
教育要情参阅

2017 年第 3 期（总第 31 期）

西安工业大学高教研究室主办

编排日期：2017 年 9 月 30 日

关键词：新工科

目 录

加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济	1
“新工科”建设复旦共识	14
“新工科”建设行动路线（“天大行动”）	16
新工科建设指南（“北京指南”）	19
新工科建设的内涵与行动	27
新工科建设：强势打造“卓越计划”升级版	37
“新工科”建设背景下地方高校工程教育发展刍议	50

加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济

编者按:本期重点推出的这篇文章,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,提出了发展和建设“新工科”的观点。当前,世界范围内新一轮的科技和产业革命正在驱动着新经济的形成与发展,与此相应的是,高等工程教育改革受到空前重视和普遍关注。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。从20世纪末开始,国际工程教育改革风起云涌,“回归工程”、“工程教育范式转移”、“再造工程教育”等口号的提出,无不反映出创新工程教育的国际发展趋势。在这一意义上,“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的中国本土化的回应,从而丰富工程教育的“中国经验”、“中国模式”的内涵。

摘 要:新经济快速发展迫切需要新型工科人才支撑,需要高校面向未来布局新工科建设,探索更加多样化和个性化的人才培养模式,培养具有创新创业能力和跨界整合能力的工程科技人才。在新工科建设的前期探索中,设置了一批战略性新兴产业相关专业,推进示范性软件学院和微电子学院建设与改革,加快重点领域紧缺人才培养。下一步要面向当前产业急需和未来发展不断推动新工科建设,主动适应和引领新经济。在全面推进新时期工程教育改革和发展过程中,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“新体系”,加快推进我国从工程教育大国走向工程教育强国。

关键词: 新工科; 新经济; 创新创业; 协同育人

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面临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“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 and 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	6780	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	7254	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	993423	99173		

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	6	生物制药	70
功能材料	35	数据科学与大数据技术	3
纳米材料与核技术	10	机器人工程	1
微电子科学与工程	94	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	飞材料设计简直学与工程	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、加强师资队伍建设和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

新工科的建设和发展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”

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：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》，2017 年第 1 期

“新工科”建设复旦共识

高等教育发展水平是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。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，2017.2.18日教育部在复旦大学召开高等工程教育发展战略研讨会，与会高校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，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抓住新技术创新和新产业发展机遇，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的成功经验，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。将携手更多高校共同探索新工科的内核和外延，充分发挥基层首创精神，边研究、边实践、边丰富、边完善。我们将继续推进新工科建设，为建设工程教育强国做出贡献。

来源：高教司，2017年2月28日

“新工科”建设行动路线（“天大行动”）

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“最后一学里”。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展前沿，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，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”。

新工科建设是一个长期探索和实践的过程，我们将立足当前、面向未来，因时而动、返本开新，以动态的、发展的思维深入探索，以“踏石留印、抓铁有痕”的精神扎实推进。我们将以天大的魄力、天下的情怀砥砺前行，增强服务国家战略和区域发展的责任担当，增强工程教育改革的自信，汇聚起建设工程教育强国的磅礴力量。

来源：高教司，2017年4月8日

新工科建设指南（“北京指南”）

“大业欲成，人才为重”。新工业革命加速进行，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建设，国家一系列重大战略深入实施呼唤新工科建设，产业转型升级和新旧动能转换呼唤新工科建设，提升国际竞争力和国家硬实力呼唤新工科建设。6月9日，教育部在北京召开新工科研究与实践专家成立暨第一次工作会议，全面启动、系统部署新工科建设。30余位来自高校、企业和研究机构的专家深入研讨新工业革命带来的时代新机遇、聚焦国家新需求、谋划工程教育新发展，审议通过《新工科研究与实践项目指南》，提出新工科建设指导意见。

1. 明确目标要求。深入贯彻习近平总书记系列重要讲话精神和治国理政新理念新思想新战略，全面落实立德树人根本任务，面向产业界、面向世界、面向未来，以一流人才培养、一流本科教育、一流专业建设为目标，以加入《华盛顿协议》组织为契机，以实施“卓越工程师教育培养计划2.0版”为抓手，把握工科的新要求、加快建设发展新兴工科，持续深化工程教育改革，培养德学兼修、德才兼备的高素质工程人才，探索形成中国特色、世界水平的工程教育体系，加快从工程教育大国走向工程教育强国。

2. 更加注重理念引领。坚持立德树人、德学兼修，强化工科学子的家国情怀、国际视野、法治意识、生态意识和工程伦理意识等，着力培养“精益求精、追求卓越”的工匠精神。树立创新型工程教育理念，提升学生工程科技创新、创造能力；树立综合化工程教育理念，推进学科交叉培养；树立全周期工程教育理念，优化人才培养全过程、各环节，培养学生终身学习发展、适应时代要求的关键能力。全面落实“学生中心、成果导向、持续改进”的国际工程教育专业认证理念，面向全体学生，关注学习成效，建设质量文化，持续提升工程人才培养水平。

3. 更加注重结构优化。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，优化学科专业结构。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，积极设置前沿和紧缺学科专业，提前布局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。

4. 更加注重模式创新。完善多主体协同育人机制，突破社会参与人才培养的体制机制障碍，深入推进科教结合、产教融合、校企合作。建立多层次、多领域的校企联盟，深入推进产学研合作办学、合作育人、合作就业、合作发展，实

现合作共赢。推动大学组织创新，探索建设一批与行业企业等共建共管的产业学院，建设一批集教育、培训及研究于一体的区域共享型人才培养实践平台。探索多学科交叉融合的工程人才培养模式，建立跨学科交融的新型组织机构，开设跨学科课程，探索面向复杂工程问题的课程模式，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。强化工程人才的创新创业能力培养，完善工科人才“创意-创新-创业”教育体系，以创新引领创业、创业带动就业，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，提升工科学生的创新精神、创业意识和创新创业能力。探索个性化人才培养模式，鼓励学生在教师指导下，根据专业兴趣和职业规划，选择专业和课程，给学生个性化发展提供更加广阔的空间。探索工程教育信息化教学改革，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，提升工程教育效率，提高教学效果。扎根中国、放眼全球，推进工程教育国际化，围绕“一带一路”战略实施，构建沿线国家工科高校战略联盟，共同打造工程教育共同体，提升我国工程教育国际影响力和对国家战略的支撑能力。

