

自然积云与催化积云地面

雨水温度的差异*

徐永胜 陈历舒 贾绽云

(湖南省气象局,长沙 410007)

提 要

该文根据 1989—1990 年夏、秋在湖南所获的 45 块自然积云和催化积云地面雨水温度、环境气温、雨量以及部分雷达资料进行了统计和个例分析。结果表明:催化积云雨水温度比自然积云雨水温度低,平均低 0.8°C ;催化积云雨水温度大多数较环境气温低,平均低 2.0°C ,最大低 2.3°C 。

关键词:自然积云 催化积云 地面雨水温度

引 言

应用三七高炮进行人工降雨抗旱作业,已有多年历史。人工增雨效果也有不少科学工作者从外场试验的统计和物理检验、数值模拟诸方面做过大量研究^[1-3],取得了一些有意义的结果。人工增雨效果检验是一个极其复杂的课题,然而,仍需从多方面进行探讨。

本项研究是根据湖南省高炮作业人员普遍反映“催化积云雨水温度明显低于自然积云雨水温度”而提出的。使用高炮施放 AgI 能否降低雨水温度?究竟降低多少?能否通过测量催化积云地面雨水温度了解 AgI 对催化云的作用时间?为了回答以上这些问题,为了能给人工降雨效果检验从另一个侧面提供一个可靠的佐证,1988—1990 年夏、秋在湖南常德市的 4 个县结合人工降雨抗旱作业进行该项研究的外场试验,收集了积云地面雨水温度、环境气温、雨强、雨量和部分雷达回波资料,对催化积云与自然积云雨水温度作了统计和个例分析。

环境气温和雨量观测点。另外,在试验期间,还借助于常德市气象台的 711 测雨雷达配合测量雨水温度进行了一些同步观测。各试验点的分布详见图 1。

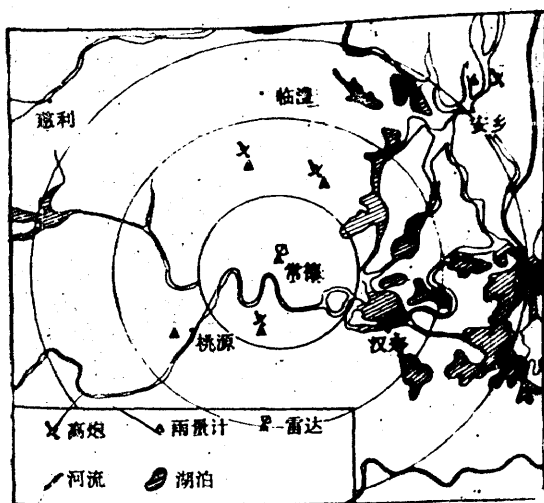


图 1 1989—1990 年夏秋积云雨水温度采样试验点分布图(图中每圈距离 20km)

1 试验区概况与观测方法

1.1 试验区概况

1989—1990 年夏、秋,在常德市 4 个县

* 该项目系国家气象局云物理基金资助项目。

1.2 观测方法

1.2.1 仪表选用

在进行外场试验之前,我们对不同类型的测温仪表(如红外测温仪、半导体测温仪和玻璃棒式水银温度表)进行了比较,主要技术及经济参数示于表 1。

表 1 不同测温仪表各项参数比较

仪器种类	时滞常数/分	示值精度/°C	价格/元
水银温度表	3-5	0.2	58
红外测温仪	<1	0.5	3000
半导体测温仪	1	0.5	118

由表 1 可见,玻璃棒式水银温度表(简称温度表)使用最方便,其精度较别的测温仪高且价格便宜,完全能够满足试验的要求。因此我们在每个试验点配备 2 支经湖南省气象仪器计量检定所检定了的温度表,一个聚丙烯塑料盆和一台虹吸式自计雨量计。

