

云 体 併 合 及 雹 云 形 成*

王 昂 生 赵 小 宁

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

云体併合是冰雹云形成的重要原因之一。

文章提出了五种併合类型,给出了它们的特征和模式。最后讨论了併合成雹云的若干条件。

一、引 言

云体併合是冰雹云,特别是强烈冰雹云形成过程中常见的物理现象^[1]。由于併合动力性地增强了云体发展,使之在强度或高度均有较大幅度增长,十分有益于冰雹在云中的形成^[2,3]。特别是近年来对冰雹云中“跃增”“酝酿”等物理特征的发现^[4,5],更加注意到云体併合对雹云形成具有重要意义。

近十年来,我们在华北地区的大量观测表明下述五种併合方式是常见的,即:吞食併合、射流併合、指状併合、追逐併合以及幅合併合。

二、吞 食 併 合

吞食併合是一种常见的併合方式。当有多个对流单体发展时,若其中一个具有比其它单体更强的上升气流等优越条件时,它就有可能吸引其它弱小单体与之靠近併合,或者能压抑强度与它相近的对流单体,使其不能继续发展。吞食併合以后,主单体迅速发展成冰雹云。

1978 年 8 月 18 日在山西昔阳县的一次观测便是吞食併合的例子。从图 1 中可以看到,在低层回波区的南端出现弱回波区,对应 *RHI* 回波在中上部有悬挂回波,故 *A* 单体成为诸单体中发展最强盛的主单体。16 时 43 分它吞食了逐渐发展起来的 *C* 单体,在它另一侧的 *B* 单体受到压抑而逐渐减弱,这是以强食弱、强者更强的演变过程。

图 2 给出了这类併合的示意模式。在多个单体并存时,其中一个是主单体,它有强烈上升气流支托,反映在低层出现一个凹区,即弱回波区^[6],主单体 *A* 通过入流区的上升气流引导,吸引附近一个或数个新生单体 *B*、*C*……向它靠拢,进而完成併合过程。

* 本文于 1981 年 5 月 23 日收到,1982 年 4 月 15 日收到修改稿。

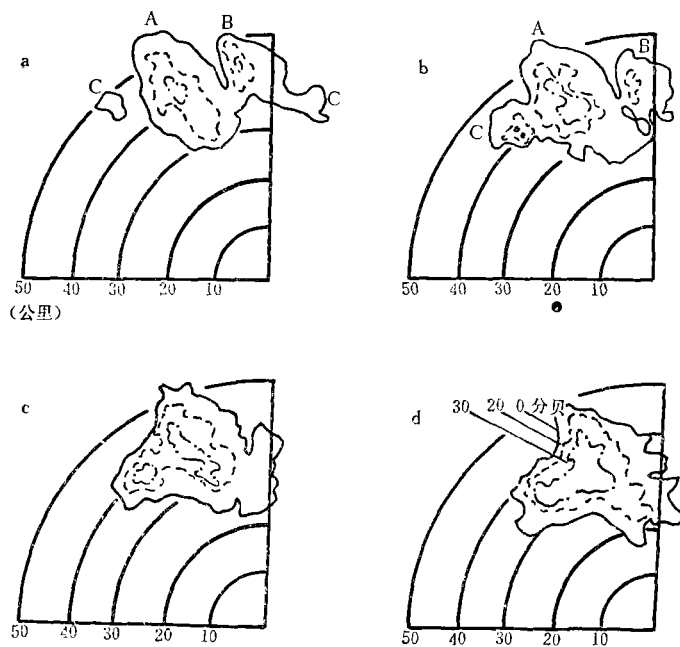


图 1 1978 年 8 月 18 日吞食併合实例
(a, 16 时 35 分; b, 16 时 43 分; c, 16 时 48 分; d, 16 时 55 分。仰角 3°)

