

“八五”国家重点科技攻关项目
“黄河治理与水资源开发利用”系列专著

黄河下游地上河 发展趋势与环境后效

叶青超 尤联元 许炯心 龚国元 陈志清 等编著



黄河水利出版社



“八五”国家重点科技攻关项目
“黄河治理与水资源开发利用”系列专著

黄河下游地上河发展趋势与环境后效

叶青超 尤联元 许炯心 龚国元 陈志清 等编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书系“八五”国家重点科技攻关项目“黄河治理与水资源开发利用”的第七课题(85-926-07)“黄河流域灾害环境演变趋势及治理对策”的研究成果之一。主要包括下列五个方面的内容:(1)区域环境特征与人类活动;(2)环境因素演变与下游河道形成历史;(3)现行下游地上河冲淤环境演变特征;(4)未来环境因素变化与下游地上河发展趋势的预估;(5)下游地上河发展的环境后效及其对策。

本书可供自然地理、地貌、河流泥沙、河床演变、河道治理、河口和历史地理等专业技术工作者、高等院校师生及有关部门的技术人员参考。

“八五”国家重点科技攻关项目

“黄河治理与水资源开发利用”系列专著

黄河下游地上河发展趋势与环境后效

叶青超 尤联元 许炯心 龚国元 陈志清 等编著

责任编辑:许立新

责任校对:王才香

责任印制:徐海珍

出 版:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合大楼12层

邮编:450003

印 刷:黄河水利委员会印刷厂

发 行:黄河水利出版社

开 本:787mm×1092mm 1/16

版 别:1997年9月 第1版

印 次:1997年9月郑州第1次印刷

印 张:11.625

印 数:1—1500

字 数:265千字

ISBN 7-80621-137-3/TV·103

定 价:37.20元

**“八五”国家重点科技攻关项目
“黄河治理与水资源开发利用”系列专著
编 审 委 员 会**

主 任 严克强

副主任 董哲仁 陈效国 庄景林

顾 问 徐乾清 龚时旻 吴致尧

委 员 (以姓氏笔画为序)

龙毓骞 朱兰琴 许红波 祁建华

华绍祖 庄景林 严克强 李文学

李春敏 沈国衣 陆亚洲 陈志恺

陈效国 陈霁巍 张启舜 张良弼

府仁寿 姚传江 徐明权 席家治

董保华 董哲仁 潘贤娣 戴定忠

序

黄河流域是中华民族的发祥地,黄河哺育了中国灿烂的古代文明。黄河流域自然资源十分丰富,是我国最大的能源和重化工基地,宁蒙、汾渭河和黄淮海平原是我国主要的粮棉基地,流域经济发展前景广阔。但是,黄河流域水资源匮乏,人均水资源占有量仅为全国人均的四分之一,耕地亩均水量不足全国亩均水量的五分之一。近几年来,黄河下游在枯水季节常常出现断流,且断流时间逐年加长,断流河段逐年延伸,给下游沿黄地区的工农业生产和生态环境造成了不良影响。据有关部门的调查统计,1991年~1996年年均造成工农业产值损失30多亿元,其中1995年达70多亿元。

黄河流域降雨时空分布极不均匀,全年降雨量的60%~70%集中在6月~9月份,极易产生洪水。黄河又是世界上泥沙含量最高的大河,河道泥沙淤积形成了下游“地上悬河”,洪水灾害十分频繁。据统计,从先秦时期到民国年间的2500多年中,黄河下游决口1600多次,改道26次,基本上是三年两决口,百年一改道,每次决口和改道都给中华民族带来了极其深重的灾难。

新中国成立以来,人民治黄事业取得了举世瞩目的成就,确保了黄河的岁岁安澜,但是由于黄河流域自然地理环境脆弱,黄河的洪水仍是国家的心腹之患,治理开发任务仍十分艰巨。全国人大七届四次会议通过的《国民经济和社会发展的“八五”计划和十年规划纲要》,把黄河治理开发和防洪列为重点,体现了中共中央和国务院对治黄的重视。

当前我国改革开放和社会主义现代化建设已进入一个新的发展阶段。黄河的治理开发,事关我国经济发展的大局。为使我国经济发展实现三步走的目标,治黄作为水利工作的重要组成部分,就必须贯彻落实好“科教兴国”、“科教兴水”和可持续发展战略。黄河的出路在于科技进步。

