

# Analysis on Characteristics of Temperature Variation in Pingyang County of Wenzhou City in Recent 46 Years

Yan Liang<sup>1</sup>, Yuxiao Zeng<sup>1</sup>, Qinfang Zhou<sup>1</sup>, Honglei Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pingyang Meteorological Bureau, Pingyang Zhejiang

<sup>2</sup>Rui'an Meteorological Bureau, Rui'an Zhejiang

Email: xiaohei\_4567@126.com

Received: Jan. 1<sup>st</sup>, 2018; accepted: Jan. 12<sup>th</sup>, 2018; published: Jan. 19<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Based on the observation data of monthly average air temperature, annual mean temperature, extreme maximum and minimum air temperature of the National Meteorological Observatory in Pingyang from 1971 to 2016, the climate change tendency, the average moving average method, the MK trend test and the mutation analysis method were used to analyze the data of the annual average temperature and the seasonal variation of temperature in Pingyang County. The results show that the annual average temperature in Pingyang County is on an upward trend. In the late 1990s, it experienced two periods of "cold-warm", and the rate of temperature increase was 0.36°C/10a, lower than the average level of Zhejiang Province. The annual average temperature was abruptly changed in 1997, which was changed from a steady temperature change to a significant upward trend. After 2003, the temperature showed a clear upward trend; extreme maximum temperature warming trend is significant, the rate of warming is 0.069°C/year. The number of high temperature days showed a significant upward trend, an increase of 0.36 d/year, and in 2003 increased mutations; extreme minimum temperature warming rate of 0.002°C/year, the temperature increase was not. The number of low temperature days showed a significant downward trend, a decrease of 0.53 d/year, and in 1989 decreased mutation; the inter-annual temperature characteristics of four seasons showed warming, of which the highest temperature in autumn tendency, the smallest in winter. The correlation between mean temperature series is highest in spring and smallest in winter.

## Keywords

Climate Warming, Mean Temperature, Extreme Temperature, Correlation

---

## 近46年温州市平阳县气温变化特征

梁艳<sup>1</sup>, 曾玉筱<sup>1</sup>, 周琴芳<sup>1</sup>, 王红雷<sup>2</sup>

<sup>1</sup>平阳县气象局, 浙江 平阳

<sup>2</sup>瑞安市气象局, 浙江 瑞安  
Email: xiaohei\_4567@126.com

收稿日期: 2018年1月1日; 录用日期: 2018年1月12日; 发布日期: 2018年1月19日

## 摘要

利用1971~2016年平阳县国家气象观测站月平均气温、年平均气温、日极端最高、最低气温等观测资料, 采用气候倾向率、滑动平均法、M-K趋势检验和突变分析方法对平阳县年均气温和各季节气温的变化特征进行分析。结果表明: 平阳县年均气温呈升高趋势, 并以20世纪90年代后期为界, 经历“冷-暖”两个时期, 增温率为 $0.36^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 低于浙江省平均水平。年平均气温在1997年发生突变现象, 由平稳的气温变化转变为显著上升趋势。2003年之后气温呈明显上升趋势; 极端最高气温增温趋势显著, 增温率为 $0.069^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 。高温日数呈显著上升趋势, 升幅 $0.36\text{ d}/\text{年}$ , 并在2003年发生增加性突变; 极端最低气温增温率为 $0.002^{\circ}\text{C}/\text{年}$ , 气温增幅不大。低温日数呈显著下降趋势, 降幅 $0.53\text{ d}/\text{年}$ , 并在1989年发生减少性突变; 四个季节的气温年际变化特征均表现为增温, 其中秋季的气温倾向率最大, 冬季最小, 与年平均气温序列的相关上春季最高, 冬季最小。

