

近 58 年来平凉地区降水及气温变化特征

薛 啟, 王若升, 赵 慧, 常 臻 (甘肃省平凉市气象局, 甘肃平凉 744000)

摘要 利用平凉地区崆峒、静宁、庄浪、华亭、崇信、泾川和灵台 7 个气象观测站 1960—2017 年的气温和降水等资料, 采用线性倾向、Mann-Kendall 突变检验、小波分析等方法对近 58 年平凉地区的降水及气温变化特征进行分析。结果表明, 近 58 年来平凉地区平均气温呈上升趋势, 20 世纪 90 年代中期出现突变以后增温明显加快, 冬季和春季变暖趋势大于秋季和夏季; 年总降水量变化整体呈略减少, 但有明显波动, 减少趋势不是十分显著, 冬季略有上升趋势, 而春季、夏季、秋季均呈递减趋势。

关键词 降水量; 气温; 变化特征; 平凉地区

中图分类号 S 161 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)28-0140-04

Change Characteristics of Precipitation and Temperature in Pingliang Area in Recent 58 Years

XUE Qi, WANG Ruo-sheng, ZHAO Hui et al (Pingliang City Meteorological Bureau, Pingliang, Gansu 744000)

Abstract The variation trends of precipitation and temperature were analyzed based on observational data from the seven stations of Pingliang area during 1960–2017 by linear trend method and Mann-Kendall test and wavelet analysis. The results showed that in the past 58 years, the average temperature in Pingliang had been on the rise. After the sudden change in the mid-1990s, the temperature increase was obviously accelerated, and the warming trend in winter and spring was greater than that in autumn and summer. The overall annual precipitation change slightly decreased, but there was significant fluctuation, the reduction trend was not very significant, and the winter increased slightly, while the spring, summer and autumn showed a decreasing trend.

Key words Precipitation; Temperature; Change characteristic; Pingliang area

政府间气候变化专业委员会 (IPCC) 第五次评估报告指出, 在过去 30 年, 地表温度的增暖幅度高于 1850 年以来的任何时期, 在北半球, 1983—2012 年可能是最近 1 400 年来气温最高的 30 年, 21 世纪的第 1 个 10 年是最暖的 10 年, 自 1901 年以来, 北半球中纬度陆地的降水量已经在增加^[1-2]。在全球变暖的背景下, 极端气候易发频繁, 因此区域性气候变化愈来愈引起人们的关注。研究表明, 我国西北地区气候变化与全球气候变化基本一致, 目前仍属于暖期^[3]。近 50 年来, 西北地区气温呈显著上升趋势, 降水变化空间差异突出, 西北地区整体暖干化趋势明显, 局部出现暖湿现象^[3]。王澄海等^[4]研究表明, 除西北中西部地区外, 其他气候区年降水量都处于下降趋势, 下降趋势在夏季最为明显。黄玉霞等^[5]分析指出, 西北地区东部降水呈下降趋势, 各区降水均存在 10 年以上和 3~4 年的短周期。陈冬冬等^[6]分析表明, 西北西部降水增多、东部降水减少。气候变暖对农作物生长有很大影响, 如需水量的增加, 王鹤龄等^[7]研究表明气候变暖对冬小麦需水量的影响最大, 玉米和春小麦次之。赵庆云等^[8]指出西北区东部的气候在近十几年变得更加极端, 这就意味着工农业生产面临更大的挑战。平凉地区正好地处我国西北地区东部, 受季风和西风带的影响, 全年降水分布不均, 而境内地形又十分复杂, 水资源分布区域性差异较大。因此, 研究平凉地区的气候变化, 对平凉地区工农业生产、植被保护等方面具有深远的意义。

1 资料与方法

该研究所取资料为 1960—2017 年平凉地区 7 个测站 (崆峒、静宁、庄浪、华亭、崇信、泾川、灵台) 的日平均气温和降水量。根据日资料计算各个站点的季、年平均气温和总降水量,

然后采用线性趋势分析、Mann-Kendall 突变检验和小波变换等方法, 对平凉地区的气温和降水进行分析, 来揭示近 58 年平凉地区的气候变化特征。四季划分为冬季 (12 月—次年 2 月)、春季 (3—5 月)、夏季 (6—8 月)、秋季 (9—11 月)。

