

博州上游强对流天气及人影防雹浅析

王静娟¹, 杨军民², 但路军², 彭 兰³

¹博州气象局, 新疆 博州

²温泉县气象局, 新疆 温泉

³博州人工影响天气办公室, 新疆 博州

Email: 68275993@qq.com

收稿日期: 2020年8月12日; 录用日期: 2020年8月27日; 发布日期: 2020年9月3日

摘 要

通过统计博州上游的强对流天气中的雷暴、冰雹灾害, 分析出二者的移动路径和空间分布特点, 为人影作业和合理布局提供科学依据。在多年的日常作业中总结了博州上游强对流天气的形势特点和人影防雹作业的方法, 以及不同云体的炮弹作业量, 为今后的人影作业研究打下基础。

关键词

强对流, 冰雹, 人工影响天气, 作业方法

A Brief Analysis of Severe Convective Weather and Shadow Hail Prevention in Bozhou Upstream

Jingjuan Wang¹, Junmin Yang², Lujun Dan², Lan Peng³

¹Bozhou Meteorological Bureau, Bozhou Xinjiang

²Wenquan County Meteorological Bureau, Wenquan Xinjiang

³Bozhou Office of Weather Modification, Bozhou Xinjiang

Email: 68275993@qq.com

Received: Aug. 12th, 2020; accepted: Aug. 27th, 2020; published: Sep. 3rd, 2020

Abstract

Based on the statistics of thunderstorms and hailstones in the severe convective weather in the upper reaches of Bozhou, the characteristics of their moving path and spatial distribution are analyzed

文章引用: 王静娟, 杨军民, 但路军, 彭兰. 博州上游强对流天气及人影防雹浅析[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(5): 417-422. DOI: 10.12677/ccrl.2020.95046

to provide scientific basis for the human figure work and rational layout. In the daily work of many years, the situation and characteristics of severe convection weather in the upstream of Bozhou and the methods of anti-hail operation of figures, as well as the operation volume of shells of different cloud bodies were summarized, which laid a foundation for the study of figures in the future.

Keywords

Severe Convection, Hail, Weather Modification, Operation Method

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

博尔塔拉蒙古自治州(简称博州,下同)位于新疆西北部,准格尔盆地西缘,属于大陆性中温带半干旱气候。博尔塔拉谷地的上、中段隶属上游的温泉县,县城北部和西部以阿拉套山和别珍套山西段山脊为界,南、北、西三面环山,中间是谷底平原,西部较窄,向东逐渐开阔,地势西高东低,落差较大,地形较复杂,夏季强对流天气频发。1984年至今,因强对流天气冰雹、雷电及次生灾害洪水造成的死亡人数达12人,冰雹和雷击死亡8人。史莲梅等[1]通过研究1984~2014年新疆90个市、县中,极高风险区出现雹灾频次较高的包括温泉县、新和县、昭苏县、沙雅县等;这些县市都是分布在天山南北,是向西或向东扩展的喇叭形河谷地带,有助于大规模冷空气的入侵、雹云移速的加快和不稳定能量的蓄积,降雹几率大大增加。本文就温泉县的冰雹、雷暴天气、灾害和人工防雹作业展开说明。

2. 博州上游强对流天气灾害分析及影响

博州上游的温泉县位于准葛尔盆地的最西部,由于夏季高原盆地的聚热作用,有利于对流云的发展。其特殊的环山地形,致使对流云沿着南、北两支山脉自西向东移动。因此,夏季积雨云发展旺盛,山区强对流天气多于平原,尤以南面沙里切库山、赛里木湖及哈夏地区的雷暴和冰雹活动更为活跃。冰雹灾害以点、线分布,以目前气象自动站的布局无法分析出冰雹的具体路径,人工影响天气作业仅与雷暴、冰雹天气有关,因此分析雷暴的时空分布、移动路径可以代替冰雹的分布特点。

