

林秀芝 姜乃迁 梁志勇 岳德军 著

渭河下游 输沙用水量研究



黄河水利出版社

渭河下游输沙用水量研究

林秀芝 姜乃迁 梁志勇 岳德军 著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书介绍了渭河下游的基本情况、水沙特性以及河道冲淤与输沙情况,详细研究了渭河下游洪水的冲淤临界水沙条件,从两种不同的思路,分别讨论了渭河下游的汛期与非汛期各月份以及洪峰期的输沙用水量,探索了在“遏制、恢复、维持”不同阶段所需要的输沙用水量,提出了不同阶段所需要的水沙过程特征。

本书可供泥沙与河流动力学、水利、水文、地理、防洪减灾工程等专业的规划、设计、科研、管理人员以及高等院校师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

渭河下游输沙用水量研究/林秀芝等著. — 郑州:
黄河水利出版社, 2005. 12

ISBN 7 - 80734 - 013 - 4

I. 渭… II. 林… III. 渭河 - 下游河段 - 水力
输沙 - 用水量 - 研究 IV. TV882.841

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 146965 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: yrcp@public. zz. ha. cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787mm × 1 092mm 1/16

印张:10.75

字数:248 千字

印数:1—1 000

版次:2005 年 12 月第 1 版

印次:2005 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7 - 80734 - 013 - 4/TV·439

定价:26.00 元

前 言

渭河发源于甘肃省渭源县,流经甘肃、陕西两省,于陕西省潼关县注入黄河,是黄河流域最大的一条支流。渭河经宝鸡峡进入关中平原地带,关中平原土地肥沃,史称“八百里秦川”,历来为我国西部地区的富庶之地。目前,渭河下游地区城镇集中,工农业发达,旅游资源丰富,是陕西省政治、经济的中心区域,也是西部大开发的重要地区。

水资源短缺是渭河下游面临的主要矛盾之一。初步研究表明,渭河下游考虑工农业生产、人口增长、城市化水平和生活水平提高,渭河流域国民经济需水量 2010 年、2020 年、2030 年分别为 90.9 亿 m^3 、97.8 亿 m^3 和 106.4 亿 m^3 。但自 1985 年以来,受水土保持、水利工程蓄水、工农业用水量增加等方面的影响,进入渭河下游的水沙条件发生了巨大变化,来水量明显减少,年均来水量只有 46.56 亿 m^3 (1986~2001 年),需水缺口很大。由于渭河水量的锐减,渭河流域水资源供需矛盾日益突出,水污染日趋严重;由于渭河河床抬升,渭河下游不少城区附近在汛期污水倒灌,泛滥成灾,水质污染,土壤盐碱化,出现了一系列的环境问题,对国民经济、社会发展、生态环境等诸多方面都产生了很大影响。

水少沙多是渭河下游面临的主要矛盾之二。水量的减少使水少沙多的矛盾更加突出,再加上潼关高程的影响,使下游河道淤积严重,河槽萎缩,河道的过洪能力大大降低,由此造成渭河下游同流量的常水位和洪水位普遍抬高,渭河下游灾害加剧,河势进一步恶化,给渭河下游防洪带来一系列严重问题。2003 年洪水洪峰流量并不是很大,但是洪水位却是历史最高。华县站最大洪峰流量为 3 570 m^3/s ,接近 2 年一遇洪水,但华县站洪峰水位比历史最高洪水位“96·7”洪水 ($Q = 3\ 500\ \text{m}^3/\text{s}$) 的水位高 0.51 m,比 1981 年洪水 ($Q = 5\ 380\ \text{m}^3/\text{s}$) 的水位高 1.71 m,比“54·8”洪水 ($Q = 7\ 660\ \text{m}^3/\text{s}$) 的水位高 3.95 m。洪水给渭河下游造成严重灾害,受灾人口 56.25 万,迁移人口 29.22 万,受灾总面积 91 867 hm^2 ,成灾面积 81 560 hm^2 ,绝收面积 81 307 hm^2 ;倒塌房屋 18.72 万间;损坏水利设施 6 503 座、抽水站 17 座、桥涵 17 座、公路 158 条 558 km、输电线路 296 km,20 个乡(镇)卫生院被淹,造成危漏校舍 195 所,182 所学校 4.9 万名学生无法入学上课,直接经济损失达 29 亿元。

