

赵丽斌. 哈尔滨地区人工影响天气作业条件监测预警技术研究[J]. 黑龙江农业科学, 2019(6):30-35.

哈尔滨地区人工影响天气作业条件监测预警技术研究

赵丽斌

(黑龙江省人工影响天气办公室, 黑龙江 哈尔滨 151000)

摘要:为了科学防灾减灾,服务农业,通过研究哈尔滨地区暴雨天气易发期、触发雷雨天大风对流性强天气的主要因素,使用 2007-2017 年哈尔滨气象站的历史冰雹资料和多普勒雷达资料,分析了哈尔滨地区冰雹的气候特征,归纳冰雹发生的天气形势、雷达回波和大气层结特征,总结冰雹预测的物理量判别指标,为进一步提高哈尔滨地区人工影响天气作业条件监测预警能力提供保障和支持。

关键词:作业监测预警;防雷作业指标;暴雨触发机制

人工影响天气业务现代化建设是在国家级引领下,黑龙江省建立以省级为核心,市县为基础的现代人工影响天气业务体系,全面提升科技水平和服务农业效益,大力发展市级监测预警能力。人工影响天气地面作业指挥业务流程包括 5 个业务时段:作业天气过程预报和作业计划制定(72~24 h);作业条件潜力预报和作业预案制定(24~3 h);作业条件监测预警和作业方案设计(3~0 h);跟踪指挥和作业实施(0~3 h);作业效果检验(作业后)。目标是寻找确定适当的时机、适当的部位、适当的剂量。结合科学预判在恰当的时间找准作业位置投放适当的弹药,结合天气过程进行人工影响天气(防雷、增雨)的科学作业,达到防灾减灾、为农服务的显著效果。本文在介绍人工影响天气业务作业职责、作业监测预警技术思路的基础上,详述了本地作业指标体系的建立及防雷作业情况,为进一步提高哈尔滨地区人工影响天气作业条件监测预警能力提供技术支持。

1 作业职责

在辖区内 2 个以上(含 2 个)县进行联合作业时,市级根据省台下发的监测预警产品和本地雷达资料,结合本地作业指标制作市级地面联合作业预警报(图 1)。防雷作业发布时间为作业前 1 h。

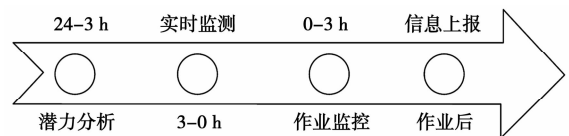


图 1 时序图

Fig. 1 Sequence diagram

2 作业监测预警技术思路

2.1 发布预警

通过 Micaps 对大气探测资料进行综合分析做出天气预报,适时发布本防护区域内当日是否有可能出现天气过程或对流天气,并向辖区内相关作业炮点发布预警。

2.2 临近预报和对流天气的实时跟踪监测

市级指挥人员根据雷达回波、数值模式等产品作出本区域内临近天气预报,充分利用气象卫星和天气雷达等资料实时跟踪监测,将影响本区域内的对流天气及时发布,指挥中心人员与炮点作业人员保持联络,通信畅通,做好一切防雷准备工作。

