

Time Series Analysis on the Variation Characteristics of Precipitation in Hami in Recent 55 Years

Yanling Yang¹, Rong Qin^{2*}, Renzhao Wang¹

¹Hami Meteorological Bureau, Hami Xinjiang

²Weather Information Center of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi Xinjiang

Email: xjyyl2009@163.com, *496287893@qq.com

Received: Apr. 2nd, 2016; accepted: Apr. 18th, 2016; published: Apr. 21st, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

Abstract

Based on the observation data of precipitation from 6 meteorological stations in Hami during 1960-2014, the temporal variation characteristics of precipitation in Hami were analyzed by using the method of simple linear regression analysis, Mann-Kendall test and Morlet wavelet analysis. The results indicated that: the annual and four seasonal precipitation all showed an increasing trend in Hami, while the yearly climate tendency rate was $3.7 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$, and $1.1 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ in spring, $1.1 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ in summer, $1.2 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ in autumn and $0.4 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ in winter, respectively. The minimum increase of precipitation was in winter, while the maximum in autumn. The annual precipitation of Hami increased mostly in spring, autumn and summer. The annual precipitation possessed the oscillation period of 16 a. It decreased in early 1960's, while obviously increased at the end of 1960's. The abrupt change occurred in around 1976.

Keywords

Hami, Precipitation, Wavelet Analysis, Abrupt Change

新疆哈密地区近55 a降水变化特征的时间序列分析

杨艳玲¹, 秦榕^{2*}, 王仁昭¹

*通讯作者。

¹新疆哈密地区气象局, 新疆 哈密

²新疆维吾尔自治区气象信息中心, 新疆 乌鲁木齐

Email: xjyy12009@163.com, *496287893@qq.com

收稿日期: 2016年4月2日; 录用日期: 2016年4月18日; 发布日期: 2016年4月21日

摘 要

基于哈密地区6个气象站1960~2014年降水观测资料, 采用一元线性回归、Mann-Kendall突变检验和Morlet小波分析的方法, 分析了哈密地区降水的变化趋势特征。结果表明: 哈密地区年与四季降水量均呈增加趋势, 其气候倾向率全年为 $3.7\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、冬季为 $0.4\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、春季、夏季为 $1.1\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、秋季为 $1.2\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 冬季对降水增加贡献最小, 秋季对降水增加贡献最大。哈密地区全年的降水增加, 主要体现在春、秋季和夏季降水量的增加。年降水量存在16 a左右的振荡周期。年降水量在60年代前期呈减少趋势, 60年代后期之后增加趋势明显, 在1976年左右发生了突变。

关键词

哈密地区, 降水量, 小波分析, 突变

1. 引言

近几十年来, 世界气候发生了非常显著的变化。许多研究表明, 在全球气候变化的背景下, 从1970年代开始, 全国平均降水量无明显的变化趋势, 但区域平均降水量的变化趋势明显, 尤其新疆地区降水量的增加趋势无论在范围和强度上都是最大的。事实表明, 新疆的气候明显存在着变暖、变湿的趋势, 年降水量明显增加从1987年以后表现最为突出, 增湿趋势南疆降水大于北疆及天山山区, 且新疆夏季降水呈增多趋势, 新疆东部地区的增加趋势最为明显[1]-[15]。

哈密地区位于新疆维吾尔自治区最东端, 地跨天山南北。东部、东南部与甘肃省敦煌市为邻, 南接巴音郭楞蒙古自治州; 西部、西南部与昌吉、吐鲁番地区毗邻, 北部、东北部与蒙古国接壤。全地区总面积约 15.3万 km^2 , 占新疆总面积的9%。全区分为两县一市, 分别是哈密市(天山以南)、伊吾县(山北之东)、巴里坤县(山北之西) [12]。天山余脉巴尔库山和喀尔力克山横贯哈密地区, 将其分为南北两部分, 特殊的地理条件形成了两大不同的气候区: 南部干旱少雨, 北部湿润多雨[13]。1960年至今有关哈密地区降水变化特征分析的文章很少, 有必要对于干旱地区的哈密的降水特征做个阶段性的总结。

