

国家自然科学基金重大项目

黄河干流水沙变化 与河床演变

主编 钱意颖 叶青超 周文浩

中国建材工业出版社

56.3745-
806

国家自然科学基金重大项目

黄河干流水沙变化 与河床演变

主编 钱意颖 叶青超 周文浩

中国建材工业出版社

00487

内 容 简 介

本书是国家自然科学基金资助的重大项目——黄河流域环境演变与水沙运行规律研究成果之一。主要内容包括：黄河中下游河流沉积环境演变与发展趋势；黄河下游河流纵剖面调整机制及发展趋势；干流水沙运行规律及对下游河道冲淤的影响；黄河下游河道的输沙能力；近代黄河三角洲演变及其与下游河道淤积的关系。本书可供水文学、水利学、地貌学、河口学和自然地理学等学科科研、生产及高等院校师生参考。

国家自然科学基金重大项目 黄河干流水沙变化与河床演变

主编 钱意颖 叶青超 周文浩

☆

责任编辑 刘捷

中国建材工业出版社出版

黄委会设计院印刷厂印刷

☆

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：15 字数：370 千字

1993年4月第1版 1993年4月第1次印刷

印数：1—1000册 定价：10.00元

ISBN 7-80090-224-2/G·12

78100

78100

《黄河流域环境演变与水沙运行规律研究》

序 言

黄河是哺育中华民族灿烂文明成长的大河,也是一条灾害频繁难治的多沙河流。长期以来,黄河流域生态环境十分脆弱,中游黄土高原严重的水土流失和风沙的危害,下游河床泥沙堆积的抬高和洪水的肆虐,尤其黄河善决、善徙的多变性,都是中华民族的忧患,也是我国当今四化建设的“心腹之患”,它严重地影响和威胁着流域境内炎黄子孙的生产、生活和经济建设的发展。然而,黄河流域土地资源、矿产资源和能源都十分丰富,成为我国发展农林牧业、能源和重化工业的基地。因此,在当今社会主义现代化建设中,黄河流域的治理开发占有重要的战略地位。

黄河的治理历来与国家的政治安定和经济盛衰紧密相关。为了驯服黄河,除害兴利,造福子孙、安居乐业,新中国成立后,中国共产党和人民政府十分重视黄河的治理,从此,人民治黄工作进入了新的纪元。40多年来黄河水利委员会和沿黄各省人民对黄河的水利开发,水患防治,河道整治以及黄河流域水土保持做了许多有成效的工作,治黄取得了巨大成绩,安渡了数十年的伏秋大汛,保证了沿黄各省经济建设的顺利进行,经济发展持续增长,人民得以安居乐业。可是,由于自然的和人为的原因,黄河流域的环境并没有得到根本改善,中游水土流失仍在继续,黄河水少沙多的本性仍然是造成黄河下游河床不断堆积抬高和容易发生洪泛决口改道的根本症结。

根治黄河,开发黄河的宏图大计,是中华民族长期的追求,为之奋斗的目标。近几十年来,学术界和工程技术界为治黄奋斗而做了大量的研究工作,也取得了许多丰硕的成果,但黄河问题涉及因素很多,它既与全流域的自然环境因素有关,又与全流域的社会经济发展因素有关,而且这些因素既相互联系、又相互制约,并随时间的进程和人类活动加剧的影响,而不断的变化。所以,黄河及其流域环境的治理开发,还有许多科学问题有待深入进行关键性、综合性、基础性和系统性的研究。基于以上考虑,1986年中国科学院、国家计划委员会地理研究所,在中国科学院资源环境局委托支持下,把黄河治理开发作为重大基础科学研究项目,列入国家“七五”科技攻关计划。针对黄河长期存在而又缺乏基础性研究的科学问题,提出了《黄河流域环境演变与水沙运行规律》的研究课题,作为国家自然科学基金重大基础研究项目,并于1988年得到国家自然科学基金委员会的批准和资助,为本次多学科、多兵种,联合攻关,深入开展研究工作创造了条件,也为黄河基础科学研究开创了新的局面。

本项目研究的主要宗旨为:“综合研究历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化事实,流域侵蚀产沙规律及水利水保效益,黄河下游水沙变化与河床演变规律,提出黄河流域环境演变与水沙变化趋势及整治方向,为2000年以后国家治理黄河决策提供科学依据和基础资料。”重点回答:“减少入黄泥沙前景;干流水库和小浪底水库联合运用可行方案;探讨延长黄河下游河道寿命的途径,以及流域综合治理与开发方向”等目标。

根据上述项目研究宗旨和研究目标的要求,设置了下列四个层次方面的研究课题。其中,

(1)历史时期流域环境变迁与水沙变化关系:宏观地再现秦汉以来环境变迁与水沙变化的事实,为深入分析现代黄土高原水土流失和下游河道堆积,洪泛的现状、原因、强度提供历史背景值。(2)流域侵蚀产沙规律及水利水保减沙效益分析。(3)黄河下游水沙变化与河床演变规律:这两个课题主要重点是分析中游侵蚀产沙和下游水沙变化的现状、原因、规律、发展趋势及其治理对策。(4)流域社会经济活动和自然环境演变趋势及治理方向:着重分析现代大型水利枢纽、人类活动和社会经济活动可能引起水沙及环境变化的趋势,提出方向性的综合治理开发意见。

