维普资讯 http://www.cqvip.com

第24卷 第4期 重庆交通学院学报 2005年8月
Vol.24 No.4 JOURNAL OF CHONGQING JIAOTONG UNIVERSITY Aug.,2005

寸滩站年最高水位预测模型研究*

王渺林[1,2],* 傅 华[3], 刘德春[1]

(1.长江水利委员会 长江上游水文水资源勘测局,重庆 400014;2.中国科学院 地理科学与资源研究所 陆地水循环及地表过程重点实验室,北京 100101;3.重庆交通学院 河海学院,重庆 400074)

摘要:寸滩水文站是长江上游的主要控制站,分析可知,从20世纪70年代开始,由于年降水量的减少和气温的下降,年最高水位也呈逐渐下降的趋势.本文将灰色系统理论与马尔科夫链理论相结合,以1940年至2003年寸滩站年最高水位序列为研究对象,建立灰色马尔科夫预测模型.从预测结果看出,所建灰色模型大体反映了年最高水位的下降趋势,而经过马尔科夫模型对预测误差进行修正后,模型预测精度提高,计算值与实际值吻合良好.对其他站年最高水位的模拟分析表明,模型精度能满足年最高水位预报要求.说明灰色马尔科夫模型可以应用于长期预报中.

关 键 词:灰色模型;马尔科夫模型;年最高水位;气候变化;长期水文预报

中图分类号:P332.3 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-716X(2005)04-0121-03

长江上游地区受多重季风影响,气候变异大,特别是由于高原盆地特殊的地理环境,气候复杂,旱涝灾害频繁,并呈上升趋势,气候变化和异常灾害对长江上游社会经济发展,人民生命财产和农业的丰歉有着重大的影响.加强洪水灾害的研究,提高对气候变化及其影响的认识,从经济与环境相互协调方面,提出长江上游跨世纪可持续发展的有效途径,是十分必要的.

长江上游寸滩水文站在长江干流与嘉陵江汇合口处以下7.5km,集水面积为86万km^2.统计资料表明其多年平均年蒸发量为793.2mm,平均年降雨量为1078mm,平均年径流深为420mm.据历史洪水调查及现有资料,历年序列排在前面的几次大水为:1870年196.25m,1788年193.45m,1905年192.00m,1981年191.41m.寸滩水文站控制着金沙江、岷江、沱江、嘉陵江及长江上游干流的来水,是长江上游的主要控制站.

为了防洪的需要,要求提供预见期较长的水文预报,如年最高水位变化的预测将为防洪调度长期规划提供决策依据.灰色系统理论方法,为水文预测,提供了一种值得探讨和实践的新途径.本文将灰色系统理论与马尔科夫链理论相结合,以1940年至2003年寸滩站年最高水位序列为研究对象,建立灰色马尔科夫预测模型.

1 寸滩站年最高水位变化特征

1.1 气候变化特征

四川盆地不同代表站年降雨量和5年、10年滑动平均图表明[1],自20世纪60年代以来,四川盆地大部分地区年降水量呈减少趋势.表1为代表站成都和重庆的10年平均气温值,可以看出从50年代开始,气温开始下降,由偏暖阶段进入偏冷阶段,90年代仍处于偏冷阶段,但已开始回升.

表1 代表站10年平均气温

年 代	40	50	60	70	80	90
成 都	17.2	16.5	16.1	16.1	15.8	16.5
重 庆	18.6	18.3	18.3	18.3	18.0	18.3

1.2 最高水位变化特征

图1为寸滩1940~2003年逐年最高水位变化.从30年滑动平均线可以明显的看到从70年代开始,年最高水位有减少的趋势.经统计,寸滩站1970年~2003年的年最高水位平均值为179.6,比1940年~1969年的年最高水位平均值181.54减少约2m.

* 收稿日期:2004-06-03
基金项目:国家重点基础研究项目(2003CB415203)资助
作者简介:王渺林(1975-),男,安徽黄山人,工程师,中国科学院地理科学与资源研究所博士生,从事水文水资源研究.

