

水利水电工程施工导流及围堰工程技术分析

董俊峰

上海仁泓工程咨询有限公司，上海，310000；

摘要：施工导流及围堰工程肩负着施工期间临时导流和临时挡水的功能任务，是确保水利水电工程顺利推进、保障施工质量与安全的关键环节。本文结合某大型水利枢纽工程案例实践，深入探究水利水电工程施工导流及围堰工程的相关技术，总结归纳施工导流规划设计、围堰工程设计施工的方法和要点。

关键词：水利水电工程；施工导流；围堰工程；技术分析

DOI：10.69979/3060-8767.25.02.015

引言

水利水电工程作为国家基础设施建设的中流砥柱，对于水资源的科学调配、防洪减灾能力的增强以及清洁能源的稳定供应具有不可替代的重要意义。在水利水电工程的建设进程中，施工导流及围堰工程技术扮演着举足轻重的角色。施工导流的核心使命在于施工期间精准规划河道水流走向，将水流妥善引导至特定通道，为主体工程施工营造安全、高效的干地作业环境。而围堰作为临时性挡水建筑物，与施工导流紧密配合，在规定施工时段内抵御水流冲击，切实保护施工区域。因此，深入、系统地研究施工导流及围堰工程技术，对于保障水利水电工程的顺利实施以及实现长期稳定运行具有极为重要的现实意义。

1 施工导流规划与设计

1.1 施工导流方案选择

施工导流方案的确定是一项极为复杂的系统工程，需要综合考量工程规模大小、地形地质状况、水文特性规律、施工进度安排以及周边环境影响等诸多因素。目前，常见的施工导流方案主要有分段围堰法导流和全段围堰法导流。分段围堰法导流适用于河床宽阔、流量充沛的河流环境，通过将河床划分为若干区段，依次有序开展施工。全段围堰法导流则更适用于河床相对狭窄、流量较小的河流场景，通过一次性截断河床水流，然后利用专门修建的隧洞、涵管等导流建筑物实现水流的疏导。

以某大型水利枢纽工程为例，其所在河床宽度达 500 米，年平均流量高达 800 立方米/秒。经过深入的技术经济对比分析，最终选定分段围堰法导流方案。具体施工过程中，首先在河流一侧修筑纵向围堰，将河床巧妙分隔为两部分。在一期工程施工阶段，利用束窄后的河道承担泄流任务，同步开展部分坝体的施工工作。当

一期坝体施工至一定高程，具备相应的挡水与泄流能力后，便进入二期工程施工阶段。此时，拆除一期围堰，借助已建成坝体的泄水建筑物实现导流功能。这种导流方案充分利用了河床的自然条件，有效降低了施工过程中的水流控制难度，减少了施工干扰，确保了工程的顺利推进。^[1]

1.2 导流标准确定

导流标准作为施工导流设计的关键参数，直接决定了导流建筑物的规模大小与等级高低。导流标准的确定通常需要综合考量工程的重要性程度、失事可能造成的后果严重性以及施工期内洪水的特性等多方面因素。在实际操作中，一般采用频率分析法来精准确定导流设计洪水标准。对于大型水利水电工程而言，鉴于其工程规模宏大、影响深远，施工导流设计洪水标准往往选取 50 年一遇至 100 年一遇洪水。

以某大型水利枢纽工程为例，经过深入细致的施工期洪水特性分析，并充分权衡工程的重要性与失事可能引发的严重后果，最终确定该工程的导流设计洪水标准为 100 年一遇，对应的洪峰流量经精确计算为 3500 立方米/秒。导流标准为后续导流建筑物的设计提供坚实可靠的依据，有力保障了施工期间工程的安全性与稳定性。而对于中型水利水电工程，其导流设计洪水标准一般设定为 20 年一遇至 50 年一遇洪水。不同规模工程导流标准的合理确定，既考虑了工程实际需求，又兼顾了经济合理性与安全性，是保障工程顺利建设的重要前提。

1.3 导流建筑物设计

导流建筑物种类繁多，主要包括导流隧洞、导流明渠、导流涵管等。不同类型的导流建筑物在设计过程中，需要依据具体的地形地质条件、水流特性以及工程施工要求等因素进行针对性设计。^[2]

导流隧洞设计时，首要任务是根据地形地质条件精

心确定隧洞的线路走向、断面尺寸以及进出口位置。某水利枢纽工程的导流隧洞，洞身全长 800 米，为确保其结构稳定性与水流顺畅性，采用了城门洞型断面，断面尺寸设计为 8 米×10 米（宽×高）。同时，隧洞进出口选址在岩石坚固、地形有利的部位，有效避免了因地质条件不稳定或地形不利导致的施工风险与水流不畅问题，为隧洞的安全运行奠定了坚实基础。在洞身衬砌设计上，考虑到岩石的完整性和地应力情况，采用了锚喷支护结合钢筋混凝土衬砌的方式，增强了隧洞的承载能力。

