

用典型相关分析预测福建前汛期降水

吴 滨^{1,2} 蔡学湛³

(1 南京信息工程大学, 南京 210044; 2 福建省专业气象台, 福州 350001; 3 福建省气象台, 福州 350001)

摘要 应用 EOF-CCA 方法对福建省前汛期(5~6 月)降水量场进行试预测, 预测因子选取关键区海温场及 13 项物理量场, 降水量场为 35 个地面气象站降水资料。采用 3 种方案进行试预测, 分别以关键区海温场为因子, 13 项物理量场为因子, 或两者相结合。通过 5 年的独立样本预测检验表明, 3 种方案对福建省前汛期降水量场进行短期气候预测均有一定的预报技巧, 预报时效最佳的时期是前一年的 11~12 月分, 以关键区海温为因子的预测效果最好, 12 月份关键区海温结合 13 项物理量场为因子预测稳定性最好, 可用于日常预测业务中。

关键词 典型相关 前汛期 降水 预测

引言

在短期气候预测中, 基于场基础上的分析及预测越来越重要^[1], 尤其是降水场的预测。福建前汛期降水占全年降水总量的 1/3 左右, 准确预测其降水量对社会、经济具有重要的意义。

典型相关分析(CCA)是近年发展起来的一种新的统计方法, 在交叉相关极大的条件下, 找出两个场之间最高相关的典型分布型, 客观定义了因子场与预测场高相关的类型, 并可利用主要典型分布型作预测方程的回归, 提取预报场与因子场之间线性相关信息中的主要成分, 排除一些随机因素的影响, 从而取得较好的预报效果^[2]。做为一个场的预测方法, 目前已被国内外许多气象学者应用于短期气候预测中^[1,3,4]。本文利用 CCA 的方法, 结合 EOF 展开建立统计气候预测模型, 对福建省前汛期降水量场进行预测试验。选取 13 项影响显著的物理因子, 及关键区海温分别与前汛期降水量场进行 CCA, 寻求因子场与预测场的高相关类型及其最佳预报时效。

1 资料选取

大气环流的长期变化是大气、海洋、雪盖、极冰

等相互作用的结果, 也是气候异常与变化的反映, 通过大量统计分析^[5]而选取的 13 项物理因子包括: 北半球副高面积指数($5^{\circ}\text{E} \sim 360^{\circ}$), 西太平洋副高面积指数($110^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}$), 北半球副高脊线, 西太平洋副高脊线, 西太平洋副高西伸脊点, 北半球极涡面积指数(5 区, $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$), 欧亚纬向环流指数($0^{\circ} \sim 150^{\circ}\text{E}$), 欧亚经向环流指数($0^{\circ} \sim 150^{\circ}\text{E}$), 东亚槽强度, 东亚槽位置, 西藏高原指数 A($25^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{N}, 80^{\circ} \sim 100^{\circ}\text{E}$), 西藏高原指数 B($30^{\circ} \sim 40^{\circ}\text{N}, 75^{\circ} \sim 105^{\circ}\text{E}$), 南方涛动指数。在试验中将 13 项因子组合构成一个综合的“物理量场”。

海温关键区资料包括: 亲潮区指数($145^{\circ} \sim 165^{\circ}\text{E}, 40^{\circ} \sim 50^{\circ}\text{N}$), 西风漂流区指数($160^{\circ}\text{E} \sim 160^{\circ}\text{W}, 35^{\circ} \sim 45^{\circ}\text{N}$), 黑潮区指数($125^{\circ} \sim 160^{\circ}\text{E}, 25^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{N}$), Nino 1+2 区指数($90^{\circ} \sim 80^{\circ}\text{W}, 0^{\circ} \sim 10^{\circ}\text{S}$), Nino 3 区指数($150^{\circ} \sim 90^{\circ}\text{W}, 5^{\circ}\text{N} \sim 5^{\circ}\text{S}$), Nino 4 区指数($180^{\circ} \sim 150^{\circ}\text{W}, 5^{\circ}\text{N} \sim 5^{\circ}\text{S}$), Nino 区指数($180^{\circ} \sim 90^{\circ}\text{W}, 0^{\circ} \sim 10^{\circ}\text{S}$)等共 7 项。

