



# 防雹效果的检验

黄美元 王昂生

在防雹方面统计对比的量有：降雹日数、受灾面积、受雹灾的损失、农作物的收成或经济价值、冰雹降落的冲量或能量

防雹效果是指雹灾减轻的程度，取得预想的效果是人工防雹的目的。客观、科学地检验防雹效果，对推动防雹工作的进展有很大意义。防雹原理和方法是否正确，只有通过防雹效果来检验，而防雹效果的科学检验又可以促进和发展防雹理论和方法。因此，进行人工防雹不能不注意效果的分析。但是，防雹效果检验是一个复杂而困难的课题，目前世界上还没有一种公认的完全令人信服的科学检验方法。其困难在于：冰雹云本身的变化很迅速，常常在几分钟内可以发展降雹，这样，究竟是自然变化还是人工影响后的变化，二者不易分清；冰雹云体积庞大，过程复杂，目前还无法从总体上进行室内模拟实验；另外，降雹现象在时间上空间上都是局部现象，比较稀少，重复性少，这对于用统计方法也很不利。当然，最主要的原因还是目前对冰雹云的认识不够，对其规律性了解得太少。

目前在防雹效果检验中主要是采用统计对比方法，其次是物理检验方法。前者根据最后的结果用大量资料来对比统计，后者是根据雹云中各种物理量的前后变化来分析防雹对雹云所产生的影响。在这两种方法中，统计检验容易做到，效果直观，是目前较为可行的方法。

## 统计对比方法

统计对比也有多种，如从时间序列上统计对比，即在防雹地区统计对比开展防雹前和防雹后的情况，利用多年资料，统计对比这两段时间内雹情的平均值、极值、偏差以及演变规律。资料年代越长，统计意义越佳。又如不同地区的对比，一般是选择作业区和对比区。对这两地区的对比有基本要求，如在开展防雹前这两地区要统计的量（雹灾面积等）相关性好，地区的选择要有代表性，即面积要足够大，统计的量比较稳定等。开展防雹后统计对比这两地区的雹情，根据资料情况可以选用统计学上的一些方法。还有作业日与非作业日的对比，即在同一地区采用随机方法作业（当天是否作业是在事先根据偶然的方法决定），效果收集者尽量避免事先知道，以防止主观性，然后分别统计对比作业日和非作业日的雹情。这方法只宜在试验阶段有限的范围内使用。

（用仪器观测得来）等。一般认为用受灾面积这个量比较能反映防雹效果，也比较容易获得这种资料，而农业收成常常与其他因素有关。

统计对比方法除了用数字表示外，还可以用图来表示，在地图上把每年和几年内降雹区域都画上，把防雹区标出来，如果在标出的作业保护区从未或很少降雹，而此区域之外却到处降雹，则说明效果明显。

现在举例分析，我们借用内蒙古察右前旗老羊圈和黄茂营这两个大队防雹效果的资料，先从时间序列上对比统计，即防雹前后受灾情况的对比，对比统计的量是受灾面积和总耕地面积之比。老羊圈大队有耕地17,200亩，约11.4平方公里，防雹前后各有6年资料，防雹前每年平均受灾面积占总耕地面积的25.5%，防雹后的6年平均值为1.3%，即防雹后受灾面积减小了94.7%。黄茂营大队耕地面积23,400亩，约15.5平方公里，防雹前8年受灾面积与总耕地面积之比为7.2%，进行了10年防雹，结果是受灾面积平均为2.5%，即减小了64.6%。这样看来，这两个大队在防雹后受灾面积都减小了很多。但是我们知道，受灾面积和降雹次数一样，年变化很大，对于老羊圈大队来说，防雹前6年受灾面积的标准差就达25.6%，和平均值差不多。所以，防雹后平均受灾面积的减小有两种可能性：一种是自然的起伏，也就是即使不防雹，平均值也会有变化，也可能减小；另一种是防雹的作用，使得受灾面积减小了。这可以用数理统计来检验。

由于防雹前资料较短，所统计的受灾面积应服从何种分布律不清楚，总体的平均值和标准差也不知道，所以我们选用一种非参数检验方法，即用秩和检验方法。根据秩和检验的要求，把防雹前后每年受灾面积与总耕地面积的比值分别排列秩序如下：

## 老羊圈大队

秩序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
防雹前		0.2	0.2		2.0				43.0	55.2	56.2	
防雹后	0	0.1	0.2	1.0		2.1	5.4					

$$\text{取防雹后的 } T = 1 + 2 + 4 + 6 + 8 + 9 = 30$$

现在  $n_1 = 6$ ,  $n_2 = 6$ , 取检验水平10%, 查有关的表得  $T_{\text{下限}} = 30$ ,  $T = T_{\text{下限}}$ 。由此认为老羊圈大

队防雹前后受灾面积基本上是有显著差异的，即防雹有效，可信程度达到90%。

### 黄茂营大队

秩 序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
防雹前				0					0.5	0.5	4.4	4.4	11.6	18.4	19.6			
防雹后	0	0	0	0	0	0	0	0								25.6		

