

前汛期* 三类天气的合成对比分析

陈德汶

(福建省宁德地区气象局, 352100)

提 要

该文选取两槽一脊型下,暴雨、一般降水、无雨3类天气个例各7个,利用合成的方法,分析这3类天气的热力、动力条件特征,并进行了对比分析,揭示它们之间的差异,在此基础上归纳出3类天气短期预报概念模式。

关键词: 前汛期 合成 对比分析 概念模式

1 资料和方法

1.1 利用福建省宁德地区9个台站雨量资料,普查前汛期强降水所对应的高空(500hPa)中高纬形势特征发现:全区性暴雨均产生于中高纬为两槽一脊型下,即巴尔喀什湖至贝加尔湖为脊,西槽位于乌拉尔山至里海或巴尔喀什湖,东槽位于贝加尔湖以东至鄂霍次克海和我国东北、华北地区,或位于鄂霍次克海至日本海。但在这种形势下也可以出现一般降水或无雨天气。为此,以两槽一脊型为环流背景,在1966—1990年间选取宁德地区7次暴雨(≥ 8 站24小时降水量 $\geq 50\text{mm}$)、7次无雨(24小时降水量 $\leq 0.0\text{mm}$)和7次一般降水(24小时降水量为0.1—49.9mm)过程为例进行前汛期3类天气合成对比分析(见附表)。

附表 宁德地区3类天气所选个例

暴雨*	一般降水	无雨
1966.6.2	1982.6.23	1983.6.7
1968.6.17	1983.6.9	1984.5.6
1975.6.7	1983.6.13	1986.5.15
1978.5.4	1985.5.15	1986.5.7
1979.5.27	1985.6.3	1988.5.8
1979.6.11	1986.5.14	1990.5.22
1982.6.15	1989.5.22	1990.6.10

* 不包括由热带风暴引起的暴雨天气

* 按规定,5—6月是福建的前汛期^[7]

1.2 为避免以往天气形势上的定性分型,计算以下物理量:

$$E = \sum \theta se = \theta se_8 + \theta se_7 + \theta se_5 \quad (1)$$

$$K = (T_8 - T_5) + T_{a8} - (T - T_a)_7 \quad (2)$$

$$\text{DIV}\vec{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad (3)$$

$$\text{ROT} = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad (4)$$

$$D = (\text{DIV}\vec{V})_3 - (\text{DIV}\vec{V})_8 \quad (5)$$

式中下标3、5、7、8为300、500、700、850hPa,其它为常见符号。

1.3 在30°N以南,110—122°E范围内选取25个高空测站,用其850、700、500、300hPa的高空资料,分别计算了前汛期3类天气逐日物理量,将3类天气出现前12小时的各物理量值分别按所在站点和格点取平均,进行合成。

2 3类天气的热力条件的合成对比分析

文献^[1]指出:华南正位于我国季风的活跃区,夏季季风对前汛期暴雨的贡献尤为突出。据许多研究^[1,2]及实践经验表明:具有温湿综合的特征量(θse)可以指示季风气团的活动。本文即采用 E 来表征夏季风中具有高温高湿且位势不稳定的气团,由此来考察3类天气,合成分析结果如下。

2.1 无雨天气

图1是无雨天气 E 及其距平合成情况。从图可见,在粤西附近有一 E 的高值区,25°N以北为低值区,并对应-20°C距平等值线呈西南—东北走向。若以1000hPa $\theta_{se}=345K$ 的等值线(称特征线,下同)代表热带季风气团的北界,其位置在24°N附近以南。这说明夏季季风位置偏南,极地大陆气团入侵,本区就平均而言是处于干而冷单一气团的控制下。