因此,对于渭河下游来讲,需要解决两方面的问题:一是国民经济缺水问题,二是水少沙多问题,或者说输沙用水问题。引江济渭入黄工程为彻底解决渭河下游的缺水和输沙用水问题提供了契机。本书主要研究输沙用水问题,即通过已有水沙资料研究不同淤积水平年下所需要的输沙用水量,利用外流域调水,通过调节水沙搭配及其过程,首先遏制主槽持续萎缩的局面,其次逐步恢复主槽的输水输沙能力,最后达到维持中水河槽的目标。

全书由 4 篇组成,第一篇从第一章到第三章,介绍了渭河下游的基本情况、水沙特性以及河道冲淤与输沙情况等;第二篇从第四章到第六章,详细研究了渭河下游洪水的冲淤

临界水沙条件;第三、四篇从第七章到第十三章,从两种不同的思路,分别讨论了渭河下游的汛期与非汛期各月份以及洪峰期的输沙用水量,探索了在“遏制、恢复、维持”不同阶段所需要的输沙用水量,提出了不同阶段所需要的水沙过程特征。

本书系合作研究成果,其中第一、二、三、七、八、九章由林秀芝、姜乃迁执笔,第四、五、六、十、十一、十二、十三章由梁志勇、岳德军执笔,全书由林秀芝负责统稿,有关研究工作的开展得到了黄河水利科学研究院泥沙研究所、中国水利水电科学研究院防洪减灾研究所的大力支持和鼎力相助,参加本书编写工作的还有伊晓燕、何晓燕等同志,谨此致谢。

本书部分内容为国家自然科学基金项目“侵蚀基准面变化对多沙河流环境演变的影响——以渭河为例”(No.50409003)的研究成果。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,限于作者水平、研究时间、研究资料等,本书在章节安排、内容取舍、资料分析、关系推导等方面可能会存在不少谬误,恳请各位领导、专家与同行批评指正。

作 者

2005年7月

目 录

第一篇 渭河下游基本情况

第一章 渭河下游基本情况	(3)
第一节 河道概况	(3)
第二节 水沙概况	(3)
第三节 多沙河流的水沙运动	(7)
第四节 冲淤概况	(9)
第二章 渭河下游水沙特性	(10)
第一节 水沙量变化	(10)
第二节 不同流量级水沙量变化	(17)
第三节 场次洪水变化	(21)
第三章 渭河下游河道冲淤及输沙特点	(25)
第一节 渭河下游冲淤特性	(25)
第二节 河槽萎缩及平滩流量变化分析	(31)
第三节 非漫滩洪水的输沙特点	(34)

第二篇 汛期冲淤临界水沙条件

第四章 研究概况	(45)
第一节 以往经验关系	(45)
第二节 半理论分析	(48)
第五章 洪水冲淤阈值的一般解	(53)
第一节 恒定流输沙方程的一般解	(53)
第二节 包含漫滩洪水在内的冲淤临界条件	(55)
第三节 考虑水沙条件的参数选择	(57)
第四节 考虑前期河床边界条件的参数选择	(59)
第六章 渭河下游洪水期冲淤阈值	(64)
第一节 渭河下游河道洪水期冲淤特性	(64)
第二节 冲淤临界流量的求解	(65)
第三节 冲淤阈值公式的论证与引申	(68)
第四节 冲淤特征与水沙特征的定量关系	(71)

第三篇 输沙用水量研究之一

第七章 汛期与非汛期渭河下游输沙用水量研究	(77)
-----------------------	------

第一节	年输沙水量分析	(77)
第二节	汛期输沙水量研究	(78)
第三节	非汛期 6 月份输沙水量分析	(84)
第八章	洪水期输沙水量分析	(89)
第一节	洪水期输沙用水量计算	(89)
第二节	洪水期输沙用水量合理性论证	(90)
第九章	遏制、恢复、维持的水沙条件	(92)
第一节	遏制渭河下游河道淤积的水沙条件分析	(92)
第二节	逐步恢复渭河下游河道中水河槽的水沙条件分析	(92)
第三节	维持渭河下游河道中水河槽的水沙条件	(93)
第四节	不同水平年渭河下游河道输沙用水量预估	(95)

