

# 山东半岛两次明显冷流降雪过程对比分析

潘旭光, 石磊, 林曲风, 姜俊玲, 矫卫兵, 王日东, 任伯骅 (山东省烟台市气象局, 山东烟台 264003)

**摘要** 针对2013年12月18~20日和2014年1月20日2次较明显冷流降雪天气过程,在简要分析天气形势及影响冷流降雪因素的基础上,利用多普勒天气雷达产品、卫星云图对这2次降雪过程进行了对比分析。结果表明,2次过程高空均有系统配合,前一次过程是冷涡和横槽带来的冷空气先后在山东半岛汇合,造成降雪天气,后一次过程是横槽带来的冷空气造成的降雪;2次过程海里有气旋配合,前一次过程地面处于高压前部、气旋顶部,地面风场为北到西北风,后一次过程地面处于入海气旋的后部,地面风场也为北到西北风,后一次过程比前一次过程气旋更明显,位置更偏北,气旋曲率也较明显;2次过程冷平流较强,850 hPa 温度降温幅度均较明显;从雷达反射率因子图可以看出,降雪时多为西北—东南走向的条状或弧形回波带发展,相应的径向速度图上有一条风速辐合带;从卫星红外和可见光云图可看出,降雪时,离海岸一定距离的海面上是一条无云带,这是由于冷空气进入海面加热形成云需要一定时间的缘故,以后才出现云区,云区走向与地面等压线弯曲方向比较一致。

**关键词** 冷流降雪; 雷达; 卫星; 过程分析; 山东半岛

**中图分类号** S161.7 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)07-02083-04

冷流降雪是山东半岛冬季常见的地方性天气。冬季,当较强冷空气移过半岛后,上游各地天气迅速转晴,而山东半岛特别是半岛北部的蓬莱到成山头一带沿海地区,在强劲的西北风吹送下,块状乌云从北部沿海上涌来,随之开始出现阵雪,直至冷平流结束<sup>[1]</sup>。2013年12月18~20日半岛地区出现了入冬以来第1场较为明显的降雪(表1),特别是19日的降雪是较为典型的冷流降雪,2014年1月20日的降雪也是一次明显冷流降雪过程。笔者在简要分析天气形势及影响冷流降雪因素的基础上,利用多普勒天气雷达产品、卫星云图对这2次过程进行了对比分析,为今后降雪特别是冷流降雪监测和预报提供参考。

表1 2013年12月18~20日降雪概况 mm

日期	18日	19日	20日
烟台	1.3	2.8	3.0
福山	0.2	1.0	0.8
牟平	0.4	3.0	4.5
龙口	0.2	0	
蓬莱	0	0.3	0.1
招远	0	3.9	0
栖霞	0	0.6	0
莱阳	0	0.1	0
海阳	0	0.5	
威海	4.1	7.0	0.3
文登	0.1	10.9	1.4
荣成	0.7	6.9	0
成山头	0	0.2	
石岛	0	0.6	0

## 1 天气形势分析

**1.1 2013年12月18~20日降雪过程** 15日20:00在500 hPa天气形势场图上,在贝加尔湖东南侧有一冷涡初形成,中心在120°E、50°N左右,冷涡后部到乌拉尔山以东有一宽广的东北—西南向的倾斜的高压脊,高压脊在后部暖平流的作用下向东发展;由于受脊前气流引导影响,冷涡先向西南方

