

# 水利枢纽工程水闸消能防冲新技术探究

黄 玮

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘 要：**水利枢纽工程中的水闸是关键的水流控制设施，其安全性和稳定性对整个工程至关重要。随着技术的发展，新的消能防冲技术不断涌现，旨在更有效地减少水流对水闸的冲刷和破坏。本文详细探讨了水利枢纽工程中水闸消能防冲的新技术，包括其原理、应用及其潜在优势，以期对相关领域提供有价值的参考。

**关键词：**水利枢纽工程；水闸；消能防冲；新技术

## 引言

水利枢纽工程在国民经济中占有举足轻重的地位，而水闸作为其中的核心组成部分，其稳定性和安全性是确保整个水利工程正常运行的关键。传统的消能防冲技术虽然在一定程度上保护了水闸，但随着水流条件的复杂化和工程规模的扩大，其局限性日益凸显。因此，研究和探索新的消能防冲技术成为当前水利工程领域的热点。

### 1 传统水闸消能防冲技术及其局限

传统水闸消能防冲技术是水利工程中保障水闸安全和稳定运行的关键环节，其核心组件主要包括消力池、护坦和海漫等结构。消力池是其中最为关键的消能设施，其设计理念是通过创建一个扩大的水池区域，使水流在通过时速度得以减缓，从而有效地消散水流中蕴含的大量能量。这一过程中，水流的动能被转化为热能，进而减少了水流对水闸下游结构的潜在冲刷破坏。护坦则铺设在水闸下游，紧邻消力池，它的主要功能是保护水闸基础结构免受高速水流的直接冲刷，确保闸基的稳固与安全。护坦通常由坚固耐用的材料制成，如钢筋混凝土，以抵御水流的强大冲刷力。海漫是另一项重要的消能设施，它位于护坦的下游，作用在于进一步减缓水流速度，并将水流均匀分散，以防止水流对河床造成集中冲刷。海漫的设计通常考虑到水流的扩散和河床的抗冲刷能力，以确保水流的平稳过渡和河床的持久稳定。然而，尽管这些传统技术在一定程度上能够有效消能防冲，但在面对极端水流条件，如高速水流、超大流量或水流状态复杂多变的情况下，其局限性便凸显出来。在这些极端条件下，传统消能设施可能无法完全消散水流能量，导致河床冲刷加剧，甚至威胁到水闸的整体安全。因此，持续探索和创新水闸消能防冲技术显得尤为重要。

## 2 新技术详细研究

### 2.1 环流消能技术

环流消能技术，作为一种前沿的水利工程技术，近年来在水利工程领域引起了广泛的关注。这一技术的核心理念是通过精心设计的导流结构来优化水流路径，从而达到消能防冲的目的。环流消能技术的实施主要依赖于特定的导流构件，如导流墙和导流墩。这些构件被战略性地布置在水闸附近，旨在引导水流形成特定的环流模式。当水流遭遇这些导流结构时，其原本的直线流动路径会受到影响，转变为更为复杂的环流运动。在这一过程中，水流的能量被有效地分散和消耗。原本集中的水流冲击力被环流分散到更大的区域，从而显著减少了对水闸结构的直接冲刷。这种能量的重新分配不仅保护了水闸的完整性和稳定性，还延长了水闸的使用寿命。值得一提的是，环流消能技术的设计需要高度精确的水力学计算和模拟。工程师们需要综合考虑水流速度、流量、水闸结构以及河床地形等多个因素，以确保导流结构的位置、形状和尺寸都能达到最佳的消能效果<sup>[1]</sup>。此外，环流消能技术还具有结构简单、造价相对较低的优势。与传统的消能防冲方法相比，它不需要大规模的土木工程建设，也无需高昂的维护成本。这使得环流消能技术在水流条件复杂、冲刷问题严重的地区具有特别的应用价值。

### 2.2 位能消能技术

位能消能技术，作为一种高效利用水流自身能量的消能方式，在现代水利工程中发挥着日益重要的作用。这一技术的核心在于巧妙地利用水流在不同高度上产生的位能差异，实现能量的转化与消散，从而达到减少水流冲刷力并回收利用水能的目的。具体来说，位能消能技术通过在水闸附近设置不同高度的闸门或堰来实现其功能。当水流从上游流向下游时，由于闸门或堰的存在，水流会产生一定的落差。在这个过程中，水流的位能被部分转化为热能或其他形式的能量，从而有效地减少了直接冲击水闸的水流能量。值得一提的是，这种技

