

近 50 年青岛夏季降水变化 趋势及其可能原因

丁 锋¹ 周顺武²

(1. 山东省青岛市气象局, 266003; 2. 中国科学院大气物理研究所)

提 要

利用 Morlet 小波变换分析了青岛站近 100a 夏季降水变化的多层次时间尺度结构, 表明该站夏季降水存在显著的准 50a 周期, 而近 50a 来该站夏季降水却呈明显的下降趋势, 在上世纪 70 年代末由一个相对多雨期跃变为一个相对少雨期。利用 NCEP/NCAR 再分析资料初步讨论了近 50a 夏季降水减少的可能原因: 由于上世纪 70 年代末海平面气压场和海温场出现了一次明显的年代际变化, 导致东亚夏季风环流减弱, 青岛站夏季降水同时期发生突变, 降水出现偏少的趋势。

关键词: 夏季降水 年代际变化 季风 海温

引 言

由于“温室效应”的加剧, 近百年来全球气温有明显的上升趋势, 在此大背景下, 我国学者对中国气候的变化趋势作了许多研究^[1~4], 指出, 中国区域气温在 20 世纪 20 年代至 40 年代及 70 年代中后期至今分别对应两次明显增温期; 而 70 年代末江淮流域和长江中、下游地区降水明显增多, 华北地区降水减少。但是中国各个子区域气候变化趋势近几十年来与全球趋势并不都相同, 而且存在明显的地区性差异。

青岛属于海洋性气候, 受东亚季风影响, 降水主要集中在夏季。在此背景下, 青岛站夏季降水有怎样的变化特征呢? 王彬华等^[5]的研究表明在全球气温变暖的趋势下, 近 100a 青岛站气温也呈现明显的上升趋势。郭可彩等^[6]分析了近 95a 青岛站月平均气温及降水资料后, 指出该站气温存在明显的增温趋势, 而降水变化不显著。

本文利用 Morlet 小波变换方法分析青岛站近 100a (1899~1999 年) 夏季降水的多时间尺度周期变化, 讨论了该站夏季降水年代际和年代际的周期变化; 由线性趋势分析发

现近 50a 该站夏季降水存在明显下降趋势; 并通过 Mann-Kendall 秩统计检验方法(以下简称 M-K)指出突变年为 1978 年; 最后根据 NCEP/NCAR 同期 50a (1950~1999 年) 再分析资料, 以 70 年代末为界线, 通过比较前后两个时段的海平面气压差和风场的差异, 以及比较旱涝年流场、海温场合成等方法, 初步讨论了近 50a 青岛站夏季降水变化趋势及其变化的可能原因。

1 近 100a 青岛站夏季气候特征分析

1.1 近 100a 青岛站气候特征

表 1 给出近 100a 青岛站夏季气温(降水)和近 50a 降水线性回归及 4 阶多项式趋势函数(标准化序列)拟合结果, 并给出了拟合序列与原序列之间的相关系数。

由表 1 可见, 近 100a 青岛站夏季气温存在显著的上升趋势 ($0.056^{\circ}\text{C}/10\text{a}$), 降水变化不显著 ($-0.06\text{mm}/10\text{a}$), 而近 50a 夏季降水却呈明显的下降趋势 ($-30.48\text{mm}/10\text{a}$), 且线性拟合序列与原序列 y_t 相关信度达到 0.05 检验。近 100a 夏季气温和降水以及近 50a 夏季降水的多项式函数与原序列的相关检验均超过 0.01。

表1 青岛站夏季气温降水线性和多项式趋势函数及其拟合结果

	线性回归方程	$R(y_t, \hat{y}_1)$	4阶多项式趋势函数	$R(y_t, \hat{y}_4)$
降水	近50a $\hat{y}_1(t) = 480.60 - 3.048t$	0.35*	$\hat{y}_4 = -0.046 - 0.037t + 0.018t^2 - 0.0012t^3 + 0.000028t^4$	0.407**
	近100a $\hat{y}_1(t) = 388.04 - 0.006t$	0.013	$\hat{y}_4(t) = -1.424 + 0.370t - 0.025t^2 + 0.0007t^3 - 0.000007t^4$	0.379**
气温	近100a $\hat{y}_1(t) = 22.755 + 0.0056t$	0.245*	$\hat{y}_4(t) = -1.424 + 0.370t - 0.025t^2 + 0.0007t^3 - 0.000007t^4$	0.396**

