

CHANGGUANDAI
CHENPAI
QIANBA

长管袋沉排潜坝 技术研究与应用前景

张柏山 江恩惠 著
周念斌 张 清

JISHUYANJIU
YU
YINGYONG
QIANJING

黄河水利出版社

长管袋沉排潜坝技术研究 与应用前景

张柏山 江恩惠 著
周念斌 张 清

黄河水利出版社

内 容 提 要

长管袋沉排潜坝是一种新的河防工程型式,在黄河下游已得到成功应用。本书详细介绍了长管袋沉排潜坝的设计、施工技术和相关的理论分析与实验研究成果,分析了小浪底水库运用后该坝型的应用前景。可供水利专业科技人员和大专院校师生参阅,也可供河防部门参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

长管袋沉排潜坝技术研究与应用前景/张柏山,江恩惠,周念斌,张清著. —郑州:黄河水利出版社,2003.3
ISBN 7-80621-642-1

I. 长… II. ①张… ②江… ③周… ④张… III.
潜坝-技术-研究 IV. TV865

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 098756 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:yrp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:850 mm×1 168 mm 1/32

印张:4

字数:80 千字

印数:1—1 500

版次:2003 年 3 月第 1 版

印次:2003 年 3 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-642-1/TV·300 定价:10.00 元

前 言

黄河以其独特的流域环境、来水来沙特性及由此形成的下游“地上悬河”而闻名于世。黄河下游河道几乎全靠两岸堤防的约束而成为限制性河道,堤防临背悬差最大可达 10m 以上。她横亘于华北平原之上,成为淮河和海河流域的分水岭,一旦决口,南决乱“淮”、北决则乱“海”。在新中国成立前有记载的 2 500 多年中,两岸堤防决口达 1 590 多次,每次决口都给两岸人民带来了深重的灾难。20 世纪 80 年代中期以来,黄河下游来水来沙条件的迅速改变及其他因素的共同影响,使黄河下游河道行洪态势进一步恶化,加剧了“二级悬河”的发展。黄河游荡性河道,河面宽阔,水流散乱,沙洲棋布,溜势多变,日益严重的“横河、斜河、滚河”形势,增加了溃堤决口的危险性。因此,整治河道、规顺流路、稳定主槽、控制河势,对于确保黄河下游防洪安全具有非常重要的意义;而且有利于工农业和城乡生活取水及滩区 180 万人民的生存与发展。

几百年来,黄河下游的河道整治工程多采用

抛石结构、秸料埽和柳石结构。这些结构具有施工简单、投资少、易于适应河床变形、出险后修复便利等特点,但容易出险,被动防守,抢险和维修费用很高,往往一道坝的稳定加固需要十几年甚至几十年的时间。20世纪80年代中期,随着土工合成材料的出现和对土工织物的认识,为新结构的试验开拓了新的领域,通过生产实践,取得了一定效果;虽然这些新型结构还存在一些问题,但这些试验研究工作的开展和应用,大大推动了黄河下游河道整治工程新技术的发展。

河南黄河河务局在总结长管袋沉排坝技术的基础上,提出了一种新型的长管袋沉排潜坝技术,并于1990年在马庄工程下首修建试验坝,经过十年的应用,效果较好。该项研究是1997年黄河水利委员会黄河防洪科技项目之一,本书是对此新型工程结构的全面总结。在研究过程中,还得到了国家自然科学基金和水利部联合资助重大项目“泥沙淤积机理及泥沙灾害防治”(项目编号59890200)的资助。书中详细介绍了长管袋沉排潜坝的设计技术和相关的理论分析与研究;通过模型试验对潜坝的冲刷机理、冲刷发展过程及潜体稳定性与防护措施、土工布的水下磨擦等问题开展了比较详细的研究;同时介绍了此种潜坝的

