

黄河水利委员会水土保持科研基金项目

黄河中游多沙粗沙区区域界定 及产沙输沙规律研究

徐建华 吕光圻 张胜利 甘枝茂 等 编著

黄河水利出版社

黄河水利委员会水土保持科研基金项目

黄河中游多沙粗沙区区域界定 及产沙输沙规律研究

徐建华 吕光圻 张胜利 甘枝茂 等编著

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究/
徐建华等编著. —郑州:黄河水利出版社, 2000. 11
ISBN 7-80621-452-6

I. 黄… II. 徐… III. 黄河—中游河段—泥沙—研究
IV. TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 55351 号

责任编辑:雷元静	封面设计:郭琦
责任校对:杨秀英	责任印制:常红昕
出版发行:黄河水利出版社	
地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮编:450003	
发行部电话:(0371)6302620 传真:6302219	
E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn	
印刷:河南第二新华印刷厂	
开本:787mm×1092mm 1/16	印张:10.875
版次:2000 年 11 月 第 1 版	印数:1-1 000
印次:2000 年 11 月 郑州第 1 次印刷	字数:251 千字
定价:40.00 元	

序

黄河流域是中华民族的摇篮。早在远古时代,先民就在黄土高原这块神奇的土地上创造了中华文明。然而,长期以来,由于黄土高原地区突出的水土流失,带来黄河下游的严重淤积,使得每年有 16 亿 t 泥沙进入黄河,其中约有 1/4 淤积在下游河道,使下游成为“悬河”。造成历史上“三年两决口、百年一改道”的严重灾害。黄河下游河道淤积泥沙的组成如何?主要来自何处?输移规律和特点是什么?这些涉及水土保持规划和黄河治理方略的重大问题,为广大黄河水利工作者所关注。

由黄河水利委员会(以下简称黄委会)水文局、黄河水利科学研究院、陕西师范大学、中国科学院地理研究所、内蒙古水利科学研究院、黄委会绥德水土保持科学试验站等单位的近 50 名科技人员共同承担的《黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究》课题,在前人研究工作的基础上,又进行了历时四年的研究,取得了新的进展和较好的成果。该成果分析了三门峡库区及下游河道主槽淤积物的粒径组成,其中 72% 为粒径大于等于 0.05mm 的粗颗粒泥沙。这些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。多沙粗沙区面积虽不大,约为 7.86 万 km²,仅占黄河中游区面积的 23%,可产生的泥沙达到 11.82 亿 t(1954~1969 年系列),占黄河中游输沙量的 69.2%;产生的粗泥沙(粒径大于等于 0.05mm)量达 3.19 亿 t,占黄河中游总粗泥沙输沙量的 77.2%。泥沙、特别是粗泥沙,是治黄的症结所在,要解决好黄河泥沙问题,关键在于划定黄河中游多沙粗沙区范围,并进行综合治理。这样,既能集中重点治理,又能大幅度地减少下游河道淤积。因此,黄河“粗泥沙”界限、中游多沙粗沙区区域界定、多沙粗沙区产沙输沙规律、多沙粗沙区亚区特征及其治理方略等,一直为人们所关注,是黄河治理研究的重要课题。

该项目研究人员经过潜心研究,以三门峡库区及其下游河道主槽淤积物占多数的观点,确定了黄河“粗泥沙”界限为 0.05mm;用输沙模数指标法界定了黄河中游多沙粗沙区面积为 7.86 万 km²,研究了多沙粗沙区的产沙输沙规律,根据地面组成物质和侵蚀强度进行了亚区划分,并探讨了多沙粗沙区及其亚区的治理方略。这些成果,为黄河中游水土流失重

点治理、黄河下游防洪减淤、黄河水资源开发利用、改善黄河流域生态环境等,提供了科学依据。

黄河中游多沙粗沙区,不仅在黄河流域有“承东启西”的过渡作用,而且在黄河治理中有重要的战略地位,加强该区产沙输沙规律的研究,是黄河治理的需要,也是西部大开发的需要。本书的出版,对黄河中游的水土保持规划、生态环境建设和西部大开发,具有重要的参考价值。

中国工程院院士

徐乾洁

2000年7月30日

前 言

黄河是一条灾害频繁、难以治理的多沙河流,其输沙量之多、含沙量之高,堪称世界之最。现已初步查明,如此之多的泥沙主要来自黄河中游,主要产沙区集中分布于河口镇至龙门、北洛河的刘家河以上和泾河的杨家坪以上的多沙粗沙区。这一区域生态环境脆弱,强烈的水土流失不仅严重地制约着当地的经济发展和人民生活水平的提高,而且大量的侵蚀产沙输入下游,使下游河道淤积抬高,形成潜在的洪水灾害,直接威胁着黄河下游两岸人民生命财产的安全。在进行西部大开发的今天,加强这一“承东启西”地区的治理与开发研究,对我国的经济发展和黄河治理具有重要意义。

