

文章编号: 1671-6612 (2022) 03-496-03

基于“虚实结合”的 暖通空调综合实验课程创新研究

曹晓玲 孙亮亮 蒋福建

(西南交通大学机械工程学院 成都 610031)

【摘要】 以暖通空调综合实验为例,对暖通实验课程教学模式进行创新研究,提出并实践了“虚实结合”的暖通空调综合实验课程改革创新。从原有实验教学模式的不足入手,提出将传统实验与虚拟实验平台相结合,形成“虚实结合”的实验教学新模式,针对暖通空调综合实验提出了两种结合方式,并进行实践应用,取得显著的成果。对这种实验教学模式的实施要点、效果、改进方向等方面进行了分析和总结,以期有效地提高实验教学质量和学生的学习效果。

【关键词】 “虚实结合”;暖通空调;实验教学模式

中图分类号 G4 文献标识码 A

The Innovative Research of HVAC Experimental Courses based on "Virtual and Real Combination"

Cao Xiaoling Sun Liangliang Jiang Fujian

(School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031)

【Abstract】 Taking the comprehensive HVAC experiment as an example, this paper conducts an innovative study on the teaching mode of HVAC experimental courses, proposes and practices the innovative reform of HVAC experimental courses based on "virtual and real combination". Starting from the shortcomings of the original experimental teaching mode, the author proposes to combine original experiments with virtual experimental platforms to form a new experimental teaching mode of "virtual and real combination" and two combination modes are proposed for the comprehensive HVAC experiment, and practice shows that the results are significant. This paper analyses and summarizes the implementation points, implementation effects, and improvement directions of this experimental teaching mode, to effectively improve the quality of experimental teaching and students' learning outcomes.

【Keywords】 "virtual and real combination"; HVAC; experimental teaching mode

作者(通讯作者)简介:曹晓玲(1984.08-),女,博士,高级工程师,E-mail:xlcao@swjtu.edu.cn

收稿日期:2022-03-07

0 引言

供暖、供燃气、通风及空调工程(简称:暖通工程)是一门应用型学科,对于学生的综合应用能力培养十分重视^[1-3]。为了激发学生的学习积极性和主动性,提升学生的创新能力和动手能力,实验课程改革势在必行。有效的实验课程能够强化课程教学实践,真正促进暖通专业高素质技能应用型人才培养目标实现。笔者经多年的教学实践,发现原

有的传统实验存在诸多不足,随着网络互联技术和计算机技术的快速发展,虚拟仿真实验平台成为实验教学改革的重要议题^[4-6],但是也存在一定的缺点。为此,本文以《暖通空调综合实验》为例,将“虚实结合”(传统实验与虚拟仿真实验结合)的理念引入到暖通空调实验课程的教学实践中,实现学生实验设计能力、动手能力、理论分析能力同步

发展。经过教学实践,取得了很好的教学效果,同时也积累了一定的经验。

1 原有实验教学模式的不足

西南交通大学机械工程学院建筑环境与能源应用工程专业中,《暖通空调综合实验》是一门开放性、设计性的实验课程,针对建筑环境与能源应用工程专业高年级学生开设,学生已先修本专业《建筑环境学》、《热质交换原理与设备》、《空气调节》、《流体输配管网》等重要专业课程。该课程不限定具体实验项目,学生以小组为单位,综合运用本专业知识进行实验方案设计、实验测试及实验分析。

在改革之前,传统实验和虚拟仿真实验平行进行,表面上看打破了传统实验方法的束缚,却无法发挥二者的交叉优势,于是,本文通过笔者多年的教学实践结合学生的客观评价总结原有实验教学的不足。选取2017级、2018级暖通空调综合实验课程92名学生作为研究对象,分析学生对传统实验和虚拟仿真实验的客观评价。具体结果如下:

在传统实验教学过程中,笔者发现以下几点不足:学生对空调系统基本原理及组成不清楚;离开了实验指导书,不知道如何开展工作;动手能力差;测试数据错误也无法判断。从学生的角度,调查结果如表1所示,传统实验表现出仪器少、动手机会少等诸多不足,这些不足会导致学生对实验课失去兴趣,无法完成课程培养目标,加之疫情带来的外部挑战,实验教学改革势在必行。

表1 传统实验教学的不足

Table 1 The shortcomings of the original experiment teaching

选项	仪器少	动手机会少	不能反复操作	对原理解不了	无不足
百分比	15.02	27.65	30.2	23.28	3.75

虚拟仿真实验突破传统实验的限制,一经采用就受到学生的欢迎和认可。但如表2所示,虚拟仿



暖通空调实验台

(a)

真实验同样存在弊端:部分实验平台设计与实际不符;单纯软件操作,缺乏体验感;高校间虚拟平台资源欠缺共享;平台建设缺乏专业培养针对性;缺少提前预习的和自主实验设计操作模块,导致其不能完全替代传统实验,并限制其广泛地应用。

表2 虚拟仿真实验的不足

Table 2 The shortcomings of the virtual simulation experiment

选项	不能亲自操作	不利于知识巩固	与实际不符	不能独立完成	无不足
百分比	37.8	12.2	32.2	12.85	4.95

从暖通空调实验的角度来看,考虑到暖通空调系统及组成复杂、运行工况多,需要借助虚拟实验教学的优势,加强学生对于系统基本运行的认知,也指出了实践教学采用虚实结合模式的必要性;而实做实验也能有效解决虚拟实验不能进行实际性能测试的问题。实验教学只有采用虚实结合的模式,才能充分发挥虚拟实验的优势,弥补传统实物实验的不足。同时激发学生的学习兴趣和专业热情,引导学生自主学习,形成以学生为主导的交互式学习氛围。

