

# 基于大数据分析的水电站设备故障预测模型构建

杨继波

华电金上昌都新能源有限公司 四川成都 611130

**摘要:** 基于大数据分析构建水电站设备故障预测模型, 可克服传统方法局限。通过多源数据收集与预处理, 选用合适算法构建模型, 并经实际案例进行训练、参数优化、性能评估及验证。依据模型预测结果, 能科学制定维护计划, 合理分配与调度维护资源, 并跟踪维护效果。这有效提升了水电站设备运维水平。未来, 随着大数据和人工智能技术发展, 更多数据融入模型, 模型与智能运维系统深度融合, 将为水电站安全高效运行提供更有力的支持。

**关键词:** 大数据分析; 水电站设备; 故障预测模型; 新能源; 预防性维护

## 引言

水电站作为重要能源设施, 设备稳定运行至关重要。传统设备故障预测方法存在诸多不足, 难以适应复杂运行环境。大数据时代带来海量设备运行数据, 为故障预测提供新契机。新能源背景下水电站设备运行工况变化, 对故障预测提出更高要求。利用大数据分析构建故障预测模型, 能挖掘数据潜在关系, 实现设备故障精准预测, 制定科学维护策略。深入研究该模型, 对提升水电站运行安全性和可靠性意义重大。

## 一、水电站设备故障预测现状与挑战

### (一) 传统故障预测方法的局限性

传统的水电站设备故障预测方法多依赖于经验判断、简单的传感器监测以及定期的预防性维护。经验判断主要依靠技术人员的个人经验, 缺乏客观性和准确性, 难以发现潜在的早期故障。简单的传感器监测只能获取有限的设备运行参数, 对于复杂的设备故障, 无法提供全面的信息。而定期预防性维护虽然能在一定程度上降低故障发生概率, 但存在过度维护和维护不足的问题。过度维护导致资源浪费, 维护不足则可能使设备在出现早期故障时未得到及时处理, 进而引发更严重的故障, 难以适应现代水电站设备复杂的运行环境。

### (二) 大数据时代对设备故障预测的新要求

在大数据时代, 水电站设备运行产生了海量多源的

数据, 包括设备的振动、温度、压力、电流、电压等各种参数数据以及设备的历史维护记录等。这要求设备故障预测方法能够处理和分析这些大规模、多样化的数据, 挖掘数据之间的潜在关系和规律。为了实现设备的实时监测和故障的早期预警, 故障预测模型需要具备高效的数据处理能力和快速的响应速度。

### (三) 新能源背景下水电站设备运行特点

在新能源(光伏发电)的背景下, 水电站设备运行呈现出一些新的特点。一方面, 新能源的接入使得电网的负荷特性发生变化, 水电站需要更加灵活地调节发电功率, 这对设备的调节性能和可靠性提出了更高要求。设备频繁地启停和功率调节, 增加了设备的磨损和故障发生的概率<sup>[1]</sup>。另一方面, 新能源的间歇性和波动性也会影响水电站设备的运行稳定性, 例如光伏发电的不稳定性可能导致水电站设备的运行工况发生变化。

## 二、基于大数据分析的故障预测模型原理

### (一) 大数据技术在设备故障预测中的应用优势

大数据技术在水电站设备故障预测方面具有显著优势。它能够整合多源数据, 涵盖设备运行的实时参数、历史维护记录、环境数据等。通过强大的计算能力, 对海量数据进行深度挖掘, 发现数据间隐藏的关联和模式, 从而更精准地预测设备故障。例如, 可对设备振动、温度、压力等数据的长期变化趋势进行分析, 提前识别出设备性能的退化迹象。大数据技术的实时性特点, 能及时捕捉设备运行状态的细微变化, 快速发出故障预警。借助机器学习算法, 大数据技术还能不断优化故障预测模型, 提高预测的准确性和可靠性。见表1。

**个人简介:** 杨继波(1988.04-), 男, 汉族, 四川成都人, 四川大学锦江学院本科学历, 助理工程师, 研究方向为新能源(光伏发电)。

表1 某水电站设备不同运行阶段数据采集量统计

运行阶段	振动数据采集量(条)	温度数据采集量(条)	压力数据采集量(条)	电流数据采集量(条)	电压数据采集量(条)
正常运行期	12000	15000	10000	8000	9000
异常初期	5000	6000	4000	3500	4200
故障发生期	3000	3500	2500	2000	2200

(二) 数据收集与预处理方法

数据收集是构建故障预测模型的基础。在水电站中, 通过各类传感器收集设备的运行参数数据, 如振动传感器、温度传感器、压力传感器等。收集设备的历史维护记录、检修报告等数据。对于收集到的数据, 需要进行预处理。首先进行数据清洗, 去除噪声数据和异常值, 提高数据质量。然后进行数据集成, 将不同来源的数据整合到一起<sup>[2]</sup>。接着进行数据转换, 对数据进行标准化、归一化处理, 使数据具有可比性。还可以对数据进行特征提取, 选择对设备故障预测有重要影响的特征变量。合理的数据收集与预处理方法, 能为后续故障预测模型构建提供高质量的数据基础。见表2。

表2 某水电站设备数据预处理前后对比

数据类型	预处理前数据范围	预处理后数据范围	数据清洗去除异常值数量(条)	标准化后均值	标准化后标准差
振动数据	10-50 (m/s <sup>2</sup> )	0-1	500	0.5	0.2
温度数据	20-80 (°C)	0-1	300	0.4	0.15
压力数据	0.5-3 (MPa)	0-1	200	0.3	0.1

