

Analysis of a Local Severe Convection Weather in Langfang, Hebei

Yanjie Liu, Na Li

Langfang Meteorological Bureau, Langfang Hebei
Email: lyj0920qzh@126.com

Received: May 8th, 2020; accepted: May 22nd, 2020; published: May 29th, 2020

Abstract

A local short-time heavy rainfall and strong wind convection weather in northern Langfang in 2017 were analyzed in this paper by using conventional observation data, ground encryption automatic station data and radar data respectively. The results showed that: this weather process occurred under the condition of northwest airflow at the rear of the high-altitude trough. The conditions of water vapor and dynamics are conducive to the occurrence and development of strong convection weather, but the exact location and time of the occurrence of strong convection are still difficult to predict. Before the occurrence of strong convection weather, the ground convergence line triggered the new convection to propagate to the southeast and strengthened. Strong echoes and large VIL values foreshadow the occurrence of short-term heavy precipitation. The region of large radial velocity indicates the occurrence of short-term strong winds. STI better predicts the direction of strong echo movement, and the early warning amount is about 30 mins.

Keywords

Local Convection Weather, Radar Echo, Characteristics

河北廊坊一次局地强对流天气过程分析

刘艳杰, 李娜

廊坊市气象局, 河北 廊坊
Email: lyj0920qzh@126.com

收稿日期: 2020年5月8日; 录用日期: 2020年5月22日; 发布日期: 2020年5月29日

摘要

利用常规观测、加密自动站及雷达观测资料, 分析2017年廊坊北部一次局地短时强降水和短时大风强对

流天气过程成因。结果表明:本次天气过程是发生在高空槽后部西北气流形势下,水汽条件和动力条件均有利于强对流天气的发生和发展,但强对流出现的具体地点和时间仍为预报难点。强对流天气发生前地面辐合线触发新对流向东南传播并加强,强回波和较大VIL值预示短时强降水的出现,径向速度大值区预示着短时大风的出现,雷达STI产品较好预报了强回波移动方向,预警提前量约为30 mins左右。

关键词

局地强对流天气, 雷达回波, 特征

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

强对流天气一般具有突发性、局地性、强破坏性等特点,一旦发生,往往会对农业生产和人们生活造成严重的损失。在日常的预报业务工作中,很难对强对流天气做出准确的预报,尤其是冷涡或槽后部西北气流形势场背景下出现的强对流天气。气象学者针对强对流天气做了大量的研究[1][2][3][4]。李江波[5]给出了华北冷涡连续降雹的分布特征、形成原因、云图特征、雷达回波特征、天气概念模型和预报着眼点。应爽等[6]认为东北冷涡系统不同演变阶段的对应不同类型和不同尺度的中尺度对流系统,产生不同种类强对流天气。梁钰等[7]认为地面中尺度辐合线的存在是强对流天气的主要触发机制,动力因子的差异造成了不同类型的强对流天气,水汽因子的差异决定了雷雨能否发生。另外一些学者从直接引发强对流天气的中小尺度系统着手分析,王珏等[8][9][10]从强对流天气中尺度系统的分类、中小尺度系统演变特征和边界层气象要素变化特征等方面进行了研究。

廊坊位于京津冀腹地,近年来强对流天气频发,由于其人口密度大,经济聚集度高,因强对流天气造成的灾害损失巨大。本文对2017年8月一次出现在廊坊北部的局地极端短时强降水和雷暴大风天气进行成因分析,以期探讨其可预报性。

2. 强对流天气实况与预报情况

2017年8月16日午后廊坊北部出现一次极端短时强降水和大风天气过程,此次过程具有局地性、持续时间短、强度大等特征,16日14时至20时大厂县总降水量63.8 mm,相邻县市三河和香河仅为4.0 mm和13.3 mm,其中15时至16时大厂1小时雨量达61.5 mm,且在15:10观测到极大风速为21.4 m/s(9级)。8月15日16时预报廊坊大厂为雷阵雨天气,本次局地暴雨和瞬时大风是漏报的。

