

智能化建筑能耗管理的现状、问题及对策研究

段小伟 李君 李陶韬 李家福

中建七局第二建筑有限公司

DOI:10.32629/btr.v9i2.5124

[摘要] 建筑运行能耗约占全社会总能耗的 21%,在“双碳”目标下,推动建筑节能已无法绕开智能化手段。当前,政策标准逐步完善,楼宇自控、能耗监测平台等技术应用不断铺开,但实际运行中仍面临数据基础薄弱、系统孤岛和重建轻运营等突出问题。文章基于行业调研数据,梳理智能化建筑能耗管理的应用现状,剖析制约能效落地的深层原因,并从数据底座、集成平台、运营模式和人才建设四个方面提出可操作的对策,以为智能化建筑能耗管理工作的开展提供一定借鉴。

[关键词] 智能化建筑; 能耗管理; 现状; 问题; 对策

中图分类号: G267 文献标识码: A

Research on the Current Status, Issues, and Countermeasures of Intelligent Building Energy Consumption Management

Xiaowei Duan Jun Li Taotao Li Jiafu Li

China Construction Seventh Engineering Bureau Second Construction Co., Ltd.

[Abstract] Building operation energy consumption accounts for approximately 21% of the total energy consumption in society. Under the "dual carbon" goals, promoting building energy efficiency cannot bypass intelligent means. Currently, policy standards are gradually improving, and technologies such as building automation and energy consumption monitoring platforms are being increasingly deployed. However, practical operations still face prominent issues like weak data foundations, system silos, and a focus on construction over operation. Based on industry research data, this article reviews the current state of intelligent building energy management applications, analyzes the underlying reasons hindering energy efficiency implementation, and proposes actionable strategies from four aspects—data infrastructure, integrated platforms, operational models, and talent development—to provide reference for advancing intelligent building energy management efforts.

[Key words] Intelligent buildings; Energy consumption management; Current situation; Issues; countermeasure

引言

随着全球气候变化和能源危机的加剧,降低建筑能耗成为全球共识。智能化建筑通过集成先进技术,实现对能源的高效利用,具有显著的节能减排作用。据统计,建筑能耗在全球能源消耗中占比超过40%,智能化建筑能耗优化策略的研究和应用,对于实现绿色建筑和可持续发展至关重要。传统的定时开关、人工巡检和粗放式计量无法满足精细化管理要求,以物联网、大数据和人工智能为支撑的智能化建筑能耗管理由此进入快速发展期。楼宇自控系统、分项能耗监测平台和智能照明等技术相继落地,使能耗数据实时可见、控制策略动态可调。这些系统理论上可以将大型公共建筑的整体能耗降低15%至30%^[1]。但是,大量项目在交付几年后并未延续预期的节能效果,在线监测系统沦为“电子台账”,控制算法长期未更新。为什么智能化投入没有形成持续的节能能力?哪些环节出现断点?文章将通过梳理现

状、识别问题并提出对策,为建筑业主、系统集成商和行业管理者提供务实参考。

1 智能化建筑能耗管理的现状

1.1 政策与标准体系逐步形成

住房和城乡建设部所发布的《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021^[2]做出明确规定,对于新建、改建、扩建的甲类公共建筑需要设置建筑能耗监测系统,并且要向当地管理部门上传相关数据。《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》同样有所提及,应当推动建筑用能系统能效得到提高,鼓励既有建筑加装智能化调控装置。许多地方把能耗在线监测当作绿色建筑评价、公共建筑节能改造验收的必要条件。这些政策兼具强制性与引导性,为智能化技术的普及奠定了制度基础。

1.2 技术应用呈现多点开花格局

当下应用最为广泛的智能化技术主要集中于三个方向。其一,楼宇自控系统对冷水机组、水泵、冷却塔、空调末端实施连锁控制,达成冷冻水温度重设、设备台数的优化。其二,能耗监测平台于变配电回路、主要空调设备、照明干线之上加装智能电表,依照照明、插座、空调、动力等分项实时采集数据。其三,智能照明系统借助人员感应、照度传感器、定时策略自动调节灯具的开关与亮度,在车库、走廊等公共区域节能成效颇为显著。另外,部分高端商业综合体已开始试点基于机器学习的冷负荷预测、全局优化,动态调整整个供冷季的运行策略。

1.3 不同类型建筑部署存在差异

公共建筑能耗密度高、管理主体明确,智能化系统的渗透率明显领先于居住建筑。根据中国建筑节能协会相关报告及行业调查,2023年我国主要公共建筑类型的能耗强度与智能化能耗管理系统覆盖率如表1所示。

