



中国教育科研参考

2018年第5期
总第(423)期

中国高等教育学会编

2018年3月15日

目 录

因时而动 返本开新 建设发展新工科

——在工科优势高校新工科建设研讨会上的讲话.....张大良(02)

新工科建设的内涵与行动.....钟登华(07)

面向新工业革命的中国工程教育发展战略研究.....朱正伟 李茂国(11)

面向未来的中国新工科建设.....林 健(18)

加快新工科建设,推进工程教育改革创新

——“综合性高校工程教育发展战略研讨会”综述.....胡 波 冯 辉 韩伟力 等(27)

编者的话:“新工科”是工程教育改革新方向,符合我国战略发展新态势、国际竞争新形势、立德树人新要求,为世界工程教育改革探索提供了一种全新视角和“中国方案”。从“复旦共识”“天大行动”到“北京指南”,新工科建设有了清晰的路线图。“新工科”需要对传统工科专业重构或整合资源重组新专业,旨在推动工科专业人才培养模式改革,以及工程专业建设从科学范式向工程范式转型,为我国经济转型和社会发展提供强有力的人才保障和智力支撑。本刊以“新工科建设”为选题,集中选编了若干篇文章,供读者参阅。

主编:王小梅

本期执行主编:王小梅

责任编辑:胡天助

地址:北京市海淀区学院路35号世宁大厦二层中国高等教育学会《中国高教研究》编辑部

邮编:100191

电话:(010)82289809

电子信箱:gaoyanbianjibu@163.com

网址:www.hie.edu.cn(中国高等教育学会——学术观点栏目)

因时而动 返本开新 建设发展新工科

——在工科优势高校新工科建设研讨会上的讲话

张大良

今年2月复旦会议之后，教育部高等教育司印发了“关于开展新工科研究与实践的通知”。当前，“新工科”已经成为教育领域关注的热点，不少高校举行了专题研讨会，组织制订新工科研究与实践的选题。

今天的会议，将通过交流研讨，在“复旦共识”的基础上，进一步形成新工科建设的行动路线；在广泛征集研讨的基础上，发布新工科研究与实践的项目指南；汇聚形成一支高水平的新工科建设专家队伍。这里，就新工科建设与发展谈三个问题，与大家交流。

一、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新形势新任务

习近平总书记在2016年召开的全国高校思想政治工作会议上强调：实现中华民族伟大复兴，教育的地位和作用不可忽视。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。高校立身之本在于立德树人。只有培养出一流人才的高校，才能够成为世界一流大学。办好我国高校，办出世界一流大学，必须牢牢抓住全面提高人才培养能力这个核心点，并以此来带动高校其他工作。习近平总书记强调指出，高等教育要为人民服务，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。习近平总书记关于办好中国特色社会主义大学的系列论述，深刻回答了培养什么样的人、怎样培养人、为谁培养人的根本问题，为高等教育改革发展指明了方向、提供了根本遵循。

2010年教育规划纲要颁布以来，特别是党的十八大以来，有关部门、地方和高校贯彻落实党中央国务院的决策部署，高等教育改革发展以提高质量为核心，以立德树人为根本任务，采取一

系列有力措施，强化人才培养中心地位和本科教学基础地位，推进教育教学改革和人才培养机制改革。从全局工作看，当前人才培养工作正在升温，取得重要进展和成效，主要表现在四个方面：一是人才培养摆在了学校工作更加突出的位置。高校在“十三五”规划编制、“双一流”建设方案制定的过程中，进一步明确了人才培养的核心地位；高校党委常委会、校长办公会研究教学工作逐渐形成制度；一些高校“重科研、轻教学”的倾向正在扭转。二是重点领域的教育教学改革取得明显进展。高校创新创业教育改革氛围浓厚、生机勃勃，在开设创新创业课程、推进教学方法改革和强化创新创业实践等方面取得显著成效；协同育人机制不断完善，高校与实务部门、科研院所、行业企业在联合培养学生、教师互聘、资源共享等方面建立了更广泛的合作关系，推动社会优质资源向育人资源转化。三是学校的资源配置、政策支持更多地向人才培养倾斜。高校新一轮综合改革方案普遍将人事制度改革作为重点，进一步明确教师的主业是“教书育人”，衡量教师的主要标准是“教书育人”的成效，把教师的积极性更多引导到教学上来，克服唯论文、唯职称、唯头衔、重研轻教等倾向。一些高校的教学经费占比大幅增长。四是教学质量监督保障机制正在不断完善。高校质量主体意识增强，一批高校形成人才培养工作自我诊断自我完善工作机制，初步建立起高校教学质量年度报告发布制度。一批高校特别是高水平大学主动要求参加人才培养工作评估，加强人才培养质量监督已成为高校强烈的自觉行动。

我们在充分肯定成绩的同时，要有基于事实的教育自信，也要有基于理性的教育自省，必须清醒地看到，高校人才培养与国家需求、人民期待和国际先进水平相比还存在不少差距。

“十三五”时期是全面建成小康社会决胜阶段。陈宝生部长强调，当前和今后一段时期，要准确把握新形势、新任务、新挑战，增强工作主动性、针对性、有效性，全面认识高等教育正面临的“五个变化”。一是高等教育供求关系发生了根本变化。我们进入了高等教育大众化阶段，很快将进入普及化阶段，人民群众对优质高等教育的需求发生了历史性变化。现在老百姓对高等教育需求不再仅仅满足于孩子能上大学，而且希望孩子能上好大学，享受优质教育资源。二是高等教育面临的国家需求发生了很大变化。国家推动实施创新驱动发展，实施“一带一路”“中国制造 2025”“互联网+”等重大战略，经济发展步入新常态，动力转换、结构调整、方式转变、产业升级任务紧迫，需要高等教育发挥人才支撑作用。三是高等教育面临的国际竞争环境发生了很大变化。我国教育已经在世界舞台上参与竞争，我们的坐标已经是国际坐标，标准是世界标准，这给中国高等教育带来了历史性的重大挑战。四是高等教育对象发生了很大变化。90 后大学生是互联网时代的原住民，他们的价值观念、思维方式、学习方式、交往方式与上一代学生相比有了很大变化。我们以往熟悉的教育理念、管理方式、人才培养机制、培养模式、教学内容和方法，都迫切需要做出相应的改革和调整。五是高等教育的资源条件发生了很大变化。“十二五”时期，我们教育支出 GDP 占比历史性实现了 4.28%，此后没有滑下来。今天，教育可以调动的资源，是中国历史上从来没有出现过的。

“五个变化”充分体现了高等教育面临的新形势。要响应“五个变化”，必须以简驭繁，在行动上落实陈宝生部长提出的“四个回归”。一是学生要回归常识，认真读书，读“国情”之书、“基层”之书、“群众”之书，既要读“无字之书”，又要读有字之书，读马列经典、中华优秀传统文化经典、中外传世经典和专业经典，杜绝浮躁、静心学习、理性思考。二是老师要回归本分，教书育人，做教育分内的事，得天下英才而育之。三是学校要回归初心，立德树人，全面贯彻党的教育方针，培养德智体美全面发展的社会主义合格建设者和可靠接班人。四是教育要回归梦想，创建一流教

育，树立报国梦、强国梦，建设高等教育强国。

“四个回归”和“五个变化”要求我们把握和遵循教育教学规律、落实立德树人根本任务，同时也要与时俱进，不断改进人才培养的模式和方式方法，持续提高人才培养水平和质量。

可以说，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，建设高等教育强国，我们这一代人有着重要的历史责任，必须走好我们的“长征路”。我认为，人才培养要把握好“一魂、三规、三教、两学”。“一魂”就是抓好灵魂性工作，这个灵魂性工作就是思想政治工作，围绕学生、关照学生、服务学生，不断提高学生政治觉悟、思想水平、道德品质、文化素养，把学生培养成为又红又专、全面发展的高级专门人才，也就是要“抓好思政铸灵魂”。“三规”是指规划、规律、规范。规划是引导，现在规划都做了，关键是要抓落实，要“落实规划见实效”；规律是法则，要遵循教育教学规律、人才培养规律，抓好人才培养工作，要“把握规律守法则”；规范是保障，教学规范、学术规范要充实完善，要“健全规范立制度”。“三教”是指教师、教材、教法。教师是办学的核心，要按照习近平总书记提出的“四个相统一”的要求，加强教师队伍建设，当前重在“培训教师强核心”；教材是基础，要“更新教材调内容”；教学有法，教无定法，教学方法不改，课堂抬头率不高，教学效果差，因此要“改进教法增活力”。“两学”是指学风、学生。学风建设要着眼于办学的大生态，包括办学的政治生态和学术生态，要“端正学风优生态”；学生培养是根本，要按照习近平总书记提出的“四个正确认识”的要求教育引导学生，全校上下、校内校外形成合力，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，真正做到“培养学生固根本”。

