

地区线性矩法估算的 暴雨频率设计值空间连续性问题探讨

李 敏^{1,2}, 林炳章¹, 邵月红¹, 陈 宏¹, 吴俊梅¹

(1. 南京信息工程大学水文气象学院, 江苏 南京 210044; 2. 海门市气象局, 江苏 海门 226100)

摘 要:地区线性矩法(Regional L-moments Analysis, RLMA)是目前最先进的频率估算方法之一,自 20 世纪 90 年代起被广泛应用于美国及其他一些国家的防洪设计标准的分析计算中;我国近年也在太湖流域暴雨频率分析中成功地采用推广了这一水文气象途径的频率计算方法,积累了实际经验。但是,由于地面雨量站点有限、资料长度有限以及站点空间分布的不均匀等问题,研究区中相邻水文气象一致区之间暴雨频率估算值会出现空间不连续性的现象,这个空间不一致的问题尚没有得到合理的解决。在简要介绍地区线性矩法推求频率估计值的基础上,着重讨论并介绍一种概念清楚、简单易操作的基于空间往返二次内插的校正方法,来解决频率估算值空间不连续的问题。这种空间内插平差主要通过构造一个与研究区实测站点控制面积相应分辨率的虚拟网格站网来实现。研究结果表明,经过平差后校正的研究区内各站点的频率估计值的经验频率与理论概率更加接近,频率估计值的空间分布也更加合理。

关键词:地区线性矩法;水文气象一致区;频率估计值;空间插值

中图分类号: P333.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0852(2015)04-0014-06

1 引言

我国是洪涝灾害最频发的国家之一,防洪始终是一个事关人民生命财产安全和社会稳定的非常重要的课题。我国的防洪设计标准估算的一个重要依据是洪水频率计算,其理论基础是水文频率计算。研究表明,中国大部分地区的洪水由暴雨所致^[1],根据暴雨频率分析计算是推求设计洪水最为常用和有效的方法^[2]。在美国,暴雨频率估计值被广泛应用于民用工程(如核电站和大型水利工程)的设计及地区的防洪规划中,以此来确定都市防洪排水系统和大坝及其溢洪道的尺寸^[3]。在中国,近二三十年来由于人类活动的影响加剧,河道流量系列的一致性遭受破坏,“返原”或“返现”都无法解决流量资料一致性的问题,无法满足水文频率分析计算的基本要求:独立随机抽取来自同一总体。因此,通过暴雨频率计算间接推求设计洪水便成为实际可行、可靠的途径。

20 世纪 90 年代以来, Hosking^[4]在 Greenwood^[5]定义的概率权重矩之后提出了线性矩,利用线性矩良好的无偏性和对特大值的稳健性进行频率曲线的参数估计。1997 年, Hosking 和 Wallis^[6]在线性矩的基础上,提出了区域频率分析的方法,即“空间换时间”的思想,利用地区分析来提高各站点的频率估计值的准确性和可靠性。英国水文研究所 1999 年重新编写的《洪水估计手册》^[7]中的洪水频率分析都是基于地区线性矩法。林炳章(B. Lin)等^[3]于 2006 年提出一套应用线性矩结合地区分析法进行暴雨频率分析的完整(End-to-End)应用系统,目前该成果已纳入美国国家防洪设计标准中。

根据 Hosking^[4]、Bonnin GM 等^[8]和 B. Lin 等^[3]学者的研究,地区分析法有效地提高了各个站点频率估计值的可靠性,即降低了不确定性。然而,地区分析法并不十分完善,由于雨量站点分布不均以及各个分区无量纲的频率曲线是相互独立分别适线的,相邻一致区边

收稿日期:2014-05-07

基金项目:水利部公益性行业专项“水文气象分区线性矩法在防洪规划中的应用”(201001047);江苏省高校自然科学研究面上项目(13KJB170017);淮河流域气象开放研究基金项目(HRM201205)

作者简介:李敏(1989-),女,江苏海门人,硕士研究生,研究方向为水文气象。E-mail:lim476320851@qq.com

界处附近站点频率估计值可能差别较大、出现不同程度的频率估计值梯度,即空间分布不一致问题,这是目前国内外工程水文界在运用地区线性矩法实践中尚未解决的难题之一。本文尝试采用二次往返的空间插值和平滑技术来消除由于分区引起的潜在的不连续点,解决地区内特别是相邻分区间的频率估计值的梯度问题;以太湖流域 24h 雨量序列统计分析求得的两年一遇频率估计值为例,进行空间平差处理,说明该方法的合理性和适用性。

2 资料与方法

2.1 研究区概况

太湖流域位于长江三角洲的南缘,三面临江滨海,一面环山,北抵长江,东临东海,南滨钱塘江,西以天目山、茅山等山区为界,总面积约为 $3.67 \times 10^4 \text{ km}^2$,流域内河流纵横交错,湖泊星罗棋布,是全国河道密度最大的地区,也是我国著名的水网地区。太湖流域是我国经济最发达、大中城市最密集的地区之一,因此,对于水文频率分析的要求也日益提高,解决该区水文频率分析问题具有重要的水文价值和社会经济意义。

2.2 资料

本文资料来源于太湖局水文资料库中站点的日降雨资料,充分考虑均匀性、代表性、一致性、可靠性等原则,选取太湖流域地区 96 个站点的雨量资料。其中,浙西区 34 个,湖西区 12 个,太湖区 7 个,武澄锡虞区 7 个,阳澄淀泖区 9 个,杭嘉湖区 21 个,浦东区 1 个,浦西区 5 个。站点资料年限主要以大于 30a 为主,浙西区、湖西区的少量站点资料长度在 20~29a 之间。经过站点质量控制检查后,对流域内 96 站点雨量资料进行编码(01~96),选取各站点各年日最大降雨量系列进行分析计算。

2.3 地区线性矩分析法简介

地区线性矩法(Regional L-moments Analysis)由线性矩和地区分析法组成,前者着重解决参数估计的精确性(不偏性和稳健性),后者着重降低频率估计值的不确定性^[9]。

Hosking^[4]于 1990 年提出线性矩的概念,将其定义为次序统计量线性组合的期望值。假定变量 X 服从某一分布函数, $X_{1:n} \leq X_{2:n} \leq \dots \leq X_{n:n}$ 是一组随机样本的次序统计量,定义 r 阶线性矩变量的通式为:

$$\lambda_r = r^{-1} \sum_{k=0}^{r-1} (-1)^k \binom{r-1}{k} EX_{r-k:r}, r=1, 2, \dots \quad (1)$$

该随机变量 X 的前四阶线性矩为:

$$\lambda_1 = EX$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} E(X_{2:2} - X_{1:2})$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{3} E(X_{3:3} - 2X_{2:3} + X_{1:3}) \quad (2)$$

$$\lambda_4 = \frac{1}{4} E(X_{4:4} - 3X_{3:4} + 3X_{2:4} - X_{1:4})$$

地区频率分析法是运用某一地区内所有雨量站的历史资料系列通过一定的统计估算方法,来分析本区内每一个雨量站各自的雨量频率分布曲线,进而推求各个站点的雨量频率估计值。这一个地区必须是水文气象一致区,即极值降雨特性上具有相似的气候背景和相同的统计特性。地区分析法假定每一站点的降雨量系列可以分成两部分:反映该地区共有的降雨特性的地区分量(表达为无量纲的频率曲线,或称为地区频率因子)和反映本地特有的降雨特性的本地分量。共性分量用来进行水文气象一致区划分,在每个一致区内推求一条无量纲的、配合历史降雨资料点据最优的频率曲线,然后再与各个站点的个性分量结合求得各个站点的频率估计值。这个假定是符合水文气象分析以及暴雨统计分析的长期经验。反过来说,一个一致区内某一站点的频率估计值应该是反映该地区的频率估计值分量与反映本站点的特有的降雨特性的本地分量“叠加”作用的产物,借助地区分析法来提高各站点频率估计值的确定性和可靠性。

用以下简单的公式来表述这一“叠加”作用的雨量估计值:

$$Q_{T,i,j} = q_{T,i} * \bar{x}_{i,j} \quad (3)$$

式中:重现期 $T=1-, 2-, 5-, 10-, 100-, 1000-$ 年;地区 $i=1, 2, \dots, N$; 站点 $j=1, 2, 3, \dots, K$; $q_{T,i}$ 为一致区内反映该地区共有的降雨特性的地区分量的频率因子,即地区无量纲频率估计值或称地区频率因子; $\bar{x}_{i,j}$ 为第 i 区内第 j 站的多年降雨量平均值,代表本地特性的本地分量。

需要指出的是,地区分析法并不是企图推求地区频率估计值,因为并不存在所谓的地区频率估计值,而仅是一个工具,基于“空间换时间”的思路,按一定的准则,使得推求的研究区内各个站点的频率估计值更加合理、可靠。

2.4 频率估计值空间分布的校正

分析建立水文气象一致区后,根据地区线性矩法原理,计算流域内各个雨量站的 N 年一遇的频率估计值。水文气象一致区的划分原理和具体步骤,请参阅有关文献^[3,9]。本文重点介绍地区分析法所推求的频率估计值空间不一致的修正方法。

如前所述,由于地面雨量站点有限、资料长度有限以及站点空间分布的不均匀,加之各个分区的频率分析计算和适线是各自独立完成的,因此,部分相邻水文气象一致区之间暴雨频率估算值可能会出现空间不连续性的问题。这个频率估计值的空间平差问题始终没有得到很好的解决,由于我国工程水文界还没有系统深入开展这方面的研究,仅就美国 NOAA 在这方面的研究经验而言,分析其存在的问题,探寻解决之道。NOAA 的水文气象设计研究中心(HDSC)是借助于二次开发的空间内插商业软件,推求研究区内长期的降雨均值与各种地形、地理等因子的多元相关,然后利用这种相关关系对 2 年一遇的频率估计值进行修正平差,当某些站点的平差效果不佳时再通过邻近周边点据的频率估计值进行空间平滑,最终计算出研究区内各个站点 2 年一遇的平差校正系数,再则,以修正的 2 年一遇的校正系数分布图作为底图、按比例修正其它重现期的频率估计值^[3,7]。这种空间平差方法的理论依据不足,而且实用上费钱和费时,效果不很理想。众所周知,与通用的数理统计不同,水文统计研究的是分布的尾端,而极端水文现象与经纬度、高程这些地理地形因子间尚不见有稳定的相关关系,而且两年一遇的校正系数去修正其它频率估计值的空间分布也缺乏理论和资料统计特性的支持。但是,又没有更好的办法来解决空间站点稀少以及局部地形影响时地区分析法所产生的相邻分区频率估计值的梯度、即空间不一致问题。本文试图就这个课题提出一种概念明确、简单易操作的新的空间平差方法,但是,任何校正必须符合频率分析的基本原则,尊重原始资料,不能随意更改数据或不规则地人为提高估计值的精度。本方法的基本思路是:在不人为改变研究区内实测站点空间分布精度的前提下,利用适当的空间内插技术,经过两次(步)往返空间平差,对各个站点的频率估计值进行微调校正,达到改善因站点稀少或(和)短系列产生的抽样误差所引起的频率估计值空间不一致的问题。这两个步骤是:第一步,利用不规则的实测站点的频率估计值经空间内插来构造一个大致相同空间分辨率的网格点的频率估计值,这个网格也可以称作虚拟网格,其上的空间内插值可以称作虚拟站点频率估计值(Pseudo quantile);第二步,利用这个规则分布的空间网格点的虚拟频率估计值再回过头来经第二次空间内插推求各个站点的频率估计值,此频率估计值就是空间平差后的比较平滑的频率估计值、或校正的频率估计值。

首先,确定研究区域范围,划出的区域范围必须将流域完全包括进去。选择合适的分辨率对该区域进行网格化,选择网格的大小或分辨率的原则是网格化后的流域内虚拟站点数和原先的雨量站数大致保持一致(一般稍多于雨量站数),这是为了减少人为的“提高”估计值的空间精度,尽量做到所选择的用于空间内插分析的网格大小或分辨率与原先每个雨量站点控制的面积大致相同。在此基础上,进行第一次空间内插分析,采用克里金插值法(Kriging interpolation)^[10]将通过地区线性矩法求得的、空间分布不规则的各个雨量站上的频率估计值内插到所选定的各个网格点上。

