011-2015 年，美国工程领域学士学位授予人数由 83001 人增加到 106658 人，年增长

率保持在 5%以上；硕士学位授予人数由 46940 人增加到 57433 人，2015 年更是实现了 11.11%的年增长率；博士学位授予人数也由 9582 人增加到 11702 人。授予学士学位的专业类型及数量如表 1 所示，机械工程、土木工程、电子工程、计算机科学、化学工程、生物医药工程、工业/制造/系统工程等专业规模较大，且呈现了较高的年均增长率。这些专业毕业人数的增加与近年来美国“再工业化”战略需要密切相关。

表 1 美国 2011-2015 年主要工程专业领域学士学位授予数（单位：人）

专业名称	2011	2012	2013	2014	2015	年均增长率(%)
工程管理	315	434	418	436	527	13.73
石油	888	1002	1079	1250	1465	13.33
计算机科学	6708	7371	8184	9328	10970	13.08
电子/计算机工程	2153	2426	2581	2827	3429	12.34
采矿工程	213	236	231	324	335	11.99
环境工程	743	871	953	1012	1124	10.9
工业/制造/系统工程	3730	4107	4272	4877	5291	9.13
计算机工程	3459	3688	3906	4201	4881	8.99
土木/环境工程	709	763	924	881	1000	8.98
化学工程	6487	7245	7717	8110	9090	8.8
生物医药工程	4066	4374	4709	5119	5683	8.73
生物与农业工程	796	905	994	1031	1100	8.42
机械工程	19241	20369	21707	23675	25436	7.23
其他工程专业	3727	3956	4260	4202	4517	4.92
工程（广义）	1161	1192	1415	1406	1394	4.68
科学与工程师与物理工程师	469	562	524	574	545	3.83
电子工程	9942	10102	10662	11261	11385	3.45
冶金与材料工程	1465	1280	1554	1440	1671	3.34
航天工程	3381	3668	3595	3695	3803	2.98
核工程	496	565	614	584	544	2.34
土木工程	12154	12309	12464	12333	11900	-0.53
农业工程	698	751	660	607	568	-5.02
总数	83001	88176	93423	99173	106658	155.64

二、加快发展和建设新工科

新工科是相对于传统工科而言的，是以新经济、新产业为背景，是一个动态的概念。新工科的建设，一方面要设置和发展一批新兴工科专业，并加强建设、提升质量；另一方面要推动现有工科专业的改革创新，探索符合工程教育规律和时代特征的新培

养模式。

（一）新工科建设和改革的前期探索

近年来，我们主动加强了新兴工科专业的布局和建设，试点探索了一批与产业紧密结合的示范性学院改革，积累了部分经验，为进一步推动新工科的建设和发展探索了路径。

一是布局建设战略性新兴产业相关专业。2010年，国务院出台了《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》。战略性新兴产业是以重大技术突破和重大发展需求为基础，对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用，知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好的产业。为加强战略性新兴产业人才培养，教育部自2010年起，推动高校面向与战略性新兴产业直接相关领域设置了24种新专业（含非工科专业）。2015年又批准设立了数据科学与大数据技术、机器人工程、飞行器控制与信息工程、地理空间信息工程、材料设计科学与工程等新专业。截至2016年底，战略性新兴产业相关新设工科本科专业达22种，累计布点1401个（如表2所示）。此外，经初步统计，目前高校设置IT产业相关的电子信息类、自动化类和计算机类本科专业达30种，布点5675个（如表3所示）。二者合计（不重复计算），共计6271个专业点，约占工科本科专业数量的36.8%。

表2 2010年后新设战略性新兴产业相关工科本科专业布点汇总表（单位：个）

专业名称	布点数	专业名称	布点数
新能源科学与工程	87	智能电网信息工程	20
新能源材料与器件	52	水声工程	3
能源化学工程	51	海洋工程与技术	5
资源循环科学与工程	31	海洋资源开发技术	10
环保设备工程	10	建筑环境与能源应用工程	200
辐射防护与核安全	8	生物制药	70
功能材料	35	数据科学与大数据技术	3
纳米材料与技术	10	机器人工程	1
微电子科学与工程	94	飞行器控制与信息工程	2
光电信息科学与工程	241	地理空间信息工程	1
物联网工程	466	材料设计科学与工程	1
合计			1401

表 3 IT 产业相关本科专业布点汇总表（单位：个）

专业名称	布点数	专业名称	布点数
1. 电子信息类	2324	2. 自动化类	566
电子信息工程	675	自动化	478
电子科学与技术	226	轨道交通信号与控制	87
通信工程	547	机器人工程★	1
微电子科学与工程★	94	3. 计算机类	2785
光电信息科学与工程★	241	计算机科学与技术	974
信息工程	102	软件工程	561
广播电视工程	15	网络工程	417
水声工程	3	信息安全	98
电子封装技术	9	物联网工程★	466
集成电路设计与集成系统	30	数字媒体技术	214
医学信息工程	32	智能科学与技术	31
电磁场与无线技术	13	空间信息与数字技术	16
电波传播与天线	4	电子与计算机工程	3
电子信息科学与技术	313	数据科学与大数据技术	3
电信工程及管理	4	网络空间安全	2
应用电子技术教育	16		
合计			5675

★：2010 年后新设置战略性新兴产业相关工科本科专业

二是深入探索软件和集成电路产业急需人才培养的体制机制及有效模式。2001 年，为加快软件产业发展，教育部联合国家计委、财政部，择优扶持了 37 所高校试办示范性软件学院。15 年来，示范性软件学院按照“积极发展，规范管理，开拓创新”的指导思想，以培养精英型软件工程人才为目标，深化体制机制和教育教学改革，深入开展产学研合作和国际化培养，建立开放式社会化的办学体制，实行灵活的教师聘任制和以人才培养为中心的分配制度，已成为我国名副其实的工程教育改革“特区”。示范性软件学院的改革，探索了软件产业急需人才培养的有效途径，初步回答了新工科如何建设的问题：体制机制改革是前提，强调校企合作，建立开放式社会化的办学体制；实行灵活的教师聘任制，形成了“三三制”的师资结构；采取以人才培养为中心的分配制度；吸引企业参与教学管理，建立由企业参与的外部评价制度等。人才培养模式改革是核心，借鉴 CDIO 等工程教育理念，根据产业需求和技术发展灵活设置专业方向，以市场需求和提高国际竞争能力为导向制订人才培养方案，探索以学生为

中心的培养模式等。产学合作是关键，校企联合制定培养目标和培养方案，共同建设课程与开发教程，共建实验室和实训实习基地，合作培养培训师资，合作开展研究。

集成电路产业是支撑经济社会发展和保障国家安全的战略性、基础性和先导性产业，也是工业经济的命脉产业，其发展水平已成为衡量一个国家综合实力的重要标志。目前，我国集成电路产业人才总量不足、领军人才缺乏、人才结构不合理，远不能满足产业对人才的需求，迫切需要培养适应我国集成电路产业发展的高素质工程人才。2015年7月，教育部联合国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、财政部及国家外专局，共同支持26所高校建设示范性微电子学院，深化人才培养模式改革，建立开放式办学模式，培养集成电路产业急需的工程人才。2016年印发了《教育部等七部门关于加强集成电路人才培养的意见》。同时协同有关部委共同研究《集成电路产学研融合协同育人平台建设方案》，重点建设一批共建共享的实习实训基地，破解工程实践条件不足的难题。

三是加快重点领域紧缺人才培养。面向人才紧缺的重点领域，教育部与行业部门共同采取措施，进行重点支持。2007年，教育部与国家发展改革委、财政部、人事部、科技部、国资委共同印发了《关于进一步加强国家重点领域紧缺人才培养工作的意见》。2012年，教育部与交通运输部共同印发《关于进一步提高航海教育质量的若干意见》，共建高校航海类专业，加快航海人才培养。2014年，与国家安全监管总局共同印发《关于加强化工安全人才培养工作的指导意见》，与商务部共同印发《关于创新服务外包人才培养机制 提升服务外包产业发展能力的意见》。2015年，与中国气象局共同印发《关于加强气象人才培养工作的指导意见》。2016年，与中央网络安全和信息化领导小组办公室等部门共同印发《关于加强网络安全学科建设和人才培养的意见》。这一系列文件立足于教育部与有关行业部门协同育人，对优化相关领域专业结构、改革培养机制、强化实习实训、加强师队伍建设等方面提出了具体措施和支持政策。

（二）面向当前急需和未来发展，不断推进新工科的建设和发展

新工科的建设必须聚焦当前急需和未来发展两个重点，主动布局，适应并引领产业发展，从而实现我国产业的未来竞争优势。

一是加快培养当前新经济发展急需人才。2016年11月，国务院印发了《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》。战略性新兴产业是培育发展新动能、获取未来

竞争新优势的关键领域，也是新经济的重点发展方向。预计到2020年，战略性新兴产业增加值将占国内生产总值比重达到15%，形成新一代信息技术、高端制造、生物、绿色低碳、数字创意等5个产值规模10万亿元级的新支柱，并在更广领域形成大批跨界融合的新增长点，平均每年带动新增就业100万人以上，产业规模持续壮大，成为经济社会发展的新动力，实现向创新经济的跨越。当前，在大数据、物联网、人工智能、网络安全、大健康等新领域出现人才奇缺状况。高校必须面向新经济设置一批新兴工科专业，加快培养急需紧缺人才。要推广示范性软件学院体制机制和人才培养模式改革的有益经验，突破传统学科导向的组织模式，建立以需求为导向的产业化学院，如机器人学院、微电子学院、智能制造学院、物联网学院等，深化机制体制改革，推进人才培养模式创新，进一步强化产学研合作协同育人，促进人才培养与产业需求紧密结合，有效支撑我国经济结构深度调整、新旧动能接续转换。

二是主动布局面向未来技术和产业的新专业。未来10年是全球新一轮科技革命和产业变革从蓄势待发到群体迸发的关键时期。《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》提出，要“以全球视野前瞻布局前沿技术研发，不断催生新产业，重点在空天海洋、信息网络、生命科学、核技术等核心领域取得突破，高度关注颠覆性技术和商业模式创新，在若干战略必争领域形成独特优势，掌握未来产业发展主动权，为经济社会持续发展提供战略储备、拓展战略空间”。工程科技人才培养要面向未来、面向世界，主动布局，发挥对未来技术和产业的引领作用。最近，中国科学院大学成立了未来技术学院，从材料、信息、能源和生命科学领域的核心问题出发，考虑领域之间的交叉融合，设立了脑科学与智能技术、光子与量子芯片技术、光物质科学与能源技术、仿生智能材料科学与技术、生物芯片技术、液态金属物质科学与技术、基因组健康技术等学科专业。这一做法值得借鉴，特别对于理科传统优势较强的高校发展新工科提供了参考。未来新兴工科可能产生的路径，一方面是现有工科的交叉复合、工科与其他学科的交叉复合，产生新的学科专业；另一方面是理科特别是应用理科向工科延伸，产生新的技术、新的工科领域。因此，除传统工科院校外，我国的综合性大学也应发挥理科传统优势，加快培育和发展新兴工科。

我国技术和产业发展，正在经历从追随到并跑、领跑的跨越。要实现在技术和产业领域的领跑，必须在这些领域有足够人才支撑，必须提前布局未来技术和产业所需人才培养，必须主动作为而不是被动适应。按照毛泽东同志持久战的战略思想分析我

国产业发展的阶段性特征：第一阶段是战略防御期，在产业竞争上，通过市场换技术，以模仿、超越获得比较优势。如智能手机，在模仿基础上实现价格和质量的优势，从而占领全球市场。第二阶段是战略相持期，集中力量在一些技术和产业领域进行重点突破，并逐步取得技术优势、产业优势。如目前我国在互联网移动应用和移动支付领域，由于大规模应用需求，集中数倍的力量在一些关键点上取得突破，获得显著优势；将来还会在量子通信等越来越多的领域实现更多突破。第三阶段是战略反攻期，我国技术和产业实现全面超越。目前，我国产业发展正处在战略相持的关键阶段，正如毛泽东同志所说，“我们要准备付给较长的时间，要熬得过这段艰难的路程”。通过这一时期的人才布局，特别是面向未来技术和产业主动布局人才培养，就可以在第三阶段实现全面超越。因此，为实现我国产业发展“弯道超车”，必须围绕未来变革性技术，主动作为、汇聚力量，逐步在未来必争领域形成人才集群和人才高地，真正形成国际竞争优势，为将来实现整体超越、为民族崛起输送源源不断的新生力量。

三、全面推进新时期工程教育改革创新

我国拥有世界上最大规模的工程教育。2016年，工科本科在校生521万人，毕业生119万人，专业布点17037个。工科在校生约占高等教育在校生总数的三分之一。工程教育的质量很大程度上决定了我国高等教育的整体质量。当前和今后一段时期，我国工程教育要以提高人才培养质量为核心，树立创新型、综合化、全周期工程教育“新理念”，构建新兴工科和传统工科相结合的学科专业“新结构”，探索实施工程教育人才培养的“新模式”，打造具有国际竞争力的工程教育“新质量”，建立完善中国特色工程教育的“新体系”，加快推进我国从工程教育大国走向工程教育强国。

（一）树立工程教育新理念

理念是行动的先导。工程教育改革必须贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，创新全面新型工程教育观。一是树立创新型工程教育理念。深化工科领域创新创业教育改革，提升学生的工程技术创新能力，为新兴工科孕育产生奠定基础。二是树立综合化工程教育理念，改变工科专业过窄过细的弊端，强化跨学科教育，培养学生既具备科学与基础理论修养，形成对宏大或复杂工程的系统视野，又能从多学科的视角审视，同时还要具备人文情怀和管理素养。三是树立全周期工程教育理念。按照工程项目的全生命周期，落实CDIO、OBE等要求，推进工程教育全过程改革。四是坚持并落实“学生中心、成果导向、持续改进”等工程教育专业认证理念，高质量建设工科专业。此外，绿色发展是经济社会发展的方向，工程教育融入绿色理念已经

成为国际工程教育发展的大势所趋，也是生态文明建设的必然要求。

（二）构建新兴工科和传统工科相结合的“新结构”

要针对工程人才培养与产业发展实际需求脱节，新经济、前沿交叉学科、未来技术领域人才短缺等问题，进一步优化工程类学科专业结构。**一是要做好增量优化，主动布局新兴工科专业建设。**注重专业设置的前瞻性，积极设置前沿和紧缺学科专业，加快建设和发展新兴工科，提前布局培养引领未来技术和产业发展的人才。鼓励高校结合“中国制造 2025”、“一带一路”、“互联网+”等国家战略，积极设置战略性新兴产业、经济社会发展和民生改善领域亟需的相关学科专业，推动工程教育资源向服务国家、区域主导产业和特色产业的专业集群汇聚，构建与国家和区域经济社会发展相适应、与学校办学定位和办学特色相匹配的学科专业体系。**二是要做好存量调整，加快传统学科专业的改造升级。**引导高校结合社会发展的新需求、学科交叉融合的新趋势、科学研究的新成果，拓展传统学科专业的内涵和建设重点，形成新课程体系，打造传统学科专业的升级版，服务钢铁、石化、机械、轻工、纺织等产业转型升级、向价值链高端发展。**三是要推动学科专业交叉融合，加强复合型工程技术人才培养。**要促进理工融合，通过建立跨学科的交叉研究机构，以科学研究前沿带动工程教育发展。要促进科学教育、人文教育与工程教育的有机融合，科学观、社会观与工程观并重，着力培养具有全球意识、创新能力、社会担当的工程科技人才。

（三）探索工程教育人才培养的“新模式”

全面推广“卓越工程师教育培养计划”、示范性软件学院和微电子学院、国家教育体制改革试点学院的成功经验，探索实施工程教育人才培养的“新模式”。**要借鉴国际主流工程教育标准，明确未来工程人才的能力体系。**对比分析欧洲工程师能力标准、英国工程专业能力标准、美国 ABET 认证标准、德国 ASIIN 认证标准以及我国工程教育认证标准等，分析未来工程人才应具备的素质，明确工程人才在工程技术、信息技术、经济管理、法律、文化、伦理等重点领域应具备的能力体系。**要按照工程逻辑构建模块化课程。**打破学科界限，梳理课程知识点，开展学习成果导向的课程体系重构，建立能力达成和课程体系之间的一一对应关系，构建遵循工程逻辑和教育规律的课程体系。积极建设、共享优质在线开放课程资源，推动教育教学方式改革。**要设计多层次、多阶段的实践环节。**借鉴 CDIO 工程教育理念，以产品“构思、设计、实现、运行”的全生命周期为载体，深入实施产教融合、科教结合、校企合作的协同育人，建立从理论学习、动手实践再到探究学习的教学链条，把设计活动贯穿于实践教

学全过程，实现理论教学与实践教学的交叉螺旋进行，实践能力培养不断线，使学生获得有意义的综合设计体验，通过主动实践和做中学，形成未来工程师的综合品质和工程能力。**要把创新创业教育融入工程教育的全过程，着力培养学生创新精神、创业意识和创造能力。**进一步落实工科专业创新创业教育的具体要求，充分发挥工程教育在师资队伍、实践平台、行业协同等方面的优势，广泛搭建创业孵化基地、科技创业实习基地、创客空间等创新创业平台，营造创新创业教育氛围，推动创新创业教育全方位贯穿、深层次融入专业教育。

