

# Trend Detection and Abrupt Analysis in Annual Temperature during the Recent 60 Years in Jarud\*

Chunhua<sup>1</sup>, Tuya Alateng<sup>1,2</sup>, Yiruhan<sup>1</sup>, Wurigumula<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot

<sup>2</sup>Inner Mongolian Key Laboratory of Remote Sensing and Geographic Information System, Inner Mongolia Normal University, Hohhot

<sup>3</sup>College of Chemistry and Environmental Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot

Email: 394606261@qq.com/rose741963852@163.com

Received: Sep. 11<sup>th</sup>, 2013; revised: Sep. 28<sup>th</sup>, 2013; accepted: Oct. 9<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Chunhua. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** Based on the observation data of air temperature in Jarud from 1953 to 2011, the methods of climatic tendency and Mann-Kendall test are used to analyze the temperature change of Jarud. The results show that the annual average temperature, maximum and minimum temperature in Jarud showed an upward trend, of which the linear tendency rate was 0.439, 0.258 and 0.546 respectively. The increasing trend in minimum temperature was more significant than that in mean temperature and maximum temperature. There was obvious annual variation in average mean temperature, maximum and minimum temperature. The abrupt change point of annual mean temperature, maximum and minimum temperature in Jarud appeared mainly in 1987, 1990 and 1982.

**Keywords:** Jarud; Temperature Variation; Abrupt Analysis; Mann-Kendall Test

## 扎鲁特旗近 60 年气温变化趋势与突变分析\*

春花<sup>1</sup>, 阿拉腾图雅<sup>1,2</sup>, 伊如汗<sup>1</sup>, 乌日古木拉<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>内蒙古师范大学地理科学学院, 呼和浩特

<sup>2</sup>内蒙古师范大学, 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 呼和浩特

<sup>3</sup>内蒙古师范大学化学与环境科学学院, 呼和浩特

Email: 394606261@qq.com/rose741963852@163.com

收稿日期: 2013 年 9 月 11 日; 修回日期: 2013 年 9 月 28 日; 录用日期: 2013 年 10 月 9 日

**摘要:** 选用扎鲁特旗 1953~2011 年逐日气温资料, 利用线性倾向率等方法对扎鲁特旗近 60 年年平均气温, 平均最高、最低气温年际和年代变化进行趋势分析, 利用 Mann-Kendall 方法进行突变检验。结果表明: 扎鲁特旗年平均气温、平均最高、最低气温呈上升趋势, 其气候倾向率分别为 0.439、0.258 和 0.546°C/10a, 平均最低气温上升趋势比年平均气温和平均最高气温还要明显。年平均气温、平均最高、最低气温有明显的年代变化。扎鲁特旗年平均气温、平均最高气温和平均最低气温突变主要发生在 1987、1990 和 1982 年。

**关键词:** 扎鲁特旗; 气温变化; 突变检验; Mann-Kendall 检验

### 1. 引言

近年来, 全球气候变暖并日趋加剧已是公认的事实, 日益引起社会公众和政府的关注。IPCC<sup>[1]</sup>第四次

\*基金项目: 国家自然科学基金项目 41261099, 国家十二五科技支撑项目(2013DAK05B01)。

气候变化评估报告指出, 气候变暖是不争的事实, 近百年(1906~2005 年)全球地表平均温度升高了 0.74°C, 近 50a 平均线性增暖速率为 0.13°C/10a。我国学者对中国平均温度的变化研究已有不少很有成效的工作。这些结果表明中国近百年平均气温的变化与全球的

增温趋势大体相似,但在具体的变化过程、转折时间和程度上又与全球有一定区别,同时也表现出较大的地域性差异<sup>[2-8]</sup>。气温变化的影响是多尺度、全方位、多层次的,正面和负面影响并存,但它的负面影响更受人们的关注。事实上对气温变化过程来看,气温变化既包括自然变化过程,也有人类活动的影响。

气候变化主要体现在地区和季节的变化上,各个地区的变暖的时间-空间尺度变化都不同,事实上,北方地区的变暖比南方地区要明显,冬季变暖现象比其他季节要明显。扎鲁特旗地处内蒙古自治区通辽市西北部,大兴安岭南麓,科尔沁草原西北端,属内蒙古高原向松辽平原过渡地带。属中温带大陆性季风气候,是我区半农半牧地区,气候变化敏感,灾害事件经常发生,其植被和环境受气候变化影响非常明显。扎鲁特旗的气候变化被全球变暖和地区的特点所影响着。利用扎鲁特旗 1953~2011 年逐日气温资料,分析了扎鲁特旗近 60 年气温变化趋势,旨在进一步了解该地域气温变化规律并为防灾减灾提供参考。

