

文章编号: 2096-1618(2016)04-0433-10

黔东南一次强冰雹过程的中尺度分析

龙天强¹, 罗辉^{2,3}, 朱克云², 蒋璵², 范艺², 凌燕¹

(1. 贵州黔东南州气象局, 贵州凯里 556000; 2. 成都信息工程大学大气科学学院 高原大气与环境四川省重点实验室, 四川成都 610225; 3. 四川省气象台, 四川成都 610072)

摘要:针对2013年早春期间一次大范围冰雹天气过程,采用NCEP再分析资料、探空资料及雷达资料对此次冰雹过程的成因及特征进行分析。结果表明:此次冰雹天气的影响系统主要是500 hPa高空槽、西南涡、高空急流、低空急流、地面辐合线及地面冷锋;在降冰雹时,大气呈上干下湿的状态,700 hPa和500 hPa温差从06时逐渐增大,18时达到最大,500 hPa与850 hPa假相当位温差超过16℃,0~6 km的垂直风切变为26.3 m/s, K 指数达到了34℃, SI 指数为-2.7;在降大冰雹的回波中出现三体散射、弱回波区或有界弱回波区,强而高大的回波墙和悬垂回波,50 dBz的反射率因子的顶高超过-20℃层等特征。在降冰雹前,垂直液态积分含水量迅速下降,可用于冰雹的预警,同时,中层存在超过30 m/s的大风速带,并伴随明显的冷平流与强的风切变;雷暴初生源地均在低海拔地区,受黔东南地形的影响雷暴分裂东移,地势抬升及暖湿空气的迎风坡有利于降雹。

关键词:气象学;中尺度分析;冰雹;地形;雷达回波

中图分类号:P458.1+21.2

文献标志码:A

0 引言

贵州省地处青藏高原东南侧的低纬高原山区,受青藏高原特殊地形和本身山地、丘陵地形的影响,该地区气候和天气异常复杂,是冰雹灾害最严重的地区之一。冰雹等强对流天气是在一定的大尺度环流背景下,由各种物理条件相互作用形成的中尺度天气系统产生的结果。目前许多学者已对冰雹天气系统分析和冰雹形成机理进行了一定的研究,许焕斌等^[1]研究了冰雹形成和增长致灾的机理。洪延超等^[2]利用三维冰雹云模式,指出在雹云发展阶段早期,霰、冻滴和雨水的极大产生率均位于6 km高度附近,这里是雹坯及冰雹形成的源区。王令等^[3]、朱敏华等^[4]、王伏村等^[5]、胡胜等^[6]、Brennan^[7]、Rosenfeld^[8]对冰雹发生的多普勒天气雷达特征进行详细分析,分析研究了冰雹风暴发生、发展的雷达反射率因子和径向速度等产品特征。多位学者对华东地区冷涡槽后类冰雹成因进行了分析,指出强垂直风切变、中低层强的温度直减率、低层切变线、干线和地面辐合线是冰雹发生的有利条件。王瑾等^[9]研究了冰雹分布与地形高程、坡向、坡度及地形切割深度的关系。张一平等^[10]对西北气流形势下一次局地大暴雨伴多次降雹的强对流天气形成机制和对流系统结构进行了精细化分析。晋立军等^[11]、王炜等^[12]、Amburn^[13]通过计算0°层上、下两层

的垂直液态水含量(VIL)比值,发现其对于冰雹的预警有重要的指导意义。赵俊荣等^[14]利用雷达资料对强冰雹超级单体风暴的雷达回波进行了详细分析。李英等^[15]利用湿位涡理论研究云南南部冰雹发现,冰雹发生在假相当位温陡立密集区。

由于贵州地区受诸多条件限制,分辨率较高的常规资料匮乏,对贵州冰雹天气的研究不多,近年来贵州冰雹初发时间提前,次数增多,不认真分析雷达资料,容易造成冰雹漏报。因此,文中利用探空资料、NCEP/NCAR再分析资料、多普勒天气雷达资料,对2013年3月19日,黔东南一次大范围冰雹天气过程的特点、环流形势及要素场特征及雷达回波进行分析和探讨,以期加深对此类过程的认识,并为此类天气过程预报、预警提供参考。

1 天气过程与天气背景形式

1.1 天气过程概况

受高空槽、中低层切变和地面弱冷空气影响,2013年3月19日18时~3月20日01时黔东南州出现大范围强雷暴、冰雹天气过程,除榕江、从江、雷山、锦屏4县外,其余12县市50乡镇降冰雹,黄平、凯里、台江、施秉、镇远、剑河、岑巩7县市城区降雹,城区冰雹最大直径为台江40 mm,乡镇冰雹最大直径出现在岑巩凯本和镇远都坪,分别为50 mm(表1);此次强对流天气过程部分乡镇伴有短时强降水,凯里、剑河、三穗、

收稿日期:2015-10-13

基金项目:贵州省气象局开放基金资助项目(黔气科合KF[2015]17号)

天柱、锦屏、榕江、从江7县市34站降暴雨,剑河南寨72 mm最大。

此次冰雹灾害天气有4个特点:(1)持续时间长,19日18:02从黄平县城开始降雹到20日0:26分黎平坝寨降雹结束,历时6小时24分;(2)影响范围广,涉及除榕江、从江、丹寨、雷山以外的12个县市50乡镇,其中有7个县市城区降雹,是2013年以来黔东南第二次大范围冰雹天气过程;(3)强度强,锦屏个别乡镇冰雹最大直径有小碗口大,重量达半斤;(4)冰雹出现具有反复性,黄平、施秉、台江、镇远同一地点降雹出现两次。表1为2013年3月19日冰雹天气过程降雹地点和冰雹最大直径。

表1 2013年3月19日18时至20日1时降雹情况

县市	城区	冰雹大小/mm	乡镇	最大冰雹/mm
凯里市	市区	4	大风洞、湾水	60
黄平县	县城	5	纸房、浪洞、平溪、野洞河、旧州、重安、谷陇等14个乡镇	45
施秉县	县城	22	杨柳塘、牛大场、白垛、甘溪、双井、马号	34
镇远县	县城	29	羊场、都坪、报京	50
台江县	县城	40	台盘、施洞、革一、老屯	41
剑河县	县城	18	岑松、观么、敏洞、南明、南加、	27
岑巩县	县城	9	凯本、平庄、思阳	50
锦屏县	县城	45	偶里、平秋、固本、平略、河口钟灵	65
黎平县	县城	10	坝寨	15

