

編 号: 0341

內 部

科学技术研究报告

湖南地区1962年8月份盐粉
催化浓积云降水試驗

中华人民共和国科学技术委员会出版

1965年6月 北 京

档案号: 000725

內 部

分 类:

科 学 技 术 研 究 报 告

湖南地区1962年8月份盐粉 催化浓积云降水試驗

中 央 气 象 局 观 象 台 郭恩銘 馬培民 孙奕敏

湖南省气象科学研究所 李玉崑 楊友循

中华人民共和国科学技术委员会

1964年5月19日 登 記

摘 要

该文是1962年8月份在湖南省进行36次盐粒催化浓积云降水试验报告。工作中用依尔-12, 里-2两架飞机进行撒盐粒催化浓积云降水试验, 并安装了云雾物理观测仪器(含水量仪、滴谱仪、颠簸仪、半导体温度表、大气盐核取样器)进行云的微观观测, 用照像、目测及飞机上的仪表进行云的宏观观测, 收集到一些资料。人工降水效果检查除上述资料分析外, 也应用了地面气象站测量的降水量, 参考了某些晴观测的降水现象。报告的主要内容有: 1. 对湖南地区浓积云宏观、微观特征有初步的了解。云顶可达5000米以上, 云顶温度多在0℃以下; 旺盛浓积云含水量相当大, 平均含水量可达2克/立方米; 大水滴有的大于500微米。2. 浓积云本身降水不常出现, 降水量较大的多发展到积雨云。层状云降水可达到小雨—中雨。最旺盛的浓积云顶部可能有水滴或过冷水滴存在, 因而降水中可能有贝吉龙过程存在, 此种过程增大了人工降水效果检查的复杂性。3. 从个别分析和试验情况统计表可以看出, 在对流云中播撒盐粒有使云滴谱变宽, 大滴增多, 含水量增大, 并使云有等压层效应; 能使发展旺盛的浓积云中产生达数毫米的降水(8月25日9.6毫米)。从观测资料来看, 湖南八月这个“伏旱”季节里, 适合用盐粒催化降水的云还是不少的, 特别是山区。

目 录

摘 要	I
一. 前 言	1
二. 观测仪器和飞行方式	1
三. 湖南1962年八月对流云的某些特征	3
四. 试验概况	6
五. 几个个例的分析	6
六. 讨 论	25
七. 结 语	27
参考文献	29
附: 1962年8月湖南地区飞机人工降雨试验 情况统计表	30

湖南地区1962年8月份 盐粉催化濃积云降水試驗报告

一、前 言

湖南省位于副热带地区，历年夏季七、八两月經常受太平洋高压西部控制，降水量显著减少，形成所謂的“伏旱”。但由于湖南地形复杂；稻田水庫遍布各地，大量水汽通过蒸发过程进入大气；并且太阳辐射强烈，为形成对流云提供了有利的条件。即使在太平洋高压的控制下，也常出現淡积云和厚薄不等的濃积云，在山区并有相当数量的濃积云，能发展成积雨云。局部性对流性的降水是这个期間主要降水形式之一。但也可以看到有大量濃积云，发展相当旺盛而并不降水。因而探討人工影响对流云降水，对“伏旱”期間的农业用水問題，是有积极意义的。

自1959年以来，湖南省已进行过多次人工降水試驗，得到了一些資料，也进行过分析研究工作〔1〕、〔2〕。但因观测仪器較少，云的宏观、微观结构的观测数据不多。今年結合人工影响降水試驗，在飞机上按装了一部分观测仪器，但因飞机未能按正規要求改装，加上其他一些条件的限制，只是在可能的条件下，对淡积云、濃积云、层积云的宏观、微观结构繼續进行了观测，取得了一些資料，但仍然不够系統。

以往的工作中，多根据气象、水文站網的雨量資料用統計方法分析試驗效果。今年因台站情况变化較大，雨量資料不够理想，这里着重从飞机宏观、微观观测資料着手进行个例分析，从中探索盐粉催化对流云的过程。由于种种原因，飞机观测資料不够完整、系統，因而現在所作的分析只是个初步結果，尚有待今后进一步深入探討。

二、观测仪器和飞行方式

人工降水試驗工作使用了两架飞机，ИЛ—14 配备了一部分观测仪器，每次飞行中有四—五人进行宏观和微观观测工作，其中进行宏观观测者为馬培民、李玉崑，温度观测和摄影：郭恩銘，含水量观测：孙奕敏，云滴取样：楊友循，盐核观测：馬培民和孙奕敏，另有二人专司播撒盐粉。由在前艙进行宏观观测者負責統一行动。另有一架ЛИ—2只进行催化。

1. 仪器装备：

由于条件限制，仪器未能正規按装，只在可能的条件下使用了一部分仪器。現把使用的仪器略述如下，詳細情况在“湖南夏季对流云微結構特征”中再行介紹。

1) 云滴取样器，主要使用的是苏联中央高空观象台設計制造的手枪式云滴取样器，有少数几次同时使用了苏联地球物理观象总台的取样器。用燻 MgO 烟层的玻璃片取样，仪器样片曝露時間1962年1月在天津进行过检定，并利用 А.Б.Калиновский 和 Н.З.Пинус〔3〕“高空气象学”书中所給捕获訂正系数进行訂正。

