Journal of Nanjing Institute of Meteorology

Sep. 1999

70 年代末大气环流及中国旱涝分布的突变

彭加毅, 孙照渤, 朱伟军 (南京气象学院大气科学系,南京 210044)

摘要: 使用小波分析方法检验了副高脊线位置在 1979 年发生的突变, 检验结果与M-K 方法检验结果一致; 进一步分析指出, 东亚乃至全球大气环流在 1979 年也发生了突变, 相应地中国降水分 布也从中间旱、南北涝转变成中间涝、南北旱的分布, 旱涝分布型同时发生突变。

关键词: 大气环流: 旱涝分布: 小波分析: 气候突变

中图分类号: P467 文献标识码: A

所谓气候突变,指气候从一种稳定态跳跃式地转变到另一种稳定态的现象,它表现为气候在时空上从一个统计特性到另一个统计特性的急剧变化^[1]。叶笃正等^[2]1958年就指出了6月和10月大气环流的季节突变现象。然而,由于观测资料的限制,人们对于年代际以上时间尺度大气环流的突变现象研究极少。本文分析了夏季西太平洋副高(以下简称副高)的移动规律,发现70年代末大气环流发生了显著的突变现象,同时我国的旱涝分布也发生突变。

1 资料和方法

本文使用的月平均 500 hPa 高度场资料为国家气象中心整编的北半球(5 % 10) 网格点资料, 范围为 10 % \sim 85 N, 资料长度为 1951 \sim 1995 年。采用中央气象台长期预报组(1976) 关于副高特征量的统计方法, 计算了 1951 \sim 1995 年夏季(6 \sim 8 p) 副高脊线的平均位置。海平面气压场资料为北半球月平均 5 % p 10 网格点资料, 范围为 p 20 N p 80 N, 资料长度 p 1993 年。降水量资料为中国 p 160 站降水资料, 长度为 p 1995 年。500 hPa 高度场、海平面气压场及中国降水的夏季距平合成的显著性, 经 p 检验法检验达到显著性水平。

检测气候突变采用 M ann-K endall 方法 $^{[1]}$ 。在原假设 H $_0$: 气候序列没有变化的情况下,设此气候序列为 X $_1, X$ $_2, ..., X$ $_N, M$ $_i$ 表示第 i 个样本 X $_i$ 大于第 j 个样本 X $_j$ $(1 \ j \ i)$ 的累计数。

定义统计量

$$d_k = \int_{i=1}^k M_i, \qquad (2 \quad k \quad N)_{\bullet}$$

在原序列的随机独立等假定下, dk 的均值和方差分别为

$$E[d_k] = k(k-1)/4;$$

收稿日期: 1998-12-01; 修订日期: 1999-02-25

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(49635180) 资助

作者简介: 彭加毅(1967-), 男, 南京气象学院工程师, 博士

$$Var[d_k] = k(k-1)(2k+5)/72,$$
 (2 K N).

将 dk 标准化,

$$U(d_k) = (d_k - E[d_k]) / Var[d_k],$$

 $U(d_k)$ 服从标准正态分布。给定信度,可查表得 U 。满足 P(U U) = ,由序列计算出的 $U(d_k)$ 大于 U 时,拒绝原假设,认为序列存在一个增长或减小的趋势,已超过纯随机因素所能达到的水平。所有 $U(d_k)$ [1 K N ,定义 $U(d_1) = 0$] 将组成一条曲线 C_1 。用同样的方法对反序列进行计算,得到所有的 $U(d_k)$ 也组成一条曲线 C_2 。

当曲线 C_1 超过信度线(=0.05, 信度值 ± 1.96),即表示气候序列存在明显的变化趋势时,如果曲线 C_1 和 C_2 的交叉点位于信度线之间,这点便是气候突变点。

小波分析^[3] 在时域和频域上同时具有良好的局部性质, 故本文将小波分析方法用于年代际以上尺度气候突变的检测。

对于时间序列 f(t),其小波变换定义为

$$\widetilde{f}(t, a) = \frac{1}{a} f(t) * (\frac{t - t}{a}) dt_{o}$$

相应逆变换是

$$f(t) = \frac{1}{C} \int_{0}^{a} \frac{\mathrm{d}a}{a^2} \tilde{f}(t, a) \left(\frac{t - t}{a}\right) dt$$

