doi:10. 11835/j. issn. 1005-2909. 2023. 04. 007

欢迎按以下格式引用:李楠,文一鸣,谢李杰,等. 新工科背景下建环专业人才培养与实践[J]. 高等建筑教育,2023,32(4):49-55.

新工科背景下建环专业人才培养与实践

李　楠[1,2], 文一鸣[1], 谢李杰[1], 张凯旋[3], 陈金华[1,2], 高亚峰[1,2]

(1.重庆大学 土木工程学院,重庆　400045;2.低碳绿色建筑(科技部)国际联合研究中心,重庆　400045;
3.西门子楼宇科技集团,天津　300051)

摘要:当前,我国智慧建筑飞速发展,建筑智能控制人才需求呈爆发式增长,精通智能控制的建环专业人才匮乏已经成为阻碍智慧建筑发展的重要原因。针对建筑环境与能源应用工程专业中课程培养体系目前存在的问题,以社会需求为导向,以培养"厚基础、宽专业、强实践能力"的综合型人才为目标,探究了基于校企深度合作的新工科背景下建环专业智能控制教学体系,提出"校企共建实验室""校企联合授课""校外技能培训"三种人才培养模式,并在教学内容、实践内容、教学形式等方面进行了深入的研究。通过开展深度校企合作,实现校企资源的有机结合和优化配置,打破了传统的学科深化型"深桶式"课程体系,共同培养适应智慧引领科技导向下的建环新工科复合型创新人才。

关键词:建筑环境与能源应用工程;建筑智能化;校企合作;人才培养

中图分类号:G642;TU8-4　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2023)04-0049-07

近年来,以人工智能等技术为核心的第四次工业革命蓬勃发展,自动控制技术、计算机技术和信息技术的应用日趋成熟,给各行各业带来进步与革新,也带动了建筑设备自动化系统的迅速发展。建筑智能化控制系统已逐渐成为大型公共建筑必不可少的组成部分[1],如何结合智能化手段实现利用较低的能源代价营造舒适的建筑环境已成为建筑行业的热点。为培养适应未来行业及企业发展的人才,我国基于国家战略发展新需求、国际竞争新形势、立德树人新要求而提出的"新工科"建设[2],成为我国工程教育改革方向[3]。新一届的教育部高等学校建筑环境与能源应用工程专业教学指导分委员会也提出要"进一步完善和提升人才培养体系,在信息技术、人工智能等技术革命的背景下,应势而谋,改革创新教育教学方式"的要求。

为响应号召,不少学校开始探究建筑环境与能源应用工程专业智能化控制教学体系建设。高苏蒂等[4]分析了校企共建实验室的可行性,对高校建筑自控教学模式进行了探究,提出"四化"教学模式。陈晓平等[5]在充分把握智能学科专业技术要求和智能建筑学科内涵的基础上,有效构建了教育教学课程体系,选择有针对性的教学内容。张东海等[6]立足建环专业新工科建设,从多学科交叉

修回日期:2021-10-08

基金项目:重庆市高等教育教学改革研究项目"建筑环境与能源应用工程专业智能化控制教学体系研究"(99013)

作者简介:李楠(1976—),男,重庆大学土木工程学院教授,博士,主要从事建环专业的教学和实验工作,(E-mail)nanlicqu@126.com。

整合的角度探索和实践建环专业人才培养模式，构建了多维度交叉整合的“4+3+X”课程体系。武校刚等[7]采用项目化教学模式对建筑环境与能源应用工程专业的建筑自动化控制系统课程进行了“新工科”应用型人才培养的探索与实践。蔡磊等[8]修订了建筑自动化等课程的教学大纲，将智能建筑、智能燃气的基础知识，以及工程技能，作为人才培养目标之一，并加入了系统控制、物联网等教学内容，增加智能建筑课程设计等实践课程。倪龙等[9]探究了专业教学改革，与人工智能、电气、能源等专业交叉融合，打造多元化人才培养体系。

