

湖南伏早期旱涝变化特征及其与前期环流之关联

罗伯良 张超

(湖南省气象科学研究所, 长沙 410007)

摘要 利用 1961~2006 年 7 月降水资料和 z 指数、小波分析及相关分析法, 分析了湖南伏早期旱涝多时间尺度变化特征及其与 500 hPa 高度的关系。结果表明: 湖南伏早期旱涝指数增大趋势显著, 20 世纪 90 年代以来处于雨涝多发期。雨涝指数具有 22 年、12 年、6~7 年和 3~4 年的明显周期; 干旱指数具有 20 年和 10 年明显周期。旱涝指数与 500 hPa 高度相关分析显示 z 指数与前期, 特别是 2 月 500 hPa 高度有较好的相关关系, 典型涝年东西伯利亚-鄂霍次克海地区 500 hPa 呈明显的负距平, 西太平洋副高区为明显的正距平, 而典型旱年东西伯利亚-鄂霍次克海地区 500 hPa 呈明显的正距平, 西太平洋副高区为明显的负距平。

关键词 z 指数 伏早期旱涝 小波分析 前期环流

引言

人们对气候变化和气候灾害的研究越来越重视, 伏早期旱涝是江南地区的主要气候灾害之一。针对江南地区伏旱, 气象工作者开展了一些研究^[1, 2], 并得出了一些有益的结论。湖南是我国著名的伏旱区之一, 当西太平洋副热带高压完成第 2 次季节性北跳后, 湖南即进入晴热少雨阶段——伏早期。当季风季节变化发生变异时, 湖南或发生严重干旱或发生重大洪涝, 对农业生产和人民生命财产常造成极大危害。因此, 伏早期的旱涝事件在湖南气象灾害中最为重要, 客观评估和准确预测伏早期旱涝, 为政府部门提供防灾减灾的科学决策依据具有重要意义。业务实践表明, 重伏旱年湖南雨季结束大多在 6 月底到 7 月初, 而无伏旱年雨季结束日期一般在 7 月 20 日或以后。因此, 在诊断湖南伏旱时, 以 7 月的平均状态来表征。目前报道过的旱涝标准较多, 章明亮等^[3]研究了国内常用的旱涝指标, 并对其进行了分类研究, 指出了各类标准的适用性; 鞠笑生等^[4]在对比研究了确定单站旱涝的 3 种指标后认为, 利用降水计算的 z 指数作为划分旱涝级别的标准较优; 谭桂容等^[5]依据旱涝等级概率提出了区域旱涝指标, 在对华北旱涝的实际分析中比

较发现该方法较客观。此外, 我国气象工作者也开展了一系列高温干旱与环流关系的研究^[6~8]。

本文基于降水计算的 z 指数, 根据文献^[5]推荐的旱涝等级概率确定湖南伏旱指标, 应用小波分析方法研究分析湖南伏早期旱涝时频变化特征; 采用合成分析法分析伏早期典型旱年和涝年的环流距平场分布特征, 运用相关方法分析旱涝与大气环流的关系, 建立湖南伏早期旱涝与前期环流异常之关联, 为短期气候预测提供客观指标。

1 资料和方法

本文选用资料为湖南省 49 个代表气象站 1961~2006 年历年 7 月降水量, 国家气候中心气候诊断室提供的 1961~2006 年各月北半球 500 hPa 高度资料。

旱涝标准指数采用 z 指数, 先计算单站旱涝 z 指数, 再计算区域旱涝指数序列。

单站旱涝 z 指数计算公式如下:

$$z_i = \frac{6}{c_s} \left(\frac{c_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{c_s} + \frac{c_s}{6} \quad (1)$$

其中 $c_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \sigma^3}$ 和 $\varphi_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$ 为偏度系数

和标准化变量, 而 $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ 及 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ 分别为标准差和多年平均值。