三、射流併合

射流併合也是一种常见的併合成電形式。图 3 给出了 1976 年 7 月 12 日的一次特大電灾实例。强電云是由两个强壮的单体 A 和 B 的射流併合而促成的。图 3 左可看到在主单体 A 和 B 的南边是典型的钩状无回波区,通过它的 RHI 资料表明,这里正是一个回波穹窿^[2],是上升气流入流区。这股上升气流射入单体 A 和 B 之间,致使 A 和 B 单体进行射流併合。从图 3 左图可见,两个单体的 20 分贝回波区开始併合;中图 30 分贝回波区联成一片。在图 4 中又给出了钩状区不同仰角的无衰减回波廓线,分析表明钩状区上部存在前悬回波,从而说明这里确有射流入流存在^[6]。

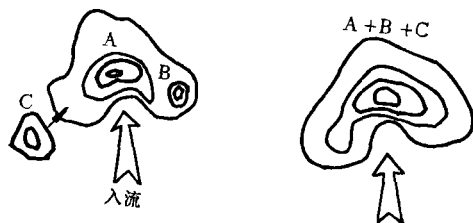


图 2 吞食併合模式图

(左图, 併合前; 右图, 併合后)

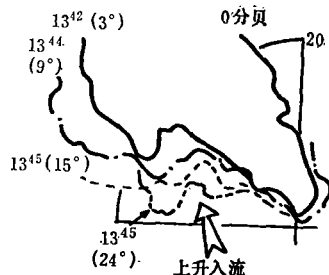


图 4 1976 年 7 月 12 日钩状回波上空不同仰角的无衰减回波廓线

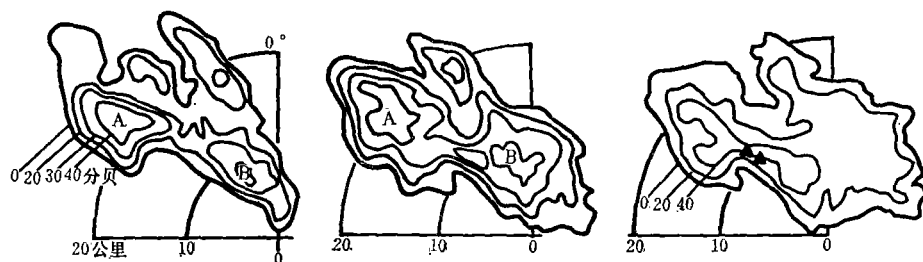


图 3 1976 年 7 月 12 日射流併合实例 (山西昔阳县)
(左图, 13 时 42 分; 中图, 13 时 52 分; 右图, 14 时 02 分。仰角 3°)

由于射流发生在两个强度相近的单体之间, 并出现回波穹窿, 强烈的上升气流使单体间产生射流併合, 图 5 是示意模式。

四、指状併合

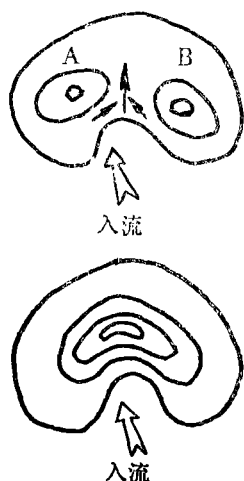


图 5 射流併合模式
(上图, 併合前; 下图, 併合后)

指状併合虽是一种比较特殊的併合形式, 但在山西昔阳和北京也都观测到^[2,7], 图 6 便是一次指状併合的实例。

17 时 15 分母云 *P* 区南侧是降水出流区, 也是新生单体的生长区。17 时 17 分新生单体 *G* 与母云併合形成指状回波, 17 时 29 分在指状西南又新生单体 *H*、*M*, 17 时 32 分单体 *H* 又与母体併合, 指状伸长。在新生回波与母体併合增长的区域回波最强, 反射率梯度亦大, 回波顶最高, 在指状回波与母云交接处一带降了强的成灾冰雹。

图 7 便是指状併合模式图^[7]。当母体成熟并出现降水时, 母体与低层入流相交的界面区形成新单体群 (位于母体区外)。它们的增长, 促成了与母体併合, 于是母体一侧出现突出高反射率强回波条, 该处成为最有可能形成冰雹的云区。

五、追逐併合

当由于地形或其它各种原因引起的两个运动速度不同的单体向某一方向运动时, 出现了后边单体追逐前边单体的现象。在两个单体靠近时, 前边单体的出流有可能与后边单体低层入流汇成一体, 并在单体间形成环流, 引导两块云体併合。

