

# 新疆冲洪积扇小流域设计洪水计算方法研究

## ——以罗布泊钾盐矿外部供水工程沿线小流域洪水计算为例

王杰, 王俊

(新疆水利水电勘测设计研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:** 根据实测断面资料计算了洪水调查痕迹相应洪峰流量,采用概率统计的方法分析场次大洪水洪峰比,以年最大洪峰流量模比系数综合频率曲线法推求小流域的设计洪水,并以实地调查及推理公式法验证了计算结果的相对合理性,为新疆冲洪积扇区域小流域洪水的计算提供了一条新的途径。

**关键词:** 供水工程; 概率统计; 小流域; 洪水计算; 罗布泊

中图分类号: P333.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)04-0221-04

### Research of calculation method of design flood in small basin of Xinjiang:

Taking small watershed flood calculation along the line of external water supply project of Lop Nur potash mine for example

WANG Jie, WANG Jun

(Xinjiang water conservation and electricity survey design research institute, Urumqi 830000, China)

**Abstract:** According to measured section data, the paper calculated flood peak flow which reflects the trace of flood investigation and used the method of probability and statistics to analyze the ratio of screening large flood peak. It used the comprehensive frequency curve of mode ratio of annual maximum peak flow to derive the design flood of small watershed and verify the relative reasonableness of calculation method. The method can provide a new way for the calculation of small watershed flood in Xinjiang alluvial fan area.

**Key words:** water supply project; probability and statistics; small watershed; flood calculation; Lop Nur

小流域一般缺乏水文实测资料,其设计洪水计算一直是水文界探讨的热点<sup>[1-5]</sup>。常用计算方法有推理公式法<sup>[6]</sup>、产汇流调蓄经验单位线法<sup>[7]</sup>等,一些研究人员在此基础上也提出了较为简洁或者优化的方法<sup>[8-10]</sup>。近年来随着新疆的一些长距离输水、供水工程的实施,输水管线沿线小流域洪水计算成为工程水文分析的重点,不少水文工作者针对此类工程提出了新的见解及方法<sup>[11]</sup>。新疆罗布泊钾盐矿地处新疆南部,其外部供水管道敷设于山前冲洪积扇及戈壁区域,沿线冲洪沟多为散流、串流,不易区分流域边界。本文采用实地调查、概率统计及推理公式验证的方法分析输水管线小流域设计洪水,为本工程的实施及后期运行管理提供一定的参考依据。

## 1 区域概况及洪沟分布

罗布泊钾盐矿外部供水管线全长 240 km,所经

区域地处阿尔金山山脉金雁山西端北麓,地势呈西南高而东北低。区域水系属塔里木盆地车尔臣河水系,为典型的内陆水系,沿线植被覆盖度极低,为荒漠植被区。输水管道深居内陆盆地,冬季寒冷、夏季炎热少雨,降水量稀少、蒸发量大。多年平均气温 11.5 ~ 11.8℃;多年平均降水量 24.7 ~ 3.5 mm,工程沿线洪沟多为冲洪积扇区域,呈散流、串流状态。各冲洪沟基本与供水管线正交,沿程共有洪沟 522 条,洪沟密度为 4.74 条/km,管线以上常流水沟槽数量为 279 条。

## 2 场次洪水调查分析

### 2.1 洪痕及断面测量

由于管线沿线冲沟数目众多,且存在串流、汉流现象,因此准确划分各洪沟集水面积存在较大难度,无法直接采用水利部推荐的推理公式法直接计算各

小流域设计洪水。一般洪水通过冲洪沟都会或多或少的存留一定的印迹。根据实地调查,沿线共 361 条洪沟基本都能查找到高低不一的洪痕,根据其高程,划分为高、中、低 3 类洪痕。根据确定的洪水印迹,在每一条洪沟布设 2~3 个纵、横断面,获取实测断面资料及洪痕高程。

