

黄河治河工程
现代抢险技术研究

张宝森 朱太顺 陈银太 田治宗 著

HUANGHE ZHIHE GONGCHENG XIANDAI QIANGXIAN JISHU YANJIU



黄河水利出版社

内容提要

本书共分为7章。在调查分析黄河下游防汛抢险形势的基础上,重点对黄河堤防漏洞形成发展机理及抢护对策、黄河河道整治工程险情分析及抢护对策、土工合成材料在黄河下游抢险中的应用、大网笼大土工包机械化抢险技术、防汛道路应急措施技术进行了试验研究,提供了一些可用于实际防汛抢险的现代抢险技术和抢险对策。本书可供从事治河工程管理、防汛抢险研究的科研人员、抢险指挥人员,以及大专院校相关专业的师生阅读参考,也可供治河工程抢险人员培训参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河治河工程现代抢险技术研究/张宝森等著. —郑州:
黄河水利出版社, 2004. 12
ISBN 7-80621-873-4

I. 黄… II. 张… III. 黄河—河道整治—防洪工程—
工程技术—研究 IV. TV882.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第142248号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrqp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:18.25

字数:419千字

印数:1—1 000

版次:2004年12月第1版

印次:2004年12月第1次印刷

书号:ISBN 7-80621-873-4/TV·386

定价:38.00元

前 言

洪水泛滥是对人类危害最大的一种自然灾害。防汛抗洪是关系到社会稳定、经济发展和千百万人民生命财产安全的大事。而且经济越发展,社会越进步,人民生活水平越高,洪灾造成的损失也就越大,对防洪保安的要求也就越高。

坚持和弘扬艰苦奋斗和创新精神,就要围绕“堤防不决口、河道不断流、水质不超标、河床不抬高”目标和建设“三条黄河”治河新思路,坚持科技治河和依法治河,进一步解放思想,实事求是,与时俱进,不断推进治河技术、治河手段、管理体制与运行机制的创新,由传统治河向现代治河转变,最终实现黄河下游治理开发与管理现代化,实现黄河终极目标:“维持黄河健康生命,人与河流和谐相处。”借助现代化科技手段和现代管理理念,通过广泛深入的科学研究和实践,建立有效的创新机制和保障机制,把治黄全面推向现代化。查险抢险是黄河防汛的三个关键之一,是关系到黄河安危最直接、最关键的环节。影响防汛抢险的主要方面包括防洪工程防洪能力、防汛抢险道路状况、防汛抢险队伍组织、抢险技术措施等。通过近几年黄河防汛抢险调查、分析、试验,在机械化抢险设计和技术创新方面进行前瞻性、开拓性的研发,并逐步使成果用于实际抢险。

本研究获得以下主要结论及创新点:

(1)对于黄河堤防漏洞形成发展机理的研究,由于可借鉴的文献资料很少,因而难度较大。本次研究通过实验室模型试验和堵漏演习现场原型观测试验资料分析,结合有关土力学、水力学等方面的理论,对漏洞形成发展机理进行了初步试验分析和研究,提出了一些观点,将漏洞形成发展过程分为四个阶段,并指出了各阶段的特点,为抢险堵漏提供了理论依据。

(2)实践证明,应用土工合成材料抢险时的主要矛盾是防淤堵,达到排水减压的目的。防淤堵问题非常复杂,研究抢险即土颗粒在运动状态下的反滤准则,土工合成材料应用于抢险时的适应性或选型是一个新课题。本次试验提出了用于黄河防洪抢险的土工合成材料反滤应用准则,解决了黄河防汛抢险中土工合成材料的选型问题,提出了适用于各类险情的土工合成材料技术指标。

(3)2004年研发成功 $10\sim 12\text{m}^3$ 化纤大网笼、12号铅丝加8号铅丝加筋铅丝大网笼以及大土工包,可满足自卸车装运抛机械化作业要求,为机械化抢险技术提供了新材料。用1台挖掘机或装载机配合1辆自卸车装散石或软料、石料按质量比1:1或1:2混装,铅丝大网笼只需要20~30min的时间、化纤大网笼用10min的时间、大土工包装散土用15min的时间即可完成,可大大提高抢险速度。

(4)采用大型机械联合作业将散土推至洞口堵漏的方法获得了成功,但在具体操作中还有许多制约因素,应根据现场情况采取相应的配套措施。兰考蔡集54号坝水中进占抛投12号铅丝加8号筋大网笼试验已经成功,在水深4~6m、流速小于1.2m/s、大溜顶冲情况下,软料石料按质量比1:1或1:2混装的 10m^3 大网笼可以站稳,并能快速形成占

体。

本书所涉及到的研究,均是2000年以来黄河防汛总指挥部办公室“黄河防汛抢险重大技术研究”项目,其中“土工合成材料在黄河防汛抢险中的应用研究”是国家防汛抗旱总指挥部办公室“防汛抢险关键技术研究”项目中的一个课题。该课题已于2001年11月27~28日通过国家防汛抗旱总指挥部办公室组织的验收。验收委员会对课题给予了高度评价,认为:“该课题研究目标明确,技术路线正确;提出的土工合成材料反滤准则成果具有突破性;对土工合成材料在黄河防汛抢险中的研究成果可推广应用,可供其他江河借鉴。”在各项专题研究中,得到了河南黄河河务局、山东黄河河务局、开封市黄河河务局、郑州市黄河河务局等方面的大力支持和协助;同时,得到了庄景林、胡一三、刘贵芝等专家和学者对该项研究的无私奉献和技术指导,在此深表敬佩和感谢。

