

HUANGHE XIAYOU

黄河下游 放淤固堤效果分析 及其施工影响研究

FANGYUGUDI XIAOGUO FENXI JIQI SHIGONG YINGXIANG YANJIU

赵寿刚 张俊霞 沈细中 兰雁 著



黄河水利出版社

黄河下游放淤固堤效果分析 及其施工影响研究

赵寿刚 张俊霞 沈细中 兰 雁 著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了黄河下游放淤固堤工程相关技术研究成果。简要概述了黄河下游放淤固堤的形成与发展,对黄河堤防隐患险情及放淤固堤的情况进行了广泛深入的调研后确定了重点研究的代表性堤段。对黄河下游堤防各种土体参数的统计特征进行了分析研究,并对黄河下游堤防淤背区淤土的渗透性进行了试验及参数数据分析,得出了用于渗流可靠性分析的各种土体的统计指标,并确定了其概率分布规律,特别是对黄河堤防各种土体的渗透系数的分布规律进行了深入的研究。在此基础上,将可靠性理论应用于放淤固堤防渗加固效果分析,研制了数值计算模拟程序,根据土体单元渗透破坏概率分析了渗透破坏区域的确定方法,探讨了不同淤背宽度情况下的防渗加固效果。同时,根据具体堤段分析了放淤固堤后背河坑塘对防洪安全的影响问题。分别利用数值模拟技术研究了河南与山东黄河堤防放淤固堤施工对黄河大堤可能产生的影响,提出了其施工中应该采取的预防对策及措施,对黄河下游堤防的放淤固堤工程建设与管理具有重要指导意义。

本书可供水利工程技术人员和管理人员使用,也可以供大专院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河下游放淤固堤效果分析及其施工影响研究/赵寿刚等著. —郑州:黄河水利出版社, 2008.12
ISBN 978-7-80734-564-0

I.黄… II.赵… III.黄河-固堤-防洪工程-研究 IV.TV882.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 001898 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:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail: hhs1cbs@126.com

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:16.25

字数:392 千字

印数:1—1 000

版次:2008 年 12 月第 1 版

印次:2008 年 12 月第 1 次印刷

定价:40.00 元

前言

黄河下游是举世闻名的“地上悬河”，洪水危害最为严重，一直是黄河防洪工作的重点。经过半个世纪坚持不懈的努力，黄河治理开发取得了很大的成效：下游防洪取得了连续 50 多年伏秋大汛不决口的安澜局面；先后修建了三门峡、小浪底、陆浑、故县等干支流水库；先后 4 次加高培厚了黄河下游 1 400 km 的临黄大堤，开展了大规模的放淤固堤、河道整治；开辟了北金堤、东平湖等滞洪区；对河口进行了初步治理；初步形成了“上拦下排、两岸分滞”的下游防洪工程体系，加强了防洪非工程措施建设，提高了黄河下游抗御洪水灾害的能力，扭转了历史上黄河频繁决口改道的局面，保障了黄淮海大平原的防洪安全和稳定发展。但由于黄河河情特殊，洪水威胁依然是心腹之患。

根据国务院 2002 年批复的《黄河近期重点治理开发规划》，解决黄河的洪水和泥沙问题的基本思路是：“上拦下排、两岸分滞”，控制洪水；利用“拦、排、放、调、挖”综合措施，处理和利用泥沙。通过综合治理，谋求黄河长治久安。近期防洪措施主要包括黄河下游防洪工程、干支流防洪水库、上中游河道治理、病险水库除险加固、重要城市防洪和防洪非工程措施等，重点是黄河下游防洪工程。

继续加固黄河下游干堤，建成标准化堤防。根据黄河下游防洪需要，《黄河近期重点治理开发规划》对黄河下游堤防顶宽达不到 12 m、断面不满足防渗要求的 1 109.3 km 大堤进行帮宽；按三级公路标准，以 6 m 宽度，对堤顶进行硬化。为了基本覆盖背河地面经常出现险情的范围，保证堤身背河侧不再发生漏洞、滑坡等，结合黄河建设“相对地下河”的要求，《黄河近期重点治理开发规划》加固堤段长 1 239.6 km，其中放淤固堤 1 180.4 km(包括挖河固堤 50 km)，宽度为 100 m，高度与设计洪水位平，在堤内种植防浪林，在淤背体顶部营造生态林带；截渗墙加固 59.2 km。《黄河近期重点治理开发规划》改建加固险工 135 处。对易发生顺堤行洪的堤段修建防护坝 91 道，加高加固现有防护坝 146 道。对沁河下游防洪工程五龙口以下险点隐患堤段实施堤防帮宽和放淤固堤。改建部分涵闸，新建、续建一些险工。

标准化堤防建设的目标就是构筑“防洪保障线、抢险交通线、生态景观线”。标准化堤防建设明确提出：①黄河大堤不仅是防洪保安的重要屏障，而且也是防大汛、抢大险的重要交通要道。堤顶道路作为黄河防汛抢险和料物运输的主要通道，大洪水期间，若遇阴雨天气，堤顶道路泥泞不堪，将会贻误战机，危及沿岸人民群众的生命财产安全。②在大堤背河的淤区上种植生态林，不但将成为黄河抗洪抢险的重要取材基地，而且对于改善沿黄生态环境、提高城市空气质量具有重要作用。放淤固堤是通过泥浆泵或挖泥船，把黄河滩地或河槽泥沙抽吸到大堤背河，起到加大堤防断面，增加堤防稳定的目的。

经过长期的实践证明，有计划地在下游放淤固堤、长期开展挖河固堤、结合引黄供水沉沙淤高背河地面，淤筑“相对地下河”，是防洪的长远战略部署。

2008 年 7 月获国务院批复的《黄河流域防洪规划》(国函[2008]63 号)，提出力争到 2015 年，初步建成黄河防洪减淤体系，基本控制洪水，确保黄河下游防御花园口洪峰流量 $22\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 堤防不决口，逐步恢复主槽行洪能力，初步控制游荡性河段河势；基本控制人为产生的水土

