

DOI:10.11705/j.issn.1672-643X.2018.06.14

安康气象站 1953 - 2016 年气温变化特征研究

王朋, 张蓓蓓

(宝鸡文理学院 地理与环境学院, 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 陕西 宝鸡 721013)

摘要: 探讨气温变化规律, 能够为发展农业生产、合理利用气候资源提供指导。根据安康气象站 1953 - 2016 年逐月气温数据, 利用滑动平均、Mann - Kendall 突变检验和 Morlet 小波分析等方法, 对安康地区近 64 年气温变化特征进行了分析。结果显示: 安康地区近 64 年除夏季气温和年极端最高气温呈微弱下降趋势以外, 年均气温、春季气温、秋季气温、冬季气温、年极端最低气温均呈上升趋势, 其中春季和冬季上升幅度最大, 其变率分别 $0.156^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.169^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。安康地区近 64 年年均气温存在 23 和 31 a 两类变化周期, 极端最高气温存在 31 a 变化周期, 极端最低气温存在 6、13、30 a 三类变化周期。

关键词: 气温变化; 极端气温; 滑动平均; 突变分析; 小波分析; 安康地区

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2018)06-0094-06

Analysis on variation characteristics of air temperature in Ankang weather station from 1953 to 2016

WANG Peng, ZHANG Beibei

(Key Laboratory of Disaster Survey and Mechanism Simulation of Shaanxi Province, College of Geography and Environment, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721013, China)

Abstract: Exploring the law of temperature change can provide guidance for the development of agricultural production and rational utilization of climatic resources. Based on meteorological observation data of monthly air temperature in Ankang from 1953 to 2016, the sliding average, Mann - Kendall mutation test and Morlet wavelet analysis were applied to analyze the variation characteristics of air temperature in Ankang in the latest 64 years. The results show that the annual average temperature, the spring temperature, the autumn temperature, the winter temperature, and the annual minimum temperature all showed an upward trend in the Ankang area in the latest 64 years, except that the summer temperature and annual extreme maximum temperature showed a slight downward trend. The greatest increase occurred in spring and winter, with the variability being $0.156^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ and $0.169^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ respectively. There are 23a and 31a cycles in the annual average temperature of the latest 64 years in Ankang, the extreme maximum temperature happened in the 31a cycle, and the extreme minimum temperature happened in the 6a, 13a and 30a cycle.

Key words: temperature change; extreme temperature; sliding average; mutation test; wavelet analysis; Ankang region

1 研究背景

气候变化是指气候在过去百年或千年时间尺度内波动变化, 气温是气候变化的重要指标之一^[1-2]。自工业革命以后, 随着科学技术的进步和人口急剧

增加, 人类对地球资源开发力度进一步加大, 气候系统发生了前所未有的变化^[3]。IPCC 第五次评估报告指出, 1880 - 2012 年全球平均温度升高了 0.85°C , 2016 - 2035 年全球平均温度将会升高 $0.3 \sim 0.7^{\circ}\text{C}$ ^[4-5]。全球气温升高使得局地降水等气候

收稿日期: 2018-03-19; 修回日期: 2018-06-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41601016); 陕西省科技厅自然基金项目(2015JM4136)

作者简介: 王朋(1993-), 男, 陕西安康人, 硕士研究生, 主要从事区域灾害和生态环境方面的研究。

通讯作者: 张蓓蓓(1983-), 女, 河南沈丘人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事生态学研究。

要素发生变化,对人类社会发展和生态系统平衡构成潜在威胁。

在全球气候变暖的背景下,区域气温年代际变化特征及其成因是当前学术界热点研究问题^[6-7]。姚俊强等^[8]认为过去的130年里中亚干旱区各主要河流平均温度上升趋势明显,而CO₂等温室气体增温效应是其温度变化的重要因素。商沙沙等^[9]认为西北地区近54年年均气温上升趋势明显,四季中冬季增温幅度最大。李双双等^[10]认为1970-2015年秦岭南北地区气温具有上升的一致性,在空间变化上,气温呈现南北分异的特征。刘永婷等^[11]认为安徽省近55年气候呈现暖化趋势,春季升温最显著,年平均气温存在6、11 a变化周期。张宏芳等^[12]认为过去112年陕西平均气温空间变化具有一致性,存在2~4 a和16 a左右的年际变化周期。

