

2002 HUANGHE
HEQING ZIXUN
BAOGAO

2002

黄河河情咨询报告

黄河水利科学研究院



黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

2002 黄河河情咨询报告 / 黄河水利科学研究院编著.
郑州: 黄河水利出版社, 2004.5
ISBN 7-80621-774-6

I. 2… II. 黄… III. 黄河-含沙水流-变化-2002-研究
报告 IV. TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 017144 号

策划编辑: 王路平  0371-6022212  13623813888

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

发行部电话及传真: 0371-6022620

E-mail: yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位: 黄河水利委员会印刷厂

开本: 787 mm × 1 092 mm 1 / 16

印张: 21.75

字数: 500 千字

印数: 1—1 500

版次: 2004 年 5 月第 1 版

印次: 2004 年 5 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-80621-774-6 / TV · 352

定价: 50.00 元

《2002 黄河河情咨询报告》编委会

主任委员：时明立

副主任委员：高 航

委 员：康望周 姜乃迁 江恩惠 姚文艺
潘 恕 张俊华 李 勇 史学建

《2002 黄河河情咨询报告》编写组

主 编：时明立

副 主 编：姚文艺 李 勇

编写人员：李 勇 姚文艺 时明立 曲少军
侯素珍 张晓华 张俊华 韩巧兰
梁国亭 苏运启 李书霞 陈江南
尚红霞 陈书奎 李小平 王严平
张启卫 孙赞盈 马怀宝 张胜利
戴明英

技术顾问：潘贤娣 钱意颖 赵业安 赵文林

2002 黄河河情咨询报告专题设置一览表

序号	专题名称	负责人	主要完成人			
1	黄河干流水沙特性	张晓华 陈江南	张晓华 尚红霞 孙赞盈	陈江南 戴明英 赵业安	王卫红 陈永奇 李小平	张胜利 胡玉荣 曾茂林
2	三门峡水库库区冲淤特性及潼关高程变化	侯素珍 张翠萍	侯素珍 王普庆	林秀芝	梁国亭	张翠萍
3	小浪底水库运用及库区水沙运动特性分析	李书霞 张俊华 陈书奎	李书霞 胡跃斌 刘海凌	张俊华 田水利	陈书奎 王 岩	马怀宝 王严平
4	黄河下游河床演变及2003 年防洪形势分析	李 勇 曲少军 苏运启	曲少军 孙赞盈 赵咸榕 王卫红	苏运启 李 勇 韩巧兰 王开荣	尚红霞 袁东良 王严平 茹玉英	李小平 王德芳 张晓华 汪大鹏
5	黄河泥沙数学模型的应用和检验	张启卫 韩巧兰	韩巧兰	张启卫	梁国亭	王严平
6	基础资料处理及河床演变数据库	尚红霞 孙赞盈 李小平 林秀芝				

前 言

为提高治黄科技含量、促进治黄科技发展、培养治黄科技人才,黄河水利委员会(以下简称黄委)决定自 2003 年启动黄河河情的咨询和跟踪研究工作,要求黄河水利科学研究院每年 4 月底提出上一年度的河情咨询报告,并对黄河出现的新情况、新问题进行跟踪调研,及时提交跟踪研究报告。因此,“黄河河情咨询报告”是根据黄河治理开发与管理的迫切需求,对黄河出现的重大问题及存在的具有战略性、前瞻性和基础性的科学问题进行咨询研究。同时,对国内外关于黄河问题研究的新成果及进展趋势进行综述,从而提出对黄河规律的新认识,从政策、技术等不同层面上提出黄河治理开发与管理的建议。也可以说,“黄河河情咨询报告”是聚焦黄河、面向公众、面向决策的年度咨询报告。

2002 年是治黄史上值得纪念的一年。2002 年 7 月 4~15 日实施了黄河首次调水调沙试验。调水调沙期间,小浪底水库出库水量 26.06 亿 m^3 ,出库沙量 0.32 亿 t,平均含沙量 $12.3 \text{ kg} / \text{m}^3$,伊洛河和沁河同期来水 0.55 亿 m^3 ,花园口站最大流量和最大含沙量分别为 $3170 \text{ m}^3 / \text{s}$ 和 $44.6 \text{ kg} / \text{m}^3$ 。2002 年调水调沙试验取得了黄河下游全河段冲刷的显著效果,白鹤—汉 2 河段共冲刷 0.362 亿 t,其中高村以上河段冲刷 0.191 亿 t,山东窄河段亦发生全程冲刷。由此,使得河槽过流断面及平滩流量都有不同程度的增加。与此同时,还取得了 520 多万组的海量测验数据。