2 结果与分析

2.1 气温和降水总体变化趋势 由图 1 可知, 近 58 年来平凉地区平均气温为 8.9 ℃, 20 世纪 90 年代中期以前的平均气温大多数年份在平均值以下, 而 90 年代中期之后呈高位相振荡, 2006 年平均气温是近 58 年的最高值, 年平均气温达 10.3 ℃, 比平均值偏高 1.4 ℃, 而 2012 年平均气温是进入 21 世纪以来的最低值, 年平均气温为 8.8 ℃。近 58 年来年平均气温呈增温趋势, 平均倾向率为 0.27 ℃/10 a, 略高于全国平均升温速率 (0.25 ℃/10 a)^[9] 和甘肃河东平均升温速率 (0.26 ℃/10 a)^[10], 但低于西北地区平均的增温速率 (0.37 ℃/10 a)^[11]。增温以陇东黄土高原南缘的灵台县增温最为明显, 倾向率为 0.43 ℃/10 a, 其次是位于陇东黄土高原腹部的崆峒区 (0.34 ℃/10 a), 而位于六盘山褶皱的华亭县增温趋势最不明显, 气温倾向率仅为 0.14 ℃/10 a, 不到全国平均升温速率 (0.25 ℃/10 a)^[9] 的一半。

由图 2 可知, 近 58 年来平凉地区平均年降水量为 531.4 mm, 20 世纪 90 年代以前年降水量波动较大, 而 20 世纪 90 年代到 2010 年多在平均值以下振荡, 且振幅较小, 与谢金南等^[12]研究发现 20 世纪 50 年代以来西北大部分地区降水呈减少趋势, 90 年代以后的干旱化趋势尤为明显大体一致, 但最近几年又呈高位相振荡。近 58 年来年降水量呈减少趋势, 各县 (区) 平均倾向率为 -0.95 mm/a, 灵台、静宁、庄浪年降水量减少趋势较明显, 而黄小燕等^[13]统计结果表明, 1960—2011 年西北全区年降水量呈微弱的上升趋势 (0.17 mm/a)。年降水量空间分布, 以灵台降水量最大, 为 604.1 mm, 静宁最少, 仅为 446 mm, 极大值出现在 1975 年的

作者简介 薛啟 (1987—), 男, 甘肃天水人, 助理工程师, 从事短期预报服务及相关研究。

收稿日期 2018-06-07; **修回日期** 2018-06-19

华亭,为 906.5 mm,极小值出现在 1971 年的静宁,仅为 227.9 mm,降水总体呈南多北少、东多西少分布,这与苏布达等^[14]研究结果表明我国西北地区东部年降水量自东南向西北递减相一致。

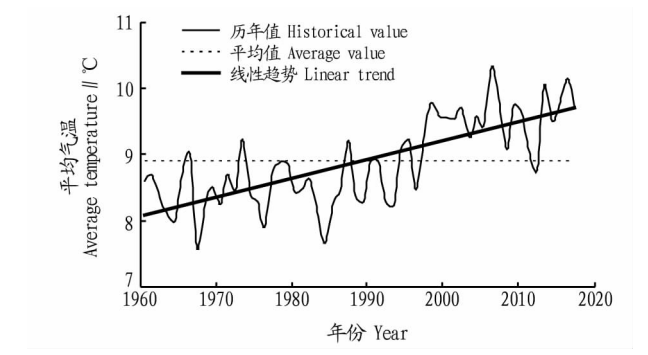


图 1 1960—2017 年平凉地区平均气温年际变化
Fig.1 Interannual variation of average temperature in Pingliang area from 1960 to 2017

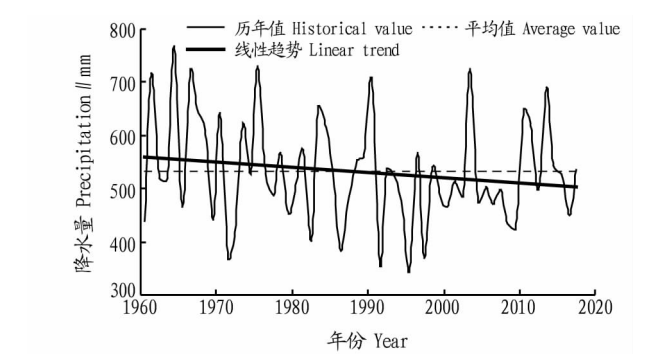


图 2 1960—2017 年平凉地区年降水量变化
Fig.2 Annual precipitation changes in Pingliang area from 1960 to 2017

2.2 气温和降水季节性变化

2.2.1 春季。近 58 年来平凉地区 7 县(区)春季平均气温为 8.6~11.3 ℃,最高值出现在泾川,最低值出现在静宁,区域气温由西向东逐渐升高,东西相差 2.7 ℃。最暖的春季出现在 2013 年,最冷的春季出现在 1976 年。近 58 年来平均气温倾向率为 0.31 ℃/10 a,说明春季的气温增幅高于年平均气温增幅(0.27 ℃/10 a),灵台的升温幅度最大,华亭增幅最小。

近 58 年来平凉各地春季降水量为 85.0~121.2 mm,平均降水量为 98.7 mm,占年降水量的 19%,最大值出现在泾川,最小值出现在静宁,极大值出现在 1964 年的灵台,为 287.4 mm,极小值出现在 1995 年的静宁,为 16.7 mm。近 58 年来降水量倾向率为-0.24 mm/a,春季降水除静宁略有递增趋势外,其余各县(区)均呈递减趋势,而中东部又比西部递减趋势明显。

2.2.2 夏季。近 58 年来平凉地区夏季平均气温为 18.7~21.9 ℃,最高值出现在泾川,最低值出现在静宁,东西相差 3.2 ℃,最暖的夏季出现在 2016 年,最冷的夏季出现在 1976 年。近 58 年来平均气温倾向率为 0.18 ℃/10 a,夏季的气温增幅小于年平均气温增幅;灵台县的增温幅度最大,倾向率为 0.38 ℃/10 a;华亭县最小,几乎持平。

近 58 年来平凉各地夏季降水量为 234.4~302.8 mm,平均降水量为 271.3 mm,占年降水量的 51%,最大值出现在华亭,最小值出现在静宁,极大值出现在 2010 年的华亭,为 526.1 mm,极小值出现在 1971 年的静宁,为 77.7 mm。近 58 年来降水倾向率为-0.13 mm/a,呈南增北减的趋势,总体仍呈弱递减。

2.2.3 秋季。近 58 年来平凉地区秋季平均气温为 7.6~10.0 ℃,最高值出现在崇信,最低值出现在静宁,东西相差 2.4 ℃,最暖的秋季出现在 1998 年,最冷的秋季出现在 1966 年。近 58 年来平均气温倾向率为 0.26 ℃/10 a,秋季的气温增幅略小于年平均气温增幅;灵台倾向率最大,为 0.44 ℃/10 a;华亭最小,为 0.13 ℃/10 a。

近 58 年来平凉各地秋季降水量为 117.6~176.5 mm,平均降水量为 145.8 mm,占年降水量的 28%,最大值出现在灵台,最小值出现在静宁,极大值出现在 1975 年的灵台,为 449.4 mm;极小值出现在 1986 年的静宁,为 41.3 mm。近 58 年来降水倾向率为-0.13 mm/a,呈南增北减的趋势,总体仍呈弱递减。

2.2.4 冬季。近 58 年来平凉地区秋季平均气温为-4.6~-2.1 ℃,最高值出现在崇信,最低值出现在静宁,相差 2.5 ℃;最暖的冬季出现在 2017 年,最冷的冬季出现在 1972 年。近 58 年来平均气温倾向率为 0.35 ℃/10 a,冬季的气温增幅高于年平均气温增幅(0.27 ℃/10 a)。静宁倾向率最大,为 0.43 ℃/10 a,华亭最小,为 0.20 ℃/10 a。

近 58 年来平凉各地冬季降水量为 8.9~18.9 mm,平均降水量为 13.0 mm,占年降水量的 2%,最大值出现在灵台,最小值出现在静宁,极大值出现在 1989 年的灵台,为 42.2 mm,而崇信、泾川 1999 年冬季均无降水出现。近 58 年来降水倾向率为 0.08 mm/a,除灵台略有下降趋势外,其他各县(区)均呈小幅度上升趋势。

2.3 气温和降水的时间尺度特征以及突变分析

2.3.1 平均气温。从图 3 可以看出,UF 和 UB 这 2 条曲线在临界线之内出现交点,对应的年份是 1996 年,因此近 58 年平凉地区气温突变从 1996 年开始,这一结论与丁一汇等^[15]得出的西北地区年平均气温的突变时间(1993—1996 年)基本吻合;由 UF 曲线可见,1963—1978 年有明显降温趋势(UF<0),

