

# 基于季节性模型的长期降水预测及预报检验

郑小华, 杜莉丽 (陕西省气象局减灾服务中心, 陕西西安 710015)

**摘要** 应用季节交乘趋势模型进行长期降水预测, 对陕西的 8 个国家基准站进行了近 6 年逐月的降水预测, 并运用中国气象局降水评分办法进行了预测检验。结果表明, 近 6 年预测年降水评分均高于主观评分, 是一种具有较好的应用前景的预测模型, 建立预报水平平稳, 可以广泛地应用于长期降水预测。

**关键词** 季节交乘模型; 长期降水预测; 预报检验

**中图分类号** S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)28-11454-02

## The Long-term Prediction and Verification of Rainfall Based on the seasonal Model

ZHENG Xiao-hua et al (Disaster Reduction and Service Center of Shaanxi Meteorological Bureau, Xi'an, Shaanxi 710015)

**Abstract** The long-term prediction of rainfall was conducted by using seasonal cross-multiplication trend model, the monthly precipitation of eight national basic observatory of Shaanxi Province from 2005 to 2010 was forecasted, and these results were checked by using the rainfall scoring rules of China Meteorological Administration. The average scoring of recent six year precipitation is higher than that made by professional forecaster, so this model have a good prospect of application, the level of making prediction is steady, it can be widely used in long-term prediction.

**Key words** Seasonal cross-multiplication model; Long-term prediction of rainfall; Forecast verification

大气降水预测尤其是未来年、季、月降水预测一直是气象和水温预报中的重点课题。近年来, 我国在降水预测等方面也取得了大量的研究成果<sup>[1-4]</sup>, 这些预测方法在降水预测中均取得了较好的效果。季节交乘趋势模型适应于历史资料数据序列的消长变化既有趋势又有季节影响, 且此趋势以稳定的速率上升或下降, 季节影响与在季节性水平时间序列模型中所表现的相同, 由这 2 种因素结合形成的类型, 其季节性波动在趋势部分的水准高时比水准较低时大。月降水资料是符合这一特征的, 实际预报结果检测表明, 这种模式的预测水平高于主观预报水平, 同时该模型仅需要历年的降水资料, 资料数据不必具有典型的概率分布, 资料的时间长度不限, 建立模型的拟合值与实际值的相对误差不大, 可以用于降水的年、季、月预测, 有利于预报水平的稳步提高和简化预报程序, 是一种具有较好的应用前景的预测模型。笔者应用季节交乘趋势模型对陕西 8 个站近 6 年的逐月降水量进行了预测, 并运用中国气象局降水评分方法进行了预测检验。

## 1 资料与方法

**1.1 资料来源** 选取陕西榆林、靖边、绥德、延安、洛川、武功、汉中、安康 8 个测站 1971~2009 年逐月降水量, 资料来源于陕西省气象局信息中心。

## 1.2 分析方法

**1.2.1 季节性交乘趋势模型。**设在时段  $T + \tau$  的平均值的数学期望  $\mu_{T+\tau} = (a_T + b_T)\rho_{T+\tau}$ , 式中,  $a_T$  是  $T$  时段的平均水准;  $b$  为该时段斜率;  $\rho_{T+\tau}$  为时段  $T + \tau$  的季节比;  $\rho_T$  是在时段  $T$  的季节比, 其值总是大于等于 0,  $\rho_T$  在一个周期内平均值是 1。当  $\rho_T = 1$  时, 第  $T$  时段的期望值  $\mu_T$  与一个周期的平均值

