

水闸工程设计中的消能防冲技术研究

张光耀

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v8i11.5817

[摘要] 水闸工程设计中的消能防冲技术,是确保水闸安全运行和延长使用寿命的关键技术之一。本文旨在深入探讨水闸工程设计中消能防冲技术的原理、方法及其应用,以期为水闸工程设计提供理论支持和实践指导。通过详细分析水闸泄水时的水流特性、消能方式及其影响因素,本文提出了针对不同工况下消能防冲设计的优化策略,以期实现水闸工程的高效消能和有效防冲。

[关键词] 水闸工程; 消能技术; 防冲设计; 水跃消能

中图分类号: TV66 **文献标识码:** A

Research on Energy Dissipation and Scour Prevention Technology in Sluice Engineering Design

Guangyao Zhang

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] The energy dissipation and scour prevention technology in sluice engineering design is one of the key technologies to ensure the safe operation and extend the service life of sluices. This paper aims to delve into the principles, methods, and applications of energy dissipation and scour prevention technology in sluice engineering design, providing theoretical support and practical guidance for such design. Through a detailed analysis of the flow characteristics, energy dissipation methods, and influencing factors during sluice discharge, this paper proposes optimization strategies for energy dissipation and scour prevention design under different working conditions, aiming to achieve efficient energy dissipation and effective scour prevention in sluice engineering.

[Key words] sluice engineering; energy dissipation technology; scour prevention design; hydraulic jump energy dissipation

引言

水闸作为水利工程中重要的挡水和泄水建筑物,广泛应用于河道、渠系、水库、湖泊及滨海地区。水闸在泄水时,水流携带巨大的能量,若不进行妥善处理,将对下游河床及岸坡产生严重冲刷,威胁水闸的安全运行。因此,消能防冲设计成为水闸工程设计中的关键环节。本文将从消能防冲技术的原理、方法及其应用三个方面进行深入探讨。

1 消能防冲技术原理

1.1 消能原理

消能技术的主要目的是将高速水流的动能转化为其他形式的能量,如水体内的热能、水体的上下波动等,从而达到消减能量的目的。在水闸泄水时,水流通过特定的消能设施,如消力池、消力坎、导流墙等,使水流产生水跃、漩涡等现象,从而消耗水流能量。

1.2 防冲原理

防冲技术则是通过优化水闸的消能设计,降低水流对河床和岸坡的冲刷力。具体措施包括在闸下河床或岸坡铺设抗冲刷材料、设置防护设施、调整水流流态等,以保护河床和岸坡免受冲刷破坏。

2 消能防冲技术方法

2.1 细致实施底流消能策略

底流消能,作为水闸消能技术中的经典之选,其核心在于通过精心设计的消力池结构,引导高速水流形成稳定的水跃现象,进而将水流蕴含的巨大动能有效转化为水体内的热能,实现能量的安全耗散。此技术特别适用于下游河床宽广、水位落差显著的水利工程场景。在消力池的设计过程中,需全面考量水流的流速、流量以及池体深度等关键参数,确保这些要素之间达到最佳匹配状态。具体而言,应依据水力学原理,通过精确计算确定消力池的长度、宽度与深度,以构建出既能有效促进水跃形成,又能充分承受水流冲击的坚固结构。同时,还需关注消力池底板

的材料与厚度选择, 确保其具备足够的强度与耐久性, 以抵御长期水流冲刷与侵蚀, 从而保障底流消能技术的持续有效应用。

2.2 科学规划面流消能布局

面流消能技术, 则是利用水流在出口区域的自然扩散与紊流特性, 通过调整水流方向与速度, 促使水流在出口处形成宽广而均匀的面流状态, 进而通过水体的上下波动与相互碰撞, 实现动能的逐步耗散。该技术特别适合于下游河床狭窄、水位差较小的水利环境。在实施面流消能时, 关键在于科学规划水流的导出路径与出口形态, 通过合理的导流设施与结构设计, 引导水流平稳、有序地扩散至下游区域。同时, 还需关注出口处水流的流速分布与紊流强度, 通过调整相关参数, 确保水流在出口处形成理想的面流状态, 从而达到最佳的消能效果。

2.3 精准调控挑流消能参数

挑流消能技术, 凭借其独特的鼻坎结构, 能够将水流精准地挑向空中, 并通过水流的扩散、掺气与旋滚作用, 实现动能的快速耗散。此技术尤其适用于下游河床宽广、水位落差大的复杂水利条件。在挑流消能的设计与实施过程中, 需对鼻坎的型式、反弧半径、高程以及挑射角度等关键参数进行精准调控。具体而言, 应通过详细的水力学分析与模拟实验, 确定最优的鼻坎形状与尺寸, 以确保水流在离开鼻坎后能够形成稳定的挑流轨迹。同时, 还需关注挑流过程中的水流掺气与旋滚现象, 通过合理调整挑射角度与鼻坎高程, 促进水流的充分掺气与旋滚, 从而进一步提高消能效率。

