

青海省人工影响局部天气 资料汇编

(一)

青海省气象科学研究所

目 录

(内部交换)

一九七五年互助地区雷达识别雹云小结.....	(1)
首次高炮降雨效果总结.....	(14)
一次强冰雹过程的个例分析.....	(21)
互助地区冰雹雷雨分辨方法.....	(28)
三七高炮防雹方法的讨论	
——75年互助防雹试验点群众经验总结.....	(37)
用单点地面观测资料试作冰雹预报小结.....	(50)
乐都的冰雹和七、八月冰雹予告.....	(53)
一块强雹云的内外场探测.....	(53)
铵油发射药.....	(73)

一九七五年互助地区雷达识别雹云小结

随着雷达气象学的发展,气象雷达在防雹工作中得到了广泛的应用。它除了用于防雹作业和效果检查外,也用于冰雹云的识别。

从雷暴形成的天气学和动力学条件来讲,冰雹云和雷雨云并无本质区别。但由于冰雹云和雷雨云降水的物理性质(如相态、形态等)不同,而他们对雷达电磁波的散射能力存在着差别,这就为冰雹云的雷达识别奠定了理论基础。

几年来,各兄弟省市在雷达识别冰雹云方面做了很多工作,取得了不少经验。我们七五年的工作,就是运用兄弟省市的经验,摸索、探讨互助地区冰雹云和雷雨云的回波特征,借以判别冰雹云,为本地区防雹作业和效果检查提供依据。

今年,我们共收集了26次雷暴过程的雷达回波资料,其中雹云回波资料17套,雷雨云回波资料9套。本文的目的是根据这些资料,作一些粗略的分析,就冰雹云和雷雨回波的形态结构等六个方面谈一些看法。由于资料本身的问题和分析水平所限,这些看法是很不成熟的,更难于得出结论性的东西。错误之处,请批评指正。

一、冰雹云和雷雨云回波的形态结构特征

(一)在平面位置显示器上,冰雹云回波面积大,雷雨云回波面积小,二者存在着明显的差别。如6月15日,8月1日等几次大的降雹过程,雹云回波面积都在 10^3 km^2 以上(参看照片(1)(2)),而8月12日、8月30日的雷雨云回波面积均在 10^2 km^2 左



照片 1



照片 2

右〈照片（3）〉。回波面积的大小基本可以代表云的体积的大小，而较大的云体储存着较大的能量，较小的云体储存着较小的能量，这可能是大块回波为雹云回波而小块回波为雷雨云回波的原因所在。

（二）在平面位置显示器上，冰雹云回波块状明显，前部边介清晰，后部松散〈照片（4）〉，经中频衰减后，有明显的强中心存在〈一个或多个，参看照片（5）〉



照片 3

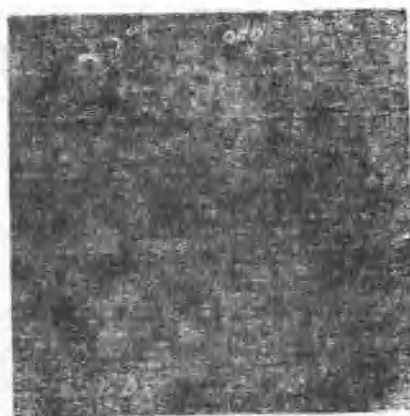


照片 4

而雷雨云回波一般比较松散，边介模糊〈照片（6）〉，经中频衰减后无明显的强中心存在。



照片 5

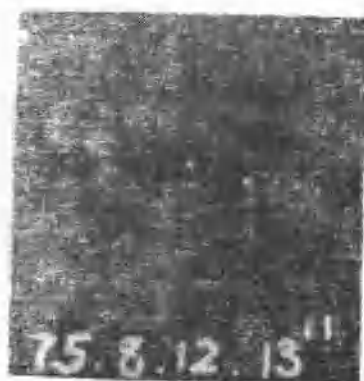


照片 6

(三) 在平面位置显示器上, 冰雹云回波常呈比较规则的带状排列〈参看照片(7)〉, 带有多个回波单体组成, 经中频衰减后有多中心存在〈照片(5)〉。如6月16日、6月17日、7月11日、7月13日的雹云回波均属这种情况, 带的排列大都是NE—SW走向的。而雷雨云回波常常是不规则的, 分散的, 而地方性的热雷雨回波则往往是比较孤立的单体。〈参看照片(8)〉。



