

青藏高原东南缘阿坝州降水变化时空特征及突变性分析

甄英¹, 何静²

(1. 内江师范学院 地理与资源科学学院, 四川 内江 641199; 2. 成都信息工程大学 大气科学学院, 成都 610225)

摘要:根据阿坝州 6 个气象站 1961—2010 年的降水资料,采用年内分配不均匀系数(Cut)、降水集中度(PCD)和集中期(PCP)、Mann-Kendall 检验法等方法并结合 GIS 空间分析技术分析了其降水时空分布特征及突变性。结果表明:(1) 趋势上,近 50 年来阿坝州降水整体呈上升趋势,倾向率为 4.25 mm/10 a;降水年内分配不均匀系数 Cut 呈下降趋势,均值为 0.92;PCD 和 PCP 整体也呈下降趋势,PCD 多年均值为 0.57,PCP 多年均值为 13.43 候,Mann-Kendall 曲线分别表现为“升降交替和平稳”以及“降升降升”几个阶段。(2) 空间上,年降水量表现为从中南部向东北部和南部减少的趋势,Cut 从东部向西北递增,PCD 从东向西递增,PCP 出现“南早北晚”的差异。(3) 合成分析,多水年的 PCD 比少水年的略大,并且南部地区大于北部地区;多水年的 PCP 比少水年偏晚,并且西北部的 PCP 比其他地方都偏晚。

关键词:阿坝州;降水;集中度;集中期

中图分类号:P426.6;P461

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)04-0195-05

Spatial and Temporal Characteristics and Mutation Analysis of Precipitation Variation in Aba Prefecture on the Southeast Margin of Qinghai-Tibet Plateau

ZHEN Ying¹, HE Jing²

(1. School of Geography & Resource Science, Neijiang Normal University, Neijiang, Sichuan 641199, China; 2. School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: According to the precipitation data of 6 meteorological stations in Aba Prefecture from 1961 to 2010, temporal and spatial distribution of precipitation and its mutation were analyzed by annual uneven distribution coefficient (Cut), precipitation concentration degree (PCD), precipitation concentration period (PCP), Mann-Kendall test method and other methods combining with GIS spatial analysis technology. The results showed that: (1) in the past 50 years, precipitation in Aba was increasing, and the inclination rate was 4.25 mm per decade; the distribution of non-uniformity coefficient in precipitation was decreasing, the mean was 0.92. PCD and PCP were also declining, and the mean value was 0.57; the average value of PCP was 13.43 years, and Mann-Kendall curves was expressed as ‘ascending and descending alternately and stable’ and ‘descending-ascending-descending-ascending’; (2) the annual precipitation was decreasing from south to northeast and south, and Cut increased from east to northwest; PCD increased from east to west, and PCP had the characteristics of ‘southern early, northern late’; (3) for the synthetic analysis, PCD in the year with larger precipitation was slightly larger than that of the year with less precipitation, and it was larger in the southern part than the northern region. PCP with larger precipitation was later than the year with less precipitation, and PCP was later in northwest than any other place.

Keywords: Aba Prefecture; precipitation; concentration; concentrated period

近百年来,随着全球气候逐渐变暖,导致降水量的时空分布出现变化,同时对局部地区的景观格局及其演变、农林生态系统等产生了深刻影响^[1],局地降

水时空变化、效应以及其驱动力研究是近年来学术界的重要方向之一^[2]。降水集中度和集中期作为度量降水的非均匀分配指标之一,能够很好地反映过程内降水

的时空非均匀性分布特征及其演变过程^[3],很多学者对此进行了研究^[4-9],只是这些研究通常针对非常大区域范围的降水量进行分析,而对局部地区的降水量的时空分布特征及其演变过程进行分析则更能够反映当地的实际状况。阿坝藏族羌族自治州(简称“阿坝州”)位于四川省西北部,地处青藏高原东南缘,地貌以高原和高山峡谷为主,东南部为高山峡谷区,中部为山原区,西北部为高山区。黄河上游、岷江贯穿全境。阿坝州复杂的地形地貌、多样的气候造就了州内丰富的旅游资源、水能资源、生物资源、矿产资源等,同时也带来了干旱、滑坡、泥石流等自然灾害,造成了巨大的经济损失和不良的社会影响。很多学者对不同时间尺度的四川省及省内部分地州市州降水进行了研究^[10-13],但对阿坝州的降水研究还尚未见报到。因此,研究分析阿坝州降水的变化趋势及分配规律,对进一步认识研究区内气候的变化和水资源科学利用,及其对区内不同地貌的自然灾害的影响有很好的实际意义。

