

王会军, 张颖, 郎咸梅. 2010. 论短期气候预测的对象问题 [J]. 气候与环境研究, 15 (3): 225–228. Wang Huijun, Zhang Ying, Lang Xianmei. 2010. On the predictand of short-term climate prediction [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (3): 225–228.

论短期气候预测的对象问题

王会军^{1,3} 张颖^{1,2,3} 郎咸梅^{1,3}

1 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

2 中国科学院研究生院, 北京 100049

3 中国科学院气候变化研究中心, 北京 100029

摘 要 基于气候变化的物理过程和数学方面的考虑, 讨论了短期气候预测的对象问题。短期气候预测对我国具有重大的经济和社会价值, 但也是非常困难的科学难题和科学工程。传统的把气候距平作为预测对象的方法并不一定具有科学严谨性和应用上的高效性。因此提出把气候年际增量作为新的预测对象, 并从数学物理考虑上进行了讨论。最后, 基于一个气候模式的预测试验, 实际检验了新的预测对象方案的效果。

关键词 短期气候预测 预测对象 气候距平 年际增量

文章编号 1006-9585 (2010) 03-0225-04 **中图分类号** P467 **文献标识码** A

On the Predictand of Short-Term Climate Prediction

WANG Huijun^{1,3}, ZHANG Ying^{1,2,3}, and LANG Xianmei^{1,3}

1 *Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029

2 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049

3 *Climate Change Research Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029

Abstract Based on the physical-mathematical considerations, the authors discussed the object of the short-term climate prediction. The short-term climate prediction has extremely important potential benefit for the economy and society, but is a very difficult scientific systematic work. Traditionally, the anomaly of a variable to its climatology has been used as the object of the short-term climate prediction. However, this approach does not necessarily contain physical-mathematical robustness. Considering that the current climate prediction skill, based on the above approach, is quite limited, the authors proposed another approach, using the interannual increment of a variable as the predicting object. The authors also provides discussion on this approach from the physical-mathematical considerations, and validation of this approach based on a climate model prediction experiment.

Key words short-term climate prediction, predicting object, climate anomaly, interannual increment

收稿日期 2009-04-08 收到, 2010-03-28 收到修定稿

资助项目 国家重点基础研究发展计划项目“全球变暖背景下东亚能量和水分循环及其对我国极端气候的影响”(2009CB421406)和国家自然科学基金项目 40875048、40631005 以及公益性行业(气象)科研专项 GYHY200906018

作者简介 王会军, 男, 1964 年出生, 博士, 研究员, 主要从事气候预测、气候变化和古气候模拟研究。E-mail: wanghj@mail.iap.ac.cn

1 引言——关于传统上把气候距平作为预测对象的思考

短期气候预测是世界气候研究计划的核心科学目标,是一个重大科学课题,在实际经济和社会生活中具有重大意义,对我国这样的气候多灾变的国家尤其如此。但是,东亚气候区的短期气候预测水平十分有限,这可以从两个方面得到认证。其一,在我国实际业务中降水的短期预测水平基本上在 60%~70% [系指国家气候中心的实况解释检验结果的准确率 (PS) 评分],长江流域降水的预测正确率也基本在 50% 以上 (赵振国, 2001),因此,失败的预测例子相当多 (如 1999 年、2003 年等)。其二,关于降水的基于气候模式的可预测性基本上存在于热带,热带外总体上是很难预测的,在东亚气候区尤其如此 (王会军, 1997)。这也是气候业务预测水平不高的根本科学原因所在。

当然,可在以上的基础上有所作为,包括:把动力学模式预测方法和统计方法相结合、发展基于模式结果的应用解释方法 (类似于短期天气预报中的 MOS 方法) 等。除此以外,还应慎重考虑气候预测目标 (对象) 问题。以下将初步讨论这个问题。目前,普遍采用的预测对象是气候变量的距平值,即某一气候变量的当年值减去其多年平均值,可以用

$$f_i' = f_i - A,$$

来表示距平值 (其中, f_i 表示第 i 年的值, A 则表示多年平均值)。 f_i' 在观测中的意义可以是很明确的,如气候平均值可以是 1970~1999 年 30 年的观测平均值。气候模式中的输出量 f_i' 也可以如此定义,可是,模式中的气候平均值就可以有不同的表述了:到底是模式每年回报结果的平均,还是模式连续积分 30 年的结果的平均? 是单一初始场的积分结果,还是多个初始场积分结果的集合? 当然,我们可以采用订正方案来修正模式预测结果,这样做确实可以在一定程度上改进预测效果,但是订正之法毕竟事属“无奈”,况且任何订正之法总有其限度。

