

基于降雨指数法的水库实时洪水预报方案研究

张 盛 明

(四川省紫坪铺开发有限责任公司, 四川 成都 610091)

摘 要:流域水量预报是防洪调度决策的主要依据,是防洪减灾工作中的一项重要非工程措施,由于紫坪铺水库在受“5·12”大地震以及由地震引起的次生灾害影响,流域内产、汇流条件发生巨大改变,很多高端水文预报模型的计算结果和实际来水存在较大误差。为了更好地做好水库优化运行管理工作,利用基于降雨指数法的水库实时洪水预报方案快速可靠得对降水过后的来水做出预报方案就显得非常有必要。本文以对 2013、2014 和 2017 年汛期的来水预测为例,采用实时洪水预报方案,对降雨情势进行分析,根据强降雨过后的土壤墒情、蒸发等因素进行分析计算,辅以经验修正,为系统研究水量预报技术打基础。本研究可使洪水预报工作更加准确,对编制调度方案和运行计划有直接效果。

关键词:紫坪铺水库;实时洪水预报;降雨指数法;建议

中图分类号:P426.62;TV697.2;TV122

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)05-0133-04

Study on Real-time Flood Prediction Scheme of Reservoir Based on Rainfall Index Method

ZHANG Shengming

(Sichuan Province Zipingpu Development Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610091)

Abstract: The prediction of basin water volume is the main basis to make flood control decision and also an important non-engineering measure in flood control and disaster reduction. Because Zipingpu Reservoir is affected by the "5·12" earthquake and the secondary disasters caused by the earthquake, the production and concentration conditions in the basin have changed greatly, and the calculated results from many high-end hydrological prediction models have large differences with the actual water flow. In order to better optimize the operation and management of the reservoir, it is necessary to use the reservoir real-time flood prediction scheme based on the rainfall index method to quickly and reliably predict the incoming water after the rainfall. This paper takes the flood prediction in 2013, 2014 and 2017 as an example, the real-time flood prediction scheme is adopted to analyze the rainfall situation, and make analysis and calculation according to the soil moisture, evaporation and other factors after heavy rainfall, and supplemented by experience correction, so as to lay a foundation for the systematic study of water prediction technology. This study can make the flood prediction work more accurate and has direct effect on the preparation of scheduling plan and operation plan.

Key words: Zipingpu Reservoir; real-time flood prediction; rainfall index method; suggestion

1 研究意义与背景

水库洪水预报调度工作一直都是防汛工作的重要业务之一,是防洪调度决策的主要依据。为增加紫坪铺水库控制流域内洪水预报方案的可选择性,根据防洪调度决策过程中不同阶段所关注的重点不同,着重研究实时洪水预报阶段,并通过将新安江模型计算加以简化以提高紫坪铺水库洪水预报方案的实用性。实际应用中显示该预报方案简单实用,方便快捷,效果较好。

岷江上游的径流主要由降水形成。降水分布

自上而下由松潘、黑水向茂县、汶川递减,然后由汶川向寿溪、龙溪、白沙河、都江堰一带猛增。区域内黑水河上游的三打古、知木林;白沙河的虹口、龙溪的关门石及渔子溪、寿溪、紫坪铺均是岷江上游降水量的高值区^[1]。北部和西北部寒冷高原区,最大一日降水量为 40~60 mm^[2]。其中黑水河上游三打古一带为多雨区。中部的沙坝、茂县和汶川一带为岷江上游降水量最少的地区,最大一日降水量为 50~70 mm。东南部映秀至都江堰一带,降水量大,最大一日降水量在 200 mm 以上。

收稿日期:2019-08-01

受“5·12”大地震以及由地震引起的次生灾害影响,流域内产、汇流条件发生巨大改变,原有洪水预报模型不能满足要求的精度。自2009年汛期以来,调度中心集中力量组织科技攻关,提出了基于前期降雨指数法,并结合人工经验修正的实时洪水预报方案。

在具体应用中,依据各降雨站点前期降雨指数,可确定其所代表区域的土壤干湿程度。前期降雨指数低,则降雨过程中用于补充土壤水和田间持水的损失较大,产流效率较低,产流时间偏后;前期降雨指数越高,则土壤含水量越接近饱和,产流损失较小,洪峰形成时间越早。依据现有水情自动测预报系统运行以来的降雨径流资料,按月份时段,降雨中心位置,降雨强度等因素,可初步建立前期降雨指数与降雨径流系数之间的关系。

