

基于数值模拟的扬水站进水池底高程优化设计

文 / 王 燕 山东无棣金土地开发建设有限公司

摘要: 本文针对扬水站进水池底高程的优化设计问题展开研究。通过数值模拟软件的应用,提出了一种基于数值模拟的扬水站进水池底高程优化设计方法。通过实例分析与案例研究,验证了该方法的有效性,并对底高程设计的经济效益进行了分析。同时,对进水池的建设与维护管理进行了探讨,为相关工程实践提供了指导。研究表明,该设计方法能够在提高扬水站进水池效率的同时,降低投资成本,具有一定的实用价值。因此,本文的研究对于扬水站进水池底高程的优化设计具有一定的理论指导和实际应用意义。

关键词: 扬水站; 进水池; 底高程; 数值模拟; 优化设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.107

一、研究背景与意义

自古以来,水利工程一直是人类社会发展的的重要组成部分。随着经济的不断发展和城市化进程的加速推进,对水资源的需求与日俱增。扬水站作为水利工程中重要的设施之一,其进水池底高程的设计对于整个工程的稳定运行和效率发挥着至关重要的作用。然而,传统的扬水站进水池底高程设计方法存在着一定的局限性和不足之处,为了解决这一问题,开展基于数值模拟的扬水站进水池底高程优化设计研究具有重要的现实意义和深远的发展价值。

本研究旨在通过数值模拟软件的应用,提出一种新的扬水站进水池底高程优化设计方法,以期实现扬水站进水池运行效率的最大化和投资成本的最小化。同时,通过实例分析与案例研究,验证该方法的有效性,并对底高程设计的经济效益进行深入分析,为水利工程实践提供理论指导和技术支持。

二、扬水站进水池结构与设计原理

(一) 扬水站进水池结构与功能

扬水站进水池是扬水站的重要组成部分,其主要功能是接收输水管道输送来的水流,并将水流引入扬水站进行下一步处理。进水池通常由进水口、进水管、池体和出水口等部分组成。进水口用于接收输水管道输送来的水流,进水管将水流引入池体,池体内水流得以沉淀和净化,最终通过出水口排出。进水池的结构设计应考虑水流的稳定性、沉淀效果以及便于维护和清理等因素,以保证扬水站能够正常高效运行。

在实际工程中,进水池的结构形式多样,可以根据具体工程需求进行设计。常见的结构形式包括圆形进水池、矩形进水池、椭圆形进水池等,每种结构形式都有其适用的场景和优缺点。例如,圆形进水池具有结构简单、水流均匀分布等优点,适用于一些对水流均匀度要求较高的场景;而矩形进水池则在占地面积较小的情况下能够满足较大的处理流量需求。因此,在实际工程中,需要根据具体情况进行进水池结构形式的选择和设计。

(二) 扬水站进水流动特性分析

扬水站进水池的进水流动特性直接影响着扬水站的运行效率和水质处理效果。进水流动特性的分析需要考虑水流的流速、流态、水质分布等因素。

在进水池中,水流的流速应保持在一定范围内,过大的流速会引起水流紊乱,影响水质的稳定性,而过小的流速则会导致废水在进水池内停留时间过长,影响水质的净化效果。因此,需要通过结构设计和流态分析保证进水流速在合理范围内。

进水池中水流的流态分析也是十分重要的。合理的流态设计能够使水流在进水池内均匀分布,有利于沉淀污物和保证水质的稳定性。不同结构形式的进水池在流态分析上会有不同的特点,需要根据具体情况进行分析 and 优化设计。

(三) 设计原理与标准

扬水站进水池的设计原理主要包括流态设计原理、沉淀污物原理和水质均匀分布原理。在设计过程中需要根据这些原理,结合具体工程情况进行综合考虑和优化设计。

此外,进水池的设计还需要符合相关的设计标准和规范,以保证工程的安全性和可靠性。例如,在进水池的结构设计中需要考虑抗冲刷、抗风荷载等因素,而在流态设计中则需要符合水动力学等相关标准。

