

2002年6月21~23日梅雨锋上的MCS分析

贺新强¹ 蔡荣辉²

(1. 民航长沙空中交通管理中心, 湖南长沙 410137; 2. 湖南省气象科学研究所)

提 要

对2002年6月21~23日发生在黄海—长江流域梅雨锋上的一系列由中尺度对流系统(MCS)引起的强对流天气过程进行了云顶辐射亮温(T_{BB})和天气形势、气象要素等的诊断分析。结果表明:梅雨锋上的MCS是造成这次长江流域产生暴雨甚至大暴雨级强降水的主要系统;MCS的强降水中心(区)与 $T_{BB} \leq -32^\circ\text{C}$ 的频率 F_M 、 $T_{BB} \leq -52^\circ\text{C}$ 的频率 F_S 高值中心(区)关系密切,由 F_M 和 F_S 可以相当明显地反映降水的总体特征,而且比使用 T_{BB} 低值中心(区)来反映降水的总体特征能力要强;地面的梅雨锋、低层的切变线、对流层上层的高压这种上下层系统的配置十分有利于强对流天气的发生。

关键词: 梅雨锋 中尺度对流系统(MCS) 辐射亮温(T_{BB}) 频率

引 言

中尺度对流系统MCS(Mesoscale Convective Systems),是中国主要的暴雨系统之一。为了研究中国及其临近地区的MCS,马禹等^[1]曾给出了中- α 尺度(M_α CS)和中- β 尺度(M_β CS)对流系统的定义,并统计了1993~1995年中国夏季的MCS的时空分布。梅雨是东亚大气环流在春夏之交季节转变的一种特有现象,梅雨锋在对流层低层锋面两侧的水平风切变非常明显,它常能产生很强的降水并造成严重的洪涝灾害。有关MCS的降水特征和规律,已有人做了大量的工作,如叶惠明等^[2]分析了1991年江淮流域持续暴雨的大范围平均 T_{BB} 特征,肖稳安等^[3]发现强降水常发生在MCC发展到最强时刻以前的发展阶段,魏建苏等^[4]分析得到,对汛期强降水过程中的像MCC一类的强系统,其云顶亮温值一般低于 -61°C ,江吉喜等^[5]在分析我国南方持续性暴雨成因时认为 T_{BB} 旬平均和距平均场十分清晰地展示出了我国南方地区各旬的雨带位置和降雨强度以及最强降雨落区。因此,综合分析此次梅雨锋上的MCS系统,以获得梅雨锋上MCS发生、发展、移动、消亡的某些规律是很有必要的。

1 黄海—长江流域梅雨锋上的MCS天气过程

2002年6月21~23日,江淮流域仍处梅雨期间,这几天江淮流域的梅雨锋上产生了一系列的中尺度对流系统(MCS),并发生了多次由MCS引起的强降水过程。长江流域及其附近的一些站点6小时降水近乎100mm,造成了局地洪涝灾害,由于雨强大,局部地区甚至产生山洪爆发。

2 MCS的云顶辐射亮温(T_{BB})特征

根据文献^[1]给出 M_α CS和 M_β CS的定义,从2002年6月21日00UTC~6月23日23UTC的72小时中梅雨锋上一共产生了11个MCS,其中包括了6个 M_α CS,下面选取其中的一部分个例进行分析。

2.1 MCS的发展变化与降水量的关系

将2002年6月21日00时~23日23UTC的72小时每6小时作为一时段共分为12阶段,这样做的目的在于能与6小时降水资料的时段相统一。选取其中第八阶段即6月22日18~23UTC的6小时为例进行分析。在这一阶段的卫星云图上(图略),有一直径达5纬距的 M_α CS-B₂一直较强,其范围基本稳定在 $30^\circ\sim 35^\circ\text{N}$ 、 $115^\circ\sim 120^\circ\text{E}$ 之间的

