

# 高等工程教育转型与 工科专业建设的实践逻辑

马廷奇

(武汉理工大学, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 高等工程教育转型不仅表现为从外延式发展向内涵式发展的转变, 更主要体现为从传统的工程科学教育范式向现代工程实践教育范式的转型, 其中, 工科专业建设的实践性转向是高等工程教育转型发展的核心。从既往的改革进程来看, 工科专业建设的实践性转型不仅反映了制造业发展及其人才市场的需求, 也是在政府相关政策导向下的实践。进一步改革实践中的关键问题是要正确定位政府、高校和市场的角色和功能, 通过制度创新与综合改革, 推动高校工科专业建设的模式创新和人才培养范式的实践性建构。

**关键词:** 高等工程教育转型; 工科专业建设; 实践逻辑

**中图分类号:** G640 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4038 (2018) 02-0036-07

## 一、专业建设的实践逻辑：高等工程教育转型的核心

当前, 我国高等教育正处于转型发展的深刻变革之中。以 2010 年颁布实施的《国家中长期教育改革和发展规划纲要 (2010-2020 年)》为标志, 高等教育由 1999 年以来的以规模扩张为核心的外延式发展转向以提升质量为核心的内涵式发展。从内涵上来说, 高等教育转型是全方位的, 既包括结构形态、发展方式、体制机制的变革, 也包括思想观念、目标体系的转变。从人才培养的职能而言, 高等教育转型主要体现为以人才培养模式为核心的教育体系的变革。从实践层面而言, 高等教育转型是一项系统工程, 既表现为宏观的高等教育结构体系与制度体系的重塑, 也表现为微观的大学功能

的调试或重新定位;<sup>[1]</sup> 高等教育转型不是一蹴而就的过程, 而是高等教育体系或大学作为办学行为主体为适应外界环境变化, 对高等教育结构体系、体制机制、人才培养模式和发展方式等方面进行系统地调整和创新, 是一个长期的、渐进变化的过程。当然, 高等教育转型也不会自动发生、自主演变, 而是高等教育行为主体或办学主体主动求变求新的过程, 是由旧的发展模式转向符合并适应环境要求的新的发展模式的过程。同时, 由于办学主体的多样性以及办学环境的差异, 也体现出转型内容、转型方式以及转型方向的多样性。

与宏观的高等教育转型相适应, 高等工程教育转型也表现在两个层面: 一是高等工程教育转型是整个高等教育体系转型的一部分, 表现为高等工程教育由外延式发展模式向内涵式发展模式转型。经过十多年的发展, 我国高等

收稿日期: 2018-01-09

基金项目: 国家社会科学基金 (教育学) 一般项目 (BIA160101)

作者简介: 马廷奇, 男, 武汉理工大学教育科学研究院副院长, 教授, 主要从事高等教育理论与政策、工程教育改革研究。

工程教育总体规模世界第一,工程专业在校生成人数占高等教育总体在校生成人数比例超过 1/3,但高等工程教育“大而不强”的现象比较突出,因此,提升质量就成为高等工程教育转型发展的主题。二是高等工程教育人才培养范式的转型,即由传统的科学范式向工程范式转型。1949年后,我国高等工程教育大致经历了技术范式(1949年至20世纪80年代)、科学范式(20世纪90年代至2010年)、工程范式(2010年至今)三个时期。当然,这并不是说,我国工程教育已经超越科学范式过渡到工程范式时期,而是正处于科学范式与工程范式并存,以及工程范式的实践探索时期。所谓工程范式就是重视工程教育的实践性和创新性,从传统的注重工程科学、工程基础教育转向工程实践教育,从侧重培养工程科学家转向重点培养工程师。美国在20世纪80年代开始倡导的“回归工程”就是基于对工程科学教育范式的反思,着力构建基于“大工程观”的工程范式。<sup>[2]</sup> 尽管我国与美国工程教育范式转型以及回归工程实践的社会环境、时代背景、转型内容和发展方式有所不同,但都强调工程教育要回归工程实践本身,强调在工程实践环境中培养实践型工程师。当然,回归工程并不是回归技术、回归实践或生产应用,而是强调工程教育的基础化、综合化、实践化、个性化。<sup>[3]</sup> 可见,回归工程不是原初状态的“回归”,而是工程教育应有本义的“回归”,是对传统的工程科学教育偏离工程实践本身的“纠偏”。上述高等工程教育转型两个层面的含义相互关联,人才培养范式转型是宏观层面高等工程教育转型的实践具体化。本文所指的高等工程教育转型主要是指人才培养范式的转型。

