

一次爆发性气旋引发的罕见暴风雪过程分析

刘大庆¹ 蔡丽娜²

(1. 民航东北空管局气象中心 沈阳 110169; 2. 民航东北空管局沈阳空管运行中心 沈阳 110043)

摘要

针对2007年3月4~5日一次爆发性气旋给辽宁省带来的强暴风雪天气,从大尺度环流背景、低压移动路径、水汽条件、冷暖空气活动及物理量场方面进行综合分析。结果表明,大气的强斜压性是气旋爆发性发展的主要原因,高低空急流的有利配置使得气旋所伴随的次级环流(高、低空散度场和垂直运动)特别强大。沈阳地区强暴风雪的产生与气旋的移动路径、水汽输送及垂直运动的强弱等密切相关。

关键词: 暴风雪、爆发性气旋、大尺度环流、物理诊断

引言

2007年3月3—5日,受温带爆发性气旋影响,中国出现2006—2007年范围最大、北方地区最强的一次雨雪天气过程。其中,东北东部和南部出现了自1951年有气象记录以来历史同期最强的暴风雪天气。以受灾最严重的辽宁省为例,全省大部分地区的降水量(48 h内)都超过了30 mm,丹东、鞍山、本溪、辽阳、大连超过50 mm,沈阳达49 mm。丹东和东港的降水量达到最大,分别为99和106 mm;在48 h内全省大部分地区的平均积雪深度在20 cm以上,辽宁中北部的积雪深度达20~45 cm,局部地带积雪深度达60~100 cm,丹东地区还出现雷暴。此次温带气旋爆发性发展还在沿海引起了风暴潮。暴风雪(雨)和风暴潮灾害,使辽宁地区遭受了巨大的经济损失,交通几乎瘫痪,机场和高速公路全部封闭,至东北方向的列车全部晚点,部分列车停运。据气象部门不完全统计,灾害造成的直接经济损失约145.9亿元^[1]。

80年代早期, Sanders 和 Gyakum^[2]首先给出了爆发性气旋的定义,他们把24小时内海平面气压下降达到和超过 $24 \sin \theta / \sin 60^\circ$ hPa的气旋称为“气象炸弹”即爆发性气旋(式中 θ 为地面气旋中心所在的纬度),并将此临界值称为1个贝吉隆(Bergeron),简称“B”。这种温带气旋的特点是发展速度快,地面气压中心加深率大,风速剧增,常常可达30m/s以上,并伴有强降水、强降温等剧烈天气现象,对人类生命财产造成严重威胁。如1979年2月的“总统日风暴”,位于大西洋中部海岸附近,该风暴造成哥伦比亚特区发生了未预报出的罕见大雪暴。近年来,国内外学者对爆发性气旋发生发展的物理原因进行了深入研究和探讨。得到:爆发性气旋的发生发展是由正涡度平流、暖平流、非绝热加热、地面能量通量、高空急流和位势涡度起综合作用的结果。对于冬季的暴风雪国外有不少研究。Sanders和Bosart^[3]讨论了锋生强迫和对称不稳定对1983年2月11~12日出现在华盛顿和波士顿的暴雪带的作用, Bosart 和Lin^[4]对总统日气旋进行了诊断分析,得到感热加热通过增强对流层下部的斜压区有利于气旋的发生发展。目前我国对暴雪的研究主要是集中在对高原暴雪过程的数值模拟和动力学的诊断分析研究上^[5]。张小玲等利用“96.1”模拟资料对暴雪中尺度的涡度和散度变率进行了动力学诊断分析^[6]。池再香等对“2003.1”黔东南暴雪进行了对称不稳定分析^[7],对东北地区暴雪的研究相对较少,杜爱兰等对“2007.3”的暴雪过程进行了初步的天气学分析^[8],认为暴雪是由于低槽东移和南支槽前西南气流共同影响,它们与爆发性气旋所引起暴风雪属于完全不同的类型。随着经济的发展,以及暴雪业务预报的困难,迫切需要进一步对爆发性气旋产生的东部内陆地区暴风雪作更全面和深刻的了解。

