

# 基于大数据分析的变电运行状态评估与动态管控技术

南嘉星 吴振宇

内蒙古电力(集团)有限责任公司薛家湾供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

**摘要:** 本文聚焦基于大数据分析的变电运行状态评估与动态管控技术。阐述变电运行状态评估内涵、动态管控目标原则及大数据分析的作用。构建评估指标体系,介绍基于大数据分析的评估流程,包括数据采集预处理、特征提取降维、模型建立验证。探讨动态管控技术,涵盖策略制定、实时监测预警、故障预测与预防性维护,为变电运行管理提供全面指导。

**关键词:** 大数据分析; 变电运行; 状态评估; 动态管控

## 1 变电运行状态评估与动态管控基础

### 1.1 变电运行状态评估的内涵

变电运行状态评估是对变电站在运行过程中各项设备、系统以及整体运行状况进行全面、系统、科学的分析和评价。它不仅仅关注设备当前的运行参数是否正常,更深入到设备的性能、可靠性、剩余寿命等多个层面。通过对大量运行数据的收集、整理和分析,运用特定的评估方法和模型,准确判断变电运行的健康水平,识别潜在的风险和隐患。变电运行状态评估是一个动态的过程,随着设备运行时间的推移、环境条件的变化以及负荷的波动,设备的状态也会发生改变,因此需要定期或实时进行评估,及时掌握设备状态的变化趋势,为后续的维护决策提供依据。评估结果还可以为电网的规划、调度和运行管理提供重要参考,有助于优化电网资源配置,提高电网的整体运行效率和可靠性。

### 1.2 动态管控的目标与原则

动态管控的目标是实现变电运行的安全、稳定、经济和高效。安全是首要目标,通过实时监测和预警,及时发现设备异常和故障隐患,采取有效的措施进行预防和处理,避免事故的发生,保障人员和设备的安全。稳定运行要求变电站在面对各种内外部干扰时,能够保持电压、频率等关键参数的稳定,确保电力供应的连续性。经济目标体现在优化设备运行方式,合理安排检修计划,降低运行成本和维护费用,提高设备的使用寿命和经济效益<sup>[1]</sup>。高效则强调通过信息化、智能化手段,提高变电运行管理的效率和决策的科学性,实现快速响应和精准调控。动态管控应遵循以下原则。一是实时性原则,要求能够及时获取变电运行的实时数据,快速分析和处理信息,实现对设备状态的实时监测和动态调整。二是预防性原则,通过对设备状态的评估和趋势分析,提前发现潜在问题,采取预防性措施,避免故障的扩大

和恶化。三是综合性原则,综合考虑设备的技术性能、运行环境、负荷情况等多种因素,进行全面、系统的管控。四是智能化原则,借助大数据、人工智能等先进技术,实现数据的自动采集、分析和决策,提高管控的智能化水平。

### 1.3 大数据分析在其中的作用

大数据分析在变电运行状态评估与动态管控中发挥着至关重要的作用。首先,大数据分析能够处理海量的变电运行数据,这些数据包括设备的历史运行记录、实时监测数据、试验数据等。通过对这些数据的深度挖掘和分析,可以发现数据中隐藏的规律和模式,揭示设备状态的变化趋势和潜在问题。其次,大数据分析可以提高状态评估的准确性和可靠性。传统的评估方法往往基于有限的样本数据和经验公式,存在一定的局限性。而大数据分析可以利用丰富的数据资源,采用更先进的算法和模型,如机器学习、深度学习等,对设备状态进行更精确的评估。这些模型能够自动学习数据中的特征和规律,不断优化评估结果,减少人为因素的干扰。另外,大数据分析还为动态管控提供了强大的决策支持。通过对实时数据的分析和预测,可以及时调整管控策略,实现对变电运行的动态优化。同时,大数据分析还可以实现故障的快速定位和诊断,缩短故障处理时间,减少停电损失。

## 2 变电运行状态评估指标体系

### 2.1 变电运行状态评估指标构建原则

构建变电运行状态评估指标体系应遵循科学性、系统性、全面性、可操作性和动态性原则。科学性原则要求指标的选取和定义应基于科学的理论和方法,能够准确反映变电运行的本质特征和状态变化规律。例如,在选择设备性能指标时,应依据相关的国家标准和行业规范,确保指标的科学性和合理性。系统性原则强调指标

