

新疆托克逊1961~2010年气温变化特征分析

石继宏¹, 朱玉祥^{2*}, 马依拉·买合木提¹, 依巴代提·肉苏力¹, 阿地力·苏拉衣曼¹,
巴合提亚尔·木斯来丁¹

¹新疆托克逊县气象局, 新疆 托克逊县

²中国气象局气象干部培训学院, 北京

收稿日期: 2021年10月2日; 录用日期: 2021年11月2日; 发布日期: 2021年11月11日

摘要

利用新疆托克逊国家一般气象观测站1961~2010年的资料, 采用气候倾向率和相关分析方法, 对托克逊气温变化特征进行了分析。结果表明: 托克逊年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温都呈增温趋势, 年平均最低气温增温比年平均最高气温增温更明显, 年平均最低气温对年平均气温的影响要大于年平均最高气温; 四个季节的季平均气温、季平均最高气温、季平均最低气温、季极端最高气温、季极端最低气温均呈现增温趋势, 而且秋冬季增温比春夏季更显著; 白天和夜间的气温都呈上升趋势, 但夜间的上升幅度比白天高近一倍。

关键词

托克逊, 气温, 变化趋势, 相关分析

Characteristics of Temperature Change at Tuokexun Station in Xinjiang Province from 1961 to 2010

Jihong Shi¹, Yuxiang Zhu^{2*}, Mahira Mahmut¹, Adil Sulayman¹, Ibadat Rosul¹,
Bahtiyar Muslaydin¹

¹Tuokexun County Meteorology Bureau, Tuokexun County Xinjiang

²China Meteorological Administration Training Centre, Beijing

Received: Oct. 2nd, 2021; accepted: Nov. 2nd, 2021; published: Nov. 11th, 2021

Abstract

Based on the data of Tuokexun National Meteorological Observatory in Xinjiang from 1961 to

*通讯作者。

文章引用: 石继宏, 朱玉祥, 马依拉·买合木提, 依巴代提·肉苏力, 阿地力·苏拉衣曼, 巴合提亚尔·木斯来丁. 新疆托克逊 1961~2010 年气温变化特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(6): 637-642. DOI: 10.12677/ccrl.2021.106074

2010, the climate trend rate and correlation analysis method were used to analyze the characteristics of temperature change in Tuokexun. The results show that the annual mean temperature, annual mean maximum temperature and annual mean minimum temperature all show a warming trend, the annual mean minimum temperature increases more obviously than the annual mean maximum temperature, and the annual mean minimum temperature has more influence on the annual mean temperature than the annual mean maximum temperature. The seasonal mean temperature, seasonal mean maximum temperature, seasonal mean minimum temperature, seasonal extreme maximum temperature and seasonal extreme minimum temperature showed a warming trend in the four seasons, and the warming in autumn and winter was more significant than that in spring and summer. Daytime and nighttime temperatures showed an upward trend, but the increase at night was nearly twice as high as during the day.

Keywords

Tuokexun, Temperature, Change Trend, Correlation Analysis

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

进入 21 世纪, 全球气温逐渐变暖已成为不争的事实, 虽然大部分地区气温呈现上升趋势, 但不同地区, 不同时期气温变化仍有差异。据统计, 自 20 世纪以来, 全球平均气温升高 0.74°C , 且温度上升并不连续, 后 50 a 的线性增暖趋势 ($0.13^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) 是近 100 a 的 2 倍[1]。近百年来, 我国的温度与全球情况大致相似, 但在具体变化过程和幅度上却有着明显的区域性差异。我国西南地区自 20 世纪 50 年代以来, 一直呈降温趋势, 而东北, 华北及西北地区则呈增暖趋[2]。本文通过对托克逊 50 a 的平均气温、平均最高气温、平均最低气温、极端最高气温、极端最低气温变化特征进行分析, 得出托克逊 50 a 的气温变化特征。

托克逊县隶属于新疆维吾尔自治区吐鲁番市, 位于新疆维吾尔自治区中东部, 天山南麓, 吐鲁番盆地西部, 地理坐标为: 东经为 $87^{\circ}14'05''\sim 89^{\circ}11'08''$, 北纬为 $41^{\circ}21'14''\sim 43^{\circ}18'11''$, 东与吐鲁番市高昌区为邻, 南与巴州尉犁县相接, 西与巴州的和硕、和静县相连, 北与乌鲁木齐市毗邻。县城托克逊镇距乌鲁木齐市公路里程 162 千米。托克逊是我国降水最少的地方[3], 气候特征具有鲜明的地方特色。但目前针对托克逊的气温变化特征进行分析的研究还很少, 故本文专门对此进行分析研究。

