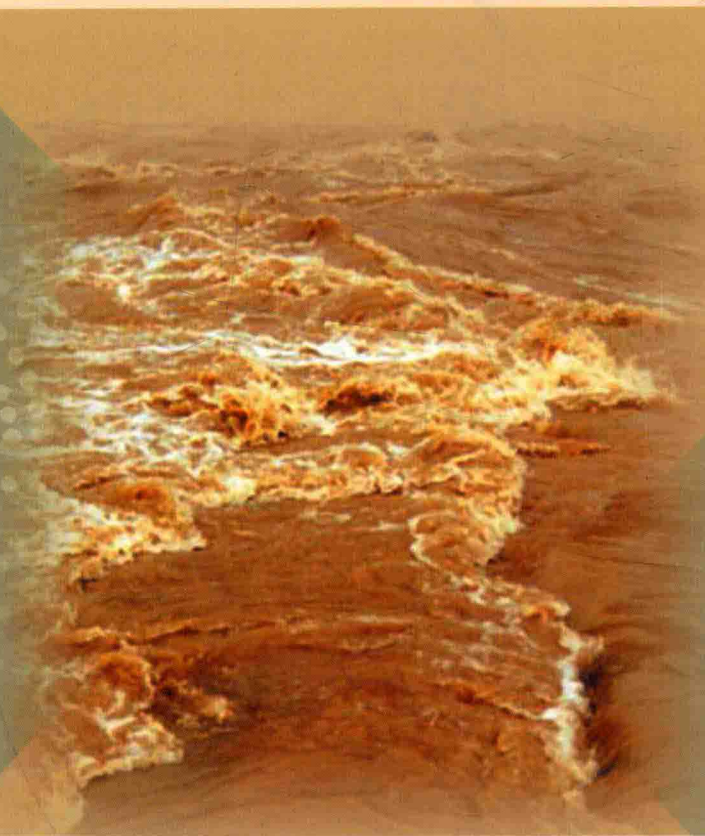




黄河中游暴雨产流产沙及 水土保持减水减沙回顾评价

张胜利 康玲玲 董飞飞 孙娟 编著



黄河水利出版社

黄河水利委员会治黄著作出版资金资助出版图书

黄河中游暴雨产流产沙及水土 保持减水减沙回顾评价

张胜利 康玲玲 董飞飞 孙娟 编著



黄河水利出版社
· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书为黄河中游暴雨产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价专著。全书共分5章,第1章为黄河流域侵蚀产沙三论;第2章为黄河中游暴雨洪水产流产沙回顾评价;第3章为黄河中游水土保持减水减沙回顾评价;第4章为黄河中游重点支流暴雨产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价;第5章为对黄河中游暴雨产流产沙及水土保持减水减沙几个问题的认识。

本书可供水土保持、泥沙研究、生态环境、水利建设以及水沙变化研究等方面的专业技术人员和有关大专院校师生以及流域开发治理、工程规划设计、水资源合理利用等有关部门阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄河中游暴雨产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价/张胜利等编著. —郑州:黄河水利出版社,2015.9

ISBN 978 - 7 - 5509 - 1227 - 4

I. ①黄… II. ①张… III. ①黄河流域 - 中游 - 水土保持 - 研究 IV. ①TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 215940 号

组稿编辑:李洪良 电话:0371 - 66026352 E-mail:hongliang0013@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hslcbs@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:11.50

字数:266千字

印数:1—1 000

版次:2015年9月第1版

印次:2015年9月第1次印刷

定价:48.00元

序

时逢我院张胜利教授级高级工程师参加黄河治理工作 50 周年之际,他集多年科研成果编著了《黄河中游暴雨产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价》一书,可喜可贺。

张胜利同志自 1963 年于武汉水利电力大学毕业参加治黄工作以来,主要从事水土保持及支流治理规划、水土保持和泥沙研究工作。在 20 世纪 60~80 年代曾三次参加黄河水利委员会组织的治黄规划,参加编制了皇甫川、三川河、大理河、窟野河等支流综合治理规划,90 年代参加编制了窟野河、孤山川、秃尾河等三条支流综合治理规划,他与有关单位同志一起长期深入现场,对该地区治理方向和治理措施进行了深入调查研究与探索;在水土保持和泥沙研究中,主持或承担多项国家重点科技攻关、国家自然科学基金、水利部、黄河水利委员会等多项重点研究课题,取得多项重要研究成果,并多次受到各级奖励,其成果对黄河治理和水土保持有一定的理论价值和实用价值。我和张工曾进行过多次合作研究,一起参加过“内蒙古准格尔煤田第一期工程地表形态破坏环境影响评价”、国家自然科学基金“黄河中游大型煤田开发对水土流失和泥沙影响研究”,进行过“窟野河、孤山川、秃尾河等三条支流综合治理规划”和“黄河中游多沙粗沙区 1994 年暴雨后水利水保工程作用和问题的调查”,参加过“八五”攻关课题“黄河中游多沙粗沙区水沙变化原因及发展趋势研究”等。

