

聚类分析在暴雨预报和环流形势分型中的应用

汤桂生 杨克明 王淑静 赵梅

(国家气象中心,北京 100081)

提 要

数值预报投入业务运行以来,高空形势预报具有较高的准确率,要素预报的准确率也在不断提高,对数值预报产品的释用是近年来人们极为关注的问题。作者利用数值预报 500hPa 高度场及降水实况资料,采用聚类分析法,研究暴雨落区预报和我国暴雨环流形势特征,所得结果在暴雨预报业务中有一定参考价值,同时也给出我国暴雨环流型。

关键词: 聚类分析 环流型 暴雨落区

引 言

自 70 年代以来,由于大气探测技术的现代化及计算机技术在气象领域的广泛应用,人们获得越来越多的气象信息,气象人员把各种气象信息的分析处理方法(如数值模拟、滤波技术、谱分析、图象识别、人工智能等)与天气预报方法进一步结合,使一些主观预报方法逐步走向客观化和定量化。

大气变化是一种极其复杂的过程,为了认识掌握天气过程的演变及相伴随的天气现象,分类方法在天气预报研究中占有重要地位。在暴雨预报中,陶诗言先生曾经指出:副热带高压位置和强度变化是第一重要的依据,其次,西风带环流型的划分也是不可忽视的依据。据此,他对我国暴雨环流形势特征及雨带分布作了精辟描述,这些研究在指导暴雨预报中起了积极作用^[1]。但由于当时计算能力所限,这些主观分型都是以天气学理论指导,是专业知识和预报经验的结晶。

随着科学技术现代化,分类越来越细,从数值分类学中分离出来的聚类分析法用于客

观分类日益普遍,尽管该方法在理论研究上还不很完善,但由于能解决许多实际问题,因此倍受人们青睐^[2]。我们引入聚类分析用于暴雨预报,研究了一种较为合理的数值处理方法,由程序控制实现数值预报产品中形势预报量在暴雨落区预报中的释用和暴雨环流形势的客观分型。计算结果表明:聚类分析法能把属性相似的归纳在一起,能鉴别不同类型暴雨的基本特征。合理的计算方法和程序设计,使得暴雨落区预报和客观分型不依赖于人的主观愿望,此设计方案为今后对其它气象要素分类和特征识别提供了参考。

1 暴雨过程落区预报及结果分析

1.1 计算方法

应用 1981 年—1991 年 6、7、8 月降水资料,从中挑选出降水量 $\geq 50\text{mm}$ 的个例共 84 个,建立相应的 500hPa 分析场环流形势图和暴雨过程概率分布图,并用 500hPa 分析场的高度值作为历史样本。每一个暴雨过程概率分布是这样处理的,即每一个站降水日数除以过程降水总日数。大范围、系统性的暴

雨过程和 500hPa 上槽脊活动有着内在联系,也就是说,不同类型的环流型对应着不同的雨带。采用聚类法,能较好地寻找到预报场和历史上暴雨形势的相关性和类别特征。目前,数值预报在高空形势预报上有较高的准确率,故选择该产品的预报场作为一个新的样本加入到历史样本中,构成了有 85 个样本组成的样本矩阵。对新样本的选择根据需要而定,24—144 小时预报场都可以作为新样

本输入程序。在聚类中,相关系数有着重要的指示意义,它既能表示样本间相关程度,也可作为划分类别的标志。尤其是第 85 号样本与其他样本的相关性,能把预报量与历史暴雨过程的落区分布紧密结合起来,预示未来暴雨过程最大可能出现的区域和范围。

这里,用聚合法作聚类分析,采用相似系数作为统计量。相似系数 R 的计算公式是半经验公式,表达式如下所示^{[3][4]}:

$$R = \frac{2N}{\sum_{i=1}^N |(x_i - \bar{x}) - (y_i - \bar{y})| + N|\bar{x} - \bar{y}|/4} \quad (1)$$

其中, x_i : 预报场格点上的高度值, y_i : 历史资料实况场中格点上的高度值, i : 格点序号, N : 格点数, \bar{x}, \bar{y} : 为预报的和历史上的所有格点的高度平均值。

