

新型柔性配电系统在医院建筑电气智能化中的应用前景

陈锦涛 王帅超 陈海涛

河南中医药大学第一附属医院 河南 郑州 450000

摘要：新型柔性配电系统凭借其高可靠性、灵活性和智能化特性，为医院建筑电气智能化提供了重要技术支撑。该系统通过柔性拓扑结构、电力电子技术和智能控制手段，能够满足医院关键区域对连续供电和电能质量的严格要求，同时支持分布式能源接入与高效能源管理。本文分析了柔性配电系统的技术特征，探讨了其在提升供电可靠性、优化电能质量、实现节能降耗及推动智能化运维等方面的应用潜力，为医院电气系统的升级改造提供了理论参考。

关键词：新型柔性配电系统；医院建筑；电气智能化；供电可靠性

引言：医院作为高可靠性供电需求的重要场所，传统配电系统在应对动态负荷和电能质量问题时存在局限性。新型柔性配电系统通过柔性拓扑结构和智能控制技术，能够实现故障快速隔离、多电源协同供电及动态无功补偿，显著提升供电可靠性和电能质量。该系统支持分布式能源接入与需求侧响应，为医院节能降耗和智能化运维提供了新途径。研究柔性配电系统在医院电气智能化中的应用，对保障医疗安全、提高能源效率具有重要意义。

1 新型柔性配电系统的技术特征

1.1 柔性拓扑结构

柔性拓扑结构是新型柔性配电系统的重要组成部分，不同的结构形式具有各自的优势和适用场景^[1]。环网结构具备较高的供电可靠性，某一线路出现故障时，电力可通过环网其他线路传输，减少停电范围，适用于对供电连续性要求极高的医院关键区域，如手术室、重症监护室等。多馈线结构负荷分配能力强，能根据不同区域用电需求灵活调整电力供应，满足医院内不同科室因医疗设备和业务特点产生的负荷差异，例如放射科的大型设备与普通病房的用电需求就可通过多馈线结构进行合理分配。模块化结构便于系统扩展和升级，医院新增医疗设备或扩建院区时，可增加模块满足电力需求增长，灵活性和适应性强。在柔性拓扑结构应用中，柔性开关与刚性开关协同至关重要。柔性开关如SNOP、SOP等，可精确控制电力潮流，快速调整系统运行状态，提高供电稳定性和可靠性。刚性开关在系统基本保护和隔离方面发挥重要作用。两者相互配合，使配电系统在不同运行工况下保持高效、稳定运行。

1.2 关键技术支撑

电力电子技术是新型柔性配电系统的关键技术支撑。

直流断路器具有快速开断能力，能在系统故障时迅速切断电路，防止故障扩大，保障系统安全运行。电压源型变流器VSC可实现交直流电能转换，具有较高电能质量和控制精度，为医院直流负荷设备提供稳定电力^[2]。统一潮流控制器UPFC能灵活调节电力系统电压、电流和相位等参数，优化电能质量，提升系统稳定性与传输效率。通信与控制技术在新型柔性配电系统中同样重要。物联网传感器实时采集配电系统电压、电流、功率等运行数据，为系统监控控制提供准确信息。实时数据采集确保数据及时准确，助力系统发现处理潜在问题。AI算法驱动的负荷预测与故障诊断技术，通过分析历史和实时数据，准确预测医院用电负荷变化，提前调整电力供应，还能快速诊断系统故障，提高系统可靠性与运维效率。

1.3 与智能电网的融合

新型柔性配电系统与智能电网的融合，使其具备了强大的需求侧响应能力。通过对柔性负荷的调节，如调整一些可延迟或可调节的用电设备的运行时间和功率，实现电网供需平衡，提高电网的运行效率和稳定性^[3]。在能源利用方面，系统支持能量的双向流动，能够高效接入和消纳分布式能源如光伏、储能等。医院可以利用自身的屋顶等空间安装光伏设备，产生的电能可直接供医院使用，多余的电能还可并入电网，实现能源的高效利用和节能减排。

2 医院建筑电气智能化的核心需求

2.1 供电可靠性要求

医院作为救死扶伤的重要场所，其关键区域如手术室、ICU、急诊等对连续供电有着极强的依赖性。手术室内，各类精密的医疗仪器如麻醉机、监护仪等在手术过程中必须持续稳定运行，一旦出现断电情况，不仅会影响手术的正常进行，甚至可能危及患者的生命安全。

