

我国中尺度 α 类对流性云团的分析*

江吉喜 叶惠明**

(国家气象局卫星气象中心)

提 要

本文通过13个中尺度 α 类对流性云团的分析,给出其生命史中各阶段的典型云型,发生发展时对流层低层流场模型及成熟时的空间结构。分析表明:暖季在我国高原东部较低纬度地区,存在着与美国中纬度地区相似的中尺度对流复合体(MCC)。它们发生在高空小槽底部,低空侧东风急流左翼和地面冷锋西端的南侧或准静止锋上的暖湿辐合区中。当锋面向东南移动时,低层多方向的辐合进一步加强,云团呈发性发展,在凌晨达到最强,伴随的降水也急剧加强成暴雨或大暴雨;午后云团减弱消失,降水也随之迅速减弱;云团成熟时,椭圆形云团色调白亮、密实,长轴达7个纬距,辐合层可到达300百帕,中心辐线近乎垂直且为暖心结构,对200百帕流场有明显的影响。

一、引 言

多年来,国内外对中尺度系统作了不少研究,但主要集中在 β 类和 γ 类上。八十年代初期, R. A. Maddox^[1]运用卫星云图首先发现了中尺度 α 类对流性云团,其水平尺度为200—2,000公里,生命史大于6小时,并称这种系统为中尺度对流复合体(Mesoscale Convective Complexes, 以下缩写为MCC),同时还认为它是一个基本独特的大气环流系统。据初步统计,美国40%以上的突发性洪水都与MCC有关^[2]。迄今我国在这方面较系统的研究还较少。本文所研究的中尺度 α 类对流性云团(以下简称为 α 类云团),在卫星云图上,其生命史的主要时段内是孤立的,发展成熟时云团白亮、密实、呈准圆形或椭圆形,面积大于 3.5×4 平方纬距,生命史大于6小时。根据这个标准,普查了我国 30°N 以南、 100°E 以东的1982—1984年4—9月和1985年4—6月共21个月逐日的GMS红外云图(以下简称为IR),得到了13个云团。通过分析,试图揭示和认识我国的 α 类云团,为改进短时强降水分析和预报找到一些线索。

二、 α 类云团活动概况

由分析可知,这13个云团有以下一些特征(图1、表1)。

* 本文于1986年1月14日收到,2月5日收到修改稿。

** 陈美珍同志参加了部分资料工作。

1. 它们主要出现在5月(3次)和6月(8次), 它们的胚胎都发生在青藏高原东部的贵州境内及其与相邻的省、区交界处, 云团在向东南方向的移动过程中, 绝大多数在广西的西部和北部强烈发展, 然后在广西的东南部和广东的西部一带减弱消失。

2. 它们的生命史一般为20小时左右, 最长的一个达30小时。它们大多在后半夜暴发性发展, 几小时就成熟, 凌晨达到最强。成熟时云团最白亮、密实, 云区面积可达 44×10^4 平方公里(如附表中1号云团)。

3. 它们带来了强降水, 有时还伴有雷暴及局地大风。6小时雨量最大的三个气象站的平均值, 最小为23毫米, 最大为80毫米, 平均值为48毫米。单站6小时最大雨量值, 最小为33毫米, 最大为139毫米, 平均值为74毫米。最强降水出现的时间以6小时雨量计, 几乎与云团达最大强度同时。

4. α 类云团发生、发展的共同特征是: 高空有小槽移过青藏高原, 尔后向东偏南方向移动, 槽底经过川东、滇东北及黔北一带; 低空常有准东—西向切变线, 其南侧还有一支偏南风急流; 相应的地面冷锋西段往往为准静止锋, 锋前有一个暖湿倒槽区。 α 类云团最早的小对流单体, 就生成在倒槽区北部与低空偏南风急流左侧且和高空小槽槽底对应处。以后随着冷锋西段向东南方向移动, 小单体附近的多方向辐合进一步加强, 湿度也增大, 多个小对流单体合并并且转入迅速发展。

