

黄河中游

河口镇至龙门区间

水土保持与

水沙变化

冉大川 柳林旺 赵力仪 等编著
白志刚 刘 斌 王 宏

黄河水利出版社

HUANGHEZHONGYOU

HEKOUZHEN

ZHILONGMEN

QUJIAN

SHUITUBAOCHI

YU

SHUISHABIANHUA

黄河中游河口镇至龙门区间 水土保持与水沙变化

冉大川 柳林旺 赵力仪 等编著
白志刚 刘 斌 王 宏

黄河水利出版社

内 容 提 要

河口镇至龙门区间,是黄河主要的多沙粗沙来源区。本书在总结有关研究的基础上,进一步调查核实了这一地区的水土保持治理措施保存面积,改进计算方法,采用多种方法计算相互印证,较客观地定量分析了河龙区间水土保持治理对减少入黄洪水和泥沙的作用。全书既有理论方法的探讨研究,又有典型算例的分析和验证;既有河龙区间水沙变化的量化研究,又有水沙变化的原因剖析。可供从事水土保持及水文泥沙研究的专业人员、治黄科技工作者阅读,也可作有关大专院校师生参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

黄河中游河口镇至龙门区间水土保持与水沙变化
冉大川等编著. —郑州:黄河水利出版社,2000.5

ISBN 7-80621-338-0

I. 黄… II. 冉… III. 水土保持-综合治理-黄河
流域 IV. TV882.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 03512 号

责任编辑:郇志峰

封面设计:朱 鹏

责任校对:裴 惠

责任印制:温红建

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层 邮编:450003

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

发行部电话:(0371)6302620 传真:6302219

印 刷:黄河水利委员会印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:13.5

版 别:2000 年 5 月 第 1 版

印 数:1-1300

印 次:2000 年 5 月 郑州第 1 次印刷

字 数:309 千字

定 价:28.00 元

序

黄河治理和水资源开发利用的难点在水少沙多。在人类社会经济活动范围不断扩大,干预自然能力日益增强的情况下,黄河流域水沙状况和产沙、输沙规律也在不断发生变化。深入开展黄河水沙变化的观测、实验和分析研究,是黄河治理和水资源开发利用的基础性科研工作。黄河中游,特别是河口镇至龙门区间,是水土流失最严重、产沙量最集中的地区,水少沙多的矛盾更加突出。多年来,加强黄河中游水土保持,控制水土流失,是进行治黄和改善当地生产面貌的根本性措施。各有关地区不间断地发动广大群众,在国家持续增加投入的情况下,积极开展水土保持工作,取得了巨大的成绩,收到明显效果,在改善当地人民生活环境、生产条件和减少入黄泥沙等方面都发挥了重要作用。

研究水沙变化,特别是水土保持减水减沙作用,对制订水土保持规划、建设山川秀美的西北地区和提出今后治黄方略都是十分必要的。20世纪80年代以来,水利部门和科研单位、大专院校都相继参与研究,提出了很多科研成果,对推动深入研究黄河水沙变化问题起到了重要作用。黄河水利委员会黄河上中游管理局是负责黄河中游水土保持工作的组织、协调和领导的工作部门,多年来做了大量工作,积累了丰富资料,开展了深入细致的调查分析和研究工作。近十多年来,先后承担或参与了多项黄河中游水沙变化和水土保持研究工作,提出了多项优秀的科研成果;90年代中期又承担了水利部黄河水沙变化研究基金的重点课题“河龙区间水土保持措施减水减沙作用分析”,冉大川等30多位科技工作者参加了调查分析研究。他们在总结了过去有关研究成果的基础上,充分利用新资料、新思路、新方法,对21条有控支流和沿黄河干流的未控地区进行了全面的分析计算;对传统的“水文法”和“水保法”计算方法进行了新的补充和完善,并在不少方面取得创新和发展,取得了更加切合实际的研究成果。不少参加研究的同志,是治黄战线的老战士,具有丰富的实践经验,成为某些方面的专家。他们的辛勤劳动、奉献精神 and 所做的贡献是值得敬佩的。在整个课题研究过程中,得到黄河上中游管理局的领导和有关部门的大力支持,发挥了部门和专家的优势,很好地完成了研究任务,这是应该十分感谢的。《黄河中游河口镇至龙门区间水土保持与水沙变化》一书的出版发行是一件十分有意义的事情,对治黄工作会有一定的作用。

必须看到,黄河水沙变化涉及到很多科学研究领域,与诸如气象、水文、地

质、生态环境、河流动力学等都有密切的联系,特别是人类社会活动的影响更为突出。影响黄河水沙变化的因素非常多,关系非常复杂,而且处于不断变化之中,我们能了解认识的深度和掌握的信息资料,都是十分有限的。认识水沙变化的科学机制,建立各种因素间的确切关系,都是十分困难的。因此,在这个领域研究中的任何创新和进展都是值得重视的,任何新的探索和尝试都是应当鼓励和支持的。黄河水沙变化的研究任重道远,需要大力开展下去,需要得到各方面的积极支持。我相信,在进入 21 世纪的新时期,黄河水沙变化的研究工作必将取得更大的进展。

