



*R*esearch and Practice on the Cultivation of Innovative Talents
in Terms of Output Orientation in Local Engineering Colleges

地方工科院校产出导向的工程类专业 创新人才培养研究与实践

华尔天 ◎主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

地方工科院校产出导向的工程类专业创新人才培养研究与实践

华尔天 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地方工科院校产出导向的工程类专业创新人才培养研究
与实践 / 华尔天主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2018. 4
ISBN 978-7-308-18105-1

I. ①地… II. ①华… III. ①地方高校—工科院校—
人才培养—研究—中国 IV. ①G649.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 061137 号

地方工科院校产出导向的工程类专业创新人才培养研究与实践

华尔天 主编

责任编辑 王 波

责任校对 高士吟

封面设计 春天书装

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州中大图文设计有限公司

印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 19.25

字 数 371 千

版 次 2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-18105-1

定 价 58.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式 (0571)88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

前 言

高校教学改革是当前我国改革与发展的一个重要课题。

首先,从国家层面看,党中央、国务院高度重视高校教学改革。习近平总书记多次深入高校考察,强调要“深入研究和解决好为谁教、教什么、教给谁、怎样教的问题”。在全国高校思想政治工作会议上,习近平总书记发表重要讲话,指出:“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。”国务院研究制定《国务院关于深化考试招生制度改革的实施意见》,启动新一轮高考改革综合试点;启动“双一流大学”建设,促进高校不断强化立德树人这个关键点,强化特色发展。

其次,从经济社会发展的层面看。进入新时代,我国社会主要矛盾已经从“人民日益增长的物质文化需要同落后的社会生产之间的矛盾”转化为“人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”,对高校人才培养提出了新的要求。一是产业结构发生重大变化,已经从改革开放初期的二、三、一结构发展为今天的三、二、一结构,2016年,第一、第二、第三产业增加值占国内生产总值的比重分别为8.6%、39.8%、51.6%,这就要求高校在人才培养结构方面做出相应调整,以适应经济社会发展的需要。二是信息技术、新材料技术、生物技术等高新技术已经成为推动经济发展的新引擎,科技成果转化成为现实生产力的周期大幅缩短,新产品开发、新技术新材料应用成为企业的核心竞争力,相应地要求高校人才培养,在课程体系设置、教学大纲制定、教学内容改革以及课堂、实验、实习等教学环节,充分考虑经济社会发展的需求,使学生知识储备、技能掌握、创新能力与用人单位需求相适应。三是人们对物质文化的需求已经从追求有没有发展变为对更高质量、更高效率、更好用户体验的产品的追求,同样要求高

校人才培养,既重视培养学生知识的广度,更注重培养学生知识、技能的深度和创新能力。

再次,从高等教育自身发展看。一是国际工程教育逐步呈现出一体化趋势。按照2009年第二届世界高等教育大会的倡议,围绕国家认证体系和质量保障体系,各国高等教育主管部门与大学展开了热烈讨论,认证体系与质量保障体系的一致性成为重要共识,而一致的工程教育认证体系和质量保障体系正是推进全球工程教育一体化的重要基础。事实上,建立具有相同标准的工程教育认证体系的努力早已开始。1989年,由美国、英国、加拿大、爱尔兰、澳大利亚、新西兰6个国家的工程专业团体发起成立的《华盛顿协议》,旨在通过共同认可的工程教育认证体系,实现国际工程教育实质等效,为工程师资格国际互认奠定基础。1999年,由29个欧洲国家在意大利博洛尼亚倡议的欧洲高等教育改革计划(即博洛尼亚进程,Bologna Process),提出整合欧盟的高教资源,打通教育体制,推进欧洲高等教育一体化,实现“博洛尼亚进程”签约国高等教育实质等效。二是我国高等教育已经从精英教育走向大众化教育。2016年,我国高等教育毛入学率达42.7%,在校大学生总规模达到3699万人;普通高等学校有2596所,其中,本科院校1237所,高职(专科)院校1359所。我国已经成为名副其实的高等教育大国。面对如此巨大的规模,人才培养定位成为高校特别是地方高校纠结、困惑的难题,培养社会精英、行业领军人才、单位骨干还是具有一技之长的劳动者?如何定位,将直接关系毕业要求、课程体系与教学内容的确定。面对国家、省、市三级办学体系,公办、民办两类高校,在人才培养方面,它们应该具有什么样的差异?各类高校应该走什么样的特色发展之路?这些是当前迫切需要研究的课题。三是工程教育质量已成为高校内外广泛关注的热点。工程科学是务实、可以检验的科学,我国高等工程教育质量是发展了还是相对落后了?一段时间以来,工程实务部门与教育界展开了热烈的讨论,各执一词,各有各的理由,焦点是工程实务部门希望毕业生快速进入角色,独当一面;而教育部门由于考虑毕业生就业的不确定性,希望提高学生的就业广度。无疑,这些讨论,对提高人才培养的适应性提出了新的要求。

