

普宗朝,冯志敏,张山清,等.1961—2020 年乌鲁木齐市气候舒适度变化[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(5):159–166.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2023.05.021

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



1961—2020 年乌鲁木齐市气候舒适度变化

普宗朝¹,冯志敏²,张山清^{3*},王命全⁴,张祖莲³,宋雪菲³

(1.乌鲁木齐市气象局,新疆 乌鲁木齐 830002;2.新疆生态气象和卫星遥感中心,新疆 乌鲁木齐 830011;
3.新疆兴农网信息中心/新疆农业气象台,新疆 乌鲁木齐 830002;4.新疆教育管理信息中心,新疆 乌鲁木齐 830049)

摘 要:基于综合气候舒适度指数模型以及乌鲁木齐市及其周边 9 个气象站 1961—2020 年气候资料,采用统计学方法和 ArcGIS 的空间插值技术对近 60 年乌鲁木齐市气候舒适度时空变化进行分析。结果表明:(1)气候舒适度指数的年内变化,平原地带呈双峰双谷的“M”型,山区为单峰单谷的“U”型。(2)受气温、相对湿度升高,风速、日照时数下降的共同影响,近 60 年平原地带春、秋、冬季气候舒适度指数显著($P=0.05$)增大,夏季显著减小;山区夏、秋季气候舒适度指数显著增大,冬、春季变化不明显。(3)1991—2020 年较前 30 a(1961—1990 年),春季和秋季气候较舒适区海拔上限升高了 100~150 m,面积扩大 950 km²,较不舒适区和不适区向高海拔抬升了 50~100 m,面积分别减小 694~828 km²和 131~236 km²;夏季气候舒适区向高海拔抬升了约 100 m,面积减小 514 km²,较舒适区海拔上限升高了 100~150 m,面积扩大大约 718 km²,较不舒适区和不适区向高海拔抬升了 50~100 m,面积略有减小;冬季全市属于气候不舒适区的状况未发生改变。

关键词:气候舒适度;气温;相对湿度;风速;日照时数;气候变化;乌鲁木齐市

中图分类号:P463.3

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2023)05-0159-08

气候舒适度是评价人类在不同气候条件下舒适感的一项生物气象指标^[1],其变化对公众健康^[2]、能源消耗^[3]、城市规划^[4]、旅游休闲^[5-6]等社会经济诸多领域有重要影响。因此,近年来有关我国气候舒适度时空变化的研究引起了越来越多学者的关注。李山等^[7]和曹云等^[8]对我国内陆部分地区年气候舒适度变化的研究表明,其空间分布总体呈现“东南长、西北短”的格局,过去几十年气候舒适度呈明显的增长趋势,但变化幅度存在区域性差异。许善洋等^[9]和于昕冉等^[10]研究指出,甘肃省气候舒适度的空间分布既有由东南向西北递减的纬度地带性,也存在随海拔高

度的升高而降低的垂直地带性特点,1955—2015 年甘肃省气候舒适度总体趋于改善,其中,春、秋季气候舒适度指数显著增大,冬季变化不明显,而夏季则呈减小趋势。马丽君等^[11]使用综合气候舒适度指数模型对 1958—2007 年中国东部城市气候舒适度时空变化研究发现,高纬度城市气候舒适度指数总体呈增大趋势,而低纬度城市则呈减小趋势,并且随着气候的变暖,气候舒适度减小的城市趋于增多。从上述的研究可以看出,因地理环境和气候背景不同,各地气候舒适度及其变化具有明显的区域和季节性差异。

乌鲁木齐市是新疆维吾尔自治区的首府,全疆政治、经济、文化、科技和交通中心,也是“一带一路”丝绸之路经济带的核心区,气候舒适度对当地社会、经济的发展有重要影响^[12-13]。由于地域广阔,地形地貌复杂,气候类型多样,乌鲁木齐市气候舒适度具有明显的区域性差异^[12-13]。另外,在全球变暖背景下,近 50 多年乌鲁木齐市气候呈明显的“暖湿化”趋势^[14-17],这也必将对气候舒适度产生影响。马丽君

收稿日期:2022-06-11;修回日期:2022-12-15

基金项目:新疆气象科技面上项目(MS201916);新疆维吾尔自治区自然科学基金面上项目(2021D01A171)

作者简介:普宗朝(1965—),男,正高级工程师,主要从事气候变化与农业气象研究。E-mail: puzongchao@163.com

通信作者:张山清(1966—),女,正高级工程师,主要从事农业气候资源和农业气象灾害风险评估研究。E-mail: zhangshanqing-66@163.com

等^[12]、李东等^[13]使用乌鲁木齐国家基本气象站单站历史气候资料就 1962—2011 年气候舒适度的变化研究表明,受气温升高、降水增多、风速减小的影响,气候舒适度总体趋于改善。但由于选用的站点单一、资料序列较短,因此,其研究结果难以体现全市不同区域气候舒适度的变化^[12-13]。因此,本文拟使用乌鲁木齐市及其周边 9 个国家气象观测站 1961—2020 年历史气候数据,对乌鲁木齐市近 60 年气候舒适度时空变化特点及其成因进行研究分析,以期为适应气候变化,科学制定乌鲁木齐市城市发展规划,客观评价城市人居环境提供气候学依据。

