

“产学三级联动”工程能力分级培养模式的构建与实践

施晓秋

【摘要】 如何在地方本科院校工程教育类本科专业中实施有效的工程能力培养,本文针对一些专业点实践教学范畴中所存在的教学体系不完备、教学模式不适应、师资队伍工程化水平不足、产业资源利用不充分等影响工程能力培养的问题,以系统化的解决思路,提出了“产学三级联动”工程能力分级培养模式。阐述了该模式的总体思路 and 关键教学改革,给出了以“网络工程”专业为例的教学改革实践及其效果评价,可为地方院校工程教育类专业提供参考与借鉴。

【关键词】 工程能力 分级培养 产学合作 三级联动 实践教学

【收稿日期】 2017年4月

【作者简介】 施晓秋,温州大学教务处处长、教授。

工程能力是指运用工程科学和技术,以较少的经济、社会与环境成本,解决工程实际问题或创造新事物,并产生经济价值与社会效益的能力。它是产业对工程技术人才的基本要求,也是衡量高校工程教育类专业人才培养目标达成的重要指标。但是,对众多地方院校工程教育类专业而言,毕业生工程能力不强,依然是影响毕业生竞争力与用人单位满意度的主要因素之一。本文以地方本科院校工程专业为对象,针对实践教学范畴影响工程能力培养的有关问题与不足,就如何实施有效的工程能力培养,提出了“产学三级联动”工程能力分级培养模式,阐述了其总体设计思路与实施关键,给出了温州大学网络工程专业的实施案例及其效果评价。

一、工程能力培养缺乏有效性的原因分析

分析地方院校工程教育类专业的实践教学状况,影响工程能力培养有效性的主要问题有以下三方面:

1. 实践教学体系不够完备,未能以工程能力达成为导向、基于复杂系统能力养成渐进式规律进行内涵与形式有机统一规划与设计。

形式上,实践教学的学时学分有最低数量或比例要求,课内实验、实训、课程设计、实习、毕业设计等多种形态的实践教学环节应有尽有。可不少专业点对于为什么要开设这些实践环节,每个环节在工程能力培养过程中的作用和因此所应承

载的具体教学目标,以及不同教学环节之间的关系等,却说不出真正的所以然,实践教学的所谓体系是形具而神不备;教学作用与目标的模糊,继而影响了实践教学实施方案与教学模式的针对性与有效性,并最终影响教学产出与工程能力培养。

2. 师资队伍的工程化水平不足,缺乏学生工程能力培养所需要的保障性与适应性。

一方面,一线承担专业实践教学的教师基本上为校内专职教师,他们通常由学校毕业直接到学校工作,虽学位高、学科基础扎实、学科科研能力强,但缺乏工程背景与行业相关的工程经历,工程能力不强,在学生工程能力培养上显得力不从心;另一方面,行业企业的工程与技术人才在学生工程能力培养中的作用未能得到充分发挥,多数专业点对兼职师资的利用仍处于零散状态,未能对接实践教学体系设计及其不同实践环节的教学需要进行系统性的规划与设计。

3. 产业优质资源利用不足,缺乏与工程能力培养全过程对接的相融性与充分性。

不少专业点停留在建立企业实习基地这种单一形态,未能对行业企业所拥有的优质工程教育资源进行系统性梳理,并根据工程能力培养不同阶段或不同实践教学环节的目标与需要有针对性地选择资源和设计产学合作机制,以将技术与标准、产品与解决方案、工程项目与案例、生产与服务环境、工程技术与管理人才等产业资源充分有

效地融入工程能力培养全过程或主要环节。

二、“产学三级联动”工程能力分级培养模式及其设计思想

在解决上述问题之前,有必要重新认识工程能力的复杂性。工程能力是一类面向复杂工程问题的系统能力。中国工程教育专业认证协会在其所颁布的工程教育认证标准(2015版)中,就“复杂工程问题”给出了七项特征说明^[1]:必须运用深入的工程原理,经过分析才可能得到解决;涉及多方面的技术、工程和其它因素,并可能相互有一定冲突;需要通过建立合适的抽象模型才能解决,在建模过程中需要体现出创造性;不是仅靠常用方法就可以完全解决;问题中涉及的因素可能没有完全包含在专业工程实践的标准和规范中;问题相关各方利益不完全一致;具有较高的综合性,包含多个相互关联的子问题。

