

Homogeneity and Correction for Observation Air Temperature at Toksun Station in Xinjiang Province

Jihong Shi¹, Yuxiang Zhu^{2*}

¹Toksun County Meteorology Bureau, Toksun Xinjiang

²China Meteorological Administration Training Centre, Beijing

Email: *zhuyx@cma.gov.cn

Received: Oct. 5th, 2017; accepted: Oct. 17th, 2017; published: Oct. 23rd, 2017

Abstract

The corresponding air temperature data were contrastively analyzed between new and old observation station at Toksun national general weather station. It was found that there was significance difference in air temperature between new and old station. 78 percent of months had significance difference in average, average maximum, average minimum air temperature between new and old station. Preliminary analysis showed that significance difference in air temperature resulted from the geographical environment, underlying surface properties and urban heat island effect. The air temperature data of new station were emended to old station by unitary linear regression analysis, which could get homogeneity air temperature data representing local air temperature change.

Keywords

Homogeneity, Transfer the Station, Comparative Observation, T-Test

新疆托克逊观测气温的均一性分析与订正

石继宏¹, 朱玉祥^{2*}

¹新疆托克逊县气象局, 新疆 托克逊

²中国气象局气象干部培训学院, 北京

Email: *zhuyx@cma.gov.cn

收稿日期: 2017年10月5日; 录用日期: 2017年10月17日; 发布日期: 2017年10月23日

*通讯作者。

文章引用: 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.
DOI: 10.12677/ccrl.2017.65032

摘 要

采用托克逊国家一般气象观测站新、旧站址2015年1~12月同期气温观测资料,进行了对比分析。发现新、旧站的气温存在显著差异,新站与旧站平均气温、平均最高气温、平均最低气温存在显著性差异的月份占到78%,表明迁站导致托克逊站的观测气温出现了非均一性。初步分析表明,地理环境、下垫面性质、城区的热岛效应是造成气温出现显著差异的主要原因。用一元线性回归方法,把新站的气温资料订正到旧站,可以得到较准确的代表当地气温真实变化特点的均一性气温资料。

关键词

均一性, 迁站, 对比观测, t-检验

Copyright © 2017 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

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[1],气候特征具有鲜明的地方特色。

托克逊国家一般气象站建于1958年6月,近年来,由于城市建设进程的加快,观测环境受到很大影响。为了保证气象观测资料的准确性、代表性和比较性,改善地面气象观测环境,于2014年开始新站的筹建工作,2015年新、旧站址同时做对比观测,2016年1月1日正式搬迁到新站。

如果一个测站得到的气象记录序列仅仅是天气和气候实际变化的反映,那么,这样的资料就是均一的。测站位置的迁移、周围环境的改变、观测仪器和安装方法的更新、观测时次的改变、观测者的习惯性误差、定义指数时所用观测台站数量的变化等,都可能使观测序列发生改变,这些改变都不是实际天气和气候变化的反映,因而破坏了资料的均一性。气候资料序列的非均一性,制约了气候模式预报、预测和预估的准确性,影响气候变率和气候极端事件研究的统计评估,影响数值模式效果检验,对不均一的资料应该加以订正或者在分析中注意到使均一性破坏的那些因素的作用,才能作出恰当的分析结论[2]。

那么对于温度序列而言,托克逊站的迁站会导致资料的非均一性吗?新旧站之间观测环境存在哪些差异呢?如何才能合并新旧观测站的数据,得到均一性的温度序列呢?这都是本文需要研究的问题。

2. 新、旧站址观测环境对比

新站址为托克逊县夏乡色日克墩村,地理环境为乡村。旧站址为托克逊县丝绸路,地理环境为市区,观测场围墙东面为白杨河广场,围墙南面为白杨河,围墙西面为白杨河宾馆,北面为新建的政府大楼。新站址位于旧站址的南方,新站址距旧站址约4.8 km,四周无建筑物遮挡,视野开阔。新站址观测场海拔高度比旧站址高约48.5 m,气压传感器海拔高度比旧站址高48.7 m,新、旧站风速感应器距地高度均为10.5 m,干湿球温度表距地高度1.5 m。表1为托克逊气象站新、旧观测场地理位置比较。

