

云南及其周边地区中尺度对流系统 时空分布特征*

段 旭

(云南省气象台, 昆明, 650034)

张秀年

(云南大学大气科学系, 昆明, 650091)

许美玲

(云南省气象台, 昆明, 650034)

摘 要

依据卫星云图红外辐射亮温资料(T_{BB}),对云南及周边地区中尺度对流系统(MCS)进行了统计分析,获得了该地区 M β CS, MaCS 和 MCC 的时空分布特征。结果表明: MCS 多发生在低纬度高原东部的滇黔和中越之间;平均每年 6~8 月为 MCS 主要发生时段(占总发生次数的 67.1%),MCS 特别是 MaCS 和 MCC 发生频率最高的是 6 月,其与季节性变化(东亚季风和印度季风爆发)和下垫面加热易形成空气热对流有关;低纬高原地区 MCS 除了 18~23 时有 1 个高峰发生时段外,0~7 时还有 1 个次高峰发生时段,这与中国其他地区有明显的不同,说明高原地区的 MCS 还具有地域特点。另外还对 MCS 的移动路径进行了分析。

关键词: 中尺度对流系统, 统计分析, 时空分布特征。

1 引 言

中尺度对流系统,简称为 MCS(Mesoscale Convective Systems),是中国主要的暴雨系统之一。由于其生命史较短,只有数小时或十几个小时。因此,具有较高时间分辨率的地球同步卫星云图是监测和研究中尺度对流系统最有效的工具之一。近年来,对于 MCS 的研究主要有两个方面:(1)对 MCS 的发生和发展的个例进行分析和数值模拟,特别是对其中的中尺度对流复合体(Mesoscale Convective Complex,简称 MCC)的研究。方宗义^[1]在对 1980~1983 年梅雨期 8 个中尺度云团进行合成研究后指出,静止锋西端、季风云系北端和高原东移的短波槽相交处有利于云团的产生。项续康和江吉喜^[2]从 1989~1993 年的云图中选取了 10 个 MCC 个例,进一步指出 MCC 发生在高温、高湿和低空急流的前方,中国 MCC 的偏心率比北美小、生命史比北美稍长。陶祖钰^[3]通过对 T_{BB} 的反演,得到 1 个 MCC 典型个例冷云盖的演变特征。石定朴等^[4]对 1992

年 8 月初中国 MaCS 的 T_{BB} 进行了反演,发现冷云盖周围 T_{BB} 等值线的疏密对预报 MaCS 的发展有指示意义。陶祖钰、王洪庆等^[5]对 1995 年中国的 MaCS 进行了普查,对具有不同特征的 6 个 MaCS 个例作了分析。段旭等^[6]也对 1999 年 6 月 6 日低纬高原地区发生的一次 MCC 进行了分析,研究表明,MCC 发生在副热带高压与滇缅高压之间辐合区中一个明显的中尺度辐合线上,垂直速度中心强度比其他地区的 MCC 约大 1 倍,无辐散层位于 400~500 hPa,北侧准静止锋锋区很强。王智等^[7]利用 MM5、林永辉等^[8]利用 ETA 等中尺度数值模式对长江中下游地区出现的 MCS 进行了诊断分析,也指出了一些 MCS 发生、发展的规律。(2)主要是对中尺度对流系统进行普查,研究其时空分布特征。如 Velasco 和 Fritsch^[9], Miller 和 Fritsch^[10] 及 Laing 和 Fritsch^[11] 对南美洲、西太平洋和非洲的 MCC 进行了普查,对于了解全球范围的 MCC 概况是十分有意义的,但由于其所用的是圆盘云图照片,

* 初稿时间: 2003 年 7 月 22 日; 修改稿时间: 2003 年 11 月 3 日。

资助课题: 云南省“十五”攻关项目(2001NG43)。

并且照片的时间间隔过长,其在具体的分布及数字上还不够准确。Augustine 和 Howard^[12, 13] 利用数字化卫星云图资料对 1985~1987 年美国的 MCC 进行了详细的普查,获得了更为确切的北美 MCC 活动全貌的认识。1989 年李玉兰等^[14] 用 1983~1986 年的云图照片对中国西南和华南地区的 MCC 进行了普查,找出了 5 个 MCC 并与美国的 MCC 进行了对比,认为中国的 MCC 数量较少、生成地区比较集中、生命史较短。马禹等^[15] 对 1993~1995 年的 MCS 进行了普查,指出中国存在两个 MCS 多发区,一为西南地区,二为黄河和长江中下游地区及其东部沿海。文献[5]通过对 1995 年 MaCS 的普查认为中国的 MaCS 有 3 个集中区,分别是华南西部、四川盆地附近及黄河和长江中下游地区。

云南地处低纬度高原地区,受热带、副热带天气系统影响和高原地形的作用以及南海、孟加拉湾 2 条水汽输送带等因素的影响, MCS 频繁发生,常造成突发性局地暴雨并引起山洪、滑坡、泥石流等严重自然灾害,给人民的生命财产造成重大损失。因此,对云南及其邻近地区中尺度对流系统进行统计,分析其时空分布特征,有利于深入研究云南中尺度对流系统,提高暴雨预报水平。

