

文章编号: 1671-6612 (2025) 03-449-06

基于虚拟现实技术的建筑能源系统教学方法探讨

淳 良 何 芳 严启东

(西南科技大学土木工程与建筑学院 绵阳 621010)

【摘 要】 由于建筑能源系统涉及的能源转化和管理过程复杂, 且在实际教学过程中缺少系统参数分析讨论环节, 导致了学生对建筑能源系统的关键知识理解困难。提出了一种基于虚拟现实技术的建筑能源系统教学方法, 通过建立建筑能源系统的虚拟现实模型, 分析控制参数对建筑能源系统性能指标的影响规律, 帮助学生更直观地理解课程知识。结果表明, 该方法可以帮助学生更深入地学习各类建筑能源系统知识, 提高教学质量和效率的同时, 培养学生的创新能力。

【关键词】 虚拟现实; 建筑能源系统; 教学方法; 可再生能源; 课堂讨论

中图分类号 G642.3 文献标志码 A

Exploration of Teaching Methods for Building Energy Systems Based on Virtual Reality Technology

Chun Liang He Fang Yan Qidong

(College of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, 621010)

【Abstract】 Due to the complexity of the energy conversion and management processes involved in building energy systems, and the lack of systematic parameter analysis and discussion in the actual teaching process, students encounter difficulties in understanding the key knowledge of building energy systems. This paper presents a teaching method for building energy systems based on virtual reality technology. By creating a virtual reality model of the building energy system and analyzing the impact of control parameters on the performance indicators of the building energy system, the method aids students in gaining a more intuitive understanding of the course material. The results show that this method can help students to study various aspects of building energy system knowledge more profoundly, enhance teaching quality and efficiency, and at the same time, cultivate students' innovative capabilities.

【Keywords】 Virtual Reality; Building Energy System; Teaching Method; Renewable Energy; Classroom Discussion

0 引言

建筑能源系统是建筑环境与能源应用工程专业高年级本科生必修的一门专业课程, 该课程与建筑低碳节能技术紧密相关。本课程将学习各类能源供应系统, 包括太阳能热利用系统、光伏发电系统、风力发电系统、电能存储、热能存储、氢能与燃料电池系统、多能互补与可持续能源利用系统等, 使学生对建筑物主要能源供应系统的基本原理、设计方法、运行控制有一个全面的了解和认识, 从而为

建筑物能源供应系统的合理设计与优化调控提供理论依据^[1]。

建筑能源系统相关理论和技术处于高速发展阶段, 基于可再生能源或低碳能源的建筑能源方案可以有效地减少建筑对传统化石燃料的依赖, 降低温室气体排放, 实现能源可持续性发展^[2]。建筑能源系统通常包括多种技术和设备, 如能源转换系统、用能设备、储能系统、能源优化管理系统等。Mahdi^[3]等提出了一种在近零能耗建筑中结合热电

基金项目: 西南科技大学素质类教改(青年发展研究)专项资助项目(23szjg10)

作者(通讯作者)简介: 淳 良(1993.08-), 男, 工学博士, 特聘副教授, E-mail: chunliang@swust.edu.cn

收稿日期: 2024-08-29

储能系统的风能-太阳能集成系统,这种系统是一种典型的可再生能源系统。通过数学建模的方式分析了该系统的性能,研究表明该系统可以提供建筑所需 99% 的电能,同时提供 61% 的热能,每年降低碳排放量 13859kg。Awjah^[4]等改进了一种新型太阳能驱动多级发电系统,该系统可以为住宅建筑提供电能、暖气和淡水,是一种新型的可再生能源系统。通过数学建模的方式设计对比实验,分析了改进后的系统与原系统之间的效率、性能系数、总收益产出比等性能指标。研究表明改进后系统的最大总收益产出比为 197.4%,总收益产出比平均增强率可达 95.5%。Mahdi^[5]等提出了一种包含储能装置的新型太阳能系统,这种系统是一种典型的可再生能源系统。通过数学建模的方式,对该系统进行了性能分析。研究指出,该系统的能源利用效率、经济效益分别提高了 70% 和 57.9%。Amirmohammad^[6]等提出了一种基于太阳能-地热能的集成式可再生能源系统,用来产生建筑所需的电力与冷量。通过数学建模的方式对该系统进行模拟与仿真,结果发现该系统可以使余热回收机组提高约 15% 的运行效率。同时,该系统的总体效率最佳值为 12.5%。以上研究表明,各国学者通过采用不同的系统方案实现建筑能源的供应,均取得了良好的节能减碳效果。

