

赵景波, 杨晓玉, 许永红, 等. 陕西安康近 50 年来极端气温指数变化研究[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 89-94. [ Zhao Jingbo, Yang Xiaoyu, Xu Yonghong, et al. Research on the Variation of Extreme Temperature Index in Ankang, Shaanxi in Recent 50 Years[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(2): 89-94. ]

## 陕西安康近 50 年来极端气温指数变化研究\*

赵景波<sup>1,2</sup>, 杨晓玉<sup>2</sup>, 许永红<sup>2</sup>, 周 旗<sup>1</sup>

(1. 宝鸡文理学院 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 陕西 宝鸡 721007;  
2. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

**摘 要:** 利用 1963-2012 年陕西省安康市每日气温资料, 运用线性拟合、累积距平、Morlet 复数小波等方法对 WMO 发布的 10 种极端气温指数进行了计算和分析。结果表明, 安康近 50 年来, 极端最低温、热夜、暖夜、暖日都呈上升趋势, 而极端最高温、夏日、冰日、霜日、冷夜、冷日呈下降趋势。各极端气温均存在 27 年左右的长周期, 16 年左右的中周期和 6 年左右的短周期。各气温指数存在突变, 1980-1990 年代是各气温指数的突变年。极端热指数呈增加趋势, 热夜由 1960 年代至今平均增加了 9 d, 暖夜增加 15 d, 暖日增加 3 d。极端天气冷指数呈下降趋势, 冰日减少了 0.4 d, 霜日减少 10 d, 冷夜减少 12 d, 冷日减少 9 d。安康极端气温的变化会使得该区旱灾、高温灾害、农业病虫害增加。

**关键词:** 极端气温; 变化趋势; 指数变化; 周期规律; 陕西安康

**中图分类号:** X43; P423 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2016)02-0089-06

**doi:** 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.02.018

极端天气现象通常被定义为在一段时间范围内异常高于或低于平均值的事件<sup>[1]</sup>。IPCC 第四次报告指出在过去的 50 年内, 全球气温呈现出逐年升高的趋势, 每 10 年升高 0.13 °C (0.10 ~ 0.16 °C)。与 1850-1899 年相比, 2001-2005 年气温升高了 0.76 °C (0.57 ~ 0.95 °C)。气候的显著变化常常会引发极端天气现象, 因此, 极端气候变化已受到了国内外学术界的广泛关注和研究。在国内, 任国玉等研究指出<sup>[2]</sup>, 全国范围内异常偏冷的极端事件如寒潮、冷夜、霜冻日等显著减少减弱, 而异常偏暖的极端事件如暖夜等则明显增多。王遵娅等认为<sup>[3]</sup>, 在 1951-2000 年间中国平均气温增加最显著的时期发生在 20 世纪 80 年代。唐国利等<sup>[4]</sup>根据中国 1905-2001 年的最高和最低气温研究得出, 中国平均气温在以每百年 0.79 °C 的速率增加。在国外, Alexande 等研究表明<sup>[5]</sup>, 在 1951-2003 年间, 全球 70% 的陆地暖夜显著增加, 冷夜以相同的速率减少。Karl 等的研究发现<sup>[6]</sup>, 在过去的几十年里, 全球极端低温事件发生的频率和霜冻天数均显示出减少趋势。虽然前人对安康地区气候变化趋势进行过一些研究<sup>[7]</sup>, 但对该

区极端气温变化尚缺少研究。针对以往研究的不足, 本文将主要研究安康地区近 50 年来极端气温指数的变化, 以期为该区减轻极端气温变化造成的灾害提供科学依据。

### 1 安康地区自然概况

安康地处陕西省东南部, 位于 108°00'58" ~ 110°12'E, 31°42'24" ~ 33°50'34"N 之间。安康南依巴山北坡, 北靠秦岭主脊, 东与湖北省接壤, 南接重庆, 西与汉中的镇巴县、西乡县、洋县相连, 北与西安市的户县、长安区接壤, 东北与商洛市的柞水县、镇安县毗连<sup>[8]</sup>。安康地区地貌呈现南北高山夹峙, 河谷盆地居中的特点。气候类型为亚热带大陆性季风气候, 气候温和湿润, 四季分明。年均温在 15 ~ 17 °C 之间, 无霜期长。年平均降水量为 938 mm, 集中于 6-9 月<sup>[8]</sup>。主要植被类型有常绿阔叶林、常绿-落叶混交林、落叶阔叶林、针叶林以及面积广大的竹林<sup>[8]</sup>。区内面积最大的土壤类型为黄棕壤<sup>[8]</sup>。

