

水利水电施工中施工导流与围堰技术应用研究

黄 刚

(四川能投巴中燃气发电有限公司, 四川 巴中 636700)

摘要 水利水电工程是水资源利用和可再生能源开发的重要基础设施, 通常施工受水区限制, 存在水文条件复杂、洪水威胁等困难。该类工程主体工程施工通常要求在无水或深水区进行, 自然来水和洪水会造成阻隔、事故等影响, 因此需要“导水、挡水”的“截堵”任务。施工导流技术与围堰技术应运而生并且相互依存: 导流“导水”划分水流路径, 明确施工区域安全范围; 围堰“挡水”将水区围蔽, 创造干地空间。传统导流泄洪能力和围堰挡水、防渗能力弱, 随着水利工程尤其是高坝与地质复杂的水电工程建设不断发展, 对导流泄洪能力和围堰挡水、防渗能力的要求也越来越高。基于此, 本文分析了其核心内容、要点和优化方向, 并对二者协同机理进行了探讨, 以期为提高安全施工水平和实现工程总体目标提供借鉴。

关键词 水利水电施工; 施工导流; 围堰技术; 挡水结构; 施工安全

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.33.018

0 引言

在水利水电工程建设中, 施工导流及围堰技术作为水利水电工程实现主河道到永久性建筑物(如大坝、厂房等)建设的关键施工技术, 其科学性与合理性直接关乎工程整体施工进度、安全管控及投资效益的优化, 是整个工程施工中的重中之重。施工导流是指在水流走向规划的前提下, 以“导水过流”的方式, 将施工河道内主要水体引到河床以外以获得一个可施工的平面(导、泄); 围堰是指在“堤坝”(围堰)结构物的保护下, 隔绝洪水、河水进入工程主要施工面, 从而形成了水利水电工程施工“导、挡、泄”一体化技术。随着水利水电工程巨型化、复杂化、大河段化特点越来越明显, 相应的施工导流及围堰技术应用也必须要适应水文条件多变化、安全要求严格化。因此, 施工导流及围堰技术的优化应用和合理规范至关重要, 对预防水利工程施工洪水风险、保证主体工程施工质量、促进水利水电工程高效施工建设具有实践意义。

1 水利水电施工中施工导流技术的核心内容

1.1 施工导流方案的核心设计要素

导流技术的“顶层规划”是施工导流方案, 决定导流建筑物的建设速度、施工工期, 主要针对水文条件、工程规模、施工工期这三个方面进行, 确定设计可行性和安全性。其中水文条件是最基本的要求, 首先需计算出流域内枯水期、汛期的流量、汛峰、洪水位、泥沙粒径及含沙量等, 再根据工程级别的设计洪水重

现期来合理配置大洪水, 如对导流系统的标准设置偏低会导致导流系统失事。导流系统的布置首先要考虑主体工程布置和施工的先后, 在很多情况下, 大体积、长工期的工程采用分期的导流方式, 以边导流、边施工的形式完成边围堰边建闸, 同时应顾及成本和进度, 在保证安全的前提下可多试少挖, 降低导流建筑物的规模和拆除量。

1.2 施工导流建筑物的选型与布置

导流建筑物是实施导流方案的关键, 依据导流方案及水文地质条件确定导流建筑物的种类, 同时与主体工程位置布置确定导流建筑物的位置及尺寸, 满足导流、泄洪要求, 其典型方式为导流明渠、导流隧洞、导流涵管: 建设区地形平坦选择导流明渠, 便于建造且利于泄流; 岩质坚硬且高陡, 不利于边坡稳定且难防止其被冲刷破坏则选择隧洞; 对于规模小且泄流要求不高的工程, 可选择涵管。其布置的原则是要尽量不影响主体工程, 保证泄流顺畅, 建筑物进口远离淤泥沙区, 出口平顺与下游河道相连, 距离主体工程足够以保证后期主体工程施工及建筑物拆除、改造, 便于节约资源。

1.3 施工导流过程的关键控制要点

主体工程的施工导流与系统接续。施工导流要与主体工程建设动态开展, 并围绕分期控制、防汛调度、系统接续控制, 保障施工期系统稳定。在分期控制方面, 要确定各分期的工作任务和工程节点, 做到当期导流

建筑物先建后拆上期，防止出现断档、漏水现象，并根据枯汛期的变化调整流量，如枯水期时要控制规模、抓紧推进主体工程施工，汛期时就全力以赴保障泄洪；在防汛调度方面，建立即监测机制，跟踪水位情况、流量变化及结构的状态，遇到超标准洪水时及时启动预案，防止出现系统失效现象；在系统接续控制方面，一旦主体工程能够挡水后，就把水流导入永久泄洪建筑物，再把临时导流设施拆除掉，确保平稳交接，防止水流失控^[1]。

