

# 1961~2020年新疆伊吾气候变化特征分析

杨艳玲<sup>1</sup>, 盛晓琼<sup>2</sup>, 张科<sup>1</sup>, 毛广云<sup>1</sup>, 潘存良<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>哈密市气象局, 新疆 哈密

<sup>2</sup>新疆气象信息中心, 新疆 乌鲁木齐

Email: 412794354@QQ.com, \*33093486@QQ.com

收稿日期: 2021年8月20日; 录用日期: 2021年9月16日; 发布日期: 2021年9月22日

## 摘要

本文利用伊吾县1961~2020年的气候数据资料, 分析了过去60a来伊吾县平均气温、最高气温、最低气温、平均风速、平均相对湿度、降水量及日照时数的多年和季节变化趋势, 并用MK突变检验法对伊吾县近60a气候进行突变检验分析。结果表明, 在过去60a中, 伊吾县年平均和四季平均气温、最高气温、最低气温均呈现出明显上升趋势; 年平均和四季平均风速均呈极显著性减小趋势; 平均相对湿度尤其是年平均、秋季和冬季平均值增加明显; 降水量年值、春季和秋季增加显著; 日照时数变化趋势不明显。平均气温、最高气温、最低气温、平均相对湿度及降水量突变年份分别为1993年、1997年、1989年、1975年、1978年, 平均风速和日照时数未检测出突变。

## 关键词

气候, 变化特征, 突变

# Analysis of Climate Change Characteristics in Yiwu County, Xinjiang during 1961~2020

Yanling Yang<sup>1</sup>, Xiaoqiong Sheng<sup>2</sup>, Ke Zhang<sup>1</sup>, Guangyun Mao<sup>1</sup>, Cunliang Pan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Hami Meteorological Bureau, Hami Xinjiang

<sup>2</sup>Xinjiang Meteorological Information Center, Urumqi Xinjiang

Email: 412794354@QQ.com, \*33093486@QQ.com

Received: Aug. 20<sup>th</sup>, 2021; accepted: Sep. 16<sup>th</sup>, 2021; published: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2021

## Abstract

Based on the climatic data from 1961 to 2020 in Yiwu County, the multi-year and seasonal trends

\*通讯作者。

文章引用: 杨艳玲, 盛晓琼, 张科, 毛广云, 潘存良. 1961~2020年新疆伊吾气候变化特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(5): 503-509. DOI: 10.12677/ccrl.2021.105059

of the average air temperature, Maximum temperature, minimum temperature, the average wind speed, the average relative humidity, the precipitation and the sunshine hours in Yiwu County in the past 60 years are analyzed. The MK mutation test method was used to analyze the mutation of climate in Yiwu County in recent 60 years. The results show that in the past 60 years, the annual and seasonal average temperature, Maximum temperature, Minimum temperature in Yiwu County had an obvious upward trend. The annual mean wind speed and seasonal mean wind speed showed a significant decreasing trend. The average relative humidity, especially the annual average, autumn and winter average increased significantly. Annual precipitation, spring precipitation and autumn precipitation increased significantly. The changing trend of sunshine hours is not obvious. The mutation of mean temperature, Maximum temperature, Minimum temperature, mean relative humidity and precipitation were found in 1993, 1997, 1989, 1975 and 1978, No mutation was detected in mean wind speed and sunshine hours.

## Keywords

Climate, Change Characteristics, Mutation

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

气候变化是当今国际社会普遍关注的全球性问题。气候变化对自然生态系统、社会和经济具有重大影响。IPCC [1]第五次报告指出：气候系统变暖是毋庸置疑的，相比之前的几次报告，更为确定是人类活动对气候系统产生影响，且这种影响在不断增强。随着城市化进程的不断加快，人类活动也逐渐增加。国内外学者对气候变化与城市化关系进行研究，发现城市化对气候有一定的影响[2]-[7]，城市化使气温呈现上升趋势，相对湿度、风速呈下降趋势，日照呈减少趋势等。

