

# 基于物联网的建筑节能技术实验教学改革

王义娜<sup>1\*</sup> 佟文明<sup>1</sup> 周勃<sup>2</sup> 吴胜男<sup>1</sup> 吴伟<sup>1</sup> 任自艳<sup>1</sup>

1. 沈阳工业大学电气工程学院 辽宁沈阳 110870

2. 沈阳工业大学建筑工程学院 辽宁沈阳 110870

**摘 要:** 针对建筑节能技术课程存在实验设备和设施不足、课程内容与实践脱节、学生参与度不足等等问题, 本文结合“物联网”和“嵌入式系统”技术, 展开远程实验平台构建及新型课程内容设计等创新实践教学方法研究。首先对建筑环境与能源应用工程专业实验教学的现状进行了分析, 指出了实验设备和设施不足、课程内容与实践脱节和学生实验参与度不足的问题; 然后, 开发了基于物联网和嵌入式系统的建筑能源监测及控制实验平台, 通过嵌入式系统和物联网技术实现了实验平台的远程操作, 解决了现有教学设施的不足; 最后, 基于该实验平台设计了本课程的节能相关实验内容, 本实验内容可实现真实建筑的能耗信息采集、处理和传输, 还可以在远程电脑终端完成能耗分项计量, 能耗实时监测及控制, 验证节能技术的效果。本实验平台和创新结合了新技术和实践内容, 激发学生学习兴趣和主动性, 能够进一步深入对课程的理解, 从而达到提高教学效果的目的。

**关键词:** 实验教学; 物联网; 嵌入式系统; 建筑节能; 教学改革

## 引言

随着能源危机的加剧和全球气候变化问题的恶化, 作为能源消耗和温室气体排放的重要领域之一, 建筑行业正面临着越来越严峻的节能减排压力。建筑环境与能源应用工程(以下简称“建环专业”)致力于建筑节能技术的研究与应用, 积极推动建筑环境与能源的智能化管理, 在节能减排方面发挥着至关重要的作用。

建环专业主要面向节能减排、环境保护以及建筑行业可持续发展的社会需求, 专注于培养能够从事建筑环境控制、建筑节能和建筑设施智能技术相关工作的工程师与人才, 具备空调、通风、供热、燃气供应、建筑给排水等公共设施系统、建筑热能供应系统和建筑节能的设计、施工、调试、运维管理能力, 能够独立制定建筑自动化系统技术方案<sup>[1]</sup>。该专业明确了工程实践能力的重要性, 通过多种实践教学环节, 如实验、实习、设计等方面, 强化学生对所学理论知识的理解与应用, 并帮助提升其工程实践能力、独立解决问题的能力及创新意识。搭建科研与实验平台是建筑环境专业培养学生工程意识、知识应用能力、创新能力与实践能力的重要途径<sup>[2]</sup>。

当前, 高校工程教育面临政策推动与行业发展的双重压力, 教育理念的转变和教学改革已成为大势所趋<sup>[3]</sup>。通过

建筑自动化系统(BAS)、智能传感器、物联网(IoT)等技术的应用, 实现对建筑能源使用的精确控制和实时监测。这些系统能够根据建筑内外部环境的变化自动调节能源使用状态, 进一步提高能源使用效率, 减少不必要的浪费。嵌入式系统作为一种以应用为核心的专用计算机系统, 具有软硬件可裁剪、专用性强等特点, 能够适应不同硬件需求, 满足建筑节能管理中对功能、可靠性及功耗等的严格要求。物联网技术的应用则通过与嵌入式系统的结合, 实现了建筑能耗数据的自动采集、传输和智能处理, 推动建筑节能管理的智能化进程<sup>[4]</sup>。

在此背景下, 本研究聚焦于在建筑节能技术实践课程中引入“物联网”和“嵌入式系统”技术的改革, 旨在提升学生的实践与创新能力, 推动建环专业的课程体系升级, 以培养适应未来建筑行业需求的高技能复合型人才。

## 1 现状分析

在建筑节能技术迅速发展的背景下, 实践教学环节对建环专业的学生工程实践能力的培养具有重要意义。通过实践教学, 学生能够将理论知识转化为实际应用能力, 特别是在能耗监测与节能优化等关键技术领域, 实践环节是技术应用和创新能力培养的核心。然而, 尽管建筑节能技术的应用日益广泛, 当前课程中的实验教学在基础设施、

技术应用及综合能力培养方面仍存在不足<sup>[5]</sup>。具体问题表现如下:

