



多沙河流的河性

DUOSHA HELIU DE HEXING

● 梁志勇 姚文广 李文学 张翠萍 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

多沙河流的河性

● 梁志勇 姚文广 李文学 张翠萍 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要阐述多沙河流河床演变的有关特性。书中内容以作者对黄河的一级支流渭河下游、黄河干流下游等多沙河流的最新研究成果为基础,以冲淤临界流量、洪水最大冲刷深度、淤积平衡纵比降、高含沙水流为主线,从理论、假说和经验等不同角度,提出了冲淤临界流量、洪水最大冲刷深度、断面河相关系以及平衡纵比降的计算方法,探讨了悬移质泥沙组成调整模式、高含沙水流逆行沙浪、水沙搭配与河型关系等,并就相关问题进行了分析和讨论。

本书可供水力学及河流动力学,水利、水文、地理、防洪减灾、桥涵、管道穿河工程等专业的规划、设计、科研、管理人员以及高等院校师生阅读,也可供相关部门的河流泥沙工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

多沙河流的河性/梁志勇等著. —北京:中国水利水电出版社, 2003
ISBN 7-5084-1592-2

I. 多… II. 梁… III. 多沙河流-河道演变-研究 IV. TV147

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第052226号

书 名	多沙河流的河性
作 者	梁志勇 姚文广 李文学 张翠萍 著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 9.5印张 225千字
版 次	2003年8月第1版 2003年8月第1次印刷
印 数	0001—1600册
定 价	26.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

人类傍河而居，伴河而生。泥沙因水而动，随河而流。河水流动养育了人类，泥沙运动改变了山川、造就了平原。

多沙河流的河性是指多泥沙河流在流动、变化过程中所表现出来的性质。与一般河流相比，多沙河流具有两个特点：一是泥沙的含量较高，使水流的性质在某些方面受到了影响，甚至使水流成为非牛顿体等，不仅在水流的基本物理特性方面发生了变化，在运动特性方面也产生了较大的变化，实际上已经成为水沙的某种混合体。二是冲淤剧烈。一方面，河床多为冲积河道，有大量的、泥沙颗粒较细的河床堆积物，从而使水流容易冲刷河床，河床也容易发生变化；另一方面，多泥沙的河流在某些条件下也会产生大量淤积，从而造成了多沙河流冲淤多变的河性。对多沙河流河性的认识，不仅影响着河床演变学科的发展，而且还影响着国民经济的发展和社会的进步，特别是在目前水资源短缺的情况下。

研究多沙河流的河性，实际上就是研究因泥沙多而造成的河流善变、多变的各个特点。本书试图以多沙河流为出发点，从水沙运动和河床演变的不同层次来论述多沙冲积河流的河性，包括从水沙的基本物理特性和运动特性到水沙搭配以及泥沙组成的调整机理、从来水来沙大小和过程塑造河床几何形态到河道边界条件对水沙搭配的影响、从河道的断面冲淤变化到河道的纵剖面冲淤变化、从非饱和泥沙输送理论的运用到非恒定水沙运动理论的实践、从多沙冲积河流高含沙水流的特性到泥石流对主河河床演变特性的影响等方面。

本书以冲淤临界流量、洪水最大冲刷深度、淤积平衡纵比降、高含沙水流和泥石流为主线，以渭河下游、黄河下游的实际情况为基础，从理论、假说和经验等不同角度，探讨冲淤临界流量、洪水最大冲刷深度、平衡纵比降的计算方法，并就有关问题进行分析和讨论。全书除绪论和后记外，主要包含三个部分。第一部分为第二章至第七章，从不饱和输沙、非恒定水流、边界条件变化等多角度探讨冲淤临界值、洪水冲刷深度、断面冲淤变化模式等；第二部分为第八章至第十一章，首先导出了断面河相关系以及纵比降表达式，然后以渭河下游为例，验证了纵比降公式，分析了近期渭河下游河道纵比降及其变化情况，

讨论了纵比降的发展及其平衡过程；第三部分为第十二章至第十五章，讨论了高含沙水流与泥石流的现象、输沙特性、悬移质泥沙的调整模式以及高含沙水流和泥石流汇流与主河河性的关系。

