

H H S S B H D H L X T D Y X

黄河水沙变化 对河流系统的影响

王 玲 孙东坡 缙元有 董雪娜 著



黄河水利出版社

黄河水沙变化对河流系统的影响

王 玲 孙东坡 缙元有 董雪娜 著

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

黄河水沙变化对河流系统的影响/王玲等著. — 郑州:黄河水利出版社, 1998. 10

ISBN 7-80621-255-8

I. 黄… II. 王… III. 黄河-含沙水流-影响-研究
IV. TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 30030 号

黄河水沙变化对河流系统的影响

王 玲 孙东坡 缙元有 董雪娜 著

责任编辑:吕洪予 赵元春

封面设计:朱 鹏

责任校对:赵宏伟

责任印制:温红建

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层 邮编:450003

印 刷:黄河水利委员会印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.75

版 别:1998 年 10 月 第 1 版

印 数:1—1000

印 次:1998 年 10 月 郑州第 1 次印刷

字 数:286 千字

定价:20.00 元

前 言

黄河——这条以多沙多变著称于世的冲积性河流,其水沙条件与河流洪水演进特性及河床演变息息相关。自然因素与人为因素都会使黄河水沙条件发生变化,从而引起河流系统多方面的反应调整。

近年来,自然因素如降雨状况有所改变,这引起黄河水沙条件发生了较大变化;人类活动,如沿河大量水利水电工程的运用,更加剧了黄河水沙条件变化的程度和影响的范围。这使得河流自身的演进过程出现一些新的变化或变异,一些河段的河性发生了调整,派生引发了一些特殊的河流现象,如频发的高含沙洪水、揭河底、局部河段断流等。这些变化对河流系统的宏观规划、治理,局部防洪、整治及河流系统的生态平衡都带来不利的影响,有碍河流水电开发的可持续发展与河流系统自身的良性循环。

“黄河治理与水资源开发利用”是国家高度重视的一个问题,曾多次组织专项研究。在参加有关专题研究中,我们体会到通过分析黄河水沙变化、水电工程运用、高含沙洪水这三方面对河流系统的影响,将自然因素、人类活动、河道系统(包括工程)三者联系起来,研究、探讨它们之间的相互影响与相互制约的关系,这项工作是很有必要的,综合研究分析的成果对治黄工作也有一定的参考价值。因此,本着“治黄一心,百家争鸣”的思想,我们将这些研究成果写成这本书。本书前言及第一、二、三、五章由王玲撰写,孙东坡修订;第六、七、九、十一章及第八章第四节由孙东坡撰写,缙元有修订;第十二、十三、十四、十五章及第十章第三、四节由缙元有撰写,孙东坡修订;第四章、第八章第一、二、三、五节及第十章第一、二节由董雪娜撰写,王玲修订。鉴于作者水平所限,不当之处在所难免,恳望有关专家学者不吝指正。

本书研究成果部分是国家“八五”攻关项目“黄河治理与水资源开发利用”有关专题的后续研究成果,部分是根据黄河水沙研究基金项目成果总结而来的。曾参加这些工作的还有华北水利水电学院李国庆教授,黄委会水文局钱云平、刘九玉、可素娟、楚永伟和黄委会河务局朱太顺等同志,对他们作出的努力与贡献,谨致谢意。

作 者

1998年7月

EAB01/06

目 录

第一篇 黄河水沙变化对河道洪水及冲淤的影响

第一章 黄河基本情况	(3)
第二章 黄河流域降雨和天然径流的变化	(5)
第一节 黄河流域降雨的地区分布与年际变化	(5)
第二节 降水量的年内分配特点	(5)
第三节 流域暴雨特性	(6)
第四节 暴雨和洪峰流量的一致性分析	(8)
第五节 降雨和天然径流的变化	(11)
第六节 各时期采用天然径流成果比较	(14)
第三章 水电工程对黄河径流泥沙及河道的影响	(15)
第一节 上游水电工程对径流泥沙的影响	(15)
第二节 中游水利工程对径流泥沙的影响	(22)
第三节 三门峡库区冲淤变化及影响	(30)
第四节 黄河下游断流及对生态环境的影响	(37)
第四章 黄河下游洪水及河道冲淤变化	(45)
第一节 下游洪水基本情况	(45)
第二节 下游河道冲淤变化	(47)
第三节 下游河道淤积物组成分析	(50)
第五章 黄河水沙变化影响的认识与思考	(53)
第一节 关于黄河的天然径流及其特征值	(53)
第二节 关于水资源的利用、调度和管理	(53)
第三节 关于黄河的泥沙变化情势	(54)
第四节 关于下游防洪标准	(55)
第五节 缓解断流的对策措施	(56)

第二篇 水电工程对冲积河流影响及再造床作用的研究

第六章 水电工程对下游河道影响研究综述	(61)
第一节 概述	(61)
第二节 水电工程对河道影响研究的意义	(61)
第三节 研究现状的分析与评述	(62)
第七章 冲积河流系统的特性及研究方法	(67)
第一节 冲积河流系统的基本特征	(67)
第二节 水电工程引起的河流反应	(69)
第三节 冲积河流系统的研究方法	(70)
第八章 水电工程对下游河道水沙条件的影响	(77)

