

# 川渝地区春季降水的年际和年代际变化特征

赵羽丰

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

Email: 530582458@qq.com

收稿日期: 2020年8月26日; 录用日期: 2020年9月10日; 发布日期: 2020年9月17日

## 摘要

本文利用1961~2017年川渝地区春季各月(3~5月)的逐年月降水格点数据, 基于线性倾向估计法和EOF经验正交分解法, 对该区春季降水量时空分布特征进行了研究。结果表明: 川渝地区近60年来春季降水量整体略呈增加趋势, 其中4月降水量呈下降趋势, 但均没有达到显著性水平。在年代际时间尺度上, 川渝地区春季降水也没有明显变化特征。川渝地区春季降水主要包括三种模态, 即降水异常一致型(全局型)是最主要的模态, 其次为东北-西南型, 强度最弱的是东西型。

## 关键词

春季降水, 线性倾向估计法, EOF分解, 川渝地区

# Characteristics of Interannual and Interdecadal Changes of Spring Precipitation in Sichuan-Chongqing Region

Yufeng Zhao

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

Email: 530582458@qq.com

Received: Aug. 26<sup>th</sup>, 2020; accepted: Sep. 10<sup>th</sup>, 2020; published: Sep. 17<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

Based on the monthly precipitation grid data of spring months (March to May) in Sichuan-Chongqing region from 1961 to 2017, the temporal-spatial distribution characteristics of spring precipitation are studied in terms of linear tendency estimation and empirical orthogonal function (EOF). The

文章引用: 赵羽丰. 川渝地区春季降水的年际和年代际变化特征[J]. 气候变化研究快报, 2020, 9(5): 487-493.

DOI: 10.12677/ccrl.2020.95054

results show that the spring precipitation presents a slight increase trend on the whole in the Sichuan-Chongqing region with a decrease trend in April, while all of trends do not reach the significant level. In addition, the spring precipitation also does not show significant interdecadal variability. The spring precipitation in Sichuan-Chongqing region is divided into three common distributive modes with the analysis of EOF method. The first distributive mode is the homogenous of precipitation anomalies, which is the most important mode. The second distributive mode is the pattern of Northeast-Southwest. The third distributive mode is the pattern of East-West, which is the most weak, is the pattern of East-West.

## Keywords

Spring Precipitation, Linear Tendency Estimation, Empirical Orthogonal Function Decomposition  
Sichuan-Chongqing Region

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

随着气候变暖,全球年降水量和极端降水事件呈增加趋势,对社会产生了广泛而深刻的影响[1]。降水异常导致的干旱或洪涝是川渝地区主要自然灾害之一,历次灾害都给当地造成了严重的损失和较大的社会影响。特别是近年来,西南地区的春季干旱渐趋严重。有研究表明 20 世纪 60 年代以来,西南地区春季降水整体呈微弱的增长趋势,但东部地区为减少趋势而西部为增加趋势[2],在四川盆地东、西部的降水经常会出现“东涝西旱”或“东旱西涝”的异常特征[3]。目前关于川渝地区降水的研究多集中于主汛期降水特征[4][5],关于川渝地区春季降水特征的研究比较少见。

川渝地区海拔高差悬殊,包括山地、丘陵、平原、盆地和高原等多种地形。气候类型多样,从亚热带季风气候一直延伸到高原山地气候,适合农、林、畜牧业的综合发展。春季降水对于农业、林业和畜牧业都具有重要的作用,因此研究川渝地区春季降水的年际、年代际及其空间分布特征,不仅可以提高对川渝地区春季降水特性和演变规律的认识,而且对于该区域农业、林业和畜牧业经济发展也具有重要作用。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 研究区概况

川渝地区北邻秦岭和大巴山脉,南云贵高原,西倚青藏高原,东临巫山、武陵山脉,地形地貌纵连横贯,海拔落差大,是青藏高原和云贵高原与中国东部平原之间的过渡地带。该地区既受东亚和印度季风的影响,同时受到青藏高原大气环流控制,降水空间分布差异性比较显著。

### 2.2. 资料概况

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 1961~2017 年川渝地区(东经 97°21'~110°11'; 北纬 26°03'~34°19')春季(3 月、4 月、5 月)历年逐月平均降水的格点资料,空间分辨率为 0.25° × 0.25°。

