

渤海中南部海区一次雷暴大风过程分析

贺 靚¹, 于 超², 吕新民³, 李玉杰⁴

(1.国家海洋环境预报中心,北京,100081;2.国家气象中心,北京100081;3.95820部队,北京 102207;
4.国家海洋局天津海洋环境监测中心站,天津200451)

摘 要:雷暴大风过程的发生条件是位势不稳定层结并伴有逆温层存在,低层有强水汽辐合,有使不稳定能量释放的机制—抬升气块到凝结高度,低空有急流存在,高空有强的风垂直切变,对流层中层有干空气。利用天气分析图、卫星云图、雷达拼图等资料对2007年8月26日渤海中南部海区雷暴大风过程进行综合分析发现:雷暴之前渤海地区上空处于槽前,有大量暖湿气流输送,并出现了明显逆温层,蓄积了大量不稳定能量是此次雷暴的先决条件,充足的水汽供应、强烈的大气垂直运动及大气中的不稳定层结为此次雷暴天气提供了必要的条件,南下的冷空气激发了不稳定能量是此次雷暴的诱发因素。

关键词:雷暴大风;雷暴发生条件;冷空气;卫星云图;雷达拼图

中图分类号:P732 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-0239(2011)01-0019-06

1 天气实况概况

2007年8月26日凌晨5时到下午16时,受强对流不稳定系统和地面西北路冷空气南下的共同影响,渤海中南部海区自西向东出现了大范围雷雨、大风、降温等天气。渤海中南部海域出现7级以上大风长达6~7 h,其中上午07~09时最大风力达到9~10级,并伴随雷雨。系统强度自西向东移动过程中逐渐减弱,持续时间逐渐变短,其中渤海中南部海域受此次天气系统影响最大、维持时间最长。由于此次天气过程是西北路冷空气东移和强对流不稳定系统共同作用,所以来势凶猛、强度大、突发性强。

2 天气系统发生条件分析

强雷暴天气系统发生的条件是:(1)位势不稳定层结,并有逆温层存在;(2)低空有水汽辐合;(3)有使不稳定能量释放的机制—抬升气块

到凝结高度;(4)低空有急流存在,高空有强的风垂直切变,对流层中层有干空气。下面以此次天气过程为例进行综合分析。

2.1 环流形势

500 hPa环流形势(见图1)天气图上,25日20时,贝加尔湖以西有一高空冷涡,在贝加尔湖以东分裂出一高空槽,槽后有明显的冷平流入侵,促使该槽加深东移,渤海海域上空处于槽前,等温线梯度较大,相对应在地面图上有冷锋形成。此时副高北抬,渤海海域上空受副高西北部环流影响有明显的暖湿气流输送。26日08时,贝湖以东的高空冷槽进一步发展,其后部仍有明显冷平流与之相配合,迫使槽加深南压,在东移南压过程中携带冷空气从西北路南下,我国东北地区位于槽后,内蒙古中部地区有较强的冷平流,渤海海域上空位于槽的底部,同时渤海海域处于暖区的控制中,有较强的暖湿气流,充沛的冷暖空气在渤海地区上空交汇,产生了较大的变压梯度和气压梯度,锋面加强,对流剧烈,发生了雷雨、