表 1 给出 z 指数旱涝等级指标。

表 1 z 指数旱涝等级指标

等级	类型	z 值范围	累计频率/%	理论概率/%
1	极涝	>1.645	$95 < p(z)$	5
2	大涝	$1.038 \sim 1.645$	$85 < p(z) \leq 95$	10
3	偏涝	$0.843 \sim 1.037$	$70 < p(z) \leq 85$	15
4	正常	$-0.842 \sim 0.842$	$30 < p(z) \leq 70$	40
5	偏旱	$-1.037 \sim -0.843$	$15 < p(z) \leq 30$	15
6	大旱	$-1.645 \sim -1.038$	$5 < p(z) \leq 15$	10
7	特旱	< -1.645	$p(z) < 5$	5

区域旱涝指数计算公式如下:

$$I_F = \frac{\sum_{i=1}^3 \frac{n_i}{p_i} + \frac{n_4^+}{p_4}}{n} \quad (2)$$

$$I_D = \frac{\sum_{i=5}^7 \frac{n_i}{p_i} + \frac{n_4^-}{p_4}}{n}$$

其中 I_F 为雨涝指数, I_D 为干旱指数, p_i 是旱涝等级为 i 级所出现的概率, p_4 为旱涝等级为 4 级(正常级)所出现的概率, n_i 是区域内旱涝等级为 i 级的站数, n_i^- 为区域内负正常级站数, n_i^+ 为区域内正正常级站数, n 为区域内总站数。

区域内单站旱涝对于区域旱涝的贡献应与单站旱涝等级出现的概率成反比, 即单站旱涝越严重, 其对于区域旱涝的贡献就越大。因此, 从式(2)可以看出, 该指数反映了不同级别旱涝站数对区域旱涝的不同影响, 还区分了不同符号正常级站数对区域旱涝的不同作用。可见它既反映区域旱涝的范围, 又反映了旱涝的强度, 且把区域旱涝界值的确定与单站旱涝等级出现的概率较好地联系起来。

2 湖南伏旱期旱涝变化特征分析

2.1 雨涝与干旱年际和年代际变化及典型年份

图 1 是湖南伏旱期 1961~2006 年雨涝指数和干旱指数的变化曲线(其中直线为线性倾向估计)。根据指数值可以看出雨涝和干旱典型的年份, 列于表 2。

表 2 较为客观地反映了湖南伏旱期雨涝和干旱

的典型年的实际情况, 与文献[2]用区域内月平均总降水量距平定义的 7 月雨涝和干旱年有一定出入, 如伏旱较重的 1984 年文献[2]没有诊断给出。但与文献[9]从受灾、成灾及灾害损失综合确定的 7 月雨涝和干旱年份基本一致。

从图 1 可以看出, 伏旱期雨涝和干旱指数基本成反相关变化, 即当雨涝程度较重时干旱程度一般较轻; 反之, 当雨涝程度较轻时则干旱程度较重。从雨涝指数年(际)变化可见, 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中雨涝程度较重, 70 年代中后期到 80 年代雨涝程度较轻, 90 年代雨涝程度有变重的趋势。从倾向系数(气象要素的时间序列与自然数数列之间的相关系数 $r=0.3149$)也可以看出, 雨涝指数增大趋势显著, 超过 0.05 的信度检验。这与 20 世纪 90 年代以来湖南雨季结束明显偏迟或雨季结束不明显, 7 月降水偏多的事实十分吻合^[10]。