2.1. 雷暴天气

蒲云锦等[2]利用新疆15个地州气象局1971~2010年40年的雷暴观测资料,统计了新疆雷暴时空分布变化特征,温泉县为年平均日数大于50天的高发中心。温泉地区是全疆雷暴高发区,也是强对流天气的表现形式之一,年平均雷暴日数近年来呈增加趋势,有时一日之间有3~4次雷雨云过境。雷暴过程中产生的放电现象为雷电,对人畜、建筑物都会造成灾害。温泉县[3]雷暴在4~10月份出现,集中于6~8月,占全年的76%,年平均日数为51.2d。7月雷暴最为活跃,其中2005年7月的雷暴日数达25d之多。雷暴在午后至晚上15~22时出现较多,占总时次的66%,高峰期在16~20时占59%。温泉雷暴的持续时间一般小于1~2小时,最长可达6小时左右,但比较少。

雷暴的方位路径

鉴于温泉的地形地理位置特征,普查了雷暴发生发展的移动方向,以每次有记录方位的雷暴为一个单位,归纳出温泉雷暴的主要三条方位路径[3]:(1)沿南山沙里切库山东移,简称“南路”,占总雷暴

次数的 51%；(2) 北面的阿拉套山东移到乌洞不拉克山沟向东南折向。简称“北路”，占总次数的 36%；(3) 经过测站向东移，影响平川地区，简称“中路”，仅占 7%。前两条路径主要在山地及沿山一带地区造成局部地区的暴雨、冰雹、大风等恶劣天气。由于温泉地区地处环山的盆地，积雨云盘旋在上空的时间较长，东移后又折回影响的情况较多，因此，雷暴降水比较频繁。

2.2. 冰雹灾害

冰雹常伴随雷暴出现，是强对流天气的产物，夏季或春夏之交最为常见。冰雹的特征是突发性强、持续时间短、影响范围小。俗语说：“雹打一条线”，就是指冰雹影响的范围小，而且“来得快去得快”。但是冰雹的破坏性极大，对农牧业生产和生活、生命财产安全有极大的威胁。它具有明显的季节特征，主要发生在春末和夏季，常常造成农作物被砸被毁，粮食受灾或绝收，严重时还会毁坏车辆、房屋，造成人畜伤亡，大面积农田受灾颗粒无收。

相对其他气象灾害而言，强对流天气发生冰雹的损失最为直接和重大。根据现有资料统计，自 1957 年开始至 2018 年，博州上游的冰雹占灾害总数的 41%，洪水占 26%。在近 35 年里受冰雹灾害影响共造成 44,482 人受灾，63,183.91 公顷农田失收，经济损失达 35,280.37 万元；次生灾害洪水造成河水泛滥、淹没农田、毁坏房屋、建筑物资、造成交通、通讯中断、人畜死亡等。鉴于此，我们结合人工影响天气，把冰雹和雷暴的研究放在重点，夏季人工影响天气作业也为此做出贡献。

冰雹灾害落区指示路径

统计 1984 年~2017 年的灾情数据分析，从温泉县城自西向东分为南、北中三路：南路顺沙里切库山依次南下到达安镇、种蓄场、哈日布呼镇；北路自阿拉套山到昆得仑、查乡；自县城、八十八团到哈日布呼镇作为中路。根据 35 年来冰雹造成灾害区域来判断冰雹路径，其中一次灾害内包含了南北两路，则可以重复计算。经统计，累计受灾次数 64 次，南路北路各占 45%，中路占 25%。与雷暴移动路径相比较，三条路径的占比不同，冰雹灾害落区为人影作业点的布局和防雹提供了合理依据。

