

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2019.06.004

洪水涨落水水位-流量分布规律及应用

李 琼,张幼成,王洪心,肖 晒,陈红兵

(宜昌市水文水资源勘测局,湖北 宜昌 443003)

摘要:以河溶水文站为例,采用系统分析法研究受洪水涨落影响绳套关系水位-流量关系轴线摆动变化范围。结果表明:受洪水涨落影响绳套关系水位-流量洪水洪峰水位及相应流量的轴线摆动有一定规律,水位-流量关系走向越接近洪峰水位越向轴线形成有规律的系列,由此可根据洪峰水位与相应流量之间建立回归关系,建立绳套关系水位-流量转换模型应用于洪峰水位预报,有效解决受洪水涨落影响下绳套关系水位-流量关系洪水水位预报瓶颈,满足防汛需求。

关键词:洪水涨落;水位-流量关系;洪峰水位;系统分析;分布规律;预报应用

中图分类号:TV123 文献标志码:A 文章编号:1000-1980(2019)06-0507-07

Distribution and application of flood water level and discharge fluctuations

LI Qiong, ZHANG Youcheng, WANG Hongxin, XIAO Shai, CHEN Hongbing

(Yichang Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Yichang 443003, China)

Abstract: Taking the Herong station as an example, this work analyzes the swing range of the water level and flow rate by the systematical method. The result shows that there is a certain law in distributions of axial swings for the flood-peak water level and the corresponding flow rate under the impact of flood fluctuations. This law gets stronger when the relationship of water level and flow rate is closer to the flood peak. Meanwhile, the water level forms a regular series with the axis, which can establish the relationship between the flood-peak water level and the corresponding flow rate, and that between the water level and the flow conversion model of the flood peak. This study effectively solves the bottleneck of flood level forecasting under the impact of flood fluctuations on the relationship between water level and flow rate, for meeting the requirement of flood control.

Key words: flood fluctuation; water level and discharge relationship; flood-peak water level; systematical analysis; distribution law; forecasting application

洪水涨落过程中,由于洪水波传播所引起的附加比降不同,使断面上的流量与同水位稳定的流量相比产生有规律的增大或减小^[1],反映在水位-流量关系上,曲线呈逆时针绳套曲线^[2],不同洪水水位-流量绳套的轴线^[3]相差较大,轴线摆动大,增大了受洪水涨落影响下洪水预报难度。

在考虑受洪水涨落影响的洪水预报研究中,孙孝波^[4]、程银才等^[5]对水位-流量关系进行了单值化处理;陈瑞祥等^[6]根据圣维南方程组和曼宁公式推导了由水位计算相应流量的理论公式,讨论了稳定流比降与附加比降的计算方法;Habert 等^[7]通过同化河道地形等资料确定水位-流量关系,降低了预报的不确定性。以上研究主要关注的是流量预报,而在防汛工作中需要充足的信息为防洪决策提供可靠依据,不仅需要预报流量,也需预报水位。因此,准确地预报水位亦具有重要意义。

对于水位预报,著名水文学家 Todini^[8]提出了采用 Muskingum-Cunge 进行流量演算及水位计算的方法;芮孝芳^[9]提出了冲淤河道的水位计算方法;黄国如等^[10]基于时间序列分析的 ARMAV(2,1)模型建立了水位预报模型,应用于黄河下游的漫滩冲淤河道;李小韵等^[11]基于多元门限回归模型建立了松花江干流 5 个站的水位预报模型;李杨俊等^[12]用“蓄率中线法”对黄河小北干流漫滩洪水进行了预报;刘代勇等^[13]提出基

作者简介:李琼(1966—),女,高级工程师,主要从事水文水资源研究。E-mail:815857639@qq.com
引用本文:李琼,张幼成,王洪心,等.洪水涨落水水位-流量分布规律及应用[J].河海大学学报(自然科学版),2019,47(6):507-513.
LI Qiong, ZHANG Youcheng, WANG Hongxin, et al. Distribution and application of flood water level and discharge fluctuations[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2019, 47(6): 507-513.