1 研究区概况

乌鲁木齐市地处中国西北内陆,亚欧大陆腹地,位于新疆中天山北麓、准噶尔盆地南缘,地理坐标 86°48′~88°58′E,42°45′~45°00′N,总面积为 1.421 6×10⁴ km²,地势总体呈南高北低、东高西低的特点(图 1)。以海拔高度 1 500 m 为界,乌鲁木齐市大致可分为平原和山区两大地貌单元,北部平原属暖温带半干旱区,中部山前倾斜平原和乌拉泊至达坂城山间峡谷地带属中温带半干旱、干旱区,海拔 1 500~1 800 m 的低山带为中温带半干旱、半湿润区,1 800~2 500 m 的中山带为寒温带半湿润区,2 500~3 200 m 的亚高山带为亚寒带半湿润区,海拔 3 200 m 以上高山带为寒带半湿润区^[17-19]。

2 资料与方法

2.1 资料来源

乌鲁木齐市气象站点稀疏且分布不均,资料序列较长的只有米东、乌鲁木齐、达坂城、小渠子和大西沟 5 站。为提高气候舒适度指数空间插值模拟的精度,本研究将隶属于昌吉回族自治州但紧邻乌鲁木齐市的蔡家湖、昌吉、阜康和天池 4 个气象站也列入舒适度指数空间插值模拟的建模站点序列^[14-17]。研究区域和气象站点分布见图 1,各站气候资料以及乌鲁木齐市 1:50 000 地理信息数据由新疆气象信息中心提供。

2.2 方法

2.2.1 气候舒适度指数的计算

采用综合气候舒适度指数模型计算各站 1961—2020 年逐月气候舒适度指数^[11-13]:

$$C=0.6X_{THI}+0.3X_{WEI}+0.1X_{ICL} \quad (1)$$

式中: C 为气候舒适度指数, X_{THI} 、 X_{WEI} 和 X_{ICL} 分别为温湿指数(T_{HI})、风效指数(W_{EI})和着衣指数(I_{CL})的赋

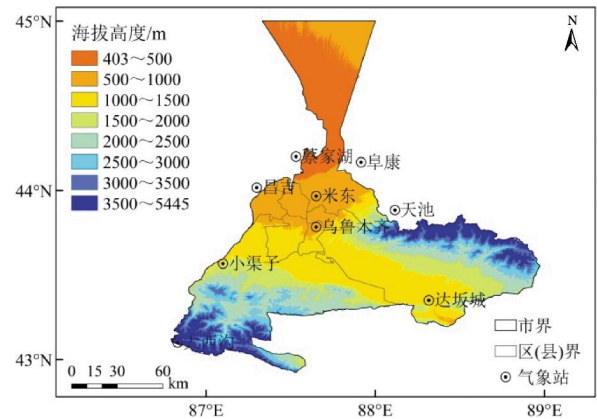


图 1 乌鲁木齐市及其周边气象站点分布

值,0.6、0.3、0.1 为各分指数值的权重系数。

温湿指数计算式为:

$$T_{HI}=(1.8t+32)-0.55(1-f)(1.8t-26) \quad (2)$$

风效指数计算式为:

$$W_{EI}=-(10\sqrt{v}+10.45-v)(33-t)+8.55s \quad (3)$$

着衣指数计算式为:

$$I_{CL}=\frac{33-t}{0.155H}-\frac{H+aR\cos\alpha}{(0.62+19.0\sqrt{v})H} \quad (4)$$

式(2)~(4)中: T_{HI} 、 W_{EI} 和 I_{CL} 分别为温湿指数、风效指数和着衣指数; t 为平均气温(°C); f 为平均相对湿度(%); v 为平均风速($m\cdot s^{-1}$); s 为日照时数(h); α 为太阳高度角(°), $\alpha=90-\varphi+\delta$, φ 为地理纬度(°), δ 为太阳赤纬(°); R 为太阳常数, $R=1\,385\,W\cdot m^{-2}$; H 代表人体代谢率的 75%,取轻微活动量下的代谢率($116\,W\cdot m^{-2}$),这时 $H=87\,W\cdot m^{-2}$ 。

春(3—5 月)、夏(6—8 月)、秋(9—11 月)、冬(12 月—次年 2 月)季气候舒适度指数取季内各月气候舒适度指数的算术平均值。

舒适度指数 C 的取值与气候舒适度的对应关系为: $7\leq C\leq 9$ 为舒适, $5\leq C<7$ 为较舒适, $3\leq C<5$ 为较不舒适, $1\leq C<3$ 为不舒适。

2.2.2 气候舒适度指数变化分析

使用线性倾向率^[20]研究 1961—2020 年气候舒适度指数的变化趋势。另外,将 1961—2020 年划分为 1961—1990 年(简称前 30 a)以及 1991—2020 年(简称“近 30 a”)两个标准期^[21],对比分析 2 个时期气候舒适度指数的变化。

2.2.3 气候舒适度指数与气候要素的相关性分析

使用相关系数法^[20]分析 1961—2020 年春、夏、秋、冬季气候舒适度指数与同期平均气温、相对湿度、平均风速、日照时数的相关关系,以信度 $P=0.05$

作为相关显著性判别标准。

2.2.4 气候舒适度指数空间插值模拟

采用宏观地理因子的三维二次趋势面与反距离加权残差订正相结合的混合插值法,对气候舒适度指数进行 $100\text{ m}\times 100\text{ m}$ 栅格点的空间插值模拟^[14-17]。

