

1961—2013年滁州市气温和降水变化特征

龚年祖¹, 胡姗姗¹, 金华星¹, 郭黎², 张鑫童¹

(¹滁州市气象局, 安徽滁州 239000; ²黄冈市气象局, 湖北黄冈 438000)

摘要:为探究气候变化下滁州市近53年气温和降水量变化特征,运用趋势分析法、Mann-Kendall非参数检验法和小波分析法,探究1961—2013年滁州市气温和降水的年代际变化特征、突变特征和周期特征。结果表明:(1)过去53年,滁州市年平均气温呈明显的上升趋势,气候倾向率为0.26℃/10 a;其中春季气温增势最明显,冬季和秋季次之,夏季气温略有增势。年降水量也呈明显的增加趋势,气候倾向率为15.60 mm/10 a;其中,夏季和冬季降水量呈增加趋势,而春季和秋季降水量呈减少趋势。(2)年平均气温在2001年发生增加突变,年降水量在1986年发生增加突变;年平均气温存在17年的主周期,年降水量存在17年左右的主周期和7~8年次周期。(3)气温和降水量呈明显的负相关。在全球变暖下,滁州市气温和降水量均呈增加趋势。

关键词:滁州市;气温;降水;变化特征

中图分类号:P462

文献标志码:A

论文编号:casb15070098

Variation of Temperature and Precipitation in Chouzhou City During 1961–2013

Gong Nianzu¹, Hu Shanshan¹, Jin Huaxing¹, Guo Li², Zhang Xintong¹

(¹Meteorological Bureau of Chuzhou City, Chuzhou Anhui 239000;

²Meteorological Bureau of Huanggang City, Huanggang Anhui 438000)

Abstract: In order to investigate variation of precipitation and temperature in Chouzhou City during 1961–2013, based on the methods of trend analysis, Mann–Kendall non parametric test and wavelet analysis, the inter–annual, inter–decadal and seasonal variation of temperature and precipitation in Chouzhou City were analyzed. The results indicated that the annual and seasonal temperature exhibited a significantly increasing trend with the rate of 0.26℃/10 a. (1) The increasing trend of temperature was the strongest in spring, strong in winter and autumn, slighter in summer. Obviously, the annual precipitation also exhibited a significantly increasing trend with the rate of 15.60 mm/10 a, the precipitation in summer and winter exhibited an increasing trend, whereas, the precipitation in spring and autumn exhibited a decreasing trend. (2) The annual temperature had an abrupt increase in 2001, and the annual precipitation had an abrupt increase in 1986. Wavelet analysis indicated that the annual temperature had a 17–year periodic cycle and the annual precipitation had a 17–year primary periodic cycle and a secondary periodic cycle of 7–8 years. (3) Cross wavelet analysis indicated that the annual precipitation had a significantly negative correlation with annual temperature. The temperature and precipitation in Chuzhou City all presented the increasing trend under the global climate change.

Key words: Chouzhou City; temperature; precipitation; variation characteristic

0 引言

气候变化是当今国际社会普遍关注的全球性问

题,IPCC 报告表明,过去百年,全球气温和降水的变化,不仅对人类赖以生存的生态环境系统,而且对人

基金项目:安徽省气象科技发展基金“滁州市短期温度降水多模式集成预报”(KM201404)。

第一作者简介:龚年祖,男,1983年出生,湖北宜昌人,工程师,主要从事地面气象观测、装备保障、人工影响天气等业务工作。通信地址:239000 安徽省滁州市琅琊区卫校滁州市气象局,E-mail:21218759@qq.com。

收稿日期:2015-07-18,修回日期:2015-09-18。

类社会经济发展产生了深远的影响^[1]。降水的时空格局的变化以及气温在全球尺度的增加改变了区域水热资源的时空分布,导致干旱和洪水的概率增加,进一步引起了土壤侵蚀、生物锐减、大气化学成分的改变等问题^[2]。

前人^[3-4]在大尺度上对华东地区开展了气温和降水等的相关研究,表明地区气温呈明显的增加趋势,降水呈减少趋势。但是,前人的研究尺度之大,而对于小尺度的滁州市的气温和降水的年代、突变特征研究较少。另一方面,由于自然地理环境的空间异质性,区域对全球变化的响应在不同地区有所差异,因此不同地区气温、降水等气象要素变化的速率、幅度等也可能有所不同^[5]。详细的分析滁州市气温和降水对全球变化的响应是非常有意义。因此,本研究基于滁州市7个气象站的数据,分析过去53年滁州市气温和降水的年代际变化特征及其突变特征,以期对气候变化下区域水热的响应和相关的研究提供理论参考。

