

我国东部夏季三类雨型的诊断和预测方法研究*

陈寅生 施能 刘海波**

(南京气象学院, 南京 200035)

提 要

采用三级逐步判别方法对我国东部地区夏季(6、7、8月)降水进行客观诊断和预测. 结果表明, 利用6个测站的夏季降水量即可定量诊断我国夏季雨型. 利用冬季500 hPa极涡面积和北半球遥相关型指数建立起来的三级判别函数只包含7个因子. 历史拟合率为38/39, 试报效果也较好, 从而为我国东部地区夏季降水型的客观预报提供了有应用价值的预报模型.

关键词: 夏季雨型; 逐步判别; 极涡面积; 遥相关型.

前 言

我国是著名的东亚季风气候区, 受夏季风的影响, 我国的旱涝主要与夏季6~8月雨带位置密切相关. 早在70年代, 廖荃荪等^[1]就曾指出, 我国东部地区夏季降水雨带的位置可分为三种类型: I类雨型主要多雨带位于黄河流域及其以北, 江淮流域大范围少雨, 梅雨偏弱并常有较明显的伏旱, 江南至华南一般亦为多雨区; II类雨型主要多雨带位于黄河至长江之间, 两区中心一般在淮河流域一带, 黄河以北及长江以南大部分地区少雨; III类雨型主要多雨带位于长江流域或江南, 淮河以北大范围地区及东南沿海地区少雨. 90年代, 廖荃荪等^[2]给出了三类雨型同期的降水百分率图及500 hPa同期高度距平合成图. 可以认为, 这三类雨型在很大程度上体现了我国东部地区夏季季风天气气候的主要特色. 本文的工作是建立在这种雨型划分基础上的. 本文根据夏季实测雨量建立了一个定量诊断夏季降水雨型的判别模型. 并根据文献[1]、[2]提出的预报夏季雨带的线索, 寻找夏季降水雨带的前期征兆和因子, 建立一个我国东部夏季雨型的三级判别预报模型. 根据历史检验和试报结果表明, 效果是比较好的.

1 资料与方法

本文研究所用的资料如下:

* 本文得到《长期天气预报理论和方法研究》课题资助.
** 现在北京气象中心工作. 参加计算工作的还有严进祥、王秀民.
1993-10-26收到, 1994-02-21收到修改稿.

(1) 我国夏季 160 站月降水量资料(供诊断雨型时用). (2) 我国东部夏季雨型资料取自文献[2]. (3) 北半球 500 hPa 月平均高度场网格点资料. (4) 西太平洋副高面积指数. (5) PNA、WP、WA、EU、EA 5 种遥相关型强度资料取自文献[3]. (6) 极涡面积指数根据文献[4]、[5]提供的计算公式计算得到. 极涡面积分北半球和 4 个分区共 5 种情形进行计算. (7) 北太平洋涛动 NPO 指数、2~3 月鄂霍茨克海—阿留申地区 500 hPa 高度距平值都根据文献[2]提供的方法进行计算. (8) 赤道东太平洋(经纬范围)海温. (9) 南方涛动指数 SOI 采用美国气候分析中心(Climatic Analysis Center)建立的序列.

上述(3)~(9)都作为夏季雨型的预报因子(前一年 12 月至当年 3 月,每月一个值)参与筛选. 其中,极涡面积和遥相关强度指数的冬季各月值之间再进行月际组合形成新的参选因子. 这样,共计 231 个因子参选.

本研究采用逐步多组判别方法(参照文献[6]),诊断判别三类雨带,所以是逐步三组判别方法.

2 我国东部夏季雨型的诊断

诊断我国东部夏季雨型所用的因子是夏季 6~8 月我国 160 个测站的实测降水量,即共有 160 个因子. 对雨带进行诊断,资料年代为 1951~1988 年,即 $n = 38$. 其中, I 类雨型个例数 $n_1 = 15$, II 类 $n_2 = 11$, III 类 $n_3 = 12$. 在 $F = 4.0$ 时进行逐步引入和剔除,建立 6 个变量的三级判别函数,拟合率达 38/38. 其判别函数为:

$$u_1 = -40.2589 + 0.0849x_1 + 0.0378x_2 + 0.0435x_3 - 0.0263x_4 + 0.027x_5 + 0.1107x_6$$

$$u_2 = -55.1356 + 0.0656x_1 + 0.0522x_2 + 0.0824x_3 - 0.0253x_4 + 0.0108x_5 + 0.2937x_6$$

$$u_3 = -32.375 + 0.0415x_1 + 0.0353x_2 + 0.0522x_3 - 0.0024x_4 + 0.0120x_5 + 0.1494x_6$$

此判别函数的 χ^2 统计量为 87.0035, 威尔克斯统计量为 0.0632, 信度达 0.001 以上. 其中变量 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ 分别为天津, 徐州, 蚌埠, 屯溪, 厦门及敦煌各站的 6~8 月降水量. 由上述 3 个判别方程, 只需要用 6 个测站的 6~8 月总降水量, 就可诊断我国夏季降水雨型. 这个结果表明, 文献[1]对我国东部地区夏季雨型的划分基本上是客观的. 同时也表明, 这样的划分可以用少数几个代表站的雨情资料来实现.