3. 天气尺度背景分析

3.1. 环流背景

2017年8月16日08时500 hPa形势场中河北东北部至内蒙东部为一低槽控制,廊坊位于低槽后部的西北气流里,西北风风速为14 m/s(图1(a)),随后该低槽东南移动,20时槽移至渤海附近,槽后冷空气补充南下,受其影响午后廊坊北部地区产生强对流天气。8月16日08时地面河套西部、日本海附近均为低压控制,廊坊位于中间的弱低压带内(图1(b)),20时河套西侧低压东移发展,廊坊位于低压前部。从高低层环流形势分析,高空槽后冷空气南下,配合地面低压,有利于强对流天气的发生发展。

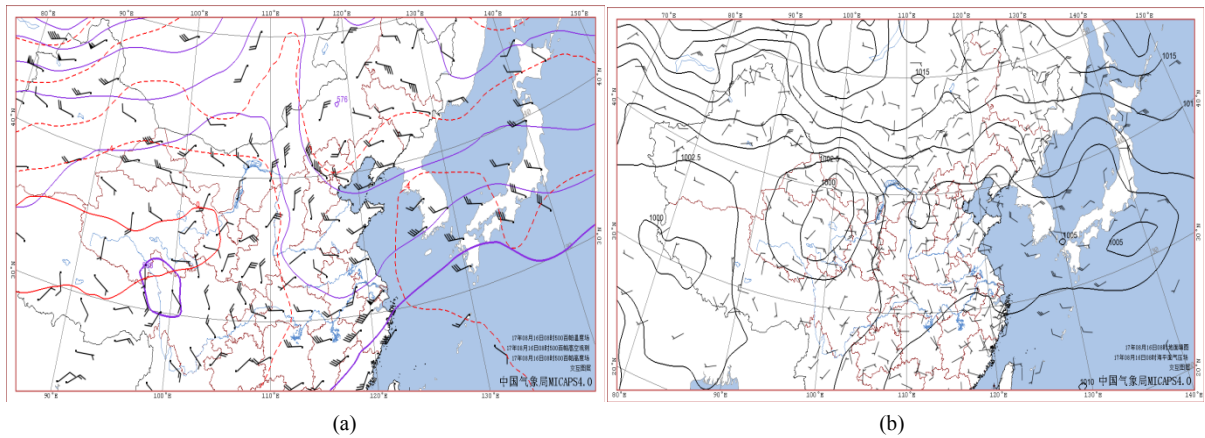


Figure 1. (a) 500 hPa circulation and (b) surface circulation at 08:00 BST on 16 August 2017
 图 1. 2017 年 8 月 16 日 08 时环流形势场(a) 500 hPa (b)地面

3.2. 探空观测

分析 2017 年 8 月 16 日 08 时北京探空资料, 发现大气湿层厚度较大, 850 hPa 以下均为显著湿层, 但 700 hPa 附近、500 hPa 附近均存在较明显干层, “上干下湿” 的不稳定层结容易产生强对流天气。对流有效位能(CAPE)为 1792.5 J/kg, K 指数为 36℃, 说明此时大气已经有较高的能量条件。且抬升凝结高度较低, 计算暖云层厚度为 4200 米, 较厚的暖云层高度, 较高的能量和充沛的低层水汽, 都预示着短时强降水发生的概率较大。同时中高层干空气侵入有利于雷暴大风的出现, 600 hPa 起始下沉对流有效位能(DCAPE)也较大为 741.1 J/kg (图 2)。因此北京附近有出现短时强降水和雷暴大风的可能。