4 年半来,在全体科技人员共同努力,充分发挥多学科、多兵种的优势,协作攻关下,所取得的系列科学成果是丰硕的,基本上达到了“弄清事实,分析规律,预测趋势和提出治理方向”的预期目标,为今后黄河流域治理开发决策提供了新的科学依据和系列资料。黄河流域环境问题虽然还很严峻,流域治理开发的任务还很艰巨,但只要正确认识了黄河流域环境演变与水沙运行的规律,通过综合治理开发后,减少中游黄土高原入黄泥沙量和减缓下游河道堆积速度,以及延长下游河道行水寿命的使命是可以达到的,改善黄河流域环境问题的前景也是光明的。

本项目研究工作,是由中国科学院、国家计划委员会地理研究所和黄河水利委员会共同主持,并组织了有关科研、生产和高等院校等单位协作攻关。参加单位有中国科学院、水利部西北水土保持研究所、黄委会水利科学研究院、中国科学院海洋研究所、中国科学院山地灾害研究所、水利水电科学研究院泥沙研究所、黄委会宣传出版中心、黄委会水资源保护研究所、黄委会勘测规划设计院、黄委会水文局、清华大学水利水电系泥沙研究室、北京师范大学地理系、北京大学城市与环境系、陕西师范大学地理系、华北水利水电学院、社会科学院历史研究所、陕西省气象科学研究所和河南省气象科学研究所等 19 个单位。参加研究工作的科技工作者计有 143 人。工作期间在国家自然科学基金委员会指导下,得到了中国科学院、黄河水利委员会以及沿黄地区各有关部门领导的大力支持和帮助。因此,本项目这次所取得的系列研究成果,是各方面大力协作和支持的结果,也是全体科技人员智慧的结晶,为献身治黄事业作出了积极的努力。在项目完成之际,我们深切悼念原项目负责人、著名地理学家左大康先生。在他主持项目工作期间,不仅科学研究上治学严谨,组织工作勇于创新,细心安排各项工作,而且为了深入了解黄河的环境问题和水沙运行的规律,不顾野外工作艰苦,抱病坚持亲临第一线,进行实地调查,身先士卒,为人师表,使我们受益匪浅。他的奉献精神和对地理学的贡献,将永远铭记在我们的心中。

项目学术领导小组

1992 年 12 月 1 日

前 言

“黄河下游水沙变化与河床演变”,为国家自然科学基金委员会资助的重大项目—黄河流域环境演变与水沙运行规律的第三课题。本课题采用泥沙运动力学、地貌学、沉积学、河床演变学、河口学和海洋学等多学科协作攻关的方式,结合流域环境和水沙变化情况,系统研究了:黄河干流水沙运行规律,特别是黄河下游河道泥沙输移、堆积和河床演变的规律;近代河口三角洲的演变及其对下游河道的影响;预测今后水沙条件改变后河床演变(含河口三角洲)的发展趋势,提出整治方向,为2000年以后治理黄河决策提供科学依据。

本课题是由黄河水利委员会水利科学研究院、中国科学院—国家计划委员会地理研究所和水利水电科学研究院泥沙研究所共同主持的,有中国科学院海洋研究所、生态环境研究中心和清华大学水利水电系参加。考察和研究工作是在国家自然科学基金委员会、项目组和各参加单位的支持和领导下进行的。1988年工作重点是在搜集和总结已有文献和成果;1989~1991年重点开展了野外考察、取样、室内试验和进行研究分析,分别提出年度阶段成果报告;1992年进行全面总结。

本课题充分发挥了多学科、多部门协作攻关的优势,弄清事实,分析规律,预测河床演变和河口三角洲演变的发展趋势,提出治理方向。综合分析结果认为:近20年来,由于降雨的影响及流域长期开发治理的作用,黄河下游来水来沙量显著减少,河道淤积相应减轻。如80年代平均来水404亿 m^3 ,年均来沙8.43亿t,下游河道平均淤积量0.59亿t,河口淤积延伸也有所减弱,展示了黄河治理的美好前景。不过,由于水、沙量的减少,洪峰削减,大中洪水发生机遇减少,出现了主槽淤积严重,冲积河流自动调整,河槽过洪能力严重衰退,水资源匮乏等一些新的问题。目前黄河的洪水尚未得到控制,河流衰退,增加了防洪的困难,必须引起注意。同时,对由此而引起的河流生态环境问题,必须加强监测、管理和研究。

本课题在研究黄河下游水沙变化及河床和河口三角洲演变过程中,采用的研究方法,诸如中、下游河道及三角洲的堆积模式、输沙能力和输沙机理,水沙变化后冲积河流自动调整的机理,预测发展趋势的方法和模型等,在学术上有较大的进展,对今后继续研究黄河问题是有益的,对生产实践应用有一定的指导意义。

本课题组于1988年7月组成,课题主持人是钱意颖、叶青超、曾庆华,参加研究工作的单位和人员有:中国科学院—国家计划委员会地理研究所,陈志清、师长兴、贾绍凤、李凤新;中国科学院生态环境研究中心,陆中臣;黄河水利委员会水利科学研究院,赵业安、潘贤娣、程秀文、李勇、傅崇进、尚红霞、侯素珍、申冠卿、王恺忱、朱粹侠、陈孝田、田治宗;水利水电科学研究院泥沙研究所,周文浩、赵华侠、梁志勇、闫颀、尹学良、陈金荣;中国科学院海洋研究所,杨光复、李永植、吴永成、李平、张治家、张君元、黄海军、范顺庭、杨玉珍、栾作峰、李凤业、李云飞;清华大学水利水电系,宋根培、王士强、高菁、张仁、谢树楠、邵学军。

