

水利工程施工中导截流技术应用与优化探讨

张 宁

安徽水安建设集团股份有限公司 安徽 合肥 230000

【摘 要】：水利工程施工中河道水流调控直接关系基坑施工安全与工程推进效率，但复杂水文条件下常出现流态波动、围堰稳定不足及截流冲击明显等问题。针对导截流过程控制难点，从导流方案设计优化、围堰结构强化及施工监测体系完善入手，结合水文预报与数值模拟提升调度精度，强化分阶段导流组织与时序控制，优化截流合龙工艺以降低水力扰动，并构建动态反馈调节机制。实施后水流稳定性增强，施工风险有效降低，工程连续性与施工效率明显提升。

【关键词】：导截流技术；水利工程施工；围堰优化；水流控制；施工安全

DOI:10.12417/2705-0998.26.10.003

引言

水利工程施工过程中，河道水流调控与施工区域隔离始终处于关键控制位置，直接影响整体施工节奏与结构安全。复杂水文环境下，洪峰变化频繁、泥沙运动强烈及围堰受力不均等因素，容易造成导流路径失稳与截流阶段冲击加剧，进而影响施工连续性。针对流态控制与施工衔接问题，需在导流路径规划、围堰加固方式、水力计算精度及监测体系构建等方面进行系统优化，通过分阶段调度与动态控制手段，实现水流有序引导与施工过程稳定衔接。

1 导截流条件识别与流态特征解析

1.1 水文参数采集与基础特征提取

水文参数采集需依托多源融合监测体系，对流域降雨、径流、上游来水过程及水位变化进行连续性获取，并强化时序数据的高频更新机制，以提升水文边界条件的识别精度。在数据处理层面，引入多尺度滤波与统计特征分解方法，对短时波动与周期性变化进行区分处理，使基础水文特征更加清晰稳定。结合水动力边界约束条件，对设计洪水过程线、流量分布结构及能量梯度变化进行结构化表达，为导流路径构建提供基础支撑。同时在数据一致性控制方面，强化不同监测断面的交叉校核机制，降低测量偏差对模型输入的影响，使水文参数体系具备更高的可靠性与适配性。

1.2 河道流速与泥沙运动规律分析

河道流速分布受断面形态、糙率变化及水力坡降共同影响，需基于三维流场结构对主流区与回流区进行分区识别，明确不同区域流速梯度差异。泥沙运动过程表现为推移质与悬移质的耦合输运特征，其迁移路径与沉积形态受局部流速突变影响显著。通过构建流速场与泥沙浓度场的耦合分析框架，可识别高冲刷区与低沉积区的空间分布规律^[1]。在动力响应层面，关注流速加速区对床面切应力的放大效应，以及泥沙再悬浮对流态稳定性的反馈影响，从而为导流通道稳定性设计提供依据，使流态控制更加符合实际水力演化过程。

1.3 施工环境约束条件梳理

施工环境约束主要体现在地形地质条件、河道边界形态及既有构筑物空间限制等方面，不同约束因素对导截流布置方案产生直接影响。地质条件差异会改变围堰基础承载与渗透特性，进而影响整体防护结构稳定性。河道宽窄变化及弯曲程度决定水流集中程度与冲刷分布特征，对施工导流路径选择形成限制条件。在空间组织层面，施工区域可操作空间与设备布设范围直接约束围堰分段方式及合龙顺序。同时，生态保护与行洪安全要求对施工扰动范围提出更高控制标准，需要在结构布置与水流导向之间形成动态平衡，使施工条件与水力条件实现协同适配。

2 围堰体系稳定控制强化路径

2.1 围堰结构形式选择与优化设计

围堰结构形式需结合水流条件、地基承载能力及施工导流要求进行多维度匹配设计，重点强化结构受力路径与水动力适配关系。在整体构型上，通过分段式与整体式围堰的组合优化，实现对不同水流强度区域的差异化响应，使主流冲击区域具备更高抗压与抗冲刷能力。结构设计过程中引入分级防护理念，将迎水面、堰体核心及背水面进行功能分区处理，提升整体稳定性与变形协调能力。针对高水位波动环境，强化堰体高度冗余与坡比优化控制，使水流绕行过程更加平顺，降低局部紊流形成概率。结构连接部位采用连续过渡设计思路，减少应力集中现象，使围堰体系在动态水力作用下保持整体性与稳定性。

2.2 抗冲刷与防渗体系加固措施

抗冲刷体系需重点控制水流剪切力对堰体表层及基础的破坏效应，通过多层防护结构提升整体抗侵蚀能力。在迎水面区域构建复合防护层体系，将块石层、土工材料及加筋结构进行协同布设，增强能量耗散能力，使水流冲击逐级衰减。在防渗控制方面，采用连续防渗屏障与分区隔断结合方式，降低渗流通道连通性，削弱水力梯度对堰体内部结构的影响。针对渗透破坏风险，强化反滤层级配设计，使细颗粒迁移路径受限，从而维持堰体内部颗粒稳定状态^[2]。局部高冲刷区引入结构补

