

文章编号: 1006-4354 (2007) 02-0026-03

渭南市人工增雨作业技术指标与判据

李秀琳, 贾金海, 张永红, 张丽娟, 刘 瑜, 宋永涛

(渭南市气象局, 陕西渭南 714000)

摘 要: 利用渭南市 1997—2006 年 10 a 46 次人工增雨过程的 711 雷达回波、天气形势、地面观测、实况等资料, 结合近 2 a 的多普勒雷达产品资料进行统计、对比、分析, 得出渭南市高炮火箭人工增雨作业技术指标和判据。西风槽是主要影响天气系统; 增雨时段 2—9 月, 以 3—7 月为主; 作业主要云系为层状云、对流云和混合云; 首次分析出层状云 0℃ 层亮带变化规律, 强度 20~35 dBz, 厚度 0.3~0.5 km, 亮带高度随季节变化; 根据不同云系的回波判据确定作业时机、部位、方式及用弹量; 回波的移向移速也是确定作业时机的重要判据; 得出多普勒雷达产品在人工增雨应用中的简易指标。

关键词: 人工增雨; 技术指标; 渭南市

中图分类号: P481

文献标识码: A

1 资料来源及统计方法

利用 1997—2006 年 10 a 46 次增雨过程的 711 雷达回波、天气形势、地面观测资料、实况资料、2005—2006 多普勒雷达产品进行统计、对比、分析, 按不同季节、不同云系发展演变趋势归类, 针对春季 (3—5 月)、夏季 (6—8 月)、秋季 (9—11 月)、冬季 (12—2 月) 不同性质云系的雷达回波, 结合外场作业实践, 分析得出适合渭南市火

箭高炮人工增雨作业的各类技术指标和判据。

2 适宜开展人工增雨的最佳时段

渭南市 ≥ 5.0 mm 降水年平均日数主要出现在 2—11 月, 3—11 月比较集中。渭南市 1997—2006 年人工增雨作业时间在 1—9 月, 以春季和夏季为主, 46 次增雨两个例中 3—7 月有 38 例, 占增雨总数 81%; 1 月以人工增雪为主; 夏末初秋也不多, 只有 4 例。因此, 适合渭南市最适宜的

收稿日期: 2006-11-06

作者简介: 李秀琳 (1968-), 女, 青海民和人, 工程师, 从事人工影响天气业务管理。

聚集的大量不稳定能量来不及向高层和四周扩散, 高层动量的快速下传并在低层小扰动 (切变或辐合) 的触发下, 形成对流不稳定层结, 激发所聚集的大量不稳定能量突然释放, 导致冰雹的天气发生。降雹日当天 08 时 3 个指标站 (延安、西安、平凉) $t_{500} \leq -8^\circ\text{C}$ 并且 $\Delta t_{(500-850)} \leq -22^\circ\text{C}$ 。上、下层的温差越大, 热力对流越易发生。

5 小结

5.1 渭南市冰雹 4—9 月最多, 其中 5—8 月为高峰期; 受地形影响, 地理分布主要集中在北部、西北及东北部。

5.2 西北气流天气形势下冰雹天气发生的概率人工增雨作业时段为 2—9 月, 以 3—7 月为主。

最大, 低涡引发的冰雹天气的概率次之, 低槽形势下发生冰雹的概率仅次于低涡型。

5.3 降雹区的大气层结呈明显的对流不稳定, K 指数及 S 指数对降雹天气的预报有很好的预示作用。降雹区一般发生在 K 值正值区、 S 负值区内。

5.4 高层冷平流、低层暖平流使区域内大气层结形成不稳定, 低层较强暖平流还使得低层增温明显, 为强对流天气的产生提供了能量条件。

参考文献:

- [1] 胡淑兰, 武麦凤, 王旭仙, 等. 关中东部连续性冰雹特征分析[J]. 高原气象, 2006, 25(1): 159-162.