流失,减轻河道淤积;上中游干流、主要支流重点防洪河段的河防工程基本达到设计标准,重要城市达到规定的防洪标准。到 2025 年,建成比较完善的防洪减淤体系,基本控制洪水和泥沙。要坚持“上拦下排、两岸分滞”调控洪水和“拦、排、放、调、挖”综合处理泥沙的方针,进一步完善以河防工程为基础,水沙调控体系为骨干,水土保持、干流放淤和分滞洪工程措施相结合的流域防洪减淤工程总体布局,辅以防汛抗旱指挥系统建设、防洪调度和洪水风险管理等非工程措施,构建较为完善的流域防洪减淤体系,全面提高黄河流域防御洪水灾害和治理泥沙的综合能力。加强防洪骨干工程建设,不断推进黄河治理。继续加强黄河下游标准化堤防建设,大力开展河道整治,控导河势,提高主槽过流能力;加强河口整治和管理,相对稳定入海流路;加强病险水库除险加固,确保水库安全运行;抓紧做好古贤、东庄水库的前期工作和黑山峡河段开发方案的论证工作,有计划地建设黄河干流和主要支流的控制性防洪减淤水库,逐步完善黄河流域水沙调控体系,拦蓄洪水泥沙,调水调沙;搞好蓄滞洪区和滩区安全建设,完善补偿政策措施。加快黄河上中游干流及主要支流重点防洪河段的河防工程建设。加强城市防洪工程建设,不断完善重点城市防洪工程体系,制订城市防御超标准洪水预案;加大水土流失治理力度,特别是中游多沙粗沙区治理;加强山洪灾害防治,建立健全山洪灾害防灾减灾体系。加强防洪管理,提高洪水风险管理水平。严格按标准建设堤防,不得超过《黄河流域防洪规划》确定的标准;河道上特别是河口处的建设项目,必须实行洪水影响评价制度,任何工程建设均不得超越规划治导线。地方各级人民政府及相关单位要加强对防洪设施的管理与维护,确保工程正常运行。黄河流域管理机构要切实履行规划、管理、监督、协调、指导的职责,加强流域防汛抗旱的统一管理和调度,加快流域防汛指挥调度系统建设,全面落实《中华人民共和国防洪法》的配套法规和防洪管理措施,抓紧研究制订防洪骨干水库联合调度运用方案。各类工程在汛期必须服从流域防洪调度。

河防工程是防洪减淤体系的基础,其建设的重点是黄河下游,包括标准化堤防建设、河道整治、挖河固堤及“二级悬河”治理等,这是一项长期的任务。按照“稳定主槽、调水调沙,宽河固堤、政策补偿”的方略进行下游河道治理和解决滩区群众的问题。规划近期建成标准化堤防,基本完成河道整治,结合调水调沙,基本稳定中水河槽,开展挖河疏浚,治理“二级悬河”,减少中常洪水直冲大堤的“横河”、“斜河”等不利河势的发生几率,防止洪水冲决大堤。远期视河道淤积和河势变化情况加高加固大堤,进行河道整治,调水调沙,完善滩区政策补偿机制,进行入海流路治理。

黄河下游河道高悬于黄淮海平原之上,是防洪问题历来十分严重的根本原因。从长远考虑,有计划地利用黄河泥沙,坚持不懈地采取放淤固堤、挖河固堤等措施,淤高背河地面,构筑“相对地下河”,扭转“地上悬河”造成严重威胁的被动局面。

尽管淤背是减少堤防出现渗流破坏、增加其防洪安全性的有效措施之一,然而由于长期以来一直没有明确规定的合理淤背宽度指标,各建设单位在所进行的淤背固堤工程中就沿用各自的经验或采用其他单位的标准来进行,例如河南黄河河务局(以下简称河南局)将采用自流和扬水站方式放淤固堤的工程标准定为 200~500 m,而山东黄河河务局(以下简称山东局)将之定为 100~200 m;1978 年黄河水利委员会(以下简称黄委会)规定平工堤段的淤背宽度为 50 m,险工和老口门等薄弱堤段的淤背宽度为 100 m,背河侧还应淤高到 1983 年设防水位以上 0.5 m;1981 年 6 月黄委会将放淤固堤的标准调整为平工堤段淤宽 30 m,险工堤段淤宽 50 m,老口门段淤宽 100 m;黄委会在 20 世纪 90 年代编报的《黄河下游防洪工程建设可行性研究报告》

中规定平工堤段的淤背宽度为 30~50 m, 险工堤段为 50~100 m, 老口门段为 100 m; 目前正在进行淤背的堤段中, 无论是平工堤段还是险工堤段, 设计的淤背宽度一律定为 100 m。从中可以看出淤背宽度的标准极不统一, 常随着黄河险情的变化而变化。为了达到设计、修防工作的统一, 从理论上研究满足防洪要求不同淤背设计宽度的防渗加固效果, 为淤背宽度设计寻求可靠的理论依据, 以提高黄河下游堤防除险加固工程建设与管理的科学性及严密性, 是非常必要的。

本书针对黄河下游堤防特点, 将可靠性理论应用于放淤固堤防渗加固效果分析, 基于蒙特卡罗方法研制了渗流有限单元法分析程序。本书通过大量的试验研究, 对黄河下游堤防各种土质的土性参数进行了统计分析, 得出了各类土体渗透系数的分布规律, 提出了黄河堤防渗透破坏标准的建议, 根据土体单元渗透破坏概率分析了渗透破坏区域的确定方法, 为应用可靠性理论研究放淤固堤防渗加固效果奠定基础。本书利用该研究成果, 具体计算分析了黄河下游几个典型堤段不同淤背宽度时堤防渗流稳定破坏概率, 对不同淤背宽度情况下的渗流稳定可靠性进行了深入探讨, 分析研究了不同淤背宽度情况下的防渗加固效果; 同时, 利用数值模拟技术分析了放淤固堤施工对黄河大堤可能产生的影响, 提出了其施工中应该采取的预防对策及措施, 对黄河下游堤防的放淤固堤工程建设与管理具有重要指导意义。

黄河水利科学研究院长期致力于堤防工程安全与病害防治方面的研究实践工作, 提出了一系列颇有见地的成果。笔者多年从事黄河下游防洪工程科研、质量检测及监理等工作, 开展了一系列相关研究, 取得了一些成果。为了使这些成果更好地为黄河治理开发服务, 笔者在此基础上, 结合科研生产实际, 总结近些年潜心钻研所得, 编写了本书, 为黄河下游放淤固堤工程的建设与管理提供技术支撑。

