

The Weather Characteristics of Squall Line in Cold Vortex

Shanshan Yang¹, Hao Chen², Jing Chen¹, Juncai Han¹, Yanpin Zhang¹

¹Shijiazhuang Meteorological Bureau, Shijiazhuang Hebei

²Hebei Meteorological Bureau, Shijiazhuang Hebei

Email: 664717358@qq.com

Received: Mar. 3rd, 2019; accepted: Mar. 14th, 2019; published: Mar. 21st, 2019

Abstract

This paper uses the automatic station observation data, Doppler radar data and NCEP reanalysis data to analyze the process of the squall line occurring in Beijing on July 21, 2012 under the cold vortex situation in Northeast China. The squall line process caused a large range of thunderstorms and strong convective weather. The results show that under the cold vortex situation in Northeast China, the following characteristics are required for the formation of the squall line: 1) The 700 hPa and 800 hPa height fields before the squall line occurring have shear lines, and the bottom line has convergence lines. 2) There is a significant negative vertical wind shear at low altitude before the occurrence of the squall line, and there is an ascending motion at low altitude. 3) There is a significant convergence of water vapor flux before the occurrence of the squall line, and the water vapor flux convergence area is consistent with the area where the enthalpy line develops. 4) The analysis of the radar characteristics of the squall line shows that there is weather phenomenon such as precipitation in the corresponding area of the squall line.

Keywords

Cold Vortex, Squall Line, Weather, Analysis

一次冷涡飑线过程的天气特征分析

杨珊珊¹, 陈浩², 陈静¹, 韩军彩¹, 张艳品¹

¹石家庄市气象局, 河北 石家庄

²河北省气象局, 河北 石家庄

Email: 664717358@qq.com

收稿日期: 2019年3月3日; 录用日期: 2019年3月14日; 发布日期: 2019年3月21日

摘要

本文利用自动站观测资料、多普勒雷达资料以及NCEP再分析资料,分析了一次东北冷涡形势下的发生于2012年7月21日北京的飑线过程,此次飑线过程造成了范围较大的雷雨大风等强对流天气。结果表明:在东北冷涡形势下,飑线生成时需要具备以下特征:1) 飑线发生前700 hPa、800 hPa高度场均有切变线出现,底层有辐合线出现。2) 飑线发生前低空存在较显著的负的垂直风切变,低空存在上升运动。3) 在飑线发生之前存在较明显的水汽通量辐合,而且水汽通量辐合区域与飑线发生发展经过的区域一致。4) 对飑线的雷达特征分析表明:飑线的成熟时期,飑线对应地区出现降水等天气现象。

关键词

冷涡, 飑线, 天气, 分析

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

冷涡作为一种重要天气系统,容易造成强对流天气。冷涡常给我国北方地区带来一系列强对流天气,冷涡背景下容易形成飑线过程。飑线容易给经过的地区带来较为严重的天气灾害。飑线作为一种中尺度对流系统,飑线的空间尺度较小、一般飑线的生命时长较短,但是飑线所产生的大风等灾害性天气具有一定的突发性,且规律性较差,会给天气预报员带来监测和预报上的困难。

2006年4月28日在山东省发生了一次典型的飑线天气过程,杨晓霞等[1]对此次飑线过程进行了一系列的诊断分析,并对飑线的发展机制等利用湿位涡守恒理论进行了研究。2009年6月3~4日的飑线过程极为特殊,呈“人字形”,梁建宇等[2]对其进行了相关研究。张芳华等[3]也对此次飑线过程进行了分析,重点针对飑线的成因开展诊断分析,经研究发现对流层上层干冷空气侵入和低层暖湿气流强烈辐合是飑线天气的触发机制。2007年5月27日的飑线过程对伊犁产生了一系列影响,李晔等[4]对此次飑线过程进行了较为详细的分析。多普勒雷达方面,利用回波 Meng 等[5]对飑线过程的形成方式进行了划分:断续线型、后续线型、离散区线型以及嵌套区线型4种类型。白人海[6]对冷涡进行了非常深入的研究,研究表明冷涡的高层往往是很强的冷平流,使空气变得更冷更干;低层温压结构明显的不对称性,使冷涡后部是冷平流,前部是暖平流。在冷涡的前部就有利利于位势不稳定层结形成。