5. 更加注重质量保障。加强工程人才培养质量标准体系建设，制定发布理工科专业类人才培养质量标准，作为专业设置、专业建设、教学质量评估的基本遵循。按照新工科建设要求，研制新兴工科专业质量标准，引导高校依据标准制定和优化人才培养方案。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，把专业认证作为建设一流本科的重要抓手和基础性工程，用国际实质等效的标准引导专业教学，不断改进和提高专业人才培养质量。制订符合工程教育特点的师资评价标准与教师发展机制，探索与新工科相匹配的师资队伍建设路径，强化教师工程背景，对教师的产业经历提出明确要求并积极创造条件。推动高校形成内生的、有效的质量文化，强化生命线意识，将质量价值观落实到教育教学各环节，将质量要求内化为全校师生的共同价值追求和自觉行为。

6. 更加注重分类发展。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。努力培养不同类型的卓越工程人才，全面提升工程教育质量。

7. 形成一批示范成果。各类高校要审时度势、超前预判、主动适应、积极应答，根据办学定位和优势特色，深入开展多样化探索实践，努力在以下若干方面大胆改革、先行先试，实现重点突破，形成一批能用管用好用的改革成果：

建设一批新型高水平理工科大学；
建设一批多主体共建共管的产业化学院；
建设一批产业急需的新兴工科专业；
建设一批体现产业和技术最新发展的新课程；
建设一批集教育、培训、研发于一体的实践平台；
培养一批工程实践能力强的高水平专业教师；
建设一批跨学科的新技术研发平台；
建设一批直接面向当地产业的技术创新服务平台；
形成一批可推广的新工科建设改革成果。

复旦共识、天大行动和北京指南，构成了新工科建设的“三部曲”，奏响了人才培养主旋律，开拓了工程教育改革新路径。使命重在担当，实干铸就辉煌。我们将深入系统地开展新工科研究和实践，从理论上创新、从政策上完善、在实践中推进和落实，一步步将建设工程教育强国的蓝图变成现实，建立中国模式、制定中国标准、形成中国品牌，打造世界工程创新中心和人才高地，为实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴的中国梦做出积极贡献！

“新工科”研究与实践项目指南简介：

《新工科研究与实践项目指南》分为五部分 24 个选题方向。

一、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、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。包括：

1. 新工科建设的若干基本问题研究
2. 新经济对工科人才需求的调研分析
3. 国际工程教育改革经验的比较与借鉴
4. 我国工程教育改革的历程与经验分析

二、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：

5. 面向新经济的工科专业改造升级路径探索与实践
6. 多学科交叉复合的新兴工科专业建设探索与实践

7. 理科衍生的新兴工科专业建设探索与实践
8. 工科专业设置及动态调整机制研究与实践

三、新模式选题

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。包括：

9. 新工科多方协同育人模式改革与实践
10. 多学科交叉融合的工程人才培养模式探索与实践
11. 新工科人才的创新创业能力培养探索
12. 新工科个性化人才培养模式探索与实践
13. 新工科高层次人才培养模式探索与实践

四、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：

14. 新兴工科专业人才培养质量标准研制
15. 新工科基础课程体系（或通识教育课程体系）构建
16. 面向新工科的工程实践教育体系与实践平台构建
17. 面向新工科建设的教师发展与评价激励机制探索
18. 新型工程教育信息化的探索与实践
19. 新工科专业评价制度研究和探索

五、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：

20. 工科优势高校新工科建设进展和效果研究
21. 综合性高校新工科建设进展和效果研究
22. 地方高校新工科建设进展和效果研究
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
24. 面向“一带一路”的工程教育国际化研究与实践

来源：新华网，2017 年 6 月 13 日

新工科：从浪潮澎湃到走向世界

6月底的美国安克雷奇市，国际工程联盟大会，迎来中国6人参会团。

参加大会的皆是《华盛顿协议》正式成员及预备成员。会议主要对工程教育认证标准、国际工程联盟加入程序等问题进行了讨论与交流。值得称道的是，中国作为《华盛顿协议》联盟正式成员首次亮相大会报告席。

愈发走近世界舞台中央的中国，她的斗转星移、日新月异，吸引着每一位参会代表的目光。在每一天都劈风斩浪发生着巨大改变的背后，新工科发展状况如何，起到了什么作用？人们期待着来自中国的声音。

新工科建设迎彼岸风挺进“世界版图”

“我国的数据平台历经10年建设，具有决策参考、常态监测、质量报告、满意度调查、多维排名、趋势分析与预警、院校评估、专业认证等多项功能。”作为报告主讲人，教育部高教司理工处处长吴爱华底气十足。

带队前往的教育部高教司司长吴岩更是对一系列数据了如指掌：“数据采集覆盖全国31个省市自治区的1020所高校，占全部高校数量的80%以上。采集的数据信息包含专业、学生、师资、实验室等相关数据共674项，为工程认证提供大数据分析基础。”而在报告团回国的汇报材料上，如是写着：“报告得到了大会秘书处的高度评价，数据平台引发各国强烈合作及共享愿望，以提高工程教育专业认证质量与工作效率。”

这是中国高等教育新工科建设挺进“世界版图”的一次宣言。作为国际上最具影响力的工程教育学位互认协议，成立于1989年的《华盛顿协议》，由美国、英国等6个英语国家的工程教育认证机构发起，其宗旨是通过多边认可工程教育认证结果，实现工程学位互认，促进工程技术人员国际流动。我国于2016年6月成为其正式成员。无疑，国际工程联盟大会上的报告赢得高度赞誉，意味着高等教育质量保障的中国标准、中国模式再一次赢得了国际上的高度尊重与认可。

在回国后的一次报告会上，吴岩用三个观点再次佐证中国高等工程教育迎风展翅的领跑姿态：

一是我国工程教育规模世界最大，工程教育专业认证工作已在国际上产生重要影响。发达国家开始重视我国工程教育发展情况，发展中国家表现出跟随趋势。

二是我国高等工程教育国际影响力进一步增强。一些国家主动了解我国高等工程教育专业认证体系及工程教育发展经验，希望能够指导他们国家的认证工作。

三是香港和台湾对大陆发展高度认可。以前香港和台湾是正式会员，大陆是预备会员，现在大陆已成为正式会员。

“我们和香港代表团友好会面后，与台湾工程师协会举办了两岸一家亲联谊晚宴，他们都感到大陆经济社会发展蒸蒸日上。”吴岩说。没有任何预演，在合适的时间合适的地点，新工科神奇地为两岸高等教育者搭建了友谊之桥。

