

不同作业工具人工防雹的对流云回波特征对比分析

李成鹏, 尹丽云 (云南省气象局人工影响天气中心, 云南昆明 650034)

摘要 为分析不同作业工具开展作业的对流云的雷达回波演变特征, 基于新一代天气多普勒天气雷达资料, 在分析近年来云南省冰雹发生发展的物理过程的基础上, 统计整理滇中地区近几年人工防雹个例资料, 对比分析高炮和火箭作业工具的对流云回波演变特征, 通过数理统计方法, 分析回波强度、45 dBz 回波高度、回波顶高等与各指标的对应关系, 得到不同防雹工具的作业指标, 为人工防雹作业中不同作业器具作业方案的研究提供了一定的思路。

关键词 雷达回波; 作业指标; 人工防雹; 演变特征; 对流云

中图分类号 S427 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)08-0207-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.08.054



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Comparative Analysis of Convective Cloud Echo Characteristics of Artificial Hail Suppression of Different Working Tools

LI Cheng-peng, YIN Li-yun (Artificial Weather Influencing Center, Yunnan Meteorological Bureau, Kunming, Yunnan 650034)

Abstract In order to analyze the radar echo evolution characteristics of convective clouds with hail suppression in different working tools, this paper comparatively analyzed the convective cloud echo evolution characteristics of the artillery and rocket tools, through the mathematical statistics method, under the premise of analysis of the occurrence and development of hail in Yunnan Province in recent years based on CINRAD data. The operation index of different hail suppression tools was obtained through analysis of echo intensity, 45 dBz echo height, echo top as their corresponding relationship between higher and various indicators by mathematical statistics. The research provides certain ideas on the operation schemes of different working tools.

Key words Radar echo; Operation index; Artificial hail suppression; Evolution characteristics; Convective cloud

云南是全国多雹省份之一, 冰雹是云南最常见的气象灾害, 是影响云南省支柱农业、高产值农副业的第一大气象灾害, 冰雹天气对农作物造成的损失占气象灾害损失的 15% 左右^[1]。冰雹等强对流天气一直是气象部门关注的重点。西南山区冰雹天气的预报产生具有局地性和地域性差异, 唐熠等^[2]对 2 次典型冰雹天气的环流背景、雷达的产品进行对比分析; 曾庆华等^[3]分析认为回波强度、回波顶高、强回波中心高度以及垂直积分液态含水量等主要特征参数在演变过程中都有一个快速发展, 降雹前均出现明显的跃增。云南冰雹及其防灾减灾研究历来受到重视, 陶云等^[4]分析了云南冰雹的时空分布特征; 张腾飞等^[5]总结了典型冰雹在多普勒雷达回波上的典型特征; 张崇莉等^[6-7]对比分析了滇西北冰雹和短时强降水两类强对流天气的多普勒雷达回波特征; 杨俊山等^[8]得出滇西北强对流天气的部分雷达研究指标; 段鹤等^[9-10]对 2004—2009 年滇南普洱、西双版纳典型的中小尺度强对流天气的多普勒雷达回波特征进行统计分析, 并进一步建立滇南冰雹的预报预警方法; 李湘等^[11]得出了春季两类降雹过程的联合预警指标。总体而言, 云南冰雹灾害研究多集中于典型雹灾个例研究、雹灾预报预警等方面, 但人工防雹作业指标方面的研究相对滞后。

云南省是人工防雹作业大省, 广泛使用火箭和高炮 2 种作业工具。高炮防雹具有爆炸、催化的双重功效, 但高炮防雹催化高度低、作业条件要求高; 火箭防雹操作简易、安全性好、单发催化剂量大, 但存在弹道不稳定的缺点^[12-13]。如何

针对不同的对流云系使用不同的防雹作业工具以达到最佳防雹效果, 是急需解决的科研业务难题。笔者将在分析冰雹发生、发展的物理过程和机理研究的基础上, 统计整理滇中地区(昆明、楚雄、曲靖、玉溪)近几年人工防雹作业资料, 采用归类统计分析方法, 研究不同类型作业工具的回波演变过程强度、高度等特征值的演变差异。