2. 资料和方法

2.1. 资料来源

本文选用经过新疆气象信息中心审核后的哈密地区6个气象站(哈密、巴里坤、伊吾、淖毛湖、红柳河、十三间房)1960~2014年降水观测资料。以月资料为基础, 按照气候学上常用的方法进行季节划分, 即: 春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~11月)、冬(12~次年2月)。

2.2. 计算及分析方法

本文利用线性倾向的最小二乘法, 累计距平等方法分析哈密地区年降水、四季降水的气候变化的趋势分析[16]。

本文采用 Mann-Kendall 突变检验法[17], 给定显著性水平为 0.05, 其正态分布的范围值 $U_{0.05} = \pm 1.96$ 。基本原理为: 定义统计量 UF 和 UB, 通过分析统计序列 UF 和 UB 可以分析序列 X 的变化趋势, 并且可以进一步明确突变时间。若 UF 值大于 0, 则表明序列呈上升趋势, 若小于 0 则表明呈下降趋势, 当超过临界线时, 表明上升、下降趋势显著。如果 UF 和 UB 两条曲线出现交点, 且交点位于临界线之间, 那么交点对应时刻即是突变开始时刻。

本文进行周期分析主要采用 Morlet 小波变换。目前, Morlet 小波已经普遍应用于气象分析, 并取得了一些成果[18]-[20], 其小波系数的变化趋势与气候信号的起伏基本一致, 适用于对气候资料序列进行时频局部化分析。

3. 结果与分析

3.1. 降水的变化趋势

3.1.1. 年降水量的变化趋势

哈密地区年降水量波动比较大, 但总体表现为增加趋势, 其气候倾向率 $3.7 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。哈密地区年降水量变化大致可分为 2 个阶段: 以 1985 年为界, 1985 年以前降水偏少, 1985 年以后降水偏多。1985 年以前, 26 a 中仅有 8 a 属于偏多年份(距平值 > 0), 1974 年的降水最少, 仅有 47.0 mm, 比常年平均降水量 76.2 mm 偏少 29.2 mm; 1985 年以后, 29 a 中有 12 a 降水偏少, 降水的最大值也是出现在这一时期的 1998 年, 达到 117.9mm (图 1)。

3.1.2. 季节降水量的变化趋势

图 2 表明, 哈密地区四季降水量波动比较大, 总体表现为增加趋势, 其气候倾向率分别为: 春季、夏季 $1.1 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$, 秋季 $1.2 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 、冬季 $0.4 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$, 冬季对降水增加贡献最小, 秋季对降水增加贡献最大。图 2(a)表明, 春季降水在 1986 年以前降水偏少, 1986 年以后降水偏多。1986 年以前, 27 a 中仅有 9 a 属于偏多年份(距平值 > 0), 1962 年的降水量最少, 仅有 3.0 mm, 比常年平均降水量 14.0 mm 偏少 11.0 mm; 1986 年以后, 28 a 中仅有 13 a 降水偏少, 降水的最大值也是出现在这一时期的 1998 年, 达到 39.7 mm。图 2(b)表明, 夏季降水在 1982 年以前降水偏少, 1982 年以后降水偏多。1982 年以前, 23 a 中仅有 7 a 属于偏多年份(距平值 > 0), 1982 年的降水量最少, 仅有 20.7mm, 比常年平均降水量 44.3 mm 偏少 23.7 mm; 1982 年以后, 32 a 中仅有 14 a 降水偏少, 降水的最大值也是出现在这一时期的 1984 年, 达到 71.8mm。图 2(c)表明, 秋季降水在 1977 年以前降水偏少, 1977 年以后降水偏多。1977 年以前, 18 a 中仅有 2 a 属于偏多年份(距平值 > 0), 1975 年的降水量最少, 仅有 6.8 mm, 比常年平均降水量 13.8 mm 偏少 7.0 mm; 1977 年以后, 37 a 中仅有 13 a 降水偏少, 降水的最大值也是出现在这一时期的 2005 年, 达到 29.0 mm。图 2(d)表明, 冬季降水在 2000 年以前降水偏少, 2000 年以后降水偏多。2000 年以前, 41 a 中仅有 12 a 属于偏多年份(距平值 > 0), 1968 年的降水量最少, 仅有 0.4 mm, 比常年平均降水量 4.1 mm 偏少 3.7 mm; 2000 年以后, 14 a 中仅有 5 a 降水偏少, 降水的最大值也是出现在这一时期的 2003 年, 达到 11.9 mm。

