

福建古田地区人工降水试验 效果的回波参量统计分析

林长城 高步云*

(福建省气象科学研究所)

提 要

本文根据1977—1978年、1980年和1982—1983年4—6月在古田试验区内观测的混合型云体的雷达回波资料,通过非参量性秩和检验方法,对非催化云和催化云作业后每隔10分钟的回波参量——最大回波顶高、雷达回波厚度、最大雷达回波强度——的演变以及它们之间的差异进行统计分析。结果表明:催化使得混合型云体的雷达回波厚度和最大雷达回波强度出现明显增厚、增强。

福建古田人工降水随机试验的地面雨量统计结果已表明:混合型云体(指在大片层状云中嵌有对流单体的云体)平均相对增雨26.44%,绝对增雨1.47(毫米/3小时)($\alpha < 0.025$)^[1]。以往对古田人工降水的效果检验主要侧重于对地面雨量资料的统计分析,而对用雷达观测所获取的云体回波资料作为效果分析的物理检验工作却比较少,重视对作业前后云体宏观变化的研究是人工降水效果分析中不可缺少的一个环节。

一、资料的选取和处理方法

古田人工降水随机试验的试验区地理分布见图1。试验区面积为14000km²,区内设置对比区和影响区,两区面积各为1500km²,作业点(石塔山)介于两区之间,用于跟踪观测作业云(指符合作业条件的降水性云体,其中包括非催化云和催化云)的711雷达位于作业点的东南方向。

试验单元取3小时时段。在一定程度上是为了避免试验单元之间污染。

根据天气预报、探空资料、雷达现场观测和事先规定的指标来测定试验单元,当

1983年5月24日收到,11月6日收到修改稿

*参加本文工作的还有刘峻、隋平、潘世芬

有降水系统移至试验区,由711雷达观测,凡在试验单元前半小时,作业点附近有回波顶高在5000米(层状云)或5500米(积状云、混合型云体)以上,过冷却层厚度在1000米以上,回波强度在中强以上,且500百帕高空风向介于 217° — 290° 就选作试验单元。

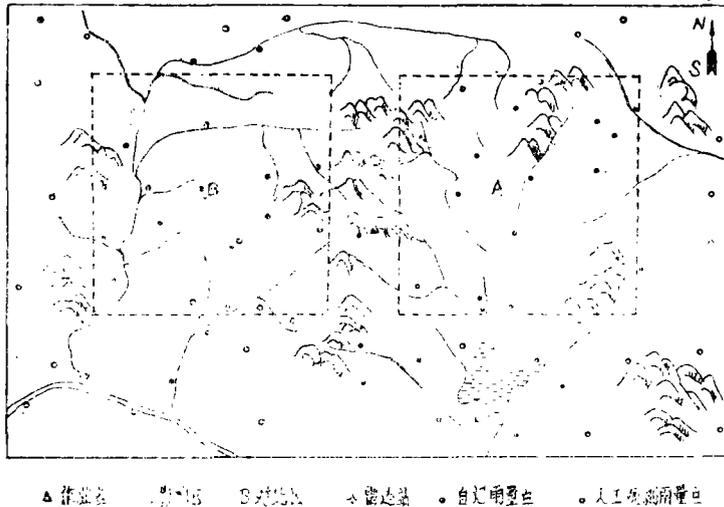


图1 试验区地理位置

播撒工具采用自制的小火箭和“三七”高炮携带介乙醛和碘化银入云^{[1][5]}。

自1977—1983年以来,对符合作业条件的混合型云体共进行80次的抽签作业,其中具有比较完整的回波观测资料54次(催化34次,非催化20次)。由于受雷达站周围地形的影响,每次观测只能取到作业点附近到影响区范围内的回波资料。因此,把作业前10分钟之内在作业点附近所观测的混合型云体的回波资料用来代表作业云作业前的情况。随后,自作业开始每隔10分钟左右连续跟踪观测作业云在作业后移动的变化情况,并把每次观测的回波资料作为该时段内的作业云变化情况,如果在该时段内出现漏测或作业云失踪、消失,就把这时段内资料按欠缺处理。

为了能够比较客观地反映作业云作业前后的宏观变化情况,特选取作业云的三个回波参量:最大回波顶高(简称回波顶高)、雷达回波厚度(简称回波厚度)、最大雷达回波强度(DBZ,简称回波强度)作为效果检验的判别依据。其中:回波顶高、回波厚度、回波强度分别取作业云在某10分钟内的最大回波顶高、最大回波顶高与底高之差、最大回波强度。

