

③

18-27

南方涛动对广西干旱的影响

易燕明

李耀先

李秀存

P426.616

(广西气象研究所)

(广西气象局, 南宁 530024)

摘要 通过对南方涛动指数与广西春秋干旱的时空变化规律及与影响广西春秋降雨的天气系统的关系的分析, 找出了7月及头年8月南方涛动指数分别与秋季和次年春季降雨的关系较为密切, 并且, 这两个月的南方涛动指数对影响春、秋降雨的天气系统有明显的制约作用, 用这两个月的SOI值制作的春秋干旱的GM(1,2)模型, 其效果较令人满意。

关键词 南方涛动 广西 干旱 影响

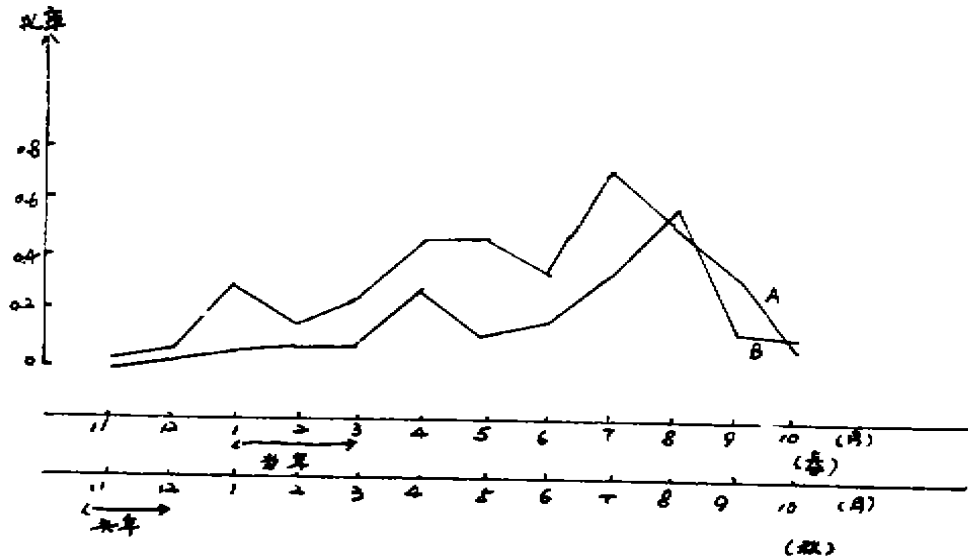
1 前言

广西地处低纬, 受季风气候的影响至为明显, 低纬天气系统的强弱左右着广西的降雨量, 使得广西春、秋两季的雨量年际之间存在较大的差异。近年来, 不少学者^[1, 2]对广西春秋干旱的成因进行了探讨, 认为西太平洋副高及印度洋副高对春旱影响较大, 而西太平洋副高和南海高压与秋雨量的关系较密切, 本文在分析了南方涛动指数与春秋旱关系的基础上, 还系统地分析了南方涛动指数与春秋干旱的天气系统的关系。

2 南方涛动与春、秋干旱的时空关系

前期南方涛动指数 (本文采用复活节岛气压减达尔文气压差表示, 简称SOI) 对西太平洋付高的强弱、脊线的纬度及脊点的经度均有显著作用^[4], 因此, 它对每年华南的旱涝分布也存在着一定的影响, 我们分别以9~10月雨量及下旬/3~中旬/4雨量作为秋旱、春旱指标^[5], 分析了头年11月至当年10月各月SOI与秋旱频率50%以上的36个站点及站点之间组合的9~10月雨量的相关值, 头年4月至当年3月各月SOI与春旱频率60%以上的44个站点及站点之间组合的下旬/3~中旬/4雨量的相关值, 各站点及各区域秋季和春季雨量与前期各月SOI的高相关主要分别出现于当年7月、头年8月 (见图1)。

把春、秋季的雨量按多雨 (雨量距平百分率 $> 30\%$)、少雨 (雨量距平百分率 $< -30\%$) 来统计, 则秋旱显著相关区雨量异常偏多的7年中, 当年7月的SOI均为负距平, 雨量异常偏少的7年中, 当年7月的SOI均为负距平; 春旱显著相关区雨量异常偏多的8年中, 头年8月的SOI均为正距平, 雨量异常偏少的8年中, 头年8月的SOI有7年为负距平 (见表1, 2)。



