

# 水利泵站的优化设计与运行

孙 森<sup>1</sup> 杜佳禹<sup>1</sup> 朱振昊<sup>1</sup> 王浩男<sup>1</sup> 张泽源<sup>2</sup>

1. 江苏省骆运水利工程管理处 江苏 宿迁 223800

2. 江苏省南京市高淳区水务局 江苏 南京 211300

**摘要:** 随着水利工程建设的不断推进和对水资源利用要求的日益提高,水利泵站的优化设计与运行变得尤为关键。本文探讨了水利泵站的优化设计与运行管理。首先介绍了水利泵站的基本组成、工作原理及分类用途,随后详细阐述了泵站优化设计的关键环节,包括选址布局、泵型选择、进出水管道系统优化和建筑物结构优化。在泵站运行方面,文章提出了运行调度策略优化、节能措施以及设备维护与管理优化的具体方法。通过实际案例分析,验证了优化设计与运行管理的有效性和可行性,为提升水利泵站的工作效率、降低能耗和延长设备使用寿命提供了理论参考和实践指导。

**关键词:** 水利泵; 优化设计; 运行

引言:水利泵站作为水利工程的重要组成部分,承担着灌溉、排水、供水、防洪等多种功能,对于保障农业生产和人民生活的正常运行具有重要意义。然而,随着水利事业的发展,传统泵站的设计和运行方式已难以满足现代水利工程的需要。因此,对水利泵站进行优化设计和运行管理,提高泵站的工作效率、降低能耗和延长设备使用寿命,已成为当前水利领域亟待解决的问题。本文旨在探讨水利泵站的优化设计与运行管理,以期水利泵站的建设和管理提供有益的参考。

## 1 水利泵站的基本组成与工作原理

### 1.1 泵站的分类与用途

泵站,作为水利工程的关键设施,根据其应用场合和功能特性,可分为多种类型。在农业领域,灌溉泵站扮演着至关重要的角色,它们从水源中提取水分,通过管道系统输送到农田,确保农作物得到充足的水分滋养,从而保障农业生产的顺利进行。在城市供水系统中,供水泵站负责将水源地的清洁水源输送到城市的每一个角落,满足居民生活、工业生产以及公共设施等多种用水需求。这些泵站不仅确保了城市供水的稳定与安全,还提升了居民的生活质量。此外,泵站还广泛应用于防洪排涝、工业冷却、水力发电等多个领域,发挥着不可替代的作用。每一种类型的泵站都根据其特定的用途,发挥着其独特的功能,共同维护着水利工程的正常运行<sup>[1]</sup>。

### 1.2 泵站的主要组成部分

泵房是泵站的主体建筑,内部安装了各种泵类和电机,这些设备通过传动装置相连,实现了水流的抽取和输送。泵房的设计需考虑水泵的运行效率、噪音控制以

及设备的维护空间等因素,确保泵站的高效稳定运行。进出水管道系统是泵站的重要组成部分,它们负责将水流引入泵站,并将处理后的水流输送至目的地。管道系统的设计需考虑水流的阻力、流速以及管道的材质等因素,以确保水流的顺畅和管道的长期使用寿命。此外,泵站还配备了各种控制设备和仪表,用于监测和控制泵站的运行状态。这些设备能够实时检测水泵的转速、流量以及压力等参数,并根据实际需求调整水泵的运行状态,以实现泵站的自动化控制和远程监控。

## 2 水利泵站优化设计

### 2.1 泵站选址与布局优化

泵站选址与布局优化是确保泵站高效运行和长期效益的关键环节。选址时,需综合考虑水源条件、地形地貌、交通便捷性、环境影响以及土地成本等多重因素。理想泵站位置应靠近水源,地形平坦开阔,便于施工和运行维护,同时减少对环境的不良影响,并控制建设成本。布局优化方面,需根据泵站功能需求,合理规划泵房、进出水建筑物、管道系统及电气设备等的位置和布局。泵房应设计合理,便于设备布置和人员操作;进出水建筑物应选址合理,确保水流顺畅,减少能量损失;管道系统布局应简洁明了,减少弯头和阻力,提高输送效率;电气设备应布局安全,便于维护和检修。通过科学的选址与布局优化,可以最大限度地发挥泵站的功能效益,提高水资源利用率,降低运行成本,实现泵站的可持续发展。因此,在泵站建设中,应高度重视选址与布局优化工作,确保泵站建设的科学性和合理性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 泵型选择与优化配置