大风、降温天气。

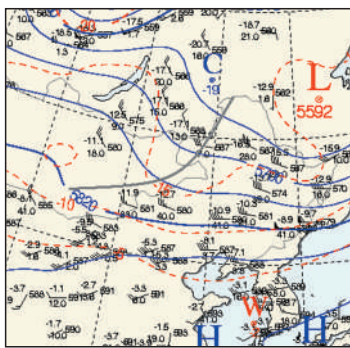
强对流的维持发展必须有丰富的水汽供应,这也是雷暴的主要来源,水汽的辐合主要由低层水汽通量辐合而成,尤其是850 hPa(见图3)以下的边界层,随系统的发展辐合层上升,向上输送水汽。由高空700 hPa(见图2)和850 hPa(见图3)图可看出,在渤海中南部靠近陆地的地区上空出现高空冷涡,冷涡前部形成明显切变,切变线前西南气流加强,出现明显暖湿空气的向北输送,水汽含量增加,使暖湿空气带不断向北伸展,在对流层下部形成湿舌,暖湿空气在底层不断向北扩展,湿层厚度增加,反映了中尺度的对流扰动的作用,扰动区的对流上升运动将近地面的湿空气向高空输送,当湿区向东北方向移动时,与周围干空气混合,湿度和水汽混合比都减小,直到大尺度湿区移到另一中尺度对流扰动区时又重新加强,这样的扰动使得高空的湿区得以形成和维持。由高空500 hPa(见图1)图可看出槽后有西北方向的冷空气平流,有下沉运动,与低层暖湿空

气层的结合使得逆温层加强,形成强位势不稳定层结。

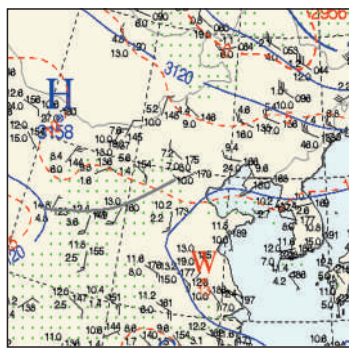
由高空各层风向风速的分布可以看出存在风的垂直切变,在切变环境中上升气流倾斜,不会减弱上升气流的浮力,同时可以增强中层干冷空气的吸入,加强雷暴中下沉气流和低层冷空气外流,再通过强迫抬升使流入的暖湿空气更强烈的抬升,从而加强对流。风的垂直切变还能造成一定的散度分布,有利于雷暴在顺切变处不断再生,使雷暴向前传播。云中由于有强的湍流活动使上下层动量混合,很可能在垂直方向切变消失,成为较均匀的风分布,因而在云的前部低空有辐合,高空有辐散,产生上升运动,有利于雷暴单体的出现,而在云的后部相反,使雷暴向前传播。

2.2 位势不稳定层结

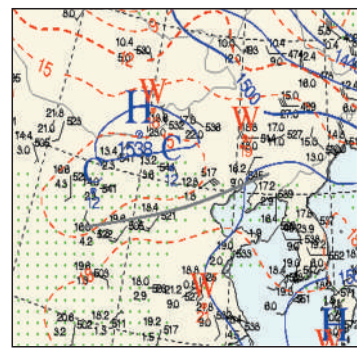
雷暴系统是一种强对流现象,对流运动的主要作用是浮力,浮力越强产生的上升运动越强,



