

# Impact Assessment of Regional Power Supply Reliability through Multi-source Data Fusion in Transmission Lines

Haining Song

State Grid Zhongwei Power Supply Company, Zhongwei, Ningxia, 755000, China

## Abstract

In the context of globalized energy systems, regional power supply reliability is fundamentally influenced by transmission line networks. This reliability plays a vital role in ensuring public welfare, supporting industrial production, and driving economic development. This study first establishes theoretical foundations, then analyzes the application value of multi-source data fusion technology in power system evaluation and the construction of integrated data systems for transmission lines and regional power supply. Finally, it proposes optimized transmission line strategies to enhance regional power supply reliability. The research aims to provide robust safeguards for regional power supply stability while ensuring reliable support for public welfare, industrial operations, and economic growth.

## Keywords

multi-source data fusion; transmission line; regional power supply level; reliability

# 基于多源数据融合的输电线路对区域供电可靠性影响评估

宋海宁

国网中卫供电公司, 中国·宁夏 中卫 755000

## 摘要

在能源全球化背景之下, 区域供电可靠性会受到区域输电线路的影响, 而供电可靠性又与民生保障、工业生产、经济发展具有重要的联系。本文首先对相关理论进行阐述, 然后分析多源数据融合技术在电力系统评估中的应用价值和输电线路与区域供电多源数据体系构建, 最后提出提升区域供电可靠性的输电线路优化策略, 希望能够通过本文的研究, 对区域性供电可靠性提供保障, 也为民生保障、工业生产、经济发展提供可靠保障。

## 关键词

多源数据融合; 输电线路; 区域供电水平; 可靠性

## 1 引言

随着全球碳中和进入执行的关键期, 能源的结构逐渐向清洁化、低碳化发展, 电能对输电线路提出的要求逐步提高, 区域供电可靠性是电力系统满足服务于社会的重要衡量标准。供电可靠性的稳定与否关系到居民的生活用电需求和满足, 关系到工业生产能否连续稳定进行, 关系到社会经济的正常稳定的发展。基于此, 研究将多源数据融合方法应用至输电线路区域供电可靠性评价, 对于电力系统的维护、优化、决策提供科学依据。

## 2 相关理论基础

### 2.1 输电线路与区域供电可靠性核心概念

输电线路是指从发电厂到变电站、变电站到用户之间

彼此连接, 其工作特点与电压、容量、工况紧密联系。供电可靠性即一定地区内, 供电系统满足供电质量的能力。供电可靠性主要含义有连续性要求、稳定性的要求和安全性要求等, 连续性指的是不中断供电的能力、稳定持续供电的能力等, 稳定性指的是供电电压、电流量等波动范围, 安全性指的是人身、设备等的意外事故。

### 2.2 多源数据融合技术理论

多源数据融合方法是通过某种途径, 把不同来源的、不同类别的、不同时间、空间上的价值信息融在一起, 获得更加准确有用的信息。数据层、特征层与决策层就是融合层次, 数据层直接融合数据, 特征层是经过分析后得到的特征融合, 决策层利用融合后的特征进行综合决策, 最终让数据产生尽可能大的价值。

其核心技术包括数据预处理、特征提取与融合算法。数据预理解决数据质量问题、清洗无效数据、填补缺失数据、纠正无效数据, 特征提取采用数学手段从原始数据中获得有代表性的特征变量, 融合算法根据数据类型和使用目的

【作者简介】宋海宁(1996-), 男, 中国宁夏中卫人, 本科, 助理工程师, 从事输电线路运维及检修研究。

选择不同的数学模型，包括加权平均法、卡尔曼滤波法、主成分分析法、神经网络法等。

### 2.3 供电可靠性评估理论

供电可靠性评估理论是指用电系统中建立数理模型以及建立指标体系来对系统供电可靠性进行评估。传统的有故障树分析和马尔可夫模型，故障树分析就是构建故障逻辑关系图，找出影响系统供电中断的因素。马尔可夫模型则是利用状态的概率模拟输电线路和电力系统的状态，判断故障的概率以及停电时间。

最常用的供电可靠性指标为 SAIDI、SAIFI、CAIDI、ASAI 等。SAIDI 为平均停电时间，即供电系统用户的平均停电时间，SAIFI 为平均停电次数，即供电系统用户的平均停电次数，CAIDI 为平均修复时间，即用户平均停止供电的修复时间，ASAI 为平均供电可用率，即供电系统供电可用率的平均值。以上 4 种供电可靠性指标，分别从 4 个不同的角度对供电可靠性进行描述，对输电线路影响的程度提供一定的参考标准。

