

水文测验技术创新满足水文分析计算需求研究

熊莹, 张洪刚, 张晶

(长江水利委员会水文局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 为了进行水文测验方式方法技术创新满足水文分析计算的需求研究, 本文选取了长江流域 10 个典型水文站, 以设计洪峰(洪量)、设计年径流、设计枯水为例, 首先分析其相应水文资料的误差分布特性, 然后将实测或统计量系列加入随机误差项形成技术创新后的水文系列。将模拟系列的各频率设计值与原始系列设计值进行比较, 按照 95% 置信水平下误差不大于 5% 为标准, 提出创新后水文资料允许提高的误差上限。最后根据 10 个站的各项允许误差取下包线得到允许提高的误差上限。

关键词: 水文测验创新; 频率计算; 随机误差; 线性距法; 随机模拟

中图分类号: P333

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2010)06-0037-05

1 研究背景

新中国成立 60 年来, 我国已建成布局比较合理、监测项目比较齐全的各类水文站网, 在历年工程设计、水资源管理和保护中都发挥了巨大的作用。但对照新时期的要求, 当前水文测验工作仍存在不适应的地方, 主要表现在目前的水文测验工作长期沿袭保守的测验方式和方法, 过分强调测验的次数和资料的精准度, 以至耗费了大量的人力和财力。水利部水文局于 2005 年颁布下发《关于印发水文现代化建设指导意见的通知》, 提出了加快水文现代化建设的要求, 强调“积极推进水文测验方式改革”, “选择典型测站、河段作为试点, 以满足水文预报、水文分析计算、水资源评价等实际精度需要, 研究和推进水文测验优化模式, 逐步使符合《水文巡测规范》要求的测站全部实行巡测”。

为了加快长江水文现代化建设, 长江委水文局 2007 年全面启动“长江水文测验方式方法创新研究”工作。本文内容源于“水文测验服务需求”研究, 是长江水文测验方式方法创新研究专题中的一个子题, 目的在于根据服务对象的不同或从资料使用者的角度, 提出水文测验方式方法技术创新的要求, 即通过分析水文整编资料误差对水文分析计算成果的满足程度, 得到技术创新方案实施后水文测验的允许误差上限, 为水文测验技术创新方案的制定提供技术支撑。

2 研究方法

根据水文分析计算服务的对象和目的, 本文将以设计洪峰(洪量)、设计年径流、设计枯水为例, 首先分析其相应水文资料的误差分布特性, 然后将实测或统计量系列加入随机误差项形成技术创新后的水文系列, 采用线性矩法进行参数估

计, 将模拟系列的各频率设计值与原始系列设计值进行比较, 提出创新后水文资料允许提高的误差上限。

2.1 典型水文站选择

典型水文站的选取需综合考虑不同测站类别、测验方式、水位流量关系以及整编方法等因素, 选择典型水文站的原则如下: (1) 涵盖一、二、三类精度站; (2) 考虑测站特性(冲淤影响、涨落率影响、单一线、单值化和绳套线); (3) 所选测站要尽量分布于长江干支流, 所在地区要覆盖山区、平原和丘陵等地貌。根据以上原则, 选取 10 个有代表性的水文站作为本次研究对象来进行水文测验技术创新满足水文分析计算的服务需求分析, 具体见表 1。

2.2 误差分析

水文测验的观测值都含有一定的误差, 而实测资料经整编后所得的各种统计特征值, 也因整编方法和计算模式的不同引入一定的误差。不同的水文特征值, 其随机误差分布形式也不尽相同。下面分别分析单次测流(洪峰、枯水流量), 以及时段平均流量(洪量、年径流)误差分布形式, 在此基础上模拟其创新后的系列。

