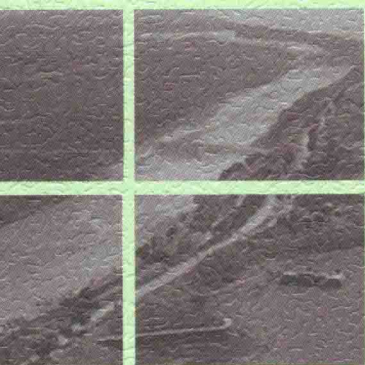




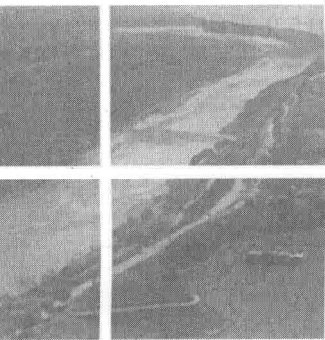
黄河下游防汛 实用技术

崔庆瑞 张继荣 许东波 ● 主编

HUANGHE
XIAYOU FANGXUN SHIYONG JISHU



西南交通大学出版社



黄河下游防汛 实用技术

崔庆瑞 张继荣 许东波 ○ 主编

HUANGHE
XIAYOU FANGXUN SHIYONG JISHU

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

黄河下游防汛实用技术 / 崔庆瑞, 张继荣, 许东波
主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2015.8 (2015.9 重印)
ISBN 978-7-5643-4247-0

I. ①黄… II. ①崔… ②张… ③许… III. IV.
①TV882.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 204109 号

黄河下游防汛实用技术

崔庆瑞 张继荣 许东波 主编

责任编辑 胡晗欣
特邀编辑 柳堰龙
封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话 028-87600564 028-87600533
邮政编码 610031
网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 四川森林印务有限责任公司
成 品 尺 寸 170 mm × 240 mm
印 张 30.25
字 数 593 千
版 次 2015 年 8 月第 1 版
印 次 2015 年 9 月第 2 次
书 号 ISBN 978-7-5643-4247-0
定 价 138.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

黄河安危，事关大局，搞好黄河防汛至关重要。

黄河是我国仅次于长江的第二大河，曾以“善淤、善决、善徙”著称，洪水灾害频发，是中华民族的心腹之患。

黄河自然条件复杂、河情极其特殊，水少沙多、水沙关系不协调决定了黄河是世界上最复杂、最难治理的河流之一，中常洪水时常出险。人民治黄以来，党和国家高度重视黄河治理与开发，投入大量人力、物力，根据不同历史阶段，提出不同治理方略。随着黄河下游河槽萎缩、过洪能力急剧下降等问题日渐突出，相关机构 2004 年提出“稳定主槽、调水调沙、宽河固堤、政策补偿”的治黄新思路 and 维持黄河健康生命的治河新理念。通过沿黄人民的共同努力，改变了历史上三年两决口、百年一改道的不利局面，确保了历年伏秋大汛安全。

小浪底水库建成后，黄河下游发生大洪水概率可提高到千年一遇，但小浪底到花园口之间无工程控制区有 2.7 万平方千米，这一区域也是主要暴雨区之一，仍有发生超标准洪水的可能。自 2002 年实施调水调沙至今，黄河下游主槽冲刷明显，平滩流量大幅增加，但槽高、滩低、堤根洼的二级悬河不利河道形态没有明显改观。近年来，国家投资整修、改建、加固许多防洪工程，防洪工程抗洪能力大大增强，但防洪工程和非工程措施仍不尽完善。黄河防汛形势不容乐观，黄河治理仍是一项长期而艰巨的任务，需要几代人不懈研究、探索和治理。

自实行以行政首长负责制为核心的各项防汛责任制以来，各级、各部门高度重视黄河防汛工作，修订、完善防洪预案、应急救援预案，建立应急救援体系，积极开展防汛抢险救灾，确保沿黄群众生命、财产安全。但是，地方行政领导换届、调动频繁，事务繁多，对黄河防汛知识、抢险技术掌握不够全面。为让各级、各部门领导更多地了解黄河、掌握防汛抢险知识，达到指挥灵活、调度有力、快速抢护险情和险情抢早、抢小、抢了的目的，最大限度减轻灾害损失，在充分总结黄河下游防汛抢险经验的基础上，组织人员编写了本书。