那么,高等工程教育转型与工科专业建设是什么关系呢?从组织层面而言,专业是人才培养的基本单元,也是工程教育人才培养范式的实践载体。从实践层面而言,工科专业建设不是无目的性的建设,而是在社会需求和人才培养目标价值导向下的实践过程。因此,专业建设是工程教育人才培养范式转型的核心,工程教育人才培养范式的实践性也是通过专业建

设的实践性来体现的。不同的工科专业建设价值取向、建设内容和建设方式反映不同的工程科技人才培养的目标取向,以及社会对工程科技人才需求的不同标准。工科专业建设的工程实践逻辑就是以工程教育的实践性、创新性、综合性为人才培养的价值导向,从传统的学术性导向的专业建设模式转向工程实践导向的专业建设模式,培养具有跨学科知识结构、能够创新性解决工程实践问题的工程科技人才。在实践当中,专业建设有狭义和广义之分,狭义的专业建设主要是指专业的增减,或增加新专业,或停办现有专业,以及专业结构布局的调整;广义的专业建设不仅包括专业增减,还包括专业办学条件的改善、学科专业交叉与教育资源整合,以及专业内涵的升级改造等。本文所指的工科专业建设主要是从宽泛意义上讲的专业建设。

## 二、需求导向下工科专业建设的实践逻辑

工程专业建设的市场需求表现在两个层面:一是生源市场需求,表现为学生报考工科专业的意愿以及高质量生源的数量;二是社会人才市场需求,表现为社会行业企业对工科专业毕业生的数量与质量需求。从理想状态而言,生源市场需求与社会人才市场需求是一致的,社会对工科人才的需求量不足,或人才市场供过于求,自然就会抑制学生报考工科专业的意愿,或导致生源质量下降;人才市场对工科人员的旺盛需求也会带动生源市场需求的增长。实际上,由于信息不对称或信息的非完备性,以及人们对专业选择的非完全理性,生源市场需求与社会人才市场需求并非完全一致,生源市场状况只能部分或在一定程度上反映人才市场需求。当然,人才市场需求还可以分为当下市场需求和潜在市场需求,潜在市场需求是未来一段时期经济社会发展以及相关行业企业对工科人才的需求。从这个意义上来说,生源市场需求只是人才市场需求的“温度计”,并不能完全真实地反映社会需求状况,当下以及潜在的人

才市场需求才是工科专业建设的价值导向,工科专业建设就是根据人才市场需求而主动进行专业结构调整、专业升级改造和专业内涵建设的过程。从社会需求服务面向而言,工科专业的服务面向主要是实体经济,其中制造业是工科专业服务面向的主体,制造业发展战略及其对工程科技人才的需求是工科专业建设的目标导向。

近年来,随着全球范围内产业结构的战略性调整,我国制造业发展面临着内外部因素的挑战。一方面,新一轮科技革命和产业革命促使世界各国抢占未来制造业发展制高点,以美国工业互联网战略、德国工业4.0战略为代表,发达国家正在加紧实施再工业化战略,发展中国家加快推进工业化进程,我国制造业面临高端制造业向发达国家回流、中低端制造业向发展中国家转移的“双重挤压”;<sup>[4]</sup>另一方面,我国制造业“大而不强”、技术层级参差不齐,少量高端装备制造与大量中低端制造并存,处于工业2.0、工业3.0与工业4.0“三期并存”的发展阶段。在这种背景下,国务院正式印发实施《中国制造2025》,目的就在于实现制造大国向制造强国、中国制造向中国创造、中国产品向中国品牌的转型升级,既实现高端装备领域以及智能制造领域的“弯道超车”,也通过对传统产业及中低端制造业的升级改造实现中国制造业水平的整体提升。无论是发达国家的再工业化还是“中国制造2025”战略,其主流方向是以技术创新引领制造业发展,实现新一代信息技术与工业化进程的深度融合。在工业4.0时代,制造业转型升级不仅仅是生产环节的技术升级,还包括产品设计、生产方式、销售模式的系统性“再造”,智能化、虚拟化、数字化技术将贯穿于产品运行的全生命周期;<sup>[5]</sup>柔性化生产、个性化生产将取代传统的规模化生产而成为主流的生产模式。未来工程师所面对的不仅仅是生产领域的常规性问题、局部性问题,更多是全局性问题、综合性问题和非线性问题,这就需要未来工程师具有复合型知识结构、创新性地解决工程实践问题的能力。也就是说,制造业转型所需要的是不同于传统制造业人才

