

一次中尺度涡旋的成因分析

李云川 王福侠

戴念军 陈卫丽

(河北省人工影响天气办公室, 石家庄 050021)

(石家庄空管站)

提 要

利用卫星云图、水汽图、常规天气图、物理量资料对 2002 年 7 月 17 日在华北地区上空出现的中尺度涡旋成因进行分析。分析表明: 涡旋产生于斜压弱锋区中; 涡旋的生成, 是由多个对流单体组织起来的多尺度扰动相互作用的结果; 该涡旋是一个浅薄的系统, 仅在 850hPa 流场上有一个辐合点; 涡旋的形成没有外来的水汽供应, 因而强对流天气主要以大风、冰雹天气为主, 在涡旋建立过程中, 能量边形成边释放。

关键词: 中尺度涡旋 锋区 能量 成因分析 卫星云图

引 言

2002 年 7 月 17 日, 在河北省范围内出现了一次全省性大范围的雷雨天气, 雷雨时局部地区伴有冰雹、暴雨及短时大风, 其降水量分布极不均匀。全省共有 130 个测站出现了雷阵雨, 其中 24 小时最大降雨量为 52.6mm (肃宁县), 而最小降水量仅为 0.0mm (25 个测站); 中南部地区有 30 个测站出现了大风天气 (出现时间为 16:32~19:23), 其中最大风速达 $30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (正定机场, 17:39); 另外还有 7 个测站出现了冰雹天气, 最大冰雹直径达 17mm 和 15mm (景县 16:48, 安国 17:43)。该过程在当日 08 时 500hPa 图上华北地区为一致的西北气流所控制, 在蒙古境内有一条东—西向的切变线沿西北气流向东南方向移动, 在河北境内, 中南部地区为一支弱锋区控制, 且斜压性很强, 这个斜压带对中尺度涡旋的形成起到了关键作用。

1 不同尺度对流云系的相互作用

图 1 给出了 7 月 17 日 16~23 时的红外云图, 图 1a(16:30) 是属于一个早期扰动的对流群, 从图中可得到该涡旋形成的初期是由多个不同尺度的对流云系发展起来的; 在图 1b(17:30) 中, 多个不同尺度的对流云系在华北已经合并成 5 个大小不一的对流云

团, 其中位于锡林浩特西南部地区的对流云团范围最大, 强度最强, 而南部 (河北省中南部, 黑箭头所指处) 相距较为近的两个云团正好位于斜压带的弱锋区中, 正是位于南部和东部的云团最后发展为气旋性涡旋, 而位于锡林浩特西南部的云团则快速减弱消散, 当位于斜压带锋区中的两云团趋于合并时, 出现了大风、冰雹、暴雨等强对流天气。观测和研究表明, 当几块对流云合并为一块大的积雨云系时, 上升气流迅速增强, 云体猛烈发展, 对形成强对流天气和暴雨有重要的作用^[1]。图 1c(18:30) 中, 两云团已经合并 (黑箭头所示); 图 1d~f(19:30~21:30), 位于斜压带弱锋区上的云团演变为近于圆形的大云团 (黑箭头所指处), 在此期间强对流天气仍在继续, 但强度趋于减弱; 图 1g~h(22:30~23:30), 云团逐渐形成涡旋结构, 在动画的卫星图像中, 云的旋转非常明显。值得注意的是, 一般涡旋云系所对应的高空气流都是一个低涡或是一个切断低涡, 而该涡旋上空是受斜压带弱锋区控制。

2 涡旋的成因分析

伴随该涡旋云系形成有中层冷空气从涡旋西西南方向进入, 从连续的动画水汽图 (图略) 可清楚地看到, 该涡旋没有外界水汽输送, 在中国气象局 MICAPS 系统的客观分析