本文利用常规观测资料资料，对本次暴风雪过程进行了天气动力学诊断分析，着重分析爆发性气旋和暴风雪的成因，为北方暴风雪的实时预报业务提供参考依据。

1. 暴风雪发生的环流形势演变特征及影响系统

1.1 地面形势

从 3 月 3 日 06 时（文中所用时间为世界时 UTC）地面图上在云贵高原以西有锋面气旋向东北方向伸向四川盆地，中心气压为 1017.2 hPa。图 1 是气旋中心气压变化曲线，从中我们可以看到气旋中心气压值由 3 日 06Z 开始迅速降低，此后，气旋向东偏北方向移动加深，贝加尔湖附近有强冷空气移入我国东北地区，内蒙地区上空为空中冷锋锋区，此后气旋向东北方向移动，在此期间气旋中心气压虽然在降低但下降速率不大。至 3 日 12 时气旋中心气压逐渐降低，中心位于江苏省中部，气旋开始加速发展，整个长江流域下游地区都受此气旋控制，这时东海有一变性冷高压，气旋顶部有降水区从山东向东北地区伸展。此后，气旋进一步加深北上，中心值迅速降低，到 3 日 18 时气旋中心值已降至 1005.2 hPa，12 小时内下降了 12 hPa，中心位于山东省南部，地面锋线走向更趋于东北西南向，北方冷空气也进一步加强，锋区强，降水区范围、强度均明显扩大。至 04 日 00 时，气旋中心位于山东半岛地区，4 日 06 时，气旋中心气压进一步下降到 998 hPa，从 3 月 3 日 06 至 3 月 4 日 06 的 24 小时中，气旋的最低气压共下降了 19.2hPa，气旋加深率达 1.1 贝吉龙。此后，气旋开始进入黄海海域，跨过黄海，于 4 日 12 时到达朝鲜半岛，中心气压下降到最低值 994hPa，按照 Sanders(1986)的分类，这是一个温带气旋的爆发性发展过程。

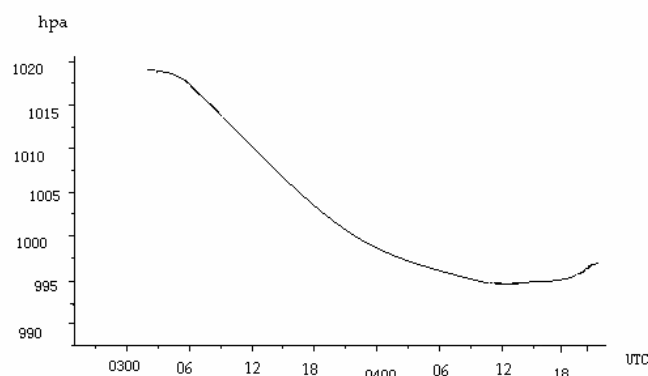
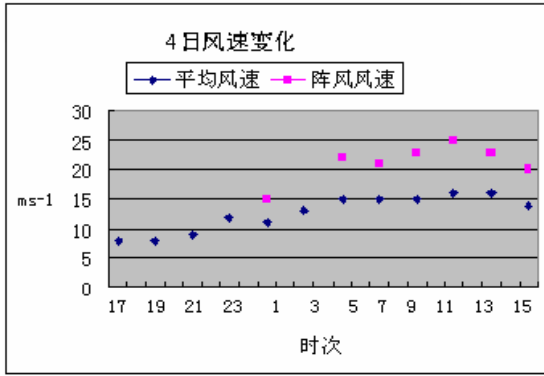
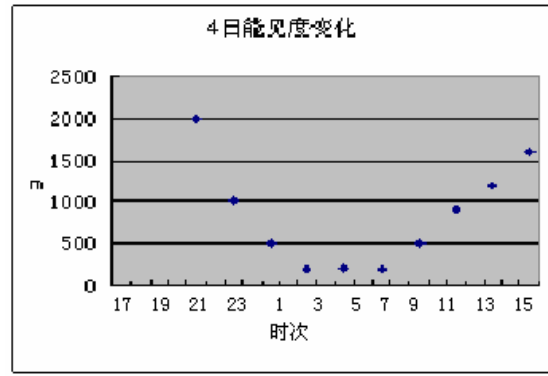


图 1 a 爆发性气旋中心气压变化曲线

从沈阳桃仙国际机场的地面观测资料来看，从降雪开始，桃仙机场本场气压在 15 个小时内降了 12hPa，相对湿度 2 个小时内由 68% 陡升 25 个百分点达到 93%。降雪从 3 月 2 日 1940 (UTC) 一直持续到 4 日 2110(UTC) 止，降雪时间长达 50 个小时，累计降水量 35.6mm，积雪深度 22cm。能见度受到降雪影响一度从 3 日 2330 的 700m 降到 0300 的 200m，维持到 4 日 1200 时才达到 1000m，低能见度持续时间超过 12 个小时，当天平均风速为 $14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，最大风速达 25m/s 。



b 3月4日风速变化 (世界时)



c 3月4日能见度变化 (世界时)

1.2 高空形势.

