

哈尔滨强冰雹雷达回波特征

麻服伟

(黑龙江省人工影响天气办公室, 哈尔滨 150030)

提 要: 利用哈尔滨新一代天气雷达 CINRAD/CC 回波资料, 对 2003 年 6 月 18 日发生在哈尔滨阿城市、五常县一次强对流天气的冰雹云雷达回波特征进行分析。采用强度场 CAPPI 资料作 VCS 和强度场与速度场作对比分析、在 RHI 径向速度场上对垂直风场的宏观推断等方法分析。发现虚假回波的出现与冰雹云相关, 将虚假回波中的旁瓣回波在 PPI 上体现为“尖端回波”, 在 RHI 上体现为“尖顶回波”和“三体散射”回波, 可作为识别冰雹云的判据; 另外可根据 RHI 径向速度场变化宏观推断垂直风切变。得到使用新一代天气雷达探测强冰雹云和识别虚假回波的方法, 对 0~2 小时的冰雹临近预报有指导意义。

关键词: 新一代天气雷达 探测冰雹 回波特征 虚假回波 垂直风切变

Radar Echo Characteristics of a Strong Convection in Harbin on June 18, 2003

Ma Fuwei

(Weather Modification Center of Heilongjiang Province, Harbin 150030)

Abstract: Using CINRAD echo data, the radar echo characteristics of hail cloud of a strong convection occurring in Acheng and Wuchang Area of Harbin city on June 18, 2003 are analyzed. The methods and the new criteria for detecting the hail cloud and identifying false echo with CINRAD are given.

Key Words: CINRAD hail detecting echo characteristics false echo wind vertical shear

引 言

冰雹灾害是重大气象灾害性天气之一,

使用雷达识别冰雹云的技术在不断提高。我国科学家在应用雷达识别冰雹云方面做了大量的工作, 如河南省针对 1982—1997 年的 40 次冰雹云雷达回波强度进行统计, 得到降

雹时回波强度均 $\geq 40\text{dBz}$,最大的可达 60dBz ,因此把 40dBz 作为有无冰雹的判据之一。另有学者采用指状回波、回波穹隆、V型缺口等回波特征作为防雷指标。本文中,除采用新一代天气雷达监测识别冰雹云的基本方法外,发现可以利用虚假回波,即旁瓣回波和三体散射回波特征,作为识别冰雹云的指标,对临近预报、防雷预警服务有参考价值。

1 资料来源

本文选用的雷达回波资料是2003年6月18日14时30分至18时30分,在哈尔滨的阿城市、五常县部分乡镇发生强冰雹事件,哈尔滨新一代天气雷达(C波段)所观测到的资料。常规资料均采用MICAIPS、哈尔滨(50953)观测站观测资料。

2 天气背景分析

2.1 天气形势分析

从08:00时700、850hPa的高度场、温度场和高空填图情况进行分析。700hPa、850hPa高度场上在黑龙江省东部存在着高空槽,700hPa温度场落后于高度场,槽后有冷平

流。在地面图上,与高空槽系统相对应的,位于黑龙江省西部,形成一个锋面,地面为西南气流。因此,在黑龙江省的中部,存在环境风随高度有强烈的切变,并随着系统的南压,使得不稳定能量释放,促使强对流天气产生。

2.2 对流有效位能分析

受灾区位于哈尔滨雷达东南方向30km附近,应用哈尔滨探空资料有一定的相关性。2003年6月18日08时哈尔滨的温度对数压力图(图1a),在自由高度(LEC)至平衡高度(LE),有层结曲线和状态曲线所围成的正面积区域,表示在浮力作用下对单位质量气块,从自由高度上升至平衡高度所作的功,存在对流有效位势能量(CAPE),预示着上升气流有动力能源,并随着气流的爬升启动,不稳定能量的释放会使强对流趋于加强。风向变化分析:在850hPa高度风向为东北,在700hPa高度风向为北东偏北,在500hPa高度风向为西北偏北,在400hPa高度风向为西南偏西,到300hPa风向为西南。风向随高度升高呈反时针变化,说明在1.5~5.0km高度上有冷平流;从雷达速度场分析中,在1.5km高度以下有暖平流。这样高空是冷空气,低层有南来的暖气流,这对对流的发展十分有利。到当日时间20时,观测得到的温度对数压力(图1b)表

