

文章编号: 1671-6612 (2021) 04-607-06

《暖通空调运行管理》培养学生工程思维能力的思考

余晓平 居发礼 孙钦荣 刘丽莹

(重庆科技学院建筑工程学院 重庆 401331)

【摘要】 在工程教育专业认证视角下, 加强学生工程思维培养, 提升工程人才培养质量, 满足社会日益增加的高质量工程人才需要, 已成为本科课程建设的核心任务之一。基于新工科内涵发展对工程实践教育提出的新要求, 在分析工程、工程知识与工程思维的区别与联系基础上, 建立了工程教育中以项目为载体的全过程工程思维教学设计; 并以建环专业《暖通空调运行管理》课程为例, 从课程的工程理念、教材建设、教学方法设计和教学实施评价四个方面分析了专业实践教育中融入工程思维训练的方法和路径; 提出了工程专业课程建设与教学改革实践中工程思维培养需要注意的关键问题, 可供工程专业同类课程建设参考。

【关键词】 工程教育; 课程建设; 工程思维; 建环专业; 暖通空调运行管理
中图分类号 G642.3 文献标识码 A

Discussion on Cultivating Students' Engineering Thinking Ability in HVAC Operation Management Course

Yu Xiaoping Ju Fali Sun Qinrong Liu Liying

(Chongqing University of Science and Technology, Chongqing, 401331)

【Abstract】 From the perspective of engineering education certification, it has become one of the core tasks of undergraduate curriculum construction to strengthen the cultivation of students' engineering thinking, to improve the quality of engineering talents training, and to meet the increasing needs of high-quality engineering talents today. Based on the new requirements of the connotation development of the new engineering in the BEE major for the construction of engineering practice curriculum, and the differences and relations between engineering, engineering knowledge and engineering thinking, this paper analyzes establishes the teaching design of the whole process of engineering thinking which takes project as the carrier in engineering education. Taking the course "HVAC Operation Management" as an example, this paper analyzes the methods and paths of integrating engineering thinking training into professional practice education from four aspects: engineering concept, teaching material construction, teaching method design and teaching implementation evaluation. The key problem to be paid attention to in the course construction and teaching reform practice of engineering specialty is put forward, which can be used as reference for the similar course construction of engineering specialty.

【Keywords】 Engineering education; Curriculum construction; Engineering thinking; BEE major; HVAC operation management

基金项目: 重庆科技学院本科教育教学改革研究项目 (编号: 201933);

重庆科技学院研究生教育教学改革研究项目 (YJG2019y005)

作者 (通讯作者) 简介: 余晓平 (1973.7-), 女, 博士研究生, 教授, E-mail: yuxiaoping2001@126.com

收稿日期: 2021-06-20

0 引言

目前,建环专业人才培养方案的工程实践课程中,涉及暖通空调工程知识单元的教学内容主要从工程设计角度进行讲授,偏重暖通空调系统方案分析及设备选型计算,较少涉及暖通空调系统调适和运行管理制度,更少独立设置《暖通空调运行管理》课程。随着社会对建筑运行节能和室内空气环境品质保障的认识日益深入,尤其在《空调通风系统运行管理标准(GB 50365-2019)》修订颁布后,建筑行业对暖通空调系统运行管理更加重视。由于暖通空调系统本身的复杂性和多样性,所涉及的热力系统往往涉及“热、机、电、控”等专业多位一体的综合复杂问题,要求其运营管理人员既要具备设备维护的动手能力,又要拥有运营效果的分析能力、优化控制的创新思维^[1]。因此,有必要设置《暖通空调运行管理》课程,从项目全过程的工程管理理念出发,强化以项目为载体的工程实践教学,能很好培养学生的工程思维能力。