照片7



照片8

(四) 在距离高度显示器上, 冰雹云回波一般主体在中上部, 即上部大、下部小, 回波顶部砧状明显〈照片(9)〉; 而雷雨云回波主体一般在中下部, 即下部宽阔, 上部较小〈照片(10)〉。



照片9



照片10

(五) 冰雹云回波的几种特殊形态结构。

1、“指状”回波

今年我们多次观测到这种回波结构。而最典型的是6月15日的雹云回波, 指状突起十分清晰。回波(11)(12)(13)(14)是指状回波经中频衰减后的情况。可以看

出，就整个回波的部位来讲，“指状”突起在回波移动方向的右前方，经中频逐档衰减后还可以清楚的看出，强回波与回波的“指状”突起部位重合。

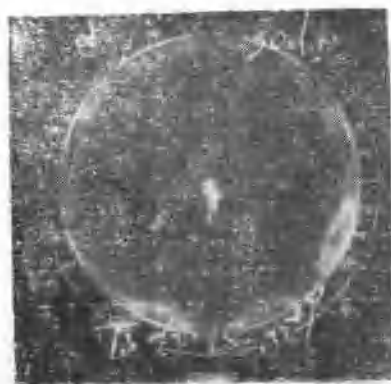


照片11

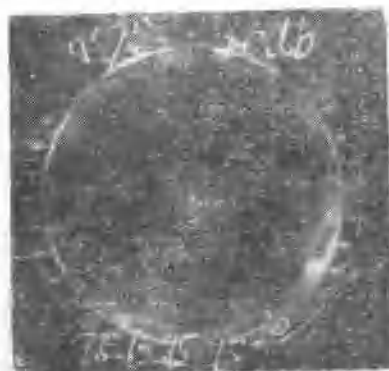


照片12

国内外观测指出，“指状”回波往往有大的降雹配合。中国科学院大气所1974年8月26日曾观测到这种回波，测站周围降强冰雹，冰雹直径达两公分。我们这次也观测到了强冰雹，回波“指状”突起附近降雹直径在1.5cm以上。



照片13



照片14

须指出的是：我们观测到的这种“指状”回波与有些单位观测到的“指状”回波在整个回波中所处部位不一。如有的单位指出，“指状”回波在回波移动方向的后部。而我们观测到的“指状”回波则处在回波移动方向的前部。对于这种回波与大冰雹配合的现象尚不能作出解释。

2、穹窿回波

今年6月16日, 8月1日我们观测到了国外所谓的“穹窿”回波<照片(15)>。国内外观测指出“穹窿”回波也是降强雹回波的一个重要特征。8月1日是今年互助地区降雹强度最大的一次。雹径达1.7cm, 并拌有大风, 灾情比较严重。

据有关方面解释, “穹窿”是由于当日高空风速较大, 把上部云体向前吹, 而低部辐合上升气流又比较强, 致使上部云体前伸而又不致下塌造成的。所以“穹窿”回波是高空风速大, 辐合上升气流强, 有利于形成强雷暴的重要标志。