## 2.3. 研究方法

本文利用线性倾向估计法来分析降水变化趋势，具体方法为将降水量距平值与时间作为因变量和变量，构造一元线性回归方程来描述。

$$x_i = a + bt_i \quad (1)$$

式中  $x_i$  为月降水量的距平值， $t_i$  为时间(单位为年)。其中线性倾向率  $b$  值大小表示降水量距平值的变化趋势， $b > 0$  表示随着时间  $t_i$  增加降水量呈增加趋势， $b < 0$  代表随着时间  $t_i$  增加，降水量呈下降趋势。

本文利用了 EOF (Empirical Orthogonal Function) 经验正交函数，分析川渝地区春季降水的时空分布特征。EOF 分解是上世纪 80 年代发展出来的分析相关要素空间分布的一种方法，EOF 分析可将区域降水场分解为正交的特征向量和时间函数两部分，将原降水场的变化信息浓缩在前几个模态上，进而通过对空间特征向量和时间系数的估计，来揭示区域降水的时空变化特征，其具体展开形式见文献[6]。

## 3. 川渝地区春季降水量年际特征

### 3.1. 春季降水量年际变化特征

1961~2017 年川渝地区春季平均降水量为 215.4 mm，降水距平百分率年际变化如图 1 所示。该地区降水降水量略呈增加趋势，但是没有达到显著性水平，说明春季降水量近 60 年来没有发生明显变化，但年际变化特征显著，在不同时期降水量明显不同。1961~1978 年降水距平值在绝大多数年份为正，约占该段时期总年份的 72%，说明该段时期内春季降水比较充沛，但是 1979~2012 年降水距平值为正的年份仅占到 32%，说明这段时期整体而言春季降水要少于平均值，容易出现春旱。2013~2017 年春季降水距平值都为正值，说明近几年春季降水较历年平均值偏多。

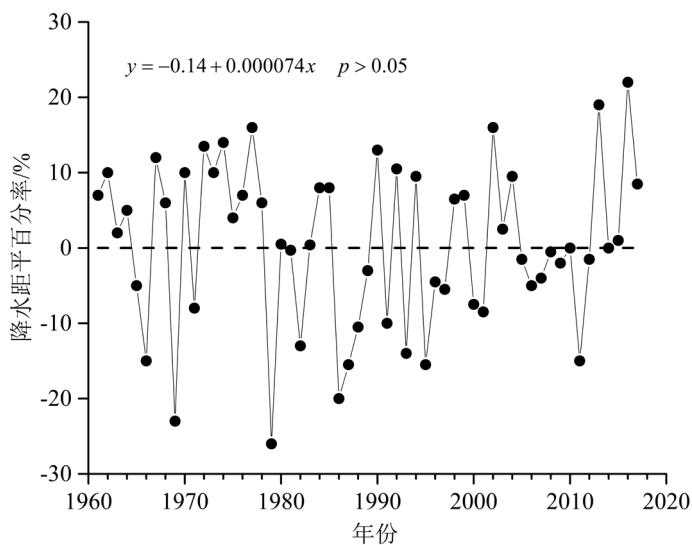


Figure 1. Interannual variation of spring precipitation in Sichuan-Chongqing region (1961-2017)  
图 1. 川渝地区春季降水年际变化(1961~2017)