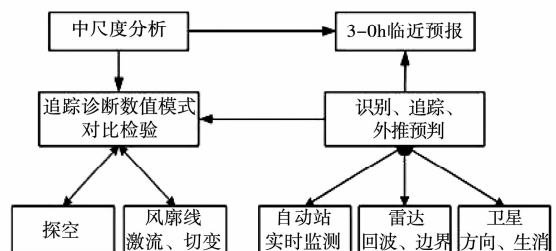


图 2 6~0 h 预警监测思路

Fig. 2 6~0 h early warning and monitoring

预判 6~0 h 预警监测思路,对天气实况进行

收稿日期:2019-01-09

基金项目:黑龙江省气象局人工影响天气地面作业教员培训教材项目(HQZC2018043)。

作者简介:赵丽斌(1985-),女,硕士,工程师,从事大气物理与大气环境、人工影响天气研究。E-mail: 175203971@qq.com。

中尺度分析,识别、追踪外推预判诊断数值模式对同时兼顾自动站实时监测,雷达回波、边界,卫星云图的运动方向、生消发展(图 2 和图 3)。

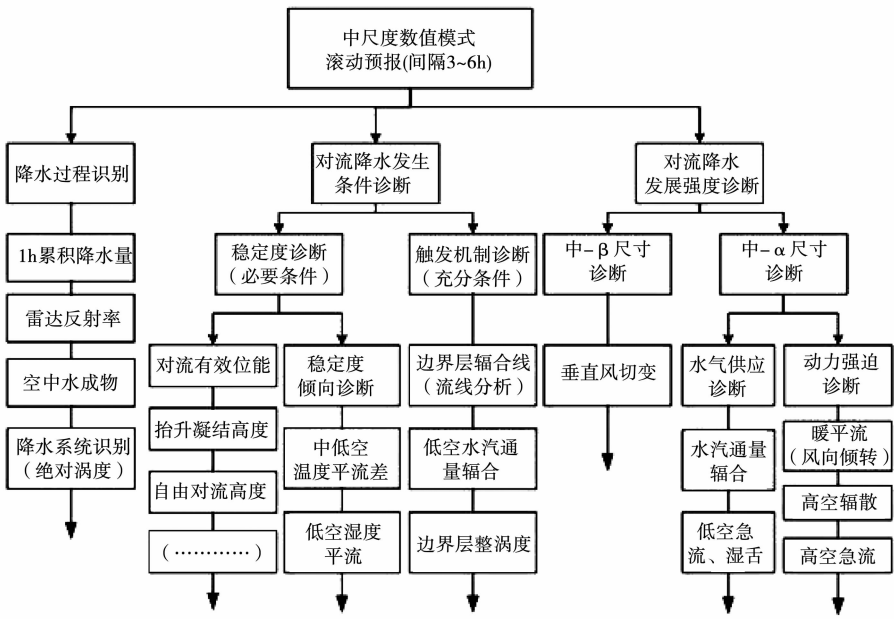


图 3 临近预报全程追踪诊断流程

Fig. 3 The whole tracking and diagnosing process of the proximity forecast

3 建立本地作业指标体系

人工影响天气作业条件分别监测天气背景区域冰雹的影响系统,冰雹易发期,冰雹易发区域,暴雨触发机制,暴雨易发期,暴雨易发区域,触发雷雨大风对流性强天气的主要因素。

3.1 冰雹天气易发时间段

哈尔滨市 5-7 月是冰雹的盛期,伏天 8 月出现冰雹较少(图 4);降雹时间在 11:00-18:00,主要降雹时间为 12:00-17:00,而夜间 21:00 以后到次日 5:00 则基本没有冰雹出现(图 5)。

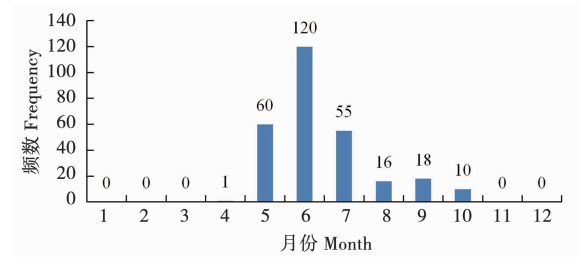


图 4 冰雹月变化柱形图

Fig. 4 Cylindrical map of monthly change of hail

3.2 冰雹天气易发区域

哈尔滨市存在两个冰雹集中区,一个是以南部的五常,由于南来的暖湿空气更容易到达,因此出现冰雹次数较多;另一个是中北部的方正、宾县和木兰,该区域主要处于松花江的两岸,同时处于

南北部山地相夹的喇叭口区,因此冰雹次数多且易形成区域性冰雹(图 6)。两者年平均出现冰雹均在 1.2~1.5 次,而通河则是出现冰雹最少的区域,年平均仅为 0.5 次。