中国工程院院士 徐乾清

2000 年 1 月于北京

前 言

黄河中游河口镇至龙门区间,是黄河流域水土流失最为严重的地区,是黄河泥沙及粗泥沙的主要来源区。多年平均(1950~1969年)径流量 73.25 亿 m^3 ,占三门峡以上同期多年平均径流量 438 亿 m^3 的 16.7%;多年平均输沙量 9.940 5 亿 t,占三门峡以上同期多年平均输沙量 14.416 亿 t 的 69.0%。鉴于河龙区间特殊的自然环境及在黄河研究和治理中的重要战略地位,研究该区间水土保持与水沙变化趋势,尤其是 20 世纪 80 年代至今的水沙变化,对治黄研究和宏观决策,对分析 90 年代以来黄河上出现的一些新情况和新问题,正确认识黄河流域水土保持工作的地位和作用,均具有重要的现实意义。

近 30 年来,围绕黄河水沙变化原因及发展趋势研究这一主题,研究者从相应的深度和广度进行了探讨。尤其是近十余年来,水利部黄河水沙变化研究基金、黄河流域水保科研基金、国家自然科学基金(即“三大基金”)、国家“八五”攻关及黄委会黄河上中游管理局“八五”重点课题等相继开展研究,使人们对这一问题的认识大大深化;对河口镇至龙门区间这一特殊而重要区域水土保持与水沙变化的研究也取得了长足进展。但由于环境变量的复杂性,该区间水沙变化的计算结果仍有较大出入。究其原因,一是对水土保持措施的数量、质量、结构和分布等基本资料的精度有待提高;二是水土保持措施减洪减沙效益的计算方法还应改进完善。尤其是水土保持措施减洪减沙指标的确定以及小区推大区的方法还应进一步寻求有力的理论支持和实际佐证。为此,水利部第二期黄河水沙变化研究基金设立“河龙区间水土保持措施减水减沙作用分析”项目,由黄委会黄河上中游管理局主持,黄委会绥德水保试验站、黄委会西峰水保试验站、黄委会天水水保试验站分别承担研究任务,利用身居一线的优势,继续进行深入研究。

本书正是以“河龙区间水土保持措施减水减沙作用分析”的研究报告为基础,又经作者修改补充,提炼总结,撰写而成,是项目组 30 余位同志集体智慧的结晶。

本书对河龙区间的环境背景及水沙特性做了系统分析,侧重于“水保法”的深化研究,全面介绍了水土保持措施的调查方法以及水保措施数量、质量、结构和分布情况;系统总结了黄河中游坡面小区径流泥沙特性及其统计规律,从坡面措施减洪减沙机理分析出发,建立了两套水土保持坡面措施减洪减沙指标体系,并对小区推大区的方法进行了系统研究和介绍;对降雨资料进行了系列化处理和代表性分析;在径流变化研究中将洪水与常水分开研究,并突出对洪水的研究。

全书既有理论方法的探讨研究,又有典型算例的分析和验证;既有水沙变化的量化研究,又有水沙变化的原因剖析,为河龙区间水沙变化的研究积累了经验,可望对黄河流域其他支流的水沙变化研究起到示范和促进作用。

全书共分七章。第一、二章系统介绍了黄河水沙变化研究的现状和河龙区间的环境背景;第三、四、五章侧重于“水保法”研究;第六章为“水文法”计算方法研究;第七章为成果评价及对河龙区间水沙变化的认识。

本书由冉大川、赵力仪拟定编写大纲。各章编写人员是：第一章：冉大川、赵力仪；第二章：柳林旺、冉大川、王宏；第三章：刘斌、白志刚、柳林旺、赵力仪；第四章：赵力仪、白志刚、柳林旺、冉大川；第五章：赵力仪、冉大川、白志刚、刘勇、柳荣先；第六章：冉大川、王宏、刘斌；第七章：冉大川、赵力仪。全书最后由冉大川、赵力仪统稿。

本书承蒙中国工程院院士、水利部黄河水沙变化研究基金专家委员会主任、水利部技术委员会副主任、水利部原副总工徐乾清先生拨冗作序；在研究过程中，自始至终得到水利部黄河水沙变化研究基金管理委员会、专家委员会及项目技术咨询徐明权、钱意颖、刘万铨、蒋定生、汪习军和高健翎等先生的悉心指导；黄河上中游管理局有关领导及黄委会西峰、天水、绥德水保试验站领导给予了高度重视和大力支持；黄河上中游管理局“八五”重点课题“黄河中游河口镇至龙门区间水土保持措施减洪减沙效益研究”的部分工作，也为本次深化研究奠定了一定基础；在此一并谨致谢忱！本项目第一负责人于德广教授级高工不计较个人得失，甘为人梯，提携后人，赢得了项目组全体成员的敬意！

