

1981—2010 年重庆地区季节性干旱时空变化特征分析

赵伟¹, 张宇², 张智红³

(1. 重庆工商大学 旅游与国土资源学院, 重庆 400067;

2. 重庆工商大学 环境与生物工程学院, 重庆 400067; 3. 重庆农村土地交易所, 重庆 400067)

摘要:根据重庆市 34 个气象观测站点的实测气象数据,选择标准化降水指数(SPI)为干旱指标,计算了 1981—2010 年各气象站点逐年逐月 SPI 值,统计 30 年间各站点的干旱情况,在此基础上从年、季两个尺度分析了重庆市各地区的干旱频率、干旱强度和干旱范围(干旱站次比),研究其干旱的时空变化特征。研究结果表明:(1) 重庆市年尺度干旱发生频率呈西高东低的分布特点,干旱发生强度整体主要为中等强度,渝东北干旱强度最高,中西部和渝东南强度较低,干旱发生范围在 30 年间呈逐渐增大趋势,年际干旱站次比差异性大,基本与历史上的重大干旱年份相吻合;(2) 季尺度冬旱频率最高,夏旱次之,春旱最低;夏旱强度最高,秋旱稍低,春旱强度最低。春、夏、冬旱的强度和频率空间分布较为相似。干旱演化在春、冬季呈下降趋势,夏、秋季呈上升趋势,说明对夏、秋干旱的防灾御灾工作需要进一步加强;(3) 结合年、季尺度,从总体上看,干旱主要频发于渝东北和中西部,其强度也较大,渝东南干旱发生的频率和强度都较低。

关键词:干旱; 标准化降水指数; 时空变化

中图分类号:S161

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)03-0192-07

Analysis of the Characteristics of Temporal and Spatial Variation of Seasonal Drought During 1981—2010 in Chongqing City

ZHAO Wei¹, ZHANG Yu², ZHANG Zhihong³

(1. School of Tourism and Land Resources, Chongqing Technology and Business University,

Chongqing 400067, China; 2. School of Environmental and Biological Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China; 3. Chongqing Countryside Land Exchange, Chongqing 400067, China)

Abstract: According to measured meteorological data of 34 meteorological observation stations in Chongqing City, we select standardized precipitation index as drought index to calculate SPI value of each meteorological stations month by month and year by year from 1981 to 2010 and statistic drought degree of every station during 30 years. On this basis, we analyzed frequency, intensity and coverage of drought on the annual and seasonal scales, examined its temporal and spatial variation characteristics. The results show that: (1) Chongqing's annual drought frequency is high in the east and low in the west, while drought intensity is mainly medium, highest in northeast Chongqing and relatively low in midwest and southeast Chongqing, drought occurrence area shows the trend of gradual increase over the period of 30 years, annual drought stations proportion differs greatly, is basically consistent with the history great drought year; (2) on the seasonal scale, drought happened most frequently in winter, followed by summer, autumn and spring, summer drought was the most severe among the four seasons, followed by autumn drought, winter drought and spring drought, the spatial distribution of spring, summer and winter drought was quite similar, the drought evolution in spring, winter showed a downward trend while in summer, autumn it showed an upward trend, reminded us to further strengthen the summer, autumn drought disaster prevention work so as to resist disaster; (3) Based on annual and seasonal scales, drought happened frequently in northeast and midwest Chongqing, the frequency and intensity of drought occurring in southeast Chongqing are relatively low.

Keywords: drought; standardized precipitation index; temporal and spatial variation

近年来,全球气候变暖使得全球的干旱问题日趋严重^[1]。干旱发生的频率高、范围广、持续时间长、后续影响大,每年由干旱造成的损失居各种自然灾害损失之首^[2]。中国是世界上人口密集的农业国家之一,在季风气候的影响和全球变暖的背景下,干旱对中国农作物产量的影响非常大^[3]。过去普遍认为我国干旱主要发生在北方地区^[4],自改革开放以来,我国经济飞速发展、人口数量成倍增加、水资源短缺现象不断加重,迅速扩展到南方地区,重庆市便是我国干旱灾害频发地区之一^[5]。2001年遭受重大伏旱袭击^[6],2006年遭遇50年来最严重的旱灾,2009—2010年西南持续性特大干旱^[7],给重庆市的经济、农业发展带来沉重的打击。据统计,1999年—2012年重庆市年平均农作物干旱受灾面积为5 169.80 km²,成灾面积为2 682.47 km²,绝收面积为653.40 km²;2006年夏旱以来,重庆市直接经济损失达到82.55亿元,其中农业经济损失为60.75亿元^[8]。可见,为了防治干旱,减少干旱带来的损失,干旱研究工作也显得尤为迫切。

对于干旱的研究,目前主要通过构建相应的指标体系来完成,常涉及到的指标有Palmer干旱强度指数(PDSI)^[9]、标准化降水指数(SPI)^[10]、相对湿润度指数^[11]、降水距平百分率、Z指数^[12]等。重庆市干旱一般不是年降水量不足所致,而主要是降水量的季节分配比例失调或时空分布不均引起的,故统计分析其降水情况是研究干旱最直接的手段^[13]。本文以标准化降水指数(SPI)为指标,从年、季两个尺度对重庆市1981—2010年各气象站点的干旱频率、干旱强度以及历年干旱范围进行探讨,分析其干旱时空变化特征,以期重庆市环境可持续发展、防灾减灾工作提供借鉴和理论依据。