$(a_T + b_T)$  相同; 若  $\rho_T < 1$ , 则  $\mu_T < (a_T + b_T)$ ; 若  $\rho_T > 1$ , 则  $\mu_T > (a_T + b_T)$ 。在建立预测预报模型时, 先利用历史数据  $\{x_1, x_2, \dots, x_T\}$  来计算时间序列中长度为  $M$  的季节周期中的  $M + 2$  个未知系数、在时段  $T$  中  $a_T$  的估值  $\hat{a}_T$ 、 $b_T$  的计算值  $\hat{b}_T$ 、 $\rho_{T+\tau}$  的值  $\gamma_{T+\tau}$  ( $\tau = 1, 2, \dots, M$ )。要达此目的, 需将用到 3 个平滑参数  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$ , 每个参数均在区间  $(0, 1)$  内,  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$  分别是  $\hat{a}_T$ 、 $\hat{b}_T$  和  $\gamma_{T+\tau}$  的平滑参数。在应用此模型时分两步进行<sup>[5]</sup>。第一步是根据时间序列历史资料中完整的周期数据估计  $\hat{a}_T$ 、 $\hat{b}_T$  和  $\gamma_{T+\tau}$ , 并求出未来时段的预测值。将各时段的季节比除以各时段季节比的平均值, 得到修正值:  $\hat{r}_t = \bar{r}_t / \bar{r}$ , ( $t = 1, 2, \dots, M$ )。经过计算, 建立了预报模型, 得到参数  $\hat{a}_T$ 、 $\hat{b}_T$  和  $\gamma_{T+1}$ 、 $\gamma_{T+2}$ 、 $\dots$ 、 $\gamma_{T+M}$  的估计值, 并可对时段  $T$  的未来第  $\tau$  个时段进行预测。假如还有不足一个完整周期的时间序列数据, 就需要根据这些数据对原有模型进行修正。用单纯性加速方法对  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$  3 个平滑参数进行优化, 均方拟合误差即是优化后的目标函数, 使均方拟合误差达到最小, 同时在此条件下选出区间  $(0, 1)$  范围内的平滑参数  $a_0$ 、 $b_0$  和  $\gamma_0$ , 使  $\sigma_{\alpha, \beta, \gamma}^2 = \min\{\sigma_{\alpha, \beta, \gamma}^2 : 0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1\}$ , 再用  $a_0$ 、 $b_0$  和  $\gamma_0$  算出  $\hat{a}_T$ 、 $\hat{b}_T$  和  $\gamma_{T+\tau}$  ( $\tau = 1, 2, \dots, M$ ), 以此求出  $T$  在未来第  $\tau$  个时段的预测值  $\tau$ 。从计算方法来看这种模式不需要资料具有典型的正态分布特征, 且预测降水时仅需要历年的降水资料就可以。以安康 2009 年 1~12 月降水量预测为例, 运用此模型对长期降水量进行预测。预测某一年的降水均利用这年前一年至 1971 的资料作为历史资料计算平均值和建立方程, 分别计算各站逐月的预测雨量, 同时计算评分。

**1.2.2 预报评定方法。**根据中国气象局 2009 年 10 月 30 日开始执行的短期气候预测质量分级检验办法。国家局短期气候预测质量分级及检验办法将降水量分为特少、偏少、正常略少、正常略多、偏多、特多 6 个等级<sup>[6]</sup>。多站气候趋势预测检验总评分计算公式为  $P_s = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N}$ , 式中,  $P_s$  为多站气候趋

**基金项目** 国家重大科学研究计划“973”项目(2012CB956204); 中国气象局气候变化专项(CCSF2011-4)。

**作者简介** 郑小华(1978-), 女, 陕西安康人, 高级工程师, 硕士, 从事气象防灾减灾工作, E-mail: zhx\_qzj@126.com。

**收稿日期** 2013-08-27

势预测评分,  $P_i$  为单站的评分,  $N$  为参加评分的总站数<sup>[5]</sup>。全年预测质量为全年各月预测检验评分的平均值, 预测技巧评分为全年各月预测技巧评分的平均值, 其计算公式为  $MPs$

$$= \frac{\sum_{i=1}^N P_{s_i}}{m}, \text{式中, } MPs \text{ 为预测检验评分 } m \text{ 个月的平均值, } P_{s_i} \text{ 为}$$

第  $i$  个月的气候趋势预测评分<sup>[6]</sup>。

## 2 结果与分析

以安康 2009 年 1~12 月降水量预测为例, 经计算, 周期均值平滑参数  $\alpha = 0.010\ 000\ 00$ 、周期内斜率平滑参数  $\beta = 0.066\ 362\ 50$ 、周期内比值平滑参数  $\gamma = 0.010\ 000\ 00$ 、周期均值  $a = 785.305\ 726\ 34$ 、斜率  $b = 2.368\ 270\ 43$ , 预报模型  $x(\tau) = (785.305\ 726\ 34 + 2.368\ 270\ 43\tau)\gamma$ , 其中  $\tau$  为预测年份。从安康 2009 年 1~12 月各月评分(表 1)可以看出, 其中 4、5、7、8、11 月的降水评分均达 100 分, 各月最低评分也在 60 分, 全年平均评分 77 分。从表 2 可以看出, 2009 年陕西省各月的预报评分均在 70 分以上, 最高时 3、5、8、12 月预报评分均在 85 分, 且各月评分比较平均, 没有出现大起大落的情况, 全年评分 77 分。从表 3 可以看出, 近 5 年预报评分均在 77 分以上, 最高 83 分, 最低 77 分, 平均达 79 分。同时在预报评

分当中发现对于降水较历年异常偏多或偏少的年份, 预报水平较差, 但分数也均在 60 分以上, 对于偏差不大的月份, 预报准确率均高达 90 分以上, 预测水平非常平稳, 这种基于季节性模型的预报方法已经高于陕西省的主观预报水平, 是应用前景较好的一种年、季、月预报方法。