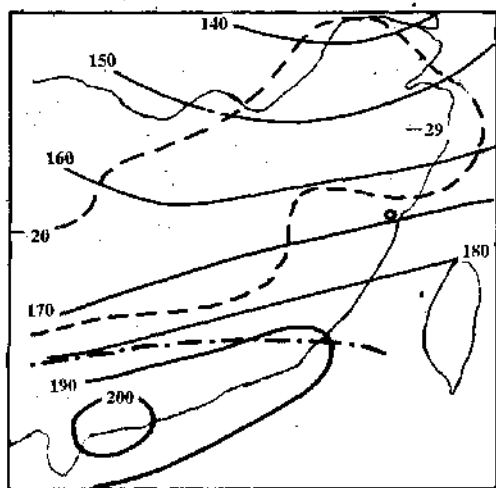


图1 无雨天气 E 及距平合成图(°C)
实线为 E ,虚线为距平,点断线为1000hPa θ_{se}

2.2 一般降水天气

E 分布如图2, E 高值区明显增大且北抬,值得注意的是 E 等值线出现密集区域位于江淮流域,20°C距平区位于苏皖南部及浙北至长江口一带。特征线北界达25°N略北,较无雨天气北抬1—2纬度,这表明副高脊线北移,暖湿气流北上,相应地面雨区北抬。

2.3 暴雨天气

E 及其距平合成分析见图3。与无雨及一般降水的分布特征截然不同, E 高值区范围扩大,北抬明显, E 等值线密集区已位于长江以南地区。我区处 E 密集区南侧,特征线附近的 E 大值区内(E 为200°C以上),比无雨天气的 E 值高30°C。这种分布与文献[1]

所指“华南暴雨常见于暖湿和干冷空气交汇区且偏于暖湿空气一侧”的结论一致。另外,从距平分布图看到,在苏皖南部及浙北至长江口附近为负距平区,说明前汛期暴雨就其本质来说,是适量的冷空气南下与热带暖湿气流的共同作用所致。

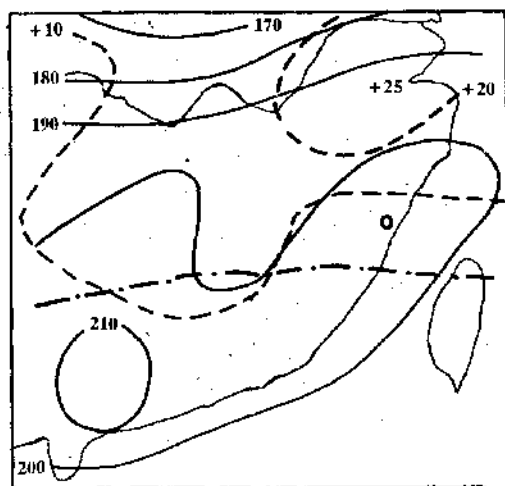


图2 一般降水 E 及距平合成图(°C)
(说明同图1)

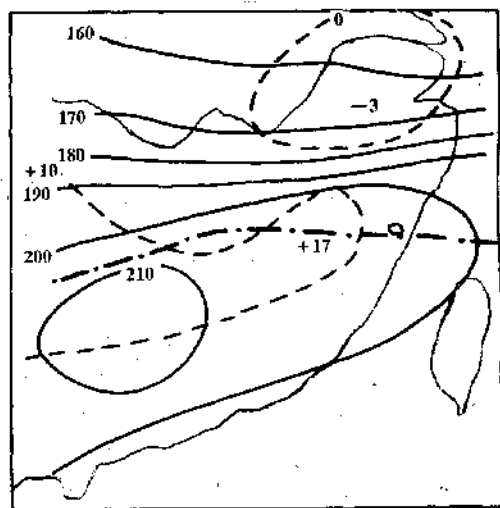


图3 暴雨天气 E 及距平合成图(°C)
(说明同图1)

由公式(2)可知, K 指数是反映温湿层结不稳定的参数。分析 K 指数合成图(图略)得到与 E 分布基本一致的结果。有暴雨时,我区上空 K 值为35°C,较一般降水情况高

