

文章编号:1006-7639(2004)-03-0022-04

# 阿克苏北部绿洲强对流暴雨与冰雹红外云图特征对比分析

杨莲梅,张广兴

(中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆乌鲁木齐 830002)

**摘要:**利用 GMS-5 静止气象卫星逐时红外云图数值资料,分析了阿克苏北部绿洲 1998~2001 年 5~8 月各 10 次强对流暴雨和冰雹过程的红外云图特征,表明强对流暴雨与冰雹中尺度云团在尺度、形状、强度、发生、成熟时间和生命史方面具有显著的异同,这些指标对它们的监测、预警具有重要意义。

**关键词:**强对流暴雨;冰雹;红外云图特征

**中图分类号:**P458.1

**文献标识码:**A

## 引言

阿克苏地区位于天山中段南麓,塔克拉玛干沙漠的北缘,位于  $78^{\circ}02' \sim 84^{\circ}07' E$ ,  $39^{\circ}31' \sim 42^{\circ}40' N$ , 具有独特的山区、绿洲和戈壁沙漠为一体的地理、生态和气候条件。地势北高南低,西高东低,自西北向东南倾斜。西北部和北部是天山山系,向南、向东、向西南伸出的大小山脉构成了山区沟谷的复杂地形,北部山区南侧至塔里木河流域分布着广阔的山前平原,海拔 1 000 m 左右,境内高山、河谷、盆地、沼泽、沙漠、平原交错,地表性质分布差异悬殊,是新疆强对流天气的高发区之一<sup>[1]</sup>。该地区绿洲是国家“八五”与“九五”期间建设的国家级棉花基地、新疆重要的粮食和名优果品基地,形成了大面积绿洲生态系统,而强对流暴雨和冰雹危害十分严重,如渭干河流域每年冰雹造成的损失平均是农业总产值的 16%。对该地区的暴雨和冰雹一些学者作过气候和个例分析<sup>[2~4]</sup>,而对这 2 种中尺度天气的卫星云图特征没有系统的对比研究工作,近几年随着卫星资料和高分辨率数值模式的应用,提供了强对流天气预警和预报的平台。本文针对该地区北部绿洲的强对流暴雨和冰雹进行红外云图的对比分析,以提高该区域强对流暴雨和冰雹的认识,为利用现有的卫星资料和高分辨率数值模式产品进行预报预警提供

基础。

## 1 红外云图云团分类

由于强对流天气的突发性、局地性和历时短的特点,地球同步卫星每小时一次的红外云图是有效的监测手段。本文卫星资料用 GMS-5 静止气象卫星逐时红外云图数值资料,绘制云顶亮温 ( $T_{bb}$ ) 等值线图以反映云的细微结构特点及演变特征,采用麦卡托投影,中心经纬度为  $38^{\circ}N$ 、 $90^{\circ}E$ ,水平垂直分辨率为  $7.5 \text{ km} \times 7.5 \text{ km}$ 。根据通用的 Orlanski 尺度划分标准<sup>[5]</sup>,中尺度天气系统的水平尺度从 2~2 000 km,其中 200~2 000 km 为中- $\alpha$  尺度,20~200 km 为中- $\beta$ ,2~20 km 为中- $\gamma$  尺度。单体云团按尺度大小分为雷暴云( $\gamma$  尺度)、对流云( $\gamma\alpha$  尺度)和中尺度对流系统(MCS, $\beta \sim \alpha$  尺度)。具体定义为:雷暴云,尺度极小,只有 10 km 左右,在红外云图上表现为点状,强雷暴云会有云砧。对流云是指比雷暴云尺度大而有不满足 MCS 条件的对流云团,虽然在形状上多数对流云团满足 MCS 条件,但尺度及持续时间却不满足。MCS 在红外云图上是相对独立的椭圆或近圆形、冷云盖低于  $-32^{\circ}C$  的  $\beta$  尺度以上的对流云团,且持续时间 3 h 以上。针对新疆干旱、半干旱的气候背景,本文采用和 Maddox 相似的办法<sup>[6]</sup>,将  $\alpha$  尺度中尺度对流系统(MaCS)和