## 2.2 洪峰流量计算

根据工程沿线 361 条洪沟实测断面资料,分别计算实际调查到高痕、中痕、低痕各场次的洪峰流量,按稳定非均匀流,采用比降法,由下式计算:

$$Q = \bar{K} \sqrt{\frac{\Delta H}{L - \frac{1-\xi}{2g} \left( \frac{\bar{K}^2}{A_1^2} - \frac{\bar{K}^2}{A_2^2} \right)}} \quad (1)$$

式中:  $Q$  为计算流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $\bar{K}$  为上下游两断面输水率平均值;  $\Delta H$  为上下游两断面水位差,  $\text{m}$ ;  $L$  为上下游两断面距离,  $\text{m}$ ;  $A_1$  为上断面面积,  $\text{m}^2$ ;  $A_2$  为下断面面积,  $\text{m}^2$ ;  $\xi$  为收缩系数。

糙率  $n$  值的确定: 采用东北勘测设计院 1977 年编制的天然河道糙率表, 按实际情况选取。输水率  $K$  值的确定: 各断面输水率  $K$  值, 采用水力学的满宁公式  $K = AR^{2/3}/n$  推求, 收缩系数  $\xi$ : 扩散条件下,  $\xi$  取值范围 0.3~0.5; 收缩条件下  $\xi = 0$ 。以管线桩号 29+000~32+000 之间冲沟洪水计算为例, 结果见表 1。

## 2.3 场次洪水重现期确定

根据现场洪水勘察及访问调查, 从各洪沟洪水高程、洪痕印迹新旧程度判断洪水发生大致年代, 结

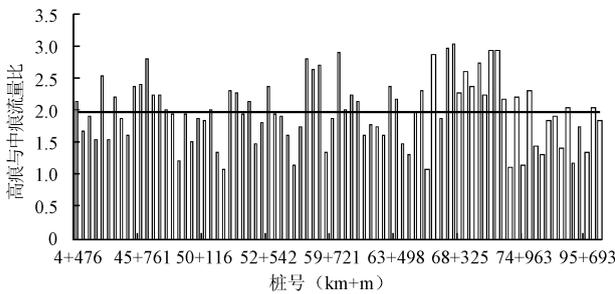


图 1 高痕与中痕之比沿程变化趋势图

从图中可以看出场次洪水高、中、低洪痕相应洪峰比值变化不一, 但总体趋势基本为斜率为“0”的直线, 鉴于输水管道沿线洪沟众多, 且各洪沟均有实测断面资料, 从概率统计学的角度寻找场次洪水相对比值系数的规律, 从概率意义上讲, 洪沟每次发生一场洪水都相当于一次“试验”。试验结果即是洪痕所对应的场次洪水相对比值系数。就本次调查得到的洪痕样本来分析, 场次洪水相对比值为“随机

合工程区域参证气象站若羌站 1953~2007 年降水资料, 1981、2005、2007 年, 区域内发生了大暴雨, 且暴雨年份与洪痕的新旧成色、分布及访问情况存在一定的对应关系。对于低海拔小流域洪水, 一般认为暴雨与洪水具有同频相应性, 因此基于实地调查及暴雨资料分析, 可判定各洪沟的高、中、低洪痕分别对应前 3 场大暴雨发生年份, 重现期分别为 50、30、10 a。

表 1 管线桩号 29+000~32+000 之间冲沟洪水成果表  
m, %,  $\text{m}^3/\text{s}$

右沟边	计算水位	湿周	比降	糙率 $n$	流量	洪痕类别
29+827	948.72	78.32	22.57	0.04	189.55	中痕
30+004	945.98	10.35	20.38	0.04	9.03	低痕
30+083	948.29	87.23	23.29	0.04	137.46	中痕
30+434	941.97	8.51	22.59	0.03	10.72	中痕
30+486	942.01	8.16	20.45	0.03	7.06	中痕
30+519	940.58	150.21	22.15	0.04	226.93	中痕
31+457	932.79	29.10	16.17	0.04	25.16	中痕
31+829	934.40	14.60	25.79	0.04	36.77	高痕
31+926	940.37	35.64	27.03	0.04	61.74	高痕