(c) 全流域出现暴雨形成的洪水; (d) 全流域出现暴雨及漳河泄洪水形成的洪水; (e) 沮漳河上游来水与长江顶托影响形成的洪水。

受不同洪水组合影响,河溶站洪水水位-流量关系图多出现标准逆时针绳套曲线,若受上游来水与长江顶托的洪水影响,水位-流量关系散乱^[22],关系无明显规律。研究水位-流量关系分布规律,主要解决洪峰水位预报难题,因此本文选用河溶站 1973—2016 年实测洪峰水位大于 46.00 m 单峰(或复式峰第一个洪峰作单峰处理)洪水 37 场次分析水位-流量关系影响因素及其分布规律。

2.3 洪峰流量与洪峰水位的相应流量关系

根据摘录 37 场次每场洪水的洪峰水位、洪峰水位相应流量及洪峰流量,建立洪峰流量 $Q_{\max}$ 与洪峰水位相应流量 Q_s 关系(图 3),相关关系较好,相关方程为

$$Q_s = 0.955Q_{\max} - 8.04$$

(1)

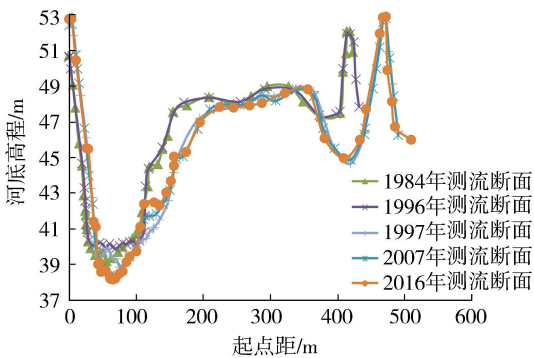


图 2 不同年份测流断面大断面

Fig. 2 Gaging sections from different years

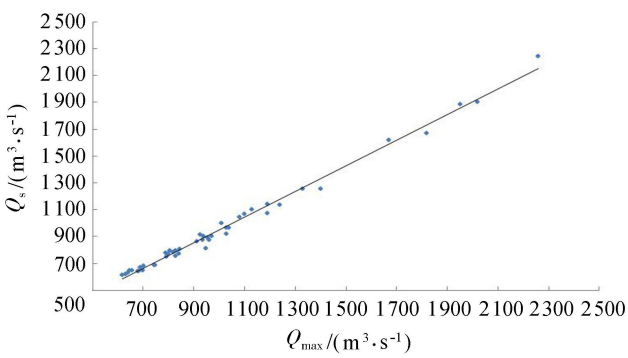


图 3 洪峰流量与洪峰水位相应流量关系

Fig. 3 Relationship between the peak flow and the corresponding flow rate of flood-peak water level

3 水位-流量关系分布规律分析

3.1 漫滩对水位-流量关系影响分析

根据河溶站洪水组合和断面变化情况,选择较大洪水水位大于 46.0 m 的洪水分析河溶站的水位-流量关系,按不漫滩、漫滩和全部漫滩的洪水涨水面与落水面绳套的最宽和最窄各选 2 场洪水(图 4)。

由图 4 可以看出,无论洪水是否漫滩,水位-流量关系曲线均在涨水面外包线与落水面外包线之间摆动,因此水位-流量关系摆动与洪水漫滩和洪水组合影响关系不大。

3.2 水位-流量关系特点

a. 洪水绳套为一逆时针绳套,洪水上涨时,其涨落率为正,附加比降亦为正,其流量大于同水位的稳定流流量。同理,落水时的涨落率为负,其流量小于同水位的稳定流流量,一次洪水涨落过程的水位-流量关系曲线呈现为一逆时针绳套曲线,如图 5 所示。

b. 洪水绳套曲线与水位过程线的关系密切。洪水流量的大小与涨落率的关系密切,涨落率即水位过程线斜率,过程线较陡的时段中,反映在洪水绳套曲线上其偏离同水位的稳定水位-流量关系线的距离亦越大,形成的水位-流量关系绳套较胖,涨水面越偏右,如图 6 所示。

