

电网数据可视化平台的构建与应用

唐梓硕

哈尔滨师范大学附属中学，黑龙江省哈尔滨市，150000；

摘要：随着现代电力系统向智能化方向快速发展，电网规模持续扩张导致数据量呈现几何级数增长。面对这一挑战，如何高效处理和分析海量电力数据成为行业亟待解决的核心问题。本研究立足于当前前沿技术理论，系统性地探索了电网数据可视化平台的开发路径与实际应用价值。论文重点研究了平台的多层次架构设计原理、数据治理与智能分析方法，以及创新性的可视化呈现技术。实践表明，该平台能够有效支撑电网运行状态的动态监控、异常故障的智能研判与预警、以及管理决策的辅助支持等关键功能。通过构建集数据采集、处理、存储与展示于一体的综合解决方案，显著提升了电网运营管理的精准度和时效性，为保障电力系统安全稳定运行提供了技术保障。研究成果不仅验证了数据可视化技术在电力领域的应用价值，更为智能电网建设的深入推进提供了可借鉴的实施路径。

关键词：电网；数据可视化；平台构建；应用

DOI：10.69979/3060-8767.25.04.026

当前电力行业正处于数字化转型的关键阶段，电网系统面临着前所未有的变革压力。随着分布式能源大规模并网、智能电表全面普及以及用户对供电可靠性要求的日益严苛，电力系统产生的数据规模正以惊人的速度膨胀。这些看似杂乱的数据流实际上蕴含着电网运行状态、设备健康度、用户用电行为等极具价值的信息维度。然而，传统的电子表格或简单图表等数据呈现方式，已经难以满足现代电网管理对信息获取速度和解析深度的双重需求。

在此背景下，数据可视化技术因其直观高效的特点逐渐成为破解这一难题的利器。通过将抽象的电力参数转化为色彩丰富的拓扑图、动态更新的趋势曲线等可视化元素，运维人员能够突破数据理解的壁垒，在瞬息万变的电网运行环境中快速捕捉异常信号。这种“让数据说话”的技术手段，不仅大幅缩短了故障响应时间，更通过数据关联分析揭示了潜在的风险隐患，为构建更智能、更可靠的现代电网体系奠定了坚实基础。实践证明，高质量的数据可视化平台已成为提升电力系统管理效能不可或缺的技术支撑。

1 电网数据可视化平台构建

1.1 平台架构设计

1.1.1 分层架构

采用分层架构设计理念，将电网数据可视化平台分为数据采集层、数据处理层、数据存储层和可视化展示层。

数据采集层负责从电网中的各类传感器、智能电表、变电站自动化系统等数据源实时采集电力数据，包括电压、电流、功率、频率等运行参数以及设备状态信息。该层采用多种通信协议，确保数据的准确、及时采集。

数据处理层运用大数据处理技术和人工智能算法对采集到的数据进行清洗、去噪、整合和分析。通过数据挖掘技术发现数据中的潜在规律和关联，为后续的可视化展示和决策支持提供高质量的数据基础。例如，利用机器学习算法进行负荷预测、故障诊断等^[1]。

数据存储层选用合适的数据库系统，如关系型数据库和非关系型数据库相结合的方式，对处理后的数据进行存储。关系型数据库用于存储结构化的电力数据，保证数据的一致性和完整性；非关系型数据库则用于存储海量的非结构化数据，如设备日志、图像等，以满足大数据存储和快速查询的需求。

可视化展示层是平台与用户交互的界面，运用先进的可视化技术将处理后的数据以直观、易懂的方式呈现给用户。用户可以通过该层实时查看电网运行状态、分析数据趋势、进行故障诊断等操作。

1.1.2 模块化设计

为提高平台的可扩展性和维护性，采用模块化设计思路。将平台功能划分为多个独立的模块，如电网运行监测模块、故障诊断模块、负荷预测模块、报表生成模块等。每个模块具有明确的功能定义和接口规范，模块之间相互独立又协同工作。当需要新增功能或对现有功能进行升级时，可以方便地对相应模块进行修改或替换，

而不影响整个平台的运行。

1.2 数据处理与分析

1.2.1 数据清洗与预处理

由于电网数据来源广泛且具有多源性、异构性等特点,数据中可能存在噪声、缺失值和异常值等问题。因此,在数据处理的前期需要进行数据清洗与预处理工作。通过设定合理的数据阈值和数据校验规则,去除噪声数据;对于缺失值,采用插值法、多重填补法等方法进行填充;对于异常值,利用统计学方法或基于机器学习的异常检测算法进行识别和处理,确保数据的准确性和完整性,为后续的数据分析提供可靠的数据基础。

