

一次冬季降雹过程的 CINRAD/SA 回波特征^①

冯晋勤 罗保华

(福建省龙岩市气象台, 364000)

提 要

利用新一代天气雷达(CINRAD/SA)对2002年12月19日一次冬季降雹观测资料进行分析,从中得出冬季降雹的回波特征,并对这次过程中出现的三体散射现象及相应的雷达产品做初步分析,得出“三体”散射现象是降大雹的一指示性标志和降雹的一些雷达产品指标。

关键词: 新一代天气雷达(CINRAD/SA) 回波 冰雹 三体散射

引 言

2002年12月19日,受冷暖空气共同影响,闽南及粤东出现了冬季少有的雷暴强对流异常天气过程,在15:49~16:38福建省平和、诏安和广东饶平,18:24~18:49广东丰顺出现了明显的降雹过程,其中诏安县秀篆镇出现2cm左右的冰雹,饶平县北部山区有冰雹出现,其中黄冈镇有2cm左右的冰雹,丰顺县潘田镇出现了2~3mm的冰雹,同时测站在18时22分出现飏线:气压升至1011.1hPa,温度降至18℃,湿度达96%,风向由偏北风突转为西南风。在此次过程中龙岩新一代天气雷达连续开机跟踪,取得了较为完整的回波资料,本文对此次明显的降雹过程做系统分析。

1 天气形势

从12月中旬初开始,南支系统活跃,孟加拉湾南支槽发展,东亚为宽低槽控制,高空多短波系统活动,不断有小槽东移影响,暖湿气流较强,闽南粤东上空盛行西南气流,温度回升。12月17日西南倒槽强烈发展,温度显著回升。

12月19日地面有一股冷空气扩散南下,14时锋区位于福鼎、建阳、长汀、寻乌、梧州一带,闽南及粤东处于锋前暖区内,从08时形势(见图1)可以看出:850hPa低空在湖

南郴州附近有一低涡切变,闽南、粤东处于切变南侧西南气流内,500hPa处于南支槽前,西南急流发展强盛,风速大于 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。此次降雹属于南支槽型中的低空切变降雹^[1]。同时从19日08时的零度层高度在600hPa附近, -20°C 层高度则在400hPa以下,这都是有利于冰雹形成的天气条件^[1]。

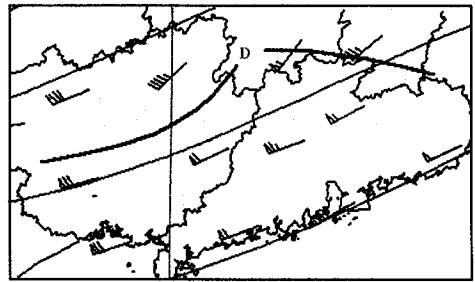


图1 2002年12月19日08时850hPa切变线及500hPa高空图

2 雷达回波特征

2.1 雷达回波特征

第一次冰雹过程:此次降雹过程发生在广东饶平、福建的诏安、平和,距本站约100km,持续时间约50分钟。产生此次降雹的风暴单体是从广东丰顺附近发展起来的局地对流单体中分离出来的,在整个东北偏东移动过程中风暴基本以单体的形式出现,风暴后期几块对流体合并移入海上逐渐消亡。从组合反射率(38)产品可以看出,该风暴维

① 本项目得到福建省科技厅重大项目资助

持了近5个小时(15:13~20:02),强回波中心都在50dBz以上,强中心所在的高度都在3km以上,其中中气旋维持了两个体扫,风暴顶(风暴顶强度阈值为30dBz)发展初期为近6km,后基本维持在8~10km的高度上,回波顶高(回波顶强度阈值为18.3dBz)除发展初期的四个体扫维持在8~11km外都在11km以上,可以看出回波顶高($H_{\text{顶}} - H_{30\text{dBz}}$)跌落小于3km。此次降雹过程出现在15:49~16:38,持续约50分钟,15:49分强中心达60dBZ,所在的高度由3.6km上升到5.6km,回波顶高达11.6km,在16时13分回波强度增大到68dBz,16时38分强回波中心的高度下降到3.0km。

