

建筑环境检测课程改革之产学合作模式

邓娜¹, 徐寒池¹, 付陈修², 田浩¹, 牛宝联³

¹天津大学环境科学与工程学院, 天津

²北京康斯特仪表科技股份有限公司, 北京

³南京师范大学能源与机械工程学院, 江苏 南京

收稿日期: 2023年10月26日; 录用日期: 2023年12月20日; 发布日期: 2023年12月27日

摘要

我国高等教育正处于全面提高人才培养能力的关键阶段。《建筑环境检测》目前课程授课较多, 实践项目教学内容相对较少, 针对学生在课堂学习和解决实际项目问题之间需要衔接过渡和思维转变这一问题, 本课程在教学设计中以社会需求为引领, 与行业企业紧密合作, 分别从“数据处理误差分析”和“仪器与系统校准”两方面进行教学内容升级, 教学模式更新, 丰富教学场景, 利用线上线下资源, 建立全员协同育人机制, 吸收企业的先进实践技术, 结合具体实践场景, 进行产学合作, 协同育人。真正培养行业创新人才, 实现学生专业实践、知识教育和能力培养的“最后一公里”。

关键词

建筑环境检测, 产学合作, 教学改革

The Industry-University Cooperation Model for the Reform of Building Environment Testing Curriculum

Na Deng¹, Hanchi Xu¹, Chenxiu Fu², Hao Tian¹, Baolian Niu³

¹School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin

²Beijing ConST Instruments Technology Inc., Beijing

³School of Energy and Mechanical Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu

Received: Oct. 26th, 2023; accepted: Dec. 20th, 2023; published: Dec. 27th, 2023

Abstract

China's higher education is at a critical stage of comprehensively improving the ability of person-

nel training. At present, there are more lectures in the course of “Building Environment Testing”, and the teaching content of practical projects is relatively few. In view of the problem that students need to link up and change their thinking between classroom learning and solving practical project problems, this course is guided by social needs and closely cooperates with industry and enterprises in the teaching design. The teaching content is upgraded from the two aspects of “data processing error analysis” and “instrument and system calibration”. The teaching mode is updated, the teaching scene is enriched, the online and offline resources are used to establish a full collaborative education mechanism, absorb the advanced practical technology of enterprises, and the cooperation between industry and academia and collaborative education are carried out in combination with the specific practice scene to truly cultivate innovative talents in the industry and realize the “last mile” of students’ professional practice, knowledge education and ability training.

Keywords

Building Environment Testing, Industry-University Cooperation, Curriculum Reform

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着可再生能源、信息、数字化、建筑环境等领域的发展，建筑能源系统数字化在可再生能源开发，建筑能源需求解译、能源系统高效运行并与电网互动方面起着至关重要的作用并愈发体现出其潜力。我国“十四五”规划纲要明确指出“构建城市数据资源体系，推进城市数据大脑建设”，“探索建设数字孪生城市”已上升至国家高度。获得可靠的“能源大数据”对于建筑行业能源项目进行开发建设、节能潜力评估、改造和智慧运维，以提高建筑能效和减少二氧化碳排放尤为重要。而要获得可靠的“能源大数据”就对建筑能源监测系统的测量精度提出了挑战。

《建筑环境检测》为建筑环境与能源应用工程专业核心课程，其内容主要讲述建筑室内外环境及能源系统常遇到的温度、压力、湿度、流速、流量、液位、气体成分、环境噪声等参数的基本测量方法、测量误差分析、实验数据处理、测试仪表的原理及应用[1]。涉及建筑环境、能源供应与需求、可再生能源系统、传感器等，与能源、环境、碳中和、智慧生活等普适性和热点密切相关，有助于可持续建筑发展和减少温室气体排放，实现双碳目标。具有显著的工科特色，一般开设在大三，在专业本科教学课程体系中具有承上启下的作用，无论学生是考研或者工作就业，本课程都是本科期间实现学生价值引领、知识教育和能力培养的“最后一公里”，其课程改革研究具有重要的社会重要性。

