

智能化检测设备在建筑节能现场检测与验证

逢恒增, 宿兴燕, 于云庆, 赵松伟

山东建元工程检测鉴定有限公司, 山东 青岛 266400

DOI:10.61369/ERA.2026020025

摘 要 : 在“双碳”战略推进背景下,建筑节能成为降低能源消耗、缓解环境压力的关键领域,而现场检测与验证是保障建筑节能工程质量的核心环节。传统检测手段存在效率低下、精度不足、主观性强等弊端,难以满足现代建筑节能检测的精细化需求。智能化检测设备凭借自动化、精准化、数字化的技术优势,逐步取代传统检测方式,成为建筑节能现场检测的主流方向。本文阐述建筑节能现场检测与验证的核心要求,梳理想能化检测设备的技术特征与常见类型,结合实际应用场景分析设备的应用价值,探讨当前应用中存在的问题,并提出优化路径,为智能化检测设备在建筑节能领域的规范化应用提供参考。

关 键 词 : 智能化检测设备; 建筑节能; 现场检测; 节能验证; 精准检测

Intelligent Detection Equipment in On-site Detection and Verification of Building Energy Conservation

Pang Hengzeng, Su Xingyan, Yu Yunqing, Zhao Songwei

Shandong Jianyuan Engineering Testing and Appraisal Co., Ltd. Qingdao, Shandong 266400

Abstract : Against the backdrop of the advancement of the "dual carbon" strategy, building energy conservation has become a key area for reducing energy consumption and alleviating environmental pressure, while on-site detection and verification are the core links to ensure the quality of building energy conservation projects. Traditional detection methods have drawbacks such as low efficiency, insufficient precision, and strong subjectivity, making it difficult to meet the refined requirements of modern building energy conservation detection. Intelligent detection equipment, with its technical advantages of automation, precision, and digitalization, has gradually replaced traditional detection methods and become the mainstream direction of on-site detection for building energy conservation. This paper expounds the core requirements of on-site detection and verification of building energy conservation, sorts out the technical characteristics and common types of intelligent detection equipment, analyzes the application value of the equipment combined with practical application scenarios, discusses the problems existing in current applications, and puts forward optimization paths, providing a reference for the standardized application of intelligent detection equipment in the field of building energy conservation.

Keywords : intelligent detection equipment; building energy conservation; on-site detection; energy conservation verification; precision detection

引言

建筑行业作为能源消耗的重点领域,其能源消耗量占全社会总能耗的比重超过30%,其中建筑使用阶段的能耗占比达到20%以上,建筑节能已成为实现“碳达峰、碳中和”目标的重要突破口。建筑节能现场检测与验证是对建筑围护结构保温性能、门窗气密性、采暖通风与空气调节系统能效等关键指标的专项检测,直接关系到建筑节能设计目标的实现,是保障节能工程质量、杜绝“重设计、轻施工”现象的重要手段。

传统建筑节能现场检测多依赖人工操作,如采用手动热流计测量围护结构热传导系数、通过人工密封法检测门窗气密性等,存在检测周期长、数据误差大、检测过程受环境干扰严重等问题。随着建筑节能标准的不断提高,对检测精度和效率的要求也日益严苛,传统检测手段已难以适配。智能化检测设备基于物联网、传感器、大数据等先进技术,能够实现检测过程的自动化、数据采集的精准化和检测结果的数字化,为建筑节能现场检测与验证提供了高效解决方案。本文基于建筑节能现场检测的核心需求,系统分析智能化检测设备的应用价值与实践路径,为推动建筑节能检测行业的智能化升级提供理论与实践支撑。

作者简介:逢恒增(1985.12-),男,山东青岛人,大专,工程师,研究方向:建筑工程检测。

一、建筑节能现场检测与验证的核心要求

建筑节能现场检测与验证的核心目标是核查建筑节能工程是否符合设计要求和相关国家标准,如《建筑节能工程施工质量验收标准》(GB 50411-2019)等,确保建筑实际节能效果达到预期。其核心要求主要体现在以下三个方面:

一是检测指标的全面性。建筑节能涉及围护结构、采暖通风、空调系统、照明系统等多个环节,检测指标需覆盖围护结构传热系数、门窗气密性、空调系统能效比、照明功率密度等关键参数。不同类型建筑(如居住建筑、公共建筑)的节能要求存在差异,检测指标需根据建筑类型和设计标准进行针对性选取,确保检测结果能够全面反映建筑的节能性能。

二是检测数据的精准性。检测数据的准确性直接决定了节能验证的可靠性,因此需严格控制检测过程中的误差。传统检测方法受人工操作、环境因素等影响,数据误差往往较大,而现代建筑节能标准对检测精度的要求不断提高,如围护结构传热系数检测误差需控制在 $\pm 5\%$ 以内,门窗气密性检测需精确到每小时换气次数。这就要求检测设备具备较高的测量精度和抗干扰能力。