本书编写主要执笔人员:第一章,钱意颖、程秀文;第二章,叶青超、陈志清;第三章,陆中臣、贾绍凤;第四章,赵业安、潘贤娣;第五章,周文浩、曾庆华;第六章,杨光复、李永植、吴永成、李平、杨治家、张君元、黄海军;第七章,宋根培、王恺忱、尹学良。全书由钱意颖、叶青超、周文浩

编审。

在考察研究过程中,我们得到青、甘、宁、蒙、晋、陕、豫、鲁各省(区)有关部门和单位的大力支持和帮助,深表谢意。

由于研究地区广,任务重,有的问题研究还不够深入,认识尚不一致,有待进一步研究。本书中对一些问题论述的观点和建议,仅供有关方面参考,不妥之处,恳请批评指正。

编者

目次

序言

前言

第一章 绪论	1
第一节 黄河干流河道基本情况.....	1
一、地形地貌概况.....	1
二、干流河道自然情况.....	1
三、干流工程情况.....	5
第二节 黄河水沙变化情况.....	7
一、近期水沙变化情况.....	7
二、水沙变化出现的新情况.....	7
第三节 研究内容和主攻目标.....	8
一、研究内容和主攻目标.....	8
二、主要研究进展及对今后研究的意见.....	8
第二章 黄河中下游河流沉积环境演化与发展趋势	11
第一节 黄河流域系统特征与沉积环境演化	11
一、黄河集水盆地的环境演化	11
二、黄河输沙通道的沉积环境演化与沉积结构	11
三、河口三角洲的环境演变	20
第二节 黄河中下游不同时期河道的沉积速率	21
一、全新世以来不同河段的沉积速率	21
二、三门峡水库修建后不同河段的沉积速率	24
三、黄河下游河道沉积发育模式	32
第三节 黄河中、下游河流沉积发展趋势预测	35
一、预测原则与依据	35
二、流域诸要素变化与河流沉积预测	35
三、河流沉积发展趋势综合分析	41
第四节 黄河中、下游减淤途径探讨	42
一、黄土高原侵蚀与水土保持减淤	42
二、三门峡库区减淤趋势及其途径	44
三、干流水利工程减淤作用	45
四、加固堤防,提高下游泄洪排沙能力.....	50
五、河口三角洲治理	50
第三章 黄河下游河流纵剖面调整机制及发展趋势	53
第一节 河流纵剖面形态特征及演变	53
一、阶梯状纵剖面发育的宏观边界骨架	53
二、黄河下游河道的起源与发展阶段	55

三、河流纵剖面形态的年际变化	55
第二节 黄河下游影响河流纵剖面形态的因素	56
一、纵剖面凹度与河长的关系	56
二、纵剖面凹度与水流能量的关系	57
三、加积与凹度的关系	57
四、凹度与比降的关系	58
五、坡降与内外营力间的关系	59
第三节 河流纵剖面的调整机制	59
一、沿程淤积和溯源淤积的概念和数学模型	60
二、河流纵剖面的调整阶段	64
三、黄河下游河流纵剖面平行抬升的淤积形态	65
四、黄河下游河床纵剖面调整的数学模拟	67
五、黄河下游河床平行抬升的理论探讨	68
第四节 黄河下游河流纵剖面的发展趋势及整治对策	73
一、黄河下游河流纵剖面发展趋势	73
二、减缓下游河道淤积抬高的对策	75
第四章 黄河干流水沙运行规律及现代河道冲淤演变	77
第一节 黄河水沙基本特点与干流水沙运行基本规律	77
一、黄河水沙的主要特点	77
二、干流水沙沿程运行情况	80
三、洪水传播特性	80
四、冲积河段输沙能力的调整机理	84
五、流域治理开发对干流水沙运行的影响	85
六、水沙变化对冲积河段输水、输沙能力影响的探讨	89
第二节 黄河下游输沙用水量	91
一、汛期、非汛期输沙用水量	91
二、洪峰期输沙用水量	93
三、高效输沙洪峰分析	95
第三节 现代河道河床冲淤演变	95
一、宁蒙河段的河床冲淤演变	95
二、禹门口至三门峡河段河床冲淤演变	98
三、黄河下游河床冲淤演变	108
第四节 黄河水沙变化与干流河道发展趋势	117
一、水沙变化趋势	117
二、干流河道发展趋势	121
三、河口延伸发展趋势	124
第五节 黄河下游河道发展前景探讨	126
第五章 黄河下游河道的输沙能力	128
第一节 黄河下游河道的输沙能力	128