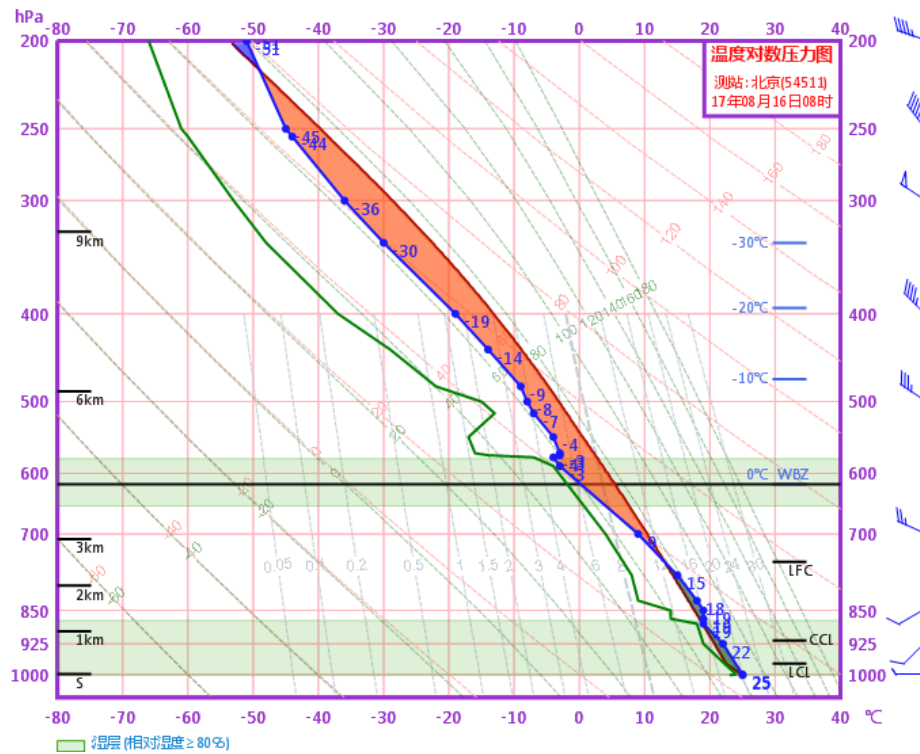


Figure 2. The T-lnP chart at Beijing station at 08:00 BST on 16 August 2017
 图 2. 2017 年 8 月 16 日 08 时北京站 T-lnP 图

3.3. 物理量场特征

3.3.1. 水汽通量及水汽通量散度

从2017年8月16日8时1000~500 hPa各层水汽通量分布(图略)可以看出,河北廊坊上空均有一定强度的水汽通量,其中700 hPa廊坊北部水汽通量为 $7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,并向西北伸展,渤海至河北中部有较厚的湿层。从水汽通量散度场分析,1000~850 hPa廊坊附近水汽通量散度均为负值,即有水汽的辐合,其中1000 hPa廊坊北部水汽通量散度为 $-20 \times 10^{-5} \text{ g}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$,925 hPa的水汽通量散度为 $-10 \times 10^{-5} \text{ g}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ (图3),说明超低空有一定的暖湿气流不断地输送到河北北部地区,为短时强降水的产生提供了充分的水汽。

