

缺资料条件下赵村水库入库洪水集合预报研究

孙建伟¹, 王加虎², 祝 银²

(1. 南京市江宁区赵村水库管理所, 江苏 南京 211155;

2. 河海大学 水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

摘要:水库入库洪水预报对水库调度和水资源综合利用意义重大。在实测资料序列较短的赵村水库, 新安江模型预报因为缺乏历史大洪水的信息, 预报结果很可能偏小, 借用设计入库洪水参数预报的入库洪水往往偏安全。鉴于此, 尝试将2种方法的预报结果加权, 在生产实践中应用效果较好。

关键词:洪水预报; 设计洪水参数; 新安江模型; 集合预报; 赵村水库

中图分类号: TV122+.2

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2019)10-0043-04

Study on ensemble flood forecasting of Zhaocun Reservoir under the condition of lack of data

SUN Jianwei¹, WANG Jiahu², ZHU Yin²

(1. Zhaocun Reservoir Management Office of Jianning District, Nanjing 211155, Jiangsu;

2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, Jiangsu)

Abstract: Reservoir flood forecasting is of great significance for reservoir dispatching and comprehensive utilization of water resources. With a short sequence of measured data in the Zhaocun Reservoir, the Xin'anjiang model forecast is likely to be small due to the lack of information on historical floods information. Therefore, the prediction results of reservoir flood based on the design of reservoir flood parameters are often relatively safe. In view of this, it is attempted to weight the prediction results of the two methods, and the application effect is better in production practice.

Key words: flood forecasting; design flood parameter; Xin'anjiang model; ensemble forecast; Zhaocun Reservoir

赵村水库地处南京市江宁区横溪街道, 南临横山, 属秦淮河水系, 位于横溪河上游。1957年, 赵村水库开始修建, 1997年由小(一)型升级成中型水库; 截至目前, 赵村水库是江宁区唯一的中型水库, 也是该区最大水库。赵村水库集水面积18.32 km², 总库容1034.2万m³, 兴利库容638.3万m³。水库功能以防洪、灌溉及供水为主, 兼顾养殖及旅游等效益, 自水库建成以来, 发挥了极大的社会效益。

赵村水库地处我国南北气候过渡地带, 降雨时

空分布不均, 雨强变化大。降水量年际变化较大, 最大年雨量为最小年雨量的3~4倍, 降水量的年内分配也极不均匀, 汛期(6~9月)降水量占年降水量的50%~80%, 因此洪水预报难度较大^[1]。

本研究先采用“设计入库洪水参数”和“新安江模型”2种方法分别推求赵村水库入库洪水过程, 鉴于实际经验中由“设计入库洪水参数法”计算出来的洪水过程往往偏于安全, 而由“新安江模型”模拟出的洪水过程又往往偏小, 综合2种方法效果考虑, 本研究拟定采用2种预报方法加权的思路解决

收稿日期: 2019-04-26

作者简介: 孙建伟(1984—), 男, 本科, 工程师, 主要从事水利工程项目管理工作。

实际入库洪水预报的问题,在生产实践中应用效果较好。

1 方案 A:借用设计入库洪水参数计算

赵村水库的设计入库洪水采用初损后损法加汇流单位线计算,这也是很多中小型水库实际入库洪水预报的常用方法。但是设计洪水计算以防洪为第一要务,参数的确定往往偏安全^[2],生产实践中发现以此计算出的实际入库洪水往往偏大^[3]。

1.1 初损后损法产流计算

计算降水量损失有 SCS 曲线法、初损后损法、土壤湿度法及格林-安普特法等方法,由于赵村水库所处位置属于季风性湿润气候,降雨时空分配不均,出于简单实用考虑,本研究采取初损后损法计算该区域降雨损失。

初损后损法^[3]来源于下渗曲线法的简化,在该计算方法中,实际下渗过程被简化成初损及后损 2 个过程,其中初损是指产流前总损失的水量,表示为流域内平均水深;后损是指产流后流域内的下渗损失,表示为平均下渗率。

初损后损法产流计算具体公式为:

$$R_i = \begin{cases} 0 & \sum P_i < I_a \text{ 且 } P_i < f_c \\ P_i - f_c & \sum P_i > I_a \text{ 且 } P_i > f_c \end{cases} \quad (1)$$

式中, R_i 表示*i*时段内的产流量,单位为 mm; I_a 表示初损,单位为 mm; P_i 表示*i*时段内的降雨量,单位为 mm; f_c 表示平均后损率,单位为 mm/h。

