

轮台国家基准气候站迁站前后气象资料对比分析

杨 柳*, 张仕明

新疆巴州气象局, 新疆 库尔勒

收稿日期: 2022年4月20日; 录用日期: 2022年5月20日; 发布日期: 2022年5月26日

摘 要

利用轮台站和参照站1971~2020年观测资料, 分析比较两站各气象要素的年平均值和差值并进行显著性检验发现, 轮台站的气温、湿度、风速和累计降水量均发生了显著性变化。80年代中期开始逐步加速的城市化、2004年观测设备自动化及2011迁站是造成轮台站各要素发生显著性变化的主要原因。比较迁站后轮台新旧两站各气象要素的差异, 新站各月平均气温和年平均气温低于或与旧站持平, 最大差值出现在冬季, 新站较旧站低1.5℃左右, 4月气温数据波动小、较为稳定, 1~3月波动较大。新站各月平均相对湿度高于旧站, 5~10月差距最小, 3月差值最大, 较旧站偏高8%。新、旧站的风向风速差异较大, 新站风速明显大于旧站, 5月平均最大风速差值达到2.5 m/s。新站风向以N或NNW为主、旧站以W和E、ENE风向为主。显著性检验结果表明, 除降水量外, 各要素均出现了显著性变化。观测场地理位置的不同及环境的差异是造成轮台新旧两站气温、相对湿度和风向风速出现明显差异的主要原因。

关键词

轮台, 变化趋势, 差值, 迁站

Comparative Analysis of Meteorological Data before and after Relocation of Luntai National Climatological Reference Station

Liu Yang*, Shiming Zhang

Bayingolin Meteorological Bureau, Korla Xinjiang

Received: Apr. 20th, 2022; accepted: May 20th, 2022; published: May 26th, 2022

*通讯作者。

Abstract

Based on the observation data of the station and the reference station from 1971 to 2020, the annual average and difference of each meteorological element in the two stations were analyzed and compared, and the aboriginality test was carried out. It was found that the temperature, humidity, wind speed and cumulative precipitation of the station changed significantly. The gradual acceleration of urbanization in the mid-1980s, the automation of observation equipment in 2004 and the relocation of stations in 2011 were the main reasons for the significant changes in the elements of the station. Comparing the differences of meteorological elements between the old and the new stations, the monthly average temperature and annual average temperature of the new station are lower than or equal to the old station, and the maximum difference occurs in winter. The new station is about 1.5°C lower than the old station. The temperature data in April is small and stable, and the fluctuation is large from January to March. The monthly average relative humidity of the new station is higher than that of the old station, the gap between May and October is the smallest, and the difference between March and March is the largest, which is 8 % higher than that of the old station. The wind direction and speed of the new and old stations are quite different. The wind speed of the new station is obviously larger than that of the old station. The average maximum wind speed difference in May is 2.5 m/s. The wind direction of the new station is mainly N or NNW, and the wind direction of the old station is mainly W and E, ENE. The results of the significant indigeneity test show that all factors have significant changes except precipitation. The differences in geographical location and environment of the observation field are the main reasons for the obvious differences in temperature, relative humidity, wind direction and wind speed between the old and new stations of the wheel station.

Keywords

Luntai, Chantrend, Difference, Relocation Station

Copyright © 2022 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

随着社会的发展、城市规模的不断扩大,许多气象台站因观测环境遭到破坏而被迫迁站,迁站后观测环境的改变会引起气象要素的明显变化,而造成了气象要素值的非均一性问题,进而对各类气象服务开展及气候变化研究使用的气候资料产生较大的影响[1] [2]。同时为提升气象部门“监测精密、预报精准、服务精细”的业务能力,充分发挥气象防灾减灾第一道防线的作用,必须对气象站点迁站前后的气象资料是否具有延续性和代表性开展分析和研究。国内已有许多文献对迁站前后的观测资料进行了对比分析[3]-[10],提出迁站是产生气候资料非均一性的最主要原因之一。郭守生等[11]采用 t 检验和 SNHT 法对青海省互助站迁站前后气温序列作了均一性检验及订正。王秋香等[12]分析了城市化对吐鲁番站气候资料的影响发现,地处极干旱区域的吐鲁番站气温、降水量、相对湿度和平均风速与参考站一致性较差,并对该站迁站前后的气象资料差异进行对比分析发现,由于旧站环境较为湿润而新站环境极为干燥,使新旧站气候资料差异较大。

