

无资料小流域设计洪水不确定性研究*

许月萍, 童杨斌, 楼章华

(浙江大学建工学院水文水资源研究所, 浙江 杭州 310027)

摘 要: 针对小流域降雨资料不足甚至无降雨资料的情况, 研究了在不同雨型(主雨位偏前、偏中和偏后)下, 使用2种暴雨频率计算方法(地区综合法和 L -矩法), 计算不同重现期设计暴雨和设计洪水的 uncertainty。结果表明 L -矩法的计算结果 uncertainty 小, 更稳定, 而地区综合法偏保守; 不同雨型下的设计洪峰和洪水历时变化较小, 但峰现时间相差较大, 会极大地影响调洪结果。

关键词: 无资料地区; 设计暴雨/洪水; L -矩法; 雨型; uncertainty

中图分类号: TV122.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2008) 06-0061-06

在中小流域水利规划和工程设计中, 通常需要计算坝址相应设计标准的洪水, 分析研究不同重现期的设计洪峰及其洪水过程线。推求设计洪水的方法有两大类: 根据流量资料推求和由暴雨资料推求。对于中小流域, 经常会遇到流量资料不足或代表性差的问题而采用暴雨资料; 特别是无资料小流域, 因严重缺乏数据, 常采用地区/流域代表性雨量站的实测长系列降雨资料, 通过求设计暴雨来推求设计洪水。在这过程中, uncertainty 是无法避免的问题, 主要包括输入的异质性造成的 uncertainty、地表的不均匀性产生的参数 uncertainty 以及人们对水文过程认识有限导致的模型结构 uncertainty 三类^[1]。国际水文协会(IAHS)于2003年提出PUB计划, 其研究重点就是分析、估计并减少无资料地区水文计算及预报的 uncertainty。本文针对无资料小流域地区, 主要分析不同雨型和暴雨计算方法计算设计暴雨和洪水的 uncertainty, 希望为无资料小流域利用暴雨资料推求设计洪水提供一定的借鉴和启示作用。

1 不同暴雨计算方法

1.1 地区综合法

在缺乏实测降雨和洪水资料或雨量站数少、代表性差的小流域, 推求设计洪水的有效途径是利用邻近流域暴雨资料或地区降水等值线图等方法, 通过暴雨资料推求设计洪水。地区综合法主要利用自然地理条件一致的地区实测雨量资料, 通过频率计算得出单站不同历时的设计暴雨及离差系数 C_v 值, 然后将各站频率点据绘于同一张概率格纸上, 通过

点群中心并重点考虑中上部点据适线确定出均值和离差系数值。由地区综合法推求的均值和离差系数值, 由于综合考虑了流域及周边地区的暴雨资料, 资料的系列长、暴雨范围广, 考虑的因素比流域内暴雨平均法考虑的因素多而全面, 特别是对流域周边地区发生的大暴雨资料能够充分考虑到, 不会因为丢掉了大暴雨点据而影响设计洪水推求的质量。

建国以来, 浙江省曾三次编制暴雨统计参数等值线图, 分别是1958年的《浙江省水文手册》, 1970年的《浙江省水文图集》以及1979年的《浙江省可能最大暴雨图集》。本文采用最新的《浙江省短历时暴雨》, 其使用的水文资料观测年限一般都在35 a以上, 编制成果适用于500 km²以下的一般中小型水利工程的防洪调度、规划、科研、设计、水文复核等设计暴雨的查算等。根据地区综合法, 设计暴雨的计算首先是确定点面系数, 然后利用皮尔逊-III型曲线计算频率为 P 的暴雨设计值, 最后在各分段内按地区暴雨公式计算设计雨量。

