

# 面向电网一张图的配电自动化设备运行状态可视化管理系统设计

王睿

杭州大美电力科技有限公司 浙江杭州 310000

**【摘要】**智能电网建设加速推进之际，配电自动化设备作为电网稳定运行的核心支撑，其运行状态高效管理成为保障电网安全可靠供电的重要议题，当前配电自动化设备分布广泛、类型多元，传统管理方式在实时性、精准度和完整性上存在缺陷，难以契合智能电网精细化管理需求。本文着眼于设计基于电网全景图的配电自动化设备运行状态可视化管理系统，融合地理信息系统（GIS）、物联网（IoT）、大数据解析等技术，打造覆盖设备全生命周期的可视化管理平台。该系统达成设备空间布局与运行状况深度融合，具备实时数据采集、状态监测、故障预警、运行评估等功能，为运维人员提供直观精准的决策依据，有效提升配电自动化设备管理效率与电网运行可靠性，推动智能电网运维向数字化、智能化方向迈进。

**【关键词】**电网一张图；配电自动化设备；运行状态；可视化管理；系统设计

Design of a visual management system for the operation status of distribution automation equipment oriented to one map of the power grid

Wang Rui

Hangzhou Damei Electric Power Technology Co., LTD Zhejiang Hangzhou 310000

**【Abstract】**As the construction of smart grids accelerates, distribution automation equipment, as a core support for stable grid operation, has become a critical issue in ensuring safe and reliable power supply. Currently, distribution automation equipment is widely distributed and diverse in type. Traditional management methods fall short in real-time performance, accuracy, and completeness, making it difficult to meet the refined management needs of smart grids. This paper focuses on designing a visual management system for the operational status of distribution automation equipment based on a panoramic view of the grid. By integrating technologies such as Geographic Information Systems (GIS), Internet of Things (IoT), and big data analysis, this system aims to create a visual management platform that covers the entire lifecycle of equipment. The system achieves deep integration between the spatial layout of equipment and its operational status, featuring real-time data collection, condition monitoring, fault warning, and operational evaluation functions. It provides intuitive and precise decision-making support for maintenance personnel, effectively enhancing the management efficiency of distribution automation equipment and the reliability of grid operations, thus advancing the digital and intelligent direction of smart grid maintenance.

**【Key words】**power grid map; distribution automation equipment; operation status; visual management; system design

## 引言

电力需求攀升背景下，配电自动化成为保障电网安全稳定的关键所在，当前管理工作面临诸多难题，设备数量众多且分布零散，信息交互不畅形成孤岛效应，数据呈现缺乏直观性，设备全生命周期管理尚未完善。“电网一张图”概念整合地理空间信息、设备档案资料与实时运行数据，搭建起统一的可视化操作平台，实现电网各类资源的全景呈现与协同化管理。基于这一理念，本文构思设计适用于配电自动化设备运行状态的可视化管理系统，将设备空间分布、结构关联及运行实况深度融合，为运维人员提供全方位、多层次的管理视角，从而推动智能电网运维效率提升，实现资源配置

的精准化。

## 一、系统总体设计

### （一）设计目标

打造融合设备空间信息可视化呈现、运行状态实时监测、数据深度分析处理、故障智能预警及决策精准支撑的一体化管理系统，实现下述目标，汇集配电自动化设备地理坐标、技术指标、实时运行数据等多源信息，在电网全景图谱上进行集中展示，构建设备全息视图，有效破解信息割裂困局；实施设备运行数据动态采集，借助可视化手段直观展现设备工况，达成运行状态全天候监控，提升运维人员对异常

状况的处置时效;运用大数据挖掘技术,对设备历史运行数据开展系统性分析,探寻运行特征与发展趋势,为设备维护、检修规划及更新决策提供量化依据,优化运维策略,降低全周期管理成本;建立设备故障风险预警体系,科学设定阈值参数与分析模型,精准识别潜在故障隐患,提前制定应对预案,降低故障发生几率,减少停电损失,筑牢电网安全稳定运行防线。

## (二) 架构设计

系统采用分层架构模式,设数据层、平台层、应用层与展示层,借标准接口完成数据交互,保障系统灵活可扩展,数据层承担数据采集存储,含设备台账、实时运行、状态监测及地理信息等数据。物联网技术下,设备部署传感器和智能终端,实时采集运行参数,经4G/5G等无线通信网传至服务器,数据预处理模块清洗、转换、整合原始数据,确保数据准确一致。平台层以“电网一张图”为核心,基于GIS技术构建三维可视化电网模型,精准呈现设备位置、空间结构与连接关系,提供数据管理、地图服务、空间分析等基础功能,借数据索引与空间数据库实现设备信息快速查询,支持地图缩放、分层显示等操作,集成数据接口服务,为应用层提供统一数据访问通道,实现与生产管理、调度自动化等系统数据共享。

