

我国西南地区降水季节变化特征分析

陈诺怡^{1,2}

¹成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

²三明市气象台, 福建 三明

Email: 530582458@qq.com

收稿日期: 2020年8月31日; 录用日期: 2020年9月10日; 发布日期: 2020年9月17日

摘要

本文基于线性倾向法、Mann-Kendall检验方法、Morlet小波分析方法, 对西南地区的降水季节变化特征进行了研究。结果表明西南地区1971~2010年间年降水量呈下降趋势, 四季中只有冬季降水呈上升趋势, 秋季下降趋势达到了0.01的显著性水平。西南地区季节降水空间分布差异显著: 整体而言, 春季降水从西到东呈增加趋势, 夏季、秋季和冬季从南向北呈下降趋势。西南地区四季降水均存在明显突变, 整体而言偏旱年份较偏涝年份多; 从降水的周期来看, 四季降水均存在不同周期。

关键词

季节降水, Mann-Kendall突变检验, Morlet小波分析, 西南地区

Analysis on Seasonal Variation Characteristics of Precipitation in Southwest China

Ruoyi Chen^{1,2}

¹School of Atmospheric Science, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

²Sanming Meteorological Station, Sanming Fujian

Email: 530582458@qq.com

Received: Aug. 31st, 2020; accepted: Sep. 10th, 2020; published: Sep. 17th, 2020

Abstract

Based on the linear tendency method, Mann-Kendall test and Morlet wavelet analysis method, the seasonal variation characteristics of precipitation were analyzed in Southwest China from 1971 to 2010. The results show that annual precipitation shows a downward trend, while only winter au-

文章引用: 陈诺怡. 我国西南地区降水季节变化特征分析[J]. 自然科学, 2020, 8(5): 450-457.

DOI: 10.12677/ojns.2020.85055

tumn precipitation shows an upward trend in all seasons and autumn precipitation reaches the significance level of 1%. The difference of spatial distribution of precipitation is significant. In a whole, spring precipitation shows an increasing trend from west to east, and there is a decreasing trend of precipitation from south to north in summer, autumn and winter. Abrupt changes of seasonal precipitation occur and the drought year occurs more frequently than flood year overall. In term of precipitation cycles, there exist different periods in precipitation of four seasons.

Keywords

Seasonal Precipitation, Mann-Kendall Mutation Test, Morlet Wavelet Analysis, Southwest China

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球变暖,降水量时空分布特征发生了明显变化,有研究表明,全球气候变暖使得地球系统的水循环加速,全球总降水量在过去 100 年有增加趋势,同时极端天气气候事件的发生频率和强度都在增加[1][2]。这对全球或区域水资源、生态系统和社会经济发展等产生了深刻的影响。

我国西南地区位于东北-西南走向气候生态过渡带的南端,对气候变化尤为敏感。青藏高原、云贵高原、横断山区和四川盆地是该区域主要地貌特征,受这种复杂地貌地形和多个大型环流系统影响,导致区域降水空间分布极不均匀,是我国降水局部区域差异最大、变化最复杂的地方之一[3],因而西南气候的研究历来备受关注。李聪等[4]利用 1951~2009 年我国日降水资料,研究了各季各地区降水年代际变化特征,结果表明西南地区年降水量减少趋势明显,与张琪[5]的研究结论完全相同。范思睿等[6]根据 1961~2012 年西南地区气象台站逐月降水资料分析了该区春季降水特征,结果表明西南地区春季降水有明显的地域性,且几乎每个年代降水都呈现东西部反相趋势。李永华等[7]利用 1959~2006 年西南地区东部 20 个测站的逐日降水量资料分析了该区夏季降水的时空演变特征,结果表明西南地区东部夏季降水略有增加的趋势。王春学等[8]利用 1981~2010 年西南地区气象站点逐日降水资料以及 NCEP/NCAR 逐日再分析资料,使用 MTM-SVD 方法分析了西南地区降水的季节内振荡特征,结果表明西南地区降水存在显著的 14.4 候振荡周期,且在整个研究时段内夏季更明显。此外,部分学者还对西南地区一些区域(例如川西地区[9]、川渝盆地[10])的夏季降水特征进行研究。

学者们对西南地区降水特征进行了一些研究,但是有关该区四季降水的变化趋势、突变和周期变化特征方面的研究比较少见,因此本文根据西南地区 1971~2010 年逐月降水格点资料,分析了该区近 40 年来降水季节变化特征及其突变性和周期性,这不仅有助于阐明西南地区降水时空变化特征和预测未来可能变化趋势,而且也为该地区的农业生产、旱涝预警以及减灾防灾等方面提供理论支撑。

