

Anti-seepage Construction Technology of Cofferdam for Hydropower Station Construction

Zipeng Han

Sinohydro Bureau 16 Co., Ltd., Fuzhou, Fujian, 350003, China

Abstract

Cofferdam seepage control construction is the key content in the construction of modern hydropower station, to ensure the smooth construction process has direct effect, should be in accordance with the relevant technical requirements, strengthen cofferdam leakage monitoring and analysis, with diversification of construction technology, eliminate adverse factors, guarantee the construction of hydropower station. On the basis of introducing the functions and characteristics of cofferdam, this paper discusses the technical points of cofferdam anti-seepage scheme selection and quality management, and puts forward the construction technology and application of cofferdam anti-seepage from the optimal application of plastic concrete anti-seepage wall, which aims to form a reference significance for the construction operation of cofferdam.

Keywords

hydropower station; construction of cofferdam; seepage prevention technology; optimization path

水电站施工围堰防渗施工技术

韩子朋

中国水利水电第十六工程局有限公司, 中国·福建 福州 350003

摘要

围堰防渗施工是现代水电站建设中的关键内容, 对于保证水电站施工工序顺利有序推进具有直接作用, 理应按照相关技术要求, 强化围堰渗漏监测与分析, 以多样化的施工技术举措, 消除不良因素影响, 保障水电站施工推进。论文在介绍围堰作用与特点的基础上, 探讨了围堰防渗方案选择和质量管理的技术要点, 并从塑性混凝土防渗墙的优化应用等方面, 提出了水电站施工围堰防渗施工技术及应用, 希望对围堰防渗相关施工作业具有参考借鉴意义。

关键词

水电站; 围堰施工; 防渗技术; 优化路径

1 引言

水电站施工环境复杂, 对围堰防渗施工作业方法具有较高要求, 只有科学分析施工作业环境, 强化施工作业流程管控, 才能为水电站施工创造有利条件。在水电站施工要求不断提高的趋势下, 围堰防渗施工应细化工序流程, 严格管控施工质量。

2 围堰的作用与特点

2.1 作用

水电站施工中的围堰可为整个施工过程创造干地施工环境, 排除水体流动对施工作业产生的干扰影响, 因此对围堰的稳定性、抗渗性和抗冲刷性能等具有较高要求。依托于科学合理的围堰结构和施工方法, 其还可与水利工程的部分

永久构筑物相结合, 成为其整体结构的一项构成部分, 对于降低水利工程经济成本投入具有直接作用^[1]。此外, 围堰还可与水工构筑物共同发挥挡水导流作用, 在特定意义上发挥枢纽功能, 提高水电站等发电等实际效益。

2.2 特点

实践表明, 围堰施工需对施工作业环境作出有效分析, 根据水电站施工要求, 形成相应的防渗体应力条件, 有效抵御外部水流应力对围堰带来的变形影响, 保持堰体结构稳定。经过长期研究与探索, 围堰结构类型趋于多样化, 且不同类型结构在适用环境、技术应用与截流导流效果等方面存在显著差异, 应按照因地制宜的原则予以灵活选择。现代围堰施工对工艺的专业性要求较高, 需按照土石围堰防渗体或混凝土防渗体等标准要求, 优化布设截流戗堤, 确保万无一失。

【作者简介】韩子朋(1988-), 男, 中国河南安阳人, 本科, 工程师, 从事水利水电工程研究。

3 围堰防渗方案选择和质量管理的

3.1 防渗方案选择

3.1.1 防渗工艺技术方案及选择

在基础防渗方面，可根据水电站施工作业条件，在帷幕灌浆、高压喷射灌浆、混凝土防渗墙和可控灌浆等工艺技术方法进行优化选择，充分利用作业环境下的各项有利条件，确保防渗施工方案具有针对性。上述几类不同防渗技术的技术特性，如表 1 所示。在具体防渗工艺技术方案选择中，除了应考虑水电站具体施工环境外，还可采用经验类比法等对比不同方案的技术性、经济性安全性等^[2]。搜集分析水电站工程水文地质条件，对以往围堰基础防渗效果进行总结，形成多种各有侧重的技术方案，经专业论证分析后，择定最为适宜的防渗工艺技术方案。在施工过程中针对效果不明显的施工方法，经研究分析也可以采取改变部分灌浆施工工艺的方法，以达到要求的施工效果。