施工技术,具体分析了马庄潜坝的应用效果、技术经济可行性和小浪底水库运用后的应用前景,指出了马庄潜坝在工程设计、施工、运行中存在的问题和建议。此项成果建立在理论分析和科学实验的基础上,成果可靠,可供生产部门参考使用。

参加该项研究工作的还有高永传、张林忠、赵瑞金、魏丙臣、张惠敏等,项目研究还得到了刘贵芝教授、赵文林教授的指导,在此一并致谢。

限于作者的学识与水平,书中会有不少疏误不当之处,敬请读者多提宝贵意见。

张柏山 江恩惠

2003年1月于郑州

目 录

前言	张柏山 江恩惠
1 概述	(1)
1.1 黄河下游河道坝岸工程概况	(1)
1.2 传统工程结构特点	(3)
1.2.1 传统工程结构	(3)
1.2.2 传统结构的优越性	(4)
1.2.3 传统结构的局限性	(6)
1.3 减少工程出险概率的基本途径	(7)
1.3.1 丁坝出险成因分析	(7)
1.3.2 改进丁坝结构,减少出险机遇	(14)
2 长管袋沉排潜坝设计技术	(18)
2.1 潜坝坝体设计参数的确定	(19)
2.1.1 坝顶高程	(19)
2.1.2 坝顶宽度	(25)
2.1.3 坝体边坡	(27)
2.2 沉排排体设计参数的确定	(28)
2.2.1 坝前最大冲刷深度	(28)
2.2.2 冲刷坑的稳定坡度	(31)
2.2.3 沉排排体宽度	(32)
2.3 沉排稳定性分析	(35)
2.3.1 沉排的抗浮稳定	(35)
2.3.2 沉排的抗滑稳定	(36)
2.3.3 排体边缘抗掀动稳定	(38)

3 河工模型试验结果	(39)
3.1 模型设计	(40)
3.1.1 水平比尺及流速比尺	(40)
3.1.2 模型沙选择	(40)
3.1.3 模型沙起动相似	(40)
3.1.4 模型其他比尺的确定	(41)
3.2 试验采用的潜坝坝体结构	(41)
3.3 模型布置与试验安排	(42)
3.4 试验结果分析	(43)
3.4.1 基本冲刷机理	(43)
3.4.2 冲刷发展过程	(46)
3.5 潜坝稳定性试验	(47)
3.5.1 坝前冲刷坑的稳定坡度	(47)
3.5.2 土工布与黄河沙水下摩擦角	(50)
3.5.3 不同入流角度时潜坝的稳定性	(51)
3.5.4 潜坝坝后稳定性	(51)
3.6 小结	(52)
4 土工布选择	(55)
4.1 土工反滤布强度要求	(55)
4.2 土工反滤布透水保沙要求	(57)
4.3 土工布的选择	(57)
4.3.1 排体反滤布	(57)
4.3.2 管袋布	(58)
4.3.3 坝体反滤布	(58)
5 潜坝施工技术	(60)

5.1	沉排部件加工	(60)
5.2	防冲排布铺放	(60)
5.3	管袋充填	(61)
5.4	管袋沉放	(62)
5.5	坝体填筑	(62)
6	马庄潜坝工程应用实例	(64)
6.1	工程河段基本情况	(64)
6.2	主要技术参数	(65)
6.3	结构型式	(66)
6.4	工程施工	(67)
7	马庄潜坝应用效果分析	(69)
7.1	防洪效果	(70)
7.1.1	潜坝附近河床演变特征	(70)
7.1.2	沉排变化特性	(79)
7.1.3	高水位坝顶溢流的冲淤变化	(86)
7.2	低水位控导河势效果	(87)
7.3	抗冲刷效果	(90)
7.4	引水效益	(95)
8	马庄潜坝的技术经济可行性分析	(98)
8.1	技术可行性	(98)
8.1.1	抗浮稳定	(98)
8.1.2	抗滑稳定	(99)
8.2	经济可行性	(99)
9	马庄潜坝存在的问题及建议	(101)
9.1	工程设计	(101)