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

聚类分析是把复杂的环流形势用高度值来作数值计算,其数据处理流程如图 1 所示。

在 1995 年汛期,每天从实时数据库中检索欧洲中心 500hPa 96、120 小时高度场资料,启动聚类程序,其输出结果为暴雨过程落区的中期预报提供参考。

6、7 两月,长江中下游地区和辽宁、吉林等省分别连降大一暴雨,湖北、湖南、江西、浙江、辽宁等省部分地区出现严重洪涝灾害。下面对 6 月下旬暴雨过程预报作分析检查。

1.2 预报实例分析

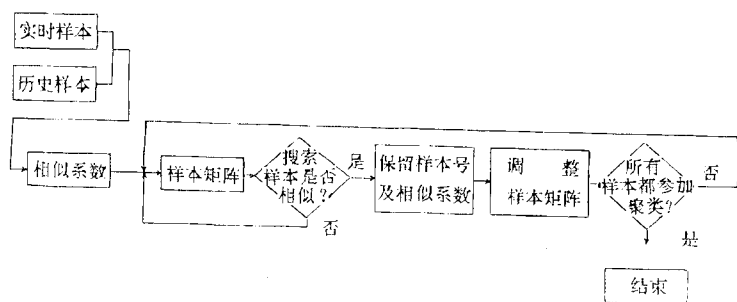


图 1 500hPa 聚类分析数据流程图

(1) 6 月 22—26 日暴雨实况:该时段暴雨集中在长江中下游地区,雨带维持在 27—31°N,其中湘、赣、浙、闽出现大一暴雨,雨量大于 100mm 的地点如表 1 所示。

(2) 6 月 17—21 日 20 时 96 小时暴雨落区预报,其结果如表 2 所示。比较表 1、表 2,实况与历史个例的暴雨带分布基本上一致,在强度上实况雨情更为严重。

(3) 相似形势分析

此次暴雨过程能找到比较好的相似形势,分析 1995 年 6 月 17—21 日 20 时的 96 小时形势预报图有以下特点:副热带高压稳定,588 线北界在 29°N 附近少动。亚欧环流形势为稳定的二脊一槽型,当高纬有一小槽向南发展加强时,促使中蒙边界低槽向东移出,槽后的冷空气与副高西北侧的暖湿气流

交绥在长江中下游一带,造成上述地区暴雨发生。21日,当环流调整为一槽一脊型后,雨带明显南压,湘、赣、闽暴雨过程结束。1989

年6月7—8日,1989年6月16—19日,1987年7月2—5日的形势与本次暴雨过程类似(图略)。

表1 1995年6月22—26日大—暴雨降水量实况

22日		23日		24日		25日		26日	
站号	雨量/mm	站号	雨量/mm	站号	雨量/mm	站号	雨量/mm	站号	雨量/mm
		57598	108	58527	110	58502	93	57679	107
57583	106	57682	159	58633	109	58437	253	57793	105
58437	116	58606	101	58634	175	58445	129	58606	167
								58626	164
								58634	106

表2 1995年6月17—21日20时96小时预报结果

日期/日	相关系数	历史暴雨个例时段	雨带分布(≥50mm)
17	1.0	89.6.7—6.8	河南南部、湖北北部、安徽
18	0.89	89.6.16—6.19	长江中下游
19	0.88	89.6.16—6.19	同18日
20	0.91	87.7.2—7.5	江淮流域
21	0.77	89.6.16—6.19	同18日

其他预报结果分析就不一一列举。试报结果表明该方法有一定的预报能力。通过分析也发现存在以下几点不足值得改正。a. 历史样本不全,直接影响形势的相似识别;b. 严格划分暴雨过程时段,建立相应的概率分布图,使暴雨落区的范围更加确切;c. 为提高图形识别质量,有必要缩小识别范围,目前

