超星·期刊

秦小康,管丽晶,杨丽,等. 1971—2020年忻州市人居环境气候舒适度评价[J]. 气象与环境学报,2024,40(4):116-122.
QIN Xiaokang, GUAN Lijing, YANG Li, et al. Evaluation of the climate comfort of residential environments in Xinzhou city from 1971 to 2020[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2024, 40(4): 116-122.

1971—2020年忻州市人居环境气候舒适度评价

秦小康[1] 管丽晶[1] 杨丽[2] 王磊[2] 王丽君[3] 温天亮[3] 康利军[4]

(1. 五寨县气象局, 山西五寨 036200; 2. 忻州市气象局,山西忻州 035400; 3. 定襄县气象局, 山西定襄 034000; 4. 岢岚县气象局,山西岢岚 036300)

摘 要:选取1971—2020年山西省忻州市15个国家气象站逐日观测资料,根据人居环境气候舒适度评价标准,应用线性倾向率、滑动平均、Mann-Kendall突变检验等方法分析忻州市人居环境气候舒适度变化特征。结果表明:忻州市整体的人居环境气候舒适度为寒冷,6—8月为舒适月,7月为最舒适月,年舒适日数为102.2 d。1971—2020年忻州市风效指数和温湿指数均呈显著的上升趋势,分别于1986年和1997年突变增大,人居环境舒适度提升;忻州市人居环境气候舒适度随海拔升高而降低,舒适日数随海拔升高而减少。5月底至9月上旬五台山风景区舒适度较好,7月舒适度最好。整体上,忻州市人居环境气候舒适区和较舒适区位于海拔较低的忻定盆地和黄河沿岸,舒适度较差区为高寒山区。

关键词:海拔高度;气候舒适度;温湿指数;风效指数
中图分类号:P468 **文献标识码**:A doi:10.3969/j.issn.1673-503X.2024.04.014

引言

气候舒适度是健康人群在无防寒、避暑装备和设施条件下对外界环境的体感适宜程度,是分析和评价人居环境、旅游资源的关键气候指标[1]。Terjung[2]于1966年提出气候舒适性指数、风效指数,Oliver[3]进一步分析气温、湿度、风速和日照等气象因子对人体舒适度的影响,构建了风寒指数量表。

自20世纪80年代以来,中国不同地区开展了一系列人体舒适度模型研究,取得较多进展,其中以温湿指数、风效指数、有效温度指数等应用最为广泛[4]。吴兑和邓雪娇[5]通过分析城市环境气象、城市特种气象预报和人体舒适度预报,论述了各种气象条件对城市生活和人体健康的影响。马丽君等[6]基于温湿指数、风寒指数、着衣指数、人体舒适度指数和有效温度等多种评价指数,建立了中国东部沿海、沿边城市气候舒适度综合评价模型。此外,中国各城市的旅游气候舒适度进行的评价分析表明[7],中国旅游城市可分为冬季适游型、夏季适游型和春秋适游型3类,其中冬季适游型城市最少。近年,针对呼包鄂地区[1]、陕西省[8]、辽宁省[9]、武汉市[10]、秦皇岛市[11]和金华市[12]等地的气候舒适度分析取得较多成果,涉及气候舒适度时空变化特征、影响因素及冷热日特征等方面,为相关地区的城市规划、旅游开发和产业评估提供了重要的科学决策依据。

气候舒适度变化对居民的日常生活、健康状况、居住选择及生活环境等多方面产生直接或间接影响[12],引发政府和公众对相关气象服务的重视。山西省区域尺度的气候舒适度研究已取得一定进展[13-14],但有关忻州市气候舒适度的研究仍较少。在全球气候变暖背景下,气候舒适度变化明显。同时,随太忻经济一体化战略的推进,忻州市作为融入京津冀地区和服务大循环的门户枢纽,面临重要发展机遇,因此开展忻州市本地人居环境舒适度研究具有重要意义。本文以忻州市各市、区、县为研究单元,分析1971—2020年忻州市人居环境舒适度的时空分布特征,以期为太忻经济一体化和生态宜居城市建设提供依据,为忻州市旅游开发、康养产业发展提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

