

水泵运行状态监测与PLC智能控制技术应用

刘 磊

神木市水务集团有限公司 陕西 榆林 719300

摘 要：水泵运行状态监测是保障设备可靠运行的关键，本文围绕水泵运行状态监测与PLC智能控制技术应用展开研究。阐述监测核心参数、技术原理及信号采集方式，分析PLC基本结构、核心技术要点与适配特性。探讨监测信号与PLC对接、实时调控逻辑及数据应用路径，介绍PLC智能控制系统硬件配置、程序设计思路及与执行机构联动方式。通过技术融合，实现水泵运行精准监测与智能调控，提升系统运行效率与可靠性。

关键词：水泵运行状态监测；PLC智能控制；信号采集；实时调控；系统搭建

引言：在工业生产与市政供水等领域，水泵作为关键设备，其运行状态直接影响系统稳定性与效率。传统水泵控制方式多依赖人工经验，存在监测不及时、调控不精准等问题，难以满足现代化生产需求。随着自动化技术与智能控制理论发展，水泵运行状态监测与PLC智能控制技术融合成为趋势。该技术可实时获取水泵运行参数，通过PLC智能分析实现精准调控，降低故障发生率，对保障生产安全、提高经济效益具有重要意义。

1 水泵运行状态监测技术基础

1.1 水泵运行状态监测核心参数

水泵运行状态监测核心参数需围绕设备运行机理与故障演化规律选取，确保参数能够精准反映设备健康状态与运行工况^[1]。振动参数是核心监测指标之一，包括振动位移、振动速度与振动加速度的三轴向测量值，可有效表征转子对中精度、轴承磨损程度及叶片通过频率异常等潜在问题。压力与流量参数直接反映水泵工作负荷与能量消耗，进出口压力及压力脉动的监测的可捕捉气蚀、叶轮结垢等流体力学异常，流量数据则用于评估水泵运行效率。温度参数重点监测轴承、电机绕组等关键部位，温升异常往往预示润滑失效或电气故障。电气参数包括电压、电流、功率等，可反映电机运行状态，为判断电气系统故障提供数据支撑，上述参数选取符合相关行业技术导则与学术研究共识。

1.2 水泵运行状态监测技术原理

水泵运行状态监测技术核心原理是通过捕捉设备运行过程中的物理量变化，经信号处理与分析实现状态识别与故障预警。设备正常运行时，各核心参数处于稳定区间，形成特定的运行特征信号；当出现轴承磨损、叶轮不平衡、轴系不对中或电气异常等问题时，相关物理量会发生规律性变化，导致特征信号幅值、频率或能量分布出现偏差。监测系统通过传感器将机械振动、温

度、压力等物理量转换为可采集的电信号，经数据采集单元完成信号预处理与数字化转换，再通过频域分析、时域分析等专业方法解析信号特征，结合预设阈值与健康基线，实现对设备运行状态的精准评估，部分先进系统还融入机器学习算法提升故障识别准确率，相关原理已在多项学术研究与工程实践中得到验证。

1.3 水泵运行状态监测信号采集方式

水泵运行状态监测信号采集方式需结合监测场景、参数类型及设备工况合理选择，确保采集数据的准确性、连续性与可靠性。根据安装方式可分为接触式采集与非接触式采集，接触式采集通过将传感器直接固定在水泵轴承座、泵体、电机等关键部位实现信号捕捉，常用传感器包括压电式加速度计、温度传感器、压力传感器等，适用于大多数常规监测场景，符合行业标准中传感器安装规范。非接触式采集采用激光测振仪等设备，无需与设备表面接触，适用于高速运转或不便安装接触式传感器的特殊工况。采集过程中需合理设定采样周期，稳态工况采用整周期采样，暂态工况采用连续采样，采样频率需满足信号特征捕捉需求，采集数据经屏蔽传输至处理单元，减少外界干扰对数据质量的影响，相关采集方式已在泵站机组在线监测系统中广泛应用。

2 PLC 智能控制技术基础

2.1 PLC的基本结构与工作机制

PLC的基本结构围绕控制功能实现需求构建，各组成部分协同工作形成完整控制体系。中央处理单元是核心运算部件，负责执行用户编写的控制程序，完成逻辑判断、数据运算与指令下达，其运算速度与存储容量直接决定控制精度与响应效率^[2]。输入输出模块承担信号交互功能，输入模块将现场传感器、按钮等设备的模拟量、开关量信号转换为可处理的电信号，输出模块则将中央处理单元的控制指令转换为执行信号，驱动接触器、电