\* 收稿日期: 2015-09-23 修回日期: 2015-11-20

基金项目: 宝鸡文理学院陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室项目(13JS012); 国家自然科学基金项目(40672108)

作者简介: 赵景波(1953-), 山东滕州人, 博士, 教授, 博士生导师, 从事第四纪与环境科学研究. E-mail: zhaobjb@snnu.edu.cn

表1 本文所选极端气温指数

| 指数分类 | 指数名称与定义   | 单位 |
|------|---|----|
| 极值指数 | 极端最高气温: 每年最大的日最高气温; 极端最低气温: 每年最小的日最低气温                | ℃  |
| 绝对指数 | 夏日: 每年日最高气温 $\geq 25$ ℃的日数; 冰日: 每年日最高气温 $\leq 0$ ℃的日数 | d  |
|      | 热夜: 每年日最低气温 $\geq 10$ ℃的日数; 霜日: 每年日最低气温 $\leq 0$ ℃的日数 | d  |
| 相对指数 | 冷夜: 日最低气温小于基期阈值(10%)的天数                               | d  |
|      | 暖夜: 日最低气温大于基期阈值(90%)的天数                               | d  |
|      | 冷日: 日最高气温小于基期阈值(10%)的天数                               | d  |
|      | 暖日: 日最高气温大于基期阈值(90%)的天数                               | d  |

## 2 资料和方法

所用资料来自“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。区域气候变化情况的分析和检测需要长时间尺度的、完整的气候要素作为对象进行研究, 本文采用了1963-2012年这50年的气温日最高值、日最低值作为基础数据进行统计分析, 并结合安康的自然地理特点和气象状况, 选用WMO发布的20种极端天气指数中的10项<sup>[9]</sup>进行统计、绘图以及分析(表1)。采用线性拟合趋势、累积距平的方法对这10项指数的变化进行研究, 采用最小二乘法进行计算估计。同时, 采用Morlet复小波方法对极端气温的周期进行分析。

本文所选极端指数可以分为3类, 第1类称为极值指数, 即每年每日最高或最低气温的最大或最小值, 直接由气象台站观测值统计而来。第2类称为绝对指数, 是在气象台站观测数据基础上根据国际气象机构定义的固定阈值进行处理得到的指数, 包括夏日天数、冰日天数、热夜天数、霜日天数四项。第3类称为相对指数, 是相对于某一基期的(浮动)阈值, 如冷夜、暖夜、冷日、暖日采用1970-1999这30年作为基期。以冷夜为例, 选取1970-1999年每年的同一日期最低气温进行升序排列, 选取第10个百分点的值作为该日期的阈值, 然后将1963-2012年每年的同一日期最低气温与该阈值比较, 若小于阈值, 则当年此日期为冷夜。暖夜计算方法类似, 阈值取为基期升序数列的第90个百分点, 冷日与暖日以此类推。

## 3 结果与分析

### 3.1 极端气温变化的趋势分析

线性趋势拟合的方法一般被用作描述气象要

素的变化趋势, 通常采用一次直线方程 $y(t) = at + b$ 拟合其趋势, 用关系式 $dy(t)/dt = a$ 表达其趋势变化率。

根据计算得出的安康市1963-2012年的各项极端气温指数如图1所示。由图1可知, 极端最低温、热夜、暖夜、暖日几个指数呈上升趋势, 极端最高温、夏日、冰日、霜日、冷夜、冷日6个指标呈下降趋势, 其变率如表2所示。霜日、暖夜在过去50年内发生的变化较大, 变率超过3 d/3年, 而其他几个变量变化相对较小。这表明安康市近50年来气温整体呈升高的趋势, 秋冬季结冰、结霜日减少, 夏天高温日减少, 夜间气温升高, 白天气温降低, 极端最高温度呈下降趋势。总之, 安康地区气候变暖, 极端气温指数变化较明显。

