

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2019.03.007

欢迎按以下格式引用:余晓平,居发礼.面向精细化设计需求的大学生工程思维能力培养[J].高等建筑教育,2019,28(3):48-54.

面向精细化设计需求的大 大学生工程思维能力培养

余晓平,居发礼

(重庆科技学院,重庆 401331)

摘要:精细化设计已成为工程设计行业关注的热点。结合建筑环境与能源应用工程专业新工科内涵建设,分析并指出工程能力培养的核心是提升工程思维能力,从精细化设计理念与工程系统思维的一致性角度,构建基于项目全过程、全方位的工程教育思维模型,并从工程教育主体、教育内容到教学平台等方面,提出工程教育目标定位、教育主体与平台建设、校企合作实践与开放课程群建设等教学改革实践的具体路径与建议。

关键词:精细化设计;复杂工程问题;工程教育;工程思维能力;建筑环境与能源应用工程

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2019)03-0048-07

2017年11月在太原召开的第七届全国勘察设计协会建筑环境与能源应用工程分会技术交流大会,总工论坛专题为“暖通空调工程的精细化设计”,讨论中提出两大问题:一是面对精细化设计要求带来的设计周期延长、人力成本增加等问题,在设计收费制度尚不完善的当下,企业如何实现盈利和增收?二是精细化设计对设计师执业能力的要求提高,如高新技术方法的应用、BIM建模、模拟仿真、用户需求的准确把握与动态适应等等,设计师应如何适应这一需求?前者是企业经营管理者关注的焦点,而后者则是高校工程教育所面临的机遇与挑战。

本文针对精细化设计趋势对工程人才的要求,结合当前工程教育认证和新型工科专业内涵发展,以建筑环境与能源应用工程专业(以下简称建环专业)为例,探讨工程专业学生工程思维能力培养途径。

一、适应精细化设计人才需求的教育背景

(一) 国家新工科建设与新型工科专业定位

新工科专业建设体现了工程教育发展的时代需求。为推动工程教育的改革创新,教育部2017

修回日期:2018-06-02

基金项目:重庆市教育委员会教育教学改革研究重点项目“面向工程问题的建筑环境与能源应用工程实践教学基地建设与实践”(152047);重庆科技学院研究生教育教学改革项目“协同工程院所强化研究生创新能力培养的实践与探索”(YJC2019Y005)

作者简介:余晓平(1973—),女,重庆科技学院教授,博士,系主任,主要从事建筑节能原理与技术、建筑室内环境调控研究,(E-mail) yuxiaoping2001@126.com。

年召开了三次专门会议: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,达成了“复旦共识”;4月8日,教育部在天津大学召开新工科建设研讨会,确定了“新工科”建设行动路线和目标,即“天大行动”;6月9日,新工科研究与实践专家审议并原则通过了《新工科研究与实践项目指南》,形成了新工科建设的“北京指南”。

与老工科相比,“新工科”更强调学科的实用性、交叉性和综合性,新工科人才不仅要在某一学科专业领域做到精深,同时还要具有“学科交叉融合”特征。新型工科专业的“新”应体现在人才培养全过程中主要教学环节的改革、变化和发展中,对此,需要开展系统深入的研究,核心是构建新工科的工程教育思维这一共性问题。

建环专业作为新型工科专业之一,涵盖了健康、能源、环境等人们广泛关注的内容,致力于解决建筑、医疗、交通、航天等领域的能源环境问题。行业的新发展、居住者对环境品质的新需求和新能源的应用等都赋予该专业内涵的新特性,专业技术服务要求的精细化程度越高,对工程技术人才的培养质量要求也越高。

(二) 工程教育认证中的工程能力培养要求

中国2016年6月2日成为《华盛顿协议》正式缔约成员,按照要求,通过工程教育认证的工程专业要按照国际实质等效原则培养学生具有解决复杂工程问题的能力。从社会经济发展、经济全球化以及“一带一路”倡议对工程教育要求的角度,深刻理解复杂工程问题并培养具有解决复杂工程问题能力的专业人才,已成为中国高等教育所有本科工程专业当前和今后必须重视和做好的重要工作^[1]。

复杂工程问题的分析和解决需要学生具有工程系统知识应用能力和工程思维能力。《华盛顿协议》界定的“复杂工程问题”必须具有表1所述特征WP1和特征WP2到WP7的一些或全部^[2]。与此类似,中国工程教育专业认证协会界定的“复杂工程问题”必须具备表1所述特征CP1,同时具备特征CP2到CP7的部分或全部^[3]。

