第 30 卷 第 1 期
1959 年 2 月

氣 象 學 報
ACTA METEOROLOGICA SINICA

Vol. 30, No. 1
Feb., 1959

武漢地區六次人工降雨總結報告*

提　　要

試驗對象是暖雲，用食鹽水和乾冰等作催化劑．食鹽水對人工降水來說比乾冰好．以自然冰花加鹽作爲催化劑也進行了試驗．

在全黨整風運動取得偉大勝利的今年，我國吉林、北京、甘肅等地都已先後做了若干次試驗，特別是吉林省的造雨工作，已爲當地進行農業抗旱，工業發電用水做出了巨大的貢獻，我們爲這些成績所鼓舞，同時在黨的正確領導下、在黨中央關於大鬧技術革命，掌握世界尖端科學技術趕上並超過資本主義國家的偉大號召下，全體同志破除迷信，樹立了敢想敢說敢幹的共產主義風格，決心要以試驗人工降雨成功向黨獻禮．我們挑的是世界上還沒有滿意辦法的暖雲造雨問題。 我們經過一個多月的苦戰，進行了 6 次試驗，其中 4 次成功，2 次取得了不同程度的效果，使我們對氣候溫暖的南方地區進行暖雲造雨工作，得到了一定的成績，當然問題也有很多尙待進一步解決，下面僅就一個多月來的暖雲造雨試驗做一簡要總結。

一、方案及方法

1. 試驗方案，由於南方地區暖雲降雨試驗就全國來講是初次，沒有成熟的經驗可資借鑒，所以確定試驗方案爲首先使用國內外冷雲降雨試驗成功的經驗運用於本區，驗證其效果，進一步研究對暖雲有效的、經濟的化學作用劑．

2. 飽和鹽水的噴撒裝置：裝置的主要依據是：保證鹽水噴撒有足够的寬度，在很短的時間內能將幾百仟克鹽水均勻的噴撒完畢，裝置要簡便，而且根據機組的要求，鹽水噴撒後不致被氣流打到機身任何部分，以免腐蝕飛機包皮，盡量不妨礙飛機性能，保證操縱系統不受影響，同時機上人員絕對安全，爲了滿足上述要求我們與修理廠研究製作了如下的裝置：在三個 53 加侖汽油桶上各安裝一個飛機上報廢之三油泵（打油量 2000 升/小時），從三個油泵打出之鹽水通過四向導管而匯合通過內徑爲 40 毫米的橡皮導管及總開關由機尾伸出連接在噴撒管上，噴撒管固定在機尾的滑翔機牽引環上，管之長度爲 1.7 米，內徑 30 毫米，管上有直徑 4 毫米之噴孔 80 個，此種裝置使用操縱相當簡便，當鹽水灌滿後，將油桶倒置，關閉總開關，油泵用機上 24 伏特之電瓶供電，噴撒時接上電源，打開總開關，鹽水就自動噴出，根據實際使用，基本上可以滿足前述的要求．

3. 乾冰的噴撒方法：我們使用的乾冰是壓縮於鋼瓶中的液態二氧化碳減壓放出而得的雪花狀固態二氧化碳，放出後將乾冰保存於若干棉布袋中，再將棉布袋保存於保溫桶內．乾冰的噴撒裝置相當簡單，即利用機尾廁所的洞口安裝一鐵筒伸至機外，爲防止氣流擾動影響噴撒，在鐵筒的迎氣流方向上延長一段做爲擋風板，在鐵筒上部做一鐵絲罩，以

* 空軍報告．

免乾冰撒下時體積過大。噴撒時機上人員直接將棉布袋中的乾冰由鐵筒倒出即可。

4. 冰霜的噴撒方法：冰霜是國內外未曾使用過的一種作用劑，但根據我們分析，冰霜對造雨可能有一定效用，而且來源方便（由製冰廠、冷凍廠均可購買），價格低廉，我們將0°C之冰霜加入適當比例之鹽粉（冰與鹽之比爲5:1），冰霜溫度可迅速下降至－20°C以下，並逐漸變成半流體狀態，在我們噴撒時亦使用撒乾冰之鐵筒撒出。