忻州市位于山西省中北部,黄土高原东部,下辖1个区、1个县级市、12个县和五台山风景区,总面积占山西省总面积的1/6,是山西省面积最大的市。其东部为山脉,西部为丘陵,山区、丘陵区占总面积的88.96%(图1)。忻州大部地区属温带大陆性季风气候,由于地形复杂,各区县气候差异较大,其中忻定盆地属暖温带季风气候。

五台山风景区位于忻州市东北部五台县境内,

收稿日期:2023-02-27;**修订日期**:2023-05-26。
资助项目:山西省气象局青年基金项目(SXKQNQH20236358)资助。
作者简介:秦小康,男,1992年生,工程师,主要从事综合气象业务,E-mail:654277420@qq.com。
通信作者:管丽晶,女,高级工程师,E-mail:348845146@qq.com。

超星·期刊

五台山海拔高、气候寒冷,年平均气温为 2.2 ℃、年平均风速为 5.4 m·s^{-1},年平均积雪日数为 106.4 d。该地区较热天气时段短,因此五台山又被称为“清凉山”。

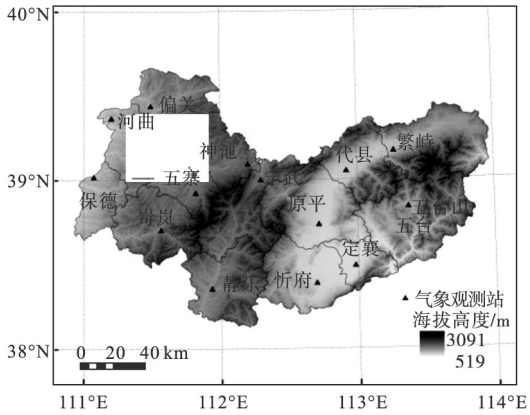


图 1　忻州市海拔高度及气象站空间分布

Fig. 1　Spatial distribution of elevation and meteorological stations in Xinzhou city

1.2　数据来源

选用资料为 1971—2020 年忻州市 14 个区县地面气象观测站和 1998—2020 年五台山气象站,共 15 个观测站的气温、日照时数、相对湿度、风速等逐日资料和各观测站海拔高度、经纬度数据,均来源于山西省气象局。

1.3　研究方法

1.3.1　舒适度等级

根据《人居环境气候舒适度评价》(GB/T 27963—2011)[15]的等级划分标准和评价方法,基于多年气象观测资料,计算温湿指数、风效指数两个指标对忻州市各区县的气候舒适度进行分析评价。该标准根据温湿指数和风效指数,将人居环境气候舒适度划分为 5 个等级:寒冷、冷、舒适、热和闷热,见表 1。

表 1　人居环境舒适度等级划分

Table 1　Classification of living environment comfort levels

等级	体感程度	温湿指数	风效指数	健康人群体感
1	寒冷	<14.0	<−400	很冷,不舒服
2	冷	14.0~16.9	−400~−300	偏冷,较不舒服
3	舒适	17.0~25.4	−299~−100	舒适
4	热	25.5~27.5	−99~−10	有热感,较不舒服
5	闷热	>27.5	>−10	闷热难受,不舒服

由于五台山风景区气候与忻州市各区县差异较大,忻州市人居环境气候舒适度分析不包括五台山风景区,其气候舒适度单独分析。

1.3.2　温湿指数和风效指数

温湿指数(Temperature humidity index,THI)表征人体对环境温度和湿度的综合感受,见式(1)。风效指数(Wind effect index,WEI)表征人体对风、温度和日照的综合感受,见式(2)。

$$I=T-0.55\times(1-RH)\times(T-14.4) \quad (1)$$

$$K=-(10\sqrt{V}+10.45-V)(33-T)+8.55S \quad (2)$$

式(1)~式(2)中,I 为温湿指数;K 为风效指数;T 为评价时段的平均温度(℃);RH 为评价时段的平均空气相对湿度(%);V 为评价时段的平均风速(m·s^{-1});S 为评价时段的平均日照时数(h·d^{-1})。