收稿日期:2004-07-05;改回日期:2004-08-04

基金项目:国家科技部重大基础研究前期专项(2002CCA04600)、科技部 2002 年社会公益研究项目“西北地区人工防雹消雹技术”(2002DIB10046)、新疆气象局青年基金(200105)资助。

作者简介:杨莲梅(1969-),女,副研究员,主要从事气候变化和灾害性天气研究。Email:yanglm@idm.cn

$\beta$ 尺度中尺度对流系统(M $\beta$ CS)定义为红外云图上具有圆形或椭圆形冷云盖的对流系统,其 $-30^{\circ}\text{C}$ 冷云盖的短轴长度超过3.0纬距(1纬距为111 km)的为MaCS,在0.5~3.0纬距之间的为M $\beta$ CS。已有研究表明<sup>[7]</sup>新疆降雹云团的尺度较小,极少超过 $\alpha$ 尺度。本文对M $\beta$ CS的判定标准及其生命史的规定见表1。

表1 M $\beta$ CS的判定标准及其生命史的规定

判据	描述
最小尺度	$T_{bb} \leq -30^{\circ}\text{C}$ 的连续冷云区的短轴 $\geq 0.5$ 个纬距
发生时间	开始满足最小尺度的时间
成熟时间	$T_{bb} \leq -30^{\circ}\text{C}$ 连续冷云区达到最大面积的时间
终止时间	不再满足最小尺度的时间
形状	$-30^{\circ}\text{C}$ 的连续冷云区达最大范围时,椭圆率(短轴/长轴) $\geq 0.7$
持续时间	发生到终止的时间

## 2 强对流暴雨红外数值云图特征

分析10次强对流暴雨,发现它们是由中尺度云系和系统云系叠加中尺度云团2类系统造成的。

表2 中尺度云系造成的强对流暴雨红外数值云图特征

个例	发生时间	成熟时间	终止时间	形状、最大范围(经距 $\times$ 纬距)	分类、来源	$-40^{\circ}\text{C}$ 云区特征,范围(经距 $\times$ 纬距)
1998/7/23/15时~18时	7/23/11时	7/23/17时	7/23/22时	圆形,2.5 $\times$ 2.5	M $\beta$ CS,暴雨区西北部局地生成	17时出现,19时消失,圆形,范围 $\leq 0.5 \times 0.5$
1998/8/11/14时~18时	8/11/11时	8/11/15时	8/11/18时	圆形,2.0 $\times$ 2.0	M $\beta$ CS,暴雨区局地生成	12时出现,15时成熟,16时消失,圆形,范围 $\leq 1.0 \times 1.0$
1998/8/18/18时~20时	8/18/15时	8/18/19时	8/18/20时	圆形,0.5 $\times$ 0.5	M $\beta$ CS,暴雨区西北部局地生成	无 $-40^{\circ}\text{C}$ 云区
1999/7/4/21时~24时	7/4/20时	7/4/23时	7/5/01时	椭圆,1.0 $\times$ 0.7	M $\beta$ CS,暴雨区局地生成	20时出现,24时消失,圆形,范围 $\leq 0.5 \times 0.5$
2000/6/23/18时~24时	6/23/12时	6/23/21时	6/24/01时	圆形,2.5 $\times$ 2.5	M $\beta$ CS,暴雨区西部局地生成	16时出现,21时成熟,24时消失,圆形,范围 $\leq 1.5 \times 1.5$
2001/7/26/12时~13时	7/26/07时	7/26/12时	7/26/13时	椭圆,1.0 $\times$ 0.8	M $\beta$ CS,暴雨区北部局地生成	无 $-40^{\circ}\text{C}$ 云区

