

# 大型水利水电泵站的结构稳定性分析

李国明

河北水务有限公司 河北 石家庄 050000

**摘要：**大型水利水电泵站的结构稳定性分析是确保其长期安全运行的关键。本文探讨了泵站的结构特点、主要影响因素及提高稳定性的方法。通过分析选址、设计参数、系统管理、环境水质及水力振动等因素，揭示了它们对泵站结构稳定性的影响机制。提出了合理设计、结构优化设计、振动控制措施、实时监测与数据分析以及定期维护和保养等提高泵站结构稳定性的有效方法，为泵站的安全运行和高效管理提供了科学依据。

**关键词：**大型水利水电泵站；结构稳定性；提高方法

引言：大型水利水电泵站在防洪排涝、灌溉供水及水资源调配等方面发挥着至关重要的作用。然而，泵站结构的稳定性直接关系到其运行效率和安全性。本文旨在深入探讨大型水利水电泵站的结构稳定性问题，分析影响其稳定性的各种因素，并提出相应的解决策略。通过本研究，期望能为泵站的设计、建设和管理提供理论指导和实践参考，确保泵站长期稳定运行，为社会经济发展和人民生活提供可靠保障。

## 1 大型水利水电泵站概述

### 1.1 泵站的功能和作用

大型水利水电泵站作为水利水电工程的重要组成部分，发挥着至关重要的作用。它们主要负责将水从低处抽提到高处，以满足各种需求，如防洪排涝、灌溉供水、改善环境以及跨流域调水等。在雨季，泵站能够迅速排除积水，防止城市或农田被淹，确保人民生命财产的安全。同时，它们还能为农田提供稳定的水源，满足灌溉需求，促进农作物的正常生长。此外，泵站还能通过增加水体流动性，改善水质，为水生生物提供更好的生存环境。在大型水利工程中，泵站更是实现水资源跨流域调配的关键设施，有助于优化水资源配置，保障全国城市和农村供水的稳定。

### 1.2 泵站系统的主要组成部分

泵站系统主要由泵房、进出水建筑物以及相关的电气设备组成。泵房是泵站系统的主体部分，内部安装了各种类型的水泵，如离心泵、轴流泵等，这些水泵通过驱动机构进行工作，完成水体的提升。进出水建筑物则负责引导水流进出泵站，包括前池、进水池、出水池、压力水箱或出水管路等部分。此外，泵站系统还包括控制系统、管道系统、阀门等辅助设备，确保泵站的正常运行和稳定工作。

### 1.3 大型泵站的结构特点

大型泵站的结构特点主要体现在其模块化设计、结构紧凑以及高度自动化等方面。泵站通常采用模块化设计，将各个功能部件进行有机整合，使得整个泵站结构紧凑、占地面积小，且易于维护。同时，大型泵站还配备了先进的电气控制系统，实现了自动化运行和远程监控，确保泵站运行的稳定性和安全性。此外，泵站的内部空间布局也经过精心设计，方便维修人员进行日常维护和保养。

### 1.4 水力稳定性的重要性

水力稳定性对于大型泵站来说至关重要。泵站在运行过程中，如果水力稳定性不足，可能会导致水泵振动、磨损加剧以及效率降低等问题。这不仅会影响泵站的使用寿命，还会对周边的水利设施和环境造成潜在的威胁。因此，加强泵站的水力稳定性研究，提高泵站的运行效率和稳定性，是确保泵站长期安全运行的重要保障。

## 2 影响大型泵站结构稳定性的主要因素

### 2.1 选址因素

(1) 地形地貌。地形地貌是影响泵站选址的首要因素。泵站应尽量选择在地势平坦、地基稳定、排水良好的区域，以减少地基不均匀沉降和地表水对泵站结构的影响。同时，考虑到泵站运行时产生的噪音和振动，选址时还需避免将泵站设置在居民区或对环境敏感区域附近，以减少对周边环境的干扰。(2) 水文地质条件。水文地质条件对泵站的稳定性有着重要影响。泵站应选址在地下水位较低、土壤透水性良好的地区，以防止地下水对泵站基础产生侵蚀和浮力作用。此外，泵站所在地区的地震烈度、断层分布等地质因素也应纳入考虑范围，确保泵站结构能够抵御潜在的地震灾害<sup>[1]</sup>。(3) 水资源潜力和需求。泵站的选址还需考虑水资源潜力和需求。泵站应靠近水源地，以便高效地抽取水资源。同时，泵站的建设规模也应根据实际需求进行合理规划，