1.2 天气背景

冰雹过程发生前,3月18日08时,500 hPa,中国北部为一槽一脊型,在贝加尔湖附近为冷满中心,东北、华北、华南等地以西北气流为主,整个华南地区为强的西风气流控制,同时在青藏高原上存在高原低涡。在19日08时,东北冷涡东移南压,冷槽的尾部伸展到贵州北部,受槽后偏北气流的影响,在贵州北部存在明显冷平流,槽前为强的偏西南气流,风速超过30 m/s。700 hPa,高原低涡东移在四川盆地东部发展为西南涡,贵州处于西南涡的南部,受偏西气流控制,气流逐渐加强,同时存在强的低空急流,在贵阳风速达到32 m/s,在四川北部存在冷中心。850 hPa:同样存在低空急流,整个贵州受偏南气流控制,相对湿度超过80%;地面,贵州北部以及与重庆交界处有东西向辐合线,未来弱冷空气补充影响。

1.3 天气系统配置

从图1可以看到,3月19日天气系统的配置,四

川盆地东部存在一西南涡,青藏高原东部有低槽向东移。冰雹过程贵州东部恰好位于500 hPa高空槽前,700 hPa西南涡的南部,在700 hPa急流北侧,850 hPa低空急流出口区左侧,200 hPa高空急流核风速为64 m/s,700 hPa急流核风速为32 m/s,850 hPa急流核风速为20 m/s,中层存在冷平流,在地面存在辐合线,零度层高度再600 hPa有利于冰雹的产生。

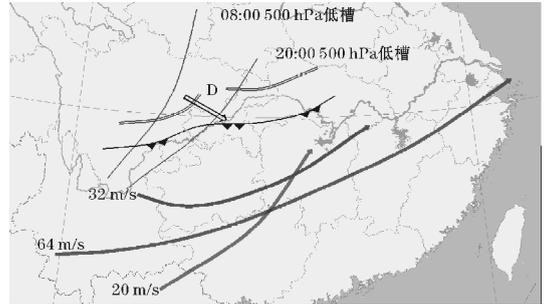
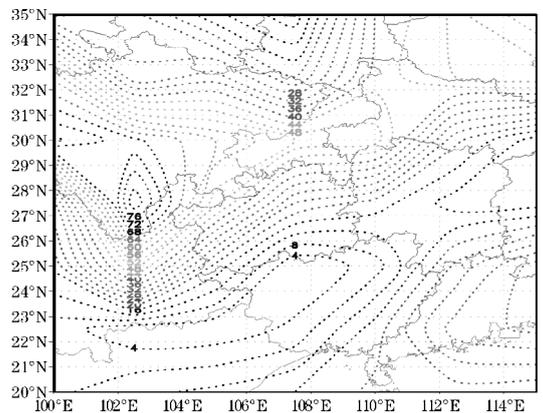


图1 2013年3月19日冰雹落区天气系统配置图

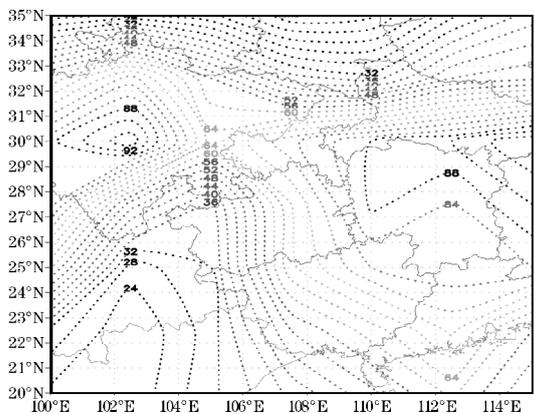
2 环境场要素特征

2.1 上干下湿

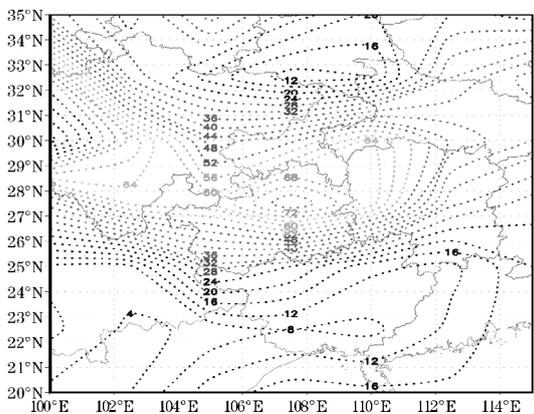
图2是基于3月19日12时与18时的NCEP/NCAR再分析资料(水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$), $20^\circ \text{N} \sim 35^\circ \text{N}$ 与 $100^\circ \text{E} \sim 115^\circ \text{E}$ 的相对湿度图,在12时500 hPa,湿度大值中心位于攀西地区,贵州处于相对湿度小于50%的干区,其中黔东南区小于40%,而低层850 hPa,整个贵州仍处于较干区域,只有贵州东部相对湿度超过70%,相对较湿。在冰雹发生前18:00时,500 hPa湿区大值中心位于贵州东北部,大部分地区湿度仍在70%以下,此时低层850 hPa黔东南州湿度在90%以上,湿度较大。从整个湿度情况来看,在冰雹发生前,黔东南州的大气处于明显的尚上干下湿的状态,有利于对流天气的产生。



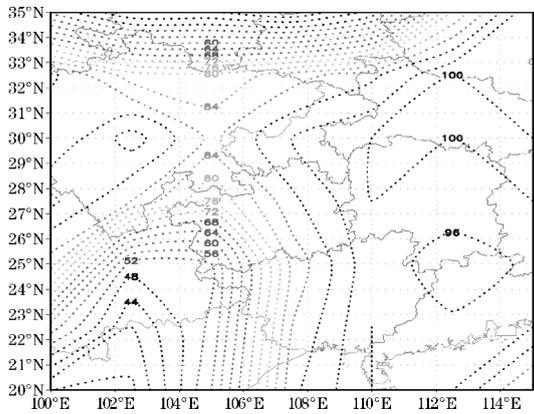
(a) 12时500 hPa



(b) 12 时 850 hPa



(c) 18 时 500 hPa



(d) 18 时 850 hPa

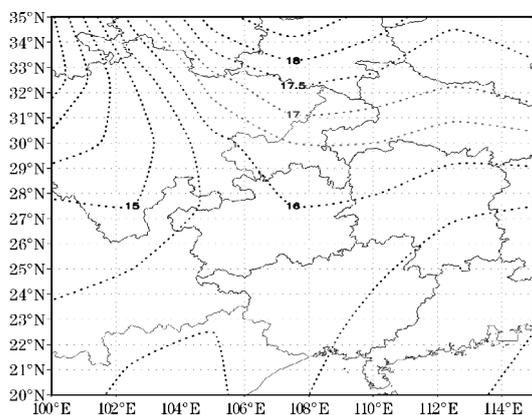
图 2 3 月 19 日 12 时、18 时 500 hPa 与 850 hPa 相对湿度