体系应涵盖变电运行的各个方面,包括设备层、系统层和管理层等,形成一个有机的整体。各个指标之间应相互关联、相互制约,共同反映变电运行的整体状态。全面性原则要求指标体系能够充分考虑变电运行的各种因素,包括设备自身因素、环境因素、运行管理因素等<sup>[2]</sup>。例如,在评估开关设备状态时,除了考虑开关的开断能力、机械特性等设备因素外,还要考虑环境温度、湿度等环境因素对开关性能的影响。可操作性原则是指指标应具有可测量性和可获取性,能够通过现有的监测手段和技术方法进行准确测量和采集。指标的计算方法应简单明了,便于实际应用和操作。例如,选择一些常用的电气参数作为评估指标,如电压、电流、功率等,这些参数可以通过现有的监测设备轻松获取。动态性原则要求指标体系能够随着变电运行状态的变化而及时调整和更新。随着设备技术的不断进步和运行环境的不断变化,一些指标的重要性和适用性可能会发生变化,因此需要根据实际情况对指标体系进行动态优化和完善。

## 2.2 主要评估指标

变电运行状态评估的主要指标包括设备可靠性指标、设备性能指标、运行环境指标和运行管理指标等。设备可靠性指标是评估设备在规定条件下和规定时间内完成规定功能的能力,常用的指标有可靠度、可用度、故障率等。例如,通过统计变压器在一定时间内的故障次数和运行时间,可以计算出变压器的故障率,从而评估其可靠性水平。设备性能指标反映了设备的技术性能和运行状态,不同类型的设备有不同的性能指标。对于变压器,性能指标包括空载损耗、负载损耗、短路阻抗、绝缘电阻等;对于开关设备,性能指标有开断时间、合闸时间、机械寿命、电寿命等。这些指标能够直接反映设备的运行状况和性能优劣。运行环境指标主要考虑环境因素对变电运行的影响,包括温度、湿度、灰尘、腐蚀等。例如,高温环境会加速设备绝缘材料的老化,降低设备的绝缘性能;高湿度环境可能导致设备表面凝露,引发短路故障。因此,需要对运行环境进行监测和评估,采取相应的措施改善环境条件。运行管理指标反映了变电运行的管理水平和效率,包括设备巡视率、缺陷处理及时率、检修计划完成率等。良好的运行管理能够确保设备的正常运行和及时维护,提高变电运行的可靠性和稳定性。例如,定期对设备进行巡视检查,及时发现设备缺陷并进行处理,能够避免缺陷的扩大和恶化,减少故障发生的可能性。

## 3 基于大数据分析的变电运行状态评估

### 3.1 数据采集与预处理

数据采集是基于大数据分析的变电运行状态评估的基础。变电运行数据来源广泛,包括变电站内的监控系统、保护装置、测控装置、计量装置等。这些设备能够实时采集设备的电气参数、状态信号、运行记录等数据。同时,还可以通过人工巡检、试验检测等方式获取一些补充数据。采集到的原始数据往往存在噪声、缺失值、异常值等问题,需要进行预处理才能用于后续的分析 and 评估。数据预处理包括数据清洗、数据集成、数据变换和数据规约等步骤。数据清洗主要是去除数据中的噪声和异常值,填补缺失值<sup>[3]</sup>。例如,对于采集到的电压数据,如果存在个别数据明显偏离正常范围,可以将其视为异常值进行剔除或修正。数据集成是将来自不同数据源的数据进行整合,形成一个统一的数据集。数据变换是对数据进行标准化、归一化等处理,使数据具有相同的尺度和分布,便于后续的分析 and 建模。数据规约则是通过降维、抽样等方法减少数据的数量,提高数据分析的效率。

### 3.2 特征提取与降维

在完成数据预处理后,需要从大量的数据中提取有价值的特征信息,以便更准确地评估变电运行状态。特征提取是通过对数据的分析和处理,找出能够反映设备状态的关键特征。例如,对于变压器的振动信号,可以通过傅里叶变换、小波变换等方法将其分解为不同频率成分的信号,提取各频率成分的能量、幅值等特征参数,这些参数能够反映变压器的机械状态和内部故障情况。由于采集到的数据维度往往较高,包含大量的冗余信息,直接使用这些数据进行建模和分析会导致计算复杂度增加、模型性能下降等问题。因此,需要进行数据降维处理,将高维数据转换为低维数据,同时保留数据的主要特征信息。常用的降维方法有主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)等。PCA通过寻找数据的主成分,将数据投影到低维空间中,实现数据的降维和特征提取。LDA则是在考虑数据类别信息的基础上,寻找能够最大程度区分不同类别的投影方向,实现数据的降维和分类。