c. 洪水绳套曲线上各水力因素极值出现时序有规律,依次为最大比降(最大涨落率)、最大流速 $v_{\max}$ 、最大流量 $Q_{\max}$ 、最高水位 $Z_{\max}$ ^[23]。根据 37 场洪水分析,出现最大涨率水位级大多分布在水位级 42.00 ~ 45.50 m 之间,河溶站水位达到 47.50 m 时进行作业预报,当最大涨率出现时可进行水位实时校正预报。

d. 洪水水位过程线峰、谷处,其涨落率为零,其流量应与同水位稳定流量相同。

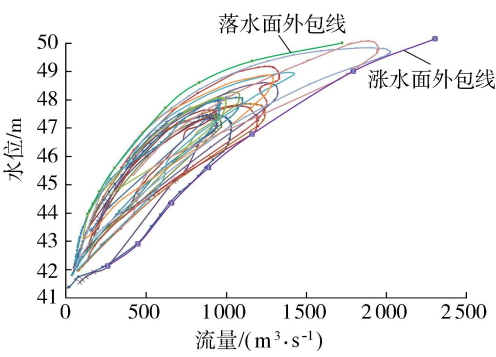


图 4 河道不漫滩、漫滩及全部漫滩水位-流量关系线

Fig. 4 Water level and discharge relationship curves of no floodplain, partial floodplain and all floodplain

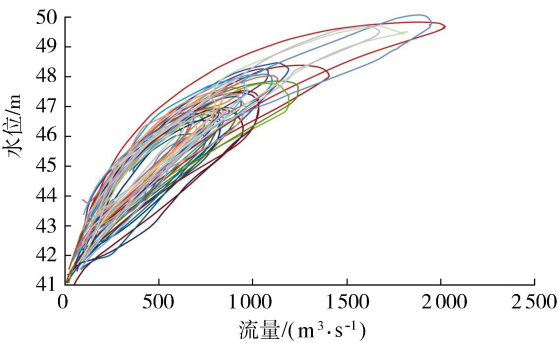


图5 历年单峰水位-流量关系

Fig. 5 Water level and discharge relationships for annual single-peak flood

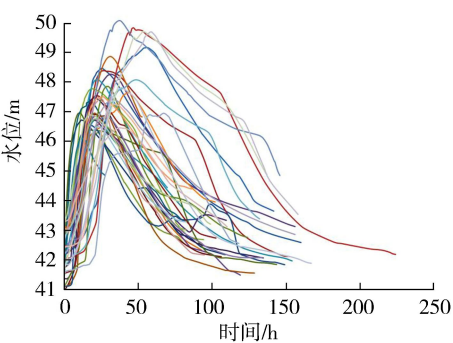


图6 历年单峰水位过程线

Fig. 6 Process line for the water level of annual single-peak flood

3.3 水位-流量关系轴线分布规律

选择河溶站单峰(或复式峰第一个洪峰)实测场次洪水37场次水位-流量,点绘水位-流量关系图(图7),从图7中可以看出:(a)虽然水位-流量关系轴线(洪峰水位与相应流量点连线)有摆动,轴线摆动与洪水最大涨落率大小有关,但没有固定的关系;(b)水位-流量关系低水位时绳套宽窄不一,规律不明显,随着水位增加,水位-流量关系越向回归轴线附近;(c)单峰水位-流量关系均为逆时针绳套,水位-流量关系胖瘦(轴线)存在一定规律,所有场次洪峰水位与相应流量点均落在轴线1、轴线2、轴线3附近。

洪水最大涨落率小于或等于0.5 m/h时,水位-流量关系在洪峰时均回归到轴线1,水位-流量关系瘦;洪水最大涨落率大于0.5 m/h、小于或等于0.8 m/h时,水位-流量关系在洪峰时均回归到轴线2,水位-流量关系较瘦;洪水最大涨落率大于0.8 m/h时,水位-流量关系在洪峰时均回归到轴线3,水位-流量关系胖。

