

动力延伸产品在广东月预报中的应用

陈潜、潘蔚娟、吕勇平

广东省气候中心

摘 要: 迄今为止, 国家气候中心已建立了包含海气耦合模式 CGCM 在内的各种预测模式, 随着模式的不断改进完善, 其对环流场的预报技巧有了显著的提高, 模式输出月动力延伸集合预测等多种产品。部分省市积极利用这些产品作降尺度应用于短期气候预测中, 建立了月动力延伸预测系统, 并取得较好效果。广东在作降尺度释用时, 选择了其中预报效果较好的旬月平均 500hpa 高度场资料, 结合 NCEP/NCAR 再分析资料以及本地区各站点的实测降水和气温, 运用李维京等开发的动力—统计相结合方法以及基于 EOF 的统计方法, 建立环流场和降水、气温之间的预报模型。通过回报资料和历史实况资料进行反演, 建立某一站点降水、气温和形势场之间的关系, 以此预测广东省以及广州区域各站的月降水量和平均气温。从最近几年汛期预报的释用结果来看, 模式释用预报水平与目前其他方法预报水平相当。因此我们认为, 利用大尺度 500hpa 高度场资料的降尺度释用效果较好, 对短期气候预测业务有一定的参考价值, 模式产品释用具有广阔发展前景。模式其他产品的释用还有待进一步开发。

关键词: CGCM, 降尺度, 动力—统计相结合, EOF

中图分类号: P456.6

文献标识码: A

Monthly Prediction in Guangdong Province Based on Dynamical Extended Products

CHEN Qian、PAN Wei-juan、LV Yong-ping

Guangdong Climate Center, Guangzhou

Abstract: Hitherto, national climate center has established a dynamical model prediction operation system include Atmosphere-Ocean coupled model CGCM. As the model developing and improving, it has made great progress in predicting the circulation field, and provides many monthly ensemble forecast products. A few regional climate centers used the products in short term climate prediction through downscaling, and received satisfied results. Guangdong climate center choosed the monthly mean 500hPa geopotential height、the NCEP/NCAR reanalysis data、observed precipitation and temperature of all meteorological stations in Guangdong to establish relationships between them, by using a blending method of dynamical and statistical approaches and a statistical approach base on EOF, and we use the relationships to predict the monthly precipitation and temperature of all meteorological stations in Guangdong. The results from the predictions since 2002 show that the precision of downscaling model is the same as other methods, and it has a nice peospect in short term climate prediction.

The experiments of downscaling other model products require more advanced research.

动力延伸产品在广东月预报中的应用

陈潜、潘蔚娟、吕勇平
广东省气候中心

1 引言

迄今为止,国家气候中心已经建立了动力气候模式预测业务系统,并在此基础上形成了一套包含月/季时间尺度的模式预测业务。随着对模式物理参数化过程的不断深入研究,该模式对环流场及气象要素场的模拟能力有了较大改善,其中对 500hpa 月平均高度场的改进最为明显,已经具备良好的预报能力^[1],这使得在区域应用模式集成预报产品进行降尺度解释应用成为可能。

由于目前的海气耦合气候模式的空间分辨率还比较低,很难对区域尺度的气候变化情景进行合理的预测,必须通过降尺度法来弥补这方面的不足。当前应用的降尺度方法主要有 3 种:动力降尺度法;统计降尺度法;动力-统计相结合降尺度法。这三种降尺度法的共同点是都需要全球气候模式提供大尺度气候信息。动力降尺度法就是通过区域气候模式和全球模式耦合来预估未来气候变化,该方法物理意义明确,能应用于任何地方和任何分辨率,但是其计算量很大且费机时。而统计降尺度法和动力-统计相结合降尺度法则弥补了动力降尺度法的不足。统计降尺度法利用多年的观测资料建立大尺度气候场和区域气候要素之间统计关系,并将这种关系也应用于全球气候模式输出的大尺度气候场,来做未来区域气候变化的预测。动力降尺度法则是从大气动力学方程组出发,通过一系列合理简化,推导出未来区域气候要素变化与大尺度环流场之间的关系,然后通过历史资料确定这些关系。近年来很多人在降尺度应用方面做了大量研究和试验,并取得了很有意义的结果^[2,5],使得动力气候模式产品降尺度应用成为提高月降水量、气温预测能力的重要途径之一。

本文从实际预测业务出发,利用 NCEP/NCAR 再分析的大气环流历史资料、国家气候中心的集成预报场以及广东各站点的实际观测资料,结合李维京等^[2]的月降水距平预报方程和艾子兑秀等^[6]的 EOF 主分量分析法,建立 500hpa 月平均环流场与广东月降水量、月平均气温的预报模型。同时我们实时应用气候中心下发的月动力延伸集合预报产品做出广东月降水量和平均气温的预报,并将之应用到短期气候预测业务中。实现了动力气候模式产品在广东的降尺度应用,为短