2. 冷涡与飑线的定义与识别

本文根据孙力等[7]对东北冷涡的定义来进行冷涡的识别:1) 在500 hPa高度场上闭合的等高线至少为1条,低压环流系统须配有冷中心或明显冷槽;2) 冷涡中心的经纬度范围如下:35°N~60°N,115°E~145°E范围内;3) 在上述经纬度范围的冷涡的生命史至少为三天。根据孙力等[7]对冷涡的定义,本文利用Micaps的500 hPa高度场资料,识别出2012年7月21~26日有东北冷涡出现。关于飑线的筛选标准有很多种,本文根据 Meng 等[5]对中国东部飑线的统计和台前飑线的统计分析选取的筛选标准:1) 一个连续的或准连续的40 dBz反射带长度至少100 km,生命时长至少3小时;2) 40 dBz区域具有线性或带有一个明显的共同前缘准线性的形状;3) 镶嵌有35 dBz带的40 dBz带是严格连续的。识别出2012年7月21日北

京地区出现明显的飊线过程。此次飊线过程从 21 日 03:00 时一直延续到 23:00 日。这次飊线过程京津冀地区出现的极端暴雨过程，造成了极为严重的人员伤亡和重大经济损失，本文对此次飊线过程进行研究分析，试图提炼东北冷涡形势下强对流天气的短时和临近预报着眼点，以期提高对东北冷涡形势下飊线及其造成的灾害性天气的预报能力。

3. 冷涡背景下飊线的环境特征

2012 年 7 月 21 日 00 时(UTC) 500 hPa 亚洲高纬地区(50N)为二槽一脊的形势，在 06 时，随着 500 hPa 高度场高空槽的不断加深，槽线由内蒙古南部延伸至山西省的南部，槽后西北风风速较大，在高空引导气流作用下，北部的干冷空气沿着西北-东南方向的路径东移南下不断的向河北和山西交界处扩散，此时，底层配备暖湿气团，在河北和山西的交界处典型的不稳定层结构建立成功。图 1(a)所示 2012 年 7 月 21 日 06 时(UTC)高空整层的系统是一种前倾结构，这种典型的前倾结构非常有利于加强大气垂直运动和促进对流的发展。700 hPa 风场可以看到，在山西西部一带形成明显气流辐合，850 hPa 风场将南方暖湿空气沿着切变线前较强的西南风与黄河以南偏南风的路径向北输送，水汽输送带形成，这种配置加强了不稳定层结的不稳定性，为强对流天气的发生发展提供了有利的环境条件。图 1(b)所示 2012 年 7 月 21 日 12 时(UTC)飊线对应地区 925 hPa 上低空急流的路径为河北东南部至河北西部地区，低空的辐合加强和促进垂直运动的发展，这种高低空配置间的相互作用能够促使对流形成。

