

王秋云,蔡艺友,方文维,等. 西南地区 1971—2012 年干旱变化特征分析[J]. 陕西气象,2020(6):30-35.

文章编号:1006-4354(2020)06-0030-06

西南地区 1971—2012 年干旱变化特征分析

王秋云¹,蔡艺友²,方文维³,柯婉茹¹

(1. 南靖县气象局,福建南靖 363600;2. 平和县气象局,福建平和 363700;
3. 云霄县气象局,福建云霄 363300)

摘要:利用西南地区 378 个气象观测站 1971—2012 年逐月降水量和气温资料,计算标准化降水蒸散指数(SPEI),分析西南地区干旱气候及气候变化特征,结果表明:1971—2012 年西南地区干旱强度中部最高,西部次之,东部最低;干旱强度增强,中部地区干旱强度增强最为显著,东部地区干旱强度增强趋势明显强于西部地区;干旱面积明显增大,干旱面积比率线性趋势率为(4.7%)/10 a,2000 年以后该地区干旱发生范围增大最为明显;干旱持续时间中西部长、东部短,随时间变化呈明显上升趋势,中部地区增长最明显,东部次之,而北部减少。总之 1971—2012 年西南地区干旱强度增强,干旱面积增大,持续时间增长,中部地区干旱化最为明显,其次为东部地区。

关键词:西南地区;干旱;气候变化;标准化降水蒸散指数(SPEI)

中图分类号:P468

文献标识码:A

中国是一个干旱灾害频发的国家,在中国科学技术蓝皮书中,干旱为我国气候灾害之首^[1]。过去普遍认为干旱主要发生在中国北方地区,不少气象工作者对北方干旱情况进行研究^[2-4]。近年来,随着全球气候变暖,极端天气、气候事件频繁出现,干旱区域不断增大,同时,发生频率和强度也明显增加,干旱现已成为我国西南地区第一自然灾害。近十几年来西南地区屡屡发生严重的干旱灾害:2003 年西南地区发生严重伏秋连旱;2005 年春季云南发生近 50 年来少见的严重干旱;2006 年川渝地区发生百年难遇的伏旱;2009—2012 年西南地区发生的具有持续时间长、影响范围广、灾害程度重等特点的干旱事件,是该地区有气象记录以来最严重的气象干旱事件。众多学者已使用不同的方法对西南地区近几年的干旱趋势进行了大量研究。王明田等^[5]基于相对湿度指数的年际变化分析研究,表明西南地区近十年干旱强度明显增大,且年尺度干旱频率呈西高东低的带状分布;韩静艳^[6]指出进入 21 世纪以后

西南地区干旱发生频率高,其中夏季干旱发生最频繁,冬季次之,且多季连旱的现象更加普遍;贺晋云等^[7]以地表湿润指数为指标,统计了西南地区 1960—2009 年极端干旱发生的频率,结果显示广西南部、贵州北部、横断山脉和四川盆地西南部近 50 年极端干旱发生频率明显增加。干旱事件给西南地区国民经济造成了极大的损失,严重威胁人民的生命和财产的安全,因此,对西南地区干旱变化特征进行研究,不仅是一项具有科学价值的理论课题,而且具有紧迫的现实意义。本文通过计算 1971—2012 年标准化降水蒸散指数(SPEI),提取西南地区干旱特征量(强度、持续时间和范围),对西南地区干旱变化特征进行分析。

1 研究区域、数据与方法

1.1 研究区域

西南地区在行政区划上包括四川、云南、贵州、重庆以及广西壮族自治区等五省市(图 1),其地理坐标为北纬 $20^{\circ}54' \sim 34^{\circ}19'$ 、东经 $91^{\circ}21' \sim 112^{\circ}04'$ 之间^[8]。该地区北有黄土高原,西临青藏

收稿日期:2020-03-18

作者简介:王秋云(1992—),女,汉族,福建南靖人,学士,助理工程师,从事气象服务工作。

高原,南面受东南季风和西南季风的影响,且本身地形复杂多样,境内多盆地、高原、山区等,复杂的地形地貌和独特的地理位置使该地区成为一个典型的气候多变区。亚热带季风气候为该地区的主要气候类型,年平均降水量 600~2 300 mm,空间分布呈东南向西北减少^[9]。降水季节分布极不均匀,夏季炎热多雨,冬季温和降水少;受地形影响,区域降水差异性较大。近年来由于全球气候变暖,西南地区频频发生干旱事件。