（四）打造具有国际竞争力的工程教育“新质量”

把适应经济社会发展需求、促进人的全面发展作为衡量人才培养质量的根本标准，全面提高学生的社会责任感、创新精神和实践能力，增强我国工程教育的国际竞争力。**要加强工程人才培养质量标准体系建设。**公布工科专业类教学质量国家标准。推动行业部门制订行业人才标准。促进高校结合国标、行标要求，修订专业人才培养方案，形成适应时代发展的国家、行业、学校三级质量标准体系。**要建立完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度。**完善认证工作领导小组工作机制，由教育部牵头，人力资源和社会保障部、中国科协、中国工程院等主要单位参与，对专业认证工作进行宏观指导。合理规划专业认证总体规模，在现有 200 点/年的基础上逐步扩大，到 2020 年实现对工科专业类的全覆盖（个别特殊专业类除外）。建立认证结果发布与使用制度，将每年的认证结果通过权威媒体面向社会发布，允许通过认证的专业在招生简章、毕业证书上加标注，将认证结果纳入学科评估、本科教学质量报告等评估体系。提高认识，把专业认证作为建设一流本科的重要抓手和基础性工程，引导高校和专业面向行业需求，用国际实质等效的标准引导专业教学，切实关注学生学习效果，不断改进和提高工程专业人才培养质量。

（五）建立中国特色工程教育的“新体系”

促进高校分类发展，在不同层次不同领域办出特色、办出水平，是今后一个时期高等教育的发展方向。总体部署是，提升高水平大学国际竞争力，统筹推进世界一流大学和一流学科建设；突出行业高校学科专业特色和行业特色，加强农林、水利、地矿、石油、交通等行业高校建设；支持有特色高水平地方高校发展，引导部分地方本科高校向应用型转变，把办学真正转到服务地方经济社会发展上来，转到产教融合校企合作上来，转到培养应用型技术技能人才上来，转到增强学生就业创业能力上来。

在工程教育领域，要促进人才分类培养，提高各种类型的工程人才培养质量，既培养工程科技领域的高层次领军人才，也要更加重视各个层次和类型的工程科技人才。一是以“卓越工程师教育培养计划”为示范引领。参与“卓越计划”实施的高校要充分发挥引领作用，把 1257 个试点本科专业点和 514 个研究生层次学科点办成工程教育改革示范点，办成代表我国参与工程教育国际竞争的品牌学科专业。二是以工程教育专业认证作为走向国际的桥梁。推动 4000 个左右的工科专业（约占工科专业点总数的 25%）进一步深化改革，持续提升质量，实现与《华盛顿协议》成员国工程教育质量的实质等效。三是以工科专业类教学质量国家标准为基本要求。推动工程教育 17000 多个本科专业点按照“国标”要求，结合学校办学定位和服务面向，优化人才培养方案，提升工程教育的整体水平。不同类型的工程人才培养都要追求卓越，提升学生的工程意识、实践能力、创新精神和工匠精神，建立完善高校与行业企业、科研院所协同育人机制，形成工程教育与产业共同发展、共同提升水平的良好局面。

（作者介绍：吴爱华，教育部高等教育司理工科教育处处长；侯永峰，教育部高等教育司理工科教育处调研员；杨秋波，天津大学精密仪器与光电子工程学院副院长，教育学院副教授；郝杰，教育部高等教育司理工科教育处科员。）

来源：《高等工程教育研究》

责编：苏晓亚

教育部全面推进教师管理信息化

4 月 20 日，教育部印发《关于全面推进教师管理信息化的意见》，明确将高效采集、有效整合教师系统及相关教育管理服务平台生成的教师信息，形成教师队伍大数据，将其作为教师工作决策的基础支撑和重要依据，通过信息系统与教师培养、教师培训、教师资源配置、教师管理评价等核心工作的深度融合，逐步推进教师管理方式重构、教师管理流程再造。教师系统正式投入使用，标志着教师队伍建设进入到信息化管理的新阶段。《意见》提出，要以教师系统为支撑，并明确了建立教师管理信息化体系、形成教师队伍大数据、优化教师工作决策和提升教师队伍治理水平等 4 项核心任务。

来源：《中国教育报》

责编：苏晓亚

陆国栋等：“新工科”建设与发展的路径思考

高等教育发展水平是一个国家发展水平和发展潜力的重要标志，在国家实施创新驱动发展、“中国制造 2025”、“互联网+”等重大发展战略的大背景下，培养科学基础厚、工程能力强、综合素质高的工程科技人才，对于支撑服务以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展具有十分重要的现实意义和战略意义，也是建设制造强国和创新型国家的重要前提。

一、建设与发展“新工科”成为社会经济发展的现实需求

1. 建设与发展“新工科”是当前社会产业升级与发展的必然要求

未来的 5-15 年是新工业革命推动的传统工业化与新型工业化相互交织、相互交替的转换期，是工业化与信息化相互交织、深度融合的过渡期，也将是世界经济版图发生深刻变化、区域经济实力此消彼长的变化期，“三期叠加”为制造业加快发展和转型升级提供了重要的战略机遇，世界各国纷纷将发展制造业作为抢占未来竞争制高点的重要战略，进而导致了全球制造业向发达国家“回流”和向新兴国家“分流”的“双向挤压”。我国经济发展正处于结构调整、转型升级的攻坚期，以互联网为核心的新一轮科技和产业革命蓄势待发，新技术、新产品、新业态和新模式蓬勃兴起。工程教育与产业发展联系紧密、互相支撑，新产业的发展依靠工程教育提供人才支撑，可以说，做好工程教育的主动布局和深化改革，必将对经济转型升级起到推进作用；反之则会迟滞产业升级进程。发展新工科必须立足业态需求，拥有强烈的目标导向与问题导向，了解行业发展现状，摸清行业现有问题，进而培养符合时代发展与产业行业要求的工科人才。

2. 建设与发展“新工科”是提高国家未来竞争力，赢得全球市场竞争的重要途径

为应对金融危机挑战、重振实体经济，主要发达国家都发布了工程教育改革前瞻性战略报告，积极推动工程教育改革创新，如 2011 到 2013 年美国相继推出《美国先进制造业伙伴关系计划》、《美国先进制造业国家战略计划》及《美国制造业创新网络计划》，2013 年德国颁布《德国工业 4.0 战略实施建议》，随后，2014 年日本颁布《制造业白皮书》、英国颁布“英国制造 2025”战略、法国颁布“新工业法国”战略等等，各发达国家均在新兴技术领域或先进制造技术领域做出战略部署，旨在重塑具有未来持续竞争力的新型工业体系，借此增强综合国力，争夺未来世界主导权。发

达国家的历史经验证明，主动调整高等教育结构、发展新兴前沿学科专业，是推动国家和地区人力资本结构转变、实现从传统经济向新经济转变的核心要素，这对我国工程教育改革提出了新的挑战。当前，国家提出“中国制造 2025”、“互联网+”、“人工智能 2.0”等重大战略为新工科的建设与发展指明了方向，同时也对新工科的建设发展提出了更高要求。为响应国家战略需求，支撑服务新经济蓬勃发展，突破核心关键技术，构筑后发优势，在未来全球创新生态系统中占据战略制高点，迫切需要培养大批拥有更强的创新能力、变化能力、适应能力的新兴工程科技人才服务于国家发展战略，进而提升我国工程教育的整体实力与国际竞争力。

3. 建设与发展“新工科”是深化高校工程教育范式改革，满足国家产业经济的发展的现实需求

近年来，伴随着工业互联网、智能制造、大规模个性化定制等新一代信息技术与制造业的深度糅合，促使学科之间的交叉与融合日益广泛与深化。“中国制造 2025”是在直面全球产业格局的深度调整的基础上，根据我国目前制造业的发展水平，率先推动我国制造业从新一代信息技术、高档数控机床和机器人、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、节能与新能源汽车、电力装备、新材料、生物医药及高性能医疗器械、农业机械装备等十大领域进行突破式发展。基于信息物理系统的智能装备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式变革，产业的转型升级与新产业形态的产生，产业发展模式的改变，对人才的知识结构提出了新的挑战，需要兼顾扎实的专业技术和复合型知识背景。与此同时，产业分工进一步科学细化，形成新的生产方式、产业形态、商业模式，对人才的多样性、专业性、创造力提出了更高的要求。

二、建设和发展“新工科”的五大现实瓶颈

1. 学科壁垒，窄化了工程人才的知识体系

工程教育的实践性、综合性、经济性和创新性是工科人才培养的基本特征，据“全球竞争力报告（2013-2014）”显示，中国在“Availability of scientists and engineers”指标中，仅排名第 44 位，而印度排名第 15 位。究其原因是基于学科的知识体系限制了工程人才的培养。我国在高考中普遍实行文理分科考试，使得学生在中学阶段就过早地接受文理分科教育，进入高校以后，学生往往是走进了自己的“学科胡同”，与其他学科的知识“老死不相往来”，这使得我国各类人才，尤其是我国工程教育本科环节均存在不同程度的过分专门化、过早专门化、通识教育不足等弊端，

使得本科生所学知识只限于狭窄的单一学科领域，工程人才知识体系尚不够完善。与此同时，传统学科依然处在整个科教体制的中心地位，几乎垄断了大部分科教资源。由于大多数跨学科研究起步较晚，发展较快，变化活跃，使得对于跨学科研究进行评估较为困难。教育部、自然科学基金委等部门组织的评审机制在对各类跨学科研究项目、创新团队评审的归口问题上尚未完全明确。尽管自然科学基金委列出了需要重点支持的数项跨学科研究计划，但难以有效满足以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展。

2. 专业藩篱，限制了工程人才的大工程观

我国制造业在赶超发展的过程中，不断对人才培养工作提出更高的要求，现有的工程科技人才的职业能力与综合素质仍需进一步提高，特别是在国际视野、创新意识、创业精神、实践技能、社会责任、领导能力、全球胜任力等方面，仍需与国际接轨、适应产业发展、满足市场需求。据美国《2012年科学与工程指标》公布的数据，美国“适合全球化要求”的工程师有54万人，中国只有16万人，不足全国工程师总数的1/10；而印度“符合全球化需求”的工程师超过其总数的70%。更关键的是，创造单位国内生产总值，中国需要的科技工程人员数量是日本的3.68倍。而瑞士洛桑国际管理发展学院近年发布的《世界竞争力年鉴》明确指出：中国工程科技人员国际竞争力在全球60多个被调查国家和地区中处于中等水平，且工程师的合格程度在全球范围内处于末端水平。究其原因我国工程教育专业的教学与课程结构一直受限于相对刚性的专业目录，专业划分较细，转专业限制严格，学生知识面狭窄，未能根据市场需求跨学科、综合化的发展趋势做适时调整，更与我国经济转型和产业升级不相匹配。伴随着云计算、大数据、移动互联、物联网、人工智能等新一代信息技术的突破性发展，全球制造产业迎来了一场新的科技革命和产业革命。这给我国制造业的快速发展、转型升级提供了最好的契机，也给我国高等工程教育，特别是给应对国内外市场需求调整的多层次工程人才培养提出了新的挑战。外部的市场环境变化多端，而我国工程专业的设置和课程体系的构建却仍然带着传统工业时代的烙印，学生所学的知识面临着“毕业即过时”的尴尬境地，因此亟需将课程知识体系进行更新，实现知识结构与市场需求的有效匹配。

3. 本研隔断，降低了工程人才的培养效率

随着科学技术的创新、社会经济的变革、产业发展步伐的不断加快，工程科技人

才的培养仍不能充分满足制造业的战略性需求，特别是在行业领军人才、战略性新兴产业所急需的工程科技人才的储备方面严重不足，工程技术人员占制造业从业人员比例还很低，仅以 2010 年为例，工程技术人员大专及以上学历文化程度的比例不足 50%，低于整个专业技术人员的平均水平(61%)。现行本研隔断、整齐划一的人才培养模式已不再适应新经济、新产业的发展，特别是在一些对基础理论和系统专门知识的学习及掌握有很强的连续性要求的基础学科。本科生和研究生的培养是高等院校人才培养体系中两个重要的层次，以往这两个层次人才培养过程中实践基地的建设一般是相对独立和自成体系的。事实上，本科生创新和实践能力的培养能为研究生阶段科研能力的培养提供基础，研究生科研能力的培养亦可为本科生创新实践能力的培养提供引领作用，二者是紧密联系在一起的。然而，由于我国高校的本科生教育和研究生教育的管理权往往分属于学校的不同部门，因此在培养过程中，常常表现出割裂式的特点。一般来说，本科生院或者教务处主要负责本科生培养，考虑的是本科生培养全过程的整体性；研究生院主要负责研究生培养的环节，统筹的是研究生培养阶段的一致性。在这个过程中，忽视了拔尖本科生尽早进入到研究生阶段的可能性，造成一种断裂式的培养过程，也在一定程度上导致工程教育在知识产出与人才培养的双重低效率。

4. 校企隔阂，阻碍了工程人才的市场匹配

朱高峰院士指出工程教育的“产学合作是一种双赢模式”，有利于改进工科人才培养方式，提高工程教育的内涵质量。虽然，现阶段工程教育有走进“象牙塔”的趋势，然而，目前产业界还未真正参与工程人才培养工作，企业新技术、新工艺没有出现在教学内容中，而现代工程师所必需的经济、社会、国际交流、法律、管理、市场营销、环保等多方面的课程也严重不足，不能适应科学技术飞速发展的形势，不能满足新兴工业和技术发展的需要，不能满足对引进技术、设备和生产线进行消化吸收再创新的需要，部分专业的知识体系的发展甚至滞后于产业技术的发展，工科人才培养与产业经济发展的协同性不足。工科教学改革除了教育部以及各高校的参与，还应当重视企业力量，寻找积极性高的企业参与新工科建设，开展校企合作，打造共商、共建、共享的工程教育共同体，深入推进产学合作、产教融合、科教协同，通过校企联合制定培养目标和培养方案、共同建设课程与开发教程、共建实验室和实训实习基地、合作培养培训师资等，鼓励行业企业参与到教育教学各个环节中，促进人才培养与产业需求紧密结合。

5. 师生淡漠，压抑了工程人才的培养氛围

教师和学生是工程人才培养过程中最为核心的主体要素，随着我国高等工程教育从“精英教育”向“大众教育”的转变，师生关系呈现出一些新的特征，包含了更加复杂的社会经济、政治道德和微妙的情感行为。一方面，高校纷纷大量扩招，在校生人数成倍地增长，造成教学资源紧张，高校把大量资金和精力投入在设施建设方面，在教育过程与关爱学生方面的力度相对减弱；同时，由于盲目扩招，部分学校师生比例失调，相应的教育与管理跟不上，教师常常要面对几十人甚至上百人学生的大课，合班上课与教室流动，教师几乎不认识学生，减少了师生接触的机会，也影响了师生的感情交流与沟通；此外由于校园文化和社会文化两种思想文化的交流和同化逐渐加快，在师生中形成一种互相排斥的离心力，师生之间交流的功利意识明显，也出现近利轻德的现象，使师生之间有效沟通难度加大。

三、建设和发展“新工科”的基本路径

以应对变化、塑造未来为指引，以继承与创新、交叉与融合、协同与共享为主要途径，深入开展新工科研究与实践，推动思想创新、机制创新、模式创新，实现从学科导向转向以产业需求为导向，从专业分割转向跨界交叉融合，从适应服务转向支撑引领。新工科建设必须从技术范式、科学范式、工程范式走向新工科范式，打破范式需要付出巨大努力。新工科建设不是“牌子”，也不是“帽子”，更不会直接带来什么资源，而应该是沉甸甸的责任。

不仅仅是构建一批新专业，而是需要高校面向产业、面向先进领先技术、面向社会发展需求进行大模块的专业基础整合，明确产业需求，以需求引领改革方向，突破传统工科的思维模式，关注“新工科”的动态特征，主动布局未来国际竞争的战略必争领域，打破“学科陷阱”和“路径依赖”，促进多学科交叉与深度融合，在“学科交叉、课程改革”的基础上，为学生提供更自由的选择与发展空间。

不仅仅是撰写一批研究论文，而是需要关注理论、机制、路径、模式、特征、特色、标准等综合研究，特别是关注实证研究与相关实践，分析研究新工科的内涵、特征、规律和发展趋势等，推动新工科专业的研究与探索，以及传统工科专业的更新升级，开展工程学科跨学科教学与跨学科研究，形成可操作的培养方案，培养“活生生”的人，这是实现新工科面向新经济、面向未来、面向世界的发展目标的有效路径。