工程教育认证的三个基本理念,即“成果导向”“以学生为中心”和“持续改进”,以及认证标准中七个指标中的四个中心指标,即“学生”“师资队伍”“课程体系”和“支持条件”等,都是紧紧围绕能够有效促进学生达到“毕业要求”进而达成“培养目标”而配置的,指标“持续改进”是为了确保“学生”达到“培养目标”而设置的^[4]。这种成果导向的工程教育理念实质上体现的是以产出导向的质量中心意识。

表1 复杂工程问题的特征

属性	华盛顿协议	中国工程教育认证协会
需要知识的深度	WP1:必须具有高深的工程知识,这些知识是指能够运用基本原理分析方法的一个或多个知识	CP1:必须运用工程原理,经过分析才可能得到解决
冲突需要的范畴	WP2:涉及多方面的或有冲突的技术、工程和其他问题	CP2:涉及多方面的技术、工程和其他因素,并可能相互有一定冲突
需要分析的深度	WP3:没有明显的解决方案,需要抽象思维及原创性分析,以形成合适的模型	CP3: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创造性
问题的熟悉度	WP4:涉及不太常见的问题	CP4:不是仅靠常用方法就可以完全解决的
适用准则的程度	WP5:属于专业工程实践标准和规范涵盖范围之外的问题	CP5: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
利益相关者参与程度及冲突要求程度	WP6:涉及多种不同的利益相关者群体,他们具有广泛变化的需求	CP6:问题相关各方利益不完全一致
相互依赖性	WP7:属于高水平问题,包含许多组成部分或子问题	CP7:具有较高的综合性,包含多个相互关联的子问题

解决复杂工程问题能力的培养贯穿整个教育过程,对教学内容、教学方式和教学主体(教师和学生)都有明确的要求和评价考核。学校通过人才培养方案的顶层设计、教学计划的路线安排、课程授课计划的组织实施、课程考核的评价与教学效果反馈,形成人才培养过程的闭环管理,将工程系统思维融合于教学运行全过程。

二、精细化设计思维的培养

(一)精细化设计思维的内涵

所谓“精细化”,本指企业管理者在调整产品、服务及运营过程中使用的一种技术方法,“精”是对关键点的控制,“细”是强调每个技术环节。精益管理咨询研究中心创始人马书彦认为,精细化管理就是技术化为保障、数据化为标准、信息化为手段,把服务者的焦点聚集到被服务者的需求上,以获得更高的效率、效益和竞争力,由过去的粗放型管理向集约化管理转变,由传统的经验管理向科学化管理转变^[5]。同样,工程设计领域的精细化设计是以“精”“细”为导向,面对复杂工程问题,能对接相关工程法规、技术标准,把控工程管理依据,明确用户需求评价、评估体系,具备过程质量控制与多元目标协调一致的工程技术服务与管理。“精”是属性,“细”是责任,精细化设计不只是技术问题,还包含人力成本、时间成本和技术成本等。

工业领域工艺流程标准化,容易做到精细化,而民用建筑服务对象的特殊性,要做到精细化难度更大。这需要通过行业协会加强引导,设计研究院所从实践维度,把握行业发展的新需求,从工程项目中探寻共性问题,探索精细化设计服务的新机制。反思当前现状,自建自用的建设项目能做到精细化、全程可控、预期可达,表明外在政策保障环境的重要性。

(二)精细化设计过程的方法实践

精细化设计流程表明,全过程设计与多专业交叉融合是精细化设计的核心。全过程要求从规划、设计、施工到运营全寿命周期协调,全方位要求安全、技术、经济、节能、环保等多维度兼顾,全工种要求建筑、结构、机电、水暖、装饰等多方协同配合。这就要求精细化设计工程师具备全过程、全方位与全工种的工程系统思维能力。

以机电专业为例,机电专业涉及较多专业的分项工程,且诸多分项工程都由不同的班组完成,均有各自不同的管线和走向。如:空调机房及水泵房的精细化设计要领,应以保证设备操作、维修方便为原则,设备、管线排列整齐,阀门操作方便。管线要以最短的距离与设备连接,保证水流顺畅,尽量减小水泵出口水力损失为原则;管线安装标高尽量提高,保证机房空间宽敞。