本项研究成果的取得还得益于所有参加项目研究人员的共同努力和协作,参加研究人员有:

张宝森 朱太顺 陈银太 田治宗 汪自力 王德智 刘新华 崔武 张喜泉
余咸宁 王卫红 崔建中 谢志刚 郭全明 闫国杰 高兴利 刘恒 张永正
张厚玉 闫少义 孙振谦 朱松立 李跃伦 周景苟 王松鹤 张希芳 许雨新
潘恕 兰华林 王仲梅 李莉 张俊霞 周君林 耿晔 尤玉臣

本书共分为7章。第一章介绍了黄河治河工程现代抢险技术试验研究的目的及意义、研究目标及研究内容、国内外技术发展概况及研究进展;第二章论述分析了黄河下游防汛抢险形势;第三章重点对黄河堤防漏洞形成发展机理及抢护对策进行了试验研究;第四章对黄河治河工程险情及抢护对策进行了分析和试验研究;第五章对土工合成材料在黄河下游抢险中的应用进行了试验研究;第六章对大网笼、大土工包机械化抢险技术进行了试验研究;第七章对防汛道路应急措施技术进行了试验探索,该项研究提供了一些可用于实际防汛抢险的现代抢险技术和抢险对策。

在本书的论述中,引用了很多相关研究文献,在此谨向文献的作者深表谢意。由于防汛抢险是一门实用性很强的技术,我们的研究也是建立在大量的实践调查基础上的,经过试验研究提出了一些新的观点和抢险方法,但研究的结论是初步的,因而书中提到的一些内容和抢险方法仍然有待于在今后的实践中得以充实、完善和改进。同时,由于作者学识浅薄,错误难免,衷心地希望广大专家、学者和有兴趣的读者批评指正。

作者

2004年9月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 研究的目的及意义.....	(1)
第二节 研究目标及研究内容.....	(2)
第三节 发展概况.....	(3)
第四节 研究进展.....	(4)
第二章 黄河下游防汛抢险形势调查分析	(10)
第一节 基本情况	(10)
第二节 防汛抢险存在的主要问题	(20)
第三节 防汛抢险形势分析	(23)
第四节 堤防决口影响因素	(25)
第五节 对策与建议	(27)
第三章 黄河堤防漏洞形成发展机理及抢护对策	(29)
第一节 概 述	(29)
第二节 研究方法和主要内容	(29)
第三节 土的特性试验	(33)
第四节 堤防浸润线观测	(38)
第五节 漏洞发展过程观测	(46)
第六节 漏洞周围土体的应力应变计算	(60)
第七节 观测资料综合分析	(65)
第八节 大型机械推运散土堵漏技术试验	(67)
第九节 堵漏方法研究思路	(69)
第四章 黄河河道整治工程险情分析及抢护对策	(72)
第一节 河道整治工程概述	(72)
第二节 河道整治工程险情类别及险情分析	(81)
第三节 河道工程险情模型试验	(94)
第四节 河道整治工程险情抢护试验.....	(108)
第五节 治河工程险情预测及预报新技术.....	(118)
第六节 结论与建议.....	(128)
第五章 土工合成材料在黄河下游抢险中的应用	(131)
第一节 土工合成材料发展概况.....	(131)
第二节 土工合成材料试验.....	(135)
第三节 土工合成材料的选型.....	(163)

第四节	土工合成材料在防汛抢险中的应用·····	(182)
第五节	土工合成材料抢险应用评价·····	(208)
第六节	结论与建议·····	(213)
第六章	大网笼、大土工包机械化抢险技术 ·····	(217)
第一节	概 述·····	(217)
第二节	网笼、土工包机械化抢险技术发展状况·····	(217)
第三节	大网笼、大土工包稳定性分析·····	(222)
第四节	大网笼抢险方法·····	(228)
第五节	大土工包抢险方法·····	(233)
第六节	现场试验·····	(238)
第七节	大网笼、大土工包抢险方案·····	(259)
第八节	结论与建议·····	(264)
第七章	防汛道路应急措施技术研究 ·····	(267)
第一节	概 述·····	(267)
第二节	国内外发展状况·····	(268)
第三节	设计方案·····	(270)
第四节	现场试验·····	(274)
第五节	轻质路面方案评价·····	(281)
第六节	推荐方案及施工方法·····	(281)
第七节	结 论·····	(283)

第一章 绪 论

第一节 研究的目的及意义

自古以来,黄河就是一条桀骜不驯、举世闻名的多沙多难的河流,自公元前 206 年至 1938 年间,黄河决溢次数竟达 1 590 余次,洪水波击范围北抵天津,南达江淮,纵横 28 万 km^2 ,洪水所到之处,水毁沙埋,人畜荡然无存。千百年来,黄河下游两岸的人民为了生存和发展生产,不停地与洪水进行抗争,修建了大量的堤防、险工和河势控导工程。到目前为止,黄河下游共有各类堤防工程长度 2 291km,其中临黄堤 1 371km,分滞洪区堤防 314km,支流堤防 196km 和其他堤防 264km,河口堤防 146km。计有各类险工 215 处,坝、垛和护岸 6 317 道,工程长度 419km;控导护滩工程 231 处,坝垛 4 459 道,工程长度 427km;防护坝工程 79 处,防护坝 405 道。修建分泄洪闸、引黄涵闸共计 112 座。新中国成立以来,四次对堤防进行加高加固,大规模地淤临淤背工程,大大增强了黄河下游的抗洪能力。

