

# 水利水电泵站的水力性能研究与提升

李国明

河北水务有限公司 河北 石家庄 050000

**摘要：**水利水电泵站作为水利工程的重要组成部分，其水力性能的研究与提升对于提高水资源利用效率、保障水利设施稳定运行具有重要意义。当前，水力振动与稳定性、效率提升及气蚀问题已成为泵站水力性能研究的热点。通过优化泵站设计、选用高效节能设备、加强运行管理、定期维护保养及持续技术创新等措施，可显著提升泵站的水力性能，为水利事业的可持续发展提供有力支撑。

**关键词：**水利水电；泵站；水力性能；效率提升

## 引言

水利水电泵站承担着调节水量、提升水位及输送水流等多重任务，是水利工程中不可或缺的一环。随着水资源短缺问题的日益严峻，如何高效、稳定地运行泵站，成为水利领域亟待解决的关键问题。近年来，国内外学者对泵站水力性能的研究不断深入，旨在通过技术创新与管理优化，提升泵站运行效率与稳定性，为水利事业的可持续发展贡献力量。

### 1 水利水电泵站概述

水利水电泵站作为水利工程中的关键设施，承担着提升水位、输送水流及调节水量等重要任务。这些泵站通常建于上游水位较低之处，通过泵房内的水泵将水抽升至较高水位，再经由输水管道将水输送至下游或特定用水点。泵站的有效运行关乎水利工程的整体效能，更对灌溉效率、供水能力及水资源管理产生深远影响。水利水电泵站的结构复杂而精细，通常由泵房、水池、输水管道及控制系统组成。泵房是泵站的核心，内置多台水泵，这些水泵多采用柴油机或电机驱动，能根据实际需求调节流量与扬程。水池则作为储水设施，有助于平稳控制输送水量，提高灌溉及供水效率。输水管道负责连接泵房与目的地，确保水流顺畅无阻。控制系统则通过计算机、遥控器等手段，实现泵站的智能控制与监测。泵站的水力性能是其效能的关键指标，包括能量效率、汽蚀性能及稳定性等多个方面。进水结构的设计对水泵的进水条件至关重要，良好的设计能显著提升水泵的能量性能与汽蚀性能。而出水结构则主要负责水流的有效扩散与动能回收，其流动状况直接影响泵站的整体效率。泵站运行时的水力稳定性也是一大挑战，特别是当泵站处于非设计工况下，振动与压力脉动等问题可能严重影响泵站的稳定运行，因此水利水电泵站的水力性能研究显得尤为重要。

## 2 水力性能研究现状

### 2.1 水力振动与稳定性研究

在水利水电泵站水力性能研究范畴内，水力振动与稳定性研究意义重大。泵站机组振动危害严重，不仅危及整体运行稳定，还使部件在长期震动下疲劳，削减设备寿命与可靠性。经深入探索，确定机组内部非定常流动是水力振动关键诱因。泵站运行时，进水流道涡带、出水流道不均出流、转轮脱流以及叶轮导叶动静干涉等水力现象交织，引发泵站水力不稳定。研究人员采用理论计算、模型实验与真机现场试验综合探究。理论计算依据流体力学原理与数学模型模拟预测振动过程；模型实验借助缩小比例模型在受控环境精准观测分析；真机现场试验于实际运行设备监测研究。凭借这些研究成果，针对性减振措施应运而生，包括优化流道设计以规整水流、调整叶轮导叶参数弱化干涉、采用阻尼装置吸纳振动能量等，以此从根本上削减振动，增强泵站水力稳定性与运行可靠性，推动泵站高效平稳运行。

### 2.2 效率提升研究

(1) 水泵设计方面，科研人员致力于通过改进水泵的叶轮形状、叶片数量和导叶结构等关键参数，以提高水泵的水力效率。这些设计优化措施旨在减少水流在水泵内部的摩擦损失和涡流损失，提高水泵的扬程和流量，同时降低能耗。采用先进的计算流体动力学（CFD）技术，对水泵内部流场进行数值模拟，进一步指导水泵设计的优化，实现更高效的水力转换。(2) 在泵站布局方面，研究人员通过合理布置进水口、出水口和泵房的位置，以减少水力损失，提高泵站的整体效率。进水口的设计需确保水流顺畅、无漩涡，以减少水流对水泵的冲击和磨损。出水口则通过优化扩散段和动能回收装置，提高水流的扩散效率和能量回收率。同时，泵房的布置需考虑通风、散热和噪音控制等因素，

