

智能水利泵站信息监测与故障诊断系统研究

张昊天

河北水务有限公司 河北 石家庄 050200

摘要：智能水利泵站信息监测与故障诊断系统集成了高精度传感器、数据采集与传输、数据处理与分析以及故障诊断等多个模块。该系统能够实时监测泵站的水位、流量、压力等关键参数，通过数据处理与分析技术提取特征信息，进而实现故障的精准检测与定位。同时，系统还能提供故障处理建议，并支持远程监控与维护，有效提升了泵站运维的智能化水平和效率，为保障水利设施的安全稳定运行提供了有力支持。

关键词：智能水利泵站；信息监测；故障诊断

引言

水利泵站作为水资源调配和防洪排涝的重要基础设施，其运行状态的稳定性和可靠性至关重要。然而，传统泵站运维方式存在监测手段单一、故障诊断不及时等问题，难以满足现代水利管理的需求。因此，研发智能水利泵站信息监测与故障诊断系统，实现泵站运行状态的实时监测和故障预警，对于提升泵站运维效率和保障水利安全具有重要意义。

1 智能水利泵站概述

智能水利泵站作为现代水利工程领域的关键设施，融合了多领域先进技术，展现出卓越的性能与功能。在信息技术方面，利用网络通信和数据处理技术，可实现泵站内各类信息的快速传输和高效处理，搭建起整个泵站的信息中枢。自动控制技术的应用则赋予了泵站自主调节的能力，依据预设的程序和实时采集的数据，精准地对泵站各环节进行自动化操控，保障其稳定运行。先进传感器技术更是功不可没，它们犹如敏锐的触角，分布于泵站各个关键部位。水位监测功能通过高精度水位传感器实现，无论是河流、水库还是渠道中的水位变化，都能被精确捕捉。泵站根据水位情况适时启动或停止，避免水资源浪费或因水位过高引发的安全隐患。流量控制则依赖于流量传感器，实时监测水流流量，确保水泵按照需求调整工作状态，实现水资源的合理调配。对水泵运行状态监测，传感器可从多个维度获取数据，如温度传感器监测电机温度，振动传感器检测水泵的振动情况，压力传感器衡量水泵进出口压力等，全面评估水泵的健康状况。能耗管理功能通过功率传感器等设备，对泵站能耗进行实时计量和分析，通过优化控制策略降低能耗，提高能源利用效率。这些功能相互协同，使智能水利泵站在水资源管理中发挥至关重要的作用，提升了水利工程的整体效益。

2 信息监测系统设计

2.1 高精度传感器

智能水利泵站信息监测系统的设计中，高精度传感器的应用扮演着至关重要的角色。这些传感器作为系统感知层的核心组件，能够直接获取泵站运行过程中的关键参数，为后续的数据处理与故障诊断提供精确、可靠的数据基础。具体而言，针对泵站的水位监测，我们采用了高性能的液位传感器，其设计考虑了液体的密度、温度以及压力变化对测量精度的影响，通过先进的信号处理技术，实现了对水位变化的精准捕捉，即使在极端工况下也能保持高稳定性。对于流量的监测，则选用了电磁流量计或超声波流量计，这些流量计具有测量范围广、精度高的特点，还能适应不同介质和流速的测量需求，确保流量数据的准确性。在压力监测方面，我们部署了压力传感器，它们能实时监测泵站管道及设备的压力状态，通过内置的精密压力敏感元件和信号处理电路，将压力变化转换为电信号输出，为系统提供实时的压力数据。温度监测同样不可忽视，我们采用了热敏电阻或热电偶等温度传感器，它们能准确反映泵站设备的工作温度，对预防过热故障、保障设备安全运行具有重要意义。这些高精度传感器不仅具备高灵敏度、高分辨率的特点，还具有良好的环境适应性和长期稳定性，能在复杂多变的水利泵站环境中持续稳定工作，为智能水利泵站信息监测系统提供全面、准确的数据支持，为后续的故障诊断与预警提供坚实的基础。

2.2 数据采集与传输

在智能水利泵站的信息监测系统中，数据采集与传输是确保系统高效运行的关键环节。（1）为了实现全面而准确的监测，要部署多种高精度传感器于泵站的关键位置，这些传感器负责实时捕捉水位、流量、压力、温度等关键参数的变化。传感器的选择需考虑其稳定性、