轮台国家基准气候站始建于 1958 年 10 月 1 日,随着近年来城市建设步伐的加快,站点观测环境受到

严重影响, 于 2011 年 1 月 1 日迁站。本文首先利用轮台站和参照站 1971~2020 年气温、相对湿度、风向风速和降水量等要素的长时间序列, 对比分析轮台站与参照站各气象要素的变化趋势, 探讨轮台站气象要素的变化特征是否与参照站一致、是否出现显著变化。随后利用轮台新旧两站 2010~2020 年的气温、相对湿度、风速和降水量等观测数据, 采用多种分析指标和方法, 分析新旧两站的气象要素差异, 并讨论产生差异的具体原因。希望结论能够使资料使用者对轮台站各气象要素数据有一个全面、清楚的认识, 在使用气候资料时能够正确的把握气候序列的规律性, 揭示真实的气候变化特征与规律。

2. 轮台站基本情况及数据与方法

2.1. 轮台站基本情况

轮台站旧址地理位置为 $84^{\circ}15'E$ 、 $41^{\circ}47'N$, 海拔高度 976.1 m (文中简称“旧站”), 新址地理位置为 $84^{\circ}16'E$ 、 $41^{\circ}49'N$, 海拔高度 970 m (文中简称“新站”), 距旧址直线距离 5.1 千米。新站位于郊区, 四周空旷平坦、无高大建筑物遮挡, 地表裸露有少量植物, 新旧两站四周障碍物仰角图如图 1 所示。迁站后, 旧站保持观测, 改为区域自动气象站。

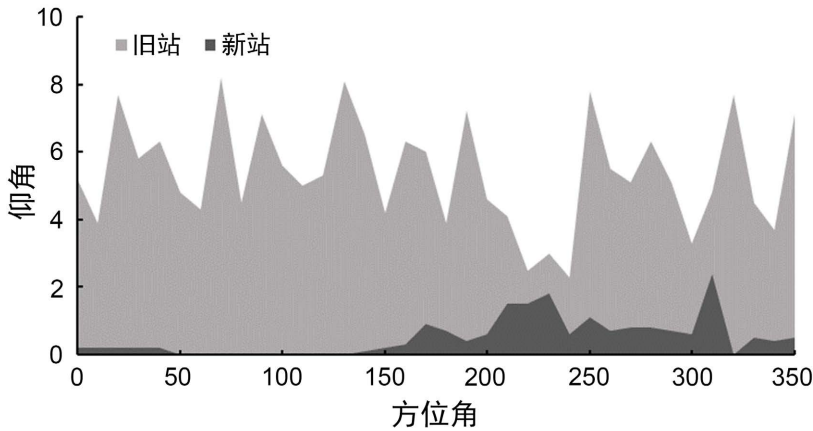


Figure 1. Upward angle map of obstacles around new and old two stations (unit: $^{\circ}$)
图 1. 轮台新旧两站四周障碍物仰角图(单位: $^{\circ}$)

2.2. 数据选取

为了分析城市化对轮台站气象资料的影响, 首先选取参照站。选取参照站的标准有三项: 与轮台站距离较近且属于同一气候区; 参照站观测资料序列与轮台站序列平行年代长, 且未迁过站; 参照站多年来探测环境变化不大, 依据以上标准选取库车站作为参照站。利用轮台站和参照站 1971~2010 年的气温、相对湿度、风向风速、降水量等气象要素的资料, 通过相关分析确定轮台站与参照站各气象要素的变化是否一致, 结果如表 1 所示。各要素都通过了 0.01 级别显著性水平检验, 相关性显著, 说明参照站可作为后续分析所用。利用轮台新旧两站 2010~2020 年气温、相对湿度、风向风速和降水量的观测数据, 对比分析两站各要素的差异。上述所用气象数据均经过新疆气象信息中心业务质量控制流程严格质控。