伊吾县地处新疆维吾尔自治区东北部，天山东段北麓，位于东经 93°35'~96°23'，北纬 42°54'~44°29' 之间。伊吾县是全国的一个袖珍县城，近十年来，随着国家向西开放战略的不断深入及“一带一路”倡议的提出，县城规模和工业的迅速发展，能源和物资消耗量也相应增长，现已带来了诸如大气环境质量低劣，水资源严重不足，绿地减少，汽车尾气污染等一系列环境问题。上述因素势必会对伊吾县局地气候产生重要的影响。因此，有必要系统研究伊吾县城市化气候效应，为将来伊吾县城发展和规划提供有意义的科学参考。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料来源

本文主要选取伊吾气象站 1961~2020 年月平均最高、最低和平均气温、降水量、平均相对湿度、平均风速和日照时数。这些气候资料均由新疆气象局气象信息中心提供，数据均经过质量检验，因此可以确保其准确性和精度误差。

### 2.2. 分析方法

按照气候学上常用的方法进行季节划分，即：3~5 月为春季；6~8 月为夏季；9~11 月为秋季；12 月~

次年 2 月为冬季。对于各个气候因子进行年平均和季节变化趋势计算。最后计算各个气候因子的年平均和季节平均的距平,变化趋势。

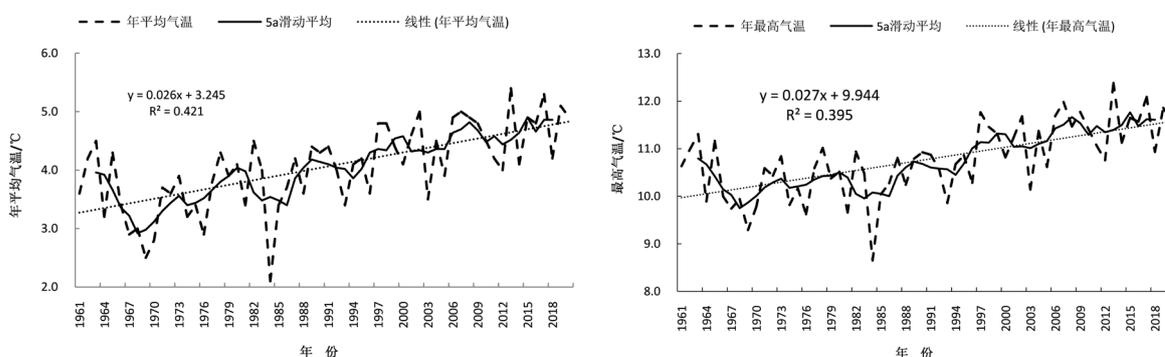
采用线性趋势分析法[8][9][10]对伊吾县 1961~2020 年的气象要素进行趋势变化分析,气象要素的变化趋势由一元线性回归表示;通过滑动平均滤去一些短期的不规则变化,找出较长时间的变化规律;使用 Mann-Kendall [11]检验法检验其突变年份,对有多个突变年份的再进行滑动-T 检验,基准点前后序列长度取 10a 进行差异性比较[12],结合趋势图分析,确定是否存在突变年份。最后根据突变年份前后的变化特征对比分析。

