

水利大坝防渗施工技术应用与实践

王赞佳

新疆北方建设集团有限公司 新疆 奎屯 833200

【摘要】：水利大坝是水资源调控、防洪减灾、灌溉供水的重要基础性设施，在大坝防渗方面起着至关重要的作用，直接影响到大坝的安全运行以及使用寿命长短，同时也是保护下游人民群众生命财产安全的第一道防线。本文立足于水利大坝工程现场实际情况，聚焦接地气的施工场景，对大坝防渗施工主要技术、应用要点及改进措施进行了探讨研究，针对不同地层条件下适用防渗技术进行了比较分析，解决了施工现场遇到的一些难题，为提高大坝防渗质量及运行可靠性提供了有益借鉴，有利于促进大坝防渗工作的科学化、精细化水平进一步提升。

【关键词】：水利工程大坝；防渗施工技术；施工实践；除险加固；防渗质量

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.084

引言

随着我国水利建设的持续推进，水利大坝在防洪、防旱及水资源调配等方面发挥着至关重要的作用。防渗面板作为大坝建设中的核心部分，其施工质量直接决定了大坝的防渗性能和整体稳定性。水利工程大坝对于国家经济发展起着重要作用，在防洪、灌溉、供水、发电等方面发挥着巨大作用，而防渗施工是大坝建设以及除险加固过程中必不可少的一环。大坝渗流问题一直困扰着工程技术人员，如果防渗处理不好就会造成管涌、渗透破坏、坝体失稳等一系列问题，严重影响大坝寿命甚至危及人民生命财产安全^[1]。近年来由于水利工程建设规模日益扩大及运行时间延长，老化的防渗结构和复杂的地质条件给新建大坝带来了新的挑战，传统的防渗方法已经不能满足实际需要。因此有必要对水利工程大坝防渗施工技术进行研究并加以应用，针对现场存在的问题改进工艺流程，提高工程质量，以确保大坝的安全可靠运行。本文结合施工现场情况探讨相关技术和注意事项。

1 水利大坝防渗施工核心痛点及成因分析

1.1 地质条件复杂，防渗适配难度大

水利工程大坝选址受到地形、地质条件的影响较大，各个地区的地质情况也各不相同，给防渗施工造成了一定困难。一些大坝修建在砂卵石地基或者喀斯特裂隙发育的地基上，这些地基透水性较强，容易形成集中渗流路径，在防渗处理时如果方法不当就会产生渗漏问题；另外还有一些地方有较高的地下水位以及较大的土层含水量，在施工期间会发生基坑突涌、边坡失稳的现象，这不仅会延误工期还会使防渗结构体施工质量下降从而埋下隐患^[2]。此外，老化的水库大坝由于长时间服役导致其主体及基础出现老化、开裂等情况使得对它的防渗补强工作更加困难重重，传统的防渗手段很难满足不同类型部位的渗漏特征需求。

1.2 施工工艺不规范，施工质量参差不齐

防渗施工工艺要求严格，但是在实际工程实施过程中，一些施工单位为了抢工期、节省成本等目的而忽视施工工艺的操作规范性，造成防渗效果不佳。如帷幕灌浆施工中出现钻孔深度不够、灌浆压力过大或过小以及浆液配比不合适等情况都会使灌浆体松散从而达到良好的防渗效果；在混凝土防渗墙的施工过程中如果清孔不到位或者浇筑时断时续就会产生墙体开裂及接缝漏水的现象；在铺设土工膜的过程中由于膜体连接处密封不良或者是地基处理不好也会引起膜体破裂丧失其防渗功能^[3]。此外，施工人员的技术水平良莠不齐，有的工人未经过专业的技能培训对于相关施工规程和技术要点不了解，也会给工程质量带来一定的影响。

1.3 后期维护缺失，防渗效果衰减快

大坝防渗工程不是一劳永逸的，后期维护养护也是保证防渗效果持久有效的关键所在，但是目前大多数水利工程大坝都存在“重建设、轻管理”的问题，在一些大坝竣工后并没有建立健全完善的防渗监测以及维修制度，不能及时发现防渗体损坏老化等情况；还有一些年代较久远的大坝防渗设施多年未做检查维修，随着时间推移，防渗材料老化，防渗结构损坏，造成渗漏情况越来越严重。另外有些地区遇到恶劣天气或者自然灾害时，大坝防渗设施容易受到破坏，如果不能第一时间抢修，就会使渗漏隐患进一步加剧，危及大坝正常运行。

