

潍坊 2003 年 5 月 19 日强对流天气过程分析

鲁 丹 王令军 崔建云

(山东省潍坊市气象局,261011)

提 要

利用 MICAPS 二版提供的分析工具,使用 T213 实况分析资料、济南齐河多普勒雷达和潍坊市雷达资料及自动站资料,对 2003 年 5 月 19 日发生在该市的一次强对流天气过程进行分析,结果表明从蒙古快速东移南下的横槽及其槽后的冷空气使不稳定层结加强,是触发此次对流发生的原因,而低层暖湿气流的存在为其发展提供了必要的动力和水汽条件。

关键词: 强对流 物理量场 雷达资料 自动站资料

引 言

2003 年 5 月 19 日上午 11 时至下午 18 时,潍坊市临朐、安丘、昌乐、潍城、坊子、高密、诸城、寒亭、昌邑九县市区先后出现冰雹天气,最大冰雹直径 4cm,个别地方积雹厚度达 3cm。全市受灾面积 $4.4 \times 10^3 \text{hm}^2$,绝产 $0.8 \times 10^3 \text{hm}^2$,估计全市经济损失 2.3 亿元。受灾最重的临朐降雹持续时间达 40 分钟,苹果、樱桃、西瓜、黄烟、蔬菜、小麦等经济作物和粮食作物受到不同程度的灾害,经济损失 1.76 亿元。虽然潍坊市提前作出了局部有冰雹的预报,高炮也积极地进行了人工防雷作业,在高炮防护区内减轻了灾害,但由于此次冰雹范围大、强度强,仍造成了令人痛心的损失。因此,对此次天气过程进行分析研究,找到其发生发展的规律,对以后冰雹的预报和防灾减灾工作是有益的。

1 大尺度环流背景分析

从 5 月 14 日开始,500hPa 高空图上在蒙古西部维持一横槽,横槽后有 -28°C 冷中心,温度槽落后于高度槽。18 日 08 时,随着槽后冷空气的侵入,横槽缓慢东移南压并逐步加深,19 日凌晨开始影响山东并产生大范围对流天气,全省除青岛、烟台、威海以外,普降阵雨或雷阵雨,其中德州的陵县还出现了冰雹天气。19 日 08 时横槽加深形成冷

涡,此时冷涡中心位置在 39°N 、 118°E (图 1),潍坊市处于冷涡的东南象限,正处在低层西南暖湿气流和高空急流的的交汇处,产生了大范围的强对流天气。此后冷涡继续向东南移动,穿过山东半岛,20 时,移出山东半岛,强对流天气结束。

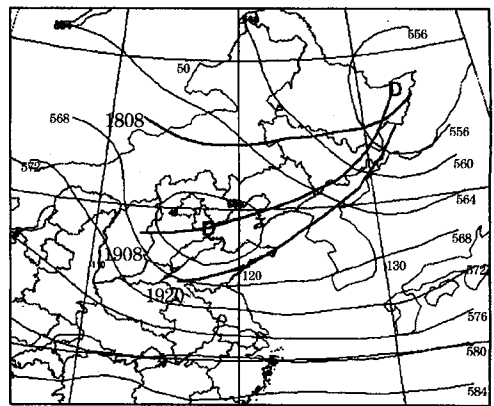


图 1 2003 年 5 月 19 日 08 时 500hPa 高空图

850hPa 图上,18、19 日从青藏高原到山东半岛为暖高压控制,在 500hPa 偏西北气流控制下,增温明显,在潍坊上空维持一暖舌,暖中心温度在 16°C 以上。19 日 08 时济南站的 850hPa 温度露点差为 4.7°C ,湿度较大。同时,在 300hPa 上空有一支高空急流从新疆北部、蒙古西部直达山东半岛,在 200hPa 高空图上济南、青岛的风速达 $60\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上。

2 物理量场分析

利用 MICAPS 二版提供的分析工具,对造成这次强对流天气的物理量场进行分析,发现强烈的不稳定层结、有利的动力条件、较充沛的水汽条件是造成这次强对流天气的重要因素。

2.1 不稳定层结

2.1.1 k 指数

分析 18 日、19 日连续两天的 k 指数场,从 18 日开始,均以潍坊为中心维持 k 指数高值区。图 2 是 5 月 19 日 08 时的海平面 k 指数场,在潍坊附近的上游为一个 32°C 的高值中心。