本文结合笔者所在学校的《暖通空调运行管理》课程建设与教学实践,探索在课程教学设计和教材建设等环节培养学生工程思维的途径。

1 工程教育与工程思维培养

1.1 工程知识与工程教育的概念

在大工程时代背景下,王章豹^[2]提出大工程素质构成要素的飞机结构模型,认为工程思维,特别是创新思维,是工程思维的灵魂,相当于飞机的驾驶舱,发挥导航作用。他认为“工程”包括“工程技术系统或实体”、“工程建造活动或过程”和“工程学科专业”三个含义;其中,工程学科专业,即“工程学”,是实现工程活动的专门学科、技术手段和方法的知识体系,包含研发、设计和制造活动在内的造物实践活动,与工程科学、工程技术密切联系^[3]。工程知识不同于科学知识,也不是技术知识的简单相加,而是技术知识和非技术知识的系统集成,工程知识的丰富性决定了工程师角色的多样化。工程师不仅是设计者、现场施工的技术指导者、技术管理者、技术操作者,而且是工程知识的主要创造者和负载者^[4]。工程教育指培养工程人才的社会活动与学校教育,是根据社会要求和受教育者身心发展规律,由工程教育实施者有目的、有计划、有组织对受教育者施加全面系统的影响,以达到预

期目的的社会活动过程^[5]。

美国国家航空航天局(NASA)对工程师职业性质描述为“工程师用数学及科学知识设计新的物品、构思新技术以解决新的实际问题。”工程师解决实际问题的思维过程为:先确定需求或问题→研究需求或问题→提出解决方案→选择最佳解决方案→制造模型→测试、评估解决方案→沟通解决方案→重新设计或改良最初设计,从而实现闭环螺旋上升。在这个过程中,工程师作为专业性职业之一,具有多样化复合身份。这就决定了培养工程师的工程教育也应具有多样性和多层次性,需要在工程教育的全过程充分体现工程活动的属性,强化工程思维能力的培养。高等工程教育中的工程师培养,以工程实践教育为主线,在人才培养方案中将自然科学、工程技术和人文社科教育相结合,旨在为工程师培养提供综合化、多学科的知识基础与思维能力,而工程实践课程就是实现这一目标的主要载体。

1.2 适应工程认证对工程思维培养的要求

工程教育是面向工程社会活动的人才需求培养工程师,肩负构建工程知识体系、培养工程能力和养成工程师素质这三大任务,既要体现工程的实践性与全局观,又注重工程人才的使用价值。潘云钢等^[6]认为,建环专业工程认证标准强化了以工程实践能力为目标的教育培养要求,学生在学习期间就应以良好的工程思维方式、较强的工程思维能力作为培养方向,要培养学生结合工程实际进行思考和设计的能力。工程思维是工程技术人员应具备的核心能力,与科学思维相比,工程思维具有价值定向、工程项目主体与时空边界的唯一性特征。比如,面对环控领域的供需问题,在确定工程技术措施时,要注意建筑边界条件与限制条件,结合工程性质及功能、规模、当地条件、施工能力、经济性和运行管理能力,运用工程思维,优化集成适宜技术,才能真正满足实际需求。

笔者通过梳理工程认证通用标准,总结出毕业要求12条蕴含的工程人才知识、能力和素质的构成及其内在逻辑关系,如图1所示。

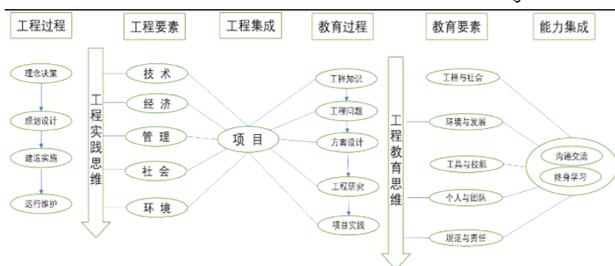


图 1 基于项目的工程教育过程、教育要素与教育目标

Fig.1 Project-based engineering education process, elements and objectives

贯穿工程实践活动全过程及其要素的工程实践思维, 通过以项目为载体的工程集成性, 也体现在工程教育全过程中, 正好形成了人才培养全过程的工程教育思维设计。工程过程从决策 (Conceive)、设计 (Design)、实施 (Implement) 到运行 (Operate), 简称 CDIO, 普遍被认为是工程文化教育的一种先进思想和培养模式^[7]。工程活动基本单位是项目, 项目实施全过程集成了各项工程要素, 从而形成基于项目为载体的工程教育实践活动。工程教育培养学生学以致用, 能够提出问题并用所学知识分析复杂工程问题; 通过设计/开发解决问题的方案, 要求能考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素, 对复杂问题进行工程研究; 然后利用现代工程工具和信息技术工具开展项目全过程实践。在项目设计、研究与岗位实践过程中, 建立工程多元价值理念和工程职业规范, 包括工程与社会、环境和可持续发展、个人和团队、管理与决策等; 能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流, 学会学习从而有不断学习和适应发展的能力。