磁阀等执行元件动作。电源模块为整个系统提供稳定供电,保障各部件正常运行,同时具备过压、过流保护功能。PLC工作机制遵循循环扫描模式,从程序起始地址开始,依次执行输入采样、程序执行、输出刷新三个阶段,循环往复实现连续控制,扫描周期可根据控制需求灵活调整,确保控制指令的实时性与准确性,相关结构设计和工作原理符合工业自动化设备设计规范。

2.2 PLC控制的核心技术要点

PLC控制的核心技术要点聚焦于程序设计、信号处理与控制策略优化,确保控制系统的稳定性与高效性。程序设计采用梯形图、功能块图、指令表等标准化编程语言,兼顾易用性与专业性,编程逻辑需贴合工业生产工艺流程,实现逻辑联动、时序控制与联锁保护等功能。信号处理技术重点解决现场干扰问题,通过滤波处理、信号隔离等手段,提升输入输出信号的稳定性,避免干扰信号导致控制指令误判。控制策略优化注重动态适配性,结合生产工况变化,实现PID调节、模糊控制等先进控制算法的集成应用,提升控制精度与系统响应速度。此外,PLC的通信技术也是核心要点之一,通过以太网、Profibus等通信协议,实现与变频器、触摸屏、上位机等设备的数据交互,构建分布式控制网络,相关技术要点均基于工业控制领域的学术研究成果与工程实践总结。

2.3 PLC在工业控制中的适配特性

PLC在工业控制中的适配特性体现在环境适应性、功能扩展性与场景兼容性三个方面,能够满足不同工业场景的控制需求。环境适应性表现为较强的抗干扰能力,可在高温、低温、粉尘、电磁干扰等恶劣工业环境下稳定运行,符合工业设备环境适应性标准。功能扩展性通过模块化设计实现,可根据控制需求灵活添加输入输出模块、通信模块、特殊功能模块,无需对原有系统进行大规模改造,降低系统升级成本。场景兼容性突出,可适配离散制造业、流程工业等不同领域的控制需求,既能实现单机设备的独立控制,也能构建大型分布式控制系统,衔接生产过程中的各类设备与工艺环节。同时,PLC具备便捷的调试与维护功能,通过专用编程软件可实现程序的在线修改、故障诊断与状态监控,提升系统运维效率,这些适配特性使其成为工业控制领域应用最广泛的自动化控制设备之一。

3 水泵运行状态监测与 PLC 控制的融合应用

3.1 监测信号与PLC的对接方式

监测信号与PLC的对接需遵循信号兼容、传输稳定、精准高效的原则,结合监测参数类型与PLC接口特性选择适配对接方式^[3]。针对振动、温度、压力等模拟量监测

信号,通过信号调理模块将传感器输出的微弱信号进行放大、滤波处理,转换为PLC可识别的标准模拟量信号,再通过PLC模拟量输入模块完成信号接入,确保信号传输过程中无失真、无干扰。对于流量、开关状态等开关量监测信号,可直接通过PLC开关量输入模块与监测设备对接,简化对接流程,提升信号传输实时性。对接过程中需采用屏蔽线缆传输信号,规避工业现场电磁干扰对信号质量的影响,同时通过信号隔离技术实现监测设备与PLC系统的电气隔离,保障系统运行安全。对接方式的选择需贴合监测参数特性与PLC系统配置,符合工业自动化信号对接的技术规范,确保监测信号能够精准、稳定传入PLC系统进行后续处理。

3.2 PLC对水泵运行状态的实时调控逻辑

PLC对水泵运行状态的实时调控逻辑基于监测数据的动态解析,结合预设控制规则与水泵运行机理,实现对水泵运行工况的精准调节。PLC持续接收各类监测信号,通过内置程序对监测数据进行实时解析,判断水泵运行状态是否处于正常区间。当监测数据显示水泵出现异常工况时,PLC自动触发预设调控指令,通过输出模块驱动执行元件动作,调整水泵运行参数,使水泵恢复正常运行状态。调控逻辑注重动态适配性,结合水泵运行负荷变化、介质特性差异等因素,优化调控参数与响应流程,避免调控过度或调控滞后导致设备损伤。调控过程中融入联锁保护逻辑,当监测数据达到危险阈值时,PLC立即触发停机指令,同时发出预警信号,保障水泵设备与人员安全。调控逻辑的设计基于水泵运行控制的学术研究成果与工程实践经验,兼顾调控精度与系统稳定性。

