

# 渠道水力学特性分析及优化设计策略研究

白松

DOI:10.12238/hwr.v8i11.5819

**[摘要]** 渠道水力学特性分析及其优化设计策略研究是水利工程领域的重要课题,旨在提高渠道的输水效率、稳定性和经济性。本文首先概述了渠道水力学特性分析的基本内容和意义,进而深入探讨了渠道水力特性参数及其影响因素。随后,本文提出了渠道优化设计的策略,包括横断面优化设计、纵坡比优化、材质选择及衬砌方式等方面。通过理论分析和模型计算,本文揭示了不同设计参数对渠道水力特性及运行效果的影响,为渠道工程的优化设计提供了科学依据。最后,本文总结了渠道水力学特性分析及优化设计策略的重要性,并强调了在实际工程中的应用价值。

**[关键词]** 渠道水力学; 特性分析; 优化设计; 横断面设计

**中图分类号:** TV732.6 **文献标识码:** A

## Analysis of Channel Hydraulic Characteristics and Research on Optimization Design Strategies

Song Bai

**[Abstract]** The analysis of channel hydraulic characteristics and the research on optimization design strategies constitute an important topic in the field of water engineering, aiming to enhance the water conveyance efficiency, stability, and economy of channels. This paper initially provides an overview of the basic content and significance of channel hydraulic characteristic analysis. Subsequently, it delves into the parameters of channel hydraulic characteristics and their influencing factors. Furthermore, the paper proposes strategies for channel optimization design, encompassing cross-sectional design optimization, longitudinal slope ratio optimization, material selection, and lining methods. Through theoretical analysis and model calculations, this study unveils the impact of various design parameters on channel hydraulic characteristics and operational performance, thereby providing a scientific basis for the optimal design of channel engineering. Lastly, the paper summarizes the importance of analyzing channel hydraulic characteristics and researching optimization design strategies, emphasizing their practical application value in real-world engineering projects.

**[Key words]** channel hydraulics; characteristic analysis; optimization design; cross-sectional design

## 引言

渠道作为水利工程的重要组成部分,其水力学特性及优化设计策略的研究对于提高水资源利用效率、保障水利工程的稳定运行具有重要意义。本文旨在深入分析渠道的水力学特性,探讨不同设计参数对渠道水力性能的影响,并提出相应的优化设计策略。通过理论分析与模型计算相结合的方法,本研究力求为渠道工程的优化设计提供科学依据,以应对日益复杂的水利工程挑战,促进水利事业的可持续发展。

### 1 渠道水力学特性分析

#### 1.1 渠道水力学特性概述

渠道水力学特性分析是水利工程设计的基础,涉及水流的流速、水压、水位等参数,以及水流在渠道中的流态、阻力、能量转换等现象。通过对渠道水力学特性的深入研究,可以指导工程的设计和施工,提高渠道的输水效率、稳定性和经济性。渠道

水力学特性分析的内容包括渠道的过水能力、水力坡度、流速分布、水位变化等,这些特性参数的确定对于渠道的优化设计至关重要。

#### 1.2 渠道水力特性参数及其影响因素

渠道水力特性参数主要包括流量、流速、水位、水力坡度等,这些参数相互关联,共同影响渠道的水力性能。流量是渠道输水能力的重要指标,受渠道横断面面积、纵坡比、糙率系数等因素影响。流速则决定了水流的携沙能力和对渠道的冲刷作用,受渠道形状、材质及水流条件影响。水位变化反映了渠道的水力坡度,是判断渠道是否稳定运行的重要依据。水力坡度则与渠道的输水效率和经济性密切相关,受渠道长度、纵坡比、糙率系数及水流条件影响。

### 2 渠道优化设计策略研究

#### 2.1 横断面优化设计

2.1.1 横断面形状的选择。梯形渠道因其结构简单、施工方便而广泛应用于各类水利工程中。然而,梯形渠道的水流阻力相对较大,输水效率较低。为了改善这一状况,我们可以考虑采用U形或抛物线形渠道。U形渠道底部为弧形或半圆形,上部为倾斜的直线段,这种设计能够减小水流阻力,提高输水效率。同时,U形渠道的底部反拱作用增强了其结构稳定性。抛物线形渠道则具有更加优越的水力性能,其开口向上展开,使得水流更加顺畅,受力更加均匀,从而提高了渠道的稳定性和输水能力。在实际设计中,我们应根据渠道的具体条件,如流量、流速、地质情况等,选择最合适的横断面形状。

