

电力通信可视化调度监控研究与应用分析

萨日娜

呼和浩特供电公司 内蒙古 呼和浩特 010010

摘要：随着智能电网建设的持续深入推进，电力通信网络规模呈几何级数增长，其拓扑结构愈发复杂，业务类型也日益繁多。本文聚焦于电力通信可视化调度监控的研究与应用。首先阐述电力通信可视化技术的基本概念，接着详细介绍电力通信系统可视化平台的设计，涵盖技术线路、系统构架以及功能设计等方面。随后深入探讨电力可视化调度监控技术在电力领域的具体应用，包括二维反时限曲线、电网调度可视化控制，以及在电网智能调度中显示整体信息和宏观数据等功能。通过对这些内容的分析，旨在为电力通信可视化调度监控的实践提供理论支持与技术参考，推动电力行业智能化、高效化发展。

关键词：电力通信；可视化；调度监控；研究；应用

引言：在电力行业快速发展的当下，电力通信系统作为保障电网安全稳定运行的关键支撑，其复杂性和重要性日益凸显。传统的电力通信调度监控方式在面对海量数据和复杂网络结构时，逐渐暴露出信息处理效率低、决策支持不足等问题。可视化技术凭借其直观、形象的特点，能够将抽象的电力通信数据以图形、图像等形式呈现，为调度人员提供更清晰、全面的信息，从而提升调度决策的准确性和及时性。因此，开展电力通信可视化调度监控研究具有重要的现实意义，有助于推动电力行业向智能化、精细化方向迈进。

1 电力通信可视化技术概述

电力通信可视化技术，是借助计算机图形技术，将繁杂的电力通信数据信息转化为直观图形呈现的关键技术。在传统电力通信管理模式，数据处理依赖人工，流程繁琐且易出错，信息传递不及时，极大制约了管理效率与决策精准度。而可视化技术的应用，为电力通信管理带来了革新。从数据呈现层面看，它能将电力通信运营中的各类数据，如设备状态参数、网络流量数据、故障报警信息等，转化为直观的图像信息，如拓扑图、柱状图、折线图。以电力通信网络拓扑图为例，通过可视化技术，可清晰展示各节点设备的连接关系、数据流向，管理人员能一目了然地把握网络整体架构，迅速定位异常节点。在提升效率方面，可视化技术将原本需耗费大量时间解读的文本信息转化为直观图形，显著加快了信息处理速度。面对海量数据，运维人员能借助可视化界面，快速筛选出关键信息，做出及时准确的判断，有效提升电力系统运行的可靠性与稳定性。此外，可视化技术还具备实时监督功能。通过实时更新图形展示，能对电力通信系统生产运营过程进行持续监控，使

管理人员及时掌握系统各项数据的动态变化，为科学决策提供有力支撑，助力电力系统高效、安全运行^[1]。

2 电力通信系统可视化平台设计

2.1 可视化平台技术线路

电力通信系统可视化平台的技术线路以数据融合与智能交互为核心，构建多层次技术体系。数据采集层通过标准化接口集成SCADA、EMS、GIS等系统数据，结合智能传感器（如电流互感器、光功率计）实时采集设备状态参数（电压、信噪比、温度）及网络拓扑信息，采用IEC 61850、SNMP等协议实现数据规范化接入。数据传输层采用“光纤专网+5G”双通道架构，光纤网络保障核心业务数据低时延、高可靠性传输，5G网络支持移动终端及无人机巡检数据的实时回传。数据处理层构建电力大数据平台，利用Hadoop分布式存储系统实现海量数据存储，通过Spark流处理引擎完成实时数据清洗与特征提取，结合Flink计算框架实现复杂事件处理（CEP）。智能分析层集成机器学习算法，采用LSTM网络预测设备故障趋势，利用图神经网络（GNN）分析通信网络拓扑脆弱性，通过知识图谱技术构建故障处置规则库。可视化渲染层基于WebGL技术实现三维电网拓扑动态展示，结合D3.js库开发交互式数据仪表盘，支持多维度数据钻取与联动分析，为调度人员提供直观决策依据^[2]。

2.2 系统构架设计

平台采用微服务架构与容器化部署模式，提升系统灵活性与可扩展性。基础设施层基于Kubernetes集群构建私有云环境，部署负载均衡服务器、应用服务节点及分布式存储系统，通过SDN技术实现网络资源动态调配。数据服务层划分为实时数据区与历史数据区：实时数据区采用Redis内存数据库缓存关键指标（如线路负