三、个 例 分 析

1982年5月12日14时—13日14时和1985年5月27日08时—28日14时各有一次 α 类云团(图1、附表中的1和12号云团)活动, 这里就1号云团作些较详细的分析。

1. α 类云团的演变

我们用3小时和6小时间隔的GMS云图, 将 α 类云团的生命史划分为初生、形成、发展和减弱四个阶段。

(1) 初生阶段 α 类云团的胚胎表现为多个分离的中尺度 β 雷暴单体或小云团, 排列成

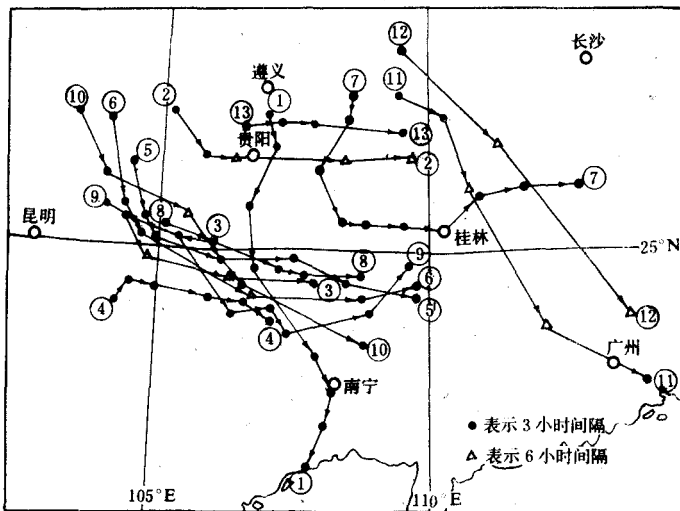


图 1 云团移动路径图

数字为云团序号

附表 各云团的简况

云团 序号	起止时间 (北京时间)	生命史 (小时)	发展最盛 时间	6小时内最大降水量(毫米)			云团的形成演变及其特征
				时间	三站 平均雨量	单站 最大雨量	
1	1982年5月 12日14时—13日14时	24	13日05时	13日08时	80.7	99	12日14时有几个小对流单体, 17时开始合并, 20时发展, 13日02时迅速发展, 05时达最强, 云团白亮、密实, 面积约为 6.5×5.5 平方纬距。
2	1982年6月 14日17时—15日14时	21	15日08时	15日14时	53.7	75	14日17时, 有三个小云团活动, 20时合并成一个, 15日02时迅速发展, 08时达最强, 云团白亮、密实, 面积为 3.5×5 平方纬距。
3	1982年6月 16日14时—17日11时	21	17日02时	17日08时	30.3	39	16日14时, 有三个小对流单体, 17时合并成一个, 20时强发展呈条状, 17日02时面积为 3.5×5 平方纬距, 尔后逐渐减弱。
4	1982年6月 17日17时—18日14时	21	18日05时	18日08时	54.3	83	17日14时, 有四个小对流单体, 3小时后两两合并, 20时发展成南—北向长条云带; 18日02—05时强烈发展, 面积为 5.5×4 平方纬距, 云团白亮、密实, 08时色调变淡, 14时消散。
5	1982年7月 1日17时—2日14时	21	2日02时	2日08时	58.7	78	1日17时有一块小云团, 20时迅速发展, 2日00时强烈发展, 面积为 5×5 平方纬距, 强对流云团密实、白亮, 08时迅速减弱, 11时面积再度扩大, 但结构松散, 14时明显减弱。
6	1983年6月 2日17时—3日14时	21	3日08时	3日14时	23.3	39	2日17时有四个小对流单体, 20时合并成两个, 3日00时强烈发展, 面积为 5×4 平方纬距, 云团白亮, 05时减弱, 范围缩小, 08时再度发展, 面积为 3.5×3.5 平方纬距, 呈准圆形形状, 14时就地减弱。
7	1983年6月 14日17时—15日17时	24	15日02时	15日02时	59.7	105	14日08时有二个弱而小的对流云块, 17时发展, 色调白亮, 面积也有所扩大, 15日00时面积达到 4×6 平方纬距, 02时变圆, 05时云团开始分裂并有所减弱, 11时云团再度加强, 呈白亮, 17时明显减弱。