1.2 L -矩法

水文频率计算中参数估计方法很多, 例如常规矩法(conventional moment, 又称矩法)、权函数法、概率权重矩法(probability weighted moments)以及适线法等。 L -矩法(L -moments)是目前频率分析计算中较新的参数估计方法之一。它是在Greenwood^[2]定义的概率权重矩基础上将排序系列的值进行一定的线性组合来计算矩的。Hosking和Wallis^[3]认为, L -矩是对概率权重矩的一种改进, 是描述概率分布的另一类系统。矩法、概率权重矩

* 收稿日期: 2008-03-24

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y507071); 浙江省水利厅项目(N20070066)

作者简介: 许月萍(1975年生), 女, 讲师; E-mail: yuepingxu@zju.edu.cn

法和 L -矩法之间关系密切,例如一阶矩都是均值,其他各阶矩之间可以推算得到^[4]。最近几年, L -矩法在水文中的应用日益增多,相关研究可以参考文献 [5-8]。

假设随机变量 X 服从某种概率分布函数,从中选出 n 个样本从小到大排序,用 k 表示这 n 个样本中第 k 小的值的序号,即: $X_{1:n} \leq X_{2:n} \leq \dots \leq X_{k:n} \leq \dots \leq X_{n:n}$ 。根据 Maidment^[9],前四阶 L -矩分别为:

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= E(X) \\ l_2 &= \frac{1}{2}E(X_{(1|2)} - X_{(2|2)}) \\ l_3 &= \frac{1}{3}E(X_{(1|3)} - 2X_{(2|3)} + X_{(3|3)}) \\ l_4 &= \frac{1}{4}E(X_{(1|4)} - 3X_{(2|4)} + 3X_{(3|4)} - X_{(4|4)}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中, $X_{(i|n)}$ 表示样本大小为 n 的第 i 个最大的观测值。从式中可以看出一阶 L -矩是均值,二阶 L -矩为两个随机选择的观测值期望差,三阶与四阶 L -矩分别表示概率分布函数的偏态和离势程度。 L -矩的估计值可以用来估算不同概率分布函数的参数,从而得到不同水文变量的分布函数。它与无偏差概率权重矩的关系如下:

$$\left. \begin{aligned} \hat{l}_1 &= M_0 \\ \hat{l}_2 &= 2M_1 - M_0 \\ \hat{l}_3 &= 6M_2 - 6M_1 + M_0 \\ \hat{l}_4 &= 20M_3 - 30M_2 + 12M_1 - M_0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

而前四阶的无偏差概率权重矩的估计值分别为:

$$\left. \begin{aligned} M_0 &= \sum_{j=1}^n \frac{X_{(j)}}{n} = \bar{X} \\ M_1 &= \sum_{j=1}^{n-1} \frac{(n-j)X_{(j)}}{n(n-1)} \\ M_2 &= \sum_{j=1}^{n-2} \frac{(n-j)(n-j-1)X_{(j)}}{n(n-1)(n-2)} \\ M_3 &= \sum_{j=1}^{n-3} \frac{(n-j)(n-j-1)(n-j-2)X_{(j)}}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

L -矩法通常使用 L -矩比例图来表示^[3]。 L -矩比例图中横坐标为 L -偏态系数,定义为 $\tau_3 = l_3/l_2$,纵坐标为 L -峰度系数,定义为 $\tau_4 = l_4/l_2$ 。样本值 $\hat{\tau}_3$ 和 $\hat{\tau}_4$ 在 L -矩比例图的位置决定了该随机变量 X 属于何种概率分布函数。

2 设计暴雨雨型问题

2.1 常用雨型概况

用推理公式计算小流域设计洪水时,常把降雨概化为均一强度,即采用均匀雨型。实际上,从大

量降雨资料的统计分析来看,雨型大致有 7 种,除均匀雨型外,可分为单峰和双峰雨型;再根据主雨峰位置不同,分前、中、后 3 种情况;而其中均匀的雨型很少^[10]。在设计洪水计算时采用何种雨型,应考虑流域的具体情况,对多种类型进行比较。

