

# 水利泵站监测信息系统及其泵站节能研究

温玉婷<sup>1</sup> 赵 伦<sup>2</sup>

1. 河北水利发展集团有限公司 河北 石家庄 050000

2. 中国南水北调集团中线有限公司河北分公司 河北 石家庄 050000

**摘要:** 水利泵站监测信息系统与节能优化研究聚焦于提升泵站运行效能与降低能耗。系统架构采用分层设计,集成现地控制、站级监控与远程管理,实现数据实时共享与远程操控。系统功能强大,涵盖实时监控、故障诊断与智能调度,为泵站管理提供全面支持。节能优化方面,通过水泵转速调节、电气系统效率提升、泵站开机策略优化及管道系统减阻设计,显著降低能耗。本文为水利泵站的高效运行与可持续发展提供了理论与技术支持。

**关键词:** 水利泵站; 监测信息系统; 泵站节能

## 引言

水利泵站作为水资源调配与防洪的核心,其运行效率与能耗直接影响水资源管理。信息技术的发展推动了泵站监测信息系统的构建,成为提升管理水平的关键。面对能源挑战,泵站节能优化备受关注。本文旨在探讨水利泵站监测信息系统的建立及节能策略,旨在提供高效运行与可持续发展的参考。通过系统监测与节能优化,可望提升泵站效能,降低能耗,为水资源管理贡献力量,促进水利事业的绿色发展。

## 1 水利泵站监测信息系统研究

### 1.1 系统架构

感知层是整个监测信息系统的基础,主要通过各类传感器来获取泵站运行的基础数据。在水泵机组上安装压力传感器、温度传感器、振动传感器等,用于监测水泵的运行压力、温度和振动情况,在电气设备上安装电流互感器、电压互感器等,监测电气参数<sup>[1]</sup>。在泵站的进水口和出水口设置水位传感器和流量传感器,以获取水位变化和水流流量信息。传输层负责将感知层采集到的数据传输到数据处理中心。根据泵站的实际情况,可以采用有线传输(如光纤、电缆等)和无线传输(如 ZigBee、GPRS、4G/5G 等)相结合的方式。对于距离较近且布线方便的传感器,可以使用有线传输,保证数据传输的稳定性和可靠性;对于一些位置分散、布线困难的传感器,无线传输方式则更具优势,它可以灵活地实现数据的远程传输。数据处理层接收来自传输层的数据,并对其进行处理。包括数据的清洗、去噪、校准等操作,去除采集过程中可能出现的异常数据和噪声干扰,保证数据的准确性。对处理后的数据进行分析,例如通过建立数学模型来分析水泵的性能曲线,根据实时采集的流量和扬程数据计算水泵的效率。数据处理层还

可以实现数据的存储,将处理后的有效数据存储到数据库中,以便后续查询和分析。应用层是面向用户的层面,为泵站管理人员提供直观、便捷的操作界面。通过应用层,管理人员可以实时查看泵站的运行状态,包括各个设备的运行参数、故障报警信息等。应用层还可以提供一些高级功能,如设备的远程控制、运行调度优化建议等。根据实时的水位和用水需求情况,系统可以自动生成水泵的启停方案,提高泵站的运行效率。

### 1.2 系统功能

(1) 实时监测是监测系统的核心功能之一。通过对泵站各个关键部位和设备的实时数据采集和传输,管理人员可以随时掌握泵站的运行情况。当水泵的振动值超过设定阈值时,系统能够及时发出警报,提示可能存在的机械故障,如叶轮不平衡、轴承磨损等问题。对于电气设备,实时监测电压、电流的变化可以预防过载、短路等电气故障的发生。对水位和流量的实时监测可以保证泵站的抽水或排水工作按照预定计划进行,避免出现水位过高或过低影响泵站功能的情况。(2) 基于采集到的数据和数据分析算法,系统可以实现故障诊断功能。通过对历史数据的学习和分析,建立故障诊断模型。当新的数据输入时,系统可以将其与模型进行对比分析,判断是否存在故障以及故障的类型和可能的原因。若水泵的效率突然下降,系统可以结合压力、流量、温度等多方面的数据进行分析,判断是水泵内部密封损坏、管道堵塞还是电机故障等原因引起的,并为维修人员提供详细的诊断报告,提高维修效率,减少停机时间。(3) 运行优化功能主要是通过对泵站运行数据的分析和模拟,寻找最佳的运行方案。从水泵的选型匹配、启停顺序到运行速度的调节等方面进行优化。在多台水泵并联运行的泵站中,根据不同的用水需求和水位