然而，现有的建筑环境与能源应用工程专业的智能教学体系仍普遍存在以下问题。(1)重理论轻实践。现有课程体系中忽视了动手操作环节，使学生对于智能建筑的技术知识仅仅停留在教学层面，缺乏解决实际问题的实践。(2)对行业发展动态把握不足，导致教学发展与行业实际需求失衡。当前院校教学的实践内容与智能化知识快速更新换代的矛盾日益明显，导致社会需求与学校教学之间存在差距。针对上述问题，本文紧扣智慧建筑这一发展趋势，凝聚本专业优势学科，打破了传统的学科深化型“深桶式”课程体系，建立校企深度合作平台，提出“校企共建实验室”“校企联合授课”“校外技能培训”三种教学模式。校企双方，开展多层次、多形式、多领域的合作，共同培养行业发展所需要的复合型人才。

一、深度校企合作模式的基本原则与建设思路

智慧建筑的发展需要更多的人才支撑，也对高校的人才培养提出了更高的要求。校企双方如何开展深度校企合作，进行优势互补，成为院校建筑环境与能源应用工程专业人才培养探究的重要方向。基于校企合作的建环专业智能化课程体系建设，需要始终坚持“培养适应与驾驭未来的人”原则，不仅要着眼于学生知识、技能、素养的全面发展，而且要兼顾大学自身的办学特色与理念。此外，在探究建环专业智能化教学体系改革中，还需坚持以下基本原则：(1)明确学科专业的特点，树立与之相适应的教育教学观念，按照专业人才基本学科能力培养的要求建立培养计划与课程体系，将学科方法学(论)的思想、内容贯穿于培养过程；(2)加强实践训练，在教学过程中需要注重理论结合实际，通过提高综合课程设计、实验课程、校外社会实践的质量，培养学生分析和解决实际问题的能力；(3)培养创新精神，提高创新思维，增强创新能力，通过改革教学方法，使学生在教学过程中处于主体地位，以便充分调动学生的学习热情，并将学生创新思维和创新能力的培养落实到理论教学与实践教学的全过程。

图 1 即为典型的校企合作模式。通过校企合作，助力推进产教融合。行业需求是专业发展最强劲的推动力，高校学科发展与行业需求的最佳结合点就是形成符合社会需要的学科建设、人才培养平台。通过加强校企合作，既可以满足社会需要，又可以凝练专业特色，提高专业发展水平。在本次教学改革中，重庆大学建环专业通过与德国西门子公司开展校企深度合作，结合已有教学条件和实践研究基础，从建环专业智能化教学体系的课程建设规划、基本内容、理论体系、实验体系和课程设计体系等方面进行了深入探讨，提出“校企共建实验室”“校企联合授课”“校外技能培训”三种相辅相成的培养模式，力争培养出更多智能建筑领域的综合性人才。

二、基于校企合作的校企联合实验室建设

建筑智能化控制专业涉及面广，应用性和实践性强，这些特点决定了实践教学在教学体系中占据重要地位。而专业实验室又是专业教学实践的重要载体之一，因此专业实验室的建设就显得尤为重要。在学校建设投入不足的情况下，专业实验室建设可以充分利用社会资源，通过加强校企合作，引进行业知名或龙头企业的优质资源。不仅有利于学生展开深度实践，企业也可以参与人才培养，有效提升学生专业能力。

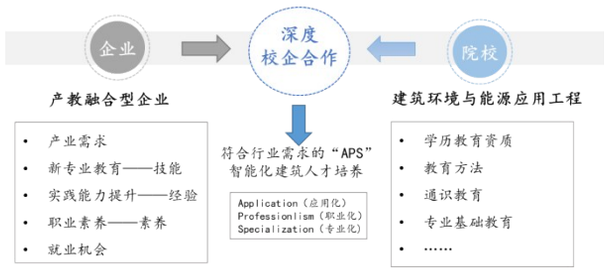

图1　深度校企合作模式

在本次智能化控制教学体系研究中,学校与自控领域的知名企业德国西门子合作,采用共建共享实验室模式,全面引进西门子最新DDC楼宇控制系统DisgoCC,并共同成立建设“重庆大学—西门子楼宇科技实验室”。该联合实验室主要包含了空调系统自控实验平台和Smart Space实验室智慧空间实验平台两部分,如图2、图3所示。所建实验室一方面可用于现代控制技术展示,对行业相关人员进行技术培训;另一方面可为教研人员和学生提供教学和科研实践条件,增强学生在实际工程中应对和处理各种疑难问题的能力,更好地适应社会发展的需要,同时以企业需求为导向,解决企业发展过程中出现的新、疑、难问题。

