

安徽省近50年干旱时空特征分析^{*}

谢五三, 田 红

(安徽省气候中心, 安徽 合肥 230031)

摘 要: 利用安徽省78个气象台站1961–2009年共49年的逐日气温和降水资料, 采用综合气象干旱指数计算每个干旱过程, 进而得到各个台站每年的干旱日数。通过趋势分析、*EOF*分析、功率谱及小波分析、滑动 *T* 检验等方法系统分析了近50年安徽省干旱时空特征, 结果表明: 运用累积频率法对 *CI* 指数的阈值进行修正, 修正前后值基本一致; 安徽省常年干旱日数基本呈纬向空间分布特征, 干旱频率自北向南递减; 沿淮淮北及江淮之间东部地区干旱日数呈减少趋势, 其它地区呈增加趋势, 但未通过0.05的显著性检验; 干旱日数 *EOF* 展开前三个模态累积方差贡献为75%, 第一模态全省一致为正, 基本呈纬向空间分布; 第二模态零线横向将安徽分为南北两部分, 北多(少)南少(多); 第三模态零线横向将安徽分为三部分, 两头多(少)中间少(多); 干旱日数主周期为12~13年, 次周期为2~3年左右。在12~13年的时间尺度上, 近50年干旱日数经历了由少到多3个循环交替。此外, 干旱日数在1968年前后存在一次突变。

关键词: 干旱日数; 时空特征; 干旱指数; 安徽省

中图分类号: P426.616 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2011)01-0094-05

0 引言

干旱是我国主要的自然灾害之一, 特点是发生频率高、影响范围大、持续时间长^[1], 如2008年11月–2009年1月, 30年未遇的秋冬连旱袭击我国北方冬麦区, 造成严重的经济损失。长期以来, 国内外不少专家和学者致力于干旱指标、干旱监测诊断及预警技术的研究, 邹旭恺等^[2]利用我国地面606个气象站逐日气温和降水资料研究表明我国干旱面积在近50年没有显著增加或减少的趋势, 但不同地区差异较大; 吴洪宝^[3]对我国东南部夏季干旱指数研究得出时间演变没有显著的长期倾向; 张强等^[4-7]对我国干旱指标做了深入研究并制定了气象干旱国家标准, 使全国干旱监测与评估业务规范化、标准化; 此外还有很多关于干旱指标的应用研究^[8-13], 对于干旱研究及业务化有很大的推动和促进作用。相对于干旱指标研究而言, 关于干旱的气候特征研究较少, 而对于安徽省干旱时空特征做系统的分析更为少见。

安徽省为农业大省, 地处中纬度地带, 属暖温

带向亚热带的过渡型气候, 天气复杂多变, 灾害频繁, 干旱是最常见的主要气象灾害之一, 每年都会造成较大经济损失。2009年全省因干旱造成的经济损失超过25亿元, 因此对安徽省干旱时空特征做系统性分析是很有必要的。本文利用安徽省78个气象台站1961–2009年共49年的逐日气温和降水资料, 采用综合气象干旱指数, 通过趋势分析、*EOF*分析、功率谱分析、小波分析、滑动 *T* 检验等方法对安徽省干旱特征进行系统分析。

1 资料与方法

本文所有温度和降水资料均来自安徽省气象档案馆整编资料, 气象站点均匀分布在全省各地, 满足研究需要。干旱指标采用国家标准(GB/T 20481-2006)^[4]《气象干旱等级》中给出的综合气象干旱指数 *CI*, 它是利用近30 d(相当月尺度)和近90 d(相当季尺度)降水量标准化降水指数, 以及近30 d相对湿润指数进行综合而得, 该指数既反映短时间尺度(月)和长时间尺度(季)降水量气候异常情况, 又反映短时间尺度(影响农作物)水

^{*} 收稿日期: 2010-06-07

基金项目: 安徽省气象局2009年业务建设类项目“安徽省干旱灾害风险区划研究”