本文依据安康气象站1953-2016年逐月气温数据,利用滑动平均法、Mann-Kendall突变检验法、Morlet小波分析法,分析安康地区年均气温、四季气温以及年极端气温的变化特征,以期为该地合理利用气候资源发展农业生产和气候分析预测等提供参考依据。

2 材料与方法

安康地处陕西省东南部,秦巴山地东段。位于108°01'~110°01'E与31°42'~33°49'N之间,北依秦岭,南靠巴山。辖1区9县,面积约为24 500 km²。其地貌呈现南北高山夹峙,河谷盆地居中的特点,以汉江为界,分为两大地域,北为秦岭,南为大巴山地,境内群山叠嶂,河流密布,沟谷纵横,山间盆地星罗棋布。属亚热带大陆性季风气候,四季分明,夏季高温多雨,冬季寒冷少雨,无霜期长。年平均降水量1 050 mm,降雨集中每年6-9月,多年平均气温15~17℃,多山地地形分布使得垂直地域性气候明显。

文中数据资料来自“中国气象科学数据共享服务网”(http://cdc.cma.gov.cn)中安康站的气象观测数据。本文采用了1953-2016年近64年逐月气温作为基础数据进行统计分析。季节时段按气象部门标准划分,3、4、5月为春季,6、7、8月为夏季,9、10、11月为秋季,12、1、2月为冬季。利用滑动平均法、Mann-Kendall突变法检验法、Morlet小波法等方法对安康地区近64年气温变化特征进行了分析。滑动平均法是以平均方式消除统计序列中的随机波动,用平均值来显示时间序列的变化趋势^[13];Mann-Kendall突变检验通过分析统计序列 UF_k 和 UB_k ,揭示时间序列 x 的趋势变化和突变特

征,若 UF_k 值大于0并超过临界直线时,则表明序列呈显著上升趋势,反之呈下降趋势;在临界直线之间 UF_k 和 UB_k 出现交点,则认为序列发生突变,交点就是突变的开始时间^[14-15];Morlet小波通过计算时间序列的频率特征,从而揭示隐藏在时间序列中的多种变化周期,反映序列在不同时间尺度中的变化趋势。小波方差随时间尺度的变化过程称为小波方差图,可用来确定序列中不同尺度扰动的相对强度和在时间尺度上的周期变化^[16]。

3 结果分析

3.1 气温年代际变化

由图1安康地区近64年年均气温和5 a滑动平均曲线可知,近64年多年平均气温为15.8℃,年均最高气温在2016年,为17.1℃,年均最低气温在2005年,为14.9℃。年均气温在1953-1959年、1968-1977年、1986-1998年、2004-2016年间呈波动上升趋势,1960-1967年、1978-1985年、1999-2003年间呈波动下降趋势。由年均气温拟合趋势线可知,年均气温线性趋势倾向率为0.089℃/10a,表明安康地区近64年年均气温上升趋势显著。