A——36组秋季雨量与各月SOI相关值达0.05信度的比率
 B——44组春季雨量与各月SOI相关值达0.05信度的比率

图1 南方涛动指数与春、秋干旱相关的时间变化动态

表1 显著相关区秋季多雨、少雨年雨量距平百分率
 与当年7月南方涛动指数距平(Δ SOI)对比

多雨年	1965	1969	1972	1976	1977	1983	1987	平均
当年7月 Δ SOI	-2.73	-0.90	-2.69	-1.73	-2.06	-1.40	-2.87	-2.05
雨量距平百分率	42	32	69	63	48	76	68	57
少雨年	1968	1971	1974	1978	1979	1985	1986	平均
当年7月 Δ SOI	1.49	0.55	2.24	1.16	2.63	0.06	0.66	1.26
雨量距平百分率	-47	-47	-73	-36	-38	-35	-30	-44

表2 显著相关区春季多雨、少雨年雨量距平百分率
 与头年8月南方涛动指数距平(Δ SOI)对比

多雨年	1965	1969	1975	1976	1981	1982	1985	1986	平均
头年8月 Δ SOI	2.47	0.0	0.8	3.63	0.2	0.92	0.39	1.47	1.24
雨量距平百分率	124	40	31	41	81	42	50	75	61
少雨年	1971	1977	1978	1980	1983	1984	1987	1988	平均
头年8月 Δ SOI	0.73	-2.14	-2.12	-0.89	-4.16	-0.19	-1.24	-2.49	-1.56
雨量距平百分率	-56	-44	-53	-39	-88	-57	-37	-66	-55

从干旱与SOI关系的空间分布来看,有26个站点秋季雨量与当年7月的SOI达到0.05信度的负相关,有24个站点春季雨量与头年8月SOI达到0.05信度的正相关。秋旱与当年7月SOI的高相关区在桂林、柳州及河池部分地区,相关最显著区在桂东北及象州、来宾一带,达到0.001的信度,春旱与头年8月SOI的高相关区在桂西南,相关最显著区在靖西、大新、扶绥一带,达0.01的信度,见图2、图3。