第四篇 输沙用水量研究之二

第十章	输沙用水量分析	(103)
第一节	计算方法	(103)
第二节	汛期输沙用水量分析	(105)
第三节	输沙用水量的月份分布	(118)
第四节	典型年份输沙用水量分析	(120)
第五节	合理性验证	(124)
第六节	本章小结	(125)
第十一章	渭河下游洪峰冲刷用水量与水沙特征关系	(128)
第一节	概述	(128)
第二节	洪峰期冲淤临界水沙条件	(129)
第三节	洪峰期冲淤特征与水沙特征的关系	(133)
第四节	洪峰冲刷与“遏制、恢复、维持”的关系	(137)
第五节	合理性分析	(141)
第六节	本章小结	(144)
第十二章	“遏制、恢复、维持”阶段输沙用水量分析	(145)
第一节	指标初探	(145)
第二节	“遏制、恢复、维持”输沙用水量	(145)
第三节	本章小结	(156)
第十三章	合理水沙过程塑造措施	(157)
第一节	调水量及调水过程	(157)
第二节	创造高效输沙条件	(162)
参考文献		(164)

第一篇 渭河下游基本情况

第一章 渭河下游基本情况

第一节 河道概况

渭河下游是指咸阳至渭河口河段,全长 208 km,属冲积性河流。渭河在陕西省的潼关附近汇入黄河,流域面积 8.8 万 km²。渭河下游两岸支流众多,分布不均。北岸支流大而长,主要有泾河、石川河、北洛河等。其中泾河长 455 km,流域面积 4.5 万 km²,集水面积大,穿行于水土流失严重区,是渭河泥沙的主要来源区;北洛河长 680 km,流域面积 2.7 万 km²,在华县水文站以下约 37 km 处汇入渭河。南岸支流源于秦岭,坡陡流急,河道短直,集水面积小,河长多在 21 ~ 107 km,基本为清水,有沔、灃、沔、零、沔、赤水、遇仙、石堤、罗纹、苟峪、方山、葱峪、罗夫、柳叶、长涧、蒲峪河等 16 条支流,多为间歇性河流。

根据河道平面形态,渭河下游可分为三段。上段咸阳到泾河口 34 km,河宽 1 ~ 1.5 km,河床比降 5‰ ~ 8‰,属游荡分汊性河道,河道宽浅,沙滩较多,主流摆动不定,分汊系数 1.7 ~ 1.8,宽深比 $\sqrt{B}/H$ 大于 10,河床组成为粗、中沙夹零星小砾石,河漫滩多为细沙。中段泾河口至赤水河口(渭淤 14 断面)长 75 km,为从分汊到弯曲的过渡性河道,河宽 0.5 ~ 1 km,河床比降 2‰ ~ 5‰,弯曲系数 1.2,宽深比 $\sqrt{B}/H$ 在 5 ~ 10 之间,河道宽窄相间,河床物质组成自上而下逐渐变细,主要为砾卵石、粗沙、中沙、细沙,河漫滩主要由粉沙组成。下段赤水至渭河口长 99 km,属弯曲型河道,河床较为窄深,河槽宽度一般小于 500 m,洪水期漫滩宽度可达 6 km,河床比降 1‰ ~ 2‰,弯曲系数 1.6 ~ 1.7,宽深比 $\sqrt{B}/H$ 一般为 5 左右,河床物质主要为细沙、粉沙,河漫滩为粉沙、黏土。渭河下游具有上陡下缓(在渭淤 23 断面附近为明显的转折点)、上宽下窄的特点^[1]。图 1-1 为渭河下游河道平面示意图。

第二节 水沙概况

一、水沙异源

渭河是一条靠雨水补给的多沙河流。流量、沙量变化与降雨条件、下垫面情况密切相关。由于夏季暴雨集中,流域内侵蚀强烈,汛期流量、沙量急增。根据泾、渭河流域地貌和水土流失情况以及暴雨的特点,渭河下游的水沙来源可分为 5 个区(见图 1-2):渭河上游(宝鸡峡以上)分北道以上和北道至林家村两个区,渭河中游林家村至咸阳区,泾河流域(张家山以上)及渭河下游(咸阳、张家山至华县区间)。其中北道以上和张家山以上为两个主要产沙区,其产沙量占渭河华县总来沙量的 97% 以上(见图 1-3),其中渭河上游北道