本书系合作研究成果，其中，第一、三、六、七、八、十一、十四、十五章由梁志勇、李文学执笔，第二、四、五、九、十、十二、十三章由姚文广、张翠萍执笔，全书由梁志勇统稿。有关研究工作的开展，得到了黄河水利委员会黄河水利科学研究院、国家防汛抗旱总指挥部办公室江河处、中国水利水电科学研究院防洪减灾研究所领导、同仁的大力支持和鼎力相助，其中部分研究得到了国家自然科学基金委员会与水利部联合资助国家自然科学基金重大项目(59890200)的支持。参加有关研究工作和本书编写、资料收集、图表绘制、编辑等工作的还有姜乃迁、黄金池、王会让、刘峡、林秀芝、楚卫斌、何晓燕、刘京、姜付仁、冯上游、盛震东等同志，谨此致谢。

本书有的内容已经公开发表在相关领域的科技刊物上，还有相当一部分内容为首次公开发表，同时参阅或引用了大量的参考文献，在此向文献的作者们表示谢意。本书首次尝试从多沙河流的角度，讨论河流的河床演变特性，因作者水平和研究时间、研究资料等所限，本书在章节安排、内容取舍、资料分析和关系推导等方面，难免有欠妥甚至错误之处，恳请各位领导、专家、前辈和同行们批评指正。

作者

2003年5月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 研究多沙河流的意义	1
第二节 多沙河流的水沙特点	2
第三节 多沙河流的水沙运动	8
第四节 多沙冲积河流的河性	9
第五节 本书编写的构思与布局	9
参考文献	10
第二章 研究概况——以渭河下游和黄河下游为例	11
第一节 渭河下游河道冲淤特性	11
第二节 黄河下游河道冲淤特性	14
参考文献	17
第三章 由不饱和输沙理论推求临界冲淤值	18
第一节 冲淤临界流量的理论公式	18
第二节 冲淤临界流量的求解之一	21
第三节 冲淤临界流量的求解之二	23
第四节 冲淤临界流量公式的论证与引申	23
参考文献	26
第四章 由非恒定水流理论推求洪水冲刷深度	27
第一节 洪水特性	27
第二节 非恒定性与河道冲淤特性	28
第三节 非恒定洪水冲刷能力的分析	31
第四节 资料验证与分析	32
第五节 公式的讨论	33
第六节 公式的应用	35
参考文献	37
第五章 由断面形态变化看冲淤模式	38
第一节 断面河相关系	38
第二节 断面形态变化	45
第三节 冲淤变化成因	46
参考文献	48

第六章 水沙与边界条件变化对冲淤临界流量的影响	50
第一节 水沙关系对冲淤分界流量的影响	50
第二节 不饱和输沙与非恒定输沙的关系	52
第三节 边界条件变化的影响	52
参考文献	53
第七章 冲淤临界流量的讨论	54
第一节 高含沙量对冲淤临界流量的影响	54
第二节 黄河下游情况的考虑	54
第三节 泥沙粗细的影响	56
第四节 相对大水刷槽, 相对小水淤槽	57
第五节 冲淤临界流量的多值问题	57
参考文献	59
第八章 平衡纵比降关系式的建立	60
第一节 动平衡纵剖面形成的物理图形	60
第二节 淤积平衡纵比降关系的建立	60
第三节 淤积平衡纵比降的估算	62
第四节 与以往研究的比较	64
第五节 特定情况下的平衡纵比降	67
参考文献	68
第九章 渭河下游纵剖面的变化及持续堆积的原因	70
第一节 渭河下游纵剖面变化	70
第二节 不淤平衡纵剖面的形成过程	74
第三节 渭河下游的溯源淤积和沿程冲淤过程	75
第四节 河道淤积的原因	79
参考文献	80
第十章 渭河中下游与黄河下游河道的比较	81
第一节 渭河中下游与黄河下游基本情况的对比	81
第二节 水沙变化影响的对比	81
第三节 边界条件影响的对比	87
参考文献	88
第十一章 纵比降的讨论	90
第一节 平衡纵比降有关问题的讨论	90
第二节 河床“记忆”效应与代表流量、含沙量的选取	93
第三节 输沙特性与河型的关系	94
参考文献	98
第十二章 高含沙水流概述	99
第一节 现象	99
第二节 定义	102