再譬如,伍小亭总工在“地源热泵系统成功的关键——精细化设计”专题报告中,认为地源热泵系统的精细化设计需做好八个方面的工作:一是性能化设计,即措施导向变为目标导向;二是设计方法由“对标”转变为优化分析下的“基本合标”,模拟分析贯穿始终;三是重视末端用户需求,比如负荷、二次能源品位、运行规律、保障率等;四是对“源”的勘察与分析,如能力(强度、分布、长期热储)、品位(设计取值的确定、运行周期内的变化规律);五是基于多方案比选的最优技术路线制定;六是以系统整体能效为目标的设计参数研究;七是基于增量投资回收年限(SIR)系统配置;八是在设计阶段即考虑运行调节策略,明确设计为运营提供服务。以上工程认知基础与实践方法都体现了对复杂工程问题的系统思维,将技术原理、技术方法、技术措施和非技术的用户负荷特性、环境资源约束等集成优化,形成工程项目的综合解决方案,最终通过精细化设计实现项目的工程价值,满足用户的需求。

(三) 精细化设计所需工程思维能力的培养

精细化设计的灵魂是工程师,工程师是精细化设计的执行者,精细化设计服务目标能否实现,关键在于设计师的工程实践能力和对复杂工程问题的认识水平。

1. 工程思维不同于科学思维、技术思维

应在科学、工程和技术三元框架下来认识工程教育,培养学生的工程思维能力。科学、工程和技术既有区别,又有紧密的内在联系,三者的认识比较如表 2^[6]所示。

表 2 科学、工程与技术的认识比较

比较项目	科学	工程	技术
主体	科学家	工程师	技术人员
思维方式	科学思维	工程思维	技术思维
目的	发现	建造	发明
归属	人类共有,第一发现	专属主体,不可替代,唯一性	专利,第一发明
对象	客观规律、唯一性	主体多元、价值多维,结果不确定性,不可逆过程	产品追求最优、功能拓展
内在关系	科学转化为技术,通过设计、建造、使用等诸多技术和非技术要素形成工程,工程实践中产生工程问题,从工程问题的共性中发现科学问题,推动工程科学发展		

可见,工程思维的主体是工程师,工程思维能力是工程技术人员在解决复杂工程问题时必须具备的能力^[7]。开展工程教育,要重视培养工科大学生的工程思维能力,教学过程的设计要遵循工程教育的基本规律。在工程教育课程教学设计中,工程思维的训练要充分考虑工程思维本身的特性和工程教育本身的内在机制,合理设置教学目标与教学方法,组织教学内容,充分考虑学生群体的阶段特征和认识水平,循序渐进,引导学生逐步养成工程思维的习惯,迈好工程师训练的第一步。

2. 工程思维能力培养的模型构建

工程教育的主体是学校和企业,校企联合通过工程研究与教学实践,促进专业教学知识的工程化,以及工程问题的教学资源化建设与应用。学校既要提升教师队伍的工程教育能力,又要了解企业对工程师能力和素质的需求,通过校企合作建立工程训练中心和实践教学基地,形成教师与工程师深度融合的工程教育“双师型”队伍。企业工程专家参与课程教学,一方面可以利用基地现场使学生直接接触实际工程,增加对专业知识的感性认识;另一方面,可以利用工程技术人员现场指导,丰富学生的工程知识,引导学生尽早树立工程系统观^[8]。

项目是工程师的职业舞台,是工程化知识应用和创新实践的载体。工程本身的整体性、复杂性,要求运用工程系统观来分析工程问题。工程项目具有多重属性,需要从工程经济、工程文化、工程社会、工程技术、工程伦理、工程管理和工程自然等不同维度进行综合决策。不同维度的价值目标和原则不同,需要综合协调才能实现工程的最终目标和综合价值。所以,工程教育的内容设置应贯穿项目实施全过程,将工程教育的课程群,按项目实施过程进行分类协调,将工具性知识、学科基础知识、专业知识及其实践方法合理配置,构建工程专业知识体系。在教学实践环节,引入案例教学和项目实训,引导学生认识和理解复杂工程问题,并在项目实践平台获得解决复杂工程问题的初步能力。