## 2. 数据、方法和研究区

### 2.1. 数据和方法

选用内蒙古扎鲁特旗气象站点的 1953~2011 年逐日气温资料,以及利用该资料得到年平均气温、平均最高气温和平均最低气温时间序列。利用线性倾向率<sup>[4]</sup>等方法对近 60 年扎鲁特旗年平均气温,平均最高、最低气温年际和年代变化进行趋势分析,利用 Mann-Kendall 方法<sup>[4]</sup>进行突变检验。

Mann-Kendall 法(简称为 M-K 法),是一种常用突变检验方法,主要应用于气候和径流趋势突变分析。这一方法的优点在于不仅计算简便,而且可以明确突变开始的时间。在 M-K 法中,其分析绘出的 UF 和 UB 曲线图,若 UF 或 UB 大于 0,则表明序列呈上升趋势,若 UF 或 UB 小于 0,则表明序列呈下降趋势。当它们超过临界值线(红色点线)时,表明上升或下降的趋势显著。

### 2.2. 研究区概况

扎鲁特旗地处内蒙古自治区通辽市西北部,大兴安岭南麓,科尔沁草原西北端,属内蒙古高原向松辽平原过渡地带。位于东经 119°13'48"~121°56'05",北

纬 43°50'13"~45°35'31"之间。全旗土地总面积 1.75 万平方公里,版图形状为西北至东南狭长形,地势西北高,东南低,北部为山地,中部为低山丘陵区,南部为西辽河沙丘地平原。气候以温带大陆性季风气候为主,全年多年平均气温 6.6℃,年均降水量 382.5 毫米,主要集中在 7 月和 8 月,年平均蒸发量为 1888 mm 以上,春旱多风。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 气温趋势与特征变化

#### 3.1.1. 平均气温

由图 1 可知,近 60 年扎鲁特旗年平均气温呈明显的上升趋势,其气候倾向率为 0.439℃/10a。从 1953 年到 2011 年扎鲁特旗年平均气温为 6.6℃,气温有明显的年际和年代变化,平均气温在 20 世纪 50 年代到 80 年代中期主要呈负距平,表明扎鲁特旗属于偏冷时期。自从 80 年代末开始气温呈明显上升趋势,尤其 21 世纪初以来气温上升率尤为明显。年平均最高气温出现在 2007 年,为 8.9℃,年平均最低气温出现在 1953 年,为 4.3℃。

#### 3.1.2. 平均最高气温

由图 2 可知,近 60 年扎鲁特旗平均最高气温平稳上升,其气候倾向率为 0.258℃/10a,20 世纪 50 年代到 60 年代中期有上升趋势,60 年代中期到 80 年代末之间气温平稳波动,从 90 年代初开始气温呈正距平,表明扎鲁特旗属于偏暖时期。从 2001 年到 2011 年平均最高气温比 1953 年到 1970 年平均最高气温上升了 1.3℃,比 1971~2000 年的平均最高气温上升了 0.8℃(表 1)。

#### 3.1.3. 平均最低气温

由图 3 可知,近 60 年扎鲁特旗平均最低气温呈明显上升趋势,其气候倾向率为 0.546℃/10a,平均最低气温上升速率为平均最高气温的两倍以上,这表明气温上升主要体现在夜间。由表 1 可知,从 1953 年到 1970 年平均最低气温相对低,平均最低气温为-0.4℃,从 1971 年到 2000 年平均最低气温平稳上升,自从 2001 年到 2011 年平均最低气温明显上升,年平均最低气温达到了 2.1℃,比 1953~1970 年平均最低气温上升了 2.5℃。

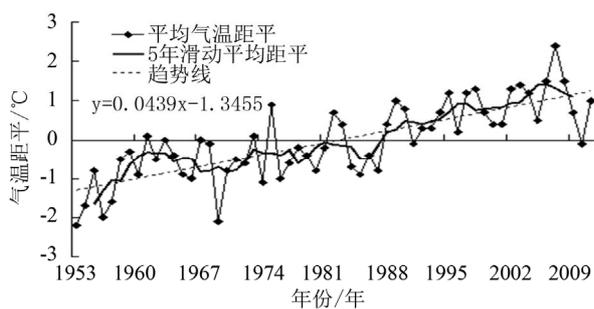


Figure 1. Annual average temperature anomaly and 5-year moving average curve in Jarud during 1953-2011

