

堤防工程防汛抢险技术探讨

王玉龙

西安市排水管理中心 陕西 西安 710018

摘要：堤防作为防洪体系的关键部分，肩负着抵御洪水侵袭、保障人民生命财产安全的重任。本文围绕堤防工程防汛抢险技术展开探讨。先阐述该技术的重要性，接着剖析渗水、管涌、漏洞、滑坡等常见险情的形成原因、危害及产生机制。随后，详细介绍针对各类险情的防汛抢险关键技术，如临河截渗、反滤导渗等。最后，展望防汛抢险技术的发展趋势，包括智能化监测与预警、新材料新工艺应用及生态友好型抢险技术的推广。

关键词：堤防工程；防汛抢险；技术探讨

引言：堤防工程作为抵御洪水的重要防线，在防洪减灾体系里占据关键地位。一旦遭遇洪水侵袭，堤防工程可能出现多种险情，严重威胁周边地区的安全。有效的防汛抢险技术是保障堤防安全稳定的核心要素。然而，随着气候变化，极端天气事件愈发频繁，防汛形势日益严峻，对堤防工程防汛抢险技术提出了更高要求。在此背景下，深入研究堤防工程防汛抢险技术，分析常见险情，探索先进的抢险技术与发展趋势，对提升防洪减灾能力具有极为重要的现实意义。

1 堤防工程防汛抢险技术的重要性

堤防工程作为抵御洪水侵袭的关键防线，其防汛抢险技术的重要性不言而喻，具体体现在三个方面。第一，保障人民生命财产安全层面，洪水突发性强、破坏力大，一旦堤防出现险情且得不到及时控制，洪水便会冲垮堤坝，淹没周边城镇、乡村，造成大量人员伤亡和财产损失。有效的防汛抢险技术能够在关键时刻对各类险情做出快速反应，防止堤坝垮塌，为人民生命财产安全筑牢最后一道屏障。第二，维持社会稳定层面，洪水灾害的爆发极易引发一系列社会问题，如交通瘫痪、能源供应中断、疫病流行等。通过运用防汛抢险技术，可确保堤防安全，降低洪水造成的社会影响，为受灾地区恢复生产、重建家园创造有利条件，维护社会的稳定与和谐。第三，促进经济发展层面，许多重要的基础设施，如公路、铁路、桥梁、农田等，都分布在江河湖泊周边。洪水一旦冲毁这些设施，将对国家和地区经济发展造成严重冲击。防汛抢险技术能够保护这些基础设施免受洪水破坏，保障经济活动的正常开展，推动经济的持续稳定增长^[1]。

2 堤防工程常见险情分析

2.1 渗水险情

2.1.1 形成原因

在高水位长时间浸泡下，堤身土体内部的水分无法顺畅排出，形成水头差，进而促使水向堤身背水侧渗透，引发渗水险情。堤身土质不均，部分区域透水性强，为水分渗透提供通道。此外，堤身存在裂缝、空洞等缺陷，水流会沿着这些薄弱部位快速渗透。施工过程中，压实度未达标，土体孔隙大，增大了渗水风险。周边排水系统不畅，堤脚长时间积水，也会加剧堤身渗水。

2.1.2 危害

渗水险情若不及时控制，堤身含水量持续增加，会导致土体抗剪强度降低，埋下滑坡隐患。长期渗水还会使堤身内部土颗粒流失，造成堤身结构松散，降低堤防的整体稳定性。渗水致使堤脚附近土壤软化，承载能力下降，可能引发堤脚坍塌。严重时，渗水演变为管涌、漏洞等更危险的险情，极大削弱堤防抵御洪水的能力，威胁周边人民生命和财产安全。