1 研究区概况

重庆市位于中国内陆西南部、长江中上游地区,地跨东经105°11′—110°11′,北纬28°10′—32°13′,总面积8.24万km²,地形以丘陵、山地为主,坡地面积较大,有“山城”之称,地势由南北向长江河谷逐级降低,西北部和中部以丘陵、低山为主,东北部靠大巴山和东南部连武陵山两座大山脉。重庆市气候温和,属亚热带季风性湿润气候,年平均气温16~18℃,冬暖夏热,无霜期长;空气湿润,降水丰沛,气候资源丰富,气象灾难频繁。重庆市也是我国重要的粮食、油料等农产品产区,主要的粮食作物有水稻、玉米、小麦等,经济作物包括油菜籽、甘蔗、柑桔等,具有十分丰富的生物资源。研究区范围及气象站点如图1所示。

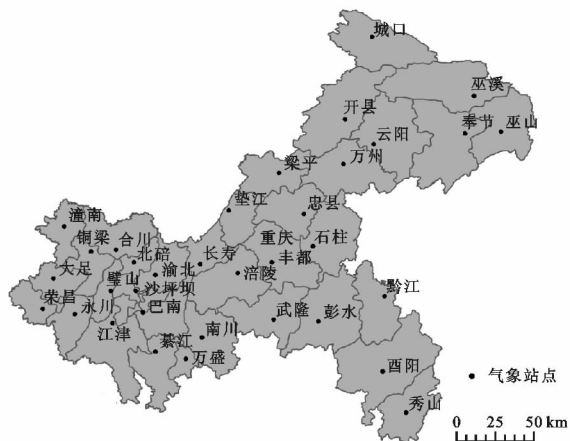


图1 研究区范围及气象站点分布

2 数据与方法

2.1 基本气象数据

本研究基本气象数据均来源于重庆市气象局提供的重庆市34个气象观测站点1981—2010年的逐日资料,气象指标包括地表温度、风速、降水量、气压、日照、相对湿度、最高(低)气温、水汽压等气象要素以及经纬度和高程值。

2.2 标准化降水指数

由于不同时间、不同地区降水量变化幅度很大,直接用降水量很难在不同时空尺度上相互比较,并且降水分布是一种偏态分布。该指标是将某一时间尺度的降水量时间序列看作服从 Γ 分布,通过降水量的 Γ 分布概率密度函数求解累计概率,经过正态标准化求得标准化降水指数(SPI)值。这样能够消除降水量在时空分布上的差异,使SPI能够适用于不同地区、不同时间尺度的旱涝情况^[14],通过降水量的 Γ 分布概率密度函数 $G(X)$ 求解累计概率 $H(x)$ 的方法已有成熟的研究^[15],累计概率 $H(x)$ 可以通过下式转换为标准正态分布函数^[16]:

当 $0 < H(x) \leq 0.5$ 时,

$$\text{SPI} = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \\ t = \sqrt{\ln \frac{1}{H(x)^2}} \quad (1)$$

当 $0.5 < H(x) \leq 1$ 时,

$$\text{SPI} = t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \\ t = \sqrt{\ln \frac{1}{[1.0 - H(x)]^2}} \quad (2)$$

式中: $H(x)$ ——与 Γ 函数相关的降水分布累计概率; x ——降水样本值; $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2, d_3$ —— Γ 分布函数转换为累积频率简化近似求解公式的计算参数,具体取值为 $c_0 = 2.515\ 517; c_1 = 0.802\ 853; c_2 = 0.010\ 328;$

$d_1=1.432\ 788;d_2=0.189\ 269;d_3=0.001\ 308$ 。

根据公式(1)~(2),可以求得 SPI,干旱划分等级参照 McKee 等^[17]提出的干旱等级标准,并增加了雨涝划分等级,参见表 1。

表 1 旱涝等级划分

SPI 值	旱涝等级
$SPI \geq 2.0$	极端洪涝
$1.5 \leq SPI < 2.0$	严重洪涝
$1.0 \leq SPI < 1.5$	中等洪涝
$0.5 \leq SPI < 1.0$	轻微洪涝
$-0.5 \leq SPI < 0.5$	正常
$-1.0 \leq SPI < -0.5$	轻微干旱
$-1.5 \leq SPI < -1.0$	中等干旱
$-2.0 \leq SPI < -1.5$	严重干旱
$SPI \leq -2.0$	极端干旱

2.3 干旱特征分析指标

(1) 干旱频率(P_i)。 P_i 表示干旱发生的频繁程度^[18],为干旱发生年数与序列总年数之比。本研究的干旱频率是指轻旱及轻旱以上干旱发生的频率,中旱频率是指中度或中度以上干旱发生的频率,以此类推。计算公式如下:

$$P_i = (n/N) \times 100\% \quad (3)$$

式中: N ——总年数; n ——该站点发生干旱的年数; i ——不同站点。

(2) 干旱强度(D)。 D 用来评价多年干旱的平均程度,单个站点单年度内的 SPI 指数可以用来评价单年的干旱程度,数值越小,表示干旱越严重。本研究用研究区各站点的多年(多季节)的平均 SPI 指数来表示该站的多年(多季节)平均干旱强度:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SPI_i \quad (4)$$

式中: n ——研究年限; SPI_i ——研究区各年份(各季度)的 SPI 值,用来反映研究区各站点的年(季节)的平均干旱强度。

(3) 干旱站次比(P_j)。 P_j 表示区域内干旱发生站数占全部站点的百分比,用来评价干旱影响范围的大小及其严重程度^[19],计算公式如下:

$$P_j = (m/M) \times 100\% \quad (5)$$

式中: M ——研究区总站点数; m ——发生干旱的站数; j ——不同年份的代号; P_j ——一定区域干旱发生的范围大小,也间接反映干旱影响范围的严重程度。

当 $P_j \geq 50\%$ 时,为全域性干旱;当 $50\% > P_j \geq 33\%$ 时,为区域性干旱;当 $33\% > P_j \geq 25\%$ 时,为部分区域性干旱;当 $25\% > P_j \geq 10\%$ 时,为局域性干旱;当 $P_j < 10\%$ 时可认为无明显干旱发生。