基于上述特征,工程能力培养应该是一个以工程原理与思想的认识为基础,以工程技术知识与方法的运用为手段,以学习解决复杂度逐渐提升的工程与技术问题为目的,由简单到复杂,由局部到全局,理论与实践不断碰撞、交替并螺旋上升,逐渐达到知行合一的演进过程。相应的工程能力培养模式设计要体现出这种分级递进的特征。可以考虑将工程能力培养目标划分为若干个层次递进、逐级提升的子目标,每一级子目标的培养以其次一级子目标的达成为基础,并为其上一级子目标培养提供基础。每个子目标对应实践教学体系中的一个培养层级,并就每个层级进行内涵与形式相一致的教学要素设计。除了确定用于支撑该层级子目标达成所需的实践教学环节之外,必须明确各环节的具体教学目标及其在支持该层级子目标达成中的作用,并基于教学目标的达成,进行相应的教学内容与形式、教学方法与手段设计,以及支撑其教学实施所必需的教学条件与资源建设,包括实践教学平台、师资队伍支撑、产业资源等。

以上述认识为基础,我们将工程能力的达成过程分解成学科基本思维与实验能力、专业领域技术实践能力、专业综合技术实践能力和工程能力四个层级,并鉴于影响工程能力培养有效性的系列问题主要发生于后三个层级,从而有针对性地提出了“产学三级联动”工程能力分级培养模式(如图1所示)。

一级产学“准”联动:以学生在学科基础教育

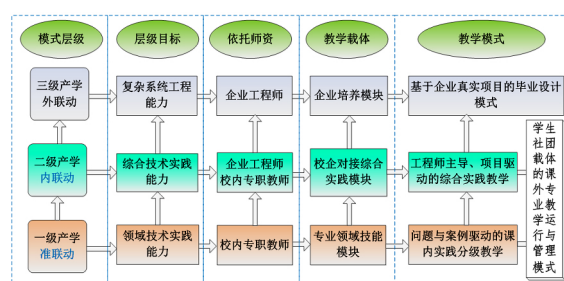


图1 “产学三级联动”的工程能力培养模式

阶段所获学科基本思维与实验能力为基础,以校内专业实验室为平台,以专业领域技能若干不同技术分支领域的实践能力培养为目标,依托具有工程经历或背景的校内专业教师,配套实施问题与案例驱动的课内分级实践教学模式改革。

二级产学“内”联动:以学生在一级产学“准”联动阶段所获得的领域技术实践能力为基础,以产学合作的校内实践教学基地为平台,以涉及多个专业技术领域的综合技术实践能力培养为主要目标,以校企对接综合实践教学模块为载体,依托企业工程师与具有工程经历或背景的校内专业教师,配套实施工程师主导、项目驱动的综合实践教学模式改革。

三级产学“外”联动:以学生在二级产学“内”联动阶段所获得的多领域综合技术实践能力为基础,以面向复杂系统的工程能力和职业适应能力培养为目标,以企业培养基地为平台,以企业培养模块为载体,依托企业工程师及高级管理人员,配套实施基于企业真实项目的毕业设计模式改革。

每级联动都涉及了产业资源与元素的利用,从一级到三级,产业资源的利用范围与比重逐渐加大,资源类型与内涵逐渐丰富,一级联动以主流技术、产品与方法为主,二级联动扩大到工程师、工程案例、工程思想与方法,三级联动进一步向工程项目、工程岗位与环境延伸。产学合作路径上,将学生“走出去”的单向方式,扩展成与行业企业资源“引进来”相结合的双向方式。

