

华北地区强对流云团的卫星云图特征*

叶惠明 郑新江

蒋尚城

(国家卫星气象中心,北京 100081) (北京大学 100871)

提 要

普查了夏季发生在华北地区的 25 次强对流天气过程的云团,通过分析归纳出几种华北强对流云团的云型特征、生成方式、环境云场以及强对流云团生成时相应的两种不同的基本风场,对建立预报概念模式及制作临近预报有参考价值。

关键词: 强对流云团 云图特征

引 言

70 年代末期以来,国内外利用短时间间隔的卫星、雷达资料,结合常规资料,对造成灾害性天气的中尺度云团作过不少研究,揭露过一些重要事实^{[1],[2]},方宗义在分析长江流域和华南地区暴雨的中尺度云团特征时归纳过中低纬云系相互作用的概念模式^[3],江吉喜等人对华南地区的中尺度云团也作过较细的研究与探讨^{[4],[5]},这些研究仅局限于南方地区,对于北方的中尺度云团的研究,更多地限于个例分析,很少见到有较细的分析和研究。本文首次系统地普查和分析了 1985—1990 年 6—8 月发生在以京、津、冀为主的华北地区的 25 次强对流天气过程的云团,发现影响华北地区的中尺度强对流云团大致可分为两大类,一类以西北冷气流为基本风场,具有强的水平风速垂直切变,产生以降雹和雷雨大风为主的天气;另一类以西南暖湿气流为其环境场,具有弱的水平风速垂直切变,降水效率高,以大范围暴雨为主。

1 强对流云团的云型特征

通过 25 例过程的 GMS 云图普查发现,

影响华北地区的强对流云团表现为以下 3 种云型。

A 型:南边界呈现弧状的椭圆云团(占 64%)。

如图 1(左),这类云团表现为具有东北—西南走向长轴的椭圆云团,其南边界光滑,呈弧状,云团的下风方向有较强的卷云羽往东北方向伸展,云体的西半部密实,较白亮,在西端处有时外伸一块较细且光滑的尾部,它们的大小差异很大,小至 1×1.5 纬距,大的可达 5×7 纬距,地面飑线发生在云团的南边界或外伸至云系处。图 1(左)是 1990 年 7 月 15 日 17Z 在华北至山东地区生成的椭圆云团,这次过程造成了上述地区的冰雹、大风和中等强度的不稳定降水天气。从所统计的该类云团发现,不同大小云团所产生的天气很相似,降水量差别也不大。

B 型:线状云团(占 24%)。

线状云团是由若干个大小不一的中 β 尺度白亮对流云团组成,呈现东北—西南走向的对流线,宽约在 1 个纬距之内,长可达 8 个纬距,带来的飑线天气出现在它们移动方向的前缘。图 1(右)是 1987 年 6 月 18 日 06Z 云图,线状对流云团所经的北京及附近地区,

* 本文得到国家重点科技项目“中尺度强烈天气概念模式研究”专题经费支持。

产生了冰雹、大风和中等强度的不稳定降水天气。

C型:带状云团(占12%)

此类云团最明显的特征是由多个对流云团排列成带。云团的外形有的近似圆形,有的为椭圆形,面积相差也很大,有的仅为1-2个平方纬距,而有的成熟时的面积可达6个平方纬距。伴随着地面中尺度气旋的产生,云团中的对流发展旺盛。成熟前,云体四周较光滑,成熟时其后边界(西北-北侧)光滑,南侧较模糊,它们按低空急流的走向排列,在强烈发展过程中可产生多个龙卷,成熟时则以暴雨为主。图1(下)是1987年8月26日12Z的云图,这是一次黄河气旋发展过程,给京、津、鲁地区带来大范围暴雨及龙卷等强烈天气,给华北地区造成严重的灾害。

上述A型和B型属于第一大类以西北气流为基本风场,产生冰雹、雷雨大风天气为主的雹暴云团,C型属于第二大类以西南暖

湿气流为基本风场,产生大范围暴雨天气为主的暴雨云团。

2 各类强对流云团的生成方式

各类强对流云团的生成既有相同之处,也有自己的特点。

2.1 南边界呈弧状的椭圆云团生成方式(图2A)