1 资料与方法

1.1 数据来源

本研究利用滁州市气象站(经度:32.30N,纬度:118.30E,海拔:275 m)逐日气温和降水实测资料。考虑到资料的完整性和可比较性,选用1961—2013年的无缺测气温和降水量数据值。

1.2 研究方法与统计分析

趋势分析法是基于最小二乘法而建立的气象因子间的一元回归方程,其中回归方程的系数表征气象要素的变化趋势,本研究基于趋势分析法探究气温和降水的变化趋势^[6];基于Trend软件运用Mann-Kendall突变检验探究气温和降水的突变特征^[7-8];基于Origin软件运用小波分析探究气温和降水量的周期特征^[9-10]。小波交叉分析是基于小波交叉谱探究气象因子之间相位的共振,并基于交叉小波谱探究气象因子之间的相关性,本研究基于MATLAB软件运用交叉小波分析探究气温和降水量的共振与相关^[11]。

2 结果与分析

2.1 气温变化特征

2.1.1 年平均气温变化特征 过去53年,滁州市年平均气温呈增加趋势,气候倾向率为0.26°C/10 a(图1, $P < 0.05$)。年际变化上可以分为2个时段:1961—1969年,年平均气温在波动中减少,自1961年的16.63°C减少至1969年的14.28°C;1969—2013年,年平均气温在波动中增加,在2007年达到最小值,为17.02°C。其中,在1997年之前,仅有8年的年平均气温高于53年的平均值(15.68°C),而在1997—2013年,逐年的年平均气

温都高于53年的平均值。年代变化上,大致经历了先减少(1960s—1970s)后增加(1980s—2000s)再减少(2011—2013)的变化过程。其中,在1970s年代平均气温最低,仅为15.25°C;在2000s年代平均气温的达到最大值,为16.34°C。综合分析,在全球变暖下,滁州市气温增势明显,尤其是在1970年以后,但是增势在2000s中后期有所减弱,在波动中减势凸显。

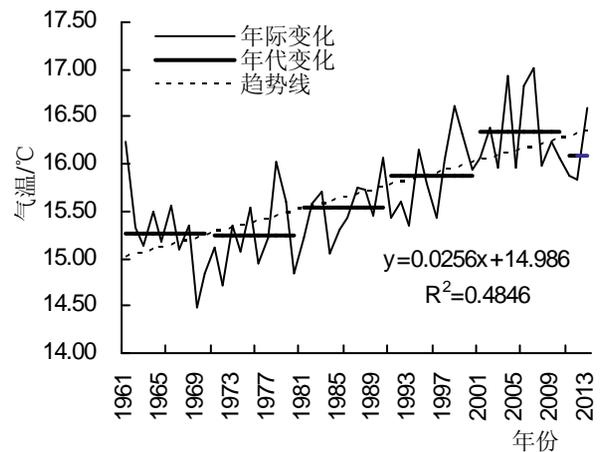


图1 1961—2013年滁州市年平均气温变化特征

2.1.2 气温的四季变化特征 与年平均气温增势一致,四季平均气温都呈现增加趋势。但是,四季平均气温的增幅和年代际变化上有所差异。春季平均气温增势最明显(见图2a),气候倾向率为0.33°C/10 a($P < 0.01$),表明春季增温最为明显,且对全年增温的贡献最大。春季平均气温的年际变化特征与年平均气温类似,但在年代变化特征有所不同。1960s春季气温达到年代最小值,为14.53°C,随后在1970s—2000s逐渐增加,在2011—2013年达到最大值,为16.17°C。夏季平均气温增势较弱,气候倾向率仅为0.09°C/10 a。其中,在1961—2000年,气温波动较大但增减趋势不明显,在2000—2013年,气温增势极为明显,在2013年达到研究时段最大值,为28.40°C。年代变化上,1960s—1990s,年代气温高低波动,在1960s和1980s相对较高,1970s和1990s相对较低,其中1970s达到年代气温最小值,为26.54°C。2000s气温增加至27.07°C;在2011—2013年达到最大值,为27.44°C。秋季和冬季气温也呈增加趋势,气候倾向率分别为0.28°C/10 a和0.32°C/10 a,年际变化上都是先减少后增加的变化过程。年代变化上,秋季平均气温在1970s达到年代最小值(16.43°C),在2000s达到年代最大值(17.66°C);冬季平均气温在1960s达到年代最小值(3.12°C),在2000s达到年代最大值(4.76°C)。