2.2.1 洪峰流量、枯水流量误差分析

(1) 误差分布形式。根据《河流流量测验规范》: “流量测验误差可分为随机误差、未定系统误差、已定系统误差和伪误差。未定系统误差, 采用置信水平不低于 95% 的系统不确定度描述。已定系统误差应进行修正。含有伪误差的测验成果必须剔除。”根据洪峰流量、枯水流量系列推求不同频率的设计值, 是水文分析计算中经常涉及到的工作内容, 洪峰流量、枯水流量的选样一般采用年最大、最小流量法。年最大洪峰和最枯流量可以视为单点观测值, 应按照上述几类流量测验误差进行分析。由于原有水文资料的洪峰流量、枯水流量的随机误差是不确定的, 不同的测验、不同的测次, 得到的随机误差不同, 因此, 本研究只考虑相对误差增量, 即在现有资料基础上, 增加多少误差可满足水文分析的需求。

收稿日期: 2010-05-11

基金项目: 水利部公益性行业科研专项(200901001)

作者简介: 熊莹(1983-), 女, 湖北安陆人, 工程师, 硕士, 主要从事水文与水资源方面的设计工作。

表1 典型水文站基本情况表

Table1 The typical hydrometric stations

| 序号 | 水文站名 | 二级区 | 河段 | 集水面积 /km ² | 测站 类别 | 测验 方式 | 水位流量关系特 性及影响因素 | 整编方法 |
|----|------|---------|-----|--------------------------|----------|----------|-------------------|----------|
| 1 | 华弹 | 金沙江 | 干流 | 425 900 | 1 | 驻测 | 冲淤影响 | 临时曲线 |
| 2 | 巴塘 | 金沙江 | 干流 | 180 055 | 3 | 驻测 | 稳定 | 单一线 |
| 3 | 武胜 | 嘉陵江 | 干流 | 797 14 | 1 | 驻测 | 涨落影响 | 校正因素 |
| 4 | 武隆 | 乌江 | 干流 | 830 35 | 1 | 驻测 | 稳定 | 单一线 |
| 5 | 巫溪站 | 长江上游干流区 | 大宁河 | 200 1 | 2 | 驻测 | 多因素影响 | 临时曲线/连时序 |
| 6 | 宜昌 | 长江中游干流区 | 干流 | 1 005 500 | 1 | 驻测 | 绳套 | 连时序 |
| 7 | 汉口 | 长江中游干流区 | 干流 | 1 488 000 | 1 | 驻测 | 绳套 | 连时序 |
| 8 | 白河站 | 汉江 | 干流 | 59 115 | 1 | 驻测 | 绳套 | 连时序 |
| 9 | 郭滩站 | 汉江 | 唐河 | 6 877 | 2 | 驻测 | 绳套 | 连时序 |
| 10 | 谷城站 | 汉江 | 南河 | 5 781 | 2 | 驻测 | 单一线 | 连时序 |

随机误差可用概率分布来描述,水文测验中,常用的误差分布有正态分布、 t 分布和 F 分布。考虑到本次选取的 10 个典型水文站的资料系列长度均达到 30 年以上,因此对随机误差的分布形式假定为正态分布,其概率密度函数为:

$$P(x) = \frac{1}{S_e \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2S_e^2}} \quad (1)$$

式中: μ 为随机误差的均值,在理论上,由随机误差的抵偿性,可取 $\mu=0$; S_e 为误差的标准差。

假设将标准差 S_{e2} 按照一定的分布形式加入到原洪峰、枯水系列中,即可得到技术创新后的模拟的水文系列。原系列随机误差的标准差为 S_{e1} ,则技术创新后洪峰、枯水流量的随机误差标准差为 $S_e = \sqrt{S_{e1}^2 + S_{e2}^2}$ 。由 S_e 推求随机不确定 ($X=2S_e$) 也应满足《水文勘测规范》表 4.3.1 的规定。

(2) 随机误差的生成。已知随机误差的均值为 0,标准差为 S_{e2} ,要生成正态分布的随机误差可遵循以下步骤:

