

智能建筑中弱电系统与高低压配电的协同优化设计研究

彭付林

成都宝利物业经营管理有限责任公司 四川成都

【摘要】智能建筑的发展对弱电系统与高低压配电的协同优化提出更高要求。本研究从系统功能定位、设计原则、控制策略及工程验证等方面，探讨两大系统在信息交互与能源管理上的深度融合路径。通过引入一体化设计、数据互通与智能调度，实现了供配电与自动化控制的高效联动。实证结果表明，该模式可显著降低能耗、提升系统可靠性，并优化运维管理，为智慧建筑建设提供参考。

【关键词】智能建筑；弱电系统；高低压配电；协同优化；能源管理

【收稿日期】2025 年 4 月 17 日

【出刊日期】2025 年 5 月 19 日

【DOI】10.12208/j.jeea.20250188

Research on collaborative optimization design of weak current system and high-low voltage power distribution in intelligent buildings

Fulin Peng

Chengdu Baoli Property Management Co., Ltd., Chengdu, Sichuan

【Abstract】The development of intelligent buildings has put forward higher requirements for the collaborative optimization of weak current systems and high-low voltage power distribution. This study explores the in-depth integration path of the two systems in information interaction and energy management from the aspects of system function positioning, design principles, control strategies, and engineering verification. By introducing integrated design, data intercommunication, and intelligent scheduling, efficient linkage between power supply and distribution and automatic control is realized. The empirical results show that this model can significantly reduce energy consumption, improve system reliability, and optimize operation and maintenance management, providing a reference for the construction of smart buildings.

【Keywords】Intelligent building; Weak current system; High-low voltage power distribution; Collaborative optimization; Energy management

引言

智能建筑建设正进入能源管理与智能控制深度融合的新阶段，弱电系统与高低压配电的协同优化成为提升建筑整体性能的关键方向。弱电系统涵盖通信、安防、楼宇自动化等功能，高低压配电负责稳定供电与能量分配，二者的有效衔接关系到建筑运行的安全性与经济性。通过一体化规划、数据互通及智能调度，可在保障能源供应的同时提升管理效率，为智慧建筑和绿色城市发展奠定坚实基础。

1 智能建筑弱电系统与高低压配电的功能定位与现状分析

在现代智能建筑体系中，弱电系统与高低压配电系统分别承担着不同却密切相关的功能。弱电系统覆盖的范围极为广泛，包括楼宇自动化控制系统、视频监

控系统、消防报警与联动系统、信息通信系统以及能耗监测平台等，这些系统通过传感器、执行器、控制单元和数据传输网络实现对建筑内部环境、设备和能源的实时感知与调节^[1]。而高低压配电系统则是整个建筑能源供应的基础架构，负责从外部电网接入能源并经过降压、分配、保护等环节，将电能可靠、高效地输送到各个用电终端。二者在功能上的互补性，使得协同优化设计不仅可以保障电能供应的安全与稳定，还能为建筑的智能化运行提供持续的能源支撑。随着建筑功能日益复杂化和能源管理要求的提高，这两大系统在设计之初的定位与匹配关系显得尤为关键。

当前大多数智能建筑在设计过程中，弱电系统与高低压配电系统的设计单位、施工单位往往不同，导致方案制定时存在信息壁垒，数据接口标准不统一、系统

联动程度低等问题频频出现。这种割裂状态不仅增加了后期运维的复杂性,也在一定程度上降低了建筑整体的能源利用效率与智能化水平。部分工程项目在弱电系统建设过程中,未能充分考虑配电系统的供电特性与容量配置,造成高峰负荷时弱电设备的运行稳定性受限;而在配电系统设计中,也存在对弱电系统实时监测和控制需求响应不足的现象。这种现状说明,缺乏协同设计理念是当前智能建筑建设过程中的突出短板,也是后续优化的切入点。

在技术发展趋势方面,物联网、云计算、大数据分析和人工智能等新兴技术的快速融入,正在推动弱电系统与高低压配电系统的深度融合。通过传感层的全面布设、传输层的高速互联以及应用层的集中管理,可以实现能源供配电与建筑自动化控制的实时互动。在能源高峰期,弱电系统可根据用电监测数据自动调整照明、空调等高耗能设备的运行模式,从而降低电网压力;而配电系统也可根据弱电系统提供的负荷预测数据,提前进行容量调度与电能质量控制。这种趋势不仅对系统功能定位提出了更高要求,也为协同优化设计提供了技术基础与发展方向。

