

智能建筑电气设计与弱电系统集成研究

张博玮

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]人工智能、物联网以及绿色低碳理念的结合,使建筑物由原来的“被动节能”发展到现在的“主动智慧”,由弱电集成到数智生态的发展趋势,在这种情况下,智能建筑电气设计及弱电系统集成是实现建筑智慧运行的关键技术手段。文章总结智能建筑电气设计基本要求,在此基础上对目前电气及弱电系统存在的问题进行了探讨,包括系统间兼容性差、信息传输可靠性低、系统集成难度大以及智能化管理水平较低等问题,并从完善系统集成设计、提升系统兼容性和可靠性、推广 BIM 和物联网技术的应用、加强智能化运维管理和发展绿色节能型智能建筑等方面提出一系列措施建议,旨在为智能建筑电气设计提供指导。

[关键词]智能建筑; 电气设计; 弱电系统

DOI: 10.64635/ja.2026.1233

中图分类号: TU855

文献标识码: A

Research on Electrical Design and Weak-Current System Integration in Intelligent Buildingst

Zhang Bowei

Hebei Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000, China

Abstract: The integration of artificial intelligence, the Internet of Things, and green low-carbon concepts has promoted the transformation of buildings from “passive energy conservation” to “active intelligence,” and has further advanced the development trend from weak-current integration to a digital-intelligent ecosystem. In this context, electrical design and weak-current system integration in intelligent buildings have become key technical means for realizing intelligent building operation. This paper summarizes the basic requirements for electrical design in intelligent buildings and, on this basis, discusses current problems in electrical and weak-current systems, including poor compatibility among systems, low reliability of information transmission, difficulty in system integration, and a low level of intelligent management. A series of measures and suggestions are proposed, including improving system integration design, enhancing system compatibility and reliability, promoting the application of BIM and Internet of Things technologies, strengthening intelligent operation and maintenance management, and developing green energy-saving intelligent buildings. The aim is to provide guidance for electrical design in intelligent buildings.

Keywords: intelligent building; electrical design; weak-current system

引言

弱电智能化系统集成将通讯、安防、环境控制等子系统进行整合,使信息共享、协调控制,是智慧建筑、工业园区以及城市的升级的技术手段,在传统的建筑物内,空调、照明、安防、电梯等各种设备都是各自为战,信息不畅通,难以协同工作,造成建筑物工作效率低,资源浪费大。而建筑电气系统是供能和分配的主干,弱电系统是收集信息和控制的神经系统,二者是否能够有效结合,决定了智能化建筑是否能正常运作以及节能效果如何。建筑的“电气大脑”是集成了 IoT、AI、数字孪生、BMS/BAS

等技术的智能化管理核心,在全面感知、互联互通的基础上进行智能化判断使建筑由“被动应对”变为“主动预测”,带来更加安全、节能、便捷的使用方式及体验。本文结合实际需求,对智能建筑电气设计以及弱电系统集成进行研究分析。

1 智能建筑电气设计基本原则

1.1 系统集成与兼容协同

智能化建筑设计要坚持完整性原则,弱电系统的规划要以“安全、可靠、便捷、经济、环保”的总体原则,建立整体化、信息化、易维护的一体化的智能基础设施系统;

在智慧建筑的设计中,弱电智能化系统的融合至关重要,主要是通过把通信系统、安防系统、环境系统以及能源管理系统等各个子系统综合在一起实现互联互通、互相配合的功能,提高建筑运行效率和管理水平。开放性原则属于系统集成的必然需要。为此,在设计之初就应该选择兼容BACnet、Modbus、OPC UA等开放协议的产品和服务,采用分层结构对系统接入进行管理与控制,消除由于各个品牌的通信协议不同所造成的设备不能互通的现象,防止出现所谓的“信息烟囱”。建筑物内设施种类繁多而且十分多样,例如空调主机、灯具控制器、各种各样的探测仪、电度表还有门禁等等,如果它们之间的通信协议不能与BA系统的主流BACnet/IP兼容的话,就会出现数据分散各自封闭的情况,不利于后期的数据采集和共享,也会影响后期对设备系统的维护检修以及更新迭代。故此,从一开始就要考虑好协议的选择与接口的设计问题,保证以后可以顺利对接并良好运作。