《建筑环境检测》这门课程要求学生必须掌握内容中的“误差分析和数据处理”和“仪器与系统校准”是保障上述内容提到的“能源大数据”精度的基础内容，也是除了传感器本身之外工程师和科研人员能自主分析和实践的内容。而在平时授课过程中，对这两部分的知识内容往往是理论上的传授较多，学生理解也较为枯燥，基于实践项目的教学内容较少，导致学生缺乏实践操作，对知识的理解只停留在浅层的书本纸面上。所以对课程进行合理的教学改革从而使学生更深刻地理解掌握课程内容显得尤为重要。

因此，本文依托新工科建设背景，顺应“计划 2.0”，“质量 22 条”等文件要求，对《建筑环境检测》从“数据处理误差分析”与“仪器与系统校准”两方面进行教学改革，提出在具体专业课程教育教学中，以社会需求为引领，与行业企业紧密合作，利用线上线下资源，建立全员协同育人机制。面向误

差分析和系统校验,吸收企业的先进实践技术,结合具体实践场景,进行产学研协同育人。

2. 理论基础

2.1. 创新生态系统理论

创新生态系统理论定义创新是一种多元化、联动的创新体系,该理论涉及多个参与主体,包括大学、研究机构、企业和政府,是由多个组织、实体和个体之间的互动、合作和竞争构成的生态系统。它强调产学研协同发展、合作育人,具有典型的开放性,可以有效地整合创新资源,对实现复杂创新突破具有显著优势,能够有效释放科技创新的经济效应[2]。基于创新生态系统理论的产学研合作模式让高校、企业等参与主体发挥不同的角色和功能,加速创新。

2.2. 教育与生产劳动相结合理论

教育与生产劳动相结合的理论是产学研合作模式最根本最直接的理论[3]。马克思主义理论认为教育与生产、劳动和社会生活有着密切关系,指出要把教育同物质生产结合起来,强调教育与生产相结合的重要性。毛泽东依托不同时代背景,结合中国国情创造性地发展了马克思的教育思想,他将其精准的总结为:教育必须为无产阶级政治服务,必须与生产劳动相结合[4]。教育与生产劳动相结合有助于培养学生的实际技能,增强毅力,提高团队合作能力,也能帮助学生更好地理解社会、经济和生产力的运作,促进学生全面发展。

3. 课程基本情况及原有教学模式存在的问题

3.1. 课程基本情况

《建筑环境检测》是为建筑环境与能源应用工程专业开设的专业基础课,是建筑环境与设备工程专业的核心课程之一,为32学时,2学分,设置在大三上学期。课程任务是培养建筑能源常用参数的测试理论、测试方法和测试技能,使学生具备本专业测试方案设计的基本能力。课程还涉及了工程热力学、流体力学、传热学、电工电子、自动控制等领域相关理论基础,应用场景明确,具有极好的实用性和前瞻性,在建筑环境与设备专业的教学计划中占有重要的地位。

3.2. 目前存在的问题

本教学团队此前提出的“4×2+2”的创新型教学模式[5]和“电影点评”的课堂探讨教学模式[6]丰富了课堂内容,激发了学生学习兴趣,提高了学生学习积极性,有效地引导学生更好地理解、掌握测试理论知识,并提高了学生分析解决环境测试相关问题的能力。但仍存在课堂教学与实践衔接相对薄弱的问题。且受测量装置种类繁多,教学场地面积较小,课程课时缩短等种种因素的限制,教学内容也多为测试方法、测试技能的理论知识与测量装置的理论使用,实践实操的教学内容相对较少。虽然课程尽可能使用多媒体将所授内容与相应的图片、影像相结合帮助学生更好地理解课程内容,但仍存在着一些问题:(1)《建筑环境检测》课程主要讲述测量基本知识,各种参数测量方法及方案设计,仪器仪表校验等有关知识,多以教师讲解知识的方式呈现。容易让学生感到无聊与枯燥,学习主动性和积极性相对较低,从而导致教学效果不佳。(2)学生只接受课堂授课而缺乏真正的实践操作会使大部分学生对知识只有瞬时记忆,知识仅仅停留在学生的浅层意识。莫说面对实际工程案例时毫无头绪,就是常规的实际测量操作中部分学生也会不知从何处入手。归根结底是教学过程中缺乏实操案例,学生没有形成课程内容的思维体系,没有真正的掌握理论知识。但建筑环境测试技术所涉及的测量方法及装置种类复杂多样,教学课时又紧张有限,所以带领学生去真实实践每一种测量方法是不太现实的,教学效率也会大幅度下降。因