第二次冰雹过程:由于此次广东丰顺降雹离本站较远(约170km),0.5°仰角高度约4.8km,1.5°仰角高度达7.2km,因此冰雹低层结构特征并不十分显著。该对流单体是从广东海丰局地发展起来的对流体中分裂出来的,在东北移过程中有小块单体合并,最后单体一分为二并逐渐消亡。该对流体的强度、回波面积和持续时间与前一对流单体比小得多。从组合反射率(38)产品来看,该风暴维持了近两小时(18:13~20:20),冰雹持续时间近半小时(18:25~18:49)。强回波中心由18时19分62dBz增长到18时37分的72dBz,到18时49分强回波强度减小到63dBz,回波顶高基本维持在9~11km。

2.2 冰雹垂直结构

第一次冰雹过程:大冰雹总是和超级单体紧密联系的,超级单体风暴内的上升气流强盛并且气流基本成竖直。在此次过程中,从不同仰角(0.5°、1.5°、2.4°、4.3°)的体积扫描图上可以看出,该风暴有明显的随高度向右倾斜的结构(图2,见封二)。同时从16时13分的垂直剖面图(图3,见封二)可以看出在5km高度65dBz强回波中心的下面有一相对的弱回波区存在^[3],说明此时风暴单体内的上升气流强盛并且垂直分量较大,同时在16时19分的0.5°仰角风暴相对径向速度图(SRM)(图4,回波位于测站196°,约109km处,见封二)上出现中气旋,这说明风暴单体

内的气流在上升过程中还带有旋转,进一步促进了风暴发展成超级单体风暴。

第二次冰雹过程:由于低仰角所在的高度较高(4.8km),强回波最大值出现在0.5°仰角,所以在垂直剖面图中未观测到低层的弱回波区,但从不同仰角图(图5,见封三)回波中可以看出强风暴随高度明显右倾,同时在高层1.5°(高度约7.7km)出现水平伸展的宽广的云砧^[3]。

2.3 “三体”散射现象分析

在此次冰雹过程中我们未观测到“V”型缺口和明显的钩状回波,但观测到三体散射(也称辉斑回波)现象,所谓的三体散射现象是指由于雷达能量在强反射率因子(回波很强)区向前散射而形成的异常回波^[2]。回波图上常呈类似细长的钉子状从强回波区沿径向伸展。它的径向速度很小,谱宽很大^[2]。出现三体散射现象是探测大冰雹的一个很好的指示性指标。

第一次冰雹过程:在此次冰雹过程中我们从反射率图及速度图均能观测到此现象。在15时49分1.5°仰角(高度约5.8km)的反射率图上首先出现该现象,此时强回波达60dBz,随后在0.5°、2.4°仰角,即在3.2~7.4km的高度上也相继出现。此现象一直维持到16时31分,长达42分钟之久。其中16时25分1.5°仰角的反射率图(见图2)最为明显:强回波中心达68dBz,伸展的长钉约21km。同时我们从速度图上也能反映该现象:16时25分1.5°仰角的基本速度图(图6,见封二)上表现为沿径向方向伸展出的径向速度接近零值区域。由于此次降雹主要在广东饶平北部山区和福建诏安与平和的交界处,降雹大小实况资料不全,从有记录的资料可以看出冰雹基本有2cm左右,WSR-88D探测到三体散射时是降大雹(直径大于2.5cm)的充分条件,在此次过程中基本得到验证。

第二次冰雹过程:在此次冰雹过程中我们同样观测到三体散射现象,在18时25分0.5°仰角的约5.0km高度处回波强度达67dBz,并出现“三体”散射现象,该现象持续到18时49分,维持了24分钟。其中18时

