

内部资料

内 蒙 古

气象科研成果、试验报告选编

1973—1976

内蒙古自治区气象科学研究所

56.4083

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我区气象战线上的广大科技人员，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，坚持科技工作为无产阶级政治服务、为工农兵服务、与生产劳动相结合的方针，广泛地开展了人工降雨、人工防雹、农业气象等科研工作，一个群众性的科学实验活动在我区蓬勃展开。华主席为首的党中央一举粉碎了“四人帮”，科研工作得解放，广大气象科技人员把在揭批“四人帮”斗争中焕发出的积极性，用在努力搞好科研工作上，科研成果不断涌现。

遵照毛主席“互通情报”、“应当注意收集和传播经过选择的典型性经验”的教导，为了在贯彻落实华主席抓纲治国的伟大战略决策和向科学进军的伟大号召中，使已经取得的气象科研成果得到推广应用，在纪念内蒙古自治区成立三十周年之际，我们选编了人工降雨、人工防雹、农业气象、气象工具改革等方面的成果及技术总结共二十六篇。

由于我们政治水平和业务水平所限，加之经验不足，选编中如有不当之处，请批评指正。

内蒙古自治区气象科学研究所情报室
一九七七年六月

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

全党努力学习科学知识，同党外知识分子团结一致，为迅速赶上世界科学先进水平而奋斗。

农业学大寨。

团结起来，争取更大的胜利。

目 录

飞 机 人 工 降 雨

碘化银水溶胶影响冷云的试验·····	3
人工降雨液体催化剂的半自动化喷撒设备·····	6
暖云催化剂吸湿性能实验报告·····	8

地面人工降雨和人工防雹

地面人工降雨试验报告·····	13
土火箭地面人工降雨和“化雹为雨”试验·····	15
爆炸影响空间压、温、湿场实验报告·····	18
爆炸对云雾的影响·····	20
NS-40 型土火箭 ·····	25
NS-2-40 型双腔土火箭的试验报告 ·····	28
撞击发火的新配方·····	31
高炮在人工降水、防雹中的应用·····	31
高炮人工降雪·····	34
土火箭简易示功器·····	35
土火箭卷筒机·····	37
两个大队人工防雹效果调查报告·····	38
防雹球形炮弹的制作·····	43
用沥青代替弹头表面纸结层·····	45
防雹土迫击炮弹初步试验情况报告·····	46
SNL-1 型压壳机 ·····	48

农 业 气 象

充分利用农业气候资源夺取农业高产·····	53
引种冬小麦的试验报告·····	55
防霜烟雾发生器·····	58
高粱“粉种”与农业气象条件的关系·····	59

其 它

应用群众经验制作冰雹长期预报·····	63
韵律推算器·····	69
遥测雨量计·····	70

飞机人工降雨

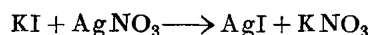
碘化银水溶胶影响冷云的试验

内蒙古气象科学研究所人控一室

从 1965 年开始, 我们试用碘化银水溶胶对春季层状云催化, 企图增加降雨量。其后, 1966、1967、1974、1975、1976 六年中, 用它共进行了 50 次人工降雨试验, 取得了较好的效果。(1) 作业层温度 $t \leq -5^{\circ}\text{C}$, (2) 500 mb 层的温度 $t_{500} \leq -8^{\circ}\text{C}$, (3) 云厚 ≥ 2 公里, 当满足上述三个条件, 使用碘化银水溶胶影响 N_s 或 $AsOP$ 时会取得增加降水的效果。用秩和检验, 显著性水平优于 $\alpha=0.01$ (双边检验)。

一、碘化银水溶胶的制备

碘化银是难溶物质, 但能通过“化学凝聚法”制取胶体溶液。常用碘化钾与硝酸银在水中发生复分解反应:



