

## 我国的人工降水試驗

程純樞

(中央气象局中央气象台)

我国的人工降水試驗研究工作,到现在总共才九个多月,时间不长,还不可能作出科学性的評述。这里只能从已經接触到的材料試作綜合报导,并且附帶地提出几点看法。

1958年全国人民在整风运动胜利的基础上,在党的建設社会主义总路綫光輝照耀下,解放思想,發揮革命干劲,在各个生产战綫上都出現了跃进高潮,农业一馬当先出現大跃进的新形势。这样也就向气象工作的各方面提出了許多新任务和新課題。

科学技术工作在党的领导下明确了主要应当从发展生产、服务于社会主义建設出发,用“任务”来带动科学。沿着这条正确的道路,人工控制局部天气的試驗研究工作,在气象科学研究规划中的日程提前了,并且决定先从人工降水野外試驗着手,从生产出发,来发展这門科学。中国科学院为了研究解决西北干旱气候問題,以适应西北区工农业生产大跃进的需要,与气象局和北京大学等合作在甘肃祁連山区进行了人工降水試驗,以了解西北人工降水的可能性和现实性,以便取得經驗,为进一步工作作好准备。第一期工作是在1958年8—10月做的<sup>[1]</sup>。

另一方面,1958年7月—8月吉林市周围地区正当作物最需要水的期間,出現了数十年来未有的大旱,在全民防旱抗旱的运动中,由市委领导进行了規模較大的人工降水試驗,得到很好的效果<sup>[2]</sup>。用大量干冰进行播云十九次。不是对一朵朵云进行科学試驗,而是用大量干冰播撒到广大的浓积云、积雨云和高层云或雨层云里去。每次用干冰几百公斤,最多的一次曾用到1.5吨;作业航程最大曾到300公里。飞行作业,进出浓积云、积雨云中,作业高度常在6—7000米。試驗結果,不但帮助解决了部分干旱,而且以事实启发了广大的气象工作者。

冬季以前,跟着在南京、武汉地区和河北省进行了多次人工降雨和消云雾的試驗<sup>[3,4]</sup>取得了更多作业的經驗。在南京,晴空造云的尝试也获得了一些結果<sup>[5]</sup>。

1958年12月初在北京召开了會議,交流了夏秋各地人工降水試驗工作的經驗,討論在1959年如何扩大試驗。大家認為人工降雨是一件意义重大、很有发展前途的事。但是同时也認識到,人工降水还处在試驗研究阶段,目前特别是飞机試驗,还受到自然条件、物质条件和技术条件的限制,主要只能在重点地区扩大試驗,总结經驗,并大力开展科学研究工作,积极准备条件。地面作业試驗虽做得少,經驗很有限,但是这一途径比較更实际,应该采取多种方法,发动羣众、土洋結合、逐步进行。

通过这次會議,按各区的天气条件,結合需要,选定了几个重点地区,研究了此后一年內的試驗研究要点。

人工降水試驗工作已經引起全国很大的注意。經過一度技术交流传播,冬季以后,进行試驗的地点、次数和方式都增多了。附表1列出1958年8月到1959年3月这期间各

表 1 1958 年 8 月至 1959 年 3 月人工降水試驗次数、云別效果統計  
(附用剂統計)

	As		Ac		Ns		Sc		Cb Cu cong		Cu hum		St,≡	
	有	无	有	无	有	无	有	无	有	无	有	无	有	无
空中試驗	6		3	1	6	1	17	8	52	5	1			
地面試驗	10	3	5	5	1		8	7	3	2	3	2	1	
盐、盐水				1		1	4	4	12					
鉛粉*	1	2	1	2			1				1		1	
樟腦*								3			1	2		
CuS	2			1				1						
水										1				
干冰	4		3	1	6		13	4	32	4	1			
碘化銀	9	1	4	1	1		7	3	3	2	1			
石灰									1					

說明：(1) 有=有效果；无=无效果或不明

(2) 包括部分 4 月份的試驗

\* 或另加其他用剂

地試驗情况、次数的統計。由于报告不全，統計是不完整的。各地試驗方法、規模、观测分析的詳細程度等等，都有相当大的差别，因此統計是困难的，这张統計表只能提供一个概略情况。特別在效果的區別上，由于許多試驗还受条件和时间的限制，沒有十分詳細的报告，这里基本上都是按照原报告提出的結論或初步意見进行統計的。归納时所采用的一般准則是：凡是有雨量、看到微雨或雨旂、或者云有較肯定的反应的，列为“有效果”。当然，效果鑑定本身就是极困难的工作，而且各地的試驗条件也相当不同，这样簡單的統計里不可能有严格的比較性，还不能看成是最后的科学記錄。应该指出，表 1 中“有效果”項中，Sc 和 Cb、Cu cong 云播云有雨量的不及半数，其他类云則几乎沒有。