2. 资料和方法

2.1. 资料

本文所用数据来源于国家气象科学数据中心(<http://data.cma.cn/>),数据为 1971~2010 年西南地区(69.75~140.25°E, 14.75~55.25°N)历年逐月降水的格点资料,空间分辨率为 0.25° × 0.25°。该数据是由气候场和距平场分别进行插值后再叠加得到[11]。

2.2. 方法

本文基于降水格点数据,利用线性倾向估计法分析了1971~2010年西南地区降水变化趋势;利用NCL程序分析了降水的空间分布特征;运用Mann-Kendall突变检验法,检测四季降水突变特征;用Morlet小波分析法,对降水的周期特征进行分析。四季划分如下:3~5月为春季,6~8月为夏季,9~11月为秋季,12月至翌年2月为冬季。

3. 结果和分析

3.1. 西南地区年降水量变化特征

西南地区年降水变化趋势如图1所示,整体而言1971~2010西南地区年平均降水量呈下降趋势,下降的幅度为11.3 mm/10a,但未通过0.05显著性水平检验。但是年际间降水量变化幅度较大,且在不同时期年降水量变化趋势存在明显差异。1983~1988年、1999~2006年年降水量呈显著下降趋势。

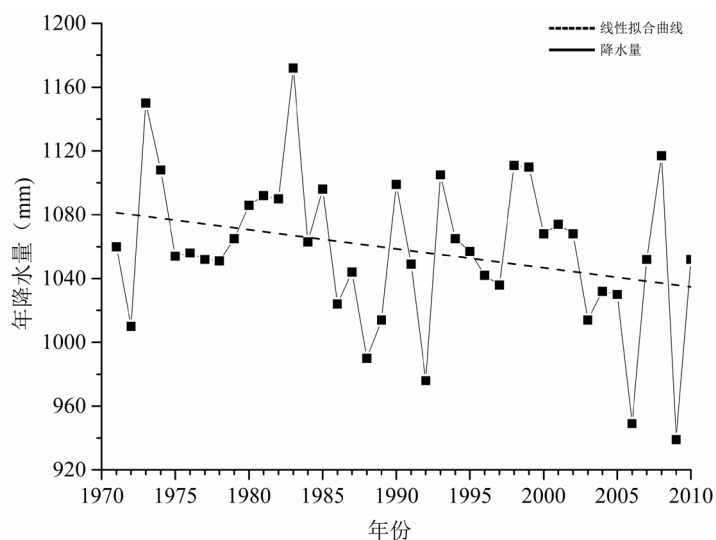


Figure 1. Variation trend of annual precipitation in Southwest China from 1971 to 2010

图 1. 1971~2010 年间西南地区年降水量变化趋势

3.2. 西南地区四季降水变化特征

西南地区春季降水变化趋势如图2(a)所示。1971~2010年春季降水量平均值为240 mm,年际间变化幅度较大,降水极小值出现在1979年,极大值出现在1990年,二者相差150 mm。整体而言,西南地区春季降水呈下降趋势,下降幅度为3.5 mm/10a,没有通过显著性水平(表1)。多项式回归分析显示春季降水在2000年后呈缓慢回升趋势。西南地区夏季降水变化趋势如图2(b)所示。夏季降水量明显最高,变化范围内为430~680 mm。在1972年和1999年分别出现最低值和最大值。线性回归分析显示西南地区夏季降水量40年间基本保持平稳,略微下降,下降幅度为1.5 mm/10a,但未通过显著性水平检验(表1)。多项式回归分析也表明夏季降水基本保持稳定,没有明显变化。西南地区秋季降水量变化趋势如图2(c)。秋季年际间降水量变化范围在170~300 mm之间,线性回归分析表明秋季降水量呈显著下降趋势,下降幅度为11.2 mm/10a,且通过0.01的显著性水平检验,(表1),三阶多项式拟合证明1971~2010年西南地区秋季降水量明显下降。西南地区冬季降水量变化趋势如图2(d)所示。冬季降水量变化范围为20~83 mm之间,在四个季节中最小。线性回归分析显示冬季降水量略呈增加趋势,增加幅度为0.3 mm/10a,未通过显著性检验(表1)。