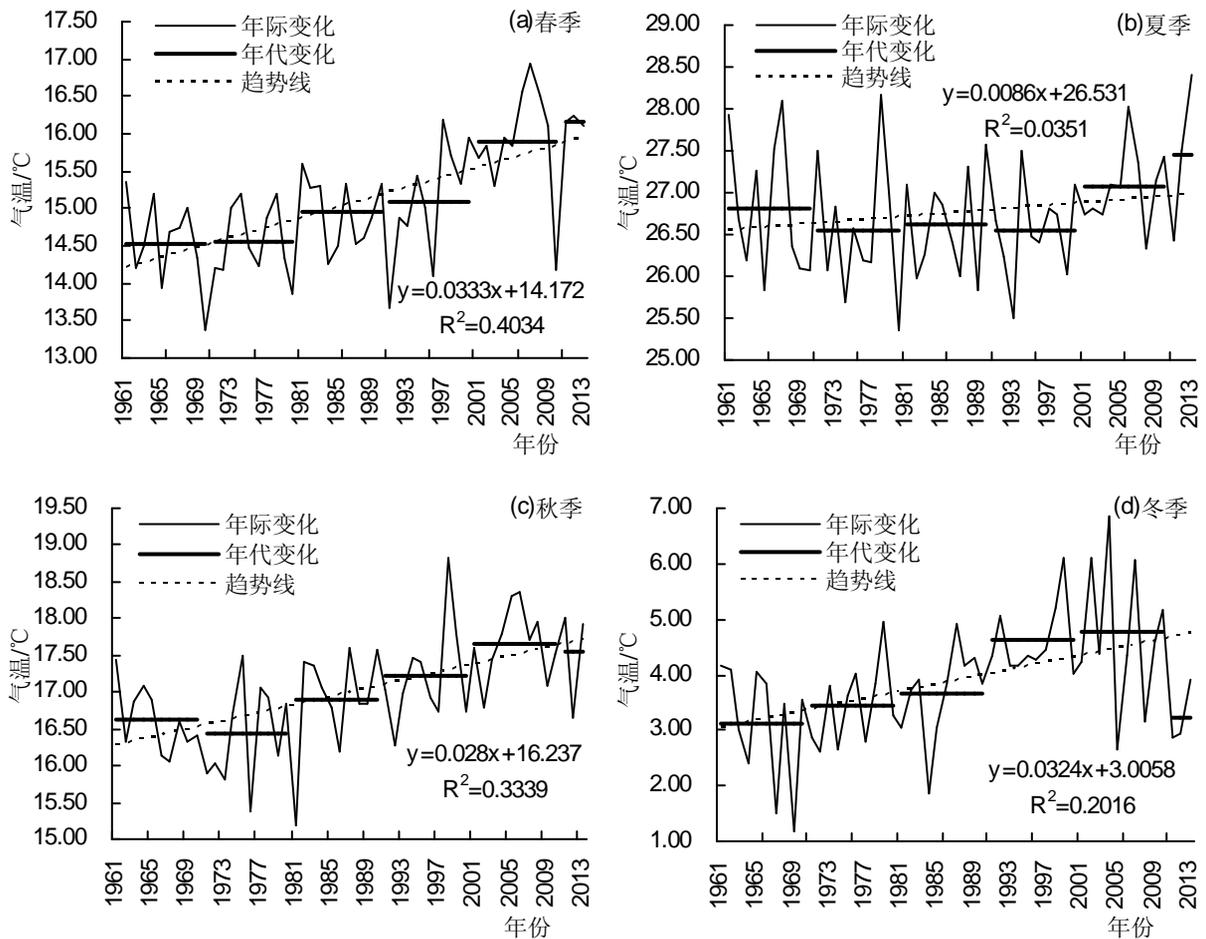


图2 1961—2013年滁州市四季气温变化特征

2.2 降水变化特征

2.2.1 年降水量变化特征 图3为滁州市过去53年年降水量年代际变化特征。年降水量呈明显的增加趋势，气候倾向率为15.60 mm/10 a ($P < 0.01$)。可以看出，年降水量年际波动较大，经过了多次“减少—增加—减少”的变换，但总体呈明显的增加趋势，气候倾向率为15.50 mm/10 a。最小降水量发生在1978年，为537.80 mm，最大降水量发生在2003年，为1665.30 mm。在1991年，年降水量也达到了1632.10 mm。年代变化上，自1960s—2000s，年代降水量逐渐增加，分别为1012.08、1044.11、1048.87、1101.18和1146.00 mm；在2011—2013年，降水量减少至964.07 mm，远远低于多年平均降水量的平均值(1064.43 mm)。

2.2.2 降水的四季变化特征 滁州市四季降水量变化趋势差异明显，春季和秋季降水量呈减少趋势，气候倾向率分别为-10.71 mm/10 a和-12.29 mm/10 a；夏季和冬季降水量呈增加趋势，气候倾向率分别为32.43 mm/10 a和6.01 mm/10 a。因此，夏季和冬季降水量的增势对年降水量的增加贡献较大，且大于春季和秋季降水量的

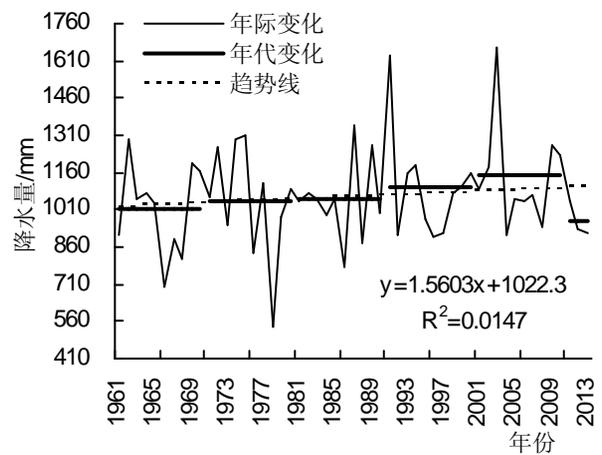


图3 1961—2013年滁州市年降水量变化特征

减少。年际变化上，四季的降水量波动都较大，但在不同年份变幅不同。年代变化上，春季降水量在1960s、1970s和1990s较大，在1980s和2011—2013年较小；秋季降水量在1960s和1980s较大，在其他年代时段较小，尤其是在2011—2013年最小(133.87 mm)。夏季降水量在1960s—1980s都较小，在1990s、2000s和