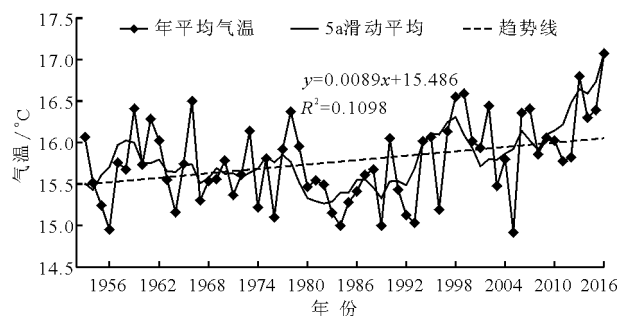


图1 安康地区近64年年均气温变化

3.2 不同季节气温年代际变化

由图2安康地区近64年不同季节平均气温和5年滑动平均曲线可知,春季多年平均气温为16.0℃,最高气温发生在2000年,为18.1℃,最低气温在1993年,为14.8℃。春季气温在1953-1978年、1990-2016年间呈波动上升趋势,在1979-1989年间呈波动下降趋势。夏季多年平均气温为26.3℃,最高气温发生在1959年,为28.7℃,最低气温在1983年,为24.2℃。夏季气温在1953-1966年、1990-1998年、2006-2016年间呈波动上升趋势,在1967-1989年、1999-2005年间呈波动下降趋势。秋季多年平均气温为16.0℃,最高气温发生在1998年,为17.9℃,最低气温在1981年,为14.3℃。秋季气温在1968-

1975年、1982-1987年、1993-2016年间呈波动上升趋势,1953-1967年、1976-1981年、1988-1992年间呈波动下降趋势。冬季多年平均气温为4.8℃,最高气温发生在1979年,为6.5℃,最低气温发生在1969年,为3.1℃。冬季气温在1953-1963年、1985-1999年、2006-2016年间呈波动上升趋势,1964-1984年、2000-2005年间呈波动下降趋势。由拟合趋势线可知,春季气温线性趋势倾向率为0.156℃/10a,夏季气温线性趋势倾向率为-0.076℃/10a,秋季气温线性趋势倾向率为0.105℃/10a,冬季气温线性趋势倾向率为0.169℃/10a,表明安康地区近64年春季和冬季平均气温上升趋势明显,秋季呈微弱上升趋势,夏季呈微弱下降趋势。

3.3 极端气温年代际变化

由图3安康地区近64年年极端气温和5a滑动

平均曲线可知,极端最高气温多年平均值为39℃,极大值出现在1966年,为41.7℃,极小值出现在1987年,为35.7℃。极端最高气温在1953-1966年、1988-1995年、2009-2016年间呈波动上升趋势,在1967-1987年、1996-2008年间呈波动下降趋势。极端最低气温多年平均值为-5.3℃,极大值出现在1996年,为-2.7℃,极小值出现在1991年,为-9.7℃。极端最低气温在1953-1968年、1978-1986年、1992-1996年间呈波动上升趋势,1969-1977年、1987-1991年、1997-2016年间呈波动下降趋势。由拟合趋势线可知,年极端最高气温线性趋势倾向率为-0.064℃/10a,年极端最低气温线性趋势倾向率为0.217℃/10a,表明安康地区近64年极端最高气温呈微弱下降趋势,极端最低气温上升趋势明显。