1 资料和方法

1.1 资料来源

本文选取阿坝州境内的若尔盖(33°35'N,102°58'E)、阿坝(32°54'N,101°42'E)、红原(32°48'N,102°33'E)、松潘(32°39'N,103°34'E)、马尔康(31°54'N,102°14'E)、小金(31°00'N,102°21'E)6个气象站点的1961—2010年逐月、逐年降水实测资料,数据均来源于中国国家气象数据服务网。

1.2 研究方法

1.2.1 年内分配不均匀系数 对于研究区降水的非均匀性分析采用年内分配不均匀系数 Cut^[1,9]描述,其公式表示为:

$$\text{Cut} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_{t,i} - \bar{R}_t)^2 / \bar{R}_t} \quad (1)$$

$$\bar{R}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{t,i} \quad t=1,2,\dots,N \quad (2)$$

式中: $R_{t,i}$ 表示 t 年 i 时段的降水量; \bar{R}_t 为 t 年的时段平均降水量; n 为年内包括的月份数; N 为序列的长度,本文中 $N=50$ 。显然,Cut=0表示降水平均分配于各个时段;Cut的值越大,表明各月降水量相差越悬殊,即年内分配越不均匀。

1.2.2 集中度与集中期 降水集中度(PCD)和集中期(PCP)是利用向量分析的原理定义区域降水量时间分配特征的参数^[14-20],其中PCD能够反映研究时段内降水的集中程度,PCP则可以反映一年中的最大降水量出现的时段,具体计算方法为^[21]:

$$\text{PCD} = \sqrt{R_{xi}^2 + R_{yi}^2} / R_i \quad (3)$$

$$\text{PCP} = \arctan(R_{xi} / R_{yi}) \quad (4)$$

式中: $R_{xi} = \sum_{j=1}^n R_{ij} \sin \theta_j$, $R_{yi} = \sum_{j=1}^n R_{ij} \cos \theta_j$; R_i 为总降水量; R_{ij} 为研究时段内每月的降水量; θ_j 为每月所对应的方位角; i 为年份; j 为研究时段内的月序。PCD反映研究时段内降水的集中程度,取值为0~1,值越接近1,表明降水量越集中在某一段时间;相反,值越接近0,表明各降水量越均匀。PCP表示合成向量的方位角,反映最大降水量出现的时段。

1.2.3 Mann-Kendall 非参数检验 Mann-Kendall非参数检验(简称M-K检验法)是一种广泛应用于气温、降水、径流等水文现象的非参数统计检验方法,能很好地揭示时间序列的趋势变化及突变特征^[22]。

2 结果与分析

2.1 年降水量整体特征

由图1可以看出,近50a降水变化范围为400~750mm,变幅不大,整体呈轻微上升趋势,倾向率为4.25mm/10a,这与李川等^[11]得出的川西高原降水略有增加结论一致。近50a内降水量,最大值出现在1993年(685.7mm),最小值出现在2002年(461.5mm),其多年平均值是571.0mm。在1961—1974年降水量靠近均值附近,说明变幅整体较小;1975—2010年降水变幅加大,出现旱涝灾害的可能性加大。

阿坝州近50a降水量在空间上表现出明显的区域差异,呈现出中部最多,向东北部和南部减少的趋势。年降水量最大值中心位于马尔康市,年降水量为648.4mm,最小值中心为位于南部的小金县,年降水量为514.9mm,两者相差近134.4mm。马尔康市和小金县均属于暖温带、温带亚区,海拔均在2800m以下,但马尔康市属于高山峡谷地区,受东南部高山峡谷过渡平原迎风坡气流(四川盆地回流天气系统)影响,降水较多;小金县属于干旱河谷地区,受青藏高原背风坡气流(西风带天气系统)影响,降水较少,蒸发强,气候干燥。