2.2 不稳定能量

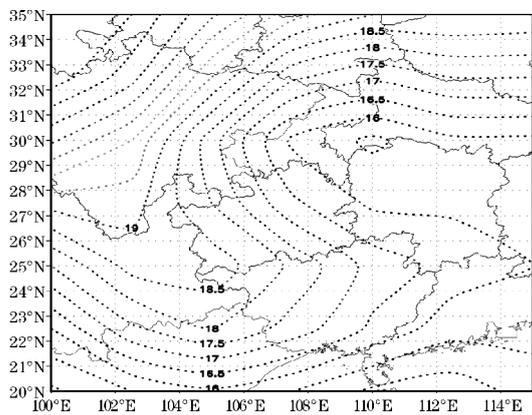
2.2.1 中低层温度差

图 3 是基于 3 月 19 日 00 ~ 18 时的 NCEP/NCAR 再分析资料(水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$), $20^\circ\text{N} \sim 35^\circ\text{N}$ 与 $100^\circ\text{E} \sim 115^\circ\text{E}$ 的 700 hPa 与 500 hPa 温度差图, 在 00 时可看到大值区位于陕西以北, 黔东南地区温差在 16°C 左右, 至 06 时温差逐渐增大; 在 12 时可以明显看到,

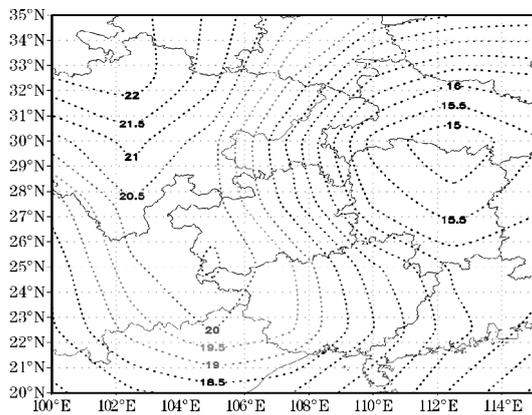
温差大值中心位于四川, 在湖北与湖南交界处存在小值中心, 整个贵州温差较大, 贵州西部高于东部; 在 18 时, 大值中心明显东移位于四川盆地与重庆地区, 贵州的温差基本在 18°C 以上, 其中黔东南州温差达到 19°C 。从整个 700 hPa 与 500 hPa 温度差变化情况分析, 从 06 时开始, 黔东南州的温差从 16°C 逐渐增大, 在 18 时达到 19°C , 有利用冰雹天气产生。



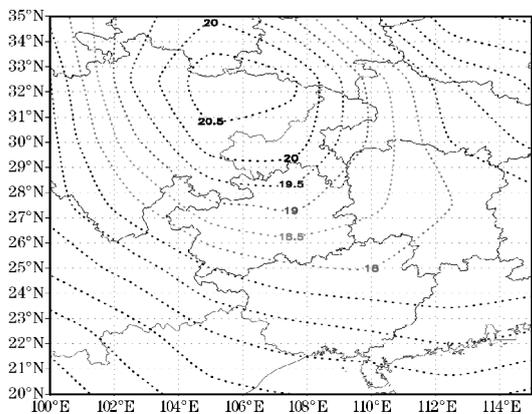
(a) 00 时



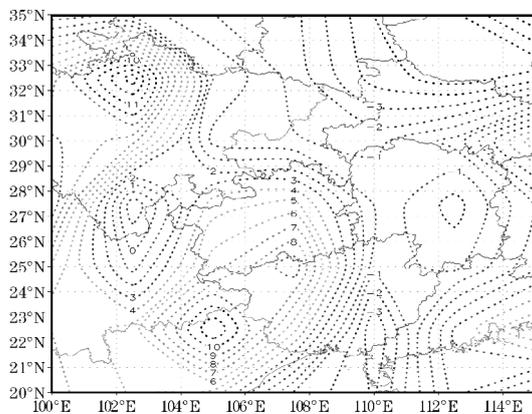
(b) 06 时



(c) 12 时



(d) 18时

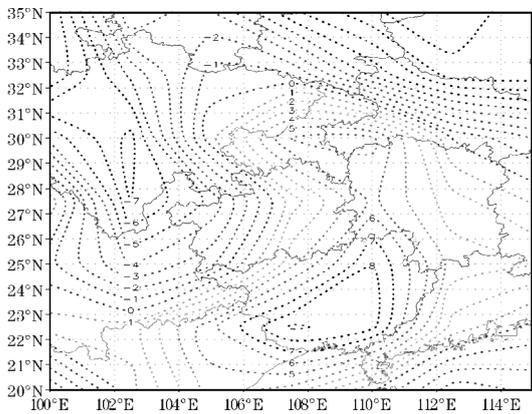


(c) 12时

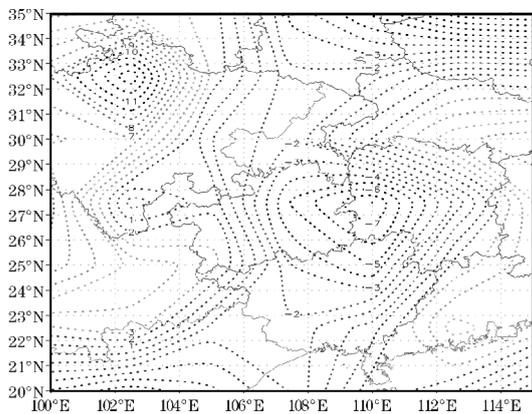
图3 3月19日00~18时700 hPa与500 hPa温度差

2.2.2 假相当位温差

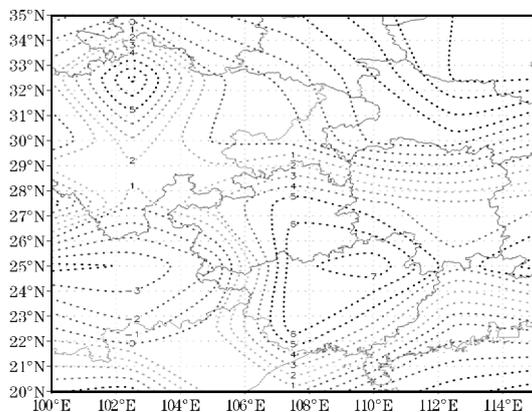
图4是3月19日00~18时,700 hPa与500 hPa的假相当位温差,在00~06时贵州处于负值区,在12时正值中心位于云南东南部,此时贵州假相当位温差为正值,至18时正值中心位于广西北部,同样贵州处于不稳定条件中,黔东南地区位温差在 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 6\text{ }^{\circ}\text{C}$,处于不稳定层结,有利用对流天气产生。