第一节	黄河上游水电工程概况	(77)
第二节	龙、刘水库调度运用特点	(78)
第三节	龙、刘水库调蓄对下游径流过程的影响	(79)
第四节	龙、刘水库运用对下游河道水沙条件的影响	(83)
第五节	受上游水库影响的洪水过程还原设想	(89)
第九章	龙、刘水库运用对下游河道再造床作用的影响	(93)
第一节	水电工程对下游河道影响一般性特点	(93)
第二节	龙、刘水库运用对宁蒙河段的影响	(94)
第三节	水电工程与冲积河流系统的相互关系分析	(114)
第四节	大型水电工程运用对宁夏河段水环境影响	(121)
第十章	龙、刘水库运用对黄河下游河道的影响	(127)
第一节	不同时期黄河下游河道演变特点	(127)
第二节	高含沙洪水出现机遇增大对下游河道的影响	(129)
第三节	水库调蓄与近期下游河道萎缩的关系	(131)
第四节	上游水库运用对非汛期艾山以下河道的影响	(132)
第十一章	水电工程影响的认识与思考	(134)
第一节	近期黄河应研究注意的问题	(134)
第二节	认识与展望	(135)

第三篇 黄河下游高含沙洪水对河道及整治工程的影响

第十二章	高含沙洪水特性及对河道整治工程的影响分析	(141)
第一节	概述	(141)
第二节	高含沙洪水一般特性	(141)
第三节	高含沙洪水对整治工程的影响	(146)
第十三章	高含沙洪水险情调查分析	(151)
第一节	黄河下游河道整治工程特点	(151)
第二节	高含沙洪水中工程险情特点	(151)
第三节	险情调查分析的认识与思考	(160)
第十四章	高含沙洪水对整治建筑物作用的研究	(163)
第一节	整治建筑物附近的流态及水沙特性	(163)
第二节	整治建筑物附近局部冲刷特性	(164)
第十五章	高含沙洪水中揭河底现象的力学分析研究	(169)
第一节	揭河底现象的河床边界与水沙条件分析	(169)
第二节	数学物理模型的建立与力学分析	(170)
第三节	揭河底研究的几点认识	(179)
参考文献		(180)

第一篇 黄河水沙变化对河道 洪水及冲淤的影响

第一章 黄河基本情况

黄河流域面积为 75 万 km^2 (不含内流区面积 4.2 万 km^2), 全长 5 464km, 流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东等九省区, 在山东省垦利县注入渤海。河源至托克托(河口镇)河段称之为黄河上游, 托克托至桃花峪河段称为中游, 桃花峪以下河段则称为黄河下游。流域特征数据见表 1-1, 基本概况见图 1-1。

表 1-1 黄河流域特征数据

河 段	流域面积 ($\times 10^4 \text{ km}^2$)	河长 (km)	天然径流 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	输沙量 ($\times 10^8 \text{ t}$)	年降水量 (mm)	年平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)
上 游	36.8	3 461.3	312.6	1.42	401.6	3.22
中 游	36.2	1 234.6	246.6	14.9	546.4	9.22
下 游	2.2	767.7	21.0		675.3	14.46
全 河	75.2	5 463.6	580.2	16.0	475.9	9.22

黄河流域跨越青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和华北平原等四个地貌单元, 地势大致可分为三个阶梯。第一阶梯是流域西部的青藏高原, 平均海拔 3 000m 以上, 黄河上游兰州以上的绝大部分地区属于这一阶梯。第二阶梯大致以太行山为东界, 海拔 1 000m ~ 2 000m, 黄河上游兰州至河口镇区间以及河口镇以下黄河中游区全部属于这个阶梯。第三阶梯自太行山以东至渤海, 由黄河下游冲积平原和鲁中丘陵组成, 包括豫、鲁、冀、皖、苏五个省的部分地区, 面积达 25 万 km^2 , 海拔大部分在 100m 以下。近几十万年以来, 黄河下游河道便在这个台阶上改道迁徙。

黄河流域上、中、下游的地质、地貌特征相差较大, 各区的水文特征也迥然不同。上游的青藏高原是黄河流域主要产生径流的地区, 宁夏和内蒙古平原的气候干旱, 产生的径流极少; 中游区的黄土高原产生的径流约占全流域的一半; 黄河下游的集水面积很小, 产生的径流泥沙很少, 是输送全流域径流泥沙的通道。

历史上黄河流域水旱灾害频繁, 1946 年人民治黄以来, 建立了黄河防洪体系, 取得了 50 年安全度汛的胜利。目前流域内、外引黄灌溉面积已达 487.1 万 hm^2 , 比 1949 年增长 5 倍多。干流上兴建了龙羊峡、刘家峡、盐锅峡、八盘峡、青铜峡、天桥、三门峡等七座水电站, 总装机容量 381.6 万 kW。在干支流上修建大型水库 16 座、中型水库 138 座、小 I 型水库 819 座, 总库容 523 亿 m^3 。目前, 还有李家峡、大峡、万家寨及小浪底 4 座水利水电工程正在建设中。上中游的水土保持治理面积超过 1 386.7 万 hm^2 , 其中河口镇以下区梯田、条田约 340 万 hm^2 , 坝地约 30 万 hm^2 , 造林约 80 万 hm^2 , 种草约 210 万 hm^2 。水利水电事业的发展, 使黄河成为我国受人类活动影响很大的河流, 其变化主要反映在径流、泥沙、洪水、河床演变、生态环境、河道边界条件等方面。