照片15

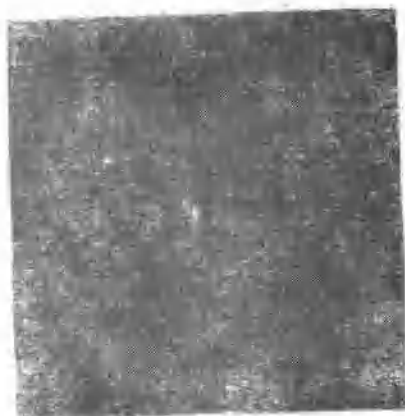


照片16

3、做气旋性旋转的回波

8月17日, 回波在测站北部20多公里处的大板山区生成, 越过五峰山、南山后移到测站附近。对比18¹¹、19⁴⁰、19⁵⁹几张回波照片<参看照片16、17、18>, 可以清楚的看出, 回波在测站附近作气旋性旋转运动。对比18²⁴、20¹⁸两张回波照片, 看到回波面积比原来显著增大。当时测站附近的台子, 红崖降雹。

回波为什么会做气旋性旋转? 推测可能是近地面层存在小尺度的气旋活动。由于气旋内部上升气流的存在, 有利于水汽和尘埃的大量垂直输送, 致使云体猛烈发展而降雹。7月13日也观测到了这样的回波。



照片17



照片18

由于观测次数较少，对于地面小尺度系统的存在只是一种推测，缺乏进一步验证的手段，有待于进一步做工作。



照片19



照片20

二、回波强度 (Z_e)

由于条件的限制，我们只对雷达的灵敏度作了标定。其他参数用出厂值。

标定结果

灵敏度

- 93db

由雷达手册查得

$$Pr_{min} = 0.5012 \times 10^{-9} \text{ mw}$$

Z_e 值的计算公式是：

$$Z_e = C \cdot 10^{\frac{n}{10}} r^2$$

其中C为雷达常数，N为db数，r为距离。

把上述 Pr_{min} 代替原出厂值代入雷达气象方程计算得出：

$$C = 8.2 \times 10^{-3}$$

故

$$Z_e = 8.2 \times 10^{-3} \times 10^{\frac{n}{10}} \times r^2$$

下面两表所列数据是由雷达气象方程计算出来的今年探测的冰雹云和雷雨云的强度 (Z_e)：

一九七五年冰雹云回波强度表

时 月	间 日	db (分贝)	r (km)	Z_c (mm^6/m^3)	雹径 (cm)
6	15	40	35	0.9×10^5	1.5
6	16	34	25	3.02×10^4	0.9
6	17	34	25	3.02×10^4	0.7
7	10	40	18	2.65×10^4	
7	11	35	28	3.85×10^4	0.5
7	12	44	25	3.0×10^5	0.9
7	13	41	20	5.21×10^4	0.7-1.0
7	14	41	21	5.99×10^4	0.4
8	1	44	30	3.26×10^5	1.7
8	4	41	19	3.70×10^4	
8	12	44	30	3.26×10^5	
8	17	51	9	0.65×10^5	
8	18	29	27	$0.6 \times 10^{3.9}$	0.3
9	3	34	22	$6.48 \times 10^{2.5}$	
9	14	40	19	2.95×10^4	

一九七五年雷雨云回波强度表

时 月	间 日	db (分贝)	r (km)	Z_c (mm^6/m^3)
8	12	20	25	0.5×10^5
8	13	29	21	1.55×10^3
8	19	34	15	4.41×10^3
8	30	33	14	3.59×10^3
9	13	30	15	1.85×10^3
10	5	17	29	5.70×10^2

由表可以看出，一般冰雹云的反射因子都在 $10^4 \text{ mm}^6/\text{m}^3$ 以上，而雷雨云的反射因子都在 $10^5 \text{ mm}^6/\text{m}^3$ 以下。几次较强的冰雹过程雹云的反射因子均在 $10^5 \text{ mm}^6/\text{m}^3$ 以上。由于雷达本身的稳定性较差，回波资料的精确度是不高的。况且，今年雷雨，特别是强雷雨回波资料收集得不多，所以把线划得太细是没有多大价值的。但根据这些资料，仍