## 关键词

气候变暖, 平均气温, 极端气温, 相关性

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

平阳县位于浙江省温州市东南沿海, 冬无严寒, 夏无酷暑, 属于中亚热带海洋性季风气候区, 人口密集, 经济发展迅速。近些年随着城市化进程的加快, 当地气候要素也发生了较明显变化。气温作为人类赖以生存的自然环境中重要的组成部分, 它的变化都会对生态系统产生深远的影响。近100年来, 地球表面温度显著上升, 全球气候变暖以及由此引起的地球气候系统其它圈层要素的明显变化, 使气候变化成为近年来科学研究的热点[1]。我国气象学者对不同区域气温变化特征也进行了大量研究, 证明由于地理位置和地形地貌的差异导致不同地区气温变化程度差别较大[2] [3] [4] [5]。平阳县作为温州地区主要产粮区和黄汤茶等特色农产品区, 研究好当地气候变化规律对气候预测和指导当地经济生产生活具有非常重要的意义。基于此, 本文试图通过对平阳县历史气象观测数据分析, 总结了解当前平阳县气候变化规律, 为国民经济各部门服务, 特别是为应对气候变化制订相关政策部门提供科学依据和科技支撑。

## 2. 数据来源与分析方法

本文数据来自温州市平阳县国家气象观测站1971~2016年的连续46年逐日气温作为基础资料。以3~5月、6~8月、9~11月和12~次年2月, 分别代表春、夏、秋、冬4个季节。统计中, 将日极端最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的日数定义为高温日数, 将日极端最低气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数定义为低温日数。就目前来讲分析气温变化特征的方法很多如周期分析、小波分析等[6] [7], 本文采用气候倾向率、滑动平均法、M-K趋势

检验和突变分析方法对平阳县年均气温和各季节气温的变化特征进行分析。

### 3. 平阳县近 46 年气温变化特征

#### 3.1. 年平均气温变化阶段

从平阳县年均气温的年际变化趋势可以看出(图 1): 近 46 年来, 平阳县年均气温呈升高趋势, 从 10 年滑动平均曲线可以看出, 20 世纪 90 年代之前, 年均气温呈缓慢上升趋势, 之后气温持续明显上升。按年均气温的 10 年滑动平均值小于常年平均值为偏冷期, 反之为偏暖期来划分, 20 世纪 90 年代后期之前, 平阳县 10 年滑动平均值处于常年平均值以下, 而 90 年代后期以后则持续高于常年平均值, 且高于多年平均值的幅度逐渐增大, 在 21 世纪初达到极值, 说明平阳县气温在近 46 年间经历“冷-暖”2 个时期, 20 世纪 90 年代后期之前为偏冷期, 90 年代后期开始转为偏暖期。其中年平均气温最低出现在 1976 和 1984 年, 均为 17.3℃, 平均气温最高出现在 2016 年, 为 19.7℃。

#### 3.2. 气温变化趋势分析

对平阳县 46 年年平均气温进行线性回归拟合, 得出拟合方程为  $y = 0.036x + 17.37$ , 斜率  $b = 0.036$ ,  $R^2 = 0.579$ , 通过了显著水平为 0.05 的检验。表明平阳县近 46 年平均气温总体呈显著上升趋势, 气候倾向率为  $0.36^\circ\text{C}/10\text{a}$ , 低于浙江省平均水平[8] [9], 这可能与平阳县气象观测站地处东南沿海, 距离海岸线较近, 受海陆风影响更为明显有关。为进一步分析各月平均气温变化幅度大小, 对其进行线性拟合, 计算各月平均气温变化趋势(表 1), 得出各月对年平均气温贡献率大小。表明近 46 年 1~12 月各月平均气温均为增温趋势, 其中对年平均气温年际变化的线性趋势贡献率最大是 11 月, 其次是 3 月和 10 月; 贡献率最小的是 1 月, 其次是 8 月。