2 资料和方法

文中所用的资料均为静止气象卫星红外云图辐射亮温格点资料,资料分为不同分辨率的两个时段。第一时段为 1980~1997 年(简称为时段 A 或资料 A),水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 经纬度,时间间隔为 3 h,该资料来源于日本气象厅和科技厅组织实施的亚洲季风试验计划(JEXAM)。由于该资料的时段较长,资料的完整性较高(达 99.6%),能够较好地得到所考查区域的中尺度对流系统概况。为了便于分析统计,将该资料插值到 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 经纬网格点上。

由于资料 A 空间水平分辨率为一个经纬度,时间分辨率为 3 h,在对一些尺度较小、生命史较短的中尺度对流系统的统计分析中会存在一定的误差,也会漏掉一些系统。为此,又使用了时段较短、水平和时间分辨率较高的资料 B,时间为从 2000~2002 年,水平分辨率为 0.1 个经纬度,时间间隔为 1 h。该资料由云南省气象台根据所接收的 GMS-5 资料处理而得。首先从 GMS-5 接收处理系统中的麦卡脱投影图上,取出研究的云南及其邻近地区($21^\circ \sim 29^\circ \text{N}$, $98^\circ \sim 106^\circ \text{E}$) 矩形区域的红外(10.5~11.5

μm) 通道数据资料,采用双线性插值方法将资料转换为 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 网格点资料。然后利用 GMS-5 接收处理系统中的动态定标表找出一组一一对应的亮温值,并利用一元非线性方程

$$Y = \sum_{i=0}^n a_i (X - \bar{X})^i \quad (1)$$

对亮温值进行拟合,其中 X 为 GMS-5 系统接收值, \bar{X} 为系统接收平均值, a_i 为 $(X' - \bar{X})$ 变量的线性系数。当拟合误差小于 0.02 K 时,得到红外黑体亮温反演计算公式^[16]

$$T_{\text{BB}} = 244.26 - 0.71(x_i - 180.5) - 0.004 \times (x_i - 180.5)^2 - 0.000066(x_i - 180.5)^3 \quad (2)$$

其中, x_i 为网格点数据。运用式(2)最后计算得到冷云盖黑体亮温 T_{BB} 。

根据 Orlanski 尺度划分标准^[17],中尺度天气系统的水平尺度是从 2~2000 km,其中 200~2000 km 为 α 中尺度,20~200 km 为 β 中尺度,2~20 km 为 γ 中尺度。对于 γ 中尺度的 MCS,由于其尺度太小,生命史只有 1 h 或更短,目前 GMS-5 卫星云图时空分辨率还难以对它进行追踪分析,故只对 α 和 β 中尺度系统进行统计分析。MCC 为 α 中尺度系统中尺度较大、生命史较长的强对流系统,为了能和已有的 MCC 的结果相比较,本文将其中从 α 中尺度中划出来,作为单独一类进行研究。

采用和 Maddox 类似的方法^[18],将 MaCS 定义为云图上具有圆形或椭圆形冷云盖的对流系统。因在本文的研究范围内,一个经度大致为 110 km,一个纬度大致为 100 km,与其尺度定义相对应,本文将 -32°C 云盖的短轴长度在 1~2 个经(纬)距之间的定义为 $\text{M}\beta\text{CS}$,超过 2 个经(纬)距的定义为 MaCS。根据 Maddox 的定义, MCC 为 -32°C 冷云盖的面积达到 100000 km^2 , -54°C 冷云盖的面积达到 50000 km^2 的强对流系统,所以定义 -32°C 冷云盖的短轴在 3 个经(纬)距以上, -54°C 冷云盖短轴在 2 个经(纬)距以上、生命史在 6 h 以上的强对流系统为 MCC。根据项续康和江吉喜^[2] 的研究,也为了使比较大的 MCS 都能包括在统计分析范围内,使统计分析结果更具有普遍性,将椭圆率的要求从 0.7 降低到 0.5。

3 统计结果分析

3.1 MCS 3 种尺度的统计

按照 $\text{M}\beta\text{CS}$, MaCS 和 MCC 尺度划分标准,通

通过对资料 A 和资料 B 的统计, 得到 $M\beta CS$, $MaCS$ 和 MCC 发生次数统计值(见表 1)。统计时, 由 $M\beta CS$ 发展为 $MaCS$ 时, 只计 $MaCS$ 次数, 由 $MaCS$ 发展为 MCC 时, 只计 MCC 次数。

表 1 各时段 $MaCS$, $M\beta CS$ 和 MCC 发生次数
Table 1 The numbers of $MaCS$, $M\beta CS$ and MCC
occurred in the two periods

时 段	$M\beta CS$ 次数	$MaCS$ 次数	MCC 次数	MCS 总次数
A(18 a)	780	1194	264	2238
B(3 a)	333	172	51	556

从表 1 中统计结果分析, 时段 A 和时段 B 的 $M\beta CS$ 平均每年为 43.3 和 111 次, $MaCS$ 平均每年为 66.3 和 57.3 次, MCC 平均每年为 14.7 和 17 次, 两个时段的 $MaCS$ 和 MCC 年平均次数比较相近。但是, $M\beta CS$ 两个时段的次数相距甚远, 其原因是时段 A 的资料时空分辨率比时段 B 的低, 漏掉了许多 β 中尺度对流系统。因此, 资料 B 虽然年限较短, 基本能反映低纬高原地区 MCS 的时空分布情况。以下分析讨论均使用时段 B 资料。

