

建筑通风与空调工程节能性能现场检测问题分析

黄燕

上海苏科建筑科技发展有限公司

摘要: 本文对建筑通风与空调工程节能性能现场检测工作进行了研究, 包括主要检测项目、现行检测标准规范、主要能耗分析方法和检测仪器选型要求, 通过分析加深检测人员对通风空调系统节能现场检测工作的掌握程度。随后, 分析建筑通风与空调节能性能现场检测期间遇到的重要问题, 阐明现场检测流程步骤、方法手段及注意事项。旨在完善标准化通风空调节能性能现场检测体系, 为现场作业提供技术指导。

关键词: 建筑通风与空调工程; 节能性能; 现场检测

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2023. 16. 070

引言: 随着可持续发展、低碳减排等全新发展理念的提出, 对现代建筑通风与空调工程通风空调系统的节能系数、能耗控制水平提出了严格要求, 节能性能现场检测是工程建设活动的重要环节。与此同时, 节能性能现场检测流程复杂, 对具体标准与操作方法要求十分严格, 一旦现场检测不规范, 会致使检测结果不准确。因此, 应加强对通风空调节能性能现场检测问题的分析, 从而真实反映系统节能效果。

一、建筑通风与空调工程节能性能现场检测概述

(一) 检测项目

建筑通风与空调工程的节能性能现场检测内容由风系统基本参数, 水系统基本参数, 室内环境基本参数, 电气和其他参数, 以及系统性能参数组成, 通过各项目检测报告来综合反映通风空调系统总体能耗水平和运行质量。其中, 室内环境检测项目内容包括温度、相对湿度、风速、噪声等, 用于反映通风空调系统运行期间对室内环境质量造成的影响, 判断是否完全满足使用需求与达到工程建设标准。风系统检测项目内容包括送、回风温度, 风速, 风量, 动压、静压, 大气压力等参数, 反映空调风系统运行工况和稳定性。水系统检测项目内容包括温度、流量、压力等参数, 判断系统在正常工况条件下的各项性能是否达标。此外, 还应根据工程类型来调整检测内容, 以洁净室空调系统为例, 要求检测人员把室内洁净度、各处工作区间静压差作为补充检测内容^[1]。

(二) 现行检测标准规范

通风空调系统节能性能现场检测是一项专业性与实

践性较强的活动, 为真实反映系统节能效果, 检测人员必须严格遵循《公共建筑节能检测标准》(JGJ/T 177-2009)、《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》(JGJ/T 260-2011)等现行标准规范, 以此来明确节能检测内容、流程步骤和评价标准, 消除人为主观因素对检测成果质量造成的影响。以《公共建筑节能检测标准》为例, 把通风空调节能性能现场检测内容分为空调水系统检测、空调风系统检测、冷源系统能效系数检测三部分。第一, 对于空调水系统检测项目, 以系统实际运行状态下开展性能检测作业、冷水/热泵机组运行负荷维持在80%额定负荷以上、冷水出水温度控制在6-9℃以内、水冷冷水机组冷却水进水温度控制在29-32℃以内、风冷冷水机组把室外干球温度控制在32-35℃以内作为一般性规定要求。第二, 对于空调风系统检测项目, 以系统实际运行状态下开展各项性能检测作业、按照《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50411)相关规定执行风系统管道保温性能检测作业作为一般性规定要求。第三, 对于冷源系统能效系数检测项目, 以采取全年统计或计量方式、总体能耗由空调系统耗电量和区域集中冷热源供热/供冷量等部分组成、把单栋建筑物空调系统所使用各类能源的能耗计量单位统一处理作为一般性规定要求。

