

Environmental Field Analysis before the Occurrence of the Squall Line Process in the Cold Vortex Background

Shanshan Yang¹, Hao Chen², Mengyu Shen¹, Sheng Ran¹

¹Shijiazhuang Meteorological Bureau, Shijiazhuang Hebei

²Hebei Meteorological Bureau, Shijiazhuang Hebei

Email: 664717358@qq.com

Received: Jun. 22nd, 2019; accepted: Jul. 1st, 2019; published: Jul. 8th, 2019

Abstract

In this paper, the NCEP reanalysis data is used to compare and analyze the squall line and the no squall line in the cold vortex background, and the following conclusions are drawn: 1) The configuration of the cold vortex system with the occurrence of the squall line is conducive to convective weather. 2) The water vapor conditions of each layer 6 h before the occurrence of the squall line are better. 3) 6 hours before the occurrence of the squall line, the air flow in the corresponding area rotates in the middle and lower layers, and the anti-cyclonic rotation in the upper layer and the high-level divergence in the lower layer are very favorable for the formation of strong convection. The corresponding area of the occurrence of the no squall line is the low-level divergent high-level convergence, which is not conducive to convection.

Keywords

Cold Vortex, Squall Line, Contrast

冷涡背景下飑线过程发生前环境场分析

杨珊珊¹, 陈浩², 沈梦宇¹, 冉升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6月22日; 录用日期: 2019年7月1日; 发布日期: 2019年7月8日

摘要

本文利用NCEP再分析资料,对冷涡背景下有飑线和无飑线进行对比分析,得出以下结论:1)有飑线发生的冷涡各层系统的配置有利于引发对流天气。2)飑线发生前6 h各层的水汽条件比较好。3)飑线发生前6 h,对应地区上空气流在中低层气旋性旋转,在高层反气旋性旋转,低层辐合高层辐散,这种配置非常利于强对流的形成。无飑线发生日对应地区则为低层辐散高层辐合,不利于对流发生。

关键词

冷涡, 飑线, 对比

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

白人海[1]利用常规高空、地面观测资料等,对冷涡过程中的飑线从天气学尺度等进行了分析,研究指出天气尺度条件包括层结不稳定等。杨国祥等[2]对高空冷涡飑线群进行了中尺度分析。郑媛媛[3]对冷涡背景下飑线个例进行了分析,指出飑线生成时850 hPa、925 hPa和地面有辐合线或干线存在。

本章对冷涡背景下发生的飑线过程的个例进行了详细分析,并和无飑线的情况进行了以下几个方面的对比分析:首先是大尺度环流特征,有飑线发生的冷涡各层系统的配置有利于引发对流天气,其次是水汽条件,有飑线发生的水汽条件明显较好,在动力方面也进行了对比分析,从而得出冷涡背景下飑线过程的特征,为此类预报提供一定的理论依据。

2. 资料和方法

本章所选用的资料是FNL资料,在冷涡背景下选取有飑线发生的个例和无飑线发生的个例进行对比分析。分析两者的天气尺度环流特征,水汽条件,热力条件,动力条件,对流参数等,从而得出冷涡背景下飑线发生前的特征。