图 1. 扎鲁特旗 1953~2011 年平均气温距平与 5 年滑动平均曲线

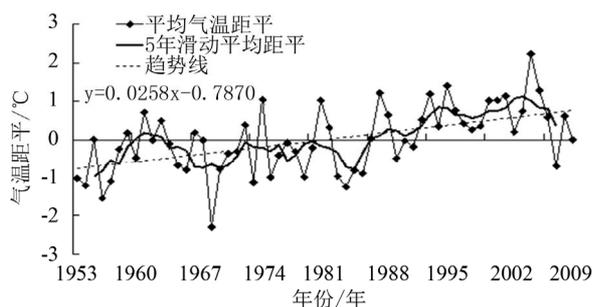


Figure 2. Annual average maximum temperature anomaly and 5-year moving average curve in Jarud during 1953-2011

图 2. 扎鲁特旗 1953~2011 年平均最高气温距平与 5 年滑动平均曲线

Table 1. The average temperature every 10 years in Jarud during 1953-2011 (unit: °C)

表 1. 扎鲁特旗 1953~2011 年每 10a 平均温度(单位: °C)

时段	年平均气温	平均最高气温	平均最低气温
50 年代	5.3	12.3	-0.7
60 年代	5.9	12.7	-0.1
70 年代	6.1	12.7	0.4
80 年代	6.5	12.9	1.1
90 年代	7.1	13.4	1.7
21 世纪初	7.6	13.8	2.1

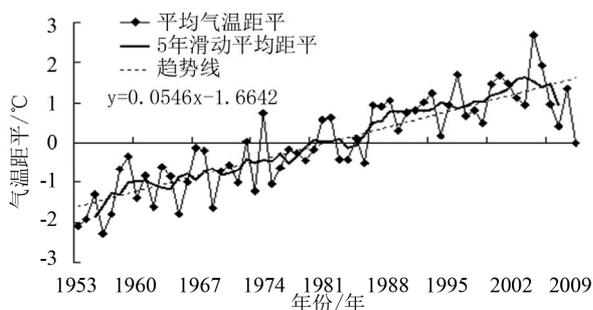


Figure 3. Annual average minimum temperature anomaly and 5-year moving average curve in Jarud during 1953-2011

图 3. 扎鲁特旗 1953~2011 年平均最低气温距平与 5 年滑动平均曲线

## 3.2. 气温突变分析

### 3.2.1. 平均气温

利用 M-K 法对 1953~2011 年扎鲁特旗年平均气温、平均最高气温、平均最低气温进行突变分析, 取  $\alpha = 0.01$  ( $U = \pm 2.58$ ) 的信度水平, 由图 4 可知, 平均气温的 UF 曲线在 20 世纪 50 年代到 60 年代中期呈上升趋势, 60 年代中期到 80 年代中期之间气温平稳波动, 从 80 年代末开始气温呈明显上升趋势, UF 与 UB 相较于 1987 年前后, 并且 UF 曲线超过了 2.58 的信度曲线表明平均气温在 1987 年发生了突变, 自 1987 年之后扎鲁特旗平均气温突变上升。

### 3.2.2. 平均最高气温

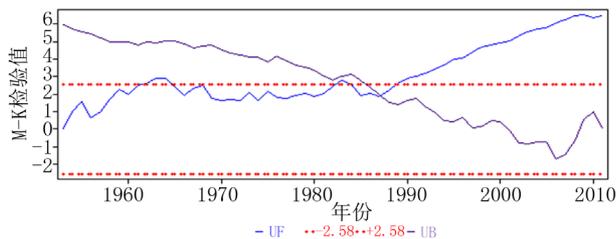
由图 5 可以看出, 平均最高气温的 UF 曲线在 20 世纪 50 年代到 60 年代中期呈上升趋势, 60 年代中期到 80 年代末之间气温平稳波动, 从 90 年代初开始气温呈明显上升趋势, UF 与 UB 相较于 1990 年前后, 并且 UF 曲线超过了 2.58 的信度曲线表明平均最高气温在 1990 年发生了突变, 自 1990 年之后扎鲁特旗平均最高气温突变上升。

### 3.2.3. 平均最低气温

由图 6 可知, 平均最低气温的 UF 曲线在 20 世纪 50 年代到 70 年代中期平稳波动上升, 从 70 年代中期开始气温呈上升趋势, 并且 UF 曲线在 1978 年左右超过了 2.58 的信度曲线表明平均最低气温上升趋势尤为显著, UF 与 UB 相较于 1982 年前后, 表明平均最低气温在 1982 年发生了突变, 自 1982 年之后扎鲁特旗平均最低气温突变上升。

