

# 基于大数据的输电线路状态评估与维护策略

代旅潘 王金祥 郭书玮

中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 云南 昆明 650000

**摘要:** 随着电网智能化加速推进,在电力系统中,输电线路作为能源输送的关键通道,其运行状态直接影响着电力供应的稳定性与可靠性。本文聚焦于基于大数据的输电线路状态评估与维护策略。首先构建了包含电气参数、物理状态及环境因素的输电线路状态评估指标体系。接着介绍了基于大数据的状态评估模型,涵盖数据采集与预处理,以及机器学习和深度学习在状态评估中的应用。最后阐述了基于大数据的输电线路维护策略,包括预测性维护、基于风险评估的维护以及智能运维平台建设,旨在提升输电线路运维水平。

**关键词:** 基于大数据;输电线路;状态评估;维护策略

引言:输电线路作为电力系统的关键组成部分,其安全稳定运行对保障电力供应至关重要。传统输电线路状态评估与维护方式多依赖人工巡检和经验判断,存在效率低、准确性差等问题,难以满足现代电力系统的发展需求。随着大数据技术的兴起,海量数据的获取与分析为输电线路状态评估与维护提供了新的思路和方法。通过构建科学合理的状态评估指标体系,运用大数据分析技术,能够更精准地评估输电线路的运行状态,提前发现潜在故障隐患,进而制定更加有效的维护策略,提高输电线路的可靠性和安全性,降低运维成本,对电力系统的稳定运行具有重要意义。

## 1 输电线路状态评估指标体系构建

### 1.1 电气参数指标

#### 1.1.1 电流

电流是输电线路运行的核心电气参数之一。其大小直接反映线路的负载情况,过载电流会使导线发热加剧,加速绝缘老化,甚至引发短路故障。通过实时监测电流数据,能及时掌握线路负荷变化,提前预防因过载导致的安全隐患,保障线路安全稳定运行。

#### 1.1.2 电压

电压是衡量电力系统电能质量的关键指标。电压波动或偏差超出允许范围,会影响用电设备的正常运行,降低设备使用寿命。对输电线路电压进行监测,可及时发现电压异常,采取调压措施,确保电压稳定在合理区间,提高电力供应的可靠性。

#### 1.1.3 功率因数

功率因数反映了输电线路中电能的有效利用程度。较低的功率因数意味着线路中存在大量的无功功率损耗,降低了输电效率,增加了线路损耗和成本。监测功率因数,有助于合理配置无功补偿装置,提高功率因

数,实现节能降耗和经济运行。

### 1.2 物理状态指标

#### 1.2.1 导线温度

导线温度是反映输电线路物理状态的重要指标。导线在传输电流时会因电阻产生热量而升温,温度过高会加速导线老化、降低机械强度,甚至引发断线事故。通过实时监测导线温度,能掌握其发热情况,结合环境因素评估导线运行状态,及时调整负荷或采取降温措施,保障线路安全。

#### 1.2.2 绝缘子状态

绝缘子状态直接影响输电线路的绝缘性能。其表面污秽、破损、老化等问题会降低绝缘电阻,增加闪络风险,导致线路故障。利用红外检测、图像识别等技术监测绝缘子状态,可及时发现缺陷,安排检修更换,维持线路良好的绝缘水平,确保电力可靠传输。

#### 1.2.3 杆塔倾斜度

杆塔倾斜度关乎输电线路的结构安全。自然因素(如大风、暴雨、地质变化)或外力破坏可能导致杆塔倾斜,影响导线弧垂和电气间隙,威胁线路运行。定期测量杆塔倾斜度,建立预警机制,能提前发现杆塔异常,采取纠偏或加固措施,防止杆塔倒塌等严重事故发生。

### 1.3 环境因素指标

#### 1.3.1 气象条件

气象条件对输电线路运行影响显著。强风可能使导线舞动、杆塔受力剧增,引发断线或倒塔;暴雨易造成线路闪络、杆塔基础冲刷;雷电会直接击中线路,导致绝缘子闪络、线路跳闸;高温增加导线弧垂,降低安全距离,低温则可能使导线收缩、杆塔受拉应力增大。实时监测气象数据,能提前防范气象灾害对线路的破坏。

#### 1.3.2 地理环境

地理环境也是评估输电线路状态不可忽视的因素。山区地形复杂,线路易受山体滑坡、泥石流等地质灾害威胁;沿海地区空气盐分高,会加速金属部件腐蚀;林区树木生长可能影响线路安全距离,引发树线矛盾。掌握线路所处地理环境特点,针对性采取防护措施,可降低地理因素对线路运行的不良影响<sup>[1]</sup>。