3—4℃;较无雨天气高出16℃。由上述可见,有暴雨天气时,不但具有高温高湿条件,同时需要层结不稳定。

众所周知,从无雨天气到暴雨天气有一个不稳定能量积累过程,反映在 E 参数上同样有 E 的低到高值区建立过程。 E 值演变讨论如下:若不考虑垂直交换和非绝热影响, E 的局地变化由公式(1)两边取偏导得:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} (\sum \theta_{se}) = \frac{\partial}{\partial t} \theta_{se_8} + \frac{\partial}{\partial t} \theta_{se_7} + \frac{\partial}{\partial t} \theta_{se_5} \quad (6)$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} \approx (-\vec{V} \cdot \nabla \theta_{se})_8 + (-\vec{V} \cdot \nabla \theta_{se})_7 + (-\vec{V} \cdot \nabla \theta_{se})_5 \quad (7)$$

由式(7)可知, E 的局地变化主要取决于3层 θ_{se} 的平流。从1979年6月10日08时计算邵武站附近格点的3层平流值 $(-\vec{V} \cdot \nabla \theta_{se})_8 = 2.63 \times 10^{-4} \text{℃} \cdot \text{s}^{-1}$, $(-\vec{V} \cdot \nabla \theta_{se})_7 = 1.52 \times 10^{-4} \text{℃} \cdot \text{s}^{-1}$, $(-\vec{V} \cdot \nabla \theta_{se})_5 = -0.91 \times 10^{-4} \text{℃} \cdot \text{s}^{-1}$,6小时后 θ_{se} 的估算值分别为6.3和-2℃,可认为 E 值的增大是 θ_{se} 的正值平流的贡献。这样的 θ_{se} 垂直分布也是有利于对流不稳定。同时,对流层 θ_{se} 的平流与温度平流有关,近似用

$$\theta_{se} \approx (T + 2.5q) \cdot \left(\frac{1000}{p}\right)^{0.288} [5]$$

当仅计算固定的层次时,可令 $F = \left(\frac{1000}{p}\right)^{0.288}$,得 $\theta_{se} \approx F \cdot (T + 2.5q)$,

$$(-\vec{V} \cdot \nabla \theta_{se}) \approx -F \cdot \vec{V} \cdot \nabla (T + 2.5q) \approx -F \cdot (\vec{V} \cdot \nabla T + 2.5\vec{V} \cdot \nabla q) \quad (8)$$

若将式(8)代入式(7),不难得到: E 的局地变化主要取决于各层的暖湿平流,这就可以在天气形势分析中对 E 值的趋势变化作定性的判定。

3 3 类天气动力条件的合成对比分析

相对于湿度场而言,流场对华南暴雨的影响更有决定性意义^[1]。本文对动力参数(涡

度、散度等)进行合成对比分析,结果有以下特征。

3.1 无雨天气

由图4可见,在25°N以北地区,850hPa出现大片的负涡度,其大值区在华东沿海,数值为 $2.63 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ 。所对应的相对散度在25—30°N,115°E以东及华南西部为负值区。经分析,这多数是由于华中—华东地区有低槽出海,中低层切变消失或南压到华南沿海,本区处下沉气流中,无降水。

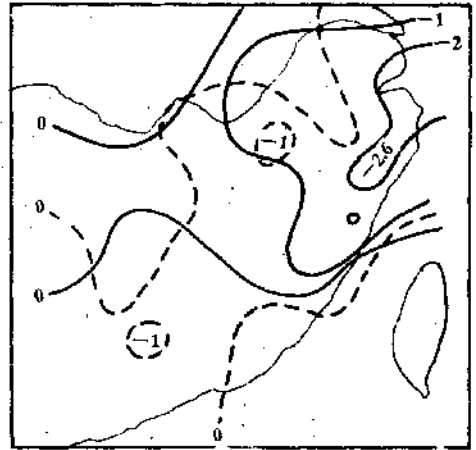


图4 无雨天气涡度(实线)、相对散度(虚线)合成图($\times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$)