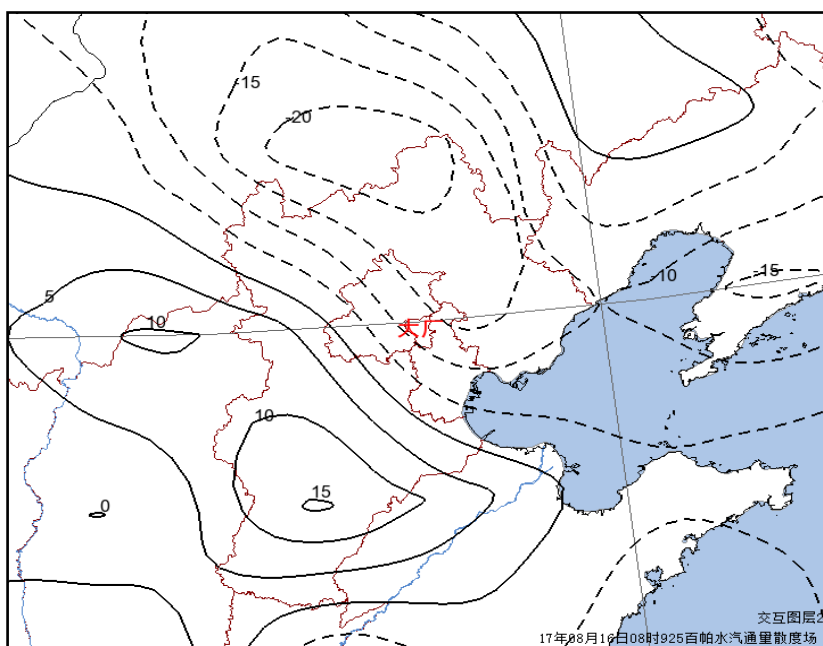


Figure 3. 925 hPa moisture flux divergence at 08:00 BST on 16 August 2017

图3. 2017年8月16日08时925 hPa水汽通量散度

3.3.2. 涡度场分布

由于本次过程高空影响系统为低槽,河北中北部地区850~200 hPa均为正涡度,从2017年8月16日08时500 hPa涡度平流分布可见,河北上空有正的涡度平流,高空正涡度平流使位势高度进一步降低,而超低层925 hPa河北东部均为负涡度平流(图4)。高层正涡度平流配合低层负涡度平流,使得高层辐散,低层辐合,中层上升运动得以发展和维持。

4. 雷暴发展演变特征

4.1. 雷达产品分析

8月16日14时前后北京西北部回波较强,并经顺义东南移向廊坊北部三河、大厂,14:30强回波前沿进入三河,回波强度进一步增强,最强回波达62 dBZ,此时风暴追踪信息显示强雷暴将继续向东南方向移动,廊坊大厂和三河将受到强回波影响(图5)。15:00回波继续加强并开始影响大厂,且移速较大,外推法估计强回波移速约20~25 km/h,因此此时可提前30 mins预测大厂将出现短时强降水,提前做出相关预报服务。

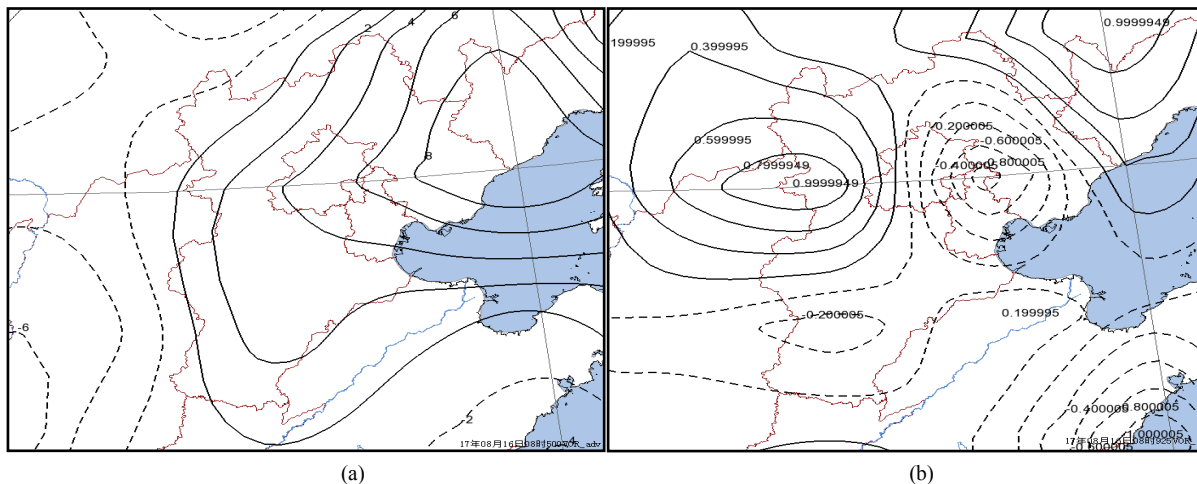


Figure 4. (a) 500 hPa and (b) 925 hPa vorticity distribution at 08:00 BST on 16 August 2017