但是,由于黄河下游河床逐年不断淤积抬升,河道的过洪能力日趋减小,尤其是河南省内的游荡性河段。例如 1958 年花园口通过流量为 $22\,300\text{m}^3/\text{s}$ 、水位 93.77m;1973 年流量为 $5\,000\text{m}^3/\text{s}$ 、洪水位比 1958 年高出 2.4m;1992 年流量为 $6\,264\text{m}^3/\text{s}$ 、但水位却超过建站以来历史最高水位。1996 年汛前,黄河下游河道的平滩流量不足 $3\,000\text{m}^3/\text{s}$,在 8 月份发生流量 $7\,860\text{m}^3/\text{s}$,花园口站的洪水位达 94.73m,创历史最高,高滩上水,造成 20 多万公顷滩地受淹,受灾人口达 100 多万。2002 年 7 月小浪底水库调水调沙期,高村以下流量 $1\,800\text{m}^3/\text{s}$ 开始漫滩,濮阳滩区受淹,形成明显的“小水大灾”。除此之外,黄河下游两岸大堤是在历代民埝的基础上不断加高培修而成的,基础条件复杂,堤身为沙质土,历史上决口口门众多,存在许多险点隐患。

目前,黄河下游大部分河道整治工程标准低、根石不足,有 323 处工程急需加高改建和加固根石,在 299km 长的宽河段内还缺少河道整治工程,河势尚未得到有效控制,中常洪水时极易出现“横河”、“斜河”,大洪水时可能出现“滚河”,堤防仍然存在着发生溃决和冲决的危险^[1]。过去,黄河下游河道整治工程大多采用传统的柳石结构,它具有结构简单、施工快捷等优点,虽然在控导河势、保护大堤中发挥了重大作用^[2,3],但在工程运行中出现的突出问题是,在受大溜顶冲时,根石易迅速下蛭而出险,每年汛期都要投入大量的人力、财力和物力对这些坝垛进行抢险加固,每修一座坝垛,都需经过多年甚至几十年和多次反复抢护,才能达到基本稳定。

进入 20 世纪 90 年代以后,黄河防汛暴露了许多新情况、新问题^[4],不仅在大水情况下出险,而且在中小水条件下,河道工程险情仍频频发生,工程抵御洪水的能力依然有限,同时防汛抢险技术水平远不能适应迅速发展的国民经济建设的形势要求,建设标准堤防

和淤筑相对地下河的任务还很艰巨,防洪形势仍然十分严峻^[5]。因此,加强对河道工程(险工、控导、堤防)的险情研究,模拟黄河下游河道工程常见的险情,探索相应的、具体的抢险技术措施是非常必要的。

历史上常用传统柳石工抢险,从发现险情到组织人力、料物,再到开始抢险需要耗费很长的时间,有时甚至一天也不能到位,在这一段时间里,险情已经发展,往往由小险发展成大险,使抢险面临极其险恶的局面,造成黄河防洪工程在历史上频频出大险,动辄数百人、上千人,连续数天甚至几十天进行抢险。随着社会的进步、经济的发展和科学技术水平的提高,现代化的抢险机械和新材料大量涌现,对降低抢险劳动强度、快速抢险和提高抢险效果等方面的要求愈来愈高。同时随着人们对生态环境保护意识的增强,柳秸料的收集将变得更加困难。因此,传统柳石工抢险技术已远远不能满足时代的发展要求。传统柳石工抢险技术在历史上发挥了巨大作用,在今后的抢险斗争中仍有着巨大的应用价值,我们必须继承它,同时也很有必要将其与机械化抢险技术相结合,提出新的基于机械化为主的抢险方法。

第二节 研究目标及研究内容

2.1 研究目标

目前,虽然大型机械和新材料在黄河下游防洪工程抢险中已有所应用,但各单位的应用程度、水平不同,且多局限于抛散石抢险。在实际抢险斗争中,有盲目滥用机械抛石抢险情况,因散石走失而石料浪费严重,对于土胎外露、溃膛等险情抢护技术以及水中进占或堵口还有待进一步完善和优化。因此,研究的主要目标是:根据社会和时代的发展要求,探索机械化抢险与传统抢险方法有机结合的途径,充分发挥大型抢险机械的作用,充分利用土工合成材料丰富、强度高、耐久、储运方便的优点,以就地取材(土料、坝垛备防石)为原则,充分利用已有的研究成果,通过对传统柳石工抢险的改造、提高和创新,研究和完善符合社会和时代前进方向的机械化抢险材料、设备和技术工艺等。

防汛抢险需要新理论、新材料、新结构、新设计等新技术的应用研究和技术支撑。

2.2 研究内容

- (1)黄河下游防汛抢险形势调查分析;
- (2)黄河堤防漏洞形成发展机理及抢护对策研究;
- (3)黄河治河工程险情分析及抢护对策研究;
- (4)土工合成材料在黄河下游抢险中的应用研究;
- (5)大网笼、大土工包机械化抢险技术试验研究;
- (6)防汛道路应急措施技术研究。