作者简介: 谢五三(1981-), 男, 安徽安庆人, 硕士, 工程师, 主要从事极端气候事件监测及影响评估工作。

E-mail: xiewusan_2008@sina.com

分亏欠情况, 综合气象干旱指数 CI 的计算见下式:

$$CI = aZ_{30} + bZ_{90} + cM_{30}, \quad (1)$$

式中: Z_{30} 、 Z_{90} 分别为近 30 d 和近 90 d 标准化降水指数 SPI 值; M_{30} 为近 30 d 相对湿度指数。

采用累积频率法对干旱指标的阈值进行修正, 得出更为适合安徽的干旱指标。通过计算各站历年发生的各个干旱过程来统计各站历年干旱日数, 干旱过程是指当干旱指标连续十天为轻旱以上等级, 则确定为发生一次干旱过程。干旱过程的开始日为第 1 d 干旱指标达轻旱以上等级的日期, 在干旱发生期, 当干旱指标连续 10 d 为无旱等级时干旱解除, 同时干旱过程结束, 结束日期为最后 1 次干旱指标达无旱等级的日期。按照干旱过程的定义, 统计各个代表站历年的干旱日数并建立时间序列。

2 干旱指数阈值修正

国家气候中心于 2006 年制定发布了《气象干旱等级》^[4], 给出了常用的干旱指标的各个干旱等级所对应的阈值, 供全国气象干旱实时监测业务应用。由于我国幅员辽阔, 南北气候差异较大, 为了使综合气象干旱指数更准确地反映安徽省的干旱实际情况, 需对干旱指标的各个干旱等级的阈值进行修正。目前国内外较为常用的阈值修正方法是累积频率法, 本文亦采用累积频率法, 对 CI 指数的阈值进行修正, 累积频率如表 1。

表 1 干旱指数各等级对应的累积频率

所占比重/%	累积频率/%	干旱等级	干旱程度
2	≤2	5	特旱
5	2~7	4	重旱
8	7~15	3	中旱
15	15~30	2	轻旱
70	30~100	1	正常

运用 CI 指数的计算公式, 计算各个台站的逐日干旱指数值, 再把全省 78 个代表站 49 年共 140 多万个样本资料放在一起进行排序, 结合表 1 中的累积频率, 计算出 CI 指数各个干旱等级所对应的阈值。以《气象干旱等级》^[4] 给出干旱指标的阈值称为原始值, 用安徽省资料结合累积频率计算出的阈值称为修正值, CI 指数原始及修正后的阈值见表 2。

表 2 CI 指数原始及修正后的阈值

干旱等级	干旱程度	CI 指数	
		原始值	修正值
5	特旱	-2.40	-2.08
4	重旱	-1.80	-1.50
3	中旱	-1.20	-1.00
2	轻旱	-0.60	-0.33
1	正常	> -0.60	> -0.33

由表 2 可知, CI 指数的各个干旱等级的原始阈值与修正阈值基本一致, 相差很小, 这也从实况资料的角度证实《气象干旱等级》^[4] 给出的 CI 指数在安徽省较为适用, 可用于安徽省气象干旱监测业务。由于修正阈值是用安徽省实况资料计算所得, 以下分析计算所用到的阈值均用修正后的阈值。

3 安徽省常年干旱日数分布

图 1 所示为安徽省常年 (1971 - 2000 年平均) 干旱日数分布图。由图 1 可见, 安徽省干旱日数基本呈纬向空间分布特征, 干旱频率自北向南递减, 沿淮淮北和江淮之间北部是干旱最容易发生发展的地方, 大别山区和皖南山区发生频率最低。查阅安徽省气象灾害大典^[14] 可知这与安徽省历史干旱实际情况非常吻合。