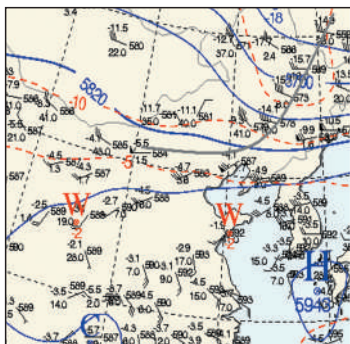
25日20时500 hPa



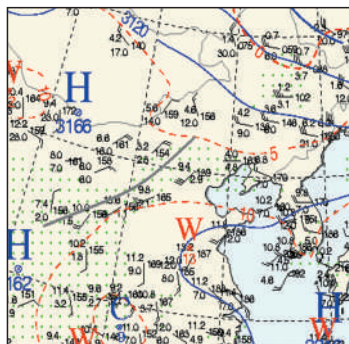
25日20时700 hPa



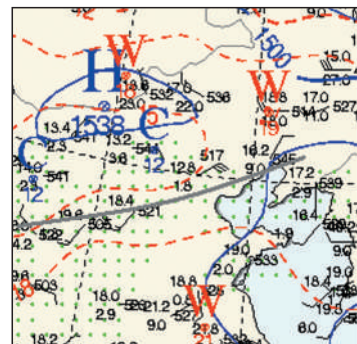
25日20时850 hPa



26日08时500 hPa



26日08时700 hPa



26日08时850 hPa

图1 500 hPa环流形势

图2 700 hPa环流形势

图3 850 hPa环流形势

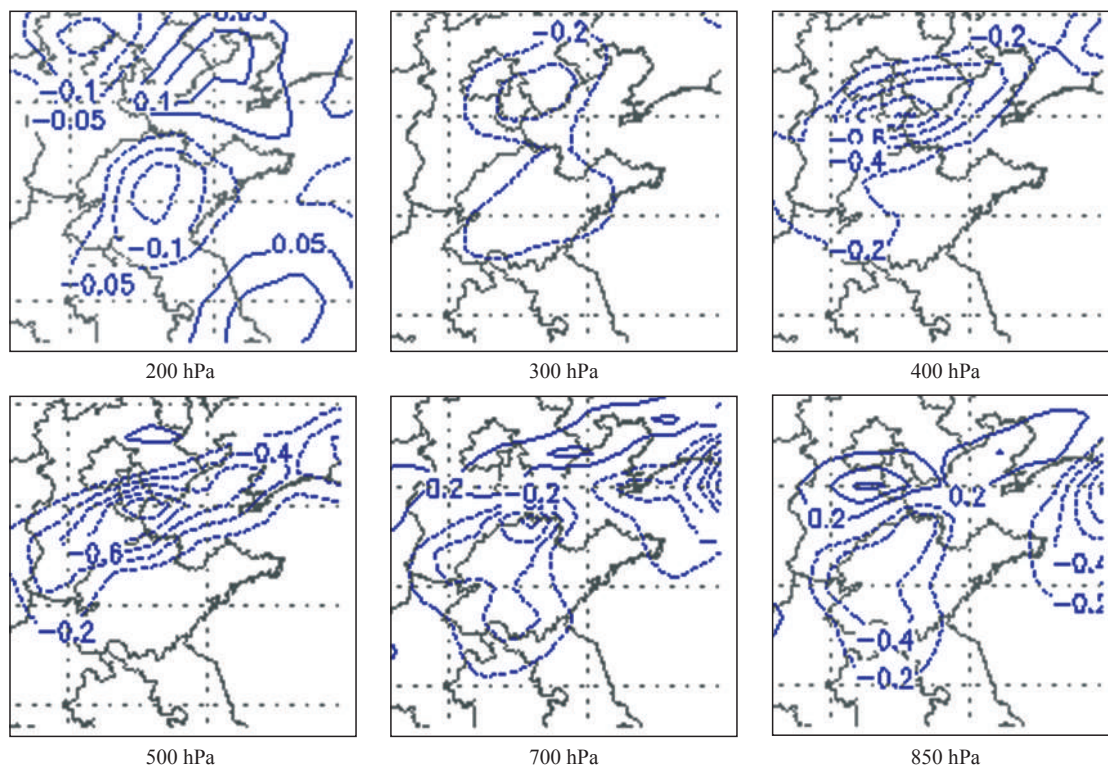


图4 26日08时垂直速度分布图

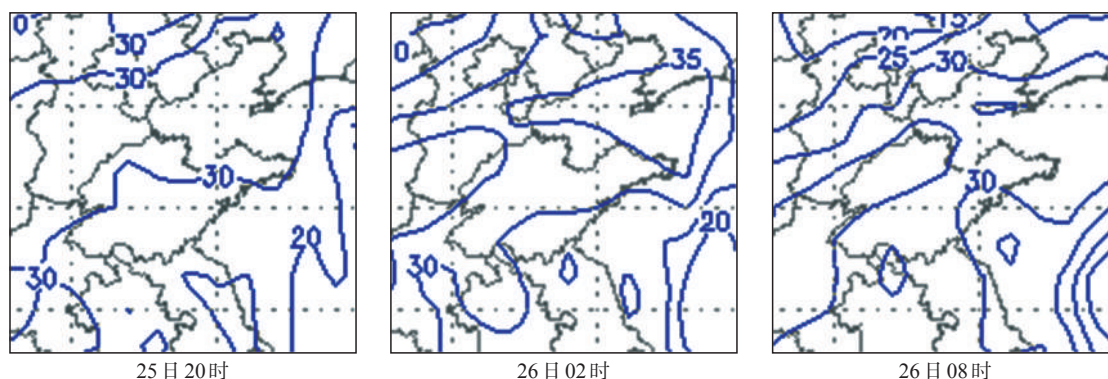


图5 K指数分布图

雷暴的垂直发展越高,空气上升的浮力主要产生在位势不稳定层结中。位势不稳定是指对流不稳定和条件不稳定的结合,在此层结中,只要通过抬升或降水的蒸发使其达到饱和,温度递减率超过湿绝热递减率,就会出现位势不稳定。

在强对流发生前,中低层常有逆温层或稳定层存在,把低空湿层与对流层上部的干层分开。此次天气过程是发生在渤海中南部海区,没有探空资料,但上游陆地测站资料显示,在低空850 hPa

附近高度出现明显逆温层;在逆温层下层,露点温度线与温度线非常接近,空气接近饱和,说明底层为湿层;在逆温层上层,露点温度线与温度线距离很远,空气不饱和,说明上层为干空气层,所以逆温层把干湿空气层分开,有利于强对流系统的发生;同时使强对流系统发展所需要的高静电能量得以积聚,观测到的对流有效位能CAPE指数在增大,说明抬升不稳定能量在积聚;在逆温层以下的空气通过平流过程和地面辐射加