考虑到返回雷达天线的回波信号由于在途中受降水、距离和波束宽度等影响,需对上述参量作各项必要的衰减订正和误差订正^{[2][3]}。

二、统计结果和效果分析

1. 非催化云和催化云的回波参量均值随时间的分布

无论是非催化云或催化云,在作业前后几个时段内云体回波参量的分布比较离散,

为了对它们各自的变化规律有个大致的了解, 分别求出作业前后每10分钟回波参量的特征值, 结果见表1和图2。

表1

作业 时序 (分钟)	参 量 特 征 量 作 业 性 质	回波顶高(km)			回波厚度(km)			回波强度(DBZ)		
		样本	均值	方差	样本	均值	方差	样本	均值	方差
-10 } 0	非催化云	19	5.62	3.26	19	4.33	2.83	17	30.29	71.74
	催化云	34	6.25	2.73	31	5.04	2.38	28	26.45	26.76
0 } 10	非催化云	12	5.16	1.60	13	4.25	1.61	12	25.57	50.53
	催化云	23	6.13	2.97	20	4.77	3.24	14	27.68	27.45
10 } 20	非催化云	14	6.08	3.08	13	4.83	2.78	11	29.11	36.21
	催化云	25	6.44	2.37	24	5.46	2.33	24	26.58	26.78
20 } 30	非催化云	13	5.73	2.24	14	4.94	1.89	12	25.63	61.55
	催化云	27	6.00	3.59	26	5.03	4.07	19	25.49	31.97
30 } 40	非催化云	9	5.98	7.54	8	4.90	7.85	7	25.95	67.95
	催化云	20	6.38	3.40	19	5.72	3.33	15	27.52	32.07
40 } 50	非催化云	4	6.22	5.81	5	5.16	4.57	4	29.89	103.22
	催化云	15	6.07	3.54	13	5.22	4.43	10	29.00	54.40

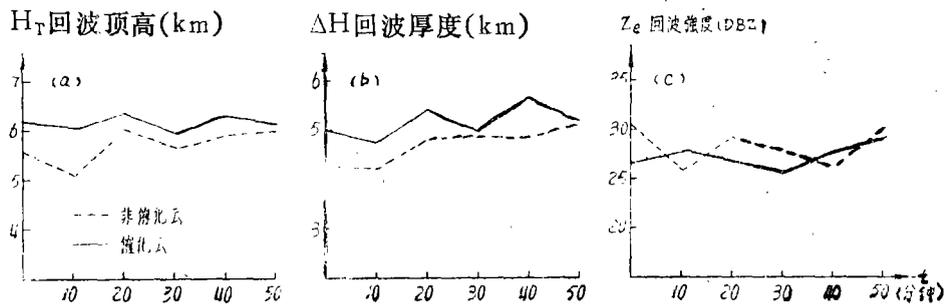


图 2

(1) 催化云的回波顶高偏高于非催化云, 催化云和非催化云的回波顶高一直处于波动状态, 非催化云的变化幅度大, 而催化云变化缓慢。

(2) 催化云的回波厚度偏厚于非催化云, 并且比非催化云变化激烈, 两者的回波厚度都有增厚的趋势。

(3) 催化云的回波强度除了在作业后20—30分钟内稍减弱外, 其余时段均比作业前的回波强度有所增强, 而非催化云的回波强度自作业开始后就一直弱于作业前的回波强度。

2. 催化云和非催化云的回波参量均值按时序的秩和检验

表1和图2的结果, 可以看出催化云与非催化云的回波参量的变化有所差异, 说明催化对混合型云体回波的宏观变化有一定的影响, 但这种影响是否显著有待于进一步分析。为此, 分别把催化云和非催化云作业后每10分钟的回波参量均值与各自作业前的均值作秩和检验(均为单边检验的结果)见表2。

表2

参 量	作业时序	-10—0分钟		0—10分钟		10—20分钟		20—30分钟		30—40分钟		40—50分钟	
	显著性 回波类别 水平	n	α	n	α	n	α	n	α	n	α	n	α
回波顶高	非催化云	19		12 < 0.25		14 < 0.2		13 > 0.25		9 > 0.25		4 > 0.25	
	催化云	34		23 > 0.25		25 > 0.25		27 < 0.2		20 > 0.25		15 < 0.2	
回波厚度	非催化云	19		13 > 0.25		13 < 0.2		14 < 0.1		8 > 0.25		5 > 0.25	
	催化云	31		20 < 0.2		24 < 0.2		26 > 0.25		19 < 0.1		13 > 0.25	
回波强度	非催化云	17		12 < 0.1		11 > 0.25		12 < 0.1		7 < 0.2		4 > 0.25	
	催化云	28		14 < 0.25		24 > 0.25		19 > 0.25		15 < 0.25		10 < 0.2	

