

黑龙江流域洪峰水位特征分析

董淑华¹, 姜雪², 邢贞相², 张玉国¹

(1.黑龙江省水文局, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2.东北农业大学水利与建筑学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:黑龙江流域地跨中、俄、蒙三国, 沿岸地区洪水灾害频繁, 在一定程度上制约了当地国民经济的发展。因此, 有必要对流域的洪峰水位变化特征进行分析, 为流域水资源管理提供可靠依据。结合 SPSS 对相邻两站的洪峰水位进行相关分析, 相邻两水位站的相关系数均较大, 成极显著相关, 且有非常显著的统计学意义。经回归分析得出相邻两站间洪峰水位均成线性关系, 且不包含常数项。降水量对洪峰水位影响分析表明, 最大洪峰雨量的影响最为显著, 其次是汛期雨量, 相关关系最不显著的是年降水量。

关键词:洪峰水位; 变化特征; SPSS; 相关分析; 最大洪峰雨量

中图分类号: P333

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2015)03-0074-04

1 引言

在全球气候变化的大背景下, 水文循环条件相应改变, 极端水文事件频繁发生, 洪涝、干旱等水灾害风险正成为人类生存所面临的重大挑战。尤其是在无水利枢纽的黑龙江干流上, 水流得不到人工调节与控制, 洪水严重威胁着沿岸人民的生命和财产。为此, 黑龙江流域洪水预报及洪峰水位特征分析已成为极其重要的工作。李晓涛等^[1]分析了黑龙江上、中、下游各段洪水的组成, 并总结了 1872~1985 年七次洪水特点及受灾情况。黑龙江省水文水资源勘测局^[2]将 1988 年编制《黑龙江洪水预报方案》中黑河站的干、支流流量比修订为 0.5, 经修订, 水位关系曲线明显改善, 精度大为提高。孙冬等^[3]从气候、冻土、冰清影响因素方面分析了黑龙江流域冬季径流特征, 主要包括冬季径流极小, 最小月平均流量出现在 2 月份, 大中河流出现断流, 小河出现连底冻, 受调节河流冬季径流量较大。王伶俐等^[4]利用多源卫星遥感数据, 对 2013 年黑龙江大洪水进行了持续动态监测和分析评估, 准确及时地跟踪了整个

流域洪水的演进过程及发展变化趋势。焦焕杰等^[5]分析了黑河流域洪水发生规律与成因, 得出发生洪水的天气模型是 7~8 月高空 500hPa 环流盛行期, 东亚大陆为高低高环流形势, 西太平洋副高异常, 西北冷空气南下, 西南暖空气北上, 在东北地区形成低压, 产生多雨、暴雨及短时强降雨, 以此预测黑龙江黑河流域超警戒水位大约在 2027 年左右。鉴于黑龙江流域缺少流量站, 本文以水位数据综合全面的分析洪峰水位变化特征及影响因素, 增补了黑龙江流域洪水特征分析的内容。

2 流域概况

额尔古纳河是黑龙江的南源, 与俄罗斯境内石勒喀河(黑龙江的北源)汇合后以下称黑龙江, 流域面积 $187 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。黑龙江干流主要分为三段: 上游从南北两源汇合口至黑河(结雅河口), 沿江两岸多为低缓山地, 无大支流汇入, 洪水汇流面积不大, 上游河段洪水主要来自额尔古纳河和石勒喀河; 中游从黑河至抚远(乌苏里江口), 中国一侧为宽窄变化幅度较大的阶地和漫滩, 两岸地形平坦, 江中汊道较多, 是洪水淹没的主要

收稿日期: 2014-12-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(51109036, 51479032); 水利部公益性行业科研专项经费项目(201301096); 中国博士后科学基金资助项目(2013M541332); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20112325120009); 黑龙江省博士后资助项目(LBH-Z12041); 黑龙江省水利厅科研开发项目(201318); 黑龙江省级领军人才梯队后备事头人资助项目(500001); 黑龙江省博士后启动金(LBH-Q12147); 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11541022); 黑龙江省自然科学基金(E2015024)

作者简介: 董淑华(1960-), 女, 黑龙江肇东人, 教授级高工, 学士, 主要从事水文预报方面的研究。E-mail: zyg_0807@163.com

通讯作者: 邢贞相(1976-), 男, 黑龙江讷河人, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事水文不确定性方面的研究。E-mail: zxxneau@hotmail.com

地区;下游从乌苏里江口至入海口,主要为山区平原,占总面积的 30%~50%。

黑龙江流域属于寒温带大陆性季风气候。夏季西太平洋的暖湿空气入侵,湿润温热短促,冬季受强大的西伯利亚和蒙古冷高压控制,干燥严寒漫长,气温年际差最大可达 80 余度。流域内年降水量在 400~800mm。降水的年内分配极不均匀,冬季很少,而 6~9 月降水可达年降水量的 65%~80%,尤其是 7、8 两月,降水几乎是年降水量的一半。