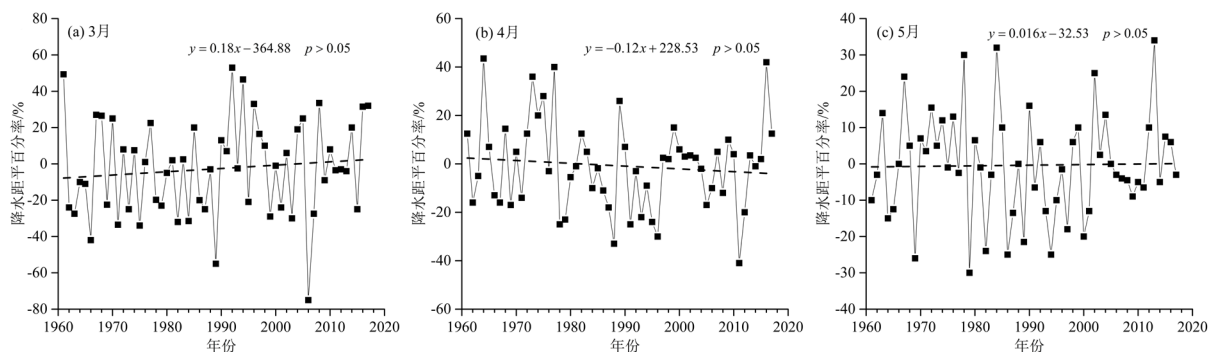
### 3.2. 春季各月降水量年际变化特征

春季各月份降水变化特征存在明显差异。1961~2017 年 3 月平均降水量为 33.8 mm，逐年降水量距平百分率变化特征如图 2(a)所示。由图可见，3 月降水量呈增加趋势，但回归方程也没有达到显著性水平，说明 3 月降水量也没有发生明显变化。然而，3 月降水量年际变化的幅度明显大于整个春季的年际变化

幅度,其中降水距平值为正值的年份为 25 个,超过 30%的有 7 个(1961, 1992, 1994, 1996, 2008, 2016, 2017),在 1992 年降水距平百分率甚至超过了 50%。降水距平值为负值的年份有 32 个,小于-30%的年份有 6 个(1966, 1971, 1975, 1982, 1984, 2003)。

川渝地区 4 月平均降水量为 66.3 mm,由图 2(b)可见,4 月降水量变化趋势与 3 月截然相反,呈下降趋势,但是检验表明其也没有达到显著性水平。57 年中降水距平为正值年份有 29 年,其中超过 30%的年份有 4 个(1964, 1973, 1977, 2016);降水距平为负距平的年份有 28 年,其中低于-30%的年份只有两年(1988, 2011)。与 3 月相比,降水量距平百分率变化幅度要明显弱一些。

川渝地区 5 月平均降水量为 112.7 mm,由图 2(c)可见,5 月降水降水量略呈增加趋势,但是没有达到显著性水平,说明 5 月降水量近 60 年来没有发生明显变化。57 年中降水距平为正值年份有 25 年,而处于负距平的年份有 32 年。正距平百分率处在 30%以上有 3 年(1978, 1984, 2013),降水距平百分率低于-30%基本没有,只有 1979 年时,降水量的距平百分率为-30%。尽管 5 月降水较 3 月和 4 月明显增加,但是降水的年际间变化幅度却明显减小了。



**Figure 2.** Interannual variation of monthly precipitation in spring in Sichuan-Chongqing region: (a) March; (b) April; (c) May  
**图 2.** 川渝地区春季各月降水年际变化: (a) 3 月; (b) 4 月; (c) 5 月

#### 4. 川渝地区春季降水时空分布特征

基于川渝地区 1961~2017 年 3~5 月各月降水量距平资料进行 EOF 分解,前 4 个特征向量的方差贡献和累积方差贡献如表 1 所示,利用特征值误差范围法进行显著性检验,前 3 个特征向量是有意义的,因此只分析前 3 个有明确物理意义的特征向量场的时空结构特征。

**Table 1.** The variance contribution of eigenvector from spring precipitation anomalies in Sichuan-Chongqing region  
**表 1.** 川渝地区春季降水距平特征向量的方差贡献

