

# Design of Intelligent Maintenance System for 110kV 220kV High Voltage Power Equipment Driven by Big Data

Lei Shu Guofeng Zhang

State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd. Ningbo Power Supply Company Substation Maintenance Center, Ningbo, Zhejiang, 315000, China

## Abstract

With the increasing electricity load, the safe and stable operation of the 110kV/220kV high-voltage power grid has become an important component of the power grid. This article proposes a big data based fault diagnosis method to address the problems in current power grid fault diagnosis. Based on multi-source data, the method uses big data storage and management to effectively process large-scale data. Through data analysis and fault diagnosis methods, accurate prediction and diagnosis of equipment faults are achieved, and an intelligent maintenance decision support system is established. Through examples, it has been proven that the system can effectively improve the efficiency and reliability of high-voltage power grid equipment maintenance, reduce operation and maintenance costs, and is a promising technology.

## Keywords

big data; High voltage power equipment; Intelligent maintenance system; fault diagnosis

# 大数据驱动的 110kV 220kV 高压电力设备智能检修系统设计

舒磊 张国锋

国网浙江省电力有限公司宁波供电公司变电检修中心, 中国·浙江 宁波 315000

## 摘要

在日益增加的用电负荷下, 110kV/220kV 高压电网的安全稳定运行成为电网的重要组成部分。本文针对目前电网故障诊断中存在的问题, 提出了一种基于大数据的故障诊断方法, 以多源数据为基础, 采用大数据的存储和管理方法, 实现对大规模数据的有效处理, 通过数据分析和故障诊断等方法, 实现对设备故障的精确预报和诊断, 并建立智能化的维修决策支撑体系。通过实例证明, 系统能有效地提高高压电网设备维修的效率和可靠性, 减少运行维护费用, 是一种很有前途的技术。

## 关键词

大数据; 高压电力设备; 智能检修系统; 故障诊断

## 1 引言

110kV/220kV 高压电网是输电和配电的重要节点, 其正常工作状态对电网的安全稳定起着至关重要的作用, 根据有关资料, 由于设备故障而引起的大停电, 每年都会对社会和经济带来很大的损失。传统的周期维修方式存在过度维修或者缺乏维修的问题, 这样既浪费了大量的人力、物力、财力, 又很难对突发故障进行有效的防范。而近年来, 随着大数据技术的快速发展, 高压电网装备维修方式发生巨大变化, 因此通过对装备在工作中所产生的大量数据的深度挖掘和分析, 可以实时地监控设备的状态, 对故障进行早期的预警和精确的诊断, 从而对维修策略进行优化, 提升设备的可

靠性, 减少运营费用, 保障电力系统的安全稳定运行。

## 2 系统总体架构设计

### 2.1 系统需求分析

在功能方面, 系统需要能够对 110kV/220kV 高压电网进行实时监控, 包括电压、电流、温度和振动等重要参数的测量和分析, 通过故障预报能力及早发现设备的隐患, 降低事故发生率。在此基础上, 建立基于设备运行状况与故障预报的智能化维修决策支持系统, 以实现对维修方案的有效控制。

在性能要求方面, 需要保证数据的实时收集, 保证设备的实时工作状况, 为故障预报与维修决策提供可靠的依据。同时对系统的可靠性提出更高的要求, 使其能在复杂的电网环境中稳定工作, 考虑电力系统的不断发展和设备的更新换代, 系统还需具备良好的可扩展性和兼容性, 能够方便

【作者简介】舒磊 (1991-), 男, 中国湖南长沙人, 硕士, 工程师, 从事变电设备检修研究。

地接入新设备和新数据。

## 2.2 系统架构设计原则

根据可靠度的要求,在各部件失效的情况下利用冗余和容错技术,保证系统的正常工作,运用最新的大数据、人工智能算法、通讯等技术,使其成为世界领先的技术。也需要遵循系统兼容性原则,保证系统可以与已有的设备监控系统、管理系统等实现无缝连接,达到信息共享、协作工作的目的。另外,安全原则是对数据进行加密,对数据进行访问控制,以保证数据的安全性和保密性<sup>[1]</sup>。

## 2.3 系统总体架构

系统的整体结构可划分为数据获取层、数据传输层、数据处理层、数据分析层以及应用层。其中在数据传输层,通过无线与有线的混合传输,保证数据的安全快速传输;数据处理层负责对数据进行预处理,如清洗、整合和转换,并将其存入大数据存储平台;在数据处理层,利用机器学习、深度学习等算法对所采集到的数据进行分析处理,从而达到对设备运行状态的监控与预警;应用层给用户一个直观的操作接口,展示设备状态信息、故障预测结果和检修决策建议,方便用户进行设备管理和检修决策。