Table 1. Correlation coefficient of each factor between old station and reference station
表 1. 轮台旧站与参照站各要素相关系数

	平均气温	平均湿度	平均风速	累计降水量
参照站	0.986**	0.815**	0.390**	0.587**

2.3. 分析方法

统计轮台新旧两站及参照站的气温、相对湿度、风速等要素的年平均和月平均值, 降水量的年和月累积量, 计算各要素的差值和标准差。使用降水累计相对差值来表示两站的降水量的差异, 通过最多风向和风向相符率来分析两站站的风向差异, 只有观测风速大 0.2 m/s 时, 才统计风向相符率, 新站与旧站风向角度差小于 22.5° , 即认为两者相符。所用公式如下:

设 U_i 为新站第 i 次观测值, A_i 为旧站第 i 次观测值, 则 i 次对比差值为:

$$X_i = U_i - A_i \quad (1)$$

设新旧站观测次数均为 n , 则对比差值的月平均值:

$$X = \frac{\sum (u_i - A_i)}{n} \quad (2)$$

设对比差值的标准差为 σ , 则:

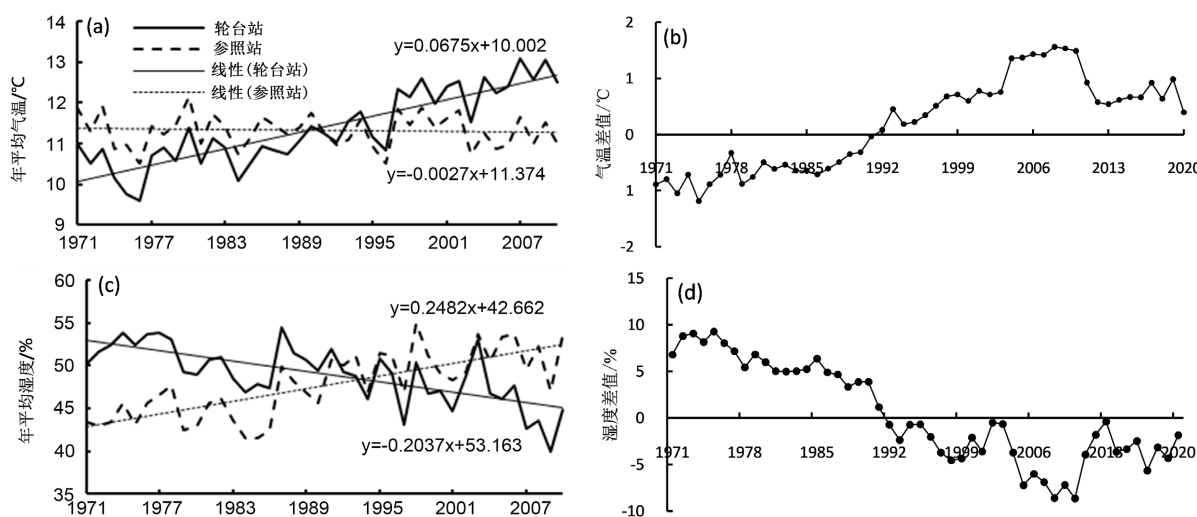
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2} \quad (3)$$

式(3)中, x 为对比差值的月平均值; x_i 为第 i 次的对比差值。

降水累计相对差值: $\bar{x}_R = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \times 100\%$ 。

3. 观测资料均一性分析

轮台站和参照站 1971~2010 年年平均气温、相对湿度、风速和年累计降水量变化情况如图 2 所示。轮台站和参照站年平均气温随时间变化趋势不同, 轮台站以 $0.7^\circ\text{C}/10\text{a}$ 的速率逐年增温、参照站气温基本保持不变。从年平均气温差值来看, 70 年代轮台站的年平均气温低于参照站, 80 年代开始差值逐渐减小, 直至 90 年代初, 年平均气温高于参照站, 并呈逐年增大的趋势。2004 年起差值明显增大, 之后较为平稳, 直至 2011 年开始明显减小。两站年平均相对湿度逐年变化趋势不同, 轮台站年平均相对湿度以 $2\%/10\text{a}$ 的速率降低, 参照站以 $2\%/10\text{a}$ 的速率升高。70~80 年代轮台站年平均相对湿度高于参照站, 但差值逐渐缩小, 90 年代开始低于参照站。2004 年起偏低幅度明显增大, 至 2011 年迁站后差值减小但仍低于参照站。