9.1.1	存在问题	(101)
9.1.2	改进建议	(102)
9.2	工程施工	(102)
9.2.1	存在问题	(102)
9.2.2	改进建议	(103)
9.3	工程运行	(103)
10	小浪底水库运用后长管袋沉排潜坝的应用前景	(106)
10.1	小浪底水库修建后黄河下游排洪河宽的确定	(106)
10.2	潜坝可以解决小浪底水库运用后河道整治 工程控制河势与河道排洪河宽不足的矛盾	(112)
11	结论	(113)
	参考文献	(116)

1 概 述

1.1 黄河下游河道坝岸工程概况

黄河从河南省孟津县白鹤镇附近,由山区进入平原,河道骤然展宽,流速减缓,落淤加重,水流散乱,主溜摆动剧烈,从这里黄河开始有了堤防。截至 2000 年汛前,孟津以下 878km 长的河道上,共有险工 138 处,坝垛护岸 5 328 道,工程长度 312km;有控导工程 200 处,坝垛 3 787 道,工程长度 344km^①。

河道整治工程主要是控导主流、稳定河势、限制主溜的摆动幅度,对保堤护滩起着重要的作用。因此,河道整治是黄河下游治理措施的一个重要组成部分。经过人民治黄 50 多年来的不懈努力,河道主溜游荡摆动幅度明显减小,尤其是陶城铺以下河段,河道整治工程已初具规模,河势基本得到了控制。高村以上河段,根据黄河水利委员会(以下简称黄委会)《黄河下游 1996~2000 年防洪工程建设可行性研究报告》^②,在“九五”期间,虽然按照规划新布控导工程 7 处、续建工程 35 处,共修建丁坝 267 道

① 郝守英等.黄河防汛资料汇编.黄河防总办公室,2000

② 席家治等.黄河下游 1996~2000 年防洪工程建设可行性研究报告.黄委会勘测规划设计研究院,1996

(不含小浪底移民安置区孟州—温县河段两岸的整治工程),但仍然存在着工程不配套、不完善,河势稳定性差的现象。特别是伊洛河口至东坝头河段,“横河”、“斜河”、“畸形河湾”时有发生,工程整体效益不能得以充分发挥。因此,加快下游河道整治步伐,仍是当务之急。

据史书记载,黄河下游的治理已有 4 000 多年的历史。随着堤防的修建,为保护堤防免受水流淘刷的护岸工程也应运而生。隋唐以前坝岸工程很少,且以抛石结构为主;宋代秸料埽得到广泛应用;明清时期,埽工继续发展完善,用于坝岸防护,并且开始在埽前抛石护坦,使其坚固^[1]。

新中国成立初期,依照“宽河固堤”的治河方针,对黄河下游险工坝岸,改原埽工为石工。对根基较深、稳定性较好的坝岸逐步由散抛石改为丁扣石或浆砌石。黄河下游现存最多的河道整治工程的坝垛护岸结构型式为传统的土石结构,新修坝岸多采用柳石结构。由于这种结构具有施工机具简单、工艺要求不高、新修坝岸初始投资较少、松散结构能较好适应河床变形、出险后易修复等优势,故仍被大量采用。但传统结构存在的主要问题是抢险频繁、防守被动、抢护维修费用高。针对这一问题,自 20 世纪 70 年代开始,黄委会各级河务部门做了一系列的新结构试验^①,主要有砖渣混凝土直墙结构、旋喷水泥土桩结构、钢筋混凝土杗杈结构、土工织物长管袋沉排结

① 河道工程新技术成果汇编. 黄委会水利学会等, 2000

构、钢筋混凝土桩坝、土工织物上压铅丝笼沉排结构等。虽然这些新型结构还存在一些问题,但这些结构的试验研究和应用,大大推动了黄河下游河道整治工程技术的发展。

1.2 传统工程结构特点^[2]