面对河龙区间水沙变化这样一个情况十分复杂、难度很大的研究项目，尽管本书进行了系统的概括和总结，但仍有许多问题有待进一步研究，再加之作者水平有限，不足之处在所难免，本着“治黄一心、百家争鸣”的思想，竭诚欢迎关心河龙区间水沙变化研究的各级领导、专家和广大读者批评指正。

作 者

1999年12月于西安

研究项目完成单位及主要完成人员名单

项 目 名 称：河龙区间水土保持措施减水减沙作用分析

主 持 单 位：黄委会黄河上中游管理局

完 成 单 位：黄委会黄河上中游管理局

黄委会绥德水土保持科学试验站

黄委会西峰水土保持科学试验站

黄委会天水水土保持科学试验站

项 目 负 责 人：于德广 冉大川 柳林旺 赵力仪

技 术 咨 询：徐明权 钱意颖 刘万铨

蒋定生 汪习军 高健翎

主要完成人员：冉大川 柳林旺 赵力仪 王 宏

刘 斌 白志刚 于德广 郑宝明

罗全华 柳荣先 马 勇 王存荣

尚光明 李云树 安润莲 罗万勤

刘保红 陈江南 张志萍 陈志军

王向晖 慕振莲 刘 勇 董光敏

宋 静 杨国礼 王宏兴 王鸿斌

阎晓玲 吴亚宁 任怀泽 陈智汉

本书编著人员名单

冉大川 柳林旺 赵力仪 白志刚

刘 斌 王 宏 刘 勇 柳荣先

目 录

序	徐乾清
前言	
第一章 绪论	(1)
第一节 河龙区间水沙变化研究现状	(2)
第二节 本次研究计算方法概述	(9)
第二章 河龙区间环境背景	(12)
第一节 自然环境	(12)
第二节 社会经济环境	(35)
第三节 水土保持治理状况	(37)
第三章 河龙区间水土保持措施调查	(40)
第一节 水土保持措施调查方法	(41)
第二节 水土保持措施的数量与质量	(62)
第四章 水土保持坡面措施减洪减沙指标体系	(84)
第一节 概述	(84)
第二节 黄河中游小区径流泥沙统计规律	(87)
第三节 坡面措施减洪减沙指标体系	(92)
第五章 减洪减沙量计算模型	(112)
第一节 坡面措施减洪减沙量	(112)
第二节 淤地坝减洪减沙量	(115)
第三节 水利措施减洪减沙量	(118)
第四节 河道冲淤变化量及工业、城镇生活用水量	(120)
第五节 人类活动增洪增沙量	(121)
第六章 “水文法”计算方法	(124)
第一节 基本资料的获取与处理	(124)
第二节 计算方法	(130)
第七章 水土保持效益及水沙变化原因	(138)
第一节 计算成果的对比与分析	(138)
第二节 主要结论	(195)
第三节 本次研究的进展	(199)
第四节 对水沙变化的认识	(202)

第一章 绪 论

黄河中游河口镇至龙门区间(简称河龙区间),是黄河泥沙和粗沙的主要来源区,水土流失严重,是黄河泥沙问题的症结和关键所在。河龙区间流域面积在 $1\,000\text{km}^2$ 以上的较大支流共有 21 条,面积 11.3万 km^2 ,占黄河流域面积的 15%,每年输入黄河的泥沙占三门峡以上总输沙量的 70% 以上。新中国成立以来,黄河中游开展了大规模的水土保持工作,河龙区间水沙来量自 20 世纪 70 年代以来开始减少,80 年代大幅度减少,90 年代继续减少。与 1950~1969 年平均值相比,70 年代、80 年代、90 年代(1990~1996 年)河龙区间年均径流量分别减少了 19.35亿 m^3 、 36.15亿 m^3 和 15.15亿 m^3 ;年均输沙量分别减少了 $2.397\,5\text{亿 t}$ 、 $6.232\,5\text{亿 t}$ 和 $4.767\,5\text{亿 t}$ 。目前,本区已完成的水土保持措施数量大、种类多;尤其是 1982 年该区的无定河、皇甫川、三川河被国家列入重点治理区以来,水土保持治理工作进展迅速,无论是治理进度、规划,还是治理的质量和水土保持措施的保存率,都有很大提高。户包小流域治理呈现出千家万户治理千沟万壑的新局面,方兴未艾;“四荒”地(荒山、荒坡、荒沟、荒滩)的拍卖,更进一步调动了广大人民群众进行水土保持治理工作的积极性。80 年代以来黄河中游水沙锐减,水土保持功不可没。进入 90 年代以来,黄河的水沙又有了新的变化。尤其是 1994 年 8 月,黄河中游陕北地区发生特大暴雨,对特大暴雨条件下水利水保措施拦减洪水泥沙能力如何评价,引人关注。1996 年 8 月 5 日、13 日,黄河花园口先后出现两次洪峰,其中 8 月 5 日 1 号洪峰流量 $7\,600\text{m}^3/\text{s}$,属常见的中等洪水,但洪水水位却高达 94.73m ,为花园口水文站有水文记载以来的最大值,尤其是这次洪水所表现出的“四个异常”,即异常高的水位、异常慢的流速、异常多的险情、异常重的灾情,引起党中央、国务院和全国人民的关注。同时,黄河下游的断流问题也日趋严重。1997 年 8 月黄河下游第一次洪峰过后仅 56 小时又出现断流,防洪变为抢水;黄河下游的“二级河床”问题也发出了新的警告。最近几年,黄河花园口洪水表现一直是小洪峰、高水位。除“96.8”洪水外,“97.8”洪水,花园口洪峰流量仅为 $4\,020\text{m}^3/\text{s}$,但洪水漫滩现象普遍发生;1998 年 7 月的“98.7”洪水,花园口洪峰流量 $4\,700\text{m}^3/\text{s}$,最高水位却高达 94.38m ;而 1958 年的黄河大洪水,花园口洪峰流量 $22\,300\text{m}^3/\text{s}$,最高水位 93.82m 。相比之下,1998 年黄河 1 号洪峰流量不及 1958 年的 $1/4$,最高水位却比 1958 年高出 0.56m ,下游防洪形势异常严峻。虽然这些异常现象害在下游,但根在中游。因此,研究本区水土保持措施的减水减沙作用,分析黄河中游水沙变化原因,对治黄研究和宏观决策,对多沙粗沙区水土流失的防治和生态环境的改善,指导这一地区的开发建设和人类活动,对分析 90 年代以来黄河上出现的一些新情况,正确认识黄河流域水土保持工作的地位和作用,减轻下游河道淤积,均具有重要的现实意义。

