

HUANGHE ZHONGYOU CUNISHA

JIZHONG LAIYUANQU ZHILI FANGXIANG YANJIU

黄河中游粗泥沙集中来源区 治理方向研究

郑新民 赵光耀 田杏芳 等 编著



黄河水利出版社

黄河中游粗泥沙集中来源区 治理方向研究

郑新民 赵光耀 田杏芳 等 编著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

黄河中游粗泥沙集中来源区面积 1.88 万 km², 仅占多沙粗沙区面积的 23.9%, 输沙量却占多沙粗沙区的 34.5%, 其中粒径大于 0.1mm 的粗泥沙输沙量占 68.5%, 是黄河下游河道淤沙的集中产区。通过实地考察和调研分析, 系统论述了该区域侵蚀产沙环境特征, 划分了治理分区, 研究了淤地坝、拦沙库、治坡措施的拦沙能力及其在各治理分区的适应性和效益, 提出了治理方向、目标及加快区域治理的建议。可供从事和关心黄河治理开发的人员及科技工作者阅读参考, 也可作为大专院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

黄河中游粗泥沙集中来源区治理方向研究/郑新民
等编著. —郑州: 黄河水利出版社, 2008. 7

ISBN 978 - 7 - 80734 - 457 - 5

I. 黄… II. 郑… III. 黄河 - 中游河段 - 泥沙 -
治理 - 研究 IV. TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 096742 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

传真: 0371 - 66022620

E-mail: hhsclbs@126.com

承印单位: 河南省瑞光印务股份有限公司

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 10.5

插页: 6

字数: 202 千字

印数: 1—1 000

版次: 2008 年 7 月第 1 版

印次: 2008 年 7 月第 1 次印刷

定价: 29.00 元

前 言

黄河中游多沙粗沙区是我国黄土高原水土流失最严重、生态环境最脆弱的地区,也是人为活动最剧烈的地区之一。众所周知,黄土高原地区每年有十几亿吨泥沙进入黄河,其中大约有四分之一淤积在下游河道内,使黄河下游成为“地上悬河”,其洪水灾害严重威胁黄淮海平原的安全,成为国家的“心腹之患”。研究表明,对黄河下游淤积影响最大的泥沙是粒径大于 0.05mm 的粗颗粒泥沙,这些泥沙大都来自黄河中游 7.86 万 km² 的多沙粗沙区。三门峡水库建成(1960 年)前的天然状态下,黄河下游河道主槽淤积物中粒径大于 0.05mm 和 0.1mm 的粗泥沙分别达到 76.1% 和 50.7%; 7.86 万 km² 的黄河中游多沙粗沙区面积仅占黄河流域面积的 9.89%,而其年均输沙量却占黄河年均输沙量的 69.2%,粒径大于 0.05mm 的粗泥沙输沙量占黄河的 77.2%。强化这一区域的治理和研究,不仅对快速减少入黄泥沙,明显减轻黄河灾害具有十分重要的作用,而且对我国黄土高原地区的水土流失治理有较强的辐射影响。

21 世纪初,黄河水利委员会党组提出了“维持黄河健康生命”的治河理念。2004 年又提出了进一步集中投资、缩小范围,确定对黄河下游河道淤积危害最大、产粗泥沙最多的黄河中游粗泥沙集中来源区强化治理,并开展了“黄河中游粗泥沙集中来源区界定研究”,初步界定粒径大于 0.1mm 的粗泥沙集中来源于皇甫川、孤山川、窟野河、秃尾河、无定河和佳芦河等支流的大部或部分区域,面积为 1.88 万 km²。

黄河中游粗泥沙集中来源区的初步界定,明确了该区是今后一个时期集中有限投资和进行攻关的重点区域,但是目前对该区侵蚀产沙环境特点、治理分区、治理措施适应性以及治理方向等方面的研究还比较薄弱。本书旨在通过研究黄河中游粗泥沙集中来源区的侵蚀产沙环境特点,提出该区的治理分区,确定治理重点,通过分析不同治理区现状治理措施的适应性,提出科学现实的粗泥沙流失治理目标、措施配置及优化方式,为该区的集中和持续治理提供技术支撑。本项研究的开展,对确立黄河中游粗泥沙集中来源区治理目标和方向,指导黄河中游粗泥沙集中来源区粗泥沙流失治理规划,加快该区生态建设,有效、快速减少进入黄河的粗泥沙及黄河下游河道淤积,维持黄河健康生命,保障黄河流域国民经济和社会的可持续发展具有重大的现实意义。