3.2. 降水的变化周期

3.2.1. 年降水变化小波分析

本文采用墨西哥帽小波分析周期变化, 左侧坐标轴为时间轴, 根据原理需要 $\times 4$, 故分析周期时 1 a 对应 4 a 的周期。从图 3 中可以看到, 对于哈密地区的年降水量, 主要的周期为 4 a 左右, 即 16 年左右的周期变化。在最近的 55 a 来, 主要在 1960 到 1987 年间经历了从偏少到偏多的两个半的周期变化, 但

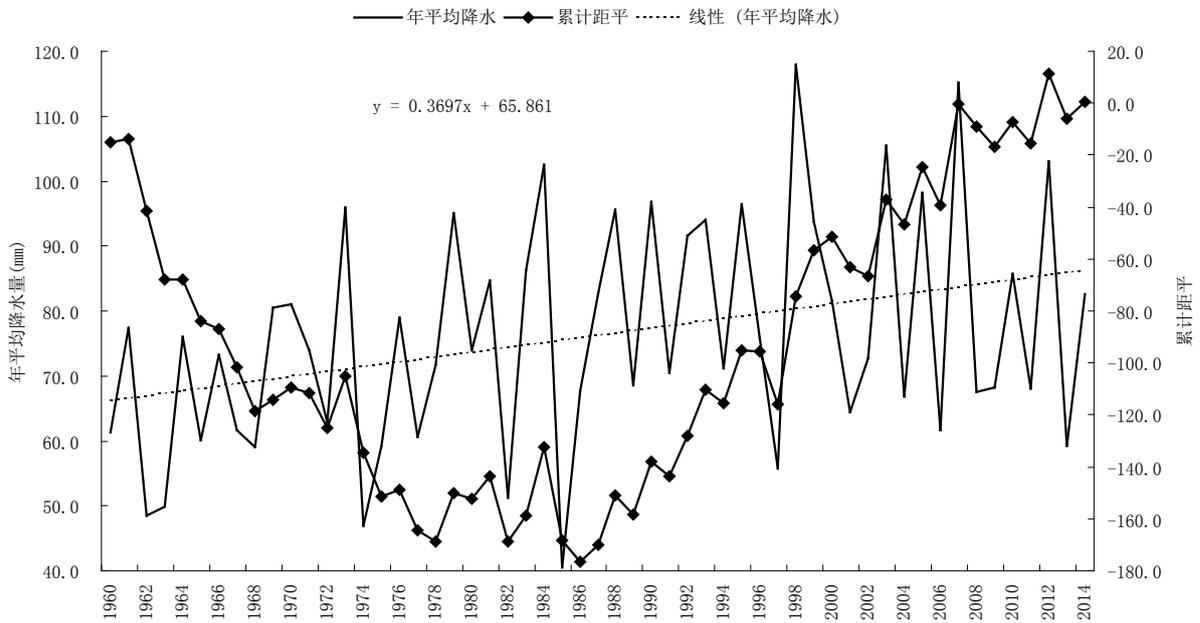


Figure 1. Changes of annual precipitation in Hami during 1960-2014

图 1. 1960~2014 年哈密地区年降水量变化

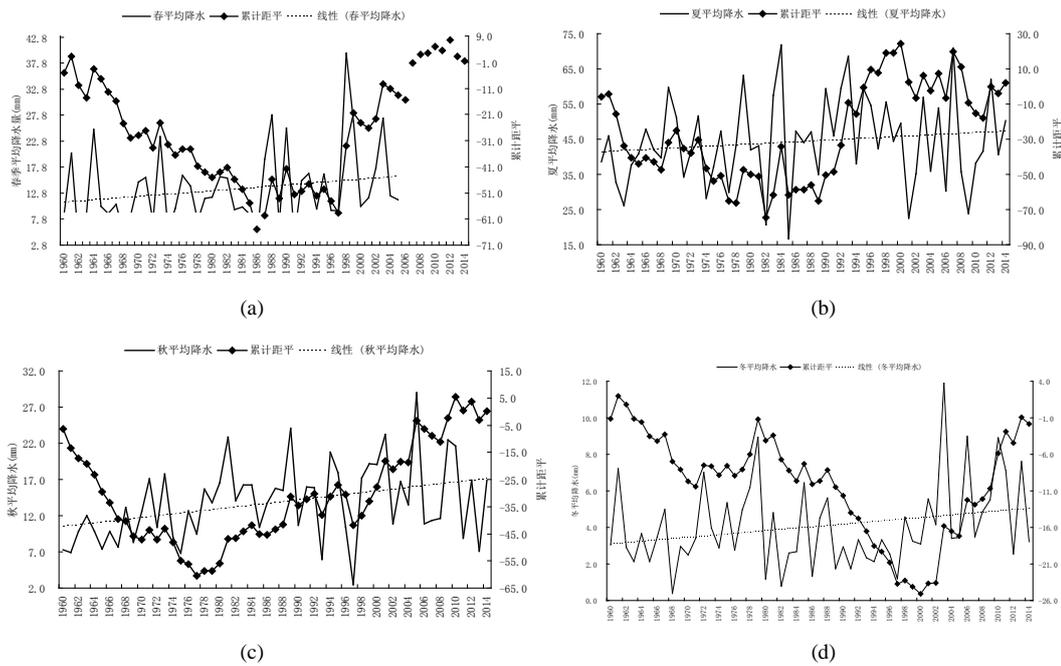


Figure 2. Changes of season precipitation in Hami during 1960-2014; (a) Spring; (b) Summer; (c) Autumn; (d) Winter

图 2. 1960~2014 年哈密地区季节降水量变化; (a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 冬季

是自 20 世纪 80 年代末到 21 世纪初, 在这个尺度上的主要为降水量相对偏多的一个时段, 中间嵌套有较短的 2 a 左右的周期变化一直延伸至今, 但在小波方差图上并不显著。