1.3 工程实践教育体系设计

工程认证标准强调培养学生“解决复杂工程问题的能力”, 支持毕业要求的所有课程都应该将“解决复杂工程问题”的能力培养作为教学目标。因此, 工程实践课程教学设计必然融合理论与实践, 以项目案例为载体, 树立工程教育观, 课程体系及教学目标涵盖工程知识传授、工程能力提升和工程素质培养, 将工程思维训练融于教育全过程的各个要素, 如图 2 所示。

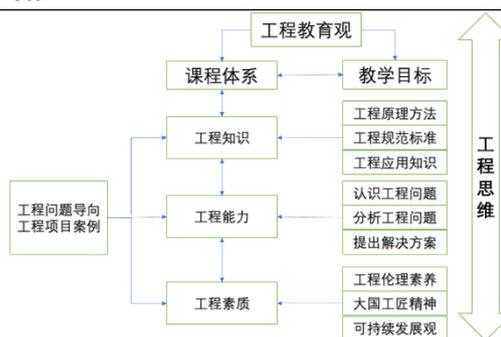


图 2 专业教育教学体系设计中的工程思维框架

Fig.2 Engineering thinking framework in the professional education and teaching system design

在工程教育观的指导下, 明确课程教学目标, 以工程项目为载体, 把专业所需的知识、应达到的能力和应具备的素养等融入教学全过程, 形成工程思维的一体化培养。基于以上工程教育培养工程思维的要求, 本文以《暖通空调运行管理》课程为例进行分析。

2 《暖通空调运行管理》课程中的工程理念

2.1 建立建筑环控的通风优先理念

暖通空调作为人居环境调控技术, 以满足用户室内环境品质需求作为运营管理的最终目的, 将室内空气环境作为整体服务对象, 应以健康安全优先原则, 体现以人为本的工程价值观, 协调好热舒适与室内空气品质保障的关系。通风是建筑的基本需求, 供暖和空调只是建筑部分时间和空间的需求, 但目前建筑暖通空调系统运行管理中普遍存在重冷暖轻通风的问题。付祥钊^[8]最早提出了通风优先的环控理念, 认为在暖通空调工程的设计、施工、调适、运行等各个阶段, 应先做通风内容, 后再做热湿调控 (供暖、空调等) 内容, 室内空气质量控制优先, 并协调好热湿调控与通风的关系。因此, 在暖通空调运行管理教学安排上, 通风作为室内环境调控的优先技术方案, 独立成章, 优先讲授, 强化建筑合理通风的运行管理工程原则与方法。通风优先原则下空气热湿处理后的供暖和空调作为环控补充手段, 协同营造健康舒适的室内热湿环境, 遵循少用或适用的原则, 按全年冷热负荷进行动态调控, 从而实现全年运行的合理用能。

2.2 培养项目运营管理的全过程理念

建设项目全生命期包括从启动策划、设计、施工、运行、改造、拆除和使用后评价等不同阶段。

建筑使用阶段时间和能耗占比最大，课程重点针对建筑运营阶段的暖通空调系统节能管理，并增加项目使用后评价，从而形成建筑全过程能源管理的工程理念与工程方法。在项目全生命期中，从前期规划设计、安装调试和运行管理、改造更新及报废处置五个阶段，具有时间发展的单向性，前期的发展状况对后期相连或不直接相连的过程都有影响。国标《空调通风系统运行管理标准（GB 50365-2019）》术语区别了调试和调适，明确“调适”指通过对空调通风系统的调试、性能验证、验收、季节性工况验证进行全过程管理，以确保实现设计意图和满足用户的实际使用要求的工程程序和方法。暖通空调系统运行管理本身就是一个系统调适的过程，根据建筑负荷的全年变化，将用户需求、末端设备、管网输配和冷热源系统作为整体对象，培养学生项目整体观和系统分析方法。