目前国内外应用较多的设计雨型主要有:芝加哥雨型 (the Chicago hyetograph)^[11], 矩形雨型^[12-13], BLUE 雨型 (Best Linear Unbiased Estimation hyetograph)^[14], 三角形雨型^[15-16], 以及在其它方法中应用的各类雨型,如变分方法 (Variational method)^[17], 改进的小流域设计洪水推理公式^[18], 和以概率方式定义雨型的多元方法^[19]等。

2.2 设计雨型的不确定性

由暴雨资料推求设计洪水时,洪峰流量与设计暴雨的几个因素有重要关系,包括暴雨量、暴雨的空间分布、暴雨的时程分配形式 (即雨型) 以及降雨强度等。推理公式把雨型概化为均一强度,与实际不符,最后计算的结果往往偏小。岑国平^[10]对大量暴雨资料作统计分析,采用不同雨型计算设计洪峰,结果表明各种雨型所得的洪峰流量差异较大。刘连梅^[20]研究了不同雨型对河北省中小河流设计洪峰的影响,认为在一般情况下,暴雨历时越长并且主雨峰位置越靠后,则设计洪峰流量越大;特小流域有例外。Alfieri^[21]用多种雨型计算洪峰流量,认为在大多数气候和水文条件下,所有雨型的计算结果都存在偏差;其中,以推理公式为背景的矩形雨型偏小很多;而芝加哥雨型则偏大。综上所述,雨型的不确定对设计洪水有极大的影响,是不可忽略的因素。

本文因研究流域暴雨资料稀少,考虑雨型不确定性时只能参考流域的典型暴雨过程线。流域自 1949 年以来,造成巨大损失的洪水有 3 次。3 场典型暴雨的雨型分别为主雨峰位置偏前、偏中和偏后 3 种情况。本文就 3 种雨型 (主雨位在 6 时、12 时和 18 时) 用不同暴雨方法计算设计洪水,比较分析其不确定性。

3 实例分析

3.1 基本资料

云港流域地处浙江省淳安县北部,发源于浙江和安徽交界的搁船尖,于常境里村汇入新安江水库。全流域面积为 251.8 km²,主源长 62 km,平均坡降为 1.45%。流域属亚热带湿润型气候,雨量充沛,多年平均降水量为 1 690.8 mm。云港流域为淳安县暴雨中心之一,由于降水较为集中,常造成洪水灾害。据资料记载,该流域自 1949 年以

来共发生较大洪水 14 次, 平均 4 年一次, 其中造成巨大损失的有 3 次。为防御洪水, 流域已设计建造了几个水库, 但部分村庄依旧处在洪水危害中。因此, 拟在流域上游处再建一滞洪水库。由于工程处于无资料地区, 设计洪水及过程线需要通过暴雨资料来进行计算。

3.2 设计暴雨计算

地区综合法主要采用的是整个浙江省的雨量资料, 不需要用到所研究流域的雨量资料。 L -矩法则通过 L -矩比例图选用降雨的最优概率分布函数, 数据来自流域内的金竹岭雨量站, 分别取 1、6、24 h 和 3 d 的年最大降雨深作为频率分析的输入。根据 L -矩比例图, 金竹岭各降雨历时 (1、6、24 h 和 3 d) 暴雨的分布函数分别为伽马、伽马、广义极限分布 (GEV) 和对数正态分布。其中, 伽马为皮尔逊-III 型的特殊形式, 而广义极限分布的概率密度与分布函数如下:

$$f(x) = \alpha^{-1} e^{-(1-k)y - e^{-y}} \quad (4)$$

$$y = \begin{cases} -k^{-1} \log \{1 - k(x - \xi)/\alpha\}, & k \neq 0 \\ (x - \xi)/\alpha, & k = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \quad (6)$$