3. 冷涡背景下有无飑线发生的环境条件对比分析

3.1. 天气尺度环流特征

图1左为冷涡背景下飑线发生前6 h的流场图,图1右为冷涡背景下没有飑线发生的流场图。

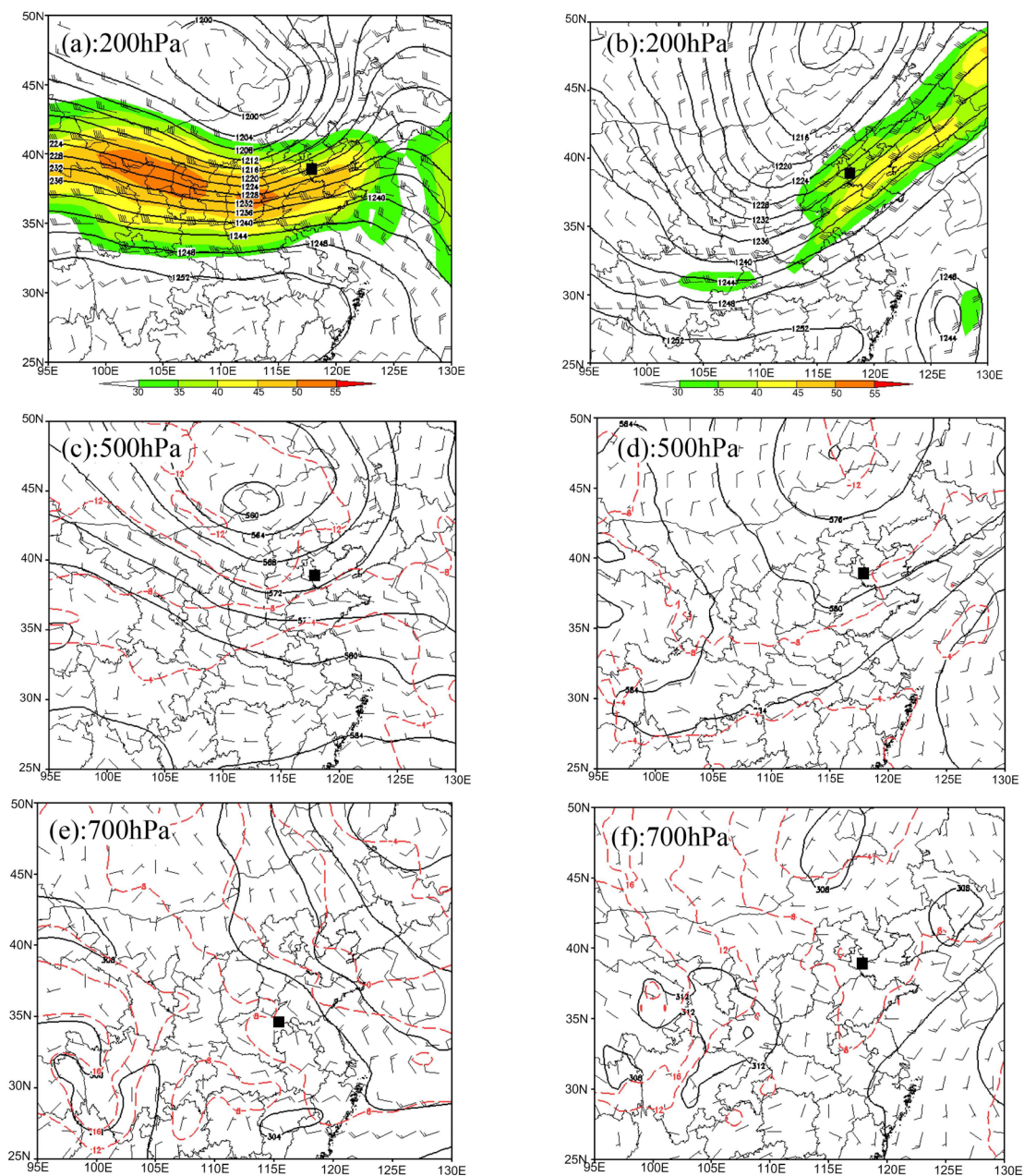
如图1(a)和图1(b)分别为有飑线发生和无飑线发生时200 hPa高空形势场图,从图1(a)中可以看出飑线发生前6 h有大范围的高空西风急流横跨我国北方大部分地区,急流轴位于40°N左右,飑线发生对应地区急流速度很大,达45 m/s,然而从图1(b)无飑线发生日图中就可以看出没有大范围的风急流横跨我国北方地区,只是在京津冀到东北地区存在小范围的西南急流,而且强度比发生飑线前的明显弱。

图1(c)和图1(d)分别为有飑线和无飑线发生时500 hPa高空形势场图,从图1(c)和图1(d)中可以看出有飑线发生均有较为明显的冷涡存在,图1(c)所示飑线发生前6 h对应地区位于冷涡东南部的西风气流中,图1(d)所示无飑线发生日对应地区也位于西风气流中风速明显比有飑线发生前对应地区的风速小,

而且无飊线发生日等高线和有飊线发生的相比，后者比前者密集。

图 1(e)和图 1(f)分别是有飊线前 6 h 和没有飊线发生时 700 hPa 形势场图，从图 1(e)中能够看出飊线发生前 6 h 对应地区的南部有明显的切变线存在，西北风和东南风交汇，将蒙古冷空气和海上暖湿空气源源不断的汇集于此。有利于对流系统的发生。从图 1(f)中则可以可以看出无飊线发生日没有切变线的存在。