Kriging 插值公式如下:

$$f_p = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (4)$$

式中: f_p 为待插点 P 的估计值; f_i 为 n 个已知点的函数值; w_i 为 n 个已知点的权重系数,权重大小由下式所表示的 Kriging 方程组决定。

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n w_i \gamma(x_j - x_i) + \mu = \gamma(x_p - x_i) \\ \sum_{i=1}^n w_i = 1 \end{cases} \quad (5)$$

式中: $\gamma(x_j - x_i)$ 为已知点间的变差函数值; $\gamma(x_p - x_i)$ 为已知点个待插点间的变差函数值; μ 为拉格朗日乘子。

接着,为了区别起见,第一次内插获得的空间分布不规则的各个网格点的频率估计值被称为“虚拟”频率估计值。作为分析比较,也采用了其他空间插值方法例如反距离加权平均法进行频率估计值的空间内插。研究过程中发现,克里金插值法由于具有均方误差最小的优化功能,更适合于大范围的、站点数较多且分布不均的插值空间,而反距离加权平均法^[10]在站点数较小的情况下插值效果更优。本文介绍的太湖流域研究区内频率估计值第一次空间内插值分布是采用克里金插值法的结果。然后将网格点上各频率设计值进行第二次空间内插,回插推求各个雨量站的频率估计值,这就是经过两次空间内插校正后的频率估计值。具体做法,选取每个测站周边的距离最近的 4 个网格点值进行反距离加权插值进行插值,以距离长度的平方的倒数为权重系数,得到各雨量站的频率估计值,这就是经过空间内插平差校正得到的各个雨量站点最终的频率估计值。以下图 1 表示研究区太湖流域的雨量站点空间分布图以及选用的网格分辨率示意图。从图 1 中可以看出,每个网格的面积与研究区内每个实测站点“控制”或影响的面积相当。

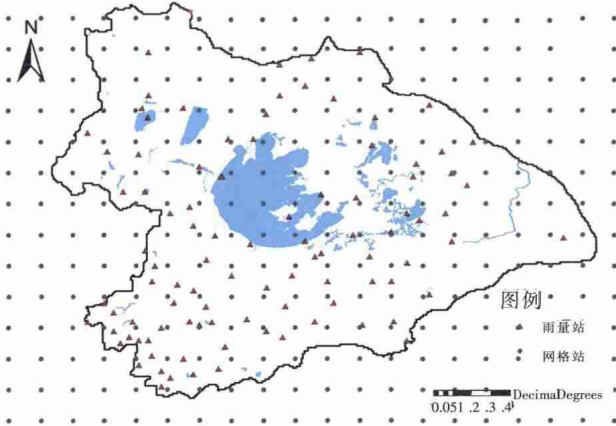


图1 太湖流域 15km*15km 分辨率网格点分布示意图
Fig.1 The grid point distribution of 15km*15km resolution for the Taihu lake basin

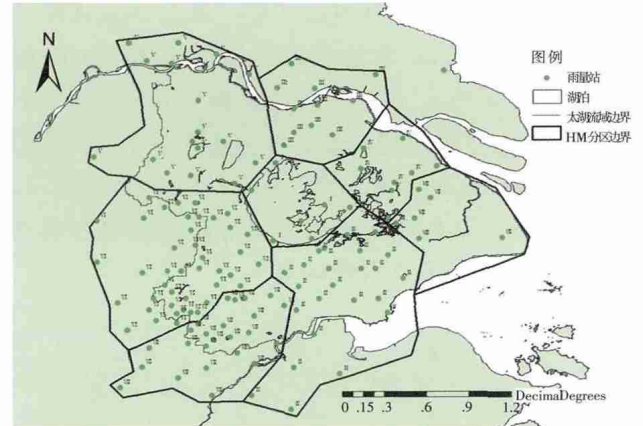


图2 太湖流域一致区分区图
Fig.2 The hydrometeorological regions in the Taihu lake basin

采用两种方法验证经过校正后的频率估计值的合理性和可靠性:方法一,将得到的估计值的理论概率与研究区域所有站点平均的原始数据的经验频率进行比较分析,即所谓的实际资料检验(Real-Data-Check)^[3],如果这两者匹配一致,说明效果更理想。例如,两年一遇的理论超过概率是 0.5,将插值后得到的频率估计值与实际数据资料对比求出经验频率值,假设插值前求得的经验频率是 0.47,在插值后求得经验频率是 0.49,表示调整后计算的频率估计值更为合理。方法二,通过制作平差前后的空间分布估计值等值线图,来观察等值线图的变化情况,以验证各站点间存在的梯度问题是否得到改善。