(a) 00时



(b) 06时



(d) 18时

图4 3月19日00~18时,700 hPa与500 hPa的假相当位温差

2.3 物理量分析

沙氏指数、 K 指数、对流有效位能(CAPE)、垂直风切变等是衡量大气层结稳定度的重要判别指标。利用3月19日贵阳探空资料得出,08时0~6 km的垂直风切变较大,达到 29.8 m/s , $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 层高度接近4 km, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 层高度接近7 km。20时 K 指数达到 $34\text{ }^{\circ}\text{C}$,SI指数为 -2.7 ,对流有效位能达到837,0~6 km垂直风切变为 26.3 m/s , $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 层高度同样接近4 km, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 层高度接近7 km,500 hPa与850 hPa假相当位温差超过 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。从08时的t-top图可以看到在850 hPa附近存在弱的逆温层,有利于能量累积。综合分析可见,从08时开始,各种物理量发生较大变化,利于对流天气产生,结合有利的 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 层、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 层高度与垂直风切变,有利于冰雹产生。

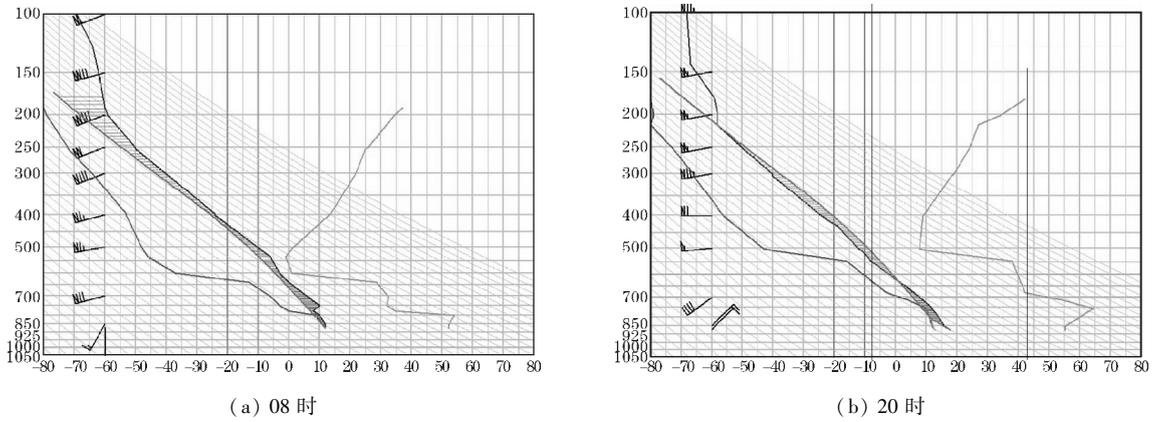


图5 3月19日08时与20时贵阳站温度对数压力图

表2 贵阳站各物理量的变化

时间	K 指数	SI 指数	$CAPE/J \cdot kg^{-1}$	垂直风切变 m/s	-20层高度/ m	0度层高度/ m	500与850假相当位温差/ $^{\circ}C$
08	21	2.4	0	29.8	6902	4035	-6.58
20	34	-2.7	837	26.3	6843	4122	-16.11

3 雷达回波分析

3.1 回波过程演变

从19日17:27时左右开始,在黔东南西部境外(相对于雷达的位置为“2620,111 km”)孤立的第一个对流单体即1号单体开始生成发展(图略),至18:12时可以看到回波非常强,并逐渐向东移动,18:23时左右又有2个新单体在其后部生成发展(紧随1号单体的第一个单体为2号单体,其次为3号单体,图略),18:45时1号单体强度很强,面积较大,3号单体发展迅猛强度达50 dBz左右,雷暴继续向东移动,新的单体不断在西边生成东移,结合地形发现,由于山脉的影响,第一个雷暴单体由于地形的阻碍作用,使雷暴分裂,差生一个新单体即1a单体向东北方向移动,从19:19时看出其强度变更强,接近60 dBz,1号单体接近雷达测站,3号单体由于地形阻碍作用又差生一个单体即3号分裂体沿东北方向向境外移动和发展壮大,母体在其前进方向的右后侧出现超级单体低层反射率因子的钩状特征,并在19:36时变为强盛的钩状回波(图略),19:36时左右3号分裂体的正南下方又差生4号风暴,19:52时2号风暴与3号风暴连接,至19:58时在黔东南州境内存在4个风暴,即1号、1a号、2号与3号合并的2-3号、4号等,同时,在西北部边沿出现对流单体和层状云回波快速向东南方向移动,至20:43时1a已经减弱,其他雷暴移动方向转为

东南方向,1号体现很强的指状特征(超级单体低层反射率因子的又一特征),2-3号接近雷达测站,并在其后部边沿产生一个新单体,4号演变成很强的逗状回波,21:00时1号从锦屏出境进入湖南靖县,21:33时西北部边沿出现的对流单体演变成弓状回波,并在尾部继续新生2个单体与之连接发展,21:51时2-3号从锦屏出境进入湖南靖县,22:13弓状回波与其尾部陆续生成的多个单体排成的线状回波进入尾声,21:41~23:26时雷达西南方向的带状回波增强发展,至20日1时冰雹过程结束,强回波带来强降水。天气过程有10余个风暴产生了冰雹,产生大冰雹(冰雹直径超过20 mm以上)的是1号、1a号、3号、2-3号、4号等,降雹直径除4号在30 mm以下外,其余4个均达30 mm以上,其中1号影响黄平、台江、剑河、锦屏等县,1a影响镇远、岑巩等县,3号和2-3号影响黄平、凯里、台江、剑河、锦屏等县市,4号影响施秉、镇远等县。

3.2 冰雹回波特征

三体散射是雷达电磁波遇到强反射率因子核多次和地面反射而产生,是冰雹雷达回波的一个重要特征。图7所示为 2.4° 仰角的雷达强度图。受地形的影响,第一个雷暴单体分裂出新的单体,向东北方向移动,同时强度迅速加强,从19:02强度图可看到,白色圆圈所示处为三体散射,次雷暴单体产生强的冰雹,在20:15位于雷达站西部的雷暴也出现了三体散射,如白色圆圈中所示。