图 1(g)和图 1(h)分别为有飊线和无飊线发生时 925 hPa 形势场图，从图 1(g)可以看出飊线发生前 6 h 对应地区的西北部有切变线存在，飊线发生前对应地区位于偏南气流中，从南海到东北地区为一致的偏南风，有利于将南方暖湿空气一直输送到北方。配合上近地面的温度场，发现飊线发生 6 h 前近地面的温度大约是 20℃~24℃，当地面辐射增温后使得低层的暖湿空气上升，并配合有高层的强冷空气，容易造成层结不稳定，容易激发对流性天气。



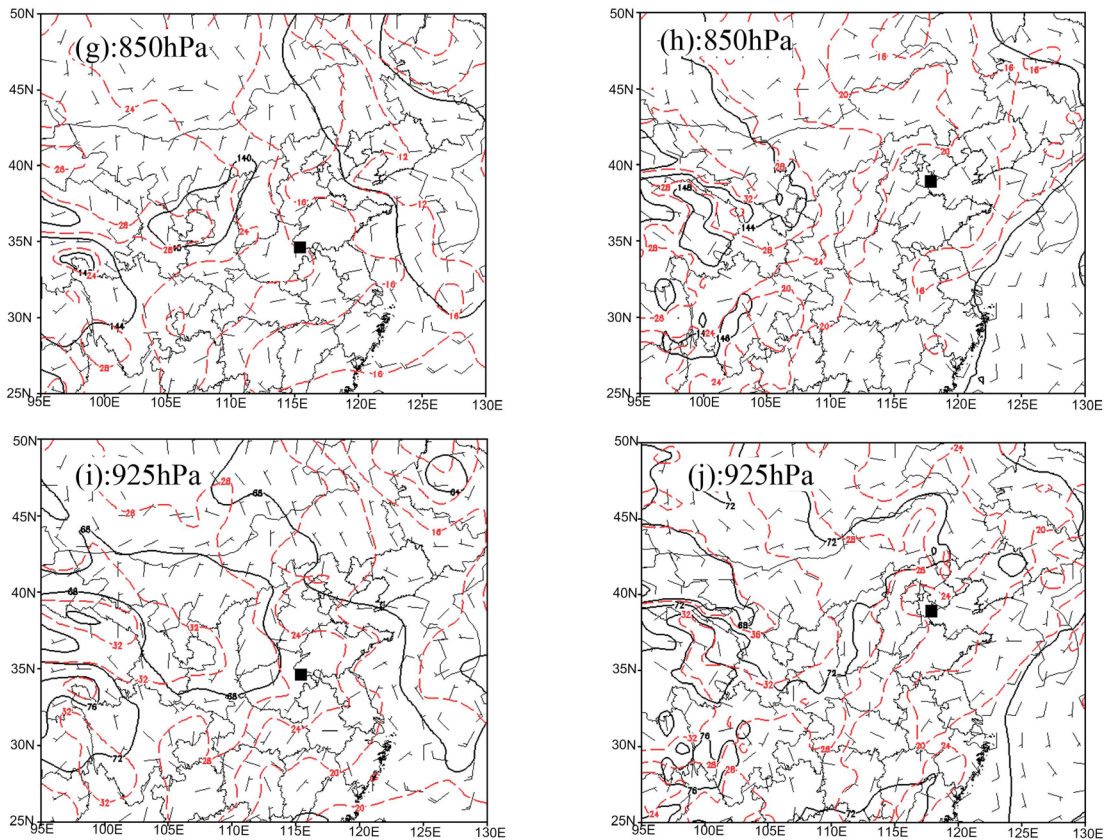


Figure 1. A composite view of the 6 h before the occurrence of the squall line in the cold vortex background, and the right picture is the composite diagram of the occurrence of the crepe line in the cold vortex background (black solid line, unit: gpm, rapid flow (shaded part, unit: m/s) and wind field (wind direction rod) temperature (red dotted line, unit: °C) black solid area represents the position of the squall line)

图 1. 左图是冷涡背景下飑线发生前 6 h 合成图，右图是冷涡背景下无飑线发生的合成图(黑色实线，单位：gpm、急流(阴影部分，单位：m/s)和风向杆(风向杆)温度(红色虚线，单位：°C)黑色实心区代表飑线的位置)

综上所述，有飑线发生的冷涡各层系统的配置有利于引发对流天气。低层由南向北的偏南风将洋面的暖湿气流源源不断的输送向我国大陆地区，高空西风急流将干冷空气输送到我国北方地区，上干下湿提供了层结不稳定条件。低层有切变线存在，易触发飑线的形成。

