

地区场选样洪水计算在西部流域应用分析

王进¹, 赵映东², 邓居礼¹, 吕明侠¹

(1.甘肃省定西水文水资源勘测局,甘肃 定西 743000;2.甘肃省水文水资源局,甘肃 兰州 730000)

摘要:为采用地区场选样洪水计算方法分析研究建立了西部祖厉河流域设计洪水计算经验公式,设计计算成果经与皮尔逊三型频率曲线设计计算成果比较分析,计算成果精度较高。由此确定了该流域设计洪水计算相关成果图及查算表,为该流域设计洪水计算提供技术支撑。

关键词:祖厉河;地区场选样洪水;设计计算;经验公式

中图分类号:P338

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2018)05-0059-04

无水文资料或实测水文资料缺乏区域洪水设计计算一般采用推理公式法、综合单位线法及经验公式法等方法来解决。这些方法在推求过程中,都作了一定的假定和概化,随意程度较高,各种参数的确定也存在一些问题^[1]。为此,加强此类区域设计洪水计算方法研究,提高设计精度和可靠性具有重要的实际意义。本文利用地区场选样洪水计算方法,选取西部祖厉河流域进行应用分析与研究,就是对该类情况的水文设计计算提供参考。

1 概况

祖厉河流域系黄河一级支流,发源于甘肃省华家岭北侧,东源祖河同南源厉河于会宁县城南汇合为祖厉河,由南向北于靖远县红咀子处汇入黄河。地处东经 $104^{\circ}13' \sim 105^{\circ}35'$ 、北纬 $35^{\circ}16' \sim 36^{\circ}34'$ 之间,东西宽124km,南北长约144km,干流长度为220.3km。河源至河口平均坡度1.94‰,流域面积 $10\,647\text{km}^2$ ^[2]。流域水系分布呈羽状。地势东南高,西北低,境内全为黄土覆盖,形成黄土丘陵沟壑区地貌。祖厉河流域属高含沙河流,植被较差,降水量少而蒸发量大,降水主要集中在7~9月,且具有山溪性河流特征,径流来源主要是暴雨洪水,洪水过程陡涨陡落,呈尖瘦型。流域内主要水利工程为靖会引黄提灌工程,于1971年动工建设,1973年通水运行。设计流量 $12\text{m}^3/\text{s}$,设计灌溉面积30万亩,年提水量约 $8\,000 \times 10^4\text{m}^3$ 。研究流域水系分布见图1。



图1 研究流域水系分布图

Fig.1 The distribution of the basin river system in the study area

2 资料与方法

2.1 资料

祖厉河流域内设有水文站6处(见表1),定点洪水调查河段29处。分析采用该流域5处水文站历年实测年最大洪峰流量资料系列以及20处定点洪水调查河段1977~2016年最大洪峰流量调查资料系列。对资料系列较短的定西西河水文站以及受人类活动影响造成资料系列不全的9处定点洪水调查河段历年最大洪峰流量资料系列参证采用。

2.2 方法

选用地区场选样洪水综合计算方法见参考文献[3-4]。

收稿日期:2017-12-01

基金项目:甘肃省水利厅水利科学实验研究及技术推广计划项目(2017076)

作者简介:王进(1972-),男,四川蓬溪人,高级工程师,主要从事水文水资源分析研究工作。E-mail: dxwangjin@qq.com

通讯作者:赵映东(1965-),男,甘肃靖远人,教授级高工,主要从事水文水资源分析研究工作。E-mail: swjzyd@163.com

表1 祖厉河流域主要监测站点基本情况一览表

Table1 The basic information of the main monitoring stations in the Zuli River basin