1.2.2 雨水温度观测方法

每个试验点在积云降水开始前几分钟,首先将塑料盆放置在平坦空旷无建筑物或其他高大障碍物的地方,将测量雨水用的温度表置于塑料盆中,另一支用作环境气温测量的温度表挂在通风状态良好和无雨沾湿的走廊或其他地方。每 5 分钟进行一次雨水温度和环境气温测量。每次测量雨水温度一开始便将温度表放置于盆中,经过 5 分钟温度表就完全稳定到了雨水温度,每次测量了雨水温度后,再将盆中雨水倒掉,每个观测读数都需要根据温度表的检定证进行订正,始成为正式雨水温度测定值。

1.2.3 雨量观测

雨量计的安装与调试与常规气象台站一样,按地面气象规范进行。当该站降雨结束后,根据雨水温度观测的时间间隔读取其降雨强度和过程雨量。

1.2.4 雷达观测

常德市气象台的 711 测雨雷达是 1988 年进行大修的,雷达一直处于良好的工作状态。在试验期间,雷达与地面雨水温度和雨强进行同步观测,并获取积云在该站上空的回波顶高、强中心高度等参数随时间的变化值。

2 观测结果与分析

2.1 观测结果

按照第 2 节中的观测方法,两年共得到 45 块积云地面雨水温度、环境气温、雨强、雨量和部分雷达同步观测资料,其中自然云 29 块,催化云 16 块。为了节省篇幅,这里仅给出 1989 年的观测结果(表 2)。

两年自然积云与催化积云的采样均集中在 7 月下旬和 8 月上旬这一段时间内,且分布较均匀。因此,两种云的资料具有可比性,只是催化云的样本略少于自然云。

2.2 雨水温度的统计分析

2.2.1 自然积云与催化积云的定义

在分析积云地面雨水温度之前,我们将雨水分作自然雨水和催化雨水两类。自然雨水,是指试验区及邻近地区催化前或结束 3 小时后所降的雨水。催化雨水,是指催化开始后 3 小时内(绝大多数在 2 小时内)所降的雨水。

2.2.2 催化雨水温度与自然雨水温度的比较

两年 16 块催化积云的 134 次雨水温度采样所获得的平均雨水温度为 24.29°C ; 29 块自然积云 212 次观测的平均雨水温度为 25.09°C 。两者差值为 0.8°C 。

2.2.3 催化积云雨水温度与环境气温的比较

将每块自然积云和催化积云的雨水温度和环境气温进行统计,结果示于表 3。

由表 3 的统计可以看出,催化积云雨水温度较环境气温平均低 2.0°C ,极大值的差值为 2.3°C ;而自然积云雨水温度较环境气温平均低 0.8°C ,极大值的差值为 1.6°C 。另外,两年中观测到自然积云雨水温度与环境气温的最大差值为 1.6°C (1989.08.07);催化积云雨水温度与环境气温的最大差值为 3.0°C 。这就肯定地回答了本文开头的提问,证实了催化雨水温度的确低于自然雨水温度。

表2 1989年8月积云(自然云和催化云)地面雨水温度等参数观测结果

分类	观测日期	采样次数	温度 $T/^\circ\text{C}$				雨强 $I/\text{mm} \cdot 5 \text{分}^{-1}$		回波顶高 H/km				雨量 R/mm
			$T_{w\max}$	$T_{e\max}$	T_w	T_e	I_1	I_2	H_1	H_2	H'_1	H'_2	
自然云	07	3	27.1	28.2	26.2	27.8	0.05	0.05					0.15
	07	5	24.0	24.6	23.8	24.6	0.40	0.10					1.10
	08	4	25.9	27.2	25.2	25.5	0.05	0.05					1.50
	13	4	24.4	25.5	24.2	24.6	0.05	0.05					0.10
	13	8	25.9	26.1	25.0	25.7	1.10	0.70					4.60
	17	9	25.7	26.3	24.6	25.9	2.10	4.90					48.00
	17	5	21.6	22.8	21.3	21.5	0.30	1.60					3.20
	17	12	24.7	25.6	24.2	25.2	0.80	0.30					5.40
	20	5	22.1	23.0	21.8	22.8	0.05	1.00					1.20
	20	5	23.4	22.4	22.0	21.4	0.30	0.10					0.60
催化云	06	4	29.6	31.6	26.0	28.3	0.01	0.05					0.10
	06	11	25.4	26.7	25.1	26.0	/	/					/
	07	12	26.2	26.9	24.4	26.5	0.30	0.15					1.20
	08	5	28.2	28.9	25.9	28.4	0.10	0.35					1.65
	12	8	24.9	26.9	24.0	26.0	1.60	1.20	8.5	9.8	4.7	3.8	6.30
	12	9	26.4	27.6	23.6	25.8	0.10	1.30	11.0	10.7	4.5	4.5	26.00
	14	7	27.0	27.1	23.6	24.1	0.10	4.60	18.1	16.3	6.6	6.6	15.90
	16	5	27.8	28.3	25.5	27.4	3.60	0.10					49.20
	17	7	26.8	28.5	26.2	28.3	1.20	1.20					3.05
	17	15	24.2	26.2	23.5	25.7	0.10	6.50					46.00
17	11	24.3	27.0	23.5	25.9	2.00	2.00					37.70	