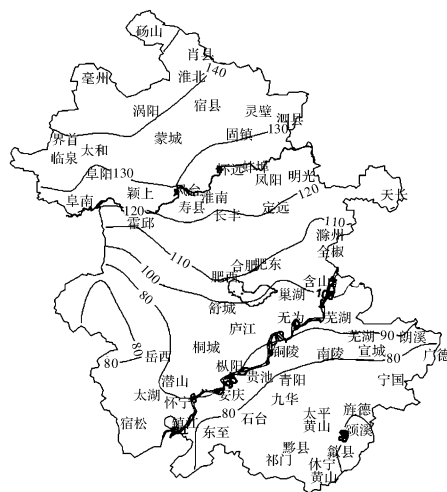


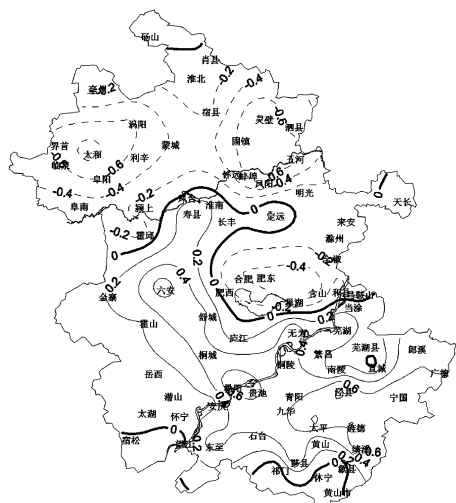
图 1 安徽省常年干旱日数分布图

4 安徽省干旱日数时空特征分析

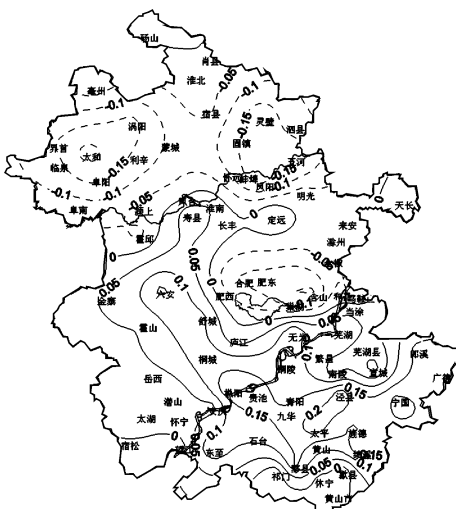
4.1 趋势分析

图 2a 所示为安徽省干旱日数线性倾向图 (虚线表示减少趋势, 实线表示增加趋势)。由图 2a 可知

安徽省沿淮淮北及江淮之间东部地区干旱日数呈减少趋势,其它地区干旱日数呈增加趋势;由趋势系数图(图 2b)可知(虚线为负值,实线为正值),样本资料为 49 年,趋势系数绝对值需超过 0.27 才达到 0.05 的显著性水平,全省所有台站均未通过 0.05 的显著性检验,表明安徽省各地干旱日数增加或减少趋势不显著。



(a)线性倾向/(d/a)



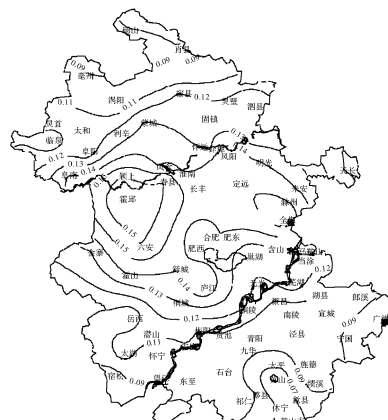
(b)趋势系数

图2 安徽省干旱日数线性倾向及趋势系数

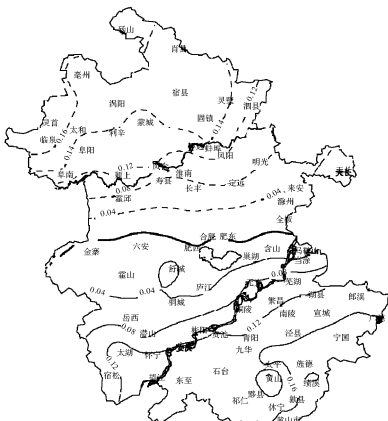
4.2 EOF 分析

为了得到安徽省干旱日数的空间分型,对资料作 EOF 分析。EOF 展开前三个模态累积方差贡献为 75%,空间分布见图 3。由第 1 模态可知,全省一致为正,基本呈纬向空间分布;第 2 模态零线横向将安徽分为南北两部分,北部为负,南部为正,数值相当,表明南北干旱日数呈现相反的分布型式,北多(少)南少(多);第 3 模态零线横向将安徽分为三部分,中间正两头负,表明安徽干

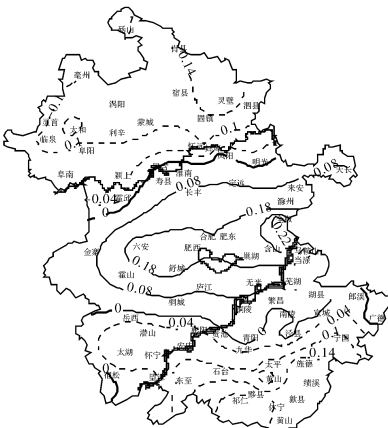
旱日数还有两头多(少)中间少(多)的分布特征。



(a)第1模态



(b)第2模态



(c)第3模态

图3 安徽省干旱日数 EOF 前三个模态的空间分布

4.3 周期分析

功率谱分析是一种应用极为广泛的分析周期的方法,为研究安徽省干旱日数的周期,对其时间序列做功率谱分析,结果见图 4(虚线为 $\alpha = 0.05$ 的红噪音标准谱)。由图 4 可见,在周期长度为 12~13 年处,功率谱估计值为一个峰值且超过标准谱,因此 12~13 年为第 1 显著周期。其次在 2~3 年处,功