北京指南吹响新工科建设集结号

新工科建设为何能在大洋彼岸如此天时地利人和？我们不妨把目光投向中国北京时间 2017 年 2 月、4 月和 6 月。

教育部高教司正是在如上节点，分别在复旦大学、天津大学和北京会议中心启动综合性高校和工科优势高校的新工科建设研讨会，以及新工科研究与实践专家组成立暨第一次工作会议，起承转合，层类分明，循序渐进——“复旦共识”“天大行动”“北京指南”奏响从春至秋、由思到行的“三部曲”。

复旦共识明确定义“新工科”新范式为：新理念、新结构、新模式、新质量和新体系。

天大行动则以“六问”直击塑造未来的新工科：问产业需求建专业；问技术发展改内容；问学生志趣变方法；问学校主体推改革；问内外资源创条件；问国际前沿立标准。

北京指南作为系列理念落地最重要的抓手，在初夏来临之际，大手笔组建了工科研究与实践领域的超豪华专家“梦之队”：40 余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……

“我们在明确提出‘加快建设发展新兴工科，持续深化工程教育改革，培养德学兼修、德才兼备的高素质工程人才’的目标后，以‘五个更’理念强劲推动新工科建设研究和项目实践并肩前行，融合创新。”作为北京指南专家组召集人，清华大学校长邱勇、浙江大学校长吴朝晖、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和中山大学校长罗俊的态度一致而坚决。

更加注重理念引领——全面落实“学生中心、成果导向、持续改进”的国际工程教育专业认证理念。

更加注重结构优化——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，优化学科专业结构。

更加注重模式创新——完善多主体协同育人机制，突破社会参与人才培养的体制机制障碍，深入推进科教结合、产教融合及校企合作。

更加注重质量保障——加强工程人才培养质量标准体系建设，制定发布理工科专业类人才培养质量标准，作为专业设置、专业建设、教学质量评估的基本遵循。

更加注重分类发展——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。

紧随“五个更”理念推出的则是新工科建设最深处的风景：分为5部分24个选题方向的《新工科研究与实践项目指南》。围绕新理念、新结构、新模式、新质量及新体系的选题主体，分别以比较与借鉴及经验分析等；多学科交叉复合及理科衍生的新兴工科专业建设探索与实践等；多学科交叉融合及个性化人才培养模式探索与实践，等等，为选题方向整体布局，步步推进。

由跟跑者向领跑者转变需要“变轨超车”

四季轮转，大地金黄。新工科建设走过希望与火热交织的春夏，行至收获之秋。在以“复旦共识”“天大行动”“北京指南”开拓的工程教育改革新路径的基础上，来自各省级教育行政部门及高校代表和其他单位300余人，参加了于天津大学举办的新工科建设专题培训，再次对新工科建设之“北京指南”进行全面细致的梳理。

“实现高等教育强国目标，必须以一流人才培养为核心点、一流本科为根本、一流专业为基础统筹建设。”吴岩指出，扎根中国大地办学，以实施“卓越工程师教育培养计划”2.0版为抓手，建立中国模式、制定中国标准、形成中国品牌，打造世界工程创新中心和人才高地，服务竞争力中国，新工科建设方能从以往跟跑模式超越并跑直至领跑。

新工科建设需要怎样的“轨道”方能一马当先，驰骋疆场？又需要怎样的导航系统才不至于迷航？

“新工科建设要把握三个关键任务：学与教、实践与创新创业、本土化与国际化；推动三个突破重点：推进工程教育立法工作，有力促进协同育人；扩大办学自主权，打造工程教育发展新动能；改革教育评价体系，让工程教育回归工程。”天津大学校长钟登华的思考定位于办学内涵建设。

清华大学教授林建则从学科专业建设内涵角度，分析了新工科必须突破现有工科的界定，重视经济、法律、新闻、医学等其他非工科门类学科对工科的介入渗透。同时，他认为新型学科专业的建设路径将是：“预测未来人才市场需求——

改造升级现有专业——调整完善现有学科”；新兴和新生学科专业的建设路径将是：“预测未来人才市场需求——学科建设与专业建设同步进行”……只有这样，新工科建设方可超前地为未来培养卓越工程科技人才。

产学研合作是新工科建设的重要抓手。产学研合作协同育人项目也是教育部搭建的重要平台。

“2016 年有 64 家企业、580 多个高校积极参与，立项 2620 个，资助经费达到 1.1 亿元；2017 年上半年第一批有 88 家企业支持 760 所高校立项 3209 个，资助经费达到 7.93 亿元。”教育部产学研合作协同育人项目专家组组长、哈尔滨工业大学副校长徐晓飞介绍。

吴岩指出：“我国‘卓越工程师教育培养计划’，目前共有 208 所高校的 1257 个本科专业点、514 个研究生层次学科点参与，覆盖在校生约 26 万人，2.4 万名企业工程技术人员担任了高校兼职教师，1 万多名高校教师到企业挂职学习。600 多所高校与百余家国内外知名企业合作办学。

可以得见，共同实施产学研协同育人项目，以产业和技术发展的最新成果推动工程教育改革，高校与行业企业协同育人机制正逐步建立，我国高等工程教育质量稳步提升。

来源：《中国教育报》，2017 年 9 月 4 日

新工科建设的内涵与行动

摘 要：“新工科”（Emerging Engineering Education: 3E）是基于国家战略发展新需求、国际竞争新形势、立德树人新要求而提出的我国工程教育改革方向。“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，具有战略型、创新性、系统化、开放式的特征。“新工科”建设将阶段推进，需要重点把握学与教、实践与创新创业、本土化与国际化三个任务，关键在于实现立法保障、扩大办学自主权、改革教育评价体系三个突破。

关键词：新工科；实践；创新；卓越；工程人才

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讨，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”总体布局和协调推进“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了一起，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 年世纪经济论坛报告《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 需求, 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, 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 (见图 1)。