(三) 能耗分析方法

在通风空调节能性能现场检测期间, 主要采取实际测量手段, 掌握系统总体能耗水平, 以及各项因素对耗能量造成的具体影响, 从而找出节能薄弱环节, 有着直观、简单、便捷优势, 多用于外部形状复杂或采取新型空调系统形式的建筑工程。此外, 检测人员也可选择采取账单分析法和校准化模拟法作为能耗分析方法。账单分析法是在建筑物投运使用一段时间后, 汇总整理电力部门、燃气部门、供水部门等单位提供的账单, 统计通风空调系统在各时间段的总体耗能情况和运行状况, 以此来判断系统能耗水平、节能系数是否达标。校准化模拟法是选用能耗模拟软件, 在软件内导入通风空调系统设计方法与设定多项边界条件, 推演通风空调系统在假定工况下的能耗水平与节能量。

(四) 检测仪器选型要求

在节能性能现场检测准备阶段, 要求检测人员根据现场情况与检测内容来配备种类齐全的仪器设备, 包括

超声波流量计、温度记录仪、风速仪等。其中,对于超声波流量计,可选用TDS-100H手持式超声波流量计,具备瞬时流量、累计流量与流速等参数的现实功能,测量误差小于1%,具备体积小、易于携带使用、操作简单的优势。对于温湿度记录仪,配备L99-WS温湿度记录仪,可用于室内温湿度状况,测量误差在 $\pm 0.2 \sim 0.5^\circ\text{C}$ 、 $\pm 2 \sim 3\% \text{RH}$ 以内,量程在 $-40^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ 、 $0 \sim 100\% \text{RH}$ 足以满足温湿度测量需要。对于风速仪,配备德图425,多用于检测风系统的总风量和风口风量,测量误差在 $\pm 0.03 \text{m/s} + 5\%$ 测量值,量程为 $0 \sim +20 \text{m/s}$ 。

二、建筑通风与空调工程节能性能检测工作的重点问题

(一) 室内环境质量检测

在室内环境质量检测环节,以温湿度、室内风速、噪声、静压差作为检测内容,检测要点如下。第一,温湿度检测,在建筑室内每户必须抽测卧室或是起居室,其他房间按总数比例随机抽测,如果通风空调系统为舒适性空调,则提前把系统持续运行6h,确定系统处于正常、稳定工况后,再重复开展多次测定作业,前后测定间隔时间控制在0.5h以内。同时,根据检测房间面积来布置测点。例如,在检测房间面积不超过 16m^2 时,在房间中间部位布置测点。而在房间面积在 16m^2 到 30m^2 以内时,室内对角线三等分,其他两个等分点作为测点。第二,室内风速检测,准备数字式风速仪,要求风速仪仪表准确度控制在 0.5m/s 、测量误差不得超过 $\pm 3\%$ 或是 $\pm 0.1 \text{dgts}$,且仪器参考精度不得低于5级。随后,按照温湿度测点布置方法,在检测房间内布置各处测量测点,重复多次开展测定作业。第三,噪声检测,配备声级器等设备,要求仪表准确度为 0.5dB (A) 。随后,根据检测房间面积来确定测点数量和位置,房间面积不足 50m^2 时,在房间中心点布置单处测点,且测点应距地 $1.1 \text{m} \sim 1.5 \text{m}$ 高度,或按工艺要求设定,距离操作者 0.5m 左右,距墙面和其他主要反射面不小于 1m ;当室内面积大于 50m^2 时,每增加 50m^2 应增加1个测点,测量时应使传声器指向被测声源。第四,静压差检测,配备仪表准确度为 1.0Pa 的微压计,静压差检测点布置应在所有门关闭的条件下进行,由平面布置上与外界最远的里间房间开始,依次向外测定,通过门缝或预留测孔等位置进行检测。此外,在室内环境质量检测完毕后,要求检测人员按照现行标准规定,初步检查环境质量、空调舒适性是否满足基本要求,以室内温度节能要求为例,房间抽检比例不得低于10%,检测结果不得高于设计计算温度 2°C 或是低于设计计算温度 1°C ^[3]。

