

# 大型三甲医院供配电设计中的谐波治理方案研究

周允青

珠海智宇机电工程有限公司 广东珠海 519000

**摘要：**本研究聚焦大型三甲医院供配电设计中的谐波治理方案。通过对医院供配电系统特点及谐波产生原因的深入分析，运用创新的监测与评估方法，提出针对性强且具创新性的谐波治理对策，旨在提升医院供配电系统的稳定性与电能质量。

**关键词：**大型三甲医院；供配电设计；谐波治理；创新方案

## 引言

大型三甲医院对供配电系统的稳定性和电能质量要求极高，谐波问题严重影响其正常运行。当前相关研究存在一定局限，本研究旨在探索创新的谐波治理方案，以满足医院日益增长的用电需求。

## 一、大型三甲医院供配电系统概述

大型三甲医院供配电系统呈现“多回路、高可靠性、分层配电”的结构特点。为保障医疗设备连续运行，系统采用双电源甚至多电源供电，主电源与备用电源通过ATS自动切换装置连接，确保某一电源故障时快速切换，如手术室、ICU病房的供电回路需实现“双回路末端互投”，避免断电影响手术或重症监护；系统按负荷重要性分层配电，重要医疗负荷单独回路供电，且配备UPS不间断电源，普通负荷共用回路，分层结构既保障关键设备供电安全，又优化资源配置。如以下表1所示。

表1 护理单元功能分区面积比例表

功能区	面积 (m <sup>2</sup> )	比例%	备注
病员护理区	887	37.4	病房、活动场所
交通面积	955	40.3	竖向交通(含污梯)
医护面积	402	16.9	库房、卫生间
生活区	40	1.7	配餐、茶水
污废区	23	1.0	污洗间
设备间	64	2.7	管道
总计	2371	100.00	1个护理单元
护理单元总床位数	47床		
病房数	47床(1床/间:3间,2床/间:22间)		

**作者简介：**周允青(1991.09-)，汉，男，广东雷州人，本科学历，目前职称是建筑电气设计工程师，研究方向为电力工程电气设计。

## 二、谐波对医院供配电系统的影响

### (一) 设备损坏风险

谐波会加剧医院供配电设备与医疗设备的老化，增加损坏风险。对配电设备而言，谐波电流会导致变压器、电缆、开关设备产生额外损耗，如变压器运行时，谐波电流会引起铁芯损耗与铜损增加，导致变压器温度升高，绝缘层加速老化，缩短使用寿命，某医院因谐波影响，一台10kV变压器运行温度较正常情况升高20℃，绝缘电阻值下降，被迫提前大修；对医疗设备而言，谐波会干扰设备电路正常工作，如监护仪的信号采集电路受谐波影响，可能出现数据漂移，呼吸机的电机驱动电路因谐波冲击，易出现晶体管烧毁，某医院ICU病房曾因7次谐波超标，导致两台呼吸机电机损坏，影响重症患者呼吸支持，需紧急更换设备。

### (二) 电能质量下降

谐波会导致医院供配电系统电能质量显著下降，表现为“电压畸变、频率波动、功率因数降低”。电压畸变是最直接的影响，谐波电流流过线路阻抗时产生谐波电压，使电压波形偏离正弦波，如3次谐波会导致中性线电压升高，某医院门诊楼中性线电压因3次谐波叠加升至100V，远超标准的50V，导致照明灯具烧毁；频率波动体现在谐波会干扰电网频率稳定，尤其当医院内部谐波与外部电网谐波共振时，频率波动幅度增大，影响依赖稳定频率的设备(如核磁共振设备)，导致成像质量下降；功率因数降低源于谐波电流与电压不同步，增加无功功率消耗，医院需投入更多无功补偿设备，且线路损耗增加，某医院因谐波导致功率因数从0.92降至0.85，每月多支付无功电费，同时线路损耗增加，供电效率下降。

### (三) 安全隐患分析

谐波会给医院供配电系统带来“火灾风险、触电风

险、应急系统失效”等安全隐患。火灾风险体现在谐波导致的额外发热，如电缆因谐波电流产生过热，若电缆桥架内通风不良，热量积聚可能引燃绝缘层，某医院住院楼电缆桥架曾因谐波导致电缆过热，出现绝缘层冒烟，幸及时发现未引发火灾；触电风险源于中性线电压升高，医院供配电系统中，中性线通常接地，若谐波导致中性线电压升高，会使接地系统电位偏移，人员接触设备外壳时，可能因外壳带电发生触电事故；应急系统失效风险表现为谐波干扰UPS、应急照明系统，如UPS逆变器受谐波影响，无法稳定输出电压，应急照明在断电时无法正常点亮，某医院曾因谐波干扰，应急照明系统在电网停电时延迟启动，影响人员疏散与应急救援。如下表2所示。

