

建筑电气智能化弱电系统安装及质量管理

辜文浩

(四川华西安装工程有限公司, 四川 成都 610000)

摘要 建筑电气智能化弱电系统是提升建筑功能、舒适度、安全性与效率的关键构成部分。本文结合具体项目案例,详细介绍了智能化高空抛物监控、楼宇自控、通信系统优化及智能消防等关键子系统的特点与应用状况,探讨了弱电工程施工过程中的桥架安装、电管敷设、线路铺设以及信息点位端接等工作重点,并分析了材料管理、综合布线管理和现场环境管理等质量管理措施,旨在为确保弱电系统的安装质量和实现长期稳定运行提供参考。研究表明,科学的系统设计、规范的施工工艺以及严格的质量管理是保障建筑电气智能化弱电系统工程顺利施工的关键。

关键词 建筑电气智能化弱电系统; 施工工艺; 质量管理; 楼宇自控; 综合布线

中图分类号: TU85

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.24.010

0 引言

建筑电气智能化弱电系统是衡量现代建筑先进性的核心指标之一,它不再只是简单起到辅助作用的设施,而是集成了通信、控制、安防等多元功能的复杂网络,直接影响着建筑的运营效率和使用者的日常体验。面对日益精密的系统设计和不断提升的功能要求,弱电工程的施工安装质量和后期运维保障尤为关键。如何在复杂的工程实践中有效规避潜在风险并确保各子系统精准落地且协同工作,是当前亟待解决的技术与管理方面的难题。

1 项目概况

项目位于我国南方沿海某市 CBD 区域,是集商业、酒店、办公楼为一体的综合性商业体。项目建筑面积 215 km²,含两栋 143 m、182 m 的超高层塔楼。建筑设计旨在打造国际领先的绿色、低碳、高度智能化标杆,对建筑电气智能化弱电系统提出了极高要求。项目弱电系统规划全面,涵盖了实现精细化环境调控与节能管理的楼宇自控系统(BAS)、保障园区安全的高清视频监控(含智能化高空抛物监测)与一体化安防系统、支撑高速信息交互的万兆主干综合布线与全覆盖无线网络、确保生命财产安全的智能消防报警及应急疏散系统,以及会议、广播、信息发布等多个高度集成的子系统。本项目的弱电工程不仅要求技术先进、功能完善,更强调系统间的深度融合与协同联动,以及施工安装的高标准与全周期质量管控,为用户提供极致高效、安全舒适的智能化体验^[1]。

2 建筑电气智能化弱电系统

2.1 智能化高空抛物监控系统

为了有效遏制高空抛物这种危害公共安全的行为,该项目专门部署先进的智能化高空抛物监控系统,在建筑外立面关键楼层每隔 5 层以及裙楼顶部有策略地布设总计 64 台搭载星光级 8MP 图像传感器的 4K 高清网络摄像机,所有摄像机都具备 IP67 防护等级和 IK10 防暴等级,通过千兆以太网接入,采用 H.265+ 编码技术有效降低存储需求,关键录像证据可在本地存储至少 90 天^[2]。

2.2 楼宇自控系统

楼宇自控系统的目标是实现对建筑内机电设备进行精细化管理以及能源优化,该系统采用基于 BACnet/IP 协议的分布式网络架构,核心部分是高性能的 32 位 DDC 控制器,它具备至少 1 GB 的内存,还有可扩展的 I/O 模块接口,系统的总监控点数超过 15 000 点,可全面监控管理空调通风系统,如 AHU、VAV 箱、风机盘管等,还有冷热源系统、给排水、送排风以及公共区域照明等,传感器网络包含精度达到 ± 0.3 °C 的温度传感器、 $\pm 3\%$ RH 的湿度传感器以及响应时间小于 60 秒的 CO₂ 传感器。中央工作站提供图形化监控界面、能耗分析报表,能精确到各区域、各系统,能耗数据采集频率小于等于 5 分钟,还具备故障诊断预警功能,目标是实现综合节能率不低于 15%^[3]。

2.3 通信系统优化

综合布线系统中的水平子系统采用屏蔽 Cat. 6A 铜缆解决方案,能够支持万兆以太网(10GBASE-T)传输

到桌面位置,信息点总数超过 8 000 个且所有链路都要通过 Fluke DSX-8000 等专业仪器进行永久链路测试,以此确保余量达到标准要求,垂直主干及建筑群子系统采用 OM4 多模光纤和 OS2 单模光纤混合部署的方式,核心层配置具备 40/100 Gbps 上联能力的高性能交换机,接入层交换机提供千兆 /2.5 Gbps 到桌面端口并且支持最新的 PoE++ (802.3bt Type 4) 标准,单端口可提供高达 90 W 功率来满足 IP 电话、高清摄像头及高性能无线 AP 的供电需求,无线网络采用 Wi-Fi 6E (802.11ax) 技术并通过精细的点位勘测与功率调优,确保办公区域无线信号覆盖强度优于 -65 dBm,支持 OFDMA 和 MU-MIMO 技术来实现高密并发接入且漫游切换时间小于 50 ms^[4]。