潼关高程作为判断渭河入黄口基准面高低的重要参数,自三门峡水库运用以来,一直为世人所关注,也一直是牵涉到三门峡水库运用方式甚至三门峡水库废存的争论焦点。在三门峡水库拦沙运用期的 1962 年 3 月,潼关高程曾达到 328.07 m,较建库前抬升了 4.67 m。自 1986 年以后,因人类活动作用增强及气候等多种因素影响,潼关高程居高不下。2002 年 6 月 22~26 日升至 329.14 m,达到历史最高值。研究潼关高程出现新高的原因,提出治理对策,已是非常迫切。

近年来,水土保持治理工作得到较快发展,诸如水土保持世界银行贷款项目等多级别、多形式的治理项目不断得到实施,流域治理度及治理标准均有明显提高。但是,关于水土保持措施对暴雨洪水的控制作用仍有不同的看法和认识。事实上,尽管一些流域治理度相近,但流域的治理效果却存在着很大差别。结合清涧河流域 2002 年 7 月暴雨洪水调研,对水土保持治理措施控制洪水的作用进行深入研究,有很大的现实意义,也是黄土高原水土流失治理实践的迫切需求,研究解决这一问题必将对进一步提高黄土高原治理的科技水平起着极大的作用。

自 1986 年以来,黄河下游河道发生持续萎缩,河槽过流断面不断减小,排洪输沙能力大大降低,如平滩流量已不及 1986 年前多年平均值的一半,“小水高水位大漫滩”已成为近年来黄河下游水沙灾害的突出特征,防洪压力越来越大。因而,对黄河下游河道的防洪形势进行预测就显得非常必要。

《2002 黄河河情咨询报告》的内容主要包括:

(1)清涧河流域暴雨洪水分析,研究水利水保措施对暴雨洪水的控制作用。

(2)潼关高程出现历史新高的原因。

(3)2002年调水调沙试验对下游河道冲淤影响的敏感性分析,提出2003年调水调沙试验下泄水沙条件的建议。

(4)对2003年黄河下游的防洪形势进行评估。

《2002黄河河情咨询报告》共分为三部分,第一部分为综合咨询研究报告,第二部分为专题研究报告,第三部分为跟踪研究报告。综合咨询研究报告分为六章,分别为黄河流域降雨和水沙特点、清涧河流域“2002·7”暴雨调查分析、三门峡水库库区冲淤特性及潼关高程变化、小浪底水库运用及库区冲淤特性、黄河下游河床演变及2003年防洪形势预测,以及认识和建议。报告的重点是弄清2002年黄河的新情况,分析其发生的原因,提出治理的建议和对策。

通过咨询研究,得到的认识主要有:

(1)黄河高效造床输沙流量枯竭和黄河干、支流河道萎缩已严重危及黄河的基本功能。

(2)水利水保措施的减水减沙效果具有较强的时效性和阶段性。一些流域的坝库蓄水拦沙作用降低,淤地坝水毁增沙现象严重。黄河中游产生高含沙量大洪水的可能性依然存在。

(3)2002年6月下旬潼关高程出现329.14 m历史新高是不利的前期河床边界条件与不利的水沙过程相遇的共同结果。桃汛洪水对于降低潼关高程具有较大的作用。

(4)自1999年10月至2002年10月,小浪底水库共淤积泥沙8.74亿 m^3 ,年均近3亿 m^3 。小浪底库区淤积主要发生在干流,且多在215 m高程以下。

(5)以异重流方式通过小浪底水库进入下游河道的泥沙组成很细,大多属于冲泻质,在下游主槽输移过程中基本不淤。

(6)保证黄河下游每年出现一次漫滩小洪水对于塑造河槽是有一定作用的。

(7)2003年汛期夹河滩—艾山河段的防洪形势将依然十分严峻。预计2003年汛初夹河滩—艾山河段的平滩流量不会超过3 000 m^3/s 。

2002年黄河河情咨询工作得到了黄委国科局的关心和指导,专门组织专家对咨询工作大纲进行审查,并提出了工作要求。黄委规划计划局、财务局及总工程师办公室等部门也给予了很大支持,特此表示感谢。黄河水利科学研究院对黄河河情咨询工作高度重视,成立了由院长任第一负责人的项目组,并以青年技术骨干为主组成了技术力量较强的项目组。同时,聘请对黄河基本情况熟悉、学术水平高的老专家作为项目工作指导专家。

我们相信,随着工作的不断深入,黄河河情咨询工作将为黄河治理开发与管理发挥出越来越大的科技参谋作用。

黄河水利科学研究院
黄河河情咨询报告项目组

2003年5月

目 录

前 言

第一部分 综合咨询研究报告

第一章	黄河流域降雨和水沙特点	(3)
第二章	清涧河流域“2002·7”暴雨调查分析	(15)
第三章	三门峡水库库区冲淤特性及潼关高程变化	(20)
第四章	小浪底水库运用及库区冲淤特性	(33)
第五章	黄河下游河床演变及 2003 年防洪形势预测	(53)
第六章	认识和建议	(80)