这里 $\tilde{f}(t,a)$ 是小波系数; t 是反映小波位置的移动参数; 参数 a 是决定小波宽度的膨胀尺度, 它具有时间的因次, 函数 (t) 称为母波函数, 它通过移动和膨胀产生一个小波波群, t 是 的共轭函数。对于母波函数唯一的约束条件是

$$C = 2$$
 \sim $()$ $\frac{2}{}$ $\frac{d}{}$ $<$ $()$

式中~()是(t)的傅氏变换。

本文采用的母波函数为 Mexican Hat, 即

$$(t) = (1 - t^2) e^{-t^2/2}$$

由于母波函数的准周期为 4 = (1),膨胀尺度取 1 - 10 对应振荡周期为 4 - 40 年(月)。利用小波重建振荡周期大于 10 年序列,根据该序列判定气候突变点。

2 夏季副高的移动规律及其突变

经计算, 1951~1995年夏季副高的平均脊线位置在24.2 %。图1给出1951~1995年历年夏季副高脊线位置距平,由图可见,1979年前副高以偏北为主(占79%),而1979年以后则以偏南为主(占63%)。1951~1979年平均偏北0.8 ;1980~1995年副高平均偏南1.5 。因此以1979年为界,副高脊线的位置变化存在两个气候态。

检测副高脊线的位置变化, 图 2 给出 M -K 检验图, 图中虚线 C_1 在 1991 年达到信度标准, 表明副高脊线的位置变化存在明显的变化趋势。而虚线 C_1 和实线 C_2 在 1979 年相交, 且交叉点在信度

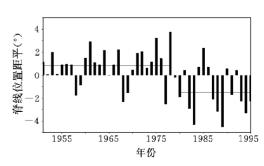


图 1 夏季副高脊线位置距平 Fig. 1 Summer subtropical high

ridge position anomaly

值 ± 1.96 (= 0.05) 之间,则表明 1979 年为副高脊线位置变化的突变点。

为进一步从时域和频域上观察副高脊线位置的变化规律, 同时验证 M o K 方法的检验结果, 图 3 给出副高脊线位置小波系数。图中清楚表明, 以 1979 年为界, 年代际时间尺度以上振荡在 1979 年前有正距平贡献, 而 1979 年以后则为负距平贡献。由图 2 给出的 10 年以上振荡小波重建序列曲线(---) 可以看出, 1979 年前副高脊线位置表现为偏北气候态, 而 1979 年后则表现为偏南气候态, 1979 年作为突变点, 划分两个气候态。可见, 用小波分析方法检验突变与 M o K 方法相一致。

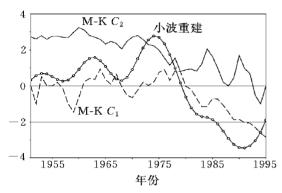


图 2 夏季副高脊线 M-K 检验 和小波重建(T> 10)

Fig. 2 Summer subtropical high ridge M-K test and wavelet reconstruction (T > 10)