2) 云含水量仪，苏制 А—27型云含水量仪，滤紙条涂玫瑰精取样，曝露時間一般

在 3—15 秒之間，即一般測得的是 200—1200m 距离上的平均值。

3) 顛簸仪，苏制 3П—15 型三向过载荷自記仪。为了增大其垂直分量的灵敏度，从慣性体上取下了两个彈簧，并重新进行了检定。

4) 大气盐核取样采用土仪器，用涂 AgNO_3 明胶溶液的玻片取样，并根据 Langmuir 和 Blodgett[4] 的計算結果进行捕获系数訂正。

5) 半导体溫度表，国产半导体点溫計，沒有減速設備，也沒有防积水設備，因而在晴空測得的是摩擦溫度，在云中則測得的近于湿球溫度。

此外，使用两架照相机 (Зенит—С 和 Зоркий)。

云滴和盐核的取样工作，拍摄催化云的宏观变化都在客艙前三个窗口进行，仪器伸出距离一般均在 15—20cm 以上，超过了該处攪动层厚度 (10—15cm[5])，測得数据比較接近自然状态。

2. 飞行方式:

由于今年的工作以配合抗旱进行試驗为主。选云、飞行方式以及观测工作的組織等均未能按研究工作的要求进行，給整个分析工作带来了一定的困难。

在选云上，由于追求的目的是多降些水，因而选取的催化对象主要是发展十分旺盛的 Cu cong，甚至有一半以上是靠近 cb 主体旁的 Cu cong，也有一部分已在向 cb 过渡中，据統計 60% 的催化云是 cb 旁的 Cu cong，有少数几次是全省云的条件都不好，对 Cu med (即 Cu hum 与 Cu cong 之間的过渡云) 和 sc 进行了催化試驗。

在决定飞行方式时，首先的一个考虑是絕對保証安全，因为在濃积云，特别是 cb 附近气流很乱，很容易遇到很强烈的下沉气流或顛簸，使飞机操縱发生困难，容易发生事故，然后是考虑如何尽量使盐粉能够入云。检查盐粉入云后的效果則主要依靠在飞机上对云的宏观变化进行目測和摄影，以及地面的降雨情况的报告，只有少数几次取得了一些播盐前后云微结构变化的資料。

今年催化用的盐粉有两种：一是未經加工磨細的商品精盐，直徑在 100—500 μ 之間，一是磨細了的盐粉，峰值直徑在 15—30 μ 之間。从对加工盐在空中散布情况的观测看来，云外播撒时盐粉下墜很快图 1 为 8 月 25 日的一次盐核观测結果。从图上可以看到播盐高度 (5000 m) 上盐核濃度是比較大的，下层略小，向直徑越大，上下之差也就越小，尤其是对直徑 $D > 100 \mu$ 的核，2000m 高度上的濃度反向比上层任一高度上大，由此可以推想使用精盐时下落得更快些 (100 μ 的在 4Km 以少，可能是观测部位問題)。

有鑑于此，并且催化云多为龐大的 Cu cong，飞行条令禁止穿云，为了使盐粉能落入云中，飞行高度都比較高。一般尽量爭取能到云頂，若云頂过高，則穿云峰或在数峰之間播盐。

云頂过高时，只能在云腰飞行。由于对大积云内外气流場，特别是水平气流場了解很少，盐粉在这个流場中的运动情况了解更少。

云外播盐时盐粉能否入云是个很大的問題。针对这个問題过去提出过两种相反的看法

法。有人認為在云的上风方播盐时,盐粉可被风吹进云中;有人則相反,認為应在下风方(或云移动的前方)播盐,云向前移动时,可以把盐吸入云中,这两种提法依据,严格說来是不够的。关于这个問題在第六节中再行討論。

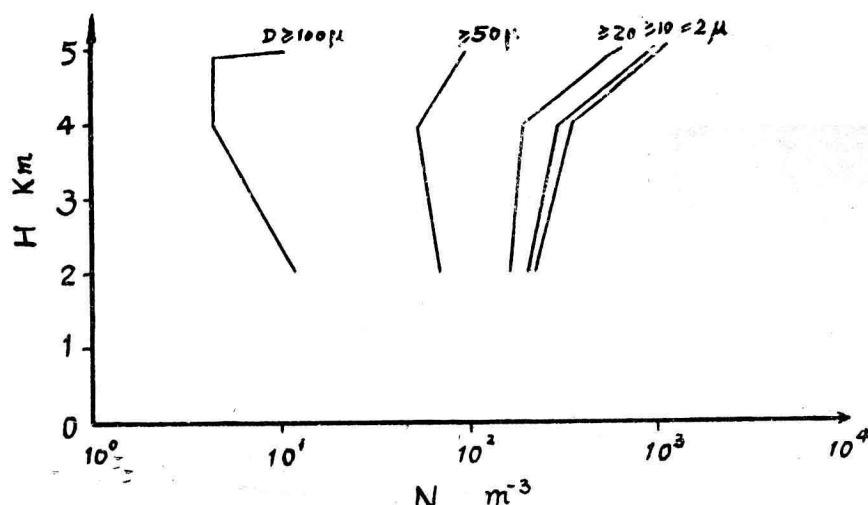


图 1 播盐区盐(Cl)核浓度垂直分布(1962年8月25日)

由于絕大多数选来进行催化的云,都是厚度相当大的 Cu cong (有的在向 Cb 过渡)。飞行条令严禁穿行,因而主要依靠在催化前后,对云的宏观结构特点作尽可能詳尽的观测记录,只是偶而从云边穿过一下,不大可能在同一点反复穿云,也就无从了解其微结构的变化。只有少数几次,在經驗丰富的机长密切合作之下,对厚度不超过2000m的 Cu med,进行过反复穿云的观测。但由于观测仪器本身的缺点,观测結果不够理想。

三、湖南 1962 年八月份对流云的某些特征

八月份里,两架飞机共飞了36架次,飞行地区几乎遍及全省。对这个月份对流云的特征,蒐集到了一些資料,茲分述如下:

1. 濃积云云頂的高度和溫度:

云頂高度和溫度的資料,对于研究云的宏观特征是不可缺少的数据。根据这些資料,我們可以了解湖南地区1962年八月份的濃积云发展高度的基本特征,这对探討人工影响对流云降水和研究对流云自然降水性質甚为重要。

从21次人工降水試驗中,观测 116 个濃积云的云頂高度和溫度,其結果見图 2 和图 3。

图中6000m以下的云頂高度和溫度是由飞机高度表和半导体溫度表直接讀数記錄下来的。高于6000m时云頂高度是目测估計的,該高度上的溫度则是从探空資料取得的。

从图 2 中看出,濃积云頂高度,最高可达8000m以上,最低 2700m,出現頻率最大

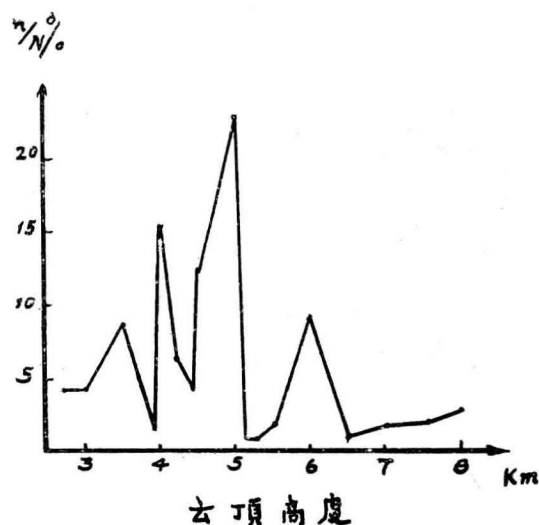


图2 云顶高度出现频率(1962年8月份)

是在5000m上下, 占23%。从图3中可见, 云顶温度变化的间隔较大, 以 10°C 到 -21°C 。 -1° — $+5^{\circ}$ 之间占22.3%, -10°C 以上出现次数较少。

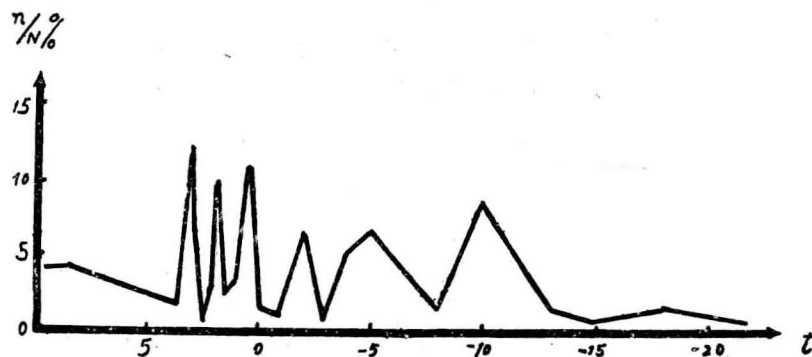


图3 云顶温度出现频率

2. 微结构的某些特点:

由于全部微结构资料尚未整理分析完毕, 这里只概略地谈一下比较突出的几点:

1. 浓积云滴谱很宽, 大滴浓度相当大, 在发展并不十分旺盛的Cu cong (或Cu med) 中, 顶部 50μ 以上的滴的浓度, 可达 10^0-10^1 Cm^{-3} , 而在发展十分旺盛的Cu cong (厚度超过4000m) 里, 直径在 100μ 以上的滴浓度也可达 $10^{-1}-10^0\text{ Cm}^{-3}$ 。

而间接的材料表明, 在发展比较旺盛的Cu cong 中可能存在更大的滴。经常可以观测到在云体倾斜部分之下, 有大滴落下, 8月9日的情况就是一个最典型的例子。当天风速的垂直切变较大, 1500—2000m高度上(云底高约1200m), 风向 240° , 风速 7 m/sec , 向上风向基本维持不变, 而风速增大, 4000m高度上 10 m/sec , 5000m 15 m/sec (11时长沙, 大托铺探空资料)。在这个风场作用下云体向东北倾斜, 在近乎水平的云顶之下有

幡下垂，在阳光照耀之下，出現非常鮮明的彩虹(见图4)。此云云顶高5000m，云顶温度 $+2^{\circ}\text{C}$ ，为純暖云。因而傾斜的云頂下之幡中的滴当全由暖云过程产生，而无貝吉隆过程参加。滴的尺度則可由虹的色彩来判断，根据 Pernter 的研究(見 Boyer[6])，当滴的直径在1—2mm左右时，所成的虹的色彩非常清晰，鮮艳而明亮，滴直径在0.5mm时虹中的紅色帶已很暗，直径0.2—0.3mm的滴所成的虹，不再有紅色出現。在这天观测到的虹中，紅色还相当明亮，說明从云顶墜下的滴直径可在0.5mm以上。

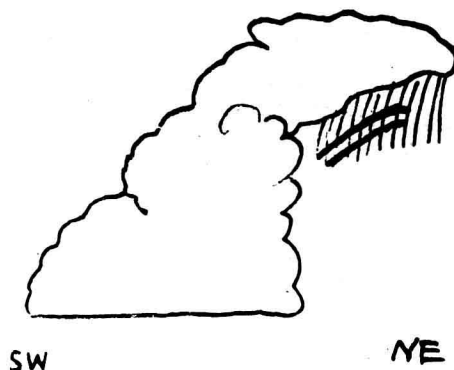


图4 傾斜的 Cu cong 頂下的幡和虹(1962年8月6日)

从濃度分布譜看，峰值直径一般多在 $10-30\mu$ 之間，向大值方向漸逐减少，但拖的很长。明显的第二峰值并不多見。

2.含水量大。厚度仅200m的云中，頂部含水量也可能超过 1g m^{-3} ，如8月19日在2500m高度上穿过一块 Cu med (底高800m云厚約2000m)时，測得平均含水量达 2.6g m^{-3} 。发展旺盛的 Cu cong 仅在边缘部分和頂端測过，平均含水量一般均可达 1g m^{-3} 左右，也曾多次測到过 2g m^{-3} 以上的平均含水量，由此推测云中心部分含水量值可能更大。一般情况下，对含水量貢獻最大的多为直径 $40-80\mu$ 的滴。

