

# 青岛一次中到大雪过程的综合分析

梁卫芳<sup>1,2</sup> 刘珍芳<sup>2</sup> 江敦双<sup>2</sup> 孙 正<sup>2</sup>

(1. 中国海洋大学, 青岛 266003; 2. 青岛市气象局)

**提 要:** 2005年2月17~18日, 受冷空气和较强暖湿气流共同影响, 青岛发生中到大雪降雪过程。对这次过程的环流背景和雷达资料进行综合分析表明, 低空暖平流、垂直风切变和高空西风急流提供了有利的动力条件, 中空西南气流和近地层从黄渤海海面的水汽输送提供了降水所需的水汽。随着2.0~2.7km高度上, 一个以青岛为中心的中尺度气旋性风场的出现, 降雪强度迅速达到最强, 该风场破坏, 降雪强度也迅速减弱; 雷达回波首先出现在3.0~5.5km的高度上, 然后向上下扩展加强; 降雪初期, 0.8~3.2km高度上有弱回波区。

**关键词:** 大雪 天气形势 多普勒雷达资料

## Analysis of a Snow Event at Qingdao City

Liang Weifang<sup>1,2</sup> Liu Zhenfang<sup>2</sup> Jiang Dunshuang<sup>2</sup> Sun Zheng<sup>2</sup>

(1. Ocean University of China Qingdao, 266003; 2. Qingdao Meteorologic Bureau)

**Abstract:** Based on the meteorological observations and Doppler radar data, an analysis of a snow event at Qingdao City from 17 to 18, February, 2005 is made. It shows that the low-level warm advection, the vertical wind shear and the high-level jet provided favorable dynamic conditions for the event, the middle-level southwest air flow and the surface layer moisture from the Huanghai Sea and Bohai Sea provided the moisture conditions for the event. The intensity of the snowfall enhanced rapidly to the heaviest, as a meso-cyclone appeared over Qingdao at the 2.0—2.7km layer. And then, as the cyclonic wind field broke, the snowfall became weaker. The initial echo appeared at the 3.0—3.5km layer, and then, it extended downward and upward.

**Key Words:** snow doppler radar data general circulation

## 引 言

2005 年 2 月 17~18 日, 青岛市市区、崂山、即墨分别出现了大雪, 积雪深度达到 6cm 左右, 是青岛市近十几年来较大的一次降雪过程。其中 17 日 23 时至 18 日 02 时, 青岛本站 3 小时降雪量达到 2.7mm, 这种强度在青岛地区非常少见。

雷达资料在分析暴雨、冰雹等强对流天气的机理方面发挥了重要作用, 而应用于探索降雪机理的方面还做得较少。近年来, 郑丽娜等对渤海特殊地形对降雪的贡献作了研究<sup>[1]</sup>。安新宇等<sup>[2]</sup>曾对内蒙古赤峰南部地区的一次暴雪过程的 PPI 速度图像进行了分析, 张晰莹等对哈尔滨的一次降雪过程的雷达回波强度的不均匀性、速度场回波的低空急流和高度显示的二层云结构等特征进行了分析<sup>[3]</sup>。本文在对降雪过程的环流背景进行分析的基础上, 对雷达资料进行了分析, 以期探索本次降雪过程中在天气尺度系统的背景上, 中小尺度系统的特点, 以及对降雪的影响。

