

智能化技术在建筑电气设计中的应用

薛涛

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]智能化技术和建筑电气设计结合,对建筑物能源管理、安全防范及运营管理方式产生影响。从技术上讲,楼宇自动化、通讯自动化、安防自动化以物联网、云计算以及人工智能为基础,形成了包括感知层、网络层、平台层以及应用层的技术框架。从主要功能上看,智能照明、智能供配电、消防自动化、安防监控与楼宇自动化等系统均可以通过一个中心控制系统进行信息互通与协调控制,在传统建筑中各个子系统各自为战的局面被打破。从发展困境来看,系统兼容性差、网络安全问题、缺乏统一的标准规范以及缺少专业的人才才是阻碍这个行业进步的主要原因;而从发展趋势来看,BIM技术与电气设计的结合、物联网无处不在的连接、人工智能的预知维护以及以节能减排为目标能量管理等都会让未来的建筑物电气系统更加智能化、自我演化甚至实现碳中和。

[关键词]智能化技术;建筑电气设计;楼宇自动化

DOI: 10.64635/ja.2026.1231

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Application of Intelligent Technologies in Building Electrical Design

Xue Tao

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

Abstract: The integration of intelligent technologies with building electrical design has an important impact on building energy management, security protection, and operation management. From a technical perspective, building automation, communication automation, and security automation are based on the Internet of Things, cloud computing, and artificial intelligence, forming a technical framework that includes the perception layer, network layer, platform layer, and application layer. In terms of main functions, systems such as intelligent lighting, intelligent power supply and distribution, fire protection automation, security monitoring, and building automation can realize information exchange and coordinated control through a central control system, breaking the traditional situation in which various subsystems in buildings operate independently. In terms of development difficulties, poor system compatibility, cybersecurity risks, the lack of unified standards and specifications, and insufficient professional talent are the main factors hindering industry progress. In terms of development trends, the integration of BIM technology with electrical design, ubiquitous connectivity enabled by the Internet of Things, predictive maintenance driven by artificial intelligence, and energy management aimed at energy conservation and emission reduction will make future building electrical systems more intelligent, self-evolving, and even capable of supporting carbon neutrality.

Keywords: intelligent technology; building electrical design; building automation

引言

建筑电气系统是建筑物的重要组成部分,也是其正常运转的核心环节,负责供能、调温、安全以及通信等功能。传统的电气设计是以满足功能需求为基础,各个子系统之间相互独立工作,不能进行跨子系统的信息共享及协调配合,这就造成了能源浪费严重、反应迟缓、维护困难等一系列问题。而智能化技术的应用有效解决了以上问题。物

联网让设备无处不在地连接起来成为可能;人工智能让系统具有自我判断的能力;大数据让运行策略可以不断改进。目前,智能建筑电气设计已经从单纯的单个设备自动化发展到整体集成化和决策智能化,技术融合的程度和范围都在不断增加。本文主要对智能化技术在建筑电气设计中应用的基础、主要内容、存在问题以及未来发展方向进行阐述,以便于大家了解此方面的内容。

1 智能化技术的应用基础与支撑体系

智能建筑电气系统运行基于分层解耦技术方案，一般采用端边云协同方式。感知层部署各种传感器及执行器，监测环境以及设备情况；网络层利用 Modbus、BACnet、KNX 等工业通讯协议连接不同厂家产品；平台层负责收集各处信息并对其进行处理后保存，在此基础上运用算法对数据进行分析并提出解决方案；最后在应用层向管理人员以及用户提供操作界面以及相关控制功能。系统集成是智能建筑电气设计重要组成部分。集成不是简单的设备叠加，而是以一种技术手段把照明、空调、安防、能源管理等各个子系统整合起来，成为一个可以被感知、可以进行判断、可以执行的整体。基于建筑信息模型以及云平台的设计方案，在设计初期就可以做到对整个建筑物的电耗估算、设备的选择以及节能的效果预测，使得设计、施工、运维的信息畅通无阻。

2 智能化技术在建筑电气中的核心应用

2.1 智能照明控制系统设计

智能照明系统利用光照传感器、人体感应器以及调光驱动器进行操作，达到按需照明、场景控制的目的，在有

阳光的情况下减少灯光使用量，在有人时才开启灯光，无人时熄灭灯光，可节约电能达 30%以上，在办公室、酒店、医院等地可以设置会议、节电、清扫、夜晚等模式，可以通过按钮、手机或者语音选择不同模式。总线型 DALI 系统和无线 Zigbee/LoRa 系统各有特点，总线型 DALI 系统适用于新建大规模建筑物，而无线 Zigbee/LoRa 系统更有利于旧建筑进行升级。另外，引入恒照度控制算法之后，系统可以根据工作面上实时照度反馈调节灯具发出光线大小，在自然光变化时平缓进行补偿，减少由于频繁开闭造成人眼不适以及灯泡损坏。

