

# 皇甫川流域次洪水沙特征值变化特点

金双彦<sup>1</sup>, 朱世同<sup>2</sup>, 张志恒<sup>3</sup>, 梁霄<sup>1</sup>, 罗琳<sup>4</sup>

(1.黄河水文水资源科学研究院, 河南 郑州 450004; 2. 黄河水利职业技术学院, 河南 开封 475004;  
3. 黄委宁蒙水文水资源局, 内蒙古 包头 030600; 4 清华大学, 北京 100083)

**摘要:**黄河流域径流量呈现锐减趋势,径流锐减突出表现在中游河口镇至龙门区间。以河龙区间皇甫川流域为典型支流,选择 1954~2012 年洪峰流量大于 100m<sup>3</sup>/s 的洪水共 271 场,分析了次洪水沙特征值的变化。得出如下结论:近些年洪水发生次数和年最大洪峰流量高值出现次数均有减少趋势;次洪洪量和次洪沙量基本呈现逐年代减少的趋势,沙量减少幅度远大于洪量的减幅;涨洪历时比较短,峰型普遍偏尖瘦;洪峰流量大的洪水的基流量占洪量的百分比明显低于洪峰流量小的洪水对应的比值。

**关键词:**洪水;涨洪历时;峰型系数;次洪洪量;次洪沙量;次洪基流量;皇甫川流域

中图分类号:TV212.2

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2013)05-0088-04

黄河流域花园口水文站 1919~1975 年平均天然河川径流量为 560×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,1956~2000 年降低至 534.8×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,2000~2010 年仅为 430×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。黄河干流水量的不断减少,主要表现在支流产流量不断减少,入黄水量不断递减<sup>[1]</sup>。径流锐减突出表现在黄河中游河口镇至龙门区间及汾河流域<sup>[2-3]</sup>。本文以河龙区间径流锐减的皇甫川流域为典型支流,分析对月年尺度有重要影响的次洪尺度水沙特征值的变化。

## 1 皇甫川简介

皇甫川流域处在鄂尔多斯高原与黄土高原的过渡地带,位于北纬 32.2°~39.9°、东经 110.3°~111.2°之间。全流域按地质、侵蚀和覆盖差异可分为 3 个类型区(见图 1):黄土丘陵沟壑区、沙化黄土丘陵沟壑区、砒砂岩丘陵沟壑区。

流域内沟壑纵生,沟壑密度最大为 12.57km/km<sup>2</sup>,平均沟壑密度为 6.77km/km<sup>2</sup>,侵蚀模数大多在 2×10<sup>4</sup>t/km<sup>2</sup>以上,是黄河中游多沙粗沙的主要来源之一。

皇甫川流域年径流量呈现锐减趋势。1954~2010 年多年平均为 1.359×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,其中 1954~1989 年为 1.76×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,1990~1999 年减少至 0.903×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,2000~2009 年进一步锐减至 0.361×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>(见图 2)。



图 1 皇甫川流域水系和地貌类型分区图

Fig.1 The water system and physiognomy

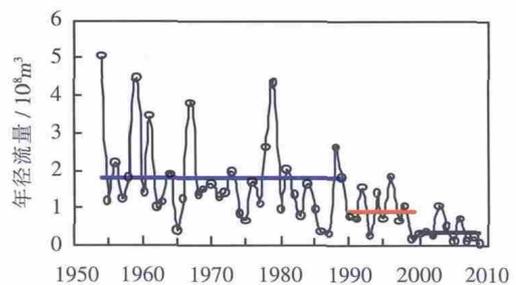


图 2 皇甫川流域年径流量

Fig.2 The annual runoff in the Huangfuchuan basin in the Huangfuchuan basin

收稿日期:2012-10-12

基金项目:国家科技支撑计划课题(2012BAB02B04);水利部公益性行业专项经费项目(200901019)