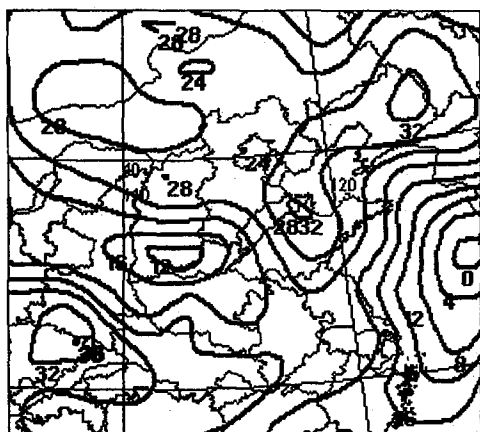


图 2 2003 年 5 月 19 日 08 时海平面 k 指数分析

2.1.2 $T - \ln p$ 图

从济南单站 $T - \ln p$ 图(图 3)上可以看到,济南上空高空为强西北风,低空为西-西南风,说明高低空配置结构是不稳定的,具有前倾槽的结构,不稳定能量面积达 3621.1 ,沙氏指数为 -4.0°C , k 指数为 28.0°C ,根据以往的统计分析^[1], $-6^{\circ}\text{C} < S < -3.0^{\circ}\text{C}$,就可能产生雷暴及冰雹, $k > 20^{\circ}\text{C}$,就有可能产生雷暴^[2]。事实上在 08 时以前,济南站附近,包括潍坊,已经有对流天气发生,说明在此时,已经具备了对流天气所需的大量不稳定能量。

2.1.3 T 和 θ_{se} 的变化

从 19 日 08 时高空图和 T213 分析资料可以看到,潍坊上空的气温 T 和假相当位温

θ_{se} 随高度的增加而减小, $\Delta T = T_{850} - T_{500} = 29^{\circ}\text{C}$, $\Delta \theta_{se} = \theta_{se850} - \theta_{se500} = 5^{\circ}\text{C}$,具备发生强对流天气的不稳定层结。

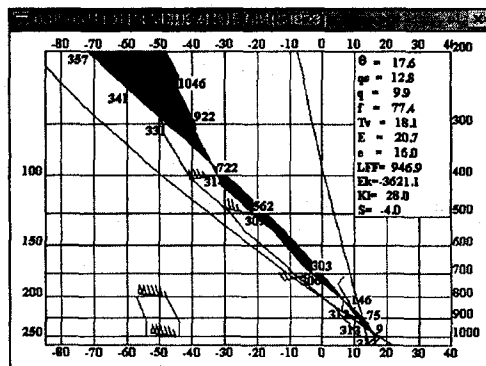


图 3 济南站 5 月 19 日 08 时温度对数压力图

2.1.4 地面总温度

利用地面观测资料计算潍坊各站及周围 19 日 08 时、14 时的地面总温度,其结果显示,从潍坊南部有一高能舌,其顶部正落在潍坊北部,南部的高能中心最大达到 52°C ,同时,14 时和 08 时相比,临朐、昌乐、安丘能量明显增加,使高能舌西北侧产生了能量锋区的加强(图 4)。

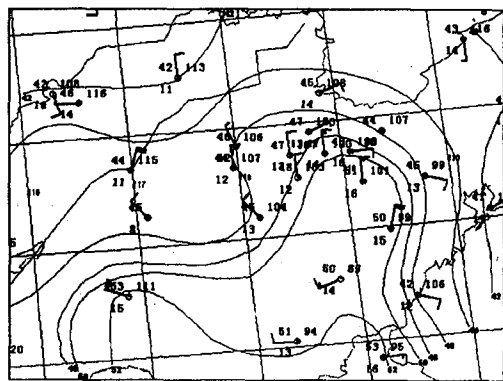


图 4 5 月 19 日 14 时地面总温度分析

2.2 动力条件

2.2.1 上升运动

从 T213 分析资料上看,潍坊市上空 19 日 08 时为深厚的上升运动区,上升运动最强的是 $500 \sim 700\text{hPa}$,垂直速度均为 $-56 \times 10^{-3}\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,而在低层 850hPa 为较弱的上升运动区,垂直速度为 $-1 \times 10^{-3}\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$, 500hPa 以上上升运动逐渐减弱, 200hPa 为

弱的下沉气流控制,垂直速度为 $3 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$, 这样的高低空的垂直速度分布,是冰雹得以形成发展的必要条件,在冰雹生长的关键区,只要冰雹的重力而引起的下落速度小于倾斜的上升气流的上升速度,冰雹就会在特定的环境中继续生长^[3]。图5为19日08时 36.6°N 、 117.4°E 到 36.2°N 、 120.7°E 的垂直运动剖面图。