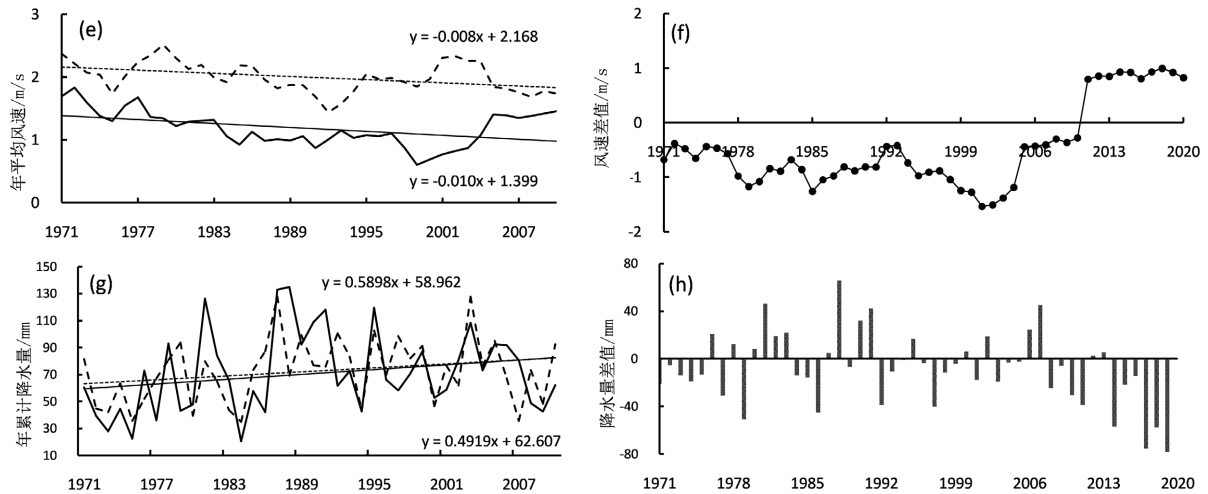


Figure 2. Variation and difference of annual mean temperature, relative humidity, average wind speed and accumulated precipitation between Luntaistations and reference stations

图 2. 轮台站、参照站年平均气温、相对湿度、平均风速和累计降水量逐年变化及差值

对比轮台站和参照站年平均风速的变化趋势发现, 两站风速均为逐年减小, 轮台站减小速率更快, 但风速始终小于参照站。90 年代后期, 轮台站年平均风速明显减小, 与参照站差值增大, 2004 年差值明显减小, 2011 年起轮台站年平均风速大于参照站。从年累计降水量的变化趋势来看, 1971~2010 年轮台站和参照站保持一致, 增长速率分别为 6 mm/10a 和 5 mm/10a, 轮台站增长速率略大于参照站。轮台站与参照站年累计降水量差值起伏较大, 2011 年迁站后, 年累计降水量基本低于参照站。

为了进一步证实轮台站 1971~2020 年的年平均气温、年平均湿度、年平均风速和年累计降水量与参照站相比是否发生了变化, 进行显著性水平为 0.05 的 t 检验。气温和湿度数据符合正态分布, 采用与参照站的差值序列进行检验, 降水和风速数据一般不符合正态分布, 故采用与参照站的比值序列进行检验, 结果如表 2 所示。所有要素均通过了显著性检验, 说明各要素均发生了显著性变化。