8	1983年6月 15日14时—16日11时	21	16日05时	16日08时	26	33	15日08时有一个小对流单体, 16日00时强烈发展成白亮的南—北向长条状云, 05—08时发展迅速, 面积达 3.5×5 平方纬距。
9	1983年6月 16日17时—17日14时	21	17日08时	17日08时	28	50	16日17时有一小对流云块, 17日00时面积迅速增大, 色调白亮, 02时面积为 3×4 平方纬距, 08时达 5×4 平方纬距, 14时以后减弱消散。
10	1983年9月 17日17时—18日14时	21	18日05时	18日08时	82.3	112	17日17时有两块对流云, 18日02时合并加强, 对流旺盛(EIR上为白色、冷亮云区), 05时再度发展, 面积为 4.5×5.5 平方纬距, 08时减弱, 14时消散。
11	1985年5月 27日02时—28日02时	24	27日20时	27日20时	65.3	139	小对流单体就地发展, 27日20时面积达 3.5×4.5 平方纬距, 以后逐渐减弱消失。
12	1985年5月 27日08时—28日14时	30	28日02时	28日02时	35.7	70	小对流单体迅速发展, 27日20时已成为云团, 27日20时—28日00时急剧发展, 面积为 6×5 平方纬距, 呈准圆形, 同一时刻的EIR上, 最冷白亮区达 3×3.5 平方纬距。
13	1985年6月 3日20时—4日14时	18	4日02时	4日08时	26.3	35	3日20时有一小对流单体, 4日00时迅速发展为 2×2 平方纬距且白亮的对流云团, 02时面积再扩大, 05时达到 4×5 平方纬距, 此时大部分的亮度已有些减弱。

一个向北开口的半圆，类似于常见的弧状对流云（如图2a、图3a、3b中箭头所指处）。在它们的北—东北部，有清晰的冷锋尾部晴空区逼近。

(2) 形成阶段 分离的 β 类云团增长、合并，并向砧状演变（如图2b-e，图3b、c）。

(3) 成熟阶段 α 类云团已发展成熟，面积达到最大，呈椭圆形或准圆形，云团密实白亮，这表明有深厚的穿顶对流。在图2f、g中，密实、白亮云区直径约为800公里，图3d₂为增强显示红外云图（EIR），云顶（白亮）黑体温度 $< -74^{\circ}\text{C}$ ，而 $< -46 - -57^{\circ}\text{C}$ 区（深灰色部分）的直径也有近700公里。

(4) 减弱阶段 α 类云团对流减弱，色调由白变成浅灰，结构开始松散，形状变长呈东北—西南走向的云带，如图2h、图3f。

2. α 类云团的降水特征

这里以1号云团为例作一些讨论。如图4所示，1号云团6小时的雨量从12日20时开始迅速加大。12日20时—13日02时的6小时中，雨量最大的三个气象站的平均雨量，由前两个6小时的6—7毫米增加到35.6毫米，单站最大雨量由6—10毫米增加到46毫米。雨量最大的时间正对应着多个小对流单体合并成一个云团并开始发展的阶段。在02—08时的6小时中，雨量最大三站平均达80.7毫米，单站最大雨量达到99毫米。08—14时雨量稍有减弱，分别为76.7和97毫米，这两个6小时内正是云团的成熟阶段。下一个6小时雨量就迅速减弱，分别为29.7和38毫米。雨量急剧减小恰好对应着云团的减弱消亡阶段，此阶段云团中白亮、密实的