## 2 基于大数据的输电线路状态评估模型

### 2.1 数据采集与预处理

#### 2.1.1 数据采集

输电线路数据采集依托多元技术手段构建全面数据网络。利用在线监测装置,如高精度电流、电压传感器,实时获取线路电气参数;温度传感器监测导线、金具等关键部位温度;振动传感器捕捉导线舞动、杆塔振动信息。同时,整合气象部门数据获取风速、降雨、雷电等气象信息,借助地理信息系统掌握线路所处地形、地质等地理环境数据。此外,人工巡检记录、故障历史数据等也纳入采集范围。多源数据相互补充、交叉验证,为状态评估提供丰富、准确且全面的数据基础。

#### 2.1.2 数据预处理

采集到的原始数据存在噪声、缺失值、异常值等问题,影响评估准确性,需进行预处理。对于噪声数据,采用滤波算法,如卡尔曼滤波、小波去噪,去除数据中的随机干扰。针对缺失值,根据数据特征选择合适方法,若数据具有时间连续性,采用线性插值、样条插值;若存在相关性,利用回归分析、机器学习模型预测填。

### 2.2 机器学习算法在状态评估中的应用

#### 2.2.1 支持向量机(SVM)

支持向量机是一种基于统计学习理论的有监督学习算法,在输电线路状态评估中优势明显。它通过在高维空间中寻找最优分类超平面,将不同状态的线路数据准确划分。对于小样本、高维数据,SVM能有效避免过拟合,泛化能力强。在评估时,将电气参数(如电流、电压波动)、物理状态指标(如导线温度、绝缘子污秽度)等作为特征向量输入模型。经过训练,SVM可对线路状态进行精确分类,判断其处于正常、预警还是故障状态,为运维人员提供可靠的决策依据,保障线路安全稳定运行。

#### 2.2.2 随机森林

随机森林是一种集成学习算法,由多棵决策树组合而成。在输电线路状态评估中,它能处理大量复杂的数据。该算法通过自助采样法生成多个训练子集,构建多棵决策树,再综合各树的预测结果进行投票分类。随机森林可以评估特征的重要性,帮助筛选出对线路状态影

响关键的因素,如杆塔倾斜度、气象条件中的风速等。同时,它对数据中的噪声和缺失值有较好的鲁棒性,能提高评估的准确性和稳定性,有效适应不同场景下的线路状态评估需求,为制定合理的维护策略提供有力支持。

### 2.3 深度学习在状态评估中的应用

#### 2.3.1 卷积神经网络(CNN)

卷积神经网络凭借其强大的特征提取能力,在输电线路状态评估中大显身手,尤其适用于图像类数据的分析。借助无人机或监控摄像头获取输电线路绝缘子、杆塔、金具等部件的图像后,CNN可自动学习图像中的特征。其卷积层能提取局部特征,如绝缘子的破损边缘、杆塔的锈蚀斑点;池化层则对特征进行降维,减少计算量。通过大量标注图像数据的训练,CNN可准确识别线路部件的异常状态,如绝缘子闪络痕迹、杆塔倾斜等。这种基于图像的评估方式直观且高效,为线路状态评估提供了新的有力手段。

#### 2.3.2 长短期记忆网络(LSTM)

长短期记忆网络作为循环神经网络的变体,擅长处理具有时间序列特性的数据,在输电线路状态评估中发挥着重要作用。输电线路运行过程中产生的电气参数(如电流、电压)、环境因素(如温度、湿度)等数据随时间不断变化,LSTM能够有效捕捉这些数据在时间维度上的长期依赖关系。通过学习历史数据,LSTM可以预测未来一段时间内线路状态的变化趋势,提前发现潜在故障隐患<sup>[2]</sup>。

## 3 基于大数据的输电线路维护策略

### 3.1 预测性维护策略

#### 3.1.1 故障预测模型建立

构建精准的故障预测模型是基于大数据实现预测性维护的关键。首先,广泛收集输电线路的多元数据,涵盖历史故障记录、实时运行参数(如电流、电压、温度)、环境信息(气象条件、地理环境)以及设备状态监测数据等。对收集到的数据进行清洗、标注和特征提取,去除噪声和异常值,挖掘出与故障相关的关键特征。然后,选择合适的算法构建模型。可运用机器学习算法,如支持向量机、随机森林,利用其强大的分类和回归能力,对故障类型和发生时间进行预测;也可采用深度学习算法,如长短期记忆网络(LSTM),处理具有时间序列特性的数据,捕捉数据在时间维度上的变化规律。通过大量历史数据对模型进行训练和优化,调整模型参数,提高模型的准确性和泛化能力。