1.2 可扩展设计与绿色节能

智能建筑电气设计也要注重可扩展性原则来应对未来的科学技术更新和技术提升的要求,随着物联网、AI、数字孪生等新兴科技的快速发展,建筑智能化系统迭代周期缩短,一旦前期设计未将可扩展性纳入考量,后期改造将不可避免地出现线路复杂、容量不够用、机房拥挤等情况,所以在配电容量、弱电井空间、走线通道以及机房面积方面都需要有一定的余量,另外系统平台结构也要采用模块化的构建方式以便后期增加新的设施设备或者应用软件。在绿色环保节能方面,电气系统是建筑中不可或缺的一部分,更是实施节能减排的有效载体,通过对建筑内智能灯具控制、冷热源联动调节、能耗统计分析以及负荷最优分配管理等方式可以大幅度减少建筑运行期间消耗的能量资源、提升能效水平。

2 智能建筑电气与弱电系统存在的问题

2.1 系统兼容性不足问题

系统兼容性不足是阻碍弱电集成主要因素。由于智能建筑内各子系统大多由不同厂家生产,各自使用不同的通讯协议及数据格式,楼宇自控系统(BACnet协议)与智能电表(Modbus协议)之间信息不能及时共享,这样一来,一方面在电力短缺时空调仍全速运转,另一方面在光伏电力过剩时却因监控滞后而无法消纳,造成资源的无谓浪费。这并非个案,在中国建筑节能协会的报告上显示,全国约60%以上智慧建筑由于协议不一致造成能耗数据获取延迟率在30%以上,每年带来约15%的能源浪费。

更换现有Modbus设备需要大量资金,而某商业综合体改造案例表明,设备购置费用占整个项目投资总额的42%。多种设备之间存在不同协议造成的信息孤岛问题成为系统集成的主要难题,也给后期维护和故障排查带来很大困扰。

2.2 信息传输稳定性问题

信息传输稳定性影响弱电系统正常工作。弱电系统负责处理楼宇自控、消防报警、安防监控等重要信息,对于通信及时性 & 可靠性有很高要求。但是现实中存在诸多问题,例如电磁干扰、网络堵塞以及延迟等。另外由于各个子系统(如安防、能耗、停车、楼宇自控)是由不同厂家生产并且使用不同协议与数据格式造成“数据孤岛”现象严重^[1]。如果某个子系统出现故障而未被发现,则与其相关的系统无法接收到信息从而使得维护人员不得不花费大量时间从众多无用信息中寻找有用的信息来做出判断,降低工作效率。此外,在弱电系统与办公网络共用物理链路上没有良好的网络隔离以及安全保障措施,在遭受网络攻击情况下会对建筑内重要控制系统造成威胁。

2.3 系统集成复杂度较高问题

系统集成复杂性问题 是弱电工程项目实施的主要难题。一般而言,大型智能化楼宇会有十几个甚至更多子系统,而采用传统一对一连接的方法需要编写大量的专门接口以及中间件,工作量繁重并且改造费用高昂。另外,由于智能化楼宇弱电工程的技术集成较为复杂、施工工艺不合理、缺乏有效的质量管理措施等原因容易造成系统问题的发生。而在传统的建筑物内,空调、照明、安防等多个系统都是相互独立工作的,信息不能共享,协调困难,造成楼宇使用率低,资源极大浪费。各个子系统之间采用点对点的方式进行连接,使得系统的故障诊断变得非常困难,同时对整个系统的升级也极为不便。