3. 博州对流云的分类和发展

对流云的分类大致上有四类：一是对称单体对流云，尺度小，多呈柱状结构，由局地热力发展形成，呈轴对称分布，其形态变化相对较稳定，一般在午后至傍晚形成，傍晚时减弱趋于消散，成灾可能较小。二是超级单体对流云，又称为强烈右移风暴，其单体尺度大，云前部存在一支持续、稳定、强烈的上升气流，在云体后部有一支与之相对应的强下沉气流，出现超级单体雹云占总雹云数的 10% 左右，但其造成灾害量却占 80% 左右。三是点源雹云，由多个单体组成，呈条带状分布；各个单体都在同一源区发生，各个单体在移动中一次经历初生、发展、成熟、消亡等阶段，其出现概率也较小，造成灾害的严重程度也不大。四是传播雹云，也由多个单体组成，新单体总在雹云移向的右前部产生，而老单体则不断在左后侧消亡，上升气流区和下沉气流区随雹云向前发展，随气团或飑线移动，各单体之间生消演变并无明显关系，水平排列无一定规则，多在近地层存在符合上升气流区或飑线上形成。对流云的演变过程可分为发生、跃增、孕育、降雹和消亡五个阶段。

4. 博州强对流天气形势

有利于强对流发生发展的天气形势，其特点应该是能输送大量的暖湿空气，引起不稳定或潜在不稳定能量的连续释放，提供对流云发展及维持的有利水汽条件。在博州，探讨有利于发生冰雹的天气形势有如下几种情况：500 hPa 图上在国境以西，45°N 附近有一支西-西南气流，风速近 20~28 米/秒；对流层下层 850~700 hPa，国境线外以西至北疆西部一带有明显增温，中层 500 hPa 有明显降温；国境以西的

500 hPa 低(槽)中心与上游的伊犁地区温差达 6°C 以上; 地面图上冷锋在巴尔喀什湖一带, 锋后 3 小时正变压在 3 hpa 左右。此外, 据统计, 低涡(槽)系统位置和北疆对流天气关系为: 低槽在 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{E}$ 、 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 范围时将造成博州等地的对流天气; 低槽在 $55^{\circ}\sim 75^{\circ}\text{E}$ 、 35°N 范围以南时不利于博州对流天气的发生。在统计中还发现, 产生冰雹时(08 时)欧亚 500 hPa 图上苏联中亚地区必有一支明显的西 - 西南向强锋区存在。

5. 博州上游人工防雷工作

博州开展冰雹防治工作已有 40 余年的历史, 科学决策、科学指挥为本地农牧业生产创造着巨大的经济效益和社会效益。温泉县人工防雷工作开始于 1984 年, 目前影从 1984 年防雷队成立时的 1 门炮 9 个人, 发展到 2018 年全县拥有 10 门高炮、15 部火箭发射架, 1 辆流动火箭作业车、4 座碘化银烟炉、2 名人影专职人员和 66 名一线作业人员。温泉地区是整个博州地区防雷工作的“前沿阵地”, 也是博州两河(博尔塔拉河、鄂托克赛尔河)的发源地, 承担着“防雷与增水”两大工作任务。在夏季防汛期, 一般在冰雹路径前沿地区及对流云发源地实施增水、防雷工作。一方面增加作业区域降水量, 另一方面抑制前沿地区的强雷暴云的发展。

5.1. 博州上游防雷区内冰雹的日变化

温泉县 59.44 万亩农区面积上, 主要分布 14 个高炮火箭作业点, 通过对 2004 年~2017 年的 312 次防雷作业出现冰雹的时段进行统计分析, 得出图 1 温泉县主要防雷区内冰雹发生的时间主要集中在 17 时~23 时之间, 最多时段为 20 时~22 时之间。冰雹的发生时间决定了人影的作业时间。