ICU中的重症患者需要24小时不间断的生命支持设备，这些设备的正常运转完全依赖于可靠的电力供应。急诊区域则随时可能接收危急重症患者，急救设备的正常使用离不开稳定的电力保障。确保这些关键区域的连续供电，是医院建筑电气智能化的首要任务。为了满足这一需求，故障自愈与快速恢复能力显得尤为重要^[4]。当配电系统出现故障时，系统需要能够迅速检测到故障点，并自动采取措施隔离故障，同时启动备用电源或切换到其他正常线路，以实现电力的快速恢复。这种能力可以最大限度地减少停电时间，保障医疗设备的持续运行，为患者的生命健康提供坚实的电力基础。

2.2 电能质量敏感性

医疗设备对电能质量有着极高的敏感性，电压波动、谐波干扰等问题都可能导致设备的运行异常甚至损坏。例如，CT、MRI等大型医疗设备在运行过程中对电压的稳定性要求非常高，电压的小幅波动都可能影响图像的质量，进而影响医生的诊断结果。一些精密的检验仪器对谐波干扰也十分敏感，谐波的存在可能会导致测量数据的不准确，影响检验结果的可靠性。动态无功补偿与电压稳定控制的需求在医院建筑电气智能化中至关重要。通过安装动态无功补偿装置，可以实时监测系统的无功功率变化，并及时进行补偿，以维持电压的稳定。采用先进的电压稳定控制技术，能够对系统电压进行精确调节，确保医疗设备在稳定的电压环境下运行，提高设备的可靠性和使用寿命。

2.3 能源管理与节能需求

医院作为高能耗场所，其能耗主要来自于医疗设备、空调、照明等方面。随着医院规模的不断扩大和医疗设备的日益增多，能耗也在不断增加，因此节能降耗成为医院发展的重要目标。在这种情况下，能源管理与节能需求成为医院建筑电气智能化的核心需求之一。分布式能源就地消纳与能源效率优化是实现节能降耗的重要手段^[5]。医院可以利用自身的场地资源，如屋顶、空地等，安装光伏、储能等分布式能源设备。这些设备产生的电能可以直接供医院使用，减少对传统电网的依赖，降低能源消耗和用电成本。通过对能源的合理管理和优化调度，如根据用电负荷的变化调整分布式能源的输出，实现能源的高效利用，进一步提高能源效率。

2.4 智能化运维需求

随着医院电气系统的日益复杂，对智能化运维的需求也越来越高。远程监控、故障预警与自动化管理成为提高运维效率和可靠性的关键。通过建立智能化的运维管理系统，运维人员可以在远程实时监控配电系统的

运行状态，及时发现潜在的问题和故障。系统还可以根据实时数据进行分析 and 预测，提前发出故障预警，以便运维人员及时采取措施进行处理，避免故障的发生和扩大。数据驱动的运维决策支持也是智能化运维的重要组成部分。通过对大量的运行数据进行分析 and 挖掘，可以为运维决策提供科学依据。例如，根据设备的运行数据和历史故障记录，制定合理的维护计划，优化设备的维护周期和维护内容，提高设备的可靠性和使用寿命^[6]。还可以通过数据分析，找出系统运行中的节能潜力，制定相应的节能措施，实现能源的优化管理。

3 新型柔性配电系统在医院中的应用潜力

3.1 提升供电可靠性与连续性

新型柔性配电系统的柔性闭环运行机制，为医院供电的稳定性和连续性提供有力保障。传统配电系统多采用开环运行方式，一旦线路出现故障，易造成大范围停电，影响医疗工作开展。而柔性配电系统通过柔性开关等设备构建闭环网络，发生故障时能够快速定位并隔离故障点，同时将电力通过其他路径输送，极大减少停电时间和影响范围。例如，在手术室中，若突发断电可能直接威胁患者生命安全，柔性闭环运行可确保即使某段线路故障，关键设备仍能持续获得电力支持。系统具备多电源协同供电能力，让医院供电更加灵活可靠。该系统支持分布式能源与储能系统高效接入，医院可在屋顶安装太阳能光伏板，在闲置区域配置储能电池。白天光照充足时，光伏系统优先满足医院用电需求，多余电能储存在电池中；夜间或阴天时，储能系统释放电能，与电网形成互补。这种模式不仅提高供电稳定性，还能在紧急情况下维持ICU、急诊等关键区域电力供应，保障医疗救治工作不中断。