3 洪峰水位变化特征及影响因素分析

3.1 洪峰频率分析

选取黑龙江流域上、中游漠河、呼玛、黑河、乌云、嘉荫、共 5 个水位站 36 年实测资料,利用 P-Ⅲ 型频率分布曲线进行频率分析,其结果统计见表 1。

表1 黑龙江流域洪峰水位频率分析结果表
Table1 The results from frequency analysis
of flood peak levels in the Heilongjiang catchment

| 站名 | 漠河站 | 呼玛站 | 黑河站 | 乌云站 | 嘉荫站 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 水位均值/m | 94.62 | 98.72 | 95.22 | 96.99 | 96.24 |
| 5 年一遇洪峰/m | 95.98 | 100.28 | 96.72 | 98.60 | 97.80 |
| 100 年一遇洪峰/m | 100.70 | 104.27 | 100.66 | 101.83 | 101.4 |

从表 1 中可以看出,上游呼玛站洪峰水位均值、5 年一遇洪峰及 100 年一遇洪峰均比其它站高,主要是由于上游河道比较狭窄,虽然区间洪水汇流面积不大,但在降水量较多的情况下,容易造成洪峰水位的急剧升高。经统计,36 年间,漠河站出现 5 年一遇洪峰 4 次,呼玛站出现 5 年一遇洪峰 6 次,黑河站出现 5 年一遇洪峰 6 次,乌云站出现 5 年一遇洪峰 5 次,嘉荫站出现 5 年一遇洪峰 6 次。100 年一遇洪水只在漠河站发生过一次。从以上分析可知黑龙江流域洪峰水位多年变化差异较小,多年变化过程是相对稳定的。

3.2 洪峰水位关系分析

利用 SPSS 对相邻两站的洪峰水位进行相关分

析,分别计算 Pearson 线性相关系数,Kendall's 等级相关系数及 Spearman 秩相关系数,其计算结果见表 2。从表 2 可以看出,无论是线性相关还是非参数相关,上、中游相邻两水位站的相关系数均较大,成极显著相关,且双侧检验 P 值均小于 0.001,有非常显著的统计学意义;整体来看,乌云站和嘉荫站的洪峰水位相关系数较其他两站间的相关系数大,说明乌云站和嘉荫站的洪峰水位更接近线性关系,且两站洪峰水位在秩与观测值相对大小方面表现的更为密切;漠河站和呼玛站 Kendall's 等级相关系数最小,主要是由于两站洪峰水位协同性不好,年系列变化不同步而导致的。

表2 黑龙江流域洪峰水位相关分析结果表
Table2 Correlation analysis of the
flood peak levels in the Heilongjiang catchment

| 相关系数 | 漠河站 | 呼玛站 | 黑河站 | 乌云站 |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 呼玛站 | 黑河站 | 乌云站 | 嘉荫站 |
| Person | 0.874 | 0.914 | 0.894 | 0.996 |
| Kendall's | 0.698 | 0.769 | 0.772 | 0.968 |
| Spearman's | 0.858 | 0.905 | 0.911 | 0.995 |

利用 SPSS 对洪峰水位进行回归分析,经上述相关分析可知,相邻两站间洪峰水位线性相关显著,因此,选用线性模型进行回归分析。首先选择自变量的选取方法,本次分析选用的是逐步选取法,这种方法可以在最短的时间内计算出相应的回归方程。逐步法是结合向前和向后法进行变量的选取,开始时以向前法进入一个变量,而后每当选入一个新变量后,就利用向后法排除模型中变量 F 值小于预设的门槛,这里使用的 F 值为进入门槛 0.05,删除门槛 0.10。然后根据实际情况选择统计量中的估计值、95%的置信区间及模型拟合度可判断回归方程是否合理,从而确定自变量,选定因变量为嘉荫站的洪峰水位。根据前面的相关分析将上游各站均选定为自变量,并设置回归方程中包含常数项,然而得到的分析结果中关于常数项的 t 检验均不具有真实的显著性。因此,设置回归方程中不包含常数项,从而得到不同自变量下嘉荫站洪峰水位回归的分析结果见表 3。