2 水利水电施工中围堰技术的核心内容

2.1 水利水电施工中围堰的核心类型与选型依据

挡水围堰作为挡水的临时建筑物，主要型式有土石围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰，需要根据水文地质、挡水要求、施工条件选择。土石围堰以土石料为主、用料易、价格低、工效高，适用于地基适、挡水水位不大于 30 m、洪水流量较小的工程，最为常用；混凝土围堰挡水高、防渗抗冲能力强，适用于高坝、大洪水或高渗透地基，但造价高、工期长，多用于主体工程，有时也用于围堰期；钢板桩围堰工效高、占地少、能重复使用，适用于小规模工程，浅水或临挡水，受桩长限制下挡水较低，地基为硬岩且施工困难，受场地条件限制。挡水围堰型式选择按“安全第一，适地适工、兼顾价耗”的原则确定。依据挡水高程和地基情况初步确定使用围堰型式范围，结合工期和条件确定最佳型式，兼顾挡水水位满足设计要求和工程成本、工期控制目标。

2.2 围堰结构的核心设计要点

围堰的结构设计方案主要是针对挡水高度、抗渗设计以及结构稳定方面，为挡水、抗渗、抗冲提供保障。在挡水高度上，堰顶高程必须超过设计洪水位，还需留 0.5~1.5 m 的安全超高防止其漫溢，底部宽度根据堰顶高程与地基承载力来确定，抗滑动、抗倾覆。在抗渗设计上，要考虑地基和本体，在地基中采用防渗墙、帷幕灌浆阻断地基水的渗流通道，本体中在土石围堰设防渗斜墙或心墙，密封拼接处的钢板桩围堰，减渗水量防止结构破坏。在结构稳定性上，主要是对水、土、波浪力作用下的抗滑稳定性、抗倾覆稳定性、抗渗稳定性进行验算，增加底宽、增设防滑齿墙、换填垫层，提高其稳定性，避免失稳风险^[2]。

2.3 围堰施工与拆除的关键控制要求

一是对围堰施工的质量控制，确保在围堰施工时的质量合格；二是对围堰施工的拆除控制，确保在围

堰施工拆除时将围堰的保护作为对主体工程和环境的保证。土石围堰在进行施工的过程中要先清除地基淤泥杂物，进行软弱地基的加固，确保承受力强、抗渗性好；控制材料质量，土石围堰的土料防渗、石料强度要够好，混凝土围堰要控制配合比和浇筑速度，钢板桩围堰要选择无破损的桩并进行密封拼接；控制工艺，土石围堰分层填筑和压实，混凝土围堰控制振捣和养护防裂，钢板桩围堰控制打桩的深度和垂直度。土石围堰的拆除要分阶段和分期拆除，要考虑主体工程的挡水能力，并在非汛期进行，在进行拆除的过程中按照“自上而下、分期拆除”的原则进行拆除工作，土石围堰的土料要控制一次拆除，分阶段拆除，要控制混凝土围堰的分段拆除爆破的强度；还要妥善处置建筑垃圾，对建筑垃圾进行合理的处理，确保环境不会受到影响。

3 水利水电施工中施工导流与围堰技术的协同应用及优化方向

3.1 施工导流与围堰技术的协同应用逻辑与要点

导流与围堰技术的融合在于“导定形、堰定界”，必须在方案规划、工程进度、安全防护三个层面进行两者的统筹融合，打造出“导、挡”一体化防护工程，为主体工程把好安全关。

第一，在方案规划层面，两者的参数要相匹配：围堰挡水的最高水位要以导流规划的洪水位为限，在此基础上给出对应工程等级的安全超高标准，防止漫顶，保证在安全标准以内进行工程建设；围堰的位置和导流明渠、隧洞等要相适应，使水流在不影响导水的前提下顺利地进入导流设施内，但不会对进出口的位置造成遮挡，而使水流经由进出口再重新返回主体工程。

第二，在工程进度层面，要在执行顺序和节点上有明确的要求：优先施工导流建筑物，使其具备导水能力后再修建围堰，否则会导致水流未通过导流设施进行排出；围堰拆除与导流系统的切换要同步，当主体工程到达挡水高程之后，永久泄洪设施开始启用，就可以分期分批拆除围堰，并且停止使用临时性的导流设施，防止“挡水—导水”的中断。

第三，在安全防护层面，要建立两者的联动机制，监测导流流量、水位及围堰渗水量和围堰结构变形情况，在超标准洪水的过程中要及时进行对围堰迎水面和坝体的围堰加固；而当围堰出现渗水或者是变形时，则要及时对导流设施的流量进行缩减，采取增设防渗、回填土石的方法，防止发生多重风险事故^[3]。

