

北京地区雹暴气流结构的研究*

葛润生 姜海燕 彭红

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

应用单多普勒天气雷达观测资料、天气实况和卫星云图对1995年6月22日出现在北京地区的冰雹天气过程进行了分析。从单多普勒雷达资料反演出的水平流场和垂直气流结构可以看出这次过程沿着辐合带发生,垂直剖面上的气流有良好的组织,表现出强烈的旋转和上升。这种气流结构不同于传统的超级单体雹暴中的气流模式,有其局地地形特点。

关键词: 雹暴 气流结构 多普勒天气雷达 反演

前 言

北京地区是多雹暴的地区,年平均出现近20次降雹天气^[1]。对出现在北京地区的冰雹过程,已有不少文章进行过分析研究^{[2][3][4]},但大都着重于冰雹出现的天气背景、气候特征、地理分布特点,以及雷达回波的结构等。北京雹暴的结构特征与Browning^[5]提出的超级单体以及Marwitz^[6]提出的3类雹暴有所差异,但早期的分析集中在出现雹暴的环境条件和雹云回波的强度分布、结构和演变上,对影响雹暴的内部气流结构,由于缺少实际观测资料而难于进行比较。

多普勒天气雷达是获取降水和降水云体中气流结构的有力工具。80年代末,中国气象科学研究院的CAMS多普勒天气雷达,着手对北京地区的雹暴进行研究,特别是近几年通过对单部多普勒天气雷达资料反演方法的研究^{[7][8]},发展的单部多普勒天气雷达反演处理技术,可以较直观的提供降水云体中气流的水平结构和垂直结构,推动雹暴结构的研究进入较深的层次。

1995年6月22日,北京地区出现了一次较大范围的降雹。共有3个区县近30个乡镇受到冰雹的袭击,遭到较大的灾害。CAMS多普勒天气雷达对这次过程进行了较密集的探测,获取较多的资料,通过反演处理得出各个时刻的气流结构,加深了对这次雹暴过程的认识。

1 天气背景和实况

蒙古冷涡的活动是6月份华北地区出现强对流天气的主要天气背景,1995年6月22

* 本文由国家自然科学基金资助项目49375232资助。
1996-12-09收到,1997-02-17收到修改稿。

日北京地区出现较大范围降雹,也是蒙古低涡的活动所致.图1是22日08时500 hPa的天气图,图中冷涡中心位于蒙古人民共和国东部的肯特山附近,冷涡的后部不断有冷空气向南移动.700 hPa天气图上涡后冷平流南侵也很明显,850 hPa天气图上对应的则为西南气流,低层空气非常湿润,温度露点差仅为 3°C ,北京地区层结十分不稳定,非常有利于强对流的发展.

卫星云图较好的反映了这次降雹过程的云系活动.22日09时30分的GMS红外云图上,与蒙古低涡相对应的涡旋云系非常清晰,涡旋中心位置在蒙古东部的肯特山附近,与涡后部冷空气活动对应的云带,围绕着涡旋中心,向东南方移动.11时30分,云带影响到赤峰、张家口、大同一线,云带上对流活动明显.13时30分云带开始影响到北京地区,带上的对流单体强烈发展.15时30分,云带在北京上空猛烈发展,形成一个尺度为100 km左右的中尺度对流云团,云顶亮温达 -41°C ,顶高估计超过10 km,在这一时间前后北京地区出现了较大范围的降雹.17时30分后云带移出北京地区,在继续东南移的过程中云顶亮温增加,对流逐渐减弱.