### 1.1 实验设备和设施的不足

主要包括设备陈旧或不完整、实验资源不足、实验规模受限等问题。当前,许多高校的建筑节能实验室存在设备陈旧、功能不全或不足的问题<sup>[6]</sup>。例如,建筑热工性能测量设备、模拟实验室系统等设备不够先进,不能完全满足节能实验的需求。还有些高校建筑节能实验的资源(如节能墙体、窗户、空调系统等)相对匮乏,无法为学生提供实际的操作体验。还存在实验室空间较小,无法开展大型、复杂的建筑节能实验,影响了学生对建筑节能系统整体运作的理解<sup>[7]</sup>。

### 1.2 课程内容与实践脱节,尤其是技术更新滞后、缺乏跨学科整合

主要体现在实验内容理论化、抽象,缺乏实际实例等方面。很多建筑节能实验未能有效结合实际建筑项目中的节能技术与措施,学生对建筑节能的理解停留在理论层面,难以全面掌握建筑节能系统的设计与实施过程。另外,随着建筑节能技术的不断发展,实验内容和设备更新滞后,无法及时跟进最新的节能技术,导致实验教学内容与实际应用脱节<sup>[8]</sup>。尤其是,建筑节能涉及建筑学、机械工程、环境科学、能源工程等多个学科,而许多课程的实验设计和实施过于局限于单一学科,缺少跨学科的整合与合作。

### 1.3 学生的实验参与度不足,实验数据处理与分析能力不足

学生做实验大多过于依赖老师讲解并且由于设备的缺乏部分学生没有实践的机会。由于建筑节能领域涉及的技术较为复杂,实验的操作性和实践性要求较高。在一些实验中,教师的讲解占据了较大比重,学生往往只是旁观者,而非主动参与者,导致学生的实践能力和创新意识得不到有效培养<sup>[9]</sup>。很多学生在实验课程中接触到的只是模拟或简化版的建筑节能场景,缺少实地考察和实际项目经验,无法真正感受到建筑节能技术在实际中的应用。同学们在做实验中还存在数据采集困难和不会进行数据分析的问题。一些实验相关数据(如温湿度、能耗等)的采集和处理过程可能复杂,部分学生由于缺乏相关技术和操作经验,往往无法准确获取和分析数据。缺乏现代化的数据分析软件,或者学生没有掌握数据分析方法,导致实验结果分析不深

入,学生很难从数据中提取出有效信息和结论<sup>[10]</sup>。

## 2 实验平台搭建

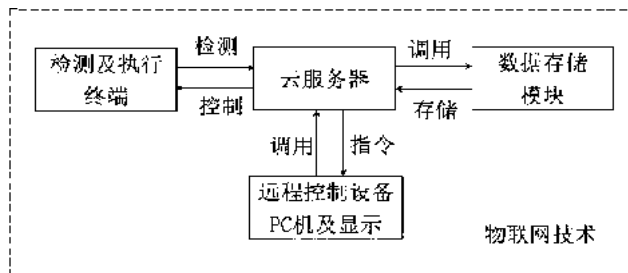


图1 远程实验平台框图

针对现有建筑技能技术实验教学中存在的问题,解决方案的核心在于提升实验教学的实践性、创新性和灵活性。本文结合本校建环专业理论教学和实验教学的实际,开发了“基于物联网和嵌入式系统的建筑能源监测及控制实验平台”远程实践实验平台,并针对实验教学的需求,设计了相应的实验内容,以便丰富现有专业实验体系。

本远程实验平台如图1所示,基于物联网技术和嵌入式系统,整合检测及执行终端、数据云存储和处理、电脑显示和远程操控端,以实现对建筑能源消耗的远程智能监测、管理和优化。

### 2.1 检测及执行终端嵌入式系统设计

检测及执行终端如图2所示,系统包括微控制器、能耗监控单元、PLC设备、环境监测单元、通信单元和终端显示器。微控制器采用以ARM Cortex-M4作为内核的STM32微控制器,执行终端使用STM32微控制器,对能耗监测单元与环境监测单元采集的实时数据进行处理分析,并通过通信模块实现向云服务器上传数据。能耗监测单元包含了电能计量模块和流量传感器,电能计量模块使用IM1281B电能计量模块。环境监测单元包含温度传感器、湿度传感器、气体传感器、光照强度传感器和二氧化碳传感器。各传感器、执行器和终端显示器首先与PLC设备连接。然后,PLC设备通过RS232串口与STM32微控制器连接双向交换数据,同时STM32微控制器对传感器的数据进行处理并通过通讯模块与云服务器进行数据交换<sup>[11]</sup>,微控制器还将根据系统预设程序和云端指令反馈给PLC设备,通过PLC设备控制执行器执行相应指令。云服务器与数据存储模块双向连接,可接收保存执行终端的历史监测数据,同时根据执行终端的设备类型选择相应的相关参数和协议等,并保存至数据存储模块中,再次启动设备时可直接调用相关设置和查看

