

水利工程施工中混凝土防渗墙施工工艺研究

刘立安

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050021

摘要：水利工程作为社会发展的基石，其重要性不言而喻。混凝土防渗墙作为水利工程的关键组成部分，对于保障水资源高效利用、稳固工程结构及保护周边生态环境具有重大意义。本文旨在深入探讨水利工程施工中混凝土防渗墙的施工工艺，从施工准备、导墙修筑、造孔清孔、钢筋笼制作安装到灌浆技术及施工管理，以期为提高水利工程防渗能力、确保工程质量提供理论支撑与实践指导。

关键词：水利工程施工；混凝土防渗墙；施工工艺

引言水库大坝是水利工程中的重要内容，发挥了提供社会用水用电、防洪抗涝等重要作用。本文聚焦水利工程施工中混凝土防渗墙工艺。阐述其施工意义，关乎水资源利用、工程稳固与生态保护。介绍施工工艺，含施工各环节要点；还提出优化策略，涵盖加强设计勘探、优化施工技术、提升灌浆效果、强化管理检验，旨在提升混凝土防渗墙施工应用水平，保障水利工程质量与效益。

1 水利工程应用防渗技术的意义

水利工程宛如社会发展的生命线，在供水、防洪、灌溉等诸多关键领域都担当着无可替代的重要角色，而防渗技术的应用更是意义深远、举足轻重。（1）保障水资源高效利用。在水资源愈发珍贵稀缺的当下，水利设施一旦出现渗漏问题，后果不堪设想。供水工程里，哪怕细微的漏水点，也会让大量生活用水白白流失，导致部分区域供水不足，居民生活受到影响；灌溉渠道若是渗漏频发，农作物得不到充足滋养，产量与质量必然大打折扣。防渗技术严丝合缝地封堵每一处漏洞，让水资源不再无端损耗，沿着既定路线精准输送，极大提升了水资源的利用效率。（2）稳固水利工程结构。持续不断的水流渗透，会一点点侵蚀堤坝、水闸等工程的根基与坝体，内部土体逐渐变软、松散，结构强度直线下降。防渗技术恰似坚固的防护壁垒，全方位抵挡水流侵袭，大幅削减侵蚀危害，有力维系工程结构稳定，延长工程服役年限。（3）保护周边生态环境。渗漏水流裹挟着泥沙，一旦涌入周边土壤、水域，便会引发一系列生态连锁反应。而有效的防渗手段，截断渗漏源头，让周边生态系统维持自然平衡，保障生物多样性。

2 水利工程中混凝土防渗墙施工工艺

2.1 施工准备与测量定位

施工准备工作是水利工程混凝土防渗墙施工顺利开

展的基石。场地平整方面，需先清理施工区域内的杂物、石块与障碍物，利用推土机、装载机机械作业，让场地达到坚实、平坦的状态，为后续搭建临时设施与设备停放创造条件。对于测量定位，要组织专业测量团队，依据设计图纸，精准测定防渗墙的中心线。借助全站仪、水准仪等精密仪器，反复核对数据，误差严格控制在毫米级别，标记出关键控制点。设计审查不容小觑，施工、监理、设计三方人员齐聚，对防渗墙设计方案的结构强度、墙体厚度、深度等关键参数细致研讨，排查不合理之处及时优化。施工设备配置需综合考量工程规模与地质条件，配备充足的钻孔机械、泥浆搅拌机、起重机等，且进场前全面检修调试，保证性能完好。人员配置上，选拔有丰富防渗墙施工经验的技术人员、熟练操作工人，开展针对性安全与技能培训，为施工筑牢人力基础。修建施工平台，要依据承载要求，选用合适的填方材料，分层压实；导墙修筑时，精确放样，做好基础处理，为后续施工提供稳固支撑^[1]。

2.2 导墙修筑与泥浆制备

（1）导墙修筑材料与前期准备。施工前必须做好充分的场地清理工作，包括移除杂物和石块，平整地面，为机械设备的进场作业创造良好的环境。基槽开挖环节至关重要，小型挖掘机首先入场，根据设计图纸规定的导墙位置与走向进行粗挖。施工人员使用水准仪、经纬仪等测量工具频繁校验，为后续工序奠定坚实基础。

（2）完成基槽开挖并通过验收后，进入关键的钢筋绑扎阶段。技术人员严格按照设计蓝图选取规格合适的钢筋，精确控制钢筋间距，利用扎丝将主筋与箍筋牢固结合，构建起坚固的钢筋骨架，承担后续施工的各种负荷。支模时选用高精度模板，确保拼接处严丝合缝，防止漏浆现象。模板安装完毕后，开始浇筑混凝土，并通过振捣棒均匀插入混凝土各处，持续振捣直到表面泛浆

且无气泡冒出,以保证混凝土密实度。(3)膨润土因具有优异的吸水性和悬浮性而成为首选原料。施工时,先将膨润土缓慢加入搅拌池并加水,使膨润土颗粒充分吸水膨胀并分散开来,初步形成具有一定黏性的泥浆。接着按需添加纯碱(用于调节酸碱度)和羧甲基纤维素(CMC,增强泥浆黏度与稳定性),再次充分搅拌。最终制得的泥浆性能指标需精准达标:比重稳定在1.05至1.2之间,既能稳固孔壁又不影响施工;粘度维持在18至30秒,确保钻渣有效悬浮;含砂率不超过4%,失水量和泥皮厚度也需满足既定标准^[2]。