## 3 场次洪水相对比值分析

分析各洪沟场次洪水痕迹洪峰流量比, 可以发现高痕、中痕、低痕流量相对比值, 在沿里程方向上的变化基本上无趋势。见图 1 和图 2。

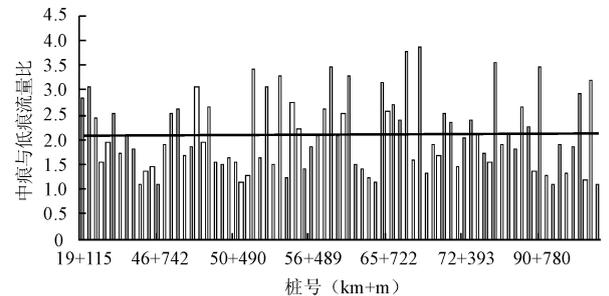


图 2 中痕与低痕之比沿程变化趋势图

变量”, 目标值就是期望计算出某一个最有可能出现的场次洪水相对比值, 即: 统计场次洪水不同高、中、低洪痕洪峰相对比值的平均值, 见表 2。

表 2 场次洪水不同洪痕洪峰流量比值表

洪痕	洪峰流量比	平均值
高痕		
中痕	高痕/中痕	1.955
低痕	中痕/低痕	2.090

## 4 设计洪水计算

### 4.1 洪水综合频率曲线的绘制

以场次洪水相对比值  $\alpha$  与比值  $\beta$  为依据,区域临近的若羌气象站年最大 1 日降水量的模比系数频率曲线为参证,参考米兰河年最大洪峰流量模比系数频率曲线,绘制供水管线沿线小流域行洪沟槽的洪水综合模比系数频率曲线。在绘制洪水综合频率曲线时,以重现期为 30 a 一遇,在若羌气象站年最大 1 日降水量的模比系数频率曲线上的对应位置的模比系数为中

点依据,乘以相对比值  $\alpha$  为量值目标,并取 1981 年最大日降水量值水平投影到模比系数频率曲线上的重现期为 50 a 一遇作为高点控制;同理,以若羌气象站年最大 1 日降水量的模比系数频率曲线上 30 a 一遇及对应位置的模比系数为量值目标,除以相对比值  $\beta$  为量值目标,取重现期为 10 a 一遇作为低点控制;即以高、中、低 3 点为目标控制,参证若羌气象站年最大 1 日降水量的模比系数频率曲线与米兰河年最大洪峰流量模比系数频率曲线的走势,绘制供水管线沿线小流域行洪沟槽的洪水综合模比系数频率曲线,见图 3。