表3 水位回归分析结果表
Table3 Correlation analysis of the flood peak levels

| 自变量 | 未标准化系数 | | 标准化系数 | | t | Sig. | 95%置信区间 | |
|-----------|--------|--------|--------|--|---------|-------|---------|--------|
| | 系数 B | 系数标准误差 | 系数 β | | | | 下限 | 上限 |
| 1 乌云站 | 0.992 | 0.001 | 1.000 | | 962.585 | 0.000 | 0.990 | 0.994 |
| 2 乌云站、漠河站 | 1.187 | 0.055 | 1.197 | | 21.696 | 0.000 | 1.075 | 1.300 |
| 3 漠河站 | -0.200 | 0.056 | -0.197 | | -3.565 | 0.001 | -0.315 | -0.085 |

从表 3 可以看出,嘉荫站洪峰水位与乌云站洪峰水位的线性方程系数为 0.992。(这里仅列出嘉荫站洪峰水位回归分析结果,其他测站未列出)同理,乌云站洪峰水位与黑河站洪峰水位的线性方程系数为 1.019,黑河站洪峰水位与呼玛站洪峰水位的线性方程系数为 0.965,呼玛站洪峰水位与漠河站洪峰水位的线性方程系数为 1.043。从而可以看出,黑龙江流域洪峰水位空间差异性较小,相邻两站间洪峰水位成线性关系。

3.3 降水对洪峰水位的影响

降水量对洪峰水位的影响主要可分为年降水量的影响、雨量和雨强对最大洪峰的影响、汛期雨量的影响^[6]。洪峰水位的高低最直接的相关因素就是降水,总的来说,降水量越大,水位越高,降水量越小,水位越低,但是,还有其他因素的影响,如土壤含水量、河湖蓄水量以及蒸发量等;一般来说,相似的下垫面,降水越大径流系数越高。根据实测数据,分析了年降水量、最大洪峰雨量、汛期雨量对洪峰水位的影响。表 4 为三种影响因素与洪峰水位的相关关系。

表4 降水与洪峰水位的相关系数汇总表
Table4 The correlation coefficient between the rainfall and flood peak level

| 水位站 | 相关系数 | 影响因素 | | |
|-----|------------|---------|---------|---------|
| | | 年降水量 | 最大洪峰雨量 | 汛期雨量 |
| 漠河站 | Person | 0.395* | 0.472* | 0.421* |
| | Kendall's | 0.232 | 0.291 | 0.238 |
| | Spearman's | 0.326 | 0.394* | 0.336 |
| 呼玛站 | Person | 0.375* | 0.456* | 0.402* |
| | Kendall's | 0.264* | 0.327* | 0.289* |
| | Spearman's | 0.410* | 0.533** | 0.460* |
| 黑河站 | Person | 0.526** | 0.662** | 0.601** |
| | Kendall's | 0.296* | 0.349* | 0.317* |
| | Spearman's | 0.401* | 0.453* | 0.434* |
| 乌云站 | Person | 0.396* | 0.507** | 0.422* |
| | Kendall's | 0.245 | 0.320 | 0.257 |
| | Spearman's | 0.359* | 0.499** | 0.391* |
| 嘉荫站 | Person | 0.594 | 0.658* | 0.605 |
| | Kendall's | 0.092 | 0.126 | 0.113 |
| | Spearman's | 0.153 | 0.160 | 0.179 |

注:** 是极显著相关,* 是显著相关

从表 4 可以看出,最大洪峰雨量对洪峰水位的影响最为显著,其次是汛期雨量,相关关系最不显著的是年降水量。因此,最大洪峰对应的雨量是决定洪峰大小的重要因子。

4 结语

黑龙江流域暴雨面积大,洪水集中,峰高量大。因此,沿岸地区洪水灾害频繁,给当地工农业生产及国民经济发展造成了十分不利的影响,在一定程度上制约了当地经济的发展。通过对黑龙江流域洪峰水位的变化特征及影响因素的分析,可以得到以下几点结论:

- (1)上游呼玛站,由于河道比较狭窄,虽然区间洪水汇流面积不大,但在降水量较多的情况下,容易造成洪峰水位的急剧升高。
- (2)上、中游相邻两水位站的相关系数均较大,成极显著相关,有非常显著的统计学意义,且相邻两站间洪峰水位均成线性关系,且不包含常数项。
- (3)最大洪峰雨量对洪峰水位的影响最为显著,是决定洪峰大小的重要因子。

参考文献:

[1] 李晓涛,刘秉泽,高铁英. 黑龙江洪水特点及灾害[J]. 黑龙江水专学报, 1996,(2):75-80. (LI Xiaotao, LIU Bingze, GAO Tieying. Flood characteristics and disaster of Heilongjiang river [J]. Journal of Heilongjiang Hydraulic Engineering College, 1996, (2):75 -80. (in Chinese))

[2] 黑龙江省水文水资源勘测局. 黑龙江黑河站洪水预报方案[Z]. 2000. (Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Heilongjiang Province. Flood Porecasting Scheme for Heihe Station on Heilongjiang River [Z]. 2000. (in Chinese))

