

长江中下游堤防侵蚀及其防治

朱建强¹, 邹社校¹, 潘传柏²

(1. 湖北省涝渍地开发工程技术研究中心, 湖北 荆州 434103; 2. 湖北省荆州市水利学校, 湖北 荆州 434001)

摘要: 堤防对防洪安全和保证人民生命财产安全具有重要意义, 长江中下游堤防侵蚀主要有水力侵蚀、重力侵蚀、生物潜蚀和风力—水力侵蚀。系统地归纳了长江中下游堤防侵蚀的主要形式与危害, 并结合工程整险实践提出了相应的防治原则与技术措施。

关键词: 堤防侵蚀; 防治技术; 长江中下游

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2000)05-0005-06

中图分类号: TV871.2

Dike Erosion and Control in Middle and Lower Reaches of the Changjiang River

ZHU Jian-qiang, ZOU She-xiao, PAN Chuan-bai

(1. Hubei Provincial Engineering Exploitation and Technology Research Center for Waterlogged and Watery Cropland, Jingzhou 434103, Hubei Province, PRC; 2. Water Conservancy School of Jingzhou City, Jingzhou 434001, Hubei Province, PRC)

Abstract: It is a great significance for dike to ensure the safety of flood control, the people's life and properties. The main forms and harmfulness of dike erosion in the lower and middle reaches of Changjiang river are summarized. Combining the danger-control practice of dike building, the relevant principles and technical measures for the prevention and cure of dike erosion are put forward.

Keywords: dike erosion; technique of prevention and cure; the middle and lower reaches of Changjiang river

河道堤防是我国防洪工程体系的重要组成部分, 在长江、黄河等7大江河的中下游地区, 堤防是防御洪水的最后屏障。新中国成立50 a 来, 我国堤防建设取得了很大成绩, 保证了社会稳定和国民经济的顺利进行, 产生了巨大的社会效益和环境效益。但也暴露出了许多问题, 给防洪工作带来很大难度, 造成的损失仍然很大^[1]。因此, 研究堤防侵蚀及其防治技术不仅对堤防除险加固和进一步搞好堤防建设具有重要意义。本文首次比较系统地归纳总结了堤防侵蚀的类型与特点, 并在前人研究与实践的基础上, 结合堤防工程整险经验, 提出了不同堤防侵蚀的防治原则与技术措施。

1 长江中下游堤防侵蚀类型

按照发生侵蚀的主要动力, 结合气候特点, 可将长江中下游堤防侵蚀划分为水力侵蚀、重力侵蚀、生物潜蚀、风力—水力侵蚀4大类。

1.1 水力侵蚀

堤防水力侵蚀以水为侵蚀动力, 主要有降水产生

的坡面径流、汛期背水堤坡散漫径流、汛期堤基及堤身内渗流、河道水流等4种侵蚀动力, 与上述侵蚀动力相联系, 按照侵蚀发生部位, 可将堤防水力侵蚀分为9种, 它们是: 坡面径流侵蚀、背水侧堤坡散漫冲刷(堤坡流土)、堤基管涌、背水侧坡脚及其附近鼓包、穿堤建筑物部位的接触冲刷和接触流土、漫顶冲刷、迎水侧堤坡冲刷、迎水侧堤脚淘刷。将上述9种水力侵蚀按水流状态又可归结为3类: (1) 降水坡面径流侵蚀; (2) 堤防渗流侵蚀(散漫冲刷、管涌、背水侧坡脚及其附近鼓包、接触冲刷和接触流土); (3) 河道水流侵蚀(堤坡冲刷、堤脚淘刷、漫顶冲刷)。上述侵蚀可给堤防造成不同程度的险情。

1.1.1 坡面径流侵蚀 堤防坡面径流侵蚀是由降水产生的坡面径流冲刷堤坡引起的侵蚀。在降水过程中, 那些没有草被或草被生长不良的土堤容易发生这种侵蚀。它对堤防安全有影响, 但一般不会造成较大险情。