3. 资料与方法

3.1. 资料

资料来自托克逊站 2015 年 1~12 月新、旧站址同期气温, 包括月平均气温、平均最高气温、平均最低气温。这些资料已经进行了逻辑、界值和空间一致性的审查。

3.2. 方法

气象资料均一性检验的方法有很多[2] [3] [4] [5] [6], 文献[7]-[12]主要针对温度做非均一性检验和订正, 这些方法各有优缺点。本文主要研究对比观测期间新、旧站之间平均值的差异是否显著, 考虑到方法的简洁实用性, 所以采用常用的 t-检验对新、旧站气温资料平均值的差异进行显著性检验。用相关分析对新、旧站之间气温的相关性进行了分析, 对新、旧站存在非均一性的气温资料采用一元线性回归方法进行订正。

4. 新、旧站日和月气温年内变化趋势对比分析

由于只有一年的对比观测资料, 所以我们对这一年中各月的气温变化做对比。图 1 为托克逊 2015 年 1~12 月新、旧站各月平均气温、平均最高气温、平均最低气温对比。从图 1 可见, 各月月平均气温、最高气温和最低气温变化趋势高度一致, 那么在日序列上变化趋势是怎么表现的呢? 因此图 2 以代表冬季

Table 1. Comparison of old and new field location at Toksun station

表 1. 托克逊新、旧观测场地理位置比较

项目	经度	纬度	海拔高度(m)	气压传感器海拔高度(m)	地理环境
新站	88°36'E	42°46'N	49.5	50.7	乡村
旧站	88°38'E	42°48'N	1.0	2.0	市区

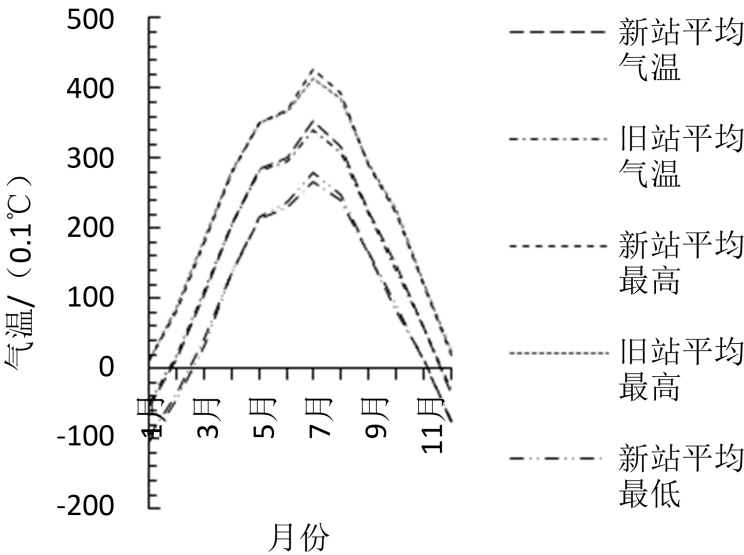


Figure 1. Contrast of average, average maximum, average minimum air temperature between new and old Toksun station from January to December in 2015

图 1. 为托克逊 2015 年 1~12 月新、旧站平均气温、平均最高气温、平均最低气温对比

的 1 月为例, 对新、旧站日平均气温、日最高气温、日最低气温做了对比; 图 3 以代表夏季的 7 月为例, 对新、旧站日平均气温、日最高气温、日最低气温做了对比。从图 2 和图 3 可以看出, 气温日变化趋势也是高度一致的。