## 1 天气形势分析

### 1.1 降水概况

2005 年 2 月 17 日 22 时至 18 日 08 时, 青岛各站降雪及积雪数据如表 1 所示。

表 1 2005 年 2 月 17 日 22 时至 18 日 08 时  
青岛各站降雪量及积雪深度

站名	青岛	崂山	胶南	胶州	即墨	平度	莱西
降雪量/mm	5.8	6.4	4.0	4.3	5.8	2.2	4.0
积雪深度/cm	6	6	4	4	6	2	5

### 1.2 高空环流形势

17 日 08 时 (北京时, 下同) 500hPa

天气图上, 中纬度西风带系统分南北两支, 北支在西西伯利亚为高压脊; 蒙古境内有一低涡, 低涡前部向南延伸的北支小槽, 南端伸至甘肃境内。与主体冷空气配合, 低涡后部有一横槽。鄂霍茨克海也维持一低涡, 在高原东部有一个南支槽。北支小槽与南支槽前为西南气流区, 风速达  $18\sim 24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。青岛此时离槽区较远, 风向为西风略偏南。至 20 时 (图 1a), 系统东移, 北支槽到达河套东部, 南支槽到达河南—湖北—湖南境内, 槽前的西南气流区到达山东半岛以东, 其中青岛西南风达  $22\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 济南西南风  $24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 槽前的温度露点差小于  $2^\circ\text{C}$ 。18 日 08 时, 两支槽移至海上。

17 日 08 时 700hPa 除与 500hPa 北支小槽对应的北支小槽外, 四川盆地为西南涡,  $32^\circ\text{N}$  为一江淮暖切变, 青岛处于切变前部的东南流场中。此时南支槽不明显。至 20 时 (图 1b), 北支小槽与南支槽基本合并, 在京津—山东河北交界处—宜昌武汉一带, 江淮暖切变北抬东移至日照—济州岛一带。山东半岛处于槽前与切变前部辐合区中, 青岛东南风  $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 暖平流明显, 但温度露点差高达  $8^\circ\text{C}$ 。20 时 850hPa 的江淮暖切变, 受黄海北部暖脊影响, 北段西翘, 发展成为青岛与济南之间的倒槽。

### 1.3 地面环流形势

17 日 08 时, 蒙古境内为冷高压, 西南倒槽向北伸至二连浩特一带。半岛东部海上, 在  $124^\circ\text{E}$  以东为倒槽, 华东地区处于倒槽后部的高压坝中。其后, 西南倒槽减弱, 海上倒槽发展并向西移动, 18 日 02 时, 青岛处于倒槽槽区中。

### 1.4 物理量分析

17 日 20 时的物理量场, 青岛 700、850、925hPa 的比湿均小于等于  $2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,

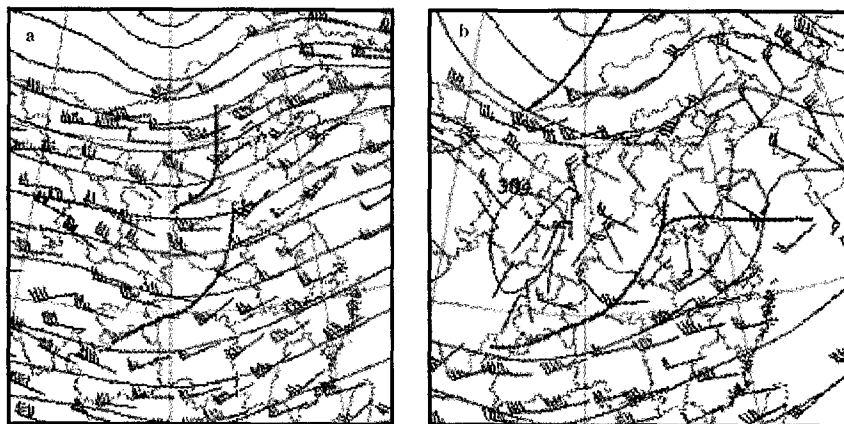


图 1 2005 年 2 月 17 日 20 时高空形势  
a. 500hPa 形势; b. 700hPa 形势

三层的上升速度均很小。500、700、850、925hPa 的涡度也接近零值，略偏向正涡度值。从  $T-\ln P$  图上分析，17 日 20 时，青岛上空大气的不稳定能量还没有正值区。