表3 系统云系造成的强对流暴雨红外数值云图特征

个例	云系形状	系统云系范围(经距 $\times$ 纬距)	最低 $T_{bb}$ 及中尺度云团特征	路径、系统云系持续时间
1999/6/13/00~06时	带状云系	5 $\times$ 10	$-50^{\circ}\text{C}$ ,点状	中亚地区向东移动,到影响区1.5d以上
1999/7/11/00~06时	带状云系	10 $\times$ 5	$-50^{\circ}\text{C}$ ,10 $\times$ 5的椭圆,出现到消亡16h	中亚地区向东移动,到影响区1.5d以上
1999/8/13/12~18时	带状云系	15 $\times$ 20	多个尺度不一的 $-40^{\circ}\text{C}$ 云团	中亚地区向东移动,到影响区1d以上
2001/8/28/00~08时	带状云系	8 $\times$ 15	多个尺度不一的 $-40^{\circ}\text{C}$ 云团	中亚地区向东移动,到影响区1d以上

M $\beta$ CS为6次,系统云系叠加中尺度云团4次,它们的特征见表2、3。北支槽时M $\beta$ CS尺度 $>2 \times 2$ 经纬距,而锋区小槽M $\beta$ CS尺度 $<2 \times 2$ 经纬距,中亚槽形成系统云系并叠加中尺度云团引发暴雨。M $\beta$ CS为结构密实,云团白亮的椭圆或圆形,其发展过程中边界不光滑,云团在暴雨区及其西部或西北部局地形成,生命史约5~13 h,发生于下午到傍晚时段,发生到成熟约为3~5 h,成熟期约在傍晚时段,成熟到终止约为1~5 h。强对流暴雨多开始于中尺度云系成熟前1~2 h,集中于傍晚时段。M $\beta$ CS的 $T_{bb}$ 最小值为 $-40^{\circ}\text{C}$ , $-40^{\circ}\text{C}$ 云团生命史约2~8 h。系统云系为天气尺度的带状云系,由中亚地区向东北方向移动生命史超过1 d,其中有一个或多个中尺度云团活动, $T_{bb}$ 最小值为 $-50^{\circ}\text{C}$ ,暴雨区在云系西南部的 $T_{bb}$ 梯度最大处(1个经度内 $\Delta T_{bb} > 40^{\circ}\text{C}$ )。中尺度云团多发生于11~20时即傍晚到夜间,成熟于15~23时即夜间到凌晨。图1给出了1998年8月11日强对流暴雨的形成(11时)和成熟时(15时)的云图,可以清晰地看出暴雨中尺度云团的特征, $T_{bb}$ 最低为 $-40^{\circ}\text{C}$ ,成熟时为圆形。

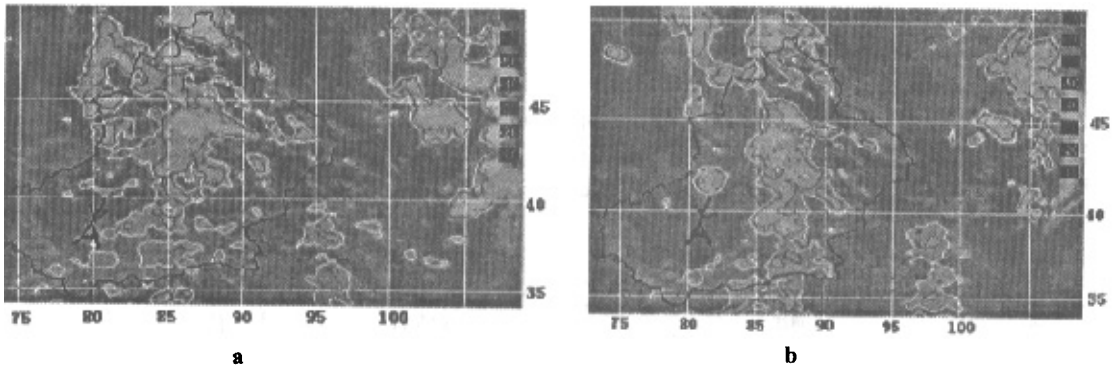


图1 1998年8月11日暴雨云团形成(a)和成熟时(b)红外数值云图(A为暴雨云团)

Fig. 1 Infrared satellite image of rainstorm on August 11th, 1998, (a) for forming time; (b) for mature phase