三、“产学三级联动”模式的关键教学改革

作为一个整体解决方案,产学三级联动工程能力培养模式涉及多环节的建设与改革,以下结合温州大学网络工程专业的实践进行阐述。

1. 专业实践课程体系的优化与重构。

三级联动培养模式中的每一级联动都需要有与其分级目标相适应的系列实践教学环节作为载体。为此,提供了三大教学模块:①专业领域技

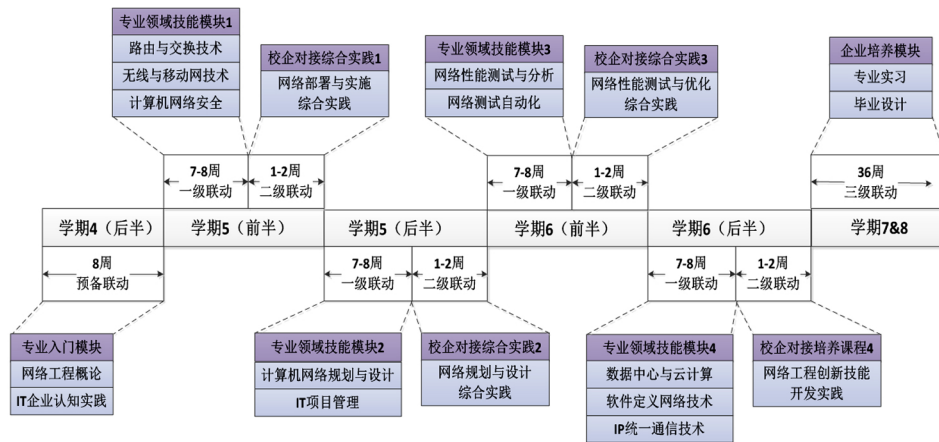


图2 “三级联动”相关教学模块及其教学进程设计

能教学模块,主要由系列包含于专业主干课程内的实践教学环节,以及与之相配套的相关课外开放实践项目构成,作为一级准联动的实施载体;②校企对接综合实践模块,主要由若干独立设置的综合实践课程和科技创新、专业竞赛、职业认证等课外实践教育类项目构成,作为二级内联动的实现载体;③企业培养模块,包括了专业实习和毕业设计,作为三级外联动的教学载体。另外,为了在实施三级联动相关教学之前,让学生对专业所涉的工程领域及职业环境有一个概貌性的认知,设立了专业入门模块作为先导。

图2以网络工程专业为例给出了三大模块的教学进程设计。全局上,从大二下学期到大四,采用由专业入门模块→专业领域技能教学模块→校企对接综合实践模块→企业培养模块的顺序推进方式;局部上,实施了专业领域技能教学模块与校企对接综合实践模块的交叉,也就是专业领域技能教学模块中的有关实践教学环节根据相互之间的前后继承关系被分为若干个子模块,校企对接综合实践模块中的不同综合实践课程则根据其在分级培养体系中的作用以及与这些子模块之间的衔接关系,分别穿插在这些子模块之间实施。

具体而言,在实施一级联动的专业领域技能教学之前,首先开设专业入门模块,让学生对网络工程的范畴与内涵有基本认识;然后是专业领域技能教学模块1,培养相关技术分支领域技能。随后为校企对接综合实践1,培养学生综合利用多领域技术进行网络系统综合部署与实施的能力;接下来,是专业领域技能教学模块2,着重于网络系统规划设计和网络工程实践过程中的项目管理;之后,为校企对接综合实践模块2,培养学

生网络系统规划与设计的能力;再接下来是专业领域技能教学模块3,以网络性能测试与分析为主要目标,之后为校企对接综合实践模块3,培养学生网络系统测试、分析与优化能力;其后是专业领域技能教学模块4,以新兴技术领域的扩展技能学习为主要目标,之后为校企对接综合实践模块4,培养学生运用新兴技术解决网络问题的能力。最后,通过企业培养模块培养学生解决复杂网络系统问题的工程能力。依托上述的进程设计,三级联动分级培养模式为学生架构的是一条分层递进且螺旋上升的工程能力培养链。

