

降水气候变化对人工降水效果评价的影响

曾光平 高建芸 朱鼎华 冯宏芳

(福建省气象局,福州 350001)

提 要

采用不同的统计分析方案分析福建省降水气候变化对人工降水效果评价结果的影响。分析结果表明:在福建省降水偏多年份开展人工降水使效果评价结果产生“正噪声”,在降水偏少年份开展人工降水使效果评价结果产生“负噪声”。不同试验方案对降水气候变化的反应有明显的差异,序列试验反应最为明显,历史回归试验次之,多因子分层回归试验产生的“噪声”最小。此外,还对不同试验方案效果显著的临界值进行了估算。

关键词: 降水气候变化 人工降水 效果评价

引 言

以抗旱和蓄水为目的的人工降水效果评价基本上采用非随机化的序列试验、历史回归试验、多因子分层回归试验和区域对比试验。前面三种效果评价方案均以历史同期降水样本作为对比单元,并对降水时空分布作了不同的假设。序列试验假设试验区的自然降水量是平稳的时间序列,以历史降水量平均值作为试验期自然降水量的估计值。历史回归试验假设试验期目标区和对比区两区区域降水量相关性与历史上同期两区区域降水量相关性相同,利用对比区自然降水量作为预报因子,对试验期目标区降水量进行统计推断。多因子分层回归试验假设多因子分层后试验期两区区域降水量相关性与历史上同期两区区域降水量相关性相同,比历史回归试验进一步,物理基础相对明确,回归分析有效性得到提高。但是这3种试验方案均对降水时空分布的均匀性作了某些假设。实际上,降水和其它气象要素一样具有明显的时空分布变化,即气候变化。降水时空分布的变化或气候变化将影响效果评价的客观性和科学

性。此外,不同试验方案对降水的气候变化反映也不尽一样。本文利用福建省夏旱期间(7~9月)人工降雨资料和历史资料来分析降水的气候变化对不同试验方案效果评价的影响。

1 降水气候变化特点

福建省近30年(1961~1990年)夏季平均降水量为408.4mm,季雨量变化在160.6~1149.0mm之间。从方差分析可以看出,福建省夏季降水存在3年和5年的周期,信度水平分别达0.10、0.15。利用1961~1990年30年夏季降水资料作3年滑动平均分析(图1),可以看出近30年内,有3次波动。第一次波动是1962~1968年降水呈减少趋势,1968年达30年最低值(160.6mm),以后又呈上升趋势,1972年达峰顶(570.4mm);第二次波动较为平缓,1973~1979年降水量逐年减少,1980年至谷底(298.2mm),而后再逐年增加,1985年达峰顶(652.5mm);紧接是第三个波动,1990年达30年最高值(1149.0mm)。从30年夏季降水距平(图2)看,30年中有13年为正距平,17年为负距

平,1976~1983年连续8年处于负距平下波动。

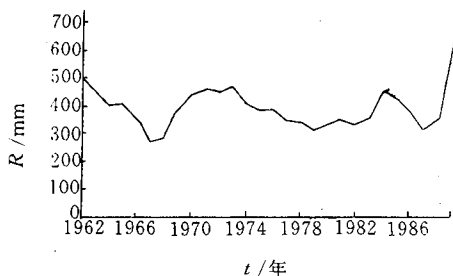


图1 夏季降水3年滑动平均

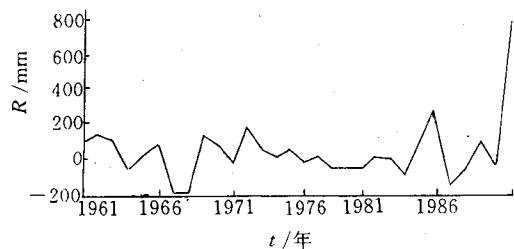


图2 福建省夏季降水距平

2 研究方案

采用统计分析方法分析降水气候变化对人工降水效果评价的影响。

统计分析时,分别以降水偏多年份(或降水偏少年份)为假定催化作业单元,以降水偏少年份(或降水偏多年份)以及除假定催化年份外的所有年份为对比单元。试验区地理位置见图3。

试验区位于福建省中部,对比区面积25705km²,影响区面积24780km²,分别有24个和29个自记雨量站。统计分析时,天气系统取自西向东的锋面系统和低压系统。这样把对比区选在上风方,两区中间有宽约50km的缓冲带,符合试验区选择标准。