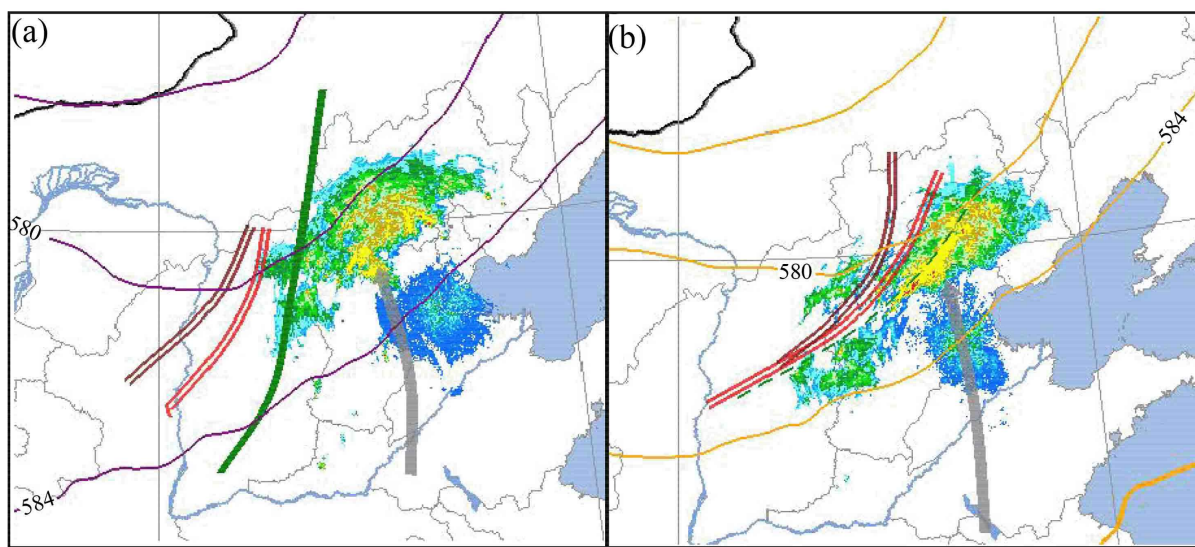


Figure 1. 500 hPa height field (unit: dagpm), high and low level mesoscale system configuration (Red double solid line is 850 hPa shear line, brown double solid line is 700 hPa shear line, green solid line is 500 hPa slot line, dotted line is 925 hPa convergence line, gray arrow is 925 hPa jet stream) and radar echo map (shadow part), unit: dBz)

图 1. 500 hPa 高度场(单位: dagpm)及高低层中尺度系统配置(红色双实线是 850 hPa 切变线，褐色双实线是 700 hPa 切变线，绿色实线是 500 hPa 槽线，虚线是 925 hPa 辐合线，灰色箭头是 925 hPa 急流)和雷达回波图(阴影部分，单位: dBz)

图 2 所示为此次飊线过程：在冷涡的东南部出现大片降水回波。图 2(a)在 00 时(UTC)大片降水回波中出现对流单体，图 2(b) 06:00 (UTC)降水回波内的对流单体个数增多，图 2(c) 12:00 (UTC)多个对流单体发展合并成线状，飊线发展成熟。图 2 所示伴随飊线的形成过程 925 hPa 有辐合线出现，飊线沿辐合线形成。925 hPa 上超低空急流从湖北一直伸到河北的中部，南方暖湿空气源源不断地向北输送。飊线成熟阶段对应地区水汽通量散度为负(图 2(c))，水汽供应充足，为飊线的发生提供了很好的水汽条件。