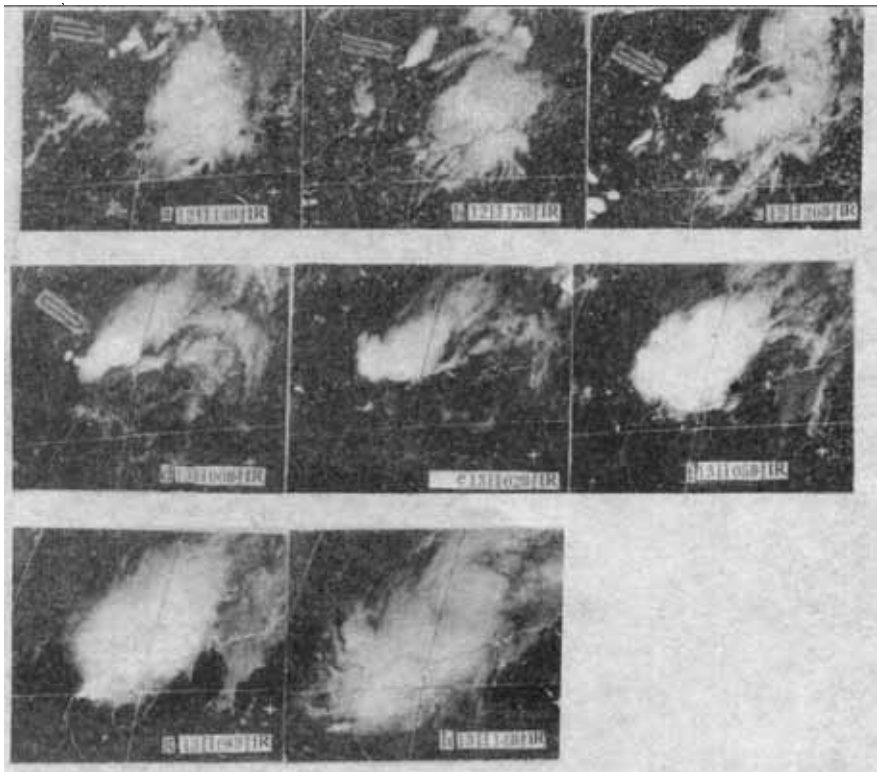


图2 1982年5月12—13日 α 类云团的演变

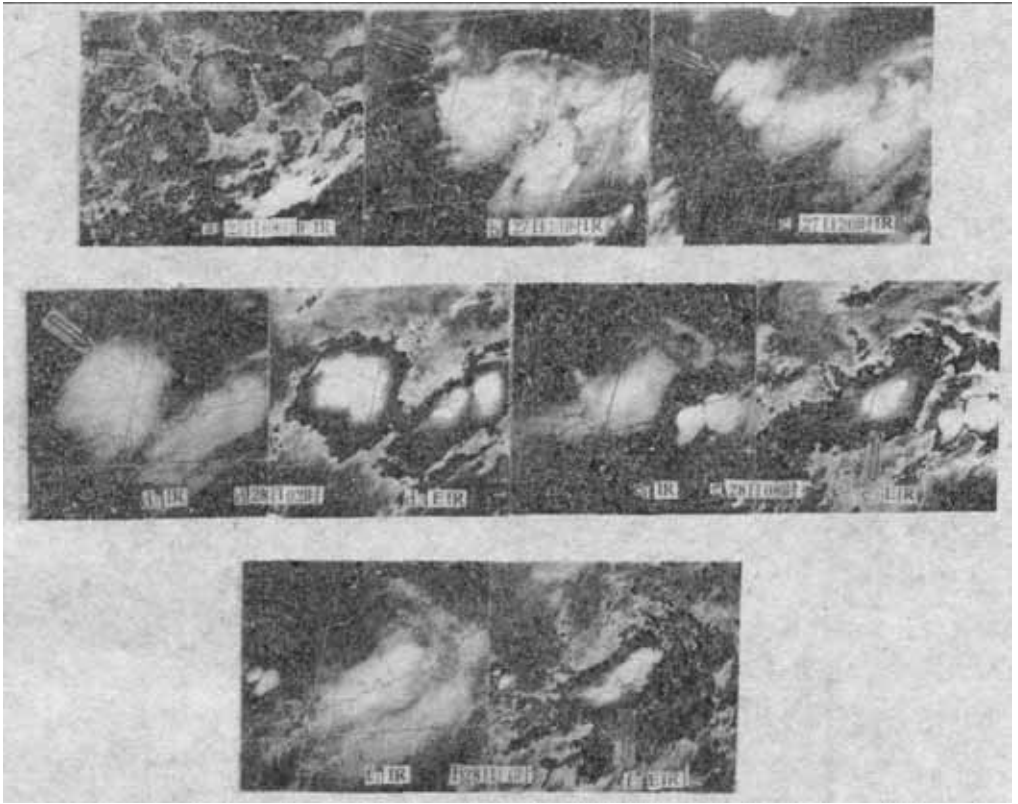


图 3 1985年5月27—28日 α 类云团的演变

强对流云区面积大小的变化与降水强度变化趋势十分一致，13日08时面积仍为 26×10^4 平方公里。

由以上雨量变化可以看出，降水强度曲线类似“ Ω ”型，最强降水持续6—12小时，且振幅大；对流最旺盛的云区面积变化呈倒“V”型。这里需要强调指出的是，从云图中白亮、密实云区的面积及形状来判断，13日05时云团最强，08时已有所减弱，因此可以判断出02—05时云团内对流最为旺盛，而05—08时已开始减弱，到14时就相当弱了。可是最强降水却出现在其发展成熟时及其以后的6小时中，这与美国的“最大平均降水率发生在MCC早期强烈增长阶段”^[3]有差别。这给作 α 类云团的6小时降水量预报以某种启示，即 α 类云团成熟后开始减弱的6小时内，降水量并不立即明显减小。

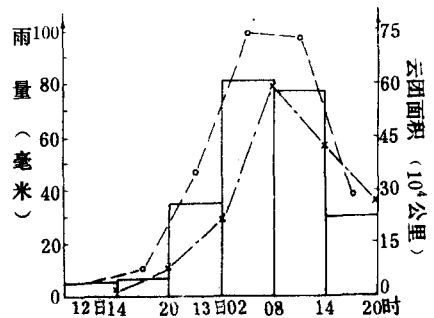


图 4 1号云团6小时降水量演变及云团面积变化曲线

3. α 类云团发生、发展时的地面模式

