

的北方冬季雷暴天气分析

刘 鹏 李书文

(民航东北空管局气象处, 沈阳 110043)

提 要

分析了1990年12月21日和1996年12月31日沈阳市出现的两次冬季雷暴天气过程,结果表明:这两次冬季雷暴天气都是由于气旋在短时间内爆发性发展所产生的。气旋的爆发性发展对我国北方除造成大范围降雪外,还可产生强对流天气。而气旋以“U”型路径移动,入渤海后迅速发展;850、700hPa爆发性的增温增湿导致其以上气层出现潜在不稳定层结,是预报冬季雷暴的一个着眼点。此外,城市热岛效应对触发冬季雷暴也起着重要的作用。

关键词: 气旋 爆发性发展 冬季雷暴

引 言

1990年12月21日(以下简称21日)18时和1996年12月31日(简称31日)23时,沈阳东塔机场出现了冬季雷暴天气过程。两次雷暴都伴有短时大风、连续性大雪和高吹雪等天气现象。其中1996年12月31日23时32分出现的雷暴为东北地区最晚的终雷,这次天气过程降雪强(我国东北及华北大部分地区普降大到暴雪),北风大(沈阳站最大风速达 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),气温低(达到90年代以来沈阳的极端最低气温),沈阳桃仙机场被迫关闭。我们对这两次冬季雷暴的产生原因进行分析。

1 气旋的爆发性发展

80年代以来,气象学家对温带气旋的爆发性发展已有深入的研究^[1,2]。从气旋发展变化实况可以看出,这两次冬季雷暴都发生在气旋爆发性发展的过程中。观测资料表明,12月31日14时至1月1日14时24小时气旋

的加深率为 $21.6\text{hPa}\cdot\text{d}^{-1}$,集宁站观测到地面气压在12月31日08时至1月1日08时24小时内下降了 24.1hPa ,所以这个气旋(位于 40°N ,贝吉龙加深率数值为: $24 \times \sin 40^\circ / \sin 60^\circ = 17.8\text{hPa}\cdot\text{d}^{-1}$)已经达到了气旋爆发性发展的加深率。

而21日气旋12小时中心气压加深了 11hPa ,延吉站观测到地面气压在21日02时至22日02时24小时内下降了 17.0hPa ,也属于爆发性发展。

2 气旋爆发性发展的环流形势

2.1 高空形势

这两次冬季雷暴天气都是在亚洲一槽一脊型环流经向发展过程中产生的。在500hPa图上,巴尔喀什湖有一高脊,在贝加尔湖以北有一冷低涡存在,冷涡逐渐加深发展,并且不断分离出小槽向东及东南方向移动。由于受脊前较强冷平流作用,低槽得以合并发展成深厚的东亚槽,在21日20时500hPa图(图

在21日08时700hPa水汽通量图(图略)上,水汽通量大值中心在大连,强度为 $3.0\text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$,水汽轴呈南北向,与700hPa槽前西南气流的流向大体一致,沈阳处在水汽通量大值中心的东北方,受西南气流的影响,为沈阳地区提供了大量的水汽。

31日地面和850、700hPa的水汽通量分布情况(图3)与上面类似,但强度明显大于前者,其中700hPa水汽通量大值为 $4.5\text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$,沈阳为 $2.7\text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 。

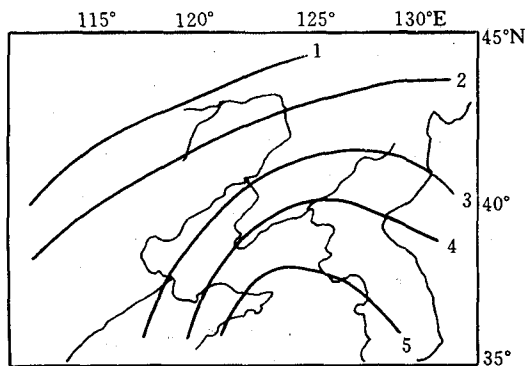


图3 1996年12月31日20时700hPa水汽通量/ $\text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$