第三节	高含沙水流的基本特性	103
第四节	运动特性	106
参考文献		107
第十三章	高含沙水流的输沙特性	108
第一节	水沙搭配关系	108
第二节	“多来多排”输沙机理及其他影响因素	114
参考文献		116
第十四章	高含沙水流泥沙组成与逆行沙浪	117
第一节	泥沙组成与调整的两种模式	117
第二节	沙浪尺度及其可逆性	119
第三节	高含沙两相紊流泥沙组成的调整	123
参考文献		127
第十五章	高含沙水流或泥石流汇流与主河河性的关系	129
第一节	泥石流与高含沙水流的区别	129
第二节	高含沙水流、泥石流入汇与主河河性的关系	133
第三节	一侧清水支流、一侧浑水入汇对主河河性的影响	139
参考文献		143
后记		144

第一章 绪 论

第一节 研究多沙河流的意义

一、定义及研究的理论意义

研究在流水作用下河床形态及其变化的科学叫做河床演变学（钱宁等，1987）。河床演变学作为一门独立的学科，在中国已经得到了长足的发展，特别是在多沙河流或频发高含沙水流的河流。

河性是指河流所具有的性质。河流处处在变，时时在变，这种变化规律就是河性的体现。对多沙河流河性的研究虽然已经有了相当的发展，但是目前仍然有很多问题不是很清楚。多沙河流的河性因为其携带泥沙量大而与一般少沙河流的河性有所差别，甚至根本不同。例如，在含沙量较小时，河流所携带的泥沙颗粒会随着含沙量的增加而变细；而当含沙量超过某一数量后，泥沙颗粒会随着含沙量的增高而变粗。又如，在黄河下游河道，高含沙洪水通过时，往往造成下游河道的大量淤积，而在渭河下游河道通过高含沙洪水时往往塑造出窄深河槽，而且淤积量也较少，甚至为冲刷。

一方面，河流是河床演变学的研究对象，而多沙河流则应是河床演变学的核心，因为泥沙是水流与泥沙这一对决定河性的矛盾的主体。另一方面，多沙河流的许多河床演变问题至今还尚未解决，从多沙的角度来研究河流的河性，可能是一个突破口。因此，研究多沙冲积河流的河性对发展河床演变学科是有积极意义的。

二、生产实践意义

河性是河床演变学中的一个重要话题，而多沙河流的河性变化多端，更是与泥沙有关的科学家和工程师注目研究的焦点。多沙河流常常分布在雨水较为稀少的地区，如我国的北方和西部地区。也正因为这些地方雨水稀少，水资源才显得更为短缺，向河流要水、自河流取水和引水的各类水利工程应运而生，因此而产生的泥沙问题常常成为困扰水利工作者的难题之一。例如，水库的泥沙淤积问题、取水工程的防沙问题（梁志勇等，2000）、穿河管道的埋设问题、河道整治工程中泥沙冲淤问题等。

在黄河干流小浪底水库建成蓄水后，如何调节水流过程、改变水沙搭配才能使小浪底水库库容得到充分利用，又使黄河下游泥沙淤积总量较少、泥沙淤积的沿程分布比较合理，有利于下游河道的长期使用，不仅是泥沙工作者研究的课题，而且随着水资源的日趋紧张，也成为水利、环境、生态、地理等众多专家学者注目的焦点，成为领导决策的关键问题之一。

在渭河流域，随着西部开发的深入，渭河下游泥沙的持续堆积问题，也已成为渭河走廊乃至西部开发过程中碰到的一个多重矛盾的交点。渭河下游的问题，已经不仅是泥沙的淤积问题或者防洪问题，而且也成为制约渭河下游走廊经济发展的一个主要因素。渭河下游河道的泥沙淤积问题不仅受到了近年来来水来沙变化的影响，而且还受到三门峡水库的某种影响，使得泥沙问题复杂化。采取什么样的措施才能解决渭河下游的泥沙淤积问题，也是仁者见仁，智者见智。

渭河支流北洛河 1999 年 7 月 14 日发生大洪水，河床发生较大冲刷，使靖边至西安的天然气管线在陕西省富县北洛河穿越处发生断裂，造成经济损失数十万元，影响很大（秦毅等，2001）。该事故的主要原因之一就是原设计的管道埋深较浅，没有考虑多沙河流高含沙水流的影响，因为高含沙洪水的冲刷深度远大于一般挟沙河流洪水的冲刷深度。