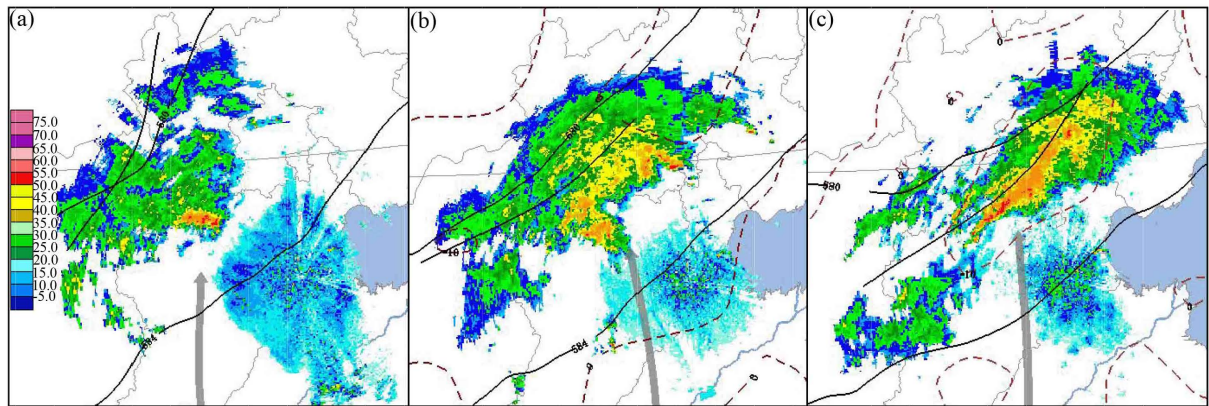


Figure 2. July 21, 2012 Radar reflectance (color shaded area, unit dBz), 500 hPa height field (black solid line) and water vapor flux divergence (dashed line) 925 hPa convergence line (single solid line), 925 hPa jet axis (grey arrow)
图 2. 2012 年 7 月 21 日雷达反射率(彩色阴影区, 单位 dBz)、500 hPa 高度场(黑实线)和水汽通量散度(虚线) 925 hPa 辐合线(单实线), 925 hPa 急流轴(灰箭头)

从图 3 中可以看到, 在 7 月 21 日 00 时(UTC)飊线发生前北京地区在 850 hPa 高度上已经形成了明显的辐合线, 而且飊线对应地区在 850 hPa 高度场上存在明显的负的垂直风切变, 说明上升运动明显, 极有利于降水的产生。

