华北龙卷风群发生环境条件的分析

赵亚民

（河北省气象局）

提　要

本文使用每小时卫星云图、地面天气图、高山观测记录和重要天气通报等资料，对1987年8月26日下午发生在河北、山东的龙卷风群作了简要分析。

据不完全统计，1987年8月26日下午共有9个龙卷风发生，风力甚强，造成严重破坏，损失惨重。其中河北威县的龙卷风发生在13时30分，死亡10人，伤49人。山东莱芜的龙卷风发生在15时20分；东平、平阴—长清的龙卷风发生在16时30分至17时；莘县、阳谷、聊城的龙卷风发生在17时至17时30分；临淄、无棣也发生了龙卷风。龙卷风生命史最长的45分钟，最短的只有几分钟，其分布情况如图1所示。本文对产生这么多龙卷风的天气尺度系统、热力和动力条件及母体云系，逐一进行分析。

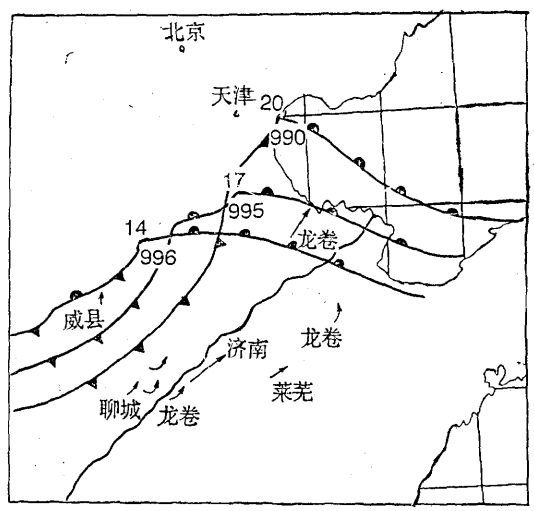


图1　1987年8月26日龙卷风(图中矢线)活动分布及气旋中心动态图

一、天气背景

这次龙卷风群发生在新生的气旋中心的暖气团一侧(如图1所示)。此气旋26日14:00在衡水附近生成（中心强度996hPa)，17:00向东北方向移至泊镇附近（中心强度995hPa），20:00移至塘沽。发生龙卷风的时间为13:30—17:30，此时期为气旋的生成、发展时期，气旋处于850和700hPa低涡前部，500hPa低槽前部，200hPa为反气旋辐散流场。上述形势的上下配置，有利于对流天气的发生与发展。此次天气过程中，低层气流的辐合与水汽的集中尤为显著，从850—500hPa水汽通量散度和（图略）看，其负值区最强中心不是在气旋中心，而是在气旋南侧的暖区（山东中部）。地面气流辐合的最强区，也是在气旋的暖区（图略）。中低层气流的辐合与水汽的集中，是对流云团持续发展的必要条件。

二、层结特征

这次强对流天气，发生在条件性对流不稳定层结中。河北南部至山东中部的大气沙氏指数（SI）为－1—－2℃,从邢台站08:00的探空曲线看（图略），其层结的垂直分布

为$\gamma m<\gamma<\gamma d$，在920—935hPa为逆温层（+1.5℃），这个逆温层随着气流的扰动而消失。邢台站14:00地面气温仍为25℃，由此可看出在龙卷风发生时，地面至940hPa气层的稳定度仍较大，而700—800hPa的稳定度较小。邢台08:00和20:00的垂直能量廓线（图略）也表明在800—500hPa为潜在不稳定能量区，但与其它类型的强对流天气比较，此潜在不稳定能量区是比较弱的，这种层结分布有利于不稳定能量持久释放。

三、风场特征

从邢台、济南08:00风随高度的变化看（图略），中低空为一致的偏南气流，风速随高度递增，邢台最大风速为33m·s^{-1}，中低空风向随高度略顺转，热成风的成分不大，有微弱的暖平流，龙卷风即产生在大范围的偏南气流里。在此偏南气流中，存在着速度差，在水平方向或垂直方向上形成较强的切变，这种强切变有利于龙卷风的形成。据观测，邢台站08:00有一个强风层在2000 gpm，185°，15m·s^{-1}；济南14:00在2000 gpm的偏西南风速为25 m·s^{-1}，5500gpm偏西南风速为^{4}8m·s^{-1}。强风层的存在，不仅有利于潜在不稳定度加大和低空垂直上升运动的发展，还有利于高空垂直涡旋运动的发展，对于龙卷风的形成十分有利[1]。

四、母体云团的特征

通过分析每小时的GMS-3云图和高分辨率的NOAA-9、10云图得知，这9个龙卷风形成在不同的对流云体下，图2为15:00、17:00、19:00的卫星云图素描，由图2可发现，形成龙卷的对流单体都比较强，互相靠