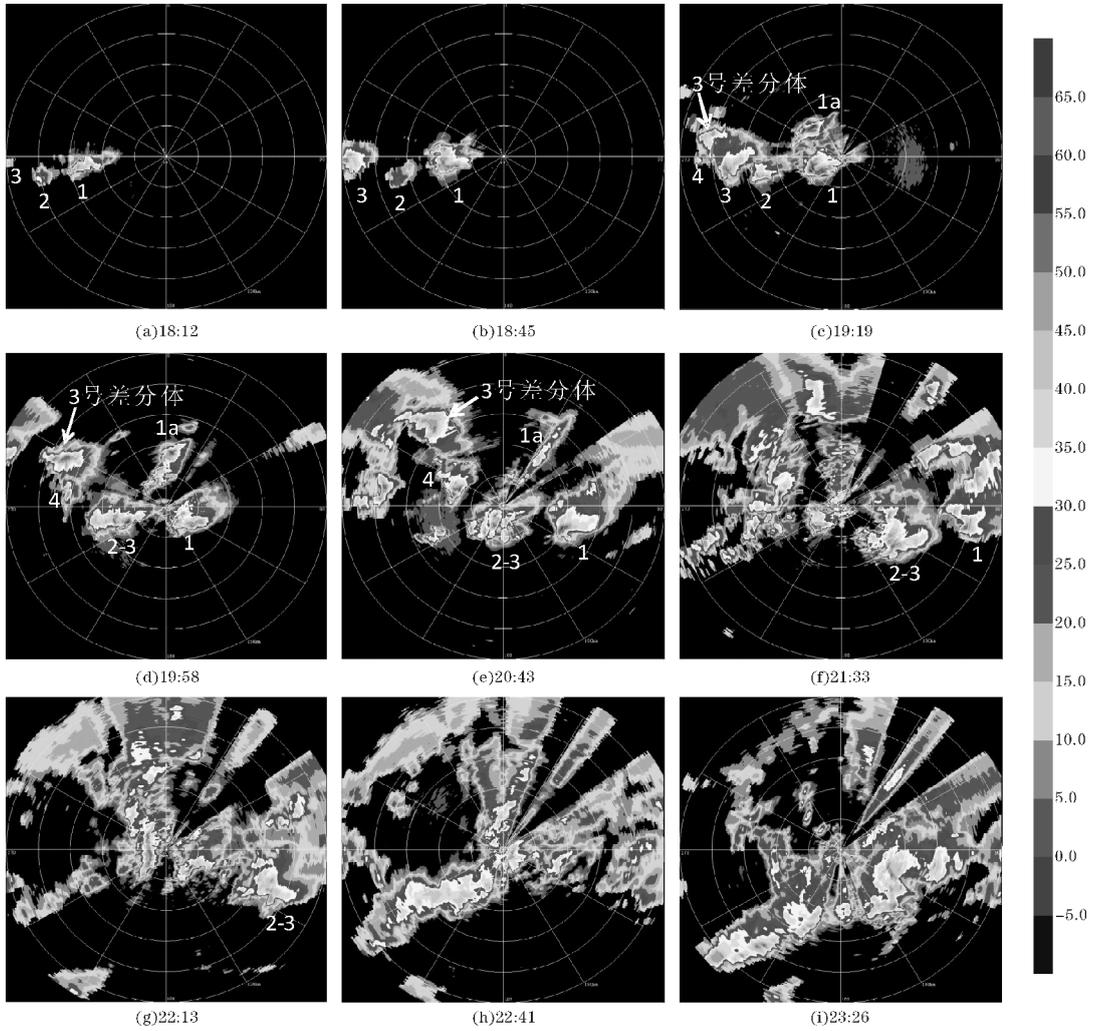


图6 黔东南雷达0.5°仰角反射率因子演变

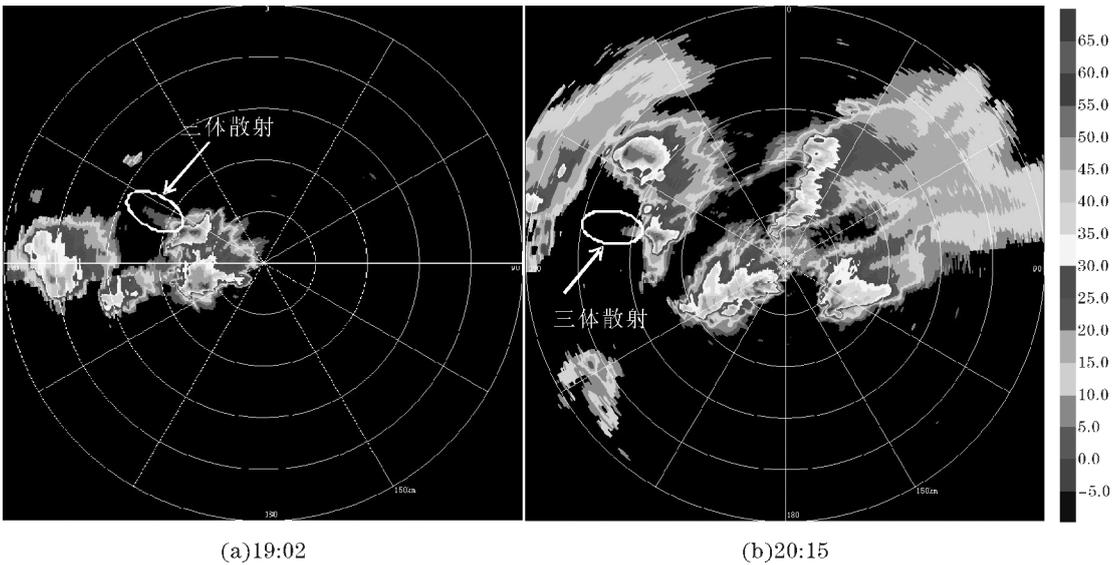


图7 黔东南雷达2.4°仰角的反射率因子图

冰雹回波包含多个垂直剖面特征,其中,弱回波区(WER)特别是有界弱回波区(BWER)是判别大冰雹回波的一个重要特征,弱回波区由强的上升气流(即入流)产生,强的入流是维持风暴长时间生存并发展增强的必要

条件,才能有助于冰雹的循环生长。0℃层高度和-20℃层高度也是判别冰雹产生特别是大冰雹的一个非常重要的因子,只有雷暴的强反射率因子区扩展到0°层高度以上时有助于冰雹的生成,当45 dBz或50 dBz反射率因子超

