

水利工程基坑施工的防渗处理技术与实践应用

柏翔翔

(阜阳市颍泉水利建筑有限公司, 安徽 阜阳 236000)

摘要 本文结合水利工程基坑施工实操经验, 梳理基坑渗漏的主要类型、成因及防控原则, 构建柔性、刚性、复合三类防渗技术体系, 明确各技术的应用要点, 并结合小型水库基坑实例, 验证防渗技术的实用性。基坑渗漏是水利工程的“顽疾”, 处理不当易引发边坡失稳、地基破坏等隐患, 本文提出的防渗方案贴合一线施工实际, 兼顾可行性与经济性, 旨在为同类水利工程基坑防渗施工提供实操参考。

关键词 水利工程; 基坑施工; 防渗处理技术; 渗漏防控

中图分类号: TV551.4

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.19.041

0 引言

基坑施工是水利工程建设的基础环节, 而防渗处理则是保障基坑施工安全的“生命线”。水利工程多地处地下水位高、地质复杂区域, 基坑开挖后极易出现坡面、基底、接缝等各类渗漏问题, 若处理不及时, 会导致边坡坍塌、管涌翻砂, 不仅延误工期、增加成本, 还会留下工程安全隐患。当前, 部分工程因防渗技术选择不当、施工操作不规范, 渗漏问题频发。基于一线施工实践, 本文系统梳理基坑防渗处理技术, 结合工程实例分析应用成效, 为规范基坑防渗施工、提升防控效果提供实操支撑, 助力水利工程基坑施工安全有序推进。

1 水利工程基坑渗漏类型及成因分析

1.1 基坑渗漏主要类型及特征

结合现场施工经验, 基坑渗漏主要有三种类型, 每种类型的特征都很明显, 一线施工时很容易区分。第一种是坡面渗漏, 主要出现在基坑边坡上, 大多是因为边坡开挖坡度不合理, 或者坡面防护不到位, 雨水冲刷、地下渗水顺着坡面缝隙渗出, 表现为坡面湿润、有细小水流, 严重时会出现坡面冲刷沟, 甚至局部土体滑落, 这种渗漏在雨季特别常见, 处理不及时会加剧边坡失稳。第二种是基底渗漏, 也就是基坑底部出现渗水, 这种情况多发生在地下水位高、地基土层透水性强的区域, 表现为基底局部积水、有冒水点, 严重时会出现翻砂、管涌现象, 就是地下水带着泥沙从基底冒出, 若不及时处理, 会导致地基承载力下降, 影响后续基础施工。第三种是接缝渗漏, 主要出现在

基坑支护结构的接缝处、施工缝或者穿墙管周围, 因为这些部位施工时衔接不到位, 存在缝隙, 渗水会顺着缝隙渗出, 这种渗漏虽然流量不大, 但不容易被发现, 长期渗漏会腐蚀支护结构, 埋下安全隐患。

1.2 渗漏产生的核心成因剖析

渗漏产生的原因主要是地质、施工、设计三个方面。从地质条件来看, 若基坑所在地的土层透水性强, 比如砂层、砾石层, 地下水丰富且水位高, 开挖后地下水很容易渗透到基坑内, 这是先天因素, 也是最难控制的。还有一些区域存在断层、裂隙, 这些都是渗水的天然通道, 若施工前勘察不到位, 很容易出现渗漏问题。施工因素是最常见的原因。例如: 开挖过程中, 边坡坡度挖得太陡, 超过土体的稳定极限, 坡面防护不及时, 雨水一冲刷就会出现缝隙, 引发渗漏; 还有施工缝处理不到位, 浮灰没清理干净、振捣不密实, 导致接缝处存在空隙; 另外, 防渗材料质量不达标, 如土工膜有破损、灌浆材料配比不合理, 施工时操作不规范、灌浆压力不够、土工膜铺设不平整, 这些都会导致防渗效果大打折扣, 进而产生渗漏。设计因素也不能忽视, 若设计时没有结合现场地质条件, 选用的防渗技术不合理, 或者防渗结构设计存在缺陷, 如防渗墙厚度不够、排水系统设计不完善, 也会导致施工后出现渗漏^[1]。

1.3 防渗处理的核心原则与防控要点

基坑防渗处理的核心原则有: 一是“堵排结合、因地制宜”, 二是“预防为主、及时处理”。堵排结合就是既要堵住渗水通道, 又要及时排出基坑内的积

作者简介: 柏翔翔 (1987-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利水电工程。

水,不能只堵不排,也不能只排不堵,不然都达不到防渗效果;因地制宜就是根据现场地质条件、渗漏类型,选择合适的防渗技术,不能盲目照搬其他工程的方案,如砂层地基和黏土地基,适用的防渗技术就不一样。

在防控要点方面:首先,施工前要做好地质勘察,把地下水位、土层分布、断层裂隙等情况摸清楚,这样才能制定合理的防渗方案;其次,施工过程中要加强过程控制,比如边坡开挖后及时防护,施工缝、穿墙管等关键部位重点处理,防渗材料进场前严格检验,避免使用不合格材料^[2];再次,要加强监测,安排专人定期查看基坑坡面、基底和接缝处,一旦发现渗漏迹象,及时采取处理措施,不能拖延,不然小渗漏会发展成大隐患;最后,施工人员的操作水平也很关键,要做好岗前培训,确保施工人员熟悉防渗技术的操作要点,避免因操作不当导致渗漏。