第二部分 专题研究报告

第一专题	黄河干流水沙特性	(87)
第一章	流域雨情	(87)
第二章	流域水沙特点	(89)
第三章	流域洪水特点及水库的调节	(104)
第四章	水库运用及对干流水沙的影响	(113)
第五章	干流引水及其影响	(119)
第六章	流域中下游水沙资源配置特点	(122)
第七章	认识和建议	(127)
第二专题	清涧河“2002·7”暴雨水沙调查研究	(129)
第一章	流域及水沙概况	(130)
第二章	“2002·7”暴雨水沙特点及原因分析	(137)
第三章	认识和建议	(144)
第三专题	2002 年三门峡水库库区冲淤特性及潼关高程变化	(147)
第一章	2002 年基本情况	(148)
第二章	库区冲淤演变特点	(157)
第三章	潼关高程变化分析	(162)
第四章	2002 年清淤效果	(173)
第五章	认识和建议	(175)
第四专题	2002 年小浪底水库运用及库区水沙运动特性分析	(176)
第一章	概 述	(177)
第二章	水沙条件	(179)
第三章	水库调度	(185)
第四章	库区水沙运动特性	(189)

第五章	库区冲淤特性及库容变化	(212)
第六章	三门峡水库调度对小浪底水库的影响	(224)
第七章	认识和建议	(226)
第五专题	2002 年黄河下游河床演变及 2003 年防洪形势分析	(229)
第一章	汛期雨情概述	(230)
第二章	下游河道来水来沙及引水引沙情况	(231)
第三章	汛期洪水及小浪底水库的调节	(238)
第四章	调水调沙期下游河道水沙演进过程分析	(242)
第五章	下游河道冲淤变化的计算与分析	(253)
第六章	夹河滩至孙口河段洪水水位偏高原因探讨	(260)
第七章	断面形态及河势变化分析	(266)
第八章	2002 年小浪底水库运用对下游河道减淤效果计算与分析	(271)
第九章	2003 年黄河下游防洪形势预测	(274)
第十章	结论与认识	(283)
第六专题	2002 年黄河泥沙数学模型的应用和检验	(285)
第一章	三门峡水库泥沙数学模型方案计算结果及分析	(286)
第二章	黄河下游河道泥沙冲淤数学模型的应用	(291)
第三章	2003 年下游河道防洪形势预测	(302)
第四章	结论与认识	(309)

第三部分 跟踪研究报告

第一章	艾山以下河段主槽严重萎缩及 2002 ~ 2003 年防凌形势严峻性	(313)
第二章	充分利用桃汛洪水冲刷降低潼关高程的建议	(327)
第三章	渭河下游 2003 年防洪形势初步分析	(330)
第四章	2003 年夹河滩—艾山河段防洪形势依然严峻	(333)

第一部分 综合咨询研究报告

第一章 黄河流域降雨和水沙特点

一、雨情概况

2002 年汛期黄河流域降雨普遍偏少，与历年同期相比，各区间普遍偏少 20%~65%。其中，兰州以上主要少沙来源区偏少达 42%，对当年流域来水量产生了较大的影响；兰托(兰州—托克托，下同)区间、渭河咸阳以上也偏少 40%以上。一些支流偏少的程度也较大，如金堤河和大汶河偏少分别达 55%和 63%(见图 1-1、表 1-1)。但是，局部地区的降雨较历史同期显著偏丰，如晋陕区间的清涧河流域 7 月份出现强降雨过程，子长站雨量达 321 mm，为 2002 年黄河流域的最大雨量。