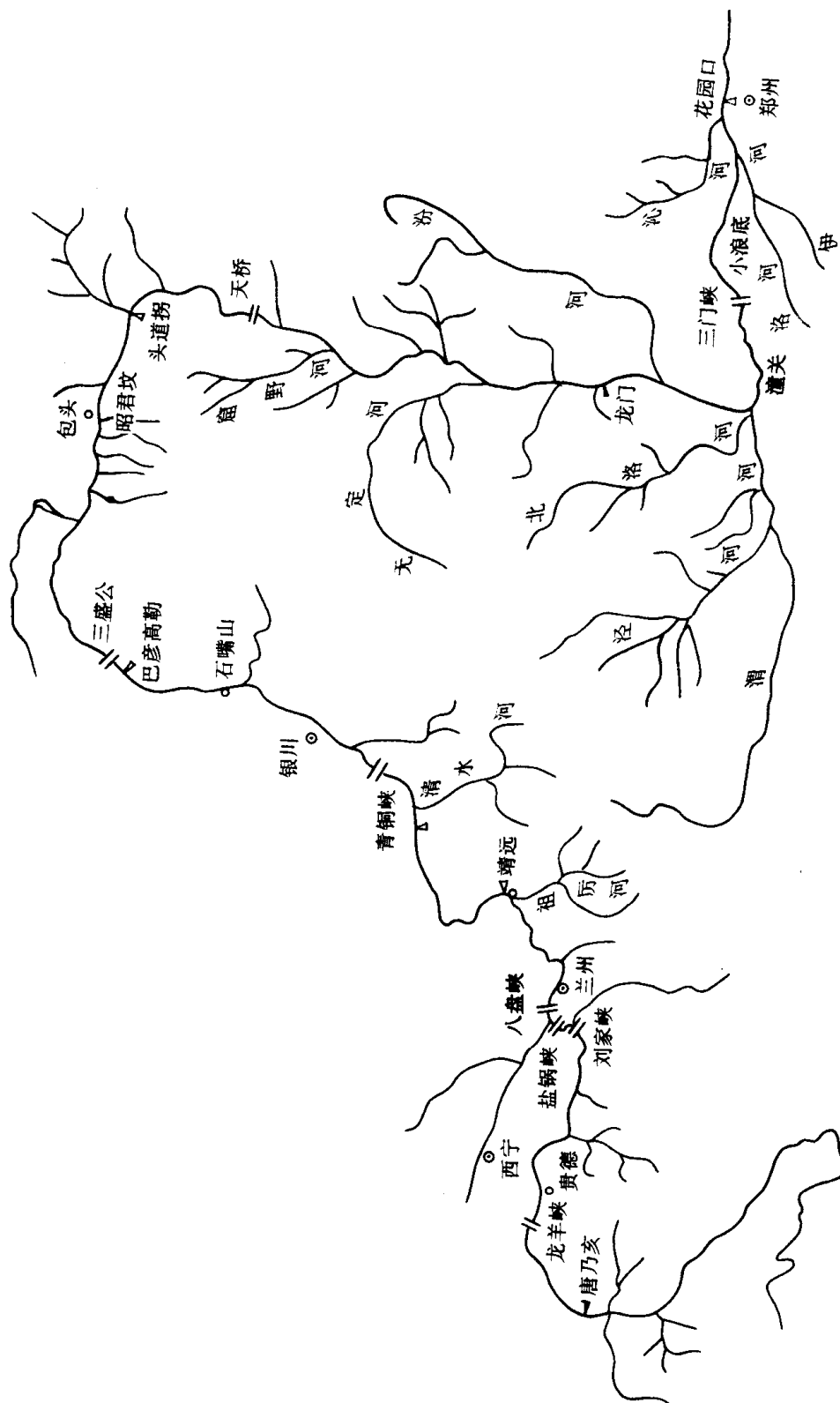


图 1-1 黄河上中游河道及干流已建水利水电工程示意图

第二章 黄河流域降雨和天然径流的变化

在黄河流域的水文因素中,反映气候变化的是降雨,其次是天然径流。从1919年迄今,黄河流域已经有79年的降雨和径流观测资料。根据长系列资料研究,黄河的径流有10年~20年的隐周期。各年代天然径流见表2-1。

表2-1 黄河流域各河段各年代降水量统计 (单位:mm)

河 段	50年代	60年代	70年代	80年代	1990~1994	1950~1969	1970~1994	多年平均
兰州以上	415.9	420.1	432.5	429.5	353.8	418.0	415.6	416.7
兰州—头道拐	311.0	304.1	292.9	264.1	238.9	307.5	270.8	287.1
头道拐—龙门	453.2	494.1	449.2	431.5	443.5	473.6	441.0	455.5
龙门—三门峡	567.0	561.0	519.0	530.3	500.2	564.0	519.7	539.4
三门峡—花园口	698.5	686.3	527.3	677.2	587.3	661.4	620.3	649.1
花园口以上	449.8	457.5	437.5	433.3	393.5	453.6	427.0	438.8