2 水利工程基坑施工防渗处理技术体系及应用要点

2.1 防渗技术体系构建原则

构建基坑防渗技术体系的核心就是结合工程实际,确保技术可行、经济合理、效果可靠。首先,要坚持“适配性”原则,根据基坑规模、地质条件、渗漏类型,选择合适的防渗技术。例如:小型基坑、渗漏量小的区域,可采用简单的柔性防渗技术,大型基坑、地质复杂的区域,就需要采用复合防渗技术;其次,要坚持“经济性”原则,在保证防渗效果的前提下,尽量选用成本低、施工简便的技术,避免过度设计,增加工程成本;最后,要坚持“安全性”原则,防渗技术不仅要能防止渗漏,还要能兼顾基坑的稳定性,避免因防渗施工影响基坑支护结构的安全,这一点在深基坑施工中尤其重要^[3]。

2.2 柔性防渗处理技术及应用要点

柔性防渗技术是现场施工中最常用的,优点是施工简便、成本低、适应性强,适合大多数中小型基坑,尤其是渗漏量不大、地质条件相对简单的区域。常用的柔性防渗技术主要有土工膜铺设、黏土铺盖、膨润土防水毯铺设三种。土工膜铺设是最普遍的,操作也简单,但必须注意:一是土工膜的质量要过关,进场后要抽样检验,不能用有破损、漏洞的膜;二是铺设前要清理坡面和基底,去除尖锐杂物,避免刺破土工膜,铺设时要拉平、拉紧,不能出现褶皱;三是接缝处要采用热焊接,焊接时要控制好温度和压力,焊接后要进行抽样检测,确保接缝处不漏水。黏土铺盖适合黏土层丰富的区域,就地取材,成本很低,铺设时要分层压实,压实度要达到设计要求,不然黏土本身透水

性强,起不到防渗效果。膨润土防水毯铺设,适合地下水位较高的区域,它遇水膨胀,能自动封堵缝隙,铺设时要注意搭接宽度,搭接处要压实,避免出现缝隙。

2.3 刚性防渗处理技术及应用要点

刚性防渗技术主要用于渗漏量较大、地质条件复杂的基坑,比如深基坑、砂卵石地基,优点是防渗效果好、耐久性强,缺点是施工复杂、成本较高。常用的刚性防渗技术有防渗墙、灌浆防渗两种。防渗墙施工主要用于阻断地下水位较高的渗水通道,比如砂层、砾石层地基,施工时采用钻机成槽,然后浇筑混凝土,形成连续的防渗墙。需要注意的是,成槽时要控制好槽壁的稳定性,避免槽壁坍塌,浇筑混凝土时要连续浇筑,不能出现断桩、冷缝,不然会影响防渗效果。灌浆防渗适合存在断层、裂隙的地基,通过钻机钻孔,向裂隙或土层中注入灌浆材料,填充缝隙,形成防渗帷幕。灌浆时要控制好灌浆压力和灌浆量,根据地质条件调整灌浆材料的配比,灌浆后要进行压水试验,检验防渗效果,若不合格,就要重新灌浆。

2.4 复合防渗处理技术及应用要点

复合防渗技术就是把柔性防渗和刚性防渗相结合,取长补短,适合地质条件复杂、渗漏风险高的大型基坑,比如水库基坑、大型水闸基坑。该技术的核心是“刚性堵水、柔性补缝”,比如先施工防渗墙,阻断主要渗水通道,然后在防渗墙表面铺设土工膜,封堵防渗墙的接缝和细小裂隙,这样既能保证防渗效果,又能适应地基的轻微变形,避免防渗结构开裂。

应用时要注意,两种防渗技术的衔接要到位,比如防渗墙顶部和土工膜的搭接处,要进行密封处理,避免出现渗水通道;另外,要根据现场渗漏情况,调整两种技术的组合方式,不能千篇一律^[4]。例如:在某水库基坑施工中,采用“防渗墙+膨润土防水毯”的复合防渗方案,防渗墙阻断深层渗水,膨润土防水毯封堵浅层缝隙,最终防渗效果很好,基坑内几乎没有出现渗漏现象。

2.5 辅助防渗与排水技术

辅助防渗与排水技术虽然不是主要的防渗手段,但在实际施工中必不可少,能有效提升防渗效果,减少渗漏隐患。常用的辅助技术有井点降水、集水明排、排水盲沟三种。井点降水适合地下水位较高的基坑,通过井点抽取地下水,降低地下水位,减少渗水压力,从源头减少渗漏,施工时要控制好井点的间距和深度,确保降水效果均匀。集水明排适合基坑内积水较多的情况,在基坑底部设置排水沟和集水井,将基坑内的