表 1 安康 2009 年 1~12 月降水预测及评分

$\tau$	季节比	预测值	实测值	历年平均值	评分
		mm	mm	mm	
1	0.074 1	5.8	0.6	5.1	60
2	0.151 3	12.0	6.9	10.3	60
3	0.457 4	36.2	20.7	31.1	60
4	0.792 8	63.0	63.6	53.8	100
5	1.270 6	101.3	127.8	86.2	100
6	1.755 1	140.3	20.3	119.1	60
7	2.211 3	177.3	177.2	151.5	100
8	1.815 3	146.0	164.2	124.1	100
9	1.765 3	142.3	91.2	120.5	60
10	1.194 0	96.6	62.9	81.2	60
11	0.398 7	32.4	46.4	27.2	100
12	0.114 1	9.2	4.2	7.7	60

表 2 陕西 8 站 2009 年各月雨量预测评分

月份	安康	汉中	武功	延安	榆林	靖边	绥德	洛川	评分
1	60	100	60	100	60	60	100	60	75
2	60	60	100	60	60	60	60	100	70
3	60	100	100	100	60	100	100	60	85
4	100	100	60	60	60	60	100	60	75
5	100	60	100	60	100	100	60	100	85
6	60	100	100	100	60	60	100	60	80
7	100	100	60	60	100	60	60	60	75
8	100	60	100	60	100	100	60	100	85
9	60	60	60	60	100	60	60	60	65
10	60	60	60	100	60	60	100	60	70
11	100	60	100	40	80	40	40	100	70
12	60	100	100	100	60	60	100	100	85
平均	77	80	83	75	75	68	78	77	77

表 3 陕西 8 站 2006~2008 年雨量预测评分

年份	安康	汉中	武功	延安	榆林	靖边	绥德	洛川	评分
2005	83	90	77	90	70	87	93	73	83
2006	73	85	70	75	82	87	78	83	79
2007	77	83	77	80	82	72	78	83	79
2008	80	77	85	82	78	88	85	72	81
2009	77	80	83	75	75	68	78	77	77
2010	77	73	77	87	83	68	85	77	78
平均	78	81	78	82	78	78	83	78	79

## 3 小结与讨论

(1) 季节交乘趋势模型建模资料不需具有典型的概率分布, 资料长度不限, 随着资料序列的更新样本资料也随时更新, 预报水平可随资料序列的加长和更新而提高。

(2) 模型的拟合值与实际值的平均相对误差不大, 可以用于年、季、月长期降水预测。通过试验表明, 预报评分高于主观预报水平, 是一种具有较好应用前景的预测模型。

(3) 建立预报模型仅需历年的降水资料, 不像别的模式均需要输入大量的气象因子才能建立方程, 且不需要调整模型的参数, 同时预测结果评分比较平稳, 可以广泛地应用于长期预报。

## 参考文献

- [1] 谢炯光, 秦冰冰. 奇异值分解方法在季降水预测中的应用[J]. 气象学报, 1997, 55(1): 117-123.

弯矩： $M_N = M_{(x+0.2)} = M_A + \frac{1}{2}(q+g)(x+0.2)[B - (x+0.2)]$

(2) 跨中截面

$$\text{弯矩: } M_{\max} = \frac{1}{8}(q+g)B^2 + M_A$$

**3.4 横拉杆** 拉杆两端与侧墙顶肋整浇, 由于侧墙刚度远大于拉杆, 因此, 可将拉杆视为其两端为固定端。拉杆承受荷载包括其自重  $g$  和人行板传来的荷载  $q$ 。横拉杆示意图见

图 8。

(1) 支座截面

$$\text{弯矩: } M_A = M_B = -\gamma_0\varphi\left[\frac{1}{12}gl^2 + \frac{1}{6}qC\left(3 - \frac{2C}{l}\right)\right]$$

$$\text{剪力: } V_A = V_B = \gamma_0\varphi\left(\frac{1}{2}gl + qC\right)$$

(2) 跨中截面

$$\text{弯矩: } M_{\max} = \gamma_0\varphi\left(\frac{1}{24}gl^2 + \frac{1}{3l}qC^3\right)$$

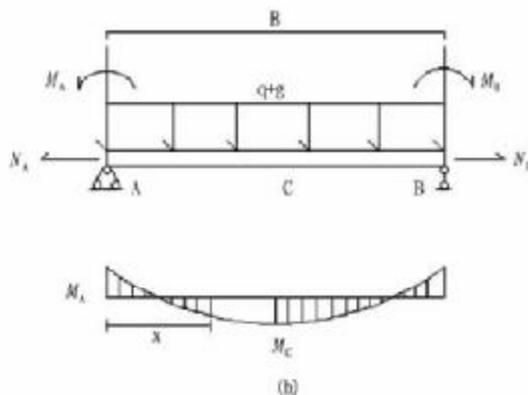
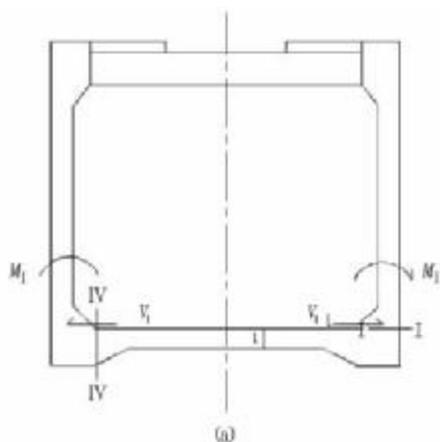