模式预测结果在多大程度上和观测结果吻合,可以用距平相关系数 (ACC) 来表示。问题是,

由于可预测性的限制和模式性能的制约,东亚气候区的模式预测值和实际观测值之间的吻合程度是比较低的。因此,基于预测气候距平值的思路自然有很大的局限性。十分有必要研究设计新的预测对象。

2 新预测对象的讨论

可以将气候量的年际增量作为一个新的预测对象,即用

$$\Delta f_i = f_i - f_{i-1},$$

来替代原来的气候距平值 [将基于原来的预测对象 (气候距平) 的预测方案称为方案 I,将基于这个新的预测对象的预测方案称为方案 II],其中, f_i 为气候量的当年距平值, f_{i-1} 为气候量的前一年距平值。下面阐述这样做的理由。

实际的东亚气候区的气候变量存在着相当显著的年际变化,包括准两年变化 (陈隆勋等, 2006)。假如仅考虑这种准两年变化,则有

$$f_i = C + P_i, \quad f_{i-1} = -C + P_{i-1},$$

其中, C 是某种一个基本量, P_i 和 P_{i-1} 是 C 的扰动量。于是,

$$f_i \approx C, \quad \Delta f_i = f_i - f_{i-1} \approx 2C.$$

换言之,如果把

$$\Delta f_i = f_i - f_{i-1},$$

作为预测量,则它的变化幅度是 f_i 的 2 倍。通常大幅度气候异常是比小幅度气候异常更易预测的,所以方案 II 应该比方案 I 更好一些。

另外,还可以如下地写出年际增量:

$$\Delta f_i = f_i - f_{i-1},$$

$$\Delta f_{i-1} = f_{i-1} - f_{i-2},$$

...

$$\Delta f_2 = f_2 - f_1.$$

如果把上述等式两边分别加起来,就得到:

$$\Delta f_i + \Delta f_{i-1} + \cdots + \Delta f_2 = f_i - f_1,$$

即:

$$\Delta f_i + \Delta f_{i-1} + \cdots + \Delta f_2 + f_1 = f_i,$$

右侧就是原来的预测量,左侧是从第 2 年到第 i 年的年际增量预测值的总和。而如果准两年信号较强的话, f_i 的预测准确度取决于从第 2 年到第 i 年的新预测量的总和 (残差) 的预测准确度,因此, f_i 的预测准确度应该比 $(f_i - f_{i-1})$ 的预测准

确度低。

把年际增量 ($f_i - f_{i-1}$) 作为预测对象除了有上面提及的物理、数学考虑之外, 年际增量 ($f_i - f_{i-1}$) 在观测上和模式结果中都是意义明确的。而 f_i 是气候距平值, 这个“平”如何定义一直是个问题, 具有人为性。而且, 这个“平”在模式中和观测中的定义经常又是不同的, 因而带来很多问题。

3 来自一个模式预测结果的检验

为了验证方案 II, 以中国科学院大气物理研究所 9 层大气环流模式 (IAP 9L AGCM) 的 1970~1999 年共 30 年的回报结果来进行分析比较, 其中海洋表面温度采用的是当年月平均观测值 (即

咸梅等, 2004)。

从图 1 可见, 方案 II 的预测结果在东亚气候区较方案 I 有了显著改善, 相关系数提高了 0.1~0.2。

图 2 是 850 hPa 高度场的结果, 同样, 在东亚气候区有显著改善, 改善的效果比 500 hPa 的更好一些, 方案 I 得到的相关系数基本上是负的 (预测和观测结果相反), 而方案 II 的相关系数则基本上是正值, 并且大都超过了 95% 的信度检验。

