

# 建筑机电工程中机电节能的应用

李铁

四川公路桥梁建设集团有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i10.17196

**[摘要]** 建筑机电工程能耗在建筑总能耗中占比较大,涵盖供配电、空调、照明、电梯与给排水等系统,存在设备选型冗余、系统集成度低、缺乏动态监测等能耗浪费问题。本文聚焦建筑机电工程,阐述供配电系统的高效变压器等技术、空调系统的变频调速等技术、照明系统的LED照明等技术,以及智能控制系统集成应用等核心节能技术,并针对初始投资高、标准不统一等挑战提出相应优化对策。

**[关键词]** 建筑机电工程; 机电节能技术; 应用

**中图分类号:** TU85 **文献标识码:** A

## Application of Energy-Saving Technologies in Building Mechanical and Electrical Engineering

Tie Li

Sichuan Road and Bridge Construction Group Co., Ltd.

**[Abstract]** The energy consumption of building mechanical and electrical engineering accounts for a significant proportion of the total building energy consumption, covering power supply and distribution, air conditioning, lighting, elevators, and water supply and drainage systems. Issues such as oversized equipment selection, low system integration, and lack of dynamic monitoring lead to energy waste. This study focuses on building mechanical and electrical engineering, elaborating on core energy-saving technologies including high-efficiency transformers for power supply and distribution systems, variable frequency speed regulation for air conditioning systems, LED lighting for lighting systems, and the integrated application of intelligent control systems. Corresponding optimization strategies are also proposed to address challenges such as high initial investment and lack of standardized protocols.

**[Key words]** Building Mechanical and Electrical Engineering; Energy-Saving Technologies; Application

### 引言

在当今社会,能源问题日益严峻,建筑行业作为能源消耗的大户,其机电工程的能耗状况备受关注。建筑机电工程涵盖供配电、空调、照明等多个关键系统,这些系统在运行过程中消耗了大量能源。随着可持续发展理念的深入人心,降低建筑机电工程能耗、实现机电节能已成为建筑行业发展的方向。深入探讨机电节能技术在建筑机电工程中的应用,对提高能源利用率、推动建筑行业绿色发展具有重要意义。

### 1 建筑机电工程能耗分析

#### 1.1 建筑机电系统能耗构成

(1) 供配电系统:作为能源输送核心,其能耗主要来自变压器损耗与线路损耗。变压器因铁芯磁滞、涡流效应产生空载损耗,负载波动时铜损显著增加,某厂房低压母线谐波畸变率达15%,导致变压器发热加剧能耗上升。线路损耗则与敷设距离、截面选型相关,老旧电缆因绝缘老化进一步放大损耗,这类损耗约占供配电系统总能耗的8%-15%。(2) 空调系统:占建筑总能耗的

40%-60%,是能耗占比最高的子系统。冷热源设备如冷水机组、锅炉能效不足是关键问题,某楼宇制冷主机实测能效比3.2,低于铭牌值4.1;输送能耗来自水泵、风机,输配管网阻力大、漏风漏水现象普遍,导致额外能耗损失达15%以上。(3) 照明系统:能耗与自然光利用效率、控制方式直接相关。多数建筑靠窗区域未充分利用自然光,人工照明过度开启,某办公区照度达750lx,远超500lx标准值。地下车库、走廊等公共区域常明灯未接入智能控制,无效照明能耗占比高达35%。(4) 电梯与给排水系统:电梯能耗源于启停损耗与空载运行,某楼宇电梯单日无效空载运行达120次;给排水系统能耗集中在水泵运行与漏水损失,管道泄漏可导致月均多耗水2000吨,水泵空转或低效运行进一步增加能耗<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 能耗浪费的主要问题

(1) 设备选型冗余与低效运行:设计阶段常按峰值负荷选型,导致“大马拉小车”现象。某厂房水泵实际运行扬程超出需求30%,变频器使用率仅45%;设备维护缺失加剧低效,冷却塔填料

超期使用8年,使送风量衰减17%,形成恶性循环。(2)系统集成度低导致的协同能耗:各子系统独立运行缺乏联动。空调与照明未响应自然光变化调整运行状态,导致自然光利用率降低31%;多能源供应时未形成调度机制,光伏电力与电网供电无法高效互补,绿电使用率仅15%,额外产生协同损耗。(3)缺乏动态监测与智能化调控:多数建筑未实现能耗分项精准计量,28%的机房专用空调未独立监测。传统人工调节响应滞后,某写字楼人工操作导致的能源浪费占比达25%,且无法根据人员密度、室外环境动态调整参数,造成供需错配型浪费。