识别范围(20—60°N,60—140°E)太大,改为关键区图形识别,其效果可能更好一些。

2 暴雨形势客观分型

客观分型与主观分型不同,主观分型是根据槽脊分布划分,而客观分型是数值计算,84个实例经过聚类得到5种暴雨型,9个类别(见表3)。下面分别概述各种类型特征。

表3 暴雨型与暴雨个例日期/年.月.日

类 型	个 例 日 期						
深槽型	83.8.5	84.7.6	87.6.6	88.6.27	88.8.26	89.6.4	
	89.6.7	90.6.7	90.7.17	90.7.19			
	83.6.15	83.6.17	83.6.30	83.7.2	86.6.11	88.6.22	
低涡切变型	88.7.18	89.6.30	89.7.2	90.8.16	91.6.14		
	83.6.25	83.8.24	84.6.14	86.6.13	86.6.15	86.6.16	
	86.6.21	86.7.3	88.8.29	89.8.29	90.7.1		
切变线型	83.6.20	83.7.6	83.7.12	83.7.14	84.6.11	87.6.26	
	88.6.11	88.6.19	89.6.15	89.6.16	89.6.28	90.6.15	91.6.13
	84.6.6	84.6.7	85.6.4	90.6.12	91.7.5		
高空冷涡型	87.7.24	87.7.28	89.7.9	89.7.11	90.7.8		
	83.7.29	87.7.22	87.8.14	91.6.29	91.7.1		
	91.6.24	91.6.25					
低槽冷锋型	85.7.5	86.6.26	87.7.18	87.8.26	87.8.29	88.7.21	
	88.7.23	89.7.17	91.6.8	91.6.11			
	83.7.19	83.7.21	83.7.23	83.8.17	83.8.18	84.7.1	
	86.7.16	87.7.2	87.7.6	87.8.20	88.8.21	90.7.23	

2.1 深槽型

此型主要的特点是：在乌拉尔山以东地区是稳定的大低槽，在贝加尔湖以东一带为阻塞高压形势(图2)，中纬度气流于80—100°E明显分成南北两支。南支从大低槽中不断分裂短波槽东移并在蒙古高原到河套地区显著往南加深，形成南北经向度很大的深槽，槽线一直南伸至西南地区东部与西南低涡(或西北涡)相连接，致使冷空气可以抵达华北和黄淮地区。冷空气也可以超极地路径从东北地区流入华北，对降水起增强作用。西太平洋副热带高压主体位于日本海到我国东部地区，它阻挡低槽东移，使之在105°E附近不断加深，引导低涡东移北上；同时也使水汽沿副高西北侧的低空偏南急流或南侧偏东急流输送，造成西南和江淮以北地区大—暴雨。这种形势稳定，能引起持续性大暴雨。暴雨分布在700hPa低涡中心附近及东南侧3—4个经纬度内，或700hPa切变线南侧2—3个经纬度内。这些个例有1987年6月6日、1983年8月5日、1989年6月7日等。

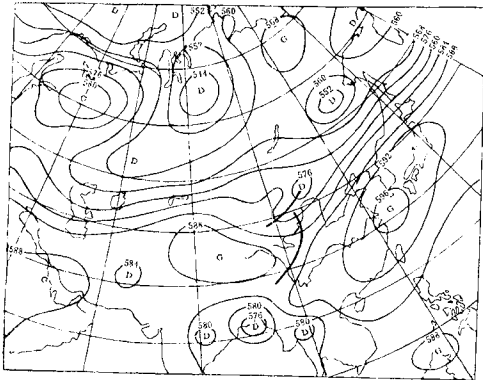


图2 深槽型形势图

2.2 低涡切变型

此型亚洲西风带有两种形势：①两脊一槽型。两脊分别位于乌拉尔山和东西伯利亚到鄂霍茨克海一带，中亚为宽槽区，在中纬度有两个槽，一个在巴尔克什湖附近，一个在华

北地区(图3)。②一脊两槽型。高压脊在中西伯利亚(图略)，两槽分别在乌拉尔山到西西伯利亚及鄂霍茨克海，中纬在华北地区有低槽。副热带高压呈东西向带状，分布在江南到华南地区。华北槽在东移过程中，北段移速快，南段慢，逐步形成东西向切变线，尤其在中低层最为典型，它横贯黄淮、江淮、汉水流域到四川东部一带，与西南低涡相连，或在切变线上辐合最强处新生一个低涡，构成低涡切变型。冷空气沿中纬度锋区东移南下侵入低涡，促使低涡变性并沿切变线东移。暴雨主要出现在冷暖切变线和涡组成的“三合”点的东南侧，即700hPa低涡切变线南侧2—3个经纬度内，这是江淮、江南和华南等地较为常见的一种暴雨形式。个例有1989年6月30日、1988年8月29日、1989年7月2日、1989年8月28日、1984年6月14日、1986年6月15日等。