张工善于学习。一是在实践中学习,他通过参加支流规划和调查研究,在干中学,在学中干,通过长时间在现场工作,对流域水土流失规律和治理措施进行了比较深入的探索,积累了比较丰富的实践经验;二是向同行学习,通过参加国家科技攻关项目、国家自然科学基金重大项目、水利部黄河水沙变化研究基金、黄河水利委员会水土保持科研基金等研究,在多学科、多部门联合攻关中,通过学科交叉和相互渗透,向同行学习,吸收了许多新知识,不断提高自己的理论水平。张工善于将生产问题与科研问题结合起来,将科研问题与战略问题联系起来,不断升华对黄河治理和水土保持的认识,50 年来在黄河科研中,张工做了许多实际工作,提出了许多真知灼见。

张工是一个勤奋的人,在 50 年治黄生涯中,无论在职还是退休,数十年如一日,兢兢业业,勤勤恳恳,求真务实,勤奋努力,为黄河治理和水土保持事业做出了一定成绩。在张工从事黄河治理工作 50 周年之际,他编著的《黄河中

游暴雨产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价》一书,是一部融学术性、资料性为一体,集对水沙变化研究之精华的好书。我相信,该书一定会对黄河治理和水土保持有一定的启示和参鉴作用。

黄河水利科学研究院院长、教授级高级工程师

时以文

2013 年 1 月

前言

黄河是一条径流量较少而输沙量较多的河流,水量主要来自上游,泥沙主要来自中游,不相匹配的来水来沙条件,形成黄河下游河道善徙善淤的冲淤演变特性,使黄河下游成为一条横亘于华北平原的“地上悬河”,黄河洪水泥沙直接威胁着黄河的安澜,尤其是黄河中游一些中小河流,由于水土流失严重,河道淤积、萎缩,甚至人为侵占、缩窄行洪断面等,小水大灾现象时有发生,而且呈日益加剧之势。

黄河是在非常复杂的环境中发育和演变的河流,水沙复杂多变。研究表明,黄河水沙变化有丰枯波动的特点,在枯水期,径流、洪水和泥沙持续偏少,特别是近十几年来,黄河水沙锐减,出现了前所未有的安定局面,在这种情况下,往往出现忽视防洪和轻视泥沙灾害的倾向,而在遭遇较大暴雨时,又往往会出现较大的洪水泥沙,从而造成不应有的损失。多年来黄河水沙变化研究使我们认识到,暴雨产流产沙及水土保持减水减沙是水沙变化研究的中心内容,暴雨(特别是极端暴雨)的产流产沙,往往主宰着黄河水沙的巨变,在以往的研究中,较多地注意了对“平均情况”的研究,对极端暴雨产流产沙研究不够,总结以往黄河水沙变化研究的经验教训,作者认为,在目前黄河水沙变化研究中应把暴雨产流产沙及在暴雨洪水作用下水土保持等人类活动减水减沙作为水沙变化研究的重要内容;另外,黄河流域水利水土保持措施等人类活动减水减沙作用仍存在较大争论,正确评估水土保持减水减沙作用也是当前值得研究的重要命题。基于以上认识,作者根据自己和前人的研究成果,对暴雨洪水产流产沙以及在暴雨作用下水土保持减水减沙进行了一些总结与评价,重新认识黄河中游治理中的成败得失与经验教训,以史为鉴,为合理利用水资源、减少或避免洪水泥沙可能带来的灾害提供参考。

本书是作者出版《黄河中游人类活动对径流泥沙影响研究》后的续篇,侧重回顾评价了暴雨产流产沙和在暴雨作用下水土保持减水减沙。全书共分5章,第1章为黄河侵蚀产沙三论,论述了黄河输沙量变化问题、侵蚀产沙特征和侵蚀产沙与洪水泥沙灾害的相关性;第2章为黄河中游暴雨洪水产流产沙回顾评价,分析了黄河中游暴雨洪水发生发展规律,介绍了黄河中游主要支流历史调查洪水和实测洪水,对黄河中游流域性特大暴雨洪水产流产沙进行了总结评价,包括历史上1843年、1933年两次特大暴雨产流产沙和新中国成立后黄河中游1977年、1994年两次特大暴雨产流产沙,评价了在暴雨作用下水土保持作用和水毁原因;第3章为黄河中游水土保持减水减沙回顾评价,对黄河中游水土保持减水减沙效益研究进行了综述,介绍了水土保持减水减沙研究概况,评述了水土保持减水减沙研究成果;对水土保持单项措施的减水减沙作用进行了评价,归纳了黄河中游水土保持科研站所、科研单位等小区观测资料和有关科研成果,分析了造林、种草、水平梯田、淤地坝、治沟骨干工程、生态修复等植被建设对水土保持单项措施的减水减沙作用,探讨了不同条件下水土保持单项措施蓄水拦沙作用;对黄河中游水土保持减沙效益现行计算方法进行了述评,分析了存在的问题,提出了“改进的水保法”,根据最新调查核实的水土保持