附表 1 里 Cb、Cu cong、Cu hum 这些直展云試驗絕大部分都是在夏季进行的，报告都已经发表<sup>[1-2]</sup>，这里不再介紹。入冬以后，絕大部分都轉入层状云类，播层状云有效果的次数虽然不少，但是效果明显的并不多。冬季层状云，特別在北方，一般不过三、五百米厚，近鋒綫者也不过千米，干冰降温范围小云含水量又小，云滴增大的条件远不如积状云；而且云的水平速度大，可能需要更多往返連續播云才能起到一定的效果。我国冬季天气的特点，一般多晴干的高压或冷空气天气，要不就是系統性天气，它本身常有降水发展出来。現在試驗的条件还不容許对天气条件多所挑选，所以在相当大一部分效果較好的試驗中，都属于系統性降水范围以內。在这种情况下，充分客观的效果鑑定是相当困难的。而观测网和分析工作方面的条件又很不足，更不容易得出明确的結論。附表 2 里列出一些試驗者认为效果較好的情况，其中降水量附有“+”号者表示初步认为自然降水以外增加的量。这里不可能对这些效果鑑定一一加以討論。

附表 2 里也附列了使用干冰和 AgI 以外的其他用剂情况，因为次数还很少，这里不准备談了。

这期間对暖云的試驗共 23 次，从附表 3 我們可以看出，目前还不能有任何結論。除了鑑定方法以外，作业方法(如盐的浓度等等)上各地也很有差异。

表 2

試 驗 地	月/日	云 类	用 剂	估計雨量效果(mm)
吉 林 市	III/21	Ns	干 冰	+ 3
	22	Ns	干 冰	+ 2
	23	Ns	干 冰	+ 2
东 崗	XII/ 3	AS tra	AgI	[+0.5] +2]
	9	Ns Fs	AgI	
天 津	XII/30	As	干冰加盐	+ 1
内 蒙 通 辽	III/21	Ns	干 冰	+ 4
杭 州	IV/ 6	AsSc	AgI	+ 5
	IV/ 1	AsFs	AgI	+ 2
上 海	I / 7	Ns	AgI	+ 4
青 海 西 宁	III/18	AsFs	AgI, 鉛粉, 樟腦	+ 3
庐 山	XII/21	Ac dup	鉛粉, 樟腦, 紫石英	+ 2
合 肥	XII/31	Sc op	AgI	+ 1

[ ] 內的数字是笔者按原意見在图上估計的。

表 3

云 类	Sc								Ac		As		Fc		共 計	
	盐 水		干 冰		AgI		樟 腦		干 冰		AgI		鉛 粉			
	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×		
暖 云	3 <sup>△</sup>	3	2 <sup>●</sup>	1		1 <sup>●</sup>			1		1 <sup>●</sup>				7	5
近 0° 暖云	2	2	3		2			1					1		8	3 <sup>23次</sup>

說明：○=有效果； ×=无效果  
 △有一次是盐加冰霜  
 ●表示各一次已有自然雨  
 近 0° 暖云指云顶温不高于 2°

表 4

云 类	Sc						雾		Cu	Ns
	干 冰		盐		石 灰		樟 腦	盐 烟	干 冰	盐
	○	×	○	×	○	×	×	×	○	○
冷 云			2				1 <sup>*</sup>		1	
暖 云	3 <sup>△</sup>	1	8	1	1 <sup>△</sup>	1	1	1		1

說明：○=有效果； ×=无效果  
 △有一次是盐加冰霜  
 ●表示各一次已有自然雨  
 近 0° 暖云指云顶温不高于 2°  
 \* 还加 AgI 液

在消云、消雾的試驗方面,这期間一共做了22次,情形見附表 4 (凡未指明目的为消云者均統計入人工降水內,不入本表)。盐对暖云的作用比較肯定。河北故城 8 月 24 日一次用干冰加盐水、一次用干冰,云顶温度达 10°,效果明显,消的 Sc 云块部分持久达 15—20 分钟,值得注意<sup>[4]</sup>。9 月 14 日天津暖云用干冰,作用不明显,云沟仍是有的。一次盐