图 1 新工科建设路线图

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:钟登华,天津大学校长、中国工程院院士

摘自:《高等工程教育研究》,2017年第3期

新工科建设：强势打造“卓越计划”升级版

摘要：作为“卓越计划”的升级版，新工科建设通过调整学科专业建设思路、拓展工程教育改革内涵，从八个方面对“卓越计划”的内涵进行丰富和加强，包括教育教学理念、学科专业结构、学科专业建设、人才培养模式、多方合作教育、实践创新平台、教师队伍建设和人才培养质量等。本文以新工科建设对“卓越计划”的拓展和提升为重点，依次对这八个方面进行讨论和分析并提出相关意见和建议，以期为相关院校开展新工科建设提供参考和借鉴。

关键词：新工科建设；卓越计划；教育理念；学科专业；培养模式；合作教育；实践创新；教师队伍；培养质量

“卓越工程师教育培养计划”是为了贯彻落实国家一系列战略部署以及教育改革发展规划纲要而提出的一项高等教育重大改革计划，目前共有覆盖全国 30 个省市的 208 所高校的 1257 个本科专业点的 20 余万本科生和 514 个研究生专业点的近 4 万研究生参与。“卓越计划”自 2010 年启动至今，在人才培养模式改革、校企合作教育、工科教师队伍建设和工程教育面向世界等方面取得了令人瞩目的成果，部分高校毕业生就业率达 100%，学生的实践能力、创新能力和综合素质明显提高。“卓越计划”的实施不仅引领了我国工程教育改革，也为我国高等教育改革起到重要的推动和示范作用，同时引起国际工程教育界的密切关注。

以新技术、新产业、新业态和新模式为特征的新经济的蓬勃发展、国家一系列重大战略的实施、我国产业转型升级和旧动能转换、我国未来全球竞争力的提升等均对工程人才培养提出了新的更高的要求，要求面向产业、面向世界、面向未来建设新工科。事实上，新工科建设是在“卓越计划”已取得的工程教育改革成果的基础上，调整和转变学科专业建设思路，从适应产业需要转向满足产业需要和引领未来发展并重，拓展和提升工程教育改革内涵，将工程教育改革拓展到多学科交叉领域、提升到国家战略和未来发展的高度，按照这种新的学科专业建设思路和新的工程教育改革内涵，继续深入实施“卓越计划”，强势打造“卓越计划”的升级版（也称 2.0 版）。

具体而言，作为“卓越计划”的升级版，新工科建设从八个方面对“卓越计划”的内涵进行丰富和加强，包括教育教学理念、学科专业结构、学科专业建设、人才培养模式、多方合作教育、实践创新平台、教师队伍建设和人才培养质量等。本文以新工科建设对“卓越计划”的拓展和提升为重点，依次对这八个方面进行讨论和分析并提出相关意见和建议，以期为相关院校开展新工科建设提供参考借鉴。

一、教育教学理念

理念引导行动，高等学校的教育教学理念需要随着高等教育在经济社会发展中角色的转变和责任的加大而及时调整和更新，在新工科建设的整个过程中需要有新理念引导高校的具体行动，归纳起来，有四个理念。

1、“服务国家战略”理念

主动服务国家提出的一系列重大战略是新工科建设的出发点。为了实现中国梦的总目标，国家提出了“五位一体”的总体布局、“四个全面”的战略布局、“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念、以及创新驱动发展、“一带一路”、“中国制造 2025”、“互联网+”等重大战略。新工科建设就是要根据实现上述国家重大战略的需要，主动布局、设置、建设和发展相关新工科专业，培养各种层次和类型的卓越工程科技人才。

2、“对接产业行业”理念

主动对接并满足产业和行业需求是新工科建设的落脚点。产业结构的调整、转型升级，新旧增长动能的转换，新兴产业和新的产业形态的出现等，均急需培养一大批各种层次和类型的卓越工程科技人才，这正是新工科建设的目标所在。新工科建设就必须通过充分的市场和产业调研、分析和预测，积极应对产业的变化和发展，主动培养当前和未来产业和行业急需的工程人才。

3、“引领未来发展”理念

引领产业行业未来发展是新工科建设的新起点。一方面，新工科建设通过对产业行业当前发展状况和未来发展环境的战略性分析，及时调整相关学科专业结构和建设方向，以此为新起点，提前培养各类卓越工程科技人才，引领当前产业行业的未来发展；另一方面，新工科建设通过多学科交叉融合、应用理科向工科延伸等形式，孕育产生新的工科专业，培育未来工程科技人才，促进新产业的形成并引领工科和未来产业的发展。

4、“以学生为中心”理念

新工科建设的最终目的是培养各种层次和类型的卓越工程科技人才，因此，必须树立以学生为中心的理念，将其贯穿于人才培养的全过程。这一理念强调学生的学习成效和未来发展，要求围绕着学生的个性、兴趣和潜力开展教育教学工作，既要了解学生的个性特征，因材施教；又要培养学生的兴趣爱好，激发其探索未知的热情；还要挖掘学生的潜力，为其未来发展铺路搭桥。只有这样才能培养出满足新经济发展需要的既有个性、又能创新、还有潜力的卓越工程科技人才。

二、学科专业结构

新工科建设对“卓越计划”的最大拓展在于学科专业结构上。按照学科专业产生或形成的基础和构成要素划分，新工科的学科专业可以分为新型学科专业、新生学科专业和新兴学科专业三种类型，具有引领性、交融性、创新性、跨界性和发展性等几个特征，这三类学科专业构成了新工科学科专业的结构。

1、新型学科专业

新型学科专业是指为了满足传统产业转型、改造和升级对培养相应的工程人才的需要，对传统的、现有的学科专业进行转型、改造和升级而形成的新的学科专业。对传统和现有学科专业的转型升级是基于新经济对传统工科专业人才培养的新要求，尤其是人工智能、大数据、云计算、物联网等新技术对传统和现有的学科专业的影响，需要从两方面探索这些学科专业转型、改造和升级的途径和方式：一是传统工科专业的信息化、数字化和智能化；二是其他学科对传统工科专业的介入渗透。

2、新生学科专业

新生学科专业是指为了满足产业当前和未来发展对培养引领未来技术和产业发展的人才的需要，由不同工程学科的交叉复合或由工程学科与其他学科的交叉融合而产生的新的学科专业。不同工科的交叉复合是现代产业发展的趋势，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是现代产业发展的需要。新生学科专业的建设重点在于制定专业培养标准和培养方案，重组和优化课程体系和教学内容，构建实践创新教育教学体系以及教师队伍建设等。