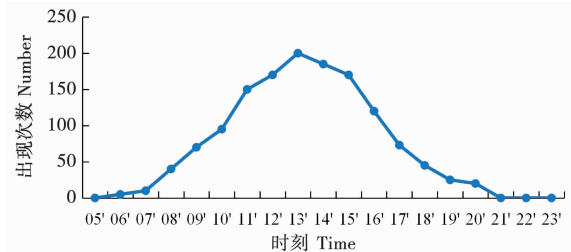


图 5 冰雹逐时变化曲线图

Fig. 5 Hourly variation curve of hail

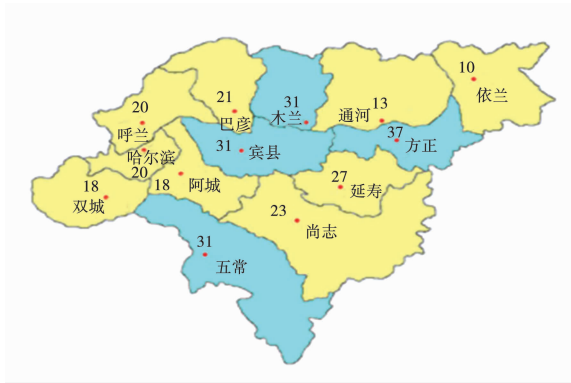


图 6 冰雹易发区域

Fig. 6 Hail-prone areas

3.3 暴雨触发机制

东北冷涡是造成哈尔滨市暴雨的最主要的高空系统,约占总暴雨日数的 50%;其次依次是冷槽、蒙古低涡和辐合气流(表 1)。东北低压和蒙古低压是产生暴雨的最主要地面系统。暴雨的集中期是 7 月和 8 月;7 月的中下旬是产生暴雨的密集期,约占全年的 40%。一般情况下台风进入警戒区 N31°~32°,E116°~130°,未来才会对哈尔滨市有影响,其移动路径往往沿副高外侧做抛物线移动。

表 1 暴雨触发机制

天气系统	日数	占总暴雨日数的百分比
Weather system	Number of days	Percentage of total rainstorm days/%
东北冷涡	315	50
蒙古冷涡	95	15
冷槽	120	20
辐合气流	94	15

3.4 暴雨天气易发期

哈尔滨市最早出现的暴雨是 4 月 22 日(1966 年),最迟出现暴雨是 10 月 14 日(1995 年)。但暴雨的集中期是 7 月和 8 月;7 月的中、下旬是产生暴雨的密集期,约占全年的 40%(表 2)。

表 2 暴雨天气易发期

Table 2 Rainstorm-prone periods			
时间 Time	天数 Days/d	时间 Time	天数 Days/d
4 月下旬	1	7 月下旬	35
5 月上旬	0	8 月上旬	17
5 月中旬	0	8 月中旬	17
5 月下旬	1	8 月下旬	17
6 月上旬	1	9 月上旬	3
6 月中旬	6	9 月中旬	2
6 月下旬	10	9 月下旬	1
7 月上旬	17	10 月上旬	0
7 月中旬	32	10 月中旬	1