图 8 是 1977 年 8 月 14 日追逐併合实例 (见左图) 和模式图 (见右图)。位于后面、移速较快的 *B* 单体, 在向东南移动时逐渐追上 *A* 单体, 14 时 20 分左右开始併合, 回波顶高及强度均有明显增大, 14 时 30 分在併合区对应的地面降了冰雹。

图 8 右图是追逐併合的简化模式。这两个单体在盛行风影响下向同一方向移动时, *A* 单体处于爬坡运动、移速较慢。 *B* 单体处于沿山坡下行, 速度加快, 两单体靠近时, *A* 单

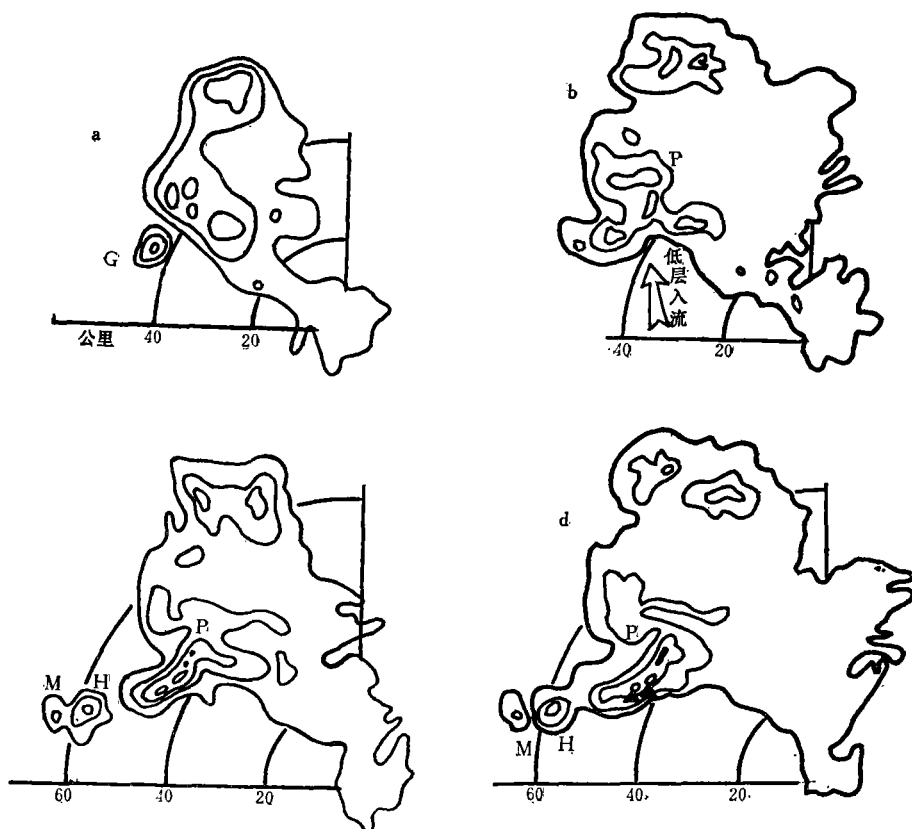


图 6 1975 年 7 月 14 日指状拼合实例 (山西昔阳县)

仰角	仰角
a 17 时 15 分 3°	c 17 时 29 分 3°
b 17 时 17 分 6°	d 17 时 32 分 6°

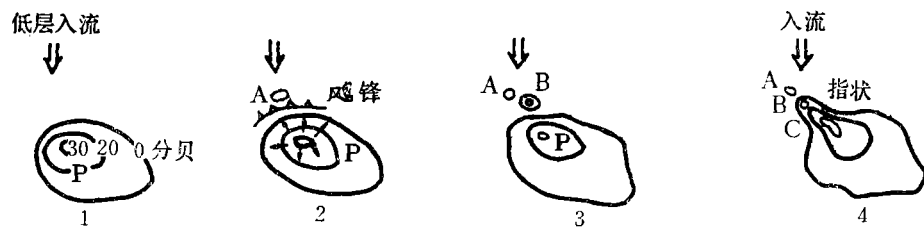


图 7 指状拼合模式图

(1. 母体形成, 2. 母体降水, 3. 开始拼合, 4. 指状形成)