期气候预测提供了有价值的参考和一种新的思路。

2 资料选取和方法说明

2.1 资料选取

本文所用的资料有：1) NCEP/NCAR 再分析资料的 500hpa 月平均位势高度场，格式为 2.5×2.5 ；2) 2003~2006 年各月的 500hpa 月动力延伸集合预报资料；3) 1951~2006 年广东省各月 86 站的实况降水资料以及平均气温资料，多年平均值为 1971~2000 年的 30 年平均。

2.2 动力统计相结合法

本文从李维京^[2]推导出的月降水距平百分率预报方程出发（以下称方法 1）：

$$R' = A_1 \Delta \phi' + A_2 \frac{\partial \phi'}{\partial x} + A_3 \frac{\partial \phi'}{\partial y} + A_4 \phi' + A_5 \quad (1)$$

其中 R' 表示降水距平百分率， ϕ' 是指 500hpa 高度场距平， $A_1 \sim A_5$ 都是与气候平均状态有关的系数。由此可见，单站的月降水距平百分率除了和该地上空形势场距平（第 4 项）有关外、还受到形势场距平的拉普拉斯（第 1 项）、纬向切变（第 2 项）、经向切变（第 3 项）的影响。第一项反映了大气的辐合辐散，第二、三项则是反映地面要素的切变项，有着清晰的物理学意义。

$A_1 \sim A_5$ 通过 NCEP/NCAR 的 500hpa 月平均高度场、广东 86 站点月降水资料和文献[7]提供的反演系数法来确定，先将式(1)作差分处理，得：

$$\begin{aligned} R' = & A_1 \left[\frac{\phi'(x + \Delta x, y) - 2\phi'(x, y) + \phi'(x - \Delta x, y)}{\Delta x^2} \right. \\ & \left. + \frac{\phi'(x, y + \Delta y) - 2\phi'(x, y) + \phi'(x, y - \Delta y)}{\Delta y^2} \right] \\ & + A_2 \frac{\phi'(x + \Delta x, y) - \phi'(x - \Delta x, y)}{2\Delta x} \\ & + A_3 \frac{\phi'(x, y + \Delta y) - \phi'(x, y - \Delta y)}{2\Delta y} + A_4 \phi'(x, y) + A_5 \quad (2) \end{aligned}$$

式(2)中 Δx ， Δy 均取一个格距（一个格距为 2.5° ）， (x, y) 取距离降水观测站点最近的格点，并以该格点为基准点进行差分运算。利用站点实测资料和

NCEP/NCAR 形势场距平资料确定各月 86 站的方程系数, 并将 2003~2006 年的集合预报资料代入方程, 计算出各月的预测降水, 并将预测结果和实况降水资料进行比较。

2.3 主分量 EOF 分析法

本文通过艾子兑秀等的主分量 EOF 分析法(以下称方法 2)预测广东的月平均气温。该方法既能够反映样本的气候特点, 也能够反映不同样本之间的关系。通过这个方法我们可以确定预报对象和预报场之间的关系, 然后通过这种关系来作出预报。该方法是先建立模式预报资料矩阵 $\{h\}_{m \times n}$, (其中 m 为格点数, n 为序列长度), 在矩阵后面加上预报对象序列 $\{r\}_n$ (其中 $\{r\}_{n-1}$ 为实况值, 预报值 r_n 初始值赋予 0, 得到预报对象和预报量组成的新矩阵 $\{Y\}_{(m+1) \times n}$, 对这个矩阵进行 EOF 展开, 然后用前几个主分量进行拟合得到恢复场 $\{X\}_{(m+1) \times n}$, 重复执行这两个步骤, 直到恢复场中的元素 $X_{(m+1) \times n}$ 与上一次对应元素的差值小于给定的误差 ε 为止, 我们将该元素认为是预报值。

3 预报试验

为了检验这两种方法的预报效果, 有人在全国范围内做了大量的回报试验, 多数试验表明预测结果和实况比较接近^[3,6], 对于全国的雨区分布趋势和气温变化趋势都能较好的反映出来。为检验该预报模型在广东区域应用的可行性, 我们运用 NCEP/NCAR 的 500hpa 实况高度距平场, 再加上预报当月的 500hpa 高度距平场, 分别对 2003~2006 年广东各月降水距平百分率和平均气温作预报, 并和实况资料进行对比。

3.1 个例 1

个例 1 是对 06 年 10 月进行的解释应用试验(图 1), 从实况来看(图 1b), 广东大部分地区降水异常偏少, 但是在粤东和粤中分别有一个强降水中心, 从释用结果来看(图 1a), 大部分地区的降水趋势都是异常偏少, 很多地区偏少 5 成以上, 这和实况吻合的较好, 此外对广东中部地区的降水模拟也和实况比较接近。对 10 月份气温的释用效果也比较好, 虽然没预测出气温异常偏高, 但是对于气温趋势的预报还是和客观比较符合, 其符号一致率达到 90% 以上(图略)。