(二) 空调风系统参数检测

在空调风系统参数检测环节,重点掌握风压检测、风速检测、风量检测、风机单位风量耗功率检测四道步骤的操作要点,具体如下。第一,风压检测,以气流平稳直管段或是弯头等异形部件前端作为测量断面,测量断面和异性部件间距控制在4~5倍管径值,在相同断面上采取多点测量方法,适当增加测点数量来减小误差,根据各处测点测量值来求解断面平均风压值。随后,启动空调风系统,逐点完成全部测点测量作业,各处测点测定次数不得少于2次,测量期间保持毕托管和微压计连接软管畅通无漏气状态,后续根据各测点的动压值来求解平均动压值,根据空气密度、大气压力与空气温度来求解断面平均风速值,根据断面面积、标准风量来求解系统实际风量值。第二,风速检测,以风口、风管作为检测重点。在检测风口风速时,布置5个以上测点,在风口形式为网格风口或格栅风口时,保持风速仪和风口平面紧贴状态;在风口为条缝形风口时,加装长度在 $0.5 \sim 1.0 \text{m}$ 的短管,要求短管断面尺寸和风口保持一致。检测风管风速时,在矩形风管和圆形风管上预先钻设若干数量的测量孔,重复开展测定作业。第三,风量检测,可采取风口风罩法或是风口风速计法。其中,风口风罩法适用于检测送风口部位,根据风口尺寸面积来准备罩体,把罩体长边长度控制在3倍风口长边长度以内,在罩体中间位置设置风口,仪器设备显示值恢复稳定状态后读取风量值,在风量超出 $1500 \text{m}^3/\text{h}$,额外设置背压补偿挡板。风口风速计法适用于格栅风口和条缝风口,按照风口尺寸来准备辅助风管,风口内截面尺寸和辅助风管截面尺寸完全一致,使用辅助风管罩住待测风口,使用风速仪测量各点位风速值,再根据风口面积来求解实际风量。第四,风机单位风量耗功率检测,根据已掌握测量值,检测人员把风机实际风量、风机输入功率导入计算公式,求解风机单位风量耗功率,对照计算结果和《公共建筑节能设计标准》规定要求是否一致。以办公建筑为例,在通风空调系统型式为两管制风量系统时,粗效过滤与中效过滤时的风机单位风量耗功率限值分别为 $0.42 \text{W}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ 和 $0.48 \text{W}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ^[4]。

(三) 空调水系统参数检测

在空调水系统参数检测环节,重点掌握水流量检测、水压检测、机组实际性能系数检测、水泵效率检测四道步骤的操作要点。第一,水流量检测,准备精度误差不超过 $\pm 1\%$ 的超声波流量计,在进出口直管段部位放置流量计,或是使用空调水系统自带孔板流量计开展测量作业,测试时间不得少于 10min ,把各次测量结果的平均值作为最终测试值。第二,水压检测,挑选多处压力测点,以系统压力表安装位置作为测点位置,拆除原

有压力表, 原位安装经过校准处理的压力表。随后, 检测人员把压力表调整至测量状态, 重复多次测定水压力值, 把算术平均值作为最终测量值。第三, 机组实际性能系数检测, 在同型号机组台数不超过2台时, 抽取单台机组作为检测对象, 台数超过3台时则抽取2台机组进行检测。随后, 保持机组平稳运行工况, 安装流量传感器等装置, 以供回水温度差作为检测内容, 连续测量1h, 前后次读数间隔时间控制在5-10min。最后, 把冷热水进出口平均温差、冷热水平均密度与流量等数据导入公式, 求解冷水/热泵机组的供冷量与供热量, 把机组制冷量和测量期间平均输入功率导入公式来求解机组实际性能系数, 判断性能系数是否满足节能要求。第四, 水泵效率检测, 在水泵接口部位安装压力流量分析仪来检测进出口压力值, 在电动机输入线端检测水泵输入功率值, 持续测量时间控制在1h, 前后次读数间隔时间为5-10min。随后, 根据现场测量数据, 把水平均密度、水泵平均输入功率、进出口平均压差、平均水流量、自由落体加速度导入公式来求解水泵效率, 判断水泵效率是否满足节能要求。正常情况下, 要求水泵效率实测值不得小于80%设备铭牌值。

