

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2011.06.004

新疆天山北坡小流域暴雨洪水计算

肖开提·阿不都热衣木¹,董增川²

(1.河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098;2.河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210098)

摘要:为新疆北坡小流域暴雨洪水找出一条可靠的计算途径,针对新疆天山北坡小流域暴雨洪水的特点和规律,提出了应用解三元联立方程组法和推理公式法两种方法,由设计暴雨推求洪沟设计洪水.实例应用结果表明,解三元联立方程组法和推理公式法两种方法切实可行,能够解决无资料地区的暴雨洪水计算问题.

关键词:设计暴雨;设计洪峰;暴雨洪水;净雨强度;小流域;天山北坡;新疆

中图分类号: P333.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2011)06-0612-06

天山北坡地处亚欧大陆腹地,四周高山环绕,远离海洋,处于天山中部的凹陷地段.南部紧邻吐善托盆地,北部与准噶尔盆地相连,是典型的内陆干旱区.太平洋和印度洋东、南方向来的水汽因受高山阻隔长途跋涉至腹地已散失殆尽,进入天山北坡的多是干热暖流.大西洋和北冰洋的冷湿气流随西风环流进入新疆,从西、北两方向影响天山北坡,是本地区主要水汽来源.据气象站多年实测资料分析,该区域暴雨多发生在 5—8 月间,暴雨历时多为几小时或十几小时,经坡面漫流,形成洪水,下垫面土壤下渗强度较大,洪水形成的径流为超渗产流,历时不长,峰高量大,暴涨暴落.

天山北坡小流域暴雨洪水一般采用概化计算,理论公式已经广泛应用于小河与小洪沟的计算中.在这些小河及洪沟中,只有少数河流设有水文站,多数河流没有实测水文资料,甚至连调查洪水资料也很少.因此,依据现有实测资料,利用地区经验公式,综合分析进行研究区公式参数的率定,有着较强的实用性.本文针对各洪沟设计暴雨一定的情况下,采用解三元联立方程组法和推理公式法对山洪沟设计洪水进行分析计算.

1 解三元联立方程组法

首先给出三元联立方程组:

$$\begin{cases} Q_P = 0.278SF[1 - (1 - P_1)^Y][1 - RS^{r_1-1}(t + d)^{(1-r_1)}][t + d)^{-n} \\ t_Q = P_1\left(\frac{0.278L_1}{A_1I_1^{0.35}Q_P^{0.3}} + \frac{0.278L_2^{0.5}F^{0.5}}{A_2I_2^{1/3}Q_P^{0.5}}\right) \\ \frac{n}{1 + d/t_Q}\left[\frac{1 - r_1RS^{r_1-1}(t + d)^{(1-r_1)}}{1 - RS^{r_1-1}(t + d)^{(1-r_1)}}\right] = \frac{\gamma P_1(1 - P_1)^{Y-1}}{1 - (1 - P_1)^Y} \end{cases} \quad (1)$$

各符号含义及具体推导过程将在下文给出.解三元联立方程组法优点在于综合考虑的参数较多,考虑了干流的流域特征参数和支流的流域特征参数,是一种较好的半经验半理论公式,但由于新疆地区资料较少,公式中的 A_1 、 A_2 、 I_1 、 I_2 等还需从其他地区的参数表中查算.

1.1 设计暴雨强度的计算

小流域暴雨三元联立方程组洪峰流量计算中,设计频率洪峰流量是利用实测暴雨资料来间接地推求的.此方法假定暴雨与其所形成的洪峰流量是同频率的,这种条件指的是在设计雨量条件下,其他条件如下渗、汇流等都采用平均情况.这种假定对于小流域来说比较符合实际情况.另外,流量随暴雨强度而变,产生最大洪峰流量的历时,称为造峰历时.雨强指的是在主雨峰附近的“雨核”部分的平均暴雨强度^[1].不同的汇水面积有不同的形成洪峰时间,因此就有不同的设计暴雨强度^[2].设计暴雨强度计算公式为

$$a = \frac{S}{(t + d)^n}$$

(2)