这类云团的生成主要有两种方式,一种是线状对流云团在移动过程中,随着周围云系的减弱,近西端一块重新发展(图2A-a),另一种是在一个大的雷暴单体减弱后的残留云系重新合并发展而成(图2A-b)。

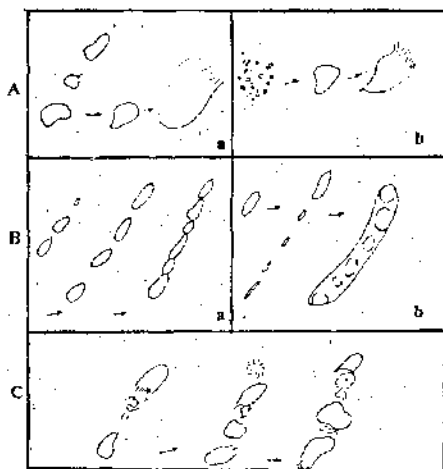


图2 各类强对流云团的生成方式

A: A型云团生成方式

B: B型云团生成方式

C: C型云团生成方式

2.2 线状对流云团的生成方式(图2B)

线状对流云团的生成也有两种方式,一种最初出现多个相距有一段距离,排列在一条呈现东北-西南走向的线上,以后随着各个云团不断地发生分裂,使它们连结成象链一样的对流云线(图2B-a)。还有一种最初只有中、低云组成的云线,近东北端处稍亮,午后沿中低云线处扩展,迅速演变成亮线(图



图1 各类强对流云团的外形特征

左:A型,1990年7月15日17Z(世界时,下同)

右:B型,1987年6月18日06Z

下:C型,1987年8月26日12Z

2B-b)。

2.3 带状云团的生成方式(图 2C)

在成熟的老云团后部(相对于云团的运动方向)有新生的对流云团出现,随着老云团的减弱变小,新生的云团不断发展,整个过程处在一个不断生消、更替的情形,一个云团的生命史不超过 6 小时。

3 有利于强对流云团生成的环境云场和流场

华北地区各类强对流云团,是在一定的环境云场和流场下生成的。在分析的 25 例中,56%的过程与冷涡云系有关,高空流场以西北气流为主。44%的过程则与气旋暖区云系和高空小槽尾部云系有关,其中和气旋暖区云系有关的过程与低空急流有密切的关系。下面分别作介绍。

3.1 冷涡云系类

与强对流云团生成有关的冷涡云系有两种,一种是具有锢囚气旋特征的云系,涡中心为少云或晴空区;由 3 条或以上的螺旋云线所围成,东南侧有卷云辐散,即暖锋云系所在,其东南至南侧有一条带状的冷锋云系。00Z 线状对流云在涡的东侧生成,为灰-灰白色,约 1 个纬距大小,03Z 增亮,午后迅速向冷涡南至西南侧扩展为亮线,呈东北—西南走向。另一种冷涡云系表现为若干块灰-白色云块环绕一个黑色的中心成涡状结构,没有锋面云带相连。对流云团在涡的东南至西南一线生成,与杨红梅等人的分析结果基本一致^[6]。

图 3a 和图 3b 分别是两种不同结构的冷涡云系下产生的对流云团及各层系统配置关系示意图。由图可见,200hPa 急流轴位于 37—40°N 附近,在 115°E 以东呈东北—西南走向。500hPa 槽后大于 $16\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西北气流轴呈西北—东南走向由槽南段后部指向华北地区。在 850hPa 上,华北地区或北部有相应的槽或切变线。 $\leq 12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西南或偏南

气流轴有时位于湖南至江苏或山东一带,有时由黄海西北行至 115°E 折向北或东北,影响华北地区。强对流云团出现在冷锋云带后部也即冷涡云系的东南—西南侧一线。位于 200hPa 急流轴左前方和 500hPa 西北气流轴线、850hPa 暖湿气流轴线的正前方,主要产生线状和椭圆状强对流云团。