### 3. 结果分析和讨论

#### 3.1. 气象要素的年变化趋势

伊吾县 1961~2020 年平均气温、最高气温、最低气温、平均风速、降水量、平均相对湿度、日照时数年际变化如图 1 所示,近 60a 来伊吾县平均气温、最高气温、最低气温呈现上升趋势,平均值分别为  $4.1^{\circ}\text{C}$ 、 $10.8^{\circ}\text{C}$ 、 $-1.9^{\circ}\text{C}$ ,60 年来伊吾县平均气温、最高气温、最低气温均上升了  $0.8^{\circ}\text{C}$ ,通过一元线性回归得出多年平均气温增温幅度为  $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  ( $p < 0.001$ ),最高气温增温幅度为  $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  ( $p < 0.001$ )、最低气温增温幅度为  $0.23^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  ( $p < 0.001$ )。年平均气温、最高气温、最低气温变化趋势基本一致,上世纪 60 年代呈下降趋势,70 年代开始气温呈波动上升趋势;1961~2020 年伊吾县平均风速呈减小趋势。其中,上世纪 60 年代初期至 70 年代初期呈增大趋势,70 年代中期至 90 年代末期呈减小趋势,21 世纪初期略有增大趋势,由于城市化影响近 10a 出现快速减小趋势,平均风速最大值出现在 1972 年( $4.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),最小值出现在 2016 年( $2.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),平均风速的变化趋势为  $-0.15 (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$  ( $p < 0.001$ )。平均相对湿度整体呈增大趋势。其中,上世纪 60 年代至 70 年代中期,变化趋势不明显,70 年代末期至 21 世纪初呈增大趋势,尤其 80 年代末期开始大幅增大,2009 年后出现减小趋势,平均相对湿度最大值出现在 1998 年(50%),最小值出现在 1965 年(37%),平均相对湿度的变化趋势为  $0.81\%/10\text{a}$  ( $p < 0.001$ )。降水量有弱的增加趋势。20 世纪 60、70 年代和 21 世纪初期降水偏少,80 年代初期至 90 年代末期和 2009 年后降水呈增加趋势,降水量最大值出现在 1998 年(196.7 mm),最小值出现在 1963 年(34 mm),降水量的变化趋势为  $6.03 \text{ mm}/10\text{a}$  ( $p < 0.05$ )。日照时数整体略呈增加趋势。1978 年伊吾县的年日照时数最长,为 3428.4 h,较平均日照时数多 181.7 h,2019 年日照时数最短,较平均日照时数少 221.7 h,线性变化趋势为  $13.49 \text{ h}/10\text{a}$ ,但增加幅度不显著( $p > 0.05$ )。

从上述分析结果可以看出,伊吾县近 60a 来气温是逐渐升高的,日照时数增多;降水量略有增大,相对湿度升高,说明伊吾县正在变暖变湿,同时风速呈现出减小的变化特征,这与城市化的影响有关。



