

李兴涛,韩莹,田亮,等. 咸阳市区近 50 年气候变化特征分析[J]. 陕西气象,2016(6):13-17.

文章编号:1006-4354(2016)06-0013-05

咸阳市区近 50 年气候变化特征分析

李兴涛¹,韩莹²,田亮²,方永侠³,尹盟毅⁴

(1. 渭城区气象局,陕西咸阳 712000;2. 陕西省气候中心,西安 710014;

3. 咸阳市气象局,陕西咸阳 712000;4. 兴平市气象局,陕西兴平 713100)

摘要:利用陕西省咸阳市秦都国家基本气象站 1965—2014 年逐日气温、降水、日照资料,用常规统计方法、Man-Kendall 非参数检验法、Morlet 小波分析等方法对咸阳市区近 50 年的气候变化趋势、突变特征、周期特征进行分析。结果表明:近 50 年来咸阳市区气候变化趋势为气温显著升高、降水略微减少、光照显著减少,极端高温、强降水天气增多增强,极端低温天气逐渐减少。气温气候倾向率为 $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,气温升高突变年为 1997 年,气温变化主要存在 6、12、32 a 冷暖交替的振荡周期;冬季明显缩短,春季增长,夏季、秋季长度基本无变化。降水变化不明显,突变特征不显著,主要存在 6、11、29 a 干湿交替的振荡周期。日照气候倾向率为 $-59.06\text{ h}/10\text{ a}$,突变年为 1980 年,日照变化主要存在 7、13、25 a 高低交替的振荡周期。2014 年后一段时期为干暖期。

关键词:气候变化;Man-Kendall 非参数检验法;小波分析;咸阳市区

中图分类号:P467

文献标识码:A

近年来,在全球气候变暖的大背景下,各类极端天气气候事件频发,气象灾害造成的损失和影响不断加重,气候变化引起了社会各界和各级政府的普遍关注和重视。为此,国内不少气象工作者对当地的降水、热量资源、旱涝气候演变等气候特征进行了研究^[1-9]。咸阳市区位于关中平原腹地,地处暖温带,属大陆性季风气候,四季分明,雨热同季,气候温和。本文对咸

阳市区近 50 年来的气候变化趋势、突变特征和振荡周期等进行分析研究,对进一步做好气候预测、气候资源开发利用和防灾减灾具有积极意义。

1 资料和方法

所用资料为陕西省咸阳市秦都国家基本气象站 1965—2014 年逐日气温、降水、日照资料,采用线性回归、Man-Kendall 非参数检验法(简称 M-

收稿日期:2016-05-23

作者简介:李兴涛(1980—),女,汉族,云南宜良人,学士,工程师,从事气象服务工作。

基金项目:陕西省气象局科技创新基金计划项目(2014M-4)

参考文献:

- [1] 侯建忠,李明娟,赵兵科,等. 陕西早春一次罕见暴雨过程的环流演变及水汽输送分析[J]. 热带气象学报,2009,25(2):251-256.
- [2] 刘菊菊,滕杰,许东蓓,等. 河西走廊东部一次罕见的春季暴雨成因分析[J]. 干旱气象,2015,33(4):652-658.
- [3] 郭大梅,李萍云,胡浩,等. 一次春季暴雨与盛夏暴

雨物理量对比分析[J]. 陕西气象,2014(6):8-10.

- [4] 康岚,顾清源,蒲吉光. 一次低能大暴雨成因分析[J]. 气象科技,2002,30(5):284-287.
- [5] 刘瑞芳,李萍云,陈小婷,等. 一次中尺度对流复合体致洪暴雨成因分析[J]. 成都信息工程学院学报,2012,27(3):306-313.
- [6] 范俊红,王欣璞,孟凯,等. 一次 MCC 的云图特征及成因分析[J]. 高原气象,2009,28(6):1388-1398.

K方法)和Morlet小波变换方法进行趋势分析、突变检验和周期变化分析^[10]。

2 分析与结果

2.1 气温年际变化特征

2.1.1 平均气温 咸阳市区近50年的平均气温为13.1℃,最低为12.0℃(1984年),最高为14.5℃(2013年)。从多年变化趋势(图1a)来看,年平均气温总体呈上升趋势,气候倾向率为0.17℃/10a。利用M-K方法对年平均气温的趋势变化进行检验,表1中统计量值S>0,Z>2.32,通过了置信度99%的显著性检验,说明咸阳市区增温显著,与回归分析结果一致。M-K方法突变检验显示(图1b),咸阳市区年平均气温1967—1996年为相对偏低阶段,其中1980—1993年偏低明显,1997年发生突变,自1998年以后呈逐年上升趋势,2007年后U_F曲线超过了通过了0.01(U=2.58)显著性水平的信度线,为显著增温。

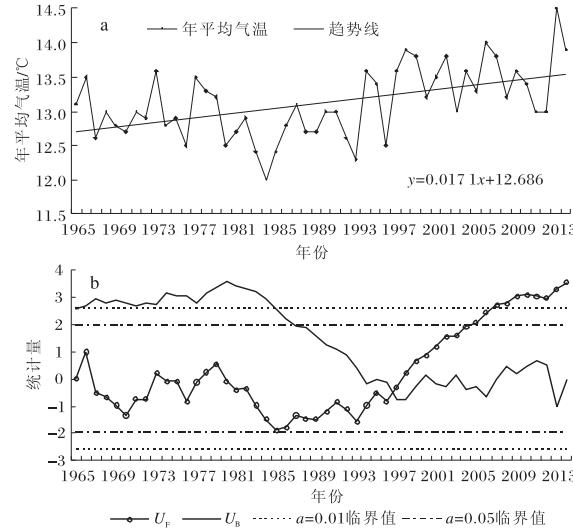


图1 1965—2014年咸阳市区年平均气温变化趋势(a)和突变特征的M-K检验(b)

表1 1965—2014年咸阳市区气温、降水、日照年际变化趋势的M-K检验

统计	年平均气温	年平均最高气温	年平均最低气温	年降水量	年日照时数
S	366	380	301	-15	-391
Z	3.05*	3.17*	2.51*	-0.12	-3.26*

注: * 表示通过置信度99%的显著性检验。

对咸阳市区近50年的年平均气温距平序列进行Morlet小波变换(图2)后发现,气温存在3~8、5~15、8~23、23~32a四类尺度的振荡周期。通过小波方差确定不同尺度波动能量和气温变化的主周期,第一主周期到第四主周期的时间尺度依次为6、12、32、17a。分析主周期小波系数趋势变化(图略),在6a的时间尺度上,存在着平均变化周期为4a左右的12个冷暖交替期;在12a的时间尺度上,存在着8a左右的6个冷暖交替期;在32a的时间尺度上,存在22a左右的2个冷暖交替期。不同时间尺度在2013年以后均为继续升高的趋势,由此可以预计2014年后一个时期咸阳市区气温为偏暖期。

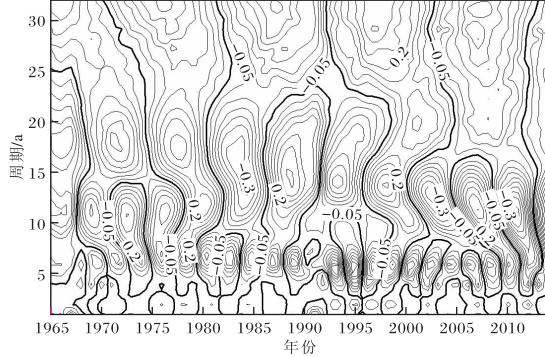


图2 1965—2014年咸阳市区年平均气温的小波分析

2.1.2 最高气温 咸阳市区近50年的平均最高气温为18.9℃,总体呈上升趋势(图略),气候倾向率为0.25℃/10a。通过M-K检验分析(表1),年平均最高气温上升趋势明显,通过了置信度99%的显著性检验。M-K突变检验得出(图略),1967—1970、1975—1977、1981—1994年为偏低阶段,1971—1973、1979—1980、1997年以后为偏高阶段,1997年为突变年。自2007年以后U_F曲线超过0.01显著性水平的信度线,表明增温趋势显著。

咸阳市区近50年的日极端最高气温出现在6—8月,以6、7月居多,日最高气温≥35℃的年平均高温日数为17.6d,极端值为42.0℃(1966年6月21日)。20世纪70年代中期到80年代末,高温天气出现次数较少,1984年仅出现1d,最高气温为35.4℃。自1997年后,极端高温天气增多增强,年平均高温日数增至19.5d,1997年48d,为50年来最多,2002年也达33d;年极

端最高气温始终维持在38℃以上,1998、2005、2006、2014年均突破40℃(图略)。

2.1.3 最低气温 咸阳市区近50年的平均最低气温为8.3℃,总体呈上升趋势(图略),气候倾向率为0.11℃/10a。从表1可知,年平均最低气温上升趋势明显,通过了置信度99%的显著性检验。M-K突变检验得出(图略),1969—1972、1984—1987、1992—1996年为偏低阶段,1965—1967、1973—1983、1988—1991、1997年以后为偏高阶段,突变发生在1997年,之后呈逐年上升趋势,自2009年后, U_F 曲线超过0.01显著性水平的信度线,增温显著。

咸阳市区近50年的日极端最低气温出现在

11—2月,以1月居多,日最低气温≤0℃的年平均低温日数为99.7d。20世纪60年代末至90年代初,低温天气出现的频次和强度较高,1969年出现115d,1985年出现116d;1969、1977、1991年极端最低气温为50年第一、第二、第三低值,1969年2月5日极端最低气温达-19.7℃。1998年后,低温天气逐渐减少,年平均低温日数减至94.7d,2006年出现84d,2007年出现83d,为50年来最少(图略)。

2.1.4 四季分布特征 利用近50年的逐日平均气温资料,依据气象行业国家标准QX/T 152—2012《气候季节划分》统计得出咸阳市区的四季起止日期和长度,结果见表2。

表2 咸阳市区四季起止日期及长度

季节	春季	夏季	秋季	冬季
起止日期	03-27—05-31	06-01—09-02	09-03—10-31	11-01—03-26
长度/d	66	94	59	146

注:连续5d滑动平均气温≥10℃入春,≥22℃入夏,<22℃入秋,<10℃入冬。

从表2可知,气象学上的四季划分与24节气四季起始日期存在明显差异,入春比立春时间晚近2个月,入夏比立夏晚近1个月,入秋比立秋晚约1个月,入冬与立冬时间基本吻合。咸阳市区冬季最长,约5个月;夏季次之,3个多月;春秋季节较短,都在2个月左右。

对四季长度的年际变化趋势进行分析(图略),冬季长度气候倾向率为-3.29d/10a,春季为2.22

d/10a,说明冬季缩短,春季增长,夏季、秋季长度基本无变化。将每年各季的开始时间与常年四季平均的开始时间比较(图3),近50年来入春时间正常的有23a;2013年入春特早,比常年提前21d;1996年入春特晚,比常年推迟19d。入夏时间正常的有27a;2007年入夏特早,比常年提前18d;1987年入夏特晚,比常年推迟22d。入秋时间正常的有24a;2003年入秋特早,比常年提前24d;