笔者结合工程教育的全过程、全方位的综合要素,梳理出工程教育的思维模型,见图 1 所示。

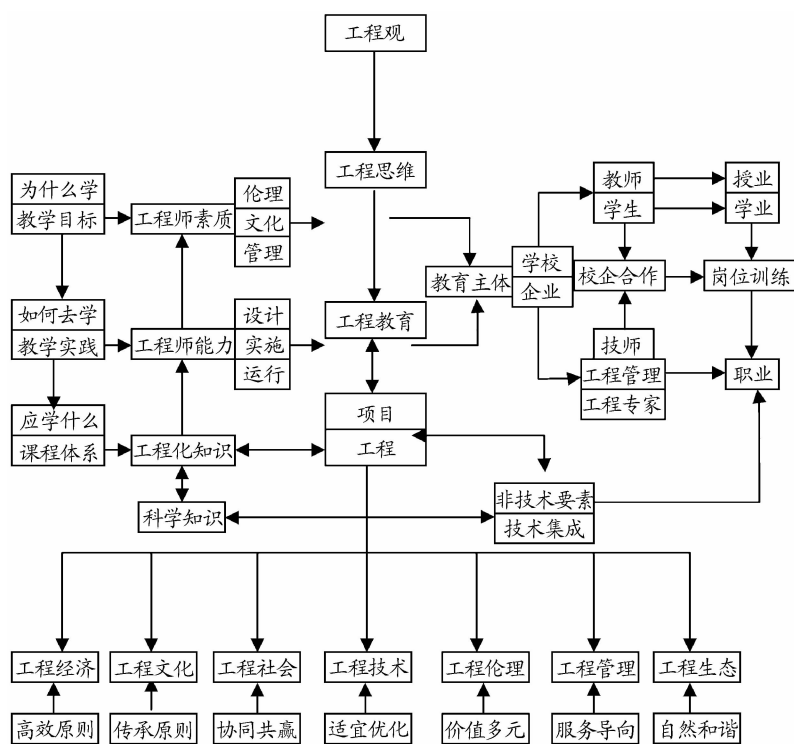


图1 工程思维能力培养的教育模型

由图1可见,工程教育以大工程观为指导思想,以实际工程或项目为载体,重在工程化知识的传授和工程师能力的培养。工程观主要强调工程哲学修养,核心是工程系统观,是工程思维的思想基础。工程思维引领工程教育,是工程教育主体应当具备的思维方式,是工程师素质的基本要求。应适应社会发展定位人才培养目标,根据工程师素质要求确定教学目标,回答“为什么而学”;根据工程化知识要求建设课程体系,回答“学什么”;根据工程师能力培养要求确定教学方法和途径,回答“如何教学”,从而实现从知识、能力到素质的统一。

三、面向精细化设计需求的工程教育路径

精细化设计需要工程系统思维能力支撑,工科教育应面向社会对工程人才的需求,培养适应时代发展要求的工程设计人才,这就需要在工程教育过程中贯穿工程系统思维能力培养,强化精益思维与质量意识。笔者结合建环专业工程教育实践,提出精细化设计人才培养需要从以下几方面开展教学改革与实践。

(一) 合理定位工程人才培养目标

作为新型工科专业之一,建环专业应适应工程设计行业对精细化设计人才的需要,开展专业建设和教学实践,与社会发展相适应,制定并达成工程教育人才培养毕业要求。精细化设计人才要能解决建筑室内环境调控与建筑能源应用系统中存在的系统设计、设备与管道安装、供能系统调试、控制、维护、分析和管理等复杂工程技术问题。笔者所在学院通过成立由行业专家和工程专家组成的工程教育指导委员会,共同论证专业人才培养的目标。

(二) 构建工程人才的“双主体”培养模式

针对精细化设计人才需求,通过与地方行业学会和协会合作,探索建设高校与行业企业共建共

管共用的产业化育人机制,构建集教育、培训、研发于一体的共享型、开放型协同育人实践平台。面向精细化设计过程中的多专业多工种的协同,基于土木与建筑学科专业群,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教育组织机构,组建“学校、企业”双主体和跨学科“双师型”专业教学团队,推进新工科教师队伍建设。