2 “虚实结合”在暖通空调综合实验中的应用

传统实验教学以暖通空调综合实验平台为基础,实验台涵盖了目前暖通空调系统主流类型及控制技术,并配置大量测试仪器设备,学生在此平台上自主开展实验,如图1(a)所示;虚拟实验教学综合运用网络技术、多媒体技术、虚拟现实技术和计算机仿真软件等,通过软件模拟技术达到传统真实实验的效果,可全面熟练地掌控复杂庞大的空调系统组成^[7,8],西南交通大学机械工程学院建筑环境与能源应用工程专业采用的虚拟实验平台界面如图1(b)所示。



空调拆装实验 地铁环控虚拟仿真实验
建筑用能自控实验 暖通空调系统实验

虚拟实验

(b)

图 1 课程相关“虚”、“实”实验项目

Fig.1 Course-related 'virtual' and 'real' experimental projects

“虚实结合”的实验教学模式如图 2 所示，从课题系统设置上来讲，将实验教学分为三个层次，暖通空调系统的组成及认知、暖通空调系统关键部件性能测试、暖通空调系统设计，由浅入深；从实验项目安排上来讲，每个实做实验对应一个虚拟实验。

方式适用于空调系统部件实际操作及调控实验。比如风管设计及组装实验。风管的分配形式有很多种，学生先通过传统实验只能进行其中一种设计模式下的风管组装实验，其余的其他形式可以直接通过虚拟实验完成。这样既节省了实验时间，也达到了锻炼学生动手能力的目的，同时还能开阔学生思维。

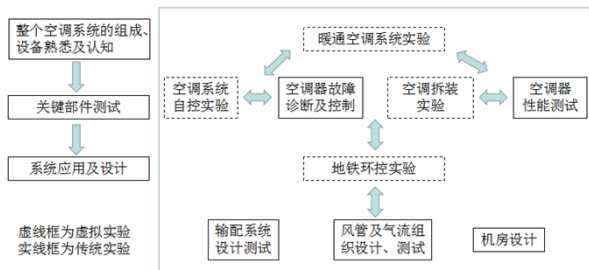


图 2 暖通空调综合实验虚+实结合模式

Fig.2 HVAC integrated experimental virtual + real mode

根据具体实验内容，设置了两种虚拟实验与传统实验结合的方式。一种为虚拟实验在前，传统实验在后，这类方式适用于暖通空调系统性能测试分析实验。比如空调器制冷能力测试实验，用传统方法进行实验时，空调系统要达到热平衡状态才能进行测试，这一过程至少需要 2 小时，如果再加上学生现场布置测点进行测试，这一过程导致实验时间过长，课内难以安排。原有做法是，实验教师会提前开启空调系统，学生只能最后检测结果，对空调系统的运行和判断缺乏自主性，只能被动接受，缺乏自主设计和直观感受，实验效果不佳。通过建立开放暖通空调系统工作虚拟实验平台，学生在线上就可以熟悉设备，制定方案，进行虚拟实验，当实验操作或步骤错误时，线上实验提示不能继续进行，直到方案正确为止。根据虚拟实验制定的测试方案，再到传统实验中进行实施、实测。这样既提高了实验效率，同时学生可以快速的进行多种方案的测试比较，更深刻的理解暖通空调系统。

另一种为传统实验在前，虚拟实验在后，这类

3 “虚实结合”实验教学效果

基于上述研究，西南交通大学机械工程学院建筑环境与能源应用工程专业于 2021 年更新了暖通空调综合实验大纲，采用“虚实结合”的实验教学模式。总体来看，本次实验教学模式改革取得了明显的效果，从学生反应来看，有了非常明显的变化，在改革之前，来找老师讨论实验方案的学生很少，而且实验方案千篇一律，少有创新。而改革施行后，很多学生主动与老师讨论在虚拟实验平台遇到的设计问题及其与后续实操实验之间的关系，实验方案更加细致，创新性提升。

为了解学生对本次教改的意见和想法，笔者在此设计调查问卷，由于之前调研的 2017 级、2018 级学生大多已经毕业，因此，本文选取 2019 级暖通空调综合实验课程 42 名学生作为研究对象，分析学生对改革后的“虚实结合”的实验教学模式的客观评价，结果如表 3 所示。结果表明：学生对实验教学模式的客观评价有了大幅度的提高，认为无不足的学生比例从 3.75% 提高到 88.10%。但仍有少量学生提出仪器少、动手机会少、与实际不符、不能独立完成等问题。他们认为虚拟实验平台的模块集成化过高，有利于比较粗糙的理解实验原理，但是对进一步设备内部的原理理解程度低；部分同学认为虚拟实验平台加深了对原理的理解，但是实际上手操作的时候还是存在障碍，不能独立完成；此外，虽然虚拟实验平台提高了实验操作的效率，但是依旧存在仪器少，动手机会少的问题。

表 3 “虚实结合”实验教学模式的调查结果

Table 3 Investigation results of experimental teaching mode of "virtual and real combination"

选项	仪器少	动手机会少	不能反复操作	对原理理解不了	不利于知识巩固	与实际不符	不能独立完成	不能亲自操作	无不足
百分比	4.76	2.38	0	2.38	0	0	2.38	0	88.10

(下转第 507 页)