2 水利大坝防渗施工核心技术及现场应用要点

2.1 帷幕灌浆防渗技术及应用要点

帷幕灌浆是水库大坝地基防渗的主要手段，在岩基、砂卵石等地质条件较差的地层中应用较多，采用高压灌注的方式把浆液注入到地基的裂缝以及孔洞之中，从而形成一道完整的防渗帷幕来阻止水流渗透。这种工艺操作简便，适用性强，是在

施工现场使用频率很高的一种防渗方法,其在工程中的具体实施需要注意以下几点:首先做好前期工作^[4]。开工之前应对大坝的基础情况进行详细的调查研究,了解清楚裂隙的位置、渗透系数等相关信息并据此决定灌浆孔的位置、直径及深度,防止盲目施工造成不必要的损失;其次准备好灌浆料。根据具体情况选择合适的配方调配浆液使其具有良好的流动性与胶结性以保证浆液质量,防止由于配料错误而影响到最终的效果;最后检查灌浆设备的状态是否良好,保证钻机、灌浆泵等机器处于完好状态以免发生意外情况耽误工期进度。其次进行合理的施工操作。钻孔作业时要把握好垂直度,避免出现偏斜现象导致灌浆区域超出预定范围。在完成钻探后,应及时清除孔内的碎屑和积水,使孔壁保持干净整洁;灌浆阶段需严格把控压力值与流速大小,依据实际情况逐级加压,直至达到设计要求的压力值,以防过高压引起塌陷或者过低压力造成浆液不能很好地填充缝隙;同时密切关注浆液注入量及回浆状况,一旦发现漏浆或冒浆现象,就立即采取措施加以堵住,以免影响整体效果。最后加强后期的质量检验。灌浆结束后应对整个项目进行全面检测,可通过取样分析、注水试验等手段评估防渗帷幕的整体质量和抗渗能力,如果发现问题及时补救,确保防渗帷幕可以有效地阻止渗水的发生。



图1 帷幕灌浆施工流程

2.2 混凝土防渗墙施工技术及应用要点

混凝土防渗墙技术主要用于大坝主体及基础防渗,在砂砾石地基、软土地基等地段可形成连续的垂直防渗体,具有良好的抗渗性和稳定性,是新建大坝以及旧有大坝除险加固常用的一种方法。在实际施工中要重视施工程序的正确性,防止出现墙体开裂或者接缝渗水的情况发生,在施工前应对场地进行平整并清除地表上的杂草和其他障碍物,根据大坝的设计图纸确定防渗墙的位置、宽度以及埋深等参数。在基坑开挖阶段做好边坡防护和排水措施,防止发生基坑突涌或者边坡失稳的现象而危及到人员的安全问题。清孔作业也是十分重要的一个步

骤,需要使用专用机械将孔底的泥土清理干净,保证其厚度达到规定标准,否则会对后续混凝土与地基之间的粘结造成不利影响从而产生渗漏的风险。浇筑混凝土时采取连续的方式进行,尽量减少施工缝的数量,如果不可避免的话,则应对这些部位做适当的处理如凿毛或者铺设止水带等方式来保证连接处的严密性。

2.3 土工膜防渗技术及应用要点

土工膜防渗法具有施工方便、造价低、抗渗能力强等特点,主要用于堤坝表面及库区周边山体等地段的防渗处理,在老化的大型水库大坝以及小型水库大坝的防渗加固中有着广泛的应用。其现场操作的重点在于对膜材的选择、铺设以及拼接三个方面,保证膜材完好无损、拼接严实,防止出现破损、渗漏现象的发生。选择膜材要根据当地实际情况和防渗要求来决定,选用防水性良好、耐老化、抗刺穿能力强的土工膜产品,禁止使用劣质产品以免后期发生老化、破损问题。在铺设之前需要先将地基清理干净并整平,把尖锐物清除掉以免划伤膜材,还要做好排水措施以防积水造成膜材鼓包或者损坏的情况发生。铺设时控制好土工膜铺设的角度以及拉伸力,避免产生波浪形或者是松垮的状态,使膜材紧贴地基。膜材连接处是最重要的一环,采用热熔接的方式进行连接,在焊接过程中注意掌握好温度与速度,保证焊缝密实无缝隙,杜绝有遗漏或虚焊的现象存在。连接完毕之后要及时检查焊缝质量,通过充气检验的方法查看焊缝是否具备良好的防渗能力,一旦发现渗水情况立即重新补焊修复。最后,膜材铺设后应尽快覆盖一层保护层,用泥土、砂石等物质将其掩埋起来以防止受到日光照射或者外力撞击而遭到破坏从而延长使用寿命。