北京地区出现的冰雹主要在西南和南部的区县,最早出现降雹的地点是门头沟区永定河河谷的斋堂,降雹时间从14时06分至08分,持续了3分多钟,雹粒直径约6 mm,降雹范围较小,局限在河谷的小平原里.第二阶段的降雹开始于14时47分,一直持续到16时16分,在房山县和大兴县造成较大范围的冰雹.房山县有20多个乡镇出现降雹,除了霞云岭、十渡、南窖、河北、佛子庄等山区乡镇外,处在平原地区的坨里、良乡、葫芦、交道、长阳、城关等乡镇都下了冰雹、雹粒直径约8 mm,雹粒密度分布不均匀,由 $50\text{个}/\text{m}^2$ 到 $2000\text{个}/\text{m}^2$ 不等,降雹时还出现了5~6级的偏南风,瞬间最大风力达8级.处于平原地区的大兴县,有7个乡镇出现了冰雹,大辛庄、定福庄、南各庄、礼贤、榆堡和庞各庄.

2 雷达回波分析

CAMS多普勒天气雷达对6月22日的冰雹过程,进行了较为密集的观测.从14时到17时30分的连续观测中,共取了14次PPI扫描、8次RHI扫描和一次体积扫描的原始数字资料,得到了这次冰雹过程中雹云回波强度和径向风场分布的连续变化资料.

云带影响北京地区时,首先是在北部山区的一些小河谷平原上出现对流单体,对流单体主要集中在白河河谷及西部山区的永定河河谷中.随着冷空气的逼近,对流单体得到发展,出现在白河河谷的单体连成一条沿河谷东西走向的回波带.回波带在14时30

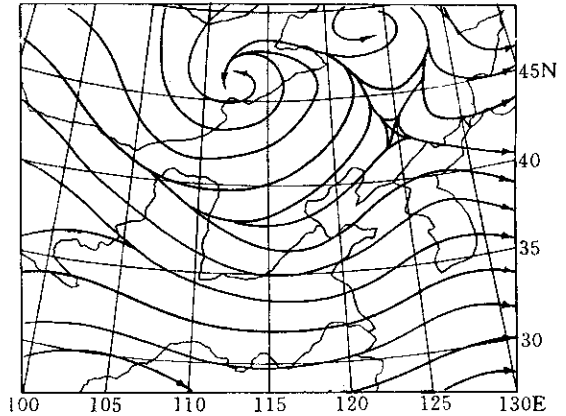


图1 1995年6月22日08时500 hPa的天气图

分前后发展到最旺盛阶段，单体回波强度达到 50 dbz，随后逐渐减弱。15 时 30 分，回波带已趋于消散，只留下几块孤立的零散回波。这条回波带从新生到消散共持续了 4 h，一直滞留在北部山区中，没有影响到平原，主要是雷阵雨。

在北部降水回波带活动的同时，西部山区的永定河河谷里也出现了一条对流回波短带，呈东西走向，单体发展旺盛，在 14 时出现了短暂的小冰雹。随着回波短带的缓慢南移，带上的单体进一步发展，特别是处于短带东部的单体，在回波短带移出山区侵入平原时得到猛烈的发展，回波强度迅速增加，形成了地面较大范围的降雹，遍及房山，大兴两个县的大部分地区。图 2 是这次过程中造成较大范围降雹的雹暴回波演变图。由图可以看到西部山区的回波短带主要由 3 个强回波单体联结而成，其中东部的回波单体 A 发展得最为旺盛，持续时间也最长，长达 2.5 h 以上。16 时 30 分以后，带上的回波单体逐渐减弱、消散。