流域发生降雨过程后,可依据其前期降雨指数、降雨发生时段、暴雨中心以及降雨强度等因素确定径流系数,进而计算出该次降雨所能够产生的径流总量。然后依据各子流域不同产汇流特性,通过单位线法确定洪峰量级和峰现时间。得出各控制断面洪水过程后,再依据相关水文站相应水位法,对各子流域洪水过程叠加组合,进而确定坝址洪水的波形以及峰现时刻^[3]。

紫坪铺水库调度中心一直着力于此项研究工作,将研究成果应用于日常预报工作中,并及时总结经验,更新成果,科学有效地指导和辅助中心的调度运行工作。经过对近年运行资料的整理,可以初步确定:汛期7月如果遭遇夏旱雨量偏少时,径流系数可为0.3左右;如果8月再遭遇伏旱天气,径流系数在0.2左右;后汛期径流系数在0.3左右。沙坝至威州洪水传播时间大约为3~4h,威州站到库区洪水传播时间大约为4~5h左右,耿达、黑土坡到坝址的洪水传播时间视雨强大小约在1~3h左右。

2 研究内容和方法

紫坪铺工程特大灌区都江堰灌区的调节水源工程,也是成都平原的防洪屏障,主要担负着成都、德阳、绵阳等7市38县区综合供水和防洪任务,直接受益人口2600多万人,因此,工程的防汛度汛工作是重中之重。基于工程的重要性、特殊性及其具体特点,建设了紫坪铺工程水情自动监测预报系统,并根据近年来的运行经验,编制了

一套实用可靠的洪水预报方案。根据对紫坪铺以上流域暴雨洪水特性的分析,并结合工程防汛抢险的要求,确定紫坪铺水情自动测预报系统的站网及覆盖区域,洪水预报方案基本满足预见期的需要^[4]。

威州—紫坪铺河段长78 km,控制集水面积3743 km²,在河段支流渔子溪、寿溪流域还设有部分雨量站点;该河段水文站点的分布基本控制了干、支流河段的水文情势变化。根据各水文站点所处地理位置,结合其历史观测资料的可靠性、连续性、同步性以及洪水组成的代表性等因素综合分析后,选取干流的威州站、紫坪铺站,支流渔子溪的耿达、寿溪河的黑土坡站的洪水要素摘录资料,用于预报方案编制^[5]。

3 水库实时洪水预报方案

所谓实时洪水预报即降水开始后,根据已知的降雨过程进行实时滚动预报,对洪水过程进行较为准确的预报,为调洪演算和实时洪水调度决策提供依据^[6](图1)。

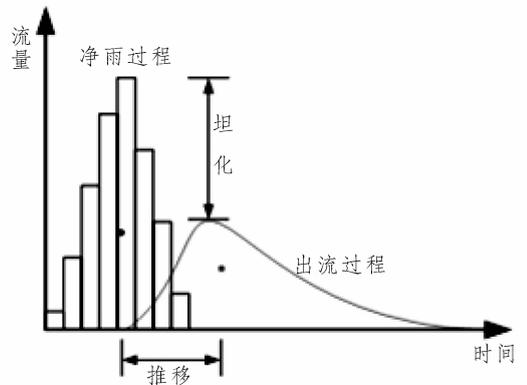


图1 实时洪水预报方案的基本方法示意图

具体步骤是:

(1)入库洪水过程线。根据单位线假定:当净雨历时与泄流历时相等时,洪水历时等于流域汇流历时的两倍,即 $T=2t$ 。又根据较小流域汇流历时计算公式: $t=0.278L/V$

其中: t 为流域汇流历时,h; L 为河道总长,km; V 为平均流速,m/s。

根据实测资料分析, V 值的取值范围为0.8~1.4 m/s,可由河道比降确定。

依据单位线的假定和上式得:

$$T=0.556L/V$$

另据单位线定义:

