

云南中北部地区 1954 - 2012 年干旱评价研究

韩元元, 刘辉

(贵州省水利水电勘测设计研究院, 贵阳 550002)

摘要: 利用云南中北部地区 6 个气象站点 1954 - 2012 年资料, 选用标准化指数计算各站点干旱指数, 统计分析了云南中北部地区 1954 - 2012 年发生干旱的年份及发生不同干旱的频次。研究结果表明:①临沧站出现干旱的年份较多, 但蒙自站出现极端干旱的年份明显高于其他 5 站;②各站点在不同季节出现干旱的频次不同, 其中腾冲在春季相比于其他 5 站, 发生干旱的频率较高 35.6%, 临沧站在夏季和冬季发生干旱频率均较大, 分别为 35.6% 和 37.9%, 蒙自站在秋季发生干旱频率最大, 为 34.8%。研究成果可为云南中北部地区的干旱评价分析和水资源保护提供一定的参考价值。

关键词: 标准化降水指数; 干旱统计; 干旱频次; 干旱评价; 云南中北部地区

中图分类号: P338.6

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)01-0111-05

Study on evaluation of drought in central north region of Yunnan Province from 1954 to 2012

HAN Yuanyuan, LIU Hui

(Institute of Hydro and Power Design of Guizhou Province, Guiyang 550002, China)

Abstract: The paper used the data from 6 meteorological stations in central and northern areas of Yunnan from 1954 to 2012, and selected standardized index to calculate drought index of each site, and analyzed drought years and frequency of occurrence of different drought occurred in the period of 1954 to 2012 in north central area of Yunnan. The research results show that the Lincang station appears more drought years, the year number of extreme drought appeared in Mengzi station is higher than that in other 5 stations; the drought frequency each site is different in different seasons. The drought frequency in Tengchong in spring is higher than that in other 5 stations and reaches 35.6%. The drought frequencies are the greatest in Lincang station in summer and winter, and are 35.6% and 37.9% respectively. The drought frequency in Mengzi station in autumn is 34.8% which is the maximum. The research can provide a certain reference for drought evaluation and protection of water resources in central and northern area of Yunnan.

Key words: standardized precipitation index (SPI); drought statistics; frequency of drought; evaluation of drought; central and northern area of Yunnan

干旱灾害是我国最为严重的自然灾害之一, 严重影响了我国经济的健康发展, 我国发生的干旱具有发生频率高、分布面积广、持续时间长以及危害性大的特点^[1]。据相关统计, 从 20 世纪 70 年代以来, 干旱每年造成的经济损失大概在一千多亿元。在全球气候变暖的趋势下, 干旱分布也出现了由北向东南方向扩张的趋势。云南地处我国大西南区域, 历来以雨水丰沛著称, 云南的水资源总量位居全国第

3, 但从 2010 年以来, 云南地区出现了百年不遇的大旱, 此次干旱持续时间长, 强度大, 给云南地区的农作物和人民生活带来了重大影响, 因此对云南地区的干旱情况进行定量评价, 为该地区的干旱评估和水资源保护提供重要的参考价值。

干旱指标是旱情描述的数字表达, 是对干旱程度的定量评价, 是对过去发生的干旱进行评价和统计的一个有效方法, 由于云南以前属于水资源量比

较充沛的地区,而云南地区的干旱评价研究相对较少,特别是运用在我国运用较为广泛的标准化指数进行干旱评价的研究相对更少,因此本文结合云南地区6个气象站点长系列的降雨资料,运用标准化降雨指数,定量计算各站点的SPI值,并统计不同程度干旱发生的频次,定量评价和分析云南地区在1954-2012年干旱情况,研究成果可以为云南地区的干旱评价和水资源保护提供借鉴价值。

1 研究方法及站点概况

1.1 研究方法

标准化降水指数SPI能够很好的反映出干旱发生的强度以及持续的时间,使得用同一种干旱指标反映不同时间尺度和区域的干旱状况变成可能,因此在我国大部分地区得到了较为广泛的运用^[2-10],但该指数在云南中北部地区的运用研究相对较少。标准化降水指数假设降水量服从 Γ 分布,考虑降水服从偏态分布的实际,随后进行正态标准化的处理,使得同一个干旱指数可以反映不同时间尺度和不同类型的水资源的状况,也是继Pamler指数^[11]之后又一被广泛认可的干旱指数,加之标准化指数需求的资料相比于Pamler指数较少,因此其运用广泛度要好于Pamler指数,该指数的计算原理如下所示:

(1)假设某个时段的降水量为随机变量 x ,则其 τ 分布概率密度函数的计算公式为:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} x^{\gamma-1} e^{-x/\beta}, \quad x > 0 \quad (1)$$

式中: $\beta > 0, \gamma > 0$ 分别为尺度和形状的两个参数,这两个参数可以用极大似然估计的方法求得,其计算公式为:

$$\hat{\gamma} = \frac{1 + \sqrt{1 + 4A/3}}{4A} \quad (2)$$

$$\hat{\beta} = \bar{x} / \hat{\gamma} \quad (3)$$

$$A = \lg \bar{x} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg x_i \quad (4)$$

式中: x_i 为降水资料的样本系列; \bar{x} 为降水量气候平均值。

确定以上概率密度的函数中的参数以后,对于某一年的降水量 x_0 后,可以求出随机变量 x 小于 x_0 事件的概率为:

$$F(x < x_0) = \int_0^{x_0} f(x) dx \quad (5)$$

然后利用数值积分可以估算概率近似的估计值。

(2)计算降水量为0的时间概率可以由下式进行估算:

$$F(x = 0) = m/n \quad (6)$$

式中: m 为降水量为0的样本数; n 为总的样本数。

(3)对 Γ 分布概率进行正态的标准化处理,将(5)和(6)式求得的概率值代入到标准化正态分布函数中,即:

$$F(x < x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (7)$$

对上式进行近似求解可以得到:

$$Z = S \frac{t - (c_2 t + c_1) t + c_0}{((d_3 t + d_2) t + d_1) t + 1.0} \quad (8)$$

式中: $t = \sqrt{\ln \frac{1}{F}}$, F 为公式(5)和(7)所求得的概率,并且当 $F > 0.5$ 时, $S = 1$;当 $F < 0.5$ 时, $S = -1$ 。其余的参数为 $c_0 = 2.515517$; $c_1 = 0.802853$; $c_2 = 0.010328$; $d_1 = 1.432788$; $d_2 = 1.432788$; $d_3 = 0.001308$ 。

由公式(8)计算的 Z 值即为标准化的降水指数SPI的计算值。

1.2 研究站点概况

本文选取云南省6个气象站点作为研究站点,各站点地理位置见表1,由于需要长系列的气象站点降雨数据,因此按照系列长度选取6个站点作为研究站点,基于6个气象站点1954-2012年日降水资料,运用标准化降水指数方法定量分析云南地区1954-2012年出现干旱的情况。

表1 各气象站点地理信息表

站名	经度/°	纬度/°	海拔高度/m
昆明	102.41	25.01	18924
丽江	100.13	26.52	23924
临沧	100.05	23.53	15024
蒙自	103.23	23.23	13007
澜沧	99.56	22.34	10548
腾冲	98.30	25.01	16546

2 计算结果及干旱评价分析

基于云南中北部地区6个气象站点降水资料,运用标准化指数计算了各站点的干旱指数,其中标准化指数的旱涝划分等级见表2。

2.1 年尺度干旱评价

基于6个站点的降水资料,统计各站点年降水

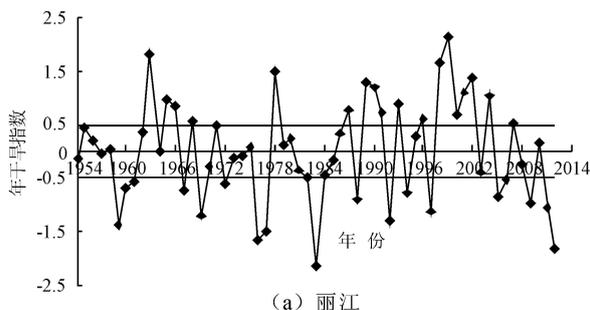
量、计算其年标准化干旱指数,并统计云南中北部地区发生年干旱的频率,为分析干旱发生的连续性,统计连续发生 3、5、7、10 a 干旱的频率,统计分析结果见图 1、表 3、4。