注,表中n、 α 分别为样本数、显著性水平,下同

由表1和表2可见:(1)非催化云的回波顶高自身变化不显著,催化也没有使得催化云的回波顶高出现明显变化。(2)非催化云的回波厚度在作业后20—30分钟内有所增厚($\alpha < 0.1$),而催化云的回波厚度增加较显著的时间却出现在作业后30—40分钟之内($\alpha < 0.1$)。(3)非催化云的回波强度在作业后曾两次出现比较明显的减弱现象($\alpha < 0.1$),而催化云的回波强度在作业后却无明显变化。

3. 相同10分钟时段催化云和非催化云的回波参量均值之间的秩和检验

检验结果见表3。由表1和表3可见:(1)催化云的回波顶高在作业前明显高于非催化云($\alpha < 0.1$),但这种差异在作业后10分钟就显得不明显。(2)催化云的回波厚度在作业前显著厚于非催化云的回波厚度($\alpha < 0.05$),作业后的10—20分钟和30—40分钟内仍明显厚于非催化云($\alpha < 0.1$),其余时段两者差异不明显。(3)催化云的回波强度在

作业前明显弱于非催化云的回波强度($\alpha < 0.1$)，作业后，两者就无明显的差异。

表 3

参 量	作业时序	-10—0分钟		0—10分钟		10—20分钟		20—30分钟		30—40分钟		40—50分钟	
	显著性水平类别	n	α	n	α	n	α	n	α	n	α	n	α
回波顶高	非催化云	19	<0.10	12	<0.10	14	<0.25	13	>0.25	9	<0.20	4	>0.25
	催化云	34		23		25		27		20		15	
回波厚度	非催化云	19	<0.05	13	>0.25	13	<0.10	14	>0.25	8	<0.10	5	>0.25
	催化云	31		20		24		26		19		13	
回波强度	非催化云	17	<0.10	12	<0.25	11	<0.20	12	>0.25	7	<0.20	4	<0.20
	催化云	28		14		24		19		15		10	

三、小 结

综上所述，催化对混合型云体所产生的宏观效果可以认为：

1. 催化并不能使云体的回波顶高出现显著变化，估计这与混合型云体的云型特征及本试验的催化性质有关。

2. 相对非催化云而言，催化云的回波厚度增厚较明显的时段推后10分钟，而且是在作业后30—40分钟内出现。在这时段内，催化云的回波厚度与非催化云相比有明显增厚，这些现象出现的时间与理论上碘化银作为人工冰核引入云体内经过核化成冰增大、碰并作用最后成雨等一系列的微物理过程所需用的时间基本上吻合。

3. 催化云的回波强度在作业前明显弱于非催化云的回波强度，在作业后这种差异却不明显，而且催化使得云体的回波强度在作业后的自身变化不象非催化云那样曾两次出现明显减弱的现象。通常作业云作业前都在作业点的西面迎风坡处，地形抬升作用使云体得到加强。当云体越过山头，处于背风坡，由于下沉气流的作用，使云体减弱^[6]。这与非催化云体回波强度的统计结果基本相符。也说明了混合型云体内自引入人工冰核后，不断有大水滴产生及补充，致使云体内部的回波强度未出现减弱现象。

4. 混合型云体内的自然变化差异较大，利用云体的回波参量来作效果检验也有一定的局限性。但古田人工降水试验属于随机试验，上述检验的结果也并非偶然，相信通过试验样本的累积，可得到预期的催化效果。

南京气象学院李子华老师和本室曾光平同志对本文的工作提出宝贵意见,在此一并表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 曾光平等,福建省古田水库地区1975年—1983年人工降水效果分析,中国气象学会六十周年纪念学术论文,1984。
- [2] 张培昌,711雷达测定回波数据订正的方法,南京气象学院学报,1982,1,83—90。
- [3] 庄荫模等,雷达气象,116—122,国防工业出版社,1984。
- [4] 叶家东,人工影响天气的统计数学方法,158—162,科学出版社,1982。
- [5] 福建省气象局气科所、南京大学气象系,古田水库地区人工降雨试验效果统计分析,大气科学,第3卷,第2期,131—139,1979。
- [6] 朱乾根等,天气学原理和方法,136—138,气象出版社,1981。

STATISTICAL ANALYSIS OF RADAR ECHO PARAMETERS FOR THE APPRAISEMENT OF RAIN-MAKING EXPERIMENTS OVER GUTIAN AREA, FUJIAN PROVINCE

Lin Changcheng* Gao Buyun*

ABSTRACT

Based on the radar echo data from mixed (strati and cumuli form) clouds over the Gutian area from April to June of 1977, 1978, 1980, 1982 and 1983, statistical analysis is made according to the Wilcoxon method, in 10-minutes steps following the seeding operations, of the echo parameters, namely, the eight of the top of the maximum echo, intensity of the maximum echo and echo thickness, for both seeded and unseeded clouds. The results show that the echo thickness increases and the echo intensity strengthens conspicuously for the seeded mixed clouds.

*Affiliated with the Meteorological Research Institute, Fujian Provincial Weather Bureau