要注意不能用当量的 KI 与 AgNO_3 作用, 因为在此反应中所得到的电解质为 KNO_3 , 其中没有一种离子能建成 AgI 的晶格, 所以它不能使 AgI 溶胶稳定。假如 KI 或 AgNO_3 中有一种过量, 就能制成稳定的 AgI 溶胶。我们用 KI 过量, 制成负性溶胶。

也可以将碘化银先溶于丙酮, 以少量碘化钾作为助溶剂和稳定剂, 然后将此溶液倒入水中制成一定浓度的碘化银溶胶。

按上述两种方法, 在实验室中很容易用蒸馏水制成比较稳定的碘化银水溶胶。但在实际使用过程中, 用大量的蒸馏水有困难, 如果用自然水, 一定会遇到溶胶的稳定性问题。我们采用了以下几种措施:

(1) 用磺化煤或阳离子交换树脂吸附自然水中的阳离子, 使之成为“软水”。用这种软水配制溶胶, 能保存十天以上。如果用“无离子”水, 当然更好。但是一般来说, 用软水已经合乎需要。具体配方见表一和表二。

表一 碘化银水溶胶配方

浓 度	0.1%	0.05%	0.01%
碘 化 钾	800克	400克	80克
硝 酸 银	700克	350克	70克
软 水	1 吨	1 吨	1 吨

备注: 碘化钾粉末可直接倒入软水, 经充分搅拌后, 再加入硝酸银的浓溶液, 次序不可颠倒。

(2) 在没有软水的情况下, 可用中性洗衣粉和氨水处理自然水。然后将碘化钾与硝酸银分别溶于两个飞机水箱内, 并使碘化钾溶液稍多些。(因为硝酸银对金属有腐蚀), 作业时先后打开盛有碘化钾溶液和硝酸银溶液的水箱阀门, 使之在管道内生成碘化银水溶胶,

表二 用丙酮溶液制取碘化银水溶胶

浓 度	0.1%	0.05%	0.01%
丙 酮	10公斤	5 公斤	1 公斤
碘 化 钾 (或碘化铵)	250克 (310克)	125克 (155克)	25克 (31克)
碘 化 银	1000克	500克	100克
软 水	1 吨	1 吨	1 吨

表三 用自然水配制碘化银水溶胶

溶 胶 浓 度	0.05%	0.01%
自 然 水	1 吨	1 吨
中 性 洗 衣 粉	500克	100克
氨 水 (25%)	100毫升	50毫升
碘 化 钾	400克	80克
硝 酸 银	350克	70克

注：碘化钾溶于 550 公斤经过处理的水中。

硝酸银溶于 450 公斤经过处理的水中。

并立即喷洒入云。配方见表三。

喷洒设备已有专文说明^④，不再重复。

二、性 能

1. 1972 年 11 月，使用北京大学的扩散型云室，作了碘化银水溶胶成冰性能的初步实验。测得它的成冰阈温为 -3.4°C (用洗衣粉处理自然水后配制的溶胶，浓度 0.1%)。

2. 国外，作了成核率的实验。据文献^②和^③，0.01%浓度的碘化银水溶胶的成核率为： -5°C ， 3×10^{10} ； -7°C ， 3×10^{12} ； -10°C ， 3×10^{13} ； -15°C ， 3×10^{14} 个/克。与其它催化剂比较，是目前成核率最高的催化剂之一。特别是当温度较低时($\leq -7^{\circ}\text{C}$)，更显出它优良的成冰活性。

3. 1965—1967 年的春季人工降水试验中，比较云中同一高度同一云区催化前后冰雪晶浓度的变化，结果见表四。

表四说明，在低于 -3°C 的冷云中，喷洒碘化银水溶胶后，冰、雪晶浓度都有增加。用成对试验的秩和检验获得，在显著性水平 $\alpha=0.05$ (双边检验)时，催化后冰雪晶浓度的增加是显著的。如果试验对象局限于 N_s 和 A_sOP ，则显著性水平可达 $\alpha=0.01$ 。

