

贵阳一次强对流降水过程的诊断分析

刘贵萍

(北京大学物理学院, 北京 100871)

提 要

用客观诊断分析方法对 2003 年 5 月 15 日 20 时贵阳龙洞堡机场出现的一次由中- α 尺度对流系统引起的强降水过程进行分析, 得到贵州中- α 尺度对流系统发生前期的大尺度环境条件和物理条件, 对今后的预报分析工作有一些启示意义。

关键词: 中- α 尺度对流系统 诊断分析 环境条件 物理条件

引 言

中- α 尺度对流系统(200~2000km)是造成我国夏季暴雨和洪涝灾害的主要天气系统之一。陶祖钰^[1]等人通过对 1993~1995 年 3 年 GMS 卫星红外云图的普查, 指出我国的中- α 尺度对流系统有明显的地理分布特征, 35°N 以南, 100~110°E 之间的我国西南地区及其相邻的越南北部是中- α 尺度对流系统发生最多的区域。贵州省正处于中- α 尺度对流系统的高发区。方宗义^[2]等人通过个例的归纳指出中尺度对流系统经常发生在准静止锋的西端、高温高湿的西南风低空急流

的最北端和 500hPa 短波槽的前方。

2003 年 5 月 15 日 20~23 时贵阳龙洞堡机场出现了一次由中- α 尺度对流系统引起的强降水过程, 3 小时降水达 43.3mm, 并伴有雷暴。同时贵州省中东部也出现了一次大暴雨过程。为了揭示这次暴雨过程发生前期的环境物理条件, 选取 15 日 08 时的地面和高空资料进行客观诊断分析, 分析中采用了 Cressman 逐步订正法。

1 云图显示的特征

从 5 月 15 日 19 时 30 分至 16 日 08 时 30 分的红外云图分析(图 1)可以看出: 19 时

30分贵州中部开始出现米粒大小的对流云。20时30分,对流云团有小豆大小,开始发白,龙洞堡机场开始出现阵雨。21时30分云团加强发展,色调发白发亮,边缘光滑,短轴有二个纬度大小,并向东南扩展,机场开始出现雷暴。22时30分,云团短轴达到中- α 尺度,云团向东加强发展。23时30分,机场

雷雨过程结束。16日08时30分,云团全部移出贵州,全省降水结束。明显地这是一次由中尺度系统引起的降雨过程。追踪云团最白亮点的移动,发现云团是向东移动的,在云团的发展阶段处于停滞状态或移动速度较慢,在云团减弱阶段,移动加快。