“黄河治理与水资源开发利用”被列为“八五”国家重点科技攻关项目,既表明了国家对治黄工作的高度重视,也显示出黄河问题的高难度和复杂性。这次科技攻关中广大科研人员深入黄河两岸调查研究,收集了大量的实测资料,在认真汲取以往成果和经验的基础上开展科研试验工作,取得了新的进展和突破,科研成果为黄河的治理与开发提供了大量的科学依据和决策支持。应该说这些成果是集此次科技攻关之大成,是治黄几十年经验总结的集中体现,是广大治黄科技工作者智慧的结晶。

这次出版的项目和专题的系列专著,其目的就是把这些成果推荐给读者,并希望得以推广应用,以提高治黄工作的整体水平,加速流域治理和经济发展的步伐,取得更大的经济、社会和环境效益。

毋庸置疑,黄河问题是很复杂的。黄河自身因水沙的变化而处于不断的变化之中,在其发展过程中还会不断出现新情况和新问题,现已取得的成果只是人们现阶段的认识,要彻底解决黄河问题,还有一段很长的路要走,可以说是任重而道远。我们应当继续加强现场观测、试验和研究工作,探索黄河的规律,不断提高科技水平,充分推广应用新的科技成果,使黄河的治理开发工作不断取得新成就。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '严' (Yan), '奇' (Qi), and '忠' (Zhong), written in a cursive style.

1997年7月17日

总 前 言

新中国成立以来,对黄河治理开发进行了大量的科学研究工作。50年代,曾组织各方面力量对全流域进行了大规模综合考察和科学试验研究,在此基础上编制了“黄河综合利用规划技术经济报告”,为黄河的全面治理开发做出了贡献。60年代,围绕三门峡水利枢纽工程改建和改变运用方式,开展了水库淤积、河道演变规律、河道整治工程和防洪等方面的试验研究。70年代,开展了三门峡水库运用泥沙问题基本经验总结、高含沙水流特性研究和水坠坝技术试验推广。80年代,开展了黄土高原地区综合治理、黄河流域环境变迁和水沙变化、水资源利用、引黄灌区泥沙处理和黄河防洪工程技术等方面的试验研究工作。几十年来的治黄研究工作,取得了一大批具有国际先进水平的成果,形成了一支多学科、高水平的科研队伍,并广泛开展了国际交流合作。

“七五”后期,水利部和中国科学院提出的关于加强黄河综合治理与开发研究工作的建议,得到国务院主要领导的高度重视,在各方面专家充分论证的基础上,国家科委把《黄河治理与水资源开发利用》列为“八五”国家重点科技攻关项目,由水利部、中国科学院和地质矿产部作为项目主持部门,组织有关科技人员进行跨部门、多学科联合攻关。经过充分论证,项目分解为7个课题、22个专题和92个子专题分别开展工作。经过近4年的卓越工作,取得了辉煌的成绩,经专家鉴定委员会对成果的全面鉴定,22个专题中有2个专题成果总体达到国际领先水平,8个专题成果总体达到国际先进水平、部分达到国际领先水平,9个专题成果总体达到国际先进水平,3个专题成果总体达到国内领先水平、部分达到国际先进水平,项目通过了国家科委组织的验收。攻关成果应用所创造的经济、社会和环境效益是长期的和巨大的,其影响也将是深远的。

为了使已取得的成果在黄河治理和开发中发挥更大的作用,并在实践中不断深化,给后人留下一份宝贵的科学财富,水利部有关部门决定编辑出版这套系列专著,其中包括20册专题专著和1册项目综合专著。专题专著由原专题负责人组织编写,对原专题报告进行提炼和深化,其主要编写人员与专题研究人员不尽相同。综合专著由“黄河治理与水资源开发利用”系列专著编审委员会组织专人编写。本丛书因篇幅较大,编审委员会难以逐篇审定,故责成专著主要编写人分别请部分顾问和委员审稿。

由于编辑出版整个过程时间仓促,加之水平有限,难免有不足和错误之处,敬请批评指正。

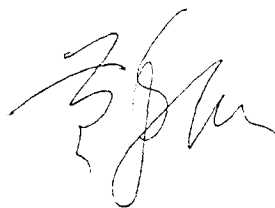
“黄河治理与水资源开发利用”