可得出一些大致的看法：一般要出现强大的冰雹灾害，雹云的反射因子要在 $10^4 \text{ m m}^6/\text{m}^3$ 以上，反射因子小于 $10^3 \text{ m m}^6/\text{m}^3$ 者，基本应认为没有出现冰雹的可能性。

三、回波顶高与顶高温度，强回波顶高与顶高温度

表 3·1 表 3·2 分别是雷雨云和冰雹云回波的顶高、顶高温度，强回波顶高、顶高温度：

一九七五年雷雨云回波顶高，顶高温度 强回波顶高，顶高温度表(3·1)

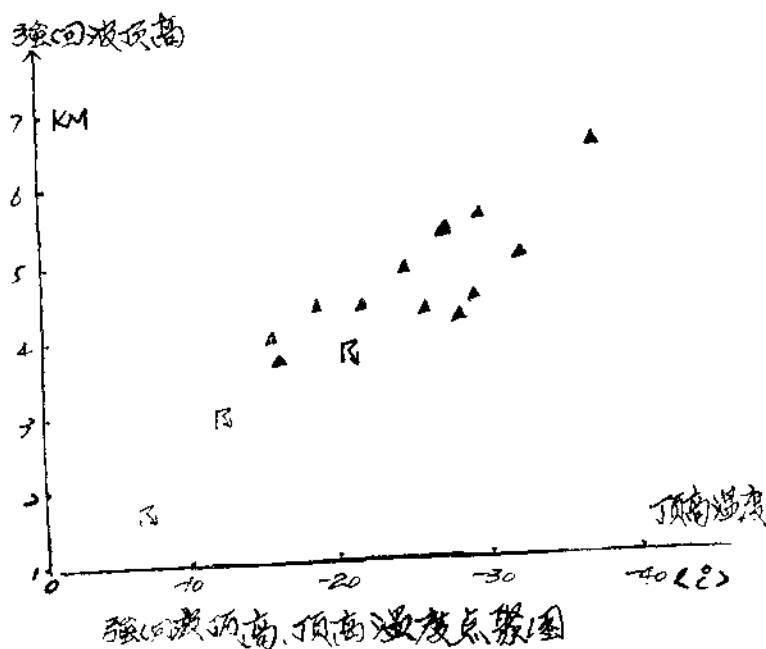
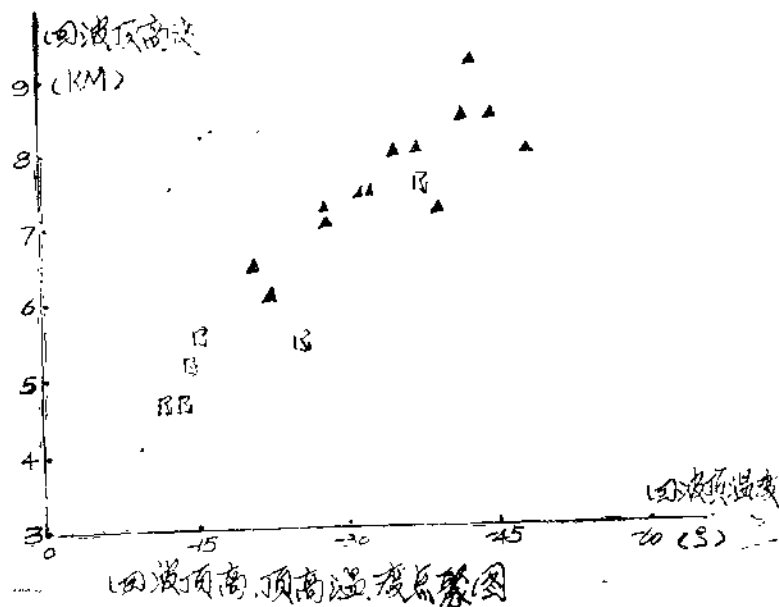
时 月	间 日	回波顶高 (m)	回波顶温度 (t °c)	强回波顶高 (m)	强回波顶温度 (t °c)
7	7	5400	- 13.5		
8	12	4700	- 12.0		
8	13	5200	- 14.7		
8	19	4700	- 13.6	4000	- 11.2
8	30	5600	- 14.8	3200	
9	13	5500	- 25.3	4400	
9	18	7600	- 37.5	6000	

