

新安江模型在中和（二）水文站洪水预报中的应用

吴 限 于海伟

黑龙江省水文水资源中心哈尔滨分中心，黑龙江 哈尔滨 150010

[摘要] 防洪减灾需要精确有效的洪水预报，其中河海大学赵人俊教授提出的新安江模型有很强的代表性。文章通过中国洪水预报系统新安江模型对东亮珠河中和（二）站预报方案的率定及检验，确定适合此站的预报方案，为地方防汛抗旱做有效的数据支撑。由参数率定可知，在部分条件下，洪水拟合具有一定的代表性，水量基本平衡，但个别情况下误差偏大，根据确定性系数 0.721 评定该预报方案为乙级。

[关键词] 水文站；模型；洪水预报；误差

DOI: 10.33142/hst.v5i3.6223

中图分类号: P338

文献标识码: A

Application of Xin'anjiang Model in Flood Forecasting of Zhonghe (II) Hydrological Station

WU Xian, YU Haiwei

Harbin branch of Heilongjiang Hydrological and Water Resources Center, Harbin, Heilongjiang, 150010, China

Abstract: Accurate and effective flood forecasting is needed for flood control and disaster reduction, and the Xin'anjiang model proposed by Professor Zhao Renjun of Hehai University is very representative. Through the calibration and test of the prediction scheme of Zhonghe (II) Station in Dongliangzhu River by Xin'anjiang model of China flood prediction system, this paper determines the prediction scheme suitable for this station, so as to provide effective data support for local flood control and drought resistance. According to the parameter calibration, under some conditions, the flood fitting is representative and the water volume is basically balanced, but the error is too large in some cases. According to the certainty coefficient of 0.721, the prediction scheme is evaluated as class B.

Keywords: hydrological station; model; flood forecasting; error

1 概况

当今国内外开发的水文模型种类繁多，有开源软件 SWAT、BASINS 流域模型系统、SWIM 水文模型还有华盛顿大学的 VIC 水文模型，其中 VIC 模型就是采用了我国自主研发的新安江模型作为内核。我国自主研发的概念性新安江模型得到了国际上的广泛认可，并且在我国湿润及半湿润地区得到了广泛的推广应用^[1]，其中我国东北黑龙江地区，正好处于湿润、半湿润地区，非常符合新安江模型使用。

1973 年，河海大学教授赵人俊结合国内外产流方面先进成果，提出了新安江模型。作为国内首个拥有完整的流域概念的水文模型，对中国水文发展有着巨大的现实意义。二十世纪八十年代中期，借鉴山坡水文学概念及国内外产汇流理论提出了三水新安江模型。三水源新安江模型将净雨划分成地面径流、壤中流以及地下径流，其中地面径流采用单位线进行汇流计算，壤中流和地下径流经过线性水库的调蓄分别作为壤中流出流和地下水出流^[2]。

2 资料分析

通过分析对其上游雨量资料，中和（二）水文站以上区间共有十三里屯、三里地屯、红旗林场、曙光林场四站雨量资料，雨量站分布情况良好。其历史资料满足模型使用要求，具备编制预报方案条件。中和水文站资料经过整编，其历史资料满足模型使用要求，具备编制预报方案条件。中和（二）水文站 1994 年建站，建站以来最大流量为 535 立方米/秒，流量偏小，且无上游水文站历史资料，主要根据雨量资料系列分析，流量资料选用二〇〇二年至二〇一三年进行分析。

表 1 中和（二）水文站预报断面选用资料及年限情况表

| 站码 | 站名 | 资料类型 | 建站年份 | 起止年份 |
|----------|-------|------|------|----------------------|
| 11008210 | 中和（二） | 河道流量 | 1994 | 1994~2014（历史洪摘资料较齐全） |
| 11045350 | 十三里屯 | 雨量 | 1958 | 1958~2014（历史雨摘资料较齐全） |
| 11045400 | 三里地屯 | 雨量 | 1966 | 1966~2014（历史洪摘资料较齐全） |
| 11045550 | 红旗林场 | 雨量 | 1976 | 1976~2014（历史雨摘资料较齐全） |
| 11045600 | 曙光林场 | 雨量 | 1976 | 2005~2014（实时雨摘资料较齐全） |