12日08时, 500百帕上在四川盆地东部有一个过高原的小浅槽, 700百帕上在黔西、滇东北有一低槽与之对应, 850百帕上在遵义—常德—武汉一线的西北侧有一条清楚的切变线(图略)。在地面流场上, 对应这条切变线是一条较强的辐合渐近线, 其南侧对应着850和700百帕上的14—18米/秒的偏南风急流, 急流区内 $T-T_d$ 为1—3 $^{\circ}\text{C}$, 地面上的 $\theta_{se}=350\text{K}$ 等值线向北凸起接近渐近线(图5a), α 类云团的初始胚胎——多个中尺度 β 类对流单体就形成在高空槽底、低层暖湿而又有强辐合的较强风的垂直切变区中。随着各层低槽及切变线缓慢东南移, 图5a中850百帕上的偏南风急流的南风支减弱消失而留下一支西南风急流, β 类小单体位于它的左侧气旋性涡旋辐合区中; 地面流场上, 有两条冷锋分别从西路和偏东北路向小单体区逼近, 风场上表现为西北、东北和南面三个方向的风矢向一处汇合, θ_{se} 值不断增大, 并在稍偏南位置上出现360K的等值线向辐合区中凸起(图5b)。就是在这种环流背景及低层有利的环境中, 小对流单体迅速合并并且转入强烈发展。在这里需要强调的是: 小对流单体生成时, 地面流线上只有偏南风 and 偏北风的辐合, 在合并及强发展中则出现了三个方向的强辐合, 这是该云团在发生和发展中的一个重要差别。