3.2.2. 四季降水变化小波分析

图 4(a)从图中可以看出, 对于春季降水, 主要的周期为 2~4 a 之间。在 60 年代中期~70 年代末, 经

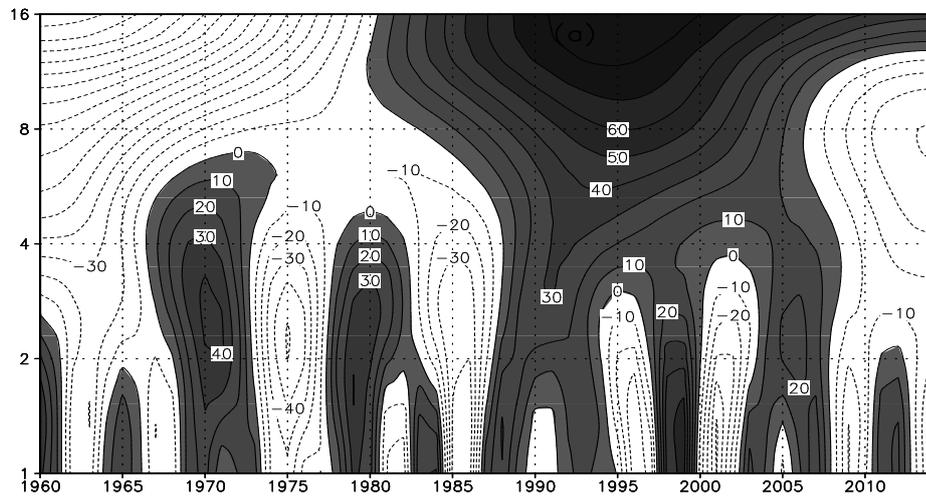


Figure 3. Wavelet of annual precipitation in Hami during 1960-2014

图 3. 1960~2014 年哈密地区年降水小波

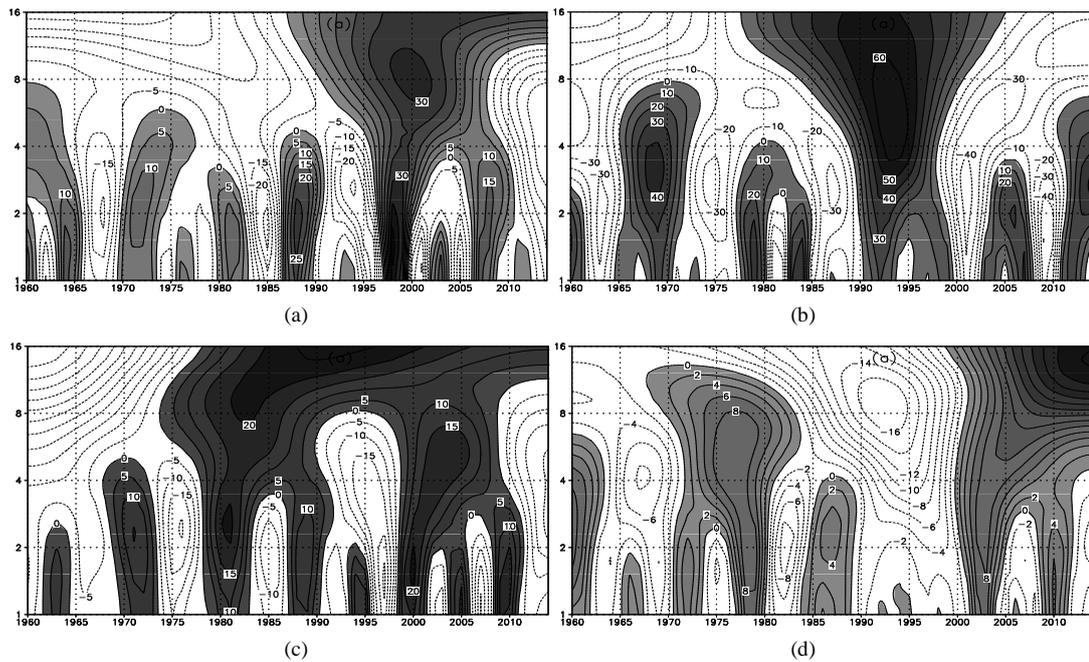


Figure 4. Wavelet of season precipitation in Hami during 1960-2014; (a) Spring; (b) Summer; (c) Autumn; (d) Winter

图 4. 1960~2014 年哈密地区季节降水小波; (a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 冬季

历了一个较长的从降水偏少到偏多的周期变化; 在 20 世纪 80 年代至今, 变化周期相对缩短, 有 4 个降水偏多到偏少的完整周期变化。

图 4(b)对于夏季降水进行小波分析, 可以看到, 主要为时间尺度较小的短周期变化。在 60 年代中期到 70 年代中后期, 周期相对较长, 主要经历一个从偏多到偏少的完整周期变化。之后周期相对较短, 主要位于 2 a 的时间尺度上, 并持续到 90 年代, 90 年代降水总体偏多, 并且持续时间较长, 之后仍在 2 a 的时间尺度上变化较为显著, 经历了从偏少到偏多的周期变化。