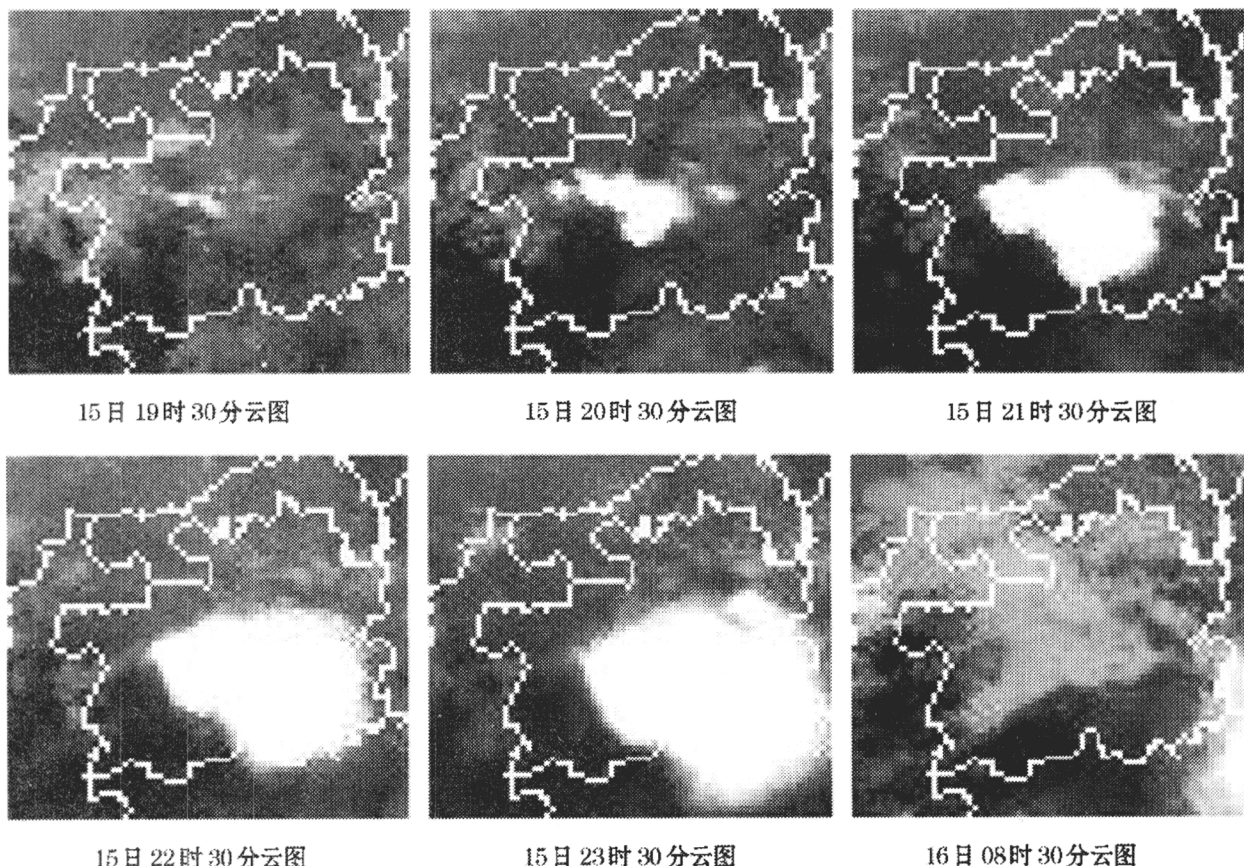


图1 云图特征

2 中尺度对流系统发生前的环流背景

所有的中尺度天气系统,都发生于有利的大尺度环境场中,受其影响和制约。15日08时地面冷锋位于西安—重庆一线,在福建—广西一线有一条静止锋,贵州处于东西向的静止锋的西端和冷锋前的暖区里。500hPa在兰州—成都一线有一条短波小槽,贵州处于槽前西南气流中。700hPa四川盆地有一低涡开始移出。850hPa四川盆地也是一个低涡,贵州在涡前偏南气流中。且850hPa温湿场图上(图略),贵州南部是一个暖中心,中心温度值 $>21^{\circ}\text{C}$,整个贵州地区温度 $>19^{\circ}\text{C}$,同时贵州还是一个湿中心,中心值

$>16\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,说明低层具有非常有利的热力条件,便于傍晚贵州地区产生中尺度对流系统。

从15日08时200hPa流场图和850hPa流场图(图2a,b)可以看出,在对流层上部,我国中高纬地区为宽广而平直的高空西风气流,急流轴线位于 32°N 附近,急流轴上有两个急流中心,最大的风速中心($>60\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)位于青藏高原上空,次风速中心($>50\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)位于长江中下游地区。贵州位于最大急流中心出口区右侧。

