

王丽荣, 李姣, 张素云, 等. 雷达对冰雹灾害落区的跟踪及鉴定[J]. 灾害学, 2019, 34(3): 66-70. [WANG Lirong, LI Jiao, ZHANG Suyun, et al. Hail disaster area tracing and identification by radar products[J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34(3): 66-70. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.03.014.]

雷达对冰雹灾害落区的跟踪及鉴定*

王丽荣¹, 李姣¹, 张素云¹, 曹春莉²

(1. 河北省气象灾害防御中心, 河北 石家庄 050021; 2. 河北省石家庄市气象局, 河北 石家庄 050081)

摘要:以2018年河北省中南部两次冰雹天气过程为例,探索了利用雷达资料跟踪冰雹灾害路径和影响区域的方法。通过台站观测冰雹与雷达识别冰雹区域的对比分析,发现依据雷达反射率因子、回波顶高、垂直累积液态水含量三个参数能够基本识别“冰雹最有可能发生的路径和影响区域”。对雷达识别区域与农业受灾面积进行分析,得知二者成正比例关系,进一步说明可以用雷达识别得到的区域对冰雹灾害进行跟踪和鉴定,为更加科学的冰雹灾害风险评估奠定基础。

关键词: 雷达产品; 冰雹; 灾害; 落区; 跟踪; 鉴定

中图分类号: X43; X915.5; P412; S166 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2019)03-0066-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.03.014

据民政部公布的资料显示,2016年,风雹灾害造成全国2 728.1万人次受灾,直接经济损失高达463.9亿元,占全部自然灾害损失的9.2%,给农业生产及人民生活等造成了严重影响。河北亦是风雹灾害的重发区,2014-2017年,风雹灾害致1 663.2万人受灾,34人死亡,造成直接经济损失127亿元,占气象灾害造成直接经济损失的14.7%,其中,2015年和2017年,风雹灾害损失占气象灾害造成损失的比例分别高达47.1%和39.7%。

因此,加强冰雹灾害的跟踪监测,对提高冰雹灾害预警效率,减少冰雹灾害造成的损失极其有益。在这方面,气象工作者已经做了大量的工作,主要集中在冰雹灾害的潜势预报^[1-3]和短临预警两个方面。冰雹天气的短临预警,主要是利用高时空分辨率的雷达资料开展。在雷达图像上,冰雹具有比较典型的回波特征,许多气象工作者在此方面进行了大量的统计分析^[4-8],并利用统计结果对冰雹天气进行监测预警^[9-12]。通过研究,勾勒出了冰雹特征的一些雷达指标。

地面观测上,只有气象站观测到冰雹才有冰雹直径和持续时间的记录。但是,冰雹局地性强、持续时间短的特性,决定了冰雹大多未降落在气象观测站,不会被观测员记录下来。本文尝试利用雷达对冰雹强大的监测功能来辅助判断冰雹的影响时间、路径以及影响区域。

2018年5月12日(简称“5.12”)和6月12-13日(简称“6.13”),河北省中南部连续两次出现了大范围的风雹天气,造成的直接经济损失分别为1.96亿元和8.3亿元,给农业生产和人们生活

造成严重的影响。本文以这两次过程为例,探讨利用雷达资料跟踪鉴定冰雹灾害影响范围、路径的方法。

1 资料与方法

1.1 资料

冰雹直径、持续时间等冰雹实况资料来自气象观测站及网络;灾情资料来自民政部门。这两次过程主要发生在河北省中南部地区,雷达资料选用石家庄新乐CINRAD/SA雷达的观测,能完全覆盖降雹区域,所用参数包括:组合反射率因子(CR)、回波顶高(ET)、垂直累积液态水含量(VIL)等。

1.2 思路与方法

冰雹在多普勒雷达图像上有比较明显的特征,尤其在回波强度、回波顶高、垂直累积液态水含量上体现的最为清楚。本文利用河北省气象台统计并业务应用的多普勒雷达图像识别指标,确定冰雹的移动路径、影响范围。

从形状来看,雷达回波多为块状,或带状中镶嵌块状,边界清楚光滑,强回波处回波强度梯度很大。当满足以下三个条件时,可能产生冰雹:①回波中心强度 $Z \geq 50$ dBZ;②回波顶高 $ET \geq 10$ km;③垂直累积液态水含量 $VIL \geq 35$ kg/m²。当三个参数加强,达到如下标准时,可能会产生2 cm以上的大冰雹:①回波中心强度 $Z \geq 60$ dBZ;② $ET \geq 14$ km;③ $VIL \geq 60$ kg/m²;另外,有三体散射出现时一定有大冰雹。