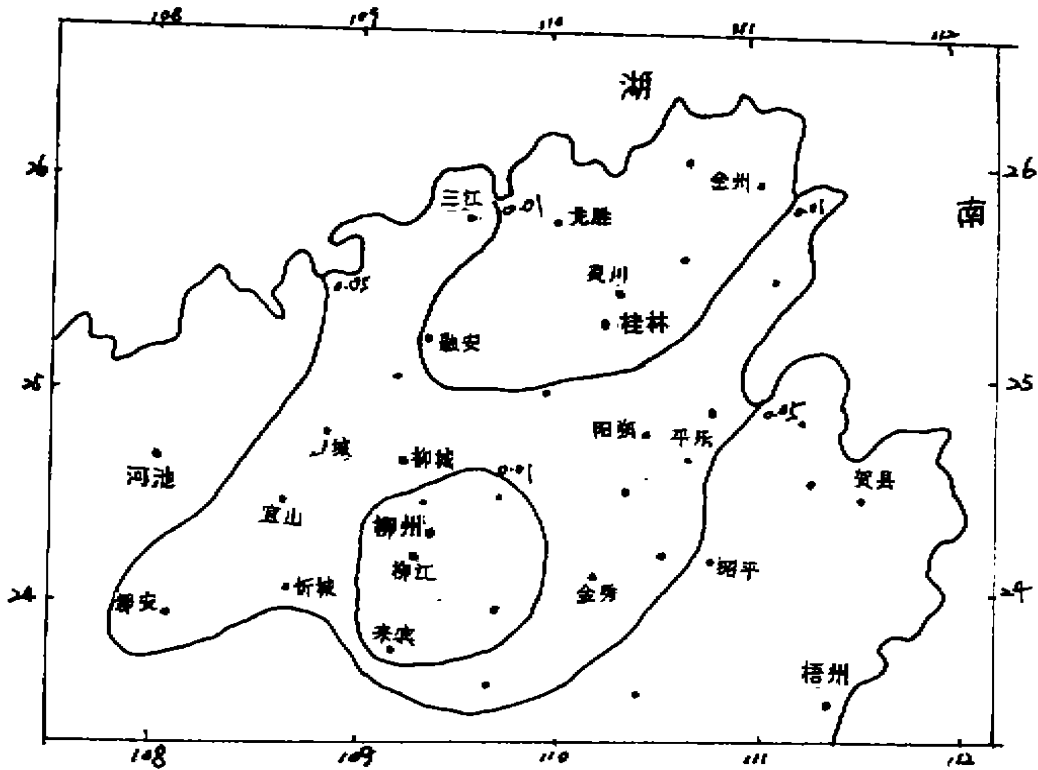


图2 7月SOI与秋季雨量的相关分布

此外,通过相关分析,可看出8月的SOI与其后持续8个月的SOI的相关系数均通过了信度为0.05的正相关显著性水平,即8月SOI的滞后影响能保持到次年4月;而7月的SOI只与其后持续3个月的SOI的相关系数通过0.05的正相关显著性水平。这也说明了,当年7月SOI和前年8月的SOI的高低分别影响广西当年秋季和次年春季降雨的多寡,即对广西的春、秋旱有着相当的指示性。

