

文章编号:1673-8411 (2016) 02-0042-05

## 2016 年 1 月钟山县一次罕见冬季冰雹天气分析

吴悦<sup>1</sup>, 李骄杨<sup>2</sup>, 李忠党<sup>1</sup>

(1. 钟山县气象局, 广西 钟山 542699; 2. 贺州市气象局, 广西 贺州 542899)

**摘要:**利用常规地面、高空观测资料和梧州 S 波段新一代天气雷达探测产品资料,从环流形势、影响系统、触发机制及物理量条件对钟山县一次冬季冰雹天气进行分析,结果表明:此次过程在极强厄尔尼诺背景下发生,2016 年 1 月钟山县东北季风偏弱,能量条件好,中层有干空气侵入,低层为暖湿不稳定大气层结,前倾槽和地面冷空气的配合触发不稳定能量释放,从而产生罕见冬季冰雹天气。

**关键词:**冰雹;冬季;前倾槽;上干下湿;厄尔尼诺

**中图分类号:**P458.1\*21.2

**文献标识码:**A

## Analysis of a rare hail weather in January 2016 of Zhongshan County

Wu Yue, Li Jiao-yang, Li Zhong-dang

(1. Zhongshan County Meteorological Service, Zhongshan Guangxi 542699; 2. Hezhou Municipal Meteorological Service, Hezhou Guangxi 542899)

**Abstract:** Based on the conventional ground data, high altitude observation data and a new generation of weather radar products of Wuzhou s-band, a hail weather in winter occurred in Zhongshan was analyzed from the circulation situation, influence system, triggering mechanism and physical conditions. The results show that: this process was led under the background of strong El Nino. weak northeast monsoon, good energy condition, middle-level dry air intrusion, low-level warm wet unstable atmospheric stratification and the coordination of forward-tilting trough and ground cold air triggered instability energy releasing and resulted in this rare hail weather in winter.

**Key Words:** hail; winter; forward-tilting trough; upper wet and lower dry; El Nino

钟山县位于广西东北部,属亚热带季风气候区,每年 12 月-2 月为冬季,受东北季风控制,对流性天气少<sup>[1]</sup>。受 2014 年 9 月开始的超强厄尔尼诺事件影响,大气环流异常,2015 年至 2016 年钟山县东北季风偏弱,2016 年 1 月 5 日,该县多个乡镇出现了罕见的冬季冰雹天气过程。统计分析 1956 年至 2015 年气象资料,发现,钟山县冰雹天气主要出现在 3-5 月(占全年总日数的 90%以上<sup>[1]</sup>),此次 1 月降雹为当地有气象记录以来第二次冬季降雹过程(第一次

为 1981 年 2 月 13 日)。此前,黄远盼等<sup>[2]</sup>对桂东北冰雹天气进行了研究,认为春季贺州市冰雹天气出现前, $\partial\theta_{se}/\partial z$  以及 K 指数、Si 指数、对流有效位能(CAPE)会有明显的变化,可以作为冰雹天气预报的参考;许新田(2012),王崇洲(1992)等一些学者对冬季强对流天气也做了广泛研究<sup>[3-17]</sup>,但钟山县冬季冰雹天气研究尚属空白。为提高异常气候背景下钟山县冰雹天气预报技术,本文对 2016 年 1 月 5 日冰雹天气过程进行分析,探究其形成机理,总结经验技

收稿日期:2015-12-18

作者简介:吴悦(1986-),广西贵港人,助理工程师,主要从事县级综合气象业务工作。

术,为此类冰雹预报提供参考依据。

## 1 过程概况

通过向乡镇气象信息员及居民搜集信息,此次降雹过程大致出现在1月5日18时到20时,降雹范围在钟山县的花山、红花、清塘、同古、凤翔、石龙、回龙等乡镇,降雹时间大多为几分钟,冰雹直径估测在5–20mm,同时还伴有雷电、大风及短历时强降雨,过程最大风速为 $14.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、最大小时雨强为 $25.2\text{mm/h}$ 。虽然过程波及乡镇较广,但降雹时间短、结束快,故灾情不明显。