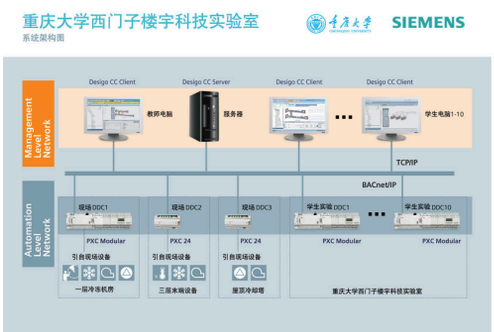

图2　实验室楼宇自控平台系统架构图

图3　Smart Space系统功能图

三、基于校企合作的智能化课程体系构建

课程体系是学校培养相应的人才而设置的课程整体,是整个教学的核心部分。为了实现培养“厚基础、宽专业、强实践能力”的复合型人才目标,在校企合作的基础上,将企业的工程经验、技术、资源整合到高校的培养体系、课程、实验实践中。

课程体系建设分为三个环节,即专业课程教学环节、学校实验环节和课程设计环节,如图4所示,三个环节一脉相承,环环相扣。在专业课程教学环节,突破传统教学内容和手段,选择校企合作的授课方式,专业基础与工程化视野并重,将企业专家引进课堂,并辅以智能化实验室教学、“云课堂”教学等多元化教学手段来提高学生对理论知识的把握;在学校实验环节,以校企共建实验室为载体,在演示实验的基础上增加开放性实验和课题创新性实验,使学生对所学知识灵活使用,激发其创新能力;在课程设计环节,通过校内外指导教师共同指导,在实验平台上将课程设计与工程实践相融合,强化学生理论联系实际的能力,增强学生解决实际工程问题的能力。

(一)专业基础课程建设

专业课程的建设主要目的是培养学生扎实的专业理论知识,是开展建环智能化教学体系改革的基础。在专业课程建设中,改革教学内容与教学方式成为课程体系改革的重点。由于建筑环境智能化控制是暖通、自动化、计算机等多领域交叉融合,因此必须立足自身专业发展情况,清晰地把握教学目标,合理规划教学体系。本次智能化专业课程建设分为校内教师授课和企业专家授课两

种形式，二者在教学内容和教学形式上不尽相同。其中，以校内教师授课为主，夯实学生专业基础；辅以企业专家授课讲座，在巩固校内所学知识的同时，培养学生工程化视野。

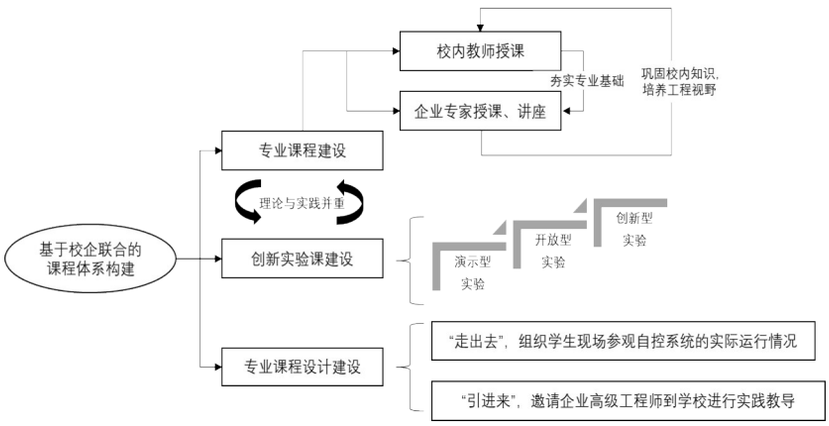

图4 基于校企联合的课程体系构建

1. 校内教师授课

在教学过程中，要求教师在教学上必须分清重点，合理规划教学体系，把握教学目标。

在本科阶段，开设建筑设备自动化课程。教师在授课过程中需要注意的是，本科阶段在于培养学生熟悉建筑设备控制系统（BAS）的构成，具备建筑设备控制系统的设计能力，能够具备根据工艺要求配置楼宇自控系统的工程实践能力，并初步学会利用建环专业掌握的设备运行特征，秉承建筑节能的思想，构建自己的设备运行节能控制策略。

