

# 禄劝县春季人工增雨作业条件指标研究

朱敏 杨航 张钰彬 角述峰

(云南省禄劝彝族苗族自治县气象局, 云南 昆明 651500)

**摘要** 为了提高禄劝县春季抗旱能力、库塘蓄水量和人工增雨作业效率, 本文通过统计、对比分析 2019 年至 2021 年春季(3月~5月)94次人工增雨作业记录、12小时雨量值和昆明市多普勒天气雷达常用产品作业前后特征变化, 得出禄劝县春季人工增雨作业判别指标为: 当雷达回波组合反射率 $\geq 18\text{dBz}$ 、回波顶高 $\geq 4\text{km}$ 、回波总面积 $\geq 800\text{km}^2$ 、回波稳定少动并且有辐合特征或者零速度线呈现出“S”型时, 开展人工增雨作业会有一些的效果; 当雷达回波组合反射率 $\geq 27\text{dBz}$ 而 $\leq 50\text{dBz}$ 、回波顶高 $\geq 7\text{km}$ 、大于 $25\text{dBz}$ 的回波面积 $\geq 40\text{km}^2$ 时, 开展人工增雨作业将会有较明显的效果。

**关键词** 禄劝 春季 人工增雨 判别指标

中图分类号: P481

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)09-0115-03

禄劝县属于云南省, 整个地区具备多种地形和气候现象, 因为禄劝县有着北大门的称号因此也彰显了其独特的地理位置, 禄劝县地域辽阔, 其中用于种植农作物的田地面积比其他经济类行业面积占地都要大, 所以禄劝县的气象变化受到人们的广泛关注, 也是禄劝县气象部门最为努力研究进步的一个服务方向。禄劝县整体的气候特点为干湿分明, 处于北亚热带季风气候区。禄劝县的夏天和秋天降雨量占全年的比例最多, 从每年的6月份开始到10月份之间的降雨量做统计。干旱的气象状况往往发生在禄劝县每年的冬天和春天两个季节, 从每年的11月份开始到来年5月份之间的降雨量做统计。因为气流原因, 禄劝县每年的干旱灾害都会发生, 年平均降水量 $940.7\text{mm}$ , 大部分的降水贡献都是夏秋两季, 接近百分之九十, 也因此冬春两季干旱十分严重, 禄劝县有必要加强开展人工增雨缓解干旱灾情。

我国改革开放以来, 对气象事业的重视度不断提高, 我国气象方面的专家群体都不断地研究国内外气象学发展资料和展开相关的人工影响天气实验, 经过这几十年来地共同努力, 我国的人工影响天气技术获得了不错的成果。具体来讲, 我们国家的李红斌等专家学者经过资料查询和研究, 最终得出了多种常见的人工增雨所需雷达回波零速度线特征, 通过参考分“S”型的雷达回波、“弓”型的雷达回波和速度不对称型的雷达回波, 能够清晰得出该区域的气象变特征, 方便开展人工增雨作业, 是很重要的人工增雨作业开展基础技术。<sup>[1-4]</sup>

现在的禄劝县气象部门已经开展了很多次人工增

雨作业, 其人工增雨作业的流程熟练度和成功概率都有了很大的提升。据调查显示, 目前禄劝县的固定人工增雨作业地点已经建设到了七个, 进行人工增雨作业的工具主要以火箭为主。只是当前的禄劝县人工增雨技术还不够完善, 技术和人员能力方面都有提升空间, 缺乏标准的参考标准, 新的人工增雨作业人员往往是延续着老职员的经验, 缺乏突破。

## 1 资料整理和方法思路

本文使用的资料为 2019 年至 2021 年春季(3月~5月)94次人工增雨作业记录、各增雨作业点人工测量 08:00~20:00、20:00~次日 08:00 雨量值和昆明市新一代多普勒天气雷达产品。人工增雨作业记录和雨量记录来源于禄劝县气象局人影作业记录, 雷达资料来源于昆明市气象局新一代多普勒天气雷达(CINRAD/CD)体扫数据, 在分析时选取: 组合反射率、回波顶高、径向速度、回波面积和云状作为作业判别指标分析因子。

通常情况下, 禄劝县春季降雨过程较少, 只要出现降雨情况都会积极开展增雨作业, 所以只要有 $0.0\text{mm}$ 的降雨量都认为是可以作业的。

## 2 禄劝县春季人工增雨作业雷达回波特征分析

### 2.1 云状特征分析

通过统计 2019 年至 2021 年春季(3月~5月)94次人工增雨作业情况与多普勒雷达资料时发现, 开展增雨作业的云系 53.2% 为混合云(50次)、41.5% 为层状云(39次)、5.3%(5次)为积云(如图1)。因此, 在实际的人工增雨作业时, 通常考虑在出现较大面积混合型云和层状云时进行人工增雨作业较为合适。

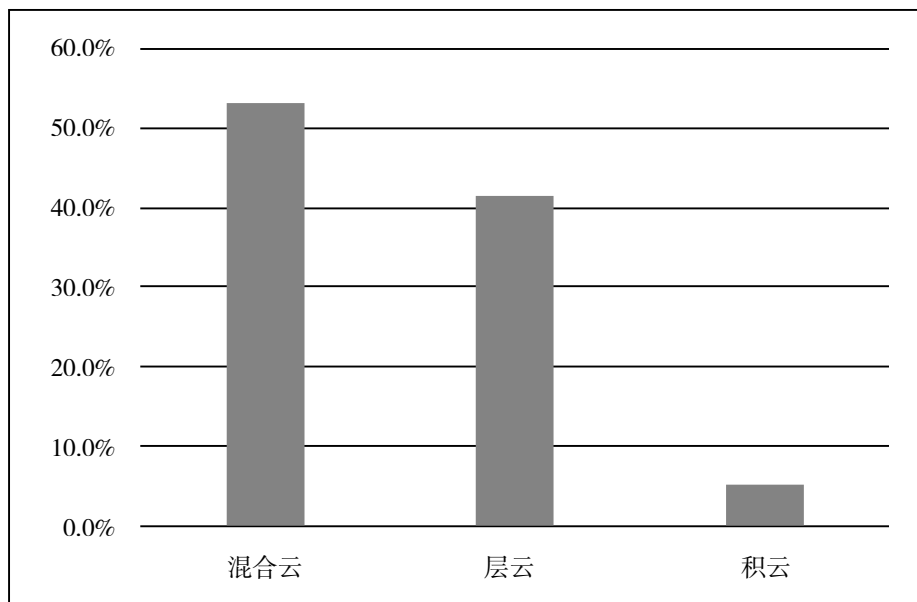


图1 94次人工增雨云系统计图

## 2.2 组合反射率特征分析

反射率是为了辨别干旱区域的上空积云量和大气风速湿度等，可以让工作人员直观地了解到干旱区域的降水率回波，包括预计降水可能性和降雨的趋势。<sup>[5-7]</sup>

从94次人工增雨作业的雷达回波组合反射率来看，组合反射率因子的值越大，降水量越大。94次增雨两个例的组合反射率因子均 $\geq 18\text{dBz}$ ，其平均值为 $27\text{dBz}$ ，而通过统计各次增雨两个例的雷达回波组合反射率强中心情况发现，其值均 $\leq 50\text{dBz}$ 。因此，在以后的实际春季人工增雨作业时，为了节约炮弹资源和提高增雨效果，在组合反射率因子上可以用 $18\text{dBz}$ 为界，而当组合反射率因子达 $27\text{dBz}$ 时，增雨效果可能会较为明显。

## 2.3 回波顶高特征分析

统计分析2019年至2021年春季(3月~5月)禄劝县94次人工增雨作业效果与回波顶高，结果表明：94次增雨作业个例的回波顶高均 $\geq 4\text{km}$ ，其平均值为 $7\text{km}$ ；当回波顶高 $\geq 6\text{km}$ 时，12小时雨量达中雨量级以上的情况占55.8%，当回波顶高 $\geq 7\text{km}$ 时，12小时雨量达中雨量级以上的情况占62.5%。因此，在实际的人工增雨作业情况下，主要考虑回波顶高在 $5\text{km}$ 以上，而回波顶高达 $7\text{km}$ 以上时增雨效果可能会较为明显。

## 2.4 回波面积特征分析

统计分析2019年至2021年春季(3月~5月)禄劝县94次人工增雨作业效果与回波面积大小的关系时发现，可增雨条件下的回波面积都较大( $\geq 800\text{km}^2$ )，而只有当组合反射率因子大于 $25\text{dBz}$ 的回波面积 $\geq 40\text{km}^2$ ，

才会普遍出现12小时雨量达中雨量级以上的情况。

## 2.5 径向速度特征分析

通过对2019年至2021年春季(3月~5月)禄劝县94次人工增雨作业时多普勒雷达速度场资料特征进行统计和分析，发现其主要特征有：

1. 回波多稳定少动，94次增雨作业的雷达回波速度均不大于 $5\text{m/s}$ 。
2. 有弱风速辐合区或者辐合系统。
3. 零速度线多呈现出“S”型特征。

## 3 增雨作业条件雷达回波判别指标

通过以上人工增雨效果与常用雷达参数的统计分析，得出了禄劝县春季人工增雨作业指标(表1)，以期能够为禄劝县春季抗旱蓄水增雨作业提供科学依据。

## 4 指标应用个例

2022年3月31日21:30~23:57，双化、水城河、神龙桥和十一电站4个点开展增雨作业4次，2022年5月26日21:25~21:49，宜岔、水城河、神龙桥和十一电站4个点开展增雨作业5次，作业指挥过程中均参考所得到的增雨作业雷达判别指标开展，作业后效果较好，12小时人工测量雨量均达中雨量级以上。具体作业时的各要素指标值见表2、表3。

## 5 结论

1. 本文通过统计、对比分析2019年至2021年春季(3月~5月)94次人工增雨作业记录、12小时雨量值和昆明市多普勒天气雷达常用产品作业前后特征变

表1 禄劝县春季(3月~5月)火箭增雨作业雷达判别指标

组合反射率因子 Z	回波顶高 H	总回波面积 S	> 25dBz 回波面积 S1	径向速度 V	作业与否	作业效果
$Z \geq 18\text{dBz}$	$H \geq 4\text{km}$	$S \geq 800\text{km}^2$	—	少动、有辐合特征或者零速度线呈现出正“S”型	可作业	有效果
$50\text{dBz} \geq Z \geq 27\text{dBz}$	$H \geq 7\text{km}$	—	$S1 \geq 40\text{km}^2$		可作业	效果较明显

表2 禄劝县 2022 年 3 月 31 日火箭增雨作业雷达回波特征

作业点	作业时间	20:00~08:00 雨量 (mm)	云状	组合反射率 (dBz)	回波顶高 (km)	总回波面积 (km <sup>2</sup> )	> 25dBz 回波面积 (km <sup>2</sup> )	径向速度特征
双化	21:37~21:39	16.5 (大雨)	层云	18	5	1300	50	零速度线有明显的“S”型特征, 移速不超过 5m/s
水城河	23:19~23:20	5.1 (中雨)	层云	18	4	900	0	
神龙桥	23:45~23:46	8.6 (中雨)	层云	18	4	1100	0	
十一电站	23:55~23:57	5.5 (中雨)	层云	19	4	1000	0	

表3 禄劝县 2022 年 5 月 26 日火箭增雨作业雷达回波特征

作业点	作业时间	20:00~08:00 雨量 (mm)	云状	组合反射率 (dBz)	回波顶高 (km)	总回波面积 (km <sup>2</sup> )	> 25dBz 回波面积 (km <sup>2</sup> )	径向速度特征
十一电站	21:25~21:26	32.3 (大雨)	混合云	24	9	4000	200	零速度线有明显的“S”型特征, 移速不超过 5m/s
宜岔	21:25~21:26	29.6 (大雨)	混合云	30	7	4000	200	
水城河	21:25~21:26	48.6 (大雨)	混合云	38	7	4000	200	
	21:47~21:49		混合云	30	8	4000	80	
神龙桥	21:40~21:42	19.6 (大雨)	混合云	21	9	4000	80	

化, 得出禄劝县春季人工增雨作业判别指标。但因指标应用的个例较少, 在今后的人工增雨作业指挥中还需进一步验证并加以修正。

2. 针对禄劝县春季(3月~5月)而言, 当雷达回波组合反射率 $\geq 18\text{dBz}$ 、回波顶高 $\geq 4\text{km}$ 、回波总面积 $\geq 800\text{km}^2$ 、回波稳定少动并且有辐合特征或者零速度线呈现出“S”型时, 开展人工增雨作业会有一定的效果; 当雷达回波组合反射率 $\geq 27\text{dBz}$ 而 $\leq 50\text{dBz}$ 、回波顶高 $\geq 7\text{km}$ 、大于25dBz的回波面积 $\geq 40\text{km}^2$ 时, 开展人工增雨作业将会有较明显的效果。

3. 多普勒天气雷达的相关产品在人工增雨作业中运用得充分合理, 再结合作业人员和指挥人员的主观经验, 就能够利用最好的自然播撒环境, 减少用弹量, 并提高增雨的效率。<sup>[8-11]</sup>

### 参考文献:

- [1] 李红斌, 何玉科, 姚展予, 等. 多普勒雷达速度场特征在人工增雨作业中的判据指标应用[J]. 气象, 2008, 34(06):102-106, 后插 2-3.
- [2] 李成鹏, 田云平. 多普勒天气雷达资料在人工增雨

中的应用[J]. 农业与技术, 2019, 39(09):125-127.

[3] 白婷, 黄毅梅, 樊奇. 河南一次降水天气过程人工增雨作业条件综合分析[J]. 气象, 2020, 46(12):1633-1640.

[4] 李琼, 唐林, 汪玲, 等. 雷达资料在湖南降水与降水效率特征分析中的应用[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(02):42-44.

[5] 俞小鼎, 姚秀萍. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 气象出版社, 2006.

[6] 王以琳, 姚展予, 林长城. 人工增雨作业前后不同高度雷达回波分析[J]. 干旱气象, 2018, 36(04):644-651.

[7] 索朗旺堆, 扎西顿珠, 小格桑卓玛, 等. 多普勒雷达资料在西藏地区增雨作业中的应用[J]. 南方农业, 2019, 13(18):159-161.

[8] 孙宝利, 孙可, 杨晓彤, 等. 阜新地区一次人工增雨作业过程分析[J]. 农业灾害研究, 2021, 11(05):88-92.

[9] 唐林, 张中波, 王治平. 湖南省夏秋干旱期人工增雨作业条件判别指标研究[C]//全国云降水与人工影响天气科学会议, 2008.

[10] 田广元. 辽宁人工增雨作业条件的研究[J]. 安徽农业科学, 2010(34):19649-19651.

[11] 孙可, 孙宝利, 刘继. 阜新市夏季人工增雨作业指标研究[J]. 吉林农业: 下半月, 2017(10):94-95.