系列专著编审委员会

1997年9月

序

可持续发展是中国的重大国策。黄河流域以及与之息息相关的黄淮海平原是中国的心腹之区。在全国可持续发展中,这一地区的可持续发展具有举足轻重的份量。中华民族治黄,从传说的禹疏九河起,已有四千年的历史。1950年以来,更集中了巨大的人力物力,从事调查试验、研究、规划、设计,采取了许多兴利除弊的措施,获得了空前的成就。这不但在治黄历史上是空前的,在世界水利史上也是罕见的。但是,黄河问题非常复杂,自然界与社会经济都在变化之中,有关科学技术也日新月异,进展迅速。衡以可持续发展的要求,必须不断地研究探索,将发展战略构筑在健全的基础之上,既要充分认识治黄任务的迫切性和重要性,更要充分认识治黄工作的复杂性和长期性。“八五”国家重点科技攻关项目“黄河治理与水资源开发利用”的用意与上述认识相符,本书是其中一个专题的工作成果。参与工作人员在比较短的时间内,在不添置设备的条件下,采取了一系列比较好的技术和方法,得到了许多新资料 and 认识,作出了一系列的判断和建议。这对于治黄规划和设计有重要价值。由于时间、设备和经费的限制,有不少需做的工作未能进行,而且随着时间迁移,以后还会出现迄今尚未出现的现象和问题,甚盼有关方面能充分认识治黄的艰巨性和长远性,作出必要的安排,在此基础上再进一步开展工作。



1997年4月

前 言

黄河流域是中华民族灿烂文明的摇篮。黄河像母亲一样,哺育着炎黄子孙。然而,黄河流域本身的自然环境十分脆弱,易灾多灾,黄河本身更是历来以害河著称,给人民的生命财产带来巨大损失,极大地制约了黄河流域的资源开发和经济建设的发展。黄河流域的自然资源十分丰富,具有巨大的经济发展潜力,在全国经济的发展中具有举足轻重的地位。因此,改善黄河流域的脆弱环境,治理黄河河道,免除洪涝灾害隐患,无疑是实现黄河流域经济持续发展,加速全国社会主义建设事业十分重要的一环。

“灾害”系指给人类生存带来灾祸的现象和过程。它既受所在环境背景的制约,又反馈于环境,并成为一种特殊的环境现象,称之为灾害环境。就黄河流域而言,灾害环境现象十分突出,最主要有两个方面:一是下游的洪涝灾害。黄河下游是一条强烈堆积性的河道,河床一般高出两岸地面 3m~8m,部分河段高出 10m 以上,并且河床抬高的过程仍在继续,同流量级的水位现已比原来高出了许多,这样不仅大洪水威胁严重,而且中常洪水也有可能出现冲决的危险。黄河一旦决口,将会对两岸广大平原社会、经济造成无可估量的损失。二是黄河中游黄土高原区的强烈土壤侵蚀。强烈的土壤侵蚀一方面使得中游区自身水土大量流失,肥力和生产力水平降低,使本来就脆弱的环境更加恶化;另一方面又将大量泥沙输入黄河下游,造成下游河道不断淤积抬高。通过这两种灾害还可引发出许多其他灾害及环境问题。

造成上述两种灾害环境现象的根本原因有两方面:一是流域本身自然地理环境脆弱,有致灾的环境背景,二是人与自然(或称人与地)之间关系的不协调,人类对自然环境的不合理开发利用,使得本来就相当脆弱的环境遭受更深的破坏。黄河流域的自然环境是一个有机的整体,河道这条“线”与流域这个“面”之间,上、中、下游之间均有密切的联系,无疑这些灾害环境现象之间也有着密切的联系,并且还随着时间的进程和对它们施加影响的各种环境要素,诸如气候、地质构造运动、海平面变化、各种人类活动的变化而变化。

基于为改善黄河流域环境和根治黄河的需要及黄河流域内本身灾害环境现象的实际情况,1987 年以后,中国科学院和水利部先后多次向国务院提出了加强黄河整治与流域开发研究工作的报告,李鹏总理和多位副总理迅速作了批示,建议列入“八五”国家科技攻关项目计划。1992 年在国家科委制定的“八五”国家重点科技攻关项目“黄河治理与水资源开发利用”(由水利部、中国科学院和地质矿产部共同组织)中,专门设置了编号为 85-926-07 的“黄河流域灾害环境演变趋势及治理对策”课题。本课题研究的要旨是在较大范围和较长时段的宏观尺度上,对黄河流域的灾害环境这一重要问题进行高层次的综合研究。要求在充分研究、查明中游黄土高原区土壤侵蚀和下游地上河环境演变特性的基础上,预测在今后 50 年内它们的可能变化趋势,并提出各项相应的治理对策,从而为治黄的宏观战略决策提供科学依据。