#### 3.3. 气温突变检测

由年平均气温的 Mann-Kendall 方法检验可见(图 2), UF 在 1998 年之后大于 0, 气温上升, 2003 年 UF 大于 1.96, 超过了临界值(显著性水平  $\alpha = 0.05$  时的显著性临界值  $\mu\alpha = 1.96$ ), 表明 2003 年之后平阳县气温呈明显上升趋势。到 2013 年气温上升幅度又开始明显减小, 气温变化有所回落。其中, UF 与 UB 在 1997 年相交, 表明年平均气温在 1997 年代初发生了突变现象, 由平稳的气温变化转变为显著上升趋势。

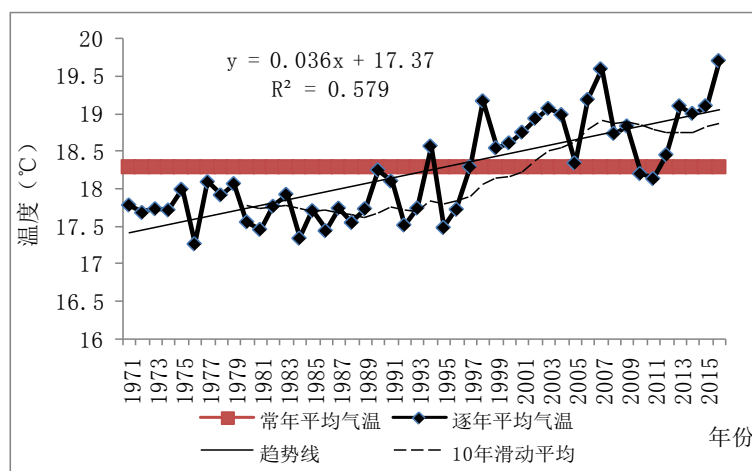
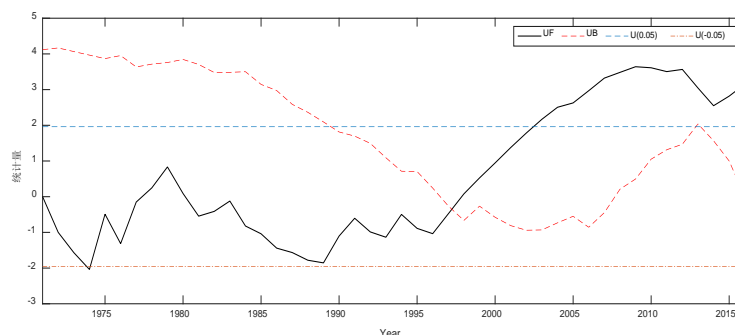


Figure 1. The average annual temperature curve from 1971 to 2016 in Pingyang

图 1. 1971~2016 年平阳县年平均气温演变图



**Figure 2.** Mann-Kendall method test of average annual temperature  
**图 2.** 年平均气温的 MK 检验

**Table 1.** The monthly average temperature annual rate of change from January to December in Pingyang  
**表 1.** 平阳县各月平均气温年际变化率 $^{\circ}\text{C}/\text{年}$

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0.021	0.044	0.045	0.033	0.038	0.031	0.034	0.027	0.036	0.045	0.048	0.033

势，各季节气温变化情形相似。与前述分析 90 年代平阳地区气温显著上升一致。

## 4. 极端气温变化特征

### 4.1. 极端最高气温变化趋势

对平阳县近 46 年极端气温分析得出，极端最高气温  $40.4^{\circ}\text{C}$ ，出现在 2013 年。最热月份出现在 2003 年 7 月，平均气温  $31.0^{\circ}\text{C}$ ；最热季节为 2016 年夏季，平均气温  $28.6^{\circ}\text{C}$ ；极端最高气温增温率为  $0.069^{\circ}\text{C}/\text{年}$ ，增温趋势显著。对平阳县 1971~2010 年每日极端最高气温统计分析得出，近 46 年平阳县高温日数(日最高气温  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ )共 378 d，年均 8.2 d，出现高温日数最多的年份为 2003 年(34 d)。从趋势上来看，高温日数呈显著上升趋势，升幅  $0.36 \text{ d}/\text{年}$ 。进入 21 世纪以来高温天气频繁出现，统计 2000~2016 年 17 年的高温日数之和达到 247 d，占总日数的 65.3%。通过 Mann-Kendall 突变检测分析，高温日数在 2003 年发生增加性突变，突变前为  $4.6 \text{ d}/\text{年}$ ，突变后为  $16.4 \text{ d}/\text{年}$ 。突变后，年极端最高气温和年平均气温较前期明显增加。