在工程教育专业认证遵循的“产出导向、以学生为中心、持续改进”三个基本理念中,最难实施的是产出导向(outcome based education,OBE),这项改革涉及与传统教育理念的冲突,教师利益的调整,学生短期学习难度的增加,社会各界的期待与检验,等等,必须有坚定的信心和持续推进的勇气。OBE是指教学设计和教学实施的目标是学生通过教育过程最后所取得的学习成果(learning outcomes)。OBE理念于1981年由Spady等人提出,很快成为美、英、加等国的主流教育理念,得到国际工程教学界的广泛认可。OBE强调四个方面的问题:我们想让学生取得的学习成果是什么?为什么要让学生取得这样的学习成果?如何有效地帮助学生取得这些学习成果?如何知道学生已经取得了这些学习成果?根据这四个方面,按照学校确定的人才培养定位,明确工程专业培养目标和毕业要求,反向设计课程体系、教学大纲、教学模式、考核方法,直至每节课、每次作业的教学设计,形成目标导向、任务驱动、可检验、可复制的教学过程,对于提高工程教学的有效性、针对性、适应性,对于学生学习产出成果的检验和效率提升,具有明显的推动作用。

本书以浙江工业大学为例,阐述了我们从导入到实践再到建立OBE教学规范的历程、认知、感悟、措施、成效、艰辛、喜悦、教训和经验,建立以学生为中心的教育体系和持续改进体制机制的做法、体会和思考,创新创业人才培养的思考与实践,以及建立产出导向的人才培养质量保障体系的原则、步骤和效果。全书分为五个部分。一是高等工程教育与经济社会发展的适应性,阐述了学校在确定人才培养定位、推进创新型人才培养的决策过程中,坚持服务地方经济社会发展的原则,以浙江精神办学,与区域发展互动的探索与思考。二是产学研协同的工程教育人才培养模式改革,阐述了学校以国家长三角绿色制药协同创新中心综合改革试点为抓手,积极探索产学研协同育人模式的经验与做法。三是基于OBE理念的课程体系与教育内容改革,阐述了学校以工程教育专业认证为抓手,反向设计课程体系、教学内容、教学模式的探索与思考。四是创新创业人才培养的理论与实践,阐述了学校培养学生创新精神,支持创新创业的策略、做法和成效,并做了实证分析。五是构建产出导向的人才培养质量保障体系,阐述了

学校构建开放式教学质量保障体系和持续改进体系的做法、模型与效果研究。

按照国际经验,基于“产出导向、以学生为中心、持续改进”三个工程教育专业认证基本理念的人才培养,从导入到实践再到形成完善架构,大致需要10年的时间。我国从2005年明确提出加入《华盛顿协议》的工作目标,到2016年成为《华盛顿协议》正式成员,大致也是10年的时间。浙江工业大学从2008年土木工程专业通过认证,到2014年作为教育部推荐的唯一一所地方高校,计算机科学与技术、环境工程专业2个专业通过《华盛顿协议》秘书处指派3位外籍专家全程参与的工程教育专业认证,到今天形成基本完整的制度体系,已有10个年头,及时总结经验以及其中的成败得失是本书编撰的主要出发点。希望本书的出版,有助于推动我国地方高校工程教育专业认证,有助于不断提升我国工程专业人才特别是工程专业创新型人才培养的针对性、适应性、有效性,不断提高人才培养水平。