2.2 年内分配不均匀性特征

阿坝州降水Cut的时空变化趋势见图2。可以看出Cut整体上呈轻微下降趋势,表明年内降水分配差异逐渐趋于均匀状态。研究区Cut最大值为1.06(1987年),次大值为1.05(1983年),最小值为0.79(1991年),次小值为0.81(1961年),由于Cut年际变化较大,表明各月降水量相差悬殊,即年内分配很不均匀,这主要是由于阿坝州东南部为高山峡谷区,中部为山原区,西北部为高原区,降水分布不均引起的。降水过多的地方容易出现洪涝灾害,降水过少的地方则容易出现旱情。

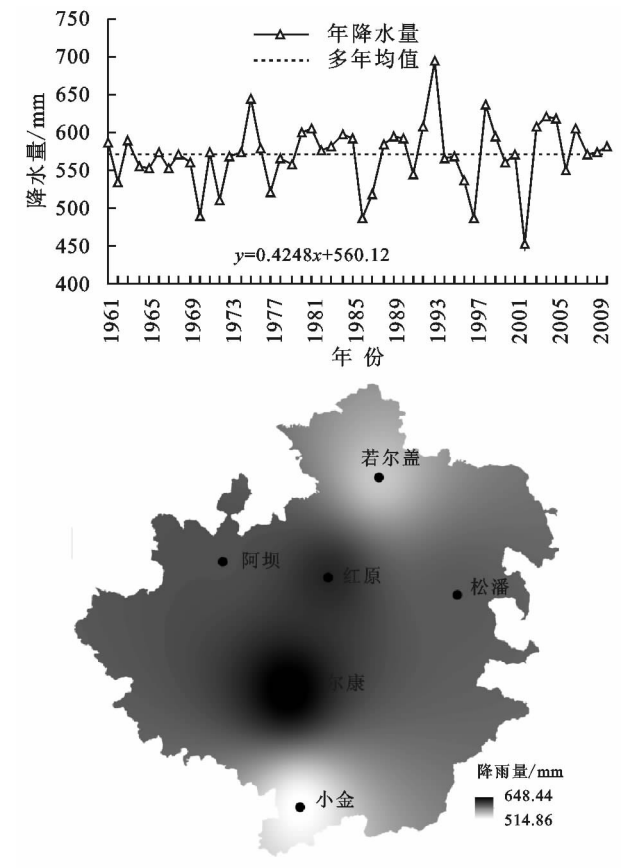


图 1 阿坝州近 50 a 降水量时空变化趋势

从 Cut 的区域分布情况来看,整体呈现出从东部向西北部递增的趋势。Cut 最小值中心位于松潘县,海拔在 3 000 m 以下,最大值位于若尔盖县和阿坝县,海拔在 4 000 m 以下,它们均属于寒温带气候亚区,所在为丘状高原地区,Cut 由 0.70 增加到 1.08,两者相差 0.38。从 Cut 的年代际来看,整体也呈下降趋势,表明降水分配逐渐均匀,其中 20 世纪 60 年代不均匀性差异最为悬殊,21 世纪以来不均匀性差异最小。

2.3 年降水集中度与集中期分析

2.3.1 集中度变化 阿坝州近 50 a 的 PCD 在 0.45~0.75 变化(图 3),整体呈轻微下降状态。降水 PCD 多年均值为 0.57,最大值出现在 1987 年,最小值出现在 1997 年。若 PCD 值多于多年平均值说明降水集中,反之,则说明不集中。在这 50 a 中,1978—1994 年的 PCD 值均大于多年平均值,而其他年份的 PCD 值基本上是小于多年平均值的。同时,PCD 值的趋势是逐渐减小,说明在年降水量整体减少的情况下,降水趋于集中分布,出现极端洪涝灾害和极端干旱的可能性增大。