### 4.2. 极端最低气温变化趋势

对平阳县近 46 年极端气温得出，极端最低气温为  $-5.1^{\circ}\text{C}$ ，出现在 2016 年。最冷月份出现在 2011 年 1 月，平均气温  $4.8^{\circ}\text{C}$ ；最冷季节为 1977 年冬季，平均气温  $7.3^{\circ}\text{C}$ ；极端最低气温增温率为  $0.002^{\circ}\text{C}/\text{年}$ ，气温增幅不大。近 46 年平阳县低温日数(日最低气温  $\leq 5^{\circ}\text{C}$ )共 2039 d，年均 44 d，出现低温日数最多的年份为 1971 年(72 d)。与高温日数相反，低温日数呈显著下降趋势，降幅  $0.53 \text{ d}/\text{年}$ 。20 世纪 70 年代低温日数存在一个高峰，进入 80 年代后期低温日数减少，90 年代到 21 世纪，低温日数呈波动状下降趋势。通过 Mann-Kendall 突变检测分析，低温日数突变时间为 1989 年，突变前低温日数  $54.2 \text{ d}/\text{年}$ ，突变后低温日数  $38.0 \text{ d}/\text{年}$ 。

## 5. 平阳县四季平均气温特征

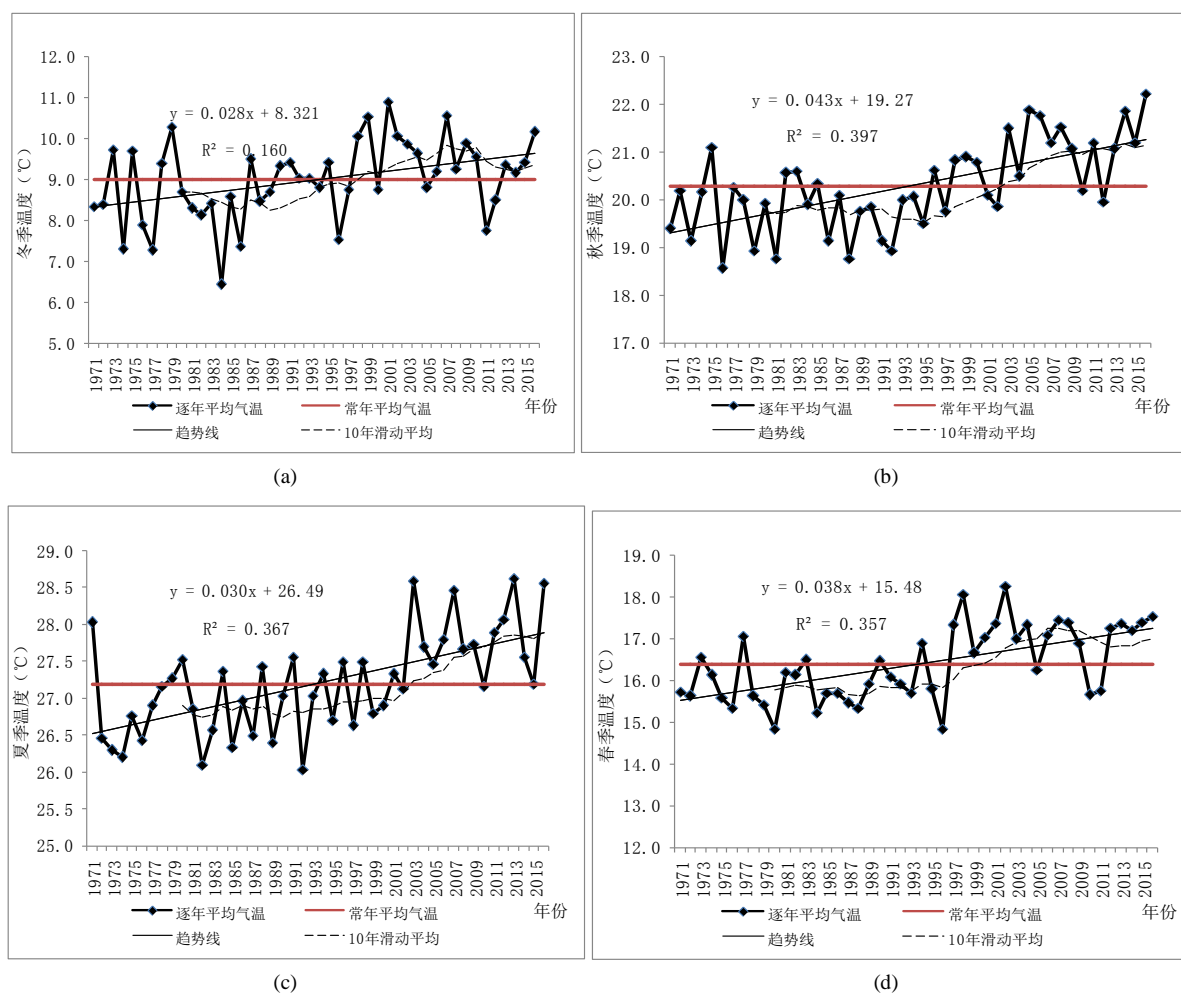
### 5.1. 春季气温变化特征

平阳县春季平均气温为  $16.4^{\circ}\text{C}$ ，平均气温正距平超过  $1.0^{\circ}\text{C}$  的有 6 个年份，均出现在 1997 年以后，