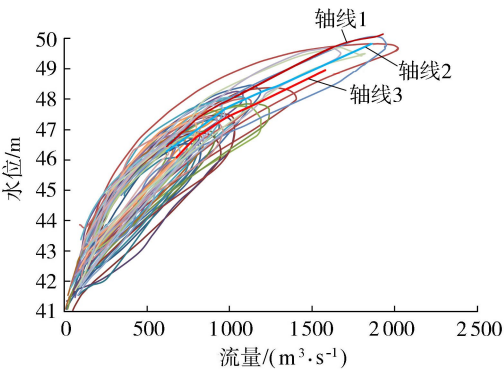


图7 河溶站水位-流量关系轴线分布规律

Fig. 7 Axial distribution law of water level and discharge relationships in the Herong station

4 流量转换水位模型建立及应用

4.1 模型建立

流量转换水位模型建立时,洪峰流量采用实测洪峰流量,洪峰水位相应流量采用式(1)计算,根据水位-流量轴线分布规律,流量转换水位模型建立时分水位-流量关系最大涨率小于或等于0.5 m/h 水位-流量关系(瘦型),最大涨率大于0.5 m/h、小于或等于0.8 m/h 水位-流量关系(较瘦型),最大涨率大于0.8 m/h 水位-流量关系(胖型)3类建立洪峰水位 Z_{max} 与洪峰水位相应流量 Q_s 关系。

a. 最大涨率小于或等于0.5 m/h 水位-流量关系(瘦型):此类实测洪水共16场次,洪水统计见表1,建立洪峰水位与计算相应流量相关关系,按最小二乘法求出回归方程即为洪峰水位与相应流量转换模型。相关系数 $r^2=0.9678$,方程为

$$Z_{max} = 29.917Q_s^{0.0683} \tag{2}$$

b. 最大涨率大于0.5 m/h、小于或等于0.8 m/h 水位-流量关系(较瘦型):此类实测洪水共10场次,洪水统计见表1,建立洪峰水位与计算相应流量相关关系,按最小二乘法求出回归方程即为洪峰水位与相应流量转换模型。相关系数 $r^2=0.9551$,方程为

$$Z_{max} = 31.004Q_s^{0.0629} \tag{3}$$

c. 最大涨率大于0.8 m/h 水位-流量关系(胖型):此类实测洪水共11场次,洪水统计见表1,建立洪峰水位与计算相应流量相关关系,按最小二乘法求出回归方程即为洪峰水位与相应流量转换模型。相关系数 $r^2=0.8696$,方程为

$$Z_{max} = 29.668Q_s^{0.0681} \tag{4}$$

表 1 不同涨率洪水统计

Table 1 Statistic results of floods with different rising rate

类型	洪号	洪峰水位/m	计算相应流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	洪峰流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大涨率/($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)
瘦型	19730703	48. 03	1 071	1 130	0. 48
	19750810	46. 75	745	788	0. 46
	20000930	46. 88	761	805	0. 35
	20070825	46. 94	798	844	0. 48
	20140903	47. 44	910	961	0. 35
	19960704	49. 70	1 730	1 820	0. 17
	20020506	47. 80	918	970	0. 28
	20050822	46. 45	596	632	0. 20
	20080830	49. 69	1 587	1 670	0. 26
	19910706	46. 49	660	700	0. 31
	19820823	47. 25	756	800	0. 29
	19730928	47. 40	875	925	0. 32
	19790716	46. 85	651	690	0. 46
	19800822	47. 5	799	845	0. 40
	19900702	48. 07	957	1 010	0. 40
较瘦型	20070713	50. 07	1 854	1 950	0. 48
	19730907	47. 63	886	936	0. 51
	19800625	46. 75	702	744	0. 60
	19830910	48. 26	1 023	1 080	0. 63
	20030705	46. 29	583	619	0. 63
	20080816	48. 46	1 128	1 190	0. 79
	20160702	48. 08	1 042	1 100	0. 51
	19940609	46. 50	620	658	0. 57
	19831007	49. 83	1 921	2 020	0. 56
	20070831	47. 77	1 128	1 190	0. 56
胖型	20040806	46. 83	774	819	0. 52
	19920613	46. 54	782	827	1. 07
	19900815	46. 96	863	912	1. 76
	19910701	47. 85	1 176	1 240	0. 92
	20000809	46. 71	782	827	1. 94
	20160805	46. 09	706	748	0. 84
	20090527	46. 90	897	948	1. 92
	19730430	47. 46	976	1 030	1. 64
	19920713	47. 53	976	1 030	0. 99
	20070619	47. 33	888	938	1. 32
	19900718	46. 73	747	791	0. 89
	19800601	46. 94	794	840	1. 10