除本书作者外, 高航、常向前、潘恕、王笑冰、杨小平、孟献颖、李莉、马卫东、张宝森等人也参与了研究工作, 为本书的成稿付出了许多劳动。在本书的编写过程中, 也得到了黄河水利科学研究院各级领导的大力支持与帮助, 在此一并致谢! 由于水平有限, 书中可能出现错漏, 衷心希望读者批评指正。

作 者

2008 年 10 月

目 录

前 言

第 1 章 概 述	(1)
1.1 黄河下游堤防概况	(1)
1.2 黄河下游堤防历史险情及产生原因	(8)
1.3 黄河堤防防渗加固主要措施及其适应性综述	(17)
1.4 放淤固堤技术研究进展	(20)
第 2 章 黄河下游放淤固堤工程概况	(23)
2.1 放淤固堤的作用及意义	(23)
2.2 放淤固堤在不同时期的标准	(25)
2.3 放淤固堤设计遵循的原则	(27)
2.4 放淤固堤存在的问题	(27)
2.5 放淤固堤的工程技术	(28)
2.6 小 结	(30)
第 3 章 放淤固堤效果分析的可靠性方法	(31)
3.1 概 述	(31)
3.2 可靠性分析基本原理简介	(31)
3.3 可靠性分析基本方法	(32)
3.4 可靠性分析方法比选	(33)
3.5 可靠性分析概率统计的基本方法	(34)
第 4 章 黄河下游堤防土性参数的统计特征	(42)
4.1 概 述	(42)
4.2 土性参数的统计分析	(42)
4.3 渗透系数统计特征	(48)
4.4 临界坡降统计特征	(52)
4.5 土体密度统计特征	(57)
4.6 小 结	(58)
第 5 章 黄河下游淤背区土质试验及其参数的统计特征	(59)
5.1 概 述	(59)
5.2 取样淤区概况及试验成果	(60)
5.3 试验成果分析	(84)
5.4 小 结	(92)
第 6 章 放淤固堤工程效果分析	(93)
6.1 渗流稳定可靠性分析原理与实施方法	(93)
6.2 渗流稳定可靠性有限元计算采用的参数与条件	(97)
6.3 计算成果与淤背效果分析	(100)

6.4 小 结	(103)
第 7 章 放淤固堤后背河坑塘对防洪安全影响分析	(104)
7.1 概 述	(104)
7.2 典型堤段基本情况	(104)
7.3 渗流计算分析	(107)
7.4 边坡稳定计算分析	(117)
7.5 小 结	(121)
第 8 章 放淤固堤施工影响典型堤段基本情况及试验分析	(123)
8.1 黄河放淤固堤施工影响基本情况	(123)
8.2 黄河放淤固堤施工大堤裂缝成因初步分析	(125)
8.3 裂缝堤段试验剖面选取	(128)
8.4 典型裂缝堤段土体试验研究	(130)
8.5 小 结	(145)
第 9 章 河南黄河放淤固堤施工影响分析	(146)
9.1 概 述	(146)
9.2 河南黄河放淤固堤施工影响数值分析的基本理论	(146)
9.3 河南黄河堤防裂缝堤段典型断面分析	(152)
9.4 小 结	(160)
第 10 章 山东黄河放淤固堤施工影响分析	(161)
10.1 土体饱和 - 非饱和渗流与应力耦合分析原理	(161)
10.2 土体湿化变形原理及数值模拟方法	(166)
10.3 堤防裂缝判别方法	(168)
10.4 堤防纵向裂缝分析的基本过程	(171)
10.5 纵向裂缝堤段典型断面分析	(174)
第 11 章 放淤固堤施工影响预防对策数值分析与评价	(210)
11.1 堤防土体力学特性的影响分析	(210)
11.2 排水速度的影响分析	(213)
11.3 放淤固堤合理施工速率分析	(214)
11.4 湿化变形的影响分析	(225)
11.5 堤顶堆载的影响分析	(225)
11.6 车辆荷载的影响分析	(226)
11.7 堤顶道路与淤背施工顺序的影响分析	(227)
11.8 堤防纵向裂缝危害分析	(229)
11.9 数值分析基本结论	(231)
第 12 章 放淤固堤施工造成大堤裂缝的防治措施研究	(234)
12.1 堤防裂缝预防对策	(234)
12.2 堤防裂缝处理对策	(238)
第 13 章 结 语	(245)
参考文献	(248)

第 1 章 概 述

1.1 黄河下游堤防概况

1.1.1 堤防基本情况

修建黄河堤防可追溯到史前的共工与鲧。战国时期,沿河各诸侯国纷纷在各自境内修建堤防,奠定了系统堤防的基础。汉代黄河下游的堤防,始见于《史记·河渠书》。春秋战国时期,黄河下游已普遍兴筑堤防。但各诸侯国以邻为壑,堤防不规则、不合理。秦统一中国后,“决通川防,夷去险阻”,对堤防进行了全面整治。汉代进一步修成系统堤防,并不断增修石工,加高增厚。因此,汉代人称黄河大堤为金堤。西汉末,黄河下游决溢,往东南摆动。王景治河后,又在新河两岸修筑堤防,自汴口以东沿河积石垒堤,也统称金堤。迄宋代,黄河又多次变迁。河道每大摆动一次,沿河两岸均要兴筑大堤。这样,在古河道长期行经的地方形成多重大堤,当地群众和一些文献也称这些堤防为金堤。黄河夺淮时期,黄河下游形成了堪称世界之最佳的堤防系统,其中有遥堤、缕堤、格堤、月堤、子堤、戗堤、刺水堤、截水堤之分,这就是我们今天在地图上依然可见的“明清黄河故道”。现在的黄河大堤与明清故道类似,它是 1855 年铜瓦厢决口改道后逐渐形成的。从郑州桃花峪至山东利津河口,河长 767 km,两岸大堤及其他有关堤防总长 2 290.3 km,其中自孟津至山东垦利县入海,计有临黄大堤长度 1 370.7 km,按自然段落划分为 5 大段,其中左岸 3 段,右岸 2 段和 13 小段,一般顶宽 9~12 m,高 10~14 m,临背河地面高差 4~6 m,最高达 10 m 以上,底宽几十米甚至上百米,艾山以上临背河坡一般为 1:3,艾山以下临河坡 1:2.5,背河坡均为 1:3。堤防的设防标准为:艾山以上按 $22\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量的洪水设防,艾山以下按 $11\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量的洪水设防。黄河大堤被认为是维系东方文明的代表性工程。