设备状态实时监控模块在电网地图上动态呈现设备运行状态(正常、预警、故障),以图表、仪表盘展示关键参数;运行数据分析模块运用大数据技术对历史数据统计分析、预测趋势并评估健康状况,生成报告辅助运维决策;故障预警处理模块设置阈值实时监测,超限立即预警、定位故障并给出处理建议;运维管理模块实现巡检计划制定、检修记录管理及备品备件管控,提升运维规范化水平。展示层通过计算机、移动终端等设备,以二维/三维可视化方式展现电网设备分布、运行状态与分析结果,支持电子地图、三维模型、数据仪表盘等多种形式,同时集成用户权限管理,按角色分配操作与数据访问权限,保障系统数据安全。

## 二、关键技术研究

### (一) 多源数据融合技术

配电自动化设备运行状态可视化管理系统遭遇多源异构数据融合难题,数据范畴包含地理信息、设备档案、实时工况、故障履历等类别,存在格式标准不一、数据来源多元、更新周期各异的情况。数据采集环节借助标准化数据接口及通信协议,保障不同设备与系统间数据可靠传输与有效接收,地理信息数据统一采用WGS84坐标基准与Shapefile数据格式,确保地图数据的兼容性与一致性;设备运行数据通过构建统一数据词典及编码规范,对参数进行标准化界定,便于数据存储与后续处理。数据融合进程运用数据集成技术,借助ETL工具完成数据提取、格式转换与加载操作,建立数据映射关系将异构数据整合为统一模型架构,同步引

入数据质量管控体系,针对融合后的数据开展完整性校验、准确性核查与一致性比对,确保数据品质满足应用需求,为实现数据实时融合与动态刷新,系统搭建实时数据处理架构,采用Kafka消息队列、Redis内存数据库等技术,实现实时运行数据的快速捕获、高效处理与即时存储,确保设备状态信息及时呈现于电网全景可视化界面。

### (二) 三维可视化建模技术

电网全景图的三维可视化建模是设备运行状态可视化管理的关键根基,塑造高仿真三维电网模型,能够直观呈现设备空间布局、结构关联以及运行场景,有助于运维人员深化对电网的认知,提升管理效能<sup>[1]</sup>。三维建模涵盖数据采集、模型搭建、纹理贴合三个环节,数据采集时运用卫星遥感、无人机航测、地面测绘等技术手段,采集电网区域地形地貌、建筑、道路、植被等地理信息数据,同时获取设备位置坐标、外形规格、结构参数;模型搭建阶段借助3ds Max、SketchUp等专业建模软件,依据采集所得数据构建变压器、断路器、隔离开关、杆塔等设备的三维几何造型,并按照实际地理位置与连接方式,将设备模型融入地理环境模型之中,形成完整的三维电网模型;纹理贴合阶段为三维模型赋予逼真的纹理与材质,增强可视化呈现效果。

模型展示与交互环节,运用WebGL技术达成浏览器端三维可视化呈现,用户仅需通过网页访问,无需额外安装插件。凭借定制开发的三维交互接口,支持对模型实施旋转、缩放、平移等操作;轻点设备模型,即可调取详细资料、查看实时运行数据。同时融合动画技术,以动态形式展现开关分合状态、线路电流走向等设备运行特征,帮助运维人员直观把握设备运行状况。

### (三) 大数据分析故障预测技术

配电自动化设备大规模投运背景下,从系统积累的海量运行数据中提取有价值信息,实现设备故障早期预判与精确诊断,成为提升设备管理效能的核心所在。大数据分析流程包含数据净化、整合、挖掘及解析等步骤:对采集的设备运行数据实施清洗预处理,去除噪声干扰与异常数据以保证数据品质;将多元异构数据进行融合,构建统一的分析数据集;运用决策树、支持向量机、神经网络等数据挖掘算法,探究设备运行参数间的内在联系与潜在规律,进而构建设备运行状态评价模型和故障预测模型。

故障预测模型从设备历史运行数据及故障案例中筛选关键特征参数,构建完备的故障预警指标体系,借助机器学习算法训练模型预测设备未来运行状态<sup>[2]</sup>。当设备运行参数临近故障阈值,系统即刻发出预警,提示运维人员及时开展检修维护,将故障扼杀在萌芽状态。综合设备老化规律与实际运行环境因素,对设备剩余寿命进行科学预估,为设备更新改造提供量化依据,实现配电自动化设备全生命周期的精细化管理。