二、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

习近平总书记在2014年国际工程科技大会上指出，“未来几十年，新一轮科技革命和产业变革将同人类社会形成历史性交汇，工程科技进步和创新将成为推动人类社会发展的引擎”。工程

教育已经成为国家竞争力的重要来源。

新中国成立以来，特别是改革开放以来，我国工程教育取得了巨大成就，培养了数以千万计的工程科技人才，有力地支撑了国家工业体系的建成与发展，推动我国成为世界制造业大国。我国已经拥有世界上最大规模的工程教育。2016年，工科本科在校生538万人，毕业生123万人，专业布点17037个。工科在校生占高等教育在校生总数的1/3。近年来每年工科本科毕业生约占世界总数的1/3以上。我国4200多万人的工程科技人才队伍是开创未来最可宝贵的资源。

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。

首先，发展新经济要求面向当前和未来培养一批优秀工程科技人才。新经济是伴随新一轮科技和产业革命而产生的经济形态。以新技术、新产业、新业态、新模式为特征的新经济正在蓬勃发展。人工智能、虚拟现实、基因工程等新技术加速兴起。工业机器人、集成电路、卫星应用、通用航空、生物等新产业快速发展。目前我国机器人企业已超过800家，2016年工业机器人产量达到7.24万台。平台经济、分享经济、协同经济等新模式广泛渗透，线上线下融合、跨境电商、社交电商、智慧家庭、智能交通等新业态不断涌现。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。

“今之视古，亦犹后之视今”。现在回望计算机刚刚兴起的20世纪70年代，可能就像未来几十年看现在一样，充满了机遇和不确定性。工程教育作为高等教育的重要组成部分，建设发展新工科，必须具有高度的时代责任感，着眼全局，放眼未来，重点突破。

其次，产业改造提升要求培养多样化的创新型工程科技人才。

制造业是实体经济的支柱，是实现经济转型升级、产业提质增效的关键。历史经验证明，工业始终是一个国家经济社会发展的根基所在。中国要成为真正的经济强国，必须努力建设制造强国。改革开放以来，我国制造业发展迅速，到2010年制造业产值在全球占比超过美国，成为制造业第一大国。然而，与世界先进水平相比，我国制造业仍然大而不强。

李克强总理在2017年政府工作报告中要求：“深入实施《中国制造2025》，加快大数据、云计算、物联网应用，以新技术新业态新模式，推动传统产业生产、管理和营销模式变革”，“大力发展先进制造业，推动中国制造向中高端迈进”。实现制造强国的战略目标，关键在人才。2016年12月，教育部联合人力资源和社会保障部、工业和信息化部共同发布了《制造业人才发展规划指南》。

工程科技人才培养必须满足制造业人才需求多样性的要求。当前我国产业发展处在多层并存阶段，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、通信工程等领域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批工程科技人才。在人才培养过程上应表现为产学合作、产教融合、科教协同、国际合作、本硕博衔接与协同等。工程科技人才培养必须强化创新创业能力和跨界整合能力。当前，创新正逐渐成为推动全球经济复苏

和增长的主要动力。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。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。这些变化均要求工程科技人才必须具备创新创业的意识和能力。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，具有交叉复合特征，具备跨学科、跨产业的跨界整合能力。

三、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

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、多视角解决问题课程、交叉学科研讨课程，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。

我们要通过深化综合改革形成新工科建设发展体系，这个体系要充分体现“五个强化”：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。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。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。四是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。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的建设和发展。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育新工科人才，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做出贡献，为创新型国家建设提供人才支撑和智力支持。

（张大良，教育部高等教育司司长，北京100816）

（原文刊载于《中国大学教学》2017年第4期）

新工科建设的内涵与行动

钟登华

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，统筹推进“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伟大历史使命。

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。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，是落实高校立德树人要求的重大举措。

荷兰代尔夫特理工学院2014年的研究报告《Engineering Education in the 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。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，新知识呈指数级发展，边缘学科、交叉学科不断涌现，知识成果转化周期不断缩短。但从内容上看，工程教育课程知识内容陈旧，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。与此同时，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年世界经济论坛强调包括社会技能、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及发展实际，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，为工程教育改革不断提供新动力。4.开放式。新工科是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子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。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。（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。

（钟登华，天津大学校长、教授，中国工程院院士，天津 300072）

（原文刊载于《高等工程教育研究》2017年第3期）

面向新工业革命的中国工程教育发展战略研究

朱正伟 李茂国

一、背景分析

(一) 全球工程教育的新发展

20世纪90年代，以麻省理工学院为代表的工程教育强势高校就提出工程教育要“回归工程”，成功止住了全球工程教育“科学范式”盛行的势头，并顺利开启了工程教育“回归工程”的新时代。这不仅引领了世界工程教育发展的潮流，也使工程人才从饱受企业诟病到再次受到企业的欢迎，为工业产业的继续发展提供了必要的智力支持和人才支撑。

世界高等教育强国，经过上千年的发展，其功能经历了从纯粹的“知识传授”（即大学1.0时代）到“知识传授+学术研究”（即大学2.0时代）再到“知识传授+学术研究+社会服务”（即大学3.0时代）。目前，高等教育强国的高校又增加了“创新”的功能。斯坦福大学的“硅谷”、麻省理工学院的“128高速公路”、加州理工学院所在的“航空街”、剑桥大学的科技园区等不仅是大学的创新基地，更是全国乃至全球闻名的创新中心，此举大有开启大学4.0时代之意。

过去的工业革命与工程教育关系似乎不大，工程教育也亦步亦趋地跟着工业革命的步伐，而使得工程教育滞后于工业界的需求而饱受诟病，就算是美、英、德、法等工程教育强国，工程教育改革也滞后于此前发生的工业革命。从前三次工业革命所需的人才特征、人才类型和紧迫程度来看，之前的工程教育滞后于工业革命尚可维系。然而，新工业革命以智能生产、智能制造和绿色发展为主题，不只是互联网、新能源、新材料的综合利用，也是材料、信息、生物医学、能源、制造、人工智能等学科的交叉融合。因此，这次工业革命如果没有工程教育的参与恐怕就不能完成。

各国的工程教育都面临着新选择和新变化，这既是挑战也是机遇。当我们展望未来，描绘新工业

体系的时候，我们也必须为工程教育找到新的历史方位，设计出新的道路，提出新的发展战略，以指引中国的工程教育从现在走向未来，并成为适应和引领新工业革命发展的中坚力量。

(二) 中国工程教育面临的机遇与挑战

为了提高工程教育质量，我国从2010年开始实施了“卓越工程师教育培养计划”，启动了工程教育回归工程的征途。从2015年中国工程院的评估报告来看，五年来，我国工程教育取得了不少可喜的成绩和变化。截至2014年底，全国共计208所高校的1257个本科专业点、514个研究生层次学科点按“卓越计划”进行改革试点，累计参与“卓越计划”学生近25万人；签约实施卓越计划的企业达10415家。中国已成为全球工程教育大国。据统计，2016年我国普通本科工科专业布点数为18117个，毕业生123万人，在校生达538万人，分别占全国普通高校本科毕业生和在校生的32.8%和33.3%，工学称得上是最大的学科门类。

我国已经成为世界工程教育大国，也是世界制造大国。高铁、超算、太空、深海等排名世界第一或名列前茅的行业和领域展示了我国的实力和能力，“一带一路”倡议展示了我国和平发展的愿景和想法，“创新驱动”“网络强国”“五化融合”等已成为国家发展战略，这对我国的工程教育提出了新的更高要求。

从国家层面看，我国的工程教育尚未形成一个稳定的发展战略，没有走出一条自己的发展道路。尽管对工业界的影响尚不便定论，但对教育界而言，“卓越工程师教育培养计划”是一个比较有共识的战略。然而，随着时间的推移和工业的进步，中国工程教育不仅要继续从科学范式走向“回归工程”，同时又面临新工业革命和新的工程教育范式的挑战。