福建省 35 个代表站雨季(前汛期, 5~6 月)逐年总降水量。

以上所有的资料年份均为 1960~2002 年。

福建省自然科学基金项目“福建省汛期降水量场短期气候预测模式的研究”(D9810010)及国家科技部公益性专项资金项目“福建省灾害气候短期气候预测业务服务系统”共同资助

作者简介: 吴滨, 女, 1968 年生, 高级工程师, 在职研究生, 从事气候研究工作

收稿日期: 2004 年 2 月 9 日; 定稿日期: 2004 年 4 月 27 日

2 方法

CCA的基本思想是,假设有两组变量分别有 p 个和 q 个空间点,样本量为 n ,对这两组变量分别作线性组合构成新的一对变量 $u_1、v_1$,使它们之间有最大相关系数,再分别作与 $u_1、v_1$ 正交的线性组合 $u_2、v_2$,使它们之间有其次大的相关系数。如此进行下去,直至认为合适为止。得到的典型因子 $u_i、v_i$ 具有相互独立及逐次极大相关性的特点,利用典型因子进行回归,可以建立一个回归系数矩阵为 p 的回归方程,从而可由一个气候场去预测另一个气候场^[2]。

本文在进行 CCA 过程之前,先把资料进行 EOF 展开,根据特征值的大小,对主分量进行截断,这样做一方面可以缩小维数,减少计算量,压缩资料中不必要的“噪音”,同时避免 CCA 过程中可能会出现逆矩阵的蜕化现象^[4]。分别截取两个场前几个主分量进行 CCA 分析,最后建立起一个 EOF-CCA 统计预测模型。

具体过程为:首先对福建省 35 个台站前汛期降水量场、13 项物理量场、13 项物理量场加上 7 组关键区海温场数据资料进行标准化,对标准化后数据分别进行 EOF 展开,各提取前 7 个主分量,这 7 个主分量所占累积方差贡献均为 0.8 以上。建立模型分 3 种方案,一是以 13 项物理量场的主分量为预报因子与降水量场的主分量进行 CCA 分析(以下简称“方案 1”);二是以 13 项物理量场加上海温场的前 7 个主分量与降水量场主分量进行 CCA 分析(简称“方案 2”);其三以 7 组海温场的数据与降水量场

的主分量进行 CCA 分析(简称“方案 3”),分别拟合预报方程,将计算所得的预报方程还原为标准化变量方程。

3 预测试验

预报场为 1998 ~ 2002 年共 5 年的前汛期降水量场,因子场为相应年份前期 7 个月的物理量场及海温场(即从前一年的 10 月份至当年的 4 月份)。

对 5 年的预测采用独立样本检验的方法进行预测,即逐年预测法,预测步长取 1,如要预测 1999 年前汛期的降水场,预报场就用 1961 ~ 1998 年的降水场,因子场分别为 1960 ~ 1998 年 10、11、12 月及 1961 ~ 1999 年 1 ~ 4 月的因子场序列。这种方法工作量较大,但它可充分利用现有的资料,其建立的预测模型可直接用于目前的业务预测中。

预测效果检验采用中国气象局下发的“短期气候预测质量评定暂行办法”中的预测评分和技巧评分进行评定。预测评分采用 6 级评分制,其中 PS 为预测评分,SS 为技巧评分。

4 预测结果

通过上述方法对预报结果进行评分,结果如表 1 ~ 3,3 种预测方案中 5 年预测评分的平均值每个月都在 60 以上,平均值最高的达 78.6,表现出一定的预测能力,技巧评分的平均值大多在 20 ~ 50 之间,最高的达 49.3。表明这 3 种预测方案均有一定的预测技巧。

