

人工增雨影响区自然降水量的一种估计方法

曾光平

(福建省气象科学研究所,福州 350001)

提 要

在分析各种效果评价方法基础上,提出一种估算人工增雨影响区(或作业区)自然降水的方法。该方法不对自然降水的时空分布作平稳性的假设,而是通过分析作业期自然降水特征,事先确定一些判据,从长序列历史样本中获取供比较的样本。该方法可用于人工增雨效果评价。

关键词: 人工增雨 自然降水量 估算

引 言

定量、客观、科学地评价增雨效果是从事人工影响天气科学的技术人员、公众以及政府部门的迫切要求,更是现代人工影响天气学科研究的重要组成部分。对它的研究进展不仅对学科的发展产生重大作用,而且也为人工增雨投入使用提供依据。由于它的复杂性、多学科性,长期以来这一问题未得到解决。因此对效果的评价是当前本学科极为重要的研究课题。

人工增雨效果常用的是统计方法,它是以前地面降水量为统计变量,但降水量在时空分布上存在巨大起伏。所有统计方法(无论是随机试验和非随机试验方案)都是试图在降水自然起伏背景上对影响区或作业区的自然降水量作出客观和定量的估计。

非随机试验的方案(如序列试验、区域对比试验和历史回归试验)对降水的时空分布作某种假设。然而,由于这些假设在实际难以满足,因而导致统计结果缺乏客观性。

随机试验方案把符合事先规定催化条件的机会根据随机化原则分成二组,一组催化,一组不催化,留作对比。根据统计学理论,可将符合事先规定的满足催化条件的机会(或试验单元)看成一个总体,由随机化原则分成

的二组,由于样本是从同一总体中随机抽取的独立样本,其统计特性在统计上无显著差异。若在二组样本中的一组加入催化因子,若催化有效则催化这组样本就不再是原总体中的样本,此时二组样本中统计量的差异,可归因于催化这一因子。随机试验方案最大缺点是放弃一半适合作业的机会,使试验周期大大延长。

以抗旱蓄水为目的的人工降雨作业基本上是属于纯业务性质的,这类试验的方案属于非随机化试验方案。而作业后人们关心的是地面降水是否发生明显的变化,原则上讲,回答这个问题似乎并不复杂,只需要将播撒后的观测和任其自然发展情况下的预报比较一下就行了。可是,在大部分实际情形中,根据气象学理论和云物理学理论要作出供比较用的足够精确的预报还不可能。特别是降水在时空分布上的巨大起伏,使得客观、定量地评价作业效果变得极为困难。

本文在分析各种效果评价方案的基础上结合国内实际情况,提出一种估计人工增雨影响区(作业区)自然降水量的方法,并对效果开展评价。我们将这种方法称作区域控制模拟试验方案(二)。

1 方案设计

本方案是一种固定目标区和对比区的区域回归试验方案。

为了对影响区自然降水量作客观的估计,尽量避免人为主观的判断,在方案设计时,既不对自然降水的时空分布作平稳的假设(如序列试验和区域对比试验),又不假设作业期二区自然降水量相关性与历史同期二区自然降水量相关性相同(如历史回归试验)。而是通过分析作业期自然降水特征,事先确定一些指标,以这些指标为判据,从长序列历史样本中“寻找”出供比较的样本,使得这组样本中的对比区自然降水和作业样本中的对比区自然降水“相似”。

为使寻找“相似”样本过程客观,必须做到:

① 指标应具有一定物理意义,而且一旦确定下来,在整个试验过程不应随意改变;

② “寻找”对比样本方法,不带任何人为主观意愿,采取随机抽样的方法,从长序列历史样本中抽取一组样本,然后用事先规定好的指标来判别。

③ “相似”性应通过统计显著性检验。

1.1 对比区和影响区的选择

由于纯业务性的项目事先难以设计严格的统计评价方案,对比区和影响区的设置也难以事先划定,可供作为对比单元的样本也只有历史资料,根据这种实际情况,影响区和对比区只能在事后根据实际作业影响区来划分,但仍应遵循区域回归试验中二区设置的原则,并要保证有一定的样本容量。