表2 各室内场所设计照度

房间或场所	照明功率密度 (W/m <sup>2</sup> )	对应照度值 (lx)
治疗室、诊室	9	300
化验室	15	500
候诊室、挂号厅	6.5	200
病房	5	100
护士站	9	300
办公室	9	300
走廊	4.5	100
手术室	25	750
药房	15	500

### 三、谐波监测与评估创新方法

#### (一) 新型监测技术

采用“分布式传感+云端平台”的新型监测技术，实现医院供配电系统谐波的全面、实时监测。在医院各变配电室、关键设备配电箱内部署谐波监测传感器，传感器采用高精度电流电压互感器，可采集0-50次谐波数据，支持4G/5G无线传输，无需布线，适配医院复杂的配电环境；在ICU、手术室、医技楼等关键区域，采用光纤传感技术监测电缆温度与谐波电流，光纤传感器抗电磁干扰能力强，适合医疗设备密集、电磁环境复杂的场景。

#### (二) 评估指标体系

构建“多维度、分层级”的谐波评估指标体系，全面衡量医院供配电系统谐波影响。基础指标包括总谐波畸变率 (THD)、各次谐波含有率 (如3次、5次、7次谐波含有率)，严格参照《电能质量公用电网谐波》国家标准，明确不同区域的限值，如手术室的THD限值为5%，普通办公区域为8%；设备影响指标涵盖谐波对

关键医疗设备的干扰程度，如监测核磁共振设备的成像误差率、呼吸机的运行稳定性，量化谐波与设备故障的关联度；通过分层级指标 (基础指标-设备指标-安全指标)，形成完整的评估链条，某医院依据该体系，将门诊楼谐波风险评估为“中等风险”，针对性制定治理方案。

#### (三) 数据分析模型

开发“机器学习+谐波溯源”的数据分析模型，提升谐波监测数据的应用价值。模型基于历史监测数据，通过机器学习算法 (如随机森林、神经网络) 分析谐波变化规律，预测不同时段、不同设备运行状态下的谐波含量，如预测手术高峰期、CT机集中使用时段的谐波峰值，提前做好治理准备；引入谐波溯源算法，通过分析各回路谐波数据的相位、幅值关系，定位谐波主要产生源，如通过对比MRI设备运行前后的谐波数据，确定MRI设备是3次谐波的主要来源；模型还可模拟不同治理方案的效果，如模拟投入无源滤波器后，各次谐波含有率的下降幅度，为治理方案选择提供数据支撑，某医院通过该模型，成功定位出4台CT机是5次谐波的主要来源，为针对性治理奠定基础。

### 四、谐波治理创新对策

#### (一) 主动治理策略

采用“源头控制+动态补偿”的主动治理策略，从谐波产生源头减少谐波注入。源头控制方面，在采购医疗设备时，优先选择低谐波设备，要求设备出厂前进行谐波测试，提供谐波含量检测报告，如采购新的血液透析机时，选择THD ≤ 3%的机型；对现有高谐波设备进行改造，如为变频器加装输入滤波器，减少变频器产生的高次谐波，为大型电机安装软启动器，降低启动时的谐波冲击；动态补偿方面，在关键配电回路安装有源电力滤波器 (APF)，APF可实时检测谐波电流，通过注入反向谐波电流抵消原有谐波，实现动态补偿。

#### (二) 无源滤波优化

通过“拓扑结构优化+参数精准设计”优化无源滤波方案，提升滤波效果与稳定性。拓扑结构上，采用“单调谐滤波器+高通滤波器”的组合拓扑，单调谐滤波器针对3次、5次、7次等主要谐波，高通滤波器抑制11次及以上高次谐波，组合拓扑可覆盖医院主要谐波次数，避免单一滤波器的局限性；参数设计上，基于谐波监测数据与设备特性，精准计算滤波器的电感、电容、电阻参数，如根据3次谐波的频率与电流，计算单调谐滤波器的电感值，确保滤波器在谐振频率下阻抗最小，滤波效果最佳。