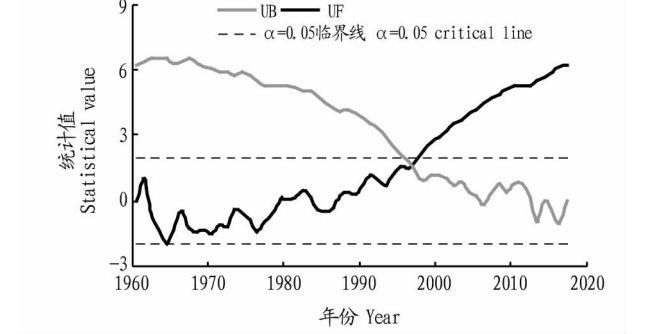


图 3 1960—2017 年平凉地区年均气温 Mann-Kendall 突变检验
Fig.3 The Mann-Kendall test of annual average temperature in Pingliang area from 1960 to 2017

1979—1987 年呈振荡上升,1987 年以后有明显的增暖趋势 (UF>0),而且 1998 年以后超过显著水平 0.05 临界线,气温上升更加显著。

平凉地区四季平均气温突变检验(图 4)显示,春季气温突变时间为 1997 年,与年平均气温突变大体一致;夏季气温突变时间为 1999 年,滞后年平均气温突变 3 年,从夏季 UF

曲线可见,1979—1998 年为明显降温趋势;秋季气温突变时间出现奇异点,在 1998 年显著性检验区内出现一个交点,临界线附近 1999、2001 年又有 2 个交点;冬季气温突变时间为 1993 年,提前年平均气温突变 3 年。总而言之,冬季气温突变最早,其次为春季,夏季和秋季较晚,从曲线发展趋势看,未来十几年春季、秋季比夏季、冬季更加显著。