3 夏季雨型的预测

3.1 三级判别函数

资料年代:1951/1952~1989/1990, $n = 39$. 其中 I 类、II 类、III 类雨型个例数分别为 $n_1 = 15, n_2 = 13, n_3 = 11$. 计算方法取自文献[6], 由资料提供的基本物理因子分月(上年 12 月~当年 3 月)组合提取, 用三级逐步判别方法对这些因子进行筛选. 取 $F = 3.58$, 最后选出 7 个因子. 它们分别是:

x_1 : 北半球 12 月份极涡面积指数距平.

x_2 : 2 月份 1 区(亚洲)与 4 区(大西洋—欧洲)极涡面积指数距平和.

x_3 :1月份3区(北美)与2月份4区极涡面积指数距平和.

x_4 :2月份EU(欧亚)遥相关型强度指数.

x_5 :1月份与2月份PNA(太平洋北美)遥相关型强度指数和.

x_6 :2月份与3月份WP(西太平洋)遥相关型强度指数.

x_7 :上年12月份与当年2、3月份的PNA强度指数之和.

这7个因子的三组判别系数见表1.判别函数的 χ^2 统计量为78.3868,威尔克斯统计量为0.0930.拟合结果为38/39,信度达0.03以上.可以看出判别函数的历史拟合率达97%以上.

表1 7个预报因子的三组判别系数

Table 1 The three groups of discriminatory coefficients for seven predictors

组数	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
1	-0.9801	0.0528	-0.0560	-0.0339	-1.1638	2.7630	0.3304	-1.3590
2	-2.1157	0.1349	-0.0841	-0.0771	-0.9949	1.5949	2.8695	-2.8168
3	-4.4459	-0.2401	0.1838	0.1446	2.8832	-6.1289	-4.0175	6.2918

3.2 结果分析

由三级逐步判别法选出的7个因子可以看出,前3个为极涡面积指数,后4个为遥相关型强度因子.其它参选因子都被判别分析所剔除.同时还应指出,并不是所有冬季各月各区的极涡面积指数都能入选,而且2区(太平洋)的冬季各月和3月各区的极涡面积指数对我国东部夏季雨型都没有明显影响.极涡面积指数反映北极地区冷空气向南扩展的程度和方式.文献[2]中曾经指出,7月份东亚地区的阻高活动与1月欧亚地区及3月亚洲地区的极涡面积指数有密切关系.但本文选出的3个与极涡面积指数有关的因子与文献[2]的极涡因子有所不同,这可能与因子的组合方式有关.

遥相关型强度指数在三级逐步判别分析中显示出与极涡面积指数大致同等重要的作用,这是一个重要事实.Wallace^[7]1981年首先对北半球冬季遥相关型作了客观的划定和详尽的分析.他指出,冬季5种遥相关型相关系数 >0.60 的区域几乎占北半球面积的3/4,其中PNA型东西横跨75个经度,南北占35个纬度,垂直厚度可达大半个对流层.可见由遥相关型所表征的气压场上的跷跷板形势跨越北半球广大地域.Wallace同时还指出,5种冬季遥相关型强度指数之间具有很好的正交性和独立性,这一点也为以后的许多研究所证实.遥相关型强度指数所反映的气压场上的形势特征是动态的,而不是静止的,并且在温度场上也有反映,因此它是大范围热力和动力因子对北半球对流层大气长时间强迫作用的综合结果.我们只用几个简单的强度指数即可基本上反映出这种强迫效果,大大浓缩了信息.

文献[2]中指出的可以区分I、II类雨型的北太平洋涛动指数(即NPO),在我们的判别模型中未能被选中,这是由于NPO指数在计算中没有考虑高度场方差随纬度的变化,所以它实际上只反映了中高纬度的前期信息.而遥相关型强度指数是根据标准化网格点资料计算得到的,消除了高度场方差随纬度和经度的变化,所以它们可以均衡地表达气

压场的变化特征. 因此我们认为 WP(西太平洋遥相关) 型强度指数实际上能更有效地反映出北太平洋涛动的强度特征, 因而在我们的模型中, WP 型强度指数代替了 NPO 指数.