第三节 发展概况

传统抢险材料主要是石料、柳料、秸料、麻料、铅丝、麻袋等。在以往的抢险中,抛石、抛铅丝笼和捆抛柳石枕等措施,在黄河防汛抢险中发挥了重要作用^[6],抗御了历年的黄河大洪水,但传统的抢险材料和抢险技术也有其不足和局限性。在黄河防洪抢险历史上,抛石护根一直是重要手段,但大量的抛石也带来了国家投资的巨大耗费,而且石料储运的工作量相当大。柳料、秸料是传统的有效的抢险材料,但其事先不易大量储备,临时采集不但容易误事,而且储运的工作量很大,同时对生态环境也有不利影响。土工合成材料的产生弥补了其他材料的不足,该材料不仅具有产品规格化、抗拉强度高、质地柔软、适应变形能力强等优点,而且具有重量轻、便于储运、便于施工、抢险速度快、整体性好、适宜各种险情处理、造价低等优点,有较好的抢险效果,在近年来抗洪抢险中得到广泛应用^[7,8]。

从目前国内外的使用情况看,土工合成材料的发展前景广阔,土工合成材料不仅用在抗洪抢险中,而且用在水利工程、环境工程、公路建设、港口建设、机场建设等领域^[9,10]。

从以前黄河抢险的实例看,成功率比较高,抢险效果也比较好。如1997年焦作市黄河河务局将化纤笼装块石替代铅丝笼分别用于黄河驾部、大玉兰、开仪三处控导工程的根石加固;2003年9~10月在东垆裁弯取直工程抢险中使用了土工袋抢险就起到了很好的作用。从国外的情况看,利用土工合成材料抢险也有较好的例子,如荷兰利用土工合成材料制成的砂包用于Pliu mopot工程的堤防堵口就是很好的例子。

在1998年长江、松花江及嫩江的抗洪抢险中,土工合成材料广泛应用于堤防的渗水、管涌、脱坡、风浪等险情的抢护,尤其是在抢修子堤、九江堵口中发挥了重要作用,起到了传统抢险材料无法替代的作用^[9]。各地调用的抢险物料达130多亿元。长江中下游1998年抗洪抢险中共耗用土工编织袋达51473万条、草袋6942万条,各种土工合成材料3684万 m^3 、砂砾石1512万 m^3 、木材65万 m^3 、毛竹172万根、铁丝2971t、油料28000t。依靠编织袋、草袋及土料抢筑子堤挡水长度350km,最大挡水头1.7m。2003年黄河秋汛抢险,同样使用土工合成材料。

2000年结合国家防办“堤防堵口关键技术研究”专题项目,2001年4月在枣树沟工程进行了大型铅丝石笼、大型土工包水中进占堵口试验:大型铅丝笼、大型土工包比照自卸车斗的大小制作,敞口放置于车斗内,装载机或挖掘机装石(或装土),铅丝笼装满后用同样铅丝封口,土工包装满后用缝袋机封口。实践证明,自卸汽车直接将大型铅丝石笼、大型土工包运送卸放至出险部位,往往能起到控制险情的显著效果,多部大型自卸汽车同时运用,威力更大。

以上进行的各种实践和探索,都不同程度地积累了一定的经验教训,尤其是装载机或挖掘机装石(或装土),自卸汽车直接将大型铅丝石笼、大型土工包运送卸放抢险的研究,得到了国家防办验收专家的充分肯定和赞扬,认为其快速、安全、可行、可靠。以上的研究成果都为该课题的顺利开展提供了坚实可靠的研究基础和条件。

1977年,在美国华盛顿特区,修建于波托马克河的石笼潜堰,采用直升机进行施工并现场填充。1985年,在紧急情况下,英格兰动用直升机放置预装好的石笼袋进行抢险试

验。

1978年,在意大利伦巴地区,在水上采用平板船作业,使用圆柱形土工布加高强度石笼用于波河弯道的防洪堤堵口。缺口有500m宽,其深度从最低水位算起,由12~26m不等。在尝试使用散石防护的方案失败后,开始采用石笼围堵缺口的方案,采用40 000m³石笼以防止出现大的缺口。

国外使用了特大型水上土工包抢险,这种土工合成材料产品由于尺寸很大(长度可达40m,体积可达800~1 000m³),柔性好、整体性强,因此用于大面积崩岸治理、堤防迎水坡堵漏、河岸及河底的淘刷都很有效^[29]。

第四节 研究进展

4.1 黄河堤防漏洞形成发展机理试验及抢护对策研究

江河堤防深水漏洞是最严重、最危险,也是最难抢护的险情之一,若抢护不及时,极易造成大堤决口^[12]。黄河堤防漏洞形成发展机理极其复杂,影响因素众多。由于黄河堤防多为砂性土,临背悬差大,各种隐患多,历史上,黄河大堤因自身隐患形成漏洞而决口的例子屡见不鲜。本研究在室内完成土的特性试验及模型试验的基础上,结合2000年黄河防总堵漏演习现场,进行了原型观测,取得了有关浸润线、洞内流速和压力变化的数据。综合运用有关土力学、水力学等方面的理论,对所取得的室内外观测资料进行了较全面的分析,将漏洞形成发展过程分为四个阶段,并指出了各阶段的特点;从理论上说明了漏洞进口吸力产生的原因及其影响因素;分析了影响漏洞发展速度及洞内流速和压力变化的因素;也分析了漏洞形状的特点及其形成原因;对深水漏洞抢堵困难的原因也作了分析。明确提出:在抢堵过程中应尽量延缓漏洞的发展,其最为关键的是控制漏洞内的水流速度。“临堵”既可降低洞内流速也可降低洞内压力,故为根治措施;而“背导”则只能降低洞中流速,并使洞中压力增加,但其比较直观易采取措施,故为延缓漏洞发展的有效的临时措施。这一结论为抢险堵漏提供了理论基础^[13,14]。