1 资料选取

2013—2016 年云南滇中地区(昆明、楚雄、曲靖、玉溪)人工防雹个例共计 526 个(2013 年 36 个、2014 年 129 个、2015 年 131 个、2016 年 230 个), 为详细分析不同作业工具开展作业的对流云雷达回波演变特征, 在对 2013—2016 年 526 个作业过程的雷达回波进行统计分析的基础上, 选取作业过程雷达回波资料、作业数据完整的 437 个雷达回波演变个例, 其中开展高炮作业的 240 个, 开展火箭作业的 197 个, 统计作业过程中的回波强度、回波顶高、垂直积分液态含水量(VIL)、35 dBz 回波高度、45 dBz 回波高度、0 °C 层最大回波强度、-10 °C 层最大回波强度、-20 °C 层最大回波强度等多个特征演变, 并对比分析不同作业工具回波强度、回波高度、45 dBz 高度等与回波特征演变的相关关系, 得到不同防雹工具的作业指标。

2 人工防雹作业的对流云回波演变特征对比分析

2.1 人工防雹作业回波强度的演变特征 雷达回波强度反映了云内粒子大小的演变特征, 回波强度越大, 表明云内粒子的后向散射能力越大, 粒子的直径越大, 出现强对流天气的可能性也越大。回波顶高反映强对流回波内上升气流的运动, 而冰雹大粒子的生长还与不同强度回波的发展高度呈正相关的关系^[14]。该研究对 437 个不同作业工具的对流回波进行跟踪分析, 得到演变过程中不同特征值达到最大时回波强度的分布, 对回波强度不同区间内的回波顶高、35 dBz

基金项目 云南省科技计划面上项目(2015FB166); 云南省气象局重点项目(RY201601)。

作者简介 李成鹏(1990—), 男, 云南江川人, 助理工程师, 从事人工影响天气服务工作。

收稿日期 2019-02-20; **修回日期** 2019-02-28

回波高度、45 dBz 回波高度和 VIL 进行分析(图 1)。

从 2013—2016 年 437 个高炮或火箭作业的强对流过程不同强度区间回波特征值统计(图 1)可以看出,开展高炮作

业的对流回波最大强度演变集中出现在 40~65 dBz,已达到强对流回波的标准,开展火箭作业的对流回波最大强度演变集中出现在 45~55 dBz,达到偏弱强对流回波的标准。

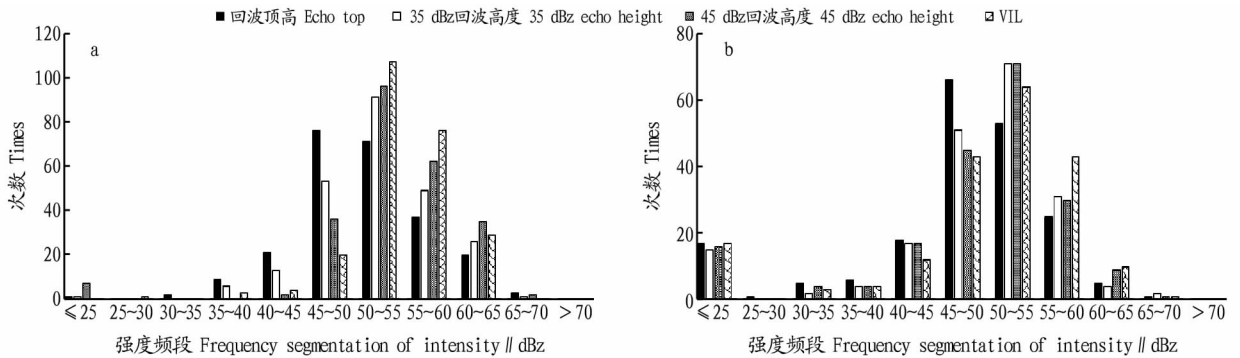


图 1 2013—2016 年高炮作业(a)和火箭作业(b)的强对流过程不同强度区间回波特征值统计

Fig.1 Eigenvalue statistics of different intensity intervals in strong convection process by anti-aircraft gun operation(a) and rocket operation (b) during 2013–2016