4 气旋爆发性发展的物理量场特征

4.1 大气层结分析

我们对21日08时与20日08时850hPa、700hPa变温之和 $\sum_{850}^{700} \Delta T_{24} = \Delta T_{850} + \Delta T_{700}$ 进行分析,发现有一个24小时爆发性增温的暖舌,由南伸向北,在锦州有一大值为 9°C ,沈阳处在暖舌中。

我们对31日20时与30日20时850hPa、700hPa变温之和进行分析(图略)也得出几乎一致的结论,但小于21日的变温增幅。另

外,值得注意的是在对流发生前探空曲线上,即31日20时 $T-\ln P$ 图(图略)上,850和700hPa附近有一强逆温层存在。同样,在21日08时的850hPa附近也有逆温层存在。这些也是我国南方冬季雷暴天气发生的重要预兆^[3]。

4.2 能量分析

两次气旋的爆发性发展都是入海后开始的,因此,海气交换所起的作用,特别是冷空气移到暖水面上引起对流发展所释放的凝结潜热的作用是不可忽视的。Chen, S. J 等人的数值实验表明^[4],中小尺度系统对流活动的潜热释放反馈和由此增强了的大尺度系统斜压不稳定的相互作用是气旋爆发性发展的主要原因。

通过对21日和31日700hPa假相当位温 θ_{se} 的分析发现,在21日08时700hPa θ_{se} 场上,山东半岛至辽东半岛有一 θ_{se} 高能舌由南向北伸展,高能中心在锦州, θ_{se} 为 303K ,沈阳处在高能舌内。在31日700hPa θ_{se} 场(图4)上,也有相似的 θ_{se} 高能舌,其中,大连为 304K ,沈阳为 299K 。

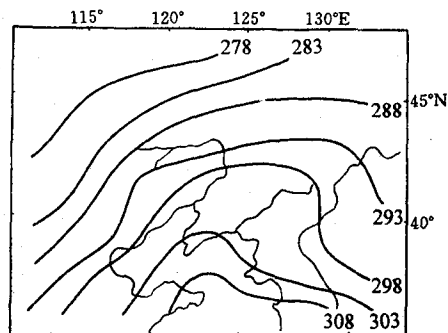


图4 1996年12月31日20时700hPa θ_{se} 场

4.3 高空急流与垂直风切变分析

高空急流与垂直风切变无论对气旋的发展还是强对流的发展都起着十分重要的作用。在气旋的爆发性发展过程中,副热带急流风场的切变不稳定是造成基本气流动能转变为涡旋扰动动能的重要能源^[5]。31日20时500hPa,在35~45°N有西风急流带存在,急流轴中心风速达 $54\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。21日08时300hPa,在40°N附近也有急流存在,急流轴附近风速达 $50\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,沈阳地区风速为 $44\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

强的垂直风切变是产生雷暴的重要因素,这已被国内外的许多观测事实所证实,在沈阳地区21日08时300hPa与850hPa西风垂直切变为 $3.2\times 10^{-3}\text{s}^{-1}$,而一般有 $2.5\sim 4.5\times 10^{-3}\text{s}^{-1}$ 的垂直风切变就有利于雷暴的产生和发展。31日20时沈阳地区300hPa与850hPa西风垂直切变也达到了 $2.9\times 10^{-3}\text{s}^{-1}$ 。

5 触发机制

虽然两次冬季雷暴发生与锋面过境、高空槽的有利配合紧密联系,由此产生一定的冲击力,造成较强的上升运动。但两次冬季雷暴天气发生在沈阳市,因此,我们认为沈阳市冬季热岛效应是触发雷暴发生的一个重要原因。

沈阳是我国大型重工业城市,人口密集,城市热岛效应十分显著。城市热岛效应有明显的季节性变化和日变化。其强度冬季强于夏季,夜间强于白天。通常沈阳地区在冬季夜间市郊温差可达 4°C 左右,高于周围其它城市。据我们统计,受热岛效应的影响,处在城市边的沈阳东塔机场比处在郊区的桃仙机场年平均多10%的雷暴日。

我们分别对31日20时沿 42°N (张家口~延吉)的温度垂直剖面图(图5)和垂直于冷气团移动方向(沿长春、沈阳、锦州、北京、太原一线)的温度垂直剖面(图6)进行分析,可见在沈阳上空均有明显的暖中心存在,这里虽有大系统暖平流的主要贡献,但与之配合的