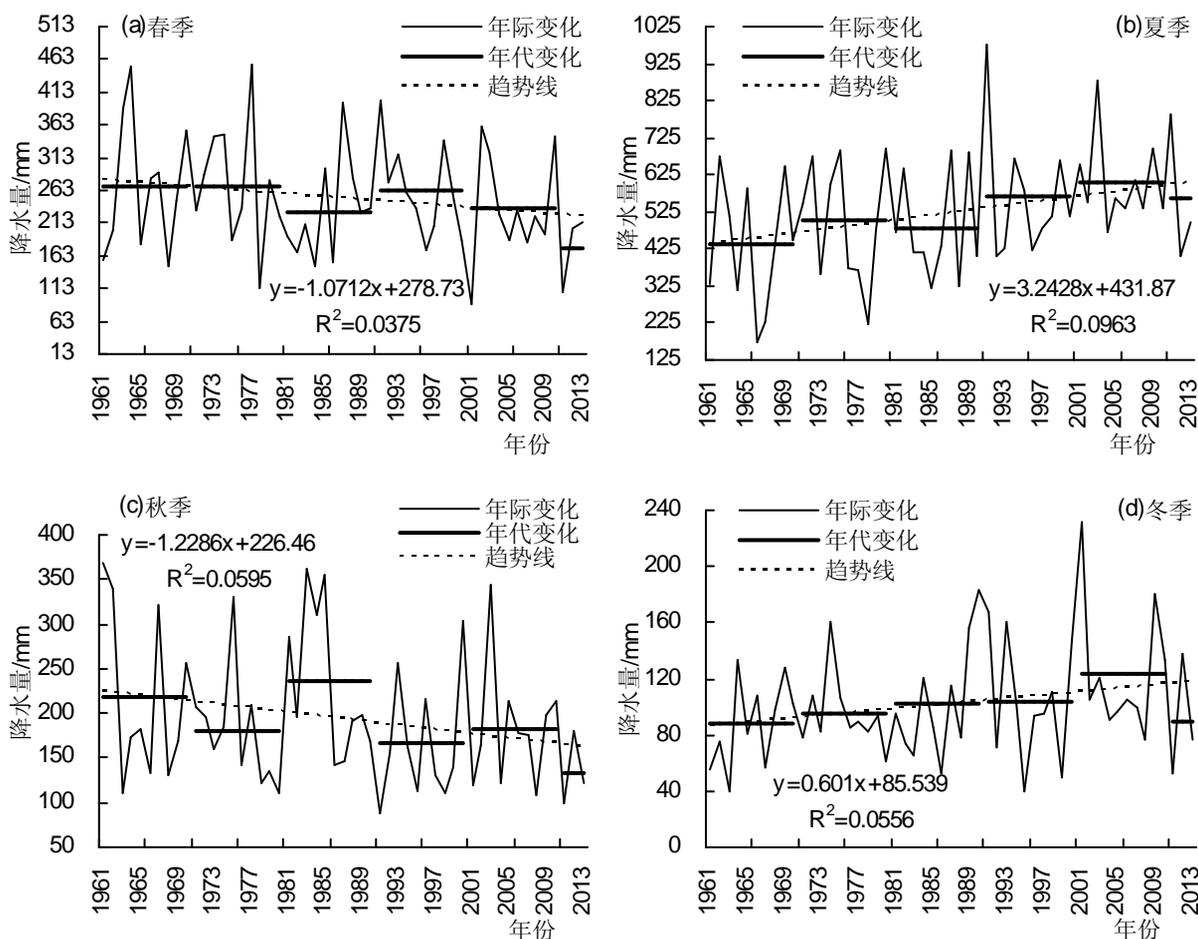


图4 1961—2013年滁州市四季降水量变化特征

2011—2013年都较大;冬季降水量在1960s—2000s逐步增加,在2000s达到最大值(123.95 mm),在2011—2013年减少至88.97 mm。

2.3 气温和降水的突变分析

为进一步探究突变特征,分别对年平均气温和降水量进行Mann-Kendall非参数检验,结果如图5所

示。可以看出,年平均气温(见图5a)和降水量(见图5b)都存在明显的突变。其中,年平均气温在2001年发生增加突变,年降水量在1986年发生增加突变。降水量的 UF_k 值在1964年以后稳定通过0,表明1965—2014年降水量明显的增加趋势;气温的 UF_k 值在1969年稳定通过0,表明1969—2014年气温明显的增加趋