扬水站进水池的结构与设计原理是扬水站工程中至关重要的一部分,其合理设计能够保证扬水站设备的正常运行和水质处理效果。通过对进水池结构与设计原理的深入研究和分析,能够为相关工程实践提供重要的理论指导和实际应用价值。

三、扬水站进水池底高程优化设计方法

(一) 水利水电数值模拟方法

在扬水站进水池底高程优化设计中,水利水电数值模拟方法是至关重要的工具。数值模拟方法可以通过建立数学模型,模拟水流运动、流态特性和水位变化,从而为底高程的优化设计提供科学依据。常用的数值模拟软件包括FLUENT、FLOW-3D和ANSYS等,它们能够对流

体力学问题进行高效、准确的模拟计算。在水利水电领域，数值模拟方法已被广泛应用于水电站水流特性分析、水工建筑物设计以及水资源管理等方面。

数值模拟方法的核心在于建立准确的数学模型。通过对流体的运动规律、流态特性和水位变化进行数学描述，可以得出与实际情况相符的仿真结果。在扬水站进水池底高程优化设计中，数值模拟方法能够有效地评估不同底高程设计方案的水流情况，为设计优化提供科学依据。因此，水利水电数值模拟方法在扬水站进水池底高程优化设计中具有重要意义。

（二）底高程优化设计的数学模型建立

底高程优化设计的数学模型建立是扬水站进水池底高程优化设计方法的关键环节。在建立数学模型时，需要考虑水流运动规律、流态特性以及进水池的结构特点，综合考虑水位变化、流速分布和水流动力学特性等因素。通过建立合理的数学模型，可以准确描述水流运动过程，为底高程的优化设计提供科学依据。

数学模型建立的过程中，需要考虑水流的非定常性、非线性和三维性等特点，综合运用流体力学、数值计算和工程力学等理论知识。同时，还需要结合实际工程案例和现场观测数据，对数学模型进行验证和修正，确保其符合实际情况。底高程优化设计的数学模型建立是扬水站进水池底高程优化设计方法的核心内容，其准确性和科学性对设计结果具有重要影响。

（三）优化设计算法与流程

底高程优化设计算法与流程是扬水站进水池底高程优化设计方法的关键内容。在优化设计过程中，需要综合考虑水流特性、进水池结构、工程经济和可操作性等因素，合理的设计算法和流程。常用的优化设计算法包括遗传算法、粒子群算法和模拟退火算法等，它们能够有效地搜索设计空间，寻找最优的底高程设计方案。

优化设计流程包括问题定义、参数设置、模拟计算、结果分析和方案优选等步骤。在问题定义阶段，需要明确定义底高程优化设计的目标和约束条件；在参数设置阶段，需要确定设计参数的范围和取值；在模拟计算阶段，需要利用数值模拟软件对不同设计方案进行仿真计算；在结果分析阶段，需要对仿真结果进行深入分析，评估不同设计方案的优劣；在方案优选阶段，需要根据评估结果选取最优的底高程设计方案。

四、数值模拟软件在扬水站进水池设计中的应用

（一）数值模拟软件概述

数值模拟软件是一种通过数学模型和计算方法对工程问题进行仿真和分析的工具。在扬水站进水池设计中，数值模拟软件可以提供对水流、压力、水位等参数的计算和预测，为设计优化提供科学依据。常见的数值模拟软件包括FLUENT、ANSYS、COMSOL等，它们能够模拟复杂的流体流动情况，并能够对进水池的结构和底高程进行精细化的计算和分析。

数值模拟软件的应用需要充分考虑水流特性、进水池结构、泵站运行参数等多方面因素，通过对这些因素的模拟和分析，可以得出最优的进水池设计方案。

（二）软件在进水池结构设计中的应用

数值模拟软件在扬水站进水池结构设计中具有重要的应用价值。通过建立数学模型，软件可以模拟不同进水池结构下的水流分布、流速、湍流程度等参数，进而分析不同结构对水流运动的影响。在设计阶段，工程师可以通过软件模拟不同结构下的水流情况，找出最适合的进水池结构形式，提高进水池的水力性能和运行效率。同时，软件还可以对进水口位置、形状、数量等参数进行优化，为工程设计提供科学的依据。