算序列短的一组，即防雹前的T值，

$$T = 5 + 11 + 12 + 13 + 14 + 15 + 16 + 17 = 103$$

现在 $n_1 = 8$ ,  $n_2 = 10$ , 取检验水平2.5%, 则查表得 $T_{\text{上限}} = 98$ , 因为 $T > T_{\text{上限}}$ , 所以黄茂营大队防雹前后的受灾面积有显著差异，即黄茂营大队这十年防雹是有效果的，其可信程度达到97.5%。

从以上分析看来，这两个大队的防雹效果是明显的。但这里也存在问题，即一个大队的面积较小，代表性较差。总的来说，统计对比方法是能够说明问题的，但要求资料年代较长，代表性要好，这在实际使用上往往难以充分满足。另外，由于这方法只管防雹的最后结果，不考虑其变化过程，所以不利于积累经验，提高对雹云规律的认识。

### 物理检验方法

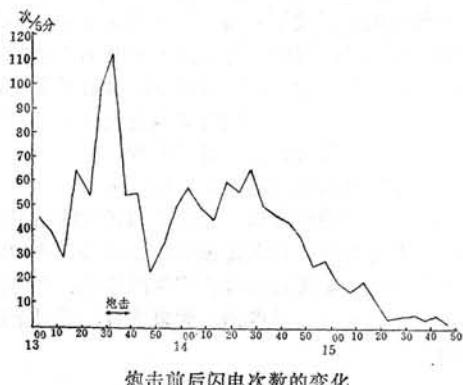
这种方法是选择某些能反映冰雹云和降雹特征的物理参量进行对比分析，有两种比较：一种是同一块云，比较作业前后某些物理量的变化；另一种是选择大致相同（指某些物理量）的两块云，对其中一块云进行作业，另一块不作业，然后比较这两块云某些物理量的变化。

选择什么物理量要根据想说明什么问题来定，为了说明作业是否制止了冰雹云的发展和冰雹的形成，一般是用识别冰雹云的那些降雹危险性指标，如云中冰雹的直径、雹云的雷达综合指标、闪电次数和雷声变化等情况；为了说明改变雹云的移向，就要注意不同时间的位置情况；为了说明撒播碘化银在雹云中的作用，有人提出分析降至地面的冰雹成分，看冰雹内是否含有碘化银。下面举两个分析效果的例子：

1972年四川冕宁县进行高炮防雹过程中，曾用雷达观测分析作业前后雹云的变化，发现炮击后雹云回波顶高下降。对12次回波顶高超过7,000米的雹云作业后，有10次雹云回波顶高下降，其中有8次回波顶高下降到7,000米以下，作业后下降最快的是2分钟，最慢为42分钟；另外，发现炮击区域部分回波消失。在13次有较完整平面回波资料中，有11次炮击区均有部分回波消失，从炮停后到发现部分回波消失的时间，最快为9分钟，最慢为29分钟，平均22分钟。

1975年在普阳的一个防雹炮点试用低灵敏度的闪电计数器（测量半径只有10—15公里）监测雹云，下图是一次作业前后雹云闪电观测的记录，作业前闪电次数随时间急增，已经达到降雹危险性指标，13点30分防雹点高炮开始炮击，在10分钟内共打80发炮弹。炮击后从13点33分开始，闪电次数迅速急剧下降，5分钟内闪电次数从112次/5分下降到54次/5分，到13点47分又降到23次/5分，以后闪电次数又略有增加，但已无降雹危险。这个冰雹云在该炮点上游几个公社降了冰雹，在炮点和下游却没有降雹。

物理检验效果要收集的物理量不仅限于雷达回波和闪电次数，而且要注意冰雹本身的物理量，如冰雹数密度、雹雨比例、雹谱等。物理检验方法也需要有相当数量的资料才能说明效果，只是1—2次结果，说服力不强。由于需要观测作业前后的变化，所以这种方法有助于认识雹云的规律性，但应用这种方法要有一定的观测仪器。



炮击前后闪电次数的变化

从上面介绍可以看出，效果检验很重要，但也较困难。为了做好效果检验，应从几方面去努力：首先要解决冰雹云的识别，如果事先能相当正确地判断是冰雹云，作业后效果就容易检验，这样作业的针对性强，减小了不少随机变化的因素，不用很多资料就可以统计出效果，这可能是一种代价较小而又能说明效果的方法；其次要注意积累资料，防雹要有设计，怎样作业？怎样观测？收集些什么资料？以后如何分析？事先都要有所考虑。要尽量多收集一些防雹前后作业区和邻近地区的雹情灾情资料，要尽可能定量地取得作业前后变化的观测数据；同时，还要开展一些理论工作，对冰雹生长过程要逐步弄清楚。真正的物理检验是基于客观规律的掌握，即根据作业前当时云内外参数，从理论上事先估计出作业后云将变化的程度，在实际作业后把观测结果与此对比，以判定效果。

(连载完)