

建筑电气智能化控制系统的应用与发展趋势

胡均伟

332526*****6933

摘要: 建筑电气智能化控制系统通过物联网、人工智能等技术的集成与智能协同,重构了传统建筑电气依赖人工的管理模式,对提升用电效率、保障供电安全、降低能源消耗具有重要意义。当前传统电气控制存在响应滞后,难以快速处理突发故障;人工依赖度高,增加管理成本;多系统协同差,形成信息孤岛等问题,难以适配现代建筑对高效化、精细化管理的需求。本文围绕建筑电气智能化控制系统展开,系统梳理其核心功能的应用场景、关键支撑技术、不同建筑场景的适配路径,分析现存问题突破方向,探索未来发展趋势,旨在为建筑电气领域推广智能化控制提供科学思路,助力打造高效、安全、低碳的现代建筑电气管理体系。

关键词: 建筑电气;智能化控制系统;核心功能应用;关键支撑技术;场景适配;发展趋势

DOI: 10.69979/3029-2727.25.12.078

引言

随着建筑行业向数字化、智能化转型,传统依赖人工操作的电气控制方式已难以满足现代建筑的复杂需求。建筑电气系统涵盖照明、动力、安防、暖通等多个子系统,传统控制模式下各系统独立运行,缺乏数据交互与协同联动,易出现控制不精准,如照明亮度无法随环境调整;能源浪费,如设备空转耗能;故障排查难,如线路故障需逐一检测等问题,不仅增加管理成本,还制约建筑整体运行效率。建筑电气智能化控制系统借助物联网、人工智能等技术,实现对电气系统的实时监测、自动调控与协同管理,可有效破解传统控制的痛点。因此,研究建筑电气智能化控制系统的应用场景与发展趋势,成为推动建筑电气管理升级、实现建筑绿色高效运行的关键。本文从功能应用、技术支撑、场景适配、问题突破、发展趋势五个层面构建框架,为该系统的实践与发展提供清晰指引。

1 建筑电气智能化控制系统核心功能的应用场景

1.1 电气设备运行状态的实时监测与故障预警应用场景

该场景通过在电气设备关键部位部署传感器,如在变压器、配电柜、电机等设备上安装电流、电压、温度传感器,实时采集设备运行参数。采集的数据传输至控制系统平台,平台对数据进行实时分析,判断设备是否处于正常运行状态。当监测到参数异常,如变压器温度过高、电机电流超标时,系统自动发出故障预警,通过声光提示、短信通知等方式告知管理人员。同时,系统

可定位故障位置,如具体某台配电柜、某条线路,减少人工排查时间,帮助管理人员快速处理故障,避免故障扩大导致的供电中断,保障建筑电气系统稳定运行。

1.2 建筑内多电气子系统的协同联动控制应用场景

建筑内电气子系统包括照明、暖通、安防、电梯等,该场景通过智能化控制系统打破子系统间的信息壁垒,实现协同联动。例如,当安防系统监测到某区域有人进入时,控制系统自动联动该区域照明系统开启,同时调整暖通系统在该区域的送风参数,提升人员舒适度;当火灾报警系统触发时,控制系统立即切断火灾区域非必要电源,联动应急照明系统开启、电梯迫降,引导人员疏散。通过多子系统协同联动,避免各系统独立运行导致的资源浪费与功能冲突,提升建筑整体运行效率与安全性。

1.3 基于用能需求的电气系统动态节能调控应用场景

该场景根据建筑不同时段、不同区域的用能需求,对电气系统进行动态调控以实现节能。例如,在办公建筑工作日白天,根据人员分布调整照明开启区域与亮度,人员密集区域保持正常亮度,无人区域关闭照明;在夜间非工作时段,仅保留必要的应急照明与设备供电。对于暖通电气系统,根据室内外温度、人员数量动态调整空调运行参数,如温度设定、风速大小,避免设备满负荷运行。通过动态适配用能需求,减少不必要的能源消耗,降低建筑电气系统总能耗,符合绿色建筑发展要求。

2 建筑电气智能化控制系统的关键支撑技术

2.1 基于物联网的电气数据采集与传输技术

物联网技术是电气数据获取与传输的基础,该技术通过在建筑电气系统中部署各类传感器与智能终端,如智能电表、电流传感器、无线通信模块,实现对电气参数的全面采集。传感器具备低功耗、高精度特性,可长期稳定采集电流、电压、功率、能耗等数据。采集的数据通过无线通信技术,如 LoRa、WiFi、ZigBee 等传输至本地网关,再由网关汇总后上传至云端控制系统平台。该技术确保数据采集的实时性与完整性,避免传统人工抄表的数据滞后与误差,为智能化控制提供精准的数据支撑。