根据黄河水利委员会(简称黄委会)国际合作与科技局安排,本研究以黄委会水土保持科研基金课题形式,于2005年4月完成了“《黄河中游粗泥沙集中来源区治理方向研究》申请书”和“《黄河中游粗泥沙集中来源区治理方向研究》工作大纲”的编写上报工作,2005年5月正式开始课题研究。根据课题专家组的意见,具体分为以下三个专题。

专题一 黄河中游粗泥沙集中来源区侵蚀产沙环境与治理分区研究。考虑地层、地形、地貌、土壤、植被、气候和经济社会环境等因素,分析区域侵蚀产沙环境特点,提出治理分区原则、方法(指标)和结果,为治理粗泥沙流失的宏观决策提供科学依据。

专题二 黄河中游粗泥沙集中来源区治理措施适应性研究。运用特征值分析、典型分析和实地勘察相结合的方法,分析淤地坝(系)、拦泥库及坡面治理措施适应性,为确定治理方向提供科学依据。

专题三 黄河中游粗泥沙集中来源区治理方向研究。根据区域可能的减沙能力(现状治理措施的拦沙能力和治理措施发展潜力),研究提出区域及各治理区治理目标、基本思路、关键措施、配置方式及布局架构等。

本课题由黄河上中游管理局负责,黄河研究会、黄委会国际合作与科技局、黄委会天水水土保持科学试验站、黄委会西峰水土保持科学试验站、黄委会绥德水土保持科学试验站、陕西省水土保持局、内蒙古自治区水利厅及陕、蒙两省(区)基层水保部门协作完成。课题研究成立了由黄自强、洪尚池、汪习军、李锐、姚文艺、马慕铎、史学建、徐建华、郑宝明等人组成的专家组。课题由郑新民主持,黄自强任首席专家,主要参加人员有:郑新民、赵光耀、田杏芳、雷启祥、王鸿斌、张金慧、洪尚池、田安民、柏跃勤、赵邦元、赵力毅、刘斌、熊秋晓、白志刚、翟李越、马安利、宋静、马利东、刘英等。

在黄委会国际合作与科技局、水土保持局和黄河上中游管理局的领导下,在有关专家的精心指导下,经过全体课题人员的共同努力,充分发挥多学科、多部门的技术优势,协作完成了课题研究任务,取得了预期的研究成果,为黄河中游粗泥沙集中来源区的治理提出了科学依据和系列基础资料。本课题研究时间短,涉及内容广,所需资料多,陕西、内蒙古两省(区)及其市、县(旗)水保部门为课题研究提供了大量宝贵资料,特致谢忱。

本书稿是在上述课题研究成果和继续深入咨询调研基础上,经编著者对相关内容进一步补充、深化和拓展完成的。书稿内容分为七部分,除前言外,六章内容分别是绪论、研究区考察调研、侵蚀产沙环境特征研究、治理分区研究、治理措施适应性和治理方向研究。书稿各部分的主要编著者分别为:前

言,郑新民、赵光耀、田杏芳;第五章,赵光耀、田杏芳;第二章,赵光耀、白志刚、雷启祥、王鸿斌;第三章,王鸿斌、赵光耀、赵力毅;第四章,王鸿斌、赵光耀;第五章,雷启祥、赵光耀;第六章,张金慧、赵光耀。全书由郑新民、赵光耀、田杏芳统稿。由于我们水平有限,书中难免有欠妥和错误之处,敬请批评指正。