从 17 日 20 时的风向-高度图（图 2）上看，500hPa 以下，风向一致顺转达  $235^\circ$ ，表明低空有明显一致的暖平流存在，在低空有来自黄海的水汽输送，中层有南方暖湿气流的输送。500hPa 以上，250hPa 至 200hPa 之间，风向随高度有轻微的逆转，表明对流层顶有冷平流。风速-高度图上，青岛 300hPa 以上的大气处于西北风急流区中。

### 1.5 环流形势小结

从以上分析可以看到，17 日 20 时之前，青岛上空大气还处于稳定状态，但低空有深厚的暖平流，高空有弱的冷平流，有较强的垂直风切变和高空西风急流，表明启动对流发展的机制已经存在<sup>[2]</sup>，低层来自黄海的水汽输送和中空西南气流提供了降水所需的水汽。17 日 20 时青岛地面气温  $-0.2^\circ\text{C}$  并继续下降。从天气学的角度分析，17 日 20 时以后，大气状况具有了降雪的可能。

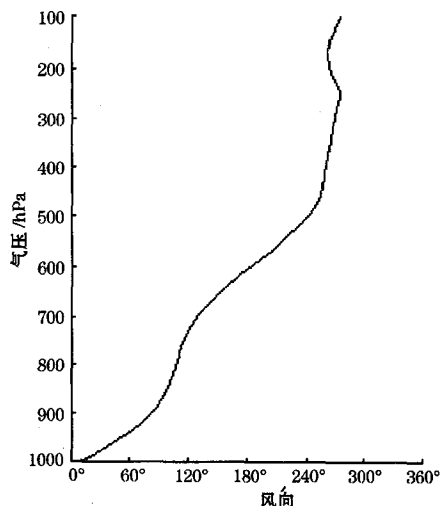


图 2 2005 年 2 月 17 日 20 时风向随高度的变化

## 2 多普勒雷达资料分析

青岛的雷达是敏视达生产的 SA 型，本次降雪过程使用的是 21 模式。这是一次稳定性降雪过程<sup>[3]</sup>，比较好的反应过程特征的资料是不同仰角的 PPI 资料、风廓线和回波顶高度资料。这些资料很好的补充了常规资料，揭示了这次降雪过程中小尺度系统的特点。

## 2.1 PPI 强度资料分析

对于降雪过程, 自记数据无法反映过程的强度变化, 人工站也只给出观测时段上 3 小时或 6 小时总的降雪量, 和降雪的起止时间。分析回波强度资料, 可以推断降雪的强度变化, 以及区域分布情况。高仰角的 PPI 的变化, 还反映出湿度条件的一些垂直分布特征<sup>[4]</sup>。

在本次过程中, 0.5°仰角的 PPI 显示, 青岛沿海及海上回波较强, 内陆仅有 20dBz 以下的回波。沿海的市区及崂山在 00 时 24 分以后出现了 30~35dBz 的强中心, 该中心 23 时 34 分出现在南部海上, 其后向东北方向移动而来。18 日 01 时 19 分以后, 沿海回波强度降到 30dBz 以下, 回波的强度、形状、范围都开始发生转折性变化, 强度减弱, 回波边缘在西部呈东北西南向线状, 并向东南移动, 逐渐逼近本站。30dBz 以上的强中心仅在胶南沿海加强, 在海上向东北方向移动, 并在海上减弱消失。

分析 4.3°仰角的 PPI。17 日 20 时, 雷达站上空 3.0~5.5km 的高度上, 有弱的回波, 3.0km 以下没有回波, 表明此时中低层还很干燥。其后, 回波区向上下扩展加强, 近地面层也开始出现回波。22 时 33 分的回波图上, 出现两个 25~30dBz 的回波较强的层次, 一个在 3.5~5.5km 高度, 另一个在 1.2km 以下, 而中空为弱回波带, 0.8~3.2km 高度上有三个强度低于 5dBz 的弱回波中心。此时降雪已经开始。随着上下层大气的交换, 以及偏南气流的输送, 中层湿度改善, 18 日 00 时 24 分, 出现了两个 30~35dBz 的强回波中心, 分别位于青岛沿海与海上。

