

# 大数据背景下水利工程机电设备维修养护研究

孙鲁楠<sup>1</sup> 谷士锐<sup>2</sup> 董通<sup>3</sup>

1. 南水北调东线山东干线有限责任公司 山东 济南 250109

2. 邹平黄河河务局 山东 滨州 256200

3. 山东润鲁工程咨询集团有限公司 山东 济南 250100

**摘要:** 本文深入探讨了大数据背景下水利工程机电设备维修养护的现状、面临的挑战与机遇。阐述了如何利用大数据技术提升水利工程机电设备维修养护工作的效率、准确性和预见性。从构建基于大数据的故障诊断系统、优化维修策略、加强人员培训等方面提出具体措施,旨在为水利工程机电设备的可靠运行提供新的思路和技术支持,以适应现代社会对水资源管理和水利工程建设发展的要求。

**关键词:** 大数据; 水利工程; 机电设备; 维修养护; 故障诊断; 维修策略

## 引言

随着我国经济的快速发展,水利工程建设规模不断扩大,在防洪、灌溉、供水、发电等众多方面发挥着不可替代的作用。而机电设备作为水利工程的重要组成部分,其正常运行直接关系到整个工程的功能实现。在大数据时代,海量的数据资源以及先进的数据分析处理技术为改善机电设备维修养护提供了新的契机。通过挖掘机电设备运行过程中的各类数据,建立更高效、智能的维修养护体系,这有助于提高机电设备的可靠性,减少因设备故障导致的损失,还能延长设备使用寿命,降低运营成本,从而保障水利工程的安全稳定运行,促进水资源的有效利用和社会经济的可持续发展。

## 1 水利工程机电设备维修养护现状

### 1.1 传统维修模式的特点

(1) 事后维修。在机电设备发生故障影响正常运行时才进行的维修方式。这种方式的优点是无需提前投入过多的人力、物力进行预防性维护。这种方式的缺点也非常明显,一旦设备故障发生,可能会造成较大的经济损失。例如在水利工程运行中,如果泵站电机发生故障无法及时排水,可能导致淹没周边农田或城市区域。

(2) 定期维修。根据设备的使用年限或者一定的周期对机电设备进行检查和维修。这种维修方式虽然能够在一定程度上避免突发故障,但也存在盲目性。因为并不是所有设备都严格按照设定的周期出现故障,有些设备可能在维修周期内已经出现问题,而有些设备则在维修后很长时间都不会出现故障,这就造成了维修资源的浪费<sup>[1]</sup>。

### 1.2 存在的问题

(1) 数据收集与管理不足。在传统的水利工程机电

设备维修养护过程中,对于设备运行参数等数据的收集不够全面。例如,很多小型水利工程的机电设备没有安装有效的传感器来实时监测关键参数。即使一些大型水利工程有部分监测设备,但由于缺乏统一的数据管理平台,不同部门之间的数据难以共享,导致数据孤岛现象严重,不利于综合分析设备的健康状况。

(2) 维修决策缺乏科学依据。在制定维修计划时,往往是凭借经验或者按照固定的周期来进行。对于一些复杂的机电设备,不同部件之间相互关联,仅凭经验很难准确判断哪个部件可能出现故障以及何时会发生故障。例如,水轮机的叶片和转轴等部件之间存在着复杂的力学关系,如果不能准确评估各个部件的状态,就难以做出合理的维修决策。

(3) 维修人员技术水平参差不齐。水利工程分布广泛,管理体制多样,不同地区的维修人员技术水平差异较大。一些偏远地区的水利工程维修人员可能没有接受过系统的专业培训,在面对新型机电设备或者复杂故障时,难以及时有效地解决问题。例如,随着自动化控制技术在水利工程机电设备中的广泛应用,如果维修人员不了解PLC的工作原理,就无法对采用PLC控制的水泵控制系统进行维修<sup>[2]</sup>。

## 2 大数据技术概述及机电设备维修养护中的优势分析

### 2.1 大数据技术概述

大数据是指无法在一定时间范围内用常规软件工具进行捕捉、管理和处理的数据集合,具有海量性、多样性、高速性、价值性和真实性等特征。在水利工程机电设备维修养护领域,大数据主要来源于设备自身的传感器采集的数据、设备的历史维修记录、设备的设计制造资料以及外部环境因素等多方面的数据。

## 2.2 大数据在机电设备维修养护中的优势

(1) 精准故障诊断。利用大数据技术可以对机电设备的大量运行数据进行分析,通过建立故障诊断模型,准确地识别设备的故障类型和故障部位。例如,通过对水闸启闭机的电流、电压、速度等数据的长期监测和分析,可以发现电流波动异常可能是由于电机轴承磨损引起的,而速度变化异常可能是减速器齿轮损坏所致。