此，对课程内容进行对症下药的教学改革至关重要。

4. 产学合作的重要性

基于上述的原有教学模式存在的问题，从产学合作方面入手对课程教学改革是很有意义的，其原因如下。

4.1. 为学生提供实操案例和最新标准规范

4.1.1. 提供实操案例

上文提到，学生在《建筑环境检测》课程中接受的多为理论知识传授，缺乏实际操作的相关知识，而企业在建筑环境参数的误差分析、测试标定与计量校准方面有着大量的实践经验与合作育人经验，具有理论 + 实践综合实训的极强实力。进行校企合作，协同育人可以引进企业真实的误差分析案例、测量仪器使用案例等来辅助学生更好地理解相关测量知识的实际运用，帮助学生健全知识思维系统，通过实操案例来加深学生对理论知识的理解与掌握。同时校企合作教学能使学生了解企业工作环境，熟悉企业文化，培养适应企业工作的能力，同时根据企业授课中的案例进一步了解专业特点和专业应用，为后续毕业步入职场积累经验。

4.1.2. 提供最新标准规范

随着科技的发展，互联网逐渐发生了进一步的渗透，信息也随之快速泛化、大数据不断涌现，这些都推动着知识图谱的快速发展[7]。相关建筑环境测量的标准规范不断顺应当前科技进行更新。企业从事并涉及各种建筑环境测量仪器装置的制造、检定、校准及测试，能及时更新并掌握最新的标准规范。通过产学合作可以为学生创造便利的条件和资源，企业将计量产业发展内容和最新标准规范引入到课程中，理论与实际相结合，加深学生对知识的理解。如在温度传感器知识讲授中，企业专家介绍了恒温槽技术性能测试规范，廉金属热电偶校准规范，工作用铜 - 铜镍热电偶检定规程，工业铂、铜热电阻检定规程等相关国家计量检定规程，使学生了解到更多相关仪器和测量方法的最新标准规范。

4.2. 提高教师教学能力，教学相长

教师在与企业合作中可以和企业专家合作交流，针对企业掌握的实操案例更新现有课程内容，提高实操经验的相关知识占课程内容的比重从而加强学生对理论知识的掌握能力。教师也会在校企合作教学改革中根据学生反映的问题对课程内容进行及时调整从而达到更好的教学效果，从而形成教学相长的教育理念，激发教师在教学上形成源源不绝的内生动力[8]。

4.3. 丰富企业人力资源建设

校企合作丰富了企业方的人力资源建设。校企合作协同育人使企业获得了稳定的、可就理论科技进行沟通咨询的、可以参与企业具体研发项目的专业资深老师；并且校企合作中企业走入学校对学生进行教学不仅可以提高企业在学校内的知名度，而且合作过程中企业也会获得适合招聘要求的目标人群。

5. 课程改革内容

5.1. 教学内容升级——项目式教学

对于“误差理论和数据处理”部分，将既有的理论教学进行改革，侧重应用。与企业专家进行研讨，结合工程案例和资料，首先给出实际项目或系统需求，对于案例进行需求分解，引入行业标准和规范，实现理论 + 实践实操教学内容。

对于“仪器与系统校准”部分，强调计量技术重要性，对典型的温度、压力、湿度、流量等传感器标定和校准，引入最新标准规范，邀请企业专家进行实际标定场景的介绍，与企业结合开展实验，企业实验室见图 1，项目式教学模式见图 2。