随着社会经济的发展和人口的增长，河流走廊作为经济纽带也会与沿海经济特区一样快速发展的，因而也造成人类对河流依赖程度的增加；而随着人与自然和谐相处理念的深入人心，沿河走廊经济带的发展，河流将得到更加充分的利用。因此，对多沙河流河性的研究不仅会促进河床演变学科的发展，而且对国家经济的可持续发展、人与河流的和谐相处，以及对河流实施多目标的综合治理等都有重要的现实意义，也必将产生深远的影响。

第二节 多沙河流的水沙特点

以下主要以黄河流域为例，说明多沙河流的来水来沙特点。

一、水沙搭配不协调——水量少、沙量多

黄河以泥沙多、含沙量大而闻名于世，而其最大支流渭河则是黄河流域水少沙多的典型。从流域大小来看，黄河的流域面积仅次于长江，位居全国第二位，但其多年平均水量（陕县和三门峡站 1950~1984 年）为 411.4 亿 m^3 ，沙量为 13.5 亿 t，平均含沙量为 32.8 kg/m^3 。水量不到长江的 1/20，而沙量却为长江的 3 倍。渭河同期华县站的多年平均水量为 82.3 亿 m^3 ，沙量为 4.0 亿 t，平均含沙量为 48.6 kg/m^3 。按 1951~1996 年资料统计，华县站的多年平均水量为 75.4 亿 m^3 ，沙量为 3.7 亿 t，平均含沙量为 48.8 kg/m^3 （水利部黄河水沙研究基金会，2002；胡一三，1996）。

水沙搭配不协调可以概括为以下 3 个方面：

(1) 水少沙多。进入黄河下游（花园口站）的年平均水量约为 440 亿 m^3 ，年平均沙量为 14 亿 t，平均含沙量为 32 kg/m^3 。含沙量之高，居世界河流之首。

(2) 水沙过程不完全相应。图 1-1 为花园口站 1970~1998 年水量和沙量历年变化情况，从图中可以看出，二者变化情况并不完全一致。如 1977 年为枯水多沙年，年径流量为 327 亿 m^3 ，沙量却达 20.8 亿 t。另外，年内分布也不均匀。水沙量主要集中在汛期，而沙量则集中程度更高。

(3) 汛期、非汛期水流所携带泥沙的粗细不相应。黄河下游的泥沙运动主要以悬移质为主，汛期泥沙主要由暴雨从流域表面侵蚀并通过水流携带下来，泥沙颗粒较细；非汛期泥沙则主要来自河床，粒径较粗。如花园口站汛期悬移质多年平均中值粒径为 0.02mm；非

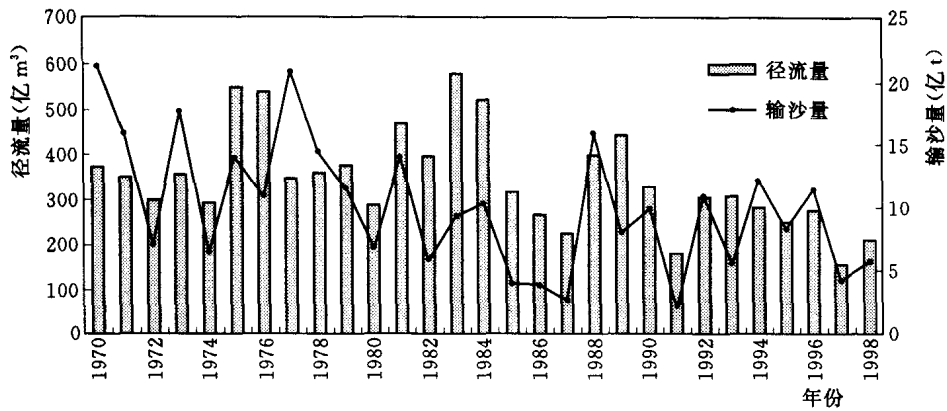


图 1-1 花园口站 1970~1998 年水沙量历年变化^①

汛期则为 0.035mm。

二、支流水沙搭配差异大——搭配两极分化

渭河中、下游(图 1-2)来水来沙可以分为 3 种情况:从渭河南岸向北岸依次是南山支
流来水(较清)、林家村以上干流(渭河上游)来水(浑水)、泾河、北洛河来水(特浑)。



图 1-2 渭河流域水系图

^① 梁志勇等. 黄河下游河床演变. 见: 丹麦水利研究所等. 黄河防洪项目中期报告. 2000.