在本科生课程开展的基础上，研究生阶段继续开设人工环境智能控制系统设计与仿真课程，作为选修课供相关方向的研究生选择。通过讲授常规PID控制技术的离散化与工程参数整定技术、SIMULINK的系统仿真技术，再到人工智能控制技术在建环专业中的应用，以实际工程案例分析强化学生的控制建模与仿真能力。

此外，在专业课程建设中，积极进行教学手段改革。例如，以学校与企业联合建立的智能化实验室系统为平台，改变了传统课堂的教学模式，突破了以往只能在教室开展理论教学的局限，将课堂迁移到智能化实验室中，构建融合“教、学、做”一体的教学环境，更加突出学生在教学活动中的主体地位，提高了他们的参与感。同时，教师还积极将现代化信息技术融入教学中，积极开展“云课堂”建设，将课程视频和课件均上传到MOOC或SPOC网站，学生可以在线学习，建立共享型专业教学资源，提高课程建设整体水平。

2. 企业专家授课

为了将产业和技术的最新发展引入课程，建成适应技术发展、满足行业需求的课程体系，特邀企业一线技术专家到校为学生开展专业课程讲座。授课内容除了介绍行业发展前沿，以及楼宇自控系统现状等基本课程外，还补充了大数据、云计算和控制手段相关知识，并以企业最新的硬件产品为主线，系统地阐述相关自控设备的结构、原理，以及配置选型等知识，掌握相关自控系统分析与设计的一般方法。此外，工程师还会以实际工程案例为教学模板，将企业工程实践中遇到的建筑环境智能化控制难题以及相应解决方案融入教学研讨中，实现翻转课堂，提升学生培育质量，培养出实用型人才。

这种集企业与高校双方资源优势的合作课程建设是人才培养模式的一次创新，是“引企入教、

产教融合”的具体落实,利用跨国企业的人才和科研资源优势培养学生国际视野、实践技能,拓展学生思路,对于提升学生培养质量、加强学科建设具有重要意义。

(二)综合实验课程建设

受传统实验教学模式的影响,以往的建筑智能化专业实验课程建设,存在很多局限性,诸如:(1)以演示型实验为主,以达到验证课堂教学内容的目的,学生在过程中的参与度不高,实践能力难以得到锻炼;(2)实验课程缺乏综合性,各个实验相对比较独立,学生难以在实验过程中对建筑智能化系统相互间的关联有一个清晰全面的认识;(3)学生实验缺乏主动性,实验室设备利用率较低,导致智能化实验室在非授课时间段内长期闲置。因而,应以校企共建实验室为载体,针对建环智能化的专业实验课程进行综合改革,建设综合实验教学课程体系。在实验教学改革中,以课程群知识体系为主线,在强化学生基础的同时,加强学生工程实践能力和设计创新能力培养,构建“演示教学实验—开放性实验—课题创新性实验”三位一体的实验教学体系。三种类型的实验由浅入深、循序渐进。

基本演示型实验主要目的是使学生在系统观念上对楼宇自控系统具有更加全面的认识。主要实验内容包括系统设备认识实验、基于BACnet的系统集成架构分析与演示实验、空调冷热源控制系统演示实验、Smart Space办公室智慧空间平台演示实验等。其中,在Smart Space办公室智慧空间平台演示实验中,通过实验室的照明、窗帘、窗户、投影和空调等设备的联动,实现对室内空间的场景切换,并对空间环境进行实时智慧化调控。在演示型实验过程中,实验员会综合有效利用实验平台的资源和多媒体教学设备,充分展示楼宇智能化技术的先进性和复杂性,在引导学生兴趣、开阔学生眼界、加深对课程知识的理解等方面发挥着重要作用。通过一系列认识性实验,可为后续的课程设计奠定基础。