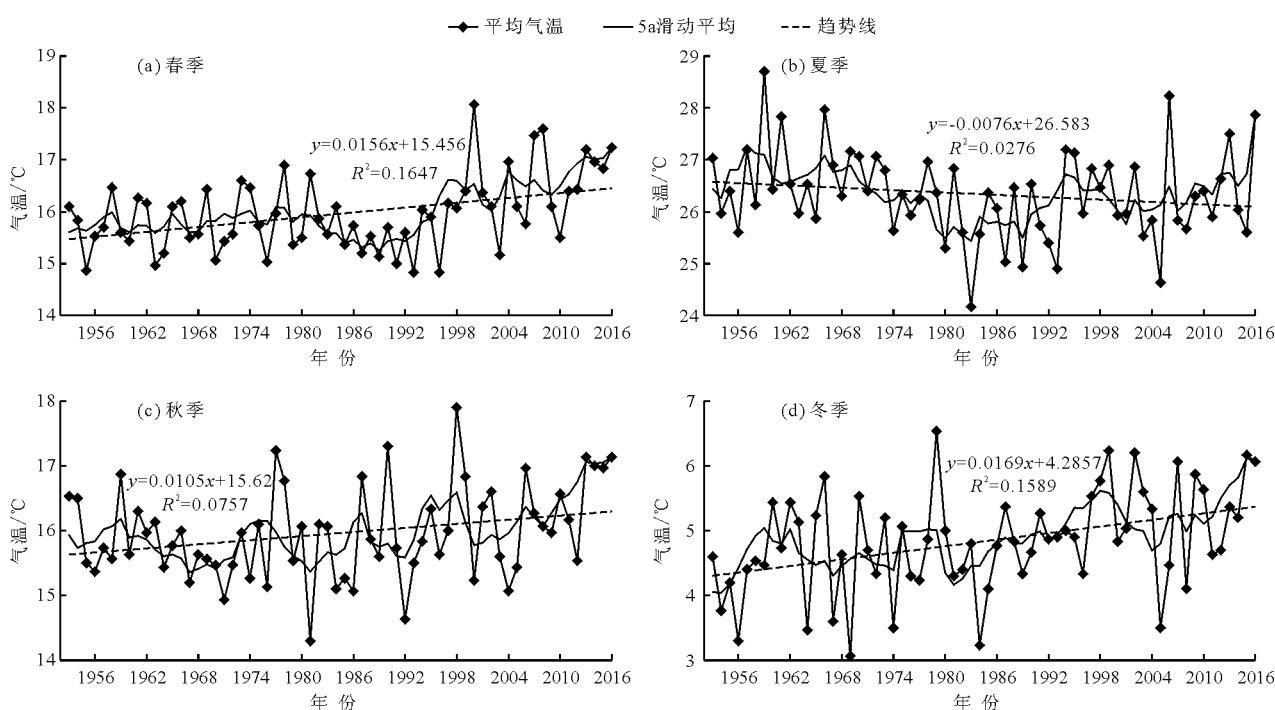


图2 安康地区近64年不同季节平均气温变化

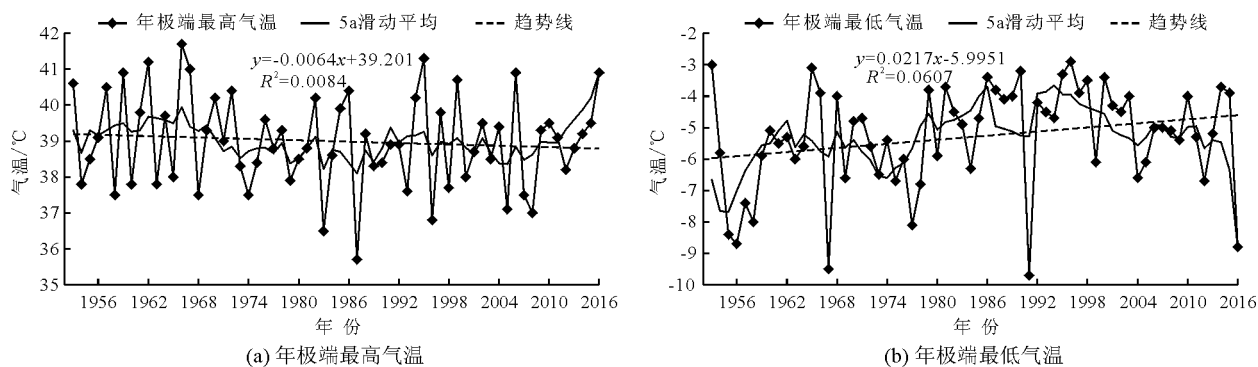


图3 安康地区近64年年极端气温变化

3.4 气温突变分析

3.4.1 年均温突变分析 由图 4 安康地区近 64 年年均气温 Mann - Kendall 突变曲线可知, UF 曲线自 2000 年开始大于 0 ($\alpha = 0.05$ 显著水平, 置信区间在 ± 1.96), 并快速上升超过临界曲线 $+ 1.96$, 表明该时段气温上升趋势显著。在置信区间内 UF 和 UB 曲线交于 2012 年, UF 值曲线在 2015 年超过临界曲线 $+ 1.96$, 表明安康地区年均温在 2012 年开始突变上升。