黄河下游河道具有上宽下窄的特点。桃花峪至高村河段,河长 207 km,堤距一般 10 km 左右,最宽处有 24 km,河槽宽一般 3~5 km,河道泥沙冲淤变化剧烈,水流宽、浅、散、乱,河势游荡多变,洪水灾害非常严重,历史上重大改道都发生在本河段,两岸堤防保护面积广大,是黄河下游防洪的重要河段。高村至陶城铺河段,河道长 165 km,堤距一般在 5 km 以上,河槽宽 1~2 km。陶城铺至宁海河段,河道长 322 km,堤距一般 1~3 km,河槽宽 0.4~1.2 km。宁海以下为黄河河口段,河道长 92 km。随着黄河入海口的淤积—延伸—摆动,入海流路相应改道变迁。现状黄河河口入海流路是 1976 年人工改道后经清水沟淤积塑造的新河道,位于渤海湾与莱州湾交汇处,是一个弱潮陆相河口。近 50 年间,随着河口的淤积延伸,年平均净造陆面积约 24 km^2 。

黄河干流各河段特征值见表 1-1。

表 1-1 黄河干流各河段特征值

河段	起讫地点	流域面积 (km ²)	河长 (km)	落差 (m)	比降 (‰)	汇入支流 (条)
全河	河源—河口	794 712	5 463.6	4 480.0	8.2	76
上游	河源—河口镇	428 235	3 471.6	3 496.0	10.1	43
	河源—玛多	20 930	269.7	265.0	9.8	3
	玛多—龙羊峡	110 490	1 417.5	1 765.0	12.5	22
	龙羊峡—下河沿	122 722	793.9	1 220.0	15.4	8
	下河沿—河口镇	174 093	990.5	246.0	2.5	10
中游	河口镇—桃花峪	343 751	1 206.4	890.4	7.4	30
	河口镇—禹门口	111 591	725.1	607.3	8.4	21
	禹门口—小浪底	196 598	368.0	253.1	6.9	7
	小浪底—桃花峪	35 562	113.3	30.0	2.6	2
下游	桃花峪—河口	22 726	785.6	93.6	1.2	3
	桃花峪—高村	4 429	206.5	37.3	1.8	1
	高村—陶城铺	6 099	165.4	19.8	1.2	1
	陶城铺—宁海	11 694	321.7	29.0	0.9	1
	宁海—河口	504	92.0	7.5	0.7	

注：1. 汇入支流是指流域面积在 1 000 km² 以上的一级支流。

2. 落差从约古宗列盆地山口计算。

3. 流域面积包括内流区。

人民治黄以来，黄河下游已进行了四次大复堤(1950～1957 年第一次、1962～1965 年第二次、1974～1985 年第三次、1989～2000 年第四次)。1996 年以来，国家又启动了黄河标准化堤防工程建设，采用堤防堤身帮宽加固，利用水力管道将河道中的泥沙输送至大堤背河侧沉放、种植防浪林等方法，进一步将黄河大堤建设成为具有防洪保障、抢险交通等多功能的有机保障体系。至 2007 年，黄河下游临黄大堤堤顶宽度基本达到设计要求的堤段长 1 192.965 km(欠宽 1 m 以下堤段及零星桩号因施工原因不再帮宽)；堤防加固达到设计要求的堤段总长 838.402 km；已修建堤顶道路总长 1 259.556 km；已完成防浪林带建设长度 689.276 km。黄河下游堤防现状及工程建设情况详见表 1-2。

在我国水利发展“十一五”规划中，明确提出将以堤防巩固和达标为目标，继续完善大江大河干流堤防、重要支流河段堤防、城市和重要经济区河段的堤防建设，把实施重要江河河段的河势控制和清淤疏浚列为“十一五”期间的重要水利建设任务。在《黄河近期重点治理开发规划》中，黄河堤防工程建设和加固除险被列为防洪工程建设的重点任务。2008 年 7 月获国务院批复的《黄河流域防洪规划》(国函[2008]63 号)，提出力争到 2015 年，初步建成黄河防洪减淤体系，基本控制洪水，确保黄河下游防御花园口洪峰流量 22 000 m³/s 堤防不决口，上中游干流、主要支流重点防洪河段的河防工程基本达到设计标准，重要城市达到规定的防洪标准；到 2025 年，建成比较完善的防洪减淤体系，加强防洪骨干工程建设，继续加强黄河下游标准化堤防建设，大力开展河道整治，控导河势，提高主槽过流能力。

表 1-2 黄河下游堤防现状及工程建设情况(截至 2007 年底)

岸别	序号	堤段	桩号范围	堤防长度 (km)	级别	堤防加高 完成情况	堤防帮宽		堤防加固		堤顶硬化		防浪林	
							已完成 长度 (km)	剩余 长度 (km)	已达设计 标准长度 (km)	剩余 长度 (km)	已完成 长度 (km)	剩余 长度 (km)	已完成 长度 (km)	剩余 长度 (km)
左岸	一	第一大段: 孟县中曹坡一封丘鹤湾		171.051		已完成	171.051		98.461	33.650	132.411		49.121	37.129
	二	贾孟堤	0+000~9+320	9.320	1	已完成	9.320				9.320			9.320
	三	太行堤上段	1+000~10+000	10.000	1	已完成	10.000							
		太行堤下段	10+000~22+000	12.000	1	已完成	12.000			10.000				
	四	第二大段: 长垣大车集—濮阳张庄闸	0+000~194+485	194.485	1	已完成	138.526	55.959	93.563	99.593	194.485		125.262	13.111
右岸	五	第三大段: 濮阳张庄闸—利津四段	3+000~355+264	350.123	1	已完成	293.859	56.264	129.794	215.548	296.631	53.492	171.382	80.049
		左岸合计		746.979			634.756	112.223	321.818	358.791	654.847	53.492	345.765	139.609
	一	孟津堤	0+000~7+600	7.600	2	已完成	7.600				7.600			
	二	第一大段: 郑州邙山根—梁山徐庄	-1+172~336+600	340.183	1	已完成	340.183		332.731	3.481	340.183		207.984	15.422
	三	河湖两用堤: 徐十堤 国十堤	0+000~7+245 7+245~10+471	10.471	1	已完成	10.471		10.471		10.471			
右岸	四	东平湖附近 8 段临黄山口隔堤		8.854	1	已完成	8.854							
	五	第二大段: 济南宋家庄—垦利二十一户	-1+980~255+160	257.140	1	已完成	191.101	66.039	173.382	80.331	246.455	10.685	135.527	55.531
		右岸合计		624.248			558.209	66.039	516.584	83.812	604.709	10.685	343.511	70.953
		总计		1 371.227		1 371.227	1 192.965	178.262	838.402	442.603	1 259.556	64.177	689.276	210.562

