基于 SPI 指数的贵州省气象干旱时空演变分析

Analysis of Temporal and Spatial Evolution of Meteorological Drought in Guizhou Province Based on SPI Index

袁伟韬
Weitao Yuan

贵州省第一测绘院 贵州 贵阳 550025

Guizhou first Institute of Surveying and mapping Guiyang Guizhou 550025

摘 要: 本文以标准化降水指数为气象干旱指标,利用 1960-2016 年逐日的降水数据对贵州省的干旱强度和干旱频率进行特征分析。研究发现:1960-2016 年以来贵州省干旱发生频率整体呈下降趋势,且各地分布不平衡。贵州省以春夏两季干旱较为严重,秋季次之,冬季最弱;气象干旱强度空间分布特征与降雨空间分布特征具有一致性,呈“北多南少,西多东少”。

Abstract: In this paper, the standardized precipitation index is used as the meteorological drought indicator, and the daily precipitation data from 1960 to 2016 are used to analyze the characteristics of drought intensity and drought frequency in Guizhou Province. The study found that since 1960-2016, the frequency of droughts in Guizhou Province has shown a downward trend as a whole, and the distribution has been uneven across regions. In Guizhou Province, the drought is more serious in spring and summer, followed by autumn, and the weakest in winter. The spatial distribution of meteorological drought intensity is consistent with the spatial distribution of rainfall, showing "more in the north, more in the south, and less in the east".

关键词: 气象干旱;时空分布特征;标准降水指数(SPI);贵州省

Keywords: Meteorological drought; Temporal and spatial distribution characteristics; Standard Precipitation Index (SPI); Guizhou Province

DOI: 10.36012/etr.v2i12.3059

1. 引言

旱灾作为影响最为广泛和造成损失最为严重的自然灾害之一,干旱主要可以分为 4 种类型^[1],即气象干旱、水文干旱、农业干旱、社会经济干旱。旱灾不仅可以导致粮食产量和供水减少、生态环境严重恶化,极端和特重干旱甚至还可以引起大量人口死亡和朝代更迭,是制约农业发展、生态环境保护等的重要影响因素^[2]。因此根据特定区域选择较客观和可行的干旱指标进行分析,不仅可以了解干旱发生、发展的规律,预防旱灾;而且有助于进行旱灾风险评估,防患于未然^[3]。本文利用标准降水指数(SPI)可以详细描述干旱发生的起始、结束时间及干旱的发生过程的优势,同时结合统计分析

和 ArcGIS 优势性空间分析功能,研究贵州省长时间序列的气象干旱强度及频率的时空特征及规律,为贵州省气象干旱的监测和预防提供一定的理论依据。

2. 研究区概况

贵州省,简称“黔”或“贵”,介于东经 103°36′~109°35′、北纬 24°37′~29°13′之间,(如图 1)。由于各种因素的影响,形成四季分明,冬暖夏凉,雨水丰沛,光、热、水变化基本同步,气候地域差异大等气候特点^[4]。由于每年季风不稳定,致使春、夏季雨水年际之间波动和年内雨量时空分布不均而导致春旱和夏旱,是贵州农业发展限制的两大气象灾害,贵州夏旱的地域分布是东部重、西部轻,或东北部重、西北部轻。

图1 贵州省气象站点分布图

图2 1960-2016年平均降雨量分布图

3.数据与方法

本文研究采用的数据来源于中国气象科学数据服务网 (<http://data.cma.cn/>)1960-2016年贵州省31个气象站(如图1)逐日降水量实测数据。

标准化降水指数^[5](Standardized Precipitation Index, SPI)是反映某时段内的降水量出现概率多少的指标之一,只需要较长时间的降水量数据,即可计算不同时间尺度的干旱指数。利用较长时间的降水量资料, SPI 计算公式如下:

$$SPI = s \frac{t - (c_2 + c_1) + c_0}{((d_3 + d_2)t + d_1)t + 1.0}$$

公式中:S—概率分布正负系数; c_0 、 c_1 、 c_2 、 d_1 、 d_2 、 d_3 、 Γ 分布函数转变为累积频率简化近似求解公式的计算

参数 $c_0=2.515517$, $c_1=0.802853$, $c_2=0.010328$, $d_1=1.432788$, $d_2=0.189269$, $d_3=0.001308$ 。