2.4 智能化管理水平不足问题

智能化管理水平不足限制了智能建筑发挥其应有的作用。在传统的运维模式中,各个子系统各自为战,工作人员需要学习不同的操作界面,还要在不同子系统的操作界面上进行切换。如今,智能建筑的发展方向已从被动响应转向主动预测,在收集设备信息的基础上,平台可以判断出系统的状态,并根据时间的变化预测可能出现的问题,在问题发生之前发出警报,但是目前大多数建筑物仍然使用人工巡查的方式进行维护工作,无法预见存在的隐患。传统的楼宇管理工作存在着三大难题:设备的状态看不到、能耗的方向看不到、运维的数据支离破碎。信息不共享、

数据不畅通的管理模式已经不能满足智能化建筑日益复杂的运维需求,在出现故障的情况下,运维人员需要花费大量的时间和精力在不同的系统之间查找相关信息,降低故障处理速度以及给客户带来不良体验。

3 智能建筑电气与弱电系统优化对策

3.1 完善系统集成设计体系

优化系统集成设计方案是彻底解决弱电集成问题的有效方法。建议使用“边缘-网络-平台”的三层结构来兼顾实时性和集中管理的需求,在边缘侧部署智能网关及传感器进行数据采集及本地预处理,在网络侧使用有线加无线混合组网以保证低延迟以及稳定性,在平台侧搭建统一的管理系统实现设备控制、分析及展示等功能。而在电气设计时就要把弱电系统融入总体方案中去综合考量供电能力、布线位置、机房大小等因素防止后期由于设计不到位而不得不重新施工。模块化设计提高系统的灵活性,主要方法有:功能分离,如安全防范、消防安全、能源管理等功能各自形成一个模块,之间用 API 进行通信;标准化接口,规定设备接入的标准,为多个系统间合作提供基础。

3.2 提高系统兼容与稳定性

提升系统兼容性和稳定性是保证弱电系统正常工作的基础工作。对于协议碎片化的问题,要部署能够进行多种协议转换的网关设备。使用可以处理多种协议的硬件网关,例如既可以解析 RS485 又可以解析 TCP/IP 的数据,需要注意的是网关的带宽以及稳定性,最好选择支持热插拔的工业级设备。工业级串口服务器具有宽温工作环境、高防护等级及良好的抗电磁干扰性能,在各种恶劣的工作环境中都能可靠的工作^[2]。而 BACnet 协议采用标准的对象模型以及良好的互操作性使得不同厂家的产品可以相互连接,在大型的商业楼宇、园区等场所常用来连接 HVAC、照明、电力、安全防范子系统等。从网络结构上来说,应该有层次化的安全防护机制,比如网络隔离、访问控制、数据加密等手段来保证系统的安全性以及防止外界对系统进行入侵或者造成信息泄露等问题。

3.3 推广 BIM 与物联网技术应用

推广 BIM 与物联网相结合的应用是提高弱电系统集成度的有效途径。BIM 可以给弱电系统的管道布置以及位置提供准确的三维空间信息,IoT 传感器构成感知层对各种信息进行采集。而在 BIM 与物联网结合过程中,BIM 提供了建筑空间、构件、属性等基本信息,而物联网则是利用传感器、执行器等设备不断获取环境的数据(例如温度、湿度、能耗、设备的状态等)、人们的行动以及空间

被占用的情况等形成的一系列数据流。上海建工四建集团打造的“四维·集智”平台拥有 3700m² 的 BIM 模型、1200 余份竣工资料以及 579 台设备档案资料,还有将近一亿条实时 IoT 数据,在下班之后无人的场所自动检测空调、照明等设备是否处于工作状态,可节约约 5% 能耗;根据当前的数据以及以往的工作单进行判断,提前预防设备出现故障并提供维修建议,可以提高工作效率约 20%,建筑物的“电气大脑”的主体结构包括感知层、网络层、决策层、执行层,整个过程都是自动化协作来达到由原来的反应式到现在的预见性的变化。下面总结 BIM 与物联网结合应用于弱电系统的部分功能及其优势。