强与表层再固化处理,提高表层抗剥蚀能力,使围堰在长期水动力作用下保持结构完整性与功能稳定性。

2.3 施工材料配置与工艺提升方案

施工材料配置需以水工环境适应性为核心,强化材料强度、抗渗性能及耐久性之间的协调关系。在骨料选择方面优化粒径级配结构,使堆积密度与抗冲刷性能同步提升。胶结材料体系引入高早强与低水化热特性配比控制,降低水化过程对结构稳定性的影响。在施工工艺层面,强化分层填筑与分区压实控制,使堰体内部密度分布更加均匀,减少结构弱面形成概率。针对复杂水流条件,优化快速成型工艺与连续作业衔接机制,提高关键部位施工连续性与整体稳定性。材料运输与布设过程引入动态调度机制,减少施工扰动对成型质量的影响,使围堰整体性能在施工阶段即形成稳定结构基础。

3 导流过程组织与调控方式优化

3.1 分阶段导流路径规划方法

导流路径规划需基于河道整体水力结构与施工时序要求进行分阶段划分,使水流分配过程呈现渐进式调整特征。在初期阶段,重点构建主导流通道,保证基本过流能力与水位稳定性,同时降低施工区域直接冲击压力。中期阶段通过逐步调整辅助导流通道,实现流量分担与流态重构,使主流路径逐渐向预定导流结构收敛。后期阶段强化局部流束收缩与能量集中控制,使水流稳定进入既定泄流通道。路径设计过程中引入水力梯度连续控制理念,避免流态突变引发局部冲刷集中,同时结合断面变化特征优化流线走向,使导流过程呈现平滑过渡与结构可控特征。

3.2 流量分配与动态调节控制策略

流量分配控制需依托实时水文响应机制,对不同导流通道进行分级调控,使整体水量分配保持动态平衡状态。通过构建多通道流量协同模型,实现主辅通道之间的负载均衡调整,降低单一通道过载风险。在调节机制上,引入反馈修正控制逻辑,对水位变化、流速波动及压力梯度进行连续监测,并据此调整导流比例关系,使系统具备自适应调节能力^[3]。针对洪峰变化阶段,强化快速响应调节能力,提高流量再分配效率,减少水力冲击对施工区域的影响。整体控制策略强调流量变化的渐进性与可控性,使导流系统在复杂水文条件下保持稳定运行状态。

3.3 施工工序衔接与时序优化安排

施工工序组织需与导流过程保持高度协同,通过时序优化实现水力条件与施工进度同步匹配。在结构施工阶段,重点控制围堰成型、基坑开挖及主体施工之间的衔接关系,使关键工序在稳定水流条件下推进。工序安排采用分区推进与交替施工方式,降低单一区域施工集中度对水流结构的扰动。在时间组织层面,根据水文变化周期调整施工窗口,使高风险水流阶

段避开关键结构施工节点。针对多工种交叉作业情况,引入空间与时间双重隔离机制,提高施工过程的连续性与协调性,使导流条件与施工节奏形成稳定耦合关系,从而提升整体施工效率与结构安全水平。

4 截流合龙关键环节控制方法

4.1 合龙时机判断与流速控制措施

截流合龙时机的确定需综合水位变化趋势、流速分布状态及河床冲刷稳定性进行多参数耦合判定,使水动力条件处于相对可控区间。在水文响应层面,重点识别洪峰回落阶段的流量衰减特征,通过对流速梯度变化率的连续监测,判断水流能量是否进入稳定释放阶段。在流速控制方面,采用分级削减策略对主流通道进行逐步限流,使断面流速维持在结构可承受范围内,降低局部冲刷集中风险。结合合龙口宽度变化规律,对流速束收敛过程进行动态调节,使水流从扩散状态逐步转向有序集中状态。在控制机制上引入实时水力反馈修正逻辑,通过水位与流速双指标联动分析,实现合龙窗口期的精准锁定,使截流过程具备更高可控性与稳定性。

4.2 抛填封堵施工工艺优化设计

抛填封堵工艺需以水流动能衰减与颗粒级配协同控制为核心,通过多层次材料递进填充实现快速稳定合龙。在结构组织上采用粗细分级抛填体系,使大粒径材料优先形成骨架结构,承担主要抗冲击功能,小粒径材料填充孔隙空间,提高整体密度。在抛投路径设计中强化水流引导作用,使抛填材料沿低能区逐步沉积,减少被水流直接带走的概率^[4]。针对合龙口局部流速较高区域,引入定向抛投与分区控制技术,使材料分布更加均匀稳定。在施工节奏控制方面,采用连续补给与间歇加固相结合的方式,使结构逐步成型并形成自稳定能力。同时强化水下成型过程的结构监测,使填筑密度与堆积形态始终处于可控范围,提升封堵体整体抗冲刷与抗渗透能力。