2.2 智能供配电系统设计

智能供配电系统以传统的一次设备为基础，增加智能监测装置及通信模块，能够及时获取系统的电压、电流、功率因数、谐波等信息并通过边缘计算网关进行初步分析后再上传给能源管理系统，能源管理系统根据不同的分时电价以及负荷预测结果来决定是否改变变压器的工作方式或者是否投入无功补偿进行优化，对重要的一级负荷如数据中心或医院等可实现两路电源互为备用并且可以实现备用电源自动调配以保证供电可靠性和电能质量。

表 1 智能供配电系统关键设备选型对照

设备类型	传统方案	智能方案	性能提升指标
配电柜	普通断路器+指针式仪表	智能断路器+多功能电力仪表	遥测精度±0.5%，具备远程分合闸功能
变压器	普通干式变压器+独立温控仪	智能变压器（内置测温光纤+智能操显装置）	热点温度实时监测，过载能力动态评估
无功补偿	接触器投切电容器组	晶闸管开关+有源滤波器	动态响应时间≤20ms，谐波滤除率≥95%
电源切换	机械互锁式 ATS	智能双电源切换开关（带通讯接口）	切换时间≤100ms，状态信息联网上传
电能计量	传统电度表（人工抄表）	智能电表（支持 Modbus/IEC61850）	分时计量、远程集抄、线损在线分析

2.3 建筑消防自动报警系统设计

智能消防系统把传统的火灾报警控制器变成了一个网络化的信息平台，在其上连接各种类型的感烟、感温、感火焰探测器以及手动报警按钮，这些都通过专用线缆连接到控制器上，而且还可以和其他的视频监控进行联动，一旦有报警发生，最近的摄像机会立刻对准报警位置并将画面显示在监控中心屏幕上，以便值班人员及时了解情况。消防联动控制器根据预先设定好的程序发出报警声，点亮指示灯，打开排烟风机、消防水泵等，断开所有不必要的电源，把所有的电梯降到一楼。基于 LoRa 的无线烟感可以用于老社区的消防改造。在大型商业综合体中，消防报警系统与疏散指示系统紧密相连，在有火警情况下地面智能疏散指示灯会根据实际情况改变自身方向使人们远离着火点向最近的安全出口撤离。系统也会把报警位置、设备

动作情况、疏散通道阻塞程度等信息及时传送到城市消防远程监控中心，给消防人员到达之前做好战斗准备提供帮助。

2.4 安防监控与门禁控制系统设计

智能化安防系统是以视频监控为基础，集成了入侵报警、出入口管理和电子巡查等功能。高清网络摄像头遍布楼宇各处出入口、走廊、电梯厅以及地下停车场等地，具有人脸识别、越界检测及行为分析等功能。门禁系统采用刷卡、指纹或面部识别等方式进行认证，根据时间段和不同区域进行权限分配。最大的亮点是安防与消防之间的协同工作——一旦发生火灾情况被消防系统检测到时，门禁系统将解锁疏散通道上的电子锁，防止由于不能开门导致滞留影响逃生。

2.5 楼宇自动化控制系统设计

楼宇自动化系统是智能建筑的大脑，对暖通空调、给

排水、电梯、照明等机电设备进行集中监视和合理调配。该系统是分布式的,在现场有控制器完成设备级闭环控制,而在中央站则设置运行参数、保存历史数据以及报警等。智能楼宇系统集成是采用一种技术把建筑物中的照明、空调、安全防范、能耗等各个部分连成一体,成为一个能够被感觉到、能作出判断并且能够执行任务的整体,某大厦利用集成的方法使空调用电节约了 23%,而且使紧急疏散所花费的时间减少了 40%。在大型公共建筑内,楼宇自动化系统与建筑信息模型、数字孪生相结合,可以形成三维可视化运维平台,完成设备的空间位置查询以及故障的迅速定位并进行运维工单的处理。

3 建筑电气智能化存在的问题与优化措施

3.1 系统兼容性与成本问题

不同的生产厂家有不同的通信协议,如 BACnet、Modbus、KNX、LonWorks 等并存而且相互之间不能互操作,在进行系统集成时需要部署大量的协议转换网关,这样不但增加投资而且增加了出错率。目前,在智能建筑中电气自动化的难点就是技术标准不一致,系统的互通性差以及设备的价格过高。解决的方法有两个,一个是促进行业的开放的标准的的应用,在项目的招标过程中明确提出所有设备都必须支持一种或者多种标准的通信协议;另一个是在设计阶段就考虑到以后可能要加装其他的设备,所以在设计时要考虑留有足够的接口。

3.2 网络安全与运维管理挑战

大量电气设备连接互联网之后,暴露的风险急剧上升。智能电表、照明控制器等小型设备缺乏足够的计算能力实现传统的防火墙或者防病毒程序,如果被黑客攻破将会造成现实世界中的危害。智能化建筑内电气系统的整合也带来许多安全问题以及数据处理的问题以及标准化的问题。解决方案是:从系统设计上划分不同的安全区,在各个区域内部署工业防火墙以实现分区防护;对于每个设备进行身份验证并保证通讯的安全性;并且定期对系统进行漏洞检测并且及时升级固件。同时,要建立一致性的运维管理系统,对设备运行状况、告警情况以及访问日志等进行综合监测跟踪记录,增强异常事件发现的能力,对重要设备进行授权分层管控,防止运维人员的操作失误导致的安全隐患,定期开展网络安全应急演练及应急响应预案培训,以增强整体防御能力和及时应对水平。