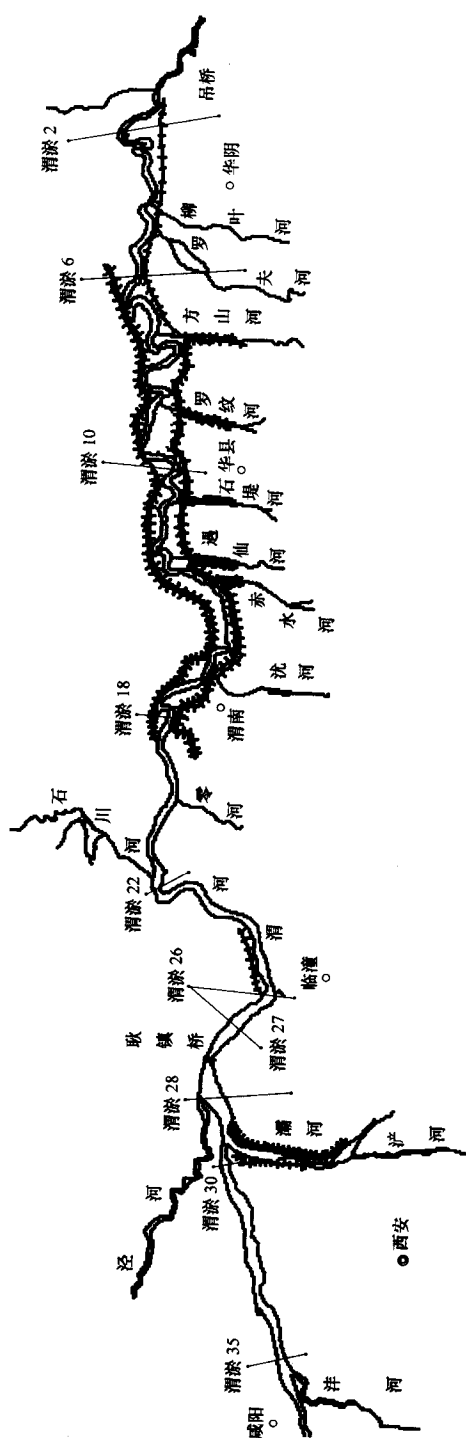


图 1-1 渭河下游河道平面示意图

以上 36%左右,泾河张家山以上占 61%左右。北道至林家村、林家村至咸阳、咸阳 + 张家山至华县为 3 个相对清水来源区。中游林家村至咸阳产水最多,为 31.7 亿 m^3 ,占华县总来水量的 34.9%;上游北道至林家村产水最少,为 10.6 亿 m^3 ,占华县总来水量的 11.7%;北道以上、张家山以上以及咸张华区间(咸阳、张家山至华县,下同)产水基本相似,分别占华县总来水量的 17.3%、17.8%和 18.4%。渭河下游水沙异源的特点是非常明显的。