从国内视域看，我国的工程教育面临着多层次

多角度的需求，概括起来就是：提高质量、保持适度的大规模和全系列。首先，提高质量。我国是高等工程教育大国但不是强国。因此，提高工程教育的质量就是高等工程教育不懈的追求。不论培养何种层次、何种学科背景的工程人才，都应是高质量的。其次，保持适度的大规模。为实现我国从世界制造大国向制造强国的转变，“中国制造2025”专门提及要“完善多层次多类型人才培养体系”，并将“人才为本”作为五大基本方针之一，明确提出要“建设一支素质优良、结构合理的制造业人才队伍，走人才引领的发展道路”。因此，我国对工程人才的需求是巨大的，这在今后相当长的一段时间内，我国的工程教育都会是大规模的。第三，全系列。作为全球的制造大国，不仅体现在体量上，还体现在种类上。我国现已建成全球制造业种类最齐全、最完备的制造业体系，我国制造业种类从数量上已经远远多于美、德、英、法、日等制造强国。因此，需要培养更多的高质量人才来做强现有制造业。此外，出于国家安全需要，我国也必须建立完整的工业体系，所以需要各种各样的全系列工程人才。

从全球视野看，我国的工程教育面临诸多需求。中国要主动融入全球创新网络，并布局自己的创新网络，在全球范围内优化配置、创新资源，这是大势所趋。从近代中国工程教育发展历程看，单纯学习苏联模式或者美国模式似乎都不能完全解决我国工程教育面临的困难和问题。俄罗斯加入华盛顿协议，同时又成为欧洲工程教育认证网络的正式成员，这似乎为我国工程教育改革提供了一种可借鉴的思路。当前主流的英美国家和欧洲大陆国家的两大工程教育体系也各有其优缺点。因此，从我国具体国情出发，工程教育应融合世界工程教育的优点，兼容英美国家和欧洲大陆国家两大工程教育体系，创立世界第三大工程教育体系。

从工程教育自身的发展来看，工业4.0、工业互联网、“中国制造2025”等新工业模型的实施，将引发工业界革命性的变化。所有这些，既是中国工程教育的机遇，同时也给我们提出了巨大的挑战。工业4.0和工业互联网，都是把信息和互联网与制造业在各个环节进行融合和创新，工业4.0战

略提出要把信息互联技术与传统工业制造相结合，打造“智能工厂”与“智能生产”。工业4.0偏重“硬件”，工业互联网更偏重“软件”。因此，我们需要重构中国工程教育的治理体系，积极探索并实践中国工程教育与中国工业界、国际工程教育的融合创新。作为为工业服务提供人才和智力支撑的工程教育，自然应创新工程教育范式，改革人才培养模式，打破基于学科的模式，超前布局新工业革命需要的专业，把相关课程融合，做成整合型的课程计划，与社会协同发展，深化与工业行业紧密合作，实施研究与教育的整合推进，以培养新工业革命所需要的人才，从而引领新工业革命的浪潮。

二、我国工程教育发展的战略思想

（一）人本主义的工程观

“人本内涵”是新工业革命最为根本和核心的内涵。人的改变是所有变革的出发点和落脚点，同时也是变革能否成功的核心条件。人类社会发展到今天，技术和工业“已深深嵌入了人性的领域”。一方面，新工业革命将进一步解放人、发展人；但另一方面，人更需要适应新工业革命、引领新工业革命发展。新工业时代以合作为重要特征，更看重创造、互动、参与、开放、平等、共享以及加入全球网络。因此，面向未来的工程教育应以人与自然和谐发展为出发点和归宿，全面考虑新工业革命的“人本内涵”，基于“大科学观”和“大工程观”树立融合“自然-科技-经济-社会-人类”五位一体的共生发展理念，营造“资源节约、环境友好、社会和谐”的工程生态文化，进而树立人本主义工程观，培养服务国家发展战略和新工业革命需要的高素质工程人才。

当代人类发展所面临的资源短缺、生态失衡、环境污染等困境本质上是工业文明式微、工业化危机凸显以及“人本”错位或缺失的集中表现。目前，新工业革命正在全球兴起，这是当代人类走出生存困境、化解工业化危机的历史机遇期。新工业革命将是一种基于生存空间的新的革命性理念，将引领人类进入可持续发展的“后碳”时代的一种实用经济的新模式。因此，面向未来的工程教育树立人本主义工程观既是工程本质的彰显，亦是历史使然。

（二）实践主义教育思想

科学发现事物，工程创造事物。科学的本质是发现世界、认识世界，工程的本质是创造世界、改造世界。工程是基于科学、立足于实践的，没有科学的工程就像没有根系的大树，离开实践的工程就像没有灵魂的躯壳。因此，工程必须强调实践。工程师的任务是改造世界、创造未来。培养工程师的工程教育是对人类认识科学、认识工程、熟悉工程过程、进行工程实践的重演和再现。另外，工程教育本身也是一种实践，是工程师培养的教育教学实践。

但是，目前的工程教育知行不统一，缺少对工程实践的认识，缺少对实践方式的认识。我国工业界早就发出“现在的毕业生难以快速适应工作”、我国工程教育的课程体系“脱离了工程实践”的呼声。因此，我们应该倡导实践主义的工程教育思想，用实践的方式来认识工程、认识工程实践，做好工程教育“回归工程”的紧要工作。当然，作为工程的基础—科学规律也不容忽视，但也要按照科学研究的规律来认识工程的科学规律。

三、我国工程教育发展的战略目标与举措

基于人本主义工程观和实践主义教育思想，分析工程教育范式转换的条件，定位新型的人才培养目标 and 明确新的人才类型，探索新的工程教育范式，重构我国工程教育治理体系，探索我国工程教育与工业界以及与国际工程教育的“融合创新”，以建立我国适应和引领新工业革命的“高质量、大规模、全系列”的工程教育体系是我国工程教育发展的战略目标。

面向新工业革命的中国工程教育发展战略，概括起来就是利用“融合创新”的战略来重构中国工程教育体系，其内涵主要包括以下四个方面：

（一）重构中国工程教育治理体系

1. 建立中央集权与地方分权的平衡关系。高等教育分权与集权无关好坏，典型的高等教育分权型国家如美国，典型的集权型国家如法国，由于分权和集权各有优势，高等教育既没有纯粹的集权，也没有纯粹的分权，世界各国在高等教育管理中都采取了集权与分权相结合的方式。《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》明确提出

要“以简政放权和转变政府职能为重点”来“健全统筹有力、权责明确的教育管理体制”，要“推进中央向地方放权、政府向学校放权，明确各级政府责任”，以“形成政事分开、权责明确、统筹协调、规范有序的教育管理体制。”目前我国的高等教育基本上是中央集权制管理。因此，我们需要探索并建立中央集权与地方分权的平衡关系，寻找二者的平衡点，对高校的管理实行分权与集权相结合的方式，以提高我国高等教育的质量和效率。

建立中央集权与地方分权的平衡关系，要解决两个矛盾。第一是要打破计划经济思维下办大学的集权管理模式，即高校要从专科升本科、本科升硕士点、硕士点再升博士点的路径，避免高校盲目地从专科学校升格为学院、再想方设法地更名为大学。实际上，在市场经济背景下，只要地方政府大力投入就能够吸引一批高水平的师资、达到满足培养研究生要求的软硬件条件。因此，学位点的审批要放权给地方政府，而且办大学可以从任意层级的学位开始，政府只需要把学位评估作为强制条件就可以了。这一点，2012年4月建校的南方科技大学和即将建立的西湖大学开了一个好头。第二个矛盾，也是主要矛盾，就是要明确高校办学定位的确立者是举办者而非办学者。政府是高校的举办者，要给大学定位，而不是仅仅让办学者来定位。相应地，中央政府给中央所属高校定位，地方政府则给地方所属高校定位。

2. 工程教育利益相关者参与教育治理。工程教育的利益相关者，有学者认为包括“政（政府）用（用人单位）产（企业）学（学校）研（科研机构）”，也有学者认为要突出学生作为受益者的主体地位，因此要采用“管（教育行政主管部门）、办（学校）、评（人力资源部门）、用（企业、行业）、学（学生）”的治理模式。实际上，企业、行业在这个治理体系中占有举足轻重的地位，必须要突出和强调他们的地位和作用。

基于此，德国建立了另一种模式。德国工业4.0战略所描绘的智能制造发展蓝图的支撑是“四位一体”的，即政策支持、产品市场、技术体系引导和人才培养。而对于这个“四位一体”的战略，其具体实施者恰好对应工业4.0的四个重要战略角

色，即德国政府、企业、行业联盟、科研教育机构。分析“政用产学研”模式不难发现，“用”和“产”实际上有很大部分是一致的，而“学”和“研”则可对应德国的“科研教育机构”这个角色；分析“管办评用学”模式可以看出其适用范围相对较窄。因此，我国可借鉴德国模式，建立“政府、企业、行业联盟、科研教育机构”的“四位一体”的工程教育治理体系。这一体系可以高度地突出企业、行业的地位和作用。