## 3 数据采集与传输

### 3.1 数据采集

#### 3.1.1 数据来源

系统的数据源主要有设备的操作参数、运行环境参数、维修参数等。该装置的工作参数包括电压、电流、功率、频率、油温、油色谱等,直观地反应装置的工作状况;环境参数主要包括温、湿、风、压等,其中环境因子对设备的操作有很大的影响;维修参数对过去的维修资料进行详细的记载,说明以前的维修状况、产生的原因及采取的对策,以便对设备进行状况分析及故障预报。

#### 3.1.2 传感器选型与部署

在选择传感器时,必须从测量的准确性、稳定性、可靠性和响应时间等几个方面来考虑。如在选用电流互感器时,要依据被测装置的额定电流及测量精度的需要,选用适当的型式。根据“全面覆盖、重点监控”的原理对变压器绕组、铁芯、断路器触头、操作器等关键部件及关键部件进行布设,获得更为全面的状态信息。

#### 3.1.3 数据采集方法

系统采取实时与周期性两种方式,对实时要求较高的电压、电流等参量进行实时采集,并可按设备要求将采样频率设定为一秒以上;对于油温、油层等变化较慢的参数,可以按一定时间间隔收集,收集时间可设为小时或每日一次。在此基础上,建立“事件触发-收集”机制,在设备发生异常时,能够自动启动收集并获得详细的异常信息。

### 3.2 数据传输

#### 3.2.1 传输网络选择

根据电力设备的分布情况和数据传输需求,选择合适的传输网络,当距离较近且环境比较稳定时,可以使用光缆作为传输速率高、稳定性好以及抗干扰能力强的有线传输网

络;当距离较远且布线困难时,可利用4G、5G、无线网络等无线传输网络来进行远距离的数据传送。

#### 3.2.2 数据传输协议

采用TCP/IP协议作为数据传输的基础协议,保证可靠的资料传送,同时为了保证数据的安全与完整,在传输过程中可以使用SSL/TLS加密技术,有效地保护数据的安全与完整性,利用CRC等数据校验机制,保证数据的传输无差错。

#### 3.2.3 数据传输优化

为提高数据传输效率,采用数据压缩技术,通过对采集到的数据进行压缩,降低了数据的传输量,在无线传送网路中,资料传送率会随网路讯号强度与频宽状况而作适当的调整,以防止因网路阻塞造成资料遗失或延时。同时为了保证数据的连续性,还可以设计数据缓存机制,当数据被中断时,暂时将数据暂时存放在缓存中,然后在网络恢复之后再继续进行传输<sup>[2]</sup>。

## 4 数据处理与存储

### 4.1 数据预处理

#### 4.1.1 数据清洗

数据清洗就是剔除噪音、异常值及重复资料,根据 $3\sigma$ 原理,利用统计分析和机器学习等方法对离群点进行辨识,对偏差大于3个标准差的数据作为离群点进行处理;针对重复的数据,利用时间标记、设备编号等重要特性,剔除重复数据。另外,为了保证数据的完整性,还需要采用数据插值的方法来填补缺失数据。

#### 4.1.2 数据集成

由于数据源的多样性,导致数据的格式不一致和语义冲突,因此必须对其进行整合,系统利用数据仓库技术对多个来源的数据进行统一的存储与管理。在此基础上,通过构建多源异构数据间的映射关系,实现异构数据间的统一化,从而有效地解决多源异构数据间的语义冲突问题。

#### 4.1.3 数据转换

数据的转化主要包括数据规范化、归一化和离散化三个方面,其中数据规范化就是将数据转化成统一规模、统一分布的格式,以方便对数据进行分析、对比;归一化是将数据映射到[0,1]区间,从而消除了数据维数的影响。针对连续类型的数据,采用离散化的方法,将其转化成离散类型的数据,从而方便机器学习算法的应用。

### 4.2 数据存储

#### 4.2.1 存储架构设计

采用分布式存储架构能够实现多个存储节点的分布式存储,增强系统的可靠性和扩展性,基于数据备份机制,保证在某些存储节点失效的情况下数据不会丢失。在此基础上,利用HDFS等分布式文件系统,有效地对大量的数据进行存储与管理。

#### 4.2.2 数据库选型

综合考虑数据特点和应用需求,在此基础上,基于NoSQL的存储模式,针对设备的结构化操作与维修数据,利用MySQL等关系数据库对其进行存储与管理,方便了对

数据的检索与分析；针对文本、图像等非结构化数据利用 MongoDB 等 NoSQL 数据库实现对数据的柔性存储与查询。

#### 4.2.3 数据存储管理

建立健全的数据储存管理机制，定期备份与还原以保证资料的安全，依据其重要程度及使用频度，将其分为多个层次，将通用数据存放于高性能存储器中，以提高存取效率，针对不经常使用的资料，将资料储存在廉价的储存装置中，以减少储存费用。同时系统还会定期地对系统中的数据进行清理，去除过时的、不需要的数据，以腾出更多的空间<sup>[3]</sup>。

