

# 水工设计中的渠道与水闸布置优化研究

倪文馨

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**渠道与水闸是水工设计的核心组成部分，二者协同运行直接决定水资源调配效率、工程安全及生态效益。本文结合水工设计基础理论，分析当前渠道与水闸布置在布局、功能适配、生态保护及协同性方面的现存问题，剖析成因后，从渠道、水闸单独优化及二者协同优化角度提出针对性策略，构建多维度评价指标体系，为提升水工设计科学性、经济性、安全性与生态性提供理论支撑与实践参考。

**关键词：**水工设计；渠道；水闸；布置优化

**引言：**水资源合理调配是保障农业灌溉、防洪排涝及生态平衡的关键，渠道与水闸作为水工工程的核心构筑物，其布置合理性直接影响工程综合效益。当前，部分水工设计中二者布置存在脱节、适配性不足等问题，导致输水效率低、安全隐患突出、生态破坏等现象。基于此，开展渠道与水闸布置优化研究，破解现存困境，实现工程效益与生态效益统一，对推动水工工程高质量发展具有重要现实意义。

## 1 水工设计中渠道与水闸布置的基础理论

### 1.1 渠道布置的基础理论与核心要求

(1) 渠道布置的基本原则：需紧密结合工程区域地形地质条件和水流特性，严格遵循经济性、安全性、适用性、生态性四大核心原则，统筹兼顾灌溉、排水等核心功能需求，实现工程效益与生态效益的统一。(2) 渠道布置的核心影响因素：主要包括地形地貌、水文地质、土壤条件、灌溉排水范围、工程成本及施工条件等。地形地貌决定渠道走向，水文地质影响渠道稳定性，土壤条件关系防渗设计，各因素共同决定布置方案的可行性与合理性。(3) 渠道布置的基本形式与适用场景：直线型渠道水流顺畅、造价低，适用于地形平缓区域；折线型适配地形起伏，减少挖填量；曲线型可减缓水流冲击，适配弯道地形。同时，斗渠、农渠等不同级别渠道，需结合灌溉范围和田间布局，满足分级供水需求。

### 1.2 水闸布置的基础理论与核心要求

(1) 水闸的核心功能与分类：核心功能是调控水流、分配水资源，按用途可分为挡潮闸、节制闸、进水闸、排水闸等。各类水闸布置需贴合自身功能，如进水闸需靠近水源，排水闸需选址于排水出口处。(2) 水闸布置的基本原则：遵循闸址选址合理、水流顺畅、结构安全、管理方便、环境协调的原则，严格符合相关水工设计规范，确保水闸运行安全、高效，与周边环境和谐共生。(3) 水

闸布置的核心影响因素：涵盖闸址地形地质、水流动力条件、泥沙输移特性、工程等级、周边生态环境及征迁成本等，其中地形地质决定闸址稳定性，水流与泥沙条件影响水闸使用寿命<sup>[1]</sup>。

### 1.3 渠道与水闸布置的协同关系

(1) 渠道与水闸的功能协同：水闸承担渠道水流的水位、流量调控作用，保障渠道供水稳定；渠道为水闸泄水、引水提供通道支撑，二者形成联动机制，共同实现水资源合理调配，保障灌溉、排水等功能高效发挥。(2) 布置协同的核心要点：需确保水闸位置与渠道走向匹配，避免水流转角过大；水闸尺寸与渠道断面适配，保障水流顺畅通过；二者在泥沙防控中协同设计，减少泥沙淤积，延长工程使用寿命。(3) 协同布置的常见问题：若二者布置脱节，易导致水流不畅、泥沙淤积，降低工程供水、排水效能，甚至引发工程安全隐患，明确这些问题，为后续布置优化研究奠定基础。

## 2 水工设计中渠道与水闸布置的现存问题及成因分析

### 2.1 渠道布置现存主要问题

(1) 布局合理性不足：渠道走向与区域地形适配性较差，部分工程为规避复杂地形盲目采用迂回布置方式，不仅大幅增加土方开挖、衬砌等工程量，提高工程建设成本，还会延长输水路径，导致输水过程中水头损失增大、输水效率显著降低；同时，部分布局方案未进行多方案比选，未能实现工程成本与输水效益的最优平衡，造成资源浪费。(2) 断面设计与实际需求不匹配：断面尺寸设计缺乏精准测算，存在过大或过小两种极端情况。断面尺寸过大时，实际输水量远低于设计输水能力，导致水资源浪费和工程投资浪费；断面尺寸过小时，输水能力不足，无法满足灌溉、排水高峰期的用水需求，易引发农田内涝或灌溉缺水问题，影响农业生产和工程功能发挥<sup>[2]</sup>。(3) 生态适配性欠缺：渠道布置过程中过度追

求工程进度和建设成本,忽视生态保护要求,大规模开挖破坏周边原生植被,阻断水体连通性,导致区域生物栖息地碎片化;同时,设计中未充分考虑生态流量保障,过度截留水资源,导致下游河道断流、湿地萎缩,对区域生态平衡和生物多样性造成不利影响。