3.2. 水汽条件

图 2 是有飑线发生和无飑线发生两种情况下各层温度露点差、水汽通量和水汽通量散度场，分析两种情况的异同处以此来了解飑线发生前的水汽状况。

图 2(a)和图 2(b)为 500 hPa 图，图 2(a)中可以看出飑线发生前对应地区和对应地区的西北部有大量水汽通量，水汽通量散度为负，大量水汽积聚于此，图 2(b)可以看出而无飑线发生日对应地区水汽通量很小，温度露点差很大，水汽饱和度小，湿度较小。

从图 2(c)可以看出飑线发生前 6 h 对应地区有两条明显的水汽输送带，一条是西伯利亚冷空气经蒙古高原输送至我国北方大陆，一条是东海黄海的水汽自南向北输送至飑线对应地区，两路水汽在飑线发生处聚合，在飑线发生对应地区水汽通量散度为负，水汽辐合，水汽聚集于此，对应地区水汽充沛。而从图 2(d)中可以看出无飑线发生日对应地区的水汽通量很小，水汽通量散度为正，温度露点差较小，表明对应地区水汽条件很弱。

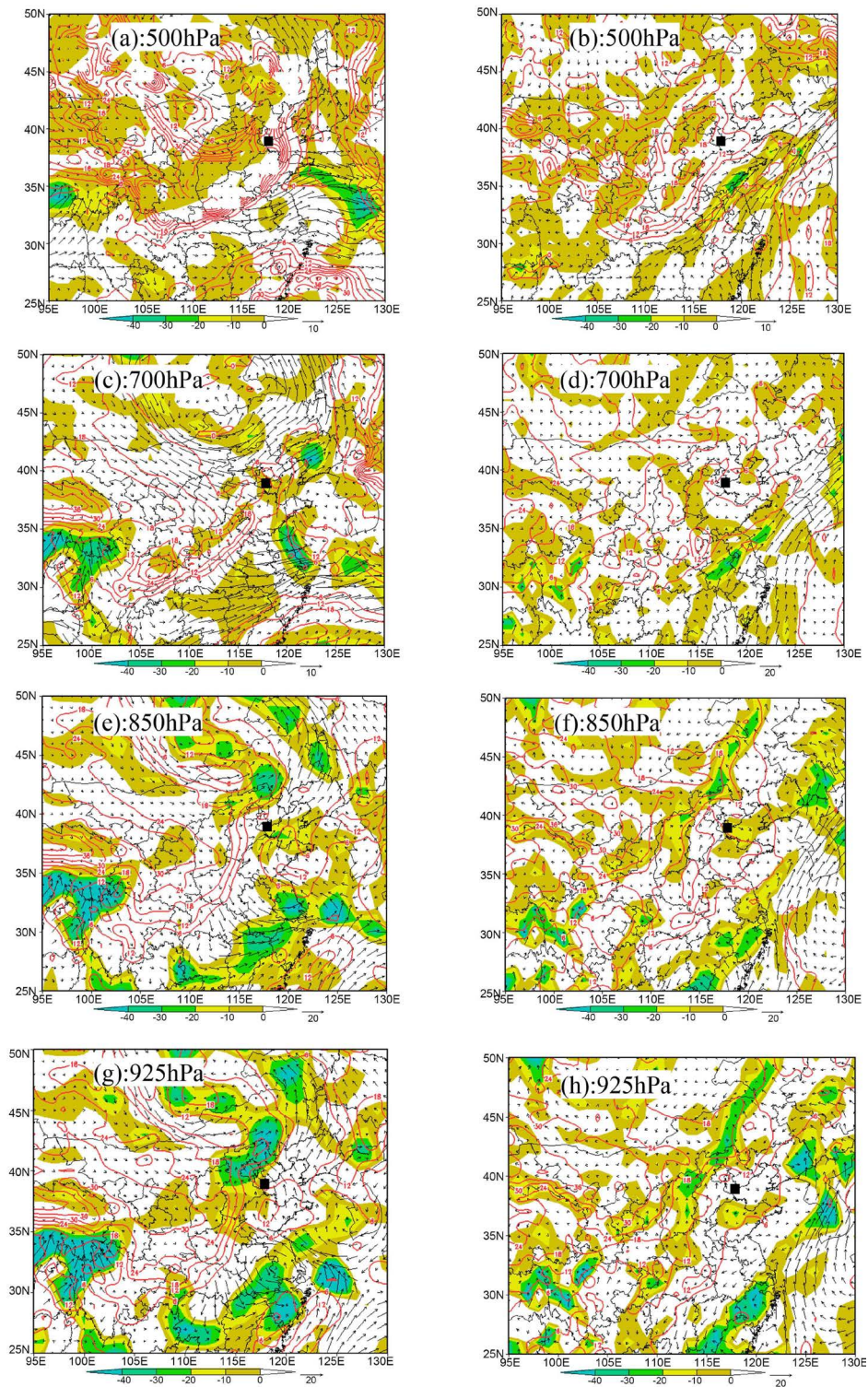


Figure 2. The composite view of the 6 h before the occurrence of the squall line in the background of the cold vortex, and the right is the composite diagram of the occurrence of the squall line in the cold vortex background (Water vapor flux (arrow; g/hPa/cm/s), temperature dew point difference (red solid line; °C) and water vapor flux divergence (shaded portion; 10^{-6} g/hPa/cm²/s), black solid The dot represents the position of the squall line)

图 2. 图左为冷涡背景下飑线发生前 6 h 合成图, 图右为冷涡背景下无飑线发生的合成图(水汽通量(箭头; g/hPa/cm/s)、温度露点差(红色实线; °C)和水汽通量散度(阴影部分; 10^{-6} g/hPa/cm²/s)、黑色实心点代表飑线的位置)