回波顶高能反映强对流回波内上升气流的运动^[14-15],从作业回波演变过程回波顶高达到最大值时回波强度的区间分布看,高炮作业时最强回波强度 45~55 dBz 的回波个数 147 个,占总个例数的 61.25%,>55 dBz 的 60 个,占 24.9%。表明其回波顶高与强度的演变趋势基本一致,当强对流回波的顶高达到最大值时,回波强度也同时出现跃增。而火箭作业个例中,回波顶高达到最大值时,最强回波强度 45~55 dBz 的回波个数 119 个,占总个例数的 60.4%,>55 dBz 的 31 个,占 15.0%,<40 dBz 的 29 个,占 14.7%。表明其回波顶高与强度的演变趋势基本一致,强对流回波的顶高达到最大值时,回波强度跃增幅度一般,火箭作业回波受影响更大。

冰雹大粒子的生长除与回波顶高的发展高度有关,还与不同强度回波的发展高度呈正相关的关系,35、45 dBz 回波高度的变化与冰雹云的出现有着较好的指示意义^[16-17]。对于高炮作业,当 35 dBz 回波高度出现最大值时,最强回波强度集中在 45~65 dBz,50~55 dBz 出现的回波数最多为 91 个;当 45 dBz 回波高度出现最大值时,最强回波强度集中在 50~60 dBz,50~55 dBz 出现的回波数最多为 96 个,60~65 dBz 的回波个例数与 35 dBz 回波高度出现的回波数相比明显偏多,可见 35 dBz 回波高度的峰值与 45~55 dBz 最大回波强度的相关性较好,45 dBz 回波高度的峰值与 50~60 dBz 最大回波强度具有较好的相关性。而火箭作业时,35 dBz 回波高度出现最大值时,最强回波强度集中在 45~55 dBz,50~55 dBz 出现的回波数最多为 71 个。当 45 dBz 回波高度出现最大值时,最大回波强度集中在 50~60 dBz,50~55 dBz 出现的回波数最多为 71 个,60~65 dBz 的回波个例数与高炮作业的回波数相比明显偏少,可见在火箭作业的对流回波演变过程中,35 dBz 回波高度的峰值与 45~55 dBz 最大回波强度的峰值具有较好的线性正相关,45 dBz 回波高度的峰值与 50~60 dBz 最大回波强度的峰值具有较好的线性正相关。

冰雹云的垂直液态含水量(VIL)在降雹前常出现跃增现象^[9-10],从 VIL 出现最大值时回波强度的区间分布可见,高炮作业个例中,VIL 出现最大值时,最大回波强度多出现

在 50~60 dBz;而火箭作业的回波个例中,当 VIL 最大时,最大回波强度变化幅度较宽,相关性不太好。

由上述分析可见,对于 240 次高炮作业的强对流回波演变过程中不同特征指标达到最大值时回波强度的分布,在高炮作业过程中,45 dBz 回波高度、VIL 峰值的跃增可作为冰雹跃增的重要指标,而回波顶高、35 dBz 回波高度峰值的跃增则预示着冰雹粒子的快速增长;对于 197 次火箭作业的强对流回波,4 个指标和回波强度演变趋势基本一致,2 种作业工具的对流回波演变过程中 45 dBz 回波高度、VIL 峰值的跃增均可作为冰雹跃增的重要指标,火箭作业则可多选择回波顶高、35 dBz 回波高度峰值的跃增作为冰雹跃增的重要指标。

现常见的火箭防雹是依据“利益竞争”的防雹原理,即通过向目标云播撒催化剂,增加冰核浓度;而高炮作业除了播撒效果之外,还依据爆炸作用产生的动力干扰,以此影响冰雹云的形成和发展^[12-13]。很可能是由于火箭携带催化量大,作业高度相对较高,静力催化作用使作业回波受影响更大。