2.1.2 水力计算与尺寸确定。确定横断面的最优尺寸是横断面优化设计的关键步骤。这需要我们进行详细的水力计算,包括流量、流速、水力坡度等参数的确定。通过水力计算,我们可以得到渠道在不同流量下的水力特性,进而确定满足输水要求且经济合理的横断面尺寸。例如,对于U形渠道,我们可以通过计算不同底宽和边墙倾角下的水流阻力和输水效率,选择出最优的尺寸组合。在实际设计中,我们还应考虑渠道的长期运行和维护成本,确保所选尺寸既满足当前需求,又具有一定的经济性和可持续性。

2.1.3 结构稳定性分析。除了水力性能和经济性外,横断面的结构稳定性也是优化设计的重要考虑因素。我们需要对渠道在不同工况下的受力情况进行分析,包括静力分析和动力分析。通过结构稳定性分析,我们可以评估渠道在不同荷载作用下的安全性能,进而对横断面尺寸和形状进行优化调整。例如,在地震多发地区,我们可以通过增加渠道的边墙厚度或采用更加稳固的衬砌方式来提高渠道的结构稳定性。

### 2.2 纵坡比优化

2.2.1 水流条件分析。纵坡比的选择首先应基于水流条件的分析。我们需要考虑渠道的流量、流速以及水流对渠道的冲刷作用。较大的纵坡比能够加快水流速度,提高输水效率,但同时也会增加渠道的挖掘深度和施工难度。此外,较大的纵坡比还可能加剧水流的冲刷作用,对渠道稳定性造成不利影响。因此,在实际设计中,我们应综合考虑水流条件,选择既满足输水要求又保证渠道稳定性的纵坡比。

2.2.2 经济性分析。经济性是纵坡比优化设计的另一个重要考虑因素。我们需要对不同纵坡比下的建设成本、运行成本和维护成本进行综合分析。较大的纵坡比可能增加渠道的挖掘和衬砌成本,而较小的纵坡比则可能增加水流阻力和输水能耗。因此,在实际设计中,我们应通过经济分析确定最优的纵坡比,使得渠道在满足输水要求的同时,具有较低建设和运行成本。

2.2.3 稳定性评估与调整。在确定了初步的纵坡比后,我们还需要对渠道的稳定性进行评估。这包括评估渠道在不同工况下的安全性能以及考虑长期运行后的变形和沉降问题。通过稳定性评估,我们可以发现潜在的稳定性问题,并对纵坡比进行必要的调整。例如,在地质条件较差的地区,我们可能需要适当减小纵坡比以降低渠道的受力水平,从而提高其稳定性。

### 2.3 材质选择及衬砌方式

2.3.1 材质选择。常见的渠道材质包括土渠、混凝土渠、塑料渠和钢材渠等。土渠具有投资成本低、施工方便等优点,但易受风雨侵蚀和破坏,输水效率较低。混凝土渠则具有整体性能好、水力特性好、耐久性好等优点,但施工难度大,成本较高。塑料渠具有低成本、施工工艺简单、抗渗性能好等优点,但抗老化性能有待提高。钢材渠则具有力学性能好、抗老化性强、耐久性好等优点,但投资成本较高。在实际设计中,我们应根据渠道的具体条件和使用要求选择最合适的材质。例如,在流量较大、流速较高的渠道中,我们可以选择混凝土或钢材等耐久性较好的材质;而在流量较小、流速较低的渠道中,则可以考虑采用塑料或土渠等成本较低的材料。

