

医院建筑电气节能设计与智能控制策略探讨

鲍 磊

十堰市人民医院 湖北十堰 442000

摘 要：随着社会对医院建筑节能需求的日益增长，本文探讨了医院建筑在电气设计与智能控制策略方面的创新实践。文章从医院建筑的电气节能设计原则出发，分析了高效配电系统、智能照明、暖通空调系统优化等关键技术的应用，并进一步探讨了如何通过智能化能源管理系统、智能配电及运维系统来提升能效。最后，提出了一套全生命周期的电气节能与智能控制的优化路径，包括从规划、设计、施工到运行的全过程优化和分阶段实施智能化改造的实践策略。

关键词：医院建筑；电气节能；智能控制；全生命周期；节能优化

随着科学技术的进步，我国医疗事业发展迅速，更多大型的、新型的医疗设备被开发并广泛应用，因此，相应的电气系统安全及设备能耗问题也备受关注。而建筑电气设计中考虑的因素较多，相对复杂，如果设计深度不够，不仅不会降低能耗，而且会危及电气系统的安全运行甚至危及患者生命^[1]。因此，本文提出了一种结合电气节能设计与智能控制技术的综合策略，目的在于推动医院建筑向更高效、更环保的方向发展。

1. 医院建筑电气节能设计原则

在医院建筑设计中，电气节能不仅是技术问题，更是多维度的策略实施。安全性原则是设计的基石，特别是医疗设备的运行安全与电力供应的稳定性，这直接关系到医疗行为的安全和有效性。电力系统的可靠性也至关重要，它确保在紧急情况下，如自然灾害或系统故障时，医院能持续运作，不影响病患救治。电力使用的高效性是通过先进的技术和设计优化实现的，如智能配电和能源管理系统，它们提高能源利用率，减少浪费。智能化原则的应用，如实时数据监控和响应系统，使能源分配更加精确，有助于动态调整能耗，满足不同时间和区域的需求。可持续发展原则强调在设计和运营过程中应用低碳和环保技术。这包括利用可再生能源、优化建筑材料使用和废物管理，以推动绿色医院建设。这些原则的综合应用，不仅优化了医院的电气系统，也为医院的可持续发展提供了坚实的基础。

2. 医院建筑电气节能设计关键技术

2.1 高效配电系统设计

高效配电系统设计是医院能源利用的基石。变配电系

统优化应侧重选用高效率变压器，并充分考虑负荷峰值和用电负荷曲线，使配电设备工作在相对经济的范围。分区分级供电模式则可根据功能区域和医疗流程特点划分不同供电回路，例如将急诊科、重症监护室及手术室等关键区纳入更高等级的供电线路，以保证重要医疗设备持续运转。与此同时，低损耗输电线路设计需要关注电缆规格、走线长度和电缆敷设方式，运用合理的线路规划与先进材料，减少传输环节中的能量损耗，增强供电的高效性。

2.2 照明节能设计

照明系统占据医院整体能耗的显著部分，故对其节能改进极具意义。LED 照明与智能照明控制不仅能够在同等照度条件下实现更低功率消耗，而且在后期维护中展现出较高稳定性和较长寿命。除此之外，借助感应器与控制器，照明系统可结合空间使用情况及实际环境光强度自动调整开闭与亮度，进一步提高能效。日光利用与智能调光技术则通过合理设置窗户尺寸、玻璃材质和遮阳设施，引入自然光源并结合动态调光，在保证医疗行为顺利进行的前提下有效降低人工照明需求^[2]。

2.3 空调与暖通系统节能

空调与暖通系统是医院能耗的主要来源之一，且对温度、湿度和空气质量的精细控制要求极高。变频空调与智能温控技术可通过实时检测室内环境参数，灵活调节风机与压缩机的转速，避免设备在超负荷或低效区间内运行。同时，为满足各功能区不同温湿度需求，可利用传感器与中央控制系统对各分区进行微调。热回收与余热利用系统可在排风或制冷过程中回收废热，用于生活热水或其他辅助加热环

节,减少一次能源的消耗^[3]。这些技术通过与医疗流程相配合,打造兼具舒适性和高效性的就医环境。

2.4 电梯与动力系统优化

电梯和动力系统涉及频繁使用的机械设备,对于医院总体能耗影响不容忽视。变频电梯与能量回馈技术可在电梯减速或制动阶段,将势能转换成电能回馈电网或用于自给供电,显著提高能量利用率。在医疗环境中,某些特殊动力设备,如大型医疗影像设备或消毒灭菌装置,必须兼顾运转效率与安全性。为此,医院应选用高效电机并结合精准的控制逻辑,适当配置隔震与消噪装置,提升其整体运行的稳定性与节能效果。