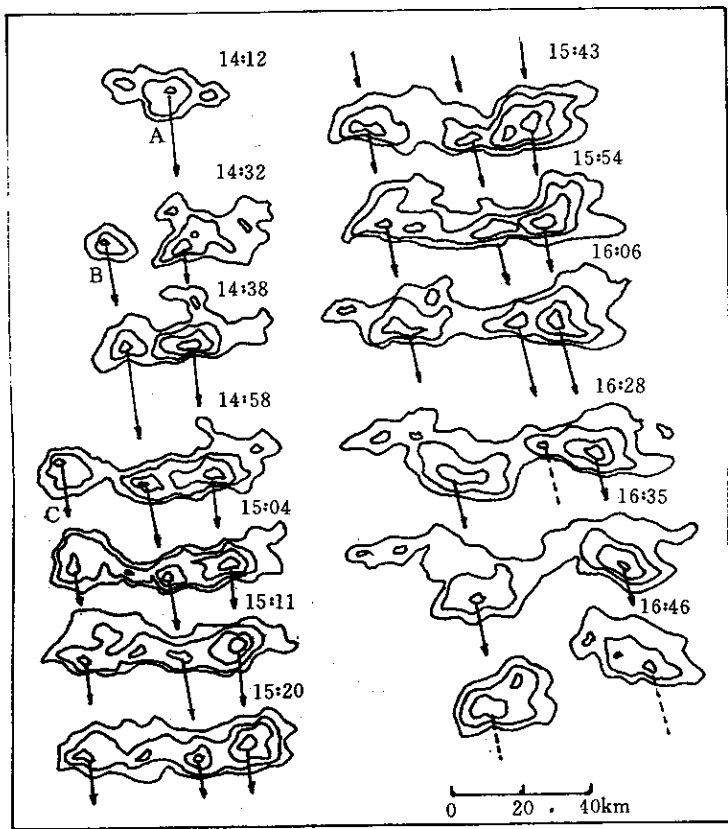


图 2 北京地区 1995 年 6 月 22 日雹暴的雷达回波演变图
(外围等值线强度为 20 dbz，等值线间隔 10 dbz)

3 雹暴气流结构

应用单部多普勒天气雷达反演技术，对这次过程中观测到的 PPI 和 RHI 径向风场

分布的数据进行了处理,得到了不同时刻雹云低空水平风场和垂直剖面上气流结构分布.图3、图4、图5分别是雹暴发展过程中3个时刻的低空水平风场和垂直剖面上气流的分布图.

15时20分左右,回波单体A发展得比较旺盛,回波强度达到50 dbz以上,回波顶高达13.5 km,在房山地区形成较大面积的降雹,雹粒不大但降雹密度比较大.从图3a可以看到,此时回波短带移向前方的环境场为较强的西南风,回波区内的风场方向变化较大,但基本为偏北气流控制,在回波边界附近有明显风向的不连续和辐合,回波单体A回波边界附近表现得最明显.对单体A所作的垂直剖面(图3b)中明显的看到3支气流的活动:由西南方向来的气流,进入云体后迅速上升,在强回波区附近形成较强的上升气流,并在中高空呈现了垂直涡旋的结构,但涡旋的位置较高,约在由探空估计的零度层以上;在强回波区基本为强下沉气流控制,下沉气流下到5 km高度上分为两支,一

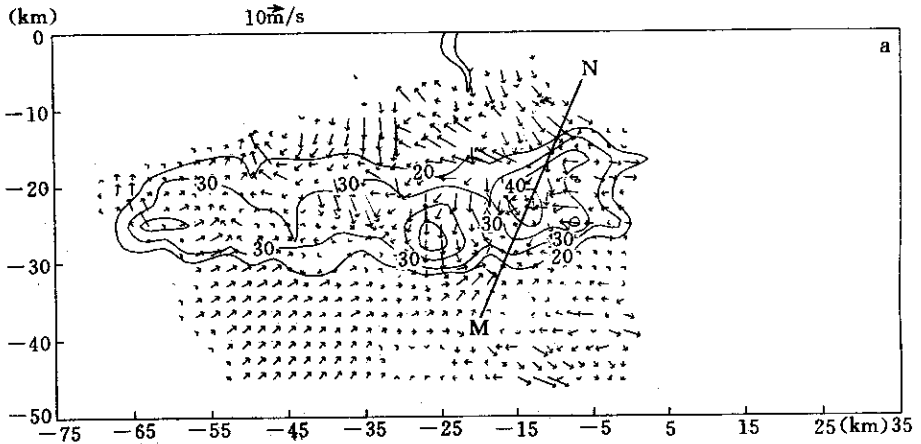


图3a 15时20分短带回波的水平流场分布(坐标原点是雷达所在位置)