过 0 °C 层高度并接近或超过 -20 °C 层高度时,对产生大冰雹的潜势贡献最大。图 8 为产生大冰雹的 1 号、1a、2-3 号、4 号 4 个强风暴某一时刻雷达体积扫描的强度回波剖面结构,从图 8(a) ~ (d) 看出,这 4 个风暴各自的 50 dBz 反射率因子回波的顶部均大大超过 20:00 时 -20 °C 层所在的高度线;均具有低层反射率因子的弱回波区(WER),且 1 号为有界弱回波区(BWER);在弱回波区上方均有强度很强而高大的悬垂回波,在弱回波区的左侧具有强度很强而高大的回波墙,2-3 号回波体现 2 号和 3 号刚连接尚未完全合一,其强度不是很强的原因是前者

(右边的回波块)接近雷达(雷达扫描 40 km),因受雷达静锥区影响而未能反映其真实的回波强度,后者由于前者冰雹云对雷达发射的电磁波的强烈衰减后对后者的探测功率减小造成,据当地气象部门灾情调查,该风暴此时在台江县的北部降了鸡蛋大小即直径约 50 mm 左右的大冰雹,且其后在黔东南州东南部边沿的锦屏县降直径约 80 mm 左右的大冰雹;另外,从 0 °C 层高度线以下部分的强回波轮廓线体现,各风暴的回波墙均向东南方向倾斜,表明各风暴均有很强的上升气流,其倾斜度越大反映上升气流越强。

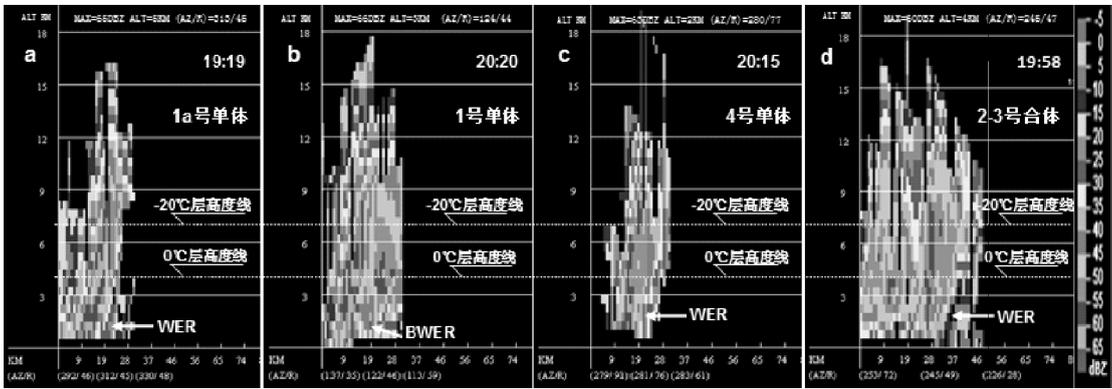


图 8 通过强反射率因子核并沿其移动方向上的垂直剖面产品

3.3 雷达二次产品

3.3.1 垂直液态积分含水量

垂直液态积分含水量(VIL)反映了,雷暴单位面积垂直上方液态水的累积值,产生冰雹的雷暴通常具

有高的 VIL 值,随着冰雹的发生,其值迅速减小。图 9 为冰雹识别指数与垂直液态积分含水量,可以看到垂直液态积分含水量的大值区与冰雹的识别结果有非常好的对应,冰雹识别区基本位于大的 VIL 中心。

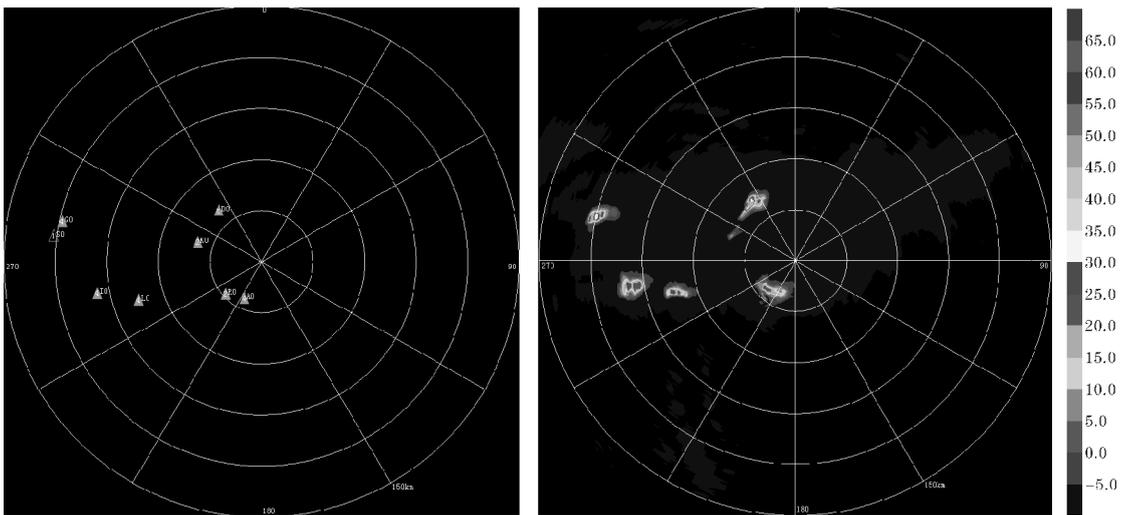


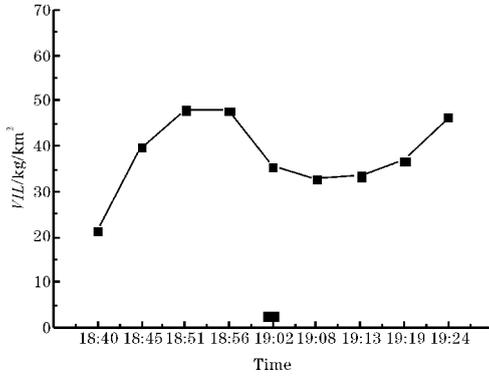
图 9 冰雹指数与垂直液态积分含水量

利用 4 个产生冰雹的雷暴单体,通过计算统计得到冰雹发生前后垂直液态积分含水量随时间的变化,如图 10 所示,可以看到在产生冰雹前,VIL 值持续增大,达到最大值后,随着冰雹的下降,雷暴强反射率因

