

# 住宅建筑电气节能设计优化策略与应用分析

吴正毅

湖北省建筑设计院有限公司 湖北 武汉 430071

**【摘要】**：住宅建筑用电需求持续增加，电气系统能耗在建筑运行成本中占比较高。当前部分住宅项目存在供配电方案粗放、照明控制单一、设备能效偏低、能耗监测不足等问题，导致电能浪费明显。针对上述情况，可从负荷计算精细化、变压器容量匹配、绿色照明配置、高效设备选型、智能控制系统建设等方面展开优化，并将节能策略落实到设计、施工、运行各环节。通过分项计量、自动调节、分区控制和能源数据反馈，住宅建筑电气系统能够减少无效损耗，提高电能利用率，降低住户用电成本，改善居住空间的舒适性和安全性，为住宅建筑绿色低碳运行提供可靠支撑。

**【关键词】**：住宅建筑；电气节能；优化设计；智能控制；能耗管理

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.042

## 引言

住宅建筑是居民生活用能最集中的空间之一，电气系统直接关系到日常照明、空调、电梯、给排水设备和智能家居运行。传统电气设计常把安全供电放在首位，对运行阶段的能耗控制考虑不足，容易造成设备配置偏大、线路损耗增加、照明浪费和管理效率偏低等情况。绿色建筑理念不断深化，住宅电气设计不能停留在满足基本用电需求层面，更需要从系统配置、设备性能、控制方式和运行管理中寻找降耗路径。电气节能设计并非简单减少用电，而是在保证居住舒适度和供电可靠性的基础上，使每一部分电能都发挥更高效率。由此，住宅建筑电气节能设计优化需要形成清晰的问题识别、策略匹配和应用评价思路，为后续正文分析提供展开方向。

## 1 住宅建筑电气系统能耗特征分析

### 1.1 住宅用电负荷构成

住宅用电负荷主要由户内生活用电、建筑公共设备用电和辅助管理用电共同构成。户内负荷集中在照明、插座、厨房电器、空调、新风、热水设备等方面，具有时间分布不均、峰谷差明显、季节变化突出的特点。夏季空调负荷和冬季采暖辅助负荷容易形成用电高峰，晚间生活用电又会叠加照明、影音、厨房设备运行需求，增加配电系统瞬时压力。新发展理念下，住宅电气设计需要更加重视绿色低碳和精细化配置，负荷计算不能只按传统经验取值，应结合居住面积、设备功率、使用时段和智能家居接入情况进行分层分析，为后续供配电容量匹配和节能控制提供依据。

### 1.2 公共区域用电特点

住宅建筑公共区域用电主要集中在楼梯间、地下车库、电梯、门禁、监控、消防、给排水、景观照明和物业管理设备系统。此类用电具有连续运行时间长、管理范围分散、设备启停频繁等特点，其中地下车库照明、电梯运行和水泵设备能耗占比较高<sup>[1]</sup>。传统设计中，公共区域常采用统一供电和固定控制方式，容易出现白天照明持续开启、低人流时段设备满负荷

运行、能耗数据难以单独核算等问题。绿色智慧社区建设要求公共区域电气系统具备分区计量、按需启停和自动调节能力，通过感应控制、时段控制、变频控制和能耗平台联动，可提升公共用电管理精度，减少长期低效运行造成的电能损耗。

### 1.3 运行能耗变化规律

住宅建筑电气运行能耗受季节气候、住户作息、设备性能和管理方式共同影响，表现出明显的周期性和波动性。日变化方面，早晚生活时段用电集中，夜间公共照明、安防和部分通风设备保持基础运行；季节变化方面，夏季制冷负荷提升，冬季采暖辅助设备、热水设备和照明时长增加，都会改变配电系统负荷曲线。建筑投入使用年限增加后，线路老化、设备效率下降、控制系统失准等问题会使单位面积电耗逐步上升。低碳发展要求运行能耗分析从单一电表统计转向分项监测和动态评估，通过采集照明、动力、空调、电梯等系统数据，识别异常耗能时段和高耗能节点，为节能设计优化和运行调整提供准确依据。

## 2 电气节能设计中的突出问题识别

### 2.1 供配电容量配置偏差

供配电容量配置偏差主要表现为负荷预测粗放、同时使用系数取值不准、变压器容量选择偏大或偏小。容量偏大容易造成变压器长期处于低负载运行状态，空载损耗和无功损耗持续增加；容量偏小则会引发线路发热、电压波动和设备启动困难，影响住宅电气系统稳定性。绿色低碳设计要求供配电方案从经验配置转向数据化校核，需要结合户型面积、用电设备类型、峰谷负荷变化和新能源接入需求进行精细测算，避免因设计余量失衡导致能源浪费。