载率、设备温度),支持毫秒级查询响应;历史数据区基于HBase列式数据库存储设备台账、告警记录等结构化数据,结合Elasticsearch搜索引擎实现全文检索。业务逻辑层拆分为六大核心服务:拓扑分析服务基于Dijkstra算法计算最短路径;故障定位服务结合PMU量测数据与SCADA开关状态,采用广域测量系统(WAMS)定位故障区间;资源调度服务通过遗传算法优化光纤配线方案;可视化服务利用Three.js库渲染设备模型,支持缩放、旋转等交互操作;安全防护服务部署国密SM2/SM4算法加密数据传输;系统管理服务提供用户权限控制与操作日志审计功能。应用展示层支持PC端、大屏及移动端多入口访问,满足不同场景下的监控需求。

2.3 系统功能设计

平台功能设计覆盖电网运行全流程,实现“监测-分析-决策-执行”闭环管理。实时监控模块支持设备状态全景展示,通过颜色编码区分正常(绿色)、预警(黄色)、故障(红色)状态,点击设备图标可弹出包含关键参数的详情卡片;光缆链路状态采用动态流光效果呈现,流量超阈值时自动触发声光报警并推送通知。智能调度模块集成反时限过流保护算法,根据故障电流大小动态调整动作时限,通过二维曲线图直观展示保护装置动作特性;负荷预测模块结合历史数据与气象信息,利用XGBoost算法生成未来72小时负荷曲线,为发电计划调整提供依据。资源管理模块实现通信设备全生命周期跟踪,从采购入库到报废处置各环节数据自动归档;光纤配线管理支持可视化拖拽操作,系统自动校验端口占用状态并生成配线报表。故障处置模块构建知识图谱辅助决策,输入故障现象后自动推荐处置方案及关联规则;应急指挥模块集成GIS路径规划算法,为抢修车辆规划最优行驶路线并实时显示路况信息。数据分析模块提供多维统计报表功能,支持按区域、设备类型、时间周期等维度生成可视化图表;设备健康度评估模块采用模糊综合评价法,输出量化评分及维护建议,助力预防性维护策略制定。

3 电力可视化调度监控技术的应用

3.1 二维反时限曲线

二维反时限曲线是电力调度中描述过流保护动作时间与故障电流关系的核心工具,其横轴为故障电流倍数(标么值),纵轴为保护动作时间(秒),曲线形状由反时限特性方程(如IEEE标准方程)决定。该曲线通过非线性关系实现保护动作的“选择性”:当故障电流较小时,动作时间较长以避免误动;当电流增大时,动作时间急剧缩短以快速切除严重故障。在调度系统中,

二维反时限曲线以交互式图表形式嵌入保护装置参数配置界面,支持动态调整时间系数(K)和电流基准值(I_b),实时生成新曲线并与历史曲线对比,辅助定值整定优化。结合PMU量测数据,系统可模拟不同故障场景下的保护动作时序,验证上下级保护配合方案,避免越级跳闸。例如,在分布式电源接入场景中,通过叠加多条反时限曲线分析保护动作重叠区,优化定值以适应高渗透率新能源的故障特性。此外,曲线数据可导出为CSV格式供第三方工具分析,或通过OPC UA协议与EMS系统交互,实现保护动作时间与电网拓扑变化的动态联动。在智能调度中,二维反时限曲线还与故障录波数据关联,通过时间轴对齐分析保护动作与故障发展的时序关系,为事故追忆提供可视化依据,提升调度决策的精准性和故障处理效率^[3]。

3.2 电网调度可视化控制

电网调度可视化控制通过图形化界面整合多维度数据,实现调度指令的直观下发与执行反馈。系统基于GIS地图构建三维电网模型,叠加设备状态(颜色编码)、负荷水平(热力图)及潮流分布(动态箭头)等可视化元素,调度员可旋转、缩放模型以多角度观察电网运行态势。控制功能方面,系统支持拖拽式操作:点击断路器图标弹出控制面板,通过滑动条调整有功/无功出力,或直接输入目标值触发AGC指令;光缆链路状态以流光效果显示,点击可触发光功率调节或波长切换指令。为确保操作安全,系统集成五防闭锁逻辑,通过颜色闪烁提示违规操作(如带负荷拉刀闸),并自动生成操作票供审核。此外,可视化控制与SCADA系统深度集成,操作指令下达后,系统实时更新设备状态并反馈执行结果,若超时未响应则触发告警。在新能源高渗透场景中,系统通过可视化界面展示风电/光伏出力波动曲线,调度员可直观判断调节需求,结合储能装置状态(SOC百分比)制定充放电策略,实现源网荷储协同控制。例如,在负荷高峰时段,系统同时显示线路负载率、变压器油温及分布式电源出力,帮助调度员快速识别过载风险点并下发限电指令,保障电网安全稳定运行。