表 2 中和（二）水文站资料审查表

| 序号 | 年份 | 洪峰流量 | 发生时间 | 资料情况 |
|----|------|------|-----------|---------|
| 1 | 2002 | 535 | 2002.8.2 | 洪摘、雨摘齐全 |
| 2 | 2003 | 184 | 2003.8.29 | 洪摘、雨摘齐全 |
| 3 | 2005 | 207 | 2005.8.14 | 洪摘、雨摘齐全 |
| 4 | 2006 | 134 | 2006.6.23 | 洪摘、雨摘齐全 |
| 5 | 2009 | 251 | 2009.7.18 | 洪摘、雨摘齐全 |
| 6 | 2010 | 161 | 2010.5.9 | 洪摘、雨摘齐全 |
| 7 | 2011 | 136 | 2011.6.10 | 洪摘、雨摘齐全 |
| 8 | 2012 | 199 | 2012.8.1 | 洪摘、雨摘齐全 |
| 9 | 2013 | 482 | 2013.8.9 | 洪摘、雨摘齐全 |

表3 中和(二)站预报方案率定场次洪水统计表

| 场次洪水号 | 实测洪峰 (m ³ /s) | 计算洪峰/ (m ³ /s) | 洪峰相对 误差/% | 实测峰现 时间 | 计算峰现 时间 | 峰时 差/h | 实测次洪总 水量/亿 m ³ | 计算次洪总 水量/亿 m ³ | 次洪相对 误差/% |
|-------|-----------------------------|------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------|------------------------------|------------------------------|--------------|
| 1 | 535 | 455 | 14.87% | 2/8/2002 8:00 | 2/8/2002 1:00 | 7 | 148 | 130 | 12.20% |
| 2 | 183 | 176 | 3.71% | 9/8/2002 20:00 | 9/8/2002 15:00 | 5 | 227 | 190 | 16.22% |
| 3 | 21 | 22 | 3.85% | 21/7/2003 8:00 | 21/7/2003 15:00 | 7 | 6 | 8 | 31.55% |
| 4 | 32 | 39 | 21.67% | 2/8/2003 8:00 | 30/7/2003 3:00 | 77 | 11 | 16 | 39.86% |
| 5 | 131 | 96 | 26.99% | 12/8/2003 8:00 | 13/8/2003 14:00 | 30 | 41 | 33 | 18.87% |
| 6 | 178 | 83 | 53.56% | 23/7/2005 8:00 | 23/7/2005 18:00 | 10 | 36 | 20 | 44.56% |
| 7 | 144 | 106 | 26.12% | 30/7/2005 8:00 | 30/7/2005 14:00 | 6 | 54 | 36 | 34.35% |
| 8 | 207 | 140 | 32.30% | 14/8/2005 8:00 | 15/8/2005 0:00 | 16 | 80 | 63 | 21.76% |
| 9 | 134 | 82 | 39.09% | 23/6/2006 8:00 | 22/6/2006 7:00 | 25 | 41 | 26 | 32.06% |
| 10 | 127 | 86 | 32.06% | 17/7/2006 8:00 | 17/7/2006 7:00 | 1 | 24 | 22 | 6.23% |
| 11 | 103 | 139 | 35.28% | 5/8/2006 8:00 | 6/8/2006 4:00 | 20 | 32 | 44 | 36.54% |
| 12 | 116 | 120 | 3.27% | 11/8/2006 8:00 | 12/8/2006 4:00 | 20 | 50 | 54 | 8.64% |
| 13 | 203 | 149 | 26.84% | 30/6/2009 6:00 | 30/6/2009 13:00 | 7 | 105 | 78 | 25.92% |
| 14 | 251 | 235 | 6.29% | 18/7/2009 9:00 | 17/7/2009 16:00 | 17 | 65 | 59 | 10.08% |
| 15 | 186 | 121 | 34.96% | 23/8/2009 8:00 | 22/8/2009 8:00 | 24 | 80 | 60 | 24.85% |
| 16 | 130 | 110 | 15.28% | 30/8/2009 8:00 | 30/8/2009 2:00 | 6 | 51 | 36 | 30.36% |
| 17 | 74 | 91 | 23.59% | 6/7/2010 2:00 | 15/8/2010 18:00 | 976 | 104 | 203 | 95.76% |
| 18 | 136 | 36 | 73.88% | 10/6/2011 20:00 | 10/6/2011 14:00 | 6 | 97 | 30 | 69.29% |
| 19 | 113 | 38 | 66.13% | 10/6/2012 8:00 | 9/6/2012 15:00 | 17 | 35 | 14 | 59.90% |
| 20 | 199 | 91 | 54.30% | 1/8/2012 7:00 | 1/8/2012 5:00 | 2 | 97 | 49 | 49.76% |
| 21 | 434 | 296 | 31.75% | 6/7/2013 8:00 | 5/7/2013 9:00 | 23 | 190 | 135 | 29.13% |
| 22 | 482 | 429 | 11.05% | 9/8/2013 4:00 | 8/8/2013 15:00 | 13 | 139 | 100 | 28.50% |
| 23 | 447 | 294 | 34.21% | 19/8/2013 8:00 | 19/8/2013 10:00 | 2 | 319 | 186 | 41.81% |
| 平均 | | | 29.18% | | | | | | 33.40% |