根据这样的宗旨,在本课题中设立了 3 个专题;下设 15 个子专题。专题 1:黄河中游

侵蚀环境特征和变化趋势,其中含5个子专题,分别是:黄河中游不同侵蚀产沙类型区侵蚀产沙量及其趋势预估;黄河中游强烈侵蚀产沙中心的侵蚀特征与发展趋势;黄河中游暴雨径流的环境效应;黄河中游沟谷侵蚀产沙和泥沙输移;黄河中游侵蚀环境形成过程及其变化趋势预测。专题2:黄河下游地上河发展趋势与环境后效研究,其中含4个子专题,分别是:环境因素变化与下游地上河的发展;黄河下游河道泥沙输移堆积特征和淤积量估算;环境因素变化与下游地上河可能决溢改道的关系;干流用水工程开发对黄河下游河床萎缩的环境后效。专题3:黄河流域灾害环境的综合治理对策,其中含6个子专题,分别是:黄河流域灾害环境类型、区域差异和环境质量评估;黄河流域水资源利用的灾害环境评价;黄河中游易灾区灾害环境治理对策;黄河中游资源开发对灾害环境的影响研究;黄河下游地上河灾害环境高危险区调控和治理对策;黄河下游引黄灌溉的环境效应和对策。通过全体科技人员三年多来共同努力,充分发挥多学科、多兵种的优势,协作攻关,取得了一大批高水平的成果,主要有:

(1)首次比较确切地计算出了黄河中游地区侵蚀量,估算为 $14.655 \times 10^8 \text{t}$,其中,有 $3.58 \times 10^8 \text{t}$ 来自黄土高原中部北东—南西向的强烈侵蚀产沙带。预测到下个世纪中叶,由于各种影响侵蚀环境因素的变化,估计侵蚀量可能在 $12.29 \times 10^8 \text{t}$ 左右。

(2)首次利用 ^{137}Cs 同位素分析方法,确定了黄河中游地区沟谷地和沟间地的产沙比例,大部分中游地区沟谷地产沙占流域总产沙量的70%~80%,少部分地区大于85%和小于70%。

(3)建立了10 000余年以来黄河下游沉积速率的时间变化曲线和沿程分布曲线,预估了各种环境因素综合变化情况下黄河下游地上河的发展趋势,认为到下个世纪中叶,视不同程度的人类活动规模和结果,河道冲淤量从淤积 $5 \times 10^8 \text{t}$ 至冲刷 $0.67 \times 10^8 \text{t}$ 不等。如果上游水利水保工作做得好,地上河发展趋势可以减缓,否则现时已经很严重的河道萎缩现象还将继续加剧。

(4)预估了到下个世纪中叶时,黄河下游有7处可能发生决溢的危险河段,并分别估算了决口可能波及的范围和造成的经济损失。

(5)建立了黄河流域灾害环境的评估指标,将黄河流域划分为5个灾害带、14个灾害区,对其中分别位于中游和下游的两个灾害危险区进行了重点剖析,提出了兼及生态、经济和工程效益的调控策略和各项具体措施。

(6)对水资源、能源(煤炭)、土地资源开发造成的灾害环境影响作了评估,提出了适合于各种不同环境类型区的治理对策和生态环境建设模式以及关于黄河上游水资源开发意见,建立了合理引黄的动态模型。

综合这些结果表明:在今后50年内,人类活动对黄河流域环境的影响是巨大的,在某种程度上,甚至超过自然环境因素改变的影响。但是,只要通过合理的治理措施,尽量扩大人类活动所带来的正面影响,减小负面影响,那么改善黄河流域的灾害环境进而对黄河治理的前景还是光明的。

本课题研究工作由中国科学院自然与社会协调发展局主持,陆亚洲同志领导本课题的实施。中国科学院地理研究所作为负责单位,与中国科学院自然资源综合考察委员会、中国科学院成都山地灾害、环境研究所,中国科学院地质研究所及陕西师范大学地理系等

单位一起协作攻关,参加研究的科技工作者共49人。工作期间还得到了项目第一组织单位水利部科技司和参加科技攻关人员所在单位领导的支持,项目办公室和课题专家组的指导。黄河水利委员会及其下属的各级单位,黄河流域内各省、区各有关职能部门给予了大力帮助,在此谨向他们致以衷心的感谢。

“黄河流域灾害环境演变趋势及治理对策”课题最终成果的系列专著,共有3册:第一册《黄河中游侵蚀环境特征和变化趋势》,由景可、卢金发、梁季阳、张信宝、韩家琳等负责编著;第二册《黄河下游地上河发展趋势与环境后效》,由叶青超、尤联元、许炯心、龚国元、陈志清等负责编著;第三册《黄河流域灾害环境的综合治理对策》,由苏人琼、杨勤业、关志华、唐青蔚、李秀彬、吕昌河、姚治君等负责编著。由尤联元、杨勤业、景可、叶青超、苏人琼等组成的编审组对本系列专著进行全面的审定和编辑。由于攻关时间短促,作者水平有限,文中欠妥和谬误之处,敬希读者批评指正。