三、使 用 条 件

不是在所有的情况下，使用它催化云层都能增加雨量。只有选择好催化的部位、时机和云层才能获得好的效果。这些特定的条件初步归纳为以下五条：

表四 碘化银水溶胶喷洒后云中冰晶、雪晶浓度的变化

顺序号	日期	浓度变化 (个/升)				云 状	作 业 层		地 区
		类 别	催化前	催化后	增加量		高度(米)	温 度	
1	1965年5月12日	雪 晶	1.1	2.0	0.9	AsOP	3500	-5.5°C	库伦县
		冰 晶	3.6	4.0	0.4	(有雨)			
2	1965年6月9日	雪 晶	0.3	0.6	0.3		3900	-9.0°C	巴林左旗以南
		冰 晶	4.8	2.4	-2.4				
3	1965年6月14日 (1)	雪 晶	0.8	1.6	0.8	AsOP	3700	-7.5°C	通辽市
		冰 晶	6.5	8.2	1.7				
4	1965年6月14日 (2)	雪 晶	1.4	3.3	1.9	AsOP	2600	-3.0°C	通辽市
		冰 晶	7.8	12.6	4.8	(有雨)			
5	1965年6月15日 (1)	雪 晶	0.4	1.5	1.1	AsOP	3200	-7.0°C	双合兴以北
		冰 晶	2.6	12.0	9.4				
6	1965年6月15日 (2)	雪 晶	0.7	2.5	1.8	Ns	3000	-6.5°C	奈曼旗以北
		冰 晶	11.5	13.3	1.8	(有雨)			
7	1966年5月23日 (1)	雪 晶	0.3	2.7	2.4	AsOP	3400	-7.0°C	杭锦旗东南
		冰 晶	1.5	13.3	1.8				
8	1966年5月23日 (2)	雪 晶	1.3	2.1	0.8	Ns	3300	-6.0°C	呼和浩特以南
		冰 晶	6.0	7.8	1.8	(有雨)			
9	1966年5月23日 (3)	雪 晶	1.2	2.4	1.2	Ns	3000	-5.0°C	乌兰花镇以北
		冰 晶	1.6	3.5	1.9	(有雨)			

(1) 催化区选择在可降水系统的前部或中部(如高空槽前或槽底), 以上升气流为主的区域。

(2) Ns 或 AsOP 层状云中上升运动活跃的部位。反映在雷达上为成片层状云降水回波中有对流泡的部位。药剂宜在对流泡上风方 5 至 30 公里处撒播。

(3) 作业层温度 $t \leq -5^{\circ}\text{C}$ 。最好在 -10°C 层喷洒, 因为在此高度, 能充分发挥它的成冰能力, 并且飞机不易结冰。

(4) 负温层厚度 ≥ 1 公里, 或用 500 mb 层的温度 $t_{500} \leq -8^{\circ}\text{C}$ 近似地代替。

(5) 催化对象限于 Ns 或 AsOP, 且云厚 ≥ 2 公里。

四、用 量

我们在人工降雨试验中, 碘化银水溶胶的用量在 800 升至 2000 升(约 800 公斤至 2 吨)之间, 0.1%、0.05%、0.01% 三种浓度都用过。喷洒催化剂所需时间 40 分至 1 小时。近

年来, 较多地使用 0.05% 和 0.01% 两种浓度, 用量为 1.3—1.5 吨, 含碘化银 650—750 克(0.05% 浓度时)和 130—150 克(0.01% 浓度时)。

五、人工降雨效果的统计检验

在 1974—1975 年使用碘化银水溶胶进行的人工降雨试验中, 将符合本文第三节所述后三个条件(即作业层温度 $\leq -5^{\circ}\text{C}$, 500 mb 层温度 $\leq -12^{\circ}\text{C}$, 云厚 ≥ 2 公里)的试验结果进行统计检验, 所用的方法为成对试验的秩和检验, 将影响区与对比区六小时平均雨量的差值排成秩次。共 26 次试验, 仅有一次试验, 影响区与对比区的雨量差值为负值。检验结果, 在优于 $\alpha=0.01$ (双边检验)的显著性水平时, 影响区与对比区的雨量有显著差异。由此肯定了用碘化银水溶胶催化层状冷云, 在上述三个条件下, 能取得增雨的效果。