2 弱电系统与高低压配电协同优化的设计原则与关键技术

协同优化设计的核心在于以系统整体效能最大化为目标,将弱电系统的监测与控制功能与高低压配电的供电与调度能力有机融合。在设计原则方面,应突出系统一体化、信息互通与能源高效利用。系统一体化要求在设计初期就对弱电与配电系统进行统一规划,确保在空间布局、接口标准、通信协议等方面形成兼容性与一致性。信息互通强调通过标准化数据接口和统一通信平台,实现配电系统运行状态、负荷数据、电能质量参数与弱电系统的环境监测、设备控制信息的实时交换。能源高效利用则要求设计中引入动态负荷管理、分布式能源接入与储能优化等策略,以降低能源浪费并提升建筑能源自给率。

在关键技术实现上,首先是智能传感与边缘计算的应用,这类技术能够在靠近数据源的地方进行快速分析与处理,减少延迟,提高弱电与配电系统的联动响应速度。其次是能量管理系统(EMS)与楼宇管理系统(BMS)的融合,EMS负责电能流的监控与优化调度,BMS则负责建筑环境与设备的自动化管理,将二者打通能够实现跨系统的协同控制^[2]。采用基于大数据的负荷预测与设备健康状态评估模型,可以为配电系统的容量配置、设备检修计划及弱电系统的运行策略提供

科学依据。网络安全也是协同优化设计的重要技术保障,采用多层防护架构与数据加密传输,可防止系统受到外部网络攻击或数据泄露。

在工程实施中,协同优化设计还需引入数字孪生技术,通过构建建筑能源系统与弱电控制系统的虚拟模型,进行运行模拟、能效分析与方案验证。这一技术可在施工前预测系统运行状态,优化设备选型与布局,并在运行过程中进行实时对照与优化调整。模块化设计理念在弱电与配电系统的协同中也发挥重要作用,通过功能模块的灵活组合与扩展,可以适应不同规模、不同功能的智能建筑需求。结合这些原则与技术,协同优化设计不仅提升了系统的综合性能,还降低了全生命周期的运维成本,为智能建筑的可持续发展奠定坚实基础。

3 基于信息交互与能源管理的协同控制策略应用研究

在智能建筑的运行过程中,弱电系统与高低压配电系统的协同控制依赖于信息交互与能源管理的高度融合。信息交互层面,通过统一的数据采集与通信平台,将配电系统的实时电压、电流、功率因数、谐波含量等运行参数,与弱电系统采集的室内温湿度、照度、人员流动等环境与状态信息进行融合分析^[3]。这样,系统能够根据不同场景需求,动态调整用能策略,实现对建筑能源消耗的精准控制。能源管理层面,则需要引入分时电价响应、负荷削峰填谷与可再生能源优先利用等策略,使建筑运行更具经济性与环保性。当弱电系统检测到某区域人员稀少时,可联动配电系统关闭部分照明与空调,降低不必要的能耗;在可再生能源发电量充足时,系统会优先切换至清洁能源供电,减少对市电的依赖。

这种协同控制策略的实现,需要在系统架构中设置中央控制单元,作为信息处理与决策的核心。中央控制单元接收来自各个子系统的数据,并结合历史数据与预测模型进行分析,从而生成优化控制指令。指令下达后,配电系统可快速调整供电模式,弱电系统可同步调整相关设备的运行状态。这种模式下,人工干预大幅减少,系统能够在短时间内完成从信息采集到执行动作的全链条响应。在实际应用中,这类协同控制策略在大型商业综合体、医院、数据中心等用能密集型建筑中表现尤为突出,既保障了设备运行的连续性与安全性,又显著提高了能源利用效率。