编著者

2008 年 5 月

目 录

前 言

第1章 绪 论	(1)
1.1 立项背景	(1)
1.2 研究目标及内容	(3)
1.3 研究方法及技术路线	(4)
1.4 主要研究成果简介	(5)
1.5 研究特色与创新	(11)
1.6 成果应用前景及效益	(11)
第2章 研究区考察调研	(12)
2.1 考察调研的目的	(12)
2.2 考察调研的方法及内容	(13)
2.3 主要考察调研点概况	(19)
2.4 考察调研的几点认识	(42)
2.5 建议	(50)
第3章 侵蚀产沙环境特征研究	(53)
3.1 自然环境特征分析	(53)
3.2 经济社会特征分析	(67)
3.3 动力特征研究分析	(72)
第4章 治理分区研究	(84)
4.1 分区目的及原则	(84)
4.2 分区方法	(86)
4.3 分区结果及特征	(89)
第5章 治理措施适应性研究	(95)
5.1 淤地坝适应性分析	(95)
5.2 拦泥库适应性分析	(115)
5.3 坡面治理措施适应性分析	(129)
5.4 区域治理措施适应性的总体认识	(138)

第 6 章 治理方向研究	(140)
6.1 区域治理基本思路	(140)
6.2 区域减沙目标的确定	(140)
6.3 加快治理目标的确定	(143)
6.4 区域新增治理措施潜力分析	(144)
6.5 不同治理区治理方向研究	(147)
6.6 区域治理措施效益分析	(153)
6.7 实现区域减沙目标的可能性分析	(154)
6.8 加快区域治理的对策与建议	(155)
参考文献	(159)

第 1 章 绪 论

黄河的症结在泥沙,关键是粗泥沙。国务院于 2002 年批复的《黄河近期重点治理开发规划》明确指出,解决黄河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;“拦、排、放、调、挖”处理和利用泥沙。目前,黄河下游防洪工程体系已基本建成,以三门峡、小浪底、陆浑、故县等四大水库为主联合调水调沙的措施已经实施,为黄土高原地区的水土流失治理赢得了宝贵的时间。因此,不失时机地加快黄土高原地区,特别是黄河中游多沙粗沙区和粗泥沙集中来源区治理,对加快黄河水沙调控体系建设、快速减少入黄泥沙、改善流域生态环境、维持黄河健康生命具有十分重要的意义。

1.1 立项背景

黄河下游淤积的泥沙主要为粒径大于 0.05mm 的粗泥沙,粗泥沙对黄河下游干流水库和河道的危害最大。据多年实测资料分析,黄河下游河道淤积泥沙中粒径大于 0.05mm 和 0.1mm 的粗泥沙分别占 67.1% 和 33.5%;特别是三门峡水库建成(1960 年)前的天然状况下,下游河道主槽淤积物中粒径大于 0.05mm 和 0.1mm 的粗泥沙分别达 76.1% 和 50.7%,三门峡水库建成后,下游河道主槽淤积物中粒径大于 0.05mm 和 0.1mm 的粗泥沙仍然分别高达 51.5% 和 20.4%。

黄河进入 20 世纪 80 年代,水沙不协调和下游淤积进一步加剧。1986 ~ 1999 年平均每年淤积 2.23 亿 t,其中 73% 的泥沙集中淤积在主河槽,致使主河槽严重萎缩,2001 年部分河段的平滩流量锐减至 $1\,800\text{m}^3/\text{s}$,加剧了“二级悬河”的迅速发展。黄河下游主河道形态的改变增加了“横河”、“斜河”和“顺堤行洪”的发生几率,使堤防“冲决”、“溃决”的可能性增大,严重威胁黄淮海平原的安全。

黄河下游淤积的粗泥沙主要来自黄河中游黄土高原地区,特别是黄河中游多沙粗沙区和黄河中游粗泥沙集中来源区。早在 20 世纪 60 年代,我国著名泥沙专家钱宁教授研究得出:黄河下游的淤积泥沙主要是粒径大于 0.05mm 的粗泥沙,如果在中游找到并集中治理粗泥沙产区,控制和减少粗泥