## 5 设备状态监测与故障预测

### 5.1 设备状态监测

#### 5.1.1 监测指标体系构建

建立一套涵盖电、力、热等多因素的综合监控指标体系，电参数有电压、电流、功率因数、局部放电等；机械性能指标有振动、位移、转速等；热物性参数主要包括温度、温升等。各参数均有其对应的正常值及临界值，工作人员需要对其进行实时监控与分析，以判定设备的工作状况。

#### 5.1.2 状态监测模型建立

采用机器学习算法建立设备状态监测模型，以支持向量机 (SVM) 为例，通过对大量历史数据的学习和训练，建立设备正常运行状态和异常运行状态的分类模型。将实时采集到的数据输入模型，模型根据学习到的特征和规则，判断设备当前的运行状态，并输出相应的状态评估结果。

#### 5.1.3 实时监测与预警

系统具有直观的操作界面，能够直观地显示装置的工作状况及监控指标，当监控数据超出设置的阈值时，通过语音、短信、邮件等多种形式向操作人员发送警报。同时在可视化界面中，对异常器件及异常指标进行了重点展示，便于维护人员迅速查找故障器件，掌握故障状况。

### 5.2 故障预测

#### 5.2.1 故障预测方法选择

选择深度学习算法进行故障预测，例如短时记忆网络 (LSTM) 等，LSTM 可以对时序数据进行处理，并能捕获数据中的长时相依，非常适合对设备进行故障预报。相对于传统的机器学习方法，LSTM 对复杂时序数据的预测精度更高，推广能力更强。

#### 5.2.2 故障预测模型训练与优化

收集大量的设备故障历史数据和正常运行数据，学习短时记忆模型，在训练阶段，利用交互确认法对模型的参数进行优化，从而提高模型的预测精度。与此同时，该方法还需要对模型进行周期性地更新与优化，并在此基础上实时地对模型参数进行修正，保证模型在不同工况下的自适应能力。

#### 5.2.3 故障预测结果评估

利用正确率、召回率和 F1 值来评价系统的性能，其中正确率是指在所有的失效样本中，正确的失效样本在全部的失效样本中所占的比重；召回率是指在实际失效样品中，所能预测到的错误样品数目所占的百分比；F1 是正确率与召回率的和谐平均值，它可以全面地反映出模型的预报效果。

在此基础上，通过对预报结果的评价，对预报模型进行持续地改进与优化。

## 6 智能检修决策支持

### 6.1 检修策略制定

#### 6.1.1 检修策略类型

通常的维修策略包括定期维修，状态维修和预测维修，其中定期维修是指每隔一段时间就对设备进行一次维修；状态检修是一种以设备实际工作状况为基础的维修方式，具有较强的针对性；预测型维修是一种超前的维修策略，它是一种能够预见到设备发生故障，并预先制定维修计划的方法<sup>[4]</sup>。

#### 6.1.2 基于设备状态的检修策略制定

工作人员需要通过对设备运行状况的监控与预报，提出相应的维修决策，对于状态良好且无隐患的设备，可采取延长维修时间的策略；对不太严重的设备，采取“视情维修”策略，加大监控力度，及时组织维修；对有可能出现故障的设备，应采取预知性维修策略，预先制订维修计划，以防止出现故障。

### 6.2 检修计划生成

#### 6.2.1 检修任务规划

根据维修策略及设备状况，制定维修项目、维修时间、维修人员等具体维修工作，为保证维修工作的顺利开展，制订具体的维修程序及作业标准。在此基础上，综合考虑设备间的相关性及维修资源约束，对维修任务进行合理的排序。

#### 6.2.2 检修资源优化配置

采用优化算法对检修资源进行配置，如遗传算法、PSO 等，对检修人员、设备、材料进行优化，使维修费用最低，设备可靠度最大。由此通过对维修资源的合理分配，提高维修效率，减少维修费用。

## 7 结语

本文研究的大数据驱动下的 110/220kV 高压设备智能维护系统，将多源数据采集、高效数据处理与存储、设备运行状态的精确监控和故障预报、智能维护决策支撑等方面进行研究，为高压电网设备的智能维护提供技术支撑。通过实例分析，本项目研究成果将极大地提高高压电网设备维修的效率和可靠性，减少运行维护费用，具有较好的推广价值。在今后的工作中，通过对大数据、人工智能等技术的深入研究，使其得到进一步的优化与改进，使其在电网设备维护工作中的应用更加广泛。

### 参考文献

- [1] 勇天泽,马赛,张洛源,等.基于带电检测技术的超高压电力设备运维检修系统设计[J].通信电源技术,2024,41(14):81-83.
- [2] 鲜钊.基于数据驱动的电力调度故障智能告警系统设计[J].自动化与仪器仪表,2021,(01):144-147.
- [3] 杨劲松,谢幸生,林韶文,等.电力设备状态检修智能系统的设计与实现[J].电子设计工程,2016,24(19):57-59+62.
- [4] 姜国庆,魏勇,方强华,等.适用于大检修的特高压变电站智能巡检系统软件设计及应用[J].软件工程师,2014,(10):59-61+36.