

闸堰结合在渠首工程中的应用

康 倩

新疆峻特设计工程有限公司 新疆 喀什 844000

摘 要：本文探讨闸堰结合在渠首工程中的应用。阐述了闸堰结合设计核心要素，包括布局合理性、流量分配与水位控制平衡设计、抗冲刷与防渗性能强化措施；分析了其在流量调节、水位控制、防洪排沙、生态环保等方面的功能实现；介绍了在流量调节与分配、水位控制与稳定、防洪与排沙、生态与环保需求等场景的具体应用。

关键词：闸堰结合；渠首工程；流量调节；水位控制；生态环保

引言：渠首工程对水资源调配意义重大。闸堰结合作为一种创新设计理念，将闸与堰的优势相结合，能更好地适应渠首工程复杂需求。通过合理设计闸堰布局、平衡流量分配与水位控制、强化抗冲刷与防渗性能，闸堰结合在渠首工程中发挥着关键作用，对保障工程安全、高效运行及生态保护具有重要价值。

1 闸堰结合的设计核心要素

1.1 闸堰布局的合理性

闸堰位置选择需综合考量地形、水流条件及工程目标。地形平坦开阔区域，有利于闸堰基础施工与后期维护，且能减少工程量；河道弯曲处或水流突变位置，需谨慎选址，避免因水流紊乱影响闸堰运行安全与效率。水流条件方面，需分析河道多年平均流量、洪峰流量、泥沙含量等数据，将闸堰布置在水流相对平稳、含沙量较低区域，降低水流对闸堰结构冲击与泥沙淤积影响。工程目标导向下，以灌溉为主的渠首工程，闸堰位置需满足引水高程与流量需求；以防洪为主，则需考虑泄洪通道顺畅性与泄洪能力。闸堰结构形式分为一体化设计与分体式设计。一体化设计将闸门与堰体共构，结构紧凑，水流衔接平顺，能有效减少水头损失，且管理操作集中，便于统一调度。但该设计对结构整体性要求高，需精确计算闸门启闭对堰体受力影响，确保结构安全稳定。分体式设计中，闸门与堰体相对独立，各自发挥功能又相互协同。闸门可灵活调节流量与水位，堰体承担稳定泄流与壅水作用。此设计适应性强，可根据不同水流工况与工程需求，分别优化闸门与堰体设计，施工与维护也相对便捷，但需注重两者间衔接设计，保证水流过渡平稳，避免产生不利水力现象。

1.2 流量分配与水位控制的平衡设计

优化闸门与堰体流量分配比例是关键。堰体具备稳定泄流特性，在洪水期可凭借自身结构实现大流量泄洪；闸门则能根据实际需求灵活调节开度，精准控制流

量。枯水期，通过减小闸门开度，抬高上游水位，保障下游引水需求；洪水期，优先利用堰体泄洪，当流量超过堰体泄流能力时，开启闸门辅助泄洪。需依据河道水文特性、工程引水与泄洪要求，通过水力计算与模型试验，确定不同工况下闸门与堰体的流量分配比例，实现水资源高效利用与工程安全运行。上下游水位联动控制策略保障工程稳定运行^[1]。上游水位直接影响引水流量与闸前水头，下游水位关系到泄流顺畅程度与消能效果。通过建立上下游水位监测系统，实时获取水位数据。当上游水位上升时，同步调整闸门开度与堰体泄流状态，维持水位稳定；下游水位变化时，及时优化闸门与堰体泄流方案，避免出现雍水或水位骤降现象。根据不同季节、用水需求与来水情况，制定水位控制曲线，明确上下游水位控制范围与调节方式，确保闸堰结合工程在复杂工况下，实现流量与水位的精准调控。

1.3 抗冲刷与防渗性能的强化措施

消能防冲设计保障闸堰结构安全。消力池是常用消能设施，通过降低水流流速、消除余能，减少水流对下游河床与岸坡冲刷。设计时需根据闸堰泄流能力、下游河道地质条件，确定消力池尺寸、形状与深度，确保水流在池内形成稳定水跃，有效消能。护坦铺设在闸堰下游，增强河床抗冲刷能力，其材料与结构需适应水流冲刷与摩擦，可采用混凝土或浆砌石等坚固材料，并设置排水孔，防止护坦底部产生扬压力，影响结构稳定性。还可通过设置防冲槽、抛石护脚等措施，进一步加固下游河床与岸坡，抵御水流冲刷。防渗处理防止水资源渗漏损失与渗透破坏。防渗墙深入不透水层，截断渗流通道，常用于闸堰基础防渗。根据地质条件选择合适的防渗墙类型，如混凝土防渗墙、塑性混凝土防渗墙等，确保墙体厚度、强度与防渗性能满足要求。复合土工膜具有良好防渗性与柔韧性，可铺设在堰体迎水面或闸室底板，阻止水流渗漏。施工时需保证土工膜铺设平整、焊