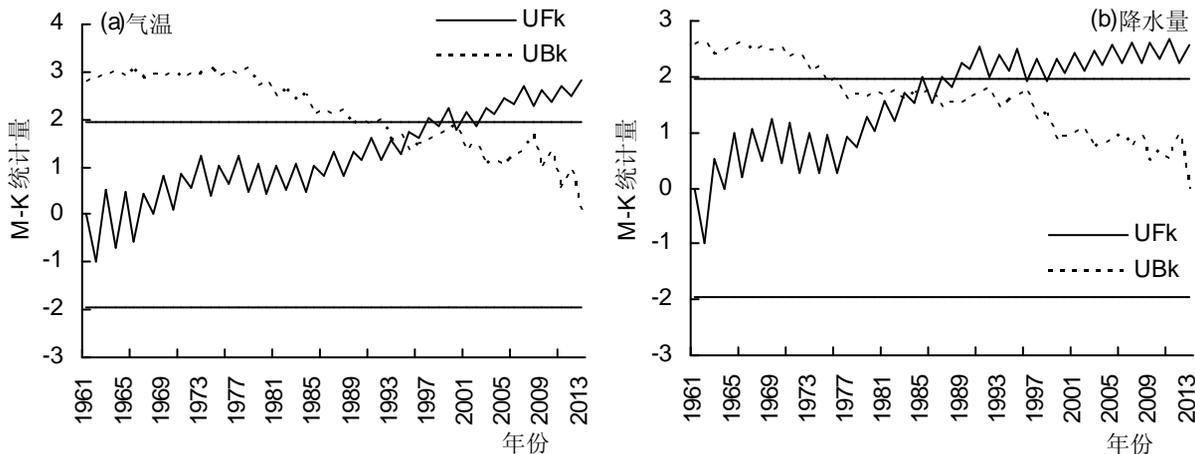


图5 1961—2013年滁州市年平均气温和降水的突变特征

势,这与趋势分析的结果一致。

2.4 气温和降水的周期分析

基于Morlet小波,对年降水量(见图6a)和年平均气温(见图6b)进行了小波分析。可以看出,年降水量周期较为复杂,大周期嵌套小周期变换;在小周期尺度上,存在7~8年的周期变换,经历了“偏多—偏少—偏多”5次变换过程;在大周期尺度上,存在17年左右的周期,经历了“偏多—偏少—偏多”2次变换过程。年平均气温存在明显的17年左右的周期,且贯穿整个研究时段,且气温变化大致经历了2次“偏高—偏低—偏高”的变换过程。

2.5 气温与降水的共振与相关

在气候变化背景下,气温和降水相互作用,共同响