泵型选择与优化配置是水利泵站设计中的关键环

节。在选择泵型时,需充分考虑泵站的设计流量、扬程、水质等多种因素。例如,对于扬程较高、流量相对较小的工况,离心泵可能更为合适,其能提供较高的压力;而在扬程较低、流量较大的情况下,轴流泵或混流泵往往能发挥更好的效果,它们具有较大的过流能力。要结合泵站的运行要求和实际使用场景。若泵站需要频繁调节流量和扬程,可选用具有可调节叶片角度的水泵,以便在不同工况下灵活运行。对于水质较差的情况,需考虑水泵的抗腐蚀和耐磨性能,选择合适的材质和结构。在优化配置方面,可借助先进的算法。如通过遗传算法,综合考虑泵站的运行成本、效率和可靠性等多目标,对泵的台数、型号和组合方式进行精确计算。合理确定不同泵型的搭配,以满足泵站在不同季节、不同水位下的运行需求。还需考虑备用泵的设置,确保在主泵出现故障时泵站仍能正常运行,提高泵站运行的连续性和稳定性。通过科学的泵型选择与优化配置,可使水利泵站在满足工程需求的同时,实现高效、节能、可靠的运行。

### 2.3 进出水管道系统优化设计

进出水管道系统是水利泵站的重要组成部分,其优化设计对于泵站的高效运行至关重要。在设计过程中,首先要合理确定管道直径。根据泵站的设计流量和流速要求,通过精确的水力计算,选择合适的管径,以确保水流在管道内的流动顺畅,减少沿程水头损失,管道长度也应尽量优化,避免过长的管道导致不必要的能量损耗。管道的布置方式同样关键。要避免出现急转弯、局部凸起等不良情况,应使管道走向尽量平顺,减少局部阻力。在管道的连接处,要确保连接紧密,防止漏水和进气,影响泵站运行效率。对于进出水池与管道的连接部位,要进行特殊设计,使其过渡平缓,减少水流的冲击和漩涡。选用先进的管道材料也不容忽视。例如,采用耐腐蚀、高强度的新型管材,可提高管道的使用寿命和可靠性,对管道进行适当的防腐处理,增强其抗腐蚀能力。在管道系统中,还可合理设置阀门、流量计等附属设备,以便于调节流量和监测运行状态。通过对进出水管道系统的全面优化设计,能够有效提高水利泵站的整体运行性能,降低运行成本,确保泵站的安全稳定运行<sup>[3]</sup>。

### 2.4 泵站建筑物结构优化

泵站建筑物结构优化对于提升泵站的稳定性、耐久性和运行效率具有重要意义。在进水池、前池、出水池等建筑物的设计中,首先要注重结构的合理性。通过精确的力学分析,确定合适的结构形式和尺寸,以承受水流的冲击力和各种荷载。例如,进水池的设计要考虑

水流的均匀分布,避免出现漩涡和回流,可采用合理的池型和导流墙结构,减少对水泵进水条件的不利影响。对于建筑物的墙体和底板等主要结构部件,要优化其配筋设计,提高结构的强度和抗裂性能。采用有限元分析等先进方法,对结构的应力分布进行详细计算,根据计算结果合理调整钢筋布置,确保结构在各种工况下的安全性,在满足结构强度要求的前提下,可选用轻质、高强度的建筑材料,减轻建筑物自重,降低地基承载压力。此外,还要重视建筑物的防渗设计。采取有效的防渗措施,如设置止水带、铺设防渗膜等,防止水流渗漏对建筑物结构和周边环境造成损害。在建筑物的连接处和伸缩缝处,要进行特殊的处理,确保防渗效果。通过对泵站建筑物结构的全面优化,能够为泵站的长期稳定运行提供坚实的保障,提高泵站的整体性能和使用寿命。

## 3 水利泵站运行优化

### 3.1 运行调度策略优化

(1) 需建立精准的泵站运行调度模型。该模型应综合考量水位、流量、能耗等多方面因素,以实现对接站运行状态的全面模拟和分析。例如,通过实时监测水位变化,结合不同水位下的需水量预测,确定水泵的开启台数和运行频率,确保在满足用水需求的同时,最大限度地降低能耗。(2) 引入先进的信息技术是关键。利用传感器等设备实时采集泵站运行数据,如水流速度、压力、电机功率等,并将这些数据传输至监控中心。通过大数据分析和智能算法处理,对泵站的运行情况进行实时评估和预测,及时发现潜在的问题和优化空间。基于此,制定出更加科学合理的运行调度方案。(3) 要注重不同工况下的调度策略调整。在用水高峰期,优先保障供水的稳定性和可靠性,可适当提高水泵的运行功率;而在用水低谷期,则可优化水泵的运行组合,降低能耗,延长设备使用寿命。此外,还应考虑到季节性变化和突发事件对泵站运行的影响,制定相应的应急预案和灵活的调度策略。(4) 加强与上下游水利设施的协同调度也是重要方面。与水库、渠道等进行信息共享和联合调度,实现水资源的合理分配和高效利用。通过优化运行调度策略,水利泵站能够实现智能化、精细化运行,提高整体运行效率和服务水平,为水利工程的可持续发展提供有力支撑<sup>[4]</sup>。

