

吉林省一次强对流天气的中尺度分析

高峰 田雨斌 周宪明 杨志东

(吉林省气象台, 长春 130062)

提 要

作者对1993年8月12日发生在吉林省境内的一次龙卷风天气进行了分析。结果表明:在出现龙卷风之前和形成初期,地面风场,高空环流形势, $\bar{Q}$ 矢量散度,对流稳定性和能量场诸方面都有表现,可提供预报信息。

关键词: 龙卷风 辐合线 $\bar{Q}$ 矢量散度

引 言

1993年8月12日15时20分左右,吉林省双辽县境内遭受强对流天气——龙卷风的袭击。龙卷风持续3—5分钟,给新立粮库造成很大损失。127m长砖墙被刮倒,65个露天钢筋粮囤顶全部掀走,88万多公斤粮食被卷走,还刮走部分家禽等,全部损失达125.5万元。

从这次强对流天气产生的降水情况看:主要发生在吉林省的中西部地区,以雷阵雨为主并伴有短时大风和冰雹,只有两站出现大雨,降水天气不十分明显。本文对此次强对流天气从高空环流形势, $\bar{Q}$ 矢量散度、对流稳定性、地面风场和能量场诸方面进行了中尺度分析。

1 强对流天气发生发展的天气学分析

任何一次强对流天气的发生、发展都在一定的大尺度环流背景下产生。此次天气过程的当天,700hPa(图1)上,大陆高压位于雅库茨克附近,副热带高压位于冲绳岛的东部,副热带高压的北侧是9307号台风减弱成的低压,而副热带高压的南侧是9308号台风。影响吉林省的主要系统是位于125°E以西的低压带。由于9307号台风消失迅速东移及9308号台风的西北上,使副热带高压稍有北抬西伸,在低槽的前部(120°—125°E)有一较

强的西南气流。低层850hPa及地面,在通辽的西南侧为一气旋性环流并有暖切变与之配合,此次天气过程就发生在这种大的环流背景下。

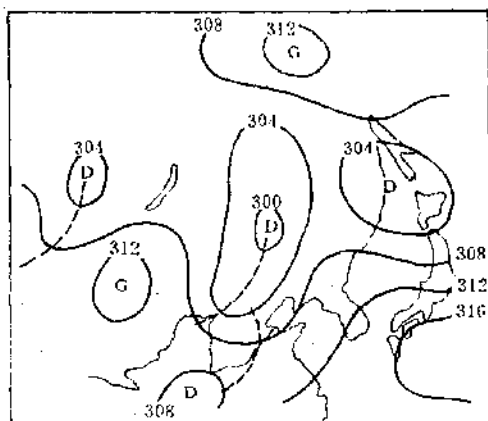


图1 1993年8月12日08时700hPa形势图

虚线为槽线

1.1 强对流天气的中尺度分析

1.1.1 风场分析

分析了距双辽县西、南两侧有探空的通辽、沈阳两站,从地面到500hPa风场的变化可以看出,风速是随高度增加的。过程的前一天11日08时,500hPa高度以下风速都小于 $16\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,地面均为静风,到12日08时在地面上通辽风速增到 $4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,沈阳风速增到 $8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,双辽仍为静风,500hPa上述两站风

速增到 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 风向由地面的偏南风到 500hPa 转为偏西风。这种风向、风速随高度顺转及增加, 又位于 500hPa 高空槽的前部, 有利于气旋性涡度平流随高度增加和暖平流的加强, 可以产生上升运动, 这种情况对水汽输送和潜在不稳定也很有利。同时双辽的静风也有利于四周空气的辐合集中, 在 850hPa 和地面暖切变的作用下, 最后导致能量释放。