* 收稿日期: 2019-01-13 修回日期: 2019-04-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(41375038)

第一作者简介: 王丽荣(1973-),女,河北保定人,正研级高级工程师,主要从事多普勒雷达资料应用。E-mail: wlr_wzy@163.com

通讯作者: 李姣(1987-),女,河北辛集人,工程师,主要从事气象灾害风险评估。E-mail: abbyeve_ele@126.com

2 灾情

2.1 “5.12”过程

2018年5月12日下午,河北省出现短时强降水、雷暴大风、冰雹等强对流天气。文安、藁城、安平、南和、正定、石家庄市区、平山和阜平8个气象站观测到冰雹,最大冰雹直径2 cm;此外,邢台市区、内丘、邢台县等地非气象站点也观测到冰雹,邢台市区冰雹直径最大达3.5 cm(图1a)。受其影响,河北省17个县(市、区)26.9万人受灾,农作物受灾面积16 km²(图1b),损坏房屋19间,直接经济损失1.96亿元。

2.2 “6.13”过程

2018年6月12-13日,河北省再次出现冰雹、大风、短时强降水等强对流天气。全省共有17个县(市、区)出现冰雹(图2a)。12日,怀来、涞源、涿鹿、正定、赵县、宁晋6个县(市、区)气象站观测到冰雹,最大冰雹直径为2.4 cm,于19:00出现在宁晋,另石家庄市城区、藁城区亦出现冰雹;13日,赤城、保定、安平、深州、衡水城区、故城、冀州7个县(市、区)气象站观测到冰雹,冰雹直径在0.4~2.2 cm,此外,博野、蠡县也出现冰雹,其中,博野的冰雹持续20 min,冰雹直径最大达7 cm,蠡县冰雹持续时间8 min,最大冰雹直径3 cm。受其影响,树木、电线杆等被大风刮倒,楼房外墙被冰雹砸出坑,汽车玻璃被砸毁,瓜果被砸落、砸裂,部分即将收割的小麦被砸掉籽粒,一些村民被砸伤。据统计,河北

省23个县(市、区)51.6万人受灾,严重损坏房屋19间,农作物受灾面积35.4 km²,绝收面积3.6 km²(图2b),主要受灾作物有蔬菜、瓜果和设施农业,直接经济损失约8.3亿元。

3 冰雹灾害识别

3.1 降雹时雷达回波特征

首先,识别两次冰雹天气过程中,降雹站点所对应的雷达回波参数(表1)。可见,回波中心强度在57~65 dBZ,平均为62 dBZ;回波顶高在10~18 km,平均13 km;垂直累积液态水含量在42~62 kg/m²,平均52 kg/m²。三类参数无论是最小值还是平均值,均满足了河北省气象台所用的“可能产生冰雹”的指标。同样,对8站次2 cm以上的大冰雹进行统计,可得到回波中心强度平均为63 dBZ;回波顶高平均15 km;垂直累积液态水含量平均52 kg/m²,可以看出,参数值超过或与“可能产生冰雹”的指标持平,而且回波中心强度和回波顶高均满足了产生大冰雹的条件,但垂直累积液态水含量的值偏小。再来看三体散射(TBSS)的情况,8站次中,有6站次出现了TBSS,达到了产生大冰雹的条件。总之,这两次冰雹过程的分析结果与省气象台的统计规律基本是一致的,进一步说明非气象监测站点的冰雹也能够被监测到,可以利用雷达参数跟踪监测冰雹路径,并能初步判断冰雹直径是否大于2 cm。