### 3 冰雹红外数值云图特征

冰雹红外数值云图特征见表4。冰雹由MβCS(8次)和对流云(2次)造成,在雹区及其西北部局地形成。MβCS的生命史3~8h,发生到成熟1~4h,成熟到终止2~6h,其中有-40℃云团,圆形或椭圆MβCS中-40℃云团生命史约2~4h,尺度<1.0×1.0经纬度。对流云生命史2h,发生到成熟约1h,成熟到终止约1h,且尺度为1.0×1.0经纬度。中尺度云团多发生于6~12h,成熟于12~19h,冰雹多发生于中尺度云团发展成熟阶段。图2为

2000年5月28日冰雹形成(05时)和成熟时(09时)的云团特征,成熟时为椭圆形, T<sub>bb</sub>最低为-50℃。

通过上述分析发现,造成强对流暴雨和冰雹的中尺度云团有MβCS和对流云,均是局地生成的,暴雨的中尺度云团约40%是在系统云系中产生的。暴雨的中尺度云团生命史一般比冰雹长,其发生和成熟时间主要在傍晚到夜间和夜间到凌晨,而冰雹中尺度云团发生和成熟时间主要在午后和傍晚前后。暴雨云团先出现-30℃中尺度云团,约在1h至数小时后出现-40℃,而冰雹云团的-30℃和-40℃几乎同时出现,同时达到最大范围。

表4 冰雹红外数值云图特征

Tab. 4 Infrared satellite image characteristic of hail

个例	发生时间	成熟时间	终止时间	形状、最大范围 (经距×纬距)	分类、来源、特征	-40℃云区特征,范围 (经距×纬距)
1999/5/2	5/2/06时	5/2/10时	5/2/12时	不规则,5.0×3.0	MβCS,冰雹区局地生成	3个-40℃云团,06时出现,10时成熟,15时消失,椭圆,范围≤2.0×3.0
1999/5/28	5/28/08时	5/28/10时	5/28/13时	圆形,1.5×1.5	MβCS,冰雹区局地生成	08时出现,10时成熟,11时消失,椭圆,范围≤1.0×0.7
1999/5/29	5/29/06时	5/29/09时	5/29/13时	椭圆,2.5×2.0	MβCS,冰雹区西北部局地生成	07时出现,09时成熟,12时消失,椭圆,范围≤0.5×0.5
1999/6/12	6/12/07时	6/12/11时	6/12/15时	不规则,5.0×3.0	MβCS,冰雹区局地生成	2个-40℃云团,07时出现,11时成熟,15时消失,椭圆,范围≤2.0×3.0
2000/5/2	5/2/18时	5/2/19时	5/2/20时	圆形,1.0×1.0	MβCS,冰雹区局地生成	18时出现,19时成熟,20时消失,圆形,范围≤0.5×0.5
2000/5/24	5/24/06时	5/24/10时	5/24/12时	椭圆,2.0×2.5	MβCS,冰雹区西北部局地生成	2个-40℃点状云团,08时出现,11时消失
2000/5/28	5/28/05时	5/28/09时	5/28/12时	圆形,2.5×1.5	对流云,冰雹区局地生成	06时出现,09时成熟,12时消失,圆形,范围≤0.5×0.5
2000/6/11	6/11/04时	6/11/05时	6/11/08时	椭圆,2.5×3.0	MβCS,雹区局地生成	04时出现,05时成熟,08时并入其它云团,圆形,范围≤0.5×0.5
2000/8/14	8/14/12时	8/14/13时	8/14/19时	圆形,1.0×1.0	MβCS,冰雹区局地生成	无40℃云区
2001/5/17	5/17/10时	5/17/12时	5/17/13时	圆形,1.0×1.0	对流云,冰雹区局地生成,	10时出现,12时成熟,13时消失,圆形,范围≤0.5×0.5