市场需求的“新工科”人才,这就要求对传统的工程教育范式和工科专业建设模式进行根本性改革。专业建设不能仅仅局限于专业结构的调整或专业数量的增减,而是要着力建设适应制造业转型升级实践需要的“新工科专业”。“新工科专业”的“新”体现为两个层面:一是新设战略性新兴产业相关专业或未来重点发展的制造业领域相关专业,主要是现有专业设置中没有的或比较薄弱的专业;二是对传统专业进行适应制造业发展需要的升级改造,包括调整专业培养的目标、更新教学内容与课程体系、促进学科专业交叉融合、创新人才培养模式,等等。

从当前及未来一个时期我国制造业人才市场的供需状况而言,工科专业建设以及人才培养的主要问题不是总量问题,而是结构性问题。结构性问题的直接表现就是结构性失业,即一方面部分工科毕业生“毕业即失业”或就业质量不高,另一方面大量制造业岗位招聘不到满意的毕业生。也就是说,实践中的关键问题不是制造业人才市场需求不足的问题,而是人才市场需求难以得到有效满足的问题。据预测,我国重点发展的十大制造业领域普遍“人才短缺”,其中,新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人、新材料三个领域人才缺口最大,到2020年分别缺口750万人、300万人、300万人,到2025年分别缺口950万人、450万人、400万人。<sup>[6]</sup>可见,工程教育的结构性问题的主要方面在于供给侧结构性问题,直接表现就是工程教育与制造业人才市场需求脱节,工程专业建设滞后于制造业转型升级与结构调整的要求。因此,供给侧结构性问题必须以推进供给侧结构改革、治理结构性失业的办法推进工科专业建设,扩大工程教育的有效人才供给,提升人才培养结构和质量对制造业人才市场变化的适应性。一是通过工科专业教育范式改革,提升专业教学质量,进而提升人才培养的社会适应性,减少因为质量问题而导致的结构性失业;二是通过新建战略新兴产业相关专业以及制造业重点发展领域相关专业,优化工科专业结构,减少因为数量问题而导致的结构性失业。



### 三、政策导向下工科专业建设的实践逻辑

由于传统“计划体制”的“惯性”，高等教育自主办学、自主发展、自我革新意识薄弱，自我改革动能不足。在这种背景下，我国高等教育改革更多地表现为政府政策指导下的改革，或者是“工程”、“计划”等项目激励下的改革。从2010年以来，我国工科专业建设政策先后经历了“设置战略新兴产业相关专业—卓越工程师培养教育计划学科专业—新工科专业”的“三步曲”。

2009年下半年，国务院多次召开座谈会，就发展新能源、节能环保、电动汽车、新材料、新医药、生物育种和信息产业听取经济、科技工作者建议，并正式提出“战略性新兴产业”的概念。2010年政府工作报告中将“大力培育战略性新兴产业”作为“转方式”、“调结构”的工作重点，在国家“十二五”发展规划中将“培养发展战略新兴产业”确立为“转型升级，提高核心竞争力”的基本途径。在这种背景下，教育部在2010年3月及时发布了申报和审批战略性新兴产业相关专业的通知，要求有关高校在新能源产业、信息网络产业、新材料产业、农业和医药产业、空间、海洋和地球探索与资源开发利用等领域设置新专业，并于同年7月公布了同意设置的战略新兴产业相关本科新专业名单，共有84所高校设置了140个专业。其中，“985工程”高校54个，“211工程”高校48个，一般地方高校38个；同一专业名称合并统计后共有25个专业。<sup>①</sup>从根本意义上而言，设置战略性新兴产业相关专业的目的在于应对国际金融危机催生的新产业革命和科技革命，抢占经济科技制高点，弥补未来新经济发展的人才需求短缺。如果说设置战略性新兴产业属于工科专业建设外延式发展的范畴，那么“卓越工程师培养教育计划”（以下简称“卓越计划”）学科专业建设就属于内涵式发展的范畴。