变化,系统可以自动确定最佳的水泵组合和运行频率,以实现节能和高效运行的目标。水利泵站监测信息系统与节能优化的研究还具有另一层面的重要意义。通过精确的运行调度优化,泵站可以显著减少不必要的设备启停次数。这一举措不仅能够有效降低设备在运行过程中的磨损,进而延长设备的使用寿命,减少维修和更换成本,还能够确保泵站运行的稳定性和可靠性。这种综合效益的提升,不仅符合绿色、可持续的水资源管理目标,也为水利事业的长期稳定发展奠定了坚实的基础,实现了经济效益与环境效益的双赢。

## 2 水利泵站节能优化

### 2.1 水泵节能优化

(1) 水泵选型在泵站节能中占据关键地位。在泵站设计初期,精准依据设计流量、扬程参数,并结合水泵性能曲线来确定合适型号至关重要,选型若不合理,无论是偏大还是偏小,都会产生不良后果<sup>[2]</sup>。若选型过大,水泵长期处于低效率运行区间,能源会被大量浪费。水泵在远低于额定扬程或流量的工况下工作,电机需消耗大量电能来维持运转,但有效功占比却很低。相反,选型过小则无法满足抽水需求,可能导致水利工程无法正常发挥作用。(2) 水泵的比转速等参数也不容忽视。不同比转速的水泵适用于不同工况,要综合考虑这些因素来选择高效节能的水泵类型。对于低扬程、大流量的泵站,轴流泵或混流泵是优先选择。轴流泵的特点是流量大、扬程低,在灌溉、排水等低扬程大流量需求的工况下能高效运行;混流泵则介于轴流泵和离心泵之间,在一定的低扬程大流量范围内效率表现突出,它们能更好地适配相应工况,减少不必要的能耗。(3) 在水泵运行阶段,节能调节有多种途径。调速调节是常用且有效的方法,其原理是通过改变水泵转速来调整性能曲线。依据相似定律,水泵的流量、扬程、功率与转速存在特定比例关系。利用变频调速技术,可依据实际用水和水位变化情况精准调控水泵转速,保障水泵在高效区附近运行。当用水量减少时,降低转速能使流量和扬程相应降低,从而减少功率消耗。例如在灌溉系统中,非灌溉高峰期可降低水泵转速。节流调节是通过调节阀门开度来改变管路特性实现节能,但这种方法会增加节流损失;变角调节则是针对可调节叶片角度的水泵,改变叶片安装角来调节性能,但这两种方法在节能效果上通常不如变频调速显著。

### 2.2 电气系统节能

(1) 变压器作为泵站电气系统的关键组成部分,对泵站能耗有着不可忽视的影响。在节能工作中,选择高

效节能的变压器是重中之重。新型节能变压器的优势显著,其空载损耗和负载损耗都处于较低水平。以采用非晶合金铁芯的变压器为例,与传统硅钢片铁芯变压器相比,其空载损耗大幅降低。这是因为非晶合金材料具有独特的磁性能,能够有效减少铁芯在交变磁场作用下的能量损耗。(2) 合理确定变压器容量也是节能的关键环节。如果变压器容量选择不当,长期处于低负载或过载运行状态,都会导致损耗增加。当变压器长期低负载运行时,其固定损耗在总损耗中所占比例增大;而过载运行则会使变压器的绕组和铁芯发热加剧,增加损耗的同时还可能影响变压器的使用寿命。在泵站实际运行过程中,可根据负荷变化情况灵活调整。可以通过调整变压器的运行台数来匹配实际负荷。在负荷较低时,减少运行变压器的数量;在负荷高峰期时,增加运行台数。此外,采用有载调压技术,能够根据电网电压波动和实际负荷情况,实时调整变压器的输出电压,保证变压器在最佳电压下运行,从而提高运行效率,减少能耗。(3) 电动机作为水泵的动力源泉,其节能措施对于泵站节能意义重大。一是选择高效电动机是基础。高效电动机在设计和制造环节融入了先进技术,其效率和功率因数都较高。这些电动机通过优化电磁设计、采用高性能材料等手段,减少了能量在转换过程中的损失。二是电动机的运行控制方式对节能效果影响明显。软启动技术的应用可以有效减少电动机启动时的冲击电流。在电动机启动瞬间,冲击电流往往数倍于额定电流,这不仅会造成电网电压波动,还会在电机绕组上产生较大的热量损失,软启动技术通过逐渐增加电压或电流的方式,使电动机平稳启动,降低了启动损耗。