1.2 数据资料

所用 1971—2012 年逐日降水及气温资料由国家气候中心提供,数据的一致性和可靠性经过了较严格的质量检验。选用包括周边地区的 378 个站点数据进行插值,以提高插值精度,讨论区域仅以内部 306 个站点数据为主。研究区域的海拔高度及站点分布如图 1 所示。

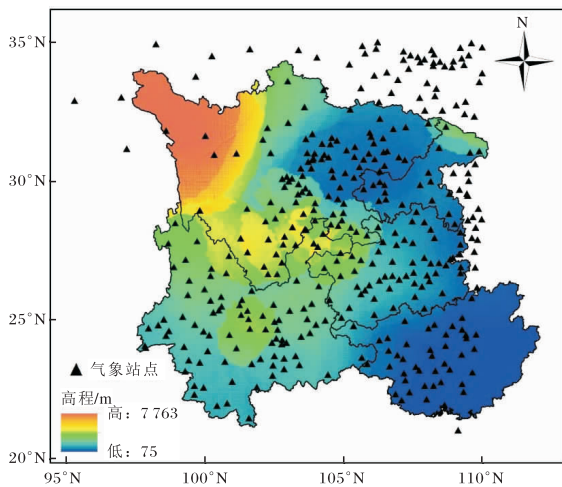


图 1 研究区域及站点分布

1.3 计算方法

干旱的形成和发展是地表水分亏缺缓慢积累的过程,标准化降水蒸散指数(SPEI)是一种新发展的干旱指标^[10],其正是通过水分亏缺量和持续时间两个要素来描述干旱。SPEI 基于降水和温度数据,以降水量与月潜在蒸发量之差代替了标准化降水指数(SPI)计算中的月降水量,结合了 SPI 的多时空属性和帕默尔干旱指数(PDSI)对蒸发需求变化的敏感性(由于温度变化导致的结果),是一种新的适用于全球气候变暖背景下干旱监测与评估的干旱指数,具体的计算步骤可参见文献^[10]。表 1

为根据 SPEI 指数划分的干旱等级。

表 1 标准化降水蒸散指数干旱等级划分

等级	类型	SPEI 值
1	无旱	$-0.5 < \text{SPEI 值}$
2	轻度干旱	$-1.0 < \text{SPEI 值} \leq -0.5$
3	中度干旱	$-2.0 < \text{SPEI 值} \leq -1.0$
4	极端干旱	$\text{SPEI 值} \leq -2.0$

首先,将西南地区及其周边共 378 个站 1971—2012 年的逐月降水和气温数据为输入资料,取时间尺度为 12 个月,计算各站点 SPEI 值。其次,采用线性倾向估计,建立时间与 SPEI 的一元线性回归 $Y_i = bX_i + a (i=1, 2, \dots, n)$ 关系,回归系数 $b > 0$ 时,说明随时间的增加 SPEI 呈上升趋势; $b < 0$ 时,说明随时间的增加 SPEI 呈下降趋势。统计各站点一年中 $\text{SPEI} < -1.0$ 的月份之和,用以表示每年的干旱持续时间,通过干旱持续时间,分析西南地区干旱持续变化情况。

空间上,根据各气象站点每年的年平均干旱指数及其趋势,采用反距离权重法(IDW, inverse distance weighted interpolation)对其进行空间插值。设定空间分辨率为 $0.05^\circ \times 0.05^\circ$,生成该地区每年的空间栅格数据。统计所有网格点中 $\text{SPEI} < -1.0$ 的网格点数量,求该网格点数量与网格点总数的比值,用此来表示年干旱面积比率,进而对年干旱面积的变化情况进行分析。

