

水利工程监理的施工导流技术及特点分析

韦淮中

中科华水工程管理有限公司 河南 郑州 450000

摘要：水利工程施工导流技术作为保障工程顺利建设的关键，直接影响工程安全与效益。本文聚焦水利工程监理视角下的施工导流技术，系统分析其概念、关键技术及应用特点。通过阐述施工导流方式选择、建筑物设计与过程控制等核心技术，明确监理在设计、施工、验收阶段的工作体系与技术手段。研究指出，施工导流技术具有动态调控性、技术经济性与合规性要求等特点，需监理通过实时监测、方案优化及规范监督确保工程安全与质量。

关键词：水利工程监理；施工导流关键技术；应用特点

引言：随着水利工程规模扩大与环境要求提高，其复杂性与技术难度日益增加，对监理工作提出更高挑战。当前施工导流技术的应用需兼顾技术可行性、经济合理性与生态合规性，而监理在其中的协调与监督作用不可或缺。但现有研究对监理视角下施工导流技术的系统性分析仍显不足。本文基于此，深入探讨施工导流技术的核心内容与监理工作体系，旨在为水利工程建设提供科学依据与实践路径。

1 水利工程施工导流技术的概念

水利工程施工导流技术，是指在水利枢纽工程建设过程中，为创造干地施工条件、保障工程顺利推进，通过采取人工干预措施，对河道水流进行控制与疏导的综合性技术手段。其核心在于依据工程所在流域的水文、地质条件，结合主体工程的结构特点与施工工艺，科学规划导流方案，合理布置导流建筑物，将施工期间的天然水流导向预定通道，避免施工区域受水流干扰。施工导流技术涵盖了导流时段划分、导流方式选择、导流建筑物设计与施工等多个环节。导流时段通常根据河道水文特性，选取枯水期、平水期或汛期进行施工；导流方式则分为分段围堰法导流和全段围堰法导流两大类，前者通过分期分段拦断河床，实现不同阶段施工区域的交替干地作业，后者则一次性拦断河床，利用导流隧洞、明渠等设施宣泄水流^[1]。导流建筑物作为导流技术的物质载体，包括围堰、导流隧洞、导流明渠等，需具备足够的挡水、过水和抗冲刷能力，以确保施工安全。

2 水利工程监理在施工导流中的工作体系

2.1 监理的职责与目标

水利工程监理在施工导流中核心职责为确保以下技术方案科学、施工安全规范，协调工程质量、进度与投资目标。（1）在技术合规性把控上，需严格审核施工单位提交的导流设计文件，对照《水利水电工程施工组织

设计规范》，核查导流方式、建筑物布置及导流标准等关键内容。如针对全段围堰法导流方案，需复核导流隧洞洞线与地质条件适配性、断面尺寸过流能力，通过审查水力学计算书、地质勘察报告保障方案合理性。（2）施工安全与质量监督贯穿全程。施工前抽检导流建筑物原材料，确保物理力学性能达标；施工中对围堰填筑压实度、混凝土温控等关键工序旁站监理，运用环刀法检测土石围堰压实度，红外测温仪监测混凝土温度，及时纠正违规操作，防范围堰渗漏、结构失稳风险。（3）监理要协调建设、设计、施工各方，推动合同义务履行，保障导流工作有序开展。

2.2 监理工作的阶段划分

2.2.1 设计阶段监理

设计阶段监理要组织设计交底会，要求设计单位详述导流方案设计思路、技术参数与控制点，促进施工单位理解设计意图。同时全面审查导流设计文件，涵盖建筑物结构图纸、水力计算书及施工进度计划。针对导流建筑物结构设计，复核围堰抗滑稳定计算、导流隧洞衬砌厚度设计规范性；审核水力计算中洪水频率选取、泄水能力计算准确性。通过多轮审查与优化建议，规避技术风险，减少施工阶段设计变更。此外，还需分析设计概算，评估导流工程投资合理性。

2.2.2 施工阶段监理

施工阶段是监理工作要实施全方位动态监管。施工准备阶段，审查施工单位人员资质、设备配置，检查施工场地与临时设施布置。施工过程中严格执行工序验收制度。围堰基础处理时，采用触探仪、载荷试验检测地基承载力；围堰填筑控制填料厚度、含水量与碾压遍数，定期抽检压实度；混凝土围堰施工监督模板、钢筋、浇筑环节，确保结构尺寸、钢筋间距、混凝土强度达标。同时建立安全巡查机制，重点监控高边坡开挖、

深基坑支护等危险作业，督促落实安全措施。

2.2.3 验收阶段监理

验收阶段监理组织分部工程验收，检查导流建筑物外观质量、结构尺寸及渗流监测数据。土石围堰测量顶高程、边坡坡度，检查坡面平整度与防护设施；导流隧洞利用地质雷达检测衬砌厚度与密实度。竣工验收时，审核施工单位竣工资料，确保施工记录、检测报告、隐蔽工程验收记录真实完整。