3 结果分析

3.1 气候舒适度指数的年内变化

就不同区域气候舒适度指数的年内变化来看(图2),平原地带(米东、乌鲁木齐、达坂城站,下同)呈双峰双谷的“M”型,即1—5月指数值持续上升,5—7月转为下降,7—9月再次回升,9—12月又快速下降;山区(小渠子、大西沟站,下同)则表现为单峰单谷的“∩”型,即1—7月舒适度指数持续上升,7月达到峰值后至12月又持续下降。平原地带春、秋、冬季各站气候舒适度指数相差不大,但夏季指数值随海拔高度的升高而增大;山区中山带(小渠子)全年气候舒适度指数均大于高山带(大西沟),其中,夏半年(4—9月)偏高尤为明显。

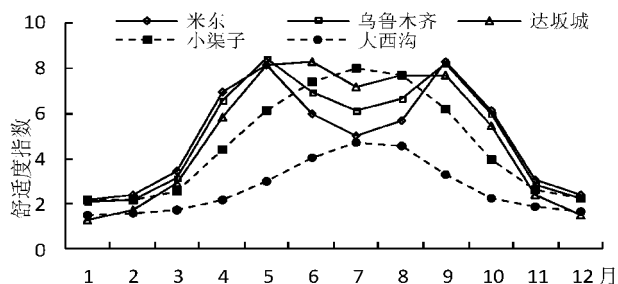


图2 乌鲁木齐市不同区域气候舒适度指数年内变化

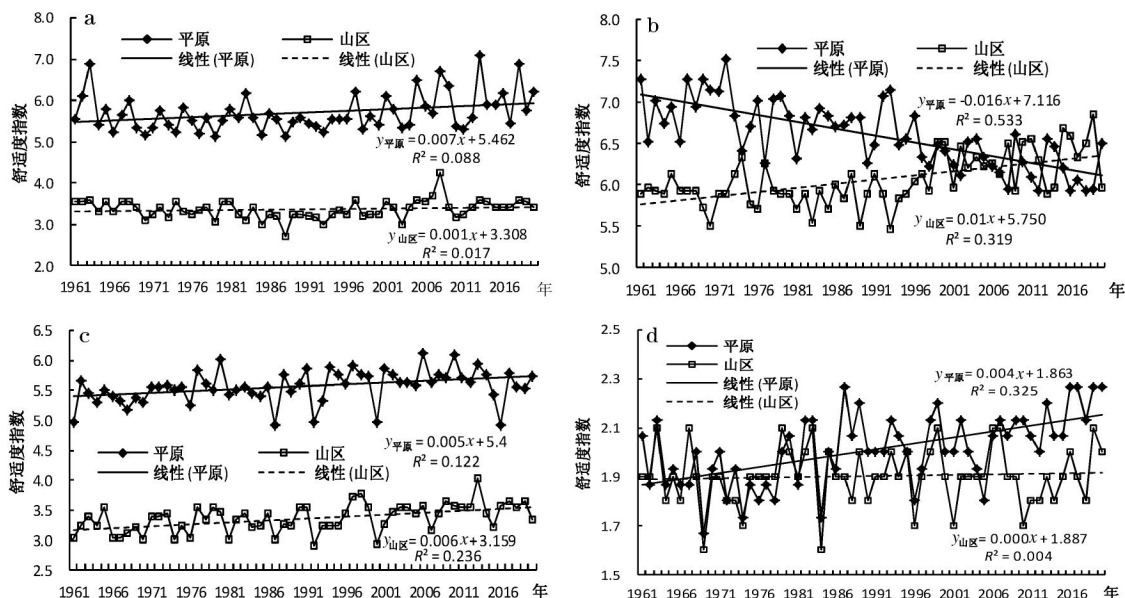


图3 1961—2020年乌鲁木齐市不同区域春(a)、夏(b)、秋(c)、冬(d)季气候舒适度指数变化

3.2 近60年气候舒适度指数变化

1961—2020年乌鲁木齐市气候舒适度指数的变化具有明显的区域性和季节性差异。春季平原地带以 $0.07/10\text{ a}$ 的倾向率显著($P=0.05$,下同)增大,山区以 $0.01/10\text{ a}$ 的倾向率不显著的略增;夏季平原地带以 $-0.16/10\text{ a}$ 的倾向率显著减小,山区则以 $0.10/10\text{ a}$ 的倾向率显著增大;秋季平原和山区分别以 $0.05/10\text{ a}$ 、 $0.06/10\text{ a}$ 的倾向率显著增大;冬季平原地带以 $0.04/10\text{ a}$ 的倾向率显著增大,但山区无明显变化趋势(图3)。1991—2020年较1961—1990年平原地带春、秋、冬季气候舒适度指数分别增大了0.24、0.18和0.13,夏季减小了0.50;山区春、夏、秋季分别增大了0.08、0.33和0.19,冬季基本无变化。

3.3 气候舒适度指数变化成因

3.3.1 春季

1961—2020年春季乌鲁木齐市平原和山区气候舒适度指数与同期平均气温、日照时数均呈正相关(表1)。近60年平原和山区春季平均气温分别以 0.44 和 $0.28\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的倾向率显著升高(表2),这对气候舒适度的改善具有重要意义;平原地带春季日照时数以 $0.04\text{ h}/10\text{ a}$ 的倾向率增多,对气候舒适度的改善也有积极作用,但山区日照时数以 $-0.04\text{ h}/10\text{ a}$ 的倾向率减少,对气候舒适度有一定负面影响。春季平原和山区气候舒适度指数与同期相对湿度和平均风速均呈负相关,这表明空气湿度增大或多风将使人体的“冷”不舒适感增强^[2-4],近60年平原地带春季相对湿度和平均风速分别以 $-0.80\%/10\text{ a}$ 和 $-0.28\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}/10\text{ a}$ 的倾向率显著减小,对气候舒适

