

# 一次降雪过程的多普勒雷达探测分析

张晰莹<sup>1</sup> 张礼宝<sup>1</sup> 袁美英<sup>2</sup>

(1 黑龙江省人工影响天气中心, 哈尔滨 150030)

(2 黑龙江省气象台, 哈尔滨 150030)

**摘要** 文章应用多普勒雷达资料,并结合天气图、卫星云图等资料对 2001 年 12 月 12 日黑龙江省西南部地区一次大范围的较大降雪过程进行了分析。通过对这次较大降雪过程的多普勒雷达探测,分析了这次降雪回波过程的特征,分析了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,对大雪探测和预报都具有一定的意义。

**关键词** 多普勒雷达 径向速度 降雪

## 引言

由于条件限制,对冬季较大范围降雪的多普勒回波分析与研究在我国一直没有广泛的开展。黑龙江省地处我国北部边陲,纬度高,冬季时间长,降雪天气较多,利用多普勒雷达对降雪天气进行探测,对冬季降雪预报及人工增雪的研究都具有极为重要的意义。2001 年 12 月哈尔滨安装了 3830 型 5cm 波长多普勒天气雷达,并对一次大范围的较大降雪过程进行了探测,获取了这次过程完整的降雪回波资料。

本文对这次降雪天气过程的多普勒雷达回波资料进行了研究,并且从不同角度进行了全面的分析,从高空、地面的天气形势、卫星云图特征进行了探讨和研究,为今后的大雪监测、预报、分析及应用提供依据。

## 1 天气形势分析

### 1.1 降水实况

2001 年 12 月 12 日 08 时到 13 日 08 时,以哈尔滨为中心的 250km 范围内,普降小到中雪,局部地区降中到大雪,是 2001 年冬季黑龙江省的一次较大的降雪过程。

### 1.2 高空环流形势分析

2001 年 12 月 11 日 08 时,700hPa 天气图上,黑龙江省为弱脊,贝加尔湖低涡南部的低槽前有西北气流生成,贝加尔湖低涡的北部是一小脊,脊前为西北气流,西北气流与西南气流辐合在黑龙江省。乌拉尔

山高压脊前的西北气流引导冷空气南下,在低涡的西侧有冷空气团堆积,从河套到黑龙江省上空为暖温度脊控制。乌拉尔山脊前不断有冷空气南下,推动系统东移,西南气流不断加强北上。12 日 08 时,850hPa 高空图上形成西南低空急流,到 12 日 20 时发展为最强。黑龙江省上空处于暖空气的控制之下,主体冷空气移至贝加尔湖及其南侧,冷平流已达到黑龙江省西部边缘,冷平流所到之处开始降雪。锋区移入黑龙江省,大部分地区在低涡的控制之下,西南气流携带着南方的暖湿空气源源不断与西移来的冷空气交汇,产生较大范围的降雪。13 日 08 时以后,冷空气进入黑龙江省,暖空气移出,降雪结束。

### 1.3 地面天气形势分析

11 日 08 时以前,河套地区西侧有低压倒槽向北发展,11 日 08 时在内蒙古地区生成低压,低压东移发展,12 日 02 时移至 48°N,120°E 附近,发展加强,少动、旋转。从 12 日 08 时到 20 时,低压移速减慢,冷锋锋生,12 日 08 时开始降雪,而后冷锋北抬并向东北方向移动,13 日 02 时低压移至黑龙江省中部地区。

## 2 多普勒雷达回波特征分析

由于冰晶和雪对微波的散射能力比水滴小得多,对微波衰减作用也较小,因此雪的回波强度通常比连续性降水回波弱<sup>[1]</sup>,但 5cm 波长多普勒天气雷

达能够探测到它们的细微结构,且探测距离较远。2001 年 12 月 12 日利用 3830 多普勒天气雷达对一次大雪天气过程进行了跟踪观测,取得了较理想和完整的回波资料。

这次大雪过程,在 PPI 上回波与连续性降雨回波有许多类似的特征,回波范围较大,分布比较均匀,丝缕状纹理结构明显,强度较弱。与其他季节相比,回波分布均匀、连续,在 150km 范围内全部是连续性降水回波,而在其他季节即使是较强的连续性降水回波也是很 discontinuous,中间有断裂和缝隙。此次较大降雪回波强中心为 30dBz,非均匀性分布,丝缕