需要指出的是, 方案 II 的应用对 IAP 9L AGCM 的降水预测效果改进不大, 可能是东亚气候区降水不仅受东亚大气环流的影响, 还在很大程度上受到中高纬系统的影响以及热带水汽输送的影响, 变异机制更加复杂。

Wang et al. (2000) 在研究对模式预测结果

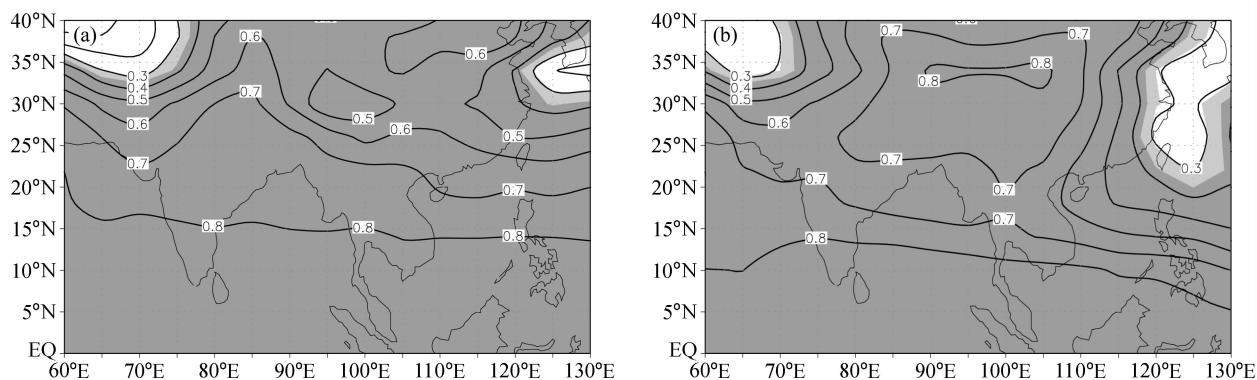


图 1 基于 (a) 方案 I 和 (b) 方案 II 的 IAP 9L AGCM 回报的 1970~1999 年 6~8 月平均 500 hPa 高度场与实测结果的相关系数分布 (浅色和深色阴影分别为信度超过 95% 和 99% 的区域)

Fig. 1 Correlation coefficients of the mean 500-hPa geopotential height fields from Jun to Aug during 1970-1999 between the observation and the hindcast derived from IAP 9L AGCM based on (a) scheme I and (b) scheme II (light and dark shaded areas are above 95% and 99% confidence level, respectively)