避免过度建设或资源浪费。

## 2.2 设计参数

(1) 泵站总扬程。泵站总扬程是指水泵将水从低处抽提到高处所需克服的垂直高度。总扬程的大小直接影响水泵的选型、功率以及泵站的整体结构设计。过高的总扬程会增加水泵的负荷,加速水泵的磨损,降低泵站的运行效率。因此,在设计时应根据实际需求合理确定泵站的总扬程。(2) 泵组数量及单机流量。泵组的数量和单机流量决定了泵站的总抽水能力。泵组数量过多或单机流量过大,可能导致泵站结构承受过大的压力,增加结构失稳的风险。因此,在设计时应根据泵站的实际需求和运行条件,合理确定泵组的数量和单机流量。

(3) 占地面积及所需用电。泵站的占地面积和所需用电是设计参数中的重要内容。占地面积过大可能增加土地资源的浪费,而所需用电过高则可能增加运营成本。因此,在设计时应充分考虑泵站的布局和能效,力求在满足功能需求的同时,降低占地面积和用电成本。(4) 适应水流量。泵站的设计应能够适应不同季节和水文条件下的水流量变化。在设计中应充分考虑水流量的波动范围,确保泵站在各种工况下都能稳定运行。

## 2.3 系统管理

(1) 实时监控系统。实时监控系统是泵站管理的重要组成部分。通过实时监控泵站的运行参数、设备状态以及水质情况等信息,可以及时发现和处理潜在问题,确保泵站的稳定运行。(2) 设备保养和维护。定期对泵站设备进行保养和维护是保持泵站结构稳定性的关键。通过检查设备的磨损情况、紧固件的松动情况以及润滑油的更换等,可以及时发现并排除潜在的安全隐患。

(3) 运行参数调整。根据实际需求和水文条件的变化,及时调整泵站的运行参数是确保泵站稳定运行的重要措施。例如,在雨季可以通过增加泵组的开启数量或提高水泵的转速来增加抽水能力,以满足排水需求。

## 2.4 环境和水质

(1) 防风防污、防腐蚀设施。泵站所处环境可能受到风、雨、雪等自然因素的侵蚀,以及污水、化学物质等污染物的侵蚀。因此,在泵站设计中应充分考虑防风防污和防腐蚀设施的设置,以延长泵站的使用寿命。

(2) 材料选择及水泵、阀门的正常运行。泵站的结构材料和设备材料的选择应满足耐腐蚀、耐磨损、高强度等要求。同时,水泵和阀门等关键设备的选型也应根据实际需求进行合理规划,确保设备的正常运行和稳定性<sup>[2]</sup>。

## 2.5 水力振动

(1) 机械设备振动。机械设备振动是泵站运行中不

可避免的现象。过大的振动不仅会影响设备的正常运行和寿命,还会对泵站结构产生附加应力,增加结构失稳的风险。因此,在泵站设计中应充分考虑机械设备的振动控制和减震措施。(2) 电磁振动。电磁振动主要来源于泵站中的电动机等电气设备。过大的电磁振动不仅会影响电气设备的正常运行和寿命,还可能对泵站结构产生不利影响。因此,在泵站设计中应加强对电气设备的振动控制和减震措施的研究。(3) 液压机振动。液压机振动是由于液压系统中的液体压力波动和流体冲击而产生的。过大的液压机振动可能导致管道和设备的损坏,甚至引发安全事故。因此,在泵站设计中应充分考虑液压系统的稳定性和减震措施的设置。

## 3 提高大型泵站结构稳定性的方法

### 3.1 合理设计

合理设计是提高泵站结构稳定性的基础。通过采用先进的设计理念和技术手段,可以从源头上减少泵站结构失稳的风险。(1) 采用故障控制模式。在设计阶段,应充分考虑泵站可能面临的各种故障情况,并制定相应的故障控制策略。这包括设置备用泵组、安装自动切换装置以及配置故障预警系统等措施,以确保在泵站发生故障时能够迅速切换至备用设备,减少故障对泵站运行的影响。(2) 工业控制器或PLC的应用。工业控制器(PLC)作为现代控制系统的核心,具有编程灵活、可靠性高、易于维护等优点。在泵站设计中,应充分利用PLC的控制功能,实现泵站的自动化控制和远程监控。通过PLC编程,可以实现对泵站设备的精确控制,提高系统的稳定性和响应速度<sup>[3]</sup>。(3) 控制系统算法优化和软件编程。优化控制系统算法和软件编程是提高泵站控制精度和稳定性的重要手段。通过对控制系统进行算法优化,可以实现对泵站运行参数的精确计算和控制,减少因参数设置不当而导致的结构失稳问题。同时,通过完善的软件编程,可以实现更加智能化的控制和报警功能,提高系统的可靠性和安全性。