## 2 环流形势分析

2016年1月5日钟山县冰雹天气过程发生前期,500hPa低纬地区南支槽活跃,高原多波动快速东传,槽前西南气流强盛,东北季风势力偏弱,长江以南地区为暖湿气团控制。亚洲中高纬地区“两槽一脊”形势逐渐建立。副热带高压较常年同期偏强,呈带状分布于西北太平洋、中国南海至印度洋一带,稳定少变。1月5日20时,500hPa588位势什米线位于 $20^{\circ}\text{N}$ 附近,位置偏北。南支槽与高原槽合并,加深东移,带动冷空气南下;槽线呈南北向,位于桂中,钟山处在槽前,正涡度平流有利于上升运动的发展。

分析对流层中低层可以发现,1月5日20时,700hPa冷舌伸至桂东北,切变线位于桂西,呈南北向,落后于500hPa槽线,为前倾槽形势,有利于触发强对流。西南低空急流控制华南大部地区,急流轴线位于南海沿岸,强度比08时有所加强,中心风速 $>20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,有利水汽输送。钟山位于低空急流轴左侧,有利于辐合上升运动。20时850hPa切变线南压至桂北,呈东北西南走向,两侧风场呈明显气旋性弯曲,850hPa温度槽清晰,并且与500hPa温差达到 $25^{\circ}\text{C}$ 以上,钟山处在切变线、温度槽附近。

从地面形势分析可见,过程前期,暖低压稳定控制华南地区,无明显冷空气活动,钟山气温偏高,1月2日–5日连续四天日最高气温在 $20^{\circ}\text{C}$ 以上,且无降水,积聚大量不稳定能量。1月3日14时,中心位于云贵交界的西南暖低压明显加强,中心气压值为1015hPa,向江南地区延伸出东北西南向低压倒槽;贝湖西侧的冷高压同时加强,分裂出冷空气沿东路入侵我国,4日05时冷锋到达华北,西南暖低压逐渐开始减弱。随后冷空气快速南下,5日20时,冷锋到达桂北,触发系统性上升运动,不稳定能量释放。

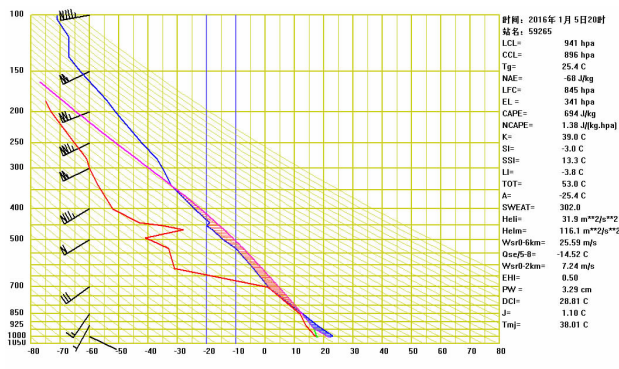


图1 1月5日20时钟山探空图

## 3 t\_logp 图分析

用1月5日20时钟山站气温( $14^{\circ}\text{C}$ )和露点温度( $13^{\circ}\text{C}$ )订正梧州站探空资料,分析订正后探空图(图1),CAPE值为 $694\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,较08时有显著增加,达到1月份对流天气发生发展的必备能量条件,同时具备适宜的对流抑制能量CIN,有利于激发强对流。K指数 $=39^{\circ}\text{C}$ ,SI $=-3^{\circ}\text{C}$ ,表征20时钟山上空大气层结处于极度不稳定状态。抬升凝结高度(LCL)为941hPa、自由对流高度(CCL)为896hPa,都较低,有利于对流云的生成和发展。

分析温度层结曲线可以看出温度随高度迅速递减,大的垂直温度递减率有利于冰雹发生发展。同时, $0^{\circ}\text{C}$ 层 $<600\text{hPa}$ , $-20^{\circ}\text{C}$ 层高度 $<400\text{hPa}$ ,均为有利冬季降雹,使冰雹以固体形式降落至地面以及大冰雹的形成。分析露点层结曲线,可以看到700hPa以下露点层结曲线和温度层结曲线平行,且温度露点差 $<2^{\circ}\text{C}$ ,湿层厚度为3km左右,低层已具备良好的水汽条件。700hPa以上露点温度迅速减小,温度露点差迅速增大,与温度层结曲线形成“喇叭口状”,表明中层有明显干空气侵入,这种“上干下湿”的形势使气层不稳定度增加,非常有利于冰雹天气的发生。