## 4. 结论与讨论

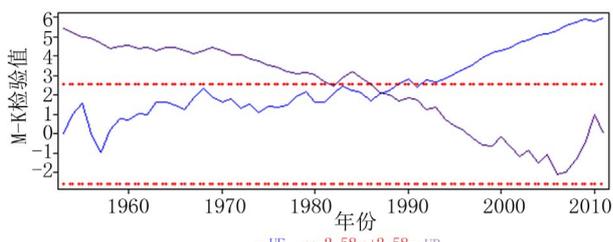
扎鲁特旗近 60 年年平均气温、平均最高、最低气温均呈上升趋势, 其气候倾向率分别为 0.439、0.258 和 0.546°C/10a。然而平均最高和最低气温的上升趋势呈明显的不对称性, 平均最低气温上升为平均最高气温上升的两倍以上, 更进一步表明平均最低气温对扎鲁特旗气温变暖有很大的贡献。扎鲁特旗年平均气温从 20 世纪 50 年代到 80 年代末平稳波动, 90 年代开始明显上升, 自 21 世纪初尤为明显。年平均气温、平均最高气温和平均最低气温经历了从 20 世纪 80 年代初到 80 年代末由低温转向高温的突变。



注：直线为  $\alpha = 0.01 (U = \pm 2.58)$  显著性水平临界值

Figure 4. Mann-Kendall statistic curve of annual average temperature

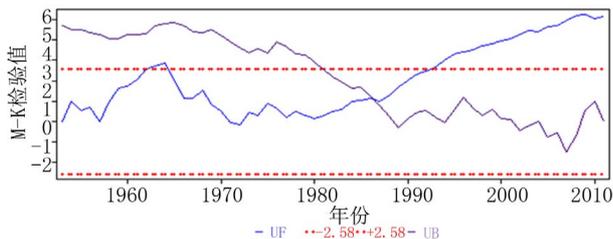
图 4. 扎鲁特旗年平均气温 M-K 法统计曲线



注：直线为  $\alpha = 0.01 (U = \pm 2.58)$  显著性水平临界值

Figure 5. Mann-Kendall statistic curve of annual average maximum temperature in Jarud

图 5. 扎鲁特旗年平均最高气温 M-K 法统计曲线



注：直线为  $\alpha = 0.01 (U = \pm 2.58)$  显著性水平临界值

Figure 6. Mann-Kendall statistic curve of annual average minimum temperature in Jarud

图 6. 扎鲁特旗年平均最低气温 M-K 法统计曲线

研究表明近 60 年扎鲁特旗气温明显上升，平均最低气温上升比平均最高气温还要明显。这与陈铁喜等对中国气温变化研究<sup>[5]</sup>的结论和姜秀萍等对内蒙古中东部地区气温变化研究<sup>[6]</sup>发现的结论较吻合，然而气温上升小于内蒙古西部地区<sup>[7]</sup>。扎鲁特旗年平均气温在 1987 年发生突变与对内蒙古地区气温变化研究<sup>[8]</sup>发现的内蒙古气温在 1989 年突变的结论较吻合。

### 参考文献 (References)

- [1] IPCC. Climate change 2007: The physical science basis, summary for policy maker. Geneva: IPCC, 2007.
- [2] L. Kong. Analysis of changes in precipitation and temperature over the past 60 years in East China. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1: 72-77.
- [3] T. W. Zhang, J. L. Wang, X. J. Xiang, F.-X. Shao, et al. Characteristic analysis of the temperature variation in Baoji City in past 52 years. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1: 1-3.
- [4] M. H. Wang, X. W. Sun, G. X. Li, et al. Temperature variation and mutation analysis over the past 59 years in Shenyang. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1: 33-35, 39.
- [5] 陈铁喜, 陈星等. 近 50 年中国气温日较差的变化趋势分析[J]. 高原气象, 2007, 1: 50-157.
- [6] 姜秀萍, 郭颖, 王晓光, 黄金福等. 内蒙古开鲁县近 58 年气温、降水量变化特征及未来变化趋势[J]. 畜牧与饲料科学, 2012, 9: 17-19.
- [7] 刘丽萍, 边疆英等. 二连浩特市近 50a 气温、降水量变化特征分析[J]. 内蒙古气象, 2012, 4: 3-5.
- [8] 包刚, 吴琼, 阿拉腾图雅, 包玉海等. 近 30 年内蒙古气温和降水量变化分析[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2011, 6: 668-674.