## 2 建筑机电工程中机电节能技术的核心应用

### 2.1 供电系统节能技术

(1) 高效变压器与无功补偿装置:高效变压器通过优化铁芯材料与绕组结构,降低磁滞损耗与涡流损耗,其空载损耗较传统变压器可降低30%以上,负载损耗降低15%左右,同时具备抗谐波干扰能力,能减少电网波形畸变带来的额外能耗。无功补偿装置依托电力电子技术动态调节无功功率,通过智能监测电网负荷变化,自动投入或切除补偿电容器组,将功率因数维持在0.95以上,可使线路和变压器铜损降低50%以上,同时改善电压质量,减少谐波放大效应,符合IEEE关于高效用电的标准要求。现代装置采用DSP智能控制策略,响应速度达微秒级,调节精度可达±0.01,且支持模块化热插拔,降低运维成本<sup>[2]</sup>。(2) 分布式光伏发电与储能系统集成:分布式光伏发电系统通过建筑屋顶、幕墙等载体铺设光伏组件,将太阳能直接转化为电能供机电设备使用,减少对传统电网的依赖,降低化石能源消耗产生的碳排放。储能系统与光伏组件协同运行,采用锂电池、钒液流等储能技术,在光照充足时储存多余电能,在光照不足或用电高峰时段释放,实现电能的削峰填谷。系统通过智能调度算法,动态平衡光伏出力、储能充放与机电设备用电需求,提高绿电使用率,同时增强供电稳定性,当电网波动时可快速切换至储能供电模式,保障关键机电设备连续运行。

### 2.2 空调系统节能技术

(1) 变频调速与磁悬浮离心机:变频调速技术通过改变电机电源频率,实时调整空调系统中压缩机、水泵、风机的转速,使其输出功率与实际负荷需求精准匹配,避免设备满负荷运行造成的能耗浪费,可使空调系统整体能耗降低20%-40%。磁悬浮离心机以磁悬浮轴承替代传统机械轴承,消除机械摩擦损耗,机组运行效率显著提升,能效比(COP)可达6.0以上,较传统螺杆机组节能30%左右。同时,磁悬浮技术减少了润滑油的使用,降低了系统维护成本,且运行噪音低,适配各类建筑场景。(2) 地源热泵与余热回收技术:地源热泵系统利用地下土壤、地下水等恒温热源,通过埋管换热器实现能量转移,冬季吸收地下热量为建筑供暖,夏季排放热量为建筑制冷,摆脱对传统化石能源的依赖,系统能效比可达4.0-5.0,节能率较传统空调系统高出40%以上。余热回收技术通过热交换装置回收空调排风、设备散热等废弃热能,将其用于预热新风、加热生活用水或辅助空调系统运行,减少辅助热源的能耗投入。常见的全热交换器可回收排风显热

和潜热,热回收效率达70%以上,显著降低空调系统的新风处理能耗<sup>[3]</sup>。

### 2.3 照明系统节能技术

(1) LED照明与智能调光控制:LED照明灯具以半导体发光二极管为光源,能耗仅为传统白炽灯的1/10、荧光灯的1/3,使用寿命延长5-10倍,且不含汞等有害物质,兼具节能与环保优势。智能调光控制系统结合光照传感器、人体感应装置与智能控制器,可根据自然光照强度、人员活动状态动态调节灯具亮度,在无人区域或自然光充足时自动降低亮度或关闭灯具,避免无效照明能耗。系统支持无级调光,能精准匹配不同场景的照度需求,符合GB50034《建筑照明设计标准》,同时可通过时序控制实现工作日与节假日的差异化照明策略<sup>[4]</sup>。(2) 自然采光优化设计:导光管技术通过室外采光罩收集自然光,经高反射率的导光管道将光线传输至建筑内部阴暗区域,如地下车库、走廊等,无需电力驱动即可提供照明,可减少该区域人工照明能耗70%以上。反光板通过合理的角度设计,将室外直射光或漫射光反射至建筑深处,扩大自然光照射范围,提高室内采光均匀度,减少靠窗区域与室内深处的照度差异,降低人工照明的开启频率。两类技术均能提升室内光环境质量,减少人工照明使用时间,实现照明系统的被动式节能。

### 2.4 智能控制系统集成应用

(1) BIM(建筑信息模型)与能源管理平台(EMS):BIM技术通过构建三维数字化建筑模型,整合机电各子系统的设备参数、管线布局、运行数据等信息,实现系统可视化管理,为节能策略制定提供精准的数据支撑。能源管理平台(EMS)依托BIM模型建立“空间-时间-负荷”三维关联模型,通过采集网关实时获取各机电设备能耗数据,经时序数据库存储与分析,生成动态能源基线。平台可对照行业能效标准,自动识别高耗能设备与运行异常,通过BIM模型定位问题节点,同时支持自定义能源绩效指标,实现能耗的精细化管控与追溯。(2) 物联网(IoT)与AI算法的动态优化:物联网技术通过在机电设备上部署温度、湿度、能耗、人员密度等各类传感器,结合通信网络构建全连接监测体系,实现设备运行状态的实时感知,数据采集频率可达1Hz,为节能优化提供高频数据输入。AI算法基于历史运行数据与实时监测信息,通过LSTM神经网络、PID控制等算法,预测机电系统负荷变化趋势,动态调整设备运行参数<sup>[5]</sup>。例如,根据室外温湿度预测优化空调机组运行台数,结合人员密度热力图调节照明亮度与空调温度,通过聚类算法识别能耗异常模式,实现从“被动监测”到“主动优化”的转变,可使建筑整体机电能耗降低15%-25%。