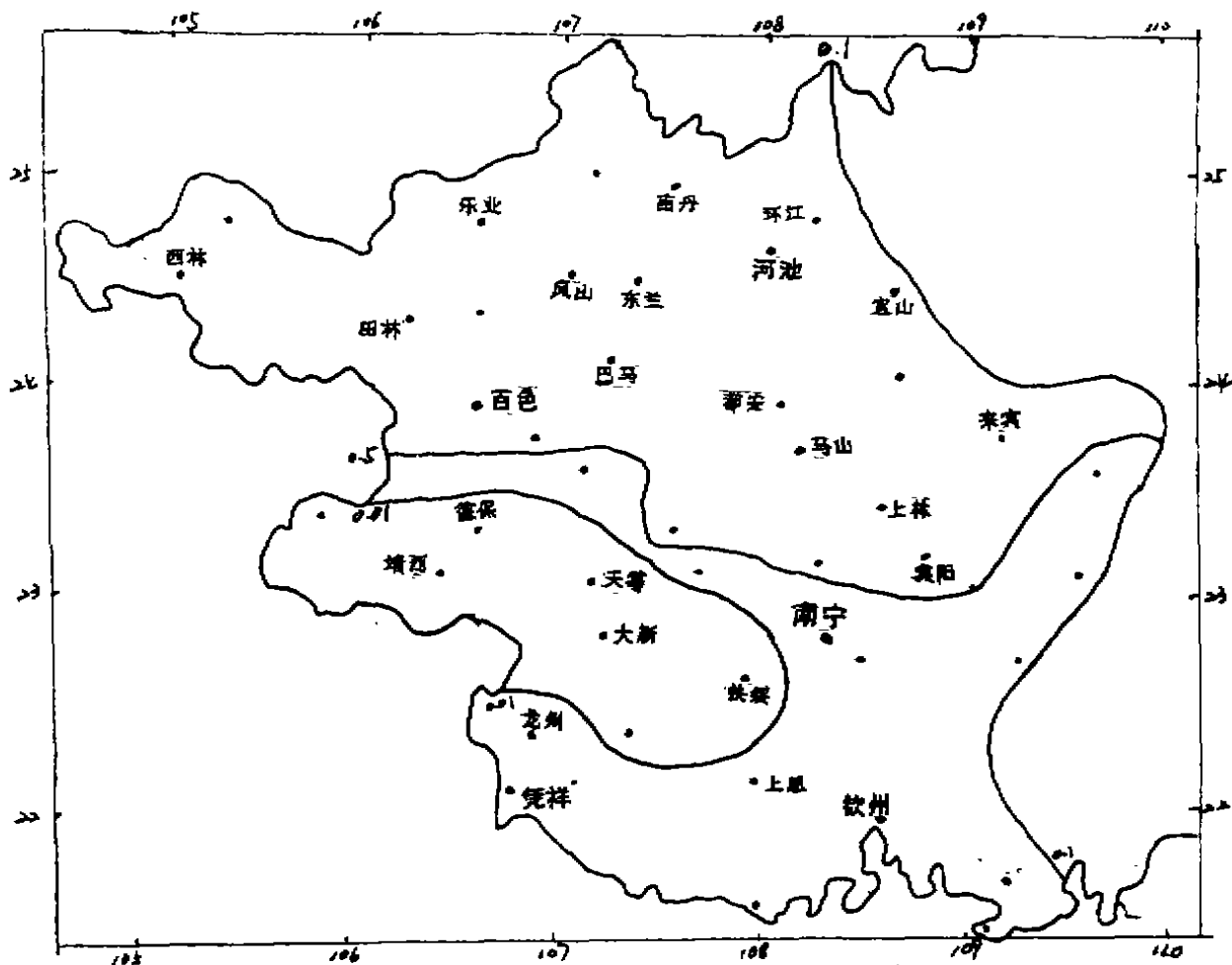


图 3 头年 8 月 SOI 与春季雨量的相关分布

3 南方涛动与影响春季降雨系统的关系

根据上述的分析，我们用头年 8 月的 SOI 与影响春季降水的天气系统进行相关分析，发现与西太平洋付高的强度及面积指数的关系极为密切（见表 3）。

表 3 头年 8 月 SOI 与西太平洋付高，印度洋付高相关系数表

项目	年	头 年				次 年							
	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
西太平洋付高强度		0.12	-0.29	-0.63	-0.63	-0.76	-0.82	-0.77	-0.65	-0.25	-0.14	-0.18	-0.21
西太平洋付高面积		-0.06	-0.35	-0.70	-0.63	-0.78	-0.80	-0.73	-0.63	-0.26	-0.21	-0.06	-0.16
印度洋付高强度			-0.23	-0.21	-0.58	-0.58	-0.47	-0.51	-0.49	-0.55			
印度洋付高面积			-0.29	-0.17	-0.58	-0.57	-0.52	-0.38	-0.49	-0.49			

从表3可看出,头年8月SOI与头年10月到次年4月的西太平洋付高强度、面积指数及头年12月至次年5月的印度洋付高强度、面积指数的关系比较密切。

表4 春季降雨量与西太平洋付高、印度洋付高相关系数表

项 目	年 月	头 年				次 年							
		9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
西太平洋付高强度		0.06	-0.37	-0.35	-0.50	-0.51	-0.52	-0.41	-0.26	-0.30	-0.20	-0.25	-0.28
西太平洋付高面积		-0.12	-0.37	-0.40	-0.53	-0.45	-0.50	-0.30	-0.25	-0.26	-0.31	-0.20	-0.20
印度洋付高强度			-0.23	-0.16	-0.50	-0.48	-0.35	-0.21	-0.26	-0.41			
印度洋付高面积			-0.27	-0.21	-0.50	-0.46	-0.38	-0.11	-0.22	-0.36			

从春季降水量与它们之间的关系(表4)来看,春季降雨与前年10月至次年3月的各月西太平洋付高强度、面积指数及前年12月至次年2月的印度洋付高强度、面积指数的关系也较为密切。这就说明了,头年8月SOI弱的年份,相应其后的西太平洋及印度洋付高的强度、面积均较弱,导致南面的水汽输送减弱,从而导致春季雨量的减少;反之,头年SOI强,西太平洋及印度洋付高强度、面积均较弱,使得南面海洋上空的水汽输送量大为增加,有利于春季雨量的增加。

4 南方涛动与影响秋季降雨系统的关系

用7月份SOI与影响秋季降雨的有关天气系统进行相关分析,得出,与9~10月的西太平洋付高500mb月平均付高588线北界位置(纬度)及南海高压的强度、面积指数的关系比较密切,其相关系数分别为0.4474, -0.6790, -0.6107。而桂东北秋季雨量与9~10月西太平洋付高588线北界位置及南海高压的强度、面积指数关系也比较密切,其相关系数分别为-0.4320, 0.7323, 0.6748, 它们均通过0.05的显著性水平。这就说明了,SOI强的年份,西太平洋付高500mb月平均付高588线北界偏北,而此季节,正值付高南撤,付高偏北,使得桂东北在付高控制之下,较强的下沉气流使该地区出现晴朗少云天气,降雨较少。而这一季节,南海高压出现时,多位于南海上空,使华南处于其西北侧的西南气流控制下,若7月SOI强,南海高压强度、面积较弱,不利于水汽输送到华南,使得降水偏少。7月SOI弱的年份,付高偏南,桂东北处于付高边缘地带,易形成降水。此时,南海高压强度、面积较强,有利于水汽从孟加拉湾沿西南气流从孟加拉湾源源不断地输送到华南,有利于降水。

