

文章编号:1001-4179(2013)11-0005-04

南盘江流域季节性干旱时空分布特征研究

杨茂灵¹, 王 龙¹, 高 瑞¹, 杨 蕊¹, 付 奔²

(1. 云南农业大学 水利水电与建筑学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南省水文水资源局, 云南 昆明 650228)

摘要: 为了有效减少干旱损失, 以及为合理预测干旱提供依据, 对南盘江流域干旱的发生规律和形成成因进行了研究。选取流域范围内 25 个气象站 40 a (1971~2010 年) 的逐月降水和气温资料, 计算 RDI 干旱指标, 统计近 40 年来各站点发生干旱次数, 以每个站点当年 11 月至次年 5 个月时间尺度的 RDI 多年平均值为指标, 进行空间插值, 并结合降水和气温分布分析南盘江流域季节性干旱时空分布特征。认为: 流域季节性干旱加剧; 各个地区都会发生不同程度的气象干旱; RDI 指数的较小值区域与降水较少、气温较高的区域基本吻合, 中部大部分地区、南部和东北部的部分地区干旱较严重。

关键词: 季节性干旱; 干旱侦测指标; 时空分布; 南盘江流域

中图法分类号: P338.6 文献标志码: A

1 研究背景

季节性干旱是西南地区发生频率最高、持续时间最长、危害范围最广、经济损失最大的农业自然灾害^[1-2]。云南省在 2005 年发生异常春旱, 2009~2011 年连续 3 a 的干旱都给当地农业生产和社会经济造成了严重影响。为了有效减少干旱损失, 需要研究干旱规律和成因来为干旱的预测提供依据。目前主要的预测方法有简单的经验统计分析、定性预报方法、数理统计方法、动力学方法^[3]。因云南省南盘江流域地形地貌较为复杂, 形成干旱的因子较多, 干旱导致的损失严重, 故研究流域的干旱时空分布特征极其重要, 尤其是需要研究季节性变化和趋势变化差异特征, 为流域防旱、抗旱提供依据。选取适合的干旱指标是研究区域干旱的基础, 也是衡量干旱程度的标准和关键环节^[4-5]。目前, 国内外建立了多种干旱检测指标, 并对干旱形成机理进行了多方面的研究, 如标准化降水指数(SPI), 它是反映干旱强度和持续时间的一种指标, 计算和获取资料都较简单, 缺点是只考虑了降水一个单一的因素。20 世纪 70 年代帕尔默干旱指标(PDSI)

引入中国^[6], 该指标综合考虑了降水、蒸发和土壤湿度等多个因子, 但是计算相对复杂、收集资料困难, 不适宜大面积推广使用。本次研究选用干旱侦测指数(Reconnaissance Drought Index, RDI), 该指标考虑了降水和潜在蒸发量两个因子, 计算和收集资料相对简单, 在芬兰和马耳他等欧洲国家已经得到应用^[7]。本文研究选用云南省南盘江流域 25 个气象站的逐月降水和气温资料, 计算 5 个月时间尺度的 RDI 值, 采用反距离插值法, 在 Surfer 8.0 下将 25 个站点的 RDI 均值进行空间插值, 并与气温和降水的等值线图相结合, 探讨南盘江流域季节性气象干旱的空间分布特征。

2 研究区域概况与方法

2.1 研究区域概况

南盘江属于珠江流域西江水系, 位于云贵高原的东南斜坡上, 北与金沙江、牛栏江相邻, 西南与红河流域相接。该流域发源于云南省曲靖市沾益县马雄山, 向南流经沾益、麒麟、陆良、石林、宜良、华宁、弥勒等县, 在开远市小龙潭转向东北, 经弥勒、泸西、丘北、师宗至罗平县三江口的滇、黔、桂三省交界处出省境。云

收稿日期: 2013-03-18

基金项目: 水利部公益性行业专项“云南旱灾应急响应系统研究”(201001044); 国家科技支撑计划项目(2012BAD40B00)