1. 以“关注两个主体”为核心，转变教学理念，打破教育壁垒

教师和学生是工程教育教学活动的两大主体，主体之间的深度互动是根本。长期以来，我们的教育是以教师为中心的教育，而不是以学生为中心的教育，即老师教什么，学生学什么，而不去启发学生主动思考，没能激发学生的潜能，这是教育很大的一个缺憾。加快建设和发展“新工科”，首先要从“以教师为中心”的“传道、受业、解惑”逐步走向“以学生为中心”的“悟道、求业、生惑”的新境界，加大学生选择空间，方便学生跨专业跨校学习，增强师生互动，改革教学方法和考核方式，尽可能地引导学生主动学习、主动实践，鼓励学生悟道、问道、寻道，启发学生求是、求真、求业，在此过程中产生更大的疑惑、焕发更大的激情，让学生更好地成为自己，从而培养创新创业人才，助推中华民族伟大复兴。

工程教育的重要特征之一是“动手”，与“动手”相关联的是“动口”、“动笔”、“动脑”、“动心”，“动”的过程是能力不断提升的过程，更是兴趣不断浓郁的过程。

2. 以“培养两个能力”为目标，强化市场适应，提升工程创新

高校专业知识的更新速度永远赶不上企业的发展，高校不可能培养出企业需要的无缝衔接的人才，拥有更强的创新能力、变通能力、适应能力的工程人才才能更好的服务于国家战略发展，进而提升我国工程教育的整体实力与国际竞争力。因此，**新工科的内涵应在于提高学生适应变化能力与工程创新能力**。2015 年李克强总理在政府工作报告提出“大众创业，万众创新”，希望在 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”的新态势。但目前大学生普遍存在创新精神与创新能力不足的情况，主要原因在于：一是应试教育压抑了学生们的创新热情，形成了传统思维的惯性；二是学校及社会的文化氛围没有给学生提供创新的动力；三是学校缺乏或不重视学生创新能力培养方面的软硬件建设，等等。因此，迫切需要更新教育理念、改善教育环境、优化教育设施、变革教育模式，提升大学生的创新素养。

要从知识为先真正转向能力为要，必须通过学生评价加以牵引，真正让“考生”变为学生，让目前实际呈现的奖“考”金真正成为奖“学”金、奖“研”金、奖“创”金；让目前的“低头族”课堂真正转变为“强互动”课堂，充分激发师生的活力、创新力和创造力。

3. 以“做好两个保证”为牵引，立足专业底线，推动星级拔尖

随着经济全球化发展，高等工程教育的国际化趋势也越来越明晰，加快建设和发展“新工科”，既要基于“底线思维”做好专业国际认证，又要基于“拔尖思维”做好专业星级评定，逐步形成具有国际实质等效的工程教育质量监控和保障体系，这既是我国工程人才培养质量的重要保证，也是我国高等工程教育参与国际竞争的重要基础，同时，也为将来与工程师制度的衔接奠定了良好的基础。

一方面，立足专业底线，遵从国际标准。我国工程教育专业认证基于“底线思维”，主要采用国际通用的以成果为导向的理念和标准，以“教育产出”作为工程教育的认证门槛，重点关注毕业学生的沟通能力、合作能力、专业知识技能、终生学习的能力及健全的世界观和责任感等，截至2015年底，我国已对533个专业点进行了认证，涉及17个专业领域；

另一方面，推动专业拔尖，构建星级评价。在加快建设和发展“新工科”的过程中，除了把牢专业认证底线，还应树立工程专业的“星级标杆”，以“拔尖思维”，通过试点开展星级专业评价工作，逐步建立工程教育质量社会评价机制，鼓励利益相关方以多种方式评价工程教育质量。鼓励第三方机构发布企业对人才培养贡献度报告，将接纳学生实习、教师践习作为重要指标。鼓励行业发布高校对行业发展贡献度报告。继续实施工程教育专业认证。开展星级专业评价试点工作。委托相关行业协会（学会）等第三方机构制订制造业相关工程技术人员的从业（执业）标准和水平评价标准，建立制造业工程师执业资格制度。建立完善制造业相关本科专业类教学质量国家标准，研究生相关学科学位基本要求，积极与国际标准接轨。推动高校确定专业人才培养定位，制订专业人才培养标准，修订人才培养方案。提升人才培养对产业、行业企业人才需求的适应性和匹配性。

4. 以“融通两个空间”为手段，创新教学方法，激发学习动力

伴随着信息技术和网络技术的普及与飞速发展，以移动互联网、社交网络、云计算、大数据为特征的新一代信息技术的发展，正在改变人们的工作方式和生活方式^[19]，同样也给工程教育带来了新的机遇，知识的获取已经不存在障碍，但学生的学习动力、注意力变成了稀缺资源，必须根据学生志趣调整教育教学的方式方法，提高教学效率和效益，通过融通线下与线上两个空间，推进信息技术与教育教学深度融合，充分实现“以教为主”向“以学为主”转变、“以课堂为主”向“课内外结合”转变及“以

结果评价为主”向“结果过程结合”转变，借鉴学习科学的最新研究成果，丰富教学方法，加强师生互动，增强学生的“向学力”，提高工科人才培养的质量。

融通线下与线上两个空间，探索工程人才培养的新型教学方法。如果说传统的面授课堂是“同时同地”的模式，那么在不同学校之间可以探索“同时异地”的直播课堂教学模式，在“异时异地”的录像模式下，或许学生学习兴趣难以持续，然而“异时异地”+“随时随地”+“线上空间”的MOOC（Massive Open Online Course，大规模在线开放课程，又称慕课）模式则具有较大的发展空间，而培养工程科技创新和产业创新人才，SPOC（Small Private Online Course，又称私播课）模式可能更为有效，同时引入翻转课堂，从而从根本上撼动“单向灌输”的陈年陋习，倒逼教师将更多的精力用于教学，如果每门课程都走出象牙塔，接受社会的评头论足，教师就不得不在教学上多花力气。

融通线下与线上两个空间，构建以学习者为中心的工程教育生态。一方面，推进高校学分制改革，探索建立与学分制相适应的课程设置、学籍管理、质量监控、考核评价等教学管理制度，加强教学方法和教学手段的改革，将精心组织的教学资源、教学过程以在线课程的形式呈现出来，根据课程要求，学生可以掌握学习的主动权，自主选择在线学习的时间和地点，控制学习内容与进度，方便学生跨专业跨学校进行学分认定与转换，加快管理者本位向以学习者为中心的转变；另一方面，可以更好地实现“高足弟子传授”的教学方式，解放教师的同时又满足了学生个性化的学习需要，将传统的被动灌输的填鸭式被动学习模式转变为自主互助的探究式主动学习模式，一旦“工程教育生态”中的学习者达到一定规模，教师提出问题就会有一些优秀的学生去回答、去引领，教师不用一一解答，只要负责监控和引导，真正实现从“以教学为中心”向“以学习为中心”的转变。

5. 以“协调两个平台”为保障，引入市场力量，强化校企合作

我国高层次工程人才的培养应当构建以高校为主体的多元协同体系，由高校、政府、企业、科研机构、行业协会等多主体共同参与，发挥校内平台与校外平台的联合效用，加快建设和发展“新工科”。

一方面，优化校内协同育人平台。切实转变思想观念，提高对高层次工程人才培养的重视程度，以工程教育产学研合作为途径的教育教学模式，根据不同专业特点和实际业务环节建立切实可行的实践性教学体系，加大资金投入，加强师资队伍能力建

设,通过建立跨学科交融的新型机构、未来技术学院、产业化学院等方式,突破体制机制瓶颈,为跨院系、跨学科、跨专业交叉培养新工科人才提供平台保障;

另一方面,完善校外企业实践平台。以市场需求为导向,以企业为主体,围绕提升学生适应变化能力与工程创新能力,汇聚行业部门、科研院所、企业优势资源,**加强双师型教师队伍建设,建设教育、培训、研发一体的共享型协同育人实践平台。**通过引进制造业领军人才和紧缺人才,推进高水平大学和大中型企业共建“双师型”教师培养培训基地;推行高校工程师实践型师资计划,增强工科教师现场工程经验,探索“学历教育+企业实训”的培养办法;完善科教结合、产学研融合、校企合作的协同育人模式,积极推进企业与高校的合作共建工作,增强合作深度和广度,完善企业考核体系和分配激励机制,调动发挥技术人员参与人才培养多主体合作的积极性。

四、“新工科”建设和发展的思考与探索

1. 主辅修与本研贯通模式——“工程教育贯通体”

以“复合”为导向,构建主辅贯通的人才培养模式。构建系列工科的“微专业”模式,如设计20个学分左右的专业核心课程,一方面是对传统专业升级改造的过程,另一方面又为其他门类或是工科其他专业学生提供辅修途径。如果一个学校有1/3学生开展了“微专业”辅修,则复合式人才培养的特色已经可以得到很好的体现。浙大已实践23年的工程教育高级班、18年的创新创业管理强化班、13年的公共管理强化班,就是面向所有专业开设的辅修班,取得了良好的培养成效。也曾开设“创新设计”辅修班,面向全校所有专业的大三学生开放选修课程,使不同学科背景的学生在课程训练中共同参与创新的科技设计,跨学科交流、沟通和合作,与新加坡科技设计大学(SUTD)的教育合作也在推动中新两国的设计教学进程。

以“效率”为核心,构建本研贯通的人才培养体系。本研贯通有几种模式:一是国内的本科+国外的硕士,如2+2或2+3等。二是国内的本科+硕士,如立足于促进现有工科的交叉复合,设置**“1+2.5+1.5”设计型工程人才培养模式**,坚持校企联盟战略,由校企双方联合设立工程硕士双导师,共同承担学生的学习、实践指导工作,通过1年校内通识基础教育,2.5年校内综合工程教育+创新创业教育,1.5年企业实习及做毕业论文(毕业设计);又如设置**“4+1”管理型工程师培养模式**,修读工学学士,同时辅修或是双修管理学,再从管理学硕士出口;再如设置**“4+2”国际组织工程师培养模式**,修读外语学位,同时修读工学学士,再从相应的工学硕士出口等,从

而打造工程学科专业的升级版，大力培养工程科技创新、产业创新、国际视野新型人才，服务产业转型升级的需要。

2. 浙大竺可桢学院交叉创新平台——“工程教育交叉体”

浙江大学根据当前和未来社会科技发展趋势，结合新工科建设设想，充分发挥学科优势，以学科交叉为特色，开创了机器人+人工智能、金融+数学、计算机+大数据等三个双学位班，2016年已招生100人，受到社会、学生、家长和专家的高度认同，为培养在相关交叉领域具有国际视野的工程人才作出了积极探索。

机器人+人工智能：整合控制科学与工程、计算机科学与技术两大专业顶尖学科资源，注重基础知识与创新实践相结合、学术前沿与社会需求相结合，着重面向信息与自动化、计算机与人工智能等领域的科技前沿，培养具有深厚的理论技术基础、严密的逻辑推理能力、创新的动手实践能力、在机器人和人工智能交叉领域具有国际视野的卓越人才。

金融+数学：是依托经济学院和数学科学学院高水平的科研和教学团队开设的双学位交叉创新班。旨在采用与世界一流大学接轨的课程体系与培养模式，培养具有深厚的理科基础、扎实的现代金融理论、熟练的金融市场实务技能，具有全球视野的交叉复合型高级创新人才。学生将学习金融学专业和数学与应用数学专业的核心课程，具备复合运用金融学和数学方法解决重大金融工程问题和挑战理论难题的创新能力。学生完成学业后将获得经济学和理学双学士学位。

计算机+大数据：为计算机科学与技术 and 统计学两大热门学科深度交融后开设的双学位高尖人才班。旨在培养具有深厚的理科基础、严密灵活的计算思维、熟练的数据分析技巧和强大的计算机运用能力之综合性人才。学生将通过学习计算机与统计学专业的基础课程，掌握基本的统计和计算方法，面向商业、社会网络、生物、医疗及交通等领域出现的各类大数据进行建模、分析和计算机模拟。毕业生或者致力于探索大数据时代提出的诸多理论挑战，或者在大数据公司担任分析师，解决重大的工程问题。

3. 工程教育专业委员会千生计划——“工程教育共同体”

工程教育专业委员会千生计划是由中国高等教育学会工程教育专业委员会发起、浙江大学牵头、各大高校联动的共建大学生校企实践项目。该项目旨在通过征选全国范围内的制造业企业、科技型企业，打造共商、共建、共享的工程教育共同体，形成校企长期稳定合作关系，推动大学生实习实践工作，强化企业社会责任，拓宽企业人才引进渠道，探究产学研一体化联合培养人才的新模式。

转变教育理念,构建 126 模式。千生计划始终坚持 1 个中心,即“以学生为中心”,融合校内和校外 2 个平台,动员教务、学院、带队教师、企业,车间,指导教师 6 个角色,建构“126”工程教育新结构;通过大一暑期为期 1 个月的认知实习、大二暑期为期 2 个月的生产实习以及大三大四为期 6 个月的毕业设计,打造“126”工程实践全过程,稳步推进学生实践教学活动的开展,进一步提高工程教育实践教学质量,提升工程人才能力素质;

多元主体参与,深化产学合作。通过校企联合制定培养目标和培养方案、共同建设课程与开发教程、共建实验室和实训实习基地、合作培养培训师资、合作开展研究等,鼓励行业企业参与到教育教学各个环节中,首批认定千生计划企业 42 家,实习生需求达 3000 人,将由企业提供食宿条件,今年暑期以安排一个月左右的实习为主,也可同步推进 2 个月左右、6 个月左右的实习,推进 126 模式真正落地。

五、总结与展望

国家正在实施创新驱动发展、“中国制造 2025”、“互联网+”、“网络强国”、“一带一路”等重大战略,建设与发展“新工科”已然成为当前社会产业升级与发展的必然要求;成为提高国家未来竞争力,赢得全球市场竞争的重要途径;成为深化高校工程教育范式改革,满足国家产业经济发展的现实需求。“新工科”的研究与实践,更需要打破学科壁垒、越过专业藩篱、打通本研隔断、消除校企隔阂、激发师生热情,关注理论、机制、路径、模式、特征、特色、标准等综合研究,特别是关注实证研究与相关实践,关注教师和学生两个主体,做好专业论证和专业认定两个保证,充分发挥线上线下互动优势,强化高校、政府、企业等社会力量的协同育人功能,培养具有工程创新能力和适应未来变化能力的工程科技人才。

不断探索工程教育的贯通体、交叉体和共同体,面向当前和未来产业发展急需,主动优化学科专业布局,促进现有工科的交叉复合、工科与其他学科的交叉融合,积极发展新兴工科,拓展工科专业的内涵和建设重点,打造工程学科专业的升级版,大力培养工程科技创新和产业创新人才,服务产业转型升级,加快推进我国从工程教育大国走向工程教育强国。

(作者介绍:陆国栋,浙江大学本科生院常务副院长、教授,博士生导师;李拓宇,浙江大学中国科教战略研究院博士研究生。)

来源:《中国工程教育研究》

责编:苏晓亚

林建：面向未来的中国新工科建设

世界范围内新一轮的科技革命和产业变革以及席卷全球的新经济的蓬勃发展对工程教育的改革和发展提出了新的挑战，“新工科”建设的提出正是对这一挑战作出的积极回应。对新工科系统深入的研究是新工科建设得以顺利开展并取得预期成果的关键，基于此，本文从新工科的内涵与特征、新工科的建设目标、新工科建设的总体思路、不同类型高校新工科的建设以及新工科专业建设的重点等五个方面进行分析和研究，试图清晰地回答新工科建设中必须理清的概念、内涵、目标、思路、分类、重点等方面的重要问题并提出相应的措施建议，以期为各类高校开展新工科建设提供参考和借鉴。

一、新工科的内涵与特征

在“新工科”中，“工科”是指工程学科，“新”包含三方面涵义，即“新兴”、“新型”和“新生”。

对新工科的理解首先要突破传统的对学科的思维定式。学科是人类根据自身对客观世界的认识而对科学的知识体系根据其共性特征而进行的学术划分，因此，学科分类具有人类认识上的局限性和主观性以及人类社会发展的历史烙印。但是，新经济的发展及其产业变革不会因为人类对学科的界定而局限在某门学科内，也必然突破原有的学科界限和产业划分。在分析新工科的内涵与特征时，首先要突破人们原有对“工科”的界定，超越传统工科专业的设置；要根据科技革命和产业变革的需要以及新经济发展的趋势来理解和认识新的工程学科及其范畴，赋予其跨越现有学科界限和产业边界的新的内涵。

“新兴”指的是全新出现、前所未有的新学科，主要指从其他非工科的学科门类，如应用理科等一些基础学科，孕育、延伸和拓展出来的面向未来新技术和新产业发展的学科。这些学科不仅孕育了一批以新能源、新材料、生物科学为代表的新技术，而且催生了一批如光伏、锂离子电池和基因工程为代表的新产业。简而言之，由基础学科孕育的新技术通过产业化后就形成了新产业。值得注意的是，虽然这些学科可能以某一现有学科为背景，但在发展初期仍存在着内涵不确定和特征不清楚的特点，需要在形成和发展过程中不断明确和清晰。