鉴于河龙区间水土保持与水沙变化的重要性,从 1988 年至 1995 年,先后有诸多科研单位开展黄河中游多沙粗沙区水沙变化研究,有五大研究成果问世。但由于研究工作的复杂性,许多问题尚未根本解决。为此,水利部黄河水沙变化研究基金会于 1996 年又设

立了第二期水沙基金项目“河龙区间水土保持措施减水减沙作用分析”,对河龙区间水沙变化继续进行研究。

第一节 河龙区间水沙变化研究现状

一、近年研究情况

1988~1995年,黄河中游水土保持措施减水减沙作用研究的五大成果是:

(1)由徐乾清、顾文书主持的水利部第一期黄河水沙变化研究基金课题“黄河水沙变化及其影响”研究(以下简称“水沙基金”),自1988年开始,1992年结束。1993~1995年由黄河水沙变化研究基金会编印《黄河水沙变化研究论文集》共五卷。

(2)由于一鸣主持的黄河流域第一期水保科研基金第四攻关课题“黄河中游多沙粗沙区水利水保措施减水减沙效益及水沙变化趋势研究”(以下简称“水保基金”),自1988年开始,1992年底结束。课题共提出研究成果报告54份,计120万余字。出版《水土保持减水减沙效益计算方法》一书。

(3)由左大康(已故)、叶青超主持的国家自然科学基金重大研究项目“黄河流域环境演变与水沙运行规律研究”课题二:黄河流域侵蚀产沙规律及水保减沙效益分析(以下简称“自然基金”),自1988年开始,1992年结束。出版有《黄河流域环境演变与水沙运行规律研究》等专著4部,编印研究论文集8集。

(4)由张胜利、李倬、赵文林主持的国家“八五”重点科技攻关项目“黄河中游多沙粗沙区治理研究”第一专题“多沙粗沙区水沙变化原因分析及发展趋势预测”(85-926-03-01)研究,自1993年开始,1995年底结束。出版专著《黄河中游多沙粗沙区水沙变化原因及发展趋势》一部。

(5)由李倬、郑新民主持的黄委会黄河上中游管理局“八五”重点课题“黄河中游河口镇至龙门区间水土保持措施减水减沙效益研究”,自1991年开始,1995年底结束。本课题研究历时五年,最后形成支流研究报告15本,专题研究报告2本(共计16篇研究报告),总报告1本,分片总报告3本(即河龙区间陕北片、晋西北片及河龙区间南片);研究论文集一本(内含已在国家级刊物及国际刊物上公开发表的26篇论文)。

对黄河中游水利、水土保持措施减水减沙作用的分析,是关系到治黄宏观决策的重大课题。以上五大课题研究(其中前三项通称为“三大基金”研究),已经解决了许多问题,取得了重大进展,提出了完整系统的研究成果,难能可贵,是对治黄工作的一大贡献。分析总结这些研究成果的长处与不足,对深化黄河水沙变化研究大有裨益。