第一节 黄河流域降雨的地区分布与年际变化

由于流域地理条件的差异,流域内的降水分布很不均匀。其特点是:东南多雨,西北干旱,平原降水多于高原,山地降水多于盆地。

由于处于不同的气候带中,流域内降水时空分布不均,年际变化较大。由表2-1可知,从整个流域看70年代以后的降水量略小于70年代以前。70年代前较70年代后,兰州以上地区的降水量偏大1%;兰州至头道拐区间偏大5.4%;头道拐至龙门区间偏大10%;龙门至三门峡区间偏大8.1%;三门峡至花园口区间偏大6.2%;花园口以上偏大5.2%。90年代后,流域降水明显比多年平均值偏小。

同时,各区间年降水量逐时变化规律也不相同。兰州以上河段最大年降水量出现在1967年,为581mm;最小年降水量出现在1991年,为300mm,差值为281mm。兰州至头道拐区间年降水量最大值出现在1961年,为438.7mm;最小值出现在1991年,为187.7mm,差值为251mm。头道拐至龙门区间,年降水量最大值出现在1967年,为634mm;最小值出现在1964年,为236mm,差值为398mm。龙门至三门峡区间年降水量最大值出现在1964年,为751mm;最小值出现在1986年,为370mm,变幅为381mm。三门峡至花园口区间年降水量最大值出现在1958年,为1056mm,最小值出现在1986年,为480mm,变幅为576mm。由以上分析可知,黄河流域降水量最大值均出现在50年代、60年代,而最小值一般出现在70年代以后。年际变化的特点,则是半湿润地区年降水量的变幅小于干旱地区。

第二节 降水量的年内分配特点

流域的降水主要受夏季西南和东南气流所控制,年内分配极不均匀。夏季降水量最大,

一般集中在7月、8月,冬季降水较少。全流域7月、8月降水占全年总降水量40%以上(见表2-2)。各区间降水的年内分配,70年代以后与50年代、60年代相比,各月降水占年降水的比例数基本保持不变。只有在三门峡至花园口区间,70年代以后8月份月降水量占年总降水量的比例比50年代、60年代的同期值少3.3%。流域内越是干旱区,其降水越集中,最大4个月的降水量(6月~9月)可占年降水量的70%以上。在降水量最大的三门峡至花园口区间,6月~9月降水占年降水量比例比其它地区小,仅为67%。

表 2-2 黄河流域多年平均月降水量占年总量比例

区段	时 段	各月平均降水量占年总量的百分比(%)												年降水量 (mm)	汛期降 水 量 (mm)
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
兰州 以上	1949~1994	0.51	0.81	2.20	4.72	11.91	15.18	21.13	21.34	14.85	5.99	1.01	0.37	417.9	303.0
	1950~1969	0.52	0.73	2.08	4.51	12.08	14.05	20.95	22.21	15.07	6.38	1.04	0.38	418.0	302.1
	1970~1994	0.52	0.89	2.24	5.0	11.64	16.25	21.29	20.54	14.53	5.79	0.98	0.33	399.6	290.1
兰州 至 河口镇	1949~1994	0.57	1.06	2.69	4.96	9.15	11.8	21.62	25.74	13.96	6.23	1.67	0.42	289.4	211.6
	1950~1969	0.54	0.93	2.51	5.14	8.93	10.68	21.39	26.15	14.62	6.63	1.82	0.38	308.3	224.6
	1970~1994	0.64	1.21	2.71	4.85	9.26	12.68	21.7	25.73	13.25	5.94	1.55	0.46	260.4	191.1
河口镇 至 龙门	1949~1994	0.64	1.10	3.08	5.20	7.74	11.8	22.91	24.24	13.20	6.85	2.55	0.65	455.6	328.7
	1950~1969	0.65	0.98	3.29	5.77	7.62	10.12	22.69	24.18	13.88	7.42	2.87	0.54	473.6	335.6
	1970~1994	0.63	1.21	2.91	4.72	7.83	13.28	23.09	24.29	12.61	6.37	2.29	0.74	441.3	323.2
龙门 至 三门峡	1949~1994	0.82	1.37	3.42	6.74	9.24	11.53	20.29	18.90	15.50	8.29	3.15	0.76	542.4	359.1
	1950~1969	0.87	1.39	3.23	7.30	9.02	10.4	20.84	18.20	15.43	8.93	3.78	0.68	564.0	365.4
	1970~1994	0.81	1.37	3.60	6.36	9.42	12.83	19.90	19.70	14.61	7.89	2.69	0.82	519.7	348.4
三门峡 至 花园口	1950~1994	1.11	1.86	4.32	6.35	8.81	11.17	22.14	18.47	12.84	7.52	4.33	1.28	660.7	427.0
	1950~1969	1.08	1.62	4.28	6.33	8.56	10.55	21.90	20.25	11.96	7.13	5.20	1.15	692.0	447.5
	1970~1994	1.14	2.05	4.35	6.38	9.02	11.68	22.34	17	13.57	7.84	3.62	1.38	639.3	411.4
花园口 以上	1949~1994	0.73	1.26	3.24	5.96	9.38	12.10	21.20	21.01	14.42	7.28	27	0.7	476.2	319.8
	1950~1969	0.75	1.17	3.05	6.21	9.21	11.03	21.37	21.14	14.64	7.78	3.0	0.61	476.5	324.8
	1970~1994	0.75	1.36	3.37	5.85	9.45	13.16	21.09	21.01	13.73	6.97	2.52	0.78	453.7	313.0