(4) 气候趋势率。气候趋势率为历年气象要素

变化过程的拟合直线的斜率的 10 倍,表征多年气象数据序列变化的趋势度。统计学中,用 x_i 表示样本量为 n 的某一气候变量,用 t_i 表示 x_i 所对应的时间,建立 x_i 与 t_i 之间的一元线性回归方程:

$$x_i = a + bt_i \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (6)$$

式中: b ——回归系数; a ——截距。 a 和 b 可以用最小二乘法进行估算,以 a 的 10 倍作为气候趋势率。

2.4 干旱分布的空间制图

本研究采用反距离权重插值(IDW, inverse distance weighted interpolation)方法对最终的计算结果进行空间插值,生成干旱评价指标的各项空间分布图,空间分辨率设定为 30 m。

3 结果与分析

3.1 重庆市年际干旱的时空特征

3.1.1 干旱发生频率 根据公式(3)计算结果,统计各年、季发生的干旱频率,通过分析,1981—2010 年 30 年间,研究区的年干旱频率为 3.23%~61.19%,平均值为 28.89%。从图 2A 可以看出,重庆市年际干旱发生频率西高东低,整体干旱发生频率为 20%~33%,与年干旱频率的平均值相近。潼南、大足、永川、江津、武隆是干旱高发区,呈范围较小的岛状分布,以气象站为中心向外辐射,该区干旱发生频率超过 50%(2 年一遇);主城、綦江合川以西、武隆、丰都等地区整体干旱频率较高,基本发生频率在 33%~50%(3 年一遇至 2 年一遇),特别是主城以西,为“一小时经济圈”覆盖范围,城市化较发达,地表温度较高,土地蓄水能力差,蒸散量大,使得该区域干旱发生较频繁;渝东北、渝东南地区干旱发生频率较低,特别是酉阳、秀山、梁平和忠县、垫江、开县的大部,降水丰沛,植被密布,干旱发生频率保持在 20%(5 年一遇)以下,生态价值高。其余地区干旱发生频率大致为 20%~33%(5 年一遇至 3 年一遇),该区间也是重庆市主要的年际干旱发生频率区间,占据重庆市大部分地区。

3.1.2 干旱发生强度 使用多年平均 SPI 指数来表征各个站点的干旱发生强度,如图 2B 所示。根据图 2B 和表 1 划分的等级标准,可以看出,重庆市各个站点多年平均 SPI 指数值为 -1.50~0.60,干旱强度跨轻微干旱、中等干旱和严重干旱。重庆市整体主要为中等干旱强度(SPI 值为 -1.50~1.00),其中渝东北的巫溪、巫山、奉节,西部地区的潼南、大足、荣昌等地强度较大,其 SPI 值为 -1.40~1.20,巫溪站点 SPI 值甚至低于 -1.50,严重干旱,但集中于该区的气象站点,范围极小。其他较强的中等干旱地区零散分布于渝东北、渝东南两翼交界;重庆市主城及以南、秀