3.2 优化电能质量

动态无功支撑与电压调节是保障医疗设备稳定运行的关键。医院内大量精密医疗设备对电压稳定性要求极高，电压波动可能导致设备运行异常，影响诊断和治疗效果。柔性配电系统通过动态无功补偿装置实时监测系统无功功率变化，及时提供无功补偿，提高功率因数，稳定电压。例如CT扫描仪等设备启动时会产生较大电流冲击，导致电压瞬间下降，动态无功支撑可快速响应，抑制电压波动，确保设备正常启动运行，避免因电压问题造成图像失真或设备损坏。谐波抑制与电能质量治理对降低设备故障风险意义重大。医院中非线性负载如LED照明、变频空调、医疗电子设备等会产生大量谐波，干扰其他设备正常工作，甚至引发故障。柔性配电系统配备的谐波抑制装置能实时监测谐波含量，生成补

偿电流抵消谐波,净化电能质量^[7]。以核磁共振设备为例,谐波干扰可能导致成像质量下降,影响诊断,有效的谐波抑制可确保设备在优质电能环境下运行,提高诊断准确性,延长设备使用寿命,降低维护成本。

3.3 支持能源管理与节能

分布式能源柔性接入实现了光伏、储能与电网的协同优化。医院可根据场地条件建设光伏发电系统,并配套储能装置,通过柔性配电系统实现三者之间的智能调度。当光伏发电量超过医院负荷时,多余电能存入储能系统或反馈至电网;在用电高峰或发电不足时,储能系统释放电能补充电网供电,实现能源的高效利用。例如,某医院通过屋顶光伏与储能系统配合,在白天用电高峰时段减少约30%的电网购电量,显著降低了能源支出。需求侧响应与负荷调节机制进一步提升了医院的能源管理效率。医院用电具有明显的峰谷差异,白天负荷集中,夜间相对较低。柔性配电系统可根据电价政策与负荷变化,自动调整非关键负荷的运行时间。例如,在用电高峰期推迟洗衣房、厨房设备的使用,或调低空调功率;在低谷时段则利用低价电能对储能系统充电,或安排设备检修。这种方式不仅缓解了高峰用电压力,还降低了整体电费成本,实现节能与经济运行的双重目标。

3.4 推动智能化运维升级

实时监控与数据分析技术大幅提升了医院电气系统的运维效率。柔性配电系统在关键节点部署传感器,实时采集电压、电流、温度等数据,并传输至中央控制平台,运维人员可通过界面实时掌握系统状态。例如,当某台变压器温度异常升高,系统会立即发出预警提示,便于及时处理,防止设备损坏。通过对历史数据的深入分析,还可发现设备运行规律,辅助制定更科学的运维策略,如优化空调系统运行时间以降低能耗^[8]。预测性维护与故障预警机制有效降低了运维成本与系统风险。基

于大数据分析 with 人工智能算法,系统可评估设备健康状况,提前识别潜在故障。例如,医院备用发电机通过监测振动、油温等参数,可预判部件磨损情况,提前更换易损件,确保其在紧急情况下能够正常启动。这种主动式维护方式不仅减少了突发故障带来的损失,还延长了设备使用寿命,提升了整体系统的稳定性和安全性。

结束语

新型柔性配电系统为医院建筑电气智能化提供了创新解决方案,在供电可靠性、电能质量优化和能源管理方面的优势显著。随着电力电子技术和智能控制技术的不断发展,柔性配电系统将在医院电气系统中发挥更大作用。未来需进一步研究系统经济性和标准化问题,以推动其更广泛的应用,助力医院实现安全、高效、绿色的电力供应。

参考文献

- [1]毛瑞明.智能建筑电气设备安装质量控制措施研究[J].造纸装备及材料,2025,54(02):37-39.
- [2]戴佐政,高小争.智能建筑电气设备安装质量控制措施探讨[J].全面腐蚀控制,2025,39(01):108-111.
- [3]祁汉逸.多种类型建筑改造方舱医院电气设计[J].现代建筑电气,2023,14(2):43-46,51.
- [4]郭东明.电子信息技术在医院建筑电气智能化工程的相关运用思考[J].中华建设,2024(6):158-160.
- [5]祁汉逸.会展建筑改造方舱医院电气设计剖析[J].现代建筑电气,2023,14(1):32-36.
- [6]吴有仕.医院建筑电气施工中火灾自动报警系统安装技术研究[J].建筑与施工,2024,3(14):86-87.
- [7]江敏.医院建筑电气设计要点及探讨[J].现代物业,2023(29):25-27.
- [8]杜朋亮,王洁新.综合性医院建筑电气自动化设计要点分析[J].丝路视野,2023(2):133-135.