“新型”指的是对传统的、现有的（旧）学科进行转型、改造和升级，包括对内

涵的拓展、培养目标和标准的转变或提高、培养模式的改革和创新等，而形成的新学科。转型前的学科虽然可能是工程学科中的重要学科，具有发展历史悠久、在国民经济建设中不可或缺等特点，如机械、土木、化工等，但面临着我国产业的转型升级，尤其是互联网和人工智能对传统产业产生的颠覆性影响而引发的对这些产业的改造以及运用及其他高新技术对传统产业的改造，这些学科需要针对当前和未来产业发展的急需进行转型改造成为新型工科。

“新生”指的是由不同学科交叉，包括现有不同工程学科的交叉复合、工程学科与其他学科的交叉融合等而产生出来的新学科。不同工科的交叉复合可以是两个以上的工科的交叉，如将机械、计算机和控制交叉，这些都是现代产业发展的趋势。工科与其他学科的交叉融合可以是工科与理科、管理、经济、人文、医学、新闻、法律等其他学科的交融，这些是现代产业发展的需要，其中工科与理科的结合强化了工科的基础内涵，赋予了新的发展空间和潜力；工科与管理 / 经济等人文学科的结合彰显了工科的管理、服务和人文的特色。

总而言之，新工科代表的是最新的产业或行业发展方向，指的是正在形成的或将要形成的新的工程学科。从新经济的发展模式看，新经济强调以产业链的整合替代传统学科专业化的分工，互联网的超强跨界渗透能力形成了“互联网+”的产业创新模式，因此，在新工科建设时要注意一批具有跨行业界限、跨学科界限的跨界特征的新学科。

新工科大体上有引领性、交融性、创新性、跨界性和发展性等几个特征。

引领性是新工科的前沿特征，表现在高等教育系统内外两方面。在高等教育内部，新工科的建设和发展将为其他学科和专业的建设、以及其他专业人才培养各个环节的改革和发展起到引领和示范作用；在高等教育外部，新工科的超前布局和建设将孕育出新技术，进而通过新技术的产业化支撑引领新产业的形成。由此可见，新工科的建设具有超越自身的重要意义。

交融性是新工科的学科特征，表现在新工科往往是由多个学科的交叉、融合、渗透或拓展而形成的，以落实新经济强调的绿色、智能、泛在等理念。这一特征使得新工科较传统的（旧）工科而言，内涵更复杂、建设难度更大、需要投入的资源更多。因此，政府和高校对新工科的建设需要予以更多的政策支持和资源投入。

创新性是新工科的属性特征，是新工科的价值所在，是国家经济社会发展对新工科本质属性提出的要求。新工科的建设是服务以新技术、新产业、新业态和新模式为

特点的新经济发展，寻求我国在核心关键技术上的突破，在未来全球创新生态系统中占据战略制高点，因此，在技术、产业和模式上的创新以及创新人才培养模式是新工科的主要任务。

跨界性是新工科的产业特征，是新工科围绕产业链整合需要而在自身构成中必须具有的跨越原有产业和行业界限的特征。这一特征反映了产业当前和未来发展对新工科的要求，将影响着新工科建设的内涵、构成及其专业建设重点。

发展性是新工科的动态特征，表现为新工科在建设过程中需要不断完善和在发展过程中需要不断调整，这些是由新工科的性质所决定的。新工科在建设初期，存在着对其内涵、性质和边界不确定或不清晰的情况，需要日后继续完善；新工科在发展中需要根据产业发展变化和趋势对学科内涵、要素等进行及时和超前的调整。

二、新工科的建设目标

对一所高校而言，不论其属于何种类型，新工科建设最核心的任务是三方面：学科人才队伍建设、学科领域的学术研究和学科专业的人才培养。队伍建设是学科建设的根本，是开展学科领域学术研究和学科专业人才培养的前提和保障，需要通过对相关学科专业教师的队伍组建、在职培养、人才引进等多种方式进行。学术研究是学科建设的基础，涉及学科理论、方法和知识体系的构建，学科当前、前沿和未来问题的研究，以及学科专业课程体系的构建等，并为日后参与产业改造升级、新产业生成、校企合作和社会服务等打下基础。人才培养是新工科建设满足行业和产业的当前和未来发展需要最重要、最核心的任务，与学科领域的学术研究相辅相成，既需要后者的研究成果用于教育教学，又对后者起到促进和推动作用。

高等教育在中华民族伟大复兴中具有不可忽视的地位和作用，就行业和产业发展对工程学科的高度期待和工程学科对国家经济社会发展应当承担的重大使命而言，新工科的建设和发展应该重点落脚在新工科专业建设及其人才培养上。从这个意义上，新工科建设的主要目标可以表述为：“主动布局、设置和建设服务国家战略、满足产业需求、面向未来发展的工程学科与专业，培养造就一批具有创新创业能力、跨界整合能力、高素质的各类交叉复合型卓越工程科技人才”。

“服务国家战略”指的是新工科要主动服务国家提出的一系列重大战略，包括创新驱动发展、“一带一路”、“中国制造 2025”、“互联网+”等。这些国家战略以实现中国梦为总目标，强调建设创新型国家、实现中国经济整体快速发展、实现制造强国、推动产业转型升级等。新工科建设就是要根据实现上述国家战略目标和任务的

需要，主动布局、设置、建设和发展相关新工科专业。

“满足产业需求”指的是新工科要在我国经济发展方式转变、新旧动能转换、产业结构转型升级，新技术、新产业、新业态和新模式蓬勃发展的环境下，培养出当前产业和行业急需的各种层次和类型的卓越工程科技人才。

需要着重强调的是，《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》提出的节能环保、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七大战略性新兴产业，是以重大技术突破和重大发展需求为基础，对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用，知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好的产业，在“十二五”期间得到快速发展，这些产业当前所需的人才仍然是需要新工科专业去培养的。

“面向未来发展”指的是高等学校要把握行业产业未来发展方向，预测未来对各种类型工程科技人才的需求，提前布局、建设和发展产业未来发展需要的新的学科专业，及时培养引领未来和产业未来的卓越工程科技人才。同样需要强调的是，为了以全球视野前瞻布局前沿技术研发，不断催生新产业，在若干战略必争领域形成独特优势，掌握未来产业发展主动权，为经济社会持续发展提供战略储备、拓展战略空间，

《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》提出超前布局四个战略性新兴产业：空天海洋领域、信息网络领域、生物技术领域和核技术领域等，以培育我国未来发展新优势。这些面向未来发展的产业正是新工科需要提前布局和建设的。

事实上，不论一个国家的经济社会发展到什么水平和阶段，工程教育始终要以服务国家战略、满足产业需求和面向未来发展为自身的历史使命和社会责任以及改革发展的方向和源动力。必须指出两点：第一、服务国家战略、满足产业需求和面向未来发展这三方面均蕴含着面向世界培养卓越工程科技人才这一要求。国家战略的国际视野和全球定位、中国企业“走出去”拓展和国际合作、新经济发展的全球化、以及高等教育强国战略等等，都要求新工科专业培养的人才具有国际视野和全球胜任力。第二、新经济是一个不断发展、动态变化的概念，国家战略、行业产业和未来发展对工程科技人才的需求均是动态变化的，因此，通过对未来人才需求的研究和预测，准确把握、及时更新和动态调整新经济发展对各类工程科技人才的需求，调整新工科专业结构及其布局，应该成为各类高等学校新工科建设中的一项常态性的工作。

创新创业能力是对新工科培养的工程科技人才的首要能力要求。创业能力是新产业形成和发展的基础，是产业和行业主导者必须具备的基本能力。创新是引领和驱动

产业和经济发展的主要动力，是产业和行业得以发展并赢得市场竞争的保障，是产业和行业的工程科技骨干必须具备的核心能力。在未来的市场竞争中，创新周期越来越短、技术创新越来越快、产业更新更加频繁、发展模式更加多元，这些均要求工程科技人才必须具备创新创业能力。

跨界整合能力是新产业形成及其持续发展所需要的。一方面，“互联网+”的产业创新模式要求对当前的多个关联产业进行改造和整合以形成新的产业；另一方面，新的产业形态和新的产业发展模式的出现也要求对未来的产业进行跨界改造、完善或整合以保证产业能够以最佳的形态和有效的模式持续发展。由此可见，作为新产业的工程科技人才还必须具备跨界整合能力。

高素质指的是新工科培养的卓越工程科技人才在专业能力之外所必须拥有的高水准的社会能力、职业素养和伦理道德等素质。交叉复合型指的是工程科技人才应具有多学科交叉的知识、理论和专业基础，具备解决交叉复合问题的专业能力和综合素质。

从以上对新工科建设目标内涵的具体分析可知，在开展研究和实践新工科建设时必须在其前赋予“中国”二字，即在新工科专业建设及其人才培养时要强调中国背景、中国需要、中国标准、中国模式、中国特色和扎根中国，这是对新工科建设的本土化要求。

三、新工科建设的总体思路

高校新工科建设的总体思路与传统的学科建设的思路的主要区别有三：一是要站在国家、产业和未来的角度看待新工科建设，即从以往的学科导向转向国家战略视角下的产业和未来需求导向；二是要突破传统的学科界限，即从以往单一学科视角转向跨越学科界限的交叉融合视野；三是要从时代赋予高等教育新使命的角度看待新工科建设的作用，即从以往的服务和满足行业产业发展转向服务满足与支撑引领产业行业发展并重。以上区别关系到如下新工科建设的总体思路的设计。

1. 研究及预测未来国家和产业发展需求和方向

建设新工科的第一步是要把握国家及产业的未来需求和发展方向，这一方面是由学科建设和专业人才培养的周期决定的，另一方面是新工科的引领性所决定的。

对国家及产业未来需求和发展方向的把握需要通过深入的研究和预测才能获得，而不能像传统的学科建设那样仅通过简单的市场调研和分析。具体的研究可以通过成立由校内不同学科的相关专家和校外行业研究院所及企业专家组成的专门团队来完成。通过对国家发展战略、国家战略性新兴产业发展规划、产业发展前沿领域和未来

发展的国际趋势，以及我国与发达国家产业发展的比较等的研究和预测，清晰地把握未来国家及产业的发展需求和方向。研究的重点应该在与本校学科专业相关的产业领域和方向上。

2. 统筹分析全校资源、确定待建新工科

面对清晰的国家 and 产业的未来需求和发展方向，高校需要通过统筹分析本校的学科专业现状和发展潜力，知道能够设置并建设好那些新的工程学科和专业。具体而言，大致需要做两方面的工作：一是确定本校能够做什么；二是回答本校能够做好什么。

首先，针对国家和产业发展需求和分析，从跨学科专业的角度分析高校能够建设那些新工科。这方面需要打破校内现有的学科专业界限，统筹考虑全校各种教育和研究资源，确定本校在“新兴”、“新型”和“新生”工程学科上能够布局和设置那些新工科。其次，需要将这些初步提出的“新工科”与国内同类型院校可能设置的“新工科”进行比较分析，重点在本校具有的优势和特色上，然后从中确定具有明显优势和潜力并有资源投入保障的那些作为待建的新工科。在确定本校待建新工科时必须重视两点：一是要注重新工科与产业的直接对接；二是要有充分详实的能够建好新工科的可行性分析和论证。

3. 规划、设置和组建新工科专业

新工科规划。对待建的新工科，高校首先要明确新工科建设在学校发展中的地位，并根据国家和产业发展对新工科及其人才的需求时间以及本校的实际情况，进行整体的规划，制定出本校新工科建设的发展战略，并分解到学校每年的年度工作要点中予以落实。

新工科设置。新工科设置是高校全校性的工作，涉及到相关院系、学科和专业以及学校多个部门，因此，学校层面的统筹和协调、相关院系和部门之间的沟通以及树立全局意识等是必不可少的。新工科设置是针对每一新工科专业，主要包括：明确学科及专业负责人，确定学科和专业组织架构，明确教师队伍数量、层次和结构，制定学科专业发展计划等。

新工科组建。这方面高校需要决定：是按照传统的实体院系架构组建，还是结合新工科的特征不设实体院系。这需要高校根据自身的情况分析和研究，以最有利于新工科建设、发展和人才培养为准则决定采取何种模式组建新工科。具体讨论详见本文第五节（1）新工科平台的构建。

4. 开展新工科建设和学科研究

开展学科专业建设是新工科组建后需要尽快启动的工作，除了与传统学科专业建设类似的工作外，新工科建设还要重视：建立学科专业与外部产业部门和行业企业的联系；注重从产业部门、行业企业和科研院所引进或聘请业界专家充实教师队伍；争取各级政府、产业行业和社会各界在政策、经费和其他教育资源的支持；开展新工科的研究。

在上述各项工作中，学科研究不仅是新工科建设的一项重要基础性工作，关系到从专业建设、培养方案制定到课程内容形成和选择等多方面，而且是新工科的学科发展和专业建设能够持续服务、支撑和引领新产业发展的一项保障性工作。应该成立跨院系、跨学科的交叉研究和未来研究机构或学术组织，以科学研究带动新工科布局、建设和发展。学科研究既要重视与学科专业对接的产业部门、行业企业和科研院所的合作，也要重视跨产业、跨部门以及与境外机构的合作。

5. 搭建新工科专业大类招生和培养平台

新工科专业人才培养是新工科建设接下来的一项十分重要的工作，根据新工科专业是源于传统多学科的交叉融合和不同产业的跨界整合的特点，高校应该注重发挥本校的整体优势，将新工科的整个学科作为大类，搭建新工科专业大类招生和培养的平台。

大类招生在于实施大类培养，它对新工科专业人才培养的作用在于：能够大幅提高学生的通识教育素养，了解相关专业的知识体系、学科发展和相互联系，有利于学生更好地理解新工科专业的内涵和特征；能够帮助学生在充分了解新工科学科专业的基础上，结合自身的兴趣和特长，找到最适合自己的专业方向，有利于学生的个性化培养；能够加强通识教育和专业教育的相互融合，促进专业教育教学的改革，给予学生学习上更大的主动性，有利于新工科创新创业教育和整个专业教育的开展。

6. 构建新工科专业人才培养质量保障体系

为了保证新工科专业培养的工程技术人才能够满足国家和产业当前和未来发展的要求，高校需要建立相应的人才培养质量保障体系，由质量标准体系、组织结构、保障主体和运行机制四个方面构成一个有机整体

新工科的内涵和特征决定着其人才培养质量保障体系与传统专业人才培养质量保障体系有两方面主要差异：第一，要以面向未来和引领产业发展为目标，提出具有多维度、多元化、包容性和开放性的新工科人才培养的质量标准；第二，要以产业当

前需求和未来发展为导向，建立外部驱动的质量持续改进机制。

7. 建立专业动态调整机制

建立专业动态调整机制对新工科而言尤其重要。伴随着新经济的快速发展，新技术、新产业、新业态和新模式调整和迭代的周期将不断缩短，国家和产业未来对新工科专业及其人才培养的要求变化将成为常态，因此，高校需要建立新工科专业的动态调整机制，以及时调整新工科专业设置、修改或完善人才培养方向、目标、标准、方案、模式以及课程和教学内容等，从而保证所培养的工程技术人才不会滞后而是超前于国家和产业发展对新工科人才的要求。

四、不同类型高校新工科的建设

占我国高校总数 92% 的学校设置了工科专业，这些高校存在着服务面向、办学定位、学校类型、办学层次等诸多方面的不同，因此，新工科的建设应该根据学校类型，有重点、有区别地开展，以充分发挥各种类型高校在新工科建设上各自的不同优势。然而，不论何种类型的高校开展新工科建设，均需要遵循以下建设原则。

首先，针对服务面向。不同类型高校均有各自不同的服务面向，就人才培养角度而言，服务面向指的是毕业生主要的就业区域和行业领域，或者说是高校人才培养主要面向的地区和行业领域。正是这些区域和领域，高校有着长期积累的广泛的社会基础和行业企业联系，不仅最了解这些区域和领域需要什么样的人，而且最能够与这些区域和领域内的产业、企业及科研院所开展产学研合作教育，从而培养出“适销对路”的人才。因此，针对服务面向原则就是要针对服务面向地区和领域的需要，针对性地培养新工科专业人才。

其次，发挥整体优势。不同类型高校，不论其规模大小、办学层次、校史长短，都会由于其发展历史、学科结构、专业设置以及与经济社会发展的关系使得各自具有自身的整体优势。基于对传统学科的突破、转型、改造、交叉和融合的新工科的建设和发展，需要的是多学科的支持、多种资源的投入和广泛的产业基础，因此，不同类型高校的整体优势正是各自建设好本校新工科的优势，应该予以充分发挥。

第三，突出培养特色。不论何种类型的高校，均在其长期的发展过程中积累和形成了与众不同的人才培养特色，这种特色符合新技术、新产业和新经济对人才多样化的需求，也是每一所高校的毕业生能够获得社会接受的根本原因。因此，在新工科建设过程中注重和突出本校的人才培养特色就显得尤其重要，需要每一所高校在达到新

工科专业人才培养共性要求的情况下，突出本校个性化的特色培养。

根据不同的目的，高校有可以有不同的分类，根据新工科建设和人才培养的需要，可以将高校分为工科优势高校、综合性高校、行业性高校和一般地方高校四类，他们在新工科建设上有着各自不同的重点，但都需要做好新工科的研究和实践两方面工作。