4. α 类云团的深厚对流对上层流场的影响

α 类云团发展成熟时, 深厚的对流常常可以改变上层流场和温度场。这里运用 Fritsch 和 Maddox (1981)^[4]的方法先求得不同时刻的200百帕的扰动风场, 即求出某一时次的扰动风场, 将它前后12小时的各一次无线电测风探空站的风矢作线性内插, 作为近似的“未受扰动”的风场; 再用所求时次的实测风减上述值, 则可得到粗略估算的扰动风场。12日20时云

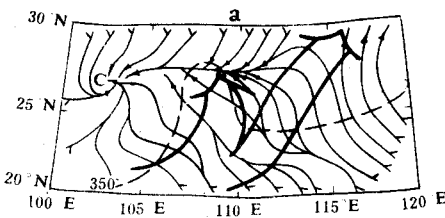


图 5a 1982年5月12日08时地面流线图
虚线为 θ_{se} 线, 大箭头为低空急流(下同)

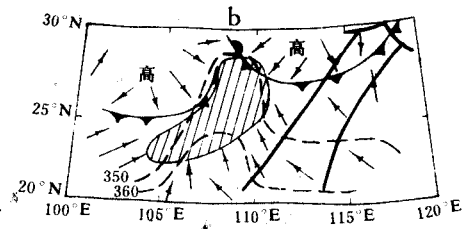


图 5b 1982年5月12日20时地面综合图
阴影区为IR云图上的白亮云团区(下同), 小箭头为风矢

团开始发展, 200百帕上云团对应处为一浅槽区(图6a)及一个 -49°C 的温度槽, 这表明云团的对流尚未伸展到200百帕或者对其影响很小, 即未能改变200百帕流场。13日08时, 云团已发展成熟, 对流十分旺盛, 200百帕上的对应处为一个十分完善的扰动反气旋流出场, 而且还出现了 -52°C 的冷温度中心(图6b)。到了20时, 云团已减弱消散, 200百帕扰动场已恢复为一个浅槽区。这个特征与美国的MCC的较为一致。

5. α 类云团成熟时的空间结构及要素特征

5月13日05时云团已发展成熟, 08时有所减弱, 还仍然可以代表云团成熟时的情况。在

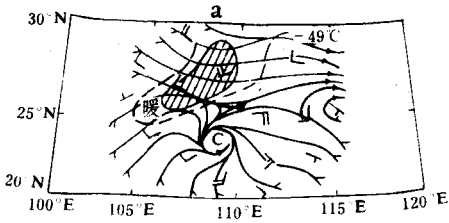


图 6a 1982年5月12日20时200百帕扰动风场
虚线为200百帕等温线

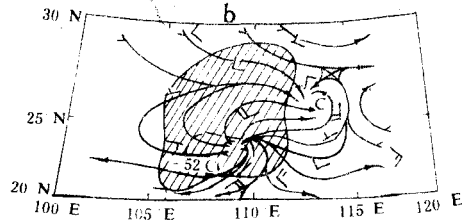


图 6b 1982年5月13日08时200百帕扰动风场

流线空间结构图上(图7),云团的辐合涡旋中心轴线在垂直方向上近于垂直;辐合中心一直伸到400百帕,在300百帕还是辐合区,在200和100百帕的对应处则为强辐散区。温度场上,近地面层涡旋中心南侧附近为27°C的较广阔暖区,其中心附近为强雷暴降水,气温较低,往上至400百帕各层的涡旋中心处于暖舌或暖闭合中心中,即850百帕为18°C,700百帕为11°C,500百帕为-1°C,400百帕为-12°C。再往上就逐渐转为冷中心,200百帕上它已为-52°C的冷中心。这种中心轴线近于垂直的暖性结构,与美国的MCC的结构较为一致,这就是我们所分析的 α 类云团的又一个特征。

