

# The Monitoring of a Severe Convective Case in Bohai Sea Area on August 31,2015

Yanjiang Li Yanjun Zhou

The ocean observatory of Qinhuangdao, Qinhuangdao Hebei 066000, China

“66 15-08-31” 渤海强对流天气监测事实

李延江 周艳军

秦皇岛海洋气象台, 河北秦皇岛, 066000, 中国

## Abstract

using the synchronous data such as weather radar, oceanic WRF model etc., a severe convective weather process has been analyzed on August 31, 2015 in Bohai Sea area, the results show that the shear line moved eastward and enhanced at the 925hPa and 850hPa in Bohai Bay from 08: 00 to 20: 00, the index K was 35 °C, index SI was -1.81 °C, the CAPE was 166 J /kg and the vertical wind shear was  $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  in the stratification curve at 08:00 A.M, because of this background, the severe convective weather occurred in Tianjin. The shear line moved northward at the 925hPa of the lower lay from 20:00P.M on August 31 to 08:00A.M on September 1, the convective instability energy increased, several severe convective storm cell of meso- $\gamma$  scale and meso- $\beta$  scale near the shear line have been induced in the central area of Bohai Sea, the new round of the was caused by a series of effecting of radar echo. severe weather process CAPE was released by the strong vertical movement and water vapor convergence of the boundary layer, the cut-in of weaker dry and cold of  $\Delta\theta_{se}$  (850-500 hPa) corresponded with the happening and impact area of the convection system in north of Liaodong bay.

**Keywords:** severe convection of Bohai Sea, shear line, a series of effecting of radar echo, the cut-in of dry and cold style

## 摘要

利用多部天气雷达、渤海强对流监测等同步资料,对2015年8月31日渤海一次强对流天气过程进行综合分析,结果表明:08时-20时渤海湾一线925-850百帕切变线东移增强,08时临近探空K指数 $35^{\circ}\text{C}$ 、SI指数 $-1.81^{\circ}\text{C}$ 及CAPE为 $166\text{J}/\text{kg}$ ,垂直风切变 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,导致天津一线的强对流天气发生。20-02时其前部低层925百帕“切变线”北抬,对流性不稳定能量增强,在渤海中部的切变线附近诱发多个中 $\gamma$ 、 $\beta$ 尺度强对流风暴单体,在雷达回波“列车效应”下,造成了秦皇岛近海新一轮强对流天气过程。强垂直运动和边界层水汽辐合触发CAPE的释放;在辽东湾北部 $\Delta\theta_{se}$ (850-500hPa)较弱干冷切入与对流系统的发生、落区有一定对应关系。

**关键词:**渤海强对流;切变线;回波“列车效应”;干冷切入

## 1. 引言

2015年8月31日20时-9月1日04时,渤海西海岸带天津至-秦皇岛渤海地区出现了由强对流天气引发的短时暴雨、大风及持续性雷电天气,其中,大风区域出现山海关海区,风速最大为 $21.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;短时暴雨分别出现在天津和秦皇岛,小时雨量最大达40mm;雷电过程持续时间达6h以上。较强的强对流天气系统对区域经济会造成较大影响,直接威胁港口设施及船舶通讯安全,尤其是2015年6月1日长江监利水域“东方之星”强对流天气引发重大沉船事故之后,近海强对流天气监测与预警成为目前社会关注的焦点之一。卢焕珍<sup>[3]</sup>等人借助塘沽

天气雷达和自动站对产生海岸带雷暴大风的对流风暴进行个例分析,总结出雷暴大风雷达回波的主要形态、大风来临前径向速度场有辐合特征等;王彦<sup>[4]</sup>、贺靓<sup>[5]</sup>、郭庆利<sup>[6]</sup>、孙素琴<sup>[7]</sup>等应用卫星资料、多普勒雷达、闪电等监测资料对近年来海岸带-近海发生强对流天气个例进行分析,得出强对流系统中地闪、云顶亮温与雷达回波关系及“列车效应”引发短时暴雨成因等;上述分析均以单部雷达监测分析为主,对回波源发生及演变规律的描述存在着一定的局限性,缺少多部雷达监测网资料与数值模拟共性分析。利用五部天气雷达拼图、渤海逐小时强对流监测及海洋 WRF 模式产品等资料,综合分析入海前后的强对流系统时空尺度演变特征;为提升渤海强对流天气预警能力提供技术支撑。