1. 工科优势高校

这类院校的主要特点是：办学历史长、工科优势明显、工科门类齐全、产业联系紧密等。它们多数是“985工程”、“211工程”高校或教育部直属等部属高校，其中一些是世界“双一流”建设高校，应该在我国新工科建设和工程教育改革和发展中为其他类型高校提供经验和借鉴，起到示范和引领作用。

工科优势高校在新工科建设上应该做到“广而强”，即新工科建设门类要尽可能多、覆盖面广，力求把每个新工科建成强势学科专业。主要聚焦国家发展战略、国际新技术和新产业发展、国家战略性新兴产业、高端制造业等前沿和未来领域。新工科建设重点应该在“新生”工科。

首先，要发挥高校自身的工科优势以及与行业产业紧密联系的优势，优化专业结构，推动现有工科之间的交叉复合、工科与其他学科的交叉融合，由此产生新的工程学科。其次，新工科研究的重点应该包括：国际新技术、新产业和新经济的发展趋势；欧美主要发达国家工程学科建设、专业设置及人才培养的比较研究；中国新工科构成的结构分析和新工科人才培养的模式研究。第三，新工科实践的重点应该在卓越工程人才培养上，聚焦新材料、新能源、生物技术、信息技术、智能制造等领域的交叉学科专业的建设和发展，既要重视与国际一流理工科大学的合作，也要加强与产业部门及国内外产业领先企业的合作，注重培养学生的创新创业能力、工程领导力、战略意识和国际视野、全球胜任力等核心能力和素质。

以工科为主的学科交叉而产生出来的新的工程学科应该占新工科的最大比例。交叉形式包括工科与工科、工科与理科、工科与其他学科等。要注意不同生成形式产生的新工科在人才培养模式、教育教学方法以及产学研合作教育上的差异，强调工程教育与科学教育和人文教育的结合。

在重视“新生”工科的同时，优势工科高校还应注重本校的“新型”工科，即对传统工科专业的改造、转型和升级，尤其是推进互联网、人工智能、信息技术、大数据、经济管理、法律艺术等与传统工科专业的深度融合。

2. 综合性高校

这类院校的主要特点是：办学历史长，文、理、医、商等学科综合优势明显、门类齐全，部分学校有少量工科专业。它们基本是“985工程”、“211工程”高校或教育部直属高校，其中一些也是世界“双一流”建设高校。

综合性高校在工程学科建设上不应追求大而全，而应该做到“少而精”，即新工科建设门类要少、仅覆盖有限领域，力求把每个新工科建成“精品”。应该注重发展那些与学校办学定位和办学特色适应并能够促进其他门类学科发展的工程学科。主要聚焦与国家发展战略密切相关、处于前沿领域的国际新产业和未来技术的发展和趋势。新工科建设的重点应该在“新兴”工科。

首先，要发挥学科综合优势，面向未来新技术和新产业的发展，推动文、理、医、商等学科与工科学科交叉融合和跨界整合，尤其是推动应用理科向工科延伸，由此形成新的工程学科。其次，新工科研究的重点应该包括：世界高水平综合性大学工科学科建设、专业设置及人才培养情况的比较研究；科学教育、工程教育与人文教育相结合的工科人才培养模式；综合性高校与优势工科高校工程人才培养模式的比较研究。第三，新工科实践的重点应该在复合型工程科技人才培养上，聚焦信息、生物、新材料、新能源等领域的交叉学科专业的建设和发展，既要重视与国际一流大学的合作，也要加强与国内外产业领先企业的合作。

3. 行业性高校

这类院校的主要特点是：办学历史较长，主要聚焦于如农林、水利、地矿、石油、交通、电子等某些行业领域，在主要学科领域专业设置齐全、与产业联系紧密等。它们中一些是“211工程”高校或教育部直属高校，其余属地方院校。

行业性高校在新工科建设上应该做到“专而深”，即新工科建设要凸显学校在行业领域的专业优势，专门集中在与行业联系紧密的门类上，力求把这些新工科建成有深度、有特色的学科专业。主要聚焦关联行业和产业当前急需和未来需要的领域，涉及国家发展战略、国家战略性新兴产业、我国优势产业等领域。新工科建设重点应该在“新型”工科。

首先，要发挥与行业产业联系紧密的优势，面向相关行业和产业当前需求和未来发展，推动传统学科的转型、改造和升级，尤其推动移动互联网、物联网、大数据、云计算、智能技术等与传统工科专业的交叉融合，由此形成新的工程学科。与此同时，

要对现有过于细分的学科专业进行整合，使其能够与行业和产业直接对接。其次，新工科研究的重点应该包括：行业性高校在面向新产业发展需求和发展的新工科建设过程中如何保持传统工科特色和行业优势；行业性高校在新经济背景下新工科建设与学校整体发展的关系。第三，新工科实践的重点应该在行业型工程技术人才培养上，聚焦本行业及其产业领域的当前急需和未来发展，关注影响本行业发展的新技术和相关产业，既要重视对传统行业特色工科的转型升级，也要注重在传统工科基础上的新工科建设，更要加强与国内外相关产业领先企业的合作和深度融合。

4. 一般地方高校

这类院校的主要特点是：办学历史往往不长，基本属于以工科为主的多科性院校，与地方经济社会发展联系紧密，学科点跨多个门类、专业设置较为松散、以地方需求为主，毕业生多数在本地就业。这些高校多数隶属地方省级政府，其余隶属地级市政府。

一般地方高校在新工科建设上应该做到“好而实”，即新工科建设要聚焦在地方行业和产业当前和未来需要的学科专业上，以满足地方要求为建设标准，将新工科建设好，将新工科专业人才培养好，毕业生能够直接在新产业一线就业、实干务实。主要聚焦本省市区域经济和产业发展的相关领域、“一带一路”等国家战略、国家战略性新兴产业相关领域等。新工科建设重点应该在“新型”工科。

首先，要发挥与地方经济和产业联系紧密的优势，面向地方企业和产业当前需求和未来发展，推动本校传统学科的整合、转型、改造和升级，改变本校学科门类多而不强的状况，集中有限资源形成新的工程学科。其次，新工科研究的重点应该包括：地方高校如何支撑和引领区域经济和产业的发展；地方高校面向区域主导产业和特色产业，如何与其他类型院校成为互补，构建与区域经济社会发展相适应的学科专业体系；地方高校如何发挥区位优势，在新工科建设过程中形成不同于其他类型高校的学科优势和专业特色。第三，新工科实践的重点应该在应用型工程技术人才培养上，聚焦区域产业及其相关领域的当前急需和未来发展，关注影响区域产业发展的新技术及其相关领域，既要重视对传统工科的转型、改造升级，也要注重对现有学科的跨学科整合；除了继续加强与区域内产业企业的深度合作，还要加强与国内外相关产业领先企业以及其他类型高校的合作。

五、新工科专业建设的重点

新工科建设的重点应该聚焦在与传统工科建设不同且需要高度重视之处，主要包

括新工科平台的构建、新工科人才培养模式、新工科人才创新创业教育、新工科专业产学研合作教育和新工科教育教学质量评价等几方面。

1. 新工科平台的构建

新工科平台的构建是开展新工科学科专业建设、发展和人才培养的重要前提和基础，可以有实体和非实体两种模式，即按照传统工科以院系为实体平台进行学科与专业建设的架构和按照新工科的特征不设实体的由相关院系和学科关联组成的架构，或称跨学科交融的新型组织。

采用传统的院系实体架构构建新工科平台的模式容易为多数教职员工所接受。这种模式关系到相关学科院系的整合重组、各种资源的重新分配以及学校新资源的投入等，涉及到多方利益的博弈，需要学校层面的强力领导、相关院系和部门的支持协调以及教师的理解支持，需要处理好局部与整体、个人与组织、近期目标与远期目标等方面的关系。实体模式新工科平台的优势在于：各种教育和科研资源相对集中，容易在短期内看到建设成效；教师的专职有利于他们集中精力和整个学科队伍建设；适应高校传统的内部管理体制和运行机制，容易为多数教职员工所习惯和接受。

采用不设实体的组织架构构建新工科平台的模式符合新工科的引领性、交融性、创新性、跨界性和发展性等特征。这种模式需要相关学科和院系的沟通协调、协作配合和通力合作，教师由来自校内不同实体院系、不同学科和专业方向的教师以及校外兼职教师组成，他们共同承担新工科的科学研究、专业建设和人才培养工作。非实体新工科平台的优势集中体现在：能够充分利用相关院系和学科长期积累的校内外各种资源，使新工科建设始于较高的起点；对新产业的需求和未来发展具有很强的适应性，能够及时调整学科建设方向和人才培养要求，能够及时调整或重组教师队伍。这些正是实体平台所不具备的。

但是，这种非实体平台的有效运行需要制度和机制的保障：在资源分配上要突破传统的院系利益格局，鼓励学科之间融合，强调教育与科研资源共享；考核制度上要改变以院系为中心的传统评价模式，鼓励教师跨学科专业、跨院系的合作与融合；在管理体制上要转变传统的条块分割的管理模式，促进跨院系跨学科跨部门的协同发展。

不论采用何种架构，教师队伍建设是学科专业建设的核心工作，在引进或聘用教师时要注意教师学科背景的交叉性、知识结构的互补性、年龄结构的合理性、学缘结构的多元性、工作经历的多样性等。

2. 新工科人才培养模式

新工科人才培养模式主要涉及课程体系和教学内容改革、教育教学方式改革、课堂教学与课外学习的关系、通识教育与专业教育的关系等几方面。

课程体系和教学内容改革。首先，新工科多学科交叉融合的内涵和特征决定着对课程体系和教学内容的改革是系统性而不是个体性，即要从整个新工科专业建设的角度，有组织地、系统地、整体地进行课程体系设计、课程设置和教学内容的选择，而不能由每个教师单打独斗，仅根据个人的理解对现有课程进行简单的调整。其次，新技术、新产业和新经济的快速发展，需要定期审视培养方案、课程设置和教学内容，以及时做出需要的调整。

教育教学方式改革。新工科专业明确的培养目标和丰富多变的教学内容要求注重提高学生的学习兴趣、学习参与度、学习效果和能力的培养。要通过教学组织形式设计和教学内容的组织提高学生的学习兴趣；通过研究性学习、专题研讨式、小组合作学习、挑战性学习等方式提高学生学习的参与度；通过共享优质在线教育资源，实施混合式教学方式等提高教学效果；通过以能力为导向的教学设计并辅以过程性评价提高学生的多种能力。

课堂教学与课外学习的关系。新工科人才培养将面临着更严重的课时不足问题，要将课堂教学和课外学习作为人才培养生态环境的互为补充的两个部分，一方面通过线上学习和课下学习提高课堂教学的有效性，另一方面要鼓励并创造条件引导学生利用社团活动、科技竞赛、创新产业实践、专业社会实践等多种方式进行理论联系实际，开展实践能力、应用能力和专业素养的培养。

通识教育与专业教育的关系。虽然不同类型高校在新工科人才培养上对待二者关系上可以根据服务面向的不同而有不同的处理方式，但是，以下两点是一致的：一是强调通识教育对专业教育的支持，包括加强基础科学教育使学生对各种新技术的科学基础有扎实的理解，加强人文科学教育使学生对新业态和新模式的人文元素有清楚的认识等，这些对学生适应日后新技术和新产业的快速发展和变化十分重要；二是新工科要求注重专业教育的包容性、发展性和未来性对通识教育提出了更高的要求，必然促进通识教育的改革。

3. 新工科人才创新创业教育

创新驱动的新产业正在成为全球经济复苏和增长的主要动力，创新创业成为新工科专业人才至关重要的能力。新经济时代创新的主要特点是：成果转化快、创新周期

短、技术更新快、未来因素多、涉及学科广、发展模式多。这对新工科人才的创新创业教育提出更高的要求，要求学生具有更强烈的危机意识和未来意识、更积极的批判性思维、更敏锐的创新意识和发展眼光、更宽阔的全球视野和战略视角、更有效的创新思维和能力、以及更强的市场能力和领导力等。

因此，新工科专业要将创新创业教育融入专业培养方案，以交叉跨界问题、复杂问题和未来前沿问题等为导向，把危机意识、创新精神、创新思维、创新创业能力的培养贯穿工程教育的全过程，通过广泛搭建各种跨行业、跨界的创业孵化基地、创业实习基地、创客空间等创新创业平台，组织形式多样的科技创新活动、创新创业竞赛等，全过程营造创新创业教育氛围，全方位推动创新创业教育深层次融入整个专业教育。

4. 新工科专业产学研合作教育

与传统工科专业产学合作教育不同的是，新工科专业产学研合作教育要强调合作对象的代表性、教育内容的前沿性，并加强与产业研究院所的合作。首先，合作对象应该是与新工科专业相关新产业的代表性企业，具备新产业的特征，在业内处于优秀或引领地位，这样符合新工科专业教育的要求；其次，合作教育的内容应该具有前沿性，即能够真实地反映新材料和新产业当前的发展状况和未来的发展趋势，这样有利于新工科专业人才能力和素质的培养；第三，要加强与新产业相关的研究院所的合作，原因在于这些院所对新产业的未来发展有深入的研究并积累了相关的资料信息，这些正是新工科人才培养所需要的。此外，应该鼓励和支持有条件的高校就以上三方面开展产学研方面的国际合作教育。

为了更好地开展新工科建设，需要为各类高校搭建合作与交流的全国性平台。首先，建议国家相关部委、教育部和行业产业协会协调组织建立单一新工科门类的全国性产学研合作联盟，如“中国生物制造产业产学研合作教育联盟”，这种联盟不仅有利于某一新工科门类的高校在全国范围内建立产学研合作关系，而且也为高校之间、产学研之间搭建了合作交流的平台。其次，建议教育部协调组织建立两类新工科专业协助组，一是各类院校新工科专业协助组如“行业性高校新工科专业协作组”，为同类型高校新工科专业建设提供合作与交流的机会；二是跨院校类型的新工科专业协助组，为不同类型高校在新工科建设、专业人才培养等方面提供学习和借鉴的机会，尤其是从全国新工科专业人才市场需求的角度，这种机会能够促使不同类型高校人才培养的多样化和多元化。当然，高校也可以建立以自身为中心的新工科合作教育联盟，

将与本校新工科专业有合作关系的企业联系起来。

5. 新工科专业教育教学质量评价

质量评价是保证新工科人才培养质量的重要手段，在这方面需要建立质量标准体系、落实培养标准和建立质量评价体系。

质量标准体系的建设。建立类似“卓越工程师教育培养计划”的人才培养质量标准体系，由国家标准、产业标准和学校标准三部分构成。教育部与国家相关部委或工程院负责制定新工科人才培养的国家标准；产业部门或协会基于国家标准负责制定各自产业的新工科人才培养的产业标准；高等学校基于国家标准和产业标准制定本校新工科各个专业人才培养的学校标准。

人才培养标准的落实。新工科专业应该以“卓越计划”为示范，将本校制定的各专业人才培养的学校标准通过分解细化成标准点，逐点落实到本专业的课程和教学环节，而后通过对课程体系和教学内容的改革，完善新工科专业人才培养方案。

质量评价体系的建立。有两种选择：一是借助工程教育认证制度，二是参照工程教育认证制度，其中关键在认证标准。借助现有的工程教育认证制度评价新工科专业人才培养质量，就需要增加、修订或替换认证通用标准和专业补充标准，这是因为：“新兴”和“新生”等新增工科专业不在目前工程教育认证专业目录中，需要扩充工程教育认证专业目录并增加这些专业的认证标准；现有的认证标准显然不能用于对转型、改造升级后的“新型”工科专业的认证，需要进行修订或替换，这将影响对那些还没有转型、改造升级的传统工程专业的认证。鉴于上述问题，可以考虑参照现有工程教育认证制度，将行业标准作为工程教育认证通用标准中的“毕业要求”，建立专门针对新工科专业的认证体系。

新工科建设是一项涉及多产业、多部门、跨学科、跨院系的复杂的、全局性的系统工程，不可能一蹴而就，需要政府、产业和高校的协同努力，需要全校上下的通力合作。但是，通过坚持不懈的研究、实践和不断完善，新工科建设将有力地促进中国工程教育的改革和发展，为中国高等教育改革提供示范和引领，为国际工程教育的改革发展提供“中国模式”和“中国经验”。

（作者介绍：林健，清华大学教育研究院教授，研究方向为高等工程教育、高等学校管理）

来源：《清华大学教育研究》

责编：苏晓亚

夏建国等：“新工科”建设背景下地方高校工程教育改革发展刍议

为推动工程教育改革创新，2017年2月18日，教育部在复旦大学召开高等工程教育发展战略研讨会，会上“新工科”建设“复旦共识”的达成标志着我国工程教育改革是一场众望所归的集体行动；4月8日，教育部在天津大学召开新工科建设研讨会，明确了“新工科”建设行动路线，即“天大行动”，正式拉开了新阶段全国范围工程教育改革的帷幕。时下，“新工科”已成为改革话语中最为醒目的关键词。然而，应该如何解读“新工科”，在“新工科”建设背景下地方高校应如何开展工程教育改革，承担起应有的职责和使命，这是本文探讨的主旨所在。