图 4(c)对于秋季降水的小波分析, 哈密地区在前期并无显著的周期变化, 60 年代末期之后到 70 年代末, 主要在 3.5 a 的这个时间尺度上经历了一个从偏多到偏少的周期变化; 进入 80 年代, 在这个时间尺

度上的周期变化仍然较为显著,但是在更大的时间尺度上(6a左右),一直到21世纪的前10年,则呈现了偏多到偏少的周期变化,小时间尺度变化,更像是嵌套于这个大尺度上的变化,同时周期相对缩短,尤其是在90年代之后更为明显。

图4(d)在冬季的小波功率谱图上,我们可以更为明显的看到,周期变化特征并不是十分的显著,主要的是在70年代到2000年的一个完整30年左右的从偏多到偏少的变化。同时在70年代到90年代以及2000年之后,有着1~2a的两个较为连续的短周期变化。

综上所述,春夏两个季节均在90年代之后,存在明显的降水增加的变化,同年降水总量的变化较为一致,尤其是夏季降水占全年降水的一半左右,在总时间尺度上的变化与年降水量的变化更为相似。与此不同的是,秋季则在80年代和2000年之后出现过两次降水增加的变化。冬季降水在2000年之后才又开始增多,并且存在着70年代中的显著增加的变化。

3.3. 降水突变分析

3.3.1. 年降水突变分析

图5为哈密地区近55a来年降水量序列的M-K突变检验,给定的显著性水平为0.05。由UF曲线可看出,哈密地区年降水量在60年代前期呈减少趋势,60年代后期之后增加趋势明显,在1976年左右发生了突变,增加趋势更加明显,通过了95%的信度检验,突变点的时间出现在1976年左右。