精度以及长期运行的可靠性,以确保所采集数据的真实性和有效性。(2)采集到的数据要通过稳定可靠的通信网络进行传输。考虑到泵站环境的特殊性,通常会采用无线通信技术作为首选方案,如Wi-Fi、LoRa或NB-IoT等,这些技术能够在不同的距离和环境提供稳定的数据传输服务。同时应对出现的网络不稳定情况,有线传输方式作为备份也是必不可少的,它通过光纤、电缆等方式将数据直接传输至中央控制室或云平台。(3)数据的及时性和准确性对于泵站的运行至关重要。因此,在数据传输过程中,需要实施严格的数据校验机制,确保数据在传输过程中不被篡改或丢失。此外还要建立高效的数据处理流程,对接收的数据进行快速处理和分析,以便及时发现潜在的问题并采取相应的措施。

2.3 数据处理与分析

(1)从传感器收集来的数据往往是复杂且庞大的,要运用先进技术进行处理。在数据处理初期,要对数据进行校准和归一化,这是因为不同传感器采集的数据在量级和单位上存在差异,校准可消除传感器的误差,归一化能将数据统一到特定区间,便于后续分析。之后进行数据的滤波处理,通过数字滤波算法(如低通、高通、带通滤波)去除环境噪声等干扰因素,保证数据的纯净性。在数据分析环节,通过时间序列分析方法研究数据随时间的变化规律,如水泵的流量、扬程等参数在不同时段的波动情况,以此来评估泵站运行的稳定性。利用主成分分析对高维数据进行降维处理,提取关键信息,减少数据处理的复杂度,同时保留对泵站运行状态评估有重要价值的信息。通过机器学习算法(如决策树、支持向量机等)建立数据模型,预测设备出现的故障或异常情况,提前做好应对措施。(2)设计友好的用户界面对于系统操作至关重要。用户界面应根据操作人员的使用习惯和 workflows 进行设计。界面布局要合理,将不同功能模块(如数据显示、设备控制、报警提示等)清晰划分。对于数据的展示,采用可视化的方式,如以动态曲线展示水位变化趋势、以不同颜色标识设备的不同运行状态,方便操作人员快速理解信息。操作按钮要设计得直观易懂,避免复杂的操作流程,使操作人员能够轻松进行诸如切换显示界面、调整数据更新频率等操作。(3)通过高质量的数据处理与分析和人性化的用户界面设计,能够为智能水利泵站的稳定运行和科学决策提供坚实保障^[1]。

3 故障诊断系统设计

3.1 故障检测

智能水利泵站故障诊断系统的设计阶段,故障检测

环节是确保泵站稳定运行的关键。这环节的核心在于通过实时监测泵站的运行参数变化,结合丰富的历史数据和专家知识库,实现对潜在故障迹象的及时捕捉与识别。系统首先会持续采集泵站设备的运行参数,包括但不限于水位、流量、压力、温度以及振动等,这些参数能够全面反映设备的运行状态。随后,系统利用先进的数据处理算法,对这些参数进行实时分析,寻找异常变化或偏离正常范围的迹象。系统会与历史数据进行对比,通过时间序列分析、趋势预测等手段,确认参数变化的异常性。在此基础上,系统还会引入专家知识库,该知识库包含了泵站设备故障的常见模式、故障特征以及相应的处理建议。通过将实时监测到的参数变化与知识库中的故障模式进行匹配,系统更准确地识别出潜在的故障迹象,并初步判断故障的类型和可能的原因。整个故障检测过程实现了对泵站设备运行状态的动态监控与智能分析,提高了故障检测的准确性和及时性,还为后续的故障诊断与应对提供了有力的支持。通过这一环节,智能水利泵站故障诊断系统能够在故障发生前或初期阶段就发出预警,为运维人员争取到宝贵的处理时间,有效避免故障升级,保障泵站的稳定运行^[2]。

3.2 故障定位

在智能水利泵站的故障诊断系统中,故障定位是确保系统高效运行和快速恢复的关键环节。检测到故障,系统会立即启动故障定位流程,以确保问题能够被迅速且准确地识别和处理。(1)系统会对收集到的故障数据进行初步分析。这包括对比实时数据与历史数据,以确定故障是否为首次出现或是否有类似历史记录。通过这种方式,系统快速缩小的故障原因范围。(2)系统会利用先进的算法和技术对故障数据进行深度挖掘。这包括使用机器学习算法来识别数据中的异常模式,或者利用专家系统来匹配已知的故障模式。通过这些方法,系统缩小故障范围,并直接指出具体的故障部件或系统。(3)故障部位被准确识别,系统会立即将相关信息反馈给维修人员或自动化维修系统。对于需要人工干预的故障,系统会提供详细的故障报告和维修建议,以便维修人员能够迅速定位并解决问题。对支持自动化维修的系统而言,其具备高度智能化的特点。当检测到故障发生后,系统会依据预设的程序和算法,迅速且自动地触发相应的维修流程。若是某个部件出现故障,系统可操控自动化设备进行故障部件的更换操作,精准地选取合适的新部件并完成替换。若问题是运行参数不合理,系统则会自动调整参数,确保其处于最佳运行区间,整个过程无需人工过多干预,高效且准确。