* 信度达 0.05 ** 信度达 0.01

为了比较近 100a 青岛站夏季气候变化趋势, 给出了夏季气温和降水变化趋势(图 1), 由图看出, 气温和降水拟合线(图中曲线)呈现为有规律的反向波动关系: 大致在 20 世

纪 20 年代末以前气候为湿冷期; 从 30 年代开始到 50 年代初为干暖期; 50 年代中期到 70 年代末为湿冷期; 70 年代末至今气候为干暖期。大致持续时间为 25a 左右。

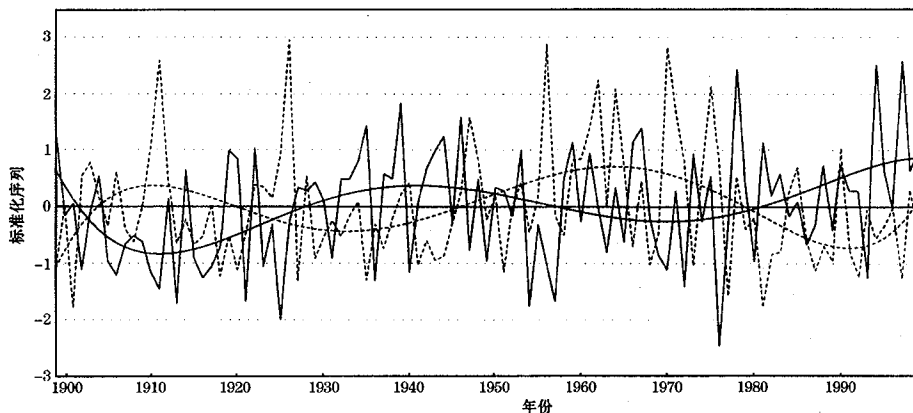


图1 1899~1999年青岛站夏季气温(实线)和降水(虚线)年际变化曲线
图中曲线为多项式拟合

1.2 青岛站夏季降水小波分析

对青岛站夏季降水小波变换分析^[7,8]后, 可以看出就年际尺度而言, 大约在 20 世纪 20 年代中后期和 1953~1968 年出现 2~3 年左右的周期变化, 而在 1968~1979 年存在准 4a 尺度的周期。由于我们重点分析年代际尺度的周期变化, 图 2a 给出的该站夏季降水的小波变换功率谱在 10~100a 时间尺度部分, 由图可见, 青岛夏季降水有 10~20a 左右和准 50a 时间尺度的周期变化, 特别是 1933 年以后存在明显的准 50a 周期变化(达到 0.1 信度), 谱值在 60 年代末达到最大。对降水进行 40~70a 时间尺度重建后得到降水 50a 周期分量图(图 2b), 降水的 2 个峰值分别出现在 1910 和 1963 年前后, 谷值分别

出现在 1938 和 1990 年前后, 降水准 50a 周期变化明显。而近 50a 以来, 降水在 50 年代到 70 年代中、后期处在正位相, 70 年代以后降水处在负位相。

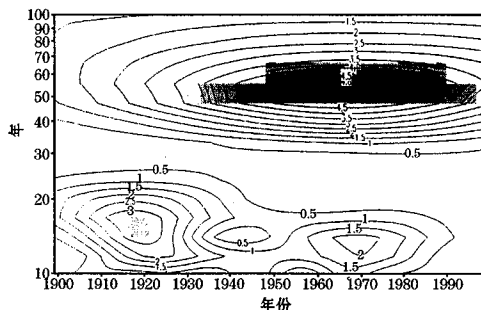


图2a 青岛站夏季降水 Morlet 小波变换功率谱
图中阴影部分为通过 0.1 信度检验的区域

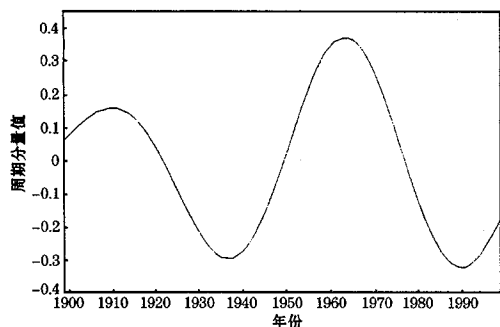


图2b 青岛站夏季降水50a周期分量图

1.3 近50a 青岛站气候特征

图3a给出近50年青岛站夏季降水年际变化曲线,图中线性趋势线表明降水存在明显的下降趋势,根据多项式拟合曲线以及小波分析结果可知,青岛站夏季降水在70年代末以前偏多,以后偏少。