本书以防汛抢险为中心，详细介绍了黄河基本情况、金堤河防汛、防汛任务与洪水调度、防汛准备、水文观测、防汛物资、防汛抢险、黄河防凌等相关知识、技术，列举了身边重要实例对相关知识进行印证，通俗易懂，是行政首长了解黄河的绝佳读物，是黄河职工学习防汛知识、掌握抢险技术的好读本，还可以作为防汛培训教材使用。

本书第一章由崔庆瑞编写，第二章第一节至第五节由张继荣编写，第二章第六节至第九节、第六章第一节由赵阳编写，第三章由许东波编写，第四章、第八章第一节至第三节由崔文芳编写，第五章由刘双岐编写，第六章第二节至第三节、第七章由李辉编写，第八章第四节由崔兆东编写，第八章第五节至第八节由朱让编写，第九章由徐清灵编写，全书由崔庆瑞统稿并审定。本书在编写过程中，吸取以往研究成果，参阅大量文献资料，咨询部分治黄专家、前辈、领导，接受许多宝贵意见、建议，相关科室给予大力帮助，在此一并表示感谢。

由于参编人员水平有限，资料搜集、调查不够细致、深入，可能存在偏颇、遗漏、不当甚至错误之处，衷心希望广大读者批评指正。

编者

2015年7月

目 录

第一章 黄河简述	1
第一节 黄河特点	1
第二节 水沙特性	7
第三节 黄河洪水	10
第四节 黄河泥沙	27
第五节 干支流水库	36
第六节 治河方略	43
第二章 黄河聊城河段概述	50
第一节 聊城自然概貌	50
第二节 河道概况	52
第三节 堤防工程	57
第四节 险工工程	75
第五节 控导护滩工程	93
第六节 水闸工程	102
第七节 穿堤、跨河工程	116
第八节 黄河滩区	122
第九节 河势演变	127
第三章 金堤河防汛	139
第一节 金堤河概述	139

第二节	金堤河水文特征	153
第三节	滞洪区开辟与改建	158
第四节	滞洪区迁安救护	169
第五节	金堤河洪水压力	176
第四章	防汛任务与洪水调度	189
第一节	防汛方针、任务	189
第二节	黄河洪水调度	191
第三节	防洪预案	194
第四节	特征水位	202
第五节	常用高程系	206
第五章	防汛准备	210
第一节	汛前准备	210
第二节	防汛指挥体系	214
第三节	防汛指挥决策	217
第四节	防汛责任制	223
第五节	防汛队伍	229
第六节	工程普查	246
第七节	河势查勘	249
第八节	调水调沙	254
第六章	水文观测	260
第一节	水文站点	260
第二节	水文预报	265
第三节	资料整编	268
第七章	防汛物资	269
第一节	防汛物资种类	269
第二节	防汛物资组成	275
第三节	防汛物资储备	285
第四节	防汛物资管理	289

第五节	防汛物资调用	294
第六节	防汛物资社会化储备	301
第七节	合同制储备防汛料物	303
第八章	防汛抢险	308
第一节	险情类型	308
第二节	防汛检查	312
第三节	巡堤查险	318
第四节	堤防工程险情抢护	328
第五节	河道整治工程险情抢护	384
第六节	穿堤建筑物险情抢护	403
第七节	工程抢险	416
第八节	大型机械设备应用	424
第九章	黄河防凌	430
第一节	凌汛成因	430
第二节	凌汛危害及影响因素	434
第三节	冰凌观测	438
第四节	冰情普查	453
第五节	冰情预报	459
第六节	防凌调度	462
第七节	防凌形势、责任划分	464
第八节	防凌措施	465
第九节	防凌抢险实例	473
参考文献		475