3.3.2. 四季降水突变分析

图6为哈密地区四季降水M-K曲线图,给定的显著性水平为0.05。根据UF和UB曲线交点图6(a)春季降水量的突变在1987年、1990年左右和1994年,突变过程在波动,前两次趋势不显著,1994年后变化趋势明显,通过了95%的信度检验。图6(b)夏季降水量的突变在1967、2006、2009、2011年左右,1967年至2006年之间突变较为显著,其前后趋势都不显著。图6(c)秋季降水量的突变在1970年左右,变化趋势明显,通过了95%的信度检验,说明秋季降水量增加明显。图6(d)冬季降水量的突变在2003年和2006年左右,趋势不显著。

4. 结论

1) 哈密地区年降水量波动比较大,但总体表现为增加趋势,其气候倾向率 $3.7 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。四季降水量也表现为增加趋势,其气候倾向率分别为:冬季 $0.4 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$,春季、夏季 $1.1 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$,秋季 $1.2 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$,冬季对降水增加贡献最小,秋季对降水增加贡献最大。哈密地区全年的降水增加,主要体现在春、秋季和夏季降水量的增加。

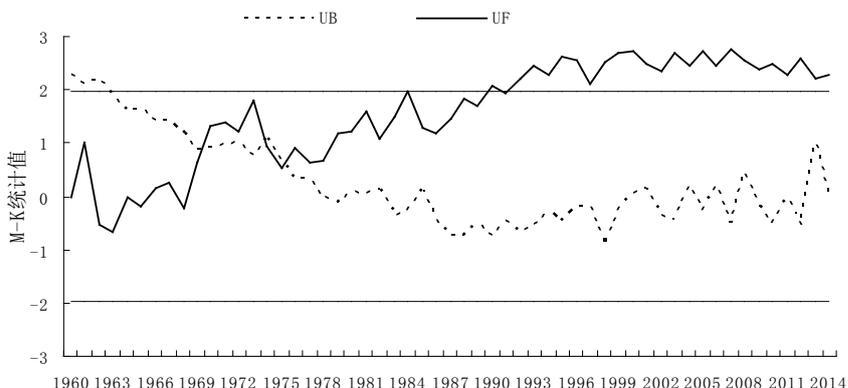


Figure 5. Abrupt change of annual precipitation in Hami during 1960-2014

图5. 1960~2014年哈密地区年降水突变

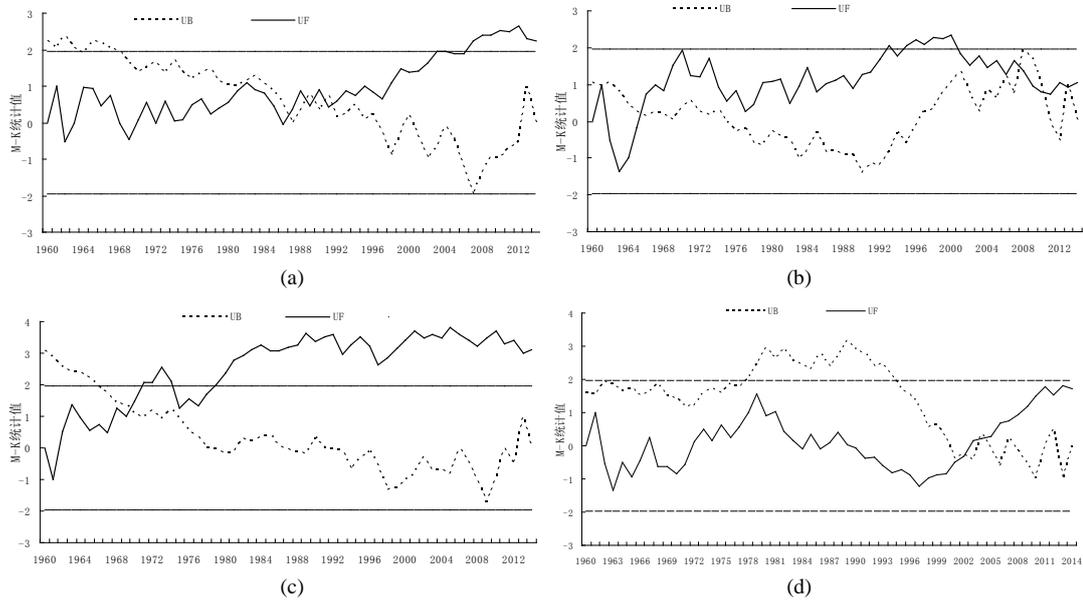


Figure 6. Abrupt change of season precipitation in Hami during 1960-2014 (a) Spring (b) Summer (c) Autumn (d) Winter