3、新兴学科专业

新兴学科专业是指全新出现、前所未有的新的学科专业，主要指从其他非工科的学科门类，尤其是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专业。近年来涌现的由基础学科孕育的新技术通过产业化后形成了新产业的现象，说明了以理科为代表的基础学科在引领未来技术、发展新兴产业以及形成和建设新兴学科专业上的重要作用，因此，需要探索理科在技术前沿的应用，推动应用理科向工科延伸，促进应用理科与其他学科领域的交叉融合。

三、学科专业建设

在学科专业建设上，新工科在“卓越计划”基础上的拓展主要有三方面：一是

新工科的建设目标更聚焦；二是新工科需要有新型的学科专业建设平台；三是新工科需要建立学科专业的动态调整机制。

1、学科专业建设目标

从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，因此，新工科学科专业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、动态适应能力、高素质的各类交叉复合型卓越工程科技人才”。[3] 这一目标应该适用于参与“卓越计划”的各种类型工科院校的所有新工科专业，只是不同专业对其培养的卓越工程科技人才可以在“创新创业能力”、“动态适应能力”、“高素质”及“交叉复合型”等上赋予不同的涵义。

总体而言，在上述三类新工科学科专业建设上要注重大数据、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、新材料等新产业对卓越工程科技人才的需求状况及变化趋势。

2、学科专业建设平台

“卓越计划”默认的学科专业建设平台是传统的院系实体模式，而新工科学科专业建设平台还可以是非实体模式。实体模式即按照传统的院系模式设立实体院系和组建新的工程学科和专业，其内部结构、管理方式与运行模式为人们所熟悉。非实体模式是一种新型的学科专业组织机构，按照新工科专业的构成要素和交叉融合的特征，由相关院系、学科和专业的教师以及校外兼职教师根据学科专业发展需要组成。非实体模式中教师的人事关系在原单位，只是根据新学科专业建设的需要在彼此之间建立起工作上的合作关系。

选择何种模式搭建学科专业建设平台取决于新学科专业的发展阶段和性质特征。在学科专业形成和建设初期，采取非实体模式有利于将新学科专业建设置于较高的起点上并提升其建设速度。对于由较多学科专业交叉融合形成的新学科专业，如果非实体机构难以挂靠在一个实体院系上，建立实体机构将有利于新学科专业的建设和发展。

学科专业建设平台还可以与校外产业部门、行业企业和科研院所等，本着优势互补、资源共享、互惠共赢的原则一道搭建，如成立产业化学院、未来学院等，这样既能够充分利用各种社会资源，又能够与合作方共同开展学科专业建设。

3、学科专业动态调整机制

新工科建设的理念及其目标使得其较“卓越计划”更需要建立学科专业动态调整机制。一方面，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；另一方面，随着开放的全球高等教育人才市场竞争的日趋激烈，高校必须经常性地分析本校新工科专业在人才市场上的优势和不足、机遇和挑战，明确新工科专业建设的努力方向。因此，高校需要建立面向产业发展和提升专业竞争力的新工科学科专业的动态调整机制。

学科专业的动态调整需要做好三方面工作。一是高校需要聚焦服务面向区域，研究当前产业行业发展的特征和规律，预测未来产业行业发展方向和趋势，以准确把握产业行业当前和未来发展对工程人才需求的动态变化；二是高校需要经常性地开展新工科专业建设及其人才培养的外部宏观环境和内部条件分析，以清晰新工科学科专业在竞争市场中的状况；三是及时调整新工科学科专业设置，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科技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、人才培养模式

为了落实新工科建设的教育教学理念，满足产业对人才多样化、个性化和动态变化的需求，在“卓越计划”的基础上，新工科建设在人才培养模式改革上有新的要求，重点在专业培养方案、本研贯通培养人才、课程体系和教学内容以及教育教学方式上。

1、制定多学科交融、柔性化的专业培养方案

“卓越计划”专业培养方案是参与高校从专业培养角度对卓越工程人才培养提出的系统完整的具体要求和实施措施，要反映参与高校对“卓越计划”创新理念的理解和落实，包括培养目标、培养标准、标准细化、课程体系改革重组、教学内容更新、教学方法改革、培养标准实现矩阵、企业培养方案、教学计划、教师队伍、质量保障体系等。在此基础上，新工科专业的培养方案要强调多学科交融和柔性化。

多学科交叉融合是新工科专业最主要的特征之一，每个新工科专业需要制定能够支持本专业培养目标实现的多学科交叉融合的专业培养方案。专业培养方案的制定需要重点从以下几方面着手：（1）在前述新工科学科专业建设主要目标的

基础上，提出本专业具有多学科特征的人才培养目标；（2）制定落实人才培养目标的具体、清晰的体现多学科交叉融合特征的专业培养标准；（3）根据专业培养标准的要求设置课程、明确课程目标、选择和组织支持课程目标实现的课程内容、建立课程体系；（4）采取与多学科交融教学内容相适应的教学方式；（5）制定具体的教学计划；（6）确定能够有效衡量专业培养标准实现情况的质量评价方式。

多样化的未来人才需求、动态变化的产业发展以及个性化的人才培养等要求新工科专业的培养方案是柔性化的。专业培养方案的柔性主要表现在以下两方面：

（1）能够用同一方案培养出不同类型的卓越工程师后备人才，如通过课程的组合、专业方向的选择和培养计划的制定可以培养出诸如技术工程师、企业工程师或社会工程师等后备人才；（2）允许学生根据自己的专业兴趣和职业规划自主组合课程、自主制定培养计划、自主构建新专业，以充分发挥学生的天赋和特长，实现真正意义上的个性化人才培养。柔性化的专业培养方案不仅需要有丰富多样的课程和教学资源，包括允许学生自主在全校范围内选择课程，还需要有教师的指导和支持。

2、本研贯通培养人才

为了保证有助够的企业学习时间，“卓越计划”要求本科、硕士和博士三个阶段严格实现三段制，即要求一个阶段完成之后才能进入下一阶段的学习。出于以下三方面原因，新工科建设尝试采取多种模式打通本研培养：一是为了统筹安排本研阶段的课程，加强通识教育和基础教育，提高人才培养效率，扩大学生从业适应面；二是为了支持学生专业复合、鼓励学科交叉、提倡主辅并重，形成多渠道的发展路径；三是仅有本科教育已经不能满足相当一些新产业和未来产业对工程人才的要求。