4.3 水力冲击削弱与稳定保障措施

水力冲击控制需从能量分散、流态重构及结构缓冲三个层面协同实施,使合龙区域受力环境逐步趋于平稳。在能量控制方面,通过构建多级消能结构,使水流在进入合龙口前经历多次扩散与转向过程,从而降低瞬时冲击强度。在流态调节方面,优化导流结构布局,使主流束在接近合龙区域时形成分散流态,减少集中冲击对封堵体的直接作用。在结构保障层面,引入柔性过渡防护体系,对关键受力区域进行能量吸收处理,提高整体抗扰动能力。针对突变水流条件,强化临时防护结构快速响应能力,使局部冲击能够在短时间内完成能量释放与再分配。多机制协同作用下,合龙过程中的水动力扰动得到有效抑制,结构稳定性显著提升。

5 导截流实施效果与工程适配分析

5.1 运行监测数据对比与变化分析

运行监测数据分析需依托多维度信息采集体系,对水位变化、流速分布、围堰位移及渗流压力等关键参数进行同步记录,并构建时序对比模型,对不同施工阶段数据进行结构化解析。在数据处理过程中,引入差分分析与趋势拟合方法,对异常波动与稳定区间进行区分识别,从而揭示导截流过程中的水力演化规律。重点关注合龙前后流态突变特征及围堰受力响应变化,使结构适应性表现更加清晰。同时结合空间分布数据分析不同断面水动力差异,评估局部冲刷与沉积变化趋势,使监测结果具备更强的工程解释能力,为后续运行控制提供数据支撑。

5.2 施工效率与安全指标评估方法

施工效率评估需基于工序完成时长、资源利用率及关键节点达成情况进行综合量化分析,使施工组织水平得到客观反映。在效率控制体系中,通过对导流调整周期、围堰成型速度及截流完成时间进行分段统计,实现施工节奏的精细化评价。在安全指标评估方面,引入结构稳定性指数、水流冲击风险等级及渗透安全系数等多维指标,对施工全过程风险状态进行动态判定^[5]。结合实时监测数据,对高风险阶段进行重点识别,使安全控制更加具有前瞻性与针对性。评价体系强调效率与安

全的耦合关系,使施工过程既保持高效推进能力,又具备稳定风险控制水平。

5.3 系统稳定性与工程适配能力验证

系统稳定性验证需从水力结构响应、围堰整体受力状态及导流系统协同运行效果进行综合分析,通过多工况模拟与实测数据对比判断系统运行可靠性。在稳定性分析过程中,重点关注极端水文条件下结构变形幅度与流态扰动传播特征,使系统抗干扰能力得到量化体现^[6]。工程适配能力评估则围绕不同地形水文条件下的结构适应性展开,分析导截流体系在多变环境中的调节能力与兼容程度。通过对流量调控效率与结构响应一致性的匹配分析,判断系统在复杂条件下的适应边界,使整体工程体系具备更强的环境适配能力与运行稳定水平。

6 结语

导截流系统在复杂水文条件下的组织与控制过程中,呈现出从流态识别到结构协同再到动态调节的全过程技术集成特征。围堰体系稳定性、水流分配精度及截流合龙控制能力共同构成关键技术链条,各环节之间的耦合关系直接影响施工连续性与安全水平。监测反馈机制与施工组织优化相结合,使水动力扰动得到有效约束,整体导截流体系表现出较高适应性 with 稳定性。

参考文献:

- [1] 呼磊,郭腾.基层水利工程施工质量管理中存在的问题及改进措施[J].散装水泥,2025,(6):171-173.
- [2] 秦宾,许青,王文明.水利工程灌浆作业施工中高浓度废水污染物排放控制技术研究[J].环境科学与管理,2025,50(12):86-91.
- [3] 刘长怡,庞帅,程婉婷.水利工程施工建设进度管理与成本控制研究[J].东北水利水电,2025,43(12):64-66.
- [4] 赵可兴,李明.水利工程中堤防护岸的工程施工技术应用研究[J].科技与创新,2025,(23):199-201+205.
- [5] 林集思.水利水电工程施工中的导截流技术分析与研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(7):214-216.
- [6] 郭荣.浅谈庄浪县梁河水库工程施工导截流技术的应用[J].农业科技与信息,2021,(10):118-120.