水利水运工程学报
HYDRO-SCIENCE AND ENGINEERING

沁河2021年“7·11”暴雨洪水重现期分析

金双彦，霍文博，郭邵萌

Analysis on the return period of the rainstorm in the Qinhe River basin on July 11, 2021

JIN Shuangyan, HUO Wenbo, GUO Shaomeng

在线阅读 View online: https://doi.org/10.12170/20220326001

您可能感兴趣的其他文章
Articles you may be interested in

城镇化背景下平原河网区暴雨洪水重现期变化分析——以太湖流域武澄锡虞区为例
Change in return period of storm flood in plain river network area under urbanization—taking Wuchengxiyu region of Taihu Lake basin as a case study
水利水运工程学报. 2019(5): 27 https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.05.004

太湖流域湖西区暴雨时空分布特性分析
Analysis of spatio-temporal distribution of rainstorms in the western region of Taihu Lake Basin
水利水运工程学报. 2020(3): 43 https://doi.org/10.12170/20190430002

黄河无定河流域“2017.7.26”洪水泥沙来源辨析
Identifying sediment sources in Wudinghe River during "7.26" flood in 2017
水利水运工程学报. 2019(6): 31 https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.06.004

海河流域近500年旱涝演变规律分析
Evolution of drought and flood in the Haihe Rvier Basin for the last 500 years
水利水运工程学报. 2020(4): 17 https://doi.org/10.12170/20190603002

大渡河流域年径流变化特征及其归因分析
Variation characteristics of annual runoff and its attribution analysis in Dadu River basin
水利水运工程学报. 2021(3): 96 https://doi.org/10.12170/20200608001

基于降雨情景模拟的城市社区尺度暴雨内涝研究
Study on rainstorm waterlogging on urban community scale based on rainstorm scenario simulation
水利水运工程学报. 2021(1): 26 https://doi.org/10.12170/20200914001

扫码进入官网，阅读更多精彩文章　　关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI:10.12170/20220326001
金双彦, 霍文博, 郭邵萌. 沁河 2021 年“7·11”暴雨洪水重现期分析 [J]. 水利水运工程学报, 2023(2): 1-8. (JIN Shuangyan, HUO Wenbo, GUO Shaomeng. Analysis on the return period of the rainstorm in the Qinhe River basin on July 11, 2021[J]. Hydro-Science and Engineering, 2023(2): 1-8. (in Chinese))

沁河 2021 年“7·11”暴雨洪水重现期分析

金双彦, 霍文博, 郭邵萌
(黄河水利委员会水文局, 郑州 河南 450004)

摘要: 根据沁河流域历年各时段最大降雨量和“7·11”洪水报汛雨量资料, 采用 P-Ⅲ型分布概率密度函数, 建立了润城、五龙口、山路平、武陟等 14 个长系列水文站和雨量站的年最大 24 、6 、1 h 的 3 个代表性时段的降雨量频率曲线, 计算了“7·11”洪水最大 24 h 大于 100 mm、最大 6 h 大于 100 mm、最大 1 h 大于 50 mm 的降雨量重现期; 根据历史调查洪水、历年最大洪峰流量, 建立了五龙口、山路平和武陟水文站的 P-Ⅲ型频率曲线, 计算了“7·11”洪水洪峰流量的重现期。结果表明: 最大 24 h 降雨量排名第一的窑头站 351 mm 重现期约为 3 000 年, 最大 6 h 降雨量排名第一的窑头站 328.5 mm 重现期约为 1 万年, 最大 1 h 排名前三的窑头、李寨和河西站降雨量重现期为 200~300 年, 五龙口、山路平和武陟站洪峰流量重现期分别相当于 30 年、10 年和 10~15 年。分析结果可为沁河流域和黄河下游防洪调度提供技术支撑。

关 键 词: 重现期; P-Ⅲ型频率曲线; “7·11”暴雨洪水; 沁河流域
中图分类号: TV122^{+}.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-640X(2023)02-0001-08

沁河是黄河三门峡至花园口区间较大的一级支流, 发源于山西长治市沁源县的霍山, 经沁源、安泽、沁水、阳城与晋城市郊, 出山西进入河南, 在河南沁阳接纳最大的支流丹河后转向正东, 在武陟县南贾村汇入黄河。沁河干流总长 485 km, 流域总面积 13 532 km^2, 入黄武陟水文站集水面积 12 880 km^2。2021 年 7 月 11 日, 沁河流域局部出现强降雨过程, 暴雨历时 16 h, 累积面雨量达 78.2 mm, 共有 104 个雨量站降雨量超过 50 mm, 其中最大点雨量窑头站达 351 mm。山里泉水文站出现 3 800 m^3/s 的洪峰流量, 为 2019 年建站以来的最大流量; 支流丹河山路平水文站出现 1 170 m^3/s 的洪峰流量, 为 1957 年以来最大流量。