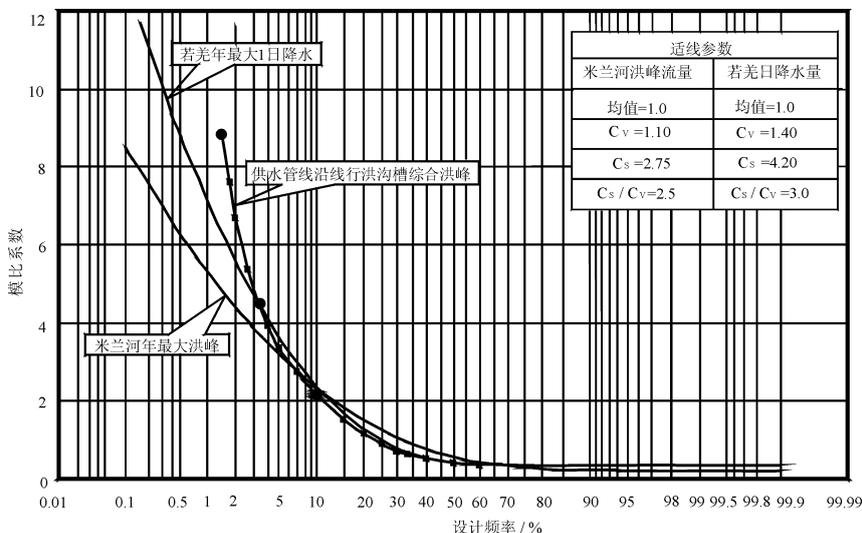


图 3 供水管线冲沟及参证站洪峰综合模比系数频率曲线图

图中,高段稀遇洪水的模比系数的走势陡于中、低段洪水模比系数的走势,充分反映了在下垫面损失量相对稳定的情况下,稀遇暴雨所产生的稀遇洪水更大于通常的中小洪水。

### 4.2 设计洪峰流量计算

依据绘制的区域综合洪水模比系数频率曲线,使用各相应行洪沟调查的高痕、中痕、低痕所对应的洪峰流量,由下式计算设计洪峰流量

$$Q_p = \frac{K_p}{K_i} \times Q_i \quad (2)$$

式中:  $Q_p$  为设计洪峰流量,  $m^3/s$ ;  $K_p$  为设计洪峰流量模比系数;  $K_i$  为调查洪峰流量模比系数;  $Q_i$  为不同频率调查洪峰流量,  $m^3/s$ 。

显然,由于抽样误差的原因,采用上式计算设计洪峰时,选取不同的洪痕计算设计洪峰会有一定的差异,但差异不大,计算时应参考调查的高、中、低痕流量值,使之在合理的范围内。考虑到行洪沟槽影响洪水不确定的因素等,所计算的设计洪峰流量的最终成果,均按加大 20% 考虑。以典型洪沟为例,

相应计算成果参见表 3 所示。

表 3 供水沿线典型洪沟设计洪峰流量表  $m^3/s, \%$

桩号	洪沟序号	依据流量	依据洪痕	设计洪峰加大 20%	
				$P = 2\%$	$P = 3.33\%$
26 + 080 ~ 36 + 800	1	240.2	中痕	430.0	288.2
	2	10.7	中痕	19.2	12.9
	3	7.1	中痕	12.6	8.5
	4	226.9	中痕	406.3	272.3
...	...	...	...	...	...
38 + 315 ~ 45 + 177	8	11.9	高痕	10.9	7.3
	9	10.3	高痕	9.4	6.3
	10	2.3	高痕	2.1	1.4
	11	2.2	中痕	3.9	2.6
...	...	...	...	...	...
63 + 000 ~ 75 + 200	16	24.4	中痕	43.8	29.3
	17	2.95	中痕	5.3	3.5
	18	0.41	高痕	0.4	0.3
	19	1.67	高痕	1.5	1.0
...	...	...	...	...	...
109	0.41	中痕	0.7	0.5	

## 5 结果分析

以供水管线沿线各小流域与管线交汇区段内,各行洪沟槽的调查洪痕流量之和作为小流域出口流量,选取若羌气象站 2005 年最大日降水量 52 mm

表 4 供水管线沿线公式法计算典型小流域  $P = 3.33\%$  设计洪水与调查成果对比一览表

序号	沟名	流域面积 $F$	沟长 $L$	比降 $J$	山区面积 $F_1$	推理公式	产汇流	调查流量	设计流量
						计算流量 $Q$	计算流量 $Q$	洪痕合计 $Q$	$P = 3.33\%$ $Q$
1	库如克萨依	668.24	63.25	0.03527	402.18	620.45	222.0	596.9	749.9
2	阔纳布拉克	385.20	45.47	0.03027	72.88	363.44	160.0	219.5	316.8
3	苏勒克萨依	1493.40	92.23	0.02845	584.94	1277.60	370.9	211.9	272.0

以典型小流域进行对比如下:

(1) 库如克萨依沟位于桩号 26 + 080 ~ 36 + 800 段,推理公式的计算条件为:当降雨 52 mm 时,其洪峰流量为 620.5  $\text{m}^3/\text{s}$ ;该洪沟对应供水管线处所有散流洪峰流量相加值为 596.9  $\text{m}^3/\text{s}$ 。该值和推理公式计算的成果较为接近。