度的改善有利;但山区相对湿度以 0.69%/10 a 的倾向率显著增大,对气候舒适度有一定负面影响。近 60 年乌鲁木齐市春季气候变化对舒适度的影响总体利大于弊,其中平原地带的利好作用更为明显(图 3a)。

3.3.2 夏季

1961—2020 年夏季平原地带气候舒适度指数与平均气温呈显著负相关,山区则呈显著正相关(表 1)。近 60 年来平原和山区夏季平均气温分别以 0.28 和 0.26 $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的倾向率显著升高(表 2),这对夏季炎热的平原地带气候舒适度将产生较明显的负面影响,而对气候冷凉的山区则具有积极作用。平原和山区夏季气候舒适度指数与平均相对湿度的相关性均不显著,因此,尽管近 60 年两区域平均相对湿度均不同程度地增大,但对气候舒适度的影响不大。平原地带夏季气候舒适度指数与平均风速呈显著正相关,而山区呈显著负相关,近 60 年两区域夏季平均风速分别以 -0.31 和 $-0.06\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}/10\text{ a}$ 的倾向率显著减小,这对平原地带的气候舒适度将产生负面影响,而对山区则具有积极作用。平原和山区夏季气候舒适度指数与日照时数的相关关系均不显著,因此,尽管近 60 年两区域夏季日照时数呈现不同程度的减少趋势,但对气候舒适度的影响不大。近 60 年乌鲁木齐市夏季气候变化对平原地带气候舒适度总体弊大于利,而山区则利大于弊(图 3b)。

3.3.3 秋季

1961—2020 年秋季乌鲁木齐市平原和山区气

候舒适度指数与同期平均气温及日照时数均呈正相关(表 1)。近 60 年来两区域秋季平均气温分别以 0.40 和 0.29 $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的倾向率显著升高(表 2),这对气候舒适度的改善具有积极作用,但日照时数分别以 -0.08 和 $-0.04\text{ h}/10\text{ a}$ 的倾向率显著减少对气候舒适度有一定负面影响。平原和山区秋季气候舒适度指数与同期相对湿度和平均风速均呈负相关,平原地带秋季相对湿度和平均风速分别以 -0.22% 和 $-0.23\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}/10\text{ a}$ 的倾向率减小,对气候舒适度有积极影响,但山区相对湿度以 0.88%/10 a 的倾向率显著增大,对气候舒适度有一定不利影响。近 60 年乌鲁木齐市秋季气候变化对气候舒适度总体利大于弊(图 3c)。

3.3.4 冬季

1961—2020 年冬季乌鲁木齐市平原和山区气候舒适度指数与同期平均气温均呈显著正相关(表 1)。两区域冬季平均气温分别以 0.43 和 0.18 $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 倾向率升高,对气候舒适度的改善具有积极意义。平原地带冬季气候舒适度指数与相对湿度相关不显著,而山区则呈显著负相关,因此,近 60 年平原相对湿度不显著的略增对气候舒适度的影响不大,而山区相对湿度以 1.2%/10 a 的倾向率显著增大对气候舒适度有不利影响(表 2)。平原和山区冬季气候舒适度指数与同期平均风速均呈显著负相关,近 60 年平原地带冬季平均风速以 $-0.16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}/10\text{ a}$ 的倾向率显著减小,对气候舒适度较有利,山区平均风速变化不显著,对气候舒适度的影响不大。山区冬季气候舒

表 1 不同区域四季气候舒适度指数与气候要素的相关关系

气候要素	平原				山区			
	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	0.698 4	-0.941 7	0.817 2	0.752 5	0.751 1	0.842 7	0.764 5	0.656 8
相对湿度/%	-0.488 2	0.172 8	-0.361 7	0.144 8	-0.205 8	-0.040 1	-0.098 8	-0.283 2
平均风速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	-0.427 6	0.692 4	-0.321 2	-0.545 0	-0.367 9	-0.507 5	-0.294 5	-0.655 2
日照时数/h	0.371 2	-0.054 9	0.352 9	0.154 6	0.220 8	-0.149 6	0.224 8	0.333 3

注:加粗字体表示通过 $P=0.05$ 显著性检验,下同。

表 2 1961—2020 年乌鲁木齐市不同区域四季气候要素变化倾向率

气候要素倾向率	平原				山区			
	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
平均气温/ $(^{\circ}\text{C}/10\text{ a})$	0.44	0.28	0.40	0.43	0.28	0.26	0.29	0.18
相对湿度/ $(\%/10\text{ a})$	-0.80	0.03	-0.22	0.32	0.69	0.71	0.88	1.2
平均风速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1}/10\text{ a})$	-0.28	-0.31	-0.23	-0.16	-0.05	-0.06	-0.03	-0.01
日照时数/ $(\text{h}/10\text{ a})$	0.04	-0.02	-0.08	-0.23	-0.04	-0.14	-0.04	-0.04