目前, 关于暴雨重现期已有大量研究[1-4], 也有专家对沁河流域历史洪水进行了分析研究[5-6]。但是, 对沁河暴雨洪水重现期的研究尚未有明晰认识。对于暴雨重现期, 如果采用资料系列长短和空间范围不同, 会出现不同的结果。通常, 最节省时间的办法是, 在现有设计暴雨手册中查询本次降雨量对应的频率, 从而计算出重现期。这种重现期是流域或区域的概念, 而且资料系列截止年份至少在手册出版年份之前。本文的暴雨重现期指单站降雨量的重现期, 建立频率曲线采用的数据系列是从建站到 2020 年。

山里泉水文站是山西和河南两省的省界水文站、河口村水库入库站, 河口村水库是黄河下游防洪工程体系的重要组成部分。沁河入黄武陟水文站近些年的径流量呈现减少趋势, 且年内时有断流发生, 因此沁河“7·11”暴雨洪水引起广泛关注。计算分析其暴雨洪水重现期, 可为沁河流域和黄河下游防洪调度提供技术支撑。

收稿日期: 2022-03-26
基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2021YFC3201101)
作者简介: 金双彦(1974—), 女, 山西夏县人, 正高级工程师, 博士, 主要从事水文水资源、水文情势变化研究。
E-mail: 1178922805@qq.com

1 资料与方法

1.1 数据来源

本文收集了暴雨笼罩区 29 个雨量站(图 1)的年最大 24 h、23 个雨量站的年最大 6 h 和 12 个雨量站的年最大 1 h 的降水量资料。选择润城、五龙口、山路平、武陟等 4 个长系列水文站和洞底、柳树底、神坪、李寨、土河、追山、紫陵、柳树口、东下村、西万共 10 个长系列雨量站,从各时段最大降雨量表中摘录最大 24 h、最大 6 h 和最大 1 h 降雨量。以上水文数据均来自中华人民共和国水文年鉴第 4 卷《黄河流域水文年鉴》[7] 第 6 册。2021 年“7·11”暴雨数据采用报汛时段降雨量资料。

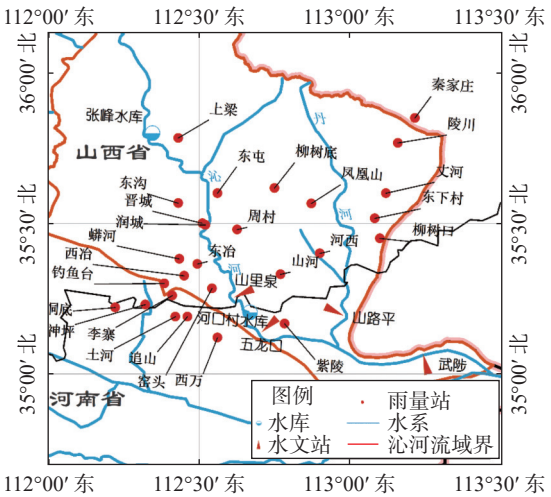


图 1 研究区的水文站、雨量站和水库分布

Fig. 1 Distribution of hydrological stations, rainfall stations and reservoirs in the study area

参考《中国历史大洪水调查资料汇编》[8]、《中华人民共和国黄河流域 黄河干流及主要支流控制河段洪水调查资料》[9]、《黄河流域暴雨与洪水》[10]、《黄河水文》[11] 及部分科技期刊相关文献[12-17],收集了沁河武陟、五龙口和山路平水文站的历史调查洪水。相关数据整理如下:

(1) 武陟站实测资料为 1954—2020 年,系列长度 n 为 67 年;历史调查洪水为 2 场,分别发生在 1761 年和 1895 年,考虑历史调查洪水后确定资料系列长度 N 为 260 年;在调查考证期 N 年中特大洪水次数 a 为 2,其中实测次数 l 为 0。(2) 五龙口站实测资料为 1954—2020 年,系列长度 n 为 67 年;历史调查洪水 3 场,发生在 1895、1932 和 1943 年,考虑调查洪水后确定资料系列长度 N 为 126 年;在 N 年中特大洪水次数 a 为 1,其中实测次数 l 为 0。(3) 山路平站实测资料为 1954—2020 年,系列长度 n 为 67 年;历史调查洪水 3 场,发生在 1846、1892 和 1932 年,考虑调查洪水后确定资料系列长度 N 为 175 年;在 N 年中特大洪水次数 a 为 1,其中实测次数 l 为 0。