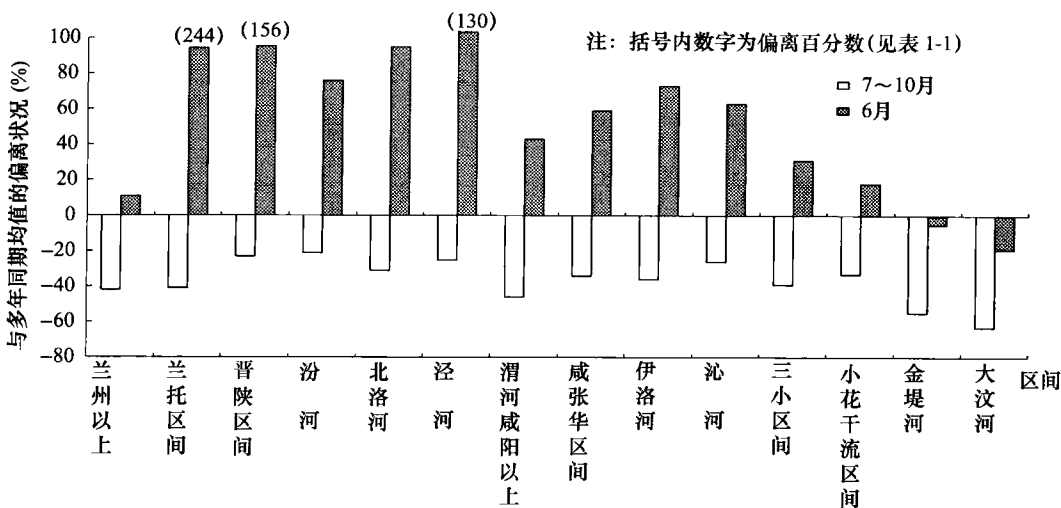


图 1-1 2002 年黄河流域区间降雨与多年平均值的偏离情况

注：威张华指咸阳、张家山、华县，三小指三门峡—小浪底，小花指小浪底—花园口，下同

2002 年降雨的另一个突出特点是，除金堤河和大汶河外，各区间 6 月份降雨普遍较历史同期偏多。其中，晋陕区间和泾河偏多 1 倍以上，兰托区间偏多达 244%。

6 月份渭河流域降雨也较多，形成了渭河华县水文站 3 次洪峰流量 520~1 200 m³/s、潼关洪峰流量 1 430~2 180 m³/s 的小洪水过程。

相反，多数区间在 10 月的降雨却与汛期的相差较大，尤其是上游地区 10 月降雨稀少。

二、流域水沙过程变化特点

从黄河主要控制站历年水沙变化过程(见图 1-2)可以看出，自 1997 年以来，除 1999 年唐乃亥水沙量大于长系列均值外，其他年份各站的水沙量都小于长系列均值，而且距差都较大。这表明 1997~2002 年黄河流域的水沙过程是一个连续的水量特枯、沙量偏少的系列。

表 1-1 黄河流域 2002 年降雨统计

区域	6月		7月		8月		9月		10月		7~10月		
	降雨 (mm)	距平 (%)	降雨 (mm)	距平 (%)	降雨 (mm)	距平 (%)	降雨 (mm)	距平 (%)	降雨 (mm)	距平 (%)	降雨 (mm)	距平 (%)	最大雨量 (mm)
兰州以上	78.4	11	52.8	-42	44.3	-50	57.6	-16	10.0	-71	164.7	-42	121
兰托区间	93.3	244	30.4	-46	29.4	-55	36.6	16	2.3	-83	98.7	-41	87
晋陕区间	132.2	156	76.6	-24	46.1	-55	76.7	31	22.9	-17	222.3	-23	321
汾河	106.3	76	52.8	-53	53.9	-49	91.5	40	42.5	19	240.7	-21	150
北洛河	114.7	95	61.0	-45	59.2	-46	80.1	3	32.0	-16	232.3	-31	121
泾河	131.6	130	53.2	-50	81.6	-21	70.9	-4	36.2	-11	241.9	-25	169
渭河咸阳以上	102.3	43	35.5	-69	59.8	-41	67.9	-34	38.0	-32	201.2	-46	116
咸张华区间	102.7	59	39.0	-62	77.9	-19	78.1	-17	36.1	-37	231.1	-34	137
伊洛河	126.8	73	78.0	-47	66.0	-44	79.2	-6	36.6	-34	259.8	-36	207
沁河	114.4	63	85.9	-42	61.6	-49	102.8	48	31.7	-21	282.0	-26	172
三小区间	83.3	31	64.7	-56	57.0	-49	77.5	-1	36.7	-26	235.9	-39	125
小花干流区间	71.4	18	70.6	-51	79.2	-25	72.3	-1	24.5	-46	246.6	-33	162
金堤河	62.0	-5	73.0	-52	40.6	-68	45.4	-27	10.0	-72	169.0	-55	141
大汶河	69.3	-19	69.3	-67	54.4	-64	31.9	-50	17.3	-50	172.9	-63	124