它的 3 个参数分别为: ξ (location)、 α (scale) 和 k (shape)。

3.3 设计洪水计算

因研究流域面积小、数据少, 本文采用推理公式法^[22]计算坝址的设计洪峰, 公式如下:

$$Q_m = 0.278 F \left(\frac{S}{\tau^n} - \mu \right) \quad (7)$$

$$\tau = 0.278 \frac{L}{mJ^{1/3} Q_m^{1/4}} \quad (8)$$

其中, S 为最大时雨量, F 为流域面积, n 为暴雨衰减指数, μ 为损失参数, τ 是流域汇流时间, L 是流域的最远流程长度, J 为沿最远流程的平均纵比降, m 是汇流参数。

设计洪水过程线采用概化多峰三角形, 具体方法见文献 [22]。

3.4 结果分析

通过计算不同重现期的 24 小时设计暴雨 (见表 1), 可以看出地区综合法一般是偏保守的, 它得出的设计暴雨比 L -矩法的大; 并且随重现期加大, 差距越来越大, 200 年一遇 L -矩法得出的设计暴雨比地区综合法小 41.59%。

表 1 两种方法在降雨历时 24 h 下的设计暴雨比较

Tab. 1 Comparison of 24-hour design storm using two methods

重现期 T/a	5	10	20	30	50	100	200
地区综合法	164.59	203.71	241.9	263.44	291.56	328.44	365.31
L -矩法	137.86	155.82	171.5	179.89	189.78	202.12	213.38
L -矩法减小比例/%	16.24	23.51	29.10	31.72	34.91	38.46	41.59

雨型对设计洪水的影响是本文研究的重点之一。从表 2 和表 3 中可以看出: ①雨型对洪水历时的影响较大, 主雨峰越靠后, 洪水历时越短, L -矩法比地区综合法更明显; ②同一种雨型下, L -矩法的

洪水历时比地区综合法短; ③主雨峰越靠后, 设计洪峰越大, 但变化幅度极小, 可以忽略。这个结果主要是由于研究流域面积小, 坡度陡, 汇流时间短 (只有 1~2 h), 初损对洪峰生成的影响减弱。

表 2 比较 L -矩法与地区综合法的洪水历时

Tab. 2 Comparison of flood duration with different hyetographs using two methods

重现期 T/a		5	10	20	30	50	100	200
L -矩法	偏前	22.4	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3
	偏中	17.4	17.3	17.3	18.3	18.3	18.3	18.3
	偏后	13.4	14.3	14.3	15.3	15.3	15.3	15.3
地区综合法	偏前	22.4	23.3	23.2	23.2	23.2	23.1	23.1
	偏中	19.4	20.3	21.2	21.2	21.2	22.1	22.1
	偏后	18.4	19.3	20.2	20.2	21.2	21.1	22.1

表 3 比较 L -矩法与地区综合法的入库洪峰

Tab. 3 Comparison of design peak flood with different hyetographs using two methods

$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

重现期 T/a		5	10	20	30	50	100	200
L -矩法	偏前	128. 79	153. 44	175. 66	187. 77	202. 22	220. 40	236. 83
	偏中	129. 06	153. 73	175. 90	188. 02	202. 48	220. 67	237. 10
	偏后	129. 23	153. 88	176. 07	188. 20	202. 66	220. 86	237. 30
地区综合法	偏前	123. 43	155. 99	187. 64	206. 08	229. 39	260. 87	292. 34
	偏中	123. 47	156. 03	187. 67	206. 10	229. 41	260. 88	292. 36
	偏后	123. 49	156. 04	187. 68	206. 11	229. 41	260. 89	292. 36

如前所述，雨型对设计洪峰影响微小，故分析两种方法对设计洪峰的影响时，只考虑同一种雨型（以偏后为例，见图 1）。由于 L -矩法计算的历时为 24 h 的设计暴雨量比地区综合法小，汇流时间短，于是通过推理公式求得的洪峰值也比地区综合法小；并且当重现期加大时，两者的差异逐渐增大。重现期为 10 a 时差距最小，重现期为 200 a 时可达 23. 20%。

