

新疆博乐垦区人工防雹效果的统计评估

李 斌 胡寻伦

(新疆生产建设兵团气象局, 乌鲁木齐 830002)

提 要: 为了客观地评估博乐垦区多年开展人工防雹的作业效果, 利用兵团博乐农五师垦区 1976—2003 年中, 后 15 年开展防雹工作和前 13 年未开展防雹工作期间的年雹灾面积资料, 运用简单序列检验法、不成对秩和检验法以及 t -检验法等统计学的方法进行了人工防雹作业效果统计评估分析。结果为: 人工防雹作业使平均年雹灾面积减少 841.53hm^2 , 雹灾面积相对减少率为 26.56% , 统计显著性水平达到 $\alpha=0.05$ 。因此, 博乐垦区人工防雹作业效果显著。

关键词: 人工防雹 效果 评估

Evaluation of Hail Suppression Effect in Bole Area in Xinjiang

Li Bin Hu Xunlun

(Meteorological Office of Xinjiang Production and Construction Group, Urumqi 830002)

Abstract: In order to objectively evaluate the hail suppression effect in Bole Area of Xinjiang, the statistical approaches such as simple sequential test, unpaired W-M-W test and t -test, are used with the data of the annual hail damaged areas during 1976—2003 in Bole area of Xinjiang, in which the hail suppression operations were carried out during 1989—2003, and were not carried out during 1976—1988. It is shown that the annual mean hail damaged areas have been reduced by 841.53hm^2 , about 26.56% . The statistical significance level $\alpha=0.05$. Therefore the hail suppression effect in the area is significant.

Key Words: hail suppression effect evaluation

引 言

博乐垦区地处准葛尔盆地南缘,天山北麓的博尔塔拉河谷地和艾比湖盆地,地貌类型复杂。其主要特点为:南北两侧为山地,中间是博尔塔拉河谷地及艾比湖盆地等。全垦区地表条件不均,复杂多变,起伏不平,极易形成冰雹天气,每年因冰雹、洪水等自然灾害造成的经济损失达上千万元之多,对博乐垦区经济发展造成了严重影响。因此,从 1989 年开始兵团农五师先后引进了数字化雷达、高炮、火箭等技术装备,组织开展了人工防雷工作,取得了较明显的效果。

为了对博乐垦区人工防雷作业效果做出较客观的评价,利用兵团农五师档案馆对垦区 1976—2003 年开展防雷工作和未开展防雷工作期间的雹灾面积资料,利用统计学的方法进行了分析。指出还需要进一步改进人工防雷作业技术和方法,不断提高人工防雷的科学水平。

1 博乐垦区 1976—2003 年雹灾情况概述

1989 年前,垦区没有全面开展人工防雷工作,重雹灾区主要分布在沿阿拉套山脉地区和艾比湖地区;1989 年后垦区的重雹灾区明显缩小,基本控制在垦区偏西地区。在开展人工防雷工作前 13 年总播种面积为 331906.67hm²,总雹灾面积为 71140hm²,占总播种面积的 21.43%;在开展人工防雷工作后 15 年垦区总播种面积为 646646.67hm²,总雹灾面积为 34900hm²,占总播种面积的 5.4%。防雷后比防雷前受灾率降低了 16.03 个百分点。垦区 1976—2003 年雹灾面积年际变化情况见图 1。

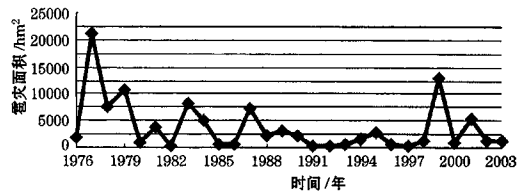


图 1 1976—2003 年博乐垦区雹灾面积年际变化图

2 简单序列试验法

这一方法主要是根据作业区雹灾面积的历史资料,统计得到该作业区雹灾面积的历史平均值作为作业期自然降雹灾面积的期待值,然后与实测值比较,得出人工防雷减灾面积效果的估计值^[1]。

博乐垦区防雷前有 13 年雹灾面积资料,平均雹灾面积 $\bar{x}_2 = 5472.31\text{hm}^2$;开展防雷后有 15 年雹灾面积资料,平均雹灾面积 $\bar{x}_1 = 2326.67\text{hm}^2$ 。则防雷作业效果的绝对值和相对值分别为:

$$\Delta R = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -3145.64$$

$$E = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\bar{x}_2} \approx 57.48\%$$