另外,张宝森还提出了导渗器堵漏、水下爆破堵漏、水下高压喷射混凝土堵漏、反渗透堵漏、液氮快速堵漏等技术思路。

4.2 黄河治河工程险情分析及抢护对策研究

黄河下游河道防汛抢险经过数千年的实践,积累了大量的经验,对于河道堤防、险工及其他河道整治工程险情抢护,均有相应的技术措施和方案。然而,由于对险情的产生和发展过程缺乏科学的监测,对各种险情的抢护往往是被动的,抢护材料和技术也不能满足治黄发展的要求,对黄河大洪水的控制能力还有限。通过调查分析,进一步了解到黄河下游河道工程(包括堤防、险工、控导工程)出险的基本规律和现状河道工程险情的特点^[15,16]。即现状河道条件下,河道工程重大险情基本上集中在控导工程上面;从险情的时间分布上,有涨峰阶段、洪峰阶段和落峰阶段;更为严重的是黄河河道工程险情不仅在特大型洪水条件下发生,而且在高含沙洪水、中小洪水甚至非汛期均有可能发生;在

1 000~2 000m³/s 流量下出险的频率最高,可达到 33.7%。河道整治工程不配套、不完善是重大险情发生的重要因素之一。此外,根石探测技术、预测预报技术以及防汛抢险技术手段落后也是黄河防洪亟待解决的重要问题^[17,18]。

4.3 土工合成材料在防汛抢险中的应用研究

为了提高防汛抢险的技术水平,做到堤防出险时有措施、有对策,加快防汛抢险关键技术研究十分必要。根据国家防汛抗旱总指挥部办公室的要求,由黄河防汛总指挥部办公室承担“防汛抢险关键技术研究”项目,“土工合成材料在黄河防汛抢险中的应用研究”是其中一个课题。该课题已于 2001 年 11 月 27~28 日,通过国家防汛抗旱总指挥部办公室组织的验收。验收委员会对课题给予了高度评价,认为:“该课题研究目标明确,技术路线正确;提出的土工合成材料反滤准则成果具有突破性;对土工合成材料在黄河防汛抢险中的研究成果可推广应用,可供其他江河借鉴。”

该课题研究成果已在公开核心刊物发表^[19~24],部分研究成果已转化为生产力,在 2001 年东平湖抗洪抢险中发挥作用,特别是为黄河防汛物资的选型和采购提供了科学依据。

新兴土工合成材料的开发利用,为防护工程及防汛抢险开辟了一条新途径。近几年来,我国在黄河、长江、海河及东北严寒水系上成功应用的土工合成材料防护工程已有多钟型式。例如以编织物制成的软体排覆盖于坡面或河底防冲刷;制成充土长管袋作为岸坡坡面,填充洞穴,或作为水下压重,以双层编织物专门制成的砂浆或混凝土土工模袋,可形成刚性护坡;土工织物和土工膜组合材料用于封闭堤坝坡面的漏水孔洞或防渗;透水无纺布覆盖于背水坡浸润区,能有效地防止管涌和散浸的危害。

在上述各种工程应用中,土工合成材料发挥防护作用,是因为它们在土与水流之间形成隔离层,避免水流直接冲刷,削减其能量;它们既能渗水,却又不让土粒被水流带走;或是直接封堵水流通路,消除冲蚀动力等。

概括起来,土工合成材料防汛抢险制品有:土工合成材料软体排、沉枕(土枕、土袋)、石笼(筐)、长管袋、织物模袋等。例如,传统的石笼是采用铅丝、钢筋或植物枝条等制成各种网格或笼状体,内装块石、砾石或卵石而形成的条体或块体。用土工格栅或土工网等土工材料代替铅丝等制成的石笼,强度高、抗腐蚀和抗霉烂性好,且材源丰富,明显优于传统石笼。这类石笼常以高强度土工绳网、土工格栅或塑料条带制成,形状多为矩形和圆柱形。

大土工包柔软变形能力强,适合于填充冲刷坑,在本身荷载作用下可很好地贴服于河床上,便于稳定水下坝基,对河道丁坝抢险非常有利;大土工包可工厂化生产,便于储备、运输,且抢险操作简单、方便,机械化程度高,速度快,效果好,劳动力强度低,可节省大量石料和铅丝笼^[28]。

4.4 适应黄河防汛抢险的反滤准则研究

设计反滤准则是以土工织物孔径和土壤特征粒径间的关系表述的,要在土壤中建立滤层,就需要土颗粒在织物的孔隙间形成拱架。然而,目前业内对抢险也即对于土壤在渗

流破坏或结构破坏状态下与织物界面的拱架结构和反滤特性则研究得很少。实践证明,应用土工合成材料抢险时的关键技术是防淤堵,达到排水减压的目的。防淤堵问题非常复杂,研究抢险即土颗粒在运动状态下的反滤准则,土工合成材料应用于抢险时的适应性或选型是一个新课题。

从无纺布物的反滤排水特征分析,无纺布物作为反滤材料应具有保土性、透水性和防堵性。《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》(SL/T 225—98)给出了相应的设计准则。因大多织物滤层隐蔽于土中,很难观测评价其实际工况,但根据堤坝背水坡脚排水系统运行的观察,往往很不理想,渗水很难透过织物滤层,在织物下坡面产生接触冲刷。更糟糕的是,织物遮住了流土或管涌的出口,不得已去除排水系统的织物滤层,甚至有的部门规定不用其作堤防的贴坡排水。从挖出的无纺布物看,迎水一面已形成泥面,受到不同程度的堵塞^[25]。