据实测资料^{①②}计算, 1974~2000年林家村站多年平均年水量为13.2亿m³, 沙量为0.79亿t, 平均含沙量为60kg/m³; 咸阳站多年平均年水量为33.7亿m³, 沙量为0.74亿t, 平均含沙量为22kg/m³; 泾河张家山站多年平均年水量为11.7亿m³, 沙量为2.1亿t, 平均含沙量为179kg/m³; 北洛河状头站多年平均年水量为6.5亿m³, 沙量为0.66亿t, 平均含沙量为102kg/m³。因此3个水沙来源的含沙量比例约为: 南山支流: 林家村以上干流(即渭河上游): 泾河、北洛河=0:1:2~3; 对于渭河下游(咸阳以下)而言约为: 南山支流: 咸阳以上干流: 泾河、北洛河=0:1:5~9。

黄河下游的水沙搭配也随着洪水来源不同而差异很大。表1-1列出了不同泥沙来源区及其水沙特点, 粗泥沙来源区洪水流量虽小, 但来沙颗粒粗、含沙量高, 往往造成下游河道的严重淤积; 而少沙来源区的洪水则有利于下游河道的冲刷, 如图1-3所示。

表 1-1 挟沙洪水来源不同的差异 (摘自李文学等, 2002)

按泥沙多寡划分	多 沙 区		少 沙 区
按泥沙粗细划分	粗泥沙来源区	细泥沙来源区	少沙来源区
范 围	河口镇~龙门区间、 马莲河、北洛河等	除马莲河以外的泾河干支 流、渭河上游、汾河等	河口镇以上、渭河南山 支流、伊洛河、沁河等
洪 水	“上大型”洪水		“下大型”洪水
	洪水流量小	洪水流量大小皆有	洪水流量较大
泥 沙	含沙量高、粗颗粒泥沙多	含沙量较高、细颗粒泥沙较多	含沙量小
下游河道	淤积为主	冲淤皆有	冲刷为主
对下游造成淤积评价	危害较大	危害较小	

来水来沙特性影响着下游河道的输沙和冲淤特性。据研究, 黄河流域的一些河流不仅具有大水主槽冲刷、小水主槽淤积的特点, 还具有清水汇流冲刷、分流主河淤积的特点(梁志勇, 2001)。黄河下游河道的情况正是如此。

黄河从三门峡至花园口河段间有伊、洛、沁河3大支流呈树枝状于花园口以上集中汇入黄河。伊河起源于河南栾川, 洛河起源于陕西洛南, 伊、洛河在河南偃师汇合后, 于花园口水文站上游约58km的黄河干流处汇入黄河, 黑石关为其进入黄河前的最后一个水文控制站。沁河发源于山西沁源, 流经山西、河南两省于河南武陟汇入黄河, 其水文控制站为小董, 如图1-4所示。

伊、洛河黑石关水文站和沁河小董水文站的水沙特征值见表1-2, 可以看出, 与三门峡站相比, 伊洛沁河多年平均年水量占三门峡的1/10多, 而沙量仅为三门峡的不足2%, 平均含沙量也远小于三门峡的。而实际上, 洪峰流量占三门峡—花园口区间的比例通常更大, 见表1-3。

① 张翠萍等. 渭河下游河道整治导线初步设计咨询报告. 黄河水利委员会黄河水利科学研究院. 1997.

② 张翠萍等. 渭河中下游存在主要问题及成因分析. 黄河水利委员会黄河水利科学研究院. 2002.

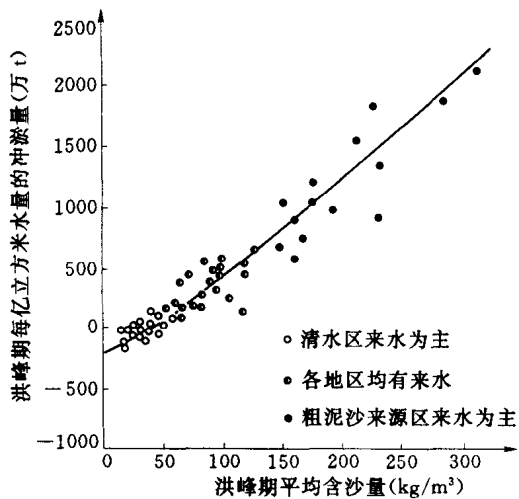


图 1-3 黄河下游洪峰期河道冲淤量与平均含沙量关系(胡一三,1996)