3 新安江模型预报方案

3.1 预报方案说明

3.1.1 方案构建

预报方案设置 1 个方案输入：中和(二)水文站(11008210)、中和(二)集水面积 2450km²，区间输入采用蓄满产流模型(SMS_3)和滞后演算模型(LAG_3)；雨量站控制权重采用泰森多边形法。方案计算时段为 1 小时，方案输出类型为流量。其结构图如下。

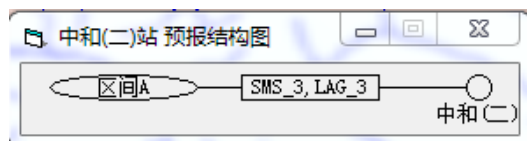


图 1 中和(二)站预报结构图

3.1.2 方案定义及属性

(1) 方案定义

模型：新安江三水源蓄满产流、滞后演算；方案输入：中和(二)水文站(11008210)区间 11008210A 包括十三里屯、三里地屯、红旗林场、曙光林场雨量站时段降雨过程；方案输出：中和(二)站时段流量过程。

(2) 方案属性

本方案预报站为中和(二)水文站，站码 11008210。时段长度设为一小时，为考虑计算能效，遇见期定为三十六个时段，预热期设为 30 天，以河道流量为最终输出类型；因为本站无上有水文站输入类型为 1 个流域输入。

3.1.3 圈化流域边界



图 2 中和(二)站流域边界示意图

3.2 参数率定结果

参数率定结果如表 3 和表 4。

表4 中和(二)站预报方案检验场次洪水统计表

| 场次洪水号 | 实测洪峰 (m ³ /s) | 计算洪峰 (m ³ /s) | 洪峰相对误差/% | 实测峰现时间 | 计算峰现时间 | 峰时差/h | 实测次洪总量 | 计算次洪总量 | 次洪相对误差/% |
|-------|--------------------------|--------------------------|----------|-----------------|-----------------|-------|--------|--------|----------|
| 1 | 203 | 183 | 9.78% | 30/6/2009 6:00 | 30/6/2009 13:00 | 7 | 105 | 99 | 5.17% |
| 2 | 251 | 233 | 7.25% | 18/7/2009 9:00 | 17/7/2009 17:00 | 16 | 65 | 63 | 2.79% |
| 3 | 186 | 222 | 19.60% | 23/8/2009 8:00 | 22/8/2009 13:00 | 19 | 80 | 104 | 28.83% |
| 4 | 130 | 172 | 32.26% | 30/8/2009 8:00 | 29/8/2009 23:00 | 9 | 51 | 56 | 10.42% |
| 5 | 74 | 70 | 5.37% | 6/7/2010 2:00 | 15/8/2010 18:00 | 976 | 104 | 227 | 118.48% |
| 6 | 136 | 43 | 68.71% | 10/6/2011 20:00 | 11/6/2011 10:00 | 14 | 97 | 36 | 62.83% |
| 7 | 113 | 38 | 66.58% | 10/6/2012 8:00 | 9/6/2012 15:00 | 17 | 35 | 14 | 58.53% |
| 8 | 199 | 149 | 25.22% | 1/8/2012 7:00 | 1/8/2012 9:00 | 2 | 97 | 68 | 29.61% |
| 9 | 434 | 298 | 31.24% | 6/7/2013 8:00 | 5/7/2013 18:00 | 14 | 190 | 138 | 27.51% |
| 10 | 482 | 395 | 18.13% | 9/8/2013 4:00 | 9/8/2013 1:00 | 3 | 190 | 138 | 22.21% |
| 11 | 447 | 309 | 30.77% | 19/8/2013 8:00 | 18/8/2013 9:00 | 23 | 319 | 226 | 29.28% |