目 录

第一章 高等工程教育与经济社会发展的适应性	1
中国加入《华盛顿协议》背景下工程创新人才培养的探索与实践	8
面向区域创新体系 培养创新创业人才	
——浙江地方高校人才培养机制研究	15
我国地方高水平大学综合化发展的内涵、困境与路径	21
论创新型省份建设中创新创业型人才培养	
——以浙江省为例	30
地方院校工程科技人才培养的优化路径	38
区域合作培养创新型人才实践模式的探索	42
第二章 产学研协同的工程教育人才培养模式改革	47
高校与企业开展合作创新的匹配规律及对策研究	52
校企联盟培养职业适应性人才研究:协同教育理论的视角	64
融通式工程实践教学体系建设	74
OBE 理念下“3—3—3”融合的新型培养模式	
——地方高校环境工程专业人才培养体系构建与实践	80
立足工程实践教学突出创新能力培养	91
基于校企联盟的高校人才培养探索	99
基于 C&P-CDIO 模式的电子信息工程专业人才培养	107
基于协同理论的 CDIO 工程教育模式探索	114
地方院校卓越工程师培养方案的构建与实践	
——以浙江工业大学化学工程与工艺专业卓越工程师培养方案为例	122
第三章 基于 OBE 理论的课程体系与教学内容改革	131
工程教育专业认证背景下环境工程专业教学改革探析	135

大学物理课程研究性学习模式的构建	143
OBE 理念下计算机硬件课程群建设研究与实践	148
专业素质与法律素养融合教育的探索	
——以“微生物学”课程为例	154
课堂“学习共同体”教学模式的探索	
——浙江工业大学“思想道德修养与法律基础”课建设的研究与实践	160
基于项目式学习的工程创新设计课程教学模式研究	169
创新人才培养导向的机械类实验教学改革	175
面向卓越工程师培养的 CDIO 实践平台建设探索	183
大学生课外科研活动与毕业设计一体化的实践与探索	190
第四章 创新创业人才培养的理论与实践	195
地方高水平大学拔尖创新人才培养的路径探析	200
创新创业教育的路径探析	207
“互联网+”创业创新人才培养思考	213
中华文化与大学生创造力的培育	220
高校创业教育课程设置与支持体系研究	229
基于科研训练的本科生创新型人才的培养改革与实践	235
依托学科竞赛培养财务管理创新型人才的研究与实践	243
大学生创业教育社会支持网络构建思考	247
社交媒体助推大学生创业的研究	255
第五章 构建产出导向的人才培养质量保障体系	263
构建多元开放式本科教学质量保障体系的研究	
——基于产出导向教育理念的探索	269
基于“闭环控制”原理的课程质量保障系统的构建与实践	278
论高校大学生综合素质评价体系的构建	
——从 OBE 工程教育模式的视角	283
高校小班化教学模式的教学评价机制研究	289

第一章 <<<

.....

高等工程教育与经济社会
发展的适应性

.....

从20世纪末开始,国际工程教育改革相继提出了“回归工程”“工程教育范式转移”“再造工程教育”等口号,创新工程教育已成为国际发展趋势。目前,我国已建成了世界上最大规模的工程教育体系。2014年,我国工程教育在校生规模占全国普通高校本、专科在校生总数的38.2%,本、专科工科专业布点数分别达到15718个和23875个,规模位居世界第一。工程教育改革不断深化,高校与行业企业协同育人机制逐步建立。2010年,教育部联合22个部门和7个行业协会共同实施“卓越工程师教育培养计划”,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。600多所高校与百余家国内外知名企业合作办学,共同实施产学研协同育人项目。2016年6月2日,我国成为《华盛顿协议》组织的正式成员,标志着我国工程教育质量认证体系实现了国际实质等效,部分工科专业教育质量达到国际认可的标准。