为水泵提供最佳的运行环境。(3)在设备选型方面,高效节能设备的采用成为提升泵站效率的重要手段。选用性能优良、能耗低的电机和控制设备,不仅可以降低泵站运行时的能耗,还能提高系统的稳定性和可靠性。

### 2.3 气蚀问题研究

气蚀在水泵运行里较为常见,其产生的危害不容小觑,当气蚀发展到严重程度时,水泵叶片会遭受侵蚀与损坏,致使水泵性能急剧下降,效率降低,甚至引发整个泵站系统的故障与停机,影响水利工程的正常运转。为此,研究人员深入探究水泵气蚀机理,从多方面展开了系统性研究。在改善进水条件方面,通过优化进水通道的设计,使其具备更好的流线型,减少水流的紊流与漩涡,降低水流中气泡的产生量,从源头上减轻气蚀发生的可能性。在材料防护领域,研发并应用抗气蚀材料涂覆于水泵叶片表面,这类材料具有特殊的物理化学性质,增强叶片对气蚀冲击的抵御能力,有效减缓气蚀对叶片的侵蚀速度,延长叶片的使用寿命。伴随科技的发展,变频调速技术被引入气蚀防治策略中。借助该技术灵活地调整水泵的运行工况,依据实际需求精准控制水泵转速,避免水泵在易引发严重气蚀的工况下长时间运行,以智能化的方式保障水泵运行的稳定性与安全性,为水利水电站的高效可靠运行提供有力支撑,在气蚀问题的研究与应对上取得了显著的阶段性成果与技术突破<sup>[1]</sup>。

## 3 水力性能提升措施

### 3.1 优化泵站设计

(1)泵站设计的初期阶段,全面考虑泵站的地理位置、水文条件、排水需求以及未来城市发展等关键因素。地理位置的选择需确保泵站建设不会对周边环境造成不利影响,同时便于水流的顺畅导入与排出。水文条件的分析则需深入了解当地的水位变化、水流速度及水质情况,为泵站设计提供科学依据。排水需求的评估则需结合实际需求与未来发展规划,确保泵站能够满足当前及未来一段时间内的排水需求。(2)泵站布局的优化对于减少水力损失至关重要。通过合理布置进水口、出水口、泵房及管道系统,确保水流在泵站内部能够顺畅流动,减少涡流、回流等不利现象的发生;还需考虑泵站与周边环境的协调,如通过绿化、隔音等措施,降低泵站运行对周边居民的影响。(3)泵站的自动化与智能化设计是提升排水效率的关键。通过安装传感器、控制器等智能设备,实时监测泵站运行状态及水流参数,实现泵站的远程监控与自动调节。这能及时发现并处理泵站运行中的异常情况,还能根据实际需求灵活调整泵站运行状态,提高排水效率与节能效果。智能化设计还能

为泵站的管理与维护提供便捷手段,降低运维成本,延长泵站使用寿命<sup>[2]</sup>。

### 3.2 选用高效节能设备

在设备选型时,应综合考虑泵的性能参数、材质、安装方式以及维护成本等因素。选用高效节能的水泵和配套设备,确保在各种工况下都能保持高效运行;应注重设备的耐腐蚀性和耐磨性,以适应复杂多变的水质环境。具体来说,选择高效节能的水泵要考虑其流量、扬程、效率等关键性能指标。现代高效水泵通常采用先进的叶轮设计和制造工艺,在较低的能耗下提供较大的流量和扬程。变频驱动技术的应用可以根据实际需求自动调节水泵的转速,进一步降低能耗。在材质方面,考虑到泵站长期暴露在水中,易受到腐蚀和磨损的影响,因此应选用具有良好耐腐蚀性和耐磨性的材料。如不锈钢、双相钢或特殊涂层材料可以有效延长设备的使用寿命并减少维护频率。安装方式也是影响泵站效率的重要因素。合理的安装可以减少水流阻力和机械损耗。如采用直埋式或半埋式安装减少地面以上部分的长度,降低摩擦损失;确保管道连接紧密无泄漏也是提高系统效率的关键步骤。维护成本是评估泵站经济性的重要指标。高效的泵站在初期投资上有所控制,在日常运营和维护中也应尽可能降低成本。这包括定期检查更换易损件、优化操作流程以及利用远程监控技术实现故障预警等功能。