注: 堤防加固剩余长度已扣除不需安排或无法安排的堤段, 包括左岸沁河口以上堤段、东平湖山口隔堤以及涵闸等; 防浪林剩余长度已扣除险工、村庄、水塘等无法种植堤段。

黄河下游是举世闻名的“地上悬河”，洪水危害最为严重，一直是黄河防洪工作的重点。堤防是黄河下游防洪体系的重要组成部分，人民治黄以来取得了伏秋大汛未决口的辉煌成绩，黄河堤防发挥了重要作用。然而，黄河下游大堤是在原有民埝的基础上逐步加高而成的，普遍存在着堤身质量差；堤身裂缝多，獾狐、鼠类等洞穴隐患多；堤基老口门多，近堤坑塘多，基础薄弱；部分堤段堤顶宽度不足，临河堤坡较陡等。由于这些问题的存在，黄河大洪水期间，在堤防的背河侧常出现管涌、渗水、滑坡、陷坑、漏洞等险情，险象环生。除堤防本身存在重大质量问题外，部分河段河势还没有得到有效控制，“二级悬河”严重，堤沟河较多，当发生大洪水和中常洪水时，仍有“横河”、“斜河”直冲、顺堤行洪淘刷堤防，稍有不慎，仍有可能“冲决”、“溃决”堤防。而且，由于黄河多年没有大水的考验和实践，防汛队伍缺乏实战经验，抢险队伍临阵作战的“能力较差”，往往造成主动抢险变成消极被动的局面。

同时，由于黄河下游是举世闻名的“地上悬河”，洪水危害最为严重，一直是黄河防洪的重点。黄河下游大堤一旦失事，南决乱淮(河)，北决乱海(河)，黄河安危，事关大局。历史上三年两决口，百年一改道，决溢范围北抵天津、南达江淮，纵横 25 万 km²，涉及豫、鲁、皖、苏、冀 5 省。在目前地形地物条件下，黄河洪泛可能影响范围涉及上述 5 省的 24 个地(市)所属的 110 个县(市)，总面积 12 万 km²，耕地 733.3 万 hm²，人口 8 755 万(见表 1-3)。洪水决溢将造成巨大的经济损失。京广、陇海、京九、津浦、新荷等重要铁路干线和华北地区的高速公路、国道干线及开封、新乡等重要城市可能被冲毁，中原油田、胜利油田、兖济煤田、淮北煤田等重要能源基地将严重受损，多年建设起来的灌溉排水系统及治淮、治海工程体系将毁于一旦。洪水决溢不仅对经济社会造成极大破坏，而且水退沙存，河渠淤塞，良田沙化，对生态环境将造成长期的难以恢复的不良影响。因此，加强黄河下游堤防建设工作，仍是一项长期而艰巨的任务。

表 1-3 黄河下游不同河段堤防决溢洪水波及范围

决溢堤段		泛区面积(km ²)	泛区范围	涉及主要城市及其他设施
南岸	郑州—开封	28 000	贾鲁河、沙颍河与惠济河，涡河之间	开封市、陇海铁路(郑州—兰考)
	开封—兰考	21 000	涡河与沱河之间	开封市、陇海铁路(郑州—兰考)、淮北煤田
	兰考—东平湖	12 000	高村以上决口波及万福河与明清故道间，并邳苍地区；高村以下决口波及菏泽、丰县一带及梁济运河、南四湖，并邳苍地区。两处决口，泛区面积相近	徐州市，津浦(徐州—滕州)、新荷、京九铁路，兖济煤田
	济南以下	6 700	沿小清河两岸漫流入海	济南少部地区，胜利油田南岸
北岸	沁河口—原阳	33 000	北界卫河、卫运河、漳卫新河，南界陶城铺以上为黄河，以下为徒骇河	新乡市，京广(郑州—新乡)、津浦(济南—德州)、新荷、京九铁路、中原油田
	原阳—陶城铺	8 000 ~ 18 500	漫天然文岩渠流域和金堤河流域；若北金堤失守，漫徒骇河两岸	新荷、津浦(济南—德州)、京九铁路、中原油田、胜利油田北岸
	陶城铺—津浦铁桥	10 500	沿徒骇河两岸漫流入海	津浦铁路(济南—德州)、胜利油田北岸
	津浦铁桥以下	6 700	沿徒骇河两岸漫流入海	胜利油田北岸

1.1.2 黄河下游区域工程地质及水文地质概况

黄河下游河道从孟津—清水沟入海口全长 878 km, 临黄大堤长 1 370.7 km, 按地貌成因及形态划分, 孟津—东平湖为冲积扇平原, 地势西高东低, 地层岩性主要为粉、细、中砂层, 颗粒组成自西向东变细, 本区主要工程地质问题是渗透变形和地基液化; 位山—蒲城一带为冲积平原区, 大堤地基主要是以黏性土为主的多薄性结构类型, 其次为双层结构; 山东梁山县、东平县等东平湖附近地区的冲积湖积平原区, 大堤地基多为以黏性土为主的多薄层类型, 主要工程地质问题为沉降与不均匀沉降; 蒲城以东河口地区为冲积海积三角洲平原, 河道内主要为粉砂、粉土及砂壤土, 属高压缩性或中等压缩性的土壤, 抗剪强度低。总的来说, 黄河下游的工程地质问题有渗透变形、液化、沉降与不均匀沉降, 老口门是黄河大堤的特殊工程地质问题。

淤背区位于黄河冲积扇平原上, 黄河冲积扇的形成基本上以近代河床为轴线向两岸不断扩展, 逐渐形成黄河冲积扇。据现有的一些资料及黄河沿岸深层钻孔资料分析, 沿黄大堤一带, 其地层沉积规律一般以河床相和漫滩相交错沉积为主。从开封、兰考至山东境内的河段, 自地表埋深 80 m 范围内, 其地层沉积基本上为近代黄河冲积岩性, 一般上部以砂壤土、粉细砂为主, 厚度 10~30 m, 下部则以粉细砂、细中砂为主夹黏性土层, 常含有砾石, 厚度为 50~70 m, 分布没有规律性。80 m 以下以厚层黏性土夹砂层或黏性土与砂层互层为主, 厚度大于 100 m。