3.2 一般降水天气

如图5所示,本区及以北广大地区,

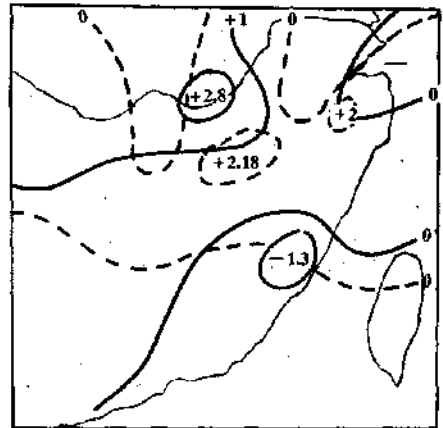


图5 一般降水天气涡度(实线)、相对散度(虚线)合成图($\times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$)

850hPa 涡度合成为正值区,大值中心位于赣北一带,数值为 $2.83 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ 。相对散度场分布与无雨时较为相似,但符号相反。正相对散度大值区有两块,分别位于赣南和本区东北部,其数值分别为 $2.18 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ 和 $1.96 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ 。可见其与无雨对比,动力条件区别很大,即低层出现负散度辐合。但从其分布特征与量级上看,一般降水的动力条件不强,普查个例也发现,高层辐散亦不明显。

3.3 暴雨天气

如图 6 所示,30°N 以南地区,850hPa 出现正涡度区,且有明显的近东西走向正涡度轴线,最大值中心在我区西部至湘赣交界,数值达 $4.99 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ 。相对散度场也表明,30°N 以南存在正值区, $\geq 2 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ 范围在本区及北部,成带状分布,最大正相对散度在赣南附近,数值为 $3.16 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$,由此可见,产生暴雨的重要动力条件为低层负散度辐合明显,高层出现大正值散度强辐散。涡、散度场分布与无雨天气符号相反,与一般降水天气有数值上的差别。因此,3 类天气间的动力条件有着本质的差异。

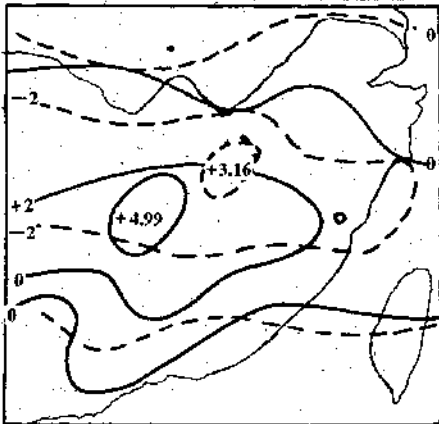


图 6 暴雨天气涡度(实线)、相对散度(虚线)合成图($\times 10^{-5} \cdot s^{-1}$)

综上所述,相对散度出现是华南暴雨发生的重要条件^[1],为进一步分析相对散度与

降水(R)的关系,可用下列公式^[3]

$$R = \frac{p_0}{g} \frac{d\sigma_1}{dt} + \frac{p_0\sigma_1}{g} \cdot D \quad (9)$$

式中, p_0 为地面气压; σ_1 为 700hPa 混合比; D 为相对散度。高空辐散和低空辐合越强, D 的正值越大,降水量越大,这表明了高层辐散、低层辐合对暴雨的重要作用。既然相对散度对降水有预示性,那么对相对散度的局地变化分析也是一项有意义的工作,相对散度的趋势变化正是反映了热成风平衡破坏,造成垂直运动加速,由文献[4]中适应机制方程组(3.1)~(3.7)在二层模式垂直差分中,可得相对散度的趋势方程:

$$\frac{\partial}{\partial t} \Delta(\varphi_1 - \varphi_3) = \frac{4}{p} \frac{\partial w_2}{\partial t} - g\Delta(H_1 - H_3) + f\Delta(\psi_{1,2} - \psi_3) \quad (10)$$

式中, ψ 为速度流函数; φ 为速度势函数; H 为等压面高度,其它符号同文献[4]。

式(10)表明,相对散度的局地变化同垂直运动的局地变化趋势一致。当满足热成风平衡,式(10)右端项为零,相对散度和垂直运动无变化。当热成风被破坏,由文献[4]中如增加一个暖性的位势场,从其方程组中可见高层辐散增加,低层辐合也增强,但高层辐散大于低层辐合,那么相对散度要增加。同样垂直运动加强,对暴雨的作用是显而易见的。天气实践同样表明,温度平流、水汽平流等都是破坏热成风平衡的重要因素,这使得相对散度增强,垂直速度增大,有利暴雨产生。