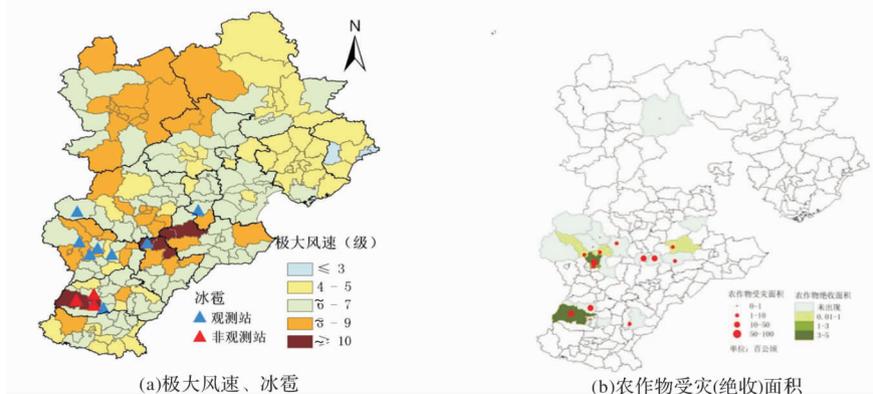


图1 2018年5月12日河北省极大风速、冰雹天气和农作物受灾(绝收)面积分布图

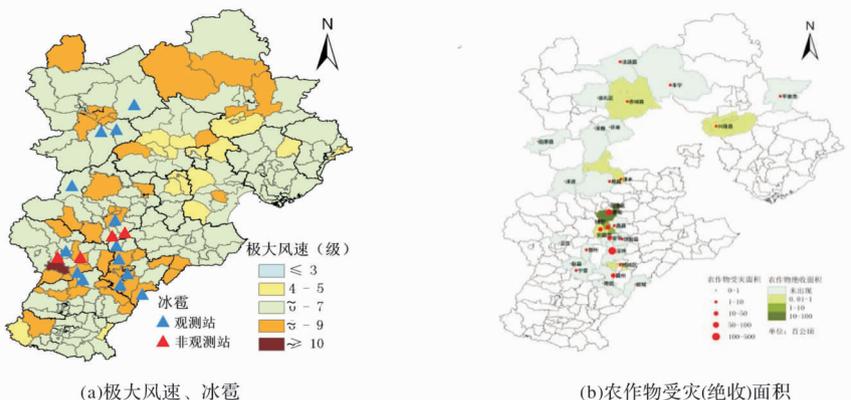


图2 2018年6月12-13日河北省极大风速、冰雹天气和农作物受灾(绝收)面积分布图

表1 冰雹特征、灾害损失及雷达参数对照表

灾害时间	县名	冰雹直径 1/cm	冰雹直径 2/cm	持续时间/ min	回波中心 强度/ dBZ	回波顶高/ km	垂直液态水 含量/(kg/m ²)	三体 散射	直接经济 损失/万元
2018-05-12	阜平	0.9		9	62	11	47	无	
	平山	1.2		30	62	11	57	无	
	石家庄	0.4		12	62	11	52	无	
	正定	0.7	1	14	65	11	57	无	2057.9
	内丘		3	25	57	11	57	无	2777.5
	南和	1	1.9	16	62	11	47	无	
	藁城	0.7		5	62	10	42	无	
	安平	2		10	62	10	52	无	1836
2018-06-13	文安	0.7		4	57	11	47	无	
	涞源	0.4		2	62	14	47	无	
	正定	0.2		4	65	16	52	无	
	赵县	0.3		5	62	16	62	有	50
	宁晋	2.4		10	62	18	42	有	145.4
	清苑	0.9	3	20	65	14	57	有	28473
	博野		7	20	65	16	52	有	9039.45
	蠡县		3	8	65	16	52	有	3220
	安平	1.4		4	65	14	57	有	579
	深州	0.6	7~8	16	65	16	62	有	32506.89
	衡水	0.8		9	65	16	62	有	463.4
冀州	2.2		8	65	16	62	有	1619	

注：冰雹直径1指台站观测记录，冰雹直径2指网络等媒体观测记录

3.2 冰雹直径与雷达参数的关系

分析冰雹直径与雷达参数的关系(图3)可见,各参数维持在一定的范围内,变化幅度较小,相对而言,垂直累积液态水含量变化幅度更大一些。但是,仍能看出,随着冰雹直径的减小,回波中心强度、回波顶高、垂直累积液态水含量均呈减小的趋势,也就是说,冰雹直径与各雷达参数基本上成正相关。

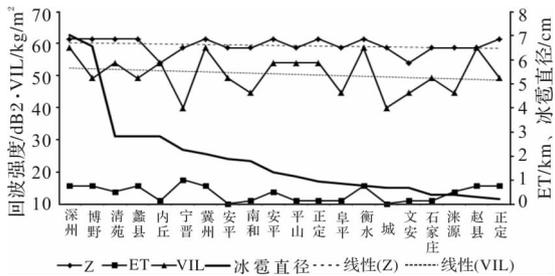


图3 冰雹直径与雷达参数的关系

3.3 经济损失与冰雹特征的关系

分析冰雹灾害造成的直接经济损失与冰雹直径和持续时间的关系(图4),从趋势来看,直接经济损失和冰雹直径、持续时间成正相关,也就是说,随着冰雹直径的增大和降雹持续时间的延长,造成的直接经济损失越重。但是也有部分站点例外的情况,比如宁晋,冰雹直径2.4 cm,持续时间10 min,损失仅有145.4万元。