山、彭水、万州等地大部轻微干旱(SPI 值为-1.00~0.50),其中主城一带呈西北—东南带状分布,将重庆

市切为两块,万盛、秀山的 SPI 值高于-0.80,干旱程度较轻,接近不早。

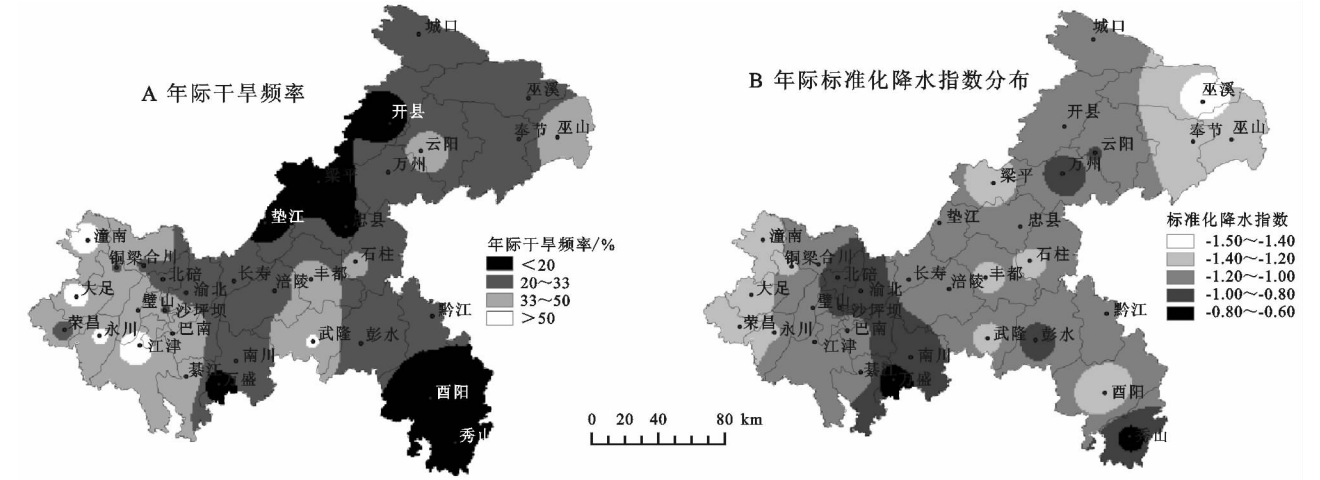


图 2 年际干旱分布

3.1.3 干旱范围(站次比) 统计重庆市各年份发生轻旱、中旱的气象站点数目,并以此为依据,根据公式(5),计算历年干旱、中旱站次比(干旱站次比是指轻旱及轻旱以上的站点数占全部站点的百分比,中旱站次比是指中度或中度以上干旱的站点数占全部站点的百分比),得到 1981—2010 年干旱站次比的年际变化,反映重庆市研究时段 30 年内干旱范围。如图 3 所示,重庆市 30 年间干旱站次比在 0~88.2% 浮动变化,平均值为 31.5%,年间站次比差距大,总体上呈跳跃上升的发展趋势,浮动越来越大。1981 年站次比为 50%,往后几年基本保持在较低水平,其中 1982 年、1983 年 2 年跌至历史最低值 0,不发生干旱;1990 年突升至 58.8%,以此为转折,站次比在趋势线上的浮动越来越大,在趋势线下的浮动基本保持原来水平,其中 1998 年低至 2.8%,为次低年,2002 年再次降至 0;2001 年经历伏旱袭击,站次比急剧升至 82.4%,为次高年,2006 年西南地区发生重大干旱,该年站次比达到 88.2%,为历史最大值。1982 年、1983 年、1996 年、1998 年、2002 年、2004 年、2007 年无明显干旱发生,1990 年、1992 年、1994 年、1997 年、2001 年、2006 年、2010 年为全域性干旱,旱情严重,余下年份均为局域性或区域性干旱。从干旱站次比整体趋势来看,干旱范围在 30 年间由 20% 扩大至 40% 左右,干旱范围成倍扩张。

中旱站次比走势与干旱站次比基本类似,只是数值相对偏低,整体在 0~70.6% 浮动,平均值为 16.3%。可以发现,中旱站次比超过 50% 只有 2001 年、2006 年,为历史重大干旱年;1997 年区域性中旱,1988 年、1990 年、2010 年为部分区域性中旱,其余站次比低于 25%(共 24 年)为局域性中旱(共 9 年)和无明显中旱(共 15 年)。

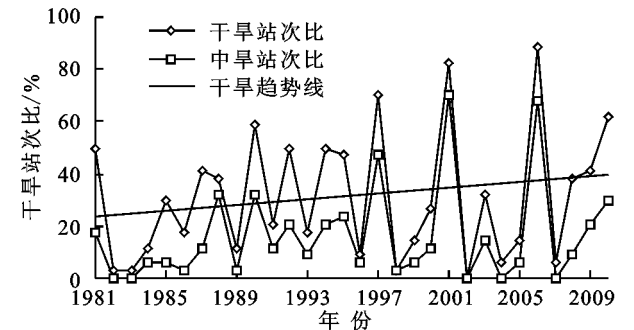


图 3 年际干旱站次比

3.2 重庆市季节干旱的时空特征

3.2.1 干旱频率的空间分布

(1) 春旱。重庆市春季干旱频率在 0~71% 范围内,平均 28%,整体呈 3 段式分布,即东西高中部低,从东西部分别向中部逐级递减,如图 4A 所示。位于渝西部的潼南、大足、荣昌、永川等地干旱频率在 50%(2 年一遇至 3 年两遇)以上,是春季干旱最频发地区;合川、铜梁、璧山、江津大部,渝东北包括巫溪、巫山、云阳大部和奉节北部,主城区西部,干旱频率为 33%~50%(3 年一遇至 2 年一遇);主城九区至綦江一带,渝东北城口、开县、万州一带干旱频率为 25%~33%(4 年一遇至 3 年一遇);重庆市中部春旱整体发生频率基本在 10%~25%(10 年一遇至 4 年一遇)徘徊,渝东南的酉阳、秀山则保持在 10%(10 年一遇)以下,干旱发生频率最低。

(2) 夏旱。夏季雨水较少,干旱频率为 19%~52%,干旱发生频率在重庆市不同区域差异较小,但整体有了较大升高,夏季干旱发生频率都在 5 年一遇以上,平均约为 31%,分布情况如图 4B。渝两翼交界处至渝西南一带为夏旱高发地区,干旱发生频率达到 30% 以上,其中江津北部、大渡口,丰都、石柱西部等

地干旱频率最高,为 40%~50%(5 年两遇至 2 年一遇);以彭水、黔江为渝东南边界,垫江、梁平和万州为渝东北边界,渝两翼(即渝东南和渝东北),荣昌以东至渝北一带夏旱发生频率较低,保持在 19%~30%。

(3) 秋旱。秋季干旱发生频率介于春夏之间,在 6%~59% 范围内,平均 29%,如图 4C 所示,整体呈西部高、东南部适中、东北部较低,自西向东逐级递减分布。秋旱高发区主要包括潼南、大足、永川、江津等区县呈西北—东南带状分布,干旱频率范围为 40%~59%(5 年两遇至 5 年三遇);长寿、丰都以北,除去奉节、巫溪和巫山为秋旱低发区,该区范围较大,干旱频率基本在 25%(4 年一遇)以下,秋旱发生较不频繁;中西部—渝东南一带大部干旱频率为 25%~33%(4 年

一遇至 3 年一遇),而璧山—彭水一带频率在 33%~40%,处于该季干旱频率中间位置。

(4) 冬旱。如图 4D 所示,重庆市冬季干旱频率分布与其他季节相比差异较为明显,表现在渝东北高,中西部低。干旱频率为 3%~62%,平均 33%,即以武隆、石柱、忠县、梁平为界,渝东北为冬旱频发区,干旱频率在 33%(3 年一遇)以上,其中巫溪、巫山、云阳和奉节为冬旱最频发区,干旱频率达到 50%(2 年一遇)以上;彭水、黔江以南,中西部包括主城在内除铜梁、永川一带干旱频率在大致在 10%~25%(10 年一遇至 4 年一遇)内,其中秀山、万盛、大渡口等地干旱频率在 10%(10 年一遇)以下;中部两翼交界和梁山以西冬旱频率在 25%(4 年一遇)以上。