在具体案例中,某大型智能园区应用了基于信息交互与能源管理的协同控制系统,通过全楼宇能源监

测平台与综合管理平台的无缝对接,实现空调、照明、电梯群控与配电系统的高效联动。在用电高峰期,系统可智能评估各区域的供电优先级,将电力精准分配至关键负载,保障核心功能稳定运行;在用电低谷期,则自动集中开启部分高耗能设备,以优化能源利用效率并降低运行成本。该协同控制模式显著提升了能源调度的灵活性和系统运行的稳定性,同时减轻了运维人员的管理压力,为智能建筑实现绿色高效运转提供了具有示范意义的可推广路径。

4 协同优化设计在典型智能建筑中的工程验证与效益分析

在工程验证阶段,弱电系统与高低压配电系统协同优化设计的成效,需要通过典型智能建筑的实际行动表现加以检验。某大型商务写字楼在规划初期即引入协同优化理念,将楼宇自动化控制、能源管理与配电系统统一纳入整体方案。在实施过程中,弱电系统的传感器网络与配电系统的监控终端通过统一通信平台实现互联,确保照明、空调、电梯、安防等子系统与供电系统的运行状态实时交互。项目投入运行后,建筑在能源利用效率、负荷分配均衡性及设备运行稳定性方面均得到显著提升,系统间的联动响应更加高效,整体运营表现出良好的节能性与可靠性。

在效益分析方面,这种协同优化设计不仅体现在能源节约,还在运维管理成本、设备使用寿命和系统可靠性上产生了综合收益。通过实时监测与预测性维护,系统能够在设备出现异常趋势时提前发出预警,减少突发性停机与维修事件的发生频率,延长关键设备的使用周期。弱电与配电系统的融合使得运维人员能够在同一管理平台上完成多系统的监控与调度,显著提升了管理效率,降低了对多专业分散管理的依赖。这种集中化、可视化的管理方式,也为后续建筑功能调整与扩展提供了便利条件,使得系统升级成本更低、周期更短。

长期运行的经济性评估结果表明,协同优化设计在智能建筑中的应用,不仅在运行初期即可显现出能源利用效率提升和运维成本下降的综合优势,在持续运行的5至7年周期内,其节能与管理效益的累计收益完全能够抵消前期设计与施工阶段因引入新技术和系统整合所增加的投资^[4-8]。这一结论凸显了该模式在全生命周期成本一效益平衡中的突出价值,既契合绿色建筑和可持续发展的政策导向,也符合投资方对经

济回报与资产保值增值的预期。通过对不同类型项目的横向比较与长周期的纵向跟踪,进一步验证了该设计理念在多种建筑场景中的适用性和可复制性,为未来智能建筑领域的系统集成、节能运行与高效运维提供了坚实的工程实践基础与理论支持。

5 结语

本研究围绕智能建筑中弱电系统与高低压配电的协同优化设计展开分析与论证,结合功能定位、设计原则、控制策略及工程验证,阐明了协同理念在提升能源利用效率、系统可靠性与运维管理水平方面的显著优势。实践结果表明,该模式不仅具备显著的节能与降耗效益,还能实现建筑运行的智能化与可持续化。未来推广应用将为智慧城市建设提供有力支撑。

参考文献

- [1] 王天豪. 智能建筑中弱电系统的布置研究[J]. 城镇建设,2025(5):50-52.
- [2] 朱亮. 智能建筑工程中弱电系统集成的难点突破与解决方案[C]//2025 工程技术应用与管理交流会论文集. 2025:1-2.
- [3] 施庆. 智能建筑弱电系统的运维管理挑战与对策[J]. 消费电子,2025(6):212-214.
- [4] 李恒. 智能建筑弱电系统集成与协同设计的关键技术研究[C]//2025 教育教学与课程建设学术交流会议论文集. 2025:1-3.
- [5] 王钊. 建筑智能化系统在工程中的应用研究[J]. 科技创新,2025(1):198-201.
- [6] 郭浩. 电子智能化在建筑电气设计强弱电中的应用[C]//2025 工程技术与材料应用学术交流会议论文集. 2025:1-2.
- [7] 冯继乾. 建筑智能化弱电施工中的物联网应用分析[J]. 科技资讯,2025,23(10):65-67.
- [8] 宋泽华. 网络通信技术下弱电智能化建筑系统分析[J]. 房地产导刊,2025(4):150-152.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS