

浙江省无资料流域洪水预报方法研究

伍远康¹, 王红英¹, 陶永格¹, 郑祖国²

(1.浙江省水文局,浙江 杭州 310009; 2.浙江水利水电学院,浙江 杭州 310018)

摘要:无资料或资料不足是任意流域开展洪水预报面临的难题和挑战。在浙江全省适用水文预报模型筛选基础上,利用自动寻优技术对浙江省39个代表流域978场暴雨洪水进行逐流域、逐场洪水产、汇流参数率定,并根据参数变幅、敏感性,分别采用均值、等值线空间内插、结合流域特征运用投影寻踪回归分析等方法进行产、汇流参数的地区综合,提出了全省无资料流域洪水预报方法,并经预报模型检验,精度可以满足防洪预警要求。

关键词:无资料流域;水文预报;浙江省

中图分类号:P338

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2015)06-0024-06

1 引言

传统的水文预报是基于事先获得的流域降雨、蒸发等输入资料,水位、流量等输出资料,通过在输出与输入之间建立关系或模型,再按当前或估计的输入预报未来输出的过程。当流域输入、输出很少,不足以建立关系或模型,或者其中任意一个未知以及两者都未知的流域,统称为无资料流域,这些流域的水文预报称为无资料流域水文预报,简称为PUB (Predictions in Ungauged Basins)。如何解决这些无资料流域的水文预报问题,一直是水文学研究面临的难题和挑战^[1]。2003年国际水文科学协会(IHAS)启动无资料流域水文预测研究计划(即PUB计划)以来,在理论、技术方法以及应用研究方面都取得了明显进展,主要表现是利用遥感方法,结合水量平衡计算,估算陆面蒸发量;典型区水文实验与区域遥感数据结合,建立水文模型并进行水资源估算;水文循环的不同要素(降雨、蒸发、径流等)多水平、多尺度模拟及预测;将集总的时变增益非线性系统模型方法推广到无资料流域水文预测;大尺度分布式水文模型用于无资料区水资源估算;利用长系列气象信息,进行无资料区水量、能量平衡估算等^[2]。本文以浙江省新中国成立后收集的大量水文监测资料为基础,开展了该项技术探索。

2 浙江省流域概况与无资料地区洪水预报方法

2.1 浙江省流域概况

浙江省地处中国东南沿海,位于亚热带季风气候区,冬夏季风交替显著,年温适中,光照充足,降水丰沛,空气湿润。浙江省陆域面积 $10.36 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中,山地占70.4%,平原盆地占23.2%,河流湖泊占6.4%。全省流域面积在 $10 \sim 100 \text{ km}^2$ 的小流域2203条, $1 \sim 10 \text{ km}^2$ 的小流域不计其数。由于所处的地理位置,汛期受台风、东风波等强对流天气影响,由降雨引发的山洪、泥石流、滑坡灾害多发,极易造成人员伤亡和财产损失,严重威胁人民群众的生命财产安全,制约山丘地区经济社会发展。从浙江省近年来的自然灾害分析,洪灾损失主要集中在中小流域。2004年“云娜”、2005年“泰利”、2006年“桑美”、2013年“菲特”台风,以及1999年温州“9·3”暴雨、2002年衢州九华山“8·15”暴雨、2005年临安市昌化“9·3”暴雨,引发山洪和泥石流,都造成了重大人员伤亡和财产损失。而这些点多面广的中小流域大多数很少或基本没有实测水文资料,迫切需要完善防洪的非工程措施,加快这些中小河流的洪水预警预报系统建设,提高防洪能力和预警预报水平。

2.2 无资料地区洪水预报方法

我国水文预报基本分为实用洪水预报方案和水

收稿日期:2014-09-03

基金项目:浙江省公益性科研项目(2012C23041);浙江省水利厅重大科技项目(RA1201)

作者简介:伍远康(1957-),男,四川自贡人,教授级高级工程师,主要从事水文、水资源及水环境研究工作。E-mail:wuyk130@263.net

文预报模型两种方法。其中实用洪水预报方案主要包括相应水位(流量)法、流量演算法等,具有明显的河段特点,方案的针对性强,不利于综合、移用,不属本文范围。浙江省属于典型的亚热带湿润气候区,水文预报工作实践表明,新安江模型、姜湾径流模型在全省具有很好的适应性。目前,全省主要江河、水库的洪水预报都选用该两类水文模型,考虑到姜湾径流模型在产流计算上与新安江模型相同,而在水源划分上的差异使得模型参数个数增多,增加了参数地区综合难度,经综合比较,选用新安江三水源模型作为我省无资料地区水文预报的采用模型^[9]。按照全省面上均匀分布的原则,在全省挑选有完整实测水文资料的代表流域,利用自动寻优技术进行产、汇流参数率定,并根据参数变幅、敏感性,分别采用均值、等值线空间内插,结合代表流域的面积、河长、河流比降、流域长度、流域宽度、流域平均坡度、流域形状系数等特征,运用投影寻踪回归分析等方法进行产、汇流参数的地区综合,以此移用至全省其它无资料流域,建立预报方案,开展洪水预警预报服务。

3 新安江模型率定与参数地区综合

3.1 新安江模型率定

3.1.1 代表站选择

本文选择相对独立、能够充分反映流域的水文气象条件和自然地理特征,且与计算任意地区洪峰流量成因联系的时段雨强、流域面积、河长、主河道比降指标作为分区依据,采用区域回归分析方法,将浙江省分为A、B两个洪水计算区,分区间主要水文气象和流域(河流)特征差异明显,与浙江省土壤改良利用分区、植被分区和中国水文分区浙江省部分基本吻合。考虑实测水文资料成果质量和代表性、站点的面上均匀分布要求以及《水文情报预报规范》对模型参数率定所需资料系列长度不低于10年的规定,在全省国家基本水文站中选择满足上述要求的代表站39个,控制断面以上面积在64.1~1857km²之间,站点分布如图1所示。

3.1.2 面雨量、蒸发量资料

浙江省雨量站网密度较大,本文中的面平均雨量按所选流域内各站雨量资料的算术平均值。流域内有蒸发观测的用本流域资料,无蒸发观测的采用就近蒸发站资料。

3.1.3 计算时段选择

综合考虑全省中、小河流预警需要以及水雨情信

息采集、传输现状,计算时段取用1h。

3.1.4 产流参数率定

新安江模型大多数参数具有明确的物理意义,它们在一定程度上反映了流域的基本水文特征和降雨径流形成的物理过程^[9]。本文采用参数的概念分析方法,即以计算径流深与实测径流深的误差最小为目标函数,利用产流参数自动寻优模型,在众多的符合上述要求的参数组中寻找次径流深误差最小的最佳参数组。全省39个代表流域产流参数率定的径流相对误差在5%~18%之间,平均误差为10%,具有较好的模拟精度。产流率定成果从略。

3.1.5 汇流参数率定

流域产流经汇流计算获得流域出口断面流量过程。汇流参数包括地表谢尔曼单位线汇流系数 N 、 K 和地下线性水库马法汇流系数 C_1 、 C_2 ,且 N 、 K 值对洪峰流量的影响远较 C_1 、 C_2 敏感。地表径流总量在次洪总量中所占比例随降雨强度的增加而增加,一般情况下,地表径流量约占总径流量的60%~85%,且对造峰起关键作用。因此,汇流参数率定以确定单位线汇流系数 N 、 K 为主,本文从流域实测水文资料中,选取短历时降雨所形成的孤立较大洪水进行分析。一个流域有多场独立洪水可以分析出多组单位线参数,在单站综合时以多场洪水中计算洪峰流量与实测洪峰流量误差为最小,确定性系数最高的一组参数作为最终参数值。以计算洪水过程与实测洪水过程特别是退水过

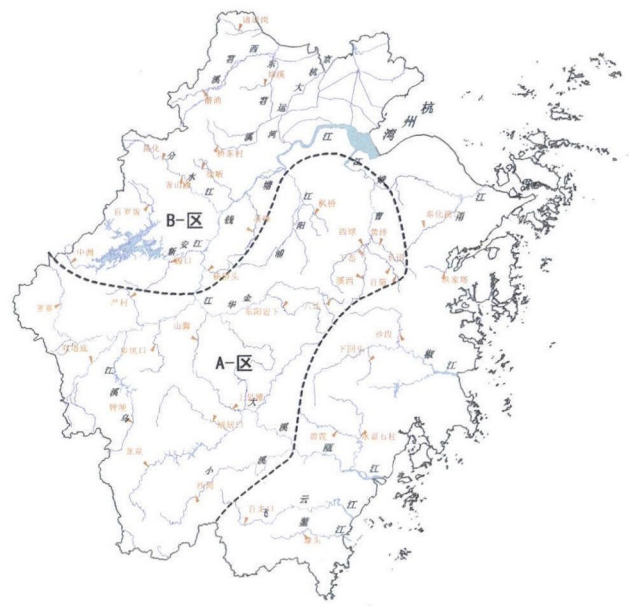


图1 代表站分布图

Fig.1 Distribution of the representative stations

表1 B区代表流域汇流参数率定成果汇总表

Table1 Confluent parameter calibration results of the representative basin in area B

站名	N	K	C ₁	C ₂	率定年份	洪水场次	确定性系数	洪峰流量合格率/%
埭头	1	4	0.025	0.95	1980~2011	34	0.93	73.5
洪家塔	1	7.4	0.025	0.95	1965~2011	22	0.89	86.4
桥东村	2	2.8	0.015	0.97	1980~1993	17	0.803	70.6
埭溪	2	3.8	0.015	0.97	1966~1995	38	0.478	71.5
潜渔	2	3.5	0.02	0.96	1966~1974	13	0.806	84.6
诸道岗	2	2	0.015	0.97	1979~2007	24	0.592	75
百罗坂	2	2.5	0.015	0.97	1980~1990	47	0.86	76.7
中洲	2	4	0.015	0.97	1980~1993	45	0.87	75.6
源口	2	5	0.02	0.96	1967~2011	47	0.903	89.4
昌化	2	3.5	0.015	0.97	1998~2010	19	0.83	84.2
青山殿	3	2.5	0.015	0.97	1970~1994	22	0.8533	73
徐畈	1	3.8	0.015	0.97	1965~2011	24	0.89	79.2
永嘉石柱	3	2.5	0.015	0.97	1970~2009	37	0.894	73
碧莲	2	2.5	0.015	0.97	1980~1993	20	0.8976	65
高峰	3	2.5	0.015	0.97	1970~1983	13	0.868	76.9
杨桥头	2	2.7	0.015	0.97	1980~1993	24	0.88	67

表2 产流参数地区综合成果表

Table2 Comprehensive results of the runoff parameters

水文分区	流域张力水容量	深层蒸散	不透水面积比例	流域平均张力水容量	上层张力水容量	下层张力水容量	深层张力水容量	下渗能力
	曲线指数	发系数	/%	/mm	/mm	/mm	/mm	/mm·h ⁻¹
A区	0.35	0.167	0.001	90	20	50	20	2.5
B区	0.35	0.167	0.001	110	20	50	40	2.7

程拟合最优选定 C₁、C₂ 值,取均值。以 B 区为例,汇流参数率定成果如表 1 所示。

3.2 参数地区综合

3.2.1 产流参数综合

根据水文气象和下垫面条件差异以及各流域产流参数的变幅大小,分别按以下原则进行产流参数综合:

(1)变幅较小的不敏感参数如流域张力水容量曲线指数、深层蒸散发系数和不透水面积占全流域面积的比例不分区,在全省保持固定不变;

(2)变幅范围较大的不敏感参数如流域平均张力水容量、上层张力水容量、下层张力水容量、深层张力水容量按水文分区取平均值,在水文分区内保持固定不变;

(3)蒸散发能力折算系数是影响产流量计算最为敏感的参数,控制产流计算的水量平衡,将各流域的折算系数点绘于流域型心,以绘制等值线的方法进行综合。

按上述原则,全省产流参数综合成果见表 2,蒸散发能力折算系数见图 2。各流域分别按综合后的参数回代入产流模型,并统计计算年径流量与实测年径流量相对误差,各站误差在 5%~22%之间,平均误差为

10%,较综合前误差 5%~18%离散程度略有提高,但平均误差未变,综合成果可用。在编制洪水预报方案时,产流参数按表 2 选用;蒸散发能力折算系数按图 2,在预报流域范围内读取若干点,取均值。

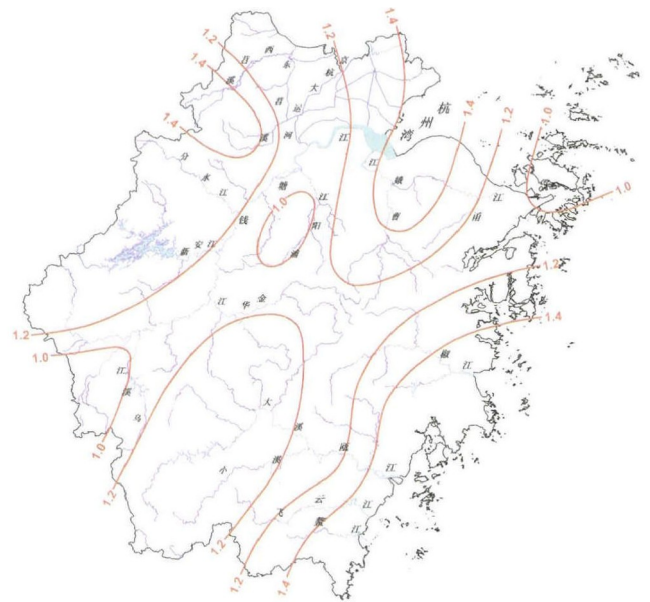


图2 蒸散发能力折算系数等值线图

Fig.2 Contour of the evaporation power conversion coefficients

3.2.2 汇流参数综合

3.2.2.1 地下线性水库汇流系数

经全省 39 个代表流域 978 场洪水的参数优选,汇流参数中地下线性水库汇流系数 C_1 变化范围在 0.01~0.025 之间, C_2 在 0.095~0.098 之间,其对洪水过程影响不敏感,按均值进行综合,推荐采用值以下:

$$C_1 = 0.015$$

$$C_2 = 0.97$$

3.2.2.2 地表汇流系数

地表汇流系数 N 代表线性水库个数, K 为水库蓄泄系数,两者对洪水过程特别是对单位线纵高(洪峰)的影响十分敏感。

(1) N 值综合。 N 值是一个反映流域对径流调节性能大小的指标,它与流域面积关系密切。一般情况下,流域面积大,对径流的调节作用越大,反之,对径流的调节作用就越小。因而可以根据 39 个代表流域汇流参数率定成果,建立全省 N 值与流域面积的经验关系,并且考虑 N 值对洪峰流量影响的不均匀性,即 N 值 ≥ 2.5 时,对洪峰流量的影响减弱的事实, N 值也按不均匀分级,其上限值定为 4.0,见表 3。

表3 N 值~流域面积 F 经验关系表

Table3 $N \sim F$ relation

流域面积 F/km^2	≤ 50	51~100	101~250	251~500	501~1500	≥ 1500
N 值	1	1.5	2	2.5	3	4

(2) K 值综合。 K 值对洪峰流量的影响最为敏感。各代表站 K 值的差异主要是由于流域下垫面特征包括流域面积、河长、河道坡度、流域形态等不同所致。以 B 区为例,本文以 1:50000 国家基础地理信息数据库中的 DEM 数据为主,通过计算机自动提取流域下垫面特征,多源数据综合比对分析,获得代表流域的流域面积、河长、河流比降、流域长度、流域宽度、流域平均坡度、流域形状系数等 7 项特征参数如表 4 所示。

K 值综合就是寻求并建立 K 值与流域下垫面特征间的关系,以期利用流域的下垫面特征获得任意指定断面的 K 值^[5]。这里的参数综合涉及非正态非线性高维数据空间的统计回归问题,本文利用投影寻踪回归非线性方法^[6],建立流域特征与 K 值的分区经验关系,达到浙江省内任意流域 K 值内插的目的。由于 N 、 K 值都对洪水过程、洪峰流量产生影响,在地区综合时,是建立 N 、 K 之积与流域特征间的关系。设 $y=N \times K$ 为 1 维因变量,7 项特征参数相应用 7 维自变量 $X(x_1, x_2, \dots, x_7)$ 表示,根据投影寻踪(PP)方法的基本算法^[7],经过 MU 步最优迭代后,就可以采用一系列岭函数 $f_m(Z)$ 的和去逼近回归函数,投影寻踪回归非线性模型可表达为式(1):

$$\hat{y} = E(y|x_1, \dots, x_7) = \bar{y} + \sum_{m=1}^{MU} \beta_m f_m(\sum_{j=1}^P \alpha_{m,j}^T \cdot x_j) \quad (1)$$

式中: P 为自变量个数; MU 为岭函数最优个数; $\alpha_m = [\alpha_{m1}, \alpha_{m2}, \dots, \alpha_{m7}]^T$ 为第 m 个投影方向; $\sum \alpha_{mj} x_j$ 为自变量

表4 B区代表流域特征参数表

Table4 The representative watershed characteristics parameters in area B

站名	流域面积/ km^2	河长/ km	河流比降/ $\%$	流域长度/ km	流域宽度/ km	流域平均坡度/ $\%$	流域形状系数
埭头	346	32.3	10.687	24.2	21.4	15.4	0.33
洪家塔	151	20.6	7.686	14.6	15.8	12.9	0.36
桥东村	233	25.6	12.416	20.3	21.5	19.8	0.35
埭溪	162	25	4.663	19.5	13.5	10.9	0.24
潜渔	339	38.7	3.435	28	17.9	6.7	0.23
诸道岗	235	21.5	3.938	20.3	21.6	7.7	0.5
百罗畈	180	37.1	9.598	23.9	14.1	19.1	0.13
中洲	253	29.8	9.228	20.1	20	18.1	0.28
源口	687	60.1	2.481	39.2	29.5	6.3	0.19
昌化	905	77.8	7.366	39.7	39.2	10.6	0.15
青山殿	1429	102.4	5.150	53.7	42.1	8	0.14
徐畈	64.1	14	18.529	12.6	9.6	16	0.32
永嘉石柱	1273	91.5	4.136	40.5	53.1	6.6	0.15
碧莲	433	60.1	6.831	35.2	18.7	12.7	0.12
高峰	383	51.6	3.982	29.7	21.8	7.9	0.14
杨桥头	89.6	26	11.257	17.7	8.2	20.1	0.13

$X(x_1, x_2 \dots, x_7)$ 在第 m 个投影方向上的投影量; f_m 为第 m 个方向线性投影量的岭函数, 采用逐段线性函数在该方向上不断对数据平滑逼近得到, 客观的反映了第 m 个投影量与因变量 y 之间的关系; β_m 为岭函数 f_m 的权重, 表示第 m 个岭函数 f_m 对输出值的贡献大小; 要求有^[8]:

$$E f_m = 0, E f_m^2 = 1, \sum_{j=1}^P \alpha_{m,j}^2 = 1$$

模型计算的具体实现, 采用了本文作者早年研制的 PPR 计算软件完成。运用该软件可以方便实现高维数据的无假定建模, 能够自动寻优确定出模型最优参数, 如岭函数最优个数、最佳投影方向、各岭函数的权重系数以及自变量各因子的贡献率等。

按流域面积、河长、河流比降、流域长度、流域宽度、流域平均坡度、流域形状系数 7 因子建立 B 区地区综合模型如表 5、图 3。

由图可见, 采用投影寻踪回归方法对 B 分区 7 因子综合, 相关系数达到了 0.995, 综合精度较高; A 分区

表5 B区最佳投影方向及岭函数参数(MU=3, P=7)

Table5 The best projection direction and the ridge function parameters(MU=3, P=7)