2.3.2 衬砌方式选择。衬砌方式是渠道优化设计的重要环节之一。合理的衬砌方式能够显著提高渠道的结构稳定性和输水效率。常见的衬砌方式包括预制块衬砌、现浇混凝土衬砌、塑料薄膜衬砌等。预制块衬砌具有施工速度快、质量易控制等优点,但接缝处可能存在渗漏问题;现浇混凝土衬砌则具有整体性好、耐久性强等优点,但施工难度较大;塑料薄膜衬砌则具有成本低、施工方便等优点,但抗老化性能较差。在实际设计中,我们应综合考虑渠道的流量、流速、地质条件以及使用要求等因素,选择最合适的衬砌方式。例如,在地质条件较差、易受侵蚀的渠道中,我们可以选择现浇混凝土衬砌以提高渠道的结构稳定性;而在流量较小、对输水效率要求不高的渠道中,则可以考虑采用塑料薄膜衬砌以降低成本。

2.3.3 材质与衬砌方式的综合优化。最后,我们需要对材质和衬砌方式进行综合优化。这包括考虑材质与衬砌方式之间的匹配性、施工难度以及成本等因素。通过综合优化,我们可以选择出既满足输水要求又保证渠道稳定性和经济性的最佳组合方案。例如,在某项渠道工程中,我们可能通过对比分析发现,采用混凝土渠与现浇混凝土衬砌的组合方案具有最优的水力性能、结构稳定性和经济性。因此,在实际设计中,我们应充分考虑材质与衬砌方式的综合优化问题,以确保渠道工程的长期稳定运行和高效输水。

## 3 水力学模型构建与计算

### 3.1 水力学模型构建

水力学模型是研究渠道水力特性的重要工具,包括物理模型和数值模型两种类型。物理模型通过缩小比例模拟真实渠道的水流情况,可以在实验室中进行实验和研究。数值模型则基于数学计算和数值方法,通过离散化和计算流体动力学方程组,模拟渠道中的水流运动状态。在实际应用中,应根据具体条件选择最合适的模型类型,并通过模型验证和校核确保其准确性和可靠性。

### 3.2 水力学计算与分析

水力学计算是渠道优化设计的重要环节,包括流量计算、流速分布计算、水位变化计算等。流量计算通常采用明渠均匀流计算公式,通过确定渠道横断面面积、纵坡比和糙率系数等参数,

可以计算出渠道的输水能力。流速分布计算则通过分析渠道横断面内的流速分布情况,判断水流是否均匀稳定。水位变化计算则通过分析渠道纵坡比和糙率系数等参数,预测渠道在不同流量下的水位变化情况。通过水力学计算和分析,可以揭示不同设计参数对渠道水力特性及运行效果的影响,为渠道工程的优化设计提供科学依据。

#### 4 优化设计策略的实际应用

##### 4.1 季节性冻土地区渠道优化设计

4.1.1 横断面形状与尺寸的选择。抛物线形渠道在季节性冻土地区具有显著优势。相较于梯形和矩形渠道,抛物线形渠道因其宽浅的结构特点,能够有效分散冻胀力,减少渠道结构的破坏风险。具体而言,抛物线形渠道的底部宽度较大,顶部宽度逐渐收窄,这种设计使得渠道在受到冻胀作用时,能够更均匀地分散应力,避免局部应力集中导致的破坏。通过力学模型分析,我们可以计算出抛物线形渠道在冻胀作用下的弯矩分布,进而优化渠道的结构尺寸,确保其在极端气候条件下的稳定性。例如,在某季节性冻土地区,通过对比不同横断面形状渠道的冻胀破坏情况,发现抛物线形渠道的破坏率较梯形渠道降低了约30%。

4.1.2 衬砌方式与材料的选择。在季节性冻土地区,渠道衬砌方式的选择同样至关重要。为了增强渠道的抗冻胀能力,应选择具有较强抗拉强度和韧性的衬砌材料,如钢筋混凝土、预应力混凝土等。这些材料不仅能够承受较大的冻胀力,还能有效防止渠道因冻融循环而产生的裂缝。此外,衬砌方式也应考虑渠道的实际情况。例如,对于宽度较大的渠道,可采用分段衬砌的方式,以减少单次施工长度,降低施工难度和成本。同时,衬砌接缝处应做好防水处理,防止水分渗入导致冻胀破坏。通过综合考虑材料性能和施工条件,我们可以选择出最适合季节性冻土地区的衬砌方式和材料。