2. 关键环节教学模式的设计与改革。

(1) 问题与案例驱动的课内实践分级教学模式。

该模式用于“一级准联动”中的专业课内实践教学,以课程所对应技术分支领域的技能培养为主线,进行了两个层次的分级(如图3)。

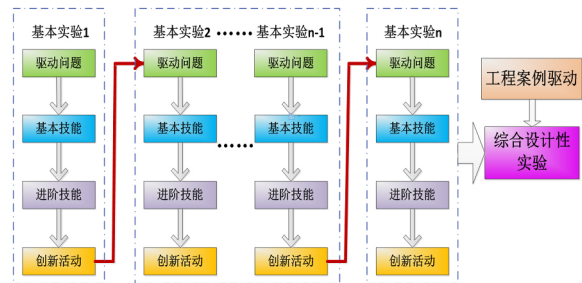


图3 问题与案例驱动的课内实践教学分级模式

首先,一门课程相关的实践教学项目被分成基本项目和综合设计性项目两个级别,基本项目以掌握专业技术领域内的单个或少数个技能点为目标,并以相应的工程技术分解问题进行驱动,综合设计性项目则以该专业技术领域内多个技能点

的并发应用为目标,以相关工程案例驱动。

其次,对于每个基本项目,进一步分解为“基本技能→进阶技能→创新活动”三个子级别。“基本技能”部分,首先用一个工程实际中的相关小问题作为开场,同时给出分析与解决该问题的思路与方法,由学生去学习、体验相关的工程小问题及其问题分析与解决思路,并提供较详细的实验方案和主要的操作方法与步骤,培养学生的基本操作技能;“进阶技能”部分,给出与“基本技能”相比难度或复杂度有所提高的问题,并只给出解决问题的必要提示,由学生设计相应的实施方案;“创新活动”所给出问题的复杂度进一步提高,不仅涉及当前实验项目相关知识与技能的更高级运用,还包含了需要运用下一个基本实验的知识与技能才能解决的问题,借此承前启后,持续引导与激发学生的求知探索与能力提升欲望。

通过上述两层式的分级设计,引导学生从简单到复杂问题、从低级到高级思维、从被动模仿到主动探究,实现相关技术领域实践技能的循序渐进培养。与该模式相配套,还进行了课内实践教学考核方法的改革。^[2]

(2) 工程师主导、项目驱动的综合实践教学模式。

该模式用于“二级内联动”,以涉及多个专业技术领域的工程案例为驱动,以校企共建的校内实践教育基地为平台。所选案例既具有涉及多个专业技术领域的综合性,又有与工程应用关键环节包括需求分析、规划与设计、部署与实施、测试与优化等相关联的典型性,还具备源于企业项目的真实性。教学实施前,企业工程师与校内专职教师共同从教学目标出发进行有关的教学设计,包括工程案例的选取、裁剪与提炼,教学方法、组织形式与进度的规划,以及相关实践环境的预定制。教学实施中,企业工程师承担技术与工程指导,校内专职教师协助企业工程师进行指导与管理,并同时从中实现自我学习与提升。根据工程案例所涉及的系统复杂度,学生组成项目组,在给定的一到两周时间内,模拟实际工程项目的运作方式,建立明确的组内分工与合作关系,制定项目实施方案,完成相关的需求分析、工程规划与技术设计、系统部署与实施、总结与评价等工作。

依托该模式,学生在校内能够提前体验与学习专业理论与技术在工程实际项目中的综合运用,理解工程项目运作的内涵与要求,包括工程项

目的基本组成与环节、项目实施与管理的基本规范与流程、项目过程中的团队合作与沟通等,为之后“三级外联动”企业阶段学习提供良好铺垫。

(3) 基于企业实际项目的毕业设计模式。

该模式被运用于“三级外联动”中的毕业设计。通过将工程项目、工程师、工程环境等产业元素与资源运用于毕业设计相关环节,实现毕业设计与复杂工程实际问题的紧密对接,成为本科教育阶段工程能力培养的“最后一公里”。

该模式包含四个要素。首先,选题的实战化,要求毕业设计课题来自工程实际,具有足够的综合性与实战性。其中包含需求分析与问题研究、解决方案设计与实施、运行测试与评价等基本要素,除了涉及多领域技术综合运用甚至是新技术的利用之外,还要体现对经济、社会、文化或环境等非技术因素的综合考量或折衷,以及项目管理知识与能力的运用。其次,实施环境的企业化,毕业设计相关的设计、开发与实施以及成果检验,全部或部分在企业或工程项目现场完成。第三,指导教师的工程化,企业工程师和校内专职教师共同担任导师,前者主要负责相关的技术与工程指导,后者主要负责必要的学术规范指导。第四,毕业设计成果的实用化,毕业设计成果作为真实系统或工程需求的解决方案,在一定程度上能够被企业采用或借鉴;在毕业设计答辩与成果评价上,采用企业工程师与校内教师共同评审制。