## 三、功能模块设计

### （一）设备状态实时监控模块

设备状态实时监控模块作为系统核心功能,实现配电自动化设备运行状态的实时监测与可视化呈现,借助数据层实时数据接口,该模块实时采集设备电压、电流、功率、温度、开关位置等运行参数,在电网全景图上以色彩、图标、动画多维度动态展示设备实时状态。正常运行设备以绿色图标标识,参数异常设备依预警等级分别用黄色(一般预警)、红色(严重预警)图标闪烁提示,开关设备运行状态通过动画直观呈现,运维人员轻点设备图标,即可弹出详细信息界面,查阅设备型号、生产厂商、安装日期、额定参数等基础台账,以及实时运行数据、历史曲线、最新巡检记录与故障档案。此模块提供列表与地图双重视图批量监控模式,适配多元查看需求,一旦设备出现故障或参数异常,模块即刻通过声音警报、弹窗提醒,并以短信、邮件等方式同步通知运维人员,确保故障快速响应处置。

### （二）运行分析与评估模块

运行分析与评估模块基于设备历史运行数据,系统剖析设备运行态势,为运维决策筑牢数据根基。系统集成多类数据分析功能,数据统计分析计算均值、极值、标准差等指标,趋势分析以数据曲线呈现设备参数的时序演变,相关性分析挖掘参数间内在联系<sup>[1]</sup>。通过变压器油温趋势曲线可诊断过载或散热异常,借助线路电流与电压数据关联分析能评估供电品质与负荷分布状态。

设备评估进程中搭建健康评估模型,整合设备运行参数、历史故障档案、维护保养履历及环境影响要素等多项指标,对设备健康状况实施量化评定,划分为良好、正常、警示、异常四级。系统周期性出具设备健康评估报告,列明潜在隐患并提出优化建议,为设备检修规划供给决策参考。此模块同时可针对电网区域、变电站、馈线等不同层级设备运行状况开展综合研判,直观呈现区域内设备整体运行水平与薄弱之处,为电网规划改造筑牢数据基石。

### （三）故障处理与决策支持模块

设备一旦触发故障或预警,故障处理与决策支持模块即刻响应,辅助运维人员快速锁定故障点,制定有效处置方案,提升故障处理效率。依托电网全景图空间定位能力,结合故障分析算法,融合设备实时工况与历史故障数据,精准判别故障类别与位置,在地图上醒目标注故障设备及其波及范围,直观展示受影响用户区域与停电区域<sup>[4]</sup>。根据故障

类型及设备特性,系统自动调取适配的故障处置预案与历史案例,提供涵盖故障排查流程、所需工器具与备品备件、安全操作要点等内容的解决方案,助力运维人员高效开展故障处理。

模块含停电损失评估与资源调度优化决策工具。停电损失评估依故障影响用户数、类型及停电时长,算经济社会损失;资源调度优化据故障现场需求、周边运维资源分布,调配检修人员、车辆、备件,确保故障处理高效。模块有故障处理记录跟踪功能,运维人员更新进度,系统自动生成记录故障时间、原因、过程、结果报告,帮助后续故障分析与设备管理积累经验。

### （四）系统管理与配置模块

系统管理与配置模块负责用户、权限、数据、参数管理配置,确保系统安全稳定,满足个性需求。用户管理上,系统能注册、登录、注销用户,建库记录姓名、部门、职位、联系方式等。权限管理依角色分配,系统管理员可参数配置、数据备份恢复,运维人员能设备监控、处理故障,查询人员仅能查数据、看报表,实现数据安全保密。

数据管理中,系统有定期备份恢复功能防数据丢失,支持设备台账、地理信息数据批量导入,还能导出分析结果、报表,方便数据处理<sup>[5]</sup>。系统配置可让用户按需自定义参数,设置设备型号对应电压、电流、温度等正常范围与预警值,调整地图背景、设备图标样式,选择短信、邮件、声音等报警方式,实现系统个性化。模块的日志管理记录系统操作、故障、运行日志,帮助管理员监控系统使用与运行,发现解决问题。

## 结语

电网一张图配电自动化设备运行可视化管理系统,整合多源数据、三维建模和大数据分析,将设备空间位置与运行状态深度融合,给运维提供直观管理视图。系统在实时监控、运行评估、故障处理表现出色,大幅提升设备管理效率和电网运行可靠性。顺应智能电网发展,未来可运用人工智能、数字孪生优化故障预测和运维决策,加强与其他业务系统融合,拓展移动终端功能,推动设备管理向高效智能升级。

## 参考文献

- [1]王实,路健,李灿岑,等.面向智能电网的配电自动化数据质量管理与决策支持系统设计[J].科技风,2024,(31):4-6+13.
- [2]孙成刚,张健,付慧敏,等.基于多传感器的智慧供电保障系统设计[J].电子设计工程,2022,30(17):119-122+127.
- [3]陈青云.实时配电网智能数据分析系统设计与实现[D].兰州交通大学,2019.
- [4]周佳.水电厂状态检修分析管理系统设计与实现[D].电子科技大学,2019.
- [5]单聚良.不完整信息下的配网设备状态评价关键技术研究[D].华北电力大学(北京),2018.