表1 2023年我国主要公共建筑类型的能耗强度与智能化能耗管理系统覆盖率

建筑类型	单位面积年综合能耗 (kgce/m ²)	智能化能耗管理系统覆盖率 (%)
办公建筑	25~35	45
商场建筑	60~80	65
酒店建筑	40~60	55
医院建筑	40~55	40

表1的数据显示,能耗强度最高的商场建筑智能化覆盖率也最高,而医院建筑因功能特殊、系统复杂,覆盖率偏低。总体上,仍有近一半的高能耗公共建筑尚未部署完整的智能化能耗管理系统。

1.4 典型项目已显现节能成效

一些运行状况良好的项目可以证实,智能化管理能够持续稳定地带来节能收益。上海一大型商业综合体通过对冷站群控策略进行升级,并且引入室内外焓值比较逻辑,使得空调系统全年节电率达到了23%。北京一座甲级写字楼在其中部署了照明、插座智能控制系统,该系统结合时间表与人体感应功能,照明能耗下降了约35%,而且投资回收期控制在3年以内。这些案例表明,在适宜的制度安排、专业运维支撑的情况下,技术具有很高的能效回报。

2 当前存在的主要问题

2.1 数据采集基础薄弱,关键节点存在盲区

当前,在众多建筑中能耗监测系统的感知层存在着不完善的状况。主要配电回路虽已安装电表,然而楼层配电箱、数据机房末端、工艺用能设备依旧欠缺计量器具。部分传感器由于选型不当或者安装位置不合理,所采集到的数据呈现出波动较大且误差较高的情形。表2当中65.6%的项目都涉及数据质量方面

的问题。倘若没有可靠的数据,那么上层的分析、寻优便缺少真实依据,节能潜力就只能凭借经验进行粗略估计。

表2 智能化建筑能耗管理项目常见问题及占比

问题类别	占比(%)
系统集成度低,各子系统独立运行	78.1
传感器与计量表具数据缺失或失真	65.5
缺乏持续运行维护,控制策略未优化调整	59.4
前期投资成本高,节能收益核算困难	53.1
操作人员专业技能不足	40.6

2.2 系统集成度低,信息孤岛现象突出

建筑内部通常同时存在着楼宇自控系统、能耗监测系统、消防系统、安防系统、物业收费系统,这些系统是由不同厂商在不同时间段建设而成的,它们的通信协议相互之间并不兼容^[3]。能耗数据被封闭在独立的数据库中,无法和空调运行台数、室外气象参数、客流量等联系起来。78.1%的调研项目都表明集成度不够。这样的孤岛状态导致跨系统联动节能根本无法实现,运维人员只能在不同屏幕之间反复切换并手工记录,效率非常低下。

2.3 重建建设轻运营,节能效果随运行衰减

诸多项目在验收阶段采集工作顺利通畅,相关策略得以生效,节能率一次就达到了标准要求。然而在投入使用一两年后,空调冷水机组由于维保工作未做到位,从而偏离了高效运行区域。过滤网积尘使得末端换热效果变差,传感器也逐渐失去准确性,并且之前设定的控制时间表没有依据实际使用规律进行调整。有59.4%的项目缺乏调整措施。物业团队通常仅负责设备无报警情况、室内温度无投诉状况,缺乏动力与能力去复盘能耗数据。如此一来,智能化系统很快就沦为“摆设”,能耗也逐步回升至改造前的水平。

2.4 投资回报路径不确定,市场驱动力不足

存在一套面向全楼宇的智能化能耗管理系统,其包括传感器、控制器、软件平台、调试服务等部分,初始投资往往需要数十万元甚至高达上百万元。然而,鉴于能源价格存在波动、气候存在差异、使用行为发生变化等因素,节能收益难以在事前进行准确承诺。有53.1%的项目出现投资回报核算方面的困难,致使业主无法清晰地衡量投入与产出情况。如此一来,中小型公共建筑和既有建筑改造市场对此反应比较冷淡,大多停留在仅仅“安装几个智能电表”的初级水平,并不愿意深入参与到系统级优化当中。

2.5 复合型专业人才短缺

智能化能耗管理对从业者提出了要求,需要他们同时掌握暖通空调原理、自动控制系统逻辑、数据分析方法。但是,当前物业团队中这类复合型人才比较稀缺,有40.6%的项目反馈操作