黄河中游多沙粗沙区一直是黄土高原土壤侵蚀和水土保持研究的重点。经过各方面的长期研究和有效治理,取得了许多有价值的成果,部分区域的侵蚀产沙已得到有效控制。但是从总体上看,无论是在基础理论的研究上,还是在治理的科技水平上都还有许多问题没有得到圆满的解决。尽管不少学者从不同角度对黄河中游多沙粗沙区面积分布及其侵蚀产沙、输沙规律进行过研究,取得了重大进展,但因研究的方法和采用的资料不同,迄今为止,许多问题仍有较大的争议。例如:什么是粗泥沙?粗泥沙来源区及多沙粗沙区的确切位置在哪里?又如对多沙粗沙区强烈侵蚀产沙的原因,侵蚀、产沙、输沙的类型和方式以及规律等的认识,都存在某种程度的分歧。在依据多沙粗沙区内部地面组成物质和侵蚀强度差异划分各具治理特色的亚区上,亦有大量工作待做。尽快解决这些问题,是加速多沙粗沙区环境治理的需要,也是下游防洪减淤的需要。

1996年,黄河水利委员会将“黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究”列为水土保持科研基金项目,1997年水利部科技司(科技项[1997]29号)确认为水利部科技计划项目(SR9727)。其研究目的是:明确对黄河三门峡库区及下游河道主槽淤积危害最大的泥沙,即“粗泥沙”,界定黄河中游多沙粗沙区的范围,并根据该区内部的地面组成物质和侵蚀强度的差异进行亚区划分,提出治理开发方略。根据该项目研究宗旨和研究目标的要求,分下列四个专题进行研究:

专题一 黄河“粗泥沙”定界论证。弄清对黄河三门峡库区及下游河道主槽淤积危害最大的是哪一级粒径泥沙。

专题二 黄河中游多沙粗沙区区域界定。进一步弄清黄河中游全沙和粗泥沙的主要产区范围和面积。

专题三 黄河中游多沙粗沙区产沙输沙规律研究。对不同地层的产沙量及产沙输沙规律,进行深入研究。

专题四 黄河中游多沙粗沙区亚区划分及治理开发方略。根据多沙粗沙区内部地面组成物质和侵蚀强度等差异,进行亚区划分,并提出治理开发方略。

四个研究专题的负责单位及参加人员如下:

第一专题,由黄委会水文局负责,主要参加人员为:吕光圻、徐建华、张培德、林银平、

杨汉颖、秦鸿儒、王宝华、牛海静、王建林、张永平、李世明、王玲、罗珺、闫智云。

第二专题,由黄委会水文局负责,主要参加人员为:徐建华、李雪梅、林银平、杨汉颖、吕光圻、张培德、秦鸿儒、田水利、张玮、庞慧、牛海静、罗珺、李世明、王玲。

第三专题,由黄河水利科学研究院负责,主要参加人员为:张胜利、景可、朱智宏、康玲玲、赵焕雄、陈发中、师长兴、李钜章、李凤新、许瑞平、王云璋、王文全。

第四专题,由陕西师范大学地理系负责,主要参加人员为:甘枝茂、吴成基、刘立斌、孙虎、惠振德、刘红梅、王石英、姚宏、刘洁、刘护军、徐建华、林银平、王晓、耿绥和、彭永祥、张俊香、张红贤。

由于本研究项目涉及内容广、难度大,因此,组织了有关的科研院所和高等院校进行协作攻关。参加单位有黄委会水文局、黄河水利科学研究院、陕西师范大学地理系、中国科学院地理研究所、内蒙古水利科学研究院、黄委会绥德水土保持科学试验站等,参加研究的科技人员 50 余人。

1996~1999 年,在黄委会水土保持科研基金领导小组及其办公室的领导下,在有关专家的指导下,经过全体科研人员的共同努力,充分发挥多学科、各部门的技术优势,协作攻关,取得了预期的研究成果,为黄河中游多沙粗沙区的治理开发提出了新的科学依据和系列基础资料。

本书是在该项研究成果的基础上提炼、编撰而成的。编撰人员及所编章节为:第一章,第一节由吕光圻、徐建华、秦鸿儒编写,第二节由徐建华、张胜利、吴成基、秦鸿儒编写;第二章,第一、三、四节由徐建华编写,第二节由张培德、林银平编写;第三章,第一节由徐建华编写,第二节由李雪梅、林银平、杨汉颖编写,第三节由徐建华、林银平编写,第四节由徐建华编写;第四章,由张胜利、景可、朱智宏编写;第五章,由吴成基、甘枝茂、刘立斌编写。全书由徐建华统稿,吕光圻审定。

感谢中国工程院院士徐乾清先生为本书作序。

由于我们的水平有限,书中难免有欠妥和错误之处,敬请读者批评指正。

作 者

2000 年 7 月

目 录

序	徐乾清
前言	(1)
第一章 绪 论	(1)
第二章 黄河粗泥沙定界论证	(14)
第一节 黄河粗泥沙概念	(14)
第二节 三门峡库区及下游河道淤积物粒径分析	(19)
第三节 黄河粗泥沙定界论证	(41)
第四节 结论与讨论	(44)
第三章 黄河中游多沙粗沙区区域界定	(46)
第一节 区域界定的原则、方法与指标	(46)
第二节 黄河中游泥沙分布规律及其变化研究	(53)
第三节 黄河中游多沙粗沙区区域界定研究	(70)
第四节 结论与讨论	(85)
第四章 黄河中游多沙粗沙区产沙输沙规律研究	(86)
第一节 多沙粗沙区侵蚀产沙环境	(86)
第二节 多沙粗沙区侵蚀产沙规律	(89)
第三节 泥沙输移规律	(113)
第四节 结论与讨论	(120)
第五章 黄河中游多沙粗沙区亚区划分及治理开发方略探讨	(122)
第一节 亚区划分的目的与基本原则	(122)
第二节 亚区划分指标体系的确定	(125)
第三节 亚区划分的方法	(128)
第四节 各亚区的特征	(140)
第五节 黄河中游多沙粗沙区治理开发方略探讨	(151)
第六节 结论与讨论	(156)
参考文献	(159)
附录	(161)
附录一 鉴定意见	(161)
附录二 《人民日报》报道:黄河淤沙何处来 专家研究有新说	(162)
附录三 《光明日报》报道:黄河泥沙主要来自中游粗沙区	(163)
附录四 《中国水利报》报道:黄河泥沙哪里来	(164)
附录五 《黄河报》报道:黄河多沙粗沙区区域界定有新说	(165)
后记	(166)