开放动手型实验主要实验目的是让学生掌握AI控制策略的编写。通过向学生提供一个在线编译平台和西门子定制开发的RWG物联网试验箱,如图5,完成对空调系统的策略编写与运行。学生可通过此平台自由实现智慧建筑中各类应用的开发、试验,从教学与实践相结合的角度培养和考核学生的实际动手能力和软硬件设计开发能力。同时,该编译平台还建立了公共问题论坛,当学生在编写自控策略中遇到问题时,可以将遇到的问题发布到论坛,企业相关专家会在线解答。此外,该平台编译的控制策略可实时传回企业总部,相关专家会随机对学校研究人员编译的控制策略进行验证,验证其商业应用前景,形成很好的校企合作闭环。

图5　RWG物联网试验箱

（三）课程设计相关课程建设

课程设计对于建筑智能化课程体系的建设极为关键，此环节意在锻炼和培养学生的设计能力以及独立探究能力。在课程设计教学中，主要要求学生在熟悉有关建筑自动化系统设计与施工的国家标准和规范的基础上，根据自控设计的标准和规范确定建筑环境与能源系统自动控制方案、确定测控点安装位置和数量及自控网络拓扑结构的基本方法、自控设备的型号和规格、绘制BAS网络拓扑结构图等。

为了更好地开展课程设计，需要对传统的以教师为主的课程设计教学方式进行改革，更好地提高学生对实际工程问题的综合分析能力和解决问题能力。首先，课程设计的题目选题均来源于实际楼宇控制工程项目。在课程设计的选题过程中，精心选取课程设计题目，确保学生从课程设计出发，依靠各类训练以及自主探索来强化其综合素养及专业能力，从而强化教学质量。其次，课程设计需要秉持“走出去”“请进来”原则。在课程设计教学过程中，需要以院校特点及学生认知为导向切实展开课程设计，坚持校内外指导教师相结合，实践环节与课程设计相结合。其中“请进来”指邀请企业高级工程师到学校进行实践教导，举办系列讲座，讲授实际工程案例，避免学生课设与实际应用脱节；而“走出去”则是组织学生到现场参观建筑自控系统的实际运行情况，了解目前自控系统运行中普遍存在的痛点问题，并思考如何在自己的设计中进行规避，从而避免“闭门造车”的现象。

四、校企联合，开展校外技能培训

建筑智能化技术发展日新月异，但由于学校教学体系相对比较固化，新知识、新技术往往不能及时地体现在教学之中，导致单纯的课程内容往往无法适应社会发展的需要。为解决这个问题，需要积极开阔校外实践场地，在实践中拓宽学生视野。在此次智能化教学体系探索中，学校与西门子合作建立“微学位认证模式”。通过组织学生前往北京西门子研发生产基地进行高级实习实训，了解行业和企业发展前沿的同时，也让学生了解和接触实际企业运行，以及企业人员在面对问题、处理问题、解决问题时的系统流程，图6为第一批开展校外技能培训人员。此外，企业方面还针对楼宇自控系统进行了软件配置、项目构建、数据采集和报告生成等全流程学习和实训。培训过程中，通过上机操作和下机作业完成对知识的强化，并组织课后考试及实训评估，对达到标准的学生授予企业学院联合颁发的微学位证书。

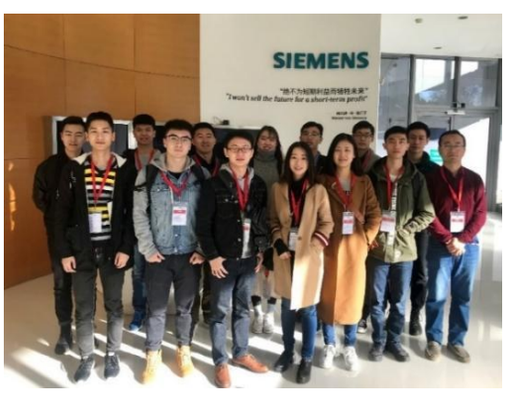

图6 第一批校外技能培训人员

通过这种实践模式，可以实现将课程知识搬到现实体验中，打破学校封闭的办学体系，课程资源的来源渠道从“一元”变成“多元”，使高校课程建设可以不受本校教师资源有限的约束，是“走出去”战略的又一体现。此举一改以往“填鸭式”传统教学模式，通过去企业现场的观摩和动手操作，可以让学生学习变得更加主动，增强学生的实践能力。