1.1.2 地面中尺度低压和辐合线

利用现有的地面资料, 每隔 3 小时分析地面流场、温度场及湿度场的变化情况。在 12 日 14 时之前, 内蒙古的通辽西南方一直维持一个中尺度低压, 从低压中心伸出一东西向的辐合线, 在辐合线附近有南北向的温、湿舌相伴。12 日 14 时(图 2)中低压移到内蒙古甘其卡附近, 辐合线沿 SW 气流移到 43°N 附近, 在辐合线的东端有一明显的温度舌和 $Td \geq 20^{\circ}\text{C}$ 的高湿区, 而在辐合线的西北侧有冷空气和冷平流相伴^[1], 龙卷风出现在辐合线附近、暖舌西侧的冷暖气流的交接处。

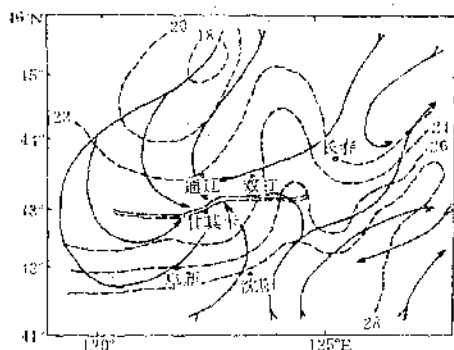


图 2 1993 年 8 月 12 日 14 时地面流线图
虚线为等温线, 双虚线为辐合线

1.1.3 温湿场分析

此次天气过程发生的前一天及当天, 无论是高空还是地面的温、湿场均有明显的变化。前一天通辽站 500hPa 和 700hPa 的气温是下降的, 降温幅度 2°C 左右, 而在 850hPa 通辽站气温是升高的(上升 1°C), 湿度条件也属增大的。这种高、中层降温、低层升温增湿的分布对大气不稳定的发生、发展是十分

有利的。地面虽然温度变化不明显, 但露点是增大的, 双辽站 11 日 14 时 $Td = 18^{\circ}\text{C}$, 而 12 日 14 时 $Td = 21^{\circ}\text{C}$, 具备了强对流天气的湿度条件。

从上述分析说明, 中尺度低压和辐合线与高、低空温、湿场的有利配置, 是产生这次龙卷风天气的主要原因。

2 总温度

总温度可表征大气中各种能量的总和^[2]。为了能用观测资料简捷地计算总能量, 即总温度:

$$T_t = T + 2.5q + 10z + 5 \times 10^{-4}v^2$$

其中: q 表示空气比湿, z 表示高度, v 表示速度。

由于动能一般比其它项小得多, 故常略去, 上式可简化为:

$$T_t \approx T_s = T + 2.5q + 10z$$

简化的总温度公式具有计算方便, 又能基本上表示大气中能量的变化等优点, 所以常被应用到日常的业务中。

2.1 地面总温度的中分析

用简化的 T_s 公式及实测地面资料, 计算了 1993 年 8 月 12 日 08、14 时地面总温度的分布情况。由于观测站之间距离在 50km 左右, 可反映出中小尺度的能量变化。

分析 12 日 08 时 T_s 分布, 在辽宁省的阜新到彰武是一高能区, 中心强度达 61°C (图略)。到 14 时(图 3), 整个能量场都在加强,

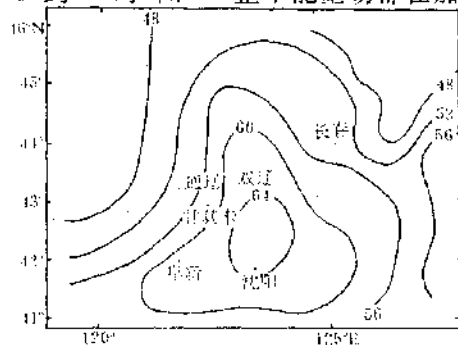


图 3 1993 年 8 月 12 日 14 时地面总温度分布图
(单位: $^{\circ}\text{C}$)

能量中心移到沈阳以北地区,在沈阳至双辽一线是一明显的高能舌,在高能舌区 T_s 6 小时增加了 7°C ,反映出地面能量场加强是强烈的,造成局地大气的不稳定,以后 6 小时内发生了强对流天气。