对流层下部的环流与上部不同,是明显的经向环流,在副热带高压的外围有一支强

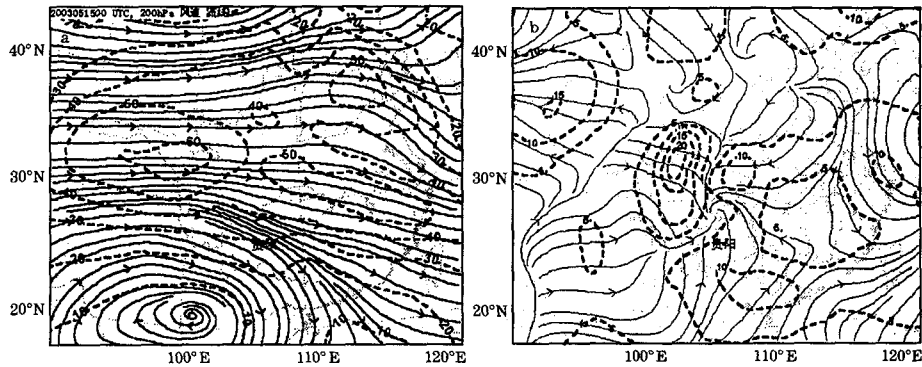


图2 15日08时200hPa(a)和850hPa(b)高空流场、等风速线

点线为等风速线,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,等值线间隔10(850hPa间隔5);实线为流线

的偏南风低空急流从华南延伸到贵州的北部。在贵州北部形成一个辐合中心。

强对流降水发生于高空急流开口区右侧的辐散区和西南低空急流最北端水汽、动量、热量的汇集区中。这次过程,高低空耦合较好。西南低空急流是提供降水区水汽、动量和热量的最重要机制,因为低空急流是一种动量、热量和水汽的高度集中带,为发生对流性降水提供了动力学条件和热力学条件,也对不稳定能量的积累、输送和释放起了关键作用。同时高空急流右侧辐散区的抽吸作用必然会引起低层的质量补偿,有利于低空急流的加强和发展。高低空急流的耦合,是这次强对流降水过程发生前的一个显著特点。

同时,在中- α 尺度对流系统发生前,从低层850hPa到高层500hPa贵阳测站风从东南风160度顺时针转为西南风250度,且风速随高度变化不大,在 $12\sim 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间。中尺度对流系统发生区域风的垂直结构与陶祖钰、郑永光、吕艳彬^[3]等人的结论一致。

3 中尺度对流系统发生前的物理条件

中尺度对流系统发生的必要条件是大气层结是不稳定的。对流稳定度(图3)的分析表明,整个贵州地区500hPa的相当位温都小于850hPa,处于大范围的对流不稳定环境中,且在青藏高原还有一个最大不稳定区,在对流层中层500hPa偏西气流的输送下向东移,未来将到达贵州地区。这与郑永光等人^[4]对黄海及其周边地区中尺度对流系统活

跃期环境场的合成得到的结论基本一致。

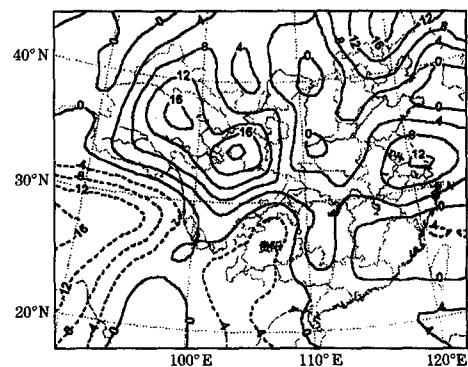


图3 15日08时对流稳定度

$\theta_e(500-850\text{hPa})$,单位:K,等值线间隔4K

同时,中- α 尺度对流系统要形成长时间的降水,必须要有足够充足的水汽输送。在850hPa温湿场(图略)和水汽通量散度图(图4)上可以看出,贵州处于高比湿中心,贵州北部有水汽辐合,最大的两个辐合中心一个在

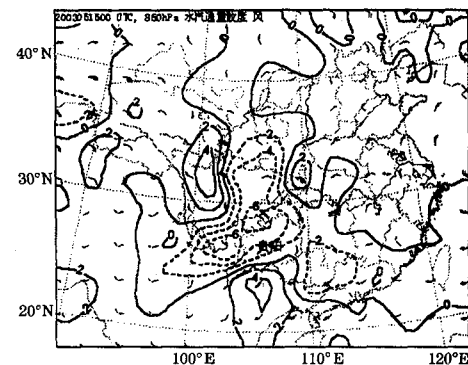


图4 15日08时850hPa水汽通量散度和风场
等值线间隔 $0.02 \times 10^{-7} \text{g}\cdot(\text{s}\cdot\text{hPa}\cdot\text{cm}^2)^{-1}$

