

# Research on Characteristic and Abrupt Change of Maximum Temperature in Shiyan in Recent 50 Years

Xiaonan Wang<sup>1</sup>, Xiaohua Liao<sup>2</sup>, Zhiyong Liu<sup>3</sup>, Ming Zhu<sup>4</sup>, Shuang Wang<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Suizhou Meteorological Bureau of Hubei Province, Suizhou Hubei

<sup>2</sup>Yunyang Meteorological Bureau of Chongqing, Chongqing

<sup>3</sup>Danjiangkou Meteorological Bureau of Hubei Province, Danjiangkou Hubei

<sup>4</sup>Shiyan Meteorological Bureau of Hubei Province, Shiyan Hubei

Email: 847267233@qq.com

Received: Aug. 14<sup>th</sup>, 2018; accepted: Aug. 28<sup>th</sup>, 2018; published: Sep. 3<sup>rd</sup>, 2018

## Abstract

On basis of the daily maximum temperature data of 7 national meteorological stations in Shiyan selected from 1963 to 2013, change characteristics of maximum temperature were analyzed by using trend analysis, Mann-Kendall abrupt change test and wavelet analysis. The results showed that: the oscillation of maximum temperature days in Shiyan is much larger; the linear change of inter-annual is not significant; the trend appears increase first and then decrease, and has reached the minimum value in 80's; the prone area of maximum temperature is in Zhushan; the maximum temperature days in north are much more than the south geographically; the difference in south is big; the extreme maximum temperature has the most frequency between 37°C and 40°C; the daily average maximum temperature increases with a rate of 0.205°C/10 a; Yunxi has the greatest contribution to the increase of Shiyan; the maximum temperature periodicity is obvious as 3 - 4 years, 10 years and 36 - 38 years; the colder and warmer period has appeared alternately; the inflection point appeared in 1994 when the warmer period turned to the colder period. This is a significantly warmer aisle in the present.

## Keywords

Shiyan Area, Test of Abrupt Change, Wavelet Analysis, Maximum Temperature

# 十堰市近50年高温特征分析与突变研究

王晓南<sup>1</sup>, 廖小华<sup>2</sup>, 刘志勇<sup>3</sup>, 朱明<sup>4</sup>, 王双<sup>4</sup>

<sup>1</sup>湖北省随州市气象局, 湖北 随州

<sup>2</sup>重庆市云阳县气象局, 重庆

<sup>3</sup>湖北省丹江口市气象局, 湖北 丹江口

<sup>4</sup>湖北省十堰市气象局, 湖北 十堰

Email: 847267233@qq.com

收稿日期: 2018年8月14日; 录用日期: 2018年8月28日; 发布日期: 2018年9月3日

## 摘要

选取十堰地区7个国家气象站1963~2013年逐日高温资料,采用趋势分析、Mann-Kendall突变检验、小波分析等方法,分析了近50年十堰地区高温变化特征。结果表明:十堰地区高温日数震荡较大,年际变化线性不显著,基本呈“先减后增”趋势,80年代达到最低值,竹山为高温多发区;地域上北部高温日数多于南部,南部差异较大。极端高温主要集中在37℃~40℃之间,平均最高气温以0.205℃/10 a速率增长,郧西对十堰地区高温增长贡献最大。高温序列存在3~4 a、10 a、36~38 a周期;冷暖期交替出现,1994年为偏冷期向偏暖期变化的拐点,目前正处于显著偏暖的通道中。

## 关键词

十堰地区, 突变检验, 小波分析, 高温特征

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

自20世纪80年代以来,全球气温出现了20世纪以来最明显的上升趋势,研究表明,近百年来我国气候正经历一次以全球变暖为主要特征的显著变化,同时中国近百年的气温也呈增温趋势[1][2]。在全球变暖的背景下,多数地区21世纪极端高温、热浪发生频率很有可能增加[3]。但因纬度、地形地貌、大气环流、人类活动等因素的共同影响,各地对全球气温变化的响应各不相同,具有显著的区域性特征[4][5]。