从以上分析看, 降雪强度较强的时段是 18 日 00 时 24 分至 18 日 01 时 19 分。降雪强度较强的区域是海区及青岛沿海。地面观

测也表明, 青岛本站 17 日 23 时至 18 日 02 时, 3 小时降雪量达到 2.7mm。低空从黄渤海海面的水汽输送是这次降水过程的重要水汽源。

## 2.2 PPI 风场资料分析

由于时处冬季, 空气中水汽含量较低, 直到 17 日 20 时 30 分以后, 才得到有参考价值的风场资料。最先呈现空间风场较连贯的, 是 2.4°仰角的资料, 其次是 1.5°仰角。

首先分析一下 2.4°仰角的资料。图 3a 为 17 日 22 时 08 分的风场 PPI。从中可以看到, 16km 以内 (高度约 0.8km 以下), 风向基本为西北风, 零线基本上呈西北东南向, 略有波动, 但不明显, 这种波动与雷达站东部崂山 (海拔 1133m) 和西南方向的小珠山 (海拔 725m) 的地形影响有关。16km 以外, 零线明显呈气旋性弯曲, 风向也随高度明显顺时针旋转, 一直到能够探测的高度, 风向转为西南风, 风速随高度增加, 反映出对流层中部以下深厚的暖平流, 以及对流层中下层偏南气流对暖湿气流的输送。

仰角 2.4°PPI 的这种形势, 维持到 17 日 23 时 09 分, 23 时 16 分以后的形势发生了变化。在雷达站西部, 方位约 282°, 斜距约 45km, 高度约 2.2km 处, 正速度区开始断裂, 到 34 分 (图 3b), 完全断裂, 底层风逐渐转为北风, 继而转为东北风。00 时 24 分以后, 正速度区在方位约 85°, 斜距约 40km, 高度约 2.0km 处逐渐合并。其间 2.0~2.7km 的高度上维持着以雷达站为中心的风场辐合带。对照 1.5°和 3.4°仰角资料, 1.5°仰角上, 17 日 22 时 51 分, 方位约 293°, 斜距约 65km, 高度约 2.2km 处, 正速度区即开始断裂, 18 日 01 时 12 分, 正速度区在方位约 80°, 斜距约 60km, 高度约 2.0km 处开始合并。3.4°仰角上, 分裂发生于 23 时 40 分, 方位约 274°, 斜距约

34km, 高度约 2.3km 处, 合并开始于 00 时 11 分, 方位约  $95^\circ$ , 斜距约 31km, 高度

约 2.1km 处。在谱宽资料上, 合并与断裂处的谱宽都很大, 在  $13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  以上。