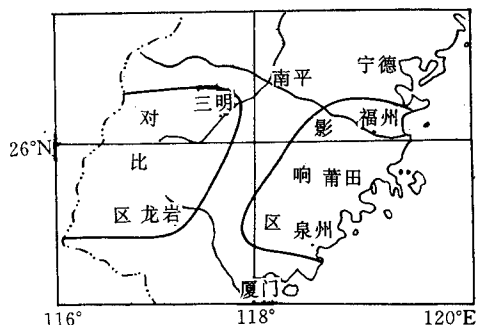


图3 试验区地理位置图

效果统计评价方案采用非随机化的序列试验、历史回归试验和多因子分层回归试验三种。多因子分层回归试验方案是选择一些与自然降水过程有密切关系的物理现象和天气现象,通过分层建立回归关系。由于探测手段局限,本试验只考虑天气形势、降水类型和12小时雨强三项因子。根据本试验的天气特征和降水特征,天气形势分为副热带高压控制(含副带高压边缘)和锋面系统两类;降水类型分为对流性降水、混合性降水和稳定性降水三类;降水强度分为<1mm/12h、1~8mm/12h和>8mm/12h三类。本文取锋面系统影响下的稳定性降水,雨强区间取1~8mm/12h。

分析时假定实际增雨效果 $\theta = 0.0, 0.10, 0.20, 0.30$ 。 $\theta = 0.0$ 即表示催化效果为零的情形,此时“效果”统计量即是降水自然所引起了“呼声”(或称作假效果)。

3 降水气候变化对降水偏多年份作业效果评价的影响

以福建省1961~1990年夏季降水第一个波动顶峰的1962年和1963年(即降水偏多年份)为人工降雨催化年份,以降水第一个波动的最低年份1967~1968年和第三个波动的最低年份1986~1987年(即降水偏少年份)

份)为对比单元,此外,还以除 1962 年和 1963 年外的所有年份为对比单元,分析降水 气候变化对效果评价的影响。分析结果列于 表 1。

表 1 催化效果评价 /%

增雨效果	序列试验		历史回归试验		多因子分层回归	
	A	B	A	B	A	B
0.0%	76.75	29.05	55.31	20.86	12.34	0.55
10.0%	94.27	41.84	70.70	32.84	23.47	10.52
20.0%	112.31	55.01	86.55	45.17	34.93	20.78
30.0%	129.53	67.58	101.68	56.95	45.88	30.57

注:A 以降水偏多年份为催化单元,降水偏少年份为对比单元;B 以降水偏多年份为催化单元,其余年份为对比单元

从表 1 可以看出:

① 在降水偏多年份开展人工降水作业,无论对比单元取降水偏少年份还是取全部年份时,效果统计结果都产生“正噪声”,而且这种“正噪声”还与试验方案和增雨效果有密切关系。

② $\theta=0.00$ 时(效果统计值表示降水自然起伏引起“噪声”),降水偏少年份为对比单元产生的假效果大于除 1962 年和 1963 年外全部年份为对比单元时产生的假效果,前者假效果为 12%~77%,后者小于 30%。

③ 三种不同评价方案中,序列试验产生的假效果最大,如 $\theta=0.00$ 时,偏少年份为对比单元时相对增雨达 76.75%,全部年份为对比单元时相对增雨为 29.05%;多因子分层回归试验最小,分别为 12.34%和 0.55% ($\alpha>0.05$)。

④ 在人工降水可能增雨范围内(20%~30%),在降水偏多年份开展人工降水作业,以降水偏少年份为对比单元,序列试验、历史回归试验和多因子分层回归试验统计结果的

相对增雨的绝对差值分别为 92.31%~99.53%、66.55%~71.68%和 14.93%~15.88%。以其余年份为对比单元统计结果上述三种试验方案的相对增雨的绝对差值分别为 35.01%~37.58%、25.17%~26.95%和 0.78%~0.57%。可见在降水偏多年份开展人工降水作业以降水偏少年份为对比单元对效果进行统计分析产生的误差很大,与可能的增雨效果相当,所以不适于评价效果。以其余历史年份资料作为对比单元产生的假效果小于上述效果,特别是多因子分层回归分析假效果小于其它评价方案,准确度较高。

4 降水气候变化对降水偏少年份作业效果评价的影响

以降水第一次波动的最低年份 1967 年和 1968 年(即降水偏少年份)为人工降水催化年份,以降水第一次波动的偏多年份 1961~1966 年(即降水偏多年份)为对比单元,以及除 1967 和 1968 年外的所有年份为对比单元,分析降水气候变化对效果评价的影响。表 2 列出统计分析结果。

表 2 催化效果评价 /%

增雨效果	序列试验		历史回归试验		多因子分层回归	
	A	B	A	B	A	B
0.0%	-50.33	-42.49	-35.38	-32.61	-7.98	-1.90
10.0%	-45.41	-36.80	-28.98	-25.93	1.14	7.82
20.0%	-40.34	-31.11	-22.38	-19.05	10.53	17.83
30.0%	-35.50	-25.43	-16.09	-12.48	19.49	27.39