[3] 孙冬,王丽娟,孙晓俊. 黑龙江流域冬季径流特征[J]. 黑龙江水专学报, 2005,32(4):104-106. (SUN Dong, WANG Lijuan, SUN Xiaojun. Winter runoff characteristic in Heilongjiang river basin [J]. Journal of Heilongjiang Hydraulic Engineering College, 2005,32(4):104-106. (in Chinese))

[4] 王伶俐,陈德清. 2013 年黑龙江大洪水遥感监测分析 [J]. 水文, 2014,34 (5):31-35. (WANG Lingli, CHEN Deqing. Satellite remote Sensing monitoring and analysis of Heilongjiang river flood in 2013[J]. Journal of China Hydrology, 2014,34(5):31-35. (in Chinese))

[5] 焦焕杰,凌慧,任尚武,等. 黑龙江黑河流域洪水发生规律与成因[J]. 黑龙江气象, 2014,31(2):27. (JIAO Huanjie, LING Hui, REN Shangwu, et al. Flood occurrence and causes in Heihe river basin [J]. Heilongjiang Meteorology, 2014,31(2):27. (in Chinese))

[6] 王明磊,马林,高树红.1960~2002 年冶河流域洪水径流特征及影响因素分析[J]. 安徽农业科学, 2011,39(18):10952-10955, 10988. (WANG Minglei, MA Lin, GAO Shuhong. Flood runoff characteristics and influence factors analysis in Ye river basin during 1960 -2002 [J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2011,39(18):10952-10955, 10988. (in Chinese))

Analysis of Flood Peak Level Characteristics of Heilongjiang River Basin

DONG Shuhua¹, JIANG Xue², XING Zhenxiang², ZHANG Yuguo¹

(1. *Hydrology Bureau of Heilongjiang Province, Harbin 150001, China;*

2. *School of Water Conservancy & Civil Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)*

Abstract: The Heilongjiang River Basin is across China, Russia and Mongolia. The flood disasters frequently happen in the coastal area, which has restricted the local economy development to a certain extent. Therefore, it is necessary to analyze the flood crest characteristics, which will provide a reliable basis for water resources management. This paper implemented correlation analysis between the two adjacent water stations with SPSS. The result shows that the correlation coefficients are larger, there are highly significant correlation and a very obvious statistical significance. The regression analysis shows that there is a linear relationship between the two adjacent peak water levels of the stations, and exclude a constant term. The impact of the precipitation on the flood crest was analyzed. The result shows that the effect of maximum peak rainfall is the most significant, followed by the flood season rainfall, without significant correlation for annual precipitation.

Key words: flood peak level; variation characteristics; SPSS; correlation analysis; rainfall for maximum flood peak

=====

(上接第 63 页)

- [3] Kirkby M. Hillslope runoff processes and models [J]. *Journal of Hydrology*, 1988,100(1-3):315-339
- [4] 张成,屈卫东. 基于 RBF 神经网络的临近空间气温预测模型[J]. *控制工程*, 2008,15(s):106-112. (ZHANG Cheng, QU Weidong. Near space temperature prediction model based RBF neural network [J]. *Control Engineering of China*, 2008,15(s):106-112. (in Chinese))
- [5] 朱明星,张德龙. RBF 网络基函数中心选取算法的研究[J]. *安徽大学学报(自然科学版)*, 2000,24(1):72-78. (ZHU Mingxing, ZHANG De-long. Study on the algorithms of selecting the radial basis function center[J]. *Journal of Anhui University (Natural Science)*, 2000,24(1): 72-78. (in Chinese))
- [6] 董前进,谢平. 水文干旱研究进展[J]. *水文*, 2014,34(4):1-5. (DONG Qianjin, XIE Ping. Advances in hydrological drought research [J]. *Journal of China Hydrology*, 2014,34(4):1-5. (in Chinese))

Automatic Analysis and Implementation of Spatial Distribution of Real-time Soil Moisture Deficiency in Zhejiang Province

WU Yuankang, QIU Chao, WANG Hongying, YU Xigen

(*Hydrology Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou 310009, China*)

Abstract: According to the requirements of representation and uniform distribution on the surface of river basin, 39 representative watersheds were selected among the stations in the whole province. The runoff yield parameter calibration of the Xinanjiang model which has a good adaptability in Zhejiang Province was used. Based on the real-time rainfall and evaporation information uploaded by hydrological telemetry system, database, hydrological simulation and ArcGIS spatial analysis technology, daily automatic analysis of spatial distribution of soil moisture deficiency in the whole province was realized by the real-time simulation of soil moisture deficiency in representative river basins.

Key words: soil moisture deficiency; spatial distribution; automatic analysis; Zhejiang Province