编 者
1996年8月

本研究专题承担单位及人员

专 题 名 称 下游地上河发展趋势及环境后效研究

承 担 单 位 中国科学院、国家计划委员会地理研究所

专 题 负 责 人 叶青超 许炯心

主要完成人员 叶青超 许炯心 尤联元 金德生 师长兴
陈志清 靳长兴 龚国元 高善明 王守春
贾绍凤 杨积武

参 加 人 员 郭庆伍 陈 浩 洪笑天 许殿元 韩培军

报 告 执 笔 人 叶青超 尤联元 龚国元 陈志清

本书各章执笔人

第一章 第一节杨积武;第二、三节叶青超;第四节叶青超、许殿元

第二章 第一节许炯心;第二节高善明;第三节王守春

第三章 第一、二、三节许炯心、龚国元;第四节陈志清;第五节金德生

第四章 第一节尤联元、贾绍凤;第二节尤联元、靳长兴、贾绍凤;第三节尤联元、贾绍凤、靳长兴、杨积武;第四节叶青超

第五章 叶青超、尤联元、陈志清、师长兴

目 录

第一章 区域环境特征与人类活动.....	(1)
第一节 新构造活动及其与下游河道发育的关系.....	(1)
第二节 流域气候与水沙特性.....	(6)
第三节 人类活动与下游河道演变的关系.....	(8)
第四节 下游河道基本特征	(10)
第二章 环境因素演变与下游河道形成历史	(16)
第一节 一万年来下游河道沉积速率及沉积过程模式	(16)
第二节 历史时期古河道演变对环境变化的响应	(25)
第三节 下游河道决溢改道形成和演变规律	(34)
第三章 现行下游地上河冲淤的环境演变特征	(42)
第一节 黄河产水产沙系统与下游河道沉积系统耦合关系	(42)
第二节 下游河道沉积的空间分布特征	(52)
第三节 下游泥沙输移及冲淤特征	(63)
第四节 近期下游河床萎缩过程及原因	(73)
第五节 下游河流纵剖面特征与演变	(84)
第四章 未来环境因素变化与下游地上河发展趋势的预估	(96)
第一节 全球增暖对河道来水来沙和冲淤的影响	(96)
第二节 人类活动与河道水沙环境.....	(111)
第三节 环境因素变化对下游地上河发展影响综合评估.....	(123)
第四节 环境因素变化与下游可能决溢、改道河段预估.....	(137)
第五章 下游地上河发展的环境后效及其对策.....	(156)
第一节 河道冲淤变化造成的环境后效.....	(156)
第二节 环境治理对策.....	(161)

第一章 区域环境特征与人类活动

人口、资源、环境、灾害是制约黄河下游地上河发育的重要因素,它们既相互制约,又有着内在联系。长时期以来,由于流域人口快速增长,资源高度开发,加之人类活动对自然环境的破坏,导致下游地上河洪涝灾害发生的频率和成灾的强度都很突出。近期内黄河环境的基本特征是:一是沿黄地区新构造活动强烈;二是流域气候干旱,水少沙多;三是人类活动日趋加剧;四是下游河道隆起,临背高差悬殊,河床演变剧烈;五是下游堤防工程隐患较多,防御洪水能力偏低。这些不利的环境因素对下游地上河的发展和潜在的洪涝灾害都起着很大的作用和深刻的影响。

第一节 新构造活动及其与下游河道发育的关系

一、新构造活动特性

中生代以来,华北亚板块因太平洋板块、菲律宾海板块的俯冲和印度板块的碰撞^①,同时在北部东北亚板块和南部东南亚板块碰撞的影响下,形成强烈的华北凹陷盆地。盆地边缘为上升的断块山地;盆地内部由于北北东、北东、北西和东西四组活动断裂的作用,基底被分割成不同规模的次一级隆起和凹陷构造,成为复式的断陷盆地(图 1-1)。盆地内普遍为厚度 1 000m~3 000m 的新生代沉积物覆盖的平原。第四纪时期平原沉降在继续,其中,北部凹陷幅度较大,如冀中凹陷幅度最大,沉积物厚达 600m,沧州隆起 200m~300m,开封、东明和济阳凹陷在 300m~500m 之间;南部凹陷幅度较小,如周口凹陷 150m~530m,太康隆起 150m 左右,苏北凹陷 50m~280m。就 1951 年~1986 年地壳垂直变形值提示^② 表现在黄河流经的济源凹陷、开封凹陷、东明凹陷、济阳凹陷仍在下沉中,其年均地壳下沉量介于 1.5mm~3.5mm,最大 5mm,最小 1.0mm(图 1-2)。下游地区凹陷盆地的地质构造演化、断裂构造活动、地壳不均匀升降和断裂线展布的格局,是控制黄河走向、地震活动、泥沙堆积、河流决溢和河流南北迁徙摆动的环境因素之一。