表 1 BIM 与物联网技术在弱电系统集成中的应用要点

技术类别	主要功能	应用效果
BIM 模型驱动	管线三维排布、空间冲突检测、设备定位	提高管线预埋精度,减少施工返工
物联网感知层	传感器部署、实时数据采集与边缘预处理	实现建筑环境与设备状态的实时感知
协议转换网关	多协议转换、边缘计算、数据预处理	打通协议壁垒,实现跨系统数据互通
数字孪生平台	虚实映射、设备健康模型、故障预判	实现从被动响应向主动预测的范式转变
AI 智能调度	能耗优化与智能联动控制	年节能 5% 左右,工单处理效率提升 20%

3.4 加强智能化运行维护管理

提高智能化运行维护管理的水平,是保证弱电系统正常运转的必然要求。对于目前建筑弱电电源系统运维中存在的状态感知分散、故障发现慢、运维依靠经验等状况,急需使用更加智能的技术手段来加以改善。搭建弱电电源全链条数字孪生体,结合在线监测信息可以做到对电源运行情况进行实时反映、监控以及预测可能发生的故障;同时根据建筑运维知识库,把设备说明书、维保记录、历史工单以及当前 IoT 数据综合起来,AI 可以提前发现故障并且给出修理建议。一个真正意义上的 BOS(建筑操作系统)可以利用开放的标准流程来连接之前各自独立的各种系统并且对数据进行格式化以供 AI 分析并在一个界面上实现对整个建筑环境的整体监控^[3]。基于数字孪生的智能运维大大提升了弱电系统的维护效率以及可用性。

3.5 推进绿色节能型智能建筑建设

发展绿色环保节能智能建筑是电气设计及弱电系统集成最终目的,在国际能源署预计未来低碳能源可满足近一半电力需求背景下,建筑成为调节电网波动重要力量。而利用暖通空调、电动汽车充电桩、光伏以及储能设备,

建筑已具备显著“能源柔性”，弱电系统充当“能源管家”，对光伏发电量、储能充电及放电、用电侧负荷进行监控并合理调配。北京清河万象汇采用 AI 大模型智慧运维管理平台，“硬装+软件”，打造一条完整绿色之路，在智慧运维平台上运行后，2023 年全年节能量达到 18.4%，节约碳排放超过千吨，相当于种植树木大约 5 万棵^[4]。零碳建筑是以降低甚至接近于零碳排放为目标，对建筑能源使用方式进行改进，最大限度地使用可再生能源，提高系统的智能化程度，使建筑在整个寿命周期内的碳排放量尽可能小或为零。电气设计以及弱电系统集成都应以“双碳”为目标，让建筑由过去的能源消费者变成现在的主动型、智能型并且能够融入城市能源网路中的“零碳细胞”。

4 结语

智能建筑电气设计以及弱电系统集成是使建筑物智能化运行的重要手段。本文从系统性、兼容性、可扩展性和绿色节能四个方面提出设计原则，在此基础上对弱电系统集成存在的问题进行探讨并给出相应建议：一是完善系统集成设计方案；二是提升系统的兼容性和稳定性；三是

推广 BIM、物联网等新技术的应用；四是加强智能化运行维护管理；五是发展绿色节能型智能建筑。目前 AI 已经从“实验性工具”转变为“底层逻辑”，根据相关数据统计，90%以上的商业地产企业都把数字化工具作为其日常工作的一部分。在智能建筑行业进入“成熟期”，统一建筑操作系统、预测性运维以及边缘计算等新技术的应用，使电气及弱电系统朝着更高效、更智能、更环保方向发展，建筑物不再是消极的用电设备，而是积极主动地、智能化并且能够参与到城市能源网络中的“零碳细胞”。

【参考文献】

- [1]罗锦波.基于物联网的智能建筑弱电系统集成设计与能效优化研究[J].智能城市,2025,11(10):62-65.
- [2]黄书林.基于建筑电气设计中的强电系统设计分析[J].江西建材,2022(10):222-224.
- [3]史文晶.建筑电气设计中强电系统设计的分析[J].江西电力职业技术学院学报,2022,35(07):14-15+18.
- [4]许颖.弱电智能化系统设计与应用要点分析[J].智能建筑与智慧城市,2021(05):124-125.