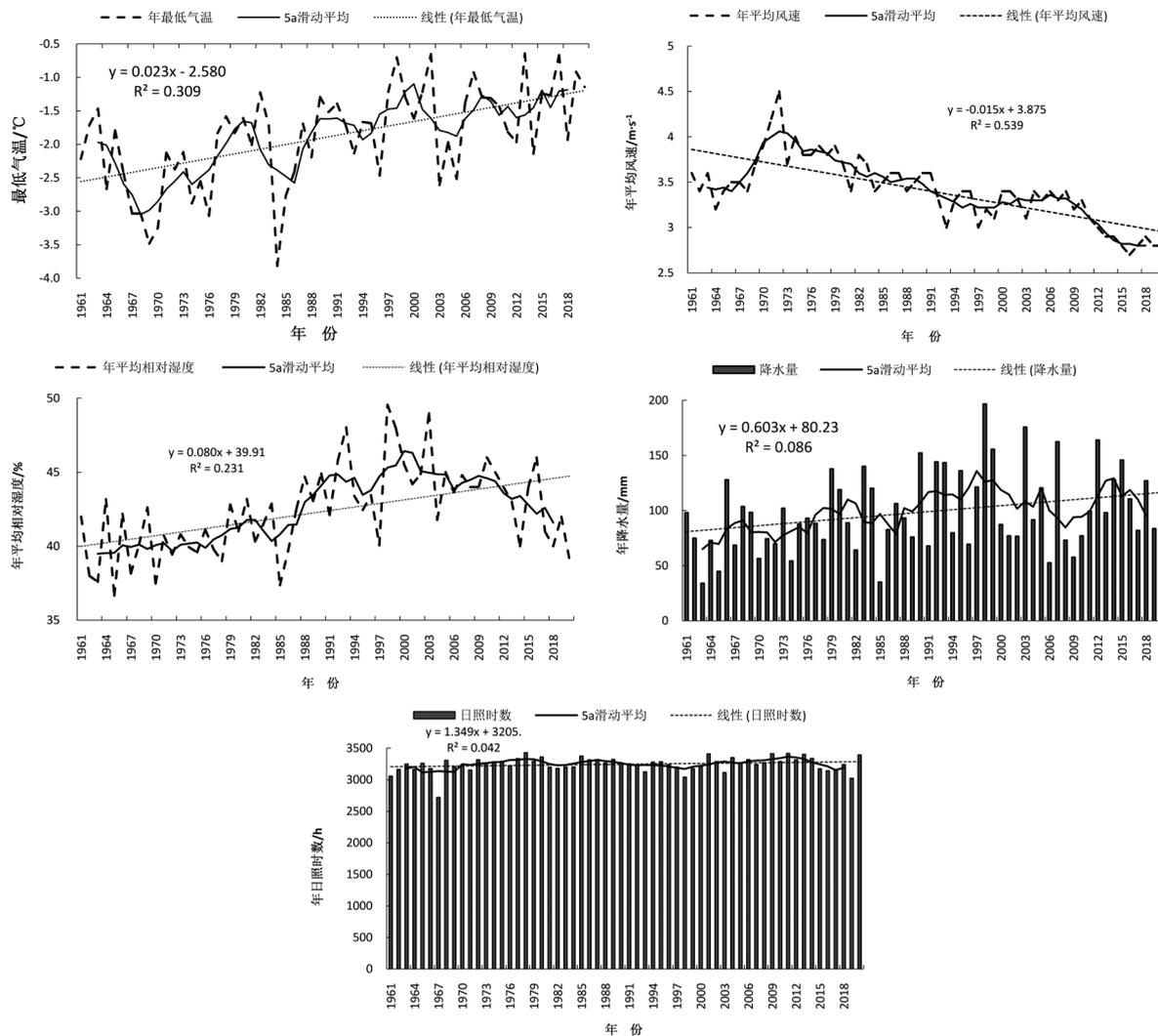


Figure 1. Interannual variation of meteorological elements in Yiwu County  
图 1. 伊吾县气象要素年际变化

### 3.2. 气象要素的四季变化趋势

1961~2020 年伊吾县四季的平均气温、平均风速、平均相对湿度、降水量和日照时数的均值和变化趋势见表 1。根据表 1 可以看出，近 60a 来平均气温在春季增温趋势最大， $0.36^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，其次为夏季  $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，最小为冬季，仅  $0.14^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，除冬季外其余均通过显著性检验。多年最高气温在春季、夏季、秋季增温显著，增温幅度分别为  $0.33^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.37^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，冬季增温幅度为  $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，未通过显著性检验。多年最低气温在 4 个季节均呈显著增温趋势，其中春季增温幅度最大( $0.33^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ )，其次为夏季( $0.28^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ )，最小为冬季( $0.16^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ )。平均风速减小趋势最大的是夏季，为  $0.21(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$ ，春季、秋季次之为  $0.15(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$ ，风速减小趋势最小的是冬季  $0.09(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$ ，均通过极显著性检验。多年平均相对湿度在冬季增加趋势最大  $1.61\%/10\text{a}$ ，其次为秋季  $1.01\%/10\text{a}$ ，增加趋势最小为夏季，仅  $0.17\%/10\text{a}$ ，四季中冬季、秋季通过极显著性检验。伊吾县四季降水量最大值出现在夏季，值为  $64.5\text{mm}$ ，冬季最小，仅为  $2.7\text{mm}$ ；根据降水量的变化速率来看，春季增加速率最大  $2.29\text{mm}/10\text{a}$ ，其次是秋季，为  $1.89\text{mm}/10\text{a}$ ，夏季降水量虽最多，但增加速率落后于春、秋季，冬季增加速率最小，为  $0.3\text{mm}/10\text{a}$ ，

其中, 春季、秋季降水量变化趋势通过显著性检验。四季多年日照时数只有夏季呈减少趋势, 减少趋势为 0.99 h/10a, 春季、秋季、冬季均为增加趋势, 最大为春季 8.41 h/10a, 冬季为 8.00 h/10a ( $p < 0.05$ ), 秋季为 1.09 h/10a。