1.1.2 堤坡散漫冲刷 渗流从堤坡上逸出产生渗水, 这种现象称散漫。发生散漫的原因主要是超警戒

水位持续时间长,堤防断面尺寸不足,堤身填土含沙量大且临水坡又无防渗斜墙或其它控制渗流的工程措施,填土质量差(既夹杂物又夯实不够),由于历年加修,堤内存在新老结合面,堤身有裂缝或内有隐患(如生物洞穴、暗沟、树根、易腐烂物)等^[2]。在渗流逸出部位如果土质松散则极易产生冲刷,称之为堤坡散漫冲刷。实际上,散漫冲刷属于土体在渗流作用下的稳定问题,按照土力学定义^[3],结合发生部位,又可称之为堤坡流土。散漫冲刷是堤身渗透破坏的主要形式之一,严重散漫将诱发堤身漏洞和堤身管涌以及脱坡(滑坡)发生,因此,不可掉以轻心。

1.1.3 管涌 堤防管涌是堤身或堤基土体在一定渗流作用下,细颗粒沿着骨架颗粒的孔眼或间隙涌出流失的翻沙鼓水现象。管涌是常见险情,如抢护不及时,有可能发展成漏洞或脱坡塌陷,危及堤防安全。堤防管涌按部位可分为堤身管涌和堤基管涌,在长江中下游平原地区以堤基管涌发生最普遍、危害最严重,该区堤基为第四纪冲积物,除湖区堤防有弱透水地基外,大多为透水地基,而且大部分堤基未经专门处理。对单一结构砂性堤基,洪水期背水堤脚附近的出逸比大于砂层的允许出逸比时就会出现沙沸管涌现象。而对表层为弱透水层、下部为透水层的双层结构堤基,洪水期在弱透水的表土层底面将产生较高的承压水头,一旦承压水头超过表土层的抵抗力,表土层就会被顶穿,其下砂层颗粒被水流带出就形成管涌。

1.1.4 背水侧坡脚及其附近鼓包 对双层堤基而言,如果透水层上部的弱透水层厚度较大,洪水期较大的承压水头将难以将其顶穿,但往往会在堤防背水侧坡脚及其附近的局部薄弱部位产生隆起,这种现象称之为鼓包。如果江河堤防持续受高水位胁迫,鼓包亦会发展成为重大管涌险情。退水后鼓包常导致堤防沉降变形,产生较大、较深的裂缝,形成新的渗流通道,从而给堤防安全带来了隐患。

1.1.5 穿堤建筑物部位的接触冲刷和接触流土 对穿堤建筑物而言,接触冲刷和接触流土是由渗流引起的侵蚀形式,它们和堤基管涌、堤坡散漫冲刷(或堤坡流土)统称渗流侵蚀。通常接触冲刷是指渗流沿2种不同土层面(如上层为黏土,下层为砂土)或渗流沿土与其它介质(如混凝土)接触面产生的破坏。接触流土是指接触部位颗粒从渗流出口被带走的现象。穿堤建筑物的渗流破坏多是沿基土、顶部填土或侧向与建筑物的接触面产生的,接触冲刷开始发生在填土与建筑物接触部位,先是接触部位颗粒从渗流出口被带走(即流土)进而形成渗流通道,引起堤防溃决。

1.1.6 漫顶冲刷 为当堤防设计标准偏低或者堤防遭遇超标准洪水时,因堤高不足导致洪水越过堤顶而产生的水力冲刷现象。漫顶冲刷容易引起堤防决口,造成一定范围洪涝灾害。

1.1.7 迎水侧堤坡冲刷 以下几种情况均可引起堤防迎水侧堤坡发生水流冲刷:(1)河道拐弯时形成的水冲部位,直接遭受水流冲刷;(2)河流蛇行弯曲时由于离心力作用所产生的横向环流对凹岸迎水侧堤坡产生冲刷;(3)在直线河段护岸不连续的部位或河床沉积物有变化的部位,由于流沙的非平衡状态出现而发生水流冲刷。另外,洪水期间由于水流冲力增大或者水位超出护坡之上,也可引起堤坡冲刷。由于水流冲刷将造成堤坡土体流失,所以不利堤防稳定。特别是堤坡下部土体流失,将最终导致堤防崩岸。