造成误差的原因是多方面的。首先,从冰雹致灾自身上,冰雹直径、持续时间只是其中的两

个方面,还与冰雹密度,以及是否伴有风雨等其他灾害相关。第二,与冰雹观测等因素有关,冰雹具有极强的突发性、局地性,而气象观测站只对降落在观测站点的冰雹直径和持续时间进行记录,即使有部分社会观测信息作为补充,也很有限,而且数据的有效性也不能保证;然而,民政部门的直接经济损失是灾后统计得到的,且是全县范围的,这就造成了冰雹落区与灾情统计的区域不一致。再者,气象观测站大多在县城,而灾情上报的大多是农业损失,集中在乡村,同样存在区域不一致的现象。第三,与当地的防御能力和种植作物有很大关系,比如,深州损失的主要是蜜桃等经济作物,造成的直接经济损失就大于玉米等农作物。第四,民政部门统计的灾情数据,大风和冰雹灾害混在一起,统称为“风雹灾害”,并不加以区分,故我们得到的受灾区域和经济损失等可能并不单单是冰雹引起的。

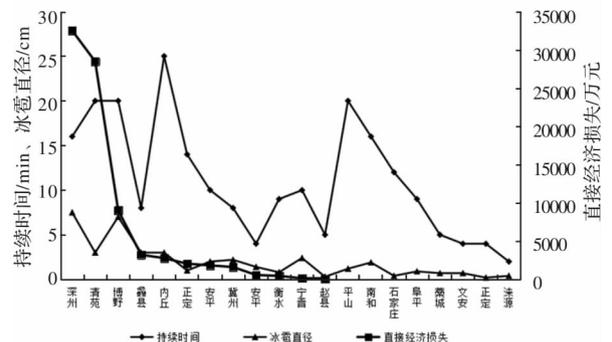


图4 冰雹灾害造成的直接经济损失与冰雹直径、持续时间的关系

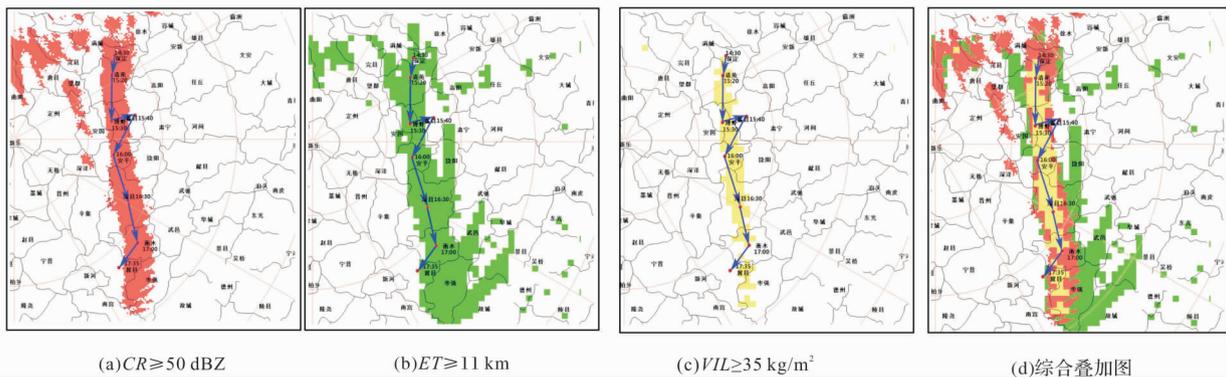


图5 2018年6月13日14:00-18:00 雷达参数覆盖区域图(蓝色箭头为观测到的冰雹路线)

3.4 利用雷达资料识别冰雹路径和影响区域

由前面分析可知, 导致冰雹观测与造成的损失不一致的原因是多方面的, 单纯依靠气象站观测记录或者社会力量提供的冰雹信息, 远远不能代表冰雹发生的真实情况, 需要有更好的办法来鉴定冰雹灾害及其影响。本文探讨如何利用高时空分辨率的雷达资料来获得冰雹参数, 进而判断冰雹的路径和影响区域。以2018年6月13日下午河北省中南部冰雹天气过程为例, 对比分析利用雷达和人工观测资料识别冰雹路径、影响范围的优劣。