第一章 黄河简述

第一节 黄河特点

一、黄河概况

黄河是我国第二大河，发源于青海省青藏高原巴颜喀拉山脉北麓的卡日曲、海拔 4 500 m 的雅拉达泽山以东约古宗列盆地（盆地海拔 4 400 m，面积 150 km²）。黄河从源头的涓涓细流，沿途汇集 76 条流域面积 1 000 km² 以上的一级支流，穿过高山峡谷，跨过辽阔平原，逐渐形成波澜壮阔的大河。黄河总的走势构成一个大的“几”字形，总的流向仍是自西向东，流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东 9 省区的 340 个县（市、旗），在山东省垦利县注入渤海。河流中段流经黄土高原地区，挟带大量泥沙，也被称为世界上含沙量最高的河流，但在中国历史上，黄河给沿河流域的人类文明带来很大影响，是中华民族最主要的发祥地之一，一般称之为“母亲河”。黄河干流河道全长 5 464 km，干流多弯曲，素有“九曲黄河”之称，河道实际流程为河源至河口直线距离 2 068 km 的 2.64 倍，比降 1/12 200，其长度在我国各大江河中仅次于长江，落差 4 480 m。黄河流域东西长 1 900 km，南北宽 1 100 km，流域面积 79.5 万平方千米（包括鄂尔多斯高原内流区面积 4.2 万平方千米），加上下游受洪水影响的范围共 91.5 万平方千米。据 2005 年资料统计，流域内耕地 1 262.7 万公顷，人口 11 282.9 万人。

黄河流域位于北纬 32°~42°、东经 96°~119°，西起巴颜喀拉山，东临渤海，北界阴山，南至秦岭，中有六盘山、吕梁山等群山起伏，并有世界上最大的黄土高原，横跨青藏高原、内蒙古高原、黄土高原、华北平原等 4 个地貌单元。黄河流域上中游地区绝大部分属黄土高原，海拔 1 000~2 000 m；黄河下游东部属黄淮海平原，河道高悬于两岸地面以上，成为地上悬河，是世界上最复杂、最难治理的河流，洪水威胁十分严重。表 1-1 为黄河流域基本特征。

表 1-1 黄河流域基本特征

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	河源至河口	794 712	5 463.6	4 480.0	8.2	76
上游	河源至河口镇	428 235	3 471.6	3 496.0	10.1	43
	1. 河源至玛多	20 930	269.7	265.0	9.8	3
	2. 玛多至龙羊峡	110 490	1 417.5	1 765.0	12.5	22
	3. 龙羊峡至下河沿	122 722	793.9	1 220.0	15.4	8
	4. 下河沿至河口镇	174 093	990.5	246.0	2.5	10
中游	河口镇至桃花峪	343 751	1 206.4	890.4	7.4	30
	1. 河口镇至禹门口	111 591	725.1	607.3	8.4	21
	2. 禹门口至三门峡	190 842	240.4	96.7	4.0	5
	3. 三门峡至桃花峪	41 318	240.9	186.4	7.7	4
下游	桃花峪至河口	22 726	785.6	93.6	1.2	3
	1. 桃花峪至高村	4 429	206.5	37.3	1.8	1
	2. 高村至艾山	14 990	193.6	22.7	1.2	2
	3. 艾山至利津	2 733	281.9	26.2	0.9	
	4. 利津至河口	574	103.6	7.4	0.7	

注：①汇入支流指流域面积在 1 000 km² 以上的一级支流。

②流域面积包括内流域。

③落差从约古宗列盆地山口计算。

黄河按地理位置及流域特征（区域地质环境、河谷地貌特征、水资源条件、流域社会状况、治理开发要求等）划分为上、中、下游。从河源到内蒙古自治区托克托县河口镇为上游，河长 3 471.6 km，落差 3 463 m，平均比降 1/1 000，流域面积 42.8 万平方千米（含内流区 4.2 万平方千米），占全河总流域面积的 54%；汇入支流 43 条，主要有：白河、黑河、洮河、湟水、祖厉河、大黑河等，年水量 313 亿立方米，占全河总水量的 55%，年输沙量 1.4 亿吨，占全河沙量的 9%；本段河道特点是：水多沙少，河水较清，流量均匀，比降大，峡谷多，蕴藏着丰富的水力资源，水电资源是其治理开发的重点，目前黄河干流上已建成 12 座大型水利水电枢纽。从河口镇到河南省郑州桃花峪为中游，河长 1 206.4 km，落差 896 m，平均比降 1/1 400，流域面积 34.38 万平方千米，占全河总流域面积的 43%；汇入支流 30 条，主要有：红河、皇甫川、窟野河、无定河、延水、汾河、北洛河、泾河、渭河、伊洛河、沁河等，年水量 247 亿立方米，占全河总水量的 44%，年输沙量 14.6 亿吨，占全河沙量的 91%；本段河道特点是：暴雨强度大，历时短，洪峰高，水位陡涨陡落，是下游洪水泥沙的主要