1.1.8 迎水侧堤脚淘刷 河道水流作用于堤脚造成土体流失淘空坡脚的现象称为堤脚淘刷。堤脚淘刷将诱发崩岸,造成堤防决口。对自然河岸而言,当上部地层是固结程度较高的黏土,而坡脚地层是较为松散的砂土时,也容易造成水流淘空而引起河岸坍塌失事。

1.2 重力侵蚀

由于长江中下游雨水多、气候湿润,加之堤防本身堤坡较缓,一般很少发生泻溜,堤防重力侵蚀主要包括跌窝、脱坡、崩塌3种类型。这3种侵蚀形式可发生在汛期,也可发生在非汛期。

1.2.1 跌窝 在高水位或雨水浸注情况下,堤身、戕台及堤脚附近发生的局部凹陷现象,称之为跌窝,又称陷坑。跌窝主要是由于堤身或堤基内存在隐患(如生物洞穴)、土体浸水后松散、堤内涵管漏水导致局部土体冲失发生沉陷等造成的,有时会伴随漏洞发生。

1.2.2 脱坡 堤坡局部土体受雨水或渗流影响,在重力作用下沿一定界面下滑、堤脚外土体被推挤向外移动或隆起的现象,称之为脱坡,也叫滑坡。这种侵蚀方式在堤防迎水面和背水面均可发生。脱坡对局部堤防断面削弱较大,在汛期高水位情况下极易造成重大险情。

1.2.3 崩塌 当堤防顶部发育有张裂隙或张裂缝,且为雨水所充满,或者堤防局部被水流严重冲刷、淘刷而悬空,则往往会在洪水季节、连阴雨或长历时暴雨过后以及江河在高水位长时间运行后的退水阶段发生堤防土体崩落或坍塌,称这种现象为崩塌(又叫崩岸)。堤防崩塌多由雨水、河水、洪水对堤防的侵蚀冲刷引起,堤防在洪水季节崩塌可以直接导致决堤而造成洪水灾害。在日本历史上的决堤事故中,由于水力冲刷侵蚀所引起的事例占10%左右;我国山东省关

于黄河决堤的记载中由于水力冲刷侵蚀所引起的事例同样占10%左右。

1.3 生物潜蚀

生物潜蚀发生在堤身内部一定深度范围,主要是某些生物为栖身生存而筑的巢穴,如鼠洞、蛇洞、獾穴、白蚁穴等。在汛期高水位情况下,生物潜蚀将会引发堤防跌窝、漏洞、堤身管涌,易酿成重大险情。其中,尤以白蚁潜蚀危害致险最严重。

1.4 风力—水力侵蚀

在长江中下游地区,冬春季节以及汛期总会起较大的风,但由于该区雨水充沛、气候湿润,所以单纯的风力侵蚀几乎很少发生。对堤防来讲,特别是汛期,能造成险情的侵蚀是风浪淘刷,即风力—水力侵蚀,又称风浪侵蚀,这种侵蚀轻则形成浪坎,重则使堤坝遭到严重破坏。

2 堤防侵蚀的发生与危害

2.1 水力侵蚀

2.1.1 堤防坡面径流侵蚀 产生的条件为:(1)存在一定历时,一定雨强能够产生坡面径流的降水;(2)土质堤坡没有草被或者草被生长状况不良。坡面径流侵蚀的结果是在堤坡表面留下比较小的鳞片状痕迹和纹细沟以及浅沟。由于长江中下游地区雨量较多,利于草被生长,所以坡面径流侵蚀仅在新修、复修堤段草被未长起来前的降水季节出现,对堤防安全一般没有大的影响,不会造成较大险情。

2.1.2 堤防渗流侵蚀 江河堤防在汛期高水位运行情况下,在堤基和堤身部位均可发生渗流,这是产生堤防渗流侵蚀的动力,堤基和堤身不良土质条件以及其它各种因素造成的有利渗透发生的条件是产生堤防渗流侵蚀的必要条件。汛期大多数险情在发生灾变前都属于渗流问题或渗透变形问题。渗流侵蚀,或者说渗流破坏的形式,主要有管涌、流土、接触冲刷和接触流土,其中,堤基管涌致险频率更高。在1998年长江洪水期间,堤基管涌占干堤重大险情的54.5%,居各种险情之首。历史上长江干堤决堤90%以上都是堤基管涌造成的。另外,洪水期间堤防背水侧堤坡散浸流土、穿堤建筑物与堤防土体接触面的接触冲刷和接触流土也可造成重大险情,导致堤防溃决。所以,对渗流侵蚀如果不能及时发现并予以及时处治,必将带来严重后果。