2 干旱强度

2.1 干旱强度气候态

以各站点每年各月的 $\text{SPEI} (< -1.0)$ 的平均值作为该站点该年的干旱强度,负值绝对值越大,干旱强度越大。图 2 为 1971—2012 年西南地区多年平均干旱强度空间分布状况,可以发现,整个西南地区干旱强度基本呈南北方向的带状分布,干旱强度最大中心位于西南地区的中部,西部次之,东部最弱。从行政区划范围来看,四川和云南两省干旱强度均处在较高水平上,是干旱化最严重的省份。西南地区强干旱有三个区域:一个区域为云南省中西部,多年平均干旱强度小于 -1.50 ,达到中度干旱程度;另外两个分别出现在四川省中部和东

南部,多年平均干旱强度小于-1.65。位于西南地区东部的重庆市、贵州省和广西省,干旱强度较弱。重庆市、贵州省干旱强度呈西部高东部低分布态势,仅在西南小部分地区多年平均干旱强度小于-1.50。广西省整体的干旱强度均处于较低水平,大部分地区干旱强度大于-1.43。

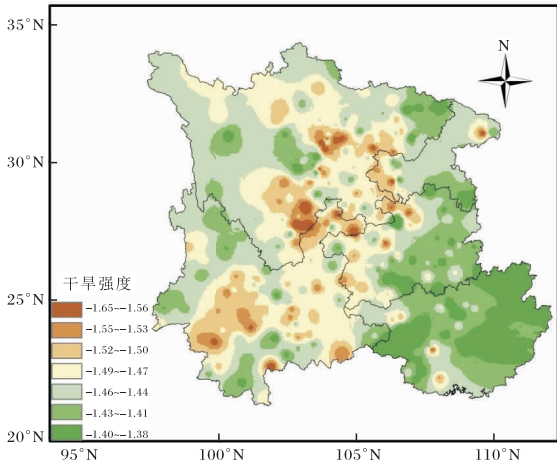


图2 1971—2012年西南地区多年平均干旱强度空间分布

2.2 干旱强度时空变化

由图3可看出1971—2012年西南地区区域平均干旱强度年际变化呈逐渐增强趋势,其线性趋势率为-0.065/10 a,且通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。干旱强度存在明显的年代际变化:20世纪70年代干旱强度多在-1.24上下波动,平均值为-1.22;80年代干旱强度的变化趋势与70年代相似,平均值为-1.25,较前10年略微增强,1988—1989干旱强度明显增大,1989年干旱强度-1.37;90年代干旱强度总体呈现增强趋势,平均值为-1.28;进入21世纪以来各年的干旱强度均小于-1.30,且干旱强度表现出明显的下降趋势,2006、2007、2010、2011和2012年达到-1.50,整个时期的干旱强度平均值为-1.42。1971—2012年西南地区干旱强度呈波动增强的趋势,尤其是进入21世纪以来,干旱强度明显增强,区域干旱加剧。