2.3 树立建筑环控与运行节能相协同的工程系统思维

建筑设施设备系统主要包括：冷热源系统、空调机组及通风系统、水系统等机电设备与环境参数控制系统等，环控系统要与建筑能源使用相适应，才能实现建筑整体节能。基于卫生、安全、节能、环保和经济适用的原则，暖通空调运行节能是运行管理的重点任务，其能耗强度与营造的室内环境品质相关。在确保用户室内环境品质前提下，不能牺牲室内环境品质为代价减少运行能耗，要实现环境品质和建筑整体能效提升。通过工程案例研究，掌握项目用户环控需求和建筑使用特性，采用持续调适实现供需平衡是关键。在面向建筑能耗总量控制的公共建筑节能管理体系中，室内环境参数作为方案、设计、建造、调试和运行过程的优化目标，在满足能耗总量和环境安全要求的前提下，尽可能提供一个更加健康、舒适的室内环境品质。

将以上三个工程理念融于教学内容设计，体现暖通空调系统运营的工程思维和实践方法，把暖通空调系统运行节能作为建筑全生命期能源管理中的关键环节，通过科学的理念、适宜的技术和可行的工程方法与管理制度的保障，培养学生工程系统思维能力，建立因时因地因项目不同的个性化、精细化运营理念。

3 课程教材建设中的工程思维设计

现有建筑设备运行管理教材及教学主要是高职专业针对运维技能培训，关注机电设备及系统故障诊断与排除，多为技术细节的罗列，缺少系统性即共性问题分析，对项目整体性能体现不足，不利于学生整体工程观和工程方法的形成。本科专业教材建设作为课程建设的重要基础，其知识体系设计必须融入工程教育理念，教材建设指导思想也遵循工程教育观，教材内容体现未来新经济发展对具有综合性、多维度能力的新型工程科技人才的紧迫需求。工程认证的首要理念就是以学生为中心，教材建设也应实现“教与学”深度融合，“学与做”一致要求。笔者主编出版教材《暖通空调运行管理》框架设计融入工程思维^[9]，着力体现工程知识的实践性，有利于培养学生的工程系统思维和工程实践能力，如图3所示。

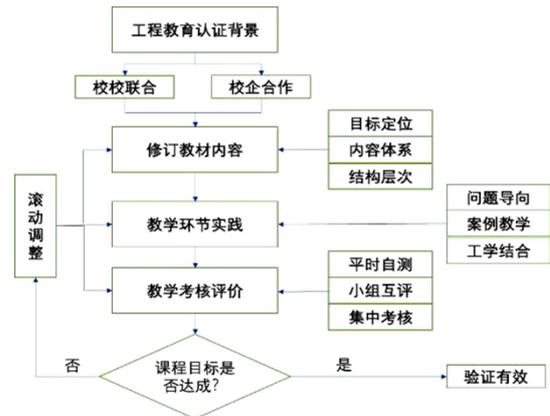


图3 《暖通空调运行管理》教材中的工程思维设计

Fig.3 Engineering thinking design in HVAC Operation Management textbook

通过教材建设支撑工程思维培养，主要体现在以下四个转变：（1）章节设计从注重知识体系转变到以学生应用知识的新媒体设计；（2）由教师编教材转变到教师与工程师联合编写教材；（3）教材使用要从课堂单向讲授向教学双向互动转变，教学融合，实现教材即课堂；（4）教材使用评价从知识点覆盖型向培养目标达成度产出的转变。笔者将工程思维培养融入教材体系设计，教材内容体系如表1所示。

表1 《暖通空调运行管理》教材内容体系

Table 1 Content system of HVAC Operation Management textbook

知识领域	对应章节	知识单元	内在关系

暖通 空调 运行 管理	第一章	运行管理的工程理念与工程方法	工程观与工程思维
	第二章	通风系统节能运行	通风优先的室内环境运营理念
	第三、第四章	供暖、空调末端设备日常调节与全年工况转换	室内环境品质与用户需求
	第五、第六章	常规冷热源及新能源系统节能运行	建筑能源供应侧运行节能
	第七章	空调水系统运行节能	建筑冷热供需平衡调节与节能
	第八、第九章	建筑电气系统与暖通空调监测、控制	暖通空调系统的信息化运营
	第十章	暖通空调节能运行管理制度	人员、设备及能源管理制度