粉播暖云无效(南京 12 月 26 日),因为仅仅用 3 公斤,也无从知道作用会产生在何处,这次試驗應該不作数。用盐粉播冷云而有效的,一次(唐山 3 月 9 日)Sc 云底零度,頂 $-5^{\circ}$ ,还比較暖;一次在滄县,Sc 底 2100 米,頂 2400 米,这天北京 800~750mb 温度在 $0\sim-2.8^{\circ}$ ,这云还是比較暖。这些試驗处理的云面积不大,而絕大多数用剂都是比較重的,干冰自数十公斤到一百公斤,盐粉自近百公斤到 270 公斤,盐水用 520 公斤。有些报告里对沟、洞的大小說得不清楚,但是 4 月 14 日宁波在 Sc 上撒盐粉 97 公斤,云立即断裂,10 分钟內露青天面积达 30 方公里。这时期里还没有規模較大些的消云嘗試。

造云試驗在 11 月南京先取得效果后<sup>[5]</sup>,以后就繼續在南京、滄县和吉林試驗了 7 次。其中四次都造成云条;有两次維持 8—11 分钟,估計气层湿度到 70~80%,温度是 $-17\sim-20^{\circ}$ 。一般可以說,在温度高而相对湿度低的气层里造云很难,但是在气温很低而相对湿度比較高的气层里容易产生云,虽然不可能持久。

1958—1959 年这个冬季除了进行以上試驗以外,科学机关和重点試驗区还忙于进行許多組織工作和技术准备工作。設計制造飞机上配用的播云器械,以更有效地播撒大量用剂。組織相当数量专为檢驗用的雨量观测点。設計試驗新用剂的小云室,設計飞机上和地面上用的云雾物理基本仪器,并且开始一部分这方面的研究和观测工作。用小型火箭发射碘化銀之类的用剂,这类方法的钻研已經在不少地点进行着,如何提高高度是大家最热心的課題。用高射炮发射碘化銀的試驗已經初次做过了。

最后只能簡單提一下的是消除冰雹問題。冰雹是我国許許多比較高寒地区的最大自然灾害之一,因为它往往在这些生长期不很长的地区里,也正是在农作物生长的关键性期間造成危害。近年有些地区积极进行了防雹斗争,如云南鹤庆<sup>[6]</sup>,組織很大的工作队和上百个固定防雹点,用火炮和烧烟裹云消雹,工作影响深入人心,雹災逐年縮小、減輕。他們对积雨云发展过程观测精細,預报經驗好,为了很好的向羣众学习,在实践中研究防雹,今年将有一个气象工作組参加防雹工作。

过去这九个多月的工作收获是很多的,但是还只在初始阶段,1959 年在重点地区扩大試驗,为了积极准备条件,在今后几年內順利开展人工降雨工作,除了加強組織工作和物质、設備供应之外,笔者認為还有必要注意几个問題:

一、把試驗設計得更严密、做得更深入。我們做一系列的試驗,是为的要把人工控制局部天气这样的复杂科学技术問題通过試驗,逐步揭发各种条件云的物理过程,得出适当正确可靠的記錄和数据,从而累积总结經驗,提高技术,把它发展到可以在生产上实际应用。每个試驗應該有明确的目的和有现实意义的方法。在天气选择上也要慎重。有必要把本区天气过程分析和天气現象演变的詳細观测和調查放在更重要的地位。如果不把适当部分力量用在这方面,就很难总结經驗,并会妨碍进一步的深入。

二、相应地开展云的宏观物理观测和研究。云的宏观条件和发展阶段如果相应地掌握起来,才可能更好地提高播云技术。为了今后在更大范围内播云,更需要有計劃地发展这方面的研究。

三、通过今年的摸索,进一步研究空中作业和地面作业的适当分工,并研究如何更有效地扩大地面作业,以节省国家支出。

四、坚决贯彻羣众路綫,“土”“洋”并举,先从防雹工作开始,深入学习羣众經驗和羣

众的发明創造。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 甘肃人工降水試驗工作簡报。气象学报, **30** (1959), 11—27.
- [ 2 ] 吉林人工降水試驗情况报告。气象学报, **30** (1959), 5—10.
- [ 3 ] 武汉地区六次人工降雨总结报告。气象学报, **30** (1959), 29—34.
- [ 4 ] 河北人工消散云雾的报告。气象学报, **30** (1959), 35—38.
- [ 5 ] 1958年11月27日南京地区試驗人工造云报告。气象学报, **30** (1959), 28.
- [ 6 ] 云南省鹤庆县預測和消除冰雹的經驗总结。气象学报, **30** (1959), 1—4.