重现期为 5 a 时， L -矩法的洪峰大于地区综合法。原因可能是计算方法、参数或其它不确定性引起，比如最大时雨量 S ，在不同重现期下，只有 5 a 一遇设计暴雨的最大时雨量 S 比地区综合法的大，如果洪峰对 S 比较敏感就会造成结果偏大。其它参数的不确定也对结果有影响，具体原因有待进一步的研究。

另外，以重现期 5 和 200 a 为例，分析不同雨型不同方法计算的洪水过程线。从图 2 中可以看出：

(1) 随着重现期增大，洪峰值变大，峰形越尖。用地区综合法得到的洪水过程线在不同重现期

下的差异较大；用 L -矩法求得的洪水过程线除峰尖外，其余部分在不同重现期时差别没有地区综合法明显。这是因为地区综合法偏保守，得出的设计暴雨大，初损的影响小。

(2) 不同雨型下的洪峰出现时间明显不同。主雨位越靠前，峰现时间越早；反之，主雨位靠后则峰现时间推迟。这对水库调洪至关重要。

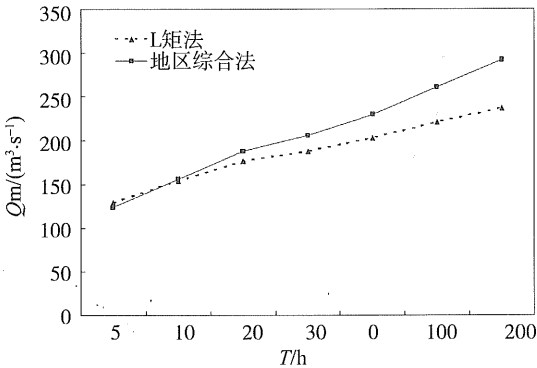


图 1 不同方法计算的入库洪峰比较

Fig. 1 Comparison of design peak flood using two methods

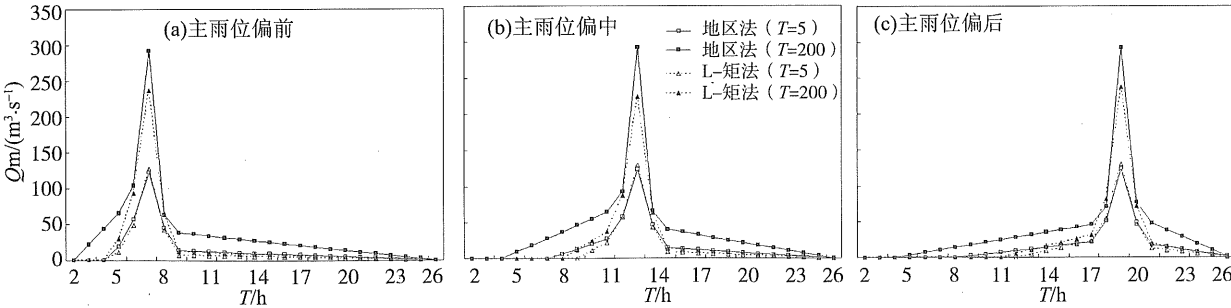


图 2 主雨位偏前 (a)、偏中 (b) 和偏后 (c) 的入库洪水过程线

Fig. 2 Design flood-duration curves with front- (a), mid- (b) and back- (c) located peak rainfall

4 结 论

在 3 种雨型下，采用 2 种暴雨计算方法，即 L -矩法和地区综合法来计算不同重现期的设计暴雨和设计洪水，结果表明：

(1) 两种方法得到的设计暴雨差别较大， L -矩法小于地区综合法，后者较保守。

(2) 计算设计洪水时， L 矩法的洪峰流量一般比地区综合法小。这是因为设计暴雨小，相应的最大时雨量也小，汇流时间短。重现期较小时 ($T =$

5) 有例外,可能是由方法和参数的不确定性造成的。

(3) 不同雨型对洪水历时和峰现时间的影响较大,主雨峰越靠后,峰现时间越迟,且洪水历时越大,反之亦然;但在小流域,雨型对设计洪峰的影响较小,有时可以忽略不计。

参考文献:

- [1] 刘苏峡,夏军,莫兴国. 无资料流域水文预报(PUB 计划)研究进展[J]. 水利水电技术, 2005: (2): 9-12.
LIU Suxia, XIA Jun, MO Xingguo. Advances in Predictions in Ungauged Basins[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2005, (2): 9-12.
- [2] GREENWORD J A, LANDWEHR J M, MATALAS N C, et al. Probability weighted moments: Definition and relation to parameters of distribution expressible in inverse form[J]. Water Resources Research, 1979, 15(5): 1049-1054.
- [3] HOSKING J R M and WALLIS J R. Regional Frequency Analysis - an approach based on L-moments[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1997: 18-19.
- [4] 金光炎. 矩、概率权重矩与线性矩的关系分析[J]. 水文, 2005, 25(5): 1-6.
JIN Guangyan. Analysis of relationship between moment, probability-weighted moment and linear-moment[J]. Hydrology, 2005, 25(5): 1-6.
- [5] 熊立华, 郭生练. L-矩在区域洪水频率分析中的应用[J]. 水力发电, 2003, 29(3): 6-8.
XIONG Lihua, GUO Shenglian. Application of L-moments in the regional flood frequency analysis[J]. Water Power, 2003, 29(3): 6-8.
- [6] 陈元芳, 王庆荣, 沙志贵, 等. 线性矩法在长江中下游区域水文频率计算中的应用[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2002, 31(2): 207-211.
CHEN Yuanfang, WANG Qingrong, SHA Zhigui, et al. Application of L-moment based regional flood frequency analysis method to middle and lower Yangtze River[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2002, 31(2): 207-211.
- [7] GONZOLEZ J, VALDES J B. A regional monthly precipitation simulation model based on an L-Moment smoothed statistical regionalization approach[J]. Journal of Hydrology, 2008, 348(1-2): 27-39.
- [8] SMITHERS J C, SCHULZE R E. A methodology for the estimation of short duration design storms in South Africa using a regional approach based on L-moments[J]. Journal of Hydrology, 2001, 241(1-2): 42-52.
- [9] MAIDMENT D R. Handbook of Hydrology[M]. New York: McGraw-Hill Inc, 1993.
- [10] 岑国平, 沈晋, 范荣生. 城市设计暴雨雨型研究[J]. 水科学进展, 1998, 9(1): 41-46.
CEN Guoping, SHEN Jin, FAN Rongsheng. Research on rainfall pattern of urban design storm[J]. Advances in Water Science, 1998, 9(1): 41-46.
- [11] KEIFER C J, CHU H H. Synthetic storm pattern for drainage design[J]. ASCE Journal of the Hydraulics Division, 1957, 83(4): 1-25.
- [12] PILGRIM D H and CORDERY I. Flood runoff[M] // MAIDMENT D R, ed. Handbook of Hydrology. New York: McGraw-Hill Inc, 1993: 1-42.
- [13] DESBORDES M and RAOUS P. Fondaments de l'elaboration d'une pluie de projet urbaine. Methodes d'analyse et applition a la station Montpellier Bel Air[J]. La Meteorologie, VI serie, 1980, 20-21: 317-326.
- [14] VENEZIANO D, VILLANI P. Best linear unbiased design hyetograph[J]. Water Resources Research, 1999, 35(9): 2725-2738.
- [15] YEN B C, CHOW C T. Design hyetographs for small drainage structures[J]. ASCE Journal of the Hydraulics Division, 1980, 106(6): 1055-1076.
- [16] SIFALDA V. Entwicklung eines Berechnungsregens für die Bemessung von Kanalnetzen[J]. Gwf-Wasser/ Abwasser, 1973, 114: 435-440.
- [17] FIORENTINO M, ROSSI F, VILLANI P. Effect of the basin geomorphoclimatic characteristics on the mean annual flood reduction curve[C] // Proceedings of the 18th Annual Pittsburgh Conference on Modeling and Simulation. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1987: 1777-1784.
- [18] HUA J, LIANG Z, YU Z. A modified rational formula for flood design in small basins[J]. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA), 2003, 39(5): 1017-1025.
- [19] GRIMALDI S, SERINALDI F. Design hyetographs analysis with 3-copula function[J]. Hydrological Sciences Journal, 2006, 51(2): 223-238.
- [20] 刘连梅. 由暴雨推求中小河流设计洪峰中设计雨型的分析[J]. 河北水利水电技术, 1994, 1: 9-11.
LIU Lianmei. Hebei Water Resources and Hydropower Engineering, 1994, 1: 9-11.
- [21] ALFIERI L, LAIO F, CLAPS P. A simulation experiment for optimal design hyetograph selection [J]. Hydrological Process, 2008, 22: 813-820.
- [22] 陈家琦, 张恭肃. 小流域暴雨洪水计算[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985: 45-46.
(下转第69页)