步骤一:生成标准正态分布随机数。标准正态分布随机数可通过均匀随机数变换得到,假定有服从 $(0,1)$ 分布的均匀随机数 r ,由 r 可以计算相应频率的标准正态分布的分位数,即正态随机数:

$$\varepsilon = \phi^{-1}(r) \quad (2)$$

式中: $\phi^{-1}(\cdot)$ 表示标准正态累积分布函数的反函数。

步骤二:生成正态分布随机误差。已知随机误差的均值为 0,标准差为 S_{e2} 和标准正态分布随机数 ε ,则正态分布随机误差 x 可表示为:

$$x = \mu + S_{e2} \times \varepsilon = S_{e2} \times \varepsilon \quad (3)$$

2.2.2 时段平均流量误差分析

根据误差传递数学推导方法,以及计算机随机模拟的方法(推导、计算成果略)均能证明:随着统计时段的延长,由于随机误差的抵偿性,由分时段流量得到总时段流量的相对误差逐渐减少。即瞬时流量或分时段流量加入随机误差,再统计得到时段总量特征值(如洪量、月、年平均流量等),则特征值的误差远小于瞬时或分时段值的误差。由此产生的后果是,即使瞬时流量的误差超出允许范围,但设计年径流或设计洪量的误差仍在

允许范围之内,从而干扰水文分析计算服务需求的判断。因此,对于技术创新后时段总量的误差拟通过相对误差的形式处理,如下:

$$\delta_w = \frac{W - W_c}{W_c} \times 100\% \quad (4)$$

式中: W 为技术创新后的关系线推求的时段总量; W_c 为原定关系线推求的时段总量; δ_w 为 W 与 W_c 的相对误差。

相对误差有正有负,且理论上正负出现的几率相等,因此对于时段总量的相对误差采取二项分布,即每个特征值与原特征值的相对误差为 $\delta_w\%$ 和 $-\delta_w\%$ 的概率相等。时段总量允许误差也应满足《水文勘测规范》表 4.3.3 规定。

2.3 误差评定指标

为了科学阐明误差的大小及其出现的可能性,通常应用数理统计的概率论的方法来估计误差值的上限,即置信概率。换言之,对误差而言,只能用不超过某一上界值的可能性有多大来全面地描述。因此,对于误差评定指标的描述应该包含两重意思:一是误差的范围或误差的上界;二是不超过这一范围的置信概率。

本文选取现状水文资料与技术创新的水文资料分析成果的相对误差 $\pm 5\%$ 作为误差范围。根据《河流流量测验规范》和《水文勘测规范》,随机误差采用置信水平为 95%的随机不确定度描述,这也符合国际上的一般惯例。据此,定义误差评定标准为:在 95%置信水平下,创新后的水文资料与现状水文资料的分析成果的相对误差不超过 $\pm 5\%$,就认为技术创新后的水文资料满足水文分析计算的服务需求,否则视为不满足。

2.4 随机模拟方案

本文采用蒙特卡罗随机模拟的方法,来设计水文计算服务方案。蒙特卡罗(Monte Carlo)模拟方法,又称随机抽样或统计试验方法,属于计算数学的一个分支。在复杂系统的风险分析中, Monte-Carlo 模拟是常用的手段。随机模拟方案计算框图见图 1,概括为:①针对不同的水文变量,采用相应的误差分布形式,假定 i 年实测或统计量系列加入随机误差项,形成技术创新后的水文系列;②对生成的水文系列进行频率分析,线型选取 P-形曲线,采用线性矩法进行参数估计,将模拟系列的各项率设

计值与原始系列设计值进行比较,统计各频率设计值相对误差;③重复模拟 M 次,直至各频率设计值相对误差的最大值和最小值趋于收敛;④按照指定的误差评定指标,判断加入的水文随机误差对水文分析计算结果的满足程度。

本次误差收敛方案模拟次数 M 分别为 1 百、1 千、5 千、1 万、5 万、10 万、20 万、...、100 万,来分析并验证随机数据组对成果的影响,即样本容量多大可以代表总体的统计特性。通过各典型站随机模拟,结果表明随着模拟次数的增加,M 组设计值与原设计值的相对误差均值和误差大于 5% 的概率,趋于稳定,结果是收敛的;模拟 10 万次后,其统计值与模拟 100 万次非常接近。因此,可以采用蒙特卡罗法进行随机模拟。