图 2(e)、图 2(f)为 850 hPa 图, 图 2(g)和图 2(h)为 925 hPa 图, 从图 2(e)和图 2(g)可以看出这两个层次上均显示飊线发生前 6 h 对应地区为水汽通量大值区, 一路水汽从孟加拉湾南海地区而来的水汽和从西太平洋洋面而来的水汽回合再经山东半岛输送到京津冀至东北地区, 另一路水汽从西伯利亚经蒙古高原输送至河北北部地区, 飊线发生对应地区及其东南部均有明显的水汽辐合, 大量的水汽聚集提供了良好的水汽条件。而从图 2(f)中可以看出无飊线日对应地区水汽通量比 700 hPa 水汽通量大, 远小于有飊线发生日, 850 hPa 飊线对应地区及其东南部有较弱的水汽辐合。从图 2(h)中可以看出其情况和 850 hPa 情况是相似的。

综上所述, 飊线发生前 6 h 各层的水汽条件比较好, 两路水汽分别为西伯利亚冷空气经蒙古高原输送至我国北方大陆和从孟加拉湾南海地区而来的水汽和从西太平洋洋面而来的水汽回合再经山东半岛输送至飊线对应地区, 飊线对应地区有很强的水汽输送, 配合上水汽的辐合, 为对流的发生创造了有利条件, 当低层潮湿暖空气和高层干冷空气汇集, 有利于中尺度对流系统的发生。

3.3. 热动力条件

如图 3 为有飊线发生和无飊线发生的假相当位温剖面图(沿 118°E 和 40°N), 从图 3(a)中可以看出为飊线发生前 6 h 对应地区(40°N 附近)800 hPa 以下为 340 K 高位温区, 700 hPa~300 hPa 为 330 K, 飊线对应地区中低层有不稳定层结存在, 300 hPa 以上位温逐渐升高, 是稳定层结。图 3(c)为飊线(118°E 附近)发生前 6 h 假相当位温剖面图, 从图中可以看出中低层以下是高位温区, 从 700 hPa 至中层的位温由 350 K 逐渐降为 330 K, 中层以下存在不稳定层结, 高空同样是稳定层结。图 3(b)和图 3(d)为无飊线发生日 06 时的假相当位温剖面图(沿 118°E 和 40°N)无飊线日对应地区和飊线发生前对应地区情况基本一致, 低层以下是高位温区, 中高层位温逐渐降低, 中层以下是不稳定层结, 高空稳定层结。