序号	站点名称	地点 县(市)	地理位置		河长 /km	干流平均 坡度/ 10^{-4}	洪峰特征值/ $m^3 \cdot s^{-1}$					最大洪峰流 量模数 K_i	资料年限
			东经	北纬			平均值	最大值	发生年份	最小值	发生年份		
1	靖远	靖远	104°40'	36°33'	220	19.4	484	1910	1959	10.5	2012	0.18	(1946–2016)
2	郭城	会宁	104°53'	36°13'	142	25.5	430	1230	1959	13.4	2012	0.22	(1957–2016)
3	会宁	会宁	105°03'	35°41'	53.5	66.5	215	1710	1959	12.9	2012	1.64	(1957–2016)
4	定西	安定区	104°37'	35°35'	68.6	23.8	127	780	1973	4.1	2011	0.99	(1985–2016)
5	岷口	安定区	104°33'	35°41'	84.9	22.9	173	828	1963	3.4	2011	0.50	(1957–2016)
6	定西西河	安定区	104°36'	35°34'	46.5	22.6	33.3	85.0	2002	0	2011	0.13	(2001–2016)

该方法基本原理是将水文气象特性比较一致的地区作为统计场,并假定暴雨及相应的洪水在该地区任何地点的发生具有等可能性,将统计场内所有实测和调查的大小河流历年最大流量与其积水面积,点绘于双对数纸上,分析建立区域洪水面分布关系,并确定其外包线及其换算指数,外包线坡度的转折处面积即为“指标流域”面积。然后将统计场内所有测点的流量转换成指标流域洪峰流量系列,每年挑选出一个地区上的最大值,组成统计场的指标流域洪峰流量系列,并进行水文频率分析计算,得到面频率曲线。通过点面频率转换,将面频率转换成任意给定面积的“点”频率,从中可算出不同频率洪峰流量,以供转换到需要的站点,作频率适线之用。率定后的各站点频率曲线,可进行地区综合,据此可以求得地区综合经验公式,满足洪水计算的需要。

3 应用分析与研究

3.1 确定指标流域面积

将祖厉河流域内6个水文站及29个定点洪水调查河段历年最大洪峰流量 Q_M 与其集水面积 F ,点绘于双对数纸上,见图2。据此确定指标流域面积及参数 α, β 值,指标流域面积为外包线坡度的转折处的面积。计算公式如下:

$$\text{当 } F \leq 100 \text{ km}^2 \quad Q_M = Q \left(\frac{F}{100} \right)^\alpha \quad (1)$$

$$\text{当 } F > 100 \text{ km}^2 \quad Q_M = Q \left(\frac{F}{100} \right)^\beta \quad (2)$$

式中: Q 为 $F=100 \text{ km}^2$ 的 Q_M ; α, β 为指数。

经分析计算确定指标流域面积为 100 km^2 , $\alpha=1.04$ 、 $\beta=0.233$ 。

3.2 确定指标流域年最大流量,建立年最大流量系列在指标流域面积及指数 α, β 值确定后,按下式将

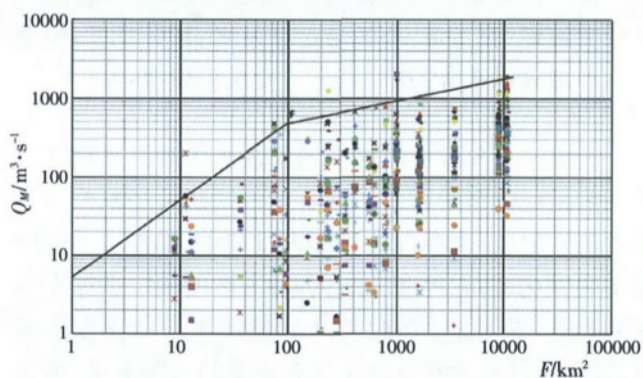


图2 祖厉河流域各站点历年最大洪峰流量 Q_M 与其集水面积 F 双对数分析示意图

Fig.2 The double logarithm analysis of the maximum peak flow Q_M and its catchment area F at the various stations in the Zuli River basin