### 2. 天气背景与实况

渤海位于中高纬度之间,受高层大气西风带影响较大,大多数不同尺度的强对流天气系统是由陆地移向海区的,并在不同的海岸带区域获取新的能量,重新加强发展,影响新的海岸带直至内陆区域,它的生、消及演变规律仅是天气尺度背景下的一个中尺度天气过程。

#### 2.1 天气背景

在 2015 年 8 月 31 日 08 时 (CST) 500hPa 高空图上 (略) 环渤海上空为弱冷空气配合的减弱低槽,对应 08 时 (CST)

低层 925hPa 高空图上 (图 1. a) 渤海中南部为暖空气配合的“人字型”切变线,其中渤海湾至莱州湾一线温度场有明显暖湿平流,这种“上冷下暖”垂直结构有利于对流天气的发生发展,在低层切变线动力、水汽耦合下,给未来强对流天气强度加强提供了必要条件。直至 20 时低层 925hPa 高空图上 (图 1. b) 渤海中南部“人字型”切变线原地旋转,前部暖式切变线北抬至渤海中部,导致新一轮强对流天气生成发展,中尺度系统沿东南向西北部海岸带延伸发展。从天气背景分析明显看出:整个过程分为两个时段,即 31 日 08 时-20 时“人字型”切变线造成天津海岸带强对流天气,31 日 20 时-9 月 1 日 02 时“人字型”切变线前部暖式切变为秦皇岛海岸带强对流天气主要影响系统。

#### 2.2 强对流实况与探空

对应实况与探空可分为两个不同时空尺度见 (图 2)。第一阶段为 2015 年 8 月 31 日 08 时-20 时,天津至渤海湾出现了由强对流天气引发的短时暴雨、持续性雷电天气,小时雨量最大达 39mm; 08 时临近探空 (乐亭站) K 指数为 35℃、SI 指数为-1.81℃及 CAPE 为 166J/kg, 0-6km 垂直风切变 16m·s<sup>-1</sup>, 达到一般强对流系统发生、发展阈值或临界值。第二阶段为 2015 年 8 月 31 日 20 时-9 月 1 日 02 时,秦皇岛-山海关出现海区强对流引发的短时暴雨、大风及持续性雷电

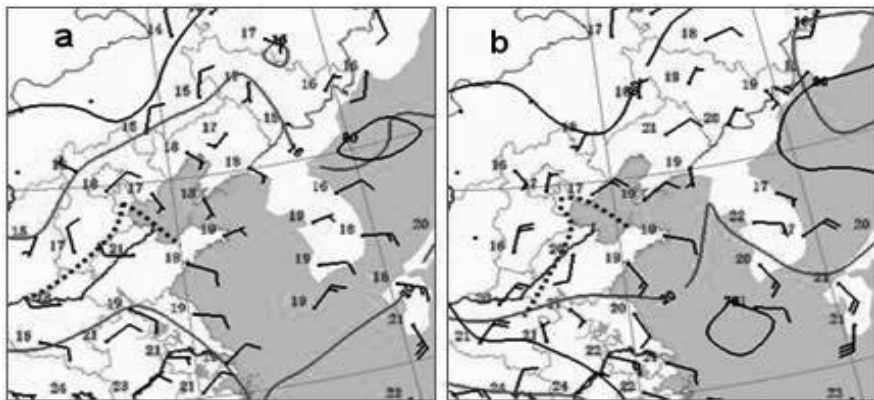


图 1. a 2015 年 8 月 31 日 08 时 (CST) 和图 1. b 2015 年 8 月 31 日 20 时 (CST) 为 925hPa 风场 (单位 m·s<sup>-1</sup>) 温度场 (单位℃)

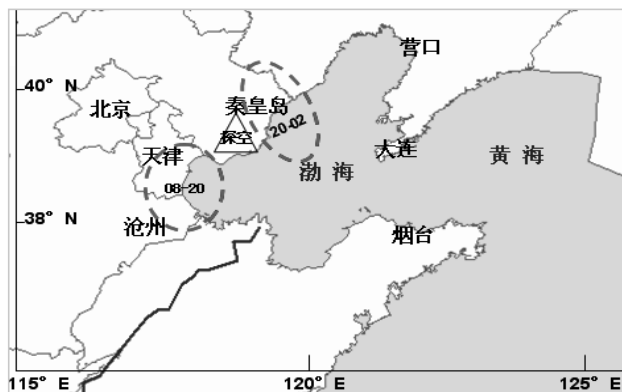


图.2 红色圆圈表示 08-20 时和 20-02 时 (CST) 强对流天气落区,  $\triangle$  探空站位置。

天气,大风区域出现山海关海区,风速最大为  $21.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;雷电过程持续时间达 6h 以上。20-02 时其前部低层 925-850 百帕切

变线北抬,20 时 K 指数  $32^{\circ}\text{C}$ ,SI 指数为  $1.36^{\circ}\text{C}$ ,CAPE 为  $383\text{J}/\text{kg}$ ,垂直风切变为  $19\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,对流性不稳定能量进一步增强,海区冷暖空气交汇于渤海中部的切变线附近,有利于秦皇岛海岸新一轮强对流天气发生。

### 3. 渤海中尺度天气雷达拼图

目前,在渤海海岸带新一代天气雷达有六部,如上(图.2)秦皇岛、天津、沧州、烟台、大连及营口等。单部雷达  $0.5^{\circ}$  仰角,理论上基本反射率监测半径  $230\text{km}$ ,径向速度  $115\text{km}$ ,由于天线高度不一致和地物折叠,监测距离底高在渤海中部区域大于  $1.1\text{km}$ ,实际综合监测能力为  $150\text{km}$  左右。对强对流天气发生、发展及演变规律研究有局限性,综合拼图与资料共享的实现(互联网拼图 10 分一幅)提升了中尺度系统的监测能力和技术水准。

#### 3.1 天津一线强对流天气系统入海前后的演变特征

对照上述同步实况及天气分析,第一轮强对流发生时间段为 8 月 31 日 15-18 时 (CST),见(图 3. a1)在渤海湾一带生成的多单体风暴稳定少动,雷达反射率因子强回波带水平尺度  $230\times 80\text{km}$ ,强度  $40-50\text{dbz}$ ,移向  $W\rightarrow E$  向,移速为  $20\rightarrow 30\text{km}/\text{h}$ ,对应天气短

时强降水、雷电等;2 小时后东移莱州湾维持发展,强回波面积缩小,水平尺度  $180\times 70\text{km}$ ,强度维持  $40-50\text{dbz}$ ,移向  $WSW\rightarrow ENE$  向,移速为  $20\rightarrow 30\text{km}/\text{h}$ ,对应天气短时强降水、雷电、大风等;天津至渤海湾为一般阵雨天气。但从莱州湾至渤海湾北部(图 3. a3)所谓“暖式切变线”回波带已经初步形成,并缓慢向中部海区推进。

#### 3.2 秦皇岛一线强对流天气雷达回波“列车效应”

初步生成的渤海南部中尺度强对流回波带在 31 日 20 时-22 时继续北抬发展,见(图 4. b1)雷达反射率强回波带水平尺度  $350\times 80\text{km}$ ,强度  $40-55\text{dbz}$ ,移向  $SSW\rightarrow NNE$  向,移速为  $30\rightarrow 40\text{km}/\text{h}$ ,影响范围:莱州湾-唐山海岸带,对应天气短时强降水、大风、雷电等;在渤海中部的切变线附近诱发多个中  $\gamma$ 、 $\beta$  尺度强对流风暴单体 21 时(图 b2),与主体回波带移向成  $90^{\circ}$  交角,水平尺度  $30\times 50\text{km}$ ,强度  $50-55\text{dbz}$ ,移向  $SE\rightarrow NW$  向,移速为  $50\rightarrow 60\text{km}/\text{h}$ ,具有明显的向前传播线性特征,即雷达回波“列车效应”。23 时-02 时渤海低层水汽被暖式切变线西南气流源源不断地输送到辐合线上空,有利于中小尺度对流单体及其次级垂直环流的维持、发展,且这些次级环流规则排列,从而“列车效应”得以维持,造成了秦皇岛近海新一轮强对流天气过程。

