

# 建筑节能工程现场检测技术与能效评估方法研究

廖坚成

广东省有色工业建筑质量检测站有限公司 广东 广州 510725

**【摘要】**：建筑节能工程的实际运行效果往往与设计值存在差异，亟需以现场检测作为能效评估的基础支撑。本研究围绕建筑围护结构热工性能、设备运行能耗、环境参数监测等关键要素，分析多类现场检测技术在能效评价中的适用性与精度表现，并探讨其对评估体系构建的影响。通过比较不同方法的检测结果与评价模型的响应特征，总结可提高评估准确度的技术路径，为节能工程的质量控制与性能优化提供科学依据。

**【关键词】**：建筑节能；现场检测；能效评估；热工性能；数据分析

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.077

## 引言

建筑能耗长期占据能源消耗的较大比重，节能工程的实施成为提升能源利用效率的重要环节。工程完成后的实际表现并非完全由设计指标决定，现场运行条件、施工质量差异及设备配置状况都会影响节能效果。现场检测技术的应用，使热工参数、能耗水平与环境状态得以量化形式呈现，为揭示节能措施的真实表现提供了可靠路径。在大量实测数据的基础上，能效评估方法得以建立并不断优化，使建筑节能工程的性能呈现更具科学性与可比性的结果。围绕检测技术与评估体系的结合方式展开研究，有助于明确影响能效表现的关键因素，为后续工程实践提供可执行的技术参考。

## 1 节能工程运行偏差的关键成因解析

### 1.1 围护结构实际性能偏离设计值的来源

建筑围护结构在设计阶段往往以理想化参数作为计算基础，但在实际施工与使用过程中，材料性能衰减、节点处理不规范以及施工工艺差异会使热工性能出现明显偏差。保温层厚度不足、材料密度不均、吸湿率变化等因素，都会使传热系数与设计值产生差距。建筑运行环境的长期温湿循环会加剧围护材料性能衰减，使热阻呈现下降趋势<sup>[1]</sup>。部分工程在施工阶段对细部节点如门窗搭接、保温板拼缝处理等缺乏严格控制，易形成不可见的热桥区域，使得热量在局部位置迅速流失。随着建筑使用年限增加，外墙饰面层裂缝、保温层脱空等现象也会逐步出现，进一步放大实际热工性能与理论设计之间的差值，使节能工程的预期效果难以完全达成。

### 1.2 能耗系统运行不稳定的影响因素

建筑的机电系统在实际运行中受到设备老化、控制策略偏差与使用行为差异的多重影响，导致能耗水平呈现波动状态。暖通空调系统因负荷变化不均、控制逻辑设置不当而出现频繁启停，使能效比下降；风量或水量调节不准确会破坏系统的平衡状态，使设备运行在非最佳工况区域。部分建筑在运行管理上缺乏动态监测手段，对能源系统的温湿度、流量、功率等关键参数无法实时掌控，系统偏差长期得不到有效修正。使用者

行为的不确定性也会产生显著影响，如开关设备的随意性、室内设定温度过高或过低、换气频率不合理等，均会造成额外负荷。再加上设备保养不足，使传热效率、制冷效率和输配效率逐年下降，进一步放大整体能耗水平的波动，使节能工程的目标难以稳定体现。

### 1.3 环境条件与施工质量导致的节能失真问题

建筑节能工程的表现对环境条件高度敏感，气候因素、周围遮挡、风压变化等都会影响建筑热工特性，使节能效果与理论模型产生误差。在高温高湿地区，围护结构的吸湿过程会显著降低保温性能；在寒冷地区，风力增大又会造成外墙表面传热系数上升，使热损失增长。施工质量对节能表现具有直接影响，一旦在施工阶段出现保温层空鼓、密封处理不严、设备安装偏差等问题，就会形成大量隐性能耗渠道，使实际运行能效严重低于设计水平。一些工程在材料选择、现场管理、质量验收方面存在不规范操作，使节能措施无法完整发挥预期效果。环境与施工因素共同叠加，使节能工程在投入使用后呈现复杂的能效偏移现象，带来“看似达标但运行不佳”的失真结果，成为当前节能工程效果评价中的关键挑战之一。