“卓越计划”基本上是与设置战略性新兴产业相关专业同步的，是《国家中长期教育改

革和发展规划纲要（2010—2020年）》和《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》的重大改革项目。2011年、2012年、2013年，教育部先后公布了两批卓越工程师培养教育计划高校名单、三批学科专业名单，涉及27所“985工程”高校，42所“211工程”高校，142所一般地方高校，专业布点1257个。<sup>②</sup>从政策取向来看，“卓越计划”有三个特点：一是参与高校多层次性。参与高校既有高水平大学，也有一般地方高校，既有综合性大学，也有工科优势高校，还有地方性高校，“卓越计划”旨在培养不同层次的工程科技人才。二是注重专业内涵建设。与偏重于设置新专业的战略性新兴产业相关专业建设相比，“卓越计划”科学专业建设侧重于专业的升级改造；从审批的专业来看，大部分高校是在原有专业基础上专业内涵升级式改造。三是注重专业人才培养模式创新。“卓越计划”围绕工程能力这一核心问题，推动人才培养模式进行全方位改革，让工程教育真正回归工程实践。从政策设计的总体目标而言，“卓越计划”重在通过学科专业建设整体提升工程教育人才培养质量，完善现代高等工程教育体系，促进从工程教育大国走向工程教育强国。

从我国高等工程教育发展的进程而言，“卓越计划”学科专业建设试图突破传统的工程科学教育范式，开始转向工程实践教育范式。从实践层面来看，“卓越计划”鼓励高校根据自身优势和学科特色开展专业建设的多元化探索。近年来，随着后金融危机时代经济产业结构的深度调整，以及第四次产业革命和科技革命以指数级速度展开，发达国家开始进入工业4.0时代，我国以创新驱动为核心的“新经济”快速发展，现代信息技术与制造业发展深度融合。在这种背景下，以“新理念”、“新结构”、“新模式”、“新标准”、“新体系”为标志的“新工科”专业建设开始纳入高等工程教育转型发展的视野。当前，虽然学术界对“新工科”内涵还缺乏一致性理解，但从新工程建设的“复旦共识”、“天大行动”，再到“北京指南”的思想逻辑来看，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

成为基本共识。2017年6月,教育部办公厅发布《关于推荐新工科研究与实践项目的通知》,从价值取向来看,“研究与实践项目”旨在推进工程教育改革创新,培养新经济以及制造业智能化所需要的工程实践型人才。与“卓越计划”相比,新工科建设参与高校更为广泛,更为注重专业内涵建设,更为注重多样化工程教育模式实践探索。

上述工科专业建设“三步曲”是在新时期我国高等教育转型发展、产业结构转型升级,以及新一轮产业革命和科技革命背景下发生的,既反映了我国产业结构调整尤其是制造业转型发展对工程科技人才培养的新要求,也反映了工科专业建设为适应产业转型和制造业发展而主动深化改革的过程。当然,工程教育转型发展以及工科专业建设实践不仅仅是专门的工程专业建设政策作用的结果,工程专业建设政策只是近年来国家产业发展政策和高等教育政策的反映。一方面,产业结构调整、创新驱动战略、战略性新兴产业发展、“中国制造2025”等相关政策客观上要求工科专业建设以及人才培养范式转型。从理想状态而言,工科专业建设政策就是基于产业发展趋势和人才市场需要而制订的引导工科专业建设的行为规范和改革方向。另一方面,工科专业建设政策是宏观高等教育政策的具体化,工科专业建设是在宏观高等教育政策保障或引导下的实践。实际上,“卓越计划”本身就是《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》的“重大改革项目”之一,“卓越计划”学科专业建设和“新工科”专业建设都是卓越工程师培养教育计划的具体行动。从二者之间的逻辑关系而言,“新工科”专业建设是与“卓越计划”学科专业建设一脉相承的,新工科建设是“中国制造2025”战略背景下“卓越计划”的升级版,以及工科专业建设实践模式改革的深化。