2.2 管涌险情

2.2.1 产生机制

当堤防背水侧承受的渗透压力超出土体临界抗渗强度，就会引发管涌险情。堤基通常由多层不同透水性的岩土构成，在高水位作用下，渗透水流会沿强透水层运动，一旦遇到上部相对弱透水层的阻挡，水压力便会不断积聚。当压力突破弱透水层的束缚，就会在堤身或堤脚处形成集中渗流通道。若堤身、堤基存在局部缺陷，如蚁穴、兽洞等，水流会顺势冲刷扩大通道，最终形成管涌。

2.2.2 潜在威胁

管涌发生后，土颗粒随水流不断流失，致使堤身或堤基内部空洞逐渐扩大，极大地削弱了堤防的结构稳定性。持续的管涌可能造成堤脚淘空，导致堤身倾斜甚至坍塌。若管涌险情未能及时得到有效控制，极有可能发展成漏洞，致使堤身瞬间崩溃。洪水将如脱缰野马般泛

滥,严重威胁周边地区居民的生命安全,冲毁农田、房屋等基础设施,造成巨大的经济损失。

2.3 漏洞险情

2.3.1 诱发因素

汛期高水位长时间浸泡,堤身土体因承受较大水压,薄弱部位容易形成过水通道,进而引发漏洞险情。堤身施工时,土料质量欠佳,存在大块土团或杂物,导致压实不充分,形成孔隙,为水流渗透创造条件。堤身遭受白蚁、鼠类等动物破坏,其巢穴贯通堤身,形成隐蔽性通道。

2.3.2 严重后果

漏洞一旦形成,水流会裹挟大量土颗粒涌出,使堤身内部迅速被掏空,极大地削弱堤身结构强度。随着漏洞不断扩大,堤身稳定性遭到严重破坏,极有可能引发堤身坍塌。若未能及时察觉和处理,洪水将如决堤般奔涌而出,瞬间淹没周边大片区域,直接威胁人民生命安全,冲毁道路、桥梁等基础设施,给农业生产带来毁灭性打击,对区域经济发展造成难以估量的损失。

2.4 滑坡险情

2.4.1 致灾因素

外部强降雨致使堤身土体含水量迅速攀升,重度增大的同时抗剪强度降低,极易造成滑坡。水位骤降时,堤身内的水向外渗流,产生动水压力,破坏土体平衡,引发滑坡。堤身或堤基存在软土层,其抗滑性能差,在重力与外力作用下,软土层发生变形,致使堤身失稳。此外,施工过程中堤坡过陡、压实度不足,增加了滑坡风险;堤脚附近的不合理开挖、淘刷,削弱了支撑力,同样会诱发滑坡。

2.4.2 对堤防的影响

滑坡发生后,堤身完整性被严重破坏,部分堤段结构变形、坍塌,极大地降低了堤防的防洪能力。大量土体滑落,导致堤坡坡度改变,原有的防洪断面缩小,难以抵挡洪水冲击。若不及时处理,滑坡区域可能进一步扩大,引发连锁反应,致使整个堤段出现垮塌。洪水趁势泛滥,淹没周边区域,不仅冲毁农田、房屋,还会破坏交通与水利设施,带来严重的经济损失与安全隐患^[2]。

3 堤防工程防汛抢险关键技术

3.1 渗水抢险技术

3.1.1 临河截渗技术

临河截渗通过在临水侧设置截渗设施,阻挡外部水体入渗堤身。当堤身渗水较轻时,可铺设土工膜截渗。将土工膜沿堤坡展开,覆盖渗水区域,膜的边缘要深入堤顶和堤脚一定距离,并用土袋或黏土压实,防止膜体

移位和水流绕渗。若渗水严重,可修筑黏土前戗。在临水侧堤脚附近,分层铺填黏土,每层厚度控制在20-30厘米,边铺边压实,戗体顶宽2-3米,坡度根据实际情况确定,以有效截断渗水通道。

