

文章编号: 1000-2022(2002) 05-0677-08

浙江省秋季降水趋势及旱涝年特征

袁晓玉¹, 施能¹, 顾骏强²

(1. 南京气象学院 大气科学系, 江苏 南京 210044; 2. 浙江省气候中心, 浙江 杭州 310017)

摘 要: 用浙江省 36 站 39 a 的降水资料及全国 160 站 49 a 降水和气温资料研究浙江省秋季降水的变化趋势及旱涝特征。结果表明: 浙江省秋季降水具有明显负趋势。还指出: 浙江省秋季旱涝变化的主要形式是全省基本一致的趋势, 但沿海与内陆的变化有一定差异; 浙江省的旱涝与我国秋季的大尺度雨带的位置的关系密切; 旱涝前期我国气象要素场有明显的异常特征。用蒙特卡罗(Monte Carlo)模拟方法和 t 检验法对气象要素的长期变化进行了统计检验。

关键词: 浙江省; 气候变化; 趋势变化; 旱涝年

中图分类号: P466 **文献标识码:** A

降水和气温的变化是区域气候变化研究的重点, 对于浙江省气候变化特别是夏季降水和气温变化的研究较多。施能等^[1]用浙江省内 4 站资料对浙江省近 50 a 气候变化进行研究, 分析了气温及降水的长期变化规律; 顾骏强等^[2]用中国气象局整编的中国 160 站的月降水量和平均气温资料定义降水指数来研究近 50 a 浙江省旱、涝气候变化特征, 并进一步用奇异谱分析(SSA)与最大熵谱方法(MEM)研究浙江省的降水量的变化特征; 施能等^[3-4]用浙江省 36 站的夏季降水资料划分了浙江省夏季旱涝年, 研究了浙江省夏季旱涝的预报方法; 用旋转主因子方法对夏季降水进行分区。本文针对浙江省秋季天气进行研究: 首先利用浙江省内 36 个站的秋季降水资料研究近 40 a 秋季降水的变化趋势及浙江省秋季旱涝发生的趋势及特点; 考虑到洪涝、干旱是影响浙江省秋季的主要灾害天气, 又利用浙江省内 36 个站的秋季降水及气温资料和全国 160 站降水和气温资料, 讨论了浙江省旱涝的区域特征并划分了 1951—1999 年浙江省秋季降水的旱涝年, 并研究了浙江省旱涝的前期及同期的大尺度天气异常。

1 资料与方法

1.1 资 料

本文利用浙江省气候中心整编的浙江省 36 个气象观测站 1961—1999 降水资料^[3]和全国 160 站降水和气温资料。秋季资料用 9—11 月的平均; 夏季用 6—8 月的平均。

收稿日期: 2001-12-28; 改回日期: 2002-04-02

基金项目: 浙江省重大项目 '991103364 "

第一作者简介: 袁晓玉(1974-), 女, 黑龙江绥芬河人, 硕士, 现在国家气象中心工作。

1.2 方 法

在研究秋季降水的长期变化时, 计算气象要素的时间序列与自然数数列之间相关系数(称为趋势系数), 用来表示和比较气象要素的长期变化的大小^[5]。采用旋转主因子分析方法划分旱涝区。并采取自然正交分解方法和浙江省秋季降水平均距平及秋季 36 个观测站中正(负)距平站数的特征等方法。

2 浙江近 40 a 秋季降水的趋势变化特征

2.1 趋势系数的蒙特卡罗显著性检验

表 1 是趋势系数蒙特卡罗模拟统计检验的显著性标准, 具体计算方法参见文献[6-7]。

2.2 秋季降水量及分月降水量

用浙江省 36 站 39 a 秋季降水量计算降水的趋势系数与回归系数。根据表 1 的标准来衡量显著性, 列出表 2。从表 2 可以看出: 浙江秋季降水量是大范围的负趋势变化, 36 个站中有 34 个站的趋势系数为负。11 个站的负趋势超过 0.10 的显著性水平, 4 个站的负趋势超过 0.05 显著性水平, 用 36 站降水趋势分析秋季降水变化, 比文献[1]中用 4 站降水资料更清楚的反映了浙江省秋季降水的负趋势。

表 2 浙江秋季 36 站 39 a 的降水趋势(r 表示趋势系数的显著性)

