

谢五三,田红. 五种干旱指标在安徽省应用研究[J]. 气象,2011,37(4):503-507.

# 五种干旱指标在安徽省应用研究<sup>\*</sup>

谢五三 田 红

安徽省气候中心, 合肥 230031

**提 要:** 运用安徽省 78 个代表站 1961—2008 年逐日气温和降水资料,采用累积频率法对五种干旱指标的阈值进行修正,用修正后干旱指标来分析安徽省干旱的年际变化、季节演变及空间分布等特征。结果表明:五种干旱指标按照干旱过程计算得到历年总干旱日数的演变趋势基本一致,干旱日数较多的年份与安徽省历史典型大旱年记录非常吻合;Z 指数和 SPI 指数无明显季节变化趋势,而 Pa,MI 和 CI 三种指标季节变化趋势明显且基本一致,安徽省秋旱最多,夏旱次之,冬、春旱相对较少;Z 指数和 SPI 指数无明显的空间分布特征,Pa,MI 和三种指标的空间分布基本一致,呈现纬向空间分布,干旱频率自北向南递减;对于安徽干旱监测业务来说,五种干旱指标中 CI 指数为最优。

**关键词:** 干旱指标, 阈值, 干旱过程, 安徽

## Study on the Application of Five Drought Indexes in Anhui Province

XIE Wusan TIAN Hong

Anhui Climate Center, Hefei 230031

**Abstract:** Based on the daily temperature and precipitation data at 78 stations of Anhui Province during 1961—2008, this paper adopts a cumulative frequency method to correct the threshold of five drought indexes, and then uses the corrected indexes to analyze the drought features of the interannual variability, seasonal evolution and spatial distribution etc. in Anhui Province. The results show that the changing trends of the sum of drought days calculated in terms of drought process are basically consistent; the years with many drought days are in accordance with the typical drought years in history of Anhui Province; the seasonal changes of Z and SPI indexes are not obvious, but those of Pa, MI and CI indexes are not only obvious but also consistent; the drought in autumn ranks first, in summer second and in winter and spring least; the spatial distributions of Z and SPI indexes are not obvious, but those of Pa, MI and CI indexes are consistent and in zonal patterns; the frequency of drought descends from north to south. As to the drought monitoring in Anhui Province, the CI index is the optimum among the five drought indexes.

**Key words:** drought index, threshold, drought process, Anhui

## 引 言

干旱是全球最严重的自然灾害之一,特点是影响范围大、持续时间长,它的频繁发生和长期持续给国民经济特别是农业生产带来巨大的经济损失<sup>[1]</sup>,

如 2008 年 11 月初至 2009 年 2 月上旬,安徽省沿淮淮东北地区冬小麦发生 50 年未遇的秋冬连旱,造成严重的经济损失。近年来,国内外不少专家和学者致力于干旱监测诊断和预警技术的研究<sup>[2-5]</sup>,包括干旱定义的提出和干旱指标的确定,因为地理状况和气候特点的差异,不同地区干旱的定义有所不同<sup>[6-7]</sup>,

\* 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”和“安徽省极端天气气候事件指标体系研究及业务化应用”共同资助

2010 年 1 月 1 日收稿; 2010 年 5 月 3 日收修定稿

第一作者:谢五三,主要从事极端气候事件监测及影响评估工作. Email: xiewusan\_2008@sina.com

干旱指标也多种多样,即使同一种指标,它的阈值也各不一样<sup>[8-10]</sup>。由于干旱自身的复杂特性和对社会影响的广泛性,某一个干旱指标很难达到时空上普遍适用的条件,迄今为止还没有找到一种普遍适用于不同地区、不同时间段的干旱指标,目前全国各省采用的干旱指标多种多样,各个干旱指标的时间和地域适用性各不相同,国家气候中心干旱监测业务采用的是 CI 指数,适用性相对较好。安徽地处中纬度地带,干旱是最常见的主要气象灾害之一,本文利用安徽省 78 个代表站 1961—2008 年逐日气温和降水资料,分析研究五种常用的干旱监测指标在安徽省的应用情况。