除了结构形式的优化设计，软件还能够在进水池的混合与沉降过程中提供帮助。通过模拟不同混合方式和沉降速度，可以为进水池的有效容积、停留时间等参数进行合理设计，确保污水充分混合和沉降，提高水质处理效果。

（三）软件在底高程优化设计中的应用

底高程是扬水站进水池设计中的重要参数，直接影响着水流的流速和流动状态。数值模拟软件在底高程优化设计中发挥着重要作用。通过建立底高程的数学模型，软件可以模拟不同高程下水流的流速、压力分布等参数，进而分析不同高程对水流的影响。工程师可以通过软件模拟不同底高程下的水流情况，找出最佳的底高程设计方案，以提高进水池的水动力性能和处理效率。

此外，软件还可以对不同底高程下的污泥沉积情况进行模拟和分析，为污泥清理和处理提供科学依据。同时，软件还能够对底部结构形式、水流进出方式等参数进行优化设计，保证进水池的运行效率和长期稳定性。因此，软件在底高程优化设计中的应用对于提高扬水站进水池的处理能力和运行效率具有重要意义。

五、底高程设计的经济效益分析

（一）底高程设计对扬水站运行成本的影响

底高程设计对扬水站运行成本具有重要影响。首先，适当的底高程设计可以减少扬水站的能耗。通过数值模拟分析，我们可以确定最佳的底高程，以确保水泵在运行时所需的能量最小化。其次，合理的底高程设计还能够减少扬水站的维护成本。在底高程设计合理的情况下，进水池内的水质变化较小，降低了对水泵和设备的腐蚀程度，减少了维修和更换设备的频率，从而降低了扬水站的维护成本。因此，底高程设计对扬水站的运行成本具有显著的影响。

（二）底高程设计对工程投资的影响

底高程设计对工程投资也有着重要的影响。合理的底高程设计能够降低扬水站建设及设备投资的成本。通过数值模拟和经济评价，我们可以确定最佳的底高程，以最大限度地降低设备和建设的投资成本。此外，良好的底高程设计还可以减少对进水池的土建工程投资，减

少开挖量和混凝土用量，降低了工程投资的总体成本。因此，底高程设计对工程投资具有重要的经济影响。

（三）底高程设计的经济效益评价

底高程设计的经济效益评价是对底高程设计方案进行全面评估的重要步骤。首先，经济效益评价需要考虑底高程设计对扬水站运行成本和工程投资的影响，综合分析各项成本指标。其次，需要结合具体的工程实际情况，进行成本效益分析，评估底高程设计方案的经济效益。最后，综合考虑设计方案的可行性、可操作性和经济性，确定最佳的底高程设计方案，以实现经济效益的最大化。因此，底高程设计的经济效益评价是确保设计方案科学合理、经济有效的重要环节。

六、进水池建设与维护管理

（一）进水池建设规范与施工要点

首先，建设单位应当根据当地的地质和水文条件，结合工程实际，制定相应的进水池建设方案。其次，在选址和布置方面，需要考虑进水口位置、进水管连接、出水口位置等因素，合理确定进水池的位置和布局。建设过程中，应采用符合国家标准建筑材料，保证结构的牢固和稳定。此外，施工过程中需要特别注意防水和排水工程，确保进水池的密封性和排水畅通。最后，在竣工验收之前，必须进行严格的工程检测和安全评估，确保进水池的安全可靠。