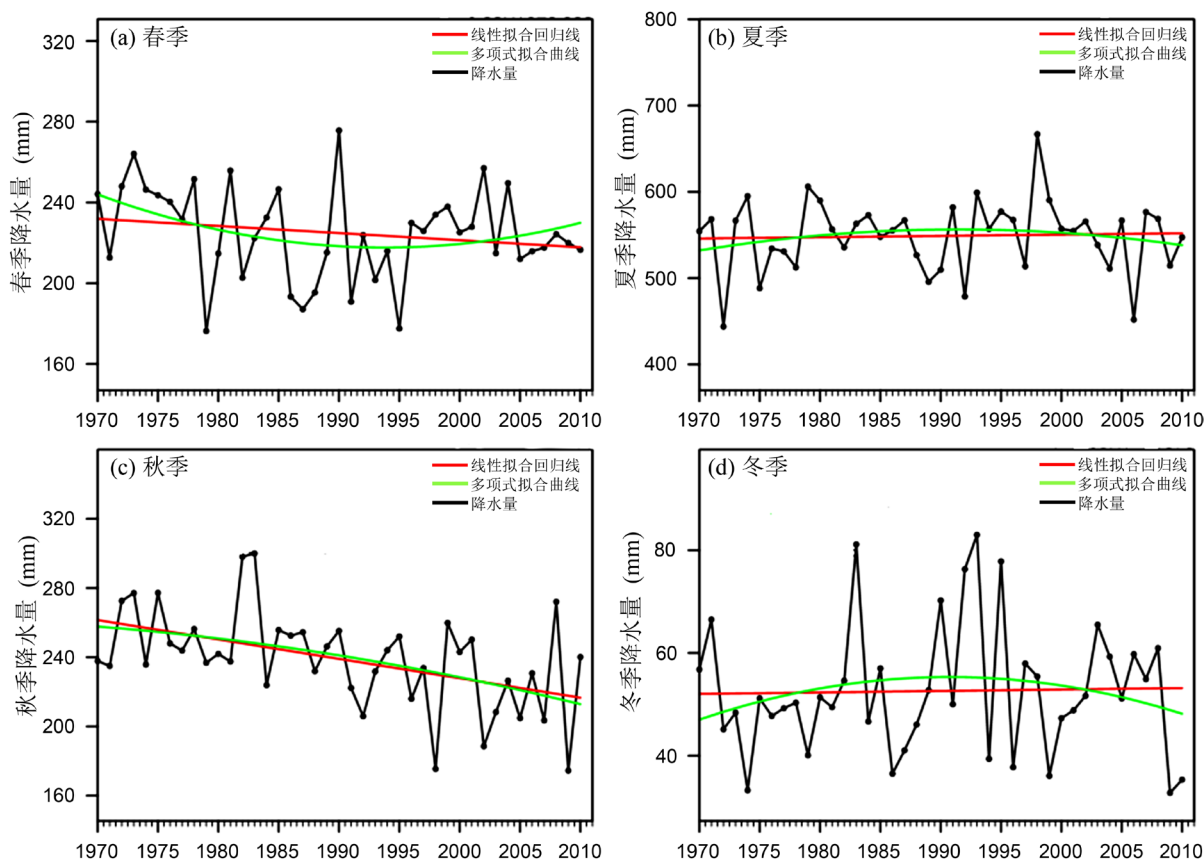


Figure 2. Variation trend of seasonal precipitation in Southwest China: (a) Spring; (b) Summer; (c) Autumn; (d) Winter
图 2. 西南地区各季节降水变化趋势: (a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 冬季

Table 1. Linear regression of seasonal precipitation in Southwest China from 1971 to 2010
表 1. 1971~2010 年西南地区四季降水线性回归

季节	回归方程	显著性水平 p	气候倾向率(mm/10a)
春季	$y = -0.35x + 926.883$	0.25	-3.5
夏季	$y = -0.15x + 246.891$	0.79	-1.5
秋季	$y = -1.12x + 2470.39$	0.001**	-11.2
冬季	$y = 0.03x - 4.1579$	0.87	0.3