向移动,后转向东南方向移动,到18日,冷空气影响半岛北部,18日08:00 850 hPa 温度由17日20:00的-6℃降至-9℃左右,500 hPa 冷涡中心自17日20:00从45°N、118°E东移南压至43°N、122°E,冷涡主体在45°N以南,18日20:00冷涡主体已东移过120°E,半岛北部850 hPa 温度降至-13℃。在700 hPa 高空图上,18日08:00冷涡中心已东移过120°E,在18日白天半岛北部处于700 hPa 冷涡底部偏西气流控制。从17日20~18日20:00地面图的温度和风场演变情况可以看出,从18日08:00开始,半岛北部已经转为冷锋后的偏西北风控制,随着冷涡携带冷空气旋转南下,低空冷平流逐渐加强,到18日20:00,烟台站24 h变温达-6℃(850 hPa 相应地为-7℃);随着北边冷高压扩散南下和日本南部太平洋海域上的低压向北发展,17日20:00~18日20:00地面气压场有逆时针的旋转。从18日的高空图和地面图可以看出,降水是携带着冷空气的冷涡南下引起的降雪形式。19日,此时高空转为涡后西北气流,是较为典型的冷流降雪天气;半岛北部850 hPa 温度在19日08:00降至-15℃,为3 d最低;日本南部太平洋海域上的气旋中心由30°N以南移至30°N以北,地面气压场呈气旋性弯曲。20日,高空温度呈现整体回升的态势,但回升幅度慢,850 hPa 温度维持在-11℃,500 hPa 有横槽南压。冷涡和横槽带来的冷空气先后在山东半岛汇合,造成降雪天气。20日20:00以后,冷涡东移至日本海逐渐消失,没有冷空气补充,山东半岛处于高压脊前西北气流控制,降雪基本结束。通过天气图分析,可以判断出高低空的冷暖平流情况,从而解释了为什么会出降雪。但降雪开始与结束的时间、降雪的强弱变化过程在大尺度的天气图上无法直观地显示出来。

由烟台站12月15~21日日降雪量和850 hPa 温度时序图(图1a)可见,出量降雪(20:00~次日20:00日降雪量≥0.1 mm)出现在850 hPa 温度下降至-12℃以下;850 hPa 回升至-10℃以上时,冷流降雪停止。这是半岛冷降雪的经验性指标,已经得到共识<sup>[1]</sup>。由于感热交换量与海气温差和风速成正比<sup>[1]</sup>,因此,冬季强冷空气由内陆移入渤海暖海面时,可形成较大的海气温差,通过海气感热交换带来大量感热,

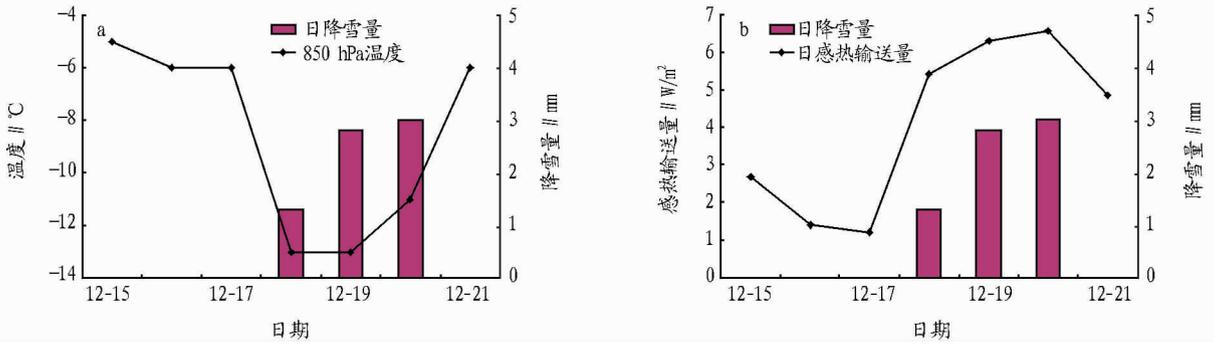


图1 烟台站2013年12月15~21日日降雪量和850 hPa温度(a)以及日降雪量和日感热输送量(b)时序图

近海面大气增温增湿,大气层结呈不稳定状态。因为海水温度变换比较缓慢,在一段时间内可以近似看作一个常数。因此,海气温差主要取决于冷空气的强度。将12月15~21日烟台逐日平均气温、日最大风速带入海气感热交换量公式  $Q_s = \rho_a C_D c_p (T_w - T_s) V_0$  计算感热输送<sup>[1]</sup>,为了比较方便,将各数值除以  $10 \rho_a C_D c_p$ ,与烟台日降雪量比较(图1b),由图1b可见,烟台日降雪量与日感热输送基本成同位相叠加关系<sup>[2]</sup>,特别是在降雪的初期,相关性比850 hPa温度场好,说明感热输送对冷流降雪指示作用较好。