如上所述, 在云南及其邻近地区, 平均每年出现 111 次 $M\beta CS$, 57.3 次 $MaCS$ 和 17 次 MCC 。 $M\beta CS$ 的次数为 $MaCS$ 的两倍左右, 这与文献[15]的结论是比较一致的。在所统计的 556 次 MCS (不包括 $M\gamma CS$, 下同) 中, $M\beta CS$, $MaCS$ 和 MCC 的次数分别占 59.9%, 30.9% 和 9.2%。也就是说, 约有 40% 的 $M\beta CS$ 会发展成 $MaCS$ 或 MCC , 23% 的 $MaCS$ 会发展成 MCC 。

3.2 MCS 的空间分布

为了研究 MCS 在所考查区域内的分布情况, 每一个 MCS 样本, 以其成熟时的中心位置为该样本的所在位置, 计算 $21^{\circ}\sim 29^{\circ}N$, $98^{\circ}\sim 106^{\circ}E$ 范围内每两个经纬度内的样本数目。图 1 给出了 MCS , $M\beta CS$, $MaCS$ 和 MCC 空间分布情况。

图 1a 表明, 云南及其邻近地区的中尺度对流系统分布总体呈南多北少、东多西少的特点。 MCS 的多发区主要在越南北部至云南南部、滇黔交界处、金沙江流域。从造成云南暴雨的主要天气系统来看, 滇南夏季经常受副热带高压南侧的热带低压影响, 中尺度对流系统活动频繁。滇黔之间是昆明准静止锋活动的区域^[19], 它的东西摆动常会造成锋面附近中尺度对流系统的发生。而金沙江流域则经常受西南涡和副热带高压与青藏高压之间的辐合区影响,

也是中尺度对流系统的多发区。另外, 统计的结果与文献[5, 9, 15]中有关中国西南地区 MCS 的结论相当的一致。

比较图 1b~d 还可看出, $MaCS$ 和 MCC 与 $M\beta CS$ 的空间分布大致相同, 说明 $M\beta CS$ 多发区比较容易形成 $MaCS$ 和 MCC 。但图 1b 中位于 $25^{\circ}\sim 28^{\circ}N$, $104^{\circ}\sim 106^{\circ}E$ 区域内的大值中心在图 1c, d 中没有出现, 取而代之的是其南部的滇、黔、桂之间有一大值中心, 是低纬高原地区 $MaCS$ 或 MCC 与 $M\beta CS$ 空间分布最显著的差异, 这可能与冷空气活动频繁和地形作用有关。另一方面也说明了对流相对较弱的 $M\beta CS$ 和对流较强的 $MaCS$ 和 MCC 在发生的环境背景和机理上存在着差异, 这值得以后做进一步的深入研究。

为了研究地形与 MCS 分布之间的关系, 图 2 (见封三彩图) 给出了低纬高原的地形高度分布。对照图 1 和 2 分析发现, MCS 的多发区位于海拔相对较低的地区向高海拔区的过渡带中, 即前所述的滇越、滇黔、川滇交界处及金沙江河谷地区。如位于金沙江河谷的元谋县城($25.4^{\circ}N$, $105.5^{\circ}E$), 海拔只有 1100 m, 处于 MCS 多发区之中。而地势明显高出周边地区的滇东北和滇西北的高原地区反而为 MCS 的少发区。分析其原因可能主要有:

(1) 强对流天气系统的发生往往需要冷暖空气相互交汇, 而海拔较低的地区较易受到冷空气的影响。从北方南下的冷空气由于受地形的阻挡作用, 一般取两条路径影响云南, 一条是沿金沙江河谷从滇北侵入, 另一条是从四川盆地绕道贵州、广西向西侵入云南。

(2) 发生强对流天气所需的不稳定能量是积蓄在对流层下部, 当地面海拔较高时, 其可积蓄的不稳定能量也就相对较少。

(3) 由于平原和山地的热力性质不同, 在其过渡区会产生平原—山地环流^[20], 易触发对流的发生。

3.3 中尺度对流系统的月频次特征

图 3 给出了 MCS 年平均各月发生的次数。图中表明, 低纬高原地区中尺度对流系统高发时段为 6~8 月(占总发生次数的 67.1%), 也就是云南的主汛期(其降水量约占年降水量的 60%)。3~5 月和 9~10 月 MCS 发生次数明显减少, 仅占总发生次数的 32.9%。而 11 月~次年 2 月 MCS 发生次数为零, 说明低纬高原地区冬季受平直西风带控制, 大气