(2) 预测性维修。借助大数据分析算法,可以从设备的历史运行数据中挖掘出故障发生的规律和趋势。根据设备当前的运行状态和预测模型,提前预警可能即将发生的故障,从而采取预防性维修措施。预测性维修可以大大降低设备突发故障的概率,提高设备的可用率。

(3) 优化维修资源配置。大数据可以整合水利工程机电设备的各类信息,包括设备的位置分布、故障频率、维修难度等。根据这些信息,合理调配维修人员、维修工具和备品备件等资源。例如,在大型水库、灌区或调水工程中,通过分析不同区域机电设备的故障情况,将维修力量重点集中在故障高发区,并且根据设备的故障类型提前做好所需的备品备件,提高维修效率,降低维修成本<sup>[3]</sup>。

## 3 基于大数据的机电设备故障诊断系统构建

### 3.1 数据采集层

(1) 传感器选型与布局。对于水利工程机电设备来说,要根据设备的不同类型和功能选择合适的传感器。例如,在水轮机组中,需要安装温度传感器监测轴承温度、振动传感器检测转子的振动情况、压力传感器测量水流的压力等。在泵站设备中,除了上述传感器外,还需要安装流量传感器监测泵的流量。传感器的布局应尽量覆盖设备的关键部位,确保能够全面准确地采集设备的运行数据。

(2) 数据传输网络。构建稳定可靠的数据传输网络是保证数据采集质量的重要环节。在水利工程现场,可以根据实际情况选择有线或无线的传输方式。对于一些距离较近且布线方便的设备,可以采用有线传输,如RS485总线等,这种方式具有传输速率高、抗干扰能力强等优点。对于分布在广阔区域的机电设备,如灌溉渠道上的小型提水泵站,则可以采用无线传输技术。

### 3.2 数据存储与预处理层

(1) 数据存储。针对水利工程机电设备产生的海量数据,要选择合适的数据存储方案。可以采用分布式文件系统(如HDFS)或者关系型数据库与非关系型数据库相结合的方式。对于结构化数据,如设备的基本信息、维修记录等,可以存储在关系型数据库(如MySQL)

中;对于半结构化和非结构化的数据,如传感器采集的原始数据,可以存储在非关系型数据库(如MongoDB)或者分布式文件系统中。

(2) 数据预处理。收集到的数据可能存在噪声、缺失值等问题,需要进行预处理。对于噪声数据,可以采用滤波算法进行去除;对于缺失值,可以根据相邻数据点的值进行插值填充或者根据设备的运行特性进行合理估算。

### 3.3 故障诊断模型构建

(1) 特征提取。从预处理后的数据中提取能够反映设备故障特征的指标。例如,对于电机设备,可以从电流、电压数据中提取峰值、均方根值、谐波成分等特征量;对于旋转机械,可以从振动信号中提取幅值、频率、相位等特征。这些特征量能够有效表征设备的运行状态,为后续的故障诊断提供依据。

(2) 模型选择与训练。根据水利工程机电设备故障诊断的需求,可以选择不同的机器学习或深度学习算法构建故障诊断模型。对于一些简单的故障诊断任务,如识别设备是否处于正常或故障状态,可以采用支持向量机(SVM)等传统机器学习算法。对于复杂设备的故障类型识别,如区分水轮机的多种故障类型(如叶片损坏、转轴弯曲等),可以采用深度神经网络(DNN)等深度学习算法。在模型训练过程中,要使用大量的标注好的设备运行数据进行训练,以提高模型的准确性和鲁棒性<sup>[4]</sup>。

(3) 诊断结果输出与反馈。故障诊断系统根据诊断模型得出的结果,输出设备的故障类型、故障部位以及故障严重程度等信息。并将诊断结果反馈给维修人员和管理人员,以便及时采取相应的维修措施。

## 4 大数据环境下的机电设备维修策略优化

### 4.1 基于风险评估的维修策略

(1) 风险因素识别。在水利工程机电设备维修养护中,风险因素主要包括设备自身因素,如设备的使用年限、设计缺陷等;环境因素,如水文条件、气象条件等;人为因素,如操作不当、维修失误等。例如,在洪水季节高水位工况下,水闸的启闭机承受较大的水压力,此时设备出现故障的风险较高;对于一些老旧的机电设备,由于零部件老化,更容易发生故障。通过全面识别这些风险因素,为风险评估提供基础数据。

(2) 风险量化评估。采用定性和定量相结合的方法对风险进行量化评估。定性评估可以通过专家打分法,邀请水利工程技术专家、维修人员等对各个风险因素的重要性进行打分。定量评估则利用大数据分析方