人员技能欠缺。系统集成商在交付之后便撤离，留下的操作手册晦涩难明，运维人员面对报警、能效异常状况，缺乏应对处理能力，碰到问题时只能恢复到恒速、恒温的手动模式，这与节能的初始目的完全背道而驰。

3 推进智能化建筑能耗管理的对策建议

3.1 夯实数据底座，推行末端数字化

建筑业主在进行新建或者改造工作阶段应当依据分项、分区、分层的相关原则来布置计量器具，使其覆盖主要的用能环节、典型楼层。在设备选型阶段应优先对BACnet、Modbus等开放协议予以支持，以此保证数据可以实现无损汇聚^[4]。当项目进行移交时要将计量点清单、传感器校准记录、通信点表纳入竣工文档之中，作为后续进行数据分析的基础台账。只有建立起完整、准确且连续的数据序列，上层的智能算法才会有相应的数据作为支撑。

3.2 建设开放集成平台，打破系统孤岛

具备条件的大型物业集团应重视建立统一物联中台，借助标准化接口把楼宇自控、能耗监测、视频监控、物业工单等方面的数据集中整合起来。一旦某一空调末端持续出现异常高能耗情况，平台便可自动关联距离最近的维修工单、历史维保记录，为管理人员提供辅助，使其能够一键溯源。同时，行业组织应当加速推进轻量级数据交换规范的制定，从而降低不同厂商系统之间的对接成本，进而让中小项目也能够以较低成本达成跨系统联动。

3.3 从一次性工程转向全过程服务，推广能源托管模式

合同能源管理、能源托管应重视将节能公司的收益和实际节能成效联系在一起，这样能够切实减轻业主在投资方面的担忧。专业的能源服务公司接手之后不但要负责设备巡检工作，还得借助远程监控持续剖析能效偏差情况，动态重新设定冷站出水的温度，调整新风的运行时段，甚至根据峰谷电价来优化蓄冷策略^[5]。地方主管部门能够考虑把公共建筑的能源托管执行状况归入碳排放考核、财政补贴评审范畴，以此形成长期的牵引作用。

3.4 建立清晰的节能收益核算体系，拓宽融资渠道

在项目启动之前，需要由第三方来对能源基准进行核定，同时约定好计算节能量、节能效益的测量与验证方法，等到改造完成之后定期发布经过双方签认的节能报告。清晰明确的收益分

享预期能够吸引金融机构去开发绿色贷款、能效保险等相关产品，从而减轻业主的一次性支付压力。另外，还应重视把节能量纳入碳普惠或者绿色交易模式，还能够打开额外的收益窗口，进而进一步提高智能化改造的商业吸引力。

3.5 加强物业团队能力建设

设备厂商、系统集成商在完成交付之后应当给予情景化培训，用真实项目的运行画面、案例演练去替换抽象的原理讲解，以此助力一线人员掌握常见的能效诊断方法、报警处置流程。同时，物业公司可以设立能效专职岗位，建立与运维责任人能耗绩效考核相挂钩的激励机制。相关院校和行业协会可以开发短期实训课程，培育一批既了解暖通又知晓控制的复合型技能人才。

4 结语

综上所述，在信息技术、社会经济不断发展的现阶段，智能化建筑能耗管理取得显著发展，同时，也给建筑智能化施工管理带来挑战。只有当传感器不再蒙尘、策略不再沉睡、收益可预期可兑现时，智能化才能真正成为建筑节能的可靠底座。随着数字孪生、轻量级物联网和绿色金融的融合，未来的建筑有望从“被动的能耗报告者”进化为“自主调优的能源管家”。

【参考文献】

- [1]刘莎,张方舒.基于LPWAN的建筑物智能化空调能耗管理系统设计[J].工业控制计算机,2019,32(10):69-70+72.
- [2]柴康文.智能化系统在建筑电气工程中的应用探究[J].智能建筑与智慧城市,2026,(S1):229-231.
- [3]温一村,吴磊.公共建筑节能技术与政策协同路径研究[J].机电一体化,2024,30(6):3-7.
- [4]吴前宏.基于人工智能优化的绿色智能建筑能耗管理系统设计——以安徽省农科院农业生物科学综合实验楼为例[J].绿色建造与智能建筑,2026,(4):110-113.
- [5]李艳艳,温家和,胡小薇,等.智能控制系统对绿色建筑工程能耗管理的影响研究[J].现代工程科技,2025,4(10):149-152.

作者简介：

段小伟(1991--),男,汉族,安徽淮北人,本科,工程师,商丘和悦二期项目(安装)副经理,现主要从事建筑机电、暖通、给排水安装工程施工技术及项目管理工作。