5. 在機上安裝航空氣象儀：我們將機上緊急窗口打開，把蘇式CM-43型及美式航空氣象儀用支架牢靠地固定在機外，並安裝了阿斯曼乾濕球溫度表，標準溫度計，濕度計，氣壓計各一個，目前主要缺少觀察雲滴數量及大小的儀器。緊急窗口並可用來照相，這樣可不必打開機門，以免危險。

6. 確定飛行方法：爲了避免乾冰的損耗，確定飛機在噴撒時緊貼雲頂，使乾冰等作用劑直接落入雲中。飛行路徑採用了矩形航綫，以便於領航計算，矩形之長短邊分別爲7仟米及3仟米，飛行一周的時間爲8—10分鐘。

二、六次試驗情況（見附表）

10月20日上午，担負試驗的里-2飛機，在漢口上空進行了第一次試驗，當時天氣爲10，高積雲2300米，雲厚200米，約在20平方仟米的面積上撒下乾冰20仟克，按飛行路程計算每仟米撒下乾冰0.75仟克。根據地面觀測，高積雲在乾冰作用下產生了顯著裂縫，持續約20分鐘，在機場南部有雨腳，但地面沒有降水，檢查其主要原因爲乾冰用量太少，雲層太薄（局部地區只有50—100米）。

10月22日在長沙上空進行了第二次試驗，當時天氣爲10，層積雲2100米，雲厚約550米，在約11平方仟米的面積上噴撒飽和鹽水350仟克，按飛行路程計算，每仟米撒下20仟克，根據長沙機場氣象台觀測，在噴撒後約10分鐘即開始降雨，持續達34分鐘，雨點較大，最大直徑約2—3厘米，但雨量較小，不足一毫米，據飛機在雲下觀測降雨面積約爲50平方仟米，此次試驗基本上是成功的，降水量少，主要由於試驗時期是在自然降水之後，雲中含水量已大大減少，同時雲層正處在變薄和升高消散過程中。

第三次試驗是11月8號在宜昌上空進行的，當時天氣爲10，層積雲600米，雲厚250米，在24平方仟米面積上撒下冰霜180仟克，按飛行路程計算，每仟米7仟克，據機上觀測在冰霜撒下後幾分鐘，雲層有顯著變厚的現象，在20分鐘後地面降雨數滴，從此次試驗得出冰霜對於雲層的發展，促使降雨有一定作用，但因本次試驗雲層很薄，局部地區只有50—100米，因此效果不够顯著。

11月12日上午在漢口上空進行了第四次試驗，當時天氣爲10，層積雲200米，雲厚500米，在約20平方仟米範圍內撒下乾冰54仟克，按飛行路程計算每仟米2仟克，據南湖附近金水氣候站觀測，乾冰撒下後9分鐘，該站即觀測到降水，持續了48分鐘，降水量不到一毫米。由機上觀測，在乾冰撒過的地區，雲層很快變爲黑灰色，雲層變濃，並且有了垂直發展，俟後2小時武漢市區及附近的雲層中降了很大陣雨，持續了一小時多，降雨量1.2毫米，由此次試驗得到證實乾冰對於暖雲的垂直發展，促使降水的提前和加大有着一定的作用。