式中 : a ——设计暴雨强度 ,mm/h ; n ——暴雨衰减指数 ; S —— $t = 1$ h 的平均雨强(或称雨力) ,mm ; t ——形成洪峰流量的历时 ,h ; d ——时间参数。

公式 (2) 中的 S 值可以根据地区水文手册等值线图查得 ,也可以根据最大 24 h 设计雨量反算。公式 (2) 的主要优点是它较好地反映了暴雨强度随历时连续递减的规律 ,它的边界条件也比较符合实际情况 ,尤其重要的是该公式反映了 a 随 t 而变的连续函数关系 ,在数学分析时 ,为微分求导创造了条件。采用此公式算得的暴雨强度是任意时段 t 内的最大平均暴雨强度值。

公式 (2) 中参数 d 的求法很多 ,可用最小二乘法、曲线拟合法、试算图解法等推得。

公式 (2) 所得的是点暴雨强度 ,对于汇水面积 $F > 10 \text{ km}^2$ 的流域 ,根据分析 ,还应乘以点面折减系数 η ,换算成面暴雨强度。 η 的算式为

$$\eta = \frac{1}{1 + 0.016F^{0.6}}$$

(3)

η 值也可由表 1 查出。

表 1 点面折减系数

Table 1 Point-area reduction factors

F/km^2	< 10	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
η	1.0	0.94	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80

注 : F 为其他值时 , η 可内插求出。

设计暴雨强度 a 乘以径流系数 c ,即得净雨强度。新疆戈壁滩地的特点是其产流方式一般为超渗产流 ,即平均暴雨强度超过流域平均损失率才能产生径流^[3]。流域产流期的平均损失率与其相应的暴雨强度有下列关系 :

$$\mu = Ra^{r_1}$$

(4)

式中 : μ ——流域产流期内平均损失率 ,mm/h ; r_1 ——损失指数 ; R ——损失系数。

已知 μ 值后 ,径流系数 c 可用扣损法等公式求得 ,即令 $ca = a - \mu$ 得到

$$c = 1 - \frac{\mu}{a}$$

(5)

将式 (4) 代入式 (5) 得

$$c = 1 - \left(\frac{Ra^{r_1}}{a} \right) = 1 - Ra^{r_1-1}$$

(6)

作为设计频率下所采用的洪峰流量 Q_P ,一般采用净雨强度 ca 和汇流面积 f 的乘积形式^[4] ,即 :

$$Q_P = 0.278caf$$

(7)

1.2 流域汇流计算

在汇流面积的分析中 ,首先要解决流域的汇流过程问题 ,即推求流域地面各点由暴雨产生的净雨在重力作用下 ,沿坡面和沟槽向流域出口不断汇集的过程。

流域汇流过程 ,按其水力性质的差异 ,分为坡面汇流和河槽汇流两个阶段 ,通过模型试验^[5] ,得出河槽汇流时间 τ_1 、坡面汇流时间 τ_2 和整个流域汇流时间 τ 的关系为

$$\tau = \tau_1 + \tau_2$$

(8)

按水力学的分析途径 ,分别建立非恒定流状态下 ,山坡和河槽的连续方程和运动方程 ,联立求解得出汇流时间的算式 :

$$\tau = \frac{0.278L_1}{A_1I_1^{0.35}Q_P^{0.3}} + \frac{0.278L_2^{0.5}F^{0.5}}{A_2I_2^{1/3}Q_P^{0.5}}$$

(9)

其中

$$L_2 = \frac{F}{1.8(L_1 + \sum L_i)}$$

(10)

式中 : L_1 ——主河槽长度 ,由显著河槽起点至出口断面的距离 ,km ; L_2 ——流域坡面长度 ,km ,可根据已有图

形资料,按式(10)计算: I_1 ——主河槽平均坡度; I_2 ——山坡平均坡度; A_1 ——主河槽流速系数; A_2 ——山坡流速系数; $\sum L_i$ ——流域中支、岔河沟的总长度,km.