图 1-4 三门峡—花园口河段伊、洛、沁河示意图

表 1-2 干支流水沙特征 (据 1919 年 7 月~1997 年 6 月资料统计^①)

水文站站名	水量 (亿 m ³)			沙量 (亿 t)			平均含沙量 (kg/m ³)		
	7~10月	11~6月	7~6月	7~10月	11~6月	7~6月	7~10月	11~6月	7~6月
三门峡	230.4	167.7	398.1	11.56	1.95	13.51	50.2	11.6	33.9
黑石关+小董	26.8	15.3	42.1	0.23	0.03	0.26	8.6	2.0	6.2
(黑石关+小董)/三门峡	11.6%	9.1%	10.6%	2.0%	1.5%	1.9%	17.1%	17.2%	18.3%

表 1-3 三门峡—花园口区间典型洪峰特征 (1953~1982 年 8 次洪峰) (胡一三等, 1996)

项目	河流	伊洛河	沁河	黄河
	水文站站名	黑石关	小董	三门峡—花园口区间 (不包括伊洛河和沁河)
控制流域面积 (km ²)		18563	12880	10192
各水文站洪峰流量占三门峡—花园口区间洪峰流量	最大	83.0	28.1	40.8
	最小	32.9	2.8	6.9
	平均	57.4	15.5	27.1
各水文站 5 日洪量占三门峡—花园口区间 5 日洪量 (%)	最大	75.6	27.4	39.3
	最小	43.7	5.4	19.0
	平均	56.0	16.3	27.7

少沙来源区洪水对下游河道的影响可以参考表 1-4 (梁志勇, 2001), 表中列出了饱和与超饱和输沙情况下, 汇流后输沙率 Q_{S1} 与汇流前输沙率 Q_{S0} 之比 Q_{S1}/Q_{S0} 随汇流比 η (汇流后流量与汇流前流量之比 Q_1/Q_0)、输沙系数之比 K_1/K_0 等的变化关系, 其中超饱和输沙情

① 黄河水利委员会勘测规划设计研究院·黄河下游防洪规划报告·2000。

况考虑的是伊、洛河与沁河汇流对三门峡到花园口河段的影响。可见，在超饱和输沙情况下少沙区汇流会使主河减少淤积或略有冲刷。

表 1-4 少沙区伊、洛河、沁河汇流与平衡输沙情况比较

输沙情况 汇流情况	室内试验（平衡输沙情况）		黄河下游（超饱和输沙情况）	
三门峡—花园口河段 汇流情况			当 $\frac{\exp(1.39\eta)}{S_V^{0.3}} \geq 4$ 时， $\frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = 0.06 \frac{\exp(2.647)}{S_V^{0.57}}$ 其余情况： $\frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = 0.7$	
汇流一般情况	$\frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = (1 + \eta)^m$		$\frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = \frac{K_1 Q_1^m}{K_2 Q_0^m}$	
汇流特殊情况 ($m=2$)	$K_1 = K_0, \frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = (1 + \eta)^2$		$m_1 = m_0, \frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = 0.7(1 + \eta)^2, \frac{K_1}{K_0} = 0.7$	
汇流前 $Q_1 = Q_0, \eta = 1$	$\frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = 1$	冲淤平衡状态	$\frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = 0.7$	淤积 30%
汇流 20% 后 $\eta = 0.2$	$\frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = 1.44$	冲刷 44%	$\frac{Q_{S1}}{Q_{S0}} = 1.01$	冲刷 1%

三、水沙的变化在持续

冲积河流是善变的、易变的、常变的。河流消失、河流改道是巨大的变，十年河东、十年河西是位置的变，河流泥沙的冲淤、纵横剖面的调整是不断的变。不仅河道如此，来水来沙也一直在变。

据研究（史念海，2001），渭河在远古时期流量是比较大的。渭河下游在春秋战国时就可以通航，航道从现在的宝鸡县起，一直到黄河。秦汉时期，漕粮通过渭水运到咸阳和西安。现代研究渭河水沙变化的也有不少。

渭河的水沙变化一直受到人们的关注。20 世纪 70 年代的研究^①业已指出，渭河下游的水量明显减小、沙量减少不多，认为降雨量减小、引水引沙是水沙变化的主要原因，并强调随着水利工程建设的发展，特别是清水区水资源的开发，水少沙多的现象会更加突出，渭河下游淤积势必加重，对渭河下游防洪很不利。