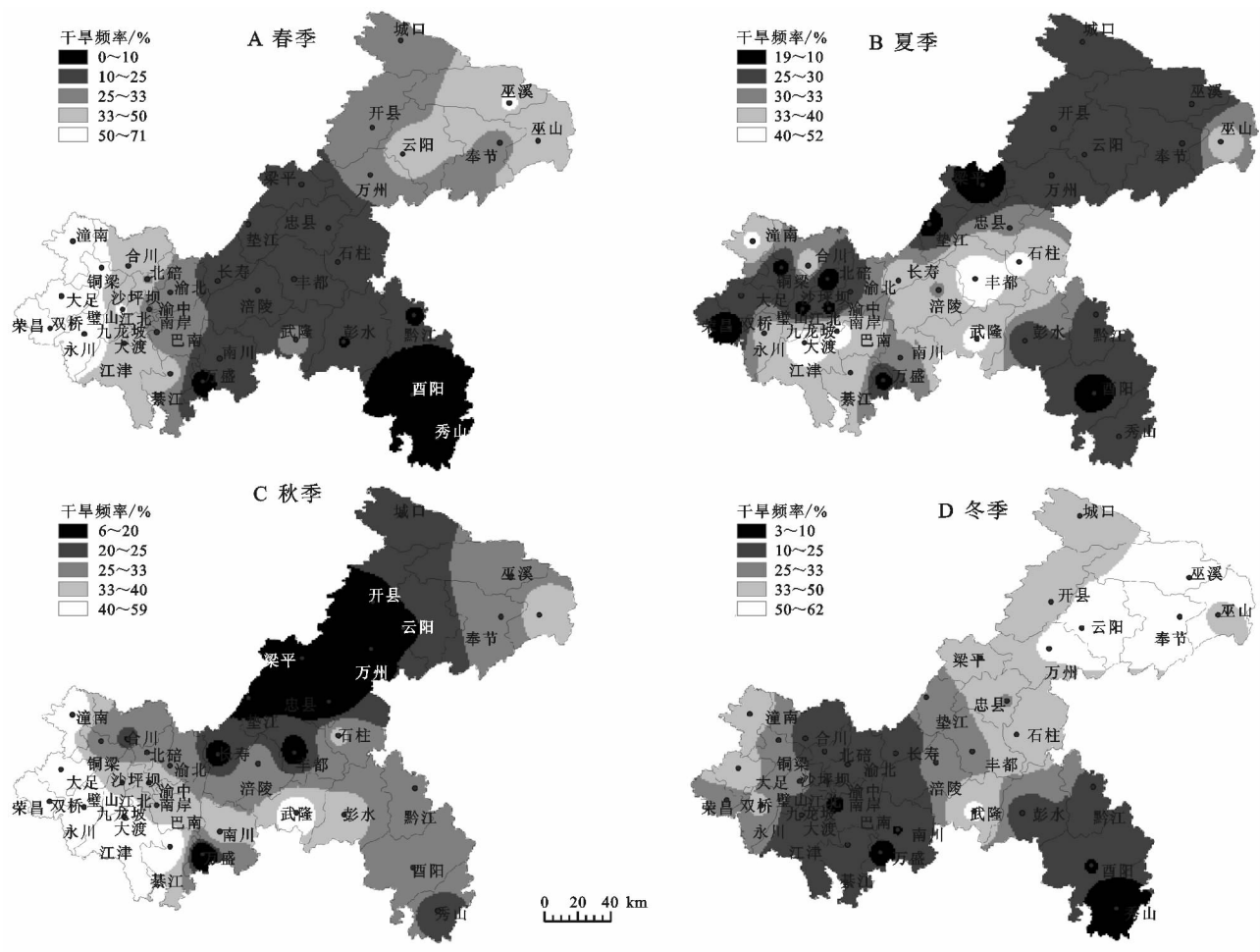


图 4 重庆市季节干旱频率空间分布

3.2.2 干旱强度的空间分布

(1) 春旱。春季多年平均标准化降水指数(SPI 值)为-1.55~0(图 5),数值跨度在各季中最大,即各区县春季干旱强度差异最大。其中只有万盛、秀山两区 SPI 值为 0,不发生春旱;酉阳、忠县 SPI 值分别为-0.56, -0.60,发生轻旱,干旱强度为各季次低;潼南、大足、沙坪坝、涪陵 4 区 SPI 值在-1.5 附近,干旱强度大,但总体来说,只有潼南和大足严重干旱,

其他区县都在轻微干旱和中等干旱区间内浮动,其中发生轻微干旱共有 14 个区县,发生中等干旱共有 16 个区县,干旱强度分布和干旱频率类似,即渝东北、中西部和西部较强,中部适中,渝东南最弱。

(2) 夏旱。夏季多年平均标准化降水指数为-1.40~0.89,平均-1.33。可以看出,各区县夏季干旱强度比较集中,均保持在轻微干旱和中等干旱范围内,其中轻微干旱共有 6 个区县,分别是合川、渝北、永

川、万盛、城口和酉阳,中等干旱共有28个区县,为以上6区以外区县。轻微干旱中,万盛、酉阳SPI值较高,干旱强度较低;武隆、巫溪、彭水SPI值接近-1.5,为强夏旱地区,其他区县(中等干旱)干旱强度基本在SPI平均值上下浮动,对比平均值,符合大部分区县中等干旱的规律,整体呈中部强,周边弱的分布特征。