3.5 暴雨天气易发区域

哈尔滨的巴彦、宾县、尚志和五常等形成的南北向的带状分布。另外一个暴雨的易发区是哈尔滨市,可能同城市雨岛有关,而方正、双城则是暴雨的相对少发区(图 7)。

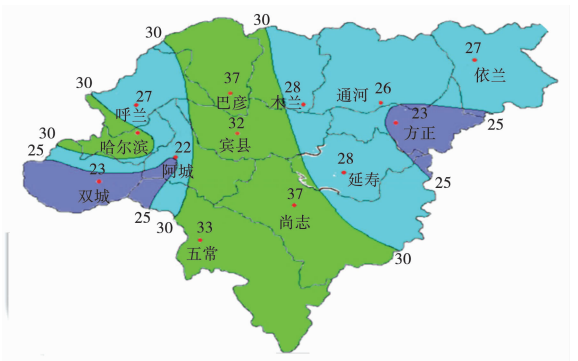


图 7 暴雨天气易发区域
Fig. 7 Rainstorm-prone areas

4 触发雷雨大风强对流天气的主要因素

包括强下沉气流降水粒子拖曳蒸发冷却;雷暴移动速度平均引导流下垫面。降水粒子的数量(重量和密度)起决定性作用。

①短时强降水,若雨强极端且雨滴大,则下沉气流强,易导致雷雨大风。②若雷暴移动快,则易出现雷雨大风。③明显降雹易导致雷雨大风。强上升气流保证较多的大降水粒子形成。

强下沉气流由蒸发冷却作用形成,降水粒子下降过程中,遇到干空气,蒸发冷却,使得其温度低于周边环境,加速下沉。CAPE 值用于估算下沉气流强弱,面积越大,下沉越强。CAPE 值用于估算上升气流强弱,面积越大,上升越强。考察降水粒子数量,太少则蒸发冷却无法维持到地面。云中卷入或云底存在的干空气,降水粒子的性质,升华比蒸发会失去更多能量。

5 人工影响天气防雹作业

人工防雹的基本原理是对冰雹云施加人工影响,人为破坏冰雹生长的条件,使冰雹胚胎不能增长成为冰雹或是在增长成为冰雹之前降落到地面,从而防御或减轻其危害。目前有许多专家和学者开展了对冰雹天气预报预警和防雹作业技术的研究^[1-3]。

5.1 冰雹触发条件

主要有上干(冷)下湿(暖);较强而深厚的垂直风切变(0~3 km);和强上升气流;冷锋侵入造成强迫抬升的地区,特别是与前倾槽配合地面锋前地区;高空急流与低空急流相交汇的地区;大的对流有效位能;垂直运动 700 hPa 垂直及区域比湿明显,不会非常大(8~12 g·kg⁻¹)。

大范围冰雹:宽而强的高空西北或偏西急流。

适宜的 0℃和-20℃高度:0℃层 4 km 左右,-20℃层 7.5 km 附近或以下有利于冰雹生长。

5.2 人工影响作业条件监测——探空

必要条件:静力不稳定。当 $SI < 0^{\circ}\text{C}$ 表示气层不稳定,当 $-3^{\circ}\text{C} < SI < 0^{\circ}\text{C}$ 时有可能产生发生雷暴,当 $-6^{\circ}\text{C} < SI < -3^{\circ}\text{C}$ 时极有可能发生强雷暴,当 $SI < -6^{\circ}\text{C}$ 时有发生严重强对流天气的可能性(如龙卷风等)。充分条件:触发条件,强迫抬升到自由对流高度。发展条件:垂直风切边、水汽供应(决定生命周期与强度)。

$CAPE=2\ 400\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$, $CIN=-86\ \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$, 垂

直风切变明显(0~6 km 超过 $16\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),0℃层到地面高度 4.8 km 左右;低层相对湿度大,中高层很干,是触发产生冰雹和强雷暴大风的有利环境。

5.3 对流云演变阶段识别技术

主要根据强回波的位置和云顶雷达反射率梯度确定:回波中心位于云体中上部,回波顶部反射率梯度大且向上增长,云体处于发展阶段;弱回波区已及地,但强回波区仍位于云体中上部云体处于成熟阶段;一旦强回波区下降,底部反射率梯度增大,云体进入消散阶段(表 3)。