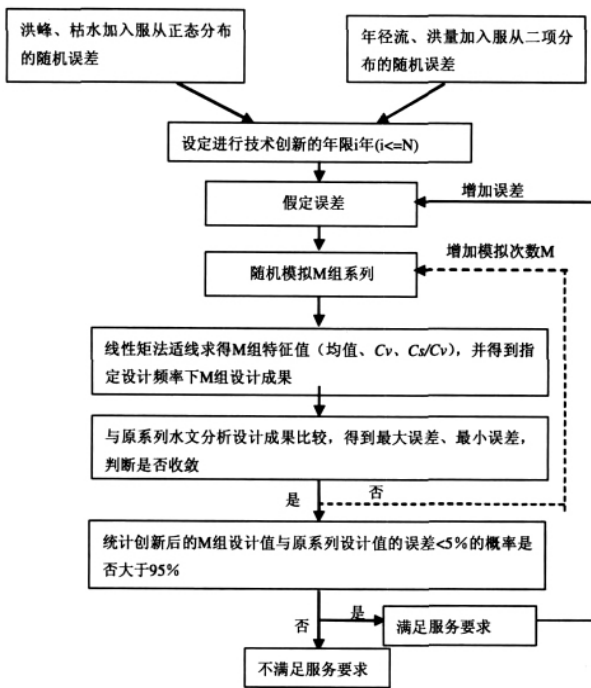


图1 随机模拟方案计算框图
Fig.1 The calculation of the random simulation

表2 武隆站洪峰流量随机模拟成果与原成果相对误差大于5%概率
Table2 The probabilities of errors (>5%) of peak discharge random simulation results to the original series at Wulong station

| 设计频率 | 标准差 | | n=0 | | n=30 | |
|-------|------|-------|------|------|------|--|
| | 3.0% | 4.0% | 5.5% | 6.5% | | |
| 0.01% | 4.91 | 10.02 | 4.57 | 9.46 | | |
| 0.1% | 1.80 | 4.80 | 1.69 | 4.53 | | |
| 0.33% | 0.66 | 2.28 | 0.62 | 2.20 | | |
| 0.5% | 0.40 | 1.58 | 0.38 | 1.54 | | |
| 1% | 0.13 | 0.67 | 0.13 | 0.68 | | |
| 2% | 0.03 | 0.19 | 0.02 | 0.20 | | |
| 5% | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | | |
| 10% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |

2.5 线性矩法定线

实际作业中,水文频率分析计算一般采用目估适线法,但是考虑到上述方案须模拟十万、百万次,采用目估法进行适线是不现实的。因此采用线性矩法程序计算水文系列理论分布参数。这是采用蒙特卡罗法进行误差灵敏度分析的一项关键技术。线性矩法(也称矩法)是 Hosking(1990)提出的一种稳健的参数估计方法,它是在常规矩的基础上发展起来的用于估计洪水频率曲线参数的新方法。其基本原理可以查阅参考文献[2]。

虽然线性矩法与目估适线法确定的参数会有所差别,但是考虑到上述方案主要是用来分析不同模拟系列与原始系列的误差特性,现状条件系列与创新系列后系列均采用线性矩法计算统计参数,排除了人为因素的干扰,所计算的参数仍可反映各模拟系列的统计特性。

3 模拟结果

下面以武隆站为例说明,武隆站实测系列 1952~2007 年,考虑历史洪水 1830 年、1909 年。

从实测 N 年系列(N=56)中抽出前 n 年(n=30 或 0)系列作为由传统测验方式获得的系列,后 N-n(26 或 56)年系列作为创新后的系列,即将后 N-n 的系列加入随机误差后,再对新组成的 N 年系列进行频率分析计算。频率分析成果与原成果(N 年系列全部为现状资料)的相对误差超过±5%的概率见表 2~表 5。