第三节 流域暴雨特性

由于流域降水受季风影响,故而产生的暴雨具有强度大、历时短、笼罩面积大等特点。全流域都可以出现日降雨量大于50mm的降雨,但东西差异较大。根据暴雨统计资料(表2-3)可以看出:流域的大暴雨中心地带在上游为积石山东坡;在中游为六盘山东侧的泾河中上游,陕西北部的神木一带;在三花区间为小浪底以上的垣曲、新安和伊洛河流域的嵩县、宜阳以及沁河太行山南坡的济源;在下游为大汶河流域的莱芜、新泰等地。一般暴雨历时1天~5天,多出现在中、下游地区。例如1977年7月4日到6日,延河流域出现一次特大暴雨,雨量大、笼罩面积大、持续时间长,大于100mm的雨区面积达9000km²,暴雨中心王庄

24 小时降雨量达 425mm。在这场降雨产生的大洪水中,延安站实测最大洪峰流量达 $7\,200\text{m}^3/\text{s}$ 。同年 8 月 1 日晚到 2 日晨,在陕西和内蒙古交界的毛乌素沙漠地区发生的一场短历时特大暴雨,来势凶猛。24 小时雨量大于 1 000mm 的就有 4 处,暴雨中心乌审旗的木多才当降雨量达 1 400mm。黄河上游暴雨发生较少,主要降雨形式为强度不大的连阴雨,由此造成兰州以上地区洪水峰低、量大、历时长的特点。例如 1981 年 8 月 13 日至 9 月 13 日形成的长时段连阴雨天气,100mm 以上的雨区面积达 $82\,320\text{km}^2$,降雨中心久治站总降雨量为 318mm,致使黄河上游出现近百年来的特大洪水。三门峡至花园口区间及大汶河流域暴雨发生次数较多,容易形成大洪水,对下游防洪造成威胁。例如 1958 年 7 月 14 日至 18 日,三门峡至花园口区间以及汾河等地区普降大雨和暴雨。暴雨中心在洛河的仁村,最大 24 小时降雨量达 650mm(调查值),本次暴雨形成了花园口站 $22\,300\text{m}^3/\text{s}$ 的特大洪峰。

表 2-3 黄河流域暴雨统计

年份	历时 (d)	发生日期 (月·日)	中心雨量 (mm)	站名	河名	笼罩面积 (km^2)	发生洪域
1958	5	7.14~7.18	492.3	垣曲	黄河	6 700	三花区间
1958	5	8.16~8.20	296.5	桃川	石头川	59 800	泾洛渭流域
1954	2	8.3~8.4	210	八里胡同	黄河	89 850	三花区间
1964	1	9.12~9.12	184	纸房	大汶河	7 968	大汶河流域
1977	5	7.1~7.5	425	王庄	杏子河	7 580	延河流域
			271.1	二将城	葫芦河	67 700	泾洛渭流域
1981	31	8.13~9.13	318	久治	黄河	91 960	兰州以上
1981	12	8.13~8.24	508.4	观音堂	洼姜河	39 000	泾渭流域
			219	翼城	汾河	32 600	汾河
			225	大村	延河	22 100	晋陕区间
			279	罗敷堡	泾、洛、渭	22 700	泾洛渭流域
			904.8	石锅镇	伊洛河	4 160	三花区间
1988	1	8.3~8.5	98	沙圪堵	黄甫川	28 000	晋陕区间
1989	1	7.21~7.2	186	青达门	黄河	20 000	晋陕区间
1989	1	7.21~7.22	245	任家塔	黄河	800	晋陕区间

分析流域内暴雨的形成原因,由于上、中、下游区暴雨受不同天气系统影响,其表现形式也就不同。上游暴雨是在西太平洋副高压天气系统控制下,受高原切变线和低涡的频繁影响造成的长时间降雨。例如 1981 年 9 月 13 日上游区受西太平洋副高控制产生的长时间降雨过程。中游区暴雨形成主要是由于地面冷锋高空多为切变线配合西南极涡和台风的影响,如渭、泾、洛一带常出现的由于横向切变线停滞少动出现的 5 天~12 天的降雨过程。三门峡至花园口区间暴雨则多为停滞性径向切变线后期与强东南风低空急流相遇造成。例如 1958 年 7 月 18 日的暴雨过程。台风与冷切变线的相互作用是三花区间暴雨产生的重要原因。分析降雨资料也可以看出,暴雨发生年代、中心雨量、笼罩面积等特性都是随机性的。