2.5 可再生能源利用

可再生能源利用不仅能有效削减化石能源依赖,而且契合绿色医院发展的理念。分布式光伏发电应用适合在医院可利用的屋顶或外墙建设小型光伏电站,通过并网或离网模式为医院提供部分电力支持。这样的设计既可削减高峰时段的市电消耗,又可与储能装置结合,为应急供电提供更多保障。地源热泵与空气能热泵技术同样是行之有效的清洁能源解决方案,能够利用土壤或空气中的低品位热能,从而减少常规锅炉和空调系统的运行负荷。将这类技术与分时电价政策以及先进控制技术相衔接,可以在较长使用周期内取得经济效益与环保效益的双重回报。

3. 医院建筑智能控制策略

3.1 智能化能源管理系统(EMS)

在构建智能化能源管理系统时,可先建立统一的数据采集与传输平台,整合楼宇自控系统(BAS)、医疗设备监测模块以及其他能耗计量节点,保证获取的能耗数据具有完整性。多能协同优化控制需要在集中式数据库基础上,通过模块化控制逻辑对电、冷、热等多种能源类型进行动态分配。要实现多源切换时的实时管理,操作环节可包含:

- (1)将重要区域与低优先级空间分层纳入EMS调度范畴;
- (2)根据医疗流程安排自动分配能源比例;
- (3)利用资源峰谷特性与储能设备协调运用,配合先进的监测算法,避免出现负荷浪费。

负荷预测与智能调度可借助预测模型,综合既往住院率、手术量、气象因素等信息,通过机器学习手段生成多步能耗预报。管理人员可对这些动态结果进行评估,在指定时间段内调整设备运行计划与能耗分配方式,以期减少

过度投入^[4]。

3.2 智能配电系统

智能配电系统的部署需要与常规电网环境紧密衔接。微电网与储能系统的集成应从立项阶段就明确储能需求、配电容量与故障切换方案,务必确保在主电网异常或负荷突变的情境下,微电网具备快速接管核心负载的能力。此举可以通过在配电室设置自动切换装置,并预先分配储能单元的输出路径,实现局部区域的离网运行。智能变电站与数字化运维主要依赖先进的信息化平台,对变压器和开关设备进行在线监控,必要时结合温度传感器、红外检测仪等硬件手段,及时掌握配电房环境与设备健康状态。遇到过载、谐波失衡等异常状况时,能够在后台指挥中心自动生成预警,运维人员只需根据告警提示快速定位故障点并安排检修计划。

3.3 智能照明控制系统

在医院照明体系中,应创建可调光的LED网络,利用区域传感器侦测人员密度与环境亮度,按实际需求自适应调整。若要让基于传感器的自适应照明充分发挥作用,需要在病房、走廊、诊室等场所按功能差异设置照度阈值范围,并在系统中定义响应延迟与调光曲线。智能分区照明管理可进一步将医院各层楼宇按照功能类型,细分为门诊大厅、应急通道和药房窗口等区域。每个区域的照度与开启时长均可通过中控软件进行精细化操作。为了实现定时调度与手动干预的切换,需要规划对应的场景模式,如夜间病房巡查模式或突发手术准备模式,使照明系统以更灵活的方式满足不同要求。

3.4 暖通空调智能控制

暖通空调是医院运转的重要组成部分。要实现基于环境数据的动态调控,可在送风口、回风口以及关键房间布设多层传感装置,用来读取温度、湿度和空气品质等参数。监控平台在接收这些数据后,对除湿、加热或换气策略进行自动匹配,并将最优指令下达至分散式终端。AI算法优化空调运行策略可融入机器学习模型,通过分析既往就诊人数、气候变化规律与区域功能属性,得出不同分区的温度曲线建议。运维人员可以在开机时段、风机转速或水泵流量等方面作出适时微调,让系统保持在预设范围之内。为便于管理层跟进控制效果,应定期评估算法的预测精度,必要时更新模型参数或补充额外数据维度。

3.5 智能运维与故障预警系统

医院建筑在运行周期内难免出现设备老化或系统故障,

因而需要部署多层级的监测机制。大数据监测与设备寿命预测可将关键机电设备的运行时间、振动频率、电流波动等信息集中汇总,在服务器端运行寿命预测算法,计算潜在失效风险。当风险值接近警戒水平时,系统会通过智能界面向维护人员发出提示。远程运维与智能诊断同样是实践应用的重要步骤。依靠高带宽网络和云端服务,技术人员可以在异地进行参数校准与程序更新。现场如出现温控失灵或电气回路异常,可调取实时视频与相关传感器数据,指导本地人员检查或替换部件^[5]。上述运维模式不依赖传统的定期巡检方式,而是以风险管控为主线,能够加快应急处置速度并强化日常维护的精准度。