1971—2012年四川、重庆、贵州、云南和广西干旱强度均呈现明显的上升趋势,其线性倾向率

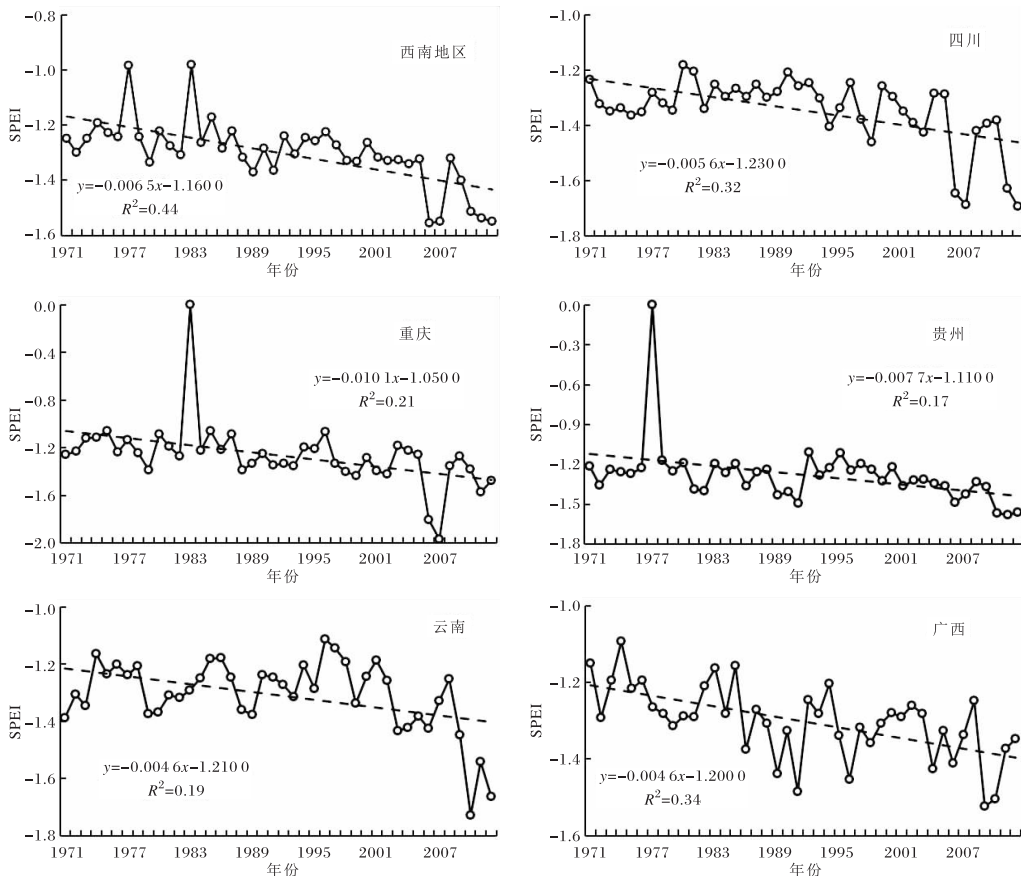


图3 1971—2012年西南地区平均干旱强度年际变化

分别为 -0.056 、 -0.101 、 -0.077 、 -0.046 和 $-0.046/10 \text{ a}$ 。1971—1980 年四川省干旱强度平均值为 -1.31 , 是该时段内西南地区干旱强度最强的省份; 1981—1990 年, 该省干旱强度有所缓解, 均值为 -1.27 ; 1991—2000 年和 2000—2012 年两个阶段, 干旱强度均相对增强, 2000—2012 年平均为 -1.46 , 为西南地区干旱强度最强省份。尽管重庆市干旱强度增长最快, 但在 1983 年, 其全年无旱, 且 1971—2012 年, 重庆市干旱强度平均值为整个西南地区最小, 即干旱强度较弱。贵州省除 1977 年干旱强度为零外, 其余年份干旱强度较稳定, 没有明显的波动; 干旱强度年代际变化表现出增强、减弱和增强的特征, 且以 2001—2012 年干旱强度最强, 均值为 -1.42 。云南省干旱强度在 1971—2000 年间基本维持 -1.2 左右, 而在 2000 年后, 干旱强度明显增强 (2001—2012 年平均值为 -1.44), 且在 2010 年达到极大值 -1.73 , 即该年云南省干旱最强。广西干旱强度表现出持续增强的特征, 且在 2001—2012 年间达到最强, 为 -1.36 。以上分析表明, 1971—2012 年西南地区及各省的干旱强度均呈现显著加强趋势, 且存在明显的年代际变化特征, 其中四川省干旱强度最大, 重庆市干旱强度增强趋势最明显; 进入 21 世纪整个西南地区干旱强度持续增强。

为进一步探究 1971—2012 年西南地区干旱强度变化的特征, 采用线性趋势分析方法, 分别对西南地区各站点年干旱强度变化趋势进行了统计分析。西南地区 306 个站点中, 绝大多数站点 (95.75%) 线性倾向率为负值, 且 156 站点 (50.98%) 通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验, 这说明西南地区干旱强度在 1971—2012 年间逐渐增强 (图 4), 且中部干旱强度增强最明显, 东部次之, 西部最弱。重庆境内 18 个站点干旱强度均呈现增强趋势, 有 13 个站点通过显著性检验, 占该市站点总数的 72.22%, 为西南地区各省通过显著性检验站点比例最高的省份。广西境内的 42 个站点的线性倾向率均为负值, 干旱强度增强, 其中有 57.14% 的站点通过显著性检验; 其空间分布特征主要表现为西部地区干旱强度的增强明显大于东部地区的特征。贵州省有 56.36% 的站点干