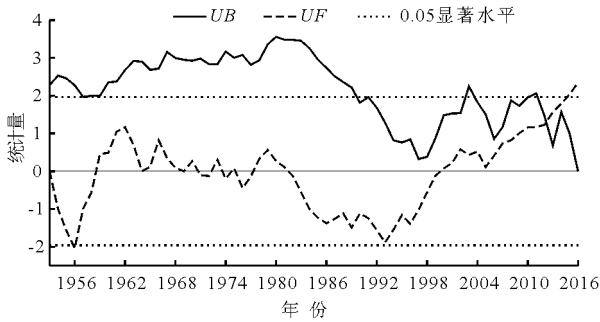
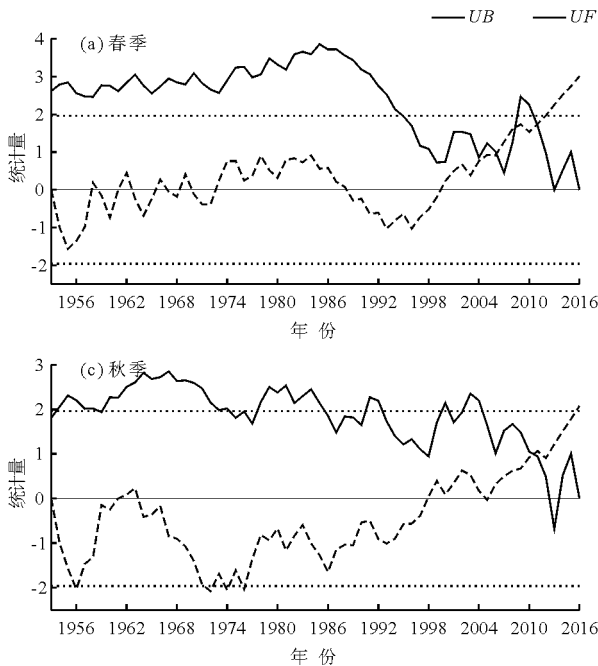


图 4 安康地区近 64 年年均气温 Mann - Kendall 突变分析

3.4.2 不同季节气温突变分析 由图 5 安康地区近 64 年不同季节气温 Mann - Kendall 突变曲线可知, 春季平均气温 UF 值曲线自 2000 年以后大于 0, 并快速上升, 在 2013 年超过临界曲线 $+ 1.96$, 在置



信区间内交于 2006 年、2008 年、2011 年, 表明安康地区春季平均气温自 2006 年开始突变上升。夏季平均气温 UF 值曲线自 1976 以后小于 0, 并且呈波动下降, 在 1986 年超过临界曲线 $- 1.96$, 在置信区间内交于 1973 年, 表明安康地区夏季平均气温自 1973 年开始突变下降。秋季平均气温 UF 值曲线自 1998 年开始大于 0, 并波动上升, 在 2016 年超过临界曲线 $+ 1.96$, 在置信区间内交于 2010 年, 表明安康地区秋季平均气温自 2010 年开始突变上升。冬季平均气温 UF 值曲线自 1958 年开始大于 0, 并波动上升, 在 1999 年超过临界曲线 $+ 1.96$, 在置信区间内交于 1992 年, 表明安康地区冬季平均气温自 1992 年开始突变上升。

3.4.3 极端气温突变分析 由图 6 安康地区近 64 年极端气温 Mann - Kendall 突变曲线可知, 年极端最高气温 UF 值曲线自 1974 年后小于 0, 并波动下降, 未超过临界曲线, 在置信区间内交于 1971 年, 表明安康地区极端最高气温自 1971 年开始突变下降。年极端最低气温 UF 值曲线自 1960 年开始大于 0, 并快速上升, 在 1989 年超过临界值曲线 $+ 1.96$, 在置信区间内交于 1963 年, 表明安康地区极端最低气温自 1963 年开始突变上升。