皖、苏两省, 21UTC 以后该 M_cCS 逐渐从中间一分为二并开始减弱; 另外, 还有两个比较小的 $M_\beta CS-C_2$ 和 $M_\beta CS-B_3$ 分别位于甘南、

川北和陕南、川东一带, $M_\beta CS-C_2$ 在东移减弱的同时逐渐并入到 $M_\beta CSs-B_3$ 中, 使得 $M_\beta CSs-B_3$ 重新加强且面积加大。

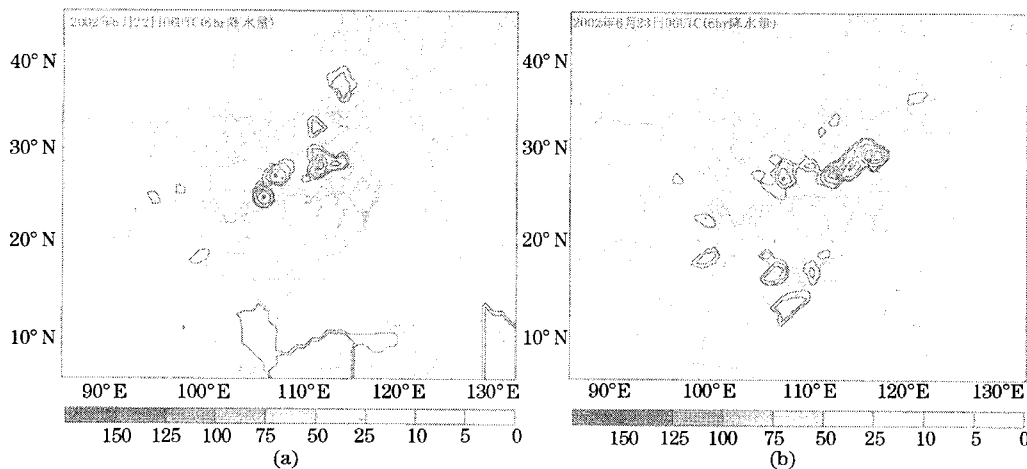


图1 (a)2002年6月22日06UTC的6小时降水量,(b)2002年6月23日00UTC的6小时降水量
单位:mm

图1b是6月22日18~23UTC内的6小时降水量, 图中6小时降水量大于25mm的区域有一小块和一大片, 一大片中又有3个6小时降水量大于50mm的强降水中心, 代表站分别是四川万源53mm, 河南固始69mm, 安徽蚌埠75mm, 江苏射阳74mm。万源的降水是由减弱消亡的 $M_\beta CS-C_2$ 尾部并入到 $M_\beta CS-B_3$ 的过程中产生的, 而且雨强最大很可能发生在 $M_\beta CS-C_2$ 与 $M_\beta CS-B_3$ 相互融合的时段; 而固始、蚌埠、射阳的降水则是由 $M_c CS-B_2$ 造成, 而且雨强最大时段很可能发生在 $M_c CS-B_2$ 分裂的时段, 因为 $M_c CS-B_2$ 发生分裂时可能使局部潜热释放而增强降水。由此可见, 在 $M_\beta CS$ 互相融合或 $M_c CS$ 分裂时, 降水强度会显著增大。如果有更小时段的降水量资料, 这一结论将得到进一步的印证。

另外通过对6月22日00~23UTC的24小时降水量分布(图略)的分析, 发现川东、渝北、陕南一带的降水超过50mm, 苏北沿海地带的降水也超过50mm, 达到暴雨程度。由于四川万源上空的MCS不断生消、而且成熟期的MCS稳定在其上空较长时间, 造成最大降水中心发生在四川万源, 其值

达124.2mm, 而且万源在第五阶段和第八阶段12小时内的降水量达110mm, 并且6月21~22日的48小时内的降水量接近200mm。

2.2 MCS的 T_{BB} 特征与降水量的关系

王立琨等^[6]认为长时间的平均云图可以相当好地反映降水的总体特征, 候平均云图对中 α 尺度结构也有一定的反映能力。将6小时降水量与对应的6小时平均 T_{BB} 分布和24小时降水量与对应的24小时平均 T_{BB} 分布进行对比分析发现: 大体而言, 部分6小时强降水区与6小时平均 T_{BB} 低值区对应, 强降水中心及周围6小时降水大于25mm的区域处在 $T_{BB} \leq -52^\circ\text{C}$ 的范围, 并且强降水中心处在 T_{BB} 等值线最密集的地方, 即 T_{BB} 等值线梯度最大的地方, 与陶祖钰等^[7] 的描述相似。同时, 部分24小时强降水中心(区)与24小时平均 T_{BB} 低值中心(区)对应关系也比较好, 不过仍有部分6小时或24小时强降水中心(区)不是发生在 T_{BB} 低值中心(区)。

由于6小时、24小时强降水中心(区)与6小时、24小时平均 T_{BB} 低值中心(区)对应关系不是特别强, 只有一部分强降水中心与 T_{BB} 低值中心的相关性好, 能否找出相关性更

好的因子呢?

2.3 MCS的强 T_{BB} 频率分布特征与降水量的关系

比较2002年6月22日00~05UTC的6小时降水量(图1a)与2002年6月22日00~05UTC的6小时 $T_{BB} \leq -32^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_M 分布(图2a)和 $T_{BB} \leq -52^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_S 分布(图略),可以发现:6小时强降水中心重庆57mm,四川万源57mm,河南驻马店67mm

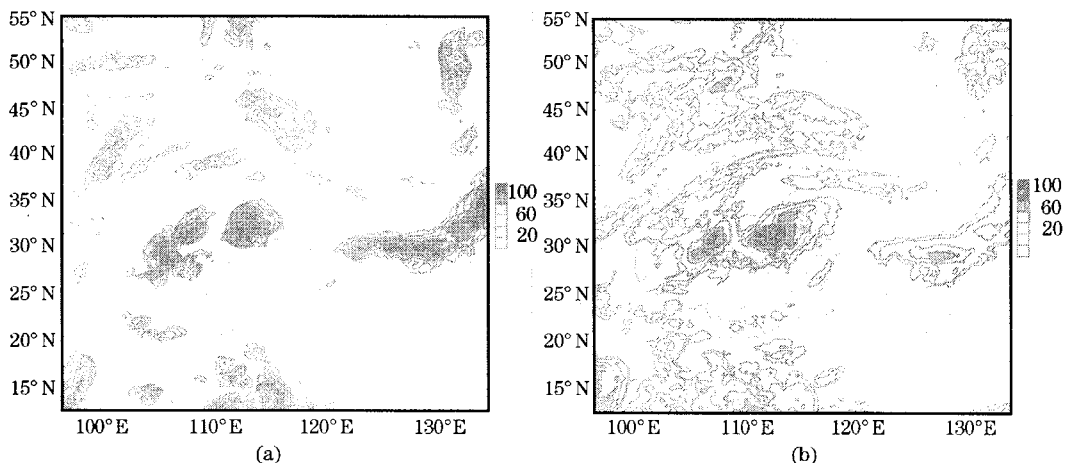


图2 2002年6月22日00~05UTC的6小时(a)和2002年6月22日00~23UTC的24小时(b)
 $T_{BB} \leq -32^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_M 分布

再比较2002年6月22日00~23UTC的24小时降水量(图略)与 $T_{BB} \leq -32^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_M 分布(图2b)和 $T_{BB} \leq -52^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_S 分布(图略),可以发现:强降水中心四川万源、湖北枣阳处在24小时内 $T_{BB} \leq -32^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_M 超过80%的区域,几个24小时降水量大于25mm的区域与 F_M 超过40%的区域基本对应;同时,万源也处在 F_S 超过40%的区域,老河口处在 F_S 超过60%的中心。

总之,强降水中心(区)与6小时、24小时的 F_M 、 F_S 高值中心(区)都存在较好的相关性,而且比与 T_{BB} 低值中心(区)对应关系要强。所以,可以应用 $T_{BB} \leq -32^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_M 和 $T_{BB} \leq -52^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_S 的高低分布来作为降水量分布的一个定性判据。

3 MCS的形势背景

3.1 MCS的地面天气形势

地面天气图上(图略),6月21日00UTC开始,长江与淮河之间的区域位于低

都处在6小时 $T_{BB} \leq -32^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_M 为100%的区域,而且频率 F_M 为100%的区域与上述强降水中心周围6小时降水大于25mm的范围大致相似,说明二者相关性很好。同时,上述强降水中心周围6小时降水大于25mm的范围与6小时 $T_{BB} \leq -52^{\circ}\text{C}$ 的频率 F_S 超过80%的区域也非常接近,三个强降水中心一个处在 F_S 为100%的区域,另外两个处在 F_S 超过80%的区域。

压槽中,低压中心在川滇交界地区的中部,中心气压997hPa,MCS都处在低压槽中。21日00~12UTC低压中心在加强,中心气压从997hPa→994hPa→993hPa(时间间隔6小时),低压中心的在加强过程伴随着东移,低压中心到22日00UTC已经分裂,东部的中心移至渝西地区,然后缓慢东移,强度维持少变,到23日00UTC这一东部中心已达苏北地区,以后逐渐东移入海。从气压场、风场等要素来分析,低压槽中存在一条弱的准静止锋,这些MCS属于梅雨锋云带内中尺度对流系统。比较低压中心的移动和降水中心的移动可以发现:随着低压中心的东移,强降水中心也在向东移动,说明低压中心一般也是强降水中心。

3.2 MCS的高空天气形势

高空天气图上(图略),从21日00UTC开始到24日00UTC结束的风压场分析,低层925~700hPa长江以南地区基本在西南

气流控制下,而江北却由东南或西北气流控制,长江流域有一条明显的切变线;长江上游在川中一带 850~700hPa 有西南涡存在,从西南涡中心川中、经渝西、贵中有一低压槽;500~400hPa,西南气流越过长江流域到达江北,华北到华中转高压脊,长江中下游正好处在西太平洋副热带高压西北部的西南气流控制下;300~100hPa,江北由西南或西北气流控制,江南逐渐转东北气流,在长江流域到华南一带上空由青藏高原高压控制。这种高、低空的形势属于较典型的梅雨环流,在长江流域一带维持了 2~3 天时间,正是这种高空形势造成了黄海—长江流域的暴雨。

4 气象要素场分析

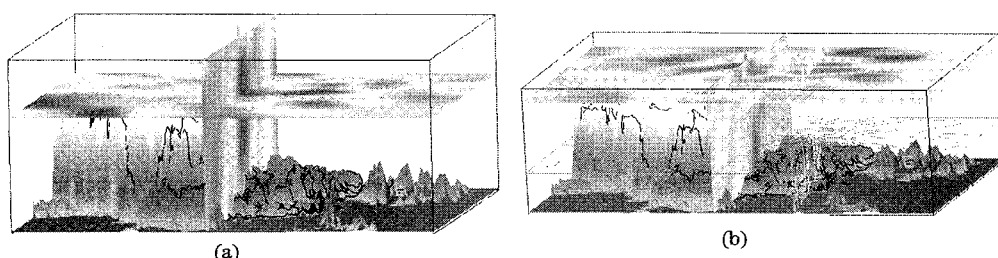


图3 (a)2002年6月23日00UTC的垂直速度(ω)剖面(图中水平剖面为沿400hPa的剖面,垂直剖面为沿108°E的剖面)
(b)2002年6月23日00UTC四川万源(32.1°N、108.0°E),安徽蚌埠(33.0°N、117.4°E)上空的散度场,水平剖面为沿200hPa的剖面,垂直剖面为沿108.0°E的剖面,垂直等值线剖面为沿117.4°E的剖面,水平等值线剖面为沿700hPa的剖面