1.3 洪峰流量的形成与计算公式

1.3.1 洪峰流量形成的汇流面积分配曲线

现行很多计算方法常假定汇流面积 f 随汇流时间呈直线增长,即汇流面积增长速率不变,也即 df/dt 为常数.这就是对形成洪峰流量的流域汇流曲线作线性处理,进而可推导出洪峰流量形成的全面汇流理论.

吴彰春等^[5]曾通过两侧山坡对称的规则矩形水文模型,并配置了人工模拟降雨装置,进行了不同时间、不同强度和不同雨型的水文模型试验.实测资料表明即使是矩形流域,其汇流面积与汇流时间的关系仍是非线性的, $df/dt \neq \text{常数}$ ^[5].

通过试验及径流站实测资料分析得

$$1 - f/F = (1 - t/\tau)^\gamma \quad (11)$$

令 $f/F = \lambda$, $t/\tau = P_1$ 则得

$$\lambda = 1 - (1 - P_1)^\gamma \quad (12)$$

$$f = [1 - (1 - P_1)^\gamma] F \quad (13)$$

其中

$$\gamma = 2.1(K_1 + K_2)^{-0.06} \quad (14)$$

式中: λ ——形成最大汇流面积与汇水面积之比; P_1 ——形成洪峰流量历时与全流域汇流历时之比; γ ——随流域汇流时间而变的参数,它反映了流域的汇流条件对洪峰流量的影响,如流域的形状、调蓄等因素; K_1 , K_2 ——主河槽和山坡的汇流因子, $K_1 = 0.278 L_1/A_1 I_1^{0.35}$, $K_2 = 0.278 L_2^{0.5} F^{0.5}/A_2 I_2^{1/3}$. 公式(13)是非线性最大同时汇流面积分配曲线的方程式.

1.3.2 净雨强度的计算

降落在流域上的暴雨量,扣除掉被植物枝叶所截留和填充坑洼及向土中入渗的水量后,剩余下来的水量,即为余水量,称为净雨量,其强度即净雨强度 a_1 ,按水量平衡计算得

$$a_1 = a - \mu = (1 - \mu/a)a \quad (15)$$

将 a , μ 公式(式(2)和式(4))代入式(15)得

$$a_1 = S[1 - RS^{r_1-1}(t+d)^{(1-r_1)}](t+d)^{-n} \quad (16)$$

式(16)表示净雨强度的计算与其他因素的关系.显然,净雨强度与暴雨特性、损失特征有关,并且是时间 t 的函数.如果暴雨与损失参数固定,时间 t 愈短, a_1 愈大,净雨强度是时间的减函数,其递减的速度主要与 n 有关.

1.3.3 洪峰流量的形成

如前所述,流域汇流面积的分配曲线是非线性的,而且汇流面积的大小是时间特征值 t/τ 的函数,净雨强度值也随时间 t 而变.通过水文模型试验,从理论上分析得出洪峰流量发生的规律是:净雨强度和最大同时汇流面积的乘积最大时即形成洪峰^[6].

各时刻净雨强度和汇流面积乘积所得流量 $a_1 f$,到某一时刻出现最大值,这个最大值即洪峰流量 Q_m (在设计雨量条件下,此流量也就是设计流量 Q_p),它的相应时间,可称之为形成洪峰时间,并以符号 t_Q 表示,从净雨强度方面来看, t_Q 相当于造成最大洪峰流量的净雨时间,即造峰雨时,也可称为造峰历时^[7].