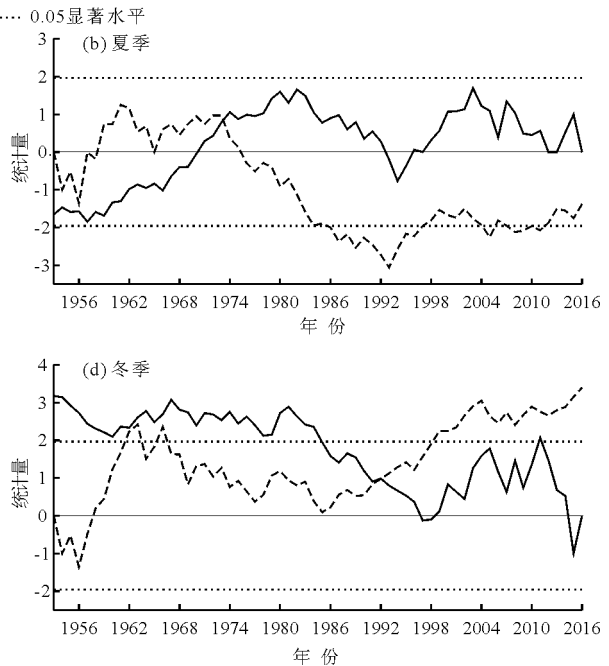


图 5 安康地区近 64 年不同季节气温 Mann - Kendall 突变分析

3.5 气温周期分析

小波分析能够较好地揭示地学中时间序列降水和气温多种变化周期以及不同时间尺度中的变化趋势。利用 MATLAB 软件中的 Morlet 小波分析模块, 对安康地

区气温变化周期进行了分析。由图 7(a) 和 7(b) 年均温小波实部等值线图和小波方差图可知, 安康地区近 64 年年均温存在两个振荡周期, 分别是 18 ~ 25 a 和 28 ~ 32 a。18 ~ 25 a 对应小波方差峰值是 23 a, 28 ~ 32 a

对应小波方差峰值是31 a。表明安康地区近64年年均气温存在23 a和31 a两个时间尺度的变化周期。

由图7(c)和7(d)年极端最高温小波实部等值线图和小波方差图可知,安康地区近64年年极端最高温存在29~32 a一个振荡周期,对应小波方差峰值是31 a,表明安康地区近64年年极端最高温存在31 a一个时间尺度的变化周期。

由图7(e)和7(f)年极端最低温小波实部等值线图

图和小波方差图可知,安康地区近64年年极端最低温存在3个振荡周期,分别是5~9、10~15、25~32 a,其中5~9 a对应小波方差峰值是6 a,10~15 a对应小波方差峰值是13 a,25~32 a对应小波方差峰值是30 a,表明安康地区近64年年极端最低气温存在6、13、30 a三个时间尺度的变化周期。31 a左右的周期是安康地区近64年年均气温、年极端最高气温和年极端最低气温的共振周期。