2.2 45 dBz 回波高度的演变特征 樊鹏^[17]研究得出最初冰雹增长区的等效因子是 44 dBz,国内也常用 45 dBz 回波高度作为冰雹云的识别预报指标。45 dBz 回波高度以及其与 0 °C 层回波强度、-10 °C 层回波强度、-20 °C 层回波强度和最大回波强度的对应关系能较好地反映云内粒子的发展程度。从 2013—2016 年 437 个高炮或火箭作业的强对流过程 45 dBz 回波高度区间特征值统计(图 2)可看出,在高炮作业中,对流回波 45 dBz 回波高度演变范围较广,最低高度<5 km,最高超过 15 km。从 0 °C 层回波强度峰值时 45 dBz 回波高度的分布来看,45 dBz 回波高度以 7~9 km 为中心呈正态分布,45 dBz 回波高度<6 km 的强对流个数占总个例数的 16.67%,6~9 km 的占 53.33%,6~10 km 的占 64.17%,45 dBz 回波高度在 6~9 km 时需引起关注。开展火箭作业的对流回波 45 dBz 回波高度演变范围与高炮作业比较明显偏弱。从 0 °C 层回波强度峰值时 45 dBz 回波高度的分布来看,45 dBz 回波高度<6 km 的强对流个数占总个例数的 41.62%,<7 km 的占

64.97%, 5~8 km 的占 51.78%, 7~10 km 的占 30.5%, >10 km 的仅占 4.5%。

以上分析表明,与最大回波强度的发展类似,火箭防雷作业效果更为明显,强对流回波的发展受抑制较强,高炮作

业中,0℃层回波强度达到峰值时并不对应着云内冰雹粒子已开始出现显著增长,45 dBz 回波高度多集中在 9 km 高度以下;火箭作业中,0℃层回波强度达到峰值时,45 dBz 回波高度多集中在 7 km 高度以下。

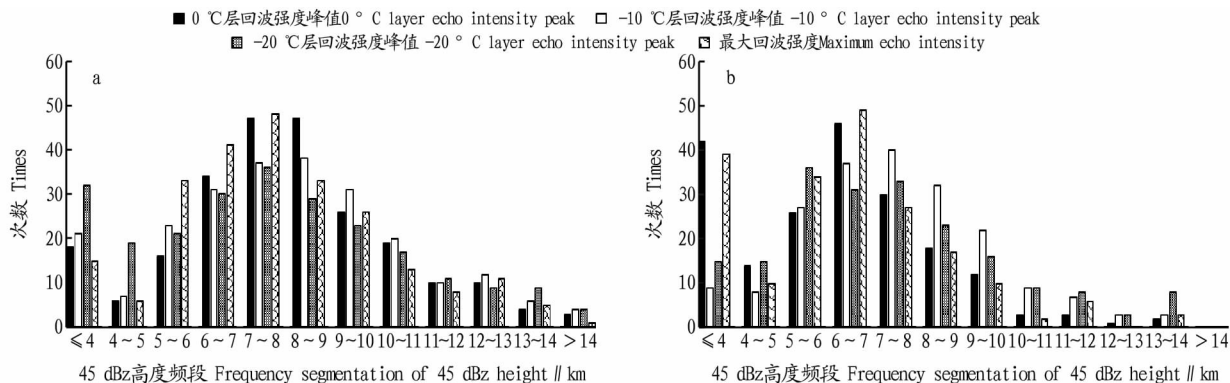


图2 2013—2016年高炮作业(a)和火箭作业(b)的强对流过程45 dBz不同高度区间回波特征值统计

Fig.2 Echo characteristic value statistics of 45 dBz different height intervals in strong convection process by anti-aircraft gun operation (a) and rocket operation (b) during 2013-2016

分析-10℃层回波强度峰值对应的45 dBz回波高度区间分布发现,高炮作业中,当-10℃层回波强度出现峰值时,45 dBz回波高度<7 km的强对流个数占总个例数的30.83%,>10 km的占21.67%。在高炮人工防雷作业中,-10℃层回波强度峰值与45 dBz高度峰值演变趋势相似。火箭作业中,45 dBz回波高度区间基本呈以7~8 km为中心的正态分布。当-10℃层回波强度出现峰值时,45 dBz回波高度强对流个数<6 km占总个例数的22.34%,<7 km的占41%,>10 km的占11.17%,6~9 km的占55.33%,7~10 km的占47.8%。由此可见,在高炮人工防雷作业中,需要关注45 dBz回波高度在7~9 km时回波的变化;在火箭防雷作业中可参考-10℃层回波强度和45 dBz回波高度是否在6~9 km并长时间维持作为防雷作业预警指标。