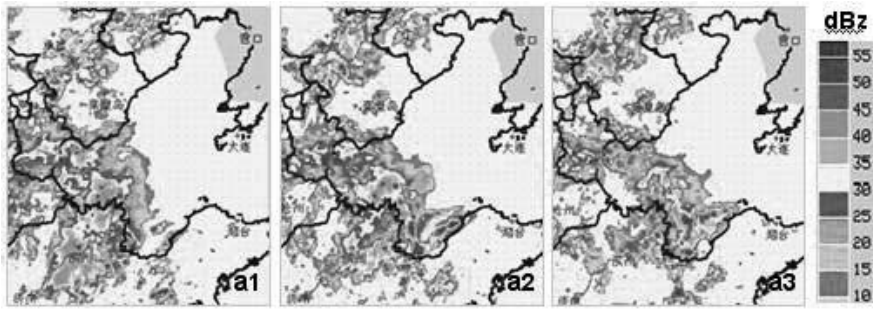


图3. 2015年8月31日16时-18时(CST)五部天气雷达基本反射率拼图, 时间间隔1小时

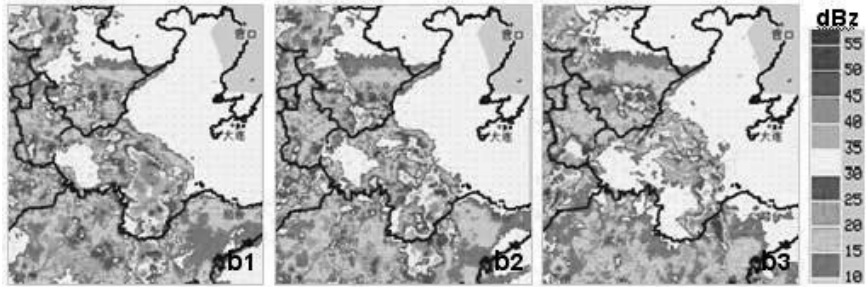


图4. 2015年8月31日20时-22时(CST)五部天气雷达基本反射率拼图, 时间间隔1小时

### 3.3 秦皇岛海区回波带消亡阶段演变特征

从(图.5c2)中明显看出03时(CST)中部海区回波带出现断裂, 强度下降至30-40dBz, 04时趋于趋于消亡, 为一般阵雨天气。值得关注的是在渤海湾南部沧州海区有新的强对流回波带生成, 见(图5.c2、c3)水平尺度 $100 \times 40\text{km}$ , 强度45-50dbz, 移向N→S向, 移速为 $35 \rightarrow 40\text{km/h}$ ; 整体中尺度回波具有螺旋状特点, 相对秦皇岛海区处于消亡阶段, 进入渤海湾的后部下沉气流垂直于沧州海海岸带, 摩擦辐合是对流天气发生

主要动力因素, 由于尺度偏小, 所以持续时间不足2小时。

### 4. 结论

(1) 环渤海地区天气尺度系统的有效配置为不同时段的中尺度对流系统发展提供了环流背景条件。08时-20时渤海湾一线925-850百帕切变线东移增强, 08时临近探空K指数 $35^\circ\text{C}$ 、SI指数 $-1.81^\circ\text{C}$ 及CAPE为 $166\text{J/kg}$ , 垂直风切变 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 导致天津一线**的强对流天气发生**。20-02时其前部低层925百帕“暖式切变线”北抬, 对流性不稳