十堰地区位于鄂西北,地处秦巴山区东段,属北亚热带季风气候,山区立体性小气候特征十分明显,此地的光热水分分布“高一丈不一样,阴坡阳坡差的多”。徐远波,朱明[6]等从大气环流方面分析了十堰高温天气主要与100 hpa、500 hpa环流异常有关,但对十堰市高温的变化特征分析较少,本文对近50年十堰地区逐日最高气温数据进行了研究分析,揭示本地高温变化规律,为高温预报和气候灾害预测提供有利的依据,对防灾减灾有重要意义。

## 2. 资料与方法

选取十堰地区所辖7个气象站近50年逐日最高气温的观测数据,由于各个站建站年份不同,在综合考虑数据的时间序列长度、完整性和统一性的基础上,选取1963年至2013年连续51年的观测数据用于十堰地区高温气候特征分析。

本文选取1963年~2013年 $\geq 35^\circ\text{C}$ 、 $\geq 37^\circ\text{C}$ 、 $\geq 40^\circ\text{C}$ 高温日数、日平均最高气温、极端高温为研究对象,对各要素进行标准化与距平处理,用线性倾向估计、累计距平、滑动平均分析十堰地区高温时空变化特征;运用Morlet小波变换分析高温序列周期变化,通过M-K非参数统计检验方法对十堰地区近50年最高气温进行突变检验。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 高温日数特征分析

##### 3.1.1. 高温日数的年际变化

根据湖北省高温预警信号发布规定,将高温分为一般高温(35℃~37℃)、较重高温(37℃~40℃)、严重高温(40℃以上),其中每一级别都取下限温度值。十堰市高温主要出现在4~9月,51年间三种等级年平均高温日数分别为19.9天、6.6天、0.5天(见表1);35℃以上高温日数最多出现在2013年为40.3天,最少出现在1983年仅4.1天;37℃以上和40℃以上高温日数最多均出现在1966年分别为20.7天、4.7天。

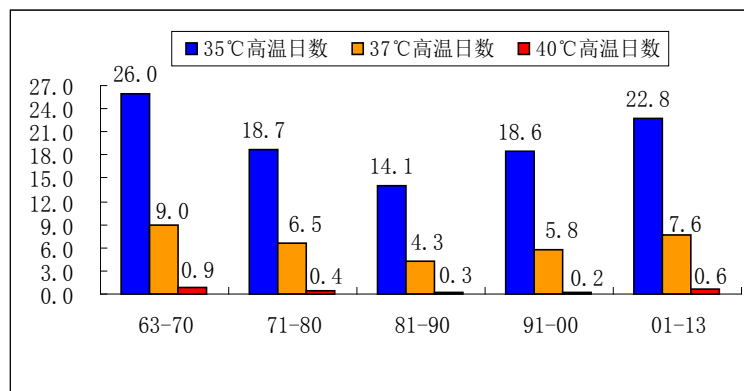
从地域分布来看,三种等级高温日数十堰北部多于南部,北部三站高温日数区域性差异不大。但十堰南部三站表现却明显不同,竹山为全市高温日数出现最多的区域,而与其相距50 km的竹溪和房县却是高温日数最少和次少的地方,竹溪至今未出现过40℃以上的高温天气,这可能与竹山独特的地理环境和观测场的位置有关[6],竹山县四面环山,中部为开阔丘陵山地,散热性较差;堵河绕城而过,河上的潘口水库与小旋水库修建造成了竹山县城出现了一定的湖泊效应,致使竹山站低温偏高,白天太阳直射后升温快,空中能量大量集聚缺少流通,县城内热岛效应显著,而竹山站正处于县城中心位置;同时纬度偏南,经度偏西,夏季长期在大陆高压与副热带高压交替控制下,午后多晴朗少云,日照强烈,加之竹山观测场周围相对平坦无遮挡,午后升温尤为迅速,且可持续至下午16~17时,较十堰其他站升温时间长。

##### 3.1.2. 高温日数年代际变化

从1963~2013年高温日数年代分布图(见图1)可知,51年间三种强度高温日数均呈现“先减后增”趋势,且均在60年代出现次数最多;70年、80年代依次递减,80年代≥35℃、≥37℃高温日数均达到最低值,这可能与80年代十堰地区降水偏多,气温偏低有一定关系;90年代至今,十堰地区的高温日数呈现持续增长趋势。≥40℃高温日数发生概率较小,最低值出现在90年代。