#### 四、制度创新:工程实践逻辑导向下的工科专业建设模式

从根本意义上来说,是高校办专业,不是

政府办专业,也不是社会办专业。高校是工科专业建设的主体,也是工程专业建设实践性逻辑建构的主体。当然,这并不是说政府与市场无所作为,因为高校不可能关起门来办专业和专业建设,离不开政府和市场的支持和参与。但政府的作用不是插手高校工科专业建设的具体事务,更不是对高校工科专业进行管制,而是对高校工科专业建设进行政策引导、创设高校自主专业建设的制度环境;市场是引导高校工科专业建设的“无形之手”,市场需求是高校工科专业建设的动力。上述关于政策和市场视角的分析,实际上涉及工科专业建设三个主要权力主体之间的关系,即高校权力、政府权力和市场权力。从供给侧结构改革的思路来看,高校工科专业建设有两种视角:一是政府合理发挥自身职能以及政策的作用,用市场力量来促进高校工科专业建设和专业结构调整,保证市场机制在工科专业建设、资源配置和课程设置中起决定性作用。二是对工科专业建设机制进行系统性的制度创新,明确政府、市场、高校的职能定位以及相互之间的关系机制。前一种视角强调高校根据市场需求推动工科专业竞争性转型而不是通过政府规划来提升质量,以适应市场需求的结构性变化。现在的关键问题不是没有或缺少市场需求,而是高校对市场需求反应滞缓、政府干预过度等更为复杂的问题。后一种视角主要是基于多元利益相关者的框架性描述,实践中需要通过综合性改革和制度创新来推动工科专业建设及其内涵式发展。

在推动高校工科专业建设的过程中,不应该将工科专业政策性地分等,或仅仅对专业设置进行经费刺激或声誉刺激,而应该从微观干预高校专业设置或充当专业建设主体的角色,转变为高校、行业企业等成为工科专业建设主体促进者的角色,建立以市场需求引导高校工科专业建设和人才培养的机制。高校要由以往的依靠政府“计划”、经费、声誉等政策性刺激驱动的专业建设模式,转向高校根据国家与区域产业发展战略需要,以及依靠自身学科优势与特色的内驱式的专业建设模式。外在激励模式本质上是政府政策导向下的重点建设模式,

着眼于少数高校或少数专业建设，而内驱式专业建设模式强调工科专业建设的高校自主行为，旨在工科专业的内涵式建设和基于自身特色的实践探索。“复旦共识”将“新工科”建设主体分为三类高校，即综合性高校、工科优势高校和地方高校，三类高校不要求“统一模式”、“统一定位”，而是要各展所长，各安其位，注重通过工科专业的供给侧结构性改革满足人才市场的结构性需求；“北京指南”列出了24项新工科研究与实践项目，旨在引导高校因校、因地制宜地开展多样化探索实践。现实中的关键问题是如何将政策引导转化为高校的自觉行为，由外在激励模式转化为内驱式建设模式，充分发挥高校作为新工科专业建设的主体责任和基层首创精神，探索由科学范式向工程实践范式转型发展的新模式。

从高校内部层面而言，工科专业建设也涉及三种权力，即院系权力、学校权力、市场权力。高校是“底部沉重”的学术性与社会性特征合一的组织，高校基层组织是分属于不同学科的院系以及相关专业的。从三种权力主体在高校工科专业建设中的关系而言，专业实际上是学院办专业，而不是教务部门办专业，当然，学院也不是封闭起来办专业，而是根据社会人才市场需求办专业，人才市场需求是专业建设和发展的动力。从理想状态而言，学院应该在工科专业建设中承担主体责任，因为学院作为专业的承办者以及人才培养的主体，对工程科技人才的市场需求信息最敏感，对增减何种专业、怎样建设专业最有发言权和判断力，因此专业建设关键是要赋予院系更多的专业建设的自主权，调动院系专业建设的积极性。实践中，学校行政权力在设置什么专业、调整专业结构、分配专业建设资源、专业课程建设等方面占强势主导地位，学院实际上成为行政权力督促或政策刺激下的被动专业建设主体。究其原因，主要是因为传统的行政管控的“惯性”以及行政权力的不正确定位使然，学院的专业内涵建设意识、自我发展意识不足。因此，工科专业建设关键是要通过制度创新激发学院专业建设动力、使学院成为专业建设的责任主体，学校