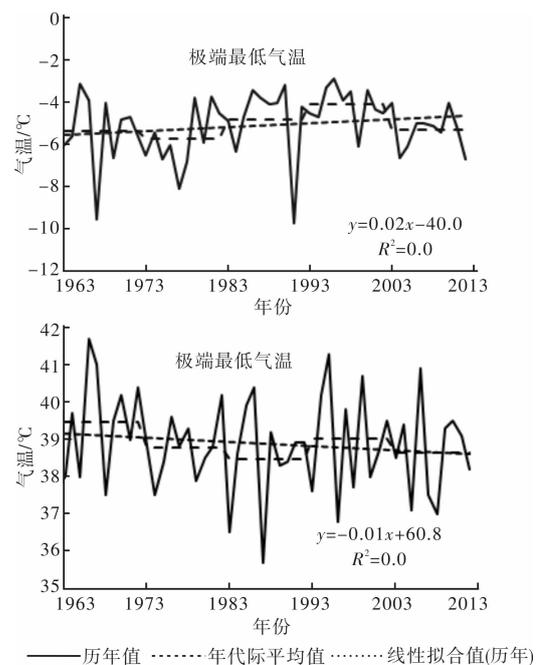


图1 安康市1963-2012年极端最高气温、极端最低气温变化趋势

表2 安康1963-2012年极端气温指数变率分析/(10年)

| 极端最高<br>气温/℃ | 极端最低<br>气温/℃ | 夏日/d  | 冰日/d  | 热夜/d | 霜日/d  | 冷夜/d  | 暖夜/d | 冷日/d  | 暖日/d |
|--------------|--------------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|
| -0.11        | 0.18         | -2.09 | -0.11 | 1.42 | -3.56 | -2.61 | 4.12 | -2.08 | 2.20 |

近 50 年来, 安康市的年极端最低气温呈小幅上升, 其变率为  $0.18\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 。由图 1 可知, 极端最低气温的变化趋势随时间序列的延续并非一致, 从年代际变化来看, 1970 年代相较 1960 年代最低气温有小幅下降, 1980 年代平均最低气温较之前有较小的回升, 1990 年代最低气温仍然回升, 21 世纪初叶又有大幅回落。由极端最高、最低气温累积距平图(图 2)来看, 近 50 年来极端最低气温一直处于波动状态, 1998 之前处于较低值, 之后处于较高值。近 50 年极端最高气温呈现小幅下降趋势, 其变率为  $-0.11\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 。同样的, 在 1960 至 1970 年代, 极端最高气温年代际平均值呈现下降趋势, 而 1980 年代的极端最高温年代际均值仍有所下降, 1990 年代均值小幅上升, 进入 21 世纪后又小幅下降。

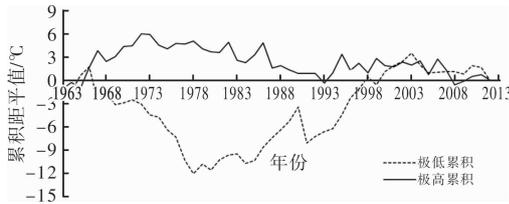


图 2 安康市 1963 - 2012 年极端气候指数累积距平图

图 3 显示, 近 50 年夏日天数变化波动较大, 呈小幅下降趋势, 变率为  $2.09\text{ d}/10\text{ 年}$ 。由年代际来看, 1970 较 1960 呈略有下降趋势, 1980 年代至 1990 年代有明显下降趋势, 而后的 20 年里, 夏日天数持续增加, 但总体来看增幅略小于降幅。近 50 年来, 安康出现冰日的天数仅有 10 d, 其中 1960 年代出现 5 d, 1970 年代有 4 d, 21 世纪初叶出现 1 d, 而 1980 至 1990 年代这 20 年内, 无一日最高气温小于  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此, 冰日出现的天数呈明显下降趋势, 变率为  $-0.11\text{ d}/10\text{ 年}$ 。热夜天数呈现增长趋势, 变率  $1.42\text{ d}/10\text{ 年}$ 。由年代际的变化来看, 1960 到 1970 年代, 热夜天数快速上升, 1980 年代, 热夜天数下降, 之后的 20 年里, 热夜天数呈现阶梯式上升变化, 反映出热夜这一指数在近 20 年来呈稳定的增长趋势。霜日呈现出较大幅度的下降趋势, 变率为  $-3.56\text{ d}/10\text{ 年}$ , 其年代际平均值仅在 21 世纪初出现了一个上升阶段, 其余年份均呈现下降趋势。

由其累积距平图(图 4)看出, 1990 年代后夏日天数明显减少, 造成了近 50 年来夏日天数均值的减少。相应的, 热夜天数也有轻微下降趋势。而 1980 年代后霜日的减少, 起到了减少近 50 年来热夜天数均值的作用。可以推测, 1980 - 1990 年代间, 气候变暖的幅度较大, 1980 年代应该是突变发生的年代。