Table 2 Autumn rainfall trends of 39 years at 36 stations in Zhejiang Province
(r represents the significance of trend coefficients)

r	站数	站名
$r \leq -0.315$	4 站	嘉兴、湖州、桐庐、安吉
$-0.315 < r \leq -0.265$	7 站	杭州、丽水、慈溪、乍浦、富阳、余姚、遂昌
$-0.265 < r \leq 0$	23 站	宁波、衢州、椒江、嵊州、金华、龙泉、萧山、石浦、泰顺、平阳、云和、坎门、 临海、宁海、东阳、建德、大陈、仙居、淳安、乐清、绍兴、温岭、嵊泗
$r > 0$ (正趋势)	2 站	温州、定海

因为杭州、宁波、衢州、温州站较均匀地分布在浙江省, 所以只选这四站作出秋季季降水量距平的时间变化曲线、高斯滤波曲线及直线回归图。从图 1 中可以看出, 这 39 a 中, 杭州、宁波站的秋季降水有明显负趋势, 衢州站也有弱的负趋势, 温州站基本看不出趋势变化, 可见, 虽然秋季降水总体看来是减少了, 但各地市的降水情况却不同。

为了更清楚地了解秋季降水的趋势变化, 本文将通过月降水的趋势变化进一步对秋季降水进行研究。表 3 给出浙江 8 个地市(在浙江分布均匀)的月降水量的趋势系数。图 2~4 是杭州、宁波 9、10、11 月份的月降水距平的时间变化曲线及高斯滤波曲线及直线回归。可看出, 9 月、10 月杭州、宁波降水有负趋势, 11 月有弱的正趋势, 但总的来说, 9 月降水趋势最明显, 杭州、宁波等站的降水趋势接近 0.10 的显著性水平。对比表 2 可见, 9 月降水情况基本代表了浙江秋季的降水趋势, 而 10 月和 11 月的降水趋势则不够显著, 尤其是 11 月的降水, 完全是一种自然振动。

表 1 趋势系数统计检验的显著性标准(序列长等于 39 a)

Table 1 Significance test of the trend coefficients of 39-year autumn rainfall series

显著性水平	蒙特卡罗模拟试验的值
0.001	0.01
0.05	0.10
0.572	0.443
0.315	0.265

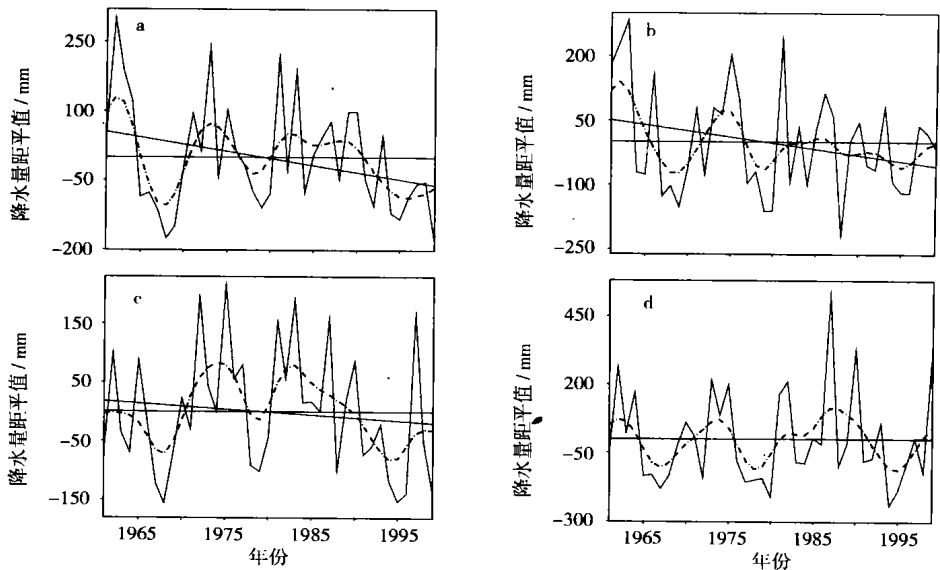


图 1 浙江省杭州(a)、宁波(b)、衢州(c)、温州站(d)秋季降水量距平的时间变化曲线(实曲线)及高斯滤波曲线(点划线)
(图中的实线是直线回归)

Fig. 1 Time series of autumn rainfall anomaly(solid curves) and Guass low-pass filtered variations(dotted curves) for Hangzhou (a), Ningbo (b), Quzhou(c) and Wenzhou(d), and their linear trends(straight lines)