### 2.2 照明系统控制方式单一

照明系统控制方式单一主要集中在公共走廊、地下车库、楼梯间和室外景观区域，固定开关、统一回路和长时间常亮仍较常见。此类控制模式缺少对人员活动、自然采光和时段变化的响应，容易造成低使用频率区域持续耗电<sup>[2]</sup>。部分住宅项目

虽采用节能灯具,但未同步配置分区控制、感应控制和调光控制,节能效果受到限制。智慧建筑理念要求照明系统具备动态感知能力,通过亮度采集、人体感应、时间程序和场景联动提升控制精度,减少无效照明能耗。

### 2.3 设备运行能耗监测不足

设备运行能耗监测不足主要体现在分项计量不完善、数据采集粒度较粗、异常能耗识别滞后。电梯、水泵、风机、公共照明等设备往往共用计量回路,难以判断具体耗能来源,运行维护只能依赖人工巡检和总表数据。缺少实时监测会掩盖设备老化、空转运行、控制失灵和负荷异常等问题,使节能设计难以在运行阶段持续发挥效能。新型住宅电气节能设计需要接入智能电表、能耗采集终端和管理平台,形成可追踪、可分析、可调节的运行数据链条。

## 3 供配电系统节能优化路径

### 3.1 精细化负荷计算方法

精细化负荷计算方法要求对住宅建筑各类用电设备进行分项分析和时段负荷统计,通过对照明、空调、厨房设备、热水设备以及家用电器的实际功率和使用规律进行动态测算,形成更为精确的负荷曲线。计算过程中应考虑季节变化、日负荷波动、峰谷电价策略和智能家居系统接入对负荷分布的影响,确保容量设计与实际需求高度匹配。采用分层负荷计算策略,将总负荷拆解为户内负荷、公共区域负荷和辅助设备负荷,并结合功率因数修正、同时使用系数调整和可靠性系数评估,形成多维度负荷模型。精细化方法能够减少过度配置导致的空载损耗,提高配电系统运行效率,为变压器选型、线路布置和能耗优化提供科学依据,同时为智能控制策略的实施奠定数据基础。

### 3.2 变压器容量匹配方案

变压器容量匹配方案通过负荷曲线和峰谷负荷分析确定最优容量配置,避免过大或过小导致的能耗浪费和设备负荷异常。优化过程中需结合负荷分布特性,采用分时段容量计算、同时使用系数修正和最大需求分析,确保变压器在高效运行区段工作。容量匹配还应兼顾未来用电增长和新能源接入可能性,通过多台小容量变压器并联或负荷分区供电方式,提高系统冗余和灵活性。智能监测系统可对变压器运行状态进行实时反馈,动态调节负荷分配,降低空载损耗和短时峰值负荷对设备寿命的影响<sup>[3]</sup>。优化方案不仅改善能效,还能够提升系统稳定性和供电可靠性,实现低碳设计目标与运营经济性的有机结合。

### 3.3 线路损耗控制措施

线路损耗控制措施主要针对住宅建筑中配电线路的热损耗和电能传输损耗。设计阶段通过合理截面选型、减少线路长度、优化布线路径和分级供电结构来降低电阻损耗。运行阶段

通过分区配电、负荷均衡、动态电流监测和智能开关调节,控制线路在高效负载区间运行,减少过载或长期低负载造成的能量浪费。结合智能控制系统,可实现对关键回路电流、电压、功率因数和温升的实时监控,自动调整分支回路负荷,提高线路传输效率。此外,采用高导电率材料和优化接线端子设计可进一步减少接触电阻,实现住宅建筑供电线路节能与安全并重的目标,同时为建筑整体能耗管理提供精确数据支持。

## 4 照明设备智能控制应用策略

### 4.1 高效光源合理配置

高效光源合理配置应依据住宅建筑不同空间的照度需求、使用频率和视觉舒适要求进行分级设计。公共走廊、地下车库、楼梯间和设备用房的照明负荷具有持续运行特征,光源选择应优先考虑光效、寿命、显色性、频闪控制和维护成本,避免单纯追求初始亮度造成长期能耗增加。灯具布置需结合空间尺度、反射条件和照度均匀度,减少局部过亮、暗区补灯和重复布点现象。绿色低碳理念下,照明设计不应停留在灯具替换层面,还应通过功率密度控制、光通量匹配、低眩光设计和模块化维护方式提升系统能效。光源配置与智能控制接口同步预留,可为后续分区调光、故障反馈和能耗统计提供基础条件,使照明节能从单点设备优化转向系统化运行优化。