导流明渠设计则需要重点考虑渠道的底坡设置、糙率控制以及过水能力核算。某工程的导流明渠，底坡设定为 0.5%，通过采用混凝土衬砌的方式有效减小了糙率，降低了水流阻力。经严格的水力计算，该导流明渠的过水能力完全能够满足施工期最大导流流量 2000 立方米/秒的要求，确保了施工期间水流的顺利宣泄。为进一步优化导流明渠的水流条件，在渠道弯道处设置了合理的超高和渐变段，减少了水流的横向环流和能量损失。

导流涵管一般应用于小型水利工程，其管径大小、长度设置以及管材选择等均需根据实际流量大小与地质条件进行合理确定。在某小型灌溉工程中，根据流量需求与地质情况，选用了管径为 1.2 米、长度为 50 米的钢筋混凝土涵管作为导流建筑物，在施工过程中发挥了良好的导流作用。为确保涵管的耐久性，对其进行了抗渗和抗冻设计，在涵管外壁涂刷了防水涂料，并在寒冷地区采取了保温措施。

2 围堰工程设计与施工

2.1 围堰类型选择

围堰类型丰富多样，常见的有土石围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰等。不同类型的围堰各具特点，适用于不同的工程条件。具体如表 1 所示：

表 1：常见围堰类型技术参数对比表

围堰类型	适用条件	堰体材料	抗冲流速（米/秒）	防渗措施	抗滑稳定安全系数要求
土石围堰	地质条件较好、水流速度较小	土石料	2-3	铺设防渗土工膜，可结合黏土心墙等	≥1.2（根据不同规范和工程重要性有所差异）

混凝土围堰	水流速度较大、堰体较高	混凝土	5-8	混凝土自身防渗，可设置止水铜片等	≥1.3（重力式围堰，不同结构形式要求有别）
钢板桩围堰	狭窄河床、地质条件复杂	钢板桩	3-5	钢板桩锁口止水，可辅以防渗帷幕	≥1.2（根据不同地质和荷载情况调整）

土石围堰以其结构简单、施工便捷、造价相对较低等显著优势，在地质条件较好、水流速度相对较小的情况下应用较为广泛。某中型水利工程，其河床地质为砂卵石层，水流速度约为 2 米/秒，基于工程实际情况，采用了土石围堰方案。在围堰堰体施工过程中，采用分层填筑工艺，确保了堰体的密实度与稳定性。同时，在迎水面铺设防渗土工膜，有效解决了土石围堰易渗漏的问题，极大提高了围堰的防渗性能。为增强堰体的抗冲刷能力，在迎水面铺设了一层干砌石护坡。

混凝土围堰凭借其出色的抗冲能力与良好的防渗性能，在水流速度较大、堰体高度较高的工程中具有明显优势。某大型水电站的上游围堰，堰高达到 30 米，水流速度高达 5 米/秒。为满足工程对围堰稳定性与防渗性的严苛要求，采用了混凝土重力式围堰。围堰堰体混凝土强度等级设计为 C25，通过合理的结构设计与高质量的混凝土浇筑施工，确保了围堰在复杂水流条件下的安全稳定运行。在混凝土配合比设计中，添加了适量的外加剂，提高了混凝土的抗渗和抗冻性能。

钢板桩围堰则特别适用于狭窄河床、地质条件复杂的工程场景。其具有施工速度快、可重复使用等突出优点。某城市内河整治工程，在狭窄河道施工段采用了钢板桩围堰。施工完成后，经过统计，钢板桩回收利用率高达 80%以上，不仅有效降低了工程成本，还体现了良好的环保效益。在钢板桩施工过程中，采用了振动沉桩工艺，提高了施工效率和桩身的垂直度。^[3]

2.2 围堰设计计算

围堰设计过程中，需要进行全面、细致的计算分析，主要包括稳定性分析、渗流计算以及堰顶高程确定等关键环节。以土石围堰为例，在稳定性分析方面，通常采用瑞典圆弧法。该方法通过精确计算滑动土体的抗滑力矩与滑动力矩之比，来科学评估围堰的稳定性。某土石围堰，经严谨计算，其抗滑稳定安全系数达到 1.3，完

全满足相关规范要求,表明该围堰在设计工况下具有良好的稳定性。在渗流计算方面,采用有限元软件对围堰的渗流场进行模拟,考虑了不同土层的渗透系数差异,准确确定了浸润线位置和渗流量。对于上述土石围堰,经渗流计算,其渗流量被有效控制在 5 立方米/天以内,满足了设计对渗流量的严格要求,确保了围堰的防渗效果。