5 广西春秋旱的SOI预测模型

前面得出影响广西春秋干旱的主要因子是头年8月SOI和当年7月的SOI,由于春秋季节的雨量和SOI的变化具有随机性,为此,我们采用灰色系统的GM(1,2)模型来建立其预测模型。

5.1 GM(1,2)的理论模型^[6]

GM(1,2)的一般形式为:

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt} + dx_1^{(1)} = bx_2^{(1)} \quad (1)$$

其中:

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} [x_1^{(1)}(2) + x_1^{(1)}(1)], & x_2^{(1)}(2) \\ -\frac{1}{2} [x_1^{(1)}(3) + x_1^{(1)}(2)], & x_2^{(1)}(3) \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2} [x_1^{(1)}(n) + x_1^{(1)}(n-1)], & x_2^{(1)}(n) \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$Y_N = [a^{(n)} x_1^{(1)}, 2), \dots \dots a^{(n)}(x_1^{(1)}, N)]^T \quad (3)$$

所以

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = [B^T \cdot B^{-1}] B^T \cdot Y_N \quad (4)$$

其时间响应为:

$$\hat{x}_1^{(1)}(t) = [x_1^{(1)}(0) - \frac{b}{a} x_2^{(1)}(0)] e^{-at} + \frac{b}{a} x_2^{(1)}(t) \quad (5)$$

离散响应为:

$$\hat{x}_1^{(1)}(k) = [x_1^{(1)}(0) - \frac{b}{a} x_2^{(1)}(0)] e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} x_2^{(1)}(k) \quad (6)$$

5.2 春旱的 GM(1,2) 预测模型

从图3可看出, 广西的春旱分三个显著区域, 我们选取天等代表春旱严重区, 南宁代表春旱中等区, 都安代表春旱轻度区。首先分别点绘春季雨量(下/3-中/4)和头年8月的SOI的二维灾变曲线图。以天等为例, 见图4和图5。

