

弱冰雹云雷达回波结构特征分析

张晰莹 张礼宝 安英玉 石慕真 吴迎旭

(黑龙江省气象台, 哈尔滨 150030)

提 要: 综合多种观测资料, 对黑龙江省 2005 年初春产生的历史上少见的大范围冰雹天气进行了分析。讨论了雷达反射率因子与径向速度场的特征, 着重分析回波演变过程中结构的变化。初春较低的温度, 使得对流发展高度较低、强度较弱, 不能使用通常的标准进行强天气判断。由于回波强度较弱, 冰雹天气未出现典型特征回波, 但径向速度特征表现的较为明显, 在春季中尺度辐合辐散特征仍是较明显。对初春与其他季节产生冰雹的不同变化特征进行了分析和研究, 对深入认识不同季节产生冰雹的雷达回波特征具有重要意义。

关键词: 天气雷达 弱冰雹 反射率因子 径向速度

Analysis on the Structure and Characteristic of Weak Hail Cloud Radar Echo

Zhang Xiying Zhang Libao An Yingyu Shi Muzen Wu Yingxu

(Heilongjiang Meteorological Observatory, Harbin 150030)

Abstract: A big area hail weather occurred in Heilongjiang province in the early spring of 2005, which has been seldom seen in the history, is studied with radar and other observation data. The analysis is emphasized on the change in structure of the echo during the cloud developing, and also the discussion is laid on the relationship between radar reflectivity factor and radial velocity field. With relative low temperature in the spring the convective cloud did not develop high and strong, so the usual standards, with which we judge severe weather, do not work well in this case. Though the weak echo and no typical hail echo feature have been observed, the characteristic of radial velocity and meso-scale convergence and divergence in spring can be found quite clearly. The analysis and study of different characteristics between hail weathers taking place in early spring and other seasons, are highly significant for better understanding of the hail echo characteristics in different season.

Key Words: weather radar weak hail weather reflectivity factor radial velocity

引言

2005年4月19—24日,黑龙江省大部分地区出现连续降雨天气,部分地区出现了冰雹天气。在24日降雨过程中先后7个站降了冰雹,有的站点在一天中出现3次冰雹。黑龙江省冰雹天气出现得这么早,范围大、持续时间长、同日同站出现频繁,都是历史上少见的。

造成这次冰雹天气的主要原因是4月中旬黑龙江省天气转暖,下旬受西伯利亚冷空气连续下滑的影响,东北冷涡活跃,并一直控制黑龙江省,全省大部分地区出现阴雨天气,同时冷暖空气交汇产生了强对流天气。

哈尔滨新一代天气雷达在这次过程的观测中获取了在我国高纬度地区、早春弱冰雹回波资料,为高纬度地区出现的弱冰雹回波特征提供了依据。

1 环流背景

4月19日08时,贝加尔湖低涡移至 51°N 、 113°E ,24小时移动了0.5个经距。锋区在华北到黑龙江省西部一线。冷空气与西南暖湿气流交汇在黑龙江省的西南方向,造成该地区大范围降水。冷涡后部不断有冷空气侵入,槽继续加深,槽前急流逐渐形成,冷涡覆盖黑龙江省。至21日08时(图1),冷空气加强,已南伸至 40°N 附近。

4月22日在贝加尔湖以东又有极地冷

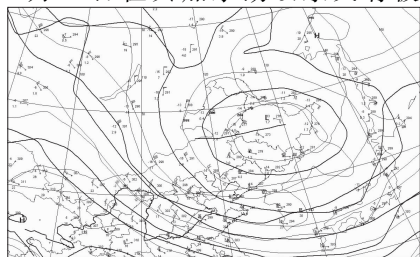


图1 2005年4月21日08时
700hPa形势场

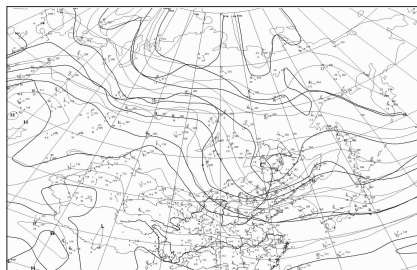


图2 2005年4月24日08时
700hPa形势场

空气不断沿高脊下滑,贝加尔湖低槽不断加深东移,与4月19日的东北冷涡形势基本相同。4月23日在黑龙江南部与吉林交界地区有一暖锋,暖锋北移,造成南部地区温度升高。24日08时(图2),东北三省位于冷涡槽前。低层受暖锋影响,使黑龙江省南部地区在暖湿空气控制中,当中层冷空气入侵,在冷涡东侧的切变线影响下,对流发展,大部分地区产生冰雹。