而干旱指数仅表现为年(际)变化, 没有明显的变化趋势, 但 2003 年出现了 20 世纪 60 年代以来最为严重的伏旱。

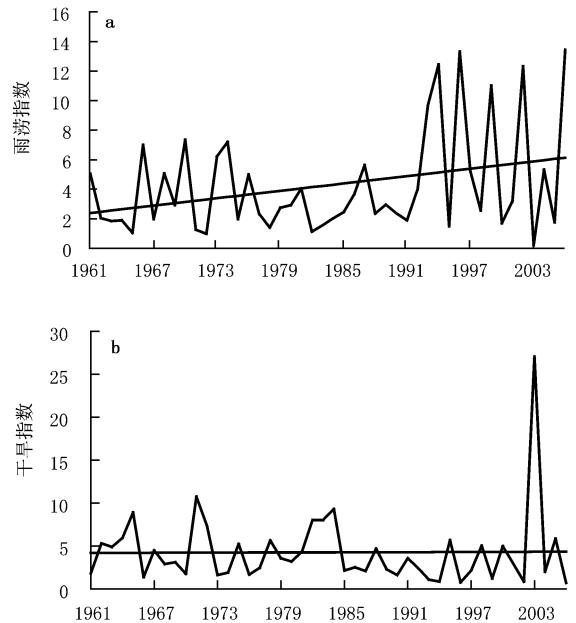


图 1 湖南伏旱期逐年雨涝指数(a)和干旱指数(b)变化曲线

表 2 湖南伏旱期雨涝和干旱典型年

雨涝年	干旱年
2006、1996、1994、2002、1999	2003、1971、1984、1965、1982

2.2 雨涝与干旱多时间尺度特征

小波分析能清晰地反映出雨涝(干旱)的多时间尺度特征, 本文采用文献[11]的方法和步骤计算。图 2 是雨涝和干旱指数的 Marr 小波变换实部。从图可见, 雨涝和干旱指数变化的多时间尺度特征基本上体现为相反变化趋势, 即雨涝小波系数值为正

(负)的地方相应的干旱小波系数数值则为负(正), 雨涝小波系数正(负)值中心对应干旱小波系数负(正)值中心。另外, 小波系数图的上半部分等值线相对稀疏, 对应较长时间周期振荡(低频振荡), 而下半部分等值线相对密集, 对应较短时间尺度周期振荡(高频振荡)。

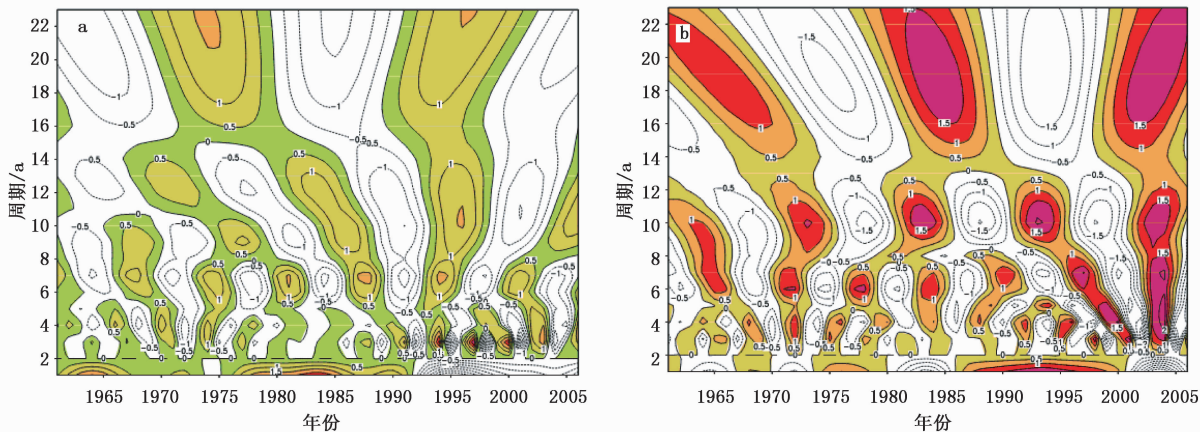


图 2 1961~2006 年湖南省雨涝(a)和干旱(b)指数小波变换实部

湖南伏早期雨涝(干旱)指数的各种时间尺度周期变化在时间域中的分布有差异, 不同尺度周期信号的强弱在时-频域中的分布具有较强的局部特征。从雨涝指数小波变换图看, 雨涝指数存在准 22 年长周期和准 12 年周期; 在长周期变化背景下, 存在大致 6~7 年和 3~4 年左右的短周期; 雨涝指数准 12 年周期 20 世纪 80 年代以来最为显著, 而 20 世纪 90 年代以来 3~4 年周期较显著。干旱指数小波变换图中最显著的振动是准 20 年周期和准 10 年周期, 也存在大致 6~7 年和 3~4 年左右的短周期。