### 3.3 评估模型建立与验证

基于提取的特征信息,可以建立变电运行状态评估模型。常用的评估模型包括机器学习模型和深度学习模型。机器学习模型如支持向量机(SVM)、决策树、随机森林等,这些模型具有一定的泛化能力和解释性,能够处理多分类问题。深度学习模型如神经网络、卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等,具有强大的非线性拟合能力和自动特征提取能力,能够处理复杂的

的变电运行数据。在建立评估模型后,需要对模型进行验证和优化。通常采用交叉验证的方法,将数据集分为训练集和测试集,使用训练集对模型进行训练,使用测试集对模型的性能进行评估。评估指标包括准确率、召回率、F1值等。根据评估结果,对模型的参数进行调整和优化,提高模型的评估性能。同时,还可以使用其他评估方法,如混淆矩阵、ROC曲线等,对模型的性能进行更全面的分析和评价。

#### 4 变电运行状态动态管控技术

##### 4.1 动态管控策略制定

动态管控策略的制定应根据变电运行状态评估结果和实际运行需求,综合考虑设备的重要性、状态等级、负荷情况等因素。对于重要设备和状态较差的设备,应采取更加严格的管控策略,增加监测频率,缩短检修周期,确保设备的安全运行。例如,对于主变压器等关键设备,如果评估结果显示其状态等级为“注意”或“异常”,应立即安排专项检查和试验,查找问题原因,并制定相应的处理措施。同时,动态管控策略应具有灵活性和适应性,能够根据设备状态的变化和实际运行情况进行及时调整。例如,在负荷高峰期,应加强对设备的监测和巡视,确保设备能够承受较大的负荷压力;在恶劣天气条件下,应加强对设备的防雷、防潮、防污等措施,保障设备的安全运行。

##### 4.2 实时监测与预警系统

实时监测与预警系统是变电运行状态动态管控的重要手段。该系统通过安装在变电站内的各种监测设备,实时采集设备的运行数据 and 环境参数,并将数据传输到监控中心进行分析和处理。当监测数据超过预设的阈值或出现异常变化时,系统能够及时发出预警信号,提醒运行人员采取相应的措施。实时监测与预警系统应具备高可靠性、高实时性和高准确性等特点。采用先进的通信技术和数据处理技术,确保数据的实时传输和准确处理。同时系统还应具有良好的用户界面和操作便捷性,

方便运行人员查看监测数据和预警信息,及时进行决策和处理。例如,通过可视化技术将设备的运行状态以直观的图形、图表等形式展示出来,使运行人员能够快速了解设备的运行情况。

##### 4.3 故障预测与预防性维护

故障预测是基于变电运行状态评估和实时监测数据,运用数据分析技术和预测模型,对设备可能发生的故障进行提前预测和预警。通过故障预测,可以提前发现设备的潜在问题,采取预防性维护措施,避免故障的发生,减少停电损失和维修成本<sup>[4]</sup>。常用的故障预测方法有时间序列分析、神经网络预测、灰色预测等。预防性维护是根据故障预测结果和设备的运行状态,制定合理的维护计划和维护措施。预防性维护包括定期检修、状态检修、油务分析、红外测温等多种方式。同时预防性维护还应注重维护工作的科学性和合理性,避免过度维护和不足维护的情况发生。

#### 结束语

基于大数据分析的变电运行状态评估与动态管控技术,是保障电网安全稳定运行的关键。通过科学评估指标体系与大数据分析方法,能精准掌握设备状态;动态管控技术则实现实时监测、预警与预防维护。未来,随着技术发展,该领域将不断完善,进一步提升变电运行管理水平,推动电网向智能化、高效化迈进,为社会经济发展提供坚实电力支撑。

#### 参考文献

- [1]刘文忠,汪振东,李国平.广义系统观测器在互感器误差监测中的应用分析[J].中国设备工程,2025,(08):170-172.
- [2]李项.超级电容储能技术在电力系统中的应用探索[J].中国设备工程,2025,(08):206-208.
- [3]王蕊,张磊.电气工程及其自动化技术在绿色建筑中的应用研究[J].新城建科技,2025,34(02):70-72.
- [4]王鑫,李志强,赵军.电力系统生产运行状态评估的监测指标体系构建[J].电力系统自动化,2020,44(2):34-39.