表 3 浙江各地月降水量的趋势系数

Table 3 Trend coefficients of monthly rainfall over Zhejiang

	杭州	宁波	衢州	温州	丽水	临海	建得	湖州
9 月	- 0. 257	- 0. 257	- 0. 045	0. 094	- 0. 280	- 0. 134	- 0. 267	- 0. 341
10 月	- 0. 173	- 0. 106	- 0. 172	- 0. 192	- 0. 167	- 0. 152	- 0. 162	- 0. 154
11 月	0. 028	0. 035	0. 024	0. 068	- 0. 004	- 0. 015	0. 058	- 0. 006

3 1961—1999 年浙江秋季旱涝年及区域特征

3. 1 浙江秋季旱涝年

表 4 是采用类似于文献[3]的方法排出的浙江省秋季旱涝年。从表中看出, 3 种不同的排列方法大致得到相同的结果。在涝年中, 1962, 1987, 1981, 1961, 1975, 1963, 1990, 1973 年都处在 3 种排序的前 8 位, 就将它们选取为浙江省秋季涝年。在旱年中, 1967, 1995, 1979, 1968, 1994, 1988, 1980, 1969, 1978, 1996 年都处在 3 种排序的最小的前 10 位, 就将它们选取为浙江省秋季旱年。图 5 是 1961—1999 年浙江省秋季旱年及涝年的平均降水距平图(平均值用 1961—1999 年的 39 a 的平均)。可以看出, 它们有明显的区别。它们的差值(图略), 用 t 统计量检验方法发现, 36 个观测站全部达到 0. 01 的统计显著性, 表明划分的浙江省的旱涝年之间有明显的差异, 有统计意义。在划分的所有的旱(涝) 年中, 36 个站中至少有 30 个观测站是秋季降水负(正) 距平, 表明这些年确实是浙江省内秋季大范围的旱(涝) 年。

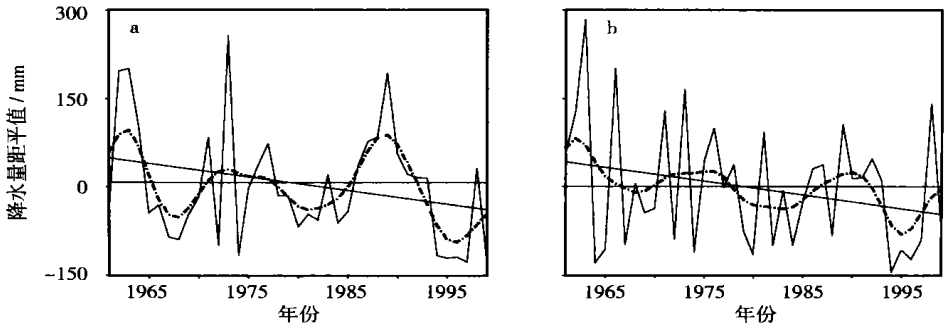


图 2 浙江省杭州(a)、宁波(b)9 月降水量距平的时间变化曲线(实曲线)及高斯滤波曲线(点划线)
(图中的实线是直线回归)

Fig. 2 Time series of September rainfall anomaly(solid curves) and Gauss low-pass filtered variations(dotted curves) for Hangzhou(a), Ningbo(b) and their linear trends(straight lines)

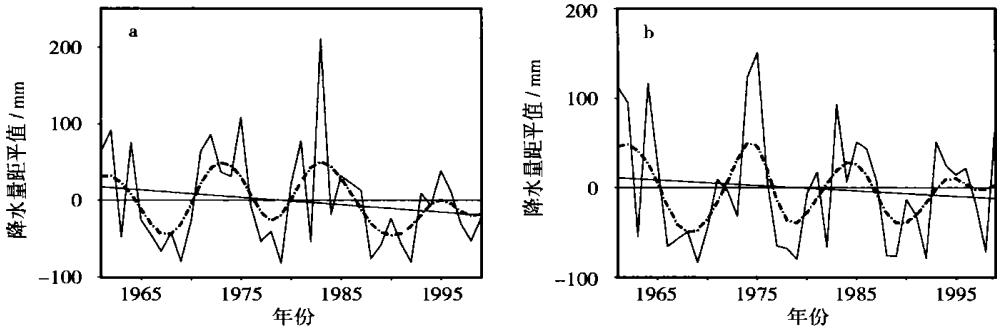


图 3 浙江省杭州(a)、宁波(b)10 月降水量距平的时间变化曲线(实曲线)及高斯滤波曲线(点划线)
(图中的实线是直线回归)

