

水利水电工程防渗墙施工技术及其质量控制

王超

北京京水建设集团有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i4.6272

[摘要] 社会经济与科学技术的发展,使得水利水电项目的数量和规模都有了很大的提高。并且随着人们对更高质量水利水电项目的要求,许多新材料,新技术和新工艺逐渐被应用到水利水电工程建设中,并且使其建设质量和施工效率得到大大提高。混凝土防渗墙在水利水电工程中应用非常广泛,对水利水电工程有着重要的作用,因此混凝土防渗墙施工必须严格遵守施工技术和规范要求,每一道工序都必须按照设计工艺和要求进行,以保证施工质量和坚实稳固的混凝土防渗墙。本文着重介绍了防渗墙施工技术的应用管理,分析了技术现状和问题的解决,旨在优化技术管理,提高项目质量^[1]。

[关键词] 水利水电; 防渗墙施工技术; 质量控制

中图分类号: TV 文献标识码: A

Construction technology and quality control of cutoff wall in water conservancy and hydropower projects

Chao Wang

Beijing Jinshui Construction Group Co.,LTD

[Abstract] With the development of social economy and science and technology,the number and scale of water conservancy and hydropower projects have been greatly improved.And with people's demand for higher quality water conservancy and hydropower projects,many new materials,new technologies and new processes have been gradually applied to the construction of water conservancy and hydropower projects,and their construction quality and efficiency have been greatly improved.Concrete cutoff wall is widely used in water conservancy and hydropower projects,and plays an important role in water conservancy and hydropower projects.Therefore,the construction of concrete cutoff wall must strictly abide by the requirements of construction technology and specifications,and each process must be carried out in accordance with the design technology and requirements to ensure the construction quality and solid concrete cutoff wall.This paper focuses on the application and management of cutoff wall construction technology,and analyzes the technical status and solutions to problems,aiming at optimizing technical management and improving project quality^[1].

[Key words] water conservancy and hydropower; Construction technology of cutoff wall; quality control

前言

水利水电工程是国家基础设施的重要部分,因此改革开放至今国家加大了水利水电建设投资,使水利水电工程建设获得了显著的成果。渗漏问题是其施工质量通病,不仅会对工程质量造成严重影响,还会带来严重的安全风险。因此,为了提高防渗墙施工质量控制,施工企业必须积极研究防渗墙施工技术,以提高水利水电工程质量。

1 防渗墙的必要性

1.1 应对坝体渗漏的安全威胁

渗漏是主要安全隐患,坝体渗漏是威胁水库大坝安全的核心问题,可能导致结构破坏甚至溃坝风险。坝体渗漏还会引发

“流土”“管涌”等渗透变形,直接威胁工程稳定性。环境与资源风险,坝体渗漏可能造成水资源浪费、周边土壤侵蚀,甚至影响下游居民生命财产安全。

1.2 防渗墙的技术优势

结构可靠性与适应性,防渗墙采用连续墙结构,可适应各类地层条件(如松散透水层、复杂地质),并通过钻孔、注浆等技术形成致密屏障。高效处理渗漏变形,针对坝基渗漏等问题,防渗墙能有效切断渗流路径,提升整体抗渗能力。

1.3 应对复杂渗漏成因

施工缺陷的补救,水利工程中因施工缝、模板支撑不牢、混凝土振捣不均等问题易形成渗漏薄弱环节,防渗墙通过材料加

固和工艺优化可弥补这些缺陷。外部因素的综合防护,针对降水、地质排水性能差等外部因素,防渗墙可结合水平防渗(如土工膜)与垂直防渗(如注浆帷幕)形成立体防护体系。

1.4 保障施工质量与长期运行

施工工艺的严谨性,采用“钻劈法”“平打法”等工艺,结合冲击钻机等设备,确保墙体连续性和完整性,从施工源头控制渗漏风险。耐久性与维护管理,

防渗墙材料(如混凝土、土工合成材料)具备长期稳定性,配合定期维护可延长工程使用寿命。

1.5 综合效益与广泛应用

经济效益,通过减少渗漏损失、降低维护成本,防渗墙显著提升水利工程的经济效益。行业普适性,防渗墙技术不仅用于水坝、围堰,还广泛应用于矿山、尾矿坝及市政工程,验证了其技术成熟度和可靠性^[2]。

2 水利水电工程防渗墙施工应用及特点分析

2.1 防渗墙的应用领域

水库大坝防渗处理,防渗墙主要用于连接坝基防渗体,嵌入基岩或不透水地层,截断或降低地下水流渗透,保障坝体稳定性。例如塑性混凝土防渗墙可有效减少坝基渗漏和管涌风险。堤防加固与围堰工程,在堤防工程中,防渗墙可防止水流对堤身的侵蚀,降低渗透变形风险;围堰施工中则用于隔绝地下水,确保基坑干地作业条件。水闸与地下结构防渗,水闸基础及地下厂房等结构常采用防渗墙技术,防止渗漏导致的结构变形或安全隐患。