对照表 1,若同一地区同一时段内两指数对应的舒适度等级相同,则两指数舒适度等级一致。两指数舒适度等级不一致时,冬半年(10 月至次年 3 月)选用风效指数,夏半年(4—9 月)选用温湿指数[15-16]。此外,评价时段平均风速大于 3 m·s^{-1} 的地区选用风效指数[15]。

应用 SPSS 软件分析温湿指数和风效指数的变化趋势,确定线性倾向率[17-18]。应用 Mann-Kendall 突变检验分析两指数的突变[17]。应用 ArcGIS 10.2 的克里金空间分析法[19]对 15 个站点进行插值和综合区划与评价。

1.3.3　风冷力指数

不同季节需采用不同的评定指数,寒冷季节或地区应采用风冷力指数[20]和冷应力不舒适程度[21]。五台山风景区较忻州市大部分地区海拔更高、气温更低、风速更大,炎热季节短暂甚至没有。因此,选用冷应力指数分析五台山风景区的气候舒适度。

风冷力指数是在冷应力区间表示失热的指标[5]。风冷力指数计算见式(3),体感程度见表 2。

$$Q=(10\sqrt{V}+10.45-V)(33-T) \quad (3)$$

式(3)中,Q 为风冷力指数;V 为风速(m·s^{-1});T 为温度(℃)。

表 2　风冷力指数的体感程度

Table 2　Sensation level of wind chill index

风冷力指数 Q	体感程度
800>Q≥600	很凉
1000>Q≥800	冷
1200>Q≥1000	很冷
1400>Q≥1200	极度寒冷
2000>Q≥1400	裸露皮肤冻伤
2300>Q≥2000	裸露皮肤在 1 min 内冻伤
Q≥2300	裸露皮肤在 0.5 min 内冻伤

2　结果分析

2.1　忻州市人居环境气候舒适度等级和时间变化

超星·期刊

2.1.1 舒适度等级

1971—2020年忻州市各区县各月人居环境气候舒适度等级表见表3,各区县的年平均人居环境气候舒适日数分布见图2。由表3和图2可知,忻州市全年无热和闷热等级,年平均舒适日数为102.2 d。11月至次年4月为忻州市的寒冷月,神池全年寒冷月最多,为9个月,年平均舒适日数神池最少,为69 d。定襄全年寒冷月最少,为6个月。5月,忻定盆地的忻府区、定襄、原平市和保德县进入舒适月,高寒地区的神池仍为寒冷月,其他县为冷月。9月,高寒地区的宁武、神池、五寨、岢岚已进入寒冷月,其他县为冷月。

表3 1971—2020年忻州市各区县各月人居环境气候舒适度等级

Table 3 Climate comfort levels of living environments in various districts and counties of Xinzhou city from 1971 to 2020 by month

站点	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
保德	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	舒适	舒适	舒适	舒适	冷	寒冷	寒冷	寒冷
代县	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	冷	舒适	舒适	舒适	冷	寒冷	寒冷	寒冷
定襄	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	舒适	舒适	舒适	舒适	冷	冷	寒冷	寒冷
繁峙	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	冷	舒适	舒适	舒适	冷	寒冷	寒冷	寒冷
河曲	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	冷	舒适	舒适	舒适	冷	寒冷	寒冷	寒冷
静乐	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	冷	舒适	舒适	舒适	冷	寒冷	寒冷	寒冷
岢岚	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	冷	舒适	舒适	舒适	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷
宁武	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	冷	舒适	舒适	舒适	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷
偏关	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	冷	舒适	舒适	舒适	冷	寒冷	寒冷	寒冷
神池	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	舒适	舒适	舒适	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷
五台	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	冷	舒适	舒适	舒适	冷	寒冷	寒冷	寒冷
五寨	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	冷	舒适	舒适	舒适	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷
忻府区	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	舒适	舒适	舒适	舒适	冷	寒冷	寒冷	寒冷
原平市	寒冷	寒冷	寒冷	寒冷	舒适	舒适	舒适	舒适	冷	寒冷	寒冷	寒冷