沙输入下游河道,下游河道的淤积(特别是主槽淤积)就会得到缓解。为了找出对黄河下游河道淤积影响最大的侵蚀产沙区,黄委会从1996年开始,组织开展了为期5年的“黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究”,找到了位于黄河河口镇至龙门区间以及泾河、洛河、渭河中上游地区7.86万 km^2 的黄河中游多沙粗沙区,为确定控制黄河泥沙的重点区域提供了有力的技术支持。该区域相对于黄土高原地区来说,范围集中,重点突出,然而,相对当前国家投资能力而言,其范围仍然偏大,投资规模过大。因此,必须寻找对黄河下游淤积影响更为明显、范围更集中的粗泥沙集中来源区,作为区域治理和投资的重中之重。为此,黄委会于2004年又一次组织开展了“黄河中游粗泥沙集中来源区界定研究”,研究期间,黄委李国英主任提出了“树立强烈的粗泥沙意识,构筑控制黄河粗泥沙的三道防线”的构想,即通过治理黄土高原“先粗后细”、小北干流放淤“淤粗排细”、运用小浪底水库“拦粗泄细”等三项措施来解决黄河粗泥沙问题。现初步查明,粒径大于0.1mm、粗泥沙输沙模数超过 $1400\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的粗泥沙主要来自皇甫川、孤山川、窟野河、秃尾河、佳芦河区域及无定河支流芦河、大理河上游、无定河下游、延河和清涧河上游的1.88万 km^2 范围内,我们将其称为黄河中游粗泥沙集中来源区。

黄河中游多沙粗沙区面积为7.86万 km^2 ,占黄土高原地区面积的12.3%;年均输沙量(1954~1969年)达11.82亿t,占全河同期年均输沙量的62.8%;粒径大于0.05mm的年均粗泥沙输沙量高达3.19亿t,占全河同期相应粒级泥沙输沙量的72.5%。黄河中游粗泥沙集中来源区面积为1.88万 km^2 ,仅占黄土高原地区面积的2.9%;年均输沙量(1954~1969年)却高达4.08亿t,占全河同期输沙量的21.7%;粒径大于0.05mm的粗泥沙年输沙量高达1.52亿t,占全河同期相应粒级泥沙输沙量的36.8%。

本项研究以黄河中游粗泥沙集中来源区为对象,该区的水土流失十分严重,土壤侵蚀模数一般超过 $10000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,有些地区高达 $40000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,其面积仅占黄河中游多沙粗沙区面积的23.9%,但产生的全沙、粒径大于0.05mm和粒径大于0.1mm的粗泥沙分别占到了黄河中游多沙粗沙区相应粒级泥沙输沙量的34.5%、47.6%和68.5%。特别是该区作为国家重要的能源重化工基地和资源开发的重点区域,随着开发规模和人口的急剧增加,经济和人类活动日益频繁,水土流失有不断恶化的趋势。因此,加强黄河中游粗泥沙集中来源区治理,构筑控制黄河粗泥沙“第一道防线”,是解决黄河粗泥沙问题的关键所在。

通过“以支流为骨架,小流域为单元,集中连片,综合治理”的基本模式和

以淤地坝(系)为重点的治理措施,黄河中游粗泥沙集中来源区的治理取得了一定的成就,局部治理积累了可供借鉴的宝贵经验。但由于自然条件恶劣,人为水土流失严重、投资严重不足、科学研究工作薄弱等原因,整体上治理速度缓慢,目前的治理措施面积仅占水土流失面积的 29.6%,而且这些已治理区域仍然需要进一步巩固和提高。黄河中游粗泥沙集中来源区的地质复杂,地形地貌状况多变,侵蚀产沙环境差异大,侵蚀产沙营力错综复杂,经济社会发展不平衡。因此,本项研究旨在通过资料分析和实地勘察,在充分分析论证区域侵蚀产沙环境特点、治理措施适应性的基础上,科学划分治理区,确定治理重点,提出科学现实的治理思路、治理目标、关键措施、布局架构和配置方式等,为加快该区治理提供技术支撑。该项研究对指导黄河中游粗泥沙集中来源区的水土保持治理规划、措施布局和投资导向,加快该区水土保持治理进度,集中、快速、有效拦减入黄泥沙,减缓黄河干流水库和下游河道淤积,减轻黄河灾害,促进区域生态环境的整体改善和经济社会的可持续发展,维持黄河健康生命具有重要的现实意义。

1.2 研究目标及内容

1.2.1 侵蚀产沙环境特点和治理分区研究

收集、整理地质、地貌、降(暴)雨、径流(洪水)、泥沙等资料,统计经济社会(包括人口、耕地、梯田、坡地、坝地数量及分布、粮食及经济结构等)数据,了解治理现状(包括淤地坝和拦泥库数量、库容、淤积量、分布等,梯田、造林、种草面积等)、掌握已有的科学研究成果等,进一步分析归纳黄河中游粗泥沙集中来源区侵蚀产沙自然环境特点、经济社会特点、侵蚀动力特点以及典型暴雨产流产沙特点,为确定治理分区提供科学翔实的资料和依据。