接牢固，与周边结构紧密连接。应注重闸堰接缝、伸缩缝等部位防渗处理，采用止水材料填充密封，防止水流从缝隙渗漏，提升闸堰结合工程整体防渗性能。

2 闸堰结合在渠首工程中的功能实现

2.1 流量调节功能

流量调节依托闸门与堰体的差异化调控机制实现。自动化系统赋予闸门精准控制能力，通过传感器实时采集河道流量、水位数据，经运算模型处理后，向闸门驱动装置发送指令，实现开度的毫米级调节。该系统可依据农业灌溉需水曲线、城市供水时段变化，动态调整闸门开度，枯水期维持小流量稳定供水，丰水期快速响应突发用水需求，确保流量输出与用水计划高度契合。堰体过流能力的动态调节通过可调节堰板完成。这种堰板采用液压或机械驱动装置，可根据上游来水变化实时升降。洪水期，堰板降至低位，增大泄流断面，使堰体过流能力最大化；枯水期或正常运行工况下，堰板抬高，减少水流下泄量，保障上游水位满足引水需求。其调节过程与闸门启闭形成互补，避免单一结构承担超额流量负荷。闸门与堰体的联合调控构建起双重保障体系。当遭遇超标准洪水时，堰体先行承接大流量泄洪任务，闸门同步开启辅助泄流，两者通过预设的流量分配算法协同运作，将总流量按比例分散排出。这种分工模式避免了单一结构因超负荷运行导致的损毁风险，即使某一组件出现故障，另一组件仍可维持基础泄流功能，显著提升工程系统的可靠性与抗风险能力。

2.2 水位控制功能

水位控制通过闸门与堰体的接力式调控达成上下游协同。上游水位由闸门直接干预，通过调节开度改变水流下泄速度，实现水位高度的精准控制。在灌溉季节，闸门维持较小开度壅高水位，确保水流具备足够势能进入灌溉渠道；供水工程中，根据水厂取水口高程要求，实时调整闸门开度，维持稳定的上游水位基准线。堰体则承担下游水位稳定职责。其壅水特性使下游水位波动幅度大幅减小，通过固定堰顶高程形成稳定水位面，为下游用水户提供可靠水源条件。无论是工业冷却水取水，还是居民生活用水，稳定的下游水位避免了因流量突变引发的水位骤降或壅高，保障了各类用水设施的安全运行。上下游水位联动控制依托数据共享平台实现。该平台实时汇总上下游水位监测数据，通过预设的水位控制模型，自动生成闸门启闭与堰板调节指令。当上游水位上升时，系统同步评估下游承载能力，动态调整闸堰运行参数，确保上下游水位变化梯度符合安全阈值，形成闭环式水位调控体系。

2.3 防洪与排沙功能

防洪功能通过闸堰协同构建分级泄洪体系。洪水初期，堰体利用自身重力流特性先行泄洪，承担大部分常规洪水流量；随着洪峰逼近，闸门快速开启形成辅助泄洪通道，两者共同将洪水导向下游河道^[2]。这种分级泄洪模式大幅提升泄洪效率，缩短洪水滞留时间，有效减轻主渠道防洪压力，降低洪水漫溢风险。排沙功能依靠结构与水流动力学原理实现。闸体底部设置的冲沙孔与排沙廊道，利用闸门启闭瞬间产生的高速水流冲刷力，将淤积在闸前的泥沙强制排出。堰体则通过优化曲面设计，引导含沙水流沿特定路径流动，利用弯道环流原理将泥沙输送至排沙通道。两者结合形成立体式排沙网络，持续减少泥沙在渠首工程内的沉积，维持过水断面畅通。

2.4 生态与环保功能

生态基流保障机制通过闸堰联动调控实现。系统根据季节变化与生态需水标准，设定最小下泄流量阈值。枯水期，闸门优先保障生态基流稳定下泄，堰体同步调整过流能力维持河道基本水量；丰水期，在满足防洪需求前提下，通过闸堰协同将多余水量以生态友好的流量过程下泄，维持河道生态系统完整性。水生生物保护措施贯穿工程设计与运行全程。通过优化堰体曲面与闸门启闭程序，避免产生剧烈水位波动与涡流，维持鱼类产卵场、索饵场的水流稳定性。在鱼类洄游季节，通过调节闸堰运行参数，营造适宜的水流流速与水位条件，减少工程设施对鱼类洄游通道的阻隔。

3 闸堰结合在渠首工程中的具体应用场景

3.1 流量调节与分配

季节性用水需求通过闸门动态调控实现精准适配。旱季来水减少时，闸门部分开启维持基本流量供给，优先保障生活用水需求。雨季流量激增情况下，闸门全开快速泄洪，堰体分担部分过流压力，避免渠道过载。自动化控制系统根据实时来水监测数据，计算最优闸门开度组合，实现流量动态平衡。基础流量保障依靠堰体固定过流特性维持稳定。堰顶高程按渠道设计最低水位确定，形成恒定过流断面。即使上游来水量减少，堰体仍能保证最低流量通过，满足渠道生态需水和基础供水要求。堰体过流能力经过水力计算优化，在枯水期发挥关键作用。联合分配策略实现多用户差异化供水。农业灌溉期增加闸门开启比例保障大流量输送，工业供水期通过堰体稳定流量满足压力需求。分时段调控策略将有限水资源合理分配至不同用户，提升整体利用效率。闸堰组合的灵活性使供水调度更具适应性。