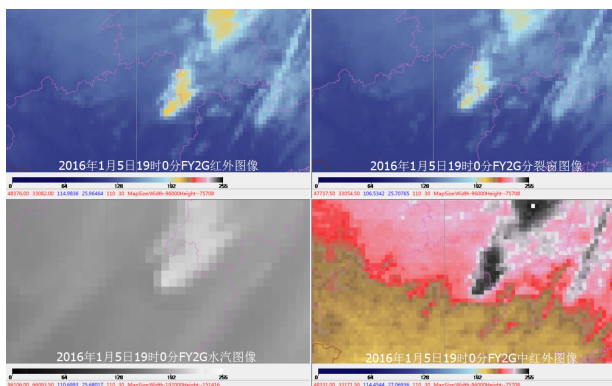


图2 2016年1月5日19时0分FY2G卫星图像

对风速风向进行分析可见,风速从近地面到高空有明显增大的趋势,925hPa 以下风速为  $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,700hPa 为西南风,风速  $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,达到低空急流标准,500hPa 以上风速均  $>20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。上下层垂直风速切变大,促进倾斜对流产生,为冰雹提供上升动力条件,有利于大冰雹形成。

## 4 卫星、雷达产品分析

### 4.1 卫星图像分析

5 日 19 时桂东至广东沿海一带位于高空槽前(图 2),分析红外云图可见发现,斜压叶状云带位置偏东,广西上空仅有一个中尺度块状对流云团,位于钟山上空,其余大部为无云或低云,能量高度集中在这块云团中。该对流云团云顶亮温较低,结构密实,沿槽前西南气流向偏东方向移动,其上风一侧边界较光滑整齐,下风方向边界模糊。19 时水汽图像反映该对流云团中上层上升运动显著。20 时,该云团

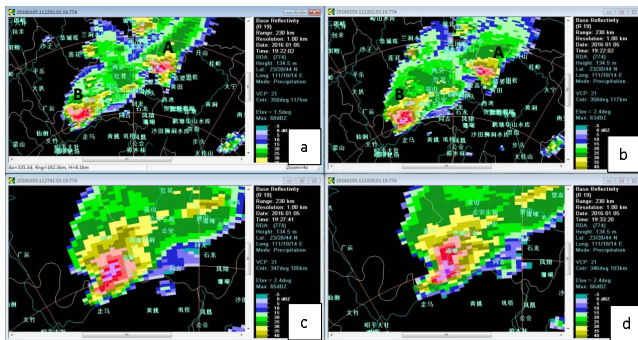


图 3 梧州雷达反射率因子(单位: dBZ)2016 年 1 月 5 日 19 时 22 分  $1.5^\circ$  仰角(a);  $2.4^\circ$  仰角(b);

2016 年 1 月 5 日 19 时 27 分  $2.4^\circ$  仰角(c); 2016 年 1 月 5 日 19 时 33 分  $2.4^\circ$  仰角(d)

主体移出钟山境内,随后逐渐解体,结构松散,云顶亮温升高。

### 4.2 多普勒雷达回波分析

#### 4.2.1 反射率因子(R)

1 月 5 日钟山冰雹天气过程是由多单体风暴形成的强对流天气。分析梧州雷达反射率因子产品,1 月 5 日 17 时 06 分  $1.5^\circ$ 、 $3.4^\circ$  仰角可见在平乐县中部,距离雷达 130km 处有对流回波 A 形成,并迅速加强,17 时 23 分在  $1.5^\circ$  仰角上其中心强度达 55dBZ,该单体轮廓分明,结构密实,反射率因子梯度大,随后以“平流+传播”的形式向偏东方向移动。17 时 45 分其右后部新生单体 B,组成雷暴群向钟山县移动。18 时 19 分雷暴群前沿进入钟山县,19 时 22

分强回波中心位于钟山县西南部,回波质心高,反射率因子最大值在 60dBZ 以上,出现在  $1.5^\circ$  仰角(图 3a)及  $2.4^\circ$  仰角(图 3b),且回波中心具有由低仰角到高仰角倾斜的结构,上部呈现宽大而伸展的云砧,有利于斜生气流的维持并产生大冰雹。此时雷暴单体处在最旺盛阶段,降雹开始,并持续向东移动。19 时 27 分(图 3c)–19 时 33 分(图 3d),雷暴云团可见一个清晰的后部入流槽口结构,经过的地区同时伴有大风天气。20 时 29 分强回波移出钟山。