### 4.2 分区分时控制设计

分区分时控制设计需要根据住宅建筑空间功能、人员活动规律和照明需求差异划分控制单元。地下车库可按车道、停车区、出入口和设备通道设置独立回路,公共走廊可按楼层、单元和采光条件分组控制,室外照明可按景观区、道路区和入口区设置不同运行时段<sup>[4]</sup>。控制策略应结合日照变化、物业管理时段、夜间安全需求和峰谷电价信息,形成基础照明、加强照明和节能照明等多级运行模式。传统统一启停方式容易导致大面积照明同步耗电,分区分时控制能够缩小无效照明范围,提高用电响应精度。智能控制平台接入后,可根据时段计划自动切换照明状态,并对异常长亮回路进行提示,提升住宅照明系统的节能管理水平和运行可靠性。

### 4.3 感应调光技术应用

感应调光技术应用应将人体感应、车辆检测、环境照度采集和通信控制相结合,使照明设备根据实际需求自动调整亮度。公共走廊、楼梯间和地下车库等区域可设置低照度待机模式,在无人或少人状态下保持基础安全亮度,检测到活动信号后快速提升至设定照度,避免长期满功率运行。调光控制还需考虑响应时间、探测范围、误触发率和灯具兼容性,防止频繁启停影响光源寿命。智能传感终端与能耗管理平台联动后,可记录不同区域亮灯时长、调光比例和异常运行状态,为照明节能效果评价提供数据支撑。该技术能够在保障通行安全和视觉舒适的基础上降低照明能耗,推动住宅建筑电气节能设计向主

动感知、按需供能和精细管理方向发展。

## 5 节能设计应用成效提升机制

### 5.1 设备选型节能评价

设备选型节能评价应从能效等级、运行效率、负荷适配性、寿命周期成本和维护便利性等方面展开,避免只依据采购价格确定设备方案。住宅建筑中的电梯、水泵、风机、照明灯具、变配电设备均会影响长期电能消耗,选型阶段需要将额定功率、实际运行效率、待机损耗、调速能力和控制接口纳入评价体系。高效设备应与建筑负荷特征匹配,防止设备容量过大导致低效运行<sup>[5]</sup>。绿色低碳理念下,设备评价还应关注材料耐久性、可替换性和智能化接入能力,使设备能够与能耗监测平台、智能控制系统和运行维护体系协同工作,提升节能设计在实际运行阶段的持续成效。

### 5.2 能耗数据分项管理

能耗数据分项管理应将住宅建筑电气系统按功能和区域进行独立计量,形成照明、电梯、水泵、通风、消防、公共服务和户内用电等分类数据。传统总表统计只能反映整体耗电量,难以定位高耗能环节,分项管理可通过智能电表、采集终端和能源管理平台实现数据实时上传、趋势分析和异常预警。数据采集频率应满足运行诊断需求,既要记录日、月、季用电

变化,也要捕捉短时峰值和异常波动。通过建立能耗基准值和对比分析机制,可识别长时间空载、设备效率下降、照明异常开启等问题,为节能改造和运行调节提供依据,推动住宅建筑电气系统从粗放管理转向精细化管理。

### 5.3 运行维护协同优化

运行维护协同优化应将设计参数、设备状态、能耗数据和维护记录统一纳入管理流程,避免节能措施在使用阶段失效<sup>[6]</sup>。住宅建筑电气系统投入运行后,设备老化、传感器偏差、控制程序不合理和管理响应滞后都会削弱节能效果。运行维护阶段需要建立定期检测、数据复核、故障预警和策略校准机制,对变压器负载率、线路温升、照明启停时间、电梯运行频次、水泵变频状态等指标进行持续跟踪。数字化平台可将异常数据转化为维护任务,提高检修针对性和响应速度。通过设计、运行和维护之间的数据闭环,节能策略能够保持稳定执行,住宅建筑电气系统可实现低耗、安全、可靠运行。

## 6 结语

住宅建筑电气节能设计应立足供配电、照明控制、设备选型和能耗管理等关键环节,强化负荷精算、智能调节、分项计量和运行维护协同。各项优化策略落实后,可降低无效电耗,提升系统运行效率,改善居住用电品质,推动住宅建筑向绿色低碳、精细管理方向发展。

## 参考文献:

- [1] 黄泽伟.住宅建筑工程施工中绿色施工技术的应用[J].建设机械技术与管理,2025,38(6):129-131.
- [2] 黎彬.住宅建筑监理单位对项目工程质量管理的方法探析[J].建材发展导向,2025,23(24):58-60.
- [3] 安晓伟,莫俊明.住宅建筑电气节能设计方法及措施[J].电气技术与经济,2024,(6):76-77+87.
- [4] 李泽楷,盛日福,杜鲁涛.照明节能技术在住宅建筑电气装饰装修工程中的应用研究[J].居舍,2024,(17):53-56.
- [5] 刘剑海,刘爱莉.住宅建筑的电气设计与节能措施分析[J].电子技术,2023,52(4):174-175.
- [6] 马曙光.住宅建筑的电气节能技术分析[J].中国建筑金属结构,2022,(5):75-77.