据设备的历史故障数据、运行数据等计算风险发生的概率和可能造成的损失。

(3) 维修决策制定。根据风险评估结果制定合理的维修决策。对于风险较高的设备或部件, 优先安排维修或者采取预防性措施。例如, 对于风险评估结果显示在汛期面临较高故障风险的堤坝上的闸门启闭机, 提前进行全面检查和必要的维修, 确保其在汛期能够正常运行。

#### 4.2 基于全寿命周期成本的维修策略

(1) 成本构成分析。水利工程机电设备的全寿命周期成本包括初始购置成本、运行成本、维修成本和报废处置成本。其中, 维修成本又分为预防性维修成本、纠正性维修成本等。在传统的维修策略中, 往往只关注维修成本, 而忽视了其他成本之间的相互影响。

(2) 成本效益分析。通过建立数学模型对全寿命周期成本进行分析, 确定最佳的维修策略。例如, 泵站在其运行过程中, 根据设备的运行数据预测不同维修策略下的维修成本、运行成本等。通过计算不同维修策略下的全寿命周期成本, 选择成本最低的维修策略。

#### (3) 维修策略调整

随着设备的使用和外界环境的变化, 其全寿命周期成本也会发生变化。因此, 要根据实际情况对维修策略进行动态调整。例如, 随着设备使用年限的增长, 其维修成本可能会逐渐增加, 这时可以调整维修周期或者改变维修方式, 如由定期维修改为视设备的实际状态维修。

### 5 大数据背景下机电设备维修养护人员培训

#### 5.1 培训需求分析

(1) 技术更新需求。随着大数据技术在水利工程机电设备维修养护中的应用, 对维修人员的技术要求发生了很大变化。维修人员不仅要熟悉传统的机电设备维修知识, 还需要掌握大数据采集、存储、分析等技术。

(2) 职业素养提升需求。水利工程机电设备维修养护是一项责任重大的工作, 维修人员的职业素养对设备的维修质量和安全至关重要。在大数据背景下, 维修人员需要具备更强的责任心和团队协作能力。因为基于大数据的维修养护涉及到多个部门的数据协同和资源共享, 维修人员要与其他部门人员密切配合, 共同解决设备故障问题。

#### 5.2 培训内容与方式

(1) 培训内容。一是基础知识培训: 包括机电设备

的基本原理、结构组成等知识, 这是维修人员必备的基础。同时, 还要培训计算机基础知识, 如操作系统、数据库管理等, 为后续的大数据技术学习奠定基础。二是大数据技术培训: 重点培训数据采集、数据清洗、数据分析等内容。对于一些复杂的深度学习算法, 可以通过实例教学的方式让维修人员理解其基本原理和应用场景。

三是实操技能培训: 在实验室或者实际水利工程现场进行实操培训。在实际水利工程现场, 安排维修人员参与设备的故障诊断和维修工作, 提高他们的实际操作能力。

(2) 培训方式。一是线上培训: 利用在线教育平台开展培训课程。这样可以突破地域和时间的限制, 方便更多的维修人员参加培训。在线培训课程可以包括视频讲座、在线测试、互动答疑等多种形式。二是线下培训: 组织集中式的线下培训活动, 在培训班中, 除了理论授课外, 还可以进行小组讨论、案例分析等活动, 增强学员之间的交流和互动。

### 6 结束语

在大数据时代, 水利工程机电设备维修养护面临着前所未有的机遇和挑战。通过对水利工程机电设备维修养护现状的分析, 发现了传统维修养护方式存在的诸多问题, 如数据管理不足、维修决策缺乏科学依据等。而大数据技术以其独特的优势, 为解决这些问题提供了新的途径。构建基于大数据的故障诊断系统, 能够实现对机电设备故障的精准诊断; 优化维修策略, 可以提高设备的可靠性, 降低维修成本; 加强维修人员培训, 能够提升维修人员的专业素质, 更好地适应大数据背景下的维修养护工作需求, 推动水利工程机电设备维修养护朝着智能化、高效化方向发展。

#### 参考文献

- [1]张健,孙鲁楠,董通,等.信息化背景下泵站机电设备维修养护策略研究[J].水电站机电技术,2024,47(10):111-114+133.
- [2]康晴,孙启强.某泵站机电设备故障分析及维护策略[J].水电站机电技术,2024,47(07):108-111+141.
- [3]李磊,商鹏,赵亮.谈南水北调山东干线机电设备的维护管理[J].山东水利,2020(12):38-39.
- [4]袁丰武,王维花.大中型水利工程机电设备维修养护工作分析[J].水电站机电技术,2024,47(02):77-80.