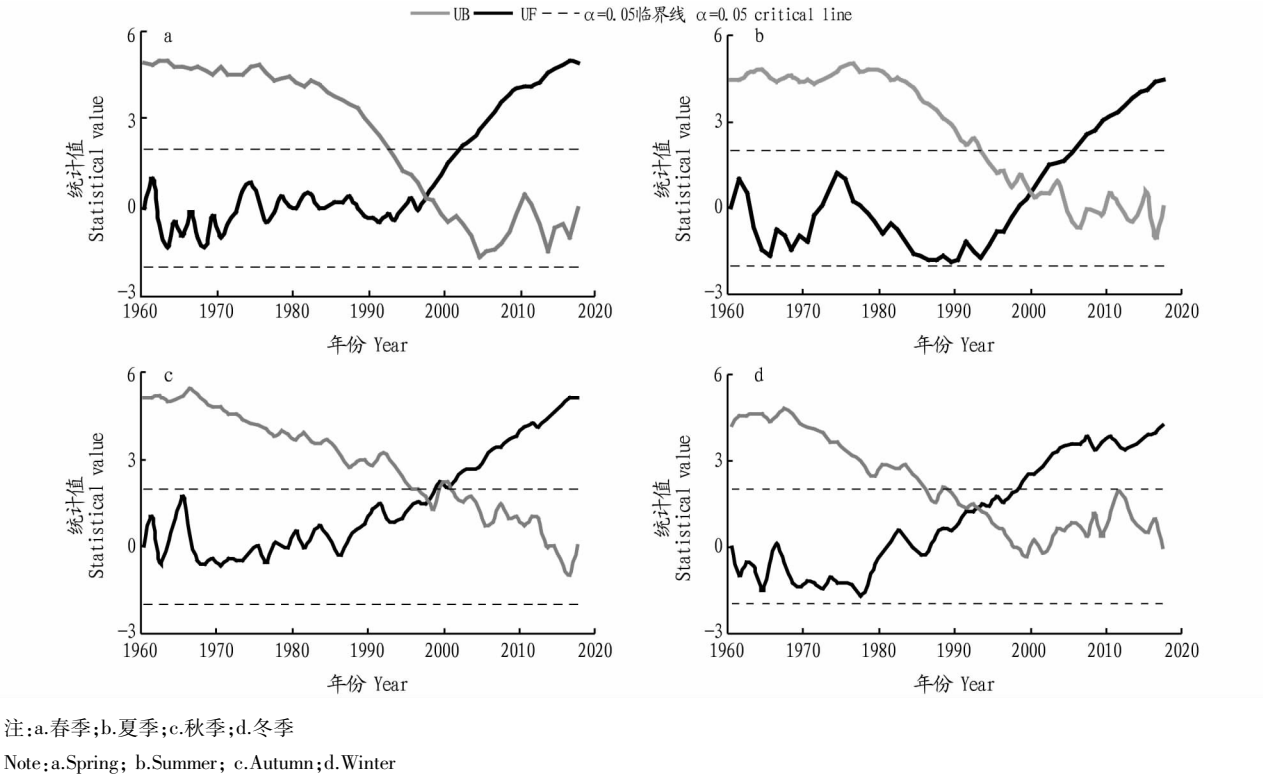


图 4 1960—2017 年平凉地区四季平均气温 Mann-Kendall 突变检验
Fig.4 The Mann-Kendall test of four seasons average temperature in Pingliang area from 1960 to 2017

近 58 年平凉地区年平均气温的小波分析(图 5)表明,6 年周期振荡较强,气温变化有明显的阶段性,6 年周期振荡较强附近小波系数正负位相相互转化年是 1977 年,这一结论与 M-K 法统计的突变时间相差较大,与 M-K 法统计的增温

时间相近,有 3 个较大正值中心,相应时间分别为 1985、1997、2013 年附近,其中 1997 年附近正值中心较其他 2 个中心弱,即 20 世纪 80 年代增温迅速,90 年代增温较弱,2010 年后增温趋势明显。

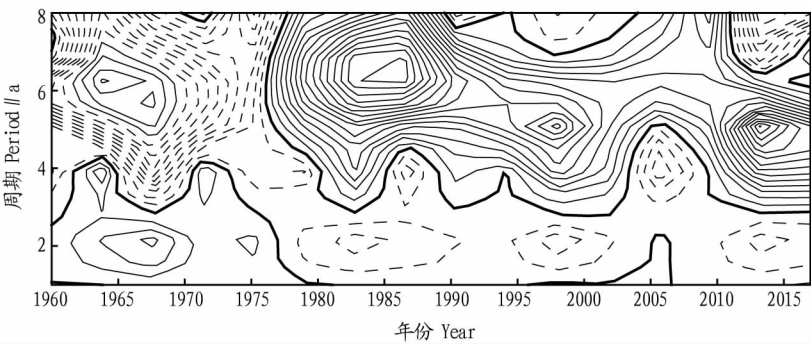


图 5 1960—2017 年平凉地区年平均气温小波分析
Fig.5 Wavelet analysis of annual average temperature in Pingliang area from 1960 to 2017

2.3.2 降水量。近 58 年平凉地区总降水量呈下降趋势,由图 6 可见,UF 和 UB 曲线在检验区出现交点,对应年份是 1970 年,因此近 58 年平凉地区降水突变从 1970 年开始,

1960—1970 年总降水出现增长趋势 (UF>0),1970 年后曲线开始呈下降趋势,直到 2009 年开始呈上升趋势,由于减少趋势始终没有超过 0.05 临界线,说明平凉地区降水减少趋势不