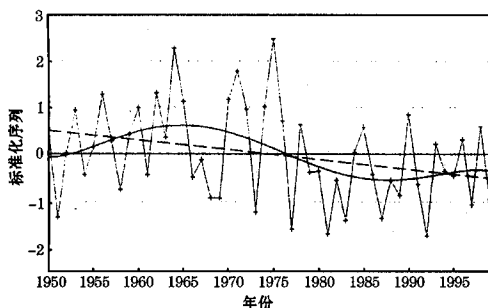


图3a 近50a 青岛站夏季降水年际变化曲线
图中虚线为线性趋势拟合;曲线为多项式拟合

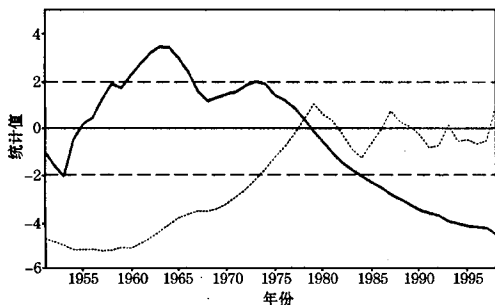


图3b 近50a 青岛站夏季降水的M-K检验曲线
图中粗实线为 U_1 ;点虚线为 U_2

为了形象刻画青岛站近50a夏季降水变化的特征,利用M-K方法^[9]对降水进行检验。图3b为青岛夏季降水的M-K检验曲线,图中检验曲线 U_1 和 U_2 的交点位置为

1978年,且位于 ± 1.96 的置信区间。由于曲线 U_1 为负方向变化,因此可断定青岛夏季降水在70年代末由一个相对多雨期跃变为一个相对少雨期。这个结论与公认的全球在70年代末、80年代初存在一次明显的气候跃变一致。

2 近50a 青岛夏季降水变化的可能原因

如果确定青岛夏季降水在1978年发生跃变,以1979年为界,分析1950~1978年和1979~1999年两个时段夏季海平面气压差和风场的差异。在海平面气压差图中(图略)正的较大气压差出现在亚洲和非洲,其中东亚大陆气压增加最为明显,表明自70年代后期以来,东亚季风开始减弱。青岛夏季降水主要受副热带东亚季风影响,同时期的降水趋势也开始下降。最近王会军^[10]利用NCEP/NCAR资料通过分析不同时期的气温场、风场和气压场的变化,得出亚洲季风环流在70年代末出现减弱。

为定量刻画东亚夏季风,计算了东亚西风环流指数^[11](I_{ew} ,以下简称环流指数)。近50a环流指数与青岛夏季降水变化曲线图(图略),图中高(低)环流指数年基本对应降水偏多(少)年,两者的相关信度通过0.05检验($R=0.34$),两条曲线的线性趋势均为下降。

图4为1979~1999年与1950~1978年平均海温场差值分布图,在西太平洋海温为明显的负距平,赤道东太平洋海温为正距平,此分布型类似于典型El Niño型态,呈现出“年代际的El Niño现象”^[12]。此外在赤道印

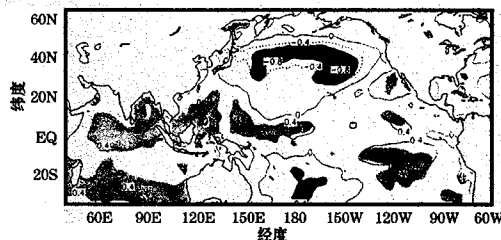


图4 1979~1999年与1950~1978年平均海温场差值分布图
图中阴影区为T检验信度达到99%

度洋海温维持大面积的正距平,并且这种分布形势在春季就得以维持。为此,我们分析了 NINO3 指数序列与青岛夏季降水的关系(图略),春、夏季 NINO3 指数基本与降水呈反向变化关系,其中前冬和春季的 NINO3 指数与青岛当年夏季降水相关检验超过了 0.01 信度。表明,ENSO 暖(冷)位相期间青岛夏季降水偏少(多),这一点与以往关于 El Niño 成熟期间山东夏季降水偏少的结论一致^[13,14]。

需要指出的是,我们计算了近 50a 春、夏季赤道印度洋(5°S~5°N、60~90°E 矩形区域内 SSTA 值)与青岛站夏季降水有明显的负相关,相关系数分别为 -0.44 和 -0.47,均达到 0.01 信度检验(图略)。闵锦忠等^[15]的研究表明:南海、孟加拉湾和阿拉伯海 SSTA 基本同位相,且在 1978 年后,海温偏高,当上述海区春季海温一致偏暖时,包括山东在内的华北夏季降水偏少。张苏平等^[16]通过对印度洋 SSTA 与山东夏季降水的 SVD 分析指出,印度洋 SSTA 为一致的正距平时,印度洋东西海温梯度减小,山东夏季降水减少,青岛站夏季降水减少明显。