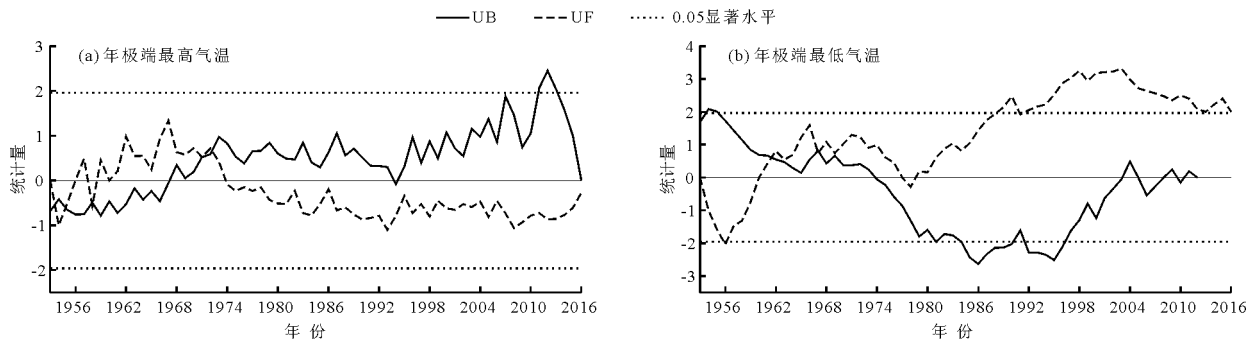


图6 安康地区近64年年极端气温 Mann-Kendall 突变分析

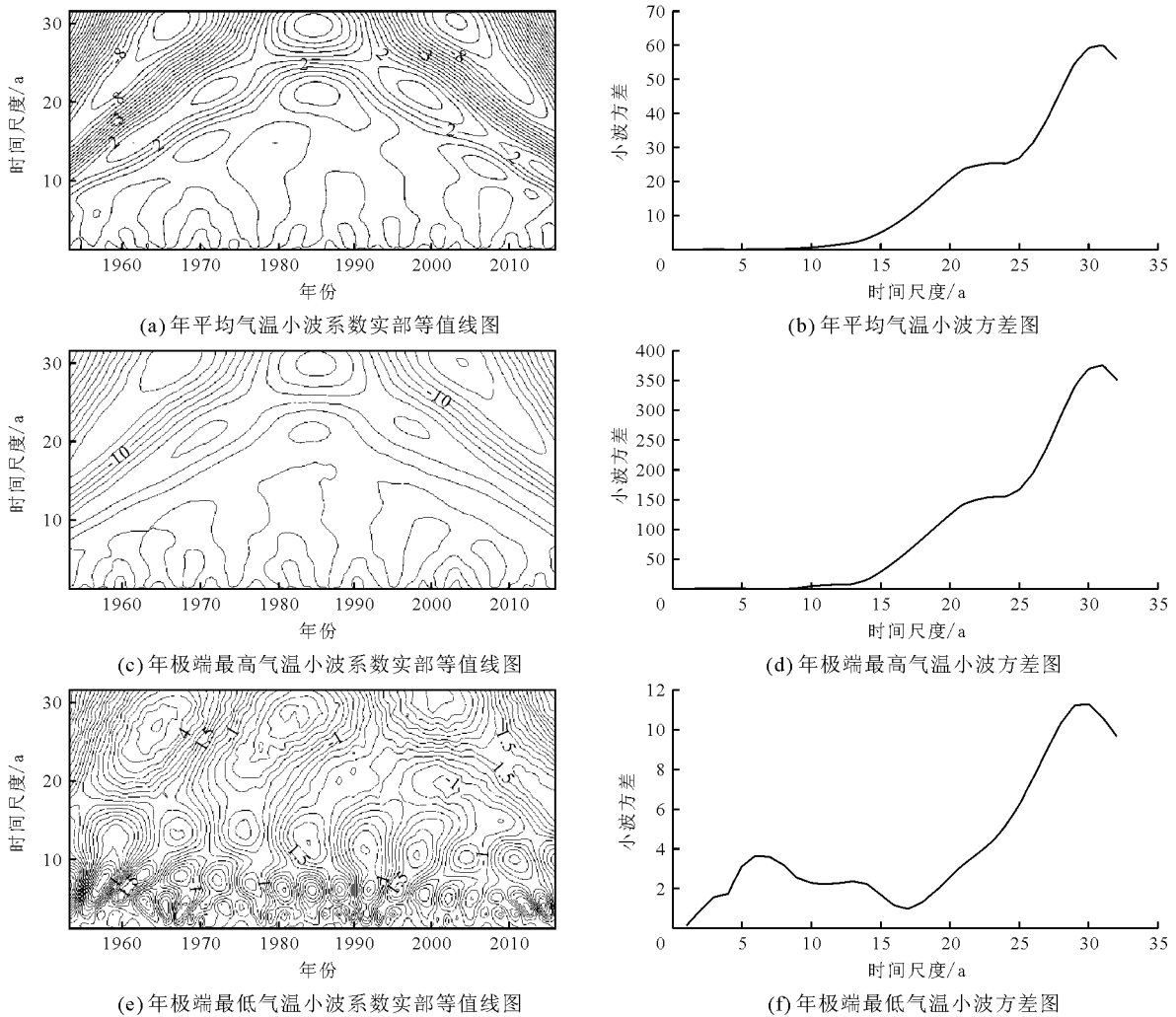


图7 安康地区近64年年均温和极端气温小波分析

4 结 论

(1)安康地区近64年年均气温、秋季平均气温、年极端最低气温呈微弱上升趋势,变化率分别为 $0.089\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.105\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.217\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,春季和冬季平均气温上升趋势显著,变化率分别为 $0.156\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.169\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,夏季平均气温和年极端最高气温均呈微弱下降趋势,变化率分别为 $-0.076\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $-0.064\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。

(2)安康地区近64年年均温自2012年开始突变上升,春季气温自2006年开始突变上升,夏季气温自1973年开始突变下降,秋季气温自2010年开始突变上升,冬季气温自1992年开始突变上升,极端最高气温自1971年开始发生下降,极端最低气温自1963年开始突变上升。

(3)安康地区近64年年均温存在23、31 a变化周期,极端最高温存在31 a变化周期,极端最低气温存在6、13、30 a变化周期。31 a左右的周期是安康地区近64年年均气温、年极端最高气温和年极端最低气温的共振周期。

参考文献:

- [1] 杨冬红,杨学祥.全球气候变化的成因初探[J].地球物理学进展,2013,28(4):1666-1677.
- [2] 孙 劭,李 多,刘绿柳,等.2016年全球重大天气气候事件及其成因[J].气象,2017,43(4):477-485.
- [3] GAO Chao, RUAN Tian. The influence of climate change and human activities on runoff in the middle reaches of the Huaihe River Basin, China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2018,28(1):79-92.
