

水利工程施工中堤坝防渗加固技术的应用

沙莉塔娜提·阿努尔

新疆维吾尔自治区玛纳斯河流域水利管理中心 新疆 石河子 832000

摘要:在水利堤坝工程建设实践中,防渗加固在很大程度上决定着工程整体质量安全,不仅能消除潜在的渗漏问题,还能显著延长工程使用寿命,确保水利设施的性能得到充分发挥。本文分析了堤坝结构渗漏病害的形成原因,总结当前主流的堤坝防渗加固技术路线,展望技术未来应用方向,阐述了常用的堤坝防渗加固技术的实践应用方法。旨在有效提高堤坝的防渗性能和整体稳定性,从而保障水利工程的安全运行。

关键词:水利工程;堤坝防渗加固;施工技术

引言:目前,我国现存大量修建于上世纪的水利基础设施,随着时间推移,由于年久失修和结构老化严重,堤坝结构频繁出现渗漏病害,降低水利工程效益,还会出现堤坝结构整体垮塌等安全事故,危及当地居民人身安全和财产安全。因此,应对现有堤坝结构进行防渗加固改造,延长水利基础设施使用寿命,提高工程安全系数。

1 水利工程堤坝防渗加固技术应用概述

1.1 堤坝渗漏原因

堤坝作为水利工程一项重要基础设施,其体积庞大、工艺流程复杂、施工难度系数高,结构病害率远超其他水利基础设施,一旦发生设计方案不合理、施工操作失误或者堤坝结构长期遭受外界环境侵蚀,都可能出现结构渗漏病害。根据同类工程施工案例来看,堤坝渗漏核心原因包括材料缺陷、结构变形、技术缺陷,应围绕病害原因选择相应的防渗加固技术,才能取得理想加固效果,预防渗漏问题。

第一,材料缺陷:堤坝结构材料长期承受水流冲刷,结构状态发生改变,材料力学性能有所下滑,早期修建堤坝多为岩石结构岩石颗粒发生变化,结构抗剪强度持续下滑,最终出现坝体开裂、渗漏和坍塌问题。第二,结构变形:堤坝底部结构长期浸泡水中,同时受到温度变化、应力等多重因素影响,逐渐出现堤坝形变现象,形变值持续累积,最终因变形程度超标而导致结构开裂,裂缝形成渗水通道,坝基部位渗漏概率相对最高^[1]。第三,技术缺陷:施工技术标准模糊,以及工艺技术本身存在局限性,堤坝结构本身防水抗渗性能不佳,如在坝基填筑环节,没有去除填料内混入的草根树叶、腐殖土等杂质,因杂质率而导致坝基结构在使用期间出现沉降开裂问题。

1.2 技术路线

目前,在水利工程堤坝防渗加固项目,主要采取灌浆防渗、墙体防渗、土工膜防渗三类技术,防渗加固机理不同。

第一,灌浆防渗。在堤坝结构内部或是外围,利用压力注入灌浆材料,浆液一段时间后硬化固结,形成具备阻水抗渗性能的固结体,或是封闭堤坝结构内部裂缝、空洞来消除渗水通道。灌浆防渗技术存在多项工艺做法,包括劈裂灌浆、高压填充灌浆、低压速凝灌浆,适用于堤坝结构不同部位。以劈裂灌浆技术为例,以坝身作为加固部位,按照梅花形或是直线形钻设浅孔,沿轴线在堤坝顶部和堤外肩等位置钻设多处灌浆孔,按照从上到下顺序灌注浆液,用于减少裂缝数量。第二,墙体防渗。也被称为防渗墙技术,可以将其视为一类具备防渗功效的连续墙体,按照地下连续墙工艺开展作业,堤坝结构上开凿浇筑形成墙体,起到防渗封堵作用。也可选择采取高压喷浆成墙方式,在堤坝下部地基覆盖层或是接触带位置形成防渗墙体,利用高压射流切削土体,充分搅拌土体和固化剂,最终形成圆柱形固结体^[2]。第三,土工膜防渗。选用聚乙烯膜或无纺布作为防渗材料,清理原有堤坝结构表面杂物,先后在坝坡、库区上铺设土工膜,外部铺设保护层和护坡干砌石,土工膜和堤坝结构保持紧密贴合作用,负责拦截外部水流冲刷侵蚀内部堤坝结构。

1.3 技术应用方向

早期水利工程主要使用水泥砂浆、混凝土作为防渗加固材料,水泥类制品本身具备干缩特性,固结期间容易出现体积收缩变形问题,防渗材料与周边土体或是堤坝结构的结合效果不够紧密,存在“两张皮”现象,实际防渗效果很难达到预期设计要求。因此,需要把提高注浆材料性能作为堤坝防渗加固技术的未来应用方向,优先使用新推出的高聚物注浆材料,如聚氨酯灌浆