1.2 确定对比样本的指标

根据现有条件,确定对比样本的标准有:

① 同期性:对比样本时间应与作业样本是同一历史期的同一季节。

② 天气形势:对比样本和历史样本天气形势相同。

③ 降水性质:对比样本和历史样本降水性质相同。降水性质分为阵性降水、稳定性降

水和混合型降水3类。

④ 降水量区间:为防止所选用的对比样本中因个别极值影响分布概型,规定对比样本降水量区间。具体做法是:

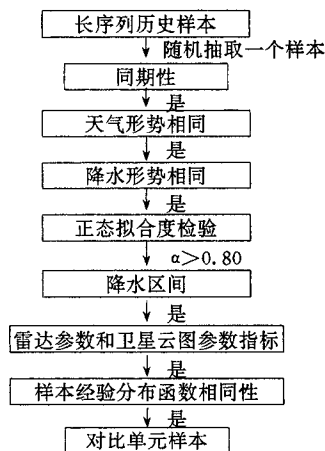
将作业样本和历史样本进行正态化处理(或它们经相同的变数变换后)。经正态化处理后作业样本均值和方差分别为 \bar{x}_1 和 S_1^2 , 历史样本为 $x_{a1}, x_{a2}, \dots, x_{ai}, \dots, x_{an}$, 则对比样本的降水量区间定为:

$$\bar{x}_1 - 3S_1 \leq x_{ai} \leq \bar{x}_1 + 3S_1$$

⑤ 雷达或云图资料:如果试验区有雷达或云图资料,可以将雷达回波参数和云图参数作为指标之一。

⑥ 对比单元和作业单元对比区自然降水样本的经验分布函数相同性。二个样本经验分布函数相同性检验可采用参数检验法或斯米尔诺夫检验法检验。

选取对比单元样本流程如下:



上述各步比较均是以作业单元对比区样本为准,将从长序列历史资料中随机抽取的样本中的对比区样本与之进行比较。

1.3 效果评价

将通过上述各判据指标的历史样本作为对比单元样本,然后采用与回归试验方案相同的方法对影响区自然降水量进行估计。

该方法与历史回归试验方法不同点在于它不是简单地将历史上同期的降水资料作为对比样本,而是以作业单元对比区自然降水为标准,根据事先制定的指标为判据,从长序列历史资料中随机地“寻取”对比单元样本。

根据回归分析方法由一个符合指标的对比单元的样本,就可以得出一个相应的作业单元影响区自然降水量的估计值。

很显然由于样本的抽取是随机的,符合事先规定指标的样本不是1个,可以是多个。因此作业单元影响区自然降水量的估计值也是多个。相应的催化效果的统计值也不是唯一的,也是多个的。原则上,当历史样本容量较大时,自然降水量估计值和效果统计值的样本也较大。我们可以通过分析自然降水估计值或效果统计值的分布来探讨其规律,并确定各指标的最佳取值。

2 不同试验方案的比较

通过分析降水自然起伏对不同方案的影响对各种方案进行比较。

分析时从历史资料中任取一组容量为 K (K 一般取30~50)的样本,假设其催化。此时,效果统计结果表示由于受降水时空分布起伏的影响而产生的假效果。可以采用不同的方案进行效果评价,依据统计结果产生的假效果大小、显著性及其分布来评价不同方案优劣。统计分析所用的资料是辽宁省1978~1987年5~9月历史降水资料(即非催化资料)。采用区域控制模拟试验方案(二)评价效果时,统计了10000个影响区自然降水量的估计值以及相应的催化效果统计值。表1是各种非随机试验方案假效果的统计值。表2是区域控制模拟试验方案(二)降水自然起伏引起假效果数值试验结果。图1是区域控制模拟试验方案(二)假效果频率分布图。

统计结果表明:

① 常规的非随机试验方案(序列试验、

区域对比试验和历史回归试验)产生的假效果与人工增雨可能的增水效果相当,甚至大于可能的增雨值。

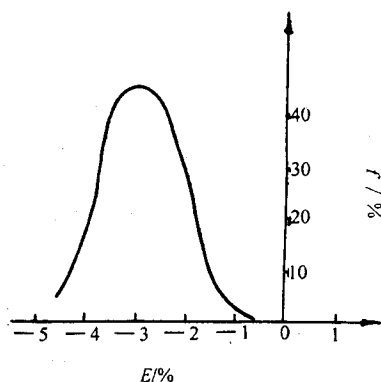


图1 区域控制模拟试验方案(二)假效果分布

表1 各种非随机试验方案假效果统计值 $E/\%$

试验方案	E	变化范围
历史回归	-27.56	
序列试验	-19.04	
区域对比	-31.24	
区域控制方案(二)	-2.97	-5.0~0.0

表2 区域控制方案(二)假效果统计值

$E/\%$	频率/%
-5~-4	5.8
-4~-3	43.9
-3~-2	44.4
-2~-1	5.6
-1~0	0.3

② 区域控制模拟试验方案(二)假效果统计值不仅远小于常规的非随机试验方案产生的假效果,而且远小于人工增雨可能的增雨值。表明可以采用区域控制模拟试验方案(二)在自然降水背景上检出人工增雨的“信号”。

③ 由于随机抽样不是唯一的,致使区域控制模拟试验方案(二)假效果也不是唯一的,存在变化范围,但这个范围值很小,本例在-5%~0%之间,而且分布极为集中,均值为-2.97%,标准差为0.62%。

3 影响效果评价准确度的各种因子的数值试验

影响区域控制模拟试验方案(二)评价效果的因子有:区域雨量相关性、样本的容量、增雨效果以及对比样本和待催化的自然样本经验分布函数相同性。区域雨量相关性以及对比样本和待催化的自然降水样本经验分布函数相同性对效果评价准确度影响较明显,以下采用统计数值模拟方法进行数值试验,分别讨论这2个因子的影响。分析时资料仍采用辽宁省1978~1987年5~9月历史降水资料。

3.1 不同雨量相关系数数值试验

数值试验时区域雨量相关系数 r 分别取0.30~0.40、0.40~0.50、0.50~0.60和0.60~0.70。

对不同区域雨量相关系数,催化效果 $Q=0.0\%$ 时由区域控制模拟试验方案(二)统计出的增雨效果统计量的数值试验结果列于

表3。图2是不同雨量相关系数时假效果频率分布图。由于令实际催化效果 $Q=0.0\%$,则经统计出来的效果统计值 E 表示由于降水自然起伏引起的假效果。

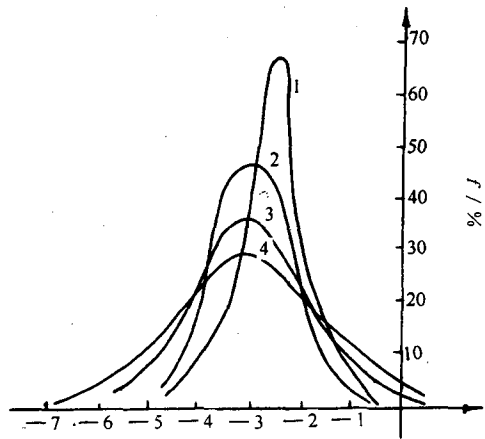


图2 不同雨量相关性时假效果频率分布

表3 不同雨量相关系数时假效果统计值 E 的数值试验分布

$E/\%$	区域相关系数			
	0.30~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60	0.60~0.70
-7~-6	1.1			
-6~-5	7.3	4.1		
-5~-4	13.6	11.7	5.8	1.8
-4~-3	29.2	35.6	43.9	15.7
-3~-2	25.1	31.2	44.4	67.8
-2~-1	14.7	13.0	5.6	14.6
-1~0	8.1	4.2	0.3	0.1
0~1	0.9	0.2		
均值	-3.23	-3.2	-2.97	-2.61