率谱估计值也超过标准谱, 因此 2~3 年为第 2 显著周期。由此可见, 安徽省干旱日数存在 12~13 年的主周期, 此外还存在 2~3 年左右的次周期。

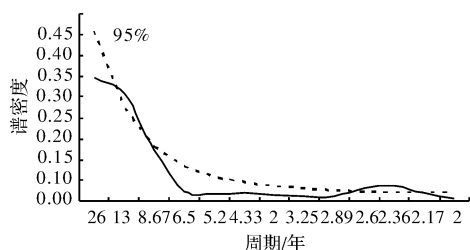


图4 安徽省干旱日数功率谱分析

小波变换方法是一种时频分析方法, 既可以了解时间序列不同时间的频率特征, 又可以了解不同频率的时间分布特征。图 5 所示为安徽省干旱日数的小波变换图(虚线为负值, 实线为正值), 图的上半部分等值线相对稀疏, 对应较长时间尺度的振荡, 而下半部分等值线相对密集, 对应较短时间尺度的振荡。由图 5 还可见, 12~13 年和 2~3 年左右的周期振荡较为明显, 这与功率谱分析结果是一致的。在 12~13 年的时间尺度上, 安徽省近 50 年干旱日数经历了由少到多 3 个循环交替, 这种循环交替在 1990 年代之前较为明显。

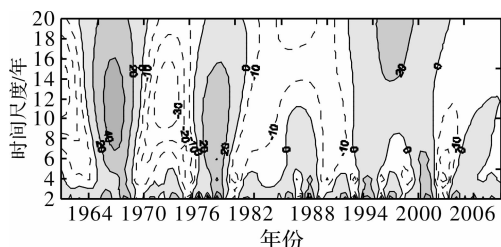


图5 安徽省干旱日数小波变换

4.4 突变分析

滑动 T 检验是一种较为常见的突变检验方法, 为检测安徽省近 50 年干旱日数的突变信息, 本文采用滑动 T 检验方法。图 6 所示为安徽省干旱日数 5 年滑动 T 检验结果, 由图 6 可见, 安徽省近 50 年干旱日数在 1968 年前后存在一次突变, 但这次突变不显著, 未通过 0.05 的显著性检验。1970 年代至今, 安徽省干旱日数没有明显的突变。

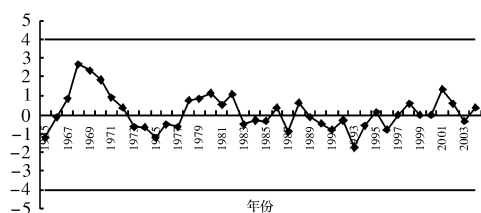


图6 安徽省干旱日数滑动 T 检验

5 结论

(1) 本文运用安徽省 78 个气象台站 1961~2009 年共 49 年的逐日气温和降水资料, 通过累积频率法对 CI 指数的阈值进行修正, 修正后阈值与《气象干旱等级》国家标准中给出的阈值基本一致, 相差很小, 表明 CI 指数在安徽省干旱监测业务中较为适用。

(2) 安徽省常年干旱日数基本呈纬向空间分布特征, 干旱频率自北向南递减, 沿淮淮北和江淮之间北部是干旱最容易发生发展的地方, 大别山区和皖南山区发生频率最低。

(3) 安徽省沿淮淮北及江淮之间东部地区干旱日数呈减少趋势, 其它地区干旱日数呈增加趋势, 但这种增加或减少趋势未通过 0.05 的显著性检验。

(4) 安徽省干旱日数 EOF 展开前三个模态累积方差贡献为 75%, 第 1 模态全省一致为正, 基本呈纬向空间分布; 第 2 模态零线横向将安徽分为南北两部分, 南北干旱日数呈现相反的分布型式, 北多(少)南少(多); 第 3 模态零线横向将安徽分为三部分, 表明安徽干旱日数还有两头多(少)中间少(多)的分布特征。

(5) 安徽省干旱日数第 1 显著周期为 12~13 年, 第 2 显著周期为 2~3 年左右, 在 12~13 年的时间尺度上, 安徽省近 50 年干旱日数经历了由少到多 3 个循环交替, 这种循环交替在 1990 年代之前较为明显。近 50 年干旱日数在 1968 年前后存在一次突变, 但未通过 0.05 的显著性检验。