每年各站点的洪峰流量 Q_{Fi} 转换为指标流域的洪峰流量 Q_{100i} 。式中 i 为年份,可推求得到一组相应年份指标流域洪峰流量转换值,并从每年中选择一个最大值,组成多年系列。

$$\text{当 } F \leq 100 \text{ km}^2 \text{ 时, } Q_{100i} = \left(\frac{100}{F_i} \right)^{1.04} Q_{Fi} \quad (3)$$

$$\text{当 } F > 100 \text{ km}^2 \text{ 时, } Q_{100i} = \left(\frac{100}{F_i} \right)^{0.233} Q_{Fi} \quad (4)$$

将指标流域最大洪峰流量系列采用图解适线初估参数的方法进行P-III型频率曲线适线^[5,6],适线成果见表2。频率曲线见图3。

表2 祖厉河指标流域P-III型频率曲线适线成果表

Table2 The fitting results of P-III frequency curve of the index watershed in the Zuli River basin

Ex	C _v	C _s /C _v	各频率下洪峰流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$									
			0.2%	0.33%	0.5%	1%	2%	3.33%	5%	10%	20%	
228	0.75	2.8	1137	1067	976	854	732	646	571	449	327	

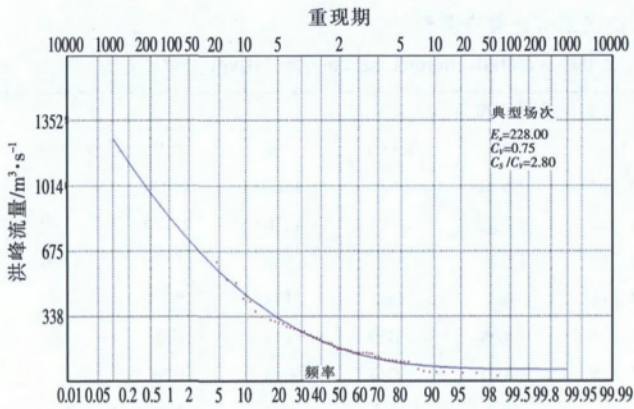


图3 祖厉河指标流域年最大洪峰流量频率曲线示意图

Fig.3 The annual maximum peak flow frequency curve of the index watershed in the Zuli River basin

3.3 建立祖厉河流域洪峰流量计算经验公式

依据指标流域洪峰流量频率计算成果,转换推求到不同站点相应频率的洪峰流量,作频率适线。据此可得出祖厉河流域洪峰流量推求经验公式如下:

$$\text{当流域面积 } F \leq 100\text{km}^2 \text{ 时, } Q_F = \left(\frac{F}{100}\right)^{1.04} Q \quad (5)$$

$$F > 100\text{km}^2 \text{ 时, } Q_F = \left(\frac{F}{100}\right)^{0.233} Q \quad (6)$$

式中: Q_F 为流域面积为 F 的洪峰流量; Q 为指标流域洪峰流量。

经分析计算得出祖厉河流域各站点洪峰流量设计计算成果,据此绘制祖厉河流域洪峰流量设计计算成果查算图见图4,祖厉河流域洪峰流量设计计算成果低水部分放大图见图5。

4 可靠性评估

选取流域内年最大洪峰流量系列资料较长的靖

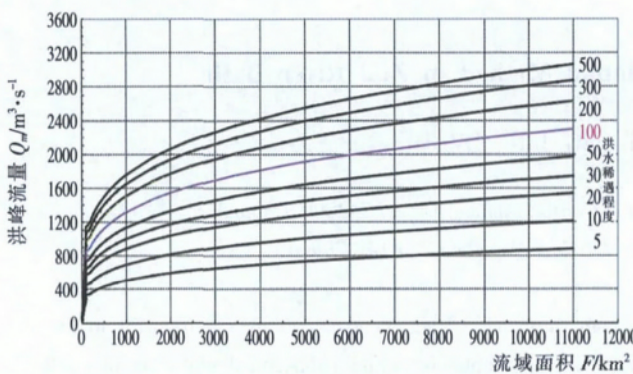


图4 祖厉河流域洪峰流量设计计算成果查算图

Fig.4 The check chart of the design calculation results of the flood peak flow in the Zuli River basin