作者简介:金双彦(1974-),女,山西夏县人,教授级高工,博士,主要从事水文水资源研究。E-mail: jinshuangyan@swj.yrcc.gov.cn

## 2 方法和资料

(1)整理皇甫川入黄控制站皇甫水文站1954~2012年洪水水文要素摘录表资料。①插补含沙量。由于洪水水文要素中含沙量资料明显少于流量资料,按线性内插方法插补含沙量,使每一个流量都有对应的含沙量。②将相同时刻的流量和含沙量相乘,得到相同时刻的输沙率。

(2)根据整理好的洪水水文要素资料挑选洪水。判断每场洪水的起迄时间,确定洪水过程,共选择出皇甫站270场洪峰流量大于 $100\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水。

(3)统计次洪峰流量、峰现时间、起涨时间、退水时间、最大含沙量及出现时间、最大输沙率及出现时间等。

(4)采用面积包围法计算场次洪水的径流量、输沙量、基流量、涨洪段洪量等特征值。

(5)计算每场洪水的涨洪历时、基流量占洪量的百分比、峰前平均流量、峰型系数等。

## 3 计算结果

本次分析了洪水次数、年最大洪峰流量、峰现月份、涨洪历时、峰型系数、次洪洪量、次洪输沙量、次洪基流量占洪量的比值等特征值不同时段或者不同洪水量级的变化特点,并建立了皇甫川流域次洪水沙关系。

### 3.1 洪水次数

各年代洪水发生次数先增后减,20世纪70年代最高。1954~1959年平均为3.5次,60年代5.8次,70年代增至6.2次,之后开始递减,80年代5.9次,90年代4.3次,2000~2009年2.5次(见图3)。

对比各年洪水发生次数,最多的为1981年13次,其次1967年12次,接下来是1973年和1979年各9次,1976年和1988年各8次。一年发生7次的共有7个

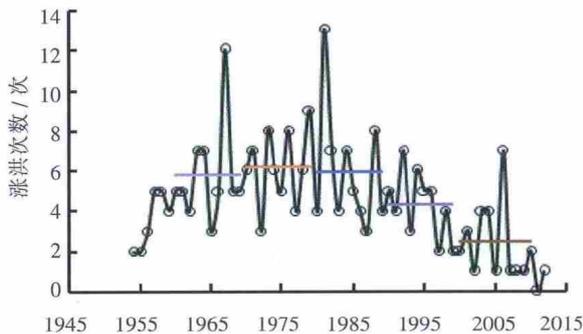


图3 历年洪峰流量大于 $100\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水发生次数  
Fig.3 The annual times of flood discharge higher than  $100\text{m}^3/\text{s}$

年份,其中1990年之后仅两年,为1992年和2006年。

1996~2012年的17年间,1997、1999、2000和2010年各发生2次洪水,2002、2005、2007~2009和2012年各仅发生1次洪水,2011年全年断流(见图3)。

### 3.2 年最大洪峰流量

年最大洪峰流量高值出现的次数有所减少。1954~2012年59年系列年最大洪峰流量的均值为 $2218\text{m}^3/\text{s}$ ,小于均值的年数共42年,其中1990年之后的23年里有18年低于该均值,比例达到78%;排在前10位的洪水年代分布情况如下:70年代3次、80年代3次、90年代2次、2000年之后仅2次(见图4)。

年最大洪峰流量低值出现的次数稍有增加。年最大洪峰流量小于 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 的有19次,其中1990年以后9次,2000年以后6次;年最大洪峰流量小于 $300\text{m}^3/\text{s}$ 的有6次,其中4次发生在2005年以后(见图4)。

### 3.3 洪水出现月份

洪水主要发生在7月和8月,选择的271场洪水中,7~8月的比例之和高达84%。各年代7~8月洪水所占比例范围为77%~93%(见表1)。1960~1969年和2000~2010年的两个时段,8月份洪水次数高于7月份,其余时段均为7月份高于8月份。