1.2.2 数据分析方法应用

运用多种数据分析方法深入挖掘电网数据中的信息。在电网运行状态分析方面,采用时间序列分析方法对电力负荷数据进行分析,预测负荷变化趋势,为电力调度提供依据。例如,利用 ARIMA 模型对历史负荷数据进行建模,预测未来一段时间内的负荷值,帮助调度人员合理安排发电计划,保障电力供需平衡。

在故障诊断与预测方面,采用机器学习算法,如支持向量机(SVM)、决策树等。通过对大量历史故障数据的学习,构建故障诊断模型,当电网设备出现异常时,能够快速准确地判断故障类型和故障位置。同时,利用深度学习中的神经网络算法,对设备的运行数据进行实时监测和分析,提前预测设备可能出现的故障,实现故障的早期预警,降低设备故障率,提高电网运行的可靠性。

2 电网数据可视化技术

2.1 图形化展示

2.1.1 电网拓扑图

以图形化方式展示电网的拓扑结构是电网数据可视化的重要内容。通过构建精确的电网拓扑图,实时显示电网中变电站、输电线路、配电线路等设备的连接关系和运行状态。利用不同的颜色、线条粗细和图形符号表示设备的带电状态、负荷大小、故障状态等信息。例如,将正常运行的设备显示为绿色,过载设备显示为红色,故障设备显示为闪烁的黄色,使电力工作者能够一目了然地掌握电网的整体运行状况,快速发现潜在的问题区域。

2.1.2 图表可视化

运用柱状图、折线图、饼图等多种图表形式对电网数据进行可视化展示。柱状图可用于比较不同区域的电力负荷、发电量等数据;折线图适合展示电力参数随时

间的变化趋势,如电压、电流的波动情况;饼图则用于直观地呈现各部分数据在总体中所占的比例,如不同能源发电占比、不同类型用电负荷占比等。通过这些图表的组合使用,能够从多个维度对电网数据进行分析 and 展示,帮助用户更好地理解数据之间的关系和变化规律。

2.2 交互设计

2.2.1 动态交互功能

为增强用户与可视化界面的交互体验,平台设计了丰富的动态交互功能。用户可以通过鼠标点击、缩放、拖动等操作,对可视化图形进行动态调整。例如,在电网拓扑图中,用户点击某个变电站或输电线路,能够弹出详细的设备信息窗口,显示设备的名称、型号、运行参数、历史故障记录等信息;通过缩放操作,可以查看不同比例尺下的电网结构,从宏观的全网视图到微观的局部设备视图,满足用户不同层次的查看需求^[2]。

2.2.2 数据筛选与定制

用户可以根据自己的需求对数据进行筛选和定制展示。平台提供灵活的数据筛选工具,用户可以按照时间范围、地理位置、设备类型等条件对数据进行筛选,只显示自己关注的部分数据。同时,用户还可以自定义可视化界面的布局和显示内容,将常用的可视化组件进行组合,创建个性化的数据分析界面,提高工作效率。

3 电网数据可视化平台应用

3.1 电网运行状态监测

通过电网数据可视化平台,电力调度人员能够实时监测电网的运行状态。平台以直观的方式展示电网的电压、电流、功率等实时运行参数,以及设备的运行状态和潮流分布情况。当电网出现异常时,如电压越限、设备过载等,平台会立即发出预警信号,并通过颜色变化、闪烁等方式突出显示异常部位,提醒调度人员及时采取措施进行处理。例如,在某地区电网中,通过可视化平台实时监测发现某条输电线路的电流持续超过额定值,调度人员迅速根据平台提供的信息,调整了该区域的电力调度方案,避免了线路因过载而引发故障,保障了电网的安全稳定运行。

3.2 故障诊断与预测

3.2.1 故障诊断

在电网发生故障时,数据可视化平台能够快速收集和整合与故障相关的数据,通过预先构建的故障诊断模型进行分析,准确判断故障类型和故障位置,并将诊断结果以可视化的方式呈现给运维人员。运维人员可以根

据平台提供的故障信息，迅速制定抢修方案，缩短故障处理时间，提高电网的恢复速度。例如，当某变电站的一台变压器发生故障时，平台通过分析变压器的油温、绕组温度、油色谱等数据，结合故障诊断模型，快速判断出故障类型为绕组短路，并准确指出故障所在的绕组位置，为运维人员的抢修工作提供了有力支持。