由图 5 可以看出, 冷夜天数在 50 年来持续波动下降, 尤其是在 1960 年代向 1970 年代过渡时,

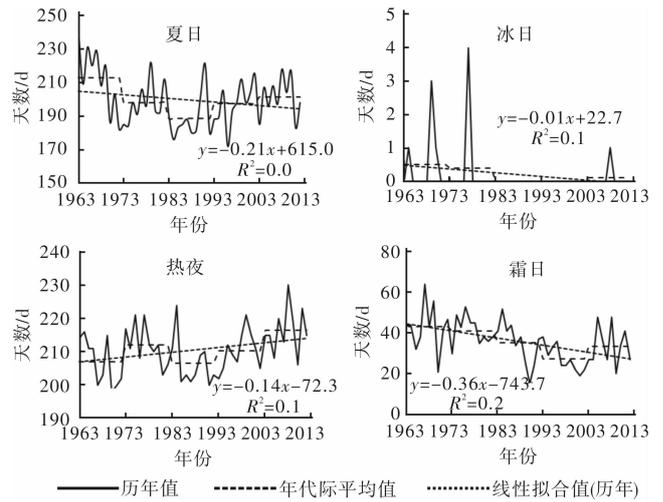


图 3 安康市 1963 - 2012 年极端气温绝对指数变化趋势

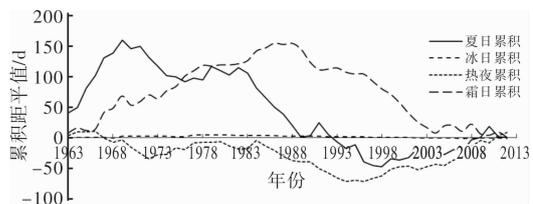


图 4 安康市 1963 - 2012 年极端气候指数累积距平

下降的幅度为历年最大。在之后的年份, 虽有所上升, 但升幅较小。由图 5 可以清楚地看出, 冷夜变率为  $-2.61\text{ d}/10\text{ 年}$ , 变率较大。相反, 暖夜呈现明显的上升趋势, 变率为  $4.12\text{ d}/10\text{ 年}$ , 是 10 个指数中变率最大的。由年代际的变化来看, 近 50 年中, 前 30 年暖夜天数小幅度下降, 而后 20 年则以较大幅度上升。冷日天数的变化趋势同冷夜天数的变化趋势具很高的相似度。但其变率稍小于冷夜, 仅  $-2.084\text{ d}/10\text{ 年}$ , 呈现小幅下降。冷日的年代际平均值在 1960 向 1970 年代过渡时, 下降幅度较大, 而在 21 世纪初叶有所上升, 但升幅较小。暖日的波动幅度较大, 但总体呈上升趋势, 其变率为  $2.201\text{ d}/10\text{ 年}$ 。由年代际均值变化来看, 1980 年代前后变化趋势截然相反, 1960 年代至 1980 年代呈下降趋势, 1980 年代之后呈大幅度上升。冷夜、冷日的累积距平变化(图 6)显示, 1990 年代前期冷夜、冷日天数减少较快, 而暖夜、暖日的快速变化则出现在 1990 年代中期。

### 3.2 极端气温的年代际变化

由上述极端气候指数变化趋势图中的年代际平均值和图 2、4、6 中的累积距平值来看, 安康市近 50 年来的极端气温变化存在年代际变化特征, 不同的时间序列有不同的变化。

结合表 3 和图 1 ~ 图 6 进行综合分析, 可以看出极端最低气温、夏日、冰日、热夜、霜日、暖夜、暖日均呈现一个 U 型变化, 其年代最低值出现在 1980 年代或 1990 年代。极端最高气温近年来

表3 安康市1963-2012年极端气温指数年代际变化

| 年代   | 极端最高气温/℃ | 极端最低气温/℃ | 夏日/d   | 冰日/d | 热夜/d   | 霜日/d  | 冷夜/d  | 暖夜/d  | 冷日/d  | 暖日/d  |
|------|----------|----------|--------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1960 | 39.48    | -5.38    | 212.80 | 0.50 | 207.00 | 43.10 | 38.00 | 43.20 | 39.60 | 51.40 |
| 1970 | 38.78    | -5.74    | 197.90 | 0.40 | 212.10 | 41.20 | 23.80 | 36.30 | 22.90 | 36.20 |
| 1980 | 38.48    | -4.83    | 188.60 | 0    | 206.50 | 35.20 | 25.00 | 29.40 | 26.50 | 27.30 |
| 1990 | 39.03    | -4.11    | 197.40 | 0    | 210.20 | 27.4  | 20.70 | 45.20 | 22.30 | 47.90 |
| 2000 | 38.65    | -5.32    | 201.30 | 0.10 | 216.50 | 33.50 | 26.70 | 58.80 | 30.20 | 54.70 |