从表中还可看出,我们选取的前期共 7 个月各月预测结果均有一定的预测技巧,但我们的目的是要找出前期预测效果最好的月份。

表 1 关键区海温场对福建前汛期降水场预测评分

	前一年						当年							
	10 月		11 月		12 月		1 月		2 月		3 月		4 月	
	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS
1998 年	63.2	11.2	58.5	- 7.8	67.5	17.6	69.9	23.9	67.5	17.6	62.7	11.2	50.0	- 14.0
1999 年	53.4	- 7.8	94.4	87.3	85.9	68.3	58.3	4.9	83.1	62.0	77.1	49.3	57.7	4.9
2000 年	72.6	36.6	85.0	62.0	89.7	74.6	85.0	62.0	86.8	68.3	68.0	23.9	60.0	4.9
2001 年	78.1	49.3	68.8	30.3	80.0	55.6	65.7	23.9	69.9	30.3	74.3	42.9	77.1	49.3
2002 年	68.5	30.3	58.3	4.9	69.4	30.3	63.9	17.6	57.1	4.9	68.0	23.9	67.1	23.9
平均	67.2	23.9	73.0	35.3	78.5	49.3	68.6	26.5	72.9	36.6	70.0	30.2	62.4	13.8

表 2 13 项物理量场对福建前汛期降水场预测评分

	前一年						当年							
	10 月		11 月		12 月		1 月		2 月		3 月		4 月	
	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS
1998 年	49.3	- 14.0	60.0	4.9	54.9	- 1.4	45.0	- 27.0	66.2	17.6	49.3	- 14.0	68.0	23.9
1999 年	83.7	55.6	88.7	74.6	83.6	62.0	77.5	49.3	83.1	62.0	68.6	30.3	41.7	- 33.0
2000 年	81.1	55.6	76.0	42.9	84.8	62.0	86.7	68.3	37.1	- 40.0	62.2	11.2	69.4	30.3
2001 年	71.4	36.6	68.6	30.3	74.3	42.9	69.0	30.3	71.4	36.6	65.7	23.9	63.4	17.6
2002 年	67.6	23.9	81.3	55.6	69.2	23.9	66.2	23.9	58.3	4.9	57.7	4.9	69.9	30.3
平均	70.6	31.5	74.9	41.7	73.4	37.9	68.9	29.0	63.2	16.3	60.7	11.2	62.5	13.8

表 3 海温场合并 13 项物理量场对福建前汛期降水场预测评分

	前一年						当年							
	10 月		11 月		12 月		1 月		2 月		3 月		4 月	
	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS	PS	SS
1998 年	54.9	- 1.4	60.5	4.9	75.7	42.9	47.9	- 21.0	61.5	4.9	68.8	23.9	71.8	30.3
1999 年	83.7	55.6	83.7	62.0	86.1	68.3	71.8	36.6	64.4	17.6	80.3	55.6	43.7	- 27.0
2000 年	81.1	55.6	82.1	55.6	86.8	68.3	74.0	36.6	44.4	- 27.0	46.5	- 21.0	72.2	36.6
2001 年	68.6	30.3	71.4	36.6	69.8	30.3	71.8	36.6	69.0	30.3	74.3	42.9	71.4	36.6
2002 年	49.3	- 14.0	73.0	36.6	74.7	36.6	56.2	- 1.4	63.4	17.6	56.2	- 1.4	61.1	11.2
平均	67.5	25.2	74.1	39.1	78.6	49.3	64.3	17.6	60.5	8.7	65.2	20.1	64.0	17.6

图 1 为 3 种方案前期各月对前汛期降水场预测评分。可看到,表现为隔季预测效果较好,前一年 12 月方案 3 和方案 2 这两种方案预测效果最好,其次是 11 月份。方案 1 在 11 月份预测效果最好,其次是 12 月。前一年的 11、12 月物理量场与关键区海温的变化对次年福建省前汛期降水场均有较好的预测能力,这与海洋和大气之间存在着半年左右的韵律关系相一致。而对于方案 3 则当年 2 月份海温的变化对前汛期降水场也有较好的可预测性。