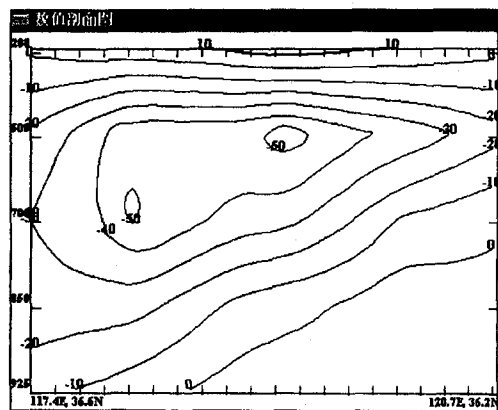


图5 5月19日08时垂直运动剖面图

2.2.2 垂直风切变

利用19日08时 T213 高度分析场和高空风格点资料内插,求临朐上空的垂直风切变,如表1。根据以往的经验分析^[2],此次天气过程在中低层的垂直风切变正适合强对流天气发展,冰雹生长的最有利的温度层在 $-4 \sim -30^\circ \text{C}$ 之间,从这次天气过程的高空图上看,是在 $700 \sim 400 \text{ hPa}$ 之间,从垂直风切变的变化看,对冰雹的生长是有利的,在冰雹的生长关键区内,风切变较小,因为太大的垂直风切变,容易使雹粒从倾斜的上升气流中抛出去。而在 $300 \sim 400 \text{ hPa}$,垂直风切变较大,说明了在高空有急流存在,正是高空急流的作用,加剧了高低空的不稳定层结的发展,使业已发展起来的对流天气继续发展成强对流天气。

表1 5月19日08时临朐上空的垂直风切变(单位 s^{-1})

200~300hPa	300~400hPa	400~500hPa	500~700hPa	700~850hPa
5.9×10^{-3}	16.7×10^{-3}	7.2×10^{-3}	3.7×10^{-3}	5.9×10^{-3}

2.2.3 地面流场

从19日14时地面图流场来看,从半岛内陆地区到鲁中山区北部及鲁北南部为一明显的辐合场,其辐合中心位于临朐、安邱附近,这和冰雹的落区是吻合的(见图6)。

2.2.4 涡度场分析

从涡度场变化来看,在18日20时图上,潍坊只有在 200 hPa 以上为正涡度区,但 500 hPa 、 700 hPa 在整个山东半岛均为东北-西南向的正涡度平流区。19日08时,从高层 200 hPa 到低层 850 hPa 均为正涡度区,由低层到高层涡度值逐渐增加, 200 hPa 涡度中心值大于 $12 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (图略),涡度中心在低涡前部,预示着低涡继续南移,19日20时,涡度中心移到潍坊南部,其高低空的涡度值均较08时大,正涡度区更加深厚。

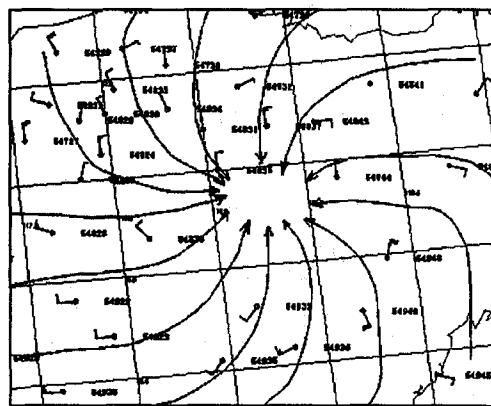


图6 5月19日14时地面流场分析

2.2.5 散度场

从高低层的配置来看,19日08时,潍坊上空在 500 hPa 以上为辐散场,而在 700 hPa 以下为辐合场,其中心均在潍坊西部, 700 hPa 辐合最强。在 850 hPa 图上,从18日20时开始,鲁中山区西南部就有一强的辐合中心,而半岛地区为强的辐散中心,19日08时,强辐合中心在潍坊西部上空,中心值最大为 $-24 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (图略)。

2.3 水汽条件

2.3.1 温度露点差

此次过程,从 T213 温度露点差分析场上看,在19日08时图上, 700 、 850 hPa 从鲁北、鲁中北部、到青岛之间均为小于 4.0°C 的

低中心(图略),有较充沛的水汽条件,而高空500hPa以上各层潍坊以西为温度露点差的高值中心,干冷空气沿低涡西南侧的的西北气流侵入,形成上层干冷下层暖湿的高低空配置。

2.3.2 水汽通量

在19日08时图上,500、700、850hPa水汽通量均处于从西南方向北伸到山东半岛的高值区中,水汽来自孟加拉湾的西南暖湿气流,从水汽通量散度场来看,500hPa潍坊上空为大于 $100 \times 10^{-7} \text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 的高中心,而850hPa为小于 $-100 \times 10^{-7} \text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 的低中心,说明高层为水汽辐散场,而只在低层有较强的水汽辐合(图略),可见强对流天气的产生并不特别依赖于深厚的水汽辐合场。