热变得更暖更湿,同时对流层中上层变得更冷,位势不稳定层结更加明显但不被释放。

2.3 垂直速度

大气的垂直运动对形成强对流性天气起着相当大的作用。首先,大气中水汽的凝结以及降水过程与大气的垂直运动有着紧密的联系;其次,大气层结的不稳定能量必须在一定的上升运动条件下才能够释放出来;再次,垂直运动所造成的水汽、热量等物理量的垂直输送也是对流性天气产生的必要条件;最后,大气中的能量转换也主要是通过垂直运动才得以实现的。地面加热和垂直运动可消除逆温层,使不稳定能量释放,之后就会出现爆发性的强对流运动,使层积云自由的向上形成高大的积雨云。垂直抬升运动造成逆温层上面干空气绝热冷却,低层空气饱和、湿层厚度增加。图4为不同高度的垂直速度分布图,正值表示大气的下沉运动,负值则表示大气的上升运动。可看出26日08时,山东半岛、渤海中南部海

域上空各高度场的上升运动速度较快,有利于逆温层的破坏使得能量释放,形成强对流天气。

2.4 K 指数

K 指数意义:

$$K = [T_{850} - T_{500}] + T_{d850} - [T - T_d]700$$

其中,第1项为850 hPa与500 hPa的温度差,代表温度递减率,第2项为850 hPa的露点,表示低层水汽条件,第3项为700 hPa的温度露点差,反映中层饱和程度和湿层厚度。K指数是反映中低层稳定性和湿度条件的综合指标。一般K值愈大,表明对流发生的可能性越大,会产生雷暴或强降水等极端天气。一般当K指数小于33时,不容易产生暴雨,当K指数大于35的时候,容易产生暴雨。图5为现T-ln p中K指数,分别为8月25日20时、26日02时、08时的k指数分布图,由图可看出02点在渤海中南部海区k指数为35左右,这表明此海区的大气层结已经相当不稳定。K指数表示的区域会受到当地气流辐合和辐散条件

