

# 鞍山夏季旱涝等级与暴雨次数的关系及预报

韩艳凤<sup>1,2</sup> 王冀<sup>2</sup> 卢忠诚<sup>2</sup> 阎琦<sup>2</sup>

(1. 南京气象学院研究生部 南京 210044; 2. 鞍山市气象局 鞍山 114004)

**摘要** 利用鞍山近50 a夏季降水资料,分析了鞍山夏季旱涝等级与暴雨次数的关系,指出暴雨是影响夏季旱涝的主要因素,并利用AR-MA( $p, q$ )模型对1991~2002年鞍山暴雨次数进行试报检验。

**关键词** 旱涝等级 暴雨次数 ARMA( $p, q$ )模型

夏季旱涝趋势预报历来是气象部门的预报服务重点,在防汛抗旱工作中一直受到各级政府和有关部门的高度重视。鞍山地区夏季降水异常年份较多,旱涝的发生频率较高,我们通过对照鞍山地区夏季(6~8月)降水的统计分析,发现暴雨不仅是本地区夏季的重要灾害性天气之一,同时也决定着鞍山的旱涝程度。但是,对于鞍山夏季旱涝与暴雨次数之间的相关关系还没有人做深入的研究。针对这一课题,本文首先研究了夏季旱涝与暴雨次数之间的相关关系,并利用统计预报方法对鞍山1991~2002年的夏季暴雨次数进行了试报检验,进而初步探讨了夏季旱涝趋势的预报方法,为以后的业务工作提供参考。

## 1 旱涝等级和暴雨次数标准

本文根据魏凤英、张先恭<sup>[1]</sup>旱涝等级的划分方法,将鞍山夏季旱涝分为5个等级:1级为涝,2级为偏涝,3级为正常,4级为偏旱,5级为旱。旱涝等级的划分有多种方法,本文只是以夏季总降水量为标准来划分鞍山夏季旱涝等级,并没有考虑蒸发、地表状况等其他因素

旱涝等级的计算标准为:

表1 1951~2000年鞍山夏季暴雨次数和旱涝等级统计

年份	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
旱涝等级	2	4	1	1	2	3	3	4	3	1	4	3	3	2	4	2	4
暴雨次数	2	1	1	3	3	2	1	0	0	4	1	3	1	2	4	2	0
年份	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
旱涝等级	4	3	3	3	5	2	4	2	3	4	4	5	3	4	3	4	2
暴雨次数	0	4	1	1	2	5	1	3	0	1	0	1	2	3	0	1	4
年份	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
旱涝等级	1	1	4	3	5	4	2	4	3	1	2	2	4	4	3	5	
暴雨次数	6	1	1	2	0	1	2	1	2	5	2	2	1	1	3	0	

根据表1,计算出旱涝等级与暴雨次数的相关系数为-0.57,通过了0.01的信度检验。从此相关系数可以看出旱涝等级与暴雨次数之间呈现出很好的反相关,即暴雨次数越多,涝的可能性越大、旱的可能性越小。反之亦然。

以上可以看到,旱涝等级为4或5级的年份,大部分没有暴雨或只有1次暴雨,说明鞍山的干旱大多是由于暴雨的稀少造成的。在其中的2次例外中,比如1965年,夏季主要降水都集中在8月2~7日,短短的6d内出现了4次暴雨,降水

$$1 \text{ 级 } (R' + 1.17\delta) < R_i$$

$$2 \text{ 级 } (R' + 0.33\delta) < R_i \leq (R' + 1.17\delta)$$

$$3 \text{ 级 } (R' - 0.33\delta) < R_i \leq (R' + 0.33\delta)$$

$$4 \text{ 级 } (R' - 1.17\delta) < R_i \leq (R' - 0.33\delta)$$

$$5 \text{ 级 } R_i \leq (R' - 1.17\delta)$$

$R'$ 为6~8月多年平均降水量, $R_i$ 为逐年6~8月降水量, $\delta$ 为标准差。

首先计算出鞍山旱涝等级的临界值,再根据临界值将1951~2000年逐年6~8月总降水量换算成旱涝等级。

暴雨次数的确定:业务规定将日降水量大于等于50 mm为暴雨标准。本文为更确切地描述暴雨的强度,将暴雨次数定为日降水量达到50 mm为1次暴雨,日降水量达到100 mm则定为2次暴雨,达到150 mm定为3次暴雨,依此类推。

## 2 旱涝等级和暴雨次数统计分析

利用鞍山1951~2000年计50 a的6~8月降水资料,计算出鞍山夏季平均降水量 $R' = 436.6$  mm,标准差 $\delta = 134.8$  mm,并根据旱涝等级划分标准,将鞍山夏季降水量逐年分级,与暴雨次数的统计一同列入表1。

量达264 mm,占整个夏季降水量的72%;1972年的情况也比较类似,都是由于降水的过分集中导致夏季干旱。另外,在旱涝等级为1,2级的年份中大多有2次以上的暴雨,在暴雨次数偏少的2次例外中,1953,1986年的大雨天气特多,均为11次。

## 3 ARMA 模型

根据项静恬、史久恩等<sup>[2]</sup>的论述,ARMA模型是1种动态数据处理模型,它是对静态数据的多元回归模型的深化和

收稿日期:2003-03-12;修订日期:2003-05-09

拓展。

静态数据多元回归方程:

$$y_t = \beta_1 X_{t1} + \beta_2 X_{t2} + \dots + \beta_r X_{tr} + \epsilon_t \quad t = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

式(1)表示了观测值  $\{y_t\}$  对于另一组观测值  $\{x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tr}\}$  的相关性。若把式(1)做适当的修改,可以得到一个新的数据模型:

$$X_t = \zeta_1 X_{t-1} + \zeta_2 X_{t-2} + \dots + \zeta_r X_{t-p} + \alpha_t \quad t = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