2. 资料和研究方法

2.1. 资料

选取托克逊平均气温、平均最高气温、平均最低气温、极端最高气温、极端最低气温资料, 资料年限为 1961 年~2010 年, 共 50 年。首先按昼夜、月、季、年求出各气象要素的平均值, 然后计算出各气象要素与时间序列时段的关系。

2.2. 方法

线性倾向估计。把气象要素表示为时间 t 的一元线性回归方程 $y = at + b$, 用最小二乘法[4] [5]通过实际气象资料可以估计出 a 和 b 。 a 是回归系数, 其 10 倍数称为该气候要素的变化速率, 表示气候变量 y 的倾向估计。 $a > 0$, 表明随着时间 t 的推移, 气候变量 y 呈现上升趋势, 反之呈下降趋势。 a 值的大小反

映 y 上升或下降的快慢。

相关分析[6]。皮尔逊相关系数是最常用的相关系数，常简称为“相关系数”或“简单相关系数”，两个一维随机变量 $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 和 $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ 之间相关系数的计算公式为：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

皮尔逊相关系数 r 可以表示两个随机变量之间线性关系的强弱，其取值范围为 $-1 \leq r \leq 1$ 。 r 越趋近于 1，表示这两个变量之间正线性相关关系越强；反之， r 越趋近于 -1，表示这两个变量之间负线性相关关系越强；而当 r 等于 0 或接近于 0 时，表示这两个变量之间不存在线性关系或线性关系很弱。

3. 结果分析

3.1. 气温

3.1.1. 气温随时间的月际变化

经过对托克逊 50 a 的月平均温度、月平均最高气温、月平均最低气温、月极端最高气温、月极端最低气温进行线性趋势分析，结果如表 1。

Table 1. Monthly average temperature, average maximum temperature, average minimum temperature, extreme maximum temperature, and trend rates of extreme minimum temperature at Tuokexun from 1961 to 2010 ($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) (*means passing significance test at 0.05 level)

表 1. 托克逊 50 年各月平均气温、平均最高气温、平均最低气温、极端最高气温、极端最低气温倾向率($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) (*表示通过了 0.05 水平的显著性检验)

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
平均气温	0.25	0.67*	0.23	0.32*	0.07	0.24*	0.02	0.00	0.24*	0.36*	0.51*	0.40	0.28*
平均最高气温	0.09	0.58*	0.14	0.32	0.06	0.25*	0.07	0.10	0.31*	0.29*	0.33	0.11	0.22*
平均最低气温	0.55*	1.02*	0.53*	0.58*	0.33*	0.57*	0.28*	0.24*	0.48*	0.67*	0.81*	0.70*	0.56*
极端最高气温	0.04	0.47*	0.14	0.55*	0.21	0.30*	0.14	0.12	0.33	0.34	0.33	0.46*	0.29
极端最低气温	0.50*	0.91*	0.63*	0.67*	0.43	0.74*	0.27	0.69*	0.72*	0.70*	0.89*	0.61*	0.65*

从表 1 可以看出，50 a 来，托克逊平均气温 2 月升温幅度最大，为 $0.67^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，并且通过了显著性为 0.05 的检验，而最小为 8 月份的 $0.00^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。平均最高气温升温幅度最大为 2 月份的 $0.58^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，并通过了显著性为 0.05 的检验，最小 5 月份的 $0.06^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。平均最低气温升温幅度最大为 2 月份的 $1.02^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，最小为 8 月份的 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，其它月份在二者之间并且都通过了显著性为 0.05 的检验。月极端最高气温升温幅度最大的是 4 月份的 $0.55^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，并且通过了显著性为 0.05 的检验，最小为 1 月份的 $0.04^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。月极端最低气温升温幅度最大的 2 月份为 $0.91^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，最小为 7 月份的 $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，除了 5 月和 7 月没有通过显著性为 0.05 的检验之外，其它月份都达到了显著性标准。从月份来看，2 月份和 6 月份，平均气温、平均最高气温、平均最低气温、极端最高气温、极端最低气温都在升温并且通过了显著性为 0.05 的检验。