围绕建筑室内环境调控和建筑能源有效利用, 教学内容从用户侧室内环境需求出发, 到冷热供需匹配、空气供应系统和冷热媒的输送系统及冷热源, 再到整个建筑设施设备系统的智能化、信息化的集成平台, 最后通过运行管理制度实现建筑安全、经济、节能和高效运营。通过重新构建教材知识体系, 使教材各章节的内在联系更加紧密, 实现教材知识点的专业性与系统性、完整性与有效性更好地融合, 教材编写特点已另文发表^[10]。

4 课程教学方法与教学评价

工程教育基于 CDIO 模式对教法和学法给出的指引, 对解决理论与实践、通用知识与专门知识的协同问题提供了教学实践思路。作为工程实践课程的教学, 在以学生为主体、教师为主导的教学过程中, 工程实践思维训练呈现多维双向作用教学融合关系, 如图 4 所示。

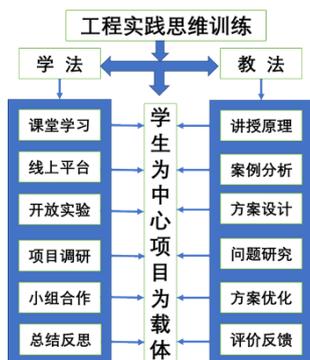


图 4 工程实践课程教学中教法与学法的融合

Fig.4 Integration of teaching & learning method in engineering practice course

4.1 体现工程思维能力培养的教学设计

由于暖通空调系统本身的复杂性, 课程建设采用案例研究与项目实践相结合的教学方法。在项目案例选用过程中坚持室内环境品质保障前提下的节能运行管理, 并且遵循系统性能整体优化前提下的系统能效提升, 着重强化建筑系统全过程、全空间的运行管理理念。在项目调适过程中, 坚持技术与非技术融合的通风优先节能运行管理理念; 将日常调节与全年运行相结合, 传统冷热源与新能源相结合; 立足用户需求, 实现供需动态平衡调节; 依托信息技术集成化数字平台, 适应未来数字化运营管理。

根据建筑暖通空调系统运行管理的核心知识单元和主要知识点建立案例库和项目库, 课程教学可利用校园建筑项目开展现场教学与实践, 要求学生完成一个实际建筑项目的暖通空调系统运行调适方案的设计说明, 并对运行方案合理性进行对比分析, 独立提交调研报告。充分利用线上线下教学平台资源, 激发学生主动学习的兴趣, 培养学生独立思考、分析工程问题和解决工程计算的能力, 引导主动学生查阅专业标准与规范, 主动通过自主学习和小组实践团队协作获得专业知识和技能。

4.2 形成产出导向的课程综合评价

以问题导向, 通过立体教材资源与学习通、雨课堂等线上平台学习资源相结合, 引导学生进行线上线下混合式学习, 培养其识别、表达和分析暖通空调系统运行管理工程技术问题的思维方法和实践能力。以项目为载体的实践性教学评价, 能够有效提高学生的参与度, 形成对话、质疑、研讨的实践学习氛围, 同时引导学生从认识工程到项目实践, 再到研究工程的思维训练, 为学生分析和表达复杂工程问题的能力奠定基础。

课程考核以考核学生能力培养目标的达成为主要目的, 以检查学生对各知识点的掌握及应用能力为重要内容, 通过非标准考核进行综合评价。学生线上学习时长、完成练习量、参与讨论数等进行纳入平时考核; 采用平时作业、调研报告、项目大作业和小组互评等方式评定学生平时成绩; 期末考核采用开放命题的非标准试卷进行综合测试。强化平时考核, 实施多元评价, 平时考核+大作业占 60%, 期末非标测试只占 40%。课程考核后组织教学团队进行教学后评价, 开展教学反思持续改进教学方法