4.2 散度场

图3b给出了6月23日00UTC四川万源和安徽蚌埠上空的散度场分布,图中明显可以发现万源上空高层强烈辐散、低层强烈辐合的特征。万源上空最强的辐散中心在200hPa左右,最强的辐合中心在850hPa左右;蚌埠上空的最强的辐散中心也在200hPa左右,最强的辐合中心在700hPa左右。

总之,气象要素场的分析表明:充分的水汽输送和集中,强烈的上升运动以及较长的持续时间等因素综合在一起造成了这次黄海—长江流域的强降水天气的发生。

5 小结

(1) 梅雨锋上的 MCS 是造成这次长江流域产生暴雨到大暴雨级强降水的主要系统。

(2) MCS 的强降水中心(区)与 F_M 、 F_S

为了进一步了解这种高低空形势的相互配置关系,我们对部分气象要素场进行了详细的分析,发现这些要素值都十分有利于强降水的发生。

4.1 垂直速度

图3给出了23日00UTC的垂直速度剖面,从中可以发现四川万源这个23日00UTC的6小时、24小时的强降水中心上升运动很强,尤其在400hPa垂直速度表现最强;同时我们发现23日00UTC的6小时、24小时的强降水中心湖北枣阳的上升运动也很强。这说明强降水中心与垂直速度的大值区是重合的。

高值中心(区)关系密切,由 $T_{BB} \leq -32^\circ\text{C}$ 的频率 F_M 和 $T_{BB} \leq -52^\circ\text{C}$ 的频率 F_S 可以相当好地反映降水的总体特征,而且比使用 T_{BB} 低值中心(区)反映降水的总体特征能力要强。

(3) 地面的梅雨锋、低层的切变线、对流层上层的高压这种上下层系统的配合十分有利于强对流天气的发生。

参考文献

- 1 马禹,王旭,陶祖钰. 中国及其临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(6):701~706.
- 2 叶惠明,方宗义,朱小祥等. 1991年江淮流域持续暴雨的大范围平均云量特征. 应用气象学报,1994,5(3):380~384.
- 3 肖稳安,徐辉. 中尺度对流复合体的降水特征和预报. 南京气象学院学报,1995,18(1):107~113.

(下转第80页)

- 4 魏建苏, 严明良, 樊永富等. 卫星云图和数值产品结合的汛期强降水预警系统. 气象科学, 2001, 21(3): 355~362.
- 5 江吉喜, 范梅珠, 吴晓. 我国南方持续性暴雨成因的 T_{BB} 场分析. 气象, 1998, 24(11): 26~31.
- 6 王立琨, 陶祖钰, 杨阳. 1998 年长江洪水大暴雨的卫星云图分析. 北京大学学报(自然科学版), 2000, 36(1): 87~94.
- 7 陶祖钰, 王洪庆, 王旭等. 1995 年中国中- α 尺度对流系统. 气象学报, 1998, 56(2): 166~177.

Analysis of MCS developed along Mei-yü front during June 21 to 23, 2003

He Xinqiang¹ Cai Ronghui²

(1. Air Traffic Management Center of Changsha of CAAC, 410137;

2. Hunan Research Institute of Meteorological Science)

Abstract

Based on cloud-top brightness temperature data and circulation background, and the physical quantities, Diagnosis of severe convection weather caused by MCS in Mei-yü front over the Yellow Sea-Changjiang River during June 21 to 23, 2002 is made. The results show that the MCS is main system of the heavy rainfall in Mei-yüfront over Changjiang River Basin. There is close relationship between the heavy rainfall center and the high occurrence frequency center of convection and deep convection. The frequency of $F_M(T_{BB} \leq -32^\circ\text{C})$ and $F_S(T_{BB} \leq -52^\circ\text{C})$ can reflect the characteristics of rainfall well and better than the low value center of T_{BB} . In addition, the severe heavy rainfall was caused by the interaction among Mei-yü front, lower level shear line and upper level Tibet high.

Key Words: Mei-yü front mesoscale convective system bright temperature