5. 新、旧站气温各月比较

有上节分析可见, 虽然新旧站年内变化趋势一致。但却存在差异, 那么这种差异是否显著呢? 我们用新站观测值减旧站观测值得到 1~12 月的差值, 列成表 2。

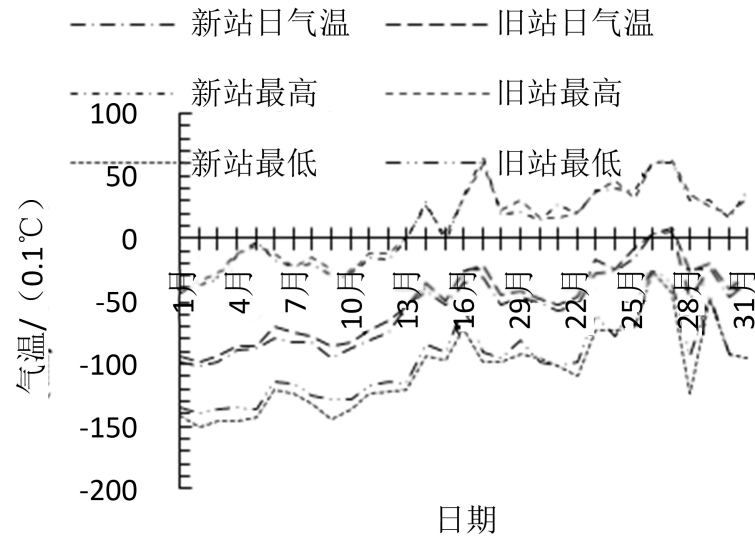


Figure 2. Contrast of daily average, daily maximum, daily minimum air temperature between new and old Toksun station in January 2015

图 2. 托克逊 2015 年 1 月新、旧站日平均气温、日最高气温、日最低气温对比

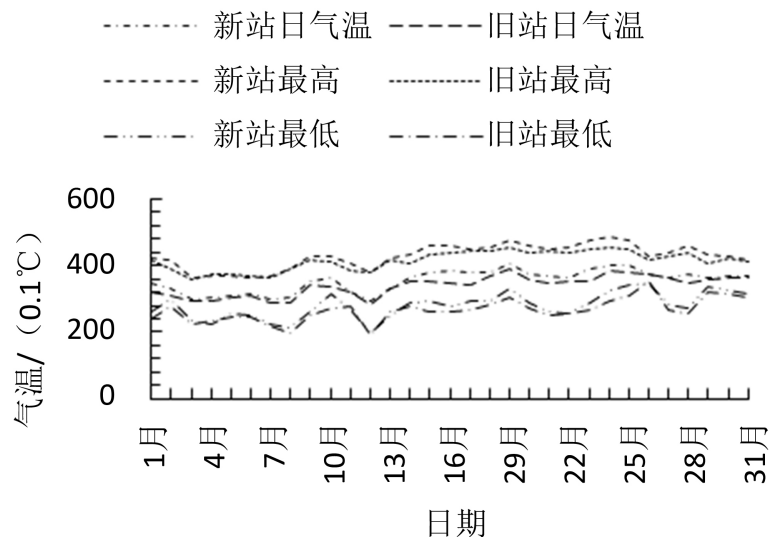


Figure 3. Contrast of daily average, daily maximum, daily minimum air temperature between new and old Toksun station in July 2015