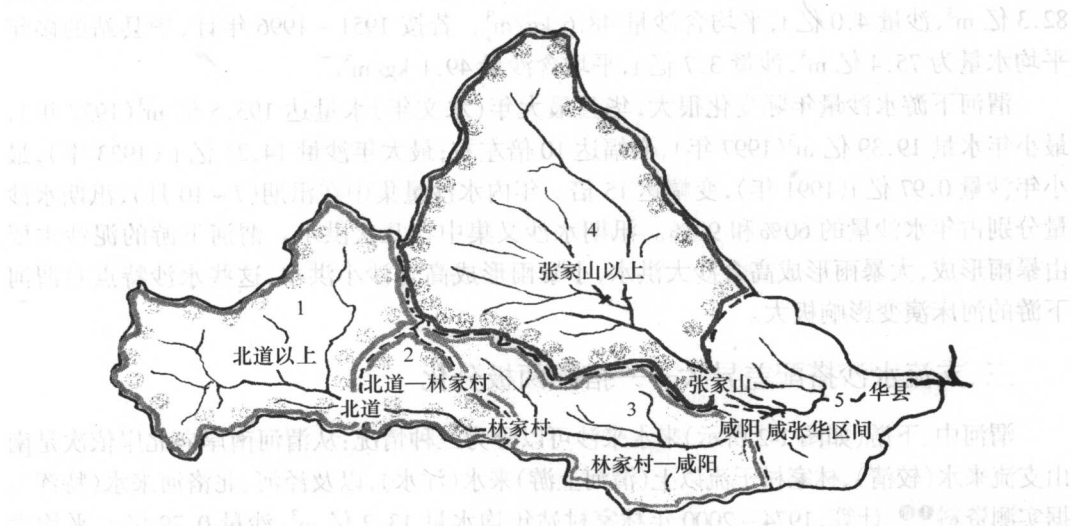


图 1-2 渭河流域水沙来源分区①

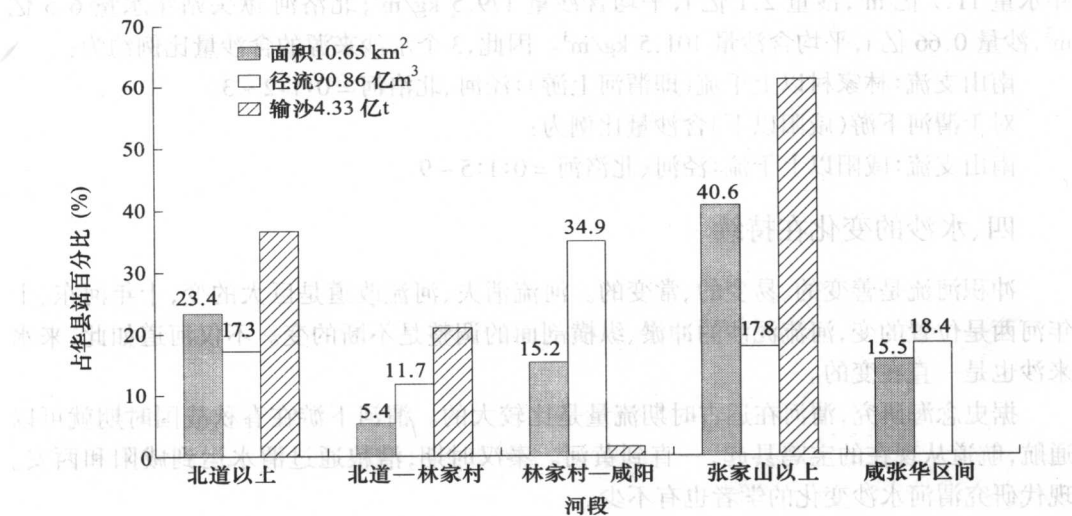


图 1-3 渭河各区段汇流面积、径流、输沙占华县百分比②
(1950 ~ 1969 年平均)

① ② 渭河水沙变化分析,黄河水利科学研究院,黄科技 ZX-2005-06-07,2005 年 1 月。

二、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,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 13.5 亿 t,平均含沙量 32.8 kg/m^3 。黄河水量不到长江的 1/20,而沙量却为长江的 3 倍。同期渭河华县站的多年平均水量为 82.3 亿 m^3 ,沙量 4.0 亿 t,平均含沙量 48.6 kg/m^3 。若按 1951~1996 年计,华县站的多年平均水量为 75.4 亿 m^3 ,沙量 3.7 亿 t,平均含沙量 49.1 kg/m^3 。

渭河下游水沙量年际变化很大,华县最大年(水文年)水量达 193.5 亿 m^3 (1937 年),最小年水量 19.39 亿 m^3 (1997 年),变幅达 10 倍左右;最大年沙量 14.21 亿 t(1933 年),最小年沙量 0.97 亿 t(1991 年),变幅达 15 倍。年内水沙量集中在汛期(7~10 月),汛期水沙量分别占年水沙量的 60% 和 90%。汛期水沙又集中在几次洪水。渭河下游的泥沙主要由暴雨形成,大暴雨形成高含沙大洪水,小暴雨形成高含沙小洪水,这些水沙特点对渭河下游的河床演变影响极大。