4.2 模型检验及精度评价

4.2.1 模型检验

根据实测洪峰水位和洪峰流量资料,最大涨率小于或等于 0. 5 m/h 水位-流量关系(瘦型),最大涨率大于 0. 5 m/h、小于或等于 0. 8 m/h 水位-流量关系(较瘦型)和最大涨率大于 0. 8 m/h 水位-流量关系(胖型)建立的流量转换水位模型公式反推洪峰水位进行检验,检验时计算洪峰流量按实测洪峰流量,根据式(1)推算相应流量,再用式(2)、式(3)、式(4)流量转换模型反推洪峰水位,计算其与实测洪峰水位误差^[24],按水位预报误差小于 0. 3 m 时预报合格指标检验其合格率,检验成果见表 2,其合格率为 94. 6%,流量转换水位模型合理。

4.2.2 不分涨率预报与分涨率流量水位转换模型预报成果比较

不分涨率预报时,根据实时水位涨水过程布置实测流量测次,预报洪峰水位时依据实测流量和预报洪峰流量,按照受洪水涨落率影响水力因素出现先后次序,由预报员根据经验实时勾绘水位-流量关系曲线预报洪峰水位。由多年实际作业预报成果分析,此方法由有经验丰富的预报员预报洪峰水位合格率只可达到 60%,采用分涨率流量水位转换模型预报洪峰水位,合格率达到 95%,合格率提高 35%。不分涨率预报洪峰水位,如果不合格误差将会很大,如果 20160805 次洪水预报洪峰流量 780 m³/s,预报洪峰水位达 46. 69 m,与

表2 流量转换水位模型检验

Table 2 Model tests of flow and water level conversion model

洪号	实测洪峰水位/m	计算相应流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	实测洪峰流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	反推洪峰水位/m	水位误差/m	评价
19730703	48.03	1071	1130	48.18	0.15	合格
19750810	46.75	745	788	47.00	0.25	合格
20000930	46.88	761	805	47.07	0.19	合格
20070825	46.94	798	844	47.22	0.28	合格
20140903	47.44	910	961	47.64	0.20	合格
19960704	49.70	1730	1820	49.78	0.08	合格
20020506	47.80	918	970	47.67	-0.13	合格
20050822	46.45	596	632	46.29	-0.16	合格
20080830	49.69	1587	1670	49.49	-0.20	合格
19910706	46.49	660	700	46.61	0.12	合格
19820823	47.25	756	800	47.05	-0.20	合格
19730928	47.40	875	925	47.52	0.12	合格
19790716	46.85	651	690	46.57	-0.28	合格
19800822	47.50	799	845	47.22	-0.28	合格
19900702	48.07	957	1010	47.81	-0.26	合格
20070713	50.07	1854	1950	50.02	-0.05	合格
19730907	47.63	886	936	47.51	-0.12	合格
19800625	46.75	702	744	46.82	0.07	合格
19830910	48.26	1023	1080	47.95	-0.31	不合格
20030705	46.29	583	619	46.28	-0.01	合格
20080816	48.46	1128	1190	48.24	-0.22	合格
20160702	48.08	1042	1100	48.00	-0.08	合格
19940609	46.50	620	658	46.46	-0.04	合格
19831007	49.83	1921	2020	49.88	0.05	合格
20070831	47.77	1128	1190	48.24	0.47	不合格
20040806	46.83	774	819	47.11	0.28	合格
19920613	46.54	782	827	46.70	0.16	合格
19900815	46.96	863	912	47.01	0.05	合格
19910701	47.85	1176	1240	48.02	0.17	合格
20000809	46.71	782	827	46.70	-0.01	合格
20160805	46.09	706	748	46.38	0.29	合格
20090527	46.90	897	948	47.14	0.24	合格
19730430	47.46	976	1030	47.41	-0.05	合格
19920713	47.53	976	1030	47.41	-0.12	合格
20070619	47.33	888	938	47.10	-0.23	合格
19900718	46.73	747	791	46.56	-0.17	合格
19800601	46.94	794	840	46.75	-0.19	合格