注:A 以降水偏少年份为催化单元,降水偏多年份为对比单元;B 以降水偏少年份为催化单元,其余年份为对比单元

从表2中列出的结果可以看出:

① 在降水偏少年份开展人工降水作业,降水气候变化明显影响效果评价,无论是以降水偏多年份为对比单元,还是以其余年份为对比单元,都产生“负噪声”。

② 产生的“负噪声”无论以降水偏多年份为对比单元,还是以其余年份为对比单元均是序列试验最大,达 $-42\% \sim -50\%$ 左右;历史回归试验次之,为 $-32\% \sim -35\%$;多因子分层回归试验最小,为 $-1.90\% \sim -7.98\%$ 。

③ 在人工降水可能增雨范围内($20\% \sim 30\%$),在降水偏少年份开展人工降水作业,以降水偏多年份作为对比单元,这三种试验方案产生的相对增雨的绝对差值分别为 $-60.34\% \sim -65.50\%$ 、 $-42.38\% \sim -46.09\%$ 和 $-9.47\% \sim -10.51\%$ 。以其余年份为对比单元产生的相对增雨的绝对差值分别为 $-51.11\% \sim -55.43\%$ 、 $-39.05\% \sim -42.48\%$ 和 $-2.17\% \sim -2.61\%$ 。

可见在降水偏少年份作业,无论对比单元取什么年份,序列试验和历史回归试验由于降水自然起伏使统计结果产生的“负噪声”都大于人工降水可能的效果,所以难以客观评价作业效果,多因子分层回归分析法产生的假效果较小。

5 人工降水效果显著值估算

以显著度 $\alpha \leq 0.05$ 作为人工降水催化效果有效标准来分析作业区作业单元降水量与历史均值的关系。分析时历史资料取福建省1961~1990年7~9月自然降水资料,催化资料取1991年福建省夏早期(7~9月)资料。 $\alpha = 0.05$ 时相对增雨效果临界值分别为:序列试验250.09%,历史回归试验45.55%,

多因子分层回归试验17.83%。

分析表明:序列试验灵敏度太低,作业期作业单元实测雨量要比历史上同期均值大一倍以上方可认为人工催化有效。历史回归试验次之。一般来说,人工增雨可能的增雨范围平均为 $20\% \sim 30\%$,而在抗旱年份实际降水量小于历史均值,因此序列试验要达到上述临界值是非常困难的。即使在最有利的条件下作业,人工降水效果也很难达到序列试验效果检验所要求的增雨值。如1991年福建省夏旱期间开展飞机人工降雨,效果分析采用区域控制模拟试验方案,分析表明相对增雨达65%左右。

6 小结

6.1 降水的气候变化影响了人工降水效果的评价。在降水偏多年份开展人工降水评价结果产生“正噪声”,而在降水偏少年份开展人工降水评价结果产生“负噪声”。

6.2 不同试验方案对降水气候变化“噪声”的反应不一样,序列试验反应大于其它试验方案。多因子分层试验由于对影响降水的多项因子进行分层统计,能在一定程度上减少降水气候变化对效果评价的影响。

6.3 由于偏旱年份实际降水量偏少,要在 $\alpha \leq 0.05$ 显著度上检出人工降水的效果,采用序列试验和历史回归试验所需的增雨值大于可能的人工降水增雨值范围,难以评价作业效果。选择一些与降水有密切相关的因子分层分析可望提高统计检验的灵敏度。

6.4 我国地域广阔,天气气候、地理环境、降水模型差异极大,各地在开展人工降水方案设计时,应分析当地天气气候及降水特征,探讨降水气候变化对效果评价的影响,为方案设计提供依据。

(下转31页)

(上接第 15 页)

Influence of the Climatic Variation of Rainfall on the Evaluation of Precipitation Enhancement Effect

Zeng Guangping Gao Jianyun Zhu Dinghua Feng Hongfang

(Fujian Meteorological Bureau, Fuzhou 350001)

Abstract

The influence of the climatic variation of rainfall on the evaluation of precipitation enhancement effect was analysed. The results show that the evaluation of precipitation enhancement effects is influenced by the climatic variation of rainfall. In the abundant rainfall years in Fujian Province, the positive false effects are obtained, and in the lacking rainfall years, the negative false effects are obtained. The false effects of sequentail experiment are higher than that of other ones. The multifactor gradational experiment decreases the influence of climatic variation of rainfall on the evaluation of the effects.

Key Words: climatic variation rainfall precipitation enhancement effect evaluation