1.2 研究思路

根据沁河流域历年水文年鉴中的“各时段最大降雨量表 1 和各时段最大降雨量表 2”,在 14 个长系列站中,考虑空间分布,选择历史资料较好的润城、东下村、李寨、柳树底、柳树口、追山和紫陵(图 2)共 7 个雨量站作为参证站;收集整理沁河“7·11”洪水报汛的时段雨量资料,选择年最大 24 h、年最大 6 h 和年最大 1 h 为代表性时段;对选择的 14 个长系列站 3 个代表性时段的降雨量进行 P-Ⅲ型频率分析。采用矩法估算参数,离差平方和法自动优化适线,最后目估适线确定频率曲线参数,计算各长系列站“7·11”洪水降雨量的重现期。对于没有历史雨量资料或历史资料较差的雨量站,使用距离最近的参证站参数计算该站“7·11”洪水的暴雨重现期。

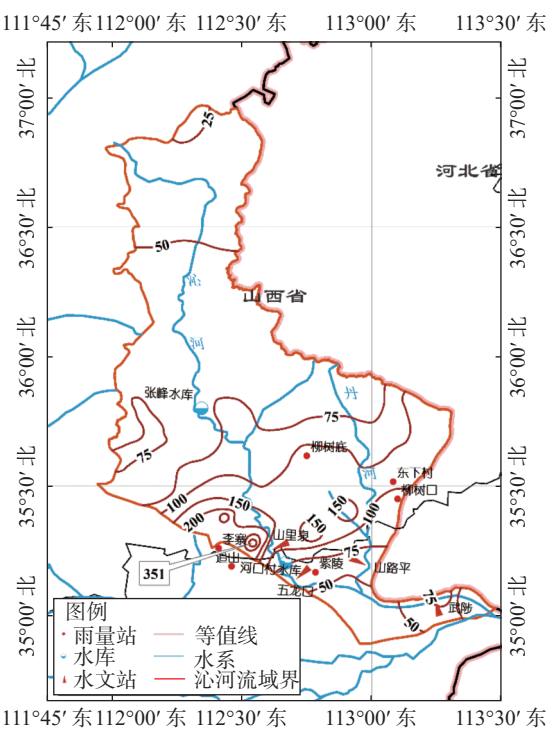


图 2 沁河“7·11”洪水对应降雨量等值线及参证站位置分布(单位:mm)

Fig. 2 Isogram of rainfall and location of reference station in the Qinhe “7·11” flood (unit: mm)

首先, 查询历史调查洪水, 根据不同调查来源, 对洪水可靠、较可靠等进行定性取舍; 选取实测系列历年的年最大洪峰流量, 判断其中的特大洪水; 然后对水利工程影响后的洪水进行还原; 最后, 基于上述资料, 建立 P-Ⅲ型频率曲线, 分析武陟、五龙口和山路平水文站的洪水重现期。

1.3　研究方法

P-Ⅲ型曲线的概率密度函数为:

$$f(x)=\frac{\beta^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)}(x-a_0)^{\alpha-1}\exp(-\beta(x-a_0)) \tag{1}$$

式中: $\Gamma(\alpha)$为伽玛函数; α、β、a_0分别为 P-Ⅲ型分布的形状、尺度和位置参数, α>0、β>0。

对式(1)积分, 进行标准化变换并简化后, 可得给定设计频率的设计值推求公式:

$$x_P=\bar{x}(1+C_{\mathrm{v}}\Phi_P)=\bar{x}\left(1+\frac{C_{\mathrm{v}}^2C_{\mathrm{s}}/C_{\mathrm{v}}\mathrm{Gammainv}(1-p,\alpha,\beta)}{2}-\frac{2}{C_{\mathrm{s}}/C_{\mathrm{v}}}\right) \tag{2}$$

式中: $\Phi_P=T_PC_{\mathrm{s}}/2-2/C_{\mathrm{s}}$, $T_P=\mathrm{Gammainv}(1-P,\alpha,\beta)$, Gammainv（ ）函数为 Excel 中自带的标准伽马函数的逆函数, $\alpha=4/C_{\mathrm{s}}^2$, $\beta=1$, C_{v} 和 C_{s} 分别为变差系数和偏态系数。

2　结果和讨论

2.1　降雨量频率分析

建立 7 个参证站年最大 24 h、年最大 6 h 和年最大 1 h 降雨量频率曲线。以追山站、李寨站为例, 年最大 24 h 降雨量频率曲线见图 3。各站不同时段频率分析参数见表 1。该频率分析的参数结果与《山西省水文计算手册》[18] 的结果相近。