主要负责统筹工科专业建设中的全局性、战略性和政策性问题，推进工科专业建设中的学科交叉、资源整合以及学科专业结构改革。

具体而言，在智能化生产和互联网时代，未来工程师必须学习和处理来自多领域多渠道的知识，以适应新材料和新技术层出不穷的工程环境，以及创造性地解决工程实践问题的能力。这就要求打破传统的学科专业壁垒以及传统的学科专业建设模式，不仅要改革工科专业组织结构、专业资源配置模式，而且还要对学生专业教学模式、学习模式进行适应性“重建”。基于工科专业建设以及人才培养的实践性逻辑，工科专业内涵式建设主要有两种途径：一是通过组织结构再造成立跨学科工程教育中心、设立交叉或跨学科专业，确定新的专业培养标准，重构新的专业课程体系；二是通过教学组织形式再造促进学生跨学科学习，由以教师为中心的课堂教学模式转向以学生高度自我导向为中心的项目制教学模式。未来工程师要跟上技术创新的步伐，跨学科学习和基于项目的学习是最适应于工程专业教学的两种方法。前者旨在通过整合不同学科的课程，让学生在不同领域的知识学习间建立联系；后者是工程教育中体验式学习的主要形式，旨在通过团队合作以项目的形式将学生学习与真实工程实践联系起来。同时，为避免知识学习与实践的脱节问题，二者的“合璧”——基于项目的跨学科学习是工科专业学生创新性学习以及解决跨学科复杂问题的学习组织形式。实践中，无论是组织结构再造还是教学组织形式再造，都面临着学科专业“条块分割”的体制性困境和阻力。在这种背景下，院系要主动打破固有的专业教育“藩篱”，根据社会需求和培养目标定位对工程专业教育体系进行“再设计”；同时，学校层面的行政权力要为工程专业教育体系的再设计提供组织保证、资源保证和制度保证。

注释：

①根据教育部文件（教高〔2010〕7号）同

意设置的高等学校战略性新兴产业相关本科专业名单统计整理而成。

②根据教育部办公厅文件（教高厅函〔2011〕40号、教高厅函〔2012〕7号、教高厅函〔2013〕38号）公布的卓越工程师教育培养计划学科专业名单统计整理而成。

参考文献：

[1] 刘国瑞，高树仁. 高等教育转型的结构—制度整合模式 [J]. 教育研究，2017，（5）：50—54.

[2] 项聪. 回归工程设计：美国高等工程教育改革的重要动向 [J]. 高教探索，2015，（8）：51—55.

[3] 李立国. 工业 4.0 时代的高等教育人才培养模式 [J]. 清华大学教育研究，2016，（1）：6—15.

[4] 李拓宇，李飞，陆国栋. 面向“中国制造 2025”的工程科技人才培养质量提升路径探析 [J]. 高等工程教育研究，2015，（6）：17—23.

[5] 斯考特·肯尼迪. 中国制造 2025 更适应于中国现在的处境 [J]. 国际经济评论，2015，（5）：157—159.

[6] 教育部，人力资源和社会保障部，工业和信息化部. 制造业人才发展规划指南（职成教〔2016〕9号）[Z]. 2016—12—27.

（责任编辑 吴潇剑）

## Practical Logic of Higher Engineering Education Transformation and Engineering Specialty Construction

Ma Tingqi

**Abstract:** Higher engineering education transformation is not only the transition from extensive development to connotative development, but mainly from traditional science paradigm to modern engineering practical paradigm, in which practical steering of engineering specialty construction is the core. From the previous reform process, practical transformation of engineering specialty construction not only reflects the demand of the manufacturing industry development and labor market, but also the practice under the government policy guidance. The key of the further reform practice is to position correctly the role and function of the government and the market, and to promote engineering specialty construction mode innovation and talent training mode construction through the system innovation and comprehensive reform.

**Key words:** High engineering education transformation; Engineering specialty construction; Practical logic