初损值的影响因素有初期降雨强度及前期影响雨量等,常取 1 mm;后损值的影响因素有产流历时等,常取 1 mm/h。

1.2 单位线汇流计算

单位线是单位时段内给定流域上时空分布均匀的一次单位净雨量在流域出口断面所形成的地面径流(直接径流)过程线^[4]。单位线法有 Snyder 单位线法、经验单位线法、Clark 单位线、SCS 无因次单位线等^[5]。由于赵村水库所处区域洪水资料缺乏,根据国家相关规范标准,该研究选取经验单位线法推求该区域汇流过程^[6]。

经验单位线法产生于 20 世纪 60 年代,在该法运用过程中,若暴雨存在地区分布差异,则单位线也要分区计算。对单位线进行时段转换便可获取所需时段单位线。借助江苏省水文总站编制的“84”暴雨图集,本方案最终计算得出的赵村水库 1 h 单位线结果如表 1 所示。

表 1 赵村水库 1 h 单位线

| 时段 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $u(t)$ | 0.128 | 0.446 | 0.283 | 0.103 | 0.030 | 0.008 | 0.002 |

注:赵村水库流域面积 $F=18.32 \text{ km}^2$, $J=4.5\text{‰}$ 。

2 方案 B:使用新安江模型计算

新安江模型于 1973 年提出,属分布式概念性模型。模型借助蓄满产流原理,认为只有当土壤中的含水量超过田间持水量数值时流域才会产流。该模型自提出以来便被广泛应用于我国湿润地区与半湿润地区,并在应用过程中逐渐被改进成三水源及其余多水源模型。在新安江模型中,流域蒸散发量采用三层蒸散发的模式来计算,产生于该次降雨的总径流量由蓄满产流原理计算,下垫面不均匀因素对产流面积的影响采用蓄水曲线法修正。对于径流成分的划分,在三水源模型中,借助“山坡水文学”中的产流理论,采用一个带有底孔和侧孔且容积有限的自由水蓄水库将总径流量划分为饱和地面径流、壤中流和地下水径流。对于汇流计算,地面径流多采用单位线法,壤中流及地下水径流则多选取线性水库法。对于河网汇流,多采取滞时演算法或分段连续演算的 Muskingum 法,但通常情况下河网汇流不属于新安江模型主体部分^[7]。

2.1 推算实测入库流量

赵村水库仅有闸门启闭及出库流量记录,因此入库流量需根据库水位、库容曲线和出库流量数据,利用水量平衡原理^[4]反演计算,计算公式为:

$$(Q_{in}^j - Q_{out}^j)dt = V^{j+1} - V^{j-1} \quad (2)$$

式中, Q_{in} 代表入库流量,单位为 m^3/s ; Q_{out} 代表出库流量,单位为 m^3/s ; V 代表水库蓄水量,单位为 m^3 。其中,出库流量由水库水位-闸门开度表计算;水库蓄水量由水位-蓄量关系计算, Q_{in} 作为推算出的入库流量过程。

2.2 模型参数率定

利用 2016 年全部 12 场次洪水,通过人机交互的方式进行模型参数率定^[4],最终获得一套产汇流参数。详细过程可见参考文献[5]、[6]、[7]。

3 模型的加权平均

各种模型均携有有效信息,单纯从预报精度等单一指标出发,选出较优模型,而舍弃其余方法并不是一种明智的选择。对各单一模型预测结果进

行加权平均可综合各项模型优势,往往能获取较好的预报效果。加权平均的关键在于确定各单一模型的权值,常用的求解权值的方法有基于简单平均、基于拟合误差最小原理及基于信息熵原理等方法。出于简单实用考虑,本研究中采用简单平均法即等权重法对方案 A 和方案 B 的预报结果进行加权。