应全球变化并共同影响着区域的水热资源的演变。由图7a交叉小波可以看出,两者共同震荡的高能量区主要分布在1~2年周期的1970s中期和1年周期的1990s初期,且都通过95%显著性检验。因此,滁州市气温和降水具有一定周期尺度的共振与相关。由图7b可以看出,气温和降水呈明显的负相关,在3年(年际变化)和6~8年尺度都存在明显的负相关。年际尺度上,两者在1960s初期、1980s末和1990s初期以及2000s初期,气温和降水的负相关达到极显著水平。在6~8年尺度周期上,1960s、1990—2013年,两者负相关也达到极显著水平。表明滁州市气温和降水存在明显的负相关,滁州市气温的升高会引起降水减少,而降水的增加会引起气温的降低。

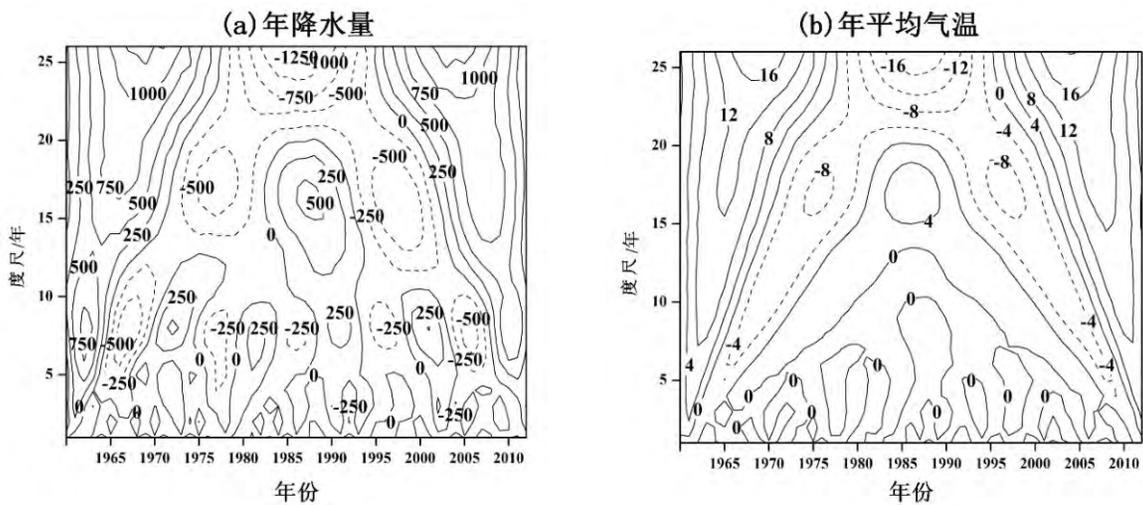
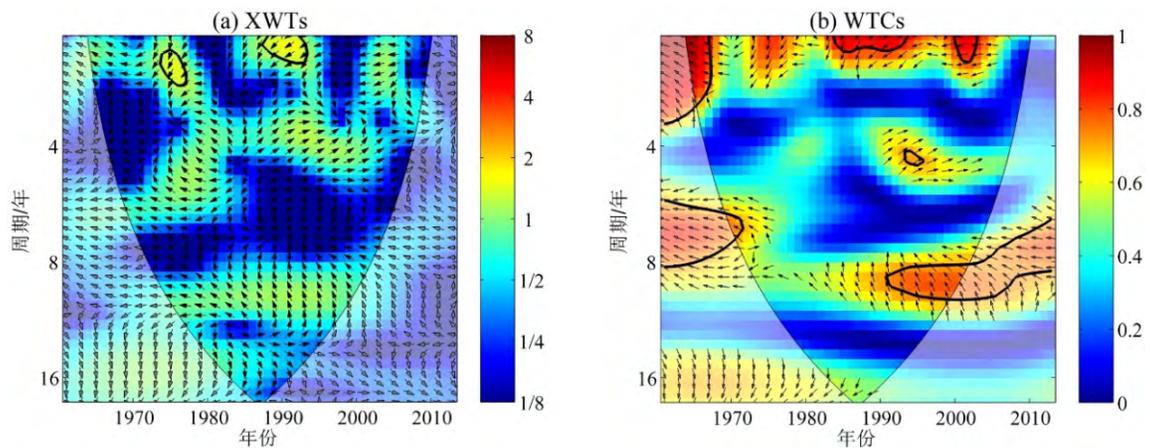