3.2 小槽云系类

500hPa 小槽云系有时呈小逗点状。当小逗点状云系尾部移近 40°N、115°E 以东地区时,由于 500hPa 后部西北气流入侵该区,在 700hPa 和 850hPa 位于渤海和黄海的高压南至西侧有 $< 12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的弱偏东气流在郑州附近转为西南气流,影响华北中部地区。给小逗点云系尾部的强对流云团的生成和发展创造条件。从 5 例过程发现,在这里生成的对流云团,外形也是椭圆状、西半部明亮、东部卷云辐散的云团。但一般尺度较小,其中 4 例均在 0.5×2.5 个纬距内(见图 3c)。

3.3 气旋波暖区云系类

强对流云团在气旋波暖区云系中生成和

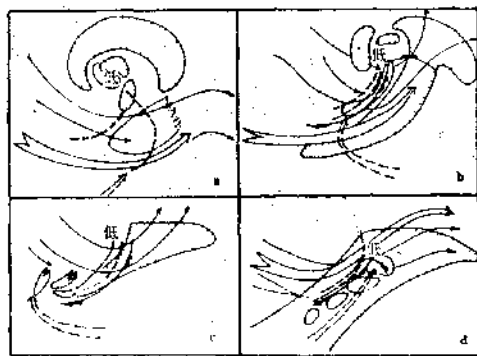


图 3 各类强对流云团与环境云场、流场及高低空系统关系示意图

a: 单独冷涡类云场; b: 具有锢囚气旋特征的冷涡类云场; c: 小槽类云场; d: 气旋波暖区类云场

图中,锯齿区为环境云场;点区为强对流云团;断线和矢线分别为 500hPa 的槽线和流线;双矢线代表 200hPa 的急流轴;双矢断线和双断线分别为 850hPa 暖湿气(急)流轴和切变线

发展。这类过程与上两类过程最大的差异,是大尺度环境条件必须具备地面气旋发展的斜压不稳定性,以及形成强暴雨所必须的水汽辐合、位势不稳定和湿有效位能等条件。这样才能产生大范围暴雨以及龙卷等剧烈天气。如图 3a 所示,500hPa 有一短波槽位于 115°E,槽前有强的正涡度平流,700hPa 有时有低涡对应,850hPa 槽前有一股较强的低空西南急流,左前方与高空 200hPa 急流轴的右后

方相交汇。正是在这种高层辐散气流与低层暖湿气流的强烈辐合叠加下,造成强烈天气的发生^[7]。

4 雹暴云团和强暴雨云团的对比分析

我们使用了 $\lambda_{\max}=1500\text{km}$ 的带通滤波器对两类云团成熟时的 1000—100hPa 的风场进行了尺度分离^[8],以对比分析两类云团的中尺度流场的差异。

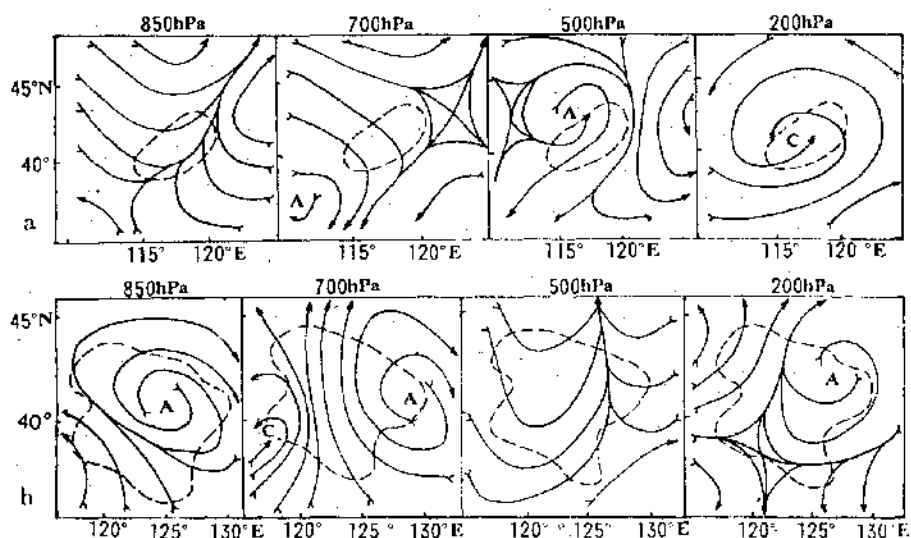


图 4 两类云团对应的带通滤波后的中尺度环境流场
a:1987 年 8 月 24 日 20 时流场, b:1986 年 6 月 27 日 08 时流场
虚线为云团范围