1.3.4 暴雨洪峰流量公式的推导

根据前述暴雨洪峰流量形成规律,显然,洪峰流量 Q_m 为净雨强度与同时汇流面积乘积的最大值,其基本模式为

$$Q_m = (a_1 f)_{\max} = (a_1 f)_{t=t_Q} \quad (17)$$

将式(13)和式(16)代入,考虑单位换算,引入系数0.278,则暴雨流量 Q 为

$$Q = 0.278 S F [1 - RS^{r_1-1}(t+d)^{(1-r_1)}](t+d)^{-n}(1 - t/\tau)^\gamma \quad (18)$$

洪峰流量 Q_m 出现的条件是 $dQ/dt = 0$ 或 $d(a_1 f)/dt = 0$,即对式(18)求导.式(18)可写为 $Q = f(t, \tau)$,而 τ 又是流量 Q 的函数,即 $\tau = \varphi(Q)$,因此

$$Q = f_1(t, Q) \quad (19)$$

对式(19)求导可得

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\partial f_1}{\partial t} + \frac{\partial f_1}{\partial Q} \frac{dQ}{dt}$$

(20)

因为要求 $\frac{dQ}{dt} = 0$,则必然是 $\frac{\partial f_1}{\partial t} = 0$,于是在 t 与 τ 均为变数的情况下,对式(19)中变量 t 求导就可以了.显然洪峰流量的求解应为

$$\frac{\partial f_1}{\partial t} = 0 \quad Q = f_1(t, Q)$$

(21)

引入 $t = t_Q, Q = Q_m = Q_P$,即得出三元联立方程组式(1).此方程组中共有 3 个未知数 t_Q, P_1, Q_P .联解此三元隐函数非线性联立方程组,即得所需之设计洪峰流量 Q_P 及其相应的造峰历时 t_Q 和形成最大汇流面积 f .

1.4 应用实例

三元联立方程组式(1)可用牛顿迭代法求解,编程计算求出.
利用伊犁河谷各水文、气象站雨量观测资料,分析计算了巩留、八十一达坂隧洞、察布查尔 3 段洪沟的设计洪水,得出恰甫其海南岸干渠工程输水线路的设计暴雨洪峰流量公式,选出部分汇水面积 F 大于 10 km^2 与小于 200 km^2 的流域用三元联立方程组解出设计暴雨洪峰流量,见表 2.

表 2 解三元联立方程组法部分洪沟计算结果

Table 2 Computed results by three-dimensional simultaneous equations in part of flood ditches

编号	流程/ km	流域概况						下渗参数				计算值			
		F/km^2	L_1/km	L_2/km	$I_1/\%$	$I_2/\%$	A_1	A_2	R	r_1	t_Q/h	P_1	$Q_{1\%}/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	$Q_{2\%}/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	$Q_{3\%}/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
1	34.90	9.51	7.00	0.47	0.084	2.4	0.19	0.02	1.02	0.69	0.87	0.30	21.3	17.1	13.8
2	39.25	2.32	3.55	0.32	0.086	2.5	0.21	0.02	1.02	0.69	0.63	0.33	7.9	6.3	5.1
3	44.98	4.96	6.20	0.39	0.144	3.1	0.20	0.02	1.02	0.69	0.75	0.31	13.6	10.8	8.8
4	46.68	7.60	9.20	0.44	0.122	3.8	0.20	0.02	1.02	0.69	0.95	0.28	15.1	12.1	9.8
5	49.06	11.24	8.15	0.49	0.107	1.9	0.19	0.02	1.02	0.69	0.91	0.28	21.7	17.3	14.1
6	66.04	98.65	30.30	0.86	0.089	2.6	0.17	0.02	1.02	0.69	1.56	0.16	53.4	42.7	34.7
7	79.70	10.50	7.10	0.48	0.084	3.6	0.19	0.02	1.02	0.69	0.88	0.29	21.2	17.0	13.8
8	86.98	22.20	10.00	0.58	0.062	3.2	0.18	0.02	1.02	0.69	1.09	0.25	31.0	24.8	20.2
9	92.55	4.76	7.30	0.39	0.114	2.6	0.20	0.02	1.02	0.69	0.88	0.29	10.5	8.4	6.8