3 湖南伏早期典型旱涝年前期环流分布特征

对表 2 所列湖南伏早期典型雨涝和干旱各 5 年前期 1~6 月北半球 500 hPa 高度距平进行合成。分析发现, 湖南伏早期典型雨涝和干旱年前期各月 500 hPa 高度距平场分布存在差异, 但以 2 月 500 hPa 高度距平场差异最为显著(图 3)。从图 3 可以看出, 雨涝和干旱年前期 2 月 500 hPa 高度距平场空间分布几乎相反, 雨涝年泰梅尔半岛—东西伯利亚—北美西岸以及西欧为高度负距平, 亚洲大陆、北太平洋和北大西洋为高度正距平区, 即雨涝年欧亚大陆 50°N 以北高度距平场从西到东呈“一十”分布, 为典型的欧亚-太平洋(EUP)遥相关型^[12], 表

明典型雨涝年前期 2 月 500 hPa 环流为“两槽一脊”型, 东亚大槽较强, 西北太平洋副热带高压明显偏强, 在亚洲中低纬度以纬向环流为主。干旱年泰梅尔半岛—东西伯利亚—白令海以及西欧为高度正距平, 乌拉尔山以东亚洲大部、西北太平洋和北大西洋为高度负距平区, 即干旱年欧亚大陆 50°N 以北高度距平场从西到东呈“十—”分布, 表明典型干旱年前期 2 月 500 hPa 环流为“两脊一槽”型, 鄂霍次克海以东至阿留申群岛多阻塞活动, 西北太平洋副热带高压较弱, 欧亚大陆中高纬度以经向环流为主。

由以上分析可见, 湖南伏早期典型雨涝和干旱年前期 2 月 500 hPa 高度距平场的分布是不同的, 存在着一定的差异。为了找出伏早期雨涝和干旱年前期环流显著异常地区, 计算了雨涝指数和干旱指数与前期 2 月 500 hPa 月平均高度的单点相关系数(图 4)。由图 4 可见, 雨涝指数与欧亚大陆中低纬度和西北太平洋呈正相关, 其中与亚洲大陆中低纬(青藏高原为中心)和西北太平洋相关系数超过 0.291, 通过 95% 以上显著性检验。表明 2 月亚洲大陆中低纬 500 hPa 高度偏高, 西北太平洋副高偏强, 湖南伏早期越涝。干旱指数与 2 月 500 hPa 月平均高度的单点相关图空间分布和雨涝指数与 2 月 500 hPa 月平均高度的单点相关图上“+”和“-”中心空间分