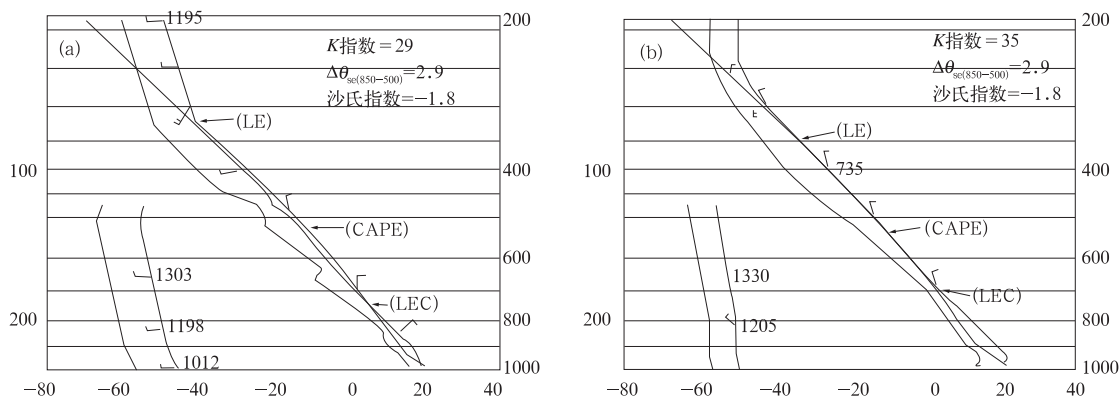


图1 2003年6月18日08、20时哈尔滨 $T-\ln p$ 图

明,对流有效位能(CAPE)减小,对对流的发展不利。在 850hPa 高度风向为西风,随着高度的升高各特性层上的风向均为西北,风向切变减小,也不利对流的发展。

3 回波特征分析

3.1 强度场回波分析

2003 年 6 月 18 日的冰雹、暴雨是受强风暴中强对流冰雹云的影响产生的。当日 16 时 19 分,雷达反射率因子回波显示,由多个云单体组成的云带,呈 NNW-SSE 向排列。在环境场影响下,各单体沿着云带的走向,向 SSE 方向移动。各单体处在不同的发展阶段,移动在后的为新生单体,在前的为边移动边发展,逐渐成熟形成强对流冰雹云。并以鱼贯式进入灾区,使该地区连续遭受冰雹、暴雨袭击。

2003 年 6 月 18 日 18 时 06 分冰雹云雷达反射率因子图(图 2,见彩页)。其中图 2a 为仰角 6.0° ,距离圈间隔 15km 的 PPI 图;图 2b 为图 2a 中所示 A、B 两点间垂直剖面图(VCS)。

图 2b 中,在 30km 距离圈上的单体具有明显的冰雹云特征,C 处回波具有悬垂回波特征,E 处是回波墙位置,D 处是有界弱回波区(BWER)。在图 2a 的 30km 距离上的回波中,F 处形成了弯钩回波,反射率因子梯度加大,反射率因子达 56dBz。回波墙附近区域是发生大冰雹和暴雨等气象灾害的重灾区。

2003 年 6 月 18 日 17 时 54 分,在雷达方位 184.8° 的 RHI 反射率因子回波上(图 3,见彩页),C 所指处有一个强度在 55dBz 左右自地面至 10km 高度的回波墙,F 处出现悬垂回波,D 处为弱回波区,E 处是出流作用形成的云砧。

3.2 径向速度场回波分析

3.2.1 在 RHI 径向速度场上对垂直风场的宏观推断

根据强单体冰雹云结构模式分析,冰雹云内气流是由两只对峙相切的上升气流和下沉气流组成^[1]。在 2003 年 6 月 18 日 17 时 54 分,雷达方位 184.8° ,仰角范围 $-2.0^\circ \sim 38^\circ$ 的 RHI 径向速度场的分析中,也存在这样如两条示意线所示的主气流(图 4,见彩页)。即在云的运动前方低层,有从云底进入的上升气流,并随高空风流出,拉出云砧;在云的后部中上层,有下沉气流进入,在近地层流出。运动的气流在二维空间上可分解为径向水平分量和垂直分量。其中反映在流场的径向水平分量上有:在 6km 高度以下,下沉气流在距雷达约 20~30km 处的水平分量呈暖色,远离雷达方向运动。上升气流在距雷达约 30~38km 处的水平分量呈冷色,朝向雷达方向运动。这两股气流的水平分量处于辐合场,使云体高升对流加强;在距雷达 38km 以外区域径向速度场呈暖色,说明这部分上升气流发生转向,远离雷达。在 6km 高度以上,与强度场回波墙相对应位置的后侧,径向流场辐合,促使云体继续升高;在另一侧处于辐散场中,产生较大的云砧。不论在上升气流还是在下沉气流中,当水平分量方向逆转处,为流场流向变化的拐点。在拐点处只有垂直分量,水平分量的径向速度为零,通常表现为零速度线与地面平行。