当时似乎并未引起有关方面的足够重视，一直到 20 世纪 80 年代末期黄河水沙基金建立开始。黄河水沙基金研究成果表明，70 年以来渭河水沙变化最为明显。进入 90 年代以来，水沙变化更为显著。造成变化的原因主要有：发展灌溉、修建水库、水土保持综合治理以及降水量的减小等。表 1-5 统计了 1919~2000 年林家村—华县区间水量的变化情况，可以看出，林家村—华县区间水量在 90 年代降低显著，只有 1919~1990 年的 50% 左右。

① 张胜利等. 泾渭河水沙变化及发展趋势的初步研究. 黄河泥沙研究报告选编. 第一集. 下册. 1978.

人类要生存，社会要发展，气候在变迁，水沙还要变化，渭河下游河道的水沙问题还会是很多矛盾的焦点。

表 1-5 林家村—华县区间水量变化

单位：亿 m³

期 间	林家村—咸阳	(咸阳+张家山)—华县
1919~1973 年平均年水量	27.9	15.1
1974~1990 年平均年水量	25.9	16.8
1991~2000 年平均年水量	11.5	11.0



图 1-5 寂静的滦河下游河道



图 1-6 风沙中的滦河下游河槽

不仅渭河如此，北方的许多河流的来水来沙条件也都在变化。图 1-5 为正在枯萎中的滦河下游河道，非汛期河道几乎处于断流状态。相片中的水给人的感觉是寂静的湖水，而不是流动的河水。

另外值得一提的是，在北方河流中，风沙也是河道中重要来沙源泉之一，特别是在平原河流枯竭的情况下，风沙可能会加速河道的干涸。滦河下游河道正是这样的，图 1-6 为处于风沙威胁中的滦河。

第三节 多沙河流的水沙运动

以渭河为例，北岸黄土高原区以及南岸山区暴雨急骤，因此北岸、南岸支流的洪水常常是峰高量小、陡涨陡落，而渭源区则水流相对平稳且基流充沛，但洪峰也常常是陡涨急落，如图 1-7 和图 1-8 所示。

对于不同来源的洪水，不仅所携带泥沙的数量不同，泥沙的粗细也会有所不同。北岸

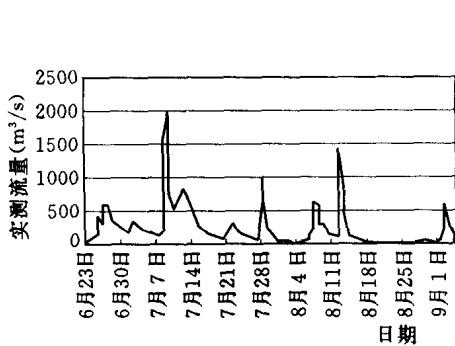


图 1-7 1994 年华县站陡涨急落的洪水
(泾河来水为主)

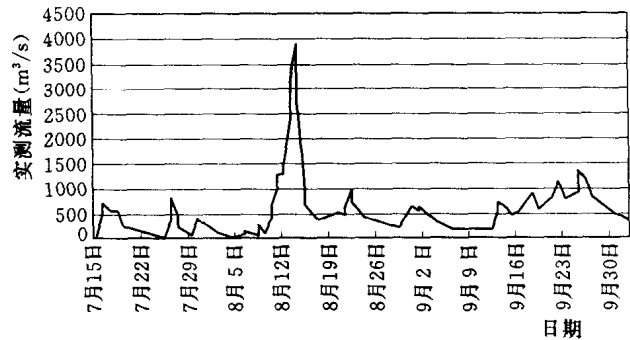


图 1-8 1992 年华县站涨落较缓的洪水
(咸阳以上干流来水为主)