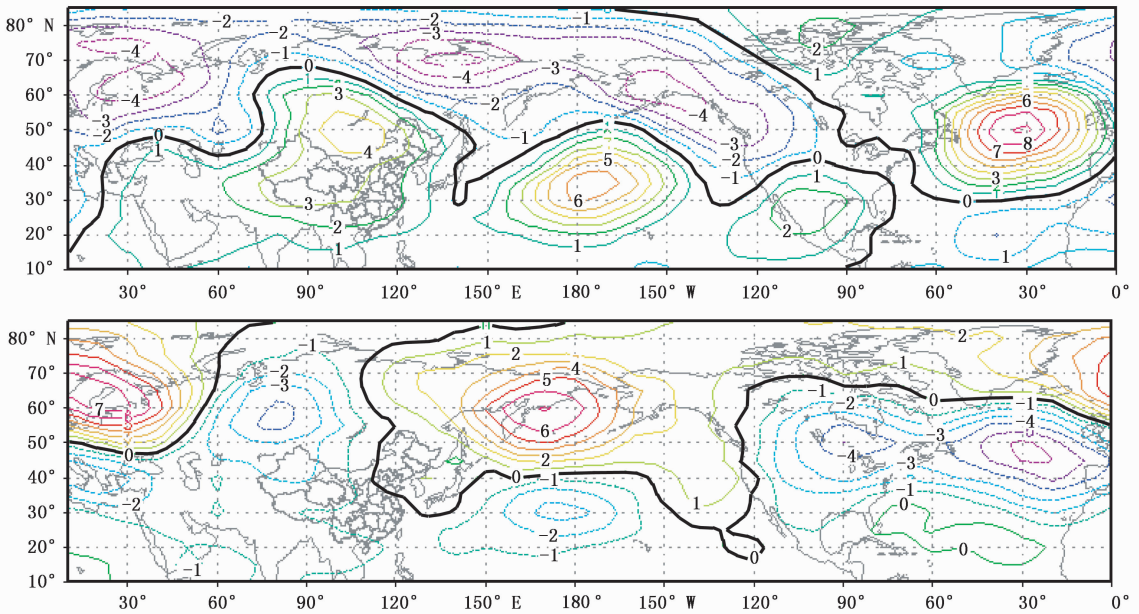


图3 典型雨涝年(上)和干旱年(下)前期2月500 hPa高度距平合成图(单位:gpm)

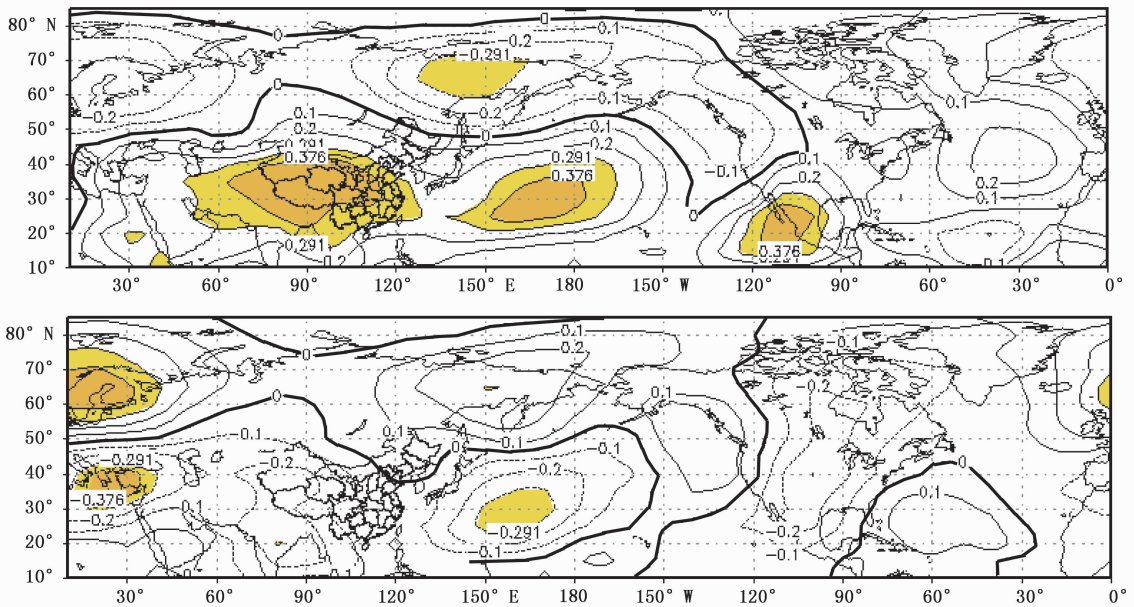


图4 雨涝指数(上)和干旱指数(下)与前期2月500 hPa高度相关图

(阴影部分表示通过95%($r=0.291$)和99%($r=0.376$)显著性检验)

布基本相反,只是通过相关显著性检验的区域不同,但西北太平洋仍是一个显著相关区。另外,西北欧500 hPa高度与湖南伏旱期干旱指数正相关明显,显著性检验达到95%以上。

从图4还可发现,在东亚和西北太平洋,雨涝和干旱指数与前期2月500 hPa月平均高度的单点相关图在经向上自南向北呈“+ -”或“- +”分布特

征,为典型的西太平洋(WP)遥相关型^[12],即在2月500 hPa环流形势上,若鄂霍次克海地区低压槽较弱(强),日本上空的高空急流也较弱(强),西太平洋副高较弱(强),则对应湖南伏旱期旱(涝)。