70年代以来,7~8月份发生洪水的比例逐年代增加,各年代分别为77%、83%、88%和93%。统计的59年里,4月份和10月份各仅出现过一次洪水,分别为1964年4月29日22:42时 $428\text{m}^3/\text{s}$ 和1996年10月1日20:00时 $112\text{m}^3/\text{s}$ ;1970年以来,5月份仅出现过一次洪水,为1985年5月19日4:00时 $166\text{m}^3/\text{s}$ ;1995年以来的16年间,4~6月份均无洪水发生。

### 3.4 涨洪历时

总体上讲,皇甫川流域洪水的涨洪历时比较短,有陡涨的特性。271场洪水涨洪历时的均值为3.88h,其

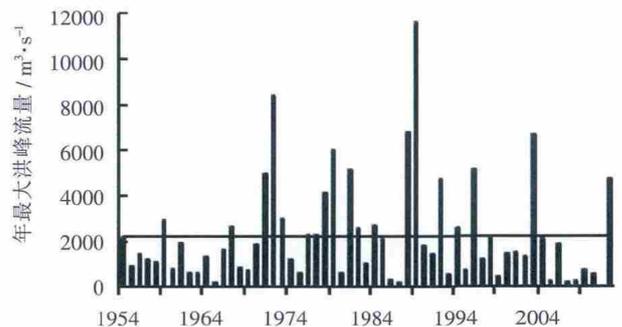


图4 1954~2012年历年年最大洪峰流量  
Fig.4 The annual maximum peak discharge from 1954 to 2012

表 1 各年代洪水出现月份对比

Table 1 Comparison of the months that floods occurred in the various decades

月份	1954~2012	1954~1959	1960~1969	1970~1979	1980~1989	1990~1999	2000~2012
4月	1	0	1	0	0	0	0
5月	3	0	2	0	1	0	0
6月	15	1	1	6	5	2	0
7月	122	9	21	26	33	24	9
8月	106	8	29	22	16	14	17
9月	23	3	4	8	4	2	2
10月	1	0	0	0	0	1	0
总数	271	21	58	62	59	43	28
7-8月所占比例	84%	81%	86%	77%	83%	88%	93%

表 2 皇甫川流域不同时段洪水特征值对比

Table 2 Comparison between the flood characteristics of the Huangfuchuan basin in the different decades

项目	1954~1959	1960~1969	1970~1979	1980~1989	1990~1999	2000~2012	1954~2012
洪水次数	21	58	62	59	43	28	271
峰型系数	0.370	0.398	0.402	0.425	0.437	0.442	0.413

中涨洪历时小于均值的有 190 场, 占总数的 70%。涨洪历时不超过 1h 的有 122 场, 不超过 30min 的有 82 场, 不超过 15min 的有 40 场。

年最大洪峰流量对应的涨洪历时有缩短的趋势。59 年年最大洪峰流量涨洪历时的均值为 2.45h, 其中小于均值的有 37 场, 占总数的 64.9%; 不超过 1h 的有 31 场; 不超过 30min 的有 15 场; 不超过 15min 的有 8 场, 其中 7 场出现在 1990 年之后(见图 5)。

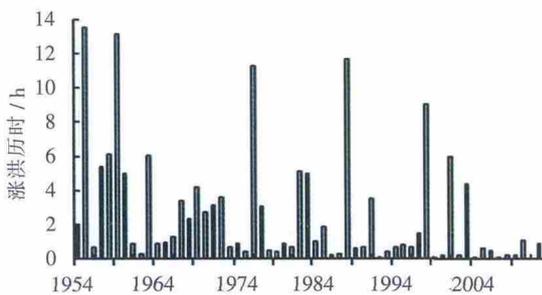


图 5 历年年最大洪峰流量对应洪水的涨洪历时

Fig.5 The durations of flood rising to maximum peak discharge in the various years