二、五大研究成果概要

(一)取得重大进展的主要表现

1. 水利部第一期水沙基金课题^①

(1)进一步研究了黄河流域水沙特性,提出了新认识,填补了研究空白。其研究重点

^① 水利部黄河水沙变化研究基金会. 黄河水沙变化研究论文集(第一卷至第五卷). 1993

放在黄河上中游主要支流泥沙来源、水沙变化及其发生原因和发展趋势方面。通过了解基本资料,分析基本情况,掌握基本规律及对各个支流进行分区研究,进一步认识了流域水沙时空分布的特点;改正了部分支流泥沙来源的传统观点;补充研究了流域未控区的水沙情况。

(2)全面分析研究了新中国成立以来黄河流域水沙变化的基本情况及发展趋势,并对平原区河道和控制性水库产生的影响做了初步估计。

(3)进一步研究了水沙变化的机理,逐步建立和完善了分析计算方法。

(4)在坡面措施减沙量计算中,采用了坡面减沙模数乘以坡面措施面积的计算方法。其中坡面减沙模数等于坡面天然产沙模数乘以措施减沙系数。坡面天然产沙模数和措施减沙系数根据小区资料按年代平均估计,是个固定值,不同年代、不同年份都采用它。

2. 黄河流域第一期水保基金第四攻关课题^①

该研究对水土保持减水减沙效益的计算方法进行了改进,基本摸清了黄河中游泾、洛、渭、汾等 24 条支流的基础数据及龙门至潼关河段干流河床的冲淤变化和人为因素增沙情况;在对“水文法”及“水保法”80 年代减沙成果进行验证的基础上,提出了比较完整的研究计算成果。在产流产沙规律、水沙来源、各项水土保持措施的减水减沙效益、水沙变化等方面提出了新的见解。尤其是在水保坡面措施减沙模数计算中,有三点改进:①采用的是流域产沙模数,而不是坡面产沙模数;②考虑到坡面措施遇到不同的暴雨年时减洪减沙作用不一样,把减洪减沙系数按丰、平、枯降水年进行了划分,没有采用固定的减洪减沙系数;③考虑到流域天然产沙模数估算的误差较大,放弃了一般的估算方法,而是根据流域实测输沙量用“逐步逼近法”进行了计算,其计算公式为

$$S = S_0 + S_{\text{拦}} + \sum_{i=1}^n M_S \cdot f_i \cdot \eta_{si} \quad (1-1)$$

$$M_S = S/F \quad (1-2)$$

式中: S 为计算时段内流域非治理状态下的年产沙量; S_0 为支流把口站的实测输沙量; $S_{\text{拦}}$ 为流域内坝库工程拦沙量; F 为流域面积; M_S 为计算时段内流域非治理状态下的年产沙模数; f_i 为流域内某水保坡面措施面积; η_{si} 为某坡面措施减沙指标。

3. 国家自然科学基金重大项目第二课题^[1]

该课题通过四年半的研究,针对黄土高原暴雨和产流的不均匀性,建立了暴雨、径流、侵蚀关系的数学模型;查明了粗泥沙对下游河道冲淤影响情况,提出了窟野河以北的粗泥沙主要来自基岩区,窟野河以南的粗泥沙主要来自黄土区的新论点。首次建立了流域内不同地形部位(坡面、沟坡、沟道)的产沙子模型及典型小流域产沙模型;对典型小流域和代表地区人为破坏活动增加入黄泥沙量做出了估计,明确认为人为破坏自然生态平衡是加速侵蚀的主导因素。通过对粗泥沙典型区调查和遥感解译,认为开荒面积与人口、坡面耕地和侵蚀强度呈同步增加的趋势。根据观测资料分析,植被覆盖度达 60%~80% 的林地、草地或流域,减沙效益可达 90% 以上;对煤田开采增加入黄泥沙量进行了估算,通过对神府东胜煤田的研究,确定了以煤田开发占地面积、排弃土石数量和土石移动后土壤可

^① 于一鸣等. 黄河中游多沙粗沙区水土保持减水减沙效益及水沙变化趋势研究. 黄河流域水土保持科研基金第四攻关课题组,1993 年 8 月

蚀性,作为测算煤田开发对侵蚀产沙影响的三个指标,认为煤田开发的产沙量约占总侵蚀量的 20%~30%;煤田开发后河流输沙量明显增多,且高含沙水流出现频繁。

在加强基本规律研究和改进分析方法的基础上,取得了水利水保减沙效益较确切的数据,即 1970~1989 年平均每年减少泥沙约 4 亿 t;通过对陕北地区 54 座淤地坝淤积形态的量算,明确了淤地坝淤积上延的程度。在对无定河上游 28 座大、中、小型水库的分析中,得出河源地区水库群淤积之后,库区内的沟谷侵蚀大大减少,水库群拦泥沙 1t,减少河流泥沙大于 1t。

4. 国家“八五”重点科技攻关课题(85-926-03-01)^[2]