实际出现 46.09 m 误差达到 0.60 m;分涨率预报洪峰水位误差 0.29 m,满足规范要求,合格。

5 结 论

- a. 洪水涨落影响下洪水与河道漫滩、上游洪水组合与否关系不密切,洪水水位-流量关系走向、绳套的宽窄与洪水涨率关系密切,洪水涨率较大,水位过程线越陡,水位-流量关系涨水面越偏右。
- b. 洪峰水位相应流量 Q_s 与洪峰流量 $Q_{\max}$ 有较好的相关关系。
- c. 河溶站水位-流量关系轴线摆动有一定规律,洪峰水位及相应流量时均回归到轴线,根据轴线系列将水位-流量关系按涨率小于或等于 0.5 m/h 水位-流量关系(瘦型),涨率大于 0.5 m/h、小于或等于 0.8 m/h 水位-流量关系(较瘦型)和涨率大于 0.8 m/h 水位-流量关系(胖型)分类,分类洪峰水位与相应流量关系相关性较好,并由此建立相关模型。
- d. 根据预报洪峰流量,利用建立的流量水位模型,能较好解决受洪水涨落影响下洪峰水位的实时校正预报,可推广应用于受洪水涨落影响下水位预报的实时校正中。

参考文献:

[1] LAI Xijun, WANG Ziming. Flood management of Dongting Lake after operation of Three Gorges Dam [J]. Water Science and Engineering, 2017, 10(4): 303-310.

[2] 赵志贡, 岳利军, 赵彦增. 水文测验学[M]. 郑州:黄河水利出版社, 2005.