2.2 防渗墙施工工艺与技术

施工方法分类,多头深层搅拌水泥土工艺:通过搅拌桩机将水泥浆与土体混合形成连续防渗墙,适用于粘土、砂土及含小粒径砂砾的地层,具有无泥浆污染、造价低的特点。锯槽法工艺:通过往复切割形成连续槽体后浇筑塑性混凝土,适用于砂砾层(卵石粒径<100mm),工效高且墙体质量稳定。地下连续墙工艺:采用造孔灌注混凝土形成连续墙体,适用于松散透水层或复杂地质条件,兼具防渗与结构支撑功能。关键施工步骤,地质勘探与平台搭建:施工前需详细勘探地层特性(如渗透性、密实度),并搭建稳定施工平台以保障设备运行。材料选择与配比优化:塑性混凝土需结合复合硅酸盐水泥、粉煤灰等材料,平衡弹性模量与抗压强度,提升防渗效果。质量控制措施:包括泥浆护壁、分段浇筑及接缝处理,确保墙体连续性和防渗性能。

2.3 防渗墙技术特点

高适应性与可靠性,防渗墙可适应多种地层(黏土、砂土、砂砾层),通过调整工艺参数满足不同工程需求,防渗效果显著且耐久性强。施工灵活性与经济性,工艺选择多样(如搅拌桩、锯槽法),施工周期较短,综合成本低于传统帷幕灌浆等方案,尤其适合中小型水利工程。综合效益突出,防渗墙不仅解决渗漏问题,还可提升地基稳定性,延长工程使用寿命,对防洪排涝、水资源高效利用具有重要价值^[3]。

3 水利水电工程产生渗漏问题的原因

3.1 施工质量缺陷

施工工艺不达标:早期水利水电工程受设备和技术限制,施工中易出现振捣不密实、分层分块不合理等问题,导致混凝土结构存在蜂窝孔洞等缺陷。施工缝与止水带处理不当:变形缝、施工缝等薄弱部位若止水带安装偏移、焊接不严或密封材料嵌填质量差,易形成渗漏通道。工期与成本压缩:因赶工或过度节省成本,导致材料选型、施工标准降低,未能充分考虑长期防渗需求^[4]。

3.2 设计缺陷与材料问题

水利水电工程结构设计不合理:变形缝尺寸与止水材料伸缩率不匹配、防渗构造设计不明确,或未预留防裂钢筋等薄弱环节,削弱整体防渗性能。材料老化与劣化:混凝土碳化、钢筋锈蚀膨胀引发裂缝;劣质止水材料(如不耐腐蚀的橡胶类材料)易加速老化失效。混凝土透水性:混凝土本身为透水介质,长期渗漏会引发钙化反应,降低结构强度并导致安全隐患。

3.3 环境与外部因素影响

冻胀与化学腐蚀:水利水电工程地基土中含水量高的区域,冻胀力易破坏混凝土板;盐碱土壤与混凝土的化学反应会腐蚀结构。地基沉降与生物破坏:软土或填方区地基沉降不均导致结构性裂缝;植物根系穿透(如杨树根系)可能破坏防渗层。

3.4 运维管理不足

检测与维护缺失:早期检测手段落后,未能及时发现隐患(如蚁穴、鼠洞);水利水电工程施工后未定期维护,导致微小渗漏扩大。排水设施失效:坝体下游排水反滤设施不合格或被淹没,抬高浸润线加剧渗漏风险。

3.5 特殊部位隐患

水利水电工程建设中的机电埋件与孔洞处理:预埋件周围混凝土欠振或孔洞设计不合理,形成渗漏通道。伸缩缝与穿墙缝:止水带接头处理不规范或材料耐久性不足,成为渗漏高发区域^[5]。

4 水利水电工程防渗施工技术要点分析

水利水电工程防渗施工技术是保障工程安全性和耐久性的核心环节,需从设计优化、材料选择、施工工艺到后期维护全程控制。以下是关键技术要点:

4.1 设计优化与基础控制

水利水电工程施工前需全面勘察工程区域地质条件,包括土壤类型、地下水位、渗透性等,通过数据支撑防渗方案设计。渗漏原因预判,结合地质条件分析可能渗漏因素(如基础未处理完全、材料老化、施工缝处理不当等),制定针对性防渗策略^[6]。

4.2 防渗材料选择

高性能材料应用,根据水利水电工程需求选用抗渗性、耐腐蚀性强的材料,如土工合成材料、改性沥青、塑性混凝土等,兼顾经济性与耐久性。特殊地质适配,软土地基优先采用水泥土搅拌桩或自凝灰浆,砂砾层则需结合链斗法或射水法工艺强化防渗效果。

4.3 关键施工工艺

水利水电工程的防渗墙成墙技术有很多,比如多头深层搅拌水泥土成墙:适用于粘土、砂土及含小粒径砂砾地层,通过多桩搭接形成连续墙体,兼具经济性和防渗可靠性。锯槽法成墙:连续开槽后浇筑塑性混凝土,工效高且墙体连续性好,适用于深度 $\leq 40\text{m}$ 的复杂地层。射水法成墙:利用高压水流切割土体并浇筑混凝土,精度高且适用于粒径较小的砂砾层,最大深度可达30m。特殊工艺补充,链斗法:通过链斗取土形成槽孔,适用于含少量砂砾的软土地层。薄型抓斗法:结合抓斗开挖与自凝灰浆浇筑,成墙深度达40m,适用性广^[7]。