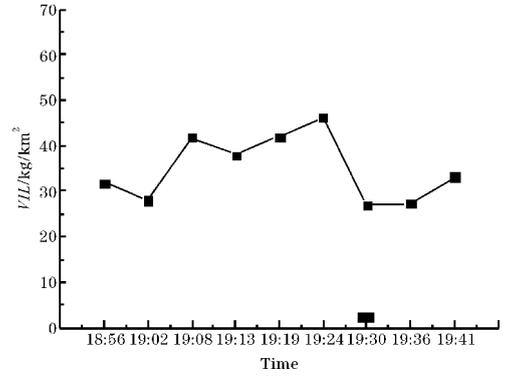
子核随之下落,VIL 值出现了迅速的减小。图中黑色方框位置为地面出现冰雹的时间,4 个雷暴单体产生 5 次冰雹过程,地面产生冰雹前 VIL 均出现迅速减小,其中 2-3 号单体在地面产生两次冰雹,对应 VIL 出现相

应的下降,因此,可通过统计冰雹产生前 VIL 值的减小

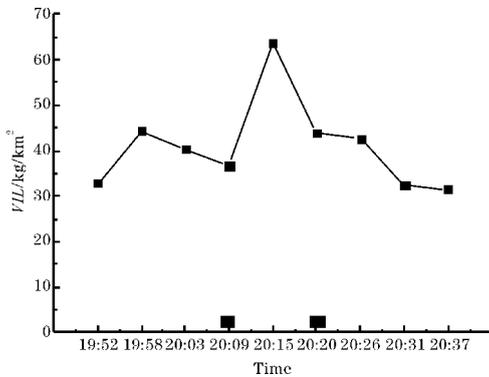
量,设置合适的阈值预警冰雹的发生。



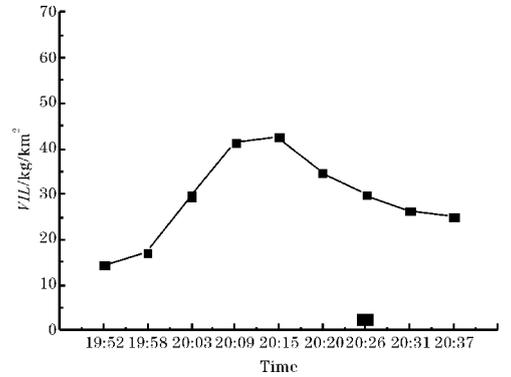
(a) Storm 1



(b) Storm 1a



(c) Storm 2-3



(d) Storm 4

图 10 4 个产生冰雹雷暴的垂直液态积分含水量的变化

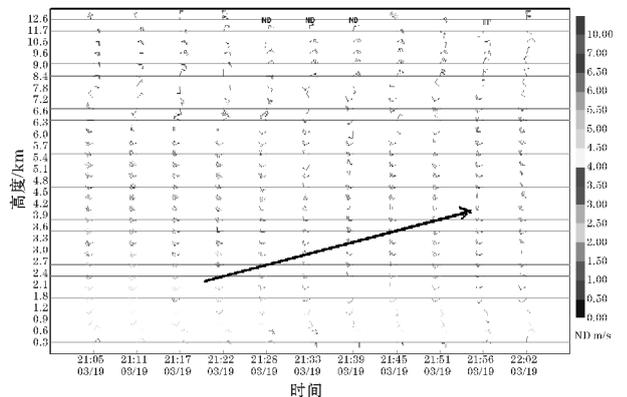
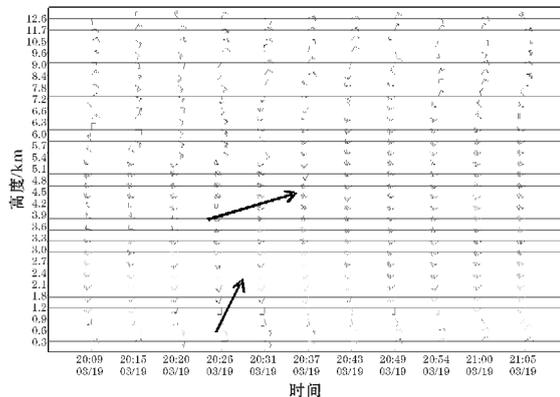
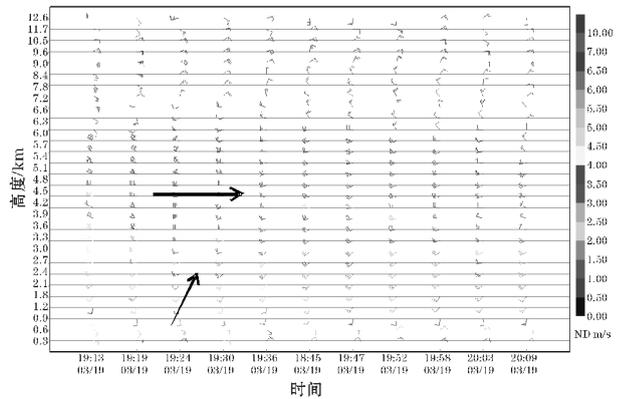
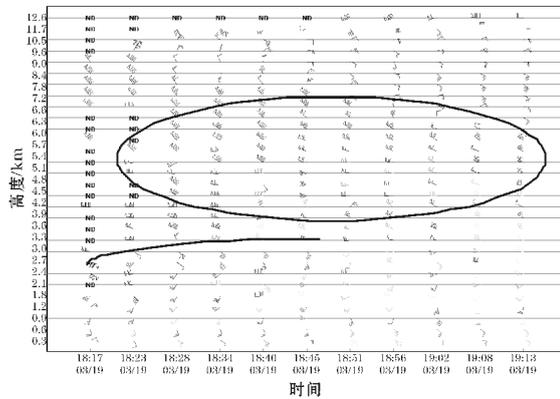


图 11 3 月 19 日黔东南雷达风廓线产品

3.3.2 垂直风廓线

雷达风廓线产品(VWP),通过VAD算法,利用雷达速度场进行拟合反演得到,该产品能够反映大气垂直方向上水平风的演变情况,可以直观的分析风的垂直切边及冷暖平流。图11为3月19日黔东南雷达风廓线产品,图中“ND”为缺测点,从图11可以看到,在18:00~19:00图中存在明显的大风速带,最大风速超过30 m/s,同样可以发现,风速随着高度的增加顺转,由南风转为西北风,在中低层存在明显的冷平流,从28:43开始,冷平流减弱,上下层均稳定的偏西风。可以看到在18:51前,中低层存在强的风切变。