$$R = 10 \text{ mm} \quad W = RF$$

其中： F 为流域面积 (km^2)； W 为来水总量 (m^3)。

则单位线洪峰流量为：

$$q_m (\text{m}^3/\text{s}) = 5.56W/3600T = RFV/L$$

令单位线洪峰滞时等于涨洪历时，即 $T_t = T_z = 1/3T$ 。这样单位线的三要素 q_m 、 T 、 T_t 都已确定。

由此得出简化的单位线，根据每小时实测雨量，求出其相应单位线，再将其叠加。

(2) 实时修正。通过对流域地形地貌和水文特性较为熟悉的洪水预报专业工程师采用简易的 AR 模型进行实时滚动修正。

(3) 所需资料。入库计算：流域河长、流域面积、时段雨量、流量；

4 预报方案应用实例

4.1 选取资料

根据水库投运多年的五十余场降水产流过程

的实例计算确定出预报方案中所需的基本参数，并根据具体情况加以修正。

选取 20130710、20140710、20170615 号洪水过程作为预报方案的应用实例进行成果鉴定。

4.2 WM 率定以及其它参数值确定

根据水库多年调度运行中的典型降雨产流过程推算出紫坪铺水库控制流域各分流域的 WM 值实际在 0.2~0.8 之间(理论值为 0.35)，在实际应用过程中，可以取中间值 0.35。

K 值为土壤含水量日消退折算系数，根据洪水预报大量研究表明，紫坪铺水库控制流域近坝区取 0.5 比较切合实际，高原来水区取 0.25 比较合适。

4.3 预报方案应用成果

利用上述实时洪水预报方案，对紫坪铺水库在 2013 年、2014 年和 2017 年的三场洪水过程进行了预测，实际应用统计结果见表 1。

表 1 三次典型洪水过程预报要素统计结果对比表

洪号	最大单日洪量(亿 m^3)			洪峰流量 / $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
	实测	计算	相对误差	实测	计算	相对误差
20130710	2.50	2.30	偏小 8.0%	4231	3848	偏小 9.0%
20140710	1.34	1.40	偏大 4.5%	1763	1920	偏大 8.9%
20170615	1.59	1.67	偏大 5.0%	2088	2160	偏大 3.4%

应用成果说明：根据预报结果统计表明，使用本洪水预报方案对洪水总量预报的预报误差都在 $\pm 6\%$ 之内，峰值的预报误差在 $\pm 10\%$ 之内，实际应用效果比较好。

根据实时降雨情况，以及产汇流、退水规律，可延展做出洪水的 48 h 过程预报，分别见图 2、图 3 和图 4；洪水过后对此预报过程进行对比不难看出预报值与实测值的相关性较高。