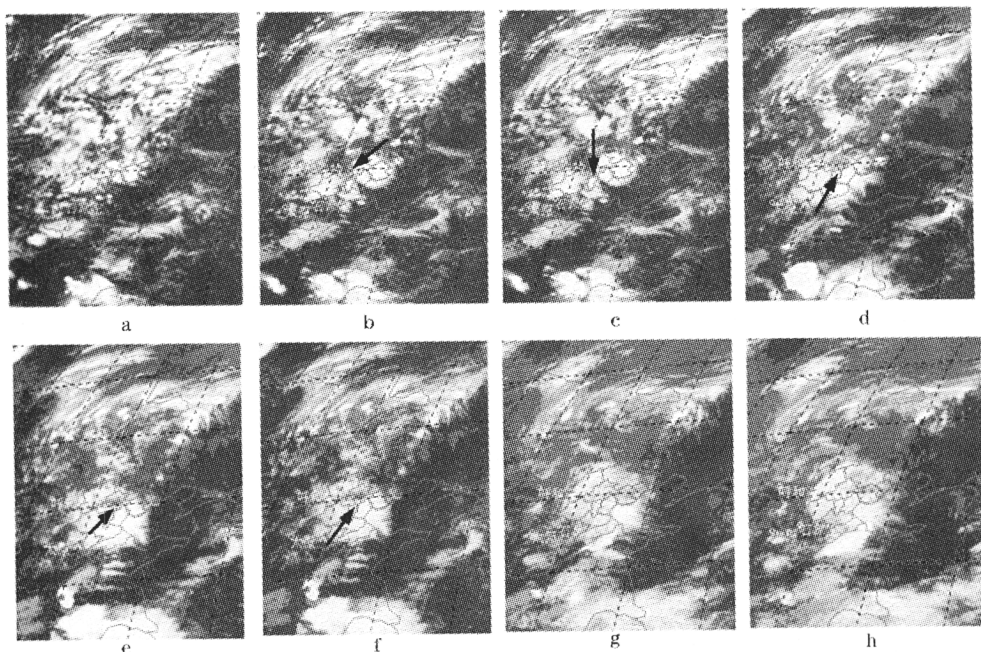


图1 2002年7月17日16~23时的红外云图

中, K 指数和 SI 指数都有不稳定能量向涡旋中输送, 从而使涡旋气柱呈不稳定状态, 有利于涡旋在形成中产生强对流天气, 由于缺乏外来水汽输送, 对流天气的产生主要以风灾、雹灾天气为主, 当涡旋发展成熟时, 由于能量的早期释放, 使对流天气减弱。

3 单站风场的分析

本文利用地面天气报告及地面单站风场记录揭示了这个中尺度涡旋的演变阶段, 图2给出了2002年7月17日石家庄正定机场的逐时风向风速分解曲线图, 从图中的南北风速可得到, 17~18时南北风速达最大, 东西风速最大出现在17~19时, 而此时涡旋正

处于发生阶段, 该时期的对流运动也发展为最强盛阶段, 另外从大风的天气报告分布上看到, 大风区(图略)分布正好与中层斜压带的弱锋区吻合。从图1中还可看到, 位于北部和东部的云团范围远比南部的云团大得多, 而造成的天气差异却很大, 位于北部的云团并未出现大风和强对流天气。19~21时, 涡旋为发展时期, 在这一阶段, 对流运动仍在继续, 但并不太强烈; 当涡旋发展到成熟时期, 且气旋性结构特别清楚时, 对流运动却大大减弱, 此阶段的大风、冰雹都已结束, 降水趋于稳定。