### 3.2 节能措施与优化运行

其一,分析泵站能耗构成是基础。明确电机、水泵等设备在运行过程中的能耗分布情况,找出能耗较高的环节进行针对性优化。例如,对于电机,若其功率因数较低,可通过安装无功补偿装置提高功率因数,减少无

功损耗。其二,选用节能设备是关键举措。采用高效电机,其具有更高的能量转换效率,相比传统电机可显著降低能耗。推广变频调速装置,根据实际需求调节电机转速,使水泵在不同工况下均能运行在高效区,避免大马拉小车的现象,从而大幅降低能源消耗,选用节能型阀门,减少水流通过阀门时的压力损失,提高系统的整体效率。其三,优化水泵运行工况至关重要。通过调节水泵的叶片角度、叶轮直径等参数,使其与实际运行需求相匹配,提高水泵的运行效率。定期对水泵进行维护保养,确保其内部流道畅通,减少水力损失。此外,加强对泵站管道系统的维护,清理管道内壁的污垢和杂物,降低管道阻力,也有助于节能。其四,建立科学的运行管理制度。合理安排泵站的运行时间和负荷分配,避免设备长时间空转或低负荷运行。加强对操作人员的培训,提高其节能意识和操作技能,确保设备在最佳状态下运行。通过实施上述节能措施与优化运行策略,水利泵站能够在保障正常运行的前提下,有效降低能源消耗,实现可持续发展,同时降低运行成本,提高经济效益和社会效益。

### 3.3 设备维护与管理优化

设备维护与管理优化是保障水利泵站长期稳定运行的重要保障。(1)应建立完善的设备维护管理制度。制定详细的维护计划,明确设备的日常检查、定期保养和维修的时间间隔、内容及标准。例如,规定每天对设备进行外观检查,包括设备的密封性、仪表读数是否正常等;每周进行一次设备的清洁和润滑,确保设备运转灵活;每月进行一次全面的设备性能检测,及时发现潜在问题。(2)加强设备的状态监测是关键环节。采用先进的监测技术和设备,如振动监测仪、温度传感器、油液分析仪等,实时监测设备的运行状态。通过对监测数据的分析,提前预测设备可能出现的故障,及时采取相应的维护措施,避免设备突发故障导致泵站停机,减少生产损失,建立设备故障数据库,对每次故障的发生时间、原因、处理方法等进行详细记录,为后续的设备维

护和管理提供参考依据。(3)在设备管理方面,要注重设备的档案管理。为每台设备建立独立的档案,记录设备的采购、安装、调试、使用、维护、维修等全过程信息,以便全面了解设备的历史和现状。加强设备的库存管理,合理储备常用的易损件和备件,确保在设备维修时能够及时更换,缩短维修时间。(4)提高维护人员的技术水平和素质也至关重要。定期组织维护人员参加专业培训和交流活动,使其掌握先进的维护技术和方法,不断提升业务能力,培养维护人员的责任心和工作积极性,确保设备维护工作的质量和效率。通过设备维护与管理优化,可有效延长设备使用寿命,提高泵站运行的可靠性和安全性,降低运行成本<sup>[9]</sup>。

### 结束语

综上所述,水利泵站的优化设计与运行是一个系统且复杂的工程,涵盖了从选址布局到设备选型配置,再到运行调度与维护管理的各个环节。通过对这些方面的深入研究和实践应用,我们能够显著提高水利泵站的运行效率、降低能耗、增强可靠性,从而更好地满足社会对水资源合理调配和利用的需求。随着科技的不断进步和创新,我们应持续探索更先进的技术和方法,为水利泵站的优化发展注入新的活力,使其在水利事业中发挥更大的作用,为经济社会的可持续发展提供坚实支撑。

### 参考文献

- [1]李思聪,王庆龙,余畅舟,等.污水提升泵站运行模式优化设计[J].安徽农学通报,2018,24(13):89-90.
- [2]薛腊梅,唐智新.海水取水泵站取水泵运行优化设计方案[J].冶金动力,2020(2):56-58.
- [3]杨模,许攀,马靖凯,等.影响泵站机电设备维修质量的原因及解决对策分析[J].现代农业研究,2021,27(1):127-128.
- [4]何锦耀.泵站水闸的施工质量管理与技术应用[J].黑龙江水利科技,2019,47(1):136-138.
- [5]崔凯,周旭东,张莹,等.泵站工程管理中精细化管理的应用[J].治淮,2019(4):38-39.