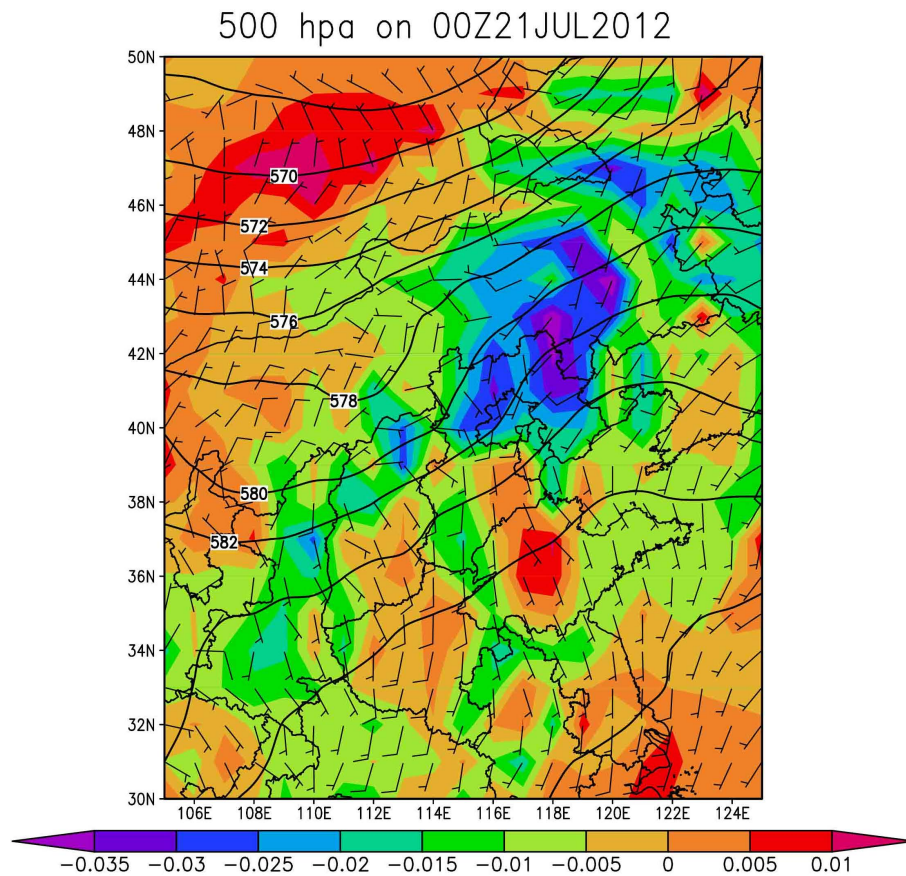
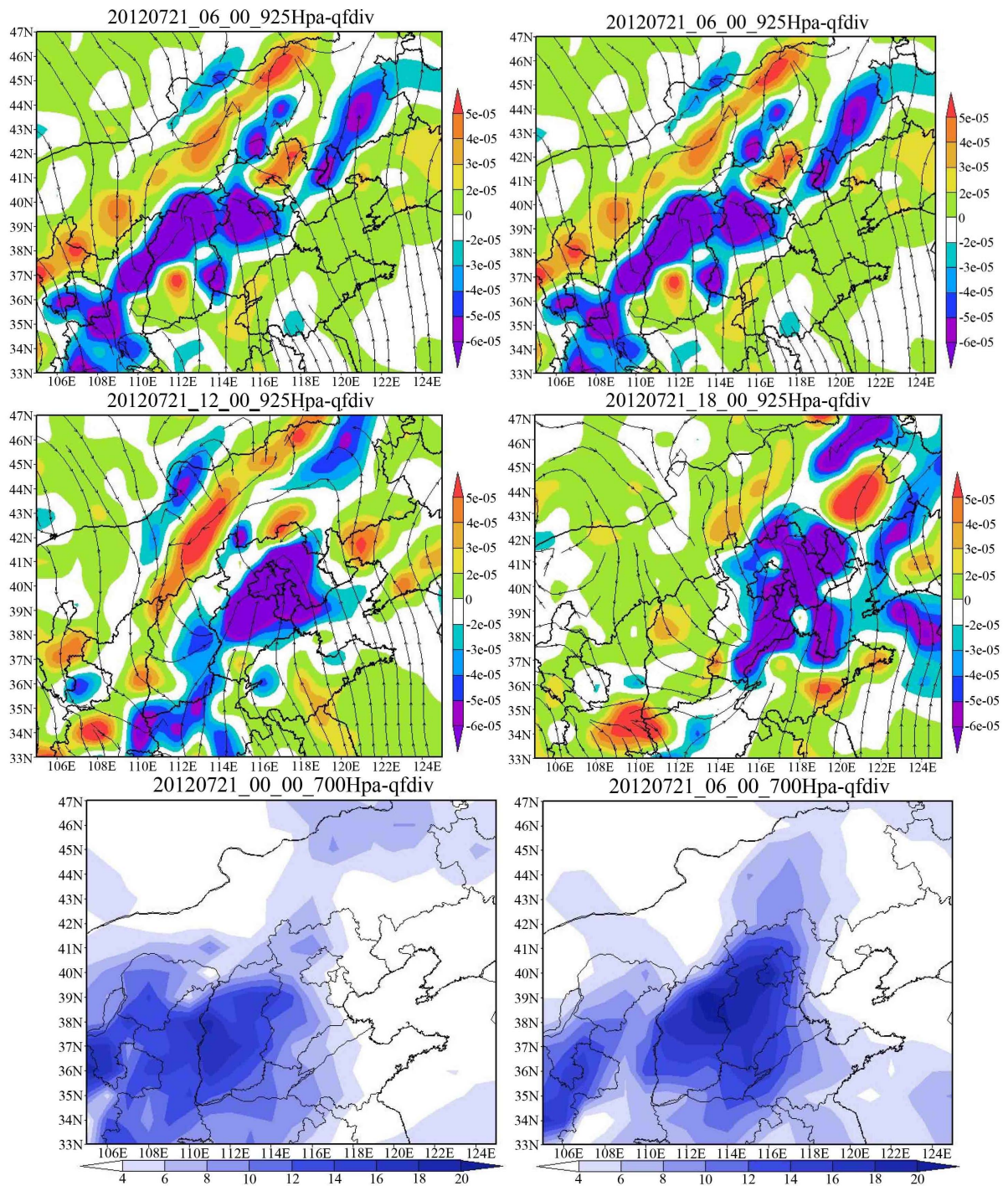


Figure 3. July 21, 2012 Radar reflectance (color shaded area, unit dBz), 500 hPa height field (black solid line) and water vapor flux divergence (dashed line) 925 hPa convergence line (single solid line), 925 hPa jet axis (grey arrow)
图 3. 2012 年 7 月 21 日 00 时(UTC) 500 hPa 高度场、风场和垂直风切变(阴影部分, 单位: $10^{-3} s^{-1}$)叠加图