EY	β_1	β_2	β_3
6.261	1.215012	0.640657	0.391311
α_{mj}	α_{1j}	α_{2j}	α_{3j}
α_{m1}	-0.00284	-0.01568	0.014159
α_{m2}	0.019652	0.054883	-0.27692
α_{m3}	-0.90871	0.833792	-0.43748
α_{m4}	-0.05397	0.430292	0.408512
α_{m5}	0.095939	0.290202	-0.37742
α_{m6}	0.401964	-0.15748	0.644676
α_{m7}	-0.01294	-0.08582	0.082441

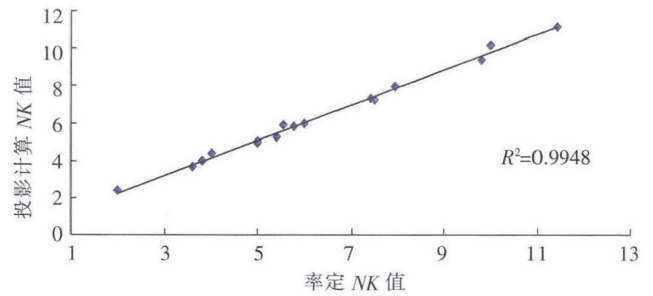


图3 B区计算与率定 N×K 关系图

Fig.3 The N×K diagram of calculation and calibration in area B

综合与上完全相同, 不再赘述。各地在应用时可以根据预报流域 7 个特征因子, 按照式(1)计算得到 $N \times K$ 值, 再根据流域面积按表 4 获得 N , 两者相除得到 K 值。

4 无资料流域洪水预报模拟分析

为检验方法的实用性以及模型参数地区综合后的洪水预报精度, 分别在 A 区、B 区各选取 3 个未参与参数率定的水文站, 以近年暴雨洪水实测资料, 采用本文推荐方法进行产流、汇流预报检验, 成果如表 6、表 7 所示。可见, 两区的产流、汇流均具有较好的计算精度, 可以用于无资料流域的洪水预警、预报。

5 结论与建议

点多面广的中小流域很少或基本没有实测水文资料, 在这些流域开展洪水预报, 将洪水预警预报向中小流域、重点乡镇延伸面临困难。本文在我省适用水文预报模型中, 挑选新安江三水源模型作为无资料 and 资料不足地区水文预报推荐模型, 利用计算机自动寻优技术对全省 39 个代表流域 978 场暴雨洪水进行逐流域、逐场洪水产、汇流参数率定, 并根据参数敏感

表6 产流参数检验计算成果汇总表

Table6 The runoff parameter checking calculation results

分区	站名	蒸散发能力折算系数	参 数								精度评定		
			流域张力水容量曲线指数	流域平均张力水容量 /mm	上层张力水容量 /mm	下层张力水容量 /mm	深层张力水容量 /mm	深层蒸散发系数	不透水面积比例 /%	下渗能力 /mm·h ⁻¹	时段长 /h	次径流平均相对误差 /%	合格率 /%
A 区	江家	1.6	0.35	90	20	50	20	0.167	0.001	2.5	1	6.1	100
A 区	莲塘口	1.4	0.35	90	20	50	20	0.167	0.001	2.5	1	10.3	90.1
A 区	龙泉	2.3	0.35	90	20	50	20	0.167	0.001	2.5	1	7.8	100
B 区	施家桥	1	0.35	110	20	50	40	0.167	0.001	2.7	1	5.0	100
B 区	双江溪	1.3	0.35	90	20	50	20	0.167	0.001	2.5	1	17.6	75
B 区	矾山	1.8	0.35	110	20	50	40	0.167	0.001	2.7	1	17.4	60

表7 汇流参数检验计算成果汇总表

Table7 The confluence parameter checking calculation results

分区	站名	流域面积 / km ²	<i>N</i>	<i>K</i>	<i>C</i> ₁	<i>C</i> ₂	确定性系数	洪峰合格率 / %	洪水场次
A 区	江家	66	1.5	3.15	0.015	0.97	0.768	100.0	14
A 区	莲塘口	1340.1	3	3.68	0.015	0.97	0.678	75.0	7
A 区	龙泉	1442.8	3	3.19	0.015	0.97	0.883	93.3	15
B 区	施家桥	41.7	1	3.49	0.015	0.97	0.822	75.0	4
B 区	双江溪	358.2	2.5	3.16	0.015	0.97	0.883	75.0	8
B 区	矾山	52.2	1.5	2.15	0.015	0.97	0.854	80.0	5