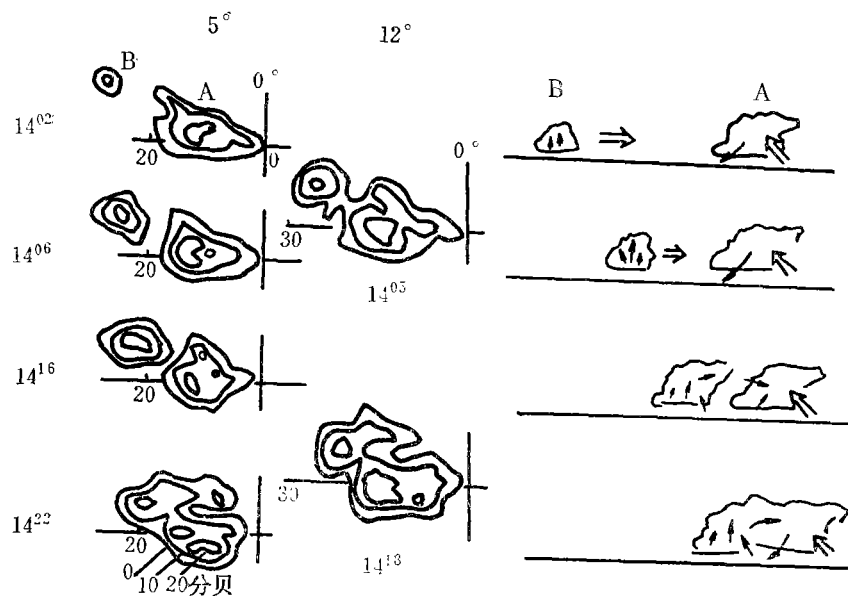


图 8 追逐併合

体的下沉出流与单体 B 的入流上升气流环相联,逐渐形成一个新的环流,加速了两者的併合。

六、辐 合 併 合

1976 年 6 月 29 日北京地区的一次强降雪过程就包含了两次辐合併合现象。由图 9 可见,18 时在本场偏西方向出现一个中尺度涡旋流场,17 时 51 分有一条 80 公里长的带状回波与涡旋相配合。回波的右前方新生了三块较弱的回波单体,由于涡旋辐合作用,小单体迅速发展并与主体回波併合,18 时 02 分形成完整的涡旋状回波。从图中还可看到 17 时 23 分到 17 时 37 分已经出现过一次明显的併合过程。

我们还注意到,涡旋辐合併合后的回波位于地面涡旋中心的东北方向,即东南气流与偏北气流的交汇处,对应地面是风速强区,故也是上升气流区。同时还具备湿度梯度大、位势不稳定等特点,这些均有利于对流云的发展。辐合併合的主要特点是:带状主回波受涡旋气流的影响,右侧回波出现气旋性弯曲,顺着涡旋气流的方向,主回波的弯曲部分很快与前沿的新生单体併合,形成涡旋状回波,图 10 便是併合的模式示意图。

七、讨 论

综上所述,它们都是通过近地面低层气流的引导促使云体的合併。吞食併合和指状併合,一般是受云内或接近云体的气流控制,其它三类多受较大范围的流场控制。一般併合前常有新生单体迅速发展,如吞食和指状併合由主回波与邻近的新生回波进行併

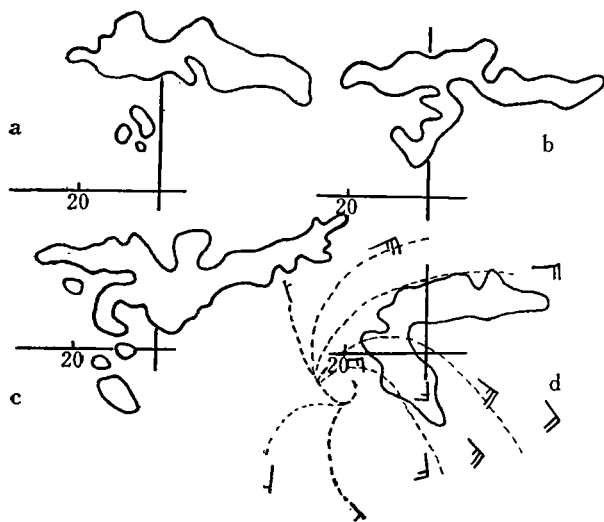


图 9 1976 年 6 月 29 日辐合併合实例
(a, 17 时 23 分; b, 17 时 37 分; c, 17 时 51 分; d, 18 时 02 分。倾角 3°)