此飊线过程于 03 时(UTC)开始出现, 12 (UTC)时达到成熟, 次日 00 (UTC)时逐渐消亡。根据 2012 年 7 月 21 日 0、6、12、18 时的 925 hPa 水汽通量散度图可以看出, 在飊线发生前有明显的水汽通量散度辐合, 而且水汽通量散度辐合和飊线的走向一致。

根据 2012 年 7 月 21 日 0、6、12、18 时的 700 hPa 水汽通量图 4 可以看出, 在飊线发生时有明显的水汽通量, 为飊线的发生提供了有利的水汽条件, 并且水汽通量的强度和飊线的强度发展一致, 水汽通量和飊线的走向也一致。



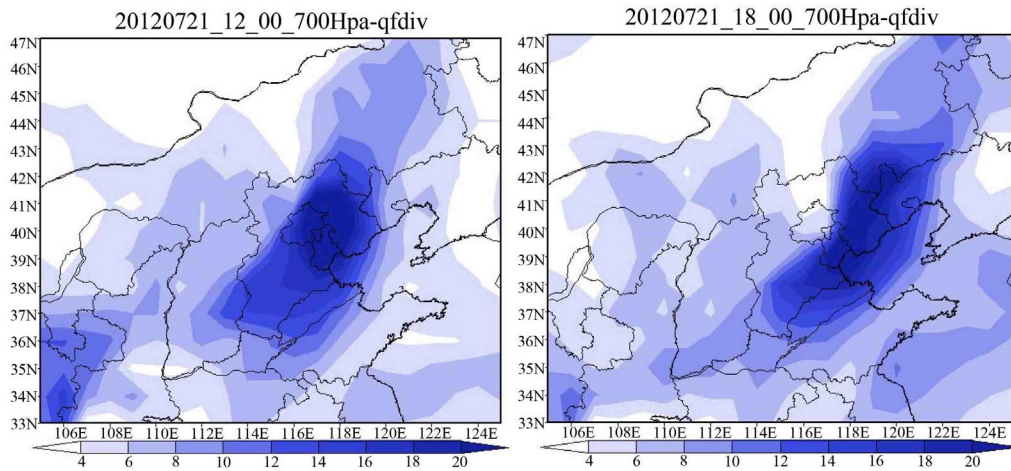


Figure 4. Water vapor flux divergence (color shaded area, unit: $10^{-5} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$) 925 hPa water vapor flux map (color shaded area, unit: $10^{-3} \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

图 4. 水汽通量散度(彩色阴影区, 单位: $10^{-5} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$) 925 hPa 水汽通量图(彩色阴影区, 单位: $10^{-3} \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

4. 飗线的雷达特征

从沧州站雷达的组合反射率图可以看出：初始阶段，图 5(a)：07:48 时(UTC)河北省西北部已被层积混合状回波所覆盖，大片回波中镶嵌有多个较强的对流单体，其中三块较强回波较为明显，反射率因子为 45~50 dBz，三者连线呈西南 - 东北走向。在回波移动过程中，部分强回波带中对流单体延伸合并。回波继续移动，图 5(c)~(d)：11~12 时(UTC)回波对流最终合并，飗线发展成熟，此时北京地区降水开始增大。飗线发展成熟过程中高空冷涡后部干冷空气和西南暖湿空气交汇，该地区出现持续的气流辐合，沿辐合线方向对流单体逐渐弥合成一条线，飗线的位置和 925 hPa 辐合线位置基本一致，组合反射率因子达到 50~55 dBz。减弱阶段，云体范围和强度逐渐减小，飗线逐渐减弱并消散。