初春产生这样大范围的冰雹天气,其原因是地面低压在黑龙江省不断旋转,带来了渤海的海湿水汽,低层水汽压增大,积累大量不稳定能量。中层在干冷空气的控制下,冷涡西部横槽提供了外部抬升力,系统垂直结构深厚,在其强烈的辐合作用下,低层暖湿空气抬升,遇到高空强冷空气,在低压中心产生了冰雹。

2 卫星云图特征

4月19日,从蒙古国东部到黑龙江省西部有一完整的涡旋云系与河套北部的高空槽云系相汇合(图3a),暖锋在黑龙江省西部,20日冷涡处在发展成熟阶段,在黑龙江西部的冷涡云带为稳定性降水(图3b)。在水汽图中可以明显看到(图3c),干冷舌在黑龙江西部入侵。该区域处于冷涡的第一、第二象限,全省大范围降水。在可见光云图上云系的较白亮,具有一定的强度。21日冷涡已经处在锢囚阶段,冷涡中心逐渐向哈尔滨地区移动,云系强度增强,整个冷涡云系分裂为西北、东南两部分。在涡度中心的东侧产生冰雹。

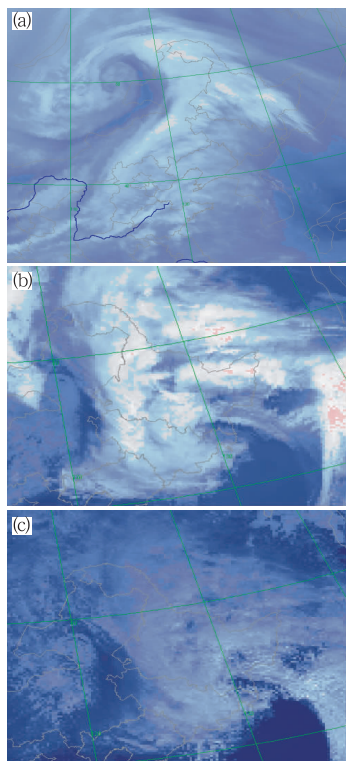


图 3 GOSE-9 卫星云图
(a) 2005 年 4 月 19 日 03 时(W)
(b) 2005 年 4 月 20 日 12 时(IR)
(c) 2005 年 4 月 20 日 12 时(VS)

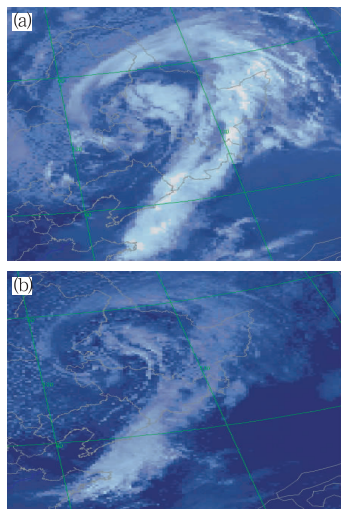


图 4 2005 年 4 月 24 日 13 时
OSE-9 IR(a)和 VS(b)卫星云图

22 日冷涡云系松散处于消亡阶段,影响黑龙江的冷涡逐渐减弱,东南分的冷涡云系移出。

23 日从贝加尔湖又有冷涡云系移来,在黑龙江西部形成螺旋状云系。24 日 04 时云带移过哈尔滨地区,黑龙江西部产生降水。南来水汽充沛,暖湿空气与冷空气交汇处对流在不断加强,形成对流云带,13 时(图 4)冷涡螺旋状最为明显,哈尔滨地区处在涡旋中心的位置,云系发展旺盛,12:30—16:30 在哈尔滨周围地区多处产生冰雹。25 日夜间断冷涡东移并移出黑龙江省。

