

华东地区热带气旋暴雨气候特征 及其落区预报

沈树勤 于波 张菊芳 李昕

(江苏省气象台, 南京 210008)

提 要

作者分析了近十几年来华东热带气旋暴雨的主要特征,并以热力、动力参数相结合,采用合成对比方法,进行诊断分析,然后使用数值产品制作热带气旋暴雨落区的概率预报。

关键词: 热带气旋暴雨 诊断分析 落区概率预报

引 言

热带气旋是华东地区(闽、赣、苏、皖、浙、沪、鲁)形成暴雨及大范围连续性暴雨的一个重要天气系统,对于热带气旋暴雨落区预报方法的研究近年来在国内已广泛开展^[1-3],其中用物理量综合诊断的方法是常见方法之一。该方法物理意义比较清楚、简单,但仍有不足之处,主要表现在把造成降水的物理量叠加在一张图上,进行判断,势必因子不能取得太多,又不能满足实际工作需要;同时这种诊断分析一般是静态的,使用效果上受到一定限制;再者对落区预报所选用的物理量指标,大多是经过天气或动力学分析并经过多个个例统计而挑选出来,一经选出就固定下来。实际表明,不同过程的物理量所起作用是不尽相同的,用一固定的指标去解决复杂变化的问题,也势必影响预报效果。

本文针对上述问题,利用诊断结果和预报员经验,不受因子限制,较动态地作出综合诊断统计,最后输出热带气旋暴雨落区预报概率图。

1 华东地区热带气旋暴雨气候特征

使用华东地区六省一市全部市、县气象

台站 1980—1991 年热带气旋降水资料,对该地区热带气旋暴雨分布及其与热带气旋的中心位置、强度、路径的关系,以及周围系统对热带气旋暴雨的影响进行了分析,主要结果是:

1.1 华东热带气旋暴雨期长而集中,主要发生在 5—10 月,盛发期在 7 月下旬—9 月下旬。

1.2 华东热带气旋暴雨出现总频次分布是南部多于北部,沿海盛于内陆,高频中心在浙江东南沿海,福建东部沿海为次高频中心。

1.3 华东热带气旋暴雨历时长、强度大、范围广,两天以上的连续暴雨占 44%,最大连续暴雨日有 6 天,日暴雨大于 10 站的有 68 次,占 46%,影响范围最大的一天出现暴雨 88 个台站。

1.4 华东热带气旋暴雨与热带气旋中心位置及中心强度有关,华东热带气旋暴雨 68% 发生于热带气旋前部 4—6 个纬距内,在热带气旋后部和中心 2 个纬距内出现较少。

1.5 热带气旋中心强度为 990hPa 附近出现暴雨最多,在 940hPa 附近出现暴雨最少,有 88% 的热带气旋暴雨发生在热带气旋中

心强度为 950—1000hPa 之间。

1.6 就热带气旋暴雨分布与路径之间的关系而言,在不同路径上分布特点有明显差异,主要表现为:热带气旋暴雨分布其移行路径正前方;暴雨区分布在移行路径左侧或左前方;暴雨区分布在移行路径右侧或右前方。第一类出现几率最大为 63%,后两类出现几率分别为 14% 和 23%。

1.7 建立了华东地区热带气旋暴雨气候管理系统,它是一个具有对有关数据库进行管理检索并且分析处理及各种图形屏显及输出的综合系统,包括了热带气旋暴雨降水各种气候特征值的分析、热带气旋降水量、气旋路径及热带气旋暴雨物理量场的分析等子系统,所有的数据、图形表格皆可任意检索并输出。根据需要可打印输出华东六省一市 1980—1991 年所有测站的全部热带气旋降水资料、降水图形、路径图形、物理量图形等。该系统实用性强采用多层次功能菜单,各级菜单既能横向联系又可独立操作具有透明性,而且系统还具有联想特色,增加了灵活性。

2 华东热带气旋暴雨诊断研究

近年来不少研究表明:热带气旋暴雨产生及其活动规律是一个十分复杂的问题,陈联寿指出:“今后要加强台风的特大暴雨和特小降雨对比分析研究,开展暴雨预报的业务分析和预报方法的设计研究。”本文采用以动力学、热力学参数相结合的合成对比方案,以台风本身结构强度、移动路径以及台风周围环境场相结合,进行台风暴雨诊断研究,其主要结果如下:

2.1 华东热带气旋暴雨形势特征分析

对华东地区任一省市造成暴雨的热带气旋,按其路径可大致分为登陆北上类、近海北上类、登陆西消类、南海登陆类和南海不登陆 5 类,其中登陆北上类和登陆西消类所造成

的暴雨量为最大。若从热带气旋引起暴雨和系统来看,按 500hPa 大致可粗分成热带气旋倒槽暴雨、热带气旋环流暴雨、冷空气与热带气旋环流相结合的暴雨 3 类。

2.2 华东热带气旋暴雨物理量场的合成对比分析

就产生暴雨的基本因素来说,主要与水汽的含量、位势不稳定和辐合上升运动等条件有直接关系^[4],为此我们选择 9 次热带气旋暴雨、8 次一般形势下的暴雨、12 次一般降水、11 次无雨过程进行物理量合成对比分析,得出:

a. 热带气旋周围 E 值(3 层假相当位温之和)为 210—230℃,此数值与一般天气形势产生的暴雨区的 E 及距平合成数值相近,与一般降水相比要高 12—14℃,比无雨高 35—37℃,其距平比一般降水高 15℃,比无雨高 35℃且符号相反。

b. 分析 K 指数($K = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - (T - Td)_{700}$)合成图得到与 E 分布一致的结论,热带气旋暴雨大值轴线呈准南北向, K 值在暴雨区中为 28—29℃(正距平为 5℃左右),较一般降水高出 7℃,较无雨高出 9℃。

由此可知, E 和 K 指数反映温湿条件和层结不稳定条件,就平均而言,暴雨天气较其它天气不但具有高温高湿的特点,还需要层结不稳定。

c. 分析热带气旋 700hPa 涡度最大中心数值为 $7.2 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$,相对散度(即 850hPa 与 500hPa 散度之差)中心数值 $5.0 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ — $7.0 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$,都远远高于一般降雨的数值。分析统计指出,华东热带气旋暴雨出现的天气过程中大气低层总存有辐合,与无雨存有符号的差异(即符号相反)和一般降水存在数值上的差异,相对散度对于热带气旋暴雨更为重要。分析表明,低层辐合

同时高层出现强的辐散,使得相对散度值增加,这种强抬升系统使得不稳定能量场得以释放,触发暴雨天气,它是产生暴雨的一个重要的动力条件。

3 热带气旋暴雨落区的数值产品释用方法

3.1 释用方法

热带气旋暴雨降水在一定的环流形势背景下,是多种物理量综合作用结果,可用下式表示:

$$R = F(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

式中, $X_1, X_2, \dots, X_n$ 为物理量因子,而求未来雨量 R 的变化,要对式(1)作 $\frac{\partial}{\partial t}$, 即:

$$\frac{\partial R}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} [F(X_1, X_2, \dots, X_n)] \quad (2)$$

显然,将式(2)化为差分形式,则 t_0 时刻和 t_{24} 的降水量可由下式表示

$$R_{t_0} = [F(X_1, X_2, \dots, X_n)]_{t_0} \quad (3)$$

$$R_{t_{24}} = [F(X_1, X_2, \dots, X_n)]_{t_{24}} \quad (4)$$

由式(3)可知,当在 t_0 时刻出现一片暴雨区时,必存在着与暴雨有直接关系的几个物理因子及这些因子所满足的条件,通常可根据历史个例和预报员的经验挑选出来。一经选出,就可认为对暴雨的构成作用是明显的。

如果我们假定这些物理量因子在本次过程中(至少48小时以内)对暴雨的构成作用保持不变,那么由式(4),我们可以根据 t_0 时刻的这些物理量因子及其条件而求出对应的 t_{24} 时刻的暴雨发生区域。本文中 t_{24} 时刻的物理量因子用数值预报模式的24(36或48)小时预报值替代,并作如下处理:

3.1.1 首先定出包围 t_0 时刻暴雨落区实况的框区1,并在其外围四周各扩充2个格点形成外围框区2。

3.1.2 计算框区1内概括率 CS_1

$$CS_{1i} = (n_{1i}/\sigma_{1i}) \times 100\%;$$

$$(i = 1, 2, \dots, k) \quad (5)$$

式中, σ_1 为框区1内的格点总数; n_1 为框区1内满足条件的格点数; i 为各物理量因子。

3.1.3 计算框区2中的误差率 CS_2

$$CS_{2i} = [(n_{2i} - n_{1i})/\sigma_{2i}\sigma_{1i}] \times 100\%;$$

$$i = 1, 2, \dots, k \quad (6)$$

式中, σ_2 为框区2内的格点总数, n_2 为框区2内满足条件的格点数,其它符号同上式。

3.1.4 计算框区2中准确率 SS_1

$$SS_1 = CS_1 \cdot C_1 + (100 - CS_2) \cdot C_2 \quad (7)$$

式中, C_1, C_2 为权重系数,本文取 $C_1 = 0.6, C_2 = 0.4$, 显然, CS_1 越大越好, CS_2 越小越好。

3.1.5 类似上述2、3、4步骤,设计出计算各物理量因子的 CS_1, CS_2, SS_1 。

3.1.6 在 t_0 时刻出现暴雨区时,可通过计算 CS_1, CS_2 得出概括率高的物理量因子及其阈值,并自动挑选出对暴雨区构成作用好的几个因子及其阈值。若 t_0 时刻未出现暴雨实况,则可直接根据历史资料统计得出概括率高的物理量因子。

3.1.7 利用所求出的 t_0 时刻概括率高的物理量因子及其阈值,对 t_{24} (t_{36} 或 t_{48}) 时刻各格点上的各物理数值进行判别。

3.1.8 将上述各物理量因子的判别结果按其权重进行叠加,最后得出24—48小时华东热带气旋暴雨落区概率预报图。

为了能投入业务运用,建立了华东热带气旋暴雨落区概率预报,流程图见图1。

3.2 业务应用

从1995年7月开始,利用T63数值产品资料,对9505、9507号影响华东地区的台风进行了业务预报试验,24小时、36小时和48小时台风暴雨落区概率预报和实况大致相近,在业务中进行应用,预报员普遍反应较好。对大暴雨落区也有一定的预报能力,下面是9505号热带气旋暴雨落区概率预报的实例。

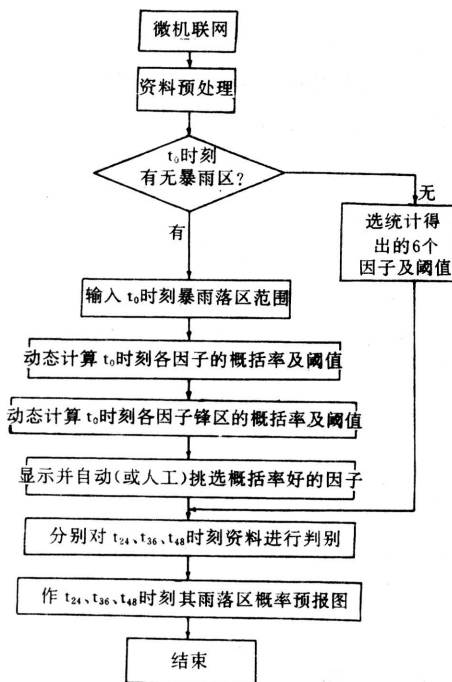


图1 华东热带气旋暴雨落区概率预报流程图

3.2.1 计算 t_0 时刻 850、700、500hPa 3 层物理因子的 CS_1 、 CS_2 、 SS_1 值,并挑选出对暴雨的构成作用大的物理因子(见附表),显然,这些因子主要反映大气温湿方面的参数和大气动力方面的参数,与实际情况比较符合,物理意义清楚。

附表 1995年8月12日对暴雨落区构成作用大的因子

因子	层次/hPa	CS_1	CS_2	SS_1
假相当位温	850	100	0	100
垂直速度	850	100	25	90
垂直速度	700	100	28	88
涡度	700	75	31	72
涡度	850	50	12	65
垂直速度	500	50	15	64
比湿锋区	850	100	23	90
水汽通量散度锋区	850	50	15	64

3.2.2 这次热带气旋暴雨发生在华东地区的西南部,于8月12日登陆后减弱变为低压,也就是说在华东地区南部一次是热带风暴暴雨,一次是低压暴雨,实测暴雨分布图如图2a、b,与13日、14日24小时暴雨落区概

率预报图(图3a、b)对比来看,暴雨落区概率预报结果与实况比较接近,只是落区预报较实测范围要大些,稍偏西,这是一次热带风暴变为低压的连续暴雨过程,而对这两天不同形势的暴雨均能预报出来,表明该方法有一定的预报能力和效果。这里需要指出的是,用数值产品的物理量因子诊断落区,是一种概率预报即定性落区预报。