(3) 秋旱。秋季多年平均标准化降水指数为-1.83~0.60,平均-1.11。对比夏季,秋冬由于降水逐渐增多,但降水分布不均,故干旱强度跨度比夏旱大,整体强度比夏旱稍低。开县、城口两区严重干旱, SPI 值低于-1.50,其中开县SPI值为-1.83,系各季最低,干旱强度非常高;万盛区SPI值接近-0.50,秋旱强度最低;中部区县包含垫江、忠县、万州及酉阳秋

旱强度也较低,其余区县基本保持在中等干旱的强度,整体呈东北强周边弱的分布特征。研究区秋季轻微干旱共有10个区县,中等和严重干旱分别有22个和2个区县。

(4) 冬旱。冬季多年平均标准化降水指数为-1.63~0.72。与秋旱类似,渝东北仍然是重庆市冬旱强度最大地区,云阳、巫溪两区SPI值分别低至-1.62,-1.63,干旱强度为各季次高,巫山冬旱强度则略低于云阳、巫溪,居冬季次高;璧山、江津等区县冬季SPI值高达-0.77,-0.72,冬旱强度较低;其他区县SPI值主要在其平均值-1.07上下。研究区冬季轻微干旱共有17个区县,中等干旱共14个区县,严重干旱则有3个区县。

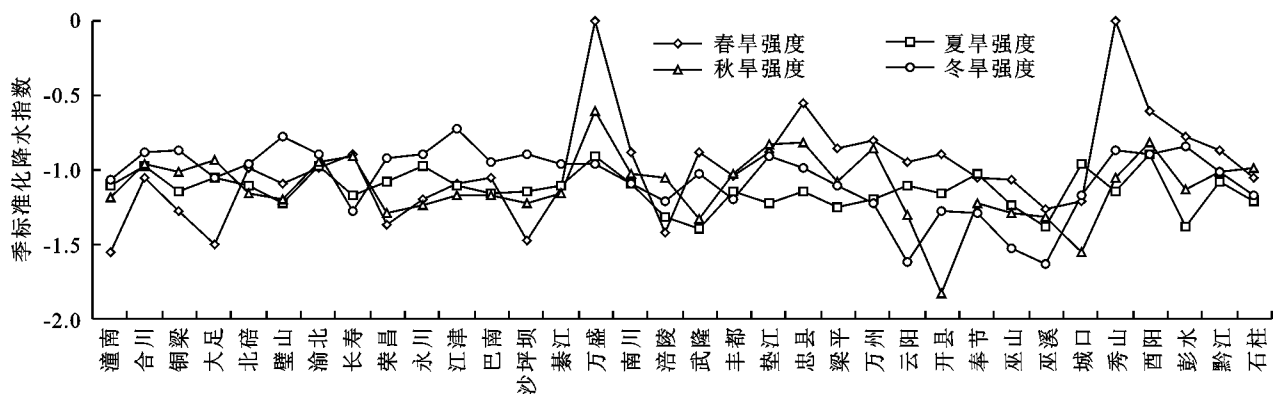


图5 重庆市各区县季节干旱强度

3.2.3 季节干旱范围演化

(1) 春旱。春旱历年站次比(图6A)在0~76.5%范围内波动变化,整体呈轻微下降趋势,平均值为30.2%,还不到最大值的一半,说明大部分年份站次比均较低。1981—1990年10年间干旱站次比整体较高,1981年站次比低至8.8%后不到2年升到61.8%,随后跌至5.9%,1987年又升至70.6%,相近年间干旱站次比变化差异较大;1991—2000年的浮动范围比前10年要大,经历了春旱范围最大年(1995年)和最小年(1992年、1998年),1992—1995年4年间站次比从0升至76.5%,至1998年跌至0,2000年又转折升至58.8%;2000年以后,干旱范围浮动减小,只有2001年、2008年全域干旱,其他年份基本在趋势线附近或以下。

(2) 夏旱。夏旱历年站次比(图6B)在0~97.1%范围内,平均32%,可以看出该季是重庆市干旱覆盖范围最广的季节,有7年发生全域性干旱。1981—1990年干旱站次比波动增加,1990年达到85.3%,为夏季次高,1991—2000年站次比也较高,1992年突升至82.4%,随后下降,1994年、1997年又分别突升至50%和64.7%,往后几年站次比都较低;2001年重庆市伏旱袭击,站

次比为76.5%,2002—2005年明显下降,2006年干旱站次比高达97.1%,为各季历年最高。

(3) 秋旱。秋季干旱范围比夏季小,站次比(图6C)在0~76.5%范围内,平均31.7%,与春季相近,但趋势线不断升高,升幅超过20%,为各季最高。1981—1990年除1981年站次比达到61.8%,其余9年较低,1982年、1983年无明显干旱,1984—1990年基本在趋势线上下浮动,但站次比都不超过40%;1991—2000年干旱范围比前10年稍大,1992年达到52.9%,1993年开始转折,1993—1996年站次比均不超过25%,1997年、1998年又升高,其中1998年达到70.6%,为夏季次高,1999年马上又跌回5.9%;2001—2010年站次比呈先降低后升高的发展趋势,2001年达到52.9%,2002年继续升高至61.8%,2003年以后逐渐降低,2009年、2010年再回到大范围水平,其中2009年秋旱站次比为该季历年最高。

(4) 冬旱。冬季站次比(图6D)在0~82.4%范围内,但平均只有29.9%,为各季最低,并在研究时段内呈轻微下降趋势。1981—1990年站次比较高,1981年、1984年、1987年全域干旱,1987年达到82.4%,为冬季最高值;1989—1995年站次比在较低数值上波动,