平均气温与平均最低气温、平均最高气温、极端最低气温、极端最高气温两两之间的相关系数，分别为 0.9940、0.8122、0.7408、0.6720，依次通过了显著性为 0.001、0.002、0.01、0.05 的显著性检验。

3.1.2. 气温随时间的昼夜变化

根据《地面气象观测规范》对白天和夜间的划分，如果我们把夜间 02 时和 08 时的平均气温作为夜

间的气温,把14时和20时的平均气温作为白天(昼)的气温,绘出50 a的变化趋势,如图1所示。可以看出50 a来托克逊白天和夜间的气温都呈上升趋势,但夜间上升趋势的幅度比白天高近一倍,为0.37度/10a。分别计算夜间平均气温与白天平均气温和年平均气温的相关系数,计算结果为0.9644和0.9530,二者都通过了0.001的显著性检验,但可以看出夜间气温的上升对年平均气温上升的贡献比白天大。

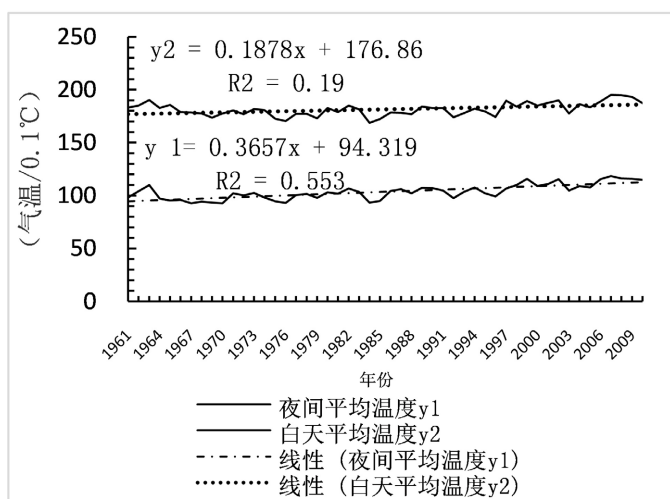


Figure 1. Analysis of daytime and nighttime temperature changes at Tuokexun from 1961 to 2010

图 1. 托克逊 50 a 白天和夜间气温的变化分析

3.1.3. 气温随时间的年际变化

托克逊 50 a 的年平均气温总体上呈上升趋势,上升幅度为 0.28/10a,年平均最高气温上升幅度为 0.22/10a,年平均最低气温上升幅度为 0.56/10a,为年平均气温上升幅度的一倍。相关系数都通过了 0.001 的显著性检验。如图 2 所示。

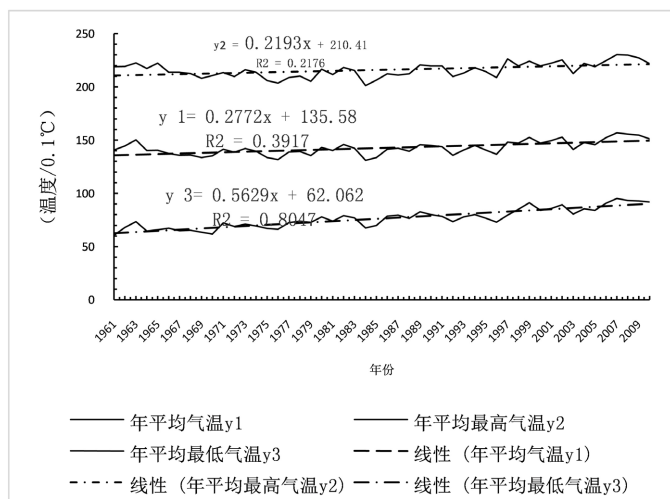


Figure 2. Annual mean temperature, annual mean maximum temperature and annual mean minimum temperature changes at Tuokexun from 1961 to 2010

图 2. 托克逊 50 a 逐年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温的变化

3.1.4. 气温随季节的变化

为了进一步分析气温在每个季的变化特征,对各季节的平均气温、平均最高气温、平均最低气温、极端最高气温、极端最低气温进行了趋势分析,季节按照常规划分为:春季(3~5月)、夏季(6~8月)、秋季(9~11月)、冬季(12~次年2月)。

1) 平均气温的季节变化

50 a 来,托克逊县各季节的平均气温呈现上升趋势,各季节气温的上升趋势在 $0.09^{\circ}\text{C}\sim 0.47^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间,秋、冬两季气温的上升趋势明显高于春、夏两季。冬季上升幅度最大为 $0.47^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。除夏季外,其它都通过了显著性 0.05 的检验。如表 2 所示。