措施数量,利用考虑措施数量、质量、分布等对水土保持减沙影响的改进的水土保持减沙效益计算方法,定量分析计算了评价期黄河上中游水土保持措施效益以及各项水土保持措施的减沙贡献率;第4章为黄河中游重点支流暴雨产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价,将黄河中游支流作为一个系统,根据自然地理差异,选取皇甫川、窟野河、三川河、无定河、清涧河等主要支流,在辨识流域自然环境特征和水土保持治理特点的基础上,对黄河中游各支流水沙变化特性进行了分析,特别是对极端暴雨(1977年、1988年、1994年、2002年)产流产沙及对水土保持减沙效益影响进行了典型分析;第5章为对黄河中游暴雨产流产沙及水土保持减水减沙的几点综合性认识,对坝库建设的减水减沙作用和问题、暴雨作用下典型沟道小流域治理减水减沙效益问题、生态修复等植被建设问题、河道冲刷恢复泥沙问题、人为水土流失问题、暴雨强度与水土保持措施减水减沙作用等问题提出了一些综合性认识。

本书在编写过程中得到了黄河水利科学研究院和黄河水土保持生态环境监测中心的大力支持,在此表示衷心感谢。

本书承黄河水利科学研究院院长时明立审阅,并为本书作序,谨致衷心感谢。

由于暴雨产流产沙及水土保持减水减沙影响因素极为复杂,加之作者水平所限,不足之处在所难免,竭诚欢迎指正。

作 者

2013年10月

目 录

第 1 章 黄河侵蚀产沙三论	(1)
1.1 一论黄河输沙量变化问题	(1)
1.2 二论黄河流域侵蚀产沙特征	(12)
1.3 三论侵蚀产沙与洪水泥沙灾害的相关性	(20)
参考文献	(22)
第 2 章 黄河中游暴雨洪水产流产沙回顾评价	(23)
2.1 黄河中游暴雨	(23)
2.2 黄河中游洪水	(25)
2.3 黄河中游流域性特大暴雨产流产沙	(33)
2.4 对黄河中游暴雨产流产沙波动规律的认识	(53)
参考文献	(54)
第 3 章 黄河中游水土保持减水减沙回顾评价	(55)
3.1 黄河中游水土保持减水减沙效益研究综述	(55)
3.2 水土保持单项措施减水减沙作用分析评价	(67)
3.3 黄河中游现行水土保持减沙效益计算方法存在问题及改进研究	(89)
参考文献	(108)
第 4 章 黄河中游重点支流暴雨产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价	(110)
4.1 皇甫川流域暴雨洪水产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价	(110)
4.2 窟野河暴雨产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价	(123)
4.3 三川河暴雨产流产沙及水土保持减水减沙回顾评价	(132)
4.4 无定河流域暴雨产流产沙及水土保持减水减沙分析评价	(136)
4.5 清涧河流域暴雨产流产沙及水土保持减水减沙分析评价	(144)
4.6 结论与讨论	(155)
参考文献	(156)
第 5 章 对黄河中游暴雨产流产沙及水土保持减水减沙几个问题的认识	(157)
5.1 红柳河、芦河坝库群的作用和问题	(157)
5.2 对黄河中游淤地坝建设减水减沙的认识	(161)
5.3 暴雨作用下典型沟道小流域综合治理减水减沙效益问题	(165)
5.4 关于生态修复等植被建设问题	(169)
5.5 关于人为水土流失问题	(171)
5.6 关于暴雨洪水作用下河道冲刷恢复泥沙问题	(172)

5.7 关于暴雨强度与水土保持措施减沙关系问题	(173)
5.8 结论与讨论	(173)
参考文献	(175)

第1章 黄河侵蚀产沙三论

黄河中游暴雨产流产沙及水土保持减水减沙与流域侵蚀产沙密切相关,因此首先略论黄河流域侵蚀产沙。

1.1 一论黄河输沙量变化问题

1.1.1 黄河多年平均输沙量变化问题

黄河输沙量是黄河泥沙最主要的特征,关系到治黄规划的指导思想和战略部署,也涉及黄河下游的治理方略。长期以来黄河输沙量采用16亿t,这一数量会不会发生变化?今后是否仍采用16亿t是需要认真思考的问题,而这种变化又主要取决于暴雨产流产沙和水土保持减水减沙,因此首先对黄河输沙量这一宏观决策问题进行分析。