50 a 来阿坝州降水集中度在空间上表现为从东向南递增,分别存在一个大值中心和小值中心,大值中心位于南部的小金县,小值中心位于东部的松潘县和中部红原县。PCD 的空间分布与年降水量的

空间分布并不一致,年降水量多的马尔康、PCD 值却较小,降水不集中,由此说明年降水量尽管很少但也有可能出现旱涝灾害。

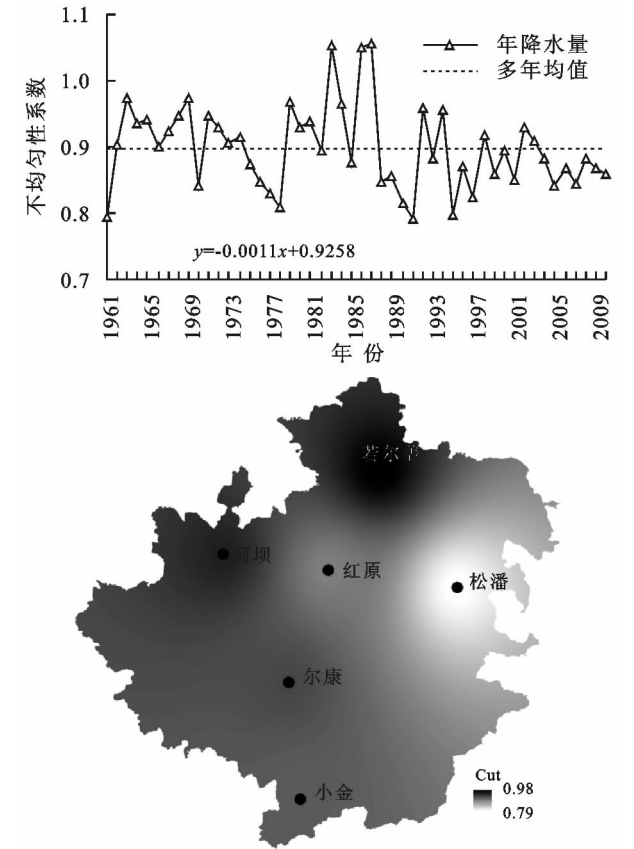


图 2 阿坝州降水不均匀系数时空变化趋势

2.3.2 集中期变化 阿坝州近 50 a 来 PCP 在 0~30 候变化(图 4),多年平均值为 13.43 候(3 月初),最早是 0.06 候(1 月初),出现在 2002 年,最晚是 26.17 候(5 月初),出现在 1964 年,两者相差 26 候(131 d 左右)。1961—1987 年研究区降水量 PCP 主要呈下降趋势,降水集中期前移;1988—2010 年降水量 PCP 呈稳定变化趋势,23 a 中有 15 a 的 PCP 小于等于多年均值,说明此阶段降水多出现在 3 月前。

近 50 a 来阿坝州降水 PCP 在空间上表现为从南部、东部向西北部递增的格局,呈现出“南早北晚”的差异。分别存在两个大值中心和小值中心,大值中心位于西北部的若尔盖县(21.60 候)和阿坝县(20.66 候),小值中心位于南部的小金县(0.61 候)。

2.4 集中度与集中期的年代际特征

通过降水 PCD 与 PCP 年际变化 M-K 曲线分析 PCD,PCP 年际变化特征。PCD 整体表现为“升降交替和平稳”5 个阶段(图 5A),各阶段变化的时间范围见表 1。降水 PCD 的 UF 曲线在 1961—1989 年值大于 0,表明序列整体呈上升趋势,1990—2010 年值小于 0,表明序列整体呈下降趋势,这与图 3 分析的结