六、问题

在我区六月下旬以后, 温度增高, 500 mb 层温度 $> -12^{\circ}\text{C}$, 负温层大为减薄的情况, 使用它催化云层, 效果不好。这时, 就要改用别的催化剂和催化方法。

1972 年 12 月初稿

1977 年 5 月增改

参 考 文 献

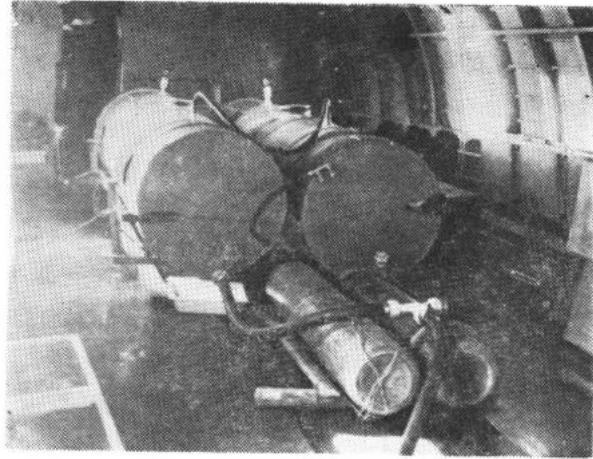
- ① <人工降雨液体催化剂喷洒设备研制报告>内蒙古自治区气象科学研究所人控一室
- ② <又一种冷云成核引晶剂——间苯三酚>苏联<气象与水文>1975 年第 6 期
- ③ <关于催化剂作用于云层引起降水的最佳用量>Труды ГГО выпуск 202, СТР 13—21

人工降雨液体催化剂的半 自动化喷撒设备

内蒙古气象科学研究所人控一室

1965 年我们试用碘化银水溶胶作冷云催化剂, 设计制作了一套依靠水位势和空吸作用使液体催化剂自流的喷撒装置。缺点是雾化程度低, 喷出的液滴众数直径在 100μ 左右。1975 年, 在 39879 部队协助下, 研制了半自动化喷撒装置(如图一照片)。

用压缩空气通入盛有液体催化剂的密闭容器, 通过导管, 从飞机尾部喷管压出。能在 0—70 公升/分范围内调节流速, 从而控制播撒率。在地面用滴谱仪测得喷出雾滴众数直径为 10μ 。通过两年来四十多次飞机人工降雨作业试验, 证明它符合人工降雨液体催化剂(如碘化银水溶胶、尿素和硝酸铵的混合饱和溶液)的使用要求。并能大大减轻飞机人工降雨作业时的劳动强度, 避免催化剂污染机舱。