#### 3.1.2 维护计划制定

依据故障预测模型的结果制定科学合理的维护计

划。根据故障发生的概率和严重程度对输电线路进行风险分级,将线路划分为高、中、低风险等级。对于高风险线路,安排优先维护,缩短巡检周期,增加在线监测设备的部署和监测频次,及时发现潜在故障并采取紧急处理措施,防止故障扩大造成严重后果。对于中风险线路,按照常规维护周期进行巡检和维护,同时结合预测结果,在可能出现故障的时间段前进行重点检查和预防性维护。对于低风险线路,可适当延长维护间隔,但也要定期进行常规巡检,确保线路运行稳定。

### 3.2 基于风险评估的维护策略

#### 3.2.1 风险评估指标体系构建

构建全面且合理的风评估指标体系是基于风险评估维护策略的基石。该体系需综合考虑多维度因素,涵盖电气性能指标,如线路的过载能力、电压稳定性、短路电流水平等,这些指标直接反映线路在电气层面的运行风险;设备状态指标,包括导线老化程度、绝缘子污秽等级、杆塔腐蚀状况、金具磨损情况等,设备状态的好坏是影响线路安全的关键因素;环境因素指标,涉及气象条件(如风速、覆冰厚度、雷电活动频率)、地理环境(如地形地貌、地质条件、树木生长情况)等,恶劣的环境会加速线路设备的损坏;此外,还应考虑历史故障记录、运维管理水平等辅助指标。

#### 3.2.2 风险评估模型建立与维护决策

基于构建的指标体系,运用合适的方法建立风险评估模型。可采用层次分析法确定各指标的权重,将复杂的风险评估问题分解为多个层次,通过两两比较确定各指标的相对重要性;再结合模糊综合评价法,考虑指标的不确定性和模糊性,对输电线路的风险进行综合评估,得出风险值。根据风险值划分风险等级,如低风险、中风险、高风险。依据不同的风险等级制定针对性的维护决策,对于高风险线路,立即安排详细检查和维修,必要时进行改造升级;中风险线路加强监测,按计划开展预防性维护;低风险线路维持常规巡检。

### 3.3 智能运维平台建设

#### 3.3.1 平台架构设计

智能运维平台采用分层式架构,以确保系统具备高内聚、低耦合特性,提升可扩展性与稳定性。数据采集层作为平台的数据源头,广泛整合多元数据。通过在线监测装置,如高精度传感器,实时采集输电线路的电气参数,像电流、电压波动情况;利用环境监测设备获

取温度、湿度、风速等气象信息;同时接入人工巡检记录、设备历史故障数据等。数据存储层运用大数据技术,采用分布式文件系统与关系型数据库相结合的方式。分布式文件系统存储海量监测数据,保障数据的高可靠性与可扩展性;关系型数据库则用于存储结构化的设备信息、运维记录等,方便快速查询与管理。数据分析层是平台核心,借助机器学习与深度学习算法,对采集的数据进行深度挖掘,构建故障预测、风险评估等模型。

#### 3.3.2 功能实现与应用效果

平台功能丰富且实用。实时监测功能可全方位展示输电线路运行状态,通过可视化图表与地理信息系统,运维人员能直观查看电气参数变化、设备位置及周边环境,及时发现异常。故障预警功能基于数据分析层的模型,提前预测潜在故障,以短信、弹窗等多种方式通知相关人员,为故障处理争取时间。风险评估功能综合考虑设备状态、环境因素等多维度指标,对线路进行风险分级,为制定差异化维护策略提供依据。维护管理功能实现维护任务的在线分配、执行跟踪与结果反馈,形成闭环管理。应用该平台后,运维效率显著提升,故障发现与处理时间大幅缩短;运维成本有效降低,通过精准维护避免了过度检修;线路运行的可靠性与安全性增强,减少了停电事故的发生,为电力系统的稳定供电提供了有力保障,推动了输电线路运维向智能化、精细化方向发展<sup>[3]</sup>。

### 结束语

基于大数据的输电线路状态评估与维护策略研究,为电力行业带来了新的发展契机。通过大数据技术,我们实现了对输电线路海量数据的深度挖掘与分析,能够精准评估线路状态,提前预测潜在故障,为维护决策提供科学依据。智能运维平台的建设更是将评估与维护策略落地,提高了运维效率,降低了运维成本,保障了电网的安全稳定运行。然而,大数据应用仍面临数据安全、算法优化等挑战。

### 参考文献

- [1]于跃.输电线路维护难点探讨及对策[J].科技与企业,2022,10:181.
- [2]黄康平.电力输电线路的运行维护及故障排除[J].科技与企业,2022,20:132.
- [3]袁红波.输电线路维护中的难点及解决办法的讨论[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2022,09:288.