其中气温距平最大的为 2002 年的  $1.9^{\circ}\text{C}$ 。线性变温幅度较大, 气候倾向率为  $0.38^{\circ}\text{C}/10$  年, 即春季平均气温呈升高趋势。从 10 年滑动平均曲线可以看出, 20 世纪 90 年代前期以前, 春季气温相对平缓, 起伏不大, 处于春季常年平均气温值以下, 属于偏冷期; 20 世纪 90 年代后期开始, 春季气温持续增温, 至 20 世纪 90 年代后期(1998 年前后)气温高于多年平均气温, 进入偏暖期(图 3(a))。从具体气温来看, 70、80 年代春季平均气温在  $15.8^{\circ}\text{C}$  左右, 90 年代上升至  $16.4^{\circ}\text{C}$ , 变温幅度达  $0.6^{\circ}\text{C}$ , 21 世纪以来, 春季平均气温上升至  $17.1^{\circ}\text{C}$ , 升温幅度达到  $0.7^{\circ}\text{C}$ , 变暖趋势明显。20 世纪七十年代到九十年代为相对偏冷期, 1980 年和 1996 年达到最冷, 平均气温距平为  $-1.5^{\circ}\text{C}$ , 与 46 年来最高平均气温差值为  $2.7^{\circ}\text{C}$ 。从 90 年代后期至今, 平均气温大体上呈现上升趋势, 其中 2008 年后升高幅度有所下降至 2011 年出现波谷, 2011 年后再次明显升高。

## 5.2. 夏季气温变化特征

平阳县夏季平均气温为  $27.2^{\circ}\text{C}$ , 平均气温正距平超过  $1.0^{\circ}\text{C}$  的有 4 个年份, 即 2003 年、2007 年、2013 年和 2016 年, 均出现在 2000 年以后, 其中气温距平最大的为 2013 年的  $1.4^{\circ}\text{C}$ 。气候倾向率为  $0.3^{\circ}\text{C}/10$  年,