虽然建筑能源系统课程可以培养学生对低碳技术的理解,但在教学过程中学生往往很难直观地理解建筑能源系统的工作原理和调控机制,这给进一步提高教学效果增加了难度。针对该问题,目前已有一些学者在建筑能源系统类课程做了一些改革创新的工作。邵振国^[7]等通过设置区域综合能源系统的两阶段鲁棒性优化实验,提升学生对区域能源优化方法的理解。邓业林^[8]开发了可再生能源的实时演示系统,通过交互式学习的方式增强学生对知识的理解。陈玉民^[9]等通过将大数据和人工智能技术与能源类课程深度融合,借助数字仿真的方法全面提高学生的理论和实践水平。全贞花^[10]等搭建了多能互补实验平台,借助该平台增强了学生对建筑能源系统的运行调控策略的理解,也让学生对能量转化和管理过程有了全面的认识。上述方法在一定程度上降低了建筑能源系统的教学难度。然而,随着建筑能源系统的复杂程度越来越高,迫切需要一种直观便捷的方式为学生展示建筑能源系统的工作原理和调控机制,解决复杂建筑能源系统讲述

过程较为抽象且难以理解的问题。

随着虚拟现实技术的发展,有望给上述问题提供全新的解决方案。虚拟现实技术作为一种能够模拟和创造沉浸式体验的计算机技术,自其概念提出以来,便一直是信息技术和多媒体领域的研究热点。随着硬件设备的升级、软件算法的优化以及应用领域的拓展,虚拟现实技术已经取得了令人瞩目的研究进展^[11]。目前,国内外已有学者探索将虚拟现实技术应用在教学领域,有效地提高了教学过程的直观性^[12,13]。然而,目前尚未发现有学者将虚拟现实技术应用在建筑能源系统课程的教学过程中。

本文拟将虚拟现实技术应用在建筑能源系统的教学过程中,解决建筑能源系统不够直观,学生理解较为困难的问题。首先,拟通过虚拟现实技术建立某一建筑能源系统的原理模型,保证学生可以便捷直观地学习该系统的工作原理及各设备的位置关系。接着,利用数学模型建立该建筑能源系统的参数模型,评估关键参数对系统性能的影响规律,帮助学生理解该系统的运行调控机制。

1 建筑能源系统教学难点举例

在多能互补与可持续能源利用系统这一章节,需要通过案例讲解建筑能源的稳定性、低碳性、节能性和经济性等特征。本章节的具体难点如下:

(1) 传统教学过程中,只有利用二维平面的建筑能源系统原理图进行讲解,造成学生对实际的管路流程以及设备之间的高低位置层次缺少直观认识,以至于学生在后续的生产实习环节,无法理清建筑能源系统的运行原理。

(2) 学生对建筑能源系统的低碳性、节能性和经济性缺乏直观认识,无法理解各类参数变化对建筑能源系统性能指标的动态影响,以至于部分学生错误地认为建筑能源系统仅仅只是各类设备的拼凑。

(3) 缺少交互讨论环节,学生主要通过记忆教材中的数据来了解建筑能源系统的优缺点,不理解建筑能源系统实现高效能源利用的机制,难以启发学生的创新潜力,学生也很难对既有建筑能源系统提供优化和改进的建议。