3 雷达资料分析

从山东省气象局下发的济南齐河雷达资料和本站雷达图上可以看到,从北京时19日凌晨开始,首先在东营和沧州之间有大范围的对流降水回波。9时30分左右,潍坊市开始有零星的对流回波生成,11时以后,回波范围扩大,强度增强。11时17分在潍坊西南部的临胸上空有一块强回波,回波顶高达12000m,强度为61dBz,回波移动速度为 $27 \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。在潍坊的西北部和西南部的块状回波逐渐形成东北—西南向的带状强对流回波,向东偏南方向移动,12时,回波经过本站,移到本站南部后,带状回波又分裂成为几块强回波单体。此后,一直到17时,在潍坊附近一直有对流云回波存在。从11时开始,潍坊西南部的临胸、昌乐,潍坊的潍城区、坊子区、寒亭区,潍坊南部的安邱,东南部的高密、诸城,东北部的昌邑等9个县市区先后受到影响,冰雹灾害尤以地处沂山西北侧的临胸最为严重(图略)。

4 自动站资料分析

临胸自动站每小时一次的观测资料,虽然还在试运行中,我们仍可以通过密集的观测资料对这一次强对流天气进行试分析,尝试为短时预报、精细化预报积累有益的经验。

从自动站逐时观测资料可以看到,强对流天气发生前连续两天气压都较低,18日临胸的本站气压均在998.0hPa以下,17时最低达到995.2hPa,同时温度回升较快,最高温度达到 27°C ,超过历史平均值(26.2°C)。从19日10时到22时的海平面气压、气温、露点温度变化图分析(图略),在12小时中临胸出现了两次南北风向转换,第一次在10时到11时,是降雹即将开始时,第二次在16时到17时,此时气压降至一日内最低,而后陡升,温度在一小时内下降 4.5°C ,露点温度急剧下降,温度露点差突然增大,最大风速出现在17时45分,风向 333° ,风速 $10.7 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,由此可以看出,这次过程具有明显的前倾槽结构,由于高空冷空气的冲击作用,而形成强对流天气,而低层冷空气在6个小时以后才到达,此时,整个天气过程基本结束。

5 小结

(1)从这次强对流天气过程分析可以看到,大尺度环流形势是造成强对流天气发生的基础。强盛的上升气流,强的地面辐合场,适当的垂直风切变,是此次强对流天气产生的动力条件,而不稳定层结的存在、明显的触发机制,地形的作用,都对这次强对流天气的发生起到了重要的作用。

(2)利用雷达观测资料是监测、预报强对流天气的有效手段。认真分析地面图及能得到的其他辅助资料,对提前预测强对流天气的发生是有帮助的。

(3)在做这次强对流天气预报时,从天气形势上分析将会有一次对流天气过程,作出了潍坊有雷阵雨、局部冰雹的预报,但从强度、范围上预报仍有不足之处。主要是在预报思路上仍存在偏重形势分析,而仅将数值预报产品及物理量分析作为参考,重视不够。因此,在实际工作中,虽然强对流天气局地性强,落区预报难度大,但我们可以更加充分的利用各类数值预报产品,结合常规天气图进行更细致的分析,对冰雹可能发生的强度、范围的预报一定能做得更好,对人工防雹作业及早调度,更有效地防灾、减灾,才能最大限度地减少损失。

(下转第50页)

(上接第 41 页)

参考文献

- 1 曹钢锋,张善君,朱官中等编著.山东天气分析与预报.北京:气象出版社,1988:186~207.
- 2 朱乾根,林锦瑞,寿绍文等.天气学原理与方法.北京:气象出版社,1992:615~650.
- 3 N·R·戈克海尔.雹暴和雹块生长.北京:气象出版社,1981:98~112.

Analysis of Severe Convection Process in Weifang, Shandong Province

Lu Dan Wang Lingjun Cui Jianyun

(Weifang Meteorological Office, Shandong Province 261011)

Abstract

Based on the data from Qihe Doppler radar, Weifang radar and automatic meteorological stations, an analysis of severe convection event in Weifang, Shandong Province on May 19, 2003 is made. The results show that the eastwards quick moving transversal trough and its train cold wave strengthened the instability, while, low-layer warm and wet current provided dynamical and water vapor condition for its development.

Key Words: severe convection physical mechanism radar data automatic meteorological observation