**Table 1.** High temperature days of ≥35℃, ≥37℃, ≥40℃ in each station of Shiyan  
**表 1.** 十堰各站 ≥35℃、≥37℃、≥40℃高温日数

	竹溪	郧西	郧县	十堰	竹山	房县	丹江口	平均
≥35℃高温日数	11.2	23.2	22.1	19.4	27.9	14.6	20.3	19.9
≥37℃高温日数	2.1	7.3	7.8	6.8	11.7	3.8	6.3	6.6
≥40℃高温日数	0	0.5	0.7	0.7	1.0	0.1	0.5	0.5



**Figure 1.** Interdecadal variations of ≥35℃, ≥37℃, ≥40℃ high temperature days from 1963 to 2013  
**图 1.** 1963~2013年≥35℃、≥37℃、≥40℃高温日数年代际变化

### 3.2. 年极端高温特征分布

近 50 年来十堰地区年高温最大值出现在竹山 1966 年 43.4℃, 见表 2。极端高温值在 37℃~40℃之间频次最高, 十堰地区 32 次占 63%; 其次为 40℃~43℃之间为 11 次占 22.4%; 51 年间 < 35℃ 极端高温仅竹溪出现一次为 1983 年 34.8℃。从地域分布来看, 北部高温强度总体高于南部, 但 51 年间南部竹山却是十堰地区强度最大区, 年极端高温均在 37℃ 以上。

### 3.3. 平均高温变化特征

#### 3.3.1. 平均最高气温年际变化

从十堰地区平均最高气温随时间演变曲线(见图 2)发现, 近 50 年十堰市平均最高气温为 21.0℃, 最高出现在 2013 年 22.6℃, 最低出现在 1984 年 19.4℃。对逐年平均高温进行线性拟合, 十堰地区平均最高气温上升趋势显著, 气候倾向率为 0.205℃/10 a, 高于全球近 50 年增温速率 0.13℃/10 a, 但低于全国升温速率 0.22℃/10 a。51 年间十堰地区最高气温上升了 1.05℃, 且总体变化趋势有明显的波动性, 冷暖交替出现。暖期出现在 60 年代、70 年代末期、90 年代至今; 冷期出现在 70 年代前期、80 年代。

从地域分布上看, 十堰地区 7 站的最高气温均呈现一致的上升趋势, 其中除郧县站外其他各站均通过 0.01 显著性检验(见表 3)。郧县站 70 年代以前高温波动较大, 没有通过显著性检验, 属于自然变动; 70 年代以后近 33 年里高温以 0.227℃/10 a 的速率上升, 且通过 0.01 显著水平检验, 增温速率明显。从各站来看: 十堰及其南部三县增温总体高于北部三县, 但北部郧西站对十堰地区变暖贡献最大, 增温速率达到了 0.291℃/10 a, 最高气温 1963~2013 年升高了 1.48℃。

#### 3.3.2. 平均最高气温年代际变化

从十堰地区平均高温距平及高温正距平数(见表 4)可以看出, 近 50 年最高气温上升的趋势也十分明显。其中 90 年代之前高温距平都为负值, 且呈现递减趋势, 由 60 年代 -0.2℃ 减小到 80 年代 -0.6℃, 到 90 年代年均高温距平转为正值, 升温趋势逐渐明显。90 年代开始十堰地区正距平居多且呈增长趋势, 尤其是 21 世纪以来近 13 年里增长最为显著。

**Table 2.** Frequency distribution of extreme high temperatures in Shiyan stations from 1963 to 2013

**表 2.** 1963~2013 年十堰各站极端高温频次分布

日数	<35	35 ≤ T <sub>max</sub> < 37	37 ≤ T <sub>max</sub> < 40	T <sub>max</sub> ≥ 40
竹溪	1	21	28	1
郧西	0	3	36	12
郧县	0	4	29	18
十堰	0	3	25	15
竹山	0	0	33	18
房县	0	9	39	3
丹江口	0	3	35	13

