

聊城市春季人工增雨作业条件分析

宁瑞斌 (聊城市气象局, 山东 聊城 252060)

摘要: 利用聊城市 2004 ~ 2006 年春季人工增雨作业的雷达回波资料和实况资料, 运用统计和对比的方法, 对 13 次高炮和火箭人工增雨的作业云系、作业时机、作业部位以及催化剂量的选择进行综合分析。结果表明: 聊城市高炮、火箭人工增雨的作业以混合云和层状云为主要目标云系, 层状云作业效率最高, 可达 80.5%。层状云系作业部位应选在 0 层亮带以上。混合云系应选在强回波区附近。选择催化时机, 层状云应在云顶高度 6 km, 回波强度 25 dBz; 混合云云顶高度 7.5 km, 回波强度 35 dBz 为宜。1 次层状云人工增雨过程在有效作业时段内, 1 个作业点炮弹以 30 ~ 40 发效果较好, 火箭弹 2 ~ 4 枚为宜。

关键词: 高炮; 火箭; 人工增雨; 作业分析

中图分类号: P481 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-1631 (2009) 02-0075-02

Analysis of Operational Conditions of Spring Artificial Precipitation in Liaocheng

N NG Rui-bin (Liaocheng Meteorological Bureau, Liaocheng 252060, China)

Abstract: On the basis of the radar echo and recording data of spring artificial precipitation in Liaocheng from 2004 to 2006, using the methods of statistics and comparison, the selection of anti-aircraft gun, operational conditions, occasions and location of rocket artificial rainfall and quantity of catalyst were analyzed comprehensively. The results showed that the mixed cloud and stratiform cloud were the main objective cloud, and the operation efficiency of stratiform cloud was the highest (80.5%). The stratiform cloud seeding location was above the 0-level bright zone, and the mixed cloud seeding location was near the severe echo vault region. The operational occasions of stratiform cloud were that the height of cloud top 6 km and echo intensity 25 dBz, and the operational occasions of mixed cloud were that the height of cloud top 7.5 km and echo intensity 35 dBz. In the effectual time of artificial precipitation enhancement operation of a stratiform-cloud, the suitable quantities of anti-aircraft gun were from 30 to 40 or the rocket projectiles were from 2 to 4 in an operational place.

Key words: Anti-aircraft gun; Rocket; Artificial precipitation; Analysis of operation

聊城市属干旱多发区, 近几年旱灾连续发生, 年均受旱面积近 1.33 万 hm^2 。自 1997 年以来聊城市积极开展人工增雨工作, 取得了良好的经济和社会效益。目前拥有 37 高炮 69 门, 火箭发射架 6 部。对 2004 ~ 2006 年 13 次大范围高炮和火箭人工增雨作业进行统计, 共发射人工增雨炮弹 2 692 发, 火箭弹 43 枚, 在缓解旱情、保护生态环境和防灾、减灾等方面发挥了重要作用。作业实践证明, 选择有利的作业地点、作业云系、作业时机、作业部位及催化剂量是高炮和火箭人工增雨成功的关键。

1 作业地点的选择

选择好的作业地点是人工增雨取得成功的重要条件。作业地点前方要求开阔, 避免有阻挡, 便于观测云状演变, 正确判断作业时机。

1.1 选择有利于云系移来和发展的地区

对流云是由于地面受热不均匀、中小尺度的流场辐

收稿日期: 2008-12-13

作者简介: 宁瑞斌 (1975 -), 女, 山东聊城人, 技术员, 主要从事人工影响天气工作。

合或地形的动力抬升作用而形成和发展起来的。聊城市位于华北平原南部, 地形平坦开阔, 下垫面较为单一。根据雷达回波资料分析, 13 次人工增雨作业中, 对流云及由对流云演变的混合云增雨作业 7 次, 约占 54%。增雨作业的对流云系主要有 3 条路径: 从石家庄、邯郸方向进入; 从西南方向在莘县、阳谷进入; 从东南方向经东阿入境。

1.2 设在主要旱区的上风方

3 a 中通过 65 个作业点降雨量统计分析, 作业后作业点附近和下风方雨量明显偏大。作业点雨量超过 10 mm 的有 12 个, 而下风方超过 10 mm 的有 38 个, 30 mm 以上的有 32 个点, 40 mm 以上的有 6 个点, 有 8 个点不足 10 mm。可见, 为了更好地发挥人工增雨的效益, 作业地点应设在旱区的上风方。

2 作业云系的选择

大面积高炮、火箭人工增雨作业的主要对象是层状云和混合云。聊城市作业时段主要集中在 4 ~ 6 月。根据增雨作业实践以及雷达资料分析, 适合聊城市人工增雨的云系有以下几类:

2.1 结构均匀稳定的层状云

层状云是由于天气扰动造成的大范围空气抬升而形成的降水性云系。其水平范围宽广，持续时间长，云层稳定，云内上升气流小，顶部平坦。13次增雨资料统计结果表明，有4次降水出现中到大雨，作业效果最好。