1.1.1.1 1919~1969年黄河输沙量变化情况

黄河流域地理条件复杂,各地来沙量存在极大的不均衡性。据人类活动影响较小的1919~1969年资料统计,黄河龙门、华县、河津、湫头四站输沙量为16.4亿t,其中黄河下游三门峡以下来沙很少,年均近0.3亿t,河口镇以上上游地区流域面积占流域总面积的51%,来沙也较少,只占龙门、华县、河津、湫头四站沙量的9.0%。因此,沙量主要来自河口镇—三门峡的中游地区,中游地区可分为龙门上下游两部分,河口镇—龙门区间(简称河龙区间)支流众多,土壤侵蚀强烈,产沙量大,其沙量占到全河沙量的57.0%;龙门以下主要是龙门—潼关区间(简称龙潼区间)泾、洛、渭、汾等较大支流来沙,四条河输沙量占全河沙量的34.0%(见表1-1)。

表1-1 黄河泥沙来源地区分布(1919~1969年)

项目	河口镇以上	河龙区间	泾、洛、渭、汾	龙门、华县、 河津、湫头四站	黑石关、小董
输沙量(亿t)	1.5	9.3	5.6	16.4	0.3
占四站比例(%)	9.0	57.0	34.0	100	

1.1.1.2 1950~2010年黄河输沙量变化情况

表1-2为1950~2010年不同年代输沙量统计,20世纪五六十年代输沙量为17亿t以上,70年代开始减少,到八九十年代减少为8亿t左右,减少了一半,到2000~2010年锐减为3亿t左右,减少了80%以上。

表 1-2 黄河龙门、华县、湫头、河津实测输沙量统计(1950~2010 年) (单位:亿 t)

统计系列	龙门	华县	湫头	河津	合计
1950~1959 年	11.89	4.292 2	0.923 3	0.699 4	17.804 9
1960~1969 年	11.32	4.362 2	0.997 2	0.349 7	17.029 1
1970~1979 年	8.68	3.839 9	0.747 1	0.191 1	13.458 1
1980~1989 年	4.70	2.757 4	0.528 7	0.043 4	8.029 5
1990~1999 年	5.062	2.762 8	0.838 0	0.026 9	8.689 7
2000~2010 年	1.679	1.386 8	0.184 9	0.002 6	3.253 3
1950~2010 年	7.131	3.203 3	0.706 5	0.214 6	11.255 4

表 1-3 为黄河中游河龙区间及泾、洛、渭、汾降雨、径流、泥沙变化情况,可以看出,若以 1950~1969 年为基准期,年输沙量为 16.136 亿 t,近期(1997~2006 年)在降雨量变化不大的情况下,年输沙量减少为 4.334 亿 t,说明黄河中游近期水沙发生了重大变化。

表 1-3 黄河中游河龙区间及泾、洛、渭、汾降雨、径流、泥沙变化情况

河流(区间)	统计年份	多年平均降雨量 (mm)	多年平均径流量 (亿 m ³)	多年平均输沙量 (亿 t)
河龙区间	1950~1969	473.6	73.3	9.941
	1997~2006	404.1	29.7	2.172
泾河	1950~1969	555.8	19.139	2.731
	1997~2006	496.2	10.714	1.375
北洛河	1950~1969	559.5	7.736	0.960
	1997~2006	473.4	4.666	0.401
渭河	1950~1969	594.5	71.76	1.596
	1997~2006	531.8	32.225	0.383
汾河	1950~1969	553.4	20.55	0.908
	1997~2006	454.2	3.02	0.003
合计	1950~1969	547.4	192.441	16.136
	1997~2006	471.9	80.325	4.334

统计黄河河龙区间各时段降雨、径流、泥沙资料(见表 1-4),可以看出近期输沙量变化更大,2000~2010 年在年降雨量减少不到 10% 的情况下,径流量减少近 70%,输沙量减少近 88%。

表 1-4 河龙区间各时段降雨、径流、泥沙变化情况

时段	年降雨量 (mm)	年径流量 (亿 m ³)	年输沙量 (亿 t)	各年代减少(%)		
				降雨	径流	泥沙
1956 ~ 1969 年	476.7	72.90	10.28			
1970 ~ 1979 年	429.4	54.08	7.55	9.9	25.8	26.6
1980 ~ 1989 年	414.8	37.16	3.73	13.0	49.0	63.7
1990 ~ 1999 年	405.1	41.55	4.68	15.0	43.0	54.5
2000 ~ 2010 年	434.2	23.00	1.27	8.8	68.4	87.6