从500 hPa环流形势上看, 过程前期欧亚高纬度地区为二槽一脊型环流, 3月1日12时, 乌拉尔山高压脊后部黑海到里海、咸海地区暖平流强盛, 使乌拉尔山高压脊不断加强。乌拉尔山东部为一宽广的冷槽, 此槽控制了贝加尔湖及其以北大部分区域。高压脊不断加强东移, 其东部高空槽后有冷空气堆积, 致使槽不断加强并东移南压。至4日00时, 槽已移至贝加尔湖东北部, 其影响范围可延伸至辽宁、吉林和黑龙江。从3月3日00时天气图上看, 105° E附近, 存在南北两支低槽, 槽线走向为近于南北向, 南部90° E地区还有一短波槽存在, 此后该短波槽迅速东移, 与前方南支槽合并, 与其相联系的斜压区也进一步增强(图2. a)。北支槽在3月3日00至4日12时之间移速慢, 槽区较深, 槽后冷空气强, 从图上看, 南方地区有明显短波扰动, 南支槽到4日00东移至 110° E, 槽线变深, 槽线走向和北部槽线走向基本相同(见图c), 两系统间相互同相增强作用明显。此后, 由于北部冷空气逐渐南下累积, 南部扰动加深而导致闭合环流出现, 见3月4日12时图d, 在山东半岛地区形成一个低涡, 与此同时, 地面气旋得到爆发性发展。从700hPa图上看(图略), 3日00时, 西北地区有低涡存在, 此后该低涡东移加深, 经陕、晋、冀, 在4日00时中心位于118° E附近, 同时, 西南地区上空有西南涡生成发展。在850hPa图上(图略), 3日00时江淮地区有暖式切变存在, 至4日00时, 该切变已东北上至山东半岛, 并发展为低涡, 此后该低涡又东移入海发展加强。

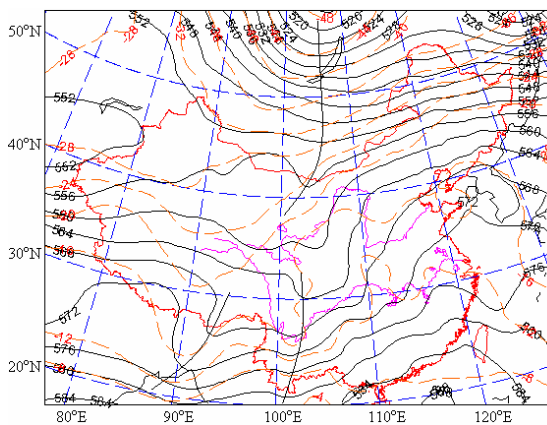
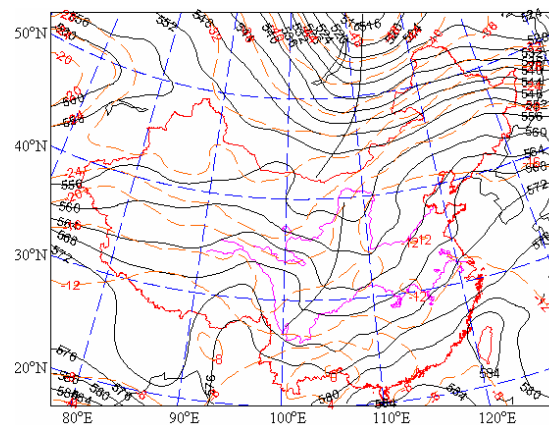
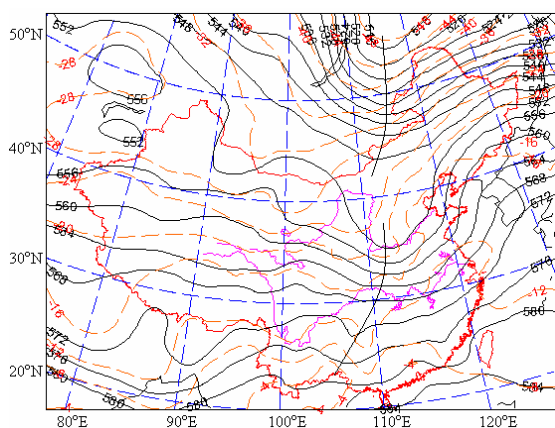


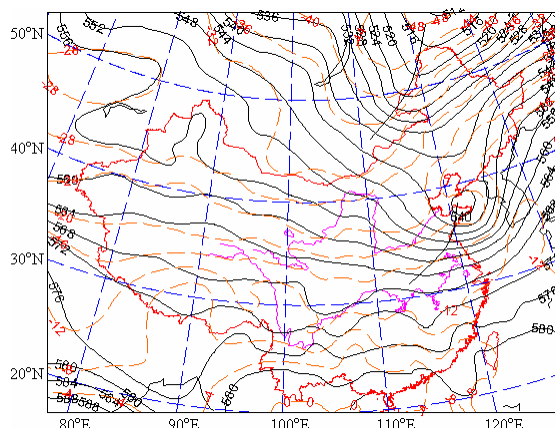
图2a 0300Z, 500hPa, 位势高度, 温度



b 0312Z, 500hPa, 位势高度, 温度



c 0400Z, 500hPa, 位势高度, 温度



d 0412Z, 500hPa, 位势高度, 温度

(位势高度, 黑色实线, 间隔4hPa; 温度场, 红色虚线, 间隔4°C)