3 两次冷涡过程产生弱冰雹的雷达回波特征分析

3.1 2005 年 4 月 19—22 日的冷涡过程雷达回波特征

19—20 日回波以层状云降水为主,产生大范围的降水,21 日回波以对流云降水为主,13:13、15:12 分别在兰西和安达产生局地降水及冰雹天气,22 日为消散阶段,回波为弱的层状云降水。与以往一般冷涡天气相比,这次初春冷涡天气雷达回波有以下几个明显特征。

3.1.1 急流回波特征明显,高空有较强的暖湿气流向北输送

在冷涡形成初期,在速度场上有明显的急流特征,对应的强度场上也有明显特征(图 5,见彩页)急流的存在,为对流天气发展提供有利的动力条件,急流轴的左侧会维持稳定的上升运动。强大的急流还为黑龙江中部地区输送暖湿空气,为对流的发展提供了有利的热力条件。良好的动力和热力条件为冰雹的发生发展提供了必要的条件。

图 5a(见彩页)中,回波西北方向边界清晰;图 5b(见彩页)高空风向为西南—东北向,高空风速达 $32.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,云顶高度在 3.2 km ,从雷达回波图中可直接分析出急流云系的特征。在 700 hPa 图上,可以分析出高空急流的存在(图 6)。在高层有较强的暖湿气流向北输送。

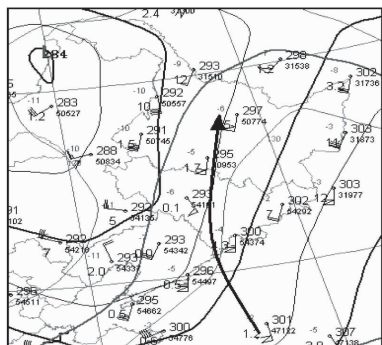


图6 2005年4月19日20时
700hPa急流路径图

3.1.2 冷涡中心的风向逆时针旋转

19日01时开始,本站处在冷涡中心的位置,在雷达回波速度场中低层风向经历了一个逆时针旋转的过程,如图7a(见彩页),19日01时,低层风向为西南风,20时转为东南方向,21时转为偏东方向,20日03时又转为东北方向(图7b,见彩页)。低层风向经历了SW—SE—E—NE的演变过程。说明了冷涡系统的涡旋中心经过了测站。

3.1.3 速度场结构特征

20日,冷涡中心位于本站,由图8(见彩页)可见,在仰角 0.5° 时的速度场的结构可以分析出伸展轴和收缩轴。在20日20时700hPa图上雷达站处在低涡中心的部位,在雷达回波中可以分析出是辐合形,强度场上是均匀分布的层状云结构,强度小于25dBz。20时700hPa高空图上是暖平流,系统较稳定,均是大片的稳定性降水回波,全天持续降水在中到大雨的量级。连续的大范围降水,使地面湿度迅速升高,为后期冰雹天气的产生提供了动力条件。

21日13时以后,雷达观测范围内出现大面积零散分布的对流云降水回波,回波单体较小,强度较弱,回波顶高在4km以下,在速度场上,风速很小,但正负速度对很多,辐合辐散现象明显(图9)。在测站的东南部回波排列成带状(见图10,见彩页)。13:13、15:12时在兰西和安达两个站降了冰雹(一些乡

镇降雪无记录)。

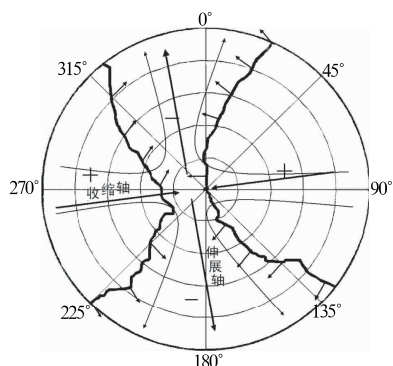


图9 速度场结构示意图

3.2 2005年4月23—24日冷涡过程雷达回波特征分析

23—24日的冷涡天气过程前期为大范围的层云回波,后期为对流性天气,回波特征为带状的对流云。对流云带不断东移,在东移的过程中频繁产生冰雹天气,哈尔滨等几个站一天中降冰雹2~3次,冰雹的直径虽然不大,但是出现的频繁较高,这也是较少见的。产生冰雹的对流云的基本特征与夏季的冰雹对流云单体特征有明显的差别,其云体的高度均较低,强度小于47dBz,未出现典型的雹云特征回波。