2.1.3 堤防河道水流侵蚀 河道水流主要通过冲刷堤坡、淘刷堤脚和漫顶冲刷侵蚀堤防。在长江中下游地区,河道水流侵蚀作用主要是由横向环流引起的凹

岸堤防冲刷和相应的凸岸沉积,在洪水期这种作用尤其显著。凹岸冲刷常引起凹岸堤防崩塌甚至决口,造成的险情和危害较大。而下述情况可导致河道水流漫顶冲刷发生^[2]:超标准洪水、堤防本身未达到设计标准、河道严重淤积、河道上有人为建筑物阻水或盲目围垦、防浪墙高度不够、河势变化。这几种情况在长江中下游干支流流域堤防中是存在的,在一些圩堤中表现更为突出。水流漫顶更易引起堤防决口失事,造成更大损失。因此,要采取相应措施保护河道水流易侵蚀段堤防,以防不测。

2.2 重力侵蚀

堤防重力侵蚀多由雨水作用、堤防渗流、河道水力侵蚀诱发产生,洪水季节严重的重力侵蚀可直接导致决堤,造成洪水灾害。常见的堤防3种重力侵蚀(跌窝、脱坡、崩塌)均可发展成重大险情,造成较大灾难。其中,堤防崩塌是长江堤防重大隐患之一,长江中下游总计有1500km堤防外滩存在崩塌问题。湖北省黄冈地区巴铺大堤1959—1989年累计后退1324m,目前只剩下100m的外滩,对附近骨干铁路和国道构成潜在威胁;湖北省咸宁大堤在1994年6月11日,近100km堤段回退400m,1998年10月14日又再次发生3h内回退100m的险情;1990年1月3日和1月8日,江西省马湖地区发生2次江岸滑坡,滑坡体长1200m,宽200m,总量达 $5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$,造成24人死亡。由以上事例可以看出,堤防重力侵蚀造成的危害是严重的,对此不可麻痹大意。

2.3 生物潜蚀

生物潜蚀是由栖息于堤身内的生物活动引起的。在长江中下游地区,生物潜蚀以白蚁侵蚀致险成灾最严重。白蚁种类很多,但大多为土栖白蚁。根据形态特征鉴别,主要蚁种有黑翅土白蚁、黄翅大白蚁、家白蚁、黄胸散白蚁和歪嘴土白蚁,其中对圩堤危害最大的有黑翅土白蚁(*O. formosanus*)和黄翅大白蚁(*M. braneyi light*),是堤防工程的蛀虫。土栖白蚁进入堤身内部后,在浸润线以上与堤面以下1~3m范围营巢繁殖,并随着巢龄的增长,群体数量不断增加,巢体逐渐扩大,主巢直径可达1m以上,副巢数量有的多达数百个,蚁路不断蔓延、四通八达,有的横穿大堤。当水位上涨时,水即沿蚁路浸入蚁巢从背水坡流出,成为漏水通道。如江西省境内长江大堤1998年洪水期间曾发生66处因蚁害导致大面积漏水,长江荆江大堤历年用各种方法处理白蚁隐患达77500余处。随水压力增大和高水位运行时间持续,通过蚁路将带出大量泥土,使洞径逐步扩大,从而导致堤身突然下陷或堤

下塌坑,如抢护不及时就可能溃堤而造成重大损失。如广东梅县地区1986年曾发生62处决口倒堤,其中55处为蚁害所致,直接经济损失超 5.0×10^8 元;1991年江西省鹰潭市对20座总长为84.08 km的圩堤进行了普查,结果表明,18座存在白蚁危害(占普查工程的90%),查出蚁患104处,危害总长度8 200 m(占总长的10%);1988年特大洪水造成江西省鹰潭市圩堤多处决口,其中55%的决口与白蚁危害有关,造成直接经济损失 $6.0 \times 10^8 \sim 7.0 \times 10^8$ 元。