果一致。UF 与 UB 曲线交于 1986 年,但交点在临界线(±1.96)外,那么突变时间就应该是 UF 曲线超过临界线的时间范围。

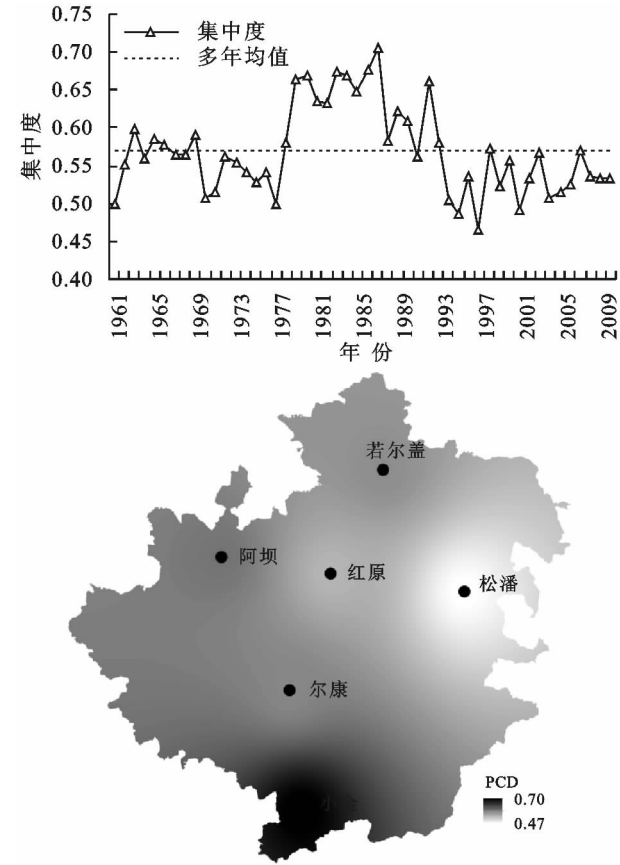


图 3 阿坝州年降水 PCD 时空变化趋势

PCP 值 M-K 曲线整体以降为主(图 5B),各阶段变化的时间范围见表 1。降水 PCP 的 UF 曲线在 1961—1975 年值大于 0,表明序列整体呈上升趋势,1976—2010

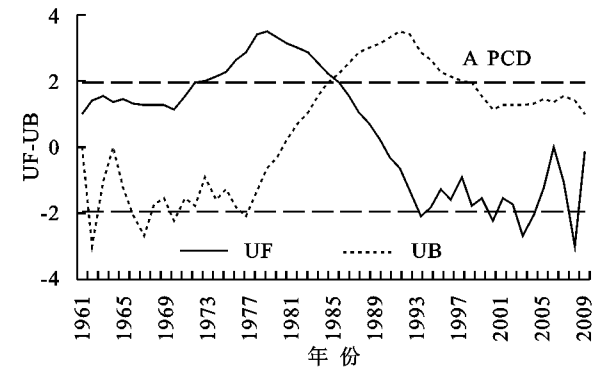


图 5 降水 PCD 与 PCP 年际变化 M-K 曲线

2.5 降水集中度与集中期的合成分析

采用合成分析法,分别对阿坝州近 50 a 降水量最多和最少的前 5 a 进行合成。多水年分别为 1993 年、1975 年、2007 年、1983 年和 1998 年;少水年分别为 2002 年、1997 年、1970 年、1972 年和 1986 年。分析发现:(1) 多水年的 PCD 整体比少水年的略大,并且南部地区大于北部地区。PCD 大值中心均在小金

年值小于 0,表明序列呈下降趋势,并且分别在 2006 年、2008 年超过临界值,表明下降趋势显著。UF 与 UB 曲线交于 1986 年,且交点在临界线之间,那么此交点就应该是突变开始的时间,这与李晓英等^[23]研究青藏高原降水得出的时间转折点结论一致。