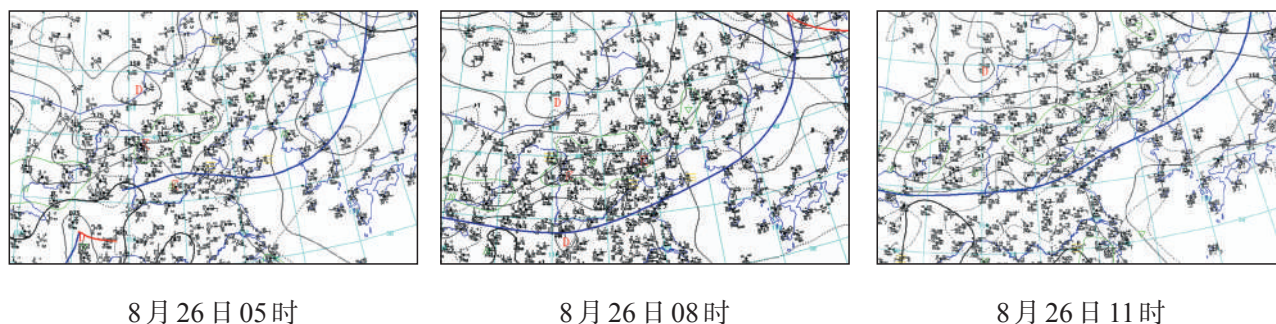


图6 地面分析图

的影响。通过对流线图的分析可以知道,渤海中南部地区上空有较强的辐合存在,这进一步表明渤海中南部地区产生强对流性天气的概率相当大。

2.5 低空辐合及地面分析

对流云与低空辐合区有密切关系,冷锋和切变线等天气系统都可造成低空辐合区。锋面可以触发锋前不稳定区能量的释放造成强烈的对流,由26日05时~26日11时地面图(见图6)可看出,冷空气自西向东移动,气压梯度逐渐加大,有利

于锋面加强;与西南暖湿气流汇合形成锋面,冷锋前后变压梯度大,冷暖空气温差大,有利于锋面加强,产生大风。26日凌晨冷锋迅速南下,切入暖低压倒槽中,高空低涡前部产生的局地对流不稳定系统发展,大风、雷暴天气爆发。

综合以上气象物理参数可以看出,25日夜间~26日凌晨,渤海中南部海区上空已经充分具备了产生强雷暴天气的基本条件:大气中存在条件不稳定层结;低层中有丰富的水汽;强的抬升条件。强烈上升运动将低层的水汽源源不断地向高