4.1 1987 年 8 月 24 日冰雹过程

1987 年 8 月 24 日傍晚到夜间,受高空冷涡西南侧产生的飢线影响,河北北部、京、津、唐地区先后受强飢线的袭击,出现了大范围的雷暴、阵雨、大风和冰雹等强烈天气^[9]。飢线经过北京时,故宫博物院的景阳宫遭雷击起火。

图 4a 是 24 日 20 时云团成熟期带通滤波后的中尺度环境流场。由图可以看到,对流层中、低层云团主要位于偏北气流环境中,偏南气流的高度较低,仅在 850hPa,并且只影响云团的前边界(相对云团向偏东方向移动

而言),进一步的分析表明^[10],云团的前沿正是云项 T_{BH} 梯度大值区,并是地面飢线和强天气区所在。

4.2 1986 年 6 月 27 日暴雨过程

1986 年 6 月 26—27 日,华北地区出现了 1949 年以来同期罕见的暴雨过程,在大约 $29 \times 10^4 \text{km}^2$ 的面积上,过程总降雨量均超过 50mm,暴雨中心集中在京、津及冀东地区,过程总降雨量达 70—180mm,超过多年同期旬平均降雨量 50 至 160mm,是多年旬降雨量的 2—7 倍^[11]。

图 4b 是 27 日 08 时带通滤波后不同层

次的中尺度环境流场。由此清楚表明,暴雨云团在对流层中低层(850—700hPa)处于强的偏南气流中,只是到了500hPa,云团的后部(相对云团向偏东方向移动而言)才出现偏北气流。

5 结 论

5.1 华北地区强对流云团主要分为两大类,一类以西北气流为基本风场的雹暴云团,具有强风速垂直切变,它们位于200hPa急流轴的左前方。另一类是以西南暖湿气流为基本风场的强暴雨云团,具有弱的风速垂直切变,位于200hPa急流轴的右后方。

5.2 在卫星云图上,华北地区雹暴云团可分为南边界呈弧状的椭圆云团和线状云团两种类型。其中椭圆云团的生成主要有合并、独立、重新发展方式,线状云团以扩展方式生成。而强暴雨云团常表现为带状云团状,它主要以生消更替的方式生成。

5.3 华北地区强对流云团的生成发展与4种环境云场有关:a.单独的涡状云系;b.具有锢囚气旋性质的冷涡云系;c.小逗点云系尾部;d.锋面气旋波暖区云系。

参考文献

1. Furdum, J. F. W. The development and evolution of deep convection, Preprints, 11th conf. on Severe Local Storms, Kansas city, Amer. Meteor. Soc., 142—150, 1979.
2. Maddox, R. A. Mesoscale Convective complexes, Bull. Amer. Meteor. Soc., 61, 1374—1387, 1980.
3. 方宗义. The Preliminary study of medium-scale Cloud Cluster over the changjiang Basin in Summer, Advances in Atmospheric Science, 2.3, 334—340, 1986.
4. 江吉喜, 叶惠明. 我国中尺度云团的分析和研究. 气象科学院院刊, 1986, 1(2): 133—141.
5. 江吉喜, 叶惠明, 陈美珍. 华南地区中尺度对流性云团. 应用气象学报, 1990, 1(3): 232—240.
6. 杨红梅, 陶祖钰. 强天气冷涡云系结构的分析和物理解释. 天气科学, 1992, 16(1).
7. 蒋尚城等. 8.26 黄河气旋暴雨分析. 科学通报, 1990年第19期.
8. 李玉兰. 暴雨云团的中尺度扰动特征. 气象, 1991, 17(12): 3—7.
9. 余志敏. 冷涡形势下强雨线的雷达探测和临近预报. 气象, 1988, 14(7): 8—14.
10. 郑新江, 赵亚民. 华北强对流云团的活动及其天气特征. 应用气象学报(即将发表).
11. 李延香. 初夏罕见的华北暴雨. 气象, 1987, 13(7): 48—52.