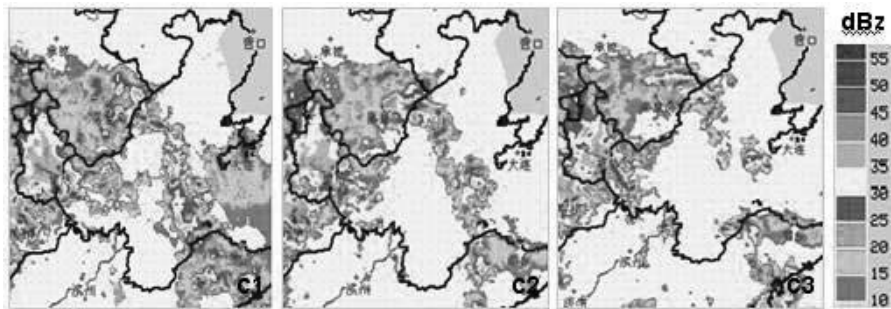


图5. 2015年9月1日02时-04时(CST)五部天气雷达基本反射率拼图, 时间间隔1小时

定能量增强,在渤海中部的切变线附近诱发多个中 $\gamma$ 、 $\beta$ 尺度强对流风暴单体,在雷达回波“列车效应”下,造成了秦皇岛近海新一轮强对流天气过程。

(2)在渤海湾一带生成的多单体风暴稳定少动,15时雷达反射率因子强回波带水平尺度 $230 \times 80\text{km}$ ,强度 $40\text{--}50\text{dbz}$ ,移向 $W \rightarrow E$ 向,移速为 $20 \rightarrow 30\text{km/h}$ ,对应天气短时强降水、雷电等;2小时后东移莱州湾维持发展。

(3)20时渤海南部中尺度强对流回波带北抬发展,强回波带水平尺度 $350 \times 80\text{km}$ ,强度 $40\text{--}55\text{dbz}$ ,移向 $SSW \rightarrow NNE$ 向,移速为 $30 \rightarrow 40\text{km/h}$ ,在渤海中部的切变线附近诱发多个中 $\gamma$ 、 $\beta$ 尺度强对流风暴单体与主体回波带移向成 $90^\circ$ 交角,水平尺度 $30 \times 50\text{km}$ ,强度 $50\text{--}55\text{dbz}$ ,移向 $SE \rightarrow NW$ 向,移速为 $50 \rightarrow 60\text{km/h}$ ,具有明显的向前传播线性特征,即雷达回波“列车效应”。03时(CST)中部海区回波带出现断裂,强度下降至 $30\text{--}40\text{dBz}$ ,04时趋于消亡。

**基金项目:**环渤海区域科技协同创新基金项目(黄渤海雷暴大风监测及预警指标研究QYXM201502)。

#### 参考文献

- [1] 丁一汇. 高等天气学. 北京:气象出版社,2005:309-311.
- [2] 李延江等. 渤海强对流天气监测及概念模型初建. 海洋预报,2013,30(4):45-51.
- [3] 卢焕珍,赵玉洁,俞小鼎. 雷达观测的渤海湾海陆风辐合线与自动站资料的对比分析. 气象,2008,34(9):57-64.
- [4] 王彦,李胜山,郭立等. 渤海湾海风锋雷达回波特征分析. 气象,2006,32(12):23-28.
- [5] 贺靓,于超,吕新民. 渤海中南部海区一次雷暴大风过程分析. 海洋预报,2011,28(1):19-24.
- [6] 郭庆利,薛葵波,党英娜. 渤海海峡雷雨大风的多普勒雷达回波特征. 海洋预报,2011,28(1):13-18.
- [7] 孙素琴,郑婧,支树林等. 一次由“列车效应”引发的梅雨锋暴雨研究. 高原气

象,2015,34(1):190-201.

- [8] Guo S J. The Meteorological Disaster Risk Assessment Based on the Diffusion Mechanism. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2012, 2(2): 124-130.
- [9] Wang W, Zhou C, Du X. The Research of a Hail Risk Evaluation under Imperfect Information. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2011, 1(2): 133-141.