2.4 合理构建消力戽消能体系

消力戽消能技术, 则是一种利用戽坎结构特性, 通过引导水流在戽内与戽后形成特定的漩滚与波浪形态, 实现动能的有效耗散。该技术特别适用于下游水位较深、单宽流量变化范围小且水位变幅不大的水利工况。在构建消力戽消能体系时, 需重点关注戽坎的反弧半径、高度以及挑射角度等核心参数的设计。通过精确的水力学计算与模拟分析, 确定最优的戽坎形状与尺寸, 以确保水流在通过戽坎时能够形成稳定的漩滚与波浪状态。同时, 还需关注戽坎与下游河床之间的衔接关系, 确保水流在落入下游河床时能够形成连续、平稳的流态, 从而避免局部冲刷与破坏现象的发生。通过合理构建消力戽消能体系, 不仅能够有效提升水闸的消能效率与稳定性, 还能为下游区域的水环境与生态平衡提供有力保障。

3. 消能防冲技术应用

3.1 精准设计消能设施构造

在水闸工程的消能防冲设计中, 消能设施作为核心组成部分, 其设计的精确性与合理性直接关系到整个水闸的安全运行与长期稳定性。消力池, 作为底流消能技术中的关键设施, 其设计过程需综合考虑水流动力学特性、上下游水位关系、过闸流量以及地形地质条件等多重因素。具体而言, 消力池的深度与长度需通过严谨的水力学计算确定, 以确保水流在池内能够形成稳定的水跃现象, 从而有效地将高速水流的动能转化为水体内的热能, 达到消能的目的。同时, 消力池的底板设计也至关重要,

必须确保其具有足够的厚度与强度, 以抵御水流产生的巨大冲击力与扬压力, 防止底板因受力过大而发生破坏。在消力池的设计中, 还需充分考虑其形状与布置方式。例如, 通过采用曲线形或折线形的池底设计, 可以更有效地引导水流, 使水流在池内形成更为平稳且有序的水跃, 进一步提高消能效率。此外, 消力池的进出口设计也需精心策划, 以确保水流能够顺畅地进入和离开消力池, 避免因水流紊乱而导致的能量损失和冲刷破坏。

3.2 综合实施防冲保护措施

为了有效防止水流对河床和岸坡的冲刷, 必须采取一系列综合的防冲保护措施。这些措施包括但不限于在闸下河床或岸坡铺设抗冲刷材料、设置防护设施以及调整水流流态等。在抗冲刷材料的选择上, 应优先考虑石块、混凝土等硬质材料, 这些材料具有良好的抗冲刷性能和耐久性, 能够显著增强河床和岸坡的抗冲刷能力。防护设施的设置也是防冲保护的重要一环。例如, 在消力池、闸墩等关键部位设置混凝土护面或钢丝网等防护设施, 可以有效地防止水流对这些结构的直接冲刷, 从而延长其使用寿命。同时, 这些防护设施还能起到引导水流、改善流态的作用, 进一步降低冲刷风险。除了物理防护措施外, 调整水流流态也是一种有效的防冲手段。通过合理调整水闸的开度、改变水流的方向或采用其他水流调控措施, 可以使水流在消能设施内形成更为稳定、有序的水流结构。这种调整不仅可以提高消能效率, 还能有效减少水流对河床和岸坡的冲刷力, 保护下游区域的安全。

3.3 有效规避不利流态影响

在水闸泄水过程中, 折冲水流等不利流态的出现往往会对河床和岸坡造成严重的冲刷破坏。为了有效规避这些不利流态的影响, 必须从水闸的总体布置入手, 进行科学合理的规划与设计。首先, 应确保上游引水渠的顺直性, 避免出现急弯或突变段, 以减少水流在引水渠内的紊乱现象。其次, 应严格控制下游翼墙的扩散角, 避免其过大或过小而导致水流方向发生剧烈变化, 从而引发折冲水流等不利流态。除了总体布置上的考虑外, 还可以在消力池前端设置散流墩等导流设施。散流墩能够引导水流均匀扩散, 使水流在进入消力池前形成更为平稳的流态, 从而有效避免折冲水流等不利流态的产生。同时, 散流墩的设置还能起到消耗水流能量的作用, 进一步提高消能效率。

4. 消能防冲技术的优化策略

4.1 精细化调整消能工构造

4.1.1 精准塑造消力池形态

在底流消能工的设计实践中, 对消力池的精细化调整是提升消能效率的关键一环。这要求设计者必须深入探究水流的动力学特性, 全面考量水流速度、流量以及跃后水深等核心参数, 以此为基础对消力池的形状与尺寸进行精确设定。具体而言, 消力池的平面布局与剖面形态需经过精心规划, 以曲线形或折线形池底设计为例, 这种非直线型的设计能够有效引导水流, 使其在池内形成更为平稳、有序的水跃现象。通过调整池底的曲率与坡度, 可以进一步优化水流的流态, 避免水流紊乱所导致的