表3 武隆站枯水流量随机模拟成果与原成果相对误差大于5%概率
Table3 The probabilities of errors (>5%) of dry season runoff random simulation results to the original series at Wulong station

| 设计频率 | 标准差 | | n=0 | | n=30 | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1.0% | 1.5% | 2.2% | 3.0% | 2.2% | 3.0% | 4.7% |
| 50% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 90% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 97% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.01 | 0.48 |
| 99% | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 3.08 | 0.01 | 0.26 | 4.16 |

表4 武隆站72h洪量随机模拟成果与原成果相对误差大于5%概率
Table4 The probabilities of errors (>5%) of 72h flood volume random simulation results to original series at Wulong station

| 设计频率 | 随机误差 | | n=0 | | n=30 | |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|
| | ±3.0% | ±4.0% | ±6.0% | ±7.0% | | |
| 0.01% | 2.54 | 10.66 | 3.45 | 8.04 | | |
| 0.1% | 0.60 | 5.32 | 0.84 | 3.31 | | |
| 0.33% | 0.10 | 2.51 | 0.14 | 1.16 | | |
| 0.5% | 0.03 | 1.65 | 0.04 | 0.61 | | |
| 1% | 0.00 | 0.59 | 0.00 | 0.11 | | |
| 2% | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | | |
| 5% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 10% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |

表5 武隆站年径流随机模拟成果与原成果相对误差大于5%概率

Table5 The probabilities of errors (>5%) of annual discharge random simulation results to original series at Wulong station

| 设计频率 | n=0 | | | | n=30 | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | ±3.0% | ±4.0% | ±5.0% | ±5.0% | ±6.0% | ±7.0% | ±8.0% | |
| 1% | 0.10 | 2.38 | 9.24 | 0.01 | 0.51 | 3.07 | 8.67 | |
| 5% | 0.00 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | |
| 50% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 97% | 0.03 | 0.77 | 3.72 | 0.10 | 0.90 | 2.97 | 6.15 | |

由表2可知,对于武隆站洪峰系列,若要求频率0.01%的洪峰流量成果满足水文分析计算服务需求,当n=30时,允许加入随机误差标准差最大为5.5%;当n=0时,允许加入随机误差标准差最大为3.0%。

由表3可知,对于武隆站枯水系列,若要求频率99%的枯水流量成果满足水文分析计算服务需求,当n=0时,允许加入的随机误差标准差最大为3.0%;当n=30时,允许加入的随机误差标准差最大为4.7%。

由表4可知,对于武隆站72h洪量随机模拟结果,若要求频率0.01%的设计成果满足水文分析计算服务要求,当n=0时,即全部56年实测系列均为创新后的系列,允许加入随机误差不能超过±3.0%;当n=30时,允许加入随机误差不能超过±6.0%。

由表5可知,对于武隆站设计年径流,若要求设计频率1%和97%的成果满足水文分析计算服务需求,当n=0时,加入随机误差不能超过±4.0%;当n=30时,加入随机误差的绝对值不能超过±7.0%。

对华弹、巴塘、武胜、武隆、巫溪、宜昌、汉口、白河、郭滩、谷城共10个典型水文站按照上述分析方法进行水文分析计算服

务需求分析。对于设计洪水,原则是调查到的历史洪水量级已定,不加入随机误差模拟。一般分两种分析计算,一是假设实测水文资料前30年(n=30)为传统方式获得的,以后水文系列(N-30)为水文创新后获得的系列;二是假设N年水文资料全部为创新后的系列。在取置信水平为95%下,十个典型站创新后的设计成果与原成果的相对误差概率小于±5%,允许加入的最大相对误差或相对误差标准差,汇总见表6。

考虑到在实际水文分析计算中,即使有了技术创新的资料,但仍然会采用已有的水文资料,需要将创新前后的水文系列联合求解,因此前n年采用实测资料,后N-n年系列加随机误差的方案较为合理,因此,对于水文分析计算服务需求,以该方案分析结果进行统计:

(1)设计洪水:根据10个典型站设计洪峰流量的频率分析成果,各水文站洪峰流量的允许误差均可适当提高,考虑到各站洪水系列能允许加入的误差不同,取下包线,洪峰流量可增加的相对误差标准差为4.0%;洪量允许加入相对误差为±5.0%~±5.5%。

(2)设计年径流:同理10个水文站结果取下包线,得到年径流系列允许加入的相对误差为±4.0%。

(3)设计枯水流量:根据汉口、武隆、华弹、巫溪4站计算结果,枯水流量系列允许加入的相对误差标准差为3.0%。

4 结语

(1)对于同一个水文站而言,技术创新实施后的资料年限越长,对水文分析成果的影响就越大,要达到水文分析计算服务需求,所能允许加入的随机误差就越小。

(2)以上误差控制分析的结果可以看出,凡是在频率曲线“两头”部分的设计值对误差灵敏度较高,曲线中间部分的设计

表6 10个典型站水文分析计算服务需求分析允许误差统计表

单位: %

Table6 The allowed errors for 10 typical hydrological stations' demands of hydrologic analysis and calculation (%)

| 站名 | 洪峰流量 | | 枯水流量 | | 24h 洪量 | | 72h 洪量 | | 168h 洪量 | | 年径流 | |
|-----|------|------|------|-----|--------|-------|--------|-------|---------|-------|------|------|
| | 部分 | 全部 | 部分 | 全部 | 部分 | 全部 | 部分 | 全部 | 部分 | 全部 | 部分 | 全部 |
| 华弹 | 7.6 | 4.9 | 4.5 | 3.0 | -- | -- | -- | -- | ±8.0 | ±5.0 | ±7.0 | ±4.5 |
| 巴塘 | 6.0 | 2.5 | -- | -- | ±6.0 | ±2.5 | ±5.5 | ±2.5 | ±5.5 | ±2.5 | ±6.5 | ±4.0 |
| 武胜 | 8.0 | 5.0 | -- | -- | ±9.5 | ±5.0 | ±9.5 | ±5.0 | ±9.0 | ±4.5 | ±5.0 | ±4.0 |
| 武隆 | 5.5 | 3.0 | 4.7 | 3.0 | ±6.0 | ±3.0 | ±6.0 | ±3.0 | -- | -- | ±7.0 | ±4.0 |
| 巫溪* | 4.5 | 3.5 | 3.0 | 2.0 | ±5.0 | ±3.5 | ±7.0 | ±4.0 | -- | -- | ±5.0 | ±3.5 |
| 宜昌 | 5.5 | 5.0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | ±5.5 | ±4.5 |
| 汉口 | 4.0 | 3.5 | 5.0 | 3.0 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | ±5.5 | ±3.0 |
| 白河 | 6.0 | 4.5 | -- | -- | ±7.0 | ±4.5 | ±8.5 | ±5.0 | ±9.5 | ±5.5 | ±4.5 | ±3.5 |
| 郭滩 | 13.0 | 3.5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | ±4.0 | ±3.0 |
| 谷城 | 26.0 | 10.0 | -- | -- | ±28.5 | ±13.0 | ±29.5 | ±15.0 | ±28.5 | ±15.5 | ±5.0 | ±4.0 |
| 下包线 | 4.0 | 2.5 | 3.0 | 2.0 | ±5.0 | ±2.5 | ±5.5 | ±2.5 | ±5.5 | ±2.5 | ±4.0 | ±3.0 |

注:表中“部分”表示部分水文资料加入随即误差n=30,“全部”表示所有水文资料加入随即误差n=0。巫溪站水文系列较短为36年,则“部分”为n=18。

频率(10%~90%)对应的成果对误差变化不敏感;随着模拟加入系列的误差绝对值的增大,“两头”的设计成果误差最先不满足误差控制概率的要求。因此本文主要分析的设计频率0.01%(洪峰、洪量)、0.1%(设计年径流)、99%(设计枯水),对于工程设计来讲都是要求非常“严格”的频率,标准是否有所变化,对最终的误差允许值的影响很大。