一、水沙特点·····	128
二、河道输沙的沿程调整·····	130
三、黄河下游河道的输沙能力和挟沙力·····	139
第二节 黄河下游河道的阻力·····	148
一、山东河道的阻力特性·····	148
二、动床阻力关系·····	150
第三节 非均匀沙挟沙力的理论分析·····	151
一、水中颗粒跃移及推移质输沙率·····	151
二、悬移质及全沙挟沙力·····	151
第四节 黄河下游河道的输沙模式·····	154
一、漫滩洪水的水沙运动及水沙交换·····	154
二、冲淤量沿河宽的分布·····	156
三、河槽横向变化·····	156
四、河床横向变化对输沙的影响·····	157
五、非均匀悬移质分组泥沙的水流挟沙力·····	157
六、床沙活动层厚度·····	158
七、模型验证·····	158
第五节 减水、减沙对下游河道淤积的估计·····	158
一、黄河下游河床变形数学模型·····	158
二、黄河下游输沙模式·····	159
第六章 近代黄河三角洲演变·····	160
第一节 黄河入海水沙和海洋动力特征·····	160
一、入海径流与输沙特征·····	160
二、海洋沉积动力特征·····	164
第二节 近代黄河三角洲的地貌演变·····	171
一、尾间变迁与岸线变化·····	171
二、近代黄河三角洲的地貌演变·····	175
三、现代河口地貌演变·····	180
第三节 沿岸海域沉积作用·····	183
一、悬浮体含量与分布规律·····	183
二、表层沉积物的类型与分布·····	190
三、沉积过程·····	194
四、入海泥沙的运移与沉积规律·····	197
第四节 近代黄河三角洲的若干特征及发展趋势·····	199
一、基本特征·····	199
二、发展趋势·····	200
第七章 河口延伸对下游河道的影响·····	203
第一节 现代河口三角洲概况·····	203
一、河口三角洲演变概况·····	203

二、河口段河道演变特点·····	205
第二节 黄河下游河床纵剖面的变化规律·····	206
一、河流纵剖面的特性·····	206
二、影响纵剖面变化的主要因素·····	208
三、清水沟流路使用年限的预估·····	211
第三节 河口演变对下游河道影响之一·····	213
一、历史论述·····	213
二、黄河下游长期不能平衡的原因·····	214
三、河口延伸与下游河道淤积的关系·····	215
四、溯源淤积形态问题·····	217
第四节 河口演变对下游河道影响之二·····	218
一、河口突发变迁对黄河下游河道的影响·····	218
二、有资料记录以来黄河下游纵剖面的变化过程·····	220
三、近代黄河下游纵剖面的形成及发展·····	224
四、河床纵剖面形成概论及黄河持续淤积原因·····	224
第五节 减缓河口延伸的途径·····	228
一、中上游的水利水保措施·····	228
二、干支流的水利枢纽工程·····	228
三、沿岸引黄放淤·····	229
四、河道整治·····	229
五、控制河口延伸速度·····	229

第一章 绪论

第一节 黄河干流河道基本情况

一、地形地貌概况

黄河是中华民族摇篮,是我们伟大祖国的象征,它发源于青海省巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地,自西向东流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东等九省区,在山东省垦利县注入渤海,全长 5464km,总落差 4830m,流域面积 75.2 万 km^2 ,是我国第二大河。

黄河流域地势西高东低,大致可以分为三个阶梯,^[1]即青海省高原;内蒙古高原和黄土高原;华北平原。

1. 青海高原位于青藏高原的东北部,平均海拔在 4000m 以上,属高寒地区,人烟稀少,交通不便,经济尚待开发。

2. 内蒙古高原包括黄河河套平原和鄂尔多斯高原。河套平原西起宁夏下河沿,东至内蒙古托克托(河口镇),海拔 1200~900m,地势平坦,土壤肥沃,灌溉发达,是宁夏、内蒙古两自治区的主要农业生产基地。鄂尔多斯高原位于黄河河套以南,南界长城,大部分海拔为 1000~1400m,是一块近似方形的台状干燥剥蚀高原,风沙地貌发育。

黄土高原西起青海日月山,东至太行山,南靠秦岭,北抵鄂尔多斯高原,海拔 1000~2000m,是世界上最大的黄土分布地区,大部分在黄河中游,少部分在黄河上游。地貌特征主要由黄土塬、梁、峁、沟等组成,土层深厚,组织疏松,地形破碎,植被稀少,暴雨频繁,水土流失严重,是黄河泥沙的主要来源地。

3. 华北平原在太行山以东至滨海,主要由黄河冲积形成,多在海拔 100m 以下,地势低洼,地面坡度平缓,由于黄河长期淤积,下游河道形成“地上悬河”。以黄河两岸大堤为分水岭,以北属海河流域,以南属淮河流域。本区长期遭受黄河水患侵袭,现在和将来又都依靠黄河供水发展生产,广大平原的安危兴衰都与黄河息息相关。

二、干流河道自然情况

现今黄河流经的地区,大约在 5 亿年前还是一片水域,后来由于地质构造运动,山地隆起,盆地拗陷。至第四纪早、中更新世,还留有共和、银川、河套、汾渭(三门峡)和华北等湖盆,^[2]在这些湖盆中,除华北湖曾与海洋相连外,其余均为内陆型,各自形成独立的集水系统。后来,由于地壳变化,各湖盆河流的溯源侵蚀延伸,先后使各湖盆互相连通,湖水排出,湖泊萎缩消亡,形成目前黄河山地(高原)水流侵蚀和盆地泥沙沉积相连接的特点,纵剖面趋于夷平,见图 1-1 所示。^[2]