即开展防雷作业后比防雷作业前平均年减少雹灾面积 3145.64hm²,相对平均年雹灾受灾面积减少率为 57.48%。

3 不成对秩和检验法

不成对秩和检验法是一种非参数性检验法。在有些情况下,人工防雷作业前有资料记录的时间较短,所选的统计变量服从何种分布不清楚,总体的平均值和标准差也不知道,这时只有采用非参数检验,如秩和检验法等,对人工防雷作业前后统计指标变化的显著性进行检验。

将开展人工防雷作业前 13 年,和防雷

作业后 15 年的雹灾面积按从小到大秩序列于表 1。取开展防雷作业后的秩和 $T=1+2+4+5+7+9+11+12+13+14+17+18+$

$19+22+27=181$ 。已知开展防雷作业后和作业前的样本容量分别为 $n_1=15, n_2=13$ 。

表 1 博乐垦区以年雹灾面积为统计变量的防雷效果秩和检验表 (单位: hm^2)

秩次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
年份	92	97	82	91	96	86	93	85	00	80	98	02	03	94
防雷前			340			600		746.67		1040				
防雷后	186.67	300		400	506.67		713.33		813.33		1160	1193.33	1133.33	1686.67
秩次	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
年份	76	88	90	95	89	81	84	01	87	78	83	79	99	77
防雷前	1906.67	2160				3953.33	5220		7393.33	7666.67	8160	10720		21233.33
防雷后			2353.33	2873.33	3200			5300					12880	

当 $n_1, n_2 > 10$ 时, 秩和 T 近似于正态分布

$$N\left(\frac{n_1(n_1+n_2+1)}{2}, \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2+1)}{12}}\right)$$

其中 n_1 为计算秩和的那个量的样本容量。此时可用正态分布来检验, 设:

$$u = \frac{T - \text{均值}}{\text{标准差}} = \frac{T - \frac{n_1(n_1+n_2+1)}{2}}{\sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2+1)}{12}}} \quad (1)$$

对双边检验, 若 u 值落在 $(-1.96, +1.96)$ 之内, 差异不显著; 若 u 值落在 $(-1.96, +1.96)$ 之外, 差异显著, 显著水平为 0.05。单边检验时, 若 $u \geq 1.64$ (或 $u \leq -1.64$); 则差异显著; 否则不显著, 显著性水平为 0.05^[2]。

将 $n_1=15, n_2=13$, 秩和 $T=181$ 代入式 (1) 计算得 $u \approx -1.68$ 。因此, 对于单边检验 $u < -1.64$, 表明兵团农五师垦区开展人工防雷作业后, 比开展防雷作业前雹灾面积明显减小, 说明人工防雷作业取得明显效果, 显著性水平为 0.05。

4 t-检验法

t -检验法是一种参数性检验法。它要求统计变量要服从正态分布, 并要求作业前后不改变统计变量的方差。在人工防雷作业已

经开展多年, 且历史期统计变量服从正态分布但样本容量较小 ($n < 30$) 的条件下, 差值的显著性检验采用两个样本 (作业期样本和历史期样本) 平均数之差的 t -检验。由于在人工防雷作业中只关心冰雹灾害是否减少, 因此一般采用单边 t -检验。计算如下:

(1) 根据资料, 选择 1976—2003 年雹灾面积作为统计变量。

(2) 采用柯尔莫哥洛夫配合适度检验法, 对 1976—1988 年历史期年雹灾面积进行正态分布检验, 结果 $y_0 = \sqrt{n}D_n(x) \approx 0.68$, 小于给定信度 $\alpha = 0.5$ 时的 $y_{0.5} = 0.83$, 表明历史期年雹灾面积符合正态分布, 其配合适度为 $P(\sqrt{n}D_n \geq y_0 \sim 1 - k(y_0)) = 0.74$ 。

(3) 利用 F 检验法, 对历史期和作业期年雹灾面积方差的变化进行显著性检验。计算得 $F \approx 3.28$, 小于给定信度 $\alpha = 0.05$ 时的 $F_{0.05} = 3.80$, 表明人工防雷作业未改变总体方差。

(4) 在 (2) 和 (3) 计算结果的前提下, 用 t -检验法对人工防雷作业效果进行检验。采用两个样本平均数之差的显著性检验和区间估计。以人工防雷作业前垦区年雹灾面积的平均值, 作为人工防雷作业期垦区年雹灾面积平均值的期待值。