城市热岛环流作用对雷暴只在沈阳发生却起着重要的作用。

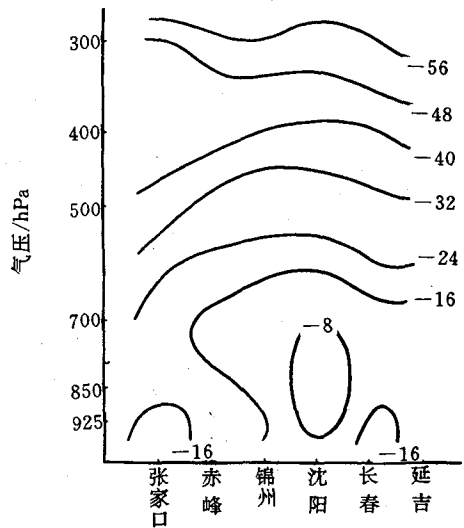


图5 1996年12月31日20时张家口~延吉温度垂直剖面图

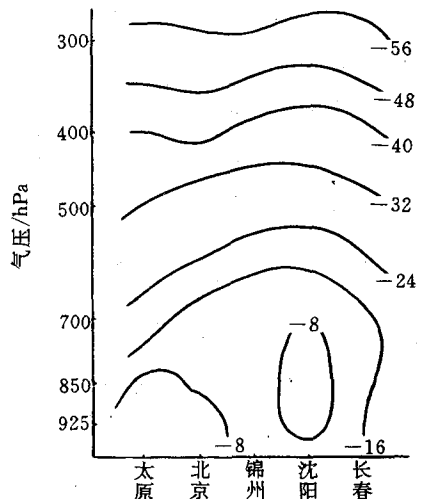


图6 1996年12月31日20时太原~长春温度垂直剖面图

6 小结

6.1 这两次冬季雷暴天气都是由于气旋在短时间内爆发性发展所产生的,气旋的爆发性发展不但可造成我国北方大范围降雪,还可产生强对流天气。

6.2 当气旋以“U”型路径移动,入渤海后迅速发展达到12小时加强10hPa以上时,是预报气旋爆发性发展的关键,这也为夏季雷暴天气的预报提供了有益的启示。

6.3 受低压槽(涡)前低空暖湿气流和气旋的裹挟作用的共同影响,850、700hPa爆发性的增温增湿导致其以上气层出现潜在不稳定层结,是预报冬季雷暴的一个着眼点。

6.4 城市热岛效应对触发冬季雷暴起着重要的作用。

参考文献

- 1 Sanders, F. and J. R. Gyakum. Synoptic-dynamic climatology of the "Bomb". *Mon. Wea. Rev.*, 1980, 108:1583~1606.
- 2 李晓东,马德贞. 温带气旋爆发性发展的中期背景及预报. *气象*, 1993, 19(5):34~38.
- 3 王仁乔,宋清翠. "雷扫雪"现象发生机制初探. *气象*, 1990, 16(5):45~48.
- 4 Chen, S. J and L. Dellosso. A numerical case study of east Asia coastal cyclogenesis. *Mon. Wea. Rev.*, 1987, 115:477~487.
- 5 周鸣盛. 一次爆发性的春季黄河气旋发展过程. *气象*, 1986, 12(10):19~22.

Analysis on Winter Thunderstorm in the North Created by the Explosive Developing Cyclones

Liu Peng Li Shuwen

(Meteorology Departement Northeast Air Traffic Management Bureau, Shenyang 110043)

Abstract

The analysis was conducted for two winter thunderstorms on December 21, 1990 and December 31, 1996 in Shenyang, Liaoning province. The results show that the two winter thunderstorms were due to cyclones explosive developing in short time. The explosive developing cyclones cause both large range of snow in northern area and strong convection weather. Cyclones moved along the path as the letter "U", got into Bohai sea and developed quickly. 850 and 700 hPa high explosive warming and explosive wetting caused potential instable stratification occurrence, they are the key to the winter thunderstorm forecast. In addition, urban heat island effect is very important to trigger off the winter thunderstorm.

Key Words: cyclone explosive development winter thunderstorm