黄河河道的特点,干流弯曲多变,支流众多,分布不均又不对称。根据水沙特点,地形和地质条件,河流特性,黄河干流可以分为上、中、下游共 11 个河段,各河段的特征见表 1-1。

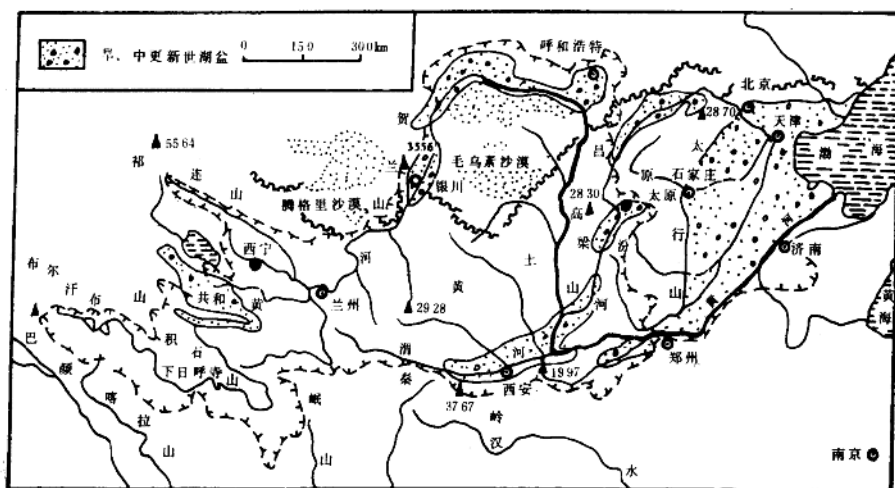


图 1-1 黄河流域简图

表 1-1 黄河干流各河段河道特征值

河段	起止地点	流域面积 (km ²)	河长 (km)	落差 (m)	比降 (‰)	大于 1000km ² 的一级支流(条)		
						合计	左岸	右岸
全河	河源至河口	752443	5463.6	4480.0	8.2	76	32	44
上游	河源至河口镇	385966	3471.6	3496.0	10.1	43	14	29
	1. 河源至玛多	20930	269.6	265.0	9.8	3	0	3
	2. 玛多至龙羊峡	110490	1417.5	1765.0	12.5	22	9	13
	3. 龙羊峡至下河沿	122722	793.9	1220.0	15.4	8	2	6
	4. 下河沿至河口镇	131824	990.5	246.0	2.5	10	3	7
中游	河口镇至桃花峪	343751	1206.4	890.4	7.4	30	16	14
	1. 河口镇至禹门口	111591	725.1	607.3	8.4	21	11	10
	2. 禹门口至潼关	184584	125.8	52.5	4.2	4	2	2
	3. 潼关至桃花峪	47576	355.5	230.9	6.5	5	3	2
下游	桃花峪至河口	22726	785.6	93.6	1.2	3	2	1
	1. 桃花峪至高村	4429	206.5	37.3	1.8	1	1	0
	2. 高村至陶城埠	4668	165.4	20.2	1.2	1	1	0
	3. 陶城埠至利津	13055	301.1	28.7	0.9	1	0	1
	4. 利津至河口	574	103.6	7.4	0.7	0	0	0

注:河源系约古宗列盆地口。

(一)上游

从河源至内蒙古托克托县的河口镇为黄河上游,河长 3472km,水面落差 3496m,流域面积 38.6 万 km²,分别占全河的 63.5%、78%和 51.3%。汇入较大支流 43 条,其中左岸汇入 14 条,右岸汇入 39 条。

青海省的玛多以上为河源段,黄河流经低的丘陵和湖盆草原地区,河谷宽阔,地势平缓,对径流调蓄作用显著。河段内的扎陵湖和鄂陵湖,都在海拔 4260m 以上,水面面积分别为 526 和 610km²,蓄水量 47 和 108 亿 m³,是我国最大的高原淡水湖。

玛多至玛曲,黄河贯穿巴颜喀拉山和积石山之间的古湖盆和平川宽谷之中,其中除有几段

峡谷外,大部分河道蜿蜒曲折,河床宽浅,水流平缓,著名的黄河第一弯—唐克弯就位于此。黄河流经辽阔的松潘平原,至唐克附近受岷山阻挡,绕阿尼玛卿山先向东南流,再折转西北,形成180°的大弯。

玛曲至龙羊峡,黄河流经高山峡谷,两岸地势险峻、岩石裸露、峡长谷深、坡陡流急,河流蜿蜒于崇山峻岭之中,在唐乃亥附近折向东北,又形成一个180°的大弯。从上到下有多石峡、多唐贡玛峡、官仓峡、拉加峡、野狐峡、拉干峡等,其中拉干峡长216km,是黄河上仅次于晋陕峡谷的第二长峡。峡谷段河宽一般约100m,最窄处仅30余米,水力资源蕴藏丰富。