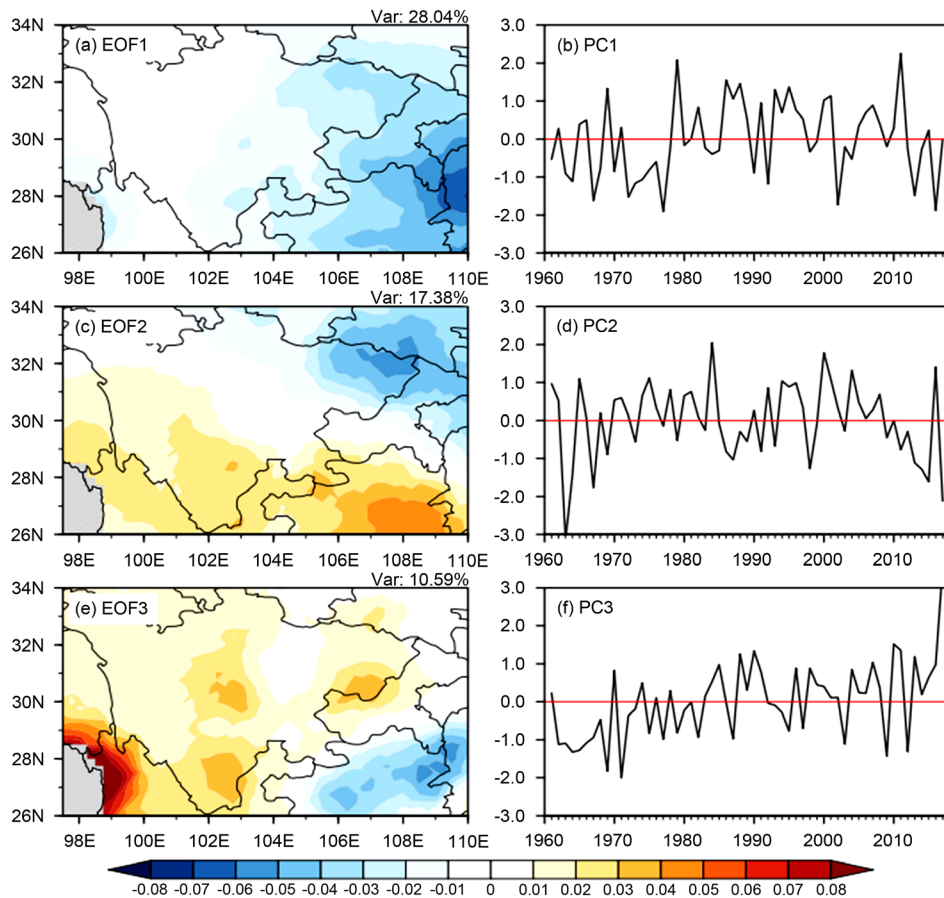
序号	方差贡献	累计方差贡献
1	28.04%	28.04%
2	17.38%	45.42%
3	10.59%	56.01%
4	5.01%	61.02%

图 3(a)为第一特征向量空间分布,由图可见第一特征向量在川渝地区同符号,均为负值,这表明川渝春季降水量在空间分布具有很好的一致性,这种全区域一致性的特性占总体方差的 28.04%,尽管所占方差贡献率的绝对比例不是很大,但是相对比例最大,显然是受大尺度天气系统影响的缘故。第一特征向量所代表的空间变化特征定义为川渝春季降水分布第一型,即总体一致型。第一特征向量值由西向东

呈减小趋势,尤其在重庆区域较小,说明东部区域降水量变化幅度要高于西部区域,在重庆地区春季降水容易出现极端。由第一特征向量时间系数图 3(b)进一步可以看出 1970~1977 年,时间系数负值偏多,说明这一时期川渝地区一致偏小较显著,1979~2000 年时间系数正值偏多,说明这一时期川渝地区一致偏多较显著。

图 3(c)为第二特征向量空间分布,由图可见川渝东北地区(川渝与陕西交界区域)为大片负距平区,最大负距平中心在四川与陕西交界偏东区域;四川省西南地区为大片的正距平区,最大正距平中心在川南;第二特征向量从西南向东北逐渐由正值过渡为负值。这表明川渝地区春季降水量的总趋势中存在明显的东北-西南分布,为东北涝西南旱或西南旱东北涝,存在明显反位相关系。第二特征向量所代表的空间变化特征定义为川渝春季降水分布第二型,即东北-西南型。第二特征向量时间系数(图 3(d))在 1963 年为极大负值,说明这一年东北区域降水少、西南区域降水多的特点较显著。1999~2008 年基本为正值,表明西南多雨东北少雨的特点较显著。

图 3(e)为第三特征向量的空间分布,由图可见川渝地区绝大部分区域基本呈现一致性的正值,其中川南、川中和川东边缘存在较大正值中心;负值区域仅出现在重庆东南区域之内,整体呈东西型。第三特征向量时间系数(图 3(f))在 1962~1983 年基本呈现负值、2003 年之后均为正值,但是强度较弱、方差贡献率低,说明这一特征向量的实际意义并不大。



**Figure 3.** The first three EOF modes of percentage of precipitation anomalies: (a) EOF1; (c) EOF2; (e) EOF3 and the corresponding time series: (b) PC1; (d) PC2; (f) PC3