**1.2 2014年1月20日降雪过程** 从高空形势图(图略)可以看出,20日08:00 500 hPa在贝加尔湖以东地区存在一个横槽,温度槽稍落后于高度槽,山东半岛北部位于500 hPa高空槽前、700 hPa槽底、850 hPa槽后。850 hPa等温线几乎与风场垂直,冷平流较强,半岛北部处于-12℃线左右。地面

处于入海气旋的后部。20日20:00,850 hPa的-14℃线压在渤海海峡,渤海海峡中部海水温度在5℃左右,海水温度和850 hPa温差在20℃左右。20日20:00半岛北部处于500 hPa横槽前以及850、750 hPa槽后,500 hPa高空图上20日20:00~21日08:00横槽甩下,21日08:00 500 hPa高度上半岛处于槽后西北气流控制,850 hPa没有更强冷空气补充,温度变化不大(半岛北部在-14℃左右)。地面形势图上,随着气旋东移,冷高压南下,气旋性曲率减小。从烟台站1月19~21日日降雪量和850 hPa温度时序图(图2a)可见,出量降雪日降雪量 $\geq 0.1$  mm,出现在850 hPa温度下降至-12℃;850 hPa回升至-10℃以上时,冷流降雪停止。烟台站1月19~21日降雪量和日感热输送量时序图(图2b)显示,烟台日降雪量与日感热输送基本成同位相叠加关系,特别是在降雪的初期,但在降雪停止时指示性不好。