式(2)中,  $X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-p}$  同属于平稳序列  $\{x_t\}$  是序列中不同时刻的随机变量,彼此间有线性的相依关系,因此式(2)是一种动态数据模型。若对式(2)做进一步的拓展,可以得到一种全新的序列描述模型:

$$X_t - \beta_1 X_{t-1} - \beta_2 X_{t-2} - \dots - \beta_p X_{t-p} = \alpha_t - \zeta_1 \alpha_{t-1} - \zeta_2 \alpha_{t-2} - \dots - \zeta_q \alpha_{t-p} \quad t = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

为了使模型描述简单引进推移算子  $B$ ,并令

$$\beta(B) = 1 - \beta_1 B - \beta_2 B^2 - \dots - \beta_p B^p$$

$$\zeta(B) = 1 - \zeta_1 B - \zeta_2 B^2 - \dots - \zeta_q B^q$$

所以,式(3)可简化为

$$\beta(B)x_t = \zeta(B)\alpha_t \quad (4)$$

此模型用线性差分方程描述了序列  $\{X_t\}$  和  $\{\alpha_t\}$  不同时段之

间的线性关系,因此是一种线性时序模型。

需要指出,如果  $\{X_t\}$  是平稳零均值序列,且满足如下条件:假定  $B$  算子多项式  $\beta(B)$  与  $\zeta(B)$  没有公共因子;  $\beta_p \neq 0$  且  $\zeta_q \neq 0$ ;算子  $B$  多项式  $\beta(B)$  与  $\zeta(B)$  的根均在单位圆外;  $t$  时刻白噪声与前时刻  $X_{t-\tau}, \tau > 0$  不相关。这时模型(4)就称为  $p$  阶自回归 -  $q$  阶滑动平均混合模型,记为  $ARMA(p, q)$  也就是  $ARMA(p, q)$  模型。

## 4 利用 $ARMA(p, q)$ 模型预报汛期暴雨次数和汛期降水量

### 4.1 汛期暴雨次数预报

根据  $ARMA(p, q)$  模型设计建模预报程序。在建模过程中,初值估计采用逆函数法,参数估计采用最小二乘法,阶数判别采用  $F$  准则,参数规定了 95% 的置信区间。应用此程序,对鞍山 1991~2002 年夏季暴雨次数进行了逐年的试报检验。为保证数据序列的正态分布,把暴雨次数序列做了一些处理,使用的是暴雨次数的距平百分率(鞍山暴雨年平均为 1.8 次)。

$ARMA(p, q)$  模型可以做多步预报。但为了提高预报的准确率,本文采用单步预报模式,而且在做每年暴雨预报时,都要重新计算模型参数,也就是说每年的预报方程都是不一样的。预报结果见表 2。从表 2 可以看出,鞍山暴雨次数距平百

表 2 旱涝等级与暴雨预报和夏季降水预报

年份	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
旱涝等级	2	4	3	1	2	2	4	4	3	5	1	4
次数距平百分率	-36	-7	19	55	-6	22	41	12	-12	-34	24	-8
降水预报距平百分率	-4	23	-15	23	20	16	4	-23	-19	-19	-36	-15

分率预报与旱涝等级拟合效果较好,在 1991~2002 年的 12 次预报中,趋势正确的有 9 次,错误的有 3 次,确率为 75%。特别是典型涝年(1994 和 2001 年)和典型旱年(2000 年)的暴雨次数距平百分率预报效果更好。

### 4.2 汛期降水量距平与旱涝等级

为了验证通过用  $ARMA(p, q)$  模型预报汛期暴雨次数来预报旱涝的优劣,作为对比,我们用  $ARMA(p, q)$  模型对鞍山 1991~2002 年汛期降水量趋势也做了预报检验,预报结果一同列表 2。

表 2 中降水量的预报同样采用距平百分率。在 12 次预报中,预报趋势完全正确的有 7 次,基本正确的有 2 次,具有一定的参考性。但总体来讲,通过预报汛期暴雨次数来预报汛期旱涝结果要好一些。

从表 2 还可以看出,2 种预报方式预报结果完全相同的有 7 次,若再加上 1993,1999 年的趋势基本正确,预报结论取得了较好的一致性,特别是典型旱年(2000 年),2 种方式预报结果十分接近。但是,对于典型涝年(1994 和 2001 年),降水量距平百分率的预报结果为一正一误,其中 2001 年的预报完全相反,而暴雨次数的预报结论均正确。

总之,应用暴雨次数预报和夏季降水量距平预报均可以用来预测夏季旱涝等级,而暴雨次数预报对于典型旱涝年的预报效果则会更好一些。

## 5 结论

通过对鞍山夏季旱涝等级和暴雨次数关系的探讨和  $ARMA(p, q)$  模型在预报夏季暴雨趋势的应用检验,得出以下结论。

5.1 暴雨次数的多少是决定夏季旱涝的重要因素。同时,短时间内暴雨的过分集中,还是产生汛情的直接因素。

5.2 通过  $ARMA(p, q)$  模型预报暴雨次数的多少来进一步预报夏季旱涝可以取得较好的预报效果,但是,需要对数字序列进行处理来保证序列的正态或准正态分布。

5.3 值得注意的是,暴雨次数对于旱涝起着十分重要的作用,但并不是惟一因素,例如降水的时间分布状况同样影响着旱涝的发生,所以在实际应用中应综合考虑,以提高预报质量。

## 参考文献

- 魏凤英,张先恭. 1991~2000 年中国旱涝等级资料. 气象, 2001. (3).
- 项静恬,史久恩. 动态和静态数据处理. 北京:气象出版社, 1991.