23日回波为大范围的层云回波,产生小雨天气;24日以带状的对流云回波为主,云带东移过程中,造成7个市县产生冰雹天气。

3.2.1 东移过程中不断生成带状对流云回波

24日,09:34测站150km范围内有大片的对流性降水回波,单体的面积较小,强度较弱,在测站的西部形成一条带状,气流为西南方向。11:05,第一条带状回波发展,对流云最强处为42dBz,宽度增加,向东北方向移动;在测站的东北方向,发展出许多小的对流单体,强度较大,气流为西南—东北方向。在第一条云带的后部又发展出许多对流云单体,单体面积小,强度较大,11:20(见图11),这些对流单体排列成带状,形成了第二条云

带,此时,第一条云带正处于本站东北部,云带上对流单体开始减弱,带状较松散,向东北方向移出观测范围;在对流云强度较强的位置对应的速度也较强,并且有速度的辐合、辐散特征(图 11,见彩页)。

13:03(图 12,见彩页),第一条云带移出探测范围,强度减弱,第二条云带的对流云单体强度增加,回波带变窄,只有 5km 宽,但南北方向伸展很长(见图 12),14:27 在第二条云带的西部生成的对流云单体逐渐排列成带状,能清晰的分辨出每个单体,形成了第三条云带。第二条云带前沿移过测站 30km,正处于发展旺盛阶段,回波强度较强,云带宽度达到 20km。16:01,第一条云带减弱移出观测范围,第二条云带已减弱,成为层状云降水回波,而第三条云带正处于旺盛阶段,强度较大,强回波面积较大,云带较宽。17:00 时以后,第三条云带逐渐减弱,形成层状云降水回波,在西部又移来带状的层状云降水回波,层状云降水回波逐渐向东东北方向移动,至 23 时移出观测范围。

从以上分析可见,一天中有三条对流云带生成,造成了哈尔滨一天三次降冰雹,分别是 12:31、13:35、15:25。绥化两次降冰雹,冰雹出现的范围这样大(图 13),而且频率高在夏季也是罕见的。

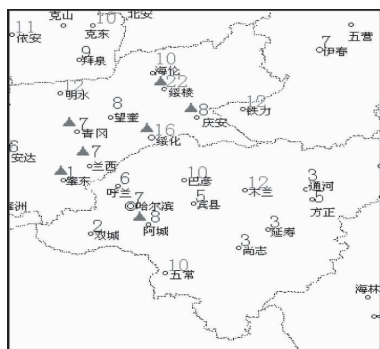


图 13 2005 年 4 月 24 日 5—25 日
05 时冰雹、降雨量图

与夏季强对流天气的雷达回波特征比

较,回波高度、强度、单体的尺度都弱得多,回波特征有明显的差异。由于初春,地面的暖湿空气较夏季弱,当暖湿空气与高空的干冷空气相遇时,对流活动就不如夏季强烈,上升气流垂直伸展的高度也不如夏季高。由于强度相对较小,没有出现三体散射、旁瓣回波等现象,但有弱回波区、斜升气流、云顶辐散等特征回波。

4 小 结

通过对这两次冷涡过程的分析,可以得到一些初春冷涡天气过程产生弱冰雹的一些特征:

(1) 急流是这次初春冷涡系统产生强天气的重要条件之一,在常规天气资料中和雷达探测信息中均表现地十分明显。急流的存在暖湿气流向北输送,使强天气得以维持,为对流的发展提供了水汽条件。

(2) 初春较低的温度,使得对流发展高度较低、强度较弱,不能使用通常的标准进行强天气判断。系统的前期是稳定性降水,后期时对流性降水,并伴有冰雹。

(3) 雷达探测过程中,由于强度场上回波强度较弱,冰雹天气未出现典型特征回波,但速度场上特征仍表现得较为明显,中尺度辐合辐散特征仍是进行强天气判断的有利工具。

参考文献

- [1] 张培昌,杜秉玉,戴铁丕. 雷达气象学[M]. 北京:气象出版社,2001.
- [2] 史锐,程明虎,崔哲虎,等. 长江流域多普勒雷达回波强度资料对比分析[J]. 气象,2004,30(11):27-31
- [3] 王令,康玉霞,焦热光,等. 北京地区强对流天气雷达回波特征[J]. 气象,2004,30(7):31-35.
- [4] 郑媛媛,俞小鼎,方口,等. 2003 年 7 月 8 日安徽系列龙卷的新一代天气雷达分析[J]. 气象,2004,30(1):38-40.
- [5] 俞莲芬,陈大任. 一次暴雨过程多普勒天气雷达风场资料分析[J]. 气象,1997,23(2):25-28.