2、暴风雪过程的物理量诊断分析

2.1 水汽输送的诊断

从3日12时的相对湿度图上可以明显看出(图略),在整个华中,华北以及内蒙东南部水汽饱和程度比率相当高,说明雨区覆盖范围很大,同时在850hPa存在一个贯穿东北以及华北大范围地区的湿舌,且湿舌自西南向东北移动,至降雪最强时转为南北向,之后东移。最大降雪区与湿舌前部等值线最密集区相对应。降雪区上空水汽充足,且主要集中在500hPa以下低空。降雪结束时,湿舌东移入日本海。

由4日00时850hPa水汽通量图可见(图略),本次暴雪过程水汽有两个来源。一部分来自西南地区,随西南风急流到达东北地区南部,与另一支来自南海,由副热带高压外围的东南风输送的水汽,合并为一支东南风急流,到达东北南部。其中,来自西南的水汽通量要大于东南。从随高空槽后偏北气流南下的冷空气与偏南暖湿气流相遇,形成水汽辐合中心,随气旋向东移动,3日1200时,850hPa水汽通量散度中心值为 $-10 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$,辽宁正位于水汽通量辐合区。水汽通量矢量的变化显示气旋发展过程中对流层低层形成了一条强水汽通道向气旋发展地区输送大量水汽和能量。031200时850hPa等压面图上华南沿海附近有16m/s的偏南风急流中心,这个急流中心到04000Z增加到18m/s,同时031200在山东半岛上空有23m/s的偏南风急流中心,且范围进一步扩大,这样在40°N以南形成了大面积的偏南风急流水汽输送带,向辽宁地区输送了大量的水汽和能量。

2.2 温度平流的诊断

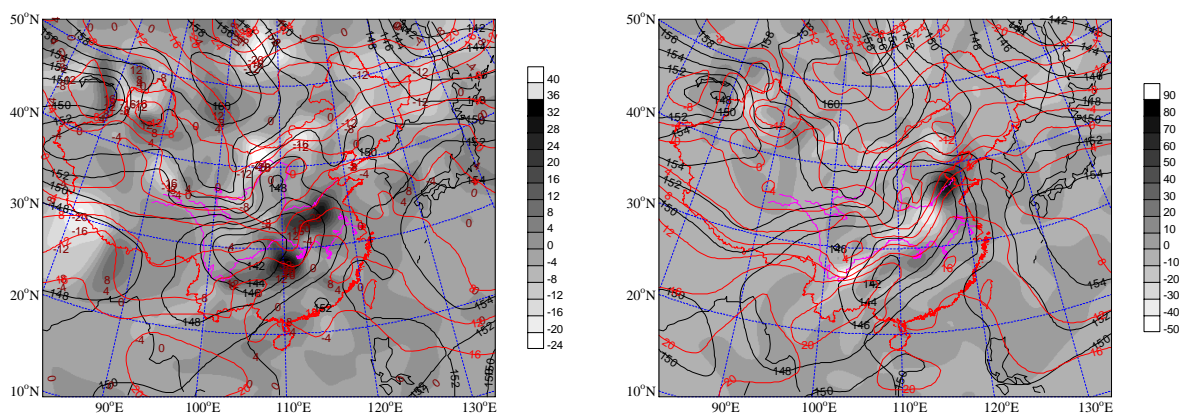
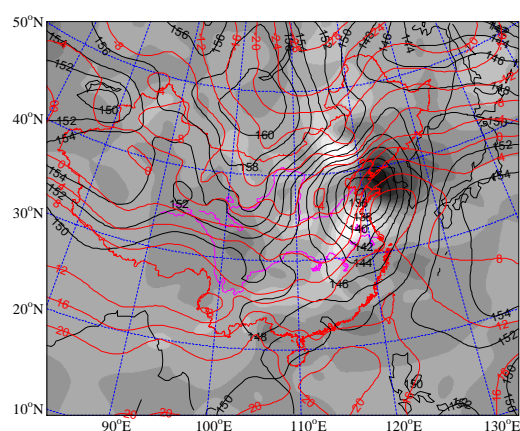
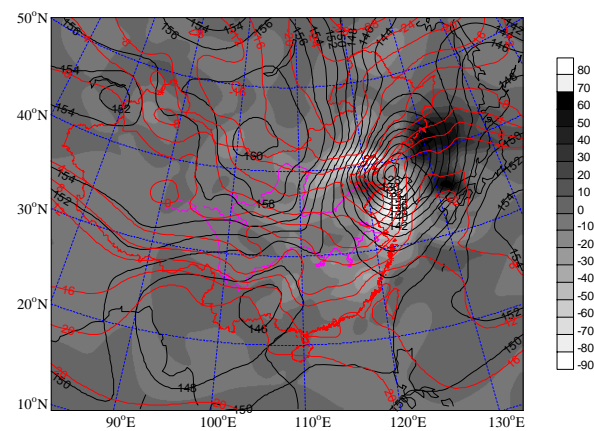