2.4 风力—水力侵蚀

风力—水力侵蚀由刮风起浪冲刷堤防所致。通常江、河、湖泊由于汛期涨水使得水面加宽、水深增大,堤防遭遇风浪淘刷和波浪爬坡越顶冲刷将不可避免,风浪造成险情的原因有:(1)堤坝本身存在的问题,如高度不足,断面单薄,土质不好,压实不紧,基础不良,抗冲力差等;(2)与风浪有关的问题,如受堤前吹程、水深、风速、风向等影响^[1]。轻者造成坍塌险情,重者严重破坏堤身,以致决口成灾。如1954年长江洪湖段堤防,因受风浪袭击,致使堤身崩塌大半,失去了应有的抗洪能力;1997年8月18日“97.11”台风袭击长江口地区,长江堤防受台风掀起的波浪袭击,程度不同地受到损害。江苏省靖江段长江大堤有24 km堤段临水侧在高潮位时被风浪冲刷,堤防断面损失极为严重^[4]。

3 堤防侵蚀的防治

为确保江河安全渡汛,使国家和人民生命财产不受损失或者将灾害损失降到最低程度,必须采取行之有效的措施,遏止重大堤防险情发生。对待堤防侵蚀,特别是一些比较大的堤防侵蚀,要坚持预防为主、及时治理的原则,首先要查明隐患、判别可能产生的险情,其次是根据问题的严重程度因地制宜、不失时机地采取有针对性的治理措施。关于堤防侵蚀的防治,一方面应当充分利用非汛期时间长、水位低、操作方便、技术难度小、质量易于保证的有利时机,大力开展堤防整治,努力做到防患于未然,尽可能地减小汛期防洪压力;另一方面,要重视汛期堤防侵蚀致险加固技术研究,制订抢险预案,变仓促应战为主动出击,减少堤防侵蚀防治费用。这里要特别强调对汛期堤防除险加固技术的研究,充分认识开展这项工作的必要性。(1)我国是一个发展中国家,有着 2.5×10^5 km的堤防,而且目前质量较差,这就决定了在当前和今后相当长的时间内汛期抗洪抢险这项工作是无法避免的,也是不可取代的。(2)水工建筑物存在自然老化

问题,不时遭受意外损害难以避免,汛期出险时进行临时加固实属必要,此外,每年抗洪抢险中表现出来的低效高耗亦有待改进提高。(3)每年汛期时间较长,此间正是堤防发挥其作用的重要阶段,有必要利用这段时间和天赐的试验研究条件进行查险、观测,在取得第一手资料的基础上进行认真分析和研究,找出问题所在,采取相应的防治对策,把灾害损失降到最低程度。另外,可从汛期防洪抢险的研究与实践中间汲取经验教训,不断提高堤防抢险的效果与效益。

3.1 水力侵蚀的防治

水力侵蚀根据水流状态、侵蚀部位以及致险程度,可因地制宜、区别对待、因害设防,采用不同的防护措施。水力侵蚀,主要是渗流侵蚀,对堤防危害最大,应重点防范。

3.1.1 坡面径流侵蚀 对堤防坡面径流侵蚀可采用堤坡防护技术予以防治。传统的堤坡防护技术主要有砌石护坡、混凝土预制块护坡等,近年来在堤坡防护中应用了模袋混凝土护坡、草皮护坡和土壤固化护坡等新技术。

土工模袋防护技术具有地形适应性强、整体性好、抗冲刷能力强和施工快捷、经久耐用、价格合理以及可水下施工等优点,防护效果亦比较好。但目前存在的最大困难是水深流急情况下的施工问题有待研究解决。

土壤固化护坡技术是利用土壤固化剂将堤坡表层土进行固化,从而达到抗冲、抗冻、防浪防渗目的的一种护坡新技术。这项技术具有就地取材和造价合理等优点,但在堤防工程中的应用还刚刚起步,其长期防护效果有待实践考验。另外土壤固化剂还可用于堤顶路面硬化。