一、学科演进的逻辑与“新工科”的想象力

学科一词由来已久，作为知识分类的“标识”，兼有权力的意蕴。从词源就可看出端倪，该词“源自一印欧字根……希腊文的教学辞 didasko（教）和拉丁文(di)disco（学）均同。古拉丁文 disciplina 本身已兼有知识（知识体系）及权力（孩童纪律、军纪）之义”^[1]。随着学科的建制化和专门化，其成为现代大学院系结构建立的主要依据。从学科的演进史来看，其呈现出“分化—综合”的理路。在初始阶段，学科仅包括哲学的古典划分和中世纪的“七艺”，13世纪前“七艺”涵盖了知识的分类；17、18世纪科学学会的成立标志着知识划分史上的突破，物理、化学生物等从自然哲学中分门别类并断裂成为独立的自然科学，社会科学从道德哲学中分野，19世纪现代学科基本形成，人文科学成为20世纪遭拒在自然和社会科学之外学科的总称。^[2]学科的划分在保证领域知识系统性的同时割裂了科学的完整性，知识分门别类被德国物理学家普朗克认为是“人类认识的局限性”所致，面对经济社会的发展和社会问题的日益复杂化，固步自封的学科日趋无力，二战后跨学科研究在美国已获得稳固性发展^[3]。

从历史逻辑来看，学科的重构是“常态”，科学技术的发展、知识的累积、范式的变迁、认识的拓展等都对其发生作用，但社会需求是推动学科演进的主要驱动力。迄止今日，学科互涉、学科交叉、跨学科研究、交叉学科建构等学科融合的重要性不仅在高等教育界达成共识，进而上升到国家层面的意志，例如：2006年美国提出培养 STEM（Science, Technology, Engineering, Mathematics）人才，并将其视为全球竞争力的关键，即认识到科学、技术、工程和数学学科之间的联系。“新工科”的提出，

是基于时代境遇、社会需求、工程教育现状和工程学科发展规律综合认知下的反思。首先，是基于对经济社会发展要求的考量。我国社会经济转型阶段，国家战略的实现和新经济快速发展，迫切需要新型工科人才支撑，这对工程学科知识体的改造和工程教育改革提出了新的要求。^[4]再者，是基于对工程学科发展规律的把握。1747年法国波旁王朝在巴黎创办的“路桥学校”标志着现代工程教育的开端^[5]，其土木工程学科延续至今；此后工业化进程促使工程学科不断分化，机械学科、电力学科伴随第一次和第二次产业革命相继出现；第三次工业革命以原子能技术、航天技术、电子计算机的应用为标志，核工程、航天工程和计算机科学等相关学科迅速铺开；随着互联网和智能经济时代的到来，对工程学科知识体改造提出了新要求，同时科技、社会问题日益复杂化，工业的发展创新迫切需要跨学科的人才，多学科整合性思维价值突显^[6]。

关于“新工科”的理解，本文认为有以下几个方面：第一，现代性的反思性介入。“新工科”的提出是对工业社会这个“高度现代性阶段”工程教育现状反思的结果，同时反思将“被引入系统再生产的每一个基础之内，致使思想和行动总是处在连续不断地彼此相互反映的过程之中”^[7]。也就是说反思性将贯穿工程学科的重构和工程教育改革的全程，而学科重构和教育改革的实践行动也将充实“新工科”的内涵。第二，分类指导与学校自主探索。“复旦共识”将学校划分为工科优势高校、综合性高校和地方高校进行分类指导，尊重了高校类型、理念、发展的多元化和复杂化。高校是“新工科”建设的主体，每所学校应按照社会需求和自身特点，明确定位，创新工科建设和工程教育模式，形成各自特色。第三，整合性思维导向的工程学科重构。遵循工程学科发展规律，积极进行工科分支学科间、工科与理科及其他学科间的跨学科和学科交叉探索，促进工程教育知识体重构、知识生产模式创新和知识组织制度变革。第四，工程教育范式引领的工程教育综合改革。“天大行动”提出根据世界高等教育与历次产业革命互动的规律，面向未来技术和产业发展的新趋势和新要求，在总结技术范式、科学范式、工程范式经验的基础上，探索建立新工科范式。意味着“新工科”不是工程教育领域“碎片化”的局部改革，而是以新范式为引领推动学科专业结构、知识体系、工程教育形式、工程教育资源和工程教育标准等全方位的综合改革，最终达成工程教育“新理念、新结构、新模式、新质量、新体系”的目标，实现工程教育与经济社会的协调发展。此外，“新工科”建设目标指向未来，“天大行动”提出的“三步走”战略表明其是长期实践和探索的过程。

总之,“新工科”是一个具有现代性的概念,是我国社会经济转型发展的产物,是针对当前工程教育供给与经济社会发展需求矛盾和工程学科发展规律的“自觉”反思,是对传统工科的扬弃,并内在的指向经济社会发展的未来,旨在为经济社会的发展、科学技术的创新提供智力支持和人才支撑,其路径为以整合性思维引导工程教育知识体重构、知识生产模式创新和知识组织制度变革,并以工程教育新范式引领学科专业结构、知识体系、工程教育方式、工程教育资源和工程教育标准等方面的综合改革,实现工程教育与经济社会发展的“耦合”。

二、“新工科”背景下地方高校的角色扮演与改革掣肘

当前,我国正处于加快转变发展方式、推动产业结构调整升级的关键时期,推进工程教育改革对于我国经济社会发展和地方高校转型都有非常重要的意义。根据教育部发展规划司2017年《中国教育事业发展统计简况》统计,至2016年底,我国普通高等高校数为2596所,其中本科院校1237所;本科院校中,中央部门主管的有113所,地方本科院校700所,民办本科高校424所。我国开设工科专业的院校达到所有普通高校的90%^[8],地方本科院校(含民办)则占到全国普通高校总数的90.8%。如此庞大体量的地方高校在“新工科”建设背景中如何定位?这是探讨地方高校如何进行工程教育改革的逻辑起点。本文认为,在“新工科”语境中地方高校角色定位体现在以下几个方面。第一,服务面向地方。地方高校最重要的属性是“地方性”,为地方经济社会发展服务是地方高校的重要职能,美国威斯康星大学前校长范·海斯提出“服务应该是大学唯一的理想”、“学校的边界就是州的边界”是对地方高校服务面向定位的最好诠释。“复旦共识”则提出了地方高校服务面向的具体要求,指出地方高校要对区域经济发展和产业转型升级发挥支撑作用。第二,培养工程技术应用型人才。把人才分类标准作为学校类型划分的依据已基本上得到教育界的认可,大类上一般将人才划分为学术型和应用型人才。应用型人才又涵盖工程型、技术型和技能型。学术型人才又称为科学型人才主要是发现和研究客观规律。工程型人才主要是从事与社会谋取直接利益相关的设计、规划、决策等工作。技术型人才又称为工艺型、执行型人才,这类人才是在生产活动现场从事直接生产劳动的工作。技能型人才也在生产一线工作,其和技术型人才区别在于主要依赖操作技能进行工作,而后者主要应用智力技能来完成任务。^[9]随着我国产业结构和技术结构的变化,企业对高层次工程技术应用型人才的需求逐渐扩大,地方高校结合自身优势和特点培养工程技术应用型人才

才有非常重要的现实意义。第三，面向产业开展技术研发。多数地方高校不具备工科优势高校科研和技术创新方面的优势，科学技术研发需错位发展。工科优势高校瞄准国家战略和国际前沿进行高、精、尖的科学研究和重大技术攻关；地方高校应立足于地方产业结构调整或企业技术进步所需要的实用技术开发、技术创新和服务，如新产品的的设计、改进，工艺、装备的设计及高新技术的推广与服务等^[10]。总之，地方高校在工程教育改革中应找准定位，把全面为地方经济社会发展服务做为目标，为政府、企业和人的发展提供服务，建立工程教育与经济社会互动发展的模式，助力产业转型升级。

以“新工科”建设为契机，推进工程教育全面改革有利于地方高校找准定位、办出特色，但同时许多地方高校的办学传统和办学基础将对工程教育改革造成制约。第一，思想观念桎梏。“新工科”分类指导原则不仅有助于高等教育结构调整、高等院校分类发展的制度性建构，更是教育观念的变革。思想观念支配行为，地方高校学校定位、人才培养类型认识的偏差，实施技术教育、工程教育抑或科学教育的摇摆等观念问题将直接影响工程教育改革的制度性设计和推进路径。第二，依附性发展逻辑固化。在我国现行的高等教育体系中，研究型大学和高职院校的定位相对明确，地方高校却缺少“身份认同”，尤以新建地方高校为典型。这些高校由于办学历史短、基础薄弱、本科办学经验不足而沿袭传统研究型大学的办学模式。主要体现为传统工科院系结构的“同质化”，工程学科专业与区域产业结构的“脱节”，理性主义主导的知识体系和技术创新模式的“僵化”，科学教育对工程技术人才培养模式的“遮蔽”等，致使人才培养、技术创新及服务区域经济社会发展的能力较弱。第三，协同办学机制缺失。工程技术能力的养成具有跨界性，学校单主体的教育模式在学生工程实践能力培养方面有先天的缺陷，产教融合、校企合作是培养工程技术人才的必要条件。许多地方高校自主发展能力匮乏，在合作办学中缺少创新意识，人才培养的供需错位和服务能力的弱化导致校企双方出现共同利益盲区，加之合作平台的缺位，致使协同技术创新和协同育人都难以达成。第四，组织与制度性障碍。地方高校“大学——学院——系部”的组织结构中，学院通常专注于本学科内部的研究，甚至系部之间都存在割裂，直接限制了跨学科的交流和合作。而且现有的学校管理制度和学术导向的评价制度也不适于地方高校开展跨学科知识生产和技术创新。再者，师资队伍工程实践能力缺失。师资队伍的来源单一，重学历、轻实践，多数工程教育教师缺乏产业实践

经验。同时由于人事制度的制约，企业中有丰富经验的人难以到高校任职^[11]。

三、地方高校“新工科”建设的实践探索

上海工程技术大学是一所以工程技术为主，经济管理和艺术设计等多学科协调发展的全日制普通本科院校。近40年来，学校坚持培养高素质工程应用型人才，以建设现代化工程应用型特色大学为目标，以现代产业发展需求为导向，以产学研紧密结合为依托，以实践能力和创新能力培养为核心，逐步形成了“接地气”、“近产业”、“重应用”的办学特色。

（一）立足区域经济发展，完善学校服务职能

新一轮科技革命和产业变革与我国加快转变经济发展方式形成历史性交汇，国家发展战略新布局与上海发展目标新定位形成历史性对接。在新的历史时期，上海工程技术大学提出把学校发展主动纳入到国家和上海发展战略之中，坚持依托产业办学，服务地方经济。在人才培养方面，满足社会对优质高等教育的需求，为上海和全国培养具有健全人格、创新思维和创新能力、国际视野和高度社会责任感，能够参与国际事务和国际竞争的工程应用型创新人才。在科技创新方面，主动对接国家的“中国制造2025”战略，抓住上海建设具有全球影响力的科技创新中心的契机，以产学研战略联盟为平台，以承担国家重大科研项目和专业学位点建设为突破口，加强学科建设，提升学校科技创新实力和竞争力。在社会服务方面，以区校合作、校企合作及“三区联动”为纽带，构建更广泛更灵活的“政产学研用合作”平台（包括协同中心、新型智库等），将学校的知识服务覆盖上海，辐射长三角。

（二）围绕产业发展需求，进行工程学科专业布局

“应产业而生，因产业而长，随产业而兴”。上海工程技术大学紧紧围绕上海创建具有全球资源配置能力的国际经济、金融、贸易和航运中心发展战略，坚持学科群专业群对接产业链技术链。当前重点发展与智能制造、绿色制造、服务型制造、高端装备、新材料等密切相关的学科专业，其中“高能束智能加工与绿色制造”已获批上海市高峰学科。不断完善具有学校特色的学科生态，打造制造工程学科群、交通运输工程学科群、管理与经济学科群、信息智能工程学科群、生态化工与纺织工程学科群、艺术创意学科群、理学学科群和人文社科学科群等学科集群。优化学科学位点布局，着力打造优势学科与特色学科。与有影响力的行业龙头企业、科研院所共建专业

硕士学位点和研究生联合培养基地。与行业、企业共建应用型本科专业,探索实施 CDIO 工程教育模式,以国内外工程教育专业认证为抓手更新工程专业课程设计和课程内容。

（三）构建跨界体系，破解学科壁垒

学校鼓励学科之间的竞争、协同、交叉与融合,促进具有学校特色的工科协同、艺工交融和文理渗透。第一,师资引进的多样化。为促进不同学科教师科研产生化学反应,学校要求学院师资引进时统筹考虑教师学科背景的多样化。如汽车工程学院师资的学科背景含机械、电子、材料、化工、管理等学科。第二,开展校内科研创新战略联盟。加强对联盟分类指导,鼓励和支持联盟联合申报项目,开展共性关键科学技术问题攻关,突破制约学校科研创新体系发展瓶颈。第三,组建科研团队。鼓励学科及团队与企业联合组建团队参与国家重大科技专项或以经济社会发展的新需求为导向,通过多资源合作培育重大成果。如服装学院和上海纺织集团有限公司以“服装 3D 智能定制”项目为依托组建的科研团队。遴选重点学科领域,建立国际合作伙伴机制,以问题和项目为导向,跨领域、跨学科和跨学校组建科研团队。如电子电器工程学院在构建“世界一流大学+上海工程技术大学+知名企业”的创新研究团队思路下,以国家级科研项目为依托,建成机器视觉、绿色计算、优化与控制、智能电网等创新科研团队。以机器视觉创新科研团队为例,校外科研成员分别来自华盛顿大学和浙江捷尚视觉有限公司等。第四,创设跨学科组织。聚焦特色学科与研究方向,探索“学科特区”机制和“科学研究总院”、“跨学科中心”、“专业研究机构”等分层次科研组织模式。积极开展科研开放与内外协同,推动与大学、企业、地方的合作共建协同创新中心。整合各学院的组织结构,研究模式向跨学科、跨学院的组织转变,组建若干跨学科的知识创新基地。如轨道交通运营安全检测与评估服务中心、高强激光智能加工装备关键技术产学研开发中心、上海飞行仿真技术研究中心等成为支撑国家和上海“创新驱动、转型发展”的“技术创新源”和“产业孵化器”。

（四）创新协同办学模式，深化产教融合

学校在办学实践中形成了彰显特色的“协同办学、协同育人、协同创新”的“三协同”办学模式。与政府、行业、企业协同办学,构筑工程教育共同体。学校坚持开放办学,新阶段提出“走出校园促发展”战略,进一步加强了协同办学的力度。先后同上海市长宁区、宝山区、松江区人民政府,浙江省海宁市人民政府,江苏省靖江市

人民政府,中国商用飞机有限责任公司,上海电器科学研究院有限公司,上海交运(集团)公司,上海航空有限公司,上海电气(集团)总公司,上海申通地铁集团有限公司,中国移动上海公司等签订或续签产学研战略联盟协议,共同办学院、办专业、办基地。与行业企业协同育人,构筑产学合作教育模式。以产学研战略联盟为平台,深化校企合作,产学合作教育逐步实现由“工学交替”向“工学交融”转变,提升学生的工程实践能力和创新创业能力。产学合作教育人数规模稳步扩大,每年超过9000名学生参与产学合作教育,覆盖13个学院、64个专业,国内产学合作教育基地总数达779家。大学生创业教育取得丰硕成果,大学科技园被认定为国家级“高校学生科技创业实习基地”及首批“上海市创业孵化示范基地”。与行业企业协同创新,构建拔尖创新人才培养平台。学校与行业企业、事业等单位共同建设了10余个服务和研究开发中心或基地,积极衔接产业发展技术需求导向,搭建了拔尖创新人才培养的平台。通过协同办学,毕业生就业竞争力和社会认可度进一步提升,就业率和就业质量都在同类高校中处于较高水平。

(五) 回归工程导向, 推进工程教育教学综合改革

党的十八大报告鲜明提出了“深化教育领域综合改革”的重要论断,是对教育问题复杂性、综合性和关联性的深刻认识和把握。学校在明晰工程问题、把握工程教育教学规律的基础上,采取了一系列的教育教学改革举措。第一,构建完善的工程教育体系。完善的体系有利于工程人才培养的连续性,学校在学士和硕士学位体系的基础上,试点“中本贯通”“中高职贯通”培养模式,并积极申请博士学位授权点,构建具有工程特色的学士、硕士、博士学位体系,使人才培养层次、类型、规模和规格与经济社会发展需求相匹配。第二,实施卓越工程师教育培养计划,完善人才培养模式。学校作为教育部“卓越工程师教育培养计划”首批试点高校之一,先后有2个研究生专业、8个本科专业及10个专业方向参与试点。依据国家和行业标准,制定了“3+1”方案(3年学校学习+1年企业学习)。探索建立“校校、校企、校地、校所”合作及国际合作新机制,开展校企联合培养,形成了“1学年3学期5学段”的人才培养模式。2014年,学校“卓越计划”年度进展报告入选全国十大典型案例。第三,对接《华盛顿协议》国际标准,积极推进工程教育专业认证。邀请专家进行专业认证培训,组织车辆工程、制药工程、交通运输等本科专业申请教育部工程教育专业认证,