图6 1961—2013年滁州市年平均气温和降水的周期特征



图中黑色粗线的区域表示通过95%红噪声检验的区域,箭头向左和向右分别表示反向位和同相位

图7 滁州市降水量-气温交叉小波和相干分析时频分布图

3 结论与讨论

气候变化下,滁州市气温和降水呈增加趋势,这表明滁州市明显的湿润化趋势。春季气温增势最明显,冬季和秋季次之,夏季气温略有增势。夏季和冬季降

水量呈增加趋势,而春季和秋季降水量呈减少趋势。年平均气温在2001年发生增加突变,年降水量在1986年发生增加突变;年平均气温存在17年的主周期,年降水量存在17年左右的主周期和7~8年次周期。气

气候变化下,滁州市气温和降水量呈明显的负相关。

前人研究表明,过去百年全球年气温平均增势为 $0.043^{\circ}\text{C}/10\text{ a}^{[13]}$,滁州市年平均气温增势为 $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,这表明滁州市气温增势要强于全球增势平均水平。四季中,滁州市冬季气温增势最为明显,气候倾向率达到 $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。因此,滁州市冬季气温的增加对年平均气温的增加有极大的贡献。滁州市年降水量总体略有增加趋势,但夏季和冬季降水量呈增加趋势,春季和秋季降水量呈减少趋势。因此,滁州市降水量增势并不明显,尤其是2004—2008年,降水量异常偏少。气温的明显增势和降水量的不明显增加会在一定程度上改变区域水热资源的时空分配,影响区域的水文状况、农田水利、农业生产以及生态环境建设^[14]。如气温和降水的变化影响土壤、植被等的蒸发,引起土壤水分和土壤呼吸等的改变,进而影响作物生长以及产量和区域农业生产的可持续发展^[15-19]。夏季降水量的明显增势会在一定程度上缓解水稻、小麦等作物的干旱,但是秋季降水量呈减少趋势,会加剧秋旱的发生,影响作物的产量^[20-21]。因此,当地仍要采取措施应对干旱,尤其是应对不断加剧的秋旱。

区域对全球气候变化响应应具有差异性^[22],本研究仅基于滁州市的气温和降水数据开展了研究。另外,滁州市作为国家重要商品粮基地,区域对全球变化的影响对滁州市生态环境、农业生产等有重要的影响^[23-25]。综合相对湿度、日照时数、风速等气象数据进一步开展滁州市水热资源演变以及干旱评价及其影响有待进一步研究。