4 洪水预报方案分析

以上通过新安江模型参数对历史多次洪水资料进行参数拟合,通过计算机拟合结果分析其峰现时间、洪峰流量、过程水量的相对误差。由表 3-1 可知,根据 2002-2013 年实测资料率定,中和(二)水文站 23 场次洪水样本中,次洪产流量平均误差为 33.40%,其中误差最低为 6.23%,误差最高为 69.29%(最高为 95.76%,考虑本条数据洪峰时间同样明显不合理,固本条数据不纳入结果特征值中,但是在平均值中保留)洪峰平均相对误差为 29.18%,其中最低误差为 3.27%,最高误差为 73.88%。平均过程确定性系数为 0.721,根据《水文情报预报规范》(GB/T 22482-2008),该方案为乙等方案。由于东亮珠河流域集水面积较小,即时是畅流期流量也是有限的,且上游无水文站,所以在产流情况上,对降雨极为敏感。目前降雨主要还是依靠自计雨量站获取点雨量,遭遇极端天气情况难以有效统计降雨,比如说强雷暴环境下,10km 直径积雨云中心瞬时雨强巨大,但是其可能完全没有被雨量计观测到,造成雨量观测偏小,反之亦然。

从检验场次成果来看,该方案可以基本满足预报需求。但是在某些情况下预报洪峰时间与实际情况相差很大,最多甚至达到了 976h,已经远远超过误差应有范围,考虑可能是由于某种软件系统 BUG。经过分析有以下几点原因:一是近年来,各地基础设施建设力度大,流域内下垫面条件及河道情况变化无常。其中包括农田作物变化、城镇化变化等,对产流过程会有相当的影响^[3]。二是作为松花江流域较小的支流,本站历史洪水水量较小,并且历时较短,具有一定的随机性,有代表性的数据较少,对整体方案相对误差影响较大。三是部分年份受人造调控或下游回水顶托^[4]影响,对结果有一定影响。四是目前降水、蒸发观测手段有限,无法全局整体的对雨量进行精准掌握。在具体水文预报工作中,应当根据当地气候条件,下垫面情况,人类活动因素等特点建立不同预报方案,并且使预报员长期工作经验和电脑模型软件相结合,从具体测站实际情况出发,以结果为导向。最终找到真正适宜的参数,打破黑

箱化状态,提高洪水预报可信度。

5 结论

本方案以东亮珠河中和(二)水文站为例,利用中国洪水预报系统对新安江模型进行了实际研究,并且通过已有资料对该方案进行了多场次检验。而水文过程具有高度的非线性、时空敏感性、随机性等特点,如何根据实测的水文资料选择合理的水文模型进而模拟出符合实际情况的预报方案一直是水文情报预报的重点。新安江模型发展至今,已经广泛的应用在我国水文预报当中。但是随着以厄尔尼诺为主的全球气候异常现象增加,水文不确定性增加,水文资料一致性遭到破坏,需要长系列资料分析的水文预报模型是巨大的挑战。

目前,在中和(二)站作为东亮珠河把口站,在本站实际工作中,水情预报一般是多种方案结合,通过上游雨量站情况和经验分析进行预报作业。通过对本次分析和日常经验的总结,在条件允许情况下,对历史情况、洪水特点进行典型分析,通过数据归纳对其上下游水位水势、降雨中心点、强度情况进行分类,对不同情况具体分析。在实际预报中根据具体情况选取合适的方案结合经验进行预报,随着资料积累不断优化方案,进而降低流域环境变化对方案精度的影响,这是将来中和(二)站预报的发展方向之一。

[参考文献]

- [1] 黄国新, 谢小华, 黄煌. 新安江模型在江西省万安水库流域洪水预报的应用研究[J]. 水资源开发与管, 2021(2): 51-58.
- [2] 赵人俊. 流域水文模型比较分析研究[J]. 水文, 1989(6): 1-5.
- [3] 吴限, 魏永霞, 王敏, 王龙. 不同农田植被条件下黑土坡耕地长流产沙特征[J]. 水土保持通报, 2015, 35(3): 36.
- [4] 李永凯, 王拓, 潇晒. 水力学耦合水文学模型在沮漳河河溶水文站洪水水位预报的应用研究[J]. 水资源开发与管, 2020(6): 4-8.

作者简介: 吴限(1989-)男, 黑龙江齐齐哈尔人, 工程师; 于海伟(1988-)男, 黑龙江泰来人, 工程师。