#### 4.2.2 平均径向速度(V)

1 月 5 日 19 时 27 分在  $0.5^\circ$  仰角径向速度图上(图 4e),最大流入区和最大出流区沿雷达径向对称,出现正负速度对,具有气旋性辐合的特点,底层存在强烈上升运动。 $1.5^\circ$  及以上仰角可见明显“逆风区”(图 4f),其强度在  $-5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  至  $-10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  左右,逆

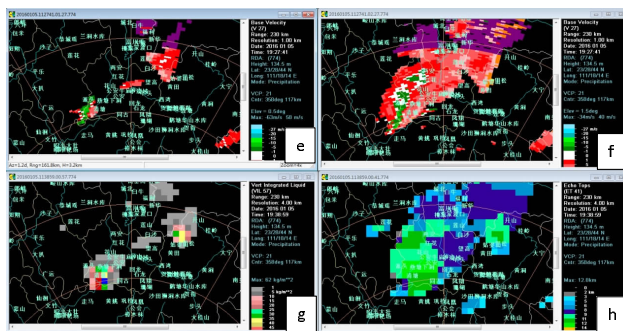


图 4 梧州雷达 2016 年 1 月 5 日 19 时 27 分径向速度图  $0.5^\circ$  仰角(e);  $1.5^\circ$  仰角(f); 19 时 38 分垂直液态水含量图(g); 19 时 38 分回波顶高(h)

风区范围由低到高递减。同时,在  $1.5^\circ$  及  $2.4^\circ$  仰角均可见最大正速度  $>27\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,并且出现速度模糊。20 时 29 分逆风区减弱,随后逐渐消失。

#### 4.2.3 垂直液态水含量(VIL)及回波顶(ET)

分析 19 时 38 分垂直液态水含量(VIL)图像(图 4g,见彩页),雷暴云团中心数值由前一体扫的 30dBZ 跃升至 60dBZ,反映云体内的冰雹迅速碰并增长。垂直液态水含量大值区的范围也加大,覆盖清塘、同古等几个乡镇,与冰雹落点对应。随后的几个体扫中 VIL 有所减弱,至 20 时 01 分,再次跃升至 40dBZ,持续两个体扫,之后再次减弱并移出钟山县。回波顶(ET)产品表征风暴强弱,同时标志上升运动的强弱,强回波进入钟山之后回波顶高维持在 9km 以上,有两次跃升至 12km,分别是 19 时 38 分(图 4h)和 20 时 07 分,与垂直液态水含量大值出现的时间和地点均吻合,回波顶高中心与降雹地点对应。在

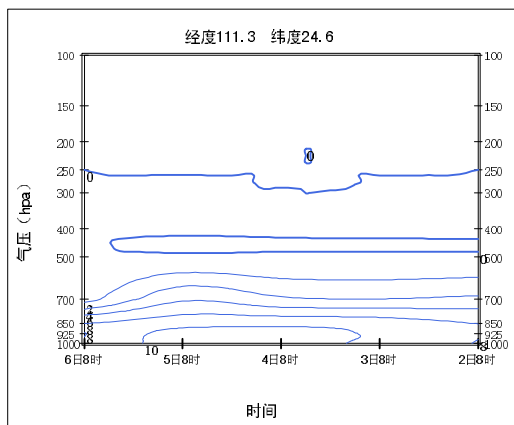


图 5 1 月 2 日 08 时至 6 日 08 时  
钟山比湿时间剖面图

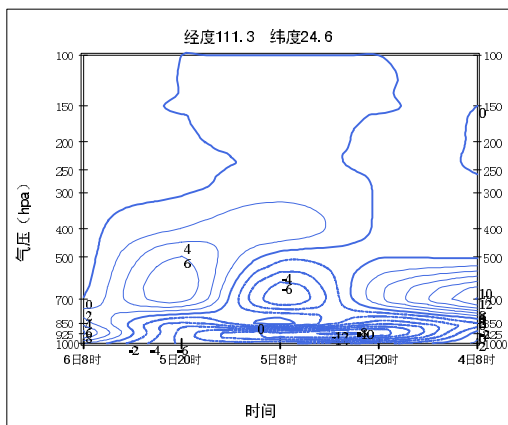


图 6 1 月 4 日 08 时至 6 日 08  
时钟山水汽通量散度时间剖面图

冬季出现 VIL 达到  $60\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  及  $\text{ET}=12\text{km}$  非常罕见, 是造成此次降雹的一个重要因素。

