

# 一次北方冬季雷暴天气过程的分析

杨秀芬

(民航东北管理局航管中心气象台)

刘鹏

(民航东北管理局航管中心综技处)

## 1 引言

1990年12月21日傍晚,沈阳东塔机场出现了一次冬季雷暴天气过程,成为沈阳地区近40年来最晚的终雷。这次雷暴维持时间短(从18时03分开始到18时25分结束),同时伴有降雪,出现连续性大雪和高吹雪天气现象,降水时间长达18个小时,这种北方冬季边降雪边打雷的天气过程应引起我们足够的重视,下面对这次冬雷的产生原因进行初步分析。

## 2 天气形势

### 2.1 高空形势

这次雷暴天气是在东亚环流经向类一槽一脊型环流形成过程中产生的。12月20日08时500hPa图上,在巴尔喀什湖有一高脊,在贝加尔湖以北63°N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。21日08时,贝湖和115°E处各有一低槽,由于脊前有较强的冷平流,贝湖低槽得以发展并加快向东移动与115°E处的低槽合并。21日20时,整个东亚被巴尔喀什湖的高脊和东亚海岸线附近的低压槽这一大脊一大槽所占据,从而经向类一脊一槽环流形成,这次雷暴正是受东亚海岸线附近低压槽的影响而产生的(图1)。

在12月21日08时700hPa的118°E和850hPa的120°E处也都有低压槽存在,各层槽后都有明显的温度冷槽配合。

### 2.2 地面形势

12月21日02时地面图上,锡林浩特附近有一锋面气旋,其中心强度为1009hPa。由于受高空引导气流的作用,该锋面气旋向东南方向移动。11时已移到锦州附近的渤海海

面上,中心强度为1005hPa,然后转向东偏北方向移动,14时锋面气旋已移到营口。高空在有利于气旋发展加深的冷暖平流配合下,其中心强度已发展到998hPa,从21日02时到14时锋面气旋的移动路径和强度变化上看,该锋面气旋基本上是呈“V”型路径移动的,其强度也是逐渐加强发展的。

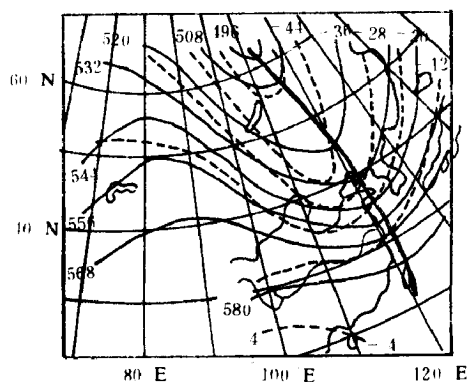


图1 21日20时500hPa东亚图

## 3 水汽条件分析

### 3.1 地面水汽条件分析

由于锋面气旋的“V”型移动路径和不断加强发展,从海洋上为沈阳地区带来了大量的水汽,为雷暴的产生创造了有利的条件。分析21日02~14时地面水汽通量的分布情况,02时大连长岛有一大值中心,其强度为 $3.1\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{hPa}$ ,水汽通量轴呈西南东北向,14时营口有一大值中心,其强度为 $4.7\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{hPa}$ ,水汽通量轴呈南北向。由于风场有较强的辐合,所以有强的水汽辐合区存在,并且随水汽轴由南向北移动。由于地面的风场分布和低空急流的强度要比夏季强得多,才能满足冬季雷暴的水汽条件,而

12月21日的地面锋面气旋V型移动路径和逐渐加强发展为大气低层的增湿增温创造了有利的条件。

### 3.2 700hPa水汽条件分析

21日08时700hPa水汽通量图上,水汽通量大值中心在大连,强度为 $3.0g \cdot s^{-1} \cdot cm \cdot hPa$ ,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,它为沈阳地区提供了大量的暖湿空气。