Table 2. T-test of each factor t of Luntaistations

表 2. 轮台站各要素 t 检验

	平均气温	平均湿度	平均风速	累计降水量
t 值	-4.25	4.338	-37.238	2.464

通过上述的比较说明, 70 年代至 80 年代中期轮台站较参照站气温上升、湿度减小, 风速两站均有所减小。80 年代中期开始, 随着城市化的发展, 观测场周边楼房逐渐增多, 使得轮台站气温上升速度和湿度下降速度明显加快, 均在 1992 年发生了转折性变化。之后气温、相对湿度和风速又出现两次明显的波动。2004 年轮台站气温升高、湿度和风速减小, 与参照站的差值变化明显, 原因可能是 2004 年起轮台自动气象站投入运行, 各气象要素改为自动观测, 2011 年的迁站导致轮台站气温下降、相对湿度和风速明显增大。由此可见, 城市化、观测设备的更换及迁站是造成轮台站各要素发生显著性变化的主要原因。

4. 新旧两站观测资料差异分析

4.1. 气温、相对湿度差异分析

轮台新、旧气象站 2010~2020 年逐月平均气温、平均相对湿度的差值和差值标准差如图 3 所示。新站 8~10 月的平均气温、平均最高气温、平均最低气温与旧站基本持平, 其他月份均低于旧站, 其中 1~3

月差值较大, 新站较旧站偏低 1.5°C 左右, 平均最低气温的差异略大于平均气温和平均最高气温。4 月差值标准差最小, 说明数据波动小、较为稳定, 1~2 月气温波动最为明显。各月平均最低气温的差值标准差较平均气温和平均最高气温变化更为明显, 说明各月平均最低气温波动较大。从年平均来看, 新站年平均气温、年平均最高气温和年平均最低气温均低于旧站。新旧两站年最高气温相当, 差异在 1°C 之内, 出现时间也较为接近, 新站的年最低气温明显低于旧站。

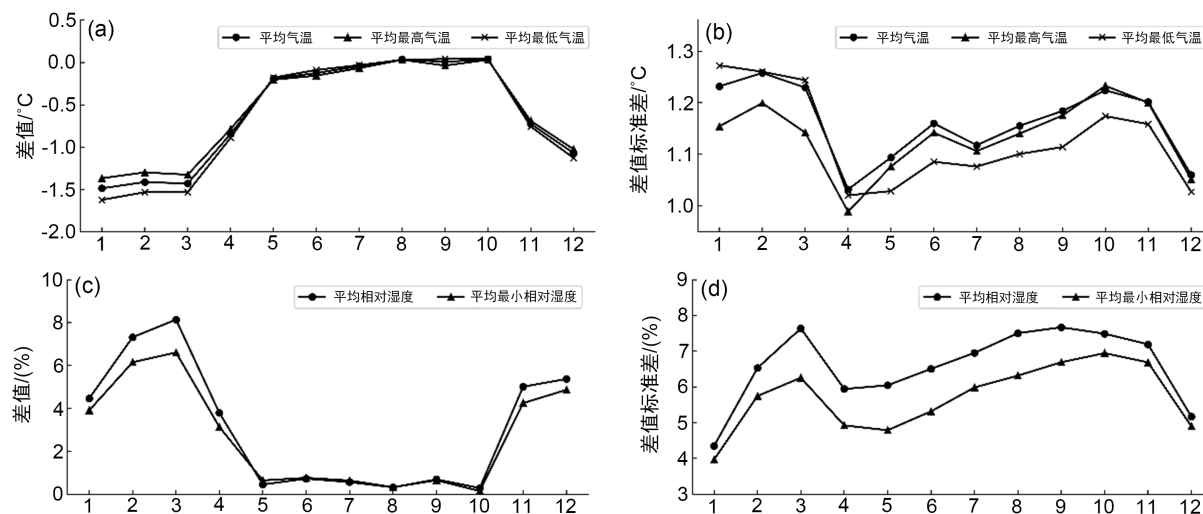


Figure 3. Monthly mean difference and standard deviation of temperature and relative humidity between new stations and old stations