在对黄河几千年的治理过程中,人类在探索治河防洪策略的同时,也在不断地寻求着能够有效防御水流冲刷的工程结构型式。柳石搂厢正是广大治黄工作者经过长期实践而总结发展保留下来的、黄河下游特有的、黄河埽工中行之有效的水中进占坝工结构,是传统工程结构的核心组成部分。目前黄河下游现存的近几千道坝岸工程中,大部分是用这种传统结构修建的。

1.2.1 传统工程结构

现有传统丁坝结构,通常采用土坝基外围裹护防冲材料的型式,一般分为坝基、护坡和护根三部分。坝基一般用砂壤土填筑,有条件的再用黏土修保护层;护坡用块石抛筑,由于块石铺放方式不同,可分为散石、扣石和砌石(有浆砌、干砌)三种;护根一般用散抛块石、柳石枕和铅丝笼抛筑。由于施工条件不同,修建工程采用两种施工方法,即旱地施工和水中进占施工。

(1)旱地施工结构。为了掌握施工的有利时机,充分利用高滩;在滩地上修筑工程,称为旱地施工,简称旱工。常见的结构断面如图 1-1。

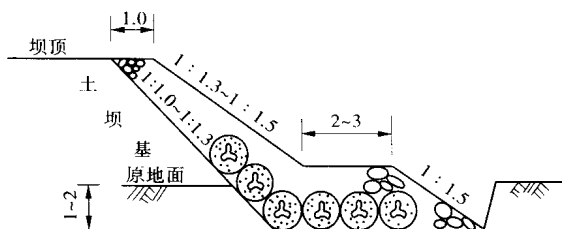


图 1-1 旱工块石柳石枕结构断面(单位:m)

(2)水中进占结构。为控制河势,在水中修筑丁坝工程,称为水中进占,简称水工。当流速小于 0.5m/s 时,可直接往水中倒土填筑坝基,并及时在坝基的上游一侧抛枕防冲;当水流流速大于 0.5m/s 时,需在设计坝基上游侧位置采用柳石搂厢进占,当进占长度达到 8m 左右后在占体下游侧倒土填筑坝基。

柳石搂厢是一种简易埽工,以柳石为主体,靠桩绳联结,层柳、层石,靠柳石自重下沉,逐层修筑直至达到河底,占体高出水面 $0.5 \sim 1.0\text{m}$ 。这样逐占前进,直至达到设计长度。每完成一占,随即在占体迎水面抛柳石枕、铅丝笼、散石等保护占体,防止占体倾覆。常用的断面结构如图 1-2。

1.2.2 传统结构的优越性

传统结构是治黄沿革保留下来的有效丁坝结构型式,不但有一整套的施工技术及操作规程,而且具有很强的实用性及生命力,其优越性主要表现为:

(1)手工操作,不需大型施工机械,施工程序易掌握。传统结构是沿黄河工及修防部门的技术人员世代承袭下

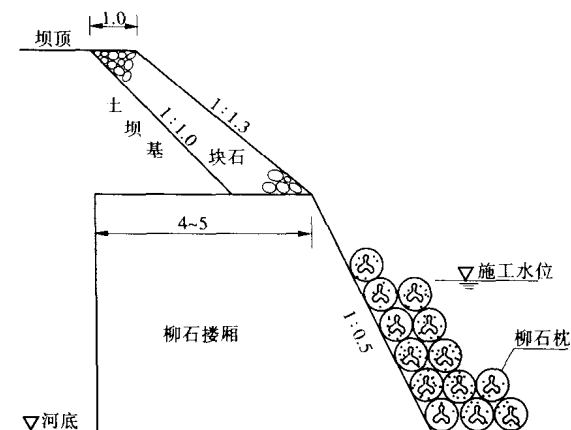


图 1-2 柳石搂厢水中进占结构断面(单位:m)