解三元联立方程组法是推理公式法的变形,适用于汇水面积 $F \leq 200\text{ km}^2$ 的河流.用表中编号为 8 号沟的计算成果,检验三元联立方程组精度如下:该沟 $F > 10\text{ km}^2$,采用点面折减系数 $\eta = 0.907$,流域形状系数 $\gamma = 1.777, d = 0.08, n = 0.79$.采用迭代法求解 Q_P 与 t_Q .假定初始值 t'_Q 代入式(1)第一个方程求 Q'_P ,将 Q'_P 代入式(1)第二个方程计算 t_Q ,然后比较 t_Q 与假设值 t'_Q 是否相等,若不相等则令 $t'_Q = t_Q$,重复刚才的步骤,计算将 t'_Q 代入方程计算 Q'_P 与 t_Q ,反复迭代直到 t_Q 与 t'_Q 相等为止.将计算出的 t_Q 值代入式(1)第三个方程,该方程等式成立,说明公式(1)精度达到要求.

2 推理公式法

根据文献资料^[8-12],推理公式为

$$Q_P = 0.278 \varphi S F / \tau^n$$

(22)

$$\tau = 0.278 L (\frac{mJ^{1/3}}{Q_P^{1/4}})$$

(23)

式中: φ ——洪峰径流系数; L ——河流长度,km; J ——河道平均比降; m ——汇流参数;其余符号意义同前.

2.1 公式中各参数的确定

2.1.1 流域特征参数 F, L, J

F 可在 1:10000 地形图上,沿输水线路勾绘出各山洪沟分水线后,直接量算. L 为沿流程自分水线起至沟口止的全部长度,从地形图上量测.沟口位置以干渠与洪沟相交断面为准,并按渠线桩号编排.计算 J 前,先量算沟口及源头高程,计算各等高线间河段长,然后按式(24)计算:

$$J = [(h_0 + h_1)L_1 + (h_1 + h_2)L_2 + \dots + (h_{q-1} + h_q)L_q - 2h_0L]/L^2$$

(24)

式中: $h_0, h_1, \dots, h_q$ ——自出口断面起沿流程各特征地面点高程; $L_1, L_2, \dots, L_q$ ——各特征点间的距离.

2.1.2 雨力 S

S 由顶山、福海各气象站年最大 1 d 暴雨量 $H_{1d,P}$ 间接推求, 公式为

$$S = H_{24,P} 24^{n-1} \quad H_{24,P} = KH_{1d,P} \tag{25}$$

式中: $H_{24,P}$ ——年最大 24 h 暴雨量; K ——时段放大系数, 按照《新疆维吾尔自治区可能最大暴雨图集》^[13] 中的推荐值 1.13 计。

2.1.3 洪峰径流系数 φ

φ 分两种情况进行分析计算: 全面汇流时, 即净雨历时 $t_c \geq \tau$, $\varphi = 1 - \mu\tau^n/S$; 部分汇流时, 即 $t_c < \tau$, $\varphi = n(t_c/\tau)^{1-n}$. 其中 $t_c = [(1-n)S/\mu]^{1/n}$.

2.1.4 土壤下渗强度 μ

μ 与暴雨强度有下列关系^[12]: $\mu = RS^{r_1}$, 其中 R 为损失系数, r_1 为损失指数, 两者综合反映不同下垫面条件、不同土类的平均损失情况, 其值可根据山洪沟汇水区的植被、土壤和降雨的实际情况, 由文献^[12]查得. 经计算, μ 取值为 11 mm/h.

2.1.5 汇流参数 m

m 为反映流域特性的综合性参数. m 值计算方法较多, 但各山洪沟无实测调查洪水资料, 因此采用 SL44—2006《水利水电工程设计洪水计算规范》所列 m 值求解方法. 首先按式 $\theta = L/J^{1/3}$ 计算各山洪沟的 θ 值, 然后根据小流域下垫面的实际情况, 根据 SL44—2006《水利水电工程设计洪水计算规范》查得各山洪沟的 m 值.