根据黄河中游粗泥沙集中来源区侵蚀产沙环境特点划分治理区,确定治理重点;分析不同治理区水土流失强度、数量、分布及与粗泥沙侵蚀有关的特征值,为确定区域治理方向奠定基础。

1.2.2 治理措施适应性研究

采用统计资料、实地勘察以及遥感地理信息判读相结合的方法,研究淤地坝(系)、拦泥库、坡面治理措施的建设布局、密度等特征值与周围自然环境条件的关系、经济社会需求、拦沙效果等,为确定区域治理方向提供科学依据。

1.2.3 治理方向研究

以侵蚀产沙环境特点、治理分区和治理措施适应性研究为基础,研究提出黄河中游粗泥沙集中来源区治理方向;按照区域可能减沙能力,确定区域和各治理区的减沙目标;有针对性地提出不同治理区的治理思路、治理目标、关键措施和布局架构等。

1.3 研究方法及技术路线

1.3.1 研究方法

在吸收国内外现有研究成果及先进研究方法的基础上,采用文献资料分析、统计调查和实地勘察相结合的方法,定性分析与定量分析相结合,常规方法与先进技术相结合,提出实用性强且有一定理论依据的成果。

1.3.2 技术路线

以 1.88 万 km^2 的黄河中游粗泥沙集中来源区为研究区域,收集、整理自然、经济社会和治理资料等,研究归纳区域粗泥沙的侵蚀产沙环境特点和暴雨、洪水、泥沙关系;研究分析治理措施数量、分布、效益等与粗泥沙侵蚀有关的特征值;科学划分治理区,确定治理重点;研究治理措施的适应性,研究提出区域及不同治理区的治理思路、目标、关键措施和布局架构等。技术路线流程参见图 1-1。

1.3.3 拟解决的关键技术问题

1.3.3.1 治理区划分

利用遥感影像及 GIS 技术,结合现有资料,提取区域水土流失的环境影响因素,分析地质、地形、地貌、土壤、植被、气象、水文、人口分布、开发建设项目等要素特点及对流域侵蚀产沙的影响,并以此为基础进行治理分区。

1.3.3.2 治理措施的实际适应性

通过遥感调查与传统统计相结合,以及定量分析与典型调研相结合的方法,对区域的自然条件、经济社会需求、治理措施的数量分布及治理效果等进行对比研究,分析淤地坝(系)、拦泥库和坡面治理措施在不同治理区的实际适应性。