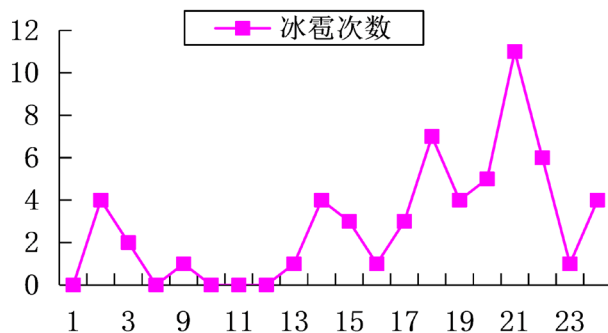


Figure 1. The frequency of hail in a day

图 1. 冰雹在日内发生频次

5.2. 防雷作业方法分析

温泉县用来进行人工防雷作业的主要工具是“三七”高炮, 其口径为 37 mm, 最大射高为 6700 米, 最大射程为 8500 米, 其特点是作业所需要的方位和仰角可快速、任意调节, 炮弹可以快速连续发射。发射速度快、弹道方向准、易于操作、安全系数高等是“三七”高炮的优点。目前, 温泉县主要采用爆炸法附带向云中撒播碘化银的方法来影响对流云, 从而达到防雷的目的。

5.2.1. 爆炸法防雷

通过经验总结发现, 对流云遭到炮击后, 雷达回波可产生以下几种变化: 一是回波顶下降, 回波减弱, 回波衰弱速度比自然明显加快; 二是雹云移速骤减, 有转向趋势; 三是回波出现空洞或弱区, 强区分裂。雷达回波表现与作业现场观测到的爆炸后的云体变化相吻合, 强对流云经炮击后, 它的发展受到抑制, 可表现为如图 2 所示。

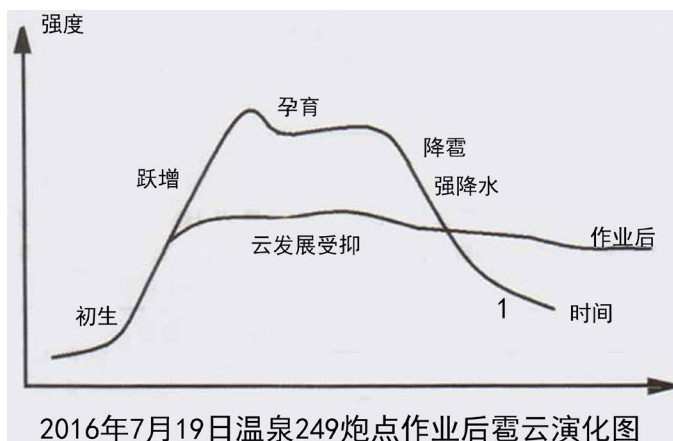


Figure 2. Hot Spring County shadow work after the hail cloud evolution map
图 2. 温泉县人影作业后雹云演化图

对强对流云的关键区进行炮击爆炸，发射几十、上百发炮弹，叠加起来影响范围可以达到几百米，一旦改变了气流场的末速度，就会明显影响雹云关键区的动力性能和干扰大雹增长运行的过程，达到防雹效果。

5.2.2. 撒播法防雹

温泉地区主要是采用“三七”高炮炮弹通过爆炸播撒碘化银微粒的方法。使用含有碘化银的“三七”高炮炮弹，通过炸药爆炸产生大量碘化银微粒，不仅具有强烈的爆炸性能，而且具有猛烈的燃烧性能。当定时引信引爆后，其爆炸时间为万分之一秒，爆炸时能产生 $3500^{\circ}\text{C}\sim 4000^{\circ}\text{C}$ 的高温和 400 米/秒左右的冲击波，粉末状的碘化银在形成高温高压的瞬间迅速气化，接着在常温常压下迅速凝华成细小的碘化银微粒。因为[4]云中的水分是固定的，碘化银雹胚的增加，阻止了冰雹云增长。温泉地区炮点所在位置平均海拔高度在 1000 米左右，在作业时，应尽量采用高射角和自炸时间较长的碘化银炮弹，使炮弹尽量进入低温区以便争取获得较高的成核率，达到抑制大冰雹形成的目的，使其在降落后形成不对农作物产生危害的大雨滴、软雹或直径在 1 cm 以下的小雹。