与教学评价,尤其是围绕如何把控案例教学实施过程提升教学实效,如何尊重学生的个体差异增强学生项目实践的获得感等,探索学生工程实践能力培养的有效性。

5 小结

本文围绕学生工程思维能力培养,以《暖通空调运行管理》课程为例,提出了工程实践课程教学应以项目为载体的全过程工程思维教学设计,从课程的工程理念、教材建设、教学方法设计和评价等方面分析了专业实践教育中融入工程思维训练的方法和路径。在工程实践课程建设与教学改革实践中,学生工程思维能力培养还需更深入实践与探索解决以下问题:如何实现教师队伍从技术思维到工程思维的提升?如何将运行管理理念贯通到全过程管理从而形成全生命期工程系统思维?如何依托校企工程教育创新协作平台从教材建设、教学实施到课后评价的全方位开放体系实现产教融合协同育人?如何评价教材选用项目案例的代表性?以及如何保证工程项目教学案例表述的规范性?

通过项目案例的课程建设与教学实践来培养学生的工程思维能力,本质上是理论与实践的相融合,在国外高等工科教育中已是比较通用的教学法,在国内近年来也逐步得到重视。让学生成为教学活动主体,有利于工科学生的工程问题解决能力及综合素质的培养,强化了工程项目现场的学习体验;通过方案分析、设计、实施和运行管理全过程训练,

促进了工程实践能力的培养和工程系统思维的形成,是持续提升工程教育质量的重要途径。

参考文献:

- [1] 胡云鹏. 以系统运维为目标的建环本科生科研素质培养[J]. 科教导刊, 2020, (30): 51-52, 105.
- [2] 王章豹. 工程哲学与工程教育[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2018: 314.
- [3] 王章豹. 工程哲学与工程教育[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2018: 350.
- [4] 李曼丽. 工程师与工程教育新论[M]. 北京: 商务印书馆, 2010: 57.
- [5] 闫广平. 大工程观教育理念下的工程文化育人模式研究与探索[J]. 现代教育管理, 2012, (11): 74-78.
- [6] 潘云钢, 付祥钊, 陈敏. 对建筑环境与能源应用工程专业本科教育培养工程思维的思考[J]. 暖通空调, 2018, (4): 1-6.
- [7] 胡文龙. 基于 CDIO 的工科探究式教学改革研究[J]. 高等工程教育研究, 2014, (1): 163-168.
- [8] 付祥钊, 丁燕蕊. 建筑通风发展报告(2018)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [9] 余晓平, 居发礼. 暖通空调运行管理[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2020.
- [10] 余晓平, 居发礼, 丁燕蕊. 工程教育专业认证背景下新形态教材建设研究与实践—以《暖通空调运行管理》教材建设为例[J]. 重庆科技学院学报(社会科学版), 2021, (1): 104-109.

(上接第 596 页)

- [5] 清源. 南方集中供暖之前应充分汲取北方教训[J]. 现代物业(中旬刊), 2016, (6): 58-59.
- [6] 杨家武, 侯慧贤, 王泰川. 东北地区冬季供暖存在的问题及改进措施[J]. 机电产品开发与创新, 2013, 26(1): 178-179.
- [7] 王翀, 张建中. 北方地区供热现状及存在问题的解决办法[J]. 宁夏科技(工程技术专版), 2000, (5): 43.
- [8] Zhe Wang, Zhen Zhao, Borong Lin, et al. Residential heating energy consumption modeling through a bottom-up approach for China's Hot Summer-Cold Winter climatic region[J]. Energy and Buildings, 2015, 109: 65-74.
- [9] Haochen Jiang, Runming Yao, Shiyu Han, et al. How do urban residents use energy for winter heating at home? A large-scale survey in the hot summer and cold winter

climate zone in the Yangtze River region[J]. Energy and Buildings, 2020,223:110-131.

[10] 付祥钊,丁艳蕊.夏热冬冷地区居住建筑暖通空调季节

转换与节能设计[J].暖通空调,2020,50(9):72-78.

[11] 付祥钊,丁艳蕊.对夏热冬冷地区暖通空调气候特点的再认识[J].暖通空调,2020,50(3):1-6,102.