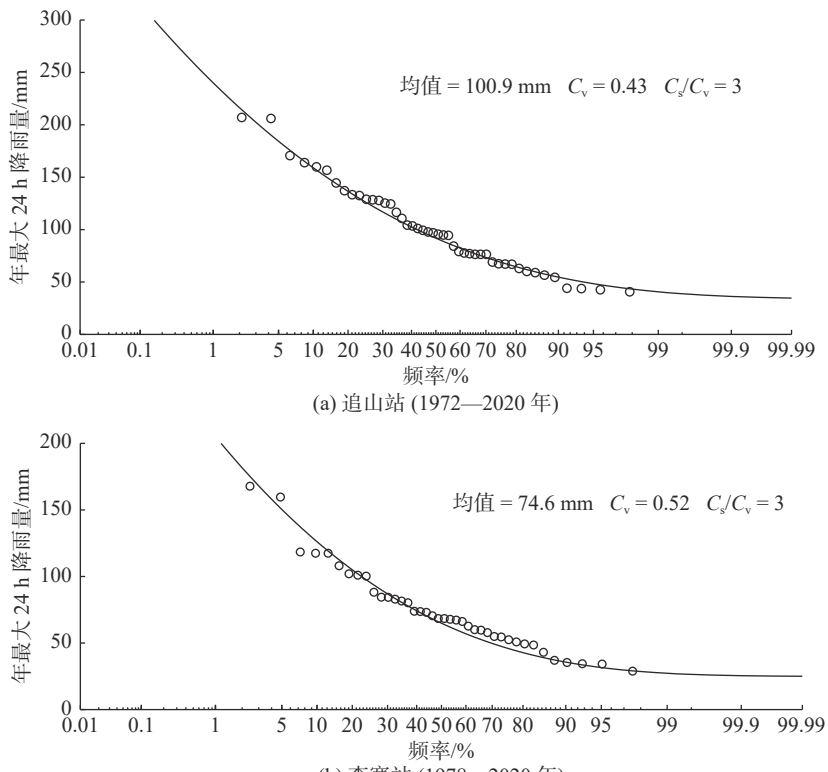


图 3　追山站和李寨站的年最大 24 h 降雨量频率曲线

Fig. 3　Frequency curves of the max 24 h rainfall in Lizhai station and Zhuishan station

表 1 参证站频率分析参数

Tab. 1 Parameters of frequency analysis of reference station

序号	站名	时段	系列长度/a	参数		
				均值	C_v	C_s/C_v
1	润城	最大24 h	47	76.2	0.49	3.5
		最大6 h	47	54.7	0.50	3.5
		最大1 h	47	34.4	0.50	3.5
2	柳树底	最大24 h	53	73.2	0.36	2.5
		最大6 h	53	50.5	0.47	2.5
3	李寨	最大24 h	40	74.6	0.52	3.0
		最大6 h	40	53.7	0.52	3.0
		最大1 h	34	28.5	0.56	3.0
4	追山	最大24 h	46	100.9	0.43	3.0
		最大6 h	44	67.1	0.53	3.0
5	紫陵	最大24 h	40	85.7	0.38	3.0
		最大6 h	40	65.5	0.41	3.0
		最大1 h	31	35.4	0.55	3.0
6	柳树口	最大24 h	40	80.9	0.47	3.0
		最大6 h	40	59.5	0.53	3.0
		最大1 h	37	33.0	0.50	3.0
7	东下村	最大24 h	32	75.7	0.58	3.0
		最大6 h	34	58.8	0.67	3.0
		最大1 h	33	28.4	0.43	3.0

根据确定的频率分析参数，计算选择“7·11”洪水对应的雨量参证站及附近雨量站的降雨重现期见表 2。由表 2 可见，最大 24 h 降雨量排名第一的窑头站 351 mm 重现期约为 3 000 年，200~300 mm 之间 8 个站点降雨量的重现期范围为 24~300 年；最大 6 h 降雨量窑头站 328.5 mm 重现期约为 1 万年，李寨站 230.8 mm 降雨量重现期约为 3 400 年，其余 150~250 mm 之间 9 个站点降雨量的重现期为 30~800 年；最大 1 h 降雨量排名前三的窑头、李寨和河西站重现期为 200~300 年，东下村 74.4 mm 重现期约 200 年，其余 8 个站的降雨量重现期为 10~70 年。