其中 1989 年、1991 年、1993 年站次比低至 0, 1996 年以后呈先降低再升高的趋势, 1999 年、2000 年站次比

都在 50% 以上; 2001—2010 年干旱站次比有两个高峰期, 分别为 2005 年、2009 年、2010 年。

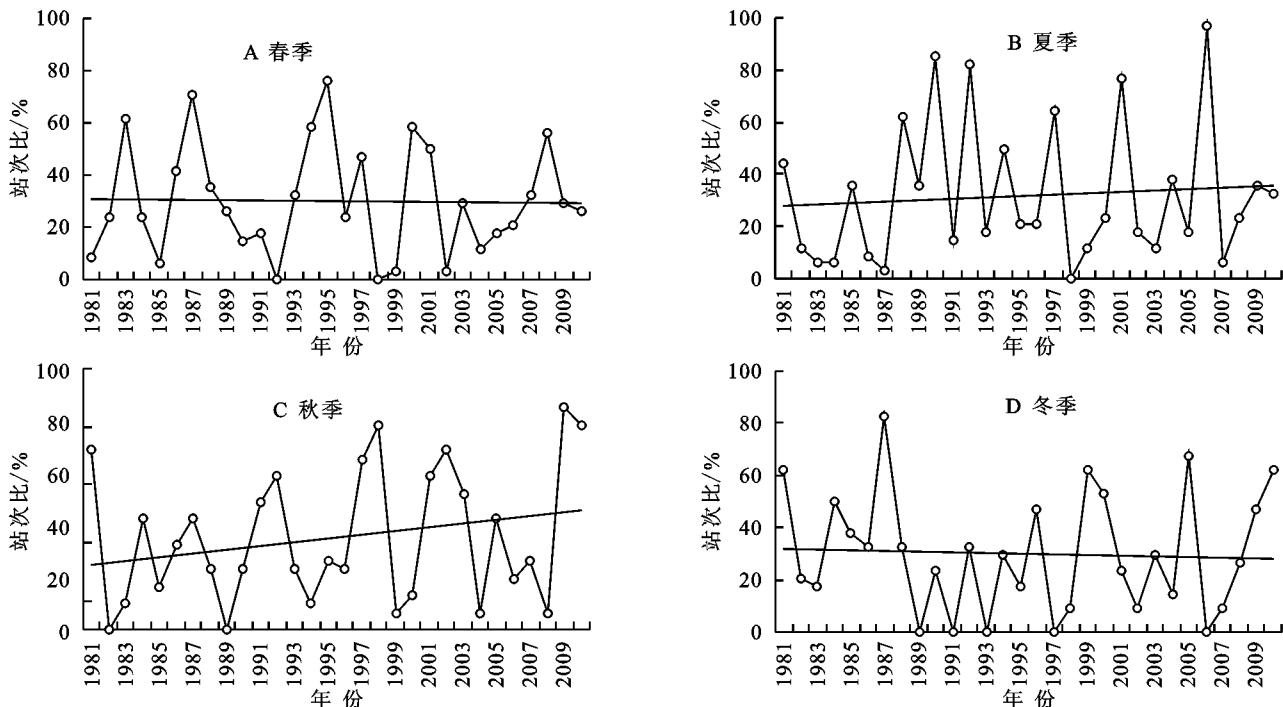


图 6 季节干旱站次比

4 结论

(1) 从年尺度看, 重庆市干旱发生频率呈西高东低的分布特点, 即中西部地区干旱发生频率较高, 普遍在 33%~50%, 两翼地区较低。干旱发生强度整体主要为中等强度, 渝东北干旱强度最高, 中西部和渝东南强度较低。干旱发生范围(站次比)在 30 年间呈逐渐增大趋势, 年际干旱站次比差异性大, 基本与历史上的重大干旱年份相吻合。

(2) 从季尺度看, 冬旱频率最高, 夏旱次之, 春旱最低; 夏旱强度最高, 秋旱稍低, 春旱强度最低。春、夏、冬旱的强度和频率空间分布较为相似, 即干旱频发区其干旱强度也大, 秋旱强度最大地区分布于渝东北, 但频率最高地区分布在中西部地区, 而渝东南地区干旱发生较少, 且强度也低。干旱演化趋势在春、冬季呈下降趋势, 夏秋季呈上升趋势, 说明对夏、秋干旱的防灾御灾工作需要进一步加强。

(3) 结合年、季尺度, 从总体上看, 干旱主要频发于渝东北和中西部, 其强度也较大, 渝东南干旱发生较少, 强度也较低。

本文使用标准化降水指数(SPI)对重庆市干旱问题进行探讨, 是对西南地区干旱研究的理论补充。但由于干旱发生十分复杂的机理, 包括降水、地形、气候和人类活动的影响, 并且是一个长期累积的过程, 单独选择一个指标还不足够真实反映干旱情况和形成过程, 笔者在以后的研究中需要改进和完善。

参考文献:

- [1] Leggett J, Pepper W J, Swart R J, et al. Emissions scenarios for the IPCC: an update[M]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1992.
- [2] 郭晶, 景元书, 王春林, 等. 基于土壤水分平衡模型的广东干旱时空分布特征[J]. 中国农业气象, 2008, 29(3): 353-357.
- [3] 韩兰英, 张强, 姚玉璧, 等. 近 60 年中国西南地区干旱灾害规律与成因[J]. 地理学报, 2014, 69(5): 632-639.
- [4] 庞晶, 覃军. 西南干旱特征及其成因研究进展[J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2013, 5(2): 127-134.
- [5] 王静爱, 孙恒, 徐伟, 等. 近 50 年中国旱灾的时空变化[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(2): 1-6.
- [6] 桑琰云. 重庆市旱灾及其经济损失研究[D]. 重庆: 西南师范大学, 2004.
- [7] 贺晋云, 张明军, 王鹏, 等. 近 50 年西南地区极端干旱气候变化特征[J]. 地理学报, 2011, 66(9): 1179-1190.
- [8] 张峰. 川渝地区农业气象干旱风险区划与损失评估研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [9] Palmer W C. Meteorological Drought[M]. Washington, DC, USA: US Department of Commerce, Weather Bureau, 1965.
- [10] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. Drought monitoring with multiple time scales[C] // American Meteorological Society. Ninth Conference on Applied Climatology. Boston, 1995.