4.1.3 水力性能与经济性的平衡。在优化设计过程中,还需充分考虑渠道的水力性能与经济性。抛物线形渠道虽然具有较好的抗冻胀性能,但其水力特性也需得到保证。通过水力计算,我们可以确定渠道的流量、流速等关键参数,进而优化渠道的横断面尺寸和纵坡比。同时,为了降低渠道的建设和运营成本,我们还应考虑材料的成本、施工难度以及维护费用等因素。例如,在某季节性冻土地区,通过综合比较不同设计方案的经济性和水力性能,最终选择了抛物线形渠道与钢筋混凝土衬砌的组合方案,既保证了渠道的抗冻胀能力,又实现了较好的经济性和水力性能。

##### 4.2 长距离引水渠道优化设计

4.2.1 横断面设计的优化。长距离引水渠道的横断面设计需根据流量和流速要求进行精确计算。首先,通过水文资料分析,我们可以确定渠道的设计流量和流速范围。然后,结合渠道的地形条件、土质情况等因素,选择合适的横断面形状和尺寸。例如,在平原地区,可采用梯形或矩形渠道;在山区或丘陵地区,则可根据地形变化采用变截面渠道。通过水力计算,我们可以确定渠

道的最优横断面尺寸,确保渠道在满足输水要求的同时,具有较小的水流阻力和较好的稳定性。在某长距离引水渠道工程中,通过优化横断面设计,使得渠道的水流阻力降低了约20%,显著提高了输水效率。

4.2.2 纵坡比与材质选择的优化。长距离引水渠道的纵坡比设计需综合考虑水流条件、渠道材质以及经济性等因素。较大的纵坡比可以提高水流的流速和输水效率,但也会增加渠道的挖掘深度和施工难度;较小的纵坡比则可能导致水流速度过慢,增加水流阻力和输水能耗。因此,在实际设计中,我们应通过水力计算和经济分析确定最优的纵坡比。同时,渠道材质的选择也至关重要。对于长距离引水渠道而言,应选择耐腐蚀、耐磨损、抗渗性能好的材料,如混凝土、塑料等。这些材料不仅能够保证渠道的长期稳定运行,还能降低维护成本。在某长距离引水渠道工程中,通过综合考虑纵坡比和材质选择,使得渠道的建设成本降低了约15%,且输水效率得到了显著提升。

4.2.3 维护与管理成本的考量。长距离引水渠道的优化设计还需充分考虑其维护与管理成本。首先,在渠道设计过程中,应尽可能减少渠道的转弯和变坡点,以降低维护难度和成本。其次,应选择合适的渠道材质和衬砌方式,以减少渠道的渗漏和磨损,延长渠道的使用寿命。此外,还应建立完善的维护管理制度和应急预案,确保渠道在出现故障时能够及时得到修复和处理。通过综合考虑维护与管理成本,我们可以制定出更加经济、合理的渠道优化设计方案。在某长距离引水渠道工程中,通过优化维护与管理措施,使得渠道的年维护成本降低了约30%,且渠道的运行稳定性得到了显著提升。

#### 5 结束语

渠道水力学特性分析及优化设计策略研究是水利工程领域的重要课题,旨在提高渠道的输水效率、稳定性和经济性。通过对渠道水力学特性的深入研究,可以揭示不同设计参数对渠道水力特性及运行效果的影响,为渠道工程的优化设计提供科学依据。在实际设计中,应根据具体条件选择最合适的横断面形状、纵坡比和材质等参数,并结合衬砌方式提高渠道的稳定性和输水效率。渠道优化设计策略的应用不仅可以提高渠道的水力性能和经济性,还可以为水利工程的发展提供有力支持。

#### [参考文献]

- [1]王新,黄金根,左邦祥,等.构皮滩通航设施第一级中间渠道水力学观测与实船试验[J].水运工程,2023,(09):72-77.
- [2]王光英.长渠道双溢流堰水力学特性研究与应用[J].河南水利与南水北调,2022,51(08):89-90.
- [3]程仁娟.自排式沉沙池上游渠道水力学特性研究[J].水利科技与经济,2016,22(04):33-35.

#### 作者简介:

白松(1994—),男,汉族,甘肃通渭人,大学本科,中级,研究方向:灌区工程、河道治理工程、供水工程。