3. 对流云降水性質

根据今年八月份的飞机观测，我們初步認為，就湖南地区來說，純暖云过程降水出現次数很少，即使有降水量也不大。多次观测表明只有当 Cu cong 頂部到达8—9Km，出現了冰晶，即过渡为 Cb 以后，才开始有較强烈的降水。

当 Cu cong 云顶生长到7—8Km以上(-12°C 层的高度一般7500—8000m)，頂部就自发形成大量冰晶，大量潜热的释放，使上升气流速度有所加强。因而此时云顶可保持为明显的花椰菜状；在遇到强烈的风速切变，强逆温层或上升气流减弱以前，不一定出現砧状頂，即砧頂要在出現冰晶化以后相当時間才出現。8月12号的一次观测就是个十分明显的例子。图5是16:50从飞机上拍摄的Cb云顶，清晰的花椰菜状頂，披着一块云幙，但几分鐘以后从傾斜的云体以下飞过(4400m, $+5^{\circ}\text{C}$)，遇到大批从云体中抛出的霰粒，打在观察用的半球形塑料窗上，留下直径2—3mm的冰斑，融化后向后流去。由此判断，此云顶部已有大量尺度相当大的冰质质点。

有时，即使云顶边缘部分冰晶被风吹离主体，形成一条拖得很长的砧体，但，云軸頂部仍保持为花椰菜状，С.М.Шметер[7]在西伯利亚也观测到过类似的情况。他認為 Cu cong 頂部达到冰化层而出現冰晶后，即轉变为 Cb calv 后，頂部外观上并无明显变化，仍繼續生长。只有頂部垂直气流减弱，进入其生命史中的准静止阶段后，才出現卷

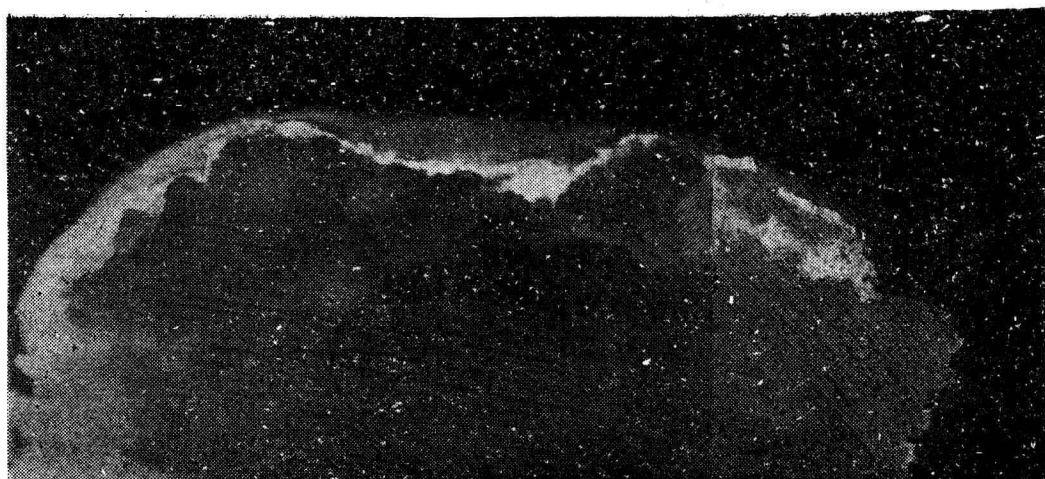


图5 1962年8月12日Cb的花椰菜状云顶(拍摄高度4000m)

云结构的砧顶，转变为 Cb inc。

看来，似乎是当云的上升气流较弱时，单纯依靠冲并过程尚不足以产生降水质点；而上升气流强时，冲并过程所造成的大滴又不足以克服上升气流而下降，随气流移至云边时蒸发掉了，或从云体的倾斜部分坠出云外，只有在贝吉隆过程发生后，才制造出了第一批降水质点。

四、試驗概况

从1962年8月3日起到8月28日结束，两架飞机飞了36架次，共作45次催化试验，进行催化的时间，一般在13时到17时之间。进行催化试验的地区多在湘东和湘中地区。催化对象大部分都是 Cu cong，而又以 Cb 旁的 Cu cong 居多，约占总数的 60%，其余的孤立的 Cu cong、Cu med 和 Sc。播云部位多在云顶或几个云峰之间穿行，云顶过高时，在云腰绕行。播盐高度，ИЛ-14 型飞机多在 5000m 左右，ЛН-2 型飞机多在 3800—4000m 左右，使用剂量从 $3\text{kg}/\text{km}$ 至 $18\text{kg}/\text{km}$ 不等，逐次试验情况见附表。

从催化后观测到的变化看，个体较小的 Cu (Cu med) 或孤立的 Cu cong 催化后多未观测到降水，有些云消散了；在 Cb 云旁的 Cu cong 或几块 Cu cong 连在一起时，催化后云底多有雨幡出现，其中大部分可观测到有及地降水，但很多这种类型的云，在催化过程中逐渐过渡为 Cb inc。