37分 0.5° 仰角的反射率图(图5,见封三)最为明显:有一约14km长的长钉,强回波中心达72dBz。有关研究表明,出现“三体”散射说明该处有大冰雹,而在7.0km(1.5° 仰角)以上的高度上未出现,说明缺少冰雹或只有冰雹的干增长。因此,此次过程冰雹发展的高度相对较低。

2.4 风暴相对径向速度(SRM)图分析

风暴相对径向速度与基本速度相类似,它是从雷达速度测值中减去风暴运动的径向分量生成的,它能更好地展示涡旋或可能存在于被测速度场的中尺度气旋。所以可以用来探测被风暴运动掩盖掉的切变区域。

第一次冰雹过程:在此次冰雹过程中(15:49~16:38)利用该产品能很好的揭示风暴各层的运动情况。冰雹发展初期15时43分 0.5° 仰角(高度3.4km)已显示出弱辐合,此后辐合开始加强并出现旋转,同时向高仰角发展,到16时19分从 0.5° (高度4.8km)到 2.4° (高度6.9km)仰角图(图4,回波位于测站西南方约109km处,见封二)上都显示出气旋特性, 3.4° (高度8.6km)则表现为辐散性气旋,到 4.3° 仰角(高度9.4km)图上则显示出辐散特性,说明此时风暴内气流的上升运动强盛并伴有旋转,计算此时的风暴转动速度为 $15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,半径小于10km,垂直延伸厚度大于3km,按照中气旋识别的转动速度判据可知此时风暴可判别为弱的中气旋。在组合反射率图中也显示16时13分、16时19分有中气旋存在。此后风暴的旋转半径明显加大,气旋特性开始减小,16时38分 3.4° 、 4.3° 仰角图(图7,见封三)呈明显的辐散特性,低层则表现为辐合,说明风暴旋转高度明显降低。由于该风暴处于较强西南风的环境场中,因此其速度图正负速度值并不对称,正速度与环境风相反,旋转速度则减慢,而负速度与环境风相同,旋转速度加快,其间的零速度线也不存在。同时与基本速度图比较可以看出,由于减去了风暴的平均运动速度,风暴相对径向速度能更好的反映风暴的一些切变特性。

2.5 垂直积分液态含水量(VIL)

VIL是判别强降水及其降水潜力、强对流天气造成的暴雨、暴雪和冰雹等灾害性天气的有效工具之一。

第一次冰雹过程:从垂直积分液态含水量产品中可以看出,VIL值在降雹过程中都大于 $30\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,在16时19分达最大值 $40\sim 45\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (图8,见封三),到16时38分减小到 $30\sim 35\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。在此次降雹过程中,VIL值比春、夏季出现对流天气时的VIL值偏小,说明VIL值将随气团、季节和地理位置不同而异。

第二次冰雹过程:从垂直积分液态含水量产品中可以看出,风暴出现时18时13分VIL最大值为 $30\sim 35\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,在18时25分出现跳跃达 $40\sim 45\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (图9,见封三),到18时43分减小到 $30\sim 35\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。在此次降雹过程中,VIL值出现跳跃,反映了冰雹粒子在生长区碰并长大。

3 结论

(1)此次降雹都发生在地面锋前的暖区内,低层有一切变,高层为西南急流。

(2)在降雹过程中都出现了三体散射现象,三体散射现象是降大雹的一指示性标志,在这次过程中基本得到验证。

(3)风暴相对径向速度(SRM)能揭示风暴运动情况,气流的辐散、辐合及旋转对判断分析是否出现中气旋起了一定作用。

(4)垂直积分液态含水量(VIL)出现大值对冰雹也有一定的指示性,但其指标需根据不同季节而定。

(5)组合反射率产品(CR)中的属性表对风暴的判别有一定作用。

参考文献

- 张培昌,杜秉玉,戴铁丕. 雷达气象学,北京:气象出版社,2001:638~639.
- 中国气象局培训中心. 新一代天气雷达原理与应用讲义. 2000:234~235.
- 朱乾根,林锦瑞,寿绍文等. 天气学原理和方法. 北京:气象出版社,1992:362~363.