3.4.1 冰雹可能发生区的识别方法

根据河北省气象台业务应用的雷达判别指标, 对回波中心强度($Z \geq 50$ dBZ)、回波顶高($ET \geq 11$ km)、垂直累积液态水含量($VIL \geq 35$ kg/m²)三个参量逐个体扫进行识别, 然后连接成线或者区域(图5a~图5c), 初步得到冰雹可能发生区。将三个参数区域进行叠加, 共同包含的区域(图5d), 即为“冰雹最有可能发生的路径和影响区域”。可以看出, 这个区域与VIL更为一致, 但仅靠VIL会漏掉部分降雹区, 因此, 需要对三个参数进行综合分析。

3.4.2 雷达识别效果分析

通过3.4.1节的处理, 可以得到冰雹可能的移动路径和覆盖区域。由图5d可以看出, 台站观测到的冰雹落区及路径全部位于“冰雹最有可能发生的路径和影响区域”内, 也就是说, 利用雷达三参数确定的区域能够跟踪冰雹的落区。

为了进一步说明雷达三参数所确定区域的合理性, 我们分别计算了三参数占各县总面积的百分比, 与民政部门获得的各县农业受灾面积进行比较(图6)。可以看出, ET占比与农作物受灾面积占比对应关系较差, 而Z和VIL占比则与农作物受灾面积占比成正相关的关系。从数值来看(表略), 由雷达判别得到的冰雹可能影响区域, 所占县域百分比大于农作物受灾面积。这种差别的原因也是多方面的: 一是冰雹影响区域可能不是农田, 而是村庄、道路等; 二是农作物可能受到了冰雹影响, 但没有致灾; 另外, 与上报人的统计方法也有很大的关系。

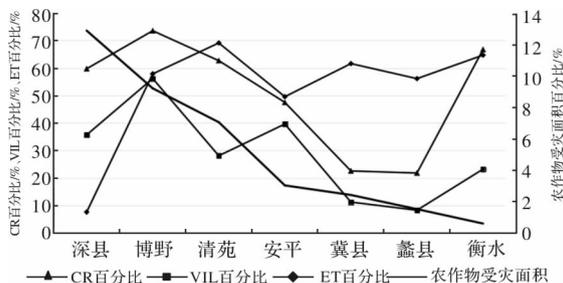


图6 雷达参数与农作物受灾面积对比

同样, 对“5.12”过程, 利用雷达三参数对冰雹可能影响区域进行识别(图7), 可以看出, 识别路径与台站观测到的冰雹路径基本一致。进一步说明, 可以利用雷达三参数跟踪、鉴定冰雹。

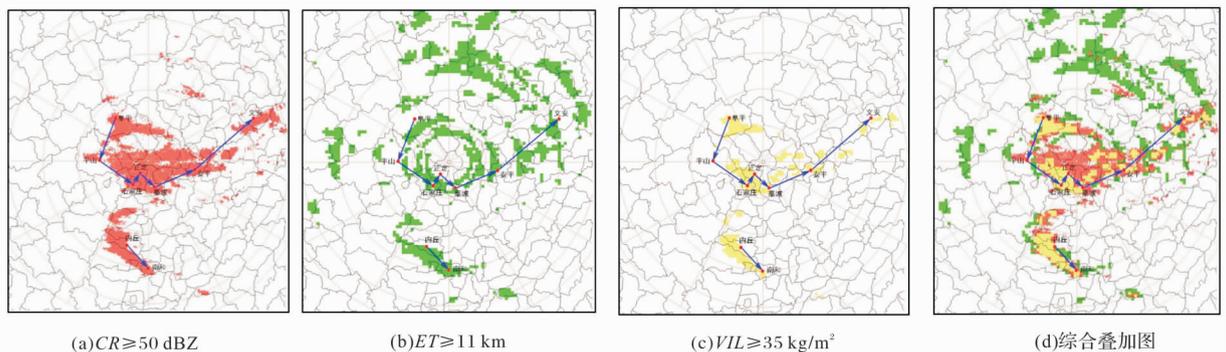


图7 2018年5月12日14:00-20:00 雷达参数覆盖区域图(蓝色箭头为观测到的冰雹路线)