图 4. 2017 年 8 月 16 日 08 时涡度场分布(a) 500 hPa (b) 925 hPa

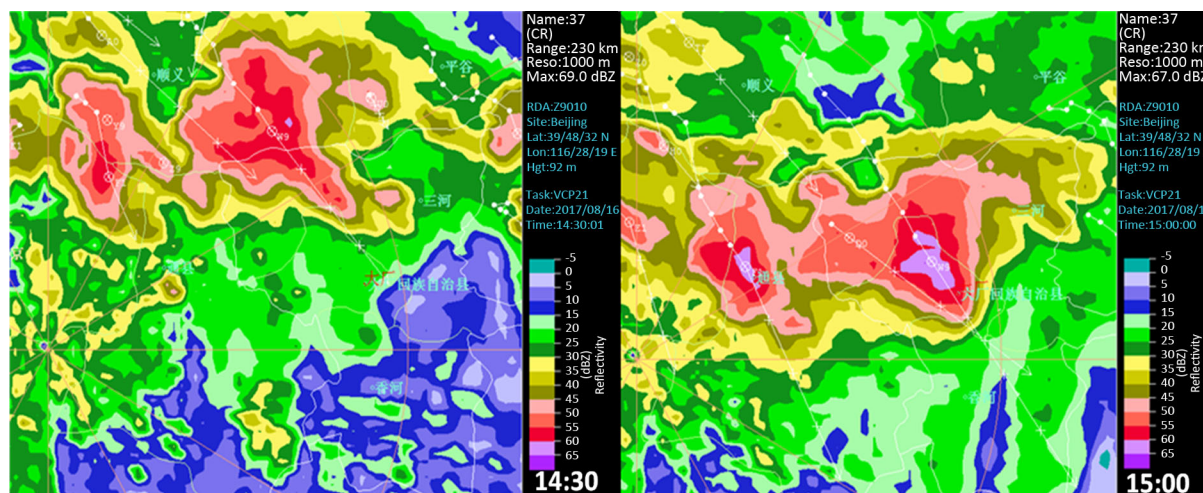


Figure 5. The time evolution of CR and STI during the thunderstorm from Beijing Doppler weather radar on 16 August 2017

图 5. 2017 年 8 月 16 日北京多普勒天气雷达雷暴期间 CR 和 STI 时间演变

沿着 15:00 反射率因子强回波做西北东南向剖面发现, 雷暴回波主体偏低, 大于 50 dBZ 的强回波均在 8 km 以下(图 6), 质心高度低, 当日 08 时北京探空观测-20℃层高度约 7.7 km, 强回波高度基本未超过-20℃层高度, 因此出现冰雹天气概率较小。同时强回波对应的垂直积分液态含水量(VIL)也加大, 最大值超过 50 dBZ。综合以上条件分析短时强降水的可能性较大, 此类回波降水效率高, 降水强度大。此外低层弱回波, 中高层存在悬垂回波结构, 也有利于强对流天气的出现。速度剖面上发现, 在强回波发生附近有一个气旋式旋转的速度对, 虽没有达到中气旋标准, 但是同样能够使风暴组织性更强, 强度更大, 有利于强对流天气的发生和发展。

北京雷达 0.50 仰角径向速度图显示, 14:00 开始出现自顺义向东南移动的径向速度大值区, 高度在 400 米至 500 米之间, 14:42 大值区移至三河西部, 最大速度达 23 m/s (图 7), 30 分钟后即 15:10 大厂观测到 21.4 m/s 的瞬时风速。王福侠[11]研究表明 65.3%的雷暴大风观测到径向速度大值区, 径向速度大值区是雷暴大风最重要的雷达回波特征。本次过程发生前观测到低层速度大值区, 可及时发布大风预警信号, 提前量至少在 30 分钟。

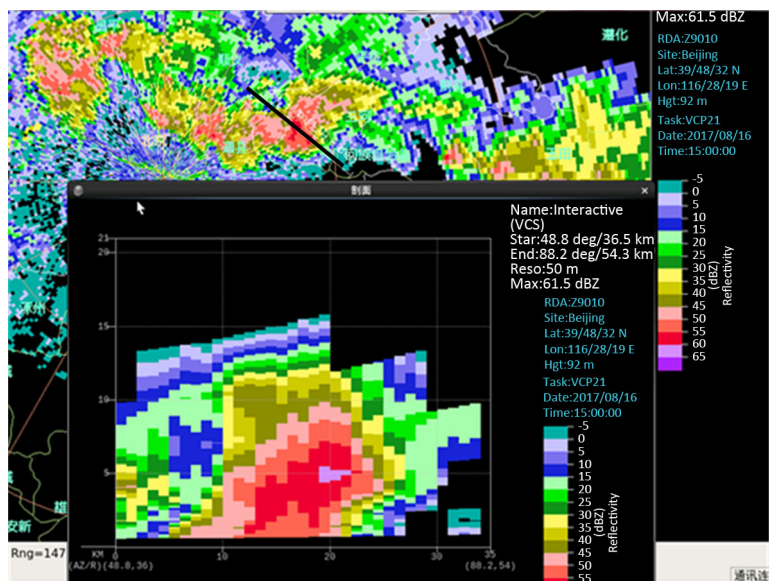


Figure 6. The vertical cross-section of radar reflectivity from Beijing Doppler weather radar at 15:00 BST on 16 August 2017