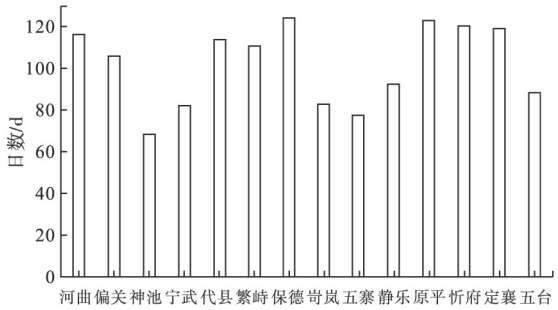


图2 1971—2020年忻州市各区县的年平均人居环境气候舒适日数

Fig. 2 The annual average number of days with a comfortable living environment climate in various districts and counties of Xinzhou city from 1971 to 2020

忻定盆地的忻府区、定襄、原平市和黄河沿岸的保德县舒适月最多,寒冷月最少,为舒适日数较多的区域,其中保德县年平均舒适日数最多,为124 d。高寒地区的宁武、神池、五寨、岢岚寒冷月较多,为舒适日数较少的区域。6—8月为忻州市人居环境气候舒适月。

2.1.2 月变化

1971—2020年忻州市各月的平均温湿指数和风效指数见图3。由图3可知,忻州市温湿指数和风效指数总体变化趋势一致,呈倒“V”型变化,冬季较低、夏季较高,7月为两指数最大的月份。

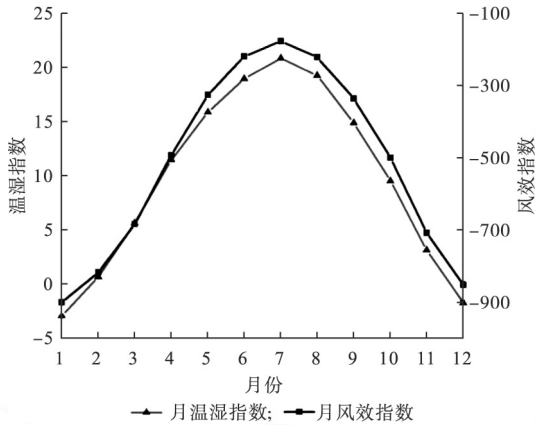


图3 1971—2020年忻州市各月的平均温湿指数和风效指数

Fig. 3 Average temperature-humidity index and wind effect index for each month in Xinzhou city from 1971 to 2020

研究表明,当两指数的一致率≥70%时评价效

超星·期刊

果较好(冯明,刘学春,王学良,等.《人居环境气候舒适度评价》(GB/T 27963—2011)解读. 气象标准化通讯,2012(2):40-43)。对照评价结果可知,忻州市各区县 1—12 月人居环境气候舒适度等级,两指数一致率达 99.4%,表明温湿指数和风效指数均能较准确表征忻州市人居环境气候舒适度变化趋势。

2.1.3　年变化

由式(1)和式(2)计算可得, 1971—2020 年忻州市年风效指数为-580~-482,50 a 平均风效指数为-521;年温湿指数为 8.4~10.4,50 a 平均温湿指数为 9.4,忻州市年人居环境气候舒适度为寒冷(表 1)。

1971—2020 年忻州市温湿指数和风效指数年变化见图 4。由图 4 可知,忻州市近 50 a 温湿指数和风效指数与时间序列(年份)的相关系数分别为 0.711 和 0.745(均通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验),线性倾向率分别为 0.0270/a 和 1.1519/a,两指数均呈上升趋势,表明忻州市人居环境气候舒适度增大。