根据上述分析,本次试验特别提出了土颗粒在运动状态下的反滤准则研究,这是一个新的研究课题。并进行了以下模拟试验:室内试验开展了土工织物的加速淤堵试验、土工织物在泥浆中的过滤特性试验、长管袋充填试验、背河漏洞控制试验、水槽漏洞抢护试验;现场试验开展了流土抢护试验、不同水深堵漏试验、土工管袋充填试验、土工织物网笼抛投试验等。其试验目的是为了正确选用适合黄河防汛抢险的土工合成材料,并提出用于黄河防洪抢险的土工合成材料反滤应用准则。

4.5 机械化抢险技术试验研究

2001年4月在枣树沟工程进行了大型铅丝石笼、大型土工包水中进占堵口试验。装载机或挖掘机装石(或装土),铅丝笼装满后用同样铅丝封口,土工包装满后用缝袋机封口,需要20~30min的时间。实践证明,自卸汽车直接将大型铅丝石笼、大型土工包运送、卸放至出险部位,往往能起到控制险情的显著效果,多部大型自卸汽车同时运用,威力更大。以上进行的各种实践和探索,都不同程度地积累了一定的经验教训,尤其是装载机或挖掘机装石(或装土)、自卸汽车直接将大型铅丝石笼、大型土工包运送、卸放抢险的研究,得到了国家防办验收专家的充分肯定和赞扬,认为该项技术快速、安全、可行、可靠。

2004年研发的12号铅丝加8号铅丝加筋网笼做的10~12m³的大笼试用效果较好,可满足自卸车装运抛机械作业要求。用1台挖掘机配合1辆自卸车软料石料按质量比1:1或1:2混装,只需要20~30min的时间;按改进后的结构生产的10~12m³化纤大网笼,用10min的时间即可完成。

采用大型机械联合作业将散土推至洞口堵漏的方法获得了成功,但在具体操作中还有许多因素制约,应根据现场情况采取相应的配套措施^[26]。兰考蔡集54号坝水中进占抛投12号铅丝加8号筋大网笼试验已经成功,在水深4~6m、流速小于1.2m/s、大溜顶冲的情况下,软料、石料按质量比1:1或1:2混装的10m³大网笼可以站稳,并能快速形成占体。

装载机、挖掘机、大型自卸汽车等机械的大量配备和使用,并配合使用高强度土工合成材料,在黄河下游防洪工程抢险时,创造出一种机械化的新材料、新工艺、新方法,其快速、高效的特点最大程度地符合了抢险原则和时代要求,带来了抢险材料的新组合使用方

式,使抢险技术得到进步。

4.6 防汛道路应急措施技术研究

目前解决重型机械在泥泞道路上通行的经验,采用的方法基本为简易的就近取材临时道路铺设法,如:用木杆、碎石、草袋、树枝秸料等铺设道路;还有利用当地盛产的芦苇编织成厚一般为5~10cm的芦苇板,作为临时道路,效果较好。针对未硬化的防汛道路面层因雨水浸泡遭受浅层破坏(面层破坏厚度小于20cm)而使车辆无法通行时,黄河防汛抢险技术研究所研发出能快速铺设并能重复利用的轻质路面铺放在已损坏的道路面层上,使运送抢险料物的车辆和大型抢险机械顺利通行^[27]。通过试验得出,下层为机织土工布,上层为合成纤维土工格栅,可基本解决黄河下游常见的防汛道路因雨雪天气造成的道路泥泞而无法通行的问题。例如,2003年汛期河南封丘大宫工程抢险,在0~15号坝联坝铺设了碎石路,在老汴新路基抢修了砖渣路;在-1~-9号垛通往大堤的农田里修筑了三条临时砖渣道路。为解决持续降雨导致降低抢险车辆在联坝上的通行能力,开封王庵控导工程在抢险之前,就在联坝上铺设了15~20cm厚的石子,丁坝上覆盖花格布,避免坝面饱和,事实证明,这种未雨绸缪的做法为今后的抢险工作提供了有益的思路和经验。黄河兰考段蔡集堵串采取了铺设4排双车道钢管排架的方式,解决了料物运输困难的问题。

4.7 认识与建议

(1)研究表明,土工合成材料用于防汛抢险,在技术上可行、经济上合理,而且在快速抢险、应用操作、储存、调运等方面都具有明显的优势。

(2)应用土工合成材料进行抢险,是为了有效地利用其在抢险中的优势,快速有效地遏制险情,而不是“为用而用”。实践证明,应用土工合成材料抢险,若选型不当,特别是所选土工织物与被保护的土体及抢险土源的土壤特性不相适应时,将给抢险带来被动。因此,各河道防汛管理单位,应结合所辖河段土壤情况及险情特点,事先对土工合成材料进行选型,并根据需要储备相应种类规格的土工合成材料。

(3)土工合成材料的抗老化问题尚未得到很好解决,不宜长期储存。如编织袋、编织型土工布、针刺型无纺布、有纺机织土工布及各类化纤绳索等土工合成材料,即使在比较好的仓储条件下,储存期较短(一般在5年左右,最长达8年)。因此,应创造比较好的仓储条件,避光保湿,尽量延长储存时间,同时在使用上也应加强管理,以减少不必要的损失。