3.3 故障处理建议

当故障诊断系统检测到故障后,会依据故障类型和严重程度迅速生成相应的处理建议和维修方案。对不同的故障类型,处理方式各有不同。若检测到是水泵的机械故障,如叶轮磨损,若磨损程度较轻,系统会建议对叶轮进行修复处理,可采用补焊、打磨等工艺恢复其原有形状和尺寸,并提示对相关的密封部件进行检查和更换,防止因叶轮修复后改变的运行状态对密封产生影响。给出调整水泵运行参数的建议,以适应叶轮修复后的性能变化,确保水泵能在短期内稳定运行。若磨损严重,则建议直接更换叶轮,并详细列出适合该水泵型号的叶轮规格和参数。若是电气故障,如电机短路,系统会首先建议切断电源,防止故障扩大,保护其他设备。然后根据短路的具体位置和原因,若为线路短路,提供短路点查找方法,如使用绝缘电阻表分段测量线路绝缘电阻。对于损坏的线路,给出更换电线的规格和接线方式。若故障在电机绕组内部,会依据电机的型号和绕组损坏程度,提供重绕绕组或更换电机的建议,并附带相应的技术参数和操作步骤。对于故障严重程度的考量也十分关键,轻微故障可在泵站正常运行期间安排维修,而严重故障可能需要立即停机检修,系统会根据严重程度对维修时间、维修人员安排、所需备件等方面给出详细指导,确保故障能得到妥善处理,使泵站尽快恢复正常运行^[3]。

3.4 远程监控与维护

在智能水利泵站故障诊断系统的设计中,远程监控与维护功能扮演着至关重要的角色。这一功能提升了泵站运维的效率和灵活性,还降低了运维成本。(1)远程监控技术使得技术人员无需亲临现场,即可通过监控界面实时查看泵站的运行状态。监控界面通常会展示关键参数的实时数据、趋势图以及报警信息,帮助技术人员迅速掌握泵站的整体情况。通过这一功能,技术人员

及时发现异常数据,为后续的故障诊断提供线索。(2)远程维护功能允许技术人员在远程对泵站设备进行诊断和修复。当系统检测到潜在故障或接收到报警信息时,技术人员通过远程连接,访问泵站的控制系统和诊断软件。利用这些工具,技术人员深入分析故障数据,确定故障的具体位置和原因。在必要时,他们还远程调整设备的运行参数,或执行特定的维护操作,以消除故障或防止其发展。(3)远程监控与维护功能还提供了丰富的数据记录和报告功能。技术人员远程下载和查看泵站的运行日志、故障记录以及维护历史,这些数据对于分析设备性能、优化运维策略以及制定预防性维护计划至关重要。远程监控与维护功能提高了智能水利泵站故障诊断系统的实用性和灵活性,还为技术人员提供了强大的工具,使他们更高效地管理泵站设备,确保泵站的稳定运行^[4]。

结束语

综上所述,智能水利泵站信息监测与故障诊断系统的研发和应用,不仅提高了泵站运维的智能化和自动化水平,还为水利设施的安全稳定运行提供了有力保障。未来,随着物联网、大数据、人工智能等技术的持续进步和广泛深入的应用,智能水利泵站信息监测与故障诊断系统将在水利行业中展现更大潜力,为推动水利事业的智能化、可持续发展作出更为显著的贡献。

参考文献

- [1]申伟.简析水利工程中的泵站信息化技术应用[J].水电水利,2024,8(3):73-75.
- [2]罗钰平.水利泵站智能监测与故障诊断技术的应用[J].水上安全,2024(9):46-48.
- [3]安子玉.电力提灌水利工程泵站信息化技术的应用分析[J].科技与创新,2023(1):173-175.
- [4]刘虎成.水利工程泵站信息化技术的应用[J].文渊(中学版),2023(3):337-339.