3.3 标准体系建设与人才培养对策

智能建筑电气设计包括建筑、电气、通讯、计算机等众多学科领域,而设计院内各部门间缺乏沟通协调,造成

智能化设计深度不够、预留接口少以及后期施工中反复修改的问题。既有懂建筑设计、了解绿色理念又能进行数据分析及应用信息技术的人才非常稀缺^[1]。解决方法有三个方面:一是技术上,由行业主管部门组织制定统一智能化设计方案及验收标准;二是管理上,采用 BIM 技术进行协同设计,在前期设计过程中使各个专业之间能够相互交流共享信息;三是教育上,高校改革教学计划增加智能化相关课程内容;四是企业对员工进行定期技术培训。

4 智能化技术在建筑电气设计中的发展趋势

4.1 BIM 技术与智能化电气设计融合

建筑信息模型正在朝着以模型承载信息、以数据进行决策发展,在方案阶段就可以将电气设备参数、线路敷设路径以及负载等信息添加到模型中,模型会自动生成设备间碰撞检查及电缆长度计算并自动生成材料表^[2]。而利用基于 BIM 的性能化分析设计将绿色分析提前到方案设计阶段,在方案设计过程中就可以方便地查看项目的能耗、采光等问题。而在施工过程中,将模型中的相关内容导入到预制生产设备中进行工厂化生产如配电箱、桥架等;而在运维期间,通过已经完成建设的模型中的设备信息与运维管理系统连接,可以及时发现故障并且记录维修情况等形成设计到运维的一体化。

4.2 物联网技术的深入应用

物联网让大量末端设备低成本连接到网络上。无线传感器不需要布线线路就可以完成温度、湿度、光照、人员在场情况等信息收集工作,大大减少了对传统建筑进行智能化改造难度。基于 LoRa 或者 NB-IoT 广域低功耗网络适用于分布式的设备接入,在此基础上有 Wi-Fi6 以及 5G 可以满足视频监控等大流量的需求。利用传感器监测环境质量并反馈至新风系统,避免由于过度通风造成的浪费。物联网平台收集多种来源的信息之后,使用规则引擎实现设备间的协同操作,比如当会议室中 CO2 含量过高则会自动打开新风口;而当工位上没有人的情况下就会相应地熄灭这个位置上的灯泡以及空调末端。

4.3 人工智能驱动的智能运维发展

人工智能使建筑运维从被动到主动转变。设备端,利用机器学习算法以过去的数据为基础形成基准线,一旦当前运行情况偏离基准线就及时预警^[3]。利用机器学习算法预测出电梯故障,提前 24 小时进行预警。控制端,使用强化学习根据分时电价、天气预报以及人员在场情况进行实时调整暖通空调系统工作模式,在保证体验的同时节约能源消耗。安防端,基于计算机视觉可以检测到工人不戴

头盔、工人摔倒、未经授权进入区域等情况并且发送警报，代替人工监视的工作方式。

4.4 绿色低碳建筑智能化发展方向

双碳目标使建筑能效管理上升到新高度。智能电气系统是进行能耗信息采集和执行控制命令的设备，在建筑物减排过程中起着重要作用。建筑是能源消耗以及二氧化碳排放的重要部门，其低碳发展对实现双碳目标至关重要。发展方向有：源网荷储协调，智能微电网融合分布式光伏、储能装置以及电动汽车充电桩，根据发电预测及负荷情况调整储能充电或者放电；碳足迹可见，能源管理系统不仅记录用电量还可以计算出碳排放量，便于开展碳交易或节能改造等。需求侧响应，建筑用电负荷参与电网调度，在用电高峰时段主动减少不必要的负荷从而获得一定的电费优惠，达到双赢的目的。

5 结语

智能化技术正促进建筑电气设计由功能性到价值性

的变革。照明、供配电、消防、安防、楼宇自控等子系统不再是独立存在，而是依托一个平台进行信息互通以及相互协作，极大提高建筑物的安全性、节能性和舒适度。但是由于技术标准不一致、系统之间互相不能兼容、安全问题严重以及缺乏相应的人才等都是阻碍行业发展的障碍。未来 BIM 将贯穿整个建筑工程的设计施工运维过程；物联网让所有设备全部联网；AI 让整个建筑电气系统具有预见性和主动性；而绿色低碳又给建筑电气带来新的发展机遇。建筑电气将朝更加智能化、自主化、零碳的方向发展。

【参考文献】

- [1]庄伟蓉.“双碳”目标下绿色建筑设计的数字化转型路径[J].中国建设信息化,2025(24):32-34.
- [2]高晋蓉.智能化技术在建筑电气设计中的多场景应用及优化策略[J].电气技术与经济,2025(06):409-413.
- [3]谢明.建筑电气设计中的智能化与信息化技术应用探究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(03):52-54.