分析结果表明:

① 随着相关系数 r 的增大假效果的统计值 E 的均值向 $E=0.0\%$ 靠近。

② 假效果统计值 E 的变化区间随着 r 的增大向 E 的均值收敛。当 r 在0.60~0.70,假效果统计值 E 变化范围为-5%~0%。随着 r 值减小,其变化范围缓慢增大。当 r 减到0.30~0.40时,变化范围增大到

-7%~1%。可见区域雨量相关性直接影响评价结果的准确度。对辽宁省飞机人工增雨效果评价,取 $r>0.50$ 。

3.2 对比样本和待催化样本经验分布函数相等性的数值试验

区域控制模拟试验方案(二)效果评价关键是检验对比样本和待催化的自然降水样本经验分布函数相同性。如果这二个样本服从

正态分布,且它们的方差和均值无显著差异,可以认为这二个样本经验分布函数相同。可以通过 F 检验和 t 检验法来检验这二个样本的经验分布的相同性。在这二组样本(或经相同变数变换)符合正态分布前提下,由样本值求出统计量 F 和 t 值后查表可以得到相应的显著性水平 α 值。显然 F 、 t 值将影响到评价的准确度。下面仍取辽宁省 1978~1987 年 5~9 月历史降水资料,在给定增雨效果 $Q = 20\%$ 情况下,讨论这一影响,数值试验结果列于表 4 和表 5。

表 4 不同 F 值时 $E/\%$ 的统计特征量 ($Q = 20.0\%$)

F	均值/%	标准差/%	相对误差/%
1.03~1.05	19.5	1.51	0.25
1.05~1.10	19.83	1.73	0.85
1.10~1.15	19.50	2.61	2.50
1.15~1.20	18.89	3.02	5.55
1.20~1.25	17.97	5.33	10.15

从数值试验结果可以看出:

① 不同 F 和 t 时增雨效果频率分布特征(图略)与不同雨量相关系数时假效果分布规律相似:即 F 值越接近 1, t 值越接近 0,效果统计值 E 分布越向实际真实的催化效果收敛,而且其变化范围越小,表明降水自然起伏

的影响随着 F 值接近 1, t 值接近 0 而减小。

表 5 不同 t 值时效果统计值 $E/\%$ 的统计特征量 ($Q = 20.0\%$)

t	均值/%	标准差/%	相对误差/%
0.01~0.05	19.85	1.37	0.75
0.05~0.2	19.68	1.69	1.60
0.2~0.4	19.01	2.52	4.99
0.4~0.6	18.42	3.11	7.90
0.6~0.8	17.63	5.74	11.85

② 增雨效果统计值 E 的均值,不仅随 F 和 t 值减小越来越接近真值,且 E 的标准差越来越小,准确度越来越高,且越来越稳定。

上述分析表明:对比样本和待催化的自然样本经验分布函数相同性的显著性明显地影响评价结果的客观性和准确性。对辽宁省飞机人工增雨效果评价,分别取 $t < 0.6$ 和 $F < 1.20$ 为宜。

4 结语

本文从国内人工增雨(防雹)实情出发,充分利用历史雨量序列,通过样本“相似”选取,从中提取出比序列、区域对比和历史回归试验更客观和合理的效果评估方法,且全部计算过程已在计算机上实现。今后将不断积累更多实例,充分考虑催化物理基础,使本方法更完善、合理。

A Method of Estimating Natural Precipitation on Areas Affected by Artificial Precipitation

Zeng Guangping

(Fujian Research Institute of Meteorological Science, Fuzhou 350001)

Abstract

Based on analysis of varied effect assessment methods, a method of estimating natural precipitation in areas affected by artificial precipitation was suggested. As a matter of fact, the method does not provide an assumption to the spatial and temporal distribution of the natural precipitation at the station, however, through analysis of the feature of natural precipitation during the operation, based on the given criterion, some comparable samples were made. The method can be applied to the assessment of artificial precipitation effect.

Key Words: artificial precipitation natural precipitation estimation