三是检测过程的高效性。建筑节能现场检测多在施工阶段或竣工验收阶段进行,检测周期直接影响工程进度。传统检测方法往往需要长时间的人工值守和数据记录,检测效率低下,难以适应大规模建筑工程的检测需求。因此,检测过程需具备高效性,能够在较短时间内完成多指标的同步检测,同时减少对施工或建筑使用的干扰。^[1-5]

二、智能化检测设备的技术特征与常见类型

(一) 技术特征

自动化检测:设备可通过预设程序自动完成检测流程,如自动调节检测参数、自动采集数据、自动停止检测,减少人工干预,避免人为操作带来的误差。

精准化测量:采用高精度传感器和先进的信号处理技术,能够有效降低环境干扰对检测结果的影响,提高数据测量精度。同时,设备具备自校准功能,可定期对传感器进行校准,确保检测数据的稳定性和可靠性。

数字化传输与分析:检测数据可通过无线通信(如WiFi、蓝牙、4G/5G)实时传输至终端设备(如电脑、手机),并借助专业软件进行数据处理、分析和生成检测报告。数字化管理不仅提高了数据处理效率,还便于检测数据的存储、查询和追溯。

便携化与集成化:针对现场检测的特殊性,智能化检测设备多采用便携化设计,体积小、重量轻,便于在建筑现场移动使用。同时,设备具备多指标集成检测功能,可同步检测多个节能参数,如集成式建筑节能检测系统可同时检测围护结构传热系数、门窗气密性和室内温湿度。

(二) 常见类型

1. 智能化围护结构传热系数检测设备。该设备基于热流计法,通过高精度热流传感器和温度传感器同步采集围护结构的热流密

度和内外表面温度,结合自动计算软件得出传热系数。设备具备环境温度补偿功能,可有效消除室外温度波动对检测结果的影响,检测精度较传统手动设备提高30%以上。部分高端设备还支持无线远程控制,可实现无人值守检测。

2. 智能化门窗气密性检测设备。采用压力差法,通过自动气压调节系统控制检测腔体内的压力差,利用高精度流量传感器测量空气渗透量,进而得出门窗的气密性等级。设备可自动完成压力稳定、数据采集、结果计算等流程,检测周期较传统设备缩短50%,且检测数据的重复性更好。同时,设备具备数据异常报警功能,可及时发现检测过程中的问题。

3. 智能化空调系统能效检测设备。该设备可同步采集空调系统的进出水温度、流量、功率等参数,通过内置算法自动计算制冷系数(COP)、能效比(EER)等关键指标。设备支持多通道数据采集,可同时检测多个空调机组的运行参数,适用于大型公共建筑的空调系统节能检测。此外,设备可与空调控制系统对接,实现检测数据与运行数据的联动分析。

4. 智能化照明系统节能检测设备。主要用于检测照明功率密度、照度均匀度等指标,通过高精度功率传感器和照度传感器采集相关数据,结合建筑面积自动计算照明功率密度。设备具备现场数据实时显示和打印功能,方便检测人员及时获取检测结果。部分设备还支持光照强度的自动调节,可模拟不同使用场景下的照明节能效果。

三、智能化检测设备在建筑节能现场检测与验证中的应用实践

(一) 居住建筑围护结构节能检测

在某居住小区的节能工程竣工验收中,采用智能化围护结构传热系数检测设备对墙体、屋面的传热系数进行检测。检测前,设备通过卫星定位和环境传感器自动采集检测地点的经纬度、海拔、室外温度等环境参数,并根据参数自动设置检测参数。检测过程中,设备同步采集热流密度和内外表面温度数据,每5分钟记录一次数据,持续检测24小时。检测数据通过4G网络实时传输至后台管理系统,软件自动剔除异常数据并计算传热系数。结果显示,该小区墙体传热系数为 $0.52 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,屋面传热系数为 $0.45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,均符合《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26-2018)的要求。与传统检测方法相比,此次检测周期缩短了1天,检测数据误差控制在 $\pm 3\%$ 以内,检测效率和精度均显著提升。

(二) 公共建筑门窗气密性检测

某大型商场的节能改造工程中,采用智能化门窗气密性检测设备对改造后的外窗进行气密性检测。检测时,设备自动密封门窗洞口,通过气压调节系统逐步提升检测腔体内的压力差(从50 Pa到100 Pa),同步测量不同压力差下的空气渗透量。设备自动绘制压力差-渗透量曲线,并根据曲线得出门窗的气密性等级为8级,符合公共建筑节能设计标准的要求。