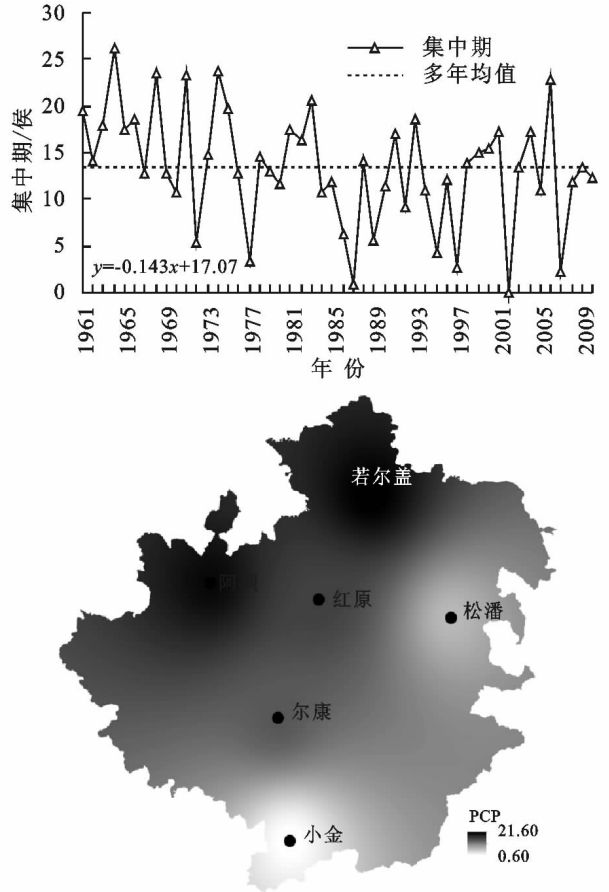
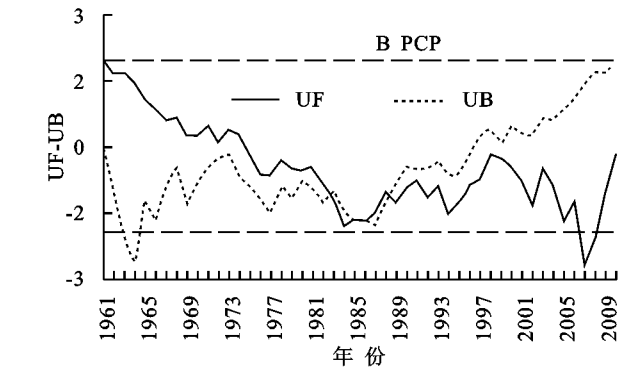


图 4 阿坝州年降水 PCP 时空变化趋势



县,需要特别注意的是降水虽少但集中度高的地方发生局地强降水和干旱的可能性就大;PCD 小值中心均在松潘县,降水虽较多但不集中,发生局地强降水和干旱的可能性不大。(2) 多水年的 PCP 比少水年偏晚。多水年的 PCP 平均在 14.99 候,少水年的 PCP 平均在 6.34 候,偏晚 8.65。PCP 最大值中心在阿坝县,其次为若尔盖,最小值中心为松潘,其次为小

金。无论是多水年还是少水年阿坝州降水西北部的 PCP 比其他地方都偏晚。

表 1 降水 PCD 与 PCP 升降变化趋势表

PCD	趋势	PCP	趋势
1961—1963 年	↑	1961—1984 年	↓
1964—1973 年	↓	1985—1998 年	↑
1974—1979 年	↑	1999—2007 年	↓
1980—1994 年	↓	2008—2010 年	↑
1995—2010 年	—		

3 讨论与结论

(1) 趋势变化。年降水量整体呈轻微上升趋势,倾向率为 4.25 mm/10 a,50 a 增加了 21.25 mm。PCD 和 PCP 整体呈下降趋势,年际差异较大;PCD 多年均值为 0.57,在 0.45~0.75 变化,PCP 多年平均值为 13.43 候,最早是 0.06 候,最晚是 26.17 候,两者相差 26 候。Mann-Kendall 曲线 PCD 和 PCP 分别表现为“升降交替和平稳”以及“降升降升”几个阶段。

(2) 空间变化。年降水量表现为从中南部向东北部和南部减少的趋势,最大值中心位于中南部的马尔康县,年降水量为 648.4 mm,最小值中心为位于南部的小金县,年降水量为 514.9 mm,两者相差近 134.4 mm。PCD 在空间上表现为从东向南递增,存在一个大值中心和一个小值中心;PCP 表现为从东部、南部向西北部递增的格局,呈现出“南早北晚”的差异,存在两个大值中心和一个值小中心。