表 2 标准化指数旱涝等级划分表

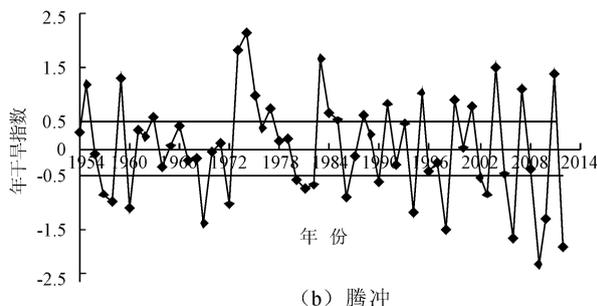
标准化降水指数(SPI)	旱涝等级
< -1.96	极端干旱
-1.96 ~ -1.48	严重干旱
-1.48 ~ -1.0	中等干旱
-1.0 ~ -0.5	轻微干旱
-0.5 ~ 0.5	正常
0.5 ~ 1.0	轻微湿润
1.0 ~ 1.48	中等湿润
1.48 ~ 1.96	严重湿润
> 1.96	极端湿润

从表 3 中可以看出各站点在 1954 - 2012 年间,均都发生极端干旱的情况,但发生极端干旱的年份

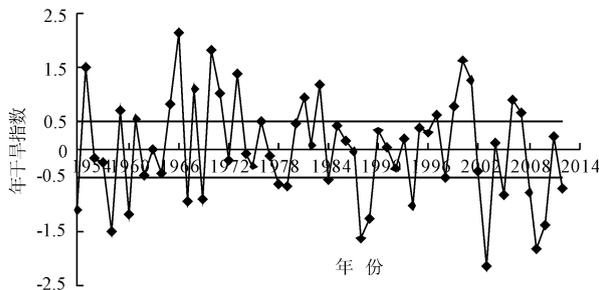
都较低,均为 1 a,临沧站在 1954 - 2012 发生轻微干旱的年份较多,为 10 a,澜沧站发生轻微干旱的年份相比于其他 5 站,较少,为 8 a,除蒙自站外,其他 5 站在 1954 - 2012 年发生中等干旱的年份相同,蒙自站发生中等干旱的年份相比于其他 5 站,少 1 个年份,同样,除昆明站外,其他 5 站发生严重干旱的年份相同。表 4 为各站点在 1954 - 2012 年发生连续干旱的年份,从表中可以看出,蒙自站发生 2 a 连续干旱的次数较多,临沧站发生连续 2 a 干旱的年份较少,丽江站、腾冲站以及临沧站发生 3 a 连续干旱的次数相同,蒙自站、昆明站以及澜沧站发生连续 3 a 干旱的次数相同,丽江站、腾冲站以及临沧站没有发生连续 4 年干旱情况,而澜沧发生连续 4 年干旱的次数相比于其他几站要高。从表 4 还可以看出,各站发生连续 2 a 的干旱的频次要大于发生连续 3 a 干旱的频次,发生连续 3 a 干旱的频次要大于连续 4 a 干旱的频次,呈现逐渐递减的关系。



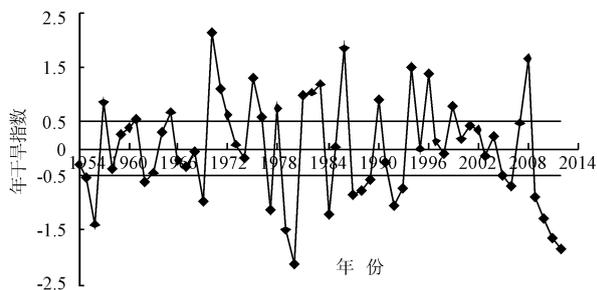
(a) 丽江



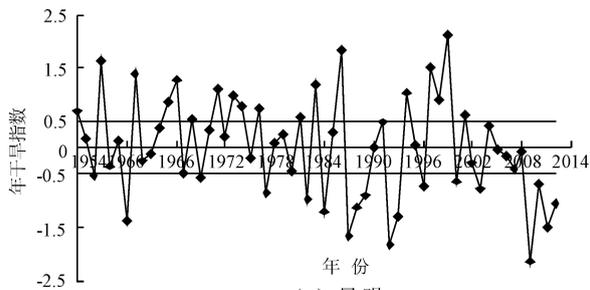
(b) 腾冲



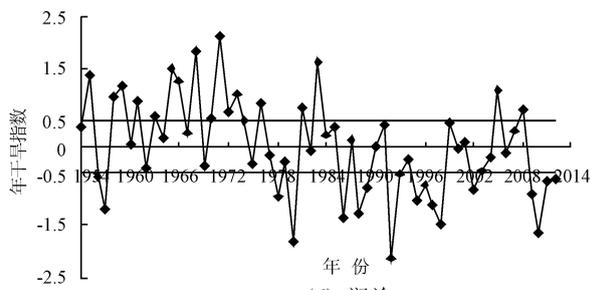
(c) 临沧



(d) 蒙自



(e) 昆明



(f) 澜沧

图 1 云南地区 6 个气象站点 1954 - 2012 年干旱指数

表3 各站点在1954-2012年间发生不同程度干旱的次数

站点名	轻微干旱	中等干旱	严重干旱	极端干旱	总干旱
丽江	9	5	3	1	18
腾冲	9	5	3	1	18
临沧	10	5	4	1	20
蒙自	9	4	1	3	17
昆明	9	5	4	1	19
澜沧	8	5	3	1	17