同日下午又在漢口上空進行了第五次試驗，天氣情況與上午相同，約在20平方仟米

附表：六次人工降雨試驗情況記錄

日　期	噴撒時間	地　點	噴撒高度（米）	雲底、頂高度（米）	雲頂溫度（°C）	作用劑數量（仟克）	噴撒面積（平方仟米）	單位航程噴撒量 仟克/仟米	噴撒前雲狀	效　果
10 月 20 日	11:22—11:31	漢　口	2500	2300—2500	12.4（稍高）	粉狀乾冰 20	20	0.75	10 Ac 2300 3 Fc 350	撒過地區雲層顯著裂縫，部分地區有雨旛
10 月 22 日	11:50—11:57	長　沙	2650	2100—2650	5.2（稍高）	飽和鹽水 350	11	20.0	10 Sc 2100	撒過後十分鐘即 12:07 開始降雨，12:41 雨止，降雨面積約 50 平方仟米，雨點較大，但降雨量爲微量．撒後雲層有裂痕
11 月 8 日	12:58—13:22	宜　昌	850	600—850	6.5（探空記錄）	冰霜與鹽粉 摻合 180	24	7.0	10 Sc 600	撒後雲層有發展變厚情況，20 分鐘後有少量雨滴降落
11 月 12 日	10:17—10:25	漢　口	700	200—700	17.0（稍高）	粉狀乾冰 54	20	2.0	10 $\frac{FS}{Sc}$ 200	撒過後九分鐘即 10:34 南湖附近金水氣候站觀測開始降水，11:22 雨停，降雨面積及降水量未測．撒過乾冰之層積雲加濃變黑，並且垂直發展加強，13:24—15:19 武漢市區普降陣雨，降水量 1.2 毫米
11 月 12 日	15:56—16:03	漢　口	700	200—700	17.0（稍高）	飽和鹽水 280	20	11.0	10 $\frac{Sc}{FS}$ 200	根據機上觀測雲中已有降水，在機翼及風檔玻璃上均有雨點，但地面無降水
11 月 14 日	17:13—17:26	漢　口	1600	700—1600	0.5（探空記錄）	飽和鹽水 300	20	12.0	10 Sc 700	根據機上觀測撒過地區有小雨，降雨面積小，降雨時間、雨量未測

的範圍內撒下飽和鹽水 280 仟克，按飛行路徑計算每仟米 11 仟克，鹽水撒下後根據機上觀測雲中已有降水，在機翼及風擋玻璃上均有雨點，較之未撒鹽水時雲中雲滴有顯著增大，但地面未見降雨。

11 月 14 日下午 17 點在漢口上空進行了第 6 次試驗，當時天氣爲 10，層積雲 700 米，雲厚 900 米，在約 20 平方仟米的範圍內撒下飽和鹽水 300 仟克，按飛行路徑計算每仟米約 12 仟克，鹽水撒下後約 5 分鐘，由機上觀測撒過地區有小雨，降雨面積較小，降雨量、持續時間等因天黑而且地面沒有觀測哨未能測得。

在第 6 次試驗結束後，由於考慮到武漢地區適合試驗之天氣條件逐漸減少，因此試驗工作到此告一段落，綜合六次試驗情況其共同特點爲完全在 0°C 以上溫度的暖雲中進行試驗，而且被下種催化的雲層完全是厚度在 1000 米以下的層狀雲，通過 6 次試驗使我們初步得到了一些經驗。對中緯度地區暖雲造雨摸到了一點門路，爲今後我國在氣候溫暖的華南地區進行大規模人工造雨的工程提供了一些資料。

三、對暖雲造雨問題的幾點認識

在 6 次試驗中，我們兩次使用乾冰，三次使用飽和鹽水，一次使用冰霜，下面根據實驗效果提出我們對這些催化劑的看法。

1. 關於乾冰：我們認爲：

(1) 使用粉狀、塊狀乾冰對層狀暖雲之作用不够顯著，如果使用量大而噴撒面積較小，效果可能較好，如第 4 次試驗時發現雲層在乾冰作用下加濃變黑並產生降水。

(2) 粉狀乾冰對薄的層積雲有消散作用，因爲水汽在乾冰作用下，昇華爲冰晶後可能落下，如第一次試驗時雲層發生顯著裂縫。

(3) 在層狀雲中噴撒乾冰最好緊貼雲頂，在積狀雲中使用塊狀、粉狀乾冰可分別在雲頂、雲中較爲適宜。

(4) 使用乾冰時，準備工作相當麻煩，液體二氧化碳從鋼瓶中放出很慢，如大量使用，準備工作時間將要拖長，這樣損耗量大，在天氣變化迅速時可能錯過天氣。塊狀乾冰也需敲碎，這樣大小不易均勻，損耗也多，因此在使用乾冰時如能設法製作直徑爲 0.5—2 厘米之乾冰球使用就相當方便了。