本研贯通培养人才应该以本科+硕士为主，需要做好三方面工作。（1）本研贯通人才培养的知识结构、课程体系、培养模式和学分要求；（2）本科与研究生阶段相关专业或不同专业核心知识、多种能力和综合素质要求的有效衔接；（3）适应不同专业培养方案的选课体系的建立和不同专业间的学分互认机制的完善。

3、改革课程体系和教学内容

“卓越计划”对课程体系的模块化、课程体系的改革重组和优化、以及教学内容的改革和更新等均提出了基本原理和具体明确且可操作的方法和措施，需要在新工科建设过程中继续落实。

针对新工科专业的多学科交叉融合的特征和对新工科专业卓越工程科技人才

在知识、能力和素质上更高的要求，在课程体系和教学内容改革方面还需要做好以下三方面工作。（1）注重通识教育对专业教育的基础和支撑作用，整合重组和优化通识教育课程体系，以支持多学科交叉融合的专业教育的开展；（2）注重体现多学科交叉融合的新的专业课程的建设，以培养学生的跨学科思维和跨界整合能力；（3）注重将新工科学科前沿知识和相关学科交叉知识、原理和方法融入专业教育课程体系，以开拓学生的视野，培养学生的未来能力。

4、创新教育教学方法

“卓越计划”大力推行基于问题的探究式学习、基于案例的讨论式学习和基于项目的参与式学习等研究性学习方法，对于学生知识的获取、应用和创新、工程能力的培养和提高、社会能力的培养和提高以及综合素质的养成和提升具有明显的成效。

随着“互联网+”、信息技术和优质在线教育资源的发展，为创新工程教育教学方法创造了极佳的条件，需要在新工科专业人才培养中予以充分利用。首先，在“互联网+”环境下，一方面充分运用各种优质在线教育资源，另一方面将混合式教学等教学方式与研究性学习相结合，以最大限度地发挥线上线下、课内课外以及教师学生在教与学上的作用。其次，充分运用 3D 网络环境、增强现实和虚拟仿真、人工智能等信息技术支持研究性学习，通过增强信息、身临其境、加深理解等提高研究性学习的教学效率和效果。

五、多方合作教育

合作教育对卓越工程科技人才培养至关重要，在“卓越计划”中的合作教育主要指校企合作，它不仅是“卓越计划”的基本原则和主要特点，也是“卓越计划”成功的关键。新工科建设分别从三个方面增加、拓展和提升了“卓越计划”合作教育的内涵，即增加校内的跨学科专业合作教育、拓展校外合作教育到政产学研、提升国际合作教育的内涵。

1、跨学科专业合作教育

不论学科专业建设平台是采取实体还是非实体模式，新工科建设仍然需要开展跨学科专业合作教育，这是新工科的交融性特征所决定的，也是“卓越计划”不专门强调的。跨学科专业合作教育是指在新工科学科专业建设平台上相关院系和学科专业开展的旨在培养新工科专业卓越工程科技人才的合作教育教学活动。

跨学科专业合作教育的开展需要做好以下几项工作。首先，合作对象的选择：主要考虑与新工科专业构成要素相关的院系、学科和专业，涉及工程学科、自然

科学、数学、人文学科和社会学科等多个领域。其次，合作关系的建立：需要通过合作团队和合作方式的建立打破不同学科领域固有的界限，形成体现多学科交叉融合的工程人才培养合作模式。第三，合作内容的确定：主要包括跨学科专业课程的建设、跨学科专业合作学习、跨学科专业教师队伍建设、解决复杂工程问题能力的培养等。第四，教育资源的共享：基于资源共享和可持续发展的原则，建立跨院系、跨学科、跨专业的教育教学资源的整合、共享和发展机制，既提高资源的使用效率，又保证资源的更新发展。第五，政策制度的建设：学校层面需要通过制定政策和形成制度，从任务要求、组织保障、经费投入、管理模式和考核评价等方面支持、激励和保障跨学科合作教育教学活动的开展并取得实质性成效。

2、政产学研合作教育

基于学科专业的特征分析，政产学研分别是工程教育的不同利益主体，因此，新工科专业在校外的合作教育要必须从“卓越计划”单纯的校企双方合作，拓展到以校企合作为主并加强高校与政府和研究院所合作的政产学研多方合作。

中央政府和地方政府通过政策措施分别影响着全国和地方的产业发展布局、方向、结构、速度和规模。高校与政府开展合作教育的作用有二：一是通过培养产业需要的工程人才支持政府产业政策措施的贯穿落实，促进产业的发展；二是通过未来工科学科专业的建设和引领未来产业发展方向来影响政府产业政策措施的制定。

产业或企业在工程人才培养上的重要作用主要在于其具备高校所没有的以下条件：（1）能够准确把握社会对工程人才的需求；（2）拥有最先进的生产设备和制造技术；（3）拥有一批经验丰富的工程技术人员；（4）具有真实的工程实践和创新环境；（5）拥有完整的先进企业文化的学习氛围。高校与产业或企业开展合作教育正是要发挥企业这些优势。

与新产业相关的科研院所具备研究新技术和发展新产业的研究人员、技术设备和环境条件，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，这些是新工科学科专业建设所需要的，也有利于新工科专业卓越工程科技人才的培养，正是高校与科研院所开展合作教育的目的所在。

总体而言，政产学研合作教育的主要目标是：协调多利益主体的关系，争取各种社会教育资源，构建政校协同、产学研融合、校企合作、科教结合的新工科专业协同育人模式和多主体参与的卓越工程科教人才培养共同体。

3、国际合作教育

国际合作教育由两部分组成：国际合作办学和国际产学研合作教育。高校在开展新工科专业建设过程中可能面临三方面的主要问题和困难：教育教学资源、核心课程建设、教师队伍建设等。因此，国际合作办学的主要目标在于借助发达国家一流教育资源、课程资源和师资条件来建设和发展我国高校的新工科学科专业。

国际产学研合作教育要注重与在产业发展和新技术研发处于全球领先地位的国际企业和研究机构的合作，以了解国际工程技术发展水平、掌握全球新技术和新产业发展态势、清楚全球行业企业走向和新工科专业人才需求状况等，从而调整专业设置、培养目标、培养规格，改革人才培养模式、课程体系、教学内容和教学方式，提高我国工程教育面向未来的国际竞争力和影响力。