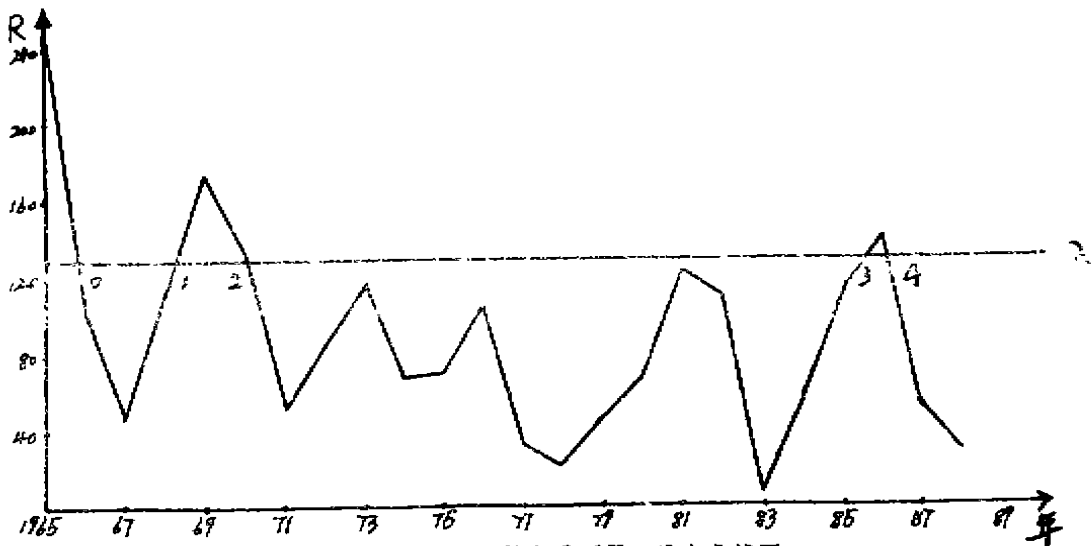


图4 天等春季雨量二维灾变曲线图

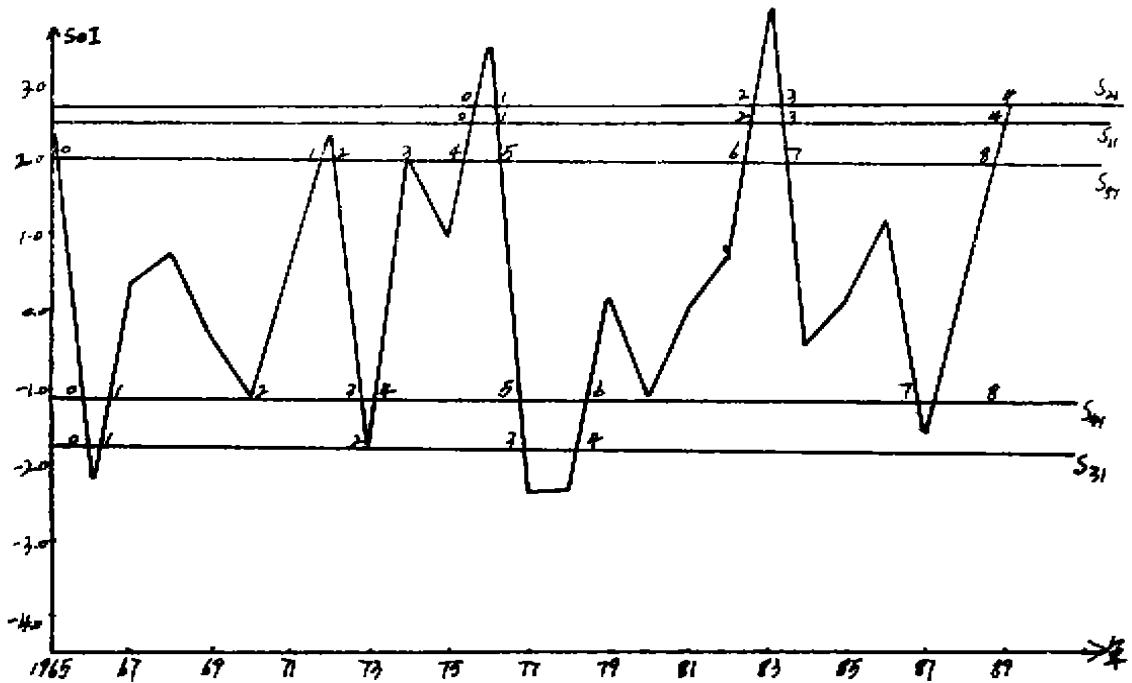


图5 天等头年8月SOI二维灾变曲线图

根据有关文献的分析^[5],3月下旬至4月中旬的雨量 $< 130\text{mm}$ 为春旱指标,我们选取截值 $\lambda = 130\text{mm}$. 从图4中得:

若以 $x_{(1)}^{(0)}(0) = 0$

则

$$x_{(1)}^{(1)}(1) = x_{(1)}^{(0)}(1) - x_{(1)}^{(0)}(0) = 26$$

$$x_{(1)}^{(1)}(2) = x_{(1)}^{(0)}(2) - x_{(1)}^{(0)}(0) = 42$$

$$x_{(1)}^{(1)}(3) = x_{(1)}^{(0)}(3) - x_{(1)}^{(0)}(0) = 198$$

$$x_{(1)}^{(1)}(4) = x_{(1)}^{(0)}(4) - x_{(1)}^{(0)}(0) = 203$$

即:

$$S_{(1)}^{(0)}(4) = (26, 42, 198, 203)$$

为了与 $S_{(1)}^{(0)}(4)$ 对应,在图5采用三个截值为: 2.46, 2.6, -1.76, 得出三组数值为:

$$S_{11}^{(0)}(4) = (6, 69, 83, 133)$$

$$S_{21}^{(0)}(4) = (4, 68, 81, 133)$$

$$S_{31}^{(0)}(4) = (3, 71, 110, 123)$$

求出 $S_{(1)}^{(0)}(4)$ 与 $S_{11}^{(0)}(4)$, $S_{21}^{(0)}(4)$, $S_{31}^{(0)}(4)$ 的相关系数分别为 0.818, 0.813, 0.886, 将相关系数最大的 $S_{31}^{(0)}(4)$, $S_{(1)}^{(0)}(4)$ 的数据输入计算机构造 GM(1,2) 模型为:

$$\hat{S}_{31}^{(1)}(k) = -2.2639S_{31}^{(1)}(k)e^{-0.6561(k-1)} + 2.2639S_{31}^{(1)}(k) \quad (7)$$