## 2 现场检测技术的核心环节与应用要点

### 2.1 热工性能检测的参数提取方法

热工性能检测的核心在于准确获取传热系数、热阻值以及围护结构在动态环境作用下的热响应特征。参数提取过程中，需要对建筑外表面的温度场、热流密度及环境温湿度进行同步测量，以确保数据具有可比性和连续性。通过布置热流计、温度传感器及红外成像设备，可持续记录围护结构在不同时段的热传递过程，并利用稳态或非稳态热传递模型对采集数据进行拟合计算<sup>[2]</sup>。部分情况下需对热桥区域、节点连接处和材料过渡界面进行重点监测，以捕捉局部热量异常传递特征。随着测量时长的延伸，还需对外界辐射、风速等干扰因素进行修正，使参数提取结果更接近围护结构的真实性能。通过多源数据融合，可以有效提高热工参数的稳定性和可信度，为能效评估提供可靠依据。

## 2.2 设备能耗监测的实测流程构建

能耗设备的实测流程依赖于对系统运行负荷、功率变化及工作周期的连续追踪，以揭示其能效表现。监测前需明确采集对象的运行特性，通过计量表、流量计、功率记录仪等设备对关键节点进行布点，使能源输入、输配和消耗过程能够被完整记录。在稳定运行阶段，通过记录温度、流量、压力和电功率等参数，可判断设备是否处于高效区间；当负荷变化时，数据变化趋势能够反映控制策略或设备匹配问题。对采集到的时序数据进行分类分析，可识别异常能耗、无效运行和过度运行等情况。部分系统需结合自动化监控平台，实现数据的实时传输与自动记录，减少人工误差。通过完整的监测流程构建，可使设备能耗特征清晰呈现，为能效评估模型提供可靠输入条件。

## 2.3 环境参数采集的技术路径优化

环境参数的采集涉及温湿度、风速、太阳辐射及室内空气质量等指标，数据的准确性对能效分析具有重要影响。采集路径的优化需要在空间布点、时间分辨率和数据校准等环节形成有效配合，使环境对建筑能耗的影响能够被精细刻画。在室外区域，通过设置多方位传感单元，可以捕捉风向变化、辐射强度波动与温湿循环特征；在室内空间，通过分层布置温湿度记录仪，可揭示空气分布不均和热舒适差异。采集过程中需考虑设备稳定性与抗干扰能力，以避免瞬时波动对整体趋势造成误导。部分项目还会采用数据滤波、异常值剔除与模型校正等方法提升数据质量，使环境参数在随后分析中更具可解释性。通过技术路径的系统优化，环境数据能够更真实反映建筑运行状态，为节能工程性能研判提供有效支撑。

## 3 能效评估体系的构建方法与量化模型

### 3.1 基于检测数据的指标体系设定方式

能效评估指标体系的设定依托于现场检测数据的全面性与可靠性，通过对热工性能、设备能耗和环境参数的综合分析，提炼出能够反映建筑节能水平的关键指标。指标的构建过程强调可量化、可对比与可追踪，使不同时间段和不同建筑类型间具备一致的评价基础<sup>[3]</sup>。围护结构的传热性能、机电系统的能效比、单位面积能耗水平、运行稳定性等常作为核心指标来源，再辅以用户舒适度相关参数，使评估结果兼具技术性与适用性。为确保指标体系能够反映节能工程的真实表现，还需对检测数据进行筛选与权重处理，使高敏感度、高贡献度的指标在体系中占据更突出的地位。通过结构化设计，指标体系能够成为能效评估模型的基础框架。