Figure 1. Pictures of the corporate lab site
图 1. 企业实验室现场图片

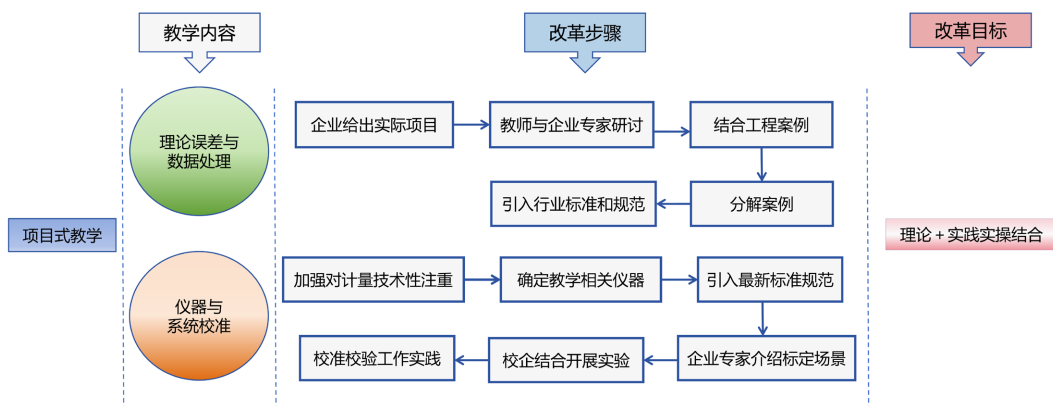


Figure 2. Project-based learning
图 2. 项目式教学

5.2. 教学模式更新——校企优势互补与合作教学

目前工科专业课程教学也会采用基础实验和实践教学的形式，但是大多仍然局限在实验室和学校内部。虽然大部分学校内部的教育教学资源已经很丰富，但与一些企业和单位在用人需求方面仍旧存在着一定的对接偏差，如实践教学的思想指导不足，教学内容对学生生产实习和毕业设计等指导力量不足等，会导致部分应届毕业生在寻求工作时难以与企业要求相匹配。学校和外校企业都有各自的优势，二者在互补关系上建立合作教学促进双方良性发展[9]。

由此，基于校企优势互补模式，针对以上“误差分析和数据处理”和“仪器与系统校准”两部分教学内容，开展多种教学模式，包括校企合作教学和翻转课堂。

5.2.1. 校企合作教学——企业教学云课堂，企业直播课

企业云课堂和企业直播课是满足校企合作教学的极为适合的模式，且这种形式不受时间与空间的制约，更具有优势。基于教育部产学研合作育人项目，天津大学与北京康斯特仪表科技股份有限公司合作开展教学云课堂(见图 3)与企业直播课(见图 4)，由企业专家作为企业讲师为学生讲授系列建筑测量技术。

如在教学云课堂第一讲中，企业讲师从湿度计量术语，常见湿度测量仪器，湿度传感器简介，湿度相关国家规范，湿度计量校准系统简介和湿度计量校准系统工作原理六个方面讲授湿度传感器计量知识。

企业讲师将其丰富的工程经验与理论知识相结合，在理论教学中穿插工程实际案例，使教学内容丰富生动，加深了学生对测量技术理论的理解并使学生初步了解湿度测量技术在实际应用工程中的应用原理和具体应用方法。



Figure 3. Enterprise teaching cloud classroom

图 3. 企业教学云课堂



Figure 4. Corporate live classes

图 4. 企业直播课

5.2.2. 翻转课堂——企业命题大作业

为培养学生资料收集、知识灵活运用、综合分析、团队合作、沟通交流等能力以及激发学生主动学习的积极性，由企业为学生布置合理的作业内容，学生采用自主组队，小组汇报的形式完成企业命题大作业，如测量一栋建筑的某一房间的温度，湿度或空气流速。

通过课堂理论知识传授和企业实操案例讲解的联合教学，学生在企业命题大作业中迅速理清思路，形成有逻辑的相关参数测量步骤。从前期确认建筑类型、房间功能到查找相关标准规范从而采用正确合理的测量仪器与测量方法，再到最后获得准确的测量参数，组内分工明确，有条不紊，最后形成的汇报脉络清晰，圆满完成了企业命题的大作业。