为了提高预测精度, 我们采用8种方程:

$$y = a + bx, \quad y = a + \frac{b}{x}, \quad y = a + bx^2, \quad y = ax^b, \\ y = ae^{bx}, \quad y = ae^{b/x}, \quad y = a + b \log x, \quad y = \frac{1}{a + be^{-x}}$$

来拟合 GM(1,2) 预测模型.

将 $\hat{S}_{31}^{(1)}(k)$ 的值与 $x_{(1)}^{(0)}(k)$ 值代入上述8种方程, 选择其相关系数最大的方程为拟合方程, (7)式的拟合方程为:

$$\hat{y}_1 = 8.3076 + 2.6423(\hat{S}_{31}^{(1)}(k))^2 \quad (8)$$

方程(8)的相关系数为0.9593, 基点预测年份(1986)误差为4.68%, 预测的拟合率为 $20/24 = 83\%$.

同理, 春旱中等的代表区南宁的 GM(1,2) 模型及拟合方程为:

$$N_{(1)}^{(0)}(4) = (149, 163, 195, 207)$$

$$S_{31}^{(0)}(4) = (4, 68, 81, 133)$$

$$\hat{N}_{(1)}^{(1)}(k) = -1.5998S_{31}^{(1)}(k)e^{1.6874(k-1)} + 1.5998S_{31}^{(1)}(k) \quad (9)$$

$$\hat{Y}_2 = 146.7391 + 0.1553N_{(1)}^{(1)}(k) \quad (10)$$

方程(10)的相关系数为0.9958, 基点年份(1987)的预测误差为0.27%, 预测的拟合率为 $24/24 = 100\%$.

春旱轻度代表区都安的 GM(1,2) 模型及拟合方程为:

$$P_{(1)}^{(0)}(8) = (14, 42, 62, 82, 121, 136, 140, 160)$$

$$S_{41}^{(0)}(8) = (7, 43, 71, 75, 111, 128, 212, 215)$$

$$\hat{P}_{(1)}^{(1)}(k) = -0.5863S_{41}^{(1)}(k)e^{1.0390(k-1)} + 0.5863S_{41}^{(1)}(k) \quad (11)$$

$$\hat{Y}_3 = -178.4624 + 247.7414 \log P_{(1)}^{(1)}(k) \quad (12)$$

方程(12)的相关系数为0.9526, 基点年份(1983)的预测误差为5.18%, 预测的拟合率为 $20/24 = 83\%$.

5.3 秋旱的 GM(1,2) 预测模型

从图2中可看出, 广西的秋旱分为三个显著区, 以桂林代表桂北秋旱区, 柳州、宜山代表桂中秋旱区.

根据有关资料, 以9~10月雨量在150mm以下作为秋旱指标^[9]. 同样, 采用春旱的建模方法可得出各区秋旱与7月SOI的 GM(1,2) 模型及其拟合方程分别为:

桂林: $G_{(1)}^{(0)}(10) = (23, 35, 50, 67, 87, 113, 135, 190, 198, 214)$

$h_3^{(0)}(10) = (30, 43, 55, 68, 99, 117, 156, 177, 205, 217)$

$$\hat{G}_{(1)}^{(1)}(k) = -1.0594 h_3^{(1)}(k) e^{-0.9456(k-1)} + 1.0594 h_3^{(1)}(k) \quad (13)$$

$$\hat{y}_4 = -8.7889 + 9.8242 G_{(1)}^{(1)}(k) \quad (14)$$

方程 (14) 的相关系数为 0.991, 基点年份 (1988 年) 的预测误差为 0.8%, 预测拟合率为 $20/24 = 83\%$ 。

柳州: $M_{(1)}^{(0)}(12) = (23, 40, 48, 66, 81, 109, 131, 139, 151, 177, 202, 207)$