旱强度呈显著增强的趋势, 主要分布在该省的中部偏南地区; 北部地区干旱强度也呈增强趋势, 但不显著。云南省的大部分区域干旱强度表现为增强; 且东部以及西南部站点干旱强度显著增强。四川省 93 个站点干旱强度呈增强趋势, 其中有 47 个站点通过显著性检验; 其东部一带的站点干旱强度呈现出显著增强趋势。总之整个西南地区干旱强度呈增强趋势。

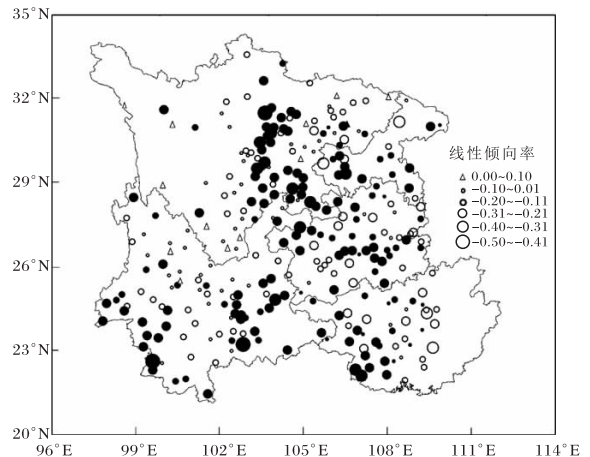


图 4 1971—2012 年西南地区干旱强度线性倾向率
(单位: $(10 \text{ a})^{-1}$) 空间分布
(实心为通过 $\alpha=0.05$ 显著性检验的站点)

3 干旱面积

干旱面积比率是指由研究区域及周边共 378 个站点 SPEI 干旱指数采用反距离权重法插值后, 得到整个地区 SPEI 空间栅格数据, 进而统计区域范围内 $\text{SPEI} < -1.0$ 的格点数与总格点数的比值。由图 5 可看出, 西南地区干旱发生面积呈上升趋势, 干旱面积比率线性趋势率为 $(4.7\%)/10 \text{ a}$, 通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。20 世纪 70 年代末至 80 年代初, 西南地区开始出

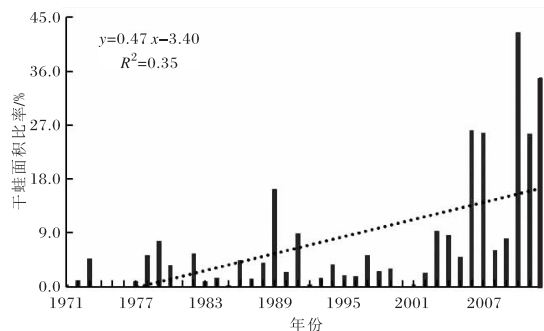


图 5 1971—2012 年西南地区干旱面积变化

现大面积的干旱;80年代末至90年代初干旱面积较大,且在1989年达到极大值16.36%;进入21世纪以来,西南地区干旱发生面积达到40多年来最大值。自2003年以来,多数年份干旱面积比率均在10%以上,其中,2006、2007、2010、2011和2012年干旱区面积所占比例均大于25%。

4 干旱持续时间

干旱持续时间定义为各个站点某年出现干旱(即 $SPEI < -1.0$)的月份总数。1971—2012年西南地区干旱持续时间线性倾向率为(0.54月)/10 a(图6)。干旱持续时间的年代际变化呈增加趋势:20世纪70年代干旱持续时间为3.4月,其中1978—1979两年增长明显,达4.0月;80年代干旱持续时间为3.6月,较前十年略有增加;进入90年代后,干旱持续时间3.6月,没有明显的波动过程;21世纪(2001—2012年)以来,干旱持续时间呈波动增加趋势,在3.7~7.2月之间,2006、2010两年达6.0月。总之,1971—2012年干旱持续时间呈增加趋势,存在