2.4 黏土心墙防渗技术及应用要点

黏土心墙防渗是一种传统防渗方法,取材方便、造价低廉,在土石坝中主要用于坝体防渗,即在坝体内埋设一层黏土心墙,由于黏土具有较小的渗透率而起到阻止水流的作用。现场施工时应重视黏土质量及碾压密实程度,防止发生心墙开裂或者压实不够的情况。选用的黏土要满足防渗要求,即选用塑性好、渗透性小并且不含杂质的黏土,不能用含砂量较大或者塑性较差的黏土以免影响防渗效果。铺设前应对黏土进行晾晒和粉碎处理使其达到适宜的含水量以保证后续施工顺利进行,避免因含水量过高或过低造成压实不良的问题。铺设过程中要分层铺设并逐层夯实,控制好每一层铺设厚度以及夯实密度使整个心墙结实无空隙裂缝等隐患。还要注意心墙与其他部位连接处的处理工作,如采用搭接法或其他方式来加强这部分区域的密封性以防产生缝隙渗水现象。施工期间要注意天气情况尽量避开雨天作业以免雨水冲刷造成黏土心墙变形甚至破裂等问题发生。

3 水利大坝防渗施工实践优化措施

3.1 强化施工管理, 规范施工流程

施工管理是保证防渗工程施工质量的基础,在此基础上要制定合理的施工管理制度,落实好各自的职责分工以及工作程序。一方面加强对施工人员的教育与培训工作,根据不同的施工现场情况有针对性地开展防渗技术及施工标准等内容的学习教育活动,使每一位工人掌握相应的技能并能够熟练的操作设备,防止由于误操作而造成工程质量问题的发生;另一方面建立健全的质量控制制度,由专人负责对整个施工过程进行监控把关,尤其是对于钻孔、灌浆、混凝土浇筑、土工膜铺设等重要部位要加强巡视检查力度,一旦发现问题立即纠正整改,以达到设计的标准规范要求。另外还要做好合理的工期安排计划,不能一味求快,忽视了工艺的要求,给后期留下隐患。

3.2 优化施工工艺, 适配现场需求

根据不同的地质情况以及施工环境,改进防渗施工方法,提高适用性,在复杂地层中使用“帷幕灌浆+混凝土防渗墙”的联合防渗措施,满足不同部位的防渗要求,构建多级防渗结构,增强防渗能力。对老化的大型堤坝进行防渗处理时,针对大坝老化、开裂等问题采取铺设土工膜及灌浆加固的方法,有的放矢地消除漏水隐患,防止盲目作业带来的资源浪费问题发生。同时引进一些简单方便的操作工具和技术手段来简化施工过程,加快工程进度,减少劳动强度,使施工工艺更加符合实际情况,便于操作管理。

参考文献:

- [1] 李科娟.水利工程大坝防渗面板施工技术探讨[J].工程建设与设计,2025,(23):240-242.
- [2] 刘宪.基于 BIM 的水利水电大坝防渗施工技术研究[J].智慧中国,2025,(S1):126-127.
- [3] 张天姣.水利大坝防渗加固中塑性混凝土截渗墙施工技术研究[J].建设机械技术与管理,2025,38(04):146-148.
- [4] 张颂仰.水利工程大坝防渗面板施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(17):141-143.

3.3 完善后期维护, 保障防渗效果稳定

建立健全大坝防渗监测及后期维护制度,确保防渗作用长久有效,在大坝运行期间安装简单的观测仪器对大坝主体结构以及地基部位进行渗水量、渗透压力等的监控,一旦出现防渗设施损坏或者老化的现象能够做到早发现、早处理。定期对防渗设施进行检查维修,对于土工膜老化、灌浆体破坏、混凝土开裂等情况及时进行修补工作以提高防渗设施的服务年限。同时做好维修记录,详细记载每次维修的时间、项目以及效果等相关情况供以后维修人员借鉴,保证维修工作的有序开展。

4 结论

水利大坝防渗施工技术的应用与实践,是保证大坝安全稳定运行的基础,在水资源调配、防汛抗旱以及人民群众生命财产安全方面起着重要作用。本文以某水利大坝施工现场为例,对目前防渗施工存在的主要问题及其原因进行了探讨,针对帷幕灌浆、混凝土防渗墙、土工膜、黏土心墙等几种常用的防渗措施在实际操作过程中应注意的问题进行了阐述,并提出相应的改进建议,避免空泛的理论说教,贴近真实的施工场景,确保所提出的建议和技术方案切实可行。实践证明,采用合适的防渗方法,加强施工组织管理,做好后期养护工作,可以较好地克服现场遇到的技术难题,提高大坝防渗效果,防止渗漏事故的发生,延长工程使用寿命。今后还需根据不同地区的具体情况和要求不断改进和完善防渗施工工艺,总结经验教训,促进水利工程防渗施工逐步走向科学化、标准化、长效化的轨道上来,从而更好地服务于国家基础设施建设事业的发展。