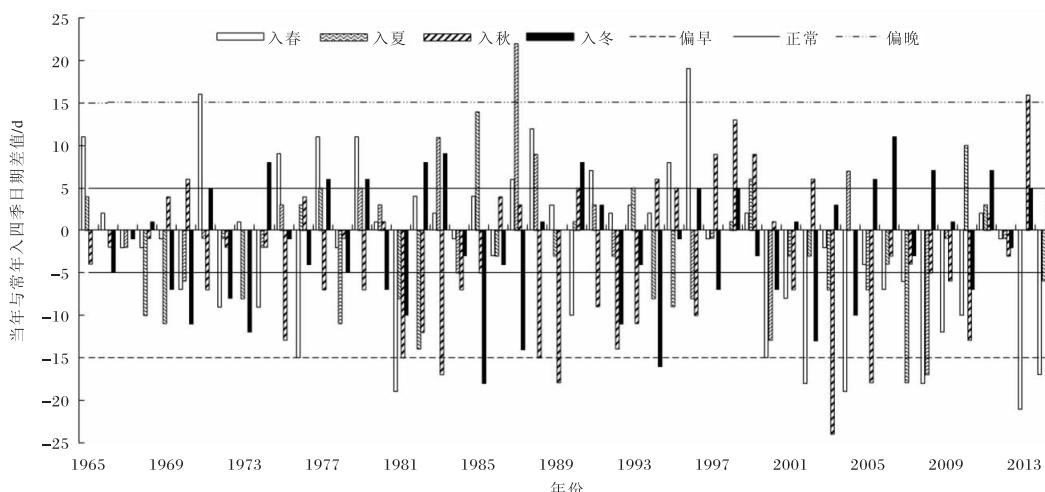


图3 1965—2014年咸阳市区四季早晚年际变化

2014年入秋特晚,比常年推迟16 d。入冬时间正常的有25 a;1985年入冬特早,比常年提前18 d;2006年入冬偏晚,比常年推迟11 d。入春、入夏最早年和入秋、入冬最晚年均出现在2006年以后。

2.2 降水年际变化特征

咸阳市区近50年平均降水量为512.5 mm,从图4可以看出,降水量的年际变化较大,但回归趋势线与50年的平均值基本重合,总体变化趋势不明显;通过M-K趋势检验可知(表1),年降水量呈略微减少趋势,变化趋势不显著。通过M-K突变检验(图略), U_F 曲线和 U_B 曲线交点较多,突变显著性水平不足0.1,表明降水没有发生突变。

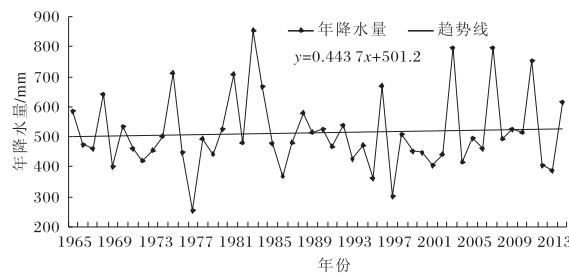


图4 1965—2014年咸阳市区年降水量变化趋势

以日降水量 ≥ 0.1 mm记为一个降水日,咸阳市区近50年的年平均降水日为87.8 d;最大日降水量集中出现在5—10月,以7—9月居多,7月最多,年平均暴雨日为0.4 d。由图5可以看出,1980年以前暴雨出现较少,仅1972年有1 d。自1998年后,暴雨出现的频率和强度明显增加,年平均暴雨日增加到0.8 d,1998、2003、2007年暴雨日为2 d,2011年为4 d;2007年8月9日最大日降水量达158.5 mm,为50年之最。