适度指数与日照时数呈显著正相关,而平原地带相关不显著,因此近 60 年两区域冬季日照时数分别以-0.04 和-0.23 h/10 a 的倾向率显著减少,对山区气候舒适度将产生较明显的负面影响,而对平原地带的影响较小。近 60 年乌鲁木齐市平原地带冬季气候变化对气候舒适度总体利大于弊,而山区则利弊相当(图 3d)。

3.4 气候舒适度指数空间分布及其变化

3.4.1 春季

乌鲁木齐市春季气候舒适度指数的空间分布总体呈现随海拔高度的升高而降低的特点(图 4)。1961—1990 年海拔 1 300 m 以下的中北部平原的舒适度指数为 5.0~5.8,属于气候较舒适区,面积为 7 528.4 km²,占全市总面积的 53.0%;海拔 1 300~3 000 m 的山前丘陵至亚高山带舒适度指数为 3.0~5.0,属于较不舒适区,面积为 4 847.1 km²,占比 34.1%;海拔

3 000 m 以上的高山带舒适度指数在 3.0 以下,属于气候不舒适区,面积为 1 840.8 km²,占比 12.9%;全市春季无舒适度指数 7.0 以上的气候舒适区^[11-13]。1991—2020 年与前 30 a 相比,舒适度指数为 5.0~6.0 的区域海拔上限升高了约 100 m,面积扩大 958.9 km²,占比增大 6.7%;舒适度指数 3.0~5.0 以及 3.0 以下的区域整体向高海拔抬升了 50~100 m,面积分别缩小了 828.0 和 130.8 km²,缩小 5.8%和 0.9% (表 3)。

3.4.2 夏季

乌鲁木齐市夏季气候舒适度指数空间分布呈现随海拔高度的升高先增后减的特点(图 5)。1961—1990 年舒适度指数 7.0 以上的舒适区位于海拔 1 100~2 500 m 的山前倾斜平原至中山带,其面积为 7 391.8 km²,占全市总面积的 52.0%;海拔 1 100 m 以下的中北部平原以及海拔 2 500~3 300 m

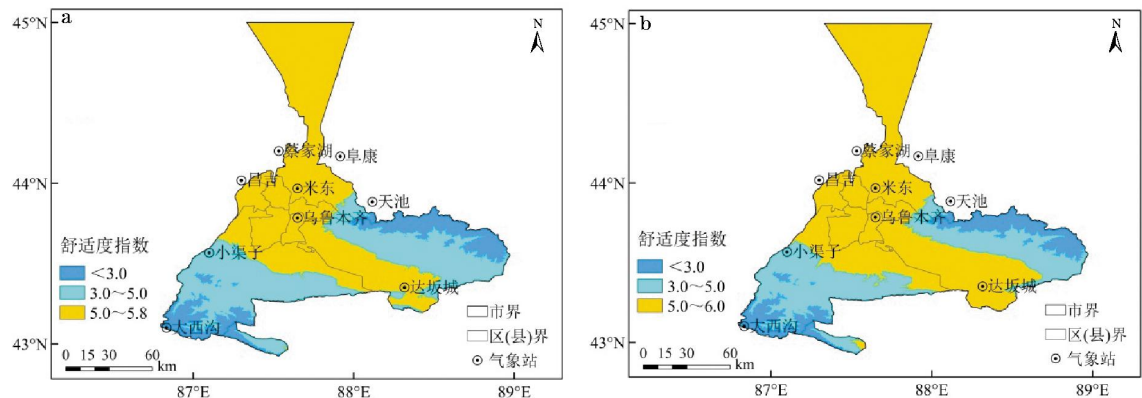


图 4 1961—1990 年(a)和 1991—2020 年(b)乌鲁木齐市春季气候舒适度指数空间分布

表 3 1961—1990 年和 1991—2020 年春、夏、秋季各气候舒适度分区面积及其变化

	舒适度分区 (指数)	春季		夏季		秋季	
		面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%
1961—1990 年	舒适区(7~9)	0.0	0.0	7 391.8	52.0	0.0	0.0
	较舒适区(5~7)	7 528.4	53.0	5 528.3	38.9	6 571.2	46.2
	较不舒适区(3~5)	4 847.1	34.1	815.7	5.7	5 744.1	40.4
	不舒适区(1~3)	1 840.8	12.9	480.5	3.4	1 901.1	13.4
1991—2020 年	舒适区(7~9)	0.0	0.0	6 877.6	48.4	0.0	0.0
	较舒适区(5~7)	8 487.3	59.7	6 245.9	43.9	7 500.7	52.8
	较不舒适区(3~5)	4 019.0	28.3	786.9	5.5	5 050.0	35.5
	不舒适区(1~3)	1 710.0	12.0	305.9	2.2	1 665.5	11.7
变化量	舒适区(7~9)	0.0	0.0	-514.2	-3.6	0.0	0.0
	较舒适区(5~7)	958.9	6.7	717.6	5.0	929.6	6.5
	较不舒适区(3~5)	-828.0	-5.8	-28.8	-0.2	-694.1	-4.9
	不舒适区(1~3)	-130.8	-0.9	-174.6	-1.2	-235.5	-1.7