作者简介: 杨茂灵, 女, 硕士研究生, 主要从事区域水资源开发与利用方向研究。E-mail: yty82797@126.com

通讯作者: 王 龙, 男, 副教授, 主要从事区域水资源开发与利用研究。E-mail: ynnndwl@126.com

南境内河长 766 km, 面积约为 4.32 万 km², 流域多年平均降雨量为 921.1 mm, 多年平均径流量为 10.8 亿 m³。流域气候处于西部季风气候与东部季风气候的过渡区, 干湿季节变化明显, 容易发生季节性干旱。5~10 月因受西南季风影响, 湿润多雨, 且多暴雨; 11 月至次年 4 月经常受西来干暖大陆气团的影响, 出现干季。研究区范围见图 1。

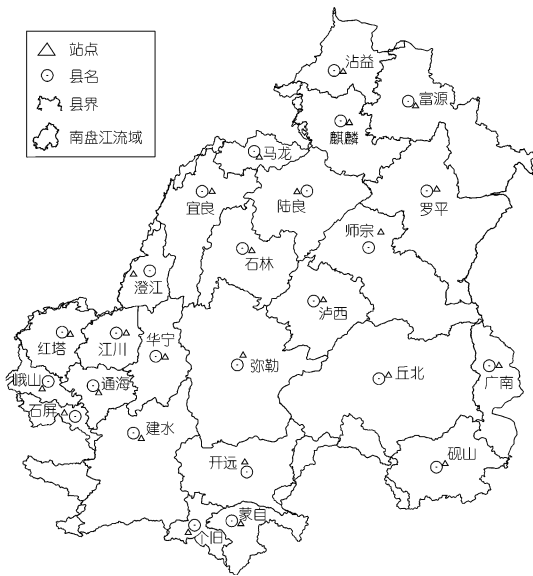


图 1 研究区范围及气象站点分布

2.2 数据资料与方法

选用南盘江流域内 25 个气象站 40 a (1971~2010 年) 的逐月降水和气温资料, 通过 RDI 指数来分析流域的时空分布特征。

2.3 RDI 原理及等级划分

2.3.1 RDI 的计算方法

RDI 有 3 种表现形式: 初始值 a_k 、正规化 RDI (RDI_n) 和标准化 RDI (RDI_{st}), 本文主要针对 a_k 和 RDI_{st} [8-9]。 a_k 是指参考时期内总降雨量与总蒸发量的

比值, 即
$$a_k = \frac{\sum_{j=1}^{j=3k} P_j}{\sum_{j=1}^{j=3k} PET_j}$$
 潜在蒸发量 PET 采用

Thornthwaite 方法计算。假设 a_k 服从 Γ 分布, Γ 分布的概率密度函数为

$$f(a_k) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} a_k^{\alpha-1} e^{-a_k/\beta} \quad a_k > 0$$

计算过程和标准化降水指数相类似, 最终 RDI 可以根据 $RDI = S \frac{t - (c_2 t + c_1)t + c_0}{[(d_3 t + d_2)t + d_1]t + 1.0}$ 求得, 具体的计算步骤见文献 [8-9]。

2.3.2 RDI 干旱指数等级划分

按照国家气象局规定的气象干旱等级标准, 把 SPI 划分为 5 个干旱等级 [10], 因 RDI 指数的计算原理和 SPI 类似, 故 RDI 采用和 SPI 相同的等级划分标准, 见表 1。

表 1 RDI 干旱等级的划分

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

3 计算结果及分析

3.1 RDI 时间尺度选择

根据彭贵芬等人研究云南省干旱的气候特征及变化趋势的结论可知, 云南省 1~3 月干旱最严重, 其次是 11~12 月 [11], 所以本文选取 11 月至次年 3 月为研究时间段, 计算 5 个月时间尺度的 RDI, 构成南盘江流域干旱指数序列。

3.2 RDI 计算结果

根据计算得到 25 个气象站点 5 个月时间尺度的 RDI 值, 见图 2。对 25 个站点 40 a 的 RDI 值序列采用 Mann-Kendall 检验和趋势分析发现, 有 14 个站点在 1992 年发生突变, 故以 1992 年作为分界点来分析干旱变化趋势, 见表 2。