是十分显著,这一结论与王晖等^[16]研究得出的西北地区东部降水减少趋势不是十分显著的结论相吻合。

近 58 年来平凉地区春季、夏季、秋季总降水量呈下降趋势,而冬季呈现出上升趋势,由平凉地区四季总降水量Mann-

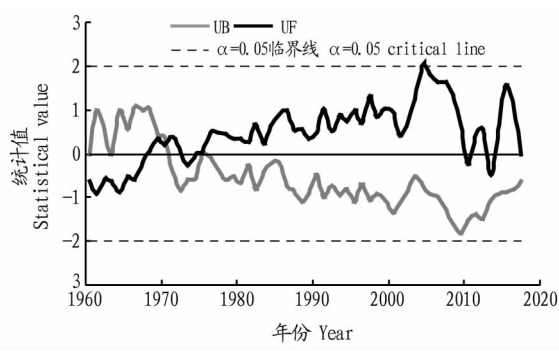
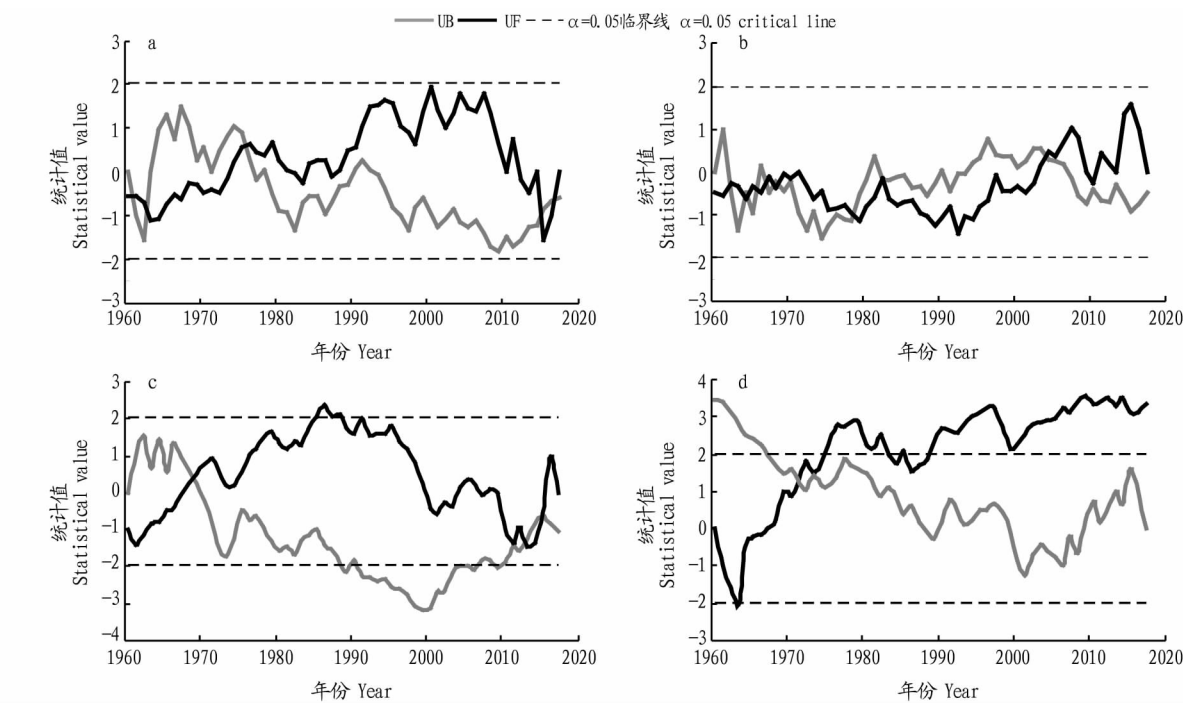


图 6 1960—2017 年平凉地区年降水量 Mann-Kendall 突变检验
Fig.6 The Mann-Kendall test of annual precipitation in Pingliang area from 1960 to 2017



注:a.春季;b.夏季;c.秋季;d.冬季
Note:a.Spring;b.Summer;c.Autumn;d.Winter

图 7 1960—2017 年平凉地区四季总降水量 Mann-Kendall 突变检验
Fig.7 The Mann-Kendall test of total seasonal precipitation in Pingliang area from 1960 to 2017

(2) 近 58 年来平凉地区冬季年平均气温增温最明显,其次为春季。春季、秋季、冬季又以白天增温为主,而夏季夜间较白天增温略为显著。降水量有明显的季节性差异,分配较为集中,冬季略有上升趋势,而春季、夏季、秋季均呈递减趋势,又以秋季递减趋势最显著。

(3) 近 58 年来平凉地区年平均气温在 1996 年出现增暖突变,从季突变来看,冬季气温突变最早,其次为春季,夏季和秋季较晚。降水量秋季突变时间最早,其次为冬季,春季突变最晚,夏季看不出明显的突变时间,春季、夏季、秋季降水量减少趋势没有超过 0.05 临界线,说明减少趋势不是十分

Kendall 突变检验(图 7)可见,春季,1976 年突变以后,曲线呈下降趋势,直到 2009 年开始呈上升趋势,与年降水量相似,但突变时间滞后;夏季,没有明显的突变时间点,2005 年之前呈弱的上升或下降趋势,2005 年之后曲线呈下降趋势;秋季,1970 年出现突变,到 2000 年曲线呈上升趋势;冬季,突变较明显,自 1973 年突变以后呈明显增多趋势,1976 年后甚至超过 0.05 显著性临界线,从发展趋势看,2017 年后总降水量上升趋势仍然十分显著。

