南京气象学院学报

1999 年 9 月

Journal of Nanjing Institute of Meteorology

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 N ~ 85 N, 资料长度为 1951 ~ 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 ~ 1995 年夏季(6~8月) 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 % 10 网格点资料, 范围为 20 N ~ 80 N, 资料长度 1951 ~ 1993 年。降水量资料为中国 160 站降水资料, 长度为 1951 ~ 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 t 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

 $d_k = \prod_{i=1}^{n} M_i, \qquad (2 \quad k \quad N)_{\circ}$

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

 $Var[d_k] = k(k-1)(2k+5)/72, (2 K N)_{\circ}$

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

$$\widetilde{f}(t, a) = \frac{1}{a} f(t) (t - t) dt$$

相应逆变换是

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

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, ^{*} 是 的共轭函数。对于母波函数唯一的约束条件是

$$C = 2$$
 ~() $^{2} \frac{d}{d} < c$

式中~()是(t)的傅氏变换。

本文采用的母波函数为 M exican Hat, 即

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

由于母波函数的准周期为4年(月),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 N。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 C1 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 C1 和实线 C2 在 1979 年相交, 且交叉点在信度



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-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-K 方法相一致。





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





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。



b: 500 hPa height anomaly; c:rain anomaly in China



图 5 副高突变后夏季 SLP 距平(a)、 500 hPa 高度距平(b)及中国降水距平(c)分布 Fig.5 After the catastrophe of subtropic high a:SLP anomaly; b:500 hPa height anomaly;

c: rain anomaly in China

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 centraldrought+wo-side-flood to the central-flood+two-side-drought.

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