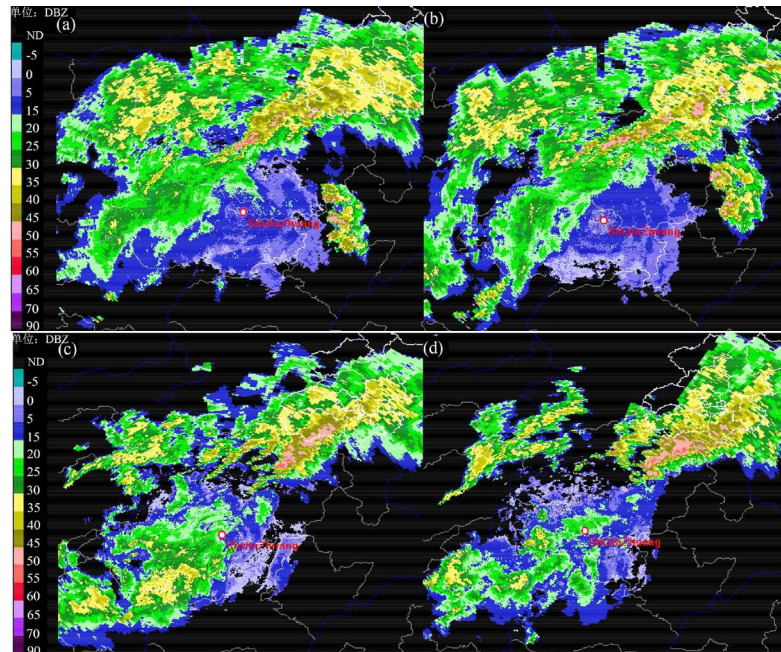


Figure 5. Radar combined reflectivity

图 5. 多普勒单站雷达组合反射率

可以根据垂直累积液态水含量(VIL)这一要素,通过反射率因子数据来体现液态水值,可以将其作为一个重要参量对对流风暴进行判断。分析本次过程中 VIL 的变化(图略)发现,其大值区的分布、变化趋势以及强中心位置与反射率因子表现特征基本一致。

5. 总结

在东北冷涡形势下,飏线形成时具备以下几个特征:

1) 飏线发生前在 700 hPa 高空风场、800 hPa 高空风场均存在明显的切变线,925 hPa 存在辐合线,为强对流的发生提供了有利的环境因素。700 hPa、850 hPa 切变线位置较 500 hPa 槽线落后,系统呈现前倾结构,这种典型的前倾结构非常有利于加强大气垂直运动和促进对流的发展,飏线发生前在 850 hPa 高度场上存在明显的负的垂直风切变,说明上升运动明显。

2) 在飏线发生前有明显的水汽通量辐合,而且水汽通量辐合和飏线的走向一致。

3) 在飏线发生时有明显的水汽通量,为飏线的发生提供了有利的水汽条件,并且水汽通量的强度和飏线的强度发展一致,水汽通量和飏线的走向也一致。充足的水汽条件为飏线的产生提供了有利条件。

4) 对飏线的雷达特征分析表明:飏线的成熟时期,飏线对应地区出现降水等天气现象。

基金项目

石家庄科技计划项目 181240343A。

参考文献

- [1] 杨晓霞,李春虎,杨成芳,等.山东省 2006 年 4 月 28 日飏线天气过程分析[J].气象,2007,33{1}:74-80.
- [2] 梁建宇,孙建华.2009 年 6 月一次飏线过程灾害性大风的形成机制[J].大气科学,2012,36(2):316-336.
- [3] 张芳华,张涛,周庆亮,等.2004 年 7 月 12 日上海飏线天气过程分析[J].气象,2005,31(5):47-51.
- [4] 李晔,沈晓辉.一次强飏线过程的新一代天气雷达资料分析和邻近预报[J].干旱气象,2007,25(4):46-50.
- [5] Meng, Z., Yan, D. and Zhang Y. (2013) General Features of Squall Lines in East China. *Monthly Weather Review*, **141**, 1629-1647. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-12-00208.1>
- [6] 白人海,谢安.东北冷涡过程中的飏线分析[J].气象,1998,24(4):37-40.
- [7] 孙力,郑秀雅,王琪.东北冷涡的时空分布特征及其与东亚大型环流系统之间的关系[J].应用气象学报,1994,5(3):297-303.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入,输入文章标题,即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ccrl@hanspub.org