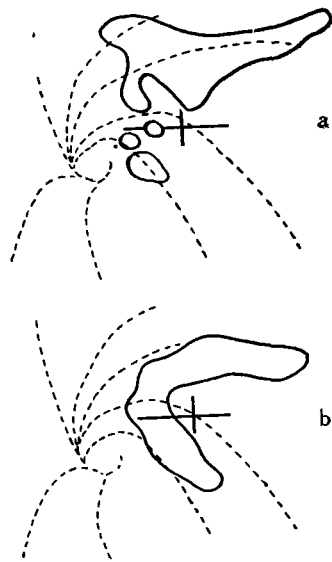


图 10 辐合併合模式
(a. 併合前; b. 併合后)

合。但吞食併合后加强了整个回波体的发展,使其迅速演变为雹云单体;而指状併合使回波体的指状部位强度、反射率梯度更强,指状发展得更典型、更成熟,但对回波体的其它部位影响不大;追逐併合的一个显著特点是两块回波往往相距较远,云体间的水成物场和流场的相互影响也极小,但要求两块回波的运动学特征有明显的差异,否则就无法实现动力併合;射流併合和辐合併合虽然都要求一个特定的地面流场,即流场的射流效应及涡旋辐合效应,但前者在两块单体底部入流区具备了较强的上升气流时才能形成射流性併合。辐合併合时涡旋气流是中尺度流场的一部分,它并不靠回波体提供,故外部流场起主导作用。

无论是通过那种方式併合,其结果往往都有利于併合云体的动力增长,从而易于使云体增高增强,强回波区跨过自然成冰层,促成闪电活动跃增,从而达到成雹条件^[2,3]。在我国甘肃、新疆和青海等地也观测到不少这样的实例。Simpson等^[8]利用云体併合增加降水的试验也表明,采用人工催化云的单体增长,促进相邻增长云体动力併合,将增加 10 倍以上的降水量。

但是,併合形成雹云也是有一定条件的。至少有一个单体处于新生发展之中,而发展迅猛的单体併合增长更快。发展已趋缓慢的成熟单体,併合增长不明显;消散中的云体也会产生併合,但再度发展的势头就较弱了,有的甚至无法形成冰雹云。

参 考 文 献

- [1] 王昂生、黄美元, 冰雹和防雹研究述评, 大气科学, 第2卷, 第2期, 76—84页, 1978。
- [2] 黄美元、王昂生等编著, 人工防雹导论, 科学出版社, 204页, 北京, 1980。
- [3] Wang Angsheng et al., On the characteristics of the physical processes of hail cloud 8th International conference on cloud physics, Clermont-Ferrand, France, July 15—19, 1980.
- [4] 王昂生、赵小宁、康玉霞等, 昔阳地区冰雹云形成过程的一些特征, 大气科学, 第4卷, 第2期, 186—194页, 1980。
- [5] 王昂生、赵小宁、赵国庆, 冰雹云“酝酿期”研究, 大气科学, 第5卷, 第1期, 92—100页, 1981。
- [6] Marwitz J. D, The structure and motion of severe hailstorms, *J. Appl Meteor* 11, No. 1, 166—201, 1972.
- [7] 王昂生、洪延超、徐乃璋, 一次指状回波的个例分析, 大气科学, 第4卷, 第3期, 281—287, 1980。
- [8] Simpson J and W. L Woodley, Seeding Cumulus in Florida: new 1970 result, *Science* 172, No. 3979, 117—126, 1971.

THE MERGING OF CLOUDS AND FORMATION
OF HAILCLOUD

Wang Angsheng Zhao Xiaoning

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinia)

Abstract

The merging of clouds is an important cause of hailcloud formation. Five forms of cloud merging and their characteristics and physical models have been given in this paper. Some conditions of hailcloud formation as a result of cloud merging are discussed.