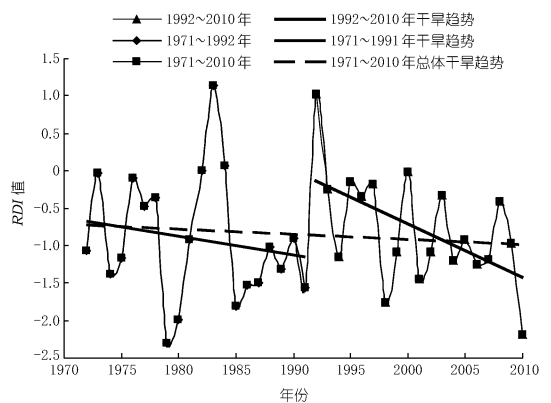


图 2 5 个月时间尺度的 RDI 变化趋势

3.3 空间插值结果

计算南盘江流域 25 个站点 5 个月时间尺度的 RDI 值, 统计近 40 a 来研究时间段内各个站点发生的干旱次数, 在 Surfer 8.0 下, 采用反距离插值法生成研究区 5 个月时间尺度的 RDI 等值线图、11 月至次年 3 月的干旱频次等值线图、降水等值线图和气温等值线图分别见图 3~6。

表 2 不同时期 11 月至次年 3 月 RDI 变化趋势及显著性

序号	站名	趋势斜率和显著性		序号	站名	趋势斜率和显著性	
		1972~1991 年	1992~2010 年			1972~1991 年	1992~2010 年
1	砚山	0.0062	-0.0471 *	14	华宁	-0.0515	-0.087 **
2	通海	-0.0438	-0.0774 **	15	建水	-0.0284	-0.0814 *
3	石屏	-0.0382	-0.0624 **	16	江川	-0.0348	-0.0841 **
4	石林	-0.0282	-0.0701 ***	17	泸西	-0.0395	-0.0923 **
5	师宗	-0.0381	-0.0621 **	18	开远	-0.019	-0.079 **
6	沾益	-0.0383	-0.0489	19	陆良	-0.026	-0.0862 **
7	玉溪	-0.0375	-0.0716 *	20	罗平	-0.0275	-0.0693 *
8	宜良	-0.038	-0.095 ***	21	马龙	-0.0241	-0.0612
9	澄江	-0.0264	-0.078 **	22	蒙自	-0.0051	-0.0698 *
10	峨山	-0.0601	-0.0847 **	23	弥勒	-0.0356	-0.0748 **
11	富源	-0.0189	-0.0584	24	丘北	-0.0536	-0.0585
12	个旧	-0.0001	-0.0782 *	25	曲靖	-0.0497	-0.0574
13	广南	-0.0094	-0.0653				

注: * 为显著, 显著性水平 $\alpha = 0.1$; ** 为显著, 显著性水平 $\alpha = 0.05$; *** 为显著, 显著性水平 $\alpha = 0.01$ 。

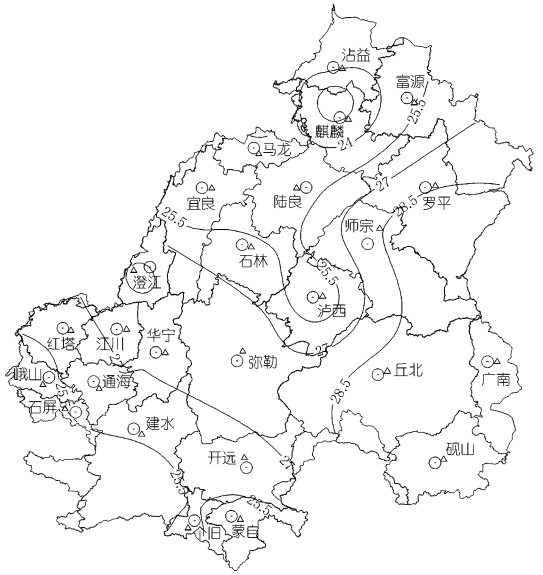


图 4 1971~2010 年研究区干旱频次分布(单位:次)