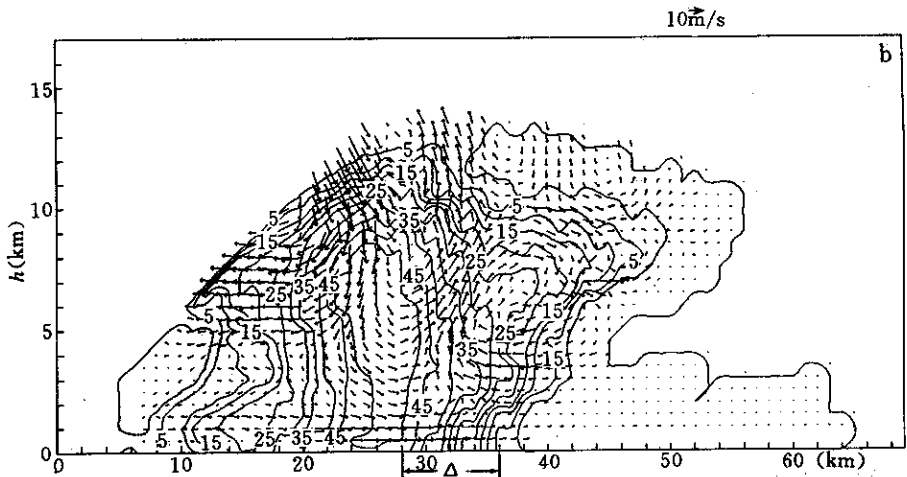


图3b 15时24分单体A沿基线NM,方位角205.8°的垂直剖面上气流结构(Δ 为降雹区)

支在继续下沉的过程中向雹云移向的前方铺开,与上升气流在强回波区边缘形成较大的风梯度,另一支则向雹云的后方铺散;另外在 3、4 km 的高度上雹云的后方有一股气流侵入雹云,一直向下伸向雹云的前方。

15 时 55 分附近,回波短带的发展趋于平缓,单体回波强度不再继续增加,但回波面积稍有扩大,回波顶高为 12.5 km,地面继续出现降雪,雹粒较小。图 4 a 给出的水平风场分布图中,可以看到雹云单体的前方仍是西南气流,雹云中则主要是偏北、西北气流,

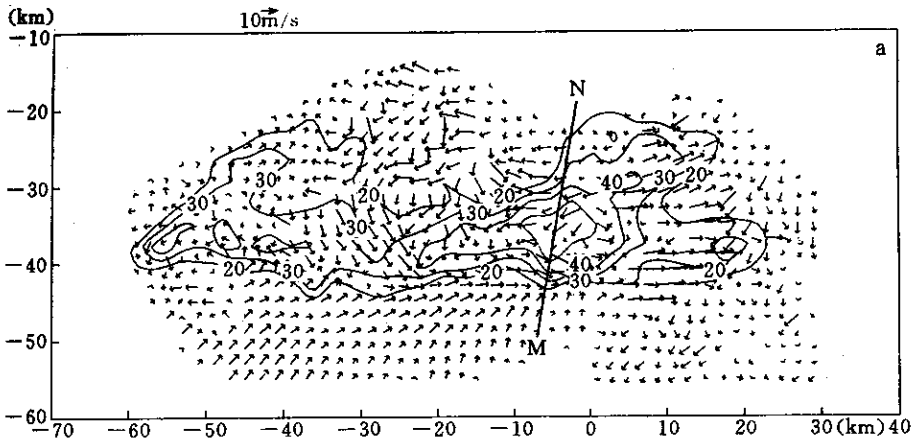


图 4 a 15 时 54 分短带回波的水平流场分布(说明同图 3 a)