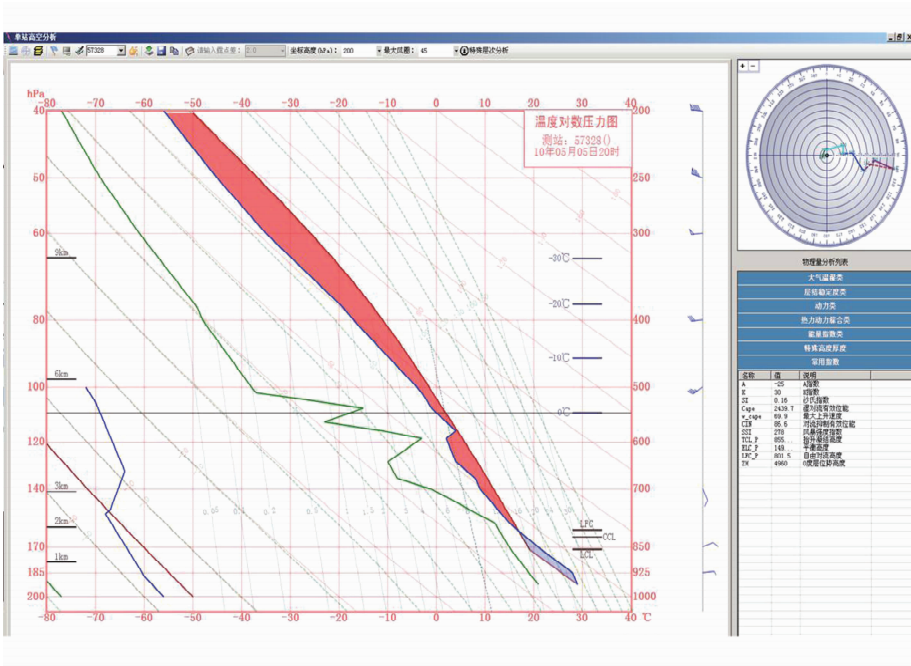


图 8 单站高空分析

Fig. 8 Single station altitude analysis

表 3 雷雨云、冰雹云回波特征参量识别指标

Table 3 Index of characteristics and parameters of thunderstorm cloud and hail cloud echo recognition

特征值 Characteristics	强冰雹云 Strong hail cloud	弱冰雹云 Weak hail cloud	雷雨云 Thunder storm cloud
平显特征 PPI	快状、带状、钩状、指状、人字形、V 形缺口	块状较小、人字形、带状	块状、零散孤立
高显特征 RHI	结构厚实呈柱状,有前悬回波、回波穹窿、回波墙	结构密实呈砧状、高柱状	结构松散呈柱状
回波中心强度/dBZ	≥55	≥50	≥40
回拨顶高/km	≤15	≤10	≤12
强中心回波高度/km	6~10	4~6	2~4
云体负温区/km	6~10	4~6	5~8
降雹直径/mm	≤60	≤10	(无)

5.4 雷达回波形态分析

“V”形缺口槽口区强度梯度较大,是气流进

入风暴的方向。有界弱回波区是判别冰雹云的重要指标,它的存在表明风暴中有强烈的上升气流,

有利于大冰雹的形成。

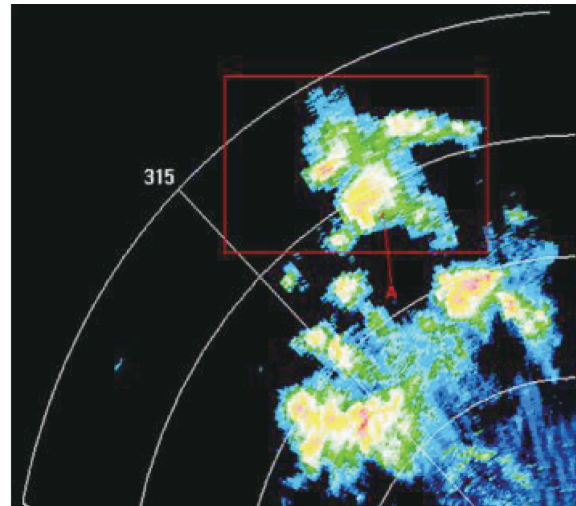


图 9 “V”形缺口
Fig. 9 V-shaped notch

黑龙江省 6-8 月的单体有明显的强风暴特征,回波强度可达 55 dBZ 以上,回波顶高 10 km 以上,强中心高度 6 km 以上(北部地区略低)。可观测到如下图所示的“弱回波区”“三体散射”“钩状”“穹窿回波”“飑线”等。有序多单体可以成条状或团状,在移动路径上生-消变化,即不断的加强—减弱循环过程,影响时间长,范围广。

