

长江中下游地区特大雷暴暴雨 的诊断分析及预报

程铁军

张 芬

(安徽省黄山市气象局, 245021)

(安徽省安庆市气象局)

提 要

通过对 1998 年 7 月 22 日和 1983 年 7 月 4 日两例发生在鄂皖交界沿江地区特大雷暴暴雨的诊断分析,表明此类特大暴雨是由高层冷空气叠加在低空急流左前侧高温区之上,产生持续的强烈对流降水所造成的。物理量倾向诊断结果表明:强降水中心沿着下游的增湿区和不稳定增强区发展和移动,与低层水汽辐合增强区,尤其是与“相对辐散增强区”有较好的对应关系。

关键词: 诊断分析 物理量倾向 相对辐散增强区 暴雨

引 言

暴雨是长江中下游地区汛期最常见的灾害性天气,频繁的暴雨在长江流域发生,给国家和人民群众的生命财产造成严重损失。其中雷暴暴雨来势猛、雨强大,更具致洪危害性。如 1998 年 7 月 22 日黄石日雨量达 360.4mm,宿松 316.7mm,黄梅 301.1mm。宿松站降水最强时 5 小时内降水 204.0mm。本文通过对 1998 年 7 月 22 日发生在鄂皖交界沿江地区特大雷暴暴雨的诊断分析及与 1983 年 7 月 4 日个例的对比分析,以期为该暴雨短期预报寻找着眼点。

1 1998 年 7 月 22 日天气背景及物理量诊断

1.1 环流形势演变及系统空间结构特征

1998 年 7 月初,受华北冷槽影响,江淮一带出现较强降水;之后河套高压脊东移与副高合并,副高增强,雨带北抬,沿江及其以南地区第一段强降水结束。7 月中旬初,500hPa 副高脊线(120°E)北抬到 30°N 以北,致使华东地区出现罕见的高温天气。值得注意的是,虽然副高脊线偏北,但西伸不强,主体不够稳定。15 日起有一次长波调整过程,在巴尔喀什湖地区有高压脊迅速向北发展,这起到两方面的作用:①致使西太平洋副高减退(所谓上下游效应),②在 90~100°E 的

高纬地区有高压系统发展,在高压脊东南侧的东北气流引导下,冷空气南下在贝加尔湖附近生成较强的冷低压,并逐渐向东南移动,带动后部冷空气进入江淮地区上空。7 月 20 日 500hPa 贝加尔湖低压已向东南移到锡林浩特附近,槽线自低压中心经大连、南京、汉口到成都一线,冷空气开始进入江淮地区。

在 500hPa 及以上高层,30°N 以北地区转受一致西北气流控制,而低层则不然,在 500hPa 低槽南移到沿江时,850hPa 偏南气流却伸展到淮河流域,20 日 08 时~21 日 08 时,850hPa 切变一直处在沿淮和淮河以北,115°E 急流轴也北移到 29~30°N 之间。在江淮地区,风场呈现出低层偏南风而高层为偏北风结构。图 1 给出的是 7 月 21 日 08 时沿 116°E 的 V 值剖面图。从同时次的涡度剖面图上也可看出,其正值轴线随高度不再向北而是向南倾斜,此时已不再具有“典型梅雨锋特征”结构。地面图上,湖北东部和安徽西南部地区则处于宽广低压区的东南侧,副高边缘区。

以上即是 1998 年 7 月 22 日暴雨过程产生前的形势背景,在低层西南急流将水汽不断输送到沿江地区之际,高空不断有冷空气南下而叠加在其上,从而形成强烈的不稳定层结,为产生持续而猛烈的对流性降水提供

了环境条件。

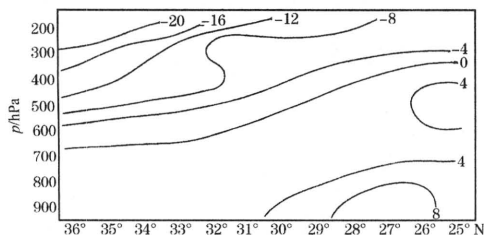


图1 1998年7月21日08时116°E的V值剖面图

1.2 湿度及稳定度场特征

对流性特大暴雨的产生必须要有强烈的不稳定和充沛而源源不断的水汽供应,此次特大暴雨发生前的情况怎样呢?用850hPa θ_{se} 表示低层热力(湿度)条件;以 $\theta_{se} + \Delta\theta_{se24}$ (其中 $\Delta\theta_{se24} = (\partial\theta_{se}/\partial t) \cdot \Delta t_{24}$) 表示未来 θ_{se} 场的分布;以 $\partial\theta_{se}/\partial p$ 即 $(\theta_{se500} - \theta_{se850})$ 表示大气对流稳定度;以 $(\partial(\partial\theta_{se}/\partial p)/\partial t) \cdot \Delta t_{24}$ 表示稳定度的趋势变化量。