二、新构造活动对下游河道发育的影响

新构造活动表现形式主要为断裂、沉降和地震作用等三大方面,它是影响黄河下游河床演变的重要环境因素之一。新构造运动所造成的形变不仅直接影响河流的形态,控制着河流的流路,而且通过影响河床比降来影响泥沙的输移和堆积。同时,在地震活动时期内,影响堤防工程的稳定性,甚至产生破坏作用,引起河道决溢和改道的险情。

① 应绍奋等,中国垂直与现代地壳运动基本特征,1991 年。

② 国家地震局第一地形变监测中心,1:400 万中国地形垂直形变速率图,1992 年。

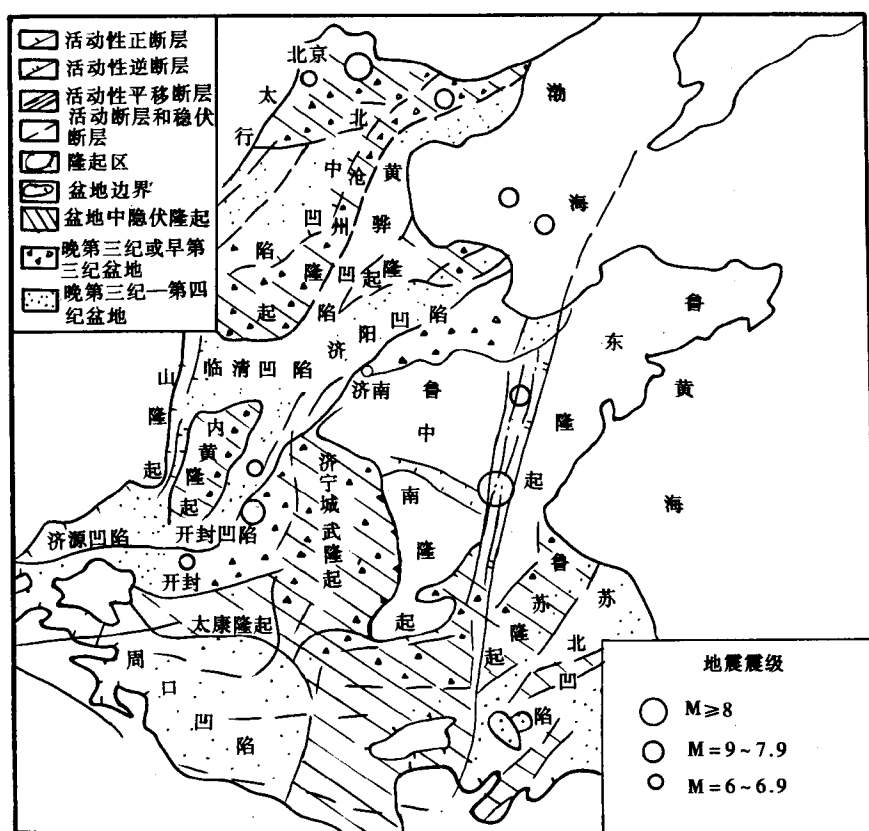


图 1-1 黄河下游地质构造略图

(一) 控制黄河下游的流路及流向

从孟津至京广铁路桥,黄河流路近东西向,这主要是由于从北向南倾向的掀斜运动使黄河紧逼邙山脚下,而邙山实际是一背斜,背斜轴近东西向,从而迫使黄河形成东西向流动。郑州以下一段,受开封凹陷长轴方向的制约。

东坝头以下,黄河流路转向北东,这和这一地区的构造断裂的方向极为吻合。另外,这一地区的河流,如徒骇河、马颊河、大清的流向都与黄河近于平行,这说明构造起着主要的控制作用。