**Table 3.** Annual average high temperature tendency rate of each station in Shiyan area

**表 3.** 十堰地区各站年平均高温倾向率

	竹溪	郧西	郧县	十堰	竹山	房县	丹江口
倾向率(℃/10 a)	0.181	0.291	0.113	0.264	0.223	0.247	0.175
相关系数 R <sup>2</sup>	0.140**	0.249**	0.048	0.178**	0.184**	0.236**	0.124**

注: \*\*通过 0.01 的显著水平检验, \*通过 0.05 显著水平检验。

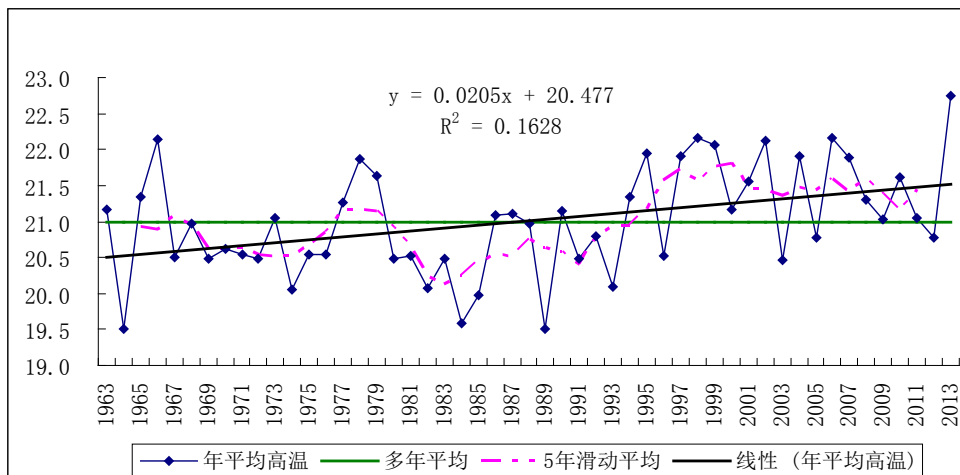


Figure 2. Annual average high temperature trend in Shiyang area from 1963 to 2013

图 2. 1963~2013 年十堰地区年均高温变化趋势

同时由平均最高气温累计距平(见图 3)可知, 年均最高气温累计距平逐年递减, 1993 年到达谷底, 说明前 31 年以负距平为主为偏冷期, 1994 年开始正距平增多, 气候回暖, 累计距平呈增加趋势, 1993~1994 年前后为变化拐点。

### 3.4. 高温的小波分析

选取平均高温序列进行 Morlet 小波变换分析, 以揭示十堰地区高温的年际周期变化规律。由图 4 可知, 十堰地区平均高温序列存在 3~4 a、10 a、36~38 a 周期信号最为明显, 模值均大于 0.5。70 年代以前以 3~4 a 周期为主, 随后周期性减弱, 转为 10a 的长周期表现显著, 模值大于 2.5, 小波系数正负交替出现且一直持续到 90 年代中期, 能够清晰的划分为高温偏强、偏弱年代。90 年代中期至今, 36~38 a 长周期占据主要位置, 整个时域小波系数为正, 且数值明显增大, 说明随着气候增暖, 十堰地区也处于偏暖期。

### 3.5. 高温的突变特征

Mann-Kendall 法是一种非参数统计检验方法, 具有不需要样本遵从一定的分布, 也不受少数异常值干扰的特点, 被广泛应用于类型变量和顺序变量, 该方法不但计算简单, 而且可以明确突变发生的时间, 指出突变区域, 是一种常用的突变检验方法[7]。