### 2.3 泵站整体节能策略

(1) 泵站运行调度的合理性对于节能效果而言至关重要。为实现高效节能,建立科学的泵站运行调度模型是关键,这一模型需要全面综合多种因素,用水需求是其中的核心要素之一,无论是农业灌溉、工业供水还是居民生活用水,不同的用水场景对水量和供水时间有着不同的要求<sup>[3]</sup>。例如在灌溉泵站中,依据农作物的灌溉周期和需水量来安排水泵抽水,在农作物需水关键期确保充足供水,而在非关键期则可适当减少抽水,避免水资源和能源的浪费。(2) 水位变化同样不容忽视,它直接影响水泵的工作扬程和能耗。对于防洪排涝泵站,依据洪水预报和水位变化及时启停水泵意义重大。当洪水水位上涨达到警戒值时,提前启动水泵排水,在水位下降至安全范围后及时停止,避免水泵空转或低效运行造成的能源损耗。而且,设备运行状态也是重要的考量因

素,如水泵的效率、电机的负载率等。(3)利用先进的监测信息系统实时采集的数据,对运行调度方案进行动态调整。因为实际情况处于不断变化之中,如突发的用水高峰、异常的水位波动等,只有根据实时信息对调度方案进行优化,才能确保泵站始终以最节能的方式运行,使水泵在最佳工况下工作,最大程度地减少能源消耗。(4)良好的维护管理是保障泵站设备性能和实现节能的重要环节。定期对水泵、电气设备等进行维护保养是基础工作。对于水泵,清理叶轮上的杂物可减少水流阻力,使水泵运行更顺畅,降低因杂物缠绕导致的额外能耗。检查电气设备的绝缘情况能预防漏电、短路等故障,保证电气系统的稳定运行,减少因电气问题引起的设备异常能耗。(5)密切关注设备的老化和磨损情况是关键。通过专业的检测手段和定期评估,及时掌握设备性能变化。当水泵的叶轮磨损、密封件老化导致效率下降,或者电气设备的元器件性能降低时,及时进行更换或维修。若对设备老化磨损问题不加以重视,随着设备性能恶化,能耗会显著增加,甚至可能引发更严重的故障,影响泵站的正常运行。

#### 2.4 管道系统节能

管道系统在泵站运行中起着输送水流的关键作用,其合理设计与维护对于节能也有着重要影响。(1)在管道设计阶段,要注重管径的选择。合适的管径应根据泵站的设计流量和经济流速来确定。若管径过小,水流速度过快,会增加沿程水头损失和局部水头损失,导致水泵需要克服更大的阻力做功,从而消耗更多的能量。相反,管径过大虽然水头损失会减小,但管道建设成本会大幅增加,同时可能因水流速度过低引发水质问题。需通过水力计算确定最优管径,使建设成本和运行能耗达到平衡。(2)管道材质的选择也不容忽视。不同材质的管道其粗糙度不同,粗糙度大的管道内壁对水流的摩擦阻力大,增加水头损失。铸铁管相对钢管粗糙度较大,在长距离输水的泵站中,选择钢管等内壁光滑的管材可

有效降低水头损失,减少水泵能耗。还可以对管道内壁进行防腐、防垢处理,保持内壁的光滑度,进一步降低水流阻力。(3)在管道系统的运行过程中,要定期检查管道的密封性。管道泄漏会导致水量损失,使水泵需要抽取更多的水来满足需求,从而增加能耗。要注意管道中的阀门、弯头、三通等管件的运行情况,确保其处于良好状态。这些管件处容易出现局部水头损失增大的情况,如阀门磨损导致关闭不严或开启不完全,会扰乱水流流态,增加能耗。在泵站节能优化的过程中,及时维护和更换老化、损坏的管件是一项至关重要的措施。这些老化管件往往会增加局部水头损失,降低泵站系统的整体运行效率。通过定期检查与及时维护,可以确保管件处于最佳工作状态,显著降低能耗。及时更换损坏管件还能有效避免潜在的安全隐患,提升泵站运行的稳定性和安全性。

#### 结语

水利泵站监测信息系统与节能优化研究对提升泵站效率、降耗至关重要。完善的信息系统能提升管理水平,节能策略则显著降低运行成本,助力绿色、可持续水资源管理。这些研究不仅优化了泵站性能,还促进了水利事业的绿色发展。未来,需深化研究,推动监测与节能技术创新,进一步降低能耗,提升效率,为水利事业可持续发展贡献力量,确保水资源得到更加高效、环保的管理和利用。

#### 参考文献

- [1]吴震宇.水利泵站监测信息系统及其泵站节能研究[D].江苏:江苏科技大学,2020.77-79.
- [2]郝相永.农业水利泵站监测信息系统及其泵站节能探讨[J].南方农机,2023,54(5):180-182.
- [3]李德海.农业水利泵站监测信息系统及其泵站节能探讨体会[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(5):273-274.