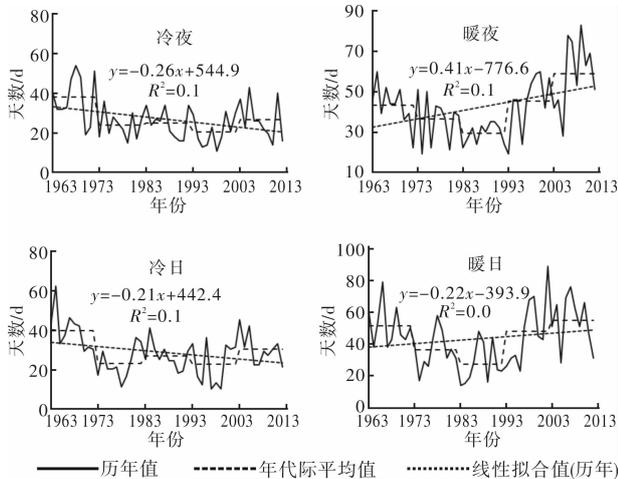


图5 安康市1963-2012年极端气候相对指数变化趋势

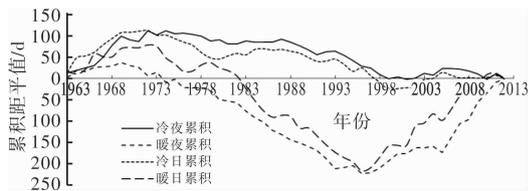


图6 安康市1963-2012年极端气候指数累积距平

有所下降。冰日出现的天数虽较少,但下降趋势明显,进入21世纪后冰日数量有所回升。热夜数量在过去50年来逐年代呈上升趋势,霜日数量总体呈下降趋势,但进入21世纪后出现回升。冷夜数量波动较大,下降的趋势也较大,从1960年代到21世纪初下降了近11 d/年,尤其是1960-1970年代间,下降的竟有14 d/年。暖夜数量除1980年的突减以外增幅也较大,从1980年到21世纪初增加了近30 d/年。冷日的年代际变化与冷夜的年代际变化极为相似,均呈波动下降趋势。同样,暖日的变化趋势也同暖夜相似,但变化的幅度略小于暖夜,从1980到21世纪上升了27 d/年。极端热指数呈增加趋势,热夜由1960年代至今平均增加了9 d,暖夜15 d,暖日3 d;极端天气冷指数呈下降趋势,冰日减少了0.4 d,霜日10 d,冷夜12 d,冷日9 d。

### 3.3 极端气温的周期分析

小波分析方法<sup>[10]</sup>是一种介于方波分析与传统傅里叶分析之间的时域-频域分析方法,被誉为“数学显微镜”,具有良好的时域和频域局部性质。

相较其他小波函数而言,复数的Morlet小波具有很好的频率分析能力。对于总能量谱而言,复小波实部和虚部的能量谱在不影响小波的频域分辨率的同时,能够明显提高分析结果的时间分辨率。因此,本文运用此方法对极端气温指数进行了周期检测,下列小波分析图中实线代表偏多,虚线代表偏少。

由图7可见,极端最低气温存在6年、16年、27年左右的准周期,27年左右的振荡周期为其主要控制周期,6年周期较为复杂且变化多样。极端最高气温存在15年、27年左右的准周期,同样的,27年左右的周期贯穿始终,为其主要控制周期。由图5可看出,极端最高气温呈现出高-低-高的变化过程。