注: **表示通过了 0.01 的显著性检验, *表示通过了 0.05 的显著性检验, 未标注*的表示未通过 0.05 显著性水平检验。

3.3. 西南地区四季降水空间分布特征

西南地区春季日平均降水量为 0.1~5.5 mm/d, 如图 3(a)所示, 从西到东整体呈增加趋势, 重庆和贵州东部边缘地区降水量最大, 四川盆地中心区域(乐山、雅安一带)降水较周边多。西南地区春季降水量整体而言较低。西南地区夏季降水量明显最高, 变化范围为 3~11 mm/d。如图 3(b)所示, 夏季降水量整体而言从南到北随着纬度增加呈下降趋势, 但空间差异性较大。四川盆地中心区域降水量达到 7 mm/d, 云南省西南部降水量也明显高于其他区域。西南地区秋季降水空间分布特征基本与夏季相似: 四川盆地中心区域以及云南西南区域降水较多, 如图 3(c)所示。但是秋季降水明显小于夏季降水, 基本保持在 0.5~3.5 mm/d。四川盆地主要受华西秋雨的影响, 降水次数增多, 但降水强度较小, 使得四川盆地降水量较周边地区较大。

西南地区冬季降水量最低，基本保持在 1.5 mm/d 以下，四川盆地部分地区降水量甚至小于 0.1 mm/d。整个而言西南地区冬季降水量由南向北呈减小趋势：南部和东南区域降水量要大于北部降水量(图 3(d))。