分析-20℃层回波强度峰值对应的45 dBz回波高度区间分布发现,高炮作业中,当-20℃层回波强度出现峰值时,45 dBz回波高度的变化区间并不表现为正态分布,45 dBz回波高度<7 km的强对流个数占总个例数的42.5%,<8 km的占57.5%,6~10 km的占49.17%。高炮人工防雷作业中,-20℃层回波强度峰值与45 dBz回波高度的跃增对应关系并不好,但是45 dBz回波高度达到8 km仍可作为高炮防雷作业的技术指标。火箭作业中,与-10℃层回波强度峰值的45 dBz回波高度区间变化类似,45 dBz回波高度以6~8 km为中心呈正态分布,>10 km以上时45 dBz回波高度的变化区间与-20℃层回波强度相关性减弱,45 dBz回波高度>10 km强对流个数占总个例数的14.21%,<7 km的占49.2%,<8 km的占65.99%,5~8 km的占50.76%,火箭人工防雷作业中,-20℃层回波强度峰值与45 dBz回波高度在5~8 km时的对应关系好。

分析最大回波强度峰值对应的45 dBz回波高度区间分布发现,高炮作业中,当最大回波强度达峰值时,45 dBz回波高度<6 km的强对流个数占总个例数的22.50%,<6 km的占

22.50%,<8 km的占59.58%,<10 km的占15.83%,6~10 km的占61.67%,由此可见,在高炮人工防雷作业中,最大回波强度与45 dBz回波高度的演变趋势一致。火箭作业中,当最大回波强度出现峰值时,45 dBz回波高度的变化区间较为分散,45 dBz回波高度<7 km的强对流个数占总个例数的67%,<8 km的占80.71%,7~10 km的占27.00%,由此可见,在火箭人工防雷作业中,最大回波强度峰值与45 dBz回波高度的跃增对应不好,但45 dBz回波高度达到7 km仍可作为高炮防雷作业的技术指标。

2.3 回波顶高的演变特征对比分析 回波顶高反映了对流云上升气流的强弱,常与强中心(回波核)高度、35 dBz回波高度、45 dBz回波高度以及VIL值等结合作为冰雹云的判别指标^[9-10]。

从2013—2016年437个高炮或火箭作业的强对流的回波顶高区间回波特征值统计(图3)可看出,高炮作业的对流回波中,强中心高度峰值时回波顶高集中出现在10~16 km,沿13~14 km呈正态分布,8~13 km的回波个数89个,占回波个例总数的37.08%,13~18 km的129个,占53.75%。防雷作业个例中,强中心高度峰值与回波顶高的演变趋势一致。开展火箭作业时,强中心高度峰值时回波顶高集中出现在10~16 km,沿13~14 km呈正态分布,<10 km的回波个数43个,占回波个例总数的21.80%,10~16 km的137个,占69.54%。可见防雷作业回波大多数都达到强对流回波的标准,演变过程中回波顶高和强中心高度峰值的演变趋势相似,与国内研究结果一致^[14-15],高炮或火箭作业时,强中心高度跃增达峰值且回波顶高>10 km可作为人工防雷作业的优选作业部位和作业指标。

从35 dBz回波高度峰值对应的回波顶高区间分布看,在高炮作业中,当35 dBz回波高度出现峰值时,回波顶高表现为以13~14 km为中心的正态分布,回波顶高<10 km的回波个数仅为13个,占总个例数的6.6%,10~16 km的173个,占87.8%,回波顶高的变化区间跃增更加显著。可见35 dBz回

波高度峰值与回波顶高的跃增具有较好的对应关系。在火箭作业中,当35 dBz回波高度出现峰值时,回波顶高表现为以15~16 km为中心的分布,回波顶高<10 km的强对流回波个数仅为23个,占总个例数的9.58%,分布在10~16 km

的172个,占71.60%,回波顶高的变化区间跃增同样显著。35 dBz回波高度的演变可以表征雷达回波发展与回波顶高具有较好的对应关系。35 dBz回波高度跃增且回波顶高>10 km时,可作为防雹作业的优选作业部位和作业指标。

