

# 基于电气自动化控制技术的水泵故障诊断与智能维护分析

陈嘉辉

赣州华京稀土新材料有限公司 江西赣州 341000

**摘要:** 伴随着工业自动化与智能制造的飞速发展, 电气自动化控制技术被越来越多地运用于各种机械设备。水泵是工业生产与民用设施必不可少的关键设备, 水泵运行可靠性与效率的高低直接关系到整个系统稳定性与经济性。传统水泵维护方式多依靠人工定期检验与保养, 但该方法不仅消耗大量人力与物力, 还很难做到实时监测与故障预警。为了解决这一难题, 以电气自动化控制技术为核心的水泵故障诊断及智能维护系统随之产生。该系统对水泵运行状态进行实时监控, 并配合先进数据分析与诊断算法实现水泵故障提前预警与智能维护, 大大提高水泵运行可靠性与维护效率, 基于此, 文章展开了探讨。

**关键词:** 电气自动化; 水泵; 故障诊断; 智能维护

## 一、电气自动化控制技术概述

### (一) 电气自动化控制技术的基本原理

电气自动化控制技术基本原则涉及到运用电气设备与计算机技术实现工业过程自动化控制与管理, 旨在提升系统运行效率、可靠性与安全性。它的核心是由传感器采集电压、电流、温度、压力及流量等实时数据并经信号调理及数据采集系统送入控制器。控制器一般使用可编程逻辑控制器 (PLC) 或分布式控制系统 (DCS), 通过预定的控制算法和逻辑对输入信号进行分析和处理, 接下来, 它会产生对应的控制信号, 并将其传递给执行部件, 例如电动机、阀门和继电器等, 从而达到对工业流程进行精确控制的目的。闭环控制系统在电气自动化控制技术中发挥着重要作用, 它利用反馈机制对控制参数进行实时调节, 以保证系统的平稳运行。以水泵控制系统为例, 该系统通过对出水压力、流量等参数进行检测并向控制器反馈数据, 控制器依据设定值与实际值之间的偏差来调节水泵工作状态以保证供水系统正常工作。除此之外, 现代电气自动化控制技术也整合了尖端的计算机和通信技术, 从而实现了远程的监控和管理功能, 这是通过人机交互界面 (HMI) 和相应的监控软件来实现的, 操作人员可对系统运行参数进行实时监测与调节, 提高了系统自动化程度与管理效率。全过程突出实时性与精确性, 保证系统能对多种工况变化做出迅速反应, 实现优化控制。

### (二) 电气自动化控制系统的组成与功能

电气自动化控制系统主要包括传感器、控制器、执

行机构、人机界面 (HMI), 通信网络以及数据处理系统等, 各个部分共同工作, 共同实现工业过程自动化控制。传感器承担着对系统内温度、压力、流量、液位等多种物理量进行实时监测的任务, 并把它们转换成电信号传送到控制器。控制器通常使用可编程逻辑控制器 (PLC) 或分布式控制系统 (DCS), 通过内部的控制算法和逻辑运算处理输入信号, 从而生成相应的控制命令。执行机构例如电动机、阀门及继电器接受控制命令并完成特定动作以达到控制机械设备。人机界面 (HMI) 充当了操作员与控制系统间的互动平台, 它提供了实时的数据监控、参数配置以及系统状态的展示等多种功能, 从而让操作人员能更便捷地进行系统运行的监控和调整。通信网络在整个系统中占据着举足轻重的地位, 它承担着各个部分间数据传输与信息交换的任务, 通常使用的通信协议有 Modbus、Profibus、Ethernet, 这些协议保证系统中各个部件间的和谐与同步。数据处理系统将收集的数据经过分析处理后产生报表及报警信息以辅助操作人员作出决策, 从而提高了系统管理水平及运行效率。

## 二、水泵故障诊断方法

### (一) 传统故障诊断方法

传统的故障诊断方法多依靠经验判断, 定期检修及简单测量手段进行。这些方法都是经过长期工业实践积累起来的, 一般都是操作人员或者维护人员采用观察、听觉、触觉以及嗅觉等感官手段来进行, 将所述历史运行数据与所述设备的运行状态相结合判断故障类型及部位。如操作人员可根据设备在工作过程中噪音、振动情