图 3. 为托克逊 2015 年 7 月新、旧站日平均气温、日最高气温、日最低气温对比

由表 2 可以看出: 月平均气温差值为 $-0.6^{\circ}\text{C}\sim 1.1^{\circ}\text{C}$ 之间; 月平均最高气温差值为 $-0.6^{\circ}\text{C}\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ 之间; 月平均最低气温差值为 $-1.0^{\circ}\text{C}\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ 之间; 7 月份月平均温度、月平均最高气温、月平均最低气温差值均 $>1.0^{\circ}\text{C}$, 其余月份差值均 $\leq 1.0^{\circ}\text{C}$ 。月平均气温差值变化幅度为 1.7°C , 月平均最高气温差值变化幅度为 1.9°C , 月平均最低气温差值变化幅度为 2.3°C , 最低气温两站的温差变化较为明显。新、旧址气温日变化、各月极值出现日期基本一致, 新站址月平均气温、月平均最低气温与旧站址对比表现为冬、春季偏低, 夏、秋季偏高。平均最高气温除夏季新站比旧站偏高外, 其它季节偏低, 而且最高和最低气温都出现在新站。图 4 为托克逊 2015 年 1~12 月新、旧站址气温差值对比。

新、旧站气温存在差异, 但这种差异是否显著呢? 这里我们取显著性水平 $\alpha = 0.05$, 采用 t-检验对新、旧站月平均气温、月最高气温、月最低气温的差异进行显著性检验, 检验结果见表 3。

由检验结果得知, 新、旧站各月平均气温、平均最高气温、平均最低气温有显著差异的月份为 28 个月, 占总月数的 78%。可见, 迁站导致温度出现了非均一性。

迁站导致的资料非均一性, 除了来自平均值之外, 振幅(即方差)也有可能出现非均一性。对新、旧站的日平均气温、日最高气温、日最低气温的方差差异进行 F-检验, 均未达到显著性差异的标准。也就表明新、旧站的日平均气温、日最高气温、日最低气温的变化幅度无显著性差异。

6. 新、旧站气温产生差异的原因分析

新、旧站气温产生差异的原因是什么呢? 考虑到托克逊站的具体情况, 我们从以下三个方面进行分

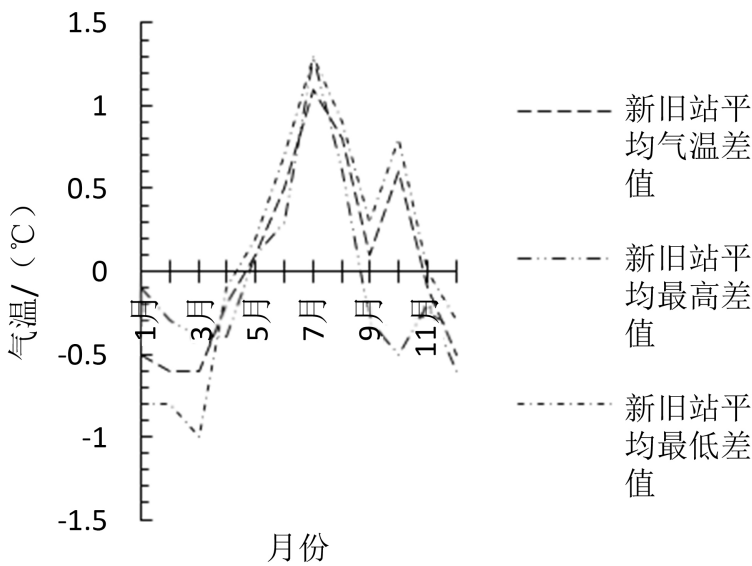


Figure 4. Differences of the elements of air temperature between new and old Toksun station from January to December in 2015

图 4. 托克逊新旧站 2015 年 1~12 月气温各要素差值比较

Table 2. Differences of the elements of temperature between new and old Toksun station from January to December

表 2. 托克逊新、旧测站 1~12 月气温各要素差值表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均气温	-0.5	-0.6	-0.6	-0.2	0.1	0.5	1.1	0.8	0.1	0.6	-0.1	-0.5
平均最高	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	0.1	0.3	1.3	0.6	-0.3	-0.5	-0.2	-0.6
平均最低	-0.8	-0.8	-1.0	-0.1	0.2	0.7	1.3	0.9	0.3	0.8	0.0	-0.3