**Table 1.** The seasonal mean value and variation trend of meteorological elements in Yiwu County from 1961 to 2020

**表 1.** 1961~2020 年伊吾县气象要素四季均值、变化趋势

季节	平均气温		最高气温		最低气温		平均风速		平均相对湿度		降水量		日照时数	
	均值 °C	变化趋势 °C·10a <sup>-1</sup>	均值 °C	变化趋势 °C·10a <sup>-1</sup>	均值 °C	变化趋势 °C·10a <sup>-1</sup>	均值 m·s <sup>-1</sup>	变化趋势 (m·s <sup>-1</sup> )·10a <sup>-1</sup>	均值 %	变化趋势 %·10a <sup>-1</sup>	均值 mm	变化趋势 mm·10a <sup>-1</sup>	均值 h	变化趋势 h·10a <sup>-1</sup>
春季	5.4	0.36***	12.1	0.33***	-0.8	0.33***	4.2	-0.15***	35	0.3	17.1	2.29*	877.4	8.41
夏季	17.9	0.35***	24.1	0.37***	11.5	0.28***	3.8	-0.21***	42	0.17	64.5	1.61	910.3	-0.99
秋季	3.6	0.23**	10.5	0.24**	-2	0.19*	3.1	-0.15***	44	1.01***	14.3	1.89**	792.0	1.09
冬季	-10.6	0.14	-3.6	0.17	-16.1	0.16*	2.6	-0.09***	48	1.61***	2.7	0.3	662.9	8.00*

注: \*表示通过 0.05, \*\*表示通过 0.01, \*\*\*表示通过 0.001 显著性检验。

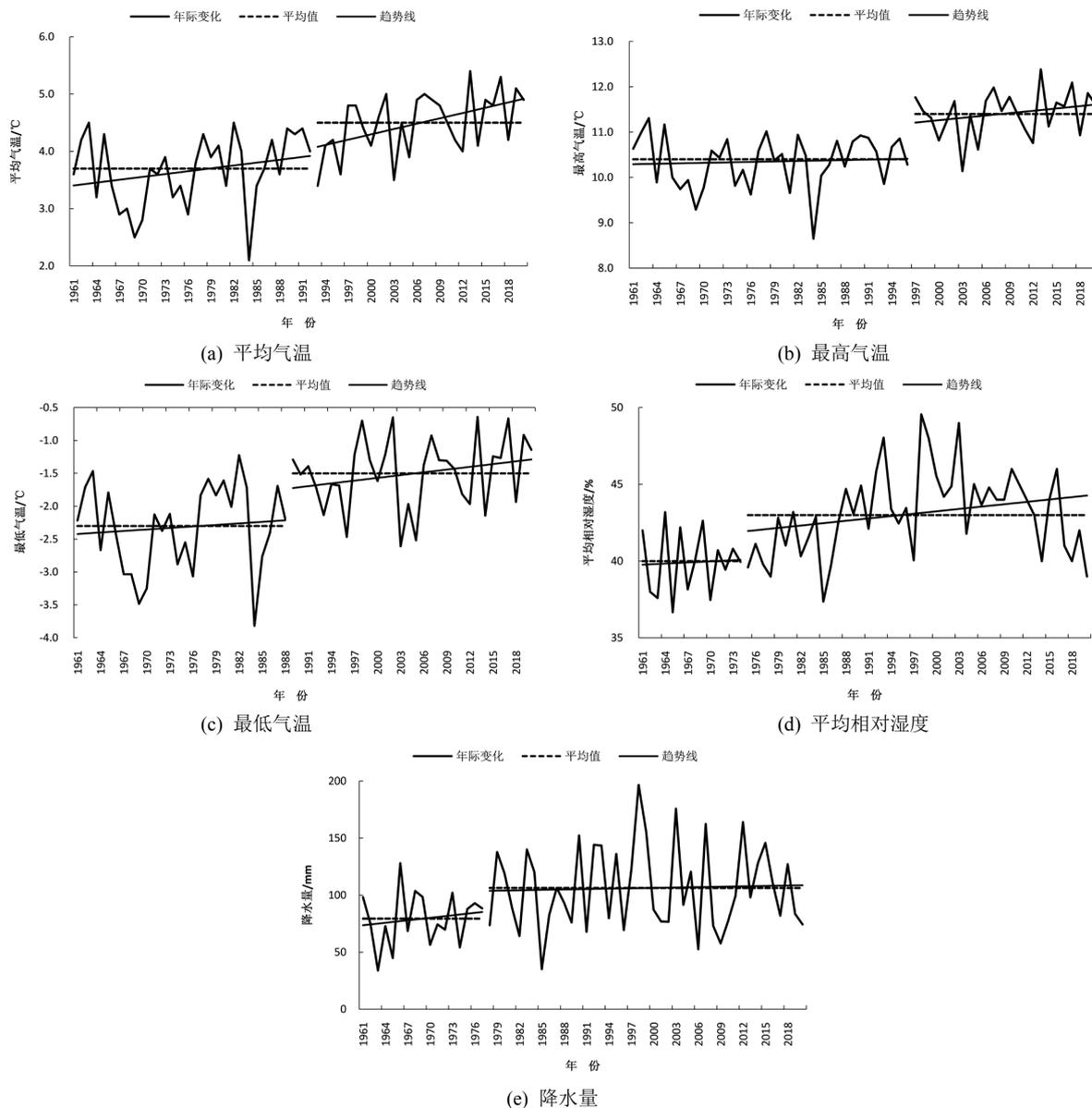
总体来看, 近 60a 年伊吾县正在变暖变湿, 平均气温、最高气温、最低气温升温贡献最大是春季、夏季, 降水量贡献最大是春季; 风速大幅减小, 夏季贡献最大; 相对湿度有所增加, 贡献最大的为冬季; 而多年的日照时数有弱的增加趋势, 其贡献最大的为春季和冬季。

