

智能化技术在建筑电气工程中的应用

朱家乐

甘肃第四建设集团有限责任公司 甘肃 兰州 730060

摘要：随着科技的飞速发展，智能化技术在各个领域的应用愈发广泛，建筑电气工程也不例外。智能化技术的融入，不仅改变了传统建筑电气工程的运作模式，还极大地提升了工程的安全性、可靠性、节能性和管理效率。本文将对智能化技术在建筑电气工程中的应用进行探讨，首先概述智能化技术在该领域的相关情况，然后详细分析其具体应用，最后总结其带来的价值与未来发展趋势。

关键词：智能化技术；建筑电气工程；应用；节能；安全

引言

建筑电气工程作为建筑工程核心构成，涵盖电力、照明、消防等关键系统，其运行效能直接关乎建筑功能实现与安全保障。传统模式存在操作繁琐、故障难排查、能耗过高等痛点，而智能化技术凭借自动化与数字化优势成为破局关键。物联网、大数据等技术的演进，推动智能化在建筑电气工程中深度渗透，正重塑其技术架构，助力实现高效、安全、低碳的现代建筑运行体系。

1 智能化技术在建筑电气工程中的概述

1.1 智能化技术的内涵

在建筑电气工程领域，智能化技术是多学科交叉融合的技术体系，核心是通过嵌入式系统、工业总线、数字孪生等技术集成，构建具备自主感知、动态分析、智能决策和精准执行能力的电气控制系统。其技术架构分三层，感知层用分布式光纤传感器、智能电力仪表等，实时采集电压暂降等物理量，采样频率超1kHz，数据精度达0.5级；网络层采用BACnet等协议，结合5G边缘计算，实现毫秒级数据传输与本地预处理；应用层通过深度学习算法建模型，支持设备全生命周期管理。在建筑电气中，体现为智能断路器微秒级响应短路电流，照明控制系统依DALI协议实现1%精度调光，能效管理平台用AI优化变压器负载率，形成全维度智能管控体系^[1]。

1.2 智能化技术应用的发展动力

建筑行业的绿色转型需求构成了核心驱动力。根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》要求，新建公共建筑的暖通空调系统能耗需降低15%以上，这推动了变频调速、无功补偿等智能电气技术的规模化应用。商业建筑的运营成本压力进一步加速技术迭代，某甲级写字楼的实测数据显示，采用智能电力监控系统后，变压器运行损耗降低8.3%，年节电达12万kWh。技术层面，MEMS传感器成本十年间下降70%，使得温湿度、照度

等参数的分布式监测成为可能；边缘计算网关的算力提升至2TOPS，可在本地完成电力谐波分析等复杂运算；数字孪生平台实现了电气系统的三维可视化建模，模型精度达毫米级，支持设备运行状态的虚实映射。市场层面，智能建筑的租金溢价率平均达12%，倒逼开发商在电气系统中集成智能巡检机器人、AI视频监控等先进技术，形成“技术投入-资产增值”的正向循环。

1.3 智能化技术与传统建筑电气工程模式的差异

在控制范式上，传统模式采用继电器-接触器构成的逻辑控制回路，修改控制逻辑需重新布线，响应延迟通常在数百毫秒；智能化系统采用可编程逻辑控制器（PLC）与工业以太网架构，控制程序可在线迭代，通过PID算法实现闭环控制，动态调节响应时间缩短至50ms以内。在运维体系上，传统模式依赖人工巡检，采用红外测温枪等工具进行周期性检测，故障发现滞后性明显；智能化模式通过部署振动传感器、油色谱在线监测装置，实现变压器、高压柜等关键设备的状态检修，某项目的实践表明，其故障预警准确率达92%，检修成本降低40%。在系统集成度方面，传统电气系统存在“信息孤岛”，照明、安防、消防系统各自独立运行；智能化平台通过OPC UA协议实现跨系统数据融合，例如消防报警时可联动切断非消防负荷、启动应急照明，形成协同响应机制。在能效管理维度，传统模式采用人工抄表统计能耗，数据粒度仅到楼栋级；智能化系统通过电力物联网实现回路级能耗计量，结合AI算法生成节能方案，某商业综合体由此实现空调系统能耗降低18%^[2]。