注:以 1956 ~ 1969 年为基准期;2000 ~ 2010 年年降雨量为近似值。

为了与表 1-1 比较,表 1-5 统计了 1950 ~ 2010 年黄河泥沙来源地区分布,可以看出,龙门、华县、河津、湫头四站较 1919 ~ 1969 年减沙 5.144 3 亿 t,其中,河口镇来沙减少了 0.458 8 亿 t,占四站比例却增加了 0.3%;河龙区间来沙减少了 3.21 亿 t,占四站比例减少了近 3%;泾、洛、渭、汾来沙减少了近 1.48 亿 t,占四站比例却增加了 2.6%。

表 1-5 黄河泥沙来源地区分布(1950 ~ 2010 年)

项目	河口镇以上	河龙区间	泾、洛、渭、汾	龙门、华县、河津、 湫头四站
输沙量(亿 t)	1.041 2	6.090	4.124 5	11.255 7
占四站比例(%)	9.3	54.1	36.6	100

从以上分析来看,1950 ~ 2010 年黄河输沙量只有约 11.3 亿 t,特别是 2000 ~ 2010 年黄河输沙量只有 3.25 亿 t,黄河输沙量呈持续减少趋势。目前,有关学者和专家对水沙变化的成因存在不同的认识和看法,有人认为,黄河水沙减少的趋势是不可逆转的,加上现有干支流上一系列大中型水库的修建,黄河流域水沙的调控能力已经大大提高,即使发生较大降雨,现有的水库体系也可以将其控制;但也有人认为,近年来黄河水沙持续减少只是流域水沙变化的一个周期,还不能确定这种减少趋势是否具有可持续性,因为暴雨较少的枯水年份输沙量将会减少,在暴雨较多的丰水年份,输沙量将会增加,今后黄河输沙量是否还是 16 亿 t 是一个值得研究的问题。正因为如此,为正确评估黄河输沙量,加强暴雨产沙规律和水土保持减沙效益研究是十分必要的。

1.1.2 黄河粗泥沙变化问题

黄河粗泥沙来量及分布是黄河中游治理的重要依据之一,多年来有关单位和部门进行了大量研究。

1.1.2.1 黄河粗泥沙来源地区分布

黄河粗泥沙主要指泥沙粒径大于 0.05 mm 的粗颗粒泥沙。20 世纪 60 年代,以著名泥沙专家钱宁教授为代表的治黄工作者提出,黄河下游的淤积物主要是粒径大于 0.05 mm 的粗颗粒泥沙,如果在黄河中游找到粗泥沙产区,并集中治理这一地区,不让粗泥沙

输入下游河道,下游河道的淤积(特别是主槽淤积)就会得到缓和。这个认识曾被高度评价为“是对黄河泥沙研究上的一项重大突破”。

长期以来,根据黄河泥沙的主要来源及其对黄河下游的危害,利用黄河流域干支流泥沙颗粒分析站资料,统计前期各站颗粒分析改正后的泥沙特征值列于表 1-6。

表 1-6 黄河流域各站泥沙特征值统计

河名	站名	系列	多年平均 输沙量 (万 t)	≥某粒径粗泥沙量(万 t)			中数粒径 (mm)	平均粒径 (mm)
				0.025 mm	0.05 mm	0.1 mm		
黄河	头道拐	1958 ~ 1995 年	11 593	4 493	1 984	449	0.017	0.028
	府谷	1966 ~ 1995 年	22 571	10 818	6 033	1 793	0.024	0.042
	吴堡	1958 ~ 1995 年	51 216	26 872	15 359	4 698	0.028	0.044
	龙门	1956 ~ 1995 年	81 300	44 235	22 066	5 766	0.028	0.042
	潼关	1962 ~ 1995 年	112 800	52 762	22 488	3 712	0.022	0.031
	三门峡	1954 ~ 1995 年	122 200	55 945	24 519	4 536	0.022	0.031
	小浪底	1960 ~ 1995 年	105 500	46 385	19 824	3 530	0.021	0.03
	花园口	1962 ~ 1995 年	108 200	45 819	19 615	3 041	0.019	0.028
	高村	1954 ~ 1995 年	100 800	41 500	16 076	1 433	0.018	0.026
	孙口	1962 ~ 1995 年	94 800	39 517	15 196	1 564	0.018	0.026
	艾山	1962 ~ 1995 年	90 000	38 968	15 497	1 101	0.019	0.026
	涑口	1962 ~ 1995 年	91 300	36 847	13 603	887	0.017	0.024
	利津	1957 ~ 1995 年	82 400	32 747	12 011	559	0.017	0.024
皇甫川	皇甫	1957 ~ 1995 年	4 842	2 973	2 227	1 506	0.050	0.135
孤山川	高石崖	1966 ~ 1995 年	2 197	1 240	784	296	0.033	0.058
岚漪河	裴家川	1966 ~ 1995 年	1 221	666	366	187	0.030	0.047
窟野河	王道恒塔	1966 ~ 1995 年	2 754	1 874	1 527	1 042	0.089	0.155
	神木	1966 ~ 1990 年	6 994	4 734	3 541	2 062	0.059	0.107
	温家川	1958 ~ 1995 年	10 860	6 915	5 259	3 324	0.061	0.126
特牛川	新庙	1966 ~ 1995 年	1 629	809	580	364	0.034	0.085
秃尾河	高家川	1965 ~ 1995 年	1 844	1 358	997	512	0.062	0.115
佳芦河	申家湾	1966 ~ 1995 年	1 356	850	548	245	0.046	0.101
湫水河	林家坪	1966 ~ 1995 年	1 900	913	428	76.7	0.023	0.039
三川河	后大成	1963 ~ 1995 年	1 892	851	350	50.6	0.021	0.031
无定河	赵石窑	1969 ~ 1990 年	1 147	832	483	82.9	0.042	0.051
	丁家沟	1966 ~ 1995 年	4 031	2 678	1 583	458	0.040	0.059
	白家川	1962 ~ 1995 年	11 368	7 095	3 661	857	0.034	0.050