术不仅有助于保护水闸免受水流的强烈冲刷,还在一定程度上实现了水能的回收利用。通过合理设计闸门或堰的高度差,可以控制水流通过时的速度和能量转化效率,进而将部分水能转化为电能或其他可利用的能源形式。这种能量的回收利用不仅提高了水资源的利用效率,还为水利工程带来了额外的经济效益<sup>[2]</sup>。此外,位能消能技术的设计还需要综合考虑多种因素,如水流速度、流量、水位变化以及河床地形等。工程师们需要利用精确的水力学模型和计算方法,来确定最佳的闸门或堰的高度和位置,以确保在保护水闸的同时,最大限度地回收利用水能。除了上述优点外,位能消能技术还具有较好的灵活性和可持续性。它可以根据实际水流条件进行灵活调整,以达到最佳的消能效果。同时,由于该技术实现了水能的回收利用,因此也符合当前可持续发展的理念。

### 2.3 喷气消能技术

喷气消能技术,作为一种先进的消能手段,近年来在水利工程领域备受瞩目。这一技术主要利用向水流中喷入高压气体的方式来消散水流的能量,进而达到减少水流对水闸等水利设施的冲刷作用。喷气消能技术的实施原理相对独特且高效。在实际操作中,通过专门的喷气系统向水流中喷入高压气体,这些气体迅速与水混合,形成大量的气泡。当这些气泡随水流移动并在其中破裂时,会消耗水流的动能,从而显著降低水流的冲击力和冲刷能力。值得一提的是,喷气消能技术的关键在于精确控制喷气的位置、时间和气体量。为了确保最佳效果,工程师们需要综合考虑水流速度、水深、水温以及河床地形等多重因素。通过精确的计算和模拟,确定喷气的最佳参数,以实现最大的消能效果。此外,喷气消能技术特别适用于高速水流区域。在这些区域,水流具有强大的动能和冲刷力,对传统水闸等结构构成严重威胁。而喷气消能技术能够迅速且有效地减少这种冲刷,保护水利设施的安全和稳定。除了其高效的消能效果外,喷气消能技术还具有较好的灵活性和可调性。根据实际水流条件的变化,可以灵活调整喷气参数,以达到最佳的消能效果。这种灵活性使得喷气消能技术能够适应各种复杂多变的水流环境。

### 2.4 水下消能槛技术

水下消能槛技术,作为水利工程中的一种有效消能手段,通过在水闸下游设置一系列的水下槛来实现对水流的能量消散。这种技术以其独特的原理和简洁的结构,在水利工程中得到了广泛的应用。水下消能槛的工作原理主要基于水流通过槛时产生的旋滚和消能效应。

当水流经过这些槛时,其流动受到阻碍,形成涡旋和水跃现象。涡旋的产生使得水流在槛后发生剧烈的混合和能量交换,从而有效地消耗了水流的能量。同时,水跃现象进一步加剧了水流的动荡,使水流在槛后形成明显的落差,进一步促进能量的消散。该技术能够显著改变水流的流态,使原本平稳的水流在通过槛后变得湍急且充满旋涡。这种流态的改变不仅有助于消能,还能在一定程度上减少水流对水闸下游河床的冲刷,保护河床的稳定。值得一提的是,水下消能槛技术的结构相对简单,主要由一系列按一定间距排列的水下槛构成。这种简单的结构不仅便于施工,还大大降低了维护成本。在施工过程中,可以根据实际水流条件和消能需求,灵活调整槛的高度、宽度和间距,以达到最佳的消能效果<sup>[3]</sup>。此外,水下消能槛技术还具有较强的适应性。无论是在山区河流还是平原河流,无论是在高流速区还是低流速区,该技术都能发挥出良好的消能效果。这种广泛的适应性使得水下消能槛技术成为水利工程中不可或缺的消能手段之一。

### 2.5 多级消能工技术

多级消能工技术,是水利工程中一项关键的消能技术,它通过精心设计和组合多种消能结构,以分级的方式逐步消散水流的强大能量。这种技术不仅提高了水闸等水利设施的安全性,还有效地保护了下游河床和河岸免受水流的强烈冲刷。该技术的核心在于构建一个多层次的消能系统,通常由消力池、消能槛、护坡等多种结构组成。这些结构在设计中充分考虑了水流的动力学特性,以确保每一级都能有效地吸收和消散水流的能量。例如,消力池通过其较深的池体来减缓水流速度,同时使水流在池中形成回旋,从而大量消耗水流的动能。而消能槛则通过设置一系列高低不等的门槛,迫使水流产生跳跃和旋涡,进一步消散其能量。护坡则主要用于保护河岸免受水流的直接冲刷,同时也起到了一定的消能作用。多级消能工技术的独特之处在于其高度的灵活性和可调性。在实际应用中,工程师可以根据具体的水流条件、河床形态以及水闸结构等因素,灵活地组合和调整这些消能结构。这种灵活性不仅使得该技术能够适应各种复杂的水流环境,还能确保在任何情况下都能达到最佳的消能效果。此外,该技术还充分考虑了环境保护和可持续发展的要求。通过有效地消散水流的能量,减少了水流对下游生态环境的冲击和破坏,保护了河流生态系统的稳定性和多样性。