2 基于虚拟现实的课程教学设计

基于虚拟现实的课程教学设计,旨在解决复杂建筑能源系统理解困难的问题。以集成燃气、光伏、

电网、溴化锂吸收式制冷等装置的多能互补建筑能源系统为例,我们采用虚拟现实技术,创新性地构建了一个建筑能源综合利用系统的三维虚拟现实模型。这一模型的建立,不仅将传统的二维原理图转化为更为直观互动的三维场景,而且通过网络技术的融合,实现了移动端访问。

具体而言,学生可以通过扫描二维码的方式,在智能手机上轻松查看该三维虚拟现实模型。这种互动式的学习体验,极大地提升了学生对能源转换设备之间作用关系的理解。在虚拟环境中,学生可

以自由旋转、缩放和探索各个组件,从而更深入地理解燃气、光伏、电网和溴化锂吸收式制冷等设备是如何实现能源的高效利用。在此基础上,我们进一步开发了一套针对上述多能互补建筑能源系统的计算分析模型,该模型的计算原理如图1所示。该模型能够根据不同的系统参数,计算出投资回收期、减碳率、节能率等关键经济和环境指标。这种实时的数据分析功能,让学生能够直观地了解参数变化对整体性能的影响,从而学习到建筑能源系统的经济性、低碳性和节能性特征。

1、各设备的数学模型



图1 建筑能源系统模型计算原理

Fig.1 The Calculation Principle of Building Energy System Models

通过这种教学设计,学生不仅能够从理论上掌握建筑能源系统的基本原理,还能在虚拟现实技术的辅助下,深入理解系统的动态运行情况。这种结合了理论与实践的课程设计,有效地增强了学生对复杂能源系统知识的学习兴趣和理解深度,为培养未来能源领域的专业人才奠定了坚实的基础。

3 教学模型与讨论

在建筑能源系统中,为了满足建筑对冷、热、电的多维度用能需求,我们采用了电网、光伏、燃气三种能源供应方式的组合。图2展示了多能互补建筑能源系统的二维原理图。在这个系统中,电网、光伏发电组件和燃气轮机共同为建筑提供稳定的电能供应。同时,电制冷机和溴化锂制冷机组分别利用电能和燃气能,为建筑提供夏季所需的冷量,而锅炉则负责在冬季为建筑提供充足的热量。这种

多能互补的建筑能源系统具有显著的优势,即冷、热、电三者之间相互耦合、相互影响。为了实现对这三种能源的有效调控,我们选择了蓄电池作为储能装置。蓄电池在电能过剩时储存能量,在电能不足时释放能量,从而确保了系统的稳定运行。

图3则展示了多能互补建筑能源系统的三维原理图。我们可以更加清晰地看到各设备之间的连接关系,以及在实际安装过程中,管路系统所需要的附属装备,如阀门、传感器、控制器等。这有助于我们在设计和施工过程中,更好地把握各个组件的布局和功能。图3右下角的二维码为我们提供了一个便捷的途径。同学们只需用手机扫描这个二维码,便可以在手机上查看该系统的详细信息,包括设备参数、运行状态、能效分析等。这种互动式的学习方式,使得同学们能够更加直观、全面地了解多能互补建筑能源系统的运行原理和实际应用。

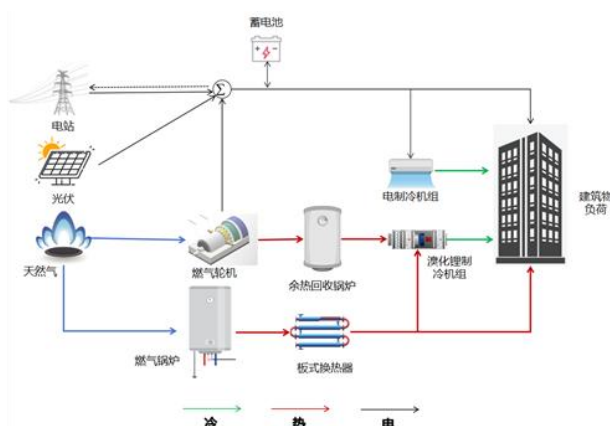


图2 多能互补建筑能源系统二维原理

Fig.2 The Two-Dimensional Principles of the Multi-Energy Complementary Building Energy System