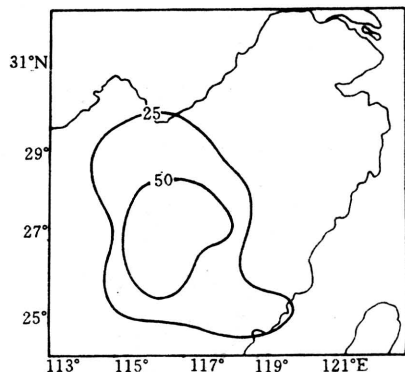


图2a 1995年8月13日08时—14日08时降雨量分布图

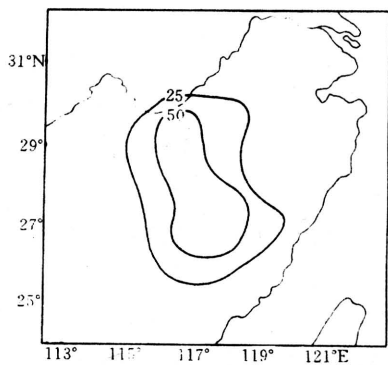


图2b 1995年8月14日08时—15日08时降雨量分布图

4 结语

4.1 本文初步分析了热带气旋暴雨分布及其与热带气旋的中心位置、强度、路径的关系,以及周围系统对热带气旋暴雨的影响。

4.2 采用合成的对比方法,从热力、动力的诊断分析得出各自特征,从而归纳出与热带

气旋暴雨关系密切的各物理量因子。

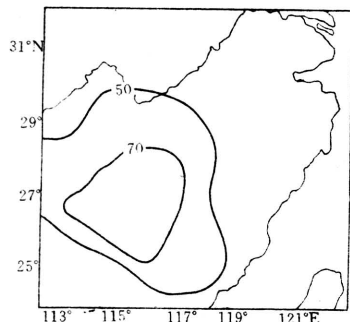


图 3a 1995 年 8 月 13 日 08 时—14 日 08 时 24 小时暴雨落区概率预报图

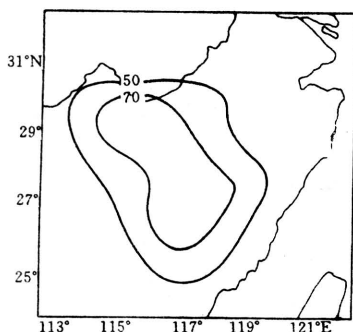


图 3b 1995 年 8 月 14 日 08 时—15 日 08 时 24 小时暴雨落区概率预报图

4.3 根据暴雨实况及其各物理量,动态地求出对暴雨落区构成作用大的物理量因子及其阈值(对于某一次暴雨过程所选因子可能有所不同)并利用数值产品对 24 小时的物理量因子进行判别,以作出暴雨落区的概率预报。

4.4 我们已建立了一套适用于日常业务使用的热带气旋暴雨预报系统,该系统操作方便,自动化程度较高,其预报思路与预报员贴近,且不受数值预报模式改变的影响。

4.5 本文仅利用数值预报产品定性地作出暴雨落区的概率预报,其定量预报有待今后进一步研究。

参考文献

- 1 江苏省气象局预报课题组. 江苏省重要天气分析和预报. 北京:气象出版社,1988,8.
- 2 王两铭,罗会邦. 暴雨落区预报的探讨. 暴雨文集,1978,4.
- 3 华东区台风暴雨科研协作组. 华东台风暴雨落区预报方法的探讨. 暴雨文集,1978,4.
- 4 沈树勤,张菊芳. 暴雨、一般降水、无雨天气的合成对比分析. 气象科学,1991,12.

The Climate Features of Tropical Cyclone Heavy Rain and Falling Area Forecast in East China

Shen Shuqin Yu Bo Zhang Jufang Li Xin

(Jiangsu Meteorological Observatory, Nanjing 210008)

Abstract

The main features of tropical cyclone heavy rain in recent years are shown. Combining thermal parameter with dynamic parameter, the diagnosis analysis of the tropical cyclone heavy rain is presented by the use of integrated and contrast method. The possibility forecast of tropical cyclone heavy rain falling area is given by the numerical weather prediction products.

Key Words: tropical cyclone heavy rain diagnostic analysis possibility forecast of falling area