当前,世界范围内新一轮科技革命和产业变革快速进行,我国经济发展进入新常态,高等教育已经从数量扩张为主的规模发展转变为以提升质量为核心的内涵式发展,即进入与经济社会发展需求相适应的高质量发展阶段。国家实施创新驱动发展战略和“中国制造2025”“互联网+”“一带一路”等一系列举措,以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展,迫切需要培养造就一大批多样化、创新型卓越工程科技人才,为我国产业发展和国际竞争提供人才支撑。发达国家的经验证明,主动调整高等教育结构,加快布局产业急需人才培养,是推动人力资本结构转变、实现从传统经济向新经济转变的核心要素。正是在此背景下,“新工科”建设已星火燎原。从“复旦共识”“天大行动”,到教育部发布《教育部高等教育部关于开展新工科研究与实践的通知》,大力推动工程教育的新理念、学科专业的新结构、人才培养的新模式、教育教学的新质量,与分类发展的新体系的改革创新,促进我国从工程教育大国走向工程教育强国。

高等工程教育的直接目标指向是培养富有远见、精于技术、博于知识、善于创新的工程师和工业领袖。现代工程教育,追根溯源,

若从法国波旁王朝在 1747 年为培养土木工程师而设立的土木工程学院算起,已有 270 多年的历史。而真正率先形成比较完善的高等工程教育体系的国家是德国。作为世界各国工程教育的基础,德国高等工程教育可以分为两大类:一类以培养应用技术人员为目标,如汉堡科技大学等应用技术大学;另一类以培养工程理论研究人才为目标,如慕尼黑工业大学等工业大学。接受德国高等工程教育的工程师往往有着理论基础扎实、实际动手能力强等特点。美国作为高等工程教育认证体系的发起者和奠基者,在高等工程教育方面则更注重培养学生的个人综合素质。学生在完成基础课程之外,还需要选修由学校设立的丰富的其他课程。因此,各学科交叉的优势在接受美国高等工程教育的学生中尤为明显。其他工业强国如法国、日本、俄罗斯等国的高等工程教育也各有特色。华尔天等学者认为,我国加入《华盛顿协议》后,高等工程教育既迎来了百年难得的机遇,也面临着前所未有的挑战。一方面,中国工程专业本科学位得到了美、英、澳等所有该协议正式成员的承认,将推动中国工程教育融入世界工程教育发展;另一方面,我国工程人才尽管在培养规模上已居世界第一,在教育质量上正稳步提升,但仍不能满足产业变革迅速发展的需要。因此,如何使高等工程教育与经济社会发展相匹配是目前亟须解决的问题之一。而精准导向高等工科院校发展,切实提高高等工程教育质量是解决问题的关键所在。

面对工程教育的国内外发展形势与经济社会发展的需要,不同类型高校需要在工程教育体系中明确定位与目标。研究型院校以培养从事工程技术开发和工程科学研究的研发工程师为主要目标,同时培养少量的设计工程师;研究教学型院校以培养从事工程技术开发的研究工程师和设计工程师为主要目标;教学研究型院校以培养从事技术开发和应用的设计工程师和生产工程师为主要目标;本科教学型院校应以培养从事工程技术应用的生产工程师和现场从事运行、营销、管理工作的服务工程师为主要目标。地方院校应根据不同院校的优势学科资源、学生的特点、地区企业行业的需求来进行定位,以培养服务工程师、生产工程师、设计工程师

为主要目标。《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》明确指出:“加快创建世界一流大学和高水平大学的步伐,培养一批拔尖创新人才,形成一批世界一流学科,产生一批国际领先的原创性成果,为提升我国综合国力贡献力量。”浙江工业大学地处经济发达的浙江杭州,是省属重点大学,学校中长期发展规划提出了“区域特色,全国一流”定位,建设区域特色鲜明的综合性应用研究型大学,主动对接国家战略和地方战略,在为国家 and 区域服务与贡献中实现一流。