第四节 暴雨和洪峰流量的一致性分析

洪水对于河道两岸安全产生直接威胁,同时对河道冲淤演变起主导作用。暴雨是汛期产生洪水的直接原因,暴雨量、暴雨强度与下游河道洪水传播过程中的洪峰流量以及输沙量有密切的关系。特别在黄河中游河龙区间的黄土丘陵区,在暴雨的冲刷下水土流失,洪水挟带大量泥沙进入河道形成对河道十分不利的高含沙水流。根据实测资料统计黄河流域典型暴雨极值及历时(详见表 2-3),可知黄河中游区是流域暴雨多发区。特别是三门峡至花园口区间 12 小时内降雨量达 652.5mm,大暴雨一般持续 1 天~3 天。由于这种降雨强度大,历时长,笼罩面积大,距离下游近,对下游防洪影响最大。这里将最大 1 日雨量、最大 7 日雨量和最大 30 日雨量作为反映暴雨量及雨强指标,通过暴雨和相应洪水的比较,分析暴雨与洪峰流量的关系。由于流域面积大,各地暴雨天气条件不同,因此采用干流主要控制站分四大暴雨区进行分析。

1 兰州以上地区

兰州以上地区是黄河的主要水源区,该区是流域内暴雨量及频次最低区。其主要降雨天气形式为强度不大的连阴雨天气,因此形成兰州以上地区洪水峰低、量大、历时长等特点。

2 兰州至头道拐区间

该区间是流域最干旱地区,暴雨日数少、雨量也小。选取青铜峡、石嘴山、呼和浩特三站分析 7 日、30 日降雨量,见表 2-4。从表中可以看出呼和浩特站在 20 年代和 30 年代暴雨最小,40 年代至 60 年代暴雨大,至 70 年代和 80 年代又变小,特别是在 80 年代暴雨明显减少。青铜峡和石嘴山两站的暴雨资料从 40 年代开始有记载。分析两站暴雨资料,可以看出在 40 年代~70 年代 30 日最大雨量接近均值或在均值以上,而在 80 年代 30 日雨量值则显著偏小。在 40 年代和 50 年代,青铜峡站 7 日雨量在均值以上,60 年代和 70 年代 7 日雨量在均值以下,而 80 年代则显著偏小。从以上统计资料看出,80 年代以来,兰州至河口镇区间暴雨量及雨强显著减小。

表 2-4 上游代表站特征暴雨量统计 (单位:mm)

年代	青铜峡				石嘴山				呼和浩特			
	7 日	距平	30 日	距平	7 日	距平	30 日	距平	7 日	距平	30 日	距平
20									85.5	-8.4	155.3	-18.3
30									82.4	-11.5	133.4	-40.2
40	54.8	7.1	90.1	9.9	48.4	-1.4	86.7	6.6	104.9	11	222.6	49
50	54.4	3.7	82.3	2.1	54.4	4.6	83.7	3.6	98.9	5	195.9	22.3
60	45.6	-2.1	75.8	-3.4	57.4	7.6	88.2	8.1	103.9	9.4	174.9	1.3
70	44.7	-3.0	89.0	8.8	51.4	1.6	83.2	3.1	91.4	-2.5	178.7	5.1
80	34.9	-12.8	55.5	-24.7	31.5	-18.3	52.2	-27.9	87.8	-6.1	157.5	-16.1
平均	46.9		78.7		48.6		78.8		93.5		174.0	

注 距平为特征雨量与平均值的差。

3 头道拐至三门峡区间

这一地区南部最大 24 小时点暴雨记录在 100mm ~ 300mm 之间, 北部最大可达 1 000mm。主要是盛夏时期至初秋副高北侧副热带锋区上的扰动, 形成本地区大面积、短历时的大暴雨, 有时一些地区还会形成特强降雨中心的暴雨。例如 1977 年 8 月 1 日夜间至 2 日晨, 在晋、陕北部出现了一场降雨面积达 2 500km² 的大面积暴雨。其中毛乌素沙漠上乌审旗的木多才当 24 小时降雨量高达 1 400mm(调查值), 为世界最大暴雨。

受暴雨影响, 该区域河流的年输沙量及最大洪峰流量变化趋势与暴雨变化基本一致。这里给出了窟野河(温家川站)、无定河、干流(龙门站)的暴雨及年输沙量、洪峰流量逐年的变化情况, 如图 2-1~图 2-3 所示。从图中看出, 洪峰过程与暴雨过程变化基本对应, 90 年代以来最大 1 日、30 日暴雨并没有大量减少。

4 三门峡至花园口区间

本地区最大 24 小时点暴雨都在 200mm 以上, 其大面积暴雨以三花间至沁河中下游出现的持续性经向型暴雨为代表。这种暴雨强度大, 笼罩面积大, 持续时间长。发生于 1958 年 7 月 17 日, 洪峰流量为 22 300m³/s(花园口站)的黄河下游最大洪水即是由此类暴雨产生的。这类经向型暴雨可造成三花间大洪水, 对黄河下游防洪威胁很大。