另外,针对一、二级联动中的课外专业实践教学缺乏抓手的问题,设计实施了学生社团载体的课外专业实践教学运行管理模式。^[3]

3. 教学条件与资源的合作建设。

(1) “三位一体”的实践教学平台。

支撑“产学三级联动”工程能力培养,实施了校内专业实验室、校企共建的校内实践教育基地和企业培养基地“三位一体”实践教学平台建设。

校内专业实验室主要作为一级“准”联动的实践教学平台。实验教学设备功能覆盖主要技术领域,设备选型符合业界主流,并根据问题与案例驱动的课内分级实践教学改革之需,参照工程标准或规范对实验室布局、实验拓扑与环境等进行必要的工程化改造。

校企共建的校内实践教育基地主要作为二级“内”联动的实践教学平台。校方提供场地,引入行业知名或领先企业的优质资源,包括设备与产品、工程技术与方法、工程案例、行业规范与标准、

兼职的企业工程师等,双方共同建设与管理。

企业培养基地主要支持三级“外”联动,同时也为专业入门阶段的认知实践提供服务。除了选择行业知名或领先企业外,可以就业为导向,选择一批与毕业生就业岗位高度关联的企业。关键是合作企业应具有满足学生企业培养所需的基础设施与工程环境、项目与工程师资源,以及规范的企业管理体系、先进的企业文化和社会责任。

(2) 工程化的师资队伍。

就工程化师资队伍建设而言,首先,学校应建立相关制度与政策,涵盖行业企业兼职教师的聘用、评价与激励,校内专职教师的工程化培养,产教融合的教学团队建设等,但不限于此。

其次,二级学院或专业要结合自身人才培养需要与所关联行业的特点,明确具体的实施要求与办法。以我校网络工程专业为例,对于行业企业兼职教师的选用有四条基本要求:①学历要求,须具有本科及以上学历,以确保足够的专业理论基础;②工程经历要求,须具有五年以上工程经历,并有负责或作为骨干参与多项大型工程项目的经验,以确保足够的工程能力与工程经验;③素质要求,须具有高度的敬业精神以将其传递与感染给学生,具有高度的社会责任感以确保具有参与高校人才培养的觉悟与愿望,具有良好的沟通表达能力以支持教学过程中的沟通与表达;④企业要求,工程师所在企业须具有良好的企业文化、社会影响力与社会形象,以能够将优秀的企业文化与价值观传递给学生。对于校内专职教师的工程能力培养,则提供了六个途径:①脱产顶岗式的企业挂职锻炼,强化教师工程实践经历与经验;②承担或参与合作企业的科技开发和技术改造项目,提高解决工程实际问题的能力;③参加业界组织的工程技术培训,掌握主流技术及其工程应用;④参加行业权威的注册工程师认证,获得相应的工程水平认可;⑤与企业工程师共同实施有关的教学与教学建设活动,获得工程教育教学能力的提升;⑥参加工程教育研讨与交流,增强对工程教育改革与实践的思考与探索。

四、“产学三级联动”模式的实施效果评价

我校网络工程专业自2009年开始实施“产学三级联动”工程能力分级培养模式,效果明显。

1. 显著提升了学生的工程能力与综合竞争力。

在校生参加国际或国家权威的网络工程师认

证通过率显著提升。就2012年以来的五届228名毕业学生来看,通过率从之前的平均不到20%提高到了97%,人均持有注册工程师认证证书为1.5张,超过40%的学生同时拥有两个及以上的注册工程师认证,11%的学生获业界最高级别的互联网专家(IE)认证。

在校生于高水平的专业竞赛中屡获佳绩。2011年以来,逾60位在校生获得国家与省级相关专业竞赛奖励24项。其中,两次作为中国大陆唯一的代表队参加NetRider亚太区大学生网络技术大赛,并分别获得冠军与亚军。