图 6. 1960~2014 年哈密地区季节降水突变(a)春季 (b)夏季 (c)秋季 (d)冬季

2) 哈密地区的年降水量具有明显的周期性特征, 振荡周期在 16 a 左右比较明显。春季降水主要的周期为 2~4 a 之间; 夏季降水主要为时间尺度较小的短周期变化; 秋季降水在前期并无显著的周期变化, 60 年代末至 70 年代末主要有 3.5 a 的周期变化, 80 年代至今都是以小时间尺度变化嵌套于 6 a 左右周期变化中, 以 90 年代之后更为明显。冬季周期变化特征并不是十分的显著。

3) 哈密地区年降水量在 60 年代前期呈减少趋势, 60 年代后期之后增加趋势明显, 在 1976 年左右发生了突变, 增加趋势更加明显, 通过了 95% 的信度检验, 突变点的时间出现在 1976 年左右。四季降水量来看春季在 1994 年左右发生了突变, 秋季在 1970 年左右发生了突变, 而夏季、冬季突变趋势不显著。

基金项目

国家自然科学基金地区科学基金项目“新疆建筑气象参数的基础理论与应用研究”(51368059)资助。

参考文献 (References)

- [1] 张家宝, 史玉光. 新疆气候变化及短期气候预测研究[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 37-56.
- [2] 崔彩霞, 杨青, 王胜利. 1960-2003 年新疆山区与平原积雪长期变化的对比分析[J]. 冰川冻土, 2005, 27(4): 486-490.
- [3] 任国玉, 吴虹, 陈正洪. 我国降水变化的空间特征[J]. 应用气象学报, 2000, 11(3): 322-330.
- [4] 南庆红, 杨舵, 杨青. 应用 EOF 方法分析新疆降水变化特征[J]. 中国沙漠, 2003, 23(5): 554-559.
- [5] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58(增): 1-10.
- [6] 于淑球, 林学椿, 徐祥德. 我国西北地区近 50 年降水和气温的变化[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(1): 1-8.
- [7] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北部气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152-164.
- [8] 薛燕, 韩萍, 冯国华. 半个世纪以来新疆降水和气温的变化趋势[J]. 干旱区研究, 2003, 20(2): 127-130.
- [9] 张玉娟, 谢金南, 罗哲贤. 我国西北地区东部可降水量变化趋势的初步研究[J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(2): 254-259.
- [10] 何清, 杨青, 李红军. 新疆 40a 来气温、降水和沙尘天气变化[J]. 冰川冻土, 2003, 25(4): 423-427.

- [11] 李如琦, 唐治, 蔡仁, 等. 新疆夏季降水的区域特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2007, 1(5): 15-17.
- [12] 张家宝, 邓子风. 新疆降水概论[M]. 北京: 气象出版社, 1987: 345.
- [13] 阿依夏木·尼亚孜, 周宁芳, 杨贵名. 近 45 年哈密地区温度变化特征[J]. 气象, 2007, 33(7): 89-97.
- [14] 袁玉江, 叶玮. 新疆伊犁地区近 40 年来的干湿变化[J]. 干旱区地理, 1999, 22(4): 1-7.
- [15] 袁玉江, 叶玮. 天山西部伊犁地区近 40 年来的冷暖变化[J]. 新疆大学学报, 2000, 17(4): 66-78.
- [16] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预报技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 30-32.
- [17] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.
- [18] 马建勇, 潘婕, 姜江, 等. 北疆地区 1955-2009 年气温、降水变化特征的时间序列分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2012, 6(2): 18-24.
- [19] 秦丽, 张立风, 骆凯. 近 48a 台北市气温的小波分析[J]. 气象与环境科学, 2010, 33(2): 59-62.
- [20] 黄秋霞, 赵勇, 何清, 等. 阿拉木图与乌鲁木齐夏季降水变化趋势对比分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(2): 34-38.