### 3.2 结构优化设计

结构优化设计是提高泵站结构稳定性的关键。通过改进泵站的水力设计和型号选择,可以显著提升泵站的运行效率和稳定性。(1) 改进泵站水力设计。水力设计是泵站设计的重要组成部分。通过优化泵站的水力布局和参数设置,可以减少水流的冲击和涡流现象,降低水力振动对泵站结构的影响。同时,合理的水力设计还可以提高泵站的水力效率,降低能耗和运营成本。(2) 型号选择和设计中关注运行稳定性。在泵站设备选型时,应充分考虑设备的运行稳定性和可靠性。选择具有良好

稳定性和耐用性的水泵、电机等关键设备，可以确保泵站在长期运行中的稳定性和可靠性。此外，在设计中还应关注设备的匹配性和协调性，避免设备间的相互干扰和冲突。

### 3.3 振动控制措施

振动是影响泵站结构稳定性的重要因素之一。通过采取有效的振动控制措施，可以显著降低泵站的振动水平，提高结构的稳定性。（1）减轻机械振动和电磁振动。机械振动和电磁振动是泵站中常见的振动类型。通过优化设备设计、提高制造精度和安装质量等措施，可以显著降低机械振动和电磁振动的幅度。同时，还可以采用减震装置和隔音材料等措施，进一步减少振动对泵站结构的影响。（2）深入研究水力振动的根源及解决方法。水力振动是泵站中较为复杂且难以完全避免的振动类型。为了深入研究水力振动的根源并制定相应的解决方法，需要开展大量的实验研究和数值模拟工作。通过对比分析不同工况下的水力振动情况，可以揭示水力振动的产生机理和传播规律，从而为制定有效的振动控制措施提供科学依据<sup>[4]</sup>。

### 3.4 实时监测与数据分析

实时监测与数据分析是提高泵站结构稳定性的重要手段。通过监测系统的实时数据和建立数据模型，可以及时发现并处理潜在的安全隐患，确保泵站的稳定运行。（1）监测系统数据。在泵站运行过程中，应实时监测关键参数和设备状态，包括水泵流量、压力、振动、温度等。利用先进的传感器技术和数据采集系统，可以实现对泵站运行状态的全面监测和记录。这些数据为后续的分析决策提供了重要的依据。（2）建立数据模型，进行报警和应急处理。基于实时监测的数据，可以建立泵站运行的数据模型。通过数据分析，可以预测泵站的运行状态和潜在问题，并设定相应的报警阈值。一旦数据超过设定阈值，系统将自动触发报警，并提示运维人员采取相应的应急处理措施。这种智能化的监测和预警系统可以显著提高泵站的安全性和稳定性。

### 3.5 定期维护和保养

定期维护和保养是提高泵站结构稳定性的必要措施。通过定期检修设备、更换磨损部件和进行清洁保养，可以确保泵站的长期稳定运行。（1）设备定期检修。制定详细的设备检修计划，并按照计划对泵站设备进行定期检修。检修内容包括但不限于水泵、电机、阀门、管道等关键设备。通过检修，可以及时发现并处理设备的潜在问题，防止故障的发生。（2）更换磨损部件。在泵站运行过程中，设备部件会因磨损而逐渐失效。为了确保泵站的稳定运行，需要定期检查和更换磨损部件。这包括轴承、密封件、传动带等易损件。通过及时更换磨损部件，可以延长设备的使用寿命，提高泵站的运行效率。（3）清洁和保养。定期对泵站设备进行清洁和保养也是保持其稳定运行的重要措施。通过清洁设备表面的污垢和杂物，可以减少设备的磨损和故障率。同时，对设备进行润滑和防锈处理，可以延长设备的使用寿命，提高泵站的可靠性和稳定性。

### 结束语

综上所述，大型水利水电泵站的结构稳定性是其高效、安全运行的基础。通过全面分析泵站结构稳定性的影响因素，并采取合理设计、结构优化设计、振动控制、实时监测与数据分析以及定期维护等措施，可以有效提升泵站的结构稳定性。未来，随着技术的不断进步和创新，我们应继续深化对泵站结构稳定性的研究，不断探索新的技术和方法，为泵站的安全运行和可持续发展贡献更多智慧和力量。

### 参考文献

- [1]赵保山.水利水电泵站基础施工技术应用[J].四川水泥,2021,(07):54-55.
- [2]王连杰.水利水电工程基础处理施工技术方法应用[J].水电站机电技术,2020,(11):125-126.
- [3]赵多明.水利水电工程基础处理施工技术方法应用[J].城市建设理论研究(电子版),2020,(13):74-75.
- [4]成立,刘超.大型泵站水力稳定性探讨[J].水利水电工程,2019,(02):17-18.