$h_1^{(0)}(12) = (17, 41, 42, 60, 88, 110, 130, 135, 144, 189, 193, 208)$

$$\hat{M}_{(1)}^{(1)}(k) = -0.9977 h_1^{(1)}(k) e^{2.5124(k-1)} + 0.9977 h_1^{(1)}(k) \quad (15)$$

$$\hat{y}_5 = 5.5657 + 9.7340 \hat{M}_{(1)}^{(1)}(k) \quad (16)$$

方程 (16) 的相关系数为 0.9945, 基点年份 (1988) 的预测误差为 0.72%, 预测拟合率为 $20/24 = 83\%$ 。

宜山: $q_{(1)}^{(0)}(11) = (29, 43, 56, 60, 75, 85, 123, 150, 178, 195, 215)$

$h_2^{(0)}(11) = (28, 45, 53, 68, 98, 117, 155, 178, 191, 203, 216)$

$$\hat{q}_{(1)}^{(1)}(k) = -1.0781 h_2^{(1)}(k) e^{0.6133(k-1)} + 1.0781 h_2^{(1)}(k) \quad (17)$$

$$\hat{y}_6 = 31.2545 e^{0.0839 \hat{q}_{(1)}^{(1)}(k)} \quad (18)$$

方程 (18) 的相关系数为 0.9956, 基点年份 (1988) 的预测误差为 1.74%, 预测的拟合率为 $22/24 = 92\%$ 。

6 小结

6.1 本文用南方涛动指数分析广西春秋旱较为严重地区的时空变化, 得出: 头年 8 月的 SOI 与次年春季雨量为正相关, 最显著高相关区在桂西南, 7 月的 SOI 与秋季雨量为负相关, 高相关区在柳州、桂林及河池部分地区, 最显著高相关区在桂东北。

6.2 影响广西春旱的天气系统主要是西太平洋和印度洋付高的强度、面积指数, 而头年 8 月的 SOI 与这二者的关系较为密切。

6.3 影响广西秋旱的天气系统主要是西太平洋付高 500mb 月平均 588 线北界位置 (纬度) 和南海高压的强度、面积指数, 而 7 月 SOI 与这二者有着密切关系。

6.4 用灰色系统理论建立的 GM(1, 2) 模型可以使随机的春秋降水及相应的 SOI 值变成有规律。本文所建立的春、秋干旱的预测模型, 只是作春季雨量 $> 130\text{mm}$, 秋季雨量 $> 150\text{mm}$

出现年份的预测,若未出现的年份,则为春季 $<130\text{mm}$ 或秋季 $<150\text{mm}$ 的干旱年份。

7 参考文献

- 1 彭本贤. 广西春旱成因的初步分析及预报. 广西气象, 1988, (4)
- 2 丁宝善. 桂西北秋旱的基本特征及其成因. 广西气象, 1987, (9)
- 3 徐群. 上年6月南方涛动与江淮流域夏季降水趋势的隔年遥联. 海洋学报, 1990, (1)
- 4 徐群. 南方涛动与我国汛期(6~10月)西太平洋付高活动的相关分析. 科学通报, 1986, (3)
- 5 广西气象局等. 广西农业气候资源分析与利用. 气象出版社, 1988.
- 6 邓聚龙. 灰色控制系统. 华中工学院出版社, 1987.

The Affection of South oscillation on the Drought in Guangxi

Yi Yanming

(Guangxi Meteorology research Institute)

Li Yaoxian Li Xiucun

(Guangxi Meteorological service)

Abstract In the paper, by analysing the law of time-space changes of south oscillation exponent and drought in spring and fall in Guangxi and the relation between south oscillation exponent and weather systems which affect the precipitation in spring and fall in Guang, we found that the south oscillation exponent in July affects drought in fall and the south oscillation exponent in August last year influences the drought in spring, and more, the south oscillation exponents in these two months have a restriction weather systems which affect drought in spring and fall. The GM(1,2) model was made in the light of the SOI Values in these two months. The result was rather satisfactory.

Key words affection, South oscillation, drought, Guangxi