表 2 沁河“7·11”洪水对应的各雨量站降雨量重现期

Tab. 2 Rainfall return period in the rainfall stations in Qinhe “7·11” flood

最大24 h降雨量大于100 mm				最大6 h降雨量大于100 mm				最大1 h降雨量大于50 mm			
序号	雨量站	雨量/mm	重现期/a	序号	雨量站	雨量/mm	重现期/a	序号	雨量站	雨量/mm	重现期/a
1	窑头	351.0	3 085	1	窑头	328.5	10 746	1	窑头	110.5	285
2	蟒河	276.4	302	2	蟒河	246.2	689	2	李寨	99.2	308
3	追山	250.0	136	3	李寨	230.8	3 433	3	河西	95.2	171
4	李寨	242.8	313	4	追山	230.4	408	4	土河	84.6	31
5	神坪	233.0	24	5	神坪	218.6	34	5	神坪	81.4	12
6	钓鱼台	223.8	176	6	钓鱼台	198.4	854	6	钓鱼台	77.8	69
7	土河	208.4	182	7	晋城	189.2	312	7	追山	77.6	30
8	晋城	202.2	92	8	土河	188.4	486	8	蟒河	76.8	34

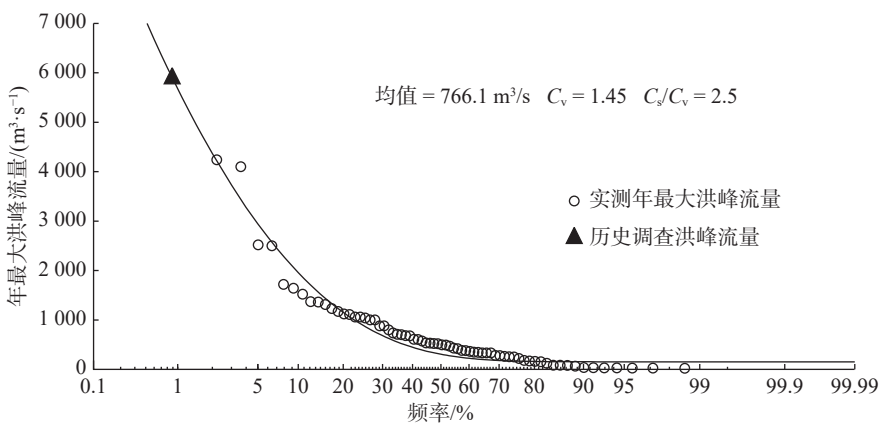
续表 2

最大24 h降雨量大于100 mm				最大6 h降雨量大于100 mm				最大1 h降雨量大于50 mm			
序号	雨量站	雨量/mm	重现期/a	序号	雨量站	雨量/mm	重现期/a	序号	雨量站	雨量/mm	重现期/a
9	西冶	200.5	88	9	西冶	179.0	374	9	东下村	74.4	212
10	山河	186.8	100	10	河西	171.0	263	10	晋城	63.6	15
11	河西	180.0	45	11	山河	170.0	119	11	西冶	59.5	20
12	东冶	153.0	22	12	东冶	139.4	67	12	山河	52.0	7
13	凤凰山	149.6	16	13	凤凰山	134.4	22				
14	东屯	147.2	19	14	东屯	130.8	48				
15	东下村	141.4	13	15	东下村	127.8	16				
16	丈河	134.8	11	16	丈河	117.6	13				
17	周村	130.5	31	17	周村	117.5	66				
18	上梁	128.0	11	18	上梁	117.0	28				
19	洞底	127.2	7	19	柳树底	115.8	11				
20	柳树底	125.4	24	20	秦家庄	113.8	60				
21	陵川	124.8	8	21	陵川	112.0	11				
22	秦家庄	123.8	8	22	洞底	108.4	12				
23	附城	115.0	7	23	东沟	101.2	15				
24	东沟	112.0	7								
25	牛村	111.4	7								
26	王寨	109.2	7								
27	李庄	106.2	6								
28	郭家庄	101.6	6								
29	应郭	100.1	8								