材料,由异氰酸酯与多元醇反应生成,具备注浆可控、绿色环保、耐腐蚀、抗渗性能与力学性能理想的显著优势,综合应用表现远超传统防渗加固材料。同时,稳步提升堤坝防渗加固施工水平,还要推动新型高聚物注浆材料和防渗加固工艺技术相互融合,创新工艺做法。以防渗墙加固技术为例,采取高聚物柔性防渗墙技术,直接在待加固部位开挖形成连续槽孔,向槽孔内部注入浆液,浆液在狭长窄槽内保持流动填充状态,并出现体积膨胀现象,完全填充槽内空间,最终固化形成高聚物薄片体结构,组合形成连续均匀的防渗墙体,取代挖槽、注浆、搅拌的工艺做法,有助于提高施工效率和降低施工难度系数。同时,相比混凝土防渗墙体,高聚物柔性防渗墙抗渗效果更为理想,具备扰动小、抗震抗裂性能好的优点,当前可用于造墙深度小于30m的水利工程。

2 堤坝防渗加固施工技术在水利工程施工中的应用

2.1 防渗墙抗渗加固技术

堤坝防渗墙抗渗加固施工阶段,当前主要采取混凝土置换成墙方式,在堤坝结构抗渗性能下滑严重、材料老化严重部位开挖成槽,槽内灌注混凝土,等待混凝土结构固化成型后,由多段墙体组成完整的防渗墙体,此项技术具备工艺成熟、防渗性能问题和适用范围广的优势。现场施工期间,施工人员必须掌握导墙修筑、钻孔、设置喷射管、固壁注浆、清孔浇筑、承压导管搭接六道工序的操作要点,具体如下。

2.1.1 导墙修筑

根据堤坝结构质量鉴定报告来确定防渗墙修筑位置,按照设计图纸,现场弹放定位控制线,用于标记防渗墙施工位置。定位放样结束后,即可在槽段周边修筑导墙,就地灌注混凝土形成导墙结构,导墙深度控制在1.2-1.5m,要求墙体顶面高度略高于周边地面或是坝面,通过导墙来控制防渗墙形状尺寸、容蓄泥浆和承受施工机械荷载。必须根据现场施工情况来确定槽段、导墙间距值,综合分析修筑范围面积直径、高程值、承接距离、内侧净距等因素来确定^[3]。

2.1.2 钻孔

施工人员在防渗墙设计位置上等距钻设多处钻孔,钻机保持水平状态,钻机底部放置承压模板起到垫平作用,确保钻孔期间不出现晃动、孔斜问题,按照设计图纸标记各处钻孔位置。完成前置作业后,启动钻机,按顺序依次钻设孔洞,钻进间距控制在4.5m左右,钻孔范围和墙体等效防渗覆盖范围完全重合。钻孔完毕后,现场准备抓斗,对钻孔部位开展挖槽作业,开挖形成多处槽段,清理槽内垃圾杂物,保持槽壁垂直完好状态和槽

底平整坚实状态,最终把各处区段防渗槽相互衔接形成整体槽段。

2.1.3 设置喷射管

成槽处理完毕后,施工人员着手在槽段内设置多处喷射管,后续通过喷射管,向槽内注入水泥砂浆或是混凝土材料,喷射管下设上年度与间距合理与否,直接关系到防渗墙体成型效果。正常工况下,根据预期喷射范围直径、喷射次数、堆叠范围直径以及孔距变动数值等因素来确定喷射管下设深度,要求相邻喷射管间隔距离略小于单根喷射管有效喷射半径,相邻喷射范围保持一定比例的重叠状态,确保不会形成喷射盲区死角和墙体抗渗薄弱环节。同时,提前清理喷射管内残留浮浆和堵塞物,保持管壁畅通状态,并在喷嘴部位采取临时封闭措施,喷嘴外部包裹一层塑料布,阻拦槽底土体杂质进入喷嘴。

2.1.4 固壁注浆

以强化防渗加固效果为目的,混凝土浇筑前,向槽段内部注入浆液,采取旋转喷射方式,槽壁表面形成一层保护性泥皮,起到支撑作用。一方面,施工人员检查固壁效果,如果槽壁上存在空隙部位,使用膨胀土对空隙部位加以填充处理。另一方面,根据下设层级来控制注浆深度和固壁厚度。例如,下设层级为过渡承压层时,把注浆深度控制在2.0-2.5m,固壁厚度控制在0.3m左右^[4]。

2.1.5 清孔浇筑

注浆处理结束后,立即开展墙体清孔和二次浇筑作业。施工人员利用高压水枪,反复冲洗墙体孔壁位置和底部注浆位置,彻底清除表面残留泥浆、砂石,定期置换槽内浆液,确保因浆液状态变化而引起槽壁坍塌现象。清孔结束后,通过导管向槽段内部重复开展注浆作业,推荐采取泥浆直升导管方式,直至混凝土浇筑液面和周边导墙面保持平齐状态。

2.1.6 承压导管搭接

防渗墙浇筑成型、处在凝固状态时,施工人员对外扩承压导管进行搭接处理,多根钢管横向搭接,钢管四角部位和中间分别使用角钢与定位钢筋进行固定。搭接完毕后,继续在墙体孔口位置开展回浆作业,采取静压回填方式。