(5) 乾冰之噴撒裝置要半機械化，我們用棉布袋撒出很不均勻，時多時少，時大時小，對效果有一定影響。

2. 關於飽和鹽水：我們認爲：

(1) 飽和鹽水對催化暖雲造雨有一定作用，對於積狀雲及較厚的層狀雲（我們認爲至少應在 500 米以上）效果比較顯著，鹽水中加以適當冰霜和冰使鹽水溫度降低，在暖雲中造雨，催化作用是較强的，至於飽和鹽水消雲在幾次試驗中效果不顯著。

(2) 鹽水濃度必需大，我們第五次試驗所用鹽水濃度較低，是該次試驗成效不顯著的主要原因之一，在其餘幾次試驗中，鹽水比重根據實際測量均接近 1.2。

(3) 鹽水噴撒的寬度必須足够，在層狀雲中噴撒時，噴撒路徑的間隔一般不要超過 1.5 仟米，因爲在層狀雲中擾動是比較微弱的，按飛行路徑計算的噴撒量每仟米 20 仟克以上比較適宜。

(4) 在層狀雲中噴撒鹽水可在雲上，而在積狀雲裏，雲中飛行較好。

(5) 鹽水的噴撒裝置必須嚴密，否則在鹽水腐蝕後對飛機機件之使用壽命會有很大影響。

3. 關於冰霜：

我們只使用了一次冰霜，層積雲在冰霜作用下厚度加厚，落雨數滴，這說明冰霜對層積雲有一定的催化作用，在冰霜與鹽粉混合後所成的半液體是介於固體二氧化碳與飽和鹽水兩者之間的東西，即有一定的降溫作用，同時，與鹽水一樣混合物與雲滴之間的飽和水汽壓差，對於雲滴向混合物聚集起着一定作用，當混合物中的鹽粉析出後，也可以增加空中凝結核。

在此次噴撒冰霜時，由於使用乾冰的噴撒筒，同樣存在着時多時少，時大時小的不均勻現象，直接影響了試驗效果，因此今後需要改進。

冰霜的噴撒與乾冰同樣在層狀雲中必須大量使用，且飛行路徑間隔不能太大，按飛行路徑計算，每仟米應在 10 仟克以上較好。

以上僅是我們根據 6 次試驗情況及事後檢查分析所得的一些結果，試驗次數很少，其代表性受着一定限制。特別是地理環境、季節、雲層發展情況，天氣形勢，以及噴撒方法不同時，結果也必然不同，所提出之一些數據也只是一個初略分析，供作參考。

總之，我們認爲在暖雲中進行人工造雨可以使用乾冰，但在用量及噴撒方法方面應有所改進，鹽水及冰霜在暖雲造雨方面有着很大的價值，因爲來源方便，價格低廉，對大規模暖雲造雨工作是一種比較適宜的催化劑。其次對於下種雲層來說，不論使用那一種催化劑，積狀雲造雨較之層狀雲都具備更有利的條件，從我們幾次試驗中看出層積雲造雨量是比較小的(當然雲層薄是一個原因)，可以預料在春、夏乾旱時期抓住積狀雲進行造雨可以收到良好的效果。