况及温度变化等初步确定其工作状态及可能发生故障点。定期检修在传统故障诊断中占有重要地位，它通过事先设定好的时间区间，对装置进行彻底的检查与保养，替换易损部件和清洗关键部位以保证装置正常工作。该方法虽能防止某些故障，但是通常依赖固定时间周期且很难精确地预测出设备实际状态及故障风险。简单的测量方法，例如使用万用表、示波器等工具，对设备的电压、电流、阻抗等参数进行测量，也是传统故障诊断的重要组成部分。将正常运行参数与实际测量值进行比较，操作者可初步判定该装置有无异常情况。但这些方法通常都存在局限性，主要依靠操作人员经验与判断，不能深入剖析并准确定位设备内复杂故障。与此同时，传统故障诊断方法处理现代复杂工业设备及系统效率低、准确性差，很难适应高效生产、安全运行的需要。所以随着科学技术的进步，现代故障诊断技术已经逐渐被广泛使用，以弥补传统方法中存在的缺陷。

## （二）现代故障诊断方法

### 1. 振动分析法

振动分析法通过对机械设备振动信号的监测与分析进行故障诊断，在旋转机械、往复式设备等领域有着广泛的应用。振动信号由装置关键部位装设的加速度计、速度计及位移传感器实时采集。这些信号由数据采集系统输送给分析软件进行频域与时域的分析，主要的参数有振动的幅值、频率、相位以及加速度。在频域分析中，我们通常使用快速傅里叶变换（FFT）来将时域的信号转化为频谱，从而确定特定的频率，例如轴承的故障、齿轮的磨损或不平衡等情况。时域分析专注于振动信号的瞬时变动，并通过波形与冲击反应来识别异常情况。典型的故障诊断指标涵盖了均方根值（RMS）、峰值因子以及峭度等多个方面，通过观察这些参数的变动，可以准确地识别出故障的种类和其严重性。振动分析法由于其非侵入性，高灵敏度及早期故障检测等特点，可对设备工作状态进行实时监控，为故障定位与诊断提供准确信息，有利于实行预测性维护、提高装置可靠性及使用寿命。

### 2. 声学诊断法

声学诊断法是通过设备在工作过程中发出的声波信号进行分析而发现故障的一种诊断方法，它适合发现内部缺陷及结构性问题。声波传感器或者麦克风设置于装置周围，用于收集工作时产生的声波信号。利用快速傅里叶变换（FFT）技术，我们可以将时域声波信号转

化为频谱，并对其频率、振幅和相位等关键参数进行深入分析。常用的诊断指标包括声压级（SPL），计算公式为  $SPL=20*\log_{10}(P/P_{ref})$ ，其中P为测量声压， $P_{ref}$ 为参考声压（通常为  $20\mu Pa$ ）。声学诊断法可以对轴承，齿轮及阀门等零件早期故障进行辨识，尤其对高频区域异常情况，例如轴承内，外圈脱落，齿轮啮合不良等进行诊断。通过对声波信号特征频率及谐波成分进行分析，对设备运行状态及潜在故障进行了诊断。声学诊断法以非接触，实时监测及高灵敏度等优点，可在装置正常工作情况下完成，缩短停机时间，从而提高生产效率及装置的可靠性。

### 3. 电流信号分析法

电流信号分析法是通过电机在工作过程中产生的电流信号进行监测与分析，从而实现故障诊断，在电机驱动系统中得到了广泛的应用。通过电流传感器得到实时电流数据来反映电机运行状态及负载变化情况。利用快速傅里叶变换（FFT）技术，我们将时域的电流信号转化为频域信号，并对电流的谐波、频率组成以及幅度等关键参数进行了深入分析。关键参数包括电流谐波失真率（THD），计算公式为  $THD = \sqrt{\sum(I_n^2)} / I_1$ ，其中  $I_n$  为各次谐波电流， $I_1$  为基波电流。电流信号的特征频率及其谐波成分可以揭示电机存在的诸如转子不平衡，定子绕组短路以及轴承故障等各种故障。电流信号分析法由于其非侵入性，实时性以及高灵敏度等特点，能够对设备工作过程进行监控，为故障诊断以及预测提供准确信息，有利于实行预防性维护、提高电机系统可靠性、延长使用寿命。

## 三、水泵智能维护策略与实施

### （一）制定相应的预防性维护计划

要想有效地防止水泵出现故障，提高水泵的使用寿命、减少维护成本，就必须制定出科学、合理的预防性维护方案。该方案要覆盖水泵各关键部件及可能出现的故障点，以保证检修的全面性及针对性。具体而言，需要在对水泵历史运行数据，实时监测结果及故障诊断算法进行分析的基础上，对水泵将来可能出现的故障类型及出现概率进行预测。以此为基础，可对维护工作进行优先级识别，并对可能造成严重后果或者经常会出现的故障进行重点处理。同时维护计划中还应包含定期检查、更换磨损部件、清理水路和校准传感器等，为保证水泵一直处于良好运行状态而进行的具体检修工作。在维护计划实施过程中，要重视维护工作质量与效率，运用先