## 5 物理量分析

### 5.1 水汽条件

过程前期,钟山位于湿区,且近地面层经历了一个增湿的过程,水汽条件良好。(图 5)5 日 08 时 925hPa 比湿为  $10\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,850hPa 比湿也大于  $8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,700hPa 湿度为  $5\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,20 时 700hPa 及以上比湿迅速降至  $0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,上干下湿明显,极易触发强对流。从相对湿度场分析,700hPa 以下,钟山均处在  $\text{RH}>80\%$  的湿区内。分析水汽通量散度的辐合情况 (图 6),5 日 08 时开始水汽通量散度出现负的最大值,20 时 700hPa 以下水汽辐合上升明显,为强对流提供了有利条件。

### 5.2 动力条件

图 7 为 5 日 20 时 ( $120^{\circ}\text{E}, 28.9^{\circ}\text{N}$ – $107.5^{\circ}\text{E}$ ,

$22.1^{\circ}\text{N}$ )两点,东北–西南向,经过钟山( $111^{\circ}\text{E}, 24^{\circ}\text{N}$ )的 P 坐标垂直速度剖面图。图中长方形为钟山主要降雹区。由图可见,冰雹天气发生时,钟山上空上升运动显著。最大上升速度区为钟山东北方向,负速度最大值出现在 400hPa,中心数值达到  $-40\times 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ ,与雷暴云团移动方向一致,正速度区在钟山西南向,这种正负速度的配置构成的次级环流,有利于强天气的发生和维持。

作钟山站涡度时间剖面图 (图 8),过程前期,钟山站上空低层和高层均为负涡度,4 日 08 时,由高层开始逐渐转为正涡度,且数值不断加大,5 日 08 时钟山上空整层均为正涡度。19 时–20 时 500hPa 附近出现正涡度极大值  $82\times 10^{-4}\text{s}^{-1}$ ,气旋性辐合上升明显,对应了降雹的时间段。随后由低层开始转为负涡度,并逐渐伸展至中高层,强对流天气结束。

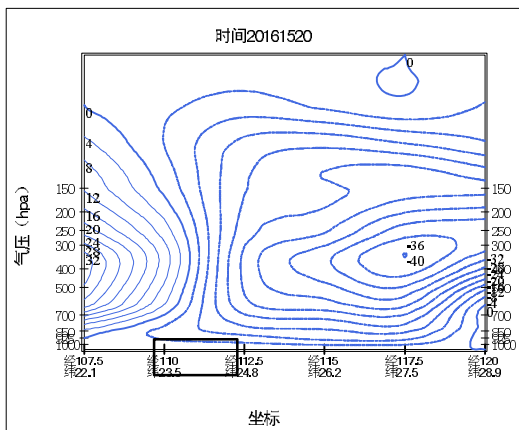


图 7 1 月 5 日 20 时垂直速度空间  
剖面图

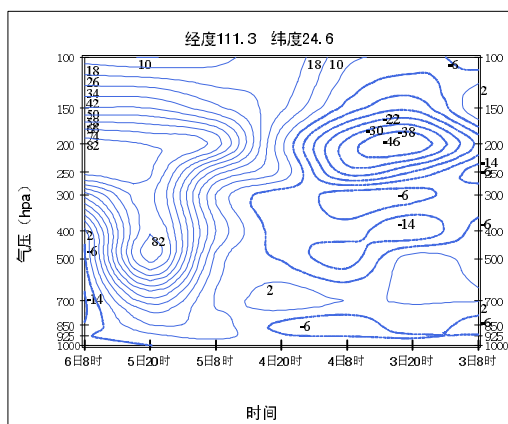


图 8 1 月 3 日 08 时至 6 日  
08 时钟山涡度时间剖面图

## 6 小结

(1)受2014年9月开始的超强厄尔尼诺事件影响,副热带高压异常偏北、偏强,2015年至2016年钟山县东北季风偏弱,1月5日中高层前倾槽配合地面弱冷空气触发强对流,产生了罕见的冬季冰雹天气。