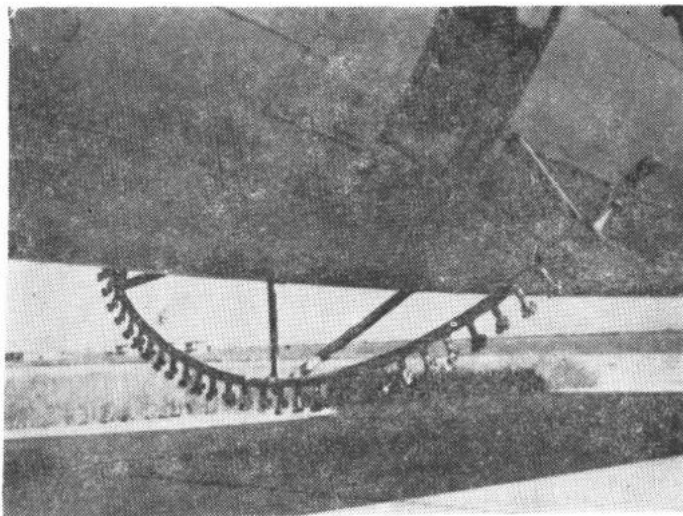
图一

一、飞机喷洒装置，由四部份组成

(一) 密闭容器。1975 年使用歼五飞机的两个付油箱作容器，它由铝合金制成，重量轻。但长期使用后底部受药液腐蚀会渗漏。1976 年改用聚氯乙烯塑料作容器。它是一个直径 0.8 米、长 2 米的柱体，每个容积 0.8 米³。为增强承压能力，柱体外加四道抗压箍，两端做成类似氧气瓶底部的凹面，凹面外又焊接一层塑料平板。经试验，承压力在 1.3 公斤力/厘米²以上。按装时将两个容器卧放，顶面上开有进水口、进气口各一个，按装压力表一个。在容器内装两道带孔档板，以减少由于飞机变速时，液体由于惯性，造成重心的迅速移动。

(二) 动力部份。用冷气(压缩空气)作为动力，将液体压出。平均每次作业消耗气压 30—60 公斤力/厘米²，冷气钢瓶通过减压器将压缩空气通入容器。为控制容器内的气压值，使之不超过额定值，在冷气导管上接限压阀两个。

(三) 导管。用耐压胶管连接两个容器的出水口(塑料阀门)，经三通和流量表连接在飞机外的喷管上。



图二

(四) 喷管。安装在飞机尾部(见图二), 用不锈钢管制成, 上面焊接 30 个喷头的底座。喷管的迎风面还装有流线型的整流罩, 以减少空气阻力和避免云中过冷水滴在喷头上结冰。当碘化银水溶胶需要与干冰同时播撒时, 在喷嘴下端可加装液态二氧化碳的导管。

二、地面配药、上药设备

地面设备主要由配药箱、水泵及引水、出水胶管组成。

配药箱也由塑料制成长方形, 容积 1.6 米^3 。水泵有三套: 电动水泵、汽油泵、手摇泵。后两种为停电时备用。要求水泵在十几分钟内, 将液体催化剂通过长胶管输上飞机。

碘化银水溶胶要用软水配制, 故需贮水箱多个。

尿素——硝酸铵饱和溶液用自来水配制即可, 但需用蒸汽在溶液中加温。

三、注 意 事 项

(一) 飞机上容器的密封性要好, 进水口的盖子和压力表要旋紧, 不使漏气。管道接口也要严密, 以防漏水。

(二) 我们在使用过程中曾发生过喷不出去或喷得很慢的现象。检查其原因有两个: 一是液体中混有杂质, 将喷嘴堵塞, 只要在上药液时经过过滤, 作业后勤加清洗, 可以防止。二是喷头结冰。造成结冰的主要原因是喷头与底座间的垫片脱落, 没有旋紧, 使喷出的碘化银水溶胶有一部份打在喷管上引起结冰, 而且冰块越结越大, 直至把喷嘴堵住。其次是喷洒开始时流速太慢或管中有积水造成在喷嘴处或喷管中结冰。针对这两个原因, 采取相应的措施, 结冰问题是可以避免的。

(三) 尿素——硝酸铵溶液对铜、铁等金属有严重腐蚀, 对铝腐蚀较轻。因此使用的水泵最好是耐腐蚀泵, 并在用后立即清洗。

四、操 作 步 骤

飞机起飞前应检查冷气瓶内气压是否够用? 容器上进水口及喷头是否旋紧? 入云后, 听到撒药的准备讯号后, 将冷气瓶打开通过减压器调节输出的冷气, 当容器内的气压达到要求的数值时, 同时打开两个容器的出口阀门, 视流量表指针的转速是否符合播撒率的要求, 如有差距时可调节阀门和冷气瓶的减压器。