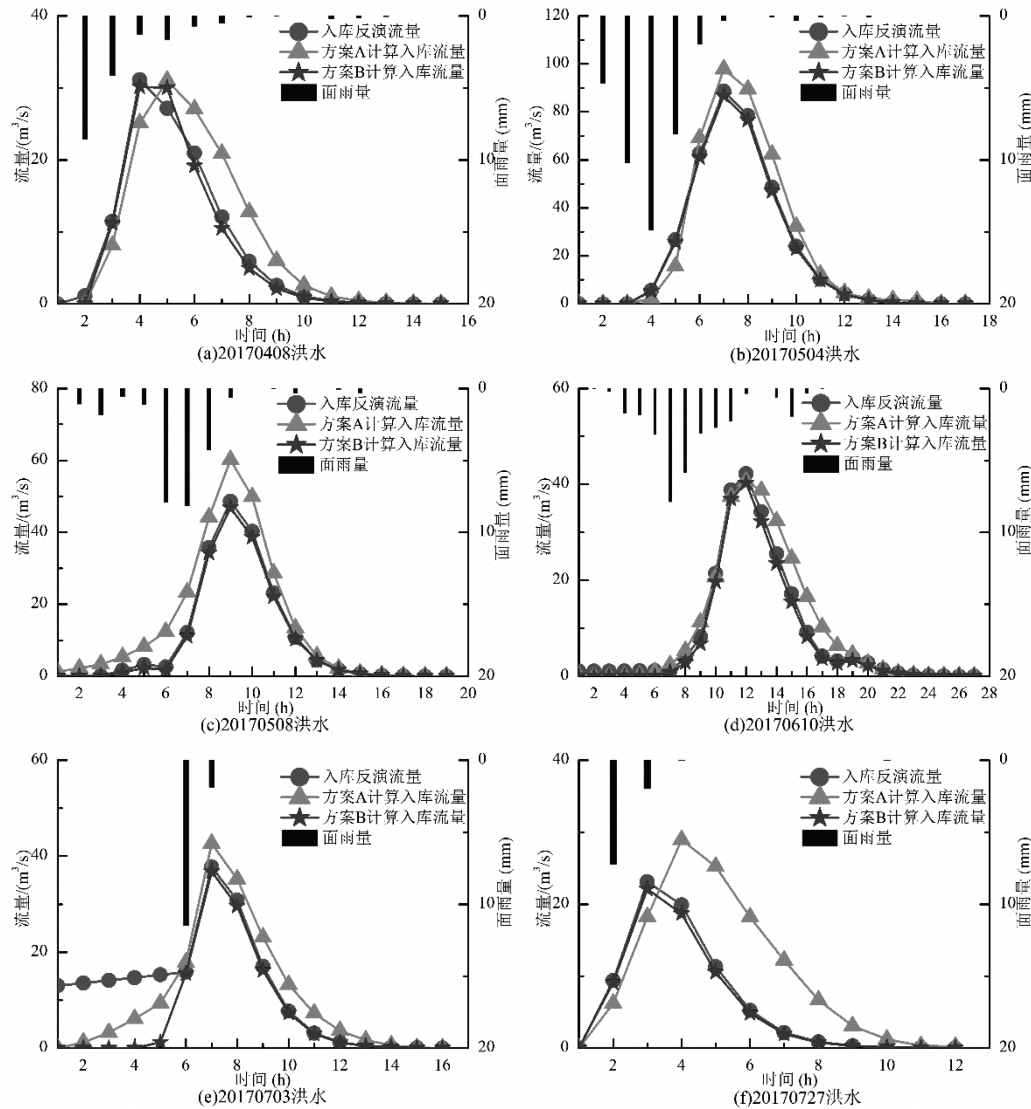
4 方案验证

为了验证上述方案的入库洪水预报效果,本文使用赵村水库 2017 年全部 8 场次进行入库洪水模拟计算,最终得到的模拟结果包括面雨量、入库反演流量及由上述 2 种方案推求的入库流量,具体情况如图 1 所示。

由图 1 可以看出,根据上述 2 种方案模拟出的赵村水库入库洪水过程中的峰现时刻模拟误差都在 1 h 以内,峰现时刻总体模拟效果较好。为便于

对比分析,将 2 种方案的洪峰误差和确定性系数统计如图 2 所示。由图 2 可以看出,对于洪峰峰值,由方案 A 即使用设计洪水参数推求出的赵村水库入库洪峰值平均偏大 11.66%,该预报结果与生产实践的反馈以及定性分析结果一致^[8]。根据《水文情报预报规范》(GB/T 22482 - 2008),当洪峰误差不大于实测洪峰流量的 20% 时,认为该场洪水的洪峰预报合格,在所有参数率定及模型验证的 20 场洪水中,模型 A 共有 15 场洪水洪峰预报合格,合格率为 80%,达到《水文情报预报规范》的乙级标准;由方案 B 及新安江模型计算出的入库洪峰值略偏小 3%,洪水总量以及过程模拟均较好。20 场洪水中共有 19 场洪水洪峰预报合格,合格率达 95%,达到甲级预报标准。综合来看,方案 A 预报结果偏于安全,方案 B 洪峰峰值预报数值略偏小,方案 B 整体预报效果略优。