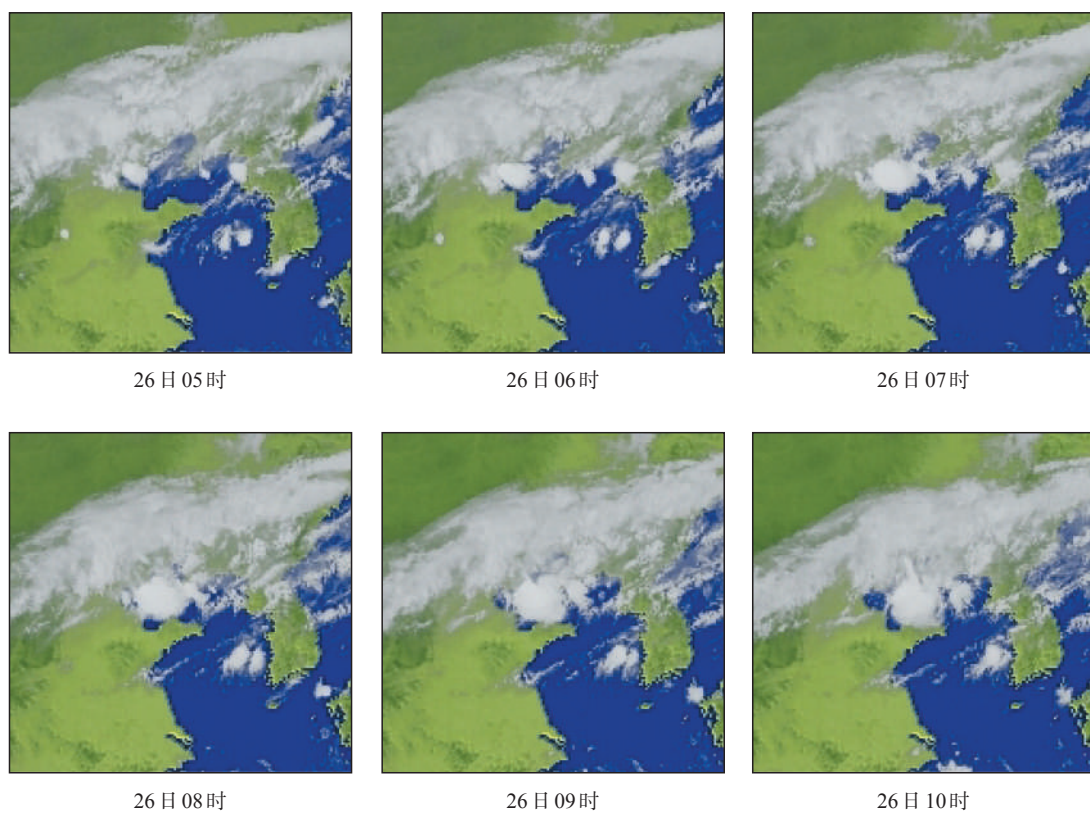


图7 2007年8月26日05时~26日10时卫星云图

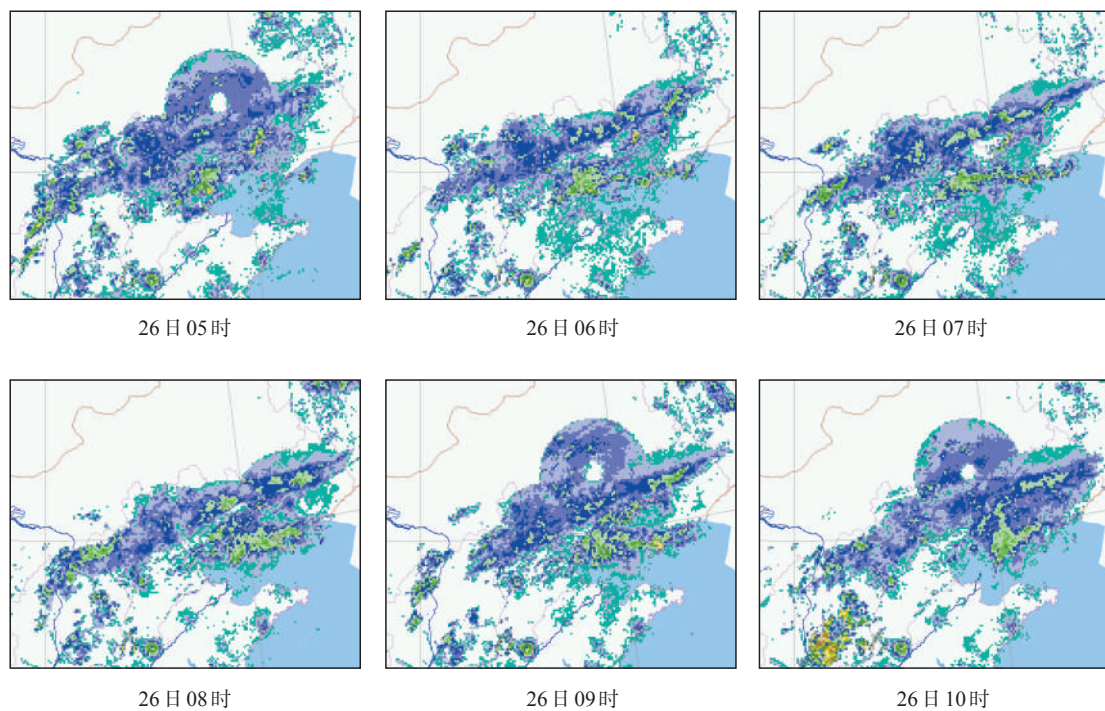


图8 2007年8月26日05时~26日10时雷达观测组合反射率

空输送,为强降雨积累充足的水汽,在水汽上升的同时不断向周围空气释放凝结潜热,促进对流更强烈的发展。同时还伴随有西北路的冷空气,更加强了雷暴天气的发生概率。26日凌晨,渤海中南部海区上空大气已经蓄积了大量的不稳定因素,到了05时雷暴天气爆发。

2.6 卫星云图及雷达回波图

25日14时卫星云图上,内蒙古中部地区上空有大片的锋面云系形成,呈东北—西南向,15时开始,由于暖气流的混合,锋面云系加强,逐步东移影响内蒙古东部、河北、东北等地区。26日04时的云图所示(见图7),在天津地区形成对流云团,05时发展并开始影响渤海中南部海区,06时的雷达回波图(见图8)也能清晰地看出渤海中南部海区的反射率最大,系统从06~09时开始覆盖整个渤海地区并达到最强,最大风力发生在对流云团之后,07~09时,渤海中南部海区最大风力达到9~10级。11时以后对流云系有所减弱,冷锋云系仍向东移动影响整个渤海。

3 小结

通过天气图、探空资料以及气象卫星、雷达拼图等资料的综合应用,可以较直观方便地对雷暴大风天气过程进行分析,此次雷暴天气过程之前渤海中南部地区蓄积了大量不稳定能量是此次雷暴天气过程的先期准备,同时充足的水汽供应、强烈的大气垂直运动及大气中的不稳定层结为此次雷暴天气过程提供了必要的条件,而西北路的冷空气激发了不稳定能量是此次雷暴天气过程的诱发因素:

(1) 此次大风过程是冷空气伴随有强对流不稳定系统所产生的,大风和降水的发生、强度和落区受高空西南暖湿气流和地面西北路冷空气南下的共同影响;