来源区。从桃花峪到山东省垦利县为下游，河长 786 km，落差 89 m，平均比降 $1/8\ 000$ ，流域面积 2.27 万平方千米，占全河总流域面积的 3%；汇入支流 3 条，即天然文岩渠、金堤河、大汶河；本段河道特点是：河道上宽下窄，比降上陡下缓，排洪能力上大下小，宽浅散乱，洪峰高，泥沙淤积严重，河床逐年升高，一般高出背河地面 3~5 m，有的高达 10 余米，成为世界上著名的“地上河”，是黄河防洪的重点河段，下游防洪是黄河治理的首要任务。

历史上，黄河变迁改道和决溢灾害，主要发生在下游河道。据历史记载，自公元前 602 年至公元 1938 年的 2 540 年间，黄河改道迁徙 26 次，大改道 6 次，黄河决溢达 1 590 次，洪水泛滥，灾害频繁，黄河以“善淤、善决、善徙”著称于世。

二、黄河水文气象

黄河流域地域辽阔，气候变化较大，降水量从东南向西北递减，分属湿润（面积小）、半湿润、半干旱和干旱 4 个地带。黄河流域多年平均降水量 465 mm，年降水总量 3 701 亿立方米。降水分布很不均匀，同仁、兰州、靖边、东胜以南地区，年降水量 400~800 mm；此线以北地区，年降水量一般 200~400 mm。由于气候影响，年降水量在时间分配上变化也很大，6—10 月降水量占全年降水量的 65%~80%，7、8 月为降水的全盛时期。最大月份为 7 月，占全年的 22.1%；最小月份为 12 月，占全年的 0.6%，这一降水特点导致年径流形成明显的汛期洪水。

黄河径流主要来源在兰州以上，多年平均年径流量 323.6 亿立方米，占全河总水量的 55.8%，兰州以下由于较大支流汇入，到陕县年径流量增加为 500 亿立方米，陕县以下有伊洛河、沁河等支流汇入，到郑州花园口年径流量增至 559.2 亿立方米。花园口以下水量变化不大，黄河实测最大洪峰流量龙门 $21\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ （1967 年）、陕县 $22\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ （1958 年）、花园口 $223\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ （1958 年）。

黄河是世界上著名的多泥沙河流，最大特点是水少沙多，水沙输送很不平衡，数量变差大，时间分配过于集中。黄河多年平均天然径流量 580.2 亿立方米，多年平均输沙量 16 亿吨，含沙量 $35\ \text{kg}/\text{m}^3$ ，一年之中约 60% 的水量和 80% 的沙量都集中于汛期，水量、沙量年际变化较大。花园口站最大年径流量是 1964 年的 861.1 亿立方米，最小年径流量是 1960 年的 201.2 亿立方米，最大、最小年径流量的比值 4.3:1；最大年输沙量是 1958 年的 27.8 亿吨，最小年输沙量是 1961 年的 4.43 亿吨，最大、最小年输沙量的比值 6.3:1。流域人均水量 $593\ \text{m}^3$ ，约为全国人均水量的 23%；耕地亩均水量 $324\ \text{m}^3$ ，约为全国亩均水量的 18%。

黄河流量变化幅度很大。上游兰州站，1946 年汛期实测最大洪峰流量

5 900 m³/s, 非汛期最小流量 335 m³/s; 中游陕县站 (1953 年在其下游约 21 km 处增设三门峡站, 1959 年陕县站撤销), 1933 年实测最大洪峰流量 22 000 m³/s, 最小流量 240 m³/s。花园口站最大流量是 1958 年的 22 300 m³/s, 其次是 1982 年的 15 300 m³/s; 而最小流量是 1971 年 3 月 1 日出现的 4 m³/s 和 1968 年 6 月 17 日出现的 4.25 m³/s。水沙不平衡为黄河治理与水资源开发利用带来了不利影响。

黄河水资源蕴藏量在全国 7 大江河中仅次于长江, 居第二位, 是我国西北、华北最大的水资源市场, 多年平均河川天然径流量 580.2 亿立方米, 约占华北水系 (黄、淮、海河) 总径流量的 40%。干支流可开发的 500 kW 以上的水电资源约 2 800 万千瓦, 占全国可开发水电资源的 7.4%, 年发电量 1 170 千瓦时。