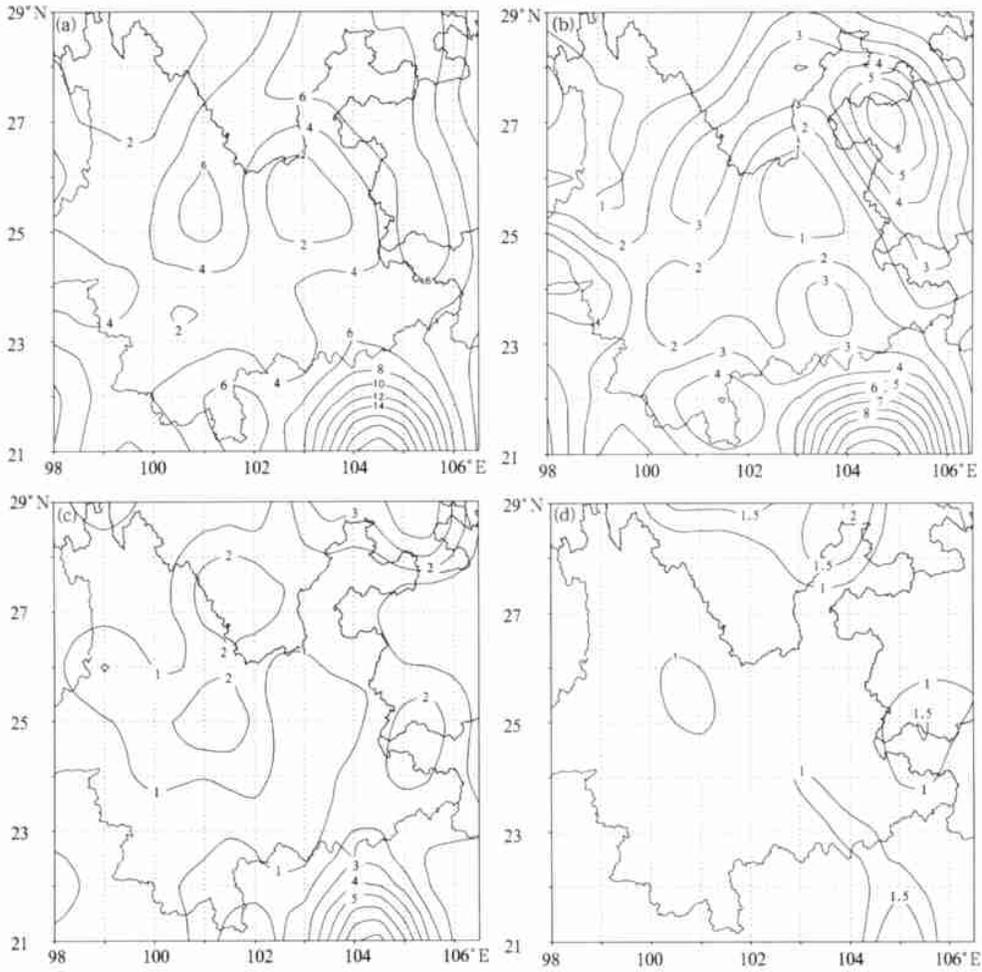


图 1 MCS 的空间分布

(图中数字为每两个经纬度范围内的样本数目, 图 a~ d 依次表示 MCS, MβCS, MaCS 和 MCC 的情况)

Fig. 1 Spatial distribution of MCS in lower latitude plateau areas

(The number is the amount of MCS in each block of 2 latitudes by 2 longitudes.

a: MCS; b: MβCS; c: MaCS; d: MCC)

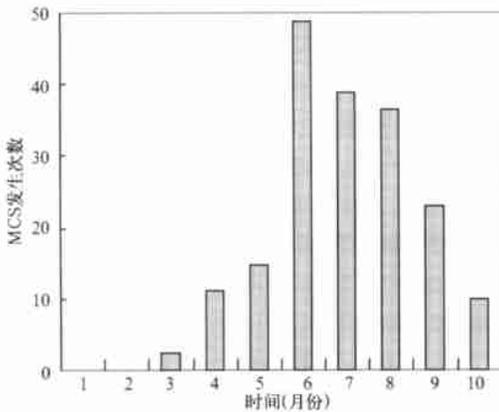


图 3 MCS 各月发生次数分布

Fig. 3 The topography in lower latitude plateau (Elevation Unit: m)

对流活动较弱, 几乎没有 MβCS 以上尺度的对流活动。

6月是 MCS 发生最多的 1 个月, 主要原因可能有 2 个: 一是随着夏季风在低纬高原地区的建立(东亚季风 5 月中旬、印度季风 6 月上旬爆发^[21]), 热带、副热带系统与西风带系统季节性振荡及相互作用易形成大气对流不稳定; 二是云南 6 月地面最高气温比 7, 8 月高出 0.3 °C, 下垫面热量的积聚易形成空气的热对流。与 6 月 MCS 发生最多不相对应的是, 在 6~ 8 月中, 6 月的降水量最少, 冰雹日数^[22] 和雷暴日数^[23] 也是这 3 个月中最少的。为了分析其原因, 比较了 6 月和 7, 8 月的平均 T_{BB} 值, 图 4(见封三彩图) 为 7, 8 月平均 T_{BB} 数值减去 6 月平均 T_{BB} 的差值分布。从差值图中可以看出, 云南及