五、几个个例的分析

从今年试验中，我们挑出以下几个观测资料比较多，而且能代表不同情况的个例进行了一些分析。在选个例时主要考虑的是观测资料比较多，能够说明一些问题的，所以

几次例子都是根据 ИЛ-14 飞机的观测资料作出的。因为只有这架飞机上安装了仪器，而且配备有较多的人员进行观测工作。

由于各次云的条件不同，观测资料各异，因而分析方法上有的着重在微结构观测资料，有的则着重在宏观观测资料。

1. 1962年8月19日。

8月17—18日有一冷锋南下，其南端经过湖南。19日08时，冷锋已到达武夷山区，湖南处于冷高压南部边缘，大气层结条件并不太有利于对流云发展，虽然低层（1500m以下）已是超绝热梯度，但1500—3000m为一稳定层， γ 值约为 $0.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，不稳定能量较小，不足以突破这个稳定层。这就限制了对流云向上发展（8月19日11时大托铺探空曲线见图6）。

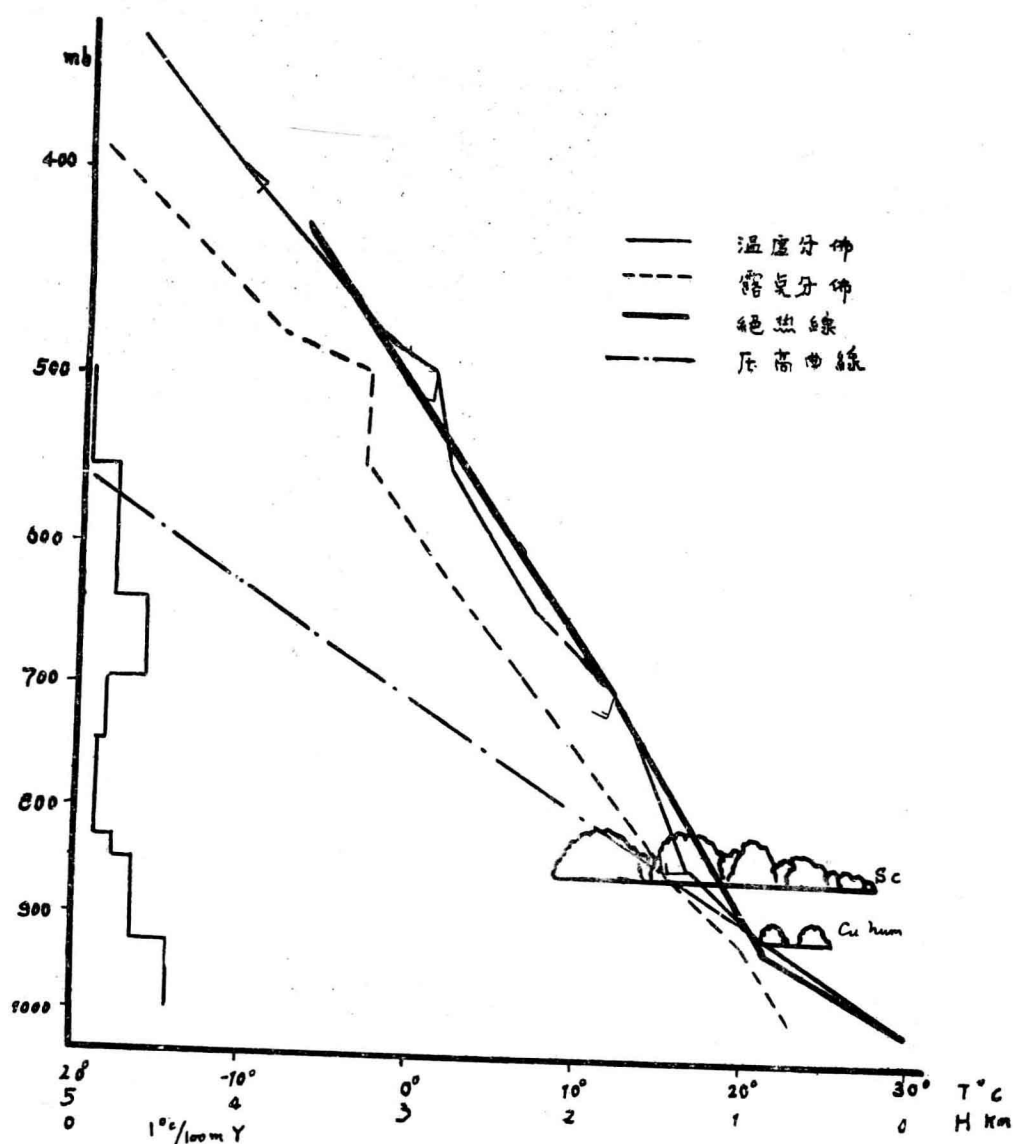


图 6

上午湘中和湘东地区为大片Sc tra所复盖,其下有一些瘦小的Cu hum,只有湘赣之交的山区出现少量Cu cong,中午时分,有几块已发展成了Cb。

飞机在12:13起飞。在长沙地区实测Cu hum云底高800m, Sc云底高1400m, 云顶高1800—2000m, 在Sc tra以上更高的高度上尚有Ac和Ci。有个别几块Cu从低层发展起来穿过了Sc云层,形成了隆起在比较平坦的Sc云顶之上的一些云丘。云的垂直分布情况见图7。