## 2.2 水闸布置现存主要问题

(1) 闸址选择不合理: 闸址选址未充分勘察地形地质和水流泥沙条件,部分水闸建在地质承载力不足的区域,运行过程中易出现不均匀沉降、闸体渗漏等问题;部分闸址选址未考虑泥沙淤积影响,导致水闸进出口泥沙堆积,堵塞输水通道,影响水闸正常运行,甚至引发冲刷、溃坝等安全隐患。(2) 布置形式与功能需求脱节: 水闸轴线、进出口布置不符合水力学规律,导致水流通过时产生紊流、漩涡等现象,降低泄水、引水效率,增加闸体磨损;同时,部分水闸缺乏配套的冲沙、排漂设施,无法及时清除淤积泥沙和漂浮物,长期运行后会进一步加剧水闸功能衰减,缩短工程使用寿命。(3) 与渠道协同性差: 水闸位置、尺寸与渠道布置缺乏统筹规划,存在水闸位置偏离渠道最优调控节点、尺寸与渠道断面不匹配等问题,导致水资源调配过程中衔接不畅,无法充分发挥水闸的调控作用和渠道的输水作用,整体水资源调配效率低下,难以满足灌溉、排水等实际需求。

## 2.3 现存问题的成因分析

(1) 设计理念滞后: 设计过程中过度注重工程经济性,片面追求建设成本最低化,忽视工程安全性、生态性与协同性,缺乏“工程-生态-效益”一体化的系统优化思维,导致设计方案存在先天缺陷,难以适应实际运行和生态保护需求。(2) 设计方法不完善: 传统设计模式多依赖设计人员的过往经验,缺乏科学的数值模拟、模型分析等技术手段支撑,对地形、水文、泥沙等多因素耦合影响考虑不全面,设计参数测算不够精准,导致设计方案与实际工况脱节<sup>[3]</sup>。(3) 基础资料不足: 前期勘察工作不到位,地形地质、水文泥沙、生态环境等基础资料收集不全面、不准确,部分关键数据缺失或误差较大,导致设计方案缺乏针对性和科学性,无法精准适配工程实际场景。(4) 规范应用不灵活: 设计过程中对水闸、渠道相关设计规范的应用过于机械,照搬规范条文,未结合具体工程的地形条件、功能需求、生态环境等实际情况进行个性化调整,导致设计方案缺乏灵活性和适用性,无法解决工程实际问题。

## 3 水工设计中渠道与水闸布置优化策略

### 3.1 渠道布置优化策略

(1) 布局优化: 引入最小生成树模型与凸壳理论,结

合工程区域地形地貌精准勘察结果,对渠道走向进行系统性优化,坚决杜绝盲目迂回布置现象,最大限度缩短输水路径,实现土方开挖、衬砌等工程量与建设成本的最小化。同时,结合灌溉、排水范围,合理划分斗渠、农渠等层级布局,明确各级渠道的功能定位与覆盖区域,确保供水、排水均匀高效,提升整体工程布局的合理性与经济性。(2) 断面优化: 结合区域灌溉、排水的实际输水需求,结合水力学特性开展精准水力计算,科学优化渠道断面尺寸与边坡坡度,避免断面过大造成的水资源和投资浪费,以及断面过小导致的输水不足问题。在优化过程中,兼顾输水效率与渠道结构稳定性,合理确定边坡系数,减少水流对渠道岸坡的冲刷,同时采取针对性措施降低泥沙淤积风险,延长渠道使用寿命,保障渠道长期稳定运行<sup>[4]</sup>。(3) 生态化优化: 坚持生态优先理念,在渠道布置优化中保留原有水体连通性,避免阻断生物迁徙通道,维护区域水生态系统完整性。在渠道周边设置生态缓冲带,种植乡土植被,减少水土流失,净化水体环境;优化渠道衬砌方式,优先采用生态友好型衬砌材料,替代传统硬质衬砌,提升渠道渗透性,保障地下水位稳定,同时严格落实生态流量要求,预留充足生态用水,最大限度减少渠道布置对周边生态环境的破坏。