维普资讯 http://www.cqvip.com

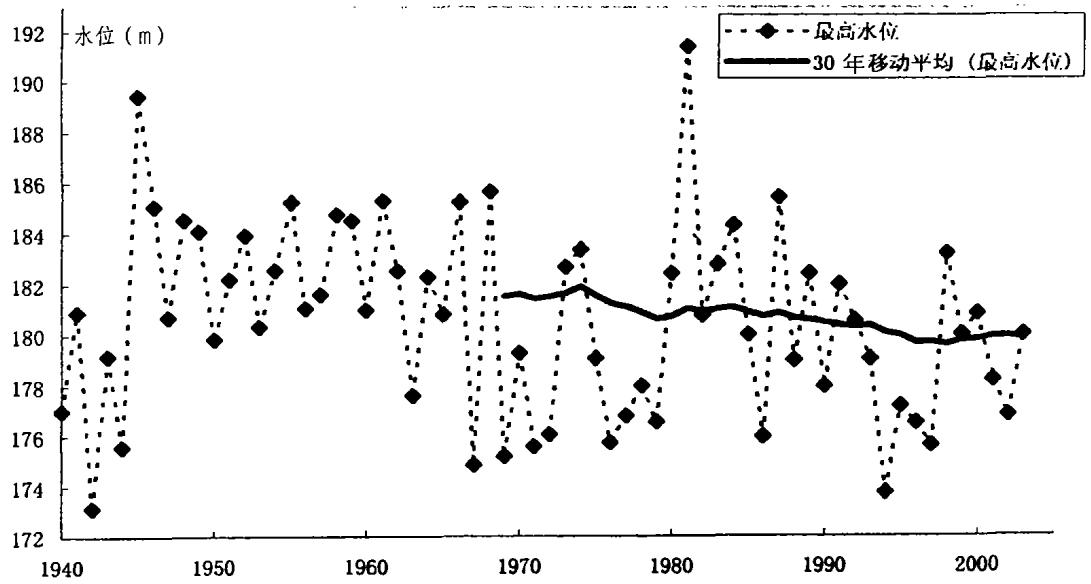

图1 寸滩1940～2003年最高水位变化

2 灰色马尔科夫预测模型

以寸滩站1940年至2003年年最高水位序列为研究对象，先用1940年至1999年的数据建立灰色马尔科夫预测模型，然后用2000～2003年数据对模型进行检验，并对2004年最高水位进行了预测.

1) 对实测数据序列(1940年至1999年)$X_i^{(0)}(i=1,2,\cdots,n)$建立GM(1,1)模型，得到模型参数估计值为：

$\hat{a}=0.00024 \quad \hat{u}=182.72$

则有 $\hat{x}^{(0)}(i+1)=-736426exp(-0.00024\times i)+736605$ (1)

将模型计算的新生成数据序列累减还原，得模型的模拟(预测)值，即

$\hat{x}^{(0)}(1)=x^{(0)}(1);\hat{x}^{(0)}(i)=x^{(1)}(i-1)$ (2)

可求出GM(1,1)模型的预测值和一次残差及相对误差序列.

2) 根据马尔科夫链理论[2]，对相对误差序列建立马尔科夫预测模型，确定状态转移概率矩阵.本文对最高水位的预测，其状态界限是不确定的.因此求状态转移概率矩阵时，可以采用试算法：先选取一组临界值，求出概率转移矩阵，并用已知数据进行检验，符合率高者为选用转移概率矩阵.经过试算，本文以-2%，-0.5%，0.5%，2%为界限，将相对误差序列划分为5个区间，即相对误差的概率状态空间划分为：

表2 概率状态划分

%	$-\infty\sim-2$	$-2\sim-0.5$	$-0.5\sim0.5$	$0.5\sim2$	$2\sim+\infty$
状态空间	1	2	3	4	5

据此可求出相对误差序列所处状态.