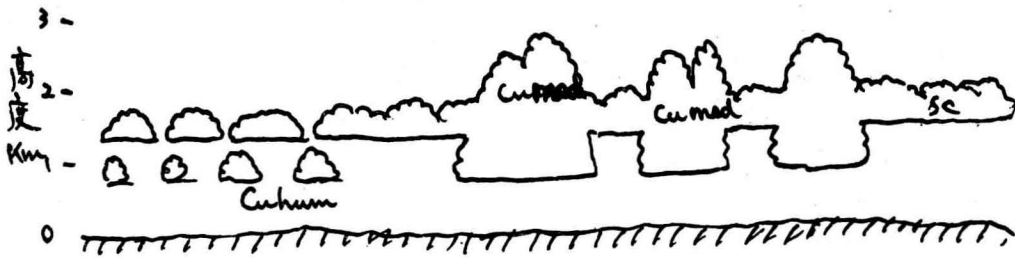


图7 长沙地区云况

Sc中含水量很小, A—27含水量仪未能测到。由云滴谱计算则为 0.05gm^{-3} 。滴浓度也很小, 仅42个/ Cm^3 。平均直径为 9μ , 均立方直径 13μ 。但突出于Sc云层之上的Cu med中这些要素都显著加大。如13:00在2500m高度上穿过一块Cu med (以下我们称之为Cu 1)的顶部时, A—27含水量仪测得的平均含水量为 0.40gm^{-3} , 而其西南方的Cu 2较高达 2.6gm^{-3} 。Cu 1的滴浓度为 318Cm^{-3} , $\bar{d}$ 为 27μ , $\sqrt[3]{\frac{3}{d^3}}$ 为 37μ , 按滴谱计算的含水量则比平均值大很多, 近于绝热计算值。

13:00以后。一边穿云观测云的微结构要素, 一边也就开始播撒盐粉(剂量 4.5Kg Km^{-1} , Cu 1曾反复穿过三次, 飞行航线见图8, 图9。

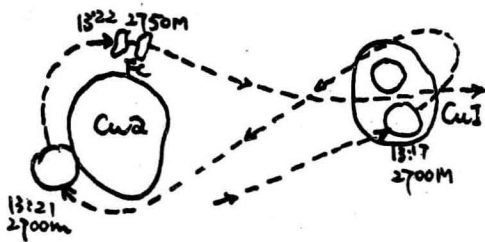


图8: 8月19日云的水平投影和航迹图

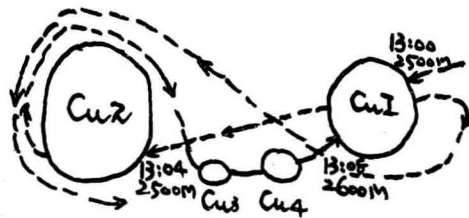


图9: 8月19日云的水平投影和航迹图(时间续图8)

从观测结果可以看到Cu 1, Cu 2发生了十分明显的变化:

1) 云顶不断升高。13:00穿Cu 1高度为2500m, 是在云顶之下不多的地方, 13:08再次穿云时仍在云顶之下不多的地方, 但高度提高到了2600m, 13:17第三次穿云时, 仍在云顶下不多处, 又提高到2700m, 由此估计, 云顶的上升速度约为 0.2msec^{-1} 。

2) 第一次穿Cu 1时, 只有微弱的颠簸, 而13:08第二次穿云时, 过云中心后, 突遇较

强的下沉气流，失重现象相当明显，第三次穿云时又复减弱。

3) 三次穿 Cu 1 观测，穿云高度上平均含水量依次增大。13:00 为 0.40gm^{-3} ，13:08 为 0.86gm^{-3} ，13:17 为 1.55gm^{-3} 。

4) 滴谱变宽，大滴增多，在含水量分布谱(图10)中表现得尤其明显。可以看到13:00时优势直径为 40μ ，13:08增至 50μ ，13:17更增大到 70μ 左右，半峰值点之间的宽度也显著加大。虽然在大滴部分由于读样不够多，而出现了一些锯齿形起伏，但总的趋势仍然十分明显，谱中极大值的位移可以认为是确实的。