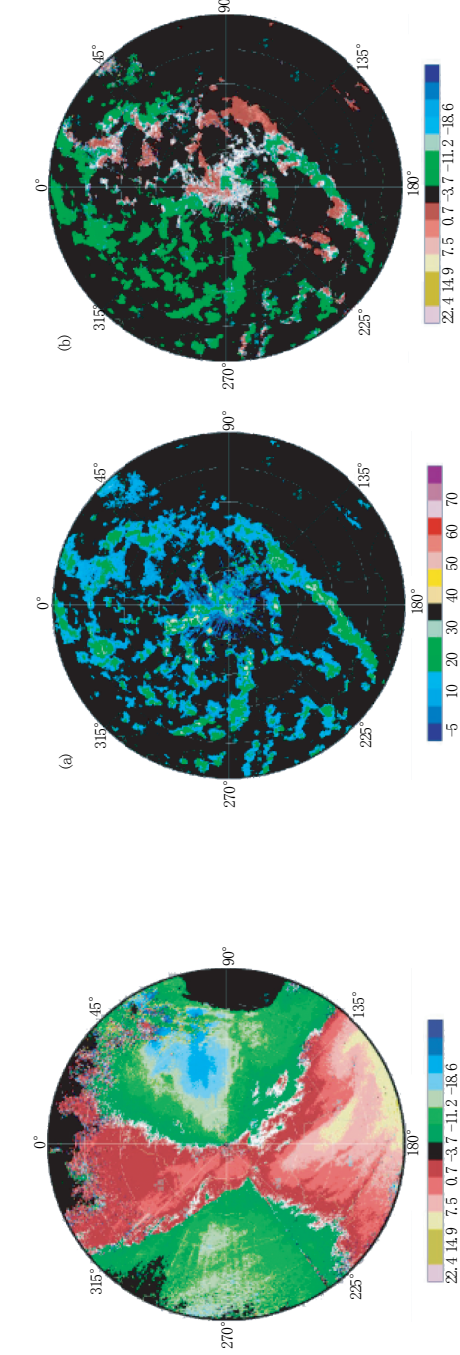


图 7 2005年4月20日15:20:54速度场上的涡旋状结构

图 10 2005年4月21日15:32雷达回波图

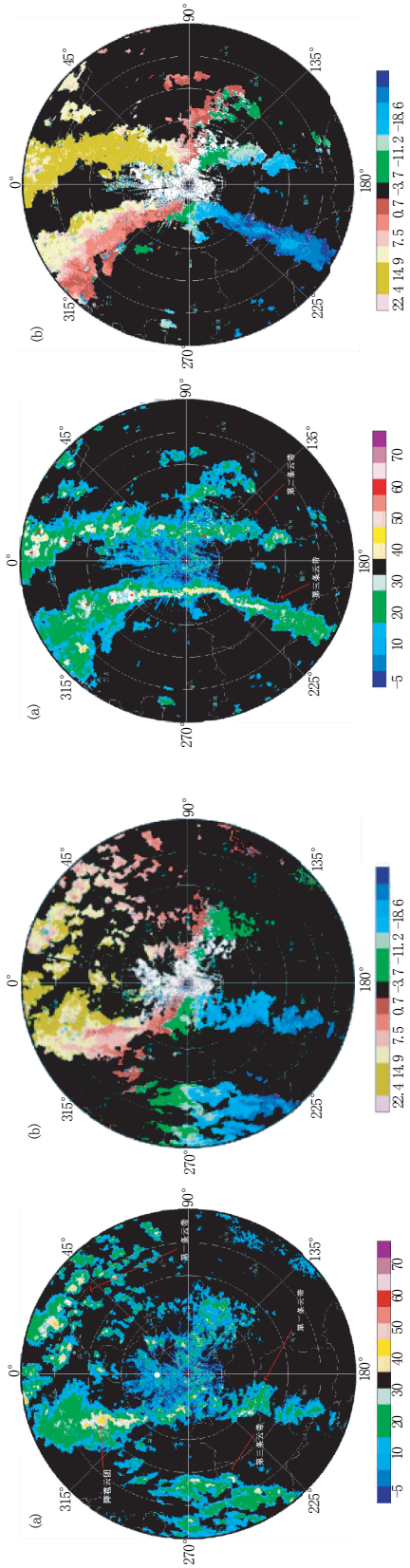


图 11 2005年4月24日11:20雷达回波图

图 12 2005年4月14日13:03雷达回波图