Fig. 3 Time series of October rainfall anomaly(solid curves) and Gauss low-pass filtered variations(dotted curves) for Hangzhou(a), Ningbo(b), and their linear trends(straight lines)

表 4 1961—1999 年浙江省秋季旱涝年表

Table 4 Autumn drought and flood years of Zhejiang Province for 1961—1991

	较大年份	较小年份
按经验正交分解的第一时间系数	1962, 1987, 1981, 1961, 1975, 1963, 1990, 1973, 1989, 1983, 1985, 1977, 1992	1967, 1995, 1979, 1968, 1980, 1988, 1994, 1978, 1996, 1969, 1984, 1991, 1998
按 36 个站的秋季降水平均距平	1962, 1987, 1981, 1961, 1975, 1963, 1990, 1973, 1983, 1989, 1985, 1971, 1970	1967, 1995, 1979, 1968, 1994, 1988, 1980, 1978, 1996, 1969, 1999, 1991, 1998
按 36 个站中降水正距平站数	1973, 1963, 1962, 1981, 1975, 1990, 1961, 1987, 1989, 1985, 1986, 1971, 1993	1979, 1995, 1967, 1968, 1978, 1994, 1996, 1980, 1969, 1988, 1991, 1998, 1992
涝年	1962, 1987, 1981, 1961, 1975, 1963, 1990, 1973	
旱年	1967, 1995, 1979, 1968, 1980, 1988, 1994, 1978, 1996, 1969	

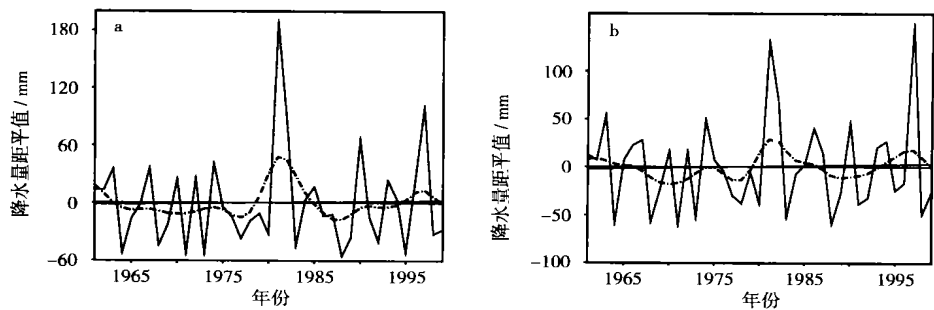


图 4 浙江省杭州(a)、宁波(b) 11 月降水量距平的时间变化曲线(实曲线)及高斯滤波曲线(点划线)
(图中的实线是直线回归)

Fig. 4 Time series of November rainfall anomaly(solid curves) and Gauss low-pass filtered variations(dotted curves) for Hangzhou(a), Ningbo(b), and their linear trends(straight lines)

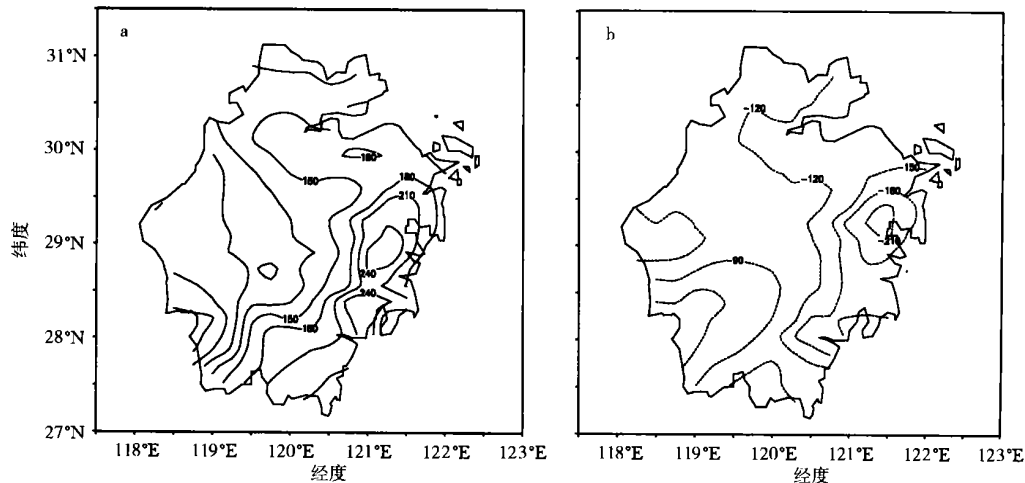


图 5 浙江省秋季涝年(a)及旱年(b)的平均降水距平分布(单位:mm)
Fig. 5 The autumn precipitation anomaly for the flood(a) and drought(b) years of Zhejiang(units:mm)