## 1 指标的定义及计算方法

本文所研究的五种干旱指标分别为:降水距平百分率( $Pa$ )、 $Z$  指数、标准化降水指数( $SPI$ )、相对湿度指数( $MI$ )、综合气象干旱指数( $CI$ ),各指标的定义及计算方法如下:

$Pa$ :降水距平百分率是表征某时段降水量较常年值偏多或偏少的指标之一,能直观反映降水异常引起的干旱,计算公式如下:

$$Pa = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\%$$

式中: $P$  为某时段降水量(mm); $\bar{P}$  为计算时段同期气候平均降水量。

$Z$  指数:由于某一时段的降水量一般并不服从正态分布,为此用 PersonⅢ型分布拟合某一时段的降水量效果较好, $Z$  指数正是假设某时段的降水量服从 PersonⅢ型分布,而后对降水量进行正态化处理,这样可将概率密度函数 PersonⅢ型分布转换为以  $Z$  为变量的标准正态分布, $Z$  指数的计算公式如下:

$$Z_i = \frac{6.0}{C_s} \left( \frac{C_s F_i}{2} + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6.0}{C_s} + \frac{C_s}{6.0}$$

其中: $C_s$  为偏态系数且  $C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^3}{n\sigma^3}$ ,  $F_i = \frac{r_i - \bar{r}}{\sigma}$ ,

标准差  $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}$ 。

$SPI$ :由于降水量的分布一般不是正态分布,而是一种偏态分布。所以在进行降水分析和干旱监测、评估中,采用  $\Gamma$  分布概率来描述降水量的变化。标准化降水指数(简称  $SPI$ )就是在计算出某时段内降水量的  $\Gamma$  分布概率后,再进行正态标准化处理,最终用标准化降水累积频率分布来划分干旱等级。

$MI$ :相对湿度指数是表征某时段降水量与蒸发量之间平衡状况的指标之一,反映作物生长季节的水分平衡特征,相对湿度指数的计算公式:

$$MI = \frac{P - PE}{PE}$$

式中: $P$  为某时段的降水量; $PE$  为某时段的可能蒸散量,用 Thornthwaite 方法计算<sup>[11]</sup>。

$CI$ :综合气象干旱指数是利用近 30 天(相当月尺度)和近 90 天(相当季尺度)标准化降水指数,以及近 30 天相对湿度指数进行综合而得,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:

$$CI = aZ_{30} + bZ_{90} + cM_{30}$$

式中: $Z_{30}$  和  $Z_{90}$  分别为近 30 和近 90 天标准化降水指数  $SPI$  值, $M_{30}$  为近 30 天相对湿度指数。

## 2 指标的阈值订正

国家气候中心于 2006 年制定发布了《气象干旱等级》国家标准(GB/T 20481—2006),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,为了使各个干旱监测指标更准确地反映安徽省的干旱实际情况,需对干旱指标的阈值进行修正,目前国内较为常用的阈值修正是累积频率法<sup>[12]</sup>,本文亦采用累积频率法对干旱指标的阈值进行修正,累积频率如表 1。

表 1 各干旱等级对应的累积频率  
Table 1 The cumulative frequency corresponding to every drought grade

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

采用安徽省 78 个代表站 1961—2008 年逐日气温和降水资料,运用五种干旱指标来计算每个指标的逐日数值,再把全省 78 个代表站 48 年共 136 万多个样本资料放在一起进行排序,结合表 1 中的累积频率,分别计算出各个干旱等级所对应的阈值。以《气象干旱等级》国标中给出的阈值称为原始阈值,用安徽省资料结合累积频率计算出的阈值称为修正阈值,各个干旱指标原始及修正后的阈值见表 2。

表 2 各干旱指标原始及修正后的阈值  
Table 2 The original and corrected thresholds of every drought index