根系发达的草皮可以起到防浪和防水流冲刷的作用,同时造价低,是一种较好的护坡技术。而新近出现的土工织物草皮护坡比单一草皮护坡具有更高的抗冲刷能力。草皮护坡一般多用于背水堤坡,也可用于不经常过水的季节性河流或临水坡前有较高、较宽滩地的一般性堤段。荷兰在60%~70%的堤坡上实施了草皮护坡,取得了良好效果,值得我国在堤防坡面治理中借鉴。

3.1.2 河道水流侵蚀 河道水流侵蚀主要表现为水流对迎流顶冲堤段的冲刷和淘刷。因此,防治河道水流侵蚀就是要在堤防迎流顶冲堤段设防。可采取抛石护脚和模袋混凝土、软体排等平顺防护措施。抛石护脚是防治水流淘刷堤脚用的最多、效果明显的手段,但抛石造价较高(截止1992年长江干堤为防护江岸已

抛石 $7.0 \times 10^7 \text{ m}^3$, 如果 1 m^3 按75元计, 耗资已达 5.2×10^9 元。而且抛石时往往不设反滤料(主要是施工难度大, 易被水流带走), 致使抛石下部地层仍然被水流冲刷, 导致抛石下沉, 过一段时间后还要进行抛石护坡。如果抛石时能铺设土工布反滤垫层, 将会取得良好的护脚效果。但目前土工布的铺设从施工机具到施工工艺还不够成熟, 有待进一步研究。模袋混凝土前已述及, 此从略。用钢铰链将混凝土预制块相互连接形成柔性排体, 既可抗冲又可适应变形, 从而达到防护目的。然而, 如果在铰链混凝土下部没有设置土工反滤垫层, 则混凝土块之间的土体还可继续受到水流冲刷, 从而降低其防护效果。为此, 必须解决动水条件下土工反滤垫层的铺设问题。

目前对于河道水流漫顶冲刷的防治有2种思路,

(1) 就堤防本身而言, 应提高设防标准, 增修加固、加高堤防; (2) 从流域治理的角度看, 应有控制中下游洪水的骨干工程, 通过调节洪水以减轻中下游堤防的防洪压力, 再者就是搞好流域上游的生态建设和水土保持以及中下游的河道整治。

3.1.3 渗流侵蚀 长江堤防的堤身断面和土性均较复杂, 人类活动和生物生存给堤防安全带来了不少隐患, 在广大的长江中下游地区每年汛期都要发生很多堤防险情。在众多险情中, 以堤身渗漏沉陷和堤基渗漏破坏而造成散浸、管涌最为常见, 而且危害极大。故应区别情况, 坚持有堵(防渗)有导(排水)的原则, 有针对性地采取防治措施。

堤防渗漏具隐蔽性、突发性特点, 难以觉察。初期渗漏对堤防的破坏是逐渐发生的, 当渗透破坏到达一定程度时就会加速发展, 形成管涌、脱坡而严重危及堤防安全。所以, 关于堤防侵蚀的防治重在早发现隐患——生物洞穴、软弱夹层、裂缝及其它薄弱环节, 可采用高密度电法、激发极化法和自然电位法等对重点防范堤段进行检测, 查明隐患部位, 然后选择最佳方案进行处理。当然, 上述方法往往需要综合应用。为防止堤防渗漏造成大堤溃口, 每到汛期只好采用人海战术进行拉网式搜索渗漏隐患。所以堤防查险、防险迫切需要开发、引进便携、快速、精确的探测新技术。

(1) 散浸冲刷的防治。散浸主要由堤身断面单薄、土料空隙率大、有裂缝、堤身有隐患、地基透水性强等因素所致。渗水严重者集中成流, 有可能发展成流土、管涌、或漏洞等。由于严重散浸诱发的脱坡, 又称散浸脱坡, 可使堤防有效断面减少, 从而造成严重后果。对于散浸的防治, 关键在于早发现早处理, 不使其险情扩大。通常采用设置反滤层、加大盖重(增加渗