3 小结

(1)近 100a 来青岛站夏季气温存在明显的上升趋势,降水变化不显著,但存在明显的干、冷和暖、湿期交替变化规律;大致在 20 世纪 20 年代末以前气候为湿冷期;从 30 年代开始到 50 年代初为干暖期;50 年代中期到 70 年代末为湿冷期;80 年代初以后至今气候为干暖期;

(2)小波变换分析结果表明,青岛站夏季降水年代际变化明显,有显著的准 50a 周期变化,而近 50a 以来,降水在 50 年代到 70 年代中、后期处在正位相,70 年代以后降水处在负位相;

(3)近 50a 来青岛站夏季降水呈现明显下降趋势,降水在 70 年代末由一个相对多雨期跃变为一个相对少雨期;

(4)青岛夏季降水主要受副热带东亚季

风影响,自 70 年代后期以来,东亚季风开始减弱,同时期的青岛夏季降水开始减小;

(5)70 年代末以来包括印度洋在内的海区海温相对偏高,ENSO 暖位相事件发生频繁,导致青岛夏季降水趋于减弱。

参考文献

- 1 黄荣辉,张人禾,严帮良.关于东亚气候系统年代际变化研究进展及其需要进一步研究的问题.中国基础科学,1999(1):66~75.
- 2 王绍武,叶瑾琳.近百年全球气候变暖的分析.大气科学,1995,19(5):545~553.
- 3 王绍武.近百年我国及全球气温变化趋势.气象,1990,17(2):15~15.
- 4 章基嘉,高学杰.1891~1990 年期间北半球大气环流和中国气候的变化.应用气象学报,1994,5(1):1~9.
- 5 王彬华,胡基福,侯建伟.近 100 年青岛气温变化趋势分析,气候学研究—气候与环境.北京:气象出版社,1998:129~135.
- 6 郭可彩,贾瑞丽.95 年青岛气候变化分析,中国气候变化与气候影响研究.北京:气象出版社,1997:314~317.
- 7 Torrence, C. and G. P. Compo. A practical guide to wavelet analysis. Bull. Amer. meteor. Soc. 1998, 79(1):61~78.
- 8 邓自旺,林振山,周晓兰.西安市近 50 年来气候变化多时间尺度分析.高原气象,1997,16(1):81~93.
- 9 魏凤英.现代气候统计诊断预测技术.北京:气象出版社,1999:69~72.
- 10 Wang Huijun. The Weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970's. Adv Atmos Sci. 2001, 18(3):376~385.
- 11 周兵,何金海,吴国雄等.关于东亚副热带指数选择的讨论,南海夏季风建立日期的确定与季风指数.北京:气象出版社,2001:111~117.
- 12 Huang, R. H., Decadal variability of the summer monsoon rainfall in East Asia and its association with the SST anomalies in the tropical Pacific. CLIVER Exchanges, 2001(6):7~8.
- 13 黄荣辉,孙凤英.夏季热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响.大气科学,1994,18(2):141~151.
- 14 张苏平,朱平盛,胡桂芳.山东夏季降水与北太平洋 SST 和大气环流的关系.气象,1997,23(4):3~8.
- 15 闵锦忠,孙照渤,曾刚.南海和印度洋海温异常对东亚大气环流及降水的影响.南京气象学院学报,2000,23(4):544~548.
- 16 张苏平,李丽平,程亚军等.山东夏季降水与热带海气相互作用区域的相关分析.南京气象学院学报,2000,23(4):594~600.

Analysis of Precipitation Change in Qingdao Station for Last 50 Years and Its Causes

Ding Feng¹ Zhou Shunwu²

(1. Qingdao Meteorological Office, Shangdong Province 266003; 2. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

Based on monthly mean temperature and precipitation during 100 years (1899—1999) in Qingdao, the trend of summer climatic change is investigated. The main results are as follows: summer temperature has obviously increased, the variation of precipitation is not remarkable over the last 100 years, however, there are dry (wet) and cold (warm) period of alternative changes, but, the tend of summer precipitation in the last 5 decades is remarkably decreased. Such consequence is chiefly affected by the decreasing summer monsoon and SST in the Pacific.

Key Words: summer precipitation secular change monsoon SST