2.3 造孔与清孔换浆

(1)造孔设备的恰当选择,是施工顺利推进的首要前提。针对软土地层,回转式钻机堪称首选。当遭遇坚硬的岩层时,冲击式钻机便派上用场。它依靠强大的冲击力,一下又一下地砸向岩石,逐步破碎坚硬岩体,为后续施工开辟道路。(2)施工方法也各有千秋。钻劈法常用于打造较厚的防渗墙,前期先由钻机精准钻孔,随着深度增加,再启用劈裂器施力于相邻钻孔间的土体,反复循环这一动作。两钻一抓法则更为高效,先是钻机钻出导向孔,抓斗随后大显身手,迅速抓取其间土体,大大加快了施工节奏。(3)造孔全程,质量把控容不得丝毫马虎。实时监测孔斜是重中之重,每钻进特定深度,专业人员就得用测斜仪细致检查,一旦发现孔斜率超出0.4%这一红线,必须立刻纠偏,回填重钻也绝不含糊。同时,施工人员还得时刻留意地层变化,敏锐感知土质差异,灵活调整钻进参数,按需变动,以此保障成孔始终稳定。(4)抽筒法操作直观,凭借抽筒频繁出入孔内,将泥浆与钻渣一点点带出;泵吸法则借助强劲的泥浆泵吸力,快速清理孔内杂质。清孔标准极为严苛,孔底沉渣厚度务必严控在10厘米以内,泥浆性能也要焕然一新,比重得降到1.15以下,粘度稳定在17-20s,含砂率不超3%。各项指标全部达标,后续钢筋笼下放、混凝土浇筑才能稳稳当当,避免墙体出现夹渣、蜂窝等棘手缺陷,筑牢防渗墙品质根基^[3]。

2.4 钢筋笼制作与安装

(1)钢筋笼作为水利工程混凝土防渗墙的关键骨架,其制作起始于精心选材。依据设计给出的精确规格,采购人员需严格筛选优质钢筋,不仅查看钢筋的出厂合格证明,还会抽样送去专业实验室检测,确保其强度、延展性等关键性能达标。材料入场后,转运至宽敞平整的加工场地,随即开启放样工序。技术人员用高精度的测量工具,为主筋与箍筋的加工划定清晰路线。

(2)完成各部件加工,组装钢筋笼时,工人先将主筋有

序排列,再把箍筋逐一套入,必要时,还会辅以点焊加固。成型后的钢筋笼并非直接投入使用,而是全面检查尺寸,长度偏差严格控制在 ± 50 毫米内,宽度与高度也限定在 ± 10 毫米范围,钢筋规格、数量同样不容有误。运输阶段鉴于钢筋笼较长较重的特性,车上配备专门设计的稳固托架,牢牢托住钢筋笼。车辆行驶在运输路线上,应避免颠簸路段,防止途中出现变形,守护其完整状态。(3)安装时起吊设备的选择至关重要,操作人员规划起吊点,多点均衡受力,避免钢筋笼因自重可能产生的变形、扭曲风险。下放时操作人员操控起重机,让钢筋笼对准孔位,以缓慢又匀速的节奏下沉。下放全程,专人盯着孔内状况,一旦遭遇阻碍,即刻停下排查原因,查明后迅速处理。当钢筋笼终于就位,顶端定位更要精准,做好临时固定,让工程质量有坚实保障^[4]。

3 优化水利工程中混凝土防渗墙施工工艺应用水平的策略

3.1 加强施工设计与地质勘探

(1)施工设计是水利工程混凝土防渗墙施工的蓝图,地质勘探则是绘制这份蓝图的关键依据。在项目筹备初期,施工设计团队需联合地质勘查专家,组建专业的调研小组。调绘工作要覆盖施工区域及其周边广袤范围,利用高精度的测绘仪器,绘制详尽地形图,标记出山川、河流、沟壑等地形地貌特征,分析坡度、坡向对防渗墙布局的潜在影响。(2)钻探环节更为关键,要依据前期地形分析,科学规划钻孔位置与间距,钻孔深度直达预期防渗墙底部以下一定深度,精准提取不同地层的岩芯样本。针对软土层,不能仅知晓其分布范围、厚度,更要利用专业实验设备,测定密度、孔隙比、压缩系数等物理力学性质,剖析其承载能力与透水特性。

(3)水文情况调研要建立长期监测点,收集水位季节性变化、水流速度、流量等数据,气候调查则聚焦降水规律、暴雨强度、干旱周期等要素。有了海量一手资料后,设计团队展开头脑风暴。针对软土层易塌陷、渗漏风险高的问题,若是浅层软土,可考虑预先加固处理,如采用换填法,挖除软土换为透水性良好的砂石料;深层软土则借助深层搅拌桩等复合地基技术,增强土体稳定性,再据此设计防渗墙嵌入深度、墙体厚度与强度,让施工方案有的放矢,从源头上规避渗漏隐患。