2.3 监理的技术手段

2.3.1 图纸会审与技术交底

监理组织各方审查施工图纸，聚焦导流建筑物设计细节，如围堰与地基连接、导流明渠进出口水流衔接，及时发现图纸矛盾错漏，要求设计单位修正，避免施工错误。技术交底确保施工人员理解设计与技术要求。监理督促施工单位详细讲解施工工艺、质量标准与安全事项，并监督交底过程，检查施工人员对关键要点的掌握情况，保障施工符合设计规范。

2.3.2 现场巡查与监测

现场巡查是监理获取施工信息、发现问题的基础工作。监理每日巡查施工现场，检查进度、工艺与安全操作情况，对问题下达整改通知并跟踪复查。通过建立监测体系实现精准监控，在围堰关键部位布置位移监测点、渗压计，在导流隧洞进出口设置水位监测装置。自动化监测系统实时传输数据至控制中心，经软件分析预警，异常时及时处置，保障施工安全^[2]。

3 水利工程中施工导流关键技术

3.1 施工导流方式选择技术

3.1.1 全段围堰法导流

全段围堰法导流通过在河床上下游同时修筑围堰截断河道，利用导流隧洞、明渠或涵管等设施实现水流宣泄。其核心技术聚焦于导流建筑物的精准布局与泄水能力量化分析。在导流隧洞设计中，需运用地质勘察资料构建三维地质模型，基于最小埋深原则（一般不小于2倍洞径）与岩层完整性指标确定洞线走向。断面选型需结合水力学公式进行比选，对于高流速、大流量工况，圆形断面可降低糙率，提升过流能力；而城门洞型断面则适用于兼具导流与后期永久功能的隧洞。泄水能力计算需综合谢才公式与曼宁公式，通过迭代计算确定最优断面尺寸。该技术适用于河床宽度小于100m、设计流量超500m³/s的工程场景，通过一次性干地施工可显著缩短主体工程建设周期。

3.1.2 分段围堰法导流

分段围堰法导流采用分期施工策略，通过多阶段围

堰布置实现河道水流的动态控制。其关键技术包含分期时段的时序优化与围堰布置的三维水力模拟。分期时段划分需基于多年水文资料，采用马尔科夫链模型预测各时段流量概率分布，结合施工强度曲线确定最优施工窗口期。围堰轴线布置需通过CFD数值模拟技术，分析不同轴线角度下的水流流态，确保束窄河床段弗劳德数（Fr）控制在0.8-1.2区间，避免产生水跃或回流现象。上下游围堰间距设计需满足水流收缩与扩散要求，通过水力学计算确定合理壅水高度，防止淹没上游敏感区域。该技术适用于宽浅式河床，通过分阶段导流可降低单次导流建筑物规模，减少工程投资。

3.2 导流建筑物设计与施工技术

3.2.1 围堰设计与施工

围堰设计需遵循稳定性、防渗性与经济性三原则。土石围堰设计时，渗流控制采用有限元渗流分析软件（如SEEP/W），通过设置防渗体（黏土心墙、土工膜）将渗透坡降控制在允许值以下（砂性土 ≤ 0.3 ，黏性土 ≤ 0.5 ）。边坡稳定计算需结合瑞典条分法与毕肖普法，考虑地震工况下的动力响应，确保安全系数 ≥ 1.25 。混凝土围堰设计采用三维有限元应力分析，针对温度应力问题，需建立水化热升温模型，通过预埋冷却水管与控制浇筑层厚（ $\leq 3\text{m}$ ）降低内部温差。施工阶段，土石围堰采用振动碾分层压实，每层厚度控制在0.3-0.5m，压实度 $\geq 95\%$ ；混凝土围堰分缝间距根据温控计算确定，一般为15-20m，并采用低热水泥与高效减水剂降低水化热。

3.2.2 导流隧洞与明渠技术

导流隧洞设计需综合解决轴线优化、断面设计与进出口衔接三大技术难题。轴线选择采用GIS空间分析技术，结合地形等高线与地质剖面，通过多目标决策模型（AHP）确定最优路径。断面尺寸计算需考虑流速限制（ $\leq 8\text{m/s}$ ）与经济管径，采用试算法确定最终尺寸。施工中，新奥法应用需严格执行“短进尺、弱爆破、强支护”原则，根据围岩类别（I-V类）采用不同支护参数：Ⅲ类围岩采用系统锚杆+喷射混凝土支护，Ⅳ类围岩增加钢拱架与钢筋网联合支护。导流明渠设计需通过水工模型试验优化边坡系数（一般1:1.5-1:2），进出口消能工采用底流消能或面流消能，通过水跃方程计算消力池尺寸，确保消能率 $\geq 80\%$ 。