### 3.3. 气象要素突变前后的变化特征对比

通过 Mann-Kendall 法对伊吾县近 60a 气象要素进行突变检验(图略), 得出结论为: 根据 UF 和 UB 曲线, 确定伊吾县平均气温突变年份为 1993 年, 最高气温突变年份为 1997 年, 最低气温突变年份为 1989 年, 平均相对湿度突变年份为 1975 年, 降水量突变年份为 1978 年, 平均风速和日照时数未检测出突变。

根据突变发生的时间, 将伊吾县平均气温、最高气温、最低气温、平均相对湿度及降水量分别以 1993 年、1997 年、1989 年、1975 年、1978 年为界分成两段来讨论。如图 2(a)所示, 伊吾县平均气温突变前(1961~1992 年)平均值为 3.7°C, 线性倾向率为 0.17°C/10a; 而突变后(1993~2020 年)平均值为 4.5°C, 线性倾向率为 0.31°C/10a, 平均气温较突变前升高了 22%, 增长率约为突变前的 1.8 倍。图 2(b), 伊吾县最高气温突变前(1961~1996 年)平均值 10.4°C, 线性倾向率为 0.03°C/10a; 突变后(1997~2020 年)平均值为 11.4°C, 线性倾向率为 0.17°C/10a, 最高气温较突变前升高了 9.6%, 增长率约为突变前的 5.7 倍。图 2(c), 伊吾县最低气温突变前(1961~1988 年)平均值-2.3°C, 线性倾向率为 0.08°C/10a; 突变后(1989~2020 年)平均值为-1.5°C, 线性倾向率为 0.14°C/10a, 最低气温较突变前升高了 34.8%, 增长率约为突变前的 1.8 倍。图 2(d), 伊吾县的相对湿度突变前(1961~1974 年)平均值为 40%, 线性倾向率为 0.24%/10a; 突变后(1975~2020 年)平均值为 43%, 线性倾向率为 0.51%/10a。平均相对湿度较突变前增加了 7.5%, 增加率约为突变前的 2.1 倍。图 2(e), 伊吾县降水量 1961~1977 年: 此段为降水量增加年, 平均值为 79.4 mm, 线性趋势为 7.27 mm/10a; 1978~2020 年: 此段降水量平均值为 106.3 mm, 其变化趋势呈缓慢增加, 线性趋势为 1.15 mm/10a, 伊吾县降水量突变后比突变前增加了 34%, 但线性趋势约为突变前的 1/6。