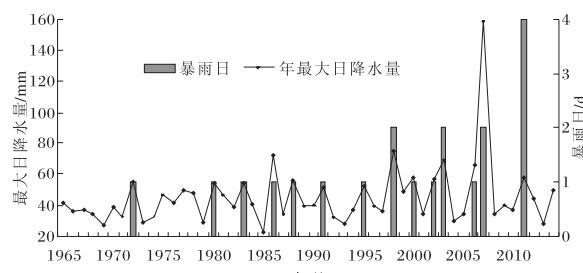


图5 1965—2014年咸阳市区年最大日降水量和暴雨日年际变化

对咸阳市区近50年的年降水量距平系列进行morlet小波变换(图6),年降水量存在3~8 a、8~15 a、8~23 a、23~32 a四类时间尺度的振荡周期。降水的第一到第四主要周期依次为29、11、6、19 a。对主周期小波系数趋势分析(图略),在6 a时间尺度上,存在着平均变化周期为4 a左右的11个干湿交替期;在11 a时间尺度上,存在7 a左右的6个干湿交替期;在29 a时间尺度上,存在20 a左右的2个干湿交替期。在11 a和29 a时间尺度上2012年以后降水均为减少趋势,由此预测,2014年后一个时期咸阳市区降水为偏干期。

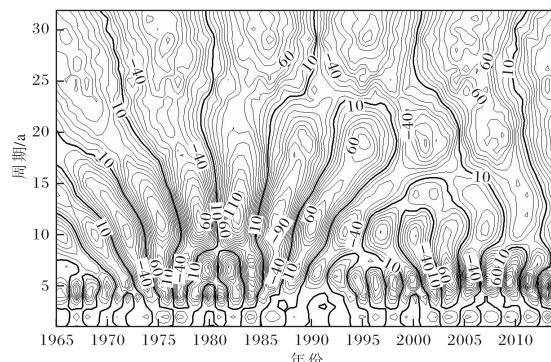


图6 1965—2014年咸阳市区年降水量的小波分析

2.3 日照时数年际变化特征

咸阳市区近50年年平均日照时数为2 071.1 h,年平均日照百分率为47%。年日照时数最多为2 376.3 h(1966年),最少1 655.4 h(2009年)。年日照时数总体呈减少趋势,气候倾向率为-59.06 h/10 a(图7)。利用M-K方法对日照趋势变化和突变情况进行检验(表1),日照减少明显,通过了置信度99%的显著性检验。从1967年开始,日照呈逐年下降趋势,1980年发生突变。20世纪90年代初期和2003年以后减少趋势十分显著, U_F 曲线超过了0.01显著性水平的信度线(图略)。

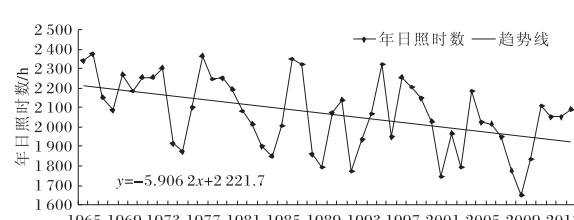


图7 1965—2014年咸阳市区日照时数年际变化趋势

对咸阳市区近 50 年的年日照时数距平系列进行 morlet 小波变换(图 8), 日照存在 4~10 a、7~18 a、18~32 a 三类时间尺度的振荡周期。第一到第三主周期依次是 13、25、7 a。分析主周期小波系数趋势变化(图略), 在 7 a 时间尺度上, 存在平均变化周期为 4 a 左右的 8 个高低交替时期; 在 13 a 时间尺度上, 存在 8 a 左右的 5 个高低交替时期; 在 25 a 时间尺度上, 存在 17 a 左右的 3 个高低交替时期。从 13 a 和 25 a 时间尺度上看, 在 2013 年后日照时数均为增加趋势, 由此预测, 2014 年后一个时期咸阳市区的日照为相对偏多期。