第一章 绪 论

目前,黄河治理开发的三大主要任务是:黄河防洪、黄河水资源利用、黄河流域生态环境建设。

黄河洪灾,一直是中华民族的心腹之患。自 1982 年以来,黄河下游虽然没有发生过大洪水,但洪水威胁依然存在。如:“96.8”洪水是 2~3 年一遇的中常洪水,却成了新中国成立以来洪水位最高、漫滩淹没范围最大、灾害损失最严重的一年。这主要是长期泥沙淤积、河道抬升和萎缩的结果。近年来,进入黄河下游的泥沙虽然减少了,但由于上中游来水大幅度削减,三门峡水库汛期集中排沙,再加上下游大量引水,使下游河道输沙能力大大降低,携带的泥沙绝大部分淤积在主槽内,造成河道萎缩,排洪能力降低。流域水沙条件的变化,引起河道边界条件的变化,进而给防洪及河道整治带来一系列的新问题。

随着沿黄两岸工农业生产和社会经济的发展,水资源供需矛盾日益突出,枯水年份表现得尤为明显。进入 20 世纪 90 年代以来,黄河下游断流事件连年发生,1997 年是断流最为严重的一年,全年有 226 天断流,断流河段从河口上延 700 多公里。黄河是我国华北、西北的重要水源地,黄河缺水,将严重制约沿黄地区经济的可持续发展。由于汛期洪水泥沙含量高,为减少泥沙淤积,中游众多水库不能蓄水;同时,为了减轻下游河道淤积,每年还需用 200 亿 m^3 左右水排沙。由此看出,由于泥沙问题,加重了黄河水资源的供需矛盾。

生态环境问题主要是上中游的水土流失和水污染。黄河中游的水土流失,不仅破坏了当地的生态环境,也加重了黄河浑水中重金属和有机物的污染,更为严重的是危害了黄河下游,使黄河下游成为有名的地上悬河。

黄河难治在于多沙。查明黄河泥沙的来源,特别是对黄河下游淤积起主要作用的粗泥沙的来源,是研究解决黄河泥沙问题的基本前提。本研究课题的核心内容和关键问题是:在前人研究的基础上,围绕黄河下游河道的淤积问题,进行中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究。

黄河产沙区主要集中在中游黄土高原,泥沙堆积区主要集中在下游。过去的一些研究成果表明,每年约有 16 亿 t 泥沙通过三门峡输入到下游,其中约有 1/4 淤积在河道里;淤积的泥沙中,粒径大于 0.05mm 的粗颗粒泥沙在下游河道淤积物中占多数^[1-6]。由此可见,粗泥沙的淤积对下游河道的变化起了主要作用。同时,这些泥沙的流失与淤积,也给当地农业生产、水利设施(水库)、交通运输等带来危害。因此,加强多沙粗沙区治理,减少入黄泥沙、特别是粗颗粒泥沙,具有重大的战略意义。探明黄河泥沙、特别是粗泥沙的主要来源地、产沙地层、区域分布特征和输移规律,进而划分具有不同治理特色的亚区,不仅可为集中治理、快速治理,实现黄土高原的“山川秀美”,以及为实施减少入黄泥沙的战略决策提供科学依据;同时,也有利于黄河水资源的开发利用。而且通过黄河这一特殊地区的河流泥沙研究,还可以丰富土壤侵蚀、水文泥沙、水土保持等学科内容,促进学科的发

展。因此,开展这一课题的研究,不仅具有重要的实践意义和应用前景,也具有重要的科学意义。

一、立题背景

黄河粗颗粒泥沙的来源、区域分布、产沙地层、产沙数量,已成为水土流失治理、黄河整治的重要研究课题之一。这些问题,钱宁教授等曾进行过深入的调查研究,认识到粗颗粒泥沙对下游的危害性。以后,国家“七五”科技攻关项目黄土高原地区综合治理开发考察系列研究《黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径》、1988~1992 国家自然科学基金重大项目《黄河流域环境演变与水沙运行规律研究》、国家“八五”重点科技攻关项目《黄河治理与水资源开发利用》等,均设专题对黄河粗泥沙等问题进行过研究,并取得了不少成果。