表中 $T_{w\max}$, $T_{e\max}$ 分别为最高雨水温度和最高环境气温, T_w , T_e 为中值雨水温度和环境气温, I_1 , H_1 , H'_1 分别为最高雨水温度时对应的雨强、回波顶高和强中心高度, I_2 , H_2 , H'_2 分别为中值雨水温度时对应的雨强、回波顶高和强中心高度。

表3 自然积云与催化积云 T_w 和 T_e 的统计结果(单位: $^\circ\text{C}$)

年份	样本数	分类		极大值	平均值	极小值	标准差	ΔT_{\max}	$\bar{\Delta T}$	ΔT_{\min}
1989	10	自然云	T_e	27.8	24.5	21.4	1.70	1.6	0.7	0.1
			T_w	26.2	23.8	21.3	1.54			
	11	催化云	T_e	28.4	26.6	24.1	1.23	2.2	1.9	0.6
			T_w	26.2	24.7	23.5	1.04			
1990	19	自然云	T_e	27.8	25.9	23.9	0.82	0.7	0.9	0.7
			T_w	27.1	25.0	23.2	0.89			
	5	催化云	T_e	27.1	25.7	23.6	1.44	2.3	2.1	2.4
			T_w	24.8	23.6	21.2	1.30			
1989	29	自然云	T_e	27.8	25.4	21.4	1.35	0.7	0.8	0.1
			T_w	27.1	24.6	21.3	1.31			
1990	16	催化云	T_e	28.4	26.3	23.6	1.34	2.2	2.0	2.4
			T_w	26.2	24.3	21.2	1.23			

2.2.4 降水温度异常

值得一提的是,积云降水温度有时会高于环境气温,如果我们把此现象称为降水温度异常的话,这种异常情况属于催化积云降水有2块共3个观测时次,而自然云多达10块39个观测时次。

2.3 积云雨水温度的个例分析

为了了解雨水温度和其他物理量随时间的变化特征及其相互关系,我们选取了观测资料较全的自然积云和催化积云各2块,将其雨水温度、环境气温、雨强、回波顶高和强中心高度随时间变化点绘成图2-5。