(二) 黄河下游河道形态的沿程差异

从孟津到高村,河床宽浅,心滩密布,汊河很多,主流摆动幅度很大,是属于典型的游荡性河型,宽深比($\sqrt{B}/H$)为 20~40,滩槽高差不到 2m,有的小于 1m,弯曲系数为 1.15;从高村到陶城铺,心滩减少,滩槽高差逐渐加大,主流摆动幅度降低,是从游荡性到顺直微弯性河型过渡的河型, $\sqrt{B}/H$ 为 8~12,孙口以下 $\sqrt{B}/H$ 为 3.5~4,弯曲系数 1.35;从陶城铺到利津,是顺直微弯性河型, $\sqrt{B}/H$ 在 6 以下,滩槽高差 5m~6m,弯曲系数 1.21。

形成上述河型沿程分异的原因除去水沙、边界、物质组成等因素外,新构造活动有不可忽视的影响,其机理是:(1)新构造运动造成了原始地形的起伏和地面坡降的差异,而这

又导致了河道比降、水流挟沙能力、调整程度等因素的不同,从而对河床演变带来影响;(2)构造性质的差异导致沉积的差异,而沉积物特性和厚薄又可能对河道发育施加影响。具体而言,由于自中生代以来太行山的持续隆起与华北平原的持续下降,据水准测量,其相对运动速率是 $2\text{mm/a} \sim 4\text{mm/a}$ 。这使得黄河中游与下游之间形成巨大的高差,孟津与高村之间的相对高差为 60 多米,地形比降大约为 0.000 36。而高村以下地区都处于相对凹陷区,所以,高村以下地区平均河底高程相差不大,纵比降很小,为 0.000 14。原始地形和新构造运动这一特性无疑奠定了今日比降沿程变化的基础,从而也为河型的沿程分异和沉积的差异奠定了基础。

