

水利工程堤防防渗施工技术研究

黄泽宇

广西玉林水利电力勘测设计研究院 广西 玉林 537000

摘要：水利工程堤防作为抵御自然灾害、保障水资源合理利用的关键设施，其防渗施工至关重要。本文聚焦水利工程堤防防渗施工技术，阐述其重要性。介绍了混凝土防渗墙、高压喷射灌浆、土工膜防渗、黏土灌浆等常见防渗施工技术要点。针对软土地基、砂砾石地基、岩石地基等不同地质条件，分析相应堤防防渗技术选型与策略，旨在为水利工程堤防防渗施工提供理论参考与实践指导，确保堤防工程安全稳定运行。

关键词：水利工程；堤防防渗施工；技术要点

引言：随着水利工程建设规模不断扩大，地质条件日益复杂，对堤防防渗技术提出了更高要求。有效的防渗施工不仅能保障堤防结构安全，减少水资源浪费，还能维护周边生态环境与社会稳定。目前堤防防渗施工在实际应用中仍面临诸多挑战。深入研究水利工程堤防防渗施工技术，探索不同地质条件下的适宜防渗方案，具有重要的现实意义。

1 水利工程堤防防渗施工的重要性

水利工程堤防作为抵御洪水、调节水流的关键屏障，其防渗施工是确保工程安全稳定运行、发挥综合效益的核心环节，对社会经济发展与生态环境保护具有以下重要性：（1）保障堤防结构稳定。依据渗流力学原理，水流在压力差作用下会通过堤防的孔隙、裂隙发生渗漏。一旦渗漏形成通道，水流的侵蚀作用会持续破坏堤身与地基结构，引发管涌、流土等病害，严重削弱堤防强度，甚至导致堤防溃决。科学的防渗施工通过设置防渗体，有效降低渗流速度和水力坡降，减少渗流对堤防的破坏，保障堤防在高水位、强水流条件下的稳定性，延长工程使用寿命。（2）维护生态环境。渗漏可能导致地下水位异常变化，引发土壤盐渍化和沼泽化现象，破坏周边植被和生态系统。水体渗漏会造成水域面积和水量减少，影响水生生物的生存环境，威胁生物多样性。通过有效的防渗措施，能够维持地下水位稳定，保护周边生态环境，维持水域生态系统的平衡。（3）提升水利工程的运行效益。稳定的防渗体系可减少水资源的无效损耗，提高水资源利用率，保障灌溉、供水等功能的正常发挥，为农业生产和工业用水提供可靠保障。做好防渗施工可减少堤防后续的维修养护成本，避免因渗漏引发的大规模抢险和重建工作，节省大量资金投入，将资源更多地用于水利工程的升级与发展。（4）维护社会稳定^[1]。可靠的防渗工程能够有效抵御洪水侵袭，

保障人民群众生命财产安全，维护社会秩序稳定。稳定的水利工程运行也有助于区域经济的可持续发展，促进社会和谐进步。

2 水利工程堤防常见防渗施工技术要点

2.1 混凝土防渗墙施工技术要点

混凝土防渗墙通过在地基或堤身中构建连续的混凝土墙体，形成可靠的防渗屏障，广泛应用于各类复杂地质条件的防渗工程。其施工核心技术要点集中在槽段划分与连接、墙体垂直度控制两大方面。（1）槽段划分需综合考量多维度因素。地质条件方面，若地层松散、稳定性差，需缩短槽段长度，以降低槽壁坍塌风险；成槽设备性能决定了单次成槽的能力与效率，大型抓斗式成槽机可适应较长槽段施工，而冲击式钻机更适合短槽段、复杂地层作业；混凝土供应能力则影响浇筑的连续性，需确保在混凝土初凝前完成单个槽段的浇筑，因此槽段长度一般控制在5-8米。槽段连接技术是保障墙体防渗性与整体性的关键。接头管法应用广泛，其原理是在槽段浇筑前，将接头管放入槽段一端，待混凝土初凝前，通过液压顶升装置或卷扬机缓慢拔出接头管，形成半圆形接头面。接头管拔出时机的把控极为关键，过早拔出会导致混凝土未凝结成型，出现坍落现象；过晚拔出则因混凝土强度增长，导致接头管难以拔出，影响后续施工进度与墙体质量。铣接法借助铣槽机的强大铣削能力，对相邻槽段混凝土进行铣削，形成锯齿状搭接面，该方法能有效提高接头处的防渗性能，但施工时需严格控制铣削深度和宽度，确保达到设计要求的搭接尺寸，同时要注意铣槽机的操作精度，避免因铣削偏差导致接头处出现渗漏隐患。（2）墙体垂直度控制。在成槽过程中，需采用高精度的导向装置或超声波检测仪实时监测槽壁垂直度。导向装置可辅助成槽机械沿预定方向钻进，减少偏差；超声波检测仪则通过发射超声波，