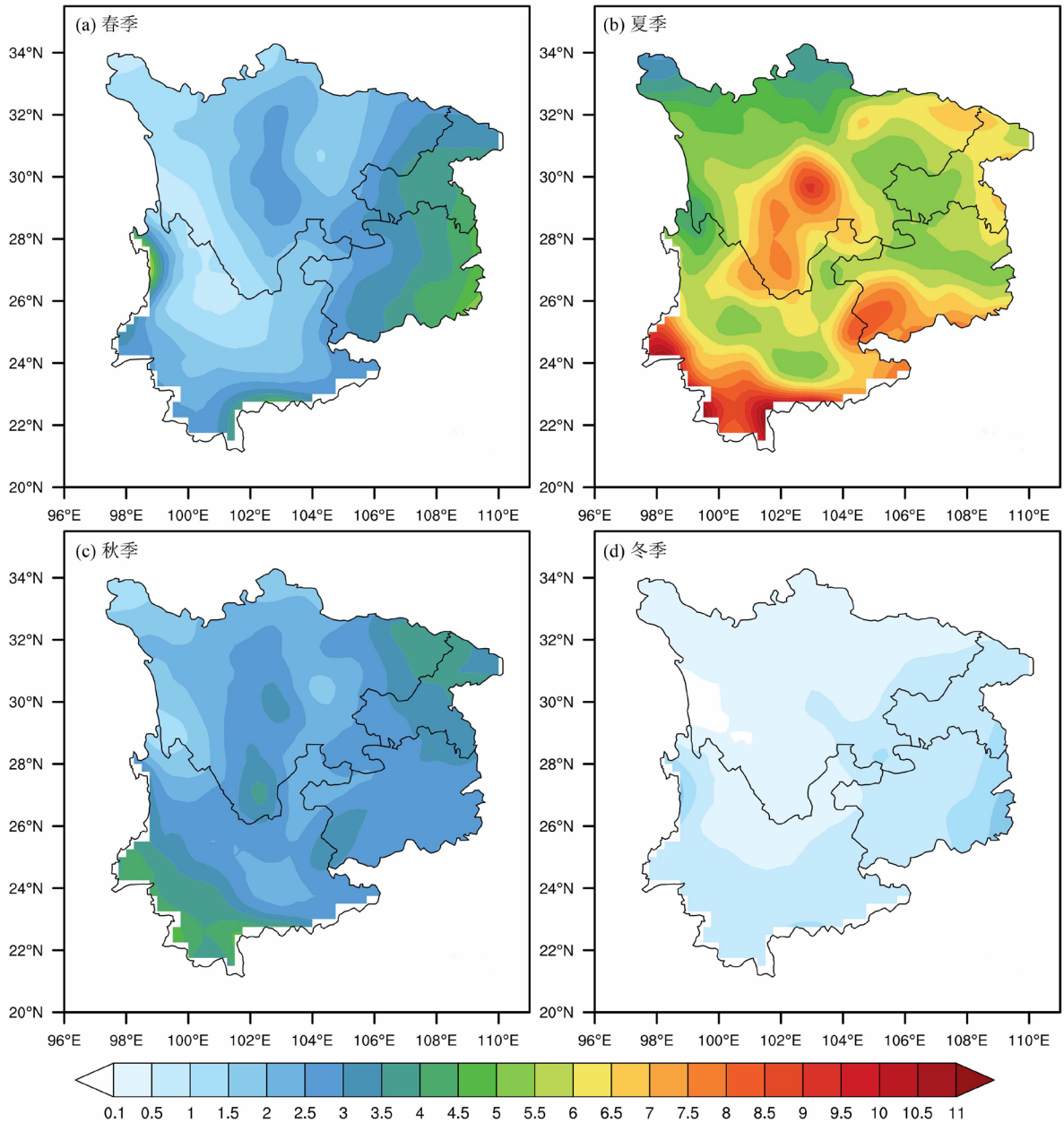


Figure 3. Spatial distribution characteristic of daily precipitation in Southwest China: (a) Spring; (b) Summer; (c) Autumn; (d) Winter

图 3. 西南地区各季节日降水空间分布特征：(a) 春季；(b) 夏季；(c) 秋季；(d) 冬季

3.4. 西南地区降水突变特征分析

利用 Mann-Kendall 检验法对西南地区四季降水进行突变检验。由图 4(a)可见，春季降水在 1988~1989 年、1995 年左右呈显著减少趋势，根据 UF 和 UB 曲线交点的位置确定突变点在 1975、1999 和 2007 年左右。夏季降水的 UF 和 UB 曲线交点出现在 1972、1974、1978、1989、1998 和 2008 年，且所有交点均

在显著线内,说明西南地区夏季降水在这些年份前后都发生了气候突变,变化趋势为偏旱转为偏涝再转为偏旱,在2008年为偏早期转为偏涝期(图4(b))。西南地区秋季降水(图4(c))在1991年发生了突变,由偏涝期转为了偏早期,并在1971~1985和2002~2010年呈显著减少趋势,且达到0.05的显著水平。冬季降水(图4(d))在1993年和2008年左右呈显著增加趋势,且达到了0.05的显著性水平。根据UF和UB曲线交点的位置确定突变时间发生在1978~1979年。