黄河下游已成为“地上悬河”, 河水常年补给地下水, 地下水位随着河水的升降而升降。松散层中的地下水常以孔隙水、裂隙水和少量的孔隙型微承压水的形式赋存。潜水大多赋存于砂壤土中, 裂隙潜水则多存在于黏土层或夹土层的裂隙充填物中, 孔隙型微承压水也有发现。潜水一般分布在地表 30 m 以内范围, 30~80 m 为浅层局部承压水, 80 m 以下砂层中的水为深层承压水。在埋深 80 m 以内地层中, 含水层以砂壤土、粉砂、细砂、中砂为主, 以 80 m 左右的黏土层界面为底板, 在底板以上没有相对稳定的相对隔水层, 只是局部出现黏性土层透镜体, 呈现出微承压现象, 没有明显的承压水头, 故潜水和浅层局部承压水仍属一体, 均以大气降水和黄河水下渗和侧渗补给为主要来源。其次为渠道深水及灌溉水的补给, 径流方向一般由临河向背河, 排泄方式以蒸发及侧向渗流为主, 人工抽取为辅。

1.1.3 黄河下游堤防土壤分析

1.1.3.1 黄河下游大堤土壤分布

黄河下游大堤地质勘探试验, 经历近 50 个年头, 参加勘探的单位较多, 往往对土壤的分类定名各不尽相同, 标准不完全一致, 现在考虑工程的修建和本书研究的需要, 将堤身和堤基的土壤分为黏土、壤土、砂壤土、粉土、粉砂、极细砂以及砂土等 7 类, 另外在叙述时还提到有堵口秸料、柳桩、石块等。

从调查和勘察的资料来看: 黄河下游为黄河冲积平原, 新老冲积扇相互迭置, 形成年代与堤防工程关系密切的有更新世晚期和全新世早晚期。从岩层分布情况, 由下而上, 基本上可划分为太古界(前震旦系)、古生界(震旦系、寒武系、奥陶系、石灰系、二叠系)、中生界、新生界(第四系), 黄河冲积层分布在最上部、河床多为砂性土, 河漫滩及背河洼地多为黏性土, 有的成双层结构。土壤颗粒组成从上到下, 是由粗到细的分布。土壤的分布, 据普查资

料，南岸邛山—东坝头堤段的堤身填土以砂壤土为主，堤基多为粉土、细砂、壤土，有的堤段夹有薄层黏土；东坝头—东平湖堤段的堤身多为砂壤土及轻壤土，堤基为壤土、砂壤土；济南市宋庄—王旺庄堤身多为壤土，堤基为壤土、砂壤土；王旺庄—垦利堤段的堤身多为砂壤土、粉土，堤基多为砂壤土、薄层壤土。北岸中曹坡—北坝头堤段的堤身多为砂壤土，堤基为砂壤土与中厚层壤土；北坝头—张庄堤段的堤身为砂壤土、壤土各半，堤基夹有薄层黏土与壤土互层；陶城铺—鹊山堤段的堤身为壤土及砂壤土，堤基为砂壤土及薄层黏土；鹊山—北镇堤段的堤身为壤土及少量盐渍土，堤基为砂壤土、壤土互层；北镇—四段堤段的堤身为壤土及盐渍土，堤基为砂壤土夹薄层黏土、盐渍土的透镜体互层，在靠近地面黏性土常有裂隙。上述堤身、堤基土质的分布列于表 1-4。由于上述堤身及堤基土质复杂，洪水时常发生渗水、管涌和滑坡等险情。

表 1-4 黄河下游堤防不同堤段堤身及堤基土壤统计

堤段名称		堤身填土	堤基土质
南岸	邛山—东坝头	以砂壤土为主	粉土、细砂、壤土，有的堤段夹有薄层黏土
	东坝头—东平湖	砂壤土及轻壤土	壤土、砂壤土
	济南宋庄—王旺庄	壤土	壤土、砂壤土
	王旺庄—垦利	砂壤土、粉土	砂壤土，薄层壤土
北岸	曹坡—北坝头	砂壤土	砂壤土与中厚层壤土
	北坝头—张庄	砂壤土、壤土各半	夹有薄层黏土与壤土互层
	陶城铺—鹊山	壤土及砂壤土	砂壤土及薄层黏土
	鹊山—北镇	壤土及少量盐渍土	砂壤土、壤土互层
	北镇—四段	壤土及盐渍土	砂壤土夹有薄层黏土、盐渍土的透镜体互层

从以上土壤分布的描述及土层分布情况来看，黄河下游堤防工程土壤的分布是非常复杂的。关于堤身土质，在堤防工程地质剖面图上标以人工填土，也就是在修筑大堤时，从堤线临背河取土修筑而成，据典型断面分析，主要是浅黄色壤土、砂壤土、粉砂土、并有少量细砂和黏土。如荆隆宫堤段的土壤组成为：壤土占 72.8%，砂壤土占 10%，粉砂占 9%，黏土占 6.7%，细砂占 1.5%；近堤顶为干硬状态，随深度增加，含水量逐渐增大，稍湿到湿，硬塑到可塑。又如南北庄堤段的堤身填土以淡黄色壤土为主，含有棕红色土团，各类土壤分布比例为：壤土占 64%，黏土占 15.6%，砂壤土占 15%，粉砂占 5%，细砂占 0.4%，黏土多用于包边盖顶。

对于堤基土壤，资料较多，土质变化也很大，在地表 10 m 以内多为砂壤土、粉砂、细砂及黏土互层，还有一些堤基表层或距地表很近的范围内有比较厚的粉砂和细砂层。另外，河南堤段与山东堤段堤基相比，土层分布有一定差别，河南堤段无论南岸还是北岸，一般在 10~15 m 以下都有深厚的砂层，而山东堤段，从 30 m 深的钻孔资料来看，还没有发现深厚的强透水砂层，但表层混埋较浅的粉砂、细砂层比河南堤段多。据勘探试验资料分析统计，在地面以下 0~10 m、10~20 m 的各类土壤所占比例见表 1-5。从表可以看出，河南堤段的土壤比山东堤段要粗。