明显的年代际变化。

西南五省干旱持续时间均呈现增加趋势(图6),云南省线性倾向率最大,为0.66月/10 a,四川省最小,仅为0.41月/10 a,各省变化情况各不相同。四川省干旱持续时间上升趋势虽然最小,但1971—2012年平均为4.8月,为五省最长。该省1971—1980年平均干旱持续时间为4.2月,也长于其他四省;1981—1990年有所下降,为3.5月;1991—2000年明显上升,均值达4.5月;2001—2012年平均上升至5.2月。重庆干旱持续时间线性倾向率为0.56月/10 a,高于西南地区平均水平。该市1983年无干旱,2006年干旱持续时间最长为6.9月,其年代际变化情况与四川相似,呈先下降后增长的特点。贵州省干旱持续时间线性倾向率为0.64月/10 a,仅次于云南省,2006年干旱持续时间最长达8.0月。1971—1980年均值为2.6月,1981—1990年增加到4.2月,1991—2000年下降至2.5月,2001—2012年又上升到5.1月,总体来说,其干旱持续时间呈波动上

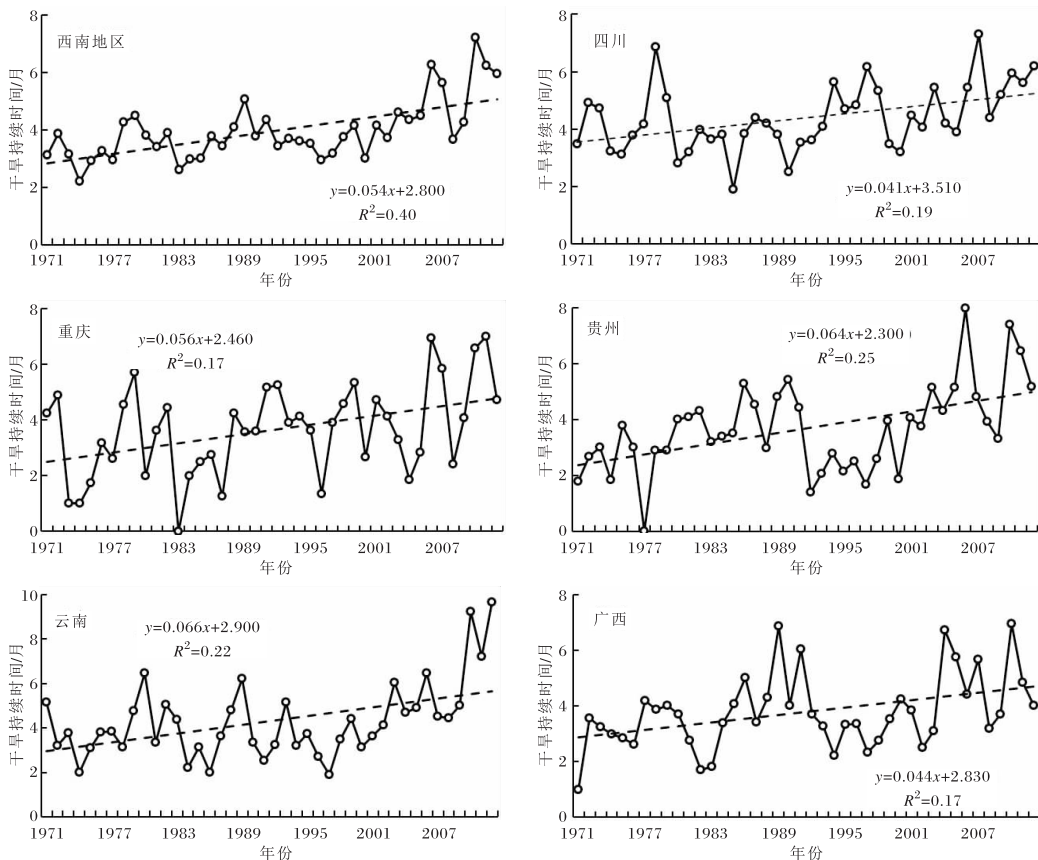


图6 1971—2012年西南地区年干旱持续时间变化

升状态。云南省是西南五省中干旱持续时间增加趋势最大的省份,线性倾向率达 0.66 月/10 a。在 2000 年以前,其干旱持续时间变化趋势不明显,1971—1980、1981—1990、1991—2000 年干旱持续时间平均值分别为 3.9、3.8、3.4 月;2001—2012 年出现剧增,平均值达到 5.8 月,是该时段里受干旱影响时间最长的省份。广西省线性倾向率为 0.44 月/10 a,干旱持续时间呈波动状态,振幅较小。1971—1980 年均值为 3.2 月,1981—1990 年增至 3.7 月,1991—2000 年降至 3.5 月,2001—2012 年上升至 4.6 月,总体呈增加趋势。