4. 医院建筑电气节能与智能控制的实践优化路径

4.1 全生命周期的节能设计优化

在规划阶段可先研究医院的功能定位、场地条件及用能特性,从而确定总体电气需求。期间不宜仅关注单一要素,应对供配电、照明以及暖通空调等子系统展开联动考虑,绘制整体能耗平衡图。设计阶段宜优先选用绿色材料与高效设备,同时结合模拟仿真手段校验方案可行性。若在施工环节需要多专业协同,则可通过分段验收和信息化监理方式,及时发现能效隐患与电气配合问题。使用阶段应继续优化建筑能耗,维护人员可每隔一段时间复查系统运行情况,并结合运维记录适度微调方案,保证设备在额定工况内工作。

4.2 分阶段实施智能化升级改造

鉴于医院日常运营的连贯性,可分阶段逐步推进智能化升级。先在急诊室、重症监护病房或手术室等关键区域试点,改造重点可涵盖智能照明控制、变频空调、应急备用电源等子系统。完成局部测试后,再评估医院整体布线、网络与机电设备的兼容性,为下一步投入提供经验依据。后续可在门诊大楼、住院大楼等人流密集区部署楼宇自控平台,并通过必要的传感器、数据处理模块将各子系统联结成有机整体。遇到硬件接口或协议不匹配时,需要充分调研当前设备的技术条件或软件版本,以免盲目升级造成资源浪费。分阶段模式还能通过多次验收迭代累积技术资源,逐步形成完备的智能化管理网络。

4.3 建立数据驱动的智能运维体系

构建智能运维体系的关键在于先把物联网(IoT)端点部署到用电需求集中的场所,包括配电室、机房、手术室和公共走廊等,保障实时数据采集的准确性。随后可选用大数

据平台在云端搭建分析环境,将采集到的能耗、设备状态和环境参数统一存储。模型建立时,应关注医院的业务峰值与低谷,用多重算法来预测供电负荷变化,方便运维人员提前调整设备运行参数。若想实现更加精细的调控,可进一步引入机器学习方法,根据既往运维经验和医疗科室排班信息,把握能耗分布的规律。为保证数据安全,相关网络要做好分级防护与访问权限设定,避免任何敏感信息泄漏。拥有完善的数据驱动体系,维护人员可以远程对局部故障进行复位或调整,减少线下巡检所占用的人力资源。

4.4 政策引导与标准化体系建设

从落实层面看,医院在规划和改造阶段须充分对接国家与地方的节能政策,尤其是对照建筑节能法规与相关电气技术规范,预先甄别医院现有系统中存在的合规性风险。若地方主管部门对光伏并网或储能应用具有特定审批要求,需在项目前期进行充分调研并提交技术依据。针对新建或改造项目,可参考行业标准的执行细则,合理选定配电设备等级与建筑能耗限值,确保在设计深度和施工质量上达到合规水准。医院内部也可根据政策走向组建专业团队,负责追踪行业标准的更新动态,将最新导则融入设备选型与运维规范之中。与此同时,需在采购阶段明确技术协议条款,确保供应商按照政策要求提供满足医院安全与节能要求的成套设施。若能够在执行过程中及时收集经验并进行归纳,未来或可将这些成果转化为更具可操作性的院内规范,进一步巩固医院电气节能与智能控制的实施成效。

5. 结论

医院建筑的电气节能与智能控制不仅能够实现能源使用的最优化,而且能够在确保医疗服务质量的前提下,降低运营成本。全生命周期的节能设计优化和智能化改造的实施,为医院节能减排提供了有效的策略和实施路径。未来,这些策略需要结合医院的具体运营特性进行细化和调整,以实现更广泛的应用和更好的节能效果。

参考文献:

- [1] 谌爱星. 医院特殊科室建筑电气设计的安全及节能措施分析[J]. 四川建材, 2023, 49(12): 203-204+240.
- [2] 王作舟. 医院建筑电气设计中节能技术的应用探讨[J]. 绿色环保建材, 2021, (12): 77-78.
- [3] 吴雨龙. 医院建筑中智能建筑设计的运用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (22): 76-78.

[4] 王永军. 医院建筑电气设计节能探讨 [J]. 现代建筑电气, 2021, 12(07): 41-45.

[5] 韩莅莉, 王婷, 辛天舒. 基于物联网技术的医院楼宇智能控制系统 [J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(06): 103-106.

作者简介:

鲍磊 (1993.01-), 男, 汉族, 湖北省十堰市, 本科, 助理工程师, 研究方向: 建筑电气。