(四) 冷源系统能效系数检测

在冷源系统能效系数检测环节, 以设备输入功率、系统供冷量作为检测内容。在检测设备输入功率时, 把冷水机组、冷却塔风机、冷却水泵等设备作为检测对象, 以电动机输入线端作为测量区域, 准备两台单相功率表, 或是各准备一台三相功率表和单项功率表, 在检测期间把各台用电设备输入功率值进行平均累加处理。检测系统供冷量时, 在机组供回水进出口周边安装温度传感器, 在机组进出口远离局部阻力的长直管段部位安装流量传感器, 根据冷热水平均流量、平均密度、进出口平均温差等已知信息来求解实际供冷量。随后, 把系统供冷量、全部用电设备平均输入功率总和导入计算公式, 求解冷源系统的能效系数, 判断冷源系统是否符合公共建筑节能检测标准要求。例如, 在水冷冷水机组单台额定制冷量不超过528kW时, 冷源系统能效系数限值为2.3kW/kW。在水冷冷水机组单台额定制冷量在528-1163kW以内时, 则把冷源系统能效系数限值设定为2.6kW/kW。而在水冷冷水机组单台额定制冷量超过1163kW时, 则把冷源系统能效系数限值设定为3.1kW/kW^[5]。

(五) 电气参数和其他参数检测

在电气参数和其他参数检测中, 检测内容包括电流、电压、功率、功率因数以及转速, 要求检测人员必须全面掌握各项参数的正确检测方法和相应节能检测评价标准。以电流检测为例, 应采用交流电流表或交流钳

形电流表, 仪表准确度为2.0级, 应根据测试要求布置测点, 确定被测电流位置, 检测测试状态是否正常, 并依据仪表操作规程进行测量, 待被测电流稳定后进行记录读值。

(六) 不确定度分析

在通风空调系统节能检测期间, 受到方法缺陷、人为操作、仪器设备自身精度等因素影响, 难免会产生一定的测量误差, 无法真实反映系统节能情况。因此, 在现场检测完毕后, 检测人员必须额外开展不确定度分析作业, 确定检测不确定度来源, 在其基础上估测现场检测结果的可信度, 对检测结果进行修正处理, 以此来减小检测误差。以冷水机组性能系数检测结果为例, 不确定度来源包括流速测量、进出水温测量、输入功率测量三方面, 如在流速测量期间, 对流速重复多次进行随机测量、超声波流量计自身精度不达标而产生不确定度。随后, 遵循《测量不确定度评定与表示》(JJF 1059)等现行规范, 合理评定各节能检测项目的标准不确定度与相对扩展不确定度。正常情况下, 把冷水机组性能系数检测结果的标准不确定度设定为0.045, 把相对扩展不确定度设定为0.09^[6]。

三、结语

综上所述, 为建设真正意义上的绿色建筑, 把通风空调系统能耗水平维持在合理水准, 真实反映系统节能问题与指明改进方向。在工程建造期间, 必须提高对通风空调节能性能现场检测工作的重视程度, 要求检测人员掌握正确现场检测方法, 检测期间严格控制现场作业质量, 额外增设不确定度分析步骤, 为节能性能检测成果质量提供保障。

参考文献

- [1] 吴耀龙. 建筑通风与空调工程节能性能现场检测有关问题探讨[J]. 黑龙江环境通报, 2023, 36(01): 58-61.
- [2] 刘伟. 建筑通风与空调工程节能性能现场检测有关问题的探讨[J]. 数据, 2022, 330(02): 46-48.
- [3] 马珊珊. 空调系统节能检测实验系统建立[D]. 东华大学, 2014.
- [4] 康俊儒. 某公共建筑空调系统能效实测与分析[D]. 北京建筑大学, 2017.
- [5] 陈云飞. 建筑通风与空调系统节能检测风系统部分常见问题分析[J]. 广东建材, 2019, 35(02): 34-36.
- [6] 周卓云. 建筑工程通风与空调节能现场检测项目能效评价探讨[J]. 住宅与房地产, 2016, 416(03): 155.