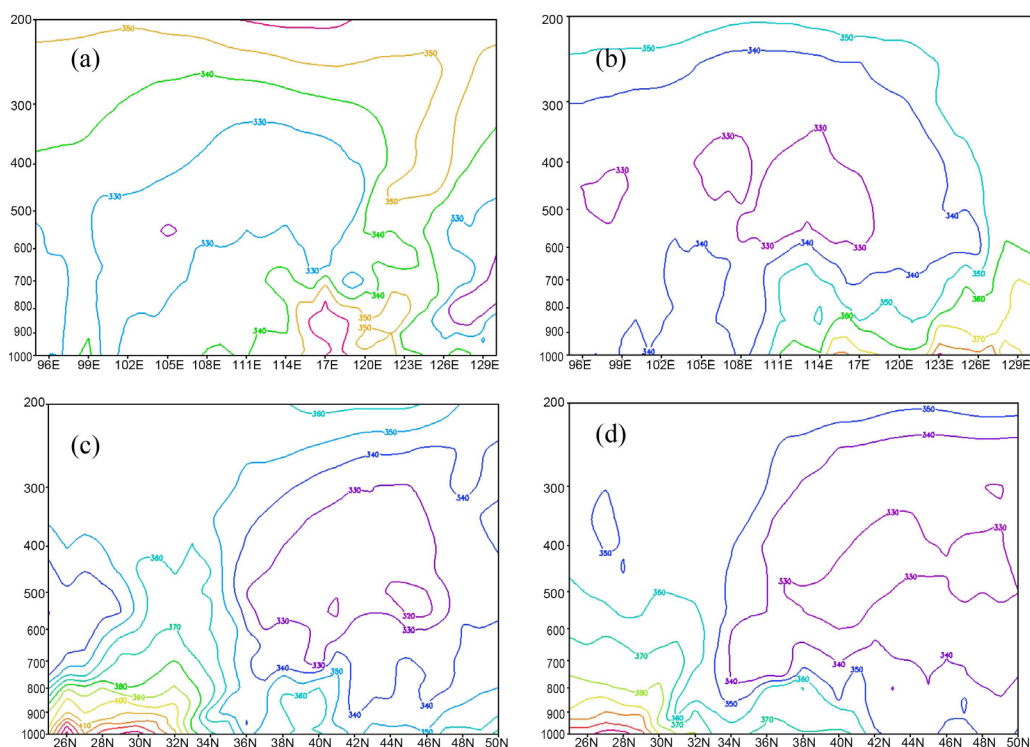


Figure 3. False equivalent temperature profile

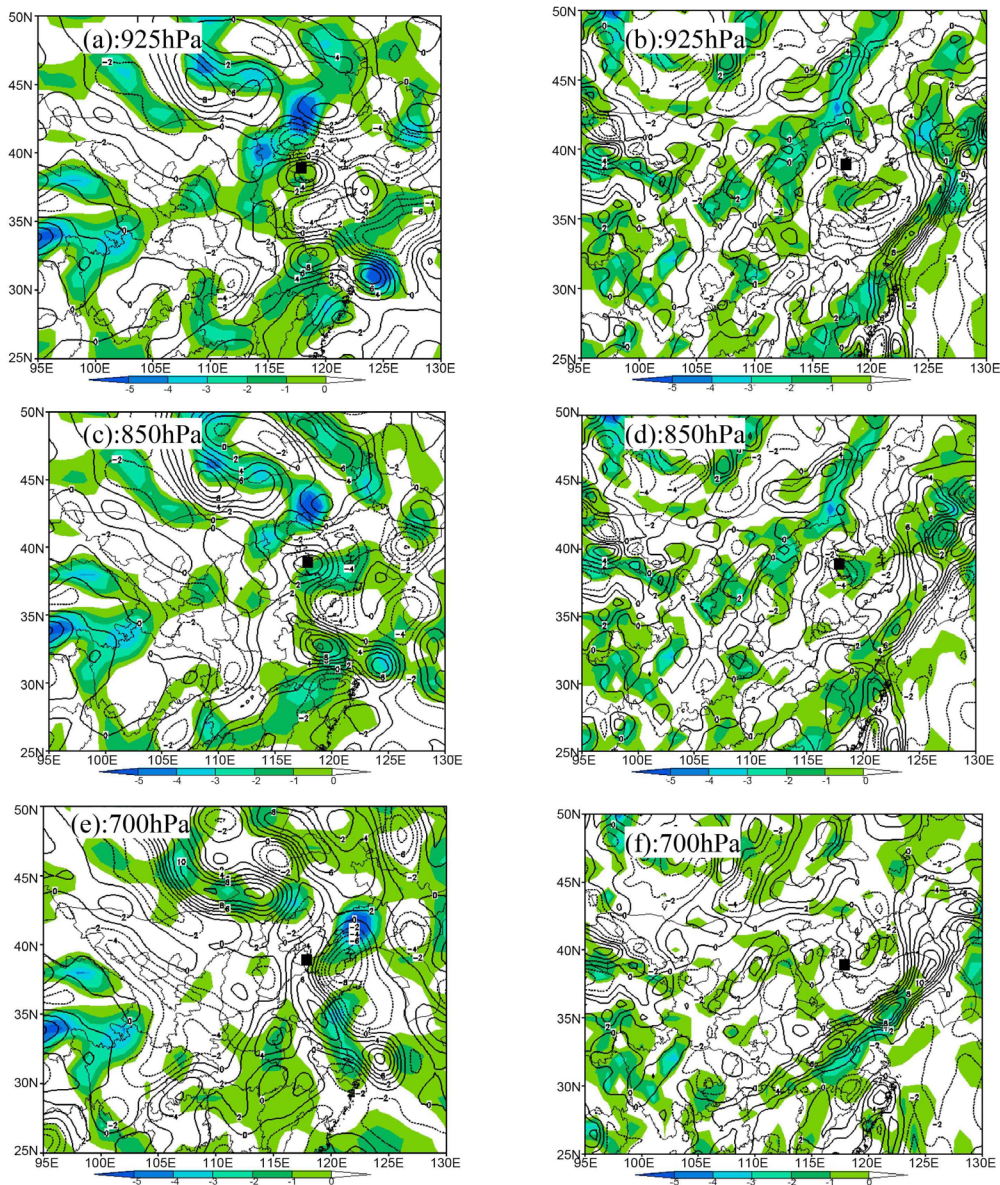
图 3. 假相当位温剖面图

综上所述，在飊线发生前中低层有不稳定层结存在，高层为稳定层结。

图 4 是各层散度和涡度的合成图，从图 4(a) (925 hPa)图上可以看出飊线发生前 6 h 对应地区为涡度正值区，配合上散度场，飊线对应地区及其西部为大范围的散度负值区，最大负值中心位于飊线发生地区的正北方，飊线发生前 6 h 对应地区有辐合上升运动，图 4(b)为无飊线发生日 06 时的涡度散度合成图，从图中可以看到(40°N 118°E)涡度为负值区，配合上散度场，对应地区为散度正值区，有辐散下沉运动。

图 4(c)和图 4(d)为 850 hPa 图，从图 4(c)中可以看出，在飊线发生前 6 h 对应地区和东南部为涡度正值和散度负值区，有辐合，从图 4(d)中可以看出无飊线发生日对应地区(40°N 118°E)为涡度负值和散度正值区，有辐散。

图 4(e)和图 4(f)为 700 hPa 涡度散度合成图，从图 4(e)中能够看出飊线发生前 6 h 对应地区为散度正值区，表明对应地区有辐散。从图 4(f)中可以看出无飊线发生日对应地区和北部地区为涡度正值和散度负值区，说明有辐合，和有飊线发生情况相反。