干旱等级	干旱程度	$P_a$		Z 指数		SPI		MI		CI	
		原始	修正	原始	修正	原始	修正	原始	修正	原始	修正
1	特旱	-95.0	-96.0	-2.0	-1.8	-2.0	-2.1	-0.95	-0.95	-2.40	-2.08
2	重旱	-80.0	-81.8	-1.5	-1.4	-1.5	-1.5	-0.80	-0.75	-1.80	-1.50
3	中旱	-60.0	-66.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-0.65	-0.52	-1.20	-1.00
4	轻旱	-40.0	-44.4	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	-0.40	-0.11	-0.60	-0.33
5	正常	>-40.0	>-44.4	>-0.5	>-0.6	>-0.5	>-0.5	>-0.40	>-0.11	>-0.60	>-0.33

由表 2 可知, 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》国家标准中给出的各个干旱指标在安徽省较为适用, 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, 更加适合安徽气候平均态, 以下分析计算所用到的阈值均用修正后的阈值。

达轻旱以上等级的日期, 在干旱发生期, 当干旱指标连续 10 天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, 对五种干旱指标分别统计各个代表站的干旱日数, 研究干旱的年际变化、季节演变及空间分布等特征, 对比分析各种干旱指标在安徽省的应用情况。

### 3 五种干旱指标的应用对比分析

为得到五种干旱指标在安徽省的应用情况, 需统计各站历年发生的干旱过程, 干旱过程是指: 当干旱指标连续 10 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 天干旱指标

#### 3.1 干旱年际变化

对安徽省 78 个代表站的 1961—2008 年降水和气温序列, 分别用不同的干旱指标, 统计每个台站的干旱过程以及每个干旱过程持续的天数, 对于每个台站, 统计历年的干旱日数, 进而得出安徽省 1961—2008 年历年的干旱日数演变情况(图 1)。

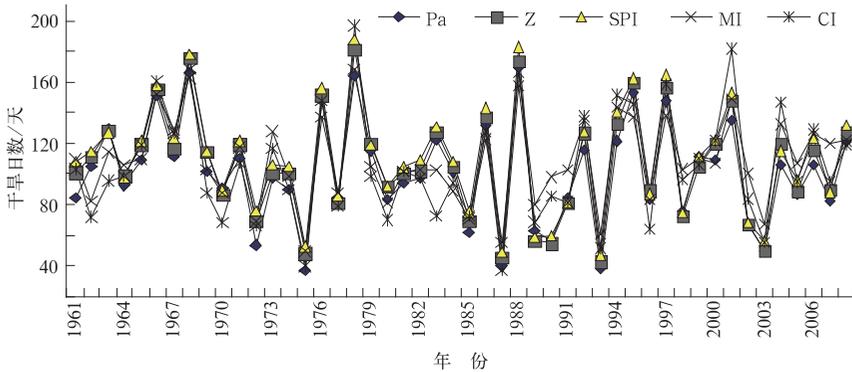


图 1 五种干旱指标对应的干旱日数年际变化

Fig. 1 The interannual variability of drought days for the five drought indexes

由图 1 可以看出, 五种干旱指标计算得到历年总干旱日数的演变趋势基本一致, 干旱总日数较多的年份为 1966, 1968, 1976, 1978, 1988, 1994, 1997 和 2001 年等, 查阅安徽省气象灾害大典<sup>[13]</sup>可知这与安徽历史大旱年记录非常吻合, 表明五种干旱指标都能诊断出安徽省典型旱年。

旱过程, 再按照不同的月份, 计算每个台站各个月份出现干旱平均日数, 进而得到各个月份全省平均干旱日数, 以此来体现安徽省干旱的季节性变化, 五种干旱指标对应的干旱季节演变如图 2。

#### 3.2 干旱季节演变

由图 2 可以看出, Z 和 SPI 指数无明显变化趋势, 表明 Z 和 SPI 指数不能体现出安徽省干旱的季节变化, 而 Pa, MI 和 CI 三种指标季节变化趋势明显, 且基本一致, 都表明安徽省秋旱最多, 夏旱次之, 冬、春旱相对较少, 查阅安徽省气象灾害大