注：历年均值统计至 2000 年。

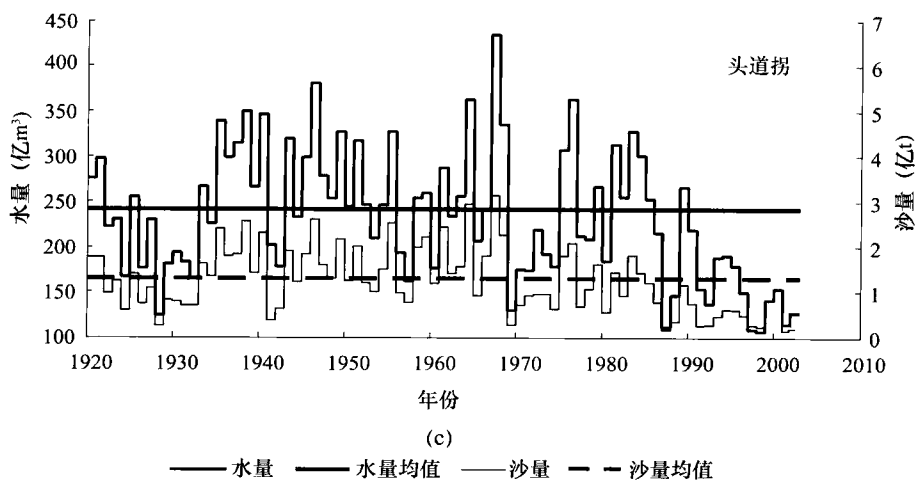
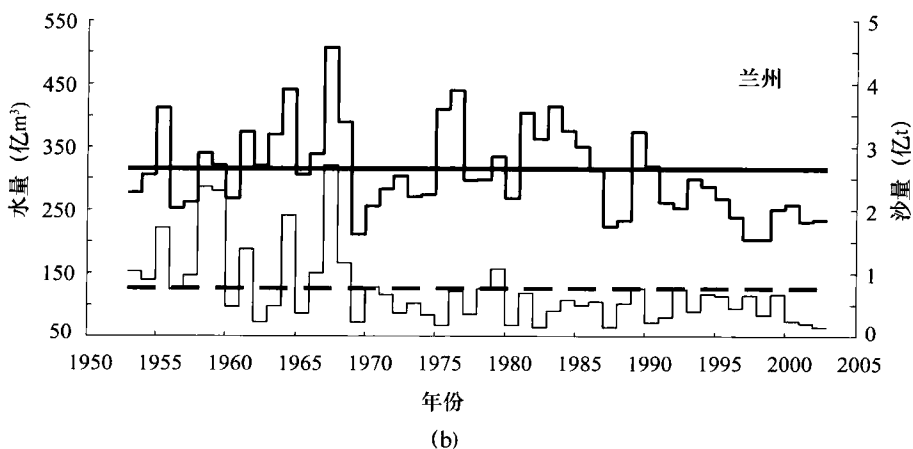
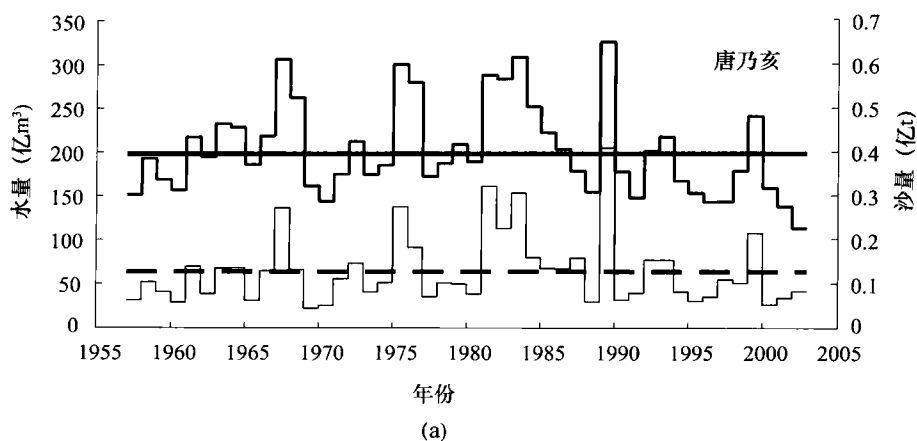
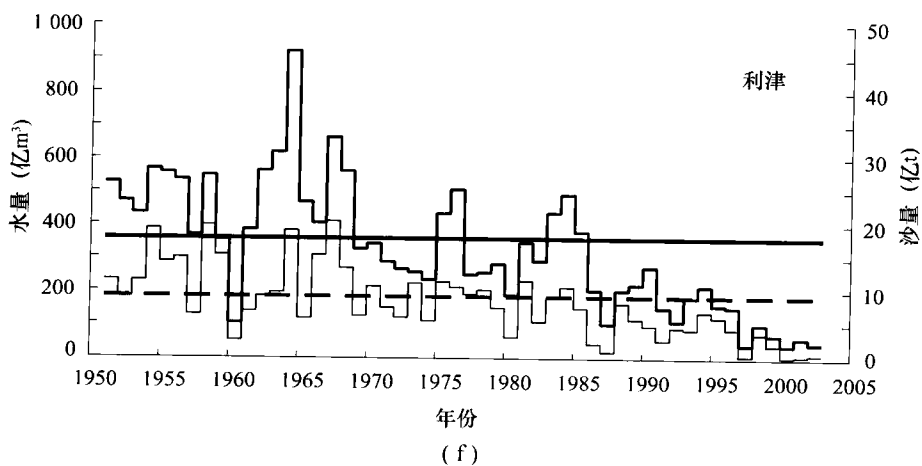
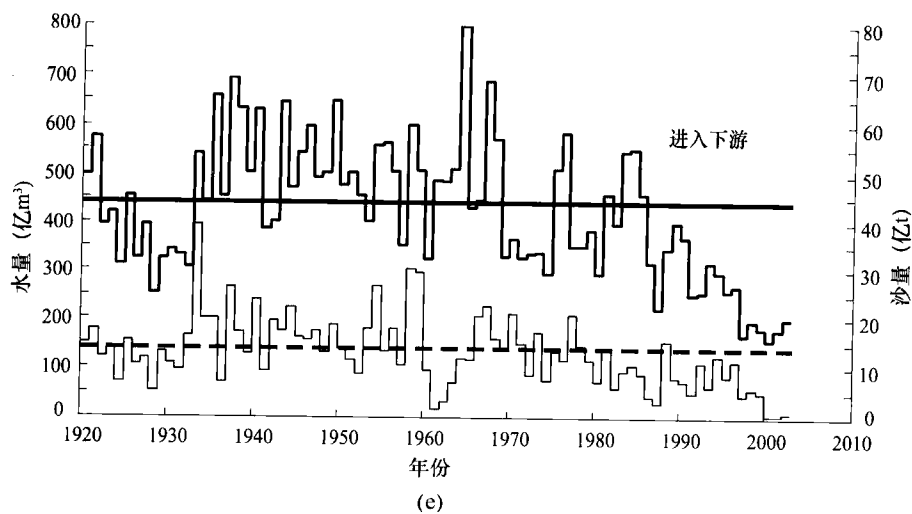
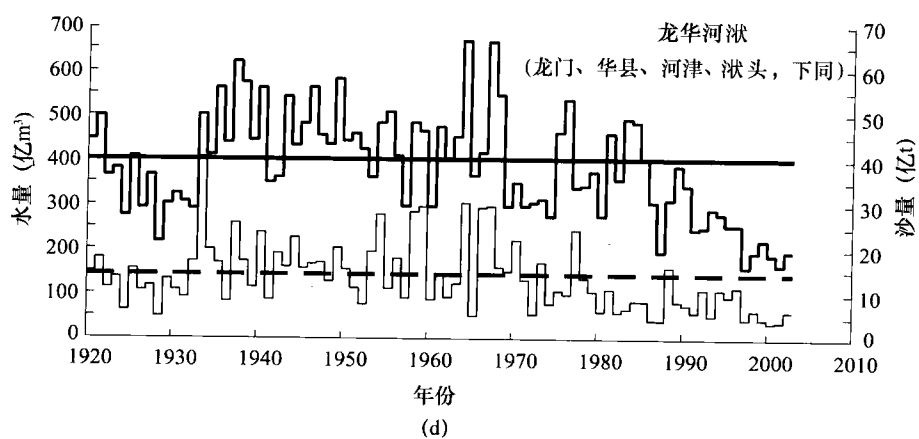