3 结果与分析

3.1 频率估计值计算和修正

根据气象成因背景和水汽入流的相似性将研究区站点划分成不同的气象一致区。同时,划分形成的一致区内各个站点的暴雨特性要满足独立同分布。现实世界中,由于资料的抽样误差,不可能达到同分布的要求,只要差别在一定的限度,即容忍度或门槛以内,即各站点的统计参数(离差系数、偏态系数和峰度系数)的差别控制在一定的容忍度内。在暴雨的天气成因分析以及 96 个雨量站点各历时暴雨系列的统计分析的基础上,按一定的准则,将太湖流域 96 个雨量站划分成八个水文气象一致区^[9],站点分布情况如图 2。在实际进行水文气象一致区分析时,为了保证研究区周边内站点频率估计值的可靠性,需要收集研究区外围一定区域的降雨量资料,称作缓冲区,如图 2 所示,共有 45 个雨量站分布在研究区周边缓冲区中,分别来源于北边的江苏、西边的安徽和南边的浙江。

本研究以太湖流域日雨量 2 年一遇的频率估计值为例,采用上述的空间分布的校正法对雨量频率估计值进行修正分析。表 1 为部分雨量站修正前后的 2 年一遇频率估计值情况。各雨量站修正量随空间分布变化很大,较高值主要位于浙西山区,最高值为市岭站,修正量高达 38.57mm,修正后的频率估计值更接近理论频率。在平原地区修正较少,最低值是浦西区的望新站,仅为 0.06mm。

表1 雨量站校正前后的2年一遇频率估计值
Table1 Adjustment of the 2-year estimates for all the stations

序号	站名	频率估计值(初始)	频率估计值(修正)
1	市岭	152.66	114.09
2	妙西	107.96	97.73
3	杭垓	83.97	98.31
4	董岭	124.86	103.23
5	尚儒	115.56	105.13
6	大浦口	83.26	87.39
7	小梅口	84.17	88.64
8	平湖塘	92.3	88.11
9	太仓	102.03	97.02
10	商榻	76.4	80.78
11	溧阳	88.8	92.91
12	东岳庙	101.62	95.88
13	临安	91.95	98.23
14	对河口水库	94.73	100.36
15	范家村	86.82	92.14
16	老石坎水库	96.67	106.35
17	南庄	83.48	92.71
18	莫干山	92.62	100.35
19	银坑	117.88	112.88
20	递铺	92.68	97.62
21	钱坑桥	106.83	99.22
22	大界牌	87.18	92.57
23	青浦	78.25	82.58
...
95	浏河闸	96.19	96.11
96	望新	98.21	98.15

图3为太湖流域日雨量2年一遇频率估计值的空间分布修正情况,红色的点表示修正量高于10%的频率设计值,橙色的点表示修正量高于4%且小于10%的值,黑色的点表示修正量低于4%的设计值。结合图2太湖流域一致区划分情况,可以很清楚的看出,修正值较高的点主要位于边界处和站点较密集处,另外地区内的值也得到了适当的调整。

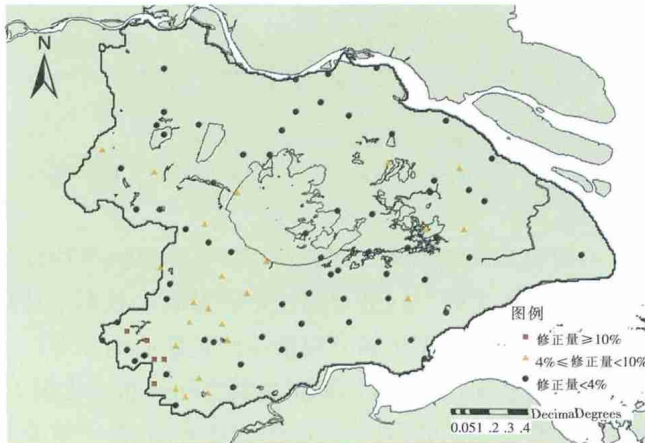


图3 太湖流域2年一遇频率估计值空间分布修正情况
Fig.3 Spatial distribution of adjustment of the 2-year estimates for the Taihu lake basin