来的,施工主要靠经验,并以手工操作为主,相对简便易行。事实上传统结构尤其是水中进占柳石搂厢部分的技术要求是相当高的,柳料、石料、木桩麻绳等料物用量也都有有一定比例,操作不当也会发生跑埽、倒埽及占体不闭气等事故。

(2)就地取材,便于抢险及抢修工程,见效快。由于黄河下游河势主溜摆动剧烈,河床及滩地冲淤变化快,因此险情发展迅速,必须对出险坝岸及时进行抢险加固,若河势发展到河道整治规划位置线上或河势剧变影响防洪安全,则需抢修工程。由于传统结构主要以柳石为主,可以就地取材,组织地方人力物力快速抢护。

(3)坝岸根基加固自上而下,用料视工程靠河情况而定。工程修建或加固随河床冲深逐步进行,在此过程中,如遇河势变化外移,河床停止冲刷,抢险加固即可告一段

落,工程再靠河顶冲时再加料物抢护。即传统结构具有抢险灵活、用料该多则多、该少则少的特点,一次性占用资金少,可用较少的投资修建较多的丁坝。

1.2.3 传统结构的局限性

传统结构具有施工灵活快速等优点,但作为永久性河道整治工程,有抢险频繁、防守任务重等缺点,工程修建得越多,汛期抢险负担越重。主要表现在以下几个方面:

(1)修建时基础浅,必须经过抢险加固。传统结构的特点决定其修建时的坝体基础深度受到一定限制。旱工结构,因其在旱地上施工,滩面以下的根石一般为2~3m;水中进占结构坝比旱工结构坝基础深些,如果修筑时水流集中,大溜顶冲,坝前冲刷坑较深,基础虽相应增加,但施工难度及用工用料也成倍增加,稍有不慎会有跑塌的危险。根据黄河下游的实践,坝体稳定时的根石深度控导工程一般为12~15m,险工为15~18m,稳定时的根石坡度一般需达到1:1.3~1:1.5之间,虽然施工时有些工程坝前冲刷坑水深较大,但仅靠施工达到稳定冲刷深度的工程是很少的,河南省河段近几年水中进占施工时出现的最大水深见表1-1。

表 1-1 施工最大水深统计

施工时间(年)	1986	1988	1992	1992	1991
工程地点	逮村	开义	大玉兰	老田庵	古城
坝 号	32	28	33	17	6
最大水深(m)	9	12	10	11	9.8

由表 1-1 可以看出,施工时出现的最大水深为 12m,且仅是局部冲刷,并非全部靠溜段都达到该深度。因此,传统结构新修坝必须经过多次抢险加固,才能逐步达到稳定。事实上,抢险就是丁坝加深加固基础的施工过程。

(2)抢险频繁负担重,防守被动。传统结构坝岸基础不能一次修筑达到稳定的特性,决定了工程靠河着溜后,基础将随河床冲刷变形下垫,需及时下料抢护,黄河上有“固坝固根、有抢不固”的经验,每道丁坝一般要经过多年的靠溜冲刷及几次大抢险,使根石的深度和坡度达到一定程度时才会基本稳定。故传统结构坝岸抢险,每年需花费大量的料物、人工及投资,且这种险情的不确定性和突发性给各级修防部门和地方政府造成巨大压力。随着整治工程的不断修建,丁坝越修越多,抢险加固负担逐年加重。据统计,人民治黄以来,用于抢险加固的石料几乎等于用于建设工程用石量,费用相当惊人,仅河南省河段,近几年在未发生大洪水情况下,平均每年工程出险 800 余坝次,用石 10 万 m^3 左右。有的险情突发性大,发展迅猛,抢护不及就有垮坝的可能。总之,丁坝一旦出险,不仅耗费人力、物力、财力,而且会引起河势巨变,特别是险工坝会导致堤防溃决或冲决,后果不堪设想。

1.3 减少工程出险概率的基本途径

1.3.1 丁坝出险成因分析

(1)黄河下游河床组成及冲淤特点。黄河下游河床