3 结论

(1) 近 58 年来平凉地区年平均气温呈波动上升趋势,20 世纪 90 年代中期以前大多数年份在平均值以下,而 90 年代中期之后呈高位相振荡。年降水量呈整体持平略减少趋势,90 年代以前年降水量波动较大,而 20 世纪 90 年代到 2010 年多在平均值以下振荡,且振幅较小,最近几年呈高位相振荡;降水总体呈南多北少、东多西少分布。

显著,而冬季降水量增多的趋势就相对显著得多。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 张强,张存杰,白虎志,等.西北地区气候变化新动态及对干旱环境的影响[J].干旱气象,2010,28(1):1-7.
- [4] 王澄海,李健,李小兰,等.近 50a 中国降水变化的准周期性特征及未来的变化趋势[J].干旱区研究,2012,29(1):1-10.
- [5] 黄玉霞,李栋梁,王宝鉴,等.西北地区近 40 年年降水异常的时空特征分析[J].高原气象,2004,23(2):245-252.

2016 年气温相对较高,但是升温趋势不明显。西部地区气温变化幅度仅次于中部地区,1960—1990 年气温相对较低,并且升温趋势明显,但是气温波动幅度较大;1991—2016 年气温相对较高,但是气温上升趋势不明显。东部地区气温变化幅度最小。

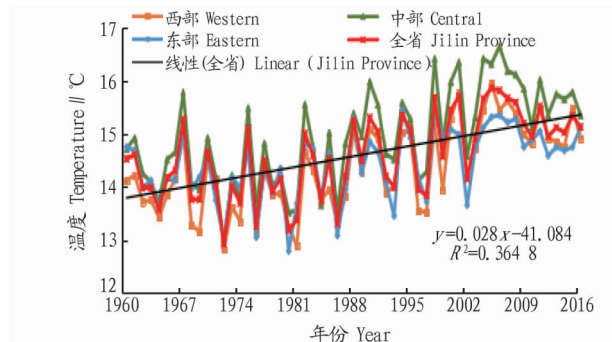


图5 1960—2016 年吉林省秋季平均气温变化趋势

Fig.5 Change trend of autumn mean temperature in Jilin Province from 1960 to 2016

2.2.4 冬季。由图 6 可以看出,1960—2016 年吉林省西、中、东 3 个地区冬季气温线性倾向率都大于 0,分别为 0.022 7、0.030 6和 0.031 6 °C/a。由此可看出,3 个地区 1960—2016 年冬季气温均呈上升趋势,西部地区冬季平均气温大致上升 1.20 °C,中部地区冬季气温大致上升 2.13 °C,东部地区冬季气温大致上升 2.34 °C。1960—2016 年吉林省冬季气温总体仍然处于上升趋势,没有明显突变性^[9]。

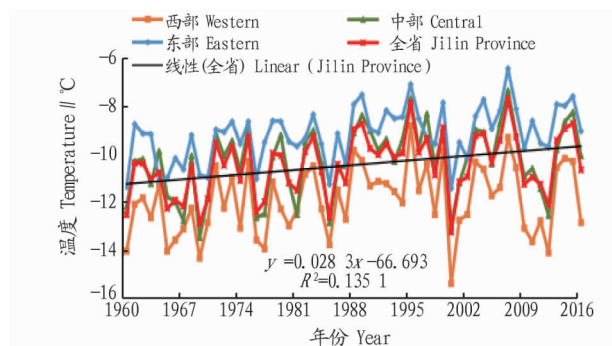


图6 1960—2016 年吉林省冬季平均气温变化趋势

Fig.6 Change trend of winter mean temperature in Jilin Province from 1960 to 2016

中部地区气温变化幅度最大,大体可以划分为两部分,1960—1990 年气温相对较低,但是升温趋势明显,气温波动

较大;1991—2016 年气温相对较高,但是升温趋势不明显,且气温波动较小。西部地区气温变化幅度仅次于中部地区,1960—1990 年气温相对较低,并且升温趋势明显,但是气温波动幅度较小;1991—2016 年气温相对较高,但是气温上升趋势不明显,且升温幅度较大。东部地区气温波动幅度较小。