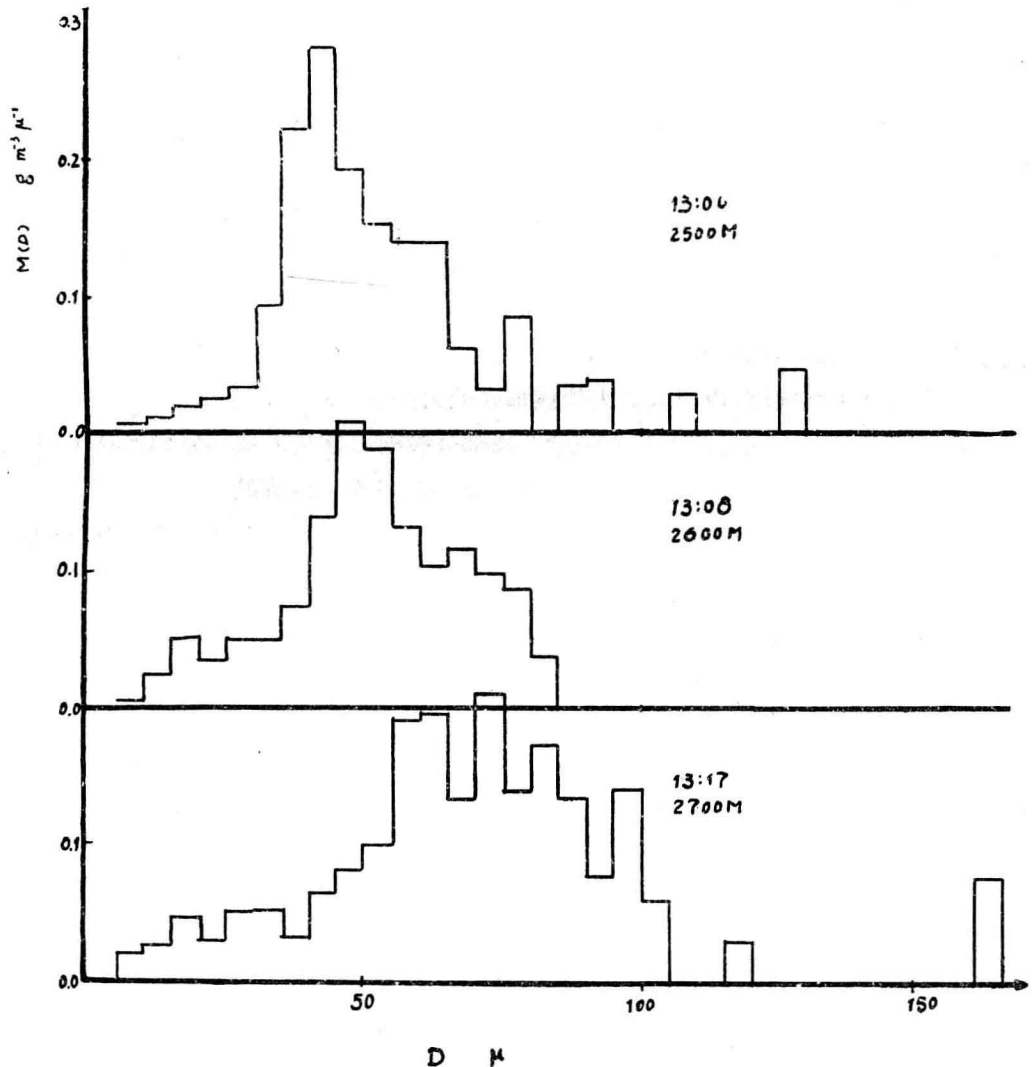


图10 Cu med 顶部盐粉催化前后云滴谱之演化 1962年8月19日

13:00催化前 13:08第一次催化后 13:17第二次催化后

5) Cu 1在两次播盐后，云顶分裂为二，13:25以后，Cu 1，Cu 2底部脱空消散，Cu 2云边分裂出一些碎云。

把这些现象联系起来，关于盐粉的作用，我们可以得到以下几点看法：

1) 对云中气流的影响。根据室内实验, 盐粉入云后很快(10^2 秒)就可以靠凝结作用而长大, 在直径增大到3—4倍后, 凝结增长速度才大大降低。以这天实际盐粉用量(4.5g/m)计算, 盐粉直径增大3—4倍, 相当于每米飞行路径上有56—140克水汽凝结出来。如设盐粉直径增大到3—4倍时, 扩散所及截面积为 10^3m^2 , 则这个范围内的平均增温可有 $0.15-0.38^\circ\text{C}$, 实际扩散宽度可能比 10^3m^2 大, 但各处释放的潜热量估计应近似于正态分布, 那末中心处的增温值可能还可以有这个量级, 依 Saunders[8]热团的上升速度 ω 与其半径 r , 内外温差 ΔT , 有如下关系:

$$\omega = C \left(g \frac{\Delta T}{T} r \right)^{1/2}$$

$C=1.2$ 以 $r=15\text{m}$ 代入, 可得 $\omega \approx 0.5\text{msec}^{-1}$, 与观测到的云顶升高速度还比较相符。

当云中局地产生上升气流时, 作为补偿, 四周的空气便有一定程度的下沉。由于播种部位紧靠着云顶, 这个扰动就有可能使云顶之上的干空气混入云内。未饱和空气入云必然导致部分云滴蒸发, 蒸发降温作用加强了下沉气流。根据 Squires[9]的计算云顶进入的干空气团在达到饱和以前所能下沉的高度可有1 km以上, 下沉速度可达 1msec^{-1} 以上。这样产生的下沉气流, 以及人工大盐核形成的大滴下沉时拖带作用造成的下沉气流, 都是愈向下速度愈大, 因而底部首先消散。顶部分裂则可能是云顶部分地区有干空气混入, 结果云顶降低, 而撒盐部分, 云顶升高, 这种相对变化造成的。

2) 由于云顶升高, 并有附加的凝结发生, 含水量逐渐增大。谱也由于大盐核的加入而变宽。根据8月25日的观测, 人工盐核的峰值直径在 20μ 左右(见图11), 依靠凝结作

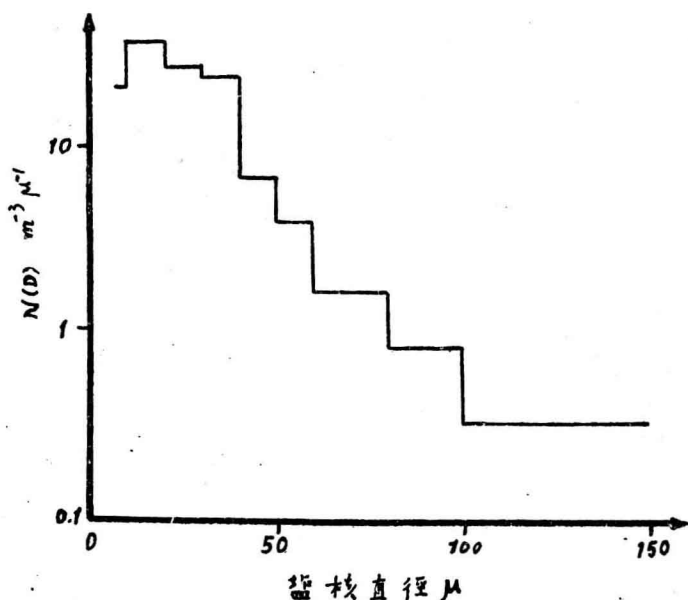


图11 人工盐核浓度分布谱 1962年8月25日在播盐高度(5000M)上的观测

用可迅速形成一批 $60-80\mu$ 的大滴。与云滴的含水量分布谱中峰值向大值方向位移至 70μ 左右正相符合。由于盐核数目较少，在云滴数浓度谱中表现不明显，但在含水量谱中就可以比较突出。