表4 各站点在1954-2012年间发生连续年干旱的频次

站点名	连续年发生干旱		
	连续2年	连续3年	连续4年
丽江	4	1	0
腾冲	4	1	0
临沧	2	1	0
蒙自	5	2	1
昆明	3	2	1
澜沧	5	2	2

2.2 月尺度干旱评价

为对云南中北部地区月尺度干旱进行评价和分析,基于所选取的6个站点的1954-2012年月降水量,计算了不同站点月干旱指数,见图2,并基于计算的月干旱指数,统计分析各站点连续3个月、5个月、7个月发生干旱的频次,统计结果见表5。

从表5可看出昆明站发生连续3个月干旱的频率较大,为18.23%,澜沧站发生3个月连续干旱的频率较低,而腾冲站连续5个月发生干旱的频率要大于其他5站,澜沧站发生5个连续干旱的频率相比于其他5站依旧较低,为9.45%,各站连续发生7个月干旱的频率要低于连续发生3个月和5个月份的干旱频率,其中,昆明站在连续7个月干旱发生频

率居高,其发生干旱的频率为9.23%,临沧站出现连续7个月干旱的频率相比于其他5站较低,为5.23%,从表中还可以看出,各站点发生连续3个月、连续5个月以及连续7个月的干旱频率逐渐递减,各站连续3个月发生干旱的频率最高,其次是连续5个月,各站发生连续7个月的干旱频率较低。

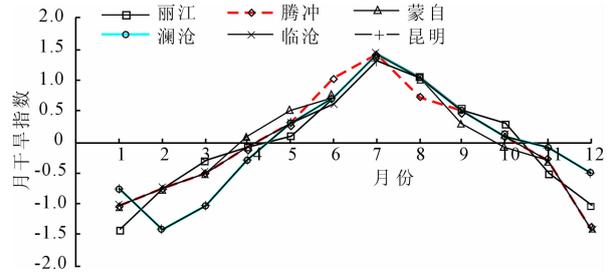


图2 云南地区6个气象站点1954-2012年多年月平均干旱指数过程

表5 各站点在1954-2012年期间发生连续月干旱的频率统计 %

站点名	连续月干旱		
	连续3个月	连续5个月	连续7个月
丽江	14.23	15.12	6.25
腾冲	16.28	17.23	8.24
临沧	10.28	11.23	5.23
蒙自	17.23	10.25	6.45
昆明	18.23	17.25	9.23
澜沧	11.25	9.45	6.15

2.3 季尺度干旱评价

考虑到干旱给农业种植带来的巨大损失,本文还分析了云南中北部地区春、夏、秋、冬4个季节干旱指数,并统计分析了6个站点不同季节出现不同程度干旱的频率,具体结果见表6。

表6 各站季干旱月数频率统计 %

站点	春季					夏季					秋季					冬季				
	微旱	中旱	严旱	极旱	总干旱	微旱	中旱	严旱	极旱	总干旱	微旱	中旱	严旱	极旱	总干旱	微旱	中旱	严旱	极旱	总干旱
丽江	13.1	5.4	1.8	6.5	27.4	17.2	10.9	4.0	0.0	32.8	13.8	9.2	3.4	0.0	26.4	16.7	7.5	4.6	0.0	28.2
腾冲	16.1	13.2	4.0	2.3	35.6	14.9	3.6	3.6	4.8	26.8	11.3	6.0	0.6	7.1	25.0	13.7	5.5	1.8	6.5	27.5
临沧	9.1	12.1	5.9	3.0	30.1	17.2	13.2	2.3	2.9	35.6	20.1	8.6	5.3	0.6	34.6	18.4	13.8	4.0	1.7	37.9
蒙自	19.5	9.3	4.0	0.0	32.9	10.9	9.1	9.1	1.8	30.9	10.2	8.5	11.3	4.8	34.8	10.3	10.9	9.7	6.1	37.0
昆明	10.9	6.9	5.7	0.6	24.1	8.6	10.3	5.2	1.1	25.3	16.1	8.6	3.4	1.1	29.3	13.2	7.5	4.6	1.1	26.4
澜沧	7.9	3.2	2.3	6.9	20.3	7.5	8.5	6.6	0.9	23.5	12.3	7.5	2.3	0.8	22.9	10.5	8.3	5.2	1.1	25.1