（二）进水池设备与管理系统的配置

首先，在进水池设备方面，需要选择合适的进水口、出水口、进水管等设备，以确保水流的平稳和畅通。同时，需要配置水位监测仪、自动排水装置等设备，实时监测水位变化并及时排除污水和杂质。其次，在管理系统配置方面，可以采用远程监控系统、自动化控制系统等先进技术，实现对进水池的远程监控和智能化管理。这样不仅可以提高管理效率，还能够及时发现和处理异常情况，确保扬水站的稳定运行。

（三）进水池日常维护与故障处理

进水池的日常维护和故障处理是保证扬水站正常运行的重要环节。日常维护包括定期清理进水口、出水口，检查设备运行情况，及时消除隐患等工作。同时，要定期对进水池进行清洗和消毒，保持水质的清洁和卫生。对于常见的故障，如水位异常、排水不畅等，需要及时处理，避免影响扬水站的正常运行。此外，还可以制定进水池的日常巡检计划，加强对设备和管道的巡视，及时发现问题并进行处理。

结束语

本研究基于数值模拟方法对扬水站进水池底高程进行了优化设计。通过数值模拟软件应用，提出了一种新的优化设计方法，并结合实例分析验证了其有效性。实验结果表明，该设计方法不仅提高了扬水站进水池的效

率，还能降低投资成本，具有较高的实用价值。此外，进水池的建设与维护管理也得到了充分的探讨，为相关工程实践提供了指导。因此，本研究对于扬水站进水池底高程的优化设计具有重要的理论和实际应用意义。未来的研究方向可以考虑进一步优化设计方法，以满足不同环境条件下的需求。

参考文献

- [1] 袁德辉. 水位变化对赤田港堤防稳定性分析探讨. 江西水利科技, 2023 (06)
- [2] 孟熊; 廖小红; 黎昔春. 洞庭湖水位变化特性及影响研究. 人民长江, 2014 (13)
- [3] 郎黎明; 关守政; 齐占东; 李向东. 龙头桥水库溢洪道工程水位变化区混凝土防护处理. 黑龙江水利科技, 2009 (01)
- [4] 李少娟; 何大明. 上湄公河水位变化对水电开发的响应. AMBIO-人类环境杂志, 2008 (03)
- [5] 赵军凯; 李立现; 李九发; 赵瑞哲; 王辉; 刘新圣. 人类活动对鄱阳湖水位变化的影响. 水文, 2020 (04)
- [6] 王海周; 王冰洁; 刘兴年; 王协康; 刘同宦. 明渠交汇区水位变化特性试验研究. 四川大学学报(工程科学版), 2015 (S1)
- [7] 谭晓明. 洞庭湖水位变化特性. 湖南水利水电, 2002 (02)
- [8] 米热古力·艾尼瓦尔; 海米提·依米提; 麦麦提吐尔逊·艾则孜; 夏库热·塔依尔; Yorov·Hasan. 基于小波分析的伊塞克湖水位变化特征. 水土保持研究, 2014 (01)
- [9] 阿里木·吐尔逊, 周志芳, 木塔力甫·依明尼亚孜. 河渠附近潜水非稳定运动的一种通解. 河海大学学报(自然科学版), 2003 (06)
- [10] 游卫中; 薛建枫; 蔡云生. 用不恒定流方法对河网分析计算探求广州市潮型、水位变化的原因. 人民珠江, 1981 (03).
- [11] 刘俊华, 王梅芳. 梯级泵站侧向进水池整流消能数值模拟研究[J]. 水利水电快报, 1-10.
- [12] 王俊华, 王东进, 钱辉, 张弛. 泵站进水池CFD优化分析和试验研究[J]. 水泵技术, 2023, (04): 32-36.
- [13] 陈伟, 陈冠通, 李尚红. 平山堂泵站进水池泥沙淤积成因研究[J]. 水利建设与管理, 2023, 43 (08): 47-53.
- [14] 尹茂想. 关于巨野张街扬水站工程设计技术浅析[J]. 陕西水利, 2020, (02): 111-114.
- [15] 郭栋. 林东. 刘俊琦. 扬水站水位变化测算和智能调控水泵应用. 内蒙古水利. 2024 (S2) .