3) 考察一步转移概率矩阵，求得最有可能转移的状态，然后对误差序列进行修正，得到马尔科夫修正值(二次拟合值)，并计算二次拟合误差.

4) 精度检验

模型精度分析结果见表3.GM(1,1)模型的残差平方和为13.548，而马尔科夫修正值的残差平方和为11.580；GM(1,1)模型预测合格率为45.94%，而马尔科夫修正值预测合格率为82.12%.比较可知，经马尔科夫模型进行修正后，预测精度明显提高.可以看出，灰色模型大体反映了年最高水位的下降趋势，而经过马尔科夫模型对预测误差进行修正后，模型预测精度提高，计算值与实际值吻合良好.

表3 模型精度分析结果

	残差平方和	平均相对误差	合格率
GM(1,1)模型	13.548	1.64%	45.94%
马尔科夫修正	11.580	1.51%	82.12%

注：最高水位预报允许误差取多年变幅的10%，模型预测误差小于允许误差为合格[3].寸滩年最高水位多年变幅(1994～2003年)为18.25*m*.

5) 预测

用所建模型预测寸滩站2000～2003年最高水位，结果见表4.2000～2003年最高水位与实际出现的最高水位值相差不大，预测结果合格.2004年最高水位预测为177.24m，趋势为中等.考虑到可能的气候变化影响，随降水量的增加或气温的上升，年最高

表4 寸滩站2000～2004年最高水位预测结果

年 份	2000	2001	2002	2003	2004
预测水位	180.35	180.04	176.18	178.63	177.24
实际水位	180.84	178.19	176.80	180.01	
精度评估	合格	合格	合格	合格	

维普资讯 http://www.cqvip.com

水位也将可能增加或减小,至于气候变化的影响幅度将有待于进一步探讨.

6) 模型在其他站年最高水位预报中的推广应用

依据上述原理,对长江上游控制站北碚、朱沱和武隆站的年最高水位进行预测分析,结果见表 5.表 5 列出模型参数估计值和模型精度评估结果.可以看出,模型精度能满足年最高水位预报要求.这说明灰色马尔科夫模型可以应用于长期预报中.

表 5　长江上游主要控制站年最高水位预报

站名	$\hat{a}$	$\hat{u}$	平均相对误差 %	合格率 %	预测精度
北碚	0.00002	195.6063	2.33	81.36	合格
朱沱	0.00018	211.3578	1.26	83.94	合格
武隆	0.00003	193.9686	1.75	82.23	合格

3　结　　论

1) 本文应用灰色马尔科夫预报模型,对长江上游主要控制站寸滩站年最高水位变化进行预测分析.模型兼有灰色系统应用几个数据即可建模预报、以及马尔科夫链可以预报波动较大值的特点,预测精度相对较高.可见用 GM(1,1) 模型来预测水文现象的发展趋势,同时用马尔科夫预测波动值,两者结合可以较好地预测分析水文过程.

2) 为了提高灰色模型预测的可靠性,有必要结合气候变化过程进行分析,以提高预测的精度.

参考文献:

[1] 李漱芳.四川气候变化对淡水资源影响[J].四川气象,1999,19(2),26~33.

[2] 申鼎煊.随机过程[M].武汉:华中理工大学出版社,1990.

[3] 中华人民共和国水利部.水文情报预报规范 SL250-2000[S].北京:中国水利水电出版社,2000.

Predicting model of annual maximum water level

WANG Miao-lin[1,2], FU Hua[3], LIU De-chun[1]

(1.Bureau of Hydrology and Water Resources Survey of the Upper Yangtze River, Chongqing 400014, China; 2.Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3.School of River & Ocean, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: The change of annual maximum water level at Cuntan section in the Yangtze River was analyzed. It was found that an obvious decrease since 1970. Grey Markov Model was developed and used to analyze the change of annual maximum water level in the basin. And it was concluded that the predictions were coincident with the actual case. So the model can be spread and applied in the long-term hydrological predictions.

Key words: grey model; Markov model; annual maximum water level; climate change; long-term hydrological predicting