为建好这个新型的治理体系，首先，我们要通过行政部门简政放权，允许企业、行业组织参与学生执业资格考核和认定，鼓励企业、行业发挥主人翁精神，切实参与高校人才培养的过程等方面来搭建利益相关者共同参与的平台；要通过机制、法规的建立和健全，保证学校、学生受益，企业、行业获利，合理减轻教育行政主管部门和人力资源部门的负担，以建立多元主体利益共享机制；还要落实以学生为中心的理念，营造企业、行业负有参与工程人才培养过程社会责任的环境和氛围，树立企业、行业的主人翁意识，探索行政部门简单、高效参与人才培养的体制、机制，以完善多方共同参与的社会环境。

其次，要建立全国性的工程教育协同管理机制。鉴于中国教育制度和人事制度的现状，可以在中国工程院教育委员会的框架下建立全国性的工程教育协同管理机制。

第三，要用法律、法规来保障工程教育治理体系的实施。在上述治理体系中，法律、法规的缺失或不完善会严重地阻碍新型治理体系的实施。当前比较紧迫的是应制定《产学研合作法》和《工程师法》，主要是规范国家相关行政部门、企业、高校、个人等主体的责权利，保障产学研合作的健康、可持续发展，以及明确对工程师的规制程度、组织管理架构，加强队伍建设，明确职业道德和执业资格，保障工程师的合法权益。

（二）中国工程教育与中国工业界融合创新

1.按照工业界的主题重构工程类专业。当前的专业设置是以学科为逻辑的，也就是说有什么样的学科就对应设什么样的专业。这对于专业的学科依存和知识体系的架构有一定的好处，但这不利于培

养人才的知识体系与新兴产业及跨界交叉工作的对应。而且，同一学科名，不同高校的理解、师资等条件不一样而使得其专业的内涵不同。

另外，当前的管理办法有利于对专业进行规范化管理，但不利于专业的创新，不利于高校快速适应工业界的需求，也不利于高校适应“中国制造2025”、创新驱动发展、“一带一路”等国家战略的需求。由于创新总是从个别学校开始的，而“现行的审批制和备案制严重不利于创新专业”，这自然就不能很好地解决按照工业界的主题来开设专业的主要矛盾。

因此，要进一步放开专业备案（审批）权限，给予高校更多、更大的专业设置自主权，变专业设置的学科逻辑为产业、工业界需求的逻辑；将限定性专业目录变为统计型专业目录；变“入学身份”的专业为“毕业身份”的专业，以缩短工业界急需人才的培养时间。同时，加大专业认证、评估力度，定期（每年2次）公布专业基本状态数据，加大认证不通过、评估不合格专业和学校的处罚力度。

另外，在当前新工业革命的情况下，还要特别重视发展“云物大智”类，即与云计算（Cloud Computing）、物联网（Internet of Things）、大数据（Big Data）和人工智能（AI）相关的专业。

2.按照工业价值链重构人才培养模式。传统工程人才培养模式基于学科逻辑，其价值指向教师中心地位和知识传授，这难以适应新工业革命对工程人才的挑战和需求。我们此前曾专门论述过当前我们必须要进行人才培养模式的创新，而且这个创新的逻辑是基于工业价值链的。我们认为，基于工业价值链的工程人才培养模式以项目完成、问题解决为逻辑，突出学生中心地位及其能力培养，这与传统的基于学科逻辑的人才培养模式是完全不一样的。这种创新的人才培养模式包括了五个方面，即：基于全科通识教育的专业教育模式，以创新能力培养为核心的创新能力本位模式，从智能制造的视角一跨界模式，从产品生命周期的视角一过程模式以及从商业模式演进的视角一工商融合模式。

以创新能力培养为核心的创新能力本位模式，针对的是当前创新方法游离在人才培养模式之外、

创新方法与专业能力培养脱节的问题，因此，必须从人才培养模式的创新入手，促进创新方法与专业教育的融合。该模式的实施途径是：以创新成果作为毕业要求，以基于学科门类的科学方法论的课程进行全科通识教育，实施以解决问题为导向的按需学习来进行专业学习，通过简单、中等复杂、复杂三级项目进行实践教学。因此，之前我们提出的“创客模式”自然就包括在这个模式之中了。

（三）中国工程教育与国际工程教育融合创新

1.兼容世界两大工程教育体系。对于工程人才的培养，当前国际上主要有两种模式。一是欧洲大陆国家模式。以欧洲大陆国家为主，是专业教育的模式，其本科和硕士都是专业教育，过去是长学制，现在多数改为三段制，而且通常要求本硕贯通培养。第二种是英美国家模式。以英美国家为主，是通识教育的模式，通常要求分段培养，本科实施宽口径的通识教育，硕士、博士则实施专业教育。

欧洲大陆国家的专业教育模式和英、美国家的通识教育模式各有千秋，对我国而言，我们不能简单地把二者加在一起，即“通识教育+专业教育”的模式。如果简单相加，在有限的学习时间内，一方面必将增加学生的课程量和学业负担，另一方面则会导致那些本科毕业即就业的学生专业能力明显不足，而对于要升入硕士阶段的学生而言，又会显得基础不牢。另外，因为我国的制造业种类完备、工程类型多，工业界对人才的需求也是多样化和全系列的。

因此，我国的工程教育也不能简单地复制通识教育模式或者专业教育模式，而应该要探索第三种模式——即兼容世界两大工程教育体系，既有专业教育，又有通识教育的兼容并存模式。鉴于我国高校的实际情况，应用型院校主要培养职业型人才，因此应该坚持发展专业教育模式；世界一流大学主要培养学术型人才，因此应该加强通识教育；对于多数部委所属高校，既要培养职业型人才，又要培养学术型人才，应该针对不同的学生实施专业教育或通识教育。

2.兼顾国内认证和国际认证。专业认证是国际通行的工程教育质量保障制度，也是实现工程教育国际互认和工程师资格国际互认的重要基础。我国

作为世界工程教育体量最大、制造业种类最多的国家，一方面确保我国工科专业毕业生达到行业认可的既定质量标准要求，另一方面也要提高我国工程教育在全球工程教育中的话语权。为此，我们要做好以下两项工作：

第一，中国工程教育要全面加入国际工程教育认证体系。不论是从推进和加强我国工程教育国际化的角度，或是提升我国工程教育的国际话语权，或是确保我国工科教育的质量，或是提升我国工程类企业、工程技术人员国际竞争力的角度来说，我国的工程教育都必须全面加入国际工程教育认证体系。不过，从我国的实际情况出发，不同学制的专业可加入不同的认证协议。当然，从全球工程类研究生认证体系的现实出发，我国也可以发起一个工程硕士的认证体系，这个体系目前在我国也是一个空白。

第二，要推行国内认证与国际认证相结合的制度。由于中国工程教育规模巨大，层次较多，只有部分能够参与国际认证，因此有必要推行国内认证与国际认证相结合。尽管没必要让所有学校、所有专业都参加国际认证，但要求没有参加国际认证的学校、专业一定要参加国内认证。对此，我们应将认证分成三个部分。第一部分专业参加国内认证，但要按照国际认证的方式，不过其质量标准和要求要比国际认证低；第二部分专业参加现行的国际认证；第三部分专业参加世界一流专业认证，支持少数大学和少数专业进行模式创新，按照世界一流的标准进行认证。

之所以要提世界一流专业认证是因为目前加入“华盛顿协议”的国家和地区比较多，而且有的国家或地区的工程教育水平并不高，所以从这个角度来说，华盛顿协议已经不能代表国际最高水平的认证了，只是一个国际认证而已。因此，有必要发展一个更高水平的认证，通过其认证的专业即认为是世界一流的工程教育。这个认证的标准不是工业界的标准，也不是培养工程师的标准，而是培养工程科学家的标准。这将对工程教育创新的评价标准。利用这个认证向全球发声，展示我国工程教育大国的地位和水平，展现我们的制度自信和文化自信。

3. 中国工程教育与中国企业并肩走向世界。中国的跨国公司在进入21世纪后发展速度明显提升，尤其是近5年。据统计，2008年我国非金融类跨国公司对外直接投资仅4000多亿元；党的十八大后我国提出了“一带一路”倡议，2016年，我国跨国公司在海外的总资产高达7.1万亿元、海外营业收入达4.7万亿元、海外员工达101万人，而2016年入围中国跨国公司100强的门槛（海外资产）高达41.48亿元，是5年前的4.52倍。