2.2 总温度的垂直分布

用探空记录可以得到 T_s 、 T_s^* (饱和总温度)各层的数值。 T_s 分布特征,对某一地区未来 12 小时的天气性质和强度有一定的预兆意义^[4]。

潜在稳定度判据 $\sigma_s = T_{s500hPa} - T_{s500}$

>0 稳定

其中 T_s^* 为饱和总温度,当 $\sigma_s = 0$ 中 性

<0 不稳定

对流稳定度判据 $\sigma_c = T_{s500hPa} - T_{s500}$

>0 稳定

当 $\sigma_c = 0$ 中 性

<0 不稳定

计算了位于双辽县西侧约 50km 的通辽市 12 日 08 时各高度层总温度的数值,计算结果表明, σ_s 、 σ_c 的数值均小于零,说明对流层的中低层大气是不稳定的,具备了产生强

对流天气的能量条件。

3 $\vec{Q}$ 量场诊断分析

3.1 700—300hPa $\vec{Q}$ 矢量散度分布特征

为了进一步描述此次强对流天气系统的发生、发展,特别是水平非地转的垂直结构,这里用 $\vec{Q}$ 矢量进行具体的描述^[1]。分析了 700—300hPa 准地转 $\vec{Q}$ 矢量散度的分布情况。由于 $\nabla \cdot \vec{Q} < 0$, $\vec{Q}$ 矢量辐合时, $\omega < 0$ 为上升运动; $\nabla \cdot \vec{Q} > 0$, $\vec{Q}$ 矢量辐散时, $\omega > 0$ 为下沉运动。因此可以用 $\vec{Q}$ 矢量散度场来诊断垂直环流的活动。图 4 是 $\vec{Q}$ 矢量散度分布图。从图中可以看到,在 700hPa 上(图 4a)吉林省处在 $\vec{Q}$ 矢量散度的辐合区内,辐合区近似呈南北向分布,辐合最大中心位于吉林省的西南方,而到 500hPa 上(图 4b)吉林省仍然处在辐合区内,辐合区的分布同 700hPa 上基本相同,但辐合区的强度加强;在 300hPa (图 4c) $\vec{Q}$ 矢量散度的分布与中低层基本相吻合,最大辐合中心仍然位于吉林省的西南方,分布呈西高东低,辐合强度随之加强。分析结果表明:

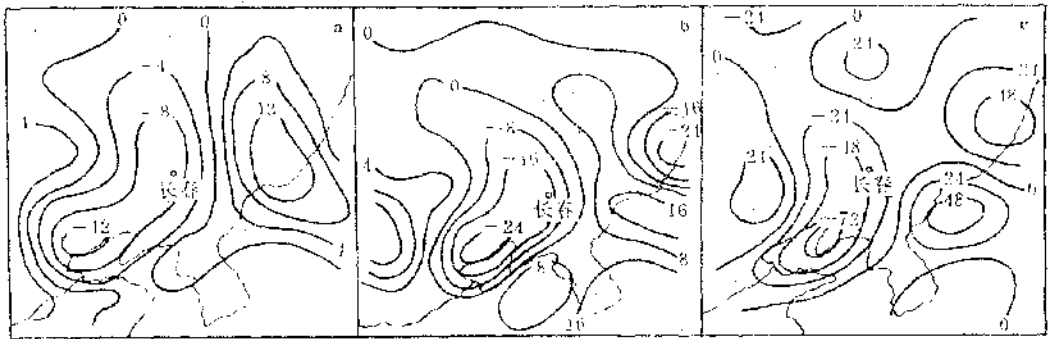


图4 1993年8月12日08时 $\vec{Q}$ 矢量散度分布图(单位: $10^{-10}\text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$)

(a) 700hPa (b) 500hPa (c) 300hPa

3.1.1 从低层的 700hPa 到高层的 300hPa 吉林省处在辐合区内,辐合最大中心位于吉林省的西南方,辐合中心强度随高度的增加略向东倾斜,在 700hPa 西南气流的作用下,促使辐合中心向东北方向移动。