反映在流场的垂直分量上则为上升气流的垂直分量流向向上,下沉气流的垂直分量流向向下,形成云内流场的垂直切变。Browning,Marwitz 等人指出,一种强冰雹云常常形成于风在垂直方向有较强切变的环境中^[2]。

当零速度线垂直于地面时,说明零速度线上及附近流场的垂直分量占主导地位。

3.2.2 在PPI径向速度场上对冰雹云中的气旋分析

在2003年6月18日18时06分,雷达天线仰角为 4.0° 时的PPI径向速度图中(图5,见彩页,图中加圈放大部分),暖色区中有小面积的冷色区存在,冷色部分朝向雷达,暖色部分远离雷达,零速度中心位于冷暖区相对应的中间(黑箭头指示处),两侧相等距离上的最大径向速度分别为:朝向雷达径向速度为 -28m/s ,远离雷达径向速度为 33m/s 。根据蓝金模式,从旋转速度为零的气旋中心到中气旋核半径范围内,旋转速度随半径线性增加,在核半径范围以外,旋转速度与半径成反比,在核半径处旋转速度最大的中气旋速度分布特征分析^[3],此处有气旋存在,所处的高度为 2.2km 。当雷达天线仰角为 5.0° ,高度为 2.8km 时,此气旋还存在。由于气旋的存在,会加强云体辐合抬升,对冰雹云的维持发展起很大的作用。

这个气旋所在位置与反射率因子图2b中的D所指的有界弱回波区位置相对应,表明有界弱回波区的生成与气旋的作用有关。在较强的辐合上升气流作用下,形成了有界弱回波区。

另外,自地面至 15km 高度,零速度线呈S型,说明风向随高度作顺时变化,有暖平流。预示云中有暖而潮湿的空气进入,再与高空的冷空气作用,对冰雹云的发展十分有利。

4 虚假回波分析

4.1 旁瓣回波分析

旁瓣回波在PPI上和RHI上均可以出现^[4],属虚假回波。图2a是仰角为 5.0° 时的PPI反射率因子图,从图中G、H处,回波反射率因子较弱呈尖状,这些均为旁瓣回波。一般的散射目标,旁瓣产生的回波太弱,以至

于显示不出来,得到的回波都是主瓣产生的。但当云中的冰雹形成区回波特别强时,雷达的旁瓣照射在强对流单体上将产生旁瓣回波。此时靠近尖端相关部位回波的反射率因子比较强,达 56dBz ,且梯度较大。由于雷达回波是按照主瓣所在的位置显示的,因此把本来在(从雷达站看)左侧的回波显示到右侧,使云体回波展宽,形成“尖端”旁瓣回波。在判断回波影响区域和面积时,应扣除这部分回波。“尖端”旁瓣回波产生在强单体的两端,在强度梯度大的一侧居多,回波主轴垂直于扫描线。经实际观测,CINRAD/CC型雷达在 60km 以内均可出现。看到此现象可作为防雹的一种警示。

在17时54分雷达方位 184.8° ,距离 30km 的RHI反射率因子回波上(图3,见彩页),回波的顶部有一尖状回波(A处),也是旁瓣虚假回波,即“尖顶”回波。产生的原因是雷达天线上扬扫描时主波瓣已经离开云体,可旁波瓣扫在强度很强的云体上,雷达把它记录在主波瓣的方位、距离的位置上。反映冰雹云单体回波反射率特别强,同样说明单体有降雹的条件。

旁瓣回波在速度场上,色调呈不连续的斑点状,与实质回波有较大的差别。

4.2 “三体散射”回波分析

在图3的B所指之处,出现反射率因子较弱的尖状回波现象,这是雷达回波假象,称其为三体散射特征^[5],该现象是由于在云中包含大的水凝结物,如大的湿冰雹对雷达波的米散射所引起的。这一雷达回波特征是三重反射的结果,即向前的雷达波束的一部分被湿冰雹散射到地面,地面又反射回空中的由降水粒子构成的强散射区,之后再被散射回雷达。可把三体散射回波作为防雹预警的一种指示。

5 小 结

(1) 冰雹云是产生冰雹、暴雨和大风灾害的载体,雷达回波有比较明显的特征。具有回波墙、悬垂回波、有界弱回波区、钩状回波、旁瓣回波和三体散射回波等特征。可采用经两点作 VCS,强度场与速度场对比分析等方法进行观测。

(2) 在 PPI 反射率因子回波上出现的“尖端回波”属旁瓣回波。它产生于单体回波反射率因子强且梯度大的一侧,呈尖状,回波主轴垂直于扫描线。出现“尖端回波”表明回波具有回波墙结构,其高度即是单体强中心的高度。旁瓣回波的特征明显,探测时易发现,可作为判断冰雹云、防雹预警的指标。