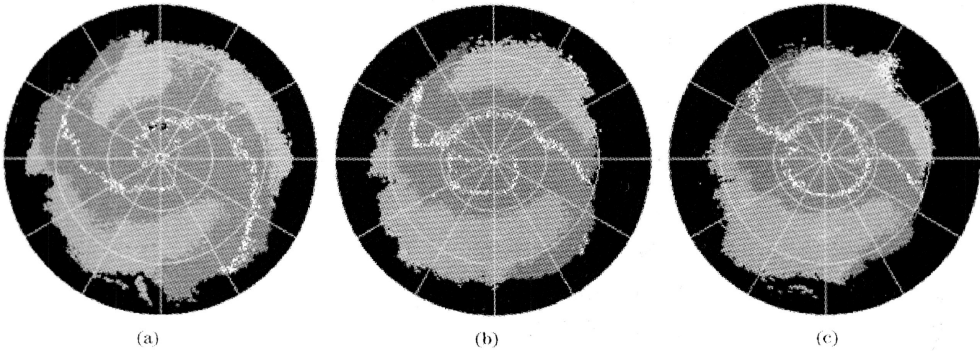


图3 2005年2月17日22时08分(a)、23时34分(b)、18日00时30分(c)  $2.4^\circ$ 仰角风场

结合高空资料判断, 以上高度上的风场辐合, 应是该层面上在倒槽上发展起来的以青岛为中心的中尺度气旋性风场, 由于分辨率的原因, 探空资料漏测。强度资料分析也显示, 青岛降雪较强的时段是 18 日 00 时 24 分至 18 日 01 时 19 分。随着该气旋性风场出现, 降雪也达到最强; 结合天气形势的分析, 该气旋性风场的出现是青岛成为这次降水过程中区域降水中心的主要原因。该气旋性风场破坏后, 降水仍持续数小时, 主要是受高空槽前暖湿气流的影响。根据常规资料分析, 高空槽过境后, 降雪逐渐停止。由于湿度条件太差, 雷达资料没有观测到高空槽过境的风场资料。但气旋性风场消失后, 风向仍随高度顺时针旋转, 表明青岛仍处于槽前的暖平流区中。高仰角强度资料的回波边缘的变化, 反映出高空槽的移动的一些信息。随着高空槽的接近, 高空变得干燥, 18 日 02 时 45 分以后,  $1.5^\circ$  仰角上, 西北部的回波边缘呈西北东南向, 向东南方向推移, 07 时 20 分左右接近本站。

不同仰角探测到中尺度气旋性风场的时间和距离不同, 与不同仰角探测同一高度时, 取样体积不同有关。可以推断, 高仰角

的资料更接近实际情况, 上面观测到的中尺度气旋性风场的维持时间, 应该在半小时左右。

### 2.3 VWP 产品分析

VWP 产品显示, 17 日 23 时前, 4.0km 以下以偏东风为主, 其中 1.2km 以下以北到东北风为主, 1.5~4.0km 以东南风为主。4.3km 以上为西南风。17 日 23 时以后, 风场有所变化。与地面环流形势一致, 0.9km 以下以北到西北风为主。

### 2.4 回波高度

回波顶高度产品显示, 本次降雪过程的回波顶高度分布比较均匀, 降水性质应推断为稳定性降水, 回波顶高度最高时达 6km 左右。但由于算法没有进行外推, 而且从降雪初期中层存在弱回波区推断, 该产品可能不能说明回波在垂直方向上的真实分布情况。

## 3 小结

从以上分析可以看到, 17 日 20 时之

前,青岛上空大气还处于稳定状态,启动对流发展的机制是低空暖平流、垂直风切变和高空西风急流,中空西南气流和近地层从黄渤海海面的水汽输送提供了降水所需的水汽。从天气学的角度,降雪条件已经具备。

雷达资料对常规资料的补充主要表现在以下方面:

(1) 降雪初期,中层存在弱回波区。

(2) 2.0~2.7km 高度上在倒槽上发展起来的以青岛为中心的中尺度气旋性风场的出现,预示着降水强度的迅速增强,和降水量级的改变,该风场的破坏,则预示着降雪强度的迅速减弱。

(3) 本次降雪过程为高空槽前暖区降水,高空槽过境,标志着降雪过程结束。

(4) 回波首先出现在 3.0~5.5km 的高度上,然后向上下扩展。

(5) 与降水不同,0.5°仰角上,回波强度在 20dBz 以下即可出现降雪;回波强度在 30~35dBz 时,降雪强度就可以达到很强。

### 参考文献

- 1 郑丽娜,石少英,侯淑梅. 渤海的特殊地形对冬季冷流降雪的贡献. 气象, 2003, 29 (1): 49~51.
- 2 安新宇,李毅,史玉严等. 一次强降雪的雷达 PPI 速度图像分析. 内蒙古气象, 2004, 12 (4): 15~16.
- 3 张晰莹,张礼宝,袁美英. 一次降雪过程的多普勒雷达探测分析. 气象科技, 2003, 6 (3): 179~182.
- 4 朱乾根等. 天气学原理和方法. 北京: 气象出版社, 1981.