按照干旱过程的定义, 统计出各台站的每个干

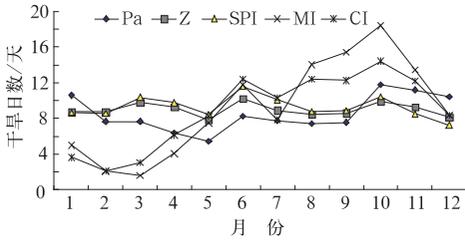


图 2 五种干旱指标对应的干旱季节演变

Fig. 2 The seasonal evolution of drought days for the five drought indexes

典<sup>[13]</sup>可知这与安徽省的历史干旱季节特征是相符。

### 3.3 干旱空间分布

按干旱过程的定义统计安徽省 78 个代表站每个干旱过程,再计算各个台站每年(1961—2008 年)的总干旱日数,最后得出安徽省 78 个代表站历年平均干旱日数的空间分布,体现安徽省干旱的空间分布特征(图 3)。

由图 3 可以看出,Z 和 SPI 指数无明显的空间

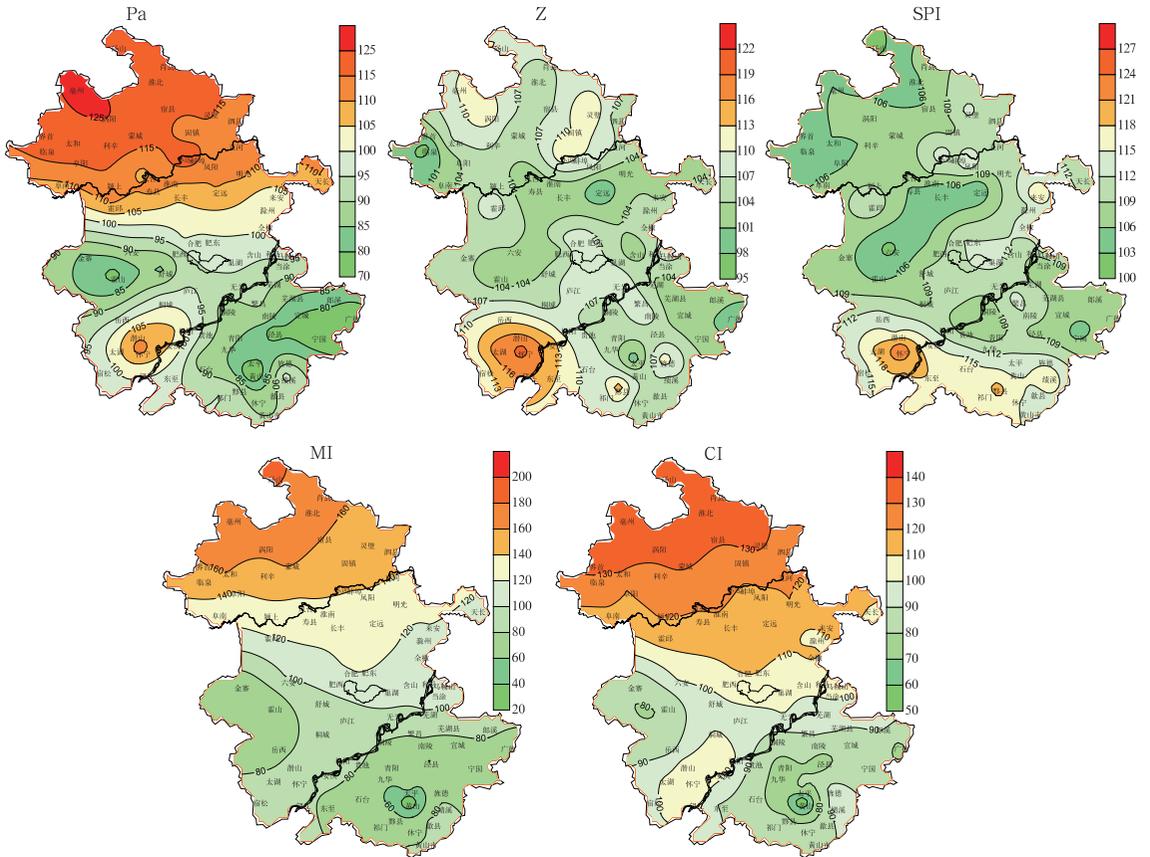


图 3 五种干旱指标对应的干旱空间分布

Fig. 3 The spatial distribution of drought days for the five drought indexes

分布特征,表明 Z 和 SPI 指数对安徽省干旱的空间分布特征诊断效果较差,究其原因,可能与资料、阈值、指数的计算公式等有关,由于本文用的是安徽省历史资料,阈值也采用百分位数法进行修订,因此与资料 and 阈值没有关系,原因应与 Z 和 SPI 指数的计算公式有关,Z 和 SPI 指数计算公式只涉及降水,不考虑气温,即没有考虑蒸散和降水的收支平衡问题,此外,Z 和 SPI 指数都是利用降水资料去拟合某种函数分布,降水资料的真实分布与拟合函数的分布可能存在不小差异,在进行函数变换时,可能对降水

的分布差异有消除作用。

Pa,MI 和 CI 三种指标的空间分布基本一致,基本呈现纬向空间分布特征,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<sup>[13]</sup>可知这与安徽省历史干旱实际情况非常吻合,表明 Pa,MI 和 CI 三种指标对安徽省的干旱地域特征诊断效果较好。针对 Pa,MI 和 CI 三种指标的优劣进行再分析,CI 指标为最优,原因有二,第一,CI 指数为 MI 和 SPI 的加权平

均,考虑到近30天(月尺度)和近90天(季尺度)的气温和降水两个方面的因素,从干旱机理方面来说,相对于Pa和MI指数,CI指数公式本身考虑得较为全面;第二,虽然Pa,MI和CI三种指标计算得到的干旱年际变化、季节演变、空间分布等总体趋势一致,但就Pa,MI和CI三种指标而言,CI指数更能刻画安徽干旱的年际变化、季节演变、空间分布,其计算结果相对于Pa和MI指数来说更与实际吻合。