Table 3. T-test of significance of differences between new and old Toksun station; $\sqrt{\quad}$ significance, $\times$ no significance
表 3. 新、旧站差异显著性的 t-检验。显著性水平 $\alpha=0.05$; $\sqrt{\quad}$ 显著, $\times$ 不显著

	1 月		2 月		3 月		4 月		5 月		6 月	
	订正前	订正后	订正前	订正后	订正前	订正后	订正前	订正后	订正前	订正后	订正前	订正后
月平均气温	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$
月最高	$\times$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$
月最低	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$
	7 月		8 月		9 月		10 月		11 月		12 月	
	订正前	订正后	订正前	订正后	订正前	订正后	订正前	订正后	订正前	订正后	订正前	订正后
月平均气温	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\times$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$
月最高	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$
月最低	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$	$\sqrt{\quad}$	$\times$

析：一是海拔高度，二是下垫面性质，三是周围环境。

6.1. 海拔高度

在近地面层中,气温随海拔高度的升高而降低,气温随海拔高度变化可按平均气温垂直递减率 $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 来计算,由于新站址观测场海拔高度比旧站址观测场海拔高度高 48.5 m ,运用该公式计算得气温下降 0.32°C ,其结果与所统计的实测差值有差异,这说明两站气温的差别不仅仅是由海拔高度变化引起的。

6.2. 下垫面性质

冬季,旧站址周围下垫面有植被覆盖,热容量比砂石大,下垫面储存热量高于地处乡村的新站址,白天城区储存热量多,夜晚地面降温比乡村慢,通过地-空气热交换,城区气温仍比乡村高。夏季,旧站址周围有植物绿地覆盖,植物的蒸发具有降温增湿的作用,夜晚风速较小,而新站址观测场周围多为戈壁砂石覆盖,砂石热容量小,升温降温快,温度日较差大,太阳日落晚而日出早,夜晚风速较旧站址大,从而导致最高气温、最低气温、平均最高气温、平均最低气温都出现在新站。如图 4 所示。所以两地下垫面性质不同,也是导致新、旧站气温产生差异的原因之一。

6.3. 周围环境

旧站址位于城区,由于旧站周围建筑物逐年增加,人口日益密集,居民生活、较强的热岛效应导致气温升高。而新站址位于比较开阔的乡村,离居民生活区有一定的距离,且人口比较稀少,受人类活动影响较小,因此周围地理环境不同也是造成新、旧站气温在不同季节产生差异的原因之一。

7. 非均一性订正

7.1. 相关分析

相关分析可以确定新、旧站两组气温数据是否具有相关性。只有新、旧站两组气温数据有相关性并达到显著性标准,才能建立有意义的回归方程。经过对比新、旧站日气温变化趋势,发现新、旧站日气温要素变化趋势高度一致,计算各月各要素相关系数,经检验均达到 $\alpha = 0.05$ 显著水平,相关系数见表 4。图 5 为 2015 年 12 月新、旧站最高气温相关分析。

7.2. 数据订正

根据相关分析结果，可以对新、旧站气温做一元线性回归分析，对资料进行订正。以新站日平均气温、日最高气温、日最低气温资料作为自变量，旧站订正后资料作为因变量做回归分析。即新站向老站订正，因为老站记录有近 60 年，把新站订正为老站，工作量小，而且现在沿用的是老站记录。结果见表 4~表 6。

新、旧站之间气温相关系数的大小，反映了新、旧站气温变化趋势的一致性程度。比较月平均相关系数、月平均最高气温相关系数、月平均最低气温相关系数的大小，各月平均最高气温相关性最好，平