续表 1-6

河名	站名	系列	多年平均 输沙量 (万 t)	≥某粒径粗泥沙量(万 t)			中数粒径 (mm)	平均粒径 (mm)
				0.025 mm	0.05 mm	0.1 mm		
大理河	绥德	1966 ~ 1995 年	3 701	2 376	1 110	209	0.033	0.047
	青阳岔	1966 ~ 1995 年	450	295	170	64.9	0.038	0.077
小理河	李家河	1965 ~ 1995 年	534	333	158	29.2	0.033	0.049
岔巴沟	曹坪	1970 ~ 1995 年	145	83.6	39.1	5	0.030	0.039
清涧河	延川	1964 ~ 1995 年	3 565	1 949	830	117	0.028	0.037
	子长	1966 ~ 1995 年	1 061	600	277	42.2	0.029	0.042
昕水河	大宁	1965 ~ 1995 年	1 430	567	210	32.8	0.018	0.027
延水	甘谷驿	1963 ~ 1995 年	4 905	2 802	1 337	343.5	0.030	0.046
汾河	寨上	1975 ~ 1987 年	294	176	53	5	0.029	0.035
	兰村	1974 ~ 1987 年	389	197	61	7	0.025	0.031
	河津	1957 ~ 1995 年	1 947	648.7	254.4	39.3	0.014	0.023
渭河	南河川	1959 ~ 1990 年	12 641	4 224	1 380	470	0.014	0.030
	咸阳	1954 ~ 1995 年	13 404	3 841	1 284	408	0.012	0.024
	华县	1956 ~ 1995 年	36 286	13 233	4 075	714	0.016	0.025
	甘谷	1966 ~ 1995 年	1 687	642	228	101	0.017	0.056
	秦安	1957 ~ 1995 年	5 437	1 849	586	162	0.015	0.029
泾河	张家山	1964 ~ 1988 年	24 925	11 234	3 897	769	0.021	0.028
	杨家坪	1964 ~ 1995 年	7 718	2 847	780	71	0.017	0.023
	姚新庄	1969 ~ 1995 年	1 653	761	270	74	0.022	0.039
	巴家嘴	1965 ~ 1988 年	1 626	662	200	24	0.018	0.026
	洪德	1966 ~ 1995 年	3 700	2 207	917	85	0.031	0.041
	庆阳	1957 ~ 1995 年	8 557	4 545	1 763	226	0.026	0.036
	雨落坪	1957 ~ 1995 年	12 575	6 298	2 274	262	0.025	0.042
北洛河	刘家河	1969 ~ 1988 年	6 382	3 702	1 353	158	0.029	0.037
	交口河	1970 ~ 1988 年	6 491	3 713	1 466	189	0.028	0.043
	湫头	1963 ~ 1988 年	8 613	4 654	1 628	197	0.026	0.032
	志丹	1964 ~ 1988 年	1 104	648	260	50	0.029	0.045

续表 1-6

河名	站名	系列	多年平均 输沙量 (万 t)	≥某粒径粗泥沙量(万 t)			中数粒径 (mm)	平均粒径 (mm)
				0.025 mm	0.05 mm	0.1 mm		
洛河	长水	1962 ~ 1995 年	555	162.5	71.6	20.4	0.013	0.025
	白马寺	1957 ~ 1995 年	1 137	269	104	23.9	0.010	0.019
	黑石关	1956 ~ 1995 年	1 329	316	131	35.2	0.009	0.019
伊河	东湾	1962 ~ 1995 年	173	47.2	21.3	6.1	0.012	0.023
	龙门镇	1957 ~ 1995 年	221	55.8	23.5	5.9	0.011	0.021
沁河	润城	1962 ~ 1995 年	408	103	42.6	11.6	0.009	0.02
	五龙口	1962 ~ 1995 年	472	115	51.7	16.8	0.008	0.021