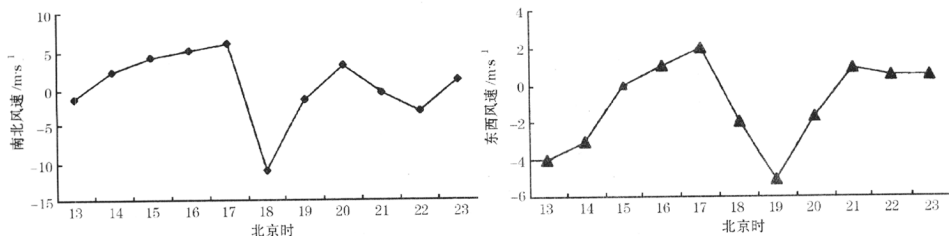


图2 2002年7月17日13~23时石家庄正定机场逐时风向风速分解图

4 中尺度涡旋在低层流场上的分布特征

图3为7月17日20时中尺度涡旋在

850hPa上的流场及散度的分布图, 从图3a中可看到, 与涡旋相对应的850hPa流场上表

现为一个气流的辐合汇(图中黑三角),而在500hPa流场上,涡旋所对应的是一致的西北气流(图略),没有辐合系统相对应。这一事实表明了该涡旋的辐合仅存在于低层,是一个相当浅薄的系统。涡旋的散度特征是,涡

旋区的低层对应一辐合中心(图3b),中心量级达 $-4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。辐合区的上方,500hPa为辐散区(图略),这种低层辐合、中层辐散的结构,正是涡旋形成最有效的机制。

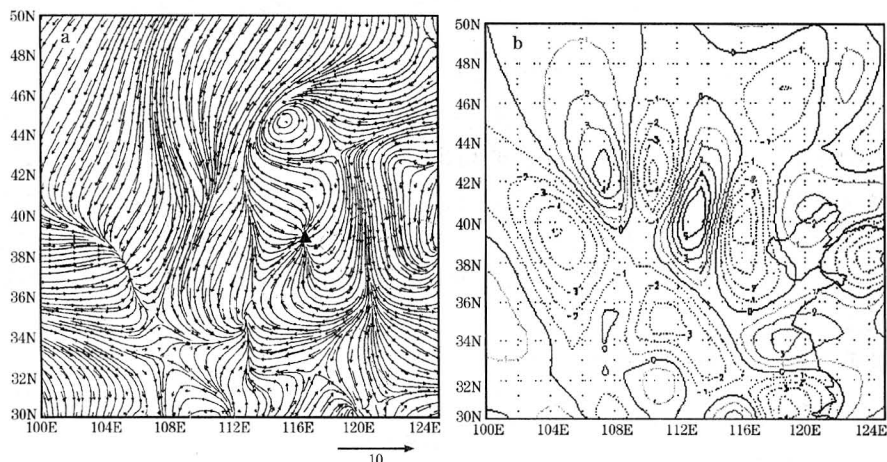


图3 2002年7月17日20时850hPa流场和散度分布图

5 结论

(1)该个例与孙淑清(1980)分析黄山站风速脉动变化时认为风速达到最强时,涡旋的气旋性结构最明显^[2]的结论不同。该个例是当风速达最大时,虽然对流天气达到最强盛阶段,但此时的涡旋正处于初建阶段,涡旋的气旋性结构还不清楚。

(2)产生于中层斜压带弱锋区中的浅薄中尺度涡旋,也可以产生强对流天气,这对于

提高对流天气预报质量有一定的帮助。

(3)两云团在合并期间,也就是两中- β 尺度的相互作用,对对流加强作用是不可忽视的。

参考文献

- 1 杨国祥,何齐强,陆汉城.中尺度气象学.北京:气象出版社,1991:79.
- 2 孙淑清,翟国庆.低层风场在暴雨发生中的动力作用,大气科学,1980,(4).

Analysis of a Mesoscale Vortex

Li Yunchuan

(Weather Modification Office of Heibei Province, 050021)

Wang Fuxia

(Heibei Province Meteorological Observatory)

Dai Nianjun Chen Weili

(Shijiazhuang Civil Aviation Observatory)

Abstract

Based on the satellite imagery and Meteorological Observation, a mesoscale vortex over North China on 17 July 2002 is analyzed. The results show that (1) The Vortex formed in weak baroclinic front zone, and caused by the interaction of multi-scale disturbance of multi-cells. (2) The vortex was a shallow system, there was only a convergence area in 850hPa. (3) Without external vapour resource, the vortex weather was mainly high wind and hail. The energy released while it accumulated during the formation of vortex.

Key Words: mesoscale vortex energy satellite imagery