2.1.6 暴雨衰减指数 n

n 为反映地区暴雨长短历时关系的敏感性参数, 根据水文、气象站的降水资料来确定. 一般暴雨在 24 h 之内, 因此取最大 1 d 降水和最大 24 h 降水作为设计降雨的样本来分析. 考虑 n 值随历时变化的复杂性, 将 n 分段概化, 当 $t < 1$ h, 令 $n = n_1$; 当 $1 \text{ h} < t < 24 \text{ h}$, 令 $n = n_2$. 经分析, 分段采用的 n 值随频率变化不大, 因此, 据各站场次暴雨过程计算降雨历时累积曲线, 计算各时段最大雨强, 点绘雨强历时双对数曲线, 斜率即为 n_1 , n_2 值. 由于各洪沟暴雨历时多大于 1 h, 且 $t_c < \tau$, 为部分汇流, 因此多应采用 n_2 值. 经分析 $n_2 = 0.80 \sim 0.85$. 而对于汇水面积小于 1 km^2 的小沟, $t < 1 \text{ h}$, $t_c > \tau$, 则参考《新疆维吾尔自治区可能最大暴雨图集》^[13] 中分析的数据, 采用 $n_1 = 0.70 \sim 0.75$.

2.2 应用实例

推理公式的应用实例与 1.4 节中的应用实例相同, 同样选取编号为 8 号的沟进行计算, 该沟集水面积 $F = 22.20 \text{ km}^2$, 根据前面所述, $t_c < \tau$, $\varphi = n(t_c/\tau)^{1-n}$, 代入公式 (22) 得到:

$$Q_P = 0.278 h_\tau F / \tau \tag{26}$$

式中 h_τ 为暴雨产生的净雨深.

a. 为便于直观分析, 点绘 $P = 1\%$, $P = 3.33\%$ 频率的设计雨量 $H_t - t$ 关系线, 见图 1.

b. 净雨历时 t_c 的计算分析与确定. 在 $P = 1\%$, $P = 3.33\%$ 的设计暴雨情况下, 假设 $t_c < 1 \text{ h}$, n 值取为 0.70, 按公式 $t_c = [(1-n)S/\mu]^{1/n}$ 计算出 t_c . 若 $t_c < 1 \text{ h}$, 与假设相符, 即为所求. 如果不符, 则假设 $t_c > 1 \text{ h}$, n 值选择 0.80, 按公式 $t_c = [(1-n)S/\mu]^{1/n}$ 计算出 t_c 值.

c. 试算法计算设计洪峰流量. 假设一个 t , 按式 $H_t = St^{1-n}$ 计算 H_t , 并按式 $h_R = H_t - \mu t$ 计算一次降雨产生的全部净雨深 h_R , 然后按式 (26) 计算 Q_P , 按式 (23) 计算出 τ 后代入式 (22), 消去 τ 得到只含有 Q_P 的方程, 根据此方程设一 Q_P 初值进行迭代计算, 直到 Q_P 初值与计算值相等为止. 计算出的 Q_P 即为所求.

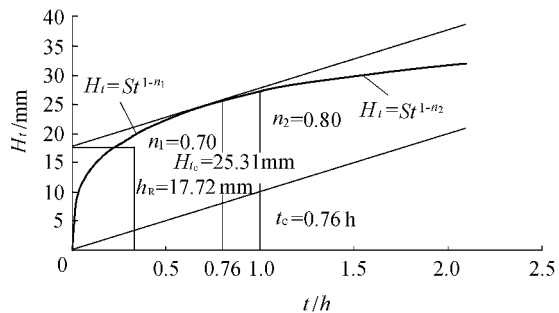


图 1 察布查尔县气象站 $H_t - t$ 曲线
Fig. 1 $H_t - t$ curve at weather station of Chabuzhaer County

3 结 语

本文针对新疆天山北坡小流域暴雨洪水的特点和规律, 采用解三元联立方程组法与推理公式法对天山

北坡小流域暴雨洪水进行了分析计算,研究过程中对各参数的确定方法进行了分析.通过对实例的计算结果验证了方法的合理性,证明解三元联立方程组法和推理公式法两种方法切实可行,能够解决无资料地区的暴雨洪水计算问题,为解决新疆无实测洪水资料地区的暴雨洪水问题找到了一条合理可靠的计算途径.