下面再从散度、涡度及垂直运动三个要素的演变作一些分析。这里运用正三角形法^[5]取格距为200公里计算了散度(D)和涡度(ζ),运用连续方程计算了垂直运动(ω),得到:在沿云团长轴垂直剖面的垂直运动场(图8a)中,有400多公里宽的宽广上升运动区;在离云团中心最近处,直到300百帕也为较强的上升运动(-10.7×10^{-3} 百帕·秒⁻¹),最强上升运动中心在500百帕(-17.1×10^{-3} 百帕·秒⁻¹)附近。在图的西南端(图中①处),上升运动也达到了300百帕高度,但值较小,这是云团中另一个次要的强上升中心。在东北端(图中④处),是云团后部的强下沉运动区,在100百帕以下整层为下沉运动,最大值在500百帕以上,400—300百帕之间达最大($21.4 \times 22.4 \times 10^{-3}$ 百帕·秒⁻¹)。在④点西南面的云团上空,主要的下沉运动在100—200百帕上,最大值在100百帕上。

从云团中心附近的散度、涡度及垂直运动廓线图(图8b)上可以看到:500百帕以下辐合,最大值在700百帕附近;500百帕以上为辐散,最大值在200—100百帕之间。涡度曲线(图8b中实线)与散度曲线(图8b中虚线)呈相反的变化,即500百帕以下为正涡度,最大值在850百帕上,其值为 10.9×10^{-5} ·秒⁻¹;500百帕以上为负涡度区,最大负涡度出现在200百帕上,为 -10×10^{-5} ·秒⁻¹。垂直运动廓线(图8b中点划线)850百帕以下上升运动值较小,往上逐渐加大,500百帕达最强,为 -17.1×10^{-3} 百帕·秒⁻¹;再往上又逐渐减小,到200百帕已转为下沉运动。这个结果与前述流线图上的结构基本一致。