历史数据,这有助于实现设备快速启动和故障分析等。

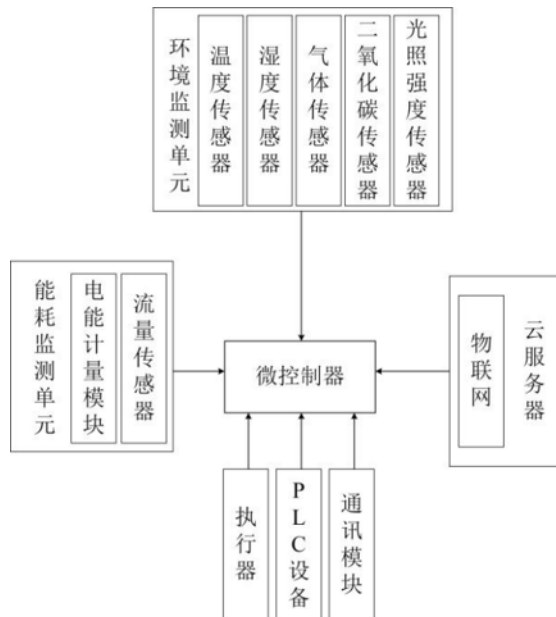


图2 检测及执行终端嵌入式系统

执行终端使用窄带物联网与物联网云平台进行通信。终端选择了具备通信功能的 NB35-A 模块,该模块已集成主控与驱动功能,可以根据特定指令对监测终端采集的数据进行编码,并将数据上传至物联网云平台。

## 2.2 远程实验平台的搭建

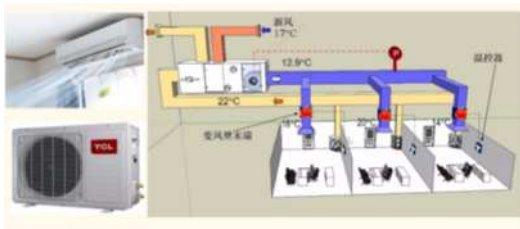


图3 远程实验平台示意图

远程实验平台如图3所示,主要包括3个部分:

环境检测及能耗检测单元:能耗监控单元包括电能计量模块和流量传感器,电能计量模块用于监测电量的使用,流量传感器用于监测水量的使用。环境监测单元集成多种传感器,包括温度检测器(DS18B20)、湿度测量器(DHT22)、光强感应检测器(BH1750)、气体检测传感器(MQ-2)以及二氧化碳传感器(MH-Z19)。各类传感器模块,包括电能、流量、温湿度、气体、光照和二氧化碳传感器,均通过接口连接至PLC设备。也可以被部署在建筑的不同区域,以实现全面的环境监测和能量优化。

终端执行器:执行器在建筑节能中起着操控各个设备

开关的作用,根据传感器检测和处理的数据,然后基于优化算法所得优化控制策略远程发送给终端执行器,通过执行器操控各个设备,以实现室内环境的节能优化。

远程控制终端:终端执行器将远程实验平台的数据存储到云服务器的数据存储模块中,建筑管理员可以随时随地使用远程控制终端实现网络监测远程实验平台并控制平台的能源消耗。这种远程控制管理功能为平台的实时响应和远程故障诊断提供了便利,有助于及时发现和解决能源浪费和设备故障问题。

## 3 建筑节能技术实验课程设计

通过“基于物联网和嵌入式系统的建筑能耗监测及控制实验平台”的搭建,已经为学生提供了一个完整的、集成化的实践环境,能够使其深入了解并掌握现代建筑节能技术的实际应用。然而,平台的有效利用依赖于科学合理的实验课程设计。为此,下一步的关键是根据平台功能和教学目标,设计一系列实践课程,以确保学生能够通过动手操作,全面提升技术应用能力,并将理论知识与实际工程需求紧密结合。

### 3.1 实验课程的主要内容

要求学生了解节能的基本概念与意义,能源消耗的主要领域(如家庭、工业、交通等),节能技术概述(如智能控制、热回收、能效提升等)<sup>[12]</sup>,节能相关标准与政策(如能源效率标识,国家节能政策等)