(2) 阔纳布拉克沟位于管线桩号 38 + 315 ~ 45 + 177 段,推理公式的计算条件为:当降雨 52 mm 时,其洪峰流量为 363.4  $\text{m}^3/\text{s}$ ;该洪沟对应供水管线处所有散流洪峰流量相加值为 219.5  $\text{m}^3/\text{s}$ 。

(3) 苏勒克萨依沟位于管线桩号 63 + 000 ~ 75 + 200 段的,推理公式的计算条件为:当降雨 52 mm 时,其洪峰流量为 850.0  $\text{m}^3/\text{s}$ ;该洪沟对应供水管线处所有散流洪峰流量相加值为 211.9  $\text{m}^3/\text{s}$ 。

可以看出:推理公式计算各沟的设计洪峰流量均大于管线处叠加后的调查流量,并且随着管线距水源地距离的增加,用公式法计算的  $P = 3.33\%$  设计洪峰流量,越来越偏大于下游散流洪峰之和。分析其原因主要有:一是洪水出山口后沿线冲洪积扇的下垫面条件不同,在用公式法计算时,各小流域的产流面积中包括了非产流区,造成洪峰流量计算值偏大;二是上游地形地貌的影响,造成小流域洪水被阻塞或滞留,到达管线处的洪峰流量小于上游洪峰流量。

## 6 结 语

小流域设计洪水计算方法很多,如推理公式法、调蓄经验单位线法等,这些方法大多是针对山区小流域。对于洪积扇或半平原区,洪沟存在串流、汉流现象,其汇水面积、沟长、比降等参数不易确定,如直

为依据( $P = 3.33\%$ ),采用推理公式与《新疆中小流域设计暴雨洪水图集》推荐的产、汇流调蓄经验单位线法计算小流域设计洪水。供水管线沿线典型小流域设计洪水成果见表 4。

接用现有公式法计算存在一定的难度。本文根据实地调查洪水,分析不同洪水痕迹相应流量,采用概率统计的方法,依据调查流量及洪峰模比系数综合频率曲线计算供水管线沿线行洪沟槽设计洪水,经验证,调查与设计成果基本合理。本方法对于新疆冲洪积扇或半平原区的小流域设计洪水计算具有一定的借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 曹秋会. 小流域设计洪水成果的验证[J]. 电力勘测, 1996(3): 52 - 53.
- [2] 徐德龙,肖 华. 小流域设计洪水推理公式计算方法探讨[J]. 人民长江, 2000, 31(7): 13 - 14.
- [3] 邹响林,胡维忠,陈良柱. 缺乏资料的小流域设计洪水计算方法[J]. 长江职工大学学报, 1999, 16(2): 32 - 35.
- [4] 小流域暴雨径流研究小组. 小流域暴雨洪峰流量计算[M]. 北京:科学出版社, 1978.
- [5] 陈家琦,张恭肃. 小流域暴雨洪水计算[M]. 北京:水利水电出版社, 1985.
- [6] 华家鹏. 小流域设计洪水的计算方法[J]. 河海大学学报, 1998, 26(2): 100 - 104.
- [7] 新疆暴雨编图小组. 新疆维吾尔自治区中小流域设计暴雨洪水图集[M]. 乌鲁木齐:新疆维吾尔自治区水利厅, 1983.
- [8] 林平一. 小汇水面积暴雨径流算法[M]. 北京:水利电力出版社, 1958.
- [9] 周学国,滕凯,邹伟. 小流域设计洪水计算方法的简化[J]. 东北水利水电, 2001, 19(7): 17 - 18.
- [10] 王新军. 小流域设计洪水计算中对林平一法的改进[J]. 青海电力, 2004, 23(1): 42 - 44.
- [11] 于海鸣,邓澄,王水生. 新疆北部供水工程输水线路洪沟洪水分析与研究[J]. 水利学报, 2005, 36(增刊): 83 - 88.