(2)过程前期冷空气势力较弱,西南暖低压发展强盛,钟山连续四天日最高气温大于 $20^{\circ}\text{C}$ ,这种情况在该地历史同期较为少见,不稳定能量的大量积聚为冬季强对流提供了必须的能量条件。

(3)与钟山县最近的梧州、桂林高空站,直线距离均 $>100\text{km}$ ,为了反映钟山上空的大气状况,采用钟山站温度及露点温度订正临近高空站探空资料的方法,可以有效显示强对流发生前钟山县上空大气状态,在一定程度上弥补了资料上的不足,尤其对灾害性天气的分析和预报起到了良好效果,有利于预警提前发布,减轻灾害损失。

(4)雷达资料在此次强对流天气预报中发挥了重要作用。雷暴云团进入钟山县前密切关注其发展演变,发现反射率因子最大值超过 $60\text{dBz}$ 、平均径向速度图上出现的清晰的正负速度对,并出现冬季冰雹天气有较强指示意义的指标: $\text{VIL}$ 达到 $60\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $\text{ET}=12\text{km}$ ,立即判定将有冰雹天气发生,及时发布冰雹预警,最大程度减小灾害性天气造成的损失,得到良好的服务效果。

### 参考文献

- [1] 《广西天气预报技术和方法》编写组.广西天气预报技术和方法 [M].北京:气象出版社,2012:159-160.
- [2] 黄远盼,梁珊珊.贺州市一次致灾冰雹天气过程诊断分析 [J].气象研究与应用,2012,33(2):19-22.
- [3] 许新田,李萍云,潘留杰,等.2010年春季陕西中南部

一次暴雪和雷暴天气的触发条件及中尺度分析 [J].陕西气象,2012,3:1-7.

- [4] 王崇洲,贝敬芬.一次暴雪、雨淞、冰雹天气过程的综合分析 [J].气象,1992,18(4):48-52.
- [5] 莫丽霞,高宪权.贺州市2014年后汛期两次强降雨过程的对比分析 [J].广东气象,2015,37(4):41-45.
- [6] 郑艳,刘丽君,吴春娃.近10a海南岛冰雹天气统计特征与概念模型 [J].气象研究与应用,2015,36(4):15-20.
- [7] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等.多普勒天气雷达原理与业务应用 [M].北京:气象出版社,2006:145-155.
- [8] 韦增岸,何飞,邹光源,等.广西冰雹云闪电变化特征分析及其防雷应用 [J].气象研究与应用,2015,36(4):38-44.
- [9] 张果军,朱三平,李文明,等.湖南冰雹灾害天气的地闪特征 [J].气象研究与应用,2007,28(3):128-129.
- [10] 唐熠,蒋丽娟.两次典型冰雹过程多普勒雷达回波分析 [J].广西气象,2006,27(S1):42-45.
- [11] 廖胜石.一次大范围冰雹天气的多普勒雷达产品分析 [J].气象研究与应用,2009,30(A2):100-101.
- [12] 卢建壮,黄帆.梧州连续两天冰雹天气过程分析 [J].气象研究与应用,2009,30(A2):87-88,90.
- [13] 姚胜芳,黄治逢,农孟松,等.广西冰雹气候统计分析及减灾对策 [J].气象研究与应用,2007,28(4):22-25.
- [14] 乔琪,汤俊.春季两次强对流天气过程多普勒雷达回波中尺度特征分析 [J].气象研究与应用,2011,32(3):42-45.
- [15] 张艳玲,袁媛,张鹏,等.冬春季切变类冰雹发生条件的对比分析 [J].气象科学,2004(3):357-360.
- [16] 谢梦莉,黄京平,俞炳.一次罕见的飏线天气过程分析 [J].气象,2002,28(7):51-54.
- [17] 魏绍远,林锡怀,何宏让,等.江淮地区冬季一次罕见强对流风暴的数值模拟结果诊断分析 [J].气象科学,1998,18(3):214-221.