分析三门峡至花园口区间代表站暴雨量和花园口年最大洪峰流量关系, 点绘两者三年滑动平均过程线如图 2-4 所示。由图 2-4 可知, 此区间在 50 年代暴雨最大, 在 60 年代至 70 年代总体上暴雨偏少, 个别年份暴雨大, 至 80 年代暴雨又有所增加, 各站 80 年代前期暴雨变化趋势基本相同。经比较可知 50 年代年最大洪峰流量最大, 60 年代至 70 年代较小, 而 80 年代前 5 年又增大, 80 年代后期至 1996 年又减小。各年代暴雨及年最大洪峰流量计算值如表 2-5 所示。从表 2-5 中还可以看出以上趋势, 即 50 年代暴雨最大, 60 年代至 70 年代暴雨小, 80 年代暴雨又有所增大。花园口站各年代最大洪峰流量 1990 年~1996 年最小, 60 年代至 70 年代次之, 50 年代和 30 年代最大, 洪水和区间暴雨变化趋势基本一致。

表 2-5 三门峡至花园口区间暴雨量及花园口年最大洪峰流量统计

年代	降 雨 量(mm)				花园口年最大洪峰流量 (m ³ /s)	出现年份
	最大 7 日	距平	最大 30 日	距平		
20	109.3	-21.1	223.1	-11.4	12 900	1922
30	157.4	27	217.7	-16.8	20 400	1933
40					16 300	1942
50	165.7	35.3	299.9	65.4	22 300	1958
60	119	-11.4	218.4	-16.1	9 430	1964
70	116.9	-13.5	210.2	-24.3	10 800	1977
80	126.3	-4.1	222.1	-12.4	15 300	1982
1990~1996					7 860	1995
多年平均	130.4		234.5		14 411	