1971—2020 年忻州市各区、县温湿指数年变化率见表 4。由表 4 可知,保德、五寨、静乐、神池、繁峙、原平的温湿指数年变化率大于全市平均,原平市

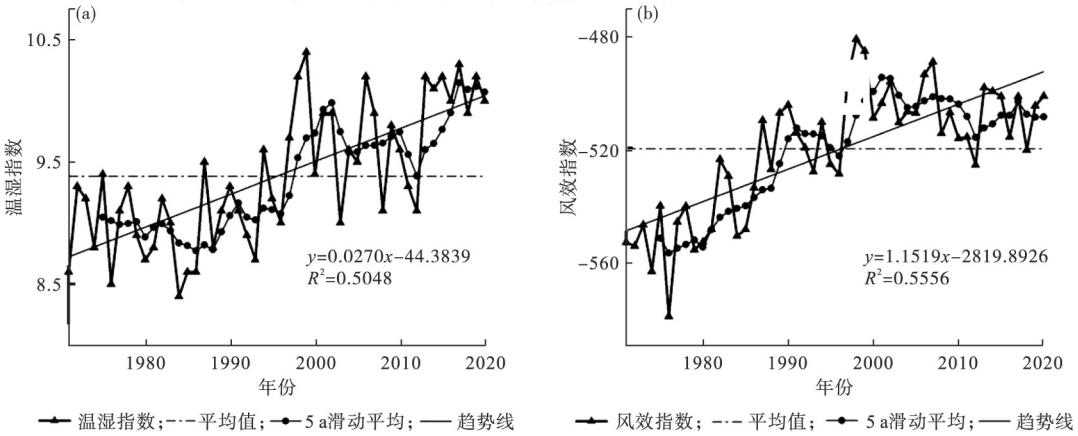


图 4　1971—2020 年忻州市温湿指数(a)和风效指数(b)年变化

Fig. 4　Annual variations in the temperature-humidity index (a) and wind efficiency index (b) for Xinzhou city from 1971 to 2020

表 4　1971—2020 年忻州市各区、县温湿指数年变化率

Table 4　Annual variation rate of temperature-humidity index in various districts and counties of Xinzhou city from 1971 to 2020

区、县	保德	代县	定襄	繁峙	河曲	静乐	岢岚
温湿指数变化率/a	0.0276	0.0236	0.0232	0.0414	0.0241	0.0304	0.0180
区、县	宁武	偏关	神池	五台	五寨	忻府区	原平市
温湿指数变化率/a	0.0224	0.0233	0.0311	0.0067	0.0293	0.0270	0.0428

温湿指数年变化率最大,该地区人居环境气候舒适度提升速度最快;五台县温湿指数年变化率最小,该地区人居环境气候舒适度变化最缓慢。

2.1.4　突变分析

1971—2020 年忻州市温湿指数和风效指数 M-K 检验见图 5。由图 5 可知,忻州市风效指数和温湿指数的 UF(正序列)均呈上升趋势,两指数分别自 1977 年、1993 年开始呈稳定上升趋势,增长趋势均超过显著性水平 0.05 临界线($U_{0.05}=1.96$),并超过 0.001 显著性水平($U_{0.001}=2.56$),表明该地区温湿指数和风效指数的增大趋势极为显著。

由式(1)可知,温湿指数与气温的相关系数达 0.989(通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验)。忻州市温湿指数突变增大出现在 1997 年(图 5a),该结果与忻州市平均气温的突变特征相一致[22]。

由式(2)可知,风效指数与气温和风速的相关系数分别为 0.831 和-0.747(通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验)。忻州市风效指数突变增大出现在 1986 年(图 5b)。由忻州市近 50 a 年平均风速进行突变分析可知(图略),该地区平均风速自 1977 年开始呈减小趋势,1979 年突变减小,平均风速的减小趋势超过显著性水平 0.05 临界线($U_{0.05}=1.96$),并超过 0.001 显著性水平($U_{0.001}=2.56$),即平均风速的减小极为显著。平均风速的突变减小较平均气温的突变升高提前了 18 a,并因此导致风效指数稳定增大的趋势出现早于温湿指数。