5 水利水电工程建筑防渗墙施工质量控制措施

5.1 施工前质量控制

地质勘探与方案设计,水利水电工程施工前需通过钻探、测绘等手段详细勘探地质条件,明确软土层分布、基岩深度及物理特性,制定针对性防渗墙施工方案,结合工程需求选择防渗墙类型(如桩柱型、槽孔型或混合型)及布置方式(嵌固式、悬挂式或组合式),确保墙体与坝基、岸墙形成封闭防渗系统,施工设备与工艺优化,根据地质条件选用成槽设备,严格控制槽孔斜率($\leq 4\%$)和嵌入基岩深度($\geq 1.0\text{m}$)。针对不同地层采用适宜成槽工艺:松散地层:优先使用抓取法或射水法;密实层或深槽区:采用钻抓法(冲击钻+抓斗结合);复杂地层:分段采用钻劈法。

5.2 施工过程质量控制

导槽与清孔管理,导槽施工需保证平整度和导墙垂直度,为成槽提供基准;清孔时需彻底清除孔底淤积,控制泥浆黏度、含砂率等性能指标。接头部位需重点刷洗,确保一期、二期槽孔套接厚度符合设计要求。混凝土浇筑与材料控制,采用低弹模混凝土(适应坝体变形)或自密实混凝土,减少应力集中和裂缝风险;严格检测骨料级配、外加剂掺量等材料参数。浇筑时合理布置导管间距,控制埋深(2~6m)和浇筑面上升速度($\geq 2\text{m/h}$),避免混凝土离析或冷凝。结构衔接处理,严格控制模板拼接、施工缝填充及新老结构接合,避免因缝隙导致渗漏。机械与压实管理,选用适配设备(如冲击钻、抓斗)确保压实均匀性,避免填料杂质或未碾碎土块影响防渗效果。

5.3 质量检测与缺陷处理

工序检查与验收,终孔阶段检查孔深、槽宽、孔形及基岩岩样;清孔后复测泥浆比重(≤ 1.1)和孔底淤积厚度($\leq 10\text{cm}$)。混凝土浇筑全程监控导管埋深、钢筋笼安装及观测仪器埋设,确保无漏浆或偏移。墙体质量评估,成墙28天后通过钻孔取芯、注水试验检测墙体渗透系数($\leq 1 \times 10^{-6}\text{cm/s}$)及抗压强度($\geq$ 设计值90%)。发现裂缝或接缝渗漏时,采用高压喷射灌浆或化学

注浆补强。

5.4 特殊地质条件应对措施

软基处理:对松软地基填充防渗材料(如膨润土或水泥浆),或增设混凝土岸墙连接,提升整体抗渗稳定性。复杂岩层:遇断层或破碎带时,采用预灌浆固结或加密槽段划分,防止塌孔和渗漏通道形成。

5.5 施工管理优化

水利水电工程建设需要加强分包单位资质审核,避免因技术差异导致工艺衔接问题;实施全过程质量责任追溯制度,确保工序合规。针对老旧工程加固,需结合原坝体结构特点调整防渗墙参数(如弹模和厚度),避免应力集中引发裂缝^[8]。

6 结语

简而言之,水利水电工程是关键基础设施,可以促进区域电力产业的发展。因此,我们必须注重施工质量,合理应用防渗施工技术,以保证防渗性能。并且为了提高混凝土防渗墙的施工质量,在施工过程中应注意每个施工的细节,并在设计过程中严格遵守标准,以确保工程质量^[9]。

[参考文献]

- [1]林延均.水利工程施工中塑性砼防渗墙施工技术的应用浅析[J].珠江水运,2022(3):44-46.
- [2]于珍.水利水电工程中塑性混凝土防渗墙施工工艺及应用实践[J].四川水泥,2021(9):39-40.
- [3]潘喜.水利水电工程大坝深覆盖层的处理和防渗墙施工要点[J].云南水力发电,2020,36(6):126-127.
- [4]朱学.浅析水利水电工程建筑中混凝土防渗墙施工技术的运用[J].华东科技:学术版,2022(12):181.
- [5]蔡广.浅析水利水电工程中混凝土防渗墙施工技术要领[J].城市建设理论研究,2024,4(30):68-70.
- [6]邹斌.水库大坝实施混凝土防渗墙施工技术分析[J].城市建设理论研究:电子版,2024(09):15-16.
- [7]张彬.水利工程泵站施工高喷防渗墙技术分析[J].珠江水运,2022(9):10-103.
- [8]黄那.液压抓斗成槽混凝土防渗墙技术在水库除险加固中的应用[J].江西建材,2021(5):171-172.
- [9]龚林.分析水利水电工程技术建筑中混凝土防渗墙施工技术[J].砖瓦,2020(9):186-187.

作者简介:

王超(1992--),男,汉族,山东省菏泽市单县人,大专,职称助理工程师,研究方向:水利水电工程。