分析表 1-6 资料可知,黄河干流泥沙除河龙区间来沙颗粒较粗外,干流其他河段泥沙颗粒较细,多年平均中数粒径为 0.017 ~ 0.022 mm,而河龙区间干流多年平均中数粒径为 0.024 ~ 0.028 mm;黄河支流以皇甫川、窟野河、秃尾河来沙最粗,多年平均中数粒径在 0.05 mm 以上;其次是佳芦河、孤山川、岚漪河、无定河、延水、清涧河、泾河洪德以上,多年平均中数粒径在 0.03 ~ 0.049 mm;湫水河、三川河、汾河兰村以上、泾河洪德至张家山区间、北洛河等,多年平均中数粒径为 0.02 ~ 0.03 mm。

选择 1957 ~ 1990 年实测系列资料,并以龙门、华县、河津、湫头四站作为粗泥沙来源控制站,统计得到黄河粗泥沙来源地区分布(见表 1-7),从表列成果可以看出,河口镇以上粗泥沙来量较少,仅占四站粗泥沙总量的 7%;龙门以下的泾、洛、渭、汾粗泥沙来量也较少,占四站粗泥沙总量的 20%;黄河粗泥沙主要来自河龙区间,占四站粗泥沙总量的 73%,其中河口镇至吴堡区间,土壤侵蚀强烈,产粗沙最多,占四站粗泥沙总量的 49%,是黄河最主要的粗泥沙来源区。

表 1-7 黄河粗泥沙地区分布(1957 ~ 1990 年)

项目	河口镇以上	河口镇—吴堡	吴堡—龙门	泾、洛、渭、汾	龙门、华县、河津、湫头四站
粗泥沙(亿 t)	0.23	1.49	0.75	0.61	3.08
占四站粗泥沙(%)	7	49	24	20	100

通过黄河水利委员会等有关单位对黄河多沙区、多沙粗沙区和粗泥沙集中来源区进行的界定研究,得到以下认识:

多沙区,是指侵蚀模数大于 5 000 t/(km² · a)的地区:面积 21.2 万 km²,水土流失面积 19.1 万 km²,其中水蚀面积 14.6 万 km²,涉及黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区、土石山区和黄土阶地的部分地区,集中分布在河龙区间、泾河、渭河、洛河中上游地区。多年平均输入黄河的泥沙 14 亿 t,占黄河多年平均输沙量的 87.5%(见表 1-8)。

表 1-8 黄土高原地区多沙区泥沙情况

侵蚀模数 ($t/(km^2 \cdot a)$)	水蚀面积 (km^2)	年输沙量 (亿 t)	涉及主要支流
5 000 ~ 8 000	6.09	3.8	湟水、祖厉河、渭河、泾河、北洛河(中上游、浑河、汾河(上游))
8 000 ~ 15 000	4.84	4.6	窟野河(中游)、秃尾河(下游)、清涧河、延河(上游)、北洛河(上游)、屈产河、昕水河、清水河、泾河(上游)
15 000 以上	3.67	5.6	皇甫川、秃尾河(中游)、无定河(中下游)、蔚汾河、湫水河、三川河、孤山川、窟野河(下游)、佳芦河、偏关河(下游)、县川河、朱家川

多沙粗沙区,是指侵蚀模数大于 $5\,000\,t/(km^2 \cdot a)$ 的地区,且粗泥沙模数大于 $1\,300\,t/(km^2 \cdot a)$ 的区域,面积 $7.86\,万\,km^2$,分布于河龙区间的 20 多条支流和泾河上游(马莲河、蒲河)、北洛河(刘家河以上)部分地区,主要涉及黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区,该区多年平均输沙量(1954 ~ 1969 年系列) $11.82\,亿\,t$,占黄河同期总输沙量的 62.8%,粗泥沙输沙量 $3.19\,亿\,t$,占黄河粗泥沙总量的 72.5%。

粗泥沙集中来源区,是指粒径大于 $0.1\,mm$,粗泥沙模数在 $1\,400\,t/(km^2 \cdot a)$ 以上的地区,面积 $1.88\,万\,km^2$,该区包括陕西、内蒙古两省(区)的延安、榆林、鄂尔多斯 3 个市的 15 个县(旗、市),主要分布于黄河中游右岸皇甫川、清水川、孤山川、窟野河、秃尾河、佳芦河、无定河、清涧河、延河等 9 条主要支流。粗泥沙集中来源区面积占多沙粗沙区面积的 23.9%,产生的全沙量 $4.08\,亿\,t$,大于 $0.05\,mm$ 的粗泥沙 $1.52\,亿\,t$,大于 $0.1\,mm$ 的粗泥沙 $0.61\,亿\,t$,分别占多沙粗沙区相应输沙量的 34.5%、47.6% 和 68.5% (见表 1-9)。