3.1.2 背河导渗技术

背河导渗旨在将已渗入堤身的水分安全排出,避免渗透破坏。砂石导渗沟是常用方法,在背水坡脚开挖若干条与堤身垂直的导渗沟,沟宽0.5-1米,深0.5-1.5米,沟内按粗砂、小石子、大石子的顺序分层铺设,每层厚度15-20厘米,最后用块石封顶,引导渗水通过导渗沟排出。土工织物导渗则是在背水坡铺设土工织物,其上覆盖土袋或砂石料,既能排出渗水,又能防止土颗粒流失。另外,也可修筑导渗台,在背水坡脚分层铺填透水性材料,形成一定高度和坡度的导渗台,将渗水有序导出。

3.2 管涌抢险技术

3.2.1 反滤导渗技术

反滤导渗技术通过铺设反滤材料,让清水渗出的同时拦截土颗粒,防止管涌进一步恶化。当管涌规模较小时,可在管涌口周围清理杂物,然后按照“反滤层”原则,依次铺设细砂、粗砂、砾石和碎石,每层厚度控制在15-20厘米。细砂层贴近管涌口,有效阻止土颗粒带出,上层粗粒材料则利于排水。也可采用土工织物反滤,选择合适规格的土工织物,平整铺在管涌口,其上再覆盖砂石等透水材料,既能保障渗水顺利排出,又避免土颗粒被水流带走。这种方法施工便捷,能快速控制管涌发展。

3.2.2 围井与月堤技术

当管涌范围较大或集中连片时,可采用围井与月堤技术。在管涌周围用土袋垒砌成圆形或方形围井,围井高度根据管涌情况确定,一般在0.5-1.5米之间,井壁要保证稳固,防止坍塌。围井内按反滤导渗要求铺设滤料,引导涌水有组织地排出。若管涌位于堤脚附近,可修筑月堤。以管涌点为中心,在其周围填筑环形土堤,月堤顶宽1-2米,高度略高于最高涌水位,同时在月堤内铺设反滤层,将管涌水限制在一定范围内,避免对堤身和周边造成更大破坏。

3.3 漏洞抢险技术

3.3.1 前堵技术

前堵技术旨在从临水侧封堵漏洞入口,阻止水流进入堤身。一旦发现漏洞,若洞口较小,可使用软楔堵塞,将棉絮、草捆等柔软且透水性低的材料,用力塞入洞口,再用土袋压实。当漏洞较大时,可采用篷布或土工膜盖堵。将篷布或土工膜按一定尺寸裁剪后,从堤顶

向临水侧铺放,使其覆盖漏洞区域,借助石块、土袋等重物固定,阻止水流进入。另外,还可抛填黏土。准备足量黏土,从船或堤顶向漏洞附近临水侧抛投,黏土在水流作用下逐渐沉积,堵塞漏洞通道。

3.3.2 后导技术

后导技术是在背水侧引导已进入堤身的水流安全排出,防止堤身结构被破坏。可先在漏洞出口周围清理杂物,然后开挖导渗沟。导渗沟深度、宽度依据实际情况确定,一般深度为0.5-1.5米,宽度为0.5-1米,沟内分层铺设粗砂、砾石和碎石,每层厚度15-20厘米,让水流通过导渗沟有序排出。也可设置滤水围井,在漏洞出口周围用土袋垒砌围井,井内铺设反滤材料,使清水渗出,拦截土颗粒,避免堤身土料随水流大量流失,保障堤身稳定。

3.4 滑坡抢险技术

3.4.1 固脚阻滑技术

固脚阻滑技术通过增强堤脚的支撑力,抑制滑坡体的滑动趋势。当堤身出现滑坡迹象时,可在滑坡体下部的堤脚处,抛投块石。挑选重量大、质地坚硬的块石,用机械设备或人工抛投至堤脚,形成坚固的支撑体,抵抗滑坡体的推力。也可采用沙袋固脚,将装满砂石的沙袋,整齐码放在堤脚,分层堆砌,每层沙袋交错排列,确保结构稳固。对于规模较大的滑坡,可修筑阻滑墙。使用浆砌石或混凝土在堤脚浇筑阻滑墙,墙的高度和厚度根据滑坡规模与受力情况设计,有效阻挡滑坡体下滑,维持堤身稳定,为后续抢险争取时间。