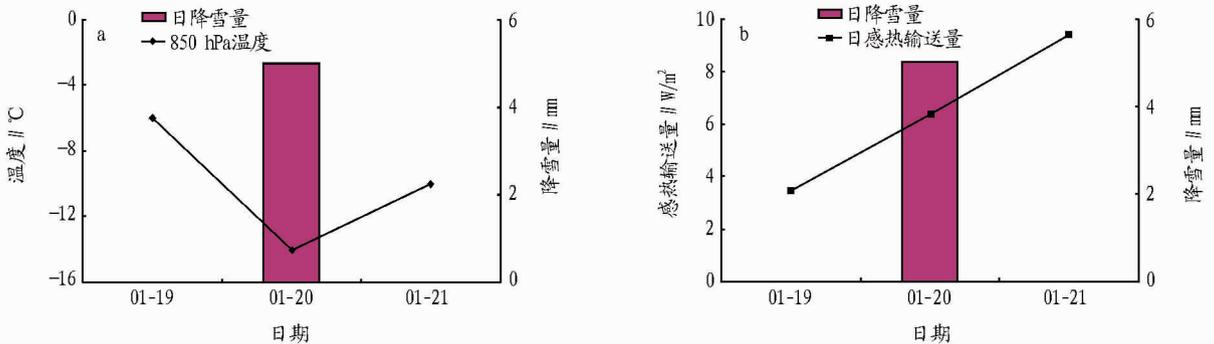


图2 2014年1月19~21日烟台站日降雪量和850 hPa温度(a)以及日降雪量和日感热输送量(b)时序图

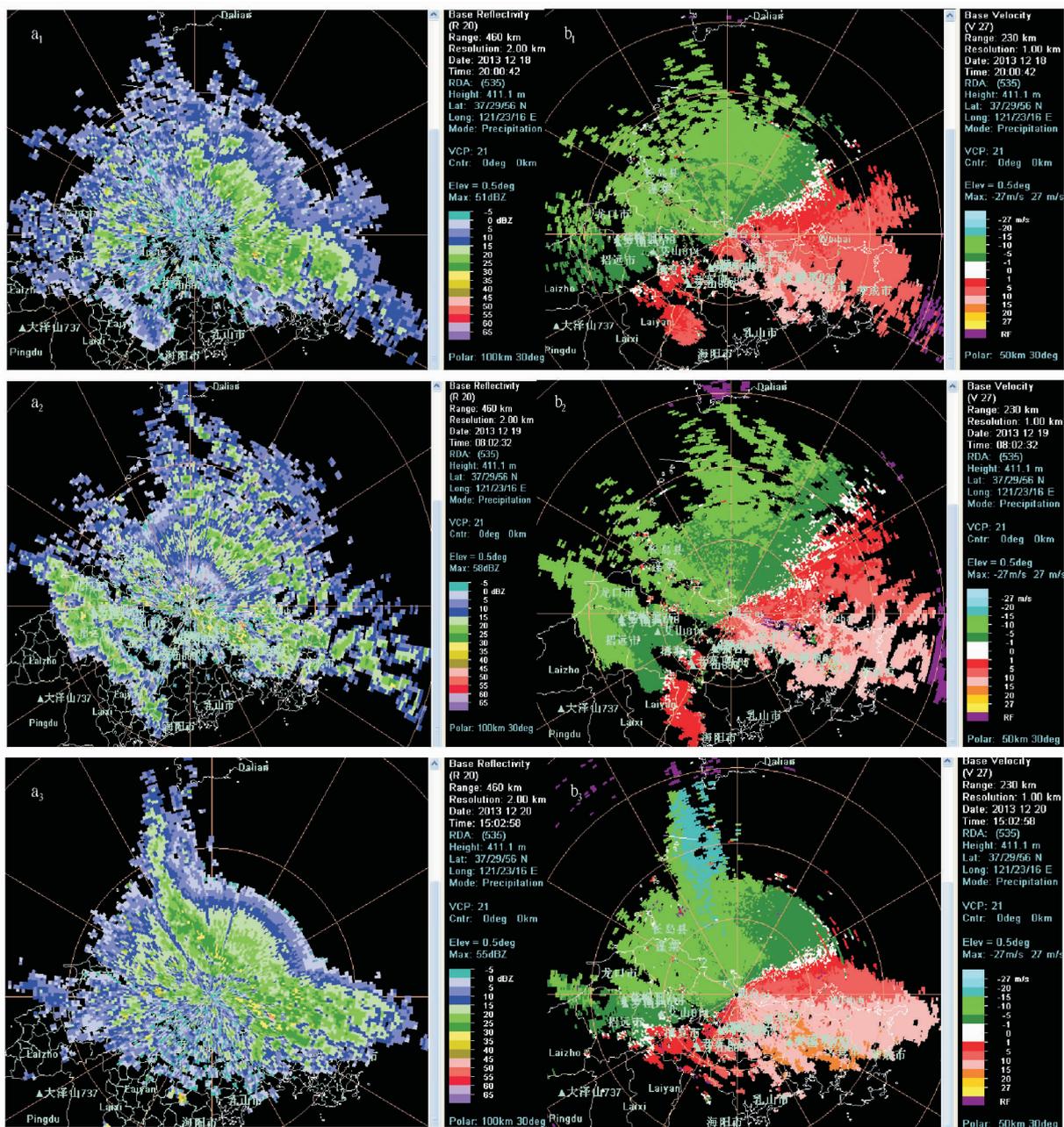
## 2 雷达图分析

**2.1 2013年12月18~20日降雪过程** 从18日雷达0.5°仰角的反射率因子图上看到,18日05:00前后在半岛西北部离雷达站100 km的渤海湾上开始有回波不断生成并向东南方向发展,回波强度一般大于10 dBz,中间嵌有25 dBz以上的块状回波;08:00回波在雷达站西北象限内,较强回波带主体则在雷达站北-北偏西30°的狭窄区域内,宽度约为30~40 km,对应的径向速度图上,雷达站100 km范围内入流面积大于出流面积,由雷达测高公式<sup>[3]</sup>可知其高度均在2 km高度以下,说明风向为辐合,入流速度大于出流速度,风速也为辐合,风向为偏北风;09:00以后在0.5°仰角的反射率因子图上有30 dBz以上的块状回波在较强回波带上出现,较强回

波带一直维持发展到10:00,之后逐渐整体向东偏移,到12:00已经不再影响烟台,到16:00降水回波已经偏向雷达东北象限,威海地区降雪明显,从对应的速度图上可看出,到12:00辐合减小,风向开始偏西,到16:00已经转为西北风,辐合又加强。从实况也可以看出,烟台站降雪量出现在10:00~12:00,而威海站14:00之前仅有微量降雪,主要降雪时段在18日下午。18日20:00以后到19日01:00之前(图3a<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>),较强回波主要在以雷达站北-北偏东150°从西北向东南方向移动,主要影响威海地区,风向、风速辐合带也在此区域,19日01:00前后,雷达站西北象限回波加强,向东南方向移动,05:00左右开始在招远西北-东南方向有条状回波逐渐发展,08:00发展较旺盛(图3a<sub>2</sub>、b<sub>2</sub>),09:30左右开始减