国家“八五”科技攻关研究项目是继“三大基金”研究之后进行的。研究中采用重点研究和面上研究相结合的方法,把无定河、皇甫川、窟野河、三川河四条支流作为重点支流研究,河龙区间其余 17 条较大支流作为一般支流研究,以分析 80 年代以来黄河中游多沙粗沙区水沙变化原因为中心内容,并采用“水文法”与“水保法”相结合的方法预测了 2000~2020 年水沙变化趋势。取得的主要进展如下:

(1)重视基本资料的收集、整理和核实。降雨和水利水保措施是影响黄河中游水沙变化的两个重要因素。在降雨资料的处理上主要进行了两方面的工作,一是从降雨特性对水沙变化影响出发,统计整理了各种特征降雨量及降雨指标;二是将基准时段和水沙变化时段降雨资料精度统一起来。通过绘制大量降雨量等值线图,对 50 年代、60 年代降雨资料偏少、精度偏低的基准时段的降雨量资料进行了插补展延。在此基础上,对降雨时空分布规律及其对产流产沙的影响进行了分析。

在水利水保措施的落实方面,通过大量勘测调查,基本上弄清了陕北地区淤地坝的数量、质量等基本情况;采用彩红外航片对比判读,落实水利水保措施数量,提高了统计精度;在对水土保持措施进行典型调查的基础上,核实了面上的水土保持统计资料,获得了黄河中游各主要支流各年代末水土保持措施保存面积资料。

(2)计算方法有新的改进和突破。①水文法:在数学模型方面,针对不同流域研制了相应的暴雨产流产沙数学模型,并实现了在重点多沙粗沙支流水沙变化原因分析中的应用;在水文统计模型方面,对根据水文统计相关分析建立的降雨产流产沙模型做了较大改进:对建立模型所依据的基准时段的降雨资料进行了插补、延长;水文模型模拟精度进一步量化,提高了模拟精度;计算时段进一步细化;改进了水沙计算模式。②水保法:在“水保法”研究中应用了“以洪算沙”的方法进行坡面措施减沙量计算,克服了传统“水保法”计算中的某些缺陷。其出发点是:泥沙绝大部分来自洪水,洪水径流在不同面积、不同时段小区上存在比较稳定的规律性。同时,在未治理情况下,流域的洪水径流与泥沙有良好的相关关系。只要能较准确地计算减洪量,便可利用洪水径流与泥沙的良好相关关系计算减沙量。这种方法考虑了点面不同系列水文周期性和地区洪量水平的差异,又具有可操作性的点面修正方法,理论性较强,可综合给出历年不同流域坡面措施减洪指标值,改进了传统“水保法”中的人为指定性。

5. 黄委会黄河上中游管理局“八五”重点课题^①

(1) 收集、整理、核对了河龙区间大量基本资料;对降雨资料进行了插补展延、系列化处理及代表性分析。

(2) 深入研究区域,对不同类型区、不同地貌进行典型调查,收集河龙区间所属 50 个县(市、旗)的“土地详查”等基本资料,使水土保持四项基本措施(梯、林、草、坝)数量、质量及分布有了进一步的落实。

(3) 在“水文法”研究中,针对不同流域及不同类型区研制了降雨产流产沙数学模型,较好地反映了降雨和下垫面时空分布不均匀的特性;在“水文法”统计分析中,采用了有效雨量、有效雨强、7~8 月降雨量及汛期降雨量等不同指标进行对比分析;在径流变化分析计算中将洪水、常水分开研究,再合并说明径流变化情况。

(4) 在“水保法”研究中,重点加强了对水保措施有效保存面积和减洪减沙指标两大重点问题的研究。充分利用了河龙区间及黄委会天水、西峰、绥德三个水保试验站长期积累的小区观测资料,建立了一套新的“水保法”小区坡面措施减洪指标体系;首次把数理统计方法运用于“水保法”坡面措施减洪减沙效益计算。在消除了流域与小区减洪指标存在的时段差异、地区差异和点面差异后,用“同频率对应”将小区减洪指标运用于流域水保坡面措施减洪效益的计算;通过建立流域治理前的洪水泥沙关系(水文统计模型),提出了坡面措施减沙量计算的新方法——“以洪算沙”法。