图 3 a 0300Z850hPa 高度，温度，温度平流

b 0312Z850hPa 高度，温度，温度平流



c 0400Z850hPa 高度，温度，温度平流



d 0412Z850hPa 高度，温度，温度平流

850hPa 位势高度（黑色实线，间隔 2hPa），温度（红色实线，间隔 4℃），温度平流（灰色填充，单位℃/s，大小见色标）。

温度平流是斜压扰动强力发展最基本的动力条件。伴随着 500hPa 等压面上高空槽的东移，低层温压场的斜压性开始加强（图 3）从 3 日 00 时 850 hPa 图上看，120°E 附近，为深厚低压槽区，槽后冷平流强，3 日 00Z 槽后冷平流中心值为 $-28 \times 10^{-5} \text{°C/S}$ ，槽前的暖平流中心值为 $+36 \times 10^{-5} \text{°C/S}$ 从上下层配置看，属于后倾槽，低层槽前有暖平流，暖平流中心始终领先正涡度平流中心和地面气旋中心约 5 个经度，表明对流层低层的暖平流对气旋的移动有引导作用。温度平流使气旋前部减压，涡度平流使地面气旋中心减压，两个因子共同作用的结果，使得气旋向前移动的同时，加深发展。高层槽线下方有冷平流，冷平流地面加压使锋面两侧的气压梯度加大，且锋面坡度大，表明斜压性强。至 031200，温压场的斜压性加速发展，在气旋发展区上空形成了一个很强的斜压区，温度平流迅速加强，槽后冷平流中心值为 $-30 \times 10^{-5} \text{°C/S}$ ，槽前的暖平流中心值为 $+80 \times 10^{-5} \text{°C/S}$ ，表明槽后有强冷空气侵入，而槽前暖湿气流异常强盛。040000 时的槽后冷平流中心值进一步迅速下降至 $-60 \times 10^{-5} \text{°C/S}$ ，此后冷暖平流中心急剧变化，气旋爆发，至 041200 槽后冷平流中心值为 $-100 \times 10^{-5} \text{°C/S}$ ，槽前的暖平流中心值为 $+139 \times 10^{-5} \text{°C/S}$ ，这时其温度场在槽区呈现出非常明显的“S”型形状，这是一种气旋爆发性发展期间所特有的典型的温压场形势^[9]。5 日 00Z 后气旋中心上空温压场的斜压性明显减弱，温度平流中心值

也开始下降，气旋爆发性发展过程随即结束。

2.3 涡度和散度场分析

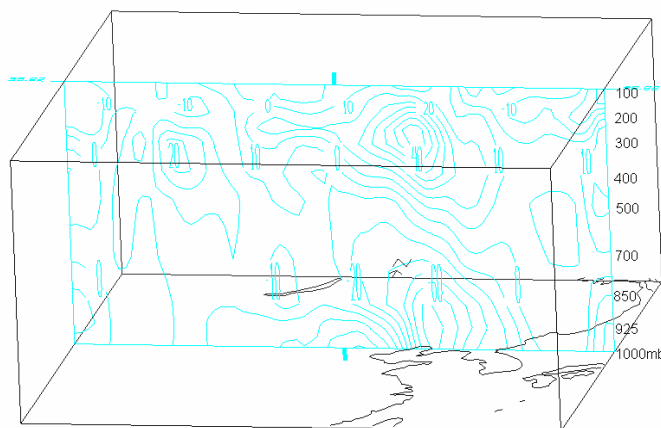


图4 0400Z 沿 38.8° N 散度垂直剖面图
(浅蓝色实线, 等值线间隔 $10 \times 10^{-4} \text{ S}^{-1}$)

根据散度场分析发现，辽宁省从3日1200至4日0000，500 hPa高空及以上为辐散区。4日0000，辽南地区的200hPa最大散度达 $50 \times 10^{-4} \text{ S}^{-1}$ 以上；而这段时间内辽宁境内低层为辐合区，最大散度中心为一 $70 \times 10^{-4} \text{ S}^{-1}$ （见图4）。高层强辐散低层强辐合非常有利于垂直运动的发展，且高层散度和低层散度差越大，越有利于降水的发展和维持。从500 hPa涡度场可知，3月4日之前辽宁上空涡度值维持为负值，在4日0000时达 $-40 \times 10^{-5} \text{ S}^{-1}$ 。而850 hPa涡度场的情况正好相反，正涡度平流强盛，到4日0000辽宁地区的正涡度值达到了 $60 \times 10^{-5} \text{ S}^{-1}$ 以上。这说明辽宁地区高层以上为下沉运动，而中低层为上升运动。这种高层强辐散、低层强辐合的大气运动形式必将对大气产生抽吸效应，加速低层的辐合，增强垂直运动，促使黄海气旋发展加强。同时也将带动低层气流上升，为暴雪的产生提供触发条件。