## 4 结 论

(1) 运用安徽省历史气温和降水资料,采用累积频率法对《气象干旱等级》国标中给出的Pa,Z,SPI,MI和CI五种干旱指标的阈值进行修正,得出适合安徽本地的干旱指标。

(2) 五种干旱指标计算得到历年总干旱日数的演变趋势基本一致,干旱总日数较多的年份与安徽省历史大旱年记录非常吻合;Z和SPI指数无明显的季节变化趋势,而Pa,MI和CI三种指标季节变化趋势明显,且基本一致,都表明安徽省秋旱最多,夏旱次之,冬、春旱相对较少;Z和SPI指数无明显的空间分布特征,Pa,MI和CI三种指标的空间分布基本一致,基本呈现纬向空间分布特征,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) 由五种干旱指标在安徽省应用对比分析可

知,Z和SPI指数应用效果较差,Pa,MI和CI三种指标相对较好,在Pa,MI和CI三种干旱监测指标中,对于安徽省干旱监测业务来说,CI指数为最优。

## 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,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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 姚玉璧,张存杰,邓振镛,等.气象、农业干旱指标综述[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):185-189.
- [6] 孙荣强.干旱定义及其指标评述[J].灾害学,1994,9(1):17-21.
- [7] 方文松,刘荣花,马志红,等.河南省冬小麦干旱评估指标初探[J].气象与环境科学,2008,31(3):12-14.
- [8] 赵旭春,王澄海,张永生,等.两种干旱指标在乌海地区干旱分析中的应用比较研究[J].气象科学,2007,增刊:162-168.
- [9] 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.
- [10] 庞万才,周晋隆,王桂芝.关于干旱监测评估指标的一种新探讨[J].气象,2005,31(10):32-34.
- [11] 马柱国,符淙斌.中国北方地表湿润状况的年际变化趋势[J].气象学报,2001,59(6):737-746.
- [12] 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.
- [13] 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,2007:10-12.