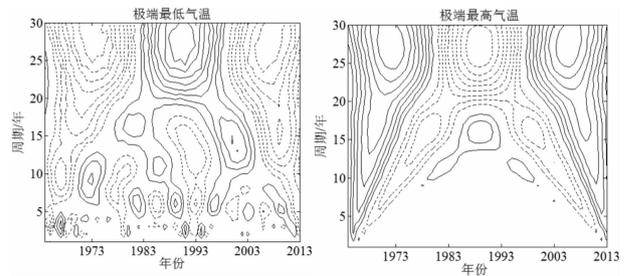


图7 安康1963-2012年极端温度事件的变化周期

图8为夏日、冰日、热夜、霜日的小波周期图。由图8可以看出,夏日具有11年、16年、27年左右的准周期,27年左右的准周期仍然是夏日的主控周期。11年周期及16年周期均于1970年代出现,到20世纪末期消失。热夜存在17年,27年左右的准周期,对称性较好,27年周期贯穿始终,但17年周期出现于1970年代早期,消失于20世纪末,呈现出多-少-多的变化趋势。霜日存在7年、17年、27年左右的准周期,7年周期呈现出多次波动的特点,其主控周期仍为27年。以上三个极端指数的主控周期都是27年,且都经历了多-少-多的周期变换。冰日周期变换较为复杂,存在6年、27年左右的周期,周期性表现不明显。

图9为冷夜、暖夜、冷日、暖日的小波周期图。由图9可知冷夜存在5年、16年、27年左右的准周期,5年周期不明显且不连续,16年和27年周期始终贯穿研究时域,都很明显。其中27年周期呈现出冷-暖-冷的变化的特点,16年周期

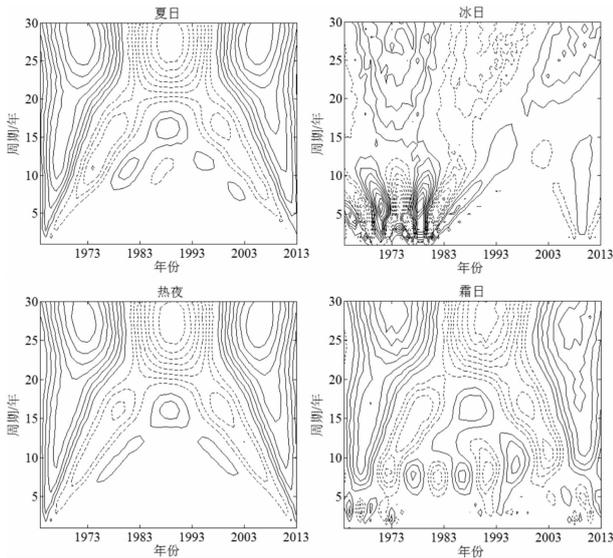


图8 安康极端气温绝对指数的变化周期

变化更为多样。冷日的周期变化与冷夜较为相似, 存在 7 年、17 年、27 年左右的准周期, 同样的, 7 年周期不太连续, 出现于 1960 年代中期, 之后一直持续到研究时域结束。17 年、28 年周期明显而连续, 且始终贯穿于研究时域。暖夜存在 8 年、28 年左右的准周期, 8 年周期不明显, 28 年周期为其主导周期。暖日也存在 8 年、28 年左右的准周期, 且 28 年周期也是主导周期, 但相比于暖夜的周期来说, 8 年周期连续性更好, 更明显一些。另外, 图 9 显示, 暖夜、暖日二者均呈现暖-冷-暖的变化特点。

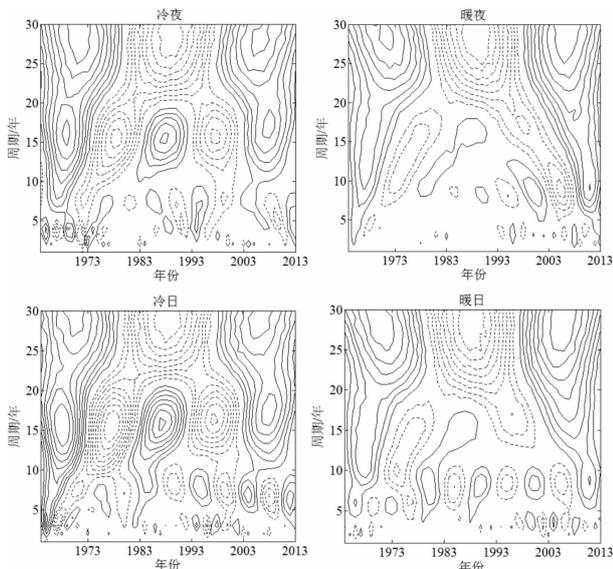


图9 安康 1963 - 2012 年极端气温绝对指数的变化周期

## 4 讨论

### 4.1 极端气温变化的原因

由以上分析可知, 近 50 年来安康地区极端天

气冷指标下降, 热指标上升, 安康地区整体气温呈现上升的状态。虽然目前没有足够理论依据说明气候变暖与极端天气事件之间的必然联系, 但不能否认两者之间的微妙联系, 可以推测安康地区极端天气现象的变化与全球气候变暖的大趋势相关。气候变暖<sup>[11]</sup>指的是以大气温度升高为主要特征的气候系统总温度随时间变化不断升高的趋势。极端气温的升高可能是气候变暖的表现, 而如冰日、冷夜等冷指数的减少, 以及热夜、夏日等热指数的增加, 也可以反映出气温上升的大趋势。