CINRAD/SA Echo Features of a Winter Hailfall Event

Feng Jinqin Luo Baohua

(Longyan Meteorological office, Fujian Province 364000)

Abstract

A winter hailfall event is analyzed by using CINRAD/SA data on 19 Dec 2002. Three body scatter feature and radar products are analyzed in the event. The result shows that three body scatter feature is the instructive sign of heavy hailfall. And some radar product indexes of hailfall are also obtained.

Key Words: CINRAD/SA echo hail three body scatter

《一次冬季降雹过程的CINRAD/SA回波特征》附图

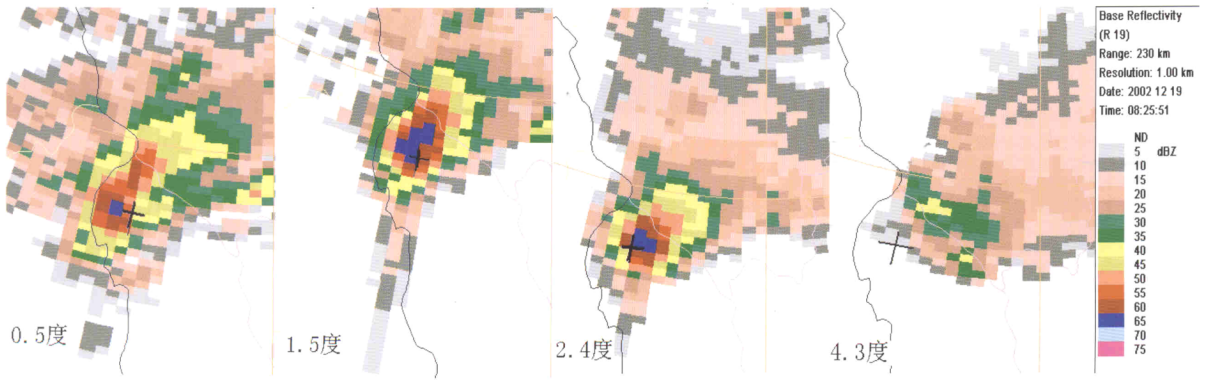


图2 2002年12月19日16时25分0.5、1.5、2.4、4.3度仰角反射率图
“+” 位于测站196° 约109km处

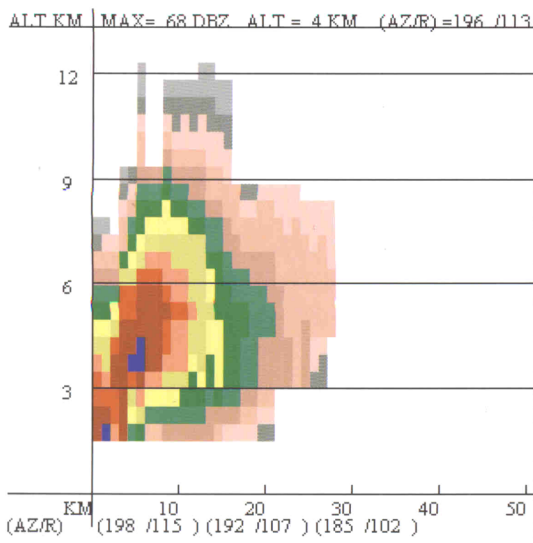


图3 2002年12月19日16时13分垂直剖面图

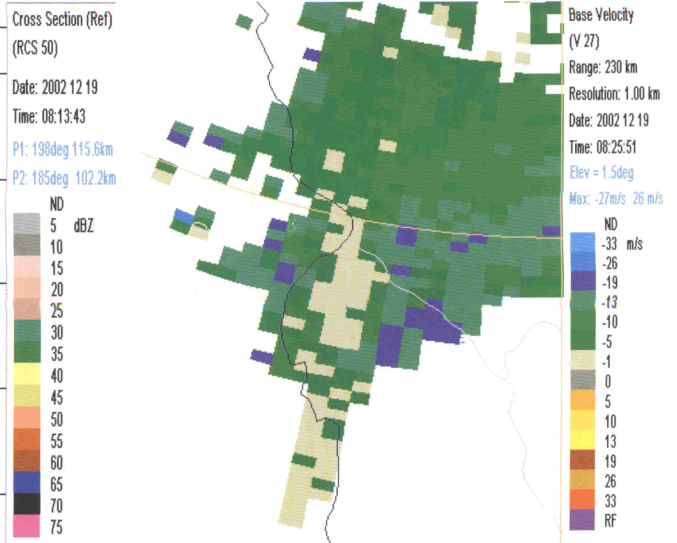


图6 2002年12月19日16时25分1.5度仰角速度图

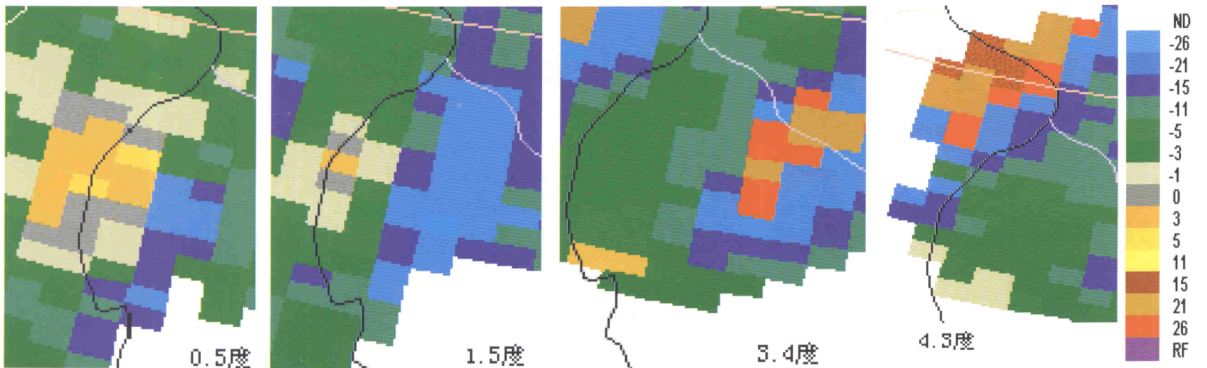