### 3.2 水闸布置优化策略

(1) 闸址优化: 综合考量地形地质、水流泥沙、生态环境等多方面因素,开展全面勘察与多方案比选,优先选择地势开阔、岸坡稳定、水流顺畅、泥沙淤积影响小的区域作为闸址。严格避开活动断裂带、险工堤段等危险区域,避免因地质条件不佳导致闸体沉降、渗漏等安全隐患;同时兼顾生态保护需求,闸址选择需减少对周边植被、水体的破坏,为后续生态修复创造有利条件。(2) 布置形式优化: 优化水闸轴线方向,确保其与河道、渠道中心线合理适配,最大限度减少水流通过时的阻力与紊流现象。完善水闸进出口翼墙、导水设施设计,合理确定翼墙角度与长度,引导水流平稳进出闸室,降低漩涡、回流对闸体的磨损;根据工程实际需求,增设冲沙、排漂设施,及时清除淤积泥沙与漂浮物,保障水闸畅通运行,同时设置鱼道等生态设施,保护水生生物迁徙,提升水闸生态适配性<sup>[5]</sup>。(3) 尺寸与结构优化: 根据渠道输水、水闸泄水的实际需求,精准测算并优化水闸孔口尺寸、闸室结构,确保水闸调控能力与实际工况相匹配,提升水闸运行稳定性与可靠性。合理设置齿墙、防渗刺墙等防渗抗滑结构,增强闸体抗冲刷、抗渗漏能力,防止闸基渗漏与不均匀沉降;优化闸室材料选择,兼顾强度与耐久性,降低后期运维成本,延长水闸使用寿命。

### 3.3 渠道与水闸协同布置优化策略

(1) 空间协同优化: 打破渠道与水闸单独设计、各自为政的模式, 统筹规划渠道走向与水闸位置, 将水闸设置在渠道最优调控节点, 确保水闸与渠道顺畅衔接, 减少水流阻力与水头损失, 显著提升水资源调配效率。合理确定水闸与渠道的衔接角度、衔接方式与过渡段长度, 避免因衔接不当导致的水流紊乱、泥沙淤积、水头损失过大等问题, 实现二者空间布局的协调统一, 构建高效联动的输水、调控体系。(2) 功能协同优化: 结合渠道输水、排水的核心需求, 优化水闸调控方案, 明确水闸的开启、关闭时序与调控幅度, 实现渠道与水闸功能互补、协同发力。统筹兼顾灌溉、防汛、供水、生态等多目标需求, 在灌溉高峰期通过水闸精准调控保障渠道供水充足、分配均匀; 在汛期通过水闸科学泄水, 防范洪涝灾害发生; 同时严格落实生态流量保障要求, 实现工程功能与生态保护的协同推进, 提升工程综合效益。(3) 成本与效益协同优化: 在保障工程安全、功能完善、生态友好的前提下, 对渠道与水闸布置方案进行多维度优化, 合理控制工程建设与后期运维成本。优化土方开挖、材料选用、施工工艺等环节, 降低建设投资; 优化设施设计, 减少后期维修养护工作量, 降低运维成本; 同时兼顾土地征迁成本控制, 合理避让耕地、居民区与生态敏感区, 实现工程经济效益、社会效益与生态效益的最大化。

### 3.4 优化方案的评价指标体系

(1) 经济性指标: 主要包括工程建设成本、后期运维成本、土地利用效率、投资回报率等, 通过量化测算各优化方案的投资额度、长期运维费用与土地占用情况, 评估方案的成本优势与经济性, 优先选择成本合理、性价比高、资源利用高效的优化方案。(2) 安全性指标: 涵盖渠道输水稳定性、水闸运行安全性、抗冲刷能力、抗淤积能力、防渗抗滑能力等, 通过模拟工程不同运行工况, 评估渠道是否存在渗漏、坍塌、冲刷等风险, 水闸是否具备足

够的抗滑、防渗、抗破坏能力, 确保优化方案能够保障工程长期稳定运行, 有效规避各类安全隐患。(3) 功能性指标: 包括输水效率、水资源调配能力、生态流量保障能力、供水排水均匀性等, 通过量化分析优化方案的输水速度、供水保证率、水资源调控精度与生态流量达标率, 评估方案对工程核心功能的提升效果, 确保方案能够充分满足灌溉、排水、供水、生态等实际需求。(4) 生态性指标: 主要评估优化方案对周边植被、水体环境、生物多样性的影响, 通过分析方案对生态环境的扰动程度、生态修复效果与生态系统完整性的保护情况, 判断方案的生态适配性, 优先选择对生态环境影响小、能够促进区域生态平衡、实现绿色发展的优化方案。

### 结束语

本文围绕水工设计中渠道与水闸布置优化展开系统研究, 明确了二者布置的基础理论与协同关系, 剖析了现存问题及成因, 提出了针对性优化策略与评价指标。研究表明, 科学的布置优化能有效提升工程安全性、经济性与生态性。后续可结合具体工程实例, 进一步验证优化策略的可行性, 完善评价体系, 为各类水工工程渠道与水闸布置设计提供更具针对性的指导。

### 参考文献

- [1]李俊亮.西溪水闸除险加固闸下消能防冲设计[J].广东水利水电,2023,(3):30-34.
- [2]王伟建,崔金秀.河床式电站泄水闸水工结构设计研究[J].工程建设与设计,2023,(2):100-101.
- [3]卢珊珊.探讨水工建筑物结构设计中的相关问题[J].珠江水运,2022,(13):74-75.
- [4]郭治华.对水工建筑中水闸设计及施工要点的研究[J].建筑设计及理论,2021,(12):137-139.
- [5]贺晓芳.水工设计中的渠道与水闸布置优化研究[J].建筑理论,2024,(4):71-76.