3.3 监测数据在PLC控制中的应用路径

监测数据在PLC控制中的应用路径围绕状态评估、调控优化、故障预警三个核心维度展开,实现数据价值的充分挖掘。在状态评估方面,PLC对实时监测数据进行持续分析,结合历史监测数据构建运行状态评估模型,精准判断水泵健康水平与运行工况,为调控决策提供数据支撑。在调控优化方面,PLC根据监测数据反映的运行偏差,动态调整控制参数,优化水泵运行效率,降低能耗,同时减少设备磨损,延长设备使用寿命。在故障预警方面,PLC通过对监测数据的趋势分析,捕捉故障前期的特征信号,提前发出预警提示,为运维人员提供充足的故障处理时间,降低故障停机损失。监测数据还可通过PLC通信模块传输至上位机系统,实现数据的存储、追溯与进一步分析,为水泵系统的长期运维优化、控制策略改进提供数据依据,相关应用路径符合工业设备预测性维护的技术发展方向,已成为PLC控制与水泵监测融合

应用的核心价值体现。

4 PLC 智能控制系统的搭建

4.1 PLC控制系统的硬件配置

PLC控制系统的硬件配置需围绕控制功能与监测需求科学选型、合理搭配,确保各硬件部件兼容适配、运行稳定^[4]。核心控制器即PLC主机需根据控制规模与运算需求选型,优先选用工业级可编程控制器,其运算速度、存储容量需满足水泵监测信号处理与控制指令执行的需求,同时具备较强的抗干扰能力,适配工业现场复杂环境。输入输出模块选型需匹配监测信号与执行元件类型,模拟量输入模块用于接入振动、温度等模拟量监测信号,开关量输入模块对接设备运行状态开关信号,输出模块则根据执行元件类型选择继电器型、晶体管型或晶闸管型,保障控制指令高效传递。此外需配置信号调理模块、电源模块与通信模块,信号调理模块用于优化监测信号质量,电源模块提供稳定供电并具备保护功能,通信模块实现PLC与上位机、监测设备及执行机构的数据交互,硬件配置需符合工业电气设备安装规范,确保各部件协同工作、稳定运行。

4.2 PLC控制程序的设计思路

PLC控制程序设计需紧密贴合水泵运行工艺流程与控制需求,以精准、稳定、高效为核心目标。采用标准化编程语言,结合水泵控制场景特点选择合适编程方式,兼顾编程效率与后期调试维护便捷性。设计前,要全面梳理水泵运行逻辑与控制需求,明确监测数据阈值、调控参数范围及联锁保护条件,为程序设计提供清晰框架。构建程序时,划分信号处理、逻辑判断、指令输出等功能模块,使程序结构清晰、层次分明。融入监测数据滤波、异常判断等处理逻辑,避免干扰信号导致控制误判,提升系统可靠性。优化程序执行流程,缩短响应时间,确保控制指令实时性。同时,预留扩展接口,方便后续根据工况变化优化控制策略,增强程序适应性与灵活性。

4.3 PLC与水泵执行机构的联动方式

PLC与水泵执行机构联动是实现水泵智能控制的关键

环节,需遵循信号兼容、响应及时、控制精准原则。水泵执行机构涵盖变频器、接触器、调节阀等,联动方式依执行机构特性设计。对于变频器,通过PLC通信模块或模拟量输出模块传递控制信号,调节变频器输出频率,进而精准调整水泵转速,实现对流量、压力等参数的灵活调控^[5]。对于接触器等开关类执行元件,利用PLC开关量输出模块直接传递控制信号,完成水泵启停控制与联锁保护。联动过程中设置信号反馈环节,执行机构将动作状态反馈至PLC,形成闭环控制,确保控制指令准确执行。采取屏蔽传输与信号隔离措施,规避信号干扰,保障联动稳定性。优化联动逻辑,结合监测数据动态调整联动参数,使执行机构动作紧密贴合水泵运行工况需求,实现水泵高效稳定运行。

结束语

水泵运行状态监测与PLC智能控制技术的融合应用,为水泵系统运行管理提供了高效解决方案。通过精准监测核心参数、合理设计PLC控制系统,实现了水泵运行状态的实时评估与智能调控,有效提升了系统运行效率与可靠性,降低了运维成本与故障风险。该技术在实际应用中展现出强大优势,为工业自动化控制领域设备运行管理提供了有益借鉴,推动水泵控制技术向智能化、精细化方向发展。

参考文献

- [1]汪家旺.离心式注水泵机组的状态监测与故障诊断分析[J].中国设备工程,2022,(10):20-22.
- [2]王冬冬,孙茜.基于小波分析的离心式注水泵机械振动实时监测方法[J].机械与电子,2022,40(04):56-60.
- [3]沈雪梅,张磊,朱晨亮.泵站机组运行状态监测系统 在通吕运河水利枢纽水泵机组中的应用[J].治淮,2021,(01):35-38.
- [4]陈颖俊,霍瑜斌,施江峰,等.基于压电传感的水泵机组运行状态监测方法[J].云南水力发电,2025,41(1):131-134.
- [5]黄军.水电厂水泵运行状态的智能监测与故障预警技术[J].消费电子,2025(16):116-118.