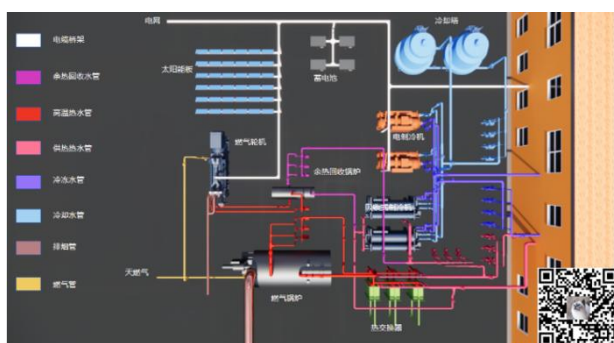


图3 多能互补建筑能源系统三维原理

Fig.3 The three-Dimensional Principles of the Multi-Energy Complementary Building Energy System

上述系统的制冷过程包括电驱动的制冷机组和热驱动溴化锂吸收式制冷机组。其中,电制冷量占比对系统性能的作用规律将直接影响系统的运行调控策略,探索电制冷占比对系统性能的作用规律,对于深入理解该系统的运行机制有重要意义。图4表示电制冷占比对系统的投资回收期 and 运行成本的影响。容易发现,电制冷占比为0.7的时候,投资回收期 and 总运行成本将会最低。由于电制冷系统用电策略是优先使用光伏系统的发电量,而光伏系统的发电成本相比燃气发电系统的成本较低,所以此时系统的经济效益较好。然而,如果电制冷占比过高,该系统需要电网提供更多的电量,反而会降低该系统的经济性。

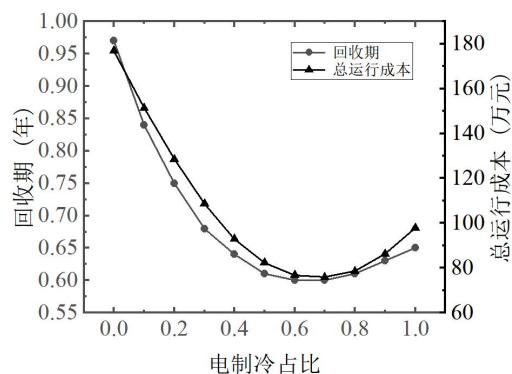


图4 电制冷占比对投资回收期与运行成本的影响

Fig.4 The impact of the proportion of electric refrigeration on the payback period and operating costs

图5表示电制冷占比对二氧化碳排放量的影响。电制冷占比越高,系统二氧化碳排放量越低。这主要是因为当电制冷占比越高时,减少了溴化锂吸收制冷的使用,不再需要那么多的热量来驱动溴化锂吸收制冷,故天然气消耗量的减少,导致二氧化碳排放量的降低。

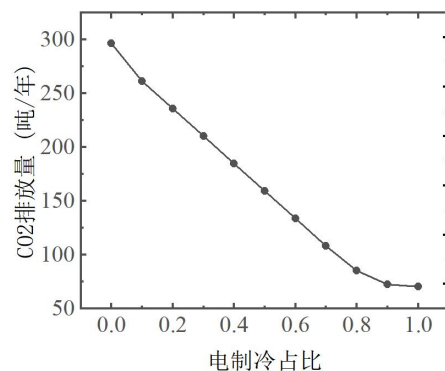


图5 电制冷占比对二氧化碳排放量的影响

Fig.5 The impact of the proportion of electric refrigeration on carbon dioxide emissions