一九七五年冰雹云回波顶高，顶高温度 强回波顶高，顶高温度表(3·2)

时 月	间 日	回波顶高 (m)	回波顶温度 (t °c)	强回波顶高 (m)	强回波顶温度 (t °c)
6	16	8500	- 44.9	5500	- 28.5
6	17	8000	- 48.8	6000	- 31.5
7	10	6100	- 22.4	4600	- 15.5
7	11	8000	- 34.9	5300	- 25.3
7	12	9300	- 41.3	7500	- 36.3
7	13	8500	- 42.0		
8	1	8100	- 37.1	6600	- 29.0
8	4	7500	- 32.5	4800	- 14.0
8	5	7300	- 27.9	5400	- 18.4
8	12	6500	- 20.8		
8	17	7500	- 32.9	5000	- 14.8
8	17	7150	- 28.2	5900	- 24.1
9	14	7300	- 39.2	5200	- 26.9

图3、1和图3、2是根据上面两表绘制的。

由表和图可以看出：雹云回波顶高最低的一次是6100米，回波顶温度最高的一次是 -20.8°C 。雷雨云回波除9月18日外，没有一次超过6000米的，回波顶温度均在 -25.3°C 以上。还可以看出：



较强的几次降雹如7月12日、8月1日、9月14日等的雹云回波顶高温度均在 -37.1°C 以下，顶高均在8000米以上。

比较特殊的一次是9月18日，不论从回波高度，或从回波高度、顶高温度，强回波顶高度和强回波顶温

度来看，都应属于雹云回波，但并未收到地面降雹的报告。是漏测，还是实未降雹，不清楚。这种情况应在今后的研究工作中引起注意。

由分析得出：回波顶高大于6000米，顶高温度低于 -20°C 的积雨云，就有出现降雹的可能性。但较强的冰雹云回波顶高一般要大于8000米，顶高温度要在 -35°C 以下。回

波顶高低于6000米，回波顶温度高于 -20°C 者基本应认为是雷雨云回波。

四、回波的移动

对于雹云回波的移向移速，许多单位都有所研究。有的认为与高空风平均风向风速基本一致，有的认为与500 mb风向风速关系密切，有的认为地形对于回波的移动有约束作用。

由于我们资料的不连续，对这方面不能做深入分析，只能根据一部份资料谈一些现象。

导致互助地区降雹的大的环流形势高空500 mb大都是西北或西北偏北气流，且互助的地形是北高南低，西高东低，而大部分回波也是向东、东南、南三个方向移动的。由此看，回波的移动与高空风、地形是有关系的。但通过对几次过程的分析，具体到某个时间内，这种规律性又不太大。在移向方面，如6月16日，同一时刻，两块回波的移动非但不同向，而是相向而行。在移速方面也是如此，据统计：今年观测到的最大移速为60 km/小时，最小为7 km/小时，而这两天的高空风差别却没有如此之大。特别是同一天、同一时刻、同一路回波的移动速度差别很大。如6月15日西路回波前边一块基本原地不动，而后部一块回波则以60 km/小时的速度前进。8月1日的情况也大致如此。

为什么会出现这种回波移动不规则的现象？有人认为，地面中小低压的存在是一个主要原因，尤其回波做辐合运动的原因更是如此。对于这一问题，由于地面资料的缺乏，尚无力分析。

总之，就目前的研究而言，高空风的地形和中低压的存在对于回波的移动可能都起一定的作用。但三种作用对于某一回波的移动不可能都是主要的，可能是三种作用的合作用。要推测某个时刻回波的移动趋势，关键在于要知道是那种作用起主导作用，而这一问题目前仍是一个比较复杂的问题。