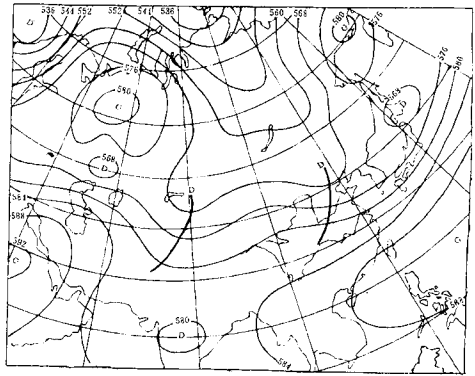


图3 低涡切变型形势图

2.3 切变线型

该型的特点是：在乌拉尔山有一个稳定的长波脊或阻高，下游是宽槽，槽底环流较为平直，在宽槽中，两低压中心分别位于西西伯利亚和我国东北地区(图4)，蒙西高原到我国西北地区是一个弱脊。还有一种形势，在东欧到西西伯利亚为长波槽，其下游是阻高或长波脊(图略)。副热带高压呈东西向稳定在

南方地区,其西侧有强西南气流。从大槽中分裂小槽东移,东移的小槽南段冷空气弱,并受到副热带高压阻挡移动慢,槽线逐渐呈东北—西南走向,槽线两侧气流近于平行而反向,形成切变线。地面上有一次明显的冷锋过程,切变线最常出现在江淮和黄淮地区。如形势稳定,这种过程可重复发生,造成较长时间的暴雨,暴雨区分布在700hPa切变线南侧2—3个纬度内。个例有1984年6月6日、1984年6月11日、1985年6月4日、1983年7月6日、1989年6月15日、1990年6月12日、1989年6月28日、1983年7月12日、1983年7月14日等。

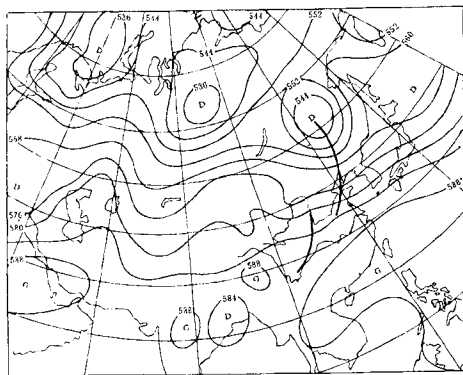


图4 切变线型形势图

2.4 高空冷涡型

在此型中,一类在中西伯利亚到蒙古高原是长波脊或阻高(图5),另一类在中西伯利亚到蒙古高原是北槽南脊形势(图略),其下游在鄂霍茨克海至雅库茨克存在阻高或长波脊,该脊对北方冷涡形成起了关键作用。当从贝湖有冷槽移入华北和东北地区时,在日本海的副热带高压与北面阻高迭加,冷槽受阻加深并切断形成冷涡,由于阻高稳定,冷涡也停滞少动,暴雨持续时间长。另外,在中西伯利亚是阻塞经向型形势下,贝湖附近常有切断冷涡,此涡经蒙古国移进我国东北地区,常给华北北部、东北地区带来暴雨或雷阵雨。

冷涡低槽向南不断沿伸,能到达江南、华南一带,从落后南下的冷空气同西太平洋副高西北侧的暖湿气流交汇,使江南和华南地区出现暴雨。冷涡的暴雨常位于700hPa低槽东侧或与冷涡中心相连的暖切变线南侧2—4个经纬度内。个例有1987年7月22日、1983年7月29日、1991年6月29日、1991年7月1日、1990年7月8日、1987年7月24日、1987年7月28日、1987年8月14日。