毕业生就业质量明显高于其它学校同专业。毕业生主要就业于上海、杭州、北京、深圳等IT产业发达城市。浙江省教育评估院提供的毕业生就业质量调查表明,毕业生平均月薪均位于全省同专业前茅,并明显高于麦可思研究所给出的本专业全国平均水平。

用人单位满意度与认同度快速提高。用人单位评价毕业生“专业知识新、上手快、实践能力强、适应性好”,不少用人单位成为本专业的回头客;30多位毕业生分别进入思科系统、思博伦通信、H3C、百度、阿里巴巴、腾讯、网易等知名IT企业,担任网络系统工程师和测试工程师等重要岗位的工作。

2. 提升了专业建设水平与影响力。

有效解决了困扰工程能力培养的相关问题,学生对实践教学的满意度明显提高。浙江省教育评估院提供的毕业生调查数据表明,学生对“实践教学”与“师资队伍教学水平”的满意度位于省内同专业之首。

建设了高水平、工程化的专业教学团队,校内专业教师的工程能力得到明显提升,同时拥有了足以支撑学生工程能力培养的兼职工程师队伍。20余位来自行业知名企业的资深工程师除了承担校企对接综合实践、企业培养等教学活动之外,还参与了专业实验室、实践教育中心、专业课程与教材的建设。

业界的优质工程教育资源得到了充分有效的利用。不仅被用于建构“产学三级联动”工程能力分级培养模式,还被进一步拓展到了人才培养全过程,包括培养目标确定、毕业要求细化、培养方案编制、课程与实践教学实施、条件与资源建设等,形成了产教融合、校企协同的网络工程应用型人才培养体系。“产学深度联动的网络工程应用

型人才培养探索与实践”获得第七届浙江省高等教育教学成果一等奖。

对接经济产业发展需求,进行工程能力培养新模式的探索与实践,切实提高地方院校工程教育类专业毕业生的工程能力,将有助于增强地方高校为区域经济社会发展服务的能力和为学习者创造价值的能力。^[4]相信本文能够为地方院校的相关专业提供有价值的参考。

参 考 文 献

[1] 中国工程教育专业认证协会.《工程教育认证标准(2015

Construction and Practice: A Graded Training Mode for Engineering Competence Featured by Three-level Cooperation between Academy and Industry

Shi Xiaoqiu

In order to effectively develop the engineering competence of the students majoring in engineering education in local undergraduate universities and colleges, the paper puts forward a graded training mode for engineering competence featured by three-level cooperation between academy and industry, making it a systematic solution for those which affect the training of engineering competence like underdeveloped teaching system, inadaptable teaching-learning mode, inadequacy of faculty with engineering background and inefficiency in using industrial resources. The paper discusses the general idea and the proposed key education reform by presenting a case study in applying the mode into one of the majors named Network Engineering with an effect evaluation. aiming to offer reference to the development of engineering education majors in all local graduate universities and colleges.

【Key words】engineering competence; graded training; cooperation between academy and industry; Three-level Cooperation; practical teaching

(上接第 52 页)

Analysis on Developing Trend of Social Demand for Undergraduates Majored in Engineering Education

—An Empirical Study Based on the Employment Data of China's Undergraduates

Guo Jiao, Wang Boqing

Based on graduate survey, this paper provides supportive evidence for changes in social demand for undergraduates majored in engineering education. Feedback from Labor market has witnessed the optimization of discipline structure in engineering education propelled by industrial restructuring. In engineering education, majors related to strategic emerging industries (such as new-generation IT, biology and digital media etc.) gives better performance than those related to traditional industries (such as geology and mining, civil engineering) in terms of employment rate, average monthly income, employment satisfaction and professional relevance, among which employment satisfaction reflects the quality of employment, positively correlated with other three variables.

【Key words】undergraduate; social demand; employment rate; quality of employment

版)》. <http://www.cceaa.org.cn/>, 2015年3月。

[2] 张纯容、施晓秋:《问题与方案驱动的课内实践教学分级模式探索》,《实验室研究与探索》2012年第1期。

[3] 施晓秋、金可仲:《卓越工程师教育培养“3+1”模式下的课外专业教育体系建设》,《高等工程教育研究》2012年第4期。

[4] 教育部、国家发展改革委、财政部.《关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见》,教发[2015]7号,2015年10月。