图4 2002年12月19日16时19分0.5、1.5、3.4、4.3度仰角SRM图

《一次冬季降雹过程的CINRAD/SA回波特征》附图

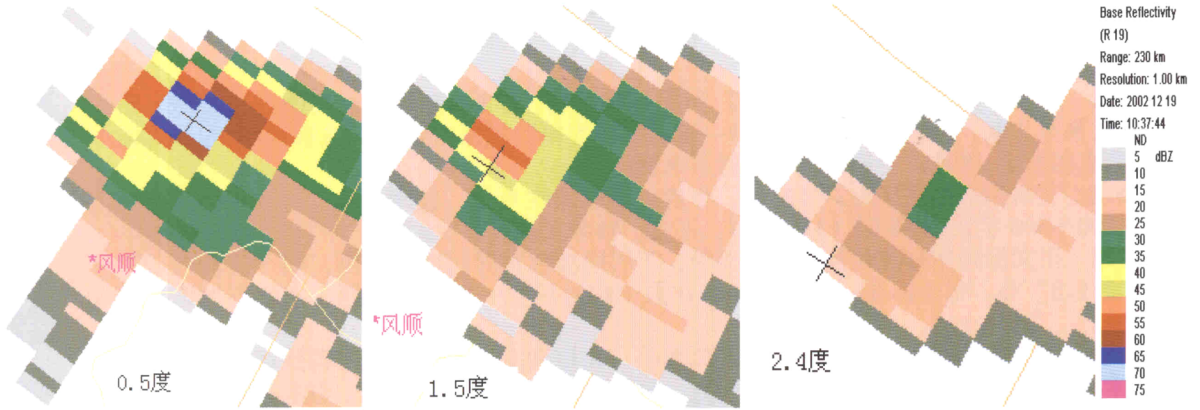


图5 2002年12月19日18时37分0.5、1.5、2.4度仰角反射率图
“+” 位于测站216° 约170km处

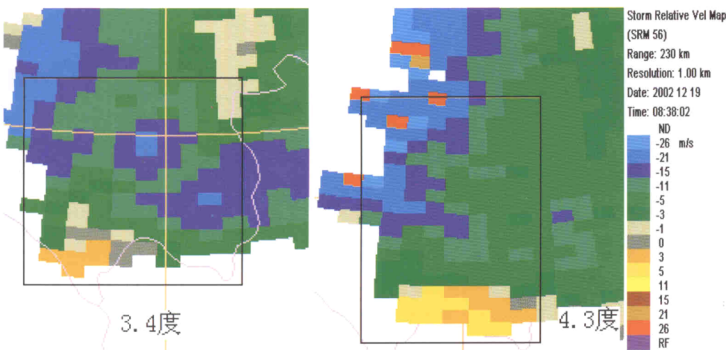


图7 2002年12月19日6时38分3.4、4.3度
仰角SRM图

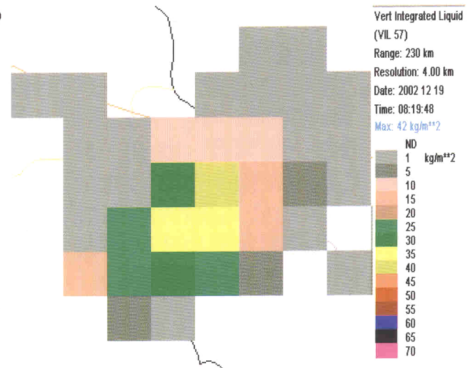


图8 2002年12月19日6时19分垂直
积分液态含水量图

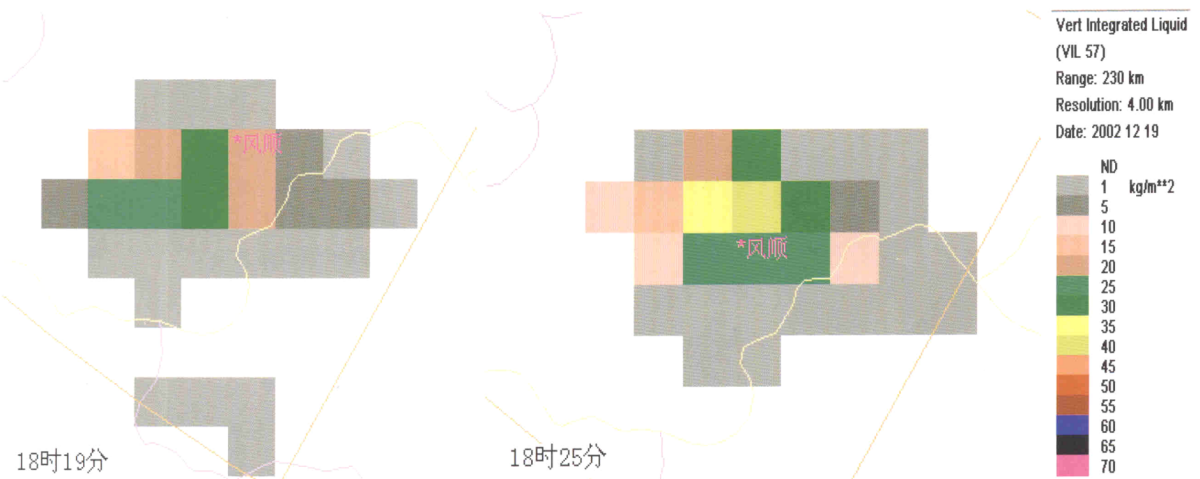


图9 2002年12月19日18时19分与18时25分垂直积分液态含水量图