我国的企业正在全力以赴地增强实力“走出去”，作为为企业服务和提供智力支持的中国工程教育也要责无旁贷地肩负起相应的职责，这也是我们的义务。中国工程教育要响应国家“一带一路”倡议，支持中国企业为优化和改善全球价值链布局的努力，与高铁、核电、移动通讯等一系列重点行业和企业紧密合作，由行业、企业投资，国家留学基金扶持，相应的优势学科大学承办，与“一带一路”沿线国家的优势特色大学积极开展合作办学，以这些行业和企业需求为导向，培养在“一带一路”沿线国家急需的国际化、专业化、高水平工程技术和工程管理型人才。

（四）中国工程教育人才培养体系的重构与融合创新

1. 建立新的工程教育范式。工程教育范式已经经历了技术范式和科学范式。自工程范式提出到现在也有20多年过去了，在面向新工业革命的今天，工程教育范式是否应当改变？

技术范式、科学范式和工程范式都契合了当时经济、社会的发展，都在追求工程教育利益相关者的最佳满意度。工程范式注重工程实践，强调要“回归工程”。但这里所说的工程实践不是技术范式时期的实践，它所强调的回归并不是单纯的线性回归，而是在原有基础上更进一步的螺旋式回归，是同时注重工程与科学协调发展的回归，是为了应对新问题、迎接新挑战的回归。

随着建立在互联网和新材料、新能源相结合基础上的新工业革命即将来临，其实质上是产业形态、工程技术、商业模式的融合与变革。另外，历次技术革命的进程和大学范式的演进也揭示着“融合、创新”将成为新工业革命和大学范式的主旋

律。因此，工程教育的范式也将逐渐从当前的“回归工程”向“融合创新”范式转变。

2. 建立新的工程人才标准。首先，明确新的人才类型。发展高等教育的目的主要包括三个方面，即：为了人类的发展，要培养一批仰望星空的人才；为了国家的发展，要培养大批适应国家战略、经济社会发展需要的人才；为了个人的发展，要培养每一位学生的职业能力和合格公民的素质，为今后的工作、学习和生活做好准备。因此，作为高等教育的一部分，我国的工程教育自然也应培养这三类人才。我国要建立完备的工业体系，我国工程教育培养的人才自然也就应该是“全系列”的，因此，这三类人才又可分为两个方面的人才，即各行各业的工程人才，如机械、电气、能源、材料、建造等；各个环节（或岗位类型）的工程人才，如技能型、服务型、现场型、设计型、研究型、管理型等。另外，因为在工程领域实际存在从事工程研究和工程实践的分工，这三类人才也可以简化分为两个类型的人才，即学术型人才和职业型人才。

其次，确定新的毕业要求。中国要从制造大国向制造强国迈进，要积极应对德国工业4.0和美国国家先进制造战略，并适应和引领新工业革命，“中国制造2025”的启动和实施无疑是一个助推器。为此，我们要从新工业革命的本质内涵（人本主义工程观）出发，从我国工程教育脱离工程实践的实际情况出发，抓住工程教育范式转换的有利时机，基于复杂工程问题解决的基本认识，创新“新工业革命”背景下我国的工程教育体系，并确定新的毕业要求，以培养具有正确的世界观、人生观、价值观，拥有批判思维能力、学习能力、实践能力、创新能力、商业意识、团队合作能力和管理能力的工程人才，提高我国工程教育质量。

3. 建立新型工科大学。这包括两个方面的问题，一是让企业大学发挥更大的作用，二是利用开环大学的理念建立新型工科大学。

（1）让企业大学发挥更大的作用。由于我国高校的课程体系和知识体系仍然陈旧，使得培养的工程人才不能满足企业对毕业生的知识和技能需求。加之企业自身发展、技术创新的需要，国内外的企业相继建立各自的大学或学院。其主要目的是：培

养符合自己需要的人才、推动企业转型及文化变革以及满足企业对技术提升的需求。

2010年全球企业大学达到了3700所，近80%的世界财富500强企业拥有自己的企业大学。目前，海尔大学、华为大学、平安大学、蒙牛商学院、淘宝大学等都是国内著名的企业大学。

我国现有的大学体量一般较大，进而在应对新情况时转型困难。因此，我们可以借鉴国际经验：一是美国建立的农工大学，二是英国建立的一批红砖大学，中国则可以建立一批企业大学。实践证明，企业大学是最有效的学习型组织实现手段，它解决了高校人才入职培训的第一课，也是一种服务于终身学习需要的新型教育、培训体系。但目前企业大学仍然只是针对企业内部的员工培训、人才提升等，没有进入国家人才培养体系的主流。这无疑是对优质资源的浪费。因此，要充分利用这些优势，让企业大学发挥更大的作用——发展成为正规大学，允许在高考中招生的大学，这样来解决工程教育和企业界脱节的问题，并推动其他大学转型发展。

(2) 斯坦福大学为我们提供了新的大学建设方案。2010年斯坦福大学启动了其本科人才培养改革的研究。2013年秋斯坦福大学的师生开始了“斯坦福2025”计划的探索，并于2015年公布了该计划。目前，该计划已引起了我国教育界的高度重视。我们认为，该计划为我国建立新型工科大学提供了可行参考。

“斯坦福2025计划”基于该校对未来社会发展需求的解读，包括了四大核心理念——开环大学、自定节奏的教育、轴翻转和带着目的去学习。这对于我国教育有着莫大的启示。尽管我国已经推行高校实行弹性学制（允许在校生可以在学制规定的一倍时间，即6~8年内完成学业），但这个6~8年是连续的；我国对参加高考的人并未限制年龄，但要顺利通过高考、获得较高的分数并被录取却不是那么容易的事情；按专业就读、选课，并且按学院管理

的模式也是我国高校现行的模式。而“斯坦福2025计划”就完全颠覆了现行的学制、年级、院系、专业等要素的束缚。

(3) 利用开环大学的理念建立新型的工科大学。党的十九大报告提出要办好“继续教育”和“网络教育”。因此，大学除了要继续做好基本的本科教育外，继续教育、终身教育也将成为大学教育的重要任务，并逐渐实现学校教育与企业教育的融合以构建新型终身教育体系，允许学生不连续的、间断学习，并将多年学习的成果累积起来以获得达到毕业要求的学分，进而毕业。

为保证新方法、新技术及时被掌握并惠及患者，医生被要求每年参加继续教育并获得一定数量的继续教育学分。而对于同样是保证人身财产安全的工程师却没有相关要求。随着“一带一路”倡议、“中国制造2025”等国家战略的深入实施，我们需要更多素质高、综合能力强的工科毕业生和工程师。因此，利用开环大学的理念建立新型工科大学将是更佳的选择；要促进高校开放办学与企业的融合，使企业成为工程创新的中心，而大学则成为社会创新的中心。

这种新型工科大学应该具有以下特征：更加开放的入学条件；实现本科教育与继续教育、终身教育的有效融合；允许学生进行不连续的、间断学习，并将多年学习的成果累积起来以获得达到毕业的要求；按工业界主题来设定专业；学生按修读课程来获得毕业的专业。同时，这类高校要构建新的混合式课程体系，对学生实施基于工业价值链的人才培养模式，实施“包融战略”来完善双轨制工程教育学位体系。

（朱正伟，重庆大学土木工程学院研究员，重庆 400044；李茂国，对外经济贸易大学党委副书记，北京 100029）

（原文刊载于《中国高教研究》2018年第3期）

面向未来的中国新工科建设

林 健

当前，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，以期为我国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

新技术在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，但在其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加以不断明确和清晰。

“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/经济等人文社会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重一批具有跨行

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和发展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。新工科的建设和发展是服务以新技术、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建设和发展等，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 and 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 and 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方面。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、最新一代信息技术、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，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”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，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目常态性工作。

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，以及与发达国家产业发展的比较等的研究和预测，清晰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和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哪些新的工程学科和专业。具体而言，大致需要做两方面工作：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哪些新工科。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、新型和生物工程学科上能够布局和设置哪些新工科。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以及本校的实际情况，进行整体规划，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中新工科平台的构建。

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、行业企业和研究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、行业企业和研究院所的合作，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科技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、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。不同类型高校有不同的服务面向，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，或者说就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，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“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。

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、高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“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兴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，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，教师队伍建设都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 and 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、综合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研合作教育不同的是，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能力和素质的培养；第三，要加强与新产业相关的研究院的合作，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

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本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 and 教学内容的改革，完善新工科专业人才培养