超星·期刊

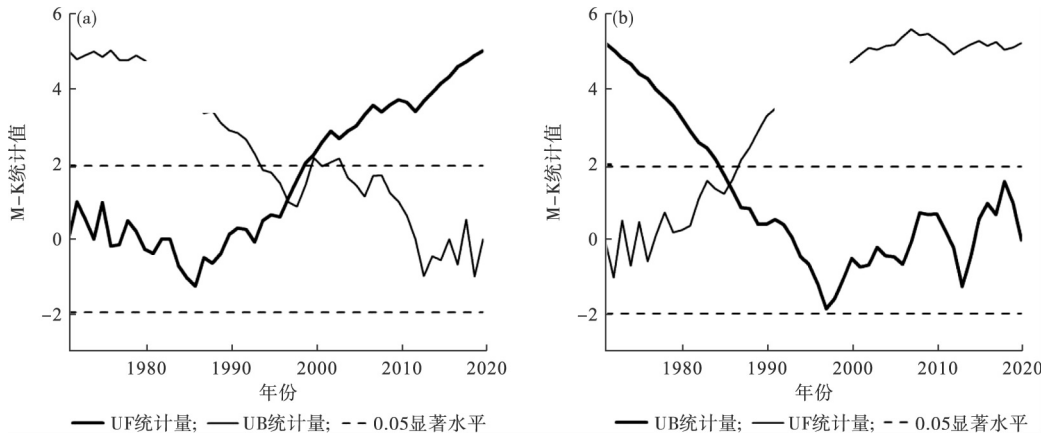


图5 1971—2020年忻州市温湿指数(a)和风效指数(b)M-K检验

Fig. 5 The M-K test for temperature-humidty index (a) and wind efficiency index (b) for Xinzhou city from 1971 to 2020

2.2 五台山风景区人居环境气候舒适度评价

五台山风景区平均风速大于3 m·s^{-1},使用风效指数进行人居环境气候舒适度评价[15]。由五台山气象站多年气象观测资料计算可得,1998—2020年五台山风景区年平均风效指数-810,即该地区人居环境舒适度整体为寒冷。

1998—2020年五台山风景区风效指数和风冷力指数月变化见图6。由图6可知,该地区月风效指数为-1251~-414,月变化呈倒"V"型。此外,五台山风景区年风效指数以1.588 a^{-1}的速率缓慢增大,表明该地区人居环境气候舒适度增大。由M-K检验可知,五台山风景区风效指数的突变增大出现在2015年。应用风效指数计算可知,五台山风景区年人居环境舒适日数为0 d,冷日数为6 d,集中在7月,其他均为寒冷。

五台山风景区年平均风冷力指数为844,整体体感为冷,月风冷力指数为473~1311,冬季(12月至翌年2月)体感程度为极度寒冷,风冷力指数月变化呈"V"型(图6)。五台山风景区风冷力指数以2.4865 a^{-1}的速率减小,表明该地区人居环境气候舒适度增大。由M-K检验可知,五台山风景区风冷力指数的突变减小也出现在2015年。

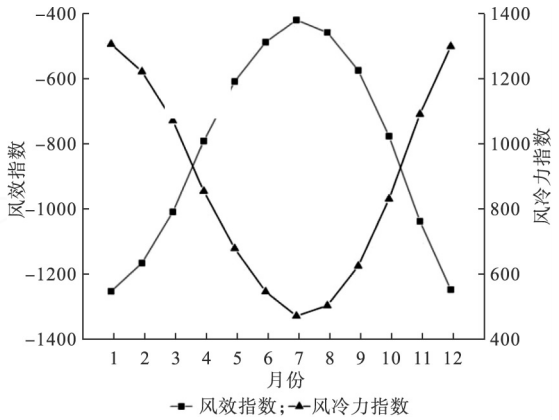


图6 1998—2020年五台山风景区风效指数和风冷力指数月变化

Fig. 6 Monthly variations of the wind efficiency index and wind chill index in the Wutai Mountain scenic area from 1998 to 2020