三、支流水沙搭配差异大——搭配两极分化

渭河中、下游(如图 1-2 所示)来水来沙可以分为三种情况:从渭河南岸向北岸依次是南山支带来水(较清)、林家村干流以上(渭河上游)来水(浑水),以及泾河、北洛河来水(特浑)。据实测资料^{①②} 计算,1974~2000 年林家村站年均水量 13.2 亿 m^3 ,沙量 0.79 亿 t,平均含沙量 60 kg/m^3 ;咸阳站水量 33.7 亿 m^3 ,沙量 0.74 亿 t,平均含沙量 22 kg/m^3 ;泾河张家山站年水量 11.7 亿 m^3 ,沙量 2.1 亿 t,平均含沙量 179.5 kg/m^3 ;北洛河湫头站年水量 6.5 亿 m^3 ,沙量 0.66 亿 t,平均含沙量 101.5 kg/m^3 。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)含沙量比例为:

南山支流:咸阳以上干流:泾河、北洛河 = 0:1:5~9

四、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,来水来沙也是一直在变的。

据史念海研究,渭河在远古时期流量是比较大的。渭河下游在春秋战国时期就可以通航,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学者也有不少。

渭河的水沙变化一直是人们所关注的。20 世纪 70 年代的研究^③ 已指出,渭河下游

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

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

③ 张胜利等,1978,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。

的水量有明显减少,沙量减少不多,认为降雨量减少、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。

这些研究成果当时似乎并未引起有关方面的足够重视,一直到 80 年代末期黄河水沙基金开始对此进行研究。黄河水沙基金研究成果表明,1970 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。造成变化的原因包括发展灌溉、修建水库、水土保持综合治理以及降水量的减少等。表 1-1 统计了 1919~2000 年不同时期林家村至华县区间水量的变化情况,从中可以看出,林家村至华县区间水量在 90 年代减少显著。

表 1-1 林家村至华县区间水量变化 (单位:亿 m³)

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

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

图 1-4 给出了渭河下游华县站自 1960 年以来的来水来沙变化情况。由图 1-4 可见,自 1986 年以来,来水呈趋势性地减少。

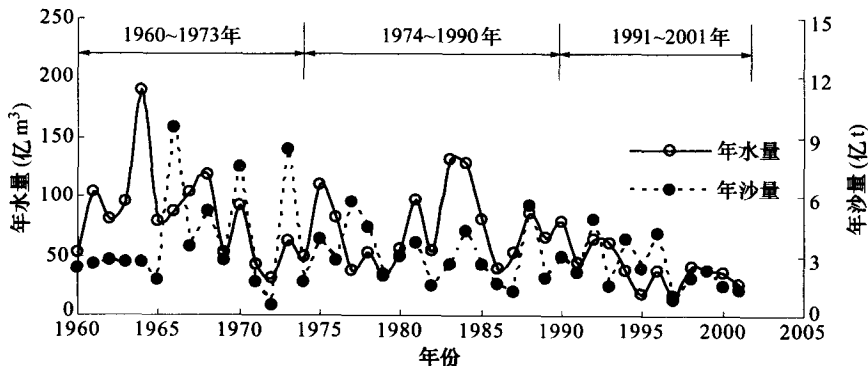


图 1-4 华县站来水来沙变化

第三节 多沙河流的水沙运动

黄土高原区以及渭南山区暴雨急骤,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 1-5 和图 1-6 所示。

对于不同来源的洪水,不仅所挟带泥沙的数量不同,泥沙的粗细也会有所不同。北岸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,挟带的泥沙颗粒较粗。