2 智能化技术在建筑电气工程中的具体应用

2.1 智能电力监控系统

智能电力监控系统采用分层分布式架构，构建从配电终端到监控中心的全链路管控体系，硬件配置上，高压柜内数字式继电保护装置具备64点傅里叶变换功能，

可精确分析21次以内谐波分量,短路保护动作时间控制在20ms以内,低压回路智能仪表支持Modbus-RTU协议,实现32项电参数实时采集,采样间隔低至1秒,系统通过工业以太网交换机组建环网结构,采用IEC 61850通信标准,确保100Mbps带宽下确定性数据传输,网络抖动不超过5ms;监控中心SCADA系统搭载双机热备服务器,电力监控软件具备四遥功能,遥测精度达0.2级,可捕捉0.5%额定电流的微小变化,遥信响应时间小于1秒,支持2048个开关量状态监测,遥控操作采用“双确认”机制,执行成功率100%,遥调分辨率达1‰,可实现变压器分接头无级调节,针对谐波治理,内置APF控制模块能实时检测谐波电流并生成反向补偿电流,总谐波畸变率可从15%降至5%以下,满足GB/T 14549-1993要求;能效管理模块通过负荷曲线分析建立动态预测模型,采用LSTM神经网络算法,未来24小时负荷预测误差率低于3%,某商业综合体案例显示,该系统通过变压器经济运行控制,使高峰时段负载率维持在75%-85%最优区间,年节约损耗电量18.6万kWh,故障诊断系统采用多源数据融合技术,结合红外测温与油色谱分析结果构建故障树模型,对变压器过热、电缆接头老化等隐患识别准确率达96%,平均故障排除时间从传统模式的4小时缩短至45分钟。

2.2 智能照明系统

智能照明系统采用分布式控制架构,由总线型控制器、DALI数字驱动模块、微波红外复合传感器及LED智能灯具组成完整生态,其通信采用双通道设计,电力线载波(PLC)用于开关控制指令传输,无线ZigBee网络实现传感器数据交互,通信延迟控制在200ms以内,支持300个节点的级联扩展;在控制策略上,系统具备多维感知能力,光照传感器采用16位AD转换,测量范围0-20000lux,精度±3%,人体存在传感器采用双鉴检测技术,探测距离8米,角度120°,可区分人体活动与干扰热源,误报率低于0.1次/年,基于这些数据,系统执行PID调光算法,在办公区域实现50-500lux的连续可调,调节精度1%,满足GB 50034-2013中不同功能区的照度标准;能源管理方面,系统通过时空负荷分析实现动态节能,某写字楼项目数据显示,采用“日出日落自适应+人员密度联动”模式后,公共区域照明能耗降低42%,灯具寿命延长至5万小时以上,应急照明子系统采用EPS应急电源与智能疏散指示结合的方案,火灾时通过消防联动信号触发,指示灯具根据烟感分布动态调整逃生方向,疏散路径引导响应时间小于3秒,比传统静态指示缩短疏散时间30%;控制终端支持多元化操作,包括7英寸触摸屏(支持场景模式预设)、手机APP(支持蓝牙近场配置)

及语音控制模块(支持中文语义识别,准确率98%),系统还具备BIM模型集成能力,在三维界面中可直观显示各区域照明状态,支持单灯、分区、全局等多级控制,满足大型建筑的精细化管理需求。

2.3 智能消防系统

智能消防系统采用“感知-决策-执行”闭环架构,核心是具有边缘计算能力的火灾报警控制器,可接入2000个智能探测点,采用二总线制供电与通信,回路传输距离达1500米。火灾探测器采用多参数复合传感技术,集成烟雾光学散射、温度补偿、CO浓度检测功能,通过模糊算法识别真实火情与干扰因素,报警确认时间缩短至15秒,误报率降低至0.3次/年。系统联动控制采用逻辑矩阵编程模式,支持1024条联动公式。当确认火情后,能在3秒内启动预设程序:通过智能模块切断非消防电源(动作响应时间<50ms),控制排烟风机变频启动(0-50Hz无级调节),驱动防火卷帘门分步降落(每步停留时间可设),开启应急广播系统(分区语音播报,声压级≥85dB)。某超高层项目采用的消防水系统智能控制子模块,可通过压力传感器实时监测管网压力,自动调节喷淋泵转速,确保最不利点压力维持在0.15MPa±5%,同时记录水流指示器动作时间与位置,生成精确的火灾蔓延轨迹图。系统具备远程监控功能,通过4G工业路由器接入云平台,支持消防控制室图形显示装置(CRT)与移动端APP的数据同步。消防设施巡检采用RFID电子标签技术,每个消防栓、灭火器均配备唯一标识,巡检人员通过手持终端扫描即可记录状态信息,系统自动生成维保提醒,确保设备完好率100%。在电池管理方面,备用电源采用智能蓄电池监测模块,实时检测单体电池电压、内阻与温度,提前3个月预警蓄电池劣化,避免火灾时应急供电失效^[1]。