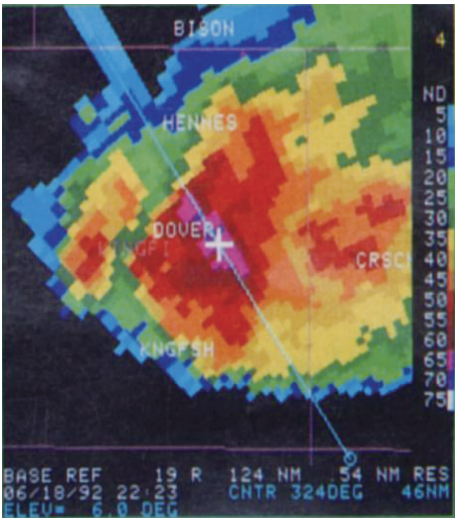


图 10 三体散射
Fig. 10 Three body scattering

根据雷达回波形态分析,一般强风暴(超级单体或多单体风暴),或与飑线强锋面有关的带状对流中处于成熟阶段的单体中的下沉气流,在近地面处向水平方向扩散,常常形成辐散性的阵风,即所谓雷雨大风;偶尔雷雨大风也可以由雷暴低层

的强烈入流产生。

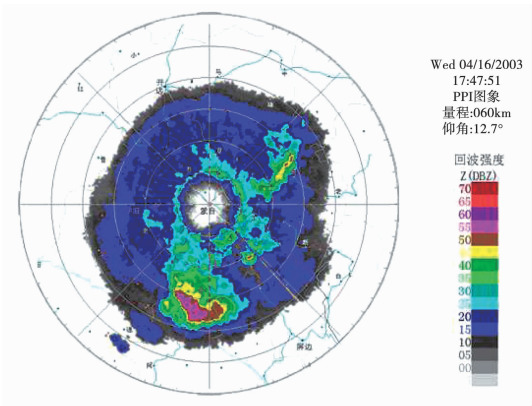


图 11 钩状
Fig. 11 Hook

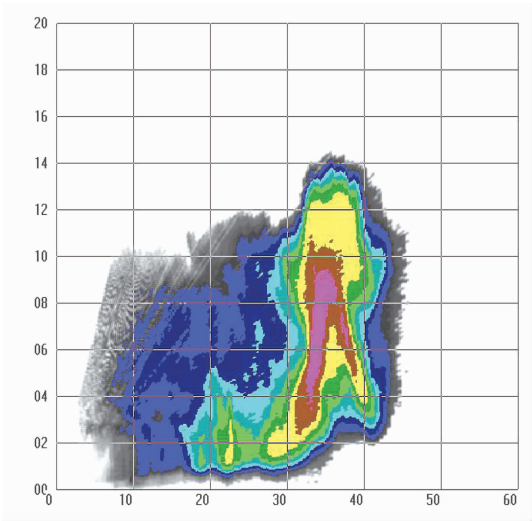


图 12 穹窿回波
Fig. 12 Fornix

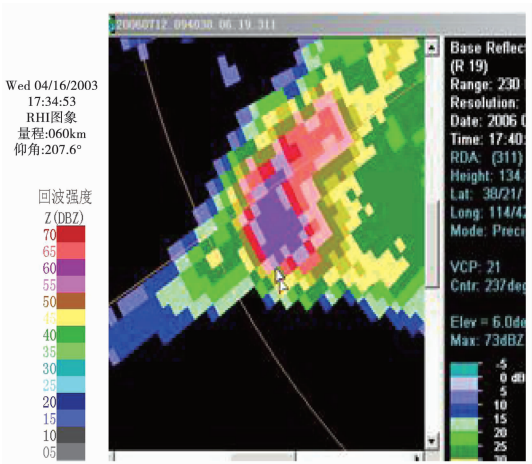


图 13 超级单体
Fig. 13 Super monomer

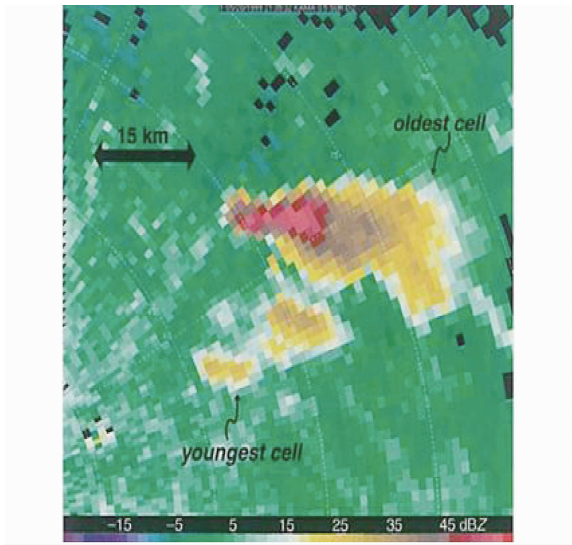


图 14 多单

Fig. 14 Multi monomer

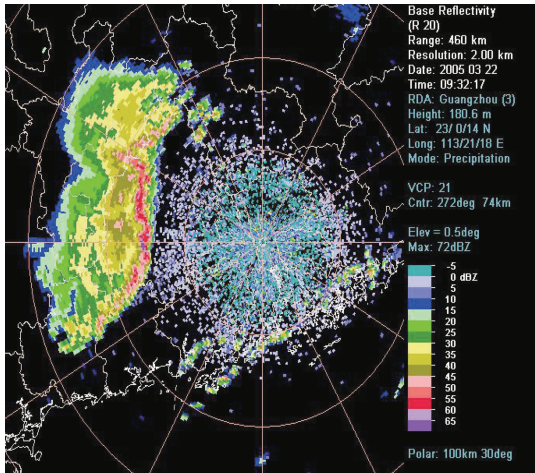


图 15 典型强飑线

Fig. 15 Typical squall line

Research on Monitoring and Early Warning Technology of Weather Modification Operation Conditions in Harbin

ZHAO Li-bin

(Heilongjiang Weather Modification Office, Harbin 151000, China)

Abstract: In order to prevent and mitigate disasters scientifically and serve agriculture, this paper studied the main factors that trigger the strong convective weather of thunderstorm and gale in the prone period of rain-storm weather in Harbin area. By using the historical hail data and Doppler radar data of Harbin Meteorological Station from 2007 to 2017, the climatic characteristics of hail in Harbin area were