

# 基于大数据分析的变电设备故障预测与检修优化

杨奥博

国网内蒙古东部电力有限公司通辽供电公司 内蒙古通辽 028000

**摘要:** 随着电力系统的规模和复杂性不断增加, 变电设备的运行可靠性和安全性成为电力企业关注的重点。基于大数据分析的变电设备故障预测与检修优化技术应运而生, 成为提高电力系统稳定性和减少停电损失的有效手段。本文综述了大数据分析在变电设备故障预测和检修优化中的应用现状, 探讨了不同数据源、数据处理技术及其在故障预测中的应用效果, 分析了检修策略优化的主要方法及其应用前景。

**关键词:** 大数据分析; 变电设备; 故障预测; 检修优化; 电力系统

## 引言

在现代电力系统中, 变电设备是关键的基础设施, 其运行状态直接关系到电力系统的安全和稳定。然而, 随着设备运行年限的增加和负荷压力的加大, 故障风险也在不断提升。传统的检修模式通常依赖于定期维护和经验判断, 难以及时、准确地发现和预防潜在故障。近年来, 随着大数据技术的发展, 基于数据驱动的故障预测与检修优化方法逐渐成为研究热点。

## 一、大数据分析概述

### 1. 大数据分析的定义与特点

1.1 规模 (Volume)、多样性 (Variety)、速度 (Velocity)、真实性 (Veracity)

大数据的“四个V”特性涵盖了信息规模 (数据量)、多样性 (数据种类)、处理速度 (数据速度) 以及信息的准确性 (数据真实性)。

**数据量 (Volume):** 大数据的显著特征之一便是其信息量庞大, 在互联网、物联网、社交媒体等技术的广泛应用下, 数据的生产速度和规模急剧膨胀, 比如, 我国电力网络每日产生的数据总量高达数十TB, 涵盖了设备运作、用户耗电和环境等多方面的信息。

**数据种类 (Variety):** 大数据范畴不仅涵盖了格式化数据 (例如数据库里呈现的表格样式数据), 还融合了部分格式化与非格式化数据 (例如文本、图像、视频等), 在电力领域, 信息采集渠道广泛, 涵盖了各类传感器所收集的数据、实时监控所生成的视频资料以及消费者所提供的反馈信息等<sup>[1]</sup>。

**数据速度 (Velocity):** 面对大数据的海量信息, 需要具备迅速的数据处理和分析技巧, 以满足实时或准实

时的需求, 在电力领域, 设备运作情况的即时监测至关重要, 传感器的作用不可或缺, 它能帮助我们洞察并及时识别可能出现的问题。

**数据真实性 (Veracity):** 大数据的真实性体现了其数据的精确度和信赖度, 在电力系统中, 信息的准确性至关重要, 一旦信息有误, 可能会引发不准确的决策和预测。

### 1.2 大数据分析技术的基本原理与方法

**数据采集:** 从不同渠道搜集信息, 例如传感器、智能电表、社交媒体等, 在电力领域, 通过SCADA (监控和数据采集系统) 实现数据的实时搜集, 该系统对设备的运行状况和负载数据进行不间断的监控与记录。

**数据存储:** 大规模数据的保存普遍采纳分布式存储技术, 例如Hadoop HDFS、NoSQL数据库等, 这些平台具备高效处理大规模数据的能力, 既可以储存数据, 也可以进行有效管理, 例如, 中国国家电网公司采用Hadoop集群来储存和分析电力数据, 应对庞大的数据量和高处理速度的要求。

**数据处理:** 在数据处理过程中, 需进行数据清洗、转换和集成, 以确保数据的质量和一致性, 以Apache Spark为基础进行分布式数据处理, 能够迅速地对大规模电力数据进行分析 and 处理。

**数据分析:** 数据处理技术涉及统计学、挖掘和机器学习等多个领域, 借助机器学习算法, 对电力设备过往运行数据进行深入挖掘, 据此构建故障预测模型, 从而提升设备运行的稳定性。

## 2. 大数据分析在电力系统中的应用

### 2.1 电力系统中大数据的来源与类型

**设备运行数据:** 利用传感器和监控设备, 能够实时

获取设备运行状况、温度、电流和电压等关键数据，关键设备如变压器、断路器的运行数据，对于故障预测和健康评估至关重要。

**环境数据：**涵盖气象和地理方面的信息资料，电力设备的运作情况和承载能力，会受到相关数据的重要作用，恶劣气候可能使设施超负荷或受损，剖析气象信息有助于预先警报和调度管理策略。

**用户用电数据：**智能仪表盘实时跟踪用户电力消耗，涵盖用量和时间等关键数据，这些信息可用于管理需求方、预测能耗峰值以及电力市场的分析研究，利用用户的用电信息，可以对电力分配进行优化，从而提升供电的效率。

2.2在电力系统的运行和维护领域，大数据分析扮演着至关重要的角色

**故障预测与预警：**分析机器运作数据及过往故障记录，有助于构建故障预兆估算模型，进而有望提前辨识设备可能出现的故障，实施主动性维护策略，采用机器学习算法对变压器运行数据进行深入分析，有助于准确预测变压器故障发生的时间，从而避免因突发故障引发的停电问题。