2.4 智能安防系统

智能安防系统构建“三层防护”体系,由perimeter防范、区域监控与重点部位管控组成。视频监控子系统采用H.265+编码技术,4K超高清摄像头(800万像素)具备智能分析功能,支持绊线跨越、区域入侵、物品遗留等12种行为识别,识别准确率白天≥98%,夜间≥92%。存储采用NVR分布式架构,支持RAID5冗余备份,录像保存时间30天,关键事件触发时自动转存为不可擦除文件。入侵报警系统采用光纤周界与振动电缆复合探测,光纤传感器采用马赫-曾德尔干涉原理,定位精度3米,可区分攀爬、剪切、冲击等不同入侵方式;室内采用微波红外双鉴探测器,覆盖半径12米,抗电磁干扰能力达30V/m。报警信号传输采用加密协议,从探测到中心报

警延迟 < 1秒,同时触发现场声光报警(声压级105dB,闪光频率1Hz)。门禁管理系统采用TCP/IP联网方式,控制器支持脱机工作模式,存储容量10万条记录。识别技术采用多模态生物识别,人脸识别模块支持双目活体检测(防伪率99.9%),指纹识别采用500DPI光学传感器,刷卡系统兼容CPU卡(加密算法SM4)。在电梯控制方面,系统通过楼层权限绑定,实现“刷脸呼梯+目的楼层直达”,访客可通过二维码临时授权,有效期精确到分钟级。系统集成平台采用开放式架构,通过ONVIF协议实现监控设备接入,采用SDK开发包对接门禁系统,支持安防事件与视频画面的联动弹窗,形成“事件-图像-处理”的完整闭环。某数据中心项目引入的智能巡检机器人,搭载热成像相机与气体传感器,可在封闭机房内自主导航(定位精度 $\pm 5\text{cm}$),实时监测配电柜温度与SF6浓度,弥补人工巡检的盲区。

2.5 智能楼宇自控系统

智能楼宇自控系统采用BACnet/IP协议构建管控网络,中央管理station支持10万个点的监控容量,现场控制器(DDC)采用32位ARM处理器,运算速度100MIPS,可独立运行800条控制程序;系统对空调系统采用焓值控制法,通过温湿度传感器采集数据,自动切换新风/回风比例,过渡季节实现100%新风运行,比传统系统节能25%;冷热源系统基于BP神经网络算法,结合多因素提前4小时预测冷负荷,动态调节冷水机组运行台数与出水

温度,某商业中心案例显示其使冷水机组COP值从3.2提升至3.8,年节约制冷能耗22万kWh;给排水系统监控覆盖多部位,液位传感器通过静压式测量,经PID控制实现水泵变频运行,维持水箱水位在30%-70%安全区间,排水泵具备液位差联动功能以减少无效能耗;系统能效分析模块采用IPMVP协议,可生成多维度能耗报表,某绿色建筑项目借此实现空调、给排水系统能耗分别降低30%、18%,达LEED白金级标准,同时具备设备管理功能,能延长设备平均无故障工作时间至18个月以上。

结语

智能化技术为建筑电气工程注入了革新动力,其在安全保障、能效提升等方面的价值已充分显现。随着技术迭代加速,建筑电气系统将迈向更深度的智能协同。行业需以技术创新为引领,持续探索应用边界,推动形成更适配现代建筑需求的解决方案,最终实现建筑功能与人文体验的融合升级,为绿色智能建筑发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1]续亮.建筑电气工程的智能化技术运用实践[J].河南建材,2022(1):40-42.
- [2]邹建华.建筑电气工程的智能化技术运用实践[J].中国建设信息化,2021(9):76-77.
- [3]江绍琦,梁欢,魏亦程,吴奇威.电气智能化技术在建筑工程中的应用思考[J].花炮科技与市场,2020(02):266.