2.2 依托人工智能的电气控制决策与优化技术

人工智能技术为电气控制提供智能决策能力,该技术通过机器学习算法对历史电气数据、实时运行数据进行分析,构建控制决策模型。例如,通过分析建筑不同时段段的用能规律,模型可自动生成照明、暖通系统的优化控制策略;当电气系统出现参数异常时,AI 算法可快速识别故障类型,如线路过载、设备故障,并给出最优处理方案。同时,AI 算法具备自学习能力,可根据实际运行效果不断优化决策模型,提升控制策略的合理性与适应性,减少对人工经验的依赖,实现电气系统的自主智能调控。

2.3 结合数字孪生的电气系统可视化建模与仿真技术

数字孪生技术构建与建筑电气系统物理实体高度一致的虚拟模型,该技术通过三维建模软件将电气设备、线路布局、子系统连接关系等信息融入虚拟模型,形成数字孪生体。虚拟模型与物理系统实时同步,物理系统的运行状态、参数变化可实时映射到虚拟模型中,管理人员通过虚拟模型直观查看电气系统整体运行情况,如设备状态、线路负载。同时,可在虚拟模型中进行控制策略仿真,如模拟调整某区域照明控制方案,预测节能效果与对其他系统的影响,再将优化后的策略应用到物理系统,降低实际调控的风险与成本。

3 建筑电气智能化控制系统在不同建筑场景的适配路径

3.1 面向商业综合体的多业态电气智能控制适配路径

商业综合体包含商场、餐饮、办公、影院等多业态,用电需求复杂多样,适配路径需兼顾不同业态的特点。针对商场区域,控制系统重点优化照明与空调控制,根

据客流量调整照明亮度与空调运行参数;餐饮区域需加强电气设备负荷监测,如厨房设备的电流、温度监测,避免过载;办公区域则侧重节能调控,如下班自动断电、根据人员 presence 调整设备运行。同时,设置统一的中央控制平台,实现各业态电气系统的集中管理与协同联动,如统一监测各区域能耗,调配电力资源,确保商业综合体电气系统高效、稳定运行。

3.2 针对住宅建筑的个性化用电与安全管控适配路径

住宅建筑注重居民用电个性化与安全性,适配路径需满足居民多样化需求并强化安全防护。在个性化控制方面,居民可通过手机 APP 自定义家中照明亮度、空调温度、家电启停时间,如设置回家前自动开启空调预热;针对不同房间功能,如卧室、客厅,制定差异化控制策略。安全管控方面,系统实时监测住宅电气线路的电流、电压,当出现短路、漏电等隐患时,自动切断电源并发出预警;对燃气热水器、电暖气等大功率设备进行过载保护,防止电气火灾与触电事故,保障居民用电安全。

3.3 适配工业厂房的高负荷电气系统稳定控制适配路径

工业厂房电气系统负荷大、设备类型多,适配路径需以保障系统稳定运行为核心。针对高负荷设备,如生产品机械、大型压缩机,控制系统加强运行状态监测,实时监控设备电流、功率变化,避免长期满负荷运行导致设备损坏;设置负荷平衡控制策略,当多个高负荷设备同时运行时,动态调整设备启停顺序与运行功率,防止电网过载。同时,强化应急供电保障,配备备用电源与储能系统,当主电网断电时,快速切换至备用电源,确保生产设备不间断运行,减少因供电中断造成的生产损失。

4 建筑电气智能化控制系统现存问题的突破方向

4.1 解决多系统数据互通壁垒的标准化接口建设方向

当前不同电气子系统如照明、暖通、安防,常采用不同厂家的设备与控制协议,数据格式不统一,形成互通壁垒。突破方向需推进标准化接口建设,制定统一的数据通信协议与接口规范,如采用 BACnet、Modbus 等通用协议,确保不同厂家、不同类型的电气设备与子系统可实现数据交互。同时,建立数据转换中间件,对非标准数据进行格式转换,实现数据统一接入控制系统平