进而要求所有专业积极申请专业认证，以认证为抓手提升专业建设水平。此外，建立了与专业认证相衔接的教学质量保障体系，使学生的认知能力、创新能力、工程实践能力和终身学习能力显著增强。第四，深化“完全学分制”改革，创新课程体系。优化基础课程体系，构建了关联专业平台内适度贯通的课程架构，本科生培养计划总学分由 195 降到 160，较大幅度地丰富了第二课堂资源，为学生自主学习和特长发展创造了空间，为学生平台内转专业、辅修和跨学科选修等个性化学习需求创造了条件。第五，加强工程伦理教育，从思政课程转为课程思政。学校认识到工程人才培养不应片面强调工具理性，更应突出价值理性的提升，坚持育人为本、德育为先，注重专业课程与人文课程相融合，在教学实践中注入人文精神和社会关怀；此外，结合专业特色设计系列讲座，让责任担当成为学生的必修课，如城市轨道交通学院的“交通中国”系列讲座，共分为大国之路、大国速度、大国标准和大国责任等 10 个主题，书记、校长和名师齐上讲台，鼓励学生胸怀天下、放眼世界，提高知识能力素质水平，担负起国家建设的重任。第六，加强国际交流与合作，提高学生国际竞争力。学校与 20 多个国家的 60 余所高等院校或企业建立了交流与合作关系，签订长期合作交流协议 70 多项，签订本科生和研究生联合培养项目 10 多项。通过国际合作，引进优质国际教育资源，培养熟悉国际规则，具有国际竞争力的创新型人才。

（六）完善教师评聘制度，提升工程实践能力

卓越工程教育依赖于优秀工科教师队伍的支撑，学校通过制定聘任和职称晋升制度、加强在职培养、构建教师团队等提升师资队伍工程实践能力。学校提出人才强校战略，优先引进国外著名高校工程专业博士、具有海外工程经历的留学人员，实施“上海工程技术大学人才行动计划”（志宏计划、腾飞计划和展翅计划），完善兼职聘用、柔性引进等机制，聘请国内外高等院校、科研院所、大型企事业单位及政府部门的专家学者担任兼职教授和高级顾问。学校形成了制度化的在职教师工程实践能力培养机制，包括通过产学研联盟平台直接参加企业实际工程项目、通过校企协同创新中心开展技术研发或技术成果转化、通过校外实践基地定期下企业顶岗挂职等，并把企业工程实践经历作为教师职称晋升的必要条件。学校注重教学团队建设，聘请企业导师充实教学队伍，实现教育教学资源的有效整合，促进教师教育教学能力的提高和专业发展。

四、地方高校工程教育改革发展的路径思考

地方高校的需求、类型、理念、定位、资源和发展差异较大，推进工程教育改革应以区域经济社会的需求为导向、把握工程学科演进规律和工程教育教学规律，深刻认识地方高校改革语境中的问题，并置于教育综合改革的背景下进行考量，多样化发展，办出特色。基于上海工程技术大学的前期探索，提出以下几方面的思考：第一，服务地方，明确定位，错位发展。地方高校应以服务地方经济社会发展为宗旨，明确在地方高等教育系统中的类型和层次定位，与工科优势高校错位发展，面向产业开展技术研发，培养工程技术应用型人才。第二，依据区域产业发展要求，调整优化学科专业布局。结合区域经济发展战略和科学技术发展趋势，调整现有学科专业结构、设置新兴专业，使学科群专业群对接产业链技术链，助力地方产业结构升级。第三，创新产教协同模式，构建政校企共同体。地方高校应坚持开放办学，高校应主动与政府、行业企业等寻求价值认同和共识，以合作的形式进行有机结合形成群体或组织，合作形态可作为形式而存在，如产学研联盟；或以实体而存在，如合作办学学校、办学院、办专业、办协同中心等。高校、政府、行业企业等各相关主体采取合目的理性与价值理性统一的共同行动，促使教育与社会、市场协调、有序发展，稳步提升工程教育质量。第四，构建跨界体系，突破学科藩篱。从组织、制度、文化等层面为跨学科知识体重构、知识生产和技术创新创造条件，组织上的创新如成立新机构、建设跨学科团队等；制度上的变革如通过资金扶持多学科联合申报项目、开展科学技术问题攻关；文化上则通过跨学科文化氛围的营造培育跨学科行为。第五，回归工程，进行工程教育教学综合改革。加强国际交流与合作，对接国际标准开展专业建设；遵循工程教育教学规律，重构课程知识体系；学习卓越工程师培养计划、CDIO 教育模式相关成果经验，创新人才培养模式；加强工程伦理教育，实现工具理性和价值理性的融合，培养兼具工程技术素养与家国情怀的创新型人才。第六，加强师资队伍建设。完善教师评聘制度和在职教师培养制度，注重教学团队建设，促进教师工程实践能力提升和专业发展。

（**作者介绍：**夏建国，上海工程技术大学校长，教授，博士生导师；赵军，上海工程技术大学高等教育研究所，助理研究员，博士。）

来源：《高等工程教育研究》

责编：苏晓亚

李茂国等：工程教育范式—从回归工程走向融合创新

20 世纪 90 年代初，以美国为代表的发达国家提出了“工程教育要回归工程”，也即工程教育的“工程范式”，这是符合当时的时代发展和社会进步要求的。二十多年后的今天，经济全球化逐渐成熟，“以信息技术为核心的新一轮科技革命正在孕育兴起，互联网日益成为创新驱动发展的先导力量，深刻改变着人们的生产生活，有力推动着社会发展。”，而且新工业革命日趋明显，工程教育会产生什么样的范式呢？陶永建提出以建构主义学习理论为指引，以培养学生的建构思维、情境思维、创新思维、实践思维、协商思维和改善其认知结构、业务能力、文化素养为目标来改革高等工程教育范式。项聪指出设计是工程的本质，是通过“设计”这个环节来实现人们构思、设想的事物或产品如何能创造出来，进而使得工程能显著地区别于科学。基于此，他认为工程教育回归“工程范式”并没有回归“设计范式”贴切。但是，“设计范式”从根本上还是与“工程范式”同出一辙，是从工程过程的角度强调了工程教育要回归工程的这一要求，从设计在工程过程的重要性程度的角度提出用“设计范式”来替代“工程范式”。

设计确实是新工程、新产品出现的重要的创新过程，2008 年 Verganti 也提出了“设计驱动型创新”这一新的产品创新模式，王翠霞等认为创新是工程过程的本质，工程的实践性、系统性和创新性是工程教育范式和创新模式共同演进的本质动力；同时她认为，“工程系统环境的复杂变化，决定了创新模式的演变和工程教育范式的演进”。另外，从美国工程教育的发展历程来看，工程教育体系是不断满足美国的军事和经济建设、社会进步和工程需要的。因此，工程教育范式的演进就必然与工程要求、科技发展和社会进步密不可分。

不久前，德、美等国提出各自的《2020 高科技战略》和《国家先进制造战略计划》以应对悄然来袭的新工业革命；德国的工业 4.0 和美国的工业互联网也已经启动；中国社会已表现出新型工业化、信息化、新型城镇化、农业现代化和绿色化的“五化”融合态势；在 2015 年的政府工作报告中，李克强总理已经明确提出我国要实施“中国制造 2025”战略，以使我国在未来的竞争中立于不败之地。新工业革命的实质是产

业形态、工程技术、商业模式的综合变革。这对我们的工程教育提出了新的要求和挑战。正如冯·卡门教授所说：“科学家研究已有的世界，工程师创造未来的世界。”工程教育是为工业和工程培养和输送人才的，那么，面向新工业革命的工程教育范式将是什么样的呢？我们还能“在科学教育体系中从事工程教育”，还能亦步亦趋地学习美国模式或是欧洲大陆模式吗？为此，笔者对比研究了美、中两国工程教育的历史和范式的演进，分析了当前工程教育范式转换的动因，提出了工程教育范式应从“回归工程”走向“融合创新”的新范式。

一、工程教育范式与范式转换

1. 范式与工程教育范式

“范式”最初是由美国科学哲学家托马斯·库恩（Thomas S. Kuhn）提出，他给出的定义是：范式主要是指科学研究中“那些公认的科学成就，它们在一段时间里为实践共同体提供典型的问题和解答。”范式具有以下3个特点，首先强调问题解决的理论、手段、示例和设备等，其次是针对同一类问题组成的“共同体”所关心和希望解决的，第三是有很强的时效性，即是在“一段时间”内。据此可以看出，范式就某一共同体而言是有世界观和方法论意义的，是他们看问题、解决问题的方式、方法的集合，是他们开展研究、进行实践的方向性指引，以此来研究和解决新问题。

根据范式的定义，我们可以得出工程教育范式是指在“工程教育共同体”内，工程教育的研究人员和工作对工程教育相关领域内公认的问题或理论的本质进行研究或开展工作所持的一些共同的观点、理论或解决的手段、看法等。

2. 范式转换及其意义

库恩认为范式转换就是科学的成长或发展，从根本上来说，范式转换就是一种科学的革命。

至于范式转换的条件，库恩认为任何理论体系或实践手段都是围绕一定领域的假设命题，当这种理论体系或实践手段能较好地解释，进而能指导或解决遇到的该领域的大部分问题的时候，该范式是科学的，不需要转换，否则就需要转换。

范式转换是对传统的继承和超越，进而成为新的“传统”。范式转换不是新范式推翻旧范式，也不是全盘否定旧范式，而只是否定旧范式中已被证明不合理的部分，其中合理部分则应包括在新范式中。叶民也认为美国工程教育范式从科学范式向工

程范式演进，并不是否定科学技术在工程实践中的重要性，而是为了突出未来工程的特性，更加重视科技、文化、社会和生态环境等要素在未来工程中的作用。

通过对范式转换条件和动因的研究，我们能够更容易认识范式转换和教育发展的规律，更容易从时代发展趋势的角度来理解范式转换和教育发展的条件，进而推陈出新，奠定未来发展的基础。

二、工程教育的发展及其范式转换历程

当今世界工程教育最好的国家当属美国。据《泰晤士高等教育》世界大学工程与技术专业 2013—2014 年 TOP12 大学的排名，美国占据了 8 席，而且前 5 名全是美国的学校。因此，我们有必要研究一下美国工程教育的发展历程及其范式转换。现代意义上的中国工程技术教育已经有 100 多年的历史。建国以来，工程教育为国家经济社会发展做出了重大贡献。目前我国工程（科）教育规模是全世界最大的。据《中国工程教育质量报告——面向工业界 面向世界 面向未来》报道，2014 年我国普通高校本、专科层次工程教育招生数、毕业数分别为 287 万人和 258 万人，在校生规模达到 971 万多人，占全国普通高等学校本、专科在校生总数的 39.3%；普通本科、专科专业中工学门类下设专业大类分别是 31 个和 10 个，专业点则分别为 15718 个和 23875 个。因此，有必要讨论一下我国工程教育的发展历程及其范式转换。

1. 美国工程教育的发展历程及其范式转换。美国系统、完整的工程教育，如果从 1852 年最早成立的美国土木工程师学会（ASCE）开始算起，已历经 160 多年，经历了初创、发展、领先和反思等四个阶段。与此相应地，美国工程教育的理念也从最初的注重实际到强调实践与理论的协调，再到综合的通才式教学逐渐成为主流，完成了美国工程教育模式从强调实用向强调科学教育的转变，这使得美国工程教育过于强调科学和理论分析，强化了对现象所代表内涵的认识和理解而忽视了工程实践和工程设计。

与其工程教育发展历程相对应，美国的工程教育范式也经历了从最初的技术范式（E1）到科学范式（S1），以及现在的工程范式（ES）三个范式的转换。二战之前，技术范式几乎都是工程教育的主宰，其时间长达近百年。技术范式以培养现场工程师为目标，重视实践，强调技术和动手操作，教育的内容以应用手册和公式为主。手工艺技术是当时主要的工程实践，因此，这个时期的工程教育模式以学徒制为主。技术

范式满足了农业时代和工业时代初简单的生产需要。

二战后，美国基于对工程人才偏重技能和实践而普遍缺乏科学训练的反思，以及战后各国在对科学理论要求较高的工程领域的迫切需求的情况下，顺理成章地提出了实施“科学范式”。科学范式高度重视数学等自然科学，强调科学和理论分析，这就使得对工程师的培养模式就与科学家的培养模式相似。科学范式推动了科学的进步，也促进了人文社会科学的发展，但科学范式的大力实施把工程教育带入了新的困境。到 20 世纪 70 年代工程教育愈来愈偏向“科学化”。

然而，从 20 世纪 80 年代后期开始，由于工程教育偏离工程实践而使得工科毕业生的工程素质经常被企业、行业质疑，由此带来的后果越来越被工程教育界所重视。因此，从 20 世纪末开始到 21 世纪初，以美国为代表的工程教育界就提出了要“回归实践”的工程教育改革口号，吹响了新的革命号角。1994 年，麻省理工学院的时任校长率先提出“工程教育必须更密切地回到工程实践的根本上来”，开启了工程教育“回归工程”的先河，阻止了工程教育继续“科学化”的倾向。至此结束了“科学范式”近半世纪的“统治”，宣告工程教育走向“工程范式”的新时代。工程范式倡导工程教育的系统性和整体性，在注重实践的同时追求理论与实践的平衡，注重学生知识、素质、能力的协调发展，以尽可能地满足工程教育利益相关者的需求。

综上，美国工程教育范式演进历程可用图 1 表示，即 $E1 \rightarrow S1 \rightarrow ES$ 。不难看出，美国当时提出的工程教育“回归工程”并不是线性的回归，而是在以前的基础上更进一步的“螺旋式上升”的回归，这既注重了工程和科学的协调发展，又可以应对新出现的问题，迎接新的挑战。

2. 中国工程教育的发展历程及其范式演进。我国近代工程教育始于 19 世纪 60 年代的洋务运动时期。培养工程人才以“师夷长技以制夷”为主导思想，主要目的是从技术层面实现强国强军，在承受西方工业化的巨大冲击下开启了技术范式。在技术范式的发展阶段，相比西方国家通过工业发展推进工程教育革新的内源性发展路径，我国则是通过移植其他国家现有工程教育模式的外源性发展路径。

后来由于国力下降、外敌入侵、战事频仍，我国的高等教育深受其扰。为加快新中国建设事业的发展，包括教育在内的各行各业都卯足了劲。相对于美国工程教育循序渐进的发展历程，我国现代的工程教育起步晚，在经济社会发展和国际环境的影响

下迅猛发展。如图 1 示，1952 年，我国进行了全国性的院系调整，成立了大量的工科高校，这些高校的教育内容以工程技术和应用为主，进而造就了大批的社会主义事业建设者，为我国当时的经济发展和社会进步起到了不可或缺的重要作用。当时，我国工程教育主要实行的是技术范式（E2）。

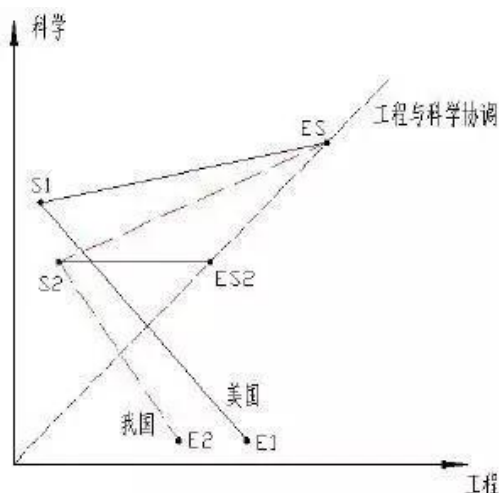


图 1 中美两国工程教育演进曲线图

改革开放促使了我国社会的快速进步和科学、经济的快速发展。从 20 世纪 90 年代开始，我国就开始学习美国工程教育的“科学范式”，使得工科学生的科学教育不断加强（S2）。从发展时间来看，无论是技术范式还是科学范式，中国工程教育技术范式和科学范式的兴起时间均晚于美国。

在美国工程教育的“工程范式”进展得如火如荼之时，2013 年 2 月的一项对企业雇主的问卷调查证实了我国的工程教育严重偏离了工程实践。总之，当前我国的工程教育还没完全进入工程范式阶段，有的甚至仍然还处于科学范式阶段，而对于回归到什么阶段的工程教育，大家也还没有统一的认识，即是回归到当前的工程教育，即 E2→S2→ES2 的演进历程，还是赶上美国现在的定位，即 E2→S2→ES 的演进历程，大家认识不一致。

三、当前工程教育范式转换的动因

（一）工业革命的视角

1. 历次工业革命及其作用和意义。世界所经历的工业革命，有比较明显标志的有 4 次。每一次工业革命，既是一次生产力的巨大变革，又是一场深刻的社会变革，对人类文明和社会进步起到了非常重要的作用。（见表 1）