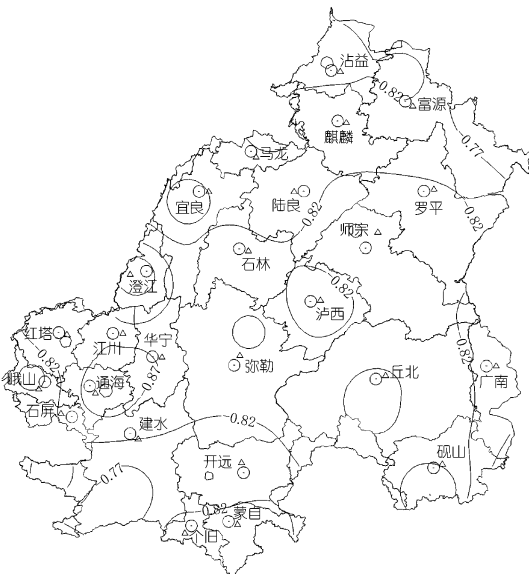


图 3 1971~2010 年研究区 5 个月时间尺度的 RDI 分布

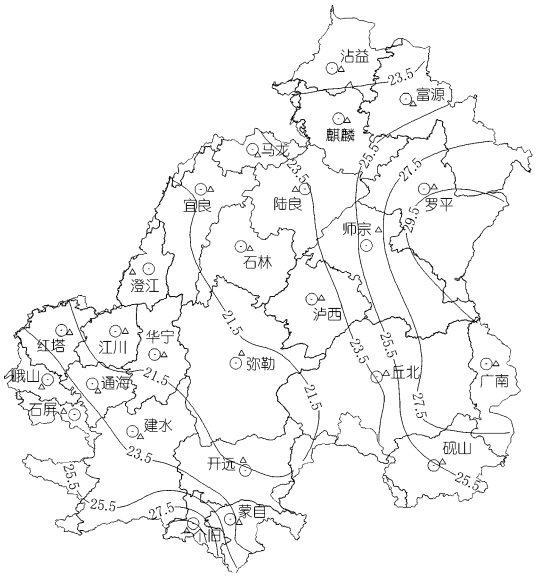


图 5 1971~2010 年研究区降水分布(单位:mm)

3.4 干旱指数的时空分布

3.4.1 1971~2010 年 RDI 值时间序列

从图 2 可以看出,南盘江流域 25 个站 5 个月时间尺度的 RDI 均值在近 40 a(1971~2010 年)来总体呈下降趋势,说明在年际变化上季节性旱情加剧。除了 1983,1984 年和 1992 年以外,其余 37 a 都发生了不同程度的季节性气象干旱,其中有 24 a 发生中旱以上旱情,甚至在 1979,2010 年出现了特旱,与实际情况基本一致。此外,1992~2010 年干旱程度加重速度明显大于 1971~1991 年,在年代际变化上干旱呈加剧趋势。从表 2 可以看出,在 1972~1991 年之间,除了砚山站,其余 24 个站干旱呈加剧趋势,但是下降趋势不显著,

而在 1992~2010 年之间,所有站点都呈下降的趋势。显著性检验表明,在 25 个站中有 13 个站达到了 0.05 以上的置信水平,且 RDI 的减小趋势显著性随着斜率(绝对值)的增大而减小,表明 1992 年以后干旱程度加剧,与图 2 得出的结论基本一致。

3.4.2 RDI 值空间分布

从图 3,4 可以看出,南盘江流域 25 个站 40 a 来旱季发生干旱的频次在 21~30 次之间,发生干旱的次数较均匀,说明该流域在 11 月到次年 3 月,各个地区都发生季节性气象干旱,在流域中部的大部分地区、南部以及东北部的部分地区 RDI 值相对较小,干旱较严重。从图 5,6 可以看出,降水由东北和西南向中部地区递减,弥勒、丘北、砚山一带降水最少,而气温明显有

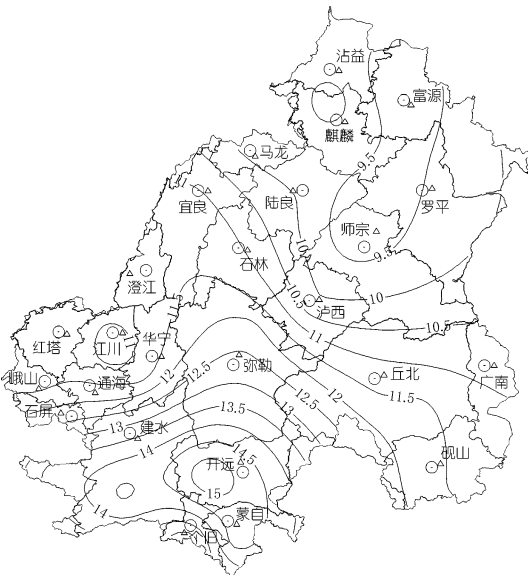


图 6 1971~2010 年研究区气温分布(单位:℃)