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。

（林 健，清华大学教育研究院教授，北京 100084）

（原文刊载于《清华大学教育研究》2017年第2期）

加快新工科建设，推进工程教育改革创新

——“综合性高校工程教育发展战略研讨会”综述

胡波 冯辉 韩伟力 徐雷

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，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。与会高校代表共同探讨了当前形势下新工科建设的必要性和紧迫性、新工科的内涵特征、新工科建设与发展的路径选择，达成了广泛共识。

一、新工科建设的背景和意义

教育部高教司张大良司长谈到：新经济是发展新动能的源泉，新经济发展越快越活跃的地方，发展的新动能就越强劲，应对经济下行压力的韧性和回旋的余地就相对更大，发展的动力、活力和前景也相对更好，能够有力地支撑经济保持中高速增长，迈向中高端水平。

面对这种形势，发达国家积极推动新经济发展，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、人工智能的发展风起云涌。我国也实施了“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，促进以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展，希望突破核心技术，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。

根据 2016 年上半年的调查分析，我国新经济的发展呈现出五大特点和趋势：

- 1.互联网深刻改变各行各业，“互联网+”的创新方式，对传统行业产生了颠覆性的影响；
- 2.创新型企业正在异军突起，部分企业已经达到有能力、有条件进行创新驱动发展的阶段；
- 3.以新能源、新材料、生物技术为代表的新技术，催生壮大了一批新的产业；
- 4.制造业智能化已经成为制造业升级的重要趋势；
- 5.“大众创业、万众创新”厚植新经济发展沃土，培育新的创业生态，人才、技术、资金、市场加快融合，草根创业更加有效。新经济的发展是以新技术革命为引领的，以信息化和工业化深度融合为突破，以商品模式和体制机制创新为标志，以减

少对物质要素的依赖，来推动新一轮生产方式的变革和经济结构的变迁。新经济当中不断涌现出来像移动互联网、云计算、大数据、物联网、智能制造、服务型制造、电子商务等新兴产业和业态，这些领域均面临人才紧缺的问题。人才是发展壮大新经济的首要资源，高等教育作为科技第一生产力、人才第一资源和创新第一驱动力，应该发挥重要和特殊的作用。工程教育是与产业发展紧密联系、相互支撑的。新产业的发展，要靠工程教育来提供人才支撑，来应对未来新技术和新产业的国际竞争和挑战。

工程教育主动布局和深化改革到位，就能对经济转型升级产生促进作用。反过来讲，工程教育改革如果滞后，对于我们的产业升级进程，不仅不能支撑、服务，而且还会拖后腿。从新经济的角度来讲，急需发展新工科，更新改造传统工科专业，满足新经济发展人才支撑的需要。

北京航空航天大学原副校长郑志明教授从我国工业发展与工程教育发展历程的角度谈了自己的想法：从规模上来讲，现在每年的本科招生大概是750万左右，60%以上是理工科学生，相当于1911年到1976年65年的招生总额，非常了不得。除了规模，高等教育的毛入学率增长了超过150倍。现在的工科教育正处于中国近代史上最好的时期。我们培养的人才，特别是受过高等教育的理工科人才，在我国成功实现工业和科技领域从追赶、追随到并跑的转型，形成75万亿量级经济体的过程中，起了巨大的作用。

我国现在的产业领域几乎实现全覆盖，且有多处亮点，初步实现国家的安全稳定和社会小康。但是也要看到，在已经形成的体系里，复制成熟技术多，原创性的、创新性的战略技术少，与发达国家相比还存在很大差距。

目前，中国的工业具有下面几个特征：

1. 中国工业是全能型的，很多关键产业位列世界前三；
2. 中国产业的全面性，导致同发达国家形成全面竞争；
3. 在这种全产业链与发达国家展开竞争的情况下，中国工业还在高速发展，没有停顿；

4. 重大产业、战略产业、关键领域的核心技术和标准，相当部分或者说主要部分，仍然由西方国家掌握和引领。中国工业发展已经进入到超越阶段，怎么样为我们国家建成世界领先/先进的工业体系提供合格的工程人才是新型工程教育面临的核心问题。新工科建设，就是要围绕国家从大国到强国的伟大战略，围绕国家科技发展的重大战略来展开。

复旦大学常务副校长包信和院士则根据大学与学科分类变化，提出自己的看法：1952 年院系调整，我们学习前苏联模式，把大学分成综合性大学和工科大学。当时中国强调工业化和机械化，需要工科，需要培养很多工科人才，这样做是有道理的。但一段时间后，大家发现存在问题。工业发展进入自动化，不仅仅是拧螺丝，还涉及电子、半导体，传统工科不够了。这时综合性大学开始办技术学科，接下来工科性大学办文科。但从理科出来的技术和从工科提出的理科，都带着原来的烙印，没有完全融合。

现在讲信息化、智能化，传统工科如机械工程、电子信息等等又不够了！认知、芯片、精准医疗、大数据、互联网这些算工科还是理科呢？传统工科不搞这个，而理科只做一些基础研究。传统的应用理科和工科都是不够的。

从工科的角度来讲，强调的是国家需求；那么，十年以后的国家需求是什么？重点项目做什么？要讨论十年后的重大需求，科学家的广泛兴趣、交叉学科的融合培养、宽松的环境、创新的平台，都是需要的。新兴工科从某种意义上说，是把两个方面完全融合在一起。新兴工科就是科学、人文、工程相互交叉，就是复合型、综合性人才的培养，就是创新精神的铸就，当然并不一定是在学校里搞创业。

二、世界高等工程教育面临的新机遇新挑战

张大良司长指出：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、互联网等信息革命的主要技术已经基本完成，但到 90 年代中期才拓展到整个经济体，其中的延迟是很清晰的。人才培养对新技术创新和新产业发展需要适应的时间，新产业所需人才的知识技能，不是简单培训就可以解决，需要整个教育系统做出相应的调整。美国的高等教育利用二十多年时间，适应了信息技术革命所引发的人才资源转型的需要，跟美国的新经济产生了良好的互动，2008 年，金融危机爆发之后，美国实施再工业化战略。2009年，美国制造业联盟发布了一个报告，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。美国工程教育响应了这一战略，从授

予学士学位的专业类型及数量来看，机械、土木、电子、计算机科学、化工、生物医药工程等专业规模较大，呈现了较高的年增长率，这与美国再工业化战略密切相关。从美国工程教育与产业的互动来看，加快产业急需的工科人才培养，是经济发展的重要基础。所以发展新工科，培养更多的工科人才，跟经济的关系是紧密相连的。

在我国，1971年获得计算机、信息科学学士学位的人数是3288人，2005 年这个数字是5.4万人，年增长率高达9%，可以说是爆发性增长。但是由于培养质量的问题、培养和应用之间不对接的问题，在工科人才满足经济发展需求方面造成了结构性的矛盾。当前，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。我国高等工程教育也要乘势而为、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。

包信和院士根据科技发展趋势谈他对新工程教育的理解：以往科学技术的发展，都是梯次发展：首先是科学发现，然后是技术突破，最后是产业革命。现在整个科技发展速度加快了，好多步并在一起，很多是跨越发展、超越阶段的发展。这种趋势，迫使我们做出改变。中国现在讲新常态，从原来的引进、消化、吸收再创新，发展到自主创新，到了前面没有人引路的无人区。“创新”这个词，最早是 1911 年由熊彼特提出来的。把生产要素综合在一起，把没有做成的事情做成，就叫创新。这个过程中，创新包含的是一个链条的概念。以前的学科设置，包括工科、理科，包括产品转化，各要素是脱节的。现在讲创新，要把这个链条连起来。高校的工程教育，怎么把这个链条比较好地连接起来，这是一件非常重要的事。作为新经济、新业态的代表之一，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：从企业的角度、从整个全球互联网来看，一个趋势叫做重心东移，整个全球互联网的经济和政治的重心，逐渐从欧美往亚洲转移。整个大的经济，在过去的二十年里面，从原来的制造业，逐步变成成片的互联网企业。

这是一个非常强的信号，互联网是新经济有力的推动者，使得原来很多传统行业发生了很大的变

化，出现了非常多的新的经济形态。在这个新的经济形态里面，互相之间产生了非常多的融合。原来看似不相关的行业，现在相关性会非常强。信息通讯、云计算、大数据、物联网这些技术，与传统行业进行了深度融合，从第三产业到第二产业，再到第一产业，融合的速度会非常快。