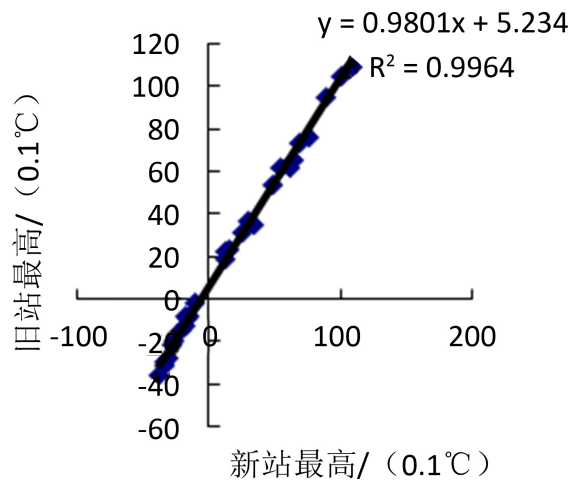


Figure 5. Correlation analysis between maximum air temperature at new and old Toksun station in December 2015
图 5. 2015 年 12 月新、旧站最高气温相关分析

Table 4. Simple linear regression equations and correlations between new and old station daily average air temperature in 2015
表 4. 2015 年各月新、旧站日平均气温一元线性回归方程和相关系数

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
方程	$Y = 0.999x + 6.064$	$Y = 1.003x + 5.239$	$Y = 1.050x - 3.446$	$Y = 0.96x + 8.701$	$Y = 0.961x + 9.012$	$Y = 0.927x + 15.24$
R^2	0.982	0.992	0.911	0.992	0.95	0.969
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
方程	$Y = 0.860x + 34.99$	$Y = 0.867x + 32.85$	$Y = 0.960x + 6.924$	$Y = 0.953x - 0.379$	$Y = 0.957x + 3.330$	$Y = 0.982x + 4.318$
R^2	0.894	0.880	0.961	0.983	0.984	0.991

Table 5. Simple linear regression equations and correlations between new and old station daily maximum air temperature in 2015
表 5. 2015 年各月新、旧站日最高气温一元线性回归方程和相关系数

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
方程	$Y = 0.935x + 1.686$	$Y = 1.002x + 2.986$	$Y = 0.987x + 6.176$	$Y = 0.989x + 6.535$	$Y = 0.956x + 14.12$	$Y = 0.943x + 18.39$
R^2	0.983	0.990	0.989	0.995	0.948	0.947
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
方程	$Y = 0.775x + 83.37$	$Y = 0.854x + 51.42$	$Y = 1.015x - 1.573$	$Y = 0.952x + 15.29$	$Y = 0.921x + 13.11$	$Y = 0.980x + 5.234$
R^2	0.938	0.921	0.990	0.982	0.964	0.996

Table 6. Simple linear regression equations and correlations between new and old station daily minimum air temperature in 2015
表 6. 2015 年各月新、旧站日最低气温一元线性回归方程和相关系数

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
方程	$Y = 0.959x + 3.226$	$Y = 1.072x + 10.97$	$Y = 0.968x + 10.74$	$Y = 0.923x + 11.77$	$Y = 1.032x - 9.183$	$Y = 0.933x + 9.309$
R^2	0.959	0.975	0.969	0.97	0.882	0.943
月份	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
方程	$Y = 0.849x + 29.49$	$Y = 0.920x + 10.86$	$Y = 0.999x - 3.234$	$Y = 0.98x - 6.276$	$Y = 0.922x + 3.366$	$Y = 0.959x + 1.993$
R^2	0.897	0.880	0.950	0.964	0.966	0.979

均气温相关性次之, 平均最低气温相关性最小。利用一元线性回归方程对旧测站资料做出订正后, 再与实测值做差值进行 t 检验。检验结果见表 3, 可见订正后, 新、旧站气温差异均达不到显著水平, 显著性差异的百分比由订正前的 78% 下降到 0%, 订正后的资料与实测值的方差做 F -检验, 经检验均未达到 $\alpha = 0.05$ 显著水平, 订正效果较为理想, 这样便可以考虑合并统计了。