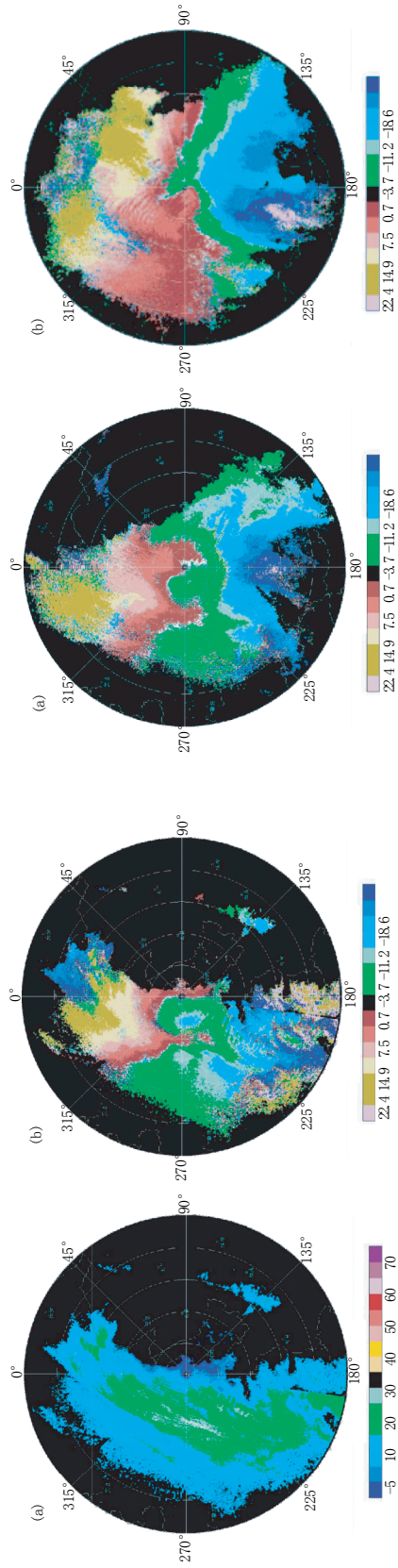


图 5 2005年4月19日17:39雷达回波强度 (a) 和径向速度 (b) 图
仰角1.5°

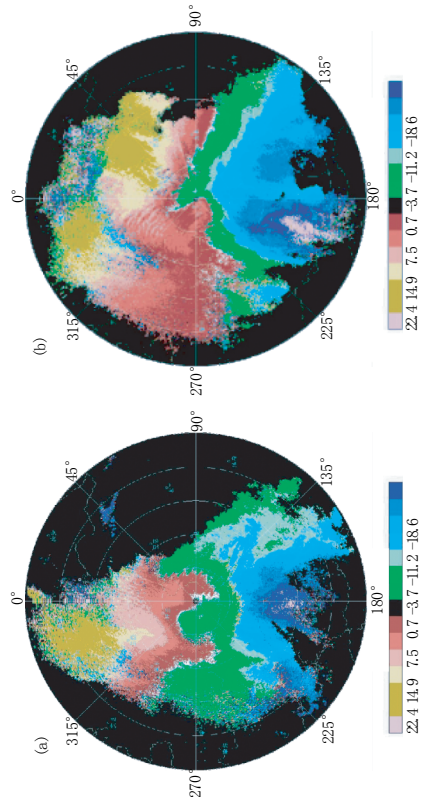


图 6 2005年4月19日雷达径向速度图19:01 (a) 和20日00:03 (b)