翻转课堂使学生成为课堂教学的主人公，极大地增加了学生在课程教学中的参与度。在这个过程中，学生真正做到了自主学习，主动去了解知识并讲授知识，极大地调动了课堂积极性，提高了学生学习的主动性，激发了学生学习理论知识的兴趣。

5.3. 丰富教学场景

实现“双碳”目标是推动经济社会发展全面绿色转型，全面推进美丽中国建设的内在要求[10]。课程改革结合“双碳”目标下的能源系统变革，依托建筑综合能源系统的应用场景，从源端-能源供应侧-输配网-能源应用侧-末端全链条的检测参数需求场景，与企业密切配合，有的放矢，丰富并明确教学场景，实践需求引领，使学生有了项目整体观念。

6. 结论

此次基于产学合作模式的建筑环境检测课程改革具有鲜明的特色和亮点。

1) 结合“双碳”目标，借助能源低碳转型变革，从“误差分析和数据处理”和“仪器与系统校准”角度，将课程教学融入大时代建设，为获得可靠的“能源大数据”，“构建城市数据资源体系”贡献力量。

2) 打造教学新模式，形成企业直播课、云实验课堂等新型教学模式。

3) 通过产教融合，促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，实现社会服务能力提升及学生创新创业能力双向培养提升的目标。

本文分别从“数据处理误差分析”与“仪器与系统校准”两方面对《建筑环境检测》课程进行教学内容升级，采用项目式教学，校企优势互补、合作教学等形式提高学生理论知识的学习兴趣与主动性，在提升建筑能源监测系统的测量精度方面，实现教学聚焦实践需求，行业需求反哺教学，提升高校科研机构的科学研究与社会服务能力。同时响应教育部产学合作协同育人政策，推动高校人才培养改革，为科技进步发展培育卓越人才。

基金项目

教育部产学合作协同育人项目“面向误差分析和系统校验的‘建筑环境检测’教学改革”(项目编号: 220601195275512); 天津大学环境科学与工程学院教学改革项目“新工科背景下专业课程的产学研融合培养研究与创新实践”。

参考文献

- [1] 方修睦. 建筑环境测试技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [2] 李石勇, 潘辉, 欧瑞祥. 我国创新生态研究的发展脉络与未来展望——基于科学知识图谱的可视化分析[J]. 华南理工大学学报(社会科学版), 2023, 25(5): 61-72.
- [3] 郭石明. 论产学合作教育的理论基础[J]. 上海高教研究, 1993(3): 48-51.
- [4] 陈晓辉, 程琳. 论毛泽东“教劳结合”思想的基本内涵与价值意蕴[J]. 黑龙江社会科学, 2023(5): 51-56.
- [5] 邓娜. 建筑环境测试技术激励型创新教学方法[J]. 环球市场, 2017(6): 89.
- [6] 邓娜, 王书琪, 董胜明, 贺佳宁, 牛宝联. “建筑环境”的生动课堂教学探讨——“电影点评”[M]. 天津: 天津大学出版社, 2023: 159-162.
- [7] 曹树金, 曾盈盈, 廖赛源, 曹茹烨. 知识组织领域标准规范发展研究[J]. 中国图书馆学报, 2023, 49(2): 105-120.
- [8] 杨晓颖, 吕蕾, 何金兴. 基于教学相长理念的大学课堂教学设计与实践——以“科技文献检索”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2022(15): 125-128.
- [9] 李文军, 李东升, 毛成, 郭天太, 谢代梁. 校企优势互补, 激活实践教学资源[J]. 化工高等教育, 2010, 27(2): 48-51.
- [10] 聂雨晴, 杜欢政. “双碳”目标下高校加强生态文明教育的理论探究及实践路径[J]. 当代教育论坛, 2023: 1-12. <https://doi.org/10.13694/j.cnki.ddjyjt.20231016.001>