台，打破信息孤岛，为多系统协同控制提供数据互通基础。

4.2 提升系统抗干扰能力的电磁兼容技术优化方向

建筑电气系统中存在大量电磁干扰源，如电机、变压器、无线通信设备，易影响智能化控制系统的稳定性。突破方向需优化电磁兼容技术，在系统设计阶段，合理规划设备布局与线路走向，将敏感的控制设备与强电磁干扰源保持安全距离；对控制线路采用屏蔽线缆，减少电磁干扰对信号传输的影响。同时，在控制系统硬件中增加电磁滤波模块、浪涌保护器，抑制外部电磁干扰信号进入系统，提升系统在复杂电磁环境下的抗干扰能力，保障控制功能稳定实现。

4.3 降低系统运维复杂度的智能化运维平台构建方向

建筑电气智能化控制系统包含大量设备与软件，传统运维依赖人工巡检，复杂度高、效率低。突破方向需构建智能化运维平台，平台整合设备运行数据、故障记录、维护档案等信息，通过 AI 算法分析设备运行状态，预测设备寿命与潜在故障，如预测某台传感器即将失效，提前提醒更换。同时，平台提供远程运维功能，运维人员可通过平台远程查看设备状态、诊断故障、下发维护指令，减少现场巡检频次；自动生成运维报告，总结运维情况与优化建议，降低运维工作的复杂度与人工成本。

5 建筑电气智能化控制系统的未来发展趋势

5.1 融合 5G 技术的电气控制实时性与广连接发展趋势

5G 技术具备高带宽、低时延、广连接特性，未来将与建筑电气智能化控制系统深度融合。5G 技术可实现大量电气设备的同时连接，如在大型建筑中连接数千个传感器与智能终端，满足系统对广连接的需求；低时延特性确保电气数据传输与控制指令下发的实时性，如故障预警信号可瞬间传输至控制平台，控制指令快速作用于设备，提升系统响应速度。同时，5G 支持高清视频传输，可结合视频监控实现电气设备的可视化监测与远程操控，进一步提升控制系统的智能化水平。

5.2 面向零碳建筑的电气系统低碳化控制发展趋势

在零碳建筑理念推动下，电气智能化控制系统将向

低碳化方向发展。未来系统将加强与可再生能源的协同控制，如优化建筑光伏、储能系统的运行策略，最大化利用清洁能源；通过 AI 算法精准预测建筑用能需求与可再生能源出力，实现两者的动态匹配，减少对传统电网电能的依赖。同时，系统将强化碳足迹监测与管控，实时统计电气系统碳排放数据，识别高碳排放环节并优化控制策略，如降低高耗能设备运行时间，助力建筑电气系统实现碳中和目标，契合零碳建筑发展需求。

5.3 契合智慧城市的建筑电气与城市能源网协同控制发展趋势

随着智慧城市建设推进，建筑电气系统将成为城市能源网的重要组成部分，未来控制系统将实现与城市能源网的协同控制。建筑电气智能化控制系统与城市能源管理平台实时交互数据，如建筑用能需求、可再生能源出力、储能状态等；根据城市能源网的供电情况，如电价波动、供电紧张程度，动态调整建筑电气控制策略，如在电价低谷时多储存电能，在供电紧张时减少非必要用能，参与城市电网调峰。同时，城市能源网向建筑推送能源优化建议，实现建筑电气与城市能源网的协同优化，提升城市整体能源利用效率。

6 结论

本文围绕建筑电气智能化控制系统的应用与发展趋势展开研究，从核心功能应用、关键支撑技术、场景适配路径、现存问题突破、未来发展趋势五个维度梳理了关键内容。核心功能应用覆盖监测预警、协同控制、节能调控，解决传统控制痛点；关键技术为系统运行提供数据、决策与可视化支撑；场景适配实现不同建筑类型的精准应用；问题突破为系统优化提供方向；发展趋势指明未来升级路径。

参考文献

- [1] 陈涛. 基于物联网技术的建筑电气智能化系统设计与优化[J]. 绿色建造与智能建筑, 2023, (08): 78-81.
- [2] 宋铭洁. 浅析住宅社区建筑电气与智能化系统的设计方向[J]. 中国设备工程, 2023, (06): 33-35.
- [3] 柳全成. 基于无线通信技术的建筑电气智能化控制系统[J]. 自动化与仪器仪表, 2022, (11): 139-142.
- [4] 周毅. 建筑电气与建筑智能化技术热点问题探讨[J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(11): 77-78.
- [5] 李小龙. 智能建筑理念下建筑电气智能化设计探析[J]. 建材发展导向, 2020, 18(20): 65-67.