集,是区域水电开发、生态旅游的集中地,同时也是世界遗产外围保护区。该区可在原基础上进行修复,充分利用现有资源,合理规划用地类型。

(2) 次适宜性区域。该区域多分布在宝兴河二级支流流域,大部分位于世界遗产保护区内,地理位置和经济发展较好,具有改造和发展的潜力。应根据发展现状改造交通条件,恢复植被,从而引导和促进该区域向适宜性区域的转变。

(3) 较不适宜性区域。该区域主要分布在海拔较高的中山区,生态环境的敏感性强,经济发展水平较低,地形起伏大,难以满足用地要求,且生境修复难度较大。该区域应加强生态环境保护,整治水土流失,提高土地的生产效益,进一步优化空间格局。

(4) 不适宜性区域。该区域主要集中在高山区的地震断裂活动带和泄洪通道,易引发崩塌、滑坡、泥石流等次生地质灾害,不宜建设居民住房和永久性设施。该类区域的居民应迁至交通条件好、有发展空间的区位。

参考文献:

[1] 王海莹,郭亚琳,王青. 雅安地震灾区宝兴县聚落空间特征分析[J]. 宁夏大学学报:自然科学版, 2015, 36(2): 191-196.

[2] 张建强,苏凤环,范建容. “4·20”芦山地震崩塌滑坡与公路危险性评价:以宝兴县省道 S210 沿线为例[J]. 山地学报, 2013(5): 616-623.

[3] 方炫,刘德林,李璧成,等. 黄土高原乡级尺度土地利用适宜性评价:以宁南山区河川乡为例[J]. 水土保持研究, 2014, 21(5): 174-178.

[4] 王强,袁兴中,刘红,等. 山地河流生境快速评价模型与应用[J]. 水利学报, 2011, 42(8): 928-933.

[5] Store R, Jokimäki J. A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modeling[J]. Ecological Model-

ling, 2003, 169(1): 1-15.

[6] Store R, Kangas J. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling[J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 55(2): 79-93.

[7] 苏雷,朱京海,傅立群,等. GIS 支持下的锦州葫芦岛沿海土地生态适宜性评价[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 207-212.

[8] 张艳红,何春光. 基于 GIS 扎龙自然保护区丹顶鹤适宜生境动态变化[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(4): 43-45.

[9] 王筱明. 基于生态适宜性的济南市山地丘陵区荒地资源开发研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 264-267.

[10] 王金亮,陈姚. 3S 技术在野生动物生境研究中的应用[J]. 地理与地理学, 2004, 20(6): 44-47.

[11] 任平,兰亭超,周介铭,等. 城乡建设用地增减挂钩区域适宜性评价与空间布局规划研究:以成都龙泉驿区为例[J]. 水土保持研究, 2014, 21(1): 272-282.

[12] 蔡靖疆,辜寄蓉,王成善,等. 岷江上游土地资源适宜性评价研究[J]. 矿物岩石, 2001, 21(1): 91-97.

[13] 肖毅,欧阳志云,朱春全,等. 岷山地区大熊猫生境评价与保护对策研究[J]. 生态学报, 2004, 24(7): 1373-1379.

[14] 高彦净,谢余初,钱大文,等. 甘肃白龙江流域植被覆盖度及景观格局变化[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 181-187.

[15] 汪丽娟,王青. 宝兴综合生态系统管理功能分区与生态农业建设[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(1): 296-298.

[16] 王介勇,刘彦随,张富刚. 海南岛土地生态适宜性评价[J]. 山地学报, 2007, 25(3): 290-294.

[17] 胡彩婷,李巧云,关欣,等. 永兴县发展冰糖橙产业的土地适宜性评价[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 228-236.

[18] 王世波,崔金鉴,王世良. 基于层次分析法的风险投资项目评价[J]. 工业技术经济, 2003, 22(6): 87-89.

[19] 王青,石敏球,郭亚琳,等. 岷江上游山区聚落生态位垂直分异研究[J]. 地理学报, 2013, 68(11): 1559-1567.

(上接第 198 页)

[11] 王明田,王翔,黄晚华,等. 基于相对湿润度指数的西南地区季节性干旱时空分布特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(19): 85-92.

[12] 杜灵通. 基于多源空间信息的干旱监测模型构建及其应用研究[D]. 南京:南京大学, 2013.

[13] 尹晗,李耀辉. 我国西南干旱研究最新进展综述[J]. 干旱气象, 2013, 31(1): 182-193.

[14] 白永清,智协飞,祁海霞,等. 基于多尺度 SPI 的中国南方大旱监测[J]. 气象科学, 2010, 30(3): 292-300.

[15] 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.

[16] 张强,高歌. 我国近 50 年旱涝灾害时空变化及监测预

警服务[J]. 科技导报, 2004, 22(407): 21-24.

[17] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales[C]// American Meteorological Society. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. Anaheim, California, USA, 1993.

[18] 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 58a 演变特征[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 50-59.

[19] 黄晚华,杨晓光,曲辉辉,等. 基于作物水分亏缺指数的春玉米季节性干旱时空特征分析[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 28-34.