状纹理结构回波分布较为明显(图 1)。

在 PPI 上,其速度场与降水回波的速度场相比分布比较连续,流场分布较规则。出现了“牛眼”型结构,在低空有“正、负”速度的两个大值区,说明低空急流的存在。这次降雪过程流场分布清晰,由于选取了较高的重复频率,没有出现速度模糊现象。

在 RHI 上,降雪回波高度在 4km 左右,而其他季节的层状云连续性降水回波高度一般在 5~6km,相对来讲降雪回波的高度较低,回波顶比较平整。在观测过程中,还出现了二层云结构。

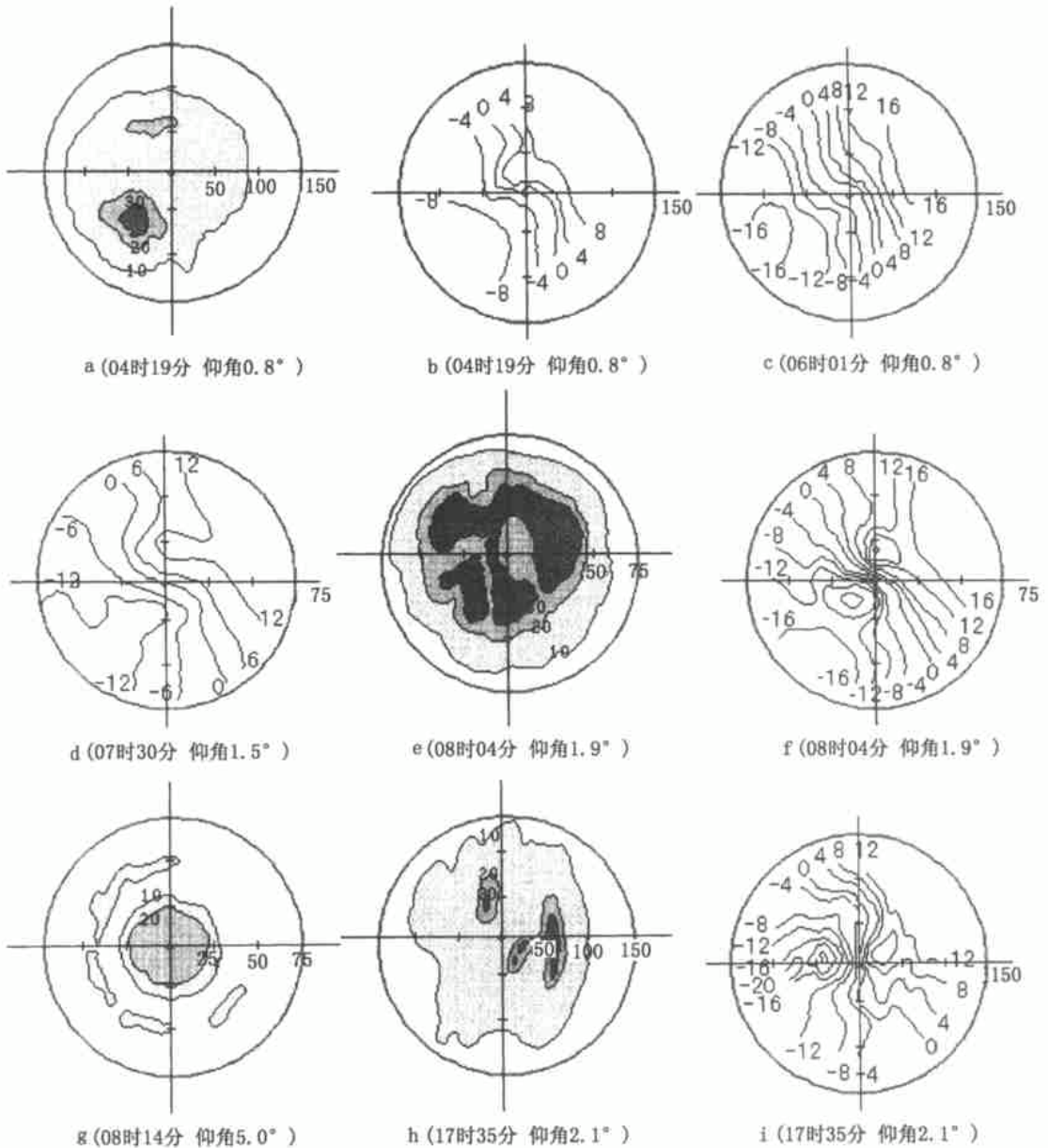


图 1 2001 年 12 月 12 日多普勒天气雷达回波

该系统云区在12日03时进入雷达监测范围。04时,测站周围120km内已布满层云回波(图1a),层云特征十分明显,分布较为均匀,强度为15~20dBz。较强回波位于哈尔滨西南50km以外和西北50km以外,强度20~25dBz。速度图上(图1b),零速度线基本呈“S”型,曲率较小,风向呈WSW-ENE向,风速随高度增大,高空最大风速 $V > 20$  m/s,风随高度顺时针旋转,表明有暖平流存在。05时,强回波位于哈尔滨西南40km左右,强度仍为20~25dBz,强回波区范围增大,其结构由松散逐渐变稠密。零速度线更加弯曲,风向逐渐向西偏转。06时,强度回波区已移至测站10km附近,强度不变。速度图上(图1c),在低仰角时,零速度线呈明显的“S”型,有弱暖平流,风向呈SW-NE向,高空最大风速减小。07时,强中心已覆盖该站周围10km范围之内,范围增大。07时30分(图1d),零速度线在中心附近明显呈“S”型,而远距离(即高空)略呈反“S”型,说明低空暖平流,高空冷平流,有利于降雪云的发展。08时(图1e、f、g),强中心范围明显扩大,占整个回波的二分之一以上。抬高仰角 $5.0^\circ$ ,回波出现了二层结构,低层为降雪回波,中层出现了无云区,高层为薄云区。