按照简单平均法即等权重法对方案 A 和方案



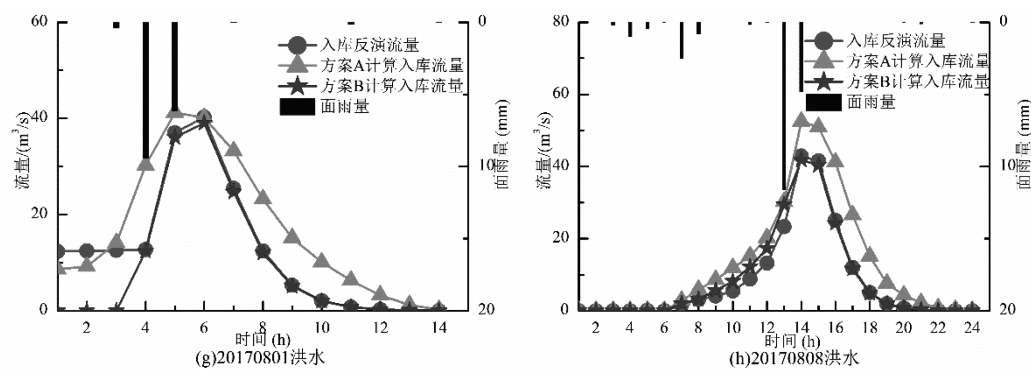


图 1 方案模拟入库洪水过程

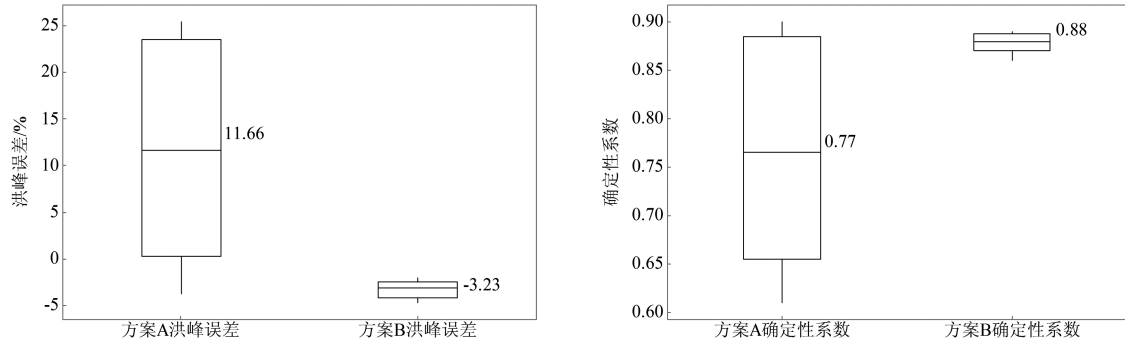


图 2 入库洪水预报模拟结果比较

B 的预报结果进行加权平均并统计洪峰峰值预报结果,结果表明,20 场洪水中共有 17 场合格,合格率为 85%,洪峰峰值达到甲级预报标准。基于等权重的加权平均法在实际生产应用中既不像方案 A 那样偏安全、又不像方案 B 那样只能依据 2016 年的有限信息做出计算结果可能偏小^[9],因此在实际应用时应该更有利于水库水资源的综合利用。

5 结语

本文分析了 2 种常见的中小水库入库洪水预报方案,结论得出:借用设计洪水参数计算的 actual 入库过程偏安全;使用较短序列率定出的水文模型计算结果因为缺乏历史大洪水信息可能有风险。在此基础上提出了将 2 种方法按照等权重法加权预报赵村水库入库洪水的方法,在生产实践中应用效果较好。

参考文献:

[1] 唐俊龙,郝振纯. 新安江模型在浙江白水坑水库的适

用性研究[J]. 水电能源科学, 2017, 35(3):20-23.
[2] Loucks D P, Stedinger J R, Haith D A. Water resources systems planning and analysis[M]. New Jersey:Prentice-Hall, 1981.
[3] 周建康,黄红虎. 小塔山水库流域水文水利计算[J]. 江苏水利, 2001(9):31-33.
[4] 赵永超,王加虎,梁菊平,等. HEC-HMS 模型在紫荆关流域水文模拟中的应用[J]. 水电能源科学, 2017, 35(12):10-13.
[5] 中华人民共和国水利部. SL 250-2000 水文情报预报规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2001.
[6] 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.
[7] 陈洋波,朱德华. 小流域洪水预报新安江模型参数优选方法及应用研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2005, 44(3):93-96.
[8] 王高旭,吴巍,张大伟,等. 基于 GIS 的石梁河水库洪水预报模型研究[J]. 江苏水利, 2017(8):56-60.
[9] 唐海华,陈森林,赵云发,等. 三峡水库入库流量计算方法研究[J]. 中国农村水利水电, 2008(4):26-28.