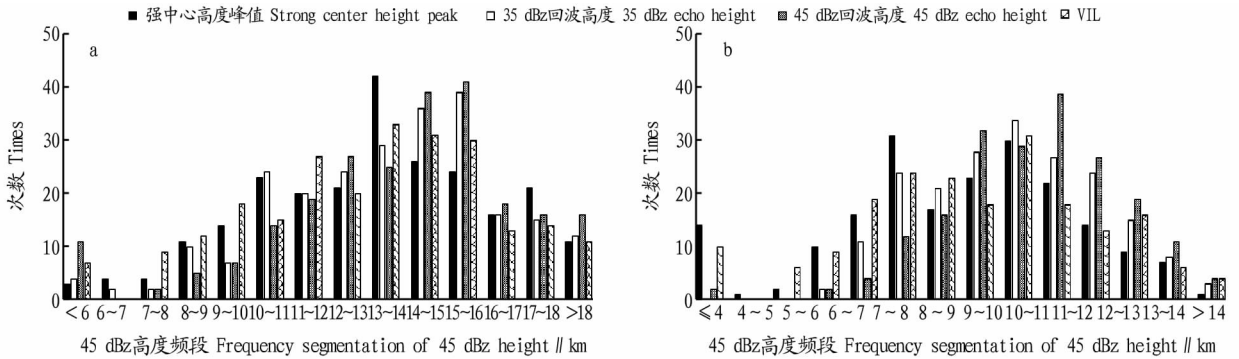


图3 2013—2016年高炮作业(a)和火箭作业(b)的强对流过程回波顶高区间回波特征值统计

Fig.3 Echo characteristic value statistics of echo top height interval in strong convection process by anti-aircraft gun operation (a) and rocket operation (b) during 2013-2016

从45 dBz回波高度峰值对应的回波顶高区间分布看,高炮作业中,45 dBz回波高度出现峰值时,回波顶高以12~15 km为中心呈正态分布,回波顶高<10 km的仅8个,占总个例数的4.06%,10~16 km强对流回波个数为155个,占总个例数的78.70%。在火箭作业中,表现为以13~16 km为中心的正态分布,回波顶高<10 km的强对流回波个数仅为24个,占总个例数的10%,10~16 km的165个,占68.7%,回波顶高的变化区间跃增同样显著。由此可见,45 dBz回波高度与回波顶高具有较好的对应,有研究得出最初冰雹增长区的等效因子是44 dBz^[17],为研究方便,国内常用45 dBz回波高度作为冰雹云的识别预报指标^[10,16]。

高炮作业中,45 dBz回波高度出现峰值时,回波顶高更集中出现在12~15 km。而火箭作业中,45 dBz回波高度出现峰值时,回波顶高更集中出现在13~16 km。

从垂直积分液态含水量(VIL)出现最大值时回波顶高的区间分布可见,高炮火箭作业时,VIL峰值与回波顶高的线性正相关性较好,当VIL出现峰值时,回波顶高在6~16 km呈线性增加特征,随着顶高增大VIL峰值的概率减小。

综合分析可见,强回波高度、35 dBz回波高度、45 dBz回波高度和VIL_{max}的跃增与回波顶高的跃增相关性较好,高炮防雹作业中10~16 km的回波顶高较好地对应着多个强中心高度的峰值,需要关注顶高>10 km的发展情况。在火箭防雹作业中10~15 km的回波顶高较好地对应着多个强中心高度的峰值,需要关注顶高>10 km的发展情况。

3 结论

在整理近年来滇中地区人工防雹作业资料统计的基础上,通过数理统计分析了高炮火箭作业的对流云特征,对比研究了不同作业工具的作业指标,得到如下几点结论:

(1)强回波强度的演变特征分析结果表明,不同作业工具下的强对流过程回波特征的演变具有显著差异,可以发现因为防雹机理不同,火箭防雹作业效果更明显,作业回波发展总体偏弱。2种作业工具的对流回波演变过程中45 dBz