(3) 合成分析。多水年的 PCD 比少水年的略大,并且南部地区大于北部地区。PCD 大值中心均在小金县,小值中心均在松潘县。多水年的 PCP 比少水年偏晚,并且西北部的 PCP 比其他地方都偏晚。PCP 最大值中心在阿坝县,其次为若尔盖,最小值中心为松潘,其次为小金。

本文只是初步探讨了阿坝州降水的变化趋势、时空分布特征及突变性分析,关于对其特征的形成机理及影响因素还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 张斌,史凯,刘春琼,等.元谋干热河谷近 50 年分季节降水变化的 DFA 分析[J].地理科学,2009,29(4):561-566.

[2] 王纪军,胡彩虹,潘攀,等.河南省旬降水量的标度不变性分析[J].干旱区地理,2015,38(5):920-926.

[3] 杨远东.河川径流年内分配的计算方法[J].地理学报,1984,39(2):218-227.

[4] 陆文秀,刘丙军,陈俊凡,等.近 50 a 来珠江流域降水变化趋势分析[J].自然资源学报,2014,29(9):80-90.

[5] 郭慧,李栋梁,林纾,等.近 50 多年来我国西部地区降水的时空变化特征[J].冰川冻土,2013,35(5):1165-1175.

[6] 简虹,骆云中,谢德体.基于 Mann-Kendall 法和小波分析的降水变化特征研究[J].西南师范大学学报:自然科学版,2011,36(4):217-222.

[7] 唐蕴,王浩,严登华,等.近 50 年来东北地区降水的时空分异研究[J].地理科学,2005,25(2):172-176.

[8] 刘海涛,张向军,李绣东,等.和田河流域 1954—2007 年气温及降水气候特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2009,3(4):26-30.

[9] 顾万龙,纪军,朱业玉,等.淮河流域降水量年内分配变化规律分析[J].长江流域资源与环境,2010,19(4):426-431.

[10] 叶月珍,方之芳.青藏高原热力状况与四川盆地汛期降水的联系[J].高原气象,1999,18(2):162-170.

[11] 李川,陈静,朱燕君.川西高原近五十年气候变化的初步研究[J].高原气象,2003,22(S1):138-144.

[12] 陈贝,王小勇.厄尔尼诺与拉尼娜对乐山降水的影响[J].四川气象,2003(3):6-9.

[13] 周长艳,肖安,高文良.2004—2013 年“雨城”雅安降水日变化特征分析[J].冰川冻土,2015,37(6):1524-1533.

[14] 张录军,钱永甫.长江流域汛期降水集中程度和洪涝关系研究[J].地球物理学报,2004,47(4):622-630.

[15] 戴廷仁,陆忠艳,李广霞,等.近 46 年辽宁省降水集中程度研究[J].气象,2007,33(1):32-37.

[16] 张文,张天宇,刘剑.东北降水过程年集中度和集中期的时空变化特征[J].南京气象学院学报,2008,31(3):403-410.

[17] Charles G Markham. Seasonality of precipitation in the United States[J]. Annals of the Association of American Geographers, 1970,60(3):593-597.

[18] Houghton J T. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Inter-governmental Panel on Climate Change[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

[19] Zhang L J, Qian Y F. Annual distribution features of the yearly precipitation in China and their interannual variations[J]. Journal of Meteorological Research, 2003,17(2):146-163.

[20] Liu Y Q, Giorgi F, Washington W M. Simulation of summer monsoon climate over East Asia with an NCAR regional climate model[J]. Monthly Weather Review, 2009,122(10):2331-2348.

[21] Ding Y H. Multiyear simulations and experimental seasonal predictions for rainy seasons in China by using a Nested Regional Climate Model(RegCM_NCC). Part I: Sensitivity Study[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2006,23(3):323-341.

[22] 朱龙腾,陈远生,燕然然,等.1951—2010 年北京市降水及气温的变化特征[J].资源科学,2012,34(7):1287-1297.

[23] 李晓英,姚正毅,肖建华,等.1961—2010 年青藏高原降水时空变化特征分析[J].冰川冻土,2016,38(5):1233-1240.