2.4 智能消防系统

智能消防系统的目标是提升火灾早期探测能力、降低误报率并实现高效智能联动。系统采用全地址编码技术,其核心是具备冗余配置的大容量火灾报警控制器 (FACP),单控制器回路容量能够达到 512 个地址点,系统总容量超过 20 000 个点。在探测层面广泛应用具备自诊断、抗污染补偿及多级灵敏度 (至少 3 级可调) 设置功能的光电感烟、感温复合探测器,还在数据中心、厨房等特殊场所配置吸气式极早期烟雾探测系统 (VESDA) 和图像型火灾探测器。系统具备强大的网络化能力,各控制器间通过冗余光纤环网连接来确保通信可靠,智能联动逻辑在接收火警确认信号后能于 2 秒内自动控制防火卷帘下降、正压送风 / 排烟风机启动、非消防电源切断、电梯迫降至首层,通过集成化的应急广播系统 (声压级 ≥ 75 dB(A),语音清晰度 STI ≥ 0.5) 及动态疏散指示系统引导人员安全撤离^[5]。

3 建筑电气智能化弱电系统施工

3.1 桥架安装

案例项目的弱电桥架安装严格依照《综合布线系统工程设计规范》(GB 50311-2016) 及《民用建筑电气设计标准》(GB 51348-2019) 等相关规范来执行,根据线缆路由、容量以及环境方面的要求,水平主干道选用 300×100 mm 及 200×100 mm 规格的热浸镀锌 (HDG) 槽式钢制桥架,以此确保具备优良的承重与屏蔽性能。数据中心区域采用铝合金梯式桥架从而有利于散热,桥架安装之前要精确进行放线定位,保证水平度偏差小于 2 mm/m 且垂直度偏差小于 3 mm/m。水平桥架吊装采用 M10 通丝吊杆并且支吊架间距严格控制 1.5 m 以内,垂直桥架沿墙或者柱敷设时固定点间距不超过 1.8 m,桥架连接处采用专用连接片并且要确保连接牢固、平整,整个桥架系统必须进行可靠

的电气连接,同时做好接地工作,使用不小于 6 mm² 的专用黄绿双色接地线 (PE 线) 通过接地螺栓与建筑物等电位联结带相连接,每段桥架本体及其非金属部件间的连接板两端需采用不小于 4mm² 的铜芯软导线做跨接,确保接地连续性电阻小于 0.1 Ω ,弱电桥架与强电桥架平行敷设时最小净距要保持在 300 mm 以上,交叉处采用金属隔板进行隔离,桥架转弯半径不小于其内部线缆允许最小弯曲半径且通常不小于 150 mm,以此确保线缆敷设安全。

3.2 电管安装

为了保证该项目里穿墙、楼板以及特殊区域弱电线缆安全规范,电管安装环节采用高标准作业方式,主要选用 JDG (紧定式镀锌钢管) 和 KBG (扣压式薄壁镀锌钢管) 系列金属管,规格以 $\varnothing 20$ mm 和 $\varnothing 25$ mm 作为主要选择,用于墙体暗敷以及吊顶内明敷使用,特定潮湿或者有腐蚀性气体的区域选用符合标准的 PVC-U 阻燃塑料管,管路敷设之前依据深化设计图纸进行精确定位,确保路径达到最短且弯曲数量最少,金属管路连接采用配套的直接头和锁母来连接,连接处做到紧密牢固并在管口加装塑料护口帽,以此防止损伤线缆绝缘层。管路弯曲采用专用弯管器进行冷弯操作,弯曲半径不小于管外径的 6 倍 (对于 PVC 管为 10 倍),并且两接线盒 (箱) 之间的弯曲角度总和不超过 270 度 (3 个直角弯),金属管路系统全长需要进行可靠接地处理,每段导管两端使用不小于 2.5 mm² 的铜芯软导线进行跨接,同时与接地干线实现可靠连接,管内穿线截面积严格控制在 40% 以内,以此保证散热以及未来扩容的空间。穿越防火分区及楼板的管路,其缝隙必须采用达到 2 小时耐火等级的防火泥或阻火模块严密有效封堵。

3.3 线路铺设

该项目弱电线缆敷设是确保系统性能的关键步骤,如 Cat. 6A 屏蔽双绞线、OM4 多模光纤及 OS2 单模光纤等各类线缆均选用符合设计及相关标准的优质产品,这些标准涵盖 TIA-568.2-D、ISO/IEC 11801 等。线缆敷设严格依照规划路由开展并遵循“先干线后支线”原则,于桥架或线槽内进行分层、分类、分束布放且不同类型线缆间保持适当间距,数据线缆与电力线缆平行敷设时最小净距需保持在 150 mm 以上,光纤和 Cat. 6A 数据缆敷设过程中严禁超出其允许最大拉伸力和最小弯曲半径,要使用专用放线架和牵引工具以避免线缆扭绞、打结或表皮损伤情况出现,所有线缆两端、转弯处及穿越楼层、防火分区处都要粘贴清晰、规范、耐久的标签且标签信息要与设计图纸及端接表完全对应,还要预留适当盘留长度,在设备端预留 3~5 m、