表 1 各种防渗技术特性表

防渗方法	一般技术要点	地层要求	特点
帷幕灌浆	使用水泥浆液或水泥粘土浆液；自上而下或自下而上工艺	原始砂卵石地层、级配一定的堆料层	工法简单，是水利水电基础处理工程常用的工法，设备储备量大
高压喷射灌浆	使用水泥浆液；二管法和三管法	原始砂卵石地层、级配一定的堆料层	工法较严格，也是常用工法之一，设备储备量大
混凝土防渗墙	墙体材料为混凝土或塑性混凝土；钻劈法和钻抓法	适应地层广泛，采用钻劈法可适应各种地层，钻抓法适应地层为砂卵石地层	工法严格，施工设备大，调配困难
可控灌浆	使用水泥浆液、膏状浆液；自上而下或自下而上工艺	原始砂卵石地层、级配一定的堆料层，对大的架空层有很好的效果	工法简单，与帷幕灌浆工法相近，大部分设备使用帷幕灌浆设备，小部分需改装或新购，设备储备量大

3.1.2 层次分析法在方案选择中的应用

层次分析法是将需决策问题进行层次化处理，按照不同影响要素间的相互关系与约束条件得出最优决策结果的一种具体方法，具有复杂系统性特征。在围堰防渗方案选择应用中，通常可选择具有代表性的指标参数，构建形成基于层次化的分析决策模型，为不同指标参数赋予不同权重，权重越高则说明该指标对围堰防渗方案的影响程度越大。在该基础上，将具有隶属关系的因素按层次差异进行聚合，构造多层次分析模型结构，直观描述围堰防渗不同方案的各自特征。经层次化环境下各因素纵向比对和横向比对，确定围堰防渗最终方案。

3.2 围堰防渗施工质量管理

3.2.1 特点和重点

在水电站施工环境复杂多变的背景下，围堰防渗施工的特点更加突出，不仅对基础防渗等隐蔽工程具有更高要求，而且若某一因素管控不到位，均会导致结构系统性渗漏问题，严重情况下还会造成工程返工^[3]。对此，应准确把握围堰防渗施工的各项重点环节，建立全过程的施工质量管理体系，加强事前、事中和事后等环节的管控，并根据施工作业进展及时做好过程监测，消除渗漏隐患。严格遵守工程质量检验标准，灵活运用更加先进的施工工艺方法，强化围堰结构体渗漏量分析，提高作业人员技能，为水电站施工创造有利条件。

3.2.2 质量预控措施

围堰地基条件、规模和结构、堰体用料、施工工艺的管控等因素对围堰防渗施工质量的影响较为明显。在围堰防渗施工质量预控中，需首先对围堰地质条件进行全面勘察分析，深入研究相应地质资料，并采用先导孔勘探等方法进行勘探复核，确保防渗施工技术方案满足要求。其次，应制定围堰防渗施工技术方案，明确每项作业工序的具体质量要求，必要时对不同施工内容进行工艺性试验，在满足技术标准的基础上，方可投入施工。最后，为围堰防渗施工配置性能稳定的机械设备，提前对其工况状态进行调整，并对施工作业人员进行必要培训，熟练运用各项新工艺，做好防渗施工技术交底。

4 水电站施工围堰防渗施工技术及应用

4.1 总体防渗方案

根据水电站围堰施工地质条件，在围堰结构施工区域内进行钻孔，确保钻孔数量和分布状态符合围堰结构要求。在孔深相对较小的地段进行高喷灌浆和静压灌浆，选择性能参数符合要求的灌浆浆液，将旋喷墙厚度保持在技术允许范围内。参照先导孔揭露的地质条件，针对围堰基础地层结构状态差异，及时调整施工作业方法，对异常情况或特殊情况进行有效处理，使所形成的防渗体具有均匀性、相邻灌浆孔交叉宽度符合相关技术要求，根据围堰长度和灌浆工艺，可对堰体灌浆采取分序灌浆。调整优化防渗施工旋喷灌浆参数，浆压应保持在 30~40MPa，浆流量为 80~100L/min，会将比重≥ 1.20，补充回填直至孔内填满^[4]。

4.2 围堰内防渗施工方法

水电站施工中的围堰内防渗施工遭受水体流动冲刷的影响相对较弱，可将整个施工作业区域细分为若干施工段，通过优化控制各施工段的衔接匹配关系，形成围堰内整体防渗效果。根据围堰内防渗施工需求，灵活采用人工作业和机械作业方法，使用石子和粘土等工程材料将内坡进行填平，不得存在坚硬块石等杂物，以免影响土工膜。将提前制作完成的编织布和土工膜等进行循序铺设，在不同层级间错