的亚高山带舒适度指数为 5.0~7.0, 属气候较舒适区, 面积为 5 528.3 km², 占比 38.9%; 海拔 3 300~3 800 m 的高山带舒适度指数为 3.0~5.0, 属于气候较不舒适区, 面积为 815.7 km², 占比 5.7%; 海拔 3 800 m 以上的高寒地带舒适度指数小于 3.0, 为不舒适区, 面积为 480.5 km², 占比 3.4%。1991—2020 年与前 30 a 相比, 舒适度指数 > 7.0 的区域向高海拔抬升了 100~150 m, 面积减小了 514.2 km², 减小 3.6%; 中北部平原舒适度指数 5.0~7.0 区域的海拔上限抬升了 100~150 m, 面积明显增大, 而亚高山带舒适度指数 5.0~7.0 的区域则略有减小, 受其共同影响, 全市舒适度指数 5.0~7.0 的面积扩大了 717.6 km², 占比增大 5.0%; 舒适度指数 3.0~5.0 以及 < 3.0 的区域整体向高海拔抬升了 50~100 m, 面积略有减小 (表 3)。

3.4.3 秋季

乌鲁木齐市秋季气候舒适度指数的空间分布呈现随海拔高度的升高而减小的特点 (图 6)。1961—1990 年海拔 1 300 m 以下的中北部平原舒适度指数为 5.0~5.8, 属气候较舒适区, 面积为 6 571.2 km², 占全市总面积的 46.2%; 海拔 1 300~3 000 m 的山

前丘陵至亚高山带舒适度指数为 3.0~5.0, 属于气候较不舒适区, 面积为 5 744.1 km², 占比 40.4%; 海拔 3 000 m 以上的高山带舒适度指数在 3.0 以下, 属于气候不舒适区, 面积为 1 901.1 km², 占比 13.4%; 全市秋季无舒适度指数 7.0 以上的气候舒适区。1991—2020 年较前 30 a, 中北部平原舒适度指数 5.0~5.9 区域的海拔上限升高了 100~150 m, 面积增大 929.6 km², 增大 6.5%; 指数 3.0~5.0 以及 3.0 以下的区域整体向高海拔抬升了 50~100 m, 面积分别减小了 694.1 和 235.5 km², 减小 4.9% 和 1.7% (表 3)。

3.4.4 冬季

1961—1990 年冬季乌鲁木齐市各地气候舒适度指数均在 2.3 以下 (图 7), 属于气候不舒适区^[11-13], 但舒适度指数仍存在区域性差异, 南部和东部高山带以及柴窝堡至达坂城山间谷地舒适度指数 < 1.8, 山前倾斜平原至中山带为 1.8~2.1, 中西部平原及低山带为 2.1~2.3。1991—2020 年较前 30 a, 舒适度指数为 2.1~2.5 的区域明显向东和南部扩张; 指数 1.8~2.1 的区域向高海拔抬升并压缩了 100~150 m; 指数 < 1.8 的区域在山区变化不大, 而在达坂城峡谷地带则明显减小。虽如此, 全市冬季气候舒适度指数