整个西南地区大部分区域干旱持续时间呈增加趋势(图 7),线性倾向率最大为 3.9 月/10 a,有 52.61% 的站点通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。空间呈中间高两边低、东南高于西北的分布态势。整个地区出现三个极值区域,分别位于四川省中部、云南省东南部和西南部。云南省干旱持续时间线性倾向率呈中间低两边高分布,其东南部和西南部均达 3.0 月/10 a,呈显著增加趋势(通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验)。四川省中部至东南部大片区域线性倾向率达 2.0 月/10 a,是该省内干旱持续时间明显增加的地带。

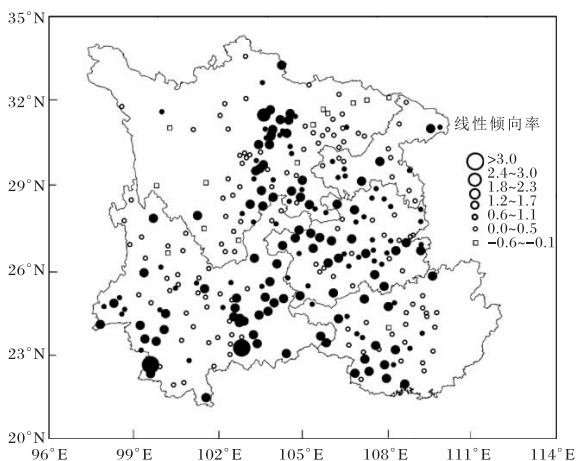


图 7 1971—2012 年西南地区干旱持续时间趋势

(单位:月/10 a)空间分布

(实心为通过 $\alpha=0.01$ 显著性检验的站点)

5 结论

基于 SPEI 干旱指数,分析了 1971—2012 年

西南地区的干旱气候及气候变化特征,得到以下主要结论。

(1)干旱强度空间呈纬向带状分布,中部最高,西部次之,东部最低,四川、云南两省干旱化趋势最为显著。区域平均干旱强度随时间呈波动增强,干旱强度线性趋势率呈东部高、西部低分布,四川中部、云南东南部上升趋势明显。

(2)干旱面积比率呈明显增加趋势,线性趋势率为(4.7%)/10 a。21 世纪后干旱面积比率明显上升,2010 年西南地区干旱面积最大。

(3)干旱持续时间中部地区增加最明显,东部次之,云南省干旱持续时间增加最显著。

参考文献:

- [1] 国家科学技术委员会. 气候[M]. 北京:科学技术文献出版社,1990.
- [2] 贺晋,张聪娥,张黎. 基于 SPEI 的陕西近 40 年干旱时空特性分析[J]. 陕西气象,2014(5):26-32.
- [3] 李兆元,杨文峰,徐小红. 西北干旱气候成因综述[J]. 陕西气象,1999(5):15-17.
- [4] 罗健,郝振纯. 我国北方干旱的时空分布特征[J]. 河海大学学报,2001,29(4):61-66.
- [5] 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.
- [6] 韩静艳. 气候变化下西南地区旱涝时间变化规律研究[D]. 郑州:华北水利水电学院,2011.
- [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] 马建华. 西南地区近年特大干旱灾害的启示与对策[J]. 人民长江,2010,41(24):7-12.
- [9] 赵济. 中国自然地理[M]. 4 版. 北京:高等教育出版社,1997.
- [10] VICENTE-SERRANO S M, BEGUERIA S, LOPEZ-MORENO J I. A multiscale drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index [J]. Journal of Climate, 2010, 23(7):1696-1718.