表 1 历次工业革命及其作用 and 意义

工业革命	时间	标志	作用 and 意义
第一次	1769-1784 年	英国珍妮纺纱机的发明以及瓦特发明蒸汽机	生产力发展方面, 改变了生产技术、劳动工具和产业结构。社会变革方面, 人口增加, 社会阶级结构日益分裂为资产阶级和无产阶级。
第二次	1870 年	美国辛辛那提电力投入使用	促进了经济发展, 产生了电子、电器、通讯、石油相关等新产业; 资本主义进入帝国主义阶段, 世界资本主义殖民体系初步形成。
第三次	1969 年	美国硅谷第一台可编程计算机诞生	本次工业革命与科技革命脉络相似, 作用相当。生产技术进步、劳动者素质和技能提高、劳动手段改进提高了劳动生产率; 第一、第二产业占国民经济的比重逐渐下降, 而第三产业上升; 科技水平的差距进一步拉大了发达国家和发展中国家的经济差距; 生态环境恶化、自然资源和能源过度消耗等棘手的社会问题随之而来。
第四次	2013 年	德国汉诺威 GPS 系统	本次工业革命政治形成。这场革命的主要特征是数字制造、互联网、新材料和新能源等技术的融合, 并将日益消除生物、物理和数字世界之间的隔阂。人类物联网、4D 打印、生物技术、量子计算等领域的突破为人类生活带来了更多的可能性。

2. 工业革命与工程教育范式的映射关系。工程教育的目的是为工业培养人才, 也就是说工程教育要满足和服务于工业的需求。与工业革命相似, 工程教育范式转换也有“革命性”的一面, 这二者之间存在如表 2 所示的映射关系。

表 2 工业革命与工程教育范式的映射关系

工业革命	时间	映射媒介	工程教育范式	时间
第一次	1769-1784 年	机械生产、技术精湛、工艺传承	技术范式	1852-1945 年
第二次	1870 年			
第三次	1969 年	大型运算、科学分析	科学范式	1945-1994 年
		工程问题解决	工程范式	1994-
第四次	2013 年	跨界、融合、创新		

当前, 第四次工业革命的大幕即将揭开, 它不只是以数字制造、互联网和再生性能源等技术层面的重大创新与融合, 以及各种新材料的综合应用, 其实质是产业形态、工程技术和商业模式的综合变革; 而且新工业革命所带来的工业进步及其对工程人才的要求都是“工程范式”无法适应的, “跨界、融合、创新”的映射媒介揭示着从工业革命的视角, 为适应新工业革命的需求和挑战, 工程教育范式应当转换。

(二) 科技革命的视角

1. 历次科技革命及其作用 and 意义。世界所经历的科技革命, 有明显标志的有 6 次。每一次科技革命对人类文明和社会进步起到了非常重要的作用。(见表 3)

3 历次科技革命及其作用和意义

科技革命	时间	标志	影响和结果
第一次	16 至 17 世纪	近代物理学的诞生	建立了近代物理的理论体系和实验研究方法
第二次	18 世纪中后期	蒸汽机与机械革命	带动了煤炭、冶金、化工和运输等工业发展
第三次	19 世纪中后期	电力与运输革命	发电机、电动机、内燃机的发明以及电讯技术还有钢铁、石化、汽车、飞机以及电气行业的大发展
第四次	20 世纪上半叶	相对论与量子论等	确立了现代物理学，它使 20 世纪的物理学发生了一次重大的革命，及大地改变了人们旧的物理观，使人们对物质世界的认识前进了一大步。
第五次	20 世纪中期	电子技术与自动化	促使电子技术、计算机、控制技术以及核能、航天、自动化行业大发展
	20 世纪中后期	信息技术与网络化	促使了微电脑、信息技术、数据库以及生物、材料和制造业的创新和发展，引起了产业结构的新变化。
第六次	21 世纪中期	新生物学革命，新生命、生物与技术融合	预期影响：是改变人类的科技革命，将彻底改变人类的生活观念和模式，人类社会将更公平。

2. 科技革命与工程教育范式的映射关系。科技革命为工业革命做好了铺垫和基础的准备，而工业革命又促进科技的进步和社会的发展。科技革命与工业革命相互交错产生，而且有的时候二者也基本重合说明了它们之间密不可分的关系。工程教育培养的人才不仅要满足和服务于工业的需求，也要服务于科技的发展和要求。因此，与工业革命相似，科技革命与工程教育范式转换之间也存在如表 4 所示的映射关系。

表 4 科技革命与工程教育范式的映射关系

工业革命	时间	科技革命	时间	映射媒介	工程教育 范式	时间
第一次	1769- 1784 年	第一次	16 至 17 世纪	为及其、电气等设备 生产提供技术支撑	技术范式	1852-1945 年
		第二次	18 世纪中后期			
第二次	1870 年	第三次	19 世纪中后期			
第三次	1969 年	第四次	20 世纪上半叶	为精密仪器设备研发 提供支撑	科学范式	1945-1994 年
		第五次	20 世纪中期			
			20 世纪中后期	为新兴产业提供支持	工程范式	1994-
第四次	2013 年	第六次	21 世纪中期	多技术融合、创新		

第六次科技革命即将到来，它是在前 5 次科技革命基础上，以新能源技术、新通讯技术、新材料技术等多种技术的融合、创新来带动新生物学革命，并指向更高级的人工智能，而且新科技革命所带来的科技发展和社会进步也强有力地支持着工业的进

步，这些对包括工程人才在内的各类人才提出了新的挑战和要求，也是“工程范式”无法适应的，“多技术融合、创新”的映射媒介揭示着从科技革命的视角，为适应新科技革命的需求和挑战，工程教育范式应当转换。

（三）大学范式转换的视角

1. 历次大学范式转换及其作用和意义。世界所经历的大学生范式转换，有比较明显标志的有4次。大学功能从以前的知识传承、人才培养，到现在的人才培养、科学研究、社会服务、文化传承，无疑都是非常大的进步和发展，这对人类文明和社会进步起到了非常重要的作用。（见表5）

表5 历次大学范式转换

大学 范式	时间	主要功能	典型代表	备注
大学 1.0	11 世纪初— 18 世纪 60 年 代以前	知识传承，只有教学的功能，知识传承是通过人才培养进行的，所以又把知识传承功能称为人才培养功能。在这个阶段，科学还处在雏形之中，人文知识，尤其是宗教文化知识是大学传授的主要知识。	神学院	起源于 11 世纪初产生的中世纪大学，包括巴黎大学、博洛尼亚大学、萨莱诺大学等
大学 2.0	18 世纪 60 年 代—20 世纪 20 年代	具有人才培养和科学研究两项功能，第一次工业革命爆发催生了现代意义上的科学体系，并作为独立的门类进入大学，科学研究在大学功能中所占的比重日益增大。	德国洪堡大学	1880 年后该校进行的科学研究开创了大学的科学研究功能，并逐渐发展成为洪堡精神
大学 3.0	20 世纪 20 年 代—本世纪 初	具有人才培养、科学研究和社会服务三项功能。从 1880 年开始，很多美国留学德国的“德归派”，把德国大学的科学开展的科学研究带到了美国。从 1920 年开始，美国大学开展的科学研究开始面向社会现实，在大企业、大农场中寻找研究的课题，科学研究的社会服务功能由此产生。二战结束后，大学功能已经由人才培养拓展到科学研究和社会服务。	美国的大学	社会服务的收入占高校总收入的 1/3 左右，社会服务包括：成果转化、继续教育、智库咨询（或加上横向科研）
大学 4.0	本世纪初—	具有人才培养、科学研究、社会服务融合创新四项功能。大学作为社会创新的平台和发动机	斯坦福大学	硅谷

2. 大学范式转换与工程教育范式的映射关系。大学阶段的工程教育是隶属于大学教育的，其目的是为工业培养素质高、能力强的高级工程人才。毋庸置疑，这二者之间存在映射关系。（见表6）

表 6 大学范式转换与工程教育范式的映射关系

大学范式	时间	映射媒介	工程教育范式	时间
大学 1.0	11 世纪初—18 世纪 60 年代以前	传授（知识、技能），学习	技术范式	1852—1945 年
大学 2.0	18 世纪 60 年代—20 世纪 20 年代			
大学 3.0	20 世纪 20 年代—本世纪初	科学研究，服务	科学范式	1945—1994 年
		服务社会，创新	工程范式	1994 年—
大学 4.0	本世纪初—	融合创新		

大学已进入融合创新的 4.0 范式，作为大学教育一部分的工程教育也没有理由不进行范式转换。因此，从大学范式的视角，为适应新工业革命的需求和挑战，工程教育范式应当转换。

（四）三种新工业模型重新定义的“工程”

1. **新“工程”的目标和特点。**无论是美国的工业互联网、德国的工业 4.0 还是我国的“中国制造 2025”，这 3 种新工业模型都重新定义了新的“工程”，无论是工业互联网、工业 4.0，还是中国制造 2025，都有一个共同的目标就是要实现智能生产和智能制造，而为了实现这一目标，将机器、数据、技术进行有效的集成并促进融合，由智能设备集成智能系统，辅以人工智能帮助我们实现智能决策，并在此基础上进行新的创新，此即是这种新“工程”的特点——“集成与融合”和“智能与创新”。

2. **新“工程”与工程教育范式转换。**从三种新工业模型重新定义的新“工程”的内涵和特点来看，其对包括工程人才在内的各类人才提出了新的挑战和要求，因此，其对工程教育的要求已不是当前的工程教育范式——“回归工程”所能适应的，“集成与融合”“智能与创新”的特点揭示着从新“工程”的视角，为适应新“工程”的需求和挑战，工程教育范式应当转换。

四、新的工程教育范式——融合创新范式

新的工程教育范式要求工程教育不仅要体现“回归工程实践”的要求，更重要的是要体现工业革命的需求、科技革命的趋势，而且要与当前的大学范式相适应。综合以上的分析，新的工程教育范式可归纳为“融合创新”范式。

（一）内涵

“融合创新”范式是指工程教育要将各种创新要素创造性地进行融合，使各要素之间互补匹配、互相支撑，进而使整个系统的整体功能从量的叠加到质的飞跃，形成独特的、不可复制的创新能力和核心竞争力。这里所说的“融合创新”与经济学家熊彼特在其名著《经济发展理论》中所提的“融合创新”并不是一个涵义。这一范式以“创新”为目标，将参与工程教育的各方以及影响工程教育的诸要素进行创造性地、效果最大化地融合，以使工程教育满足工程技术、产业形态、商业模式的基本要求，使工程人才能够认知、并通过进一步学习迅速掌握其所遇到问题的解决思路 and 办法。这个范式需要用广义的课程（包括课程、项目、实践、实习、创业等，均认可并给予学分）来实现。因此，“融合创新”范式要求工程教育的目标、内容、工程人才培养模式，都要实现工程技术与产业形态和商业模式的融合，该范式比“工程范式”所要求的“回归工程实践”更为复杂与深化。

（二）特征

1. **体现融合。**首先，与新工业革命、科技革命、大学范式的高度融合。工程教育是服务于工业、服务于社会的。如前所述，无论是新的一次工业革命浪潮即将到来，还是新工业模型定义的新的“工程”的影响，以及新的一次科技革命大幕即将拉开，它们对工程教育的要求既相似但又不尽相同，而且当前大学的范式已经进入新的范式，工程教育范式唯有体现“融合”方可满足多方面的要求和影响。其次，体现工程与技术、产业形态、商业模式、商业过程的深度融合。工业革命和科技革命带来技术进步、产业形态，商业模式和商业过程变化，工程也与技术、产业形态、商业模式和商业过程出现了不同程度的交叉融合。工程教育范式唯有体现“融合”方可满足未来工程、技术、产业与商业的密不可分。第三，体现工程人才与商业人才培养的融合。由于新工业革命的要求，以及技术进步和产业形态、商业模式和商业过程的变化，社会将更加需要既具有工程知识、能力、素质的人才，又具有商业知识、能力、素质的人才；新工业革命背景下的工程教育，其育人的出发点不再仅仅限于原有的教育过程，而应当以“回归工程”为基础，结合商业过程、商业模式等元素，进而最终实现将这两种类型的人才培养有机结合起来，培养出工商融合型人才。

2. **注重创新。**首先，工程教育的本质和灵魂就是创新和创造力。因此，创新精

神和创造力培养的理念就应贯穿于工程教育的全过程，方法就应该落实于工程教育参与各方的措施和行动中，工程教育要培养学生勇于创造美好事物的愿望和方法，鼓励并允许学生犯错。其次，工程人才培养理念层面的创新。无论是新工业革命以及新的工业模型的产生、内涵及其实现，或是第六次科技革命或大学范式 4.0 时代的到来，均需要大胆的创新，也揭示工程人才的培养需要基于创新的理念。也就是说，工程人才培养的指导思想、认识与定位等理念层面的内容均需要从创新的角度来要求和实现。第三，工程人才培养实施层面的创新。在工程人才培养理念创新的指引下，包括培养目标、毕业要求、培养方案、课程体系、教学内容、教学方法、考核评价等工程人才培养实施层面的内容，也都需要根据具体情况进行创新。

（三）融合创新范式的实现

作为一种全新的工程教育范式，融合创新范式的实现需要做好以下几个方面的内容：

1. **思想认识与教育理念方面。**思想上要充分认识网络化、大数据、大科学、大工程、大产业、新工业革命及当前我国社会的时代特征和背景，并将其融入到教育理念中，成为指引我们行动的指南。

2. **培养目标和毕业要求方面。**基于专业认证理念，根据时代特征和新工业革命的发展对学生知识、能力和素质的要求，按主题而非学科逻辑来重构专业，用成果导向替代学科导向来重构工程人才培养目标，根据培养目标进行知识、能力、素质矩阵的拆分，重构知识、能力和素质体系，强化基础学科知识、工程知识、实践动手能力和创新意识的培养。

3. **培养方案与课程体系方面。**学生在高校的学习过程要再现科学技术发展的过程、再现职业发展的过程、再现工程的过程（即 CDIOR 的全过程）。因此，我们需要根据培养目标和毕业要求重新修订人才培养方案，用过程式或模块+过程式课程体系构建的原理，按照“三周期模式”（即工程或产品的全生命周期、学生的认知周期和在校学习周期），用广义的课程（包括课程、项目、实践、实习、创业等，均认可并给予学分），把符合学生认知规律的工程按从简单到中等复杂到复杂的模块逐层递进，并根据学生的学习负荷均衡地分配在学生的在校学习时间中。同时，要制定切实可行的保障措施保证其顺利、有效地实施。

4. **教学模式方面。**根据“基于工业价值链的工程人才培养模式创新”的理念和要求，创新教学模式，由以教师为中心转向以学生为中心。一方面探索实施科教融合、

成果导向式、混合式、项目式等理论课的教学模式；另一方面建立“政产学研用”联合的平台，开创真实的实践教学环境，搭建虚拟仿真的实践教学平台，同时尝试开展基于“互联网+教学”教学模式的探索与实践，积极利用“互联网+教学”的模式大力改造传统的教学模式，以培养满足国家新型工业化发展，服务创新驱动发展战略，面向新工业革命的创新型、复合型工程人才的要求。

5. 搭建工程教育利益相关者平台方面。所谓工程教育利益相关者即政府、生产单位、高校、科研机构、用人单位、学生及其家庭。要建立健全多元主体责任共担、利益共享的机制和法律法规，要求行政部门简政放权，营造行业、企业负有参与工程教育社会责任和义务的环境和氛围，树立行业、企业的主人翁意识、并切实参与高校人才培养的过程，允许行业、企业组织、参与学生执业资格的考核或认定，保证学校、学生受益，行业、企业获利，以此搭建工程教育利益相关者共同参与的 platform，提高工程教育质量。

（**作者介绍：**李茂国，重庆大学副校长；朱正伟，重庆大学土木工程学院研究员、博士生导师，重庆大学东西部高校课程共享联盟秘书处副秘书长。）

来源：《高等教育研究》

责编：苏晓亚

.....

国侨办指出中国比以往任何时候都渴求创新型人才

5月20日，国务院侨务办公室主任裘援平表示，中国正大力实施创新驱动发展、中国制造2025、“互联网+”、京津冀协同发展、“一带一路”建设等系列重大发展战略，倡导、推动大众创业、万众创新，史上最大规模的创新创业大潮在中国大地上风生水起，中国比以往任何时候都更加渴求创新资源和创新型人才。裘援平指出，当前，世界经济形势虽有所好转，但要最终扫除国际金融危机的阴霾，还要靠科技和产业革命引领的创新发展。中国经济虽然保持中高速增长，但是要实现转型升级，也要靠科技创新来改造提升传统动能，培育发展新动能、新引擎。为延揽海外人才，鼓励科技创新，中国加大了引进海外高层次人才的改革步伐，在简化出入境手续、颁发外国人在华永久居留身份证等方面，陆续推出一系列优惠和便利政策。中国正张开臂膀以更加开放的态度呼唤海外侨胞抓紧这个千载难逢的创新发展机遇。

来源：《中国新闻网》

责编：苏晓亚