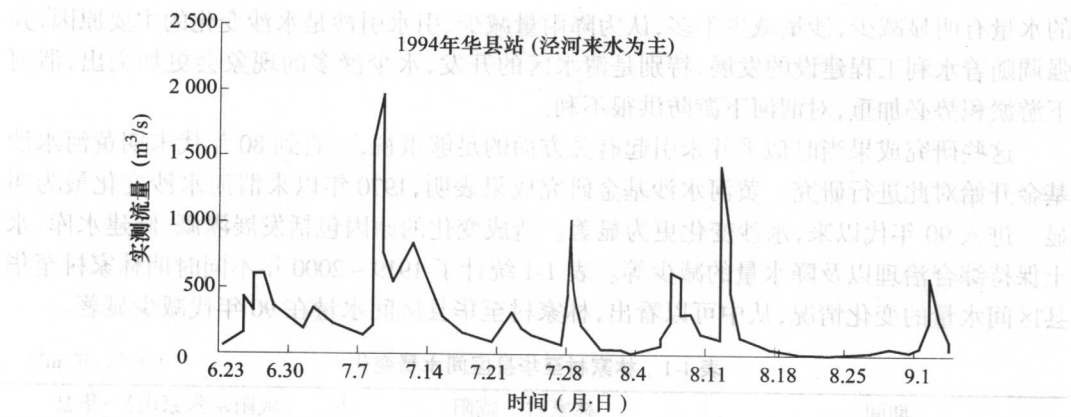


图 1-5 陡涨急落的洪水

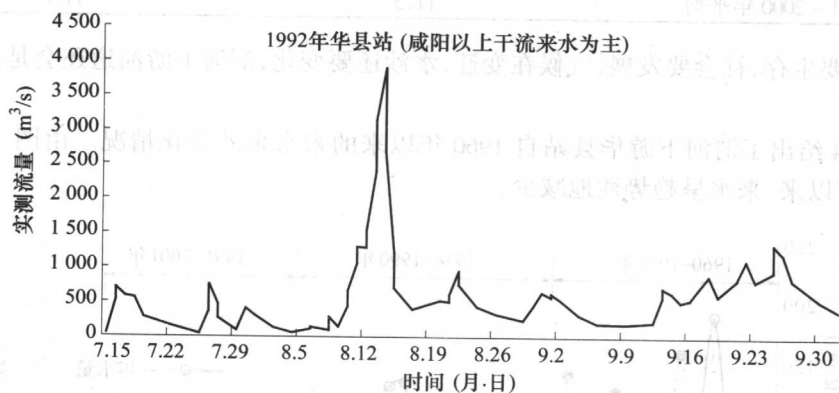


图 1-6 涨落较缓的洪水

来水来沙情况不同,导致到达渭河下游的水沙搭配关系也有所差异。图 1-7 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 Q/S 虽然都在 2

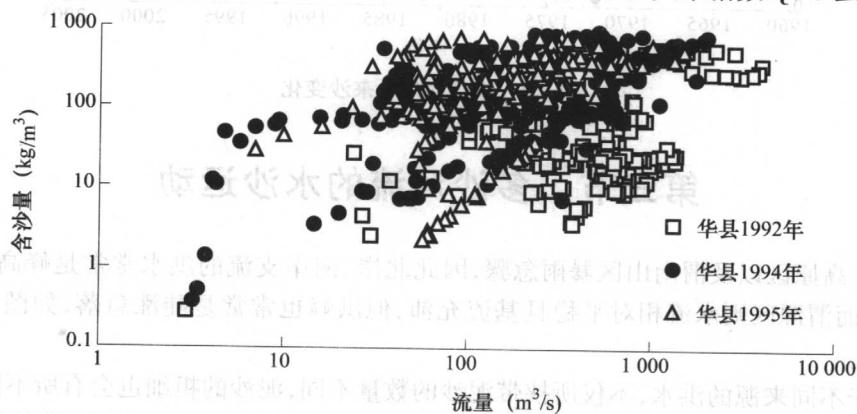


图 1-7 华县站含沙量与流量关系

左右,但是 1992 年咸阳以上洪水为主的输沙率小于同流量下泾河以上洪水为主的 1994 年和 1995 年,这与来沙粗细、多寡不同等有关。这里也可以看出泾河与渭河洪水水沙搭配的差异。

第四节 冲淤概况

三门峡水库建库后,渭河下游河床经历了巨大变化。对于建库前渭河下游河道是否为冲淤平衡,研究者们有不同的看法。有的认为三门峡水库蓄水前,渭河下游基本上为冲淤平衡河道,侵蚀基准面——潼关高程亦相对稳定(唐先海,2000);有的认为是微淤的;有的认为是淤积上升的^[7];还有的认为,三门峡水库建库以前,渭河下游泥沙淤积速率大约在每年 1 000 万 m^3 。三门峡水库建库前,有实测资料的 1935 ~ 1959 年华县 250 m^3/s 流量水位是上升的(见图 1-8),这也表明渭河下游是微淤的。

从三门峡水库投入运用到 2003 年,渭河下游共淤积泥沙 13.04 亿 m^3 ,其中 1960 ~ 1973 年淤积 10.07 亿 m^3 ,1974 ~ 1990 年淤积 0.37 亿 m^3 ,1991 ~ 2003 年淤积 2.60 亿 m^3 。