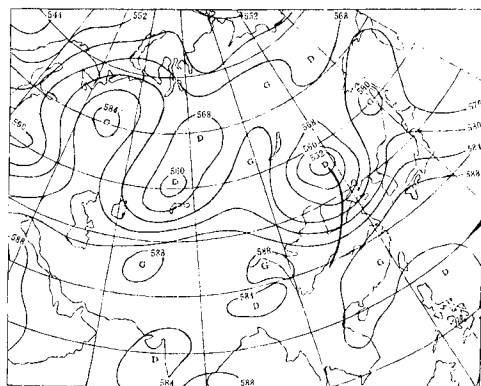


图5 高空冷涡型形势图

2.5 低槽冷锋型

此型有两类。一类在乌拉尔山以西为稳定的阻高或长波脊,乌拉尔山以东到贝加尔湖是低压槽(图6);另一类在东西伯利亚到贝加尔湖为长波脊,贝加尔湖以东是长波槽(图略)。造成降雨天气系统是从乌拉尔山东

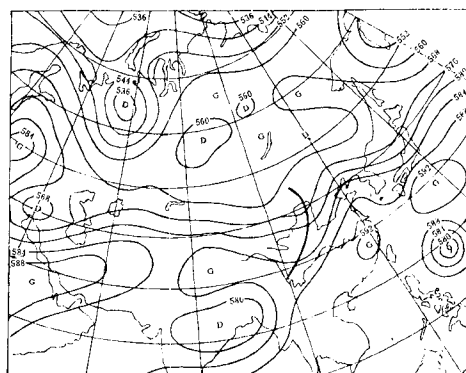


图6 低槽冷锋型形势图

边大槽中或从贝加尔湖以东大槽中分裂的短波槽,当其移至 105—110°E 时,明显向南加深,槽后冷空气与副热带高压西北侧的西南气流交汇在淮河以北地区,造成北方地区暴雨,若有低值系统配合,暴雨加强。暴雨常分布在 700hPa 槽线东侧或 700hPa 冷暖切变线南侧 2—4 个经纬度内,有时也出现在副高边缘地区。个例有:1987 年 8 月 26 日、1986 年 6 月 26 日、1991 年 6 月 8 日、1987 年 7 月 6 日、1983 年 7 月 19 日、1990 年 7 月 23 日、1986 年 7 月 16 日、1985 年 7 月 5 日等。

3 总结

通过对数值预报产品再加工,从计算结果的初步分析中得到以下两点主要结论:

3.1 采用聚类分析法实现数值预报产品在暴雨落区预报中释用是一种可行的客观预报方法。24—144 小时 500hPa 高度预报场参加

聚类,相关系数达到 0.8 以上时,暴雨概率分布图有指示未来暴雨落区的预报能力。准确地选择暴雨实例作历史样本和采用选择关键区做预报能提高暴雨落区预报的准确率。

3.2 暴雨环流形势的客观分类结果表明:经过聚类得到的类别气象意义明确,它概括了我国暴雨环流的基本特征。本研究资料中没有收集到华南前汛期及暖切变型暴雨样本,故所得到的类别不包括上面提及的两种暴雨型。

参考文献

- 1 陶诗言. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980.
- 2 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论. 北京: 科学出版社, 1982.
- 3 陶祖钰, 汤桂生. 寻找相似天气型的客观方法研究. 大气科学研究与应用, 1993, 10.
- 4 郭树忠, 罗宝玉. 经典预报自动化系统. 航空气象增刊 1, 1989.

The Applications of Cluster Analysis in Forecasting Heavy Rain Area and Grouping of Circulation Model

Tang Guisheng Yang Keming Wang Shujing Zhao Mei

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

Since Numerical Weather Prediction has been operated, the forecast accuracy of upper synoptic situations and weather elements have been improved. Recently, it is a common concerned question to explain and to apply NWP production for forecaster.

Based on cluster analysis, the forecast of heavy rain area and it's character of circulation pattern have been studied by the use of NWP production 500hPa height fields and precipitation data. Results show that the method has reference value in the operational forecast. Simultaneously the features of circulation field corresponding to precipitation patterns in China are given.

Key Words: cluster analysis circulation model heavy rain area