各行各业在转型的过程中，一定会涉及用户。无论做什么，一定要有用户。所以新经济形态就是要根据用户需求，提供产品和服务。从整个产业的发展来看，对工程教育的机遇和挑战又是什么？从企业角度来看，有四个方面：一、创新的门槛降低；二、新行业层出不穷，洗牌越来越快，新兴行业可能是原来几个行业结合；三、对知识面的要求高，只学一门知识是不够的，企业的人才需求与学生知识结构之间非常不平衡；四、学习能力很重要，企业这十年做这件事情，下一个十年可能就做另外一件事情。

面对这种挑战，企业对工程技术人员的要求：第一，专业知识，要有非常硬的基本功；第二，对行业有一定的敏感度；第三，产品敏锐度高，产品和技术一定要有所结合，一个技术人员，与产品人员要有平等对话的能力；第四，具有适应快速变化、解决矛盾问题的能力。培养和选择卓越工程人才，腾讯最看重的是有良好的数理基础、专业知识、专业能力，以及组织影响力、表达沟通能力等。在协同育人时我们也做了一些探索，主要涉及对研究人才、专项人才和跨界人才的培养。

三、新工科建设需要研究的问题

北航郑志明教授认为：发展新工科，要有相应的标准，包括这么几个方面：是否对标国家重大专项中的若干关键技术问题；是否具有中国特色；是不是以战略性新兴产业的核心供应体系来组织新兴工科专业的学科方向。

2016年开始设立新的重大专项，几乎全部和信息密切相关，就是为了构筑产业先发优势、创新环境，激发创新创业热潮，全方位布局和融入全球创新网络。里面反映出来的具有新工科特征的一些问题，可以作为培养学生的一个很重要的引导，因此新工科建设的目标可以概括为：紧密结合社会发展重大需求，培育能形成具有核心自主知识产权、对于企业自主创新能力提高具有重大推动性的战略产业；具有突出的产业竞争力，整体提升具有全局性影响和带领性强的关键共性技术；解决重大瓶颈问题；

军民融合，解决具有重大战略意义的问题；国力能够承受。同时，建设一流的新工科，一般要满足下面三个条件：开放思想交流；全球一流教师和

研究人员的自由流动；全球范围内的高校和研究所的通力合作。

目前，中国高校在这方面与世界一流大学的差距是非常大的，要尽可能创造条件缩小这一差距。当然中国也有自己的优势，新工科培养与重大产业部门紧密结合，在我国完全可以做到。过去这种结合是比较紧密的，但是很长一段时间里，不是那么紧密了，需要注意。要成体系地进入一个关键领域，在这个过程中，理科的、搞技术的、搞工程的，一起来讨论，出来的东西就是原创的东西。新工科建设，一定要强化理科色彩，另外就是充分发挥社会主义制度下集中力量办大事的优势。

要关注10—15年后可能的技术热点和前沿问题，据此调整本科和研究生培养计划。这样培养出来的人才，正好赶上热点。虽然不一定每次都可以赶上，但思路总不会有错的。不能现在做什么就培养什么，毕业时，热潮都过去了，这种培养方法是有问题的。

新工科这个概念，从逻辑上来讲应该是指两点：一个就是所谓，一个就是所指。所谓就是新工科概念的内涵，此事物区别于彼事物的所有属性。要谈新工科和老工科的区别，如果没有本质区别，那就是一回事。所指就是概念的外延，新工科有什么用，就是要解决需求问题。两个需求问题：一个是国家的、产业的重大需求，另一个就是科技的重大需求。因此，应该成立跨学科、跨理工的建设小组或者委员会，逐个专业、逐个学科研讨和试点，解决其中的问题。

复旦包信和院士谈到：开展新兴工程教育，有两点很重要：第一，国家有需求，整个社会发展有需求，从办学使命来讲，服务国家、传承文化价值是非常重要的事。第二，根据学校的办学定位和办学特点，按照新兴工科这样一个概念，把文科、理科、医科综合在起来，有重点地进行建设。

新兴工科教育的内涵和外延，应该包含两个方面：一、新兴的工程教育，要重构一些核心知识，原有的知识要升级换代；二、要有学科交叉。大学是授人以渔，教学生怎么解决问题的地方。学生要具备整合能力、全球视野、领导能力、实践能力，要成为一个横跨人文科学和工程的领袖人物。

四、新工科建设的探索

斯坦福大学 Thomas Kenny 教授介绍了斯坦福大学工程学院工程教育的理念和具体做法：互联网等新技术，改变了这个世界，也改变了工程教育所面对的局面。斯坦福是一个私立大学，是一个多学科的文理综合性大学，培养的是未来的领导人。在这方面，斯坦福扮演着非常重要的角色。斯坦福的本科生一开始没有专业，先学习一

段时间，进行一个广泛的探索，扩充自己的知识和技能，然后再选择专业。这是斯坦福本科教育的一个特点。

学生应该关注很多事情，要了解政策、哲学、历史和世界，而不只是理工的知识，这在本科教育中一定要体现。学生广泛接触人文和社会科学方面的内容，具备历史观，可以用更广泛的视角思考以后的人生。很多课程会影响他们的思维方式和工作方式，比如说数学、分析、伦理和哲学等，都是本科生需要学习的课程。在新生研讨课里，学生了解专业的内容，或者是工程的内容，知道解决问题需要什么基本的架构。对以后的课程有早期的了解，会给他们整个知识和技能带来关键的影响。斯坦福鼓励本科生进行研究，在研究生小组里参加讨论。斯坦福又是离全球创业基地最近的一所大学，学生非常了解创业文化，能够时刻感受到创业氛围。大学要让学生知道怎么起草项目申请书、募集资金、打造创业计划、做组织架构。工程院在一年级开设机电一体化课程，这是一个实践性项目，让学生了解机械、电路，以及其他部件，了解这些东西在理论上是怎么样的，在实践中又是怎样的，不同的学科之间是不是存在协调配合的问题。上这门课的学生大概有四分之一没有工程背景，这对各专业的教育起到了重要作用。大学不同系别的学生，可以来工学院做实验。尽管他们目的不同，目标也不同；但只要学生有学习思维，都可以参与到这里面，学习怎么样做头脑风暴、做有创意的设计，怎么样根据需求打造产品，而不是闭门造车。学生可以发挥自己的创新才智，自己做主导，自己做测评，根据结果决定下一步的工作。斯坦福大学鼓励学生去国外求学。学生要了解其他国家，需要眼观一个真实的世界，才能够成为将来的领袖。

在过去的二十年里，我们也采取了其他的一些方法。比如设置一些跨系别的专业，由不同的系来打造一个培养计划、一个跨系的专业或者一个混合专业。学生如果对现有的专业不满意，可以自己设立一个，这是新的跨界融合的方法。这种学生自己设计的专业有一些有趣的现象，学生的想法可能比老师或者学术人员更先进，有些学生很胆大，想冒一些风险，愿意做别人不敢做或不愿意做的事情。给学生一个机会打造一个他们自己觉得面向未来的专业，是一个很了不起，很大刀阔斧的一个举措。在一些情况之下，这相当于是未来专业、未来系的一个雏形。斯坦福大学要成为一个非常好的综合性大学，而不是一个技术专科学校，要保持我们的多元化，要在我们的文科、理科、工科之间达到一个平衡。我们越来越关注一年级学生的情况，他们的体验对于日后的学习会产生巨大的影响，如果一开

始面就太窄，后面就没有广泛的思路了。大一学生只关注一点，对于日后的发展是不公平的。我们的学生现在有更多的课程选择，以及一些以专题为导向的专业方向的选择。整体学时降低了，对学生的影响是正面的。他们都选自己喜欢的课程。有时候，这些课程组合是蛮有意思的，我们以前从来没有想过有这样的组合。

北京大学工学院副院长王建祥教授介绍了北大工学院人才培养的理念和具体做法：北京大学工学院有几个特点：一是实，依托北京大学学科综合的优势，解决我国工业发展、经济发展、社会进步中遇到的实际问题。二是新，一方面在战略发展上有所创新，不是大而全，而是一个有选择的、面向学科前沿的、小而精的工学院；另一方面在人事体制方面有所创新，在人才招聘、晋升、管理方面按照美国的聘用体制进行，采用国际标准，创建一流的师资队伍。三是开门办学，注重国际化、与企业 and 地方合作。教育国际化是我们非常推崇的，吸收全世界范围学生上北大的课程，也派自己的本科生出国交流。另外就是定点设计项目，由国际知名企业提出一些科研项目，组织北大与其他伙伴学校，如多伦多大学、新加坡国立大学、香港大学等的学生进行共同设计。