## 3 多源数据融合技术在电力系统评估中的应用价值

### 3.1 解决传统评估的数据碎片化问题

传统的电力系统评估所使用的数据源单一，输电线路故障记录数据或区域负荷数据等，数据来源面窄，不能全方位地体现系统运行的状态信息。多源数据融合技术能够对输电线路设备参数、运行状态、故障记录、区域负荷、气象环境等多种数据进行融合处理，消除信息壁垒，实现数据来源全面覆盖。

### 3.2 提升评估的准确性与时效性

多源数据融合算法将各个数据按级融合，并通过优化算法消除各个数据的不确定性、误差，提高数据质量。数据层融合是通过加权平均、Kalman 滤波等方法融合每个原始数据，消除单个数据的随机性误差，特征层融合是通过主成分分析、小波变换等方法提取数据核心特征，突出数据核心信息，决策层融合是通过模糊推理、神经网络等方法做出综合决策，提高评估精度<sup>[1]</sup>。

### 3.3 支撑运维优化与规划决策

多源数据的融合能够找到输电线路和区域供电可靠性之间的关系，找到影响供电可靠性的因素，为线路维护管理提供依据。通过对输电线路和停电数据融合分析，能够找到线路故障风险系数高、容易出现故障，制定维护管理措施，降低输电线路故障概率，还可以通过对负荷数据和线路数据融合分析，能够对线路所承担的负荷进行合理分配，避免线路超负荷工作造成线路故障，在电力系统规划时，结合区域经济数据、用户数据、线路容量数据融合分析，预测未来一段时间的供电量，合理规划输电线路和容量，维持电力系统稳定运行，提升区域供电可靠性。

## 4 输电线路与区域供电多源数据体系构建

### 4.1 多源数据来源与分类

#### 4.1.1 三大类数据整体划分

输电线路与区域供电多源数据主要由三类组成：输电线路类数据、区域供电类数据、外部辅助数据。输电线路类数据包括设备参数类数据、运行状态类数据、故障记录类数据、环境数据。其中设备参数类数据包括导线、杆塔高度、绝缘子等，运行状态类数据包括线路电流电压、电流功率因数、功率因数等，故障记录类数据包括故障时间、故障种类、故障修复时长等，环境数据包括线路沿线温湿度、风速、降雪厚度等。

#### 4.1.2 区域供电相关数据细分

区域供电相关数据包括负荷数据、供电量数据、用户信息数据和停电数据。负荷数据指的是区域的每日每时间段的负荷数据，如日负荷曲线、峰谷负荷等，供电量数据是指区域供电总量、分产业供电量等，用户信息数据是指用户数量、居民用户、用电容量、工业用户、商业用户等，停电数据是指区域停电范围、停电时间、停电用户数量等。

#### 4.1.3 外部辅助数据细分

外部辅助数据主要有气象数据、地理信息数据、政策法规数据、经济数据。气象数据主要有区域内的降雨、温度、大风雷雨等气象因子的历史、实时数据等，地理信息数据主要有线路所经过的沿线地形、道路以及植被覆盖等空间数据，政策法规数据主要有电业监督管理政策、可靠性要求、环保要求等数据，经济数据主要有区域内的经济总量、产业结构、人口增长等与供电相关的经济统计资料。

## 4.2 多源数据采集与预处理

### 4.2.1 多技术协同采集方案

多源数据采集采用多手段结合方式，对线路运行状态数据、负荷数据等多数据采用传感器实时采集和 SCADA 系统采集相结合，传感器安装在输电导线、杆塔、绝缘子等，实时采集线路的电流、电压、温度等，SCADA 系统采集数据整合集中监控，对故障记录数据、用户数据等多人工统计数据通过电力企业运维人员现场记录、电力企业营业厅用户记录得到统计数据。

### 4.2.2 固定预处理流程

数据预处理采用固定处理流程，通过数据清洗剔除重复、冗余数据，去除无用数据、保留评估关键数据，通过缺失值填充，按照数据类型采用均值填充、插值填充、相似度填充等填充方法，其中连续型气象数据采用线性函数插值填充，离散型故障类型数据采用众数填充<sup>[2]</sup>，通过异常值检测及修正，利用箱线图、标准差等方法查找超过正常范围的数据并按照业务规则修正，通过标准化处理，采用 Min-Max 或者 Z-Score 标准化方式将不同量级、单位的数据统一转换为标准量级，为下一步融合做准备。

## 4.3 多源数据存储与管理

### 4.3.1 多类型存储架构

面向不同电力数据的特点,采用多种存储结构结合的方式。存储结构化数据主要是输电线路设备信息数据、用户信息数据等,这些数据类型固定适用于SQL语句进行管理<sup>[3]</sup>。时序数据库存储强时序特性数据,如输电线路状态数据、负荷数据、气象数据等,支持强时序数据处理,查询快速,支持时序查询和分析。分布式文件系统存储非结构化数据,如线路巡检照片数据、地图信息数据等,分布式存储结构分布式存储,并行处理数据,提升存储容量和数据处理能力。