### 3.5 峰型系数

对于一场洪水, 峰型系数是峰前平均流量与洪峰流量的比值, 介于 0~1 之间, 其中峰前平均流量是涨洪段洪量与涨洪历时的比值。峰型系数主要是反映一场洪水洪峰前的形状, 其值偏大或者接近 1h, 峰顶比较宽、峰型偏显矮胖, 其值较小的时候峰型偏尖瘦。

皇甫川流域洪水的涨洪段峰型普遍比较尖瘦。271

场洪水峰型系数的均值为 0.413。70 年代以来各年代变化不明显, 分别为 0.402、0.425、0.437 和 0.442(见表 2)。

### 3.6 次洪洪量沙量

次洪洪量和次洪沙量基本呈现逐年代减少的趋势, 次洪沙量减少幅度远大于次洪洪量的减幅。无论次洪洪量还是沙量, 排在第一位和第二位的均是 1954~1959 年和 70 年代(见图 6、图 7)。与 80 年代相比, 90 年代次洪洪量仅减少 3.7%, 但次洪沙量减少幅度高达 26.5%; 与 90 年代相比, 2000~2009 年次洪洪量减幅为 18.8%, 次洪输沙量减幅高达 38.4%。

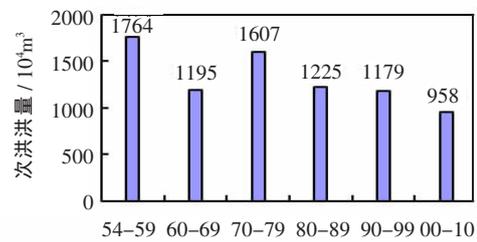


图 6 皇甫川流域不同时段次洪洪量

Fig.6 The flood discharge in the different decades

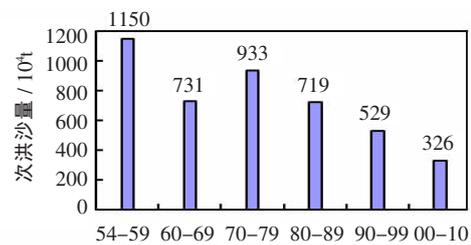


图 7 皇甫川流域不同时段次洪沙量

Fig.7 The flood sediment in the different decades

表3 不同量级洪峰流量时次洪基流量占次洪洪量百分比的均值  
 Table 3 The mean percentage of the baseflow in flood runoff for different peak discharge

洪峰流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$	$\geq 5000$	$\geq 3000$	$\geq 2000$	$\geq 1000$	$\geq 500$	$\geq 300$	$\geq 200$	$\geq 100$
洪水次数/场	7	14	29	73	140	179	210	255
百分比均值/%	4.7	4.9	6.9	7.2	7.5	8.1	8.9	9.9

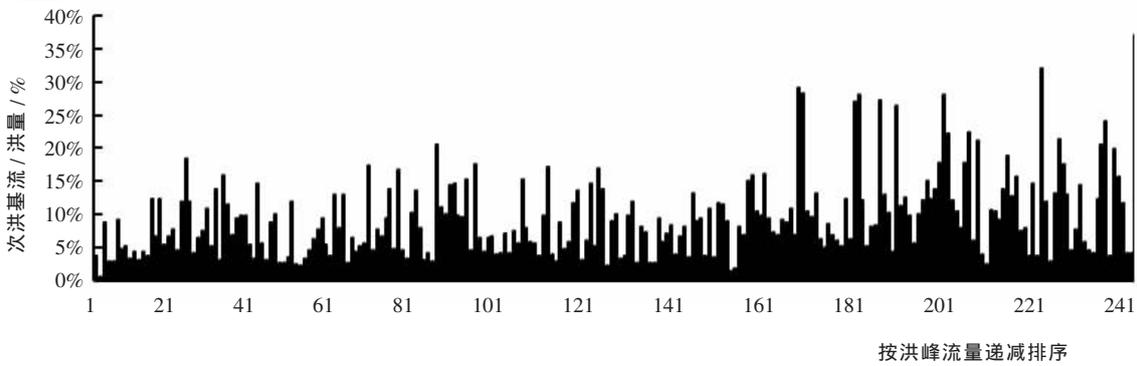


图9 次洪基流量占次洪洪量的百分比  
 Fig.9 The percentage of base-flow in flood runoff

皇甫川流域 271 场洪水的次洪水沙关系为  $W_s = 0.6085 \times W - 64.821$ , 拟合相关系数为 0.935。式中:  $W_s$  为次洪输沙量,  $W$  为次洪径流量(见图 8)。