3 有利于增雨的天气形势

春季多为西风带系统,如低槽、切变线等。500 hPa、700 hPa 低值系统比较强,高空低槽东移;地面有冷空气配合,一般为倒槽;云层比较厚。如1998年3月31日、1999年3月17日等。

夏季西太平洋副热带高压和西风槽影响明显。500 hPa 中纬度东高西低形势、高原中部为低槽,槽前有西南气流发展,副高 588 dagpm 线位于 35°N 附近;700 hPa 高原有低涡,副高东退。如1997年7月4日、2006年6月21日等。

秋季高原槽和西风槽系统影响明显。500 hPa 高原槽东移;700 hPa 小槽分裂东移,西南气流明显;高低空配合较好,为稳定形势。如1997年9月23日、1999年9月18日。

冬季多为西风槽系统。500 hPa 图上,中纬度地区为平直西风气流控制;700 hPa 有偏南风发展,且有切变;地面有倒槽发展,云层比较稳定。如2002年2月26日,2006年1月19日。通过分析,西风槽是影响渭南市人工增雨作业的主要天气系统,其次是低涡、切变线、西太平洋副热带高压等天气系统。

4 711 雷达回波判据

统计1997—2006年渭南市高炮火箭增雨的各种云系,主要为层状云、混合云和对流云。层状云降水连续均匀,降水性质稳定,持续时间较长,适宜大范围人工增雨;混合云即层状云中嵌有积状云,两者共同作用产生降水且以层状云降水为主,比单纯层状云降水强度大,增雨潜力大;对流云降水持续时间短、强度大、局地性强,适合夏季高炮火箭人工增雨作业。

由表1可看出,层状云增雨虽然四季都有,但

表1 渭南市1997—2006年人工增雨作业云系情况 次

作业云系	春季	夏季	秋季	冬季	合计	比例/%
层状云	15	8	2	5	30	65
混合云	2	4			6	13
对流云	5	5			10	22
合计	22	17	2	5	46	

主要集中在春季和夏季,对流云和混合云增雨主要集中在春末夏初。因此渭南市人工增雨作业主

要针对春旱和夏旱,且主要以层状云为主。

4.1 层状云回波判据

适合渭南市人工增雨的层状云系结构为 Cs-As-Ns-Fn、Cs-As-Sc,实施作业的层状云主要是蔽光高层云(As op)或雨层云(Ns)。

在PPI上层状云降水回波表现为大范围、长时间维持的均匀片状回波,边缘模糊发毛,云层结构密实,强度弱而均匀,范围>30 km;回波强度春季≥25 dBz,夏季≥30 dBz,秋季≥25 dBz,冬季≥20 dBz。

RHI上层状云回波结构较均匀,顶部平坦,有时顶部微有起伏,垂直高度5.8~7.5 km,回波顶平均高度6.1 km。回波明显倾斜呈迎风红旗状,前沿远离雷达方向,表明云层持续稳定发展。

0℃层亮带是层状云连续性降水的重要特征,亮带的出现表示层状云降水的气流稳定,无明显对流活动。0℃层亮带在PPI上为由不同强度层组成的环状回波,有封闭圆环状和不封闭的半圆状。RHI表现为某一高度上强度较强的呈水平分布的回波带。

1997—2006年,16次层状云增雨有0℃层亮带,强度为20~35 dBz,厚度0.3~0.5 km,高度随季节变化,春季偏低,夏季逐渐升高,秋季下降但高于春季,冬季最低。

4.2 混合云回波判据

PPI上表现为大片均匀片状回波中夹杂着一个强度较强的回波团(对流泡),强度25~35 dBz,局部可达45 dBz以上,结构呈片絮状。

RHI上看,在较平坦的回波顶耸立着一个个柱状对流回波单体,其垂直高度达7~8 km,最高可达9~11 km。此类回波可造成大范围中到大雨,有时局部有暴雨。

4.3 对流云回波判据

多单体合并对流云在生命史、回波高度、强度、尺度等方面都超过单体对流云,液态水总含量大,自然降水条件和人工影响潜力都优于单体对流云,处于发展阶段的积雨云(Cb)、浓积云(Cu)在加强合并过程中有利人工增雨作业。

PPI上对流性回波的主要特点是回波强度大,强中心回波强度>40 dBz,块状结构明显,层

次清晰, 最强可达 70 dBz。

RHI 上垂直发展旺盛, 通常回波顶高 > 9 km, 回波个体分明, 发展迅速, 生命史很短。

4.4 回波的移向、移速

发展成熟期的均匀片状回波稳定少变或缓慢向东南移动, 移速 ≤ 10 km/h, 此时作业效果最佳, 当移速加快, > 20 km/h 时回波趋于消散; 发展旺盛的块状回波由西北向东南移动, 移速 ≤ 20 km/h 时, 有利于催化作业; 移速为 20~30 km/h 甚至更快时, 不利于捕捉战机。