黄河流域 9 省 (区) 工业、农业和城市用水均依赖黄河水供给, 下游冀津两地也需黄河水补充, 根据上述 10 省 (区) 1 市估计, 共需黄河提供 740 亿立方米 (2000 年) 的水量, 但是, 考虑中上游地区历年灌溉用水和水库调蓄影响后, 黄河多年平均天然径流量 580.2 亿立方米, 同时黄河是一条多泥沙河流, 黄河下游河道需要一部分水量将泥沙输送入海, 河口地区还需要经常维持适当流量以满足渔业用水, 扣除河道内输沙和生态基流 210 亿立方米后, 黄河可供两岸国民经济的用水量是 370 亿立方米 [分配方案: 青海 14.1 亿立方米、四川 0.4 亿立方米、甘肃 30.4 亿立方米、宁夏 40 亿立方米、内蒙古 58.6 亿立方米、山西 43.1 亿立方米、陕西 38 亿立方米、河南 55.4 亿立方米、山东 70 亿立方米、河北及天津 20 亿立方米, 以《国务院办公厅转发国家计委和水电部关于黄河可供水量分配方案报告的通知》(国办发〔1987〕61 号) 发送有关省区], 这是水利部黄河水利委员会在多年调查研究的基础上提出的可供水量。黄河可供水量与丰枯年份有关, 如: 2013—2014 年度, 花园口站天然径流量 486 亿立方米, 较正常来水年份偏少 14%, 年度可供耗水量 318 亿立方米, 较正常来水年份分水指标少 52 亿立方米。

三、黄河治理规划

新中国成立后, 在“根治黄河水害, 开发黄河水利”总方针指导下, 上、中、下游统一规划, 全面治理, 经过 30 多年的艰苦努力, 黄河发生了由害河变利河的历史性变化。在黄河下游, 以防洪保安全为目标, 加强修防工作, 完成防御花园口站 22 000 m³/s 标准的三次大修堤工程, 初步建成包括堤防、险工、控导和分滞洪工程在内的“上拦下排、两岸分滞”的防洪工程体系, 依靠人民群众加强防汛, 战胜历年洪水, 连续取得伏秋大汛不决口的伟大胜利, 保障了黄淮

海平原的安全。同时，积极利用黄河水沙资源，开展大规模的水土保持工作，小流域治理、治沟等综合治理工程，已发挥减水减沙的显著效益，促进了农、林、牧业生产的发展。为控制洪水，综合利用水资源，先后在黄河干流修建三门峡水利枢纽、小浪底水库，在支流伊河上修建陆浑水库，洛河上修建故县水库，通过水库控制运用，起到拦洪消峰作用，减轻下游凌洪威胁。目前，干流上已建成龙羊峡、刘家峡、盐锅峡、下大峡、青铜峡、三盛公、万家寨、天桥、八盘峡、李家峡、三门峡、小浪底等大型水利水电枢纽，总库容 563.2 亿立方米（其中三门峡水位按 335 米计），有效库容 356.1 亿立方米，装机容量 874.2 万千瓦，设计年发电量 331.8 亿千瓦时（表 1-2）；支流上也兴建了一大批水利工程；30 万亩以上的大型灌区 35 处，灌溉面积由 1949 年的 1 200 万亩增至 6800 万亩，黄河流域的粮食产量，从 1949 年的 91 亿千克增长到 1985 年的 1282.8 亿千克，为新中国建立初期的 14 倍。

表 1-2 黄河干流梯级工程主要技术指标

序号	工程名称	地点	投入使用时间	控制面积 /万平方千米	正常高水位 /m	总库容 /亿立方米	有效库容 /亿立方米	最大水头 /m	装机容量 /万千瓦	年发电量 /亿千瓦时	重现期 /年
1	龙羊峡	青海共和	1992	13.14	2 600	247	193.5	148.5	128	59.4	1000
2	李家峡	青海化隆	1999	13.68	2 180	16.5	0.6	135.6	200	59.2	
3	刘家峡	甘肃永靖	1974	18.18	1 735	57	41.5	114	116	55.8	1000
4	盐锅峡	甘肃永靖	1975	18.27	1 619	2.2	0.1	39.5	35.2	20.5	200
5	八盘峡	甘肃兰州	1980	21.58	1 578	0.5	0.1	19.5	18	10.5	
6	大峡	甘肃兰州	1998	22.78	1 480	0.9	0.6	31.4	30	14.7	100
7	青铜峡	宁夏青铜峡	1968	27.5	1 156	5.7	3.2	22	27.2	10.4	100
8	三盛公	内蒙磴口	1966	31.4	1055	0.8	0.2	8.6			100
9	万家寨	山西偏关	1999	39.5	980	9	4.5	80.5	102	28.2	1000
10	天桥	山西保德	1977	40.4	834	0.7	0.4	20.2	12.8	6.1	100
11	三门峡	山西平陆	1960	68.8	335	96.4	60.4	46	25	13	1000
12	小浪底	河南济源	2001	69.4	275	126.5	51	141.9	180	54	1000
	合计					563.2	356.1	807.7	874.2	331.8	