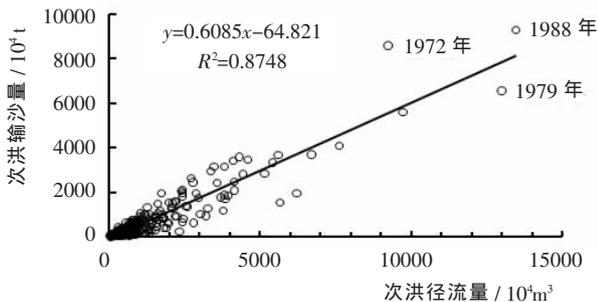


图8 皇甫川流域 1954~2012 年次洪水沙关系  
 Fig.8 Relationship between the runoff and sediment from 1954 to 2012

### 3.7 次洪基流量占洪量的比值

用直线连接洪水起涨时间和退水时间,直线以下、横坐标以上、起涨和退水时间之间的径流量即为次洪基流量。皇甫川流域 271 场洪水的基流量与洪量比值的均值为 11.1%。

当一场洪水紧接着前一场洪水发生时,由于前期土壤含水量比较高,其次洪基流量占次洪洪量的比值相对也比较高。本次统计的洪水中包含 15 场此类洪水,它们的百分比均值为 32.2%。另外 256 场洪水的基流量与洪量比值的均值为 9.9%。

将洪峰流量按递减排序,可以发现,洪峰流量大的

次洪基流量占洪量的百分比明显低于洪峰流量小的洪水对应的比值(见图 9、表 3)。

## 4 结论

(1)近些年洪水发生次数有减少趋势。20 世纪 60 年代以来各年代平均次数为 5.8 次、6.2 次、5.9 次、4.3 次和 2.5 次。

(2)1990 年以来,年最大洪峰流量高值出现的次数有所减少、低值出现的次数稍有增加。

(3)各年代的洪水主要发生在 7 月和 8 月,70 年代以来 7~8 月份洪水比例逐年代增加,各年代分别为 77%、83%、88%和 93%。

(4)皇甫川流域的洪水涨洪历时比较短,有陡涨的特性;年最大洪峰流量对应的涨洪历时有缩短的趋势,涨洪段峰型普遍比较尖瘦。

(5)次洪洪量和次洪沙量基本呈现逐年代减少的趋势,次洪沙量减少幅度远大于次洪洪量的减幅。

(6)洪峰流量大的次洪基流量占洪量的百分比明显低于洪峰流量小的洪水对应的比值。

### 参考文献:

[1] 王玲,夏军,张学成. 无定河 20 世纪 90 年代入黄水量减少成因分析 [J]. 应用基础与工程科学学报,2006,(4). (WANG Ling, XIA Jun, ZHANG Xuecheng. Cause analysis of Wuding River flow decline in 1990s [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2006,(4). (in Chinese)) (下转第 96 页)

的水雨情档案,并分析研究,积累经验对洪水预报有很好的借鉴和指导作用,本次朱沱站预报能取得较好的效果与平时经验的积累以及参考借鉴 1991 年洪水情况密不可分。

(2)及时、准确的水雨情信息是准确水情预报的有效保证。随着长江上游国家防汛指挥系统以及长江委水文局 118 个站点自动报汛的建设和实施,水位、雨量实现了自记、自动传输,提高了准确性和时效性,为洪水预报的准确和时效奠定了基础。

