

基金项目:国家自然科学基金面上项目“SCGT与夏季东亚ISO相互作用研究及其在长江下游强降水延伸期预报中的应用”(41175082)

主振荡型分析在长江下游暴雨10~30天延伸期天气预报中的应用

杨秋明 孙磊 黄世成 李熠
江苏省气象科学研究所, 江苏 南京 210009

杨秋明



摘要

对观测低频时间序列,详细介绍了主振荡型(POP)分析方法和原理,讨论了它在夏季长江下游暴雨10~30天延伸期天气预报中的应用。POP分析技术作为一种介于动力学模式与统计分析之间的方法,能有效地分离各种时空尺度,并识别其对应的季节内振荡(ISO)类型演变过程,从而能预测ISO未来10~30天的变化过程。

关键词

主振荡型; 大气季节内振荡; 延伸期预报

DOI: 10.3969/j.issn.1001-8972.2013.23.003

引言

实际大气的各类主要低频波动主要是定义在非静态的基本态附近的大气低频线性动力学过程的固有模式,只要从观测资料确定这些高维线性动力系统,便可得到本征模式(即低频波动)及其时空变化,它就是Hasselmann(1988)首先在理论上提出,随后开始广泛用于气候资料分析和预测的主振荡型(POP, Principal Oscillation Patterns)^[1]分析方法。POP分析在用于诊断气候系统的时空变化(如大气低频振荡(ISO)^[2,3]、QBO(准两年振荡)^[4]、ENSO(厄尔尼诺与南方涛动)^[5-6]、IDO(年代际变化)^[2]时被证明是一种强有力的工具,且在MJO(热带大气ISO)的预测中也表现出较高的预测精度,时效可达15天左右,是5~15天低频形势预测的主要方法之一^[3]。另外,在ENSO的预测中也取得了很好的效果^[5-6]。本文主要介绍它在夏季长江下游暴雨10~30天延伸期天气预报中的应用。

1 主振荡型分析

对于实际大气低频波动而言,由POP分析的思想可以认为主要是由一个线性动力学系统对于代表其它次要过程的随机强迫的响应,并假设次要过程为白噪声,从而对于观测低频时间序列 X_t 的大气控制方程总可写为

$$\frac{\partial X}{\partial t} = LX + \text{白噪声}$$

等价的时间离散形式是

$$X_{t+1} = AX_t + \text{白噪声}$$

L, A 为线性算子,它刻划了大气低频线性动力学过程,低频波动对应其本征模式, A 是系统矩阵,它包含了低频波动的全部信息。不难发现,系统矩阵最终可由协方差阵 C_0 及时

滞为1的交叉协方差阵 C_1 估出($A = C_1 C_0^{-1}$)。低频振荡传播或波动是由 A 的一对复共轭特征向量 $p = p_r \pm ip_i$ 所描述,由其实部 p_r 和虚部 p_i 所代表的型来反映低频波动的空间结构,相应的特征值为 $\lambda = \rho e^{i\eta}$,可以证明该波动的振荡及传播行为可由下式刻划^[2]

$$\rho' [\cos(\eta t) p_r - \sin(\eta t) p_i]$$

即低频演变过程可用环形链表示

$$\cdots \rightarrow p_i \rightarrow p_r \rightarrow -p_i \rightarrow -p_r \rightarrow \cdots$$

p_r 落后 p_r 四分之一周期(振荡周期为 $T = 2\pi/\eta$)。由于耗散的存在,所有模态均为衰减的,因而有 $\rho < 1$,其衰减时间为 $\tau = -1/\ln \rho$,一般 $\tau > T/4$ 时,认为振荡是稳定的。 X_t 在 P 上展开得到时间系数 $z_t = X_t p$,可以证明^[2],当外加随机强迫近乎白噪声的情况下,POP的时间系数的自乘谱(Autospectrum) $\Gamma(\omega)$ 是

$$\Gamma(\omega) = \frac{1}{|e^{i\omega} - \lambda|^2}$$

因此, $\Gamma(\omega)$ 在频率 $\omega = \eta$ 处为一峰值,且 ρ 值越大(或 τ 越长),该峰值越显著。

2 应用

10-30天延伸期天气预报近10年来国际上天气和气候业务预报发展的一个重要方向^[7]。过去的研究表明,当10-90天时间尺度的大气ISO信号明显持续时,对于10~30天延伸期天气过程往往具有很好的可预报性,它们经常会引发后期的极端天气气候异常事件(如强降水、强升(降)温过程等)。既然引起区域极端天气的重要原因主要是由大气系统内部复杂非线性相互作用产生的ISO,那么从大量观测资料中合理识别和提取影响区域极端天气的主要简化动力过程,如主要振荡型POP,构建这种带有较高预测能力的