由表2可知,Q<600时,舒适度较好,适宜旅游。1998—2020年五台山风景区适宜旅游日数见表5。由表5和图6可知,7月为五台山风景区最舒适月。由于风效指数较风冷力指数多考虑了日照因素,因此计算的舒适期较短。基于风冷力指数的评价结果更符合实际。

表5 1998—2020年五台山风景区各月适宜旅游日数

Table 5 The number of suitable tourist days each month at Wudai Mountain scenic area from 1998 to 2020

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
适宜旅游日数/d	0	0	0	0	2	30	31	31	12	0	0	0	106

2.3 忻州市人居环境气候舒适度空间分布

1971—2020年忻州市年风效指数空间分布见图7。由图7可知,忻州市人居环境气候最舒适区和较舒适区位于忻定盆地和黄河沿岸地区。这些地区为低谷河川地带,海拔较低、日照充足、热量资源丰富、水资源条件较好,生物资源丰富。忻定盆地6—8月的平均气温为22.9 ℃,平均相对湿度为68.8%,平均风速为1.5 m·s^{-1};黄河沿岸地区平均气温为22.6 ℃,平均相对湿度为59.7%,平均风速为1.9 m·s^{-1},较接近最佳舒适体感。

超星·期刊

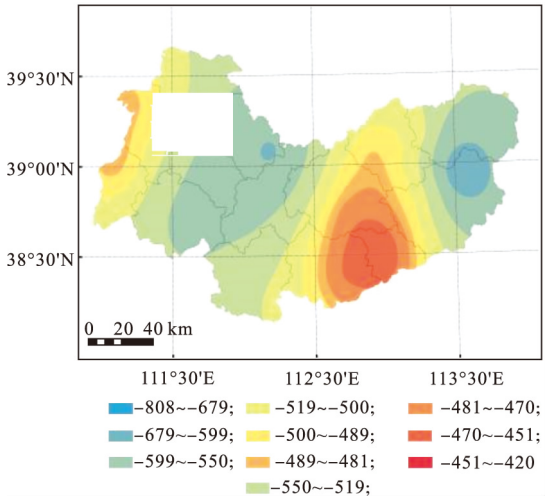


图 7　1971—2020 年忻州市年风效指数空间分布

Fig. 7　Spatial distribution of the annual wind efficiency index in Xinzhou city from 1971 to 2020

神池、五寨、岢岚、宁武、静乐等高寒山区海拔较高、地形复杂,这些区域人居环境气候舒适度较差,但其气候特征适合杂粮生产,为忻州市杂粮的主要种植地。

忻州市各季节人居环境气候舒适度区域分布与年分布基本一致。保德县除冬季外,其他季节人居环境舒适度最大;神池、五寨、宁武、岢岚、五台、静乐的夏季人居环境舒适度最小,但这些区县旅游资源丰富,以五台山、芦芽山、荷叶坪高山草甸等最为出名。五台山风景区为忻州市人居环境气候适度最小的区域。除五台山风景区,神池、五寨是忻州市人居环境舒适度最小的地区。

2.4　风效指数、舒适日数与海拔高度

1971—2020 年忻州市各站点年风效指数和年舒适日数与海拔高度散点图见图 8。由图 8 可知,风效指数、年舒适日数与海拔高度均为显著的负相关,相关系数分别为-0.973和-0.975(通过$\alpha=0.01$的显著性检验)。随海拔高度增加,忻州市年风效指数、年舒适日数均减小。