六、实践创新平台

构建实践创新平台，培养学生的实践能力和创新能力，既是“卓越计划”所强调的，也应该是新工科建设继续予以重视的，需要从构建创新创业教育平台和工程实践教育体系两方面入手。

1、创新创业教育平台

创新创业能力是新工科专业培养的卓越工程科教人才的核心能力，在“卓越计划”强调创新能力培养的基础上，还应该从以下三个方面继续打造创新创业教育平台，加强新工科卓越工程科技人才创新创业能力的培养。

完善创新创业教育课程体系建设，改进教学方式 and 教学手段。一方面，设置学科前沿课程、综合性课程、创业引导课程、问题导向课程、交叉学科研讨课程；另一方面，建立以问题和课题为导向的教育模式，倡导研究性学习和挑战性学习，因材施教，注重提高学生的探究兴趣、创新意识和学习成效。

建立面向新工科专业学生开展创意、创新、创业“三创融合”活动的支撑服务平台。通过建立支持基础工程综合能力训练、系统性创新思维训练、创意原型产品开发和成果产业化等三创生态系统，向学生提供全方位的创意实现服务，鼓励学生跨界学习、交叉合作、面向未来、挑战学科前沿问题，支持学生实现创意设计、形成创新产品、产业化创新成果。

支持创新创业训练项目、打造学科竞赛平台、参与全国创新创业大赛。高校要积极支持学生参与国家级大学生创新创业训练计划，承担创新训练项目、创业训练项目和创业实践项目，增强学生的创新精神和在创新基础上的创业意识。在

创新创业训练的基础上，高校要打造学科竞赛平台，通过科学合理的竞赛激励机制的建立，充分调动学生参与学科竞赛的积极性，将其作为学生实践能力、创新精神和创新能力培养的有效载体。在学科竞赛的基础上，高校要组织学生积极参与全国大学生创新创业大赛，将其作为深化创新创业教育改革的重要抓手，切实提高新工科专业学生的创新精神、创业意识和创新能力，推动高校创新创业教育水平的提升。

2、工程实践教育体系

实践是工程的本质，实践是创新的基础，实践促进创新，工程实践教育体系是卓越工程科技人才创新能力培养的基础性平台。与“卓越计划”不同的是，由于学科专业的“新”，使得构建新工科专业工程实践教育体系将面临着实践教育资源严重不足的问题：一是高校用于开展专业实践的设施、条件、场地和指导教师不足；二是社会能够提供给新工科专业开展工程实践教育的仪器、设备、场所以及高级工程技术人员也不足。

构建面向新工科的工程实践教育体系需要从以下几方面入手：一是高校层面在经费投入、政策配套、教师激励等方面予以倾斜，支持新工科专业需要的专业实验室的建设和学校工程训练中心的拓展；二是高校加强与在新技术和新产业领域领先企业的合作，建立针对本校新工科专业的校外工程实践教育基地；三是国家通过政策和激励措施，在全国范围吸引和遴选大型企业、创新企业和高科技企业，建立国家级工程实践教育中心，为众多高校提供新工科专业工程实践教育平台。

七、教师队伍建设

教师队伍建设是学科专业建设和人才培养的关键，新工科建设需要一支在知识、能力、经历、素质等方面均能够胜任学科专业建设和卓越工程科技人才培养工作的教师队伍。在教师队伍建设上，新工科建设与“卓越计划”的主要区别源于新工科专业的学科交融特征，因此需要研究多学科交叉融合的新工科专业对教师的要求、教师队伍建设路径以及教师的评价和激励。

1、新工科对教师的要求

“卓越计划”将“大学教师+‘准工程师’=工科教师”的模式作为对从事卓越工程师培养工作的教师的总体要求。具体而言，“卓越计划”要求参与高校建设一支知识渊博、工程经历丰富、工程能力强、教学水平高、综合素质好的工科教师队伍。

新工科对教师的任职要求应该在“卓越计划”要求的基础上强调多学科专业的交叉融合和学科专业的产业性。首先，在知识面上，不仅要拓展到除了所承担教学任务之外的所有相关课程和学科专业上，还要关注一些新兴、交叉和前沿学科，尤其是与本学科专业领域相关的新技术、新产业的出现和发展。其次，在产业经历上，要求了解新技术和先进工程设备的使用，掌握应对新产业问题的有效方式，积累解决各类前沿问题的经验，与产业界和企业保持密切的合作关系。第三，在产业能力上，除了具备设计开发、技术创新和科学研究能力外，还要具备运用多学科知识、原理和方法解决复杂工程问题的能力、以及应对、挑战和处理未来问题的能力。在教学水平上，不仅对工程教育理念、教育研究能力、教学学术水平、实践教学能力有要求，还要强调“互联网+”平台和信息技术的应用。在综合素质上，重点要强调敬业精神和职业道德，要成为学生道德品质修养的榜样、精神文明的典范和举手投足的楷模。

2、教师队伍建设路径

新工科专业教师队伍建设也应该采取引进和兼职相结合的方式进行。从整个教师队伍建设的角度考虑，在引进专职教师和聘请兼职教师时要注重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。此外，在引进专职青年教师时还要关注每位教师的可塑性和发展潜力，这对于处于不断变化中的新工科学科和专业建设具有长远的意义。

每位教师的引进均应在学科建设、专业发展、人才培养和学术研究上有明确的任务要求，同时要制定清晰的职业发展规划，包括在职培养、企业顶岗、院所挂职等，以有计划地培养和提升教师的职业胜任力。需要强调的是，不论采取何种方式提升教师的能力和素质，均必须有明确的针对性，一方面要针对其所承担的任务和职责的需要，另一方面针对其在教师要求上的不足。还需要注意的是，教师去顶岗和挂职的行业企业和科研院所应该优先考虑国内外与新工科学科专业相关的、在产业和行业发展处于领先地位的高新技术企业、产业领域的龙头企业和具有国际水准的科研院所。

3、教师的评价和激励

从人力资源开发和管理的角度，对新工科专业教师的评价和激励是促进教师队伍建设的有效手段，需要根据不同类型院校和新工科学科专业的特点，制定教师评价标准和教师激励政策。