3.2 施工导流与围堰技术的核心优化方向

针对高洪水位、软基及生态敏感区等新环境下的水利水电工程建设，施工导流及围堰设计与施工技术需在严守安全底线的基础上，围绕效率提升与生态保护两大核心突破，以适配工程发展需求。安全与效率的设计核心聚焦防灾减灾能力，既要通过合理化防渗措施、选用能形成无向内渗水闭合环路的抗渗围堰结构，强化堰顶及迎水侧稳定性与洪水抵御能力，提升施工导流安全性，又要在保障安全的前提下，控制施工周期、降低成本，尽快搭建工程围挡，满足施工组织要求，实现安全与高效的综合设计^[4]。具体需重点落实四项措施：一是提升施工导流动态实时监测能力，依托现代动态实时测报信息与既有研究成果，结合大坝变形监控等技术跟踪流域降雨量、流量，通过实测数据、计算模型与实验室测试动态分析，确定导流安排；二是在保障安全的前提下提速围堰施工，提前完成现场截流与全断面施工，采用钢筋混凝土嵌缝、防渗膜等方式为上游迎水面设置防渗墙，强化抗渗与挡浪能力；三是结合大坝防渗效果、坝体及坝基稳定等因素，完善优化多套防渗结构设计方案；四是优化围堰结构稳定与抗冲设计，运用等效时序、模拟方法及时间序列模型，分析稳定影响要素统计特性与不确定性。同时需注重生态保护，通过优化施工导流组织设置生态流量通道，保障下游最小过坝流量；选用水泥石灰砂石等低污染围堰形式，减少弃渣与高石方开挖；拆除时优先回收可利用材料并环保处理，对河道、河堤开展生态修复，实现工程与环保协同推进^[5]。

3.3 施工导流与围堰技术应用的保障措施

为了促进施工导流和围堰技术结合应用和提档升级，保障体系应从技术研发、人才培育、规范化管理三个方面出发，为技术的应用与提效提供保障措施。

首先，通过产学研相结合的方式加强技术研究：高等院校、科研院所与设计施工企业共同就高洪水位、软土等复杂情况下开展技术攻坚，推出大流量隧洞导流、生态明渠导流等新的导流建筑物及生态防渗材、轻质高强挡水材等新材料，以及导流动态调度、围堰智能感知等智能化技术；及时总结工程运用经验，形成专利、工法等技术手段，促进技术的市场转化，解决复杂情况下的关键技术问题^[6]。

其次，人才队伍建设，通过“专业基础教育+工程实践经验培育”模式：高等院校对现有的水利工程专业教育方案做出改进，补充增设复杂环境中施工导

流围堰方案编制、智能化监测等进阶知识，为学生打好专业基础；工程企业在定期组织技术培训中，安排相关领域的专家解读新技术与案例，同时选拔技术人员到高坝大库、复杂流域等相关工程中开展实践，增强相关知识的实际运用与解决能力，填补相关技术应用人才的缺口。

最后，在流程管理环节，建立完善的标准监管机制：行业主管部门出台导流与围堰技术设计规范（洪水标准、结构验算要求）、施工规范（材料质量、工艺标准）、拆除规范（时间节点、环境防护标准），提出技术应用下限，并建立全过程质监管机制，通过施工现场检查、围堰渗水量测量、结构强度测量等措施，对设计、施工、拆除全过程监管，确保技术应用达标，保障施工安全。

4 结束语

施工导流及围堰技术是水利水电施工中最重要的两项关键技术，二者结合构成“导、挡”一体的防护系统，为主体工程提供干地施工条件，直接关系到工程安全、工期和费用。施工导流主要涉及方案比选、建筑物型式布置、施工过程控制，关键环节在“导”，即导流方案安全疏导水流；而围堰涉及类型选型、结构设计和施工拆除，关键环节在“挡”，即隔离水面的可靠围堰，二者相辅相成。未来，水利水电工程需向动态化、模块化、生态化发展，深化协调和智能监控。通过产学研相结合的方式，助力科研与人才、标准监管落地，并与智能化技术实现一体化控制，统筹工程安全、生态及资源循环利用，推动水利水电工程高质量发展。

参考文献：

- [1] 肖成龙.水利水电施工中施工导流和围堰技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(04):37-40.
- [2] 张锋.水利水电施工导流及围堰技术分析[J].水利电力技术与应用,2024,06(20):148-150.
- [3] 陈实.水利水电施工中施工导流和围堰技术[J].安家,2024(05):64-66.
- [4] 颜泽群,黄瑠,司帅.水利水电施工中施工导流和围堰技术研究[J].水利电力技术与应用,2024,06(24):43-45.
- [5] 田贺.水利水电工程围堰技术的应用研究[J].水电水利,2021,05(01):142-143.
- [6] 王华.水利水电施工中施工导流与围堰技术研究[J].市场周刊·理论版,2020(87):221.