龙羊峡至下河沿,黄河流经青海高原和黄土高原的结合部位,地势由西向东呈阶梯状下降,河道蜿蜒曲折,河谷川峡相间,计有19个较大的峡谷和17个较长的川地。峡谷长度占本河段总长的40%以上,有著名的龙羊峡、刘家峡和黑山峡等,前二个峡谷已建成水库。各峡谷间的川地长约20~35km,周围群山环抱,河谷开阔,水流较缓,两岸河漫滩和阶地发育,较大的川地有贵德川、皋兰州、靖远川等。本段峡谷河床狭窄,有的峡口仅几十米。河床覆盖厚度,兰州以上一般为0~7m,局部深达10m,兰州以下为30~35m。本河段水量丰沛,落差集中,是黄河水力资源的“富矿”区,也是全国重点开发建设的水电基地之一。

下河沿至河口镇,黄河流经宁夏冲积平原,除石咀山至河拐子河道较窄,河床有基岩出露外,其余河段都是沙卵石或沙质河床,河道宽浅,比降平缓。沿河两岸耕地约2600万亩,目前引黄灌溉面积达1300余万亩,是黄河流域的古老灌区之一,也是我国目前最大灌区之一。

(二)中游

河口镇至河南郑州市的桃花峪为中游,河长1206km,水面落差890m,流域面积34.4km²,分别占全河的22.1%、19.9%和45.7%。汇入较大的支流30条,其中左岸汇入16条,右岸汇入14条。

河口镇至禹门口,黄河流向由北转南,流经晋陕峡谷,长725km,是黄河上最长的峡谷,简称北干流。本区域内黄土高原的平稳上升,黄河及其支流的冲刷侵蚀,形成本区地貌的基本形态。在黄土高原上升过程中,由于暂时停顿,河流两岸形成阶地。干流除河曲及府谷、保德附近河谷较宽外,其余绝大部分河谷底宽为400~600m,两岸山坡陡峻,水流湍急,水力资源比较丰富,河道形态为微弯和顺直型。如无定河口至延水关河段,由于受山谷影响,较为弯曲,曲折系数为2.07;而府谷至吴堡河段,曲折系数只有1.06。两岸支流、沟道众多,多发源于黄土丘陵沟壑区或黄土高原区。支沟坡陡流急,洪水时挟带大量泥沙和乱石,是黄河粗泥沙主要来源区,乱石和粗沙堆积在沟口形成洪积扇,在干流河床宽阔处,形成高大稳定的溪口滩,长达数千米。峡谷下段有著名的壶口瀑布,河槽宽仅30~50m,枯水水面落差约18m。

黄河出禹门口,流经汾渭地堑,河谷骤然展宽,比降度缓,至潼关河长125km,简称小北干流。有汾河、渭河两大支流汇入,河道宽浅散乱,是著名的游荡性河段,平均河宽8.5km,最宽达15km,水流平缓散乱,河床摆动频繁。两岸是渭北和晋南黄土台塬,共有耕地2000多万亩,是晋、陕两省的重要农业区,由于干旱,制约着经济的稳定发展。

潼关至桃花峪河段,黄河流至潼关受秦岭阻挡,折向东流,经三门峡至孟津,河谷宽为数百米到千米,是黄河最后一个峡谷河段。其中潼关至三门峡为三门峡水库的一部分,三门峡至孟津县的小浪底,为将来小浪底水库的水库区。出孟津峡谷后,河道逐渐展宽达4~8km,南岸为邙山,北岸孟县城以下为沁洪平原,温县与孟县的沿河滩地,简称孟温滩,本河段有伊洛河、沁河等支流汇入。

(三)下游

桃花峪至入海口为黄河下游,河长 786km,水面落差 94m,流域面积 2.3 万 km^2 ,分别占全河的 14.4%、2.1% 和 3.0%。由于黄河下游河床高昂,汇入支流少,流域面积大于 1000 km^2 的支流只有天然文岩渠、金堤河和汶河 3 条。前两条支流从左岸汇入,由于地势低洼,入黄不畅,对黄河水沙影响不大。汶河发源于旋崮山北麓的沂源县境内,由东向西汇入东平湖,出陈山口入黄河,实测 12 天洪量达 10~14 亿 m^3 ,对东平湖分洪有一定影响。

黄河下游河道横贯于华北平原,北自孟县以下,南自郑州京广铁桥以下,除东平湖陈山口到济南玉符河地段傍依山麓外,其余河段均靠堤防约束洪水,两岸临黄大堤全长 1384km。黄河下游河道上宽下窄,按照河道形态和演变特性可以分为四段,见图 1—2 所示。