### 2.6 柔性消能结构技术

柔性消能结构技术是近年来水利工程领域涌现的一

种创新型消能技术。该技术巧妙地利用柔性材料,如橡胶、塑料等,制作出形态各异的消能结构,其中包括柔性消能垫、柔性消能坝等。这些精心设计的结构在遭遇水流冲击时,能够展现出卓越的形变能力,进而有效地吸收并消散水流的强大能量。这种技术的核心机制在于柔性材料的独特物理特性。当水流以高速冲击这些柔性结构时,结构会发生弹性形变,这一过程中,水流的动能被转化为结构的弹性势能,并最终热能的形式耗散。这种能量转换不仅高效,而且对水闸和下游河床的冲击破坏力显著降低。柔性消能结构技术的优势显而易见。首先,它采用了成本相对较低的柔性材料,这不仅降低了整体工程的造价,还为大规模应用提供了经济上的可行性。其次,这些柔性结构安装简便快捷,极大地缩短了施工周期,提高了工程效率。再者,由于其材料的柔性和结构的可变性,这种技术对不同水流条件的适应性极强,无论是在流量大、流速快的河流,还是在流量小、流速慢的溪流,都能发挥出稳定的消能效果。此外,柔性消能结构在应对极端水流条件时表现尤为出色。在洪水等突发情况下,这些结构能够通过大范围的形变来吸收更多的水流能量,从而保护主体工程免受破坏。同时,由于其材料的耐久性和抗老化性能,这些柔性消能结构具有较长的使用寿命,降低了维护成本。

### 3 新技术应用前景与展望

#### 3.1 广阔的应用前景

科技的持续进步为水闸消能防冲技术提供了强大的后盾。新技术将大大提高水利工程的稳定性和安全性,减少因水流冲刷而造成的损害。这不仅延长了工程的使用寿命,还降低了因频繁维修而带来的经济和时间成本。

#### 3.2 降低维护成本与环境影响

传统的水闸消能防冲方法可能需要频繁的检查 and 维修,而新技术通过优化设计和使用更耐用的材料,显著减少了这一需求。此外,新技术还更加注重环境保护,通过减少不必要的能量消耗和降低对周围生态环境的干扰,实现了水利工程与自然的和谐共存。

#### 3.3 新材料与智能化技术的融合

未来,新材料如高性能复合材料、纳米材料等将在水闸消能防冲中发挥重要作用。这些材料具有优异的机

械性能和耐久性,能够显著提高水闸结构的强度和使用寿命。同时,智能化技术的引入将使得水闸的监测和维护更加便捷高效<sup>[4]</sup>。例如,通过安装智能传感器,可以实时收集水流速度、水位、冲刷情况等数据,从而及时调整消能防冲策略,确保水闸始终处于最佳工作状态。

#### 3.4 生态水利工程理念的实践

随着生态水利工程理念的日益深入人心,未来的水闸消能防冲技术将愈发强调对生态环境的细心呵护与恢复。在设计阶段,工程师们会深思熟虑如何最大限度地降低对河流生态系统的负面影响,同时致力于提升水生生物的多样性。例如,通过精心选择消能结构和材料,以减少对水质和水生生物栖息地的破坏。此外,合理的工程设计不仅着眼于当前的水闸功能和安全性,更会考虑长远,致力于实现水资源的可持续利用,确保河流生态系统的长期稳定和繁荣。这种以生态保护为核心的设计理念,将为未来的水利工程注入更多的环保元素,实现人类活动与自然环境的和谐共存。

#### 结语

水利枢纽工程水闸消能防冲新技术的研究和应用对于提升水利工程的整体性能和安全性具有重要意义。本文详细探讨了环流消能技术、位能消能技术以及新材料在水闸消能防冲中的应用原理和前景。随着科技的不断进步和创新能力的提升,这些新技术将在水利工程中发挥更大的作用,为保障国民经济发展和人民生命财产安全提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]孔庆阳,乔婧,丁伟,赵明.基于水流流态分析的水闸底流消能防冲设计[J].水电站机电技术,2021,44(02):74-76+92.
- [2]黄智敏,付波.软基水闸消能防冲水力特性研究[J].广东水利水电,2019(11):1-4.
- [3]黄祖芹.老口航运枢纽泄水闸坝消能防冲设计[J].广西水利水电,2022(03):25-28.
- [4]王丽雯,刘达,黄本胜,邱静,王珍.清远水利枢纽消能防冲问题试验研究[J].广东水利电力职业技术学院学报,2021,10(02):22-25.