5.2.3. 早期催化法

由于温泉县海拔高度较高，云体初入阶段的零度层高度较低，在对流云孕育阶段提前作业，弱上升气流不能够承托它们而下落，从而脱离冰雹形成过程。这种雨的先期降落，也消耗了过冷水量，并由向下的负载力和在底层蒸发引起的负浮力去削弱上升气流的强度，带走和减少雹云中的含水量，减少向累积区的水量供应，冰雹胚胎因而长不大，从而达到提前防雹的目的。因此提前预警、提前作业是防雹的关键。

6. 强对流天气下的作业用弹量

在人工防雹作业中，正确的判断强对流天气中冰雹云的类型十分重要。对于单体雹云来说，它的局地性强、生命史短，对这类雹云要及时发现，迅速作业。多单体雹云种类较多，应根据当时天气条件，结合天气预报、云图、雷达回波图等资料进行准确判断，提前作业，对雹云的发展连续跟踪，并将雹云发展过程，及时通报下游炮点。超级单体雹云具有生命史长，强度大的特点，它是雹云中破坏力最强的一种，对这种雹云应密切注意其演变，准确判断作业部位，开展联合防雹作业。

通过 2004 年~2017 年有代表性的雹云天气过程进行了统计分析，其间出现超级单体雹云 71 次，平均用弹量为 280 发，出现中等强度的雹云 30 次，平均用弹量为 174 发，出现中弱雹云 25 次，平均用弹量 166 发，当然不排除个别乡镇场因经费紧张，控制了用弹量情况，根据统计分析我县防雹区在一次雹云过境中(多门高炮分时作业)可参照表 1 以下用弹量进行作业：

Table 1. Shells of different hail clouds**表 1.** 不同雹云的用弹量

| 雹云种类 | 初生期用弹量(发) | 发展期用弹量(发) | 总用弹量(发) |
|--------|-----------|-----------|---------|
| 超级单体雹云 | 100~120 | 150~180 | 250~300 |
| 中等强度雹云 | 70~100 | 120~160 | 180~240 |
| 弱单体雹云 | 40~60 | 80~140 | 120~200 |

以上数据在日常防雷作业中仅供参考,在具体作业过程中应根据具体天气条件,以及雹云的强弱和参照雷达回波图等要素,具体分析实施作业。

夏季人工作业,可根据不同的作业云层选择不同的作业方案,大的系统天气可在云层湿度增大时立即作业,或以作业点前方 1~2 公里处出现雨幡时作业。火箭防雷作业时机应在对流云发展旺盛时结合雷达回波及云顶高度情况实施作业,由于车载火箭流动性大,可选择“提前催化、尾追、堵截”的方法。山区夏季作业的发射角可适当比冬季的发射角要低,便于在有利云层产生催化效果。

7. 小结

- (1) 提高气象防灾减灾科普宣传力度,增强农民的防雷抗雹意识;
- (2) 农民首选种植抗冰雹能力较强和恢复功能强的农作物,适当增加农作物种类的比例,减少不必要的损失;
- (3) 作业点之间和兵地之间的联防不仅能降低强对流天气给人们造成的经济损失,还为农业增效、农民增收、农村稳定做出贡献;
- (4) 完善人影系统,加强队伍建设,结合人工影响天气作业的合理指挥,有效开展联防防雷作业,提升人工防雷的社会和经济效益;
- (5) 加大人影科研投入,积极总结实践经验,根据不同雹云合理使用炮弹,进一步提高作业能力。

基金项目

新疆自治区农办“天山沃土”项目资助。

参考文献

- [1] 史莲梅,赵志鹏,王旭. 1961~2014 年新疆冰雹灾害时空分布特征[J]. 冰川冻土, 2015, 37(4): 898-904.
- [2] 蒲云锦,韩春光,郭襄. 新疆雷暴气候分析及雷灾防护[C]//中国气象学会. 第 28 届中国气象学会年会. 北京, 2011: 1-6.
- [3] 王静娟,杨军民. 温泉雷暴天气统计分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2007, 1(3): 57-59.
- [4] 刘辉,朱蓉惠. 石河子地区农业生产中人工防雷工作方法及对策[J]. 现代农业科技, 2018(17): 213, 215.