注 距平为特征雨量与平均值的差值。

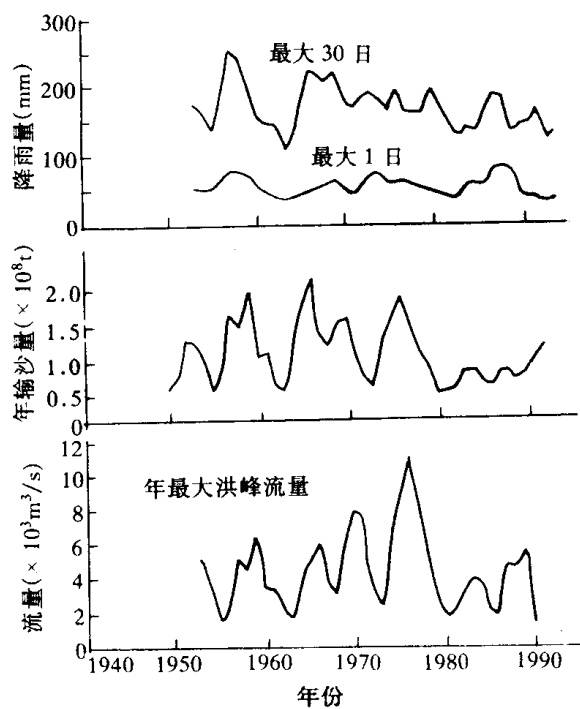


图 2-1 温家川站水沙过程线

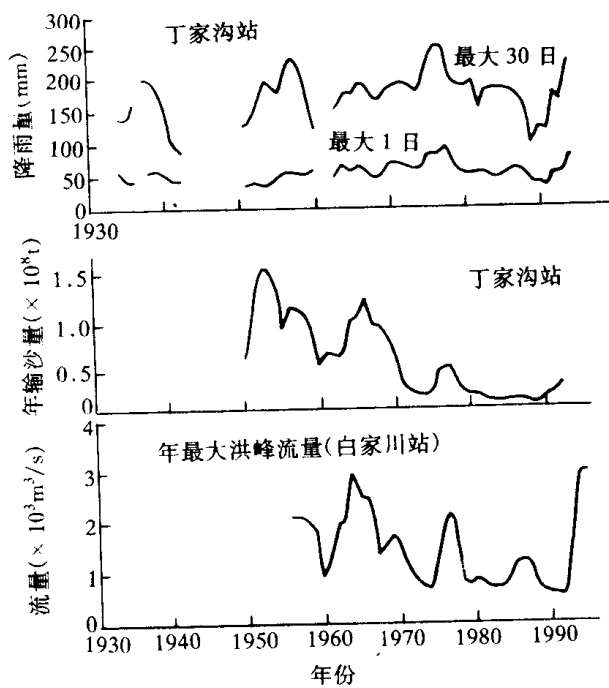


图 2-2 无定河水沙过程线

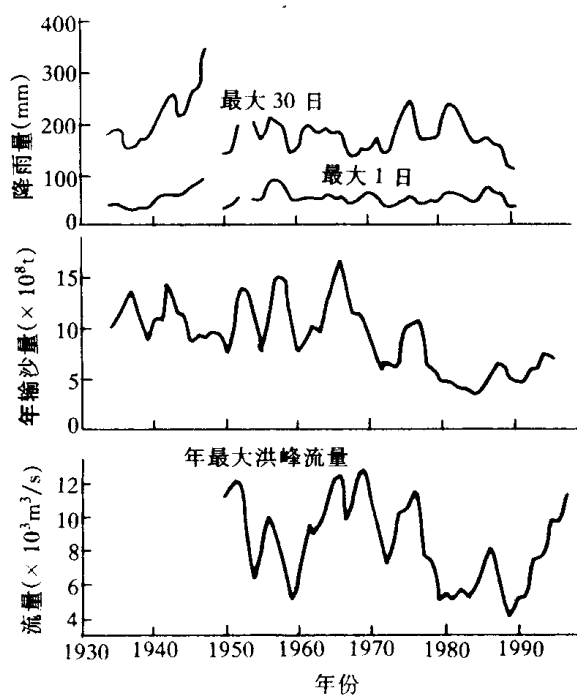


图 2-3 龙门站水沙过程线

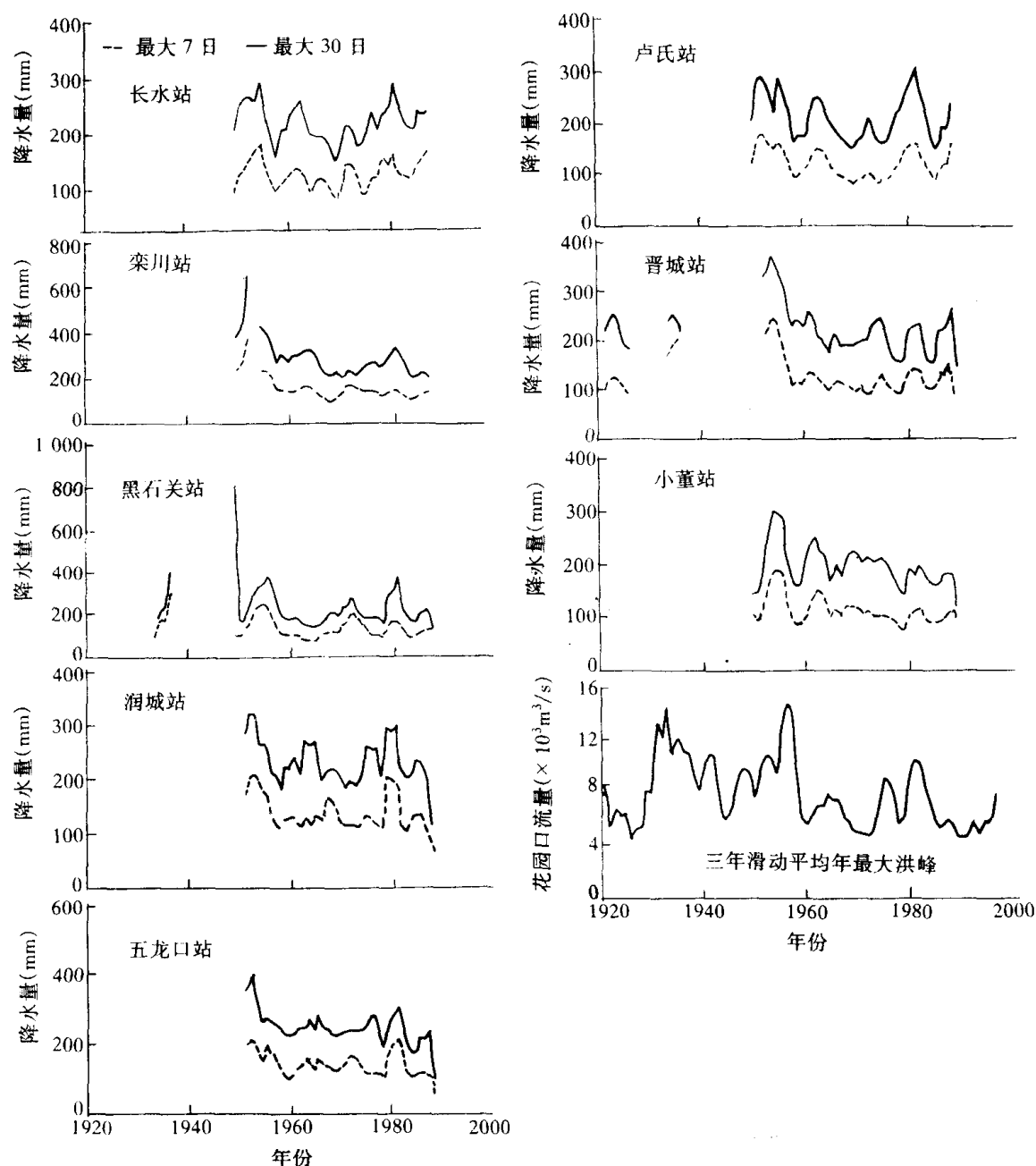


图 2-4 三门峡—花园口区间暴雨洪峰过程线

从以上分析可知,黄河流域各地区暴雨变化趋势不太一致。三门峡以上地区 20 年代和 30 年代暴雨比较小,40 年代~60 年代暴雨大,80 年代暴雨有所减小;三门峡至花园口区间 50 年代暴雨最大,60 年代和 70 年代暴雨较小,80 年代接近平均情况。

第五节 降雨和天然径流的变化

黄河流域的天然径流来源于降雨,但是各年之间流域平均降雨和天然径流量的关系不甚密切。若经过三年滑动平均进行数据处理以后,1919 年~1995 年的降雨和天然径流过程则显现出一定的峰谷对应关系,见图 2-5。