**Figure 3.** (a) The average temperature of Pingyang in spring in recent 46 years; (b) The average temperature of Pingyang in summer in recent 46 years; (c) The average temperature of Pingyang in autumn in recent 46 years; (d) The average temperature of Pingyang in winter in recent 46 years

**图 3.** 平阳县四季平均气温演变图(a)春季(b)夏季(c)秋季(d)冬季

即夏季平均气温呈略升高趋势。10年滑动平均曲线显示,2003年以前,气温变化缓慢,低于夏季常年平均气温值,属于偏冷期。2003年之后气温开始明显上升,直至2016年仍处于偏高位(图3(b))。从具体气温来看,70、80年代夏季平均气温在26.9℃左右,90年代略偏低,为27.0℃。21世纪以来,夏季平均气温上升至27.8℃,升温幅度达0.8℃。从具体气温来看,1992年出现夏季气温最低值,平均气温距平为-1.2℃,与最高平均气温差值为2.6℃。

### 5.3. 秋季气温变化特征

平阳县秋季平均气温为20.3℃,平均气温正距平超过1.0℃的有6个年份,均出现在2003年以后,其中气温正距平最大的为2016年的1.9℃。线性变温幅度较大,气候倾向率为0.43℃/10年,是四季中气温变化幅度最大的季节。10年滑动平均曲线也表明,秋季气温呈明显上升的趋势,2003年以前为偏冷期,2003年之后为偏暖期,年代际变化特征与春季相似(图3(c))。从具体气温来看,秋季平均气温呈稳步上升的趋势,70和80年代平均气温为19.8℃,90年代升高到20.0℃。21世纪以来温度升高到21.1℃,变温幅度均达1.1℃,变暖趋势明显。从具体年份来看,1976年达到最冷,平均气温距平为-1.7℃,与2016年来最高平均气温差值达3.6℃。

### 5.4. 冬季气温变化特征

平阳县冬季平均气温为9.0℃,平均气温正距平超过1.0℃的有6个年份,距平最大的为2001年的1.9℃。冬季气温年际变化趋势与春季大体相似,也呈波动上升趋势,气候倾向率为0.28℃/10年。10年滑动平均曲线显示,20世纪90年代后期(1998年前后)之前为偏冷期,之后为偏暖期(图3(d))。从具体气温来看,70、80年代冬季平均气温分别为8.7℃、8.3℃,为相对偏冷期,90年代冬季平均气温上升至9.1℃,升温幅度达0.8℃,变暖趋势明显,21世纪以来平均气温为9.5℃,升温幅度显著。2011和2012年冬季平均气温出现负距平后,再次增温。从具体年份来看,1984年出现冬季气温最低值,平均气温距平为-2.6℃,与最高平均气温差值为4.5℃。

总体而言,平阳县近46年来4个季节的气温年际变化特征均表现为增温,具体来看夏季和秋季,春季和冬季更为接近。前者为2003年以前为偏冷期,2003年之后气温开始明显上升;后者为90年代后期之前为偏冷期,1998年之后气温开始上升,并存在一定范围内的上下波动。其中秋季的气温倾向率最大,冬季最小。通过Mann-Kendall突变检测(图略)显示春季和冬季增温性突变年份发生在20世纪90年代,分别为1997年和1992年,夏季和秋季温性突变发生在21世纪初,分别为2001年和2002年。

### 5.5. 气温季节变化与年际变化的相关性

由表2可见,年平均气温在70和80年代变化不大,90~00年代上升明显,分别上升了0.5℃和0.7℃,

**Table 2.** The decadal average temperature of each season in Pingyang

**表 2.** 平阳县各年代际季节平均气温

季节 年代	春季	夏季	秋季	冬季	年/℃
1970s	15.8	26.9	19.8	8.7	17.8
1980s	15.9	26.8	19.9	8.3	17.7
1990s	16.4	27.0	20.1	9.1	18.2
2000s	17.1	27.7	21.0	9.8	18.9
2010s	17.1	28.0	21.3	9.1	18.9