图 6. 2017 年 8 月 16 日 15:00 北京多普勒天气雷达反射率因子垂直剖面

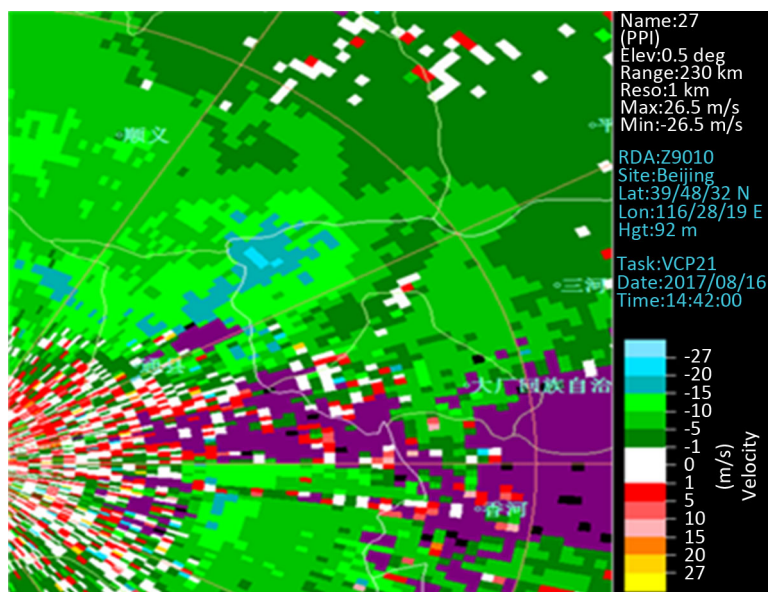


Figure 7. Average radial velocities at 0.5° elevation angle from Beijing Doppler weather radar at 14:54 BST on 16 August 2017

图 7. 2017 年 8 月 16 日 14:54 北京多普勒天气雷达 0.5° 平均径向速度

4.2. 地面中尺度系统

分析 14:10 加密自动站观测风场, 此时通州北部至大厂北部, 存在一条西北东南向的地面辐合线, 且大厂此时温度为 31°C 以上, 而其北部顺义东部、平谷南部和三河附近温度仅 27°C 及以下, 冷池的形成使其前缘出现中尺度辐合线(图 8), 回波沿着引导气流向东南移动的同时有新回波在东南部生成, 移动方向与传播方向相同, 导致回波增强并迅速南移, 14:40 分前后回波强度进一步加强, 超过 60 dBZ 的强回波面积明显增大(图略), 15:36 强回波基本移出大厂测站, 从 5 分钟加密观测数据看, 15:00 至 15:30 是强

降水发生的主要时段, 与强回波影响时段相对应, 尤其是 15:10 至 15:15 分钟累计雨量高达 20.7 mm (图略), 说明此次降水强度非常强, 但持续时间较短。