开一定宽度，并保持相对松弛状态。黏土材料倒置完成后，自下而上进行压载作业，确保压实效果。

4.3 围堰外防渗施工方法

在围堰外边坡整理完成后，利用碎石垫层进行找平处理，找平层厚度通常控制在 20cm 左右为宜。观测坡面平整度，及时调整坡度误差，避免坡度过大或过小而影响最终防渗效果。在不透水土工膜铺设中，则需根据施工作业标准，对施工作业范围进行依次铺设，将高程控制线保持在围堰轴线范围内，并校准围堰坡脚延伸长度。对围堰外防渗施工成果进行综合检验，对检查发现的各类施工缺陷问题进行专业技术处置，以构造形成更加稳固的刚性防渗压载体系。

4.4 塑性混凝土防渗墙的应用

4.4.1 主要特点

塑性混凝土在围堰防渗施工中的应用具有相对较低的弹性模量，通过优化各类原材料配合比等方式，可明显增强变形模量范围，在多种不同施工作业场景下均具有较强适用性。在围堰防渗施工中，塑性混凝土的施工过程更加便捷高效，所采用的水泥量较少，比传统刚性混凝土可降低 $250 \pm 50\text{kg/m}^3$ 的使用量，具有更强积极性，符合集约化的围堰施工建设需求^[5]。在变形性能方面，塑性混凝土通过添加膨润土、粉煤灰和外加剂等原材料，其内部可形成良好的抗变形结构，即便在干湿交替或冻融等影响下，依旧可保持原有效果，相应的渗透系数同样明显提高，可有效延长围堰防渗结构体的使用寿命。

4.4.2 施工应用方法

选择符合工程要求且具有特定性能的工程原材料，按照技术比例要求配制泥浆，并进行专业技术检测。使用专业机械设备将泥浆注入围堰结构槽壁土体中，当其固化成型后，可形成一定厚度的护壁层，有效抑制和平衡土压力，形成抵御外部应力冲击的结构体。监测控制塑性混凝土施工中的渗透系数，防止因槽壁土颗粒坍落而形成的抵抗力作用下降等问题。在围堰槽段划分中，应遵循减少施工作业环节的原则，采用钻机打骑缝孔或斜孔等方式减少槽段接头。对塑

性混凝土浇筑量进行检测，细化检验项目和检测方法，确保各项质量指标均保持在合理范围内（如表 2 所示）。

表 2 混凝土浇筑量检测项目表

检验项目	检验方法	质量标准
导管间距与埋深	现场测量	导管间距 $\leq 3.5\text{m}$ ； 距离孔端：1.0~1.5m； 埋深：1~6m
混凝土面上升速度	现场测量、计算	$\geq 2\text{m/h}$
混凝土塌落度	现场测试	20~24cm
混凝土扩散度	现场测试	30~40cm
终浇高程	开挖检查	$\nabla 578.5\text{m}$
混凝土性能指标	室内试验	符合设计要求

5 结语

总之，围堰防渗施工的核心价值与特点决定了其在水电站施工中的关键地位。因此，技术人员应摒弃传统陈旧的围堰防渗施工模式限制，细化完善全流程施工控制体系，精准优化验算各项技术参数，保持对围堰渗流状态的动态监测，提高现场施工作业人员专业技能，防范潜在风险隐患，为提高围堰防渗施工质量提供基础保障，辅助水电站建设事业迈向更高发展层次。

参考文献

[1] 唐明武,杜爱明,李亚雄.综合物探方法在苏洼龙水电站上游围堰混凝土防渗墙质量检测中的应用[J].四川水力发电,2022,41(2):9-13.

[2] 钟林,林思波,赖勇.化学灌浆结合高压旋喷灌浆技术在围堰防渗中的应用[J].四川水利,2022,39(3):11-13.

[3] 肖云辉.水利水电工程施工质量控制要点分析——以某水电站围堰工程为例[J].绿色科技,2020(16):218-219+221.

[4] 习书田,高强,吴小兵.“喷灌结合”技术在锅浪跷水电站围堰防渗中的应用[J].四川水力发电,2023,35(6):79-83.

[5] 李姗姗.浅谈桐子林水电站围堰高喷防渗墙施工技术措施[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2020(3):173-175.