表 1-5 黄河下游大堤堤基的各类土壤比例

堤段	不同深度的各类土壤比例(%)					
	0 ~ 10 m			10 ~ 20 m		
	砂土	砂壤土	壤土黏土	砂土	砂壤土	壤土黏土
河南堤段	31	28	41	70	5	25
山东堤段	12	30	58	38	30	32

1.1.3.2 黄河下游堤防土壤特性

根据现场勘探取样室内试验成果分析，黄河大堤堤身代表土性主要为中粉质壤土、重粉质壤土、粉质黏土；黏粒含量介于 15%~30%占多数，少数黏粒含量为 10%左右。孔隙率介于 0.40~0.50，液限 ω_L 大于 26%，塑性指数 I_p 为 10~20，土的内摩擦角除黏性土外均在 20 度以上。

黄河下游右岸堤防工程的大堤堤身土壤以粉土和砂质粉土为主，其中粉土的渗透系数一般为 $n \times 10^{-5}$ cm/s，砂质粉土为 $n \times 10^{-4}$ cm/s，干密度为 1.37~1.52 g/cm³。

堤基土以黏性土为主，粉土次之，上部粉细砂以透镜体或薄层形式出现，下部则基本成层分布。其黏土渗透系数一般为 $n \times (10^{-6} \sim 10^{-7})$ cm/s，粉土渗透系数一般为 $n \times (10^{-5} \sim 10^{-6})$ cm/s，砂质粉土渗透系数一般为 $n \times (10^{-4} \sim 10^{-5})$ cm/s；砂土渗透系数为 $n \times 10^{-3}$ cm/s 左右。由于堤基地表粉砂土、粉土不均匀系数一般小于 5，初步判定其渗透变形破坏类型主要以流土为主。表 1-6 为现场取样室内进行的渗透变形试验成果一览表，从试验成果也可以看出，堤基土渗透变形的破坏形式主要以流土为主。

表 1-6 黄河大堤渗透变形试验成果

土壤定名	干密度 (g/cm ³)	孔隙率	等效粒径 (mm)	平均孔隙直径 (mm)	渗透系数 (cm/s)	临界破坏 坡降 J_{kp}	渗透破坏 形式
轻砂壤土	1.65	0.39	0.034	0.008 5	5.20×10^{-5}	1.27	流土
轻砂壤土	1.64	0.38	0.038	0.009 1	2.71×10^{-5}	2.35	流土
粉砂	1.56	0.42	0.039	0.011 1	2.70×10^{-4}	0.65	流土
极细砂	1.57	0.41	0.048	0.013 1	1.90×10^{-4}	1.41	流土
轻砂壤土	1.60	0.40	0.039	0.010 2	1.93×10^{-4}	0.92	流土
细砂	1.66	0.38	0.048	0.011 5	1.30×10^{-4}	1.35	流土
轻砂壤土	1.58	0.41	0.030	0.008 2	4.00×10^{-5}	2.85	流土
中砂	1.58	0.40	0.079	0.020 7	7.20×10^{-3}	0.83	流土
粉砂	1.58	0.42	0.040	0.011 4	8.10×10^{-4}	0.94	流土
轻砂壤土	1.58	0.41	0.032	0.008 7	1.33×10^{-4}	2.37	流土
轻砂壤土	1.53	0.43	0.040	0.011 8	5.20×10^{-4}	0.86	流土
粉砂	1.58	0.42	0.040	0.011 4	7.90×10^{-4}	0.94	流土

从黄河大堤原状土取样试验结果看，它在工程特性方面的表现是细颗粒之间具有一定的凝聚力，处于中等密度状态，干密度均大于 1.48 g/cm³，渗透系数基本在 $n \times 10^{-4}$ cm/s 左右，具有相对低的渗透性。而土体的渗透变形大部分属于流土破坏形式。

从所收集的 2 000 多个土壤的试验资料以及重点堤段(白马泉—御坝、九堡、荆隆宫、南北庄、瓦屋寨、高村堤段的大堤地质断面)看,其土壤特性指标的变化都有一定的幅度,其主要物理力学指标见表 1-7。

表 1-7 黄河下游大堤土壤主要物理力学指标

土壤名称	堤段	干密度 (g/cm ³)	抗剪强度		渗透系数 (cm/s)	备注
			$\sim c(\text{kPa})$	$\varphi(^{\circ})$		
细砂	河南	1.47 ~ 1.75	0 ~ 9.8	28.4 ~ 36.5	$4 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$	共计多个土壤的试验资料以及重点堤段:白马泉—御坝、九堡、荆隆宫、南北庄、瓦屋寨、高村堤段的大堤地质断面的土壤主要物理力学指标统计结果
	山东	1.45 ~ 1.59	0 ~ 9.8	28.6 ~ 36.9	2.5×10^{-3}	
粉砂	河南	1.46 ~ 1.69	0.98 ~ 13.7	25.6 ~ 34.6	$9.2 \times 10^{-4} \sim 2.2 \times 10^{-5}$	
	山东	1.37 ~ 1.69	1.5 ~ 14.7	21.8 ~ 35.7	$4.6 \times 10^{-4} \sim 4.2 \times 10^{-5}$	
粉土	河南	1.35 ~ 1.65	3.9 ~ 21.6	27.5 ~ 35.7	$6.8 \times 10^{-4} \sim 5.4 \times 10^{-5}$	
	山东	1.38 ~ 1.67	1.47 ~ 17.6	26.1 ~ 37.9	$1.5 \times 10^{-4} \sim 2.9 \times 10^{-5}$	
砂壤土	河南	1.31 ~ 1.68	0.98 ~ 26.5	19.3 ~ 35.6	$6.0 \times 10^{-4} \sim 1.3 \times 10^{-7}$	
	山东	1.30 ~ 1.69	1.96 ~ 51.0	19.2 ~ 36.7	$1.2 \times 10^{-3} \sim 1.2 \times 10^{-7}$	
壤土	河南	1.28 ~ 1.67	0.98 ~ 45.1	7.4 ~ 35.7	$6.0 \times 10^{-4} \sim 5.0 \times 10^{-8}$	
	山东	1.29 ~ 1.75	0.98 ~ 73.5	7.7 ~ 35.4	$7.6 \times 10^{-4} \sim 15 \times 10^{-8}$	
黏土	河南	1.12 ~ 1.68	1.96 ~ 63.7	1.1 ~ 24.2	$8.5 \times 10^{-4} \sim 6.8 \times 10^{-9}$	
	山东	1.12 ~ 1.64	4.9 ~ 96.0	1.1 ~ 22.3	$9.8 \times 10^{-4} \sim 6.2 \times 10^{-9}$	