- [4] IPCC. Working group i contribution to the IPCC fifth assessment report(AR5). Climate change 2013: The physical science basis. final draft underlying scientific technical assessment[EB/OL]. [2016-10-12]. http://www.ClimateChange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf.
- [5] 沈永平,王国亚. IPCC第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土,2013,35(5):1068-1076.
- [6] 刘永婷,徐光来,尹周祥,等. 全球变化背景下安徽近55 a气温时空变化特征[J]. 自然资源学报,2017,32(4):680-691.
- [7] 吴绍洪,罗 勇,王 浩,等. 中国气候变化影响与适应:态势和展望[J]. 科学通报,2016,61(10):1042-1054.
- [8] 姚俊强,刘志辉,杨 青,等. 近130年来中亚干旱区典型流域气温变化及其影响因子[J]. 地理学报,2014,69(3):291-302.
- [9] 商沙沙,廉丽姝,马 婷,等. 近54 a中国西北地区气温和降水的时空变化特征[J]. 干旱区研究,2018,35(1):68-76.
- [10] 李双双,芦佳玉,延军平,等. 1970-2015年秦岭南北气温时空变化及其气候分界意义[J]. 地理学报,2018,73(1):13-24.
- [11] 刘永婷,徐光来,尹周祥,等. 全球变化背景下安徽近55 a气温时空变化特征[J]. 自然资源学报,2017,32(4):680-691.
- [12] 张宏芳,潘留杰,卢 珊,等. 1901-2012年陕西降水、气温变化特征[J]. 中国沙漠,2015,35(6):1674-1682.
- [13] 李 斌,解建仓,胡彦华,等. 近50年陕南地区降水时空变化特征[J]. 水资源与水工程学报,2017,28(1):14-19+25.
- [14] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术,(第二版)[M]. 北京:气象出版社,2007.
- [15] 王雨斐,方国华,闻 昕,等. 1956-2015年高邮市气温和降水量变化特征研究[J]. 水资源与水工程学报,2018,29(1):111-116.
- [16] 杜 懿,麻荣永. 1961-2016年南宁市年降雨量变化特征分析[J]. 水资源与水工程学报,2017,28(6):50-55.