简单模型(反映在一定时间尺度上低频系统的近似动力学规律),预测ISO未来天的动态变化过程,可以明显提高强降水等极端天气事件的可预报性。

已有的研究表明,长江流域出现暴雨洪涝灾害的主要因素是东亚环流演变过程呈现显著的20~30天低频振荡,且这种与长江下游暴雨密切相关的20~30天振荡和大气环流的相互作用具有全球性(主要通过SCGT,TWP两种全球ISO型的作用^[8])。直接从观测资料中提取20~30天时间尺度的与长江流域持续暴雨关系密切的各种主振荡型,研究其不同的传播特征和强度的年际变化规律,分析长江下游地区有(无)暴雨时主要低频波变化的差异,可以提前10天以上提供长江下游暴雨的预报信息。多年的预测研究表明,采用主振荡型(POP)预测模型,预测与长江下游地区暴雨有密切联系的东亚到太平洋地区环流20~30天经向低频波列(全球ISO作用框架下东亚副热带地区低频变化的表现)的预报时效可达20天左右^[9]。所以,利用20~30天时间尺度的全球SCGT,TWP等环流和降水的低频分量与持续性强降水过程的对应关系,采用各种统计方法建立具有物理意义的夏季长江下游暴雨延伸期客观预报模型,能使预报技巧有明显提高^[10]。

3 结语

POP分析技术作为一种介于动力学模式与统计分析之间的方法,能有效地分离各种时空尺度,并识别其对应的低频振荡类型演变过程,从而预测其振荡的变化过程。对于10~90天时间尺度的ISO的10~30天变化,它能较好地描述10~20天,20~30天,30~60天等各种不同时空尺度低频波的传播,有效识别与区域极端天气(如长江下游地区强降水等)有关的特定时间尺度的ISO及其预测10天以上的演变。因此,可以基于各种不同类型的ISO对区域极端天气的综合作用,建立简化统计动力学模型,从而作出远高于随机判断和单纯依靠统计计算的有效延伸期天气预报。

参考文献

- [1]Hasselmann,K. PIPs and POPs: The reduction of complex dynamical systems using Principal Interaction and Oscillation Patterns. *J.Geophys. Res.*,1988, 93:11015~11021.
- [2]von Storch H.,G.B ü rger R. Schunr., and J.-S. von Storch. Principal oscillation pattern: A review. *J.Climate*.1995,8:377~400.
- [3]杨秋明.西太平洋热带地区环流低频变化的主振荡型预测试验.应用气象学报,1998,9 (3):345~351.
- [4]Xu J.-S. On the relationship between the stratospheric QBO and the tropospheric SO . *J. Atmos. Sci.*1992,49:725~734.
- [5]Xu J.S. and H.von Storch. Predicting the state of SO using principal oscillation patterns analysis. *J. Climate*. 1990,3: 1316~1329.
- [6]Tang B. Periods of linear development of the ENSO cycle and POP forecast experiments. *J. Climate*. 1995,8: 682~691.
- [7]丁一汇,梁萍.基于MJO的延伸预报.气象,2010,36(7):111-122.
- [8]杨秋明.全球环流20~30d 振荡与长江下游强降水.中国科学D辑:地球科学,2009,39 (11): 1515-1529.
- [9]杨秋明,李熠,宋娟,黄世成. 2002年夏季东亚地区环流20-30d主振荡型延伸期预报研究.气象学报,2012,70(5):1045-1054.
- [10]http://www.ljref30.org



随意搜寻

作者: Peter Morville 著 沈浩翔 译
出版社: 华中科技大学出版社
出版时间: 2013-10-01
I S B N : 9787560987583
所属分类:
图书 > 计算机与互联网 > 电子商务

《Web 信息架构》的作者 Peter Morville,用了10年时间回答以上问题。《随意搜寻》是一趟奇妙的旅程,让未来触手可及:无论何时何地,我们都能找到任何人、任何东西。这本书即是路线图,也是信息时代的“玛雅预言”,它解释了在普适计算和互联网的交叉路口,搜索和寻路技术对经济、文化产生的冲击。当今社会的注意力和权威在转向个体智慧,在这样的大背景下,《随意搜寻》为我们描绘了一条新路径,贯穿了营销和设计的崭新蓝图。

《随意搜寻》充满洞察力,将为你揭开一个全新的世界,它可能改变你的思维方式,改变你的目的地,改变你的目标,甚至改变你的人生。

Peter Morville 是互联网行业知名的信息架构专家,曾被誉为“信息架构之父”,他还是 Semantic Studios 的总裁。Semantic Studio 是一家关于信息架构和可寻性的咨询公司。他有近二十年的咨询经验,为 AT&T、IBM、Microsoft、哈佛商学院、Internet2、Procter & Gamble、Vanguard、雅虎等公司提供建议。Peter 被誉为信息架构学之父。此外, Peter 还是《Web 信息架构:设计大型网站》的作者之一(另一位是 Louis Rosenfeld)。这本书是信息架构领域最畅销的书籍。

Peter 是密西根大学信息学院教职员,也是信息架构研究所的顾问董事。他在国际会议中发表演说,文章被发表在各大主流出版物中,包括《商业周刊》《经济人》《华尔街日报》《MSNBC》和《财富》。