(一)关于粗泥沙问题

60 年代,黄河粗泥沙是以 0.025mm(或 0.03mm)为界限,这主要是受床沙质和冲泄质界限的影响而定的。

70 年代初,黄委会水利科学研究所、水电部十一局设计院和清华大学水利系等单位共同完成的《黄河流域不同地区来水来沙对黄河下游冲淤的影响》,以及钱宁教授等以后撰写的《黄河中游粗泥沙来源区对黄河下游冲淤的影响》^[6]中,是以 0.05mm 为黄河粗泥沙界限。从此以后,很多研究者比较一致地认为:黄河来沙量为 16 亿 t,约有 4 亿 t 泥沙淤积在下游河道里,其中 $d \geq 0.05\text{mm}$ 的粗泥沙约占 69%,即 2.8 亿 t。至此,黄河粗泥沙界限为 0.05 mm 已被广泛承认。

之后,又有一些文献(钱宁,1987^[7];阎文哲,1985^[8];綦连安,1994^[9])提出用 $d \geq 0.025\text{ mm}$ 为黄河粗颗粒泥沙的界限。

关于黄河“粗泥沙”的界限,70 年代以来虽然大多数人认为以 0.05mm 为界限,但长期以来还是存在一些争议。加上自然条件的变化,人类活动的影响,以及资料系列的延长,有必要对黄河粗泥沙界限进行进一步深入细致的定界论证。

(二)关于黄河中游多沙粗沙区的范围

经过多年的观测研究,黄河泥沙主要来源区的范围已基本明确,即主要来自晋陕峡谷两侧支流及泾洛渭中上游,该区年输沙量约 14.6 亿 t,占黄河年输沙量 16 亿 t 的 91%,可以说上述地区是多沙区的大致范围。然而,多沙区不一定全是粗泥沙集中区。

关于多沙区及粗沙区的范围,许多学者进行过研究^[1,4,10,11],但目前仍存在明显的分歧。多沙区的面积大到 21 万 km^2 ,小到 5.1 万 km^2 ;粗沙区的面积也在 3.8 万~21 万 km^2 之间。之所以这么大差别,主要是对多沙粗沙区的认识、研究资料的系列和精度以及具体的分析研究方法不同所致。

(三)关于粗泥沙产沙地层

关于粗泥沙产沙地层,中国科学院地理研究所、陕西师范大学和黄委会等也有过一些研究,但分歧很大。如文献[12]认为基岩产粗泥沙占黄河粗泥沙总量的 34%(1991 年);而文献[13]认为基岩产粗泥沙占 10%(1982 年);文献[14]认为(1989 年) 12%~27%的粗泥沙来自非黄土地区(其中风沙区不超过 3%);文献[10]的作者(1986 年)利用粒度分

析法测得黄甫川基岩产粗泥沙占黄甫川年平均粗泥沙总量的 69.51%、黄土占 30.37%、风成沙占 0.12%。之所以结论和认识不同,其原因是研究方法、范围、深入程度不同所致。

关于粗泥沙产沙方式,虽然前人做过一些工作,但仍需进行深入系统的研究。

多沙粗沙区研究中存在的上述问题,目前还难以统一。一是由于研究资料系列不一致,全沙模数和粗沙模数的计算资料系列不一致,如钱宁教授分析的资料系列是 1965 年以前的,龚时旻、熊贵枢等人用的是 1965~1974 年资料,支俊峰、李世明用的是 1983 年以前的资料系列^[15]。二是泥沙粒径分析起步较晚,使得全沙和粗泥沙分析系列不同步,缺乏对比基础,多沙粗沙就难以统一。三是泥沙粒径资料需要进行改正。黄委会水文局十几年来一直承担原水利部水文司的泥沙粒径改正与统一试验研究项目,该研究成果已经黄委会审查批准。近期水文局又开展了黄河历年资料审查和水沙还原计算,以及近十几年来各有关单位开展的黄河水沙变化研究成果,我们有条件也有必要将全沙资料系列插补延长一致。在泥沙粒径改正的基础上,根据 1966 年后泥沙粒径资料建立某一粒径级全沙与粗泥沙含量间的关系,将 1966 年以前的某粒径级的粗泥沙量求出,使全沙与粗泥沙系列完全一致起来,在全沙和粗泥沙系列一致的基础上确定的多沙粗沙区才有比较稳固的基础。同时,结合气候、植被、土壤、岩层、地貌形态、水文特征以及水土保持措施和农业生态的适应性等因素,利用卫星和遥感技术,并结合实地调查,进行多沙粗沙区区域界定。

另外,多数人都赞成对多沙粗沙来源区集中治理,以减少黄河下游的严重淤积,这对争取治黄事业早见成效有重要意义。然而,要把这一指导思想在粗泥沙来源区的广阔范围内同时付诸实施并不容易,同时,在多沙粗沙区中,由于地质地貌等因素的差异,其产沙、输沙特点和规律也不一样。因此,在多沙粗沙区区域界定的基础上,研究其内部差异,提出进一步细化的原则和依据,划分出不同的亚区,并根据各亚区不同的产沙特点采取不同的治理措施,可起到事半功倍的效果,是十分必要的。

对多沙粗沙区的产沙机理、输沙规律进行研究,弄清粗泥沙的主要产沙地层,为多沙粗沙区区域的界定及治理措施的筛选和布置,可以提供更充分更科学的依据。

基于目前对黄河粗泥沙的研究现状,其多沙粗沙区的范围、面积及黄土、基岩、风沙各自产粗泥沙量未能很好解决,同时也给正确认识、分析多沙粗沙区区域特征带来一定困难。因此,继续开展对黄河中游多沙粗沙区的研究,是探索加速治理多沙粗沙区的有效途径,通过对多沙粗沙区产沙、输沙规律和亚区划分的研究,进一步明确“集中治理”的范围,为多沙粗沙区水土保持治理宏观决策提供科学依据,以便加大投入,加速治理。因此,设立该课题是非常必要的。