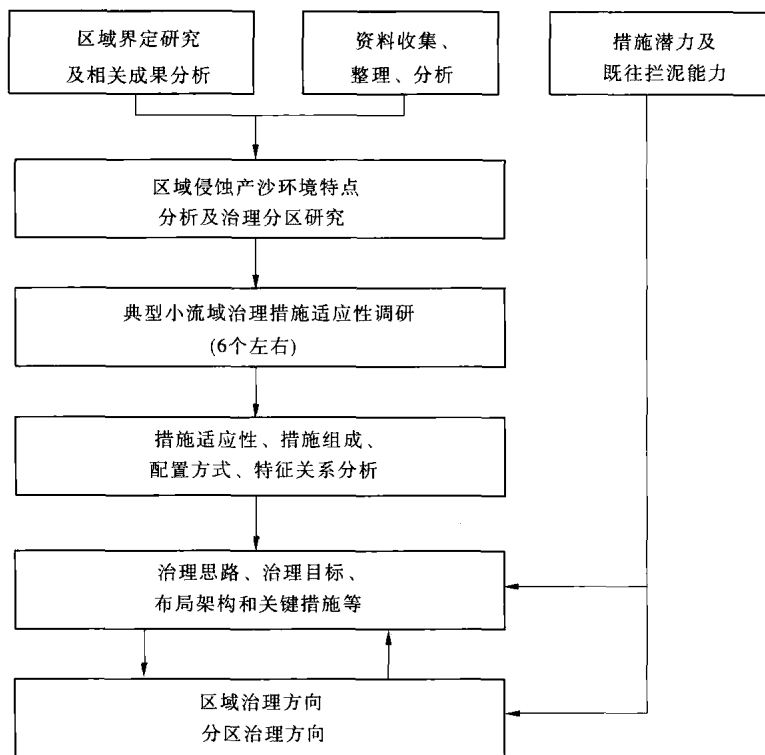


图 1-1 技术路线流程图

1.3.3.3 治理方向的确定

根据不同治理分区的特点和治理措施的实际适应性的分析结果,提出不同治理区的治理思路、目标、关键措施和布局架构等。

1.4 主要研究成果简介

1.4.1 侵蚀产沙环境特征研究

1.4.1.1 自然环境特征分析

自然环境特征分析包括侵蚀产沙地层、地形地貌、土壤植被、气候特征分析等。侵蚀产沙地层分析以相关地质资料为基础,分析不同产沙地层的侵蚀产沙特性及产沙量。结果表明:区域黄土侵蚀是第一位的,特别是新黄土广泛分布在各地貌单元之上,粗泥沙产沙量居各产沙地层之首;居于第二位的侵蚀产沙地层为前第三纪基岩层,其中又以中生界的三叠系、侏罗系和白垩系地层

产粗沙特征更明显;另外,老黄土、第三纪红土都是非常重要的产粗沙地层之一。

地形地貌特征分析以 1:5 万 DEM 为信息源,运用 GIS 技术将区域 11 条重点支流按 $\leq 5^\circ$ 、 $5^\circ \sim 8^\circ$ 、 $8^\circ \sim 15^\circ$ 、 $15^\circ \sim 25^\circ$ 、 $25^\circ \sim 35^\circ$ 和 $> 35^\circ$ 分为六个坡度分级。结果表明: 15° 以上面积占 53.9%, 25° 以上面积占 20.1%, 35° 以上面积占 4%; 15° 以上面积以窟野河、无定河分布最多。

土壤特征分析以表土质地、土壤抗蚀性、土壤粒径为主要因子。表土质地以 1997 年 TM 卫星影像为信息源,根据其颜色、纹理等特征将区域 11 条重点支流地表土分为黄土、砾土和沙土三种。结果表明:黄土、砾土和沙土面积分别为 $14\,011.3\text{ km}^2$ 、 $2\,258.2\text{ km}^2$ 和 952.5 km^2 ,分布面积比为 14.71:2.37:1,分别占黄河中游粗泥沙集中来源区黄土、砾土和沙土分布面积的 90.6%、95.7% 和 95.6%;该区由北向南土壤抗蚀性减弱,平均土壤粒径逐渐变细。

植被特征分析以 1997 年 TM 卫星影像为信息源,按高、中高、中、中低、低和裸地将区域 11 条重点支流分为六个植被盖度类型。结果表明:中低覆盖度面积占 92.8%,低覆盖度面积占 59.4%,裸地面积占 18.6%;该区总体植被覆盖度极低。

气候特征分析以气温、蒸发、降雨、风力等指标为主。该区降水量由东南向西北减少,年温差总的趋势是北部大于南部,西部大于东部;多年平均风速、大风日数、沙尘暴日数由西北向东南逐渐降低。

自然环境综合影响结果分析以粗泥沙侵蚀强度为指标,采用 GIS 综合判读的方法,按粗泥沙模数小于 $2\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 、 $2\,000 \sim 5\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 、 $5\,000 \sim 10\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 和大于 $10\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 将区域 11 条重点支流分为粗泥沙模数值较高、高、超高和极高四个强度等级。结果表明:较高值面积占 26.9%,高值面积占 54.7%,超高值面积占 13.9%,极高值面积占 4.4%;粗泥沙分布面积以无定河、窟野河和皇甫川三流域最多。

1.4.1.2 经济社会特征分析

经济社会特征分析主要从行政区、人口、土地利用、经济发展及大型开发建设项目等方面展开。结果表明:该区具有人口密度和人均耕地南北差异较大、经济社会发展极不平衡等特点,对人为水土流失影响也各不相同。从其最重要的指标——人口密度看,黄河中游粗泥沙集中来源区平均人口密度 $56\text{ 人}/\text{km}^2$,从东南向西北呈逐渐减小的趋势,且明显存在人口密度分别为 $20\text{ 人}/\text{km}^2$ 、 $50\text{ 人}/\text{km}^2$ 、 $130\text{ 人}/\text{km}^2$ 左右的三个区域。该区人口分布与水土流失发展关系的趋势,同地质、地形地貌变化与水土流失发展的趋势是基本吻合的。

