

文章编号: 1006-4354 (2006) 02-0024-03

# 渭南市高炮火箭人工增雨作业分析

张丽娟, 李秀琳, 刘 瑜

(渭南市气象局, 陕西渭南 714000)

**摘要:** 利用渭南市 2001—2004 年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、火箭人工增雨作业云系、作业时机、部位以及催化剂量的选择进行综合分析。总结出渭南市高炮、火箭人工增雨的作业技术要点: 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 83.3%; 层状云系作业部位应选在 0°C 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  $\geq 6$  km, 回波强度  $\geq 25$  dBz, 混合云云顶高度  $\geq 7.5$  km, 回波强度  $\geq 35$  dBz 为宜; 一次过程, 一个作业点炮弹以 40 发左右效果较好, 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:** P482

**文献标识码:** A

渭南是干旱多发区, 近几年, 旱灾连续发生, 年均受旱面积近 17 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。渭南市人影办利用高炮和火箭积极开展人工增雨工作, 开发空中水资源, 有效缓解了旱情。2001—2004 年进行了 13 次大范围高炮、火箭人工增雨作业, 发射人工增雨炮弹 2 692 发, 火箭弹 141 枚。为增加水库蓄水量, 缓解旱情, 保护生态环境, 防灾减灾等方面发挥了重要的作用。多次增雨作业实践证明, 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、火箭人工增雨成功的关键。

## 1 作业地点的选取

作业地点选择的好坏, 是人工增雨能否取得成功的重要条件。作业地点前方要求开阔, 避免有大山阻挡, 最好设在前方喇叭口的地势上, 以利于云系的移动发展, 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

对流云是地面受热不均匀、中小尺度的流场辐合或地形的动力抬升作用形成和发展起来的, 渭南市位于关中平原东部, 南依秦岭、华山, 北

为台塬沟壑, 东宽西窄, 地形平坦开阔, 呈低地喇叭口地形, 其间有洛河、渭河、黄河贯穿全境。喇叭口地形的狭管效应和山坡台塬的地面抬升作用是渭南对流的云发生的重要因素。

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三条路径: 一是从延安西南部的黄陵、宜君、铜川等地, 沿洛河、白水河、石川河进入富平、白水、蒲城; 二是从延安东南部的黄龙山及黄河西侧沿大峪河及黄河西侧进入澄城、合阳、韩城; 三是从秦岭北坡、蓝田等地沿渭河进入临渭、华县、华阴及潼关。这三条路径产生的对流云系, 移动路径与主要河流走向一致, 据此布局设防高炮、火箭作业点, 效果更好。

### 1.2 设在主要旱区的上风方

4 a 中通过 42 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 6 个, 而下风方超过 10 mm 的有 28 个, 占 80%, 其中 30 mm 以上的有 26 个点, 40 mm 以上的有 4 个点, 有 8 个点不足 10 mm (见表

收稿日期: 2005-10-11

作者简介: 张丽娟 (1975-), 女, 陕西白水人, 助理工程师, 主要从事人影指挥工作。

1)。可见,为了更好的发挥人工增雨的效益,作业地点应设在旱区的上风方。

表1 人工增雨作业云系的比较

作业云系	作业次数	有效次数	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%

## 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,渭南市作业时段主要集中在6、7、8月。根据增雨作业实践以及雷达资料分析,适合渭南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。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。据13次增雨资料统计,有5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,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5~9 km,作业效果较好。若回波顶高<4 km时,说明云系发展不够旺盛,或回波顶高>10 km,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。

## 3 作业时机、部位的选择

### 3.1 催化部位

催化部位的选择是人工增雨成败的关键。高炮、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<sup>[2]</sup>。具体作业时应在雷达指挥

下确定催化部位,在711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,应在云顶高度 $\geq 6$  km,回波强度 $\geq 25$  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,作业时机应掌握在云顶高度 $\geq 7.5$  km,回波强度 $\geq 35$  dBz时为宜。