参考文献:

- [1] 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996: 387.
- [2] 邹旭恺, 张强. 近半个世纪我国干旱变化的初步研究[J]. 应用气象学报, 2008, 19(6): 679-687.
- [3] 吴洪宝. 我国东南部夏季干旱指数研究[J]. 应用气象学报, 2000, 11(2): 137-144.
- [4] 国家气候中心. GB/T20481-2006 气象干旱等级[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 1-17.
- [5] 邹旭恺, 张强, 王有民, 等. 干旱指标研究进展及中美两国国家级干旱监测[J]. 气象, 2005, 31(7): 6-9.
- [6] 张强, 鞠笑生, 李淑华. 三种干旱指标的比较和新指标的确定[J]. 气象科技, 1998(2): 48-52.
- [7] 张杰, 张强, 赵建华, 等. 作物干旱指标对西北半干旱区春小麦缺水特征的反映[J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1646-1654.

- [8] 王劲松, 黄玉霞, 冯建英, 等. 径流量 Z 指数与 Palmer 指数对河西干旱的监测[J]. 应用气象学报, 2009, 20(4): 471-477.
- [9] 彭贵芬, 刘瑜, 张一平. 云南干旱的气候特征及变化趋势研究[J]. 灾害学, 2009, 24(4): 40-44.
- [10] 袁文平, 周广胜. 干旱指标的理论分析与研究展望[J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 982-991.
- [11] 樊高峰, 苗长明, 毛裕定. 干旱指标及其在浙江省干旱监测分析中的应用[J]. 气象, 2006, 32(2): 70-74.
- [12] 王燕, 王润元, 张凯, 等. 干旱气候灾害及甘肃省干旱气候灾害研究综述[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 117-121.
- [13] 马晓群, 姚筠, 许莹. 安徽省农作物干旱损失动态评估模型及其试用[J]. 灾害学, 2010, 25(1): 13-17.
- [14] 温克刚, 翟武全. 中国气象灾害大典安徽卷[M]. 北京: 气象出版社, 2007.

Analysis of the Spatial-temporal Characteristics of Drought in Anhui Province in Recent 50 Years

Xie Wusan and Tian Hong

(Anhui Climate Center, Hefei 230031, China)

Abstract: By using daily precipitation and temperature data from 78 stations of Anhui province during 1961 ~ 2009, the drought process is calculated by CI index, then the drought days for stations each year are figured out and the spatial-temporal characteristics of drought over Anhui province in recent 50 years is analyzed by trend analysis, EOF, power spectrum analysis, wavelet analysis, moving T-test and so on. The results show that the original and corrected thresholds of CI index which are corrected by the cumulative frequency are basically the same. The distribution of the average drought days during 1971 ~ 2000 is latitudinal and drought frequency descends from north to south. The trend of drought days descends in HuaiBei and the east of Jianghuai, and ascends in the other area, but the both have not pass the 0.05 significance test. The cumulative percent variance of the EOF first three modes reaches 75%, the first mode are plus in all province and the distribution is latitudinal, the zero line transversely makes off north and south parts in the second mode and three parts in the third mode. The main period of drought days is 12 ~ 13 years and the secondary is around 2 ~ 3 years. In recent 50 years, the drought days experience three circulations on 12 ~ 13 years scale, and the drought days mutate around 1968.

Key words: drought days; spatial-temporal characteristics; drought index; Anhui province

(上接第 93 页)

Multi-scale Analysis of Drought of Winter Wheat in North China

Wu Dongli^{1,2}, Wang Chunyi², Xue Hongxi¹ and Zhang Xuefen¹

(Meteorological Observation Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China;

2. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The north China region is one of the most important agricultural regions in China. Based on winter wheat growth and yield data and daily precipitation data obtained from 56 stations in north China, the level of drought indicators and periodic variation characteristics of the disaster area with different levels of drought are analyzed. Firstly, the correlations between anomaly of winter wheat drought indices and relative meteorological yield are analyzed. Secondly, the distribution map of the degree of correlation is worked out. Then, according to the relationships between negative anomaly of drought indices of winter wheat and the rate of output reduction, drought grade standards of winter wheat are defined. Finally, different rates of drought disaster loss are studied by wavelet analysis.

Key words: anomaly of winter wheat drought indices; relative meteorological yield; disaster rate of drought; wavelet analysis; north China