强回波范围继续扩大,结构更加紧密,并连成一片。此时测站开始出现降雪。强度图上回波形态和强度均少变。速度图上风向呈NE-SE方向,风向偏北分量增大,低空出现正、负速度中心,“牛眼”结构十分明显,说明出现低空急流。且轴向呈NE-SE向及南方的水汽、热量与动量不断输送过来,有利于降雪云的发展。随着降雪的出现。10时48分,测站西部层状回波出现清晰的后边界,大约距测站70km,强中心逐渐移过该站,降雪停止。12时,回波后边界移到测站。14时,在西南部又移来大片的降雪回波,强中心距测站45km,强度仍与原来相同,测站重新出现降雪(图1h),速度图演变与第一次降雪基本相同,只是在回波即将移过测站时,风向由西南风转为西风(图1i),零速度线呈反“S”型,即低空出现冷平流,大风轴线也转成W-E方向,这次降雪过程变弱,回波随后逐渐东移,观测到了后边界,18时30分,后边界到达测站,降水过程基本结束。

此次降雪过程中,风场经历了两次明显的变化。图2是此次过程的风场变化示意图,风向的变化较为清晰,随时间向西偏转,最终由偏南风转为偏西风。



图2 风场变化示意

在第一次降雪过程中,从速度场分析,风随高度是逐渐增大的,在高空存在一个20m/s以上的大风区。随着时间的推移,低空风速开始加大,在08时,出现“牛眼”结构,降雪开始。随着降雪的开始,低空大风区风速开始减弱,并于第一次降雪停止时消失。随着第二片雪区的到来,低空的风速又开始加大,在出现大风区后,降雪又重新开始了。随着降雪的开始,低空大风区风速又开始减弱,并于第二次降雪停止时消失。这次降雪过程低空大风区(急流)的出现是此次降雪开始,大风区的消失是降雪结束。

这次过程在RHI上(图3),清晰可见,降雪回波云顶高度在4km左右,云顶比较平整,在云层上部有1.2km左右的无云区,在4.3~4.5km左右存在第二层强度较弱层状云。第二次降雪的RHI上,(图4),特征与第一次相差不多,只是不存在二层云结构。在RHI图上,降雪回波基本上都处于一个高度,强度分布较均匀。