关于气候变暖的原因还存在不同认识<sup>[12-13]</sup>, 但广泛受到学术界支持的说法是气候变暖是人类活动和自然因素共同作用的结果。人类活动主要指的是生产生活中大量温室气体的排放, 以及二十世纪以来快速城市化过程中的土地利用, 还有与之相关的人为植被破坏、人口激增等等。当然, 太阳辐射变化、地球内部能量变化以及大气成分变化也有可能是造成气候变暖现象的部分原因, 但我们不能忽视人类活动在近几十年的全球气候变暖过程中所起的重要推动作用。

### 4.2 极端气温变化造成的灾害

极端气温的变化对区域的降水造成了极大的影响。据资料<sup>[14]</sup>显示, 安康地区 1957 - 1985 年间发生特大旱灾, 持续时间为 60 ~ 90 d, 对农作物生长以及人们的生产生活造成巨大影响。近 30 年来, 陕南共发生 8 次旱灾, 其中连旱次数 5 次<sup>[15]</sup>。干旱使农作物枯死, 粮食产量锐减, 严重影响该区人们的经济收入及区域的经济的发展。然而, 在 1983 年安康却发生特大洪水灾害, 同样造成了巨大的损失及危害。除此之外, 安康地区还易发生冰雹灾害。据统计<sup>[14]</sup>, 自建国以来, 安康就发生过百次左右的雹灾。以上这些灾害与极端气温的变化密切相关。另外, 由于陕南地区特殊的地质构造及地形地貌, 干旱和洪涝灾害还会带来许多次生灾害, 如蝗灾、水荒、火灾、滑坡、泥石流等。因此, 我们在防治旱涝灾害的同时, 也应对这些次生灾害有一定的认识和了解, 以求达到防灾减灾的目的。

### 4.3 极端气温的规律和未来变化

极端气温指数的周期规律表明, 极端最高气温、极端最低气温、夏日、热夜都存在 27 年左右的周期, 冰日存在 29 年左右周期, 暖夜存在 28 年左右的周期, 暖日存在 28 年左右周期, 都为 27 年左右。因此, 我们应当利用灾害发生以 27 年为周期的规律, 预测未来极端天气事件发生的时间范围, 以减少灾害损失。同时, 根据安康近 50 年气候变化趋势分析, 安康地区未来年平均气温还将增高。之后可能会进入相对的冷期, 极端气温冷指数值有可能继续增加, 这意味着霜冻、干旱等

气象灾害的发生概率增加,而极端气温热指数值有可能会进入低谷期,夏季持续高热的现象可能会减少。就现有科技手段和观测技术来看,人类完全掌握地球大气变化还不能实现,但就目前全球各地的增温趋势来看,要警惕这种异常的增温现象,做好观测、预报工作。

## 5 结论

本文对陕西安康地区近 50 年的 10 个极端气温指数进行了分析研究,得出以下结论。

(1)安康地区近 50 年的极端最高气温有较小下降趋势,而极端最低气温有上升趋势,其变率分别为  $-0.11\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$  和  $0.176\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ ,极端最低气温的变化趋势大于极端最高气温。

(2)近 50 年来,安康地区冰日、霜日、冷夜、冷日呈下降趋势,其中霜日的下降趋势最大。热指数中除了夏日之外,其他的几个指数均呈上升趋势,其中暖夜的上升趋势最大。近 50 年热夜由 1960 年代至今平均增加了 9 d,暖夜增加 15 d,暖日增加 3 d;冰日减少了 0.4 d,霜日减少 10 d,冷夜减少 12 d,冷日减少 9 d。

(3)1980 年代到 1990 年代是各气温指数的突变年。暖日及暖夜在 1980 年代后上升的幅度最大。而霜日、冷日、冷夜等指数在 1990 年代达到一个最低点。