## 4 大气层结分析

### 4.1 上下层温差分析

由于大气环流的变化,850hPa、700hPa出现了爆发性的增温。850hPa上, $0^{\circ}C$ 等温线由20日08时 $32^{\circ}N$ 处向北跳,到21日08时, $0^{\circ}C$ 等温线已到 $36^{\circ}N$ 处,24小时 $0^{\circ}C$ 等温线向北推了4个纬距。我们对21日08时与20日08时850hPa、700hPa变温之和 $\sum_{850}^{700} \Delta T_{24} (\Delta T_{24}^{850} + T_{24}^{700})$ 进行分析(图2)。从图2可以看到,有一个850hPa、700hPa24小时爆发性增温的暖舌,由南伸向北,在锦州有一大值为 $9^{\circ}C$ ,沈阳处在暖舌中。另外北京有一个850hPa、700hPa24小时爆发性降温中心为 $-16^{\circ}C$ ,两中心间有较强的锋区存在,并与850hPa $120^{\circ}E$ 处和700hPa $118^{\circ}E$ 处的低压槽线相配合。

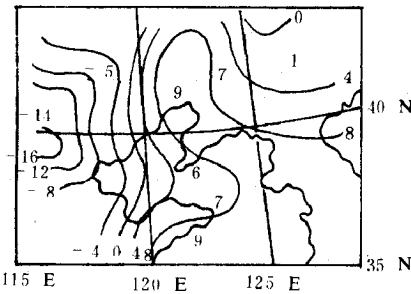


图2 21日08时与20日08时850hPa、700hPa变温之和 $\sum_{850}^{700} \Delta T_{24}$

在500hPa21日08时与20日08时的 $\Delta T_{24}^{500}$ 图上,北京、张家口处有一个24小时降温大值中心并由西向东减小,沈阳 $\Delta T_{24}^{500}$ 为 $-5^{\circ}C$ ,这种850hPa、700hPa中低层爆发性增温增湿,500hPa爆发性降温形成上层干冷、下层暖湿、有利于大气位势不稳定层结的建立,为雷暴的产生创造了有利的热力条件。由经验,一般在沈阳地区,当该地区 $T_{850} - T_{500}$ 最大值区比周围高 $2 \sim 3^{\circ}C$ ,且本身数值 $\Delta T_{850-500} \geq 24^{\circ}C$ ,也就相当于 $\gamma \geq 0.6^{\circ}C/100m$ 时,就有雷暴产生,而沈阳站12月21日08时的 $\Delta T_{850-500} = 24^{\circ}C$ ,则相当于 $\gamma = 0.6^{\circ}C/100m$ ,满足产生雷暴的热力条件。

### 4.2 能量分析

我们对700hPa假相当位温 $\theta_{se}$ 进行了分析,在21日08时700hPa $\theta_{se}$ 场上(图3),山东半岛至辽东半岛有一 $\theta_{se}$ 高能舌由南伸向北,高能中心在锦州处, $\theta_{se}$ 为 $30^{\circ}C$ ,沈阳处在高能舌内,在北京地区有一低能中心,在高低能中心之间,存在着一条明显的能量锋生带,锋区位于 $117^{\circ}E$ 附近,与700hPa低压槽线相重合,它对雷暴的产生起着重要的作用。

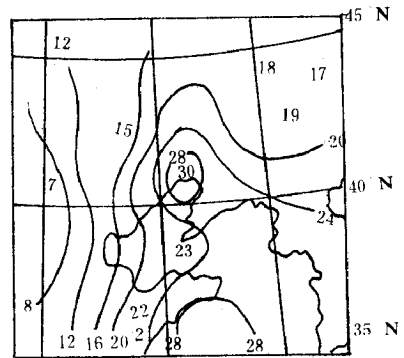


图3 21日08时700hPa $\theta_{se}$ 场特征图

## 5 高空急流与垂直风切变分析

在国内外有许多文章对高空急流和垂直风切变对雷暴的产生、发展的影响都有过论述,认为高空有强的辐射,与其低空强的辐合相配合,是产生雷暴的一个重要条件,而高空

急流有利于高空强的辐散产生。在 21 日 08 时 300hPa 高空, 40°N 附近有急流存在(图略), 急流轴附近风速  $\geq 50\text{m/s}$ , 沈阳地区处在强风速区域内, 风速为  $44\text{m/s}$ 。