五、结语

未来的建筑行业革新必然是智慧引领下的科技创新,基于目前市场对智能化建筑人才的需求,文章进行了建环专业智能化教学体系的探究。围绕校企深度合作培养创新人才的思想,提出了“校企共建实验室”“校企联合授课”“校外技能培训”三种模式,改进了建环专业智能化控制教学体系、教学内容、教学手段以及教学方法,形成了建筑环境与能源应用工程专业智能化控制人才培养特色,有助于培养建筑环境与智能控制学科交叉的应用型和复合型人才,全面适应新工科的时代发展要求。

参考文献:

[1] 江亿,姜子炎. 以培养工程实践能力为目标的建筑自动化教学[J]. 暖通空调,2011,41(5):32-35.

[2] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究,2017(3):1-6.

[3] 吴爱华,杨秋波,郝杰. 以“新工科”建设引领高等教育创新变革[J]. 高等工程教育研究,2019(1):1-7,61.

[4] 高苏蒂,杨坦,陈雅君,等. 以校企共建实验室为平台的《建筑设备》教学模式研究——以安徽新华学院为例[J]. 天津中德应用技术大学学报,2020(2):34-38.

[5] 陈晓平,卢嘉. 对智能建筑教学体系的探索与思考[J]. 新校园(上旬刊),2015(11):63.

[6] 张东海,高蓬辉,黄建恩,等. 新工科背景下多学科交叉融合的建环专业人才培养模式探索与实践[J]. 高等建筑教育,2021,30(1):1-9.

[7] 武校刚,巩学梅,汪梅婷,等. 面向新工科的项目化教学模式在建筑设备自动化系统课程中的探索与实践[J]. 创新教育研究,2020,8(4):455-459.

[8] 蔡磊,向艳蕾,管延文,等. 建筑环境与能源应用工程专业新工科人才培养体系探索[J]. 高等建筑教育,2018,27(5):9-13.

[9] 倪龙,姚杨,姜益强. 新工科背景下建筑环境与能源应用工程专业一流本科人才培养探讨[J]. 黑龙江教育(理论与实践),2020(5):29-31.

Talent training and practice of buliding environment and energy application engineering under the background of emerging engineering education

LI Nan[1,2], WEN Yiming[1], XIE Lijie[1], ZHANG Kaixuan[3], CHEN Jinhua[1,2], GAO Yafeng[1,2]

(*1. College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. The National Centre for International Research of Low-carbon and Green Buildings, Chongqing 400045, P. R. China; 3. Siemens Building Technology Group, Tianjin 300051, P. R. China*)

Abstract: At present, with the rapid development of smart architecture in China, the demand for intelligent control talents has exploded. The lack of professional talents in construction environment who are proficient in intelligent control has become an important reason hindering the development of smart architecture. In view of the existing problems in the curriculum training system of the major of building environment and energy application engineering, guided by social needs and aiming at cultivating comprehensive talents with thick foundation, broad specialty and strong practical ability, this paper explores the intelligent control teaching system of the major of building environment under the emerging engineering education background based on the deep cooperation between the university and the enterprise. This paper puts forward three talent cultivation modes, namely school-enterprise joint laboratory, school-enterprise joint teaching and off-campus skill training, and makes in-depth research on teaching content, practice content and teaching form. Through in-depth university-enterprise cooperation, the organic combination and optimal allocation of university-enterprise resources are realized, breaking the traditional “deep bucket” course system of deepening disciplines, and jointly cultivating compound innovative talents of emerging engineering education under the guidance of wisdom and science and technology.

Key words: building environment and energy application engineering; intelligent building; university-enterprise cooperation; talent training

(责任编辑　袁　虹)