(5) 对淤地坝减洪减沙效益计算方法有新的改进,提出以减沙量依流域洪沙比推算淤地坝减洪量的新的计算方法,并得到较为成功的应用。

(6) 首次绘制了河龙区间梯田、造林、种草、淤地坝四大水保措施密度分布图及密度分布等值线图。

(7) 对未控区水保措施减洪减沙效益及人为活动增洪增沙量进行了推算。

(二) 研究的不足之处

黄河水沙变化研究是一项庞大的系统工程。其变化原因复杂,涉及的因素多,牵扯面广。在研究中,尽管五家对水沙变化规律进行了多方面的探讨,对计算方法进行了多方面的改进,有的研究甚至有重大突破,填补了以前研究的空白,但仍存在许多不足之处:一是对水土保持的减沙作用,存在很大分歧;二是水沙变化的原因不够明晰;三是计算方法不统一,欠严密;四是水保措施实有面积和减沙指标存在较大差异;五是基本资料不全,基础数据欠准确,难以进行精确定量分析。其中“三大基金”由于分析计算所采用的基本资料不统一,计算方法不完善,研究成果差异较大。以“水文法”计算结果为例:“水沙基金”分析认为,80 年代黄河中游(河龙区间加上泾、洛、渭、汾)水土保持年均减沙 5.9 亿 t 左右,“自然基金”分析年减沙量为 4.3 亿 t 左右,“水保基金”分析年减沙量仅为 3.5 亿 t。“水保法”计算结果同样差异较大:水沙基金、水保基金和自然基金分析计算的 80 年代黄河中游水土保持年均减沙量分别为 4.8 亿 t、2.5 亿 t 和 2.4 亿 t,最大与最小相差一倍。而在水保措施拦蓄指标和水保措施量的统计方面差距更大。

国家“八五”攻关研究由于实际研究时间只有三年,加之经费有限,未能解决“三大基

^① 黄委会黄河上中游管理局. 黄河中游河口镇至龙门区间水土保持措施减水减沙效益研究. 1995 年 12 月

金”研究中存在的全部问题;特别是因资料所限,未能对 90 年代以来黄河水沙变化的一些新情况、新问题进行深入剖析。另外,“水文法”中建立的水文统计模型对暴雨产流产沙反映不够;“水保法”坡面措施“以洪算沙”虽然克服了传统水保法中的某些缺陷,但仍有待进一步完善。

黄委会黄河上中游管理局,“八五”期间组织黄委会三个水保试验站开展了“黄河中游河龙区间水土保持措施减水减沙作用研究”,历时五年,取得了相当丰硕的成果,但在“水文法”和“水保法”减水减沙作用计算方法上尚不完善;“水保法”减洪减沙指标“三站”自成体系,未能统一;也因资料有限,未能深入分析 90 年代黄河中游的水沙变化情况。

以上五大研究课题,在特大暴雨情况下水土保持措施减洪减沙效益研究均属比较薄弱的环节;对小流域水保治理资料均未能充分利用;人为活动增洪增沙研究始终没有大的进展。凡事预则立,不预则废。以上诸多不足之处,应是今后黄河水沙变化深化研究的主攻方向。

三、研究成果简析

(一)研究范围

“水沙基金”和“自然基金”的研究范围是龙羊峡至三门峡入库(包括龙门、咸阳、张家山、淤头和河津以上),计算范围最大;“水保基金”研究范围主要是黄河中游多沙粗沙地区,即河口镇至三门峡入库。但渭河部分“水沙基金”和“自然基金”是以咸阳为界,“水保基金”则以华县为界。国家“八五”攻关项目的研究范围是河口镇至龙门区间及北洛河上游(刘家河以上)和泾河上游(马莲河西川庆阳以上,即环江流域),亦即狭义的黄河中游多沙粗沙地区。黄河上中游管理局“八五”重点课题研究范围是河口镇至龙门区间。五大课题研究范围见表 1-1。

表 1-1 黄河中游水沙变化五大课题研究范围

课题名称	研究范围	研究涉及面积 ($\times 10^4 \text{km}^2$)
水沙基金	龙羊峡至三门峡区间	55.69
水保基金	河口镇至三门峡区间	30.24
自然基金	龙羊峡至三门峡区间	55.69
国家“八五”攻关(85-926-03-01)	河口镇至龙门区间及泾河、北洛河上游	12.95
黄河上中游管理局“八五”重点课题	河口镇至龙门区间	11.29

(二)计算成果

“以计算方法为先导,以计算成果为归宿”是五大研究的共同出发点。在各家研究都十分投入、进展很大的情况下,分析比较这些研究成果具有十分重要的科学意义。河龙区间五大研究计算成果对比见表 1-2。

由表 1-2 可知,“三大基金”及其他四家研究在河龙区间减水减沙作用计算结果上差异较大。以减沙结果为例:河龙区间 70 年代“水文法”年均减沙成果中,五大研究加上时

表 1-2

黄河中游河龙区间水土保持措施减水减沙效益研究成果对比

(单位: $\times 10^8 \text{m}^3 \times 10^8 \text{t}$)

研究单位	水沙基金		水保基金		自然基金		国家“八五”攻关 (85-926-03-01)张胜利		黄河上中游 管理局“八五” 重点课题		时明立	国家“八五”攻关 (85-926-03-03-01)熊贵枢	
年代	项目	水文法	水保法	水文法	水保法	水文法	水保法	水文法	水保法	水文法	水保法	类比法	水保法
1970 ~ 1979年	减水	10.550	10.225	9.89	7.441	16.704	未做	10.92	11.52	9.624 (3.05)	10.05 6.09	17.17	
	减沙	2.363	1.916	2.08	2.135	2.594	1.579	2.75	2.46	2.39 (0.49)	2.58 2.51	1.20	2.354
1980 ~ 1989年	减水	15.550	13.250	16.82	7.346	21.240	未做	13.65	14.49	13.75 (2.87)	10.62 6.26	29.55	
	减沙	3.842	3.240	4.48 (1.449 2)	1.635	3.198	1.342	3.32	2.33	3.91 (0.42)	2.37 2.31	3.32	2.601
1970 ~ 1989年	减水	13.050	11.738	13.355	7.395	18.972	未做	12.285	13.005	11.687	10.335 6.175	23.36	
	减沙	3.103	2.578	3.28 (1.764 6)	1.885	2.896	1.461	3.035	2.395	3.15	2.475 2.410	2.26	2.008