图2是1998年7月20日08时资料计算结果。可以看到暴雨出现前850hPa图上,在30°N、113~114°E有一个 θ_{se} 为363K的大值区,中心在30°N、114°E(汉口南侧);从稳定度场来看,该区域也为强烈对流不稳定区, $\partial\theta_{se}/\partial p$ 达-20以上,中心也在30°N、114°E。正是在如此高湿、不稳定的条件下,造成汉阳附近21日的特大暴雨天气。

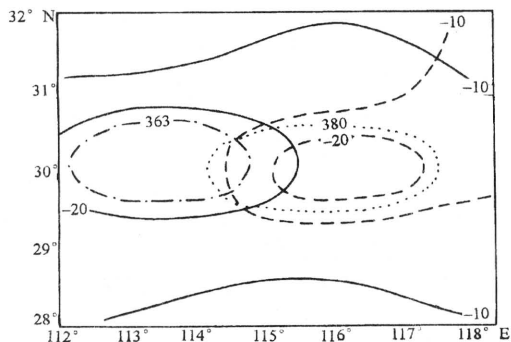


图2 1998年7月20日08时能量场和稳定度场
 —·—850hPa θ_{se} 线 ·····850hPa $\theta_{se} + \Delta\theta_{se}$ 线
 ———— $\partial\theta_{se}/\partial p$ 线 - - - - - $(\partial(\partial\theta_{se}/\partial p)/\partial t) \cdot \Delta t_{24}$ 线

当汉阳附近的强降水中心出现后,它将怎样变化和移动呢?应该说在图2上是有征兆的,其一:从850hPa层 $\theta_{se} + \Delta\theta_{se}$ 来看,虽然沿暴雨带已具有非常高的湿度条件,但仍有大量水汽不断输送到暴雨区,尤其是汉口

以东地区,380K线包括了30°N、115~117°E地区,其中30°N、116°E竟达388.1K;其二:从稳定度场的变化上来看,汉口以东到安庆一带更趋于不稳定, $(\partial(\partial\theta_{se}/\partial p)/\partial t) \cdot \Delta t_{24}$ 的-20区从湖北东部一直伸到安庆一带,从而导致强对流天气进一步发展而向东南移动。

1.3 散度及水汽通量散度的趋势变化

暴雨总是和低层辐合区及水汽辐合区联系在一起。从计算出的7月20日08时850hPa散度场来看^[1],湖南中部、江西到皖南一带为弱的辐合区,而未来出现暴雨的湖北东部一带则为弱的辐散区,因此,用它很难判断出未来强降水的发生。故而计算了低层850hPa散度和水汽通量散度的趋势变化量。所用公式:

$$\partial D/\partial t = -\Delta^2 E + \mathbf{K} \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) \quad (1)$$

式中 $E = \Phi + (\mathbf{V} \cdot \mathbf{V})/2$ 为压能; $\mathbf{A} = (f + \zeta)\mathbf{V}$ 为绝对涡度通量,式(1)为适于中尺度运动的散度倾向方程。

设 W 为水汽通量散度,则有:

$$W = (1/g) \cdot \nabla \cdot (q\mathbf{V}) \quad (2)$$

$$\partial W/\partial t = 1/g (\partial q/\partial t \cdot D + q \cdot \partial D/\partial t + \partial \mathbf{V}/\partial t \cdot \nabla q + \mathbf{V} \cdot \nabla (\partial q/\partial t)) \quad (3)$$

式(3)即为适于中尺度运动的水汽通量散度倾向方程。

图3中实线为20日08时 $\partial W/\partial t = -12$ 的等值线。从湖北东部到安徽沿江西南部为一个强的负值区,即水汽辐合增强区,最大中心在30°N、114°E,数值达-18.7。

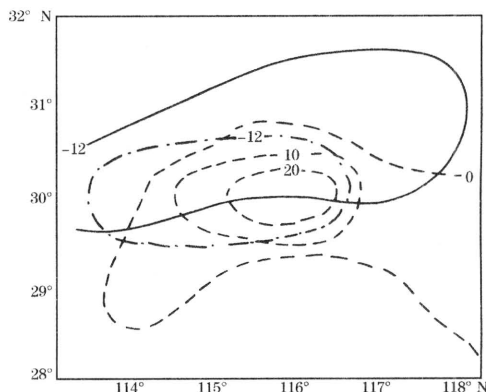


图3 08时850hPa散度和水汽通量散度的趋势变化量
 ————7月20日 $\partial W/\partial t$ 值 ($10^{-9} \text{g} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$)
 —·—7月21日 $\partial W/\partial t$ 值 ($10^{-9} \text{g} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$)
 - - - - -7月20日 $\partial D_{200}/\partial t - \partial D_{850}/\partial t$ 值 ($10^{-9} \cdot \text{s}^{-2}$)