3.4.2 削坡减载技术

削坡减载技术通过降低滑坡体的重量和坡度,减小下滑力,恢复堤身平衡。确定滑坡范围后,自上而下对滑坡体进行削坡。使用挖掘设备,将滑坡体上部的土体挖除,降低坡度,一般将坡度控制在1:2.5至1:3之间。在削坡过程中,需设置马道,马道宽度1-2米,便于施工操作与排水。挖出的土体要及时清运,避免堆积在堤身附近。削坡完成后,对坡面进行防护,可铺设草皮或土工格栅,防止雨水冲刷,增强坡面稳定性,从根本上解决滑坡隐患。

4 堤防工程防汛抢险技术发展趋势

4.1 智能化监测与预警技术

随着物联网、大数据、人工智能等信息技术的飞速发展,智能化监测与预警技术在堤防工程防汛抢险中的应用愈发广泛。通过在堤身、堤基和周边环境布置各类传感器,如应变传感器、渗压传感器、位移传感器等,可实时采集堤防的应力应变、渗流状态、位移变化等数据。这些数据经由物联网传输至数据中心,借助大

数据分析技术,对堤防的安全状态进行评估,预测险情发展趋势。一旦监测数据超过预设阈值,系统将自动发出预警,通知相关部门及时采取应对措施。

4.2 新材料与新工艺应用

新型材料和工艺的研发与应用,为堤防工程防汛抢险提供了更高效、更可靠的解决方案。在截渗方面,新型土工合成材料如高强度、耐老化的防渗膜,具有良好的防水性能和耐久性,施工简便,可大幅缩短截渗工程的工期。在反滤导渗中,采用新型纤维复合材料制成的反滤布,不仅过滤效果好,而且抗冲刷能力强。此外,3D打印技术在防汛抢险中的应用也逐渐兴起,可根据实际需求,快速打印出各种抢险构件,如堤坝模型、排水管道等,提高抢险效率。一些快速固化材料的研发,能够在短时间内形成高强度的防护结构,有效应对突发险情,降低洪水造成的损失。

4.3 生态友好型抢险技术

在防汛抢险过程中,人们越来越注重对生态环境的保护,生态友好型抢险技术应运而生。生态袋护坡技术,将装满植物种子和营养土的生态袋堆砌在堤坡上,既能起到护坡固堤的作用,又能让植物生长,美化环境,减少水土流失。在河道整治中,采用生态石笼网,将石块装入金属网笼中,形成柔性结构,既能抵御水流冲刷,又为水生生物提供了栖息场所。此外,利用微生物技术改善堤身土体的性能,增强其抗渗和抗滑能力,避免使用对环境有害的化学材料^[3]。

结束语

渗水、管涌等险情严重威胁堤防安全,对这些常见问题的研究,梳理出了一系列实用抢险技术。如今,智能化、生态化抢险技术也开始兴起,成为未来主流方向。防汛抢险技术事关重大,是防洪减灾的关键保障。面向未来,一方面要搭建产学研协同创新平台,让先进技术快速应用到实际防汛工作中;另一方面,加强抢险队伍的专业化、规范化建设,借助模拟演练,大幅提升抢险救灾能力。

参考文献

- [1]李晓明,周健,谢每超,等.防汛抢险技术与案例汇编[M].安徽合肥:安徽省巢湖管理局,2020:63-96.
- [2]黄先龙,王文科,褚明华,等.“2016.7”长江中下游洪水干堤险情分析及启示[J].中国防汛抗旱,2016,26(5):47-49.
- [3]陈飞,张根喜.荆江大堤尹家湾、木沉渊管涌险情抢护及汛后整险加固工程分析[J].中国防汛抗旱,2013,23(6):72-74.