图 7 有拉杆式渡槽底板示意图

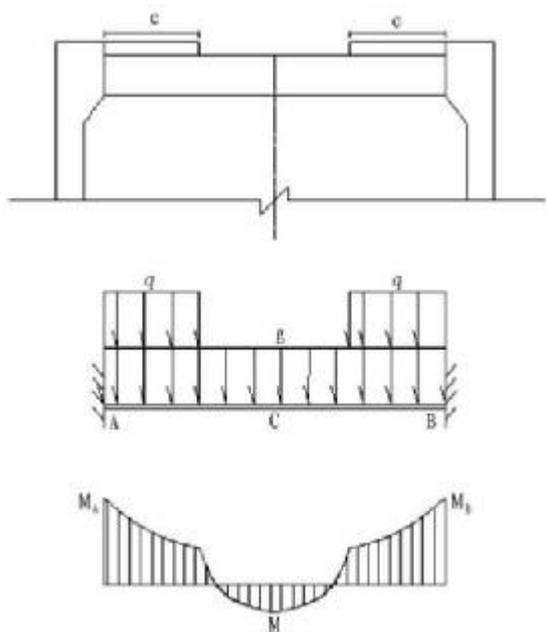


图 8 有拉杆式渡槽横拉杆示意图

**4 小结**

渡槽结构包括槽身、刚架、基础和一些细部构造, 而不同

类型渡槽主要通过槽身结构得以体现。在工程设计时, 通常首先对槽身进行设计, 因此, 对渡槽槽身的力学分析计算是否准确将直接影响着其刚架和基础设计。通过对有拉杆和无拉杆两种常用矩形渡槽槽身结构对比和详细的受力分析可知, 人行道、侧墙和底板受力特性均存在一定差异, 对于有拉杆而言, 则另需对横拉杆进行分析研究。因此, 对于有无横拉杆渡槽而言, 二者受力特性不相同, 在分析荷载、计算内力过程中不可混为一谈。

邢旭光<sup>[1]</sup>将渡槽设计与 VB 理论进行结合, 效果良好。鉴于此, 亦可将该研究置于 VB 环境, 从而提高计算精度和工作效率。

**参考文献**

[1] 邢旭光, 史文娟. 基于 VB 下的渡槽设计研究[J]. 水资源与水工程学报, 2011, 22(4): 118-120.  
 [2] 季日臣, 陈尧隆, 房振叶. 大型多纵梁矩形渡槽受力分析与结构形式选择[J]. 水力发电学报, 2007, 26(3): 49-53.  
 [3] 陈德亮, 王长德. 水工建筑物[M]. 4 版. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.  
 [4] 孙训方, 方孝淑. 材料力学[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1987.  
 [5] 李廉银. 结构力学[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 1996.  
 [6] 黄小青, 曾庆敦. 工程结构力学(I)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.  
 [7] 河海大学, 等. 水工钢筋混凝土结构学[M]. 3 版. 北京: 中国水利水电出版社, 1996.

(上接第 11455 页)

[2] 彭京备, 陈烈庭, 张庆云. 多因子和多尺度合成中国夏季降水预测模型及预报试验[J]. 大气科学, 2006, 30(4): 596-608.  
 [3] 黄颖, 金龙. 华南前汛期降水预测模型及其预测试验[J]. 热带气象学报, 2011(5): 753-757.  
 [4] 魏凤英, 黄嘉佑. 我国东部夏季降水量统计降尺度的可预测性研究[J]. 热带气象学报, 2010(4): 483-488.  
 [5] 田武文, 吴素良, 王娜. 月尺度降水的客观预测方法研究[J]. 高原气象, 2010, 29(4): 1072-1077.

[6] 雷向杰. 短期气候预测质量评估方法与业务考核办法[J]. 陕西气象, 2008(6): 25-28.  
 [7] 程智. 一种预测我国汛期降水统计模型的建立[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(16): 9877-9878, 9930.  
 [8] 王碧波, 曹艳芳, 石静, 等. 赤峰市松山区近 51 年降水变化趋势分析[J]. 内蒙古农业科技, 2012(4): 102-103, 111.