2.2 混合云

混合云是由对流云和层状云混合存在的降水云系。由于对流云积聚所产生的下沉气流消耗了部分不稳定能量，抑制了对流云的发展，逐渐向层状云转化，因而能促使降水量增大和持久，有利于增雨作业。

2.3 发展阶段的对流云

处于发展阶段的对流云，回波顶高5~8 km，作业效果较好；回波顶高<4 km时，说明云系发展不够旺盛，回波顶高>10 km时，云体已发展到晚期，此时作业均收不到好的效果。从表1可看出，在作业云系中以层状云系作业效果最好，其次是混合云。而对流云由于持续时间短、移速快、范围小，作业效果一般。

表1 人工增雨作业云系的比较
Table 1 Comparison of operation cloud of artificial precipitation

作业云系	作业次数 (次)	有效次数 (次)	有效率 (%)
层状云	6	5	83.3
混合云	4	3	75.0
对流云	3	2	66.7
合计	13	10	76.9

3 作业时机和部位的选择

3.1 催化部位

催化部位的选择是人工增雨成功的关键。高炮和火箭人工增雨作业的部位应在云中0 以上的负温度区，且要求把AgI播撒在含水量和上升气流比较大的区间。具体作业时应在雷达指挥下确定催化部位，在713雷达回波图上，层状云的作业部位应选在0 层亮带以上，混合云应选在强回波区附近。

3.2 催化时机

人工增雨催化时机的掌握直接影响到增雨效果。实践中层状云作业机会较多，云顶高度6 km、回波强度25 dBz时作业为宜；混合云是有对流云和层状云同时存在的降水性云系，作业时机掌握在云顶高度7.5 km、回波强度35 dBz时为宜。

2006年5月4日组织8个县（市）进行增雨作业，发射炮弹224发、火箭弹2枚，作业时间为20:05~23:10。雷达观测表明，雷达回波变化十分明显。19:30为破碎的层状云回波，且零散回波较多，强度也较弱。19:56以后，回波演变为结构稳定、密集的层状云降水回波，其范围广，云体厚而均匀，适当抬高天线仰角，可在PPI上看到0 层亮环，对应的RHI上有0 层亮带出现，0 层高度为4.8 km，云顶高度为6.4 km，强度达43.5 dBz。20:05首次作业后，回波

强度、顶高增大，这时东昌府、临清和高唐等县（市）也先后进行作业，回波降水区逐渐扩大，回波强度达45.0~55.0 dBz。受自然降水和人工增雨共同影响，作业区普降中到大雨，局部暴雨，聊城市各县平均降雨量39.2 mm，比邻近地市多8~10 mm。从雷达回波和作业情况看，作业部位在层状云回波0 层亮带4.5 km，云顶高度6 km，说明此次作业时机和部位选择准确，所以作业后增雨效果比较明显。

4 作业技术方法

4.1 催化剂量

从2004~2006年3a的作业情况分析来看，1次层状云人工增雨过程在有效作业时段内，1个作业点发射炮弹以30~40发效果较好，火箭弹以2~4枚为宜。混合云可根据云体的发展程度及云体大小、回波强弱适当调整。

4.2 最佳发射角与射击方式

根据雷达回波资料，参照高炮、火箭性能参数以及高空风向等，灵活掌握高炮、火箭的播撒高度和影响范围，使催化剂播撒在云中最佳核化高度。通常采取分批催化的方法，作业仰角应处于45°~65°射角范围，最佳仰角为55°。对不同的催化对象应采取不同的射击组合方式。对层状云，高炮多采用同心圆或水平射击组合方式；对流云，则常采取前倾或垂直梯度射击组合。火箭发射的方位束宽比较大，视云系演变的具体范围而定。

5 结语

(1) 聊城市高炮、火箭人工增雨作业多以层状云和混合云为主。雷达回波上，层状云作业部位应选在0 层亮带以上，混合云应选在强回波区附近。

(2) 层状云催化时机应选择云顶高度6 km、回波强度25 dBz，混合云在云顶高度7.5 km，回波强度35 dBz时作业为宜。最佳作业仰角为55°。

(3) 1次层状云人工增雨作业在有效作业时段内，1个作业点以发射炮弹30~40发、火箭弹2~4枚为宜，也可根据有利云系适当调整。

(4) 新型增雨防雹火箭作业系统比高炮具有成核率高、催化剂量大、发射高度高和射程远等优势，在增雨作业中，较高炮效果明显。

参考文献：

[1] 中国气象局. 人工影响天气岗位培训教材 [M]. 北京：气象出版社，2003. 44 - 85.
[2] 张新华，杨士恩，冯彩波. 聊城市春季人工增雨作业天气条件分析 [J]. 河北农业科学，2008，12（4）：92 - 93.
[3] 栗惠玲，裴巨才，卢玩顺，等. 山西春季有利人工增雨作业的天气气候条件分析 [J]. 山西气象，1997，（3）：21 - 37.