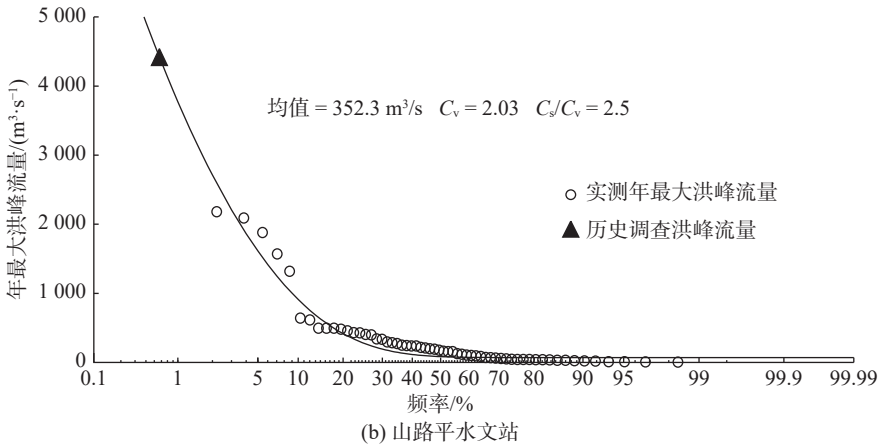
2.2　洪水频率分析计算结果

(1)洪水还原。张峰水库运用后的 2009—2020 年沁河下游未发生大水[19], 频率分析时该时段五龙口和武陟洪峰流量不进行还原。河口村水库位于五龙口站以上约 9 km 处, 集水面积 9 223 km^2, 二者之间流域面积仅 22 km^2, 区间没有支流汇入。7 月 11 日 14:30 河口村水库入库洪峰流量 3 640 m^3/s, 采用马斯京根河道演算法, 还原计算后五龙口洪峰流量为 3 600 m^3/s。

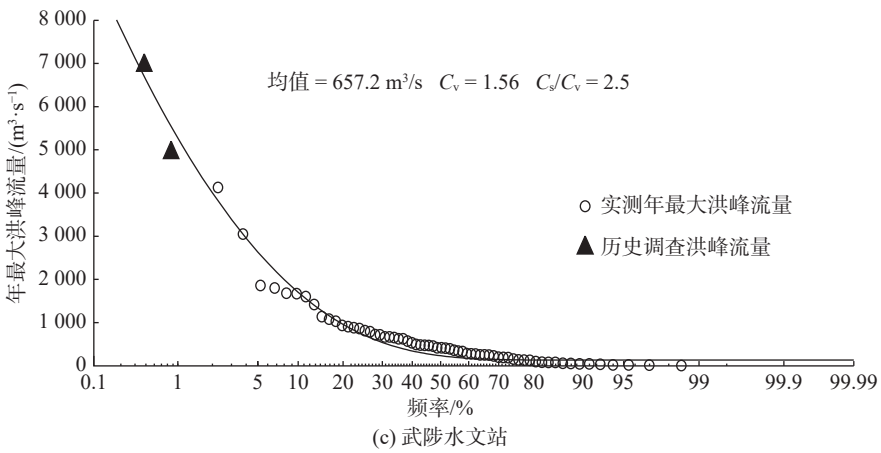
(2)洪水频率曲线的建立。五龙口、山路平和武陟水文站 1954—2020 年系列年最大洪峰流量+历史调查洪水的频率曲线见图 4。五龙口水文站还原后的洪峰流量 3 600 m^3/s 重现期约为 30 年; 山路平水文站还原后的洪峰流量 1 700 m^3/s 相当于约 10 年一遇; 武陟水文站洪峰流量 1 170 m^3/s 相当于 10~15 年一遇(见表 3)。



(a) 五龙口水文站



(b) 山路平水文站



(c) 武陟水文站

图 4 五龙口、山路平和武陟水文站年最大洪峰流量(1954—2020 年+历史洪水)频率曲线

Fig. 4 Frequency curve of annual max discharge in 1954—2020 and survey flood in Wulongkou station, Shanluping station and Wuzhi station

表 3 五龙口、山路平和武陟水文站“7·11”洪水重现期

Tab. 3 Return period of the “7·11” flood in 2021 in Wulongkou, Shanluping and Wuzhi stations

站名	集水面积/km²	资料系列				统计参数			洪峰流量/(m³·s⁻¹)	重现期/a
		N	*n*	*a*	*l*	均值	C_v	C_s/C_v		
五龙口	9 245	126	67	1	0	766.1	1.45	2.5	3 600	30.8
山路平	3 049	175	67	1	0	352.3	2.03	2.5	1 700	10.0
武 陟	12 880	260	67	2	0	657.2	1.56	2.5	1 170	13.2

3 结 语

本文对沁河 2021 年“7·11”暴雨洪水笼罩区雨量站的最大 24 h、最大 6 h 和最大 1 h 的降水量重现期和武陟、五龙口和山路平水文站的洪峰流量重现期进行了分析,得出如下结论:

(1)单站暴雨重现期。沁河“7·11”洪水最大 24 h 降雨量排名第一的窑头站 351 mm 重现期约为 3 000 年,200~300 mm 之间 8 个站点的重现期为 24~300 年;最大 6 h 降雨量排名第一的窑头站 328.5 mm 重现期约为 1 万年,李寨站 230.8 mm 重现期约为 3 400 年,其余 150~250 mm 之间 9 个站点的重现期为