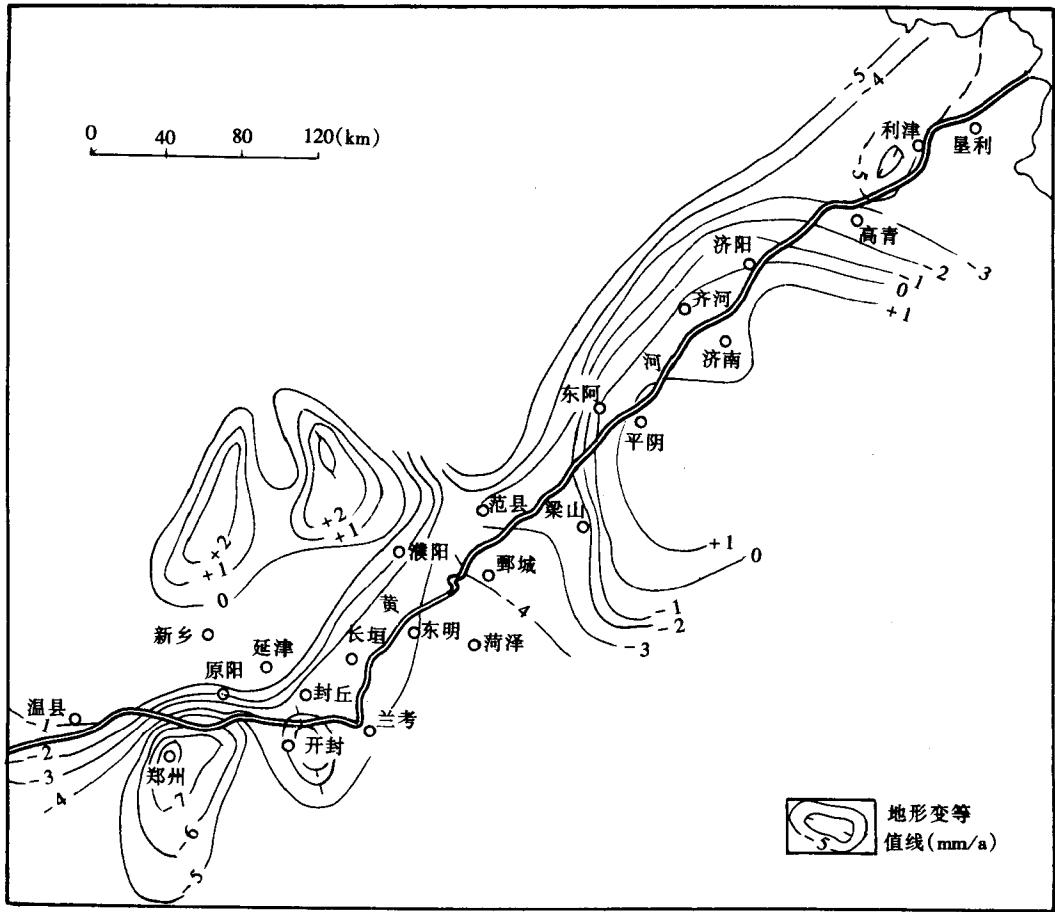


图 1-2 黄河下游沿岸垂直地形变率图

黄河自发育以来就力图对原来很大的河谷比降进行改造,,以适应上游的来水来沙条件,表现在黄河上游与下游之间一直进行着夷平过程。现在三门峡和陶城铺的高差是 247m,小浪底以上河谷不断侵蚀降低,虽然速率很小,其以下则不断淤积抬高。就长时段的总体来说,比降有调平的趋势。然而,由于黄河只是从中更新世才完全形成一条大河,只有二十几万年的历史,调平的过程还远未来得及完成,因而,原始地形和新构造运动特性对河流发育仍有较大的作用。表现为大的比降与游荡河型相应,小的比降与

微弯和过渡河型相应,而这又正好与上游大量来沙,要求有上游大、下游小的挟沙能力调整相吻合。

(三)两岸河漫滩不对称

黄河下游河谷不对称,其原因已有人作了分析。从铁谢到东坝头,黄河北岸的滩地面积是南岸的 1.6 倍,深泓线紧逼南岸。河谷呈现不对称的形态,除去科氏力、沁河冲积扇等影响外,地质构造和新构造活动也是一个重要的因素。

更新世以来,东坝头以上受到向南方向的掀斜作用的影响,主流偏向南岸,所以,形成今日不对称的河谷面貌。

据笔者统计,陶城铺以上河段,险工和护滩工程的数量南岸要多于北岸,这和上述的分析相吻合,陶城铺至泺口段,情况正好相反,其数量北岸是南岸的 1.6 倍,这是科氏力作用无法解释的。从水准测量的结果及第四纪沉积物厚度可以看出,在此段,由于山东丘陵的抬升和临清凹陷的下沉,使得该段受到向北的掀斜作用及原始地形的影响。黄河水流对岸坡冲刷的强度比南岸强烈。

(四)新构造运动影响下对入黄泥沙淤积量的预估

冲积河流的冲淤自动调整有使河流向平衡发展的趋向,并使河床比降适应于上游的来水来沙。长期的新构造运动造成的地壳变形,通过改变河床比降而改变了水沙运动的条件,由于河流泥沙沉积的补偿调整,在来水来沙不变的情况下,在构造下沉的河段,沉积速率加大,在构造上升的河段,沉积速率减小。

至下世纪中叶,从 50 年计算,整个黄河下游的形变幅度最大可达 300mm。但黄河下游各河段新构造运动的速率沿程变化较大。把新构造运动速率相近似的河段取一个平均值作为该河段的升降值(这样黄河下游从花园口至利津共分约 20 段),把每段的新构造运动速率乘以该河段的面积,即可得到由于构造下沉造成的附加泥沙沉积量。整个下游(花园口至利津)为 $3.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中,花园口至夹河滩 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,夹河滩至高村 $1.1 \times 10^8 \text{ m}^3$,高村至孙口 $1.12 \times 10^8 \text{ m}^3$,孙口至艾山 $0.28 \times 10^8 \text{ m}^3$,泺口至利津 $0.23 \times 10^8 \text{ m}^3$,艾山至泺口由于构造上升而减少泥沙淤积 $0.23 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(五)地震活动对下游堤防工程的影响

下游地区断裂构造展布以 NNE 和 NE 方向占主导,自西向东有太行山山前断裂、聊考断裂和郯庐断裂三大活动带,也是华北地区地震强烈活动带(图 1-3)。

1. 太行山山前断裂

由一系列走向 NNE、NW 与近 EW 向的断裂组成。因太行山前断裂的活动,使太行山强烈抬升,呈现拔地而起的太行山与强烈下沉的山前平原,形成鲜明对照的地貌景观。

2. 聊考断裂

根据物探资料证实的一条大断裂,走向大约 $\text{NE}30^\circ$,倾向 NW,倾角 $40^\circ \sim 70^\circ$,经范县至兰考长约 200 余千米,实际上该断裂可延至禹城,过禹城以后折为近 EW 向,和济阳—广饶断裂相接,聊考断裂为分隔临清凹陷与鲁西隆起的分界线。东明附近断层西侧晚第三纪以来地层厚度 2 000m 左右,断层东侧菏泽附近,晚第三纪以来地层厚度 1 000m 左右。两者相差大约 1 000m。此断裂与菏泽断裂的交汇处,历史上曾发生过多地地震。聊考断裂在鄆城以北附近和黄河相交,地震对黄河堤防工程产生过破坏作用。