1.2 黄河下游堤防历史险情及产生原因

1.2.1 黄河下游堤防历史险情特点

1.2.1.1 历史险情特点综述

堤防是举世公认的防御洪水的主要屏障,堤防遇险决口将造成严重的灾害。众所周知,黄河下游在历史上决口频繁,由于泥沙淤积河床日益抬高,“地上悬河”形势越来越严峻,河道萎缩,洪患日趋加重。又因河床抬高,导致同流量洪水水位大幅度升高,据有关资料,下游主要水文站同流量 3 000 m³/s 的水位相比,1985 年较 1952 年高 1~3 m,加上“二级悬河”的出现,使得洪水威胁日益严重。黄河河床的抬高,导致高水位运用时,堤身的背河出溢点高,堤脚渗漏,严重威胁堤防安全。

堤防决口按出险原因分为漫决、溃决和冲决。漫决系洪水位超过堤顶漫溢冲刷堤身而造成;溃决系因洪峰大,水位高,水流渗透压力大,在堤身薄弱或有隐患处形成渗水、管涌、漏洞以致决口,因堤土浸泡,土体剪切强度降低发生裂缝、脱坡、坍塌,堤身断面削弱所造成的决口也属溃决;冲决系大溜顶冲大堤,冲蚀坍塌而形成。按其破坏形式,又可分为冲刷失稳破坏和渗流变形破坏。据近年来黄河大堤出险形式分析表明,大堤险点险段主要表现为潭坑(老口门)、堤身裂缝、堤身缺口、顺堤行洪、渗水段、堤身残缺段(高程、坡度不够)、病险涵闸、影响堤防安全的穿堤建筑物及其他,出险特点综合归结为以下 4 大类。

1)以管涌、流土为代表的堤基渗透变形

管涌是黄河下游堤防在特大洪水期间比较常见的险情,如抢护不及时,时久洞径扩大,有可能发展成漏洞或脱坡塌陷等更大险情,危及堤防安全。历史上黄河堤防出现的管涌险情多发生在堤内坡脚不远处的低洼地带,距堤内脚 30~50 m 处。黄河下游堤防堤基的表土层很少是砂砾层,因此地基的渗透破坏一般为流土破坏。流土首先发生于渗流出口,不可能在土体内部发生,当渗透力克服了重力的作用,土体就会产生流土破坏。流土与管涌相比,其发生要求更高的渗透比降,一旦流土发生,很容易引起溃决,危害性更大。

2)以渗水、滑坡为代表的堤身渗透变形

由于黄河下游堤防部分断面不足,堤身单薄,堤身土质以砂性土为主,加之筑堤质量差,因此在洪水时期,水压力增大,时间稍长,河水透过堤基或堤身在背河堤坡或堤脚出现渗水,这是黄河下游堤防最常见的险情。其特征是堤防背水侧坡面湿润、松散或有浸润线。散浸冲刷是堤身渗透破坏的主要形式之一,严重散浸将诱发堤身漏洞和堤身管涌以及脱坡滑坡发生。

如 1976 年 9 月 5 日艾山出现了 1958 年以后的最大洪水,洪峰流量为 $9\,180\text{ m}^3/\text{s}$,而花园口 9 月 1 日相应洪峰流量为 $9\,210\text{ m}^3/\text{s}$,由于后峰相接,峰形较胖,开封柳园口至利津 570 km 河段的水位大都超过 1958 年洪水位 0.5~1.0 m,历时长达 10 d 至半月。这次洪水共淹耕地 15 万 hm^2 ,村庄 1 639 个,倒房 30.6 万间,受灾人口 102.69 万,两岸大堤偎水 1 080 km,堤根水深 4~5 m。堤防裂缝长 3 778 m;渗水段 103 km;管涌 2 925 个;抢堵漏洞 3 个,陷坑 34 个;共有 131 处险工、控导工程出险,抢险 1 164 坝次。

1982 年 8 月 2 日花园口水文站出现仅次于 1958 年的大洪水,东坝头以上高滩局部漫滩,整个漫滩水深 0.5~2 m,东坝头至位山河段大部分漫滩,漫滩面积占滩地面积的 80%,漫滩水深 2~4 m。1982 年艾山洪峰流量 $7\,430\text{ m}^3/\text{s}$,位山以下漫滩面积 2.67 万 hm^2 ,占滩地面积的 37%,水深 0.5~2 m。两岸临黄堤 887 km 偎水,堤根水深 2~4 m,深处 5~6 m。发现大堤渗水 16 处,长 3 898 m,管涌多处,堤身裂缝 30 处,临河堤脚堤坡陷坑 17 个。大水洪峰前后下游河道工程出险 146 处,坝岸 801 道,1 079 坝次。

3)以穿堤建筑物接触冲刷为代表的穿堤建筑物险情

穿堤建筑物的渗流破坏多是沿地基土、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进而形成渗流通道,引起堤防溃决。由于接触冲刷发展速度往往比较快,因此对堤防的威胁很大。

如 1982 年大洪水费孟堤上董寨闸和建于滩区控导工程上的防沙闸如长垣南河店、范县于庄、台前刘楼等的防沙闸,均因结合部出现渗漏抢堵不及而被冲毁。

4)河势急剧变化引起的冲决险情

黄河下游属游荡性河道,作为历史上黄河下游三大决口形式之一的冲决,就是当大堤堤外无滩或滩岸很窄,而河势游荡摆动,在没有被控制的情况下突然变化,发生“横河”、“斜河”、“滚河”,主流将直接顶冲淘刷堤岸,造成堤防坍塌,抢护不及而决口。冲决发生率比较高,据统计,黄河在山东境内历年 424 个决口中,属于冲决的就有 78 个。各种险情之间相互联系、相互影响,往往一种险情的发生会引发多种险情,加剧险情的发展。

如 1983 年武陟北围堤因 8 月 3 日花园口站 $8\,370\text{ m}^3/\text{s}$ 洪峰回落后,鸡心滩约束一股大溜(80%)坐弯入袖,顶冲出险,9 月中旬至 10 月上旬因流量减小,险情才有所缓和;1988 年汛期花园口最大洪峰流量 $6\,900\text{ m}^3/\text{s}$,高村以上出现“横河”、“斜河”多处,东明老君堂控