其周边地区绝大部分为负值, 即 7, 8 月的天空云量或云顶高度要高于 6 月的, 这说明 7, 8 月的降水更多地表现为成片性的降水, MCS 的对流强度可能要更强一些。为此又以 MCC 为例比较了其云顶最低 T_{BB} 值和生命史。如在 2000 年 6 月发生的 6 个 MCC 中, 其平均生命史为 9 h, 有 1 个 MCC 的最低 T_{BB} 值低于 -80°C , 在 7 和 8 月发生的 10 个 MCC 中, 其平均生命史为 11 h, 有 8 个 MCC 的最低 T_{BB} 值低于 -80°C 。这说明了 7, 8 月的 MCS 虽比 6 月的要少一些, 但其强度和持续时间要大于 6 月, 因而 7, 8 月的冰雹和雷暴要更多一些。宋正山等^[24]曾诊断比较了东南亚季风建立前后的大气热量和水汽收支情况, 表明在季风建立后, 青藏高原和中南半岛之间为大气视热源和视水汽汇, 其有利的热力条件和水汽输送为强降水和强对流天气的增强与持续提供了有力的支持。

比较 MbCS, MaCS 和 MCC 各月分布(图 5) 可以发现, MbCS 的峰值出现在 7 月而不是 6 月, 与图 2 的峰值相异。MCC 主要发生在 6~8 月, 而 5 和 9 月却很少, 其他月份几乎没有。MCC 主要发生在 6~8 月, 可能与特定的天气背景有关, 一是处于副热带高压的西侧, 二是云贵高原地形的作用, 三是孟加拉湾水汽输送等因素的影响。

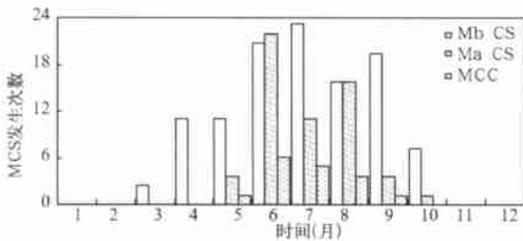


图 5 MbCS, MaCS 和 MCC 年均各月发生次数

Fig. 5 Temporal distribution of MbCS, MaCS and MCC in a year

3.4 中尺度对流系统的日变化及其生命史

以 MCS 最初满足其判定标准的时间定义为其发生时间, 据此取样统计了 1980, 1983, 1992, 2000 年 MCS 的发生时间, 得到 MCS 的日变化特征。图 6 为 3 种 MCS 的发生时间在一天中总的分布, 结果显示, 低纬高原地区 MCS 的发生具有明显的日变化特征, 在中午及其前后时段发生得很少, 其发生高峰主要在 18~23 时, 次高峰发生时段在 0~8 时, 尤以傍晚至前半夜为其高发期, 而且后半夜也有相当

数目的 MCS 形成。说明低纬高原地区的 MCS 具有明显的夜发性。产生于午后及傍晚的 MCS 主要是在太阳辐射的强烈照射下, 近地面气温上升, 产生空气热对流; 产生于夜间的 MCS 主要是由于云顶辐射冷却的作用, 在已有对流发生的情况下, 云顶因对外长波辐射而变冷, 使云内上下温差加大, 促使对流活动得到加强发展。

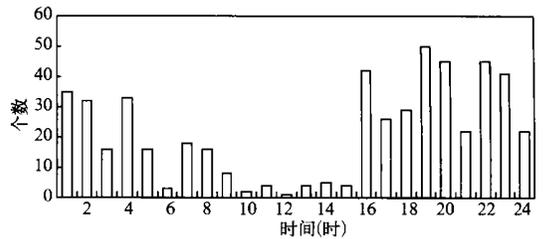


图 6 中尺度对流系统的日变化

Fig. 6 The daily variation of occurring time of MCS

比较 MbCS, MaCS 和 MCC 3 种对流系统的日变化(图 7 见封三彩页) 可以看出, 其变化趋势基本一致, 均以午后或夜间发生为多。从其趋势变化曲线上看, MaCS 表现为单峰型, 而 MbCS 为双峰型, 在后半夜还有一高发期, 表明在后半夜还有一些 MbCS 生成。值得注意的是, MaCS 的波峰和 MbCS 的第一个波峰在时间上基本是一致的, 并非如一般想像的那样 MbCS 要提前一点, 这可能有两个原因: (1) 产生 MbCS 和 MaCS 的大气环境背景不同, 产生 MaCS 的大气在时间上要提前于 MbCS 的先进入不稳定状态, 因而产生 MaCS 初始对流要先于 MbCS 的发生; (2) 形成初始对流后, MbCS 和 MaCS 的发展速度不一致, 在发生 MaCS 的情况下, 由于具有更大的不稳定能量和更有利的环境条件, 其发展速度可能要更快一些。MCC 也表现为单峰型, 其高峰主要在前半夜, 具有明显的夜发性。在马禹等^[15]的普查结果中, 也表明中国多数的 MaCS 和 MCC 在夜间形成。与文献[15]不同的是, 低纬高原地区在夜间也有相当数量的 MbCS 形成, 这可能与低纬高原地形和特殊地理位置有关。