4 3 类天气短期预报概念模式

在上述合成对比的基础上,通过对本区历年前汛期在中高纬地区 500hPa 环流形势为两槽一脊背景下的各个例系统及演变过程的分析,初步归纳如下 3 类天气短期预报概念模式。

4.1 暴雨天气短期预报概念模式

4.1.1 急流(850hPa 出现连续的呈东北—西南向分布的 3 站或 3 站以上风速 $\geq 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风,下同)轴位置在 $24-27^{\circ}\text{N}$ 之间,同时 850hPa 上 $26-29^{\circ}\text{N}$, 110°E 以东范围存在切变线或低涡切变(指在 $23-29^{\circ}\text{N}$, $110-117^{\circ}\text{E}$ 之间,在切变线上有中心 $< 1480\text{gpm}$ 的气旋性涡旋或 ≥ 4 站风向为气旋性环流),以及地面冷锋或静止锋在 120°E 经线上位于 $26-28.5^{\circ}\text{N}$ 。

4.1.2 本区处于 E 等值线密集区南侧的 E 大值区($E \geq 200^{\circ}\text{C}$)且层结不稳定($\frac{\partial\theta}{\partial p} < 0$)。

4.1.3 低层出现强的正涡度负散度的同时,高层有强辐散区,使得相对散度值增加($D > 3 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$),这种强的抬升系统使得不稳定能量得以释放,触发暴雨天气的产生。

4.2 一般降水天气的短期预报概念模式

4.2.1 急流轴线位置在 $24-27^{\circ}\text{N}$ 之间,850hPa $26-29^{\circ}\text{N}$, 110°E 以东范围不存在切变或涡旋切变或无低空急流,850hPa $26-29^{\circ}\text{N}$, 110°E 以东范围存在切变或涡旋切变,以及地面冷锋或静止锋在 120°E 线上位于 $26-28.5^{\circ}\text{N}$ 间。

4.2.2 E 值明显上升,且出现 E 值等值线

密集区位于长江流域。

4.2.3 低层有正涡度负散度,有辐合抬升系统,但高层辐散较弱。

4.3 无雨天气的短期预报概念模式

4.3.1 无低空急流,切变位置在 24°N 以南,本区处槽后偏北气流或反气旋流场, 120°E 线上 $26-28.5^{\circ}\text{N}$ 范围不存在锋面。

4.3.2 本区及上游为 E 的低值区, ΔE_{24} 明显下降,一般约为 10°C 左右。

4.3.3 对流层中下层为负涡度正散度,本区为辐散下沉气流。

参考文献

- 1 华南前汛期暴雨. 广州: 广东科技出版社, 1986.
- 2 陶诗言等. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980.
- 3 包澄澜. 对我国南方暴雨天气的几点认识. 暴雨文集, 1978.
- 4 陈秋士. 斜压大气中热成风的建立和破坏. 气象学报, 1963, 1(2).
- 5 N. H. 特维尔斯戈伊, 气象学教学课程(第一册). (中译本). 北京: 高等教育出版社, 1959, 3.
- 6 朱乾根等. 天气学原理和方法. 北京: 气象出版社, 1981.
- 7 叶榕生等. 福建重要天气分析和预报. 北京: 气象出版社, 1989.

A Comprehensive Comparison of Three Kinds of Weather Events in the Early-Rainy Season

Chen Dewen

(Ningde Area Meteorological Bureau, Fujian Province 352100)

Abstract

Seven cases of storm rainfall, seven cases of ordinary precipitation and seven cases of fine weather events are chosen. The thermodynamic, the dynamical characteristics and their differences of the three kinds of weather events are comprehensively analysed, as a result, the short-range forecasting models are obtained.

Key Words: early-rainy season comprehensive comparison model.