简要介绍远程实验平台(如虚拟实验室、远程实验设备控制等)。提供学生操作远程实验设备的指导,确保学生能够熟悉掌握通过网络终端远程操作实验设备、采集实验数据的方法。

围绕实验目的“智能家居节能系统的检测与控制”,学生使用远程控制平台设计并测试一个智能家居节能系统,应用传感器、自动调节系统等技术,监控家中的能耗。通过调节温控系统、灯光自动控制等,分析不同方案对能效的影响。

学生通过远程实验平台采集到的实验数据进行分析。使用统计软件(如Excel、Matlab等)对数据进行处理,并撰写实验报告。报告内容包括:实验目的;实验方案;实施步骤;数据检测和分析;结果讨论与方案改进

### 3.2 实验课程的设计与操作

在远程实验平台中,能耗监控单元对建筑内的用电和



用水进行数据采集,环境监测单元对建筑内的温度、湿度和气体等的情况进行检测,再将数据传送给微控系统对数据进行分析、处理和控制,以便管理人员的监控;终端使用嵌入式系统,达到了降低成本的同时又提高了使用的可靠性的效果。

为了让学生全面了解并掌握建筑节能技术,本文结合基于物联网和嵌入式系统的建筑能源监测及控制实验平台进行实验课程的设计。

根据建筑能耗监控系统的设计任务需求,各个功能模块被划分为多个任务单元,主要包括启动、温度检测与采集、能耗检测与采集、设备性能监测及通信五大主要任务。在建筑能耗监控终端嵌入式系统的研发与设计阶段,启动任务主要负责系统初始化,完成相应的操作后自动删除自身,以释放系统资源。

温度采集任务使用 DS18B20 传感器进行环境温度数据的采集,该温度传感器使用了单总线协议进行数据通信,具备独立的驱动程序和控制函数,以确保传感器能够与系统顺畅交互。在进行系统开发时,首先需要移植并配置该传感器的驱动程序,确保其能够正常接收并传输温度数据。此外,能耗计量模块与 PLC 设备通过 RS232 接口与终端微控制器进行通信。此通信采用的是 Modbus-RTU 协议,确保系统在不同设备之间能够进行可靠、精确的数据传输。在系统的开发过程中,需要根据通信报文的内容,编写相应的解码函数,以便正确地解析和处理从能耗计量模块和 PLC 设备获取的数据。这种解码过程不仅确保了系统的数据一致性,还提升了数据处理的效率,尤其在需要实时监测和控制的应用场景中显得尤为重要。通过这种方式,系统能够灵活、精准地采集和传输多种传感器的数据,同时保证了与外部设备的兼容性和数据的一致性,有助于提升整个系统的稳定性和可靠性。

NB-IoT 模块同样配备驱动函数,负责将采集到的数据进行编码并发送到远程服务器,确保了设备与物联网云平台之间的数据传输顺畅。具体来说,在完成数据采集后,系统的各个任务将采集到的数据存储到预定义的变量结构体中,确保数据的结构化与高效管理。

通信任务根据存储在结构体中的数据内容生成相应的 AT 指令,通过这些指令,终端设备能够访问云平台的服务器接口,进行数据上传与控制指令的交互。云平台可以根

据接收到的数据进行实时分析和处理,为用户提供即时反馈,或进行数据存储与后续分析。

整个过程中的通信协议采用了适合 NB-IoT 的标准,如 AT 指令集和物联网专用的通信接口,确保了数据的高效、稳定传输。此外,系统设计还考虑了低功耗要求,确保在长时间运行的情况下,设备能够保持高效能耗控制。图 4 展示了终端嵌入式系统的工作流程,明确了数据采集、处理、编码、传输和云平台交互的各个环节,体现了整个系统的高效协同工作。

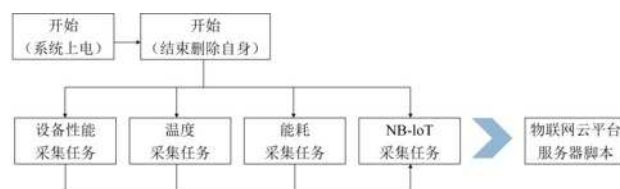


图 4 终端嵌入式系统工作流程图

通过搭建“基于物联网和嵌入式系统的建筑能耗监测及控制实验平台”,为学生提供了一个集成化的实践环境,有助于他们深入理解并掌握现代建筑节能技术的实际应用。平台设计集成了监控系统和物联网云平台,实现了从数据采集、处理到传输的全流程管理,支持建筑能耗的智能化监控。通过科学合理的实验课程设计,平台不仅有效提升了学生的技术应用能力,还强化了理论知识与实际工程需求的有机结合。系统的多任务划分与模块设计确保了高效的数据处理与通信功能,充分满足了教学与科研的需求<sup>[14]</sup>。该平台为建筑节能技术的教学与实践提供了重要参考,推动了课程体系的进一步优化与教育改革的深化。