3.1.2 在 700hPa 上 $\vec{Q}$ 矢量散度的等值线相对稀疏,辐合强度相对小些,越往高层,等值线越密集,辐合强度也随之加强,到 300hPa 辐合强度达到最强。

3.1.3 由于 $\vec{Q}$ 矢量散度的辐合区,位于地

而的辐合线上,对流层整层的强烈辐合,促使地面辐合线附近有强对流天气发生。

3.1.4 在 $\vec{Q}$ 矢量散度的辐合区有上升运动,特别是整个对流层的辐合,可以使上升运动在一定的时间内得到维持,这就为此次强对流天气的发生、发展提供了有利的条件。

3.2 对流稳定度分析

对流稳定度是指与大气的温、湿垂直分布状态相联系的垂直运动发展问题。假相当位温的垂直梯度,可表示为 $s = -\frac{\partial \theta_{se}}{\partial p}$

>0 稳定

当 $s = 0$ 中性

<0 不稳定

本文用地面到 850hPa 两层间的假当相位温的垂直梯度来表示 850hPa 上的对流稳定度。分析了 1993 年 8 月 12 日 08 时 850hPa 上对流稳定度的分布情况(图 5)。从图中可以看到,在吉林省的东部是对流稳定区,在吉林省的中西部地区是对流不稳定区。不稳定区近南北向分布,不稳定中心有两个,一个位于山东半岛的东部,另一个位于沈阳附近,这与未来出现的强对流天气的位置有较好的对应关系。在 700hPa 引导气流的作用下,不稳定中心向东北方向移动。低层的不稳定对判断未来 12 小时内有强对流天气的发生提供了一个很有用的信息。

4 小结

4.1 注意高、低层风场的变化,特别是高层风速加大($\geq 20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),再加上风向随高度

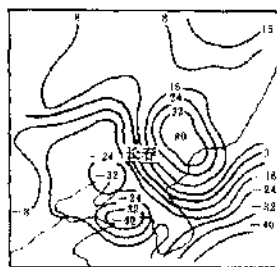


图 5 1993 年 8 月 12 日 08 时 850hPa 对流稳定度分布图(单位: $10^{-3}\text{K} \cdot \text{hPa}^{-1}$)

顺转,有利于辐合上升运动的加强,促使中小尺度系统发展。

4.2 辐合线附近的温、湿场的有利配置,使辐合线得以维持和加强,强对流天气就发生在辐合线附近。

4.3 用 $\vec{Q}$ 矢量表示的准地转强迫作用,对强对流天气的发生、发展有着重要意义。

4.4 分析加密测站的地面能量场,可反映出中小尺度的能量变化,地面能量场的突然加强,在地面东西向的辐合线上,有高能舌相伴,可造成局地大气的不稳定,这种分布有利于强对流天气的发生。

参考文献

- 1 沈树勤等. 江苏冰雹强对流天气条件分析及其物理解释. 气象, 1994, 20(5).
- 2 朱乾根等. 天气学原理和方法. 北京: 气象出版社, 1981.
- 3 雷雨顺等. 用不稳定能量理论分析和预报强风暴的一种方法. 大气科学, 1978, 2.
- 4 孙力等. 东北夏季副高后部 MCC 暴雨的诊断分析. 应用气象学报, 1992, 3(2).

A Mesoscale Analysis of the Severe Convective Weather in Jilin Province

Gao Feng Tian Xubin Zhou Xianming Yang Zhidong

(Jilin Meteorological Observatory, Changchun 130062)

Abstract

The tronado weather on August 12, 1993 in Jilin Province is analysed. The results show that there are many obvious expressions at surface wind frield, upper circulation situation, $\vec{Q}$ vector divergence, atmospheric stability and energy field, before tronado appearance and at early period of tronado formation. They may provide forecasting information.

Key Words: tronado convergence line $\vec{Q}$ vector divergence