10 年代与 00 年代平均气温相当。各季节的变化趋势中,基本也反应了这样的规律。80 年代除冬季气温下降  $0.4^{\circ}\text{C}$  外,其他季节变化都维持在  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  以内。90~00 年代上升幅度在  $0.7^{\circ}\text{C}$ ~ $0.9^{\circ}\text{C}$ 。10 年代除冬季气温下降  $0.7^{\circ}\text{C}$  外,其他季节为持平或上升  $0.3^{\circ}\text{C}$ 。由此可见,平阳县气温显著上升趋势起于 90 年代,至今仍然维持气温偏高态势。通过计算四个季节平均气温时间序列与年平均气温序列的相关系数,分别为 0.840、0.670、0.709 和 0.623,春季相关系数最高,冬季最小,表明年平均气温的变化趋势由春季气温贡献最大。

## 6. 结论

通过对平阳县近 46 年年际、年代际平均气温、高低温的变化趋势分析,得到了以下结论:

1) 1971~2016 年平阳县年均气温呈升高趋势,并以 20 世纪 90 年代后期为界,经历“冷-暖”2 个时期,增温率为  $0.36^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ,低于浙江省平均水平。其中对年平均气温年际变化的线性趋势贡献率最大是 11 月,最小是 1 月。年平均气温在 1997 年发生了突变现象,由平稳的气温变化转变为显著上升趋势。2003 年之后气温呈明显上升趋势。

2) 平阳县极端最高气温增温趋势显著,增温率为  $0.069^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 。高温日数呈显著上升趋势,升幅  $0.36\text{ d}/\text{年}$ ,并在 2003 年发生增加性突变,突变前为  $4.6\text{ d}/\text{年}$ ,突变后为  $16.4\text{ d}/\text{年}$ 。极端最低气温增温率为  $0.002^{\circ}\text{C}/\text{年}$ ,气温增幅不大。低温日数呈显著下降趋势,降幅  $0.53\text{ d}/\text{年}$ 。并在 1989 年发生减少性突变,突变前低温日数  $54.2\text{ d}/\text{年}$ ,突变后低温日数  $38.0\text{ d}/\text{年}$ 。

3) 平阳县 4 个季节的气温年际变化特征均表现为增温,其中秋季的气温倾向率最大,冬季最小。春季和冬季增温性突变年份发生在 20 世纪 90 年代,分别为 1997 年和 1992 年,夏季和秋季增温性突变发生在 21 世纪初,分别为 2001 年和 2002 年。年代际上,平阳县气温显著上升趋势起于 90 年代,与年平均气温序列的相关上春季最高,冬季最小。

## 参考文献 (References)

- [1] 任国玉,任玉玉,李庆祥,等. 全球陆地表面气温变化研究现状、问题和展望[J]. 地球科学进展, 2014, 29(8): 934-946.
- [2] 刘晓冉,程炳岩,李国平. 三峡库区夏季旱涝变化特征及成因[J]. 应用气象学报, 2010, 21(5): 590-597.
- [3] 张天宇,李永华,程炳岩,等. 重庆主城区百年雨日及强度变化特征[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2011, 28(3): 37-42.
- [4] 张卉,郭慕萍,赵双巧,等. 1960~2008 年山西省气温变化特征[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(2): 16-21.
- [5] 王志杰,苏嫒,王志泰. 1953~2010 年安康市气温变化特征分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(27): 236-243.
- [6] 肖子牛,邹尧尧,王启光,等. 气候与气候变化基础知识[M]. 北京: 气象出版社, 2014: 113-139.
- [7] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第 2 版)[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 37-66.
- [8] 杨诗芳,毛裕定. 浙江省近 50 年气温变化及四季划分[J]. 浙江气象, 2008, 29(4): 1-6.
- [9] 张青,张述文,李正泉. 浙江省近百年气温变化研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2015.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2330-1724，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ojs@hanspub.org](mailto:ojs@hanspub.org)