2.4 相当位温 θ_e

相当位温 θ_e 是代表大气中温、压、湿的综合特征值。 θ_e 的分布反映了能量的分布，当 θ_e 水平梯度足够大时，说明有强的水平能量锋区存在，有利于强对流天气的发生和发展。通过计算 $\Sigma \theta_e = \theta_e 500 + \theta_e 700 + \theta_e 850$ 表明： $\Sigma \theta_e$ 是三层之和，它的分布反映了 500~850hpa 总能量的分布，等值线密集区为能量锋区，而对流天气易发生在能量锋区的南缘或靠近能量锋区处。研究 4 日 00 时 $\Sigma \theta_e$ 图（图略）发现，当天东北地区南部处于大值区，且等值线密集，说明梯度大，有利于对流发展，4 日大范围暴风雪及长春和丹东甚至出现的雷暴正说明了这一点。

研究0400时气旋中心所在纬度相当位温纬向垂直剖面图，发现700hPa以下，强气旋中心附近呈现倒“Ω”形（见图5），这与丁治英的爆发性气旋的合成诊断及形成机制研究^[10]中的结论极为符合，据丁治英统计，在气旋爆发前，中心附近 θ_e 场均有倒“Ω”形场分布，气旋爆发时这种场东移减弱，弱气旋则无此形势出现，因为这种分布会导致强对流不稳定，非常有利于气旋的发展，进而带来强降雪天气。

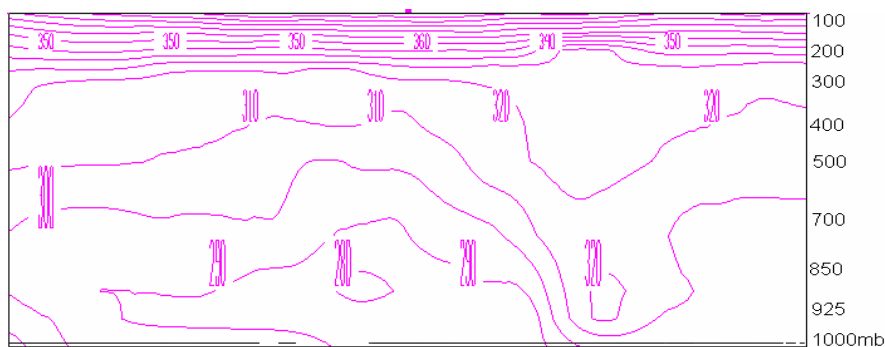


图5. 0400Z爆发前强气旋中心 θ_e 的东西向垂直剖面
(粉色实线, 相当位温 θ_e , 单位: K, 间隔 10)

2.5 位势涡度

位势涡度是表示气块热力和动力属性的一个物理量, Uccellini^[12]在对爆发性气旋的研究中曾指出, 当平流层的大值位涡下传至对流层, 且上下位涡大值区连通时, 最有利于气旋的爆发性发展。吕筱英^[13]等通过沿气旋中心作位涡的经向剖面的研究也表明, 高层位涡大值的出现与加强是气旋爆发性发展的一个十分重要的物理条件。

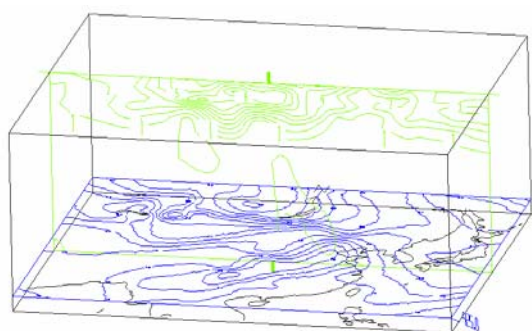
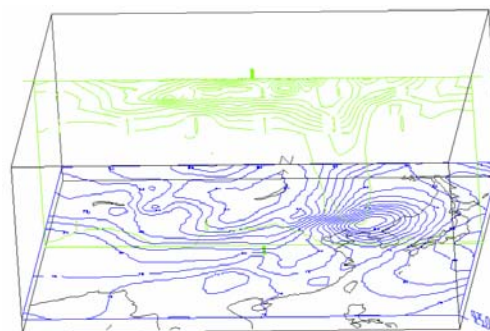


图6a0312位势涡度沿气旋中心东西向垂直剖面



b0412位势涡度沿气旋中心东西向垂直剖面

(位势涡度, 绿色实线, 单位: $10^{-6} m^2 K s^{-1} g^{-1}$, 间隔1; 925hpa等高线, 蓝色实线, 单位hpa, 间隔2)

从等位涡线的沿气旋中心的的东西向剖面分析, 0312时气旋爆发前(见图6a), 在气旋的气旋中心上空等位涡线密集, 在气旋中心西部低层可见高值位涡区存在, 此后, 高空强位涡区不断向下延伸, 等位涡线有明显的下沉, 至0412时(见图6b), 位涡高值区逐渐东移至低涡中心上空, 上下大值区呈相接形势, 对应地面气旋猛烈发展。