我们还要指出, 冬季 WA(西大西洋遥相关) 型和 EA(东大西洋遥相关) 型的强度对我国东部夏季雨型都无明显影响.

3.3 效果分析

三组判别函数之间的马氏距离 D 值和对应的 F 值列于表 2 中. 由表 2 可以看出, 1、2 组之间的 D 值最小, F 值也最小; 2、3 组之间的 D 值最大, F 值也最大; 1、3 组判别效果介于二者之间. 这就表明, 我们得到的判别函数对 I、II 类雨型判别效果最好, I、II 类次之, 对 I、I 类雨型的判别能力相对差些.

表 2 三组判别函数中每两组之间的马氏距离及其相应的 F 值

Table 2 The Mahalanobis distances and corresponding F -values for each couple of discriminants

组	1,2	1,3	2,3
D	7.15	15.51	22.01
$F_{6,30}$	5.92	11.72	15.61

表 3 1952~1990 年期间 11 个 II 类雨型前期 7 个预报因子的值

Table 3 The values of seven predictors for pattern II of summer rainfall during 1952~1990

年份	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1952	-35.91	8.51	-15.58	1.57	-1.41	0.28	-1.58
1954	-19.56	21.83	18.47	-1.28	-0.71	-0.92	-1.39
1955	-31.91	26.81	44.29	0.27	-1.49	-0.79	-3.39
1968	-7.04	27.24	-5.94	0.64	0.56	0.93	0.68
1969	68.47	39.84	48.46	-0.64	-1.20	-2.06	0.28
1970	42.70	-0.39	36.68	0.67	0.98	-0.93	2.58
1974	3.03	13.01	16.24	-0.48	-1.30	0.90	-0.04
1980	-21.51	-11.69	-22.27	0.33	0.54	-0.65	1.06
1983	-42.57	-5.34	-19.88	0.21	2.47	-0.14	3.28
1986	13.06	31.92	9.40	0.60	1.33	1.85	2.66
1987	9.00	-18.67	3.14	0.31	1.31	-0.43	2.69

由历史拟合率 38/39 可知, 39 年中有一年是判错的, 这一年就是 1964 年, 判别函数把 I 类雨型错判为 II 类雨型. 文献[8]曾研究了客观划分雨型与主观划分雨型的差异, 指出 1964 年的雨型是介于 I 类与 II 类之间的.

用本文提出的判别函数预报 1991 年夏季雨型为 II 类. 该年实况是从淮河及其以南, 直至长江下游的广大地区出现了历史罕见特大洪涝, 属于 I、II 类雨型的边缘年份.

表 3 中列出了 1952~1990 年 11 个 II 类雨型年前期 7 个因子的值. 由表中数值可以看出 11 个 II 类雨型的前期环流形势是不相同的, 单个因子有些年份之间的差异甚至很大. 例如第 7 个因子(上年 12 月份与当年 2、3 月 PNA 遥相关型强度指数和), 它的值在 50 年代的 3 个 II 类雨型年中为负值, 且绝对值比较大; 到 80 年代的 4 个 II 类雨型年中却为正值, 而且绝对值也比较大. 其它 6 个因子也有类似的现象. 由此可以看出, 就整个北半球形势来看, 我国东部夏季同类雨型的前期环流形势并不一定相同, 某类雨型的出现是由许多个前期因子相互作用的综合结果, 而且 3 类雨型与某些单个因子之间的关系可能是非线性的, 图 1 和图 2 给出了这种非线性关系的例示. 这 7 个因子大致可看成是前期北半球

对流层的高纬和中、低纬两部分大气环流对我国夏季雨型的非线性强迫影响,进一步用大气环流或气候模式对其进行深入的数值试验将有助于我们的理解.有趣的是,我们可以用一种较简单的线性判别函数来很好地拟合这些非线性作用的定量综合效果,十分便于直接使用电子计算机处理并作出预报.