四、幾點體會

這次試驗的初步成功是一場破除人工控制天氣神秘觀點的鬥爭，黨和首長的領導，在整個試驗過程中政治掛帥，是試驗成功的決定因素，從政治意義出發使我們克服了重重技術上的困難，破除了迷信外國和迷信書本的觀點，比如書本上認爲雲厚必須大於雲底高的一半雨才能降到地面，但實際並非如此，第二次試驗就是一個例子。又如書本上認爲催化劑作用時間爲 10 分鐘左右，也是要看雲狀、雲高、雲厚、擾動强弱、高空風速等等，不能硬搬。在試驗開始時，有些同志對試驗成功是缺乏信心的，把人工造雨看得很複雜，甚至當第一次在長沙試驗成功了還不敢相信，然而隨着試驗的成功又產生了新的思想，有人認爲人工降雨不過如此，沒有什麼高深的東西可研究，因而積極性降低。黨及時指出了這種缺乏政治責任感爲研究而研究的單純技術觀點，不從當前的國家和人民出發的錯誤，因此使這些思想沒有蔓延發展，保證了試驗小組的工作順利進行。其次各單位的大協作是人工降雨試驗的特點，因爲試驗工作涉及面很廣，必須在統一的組織領導下進行工作，下面僅就組織工作方面提出一些意見：

1. 造雨工作組應包括氣象、航行、機務、實驗地區氣象台，供應部門人員共同組成，這樣在掌握天氣，決定飛行，改裝設備、觀測效果就有了可靠的保證。

2. 抓時機搶天氣，這一點不論對於試驗或是正式進行造雨抗旱都是非常重要的，氣象部門必須專人負責掌握天氣，特別是晝間三至四小時的天氣預報必須作準，雲層的實測工作要及時進行，比如第二次在長沙的試驗時機抓的很好，如果推遲一小時起飛，那麼雲已升高變薄不能試驗。此外，做爲試驗工作，需要選擇適宜的季節，否則爲等待天氣可能浪費很多時間，一般選擇在春季或夏季較爲適宜。

3. 對飛機的要求：里-2 飛機爬高性能較差，航速也較小，如要爬高到 4000 米就需要 40—50 分鐘，而且最高只能昇至 4500—5000 米，因此里-2 飛機担負試驗不很適宜，在天氣變化迅速的情況下或雲頂較高時均不能完成任務。在使用乾冰時，由於爬高慢，可能造成很大損耗，特別是夏季在積狀雲中試驗，飛機性能還將降低，所以最好使用伊爾-12 等爬高性能較好，載重量較大的飛機進行造雨工作。試驗時應有兩架以上的飛機，噴撒時採用跟踪飛行的方法，在後方觀測噴撒工作情況、觀察效果、攝影，單獨一架飛機則很難完成這項工作。因此要求担任試驗的機組應具備晝夜複雜氣象條件飛行的水平，並能雙機編隊。

4. 試驗地點應適當選擇，最好在機場上空以便觀察效果，同時每次試驗時要根據飛行高度上的高空風，使試驗區域稍偏於風的來向方向，以免因噴撒面積小，催化劑作用時間長，降雨不落本場。

人工控制天氣的工程是我們向大自然展開鬥爭的重要組成部分，是積極的氣象工作，較之爲了預防天氣而進行的天氣預報更向前推進了一步，氣象工作的終久目的乃是從預防進入控制與改造，和任人擺佈。我們深信，在黨的英明領導下，在我們無比優越的共產主義制度裏，我們的氣象事業一定能在這一新的階段創造出更大的成績，將沒落的資本主義國家遠遠的拋在後面！

ОПЫТНЫЙ ДОКЛАД О ИСКУССТВЕННОМ ПАДЕНИИ ДОЖДЯ В ГОРОДЕ ХАНЬКОУ

Резюме

Мы проводили 6 опытов искусственного падения дождя для тёплого облака с помощью твёрдого CO_2 и солёной воды. Мы считали, что твёрдого CO_2 лучше солёной воды. Мы тоже проводили опыт искусственного падения дождя с помощью порошка естественного льда и соли.