表 1-9 黄土高原地区不同区域产沙情况

区域	水土流失		全部入黄泥沙		大于 $0.05\,mm$ 的泥沙		大于 $0.1\,mm$ 的泥沙	
	面积 (km^2)	所占比例 (%)	沙量 (亿 t)	所占比例 (%)	产沙量 (亿 t)	所占比例 (%)	产沙量 (亿 t)	所占比例 (%)
黄土高原水土流失区	45.17	100	18.81	100	4.40	100	1.13	100
多沙粗沙区	7.86	17.4	11.82	62.8	3.19	72.5	0.89	78.8
粗泥沙集中来源区	1.88	4.2	4.08	34.5	1.52	47.6	0.61	68.5

1.1.2.2 黄河粗泥沙变化问题

在统计分析粗泥沙变化时,将泥沙分为细泥沙($d < 0.025\,mm$)、中泥沙($0.025\,mm < d < 0.05\,mm$)、粗泥沙($d > 0.05\,mm$)和特粗泥沙($d > 0.1\,mm$)。由于黄河粗泥沙主要来自黄河河龙区间,因此主要统计分析了河龙区间粗泥沙变化(见表 1-10)。统计表明,河

龙区间在近期汛期沙量急剧减少的情况下,各分组泥沙也相应减少。中、粗、特粗泥沙减少幅度大于细泥沙。由表 1-10 可见,干流中、粗泥沙减幅在 81%~92%,细泥沙的减幅在 74%~87%。支流皇甫川、孤山川、窟野河、秃尾河各组沙量减幅都比较大,细泥沙减幅在 61%~81%,中、粗泥沙减幅更大于细泥沙在 72%~90%;无定河减幅较小,细、中、粗泥沙减幅分别为 44%、54%、48%。

表 1-10 河龙区间干支流不同时期汛期泥沙组成

站名	时期	沙量(亿 t)					占全沙比例(%)				d_{50} (mm)
		全沙	细泥沙	中泥沙	粗泥沙	特粗沙	细泥沙	中泥沙	粗泥沙	特粗沙	
河口镇	1960~1969 年	1.612	0.996	0.384	0.232	0.035	62	24	14	2	0.017
	1970~1996 年	0.697	0.423	0.150	0.124	0.028	61	21	18	4	0.017
	1997~2005 年	0.148	0.110	0.020	0.018	0.004	75	13	12	3	0.008
府谷	1966~1969 年	4.110	1.925	0.912	1.273	0.409	47	22	31	10	0.028
	1970~1996 年	1.522	0.784	0.328	0.410	0.135	52	21	27	9	0.023
	1997~2005 年	0.160	0.102	0.026	0.032	0.013	64	16	20	8	0.014
吴堡	1960~1969 年	6.181	2.845	1.407	1.929	0.751	46	23	31	12	0.029
	1970~1996 年	3.226	1.601	0.728	0.897	0.241	50	22	28	7	0.025
	1997~2005 年	0.672	0.359	0.139	0.174	0.059	53	21	26	9	0.022
皇甫川 (皇甫)	1966~1969 年	0.688	0.227	0.113	0.348	0.252	33	16	51	37	0.050
	1970~1996 年	0.439	0.150	0.066	0.223	0.161	34	15	51	37	0.050
	1997~2005 年	0.125	0.059	0.011	0.055	0.040	47	9	44	32	0.032
孤山川 (高石崖)	1966~1969 年	0.367	0.153	0.074	0.14	0.052	42	20	38	14	0.034
	1970~1996 年	0.182	0.073	0.039	0.07	0.025	40	22	38	13	0.035
	1997~2005 年	0.035	0.019	0.006	0.01	0.004	53	18	29	11	0.021
窟野河 (温家川)	1960~1969 年	1.148	0.377	0.191	0.58	0.395	33	17	50	34	0.050
	1970~1996 年	0.941	0.320	0.136	0.485	0.325	34	14	52	34	0.053
	1997~2004 年	0.128	0.058	0.020	0.050	0.024	45	16	39	19	0.031
秃尾河 (高家川)	1965~1969 年	0.293	0.076	0.052	0.165	0.087	26	18	56	30	0.058
	1970~1996 年	0.146	0.039	0.029	0.078	0.041	27	20	53	28	0.055
	1997~2004 年	0.041	0.013	0.008	0.020	0.011	32	20	48	26	0.046
无定河 (白家川)	1962~1969 年	1.696	0.586	0.511	0.599	0.167	35	30	35	10	0.036
	1970~1996 年	0.775	0.312	0.232	0.231	0.050	40	30	30	6	0.032
	1997~2005 年	0.402	0.175	0.106	0.121	0.038	44	26	30	10	0.029

注:资料来源:黄河水利科学研究院张晓华等完成的“黄河近期水沙变化特点分析”,2009 年 10 月。