图 1-2 黄河干流主要控制站历年水沙量过程



续图 1-2

(一)干流各河段枯水少沙，水量减少幅度沿程增大

2002 年干流各控制水文站水沙量基本保持在 1997~2001 年的枯水少沙的水平上。与长系列均值(统计至 1996 年)相比，水量的减少幅度一般在 40%以上，其中，上游唐乃亥水文站年水量只有 112.5 亿 m^3 ，比长系列均值 197.9 亿 m^3 减少 43%，为 1957 年以来的最小水量。

由于沿程用水的增加，干流水量沿程减少的幅度显著增大(见图 1-3)，到黄河下游出口站(利津)年水量仅为 44.4 亿 m^3 ，比长系列均值减少 88%(详见表 1-2)，为 1950 年以来水量第三小的年份。支流伊洛河黑石关和汾河河津也分别偏少 88%和 85%。

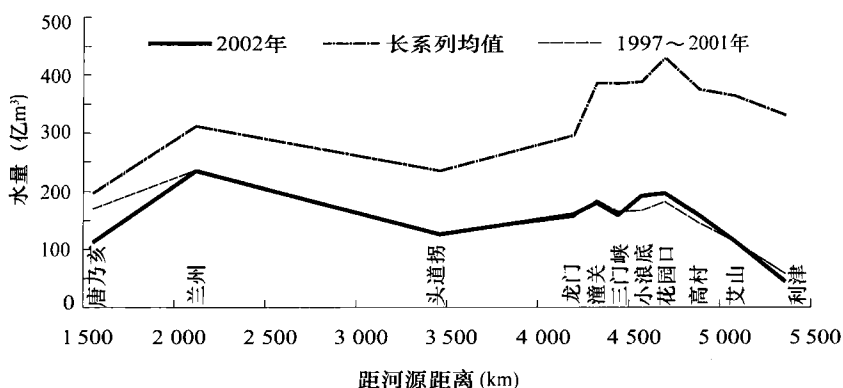


图 1-3 黄河干流水量沿程变化

由于主要产沙区强降雨过程较少，所以流域来沙量也明显偏少。中游来沙控制站龙华河湫年沙量仅 6.197 亿 t，较长系列偏少 57%。下游受小浪底水库拦沙的影响，年来沙量仅 0.709 亿 t。下游各站在沿程冲刷过程中沙量有所恢复，花园口、高村、艾山沙量超过 1 亿 t，利津输出沙量为 0.546 亿 t，比长系列减少 94%。