30~800 年; 最大 1 h 降雨量排名前三的窑头、李寨和河西站重现期为 200~300 年, 东下村 74.4 mm 重现期约 200 年, 其余 8 个站的重现期为 10~70 年。

(2)洪峰流量重现期。五龙口水文站还原后洪峰流量 3 600 m^3/s 重现期约为 30 年, 山路平水文站还原后洪峰流量 1 700 m^3/s 重现期约为 10 年, 武陟水文站洪峰流量 1 170 m^3/s 重现期为 10~15 年。

极端暴雨洪水事件重现期的分析有助于防范暴雨洪涝灾害及其风险管理。研究成果可为沁河流域和黄河下游防洪调度, 以及区域减灾提供技术支撑。

参 考 文 献:

[1] 乔海艳, 贾琼, 徐阳. ENSO对珠江三角洲洪水影响[J]. 水利水运工程学报, 2016(1): 122-127. (QIAO Haiyan, JIA Qiong, XU Yang. Impacts of ENSO on different flood frequencies in Pearl River Delta[J]. Hydro-Science and Engineering, 2016(1): 122-127. (in Chinese))

[2] 王丹青, 许有鹏, 王思远, 等. 城镇化背景下平原河网区暴雨洪水重现期变化分析——以太湖流域武澄锡虞区为例[J]. 水利水运工程学报, 2019(5): 27-35. (WANG Danqing, XU Youpeng, WANG Siyuan, et al. Change in return period of storm flood in plain river network area under urbanization—taking Wuchengxiyu region of Taihu Lake Basin as a case study[J]. Hydro-Science and Engineering, 2019(5): 27-35. (in Chinese))

[3] 陶雨薇, 王远坤, 王栋, 等. 太湖流域湖西区暴雨时空分布特性分析[J]. 水利水运工程学报, 2020(3): 43-50. (TAO Yuwei, WANG Yuankun, WANG Dong, et al. Analysis of spatio-temporal distribution of rainstorms in the western region of Taihu Lake Basin[J]. Hydro-Science and Engineering, 2020(3): 43-50. (in Chinese))

[4] 金双彦, 高亚军, 徐建华. 系列长度和最大值处理方式对降雨量重现期估算的影响[J]. 水文, 2019, 39(5): 25-29. (JIN Shuangyan, GAO Yajun, XU Jianhua. Impact of series length and maximum processing on estimation of rainfall return period[J]. Journal of China Hydrology, 2019, 39(5): 25-29. (in Chinese))

[5] 葛兆帅, 杨达源, 谢悦波, 等. 历史上的一次溃决洪水——1482年沁河流域大洪水[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(2): 80-83. (GE Zhaoshuai, YANG Dayuan, XIE Yuebo, et al. A historical dam-breaking flood in 1482: great Qinhe River Basin flood[J]. Journal of Natural Disasters, 2004, 13(2): 80-83. (in Chinese))

[6] 李栓才, 曹金刚, 岳仁意. 2003年沁河洪水分析[J]. 人民黄河, 2005, 27(2): 44, 48. (LI Shuancai, CAO Jingang, YUE Renyi. Flood analysis of Qinhe River in 2003[J]. Yellow River, 2005, 27(2): 44, 48. (in Chinese))

[7] 中华人民共和国水利部水文局. 中华人民共和国水文年鉴——黄河流域水文资料[M]. 北京: 水利部水文局, 1960—2020. (Hydrology Bureau of the Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Hydrological yearbook of the People's Republic of China—Hydrological data of the Yellow River Basin[M]. Beijing: Hydrology Bureau of Water Resources Ministry, 1960—2020. (in Chinese))

[8] 骆承政. 中国历史大洪水调查资料汇编[M]. 北京: 中国书店出版社, 2006: 147-149. (LUO Chengzheng. Compilation of historical flood survey data in China[M]. Beijing: China Bookstore Press, 2006: 147-149. (in Chinese))

[9] 黄河水利委员会勘测规划设计院. 中华人民共和国黄河流域 黄河干流及主要支流控制河段 洪水调查资料[R]. 郑州: 黄河水利委员会勘测规划设计院, 1983: 316-323. (Survey, Planning and Design Institute of the Yellow River Conservancy Commission. Flood investigation data of the mainstream and main tributaries of the Yellow River, Yellow River Basin of the People's Republic of China[R]. Zhengzhou: Survey, Planning and Design Institute of the Yellow River Conservancy Commission, 1983: 316-323. (in Chinese))