由东北向西南递增的变化趋势,建水、弥勒、丘北、砚山、开远、蒙自气温相对较高。总体来看,气温相对高而且降水相对较少的地区气象干旱情况较严重。

4 结论与讨论

(1) 从时间上看,40 a 来(1971~2010 年)11 月至次年 3 月的 RDI 均值总体呈下降趋势,气象干旱加剧。从年代际上看,1992~2010 年干旱日趋严重的速度大于 1971~1991 年,1992 年以后气象干旱程度加剧。

(2) 南盘江流域干旱空间分布较为复杂,干旱程度受降水和气温的综合影响,总体上降水较少且气温相对高的地区更容易发生干旱。

(3) 形成干旱的原因较复杂,除降水和气温以外还受到径流等其他因子影响,对于如何耦合相关因子是值得进一步研究的问题。本次研究的干旱指数是在假设降水与潜在蒸发量比值服从 T 分布的基础上进行的,在不服从该分布的条件下,需要对指标作进一步的修正。

参考文献:

- [1] 刘定辉,刘永红,熊洪,等.西南地区农业重大气象灾害危害及监测防控研究[J].中国农业气象,2011,32(增1):208-212.
- [2] 邓绍辉,罗晓彬.建国以来四川旱灾特点及其防治[J].四川师范大学学报:社会科学版,2005,32(3):125-132.
- [3] 郑彬,林爱兰.广东省干旱趋势变化和空间分布特征[J].地理科学,2011,31(6):715-720.
- [4] 卫捷,陶诗言,张庆云. Palmer 干旱指数在华北干旱分析中的应用[J].地理学报,2003,58(增1):91-99.
- [5] 王志伟,翟盘茂.中国北方近 50 a 干旱变化特征[J].地理学报,2003,58(增1):61-68.
- [6] 张伟东,石霖.区域干旱帕默尔旱度指标的修正[J].地理科学,2011,31(2):153-158.
- [7] Millennia A M R, Marsa. An application of drought indices in Malta, case study[J]. European Water, 2009, (25/26):25-38.
- [8] Tsakiris G, Vangelis H. Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI) [J]. Water Resource Manage, 2006, (21):821-833.
- [9] 高端,王龙,杨茂灵,等.三种干旱指数在南盘江流域识别干旱能力中的应用[J].水电能源科学,2012,30(9):9-12.
- [10] GB/T20481-2006 气象干旱等级[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [11] 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.

(编辑:李慧)

Temporal and spatial distribution characteristics of seasonal drought in Nanpan River Basin

YANG Maoling¹, WANG Long¹, GAO Rui¹, YANG Rui¹, FU Ben²

(1. College of Water Resources, Hydraulic Power and Architecture, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Yunnan Bureau of Hydrologic and Water Resource, Kunming 650228, China)

Abstract: In order to reduce the loss caused by drought, we studied the laws of drought occurrence and its causes so as to provide basis for drought prediction. By choosing the monthly precipitation and atmospheric temperature data of 40 years (1971-2010) from 25 sites in Nanpan River Basin, the reconnaissance drought index (RDI) is calculated. We count the times of drought occurrence of each site in 40 years. Taking November to next March as the research period, the average RDI in multi-years are calculated and the spatial interpolation is conducted as well. Combining with precipitation and atmospheric temperature data, the temporal and spatial distribution characteristics of seasonal droughts of Nanpan River Basin are analyzed. The results show that the seasonal drought becomes more serious; the meteorological drought of different degrees will occur in all regions of Nanpan River Basin; the area where the precipitation is less and temperature is higher has small RDI as well. The drought in the most parts of central region and some parts of southern and northeast region is more serious.

Key words: seasonal drought; reconnaissance drought index (RDI); spatial and temporal distribution; Nanpan River Basin