图6表示电制冷占比对电网负荷减载率的影响。当电制冷占比为0-0.7的时候,电网负荷减载率随着电制冷占比的增加而增加。同时,当电制冷占比为0.7-1时,电网负荷减载率随着电制冷占比的增加而降低。因为电制冷系统用电策略是优先使用光伏系统和燃气轮机的发电量,对电网的依赖相对较小。但是,当电制冷占比过高时,电网出力增加,导致对电网的依赖再次增大。

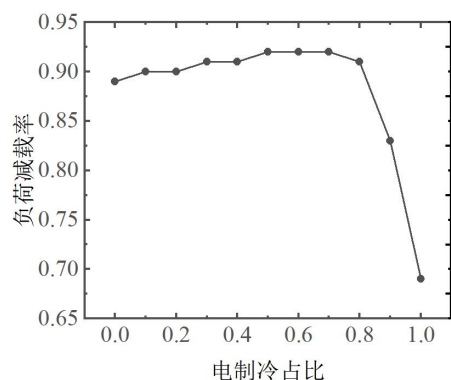


图6 电制冷占比对电网负荷减载率的影响

Fig.6 The impact of the proportion of electric refrigeration on the grid load reduction rate

以上规律是在特定教学环境下,系统的运行调控规律。在实际教学过程中,教师可以根据教学目标和学生的实际情况,灵活调整系统的运行规则,为同学们展示建筑能源系统在不同规则下的运行特性,从而拓宽学生的视野。通过动态讨论和实践活动,教师可以引导学生深入探究这类系统的本质特征,帮助学生更好地理解建筑能源系统的一般特性。在这个过程中,学生不仅能够掌握复杂建筑能源系统的基本运行规律,还能培养分析问题、解决问题的能力,为未来的学习和工作打下坚实的基础。同时,这种教学方法也有利于激发学生的创新思维,提高课堂教学的实效性。

4 改革成效与结语

本文利用虚拟现实技术构建模型将建筑能源系统具象化,有效地克服建筑能源系统教学过程中的难点。具体改革成效如下:

课堂氛围改善,课堂讨论环节的丰富性和适应性得到了显著提升,有效满足了混合式教学方法的发展需求。

学生更好地掌握了建筑能源系统的设计和调控理论,对建筑能源系统有了直观的认识,并在讨论的过程产生了较多创新性设计思路。基于这些创新性设计思路,部分学生获得了2023-2024年度的大学生节能减排全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛二等奖、制冷空调行业大学生科技竞赛一等奖、中国研究生能源装备创新设计大赛三等奖等荣誉。

任课教师利用本文所述的教学方法,在提高教

学效果和教学质量的同时,于2023年获得学校“青年教师教学竞赛三等奖”,同时获批学校素质类教改(青年发展研究)专项资助项目。

当前“双碳”人才的需求和培养教育正在快速发展,给建筑能源类专业的发展带来了新的机遇和挑战,我们将继续深化建筑能源系统课程的教学改革,为培养创新型“双碳”人才进行更多的探索和尝试。

参考文献:

- [1] 建环-专业核心-建筑能源供应系统-湖南大学土木工程学院[EB/OL].[2024-08-28].<http://ce.hnu.edu.cn/info/1025/1792.htm>.
- [2] 王惠,赵军,安青松,等.不同建筑负荷下分布式能源系统优化与政策激励研究[J].中国电机工程学报,2015,35(14):3734-3740.
- [3] DEYMI-DASHTEBAYAZ M, BARANOV I V, NIKITIN A, et al. An investigation of a hybrid wind-solar integrated energy system with heat and power energy storage system in a near-zero energy building-A dynamic study[J]. Energy Conversion and Management, 2022,269:116085.
- [4] ALMEHMADI F A, ELATTAR H F, FOU DA A, et al. Energy Performance Assessment of a Novel Solar Poly-Generation System Using Various ORC Working Fluids in Residential Buildings[J]. Energies, 2022,15(21):8286.
- [5] DEYMI-DASHTEBAYAZ M, NIKITIN A, DAVOODI V, et al. A new multigenerational solar energy system integrated with near-zero energy building including energy storage-A dynamic energy, exergy, and economic-environmental analyses[J]. Energy Conversion and Management, 2022,261:115653.
- [6] BEHZADI A, GHOLAMIAN E, AHMADI P, et al. Energy, exergy and exergoeconomic (3E) analyses and multi-objective optimization of a solar and geothermal based integrated energy system[J]. Applied Thermal Engineering, 2018,143:1011-1022.
- [7] 邵振国,林勇棋,陈煜超,等.区域综合能源系统两阶段鲁棒优化实验案例教学[J].实验技术与管理,2024,41(8):175-181.
- [8] 邓业林.“双碳”目标下建环专业可再生能源课程混

- 合式教学方法探讨[J].中国现代教育装备,2024(15):80-82,86.
- [9] 陈玉民,崔馨,任燕燕,等.基于知识融合的智慧能源课程体系内涵与构建方法探索[J].高教学刊,2024,10(30):19-22,26.
- [10] 全贞花,王清宇,张宇琛,等.“低碳多能互补能源系统”创新实验平台建设与教学实践[J].中国建设教育,2024(2):33-37.
- [11] REN Z, GAI W, ZHONG F, et al.. Inserting virtual pedestrians into pedestrian groups video with behavior consistency[J]. The Visual Computer, 2013,29(9):927-936.
- [12] 刘德建,刘晓琳,张琰,等.虚拟现实技术教育应用的潜力、进展与挑战[J].开放教育研究,2016,22(4):25-31.
- [13] 蔡苏,王沛文,杨阳,等.增强现实(AR)技术的教育应用综述[J].远程教育杂志,2016,34(5):27-40.

（上接第 430 页）

（3）上盖车辆段进行冷却塔噪声治理时，采用更换动力系统的方案可取得较好降噪效果，但需注意校核风机风量及电机功率，在降低噪声的同时不影响冷却塔的热力性能。对于声环境有更高要求的地点可采取设置变频器、增加消声围蔽、改造配水系统等措施进一步降低冷却塔噪声。

参考文献：

- [1] 黄功俊,郭文成,闵鹤群.大型机力通风冷却塔噪声控制设计[J].环境工程学报,2017,11(8):4874-4880
- [2] 罗定鑫.地铁冷却塔消声降噪分析及应用探讨[J].制冷,2016,35(1):41-45.
- [3] 王绍兴.地铁车辆段冷却塔声学建模方法研究[J].中国环保产业,2019,(7):63-66.
- [4] GB 3096-2008,声环境质量标准[S].北京:中国环境出版社,2008.
- [5] GB 12348-2008,工业企业厂界环境噪声排放标准[S].北京:中国环境出版社,2008.
- [6] 卢庆普.民用建筑物室内噪声监测和评价研究[R].北京:国家环境保护总局,2006.
- [7] GB 7190.1-2008,玻璃纤维增强塑料冷却塔第 1 部分:中小型玻璃纤维增强塑料冷却塔[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [8] 马大猷.噪声与振动控制工程手册[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [9] 续魁昌.风机手册[M].北京:机械工业出版社,2011.

（上接第 448 页）

- [7] 刘新民,穆彤,邓有智.暖通空调系统中影响水泵相似定律的因素[J].暖通空调,2008(8):55-58,100.
- [8] 丁勇,魏嘉.冷冻水泵变频改造的节能性能分析[J].建筑节能,2015,43(9):1-7.
- [9] 崔治国.基于数据挖掘技术的空调系统管控方法研究[D].北京:中国建筑科学研究院,2018.
- [10] GB 50189-2015,公共建筑节能设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.