### 3.3 节能实验课程的教学方法

互动式学习:设计在线讨论、问题反馈和案例分析,鼓励学生参与讨论,提出问题并共同探讨解决方案。

远程实验:通过远程操作平台学生能够进行不受地理限制的实验操作,培养学生的实践能力。

### 3.4 节能实验课程考核与评价

实验报告:学生完成每个实验后提交详细的实验报告,报告内容包括实验目的、数据分析、结论以及节能优化建议。

项目评估:学生在课程末期需要进行一个综合节能项目设计,提出针对某一具体场景(如家庭、工业等)的节能方案,并用实验数据支持其方案的有效性。

## 4 结语

这种基于物联网和嵌入式系统的建筑节能技术课程教

改, 将为学生提供更加贴近实际的学习体验, 并培养他们在物联网和嵌入式系统领域的创新能力和实践能力。通过这样的教学方式, 我们可以更好地满足建筑行业对于高素质人才的需求, 推动建筑节能技术的发展与应用。在教学内容方面, 强调了物联网和嵌入式系统在建筑节能领域的重要性, 并将其融入课程中。通过采用创新实验方式、丰富教学内容、改进教学方法等措施, 确保实验教学能够与时代发展和行业需求接轨, 培养出具有综合素质和创新能力的工程技术人才。

#### 参考文献:

- [1] 李俊梅, 孙育英, 乔雅心. 建筑环境与能源应用工程专业虚拟仿真实验教学的实践探索 [J]. 高等建筑教育, 2021, 30(03): 165-170.
- [2] 胡志培, 孙志高, 李翠敏. 基于工程能力培养的建环专业课程设计教学改革与探索 [J]. 科技视界, 2021, (35):65-66.
- [3] 杜芳莉, 杨亚萍, 申慧渊. “双碳”背景下建环专业综合改革探析 [J]. 制冷与空调, 2022, 36(05): 777-781.
- [4] 赵亮, 王秋实. 基于物联网 (IoT) 技术的智能建筑能效管理系统研究 [J]. 建设科技, 2024, (17): 45-47.
- [5] 张琳郁, 姚丽. “建筑节能技术”课程教学方法探讨 [J]. 教育教学论坛, 2021, (21):149-152.
- [6] 牛玉军, 王东, 周东生. 工程教育认证背景下嵌入式系统设计课程的建设 [J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(17): 140-141.
- [7] 章喆, 吴谨. NB-IoT 实验室建设与实验课程设计 [J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(2): 252-255.
- [8] 任志刚, 周蜜, 邓勤犁, 等. 建筑节能课程混合式教学模式研究与实践 [J]. 高等建筑教育, 2019, 28(2): 93-100.
- [9] 喻剑. 嵌入式系统实验教学方法改革研究 [J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(03): 255-256.
- [10] 黄羹墙. 基于 BIM 与物联网技术的建筑设备节能管理研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (02): 111-113.
- [11] 李慧, 王桂荣, 魏建平. 产教融合下建筑能源物联网课程实践教学改革的改革与实践 [J]. 教育进展, 2024, 14(1): 547-555.
- [12] 靳恩辉, 杨进. 建筑电气工程中的节能技术应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(08): 308-309.
- [13] 赵志达, 叶丽莎. 基于网络数字化教学平台的建筑节能工程案例式教学研究与应用 [J]. 创新教育研究, 2022,10(4):865-870.
- [14] 黎蓉. 土建类专业《建筑节能技术》课程教学改革探析 [J]. 数字化用户, 2022,28(18):291-293.

**作者简介:** 王义娜 (1986—), 女, 汉族, 山西永济, 博士, 副教授 / 系副主任, 博士生导师。研究方向为物联网、智能化、建筑节能技术。

**基金项目:** 辽宁省高等学校教学改革研究课题项目“服务国家战略新兴产业的双需求导向、多方协同, 人才培养模式的创新与实践” (2021-10142-101)。