5 多普勒雷达回波判据

多普勒雷达产品资料获取较难, 统计 2005—2006 年 5 次层状云增雨的多普勒雷达产品资料, 结合作业实际发现, 密集均匀的层状云在基本反射率因子 ≥ 30 dBz, 高度 > 5 km, 移速 ≤ 15 m/s, 速度场上零速度线呈 S 型弯曲, 有风速辐合和垂直风切变时增雨效果最佳。选择辐合发展期为作业最佳时机, 辐合最强区域为作业最佳部位。

6 作业技术指标

6.1 最佳作业时机和作业部位

6.1.1 层状云 云层发展旺盛阶段, 回波呈波浪式的高峰期, 云顶高度 > 6.0 km, 回波强度 ≥ 25 dBz 时作业为宜, 作业部位在 0°C 层高度以上。

6.1.2 对流云 发展的对流云回波顶高 5~9 km, 强度 > 40 dBz, 适时、适度的作业, 可获得明显的增雨效果; 应在强回波区播撒, 对应 45 dBz 高度以上。作业点选择视野开阔, 易发生对流云或对流云经过的区域。独立的积雨云、移速快的浓积云和减弱衰亡阶段的对流云, 不利增雨作业。

6.1.3 混合云 当其中的积状云发展旺盛时, 针对云顶高度 ≥ 7.5 km, 回波强度 ≥ 35 dBz 的较强回波团作业。降水过程中层状云和混合云降水可以互相转换, 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, 可按降水性质的转换为作业人员提供不同的回波资料, 视不同高度进行催化。

6.2 用弹量及射击方法

6.2.1 层状云 范围较大, 稳定少动, 采用分散

作业的方式, 分时段对空发射, 一次发射炮弹 40 发左右, 火箭弹 2 枚。炮弹 300 发以上, 火箭弹 6 枚以上效果较好。发射仰角根据 0°C 层高度和射界民居情况确定, 高炮发射仰角 60° 左右, 火箭发射仰角 $50^\circ\sim 55^\circ$ 。采用平面射击组合, 同心圆射击组合, 扇形点射或几种射击交叉组合。

6.2.2 对流云 对多单体对流云中的单体对流云一次发射 1~2 枚火箭弹, 炮弹 20~30 发, 分批、分时发射, 发射仰角 $55^\circ\sim 75^\circ$ 为宜。积雨云 (Cb) 采用前倾梯度射击组合, 浓积云 (Cu) 采用垂直梯度射击组合或立体交叉分布射击。

6.2.3 混合云 一次发射高炮用弹量 20 发、火箭用弹量 3 枚左右, 高炮发射仰角 $55^\circ\sim 75^\circ$, 火箭发射仰角 $55^\circ\sim 65^\circ$ 为宜, 根据降水性质采用各种射击组合立体交叉分布射击。

7 结论

7.1 西风槽系统是影响渭南市人工增雨作业的主要天气系统。

7.2 最佳作业时段 2—9 月, 以 3—7 月为主, 主要针对春旱和夏旱时节, 以层状云作业为主。

7.3 0°C 层亮带强度 20~35 dBz, 厚度 0.3~0.5 km, 高度则随季节变化, 夏季高于秋季, 秋季高于春季, 冬季最低。

7.4 稳定少动、缓慢东移或移速 ≤ 10 km/h 的层状云, 及发展旺盛的块状回波由西北向东南移动, 移速 ≤ 20 km/h 时, 有利于催化作业。

7.5 作业时机和部位: 层状云云顶高度 > 6.0 km, 回波强度 ≥ 25 dBz 时作业为宜, 作业部位在 0°C 层高度以上; 发展中的对流云, 回波顶高 5~9 km, 强度 > 40 dBz 的强回波区播撒催化; 混合云云顶高度 ≥ 7.5 km, 回波强度 ≥ 35 dBz 时作业效果最佳。在多普勒雷达产品中选择辐合发展期为作业最佳时机, 辐合最强区域为作业最佳部位。

7.6 层状云采用分散作业方式, 分时段对空发射, 一次发射炮弹 40 发左右, 火箭弹 2 枚, 高炮发射仰角在 60° 左右, 火箭发射仰角 $50\sim 55^\circ$; 多单体对流云一次发射 1~2 枚火箭弹, 炮弹 20~30 发, 分批、分时发射, 仰角 $55^\circ\sim 75^\circ$ 。