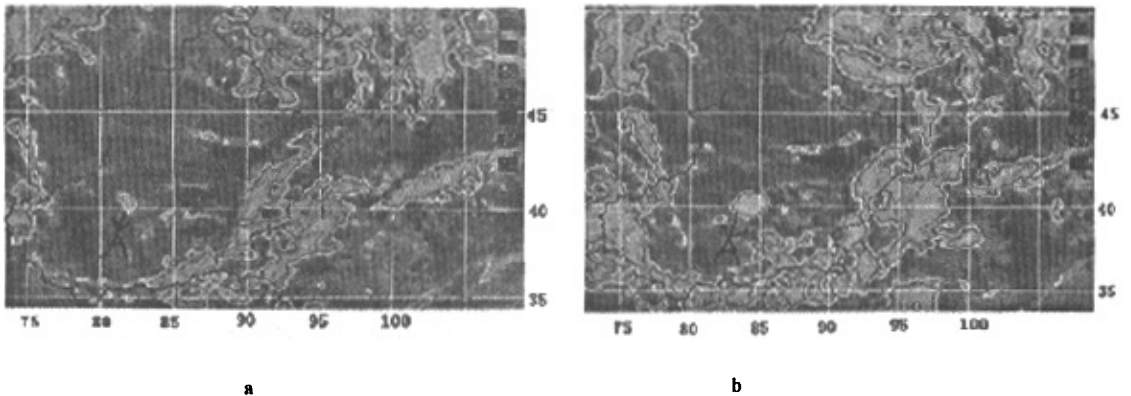


图 2 2000 年 5 月 28 日冰雹云团形成(a)和成熟时(b)红外数值云图 (A 为冰雹云团)

Fig.2 Infrared satellite image of hail on May 28th,2000,(a) for forming time and (b) for mature phase

#### 4 小 结

上述分析表明,阿克苏北部绿洲强对流暴雨与冰雹红外云图特征具有显著的异同,这些指标对它们的监测、预警具有重要意义,表现在:强对流暴雨和冰雹的中尺度云团有 M $\beta$ CS 和对流云,均是局地生成,暴雨的中尺度云团约 40% 是叠加在系统云系中的。暴雨的中尺度云团生命史比冰雹长,其发生和成熟时间主要在傍晚到夜间和夜间到凌晨,而冰雹中尺度云团发生和成熟时间主要在午后和傍晚前后。暴雨云团先出现  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  中尺度云团,如出现  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  约在 1 h 至数小时后,而冰雹云团的  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  几乎同时出现,同时达到最大范围。

#### 参考文献:

- [1] 张家宝,邓子凤.新疆降水概论[M].北京:气象出版社,1987. 373-382.
- [2] 伍志方,孙祥彬.渭干河灌区冰雹的气候特征及成因初探[A].高子毅,等编.新疆云物理及人工影响天气文集[C].北京:气象出版社,1999.113-118.
- [3] 张莉,牛清明.阿克苏一次特大暴雨分析[J].新疆气象,2002, 25(3):12-13.
- [4] 张春良,伍志方.新疆库沙新北部一次雹云回波特征分析[A].高子毅,等编.新疆云物理及人工影响天气文集[C].北京:气象出版社,1999.189-192.
- [5] Orlandi L. A rational subdivision of scales for atmospheric processes[J]. Bull Amer Metero Soc, 1975, 56: 527-530.
- [6] Maddox R A. Mesoscale convective complexes[J]. Bull Amer Metero Soc, 1980, 61: 1374-1387.
- [7] 马禹,王旭,李进忠,等.新疆降雹云团的特征分析[J].新疆气象,2002,25(2):7-8.

### Infrared Satellite Image Analysis of Severe Convective Rainstorm and Hail in North Oasis of AKESU

YANG Lian - mei, ZHANG Guang - xing

(Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China)

**Abstract:** Based on GMS-5 hourly infrared numerical nephogram, 10 rainstorm and hail processes are analyzed respectively in summer from 1998 to 2001. The research shows that there are obviously similarities and differences on scales, shape, intensity, occurrence time and mature time and life span of meso-scale cloud cluster. These results are important for monitoring and warning of rainstorm and hail processes.

**Key words:** severe convective rainstorm; hail; infrared satellite image