3. 2 浙江秋季旱涝区域特征

一般而言,降水量的多少是决定一地旱涝的最主要因素。图 6 给出了浙江秋季降水的第 1 和第 2 特征向量分布(前两个特征向量的贡献率累计达到 70.1%)。结合文献[8]得出以下结论:浙江省秋季旱涝变化的主要形式是全省基本一致的趋势,但南北有不同,沿海与内陆的变化有差异。

采用旋转主因子法对秋季降水进行分区,发现,秋季降水区和夏季降水区^[4]类似,也可以分为浙江北部区(1区),浙江东南沿海区(2区)及浙江西南区(3区)3个区。只是 1 区范围更大,3 区则较小。2 区秋季平均降水量达 320.0 mm,比 1 区(297.3 mm)和 3 区(230.5 mm)明显高。可见,无论夏秋,浙江东南沿海都是易涝区,这与文献[9]分析的结论一致。东南沿海区秋夏两季在盛行东南气流的影响下,受台风或热带风暴的影响多,因此易涝,干旱较少。按

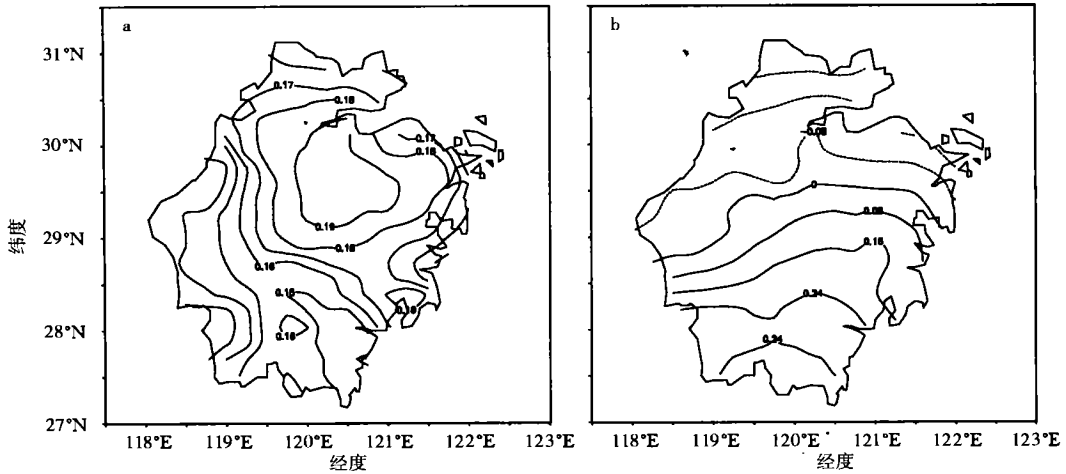


图 6 浙江秋季降水量标准化的第 1(a), 第 2(b) 特征向量

Fig. 6 First(a) and second(b) eigenvectors of the normalized autumn rainfall of Zhejiang
WMO 定义的旱涝标准^[4], 在 1961—1999 这 39 a 中 1 区出现降水异常 11 次, 2 区出现 12 次, 3 区出现 16 次, 同夏季降水相似, 3 区降水异常出现最多, 受旱涝影响频率最高。可见由于浙江省地形复杂, 各地秋季旱涝特点有一定差异, 研究各区旱涝特征, 有一定实际意义。

4 浙江秋季旱涝与我国秋季的大尺度旱涝的关系

为了得到较为稳定的结果, 需要利用尽可能多的样本资料。在 1951—1960 年时间段, 只有杭州、宁波、衢州、温州这 4 个测站有比较完整的资料。但由于这 4 个站基本上分布在浙江的北、东、西和南部, 可以代表浙江省的基本特征。根据这 4 个站在 1951—1960 年的秋季降水的平均距平数值及正距平的站数, 确定 1953 年、1956 年是浙江省秋季的涝年, 1954、1955 年是浙江省秋季的干旱年。这样, 1951—1999 年的 49 a 中, 浙江省秋季的干旱年为 12 a: 1955, 1995, 1968, 1954, 1994, 1967, 1979, 1988, 1980, 1996, 1969, 1978 年; 涝年为 10 a: 1962, 1981, 1961, 1953, 1987, 1975, 1956, 1973, 1990, 1963 年。