**图 3.** 川渝地区主汛期降水距平百分率 EOF 分析的前三个特征向量空间分布: (a) EOF1; (c) EOF2; (e) EOF3 及其对应的时间系数: (b) PC1; (d) PC2; (f) PC3



## 5. 川渝地区春季降水年代际变化特征

1961~2017年川渝地区春季降水平均值为215.4(±7.3)mm,其年代际变化特征如图4示。从20世纪60年代到21世纪初,春季降水年代际变化特征呈增加趋势,但是没有达到0.05的显著性水平,说明川渝地区春季降水年代际间没有明显变化,但是各年代间有明显差异,呈增加-下降-增加的变化特征:春季降水量在60年代为213.8mm,70年代达到最大值224.0mm,80年代下降到最低值204.3mm,90年代和21世纪初降水量基本持平,增至213.0mm。2010~2017年春季平均降水量与70年代基本相同。各年代际春季降水量的变异系数较小,平均值为10.7%,变化范围为7.7%~12.2%,这说明各年代春季降水量的变化幅度较小,说明春季极端降水事件出现概率比较小。

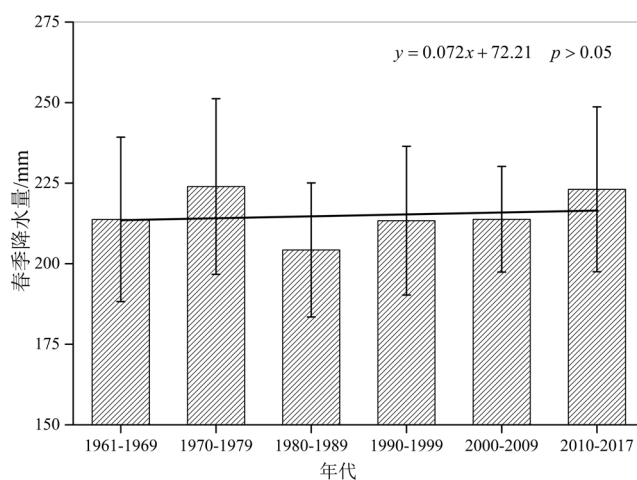


Figure 4. Interdecadal variability of spring precipitation in Sichuan-Chongqing region  
图4. 川渝地区春季降水年代际变化特征

## 6. 结论

(1) 川渝地区春季降水年际变化特征显著,尽管1961~2017年春季降水量没有发生明显变化,但是在不同时期年际变化明显:1961~1978年春季降水偏多,而1979~2012年春季降水偏少。在年代际时间尺度上,川渝地区春季降水没有明显变化特征。

(2) 川渝地区春季各月(3、4、5月)降水存在较大差异,3月和4月降水年际变化幅度较大,5月的较小。3月和5月降水呈增加趋势,而4月降水呈下降趋势。

(3) 对川渝地区春季57年月降水量的距平进行EOF分解,结果表明该区春季降水主要包括三种模态,即降水异常一致型(全局型)是最主要的模态,其次为东北-西南型,强度最弱的是东西型。此3种空间分布类型的累计方差贡献率达56.01%,基本反映了川渝地区春季降水量空间分布的主要特征。同时,相应的时间系数表明,该区域不同年份或时期降水多少存在很大差异。

## 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] Barbero, R., Fowler, H.J., Lenderink, G., *et al.* (2017) Is the Intensification of Precipitation Extremes with Global Warming Better Detected at Hourly than Daily Resolutions? *Geophysical Research Letters*, **44**, 974-983.

---

<https://doi.org/10.1002/2016GL071917>

- [2] 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.
- [3] 周长艳, 李跃清, 彭俊. 高原东侧川渝盆地降水与水资源特征及变化[J]. 大气科学, 2006, 30(6): 1217-1226.
- [4] 马振锋, 谭友邦. 预测川渝地区汛期降水量的一种物理统计模型[J]. 大气科学, 2004, 28(1): 138-145.
- [5] 蒋兴文, 李跃清, 李春, 等. 四川盆地夏季水汽输送特征及其对旱涝的影响[J]. 高原气象, 2007, 26(3): 476-484.
- [6] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999.