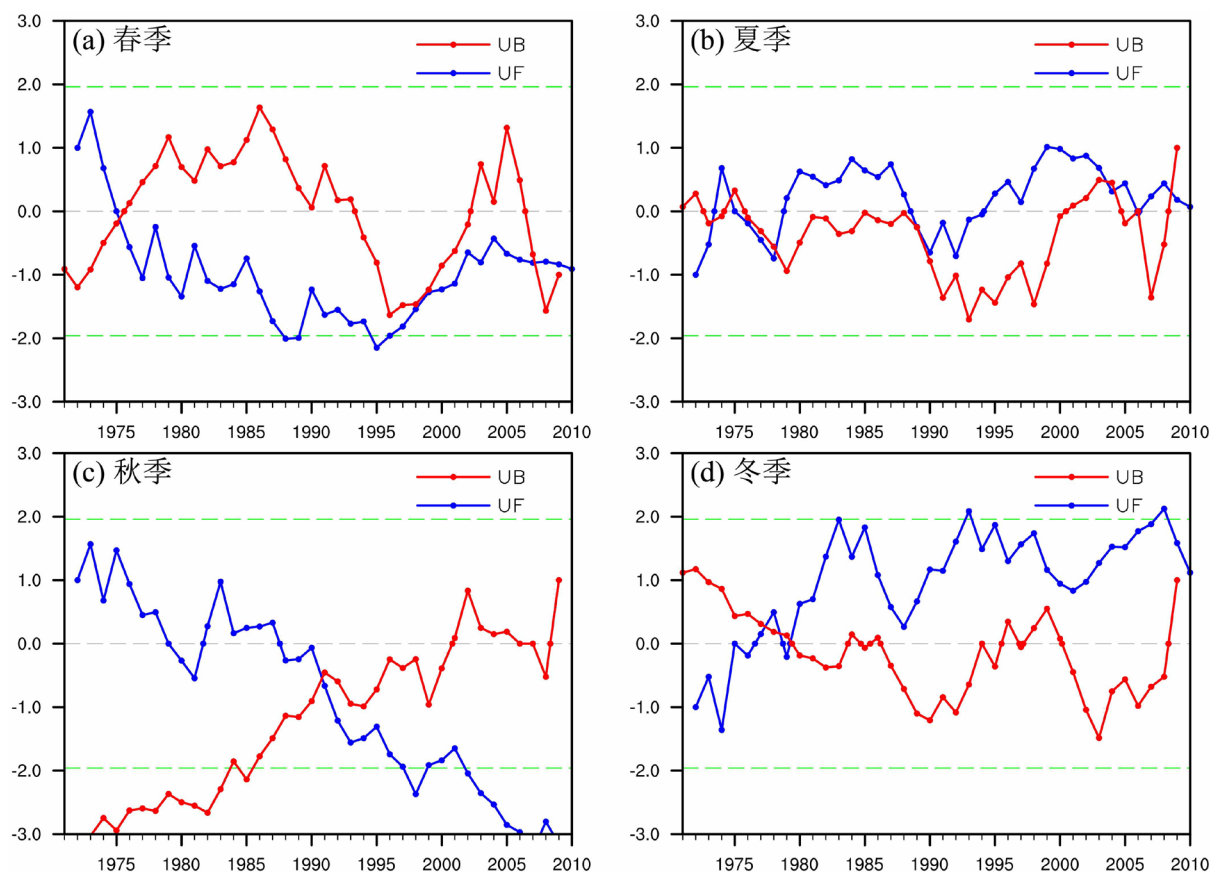


Figure 4. The Mann-Kendall tests of seasonal precipitation in Southwest China: (a) Spring; (b) Summer; (c) Autumn; (d) Winter

图4. 1971~2010年西南地区四季降水M-K突变检验: (a)春季; (b)夏季; (c)秋季; (d)冬季

3.5. 西南地区降水周期特征分析

利用Morlet小波方法对1971~2010年西南地区四季降水序列进行小波变换,经过小波变换后可以清楚地看到降水序列中蕴含着不同尺度的振荡。如图5所示为小波系数实部图,颜色越靠近红色表示降水量越大,颜色越接近白色表示降水量越小。由图可知,春季降水存在两个周期,分别是2~8a的短周期震荡和28a的长周期(图5(a));夏季降水存在两个周期,分别是2~3a短周期和8~16a的长周期(图5(b));秋季降水存在三个周期,分别是2~3a短周期、5a短周期与32a长周期(图5(c));冬季降水(图5(d))存在三个周期,分别为2~3a短周期、8~15a较长周期、34a长周期(图5(d))。

4. 结论

本文利用1971~2010年西南地区气象观测数据对该区降水时空特征进行了研究,得到以下结论:

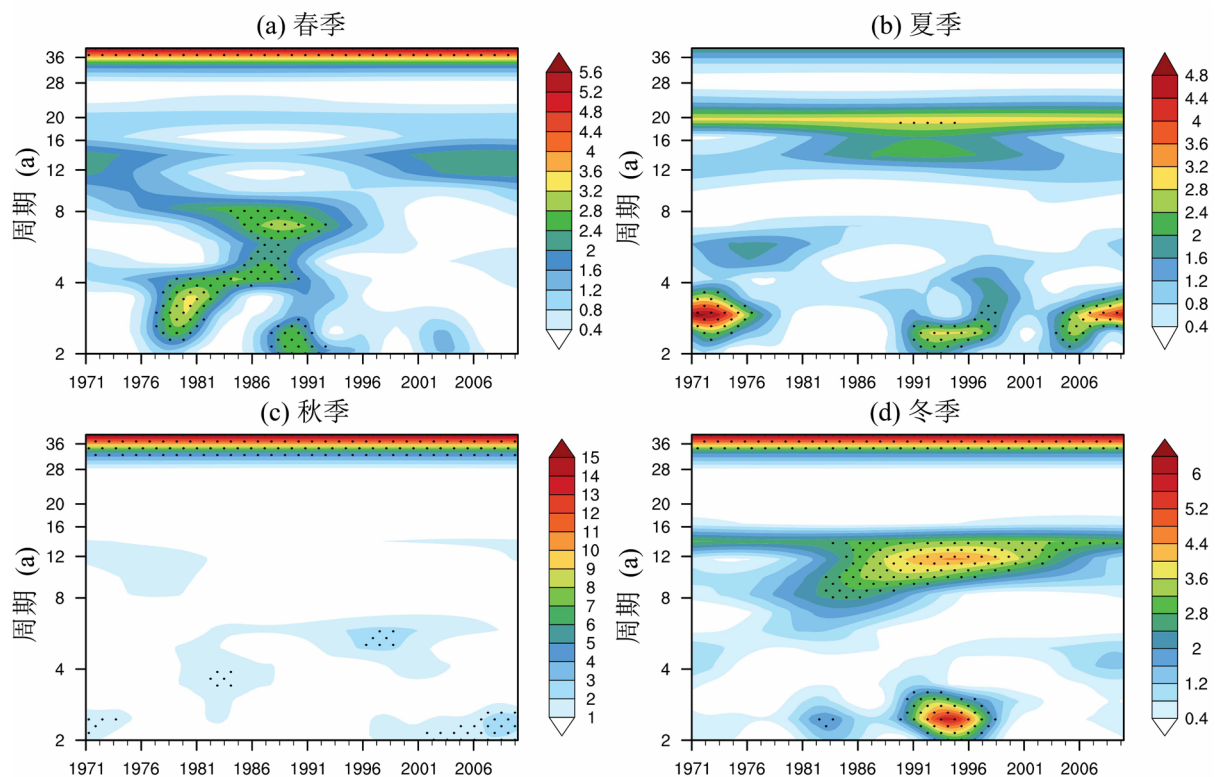


Figure 5. The wavelet coefficients of seasonal precipitation from 1971 to 2010 in Southwest China: (a) Spring; (b) Summer; (c) Autumn; (d) Winter

图 5. 1971~2010 年西南地区降水小波实部系数: (a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 冬季

(1) 西南地区年降水量在 1971~2010 年间整体呈下降趋势, 其中春季、夏季和秋季降水量呈下降趋势, 冬季降水呈增加趋势, 但只有秋季的降水变化趋势通过了显著性水平检验。从空间分布上看, 春季降水量从西到东呈增加趋势, 夏季降水量从南到北呈下降趋势。秋季降水空间分布特征基本与夏季相似, 但是四川盆地降水较周边地区明显较大。冬季降水量最低, 由南向北亦呈减小趋势。

(2) 西南地区降水在四季均有突变, 突变年份在春季为 1975、1999 和 2007 年, 在夏季为 1972、1974、1978、1989 和 2008 年, 在秋季为 1991 年, 在冬季为 1978~1979 年。整体而言偏早期年份多余偏涝期年份。

(3) 西南地区四季降水存在不同周期, 春季降水可分为两个周期, 分别为 2~8a、28a; 夏季降水可分为两个周期, 分别为 2~3a、8~16a; 秋季周期为 2~3a、5a、32a; 冬季周期为 2~3a、8~15a、34a。

基金项目

成都信息工程大学本科教学工程项目(BKJX2019007, BKJX2019013, BKJX2019042, BKJX2019047, BKJX2019056, BKJX2019062, BKJX2019081, BKJX2019089, BKJX2019120 和 JY2018012)支持。

参考文献

- [1] Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., *et al.* (2006) Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation. *Journal of Geophysical Research*, **111**, 1-22. <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>
- [2] 王英, 曹明奎, 陶波, 等. 全球气候变化背景下中国降水量空间格局的变化特征[J]. 地理研究, 2006, 25(6): 1031-1040.
- [3] 徐裕华. 西南气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 5-14.
- [4] 李聪, 肖子牛, 张晓玲. 近 60 年中国不同区域降水的气候变化特征[J]. 气象, 2012, 38(4): 419-424.

-
- [5] 张琪, 李跃清. 近 48 年西南地区降水量和雨日的气候变化特征[J]. 高原气象, 2014, 33(2): 372-383.
- [6] 范思睿, 王维佳. 西南地区春季降水时空变化特征[J]. 干旱气象, 2015, 33(5): 740-747.
- [7] 李永华, 徐海明, 白莹莹, 等. 我国西南地区东部夏季降水的时空特征[J]. 高原气象, 2010, 29(2): 523-530.
- [8] 王春学, 马振峰, 邓彪, 等. 基于 MTM-SVD 方法的西南地区降水季节内振荡特征分析[J]. 高原气象, 2015, 34(1): 59-69.
- [9] 朱艳峰, 宇如聪. 川西地区夏季降水的年际变化特征及与大尺度环流的联系[J]. 大气科学, 2003, 27(6): 1045-1055.
- [10] 周长艳, 李跃清, 房静, 等. 高原东侧川渝盆地东西部夏季降水及其大尺度环流特征[J]. 高原山地气象研究, 2008, 28(2): 1-9.
- [11] 吴佳, 高学杰. 一套格点化的中国区域逐日观测资料及与其它资料的对比[J]. 地球物理学报, 2013, 56(4): 1102-1111.