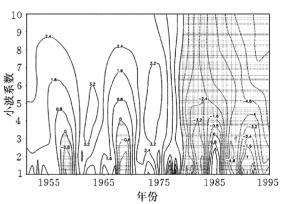


图 3 夏季副高脊线位置距平小波系数

Fig. 3 Wavelet coefficients of summer subtropical high ridge position anomaly

3 副高突变前后东亚大气环流的变化及对中国旱涝分布的影响

图 4 给出副高突变前夏季海平面气压(SLP)、500 hPa 高度场及中国降水距平分布。由图 4a 可见,中国东部长江中下游地区为正距平,其南部为负距平。500 hPa 高度场(图 4b)上 30 N以南为负距平,以北则为正距平。这样的环流形势表明西太平洋副高偏北西伸,牢牢控制长江中下游地区,有利于形成中间旱、南北涝的分布形势(如图 4c 所示)。图 5 给出副高突变后夏季海平面气压(SLP)、500 hPa 高度场及中国降水距平分布。SLP 距平图上(图 5a),长江中下游地区为大片负距平区,其南部为正距平区。500 hPa 距平图上(图 5b)则是 30 N 以北为负距平、以南为正距平。这样的环流形势表明长江中下游地区从低层到高层为辐合上升气流,有利于形成中间涝、南北旱的分布型(图 5c)。比较图 4 和图 5, 无论是海平面气压、500 hPa 高度场,还是夏季中国降水的分布,都表现出相反的分布特征,足见东亚乃至全球大气环流在 1979年确实发生了突变。相应地中国东部降水分布也从中间旱、两边涝转变成中间涝、两边旱的分布型,同时发生突变。

4 结 论

用 M · K 方法和小波分析方法检验了夏季副高脊线位置变化的突变现象,指出 1979 年副高脊线位置发生突变,且两种方法检验结果相当一致,而用小波分析方法检验气候突变更为严谨有效。进一步分析表明东亚乃至全球大气环流在 1979 年发生突变,相应地中国东部降水也从中间旱、南北涝转变成中间涝、南北旱的分布,旱涝分布型同时发生突变。

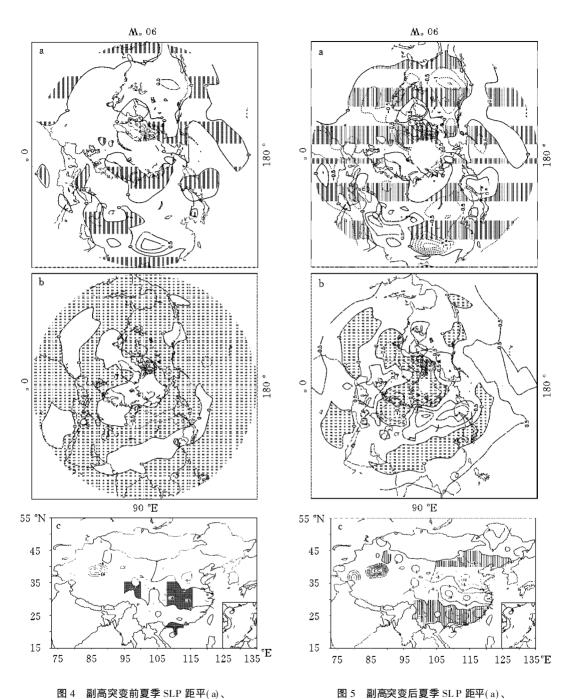


图 4 副高突变前夏季 SLP 距平(a)、
500 h Pa 高度距平(b) 及中国降水距平(c) 分布
Fig. 4 Before the catastrophe of subtropic high
a: SLP anomaly;
b: 500 hPa height anomaly;

c:rain anomaly in China

Fig. 5 After the catastrophe of subtropic high a: SLP anomaly;
b: 500 hPa height anomaly;
c: rain anomaly in China

500 hPa 高度距平(b) 及中国降水距平(c) 分布

参 考 文 献

- [1] 符淙斌, 王 强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482~493
- [2] 叶笃正, 陶诗言, 李麦村. 在 6 月和 10 月大气环流的突变现象[J]. 气象学报, 1958, 29(3): 249~263
- [3] GU DAIFANG, PHILANDER S.G. H. Secular changes of annual and interannual variability in the tropics during the past century [J]. Journal of Climate, 1995, 8(4): 864 ~ 876

THE CATASTROPHE OF ATMOSPHERE GENERAL CIRCULATION AND CHINA DRY AND WET PATTERN IN THE LATE 1970S

PENG Jia-yi, SUN Zhao-bo, ZHU Wei-jun

(Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044)

Abstract: The catastrophe of subtropical high ridge position in 1979 is examed with the aid of wavelet analysis test, the result is quite the same with that by Mann-Kendall test; Further analyses show that the catastrophe of East Asia and the Global atmosphere general circulations also takes place in 1979, meanwhile China rain pattern changes from the central-drought-two-side-flood to the central-flood-two-side-drought.

Keywords: atmospheric general circulation; dry and wet patterns; wavelet analysis; climate sudden change