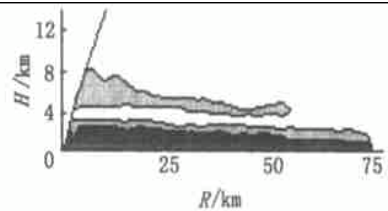


图3 2001年12月12日RHI回波  
(08时29分,方位 $224.9^\circ$ )

在此次降雪过程中,可以清晰地看到冬季降雪与夏季稳定性降水的不同。首先,通常夏季产生较大降水时,回波强度均要在30dBz以上,而此次降雪回波强度超过30dBz的回波面积很小。由于冰晶和雪对微波的散射能力比水滴小得多,所以在较弱的回波条件下却可以产生较大的降水。其次,由于冬季气温较

低,雪花降落到地面时仍成固态,虽然是层云降水,但却没有零度层亮带产生。另外,由于冬季热力条件较差,不利于云体的对流生长,所以云体较低。

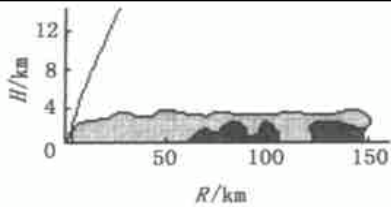


图4 2001年12月12日RHI回波  
(16时07分 方位24.5°)

### 3 卫星云图特征分析

从11日22时卫星云图分析,气旋及锋面云系较为完整,其前沿已经进入黑龙江省,强中心在内蒙古,缓慢向东移动。03时云区的前界进入雷达的探测范围,降雪区在黑龙江省西部与内蒙古交界附近,从水汽图上分析,水汽含量的大值区与红外云图相对应,更能清楚地看到水汽的分布。06时,系统云系已经全部覆盖了黑龙江省的西部到中部,云系分布比较均匀,全部是层状云系,而且强度中等。从水汽图上分析,白亮的云带说明水汽含量较充足,而且范围较大。07时,该站的西部200km以内开始降雪,稠密的云区覆盖黑龙江省的大部分地区,云带的后边界比较清晰。09时,云系仍维持较强,大部分地区都在降雪,但云系移动较快,11时后边界已基本移出该站。午后14时,移出的云带后边界又新生

出一条狭窄的云带,强度较弱,且尺度较小,产生零星的降雪。

### 4 小结与讨论

(1)在PPI上,较大降雪回波与连续性降雨回波有许多类似的特征,回波范围较大,分布比较均匀,丝缕状纹理结构明显,强度较弱。但也有许多不同之处,与其他季节的稳定性降水回波相比其分布较均匀,连续,片状结构明显。

(2)在RHI上,降雪回波高度在4km,而其他季节的层状云连续性降水回波高度一般在5~6km,相对来讲降雪回波的高度较低。回波顶比较平整,观测过程中还出现了二层云结构。

(3)从径向速度场特征分析:在PPI上,其速度场分布比降水回波的速度场连续,流场分布较规则,出现了“牛眼”型结构,在低空有“正、负”速度的两个大值区,说明低空急流的存在。这次降雪过程流场分布清晰。

(4)低空大风区(急流)的出现是此次降雪开始,大风区的消失是降雪结束。

### 参考文献

- 1 张培昌,杜秉玉,戴铁丕.雷达气象学.北京:气象出版社,2001
- 2 中国人民解放军总参谋部气象局.多普勒雷达资料分析与应用.北京:解放军出版社,2001

## DETECTION AND ANALYSIS OF HEAVY SNOW ECHOES WITH DOPPLER WEATHER RADAR

Zhang Xiying<sup>1</sup> Zhang Libao<sup>1</sup> Yuan Meiyang<sup>2</sup>

(1 Weather Modification Center of Hei Longjiang Province, Harbin 150030, China)

(2 Meteorological Observatory of Hei Longjiang Province, Harbin 150030, China)

**Abstract:** Based on the satellite images and synoptic charts and the radar(CINRAAD/CC) data of a heavy snow in southwestern of Hei Longjiang Province on December 12, 2001, the snowing weather process is analyzed. The result shows that the characteristics, such as the inhomogeneity of reflectivity, low-level jet in speed field and two-layer structure in height field can be obtained with the new generation weather radar, as well as the difference of radar echoes of snow and rain is compared.

**Key words:** Doppler radar, radial speed, heavy snow