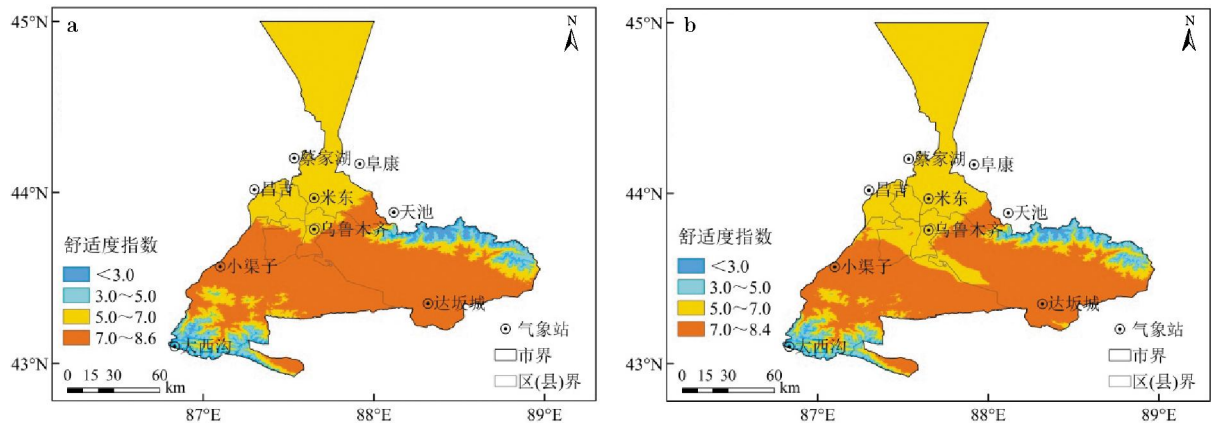


图 5 1961—1990 年(a)和 1991—2020 年(b)乌鲁木齐市夏季气候舒适指数空间分布

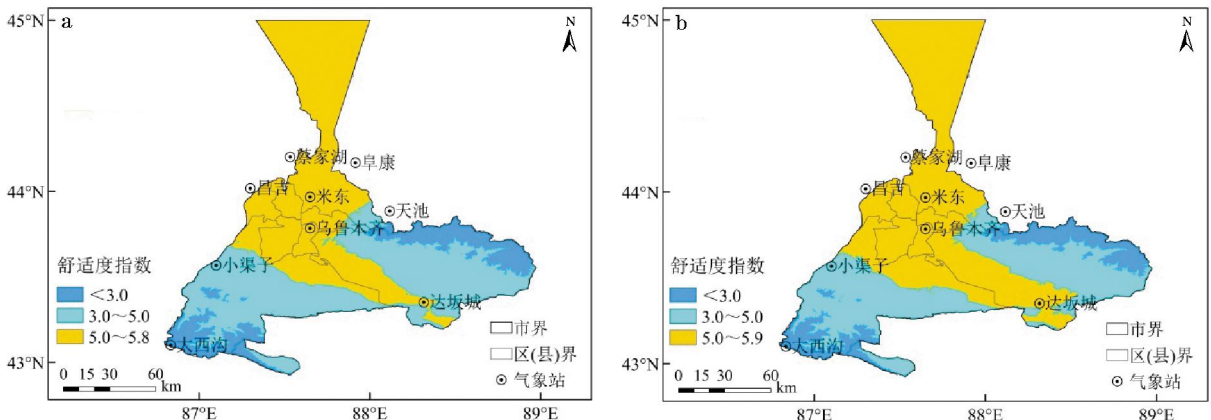


图 6 1961—1990 年(a)和 1991—2020 年(b)乌鲁木齐市秋季气候舒适指数空间分布

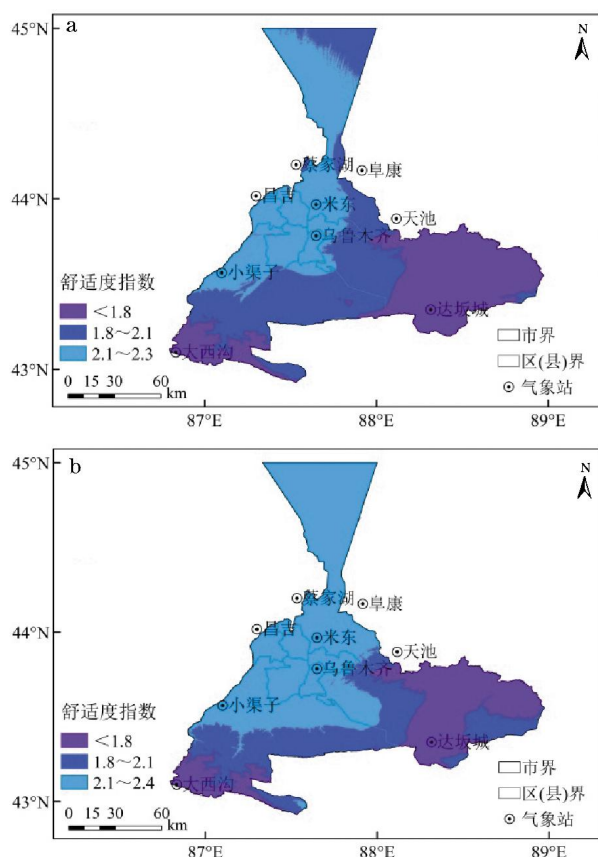


图7 1961—1990 年(a)和 1991—2020 年(b)
乌鲁木齐市冬季气候舒适度指数空间分布

仍在 2.5 以下,属于气候不舒适区的状况未发生改变。

4 讨论

本文对 1961—2020 年乌鲁木齐市气候舒适度的变化研究显示,其变化趋势与我国北方多数地区过去几十年“冷不舒适”频次趋于减少、“热不舒适”频次趋于增多的变化大体一致,这表明,以气候变暖为主要特征的全球变化对我国北方地区气候舒适度的影响具有一定的共性^[11-13,22]。此外,本研究还量化分析了气候变化背景下乌鲁木齐市各级气候舒适度分区随季节、地理环境的动态变化规律,可为开展相关气象服务提供理论依据。值得说明的是,影响人体气候舒适度的要素很多,除气温、风速、相对湿度和日照时数^[11-13]外,气压以及各类气象灾害也有一定影响^[23]。另外,研究区气象站点稀疏,对研究结果的精细化程度也有影响。因此,今后随着气候舒适度指数模型的改进以及各类多源气象数据的应用,有关乌鲁木齐市气候舒适度的研究仍需进一步深入。

5 结论

(1)乌鲁木齐市气候舒适度指数的年内变化,平

原地带呈双峰双谷的“M”型,山区则为单峰单谷的“U”型。

(2)受气温升高、相对湿度增大、风速减小、日照时数减少的综合影响,1961—2020 年乌鲁木齐市平原地带春、秋、冬季气候舒适度指数显著增大,夏季显著减小;山区夏、秋季气候舒适度指数显著增大,冬、春季变化不明显。

(3)1991—2020 年与 1961—1990 年相比,春季和秋季平原地带气候较舒适区向高海拔扩大了约 950 km²,山区较不舒适区和不舒适区分别减小了 694~828 和 131~236 km²;夏季平原地带气候较舒适区向高海拔扩大了 718 km²,山前倾斜平原至中山带的舒适区减小 514.2 km²,高山带较不舒适区和不舒适区略有减小;冬季全市属于气候不舒适区的状况未发生改变。

参考文献:

- [1] 闫业超,岳书平,刘学华,等.国内外气候舒适度评价研究进展[J].地球科学进展,2013,28(10):1119-1125.
- [2] PANTAVO K, THEOHARATOS G, MAVRAKIS A, et al. Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens[J]. Building and Environment, 2011, 46(2): 339-344.
- [3] ROETZEL A, TSANGRASSOULIS A. Impact of climate change on comfort and energy performance in offices[J]. Building and Environment, 2012, 57: 349-361.
- [4] YILMAZ S, IRMAK A M, MATZARAKIS A. The importance of thermal comfort in different elevation for city planning[J]. Global Nest Journal, 2013, 15(3): 408-420.
- [5] 温春,周雪英,仇会民,等.新疆巴州旅游气候舒适度时空特征分析与评价[J].沙漠与绿洲气象, 2022, 16(1): 110-115.
- [6] 李宏艳,陈学刚.1967—2016 年伊宁市旅游气候舒适度变化研究[J].沙漠与绿洲气象, 2020, 14(4): 119-123.
- [7] 李山,孙美淑,张伟佳,等.中国大陆 1961—2010 年间气候舒适期的空间格局及其演变[J].地理研究, 2016, 35(11): 2053-2070.
- [8] 曹云,孙应龙,吴门新.近 50 年京津冀气候舒适度的区域时空特征分析[J].生态学报, 2019, 39(20): 1-16.
- [9] 许善洋,石培宏,薛治国,等.甘肃省气候舒适度时空分异特征研究[J].沙漠与绿洲气象, 2018, 12(2): 57-62.
- [10] 于昕冉,王乃昂.近 60 a 甘肃省旅游气候舒适度变化分析[J].兰州大学学报(自然科学版), 2021, 57(2): 143-150.
- [11] 马丽君,孙根年,谢越法,等.50 年来东部典型城市旅游气候舒适度变化分析[J].资源科学, 2010, 32(10): 1963-1970.

- [12] 马丽君,孙根年,玉素朴江,等.新疆旅游气候舒适度分析与评价[J].干旱区资源与环境,2010,24(9):151-155.
- [13] 李东,杨兆萍,石卉,等.乌鲁木齐市旅游气候与旅游气候舒适度分析[J].干旱区研究,2014,31(3):404-409.
- [14] 谭秀兰,张山清,李翔娟,等.基于DEM的乌鲁木齐地区气温时空变化分析[J].干旱气象,2012,30(4):593-599.
- [15] 张山清,普宗朝.基于DEM的乌鲁木齐河流域降水量时空变化分析[J].中国农业气象,2011,32(3):437-443.
- [16] 王晓梅,张山清,普宗朝,等.近50年乌鲁木齐市太阳能资源时空变化分析[J].气象,2013,39(4):443-452.
- [17] 普宗朝,张山清,瓦哈提,等.近56年乌鲁木齐市青草期水热气候条件时空变化[J].草业科学,2018,35(7):1602-1613.
- [18] 李江风.新疆气候[M].北京:气象出版社,1991.
- [19] 李景林,普宗朝,张山清.气候变化对新疆农业的影响及区划[M].北京:气象出版社,2018.
- [20] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007.
- [21] WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Calculation of Monthly and Annual 30-Year Standard Normals[M].WCDP-No.10,WMO-TD No.341,1989.
- [22] 孔钦钦,葛全胜,席建超,等.中国重点旅游城市气候舒适度及其变化趋势[J].地理研究,2015,34(12):2238-2246.
- [23] 刘青春,王铮,许世远.中国城市旅游气候舒适性分析[J].资源科学,2007,29(1):133-141.

Climate Comfort Change in Urumqi during 1961–2020

PU Zongchao¹, FENG Zhimin², ZHANG Shanqing³, WANG Mingquan⁴, ZHANG Zulian³,
SONG Xuefei³

(1.Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China;

2.Xinjiang Eco-Meteorological and Satellite Remote Sensing Center, Urumqi 830011, China;

3. Information Center of Xinjiang Xingnong-Net/Xinjiang Agro-Meteorological Observatory,
Urumqi 830002, China;

4.Xinjiang Education Management Information Center, Urumqi 830049, China)

Abstract Based on the climate comfort index model and the climate data of 9 meteorological stations in Urumqi and its surrounding areas from 1961 to 2020, the spatial and temporal change of climate comfort in the past 60 years were analyzed by using statistical methods and ArcGIS. The results show that: (1) The climate comfort index changes within a year showed “M” type with double peaks and double valleys in the plain area and “∩” type with single peak and single valley in the mountainous area. (2) Due to the combined effects of increased temperature and relative humidity, as well as reduced wind speed and sunshine hours, the climate comfort index in spring, autumn, and winter in the plain area was significantly increased ($P=0.05$) in recent 60 years, while it was significantly decreased in summer. The climate comfort index in mountain areas was significantly increased in summer and autumn, while the changes in winter and spring were not significant. (3) In the past 30 years (1991–2020), compared with the previous 30 years (1961–1990), the upper elevation limit of the more comfort climate zone in spring and autumn had increased by 100–150 m, and the area had increased by 950 km², the less comfort climate zone and uncomfortable climate zone had increased by 50–100 m towards higher altitude, their areas had decreased by 694–828 km² and 131–236 km², respectively. In summer, the climate comfort zone had increased by 100 m towards high altitude, and its area reduced by 514 km², the upper limit of altitude of the more comfort climate zone increased by 100–150 m, and increased its area by about 718 km², the less comfortable climate and uncomfortable climate zone had also increased by 50–100 m toward high altitude, with a slight decrease in areas. In winter, the situation that Urumqi belongs to the uncomfortable climate zone had not changed.

Key words climate comfort; temperature; relative humidity; wind speed; sunshine hours; climate change; Urumqi