3 结论与讨论

(1) 1960—2016 年吉林省不论是年均气温,还是季度气温均呈现升高的趋势,并且是中部地区升温幅度最大,其次是西部地区,东部地区升温幅度最小。1960—2016 年,吉林省西部地区平均气温大致上升 1.9 °C,中部地区平均气温大致升高 1.9 °C,东部地区平均气温大致上升 1.1 °C。

(2) 东部地区距海洋较近,气温变化幅度较小,近 57 年气温上升缓慢,夏季升温幅度较小,冬季升温幅度较大,季度差异较大^[10]。中部地区作为老工业基地,是吉林省政治、经济、文化中心,经济较发达,二氧化碳等废气排放较多,气温上升趋势明显,且升温幅度较大^[10]。西部地区气温上升幅度仅次于东部地区,4 个季度气温上升趋势较明显,由于位于干旱气候区,距离海洋较远,海洋对气温的调节作用较小,季度差异较小。

(3) 根据吉林省气温变化特征以及影响因素提出以下建议:第一,吉林省应该大力发展第三产业,减少第二产业所占的比重;第二,提高化石燃料的使用率,减少废弃物的排放,开发新能源;第三,增加城市绿化面积。

参考文献

- [1] 赵宗慈,罗勇.21 世纪中国东北地区气候变化预估[J].气象与环境学报,2007,23(3):1-4.
- [2] 姜毅.基于定量遥感的吉林省植被碳汇时空模拟研究[D].长春:吉林大学,2012.
- [3] 曲金华.中国东北地区气候变化对地表水资源影响评估[D].南京:南京信息工程大学,2007.
- [4] 黄洁,钟业喜.中国城市人口密度及其变化[J].城市问题,2014(10):17-22.
- [5] 董满宇,吴正方.近 50 年来吉林省气温和降水变化趋势分析[J].东北师大学报(自然科学版),2007,39(9):114-119.
- [6] 于秀昆.吉林省极端气候的时空变化特征及其与环流异常的关系[D].南京:南京信息工程大学,2004.
- [7] 神祥金,吴正方,杜海波.近 50 年来吉林省西部半干旱区气候变化特征[J].干旱区资源与环境,2014,28(2):190-196.
- [8] 李明,吴正方,张莲芝,等.吉林省东部山区 1953—2007 年气温变化特征分析[J].亚热带资源与环境学报,2010,5(3):73-81.
- [9] 姚晨雨,黄乾.东北地区冬季气温变化特征研究[J].中国农学通报,2016,32(8):154-158.
- [10] 高标,许清涛,李玉波,等.吉林省交通运输能源消费碳排放测算与驱动因子分析[J].经济地理,2013,33(9):25-30.
- [11] 王劲松,费晓玲,魏锋.中国西北近 50a 来气温变化特征的进一步研究[J].中国沙漠,2008,28(4):724-732.
- [12] 谢金南,周嘉陵.西北地区中、东部降水趋势的初步研究[J].高原气象,2011,20(4):362-367.
- [13] 黄小燕,李耀辉,冯建英,等.中国西北地区降水量及极端干旱气候变化特征[J].生态学报,2015,35(5):1359-1370.
- [14] 苏布达,王国杰,姜彤.西北地区 45a 来降水异常的时空变化及其标准特征[J].冰川冻土,2007,29(2):176-182.
- [15] 丁一汇,张莉.青藏高原与中国其他地区气候突变时间的比较[J].大气科学,2008,32(4):794-805.
- [16] 王晖,隆霄等.马旭林,等.近 50a 中国西北地区东部降水特征[J].干旱区研究,2013,30(4):712-718.

(上接第 143 页)

- [6] 陈冬冬,戴永久.近五十年中国西北地区夏季降水场变化特征及影响因素分析[J].大气科学,2009,33(6):1247-1258.
- [7] 王鹤龄,王润元,张强,等.气候变暖对甘肃省不同气候类型区主要作物需水量的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(4):866-871.
- [8] 赵庆云,张武,王式功,等.西北地区东部干旱半干旱区极端降水事件的变化[J].中国沙漠,2005,25(6):904-909.
- [9] 任国玉,初子莹,周雅清,等.中国气温变化研究最新进展[J].气候与环境研究,2005,10(4):701-716.
- [10] 赵一飞,张勃,汪宝龙,等.近 54a 来甘肃省河东地区气候时空变化特征[J].干旱区研究,2012,29(6):956-964.