3.3 可视化技术在电网智能调度中显示整体信息功能的应用

可视化技术通过多层级信息聚合与动态渲染,为智能调度提供全局运行视角。系统采用“总览-分区-设备”三级展示架构:顶层总览界面以三维地球模型呈现全国电网连接关系,通过闪烁动画标识故障区域;中层分区界面基于行政区域或供电分区划分网格,叠加实时负荷密度(单位面积功率)、新能源占比(饼图)等宏观指

标；底层设备界面聚焦变电站、线路等关键元件，显示电压、电流、温度等详细参数。为提升信息密度，系统引入数据融合技术：将SCADA量测数据、气象预报数据（风速、光照）及市场交易数据（电价）关联分析，通过叠加渲染展示综合运行状态。例如，在负荷高峰时段，系统同时显示线路负载率、变压器油温及周边分布式电源出力，帮助调度员快速识别过载风险点。此外，系统支持时间轴回溯功能，可调取历史时刻的电网快照进行对比分析，结合机器学习算法预测未来24小时运行趋势。在应急调度场景中，系统通过可视化界面展示故障影响范围（如停电区域地图）及备用电源分布，辅助制定快速恢复方案。通过整体信息可视化，调度员可全面掌握电网运行态势，提前预判潜在风险，实现从“被动响应”到“主动防控”的转变。

3.4 可视化技术在电网智能调度中显示宏观数据功能的应用

可视化技术通过数据抽象与交互设计，将海量宏观数据转化为可理解的决策依据。系统构建“指标-区域-时间”三维分析模型：指标维度涵盖供电可靠性、线损率、新能源消纳率等核心KPI；区域维度支持按省、市、县层级钻取；时间维度提供日、周、月、年多尺度对比。数据展示采用动态仪表盘形式，关键指标（如全网负荷峰值）以大号数字突出显示，次要指标（如备用容量比例）以环形图或进度条辅助说明。为揭示数据关联性，系统引入关联分析可视化：通过力导向图展示指标间的因果关系（如气温升高导致空调负荷增加），或用桑基图呈现电能流向（发电-输电-配电-用电各环节损耗）。在宏观趋势分析中，系统采用时间序列预测算法生成未来趋势曲线，结合置信区间展示不确定性范围。例如，针对新能源出力波动，系统叠加历史出力曲线、

预测曲线及实际出力曲线，直观评估预测精度。此外，系统支持自定义报表功能，调度员可拖拽指标生成个性化分析模板，并通过PDF/Excel格式导出，满足不同场景下的数据汇报需求。在政策制定场景中，系统通过可视化界面展示不同区域的新能源消纳情况，辅助决策部门优化补贴政策或规划新增输电通道。通过宏观数据可视化，调度管理层可快速把握电网运行规律，为战略规划提供数据支撑^[4]。

结束语

电力通信可视化调度监控作为保障电网安全稳定运行的关键技术，通过融合多维数据、动态渲染与智能分析，实现了通信资源状态的全景感知与调度指令的直观下发。研究与应用表明，该技术可显著提升故障定位效率、优化资源调配决策，并在新能源接入、源网荷储协同等场景中展现出强大适应性。未来，随着数字孪生、AI预测等技术的深度集成，可视化调度将向“主动预警-智能决策-自主控制”方向演进，进一步强化电网的韧性与智能化水平。持续推动技术标准化与生态共建，将是释放电力通信可视化价值、支撑新型电力系统建设的核心路径。

参考文献

- [1]赵芳.电力通信管理系统可视化平台研究与应用分析[J].中国新通信,2021,20(02):91.
- [2]周应庆,其木格.研究电力通信网络资源的可视化管理[J].中国战略新兴产业,2021(12):87.
- [3]赵芳.电力通信管理系统可视化平台研究与应用分析[J].中国新通信,2021,20(02):91.
- [4]李锋,向家国,吕静,倪俊,赵芳.电力通信光缆可视化管理经验探讨[J].通信电源技术,2021,33(05):122-124.