暖云催化剂吸湿性能实验报告

内蒙古气象科学研究所人控一室

北京大学地球物理系实习组

为了了解几种常用暖云催化剂在什么条件下起作用, 以及它们的吸湿性能如何, 我们于 1976 年 12 月对四种不同的暖云催化剂分别作了“相变湿度”、“吸湿能力的比较”、及

“吸湿核增长倍率”的室内实验，下面是实验结果。

一、暖云催化剂吸湿的临界相对湿度， 即相变湿度 f_k 的测定

化肥液在湿度较低情况下，即开始吸湿， $f_k = 40\%$ ；盐粉次之， $f_k = 72\%$ ；尿素较差， $f_k = 81\%$ 。

二、吸湿能力的比较

从实验中可看到化肥液的吸湿能力很强，在一个半小时内吸湿量达 60 毫克。其次为干燥的盐粉，吸湿量达 45 毫克。而一般盐粉的吸湿量只有 19.6 毫克。尿素的吸湿能力最差，在 50 分钟内只吸湿了 9.2 毫克，以后就不再吸湿了。尿素和一般盐粉在前 30 分钟之内大量吸湿，分别占其总吸湿量的 77.8% 和 86.2%。在后段时间内缓慢吸湿。另外两种催化剂在整个实验过程中，吸湿较为均匀，至一个半小时以后仍以每 10 分钟 2—4 毫克的速度继续吸湿。

三、吸湿核增长倍率的测定

盐粉增长倍率最终直径与最始直径之比 $\frac{d_{\max}}{d_0}$ 最大，平均为 2.3 倍；尿素次之，为 2.0 倍；化肥液最小，为 1.5 倍。同时还观测到尿素、化肥液核主要在前 4 分钟吸湿增长，以后增长极缓慢，近似不变。盐粉则在前 7 分钟吸湿增长较快。如果吸湿核初始直径大，达到最终直径即平衡直径所需的时间就较长一些，反之就短些。几种催化剂在盒中由固态变为液态的时间较短，约 20 秒左右即开始变为液体。

未经粉碎的大颗粒尿素，其直径为 1828.3μ ，在近两小时观测中，发现尿素颗粒的增长极为缓慢，18 分钟后开始湿润，到 50 分钟时才开始增长，106 分钟时只长到了 2015μ 。说明，大颗粒尿素的增长速度和增长倍率都很差。

四、对实验结果的几点看法

(1) 比较三种暖云催化剂，化肥液要求的相对湿度最低，吸湿量最大，是一种较好的暖云催化剂。其单颗化肥液滴增长倍率，实验结果偏低，是由于实验时，室内环境相对湿度达 46%，高于其吸湿临界湿度造成的。在将液滴挂丝过程中，化肥液滴已开始吸湿，所以显微镜下开始读的直径已不是真正的原始直径，而是经过一段吸湿后的直径。就目前常用的两种暖云催化剂来说，盐粉优于尿素。

(2) 一般盐粉与干燥盐粉在吸湿临界湿度上没有区别，但在吸湿量上区别较大。所以在使用盐粉作暖云催化剂时，应加以烘干，使其干燥。若暂时不用，也应密封保存。我们将未密封，放置两年之久的盐粉 200 克，经烘烤后称量，失去 87.4 克的水份。

(3) 未经粉碎的大颗粒尿素，即使在湿度饱和状态中也要经过 39—50 分钟才开始吸湿增长，而且以后的增长也是极其缓慢的进行。所以如果将 1 mm 左右直径的尿素直接撒入云中起不了吸湿作用，反而会影响垂直气流的发展。