接收反射信号,形成槽壁轮廓图像,精准判断垂直度偏差。一般情况下,槽壁垂直度偏差需控制在设计允许范围内,通常不超过0.3%-0.6%。对于深层或复杂地层,如存在软硬不均的夹层,可通过调整成槽机的钻进参数,如降低钻进速度、调整钻头角度,或采用分层分段开挖的方式,先对较硬地层进行预破碎,再逐步成槽,以此确保墙体垂直,避免因墙体倾斜导致防渗能力下降,或与相邻结构衔接不良,形成渗漏通道。

2.2 高压喷射灌浆施工技术要点

高压喷射灌浆防渗技术利用高压射流将水泥浆等材料喷射到地层中,与土体充分混合搅拌,凝固后形成防渗帷幕。其核心技术要点在于喷射方向与角度控制、浆液配比与喷射参数协同优化。(1)喷射方向与角度的精准控制。旋喷施工时,喷射管需保持匀速旋转,确保凝结体呈规则的圆柱状,其旋转速度一般控制在10-20r/min,以保证浆液均匀扩散;摆喷施工要求喷射管按照设定角度往复摆动,摆动角度通常在15°-45°之间,形成扇形板墙状凝结体;定喷施工则需使喷射管保持固定方向,形成壁状凝结体。施工过程中,可借助全站仪、测斜仪等测量设备实时校准喷射管位置与角度,确保喷射方向与设计轴线偏差不超过规定值,从而保证防渗帷幕的连续性与完整性。(2)浆液配比与喷射参数的协同优化。不同地层条件对浆液性能要求各异,在细砂层中,由于土体颗粒细小、孔隙率小,浆液易流失,需适当增加水泥用量或添加速凝剂,提高浆液的早期强度和抗渗性,水灰比可控制在0.8:1-1:1之间;在卵石层中,因颗粒较大、孔隙率大,需采用高压(20-40MPa)、大流量(80-120L/min)喷射,确保浆液充分扩散,填充卵石间的空隙。喷射压力、提升速度和旋转速度需相互匹配,高压力搭配较低的提升速度(8-15cm/min),可形成较厚的凝结体,增强防渗效果;而在对防渗体厚度要求较薄的区域,可适当提高提升速度^[2]。还需根据现场施工情况,实时调整浆液浓度和喷射参数,如遇吸浆量异常增大的情况,可采用限流、限量、间歇灌浆等方法,确保灌浆质量。

2.3 土工膜防渗施工技术要点

土工膜防渗技术凭借其优异的防渗性能和便捷的施工特点,在水利工程堤防防渗中广泛应用。其核心技术要点主要体现在土工膜与周边结构的锚固技术以及防渗系统的排水与排气设计。(1)土工膜与周边结构的锚固。沟槽锚固是常用的锚固方式之一,施工时需在堤坡或基础开挖锚固槽,槽深和宽度需满足设计要求,一般槽深不小于0.5米,宽度不小于0.8米。将土工膜嵌入槽内

后,采用分层回填压实的方式,回填土的压实度应不低于周边土体,且需保证土工膜与槽壁紧密贴合,避免出现空隙。混凝土压顶锚固则是将土工膜上部固定在混凝土压顶内,施工前需对土工膜与混凝土接触部位进行清洁处理,施工时可通过设置止水条或涂抹粘结剂等方式增强连接密封性,确保在长期运行过程中,土工膜与混凝土之间不会出现渗漏现象。在土工膜与建筑物的连接处,还需采用专门的防渗构造措施,如设置伸缩节、加强层等,以适应不同结构之间的变形差异。(2)防渗系统的排水与排气设计。在土工膜铺设过程中,合理设置排水排气通道,防止膜下积水、积气导致土工膜鼓胀或破裂。可在膜下铺设排水板或土工织物,形成排水通道,将膜下的水引导至排水设施排出。排水板具有良好的排水性能和抗压强度,能有效排除膜下积水;土工织物则可起到过滤和排水双重作用,防止土体颗粒堵塞排水通道。在土工膜上设置排气孔,排气孔的间距和孔径需根据工程实际情况确定,一般排气孔间距为5-10米,孔径为5-10mm,确保施工过程中膜内压力平衡,避免因气体积聚产生过大压力,损坏土工膜。

2.4 黏土灌浆防渗施工技术要点

黏土灌浆防渗技术通过将黏土浆液灌注到土体孔隙、裂缝中,形成防渗体,具有取材方便、成本低等优点。其核心技术要点集中在灌浆孔布置参数确定和浆液可灌性调控。(1)灌浆孔布置参数确定。孔距、排距的确定需综合考虑土体孔隙率、渗透系数及浆液扩散半径等因素。一般遵循“先稀后密”原则,施工前通过现场灌浆试验确定初始孔距,可先按3-5米的孔距进行试验,再根据灌浆过程中的吸浆量、压力变化等情况,调整加密孔距。灌浆孔深度需穿透渗漏层并进入相对不透水层一定深度,通常为0.5-1.0米,以形成完整的防渗屏障。灌浆孔的布置形式可根据工程实际采用梅花形、方格形等,梅花形布置有利于浆液的均匀扩散,方格形布置则便于施工操作和质量控制。(2)浆液的可灌性调控。需根据土体颗粒级配调整黏土粒径,对于细颗粒土体,可采用磨细黏土或添加分散剂,降低浆液的黏度,提高浆液的流动性,使浆液能够更好地渗透到土体孔隙中。分散剂可选用六偏磷酸钠等,其掺量一般为黏土重量的0.1%-0.3%。同时严格控制浆液的稠度,灌浆初期采用较稀的浆液,水灰比约为2:1-3:1,利于浆液扩散,扩大防渗范围;随着灌浆的进行,逐步加大浆液浓度,水灰比调整为1:1-1.5:1,增强防渗层强度^[3]。在灌浆过程中,还需密切关注灌浆压力和流量变化,当压力上升过快或流量突然减小,可能是出现了堵管或浆液凝固过快