综合以上分析,当2月500 hPa泰梅尔半岛—东西伯利亚—北美西岸以及西欧为高度负距平,亚洲大陆、北太平洋和北大西洋为高度正距平区,欧亚中

高纬环流为“两槽一脊”环流型, 东亚大槽较强, 西北太平洋副热带高压明显偏强, 在亚洲中低纬度以纬向环流为主, 有利于 \bar{z} 指数正值出现, 亦即有利于湖南伏早期出现严重洪涝; 2 月 500 hPa 泰梅尔半岛—东西伯利亚—白令海以及西欧为高度正距平, 乌拉尔山以东亚洲大部、西北太平洋和北大西洋为高度负距平区, 500 hPa 欧亚中高纬环流为“两脊一槽”环流型, 鄂霍次克海以东至阿留申群岛多阻塞活动, 西北太平洋副热带高压较弱, 欧亚大陆中高纬度以经向环流为主, 有利于 \bar{z} 指数负值出现, 亦即有利于湖南伏早期出现严重干旱。

4 2003 年湖南严重伏旱前期 500 hPa 环流特征

2003 年 6 月末开始到 9 月上旬, 受强盛西北太

平洋副热带高压控制, 湖南出现了历史罕见的高温少雨干旱天气, 其中伏早期 7 月 49 个代表气象站 \bar{z} 指数有 24 个站为大旱, 22 个站为特旱, 仅 3 站正常, 无论干旱范围还是干旱程度均居近 46 年之首。从 2003 年 2 月 500 hPa 高度距平场看(图 5), 与典型干旱年 2 月 500 hPa 高度距平场相比较, “+”和“-”距平中心基本对应, 在东亚和西太平洋从低纬到高纬亦呈“一十”距平分布, 鄂霍次克海和阿留申地区均为正距平区, 西北太平洋为负距平区, 亦即鄂霍次克海地区低压槽较弱, 副热带高压偏弱。说明前期 2 月鄂霍次克海地区低压槽和西北太平洋副热带高压强弱在预测湖南伏早期旱涝方面有重要预测指示意义。

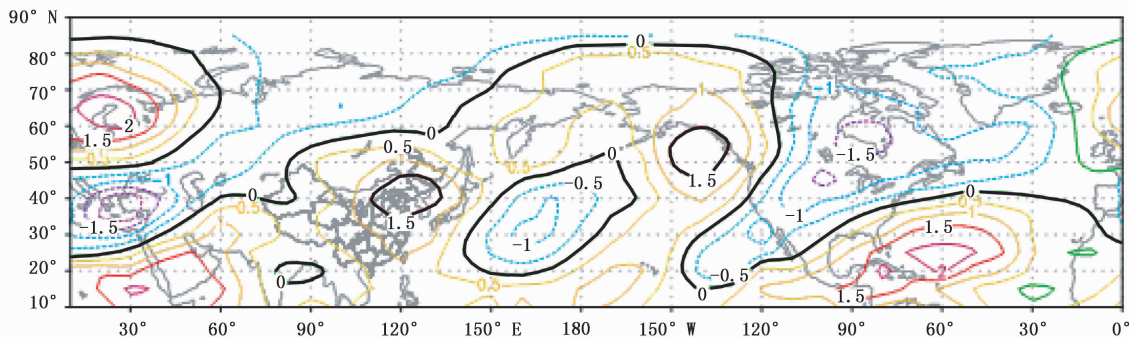


图 5 2003 年 2 月 500 hPa 高度距平场(单位: gpm)

5 小结

通过分析建立的湖南伏早期雨涝和干旱指数变化特征及其与前期环流的关系, 得出如下主要结论:

(1) 基于 \bar{z} 指数建立的区域旱涝指数较好地刻画了湖南伏早期旱涝, 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期雨涝程度较重, 90 年代以来雨涝程度有变重的趋势。1961 年以来伏早期典型雨涝年有 2006、2002、1999、1996、1994 年, 典型干旱年有 2003、1971、1984、1965、1982 年。