(4)实际抢险时,应以快速有效地控制险情为目的,应根据洪水情况、工程出险状况,结合当时当地的料物供应及抢险技术条件,选用适宜的抢险材料。因此,在抢险过程中,既不能排斥土工合成材料的应用,也不排斥其他材料的应用。

(5)建议今后继续深化土工合成材料在防汛抢险中的应用研究,加大应用推广力度,在抢险实践中不断积累经验,逐步完善应用土工合成材料进行抢险的方法,使之在防汛抢险中能发挥其优势。

(6)加强大型机械化抢险技术的研究,特别是水上抢险技术的研究。

(7)加强对新结构坝险情预测、预报及采用新技术、新材料抢险方面的研究,把险情消灭在萌芽状态,使河务管理真正做到主动防护、主动抢险,以保证黄河堤防的安全。

参考文献

- [1] 王恺忱,王开荣.黄河下游游荡性河段“横河”和“斜河”问题的研究.人民黄河,1996(10)
- [2] 胡一三.中国江河防洪丛书·黄河卷.北京:中国水利水电出版社,1996
- [3] 胡一三.黄河防洪.郑州:黄河水利出版社,1996
- [4] 赵业安,杨彦平.二十一世纪黄河泥沙处理的基本思路 and 对策.见:第四届海峡两岸多沙河川整治与管理研讨会(论文集).中国.郑州,2001.12
- [5] 李国英.论黄河长治久安.人民黄河,2001(7)
- [6] 罗庆君.防汛抢险手册.郑州:黄河水利出版社,2000
- [7] 刘宗耀,等.土工合成材料工程应用手册(第二版).北京:中国建筑工业出版社,2000
- [8] 杨光煦.九江长江江堤堵口实录及经验.人民长江,1998(11)
- [9] 董哲仁.堤防除险加固实用技术.北京:中国水利水电出版社,1998
- [10] 包承纲.堤防工程土工合成材料应用技术.北京:中国水利水电出版社,1999
- [11] 杨光煦.1998年长江抗洪抢险及土工合成材料在防洪工程中的应用.见:全国第五届土工合成材料学术会议论文集.香港:现代知识出版社,2000
- [12] 张宝森,张喜泉,等.黄河堤防深水漏洞堵漏技术研究.见:第四届海峡两岸多沙河川整治与管理研讨会.2001.12
- [13] Zhang Baosen . PROTOTYPE OBSERVATION AND ANALYSIS ON LEVEE LEAK DEVELOPMENT IN YELLOW RIVER. XXIX IAHR Congress Proceedings. Beijing Tsinghua University Press . 2001.9
- [14] 汪自力,张宝森.黄河堤防漏洞形成与发展机理初探.人民黄河,2002(1)
- [15] 郭全明,张宝森,等.黄河堤防险情调查分析.地质灾害与环境保护,2003(3)
- [16] 张宝森,郭全明.黄河河道整治工程险情分析.地质灾害与环境保护,2002(3)
- [17] Zhang Baosen . SECRETARIAT OF INTERNATIONAL YELLOW RIVER FORUM ORGANISING COMMITTEE. 1ST INTERNATIONAL YELLOW RIVER FORUM ON RIVER BASIN MANAGEMENT. VolumeⅢ. 2003,10:151~153
- [18] 张宝森.堤防工程及穿堤建筑物土石接合部安全监测技术发展.地球物理学进展,2003(3)
- [19] 张宝森,张喜泉,等.土工合成材料工程特性试验研究.甘肃工业大学学报,2001(11)
- [20] 张宝森.土工合成材料软帘堵漏试验效果分析.见:土工合成材料防渗反滤和排水技术的研究与实践.武汉:武汉出版社,2001
- [21] 刘新华,张宝森.土工合成材料在防汛抢险中反滤设计准则研究.人民黄河,2003(3)
- [22] 张宝森,李莉,等.土工织物反滤特性试验研究.人民黄河,2003(3)
- [23] 张宝森,沈秀珍,等.土工合成材料在渗水(流土)抢险中的应用研究.人民黄河,2003(3)
- [24] 崔建中,张宝森,等.土工合成材料在黄河河道整治工程抢险中的应用.人民黄河,2003(3)
- [25] 王钊.水利工程应成为土工合成材料应用的典范.见:全国第五届土工合成材料学术会议论文集.香港:现代知识出版社,2000
- [26] 王德智,汪自力,等.大型机械推运散土堵漏技术试验结果分析.人民黄河,2002(7)
- [27] 张宝森,孔振谦,等.黄河防汛道路应急措施技术研究.全国第六届土工合成材料学术会议论文集

(陕西西安). 香港:现代知识出版社,2004

[28] 张宝森,汪自力. 大土工包机械化抢险技术探讨. 全国第六届土工合成材料学术会议论文集(陕西西安). 香港:现代知识出版社,2004

[29] 王钊. 国外土工合成材料的应用研究. 香港:现代知识出版社,2002

第二章 黄河下游防汛抢险形势调查分析

黄河以水少沙多闻名于世^[1,2],黄河下游多年平均输沙量为 16 亿 t,其中约有 4 亿 t 的泥沙淤积在下游河道内,致使河床不断升高,形成“悬河”或“多级悬河”。为了加大河道的泄洪能力,减少游荡性河道主流的摆动幅度,黄河下游河道通过修建河道整治工程,以达到防洪减灾的目的^[3,4]。河道整治工程是控制行洪和防止黄河堤防不决口的重要工程和首要防线^[5]。由于黄河下游河床逐年不断淤积抬升,故河道的过洪能力日趋减小。目前河道整治工程已初具规模,河道河势基本上得到了有效控制。但是黄河游荡性河道河段的整治工程距规划要求还相距甚远,仍存在着工程不配套、不完善,河势的稳定性较差,河道演变规律受水沙条件的支配作用增大,“横河”、“斜河”等畸形河势时常发生等问题,河势的演变不仅给防洪工作增加了难度,也使现有的河道工程险情不断,堤防仍然存在着发生溃决和冲决的危险^[6]。