(2) 高空湿区配合为此次暴雨提供了充足的水汽资源,高空不断补充的冷空气配合低空副高

顶部西南暖湿气流,在地面形成冷锋。高低空配合,为这次天气过程的发展提供了有利的高、低空环流的条件;

(3) 大气层结不稳定为强降水提供了强烈的上升运动,空气的强烈不稳定加之充足的水汽配置是产生本次雷暴的根源;

(4) 大气的不稳定度的加强和低空逆温层受到冷空气的冲击而引起强对流天气的爆发,同时冷暖空气交汇使对流云团得以进一步发展加强;

(5) 强的冷暖气流交汇产生较大的变压梯度和气压梯度,有利于锋生加强,从而产生大风,并且冷高压的不断发展使得大风持续时间较长。

最后通过本此天气过程的综合分析可以看出,运用多途径分析方法对这种短时中小尺度强对流天气过程进行分析比起单用某一两种方法更可以得到全面准确的天气信息,从而更好地监视、总结和预报强对流天气的发生发展。

参考文献:

- [1] 冯桂力,王俊,牟容,刘冬霞.一次中尺度雷暴大风过程的闪电特征分析[J].气象,2010,(4):70-76.
- [2] 刘冬霞,鄯秀书,冯桂力.华北一次中尺度对流系统中的闪电活动特征及其与雷暴动力过程的关系研究[J].大气科学,2010,34(1):95-104.
- [3] 孙明辉.对流参数在雷暴预报中的分析和应用[C]//中国气象学会2007年年会天气预报预警和影响评估技术分会场论文集,2007:995-998.
- [4] 黄艳芳.2004年初春武汉机场临近的两次强雷暴天气过程分析[J].暴雨灾害,2007,26(1):73-76.
- [5] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,2000,411-425,441.
- [6] 丁一汇.高等天气学[M].北京:气象出版社,2005.