贵州西部,一个在贵州北部。水汽通量散度场的分布相当有利于强而稳定的低空偏南风急流向贵州地区输送水汽,且在贵州北部形成水汽汇合,水汽的输送和聚集为未来的降水提供了物质基础。

中尺度对流系统要能发生,还要具备上升运动条件。15日08时200hPa和850hPa散度场分析可以看出贵州北部高层为辐散中心,低层为辐合中心,且高层辐散值大于低层辐合值,高层辐散场的抽吸作用为傍晚中尺度对流系统的发展提供了必要的上升运动条件。又500hPa涡度平流图上(图略),贵州北部到西部为一片正涡度平流区。根据涡度方程,当对流层中上部的正涡高值区逼近下层的气旋性辐合系统时,由于高空的正涡度平流可产生高层辐散,导致下部出现补偿性的辐合,增加了初始扰动的低层辐合作用或上升运动,所以贵州北部到西部的正涡度平流为上升运动提供了触发机制。

总之,上述分析结果表明,中尺度对流系统发生前,利用当日08时的常规资料进行诊断分析可以揭示出傍晚贵州地区发生中尺度对流系统的环境物理条件,对其预报中尺度系统的发生发展有近10个小时的提前量,对机场预报工作有一定的意义。

4 结 论

(1)这次过程是一次中- α 尺度对流系统引起的强降水过程。中尺度系统在贵州地区发生在地面准静止锋的西端、高温高湿的西南风低空急流的最北端、500hPa短波槽的前

方和高空急流开口端右侧。这与方宗义等人的结论一致。但也有不同的地方,这次过程地面冷锋是它的触发机制,中低层与西南涡相联系,这可能是贵州地区发生中- α 尺度对流系统的一个特色背景,需进一步验证。

(2)这次过程发生在大气层结不稳定区里,高层辐散场的抽吸作用有利于傍晚对流系统发展和加强,低层偏南风低空急流源源不断输送水汽和在贵州北部水汽聚集,使得傍晚降水得以发生和维持。

(3)这个个例选取的是中尺度系统发生当日08时的资料进行客观分析,代表发生前约12个小时左右的环流和物理场分布,因此对预报傍晚前后有无中尺度对流系统发生具有一定参考价值。

致谢:北京大学天气实验室郑永光博士提供客观分析软件和指导。

参考文献

- 1 马禹,王旭,陶祖钰. 中国及其邻近地区中尺度对流系统的普查和时空分布特征. 自然科学进展, 1997, 7: 701~706.
- 2 Fang Zongyi(方宗义). The Preliminary Study of Medium-scale Cloud Clusters over the Changjiang Basin in Summer. Adv. Atmos. Sci., 1985, 2(3): 334-340.
- 3 吕艳彬,郑永光,李亚萍等. 华北平原中尺度对流复合体发生的环境和条件. 应用气象学报, 2002, 13(4): 406.
- 4 Zheng Yongguang, Tao ZuYu, Wang Hongqing. Environment of Meso- α Scale Convective System Development in Yellow Sea Region. Progress in Natural Science, 1999, 9: 842-848.

Diagnoses of a Heavy Convective Precipitation Event at Guiyang City

Liu Guiping

(Physical Institute, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

By means of objective diagnoses, a heavy rain event over Longdongbao Airport Guiyang, at 20 BT(Beijing Time), May 15, 2003, caused by meso- α convective systems is studied. The large scale environmental and physical conditions before the occurrence of meso- α convective systems are obtained.

Key Words: meso- α convective system diagnoses environmental and physical condition