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  $3.2 \times 10^{-3}\text{m/s}$  而一般有  $(2.5 \sim 4.5) \times 10^{-3}\text{m/s}$  的垂直风切变就有利于雷暴的产生和发展。

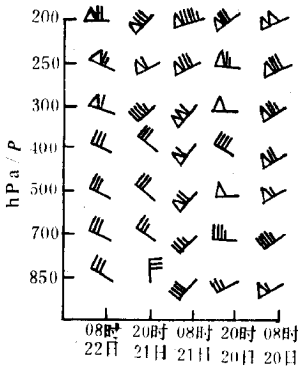


图 4 沈阳 20 日 08 时~22 日 08 时  
高空风时间垂直剖面图

## 6 触发机制

高空 850hPa、700hPa、500hPa 各层的低压槽线移速快, 与地面锋面气旋相垂直, 从而产生了强烈的上升运动, 对触发这次冬雷产生起着重要作用。图 4 是 20 日 08 时~22 日 08 时的高空风时间垂直剖面图。从图 4 中各层风随时间的变化, 可以分析出一条槽线, 槽线是垂直的, 它表明在 21 日 08 时~21 日 20 时, 850~400hPa 上各层的槽线都移过了沈阳。从实况看, 21 日 18 时的风向为  $220^\circ$ , 风速为  $10\text{m/s}$ , 19 时的风向为  $330^\circ$ , 风速为  $7\text{m/s}$ , 20 时的风向为  $320^\circ$ , 风速为  $10\text{m/s}$ , 与雷暴的产生时间(从 18 时 03 分开始到 18 时

25 分结束)比较, 可以认为这次雷暴是在锋面气旋的冷锋过境时产生的。这种高空各层槽线相垂直并与地面冷锋相配合将产生强大的冲击力, 造成强烈的上升运动, 从而触发了雷暴的产生。这次过程属于动力性雷暴, 由于冲击力强, 水汽较为充沛, 虽然大气的不稳定能量较夏季差, 但在气层的抬升过程中凝结潜热的释放, 弥补了不稳定能量的不足。

## 7 与南方冬季雷暴对比分析

在南方冬季这种伴随降雪的对流天气常常是系统性的、大范围的, 700hPa 爆发性增温增湿导致其以上气层出现潜在不稳定层结, 是冬半年发生对流不稳定天气的重要原因<sup>[1]</sup>。而这次北方冬雷则是局部小范围的。地面及 850hPa、700hPa 的爆发性增温增湿, 500hPa 爆发性降温为大气位势不稳定层结的建立创造了有利的条件。而地面锋面气旋与高空各层低压槽相垂直, 由此产生强大的冲击力, 是触发这次冬雷产生的主要因素。

相比之下发现: 冬季北方比南方更难出现雷暴天气过程, 而 700hPa 的爆发性增温增湿则是南北方冬季雷暴产生的重要预兆。

## 8 结论

在北方地区冬季很难有雷暴天气过程出现。但事物都是在一定条件下发生变化的, 这次冬雷的产生, 与地面及 850hPa、700hPa 中低层爆发性增温增湿和 500hPa 爆发性降温有密切关系, 它有利于层结不稳定的建立, 而高空各层低压槽相垂直并与地面锋面气旋的冷锋相配合由此产生强烈的冲击力, 对弥补冬季大气不稳定能量不足, 触发这次雷暴起着重要作用, 也为我们今后的北方地区冬季雷暴的预报提供了一个好的启示。

## 9 参考文献

- 1 王仁乔, 宋清翠. “雷打雪”现象发生机制初探. 气象, 1990(5).