3. 产生暴风雪过程的动力学机制分析

3.1 高、低空急流

从 200 hPa 的风速分布图(图略)可知, 3日00时, $38^{\circ} N$ 以南存在着高空副热带西风急流, 急流随着气旋向东偏北方向移动, 大风核也东传, 使得地面气旋始终处于高空急流轴出口处左前方的下部。根据 Uccellini 的研究, 在急流出口区将发生质量调整, 在出口减速区有指向其右侧的非地转分量, 它引起质量的向南输送, 出口区非地转风所引起的质量调整是使其左下方减压, 有利于低

压的发展。同时,蒙古地区上空也存在一支近东西向带状的高空急流,急流中心风速达 70m/s,从风场的演变图来看,随着气旋的强烈发展,至 03 日 18 时北支急流逐渐转为近于东北西南向,至 0400 时,急流轴已转为近南北向。此后该急流一直稳定少动。从急流与气压场配置来看,我们发现 500hpa 槽线与北支高空急流中心接近重合或相交,那么,急流轴右侧的槽前就具有强烈的辐散,槽后的急流轴左侧辐合也特别强,高空槽前强烈辐散,引起地面减压,能够促进地面气旋的强烈发展。地面气旋上空恰好位于高空南支急流出口区左侧、北支急流入口区右侧的高空强辐散区,引起低层产生较强上升运动。所以此次过程中,高空急流的维持和发展对气旋的快速发展起着极强的动力作用。

从 700hPa 图上看(图略),3 日 12 时,从西南、经华东至山东半岛已经存在一西南风低空急流,急流上有 3 个中心风速大于 20m/s 的急流核存在,最大风速 26m/s。且蒙古地区上空西北风较强,有中心风速大于 16m/s 的强西北风速带。至 4 日 00 时,南支急流已逐渐向东北移动,中心最大风速达 28m/s,而 110° E 附近已经形成了偏北风急流,输送强大的冷空气南下至辽宁地区。偏南风急流不仅向北方输送水汽也输送热量。暖湿气流在北进中,会因热力作用而出现爬升,产生热力上升运动。由于高空偏西急流和低空偏南急流相互耦合,再叠加上低空南来暖湿气流的热力爬升运动,就使得对应的低层大气产生了较强的动力抬升运动。

3.2 垂直运动。

对流层中低层比较大的垂直速度为强暴风雪的产生提供了动力条件。垂直运动与大气中的凝结和降水过程有密切联系;在上升过程中,大气层结不稳定能量得以释放,垂直运动造成的水汽、热量、动量、涡度等物理量的垂直输送对天气系统的发展有很大影响。

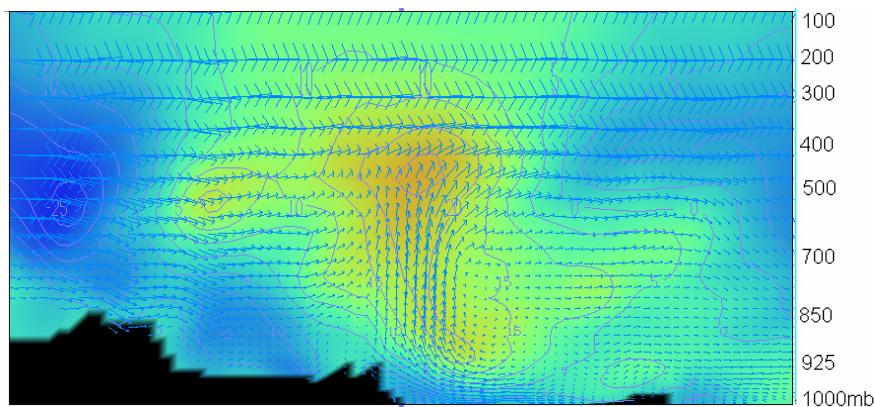


图7 0400Z 36° N气旋中心附近风场的风场东西向垂直剖面图
(单位: 10^{-2} m/s, 等值线为等风速线, 间隔 5, 桔色填充代表上升, 蓝色填充代表下沉运动)

从 0 3 日到 0 4 日垂直速度演变图上可以看出(图略), 0 3 日 0 0 时, 辽宁地区上空已经处于上升运动区, 到 0 4 日 0 0 时, 辽南及渤海地区爆发了强上升运动, 从地面到高空均为较强上升运动, 其后为下沉运动, 高低空中心基本重合, 与地面的强暴风雪中心也较为一致。且气旋前方的上升运动要大于后方的下沉速度, 有利于降水粒子的迅速凝结^[11]。从图 7 上可清楚看出气旋中心附近的强烈上升运动, 这样比较大的垂直速度为暴风雪天气的触发提供了动力条件。