(2) 湖南伏早期雨涝指数和干旱指数均存在年代际时间尺度变化和年际变化, 雨涝指数存在准 22 年长周期和准 12 年周期的长周期和 6~7 年及 3~4 年左右的短周期; 干旱指数最显著的振动是准 20 年周期和准 10 年周期。雨涝指数准 12 年周期 20 世纪 80 年代以来最为显著, 而 90 年代以后 3~4 年周期较显著。

(3) 湖南伏早期旱涝与前期 2 月 500 hPa 泰梅尔半岛—东西伯利亚—北美西岸以及西欧、亚洲大陆、北太平洋和北大西洋地区高度距平有较好的对应关系。2 月 500 hPa 泰梅尔半岛—东西伯利亚—北美西岸以及西欧为高度负距平, 亚洲大陆、北太平洋和北大西洋为高度正距平区, 欧亚中高纬环流为“两槽一脊”型, 东亚大槽较强, 西北太平洋副热带高压明显偏强, 在亚洲中低纬度以纬向环流为主, 有利于湖南伏早期出现严重洪涝; 2 月 500 hPa 泰梅尔半岛—东西伯利亚—白令海以及西欧为高度正距平, 乌拉尔山以东亚洲大部、西北太平洋和北大西洋为高度负距平区, 500 hPa 欧亚中高纬环流为“两脊一槽”型, 鄂霍次克海以东至阿留申群岛多阻塞活动, 西北太平洋副热带高压较弱, 欧亚大陆中高纬度以经向环流为主, 有利于湖南伏早期出现严重干旱。

参考文献

- [1] 陆叔鸣. 江西省伏、秋旱时空分布特征及其预测[J]. 气象, 1992, 18(5): 26-31.
- [2] 叶愈源, 赵文兰. 全球气候变化对湖南的影响[M]. 北京: 气象出版社, 1995. 148-149.
- [3] 章明亮, 李燕欣. 国内常用旱涝指标的分类研究[J]. 气象科技, 1993, (3): 81-87.
- [4] 鞠笑生, 杨贤为, 陈丽娟, 等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J]. 应用气象学报, 1997, 8(1): 26-33.
- [5] 谭桂容, 孙照勃, 陈海山. 旱涝指数的研究[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(2): 153-158.
- [6] 解明恩, 程建刚, 范波, 等. 2003年云南罕见高温干旱的诊断研究[J]. 气象, 2005, 31(7): 32-37.
- [7] 谭桂容, 孙照勃, 陈海山. 华北夏季旱涝的环流特征分析[J]. 气象科学, 2003, 23(2): 135-143.
- [8] 梁平, 冯晓云, 韦波. 黔东南夏季旱涝指数及干旱气候特征分析[J]. 气象科技, 2006, 34(5): 563-566.
- [9] 祝燕德, 曾庆华, 刘家清, 等. 中国气象灾害大典·湖南卷[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 165-200.
- [10] 罗伯良, 段德寅. 湖南汛期旱涝及其预测[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 31-32.
- [11] 秦前清, 杨宗凯. 实用小波分析[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1995: 1-28.
- [12] 李崇银. 气候动力学引论[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 514-516.

Relation between Characteristics of Summer Drought and Flood Variation and Antecedent Circulation in Hunan Province

Luo Bailiang Zhang Chao

(Hunan Institute of Meteorology, Changsha 410007)

Abstract: Droughts and floods from 1961 to 2006 in summer drought seasons in Hunan Province are analyzed by using z index, and the variation characteristics of multi-scale drought and flood activities are analyzed by the wavelet analysis method. The results show that there was a significant increasing trend in the flood index in the past 46 years; floods occurred more frequently from the 1990s. It is also found that there were significant periods of 22 years, 12 years, 6 to 7 years, 3 to 4 years in the flood index, and significant periods of 20 years, 10 years in the drought index. Relation analyses between 500 hPa height and z index show that there existed good correlation between z index and 500 hPa height, especially in February. In heavy flood years, 500 hPa anomalies were prominently negative in the eastern Siberian and positive in the subtropical high pressure zone; in contrast in heavy drought years, 500 hPa anomalies were obviously positive in the eastern Siberian and negative in the subtropical high pressure zone.

Key words: index z , flood and drought, wavelet analysis, antecedent circulation