图 3. 轮台新、旧站气温、相对湿度月平均差值及差值标准差

轮台新站各月平均相对湿度和平均最小相对湿度均高于旧站。5~10 月两站相对湿度较为接近, 11~12 月、1~4 月新站较旧站偏高幅度较大, 最大差值为 8%, 出现在 3 月。各月相对湿度的差值标准差略高于最小相对湿度, 1 月相对湿度波动最小、3 月最大。新站的年平均湿度和年平均最小湿度均大于旧站。新站年平均相对湿度接近 50%, 旧站略低。年最小相对湿度新旧两站基本持平, 出现时间较为接近, 一般出现在春季。

4.2. 风向风速差异分析

轮台新旧两站逐月平均 2 min 风速、平均最大风速和平均极大风速的差值及差值标准差如图 4 所示。新站的月平均 2 min 风速、平均最大风速和平均极大风速均明显高于旧站, 且变化特征较为一致。差值和差值标准差在 5 月均为最大, 冬季较小。新站较旧站, 各月平均最大风速的差值大于平均 2 min 风速和平均极大风速, 5 月达到 2.5 m/s。各月平均极大风速的差值标准差略高, 说明两站平均极大风速数据

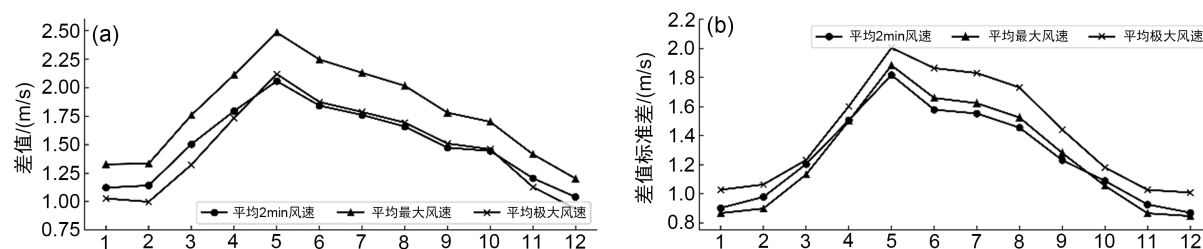


Figure 4. Monthly mean difference and standard deviation of wind speed at new and old stations

图 4. 轮台新、旧站风速月平均差值及差值标准差

波动较大。从两站各月的静风频率来看,旧站静风频率远高于新站,秋季和冬季静风频率较高,差异也最大。新站的年平均 2 min 风速、最大风速和极大风速均大于旧站,旧站的年静风频率远高于新站。

以 2020 年为例,统计轮台新、旧站各等级风力出现时次和大风日数(如表 3 所示)发现,新站和旧站出现 2 级风的频率最高且次数相当,旧站出现静风和 1 级风的时次明显多于新站,新站出现 3 级以上风力的次数明显多于新站,且风力越大差异越大,新站大风日数远多于旧站。

Table 3. Numbers of wind occurrences and days of strong wind at new and old stations in 2020
表 3. 2020 年轮台新、旧站各风力出现次数及大风日数

	各级风速出现次数/时次											大风日数/日
	C	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级	7 级	8 级	9 级	10 级	
新站	121	252	3836	2888	1090	418	178	78	31	5	1	22
旧站	743	2496	3668	1778	606	165	49	10	2	0	0	2

统计轮台新、旧站逐月的最多风向(如表 4 所示),发现两站各月的最多风向均不同,新站风向以 N 或 NNW 风向为主,旧站以 W、SW 和 ENE 风向为主。两站 1~8 月的风向相符率均在 35%~45%之间,9~12 月相符率较低,主要原因是旧站出现静风的时次较多。从轮台新、旧站年风向频率图 5 来看,两站年风向差异也很大。新站各年风向频率最高为 N 或 NNW 风向,旧站风向以 W 和 E、ENE 风向为主。

Table 4. Maximum monthly wind direction at old and new stations
表 4. 轮台新旧站月最多风向

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
最多风向												
新站	N	NNW	NNW	N	N	NNW	N	N	NNW	N	N	N
旧站	SW	SW	W	ENE	W	W	W	SW	C	C	C	C
风向相符率	40.4%	44.7%	35.5%	42.8%	36.2%	41.4%	42.7%	39.6%	34.7%	26.8%	23.1%	31%