径)等防护性措施。为使背水侧堤坡在散浸条件下保证其浸透稳定性, 一是放缓边坡, 使背水侧堤坡及地基表面逸出段的渗流比降小于允许比降, 这一措施往往由于边坡过缓引起工程量过大而不经济; 二是采用贴坡排水、水平排水、透水后戛、暗管排水等疏导性措施, 使堤防浸润线不致暴露在堤坡外, 这种方法比较经济, 而且操作性较强。

(2) 堤基管涌的防治。根据1998年洪水期间长江干堤重大险情统计资料, 堤基管涌占险情总数的54.5%, 居各种险情之首。防洪抢险的实践证明, 堤基管涌大多发生于双层地基, 同时还往往发生于堤基的薄弱环节, 如水塘、取土坑、水井及表层土相对较薄的地方。因此, 堤基管涌除险加固首先应采取填塘平坑措施, 对反滤不合要求的水井果断采取封填。这样花钱不多, 能解决部分管涌问题。要进一步消除管涌险情, 还须采取“临水截渗、背水压盖或减压”的方法进行整治。“临水截渗”包括外滩铺盖(外滩较宽且比较稳定时)和临水侧堤脚附近垂直防渗措施; “背水压盖或减压”是指背水侧压盖或减压井措施。具体除险方案应根据堤基地质条件、地形条件以及管涌危害程度等进行综合考虑, 可采用单一措施, 也可采取几种措施进行综合治理。根据堤防整险经验, 对表层为土层的透水地基, 垂直防渗适于透水层较薄、隔水层较浅的地基情况, 但必须为封闭式防渗方式; 对透水层很厚的地基, 宜采用背水侧压盖的方法治理堤基管涌, 而悬挂式防渗墙的效果很差, 不宜采用; 半封闭式防渗墙有一定防渗效果, 但效果一般; 减压井几乎适于所有堤基情况, 但减压井的淤堵问题目前未得到很好解决, 有待进一步研究。

(3) 穿堤建筑物渗透破坏的防治。渗流对穿堤建筑物的破坏最危险的是发生在建筑物与土接触面的接触冲刷和接触流土。为保证穿堤建筑物的渗透稳定性, 使之不产生渗透破坏, 主要应从减少渗透比降和增强接触冲刷允许比降两个方面考虑, 亦即通过工程措施减少渗流强度和增强抗渗强度。减少渗流强度通常采用设置刺墙和止水环等以延长渗径的办法来解决。只要能保证足够而有效的渗径, 就可达到减少渗流强度的目的。为保证渗径长度, 在设计中首先应根据上下游水头差和基土或填土性质合理地选择渗径系数; 为保证渗径长度的有效性, 首先要保证止水的可靠性, 对穿堤建筑物而言, 止水的可靠性十分重要, 止水一旦失效, 有效渗径长度就得不到保证。有效渗径长度和填土与建筑物接触面填土密实程度有关, 应对建筑物回填土提出严格质量要求, 并严格按照质量

要求进行施工控制。在渗径长度控制上,还应考虑建筑物底面和两侧长度的协调性,如底部渗径长度过长,而两侧渗径过短、互不协调,其结果会使易发生渗流破坏的两侧产生渗流破坏。提高抗渗强度主要从提高抗渗比降入手。通常采用的办法是在出口设排水反滤。在穿堤建筑物出口加排水反滤,底部好处理,而在建筑物两侧和顶部做排水和反滤则比较困难,需要在实践中进一步摸索总结。

3.2 重力侵蚀的防治

(1) 跌窝的发生主要是由于堤身或临河坡面下存在隐患所致,防治跌窝就是要弄清楚堤身或临河坡面下存在的隐患,可采取抽槽回填、压密土体、截渗堵漏等办法予以解决。(2) 脱坡是堤坡局部土体受雨水或渗流影响在重力作用下形成的,由散漫引起的脱坡往往会对堤防产生严重危害,水是诱发脱坡的先决条件。可以说,治理脱坡关键就是治水。治水的办法一是堵,即采用各种有效的防渗措施,如根据透水层情况和堤身土料情况可选用垂直防渗技术、劈裂灌浆技术等进行处理;二是导,即采取各种行之有效的排水措施,如采用贴坡排水、水平排水、暗管排水等方式进行排水。(3) 堤防崩塌多由雨水作用以及河水、洪水对堤防的侵蚀冲刷引起的,因此,治理堤防崩塌的关键也是治水。堤防崩塌主要受河势与堤基地质条件的影响,在凹岸迎流顶冲堤段抗冲刷能力差的地层,如粉细砂层、细砂层、粉土层等,受水流冲刷最容易使堤岸失稳崩塌。在汛期,更有高水位浸泡、水位骤降和风浪影响,所以更易发生堤岸崩塌。治理堤防崩塌的主要措施有丁坝导疏、退堤还滩、抛石护脚和其它平顺防护措施。堤防崩塌防护新技术主要有抛石护脚技术、铰链混凝土块防护技术、土工模袋防护技术、土工织物软体排防护技术和四面六边透水框架防护技术等。上述技术应根据具体情况和技术、经济条件加以比较选用。