### 3.2 能耗模型与实测数据的协同校准方法

能耗模型的构建需要与实测数据形成动态校准关系，使计算结果与建筑运行实际保持一致。模型在初期通常基于理论热工参数与设计工况建立，但在实际运行阶段，由于环境变化、材料性能衰减及设备效率下降，会使模型输出与实测数据产生

偏差。通过对比分析两者的差异，可识别模型中假设条件的偏离点，并利用回归分析、参数修正、敏感性调整等方法对关键变量进行校准。部分建筑还会采用迭代优化方式，使模型不断接近实测趋势，从而提升预测精度。当模型完成校准后，可用于模拟不同负荷、不同控制策略下的能耗变化，为节能工程的性能分析提供可信依据。协同校准使能耗模型具备更高的适应性，增强评估结果的科学性。

## 3.3 评估结果的多维度量化呈现模式

能效评估的结果需要以多维度方式呈现，使建筑节能表现能够被直观、全面地理解。在量化表达中，常结合能耗指标、热工参数、运行效率、舒适性水平等多个维度，通过数值化、等级化和图形化等方式展示性能特征。能耗曲线、热流分布图、效率雷达图等可视化手段能够清晰揭示能效差异，使关键问题区域与性能优势一目了然。通过将不同维度的数据进行综合评价，可生成反映整体能效水平的综合评分或能效等级，为工程诊断与管理决策提供量化依据。在部分项目中，还会引入时序分析与空间分布分析，使节能效果的变化趋势与影响范围得到进一步刻画。多维度的呈现方式使评估结果不再停留于单一参数比较，而是构建起具备完整逻辑关系的能效表现图景。

## 4 检测结果在节能工程诊断中的应用策略

### 4.1 节能薄弱环节的定位方法

节能薄弱环节的定位依赖对检测数据的深度解析，通过多参数关联分析揭示建筑运行中隐藏的能耗异常来源。当围护结构热工性能与模型计算值存在明显偏差时，可通过热流密度、表面温度梯度及红外图像的综合判断确定热桥及保温缺陷的位置；当设备能耗曲线与负荷需求不匹配时，运行特征的周期性波动可帮助识别控制逻辑不当、设备效率衰减或输配系统阻力异常等问题<sup>[4]</sup>。在环境参数的监测中，室内外温湿度分布的不均匀性能够反映空调送风组织、自然通风路径或空气渗透情况存在的问题。通过将热工、能耗与环境三个维度的检测结果进行叠加分析，可构建节能薄弱区域的识别图谱，实现对关键问题部位的精确定位，为后续改进措施的制定奠定基础。

### 4.2 系统运行效率提升的改进路径

运行效率的提升常依托检测数据所揭示的系统偏差，通过对负荷分布、能耗趋势和设备响应特征的深入分析，建立改进路径模型。建筑机电系统在部分负荷区出现的频繁启停、供回水温差偏小或风量失衡等现象，可通过调节控制策略、优化运行时段及加强流量分配来降低能耗。若设备存在能效下降迹象，维护保养、清洁换热面和校验传感器等措施能够恢复其性能。对多设备协同运行的系统而言，基于检测数据构建的能效评估模型可指导设备间的负荷分担，使整体效率优于各单设备效率的简单叠加。通过不断调整运行参数，使系统运行逐步向高效区间靠近，可有效降低无效能耗，提高节能工程的整体表

现,并使能效改善成为持续可控的过程。

#### 4.3 检测—评估联动下的品质提升机制

检测与评估的联动机制旨在通过动态反馈构建节能工程的品质提升框架,使建筑性能在长期运行中保持稳定与可控。检测数据为评估体系提供了真实运行状态的信息源,而评估结果又反向指导检测重点的调整,使数据采集更具针对性。通过建立周期性检测制度,可持续追踪建筑能耗特征、热工性能变化以及设备运行状态,使潜在问题在早期被识别和干预。评估模型在不断吸收新数据后,其预测精度与适应性不断增强,能够为管理者提供更具可操作性的决策依据。在工程实际应用中,检测和评估的循环联动促使节能策略得以阶段性优化,使建筑节能品质形成闭环式提升路径,从单次改善走向持续优化,使节能工程的投入产出获得更高的稳定性与可靠性。