进维护技术与手段,提升维护人员专业技能水平,保障维护工作取得预期成效。另外,还要跟踪评价维护计划实施情况,并及时调整计划存在的不足,使其能够满足水泵运行环境变化及新的维护要求。通过这种预防性维护计划的制定与实施,可有效地降低水泵故障发生率,提高水泵运行效率与可靠性,从而为企业正常生产经营提供强有力的保证。

## (二) 进行远程监控与远程控制

在水泵的智能维护过程中,远程监控和远程控制起到了不可或缺的作用。通过实时数据传输、网络通信技术以及智能控制算法,这些系统能够实现水泵运行状况的远程监控和操作。具体而言,远程监控系统采用传感器对水泵振动、温度和压力等关键参数进行实时采集,这些数据经网络传输到中央控制平台。控制平台通过分析和处理上述数据,并使用预设算法模型确定水泵运行状态,当出现异常或者可能出现的故障时,系统将即时报警并提醒维护人员做出相应处理。并且远程控制功能使维护人员可以通过网络远程操作水泵,例如调节运行参数,启停水泵,无需与水泵接触。该远程操作在提高维修响应速度的同时,也避免了由于人为操作失误而导致故障。要实现有效的远程监控和控制,网络通信技术是否稳定、安全是关键,所以在远程监控系统建设中,必须使用高可靠性网络设备及加密传输技术来保证数据实时性与安全性。与此同时,优化智能控制算法是进行高效远程监控的重点,不断地优化更新算法能够提升故障诊断准确性以及远程操作灵活性。总之,远程监控和远程控制技术的运用为水泵智能维护工作提供了有力支撑,在提高维护效率的同时也有效地保证了水泵长期平稳运行。

## (三) 制定科学合理的维护计划

一份科学,合理的维护计划可以为水泵长期平稳运行提供强有力的保证,有效地实施是保证该方案落地并取得成效的关键所在。编制维护计划时需考虑水泵运行环境、历史故障数据、当前工况和预防性维护等要求,以保证规划兼具前瞻性和可操作性。在规划时要明确检修的频次、内容、方式及预期目标,例如定期对水泵轴承温度,润滑油质量进行检查,并按运行小时数对关键部件进行更换。维护计划的实施要注意细节控制与过程

管理相结合,保证每个环节的运行均符合规范、每次维护均取得预期效果。同时采用信息化手段记录与管理维护过程能够极大的提高执行效率与质量。在实施期间,应与维护计划保持动态互动,并结合实际情况对计划进行适时调整,以便对水泵运行状态变化及新的维护需求做出响应。通过不断实施维护计划并持续优化可实现水泵全生命周期的管理,尽可能延长水泵使用寿命并减少维护成本。所以,维护计划和实施既是水泵智能化维护工作中的一个重要环节,又是保证水泵长时间高效稳定工作的一个核心保证。在实际工作中,要不断地探索与创新,用更科学、更有效的方式来制定并实施维护计划,给水泵智能维护工作带来新的生机。

## 结束语

总之,以电气自动化控制技术为核心的水泵故障诊断及智能维护系统不仅显著增强水泵运行安全性及稳定性,而且有效地降低维护成本并提高整体运维效率。采用实时监测、数据分析、智能预警及诊断等方法,该系统实现了对水泵故障的早发现、早处理,避免了因故障导致的生产停滞和损失。与此同时,智能化维护策略为水泵长期平稳运行提供强有力的保证。未来随着物联网、大数据和人工智能的发展,水泵故障诊断及智能维护系统会越来越完善,功能会越来越多,用途会越来越广。

## 参考文献

- [1]王兆生.基于电气自动化控制技术的水泵故障诊断及智能维护研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(002):000.
- [2]黄啸天,李咪渊.边缘计算在水泵故障诊断中的应用研究[J].科学与信息化,2021(13):105-106.
- [3]杨国安,潘国庆,王梅中,等.油田注水泵站智能诊断维护系统的研制与开发[J].石油矿场机械,2005,34(2):4.
- [4]裴吉,张猛,武春辉,等.基于LabVIEW的淮安一站水泵机组振动监测系统设计与开发[J].排灌机械工程学报,2023,41(3):217-223.
- [5]师扬扬.简析泵站水泵运行管理与日常维护方法[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(003):000.