对教师的考核与评价需要注重两点：一是考核评价标准是基于在任职要求基

基础上制定的聘期目标和任务要求，这些目标要求应该与新工科学科专业建设的总体目标和阶段任务相一致；二是应该将考核评价作为绩效管理的一个环节，注重期中评价，通过及时反馈评价结果、分析绩效不佳的原因、提供帮助解决问题，改进和提高教师绩效。事实上，教师绩效提升的过程就是其职业胜任力提升的过程。

对教师的激励在于充分调动教师投入新工科专业建设的积极性和主动性。从教师队伍建设的角度出发，激励教师重视和投入新工科学科专业建设和卓越工程科技人才培养的激励政策和措施应该主要在四个方面：到产业界丰富产业实践经验、培养多学科交叉融合能力、提高复杂工程问题解决能力、形成应对处理未来问题的能力等。激励政策和措施的制定应该立足于教师的长远发展，即教师经历、能力和素质的提高，而不是教师短期工作任务的完成，更不是单纯工作量的追求。

八、人才培养质量

新工科建设的最终落脚点是在人才培养上，因此，要立足国际工程教育改革前沿，以面向未来和领跑世界为目标追求，重塑人才培养质量观，提出新工科专业人才培养的质量标准，开展行之有效的人才培养质量评价，以保障培养出的卓越工程科技人才满足新经济发展的需要。

1、重塑人才培养质量观

新工科专业人才培养质量应该树立三个观念：以学生为中心、重视过程管理、强调持续改进。

以学生为中心是提高人才培养质量的保证，包含两层涵义：一是以人才培养目标为中心，满足新经济对人才培养质量的要求；二是充分尊重学生的个体需求，注重因材施教，满足社会对人才需求的多样化。

教育教学过程是不断逼近质量标准的过程，过程管理是质量保障的关键。重视过程管理强调从以往只关注“教学”过程，即课堂教学转向重视“教育”过程，即课内外教育。因此，要将各种有计划有组织的课外教育教学活动纳入过程管理的范畴。

持续改进是质量保障的永恒要求，强调持续改进遵循的是“没有最好、只有更好”这样一个客观事物发展规律，说明在人才培养的各个方面均存在进一步改进和完善的空间，要重视人才培养质量的不断提升。

2、人才培养质量标准

新工科专业应该沿用类似“卓越计划”提出的由国家标准、行业标准和学校标

准三级标准构成的质量标准体系，只是需要将其中的“行业标准”用“产业标准”替代，并在知识、能力和素质上做如下的补充或拓展。

学科知识方面：多学科交叉复合知识、新工科领域前沿知识。

专业能力方面：复杂工程问题解决能力、非结构化解决问题的能力。

非专业能力方面：创新创业能力、多学科团队的协作能力、研究和创造能力、数字化能力、工程领导力、动态适应能力、全球胜任力。

综合素质方面：工程伦理、社会意识、家国情怀、全球视野、批判性思维、跨学科和系统思维。

3、人才培养质量评价

新工科专业人才培养质量评价需要重视两方面工作：一是将过去的以“结果评价为主”向“过程与结果评价结合”转变，这不仅能激励学生加大学习过程中的投入，而且也利于及时发现和解决质量问题；二是将校内评价与外部评价相结合，以获得更加全面、客观公正的评价意见。

与此同时，人才培养质量评价工作还要注意三点：一是评价主体多元化，即应该由来自校内外对人才培养质量有着不同诉求的多主体从多角度对人才培养质量进行评价；二是评价方法的针对性，即要避免采取简单或单一的方法，而要针对每个教学环节的目标要求，采用能够准确有效地评价人才培养质量的评价方法；三是评价结果的使用，即要将评价结果及时地用于质量持续改进，而不是束之高阁。

新工科建设从上述八个方面对“卓越计划”进行了拓展和提升，是在国家经济社会发展的新形势下和对全球经济未来发展态势的研判下，对“卓越计划”理念、目标、要求和任务等的整体性升级。正如当初推进“卓越计划”实施那样，新工科建设也需要研究、实践、再研究、再实践的逐渐完善和不断深入的过程，需要各级政府、产业行业和高等学校的密切合作和共同努力，需要校内多学科专业的协调合作。但也一定会如实施多年后的“卓越计划”那样，新工科建设将有力地推进我国从工程教育大国迈向工程教育强国，进而影响国际工程教育的改革与发展。

作者：林健，清华大学教育研究院教授、公共管理学博士生导师

摘自：清华大学教育研究院，2017年5月27日

“新工科”建设背景下地方高校工程教育改革发展刍议

摘 要：近年来，新工业革命提速、全球化进程深化、新经济发展加快，现代性境遇愈加复杂，要求我国工程教育及时做出回应。学科演进逻辑表明“新工科”的提出具有历史必然性，研究从现代性的反思性介入、分类指导与学校自主探索、整合性思维导向的工程学科重构、工程教育范式引领的工程教育综合改革等层面对“新工科”进行了解读。“新工科”建设背景下地方高校工程教育改革发展存在诸多掣肘因素，如思想观念桎梏、依附性发展逻辑固化、协同办学机制缺失、组织与制度性障碍、师资工程实践能力弱化等。地方高校应明确办学定位，围绕区域产业发展需求布局学科专业、破解学科壁垒、构建政校企共同体、推进工程教育教学改革、完善教师评聘制度等，提升学校服务职能，形成办学特色。

关键词：新工科；地方高校；工程教育

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”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”。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。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。

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。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，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。

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”。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未来的未来，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%，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。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为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的任务。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，如新产品的设计、改进，工艺、装备的设计及高新技术的推广与服务等。地方高校应找准定位，把全面为地方经济社会发展服务做为目标，为政府、企业 and 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 and 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。

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的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置和课程内容。

（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。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。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”，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：夏建国，上海工程技术大学校长，教授，博士生导师

摘自：《中国工程教育研究》，2017 年第 3 期

主办：西安工业大学高教研究室

主编：顾致平 李晓彤

责任编辑：张楠

地址：未央校区行政楼 516 室

邮箱：gjstg@xatu.edu.cn

电话：029-86173173

传真：029-86173173

印刷份数：120 份

特别说明：本刊为内部交流专刊，所载文稿仅供学校决策层、教育研究者参阅，所言所述不代表本编辑部观点。任何单位及个人不得以任何形式转载和引用，若引起纠纷，本刊不负任何责任。真诚欢迎全校教职员工提出中肯的意见和建议，以便根据工作需要及时调整栏目内容，更好地服务大家。