(3) 在 RHI 反射率因子回波上出现“尖顶回波”和“三体散射回波”,说明单体较强,具有降大冰雹的可能性。

(4) 在 RHI 径向速度场分析中,对冰雹

云垂直风场的分析,可通过水平流场分量的变化(即径向速度场的分析),结合强单体冰雹云结构模式的结论,得到垂直流场的判断,指导冰雹预报。

(5) 冰雹云中的气旋发生的位置与有界弱回波区特征回波相对应,在做体扫时,可应用速度场和强度场资料综合分析加以判别。

致谢:文章得到黑龙江省人工影响天气中心正高工张晰莹同志的指导,在此表示感谢。

参考文献

- [1] 黄美元 徐华英. 云和降水物理[M]. 北京:气象出版社,1999:173-177.
- [2] 黄美元 徐华英. 云和降水物理[M]. 北京:气象出版社,1999:128-138.
- [3] 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[M]. 北京:解放军出版社,2000:119-121.
- [4] 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报岗位培训教材[M]. 北京:气象出版社,1998:186-194.
- [5] 俞小鼎(编). 新一代天气雷达原理与应用讲义[M]. 中国气象局培训中心,2000:384-394.

麻服伟：哈尔滨强冰雹雷达回波特征

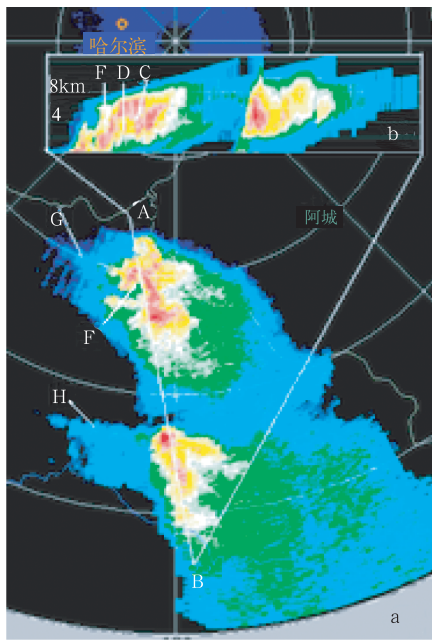


图2 2003年6月18日18:06反射率因子图
(a)仰角6° 圈距15km,PPI (b) A—B两点间垂直剖面图

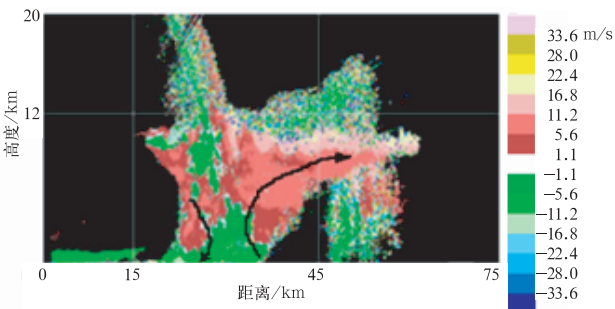


图4 2003年6月18日17:54 RHI径向速度图

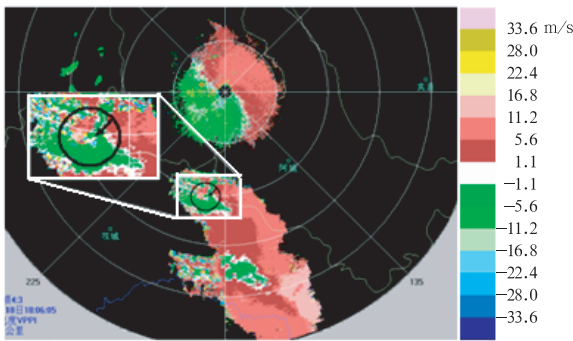


图5 2003年6月18日18:06径向速度场图
仰角4°，圈距75km

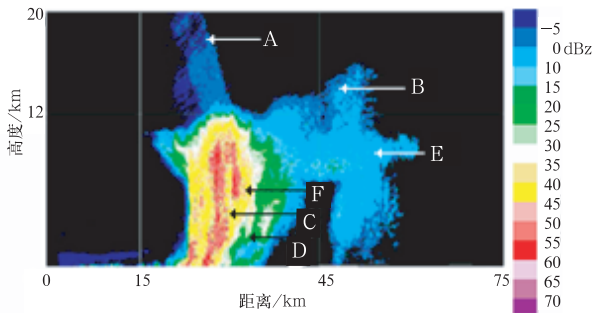


图3 2003年6月18日17:54 RHI反射率因子图