- [3] 王俊,熊明. 水文监测体系创新及关键技术研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2015.
- [4] 孙孝波. 对受洪水涨落影响的水位-流量关系单值化的探讨[J]. 水文, 2001, 21(2): 41-44. (SUN Xiaobo. The study of single-valued processing of the stage-discharge curve influenced by flood rising and falling[J]. Hydrology, 2001, 21(2): 41-44. (in Chinese))
- [5] 程银才,李明华,王军. 洪水涨落影响下水位-流量关系单值化新方法[J]. 水电能源科学, 2009, 27(1): 66-68. (CHENG Yincui, LI Minghua, WANG Jun, et al. New method of single-valued stage discharge relationship effected by flood rise[J]. Water Resources and Power, 2009, 27(1): 66-68. (in Chinese))
- [6] 陈瑞祥,谢自银,许钦,等. 基于一维水动力学的水位-流量关系研究[J]. 水电能源科学, 2018, 36(3): 113-117. (CHEN Ruixiang, XIE Ziyin, XU Qin, et al. Modeling stage-discharge relationship based on one-dimensional hydrodynamic theory[J]. Water Resources and Power, 2018, 36(3): 113-117. (in Chinese))
- [7] HABERT J S, RICCI E, PAPE L E, et al. Reduction of the uncertainties in the water level-discharge relation of a 1D hydraulic model in the context of operational flood forecasting[J]. Journal of Hydrology, 2016, 532: 52-64.
- [8] TODINI E. A mass conservative and water storage consistent variable parameter Muskingum-Cunge approach[J]. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 2007, 11: 1645-1659.
- [9] 芮孝芳. 水文学研究进展[M]. 南京:河海大学出版社, 2007: 357-363.
- [10] 黄国如,朱庆平,马骏,等. 水位演算模型及其在水位预报中的应用[J]. 水文, 1999, 19(2): 2-7. (HUANG Guoru, ZHU Qingping, MA Jun, et al. The stage routing model and its application in stage forecasting[J]. Hydrology, 1999, 19(2): 2-7. (in Chinese))
- [11] 李小韵,郝振纯,鞠琴,等. 混合门限回归模型在河道水位预报中的应用[J]. 人民黄河, 2017(5): 36-40, 44. (LI Xiaoyun, HAO Zhenchun, JU Qin, et al. Application research of the mixed threshold regression model in water-level forecasting [J]. Yellow River, 2017(5): 36-40, 44. (in Chinese))
- [12] 李杨俊,郑雁芬,孙文娟,等. 黄河小北干流漫滩洪水分析和预报方法探讨[J]. 人民黄河, 2018(3): 7-10, 15. (LI Yangjun, ZHENG Yanfen, SUN Wenjuan, et al. Analysis of overbank flood and discussion of forecasting methods of Xiaobeiganliu section of Yellow River[J]. Yellow River, 2018(3): 7-10, 15. (in Chinese))
- [13] 刘代勇,彭亚兰. 多站联动水位流量关系拟合方法研究[J]. 水力发电, 2018(3): 15-18. (LIU Daiyong, PENG Yalan. Research on multi-station interactive stage-discharge rating curve[J]. Yellow River, 2018(3): 15-18. (in Chinese))
- [14] 张幼成,李琼,徐汪洋,等. 基于导向标准断面法的受冲淤影响洪峰水位预报模型[J]. 水资源保护, 2019, 35(3): 53-56. (ZHANG Youcheng, LI Qiong, XU Wangyang, et al. Forecasting model of flood peak water level affected by scour and silt based on guide standard section method[J]. Water Resources Protection, 2019, 35(3): 53-56. (in Chinese))
- [15] 曹永强,袁立婷,王飞龙. 基于文献计量学的洪涝灾害研究现状及发展趋势分析[J]. 水利经济, 2018, 36(4): 33-39. (CAO Yongqiang, YUAN Liting, WANG Feilong. Current research situation and development trend of flood and waterlogging disasters based on bibliometrics[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2018, 36(4): 33-39. (in Chinese))
- [16] 罗清元,刘丽娜,张成才. 基于 GIS 和 RS 的蓄滞洪区和谐发展的技术路线[J]. 水利经济, 2018, 36(4): 55-57. (LUO Qingyuan, LIU Lina, ZHANG Chengcai. Technology roadmap of harmonious development for flood storage and detention basins based on GIS and RS[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2018, 36(4): 55-57. (in Chinese))
- [17] 芮孝芳. 数值天气预报的成功经验对洪水预报的启示[J]. 水利水电科技进展, 2019, 39(1): 1-6. (RUI Xiaofang. Inspirations of successful experience of numerical weather prediction to flood forecasting[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2019, 39(1): 1-6. (in Chinese))
- [18] 万新宇,管秀峰,钟平安,等. 大型水库群对流域洪水过程影响分析[J]. 水利水电科技进展, 2017, 37(3): 66-71. (WAN Xinyu, GUAN Xiufeng, ZHONG Ping'an, et al. Impact of large-scale multiple reservoirs on basin flood hydrograph[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2017, 37(3): 66-71. (in Chinese))
- [19] 李琼,周绍文,朱芳,等. 沮漳河堤防加固前后洪水过洪能力分析[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2013, 35(1): 26-29. (LI Qiong, ZHOU Shaowen, ZHU Fang, et al. Analysis of flood garrying capacity before or after reinforcing embankments in Juzhang River[J]. Journal of China Three Gorges University(Natural Sciences), 2013, 35(1): 26-29(in Chinese))
- [20] 赵金河. 卫星及微波通信在漳河水库防汛通信中的应用[J]. 水文, 1999, 19(2): 63-66. (ZHAO Jinhe. Application of satellite and microwave communication in flood prevention communication of Zhanghe Reservoir[J]. Hydrology, 1999, 19(2): 63-66. (in Chinese))
- [21] 万卫平,卢少卫. 沮漳河两河大桥扩卡对河溶站洪水水位的影响[J]. 水电与新能源, 2011, 97(5): 1-3. (WAN Weiping, LU Shaowei. Research on influences of enlargement of the Lianghe bridge on Juzhang river on flood control level of Herong hydrological station[J]. Hydropower and New Energy, 2011, 97(5): 1-3. (in Chinese))
- [22] 谢悦波. 水信息技术[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2009.
- [23] 中华人民共和国水利部. 水文情报预报规范:GB/T 22482—2008[S]. 北京:中国标准出版社, 2008.