3.3 施工导流过程控制技术

3.3.1 导流标准确定

导流标准确定需融合水文统计与风险评估技术。水文计算采用P-Ⅲ型频率曲线适线法，通过矩法或最大似然法估计参数，结合水文站实测资料与历史洪水调查数

据,确定不同重现期设计洪水。导流建筑物级别划分依据《水利水电工程施工组织设计规范》,1级建筑物对应50-100年一遇洪水标准。风险评估采用蒙特卡洛模拟技术,通过生成1000组以上随机洪水序列,计算超标洪水损失期望值,基于风险-效益平衡原则(如单位投资风险降低量最大化)动态调整导流标准。

3.3.2 导流时段划分

导流时段优化需建立多目标决策模型。以施工工期、导流费用与风险损失为目标函数,采用NSGA-II算法进行多目标优化。枯水期导流需预留15-20天安全裕度应对水文年际变化;汛期导流需通过水力模型试验验证过流能力,采用可调式溢流堰或活动闸门实现流量动态调节。施工进度计划编制采用关键路径法(CPM),结合资源约束(如混凝土浇筑设备数量)进行工期-成本优化,确保导流与主体工程的协同推进。

3.3.3 导流过程监测与调控

监测系统采用物联网技术构建,在围堰关键部位布置光纤光栅位移计、渗压计与倾角传感器,实现毫米级变形监测与实时数据传输。预警模型采用BP神经网络算法,通过历史监测数据训练模型,设定三级预警阈值(黄色预警:变形速率 $\geq 5\text{mm/d}$,橙色预警: $\geq 10\text{mm/d}$,红色预警: $\geq 15\text{mm/d}$)。调控措施包含:当渗流量超标时,采用黏土袋反滤压渗或化学灌浆堵漏;当水位超限时,通过启闭导流隧洞闸门调节泄流,确保水位波动控制在 $\pm 0.5\text{m}$ 以内^[3]。

4 监理视角下施工导流技术的应用特点

4.1 动态调控性

在施工导流技术应用中,监理需时刻关注工程的动态变化,展现出极强的动态调控性。水利工程建设周期长,水文条件复杂多变,施工过程中实际流量、水位等参数常与设计值存在偏差。监理需依据实时监测数据,结合水文预报信息,及时调整导流方案。如当汛期提前或洪水超标准时,监理需迅速组织施工单位启用备用导流设施,或对现有围堰进行加高加固,通过动态调整导流建筑物的运行方式,确保施工安全。随着主体工程施工进度推进,导流需求也会发生变化,监理需协调各方对导流时段、水流分配进行优化,保障导流与主体工程施工紧密衔接。

4.2 技术经济性

监理视角下,施工导流技术的应用需兼顾技术可行

性与经济合理性。在技术方案选择阶段,监理要综合评估不同导流方式(如全段围堰法、分段围堰法)的优缺点,结合工程实际情况,选择既能满足施工安全与质量要求,又能降低工程成本的方案。如在河床较窄的工程中,虽然全段围堰法导流可能技术难度较高,但通过合理设计导流隧洞,可减少围堰工程量,降低总体造价。在施工过程中,监理需严格把控材料选用、设备配置和施工工艺,避免因过度追求技术标准而造成资源浪费,同时也要防止为降低成本而牺牲工程质量,实现技术与经济的最优平衡。

4.3 合规性要求

施工导流技术的应用必须严格遵循相关规范与标准,这是监理工作的重要准则。监理需确保导流方案的设计、施工和验收全过程符合《水利水电工程施工组织设计规范》《水利工程建设项目建设施工监理规范》等法规要求。在环保方面,监理要监督施工单位落实水土保持、生态流量保障等措施,防止施工导流对周边环境造成破坏;在安全方面,需核查导流建筑物的设计是否满足抗滑、抗倾覆、防渗等安全要求,施工过程是否符合安全操作规程^[4]。

结束语

本研究全面剖析了水利工程监理的施工导流技术及其特点,明确了监理在施工导流全过程中的职责与技术手段,揭示了施工导流技术动态调控、技术经济平衡与合规管理的特性。研究成果有助于优化施工导流方案,提升监理工作效能,保障水利工程建设安全、高效推进。但随着智能化、绿色化技术的发展,未来需进一步探索BIM技术、生态友好型导流方案在水利工程中的应用,同时完善监理的数字化监管体系,推动水利工程施工导流技术与监理工作的协同创新。

参考文献

- [1]付艳清.水利工程施工中导流施工技术的应用研究[J].建筑工程技术与设计,2020(23):2279.
- [2]徐云涛,薛慧.水利工程施工放线技术的应用和管理[J].中国房地产业,2024(6):218-221.
- [3]孙庆普.水利工程施工中导流施工技术的应用探究[J].中国科技纵横,2025(7):111-113.
- [4]陈晨,丰华梅,许建军.浅谈水利工程施工中导流施工技术的应用[J].水利电力技术与应用,2025,7(12):33-34.