回波高度、VIL峰值的跃增均可作为冰雹跃增的重要指标,火箭作业则可多选择回波顶高、35 dBz回波高度峰值的跃增作为冰雹跃增的重要指标。

(2)从45 dBz回波高度的演变特征来看,在高炮人工防雹作业中,45 dBz回波高度分布在6~9 km时与0℃层、-10℃层、-20℃层和最大回波强度峰值的对应关系较好,可作为高炮防雹作业的预警指标,45 dBz回波高度达8 km可作为防雹作业的指标。在火箭人工防雹作业中,45 dBz回波高度在5~8 km的跃增与0℃层、-10℃层、-20℃层和最大回波强度峰值的对应关系较好,可作为防雹的预警指标,45 dBz回波高度达7 km可作为防雹的作业指标。

(3)对回波顶高的演变特征分析结果表明,在高炮作业中,当强对流回波的强中心高度出现跃增,回波顶高>10 km时;45 dBz回波高度出现跃增,回波顶高集中出现在13~16 km时,都可作为高炮人工防雹作业的优选作业部位和作业指标。火箭防雹作业中,当强中心高度出现跃增且回波顶高>10 km同样可作为火箭人工防雹作业的优选作业部位和作业指标。此外,在火箭防雹作业中,35 dBz、45 dBz回波高度、VIL_{max}出现跃增时,需要关注顶高>10 km的发展情况。

(4)该研究为人工防雹作业中不同作业器具作业指标的研究提供了一定的思路,但对于火箭高炮防雹作业的认识方面还需要搜集更多的资料,加深对云南省人工防雹作业机理的认识,同时进一步研究不同作业工具作业前后的演变特征。

参考文献

- [1] 温克刚,李黄,毛耀顺,等.中国气象灾害大典:云南卷[M].北京:气象出版社,2006:317.
- [2] 唐熠,蒋雨娟.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.
- [3] 曾庆华,刘建西,郭守峰.凉山地区防雹作业雷达回波判据指标分析[J].高原山地气象研究,2012,32(4):55-60.
- [4] 陶云,段旭,段长春,等.云南冰雹的变化特征[J].高原气象,2011,30(4):1108-1118.
- [5] 张腾飞,段旭,鲁亚斌,等.云南一次强对流冰雹过程的环流及雷达回波特征分析[J].高原气象,2006,25(3):531-538.

于涉及农民生活保障、社会稳定等土地产权问题,要统筹兼顾农村土地产权融资和保障社会稳定,审慎推进相关法律修改。加快农村金融立法,规范农村金融供给方、需求方、监管方、支持保障方四方各自的权利、义务。分清政府与市场的关系,由以前的政府、保险公司、银行合作,变为政府搭台、保险公司、担保公司、银行合作,避免出现第二个合作基金会。开发多种金融品种,提高金融服务“三农”的水平。

3.4 健全保障制度,解除后顾之忧 逐步建立并完善农村养老保险、医疗保险、最低生活保障、社会福利和社会救济等保障制度,减少耕地承载的农村社会保障功能,使离开农村土地的农民有可靠的生活保障,消除农民对土地流转可能影响生活的后顾之忧。

3.5 分散投资风险,完善补偿机制

3.5.1 分散规模经营业主风险。加大农业保险险种创新,政府利用支农资金采取以奖代补等方式分担部分保费,实现规模经营业主种养殖业保险全覆盖。

3.5.2 分散银行贷款风险。加强政策性融资担保机构和专业支农融资担保机构建设。推动政府利用财政支农资金设立土地产权抵押贷款风险补偿基金、担保基金,建立贷款损失保障和补偿机制,在贷款发生违约或银行处置抵押物出现困难时,收购抵押物或补偿损失。

3.5.3 分散市场风险。农产品价格受市场波动影响很大,政府引导规模经营业主成立农业种养殖协会,负责市场信息收集、研判,为业主根据市场行情选择种养殖品种、规模提供参考,减小因市场波动可能带来的巨大损失。

参考文献

- [1] 刘永欣.完善农村土地承包经营权抵押融资的思考和建议[J].黑龙江金融,2010(7):45-47.
- [2] 中共中央关于推进农村改革发展若干重大问题的决定[N].人民日报,

2008-10-20(001).