海洋和大气是相互作用相互影响的。研究表明,赤道东太平洋、西风漂流区和黑潮区的海温异常是影响副高活动异常的关键区,其中赤道东太平洋

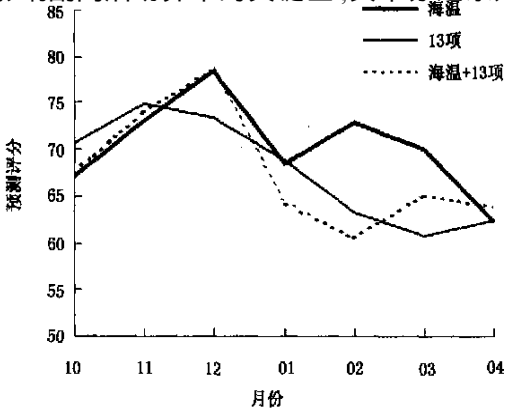


图 1 前一年 10 月至当年 4 月 3 种方案逐月预测评分

海温的前期信息最明显。ENSO 事件的发生对副高活动的转折性影响时效大约为半年;El Nino 与 La Nina 年副高特征量距平反位相特征相当典型,特别是对强度(面积)和西伸脊点,脊线位置也有所反映,而福建雨季降水相当显著地受到西太平洋副高异常活动的影响^[5]。因此前期关键区海温做为预测因子对前汛期降水的预报具有重要意义,而从上面的预测效果来看也正是如此。

13 项物理量场均为大气环流特征量,大气环流与下垫面共同作用,形成复杂的相互关系,对福建前汛期降水产生一定的影响。综合这几项因子用于降水预测中,也有一定的预报意义,如前一年的 10、11 月份 13 项物理量场对当年前汛期降水有一定的预报技巧。10、11 月预报技巧高于海温场,由图 1 可见,这几个月若再综合海温场可适当提高单用海温场的预报水平,求得较好的稳定性。总之,作为因子场,显然首选海温场效果较好,但为了求得更佳预报效果与稳定性,海温场加上这些因子的预报试验还需要更多的试验方案比较,而挑选出最佳预测模型。

5 预测值与实况的对比

从 5 年的预测结果来看,表现出一定的年际差异,如 1999 年 3 种方案的预测效果均令人满意,11、12 两个月的预测评分均超过 80,1999 年 11 月海温

预测评分则达到 94.4,效果很好。技巧评分均超过 60,最高达 87.3。而 1998 年预测效果则尚不能令人满意,说明预测欠缺稳定性,但我们从中挑选出

12 月份海温场综合 13 项因子预测的试验方案,逐步 PS 均在 69 分以上,可满足当前短期气候预测的需求。图 2 为 2002 年实况与预测的对比图形。

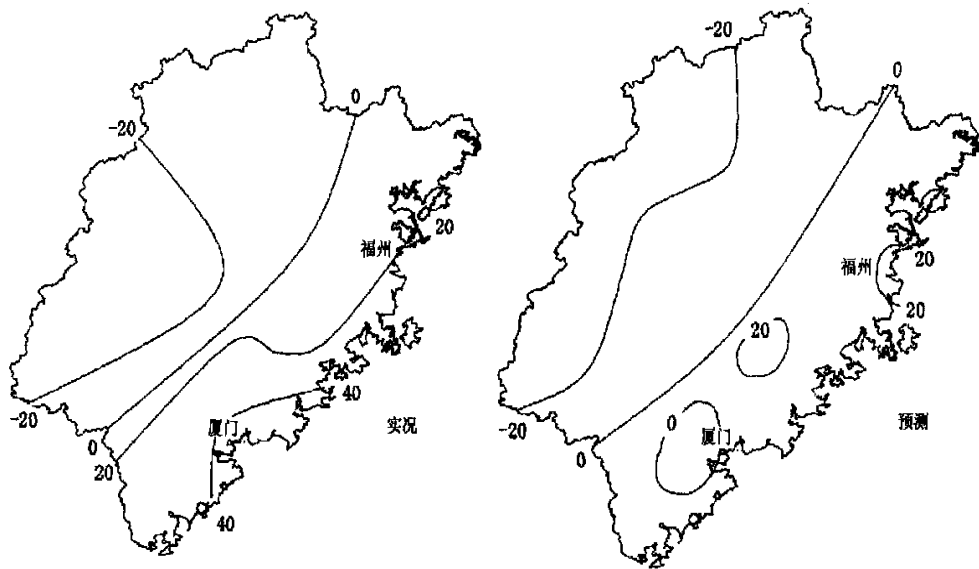


图 2 2000 年降水距平百分率(%)实况与关键区海温场对前汛期降水预测对比

由图 2 可看出,2000 年前汛期降水实况为由沿海向内陆降水距平百分率逐渐减小,预测结果与实况相近,实况最小值出现在闽西,预测值与实况一致,但闽北也出现一些。全省大部分地区的预测与实况均较吻合,仅闽南沿海的预报值与实况有一些出入,预测值没有出现较大的高值区。

6 结论

(1)应用 EOF-CCA 相结合的方法对福建省前汛期降水量场进行试预测,预测因子分别选取关键区海温、13 项物理量场,以及 13 项物理量场加上海温场。试验表明,这 3 种方案均有一定的预测技巧,预测效果令人满意。

(2)就各月预测结果来看,前一年 12 月和 11 月 3 种预测方案效果均较好。方案 3 和方案 2 在 12 月份的预测效果最好,11 月份其次;而方案 1 则 11 月份预测效果最好,12 月份其次;表现为海洋和大气之间存在着半年左右的韵律规律。方案 3 当年 2 月份海温的变化也是一个效果较好的预测因子。

(3)3 种方案中,关键区海温的预测效果最好,由于关键区海温是影响副高活动异常的关键区,而副高活动直接影响福建省前汛期的降水分布,因此海温的作用具有很重要的意义,而其对副高影响的

时效大约为半年,因此前汛期之前的半年(即 11、12 月)是最佳预报时效。13 项物理量场前期 10、11 月份的预测技巧高于海温场,但若其与海温场相结合,则可进一步提高预测效果。

(4)从试预测的结果来看,12 月份方案 2 的预测效果较稳定,5 年的预测评分均在 69 以上,大大高于目前短期气候的预测水平,可满足当前短期气候预测业务运行的需求。

(5)EOF-CCA 预测模型抓住了大气环流、海温等预测因子与降水场的内在物理联系,反映出降水量场的变化是与多种物理因子共同作用的结果,因此在短期气候预测中必须考虑多种物理因子的共同影响,才能取得好的预报效果。

参考文献

- 1 张礼平,杨志勇,陈正洪. 典型相关系数及其在短期气候预测中的应用. 大气科学, 2000, 24(3): 427 - 432
- 2 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术. 北京:气象出版社, 1999
- 3 毛恒青,李小泉. 典型相关分析(CCA)对我国冬季气温的短期气候预测试验. 应用气象学报, 1997, 8(4): 385 - 392
- 4 朱洁华,徐家良. EOF-CCA 模型在区域降水预测中的试验研究. 大气科学研究与应用, 1998, (1)
- 5 蔡学湛,温珍治,吴滨. 西太平洋副高与 ENSO 的关系及其对福建雨季降水分布的影响. 热带气象学报, 2003, 19(1): 36 - 42

Rainfall Forecast in Rainy Season in Fujian Province Using Canonical Correlation Analysis

Wu Bin^{1,2} Cai Xuezhan²

(1 Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044;

2 Fujian Provincial Meteorological Office, Fuzhou 350001)

Abstract: By using the EOF-CCA forecast model, a forecast experiment of rainfall in rainy season in Fujian Province was carried out. The rainfall data came from 35 weather stations. Three schemes were used in the forecasting experiment: selecting ① key areas of the sea surface temperature field, ② 13 physical parameter fields and ③ the combination of both as predict factors, respectively. The results of the forecast experiment with 5-year samples indicate that the three schemes all have certain predictive skills for short-term climatic prediction of rainfall in rainy season in Fujian Province. The forecasting periods with the best lead-time is November or December of the previous year. The scheme using key areas of the sea surface temperature field has the most satisfactory forecasting results. The combined scheme in December has the best stability. It can be used in operational prediction.

Key words: canonical correlation, rainy season rainfall, forecast