远、郭城驿、会宁、定西4个水文站及河畔、东三里铺、鲁家岔、鸡儿咀4个定点洪水调查河段的系列洪水调查资料进行P-型曲线频率计算^[7,8],计算成果见表3。对比地区场选样洪水设计经验公式计算成果表明:两种方法设计成果比较接近,稀遇程度30年一遇以上洪水设计洪峰流量成果,相对误差在0%~9%之间,精度较高;低水设计误差相对较大,30年一遇以下洪水设计洪峰流量成果对比相对误差位于8%~21%之间,分析其原因在于两种方法分别是点和面上的分析计算,所采用数据样本不一致造成的。综上所述,地区场选样洪水设计经验公式计算洪峰流量成果,精度较高,满足洪水设计计算要求。

5 结论与探讨

通过上述分析,可以得出结论如下:

(1)通过地区场选样洪水计算方法对祖厉河流域应用研究,得出祖厉河流域范围内设计洪水计算的公式:

流域面积 $\leq 100\text{km}^2$ 时,流域面积为 F 的设计洪峰流量为 $Q_F = \left(\frac{F}{100}\right)^{1.04} Q$;

流域面积 $> 100\text{km}^2$ 时,流域面积为 F 的设计洪峰流量为 $Q_F = \left(\frac{F}{100}\right)^{0.233} Q$ 。

(2)分析确定了祖厉河流域地区场选样洪水设计综合成果图及设计计算成果查算表,为该流域无资料支流、沟道洪水设计计算提供技术支撑。

(3)通过对地区场选样洪水设计经验公式计算洪峰流量成果与皮尔逊三型频率曲线设计计算成果比较分析,计算成果精度较高,成果可靠,满足洪水设计

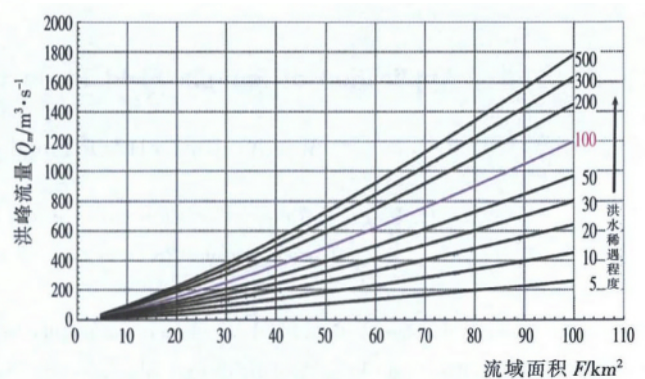


图5 祖厉河流域洪峰流量设计计算成果低水部分放大图

Fig.5 The enlarged graph of the low-water part of the design calculation results of the flood peak flow in the Zuli River basin

表3 祖厉河流域选用站P- 曲线频率计算成果表

Table3 The results of P- curve frequency calculation at the selected stations in the Zuli River basin

站点名称	C_V	C_S / C_V	各频率下洪峰流量 / $m^3 \cdot s^{-1}$								
			0.20%	0.33%	0.50%	1%	2%	3.33%	5%	10%	20%
靖远	0.95	2.5	3 060	2 854	2 580	2 230	1 870	1 620	1 410	1 100	791
郭城	0.90	2.6	2 705	2 525	2 290	1 988	1 720	1 505	1 310	1 020	740
会宁	0.78	3.8	1 744	1 620	1 458	1 245	1 036	892	769	577	400
定西	1.20	2.7	1 654	1 524	1 355	1 134	980	850	704	550	375
河畔	1.30	2.2	1 973	1 837	1 660	1 425	1 194	1 033	895	676	468
东三里铺	0.95	2.8	1 973	1 837	1 660	1 425	1 194	1 033	895	676	468
鲁家岔	0.75	3.8	83.2	77.4	69.9	59.9	50.1	43.4	37.6	28.5	20.0
鸡儿咀	1.00	2.0	1 243	1 164	1 060	921	782	685	599	461	322