注 ①计算范围为河龙区间面积在 1000km^2 以上的 21 条有控支流及未控区。

②黄河上中游管理局“水文法”减水减沙成果中,括号内数字为未控区成果(系借用国家“八五”攻关未控区减水减沙成果);“水文法”减水量为洪水与常水及未控区减水量之和。

③黄河上中游管理局“水保法”减水减沙成果中,第一个数字为年均减水量及年均减沙量,第二个数字为年均减洪量及年均减洪沙量。

④水保基金“水文法”括号内减沙量为验算值。

⑤熊贵枢成果来自《黄土高原水土保持》(孟庆枚主编,黄河水利出版社,1996年10月第一版)第503页表11;时明立成果来自《中国水土保持》1993年第4期第18页“黄河河龙区间水沙变化的水文分析”一文。

明立、熊贵枢的研究,共有七宗成果,依次为 2.363 亿 t、2.08 亿 t、2.594 亿 t、2.75 亿 t、2.39 亿 t、1.20 亿 t 及 2.339 亿 t。除时明立计算成果明显偏小外,其余六家成果均在 2.5 亿 t 左右,最大的是国家“八五”攻关成果 2.75 亿 t,它为时明立成果 1.20 亿 t 的 2.3 倍;70 年代“水保法”年均减沙成果中,六家结果在 2.0 亿 t 左右,最大的是黄河上中游局“八五”重点课题 2.58 亿 t,它与最小的自然基金课题 1.579 亿 t 相差 1.0 亿 t。

80 年代水利水保措施减沙量的多少是人们最为关心的问题。从七家 80 年代减沙量计算成果看,“水文法”成果取值在 2.601~4.48 亿 t 之间,明显分为两个数量级:自然基金、国家“八五”攻关及时明立、熊贵枢成果均在 3.0 亿 t 左右;水沙基金、黄河上中游管理局成果在 4.0 亿 t 左右,只有水保基金成果一枝独秀,达 4.48 亿 t,计算减沙成果最大,但与水沙基金及黄河上中游管理局成果相差不大,属同一数量级。但于一鸣先生采用“最大可能产沙量”经过验算后,对 4.48 亿 t 的减沙量成果予以舍弃,验算值为 1.449 2 亿 t。尊重于一鸣先生的验算成果,则水保基金 80 年代年均“水文法”减沙量 1.449 2 亿 t 为七家成果中的最小值,它与黄河上中游管理局 3.91 亿 t 的最大值对比,相差将近 1.7 倍。从水保基金的计算值及验算值分属两个极端的情况看,“最大可能产沙量”验算方法本身尚有值得商榷的地方。再从 80 年代“水保法”减沙计算成果看,六家成果取值分别为 3.240 亿 t、1.635 亿 t、1.342 亿 t、2.33 亿 t、2.37 亿 t 和 1.662 亿 t,即有三家成果在 1.5 亿 t 左右,有两家成果在 2.3 亿 t 左右,水沙基金成果明显偏大,比最小的自然基金成果大 1.4 倍。六家各自“水文法”与“水保法”的计算成果对比见表 1-3。其中 a 代表“水文法”减水减沙成果,b 代表“水保法”减水减沙成果。

表 1-3 各家“水文法”及“水保法”计算成果对比

研究单位	水沙基金	水保基金	自然基金	国家“八五” 攻关 1(张胜利)	国家“八五” 攻关 2(熊贵枢)	黄河上中游 管理局
70 年代 减水	a>b	a>b		a<b		a<b
减沙	a>b	a>b	a<b	a>b	a<b	a<b
80 年代 减水	a>b	a>b		a<b		a>b
减沙	a>b	a<b	a>b	a>b	a>b	a>b

由表 1-3 可见,1970~1989 年 20 年平均,六家成果的共同点是“水文法”减沙量均大于“水保法”减沙量;“水文法”减水量除国家“八五”攻关研究成果小于自身“水保法”外,其余四家均大于各自“水保法”减水量。

用宏观分析的方法来检验计算结果是非常必要的,也是黄河水沙变化深化研究中需要加强的环节。于一鸣先生在水保基金研究中提出了“天然产沙量”和“最大可能产沙量”两种验算方法,开了黄河中游水沙变化研究计算成果验算的先河,今后对验算方法仍需进一步研究。