分析产生这种情况的原因:(1)根据地区线性矩法计算暴雨频率估计值,各区域选择最优的频率分布曲线,山区的地区增长因子较高,而平原的地区频率因子较低,因此,在山区与平原的交界处频率估计值修正较大。(2)山区容易产生极端降雨事件,造成个别站点异常的值,使得地区内存在一定的不和谐性,使某些站点频率设计值偏高。(3)平原地区站网密度均匀,极端降雨较少,频率估计值修正较小。

3.2 空间分布一致性检验

对调整后的频率估计值进行实际数据检验分析。以雨量序列较长的嘉兴站为例,该站点的雨量序列长度为68a,平差前的频率估计值为87.01mm,后为85.8mm,通过进行实际资料检验,分别得到两年一遇的经验频率为0.456和0.471,显然修正后更接近理论的超过概率0.5,其它站点的两年一遇的经验频率也得到不同程度的改善。

绘制频率估计值的等值线图对平差前后的值的梯度进行分析。如图4中所示,前者所绘制的等值线明显比较密集,表明地区间频率估计值的梯度较大,而平差之后的两年一遇频率估计值之间的梯度减小,极值中心并未发生改变,这就很好的减少了频率估计值受地

区频率因子引起的误差,由此频率估计值的空间分布得到了适当的调整。

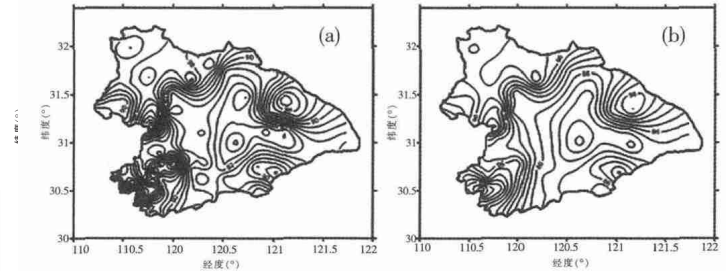


图4 太湖流域日雨量2年一遇频率估计值的等值线图
(a:左边修正前 b:右边修正后)

Fig.4 Contour plots of the daily 2-year estimates for the Taihu lake basin (a: before adjustment; b: after adjustment)

4 结论

本文应用太湖流域年极值降雨资料,简要介绍利用地区线性矩法原理推求太湖流域年极值降雨频率估计值;重点针对地区线性矩法产生的频率估计值在部分空间分布不连续的问题进行探讨研究,采用两次空间插值的方法对其进行平差校正;最后,通过对频率估计值的实际数据的经验频率检查和频率估计值等值线图检验,有效的降低了分区间站点估计值的梯度问题,提高了频率估计值的准确性,表明了该方法的合理性和适用性。本研究以太湖流域日雨量两年一遇的频率估计值为例,其原理和方法适用于其它重现期的频率估计值的空间不连续的修正,充分展示了该研究方法及成果,为地区线性矩法的完善提供了有价值的参考意见。

参考文献:

- [1] 王家祁,骆承政.中国暴雨和洪水特性的研究[J].水文,2006,26(3):33-36. (WANG Jiaqi, LUO Chengzheng. Research on design characteristics of rainstorms and floods in China [J]. Journal of China Hydrology, 2006,6(3):33-36.(in Chinese))
- [2] 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. Research and Evaluation of Design Flood[M]. Beijing:China WaterPower Press, 2005.(in Chinese))
- [3] Lin B, Bonnin G M, Martin D L.Regional frequency studies of annual extreme precipitation in the United States based on regional L-moments analysis [A]. ASCE Proceedings [C]. Omaha Nebraska, U.S., 2006.
- [4] J. R. M. Hosking. L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics [J]. Journal of the Royal Statistical Society (Series B), 1990,52(1):105-124.
- [5] Greenwood, J.A. Probability weighted moment: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form [J]. Water Resources Research, 1979,15(5):1049-1054.