性以及变化规律,分别采用均值、等值线空间内插、结合流域特征运用投影寻踪回归分析等方法进行产流、汇流参数的地区综合,实现了浙江省无资料 and 资料不足流域的洪水预报,经模拟检验精度能够满足防洪预警预报要求。本研究提出的方法,为无资料中小河流洪水预警预报系统建设提供了技术支持,可供类似地区参考借鉴。

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, 2005,36(2):9-12. (LIU Suxin, XIA Jun, MO Xingguo. Advances in prediction in ungauged basins[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2005,36(2):9-12. (in Chinese))

[2] 夏军,左其亭. 国际水文科学研究的新进展 [J]. 地球科学进展, 2006,21(3):256-261. (XIA Jun, ZUO Qiting. Advances intertional hydrological science research[J].Advances in Earth Science, 2006,21(3):256-261. (in Chinese))

[3] 王厥谋,张恭肃,李玉瑶,等. 赵人俊水文预报文集[M]. 北京: 水利电力出版社, 1994:266. (WANG Juemou, ZHANG Gongsu, LI Yuyao, et al. Proceedings of ZHAO Renjun, Hydrological Forecasting[M]. Beijing: China WaterPower Press, 1994:266. (in Chinese))

[4] 刘金涛,宋慧卿,张行南,等. 新安江模型理论研究的进展与探讨[J]. 水文, 2014,34(1):1-6. (LIU Jintao, SONG Huiqing, ZHANG Xingnan, et al. A discussion on advances in theroies of Xinanjiang model[J]. Journal of China Hydrology, 2014,34(1):1-6. (in Chinese))

[5] 井立阳,张行南,王俊,等. GIS 在三峡流域水文模型中的应用[J]. 水利学报, 2004,(4):1-7. (JING Liyang, ZHANG Xingnan ,WANG Jun, et al. Application of GIS in simulation of river basin hydrology in three gorges project reservoir [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004,(4):1-7. (in Chinese))

[6] 李祚泳,张正健,余春雪. 基于投影寻踪回归的指标规范值的水质评价模型[J]. 水文, 2012,32(3):6-12. (LI Zuoyong, ZHANG Zhengjian, YU Chunxue, et al. Assessment model of water quality represented with normalized indices values based on projection pursuit regression[J]. Journal of China Hydrology, 2012,32(3):6-12. (in Chinese))

[7] 项静恬,史久恩. 非线性系统中数据处理的统计方法[M]. 北京: 科技出版社, 1997. (XIANG Jingyi, SHI Juen. Statistical Method of Data Processing in Non-linear System[M].Beijing: Science and Technology Press, 1997. (in Chinese))

[8] 郑祖国,郑晓燕. 影响浙江降水的大气环流主要因子筛选研究[J]. 新疆农业大学学报, 2012,35(35):249-252. (ZHENG Zuguo, ZHENG Xiaoyan. Studies on sereening of atmospheric circulation main factors affecting the precipitation in Zhejiang province [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2012,32(3):6-12. (in Chinese))

Flood Prediction in Ungauged Basins of Zhejiang Province

WU Yuankang¹, WANG Hongying¹, TAO Yongge¹, ZHENG Zuguo²

(1. Hydrological Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou 310009, China;

2. Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Flood forecasting in any area with no data or insufficient data is a problem and challenge. In this paper, on the basis of screen of hydrologic forecast models which are suitable for the whole province, the runoff yield and flow concentration parameters of 978 storm floods in 39 representative basins in Zhejiang Province were calibrated using automatic optimization technology one by one. According to the parameter range and sensitivity, methods as average and contour spatial interpolation, regression analysis using projection pursuit combined with the characteristics of river basins were used to realize regional comprehensive of the runoff yield and flow concentration parameters. The flood forecasting methods for the ungauged areas in the whole province have been proposed and examined by prediction models, and the precision can meet the requirements of flood warning.

Key words: ungauged river basin; flood forecasting; Zhejiang Province