(三) 空调系统能效验证

在某写字楼的空调系统节能验收中,采用智能化空调系统能效

检测设备对空调机组的运行能效进行检测。设备通过传感器采集空调机组的进出水温度、流量、压缩机功率等参数,每10分钟记录一次数据,持续检测48小时。后台软件对采集到的数据进行分析,计算出空调系统的平均COP为3.2,能效比符合设计要求。同时,软件通过数据分析发现空调系统在部分时间段存在运行负荷过高的问题,建议优化空调运行策略。基于检测结果,施工单位调整了空调系统的控制参数,使空调系统的运行能效进一步提升,预计每年可节约电能12000 kWh。

四、智能化检测设备应用中的优势与挑战

优势:

1. 提升检测精度与可靠性。智能化检测设备采用高精度传感器和先进的信号处理技术,能够有效降低环境干扰和人工操作带来的误差,检测数据的准确性和重复性显著提升。

2. 提高检测效率。设备可实现检测过程的自动化,减少人工值守时间,同时具备多指标集成检测功能,可同步完成多个参数的检测。

3. 实现数字化管理。检测数据可实时传输至后台系统,实现数据的数字化存储、分析和追溯。检测报告可自动生成,减少人工编制报告的工作量,同时便于监管部门对检测结果进行核查。

挑战:

1. 设备购置与维护成本高。智能化检测设备融合多种先进技术,初始购置成本较高,一般是传统设备的2-5倍,这对中小型检测机构造成了较大的资金压力。同时,设备的维护需要专业技术人员,维护成本也较高,如传感器的校准、软件的升级等都需要额外的费用。

2. 专业技术人才匮乏。智能化检测设备的操作需要具备传感器技术、自动控制技术、软件操作等多方面知识的专业人才。目前,建筑节能检测行业的从业人员多为传统检测人员,对智能化设备的操作和维护能力不足,导致部分设备无法充分发挥其功能。

3. 现场检测环境复杂。建筑现场的环境条件较为复杂,如温度波动大、灰尘多、电磁干扰强等,可能影响智能化检测设备的正常运行和检测精度。

五、优化智能化检测设备应用的路径

降低设备购置与维护成本:

政府可出台相关扶持政策,对中小型检测机构购置智能化检测设备给予补贴,降低其资金压力。同时,鼓励设备生产企业加大研发投入,优化设备结构,降低设备生产成本。此外,建立第三方设备维护服务平台,为检测机构提供专业的设备维护服务,降低维护成本。

加强专业人才培养:

高校和职业院校可增设建筑节能智能化检测相关专业,培养具备多学科知识的专业人才。同时,行业协会和检测机构应定期组织从业人员进行培训,内容包括设备操作、维护、数据处理等方面,提高从业人员的专业技能。此外,建立人才激励机制,吸引更多的专业人才投身于建筑节能检测行业。

优化现场检测环境适应性:

设备生产企业应加强对设备环境适应性的研发,提高设备的抗干扰能力、防尘防水能力和温度适应范围。例如,采用密封性能更好的传感器外壳、优化设备的散热系统等。同时,检测人员在检测前应充分了解现场环境条件,采取必要的防护措施,如搭建临时防护棚、安装抗干扰设备等,确保设备正常运行。

六、结论

智能化检测设备凭借自动化、精准化、数字化的技术优势,在建筑节能现场检测与验证中发挥着越来越重要的作用,能够有效提升检测精度和效率,实现检测数据的数字化管理,为建筑节能工程质量提供有力保障。然而,当前智能化检测设备的应用仍面临购置维护成本高、专业人才匮乏、标准规范不完善、环境适应性不足等挑战。

为推动智能化检测设备在建筑节能领域的广泛应用,需政府、企业、检测机构等多方协同发力,通过出台扶持政策、加强人才培养、完善标准规范、优化设备环境适应性等措施,解决应用中的突出问题。未来,随着技术的不断进步和应用的不断深入,智能化检测设备将朝着更加便携化、集成化、智能化的方向发展,为建筑节能事业的发展提供更加强有力的技术支撑,助力“双碳”战略目标的实现。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑节能工程施工质量验收标准(GB 50411-2019)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准(JGJ 26-2018)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [3] 李明, 王军. 智能化检测技术在建筑节能检测中的应用[J]. 建筑科学, 2021, 37(8): 123-128.
- [4] 张静, 刘勇. 建筑节能现场检测设备的智能化发展趋势[J]. 节能技术, 2022, 40(3): 265-269.
- [5] 王浩, 陈丽. 智能化门窗气密性检测设备的应用与优化[J]. 建筑节能, 2020, 48(11): 156-160.