从表 6 中可以看出腾冲站在春季发生干旱的频率较高,为 35.6%,高于其他五站的干旱发生频率,澜沧站在春季发生干旱的频率较低,为 20.3%,但是澜沧站发生极端干旱的频率却最大,为 6.9%,可见,虽然站点发生总干旱的频率不大,但是可能发生极端干旱的频率较高。夏季临沧站发生总干旱的频率较大,为 35.6%,澜沧站同样和在秋季一样,发生总干旱的频率较低,腾冲站在夏季比较容易发生极端干旱,其极端干旱发生频率为 4.8%。在秋季,蒙自站发生干旱的频率较高,为 34.8%,澜沧站发生干旱的频率较低,为 22.9%,同样,腾冲站在秋季也比较容易发生极端干旱的情况,而到了冬季,临沧站发生干旱的频率比其他 5 站发生干旱的频率要大,为 37.9%,发生干旱频率较低的站为澜沧站,其干旱频率为 25.1%。可见,在 4 个季节中,夏季各站发生干旱的频率均较高,其次是冬季、秋季和春季。

3 结 语

本文运用标准化指数 SPI 计算分析了云南地区 1954-2012 年的干旱指数,并统计了云南中北部地区丽江站、腾冲站、临沧站、蒙自站、昆明站以及澜沧站年、月、季干旱尺度,对云南中北部地区的干旱情况进行了定量评价分析,研究取得以下结论:

(1) 在 1954-2012 年间,昆明站和澜沧站发生干旱的次数较多,均为 19 次,各站发生连续 2 a,连续 3 a 以及连续 5 a 干旱的次数呈现逐渐递减的关系;

(2) 昆明站发生连续 3、5 以及 7 个月的干旱频率最高,其次是腾冲站,临沧站最低;

(3) 各站在 4 个季节发生干旱的频率不同,这主要是受各站 4 个季节降雨分布影响造成的,其中,腾冲在春季发生频率干旱较大,临沧站在夏季和冬季发生干旱频率均较大,蒙自站在秋季发生干旱频

率较大。

参考文献:

- [1] 王劲松,李耀辉,王润元,等. 我国气象干旱研究进展评述[J]. 干旱气象, 2012, 30(4): 497-508.
- [2] 袁云,李栋梁,安迪. 基于标准化降水指数的中国冬季干旱分区及气候特征[J]. 中国沙漠, 2010, 30(4): 917-925.
- [3] 黄晚华,杨晓光,李茂松,等. 基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近 58 a 演变特征[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 50-59.
- [4] 刘艳丽,王国庆,顾颖,等. 基于改进的标准化降水指数的黄河中游干旱情势研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(10): 75-80.
- [5] 王素萍,张存杰,李耀辉,等. 基于标准化降水指数的 1960-2011 年中国不同时间尺度干旱特征[J]. 中国沙漠, 2014, 34(3): 827-834.
- [6] 韩萍,王鹏新,王彦集,等. 多尺度标准化降水指数的 ARIMA 模型干旱预测研究[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(2): 212-218.
- [7] 刘可晶,王文,朱焯,等. 淮河流域过去 60 年干旱趋势特征及其与极端降水的联系[J]. 水利学报, 2012, 43(10): 1179-1187.
- [8] 王彦集,刘峻明,王鹏新,等. 基于加权马尔可夫模型的标准化降水指数干旱预测研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(5): 198-203.
- [9] 王景红,张勇,刘璐. 基于多尺度标准化降水指数的陕西苹果主产区气象干旱分析[J]. 气象, 2013, 39(12): 1656-1662.
- [10] 王媛媛,张勃. 基于标准化降水指数的近 40 a 陇东地区旱涝时空特征[J]. 自然资源学报, 2012, 27(12): 2135-2144.
- [11] 叶建刚,申双和,吕厚荃. 修正帕默尔干旱指数在农业干旱监测中的应用[J]. 中国农业气象, 2009, 30(2): 257-261.