**运行优化与调度：**分析电力系统的负载和环境信息，可以优化其运作和调度方案，从而提升供电的效率，借助大数据分析技术，能实时跟踪电网负载状况，进而改进发电机组的运作模式，有效降低能源损耗。

**资产管理与决策支持：**利用大数据分析技术，可以为电力企业的资产监管与战略选择提供精准的科学支持，分析设备的使用寿命与运营成本数据，有助于拟定有效的设备更换与维修策略，从而减少经营开支并提升设备的使用效率。

## 二、变电设备故障预测

### 1. 故障预测的基本概念

设备故障的提前甄别，即通过对运转数据的实时监控与深入分析，预先识别并规避可能出现的问题，对电力系统中变电设备的潜在故障进行提前预判至关重要，这直接影响到电网供电的稳定性及整体运行的安全性，通过对设备潜在故障的预先判断，能及时识别异常，实施维护措施，从而降低非预期停机时长，增强系统的稳定性和经济效益。

### 2. 基于大数据的故障预测技术

#### 2.1 数据采集与预处理

依赖变电设备上安装的传感器等监测工具，实时搜集运行状态数据，是进行故障预测的根本途径，这些资

料囊括了电流、电压、温度、振动等多个方面的指标，在我国，两家主要的电网企业已分别搭建起庞大的电力物联网平台，对电网设备的运行状态进行实时跟踪与监控。

对搜集来的初始数据执行净化、筛选、变形和整合操作，以备后续使用，数据预处理的目标在于提升数据品质，筛选掉噪声和异常数据，确保数据的统一性和完备性，常规的数据前期处理手段涵盖了数据净化、格式转换和信息整合等多个方面，经过数据净化程序，可以剔除由传感器问题产生的不正常数据。

#### 2.2 特征提取与选择

从处理过的数据中筛选与设备故障紧密相关的关键特征，是故障诊断的关键步骤，从众多特征中筛选出对提升预测模型准确性与效率至关重要的信息，常用的特征提取技术主要有统计方法、频域分析等。

针对电力转换设备的潜在缺陷进行预判时，会涉及对电流、电压、温度及振动等数据的量化分析，这包括了对这些参数的常规统计量和频谱特性的深入考量，分析这些标志，就能洞察机器运作的微妙变迁和异常状况，捕捉那些暗示未来故障的微妙迹象。

#### 2.3 预测模型的构建与优化

打造精准的预测模型是实现故障预判的关键环节，统计模型、机器学习模型以及深度学习模型，利用诸如时间序列分析、回归分析等统计模型，能有效对简易的故障预测需求；像支持向量机、随机森林这样的机器学习模型，具备较强的预测能力和广泛的适用性。在我国，两大电网企业均致力于利用大数据技术进行故障事先判断的研究与实践，例如，我国电网巨头运用智能分析技术预测变压器潜在问题，成功构建了能事先警报故障的先进模型，南方电网公司利用深度学习模型对断路器运行数据进行深入分析，创新性地构建了能够精确和快速预测断路器故障的模型，大大提升了故障预测的准确性与效率。优化预测模型是提升其预测能力的关键环节，常见的优化手段涵盖了特征的筛选、参数的调整以及模型的整合等多种策略，筛选特征，剔除无效信息，能显著提高模型的运行效率和预测精度<sup>[2]</sup>。

## 三、变电设备检修优化

### 1. 检修优化的基本概念

通过对变电设备的科学检修优化，不仅能提高维护效果，还能延长设备寿命，同时减少成本和资源消耗，主要目标是在确保设备正常运作的基础上，尽量缩短非计划性停机时间，提升设备使用效率，优化资源分配，并减少运维开支。检修优化的具体目标包括提高设备可

靠性，通过对维修计划的细化优化，能够及时识别并解决可能出现的隐患，从而预防设备突然失灵，增强机器运作的稳定性和可靠性。延长设备寿命，采用科学的维护手段，可以有效降低机械磨损，进而延长机器的正常运转时间。