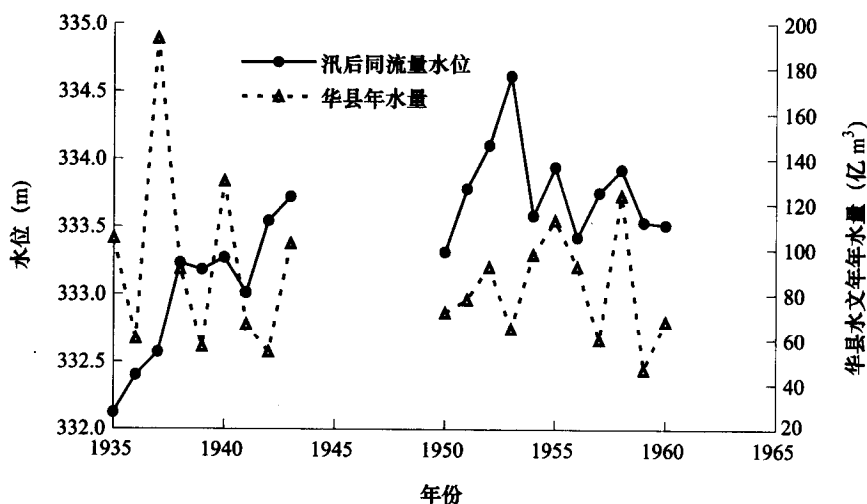


图 1-8 三门峡水库建库前渭河华县站年水量及常流量(250 m^3/s)水位历年变化

第二章 渭河下游水沙特性

第一节 水沙量变化

一、年、汛期水沙量变化

华县站长系列(1935~2002年)年(指运用年,即上年的11月1日至当年的10月31日,下同)均水量71.9亿 m^3 ,沙量3.7亿t,平均含沙量51.1 kg/m^3 。三门峡水库建库前(1935~1959年)华县年均水量82.9亿 m^3 ,沙量4.3亿t,与华县站长系列相比水量增加11.0亿 m^3 ,增加15.4%,沙量增加0.6亿t,增加16.5%,该时段属丰水丰沙系列。

三门峡水库运用以来至2002年,华县站年均水量66.9亿 m^3 ,沙量3.3亿t,含沙量49.5 kg/m^3 。根据三门峡水库不同运用方式和渭河下游来水来沙特性,又将该时期分为3个不同的时段,即三门峡水库蓄清排浑运用之前的1960~1973年,蓄清排浑运用之后的1974~1990年和1991~2002年两个时段。不同时段华县水文站水沙量变化情况见表2-1。1960~1973年华县年均水量85.2亿 m^3 ,沙量4.4亿t,与华县站长系列相比增水13.3亿 m^3 ,增加18.4%,增沙0.7亿t,增加18.9%,该时段属丰水丰沙系列;1974~1990年华县年均水量72.5亿 m^3 ,沙量3.0亿t,与长系列相比增水0.6亿 m^3 ,增加0.9%,减沙0.7亿t,减少18.9%,该时段水量为平水、沙量偏枯;1991~2002年华县年均水量37.7亿 m^3 ,沙量2.5亿t,与长系列相比减水34.2亿 m^3 ,减少47.6%,减沙1.2亿t,减少32.5%,该时段属枯水枯沙系列(见表2-2)。

表 2-1 渭河华县站水沙量变化情况

时 段	汛期平均			运用年平均		
	水量 (亿 m^3)	沙量 (亿t)	含沙量 (kg/m^3)	水量 (亿 m^3)	沙量 (亿t)	含沙量 (kg/m^3)
1935~1959年	57.7	3.9	67.6	82.9	4.3	52.0
1960~1973年	47.9	4.0	82.7	85.2	4.4	51.7
1974~1990年	47.2	2.7	57.4	72.5	3.0	41.3
1991~2002年	20.5	2.1	102.8	37.7	2.5	66.1
1935~2002年	46.5	3.3	70.9	71.9	3.7	51.1
1960~2002年	40.0	2.9	73.7	66.9	3.3	49.5
1991~2002年与 1974~1990年差	-26.7	-0.6	45.4	-34.8	-0.5	24.8