以 MCS 最初满足其判定标准的时间为其发生时间, 以其最后满足判定标准的时间为其消亡时间, 其间的时间段为其生命史, 经过统计分析, 得到图 8 所示的低纬高原地区 MCS 的生命史。可见, MCS 生命史一般为 2~16 h, 其中 MCC 的生命史多数为 6~10 h, 长的可达 12~16 h; MaCS 生命史为 2~10

h, 多数为 3~5 h; $M\beta CS$ 绝大多数为 1~6 h, 值得注意的是有少数 $M\beta CS$ 生存时间较长, 可达 7~10 h。

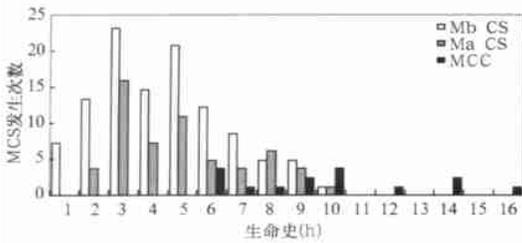


图 8 中尺度对流系统的生命史

Fig. 8 The daily variations of occurring time of $M\beta CS$, $MaCS$ and MCC

3.5 中尺度对流系统移动路径分析

为了对中尺度对流系统移动路径进行分析, 适当加大了研究的区域范围, 并取 2000 年资料作为代表来进行讨论。首先分析 $MaCS$ 移动路径, 在该时段该区域中共有 71 个 $MaCS$, 总的来看, 其移动路径比较多样和复杂(表 2)。

表 2 $MaCS$ 移动路径

Table 2 The moving routes of $MaCS$

路径	$MaCS$ 个数	所占百分比
自西向东或自西北向东南	26	36.6%
自东向西或自东北向西南	18	25.4%
自北向南	7	9.8%
自南向北	2	2.0%
原地生成和消失	18	25.4%

由表 2 中可以看出, 移动路径多为自西向东或自西北向东南, 6 月份之前的一般都是此路径, 因为此时副热带高压(副高)仍较弱, 中尺度对流系统在西风带槽后的西北气流的引导下向东或东南方向移动。西行的中尺度对流系统主要是出现在 7 月份之后, 此时副高增强西伸北抬, 热带对流系统在副高西南侧的偏东气流引导下西行。除有高空引导气流的作用外, 中尺度对流系统还会沿副高的东退方向、切变线和冷锋的移动方向移动。另外对 $M\beta CS$ 的移动情况作了统计, 其与 $MaCS$ 的情况基本类似。值得注意的是, 也有相当一部分的对流系统(约占 1/4)是原地生成和消失的。

图 9 为 2000 年 MCC 的移动路径情况。与 $MaCS$ 的路径不同, MCC 的移动方向相对单一, 主要以从西北向东南方向移动为主。在该年的 19 个 MCC 个例中, 未见有从南向北移动的个例, 这说明,

云南及其附近地区发生的 MCC 的直接触发系统不是来源于热带地区, 而是与中纬度西风带扰动系统具有密切的联系。这些西风带扰动系统主要表现为槽、切变线和冷空气活动。西风带扰动系统沿青藏高原东侧南下, 达到川滇交界处, 此处为 MCC 多发区。 MCC 生成后一支沿副高北侧偏东气流向东进入贵州, 另一支在青藏高压东侧偏北风引导下向南移入云南境内。也有少数 MCC 为准静止性的, 在原地生成和消失。

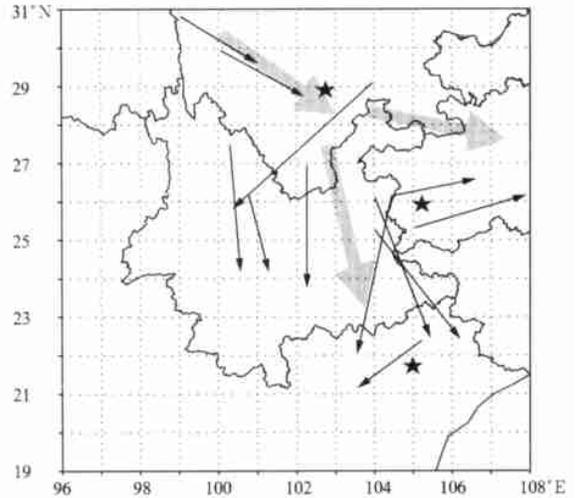


图 9 MCC 移动路径

Fig. 9 The moving routes of MCC

4 小结与讨论

以往由于资料所限, 对低纬高原地区中尺度对流系统的活动规律和时空分布特征还不是十分清楚, 对 $M\beta CS$, $MaCS$ 和 MCC 之间的相互转变的数量关系也不了解。本文通过对分辨率相对较低的 18 a T_{BB} 资料和分辨率相对较高的 3 a GMS-5 资料统计分析, 初步揭示了低纬高原地区 MCS 的空间分布、各月发生次数、日变化、生命史等特征, 以及 $M\beta CS$, $MaCS$ 和 MCC 在中尺度对流系统中各占的比例。

分析发现 $M\beta CS$, $MaCS$ 和 MCC 多发生在低纬高原东部的滇黔和中越之间。但是, 低纬高原西部的滇缅之间也是暴雨、冰雹等强对流天气的频发区域, 这表明虽然该区域 $M\beta CS$ 尺度以上 MCS 相对较少, 但 $M\gamma CS$ 等中小尺度天气系统活动可能比较频繁。随着气象卫星等大气监测手段时空分辨率的不断提高, 今后能够更加深入地探讨包括 $M\gamma CS$ 在内