进入 20 世纪 90 年代以后,黄河防汛暴露了许多新情况、新问题,不仅在大水情况下出险,而且在中小水情况下,河道工程险情仍频频发生,防洪形势仍然十分严峻。因此,加强对河道工程(险工、控导、堤防)的险情研究,探索堤防不决口的技术措施是非常必要的。

第一节 基本情况

1.1 下游防洪工程概况

黄河下游防洪工程体系分布见图 2-1。

1.1.1 堤防工程

黄河下游河道长 878km,除右岸郑州以上和东平湖至济南为山岭外,其余均约束于两岸大堤之间。黄河下游现行河道两岸堤防包括临黄堤、东平湖堤、河口堤、北金堤、展宽堤(包括南展宽堤和北展宽堤)和支流沁河堤、大清河堤等各类堤防长 2 290.851km,其中设防堤长 1 960.206km,不设防堤长 330.645km。临黄堤长 1 371.227km,分滞洪区堤防长 313.842km,支流堤防长 195.367km,渔洼以下河口堤防长 146.210km(见表 2-1)。

人民治黄以来,黄河下游经过四次较大规模的加高加固大堤(第一次为 1950~1959 年,第二次为 1962~1965 年,第三次为 1974~1985 年 7 月,第四次为 1990 年至今),形成了目前黄河下游临黄大堤高度一般为 7~11m,最高达 14m,临背河地面高差 4~6m,最大 10m 以上,堤防断面顶宽 7~15m;临背边坡:艾山以上均为 1:3、艾山以下临河坡 1:2.5,背河坡 1:3。

按照防御 2000 水平年花园口站 $22\,000\text{m}^3/\text{s}$ 设防标准,高度不足值在 0.5m 以上的堤段经过 1998 年以来加高,目前已经完成。

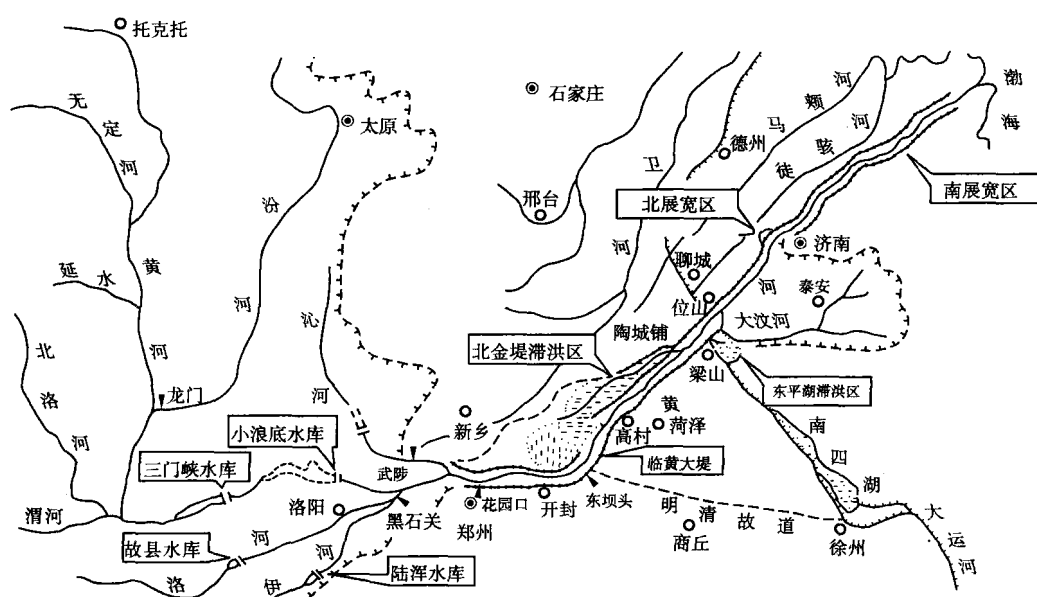


图 2-1 黄河下游防洪工程体系分布

表 2-1

黄河下游堤防长度汇总

河段	堤防类型	堤防名称	长度(km)
孟津白鹤至垦利渔洼	设防堤	临黄堤	1 371.227
		分滞洪区堤	313.842
		支流堤	195.367
		小 计	1 880.436
	不设防堤		264.205
渔洼以下	合计		2 144.641
	设防堤		79.770
	不设防堤		66.440
总计	合计		146.210
	设防堤		1 960.206
	不设防堤		330.645
	合计		2 290.851

自 1970 年在黄河下游放淤固堤以来,共完成土方近 5 亿 m^3 ,加固黄河堤防 899km,其中临黄堤 887km。目前采用截渗墙加固堤防长度为 56.6km,其中临黄堤 51.3km。采用前后戗加固堤防 373km,其中临黄堤 269km。