4 结论与讨论

本文以2018年“5.12”、“6.13”河北省两次典型的冰雹天气过程为例,分析了雷达反射率因子、回波顶高、垂直累积液态水含量三参数与冰雹灾害的关系,得到如下结论:

(1)综合利用雷达三参数(回波中心强度、回波顶高、垂直累积液态水含量),能够识别冰雹路径和影响区域,具体步骤如下:依据判别指标,分别对三参数进行识别,然后将三参数覆盖范围叠加,共同包含的区域,即为“冰雹最有可能发生的路径和影响区域”。

(2)由雷达识别的冰雹可能影响区所占整个县域的面积比例与民政部门统计的农作物受灾面积所占比例成正比,说明可以用雷达识别得到的区域对冰雹灾害进行跟踪和鉴定。结合影响区域内详细的地面信息(比如农作物种植分布等),可以对冰雹灾害风险做出更为科学的评估。

(3)台站冰雹观测的局地性、灾情统计的复杂性,使得所做工作有限,需要更为精细的灾情进一步分析。另外,“静锥区”等多普勒雷达的局限性,也会影响冰雹跟踪的效果,需要结合其他高分辨率探测资料进行补充验证。

参考文献:

[1] 农孟松, 祁丽燕, 黄明策. 等. 基于环流分型的广西冰雹潜

势预报研究[J]. 气象, 2008, 34(6): 46-52.

- [2] 李崇, 吉曹翔, 夏传栋, 等. 沈阳地区强对流天气潜势预报环境参数特征分析[J]. 气象与环境学报, 2016, 32(6): 43-51.
- [3] 湛志刚, 张羽, 刘云香, 等. 基于天气形势分型的珠江三角洲强对流潜势预报方法[J]. 气象科技, 2017, 45(3): 460-468.
- [4] 李冬梅, 柳琼, 刘婉莉, 等. 一次春季雹灾的多普勒雷达产品特征分析[J]. 灾害学, 2018, 33(3): 64-68.
- [5] 李湘, 张腾飞, 胡娟, 等. 云南冰雹灾害的多普勒雷达特征统计及预警指标[J]. 灾害学, 2015, 30(3): 88-93.
- [6] 刁秀广, 朱君鉴, 黄秀韶, 等. VIL和VIL密度在冰雹云判据中的应用[J]. 高原气象, 2008, 27(5): 1131-1139.
- [7] 王秀玲, 郭丽霞, 高桂芹. 唐山地区冰雹气候特征与雷达回波分析[J]. 气象, 2012, 38(3): 344-348.
- [8] 刘晓璐, 范思睿, 汪俊, 等. 龙门山东麓一次强风暴灾害气象特征分析[J]. 灾害学, 2018, 33(1): 102-110.
- [9] 刁秀广, 张新华, 朱君鉴. CINRAD/SA雷达风暴趋势产品在冰雹和大风预警中的应用[J]. 气象科技, 2009, 37(2): 230-233.
- [10] 李德俊, 唐仁茂, 熊守权, 等. 强冰雹和短时强降水天气雷达特征及临近预警[J]. 气象, 2011, 37(4): 474-480.
- [11] 覃靖, 潘海, 刘蕾, 等. 桂北地区强冰雹的雷达临近预警指标分析[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 159-164.
- [12] 李向红, 唐伍斌, 李垂军, 等. 广西强对流天气的天气形势分析与雷达临近预警[J]. 灾害学, 2009, 24(2): 46-50.

Hail Disaster Area Tracing and Identification by Radar Products

WANG Lirong¹, LI Jiao¹, ZHANG Suyun¹ and CAO Chunli²

(1. Hebei Meteorological Disaster Prevention Center, Shijiazhuang 050021, China;

2. Meteorological Bureau of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050081, China)

Abstract: Two hail weather processes in central and southern Hebei Province in 2018 are taken as examples to explore the method of tracking hail disaster paths and affected areas using radar data. By means of the comparative analysis of hail observation by stations and hail detection by radar, it is found that the most likely path and affected area of hail can be identified basically by three parameters: radar reflectivity factor (Z), echo top height (ET) and vertically integrated liquid water content (VIL). Through the analysis of radar identification area and agricultural disaster area, it is found that there is a direct relationship between them. It further illustrates that hail disaster can be tracked and identified based on radar identification area, which lays a foundation for more scientific risk assessment for hail disaster.

Key words: radar products; hail; disaster; impact area; tracking; identification