(二)汛期水量减少幅度大，水沙年内搭配更不合理

2002 年黄河流域水量减少的时段相对集中于汛期。其中，唐乃亥、兰州、头道拐、龙华河湫和小黑武汛期减幅分别达到 56%、48%、76%、72%和 65%，而非汛期减幅分别是 23%、-3%、7%、23%和 39%(见表 1-2)。

2002 年沙量的年内分配与近年来的变化趋势基本一致，汛期沙量占全年的比例明显增大。小浪底水库运用使得 2002 年汛期进入下游的沙量占全年的 98%。由于 6 月份降雨较多，中游控制站龙华河湫非汛期的沙量为 1.935 亿 t，较长系列增加 23%，而汛期沙量减幅达 67%，使得汛期沙量仅占全年的 69%，小于 1997~2001 年系列均值的 80%和长系列均值的 89%。

从年内各月水量分配看，2002 年的情况与 1997 年以来的基本一致，即趋于均匀(见图 1-4)。

(三)小流量出现概率进一步增加，水流含沙量不断增高

1996 年以前，潼关以下河段 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上流量级的洪水持续时间年均一般在 25~30 d，占汛期的 20%多，相应水沙量在 80 亿~120 亿 m^3 和 5.5 亿~4.4 亿 t，分别占汛期总量的 40%~50%和 50%~60%；而 2002 年 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上的流量过程仅在下stream花园口(由于小浪底水库调水调沙试验泄放洪水)出现了 1 d，相应水沙量分别为 2.6 亿 m^3 和 0.056 亿 t，分别占汛期的 3%和 6%；其他各站日均流量都在 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下。2002 年

表 1-2 黄河流域 2002 年主要控制站水沙量

项目	站名	非汛期	7月	8月	9月	10月	汛期	年	汛期占 年比例(%)	距长系列均值(%)					
										非汛期	7月	8月	9月	10月	汛期
水量 (亿 m ³)	唐乃亥	60.4	21.3	11.9	9.9	9.0	52.1	112.5	46	-23	-36	-60	-68	-65	-56
	兰州	142.5	24.2	19.6	19.4	29.4	92.7	235.2	39	3	-49	-58	-57	-22	-48
	头道拐	93.0	4.5	7.4	11.2	10.4	33.4	126.4	26	-7	-85	-81	-71	-68	-76
	龙门	108.5	14.3	10.7	14.5	12.7	52.2	160.6	33	-17	-63	-79	-69	-68	-70
	龙华河湫	128.9	18.5	15.4	17.6	14.8	66.3	195.2	34	-23	-65	-77	-72	-71	-72
	潼关	123.0	16.2	13.2	15.3	13.2	58.0	180.9	32	-26	-68	-80	-75	-75	-51
	小浪底	107.4	39.7	16.7	12.5	16.2	85.0	192.4	44	-36	-22	-75	-80	-69	-63
	小黑武	112.4	40.9	17.4	13.8	17.0	89.1	201.5	44	-39	-28	-77	-80	-70	-65
	花园口	106.4	41.1	18.2	14.2	17.2	90.7	197.2	46	-42	-28	-76	-80	-71	-65
	艾山	58.0	31.7	8.5	7.0	10.1	57.1	115.1	50	-63	-29	-88	-89	-82	-70
沙量 (亿 t)	利津	15.1	24.9	1.6	1.4	1.3	29.3	44.4	66	-89	-39	-98	-98	-98	-87
	唐乃亥	0.023	0.051	0.007	0.003	0	0.060	0.083	73	-35	27	-71	-85	-100	-34
	兰州	0.097	0.019	0.035	0.006	0	0.060	0.157	38	-17	-91	-88	-95	-100	-79
	头道拐	0.186	0.003	0.028	0.029	0.019	0.079	0.265	30	-27	-99	-91	-90	-90	-79
	龙门	1.068	1.578	0.502	0.221	0.056	2.357	3.426	69	-6	-39	-87	-81	-90	-71
	龙华河湫	1.935	2.290	1.652	0.258	0.062	4.262	6.197	69	23	-47	-72	-87	-91	-67
	潼关	1.934	1.383	1.262	0.316	0.158	3.119	5.053	62	-14	-57	-75	-86	-84	-73
	小浪底	0.015	0.329	0.023	0.341	0.001	0.694	0.709	98	-99	-90	-100	-85	-100	-95
	小黑武	0.015	0.329	0.023	0.341	0.001	0.694	0.709	98	-99	-90	-100	-85	-100	-95
	花园口	0.275	0.414	0.046	0.398	0.041	0.899	1.174	77	-86	-83	-99	-83	-96	-91
	艾山	0.303	0.485	0.037	0.138	0.070	0.730	1.033	71	-83	-67	-99	-94	-94	-89
	利津	0.024	0.511	0.001	0.009	0.002	0.523	0.546	96	-98	-63	-100	-100	-100	-94