[10] 史辅成, 易元俊, 高治定. 黄河流域暴雨与洪水[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997. (SHI Fucheng, YI Yuanjun, GAO Zhiding. Rainstorm and flood in the Yellow River Basin[M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 1997. (in Chinese))

[11] 陈先德. 黄河水文[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996. (CHEN Xiande. Hydrology of the Yellow River[M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 1996. (in Chinese))

[12] 高秀山. 黄河中下游一七六一年洪水分析[J]. 人民黄河, 1983(2): 6-10. (GAO Xiushan. Flood analysis of the middle and lower reaches of the Yellow River in 1761[J]. Yellow River, 1983(2): 6-10. (in Chinese))

[13] 史辅成, 易元俊, 张德馨. 1931年伊洛河洪水与夹滩滞洪作用分析[J]. 人民黄河, 1985(6): 32-34, 42.（SHI Fucheng, YI Yuanjun, ZHANG Dexin. Analysis of the flood in the Yiluo River and flood detention in the bench in 1931[J]. Yellow River, 1985(6): 32-34, 42.（in Chinese））

[14] 史辅成. 黄河碑刻题记与暴雨洪水[J]. 人民黄河, 1993(11): 4-7.（SHI Fucheng. Inscriptions on Yellow River inscriptions and rainstorm floods[J]. Yellow River, 1993(11): 4-7.（in Chinese））

[15] 王国安. 黄河三门峡至花园口区间可能最大洪水的分析途径与体会[J]. 人民黄河, 1979(3): 14-19.（WANG Guoan. Analysis approach and experience of possible maximum flood during the region from Sanmenxia to Huayuankou of the Yellow River[J]. Yellow River, 1979(3): 14-19.（in Chinese））

[16] 史辅成, 易元俊. 黄河洪水考证和计算[J]. 水利水电技术, 1983(9): 1-7.（SHI Fucheng, YI Yuanjun. Research and calculation of Yellow River flood[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 1983(9): 1-7.（in Chinese））

[17] 宋伟华, 李保国, 张志红, 等. 张峰水库对河口村水库入库设计洪水的影响[J]. 人民黄河, 2011, 33(12): 9-11.（SONG Weihua, LI Baoguo, ZHANG Zhihong, et al. Effect of Zhangfeng reservoir to the design flood of Hekoucun reservoir[J]. Yellow River, 2011, 33(12): 9-11.（in Chinese））

[18] 山西省水利厅. 山西省水文计算手册[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2011.（Shanxi Provincial Department of Water Resources. Hydrological calculation manual of Shanxi Province[M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 2011.（in Chinese））

[19] 彭慧敏, 李国芳, 袁婷婷, 等. 上游水库影响下河口村水库分期设计洪水研究[J]. 人民黄河, 2021, 43(4): 62-66, 121.（PENG Huimin, LI Guofang, YUAN Tingting, et al. Study on seasonal design flood of Hekoucun reservoir under the impact of the upstream reservoir[J]. Yellow River, 2021, 43(4): 62-66, 121.（in Chinese））

Analysis on the return period of the rainstorm in the Qinhe River basin on July 11, 2021

JIN Shuangyan, HUO Wenbo, GUO Shaomeng

(*Hydrology Bureau of Yellow River Conservancy Commission*, *Zhengzhou* 450004, *China*)

Abstract: According to the Table 1 and Table 2 of Maximum Rainfall Data of Different Periods over the historical years and the “7·11” rainstorm in 2021 in the Qinhe River basin, the rainfall frequency curves of three representative periods of fourteen long series stations are established by using P-Ⅲ distribution, and the rainfall return period of “7·11” with maximum 24 h greater than 100 mm, maximum 6 h greater than 100 mm and maximum 1 h greater than 50 mm is calculated. According to the historical survey flood and the maximum peak discharge over the years, the frequency curves are established, and the return period of peak discharge of Wulongkou, Shanluping and Wuzhi hydrology stations are calculated. The results show that: (1) The return period of the largest 24 h rainfall reaching 351 mm in Yaotou station is about 3,000 years, that of the largest 6 h rainfall reaching 328.5 mm in Yaotou station is about 10,000 years, and that of the largest 1 h rainfall in the first three stations, Yaotou, Lizhai and Hexi, is 200~300 years. (2) The return periods of flood peak discharge of Wulongkou, Shanluping and Wuzhi stations are equivalent to 30 years, 10~15 years and 10 years, respectively. The results can provide technical support for flood control operation in the Qinhe River basin and the lower Yellow River.

Key words: return period; P-Ⅲ distribution; “7·11” rainstorm and flood; Qinhe River basin