弱。影响威海的较强回波带在 19 日 18:00 以后逐渐减弱。20 日 00:00 已经没有降水回波,02:00 开始在渤海湾有回波生成不断向东南方向发展;08:00 以后,较强回波带在雷达

北—北偏西 30°渤海湾内生成向东南发展;15:00 以后在雷达北偏西 30°到南偏东 60°以东有一条弧形的强回波带南压(图 3a<sub>3</sub>、b<sub>3</sub>);20:00 以后降水回波逐渐减弱。



注:a<sub>1</sub>、b<sub>1</sub> 为 18 日 20:00;a<sub>2</sub>、b<sub>2</sub> 为 19 日 08:02;a<sub>3</sub>、b<sub>3</sub> 为 20 日 15:02。

图 3 2013 年 12 月 18~20 日雷达 0.5°仰角反射率因子(a)和径向速度(b)

**2.2 2014 年 1 月 20 日降雪过程** 从雷达 0.5°仰角反射率因子图(图略)可以看出,从 20 日 04:30 开始,大连西南方向渤海湾内不断有回波生成并向东南方向发展,08:00 在雷达北偏西 30°到南偏东 60°以东有一条弧形的强回波带,11:00 回波带南压至北偏西 60°到南偏东 30°以东,14:00 块状降水回波在雷达北偏西 30°和西,16:00 回波范围和强度均明显减弱。

### 3 云图分析

**3.1 2013 年 12 月 18~20 日降雪过程** 从 modis 可见光云

图可看到,18 日 10:50 在离海岸 50 km 的海面上是一条无云带(图 4a),这是由于冷空气进入海面加热形成云需要一定时间的缘故<sup>[4]</sup>,以后在离海岸约 50 km 左右以外的海上出现积云线,这种积云线越往下风方向越变宽,最后分裂成细胞云系,图上发展比较强盛的区域与雷达图是对应的;对应的 18 日 11:00 红外云图叠加上地面气压场图(图 4b)可以明显看出云区走向与等压线弯曲方向一致,特别是在云区西侧边缘。19 日 13:10,与 18 日云图类似,也有一条无云带,不同的是积云线更加明显,气旋性弯曲程度更大,细胞状云系更加

密集,说明对流旺盛,从最近的19日14:00红外云图叠加上面气压场图也可以明显看出云区走向与等压线弯曲方向一致;20日10:40也存在无云带,从最近的20日11:00红外云图叠加上面气压场图也可以明显看出云区走向与等压线弯曲方向一致。

**3.2 2014年1月20日降雪过程** 从20日13:05的modis可见光云图(图5a)可以看到,无云带距离加大,积云线更加明显,有点类似涡旋云系,从最近的20日14:00红外云图叠加上面气压场图(图5b)也可以明显看出云区走向与等压线弯曲方向一致。

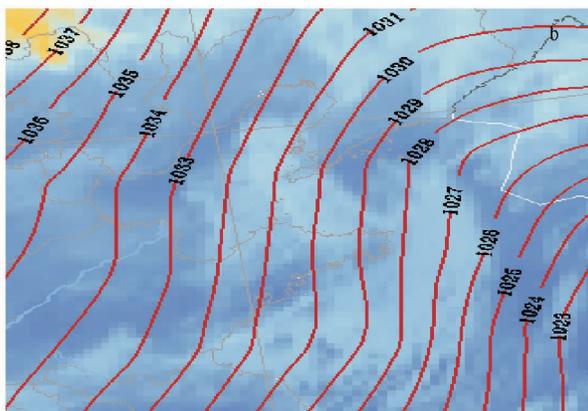
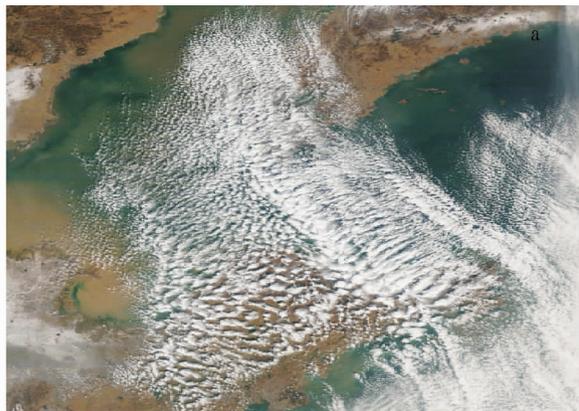