堰顶高程的确定则需要综合考虑导流设计洪水标准、波浪高度以及安全超高。某围堰,其导流设计洪水标准为 50 年一遇,经现场观测与计算,波浪高度为 1.5 米,根据相关规范要求,安全超高取 0.8 米。通过精确计算,最终确定堰顶高程为 55.3 米,为围堰在洪水期的安全运行提供了可靠保障。在确定堰顶高程时,还考虑了壅水高度和水位的动态变化,使计算结果更加符合实际情况。

2.3 围堰施工要点

围堰施工过程中,基础处理是确保围堰质量与稳定性的关键环节。对于土石围堰,施工时必须彻底清除基础表面的淤泥、杂物等松散物质,对于松软地基还需进行加固处理。在某工程中,采用振冲法对基础进行加固,经过处理后,地基承载力由原来的 80kPa 显著提高到 150kPa,为土石围堰的后续施工奠定了坚实基础。在加固过程中,通过现场试验确定了振冲器的最佳施工参数,包括振冲电流、留振时间和加密间距。^[4]

围堰填筑应严格按照分层填筑工艺进行,每层填筑厚度控制在 30~50 厘米之间,采用大型机械进行压实作业,确保填筑质量。在混凝土围堰施工时,模板安装必须牢固可靠,钢筋布置要严格符合设计要求,混凝土浇筑采用分层浇筑、分层振捣工艺,每层浇筑厚度控制在 30~40 厘米,以保证混凝土的密实度与整体性。在混凝土浇筑过程中,采用了智能温控系统,实时监测混凝土的温度变化,通过冷却水管通水降温等措施,防止混凝土出现温度裂缝。

3 技术创新与发展趋势

随着科技的飞速发展与工程实践经验的不断积累,施工导流及围堰工程技术正处于持续创新与蓬勃发展的进程中。

在施工导流方面,数字化技术的应用日益广泛与深入。通过构建水利水电工程施工导流的高精度数值模拟模型,能够更加精准地预测水流状态,为优化导流方案提供科学依据。例如,利用 CFD(计算流体动力学)软

件对导流隧洞的水流进行模拟分析,能够提前发现水流不畅、局部冲刷等潜在问题,并及时对设计方案进行调整优化,有效提高了导流方案的科学性与可靠性。此外,结合地理信息系统(GIS)技术,可以直观地展示工程区域的地形地貌、水系分布以及导流建筑物的布局,为施工导流方案的制定和管理提供了更加便捷的手段。

在围堰工程领域,新型材料的研发与应用为围堰设计与施工带来了更多的选择与可能。如新型土工合成材料,具有强度高、防渗性能卓越、耐久性强等显著优点,可广泛应用于围堰的防渗结构,有效提升围堰的防渗效果与使用寿命。此外,装配式围堰技术逐渐兴起,该技术以其施工速度快、可重复使用、环保节能等突出优势,正逐渐成为未来围堰工程发展的重要方向。装配式围堰通过工厂化预制、现场快速组装的方式,极大缩短了施工周期,降低了施工成本,同时减少了对周边环境的影响。一些装配式围堰采用了模块化设计,可根据不同的工程需求进行灵活组合,提高了围堰的通用性和适应性。

4 结论

水利水电工程施工导流及围堰工程技术是水利水电工程建设中不可或缺的重要组成部分。通过科学合理地选择施工导流方案、精准确定导流标准、精心设计导流建筑物与围堰,并确保二者在施工过程中的高效衔接与协同配合,能够为水利水电工程施工创造理想的条件,有力保障工程的顺利推进与高质量完成。同时,随着科技的不断进步,施工导流及围堰工程技术也在持续创新发展,未来应密切关注新技术、新材料的研发与应用,不断提升施工导流及围堰工程的技术水平,为水利水电工程建设事业的蓬勃发展提供强有力的支撑。

参考文献

- [1] 许小扬. 围堰技术在水利水电工程施工导流中的应用研究[J]. 中国高新科技, 2024(9): 152-154.
- [2] 彭洪海. 水利水电施工中施工导流和围堰技术的应用探讨[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(002): 000.
- [3] 张晶, 孙琳琳, 孙晓夏. 施工导流和围堰技术在水利水电施工中的应用分析[J]. 安家, 2023(2): 0208-0210.
- [4] 刘志军. 施工导流和围堰技术在水利水电工程中的应用[J]. 新疆有色金属, 2024, 47(6): 32-33.

作者简介: 董俊峰(1987 年 9 月-), 男, 汉, 江苏泰州, 本科, 中级工程师, 研究方向为水利水电。