现在来研究浙江省旱涝与我国秋季的大尺度旱涝的关系。浙江省的旱涝, 受到大尺度环流异常的影响, 应该与我国秋季的大尺度雨带的位置的关系密切。图 7 是对浙江省秋季涝年与旱年降水差值(涝年平均减旱年平均)的 t 检验图。从图中看出, 在 109 ~ 122 E, 35 ~ 22 N 的范围内是正区, 表明浙江省涝时, 上述较大范围内的秋季降水也不会少, 可能也偏涝。除了浙江

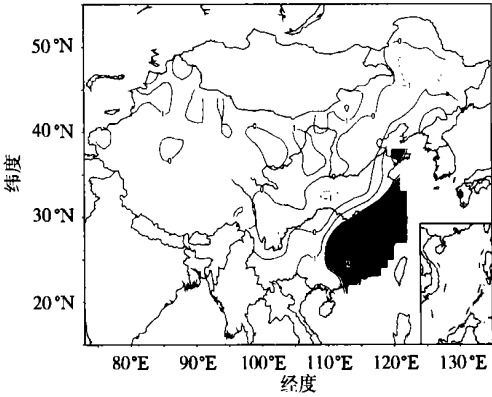


图 7 浙江省秋季涝旱年的我国秋季降水差值的 t 检验图
(阴影区通过 0.05 显著性水平)

Fig. 7 The t -test for China autumn precipitation differences between autumn flood and drought years of Zhejiang
(Areas with the significance level exceeding 0.05 are shaded)

省以外,最大的显著区还包括湖北、湖南、广东及福建一带,它们秋季的降水与浙江省的旱涝有较大的一致性,可见浙江省秋季降水预报与我国秋季大尺度天气异常的关系密切。浙江省秋季天气预报,需要考虑我国大范围秋季气候异常的特征。反之,做好了浙江省秋季旱涝预报,也会对我国秋季大范围天气预报有一定的指导意义。

5 浙江秋季旱涝前期我国降水、气温场的特征

5.1 前期降水场异常特征

秋季涝年前期我国夏季降水场表现为长江以南为大范围负距平的特征(图 8a),其中,在长江中上游沿江以南一带降水明显偏少,达到 0.05 以上的显著性,而东北地区降水偏多,为大范围正距平区,局部达到 0.05 以上的显著性。这说明浙江省秋季旱涝与前期全国降水形式有一定的相关性,长江中上游沿江以南一带夏季雨量偏少,则浙江秋季易涝。

5.2 前期气温场异常特征

涝年前期我国夏季温度的异常特征主要是,东北地区为大范围负距平区,显著性可达 0.05 (图 8b),而在长江中上游沿江以南一带为大范围正距平,最大显著性也可达到 0.05。这说明浙江省秋季旱涝与前期全国气温形式有一定的相关性,夏季东北地区温度偏低,则浙江省秋季易涝,长江以南温度偏高,浙江省秋季也易涝。

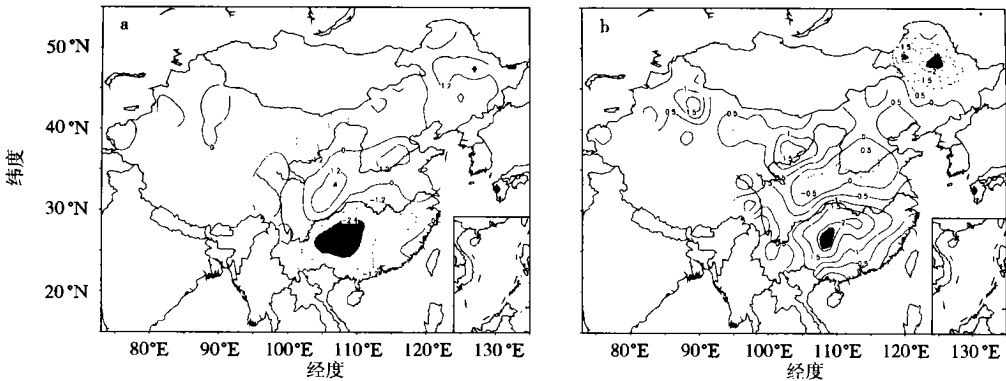


图 8 浙江省秋季涝旱年的我国夏季降水(a)及气温(b)的差值的 t 检验
(阴影区通过 0.05 显著性水平)