计算要求。

综上所述,地区场选样洪水计算方法对于祖厉河流域内无水文资料或资料稀缺的支流、沟道洪水设计计算具有实用性和可靠性。在甘肃省2014、2015年山洪灾害防治项目实施过程中,对渭河上游区域以及黄河干流白银段各支流、支沟区域历史洪水调查与确定中,在量化分析时采用该方法取得较好效果。建议在实际应用中结合当地流域及区域特性进行合理分析使用,并可采用多种暴雨洪水设计计算方法进行验证。

参考文献:

- [1] 郭生练. 设计洪水研究进展与评价 [M]. 北京:中国水利水电出版社,2005. (GUO Shenglian. Advancement and Assessment of Design Flood [M]. Beijing:China WaterPower Press, 2005. (in Chinese))
- [2] 黄维东. 人类活动对祖厉河流域径流变化影响分析[J]. 水资源研究, 2002,(2):21-23. (HUANG Weidong. Human activity to Zuli River basin runoff change impact analysis [J]. Water Resources Research, 2002,(2):21-23. (in Chinese))
- [3] 水利部水文司. 干旱半干旱地区洪水调查点网布设与资料收集办法

[M]. 北京:中国水利水电出版社,1995.3. (Department of Hydrology, MWR. Flood Aid Network Arrangement and Data Collection in Arid and Semi-arid Regions [M]. Beijing:China WaterPower Press, 1995.3. (in Chinese))

- [4] 文康,刘九夫,李琪等. 地区场选样洪水综合计算方法 [J]. 水科学进展,1997,8(1). (WEN Kang, LIU Jiufu, LI Qi. A synthetic computation method for the flood events selected regionally [J]. Advances in Water Science, 1997,8(1). (in Chinese))
- [5] 金光炎. 水文分析中经验频率[J]. 水文,1994,14(1):1-8. (JIN Guangyan. Empirical frequency calculation in hydrological analysis [J]. Journal of China Hydrology, 1994,(1):1-8. (in Chinese))
- [6] 马秀峰. 计算水文频率参数的权函数法[J]. 水文,1985(3):1-8. (MA Xiufeng. The weight function method in calculating parameters of hydrological frequency curve [J]. Journal of China Hydrology, 1985, (3):1-8. (in Chinese))
- [7] 刘光文. 皮尔逊型分布参数估计 [J]. 水文,1990,(4):1-15. (LIU Guangwen. Parameter estimation of P- frequency curve [J]. Journal of China Hydrology, 1990,(4):1-15. (in Chinese))
- [8] 刘德地,杜佩玲. 不同条件下水文要素重现期的计算方法[J]. 水文, 2014,(5):1-5. (LIU Dedi, DU Peiling. Methods to calculate return period of hydrological elements under different conditions [J]. Journal of China Hydrology, 2014,(5):1-5. (in Chinese))

Application of Sample Field Flood Calculation Method in Zuli River Basin

WANG Jin¹, ZHAO Yingdong², DENG Juli¹, LV Mingxia¹

(1. Dingxi Hydrology Water Resources Survey Bureau of Gansu Province, Dingxi 743000, China;
2. Hydrology Water Resources Bureau of Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The method of sample field flood calculation was adopted to analyze and establish the design flood calculation empirical formula for the Zuli River Basin in the West China. And the design calculation results were analyzed by comparing with the design calculation results of P-III frequency curve, and the calculation accuracy of the results is high. The result chart and checklist of design flood calculation of the watershed can provide technical support for the design flood calculation for the Zuli River Basin.

Key words: Zuli River Basin; sample floods in selected areas; design calculation; empirical formula