附 件：

1. 防洪标准

防洪标准是指防洪设施应具备的防洪能力，一般用可防御洪水相应的重现期或出现频率表示，如百年一遇、50 年一遇，较科学地反映了洪水出现的概率和

防护对象的安全度。

2. 黄河各段的防洪标准

黄河流域防洪规划方案确定, 黄河下游保护区的防洪标准以设防流量重现期计算, 经三门峡、小浪底、陆浑、故县水库调节后近千年一遇。对应于花园口站设防流量 $22\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$, 经河道槽蓄后, 下游各站的设防流量为: 夹河滩 $21\ 500\ \text{m}^3/\text{s}$, 高村 $20\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$, 孙口 $17\ 500\ \text{m}^3/\text{s}$, 东平湖水库分洪后下泄流量 $10\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ (东平湖最小分洪运用概率为三十年一遇, 设计最大分洪流量 $7\ 500\ \text{m}^3/\text{s}$), 考虑南岸山区支流来洪流量 $1\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$, 艾山以下河段设防流量为 $11\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$, 相应重现期三十年一遇。

黄河上游宁蒙河段防洪标准近期为二十至五十年一遇, 局部堤段远期提高到百年一遇。

沁河下游防洪标准为防御小董站 $4\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$ 的洪水, 现状为二十年一遇, 河口村水库建成后提高到二百年一遇。

渭洛河下游防洪标准: 渭河下游除西安市城防段按百年一遇洪水标准 (咸阳站 $9\ 700\ \text{m}^3/\text{s}$) 设防外, 其余均按五十年一遇洪水标准 (华县站 $10\ 300\ \text{m}^3/\text{s}$) 设防; 洛河下游按十年一遇洪水标准 (状头站 $3\ 120\ \text{m}^3/\text{s}$) 设防。

四、山东黄河河道特点

黄河自河南省兰考县进入山东省境内, 流经菏泽、济宁、泰安、聊城、德州、济南、淄博、滨州、东营 9 市、25 县 (市、区), 从垦利县注入渤海, 河道长 $628\ \text{km}$, 流域面积 1.83 万平方千米, 占全流域面积的 2.3% , 主要由滩区和右岸几条支流流域组成, 沿黄县 (市、区) 人口 $1\ 311$ 万人, 耕地 145.5 万公顷, 是山东粮棉的主要生产基地。汇入支流有金堤河、大汶河、南北沙河、玉带河、浪溪河、玉符河等, 流域面积 1.12 万平方千米。

山东黄河现行河道是清咸丰五年 (公元 1855 年) 河南铜瓦厢决口 (农历 6 月 20 日)、黄河改道夺大清河注入渤海后形成的。山东河道的特点是上宽下窄, 比降上陡下缓, 排洪能力上大下小。因泥沙淤积, 河床逐年抬高, 形成地上“悬河”, 一般河床高出背河地面 $3\sim 5\ \text{m}$ 。自菏泽东明上界至高村河长 $56\ \text{km}$, 属游荡型河段, 两岸堤距 $5\sim 20\ \text{km}$, 河槽宽 $1.2\sim 3.3\ \text{km}$, 河道弯曲率 1.15 , 比降约 $1/6\ 000$; 河道宽浅, 河心沙洲多, 水流散乱, 分成多股岔流, 其中有一股相对属于主溜; 主溜流向多变, 摆动频繁, 造成大量滩地坍塌, 主槽变化剧烈是其主要特征。高村至陶城铺河长 $164\ \text{km}$, 是从游荡型向弯曲型转变的过渡型河段, 堤距一般 $1.4\sim 8.5\ \text{km}$, 河槽宽 $0.6\sim 1.3\ \text{km}$, 河道弯曲率 1.33 , 比降约 $1/8\ 000$; 该段河道堤距较宽, 控导工程占河长的 66% , 河道平面变化较大, 河