1.4.1.3 动力特征分析

在概括区域侵蚀产沙水力、重力、风力、冻融和人力特征的基础上,重点分析了暴雨洪水和人类活动对区域侵蚀产沙的影响。

暴雨产沙特征主要分析了区域典型支流暴雨中心、洪水来源、暴雨洪峰、历时、洪量、含沙量等侵蚀产沙特征值。结果表明:皇甫川的洪水径流主要来源于长川、沙圪堵—皇甫之间;孤山川全流域产流比较均匀;窟野河的径流大部分来源于王道恒塔、新庙—温家川之间,秃尾河的洪水径流主要来源于高家堡以下区域。黄河中游粗泥沙集中来源区以窟野河、皇甫川、孤山川和无定河等支流对黄河泥沙的贡献最大,其流域面积占黄河龙门以上流域面积不到10%,但泥沙量却占到龙门年均输沙量8.23亿t(1960~1989年)的40%以上,粒径大于0.05mm的粗泥沙则占到85%以上,并有增加的趋势。

人力侵蚀特征以有关研究成果^①为基础,分析了区域人类活动的产沙量及其因子关系。分析表明,黄河中游粗泥沙集中来源区的人为产沙量主要为采矿、修路及不合理的土地利用所致,1950~1982年人为增沙4.59亿t,年均增沙0.139亿t,1983~1985年年均增沙量0.251亿t,后者几乎是前者的2倍;20世纪70年代以来的人为增沙量呈增加趋势。

以上分析基本确定了黄河中游粗泥沙集中来源区侵蚀产沙自然环境、经济社会和动力特点,为确定治理分区奠定了基础。

1.4.2 治理分区研究

治理分区研究主要包括治理分区的目的及原则、分区的主导因素及划分方法、分区的结果及特征三方面。

1.4.2.1 分区目的

划分治理区的目的在于根据区域侵蚀产沙自然环境特征、经济社会特征和动力特征等分区施治,在不同治理区有针对性地采取治理措施。根据上述目的提出了遵循综合性、区间差异性与区内相似性、主导性、实用性四条治理分区原则。

1.4.2.2 分区方法

采用主导性因素、辅助性因素与参考性因素分析相结合的方法。在《黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究》关于因子选择与权重分析成果的基础上,以沟壑密度、地面组成物质、植被盖度、汛期降水量、暴雨

①主要为第二期黄河水沙基金研究成果。

日数、年大风日数、经济社会、粗泥沙模数、侵蚀方式等作为备选因子,重新计算权重,结合分区目的,最终选用侵蚀产沙地层和表土质地作为主导性因素,沟壑密度和植被盖度为辅助性因子。同时,又根据实际情况选用人口密度、流域界线、行政界线等因素作为参考,以主导性因子区界图为基础,叠加辅助性因子区界图,初步确定出三个相对集中且各具特征的区域,最后考虑集中连片、流域与行政区域相对完整性原则,用支流和行政界线图叠加修正上述初步确定的区界,最终确定治理分区。

1.4.2.3 分区结果及特征

主要依据侵蚀产沙地层和表土质地,同时结合其他因素,黄河中游粗泥沙集中来源区可以划分为黄土区、砒砂岩区和盖沙区3个治理区,其面积分别为 $14\,634\text{km}^2$ 、 $2\,948\text{km}^2$ 和 $1\,221\text{km}^2$,分别占黄河中游粗泥沙集中来源区面积的77.8%、15.7%和6.5%。研究表明:黄土区南北跨度大、沟壑密度大、地面坡度陡、植被盖度低、人口密度大、侵蚀模数高,是黄河中游粗泥沙集中来源区中分布面积最大、侵蚀产沙最严重的区域;砒砂岩区空间分布相对集中、沟壑密度大、土壤可蚀性强、植被盖度极低、开矿等人为活动多,侵蚀类型多且各种类型的土壤侵蚀都很严重;盖沙区分布面积最小,主要地表组成物质为风成黄土,其实质是盖沙丘陵,地面坡度较缓,夏秋季以水力侵蚀为主,冬春季以风力侵蚀为主,侵蚀模数和粗泥沙模数是三个治理区中最低的。