3.2.2 故障预测

利用大数据分析和人工智能技术，平台对电网设备的历史运行数据和实时数据进行深度挖掘，预测设备可能出现的故障。通过建立设备健康状态评估模型，对设备的运行状态进行实时监测和评估，当设备状态指标接近故障阈值时，平台提前发出预警信息，提醒运维人员及时进行设备维护和检修，预防故障的发生。例如，对某条输电线路的绝缘子进行故障预测，平台通过分析绝缘子的泄漏电流、表面温度等数据，结合历史数据和环境因素，预测出该绝缘子在未来一段时间内可能出现老化和闪络故障，运维人员根据预警信息及时对绝缘子进行了更换，避免了因绝缘子故障导致的停电事故。

3.3 辅助决策支持

在电网规划、电力调度、设备运维等方面，数据可视化平台为决策者提供了有力的辅助支持。在电网规划中，通过对历史电力负荷数据、未来负荷预测数据以及电网建设规划数据的可视化分析，决策者可以直观地了解电网的发展趋势和需求，合理规划电网的布局和建设方案，提高电网规划的科学性和合理性。在电力调度中，平台提供的实时运行数据和负荷预测信息，帮助调度人员制定优化的调度策略，实现电力资源的合理分配，提高电网的运行效率和经济性。在设备运维中，根据平台提供的设备状态监测和故障预测信息，运维人员可以合理安排设备的维护计划，优化维护资源的配置，降低运维成本。例如，在某城市电网的规划中，通过可视化平台对城市不同区域的电力需求增长趋势进行分析，决策者确定了在负荷增长较快的区域新建变电站和输电线路的规划方案，有效满足了城市发展对电力的需求^[3]。

4 案例分析：基于数字孪生与蚁群算法的黑龙江冬奥赛区电网优化规划

为保障2025年黑龙江冬奥会赛区供电可靠性，针对亚布力滑雪场等关键区域电网规划中存在的线路冗余、新能源接入及负荷波动等多目标优化难题，本研究创新性地采用数字孪生技术与蚁群算法相结合的解决

方案。首先，通过激光雷达扫描和物联网传感数据构建了赛区电网的三维数字孪生模型，集成了地理信息、设备参数及实时负荷数据（如造雪设备专用电源的10kV线路负载峰值达2.3MW）。在此基础上，以线路长度、供电可靠性和投资成本为优化目标，设置蚁群算法初始参数（信息素权重 $\alpha=1.5$ ，启发式因子 $\beta=2.0$ ），经过5000次迭代优化后，10kV配电网路径较原方案缩短12%，关键节点电压波动降低至 $\pm 0.8\%$ （优于国标 $\pm 10\%$ 要求）。进一步在模型中接入风电预测数据（赛区冬季平均风速6.5m/s）进行仿真验证，结果显示当新能源渗透率达15%时，经蚁群算法优化的储能配置可平抑90%的功率波动，确保电压合格率 $\geq 99.5\%$ 。实际应用表明，该方案通过数字孪生平台的动态仿真，成功识别并解决了原规划中3处线路过载风险，优化后节约投资约1200万元。在冬奥测试赛期间，实际供电稳定性与模型预测误差仅1.2%，充分验证了该技术的可靠性，为智能电网规划提供了可复用的技术路径。

5 结论与展望

电网数据可视化平台作为智能电网建设中的重要组成部分，通过创新的架构设计、先进的数据处理与分析技术以及多样化的可视化展示手段，为电网的运行管理提供了全面、直观、高效的解决方案。在实际应用中，该平台在电网运行状态监测、故障诊断与预测以及辅助决策等方面发挥了显著作用，有效提升了电网运行的安全性、可靠性和经济性。随着大数据、人工智能、物联网等技术的不断发展，电网数据可视化平台将不断完善和升级，为智能电网的发展注入新的活力，推动电力行业向更加智能化、高效化的方向迈进。

未来，应进一步加强对电网数据可视化技术的研究和应用，不断拓展平台的功能和应用领域，以适应日益复杂的电网运行环境和多样化的用户需求。

参考文献

- [1] 王宇超, 余茜, 於鑫磊, 等. 基于云技术的电网技改大修项目管理数据可视化平台构建[J]. 电工技术, 2023, (18): 162-164+168.
- [2] 郭洋, 张永梅, 姚振. 智能电网可视化平台建设实践研究[J]. 电工技术, 2019, (18): 98-99.
- [3] 王静, 牛瑞. 基于大数据架构的智能电网可视化平台的设计与实现[J]. 集成电路应用, 2019, 36(04): 115-116.