## 2. 基于大数据的检修优化方法

### 2.1 数据驱动的检修策略制定

以数据为基石的检修方针制定，依托于庞大数据量的分析技术，对设备的运行数据、历史故障数据以及维护记录进行深入研究，从而制定出科学的检修方针，具体步骤包括数据收集与整合，梳理设备的操作、出错及维修信息，实施数据净化与统一，构建起一套全面的设备状况资料库。

数据分析与建模，借助统计学、数据挖掘和机器学习等先进技术，对数据进行深度挖掘，探寻设备运行中的规律性和模式特征，构建设备健康状况评估模型以及故障事先预测模型。检修策略制定，依据分析得出的数据和模型所作的预估，确立一套合理的产品维护方案，涵盖维修的时间间隔、需检查的项目以及相应的维修技巧等<sup>[3]</sup>。

### 2.2 检修资源的优化配置

优化检修资源的配置意味着在拟定检修计划过程中，对人力、物力和财力资源进行合理安排与分配，力求实现最佳的检修成果，具体方法包括优先级管理，依据设备的价值与其潜在风险，合理安排维护计划，对那些至关重要且状况不佳的设备给予优先级的维修，南方电网通过对关键设备运行状况的细致检查，科学排定了维护顺序，确保了重点设备的及时保养。

资源调度优化，采用先进的优化算法和调度模型，对检修资源进行合理配置，保障其得到有效利用与高效管理，通过改进调度程序，能够有效地安排维修人员的作息及职责，从而提升他们的工作效率和检修质量。成本控制，对设备维护的经济投入进行详尽剖析与前瞻性预测，据此制订出经济的检修经费规划和成本管控策略，以减轻维护的经济负担。

### 2.3 检修计划的动态调整

在实际进行设备维护时，需按设备实时状况与周边环境的变动，灵活地对维护方案进行调整和改善，确保维护任务的顺畅执行，具体方法包括实时监测与反馈，实时跟踪设备工作状况，快速了解其健康水平和故障数据，据此灵活制订维护方案，对变压器的运行状态进行实时跟踪，通过监控其温度和电流变化，可以迅速识别出潜

在问题，并据此调整维护策略，以防设备发生故障<sup>[4]</sup>。

自适应调整，借助智算技术和优化手段，紧贴设备实态与外界环境动态，自主优化整修安排，增强整修的应变能力和灵活度，运用自适应算法，能够根据设备的实时运行情况和负荷变化，灵活地调整维护周期与细节，以保障设备的稳定运作。应急预案与调整，面对设备的突发事件或紧急状态，立即激活预先制定的应急方案，重新排定维修日程，以保障设备能迅速得到修复并恢复正常运作，面对电网出现的突发状况，迅速调动维修团队和所需资源，实现对故障的迅速应对与处理，确保电力正常供应<sup>[5]</sup>。

## 结语

随着电力网络的规模壮大与日俱增，变电站的运维工作遭遇了前所未有的挑战，利用大数据分析进行的故障预判与维修流程优化，已变成增强电力系统稳定性、缩减停电带来的损失、节省运维费用的关键技术，利用故障预测技术，可以提前洞悉设备潜在的故障问题，从而实施预防性维护措施，防止电网安全和用户用电受到意外故障的干扰。通过制定科学策略、优化资源配置和调整计划，提升设备检修的效率和品质，从而延长其使用寿命并减少维护费用，在我国，诸如国家电网和南方电网等骨干电力企业，有效推进了大数据科技在变电设施保养中的运用，效应显著，借助电力物联网平台的搭建，对运行数据进行实时采集及分析，应用前沿的数据处理与机器学习技术，构建了故障预测模型，并据此优化检修策略，推动了设备维护管理的智能化升级。

## 参考文献

- [1] 许娟. 基于大数据分析的输变电设备故障诊断与预测研究[J]. 电气技术与经济, 2024, (05): 193-195.
- [2] 付鑫, 郭阳. 基于电力大数据的变电主设备缺陷演化规律红外成像分析方法[J]. 计算技术与自动化, 2024, 43(01): 123-128. DOI: 10.16339/j.cnki.jjsyzdh.202401021.
- [3] 周照宇, 程凯强, 林毅. 基于互联网的变电检修大数据解决方案分析[J]. 电子技术, 2023, 52(09): 212-213.
- [4] 刘钦, 巨彧龙, 涂静鑫. 基于大数据分析的变电设备缺陷数据辅助软件的研究及应用[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2020, 33(01): 9-12.
- [5] 王硕. 基于大数据分析技术的输变电设备状态评估系统的设计与实现[D]. 山东大学, 2018.