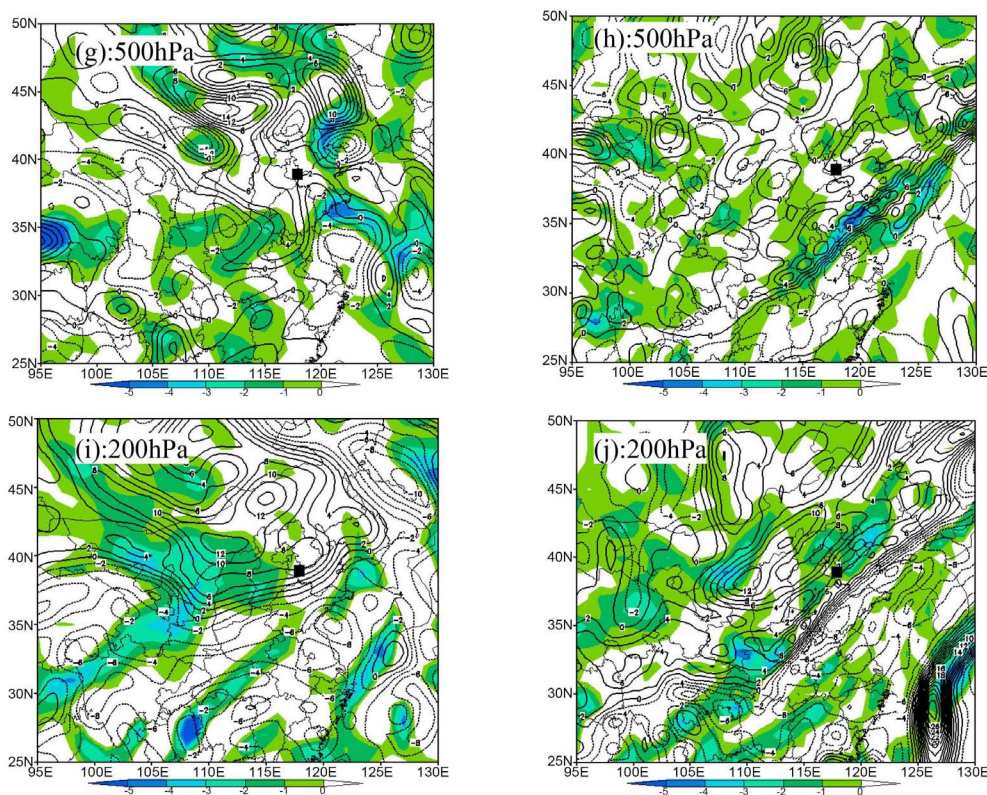


Figure 4. A composite view of the 6 h before the occurrence of the squall line process in the cold vortex background, and the right picture is a composite diagram of the occurrence of no short-term heavy precipitation in the cold vortex background (Vorticity (black solid line: 10^{-5} s^{-1}) and divergence (filling area: 10^{-5} s^{-1}) black solid point line position)

图 4. 左图为冷涡背景下飊线过程发生前 6 h 的合成图, 右图为冷涡背景下无短时强降水发生的合成图(涡度(黑色实线: 10^{-5} s^{-1})和散度(填色区: 10^{-5} s^{-1})黑色实心点飊线位置)

图 4(g)和图 4(h)为 500 hPa 图, 图 4(g)显示飊线发生前对应地区为涡度正值区, 飊线发生对应地区东北部有散度负值区。而无飊线发生日(图 4(h))对应地区和北部有涡度正值, 对应地区北部有散度负值区。

图 4(i)和图 4(j)为 200 hPa 涡度散度合成图, 可以看出飊线发生前 6 h 对应地区涡度为正值。而无飊线发生日对应地区涡度为正值, 散度为明显负值, 说明有辐合。

综上, 飊线发生前 6 h, 对应地区上空气流在中低层气旋性旋转, 在高层反气旋性旋转, 低层辐合高层辐散, 这种配置非常利于强对流的形成。无飊线发生日对应地区则为低层辐散高层辐合, 不利于对流发生。

4. 结论

1) 有飊线发生的冷涡各层系统的配置有利于引发对流天气。低层由南向北的偏南风将洋面的暖湿气流源源不断的输送向我国大陆地区, 高空西风急流将干冷空气输送到我国北方地区, 上干下湿提供了层结不稳定条件。低层有切变线存在, 易触发飊线的形成。

2) 飊线发生前 6 h 各层的水汽条件比较好, 两路水汽分别为西伯利亚冷空气经蒙古高原输送至我国北方大陆和从孟加拉湾南海地区而来的水汽和从西太平洋洋面而来的水汽回合再经山东半岛输送至飊线对应地区, 飊线对应地区有很强水汽输送, 配合上水汽的辐合, 为对流的发生创造了有利条件, 当低层潮湿暖空气和高层干冷空气汇集, 有利于中尺度对流系统的发生。

3) 飊线发生前 6 h, 对应地区上空气流在中低层气旋性旋转, 在高层反气旋性旋转, 低层辐合高层

辐散, 这种配置非常利于强对流的形成。无爬线发生日对应地区则为低层辐散高层辐合, 不利于对流发生。

基金项目

石家庄科技计划项目 181240343A。

参考文献

- [1] 白人海, 谢安. 东北冷涡过程中的爬线分析[J]. 气象, 1998, 24(4): 37-40.
- [2] 杨国祥, 舒慈勋. 高空冷涡爬线群的中尺度分析[J]. 气象科学, 1984(1): 12-19.
- [3] 郑媛媛, 张晨, 朱红芳, 等. 东北冷涡对江淮爬线生成的影响研究[J]. 高原气象, 2014, 33(1): 261-269.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/> 顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ccrl@hanspub.org