3.4 地形对雷暴移动的作用

为研究地形对冰雹的影响,图12给出过程雹云的移动路径,从图12可见,产生冰雹的强雷暴存在两个源地,分别位于开阳县与黄平县附近。产生于黄平的雷暴向东移动,受地形的影响分裂成2个单体,其中单体1a向东北方向移动,单体1越过山脉继续东南移。2、3雷暴生成后在黄平县南部合并加强,与1雷暴沿同样的路径向东南方向移动,4雷暴穿过山脉向东南方向移动,到达黄平中北部后,沿低洼地区向东运动,先后经过施秉县、镇远县。4个雷暴在移动过程中均发展旺盛,产生强冰雹天气。雷暴初生源地均在低海拔地区,受地形的抬升影响分裂发展,分裂后的雷暴移动发展,朝向山脉运动,受地势抬升及暖湿空气的迎风坡作用,在多地产生降雹天气。

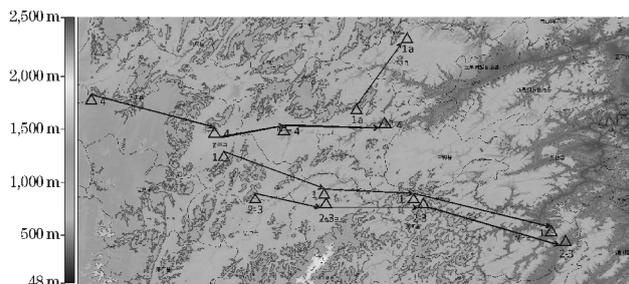


图12 雷暴移动路径

4 结论

利用NCEP格点再分析资料、探空资料以及雷达资料对2013年3月19日黔东南冰雹过程的成因进行分析,得到以下主要结论:

(1)冰雹过程的影响系统主要是500 hPa高空槽、西南涡、高空急流、低空急流,地面辐合线及地面冷锋。

(2)黔东南地区降冰雹前,大气呈上干下湿的状态,700 hPa和500 hPa温差为16℃~19℃;500 hPa与850 hPa假相当位温差超过16℃,0~6 km的垂直风切

变达到了26.3 m/s;08时在低层存在弱逆温层,物理量显示有利于对流性天气以及冰雹的产生。

(3)在降大冰雹的雷暴回波中出现三体散射、弱回波区或有界弱回波区,强而高大的回波墙和悬垂回波,50 dBz的反射率因子的顶高超过-20℃层等特征。垂直液态积分含水量迅速下降与冰雹发生对应很好。在降冰雹前,中层存在明显的大风速带,最大风速超过30 m/s,在中低层存在明显的冷平流与强的风切变。

(4)雷暴初生源地均在低海拔地区,受地形的抬升影响分裂发展,分裂后的雷暴东移。雷暴朝向山脉运动,地形抬升及暖湿空气的迎风坡有利于降雹。

参考文献:

- [1] 许焕斌,段英.强对流(冰雹)云中水凝物的积累和云水的消耗[J].气象学报,2002,60(5):575-584.
- [2] 洪廷超.三维冰雹云催化数值模式[J].气象学报,1998,56(6):641-653.
- [3] 王令,郑国光,康玉霞,等.多普勒天气雷达径向速度图上的雹云特征[J].应用气象学报,2006,17(3):281-287.
- [4] 朱敏华,俞小鼎,夏锋,等.强烈雷暴三体散射的多普勒天气雷达分析[J].应用气象学报,2006,17(3):215-223.
- [5] 王伏村,丁荣,李耀辉,等.河西走廊中部冰雹天气的环流和多普勒雷达产品特征分析[J].高原气象,2008,27(6):814-825.
- [6] 胡胜,罗聪,张羽,等.广东大冰雹风暴单体的多普勒天气雷达特征[J].应用气象学报,2015,26(1):57-65.
- [7] Brennan M J, Lackmann G M, Mahoney K M. Potential vorticity (PV) thinking in operations: The utility of nonconservation[J]. Wea Forecasting, 2008, 23: 168-182.
- [8] Rosenfeld Daniel. Estimation of precipitation area and rain intensity based on the microphysical properties retrieved from NOAA AVHRR Data[J]. J Appl Meteor, 1997, 36: 234-242.
- [9] 王瑾,刘立平.基于GIS的贵州省冰雹分布与地形因子关系分析[J].应用气象学报,2008,19(5):627-634.
- [10] 张一平,俞小鼎,孙景兰,等.一次槽后型大暴雨伴冰雹的形成机制和雷达观测分析[J].高原气象,2014,33(4):1093-1104.

- [11] 晋立军,李培仁,李俊霞,等. 一次强降雪过程中垂直积分液态含水量的特征分析[J]. 高原气象,2010,29(5):1297-1301.
- [12] 王炜,贾惠珍. 用雷达垂直累积液态含水量资料预测冰雹[J]. 气象,2002,28(1):47-48.
- [13] Amburn S A, P L Wolf. VIL density as a hail indicator[J]. Weather Forecasting, 1997, 12(2): 473-478.
- [14] 赵俊荣,郭金强,杨景辉,等. 一次致灾冰雹的超级单体风暴雷达回波特征分析[J]. 高原气象,2011,30(6):1681-1689
- [15] 李英,段旭. 湿位涡在云南冰雹天气分析中的应用[J]. 应用气象学报,2000,11(2):242-248.

Mesoscale Analysis of a Heavy Hail Process in Qiandongnan

LONG Tian-qiang¹, LUO Hui^{2,3}, ZHU Ke-yun², JIANG Ying², FAN Yi², LIN Yan¹

(1. Qiandongnan Guizhou Bureau of Meteorology, Kaili 556000, China; 2. Key Laboratory of Sichuan Province, College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 3. Sichuan Provincial Meteorological Observatory, Chengdu 610072, China)

Abstract: During the early spring 2013 for a large-scale hail weather process, NCEP reanalysis data, radiosonde data and radar data on the causes and characteristics of this process were analyzed. The results show: The hail weather processes that affect the system is mainly by the 500 hPa trough, southwest vortex, upper level jet, low-level jet, surface convergence line and cold front on the ground. When hail, the air was upper dry and lower layer wet, and the temperature difference between 700 hPa and 500 hPa increased at 6:00, at 18:00 reached peak, and the temperature difference between 500 hPa and 850 hPa was more than 16. The vertical wind shear between 0-6 km reached 26.3 m/s, and the K index reached 34 °C, and the SI index was -2.7. A threebody scattering, weak echo area, a bounded weak echo area, strong and large echo and the suspended echo in the thunderstorm echo of large hail. The reflectivity factor of 50 dBz is higher than the -20 °C layer. Before hail, VIL decreased rapidly and used for forming hail, in the middle layer, and the maximum wind speed is over 30 m/s, and there are obvious cold advection and strong wind shear. The initial source of the thunderstorm in low altitude area, and the thunderstorm moves east after the division, Terrain elevation and warm air windward is conducive to hail.

Key words: meteorology; mesoscale analysis; hail; terrain; radar echo