的情况,需及时分析原因并采取相应措施,如调整浆液配比、冲洗灌浆管路等,确保灌浆施工顺利进行,达到预期的防渗效果。

3 不同地质条件下堤防防渗技术的选择

3.1 软土地基防渗技术选型

软土地基具有含水量高、压缩性大、强度低、透水性弱等特点,在承受荷载时易产生较大沉降和变形。针对软土地基的特性,以下防渗技术选型需兼顾防渗效果与地基稳定性。(1)土工膜防渗技术。土工膜的低渗透性可有效截断渗流,其柔韧性和延展性能够适应软土地基的变形,减少因地基沉降导致的防渗层破坏。在施工时,需对软土地基进行平整处理,铺设土工膜前可设置砂垫层,以保护土工膜并均匀传递荷载。采用合适的锚固方式将土工膜与周边结构牢固连接,防止其因地基变形而移位或撕裂。(2)高压喷射灌浆防渗技术。通过高压喷射水泥浆与软土混合搅拌,形成具有一定强度和防渗性能的凝结体,可有效改善地基的防渗条件。施工过程中,根据软土的物理力学性质合理调整喷射参数,如喷射压力、提升速度等,确保凝结体的均匀性和完整性。

3.2 砂砾石地基防渗技术应用

砂砾石地基颗粒较粗、孔隙率大、渗透性强,是水利工程堤防防渗处理的难点。针对砂砾石地基的高渗透性,需采用以下技术能够有效截断渗流通道的防渗技术。(1)混凝土防渗墙技术。通过在砂砾石地基中建造连续的混凝土墙体,可有效截断渗流。成槽是混凝土防渗墙施工的关键环节,在砂砾石地层中,由于颗粒较大、硬度较高,通常采用冲击式钻机配合泥浆护壁进行成槽作业。为保证墙体的防渗性能和稳定性,需严格控制混凝土的配合比和浇筑质量,确保墙体与地基紧密结合,不留渗漏通道。(2)黏土灌浆防渗技术。将黏土与水混合制成的浆液通过压力灌注到砂砾石的孔隙中,形成防渗体。在施工前,需根据砂砾石的孔隙率和渗透系数合理设计灌浆孔的布置和灌浆参数。由于砂砾石地基渗透性强,浆液容易扩散流失,因此需选择合适的黏土

材料和浆液配比,必要时可添加速凝剂等外加剂,以提高浆液的凝结速度和防渗效果。

3.3 岩石地基防渗策略

岩石地基强度高、压缩性小,但存在裂隙、溶洞等缺陷,这些缺陷是导致渗漏的主要通道。岩石地基的防渗处理需针对其裂隙发育情况和岩石特性选择以下合适的技术。(1)帷幕灌浆技术。通过在岩石地基中钻孔,将水泥浆或其他灌浆材料注入裂隙中,形成连续的防渗帷幕,阻止水流渗透。在施工前,需对岩石地基进行详细的地质勘察,了解裂隙的分布、产状和发育程度,以此确定灌浆孔的布置、深度和排数。灌浆过程中,需根据岩石的裂隙情况和吸浆量调整灌浆压力和浆液浓度,遵循“先稀后浓、分序灌浆”的原则,确保浆液充分填充裂隙,形成密实的防渗帷幕。(2)对于岩石地基中存在的较大溶洞或空洞,可采用混凝土封堵结合灌浆的防渗策略^[4]。先采用混凝土对溶洞或空洞进行回填,然后在其周围进行灌浆处理,使混凝土与岩石紧密结合,形成防渗整体。

结束语:水利工程堤防防渗施工是保障工程安全与效益的核心环节。本文通过对多种常见防渗施工技术要点的剖析,以及对不同地质条件下防渗技术选型的探讨,为堤防防渗施工提供了全面且具有针对性的指导。在实际工程中,需综合考虑地质条件、工程需求、成本效益等多方面因素,科学选择并合理运用防渗技术。

参考文献

- [1]陈梦琳.水利工程堤防防渗施工技术研究[J].江西建材,2020(10):116-117.
- [2]谢琳琳.水利工程堤防防渗施工技术研究[J].江西建材,2020(8):156-157.
- [3]王俊丹.水利工程堤防防渗施工技术研究[J].河南科技,2020,39(28):83-85.
- [4]余中海,王冰梅.水利工程堤防防渗施工技术研究[J].工程建设(维泽科技),2020,3(1):122-124.