五、电源与电路

我们把经常生成雹云并在互助产生降雹的地区称为冰雹源地。根据今年的观测统计，这些地区是达板山的几个山峰地区。

回波图(21)是互助境内地物回波。

达板山是一个NW—SE走向的祁连山支脉，互助就处在达板山的南麓。达板山在互助地区有几个山峰，主要的山峰是窝包山、龙王山，在大通地区的一个主要山峰是娘娘山。达板山区的雹云回波就在这几个山峰一带生成，而尤以窝包山一带生成云的机率最大。窝包山、龙王山海拔均在4000米以上(相对高度1000—



图21

2000米), 据实地调查, 这两个山峰上部均为裸露的岩石组成, 下部有植被复盖, 而山坳里却皆是终年湍流不息的泉水, 山上岩石经太阳照射, 山顶气温骤升, 比同高度自由大气的温度高, 山下又有充足的水汽供应, 这就为对流云的生成和发展提供了十分有利的条件。另一个源地娘娘山位于测站的 280° , $40-50\text{km}$ 处。娘娘山也是一个海拔高 <4000 公尺左右 $>$, 水源充足, 有利于对流云生成和发展的地区。

观测指出, 互助地区有几个回波加强地带, 一是龙王山地区, 二是五峰山, 南山地区。龙王山虽是一个冰雹源地, 但大多数情况下, 单单龙王山地区生成的积雨云回波, 只能降降雨或小冰雹。而当雹云在窝包山一带生成后, 在东南移的过程中到达龙王山地区, 与龙王山地区的积雨云合并, 就会在龙王山地区及其下游降强雹。若窝包山形成的雹云向南移, 那么当它翻越五峰山和南山时又会加强, 在台子, 城关及其下游一带降雹。这种南下的回波加强的主要原因有二: 雹云“逢山加强过山猛”即地形的抬升作用, 这是其一; 宏观观测指出: 五峰山、南山由于海拔低, 山上有植被复盖, 通常只能生成淡积云, 浓积云等弱的对流云, 但当移动中的回波与其合并时, 也会使原来的回波加强, 这是其二。

所谓雹路, 基于雷达分析的角度, 是指雹云回波路径, 为了方便和确切起见, 我们把它与实际降雹资料结合起来分析。图5、1是七五年互助地区冰雹路径图。据今年的资料分析, 互助地区冰雹路径有三条: 一条是从南门峡公社沿达板山东南下, 经南门峡边滩、林川、东和、东沟、丹麻、五十一线; 第二条是由南门峡南下, 经台子、城关、双树一线; 第三条是由大通境内的娘娘山起, 经五峰、城关、双树、东山一线。第一条出现的机率最大、第二条次之, 第三条仅出现一次。

六、两块或多块积雨云合并而致雹

“云接亲”, “云体辐合”, 都是一个意思, 皆指接云。接云成雹的现象早已为国内外所重视。甘肃局对这方面的研究和论述较多。据我们今年的观测, 互助地区出现的几次较强的降雹过程无一不是由于“接云”而致。

6月15日就是十分典型的一例。当日 14^{00} 观测, PPI上已看出有多个回波单体(照片22), 但主要有三块, 一块在 $280^{\circ}-290^{\circ}$ 、 $10-20\text{km}$ 处(A), 另一块在 290° 、 30km 处(B), 第三块在 $320^{\circ}-20^{\circ}17-22\text{km}$ 处(C)。回波C在北部窝包山区生成, 降雹后南移, 回波A在原地加强, 稳定少动。回波B则以 60km/小时 的速度SE下, 到 14^{20} , A、B、C三块回波合并(照片22), 强中心长时