(3)若水文站实测系列中含有极值(特大值或极小值),则在加入随机误差后,这些年分析的测验误差对设计成果的影响较大。

(4)不同的水文变量,技术创新对其设计成果的影响也与所不同,响应的服务需求也有所差别。受历史洪水的控制影响,水文测验技术创新对设计洪峰、设计洪量的影响要弱于设计年径流和设计枯水。

(5)本文是水文测验服务需求专题中关于水文分析计算对水文资料精度需求的探讨,如何将上述提出的允许增加的误差与水文测验标准制定相结合,还需要进行其他方面的需求分析(例如洪水预报),并综合水文测验精度的研究才能制定出合理、科学、现代化的水文测验标准,更好地为长江水文服务。

How to Improve Hydrometry for Hydrological Analysis and Calculation

XIONG Ying, ZHANG Hong-gang, ZHANG Jing

(Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: In order to research how to hydrometry for meeting the requirement of hydrological analysis and calculation, 10 typical hydrometric stations in the Yangtze River basin were chosen with the design flood peaks, design annual runoff and design annual minimal discharge as the study factors. At first, the error distribution characteristics of the concerned hydrological series were analyzed, and then observed hydrological series were put into the simulated terms to construct the new hydrological series. The original frequency design values were compared with the values of simulated hydrological time series, and then the allowed upper limit of errors that can be add into hydrological data was given according to the standard, i.e. relatively error should not be more than 5% under 95% confidence level. Finally, the demanded upper limit of errors of the 10 stations can be acquired by envelope method.

Key words: innovation of hydrological measurement; frequency analysis; random error; L-moment method; random simulation

(上接第18页)

Global Parameter Sensitivity Analysis of WEP Model and Concerned Application in Hanjiang River Upstream

LEI Xiao-hui¹, TIAN Yu^{1,2}, JIA Yang-wen¹, JIANG Yun-zhong¹, WANG Hao¹, LIU Qing-e^{1,3}

(1. China Institute of Water Resource and Hydropower Research, Beijing 100038, China;

2. School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

3. Center for Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Model parameter analysis is usually considered as an efficient tool to select key parameters of simulation. Meanwhile, it helps researchers to understand the model structure, find some deficiencies and then improve it. In this paper, global parameter sensitivity analysis method, LH-OAT, was successfully applied to WEP model and a case study in the Hanjiang River upstream was also introduced. The results show that Manning coefficients are the most sensitive for model simulation in the upstream watershed of the Hanjiang River. Through manually parameter adjustment for these two parameters, the Nash Sutcliffe efficiency was improved from 0.35 to 0.75.

Key words: distributed hydrologic model; WEP; LH-OAT; sensitivity analysis

参考文献:

- [1] 长江委水文局.长江委水文局水文测验方式方法技术创新实施方案 专题研究项目—水文测验服务需求研究专题研究报告[R],2009. (Bureau of Hydrology of Changjiang Water Resources Commission. Special research project for methods and patterns innovations implements of Changjiang River hydrological measurement—the demands of hydrological measurement research subject [R], 2009. (in Chinese))
- [2] 陈元芳,沙志贵,陈剑池,等.具有历史洪水时 P-III 分布线性矩法的研究[J],河海大学学报,2001,29(4):76-80. (CHEN Yuan-fang, SHA Zhi-gui, CHEN Jian-chi, et al. Study on L-moment estimation method for P-III distribution with historical flood [J]. Journal of Hohai University, 2001,29(4):76-80. (in Chinese))
- [3] GB50179-93,河流流量测验规范[S]. (GB50179-93, Code for Liquid Flow Measurement in Open Channels[S].(in Chinese))
- [4] SL195-97,水文巡测规范[S]. (SL195-97, Standard for Hydrological Research[S]. (in Chinese))
- [5] SL44-2006,水利水电工程设计洪水计算规范[S]. (SL44-2006, Regulation for Calculation Design Flood of Water Resources and Hydropower Projects.(in Chinese))