(3)随着经济的飞速发展,洪灾对人民生命财产的影响越来越大,社会对洪水预报的要求也越来越高,而传统洪水预报方案主要是使用落地降雨,需要合理使用降雨预报成果,有效延长洪水预报预见期,让洪水预

报的经济效益和社会效益最大化。

#### 参考文献:

- [1] 林三益.水文预报[M].北京:中国水利水电出版社,2001. (Lin Sanyi. Hydrological Forecasting [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2001.(in Chinese))
- [2] 赵人俊.水文预报文集 [C]. 北京:中国水利电力出版社,1994. (ZHAO Renjun. Proceedings of Hydrological Forecasting [C]. Beijing: China WaterPower Press,1994. (in Chinese))
- [3] 庄一鹤、林三益.水文预报[M].南京:河海大学出版社,1992. (ZHUANG Yiling, LIN Sanyi. Hydrological Forecasting[M]. Nanjing: Hohai University Press, 1992. (in Chinese))
- [4] 芮孝芳.水文学原[M].北京:中国水利水电出版社,2005.(RUI Xiaofang. Hydrology Principle [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2005. (in Chinese))

### Analysis of Flood Forecasting at Zhutuo Hydrometry Station on Upper Yangtze River in 2012

ZHANG Shiming, WANG Xiaofeng

(Upper Changjiang River Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Hydrology Bureau of CWRC, Chongqing 400014 China)

**Abstract:** Zhutuo Station is one of the most important hydrometry stations on the upper Yangtze Rive. In July 2012, the maximum flood occurred at the Zhutuo Station since 1954, which is was also the largest inflow into the Three Gorges Reservoir. Because of the precise and timely forecast information, dozen thousands of residents had been evacuated without any casualty and there were minimum losses in the such as Zhutuo and Jiangjin. The flood forecasting at the Zhutuo Station have played very important role in the flood control for Chongqing City.

**Key words:** upper Yangtze Rive; Zhutuo Hydrometry Station; maximum flood; Three Gorges Reservoir; flood forecasting

(上接第 91 页)

[2] 张红月,金双彦. 黄河中游河川径流锐减驱动力及人为调控效应研究[R]. 2011. (ZHANG Hongyue, JIN Shuangyan. Research on driving force of sharp reduced runoff and the effects of human control in the middle Yellow River [R]. 2011. (in Chinese))

[3] 刘晓燕. 黄河中游来沙锐减主要驱动力及人为调控效应研究[R]. 2011. (LIU Xiaoyan. Research on driving force of sharp reduced sediment transportation and the effects of human control in the middle Yellow River [R]. 2011. (in Chinese))

### Characteristics of Runoff and Sediment Transport of Floods in Huangfuchuan Basin

JIN Shuangyan<sup>1</sup>, ZHU Shitong<sup>2</sup>, ZHANG Zhiheng<sup>3</sup>, LIANG Xiao<sup>1</sup>, LUO Lin<sup>4</sup>

(1. Yellow River Institute of Hydrology and Water Resources, Zhengzhou 450004, China;

2. Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475004, China;

3. Hydrology Bureau of Ningxia and Inner Mongolia, YRCC, Baotou 030600, China; 4. Tsinghua University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Runoff in the Yellow River basin display sharp drop trend, which show prominently in the reach from Hekouzhen to Longmen. 271 floods of peak higher than 100m<sup>3</sup>/s in the typical tributary of Huangfuchuan basin from 1954 to 2012 were chosen and flood features were analyzed. The conclusions is as the following. The number of flood and high annual maximum peak declined in recent years. Runoff and sediment transport of flood were reduced by decades, and the extent of sediment was much larger than that of runoff. The duration of flood rising is relatively short and peak shape is generally thin. The ratio of base flow and runoff in flood is lower when the peak discharge is higher.

**Key words:** flood; duration of flood rising; coefficient of peak shape; runoff in flood; sediment transport in flood; base flow in flood; Huangfuchuan Basin