- [3] 孙丽丽,陈兴中,李富忠.从完善土地承包经营权权能看农村土地承包经营权抵押[J].广东土地科学,2011,10(2):8-12.
- [4] 高青.当前农村土地承包经营权流转的难点及对策[J].湖北社会科学,2010(8):89-92.
- [5] 姜德鑫.试论农村土地承包经营权流转法律制度的完善[J].新疆财经大学学报,2009(1):5-9.
- [6] 王科艺.遵义县农村土地承包经营权流转研究[J].贵州农业科学,2010,38(9):233-235.
- [7] 农业部.中共中央国务院关于2009年促进农业稳定发展农民持续增收的若干意见.中发[2009]1号[A].2009.
- [8] 覃事娅.农村土地承包经营权流转研究综述[J].价格月刊,2009(4):78-79,83.
- [9] 姜述威.农村土地承包经营权抵押制度探讨[J].农民致富之友,2015(20):16-17.
- [10] 何希道.农村土地承包经营权抵押制度探析[J].新乡学院学报,2016,33(8):20-22.
- [11] 宋玉梁,董海霞,郭宇擎,等.论农村土地承包经营权之抵押权的实现[J].法制博览,2017(31):184,183.
- [12] 李昌玉,丁德胜.湖南省农村土地承包经营权流转研究[J].安徽农业科学,2009,37(31):15452-15454,15481.
- [13] 张莉,蔡畅.农村土地承包经营权抵押制度目标模型研究[J].湖南医科大学学报(社会科学版),2009,11(6):73-75.
- [14] 王潇.浅议我国农村土地承包经营权流转[J].消费导刊,2009(24):150.
- [15] 李福.论农村土地承包经营权抵押权实现的法律规制[J].农业经济,2012(5):89-91.
- [16] 郑华琼.福州农村土地承包经营权流转难点及对策[J].农村工作通讯,2014(16):43-44.
- [17] 周维德.农村土地承包经营权抵押:困惑及实现[J].广西社会科学,2014(11):76-80.
- [18] 李志珍,李凤伟.农村土地承包经营权流转中的制度创新[J].北京工业职业技术学院学报,2010,9(4):124-126.
- [19] 何仁辉.试论农村土地承包经营权流转的现状和完善[J].湖北农业科学,2013,52(5):1238-1240.
- [20] 杨燕.农村土地承包经营权流转问题探究[J].安徽警官职业学院学报,2011,10(1):47-50.
- [21] 杨勇.我国农村土地承包经营权流转中的法律问题研究[J].南方金融,2013(5):92-95.
- [22] 赵俊.我国农村土地承包经营权流转的法律问题研究[J].理论观察,2016(12):115-116.

(上接第210页)

- [6] 张崇莉,和爱群,钱宝敏,等.滇西北高原冰雹天气的多普勒雷达回波特征[J].云南大学学报(自然科学版),2011,33(S2):367-373.
- [7] 张崇莉,向明堃,赖云华,等.滇西北高原冰雹、短时强降水的多普勒雷达回波特征比较[J].暴雨灾害,2011,30(1):64-69.
- [8] 杨俊山,和卫东,杨沛琼.滇西北强对流灾害天气的多普勒雷达回波特征研究[J].云南大学学报(自然科学版),2013,35(S1):188-196.
- [9] 段鹤,严华生,王晓君,等.滇南中小尺度灾害天气的多普勒统计特征及识别研究[J].气象,2011,37(10):1216-1227.
- [10] 段鹤,严华生,马学文,等.滇南冰雹的预报预警方法研究[J].气象,2014,40(2):174-185.
- [11] 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):88-93,98.

- [12] 王晓峰.WR-1B型火箭与三七高炮在人工影响天气作业中的应用[J].贵州气象,2003,27(4):40-42.
- [13] 江智全.WR火箭、JFJ火箭与三七高炮在人工影响天气工作中的应用对比[J].四川气象,2003(1):63-64.
- [14] 张培昌,杜秉玉,戴铁不.雷达气象学[M].北京:气象出版社,1988.
- [15] 中国气象局科技发展司.人工影响天气岗位培训教材[M].北京:气象出版社,2004.
- [16] 汤兴芝,黄兴友.冰雹云的多普勒天气雷达识别参量及其预警作用[J].暴雨灾害,2009,28(3):261-265.
- [17] 樊鹏.用风暴剖面45dBz高度选择防雷作业时机[J].陕西气象,1994(4):29-31.