表 2 博乐垦区以年雹灾面积为统计变量的样本差值的显著性检验计算表

年份	防雷前		年份	防雷后	
	x_2/hm^2	$(x_{2i}-\bar{x}_2)^2$		x_1/hm^2	$(x_{1i}-\bar{x}_1)^2$
1976	1906.67	12713788.6096	1989	3200.00	762705.2889
1977	21233.33	248409751.4404	1990	2353.33	710.7556
1978	7666.67	4815215.8096	1991	400.00	3712057.2889
1979	10720.00	27538250.3361	1992	186.67	4579600.0000
1980	1040.00	19645371.9361	1993	713.33	2602865.9556
1981	3953.33	2307300.2404	1994	1686.67	409600.0000
1982	340.00	26340605.9361	1995	2873.33	298837.1556
1983	8160.00	7223677.5361	1996	506.67	3312400.0000
1984	5220.00	63660.3361	1997	300.00	4107391.2889
1985	746.67	22331673.4096	1998	1160.00	1361118.8889
1986	600.00	23739404.7361	1999	12880.00	111372774.0889
1987	7393.33	3690317.8404	2000	813.33	2290197.9556
1988	2160.00	10971397.5361	2001	5300.00	8840691.2889
			2002	1193.33	1284459.5556
			2003	1333.33	986724.3556

$n_2=13$ $n_1=15$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} x_{2i} = 5472.31$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_{1i} = 2326.67$$

$$s_2^2 = \frac{1}{n_2-1} \sum_{i=1}^{n_2} (x_{2i} - \bar{x}_2)^2 = 34149201.3086$$

$$s_1^2 = \frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 = 10423009.5619$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (2)$$

自由度 $\nu = n_1 + n_2 - 2$

以上公式中, \bar{x}_1 和 \bar{x}_2 、 S_1^2 和 S_2^2 、 n_1 和 n_2 分别是作业期和历史期样本的平均值、方差和样本容量。具体计算数据见表 2。将有关计算数据代入式 (2) 得 $t = -1.7953$ 。查 t -分布表在信度 $\alpha = 0.05$ 时 (单边检验), 得 $t_{0.05} = 1.706$ 。因此, $|t| > t_{0.05}$, 表明在 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平情况下, 人工防雷作业期间年雹灾面积显著减少。

(5) 利用下式进行区间估计:

$$\bar{x}_{01} > \bar{x}_2 - t_{2\alpha} S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad (3)$$

其中 $s = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}}$, \bar{x}_{01} 为如果不进行人工防雷作业时作业期垦区年平均雹灾面积。式 (3) 成立的概率为 $(1-\alpha)$ 。

取置信水平 $(1-\alpha) = 0.9$, 将 $t_{0.2} = 1.315$ 以及有关数据代入公式 (3), 计算得 $\bar{x}_{01} > 3168.20\text{hm}^2$ 。即作业期如果不开展人工防雷作业, 年平均自然雹灾面积将超过 3168.20hm^2 , 其可信概率为 90%。

由此可得, 人工防雷作业使得平均年雹灾面积的减少值为 $\Delta R = |\bar{x}_1 - \bar{x}_{01}| = 841.53 (\text{hm}^2)$, 受灾面积相对减少率为

$$E = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_{01}|}{\bar{x}_{01}} \approx 26.56\%$$

5 结 语

通过利用以上几种人工防雹作业效果统计评估检验方法,对博乐垦区人工防雹作业效果进行了初步评价,在诸多影响雹灾强弱的主要因子假定前提下,可得出如下初步结论:

(1)所使用的几种效果统计评估检验方法均表明,博乐垦区人工防雹作业效果显著。较为准确的防雹作业效果为平均年雹灾面积减少 841.53hm^2 , 相对减少率为 26.56% , 统计显著性水平达到 $\alpha=0.05$ 。

(2)简单序列试验法得出的效果值最大,但从统计学和人工影响天气角度考虑,

方法过于简单,可信度不高;不成对秩和检验法只能对效果进行可信度的定性检验,无法进行区间估计; t -检验法相对于以上两种检验方法对效果检验较准确和可信,但对资料以及计算过程要求较高。

(3)在对今后的人工防雹作业效果进行评估时,要充分利用雷达、雨量、降雹等资料,开展物理或物理统计检验工作。

参考文献

- [1] 中国气象局科技教育司. 人工影响天气岗位培训教材 [M]. 北京: 气象出版社, 2003: 231-232.
- [2] 叶家东, 范蓓芬. 人工影响天气的统计数学方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1982: 137-162.