的 MCS。

6 月是 MCS 特别 MaCS 和 MCC 发生频率最高的一个月,除了上述分析的季节性变化(东亚季风和印度季风爆发)和下垫面加热易形成空气热对流外,其他因素包括低纬高原地区经常出现西南低涡、川滇切变线、昆明准静止锋、两高辐合、热带低压等天气系统,这些天气系统与 MCS 的联系及作用机制

还有待于进一步的探讨。

MCS 发生时间具有明显的夜发性,这与中国其他地区统计的结果基本一致。但是,低纬高原地区 MCS 除了 18~ 23 时高峰发生时段外,0~ 7 时发生率也很高,说明低纬高原地区的 MCS 仍具有其地域特点,这可能与特殊的地形和地理位置等因素有关,具体原因和机制有必要以后作进一步的深入研究。

参考文献

- 1 Fang Zongyi. The preliminary study of medium-scale cloud cluster over the Changjiang basin in summer. *Adv Atmos Sci*, 1985, 2(3): 334~ 340
- 2 项续康, 江吉喜. 中国南方地区的中尺度对流复合体. *应用气象学报*, 1995, 6(1): 9~ 17
- 3 Tao Zuyu, Wang Hongqing, Bai Jie, et al. A case of mesoscale convective complex evolving into a vortex. *Acta Meteor Sinica*, 1995, 9(2): 184~ 189
- 4 石定朴, 朱文琴, 王洪庆等. 中尺度对流系统外云图云顶黑体温度的分析. *气象学报*, 1996, 54(5): 600~ 611
- 5 陶祖钰, 王洪庆, 王旭等. 1995 年中国的中 α 尺度对流系统. *气象学报*, 1998, 56(2): 166~ 177
- 6 段旭, 李英. 低纬高原地区一次中尺度对流复合体个例研究. *大气科学*, 2001, 25(5): 676~ 682
- 7 王智, 翟国庆, 高坤. 长江中游一次 β 中尺度低涡的数值模拟. *气象学报*, 2003, 61(1): 66~ 77
- 8 林永辉, 布和朝鲁. 2001 年 8 月初上海强暴雨中尺度对流系统的数值模拟研究. *气象学报*, 2003, 61(2): 196~ 202
- 9 Velasco L, Fritsch J M. Mesoscale convective complexes in Americas. *J Geophys Res*, 1987, 192: 9591~ 9613
- 10 Miller D, Fritsch J M. Mesoscale convective complexes in the western in the Pacific region. *Mon Wea Rev*, 1991, 119: 2978~ 2992
- 11 Laing A, Fritsch J M. Mesoscale convective complexes in Africa. *Mon Wea Rev*, 1993, 121: 2254~ 2263
- 12 Augustine J A, Howard K W. Mesoscale convective complexes over United States during 1985. *Mon Wea Rev*, 1988, 116: 686~ 701
- 13 Augustine J A, Howard K W. Mesoscale convective complexes over United States during 1986 and 1987. *Mon Wea Rev*, 1991, 119: 1575~ 1589
- 14 李玉兰, 王婧熔, 郑新江等. 我国西南-华南地区中尺度对流复合体(MCC)的研究. *大气科学*, 1989, 13(4): 417~ 422
- 15 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(6): 701~ 706
- 16 段旭, 雷茂生, 李英. GMS 实时资料识别冰雹的研究. *气象*, 1999, 25(12): 21~ 23
- 17 Orlanski L A. A rational suboivision of scales for atmospheric processes. *Bull Amer Meteor Soc*, 1975, 56: 527~ 530
- 18 Maddox R A. Mesoscale convective complexes. *Bull Amer Meteor Soc*, 1980, 61: 1374~ 1387
- 19 段旭, 李英, 孙晓冬. 昆明准静止锋结构. *高原气象*, 2002, 21(2): 205~ 209
- 20 B W 阿特金森. 大气中尺度环流. 北京: 气象出版社, 1987. 488pp
- 21 段旭, 琚建华, 肖子牛等. 云南气候异常物理过程和预测信号的研究. 北京: 气象出版社, 2000. 194pp
- 22 陶云, 段旭, 杨明珠. 云南冰雹的时空分布特征及其气候成因初探. *南京气象学院学报*, 2002, 25(6): 837~ 842
- 23 朱天禄. 云南的雷暴天气浅析. *云南气象*, 2002, 22(2): 38~ 40
- 24 宋正山, 鲍媛媛, 杨辉. 初夏东南亚季风建立的气候诊断研究(II): 热量和水汽收支及成因分析. 见: 陶诗言等主编. 第二次青藏高原大气科学试验理论研究进展(二). 北京: 气象出版社, 2000. 298~ 309

SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTIONS OF MESOSCALE CONVECTIVE SYSTEMS IN YUNNAN AND IT'S PERIPHERY AREAS

Duan Xu

(*Meteorological Observatory of Yunan Province, Kunming 650034*)

Zhang Xiunian

(*Department of Atmospheric Science, Yunnan University, Kunming 650091*)

Xu Meiling

(*Meteorological Observatory of Yunan Province, Kunming 650034*)