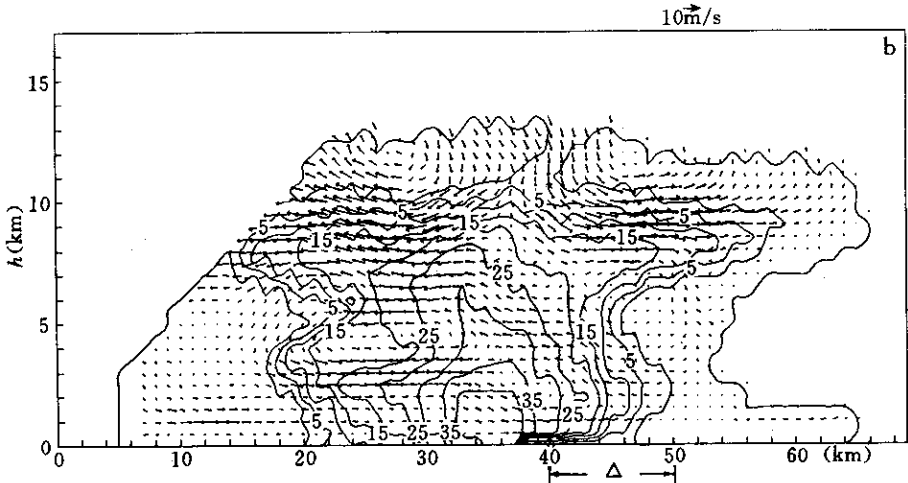


图 4 b 15 时 58 分单体 A 沿基线 NM, 方位角为 187.8° 的垂直剖面上气流结构(Δ 为降雪区)

在雹云的前沿存在明显的风向不连续和辐合。在回波单体 A 的垂直剖面上(图 4 b)则表现出由西南方向来的入流,进入雹云后上升到 4 km 附近分为两支,一支在雹云的前沿继续形成垂直涡旋,但涡旋的范围小,所在高度略有降低;而另一支则斜升到雹云的后方,在 7~8 km 高度上与强回波区上空的下沉气流中返向后的气流相结合,流向雹云的后方。强回波区上空下沉气流的另一分支在 6~7 km 高度上向前越过垂直涡旋的上部

伸向雹云前方. 同时在雹云后部的中空, 仍有一股气流插入雹云向前向下辐散至雹云的前方. 雹云中这种垂直气流结构可能反映出两种雹块形成机制^{[5][9]}共同造成了地面降雹.

16时30分左右, 地面降雹已经停止. 回波单体开始减弱. 从图5a给出的水平风场中可以看到环境的偏南风已很微弱, 雹云内主要为北东北气流控制. 垂直剖面上(图5b)入流已不再出现垂直涡旋和斜升的结构, 云体前沿的较弱的入流, 到中空后很快返回前方, 云体内各层气流主要为偏北气流控制, 由雹云的后方流向前方.

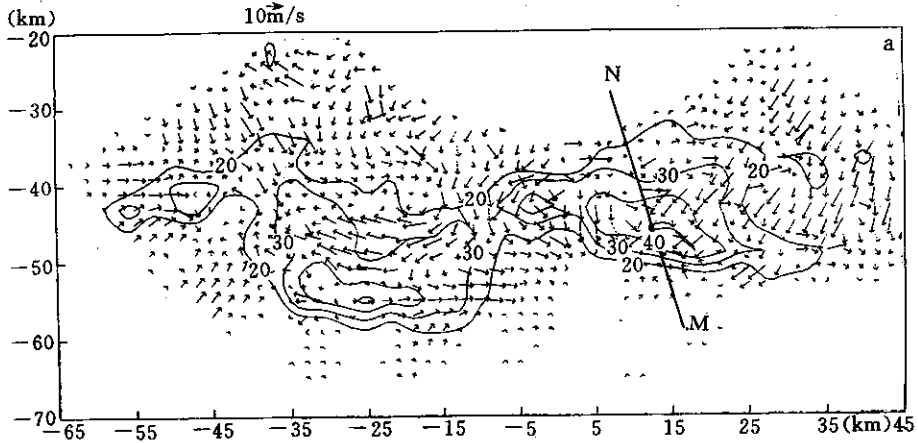


图5a 16时28分短带回波的水平流场分布(说明同图3a)