### 4.3.2 多层次安全防护策略

数据安全和隐私保护采用分级防护方式,数据传输、存储采用加密技术,采用SSL/TLS加密算法,防止窃密改密,数据存储采用对称加密算法或不对称加密算法,确保数据安全,主要是设置角色权限、分级授权访问,线路运行数据运维人员具备访问权限,评估结果和决策建议管理人员具备访问权限,普通用户不具有访问权限,不可越权访问。

### 4.3.3 数据共享与协同管理机制

建立数据共建共享机制建立统一数据共享平台,整合各部门数据资源,统一管理数据资产,按需共享,建立数据共建共享规则,明确共享范围、权限职责;建立以电力企业各部门人员参与的共建共享协同管理团队负责数据共建共享的收集、存储、分享,及时协商处理存在的问题,提升管理效率和协作能力<sup>[4]</sup>。

## 5 提升区域供电可靠性的输电线路优化策略

### 5.1 差异化运维策略

根据多源数据融合分析识别出的高故障线路,制定不同的运维策略,对林间穿越线路和高易受天气影响的线路加密巡检,采用空中巡检与地面巡检相结合的方式,主动发现导线结冰、线芯老化等情况,对运行正常低风险线路延长巡检,节约运维资源,建立故障预警机制,通过线路信息结合天气信息提前发现由于暴雨、大风等天气导致的线路故障,提前组织抢修人员和抢修物资,缩短故障发生时间。

### 5.2 设备升级与改造

根据各类数据,对运行年久、故障高的老旧设备,进行改造。对运行年长久、不满足现有负荷的导线,换由载流量大的新型导线,对覆冰严重地区的线路加装覆冰检测器、融冰器,对线路进行实时覆冰检测、及时覆冰,避免覆冰导致线路故障。另外,在输送电线上加装在线监控探头、视频

监控探头等智能感应装置,实时掌控线路信息数据,为线路决策提供更精准的根据。

### 5.3 输电网络结构优化

综合对比区域负荷信息和线路运行信息,合理规划输电网网架结构对线路容量不足区域、负荷增量较大区域新建和扩建输电线路,提升输电线路的容量,对部分辐网供电改为环网供电,在线路故障的情况下,利用环网倒送转接,缩小停电范围和持续时间<sup>[5]</sup>。另外,对区域经济发展规划和用户增量预测,适当的超前输电线路的建设规划,使输电网容量与区域的供电需要相适应,避免出现因线路容量不足影响供电的情况。

### 5.4 运维人员能力提升

加强运行维护人员培训,提升运行维护人员应用多源数据融合技术的能力。其一组织对运行维护人员进行数据分析、故障诊断等方面的培训,确保运行维护人员学会通过融合后的数据分析线路运行状态,排除故障的方法,其二组织运行维护人员实际演练,模拟不同类型故障,锻炼运行维护人员的故障排除能力和配合能力。其三建立运行维护人员考核制度,对于故障排除效率,排除故障等与绩效考核挂钩,提升运行维护人员的积极性和专业性,从运行维护人员角度提升输电线路的可靠运行,提升区域供电可靠性。

## 6 结语

多源数据融合突破了传统评价数据分散的局面,提升了评价精度与时效性,为输电线路运维及优化、设备检修、拓扑网络优化等工作提供决策依据。实际应用中要始终着眼于多源数据融合技术,不断改进数据融合模型和方法,提高数据处理和评估的效率,今后还需进一步深入研究多源数据融合技术在新能源输电线路共同作用区域供电可靠性评估中的应用,为构建可靠性电力系统提供助力。

### 参考文献

- [1] 刘伟浩,杨先进,杨韩.基于多源数据融合的输电线路运行状态评估策略研究[J].办公自动化,2025,30(6):110-112
- [2] 肖潇,严剑锋,陈飞,林永健,石习双.基于多元数据融合的输电线路风险因素分析及特征提取[J].粘接,2025,52(6):189-192.
- [3] 杨童博,魏政,周坤.基于近似失效点的多源异构数据融合可靠性评估模型[J].机械强度,2025,47(3):136-142.
- [4] 李智,王磊,刘畅,等.多源数据融合的输电线路状态评估与可靠性预测[J].电网技术,2024,48(7):2689-2698.
- [5] 赵鑫,李静,马强.考虑负荷波动的输电线路可靠性评估及对区域供电的影响分析[J].电力系统自动化,2024,48(11):89-96.