analyzed, the weather situation, radar echo and atmospheric stratification characteristics of hail occurrence were summarized, and the physical quantity discrimination index of hail prediction was concluded, so as to provide guarantee and support for improving the monitoring and early warning ability of weather modification operation conditions in Harbin area.

Keywords: operational monitoring and early warning; hail suppression operational indicators; rainstorm triggering mechanism

6 结论

本文对近年哈尔滨地区暴雨、防雷历史资料进行统计分析,总结哈尔滨地区主要天气形势特征;暴雨的易发区为巴彦、宾县、尚志和五常市等形成的南北向的带状,另外一个为哈尔滨市。暴雨的集中期是7-8月,7月的中、下旬是产生暴雨的密集期,约占全年的40%。

冰雹易发区一个是南部的五常市,另一个是中北部的方正县、宾县和木兰县,哈尔滨市5-7月是冰雹的盛期,伏天8月出现冰雹较少。降雹时间在11:00-18:00,主要降雹时间为12:00-17:00。并分析研究出现强对流天气时的不稳定参数。暴雨触发机制为下沉气流强,易导致雷雨大风;雷暴移动快,则易出现雷雨大风;明显降雹易导致雷雨大风,强上升气流有较多的大降水粒子形成。冰雹触发机制为上干(冷)下湿(暖),较强而深厚的垂直风切变(0~3 km)和强上升气流。总结了出现冰雹天气时多普勒雷达回波特征,建立防雷作业指标体系为进行冰雹天气预警提供判断依据。

参考文献:

- [1] 李红斌,麻服伟,董银山. 黑龙江省冰雹天气气候特征及防雷预警指标[J]. 黑龙江气象, 2001(1): 37-40.
- [2] 李红斌,孙鸿雁,程相坤,等. 大连地区冰雹气候特征及防雷天气预警概念模型[J]. 高原气象, 2010, 29(6): 1565-1570.
- [3] 杨晓平,张云平,江山,等. 南阳市冰雹天气预警和人工防雷作业条件研究[C]//中国气象学会人工影响天气委员会,中国气象科学研究院,中国气象局人工影响天气中心,等. 全国云降水与人工影响天气科学会议论文集. 长春:气象出版社, 2008: 141-144.