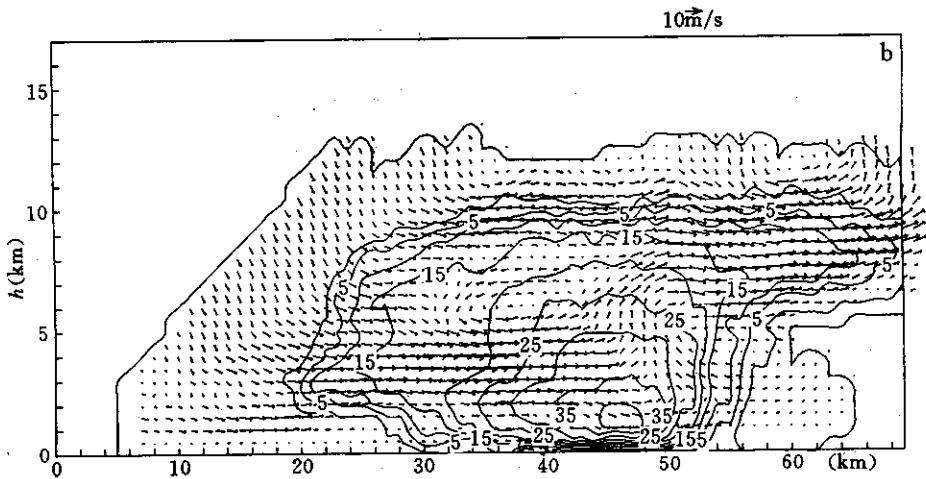


图5b 16时32分单体A沿基线NM, 方位角161.8°的垂直剖面上气流结构

4 结束语

(1) 北京地区1995年6月22日的冰雹天气, 主要由蒙古低涡的活动所致. 降雹始

于山区,后影响到平原,降雹范围较大但雹粒并不太大,在北京地区有一定的代表性。

(2) 应用单多普勒天气雷达反演技术,处理径向风场资料,得出降雹云体的低空水平风场和垂直气流分布,这是用来研究雹云气流结构及其演变的一种有用的方法。

(3) 通过对 1995 年 6 月 22 日雹暴气流结构的分析,可以认为北京雹暴中雹块形成的机制,不应用一种简单的典型模式来解释,它具有多样性。

致谢:本文完成过程中得到薛秋芳、顾映欣同志的帮助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 雷雨顺. 冰雹概论. 北京:科学出版社,1978. 133.
- 2 葛润生. 1964 年北京地区降雹过程的雷达分析. 气象学报,1966,24(2): 213~222.
- 3 葛润生. 冰雹云回波的特征及其判别方法. 气象,1980,6(5): 19~21.
- 4 葛润生. 强切变对流过程中风暴回波的特征. 强对流天气文集,北京:气象出版社,1982.
- 5 Browning K A. The structure and mechanism of hailstorms. *Meteor. Monogr.*, 1977, (38): 1~39.
- 6 Marwitz J D. The structure and motion of severe hailstorms. Part 1. I. *J. Appl. Meteor.*, 1972,11:166~201.
- 7 彭 红,葛润生. 单部多普勒天气雷达对降水区垂直流场结构的探测研究. 应用气象学报,1995,6(4):422~428.
- 8 姜海燕. 一种新的单多普勒天气雷达反演方法. 中国气象科学研究院,1995 年度硕士论文.
- 9 Marwitz J D. Hailstorms and hail suppression techniques in the U. S. S. R. —1972, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 1973. 54: 317~325.

FLOW STRUCTURE OF HAILSTORM IN BEIJING AREA

Ge Runsheng Jiang Haiyan Peng Hong

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

By using the single-Doppler weather radar observations, synoptic situations and satellite cloud pictures, the hailstorm occurring on June 22, 1995 in Beijing area is analyzed. From the retrieved horizontal and vertical wind fields, it is shown that this process occurring along a convergence band and the air flow in the vertical sections are well-organized with upward and strong rotations. The wind structure, different from traditional supercell storm conception, has its local topographic characteristics.

Key words: Hailstorm Flow structure Doppler weather radar Retrieval