槽有较大的横向摆动,但陶城铺以上宽河道具有滞洪消峰作用。陶城铺至垦利宁海河长 322 km,堤距 0.4~5 km,河槽宽 0.3~1 km,河道弯曲率 1.2,比降约 1/10 000,属弯曲型河段;由于两岸险工、控导工程鳞次栉比,防护长度占河长的 80%,制约了河道的摆动范围,河槽比较稳定,一般平面变化不大,是典型的人工控制的弯曲型河段;该河段由于狭窄弯曲,河道排洪能力仅为高村附近河段的一半,冬季易卡冰,凌汛威胁严重。宁海以下河口尾间段,属弱潮多沙摆动频繁的河口;现行入海口位于莱州湾,海洋动力较弱;改道初期西河口以下河道长 27 km,至 2005 年,河道淤积延伸,长度增加到 60 km。由于河口频繁改道和泥沙淤积延伸,年均净造陆面积 25~30 km²,平均每年向海中延伸 300~400 m,经过黄河泥沙的长期淤积,形成河口三角洲。

20 世纪 80 年代中期,黄河下游主槽平滩流量 5 000~6 000 m³/s;1986 年后,随着上游龙羊峡、刘家峡等大型水利枢纽建成运用及水资源开发力度不断加大,进入下游的水沙条件发生很大变化,主槽淤积加重,断面急剧萎缩。至 2002 年,黄河下游主槽平滩流量减为 2 000~3 000 m³/s,个别河段 1 800 m³/s。同时,漫滩洪水减少,滩地淤积减缓,横比降增大,达 1/2 000~1/3 000。不少河段河槽高、滩低、堤根洼,形成主河槽平滩流量高于滩面 2~3 m,滩地高于背河地面 4~6 m 的二级悬河。

第二节 水沙特性

一、黄河水沙特点

黄河来水来沙的特点是:水少沙多,水沙不平衡;年际变化大,年内分配不均;流量、含沙量变幅大。高村水文站是黄河进入山东境内的控制站,据该站 1951—1985 年水文资料统计,平均年水量 442 亿立方米,年水量最大 872.9 亿立方米(1964 年),为历年平均值的 2 倍;年水量最小 152.3 亿立方米(1960 年),为历年平均值的 34.5%,年际变幅 5.7 倍。利津站最大年水量 973.1 亿立方米,最小年水量 94.1 亿立方米,年际变幅 10.3 倍。新中国成立后,山东黄河曾出现 6 次连续丰水年(1949—1950、1954—1955、1963—1964、1967—1968、1975—1976、1983—1984),年水量均超过 500 亿立方米;同时,也曾出现 2 次连续枯水年(1969—1974、1977—1980),年水量为多年平均值的 57%~77%。

流量年际变化更为突出,高村站最大流量发生在 1958 年 7 月 19 日,为

17 900 m³/s, 其次是 1982 年 8 月 5 日出现的 13 000 m³/s, 1935 年 8 月 10 日出现的 12 900 m³/s, 1954 年 8 月 6 日出现的 12 600 m³/s; 最小流量为 1961 年 2 月 6 日出现的 8.2 m³/s, 1968 年 6 月 19 日出现的 9.5 m³/s, 1971 年 3 月 5 日出现的 8.8 m³/s。

黄河水质较好, 矿化度、硬度较低。据化验分析, pH 平均 7.9, 矿化度平均 404.7 mg/L, 硬度平均值 3.4 毫克当量/升, 满足城市生活用水和工业、农业用水标准要求。

二、黄河泥沙来源

黄河多沙闻名中外, 数量占世界首位。黄河泥沙主要来自中游河口镇至潼关区间, 其来沙量占全流域总沙量的 90% 以上, 时空上比径流更为集中。一年之中, 85% 的泥沙来自汛期, 输沙量年际变化很大, 变幅较为突出。花园口站多年平均输沙量 16 亿吨, 最大输沙量 (27.8 亿吨, 1958 年) 是最小输沙量 (2.5 亿吨, 1987 年) 的 11.1 倍; 高村站历年平均输沙量 11.3 亿吨, 最大输沙量 25.6 亿吨 (1958 年), 为年平均输沙量的 2.3 倍, 最小输沙量 4.44 亿吨 (1980 年), 为年平均输沙量的 39.3%, 年际变幅 5.8 倍。黄河山东段 1953—1959、1966—1968、1975—1978 等年份曾出现连续丰沙年, 年输沙量在 11.3 亿吨以上; 1960—1963 年为连续少沙年, 年输沙量相当于多年平均的 40% ~ 72%。