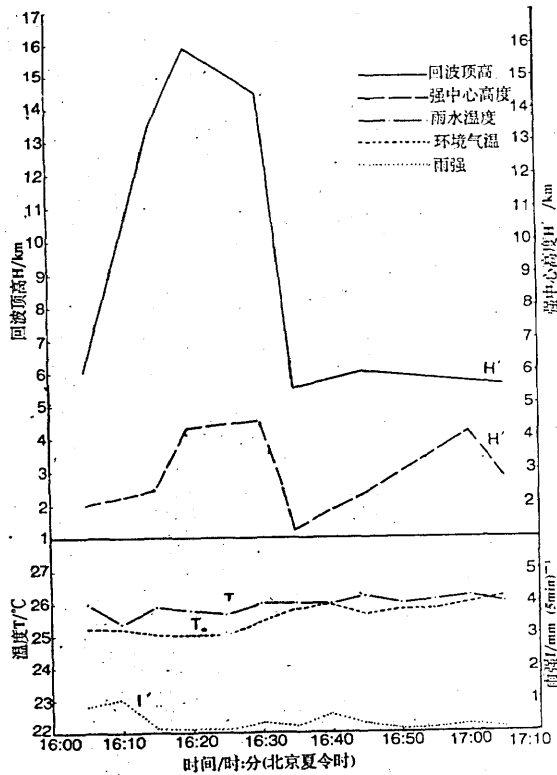


图2 1990年8月1日自然积云雨水温度、环境气温、雨强和雷达回波参数随时间变化

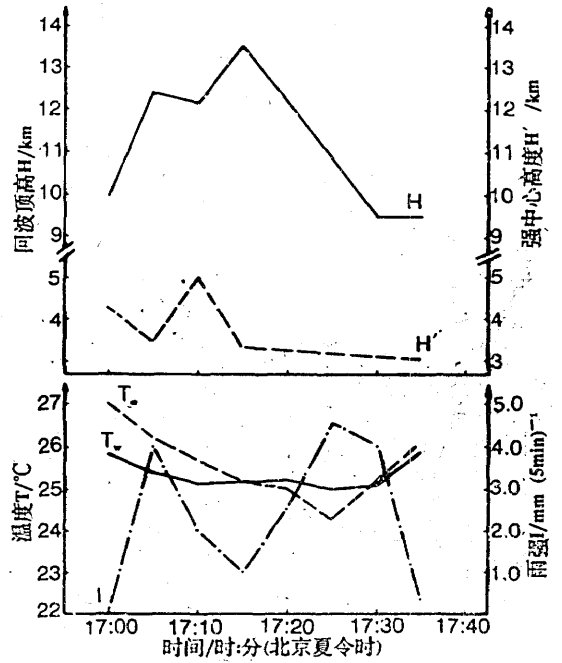


图3 1990年8月1日自然积云雨水温度、环境气温、雨强和雷达回波参数随时间变化
说明同图2

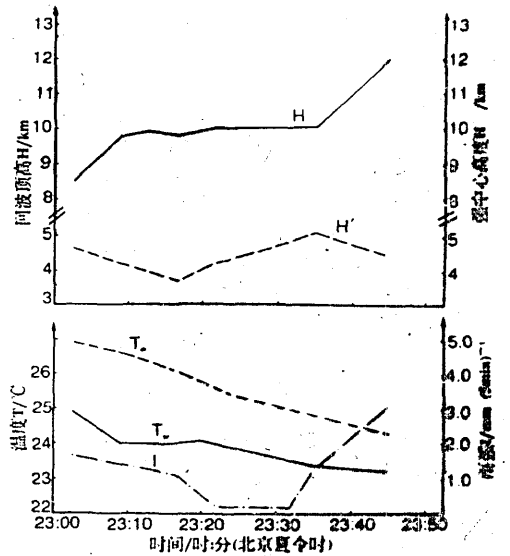


图4 1989年8月12日催化积云雨水温度、环境气温、雨强和雷达回波参数随时间变化
说明同图2

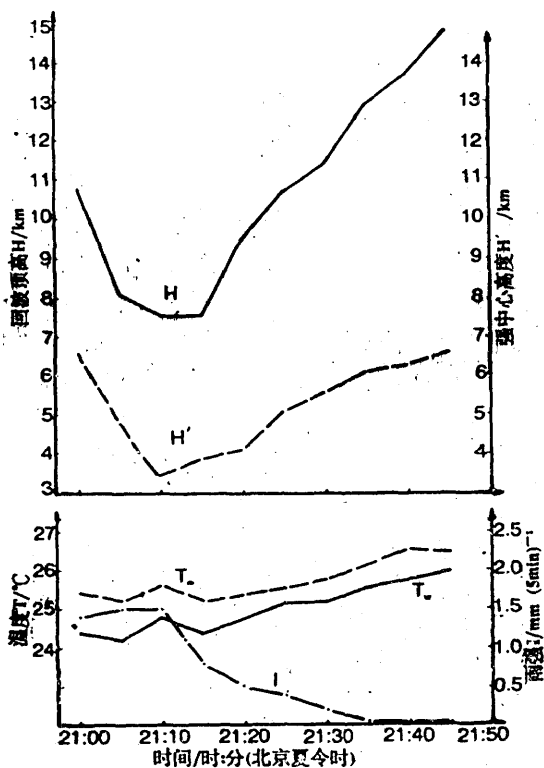


图5 1990年7月28日催化积云雨水温度、环境气温、雨强和雷达回波参数随时间变化

说明同图2

(a)从图2、3可以看出,自然积云雨水温度变化较为平稳,变幅为 $0.8-0.9^{\circ}\text{C}$,与环境气温的差值不超过 1.2°C ,有正有负。

(b)由图4、5可以清楚地看到,催化积云雨水温度变幅较大,达 $1.7-2.0^{\circ}\text{C}$,与环境气温之间的差值的极大值达 2.1°C 。

(c)降雨或雨强增大时,回波顶高和强中心高度呈下降状态。雨水温度和环境气温都有下降,差值缩小。

3 小结与讨论

3.1 催化积云雨水温度从统计上讲,的确比自然积云雨水温度低,平均低 0.8°C 。

3.2 催化积云雨水温度绝大多数较环境气温低,平均低 2.0°C ,最大低 2.3°C 。

3.3 自然积云雨水温度亦较环境气温低,平均为 0.8°C ,最大值为 1.6°C 。

3.4 催化积云的最低雨水温度一般出现在作业后5—30分钟内,而自然积云的最低雨水温度出现的时间无规律(对单站而言)。

云下降水的单站观测分析证实了积云催化后雨水温度低于自然积云雨水温度这一感性认识是正确的,对自然积云与催化积云作站网观测分析,肯定会丰富和深化我们的认识。

在此基础上,对积云催化导致雨水温度降低的主要机制是什么?是由于AgI炮弹爆炸时声波振动使得水滴碰并增长从而加速雨滴下降,或是由于炮弹爆炸时产生的超声速气流触发产生冰晶,还是由于AgI的核化作用?或是这些因素的共同作用?均有待深入研究。

致谢:本研究试验得到了湖南省气象科研所的经费资助,在外场期间,曾得到常德市人工降雨办、鼎城区和临澧县人工降雨办的大力支持;临澧、桃源、安乡县气象局的朱开明、简照垣和谭健辉等同志帮助观测了雨水温度和降水资料;常德市气象台雷达股的全体同志协助观测了雷达资料,在此深表谢意。

参考文献

- 1 Chen Lishu, Wang Daofan, Xiong Huanan. Numerical calculation of the AgI diffusive problem in Cumuli and statistical analysis of silver concentration in rainwater from Hunan, The fifth WMO scientific conference on weather modification and applied cloud physics, Volum I, 1989.
- 2 Liu Yaozun, Wang Zhiping, Chen Lishu. Effect analysis of rain enhancement single cumulus randomized Seeding experiment in Hunan province. 同上, Volum I, 1989.
- 3 Zhen Guangping. A comprehensive evaluation of the effect of artificial rainfall in Gutiaou reservoir area, China. 同上, Volum I, 1989.

An Analysis of Rainwater Temperature Difference on Ground between Natural and Seeded Cumulus in Summer in Wuhan

Xu Yongsheng Chen Lishu Jia Zhanyun

(Meteorological Institute of Hunan Province)

Abstract

Rainwater temperature differences of natural and seeded clouds are analysed using method of statistical and some cases based on the data of rainwater temperature, environmental air temperature, rain amount and data of radar echoes from 1989 to 1990. The results are: 1) the rainwater temperatures of seeded cumulus are lower than that of natural ones. The mean of the differences is 0.8°C , 2) rainwater temperatures of most seeded cumulus are lower than the environmental air temperature. The mean value of difference between both is 2.0°C and the maximum is 2.3°C .

Key words: natural cumulus seeded cumulus surface rainwater temperature