参考文献：

[1] 陈家琦,张恭肃.小流域暴雨洪水计算[M].北京:中国水利水电出版社,1985.

[2] 郝杰,王宁.天津市暴雨时空特征分析及市区设计暴雨的估算[J].水利水电技术,2008,39(7):75-77.(HAO Jie ,WANG Ning. Analysis on spatial and temporal distribution features of rainstorm and estimation of design rainstorm in urban district of Tianjin[J]. Water Resources and Hydropower Engineering 2008 39(7):75-77.(in Chinese))

[3] 铁道部第三勘测设计院.桥渡水文[M].北京:中国铁道出版社,1993.

[4] 梁忠民,钟平安,华家鹏.水文水利计算[M].北京:中国水利水电出版社,2006.

[5] 吴彰春,岑国平,安智敏.坡面汇流的试验研究[J].水利学报,1995(7):84-89.(WU Zhang-chun ,CEN Guo-ping. AN Zhi-min. Experimental study on overland flow[J]. Journal of Hydraulic Engineering ,1995(7):84-89.(in Chinese))

[6] 刘光文.水文分析与计算[M].北京:水利电力出版社,1989.

[7] 张磊.新疆水文分区与设计流量经验公式的研究[D].长沙:长沙理工大学,2009.

[8] 胡琳琳,王良,苏玉杰.浙江省推理公式计算方法的改进[J].浙江水利科技,2009(2):4-7.(HU Lin-lin ,WANG Liang ,SU Yu-jie. Improvement of rational formula calculation method in Zhejiang[J]. Zhejiang Hydraulics 2009(2):4-7.(in Chinese))

[9] 王国安,贺顺德,李荣容,等.论推理公式的基本原理和适用条件[J].人民黄河,2010,32(12):1-4.(WANG Guo-an ,HE Shun-de ,LI Rong-rong et al. On basic principle and applicable conditions of reasoning formula[J]. Yellow River ,2010,32(12):1-4.(in Chinese))

[10] 谢平,陈广才,李德,等.乌鲁木齐地区小流域设计山洪推理公式的参数规律[J].山地学报,2006,24(4):410-415.(XIE Ping ,CHEN Guang-cai ,LI De et al. Study on the parameter laws of rational formula for design flash flood calculation of small basins in Urumchi Region[J]. Journal of Mountain Science 2006 24(4):410-415.(in Chinese))

[11] 黄启有,谷洪钦,华家鹏,等.应用推理公式推求不同形状小流域设计流量[J].水电能源科学,2010,28(1):22-24.(HUANG Qi-you ,GU Hong-qin ,HUA Jia-peng ,et al. Application of reasoning formula to calculation design discharge of small watershed with different basin shapes[J]. Water Resources and Power 2010 28(1):22-24.(in Chinese))

[12] 小流域暴雨径流研究组.小流域暴雨洪峰流量计算[M].北京:科学出版社,1978.

[13] 新疆暴雨编图小组.新疆维吾尔自治区可能最大暴雨图集[G].乌鲁木齐:新疆维吾尔自治区水利厅,1983.

Calculation of rainstorm flood in small watersheds on north slope of Tianshan Mountain in Xinjiang

XAWKAT Abudureyimu¹ , DONG Zeng-chuan²

(1. College of Hydrology and Water Resources , Hohai University , Nanjing 210098 , China

2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract : In order to find a reliable method for calculating the rainstorm flood in small watersheds on the north slope of Tianshan Mountain in Xinjiang , three-dimensional simultaneous equations and reasoning formula methods are proposed based on the characteristics and regularity of the rainstorm floods in small watersheds on the north slope of Tianshan Mountain in Xinjiang. The design rainstorm was used to derive the design flood in flood ditches. A case study showed that the two methods proposed were reasonable and practicable , and could be used to calculate the rainstorm flood in the region without hydrological data.

Key words : design storm ; design flood peak ; rainstorm flood ; net rainfall intensity ; small watershed ; north slope of Tianshan Mountain ; Xinjiang