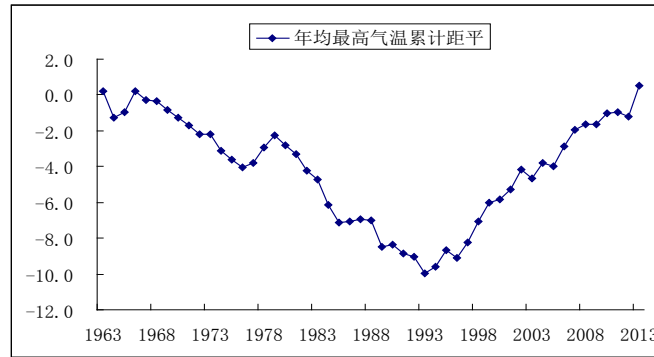
用 Mann-Kendall 突变检验法、对十堰地区平均高温序列进行突变检验, 给定显著性水平( $\alpha = 0.05$ , 即  $U\alpha = \pm 1.96$ )条件下, 计算结果绘图如下[8]:

分析图 5 中 UF 曲线, 60 年代中后期、70 年代末期、90 年代后期至今 3 个时期  $UF > 0$ , 说明年平均最高气温呈现出明显的上升趋势, 2006~2013 年年平均最高气温的上升趋势十分显著。十堰地区 1994 年开始年平均最高气温发生了明显的跃变, 以前为偏冷阶段, 以后年平均最高气温明显上升, 这与年平均最高气温累计距平(见图 3)中拐点一致。突变前年均最高气温为 20.7℃, 突变为 21.5℃, 升高了 0.8℃。

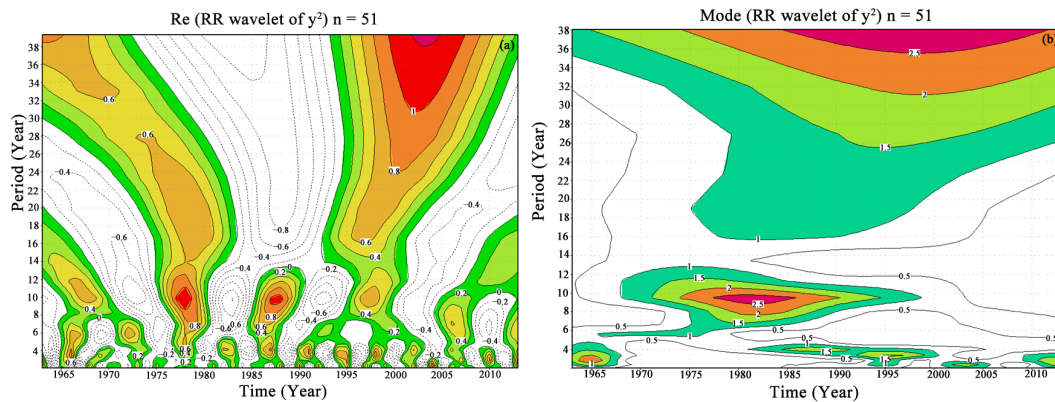
为分析引起突变的原因, 统计了近 50 年十堰各站降水情况, 根据气象标准[9]划分, 分析发现 1963~1993 年降水总体呈偏多趋势, 以湿润年份为主, 1994~2013 年降水总体呈偏少趋势, 以干旱年份为主。通过 SPSS 软件统计分析了近 50 年降水和年平均最高气温相关关系, 两者呈显著的负相关(相关系数  $R = -0.574$ ,  $P < 0.01$ ), 由此可知: 1963~1993 年湿润年份中, 高温值数普遍较低, 而 1994~2013 年干旱年份中高温值数升高。

**Table 4.** Average high temperature anomalies and high temperature positive anomalies in Shiyan area  
**表 4.** 十堰地区平均高温距平及高温正距平数

时间	1963~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2013
年均高温距平	-0.2	-0.2	-0.6	0.3	0.5
高温正距平数	4 (50%)	4 (40%)	4 (40%)	6 (60%)	10 (77%)