2003-06-22组织渭北8个县(市)进行增雨作业,消耗炮弹205发,火箭弹23枚。作业时间03:05—06:40。雷达观测表明,6月22日,雷达回波变化十分明显,01:30为破碎的层状云回波,且零散回波较多,强度也较弱;02:56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4.5 km,云顶高度为6.4 km,强度达43.5 dBz。03:05临渭区首次作业后,回波强度、顶高增大,这时富平、蒲城等县(市)也先后进行作业,回波降水区逐渐扩大,回波强度达60.0~65.0 dBz,受自然降水和人工增雨共同影响,作业区普降中一大雨,局地暴雨,全市各县平均降雨量37.3 mm,比邻近地市偏多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以上,云顶高度6 km以上,说明这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4a的作业情况分析来看,一次层状云人工增雨过程,在有效作业时段内,一个作业点炮弹以40发左右效果较好,火箭弹2~4枚为宜。用弹量太多又会造成资金浪费,用弹量太少,增雨效果不佳。混合云可根据云体的发展程度及云体的大小、回波的强弱适当调整。

### 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,高空风向等,灵活掌握高炮、火箭的播撒高

文章编号: 1006-4354 (2006) 02-0026-03

# 坡面雨量的风力敏感性分析

张后发<sup>1</sup>, 徐世有<sup>1</sup>, 严红梅<sup>2</sup>

(1. 商南县气象局, 陕西商南 726300; 2. 洛南县气象局, 陕西洛南 726100)

**摘 要:** 运用伯努利方程和斯托克斯公式得出风压下雨滴下落偏离垂直方向的角度。比较了迎风坡与背风坡雨量和雨强的相对大小。结果表明: 风力使正圆球形雨滴下落时运动状态改变的幅度随半径增大而增加。迎风坡雨量和雨强在雨滴下落方向垂直于坡面时最大, 背风坡雨量和雨强随坡度和风力的增大而逐渐减小。在不考虑气流爬坡作用和“背风波”时, 迎风坡雨量和雨强明显比背风坡大。坡度愈大, 风力愈强, 背风坡雨量和雨强偏小愈显著。迎风坡雨量偏小的情况, 仅出现在风力较大, 且坡度较缓(一般小于 $25^\circ$ )的坡面。分析商南县长、短历时暴雨伴风情况, 发现西坡发生山洪、泥石流的几率增多, 而东南坡发生滑坡、塌方的危险性加大。

**关键词:** 坡面雨量; 风力; 敏感性

**中图分类号:** P426.61

**文献标识码:** A

大量的观测事实证明, 迎风坡较背风坡降水量明显偏多<sup>[1]</sup>, 从而因坡向不同, 有“干坡”和“雨坡”之称。灾情调查也发现, 受灾程度沿坡向有显著的变化<sup>[2]</sup>。过去, 人们大多是通过多种天气尺度, 并突出地形的作用来分析这种现象, 对风

力的影响重视不够。在风力作用下, 坡面雨量分布发生了较大的变化。这虽然是简单明了的自然现象, 但由于山区风场结构较为复杂, 常规观测方法又不能反映这种变化, 给研究工作带来一定困难。在一些假定条件下, 通过雨滴下落方向与

**收稿日期:** 2005-10-11

**作者简介:** 张后发 (1965-), 男, 陕西商南人, 工程师, 从事地面气象观测工作。

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 $45^\circ \sim 65^\circ$ 射角范围, 最佳仰角为 $55^\circ$ 。

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 小结

5.1 渭南市高炮、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 $0^\circ\text{C}$ 层亮带以上, 混合云应选在强回波区附近。

5.2 层状云催化时机, 应选择云顶高度 $\geq 6$  km, 回波强度 $\geq 25$  dBz; 混合云在云顶高度 $\geq 7.5$

km, 回波强度 $\geq 35$  dBz 时作业为宜。作业仰角以 $55^\circ$ 为最佳。

5.3 一次层状云人工增雨作业, 在有效作业时段内, 一个作业点以炮弹 40 发左右、火箭弹 2~4 枚为宜, 也可根据有利云系适当调整增加。

5.4 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、射程远等优势, 在增雨作业中, 建议逐步用火箭代替高炮。

## 参考文献:

- [1] 刘栓利, 贾金海. 渭南市人工影响天气事业发展的思考 [J]. 陕西气象, 2002 (增刊): 44.
- [2] 刘士亮, 齐麟, 王鹰, 等. 延安地区人工增雨防雹应用技术 [M]. 北京: 气象出版社, 1996.