Fig. 8 The t -test for China summer precipitation(a) and temperature(b) differences between autumn flood and drought years of Zhejiang
(Areas with the significance level exceeding 0.05 are shaded)

6 结 论

- (1) 近 40 a 来浙江省秋季降水有明显负趋势, 9 月降水基本反映秋季特征。
- (2) 1951—1999 年中浙江省秋季的干旱年为 12 a: 1955, 1995, 1968, 1954, 1994, 1967, 1979, 1988, 1980, 1996, 1969, 1978 年; 涝年为 10 a: 1962, 1981, 1961, 1953, 1987, 1975, 1956, 1973, 1990, 1963 年; 浙江省秋季旱涝区域变化的主要形式与全省基本呈一致的趋势,但是沿海与内陆的变化有一定差异。
- (3) 浙江秋季旱涝与我国秋季的大尺度天气气候异常有密切的关系,浙江省涝时,在 109 ~ 122 E, 22 ~ 35 N 范围内的秋季降水也不会少,可能也偏涝。所以,浙江省秋季天气预报,需

要考虑我国大范围秋季气候异常的特征。反之,做好了浙江省秋季旱涝预报,也会对我国秋季大范围天气预报有一定的指导意义。

(4) 浙江秋季旱涝前期我国降水、气温场有明显的异常特征,表现为:秋季涝年前期我国夏季降水场表现为长江以南为大范围负距平,温度场表现为东北地区为大范围负距平区。

参考文献:

- [1] 施能,马丽,袁晓玉,等.近50年浙江省气候变化特征分析[J].南京气象学院学报,2001,24(2):207-213.
- [2] 顾骏强,施能,王永波.近50年浙江省旱、涝气候变化及特征[J].热带气象学报,2001,17(4):429-435.
- [3] 施能,袁晓玉,陈绿文,等.浙江省夏季旱涝年及前期异常特征[J].南京气象学院学报,2001,24(4):498-504.
- [4] 施能,王永波,马丽,等.浙江省夏季降水的区域特征[J].科技通报,2001,17(5):10-15.
- [5] 施能.北半球冬季大气环流遥相关型的长期变化及其与我国气候变化的关系[J].气象学报,1996,54(6):675-683.
- [6] 施能,魏凤英,封国林,等.气象场相关分析及合成分析中的蒙特卡罗检验[J].南京气象学院学报,1997,20(3):355-359.
- [7] Livezey R E, Chen W Y. Statistical field significance and its determination by Monte Carlo techniques[J]. Mon Wea Rev, 1983, 111(1): 46-59.
- [8] 王镇铭.浙江省旱涝区划分初步分析[J].浙江气象科技,1996,17(2):8-12.
- [9] 陈坤生,王卫红,陈大鑫,等.浙江省夏秋干旱指标及其分布特征[J].浙江气象科技.1995,16(4):7-10.

Autumn Rainfall Trends and Features of Flood and Drought Years of Zhejiang Province

YUAN Xiao-yu¹, SHI Neng¹, GU Jun-qiang²

(1. Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044, China;

2. Climate Center of Zhejiang Province, Hangzhou 310017, China)

Abstract: Using a 39-year monthly and seasonal rainfall data set observed at 36 stations in Zhejiang Province and a 49-year rainfall and temperature data set at 160 stations in the whole China, a detail study has been undertaken of climatic variation features of the rainfall and autumn flood/drought of Zhejiang Province. Results show that the decreasing trend of rainfall in autumn is evident. It is found that the autumn flood/drought all over Zhejiang Province is basically similar, but there is a little difference between coastal region and inland; there is a close relation between the autumn flood/drought of Zhejiang Province and the position of large-scale rainbelts, and the meteorological elements (rainfall and temperature) show abnormal features in large-scale areas in the summer before the autumn flood/drought of Zhejiang. Monte Carlo simulation approach and t -test method are used in checking the significance of the long term changes of meteorological elements.

Key words: Zhejiang Province; climate change; trend change; flood and drought year