照片22

间停留在陈家台上空不动，降雹后东南移，又在城关、双树、东山一带降强雹。

又如8月1日16²⁷观测，320°—340°，40—50km处有几个回波单体（照片23），16⁴⁵移到40km处（A）。16⁴⁸，0°，25km附近又有一些弱的回波单体生成（B）（照片24），16^{59.5}，回波A以19km/小时，速度东南移，同时回波B在原地发展，面积增大。到17³²回波A在移动的过程中与回波B合并（照片25），回波猛烈发展，造成南门峡及其下游地区的大风和强冰雹。对流云回波相接有多种方式，多种情况，但应特别引起我们注意的是：移动性回波相接往往形成雹云回波，而初生的，发展中的回波由于各个单体体积增大而相接是普遍现象，不一定会导致降雹。

我们观测到的事实是，两块或多块积雨云回波相接后回波面积加大，高度升高，移动速度明显减慢。如6月16日回波合并前强度只有20db，合并后增至30db（同距离），高度在合并前只有6000米，合并后增至8500米；8月1日，合并前移速是19km/小时，而合并后只有12km/小时，这种现象在今后的防雹工作中应引起我们的注意。

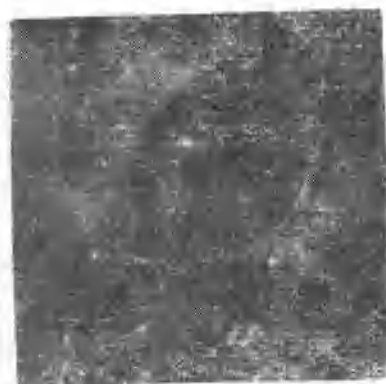
积雨云合并后云导致剧烈的天气现象，这一点已为国内外大量观测所记实。至于回波合并的原因，甘肃省研究所作过多种解释（参看甘肃省研究所《接云成雹》一文）。由于我们缺乏资料无法对这一问题作深入讨论。不过有一点值得注意得是：催化对积雨



照片23



照片24



照片25

云的合并是否有促进作用。最近，美国在对热带对流云的人工降水试验中，提出了“动力催化”的理论，即是从改变云内微观状态着手来间接引起云内宏观气流变化。方法是在过冷层撒播大量碘化银质点，使过冷却水滴冻结，迅速释放大量的融解热加速云中垂直气流发展，导致云体发展。他们发现，如果对互相邻近的云体进行多次催化而促使它们合并的话，则将形成一个发展十分旺盛的巨大积雨云系，降水量会大大增加。他们是从降水的角度来谈的，如果从防雹的角度来讲，这样形成的巨大积雨云系是否会导致大的降雹？大家对今年6月15日和8月1日两次降雹过程都有深刻的印象，这两天的催化，用弹量最大，催化时间最长，但都没有阻止住积雨云的合并而降了强冰雹。故在催化方法上对这一问题还应深入探讨。

首次高炮降雨效果总结

今年四月份以来，我省降雨偏少，特别是乐都县四月份总降雨量仅三毫米，山区出现了旱象，严重地影响了农作物的出苗和幼苗的生长。根据县委要求，局、所领导的指示，急贫下中农之所急，想贫下中农之所想，我们于五月八日来到乐都县深入炮点与贫下中农、炮点民兵以及气象站的同志一起开展了高炮人工降雨试验，尽管时间短准备仓促，但是由于县委的统一领导以及全体参战同志的共同努力，五门三七高炮在当天22时全部进入指定位置，并于九日凌晨进行了降雨作业，基本介除了旱象，时隔20天内未下透雨，再次出现旱象，我们又于五月二十八日至六月十七日共进行了二次降雨作业与四次化雹为雨作业，取得了一定的增雨效果，介除了旱象。下面我们以前五月九日作业过程为例进行小结，另由于我们在五月份进行了二次降雨作业和二次化雹为雨作业，经人工降雨作业日的降雨量占全月总降雨量之80%，故我们将76年5月降雨量近似作为经人工影响的加以分析，看作业效果。