(4) 盐粉的吸湿临界湿度，不少人做过实验，一般认为在 75%—78% 之间。而我们的

实验结果为 72%，稍低些。其主要原因是我们取人工降雨作业用的盐粉来作实验，其中混杂有氯化镁，它比纯食盐更容易吸湿。

(5) 根据溶液的拉乌尔定律，我们计算了硝酸铵-尿素混合饱和溶液表面的平衡水汽压值。

$$\frac{E_n}{E} = \frac{N}{N + (n_1 i + n_2)}$$

其中： E —— 纯水表面的平衡水汽压

E_n —— 化肥液表面的平衡水汽压

N —— 水的克分子数

n_1 —— 溶质之一硝酸铵的克分子数

i —— 为电解质 NH_4NO_3 的等渗系数

n_2 —— 溶质之二尿素的克分子数

饱和溶液是按下列比例配制成的：在 1000 克水中加入 5140 克硝酸铵和 3860 克尿素，所以它们的克分子数分别为： $N=55$ 、 $n_1=64$ 、 $n_2=64$ 。

等渗系数需用实验方法确定，这里只能给出一个范围： $2 > i > 1$ 。只有当溶液很稀的时候， i 才接近于 2；化肥液浓度很大， i 比较偏近于 1。由此算得 $\frac{E_n}{E}$ 低于 30%、高于 22%，而比较接近于 30%。与实验值比较，实验值为 40%，是偏高的，原因可能是仪器的灵敏度不高。在低于 40% 湿度时，化肥液已经吸湿，但 $\frac{1}{1000}$ 克天平还没有感应出来。

地面人工降雨和人工防雹

地面人工降雨试验报告

鄂托克旗气象站

我旗地处内蒙古鄂尔多斯高原的西南部，海拔 1380 米，全旗面积达三万多平方公里，以牧业为主。由于年降水量仅有 260 毫米，远远不能满足牧业生产发展的需要，干旱是影响牧业生产稳定发展的重要灾害。

从 1975 年 4 月中旬开始，我站开展了地面人工降雨试验。两年多来，我们选择不同天气过程，进行了二十三次地面人工降雨试验，有十二次过程作业后获大于 5 毫米的降水集中区，其中有五次降水量达 10 毫米以上(包括自然降水，下同)。在下风方 20—40 公里处形成一个降水集中区。从对比观测的资料上可以明显地看出，影响区的降水量对比比区的降水大。

一、气球、土火箭地面人工降雨作业方法

气球、土火箭地面人工降雨，就是用气球、土火箭作为运载工具，将催化剂碘化银、介乙醛带到云体的某一特定部位，用黑火药或炸药爆炸燃烧把催化剂播撒到云内，增加冷云内部的冰晶，加剧云体内的“冰晶效应”，云滴迅速增大，滴谱变宽，破坏云体的胶性稳定，促使产生降水，或使已产生降水的云体，增大降水强度。

催化剂的播撒方法是将碘化银或介乙醛粉末与黑火药(炸药)按一定比例充分混合后，包装成炸药包系于气球(80#)之下，或安装在土火箭的头部。

黑火药(炸药)与催化剂的配方比例有两个方面的要求：① 使催化剂形成高分散气溶胶(烟粒)；② 在局部空间内成冰核达到一定浓度，不能过量，也不能太少。我们在试验的过程中，先后选用 8/500 克、8/300 克、8/250 克、25/250 克四种气球系炸药包配方；3—4/100 克的土火箭配方进行试验(在不同情况下选用何种配方比，有待进一步实验来确定)。

由于碘化银、介乙醛在 0°C 层以上过冷云层才能起作用，所以我们应控制爆破高度。保证催化剂分散在 0°C 层以上，满足引晶的浓度，充分发挥少量催化剂应有作用。

催化剂的播撒高度是否得当，是播撒在云内，还是撒在云底，对作业效果有直接影响。如果把催化剂撒在云底或把催化剂撒在 0°C 层以下，效果就不太明显。为此，气球一般控制在 2500—3000 米的高度(拔地高度)；土火箭现有水平只能达到 2000—2500 米。其中气球的上升高度可以用导火索的长短来控制。

二、作业云和时机的选择

两年的实践证明，在我们这样干旱地区，选择高层云和积雨云进行作业，是能够达到人工降雨要求的。

对于高层云要求云层厚、含水量大。因为我旗近地层湿度条件很差，如果云体太高，