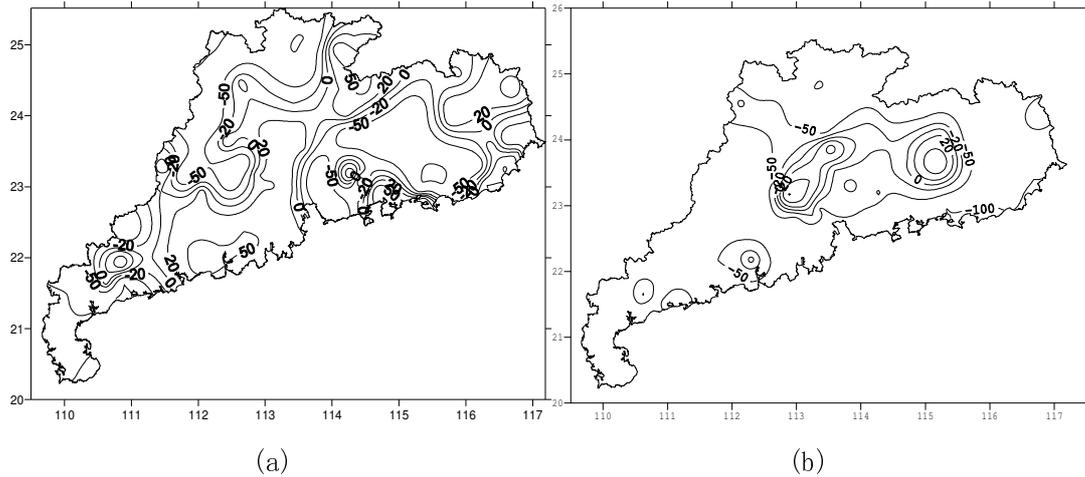


图1 2006年10月广东降水距平百分率分布 (a)方法1的预报 (b)实况

3.2 个例2

个例2是对03年6月进行的解释应用试验(图2)，6月属于广东的前汛期，降水趋势变化很大。从实况来看(图2b)，广东大部分地区降水偏多，仅粤西南、粤北以及粤东北部分地区降水偏少；从释用结果来看(图2a)，基本预测出了全省降水偏多的趋势，而在雷州半岛则预测偏少，这和客观实况比较符合，唯一不足的就是预测的雨量大，部分地区出现了异常偏多。该模型对本文气温的释用结果一般(图略)。

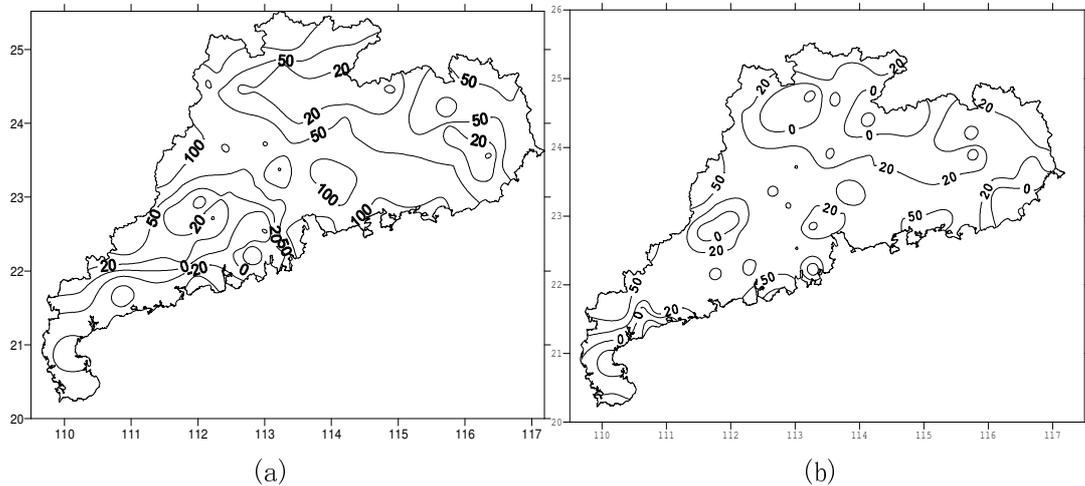


图2 2003年6月广东降水距平百分率分布 (a)方法1的预报 (b)实况

3.3 释用结果评分

为了研究动力产品在广东的释用效果，我们还按照中国气象局下发的《短期气候预测质量评定暂行办法》，对这两种方法2003~2006年各月的预报结果进行评分。表1、表2分别给出了两种方法的预报趋势评分结果。