一、群众对降雨试验的反映

为了不漏过一次有利战机，我们于5月8日到达乐都县后发现天空有系统性云系侵入，我们立即访问了老农，老农说：这种天气不会下雨，最多下上几滴，云就过去了。在高炮进入阵地后我们再次访问了当地老农，看法也和县上老农一致。但是我们考虑到农业的需要，只要有一点的希望也决不错过时机，不怕失败，坚定决心进行了作业试验，结果全县下了中雨降水。事后干部群众说：这种云或比这种云还要厚些的云，前段时间也有出现，但不是刮一阵风过去了，就是飘上几滴雨就散了，而这次经过高炮人工降雨作业，下了比较大的雨基本介除了旱象。有些领导同志也说：以往天气过来西宁和民和都下雨就是乐都不下雨。（西宁在乐都西面，民和在乐都东面）炮点所在公社的社员群众反映：“三七高炮威力大，能降雨来又消雹，决心拔净田间草，誓夺农业大丰收”。

二、效果分析

1、两次人工降雨作业的雨量分布：

图一、图二为经人工作业后的雨量中心分布情况，我们从图上可以看到雨量中心位置与炮点位置相对应，而且在炮点的下风方向。

为了区别这种分布是自然状况还是人工影响的结果，我们又选了七五年五月的二次同量降雨过程作图三、图四〈略〉为自然降雨的雨量分布情况，可以看到雨量分布较乱，无明显的雨量中心。因此通过以上两种情况四次降雨分布的对比，可以认为人工催化降雨是有一定效果的，增大了降雨量，炮点附近较上游及其他地区大。

2、七六年五月降雨量距平值分布

我们将作业区及其附近地区可能收集到的资料进行整理，取各雨量点67年至75年5月份降雨量平均，求出76年5月各点的距平值，点出图五。可以看到炮点附近地区均为正距平，而炮点上游及较远地区均为负距平。另用5月二次作业日的400mb平均风向为准，取炮点上游五公里，下游十公里定为作业影响区，其他为对比区，然后将距平值分二区求平均值，得到作业影响区平均较历年增大7.5毫米，而对比区较历年减少9.6毫米。因此人工影响后降雨量增加17.1毫米。乐都县平均年降雨量为335.1毫米，雨量主要集中在七、八、九三个月，降雨量为202.1毫米，占全年雨量的63%，而五月降雨量仅占12%。从五月份天气实况来看，全省降雨量都较历年偏少，以互助、西宁、民和三县市为例，偏少9.4毫米至20.4毫米即减少20%—35%，而作业影响区平均比历年偏多7.5毫米即10%—37%。

3、作业情况与云天变化〈以5月9日为例〉

整个降雨作业从05时10分开始至11时33分结束。五门三七高炮分设在共和公社、下营公社、引胜公社、高店公社、岗沟公社。具体分布位置见5月9日雨量分布图。炮点分别以三至六个作业单元完成降雨作业。作业高角50度至60度，弹型均为13—17秒自炸碘化银炮弹，作业高度平均在3.5公里—4.0公里，作业层温度为-14.1度；相对湿度85%，引入碘化银1.5公斤。作业过程中各炮点均配有专门人员；作观测记录，观测到作业后短时间内云体颜色变白、减薄，但经过5—15分钟以后云体则变黑加厚，碎云增多，随之雨滴加大加密等现象。我们选作业区内炮点附近五公里以内的二个雨量自记记录，从作业与雨强变化的关系看作业效果。

①八里桥水文站六时三十分以前记录雨强均为0.1mm〈每十分钟、以下同〉水文站附近的引胜炮点06:15—06:30作业13发，06:40记录雨强为0.2mm，06:50记录雨强又降至0.1mm，炮点又于06:45—07:00作业12发，07:00与07:10雨强为0.2mm，07:20雨强为0.3mm，并逐渐达最大0.5mm，到10:30开始减小到11:00仅