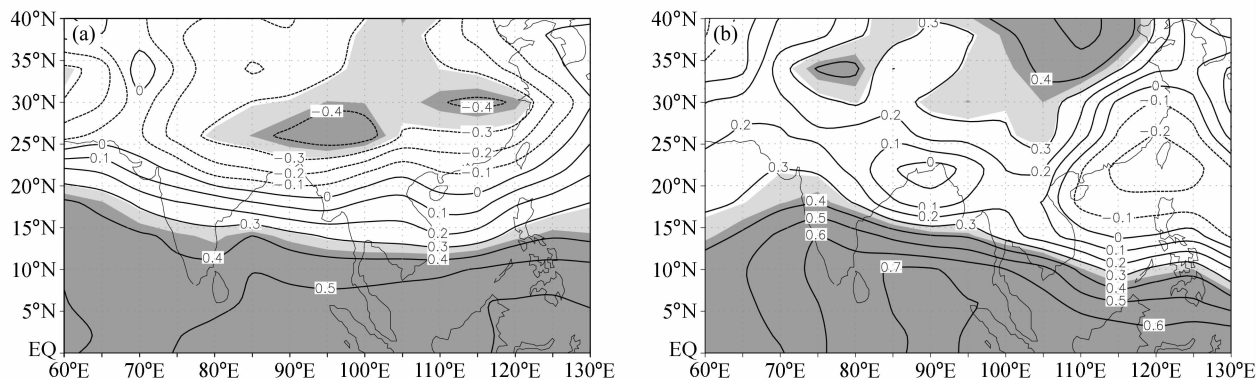


图 2 同图 1, 但为 850 hPa 高度场

Fig. 2 Same as Fig. 1, but for the 850-hPa geopotential height

进行订正时提出并使用了年际增量的思路。近几年来,范可(2007)、范可等(2007, 2008)、Fan(2009)、Fan and Wang(2009)利用年际增量的方法针对我国夏季长江流域和华北降水、东北地区冬季气温以及西北太平洋台风活动研究了新的经验预测模型,收到了很好的效果,其预测技巧较原来的方法有很大的提高。因此,这个新的预测对象将可能导致实际气候预测水平的显著提升。

当然,应用耦合气候模式进行降水预测采用方案 II 效果如何还需进一步研究。另外,方案 II 在其他模式的“两步法”预测系统中的效果如何也需要进行更多的试验和分析研究,这是一个非常值得探讨的问题。另外,是否可以提出其他新预测对象也是可以进一步研究和探索的问题。

参考文献 (References)

- 陈隆勋, 张博, 张瑛. 2006. 东亚季风研究的进展 [J]. 应用气象学报, 17 (6): 711 - 724. Chen Longxun, Zhang Bo, Zhang Ying. 2006. Progress in research on the East Asian monsoon [J]. Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese), 17 (6): 711 - 724.
- 范可, 王会军, Choi Y J. 2007. 一个长江中下游夏季降水的物理统计预测模型 [J]. 科学通报, 52 (24): 2900 - 2905. Fan Ke, Wang Huijun, Choi Y J. 2008. A physically-based statistical forecast model for the middle-lower reaches of the Yangtze River Valley summer rainfall [J]. Chinese Science Bulletin, 53 (4): 602 - 609.
- 范可. 2007. 西北太平洋台风生成频次的新预测因子和新预测模型 [J]. 中国科学 (D 辑), 37 (9): 1260 - 1266. Fan Ke. 2007. New predictors and a new prediction model for the typhoon frequency over western North Pacific [J]. Science in China (Ser. D), 50 (9): 1417 - 1423.
- 范可, 林美静, 高煜中. 2008. 用年际增量的方法预测华北汛期降水 [J]. 中国科学 (D 辑), 38 (11): 1452 - 1459. Fan Ke, Lin Meijing, Gao Yuzhong. 2009. Forecasting the summer rainfall in North China using the year-to-year increment approach [J]. Science in China (Ser. D), 52 (4): 532 - 539.
- Fan Ke. 2009. Predicting winter surface air temperature in Northeast China [J]. Atmos. Oceanic Sci. Lett., 2 (1): 14 - 17.
- Fan Ke, Wang Huijun. 2009. A new approach to forecasting typhoon frequency over the western North Pacific [J]. Wea. Forecasting, 24: 974 - 978, doi: 10.1175/2009WAF2222194.1
- 郎咸梅, 王会军, 姜大膀. 2004. 应用九层全球大气格点模式进行跨季度短期气候预测系统性试验 [J]. 地球物理学报, 47 (1): 19 - 24. Lang Xianmei, Wang Huijun, Jiang Dabang. 2004. Extraseasonal short-term predictions of summer climate with IAP9L-AGCM [J]. Chinese Journal of Geophysics, 47 (1): 22 - 28.
- 王会军. 1997. 试论短期气候预测的不确定性 [J]. 气候与环境研究, 2 (4): 333 - 338. Wang Huijun. 1997. On the uncertainty of the short-term climate prediction [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 2 (4): 333 - 338.
- Wang Huijun, Zhou Guangqing, Zhao Yan. 2000. An effective method for correcting the seasonal-interannual prediction of summer climate anomaly [J]. Adv. Atmos. Sci., 17: 234 - 240.
- 赵振国. 2001. 我国期气候预测的业务技术发展 [J]. 山东气象, 21 (3): 4 - 7. Zhao Zhenguo. 2001. The development of short-range climate prediction technique in China [J]. Journal of Shandong Meteorology (in Chinese), 21 (3): 4 - 7.