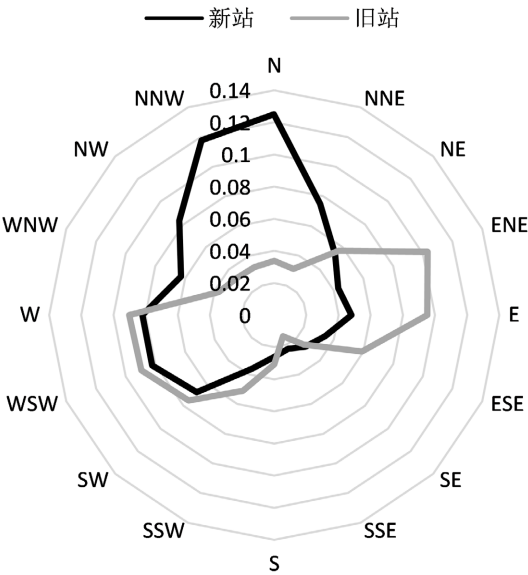


Figure 5. Annual wind direction frequency at new and old stations
图 5. 轮台新、旧站年风向频率图

4.3. 降水量差异分析

选取两站 2020 年 4~10 月降水量进行分析(迁站后旧站改为区域站, 没有称重降水设备, 冬季无法测量降水量), 如表 5 所示。其中 4、7、8 月新站降水量大于旧站, 5 月两站均无降水, 其他月份新站降水量小于旧站, 6 月两站差值最大, 达到 9.6 mm。新站 4~10 月累计降水量也少于旧站, 新站全年最大日降水量为 22.9 mm, 高于旧站的 19.4 mm, 出现时间一致。新站的降水日数为 22 天, 旧站为 27 天。

Table 5. The difference and relative difference of monthly accumulated precipitation between the new station and the old station in 2020

表 5. 轮台新、旧站 2020 年各月累计降水量差值及相对差值

	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	全年
差值	0.6	—	−9.6	3.3	3.2	−6.5	−0.3	−9.2
累计相对差值	0.35	—	−0.66	0.14	0.56	−0.89	−1	−0.17

4.4. 显著性检验

采用 t 检验对轮台新、旧站 2010~2020 年的月平均气温、相对湿度、风速和降水量进行显著性检验, 结果如表 6 所示。除降水量外, 各要素均出现了显著性变化, 降水量连续性较好。

Table 6. T-test values of each factor of new and old stations (the standard value of visibility level 0.05 is 2.07)

表 6. 轮台新、旧站各要素 T 检验值(显著性水平 0.05 的标准值为 2.07)

	气温	最高气温	最低气温	相对湿度	最小相对湿度	2 min 风速	最大风速	极大风速	降水量
t 值	−6.565	−6.834	−6.419	6.857	7.179	27.720	26.065	24.398	−0.853

5. 结论与讨论

1) 分析比较轮台站与参照站各气象要素的年平均值和差值发现, 1971~2010 年轮台站气温以 0.7℃/10a 的速度升高、相对湿度以 2%/10a 的速度减小, 与参照站变化趋势不一致。轮台站与参照站的风速均为逐年减小的趋势, 轮台站减小速率大于参照站。轮台站年累计降水量以 6 mm/10a 的速率增长, 略高于参照站的增长速度。显著性检验结果证明, 轮台站的年平均气温、年平均湿度、年平均风速和累计降水量均发生了显著性变化。80 年代中期开始逐步加速的城市化、2004 年观测设备自动化及 2011 迁站是造成轮台站各要素发生显著性变化的主要原因。