### 5 节能工程能效表现的综合归纳与提升方向

#### 5.1 检测技术对工程性能稳定性的强化作用路径

检测技术的引入使节能工程的运行状态得以以数据形式持续呈现,为提升性能稳定性提供了关键支撑。围护结构热工参数、设备能耗曲线与环境变化趋势的同步监测,使建筑在不同工况下的表现被清晰记录,从而形成判断系统偏移与性能衰减的依据。当检测结果揭示热桥、保温失效或设备效率下降等问题时,可在早期采取修复与调整措施,防止偏差在运行过程中放大<sup>[5]</sup>。通过多周期数据积累,可对建筑性能的变化轨迹进行分析,识别长期影响因素,使节能工程从静态质量控制走向动态品质维护。检测技术构建的实时反馈通道,使工程在复杂环境中依旧保持较高的运行可靠性。

#### 5.2 评估模型对节能质量优化的支撑逻辑

能效评估模型以多类检测数据为基础,通过参数化结构将建筑运行规律转化为可分析、可比较的量化结果,为节能质量

的优化提供了逻辑框架。当模型对热工性能、能耗水平与舒适度指标进行综合计算后,可揭示不同系统之间的关联程度,帮助判断节能措施的有效性与潜在改进空间。模型在不断吸收新数据后,其预测能力和适配性增强,使节能工程在调整运行策略或设备配置时具有明确方向。通过分析评估结果的敏感变量,可找到影响能效质量的关键因素,从而为决策提供技术依据。评估模型以系统化结构构建了节能工程的质量认知路径,使优化过程建立在科学判断之上。

#### 5.3 现场数据驱动下的工程持续改良框架

现场数据的持续积累为节能工程构建了可迭代优化的基础框架,使建筑性能改良不再依赖单次检测或经验判断,而是形成数据驱动的动态调整机制。通过分析能耗趋势、热工变化和系统响应等信息,可在运行阶段评估节能措施的真实效果,并据此调整控制策略或实施局部改造。当数据反映某一系统的效率持续下降时,可启动针对性维护或设备更新方案,使工程性能恢复至合理区间。随着数据量的不断增长,改良框架能够对不同工况下的表现进行比较,使优化策略具备更强的适用性与前瞻性。依托现场数据构建的持续改良路径,使节能工程能够在长期运行中实现稳步提升,形成自我更新的运行机制。

### 6 结语

节能工程的真实表现依赖现场数据的支撑,检测、评估与反馈形成的闭合体系使建筑运行状态得以被持续观察与校准。围护结构的热工变化、机电系统的能耗特征以及环境条件的波动在数据中清晰呈现,为性能诊断和改良策略提供了坚实基础。能效评估模型的引入,使节能工程的表现转化为可比较、可追踪的量化结果,使优化路径更加明确。在检测技术与评估方法的共同作用下,节能工程得以实现动态维护与持续提升,为建筑运行品质的稳定与高效奠定可靠技术支撑。

### 参考文献:

- [1] 周爱东,丁家强,丁嘉慎.《建筑节能工程现场检测技术规程》解读[J].安徽建筑,2020,27(06):85+107.
- [2] 徐兢田,张小利.既有建筑节能改造中质量检测关键技术与能效评估研究[J].应用能源技术,2025,(04):112-114.
- [3] 杨坤.建筑节能工程质量控制与建筑节能检测研究[J].城市建设,2025,(08):53-55.
- [4] 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.
- [5] 郭翰卿.建筑外窗窗口气密性能现场检测方法探讨[J].居舍,2022,(08):54-56+77.