(4)安康地区近 50 年极端气温变化存在周期规律,包括 27 年左右的长周期,16 年左右的中周期和 6 年左右的短周期。

(5)安康近 50 年极端气温的变化会使得该区旱灾、高温灾害、农业病虫害增加,应该做好防治措施。

## 参考文献:

- [1] Shouraseni S R. Spatial patterns of seasonal scale trends in extreme hourly precipitation in South Africa [J]. *Applied Geography*, 2013, 39: 151 - 157.
- [2] 任国玉,封国林,严中伟. 中国极端气候变化观测研究回顾与展望[J]. *气候与环境研究*, 2010, 15(4): 337 - 353.
- [3] 王遵娅,丁一汇,何金海,等. 近 50 年来中国气候变化特征的在分析[J]. *气象学报*, 2004, 26(2): 230 - 231.
- [4] 唐国利,任国玉. 近百年中国地表气温变化趋势的再分析[J]. *气候与环境研究*, 2005, 10(4): 791 - 793.
- [5] Alexander L V, Zhang X, Peterson T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation [J]. *Journal of Geophysical Research-Atmosphere*, 2006, 111: 50 - 109.
- [6] Groisman P, Karl T, Easterling D, et al. Changes in the probability of extreme precipitation: important indicators of climate change [J]. *Climatic Change*, 1999, 42: 243 - 283.
- [7] 周雅清,任国玉. 中国大陆 1956 ~ 2008 年极端气温事件变化特征分析[J]. *气候与环境研究*, 2010, 15(4): 405 - 416.
- [8] 陕西师范大学地理系安康地区地理志编写组. 安康地区地理志[M]. 西安:陕西人民出版社, 1986.
- [9] Thomas C Peterson, Christopher Foll, George Gruza, et al. Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Reporturs[R]. National Climate Data Center, 2001: 1 - 143.
- [10] 孙娴,杨碧轩,徐小红. 小波分析在陕西气温变化研究中的应用[J]. *陕西气象*, 1998(5): 26 - 28.
- [11] 张强,李裕,陈丽华. 当代气候变化的主要特点、关键问题及应对策略[J]. *中国沙漠*, 2011, 31(2): 493 - 498.
- [12] 徐世晓,赵新全,孙平. 人类不合理活动对全球气候变暖的影响[J]. *生态经济*, 2001(6): 59 - 61.
- [13] 李国琛. 全球气候变暖成因分析[J]. *自然灾害学报*, 2005, 14(5): 42 - 46.
- [14] 安康市地方志编纂委员会. 安康地区志[M]. 西安:陕西人民出版社, 2004.
- [15] 乔丽,程恺,吴林荣,等. 近 30a 陕西省气象干旱灾害时空分布特征[J]. *水土保持通报*, 2012, 32(1): 253 - 256.

## Research on the Variation of Extreme Temperature Index in Ankang, Shaanxi in Recent 50 Years

Zhao Jingbo<sup>1,2</sup>, Yang Xiaoyu<sup>2</sup>, Xu Yonghong<sup>2</sup> and Zhou Qi<sup>1</sup>

(1. Shaanxi Provincial Key Laboratory of Disaster Monitoring and Simulation Mechanism, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721007, China; 2. College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

**Abstract:** Based on the daily temperature data from 1963 to 2012 of Ankang, 10 kinds of extreme temperature indices which suggested by WMO are calculated by using the linear trend method, accumulative anomaly method and Morlet wavelet analysis. The results show that four indices including the minimum temperature, hot night, warm night and warm day are on the rise, while the six indices including the maximum temperature, summer day, ice day, frost day, cold night and cold day are on the decline in the Ankang region in recent 50 a. The extreme temperature indices has three type of cycles in change, that is the long cycle of 27 a, the middle cycle of 16 a and the short cycle of 6 a. The change of extreme temperature indices has mutations which occurred in the 1980's to 1990's. The extreme thermal indices showed an increasing trend, such as hot night increased 9 d from 1960's to now, warm night increased 15 d and warm day increased 3 d. While, the extreme cold indices show a downward trend, such as ice day decreased 0.4 d, frost day reduced 10 d, cold night reduced 12 d and cold day decreased 9 d. The change of extreme temperature in Ankang will make the drought, high temperature, agricultural pests and diseases increased in the future.

**Key words:** extreme temperature; variation trend; changes of indices; regularity of cycle; Ankang of Shaanxi Province