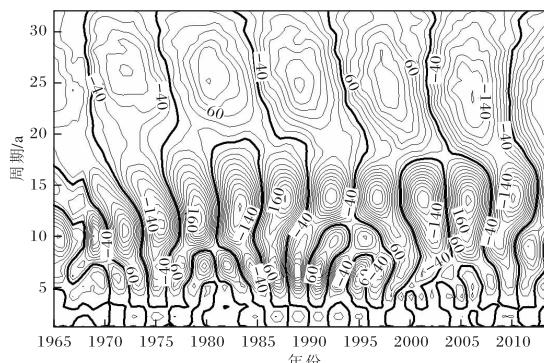


图 8 1965—2014 年咸阳市区年日照时数的小波分析

3 结论与讨论

(1) 咸阳市区近 50 年气温呈显著升高趋势, 气候倾向率平均气温为 $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 平均最高气温为 $0.25^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 平均最低气温为 $0.11^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。最高气温的升温幅度超过了平均气温和最低气温, 对咸阳市区的增暖贡献最大。极端高温天气多出现在 6、7 月, 自 1997 年后, 高温天气发生的频率和强度明显增加; 极端低温天气多出现在 1 月, 自 1998 年以后, 呈减少趋势。升温突变点出现在 1997 年, 自 2007 年以后, 最高气温和最低气温的增温趋势均十分明显, 是近 50 年来最高的一段时期。气温变化主要存在 6、12、32 a 冷暖交替的振荡周期, 2014 年后一个时期咸阳市区气温处于偏暖期。

(2) 咸阳市区四季中冬季最长, 夏季次之, 春、秋季较短。50 年来季节长度的气候倾向率, 冬季为 $-3.29\text{ d}/10\text{ a}$, 明显缩短; 春季为 $2.22\text{ d}/10\text{ a}$,

明显增长; 夏季、秋季长度基本无变化。入春、入夏最早年和入秋、入冬最晚年均出现在 2006 年以后。

(3) 咸阳市区近 50 年的降水变化不明显, 呈略微减少趋势; 极端强降水天气多出现在 7—9 月, 自 1998 年以后, 暴雨发生的频率和强度明显增加。降水变化主要存在 6、11、29 a 干湿交替的振荡周期, 2014 年后一个时期咸阳市区降水处于偏干期。

(4) 咸阳市区近 50 年的日照时数呈明显减少趋势, 气候倾向率为 $-59.06\text{ h}/10\text{ a}$ 。1980 年为日照减少的突变年, 20 世纪 90 年代初期和 2003 年以后是近 50 年来日照时数最少的时期。日照变化主要存在 7、13、25 a 高低交替的振荡周期, 2014 年后一个时期咸阳市区日照处于相对偏多期。

参考文献:

- [1] 谢庄, 曹鸿兴, 李慧, 等. 近百余年北京气候变化的小波特征[J]. 气象学报, 2000, 58(3): 362—369.
- [2] 何云玲, 鲁枝海. 近 60 年昆明市气候变化特征分析[J]. 地理科学, 2012, 32(9): 1119—1124.
- [3] 杨再禹, 龙先菊. 黔东南地区近 49 年的气候变化特征[J]. 中国农业科学, 2011, 32(3): 338—345.
- [4] 王川, 杜继稳, 杜川利, 等. 530 年来陕北气候变化与东部地区关系分析[J]. 西北大学学报, 2004, 34(2): 238—241.
- [5] 刘任翔, 许伟彬, 李会玲. 三水近 50 a 雷暴气候特征统计分析[J]. 气象研究与应用, 2010, 31(1): 98—101.
- [6] 张博宇, 高雪娇. 榆阳区近 62 年气温突变分析[J]. 陕西气象, 2014(6): 25—27.
- [7] 孙润, 尚军林. 定西市近 47 年气温、降水变化特征分析[J]. 陕西气象, 2015(1): 11—14.
- [8] 吴昊旻, 杨羨敏, 姜燕敏. 浙江省夏秋季降水量时空分布特征及趋势演变规律[J]. 中国农业气象, 2011, 32(3): 326—330.
- [9] 余君, 赵美艳, 刘霄, 等. 重庆地区降水序列的均一性检验及其对气候变化分析的影响[J]. 高原山地气象研究, 2014, 34(2): 68—71.
- [10] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.