众所周知,现代工程已经成为集科学、技术、管理、艺术等学科为一体的综合学科。因而,高等院校的综合化道路是提高工程教育质量的重要战略趋向。一些国际知名理工科学校(如麻省理工学院、德国工业大学)也纷纷增设了文、理、经、管等学科。我国高校的综合化往往同时并存两种模式:一是通过合并调整快速推进综合化进程,二是通过新设学院或学科完成综合化布局。以浙江工业大学为例,1994年浙江省经济管理干部学院、1999年杭州船舶工业学校、2001年浙江建材工业学校先后并入浙江工业大学。此外,1999年成立之江学院,2004年成立以培养创新拔尖人才为目标的健行学院。不少大学在经历世纪之交的爆发式发展后,却也面临着一些综合化“后遗症”,总结起来可以大致归纳为四个方面:首先是认识理念偏差,过分注重规模、忽视内涵建设和质量提升;其次是特色难以凸显,“摊大饼”式的扩张导致特色弱化、核心竞争力下降;再次是学科综而不合,学科门类覆盖面广但综合化程度不高是我国高等院校综合化发展进程中普遍存在的问题;最后是人才培养单一,与多层次的社会需求不相适应也是当前比较突出的问题。这些“后遗症”造成的直接后果之一就是高校教育与经济社会发展脱节现象严重。仅以浙江省为例,2006年浙江省《关于加快提高自主创新能力、建设创新型省份和科技强省的若干意见》中提出计划重点发展过程装备与控制工程、新材料、海洋技术、船舶制造等技术密集型专业。同时,时任省委书记的习近平强调指出,用15年的时间使浙江省进入创新型省份行列,基本建成科技强省。但根据浙江省2008年公布的

100 个省级重点专业名单分析,其中与建设创新型省份所要重点发展的产业有直接关联的仅有 36 个,不到总数的四成。而且在这 36 个重点专业中,结构布局也不够合理,如仅电子信息方面专业就有 15 个,重复投入与建设问题较为突出。而浙江省未来重点发展的新能源产业、环保产业等,则在省属高校中没有设置一个相关重点专业。

为应对这一局面,《浙江工业大学中长期发展规划纲要(2011—2020 年)》将综合化发展战略列为四大发展战略之一,强调“坚持特色引领、开放融合、结构优化、协调发展的思路,发挥综合性大学的资源整合和结构效益的整体优势,促进工科与理科、人文社科类学科的交叉融合,形成应用学科、基础学科、新兴交叉学科互为联系、互为支撑、互为促进、协调发展的高水平的学科体系”。浙江工业大学作为地方高水平大学,以适应经济社会发展为宗旨,以发挥自身学科优势为基础,以提高教育质量为主线,立足于浙江省“九大新兴战略产业”(生物产业、新能源产业、高端装备制造业、节能环保产业、海洋新兴产业、新能源汽车、物联网产业、新材料产业以及核电关联产业等)的需要,发挥地方高水平工科本科大学的优势,培养具有全国视野、一流水平、丰富内涵的优秀工程类专业人才。2013 年,浙江工业大学牵头成立服务于浙江新药创制科技的“长三角绿色制药协同创新中心”(首批入选国家“2011”计划),同年成立对接“浙江省海洋经济示范区”与“舟山群岛新区”两大国家战略的海洋学院,以及 2015 年成立以创新引领创业、以创业推动创新为理念的创业学院。在“适应经济社会发展”理念的指导以及全体师生的努力下,本校在高等工程教育与专业建设方面的成果斐然。“化学工程与工艺+计算机科学与技术”“制药工程+工商管理”等 14 个一体化双专业复合型人才广泛受到企业用人单位欢迎。2011—2015 年,全校本科毕业生第一作者授权专利达 1104 项。据标准排名研究院发布,学校位居 2015 年中国(大陆)高校创新创业百强榜第 24 位。学校 11 个工科专业通过中国工程教育专业认证协会、住建部的评估/认证,占所有工科专业近 1/3,数量位居全省高校首位,其中 2 个专业通过

《华盛顿协议》国际专家全程参与的转正考察；建设了3个国家级专业综合改革试点，其中2个专业成为教育部首批“卓越工程师培养”试点专业。

目前，浙江工业大学提出以国家和区域经济社会的重大需求为导向，立足地方高水平大学的发展目标，提升学校解决经济社会重大问题能力，根本是提高创新人才培养能力。发展途径之一是构建起“立足区域经济发展，以市场需求为导向，适时调整专业结构、开设新兴专业”的新机制，优化专业结构布局，强化专业内涵与特色。一要进一步加大对传统专业调整改造的力度。根据创新型省份建设需求，调整和压缩部分与创新型省份关联度不大的专业和课程，并增强专业设置、课程选择的自主性；以服务战略性新兴产业为导向，加快传统专业和课程的升级和提升，优化专业和课程的结构布局；充分挖掘现有专业潜力，结合行业发展动态，推动专业培养方向和培养目标的转型，与战略性新兴产业相对接。如针对浙江高校经管、人文类专业比较充裕，第一产业和第二产业的专业布局偏少的现状，适当控制文秘、法学、管理类等专业规模，加大先进制造业、高新技术等相关专业的设置力度。二要合理设置一些交叉学科、新兴学科、前沿学科的专业。以创新驱动型经济发展为导向，主动优化调整专业结构，加大与浙江创新型省份建设关联的应用型技术密集型紧缺专业的人才培养，如新材料、新能源、现代装备制造、海洋经济、安全技术等相关专业的建设。