要使低层的辐合得以维持和加强,高层的辐散是必须的。为此计算了20日08时高层200hPa上的 $\partial D/\partial t$ 场,取 $(\partial D_{200}/\partial t - \partial D_{850}/\partial t) \geq 0$ 的区域为“相对辐散增强区”,其中心在 30°N 、 116°E ,由此也可以较清楚地看到汉口附近的强降水中心应加强向东南偏东移动,从而影响黄岗、黄石和安庆地区西部。在7月21日08时850hPa的 $\partial W/\partial t$ 图上,低层水汽辐合增强中心也移到 30°N 、 115°E ~ 116°E ,与次日强降水区较为一致。

2 与1983年7月4~5日个例对比分析

1983年7月4~5日湖北东部到安徽沿江地区出现特大暴雨^[2],桐城(31°N 、 116.9°E)一天多的时间内降水达350mm。

分析此次过程的天气形势,500hPa高空7月1日位于贝加尔湖的冷低压3日08时已移到沈阳附近,低槽移到沿江一带,冷空气开始侵入江淮地区上空;3日08时850hPa切变维持在淮河流域上空,急流位于 30°N 附近;地面上长江中下游处副高边缘、宽广低压的东南侧,冷锋远在 35°N 附近。

在湿度场上,3日08时从湖北东部到安徽西南一带850hPa θ_w 都在345K以上,并且在不断增大; $\theta_w + \Delta\theta_{w24}$ 值在 31°N 、 116°E 处高达383.7K; $\partial\theta_w/\partial p$ 值在未来的暴雨发生区均 < -10 ,且不稳定度还在增强, $(\partial(\partial\theta_w/\partial p)/\partial t) \cdot \Delta t_{24}$ 值在 30°N 、 116°E ~ 117°E 范围内均 < -20 ;3日08时850hPa $\partial W/\partial t$ 值小于 -15 的区域(水汽辐合增强中心区)在 31°N 、 116°E ~ 117°E ,与次日降水中心较一致。

从以上分析可以看出,两次特大雷暴雨产生前的形势背景和造成强降水的主要物理量的趋势变化基本相似。

3 应用举例

1999年,皖西南地区再度发生特大雷暴雨,运用该预报方法,成功预报了7月22~23日雷暴暴雨过程。21日诊断分析表明:850hPa $\partial W/\partial t$ 值小于 -12 的区域在 30°N 、 115°E ~ 117°E ; $(\partial(\partial\theta_w/\partial p)/\partial t) \cdot \Delta t_{24}$ 值在 30°N 、 115°E ~ 117°E 范围内均 < -16 。

4 结语

汛期长江中下游地区,低层偏南气流基本已抵淮河流域,沿江有急流存在,当500hPa贝加尔湖有冷低压向东南移动时,冷空气随槽后偏北气流侵入江淮地区,叠加在低空急流左前方的高湿区之上,造成持续而猛烈的对流性降水,常可达大暴雨或特大暴雨。对长江中下游地区历史上55个暴雨过程的计算分析表明,强降水中心出现后,将沿着下游的增湿区和不稳定增强区发展和移动,并与低层水汽辐合增强区,尤其是与“相对辐散增强区”有较好的对应关系,即基本出现在低层 $\partial D/\partial t$ 、尤其是 $\partial W/\partial t$ 大的负值区内。

参考文献

- 1 李厚楹,张苏.物理量的趋势诊断在1996年大暴雨过程分析中的应用.全国数值预报产品释用和96年汛期预报技术总结交流会文集,国家气象中心,1998:135~1392.
- 2 李厚楹,张苏.散度和水汽通量散度的诊断在暴雨和强对流天气中的应用.大气科学研究与应用,1997(1):113~116.

Diagnosis and Forecast of Extraordinary Rainstorm in the Lower-middle Reaches of Changjiang River

Cheng Tiejun

(Huangshan Meteorological Office, Anhui Province, 245021)

Zhang Su

(Anqing Meteorological Office, Anhui Province)

Abstract

By forecasting and diagnosis of extraordinary rainstorm in the lower-middle reaches of Changjiang River on July 22, 1998 and July 4, 1983, it is shown that the upper cold-air piling up left of lower jet is the main structure feature, diagnosis of physical parameters and its tendency shows that there are relations between heavy precipitation or severe convection area and strong convergence area at 850hPa to 500hPa level and strong convergence area of vapor flux in future. The rain area can be better estimated by computing the tendency than the physical parameters.

Key Words: diagnosis physical tendency rainstorm