### 3.3 加强运行管理

(1)建立健全的运行记录和监测制度是基础工作。详细且准确的运行记录能够为泵站的后续分析与维护提供丰富的数据支撑,包括水泵的启动停止时间、运行时长、各时段的流量与扬程数据、设备的油温油压变化等;借助先进的传感器技术与自动化监测系统,实时监测泵站的运行状态以及水质状况,如水中含沙量、酸碱度等指标。通过对这些数据的持续收集与整理,及时发现潜在的运行异常与设备故障隐患,为提前采取应对措施创造条件。(2)依据所掌握的信息制定科学合理的运行计划。考虑到泵站在不同季节、不同时段所面临的工况差异,如枯水期与丰水期的水位变化、农业灌溉用水高峰与低谷的流量需求不同等情况,精心规划泵站的运行模式。合理安排水泵的开启台数、运行时间以及切换顺序等,确保泵站在各种工况下均能以接近最佳效率的状态运行,既满足实际需求,又避免不必要的能源浪费与设备损耗。(3)将节能降耗作为运行管理的重要目标。深入分析运行数据,优化水泵的运行参数,如调整合适的转速、叶片角度等,使水泵运行曲线与实际工况需求更为匹配。灵活调整泵的运行方式,如采用变频调

速技术实现精准的流量调节,避免传统阀门节流方式造成的能量损失。着眼于泵站能源革新,积极探寻可再生能源利用之道。于周边适配区域装太阳能板、小型风力发电机,为辅助设备供电,削减传统能源依赖,降能耗与排放,推泵站绿色高效运作,助力可持续征程<sup>[3]</sup>。

### 3.4 定期维护保养

维护保养是保持泵站良好运行状态的关键。定期对泵站设备进行检修和维护,确保设备处于良好的工作状态。应注重使用专业的工具和检测方法,确保维护保养的质量和效果。(1)对于水泵及其配套设备,如电机、轴承等关键部件,应按照制造商的建议进行定期检查和更换润滑油脂,以减少磨损并延长使用寿命。(2)对于管道系统,特别是那些容易受到腐蚀或沉积物影响的部分,应定期清理以防止堵塞和泄漏。此外还定期检查电气控制系统中的接线是否牢固可靠,以及传感器和其他监测设备的工作状态是否正常。(3)除了上述常规维护外,还应该根据实际运行情况制定特殊的保养计划。如在极端天气条件下(如高温、低温、湿度大等),要增加检查频率;而在水质较差的地区,加强对过滤系统的清洁和维护。利用现代信息技术手段实现远程监控与诊断也是一种有效的预防性维护策略。通过安装在线监测设备收集实时数据,并结合历史记录分析趋势变化,提前发现潜在问题并采取措施避免故障发生。通过科学合理地安排维护保养工作,能有效提高泵站的工作效率和可靠性,还能明显降低长期运营成本<sup>[4]</sup>。

### 3.5 持续技术创新

(1)随着信息技术的飞速发展,智能传感器、物联网技术和大数据分析等前沿科技正逐步融入泵站建设与运营中。这些技术的引入,使得泵站能够实现远程监控和智能调度,大幅提升了泵站运行的自动化水平,还有效降低了人工干预的频率和难度。通过实时监测泵站各

项参数,如流量、压力、振动等,系统自动调整水泵运行状态,确保泵站始终保持在最优工况下运行,提高水力性能和能效。(2)新型材料和工艺的应用也是提升泵站设备性能的关键。如采用耐腐蚀性强、耐磨性好的材料制造水泵和管道系统,能明显延长设备的使用寿命,减少因腐蚀和磨损导致的停机维修时间。这些新材料还能降低水流在设备内部的摩擦损失,提高泵站的水力效率。(3)在技术创新方面,加强与科研机构、高校以及行业领军企业的合作至关重要。通过产学研用紧密结合,共同推动泵站技术的研发和应用,不仅加速新技术的成果转化,还促进泵站技术的持续进步和升级,为水利事业的可持续发展提供强有力的技术支撑。

### 结语

综上所述,水利水电泵站的水力性能研究与提升是一项系统工程,需要从设计、设备选型、运行管理、维护保养及技术创新等多个方面入手。通过综合施策,不仅可以显著提升泵站的水力性能,还能延长设备使用寿命,降低运维成本,为水利事业的可持续发展奠定坚实基础。未来,随着科技的进步与管理的创新,泵站水力性能的提升将迈上新的台阶。

### 参考文献

- [1]卢有霖.水利水电泵站基础施工技术探讨[J].水上安全,2024(3):166-168.
- [2]张自超,张勇,高长景,等.泵站出水管路交汇方式对管路水力性能的影响[J].水电能源科学,2023,41(2):125-132.
- [3]高传昌,高余鑫,董旭敏,等.簸箕形进水流道主要控制参数对水力性能的影响[J].排灌机械工程学报,2023,41(11):1111-1118.
- [4]颜万坤.试论水利水电泵站基础施工技术应用[J].建筑与装饰,2022(15):190-192.