## 3 建筑机电工程中机电节能技术应用的挑战与对策

### 3.1 主要挑战

(1) 初始投资成本高与回收周期长:节能技术应用需承担设备升级与系统改造的高额前期投入,某商业写字楼变频改造、LED替换等综合措施投资达280万元,而高星级绿色建筑的光伏与储能集成系统投资更突破千万元级。受能耗基数、电价政策等影响,回收周期普遍偏长,普通改造项目回收期多在3-7年,复杂

系统甚至超过10年,导致投资者因短期收益不明朗望而却步,尤其制约中小建筑业主的节能改造意愿。(2)技术标准不统一与施工难度大:行业标准碎片化问题突出,仅节能仪表领域就存在23种通信协议,60%为私有化定制,导致设备兼容冲突频发,项目集成返工率高达35%。新兴技术缺乏适配标准,70%指标仍基于传统设备制定,AIoT等新技术认证受阻,创新转化周期延长至18个月以上。施工中,跨系统管线排布、智能设备校准等缺乏规范指引,叠加新旧系统衔接难题,使施工效率降低20%以上,额外增加建设成本约18%。(3)用户行为对节能效果的影响:用户节能意识不足与操作习惯偏差直接削弱技术效用,部分人员擅自调整空调温度、长开无人区域照明,导致智能调控系统形同虚设。数据显示,因用户不当操作造成的能源浪费占比可达15%-25%,尤其在办公建筑与商业综合体中,人员流动频繁且行为随意,使LED调光、空调变频等技术的实际节能率较设计值下降30%以上,形成“技术先进但效果打折”的困境。

### 3.2 优化对策

(1)政策激励:政府通过分级补贴降低初始投入压力,对光伏建筑一体化项目给予每瓦0.3-0.5元的建设补贴,节能改造项目按节能量给予每吨标准煤200-300元奖励。税收优惠政策涵盖企业所得税减免与增值税即征即退,符合条件的节能项目可享受“三免三减半”税收优惠,设备购置费用的10%可抵免企业所得税。部分地区推行绿色电价机制,对高节能建筑实施电价下浮,加速投资回收,使改造回收期缩短1-2年。(2)全生命周期成本管理(LCC):突破“重初期投入、轻长期收益”的认知局限,将设备选型、建设、运维、报废全阶段成本纳入核算。采用动态分析模型测算节能收益,某超高层项目通过LCC评估发现,虽初始投资增加40%,但全生命周期能耗成本降低58%,动态内部收益率达14.3%。在设计阶段优先选用长寿命、低运维成本设备,结合

EMS平台监测优化运行参数,使设备运维成本降低25%,显著提升长期经济效益。(3)公众宣传与智能化运维培训:通过场景化宣传扭转认知偏差,澄清“智能系统无需人工配合”等误区,强调用户行为与技术协同的重要性。针对运维人员开展专项培训,覆盖BIM模型应用、IoT设备调试、AI优化算法操作等技能,提升故障处理效率与参数调控精度。对建筑使用者进行简易操作指导,通过能耗公示、节能激励活动培养节约习惯,可使人为因素导致的能耗浪费降低40%以上,确保节能技术发挥实际效能。

### 4 结束语

建筑机电工程中机电节能技术的应用,是实现建筑绿色转型、可持续发展的关键举措。从供配电到空调、照明等系统,各项节能技术各展所长,有效降低了能源消耗。尽管面临初始投资高、技术标准不统一、用户行为影响等挑战,但通过政策激励、全生命周期成本管理以及加强宣传培训等对策,可逐步克服困难。未来,应持续推动技术创新与应用,让机电节能在建筑领域发挥更大效能,助力节能减排目标达成。

### [参考文献]

- [1]江建生.论建筑工程机电设备安装施工中的技术与质量管理[J].建筑与预算,2021(11):62-64.
- [2]爨曙光.机电节能措施在建筑机电工程中的应用研究[J].建材与装饰,2020(20):11-13.
- [3]刘秉祥.机电节能措施在建筑机电工程中的应用研究[J].资源节约与环保,2020(01):82-83.
- [4]刘伟华.机电工程与绿色建筑相融合的节能策略[J].佛山陶瓷,2023,33(10):87-89.
- [5]苑明明.建筑机电工程中机电节能的应用[J].建筑技术科学,2023(08):55-57.