本文研究中计算了 SPI1、SPI3、SPI12 和 SPI36(分别为 1、3、12 和 36 个月尺度的 SPI 值),依据相关研究,对 SPI 进行

干旱等级划分^[6](表 1)。

表 1 标准降水指数 (SPI) 干旱等级划分

干旱等级	类型	SPI
1	无旱	$-0.5 < SPI$
2	轻旱	$-1.0 < SPI \leq -0.5$
3	中旱	$-1.5 < SPI \leq -1.0$
4	重旱	$-2.0 < SPI \leq -1.5$
5	特旱	$SPI \leq -2.0$

4.结果与分析

4.1 干旱强度多尺度分析

以贵州省 31 个气象站点 57 年逐日降水数据为基础,分别计算 1 个月、3 个月、12 个月、36 个月四个时间尺度的 SPI 值(分别用 SPI1、SPI3、SPI12、SPI36 表示),用以分析贵州省干旱情况的时间变化特征,如图 3。随着所选尺度的变大, SPI 浮动的范围减小,变化区域平稳。较小尺度可以很好的反映具体的变化特征,对其变化的响应较显著,正负变化大,频率变化快;而较大尺度能从整体上把握大体走势变化问题^[7]。本文主要选用 3 个月时间尺度(反映季节干旱)和 12 个月(反映旱涝阶段性)时间尺度的 SPI 指数来研究分析,1 个月和 36 个月时间尺度的 SPI 指数为对比研究数据。由图 3 (SPI1 值)可知,1963 年 1 月 ($SPI=-2.19$)、1972 年 1 月 ($SPI=-2.07$)、1988 年 11 月 ($SPI=-2.25$)、2010 年 2 月 ($SPI=-2.05$)和 2013 年 7 月 ($SPI=-2.28$) SPI1 值均小于等于 -2.0,旱情达到特旱程度,而 1969 年 2 月 ($SPI=-1.86$)、1979 年 11 月 ($SPI=-1.55$)、1990 年 8 月 ($SPI=-1.59$)、1992 年 8 月 ($SPI=-1.67$)、2001 年 9 月 ($SPI=-1.58$)、2004 年 10 月 ($SPI=-1.55$)、2007 年 11 月 ($SPI=-1.97$)、2010 年 1 月 ($SPI=-1.57$)、2011 年 4 月 ($SPI=-1.53$)、2011 年 7 月 ($SPI=-1.84$)旱情达到严重干旱程度,由此可知, SPI1 能很好地反映月尺度特征和干旱严重程度。

图3 各时间尺度 SPI 指数时间变化图

由图3(SPI3值)看出,1972年夏季($SPI=-2.05$)、2010年春季($SPI=-2.08$)、2011年秋季($SPI=-2.31$),旱情达到特旱;而1967年冬季($SPI=-1.55$)、1987年春季($SPI=-1.52$),1988年冬季($SPI=-1.51$)、1989年冬季($SPI=-1.99$),1992年秋季($SPI=-1.68$)、2007年冬季($SPI=-1.72$)、2009年秋季($SPI=-1.67$)、2010年冬季($SPI=-1.67$)以及2011年春季($SPI=-1.92$),旱情达到重旱。由此,可得SPI3能很好地反映气象干旱情况及研究区季节变化特征。SPI12和SPI36属于较长时间尺度干旱变化,旱涝趋势变化特征明显[8],从图3(SPI12值)中可看出1989年9月至1989年10月、2010年4月至2010年5月、2011年8月至2012年4月处于严重干旱;从图3(SPI36)中还可以看出,2011年8月-2012年8月、2013年7月-2014年3月处于重旱的状态,1990年8月-1991年9月、2005年10月-2008年6月、2012年10月-2013年8月达到中旱。

为更好地描述气象干旱的空间垂直分布特征,选取1960-1970年、1970-1980年、1980-1990年、1990-2000年及2000-2010年5个时间段点作为研究不同时间尺度的SPI指数的空间分布特征。由图4可得:(1)同一年代,不同时间尺度的SPI值对同一地区干旱强度的刻画表现为,随SPI值的时间尺度的增加,干旱强度的空间刻画精度降低,即不同干旱等级在同一地区的分布级数减少。(2)不同年代,同一时间尺度的SPI值对贵州省的干旱程度的空间分布特征的表达,随时间的不断发展贵州省干旱强度变化特征为贵州省东北部地区(遵义及铜仁地区)干旱强度减弱,西部地区干旱加重(毕节及六盘水地区)。