2) 比较轮台新旧两站各气象要素的差异, 新站的月平均气温和年平均气温均低于或与旧站持平, 最大差值出现在冬季, 新站较旧站低 1.5℃左右。4 月气温数据波动小较为稳定, 1~3 月波动较大。新站各月的平均相对湿度高于旧站, 5~10 月基本持平, 3 月平均相对湿度差值最大, 为 8%。新、旧站的风向风速差异较大, 新站风速明显大于旧站, 5 月平均最大风速差值达到 2.5 m/s, 春季风速数据波动较大, 冬季较为稳定。新站静风频率远低于旧站, 而大风日数则明显大于旧站。新站各月最多风向均与旧站不同, 新站风向以 N 或 NNW 为主、旧站以 W 和 E、ENE 风向为主。显著性检验结果表明, 除降水量外, 各要素均出现了显著性变化。

轮台旧站位于城区, 人口活动密集, 居民生活、交通运输所排放出的 CO₂ 等温室气体直接增暖了大气, 较强的热岛效应导致气温升高。同时不同下垫面性质也会产生温度差异, 旧站下垫面多为水泥地面, 热容量和导热率都较大, 而新站周围为沙土或绿色地面, 辐射冷却较为强烈, 这些因素造成了轮台新、

旧站气温产生了明显的差异。新站较旧站相对湿度偏大的原因主要是新站四周及下垫面植被覆盖率高于旧站,植物的蒸腾作用使新站上空含水量增加,从而增大了空气中的相对湿度,同时旧站气温较高也会引起相对湿度降低。

轮台旧站四周有高大建筑物,这些高层建筑物不仅造成旧站较新站风速偏小,静风频率偏高,而且还改变了风向。而新站位于最多风向的上风方,四周空旷平坦,基本没有高大的建筑物和植物,因而新旧两站风向风速的差异较大。观测场地理位置的不同及环境的差异是造成轮台新旧两站气温、相对湿度和风向风速产生明显差异的主要原因。由于降水具有局地性、不均匀性等特点,而且两站降水的差异还与地形、天气系统对两站的影响程度及降水的周期性振荡等因素有关,需要更长时段资料才能得到较为客观的分析结论,有待今后作进一步分析。

基金项目

新疆气象科技创新发展基金项目(MS202201)。

参考文献

- [1] 李庆祥. 我国气候资料均一性研究现状与展望[J]. 气象科技进展, 2016, 6(3): 67-74.
- [2] 曹丽娟, 严中伟. 地面气候资料均一性研究进展[J]. 气候变化研究进展, 2011, 7(2): 129-135.
- [3] 韩海涛, 王雅萍, 张瑾. 中国西北地区台站迁移对气候资料均一性影响的研究进展[J]. 高原气象, 2021, 40(2): 448-454.
- [4] 周建平, 孙照渤, 倪东鸿, 等. 中国气象台站迁移对年平均气温均一性的影响[J]. 大气科学学报, 2013, 36(2): 139-146.
- [5] 曹丽娟, 鞠晓慧, 刘小宁. PMFT 方法对我国年平均风速的均一性检验[J]. 气象, 2010, 36(10): 52-56.
- [6] 敖雪, 崔妍, 翟晴飞, 等. 辽宁省气温变化趋势中的城市化影响研究[J]. 冰川冻土, 2020, 42(3): 1067-1076.
- [7] 张甜, 王嘉佩, 田守丽, 等. 重庆市巴南区气象观测站迁站前后气象资料均一性检测及订正[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(9): 131-142.
- [8] 王秋香, 刘叶, 古丽格娜, 等. 气象站迁站距离及海拔高差对新旧站资料差异的影响[J]. 沙漠与绿洲气象, 2015, 9(3): 1-6.
- [9] 陶寅, 黄勇, 杨元建, 等. 城市化进程对安徽省风速的影响[J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(6): 519-526.
- [10] 刘燕. 气象站迁站前后主要气象要素的差异性分析及对预报服务工作的影响[J]. 气象与环境科学, 2017, 40(2): 138-143.
- [11] 郭守生, 闫蓉, 李进虎, 等. 互助站迁站前后气温序列均一性检验及订正[J]. 气象科技, 2016, 44(1): 31-35.
- [12] 王秋香, 刘卫平, 刘叶, 等. 吐鲁番气象站迁移前后资料的差异分析[J]. 干旱区地理, 2016, 39(1): 22-32.