(三) 故障预测模型的构建思路与算法选择

构建水电站设备故障预测模型, 需明确整体思路。先确定预测目标, 即准确预测设备故障的发生时间和类型。然后根据数据特点和预测目标, 选择合适的算法。常见的算法有神经网络算法, 其具有强大的非线性映射能力, 能处理复杂的设备故障关系; 决策树算法, 可通过对数据的分类和规则提取, 进行故障预测; 支持向量机算法, 在小样本数据处理上表现出色。在实际应用中, 需对不同算法进行试验和比较, 结合水电站设备的运行数据, 调整算法参数, 优化模型结构, 以构建出性能优良的故障预测模型, 实现对水电站设备故障的有效预测。

三、模型在水电站设备故障预测中的应用实践

(一) 实际案例数据采集与分析

在水电站设备故障预测的实际案例中, 数据采集工

作至关重要。通过在水电站设备关键部位部署各类传感器, 全面收集设备运行过程中的多种数据, 如振动频率、温度数值、压力大小、电流电压参数等。收集设备的历史运行记录、维护保养信息以及故障发生时的详细状况等数据。对采集到的数据进行细致分析, 挖掘数据背后反映的设备运行状态特征。例如, 分析振动频率数据的变化趋势, 判断设备是否存在异常振动情况; 研究温度数据的波动, 确定设备部件是否存在过热风险。将不同类型的数据进行关联分析, 为后续模型训练提供丰富且有价值的数据库。

(二) 模型训练与参数优化

利用采集并分析后的数据对故障预测模型进行训练。根据所选择的模型算法, 将数据输入模型中, 让模型学习数据中的规律和特征, 建立起设备运行数据与故障之间的映射关系。在训练过程中, 需要对模型的参数进行优化。通过不断调整参数值, 观察模型在训练数据上的表现, 寻找使模型性能达到最优的参数组合<sup>[3]</sup>。比如对于神经网络模型, 调整神经元数量、学习速率、迭代次数等参数; 对于决策树模型, 优化树的深度、节点分裂条件等参数。

(三) 模型性能评估与验证

模型训练完成后, 需要对其性能进行评估与验证。使用一部分未参与训练的数据作为测试集, 将模型的预测结果与实际的设备运行情况进行对比。通过计算准确率、召回率、均方误差等评估指标, 全面衡量模型的性能表现。若模型的预测结果与实际情况存在较大偏差, 则需要进一步分析原因, 对模型进行改进。还可以将模型应用到实际的水电站设备运行场景中, 进行长期的跟踪验证, 观察模型在真实环境下的故障预测能力, 不断优化模型, 确保模型能够可靠地为水电站设备的故障预测和维护提供有效的支持。

四、基于模型的水电站设备预防性维护策略

(一) 根据预测结果制定维护计划

基于水电站设备故障预测模型的预测结果, 可制定科学合理的维护计划。以国内某大型水电站为例, 通过故障预测模型分析发现, 该水电站一台水轮机的轴承在未来30天内有较高的磨损加剧风险。根据这一预测, 制定针对性的维护计划, 安排专业技术人员在第20天对轴承进行检查, 检测其磨损程度、润滑情况等。计划中明确规定, 若磨损超过0.5毫米的预警值, 需立即更换轴承, 并准备好相应的轴承备件以及维修工具。规划好检

查和更换过程中的时间安排，确保维护工作在不影响水电站正常发电的前提下高效进行，有效预防因轴承磨损引发的设备故障。

### （二）维护资源的合理分配与调度

在上述水电站设备维护中，维护资源的合理分配与调度十分关键。针对水轮机轴承维护，根据维护计划，合理调配人力资源。安排2名经验丰富的机械工程师负责轴承的检查与故障判断，3名技术工人协助进行拆卸、安装等操作。在物力资源方面，提前准备好符合规格的轴承、润滑油、各类专用工具等。根据维护工作的时间进度，对资源进行动态调度。若检查发现轴承磨损未达到更换标准，则减少部分备用资源的投入，将资源优先分配到其他可能存在故障风险的设备维护中<sup>[4]</sup>。确保维护过程中所需的资源及时供应，避免因资源短缺导致维护工作延误，提高维护工作的效率和质量。

### （三）维护效果的跟踪与反馈

对水电站水轮机轴承维护工作完成后，需进行维护效果的跟踪与反馈。在维护后的第10天、20天、30天分别对轴承的运行状态进行监测，记录其振动频率、温度等数据。若在第20天监测时发现轴承振动频率从维护前的平均20赫兹上升到了30赫兹，且温度也有所升高，说明维护效果可能未达到预期。此时，及时反馈这一情况，组织技术专家对问题进行分析，判断是维护过程中安装不当还是轴承本身存在质量问题。根据分析结果，采取

进一步的措施，如重新调整安装或更换其他品牌的轴承，持续跟踪维护效果，确保设备的稳定运行。

### 结语

基于大数据分析构建水电站设备故障预测模型，能有效应对传统故障预测方法的局限。通过数据收集、预处理，结合合适算法构建模型，并经实际案例训练、优化与验证，可准确预测设备故障。依据预测制定维护计划、合理调度资源并跟踪维护效果，提升了设备运维水平。未来，随着大数据与人工智能技术发展，更多类型数据可融入模型，进一步提高预测精度。故障预测模型与智能运维系统深度融合，实现更智能的设备管理，为水电站安全、高效运行提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]汪卫兵,陈宜坪,刘云峰.基于大数据和人工智能的水电工程建设项目照片档案管理与利用分析研究[J].四川档案,2024,(01):36-38.
- [2]王家祥,郭道芬.基于最小方差法的水电机组中心测量数据分析[J].机电技术,2023,(04):67-69.
- [3]胡怀雯.大数据背景下的高校水电节能分析[J].信息与电脑(理论版),2022,34(21):245-247.
- [4]蒋飞勇.水电机组状态监测及数据分析系统开发研究[J].自动化应用,2022,(10):31-33+38.