注：小黑武指小浪底、黑石关、武陟，下同。

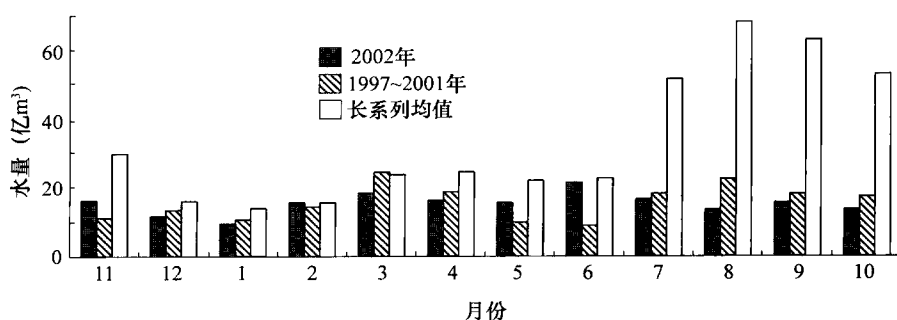


图 1-4 潼关站水量年内分配

汛期 $1\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以下的小流量级历时明显增长，如潼关以下河段都在 110 d 左右，占到汛期总天数的 89%； $500\text{ m}^3/\text{s}$ 以下的小流量甚至已经成为汛期的主要流量级，特别是下游艾山、利津两水文站分别达 100 d 和 109 d，占到汛期的 81% 和 89%。而在 1996 年以前， $1\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以下的小流量历时年均一般为 25~35 d，占汛期的 20%~30%，相应水沙量分别为 13 亿~15 亿 m^3 和 0.2 亿~0.4 亿 t，分别占汛期的 6% 和 3% (见表 1-3)。

对汛期不同流量级含沙量的变化分析表明，汛期不同流量级的含沙量都有增大的趋势。如潼关水文站， $1\,000\sim3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上流量级水流的含沙量在 1950~1996 年平均为 $40.5\text{ kg}/\text{m}^3$ 和 $62.6\text{ kg}/\text{m}^3$ ，而 1997~2001 年则增加到 $69.5\text{ kg}/\text{m}^3$ 和 $272.6\text{ kg}/\text{m}^3$ ，2002 年 $1\,000\sim3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量级的含沙量高达 $133.1\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

从年内洪水发生情况看，2002 年洪水不仅出现概率小，而且峰低量小、含沙量高，过程相对平缓。如 2002 年 3 月 13~22 日，潼关桃汛洪水最大洪峰流量为 $1\,340\text{ m}^3/\text{s}$ ，水量、沙量分别为 7.9 亿 m^3 和 0.083 亿 t，分别比 1986~2001 年最大洪峰流量及水量、沙量均值偏少 55%、43% 和 65%，是三门峡水库建库以来峰值最低、洪量最小的一次桃峰 (见表 1-4)。

(四) 干支流水库对洪水调节作用更强

自 1986 年以来，黄河干支流水库对于洪水调节作用不断增强，使得黄河干支流洪水特别是中等以下洪水发生频次和相应洪量逐年降低。2002 年流域暴雨较少，仅 6 月份的中游小洪水相对较多，但都被小浪底水库或三门峡水库拦蓄在库区内，下游没有出现洪水过程。3 月份的桃汛洪峰也被三门峡水库拦蓄在库内。2002 年全年只有 7 月上旬中游发生的一场洪水，在小浪底水库调水调沙试验期间被排放到下游，形成了今年汛期惟一进入下游的洪水过程。另外，2002 年 3 月，为满足下游灌溉用水的要求，小浪底水库泄放了一次流量为 $1\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 的清水过程；9 月上旬小浪底水库小水排沙，虽然流量只有 $500\text{ m}^3/\text{s}$ 左右，但出库日均最大含沙量达 $176\text{ kg}/\text{m}^3$ ，形成了黄河下游一次较为独特的沙峰过程。

(五) 局部地区产生大到暴雨洪水

7 月 4~6 日，黄河晋陕区间及泾河、北洛河局部地区受强对流天气影响，降大到暴雨，暴雨中心主要分布在清涧河、延水、泾河及北洛河上中游地区。其中，7 月 4 日清涧河子长站日降雨量为 168 mm。受降雨影响，黄河中游部分干支流相继产生了一次洪水过程 (见表 1-5)。龙门站 4 日 23 时 24 分出现当年最大洪峰流量 $4\,600\text{ m}^3/\text{s}$ ，最大含沙