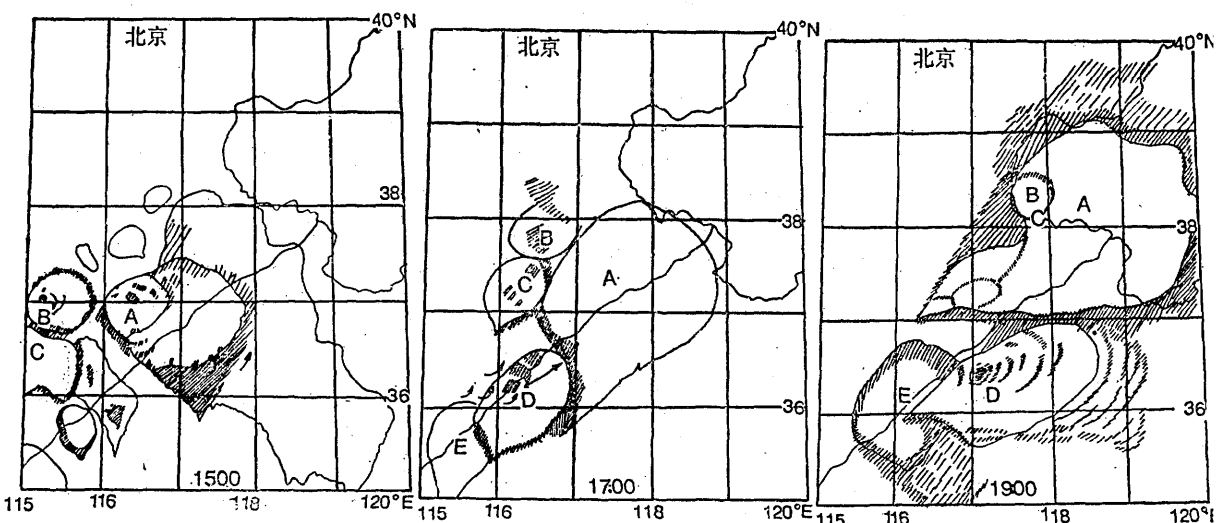


图2　1987年8月26日15、17、19时的卫星云图素描

近但又未合并。如威县的龙卷风发生在B云团的前沿，且与A、C云团靠近。B云团是一个较小的中尺度云团，云顶呈圆形，直径约50km，中心下凹，呈“鸟巢”状，云顶高度约14km。龙卷消失后以阵性降水为主，降水强度每小时达40—80mm。16:00后，B、C云团逐步向A云团靠拢，D云团迅速扩大，16:30—17:00在D云团的前沿发生了5个龙卷风，其中最强的为平阴至长清的龙卷风，维持了45分钟。D云团的云顶约14.5km，云顶中心下凹，亦呈明显的“鸟巢”状，其云顶温度和风的分布如图3所示。在龙卷风活动期间，云顶的范围减小，高度降低、活力减弱，高层平均风（7—13km）与龙卷移动之间的向量差比较小。云顶气流的外流度不大，既有外流，又有内陷，不是喷出式的[2]。

我们分析了泰山（1536m）、济南风和降水的逐时演变（图4），以推断发生在龙卷风对流云团内部可能存在的环流。26日下午至上半夜，济南地区共有三次降水过程（12:00—14:00，17:00—19:00，21:00—24:00），以21:00—24:00的降水最强，17:00—19:00降水的对流云团伴有多个龙卷风出现。此间济南的地面风场为偏南风，而从泰山顶逐时风的变化，可以分析出两次完整的双涡旋和一次风的明显逆转（第3次云团未到泰山，无降水，济南3小时降水172mm）。双涡旋是由一个气旋性环流和一个反气旋环流组成，时间尺度为2—3小时。此实例证明，低空（1536m）风的演变，大致可以反映出对流云团内部气流的分布情况，龙卷风发生在云团内部气旋性环流附近。

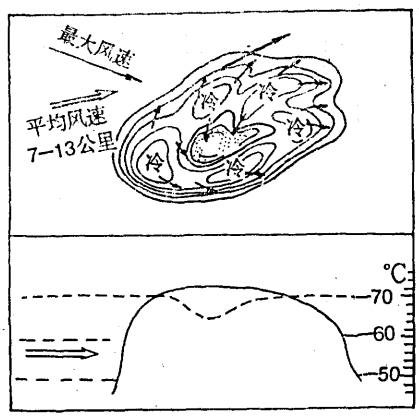


图3　龙卷母云体云顶温度和风的分布示意图

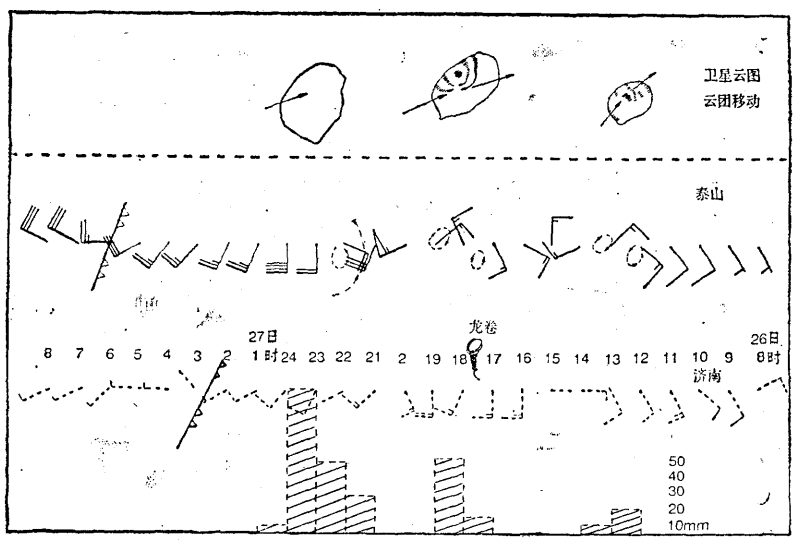


图4　1987年8月26日08时—27日08时泰山、济南站风和降水(斜线)量逐时演变图

五、小结

此次龙卷风群发生的环境条件为：

1．大气层结为不很强的条件性对流不稳定。

2．单一的偏南气流，中层存在较强的风的水平切变和垂直切变。

3．多个较强的对流单体，云顶呈“鸟巢”状，云体内部有双涡旋环流。

感谢王以林、郑新江同志提供了气象资料。

参考文献

[1] 朱官忠、李性真；济南“87.8”特大暴雨成因分析，气象，1988年第11期。

[2] T.T.藤田；下击暴流（1978），气象出版社，1988年。