8. 结论

本文对托克逊国家气象观测站 2015 年 1~12 月新、旧站并行观测的温度数据进行了均一性检验, 结果表明迁站导致的温度资料出现了非均一性, 然后对出现温度非均一性的原因进行了分析, 最后对非均一的温度资料进行了订正。主要结论如下:

(1) 新旧站之间的气温数据存在明显的差异, 迁站导致了气温数据出现了非均一性, 气温差异在不同季节表现不同。新站址月平均气温、月平均最低气温与旧站址对比表现为冬春季偏低、夏秋季偏高。平均最高气温除夏季新站比旧站偏高外, 其它季节偏低。因此订正时需要考虑季节差异, 本文按月份进行订正。

(2) 新旧站出现明显差异的主要原因是新旧站址海拔高度、观测环境、站址地形及测站下垫面性质的差异。

(3) 需要对气温数据进行均一性订正。本文采用一元线性回归方法, 对气温数据按月份进行均一性订正, 取得了较好效果。

本文对托克逊站迁站导致的气温数据的非均一性进行了检验和订正, 托克逊站迁站对降水、风等气象变量的影响, 也需要将来进一步深入研究。

基金项目

中国气象局气候变化专项(CCSF201706)和气象预报业务关键技术发展专项(YBGJXM(2017)03-13)共同资助。

参考文献 (References)

- [1] 肖子牛, 主编. 气候与气候变化基础知识[M]. 北京: 气象出版社, 2014.
- [2] 朱玉祥, 翟建青, 苏布达. 第 1 章: 气候变化影响评估方法应用[M]//姜彤. 数据数据处理与分析. 北京: 气象出版社, 2013.
- [3] 李庆祥. 气候资料均一性研究导论[M]. 北京: 气象出版社, 2011.
- [4] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法(第四版) [M]. 北京: 气象出版社, 2016.
- [5] 丘平珠, 程爱珍, 黄理. 广西南宁自动气象站与人工气象站观测资料对比评估[J]. 广西气象, 2004, 25(2): 30-32.
- [6] 袁贵贵, 宋彦棠. 都匀市气象局迁站对比观测各气象要素差异分析[J]. 贵州气象, 2008, 32(2): 31-33.

-
- [7] Alexandersson, H. and Moberg, A. (1997) Homogenization of Swedish Temperature Data, Part I: A homogeneity Test for Linear Trends. *International Journal of Climatology*, **17**, 25-34. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199701\)17:1<25::AID-JOC103>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199701)17:1<25::AID-JOC103>3.0.CO;2-J)
- [8] Easterling, D.R. and Peterson, T.C. (1995) The Effect of Artificial Discontinuities on Recent Trends in Minimum and Maximum Temperatures. *Atmospheric Research*, **37**, 19-26. [https://doi.org/10.1016/0169-8095\(94\)00064-K](https://doi.org/10.1016/0169-8095(94)00064-K)
- [9] Li, Q.X., Liu, X.N., Zhang, H.Z., et al. (2004) Detecting and Adjusting on Temporal Inhomogeneity in Chinese Mean Surface Air Temperature Dataset EJ3. *Advances in Atmospheric Sciences*, **21**, 260-268. <https://doi.org/10.1007/BF02915712>
- [10] Rhoades, D.A. and Salinger, M.J. (1993) Adjustment of Temperature and Rainfall Records for Site Changes. *International Journal of Climatology*, **13**, 899-913. <https://doi.org/10.1002/joc.3370130807>
- [11] Vincent, L. (1998) A Technique for the Identification of Inhomogeneities in Canadian Temperature Series. *Journal of Climate*, **11**, 1094-1104. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1998\)011<1094:ATFTIO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1998)011<1094:ATFTIO>2.0.CO;2)
- [12] Zhai, P.M. and Eskridge, R.E. (1996) Analyses of Inhomogeneities in Radiosonde Temperature and Humidity Time Series. *Journal of Climate*, **9**, 884-894. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009<0884:AOIIRT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<0884:AOIIRT>2.0.CO;2)

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