贵州省干旱强度特征表现为:特旱重旱东北多,西南少;随着时间的发展西南地区干旱强度增大,东北地区干旱强度

逐渐减少(图4.1970_SPI_1_3—2010_SPI_1_3)。贵州省长时间序列的年平均降雨量呈现出北少南多的分布特征(图2)。

图4 各年代不同尺度 SPI 干旱图

4.2 干旱频率多尺度分析

本文为研究贵州省长时间尺度的不同等旱强度干旱频率的空间分布,统计1960-2016年贵州省不同干旱强度的干旱的次数,从而制作1960-2016年SPI指数不同等级干旱频率空间分布图(图5)。总体而言贵州省气象干旱频率分布呈现出“东多西少,北多南少”的空间分布规律。

由图5(a.1960-2016年轻旱)可得:贵州省大部分地区轻旱发生频率介于13.36%~15.46%,轻旱高频发生区主要集中在贵州省的毕节、遵义的西北地区及黔东南地区的东南部,干旱发生频率高达17.19%~20.18%。由图5(b.1960-2016年中旱)可得,贵州省大部分地区中旱发生频率介于7.32%~9.67%,中旱高频发生区主要集中在贵州省西部地区(毕节和六盘水的西部为主)发生频率介于10.85%~12.02%,由图5(b.1960-2016年重旱)可知,贵州省大部分地区发生重旱的频率介于2.67%~4.50%,重旱高频主要发生在贵州省毕节大部分地区、贵阳市中南部地区,且干旱发生频率介于4.50%~5.71%。同理,由图5(d.1960-2016年中旱)可得:全

省特旱发生频率低于 10%特旱高频发生区位于黔西南南部,黔南中南部,铜仁大部分地区及黔东南地区的西北部,且发生频率介于 2.07%~4.09%。

图 5 1960-2016 年 SPI 指数不同等级干旱频率空间分布

本文为更加详细研究贵州省干旱的频率空间分布特征,以 10 周年为时间尺度,分别研究贵州省多尺度的干旱频率空间分布特征(图 6)。依据相关研究理论将频率分为以下 5 类:低频(0-20%)、中低频(20-40%)、中频(40%-60%)、中高频(60-80%)、高频(80%-100%)。

由较短时间尺度(SPI1 和 SPI3)分析可得:贵州省气象干旱发生以中低频为主,且干旱频率呈递减趋势。由图 6 (SPI_1-1960-2010 年)可得,贵州省全是干旱的发生以中低频为主,低频发生区位于黔西南地区的西南部,气象干旱低频发生的原因可能与当地的植被及河流有关系,中频发生区位于遵义和安顺的小部分地区,如图 6(SPI_1_1980-1990 年、SPI_1_2000-2010 年)。由图 6(SPI_3_1960-2010 年)可得贵州省干旱发生频率整体由中低频转变为低频,除 1980-1990 年间,遵义大部分地区及贵阳市东南大部分地区、黔南西北少部分地区是干旱中频发生区如图 6(SPI_3_1980-1990 年)。

由长时间尺度(SPI12 和 SPI36)分析可得:贵州省气象干旱发生频率总体呈显著增加趋势,以 1980-1990 年间最为显著,频率分布呈“东高西低,北高南低”分布。由图 6.SPI12 得:气象干旱发生以低频和中低频为主(SPI_12_1960-1980 年),中低频发生区主要分布于贵州省西南大部分地区、毕节东北部、遵义西部及东北地区(SPI_12_1960-1970 年);中频发生区主要集中在铜仁及贵阳整体地区、遵义东部、黔东南

大部分地区及毕节西部地区(SPI_12_1980-1990 年);贵阳、毕节地区、安顺地区、六盘水地区、黔南地区的大部分地区、遵义西部、铜仁东南部、黔西南地区西南部及黔东南地区中部小部分地区(SPI_12_2000-2010 年);中高频发生区位于毕节西北部和黔南地区的中部及西南小部分地区(SPI_12_2000-2010 年)。

总体来看贵州省气象干旱主要以轻旱和中旱为主,全省干旱频率以低频和中低频为主,频率分布呈现出“东少西多,南少北多”的特征,中频发生区在 1980-1990 年主要分布于贵州省的东部地区,在 2000-2010 年分布以贵州省西部为主,中高频和高频发生区很少且面积很小。

图 6 多尺度干旱频率

5. 结论

本文基于 1960-2016 年实测气象数据,利用 SPI 定量分析了贵州省不同时间尺度干旱发生频率和发生强度,揭示了贵州省干旱发生的时空演变特征及趋势特征。主要结论包括:

(1)近 53 年贵州省不同时间尺度 SPI 对降水量变化的敏感程度不同,同一时间尺度的 SPI 值对贵州省的干旱程度的空间分布特征表现为随时间的发展贵州省整体干旱区面积逐渐减少,特旱及重旱地区面积尤为显著,以及干旱的空间分布特征为随时间的变化干旱发生区域由贵州省东北部

地区逐渐向西南地区移动。

(2)贵州省季节性干旱强度特征为随时间变化夏旱的干旱强度逐渐降低,其他季节干旱强度有所增加。

(3)从时空特征分析可得,贵州省气象干旱发生分布呈“北多南少,西多东少”空间特征,且与降雨空间分布特征具有一致性。对于季节性干旱,贵州省春夏两季干旱较为严重,秋季次之,冬季最弱。贵州省气象干旱强度及频率总体呈下降趋势。

参考文献

- [1] 郑秋红,杨霁云,罗蒋梅.3 种常用农业气象干旱指标及其在实际应用中的修订[J].中国农学通报,2015,31(09):252-256.
- [2] 夏敏,孙鹏,张强等.基于 SPEI 指数的淮河流域干旱时空演变特征及影响研究[J].生态学报,2019,39(10):3643-3654.

- [3] 王旖旎,杜鹃,徐伟.辽宁省农业气象干旱灾情时空特征分析[J].国土与自然资源研究,2019(02):85-91.
- [4] 程清平.基于网格的贵州省干旱时空变化特征与旱灾风险评估[D].福建师范大学,2017.
- [5] 袁文平,周广胜.标准化降水指标与 Z 指数在我国应用的对比分析[J].植物生态学报,2004,28(4):523-529.
- [6] 张强,邹旭恺,肖风劲,等.气象干旱等级(GB/T 20481—2006)[S].北京:中国标准出版社,2006:12-17.
- [7] 李韵婕.中国西南地区区域性气象干旱事件的特征及成因诊断[D].南京信息工程大学,2014.
- [8] 严小冬,李扬,夏阳,胡跃文,杨春艳.1961—2016 年贵州省持续性干旱特征及成因分析[J].中低纬山地气象,2019,43(03):1-7.

(上接第 29 页)

至 0.6Mpa 稳压 1 小时,并再次检查各户室内是否漏水,压力降不超过 0.05MPa 则试压合格。

(4)试压完毕放水,从一楼注水处放水到室内下水管道中,再将地下室中存水通过泄水阀门放水,用污水泵将地沟中的水排至室外污水管网,再将泄水阀门关闭。

4.2 对室外采暖、热水管网进行试水、试压。

(1)将出交换站的各系统供回水总阀门关闭(或加装盲板),再将各栋楼的人单元供回水总阀门关闭(或加装盲板),关闭不严的阀门进行清理或者更换新阀门。

(2)对室外管网逐根管道分别注水,并沿管道敷设位置检查是否有漏水现象(必要时,可采用检漏仪),若发现埋地管道漏水,将漏水部位挖出并进行处理,处理完毕后,再进行注水,管道在 0.4MPa(自来水压力下)保持 24 小时,管网无渗漏;再用打压泵升压至试验压力(1.0Mpa),稳压 10 分钟,压力降不超过 0.05Mpa 为合格。

(3)试压合格后,埋地漏水部位管道回复原有的刷漆保温,埋地的覆土恢复原状。打开交换站的各系统供、回水总阀门(去除盲板)和每个系统末端入单元供、回水总阀门(去除

盲板),从交换站内进行注水,并启动循环水泵,进行室外管网冲洗,将管网中的杂质冲洗干净,以水色不混浊为合格。

随后于 12 月 30 日~1 月 2 日组织了三个小区采暖系统的冷态试运行和管网冲洗工作,期间小区各住户积极配合,保证了小区冷态试运安全,达到给住户造成损失最小。并于 2017 年 1 月 15 日市政开始缓慢供热,保证了三个小区供热时,未出现大的问题,项目部并安排各试水试压承包单位留值班维修人员及联系方式,保证电话 24 小时畅通,针对出现问题能够及时处理。

5. 结束语

经过三个月紧张的按部就班程序试水试压工作,解决了室内外管道系统存在等 95%以上的问题,某小区三个小区供暖、热水系统水压试验和维修工作圆满结束。市政热网热水送达某小区各交换站,小区采暖系统运行正常,达到了预期的效果。

参考文献

- [1] 李安桂,史丙金,张婉卿,李成,毛晶晶.基于太阳能利用的相变蓄热水箱结构优化[J].太阳能学报.2020(02)