当然，由于观测仪器不够理想，这些看法，只是些初步的推测，还需要改进仪器，作更详细的观测，进一步研究这些问题。

2. 8月20日。

当天14时辅助天气图上，本省处于太平洋高压西部边缘及南海北伸弱小高压的影响下，为强度减弱的均匀气压场所控制。湘东及湘西有局地性雷雨，长沙西部有一切变线，局部地区有雷雨。11时长沙大托铺机场探空资料可看出：900mb以下为不稳定层结，以上比较稳定。又根据各地气象站航空报告的天气实况，我们选择浏阳县的荆坪铺，金刚、青萃市、牛石岭、郭家亭、古港、连云山、东门、白沙、永和，平江县的东北部一带上空分布较密的浓积云云场，做为影响浓积云降水的试验地区。13:48起飞，14:11飞至浏阳地区，飞行高度3800m，目测估计Cu Cong云顶高5500m，其中靠左边的一块已成为Cb，云下有雨旂。图12，为14:25的云况。

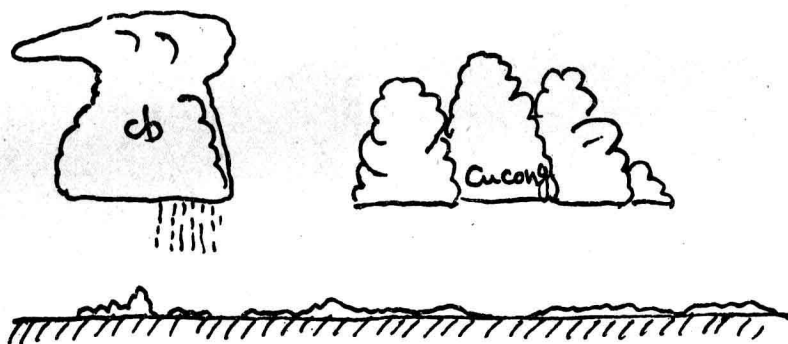


图12

14:25飞行高度4900m，气温 1°C 。开始在浓积云上风方周围，先以小剂量盐粉进行催化，其目的是促使云体发展。经过8分钟后，4750m高度上，目测Cu Cong发展很快。14:36观测到被催化的三云体有雨旂下垂见图13。

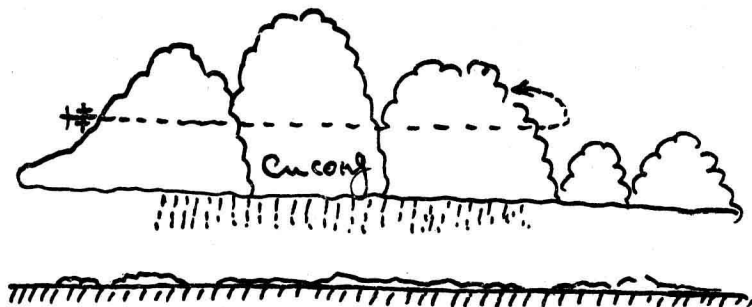


图13 14:36 云场示意图

14:40其中較高的Cu Cong云顶已出現砧狀。因高空風影响，云体水平移动很快。当时已經移至江西省边界，故另換云进行催化。这次共撒盐粉187公斤。

14:50飞往浏阳东北方向，在溪桥和官渡、达浒，观音塘等地上空。14:51又选三块Cu Cong 进行催化(见图14)，目测云顶高5200m左右，云体寬衍4 km左右。

14:58目测到云顶发展較快，已成半圓形，頂高約5600m，云体变寬。15:03 即觀測到有雨幡出現，云底有降水已达地，向太阳的雨幡并出現虹(见图15、16)。

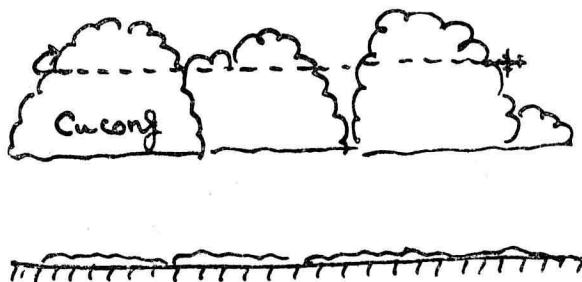


图14 14:50飞行航綫及云場示意图



(a)



(b)

图15 15:03被催化云的雨幡(如箭头所示)

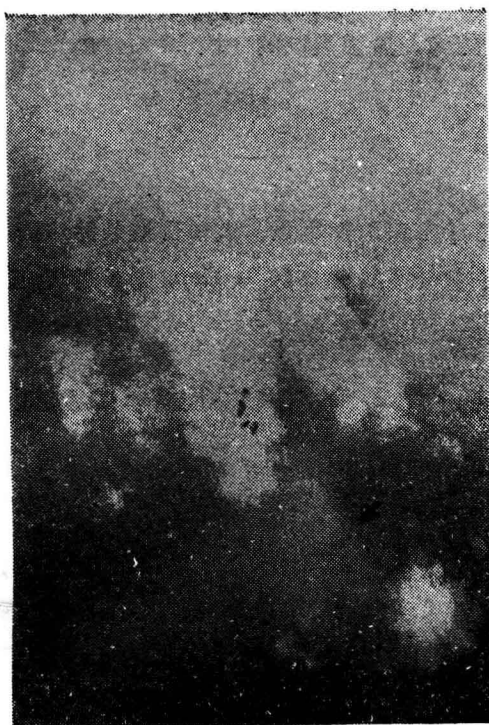


图16(a) 15:04被催化云下的虹(如箭头所指)



图16(b)

15:11云体发展旺盛，撒盐量加大。中间一块Cu Cong已发展成砧状Cb。这次撒盐量 396kg。

15:15云下有明显降水，最后整个云块Cu Cong已合并为一块Cb。即停止对此云作业。

15:37飞机向北飞至平江县内，又选三块顶高 4600m的Cu Cong 进行催化。15:43目