表 1 方法 1 的 2003~2006 年逐月降水预测趋势评分

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
03年	57.4	66.1	68.3	53.4	56.5	79.8	67.0	58.9	64.2	49.7	63.5	64.1	62.4
04年	74.6	63.0	56.8	73.3	70.3	60.9	51.4	37.5	48.1	62.2	60.4	62.2	60.1
05年	50.7	54.2	59.3	66.8	68.5	68.1	38.1	60.3	52.6	64.1	70.3	57.4	59.2
06年	64.9	51.7	63.7	60.9	67.0	68.9	68.4	63.2	47.6	82.1	58.7	70.2	63.9

表 2 方法 2 的 2003~2006 年逐月气温预测评分

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
03年	65.2	84.5	90.3	38.4	78.5	87.1	68.6	90.1	88.2	57.3	51.8	77.4	71.4
04年	73.1	68.5	30.1	67.4	70.0	57.2	73.5	69.3	84.4	90.2	72.7	64.5	68.4
05年	74.6	45.5	62.7	81.2	67.5	72.8	67.9	75.6	89.3	74.6	88.5	93.2	74.6
06年	83.1	68.9	72.3	83.5	77.4	78.9	85.0	75.1	42.1	94.7	95.2	80.5	78.1

由表 1 给出的方法 1 对广东 86 个站点近 4 年各月降水的预报结果对比分析可以看出：本预报模型对广东地区月降水量趋势的预报还是比较合理的，月降水预测趋势的评分在 37.5~82.1 之间，总体平均达到 61.4，比较接近业务预报的水平。由表 2 的结果我们可以看出气温预测的评分在 30.1~95.2 之间，总体平均达到了 74.0，相比较之下预测效果要好于降水，这是因为气温的变化受 500hpa 高度场的影响较大、影响气温变化的因子较少，而影响降水的因子则相对多一些，因此对于气温的释用效果要略好一些。从表 1、表 2 可以看到，近几年的动力延伸产品释用效果总的来说比较理想，对短期气候预测业务有一定的参考价值，动力产品降尺度在广东地区的应用有广阔发展的前景。

4 小结

本文应用前人理论工作的基础上，用降尺度方法在广东进行了动力产品解释应用的初步试验，是对前人工作的进一步细化和推广。首先利用历史资料确定降水和气温的预报模型，并进行了一些实况形势场应用试验和实时预测试验，试验结果表明所建立降尺度模型的预报结果有一定的参考价值，体现出了应用潜力。

当然本文也存在很多不足之处：(1) 该模型的预报技巧本质上依赖于降尺度技术和大尺度模式的形势场预报技巧；(2) 该模型主要是应用月平均高度场来预报，而影响广东的天气系统很多，一些小尺度系统往往对广东月尺度的降水、气温产生很大影响，但是这些小尺度的扰动在月平均的环流场上是无法体现出来的，必须通过别的方式来改进；(3) 模型用到的预报因子场太少，而现实中影响

气温、降水的因子很多(如海平面气压 SLP、水汽条件等)，随着动力模式的发展和动力模式产品的日益丰富，还可以在模型中增加对降水、气温影响较大的风场和水汽场等资料，将有利于预报模型的优化；(4)我们现在应用的降尺度方法比较单一，目前可用于降尺度预报的方法很多，选择不同的降尺度方法所得的预报结果也会有很大的差别，而不同的降尺度预报方法各有其优缺点，分别适用于不同的区域、不同的气候状况，因此有必要开发一些降尺度方法，并从中选择出最适用于广东气候要素预测的降尺度预报方法，以提高广东短期气候预测水平，有待将来的进一步工作

参考文献

- [1] 李维京, 张培群, 李清泉, 等. 动力气候模式预测系统业务化及其应用. 应用气象学报. 2005, 16 (增): 1~11.
- [2] 李维京, 陈丽娟. 动力延伸产品释用方法的研究. 气象学报. 1999, 57 (3): 338~345.
- [3] 陈丽娟, 李维京, 张培群, 等. 降尺度技术在月降水预报中的应用. 应用气象学报. 2003, 14 (6): 648~655
- [4] 梁益国, 祝昌汉, 叶正青, 等. 500hpa 位势高度场月季业务数值预报的评估. 应用气象学报. 1997年9月, 8 (增): 154~163.
- [5] 何慧, 金龙, 覃志年. 降维方法在广西前汛期降水预测中的应用. 灾害学. 2004, 19 (4): 33~44.
- [6] 艾子兑秀、董文杰. 一种基于 EOF 分析的用 BCC-CGCM 输出做降尺度气候预测的方法. 动力气候模式产品解释应用培训班教程. 2005: 95~97.
- [7] 丑纪范, 郜吉东. 长期数值天气预报. 北京: 气象出版社. 1995, 124~128.