2005 年以来，国内外形势发生了一些变化，我国面临能源、环境、健康等问题。在这种背景下，配合我国创新型国家战略和北京大学创建世界一流大学这个战略，北京大学重新设立工学院，定位为服务于国家和人类可持续发展的、世界一流的工学院，致力于工程科学新知识的发现和应用，培养学术领军人才和产业领袖，把科学研究、人才培养优势转化成产业优势，引领中国与世界技术的创新。

除了知识和能力之外，引领未来的人，还需要具备综合能力、分析能力、批判性思维、合作能力，要懂得社会，懂得世界。工学院的科研和教育定位是工程科学。科学要厚基础，要有非常深厚的力学、物理的基础，工程科学要把科学和工程融合在一起，要了解工程实践原理、工程科学基础、工程分析方法。同时，人文素质也是非常重要的。

北大工学院的学生一年级不分专业，二年级允许学生转专业，可以完全自由选专业，没有任何成绩、学分的限制。未来十年努力的目标：第一是质量，师资队伍和培养环境的质量；第二也是质量，毕业生的质量；第三还是质量，为科研和社会服务的质量。

南京大学教务处长邵进：这两年，南大在交叉

学科建设上花了很大的工夫，搞了一个地球系统科学实验班、一个计算机与金融工程实验班。这不是几加几的概念，是一个真正融合的概念。以地球系统科学为例，一些灾害问题，如雾霾，涉及大气、水、地下各个方面，一定要系统地解决，而传统学科只解决一部分的问题。培养这样的人才，不能从几个学科各取一些课，而要完全从地球角度重构课程体系。另外一个例子，计算机与金融工程实验班，跟新工科有很大的关联。南大把金融领域的领军人物请过来，开设六到八门全新的课程。其中一门金融大数据挖掘，如果在计算机系，可能更多的是学大数据挖掘，不以金融为研究目标；如果在传统的金融课程里，可能介绍大数据挖掘，但不够专业。因此，需要花很大的精力做这样的事情，要对师资、教学内容、教学方法进行深层次的改革。下一步的重点：结合大类招生、通识教育改革，把工程应用技术学院作为新型工科的试点抓好。另外就是建立大理大文、交叉复合型人才培养实验班。

中山大学教务部主任陈敏：中山大学提过一个“3+1+2”的方案：前3年，在各专业进行教育；然后集中起来，到某个新设的工科里面，做专门化的培训，这就是方案中的“1”，要注意与产业结合，要培养创新能力；最后一个“2”意味着人才培养模式的改革，本硕打通。本科到研究生，如果在这个上面有断裂，培养恐怕不完整，能不能尝试做这种本硕连读的新兴工科模式探索？去年中山大学已经通过课程编码，把本科和研究生课程全部打通，只要前期课程修完，学生愿意都可以去修，实际上做到了本硕课程贯通。

中国科技大学教务处处长周丛照：中科大除了医科比较弱，没有文科，其他理工科的教育理念，跟复旦非常一致，有些东西也在做，但还没有完全梳理成形的概念性东西。建校初期的时候，中科大强调理工结合。中科大大部分学院都是物理类的，物理非常强势，一直引领着科大所有的风头和亮点成果。科大的工科，不是传统工科，也不能叫新工科，实际上是应用理科。中科大已经实现完全地自主选择专业。一年级基础教育；二年级通识教育，分成两类：物理类与物理相关类；三年级就是专业方向课。三年级推行了交叉，要求跨一级学科交叉。学生毕业的时候，可以有一个主修的专业方向，或者有一个辅修的，如果愿意读五年，可以读第二学位，再加40个学分。

上海教委高教处处长桑标：上海市教委主要负责市属高校管理，这里面综合性高校其实是寥寥无几的。怎么来满足产业转型和经济社会发展对人才培养提出的新的需求？在一市两校综合教育改革的框架下，上海有很多先行先试的东西。市领导非常

重视市属高校应用型人才培养，很多市属高校提出的专业转型、新专业设置，通常都是针对经济社会发展需求来的。教委鼓励专业的转型试点，按照专业建设与产业发展对接、教学标准与行业标准对接、课程内容与职业标准对接、培养过程与生产过程对接这样一种应用型人才的培养导向，推进应用型专业的试点。在课程体系设置、双师型的师资队伍建设和产教融合和校企合作方面，进行全方面的改革。第二个方面的举措，做一些目录外的专业设置，对接上海的实际情况。在文化创意、信息技术、网络安全，以及人才需求量非常大的医药卫生领域，鼓励市属高校按照教育部标准，开始新专业的试点，探索一些比较好的新兴工科类专业，培养出更多社会所需的人才。

五、困难和解决途径

北航郑志明教授：新工科建设面临的困难，一是国家重大产业战略、重大发展专项，对于顶尖的、具有竞争力的人才，无论是质还是量，要求都越来越迫切。二是我国的高等教育不同于西方，完全复制西方的高等教育必定要失败。在相当长的时间里，高质量工科人才的培养，只能靠自己从本科老老实实在地培养起来，不可能是别人培养好，送到我们这儿来，这跟西方的强国不大一样。在很长时间里面，师资力量也主要靠自己。第三，传统工科专业的习惯势力很强，与实际与需求之间存在着一些根本性矛盾，如何破解是一个关键。传统工科的设立，是一根一根竖立的，新经济、新技术，是系统级考虑问题，需要系统级的最优，不是单项冠军，而是综合冠军。第四，创新的问题，高校在原始创新和自主创新这一方面，特别在工科，长期存在聚焦不够，自信不足，缺乏共识。

浙江大学本科生院副院长陆国栋：三路大军的定位和观点都略有不同。地方高校从岗位需求出发，积极性更高；综合性大学受到的约束和限制比较少，积极性也比较高；相对而言，工科优势比较强的学校，受到的约束比较大，做起来有一定的难度。新工科建设需要政府的推动。专业设置需要破题，专业培养也需要破题：培养模式、方法模式，学分怎么减少、环节怎么改革？这些改革，难在教师层面，教师没有积极性。各位教务处长可能有积极性，但是学院院长积极性就低了。这中间薪酬体系是一个根本体系，职称体系也是一个根本体系，这两个体系如果能够有所改变，新工科的建设和改革才能有所改变。教师的积极性，还是靠引导。

中山大学教务部主任陈敏：第一，在综合性大学要办新工科，在专业设置上面，不能够限定得过死，要有一些探索性的东西。第二，学生前两年进行数理基础学习，然后选拔进入新工科专

业，这种立交桥方案是比较好的选择。第三，新工科教育评价体系，不能完全采用传统理科的考核体系，因为新工科需要做一定的尝试或者探索。最后一点，新工科建设最好先进行小范围试点，总结经验后，再逐步推广。

张大良司长最后做了总结发言：在厦门大学开的一流本科教育会议，效果非常好。今天的会，达到了厦门大学会议的效果，从历史地位和作用来讲，达到了二十几年前兰州理科教育会议的标准。两个加在一起，复旦的这个会议就十分重要，形成复旦共识，拉开了我们国家新兴工科改革发展的大幕。大家从不同的视角论述了如何发展新兴工科，改革我国的工程教育。讲了什么是新兴工科，为什么要发展新兴工科，发展什么样的新兴工科和怎样来培养新兴工科人才。这些问题，已经有了初步的回答。这次会议形成了办新兴工科的共识，提供了国内外办好新兴工科的两个方面的经验，也讨论了新工科建设的组织实施，整理了新兴工科人才培养所需要研究的四大要素：新兴工科人才的内涵特征、知识体系、基本能力、综合素质，确定了新兴工科发展需要研究和实践的双五重点：一是“新标准”“新结构”“新模式”“新质量”和“新体系”五个内核研究重点。我国高校加快建设和发展新工科，需要主动设置和发展一批新兴工科专业，同时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。二是“组织方式”“协调机制”“管理改革”“评价改革”和“政策支持”五项外延研究重点。要主动加强新兴工科专业的布局和建设，试点探索一批与产业紧密结合的示范性学院的改革，积累经验，为进一步推动新工科的建设和发展，探索路径。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。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。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。

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。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，深入推进产学研合作、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。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。2017年的复旦共识，有了很丰富的内容。按照这个共识去做，边实践，边研究，边丰富，边完善，过两三年再有一个共识往前推进，这是非常重要的。只要坚持做，一定能够做好，形成一个新兴工科的人才培养体系，去实现我国伟大的战略目标。

（胡波，复旦大学信息科学与工程学院副院长、教授；冯辉，复旦大学信息科学与工程学院讲师；韩伟力，复旦大学软件学院副院长、副教授；徐雷，复旦大学教务处处长、教授/上海200433）

（原文刊载于《复旦教育论坛》2017年第2期）