- 熔说与元素地球化学场简介[J]. 地球科学进展, 1998, (2): 140 - 144.
- [6] GRAPES R H. Melting and thermal reconstitution of pelitic xenoliths, Wehr volcano, East Eifel, Germany [J]. J Petrol, 1986, 27: 343 - 396.
- [7] GRAPES R H. Uplift and exhumation of Alpine schist, Southern Alps, New Zealand: thermobarometric constraints[J]. NZ J Geol Geophys, 1995, 38: 525 - 533.
- [8] BARBERO L, VILLASECA C, ROGERS G. Geochemical and isotopic disequilibrium in crustal melting: an insight from anatectic granitoids from Toledo, Spain[J]. J Geophys Res, 1995 100: 15745 - 15765.
- [9] CHEN G N, GRAPES R H. In-situ melting: Granite Genesis and Crystal Evolution[M]. Germany Springer Pub Co, 2007.
- [10] 王思源. 芒场层控型锡多金属矿床[M]. 北京: 中国地质出版社, 1990.
- [11] 王育民, 朱家鳌, 余琼华. 湖南铅锌矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1988.

Metallogenic Zonation in Lawu Polymetallic Deposit in Tibet

LIU Yan-yong

(Department of Earth Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The Lawu Cu-Pb-Zn polymetallic deposit in Tibet of China, which is considered with the formation closely related to that of the local granite, is characterized by legible metallogenic zonation. The primarily study show that the metallogenic zonation should be generated by the following process: Crystallization of in-situ magma produces the hydrothermal fluids. Driven by pressure and temperature differences, the fluids move upward and during which, different metallogenic elements in liquids deposit in different temperature span with the sequence of Cu, Zn, Pb and Ag from the bottom upwards.

Key words: Lawu polymetallic deposit; metallogenic zonation; granite genesis

(上接第 65 页)

Estimating Uncertainty in Design Flood for Ungauged Catchments

XU Yue-ping, TONG Yang-bin, LOU Zhang-hua

(Institute of Hydrology and Water Resource, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Estimating design flood in ungauged catchments is difficult due to data scarcity. Two methods, regional synthetic method and *L*-moment, are used to calculate design rainfall depths, and thus to estimate design flood. Also, three different 24-hour-hyetographs are considered, with front-, mid-, back- located peak rainfall. A small ungauged catchment in Zhejiang Province is used as an example here and results show that the regional synthetic method is more conservative than *L*-moment and contains more uncertainty. Delicate peak change discharge for different hyetographs can be observed while peak times are different, which is believed to affect reservoir routing significantly.

Key words: ungauged catchments; design flood; *L*-moment; hyetograph; uncertainty