总体来说, 突变后伊吾县平均气温、最高气温、最低气温升温速率更快, 平均相对湿度的增湿速率更快, 而降水量平均值虽有增加, 但增加率比较缓慢。



**Figure 2.** Variation characteristics of meteorological elements before and after mutation from 1961 to 2020  
**图 2.** 1961~2020 年气象要素突变前后的变化特征

#### 4. 结论

通过对伊吾县近 60a 的平均气温、平均风速、平均相对湿度、降水量及日照时数的气候变化特征进行分析，得出以下结论：

1) 1961~2020 年伊吾县平均气温、最高气温、最低气温呈显著性上升趋势，上升幅度均达到了  $0.8^{\circ}\text{C}$ ，变化趋势分别为  $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.23^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，四季均呈增温趋势，春季、夏季增温幅度最大，而冬季则幅度最小，平均气温、最高气温除冬季外，其余 3 个季节均为显著增温趋势，最低气温 4 个季节均为显著增温趋势。平均风速以  $-0.15 (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$  的速率极显著性减小，四季中减小趋势最大的是夏季，为  $0.21 (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$ ，春季、秋季次之为  $0.15 (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$ ，风速减小趋势最小的是冬季  $0.09 (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$ ，均通过极显著性检验。平均相对湿度整体呈极显著性增大趋势，变化趋势为  $0.81\%/10\text{a}$ ，四季中冬季、秋季

增加趋势显著；降水量以 6.03 mm/10a 的显著性弱增加趋势，四季降水量夏季降水量虽最多，但增加速率落后于春、秋季，冬季增加速率最小，仅为 0.3 mm/10a，只有春季、秋季降水量变化趋势通过显著性检验。日照时数变化趋势不明显，四季中只有夏季呈减少趋势，其余 3 个季节均为增加趋势，除冬季增加显著外，其余均不显著。

2) 伊吾县平均气温突变年份为 1993 年，平均气温较突变前升高了 22%，增长率约为突变前的 1.8 倍。最高气温突变年份为 1997 年，最高气温较突变前升高了 9.6%，增长率约为突变前的 5.7 倍。最低气温突变年份为 1989 年，最低气温较突变前升高了 34.8%，增长率约为突变前的 1.8 倍。平均相对湿度突变年份为 1975 年，平均相对湿度较突变前增加了 7.5%，增加率约为突变前的 2.1 倍。降水量突变年份为 1978 年，降水量突变后比突变前增加了 34%，但线性趋势约为突变前的 1/6。平均风速和日照时数未检测出突变。

## 参考文献

- [1] Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., *et al.* (2013) IPCC Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, 1535.
- [2] 赵宗慈. 近 39 年来中国的气温变化与城市化影响[J]. 气象, 1991, 17(4): 14-17.
- [3] 吴息, 王少文, 吕丹苗. 城市化增温效应的分析[J]. 气象, 1994, 20(3): 7-9.
- [4] 车慧正, 张小曳, 李杨, 等. 近 50 年来城市化对西安局地气候影响的研究[J]. 干旱区地理, 2006, 29(1): 53-58.
- [5] 赵娜, 刘树华, 杜辉, 等. 城市化对北京地区日照时数和云量变化趋势的影响[J]. 气候与环境研究, 2012, 17(2): 233-243.
- [6] 郑思轶, 刘树华. 北京城市化发展对温度、相对湿度和降水的影响[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(2): 123-133.
- [7] 卞韬, 任国玉, 张立霞. 城市化对石家庄站近地面风速趋势的影响[J]. 气候变化研究进展, 2018, 14(1): 21-30.
- [8] 和宛琳, 徐宗学. 渭河流域气温与蒸发量时空分布及其变化趋势分析[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2006, 42(1): 102-106.
- [9] 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.
- [10] 张俊, 游致远, 俞文政. 武汉市城市化发展对气候变化影响研究[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(6): 89-95.
- [11] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 62-72.
- [12] 康淑媛, 张勃, 柳景峰, 等. 基于 Mann-Kendall 法的张掖市降水量时空分布规律分析[J]. 资源科学, 2009, 31(3): 501-508.