图4 2013年12月18日10:50可见光云图(a)和11:00红外云图(b)

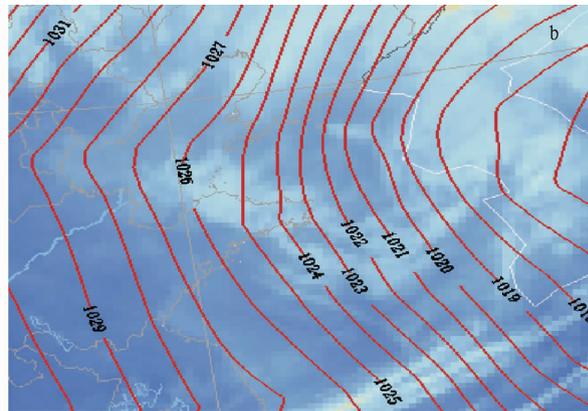
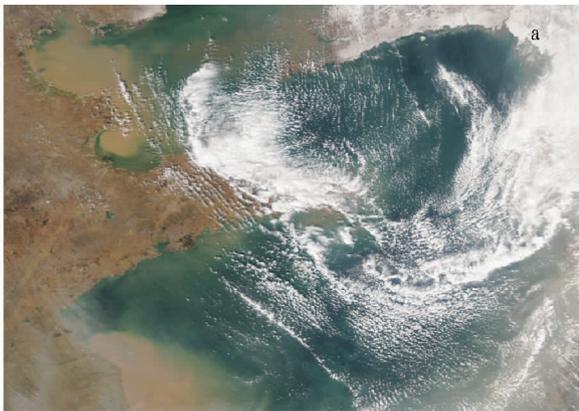


图5 2014年1月20日13:05可见光云图(a)和14:00红外云图(b)

#### 4 小结

(1)2次过程高空均有系统配合,前一次过程(2013年12月18~20日)是冷涡和横槽带来的冷空气先后在山东半岛汇合,造成降雪天气,后一次过程(2014年1月20日)是横槽带来的冷空气造成的降雪。

(2)2次过程海里均有气旋配合,前一次过程地面处于高压前部、气旋顶部,地面风场为北到西北风;后一次过程地面处于入海气旋的后部,地面风场也为北到西北风;后一次过程比前一次过程气旋更明显,位置更偏北,气旋曲率也较明显。

(3)2次过程冷平流较强,850 hPa 温度降温幅度均较明显,前一次最低温度降至 $-13^{\circ}\text{C}$ 左右,降温幅度 $7^{\circ}\text{C}$ 左右,后一次最低温度降至 $-14^{\circ}\text{C}$ 左右,降温幅度在 $8^{\circ}\text{C}$ 左右。降雪时海气温差(850 hPa 温度和海水表面温度)均在 $20^{\circ}\text{C}$ 左右,

潜热输送量均较大。

(4)从雷达反射率因子图可以看出,降雪时多为西北—东南走向的条状或弧形回波带发展,相应的径向速度图上有一条风速辐合带。

(5)从卫星红外和可见光云图可看出,降雪时,离海岸一定距离的海面上是一条无云带,这是由于冷空气进入海面加热形成云需要一定时间的缘故,以后才出现云区,云区走向与地面等压线弯曲方向比较一致。

#### 参考文献

- [1] 曹钢锋,张善君,朱官忠,等.山东天气分析与预报[M].北京:气象出版社,1988:292.
- [2] 姜俊玲,魏鸣,康浩,等.2005年12月山东半岛暴雪成因及多尺度信息特征[J].大气科学学报,2010,33(3):328-335.
- [3] 张培昌,杜秉玉,戴铁丕.雷达气象学[M].北京:气象出版社,2001:122.
- [4] 陈渭民.卫星气象学[M].北京:气象出版社,2003:244.