二、本项目研究的专题设置及研究内容

(一)专题设置

根据研究项目的内容和要求,共设置 4 个专题进行研究(见图 1-1):

- (1)黄河粗泥沙定界论证。
- (2)黄河中游多沙粗沙区区域界定。
- (3)黄河中游多沙粗沙区产沙输沙规律研究。

(4)多沙粗沙区亚区划分及治理开发方略研究。

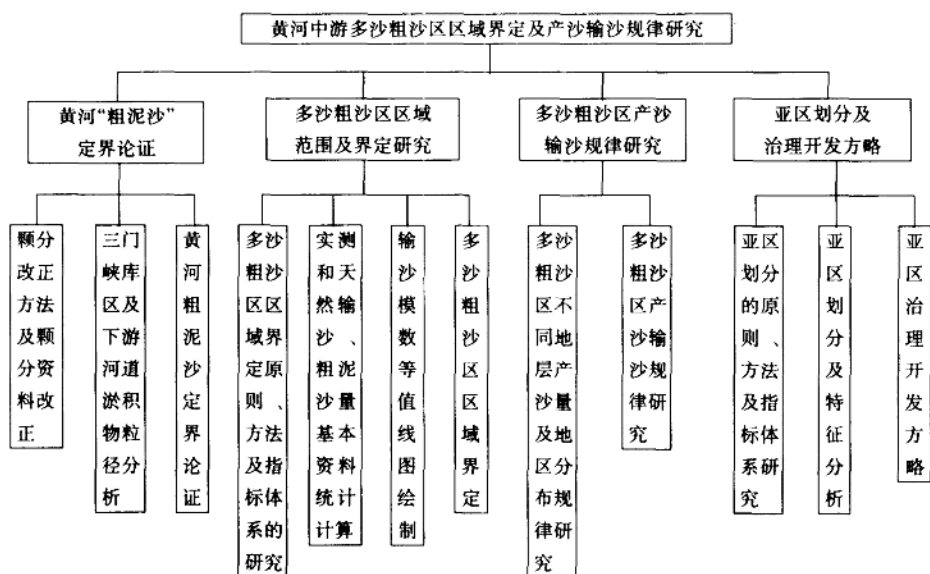


图 1-1 “黄河中游多沙粗沙区区域界定及产沙输沙规律研究”课题分解情况

(二)研究内容

1. 黄河“粗泥沙”定界论证

从三门峡水库及下游河道淤积危害角度出发,确定黄河“粗泥沙”概念。用水文站悬移质泥沙级配平衡计算(以下简称平衡法)和淤积物取样分析(以下简称取样法)相结合,研究黄河“粗泥沙”的定义及界限,其目的是为黄河中游多沙粗沙区区域界定提供粗泥沙指标依据。本专题的重点内容如下:

(1)颗粒分析(以下简称颗粒)资料改正。黄河“粗泥沙”定界论证和多沙粗沙区区域界定的基础资料是全沙和粗泥沙资料。因此,泥沙颗粒资料的统一改正是整个研究项目的基础工作之一。

(2)三门峡库区淤积物粒径分析。三门峡水库运用初期,泥沙淤积严重,随后被迫改变运用方式,多年来库区冲淤变化频繁。因此,黄河“粗泥沙”界限的定界论证,要考虑粗泥沙对三门峡水库淤积的影响。

(3)下游河道淤积物粒径分析。黄河下游是有名的地上悬河,其形成原因是由于泥沙淤积,但并非所有的泥沙都淤积在河道。因此,黄河下游河道淤积物粒径分析,是黄河“粗泥沙”定界论证的基础研究之一。

(4)黄河“粗泥沙”定界论证。该内容研究能为黄河中游多沙粗沙区区域界定提供依据。通过以上的综合研究,确定黄河“粗泥沙”界限。

2. 黄河中游多沙粗沙区区域范围及其界定研究

研究界定多沙区、粗沙区和多沙粗沙区的原则、方法和指标;在颗粒改正基础上,进行

资料插补延长和泥沙变化分析;结合地貌类型分区,绘制输沙模数图,初步界定多沙区、粗沙区和多沙粗沙区,经过征询专家意见,野外勘察和遥感影像等综合修正,最后确定多沙粗沙区界线。本专题的重点内容如下:

(1)多沙粗沙区区域界定原则、方法、指标研究。要界定出符合实际的黄河中游多沙粗沙区区域范围,首先要研究确定一套正确的区域界定原则和方法,以及符合实际的界定指标,使研究的成果具有一定的科学性和实用性。