### （三）智能控制系统

构建“监测-分析-控制”一体化的智能控制系统，实现谐波治理的自动化、精细化。系统与谐波监测平台无缝对接，实时获取各回路谐波数据与设备运行状态；通过内置的数据分析模块，自动判断谐波超标原因与严重程度，如分析得出谐波超标源于CT机集中运行，系统自动确定治理优先级；控制模块根据分析结果，自动调节治理设备运行参数，如当3次谐波超标时，自动增大单调谐滤波器的投入容量，当高次谐波增加时，启动高通滤波器；系统还支持远程控制与手动干预，管理人员可通过平台远程调整治理策略，在特殊情况（如大型设备检修）下手动切换治理模式，某医院应用该系统后，谐波治理的自动化率达90%，无需人工频繁调整，治理效果稳定，关键医疗设备的故障率下降40%。

## 五、谐波治理方案实施与展望

### （一）方案实施步骤

医院谐波治理方案实施遵循“前期准备-试点验证-全面推广-验收评估”四步流程。前期准备阶段，完成全院供配电系统调研、谐波监测（持续1个月）、治理方案设计，明确各区域治理目标与设备选型，如确定在ICU、手术室、医技楼分别安装APF与无源滤波器；试点验证阶段，选择医技楼作为试点区域，安装监测与治理设备，运行3个月，监测治理效果，优化方案参数，如调整APF的补偿响应时间，确保与医技楼设备运行节奏匹配；全面推广阶段，按优化后的方案，在全院各区域安装治理设备，同步完成系统调试与人员培训，确保设备正常运行；验收评估阶段，邀请第三方机构检测全院谐波含量，对比治理前后数据，评估是否达到设计目标，同时建立设备台账与运维制度，某医院按该步骤实施，历时6个月完成全院谐波治理，验收时所有区域谐波指标均符合国家标准。

### （二）预期效果分析

实施谐波治理方案后，医院供配电系统将实现“电能质量提升、设备寿命延长、安全风险降低”的预期效果。电能质量方面，全院总谐波畸变率（THD）将控制在5%以内，各次谐波含有率符合国家标准，电压波动、频率偏差维持在允许范围，为精密医疗设备提供稳定的供电环境，如核磁共振设备成像质量提升，检测误差率

下降；设备寿命方面，变压器、电缆、开关设备的额外损耗减少，运行温度降低，使用寿命延长5-8年，医疗设备故障率下降30%-50%，减少设备维修与更换成本；安全风险方面，电缆过热、中性线电压升高、接地电位偏移等问题得到解决，火灾、触电风险显著降低，应急系统在谐波环境下可稳定运行，保障医院供电安全与诊疗工作连续开展。

### （三）未来发展方向

未来医院谐波治理将向“智能化、集成化、绿色化”方向发展。智能化方面，引入数字孪生技术，构建医院供配电系统虚拟模型，实时映射物理系统的谐波状态，通过模拟不同场景（如新增医疗设备、电网波动）下的谐波变化，提前优化治理方案；集成化方面，将谐波治理系统与医院能源管理系统、设备管理系统融合，实现“谐波治理-能源节约-设备维护”一体化管理，如谐波治理数据用于优化能源调度，减少能源浪费；绿色化方面，研发低能耗、可回收的谐波治理设备，如采用环保型电容、电感材料，设备报废后可回收利用。

## 结束语

本研究提出的大型三甲医院供配电设计中的谐波治理创新方案，为解决医院谐波问题提供了新的思路和方法，有望提升医院供配电系统的可靠性和稳定性，为医院的安全运行提供有力保障。

## 参考文献

- [1] 金焕章.绿色节能理念在医院建筑电气设计中的融合应用分析[J].中国建筑金属结构, 2025, 24(07): 41-43.
- [2] 吴谦诚.三甲医院康复中心大楼供配电系统设计应用分析[J].中国高新科技, 2024, (22): 64-66.
- [3] 杨鹏.某三甲综合医院电气设计要点[J].现代建筑电气, 2023, 14(05): 9-15.
- [4] 李周林.某大型三甲医院科研实验室电气设计探讨[J].智能建筑电气技术, 2020, 14(02): 41-45.
- [5] 张俊.如何提升三甲医院供配电系统安全可靠[J].科技创新导报, 2019, 16(04): 38-39.