3.2 水位控制与稳定

为满足灌溉与供水需求,闸门对上游水位进行精准调节。在灌溉区域,不同农作物对灌溉水位要求各异,闸门根据农作物生长周期与需水特点,实时调整开度。播种期,适当抬高上游水位,确保灌溉水能够顺利流入农田;生长旺盛期,依据土壤墒情与天气状况,动态调节水位,保证农作物得到充足水分。在城市供水方面,为保障水厂取水口稳定的水位条件,闸门根据水厂用水量变化,及时调整上游水位,确保供水安全可靠。堰体在维持下游水位稳定性方面发挥关键作用。对于有航运需求的河道,稳定的下游水位是船舶安全航行的重要保障。堰体形成的稳定水面,减少了因上游流量变化或闸门启闭引起的水位波动,为船舶航行创造良好条件。在生态保护方面,稳定的下游水位有助于维持河岸湿地生态系统稳定,避免因水位大幅波动对湿地植被、野生动物栖息地造成破坏。稳定的水位还能减少水流对河岸的冲刷,保护河岸结构安全。面对上下游水位突变情况,闸堰结合展现出良好的应对能力。当下游突发洪水时,闸门迅速关闭或减小开度,拦截上游来水,防止洪水倒灌;堰体则发挥壅水作用,减缓水流速度,降低洪水对上游区域的冲击。当上游水位快速上涨时,闸门及时开启泄洪,堰体同步加大泄流,快速降低上游水位,避免漫堤风险。通过闸堰联动,有效应对上下游水位突变,保障渠首工程及周边区域安全。

3.3 防洪与排沙

洪水期,闸堰结合形成高效防洪体系。洪水来临前,根据天气预报与洪水预警,提前开启闸门,降低上游水位,预留防洪库容。洪水到来时,闸门快速开启,以最大泄洪能力排泄洪水;堰体则利用自身结构,对洪水进行分流,减轻主渠道压力^[3]。两者协同运作,大幅提升泄洪效率,缩短洪水在河道内的滞留时间,降低洪水漫溢风险,保护周边城镇、农田安全。在洪水消退阶段,闸门与堰体继续配合,将河道内剩余洪水安全排出,尽快恢复河道正常状态。泥沙淤积控制是渠首工程长期稳定运行的关键。闸门冲沙功能通过定期开启闸门,利用高速水流对闸前淤积泥沙进行冲刷,将泥沙携带至下游河道。在冲沙过程中,合理控制闸门开启高度

与时间,形成具有足够冲刷力的水流,确保泥沙有效排出。堰体导沙功能则通过优化堰体结构与水流流态,引导含沙水流沿特定路径流动,将泥沙输送至排沙通道或远离工程关键部位。两者结合,持续减少泥沙在渠首工程内的淤积,降低清淤成本,延长工程使用寿命,保障工程长期稳定运行。

3.4 生态与环保需求

生态流量调控是闸堰结合服务生态保护的重要体现。河道生态系统的健康运行依赖稳定的生态流量。通过闸堰结合,根据不同季节、不同河段生态需水要求,精准调控河道流量。在鱼类产卵繁殖期,通过调节闸门与堰体,营造适宜的水流速度与水位条件,为鱼类产卵创造良好环境;在枯水期,保障生态基流稳定下泄,维持河道生物生存基本用水需求。同时结合生态补水需求,适时通过闸堰向河道补充水量,改善河道生态环境。栖息地保护贯穿闸堰工程运行全过程。通过优化闸堰设计与运行方式,减少对水生生物栖息地的负面影响。合理设计堰体曲面与闸门启闭程序,避免产生剧烈的水位波动与涡流,维持鱼类产卵场、索饵场水流稳定性;在鱼类洄游季节,通过调节闸堰运行参数,营造适宜的水流条件,减少工程设施对鱼类洄游通道的阻隔。稳定的水流环境有助于抑制水体污染物扩散,保护水生生物生存环境,促进生态系统的健康发展。

结束语

闸堰结合作为渠首工程的重要技术形式,已展现出良好的工程适应性与综合效益。通过科学设计与精细化运行管理,能够有效提升水资源利用效率,增强防洪能力,并兼顾生态环境保护需求。未来应进一步完善结构设计 with 智能控制手段,推动闸堰结合技术在水利工程中的广泛应用。

参考文献

- [1]张艺媛.闸堰结合在渠首工程中的应用[J].黑龙江水利科技,2024,52(4):97-100.
- [2]王军,范围,王远铭.都江堰渠首工程改造对岷江中下游径流过程的影响分析[J].四川环境,2022,41(3):147-151.
- [3]王鑫,王菁或.通济堰灌区渠首枢纽水资源综合调度系统建设[J].四川水利,2022,43(1):166-169.