Abstract

By statistical analyzing to mesoscale convective systems(MCS) in lower latitude plateau of China with satellite cloud picture black-body temperature(T_{BB}), the spatial and temporal distribution of meso- β scale convective systems($M\beta$ CS) and meso- α scale convective systems($M\alpha$ CS) and mesoscale convective complex (MCC) have been studied. The results showed that the MCS occurred in two favorable areas. One of them was the area between Yunnan and Guizhou in the eastern lower latitude plateau and the other one was the area between China and Vietnam. It also has been found that the occurrence of MCS was related to the elevation. There were more MCSs in the interim areas such as Yunnan- Guizhou, Yunnan- Vietnam, Sichuan- Yunnan and Jinsha River valley, and fewer in those areas which elevation was higher than it's around. It was related to the actions of cold atmosphere, lower unstable energy and mountain-plain circulations.

The MCSs mainly occurred in June, July and August(occupied 67.1% of all the MCSs), and there were most $M\alpha$ CSs and MCCs in June. These caused the seasonal variation (the onset of East Asian Monsoon and South Asian Monsoon) and heat convection with heating underlying surface. There was a sub-peak of generation in 0-7 BST besides a main peak of generation in 18-23 BST. It is different from the other areas in our country, may be caused by the special topography and the geographical position. The moving routes also have been studied in this paper. Most MCSs moved from the west or the northwest to the east or the southeast. Some MCSs moved along the southern airflow of the subtropical high. About 1/4 MCSs were quasi-stationary.

Key words: Mesoscale convective system, Statistical analyzing, Spatial and temporal distribution.

段旭等：云南及其周边地区中尺度对流系统时空分布特征

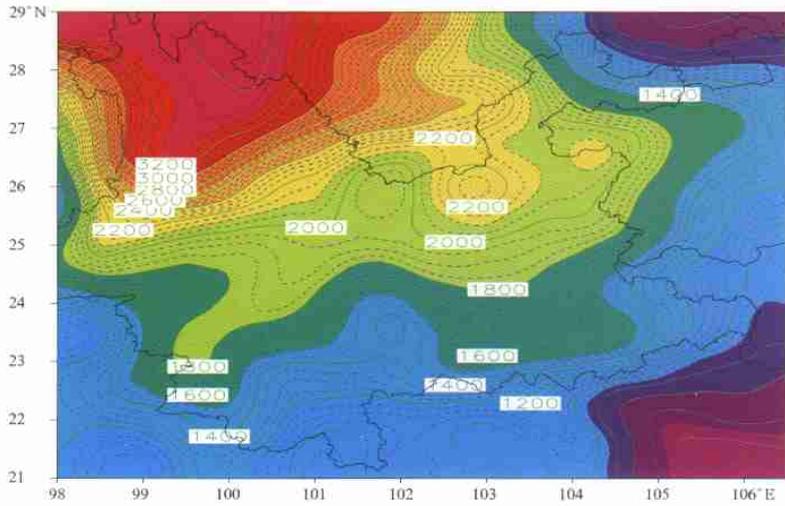


图2 低纬高原地形 (海拔高度, 单位:m)
Fig.2 The topography in lower latitude plateau (Elevation Unit:m)

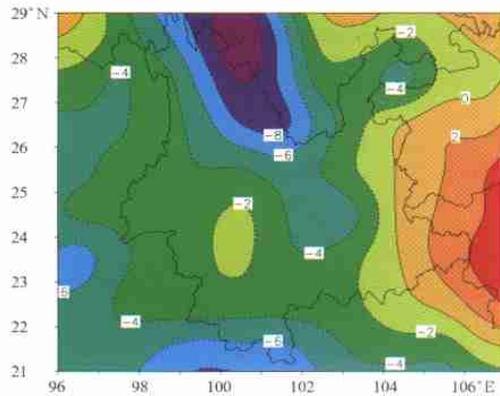


图4 2000年7、8月与6月平均TBB的差值分布
Fig.4 The distribution of the average TBB difference between July, August and June in 2000

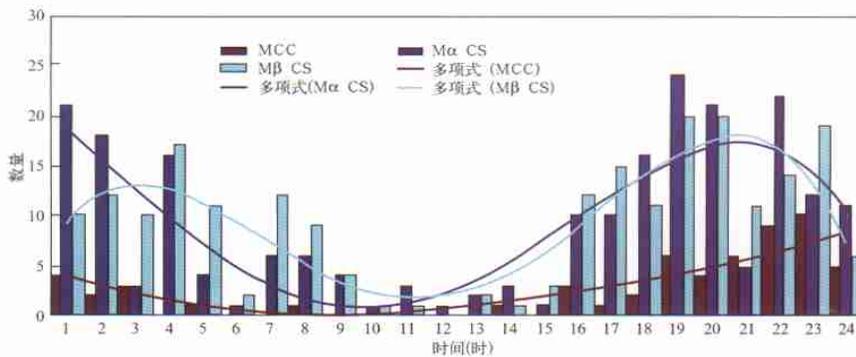


图7 MβCS、Mα CS和MCC发生时间的日变化
Fig.8 The daily variations of occurring time of MβCS, MαCS and MCC