1.4.3 治理措施适应性研究

该项研究利用黄土区、砒砂岩区和盖沙区相关属性数据、空间数据资料,结合专家咨询和实地考察调研,从典型小流域入手,采用微观分析与宏观分析相结合、对比分析与典型解析相结合和定性分析与定量分析相结合的方法,分析了不同治理区治理措施布局、分布特征、拦蓄效益及特征关系等,主要内容包括淤地坝(系)适应性分析、拦泥库适应性分析、坡面治理措施适应性分析等。

1.4.3.1 淤地坝(系)适应性分析

从地质、地形、地貌、筑坝材料、沟道特征、侵蚀状况、经济社会需求、拦蓄效益、工程配置结构、拦泥淤地特征关系等方面,分析了不同治理区淤地坝(系)的自然适应性;又从现状建设的数量分布、形成历史及使用效果,分析其可行性;从而得出实际适应性。结果表明:黄河中游粗泥沙集中来源区具有较好的建坝自然条件、深厚的群众基础和很好的拦蓄效益;以治沟骨干工程为重点的淤地坝(系)是黄河粗泥沙集中来源区有效控制水土流失、加快拦减入黄

泥沙、改善生态环境的关键措施;黄土区、砒砂岩区和盖沙区建设淤地坝的适宜性、拦泥效果和特征值各不相同,遵循这些差异对确定区域治理方向有十分重要的意义。

1.4.3.2 拦泥库适应性分析

从地质、地形、地貌、建库材料、沟道特征、侵蚀状况、经济社会需求、拦蓄效益、工程配置结构、特征关系及旧城水库运用等方面,分析了不同治理区拦泥库的适应性。结果表明:黄河中游粗泥沙集中来源区大部分支流具有较好的建库自然条件和一定的群众基础,拦蓄效益显著,技术条件具备;但必须注意坝址选择、运行安全和前期论证,降低淹没损失,加强与淤地坝(系)的结合配套和控制区坡面治理,保障拦泥库的持续运用。

1.4.3.3 坡面措施适应性研究

从地形、土壤、气温、降雨、适生树草种、覆盖度、经济社会需求、拦蓄效益及其制约因素等方面,分析了不同治理区坡面治理措施的适应性。结果表明:坡面治理措施是黄河中游粗泥沙集中来源区治理不可或缺的措施,具有广泛的发展空间,但确定坡面治理措施的发展规模应将群众需求与各种措施的科学配置结合起来;标准高的治坡措施具有较好的拦蓄效益,因此需要注意建设高标准的水平梯田,提高林草覆盖度。

1.4.4 治理方向研究

1.4.4.1 总体治理目标

根据黄河中游粗泥沙集中来源区的治理措施发展潜力和现状治理措施的既往拦泥能力,研究确定淤地坝控制面积 $7\,578\text{km}^2$,年拦泥能力为 1.66 亿 t,拦泥库控制面积 $6\,330\text{km}^2$,年拦泥能力为 1.4 亿 t,坡面治理措施作用面积 $12\,029\text{km}^2$,年拦泥能力为 1.09 亿 ~ 1.15 亿 t,三项措施合计年拦泥沙能力为 4.15 亿 ~ 4.21 亿 t。考虑主要以治沟措施拦截泥沙,以坡面治理措施保障沟道工程的长期、安全和持续运用,并扣除淤地坝(系)与拦泥库拦泥量中可能重复的部分,则该区通过开展以治沟骨干工程和拦泥库为重点,以淤地坝(系)为主体的流域综合治理,年均持续、稳定拦减入黄泥沙 2.67 亿 ~ 2.87 亿 t,占区域多年平均泥沙流失量 4.08 亿 t 的 65.4% ~ 70.3%;年拦截粒径大于 0.1mm 的粗泥沙为 0.4 亿 ~ 0.43 亿 t,占年产粗泥沙量 0.61 亿 t 的 65.6% ~ 70.5%。

1.4.4.2 加快治理目标

根据黄河中游粗泥沙集中来源区现状治沟骨干工程控制面积及工程数量