在我国加入《华盛顿协议》的如今，浙江工业大学对新形势下高等工程教育进行了全面探索与实践。其主要可以归纳为以下四个方面：一是创新体制机制，落实需求导向的工程类专业培养目标；建立校企合作的专业体制机制；成立人才培养委员会，以学科与行业对接的方式，制定专业培养目标与培养方案；建立多类型人才培养机制。二是突出工程教育特点，反向设计目标导向的课程体系。学校遵循“厚基础、宽口径、强实践、求创新”的原则，建立通识教育课程模块化、大类课程平台化、专业教育工程化的课程体系，满足工程类创新人才的要求。三是打造平台，支撑能力导向的工程实践教学

学。学校以加强工程类专业学生的实践创新能力、解决复杂工程问题能力为核心,按照“完善体系、拓展资源、开放共享、加大投入”的总体思路,打造科教融合、校校协同、校企合作与创新创业“四大平台”。四是以课内循环、校内循环、校外循环为中心,建立持续改进的教学质量保障体系。其中课内循环改进教学活动,校内循环改进毕业要求与课程体系,校外循环改进培养目标与毕业要求。浙江工业大学已逐步形成可持续发展并推广的系列工程人才培养制度,将源源不断地为新时代中国特色社会主义建设输送成千上万高质量的工程科技人才。

中国加入《华盛顿协议》背景下工程 创新人才培养的探索与实践

我国工程教育规模现居世界第一。全国高校工程教育专业布点数达 1.5 万多个,占专业总布点数的近 1/3,接受高等工程教育的在校本科生规模达 500 多万^[1]。2016 年 6 月,我国成为《华盛顿协议》——工程教育本科专业学位国际互认协议——第 18 个正式成员。《华盛顿协议》的宗旨在于通过成员国之间的工程教育资格的多边认可,促进工程学位的互认和工程技术人员的国际流动。工程学位的互认是通过工程教育认证体系和工程教育标准的互认实现的。加入《华盛顿协议》为我国高等工程教育带来了机遇和挑战。一方面,中国工程专业本科学位得到了美、英、澳等所有该协议正式成员的承认,这将推动中国工程教育融入世界工程教育发展;另一方面,我国工程人才的数量与质量还不能满足产业变革迅速发展的需要,工程教育互认要求高校按国际先进理念推动工程教育教学改革,根据国际标准培养工程师,切实提高工程教育人才培养质量。

一、《华盛顿协议》助推我国工程创新人才培养

(一)“实质等效”为工程创新人才培养提出高标准

2013 年我国就已申请加入《华盛顿协议》,并成为预备成员。“预备”转为正式签约组织有两方面要求,一是国内认证体系和程序实质等效于协议其他成员的认证体系和程序,二是认证所采用的毕业生标准实质等效于协议中的毕业生素质要求^[2]。《华盛顿协议》各成员遵循的实质等效原则(the principle of substantial equivalence)包含两个方面:①“形”可以有差别,即同等层次的内容可以不完全一样,毕业生出口要求描述也可以不完全一样;②“实”必须等价,即各自培养的毕业生应该能够进入工程行业就业,或者能够通过进一步培训或者经验性学习获得专业能力与资质^[3]。《华盛顿协议》对毕业生素质的要求反映的是可接受的最低标准,而我国工程人才培养的毕业要求缺乏明确细化、可考查的 12 个方面,包括知识维度、解决工程问题能力维度、通用能力维度和态度维度 4 个维度,具体覆盖工程知识、问题分析、设计/开发解决方案、研究、使用现代工具、