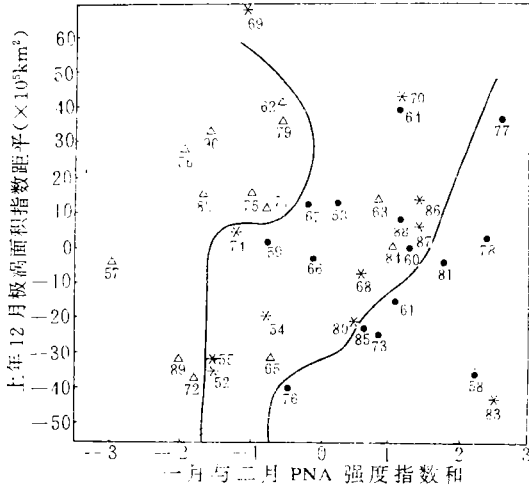


图 1 3 类雨型与极涡及遥相关型强度的非线性关系图 (●: I 类雨型, ▲: II 类雨型, *: III 类雨型)
Fig. 1 The nonlinear correlationship among the intensities of three patterns of summer rainfall, polar vortex and some teleconnection patterns

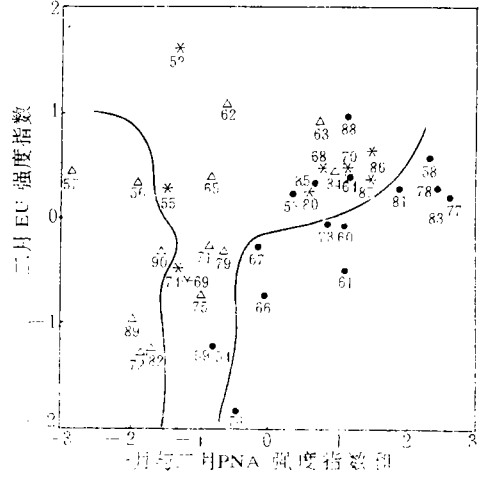


图 2 3 类雨型与遥相关强度的非线性关系图 (●: I 类雨型, ▲: II 类雨型, *: III 类雨型)
Fig. 2 The nonlinear correlationship among the intensities of three patterns of summer rainfall and some teleconnection patterns

4 结论与讨论

(1) 可以用 6 个测站的夏季降水量来定量诊断我国东部夏季雨型类别.

(2) 本文用三级逐步判别法对可能影响我国东部夏季 3 类雨型的前期冬季诸因子进行判别筛选,并得到 7 个物理意义明显且有较准确完备测量的因子,它们反映了冬季北半球对流层冷空气的活动方式和 3 种遥相关形势特征.

(3) 本文得出的判别函数对我国东部夏季雨型的预测拟合率为 38/39,对 1991 年夏季雨型试报是满意的,所以有较好的应用价值.

由于文献[2]对我国东部夏季雨型划分的唯一性尚有待证实,同时 39 年的资料长度对三级判别分析来说并不足够长,因此随着资料的不断加长,三级判别函数的系数需重新计算,以确保预报的可靠性.

参 考 文 献

- 1 廖荃荪,陈桂英,陈国珍. 北半球西风带环流和我国夏季降水. 见:长期天气预报文集. 北京:气象出版社,1981. 103~114.
- 2 廖荃荪,赵振国. 我国东部夏季降水分布的季度预报方法. 应用气象学报,1992,3(增刊):1~9.
- 3 Zhu Qiangen, Shi Neng. Variations in the teleconnection intensity indices and their remote response to the El Nino events in the Northern Hemisphere. *A. M. S.*, 1992, 6(4):433~445.
- 4 张先恭,魏凤英,董敏. 1951~1985年北半球500 hPa极涡面积指数的计算及演变特征. 吉林气象,1985,1(极涡专辑之一):25~32.
- 5 极涡与气温长期预报课题协作组. 描述极涡状态的物理参量及其气候特征的初步分析. 见:长期天气预报论文集. 北京:气象出版社,1990. 151~160.
- 6 施能. 气象统计预报中的多元分析方法. 北京:气象出版社,1992. 267~332.
- 7 Wallace J M, Gutzler D S. Teleconnection in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.* 1981,109:784~812.
- 8 魏凤英,张先恭. 我国东部夏季雨带类型的划分及预报. 气象,1988,14(8):15~19.

A STUDY OF THE DIAGNOSTIC AND PROGNOSTIC METHOD FOR DISTRIBUTIVE PATTERNS OF SUMMER RAINFALL IN EASTERN CHINA

Chen Yinsheng Shi Neng Liu Haibo
(*Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044*)

Abstract

Three-group stepwise discriminant analysis has been employed to diagnose and forecast the distributive patterns of summer rainfall in eastern China. The results show that the distributive patterns of summer rainfall in China could be diagnosed by using the summer rainfall for the six different stations. Based on the winter 500 hPa polar vortex area indices and teleconnection patterns intensity indices, three-group discriminant functions are established, in which only 7 predictors are included. The fitting frequency is 38/39 for the 39 years data. The test forecast result of 1991 is correct. It can serve as a valuable objective forecast model to the patterns of summer rainfall in eastern China.

Key words: Summer rainfall patterns; Stepwise discriminant; Polar vortex area; Teleconnection patterns.