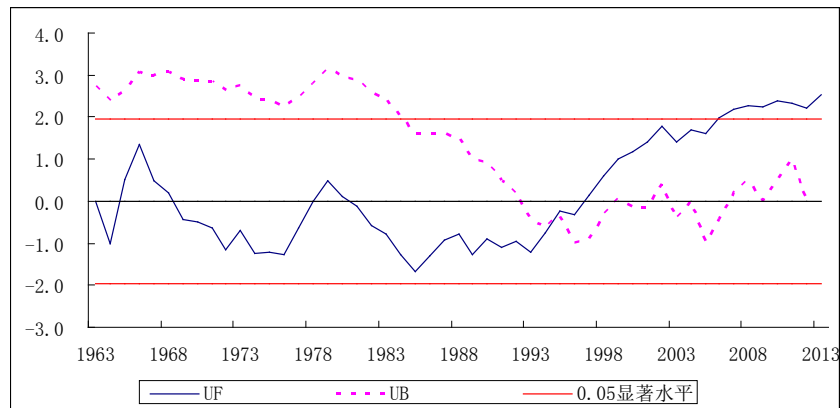


**Figure 3.** The cumulative average anomaly of the highest temperature in the past 50 years in Shiyan area  
**图 3.** 十堰地区近 50 年年平均最高气温累计距平图



**Figure 4.** The real high temperature sequence of the Shiyan region Morlet wavelet transform real part (a) and the modulus value (b)

**图 4.** 十堰地区平均高温序列 Morlet 小波变换实部(a)和模值(b)



**Figure 5.** Mann-Kendall mutation test of the average maximum temperature in Shiyan area from 1963 to 2013  
**图 5.** 十堰地区 1963~2013 年平均最高气温 Mann-Kendall 突变检验

同时此突变点可能与本地城市化发展进程有关,90年代之前十堰地区城市化进程缓慢,工业不发达,城市人口少;而进入90年代后工业发展加快、城市人口急速增长,高层建筑日趋变多,交通压力增加,空气中温室气体增多导致了城市热岛效应明显,观测场的探测环境受到城市热岛效应的影响越来越大,导致最高气温的上升。

#### 4. 结论与讨论

通过分析研究发现,十堰地区高温主要出现在4~9月,1963~2013年高温日数北部多于南部,但最多出现在南部竹山,这与大气候背景下竹山独特的地形环境关系密切;十堰地区极端高温主要集中在37℃~40℃之间,平均最高气温以0.205℃/10 a速率增长,增温速率南部大于北部,与高温日数正好相反,但北部郧西对十堰地区增暖贡献最大;冷暖期交替出现,90年代至今处于偏暖期,尤其是21世纪至今增温最为显著,1994年前后为由偏冷期到偏暖期变化的拐点,与M-K检验一致,目前正处于一个显著增多的渠道中。高温序列存在3~4 a、10 a、36~38 a周期变化,90年代中期至今,36~38 a长周期占据主要位置,且未闭合,预计未来10~20年十堰地区高温仍将处于暖周期内,故高温增长总体趋势不变,但存在正常范围内小周期震荡变化,加之随着城镇化的加剧,城市热岛效应将会越来越明显,高温增长气候变暖趋势将导致高温热害及干旱加剧,其对生产生活的影响仍需高度关注。

#### 基金项目

湖北省气象局科技发展基金(2014Y03)。

#### 参考文献

- [1] 王绍武. 近百年我国及全球气温变化趋势[J]. 气象, 1990, 16(2): 11-15.
- [2] Writing Committee of China's National Assessment Report on Climate Change. (2007) China's National Assessment Report on Climate Change. Science Press, Beijing.
- [3] IPCC. (2007) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. The Physical Science Basis, Climate Change 2007.
- [4] 符淙, 董文杰, 温刚, 等. 全球变化的区域响应和适应[J]. 气象学报, 2003, 61(2): 245-249.
- [5] 卢爱刚. 中国气候对全球升温响应的区域差异研究[M]. 北京: 气象出版社, 2009: 18-30.
- [6] 徐远波, 朱明, 梁武, 等. 近45年十堰高温日数时空变化特征及其气候成因[J]. 湖北气象, 2005(4): 16-18.
- [7] 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.
- [8] 张盛霖, 邓高燕, 黄勇奇. Mann-Kendall检验法在excel中的实现与应用[EB/OL]. 北京: 中国科技论文在线. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/4602051>, 2014-06-27.
- [9] 气象标准汇编: 2005~2006/中国气象局政策法规司编[M]. 北京: 气象出版社, 2008.

**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：2168-5711，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：[ccrl@hanspub.org](mailto:ccrl@hanspub.org)