参考文献

- [1] Barros V R, Field C B, Dokke D J, et al. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects [A]. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. 2015.
- [2] Huang S, Krysanova V, Hattermann F. Projections of climate change impacts on floods and droughts in Germany using an ensemble of climate change scenarios[J]. *Regional Environmental Change*, 2015: 1-13.
- [3] 周伟东,朱洁华,李军,等.华东地区热量资源的气候变化特征[J]. *Resources Science*, 2009, 31(3): 472-478.
- [4] 左洪超,吕世华,胡隐樵.中国近50年气温及降水量的变化趋势分析[J]. *高原气象*, 2004, 23(2): 238-244.
- [5] 王冀,申红艳,张英娟,等.青海地区冬季气温年际变化及其成因分析[J]. *地理科学*, 2015, 35(1): 99-106.
- [6] 李燕,郑有飞,王志伟,等.山西忻州地区植物物候与气候变化特征分析[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(9): 339-345.
- [7] 阿帕尔·肉孜,高培,等.新疆近50a气候的变化特征[J]. *南京信息工程大学学报:自然科学版*, 2014, 6(4): 356-362.
- [8] Kisi O, Ay M. Comparison of Mann-Kendall and innovative trend method for water quality parameters of the Kizilirmak River, Turkey [J]. *Journal of Hydrology*, 2014, 513: 362-375.
- [9] 孟万忠,刘晓峰,王尚义,等.1949—2000年山西高原低温冷害特征及小波分析[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(35): 251-256.
- [10] 沈姣姣,寇小兰,巨晓曦,等.西安市汛期降雨特征的多尺度分析及未来趋势预测[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(2): 219-224.
- [11] Chansaengkachang K, Luadsong A, Ascharyaphotha N. A Study of the Time Lags of the Indian Ocean Dipole and Rainfall Over Thailand by Using the Cross Wavelet Analysis[J]. *Arabian Journal Forence & Engineering*, 2015, 40(1): 215-225.
- [12] Yu H L, Lin Y C. Analysis of space-time non-stationary patterns of rainfall-groundwater interactions by integrating empirical orthogonal function and cross wavelet transform methods[J]. *Journal of Hydrology*, 2015, 525: 585-597.
- [13] Karl T R, Arguez A, Huang B, et al. Possible artifacts of data biases in the recent global surface warming hiatus[J]. *Science*, 2015, 348(6242): 1469-1472.
- [14] 徐斌,辛晓平,唐华俊,等.气候变化对我国农业地理分布的影响及对策[J]. *地理科学进展*, 2015(4): 32-37.
- [15] 孙卫国,程炳岩,杨沈斌,等.区域气候变化对华东地区水稻产量的影响[J]. *中国农业气象*, 2011, 32(2): 227-234.
- [16] Challinor A J, Parkes B, Ramirez-Villegas J. Crop yield response to climate change varies with cropping intensity[J]. *Glob Chang Biol*, 2015, 21(4): 1679-1688.
- [17] Reynolds L L, Johnson B R, Pfeifer-Meister L, et al. Soil respiration response to climate change in Pacific Northwest prairies is mediated by a regional Mediterranean climate gradient[J]. *Global Change Biology*, 2015, 21(1): 487-500.
- [18] Melles S J, Fortin M, Lindsay K, et al. Expanding northward: influence of climate change, forest connectivity, and population processes on a threatened species' range shift[J]. *Global Change Biology*, 2011, 17(1): 17-31.
- [19] 刘胜利,薛建福,张冉,等.气候变化背景下湖南省双季稻生产的敏感性分析[J]. *农业工程学报*, 2015, 6(34): 246-252.
- [20] 胡亚男,郑金伟,潘根兴.2008年中国十省主要农业气象灾害动态及其影响分析[J]. *气候变化研究进展*, 2015, 11(2): 123-130.
- [21] 田展,徐新良,史军.气候变化对甘肃定西、安徽合肥小麦生产影响研究[J]. *地理科学进展*, 2015, 25(4): 90-97.
- [22] 张晶晶,陈爽,赵昕奕.近50年中国气温变化的区域差异及其与全球气候变化的联系[J]. *干旱区资源与环境*, 2006, 20(4): 1-6.
- [23] Pederson N, D'Amato A W, Dyer J M, et al. Climate remains an important driver of post-European vegetation change in the eastern United States[J]. *Global change biology*, 2015, 21(6): 2105-2110.
- [24] 贾香凤,白丽芹,李必龙.洪洞县农业干旱灾害风险评价与区划研究[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(1): 210-214.
- [25] 孙爽,杨晓光,赵锦,等.全球气候变暖对中国种植制度的可能影响 XI. 气候变化背景下中国冬小麦潜在光温适宜种植区变化特征[J]. *中国农业科学*, 2015, 48(10): 1926-1941.