三、水沙特性

1. 来水来沙量明显减小

1951—1985 年, 高村站年均径流量 442 亿立方米, 输沙量 11.3 亿吨; 1986—2005 年年均径流量 225.36 亿立方米, 输沙量 4.06 亿吨, 分别减少 49.1%、64.1%。2000—2005 年, 小浪底水库进入拦沙期, 高村站年均径流量 192.63 亿立方米, 输沙量 1.66 亿吨, 进入下游的水、沙量进一步减少。

2. 大洪水明显减少

据花园口实测洪水资料统计, 洪峰流量大于 4 000 m³/s 的洪水, 1950—1985 年平均每年出现 3.7 次, 1986—2005 年平均每年出现 0.9 次; 大于 8 000 m³/s 的洪水, 1950—1985 年平均每年出现 1 次, 1986—2005 年一次也没有出现。

3. 来水量年内分配变化较大

汛期来水比例减少, 非汛期来水比例增加。1951—1985 年进入高村站的来水比例汛期、非汛期比例平均为 59%、41%, 1986—2005 年来水比例汛期、非汛期比

例平均为 47.6%、52.4%。1986—2005 年进入艾山站的年均径流量 198.39 亿立方米,其中汛期平均 104.58 亿立方米,占 52.7%;输沙量年均 4.10 亿吨,其中汛期平均 3.18 亿吨,占 77.6%。

4. 主槽淤积加重

由于水沙关系恶化,泥沙在河道内的淤积比例发生变化,主槽淤积加重,形成对防洪安全极为不利的河床形态。1952—1986 年,在三门峡水库拦沙减轻下游河道淤积 35 亿吨的情况下,下游河道仍淤积 66.7 亿吨,其中滩地淤积 56.4 亿吨,占 85%,中水河槽淤积 10.3 亿吨,占 15%,滩面、中水河槽同步抬高;1987—1997 年,下游河道淤积 25.3 亿吨,其中滩地淤积 7.8 亿吨,占 31%,中水河槽淤积 17.5 亿吨,占 69%,中水河槽抬升速度远超滩面。高村至利津河段,1950—1985 年累计淤积 23.922 亿立方米,其中滩地淤积 14.755 亿立方米,占 61.7%;1986—2005 年累计淤积 8.0 亿立方米,其中滩地淤积 1.48 亿立方米,占 18.5%,81.5% 的泥沙淤积在主槽内。河槽淤积萎缩,逐步形成主槽高于滩面、滩面高于背河地面的二级悬河,平滩流量逐年减小,河床横比降大于纵比降,横河、斜河发生几率增多。

5. 入海水沙减少

利津站 1951—1985 年年均径流量 416.4 亿立方米,输沙量 10.4 亿吨,平均含沙量 25.06 kg/m^3 ;1986—2005 年年均入海径流量 142.21 亿立方米,年均输沙量 3.24 亿吨,较 1951—1985 年分别减少 65.8%、68.8%。1986—2005 年,利津站最大年径流量 264.3 亿立方米(1990 年),最小年径流量 18.6 亿立方米(1997 年);最大年输沙量 8.11 亿吨(1988 年),最小年输沙量 0.164 亿吨(1997 年)。

附件：防汛和防洪

1. 防汛

为防御洪水,预防或减轻洪水灾害,在汛期进行的防御洪水的各项工作,目的是保证防洪工程设施的正常运用与人民生命财产安全。主要内容包括:河势查勘,防洪工程检查,修建防洪工程,组织防汛指挥机构和防汛队伍,准备防汛料物,大力加强“人防”,通过法令、政策、经济和防洪工程以外的其他手段大力加强非防洪工程措施建设等。

2. 防洪

研究洪水规律与洪灾特点,并采取各种对策、措施和方法,以尽量减轻或防止洪水危害的一项水利工作。主要内容有:研究制订防洪规划,进行防洪工程建设、管理、运用;汛期防守与抢险,洪水预报与调度,灾后工作等;还包括防凌工作。