3.2 优化混凝土防渗墙施工技术

混凝土配合比试验绝非简单的材料混合尝试,而是一场基于科学与工程需求的精细调配。要综合考量施工当地的原材料特性,选取不同产地、规格的水泥、骨料、外加剂,开展多组对比试验。测试新拌混凝土的坍

落度、扩展度,模拟不同施工时长后的凝结时间、硬化强度,根据防渗墙在水下浇筑、长期受水压力的工况,重点优化其抗渗性与抗侵蚀性指标,得出最佳配合比。修筑导墙时,除常规钢筋混凝土材质,可探索新型复合材料导墙的可行性。在设计上,运用有限元分析软件模拟不同工况下导墙受力,优化外形尺寸,增强其抵抗侧向土压力、水流冲击力的能力。固壁泥浆选择不再局限于传统膨润土泥浆,调研新型聚合物泥浆,对比其环保性、悬浮性、护壁效果。配制过程引入智能搅拌设备,精准控制加料顺序与搅拌时长。施工方法上,旋挖钻机配合冲击钻成槽时,要依据地层变化,灵活切换设备主导地位。软地层以旋挖钻机高效钻进为主,遇硬岩则冲击钻接力破碎。清孔换浆环节,研发自动化清孔设备,实时监测孔内泥浆质量,精准调控换浆速度与量。钢筋笼制安利用BIM技术预制,提前模拟安装过程,规避碰撞风险。墙体浇筑采用导管法时,优化导管布局,利用传感器监测混凝土上升高度,确保浇筑均匀、密实,全方位提升施工质量。

3.3 提升灌浆技术及应用效果

灌浆技术是水利工程防渗漏的有力武器,每种灌浆方法都独具特色与专长。(1)防渗帷幕灌浆通过在坝基或地下建筑周边钻孔,灌注水泥浆等浆液,形成连续防渗帷幕。其关键在于精准控制灌浆压力,依据地层渗透系数、孔隙大小,利用压力传感器实时反馈,微调压力,确保浆液均匀渗透填充孔隙,适用于各类坝基防渗,尤其是岩石地基。(2)高压喷射灌浆似一把强力喷枪,借助高压泵赋予浆液超高流速,冲击、切割土体,浆液与土体迅速混合凝固。施工时,要根据土质条件精准调节喷射压力、提升速度,在砂性土中,喷射压力适当调高,提升速度放缓,可有效构筑防渗墙体,常用于堤坝加固、地基防渗。(3)土坝坝体劈裂灌浆时,顺着坝体应力薄弱方向钻孔灌浆,撑开坝体原有裂缝,填充加固,技术难点在于精准定位应力薄弱区,通过预埋应力监测设备找准时机灌浆,防止坝体过度变形。控制性灌浆则是精打细算的高手,精准控制灌浆量、压力与扩散范围,避免浆液浪费与过度扩散。

3.4 强化施工管理与质量检验

施工管理是保障混凝土防渗墙施工工艺落地的指挥官,技术培训是武装施工人员的关键一步。定期邀请行业专家、资深工匠开展线下实操与线上理论结合的培训课程,不仅讲解常规施工流程,更聚焦新工艺、新技术难点。混凝土材料质量控制要建立全链条追溯体系,从原材料矿山、水泥厂源头把控质量,进场时每车必检,抽检水泥强度、骨料级配等关键指标,不合格品一票否决。灌浆过程管理更为精细,安装智能灌浆监测系统,实时记录灌浆压力、流量、浆液密度,一旦数据异常,立即预警,现场管理人员迅速响应调整。提升质量检验人员素质,要制定系统培训计划,涵盖岩土工程、材料检测、水利规范等知识模块,鼓励考取专业资质证书。充实技术储备,引进先进检测设备,如高精度探地雷达用于检测防渗墙内部缺陷,超声波检测仪评估混凝土密实度。在检验流程上,划分施工前原材料检验、施工中隐蔽工程验收、施工后整体质量评定阶段,出具详实检测报告,以严格管理与精准检验驱动施工水平稳步攀升。

结语

综上所述,混凝土防渗墙施工工艺在水利工程中扮演着至关重要的角色,通过优化混凝土配合比及施工技术,提升灌浆技术应用效果,并强化施工管理与质量检验,可以显著提高防渗墙施工水平和工程整体性能。未来,随着新材料、新技术的不断涌现,进一步探索智能化、环保型施工方法将成为发展方向,为水利工程建设提供更加坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]黄鑫策,杨信.水利工程施工中混凝土防渗墙施工工艺研究[J].砖瓦世界,2023(2):178-180.
- [2]于耀龙.水利工程施工中的混凝土防渗墙施工工艺研究[J].工程技术研究,2023,5(3):56-58.
- [3]张雪,张松露.水利工程施工中混凝土防渗墙施工工艺研究[J].居业,2022(1):61-63.
- [4]顾超.水利工程施工中混凝土防渗墙施工工艺研究[J].科技创新导报,2021,18(35):81-83.