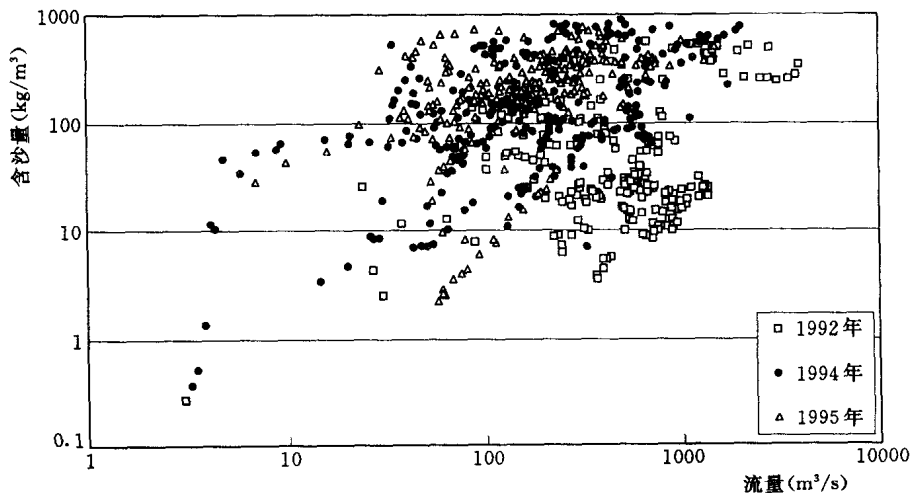


图 1-9 华县站含沙量与流量关系图

支流来源于黄土高原，水流含沙量较大，颗粒较细；南岸支流坡陡流急，携带的泥沙颗粒较粗，但悬移质含沙量较低。

来水来沙情况不同，到达渭河下游的水沙搭配关系也会有所差别。图 1-9 绘制了华县站几个年份洪水过程中的水沙搭配关系，可以看出，水沙关系指数虽然都在 2 左右，但是咸阳以上洪水为主的 1992 年输沙率小于同流量下泾河以上洪水为主的 1994 和 1995 年输沙率，这与来沙粗细多寡不同有关。这里也可以看出泾河与渭河洪水水沙搭配的差异。

第四节 多沙冲积河流的河性

河性是指河流在流动、变化过程中所表现出来的性质。与一般河流相比，多沙冲积河流具有两个特点：一是泥沙的含量较高，对河性的影响已经不能忽略不计，如造成河床的冲淤变化，甚至使水流的性质在某些方面受到了影响，如水流已经成为非牛顿体的高含沙水流、泥石流等，不仅在水流的基本物理特性方面发生了变化，在运动特性方面也产生了较大变化，实际上已经成为水沙的某种混合体。另外一个特点是河床为冲积河道，有大量的颗粒较细的河床堆积物，从而使水流容易冲刷河床，河床也容易发生变化，造成了冲淤多变的河性。

因此，研究多沙河流的河性，实际上就是研究因泥沙多而造成的河流善变、多变的各个特点，如河道的冲刷和淤积、水流挟沙的次饱和与超饱和、水流的恒定与洪水的非恒定性、河道横断面的窄深与宽浅、河道纵剖面的平衡与非平衡、高含沙水流与泥石流的相似与差异、泥沙组成的调整与含沙量变化的关系等。

第五节 本书编写的构思与布局

本书主要以作者对黄河的最大一级支流渭河下游与黄河干流下游的研究成果为基础，同时也吸收了前人对多沙河流有关问题的研究成果。本书试图以多沙河流为出发点，以渭河下游河道及黄河下游河道为例，从水沙运动和河床演变的不同层次来论述多沙冲积河流的河性：包括从水沙的基本物理特性和运动特性，到水沙搭配以及泥沙组成的调整机理；从来水来沙大小和过程塑造河床几何形态，到河道边界条件对水沙搭配的影响；从河道的断面冲淤变化，到河道的纵剖面冲淤变化；从非饱和泥沙输送理论的运用到非恒定水沙运动理论的实践；从多沙冲积河流高含沙水流的特性，到泥石流对主河河床演变特性的影响等方面。

全书内容分为十五章，如图 1-10 所示。第一章为绪论。第二章至第七章为河道冲淤变化及其临界值，包括冲淤临界流量研究概况及从不饱和输沙、非恒定水流、边界条件变化等多角度研究冲淤方面的内容。第八章至第十一章以渭河下游为例，讨论平衡纵比降问题，不仅导出了断面河相关系及纵比降表达式，而且验证了纵比降公式，分析了近期渭河下游河道纵比降及其变化情况，讨论了纵比降的发展和平衡过程。第十二章至第十五章为高含沙水流与泥石流，介绍了高含沙水流的现象、输沙特性、悬移质泥沙的调整模式以及泥石流与主河河床演变的关系。