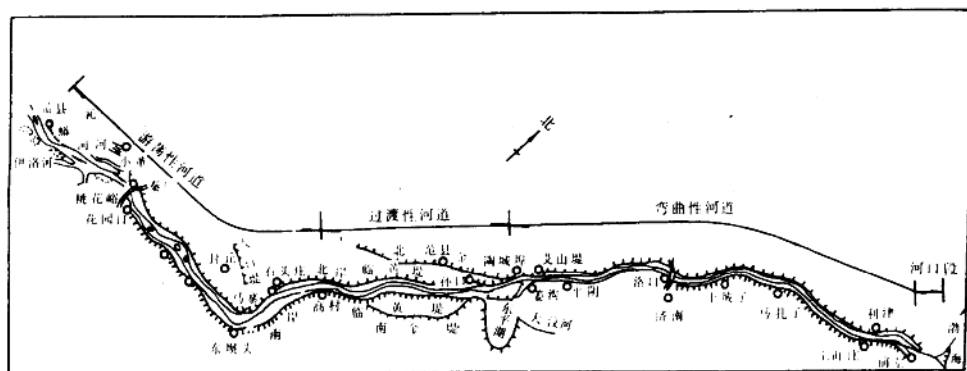


图 1—2 黄河下游河道平面图

桃花峪至高村,河长 206.5km,其中东坝头以上是 1855 年铜瓦厢决口前的老河道,堤距 5~14km。由于铜瓦厢决口改道,河道溯源冲刷,两岸至今尚有残存的高滩,一般洪水时不漫滩。河中沙洲密布,串沟众多,河槽宽浅,河势摆动频繁,摆动幅度可达 5~7km,水流宽、浅、散、乱,河道顺直,弯曲系数为 1.10,属游荡性河道,常出现横河、斜河,冲刷大堤,造成险情。东坝头至高村是 1855 年铜瓦厢决口后形成的河道,河经东坝头转向东北,堤距上宽下窄,呈喇叭形,最宽处达 20km,河道顺直,弯曲系数为 1.07,两岸滩唇高昂,堤根低洼,滩地横比降达 1/2000~1/3000,滩面串沟众多,容易形成横河和顺堤行河,造成险情。历史上此河段溃决较多,是黄河下游防洪中的薄弱地段,素有“豆腐腰”之称。1958 年以来,两岸滩地修建生产堤,保护滩区生产。由于河道淤积,形成二级“悬河”,对防洪极为不利。

高村至陶城埠河段,两岸堤距 1~8.5km,河槽宽 0.5~1.6km,滩槽高差 2~3m,河槽较游荡性河道稳定,仍有一定的摆动,但摆动幅度较小,河道微弯,弯曲系数为 1.28,是游荡性河段过渡到弯曲性河道的过渡性河道。

陶城埠至利津为弯曲性河道,两岸堤距为 0.45~5km,河槽宽 0.3~0.8km,横向摆动不大,曲折系数为 1.2,滩槽高差不小于 3~4m。本河段河道弯曲、槽窄,冬季极易卡冰阻水,形成冰桥、冰坝,是黄河下游防凌的重点河段。

利津以下为河口段,河长 103.6km,堤距逐渐展宽,呈喇叭形。河口位于渤海湾和莱州湾的交汇处,是弱潮多沙,摆动频繁的陆相河口。黄河下游进入河口地区的泥沙,年均约为 9.87 亿 t,其中 2/3 淤积在滨海地区。近 40 年来,平均每年造陆面积约 25~30 km^2 ,海岸线平均每年向

外延伸 0.3~0.4km。黄河河口地区石油资源丰富,胜利油田即位于此。

三、干流工程情况

黄河干流工程主要有枢纽工程、灌溉工程和堤防工程,分述如下。

(一)枢纽工程

枢纽工程概况见表 1-2,位置见图 1-1。

表 1-2 黄河干流枢纽工程概况

工程名称	控制面积 (万 km ²)	总库容 (亿 m ³)	调节库容 (亿 m ³)	用途	调节性能	开工日期/蓄水日期	已淤积量 (亿 m ³)
三门峡	68.84	354		防洪、灌溉、发电		1957/1960.9	54.1
盐锅峡	18.27	2.2	0.095	发电、灌溉	日调节	1958.9/1961.3	1.6465
三盛公	31.40	0.8		灌溉、防洪		1959.6/1961.4	0.544
青铜峡	27.50	6.06	0.36	灌溉、发电	日、周调节	1958.8/1967.4	5.9032
刘家峡	18.18	57.0	42.0	发电、防洪、灌溉	不完全年调节	1958.9/1968.10	11.8488
八盘峡	21.59	0.49	0.09	发电	日调节	1969.11/1975.6	0.1596
天桥	40.39	0.67	0.25~0.30	发电	日调节	1970.4/1977.2	0.4183
龙羊峡	13.14	247.0	193.6	发电、防洪、灌溉	多年调节	1976/1986.10	

三门峡水库是黄河上修建的第一座大型综合利用枢纽,1960年9月投入运用,由于水库泥沙淤积和向上游淤积延伸,造成渭河下游两岸淹没、浸没严重,威胁西安古都,迫使水库改建和改变运用方式。枢纽工程经过二次改建,扩大了泄流能力,水库运用方式经历了蓄水拦沙、滞洪排沙和蓄清排浑运用,积累了十分宝贵的资料和丰富的经验教训,为黄河这样的多沙细沙河流上修建水库,保持一定的有效库容长期使用,改善下游河道冲淤情况,摸索出一条新的途径。随后又继续兴建了盐锅峡、三盛公、青铜峡、刘家峡、八盘峡、天桥和龙羊峡等枢纽,黄河干流上修建了这些水库,调节径流和泥沙,对防洪、发电、灌溉等发挥了巨大效益。同时,由于水沙变化,引起枢纽下游冲积河流随着水沙变化进行自动调整,对研究冲积河流自动调整,丰富河床演变理论,指导生产,改善河流生态环境具有重要意义。

(二)灌溉工程

黄河流域引黄灌溉历史悠久,早在秦汉时期,黄河河套地区就有秦渠、汉渠等引黄灌溉工程,到1949年全河灌溉面积1200万亩左右。人民治黄以来,在各级党、政领导下,灌溉面积有很大的发展,据1985年统计,全河万亩以上灌溉区的设计灌溉面积达8300余万亩,其中直接从黄河干流引(提)水灌溉面积为5300万亩。引水灌区沿河分布情况见表1-3。