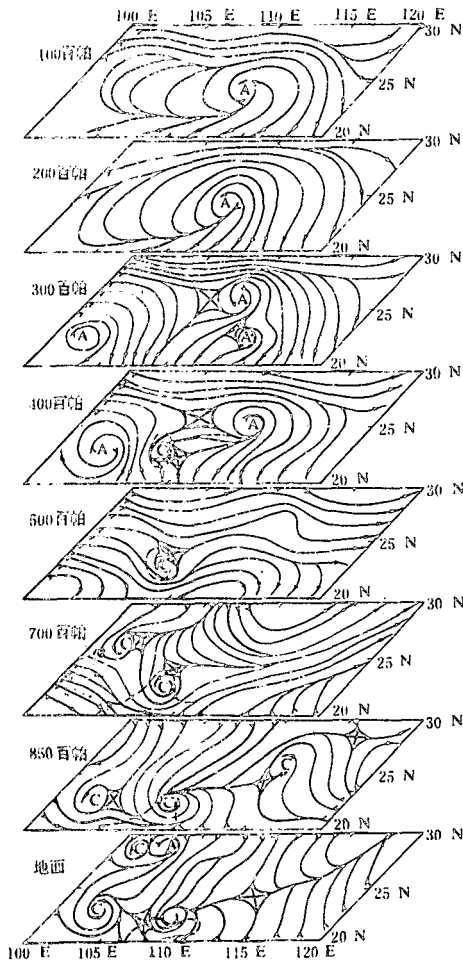


图 7 1982年5月13日08时20—30°N、100—120°E
的流线空间结构图

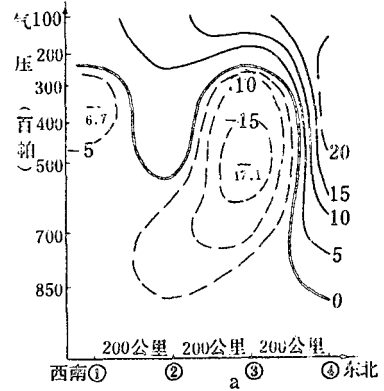


图 8a 5月13日08时沿云团长轴的垂直运动剖面图

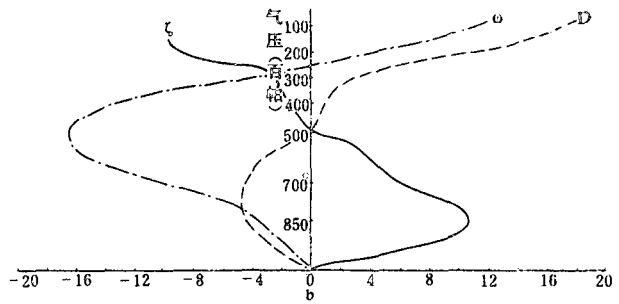


图 8b 5月13日08时云团中心附近的散度(虚线)、
涡度(实线)、垂直运动(点划线)廓线图

四、结 语

本文从GMS 红外云图上普查了出现在我国南方的 α 类云团,从天气学角度及某些物理因子的变化对其中一例作了分析探讨,结果表明,我们所分析的这种中尺度 α 类对流性云团与美国的MCC十分相似,但出现的频数及强度一般不如发生在美国大陆上的 α 类云团。由于它是一种强降水系统,因此在降水的临近预报中是值得注意的。分析中还发现,我国的这种 α 类云团的强降水出现在其成熟时及开始减弱的6小时内,同美国的MCC有着明显的差别,这为我国强降水的临近预报提供了一点线索。另外,它的胚胎形成及发展的地面模型图也为这类云团是否出现的预报给出了某种判据。然而,这个工作还较为初步,有待今后作更深入

的研究。

本文是在陶诗言先生指导下完成的，特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Maddox, R. A. (1980a), A satellite based study of midlatitude mesoscale convective complexes, Preprints 8th conference on weather forecasting and analysis, 10-13, June, 1980.
- [2] Maddox, R. A. (1980b), Mesoscale convective complexes, Bull. Amer. Meteor. Soc., 61, 1374-1387.
- [3] Cotton W.R. and Mc Anelly, The meso- β -scale evolution of midlatitude meso- α -scale convective complexes, Proceedings of the Second International Symposium on Nowcasting, Norrköping, Sweden, 3-7, Sept, 1984.
- [4] Britsch, J.M. and R. A. Maddox, Convectively driven mesoscale weather system aloft, Part I and Part II, J. Appl. Meteor., 20, 9-26, 1981.
- [5] 陈创买等, 气象常用参数和物理量查算表, 气象出版社, 1980年。

A STUDY OF MESO- α -SCALE CONVECTIVE CLOUD CLUSTER IN SOUTH CHINA

Jiang Jixi Ye Huiming

(Satellite Meteorological Center, S.M. A.)

Abstract

This paper shows the typical cloud patterns of the life cycle of the meso- α -scale convective cloud clusters, the flow patterns in the lower troposphere in their formative and developing stages and the vertical structure in the mature stage. The results show that in the warm season there are mesoscale convective complexes (MCC) in South China and they are similar to those that occur in the central United States. They form in the upper-level trough, in the left side of the lower-level jet, and in the surface pre-frontal area. As the front moves southeastwards, cloud clusters develop rapidly in the area where convergence is strongest. The clusters are strongest in the early morning, at that time the precipitation is also most intensive, the precipitation becomes weaker in noon. In the satellite images the cloud cluster appears in a dense and isolate oval-shape cloud area, its longer axis is about 800 km. Within the cluster from sea-level to 300 hPa there is convergence, and a warm core when the cloud cluster is in mature stage.