(三) 构建特色专业课程群与实践平台

精细化设计人才需要具备工程系统知识和专业综合能力。针对专业内涵和服务领域的典型工程问题,开发跨学科专业课程群,探索面向复杂工程问题的实践教学改革,针对教学内容集成与优化的主干课程及课程群建设开展实践研究。探索面向用人单位的个性化人才培养模式,利用开放实验室和专业社团,鼓励学生在教师指导下自主规划职业发展,允许学生根据自己的兴趣自由组合课程选择专业方向,开展自主课程学分认定,形成专业教育的开放课程体系;探索校企合作课程建设,根据企业用人需要拓展校企合作课程群,重点培养学生自主研究学习的能力。搭建实践基地和工程训练平台,以工程项目为载体,通过完善实践课程体系和教学内容,基于项目训练形成工程人才“创意、创新、创业”教育体系。

(四) 构建专业人才培养过程质量新标准

工程人才培养质量需要评价标准,应引入社会评价尤其是用人单位的评价反馈,构建课程教学考核的质量标准,从工程知识的系统性、工程能力的完整性和工程素质的规范性等方面进行评价。针对新型工科专业人才培养质量的评价标准这一重点与难点,通过建立项目资源库,拟定精细化设计教学计划和课程改革方案,培养学生解决复杂工程问题的能力,为其从事精细化设计奠定工程认识基础。笔者通过建立建环专业本科教学质量标准,尤其是针对毕业设计环节制定毕业设计教学指导规程,实现过程培养精细化控制,以及工程教育全过程的质量控制。

综上所述,通过构建高校新型工科专业的工程教育创新体系,基于工程项目的全过程全方位管理理念,培养学生解决复杂工程问题的能力,从适应建设行业对工程师精细化设计能力的要求。

四、结语

精细化设计即通过处理好专业流程中不同阶段时间的合理分配,以及各专业利益的合理分配,向前端延伸与建筑、结构配合,向后端延伸提供全生命周期精细化运营服务。此外,BIM 技术应用有助于多专业的协同与信息共享,为最终实现全过程物联网搭建平台,彻底解决当下“铁路警察各管一段”的现状,是实现精细化设计的重要工具。

精细化设计最终目标是提升设计服务整体品质,其关键是设计师和工程师。这就倒逼大学工程教育的思维转变,重视学生各种工具、手段运用能力和表达能力的培养,要求工科高校加强工程教育研究,探索适应工程师精细化设计能力发展的有效途径,培养学生的工程思维能力。在精细化设计人才的培养方面,专业建设要做好以项目案例为主线的课程中心建设,强化教师工程教育能力的提升;坚持产学研用多主体合作共建工程实践平台,使工程教育紧跟行业发展和社会对人才需求的步伐。

参考文献:

- [1] 林健. 如何理解和解决复杂工程问题——基于《华盛顿协议》的界定和要求[J]. 高等工程教育研究, 2016(5): 17-26.

- [2] Graduate Attributes and Professional Competencies (Version3;21June 2013) <http://www.ieagreement.org>.
- [3] 中国工程教育专业认证协会秘书处:《工程教育认证工作指南》(2016年版).
- [4] 李志义.适应认证要求推进工程教育教学改革[J].中国大学教学,2014(6):9-16.
- [5] 李晨,赵广英,沈清基,等.基于精细化思维的城市绿地系统控制性详细规划编制优化途径[J].规划师,2017,33(10):29-36.
- [6] 李伯聪.工程与工程思维[J].科学(上海),2014,66(6):13-16.
- [7] 衡孝庆,魏星梅.工程思维简论[J].哈尔滨学院学报,2010,31(1):13-16.
- [8] 丁云飞,吴会军,徐晓宁,等.“卓越计划”模式下学生工程能力培养探讨[J].高等建筑教育,2015,24(5):42-46.

Training of college students' engineering thinking ability for fine design requirements

YU Xiaoping, JU Fali

(Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, P. R. China)

Abstract: Fine design has become the focus of attention in the engineering design industry. Based on the building environment and energy application engineering (BEEE) professional construction, this paper points out that engineering thinking ability training is the core of engineering ability training, and from the consistency of fine design idea and engineering system thinking, engineering education thinking model based on the full range of the whole process of project is built. And from the subject of engineering education, education content to teaching platform, specific main paths and suggestions on teaching reform practice of engineering education target, education subject and platform construction, school-enterprise cooperation and open curriculum group construction are put forward.

Key words: fine design; complex engineering problem; engineering education; engineering thinking ability; building environment and energy application engineering (BEEE)

(责任编辑 王 宣)