信息点处预留0.5~1 m以便于端接、测试和未来维护。

3.4 信息点位插座安装

信息点位插座作为用户接入网络的首个界面,该项目对它的安装质量要求特别高。首先要认真核对信息插座底盒的位置、标高(一般是距离地面300 mm)是否符合设计要求,从而确保底盒安装牢固又方正。其次开展线缆端接工作,对于Cat. 6A屏蔽信息模块,要小心剥除线缆外护套约25 mm,保留屏蔽层并按照规定要求进行接地处理,依照指定的T568B线色标准,把8芯线对精确且整齐地卡入IDC(绝缘刺破连接器)端子槽内,使用110型或兼容的专用冲击式打线工具完成端接,保证线对解绞长度不超过13 mm。端接完成之后,剪除多余的线芯,整理好线缆,将信息模块牢固地卡接在86型面板或地插模块架上。安装面板的时候,要确保其水平且垂直,紧紧贴在墙面上没有缝隙。所有安装完毕的信息点位都必须进行100%的永久链路性能测试,使用经过校准的Fluke DSX-8000或同等级别网络认证测试仪,依据TIA-568.2-D Cat. 6A或ISO/IEC 11801 Class EA标准开展测试,测试参数包含但不限于线序、长度(小于等于90 m)、插入损耗、近端串扰(NEXT)、远端串扰(ACR-F)等关键指标,所有测试结果都必须合格并且生成详细报告存档。最后在面板和配线架对应端口粘贴统一又清晰的标签,实现点位标识的可追溯性。

4 建筑电气智能化弱电系统质量管理

4.1 材料管理

严格开展材料管理工作是保障弱电系统质量的重要基石。所有进入施工现场的材料,都必须提供详细的产品规格书、原厂合格证、检测报告和国家强制性认证(3C)文件。项目部专门设立了材料验收小组,仔细核对品牌、型号、技术参数是否与设计要求完全一致,并且还要进行细致的外观检查,以此杜绝任何存在物理损伤或者规格不符的材料流入现场。对于核心交换机、服务器等关键设备需要进行通电测试,材料入库之后要分类存放在干燥、通风且安全的专用库房。对于精密电子设备要按照要求控制好温湿度,实行严格的领料制度,依据施工进度和用量凭单进行发放,以此确保专料专用,同时要做好详细的出入库记录,从而实现材料来源和去向的可追溯性。

4.2 综合布线管理

综合布线作为该项目信息传输的“高速公路”,其质量管理贯穿整个过程,施工的时候要严格按照最新标准来执行,质量管理部门要对线缆敷设的拉力(不超过

110 N)、弯曲半径(Cat. 6A安装时不小于8倍线缆外径)、线对解绞长度(端接时 ≤ 13 mm)等关键工艺参数进行全程旁站监督和随机抽查,所有超过8 000个的信息点位完成端接之后,必须采用经过认证校准的Fluke DSX-8000或同等级别测试仪进行100%的永久链路性能测试。同时,要建立完善的标签体系和竣工文档,涵盖点位图、配线架端接表及全套测试报告,以此确保系统的性能和可维护性。

4.3 环境管理

施工现场要一直保持整洁且有序的状态,施工垃圾需要做到日产日清,特别是在设备安装、线缆端接、光纤熔接等精密作业区域,要采取如使用吸尘器、临时封闭等有效的防尘措施,以此确保操作环境的洁净程度。严格执行成品保护相关制度,对已安装的桥架、线管、线缆、设备面板等采取覆盖、警示标识等保护措施,防止后续交叉作业造成污染或者损坏情况。加强与土建、装饰、机电等其他专业的沟通协调工作,合理安排施工时序并预留作业面,避免出现冲突和返工的问题。同时,要确保施工人员遵守安全操作规程,按要求佩戴个人防护用品(PPE),在设备调试和敏感区域作业时关注并维持适宜的温湿度环境,保障施工质量以及人员设备的安全。

5 结束语

建筑电气智能化弱电系统对于构建现代智慧建筑十分关键。通过探讨高空抛物监控、楼宇自控、通信优化和智能消防等核心子系统,详细阐述桥架、管线、布线以及端接等关键安装环节,同时强调覆盖材料、综合布线和现场环境的全方位质量管理。实践证明,只有将先进设计、规范施工和严格质量控制紧密结合,才能确保弱电工程成功交付与系统长期稳定运行,为实现建筑智能化、高效化和安全性奠定坚实的基础,以满足日益增长的用户需求。

参考文献:

- [1] 纪海洲.高层建筑电气设计要点及节能策略分析[J].产品可靠性报告,2025(03):113-114.
- [2] 帖成国.关于建筑电气技术在智能建筑中的应用策略[J].建材发展导向,2025,23(02):73-75.
- [3] 薛志明.建筑电气智能化弱电工程应用技术研究[J].智能建筑与智慧城市,2024(S1):107-109.
- [4] 陈子玮.建筑电气智能化弱电系统安装及质量管理[J].中国建设信息化,2024(24):68-71.
- [5] 傅长安.基于智能建筑理念的建筑电气智能化设计[J].新城建科技,2024,33(11):10-12.