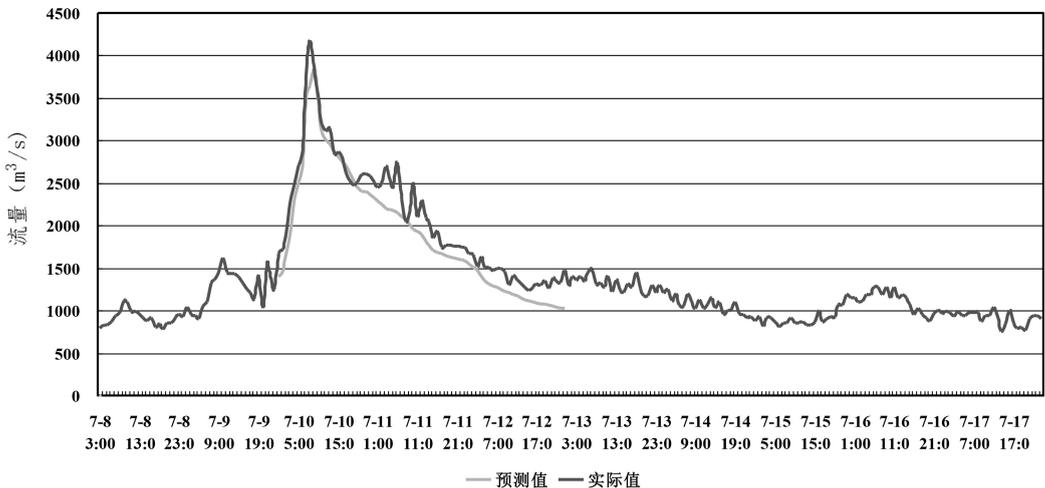


图 2 20130710 号洪水预报过程对比示意图

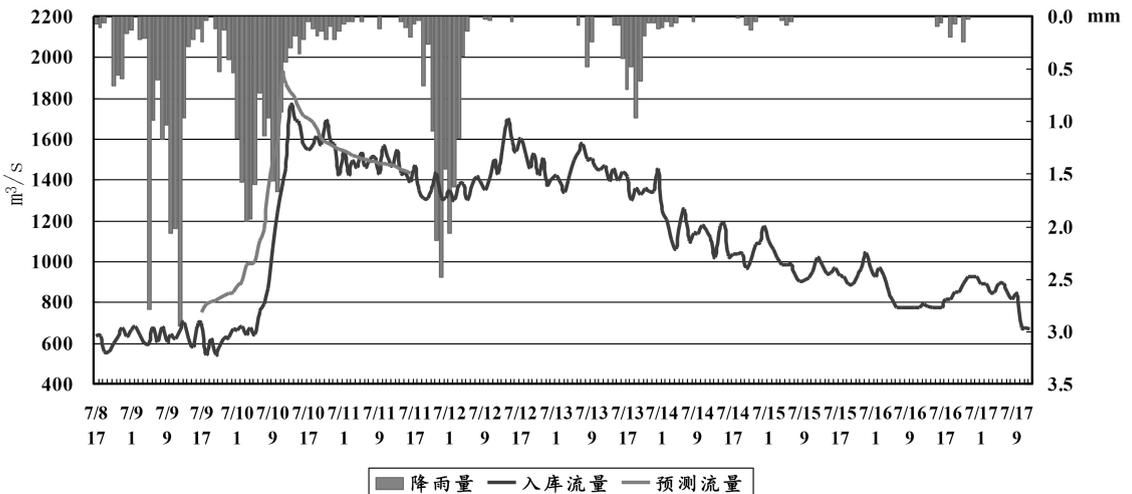


图3 20140710号洪水预报过程对比示意图

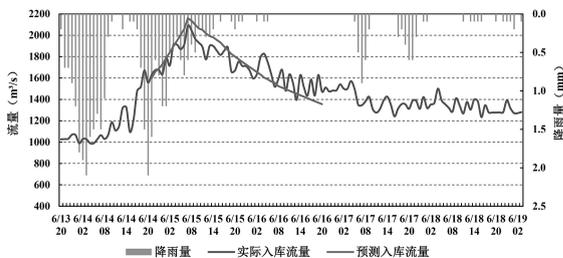


图4 20170615号洪水预报过程对比示意图

5 结论及建议

(1)受近年来天气、上游具有调节性电站及以“5·12”地震后续影响,汛期来水形势多变,给水情预报工作带来较大难度,可能会有一定偏差,以上数据仅作为下一步水库调度工作的参考。在实际的洪水预报调度过程中,特别是在极端天气出现后的抗洪抢险过程中,根据防洪调度决策过程中各个阶段所关注的重点不同,将水库洪水预报分成实时洪水预测和滚动洪水预报两个阶段^[7],是非常有必要的,即可以快速给出计算结果,又可以简化洪水预报方案,提高洪水预报方案的通用性和实用性。在近三年中,实时预报方案的运用精度较高,能满足防洪调度的决策要求。

(2)当来水主要由高原来水区补给构成时,由于流程长,产、汇流过程受到很多因素影响,且震区流域情况尚未稳定,局地短时强降雨的天气时有发生,加之受上游电站发电、拦洪和滞洪等影

响,过程中的人工经验修正显得尤为重要,必须对预报过程辅以其它方法进行实时修正,不断提高预报精度。

(3)紫坪铺工程上游有一定调节能力水库水电站投运后,通过对洪水调蓄,间接增加了紫坪铺水库的防洪库容^[8]。应加强与省调及上游各水库电站的沟通联系,及时了解上游水库电站调度运行情况,通过水库群的联合调度,合理利用水资源,增加发电量,尽量避免与上游电站发生蓄发重叠的冲突。

参考文献:

- [1][2] 黄群.岷江流域紫坪铺水库震后水文特性分析[J].四川水力发电. 2009.04.14.
- [3] 李春红.一种不同机制水文模型组合的水文预报方法[P].发明专利. 2010.11.
- [4][5] 范瑞琪.紫坪铺工程施工工期洪水预报方案编制及应用[J].水利水电技术. 2002.12.第33卷.
- [6] 杨小柳.实时洪水预报方法综述[J].水文. 1996.4.
- [7] 金海华.水库通用简易洪水预报方案及应用研究[G].浙江水利水电专科学校学报. 2011.6.11.
- [8] 彭睿.紫坪铺水库控制流域汛期来水预测及敏感性分析[J].四川水利. 2015.02.28.

作者简介:

张盛明(1991-),男,四川成都人,助理工程师,本科学历,主要从事水库调度研究工作。

(责任编辑:卓政昌)