表 1-3 黄河干流引(提)水灌区分布情况

河段	各类灌区设计规模的灌溉面积(万亩)和灌区数						合 计
	100 万亩以上	50~100 万亩	30~50 万亩	10~30 万亩	5~10 万亩	1~5 万亩	
河源至兰州						12.48(7)	124.8(7)
兰州至河口镇	1909.29(4)	191(3)	98.63(3)	61(4)	29.27(5)	56.98(34)	2346.17(53)
河口镇至龙门					6.2(1)	1.3(1)	7.5(2)
龙门至三门峡			40.0(1)	49(3)	14.0(2)	20.96(8)	123.96(14)
三门峡至桃花峪				20(2)			20.0(2)
桃花峪至河口	1417.69(7)	253.49(3)	449.2(13)	499.5(26)	70(10)	71.02(30)	2760.9(91)
合 计	3326.98(11)	444.49(6)	587.83(17)	629.5(35)	119.47(18)	162.74(80)	5271.01(167)

注:表中括号内的数字为灌区数。

黄河干流沿黄引水灌溉工程,主要分布在宁蒙河段和黄河下游河段,分别为总灌溉面积的44.5%和52.4%,大部分为自流引水灌溉,中游灌溉面积较少,几乎都是提水灌溉。黄河下游引黄灌溉,引水又引沙,平均每年引沙1.11亿t,这些泥沙进入灌区,一方面增加了渠道的淤积,另一方面使背河地面淤积升高,改良了土壤和减少了临背高差,改善了环境。据济南以下实测资料统计,建国以来南北两岸的临背高差非但没有增加,还分别减少0.36m和0.17m。

(三)堤防工程

黄河下游的堤防工程由临黄大堤、险工和河道整治工程组成,是下游防洪体系中的一个重要组成部分,见图1-3所示。

临黄大堤南岸起于郑州邙山根,经中牟、开封、兰考、东明、菏泽、鄄城、郓城至梁山的徐庄,长348.243km;山东平阴、长清两县沿黄为丘陵山地,无堤防;自济南郊区的宋庄经历城、章丘、邹平、高青、博兴至垦利县的二十户,长256.590km。北岸起于孟县的中曹坡,经温县、武陟、原阳至封丘的鹅湾,长171.051km;自长垣的大车集经濮阳、范县到台前的张庄,长194.485km;自山东阳谷县的陶城埠经东阿、齐河、济阳、惠民、滨县至利津县的四段,长353.204km。另有河南孟津县牛庄至和家庙的孟津堤,长7.60km;河南封丘县鹅湾至长垣县姜堂的贯孟堤,长21.123km;延津魏丘至长垣大车集的太行堤,长44km。黄河下游南北两岸合计堤长1396.296km,黄河河口两岸堤防124.435km,合计黄河下游临黄大堤总长为1520.731km。

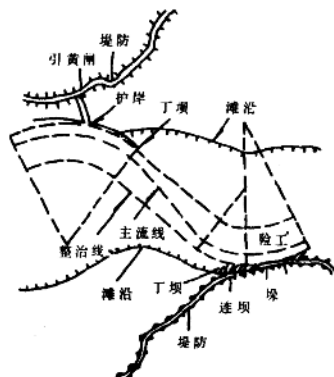


图 1-3 险工和控导工程示意图

黄河下游险工修建的历史悠久,是在大堤上修筑坝、垛、护岸等防护工程,过去大部分是秸埽和砖柳结构。人民治黄以来进行改建,全部石化,适应黄河河床逐年淤积升高的特点,在大堤加高的同时,险工坝岸也可以相应加高和改建。现有险工140处(河南39处,山东101处),坝、垛、护岸共5216道(河南1417道,山东3799道),工程长度309.52km(河南113.43km,山东196.09km),占堤线长度的22.2%。

河道整治工程是为控导河势,稳定主溜,保护滩地,在滩岸修筑坝、垛、护滩工程,又称护滩控导工程。河道整治工程于1950年在山东境内试行,到1958年,陶城埠以下河道,基本得到控制。1965年以后,又开始向陶城埠以上扩展,至80年代,高村至陶城埠河道也基本得到控制,夹河滩至高村70多千米河道控导工程已初具规模,孟津至夹河滩也初步修建了节点工程。下游河道两岸共修控导工程177处,坝、垛、护岸3033道,工程长度279.77km,占河道长度的35.5%。堤防、险工和护滩控导工程配合,控导主流,稳定河势,护滩保堤,有利于防洪、涵闸引水、滩区生产和航运,目前正进行河南宽河道的整治。

龙门至潼关的河道整治从1964年开始,采用以坝护弯,以弯导溜的模式。已建工程41处,坝、垛、护岸343个(段),护砌长度54.15km,工程长度68.77km,占该河段长的54.7%。

宁蒙河段两岸地势平坦,土地肥沃,解放以前没有堤防工程,经常遭受洪水、冰凌灾害。解放以后,开始兴建堤防工程,溢流成灾减少,但是堤防不够完善,标准不高,1964年下河沿出现 $5930\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水,相当于20年一遇,宁夏10万群众抢修200km的防护堤。此后不断加固维