3.3 生物潜蚀的防治

关于生物侵蚀的防治,首先是开展调查,摸清情况;其次是因害设防,对症下药;其三,采取找标灭杀、诱杀、灌浆堵洞等办法进行除险加固,消除堤防隐患。

在生物潜蚀中,隐蔽性强、致险率高、对堤防危害最大的是白蚁对堤身的侵蚀。关于白蚁的防治,建议采用水利部推广的“找标杀,找标灌,找杀防”措施,该措施在长江中下游一些省取得了良好效果,这项措施与挖巢灌毒水和设毒墙(层)相比,具有投资少、见效快、不污染环境、不开挖堤身、简单易行、操作系统化

的优点,尤其是治理蚁害彻底持久,是目前国内堤坝白蚁防治最理想的技术措施。“找标杀”首先是找蚁迹、标蚁迹;其次是在白蚁活动区域内见蚁施药诱杀,或沿堤防轴线设梅花形引诱坑,集中喷粉施药诱杀;“找标灌”分为2种情况:(1)在白蚁活动区域内能找到炭棒菌(死巢正上方生长出的真菌指示物)的情况下,可在炭棒菌处做上标记,然后灌入纯泥浆堵塞蚁巢、堵塞蚁路;(2)在白蚁活动区域内找不到炭棒菌的情况下,可在分群孔附近用图象法找巢,然后灌浆填巢、堵塞蚁路。“找杀防”就是对堤段周围环境中的蚁源进行诱杀根治,起到预防作用。“找杀防”首先是查找蚁源,然后重点施药诱杀,还可以通过恶化白蚁生存条件来达到防治蚁患的目的。例如,铲除堤防内的杂草灌木,恶化白蚁取食和生存环境,以防白蚁蔓延上堤。

3.4 风力—水力侵蚀的防治

风力—水力侵蚀,亦即风浪侵蚀,这种侵蚀引起堤坝破坏有3种形式^[1]:(1)风浪直接冲击堤坝或波谷到达时形成负压抽吸作用,侵蚀堤身、形成陡坎;(2)壅高了水位,引起水流漫顶;(3)增加了水面上堤坝的饱和范围,减小土壤的抗剪强度,造成堤防崩塌破坏。

针对上述情况,关于风浪侵蚀的防治应按照削减风浪冲击力、加强堤坝抗冲能力的原则进行。一般是利用漂浮物来削减风浪冲击力,或在堤坡受冲刷的范围内做防浪护坡工程,以加强堤防的抗冲刷能力。

堤防侵蚀危及堤防安全,对江河两岸国家财产和人民生活财产构成严重威胁。每年汛期,悬在长江中下游人民头上的滚滚江水,牵动着亿万人的心,不能不激起水利水保工作者的深思。关于堤防侵蚀的防治,必须按照系统工程的思想,采用现代科学技术手段,认真加以解决。

湖北省水利厅张卫军高级工程师提供了部分资料,特此致谢!

[参 考 文 献]

- [1] 王运辉主编. 防汛抢险技术[M]. 武汉: 武汉水利电力大学出版社, 1999. 257.
- [2] 董哲仁主编. 堤防抢险实用技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1999. 29, 39.
- [3] 冯国栋主编. 土力学[M]. 北京: 水利电力出版社, 1986. 42—43.
- [4] 董哲仁主编. 堤防除险加固实用技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1998. 174.