(2)黄河中游 1954~1995 年全沙资料分析计算(包括缺测资料的插补延长和泥沙变化分析)。

(3)黄河中游 1954~1995 年粗泥沙资料分析计算(包括粗泥沙缺测资料的插补延长和变化分析)。

(4)各年代全沙模数、粗沙模数等值线图的绘制。它是多沙粗沙区区域界定和输沙量时空变化分析的基础工作。

(5)多沙粗沙区区域界定。根据上述分析,对黄河中游产沙区进行多沙粗沙区的区域界定是本专题的核心,也是亚区划分的基础。

3. 黄河中游多沙粗沙区产沙输沙规律研究

该专题研究目标:一是弄清多沙粗沙区不同产沙地层的范围、面积、产沙量;二是研究典型区不同地貌部位的产沙输沙机理,为亚区划分和治理开发方略研究服务。本专题的重点研究内容如下:

(1)多沙粗沙区不同地层产沙量的确定及地区分布规律。

(2)多沙粗沙区产沙输沙规律。

该专题研究,既有自身的独立性,又要为多沙粗沙区区域界定、亚区划分和治理开发方略服务。

4. 多沙粗沙区亚区划分及治理开发方略研究

该专题是在前 3 个专题基础上进行的研究,其目的是提出多沙粗沙区的不同亚区及其治理的指导性意见。重点内容有:

(1)多沙粗沙区亚区划分原则、方法及指标体系的研究。通过研究,确定划分的原则、方法及指标体系,这是正确划分亚区的工作基础。

(2)亚区划分及特征分析。根据所确定的亚区划分原则、方法及指标体系,进行亚区划分,并分析其特征。

(3)亚区治理开发方略。根据各亚区的特点,提出治理开发方略。

三、本项研究的技术路线、研究方法与关键技术

(一)技术路线

该研究课题采取的技术路线是:首先对水文资料进行统计分析,在收集总结前人研究成果的基础上,提出本课题界定粗泥沙、多沙区、粗沙区和多沙粗沙区的指标,进行黄河中游多沙粗沙区区域界定;同时,广泛征询意见,确定亚区划分原则和指标体系,然后广泛收集研究区有关自然、社会经济、土壤侵蚀与水土保持、径流泥沙等资料,并进行实地考察、观测、采样;在此基础上进行分析研究,确定多沙粗沙区的具体界线;研究黄土、基岩、风沙

各自产粗泥沙数量及产沙输沙规律,具体划分出亚区,并提出治理方略。该项研究的技术路线流程,见图 1-2。

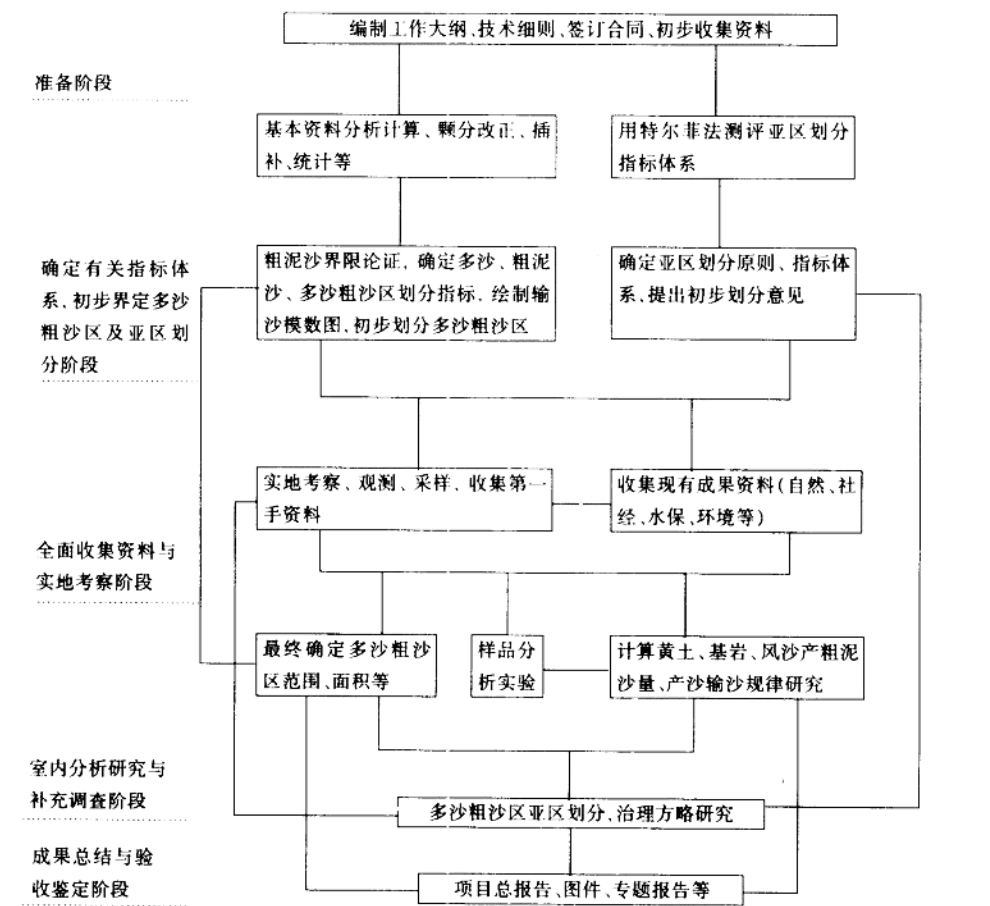


图 1-2 技术路线流程

(二)研究方法

该项目在研究方法上采取“三结合”,即利用现有资料、实地考察、综合分析、实验分析、地理制图等多种方法相结合;定性分析与定量分析相结合;常规方法与计算机处理、遥感图像分析、¹³⁷Cs 分析等先进技术手段的应用相结合。其具体方法如下:

(1)资料统计分析。主要对泥沙观测资料进行同步化插补延长、颗分资料的统一改正、粗泥沙全沙数量分析、应用聚类分析划分亚区中的指标赋值等。

(2)实地考察与收集分析现有资料。主要用于多沙粗沙区范围界定、产沙输沙规律研究、亚区划分与特征分析、治理方略研究等。

(3)采样分析、实验分析。主要用于泥沙粒径分析,粗泥沙定界,黄土、基岩、风沙产粗

泥沙研究等。

(4)采用特尔菲法(Delphi)。广泛征询专家意见,科学地确定多沙粗沙区亚区划分原则与指标体系。

(5)采用主导因素法、多因素综合分析法、模糊聚类分析法,确定多沙粗沙区具体界限并进行亚区划分。

(6)利用计算机、 ^{137}Cs 分析、遥感图像分析等新方法、新手段分析粗泥沙来源,确定有关界限,进行有关计算分析。

(三)关键技术

1. 黄河粗泥沙定界论证

粗泥沙的涵义,在各个领域有很大的差异,地质上将颗粒 $d = 0.5 \sim 2\text{mm}$ 定义为粗沙,结合黄河泥沙特点及其在水库和下游河道淤积的情况,曾将粗泥沙粒径界限定为 $d > 0.025\text{mm}$ 或 $d > 0.03\text{mm}$ 或 $d > 0.05\text{mm}$,等等。而对三门峡水库及其下游河道造成严重危害的粗颗粒泥沙的粒径是多少,是本课题要明确回答的问题之一。

2. 黄河中游多沙粗沙区区域界定

淤积在下游河道的粗泥沙主要来自中游多沙粗沙区,但多沙粗沙区的范围在哪里,面积是多少,是本课题要回答的问题之二。其中,最核心的问题是要正确确定多沙粗沙区区域界定的原则、方法和指标,才能科学地界定多沙粗沙区的范围。

3. 多沙粗沙区产沙输沙规律研究

多沙粗沙区地质地貌条件复杂,产沙输沙有其特殊的规律和分异性,通过该专题研究为亚区划分和治理开发方略研究服务。

4. 多沙粗沙区亚区划分及治理开发方略研究

为减轻黄河下游淤积而探寻多沙粗沙区范围内产沙输沙规律的差异,进行亚区划分和治理开发方略研究,是本课题的落脚点。其中最重要的问题是根据亚区划分的原则、方法和指标体系,科学地划分出各具特色的多沙粗沙区亚区。

四、本项研究取得的主要成果

(一)黄河粗泥沙定界论证

(1)研究考证了黄河粗泥沙界限的形成及演变过程,查清了一些事实,确定了黄河粗泥沙的含义及界限。

黄河粗泥沙的含义是:黄河上中游水土流失的泥沙,经过河道输移到下游,其中一部分淤积在河道(含三门峡水库)里,在淤积物中(主要指主槽中)大于某粒径的泥沙占多数,我们称这部分泥沙为黄河“粗泥沙”。经分析论证,本报告推荐 $d \geq 0.05\text{mm}$ 为黄河粗泥沙界限。

(2)1950年以来,各年代进入三门峡库区及其下游河道总沙量减少很多,50年代为18.3亿t,到80年代只有8.06亿t,各级粗泥沙量也同步减少,但各级粗泥沙比例减少不多。

根据1950~1995年资料统计,黄河每年约有13.7亿t(龙门、华县、河津、淤头、黑石关、武陟六站实测之和)泥沙进入三门峡库区和下游河道,其中粒径 $d \geq 0.025\text{mm}$ 的泥沙

有 6.77 亿 t, 占总输沙量的 49.4%; $d \geq 0.05\text{mm}$ 泥沙有 3.08 亿 t, 占总沙量的 22.5%。其中 $d \geq 0.05\text{mm}$ 的泥沙 50 年代占 24.3%, 到 90 年代(统计到 1995 年, 下同)占 20.3%; $d \geq 0.025\text{mm}$ 的泥沙 50 年代占 51.2%, 到 90 年代占 48.5%, 变化不大(见表 1-1)。

表 1-1 黄河输沙量及各粒级沙量占总沙量百分比统计

分 类	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	1950~1995 年
$d \geq 0.025\text{mm}(\%)$	51.2	49.7	48.8	46.5	48.5	49.5
$d \geq 0.05\text{mm}(\%)$	24.3	22.5	22.4	20.2	20.3	22.5
六站输沙量(亿 t)	18.30	17.30	13.70	8.06	9.45	13.70

从表中可看出:①悬移质输沙的粒径随着年代的变化稍有逐渐变细的趋势;②全河输沙量随年代逐渐减少明显,某粒径沙量占总沙量的百分比稍有变小趋势,但变化率不大。也就是说,年输沙量不管来多来少,其某粒径输沙量占总输沙量的比例变化不大,如 $d \geq 0.025\text{mm}$ 的泥沙占总沙量的比例保持在 50% 左右, $d \geq 0.05\text{mm}$ 的泥沙量占总沙量的比例保持在 22% 左右。又如 1967 年输沙量为 29.98 亿 t, $d \geq 0.025\text{mm}$ 输沙量占总输沙量的 52.2%, $d \geq 0.05\text{mm}$ 的占 24.7%; 1986 年输沙量为 4.21 亿 t, $d \geq 0.025\text{mm}$ 输沙量占总输沙量的 45.4%, $d \geq 0.05\text{mm}$ 的占 20%。