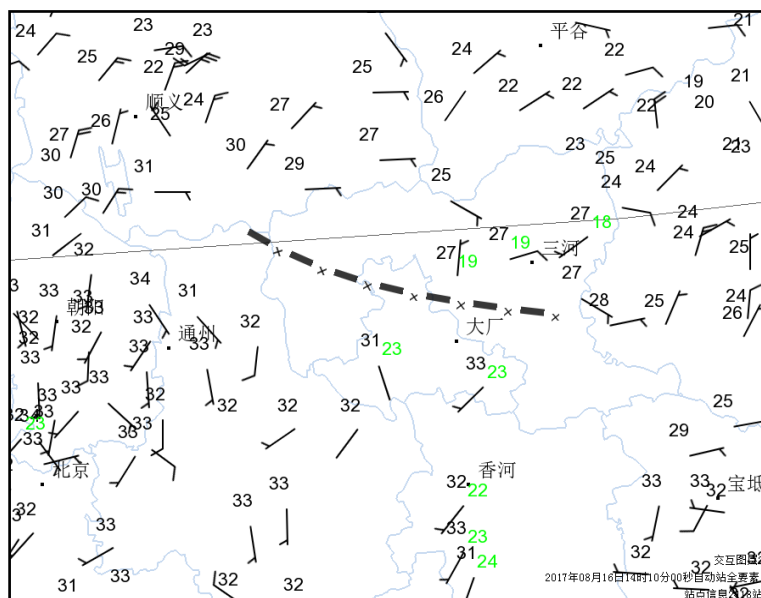


Figure 8. The surface mesoscale convergence line at 14:10 BST on 16 August 2017
图 8. 2017 年 8 月 16 日 14:10 中尺度辐合线

5. 讨论

局地强对流天气预报一直是业务预报的重点和难点。对于 2017 年夏季出现在廊坊北部的局地短时强降水和短时大风强对流天气过程, 本地预报漏报, 本次天气过程的形成原因主要有以下几个方面:

1) 本次发生在廊坊北部的局地强对流天气的影响系统为高空冷槽和地面低压, 过程发生前大气较高的能量积累, 同时由于近地面偏东风, 渤海水汽源源不断输送至河北北部, 使低层有深厚的湿层, 水汽条件较为有利。高层有正涡度平流与低层负涡度平流相配合, 可以进一步维持上升运动, 因此动力条件较有利。在有利的动力和水汽条件的条件下, 产生了本次短时强降水和雷暴大风天气的出现, 但是出现强对流的准确地点和时间预报难度非常大。

2) 对流发生前地面中尺度辐合线的出现有利于触发新雷暴, 使得雷暴向东南方向移动, 廊坊北部回波加强导致强对流天气的出现。

3) 较强反射率因子、较大的 VIL 值和较低质心预示着短时强降水的出现, 低仰角径向速度大值区预示着短时大风的出现, 预警提前量均为 30 分钟左右, 此外反射率因子垂直剖面显示雷达 STI 产品对回波移向的预报较为准确。

基金项目

廊坊市气象局项目“西北气流背景下廊坊市短时强降水成因”(201804)。

参考文献

- [1] 王笑芳, 丁一汇. 北京地区强对流天气短时预报方法的研究[J]. 气象, 1994, 18(2): 173-183.
- [2] 许爱华, 孙继松, 许东蓓, 等. 中国中东部强对流天气的天气形势分类和基本要素配置特征[J]. 气象, 2014,

40(4): 400-411.

- [3] 刘玉玲. 对流参数在强对流天气潜势预测中的作用[J]. 气象科技, 2003, 31(3): 147-151.
- [4] 许彬, 许爱华, 陈云辉, 等. 强对流天气概念模型在江西“3·4”极端大风预报中的应用[J]. 暴雨灾害, 2019, 38(2): 144-151.
- [5] 李江波, 王宗敏, 王福侠, 等. 华北冷涡连续降雹的特征与预报[J]. 高原气象, 2011, 30(4): 1119-1131.
- [6] 应爽, 袁大宇, 李尚锋. 一次东北冷涡不同阶段强对流天气特征对比分析[J]. 气象与环境学报, 2014, 30(4): 9-18.
- [7] 梁钰, 张一平, 董俊玲, 等. 郑州地区 3 次冷涡型强对流天气对比分析[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(3): 1-7.
- [8] 王珏, 张家国, 吴涛, 等. 湖北省极端短时强降水 MCS 类型及特征分析[J]. 气象, 2019, 45(7): 931-944.
- [9] 朱平, 俞小鼎. 青藏高原东北部一次罕见强对流天气的中小尺度系统特征分析[J]. 高原气象, 2019, 38(1): 1-13.
- [10] 王金兰, 陈红霞, 段中夏, 等. 河南省一次致灾强对流天气的中尺度分析[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(4): 14-20.
- [11] 王福侠, 俞小鼎, 裴宇杰, 等. 河北省雷暴大风的雷达回波特征及预报关键点[J]. 应用气象学报, 2016, 27(3): 342-351.