渗水和雨水收集起来,然后用抽水设备排出,避免积水浸泡地基,加剧渗漏。排水盲沟适合基底透水性较强的区域,在基底铺设盲沟,填充碎石等透水性材料,将渗水引导到集水井,再排出基坑,既能排水,又能辅助防渗,减少基底渗漏。需要注意的是,排水系统要定期清理,避免堵塞,不然会影响排水效果,导致基坑内积水。

3 工程实例分析

3.1 工程概况

某小型水库扩容改造工程基坑施工项目,该水库位于山区,主要用于灌溉和防洪,基坑开挖深度 8.5 m,开挖面积约 1 200 m²。现场地质勘察显示,基坑所在地土层主要为砂层和黏土层,地下水位较高,距地表约 3.2 m,土层透水性较强,存在轻微断层裂隙,施工过程中容易出现坡面渗漏和基底渗漏,结合工程实际,制定了“复合防渗+井点降水”的防渗方案。

3.2 防渗技术应用过程

施工前,先对基坑周边进行清理,做好地质复测,确认地下水位和土层分布情况,然后开始井点降水施工,在基坑周边设置轻型井点,间距 1.5 m,深度 10 m,持续抽水 3 天,将地下水位降至基坑底部以下 0.5 m,减少渗水压力。接着进行刚性防渗墙施工,采用冲击钻机成槽,槽宽 0.8 m,深度 12 m,浇筑 C25 混凝土,形成连续的防渗墙,浇筑过程中严格控制浇筑速度,避免出现断桩,浇筑完成后养护 7 天^[5]。

防渗墙施工完成后,进行柔性防渗处理,在基坑坡面和基底铺设 HDPE 土工膜,坡面铺设前先清理坡面,去除尖锐杂物,铺设时拉平拉紧,接缝处采用热焊接,焊接后抽样检测,确保无渗漏;基底土工膜铺设后,覆盖 5 cm 厚的黏土保护层,防止土工膜被后续施工损坏。同时,在基坑底部设置排水盲沟和集水井,盲沟间距 2 m,集水井间距 10 m,及时排出基坑内的渗水和雨水,辅助防渗。在施工过程中,安排专人每天监测基坑渗漏情况,发现坡面有细小渗漏点,及时采用密封胶封堵,确保防渗效果。

3.3 应用成效分析

该工程基坑防渗施工完成后,经过一个月的监测,基坑坡面、基底和接缝处均未出现明显渗漏现象,地下水位控制在设计范围内,基坑边坡稳定,无坍塌、管涌等隐患。在施工过程中,未因渗漏问题导致施工停滞,工期比计划提前 3 天,成本控制在预算范围内。后续基础施工顺利推进,混凝土浇筑质量达标,经过后期验收,防渗效果符合设计要求,满足工程使用需求。

从实际应用来看,制定的“复合防渗+井点降水”方案,完全适配该工程的地质条件和渗漏类型,刚性防渗墙阻断了深层渗水通道,土工膜封堵了浅层缝隙,井点降水和排水系统减少了渗水压力,三者协同作用,达到了良好的防渗效果。同时,施工过程中注重细节控制,比如土工膜焊接检测、防渗墙养护,这些都是保证防渗效果的关键,也为后续同类工程提供了实操经验。

3.4 案例启示

第一,基坑防渗施工,前期地质勘察一定要充分,全面查明地质条件和地下水位情况,才能制定合理的防渗方案,避免盲目施工;第二,防渗技术的选择要因地制宜,不能照搬其他工程的方案,要结合基坑规模、渗漏类型,选择合适的防渗技术,必要时采用复合防渗方案,提升防渗效果;第三,施工过程中的细节控制至关重要,如防渗材料的检验、施工缝的处理、土工膜的焊接,任何一个环节出现问题,都会影响防渗效果;第四,要加强施工监测,及时发现渗漏迹象,及时处理,避免小渗漏发展成重大隐患;第五,施工人员的操作水平直接影响施工质量,要做好岗前培训,确保施工人员熟悉操作要点,规范施工。

4 结束语

水利工程基坑防渗处理是保障工程安全的关键,其核心在于立足现场地质条件、渗漏类型,遵循“堵排结合、因地制宜”原则,科学选用适配的防渗技术。当前基坑渗漏主要源于地质、施工、设计三方面因素,柔性、刚性、复合防渗技术各有适配场景,辅助排水技术可进一步提升防渗效能。结合工程实例验证,合理搭配防渗技术、严控施工细节、强化过程监测,能有效杜绝渗漏隐患,确保基坑施工安全。

参考文献:

- [1] 郭浩,沈利.水利工程施工中渗水原因及防渗技术研究[J].城市建设,2026(01):63-65.
- [2] 张润超.防渗处理施工技术在水利工程中的具体应用[J].价值工程,2025,44(11):151-154.
- [3] 李相奇.水利工程施工中渗水原因及防渗技术研究[J].水上安全,2025(11):182-184.
- [4] 周建,何英建,潘春强.膜袋灌浆法在深基坑施工中的应用[J].四川水力发电,2024,43(05):42-44.
- [5] 杜玲,曾令冬.分析水利工程基坑排水施工要点:结合华水防渗复合板产品设计优化[J].数码设计(电子版),2024(11):167-170.