- [6] Hosking J R M, Wallis J.R. Regional Frequency Analysis – An Approach Based on L–moments [M]. New York: Cambridge University Press, 1997.
- [7] Robson A, Reed D. Statistical Procedures for Flood Frequency Estimation [M]. Wallingford Institute of Hydrology Flood Estimation Handbook, UK, 1999.
- [8] Bonnin G M, Todd D, Lin B, et al. Precipitation Frequency Atlas of the United States, NOAA Atlas 14 Volume 2 [M]. NOAA, National Weather Service, Silver Spring, MD, 2004.
- [9] 林炳章, 邵月红, 闫桂霞, 等. 水文气象促进工程水文计算核心课题研究的发展 [A]. 中国水文科技新发展——2012 中国水文学术讨论会论文集 [C]. 南京: 河海大学出版社, 2012:50–63. (LIN Bingzhang, SHAO Yuehong, YAN Guixia, et al. Hydrometeorology promotes the development of core research topics in engineering hydrology [A]. New Development of Hydrological Science and Technology in China—Proceedings of Hydrological Academic Seminar [C]. Nanjing: Hohai University Press, 2012:50–63. (in Chinese))
- [10] 陈欢欢, 李星, 丁文秀. Surfer8.0 等值线绘制中的十二种插值方法 [J]. 工程地球物理学报, 2007, 4 (1):52–57. (CHEN Huanhuan, LI Xing, DING Wenxiu. Twelve kinds of gridding methods of Surfer 8.0 in isoline drawing [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2007, 4(1):52–57. (in Chinese))

Study on Spatial Continuity of Precipitation Quantile Estimates Based on Regional L–moments Analysis

LI Min^{1,2}, LIN Bingzhang¹, SHAO Yuehong¹, CHEN Hong¹, WU Junmei¹

(1. College of Hydrometeorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

2. Haimen Meteorological Bureau, Haimen 226100, China)

Abstract: Regional L–moments analysis (RLMA) is the most advanced method for hydrologic frequency analysis, which has been widely used for precipitation frequency analysis in the United States and some other countries since the 1990s. Recently in China, RLMA has been successfully applied to precipitation frequency analysis in the Taihu Lake Basin as a pilot study. However, due to the lack of the rainfall stations with sparse spatial distributions as well as the short data length, the precipitation quantiles show a spatial discontinuation between quantiles somewhere around some areas in between the homogeneous regions. This study mainly presents a meaningful and simple correction method based on spatial interpolation to solve the discontinuity by adjusting the draft quantiles. The annual maximum series at 96 stations with 20–year and longer of rainfall data from the Taihu Lake Basin in East–China were used for the study. The results of adjusted precipitation quantiles that had been obtained via the RLMA for the Taihu Lake Basin exhibit better reliability expressed in relative error of the empirical frequency to the theoretical exceedance probability of the data, and a better spatial smoothing pattern shown as well.

Key words: regional L–moments analysis; hydrometeorological region; quantile estimation; spatial interpolation

=====

(上接第 46 页)

Study on Total Control Technology Program of Pollution Load for Small and Medium Sized Lake and Reservoir–type Water Sources

YU Fengcun¹, FANG Guohua², XU Jia¹, ZHANG Wei¹

(1. Anhui Province Key Laboratory of Water Conservancy and Water Resources,

Anhui and Huaihe River Institute of Hydraulic Research, Bengbu 233000, China;

2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210000, China)

Abstract: Xijianhu Lake, as the most important source of drinking water for Chuzhou City, the ecological environment of which has some damages. Pollution load was calculated by investigating and counting pollution sources, and eutrophication evaluation was done according to the monitoring data of water quality. The environmental capacity was calculated using the full–hybrid model. According to water quality objectives of drinking water source, finally, the total control technology program of water environment was proposed.

Key words: eutrophication evaluation; water capacity; pollution sources; total control technology program