能量损失,从而提升消能效果。同时,还需关注消力池的深度与长度设计,确保其能够充分容纳并消耗水流的动能,为下游河床提供有效的保护。

4.1.2 精细优化挑流鼻坎构造

对于挑流消能工而言,鼻坎的构造形式直接影响着水流的挑射效果与消能效率。因此,在鼻坎的设计过程中,应细致研究其型线设计、反弧半径的确定以及挑射角度的精确计算。型线设计需考虑水流的流线特性,确保水流能够顺畅地沿鼻坎表面流动,避免因流线突变而产生的能量损失。反弧半径的确定则需综合考量水流的惯性力、重力以及鼻坎材料的承载能力,以确保鼻坎结构的稳定性与耐久性。而挑射角度的计算则更为关键,它直接决定了水流离开鼻坎后的运动轨迹与掺气效果。通过精确计算挑射角度,可以使水流在空中形成充分的掺气与旋滚,从而增大水流的阻力,促进动能的有效耗散。这种精细化的鼻坎设计,不仅提升了挑流消能的效率,还为下游河床提供了更为可靠的冲刷保护。

4.2 融合多元消能技术体系

4.2.1 组合式消能设计实践

面对复杂多变的水流工况,单一消能方式往往难以满足实际需求。因此,探索并实践多种消能方式的有机融合,成为提升消能效果的重要途径。在组合式消能设计中,可以将底流消能、挑流消能、面流消能等多种方式巧妙结合,通过合理布局与参数调整,实现不同消能方式之间的优势互补。例如,在底流消能的基础上融入挑流消能元素,可以通过调整鼻坎的挑射角度与高度,使水流在离开消力池后形成一定的挑射距离与掺气效果,从而进一步消耗水流的动能。同时,还可以考虑在下游河床设置面流消能设施,如导流板、消能坎等,以引导水流形成更为平稳的流态,降低对河床的冲击与冲刷。这种组合式消能设计不仅提高了消能效率,还增强了水闸对不同水流工况的适应性。

4.2.2 动态调整消能方式策略

在构建多元消能技术体系的过程中,还需注重消能方式的动态调整与优化。随着水流工况的变化,如流量、水位以及下游河床条件的改变,原有的消能方式可能无法达到最佳效果。因此,应建立实时监测与动态调整相结合的管理机制,通过高精度监测设备实时监测水闸的运行状态与水流特性,为及时调整消能方式提供数据支撑。例如,当水流流量增大时,可以通过调整水闸开度或改变鼻坎的挑射角度,以增加水流的掺气与旋滚效果;当下游河床发生冲刷时,则可以通过增设或调整面流消能设施来降低水流的冲刷力。这种动态调整的策略不仅提高了消能效果的稳定性与可靠性,还为水闸的长期安全运行

提供了有力保障。

4.3 强化水闸运维管理效能

4.3.1 实施定期监测与动态调整

水闸的长期稳定运行离不开科学有效的运维管理。为了提升消能防冲效果,应建立健全水闸运维管理体系,并实施定期监测与动态调整相结合的管理策略。通过安装高精度监测设备,如水位计、流量计、振动传感器等,实时监测水闸的运行状态、水流特性以及消能效果。这些数据为及时调整水闸开度、优化运行方式提供了重要依据。同时,还应根据监测数据的变化趋势,对水闸的消能设施进行动态调整与优化,以确保其始终保持在最佳工作状态。

4.3.2 加强维护保养与专业培训

除了定期监测与动态调整外,加强水闸的维护保养与专业培训也是提升运维管理效能的关键环节。应制定严格的维护保养计划,定期对水闸进行全面检查与必要的维修。这包括检查消能设施的完好性、清理淤积物、检查闸门与启闭机的运行状态等。通过及时发现并处理潜在的问题,可以有效避免冲刷破坏、结构老化等安全隐患的发生。此外,还应加强水闸运行人员的专业培训与技能提升。通过定期组织培训活动、开展应急演练等方式,提升运行人员应对突发事件的能力与水平。这不仅有助于保障水闸在遭遇极端水流条件时的安全稳定运行,还能为消能防冲技术的持续优化与升级提供有力的人才支撑。

5 结语

水闸工程设计中的消能防冲技术,是确保水闸安全运行和延长使用寿命的关键技术之一。本文深入探讨了消能防冲技术的原理、方法及其应用,并提出了针对不同工况下消能防冲设计的优化策略。通过合理应用消能防冲技术,可有效降低水流对下游河床及岸坡的冲刷力,保护水闸及下游工程的安全。同时,加强水闸运行管理也是提高消能防冲效果的重要途径。

[参考文献]

- [1]彭振宇.水闸工程设计中土湿吸力计算模型应用研究[J].东北水利水电,2023,41(09):35-37.
- [2]罗志江.银河泵站水闸重建工程设计及稳定性分析[J].水利科学与寒区工程,2022,5(10):94-97.
- [3]黄琪.联和水库排洪分水闸重建工程设计分析[J].水利科学与寒区工程,2022,5(02):72-74.

作者简介:

张光耀(1993--),男,汉族,河南省人,大学本科,工程师,研究方向:水闸工程、灌区工程、防洪工程、河道治理工程。