4. 结论

- 4.1 这次强暴风雪过程是发生在欧亚中高纬度二槽一脊环流形势下, 500hPa低槽、西南强烈暖湿气流和地面黄海气旋爆发性发展是主要影响系统。
- 4.2 黄海气旋的发生发展是大气斜压性强烈发展的结果, 高低空急流的有利配置, 造成了低层强烈上升运动, 强的高空辐散与正涡度平流共同作用形成了黄海气旋, 对流层低层的强暖平流促进了黄海气旋的爆发性发展。
- 4.3 对流层下层强水汽输送对暴雪的产生起主要作用, 本次暴风雪的水汽有西南和东南两个来源, 一部分来自西南地区, 另一支来自南海, 其中来自西南水汽通量大于东南水汽通量。
- 4.4 气旋区有明显的上升运动, 且气旋前方的上升运动要大于后方的下沉速度, 垂直环流具有不对称性, 有利于降水粒子的快速增长^[3]。
- 4.5 暴雪发生在相当位温大值区内, 气旋中心附近 θ_e 场倒“ Ω ”形的分布, 预示了气旋的强烈发展, 进而带来强降雪天气。
- 4.6 黄海气旋的爆发性发展造成了2007年3月4-5日沈阳地区的暴风雪过程。

参考文献

- [1] 李秀芬, 朱教君, 贾燕等, 2007年辽宁省特大暴风雪形成过程与危害[J]. 生态学杂志, 2007, 26(8): 1250—1258
- [2] Sanders • Gyaku. Synoptic—Dynamic climatology of the “Bomb”. *Mon Wea Rev*, 1980, 108(10):1589– 1606
- [3] Sanders F, Bosart. I. F. Mesoscale structure in the megalopolitan snowstorm of 11–12 February 1983. Part I : frontogenetical forcing and symmetric instability [J]. *J Atmos Sci (a)*, 1985, 42:1050–1061
- [4] Bosart, L. F., and S. C. Lin, A diagnostic analysis of the Presidents Day snowstorm of February 1979, *Mon. Wea. Rev.*, 1984, 11(12), 2148–2177
- [5] 潘晓滨 王舒畅 李毅. 北京一次突发性降雪的云场结构特征分析, *气象科学*, 2005 (2) 111–117
- [6] 张小玲, 程麟生. “96[1]. 1” 暴雪期中尺度切变线发生发展的动力诊断: II: 散度和散度变率 … [J]. *高原气象*, 2000, 19 (4): 459–466
- [7] 池再香, 胡跃文, 白慧. “2003. 1” 黔东南暴雪天气过程的对称不稳定分析[J]. *高原气象*, 2005, 24(5):792–797
- [8] 杜爱兰, 樊改娥, 边子建等. 2007年3月3日~4日大到暴雪天气过程分析[J]. *山西气象*, 2007. 3: 1–3
- [9] 丁治英, 王劲松. 爆发性气旋的合成诊断及形成机制研究, [J]. *应用气象学报*, 2002, Vol. 12, No. 1
- [10] Kocin. P. J., and L. W. Uccellini, Snowstorms Along the Northeastern Coast of the United States: 1955 to 1985 . *Meteoror. Monogr.*, 1990, Vol. 22., No. 44, pp280
- [11] 梁 丰, 陶诗言, 张小玲. 华北地区一次黄河气旋发生发展时所引起的暴雨诊断分析, *应用气象学报*, 2006, Vol. 17, No. 3
- [12] Uccellini I. W. Keyser D. The president’ s day cyclone of 18–19 February 1979: Influence of upstream trough amplification and associated tropopause flooding on rapid cyclogenesis. *Mon. Wea. Rev.*, 1985, 113, 962–988.
- [13] 吕筱英, 孙淑清. 气旋爆发性发展过程的动力特征及能量学研究. *大气科学*, 1996, 20(1): 90 ~ 100

Analysis on an Unusual Snowstorm Event Caused by Explosive Cyclone

Cailina¹ Suiyingjiu¹ Liuwei² Wangshuang³ Taozuyu¹

(1, Department of Atmospheric Science, Institute of Physics, Peking University, 100871. 2, Shenyang Operation Centre, Northeast ATMB of Civil Aviation, 110043. 3, Dalian ATC stations, Northeast ATMB of Civil Aviation, 116001)

Abstract

In March 2007 from 4 to the 5th there was a snowstorm event caused by explosive cyclone in Liaoning Province. we Analysised the process from the large-scale circulation, low mobile path, moisture conditions, activities and physical well-being of air markets. The results showed that the atmosphere of strong baroclinic cyclone was the main reason for the development of explosive cyclone, the level of air jet stream configuration can be beneficial to the development of strong cyclones. The snowstorm in Shenyang was closely related to the movement of cyclones path, water vapor transmission and the degree of vertical movement.

Keywords: Snowstorm, explosive cyclone, Circulation background, physical well-being