2.2 土工膜防渗技术

土工膜防渗技术主要用于加固处理本体结构老化程度轻微、外部护砌保护设施在水流冲刷下受损程度严重的堤坝设施,清理残留护砌结构,露出内部堤坝结构,堤坝表面重新铺设土工膜作为防水层,外部修筑防冲保护层。现场施工阶段,施工人员必须掌握土工膜铺设、

土工膜搭接、防冲保护层施工三项工序的操作要点,具体如下。

2.2.1 土工膜铺设

提前做好基层处理、土工膜裁剪在内的准备工作,完全拆除堤坝原有垫层土方与砂砾石,保持基层表面平整、光滑和洁净状态,并把土工膜裁剪为特定尺寸形状,要求土工膜边缘面保持规则平整状态。完成前置作业后,按照从上到下顺序铺设土工膜,土工膜运往坝顶位置,顺坡滚下展开土工膜,展开到坝脚位置,分幅铺设土工膜,测量调整铺设位置,结合面上涂刷足量胶液,保持土工膜和堤坝表面紧密贴合状态,使用滚筒等工具,反复辊压土工膜表面,直至边缘部位向外溢出胶液^[5]。

2.2.2 土工膜搭接

采取热熔连接方式,相邻两幅土工膜交界面下部放置铝合金条,保持搭接面洁净状态,使用报纸或是其他材料进行遮盖处理,搭接宽度控制在100mm。现场准备电熨斗或是其他加热设备,逐段焊接加热铝合金条,细致检查搭接质量。如果存在虚焊等质量病害,则使用更大直径母材进行补焊处理。

2.2.3 防冲保护层施工

全部土工膜铺设搭接完毕后,土工膜上部铺筑防冲保护层,当前主要使用砂砾石作为外部保护材料,选用厚度在10-25cm不等的砂砾石,清理砂砾石内含有的杂质,避免所含尖锐物体扎破土工膜。施工人员尽量放轻动作,确保不会破坏已铺筑完工土工膜,及时对破损部位加以修补处理。

2.3 劈裂灌浆防渗加固技术

劈裂灌浆技术是沿着堤坝轴线方向,延伸开展钻孔注浆作业,利用压力把浆液充填到堤坝结构内部,彻底封闭裂缝在内的各类渗水通道,最终形成一层竖向帷幕保护层。现场施工阶段,必须掌握分序钻灌、封孔、复灌三项工序的操作要点,具体如下。

2.3.1 分序钻灌

按照设计图纸在现场标记各处灌浆孔位置,根据堤坝结构状态和定向劈裂规律来确定布孔方案,布设多排灌浆孔,相邻孔距值控制在3.0m左右。孔位布设完毕后,启动钻机开展钻孔作业,核对检查孔深、孔径和孔距,清理孔内沉渣,保持孔内洁净干燥状态。现场制备黏土混合

浆液,遵循“随拌随用”原则,必须在浆液凝结前完成灌浆作业,灌浆压力控制在0.05MPa左右,浆液密度保持在1.25-1.60g/cm³区间,初期灌浆压力和浆液密度较小,随着时间推移,同步提升灌浆压力与浆液密度。

2.3.2 封孔

注浆结束后,施工人员拔出注浆管,继续向孔内注入浓稠浆液,浆液密度保持在1.50g/cm³以上,采取机械封孔方式,间隔24h后再次注浆,重复上述操作过程,直至浆液表面高度和坝顶高度保持一致、不再出现沉降现象。后续使用黏土彻底封闭孔口。封孔期间,同步观察坝面开裂情况,确定存在裂缝病害后,裂缝两侧以及上部2m位置开孔注浆,酌情增加注浆压力,以堤坝边坡冒浆作为停灌依据。

2.3.3 复灌

为强化防渗加固效果,需要分多次开展注浆作业,总体灌注次数控制在5次,单次持续灌注时间控制在5d,可以酌情减少单次灌注时间和增加总体复灌次数。经过复灌作业,可以把防渗加固区实际吸收浆液量从60%总灌浆量提升至90%总灌浆量以上。

结语:综上所述,为顺利实现水利堤坝防渗加固施工目标,确保堤坝结构长期具备强大防水抗渗能力,避免加固后再出现结构渗漏、开裂病害,施工单位必须加强对堤坝防渗加固技术应用力度,以标准化施工和改进工艺做法作为施工准则,重点把控现场施工过程,明确提出技术标准要求,为水利堤坝工程建设质量提供技术保障。

参考文献

- [1]陈娟.水利工程施工中堤坝防渗加固技术应用及质量控制分析[J].电子乐园,2023(1):193-195
- [2]杨东生.关于水利工程施工中堤坝防渗加固技术的应用[J].甘肃科技纵横,2020,49(01):43-45+13.
- [3]李长勇.水库堤坝劈裂灌浆防渗加固施工技术[J].河南水利与南水北调,2024,53(07):58-59.
- [4]朱明栓,李世恩.混凝土防洪堤坝防渗墙加固施工技术[J].江西建材,2022,(11):95-97.
- [5]陈鹏.水利工程施工中堤坝防渗加固技术探析[J].中国地名,2024(4):0103-0105