Table 2. Climatic trend rates of air temperature at Tuokexun from 1961 to 2010 (* means passing the significance test of at 0.05 level)

表 2. 托克逊 50 年各季气温的气候倾向率(*表示通过了 0.05 水平的显著性检验)

项目	春季	夏季	秋季	冬季	年趋势
平均气温	0.21*	0.09	0.37*	0.47*	0.28*
平均最高气温	0.17	0.14*	0.31*	0.29	0.22*
平均最低气温	0.48*	0.36*	0.65*	0.77*	0.56*
极端最高气温	0.30*	0.19	0.33*	0.34*	0.29*
极端最低气温	0.58*	0.56*	0.77*	0.71*	0.65*

2) 平均最高气温的季节变化

50 a 来,托克逊县各季节的平均最高气温呈现上升趋势,各季节平均最高气温的上升趋势在 $0.14^{\circ}\text{C}\sim 0.31^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间,秋、冬两季气温的上升趋势明显高于春、夏两季,经检验,夏、秋季通过了显著性 0.05 的检验。秋季上升幅度最大为 $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

3) 平均最低气温的季节变化

50 a 来,托克逊县各季节的平均最低气温呈现上升趋势,各季节平均最低气温的上升趋势在 $0.36^{\circ}\text{C}\sim 0.77^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间,秋、冬两季气温的上升趋势高于春、夏两季,经检验,四季都通过了显著性 0.05 的检验。冬季上升幅度最大为 $0.77^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

4) 极端最高气温的季节变化

50 a 来,托克逊县各季节的极端最高气温呈现上升趋势,各季节极端最高气温的上升趋势在 $0.19^{\circ}\text{C}\sim 0.34^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间,春、秋、冬极端最高气温的上升趋势明显高于夏季,并且通过了显著性 0.05 的检验。冬季上升幅度最大为 $0.34^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

5) 极端最低气温的季节变化

50 a 来,托克逊县各季节的极端最低气温呈现上升趋势,各季节极端最低气温的上升趋势在 $0.56^{\circ}\text{C}\sim 0.77^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间,秋、冬两季气温的上升趋势高于春、夏两季,经检验,春、夏、秋、冬四季通过了显著性 0.05 的检验。秋季上升幅度最大为 $0.77^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

4. 小结和讨论

本文分析了新疆托克逊 1961~2010 年气温变化特征,简单小结如下:

1) 托克逊年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温都呈增温趋势;年平均最低气温增温比年平均最高气温增温更明显;年平均最低气温对年平均气温的影响要大于年平均最高气温。

2) 托克逊四个季节的季平均气温、季平均最高气温、季平均最低气温、季极端最高气温、季极端最

低气温均呈现增温趋势，而且秋冬季增温比春夏季更显著。

3) 对托克逊气温的昼夜变化分析表明，50 a 来托克逊白天和夜间的气温都呈上升趋势，但夜间的上升幅度比白天高近一倍。

需要指出的是，本文只是基于托克逊一个站的资料，所采用的研究方法也比较简单，所得结论也很初步，将来还需要进一步深入研究，比如开展托克逊气温和西北区域甚至全球气温变化趋势的对比分析等。在全球变暖的背景下，托克逊气温未来的变化趋势，也很值得研究，这对于防灾减灾和应对气候变化都具有重要意义。

基金项目

国家重点研发计划(2017YFC1502005)、中国科学院战略性先导科技专项(XDA20100304)。

参考文献

- [1] 王凤梅. 2007 年全球气候评述[J]. 沙漠与绿洲气象, 2008, 2(2): 58-60.
- [2] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [3] 石继宏, 朱玉祥. 新疆托克逊观测气温的均一性分析与订正[J]. 气候变化研究快报, 2017, 6(5): 288-296.
- [4] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 第 4 版. 北京: 气象出版社, 2016.
- [5] (美)丹尼尔·威尔克斯. 大气科学中的统计方法[M]. 第 3 版. 朱玉祥, 等, 译. 北京: 气象出版社, 2017.
- [6] 朱玉祥, 江剑民, 赵亮, 等. 不同计算形式的相关分析在气象中的应用综述[J]. 热带气象学报, 2021, 37(1): 10-13.