(3)库区及下游淤积物中,粗泥沙含量减少趋势明显。

每年淤积在三门峡库区和下游河道的泥沙约有 3.72 亿 t, 占全部输沙量的 1/4 左右, 3/4 的泥沙进入渠道或通过利津进入河口和滨海。在淤积物中, $d \geq 0.025\text{mm}$ 的泥沙有 2.70 亿 t, 占总淤积量的 72.8%, $d \geq 0.05\text{mm}$ 的泥沙有 1.57 亿 t, 占总量的 42.3% (平衡法, 参见表 2-12)。淤积物取样分析结果是: $d \geq 0.025\text{mm}$ 占 71.7%, $d \geq 0.05\text{mm}$ 占 42.3% (参见表 2-23)。

由此看出:平衡法和取样法分析结果基本一致;不管是三门峡库区或下游河道的淤积物中, $d \geq 0.05\text{mm}$ 的泥沙含量接近半数, $d \geq 0.025\text{mm}$ 的泥沙占多数。

近二三十年来,由于受水利水保工程和沿途灌溉引水等人类活动以及气候因素的共同影响,水流挟带泥沙的动力条件大大减弱,淤积泥沙的粒径随年代有逐渐细化的趋势,如 $d \geq 0.05\text{mm}$ 粒径的泥沙,50 年代占总淤积量的 51%, 60 年代占 39%, 70 年代占 47%, 80、90 年代占 30% (见表 1-2)。

表 1-2 三门峡库区及下游河道淤积物组成年代变化统计(平衡法)

分 类	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	1950~1995 年
$d \geq 0.05\text{mm}$ 百分比(%)	50.9	38.6	47.0	29.6	30.3	42.3
$d \geq 0.025\text{mm}$ 百分比(%)	81.8	73.8	71.0	46.8	62.0	72.8
淤积量(亿 t)	4.61	6.01	3.68	0.70	3.50	3.72

(二)黄河中游多沙粗沙区区域界定

(1)在收集分析各家研究成果的基础上,确定了本次界定黄河中游多沙粗沙区区域界定的原则、方法及指标。

区域界定采用二重性原则,既是多沙区又是粗沙区的地区,即为多沙粗沙区。

区域界定的方法是输沙模数(M_s)指标法。

多沙区指全沙模数 $M_{\Phi} \geq 5\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的地区;粗沙区指粗泥沙($d \geq 0.05 \text{ mm}$)模数 $M_{\Phi} \geq 1\,300 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的地区;多沙粗沙区为 $M_{\Phi} \geq 5\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 并且 $M_{\Phi} \geq 1\,300 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的地区。

(2)经过内业分析,外业查勘和卫星地貌影像修正,确定了黄河中游的多沙区、粗沙区和多沙粗沙区面积和分布位置(见表 1-3,参见图 3-12)。

表 1-3 黄河中游多沙粗沙区面积成果 (单位:万 km^2)

方 法	多 沙 区	粗 沙 区	多沙粗沙区
内业分析	11.05	6.80	6.80
查勘后修正	11.19	6.99	6.99
根据卫片地貌影像综合确定	11.92	7.86	7.86

最后根据卫片地貌影像对内外业分析综合确定:黄河中游多沙区面积为 11.92 万 km^2 ,粗沙区面积为 7.86 万 km^2 ($d \geq 0.05 \text{ mm}$),多沙粗沙区面积为 7.86 万 km^2 。各省(区)分布情况,见表 1-4。

表 1-4 黄河中游多沙粗沙区各省(区)面积统计

省(区)名	多沙粗沙区面积 (km^2)	占多沙粗沙区面积比例 (%)	涉及县(市、旗) (个)
甘 肃	10 454	13.3	4
宁 夏	415	0.5	1
内 蒙 古	9 176	11.7	6
山 西	15 007	19.1	14
陕 西	43 548	55.4	19
合 计	78 600	100	44

(3)本次界定黄河中游多沙粗沙区所用的输沙模数等值线图的绘制,采用以地貌单元为基本图斑,较过去的水文站区间大平均模数方法的精度有很大提高。

(4)和前人成果比较,无论是多沙区,还是粗沙区,其面积都偏小。偏小的主要原因:一是本次用的颗分资料是经过系统改正后的粒径;二是用地貌类型分区进行输沙模数计算,精度有所提高。

(5)黄河中游多沙粗沙区面积为 7.86 万 km^2 ,占河口镇至桃花峪区间总面积的 22.8%,可产生的泥沙达 11.82 亿 t,占中游输沙量的 69.2%,产生的粗泥沙量达 3.19 亿 t,占中游总粗泥沙量的 77.2%。因此,加强该区的水土流失治理,是减少黄河下游河道泥沙淤积的关键所在。

(三)黄河中游多沙粗沙区产沙输沙规律研究

(1)在分析多沙粗沙区侵蚀产沙环境系统和形成背景的基础上,对多沙粗沙区侵蚀产沙环境的过渡性特征、时空分异性特征、人类活动侵蚀环境特征进行了重点分析,指出了