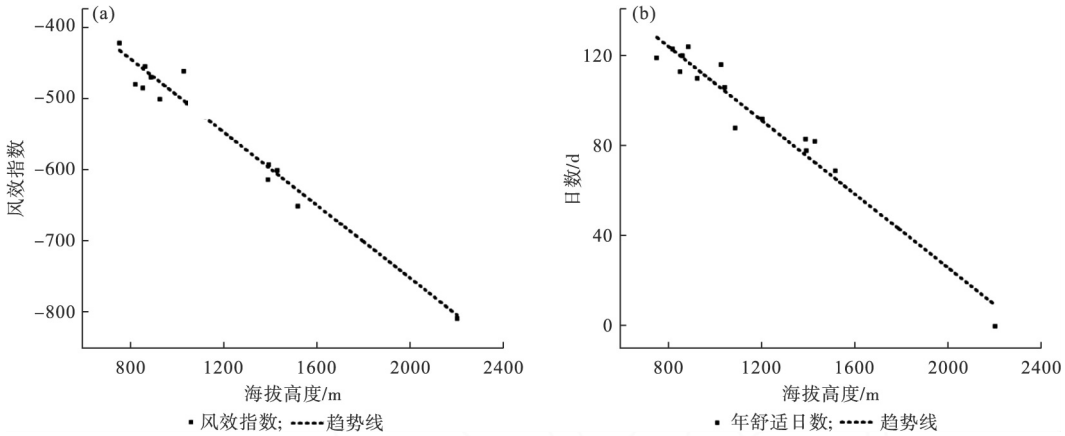


图 8　1971—2020 年忻州市各站点年风效指数(a)和年舒适日数(b)与海拔高度散点图

Fig. 8　Scatter plot of annual wind efficiency index (a) and annual comfortable days (b) at various stations in Xinzhou city from 1971 to 2020 versus elevation

3　结论

(1)1971—2020 年忻州市人居环境气候舒适度整体为寒冷,无热和闷热两个等级。寒冷月集中在每年 10 月至翌年 4 月,冬季(12 月至翌年 2 月)寒冷程度最大。忻州市的年舒适日数为 102.2 d,占比为 28%,集中在 6—8 月,7 月为最舒适月。从各地情况来看,定襄全年寒冷月最少,为 6 个月;神池全年寒冷月最多,为 9 个月;忻府区、定襄、原平市、保德舒适月最多,为 4 个月,其他区县舒适月为 3 个月。

(2)1971—2020 年忻州市温湿指数和风效指数显著增大,线性倾向率分别为 0.0271 a^{-1} 和 1.1519 a^{-1}。从各地情况来看,原平市人居环境气候舒适度增大最快,五台县最慢。M-K 突变检验表明,忻州市风效指数突变增大出现在 1986 年,温湿指数突变增大出现在 1997 年。

(3) 忻州市人居环境气候舒适区和较舒适区位于海拔较低的忻定盆地和黄河沿岸地区,高寒山区海拔较高,人居环境气候舒适度较差,但自然旅游资源丰富,为避暑地和天然氧吧,也是忻州市杂粮的主要种植地。五台山风景区的年较舒适日数为 106 d,为 5 月末至 9 月初,7 月五台山风景区最为舒适。

参考文献

[1]　赵迦琪. 呼包鄂地区气候舒适度时空变化及其关键气象因子分析[J]. 气象与环境学报,2022,38(2):78-88.

[2]　Terjung W H. Physiologic climate of the conterminous United States:A bioclimatic classification based on man

超星·期刊

[J]. Annals of the Association of American Geographers,1966,56(1):141-179.
[3] Oliver J E. Climate and man's environment:An introduction to applied climatology[M]. New York:John Wiley & Sons,Incorporated,1973:195-206.
[4] 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.
[5] 吴兑,邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报[M]. 北京:气象出版社,2001:174-175.
[6] 马丽君,孙根年,王洁洁. 中国东部沿海沿边城市旅游气候舒适度评价[J]. 地理科学进展,2009,28(5):713-722.
[7] 丛晓男,王铁. 中国城市旅游气候舒适度及时空演变分析[J]. 测绘科学,2015,40(6):84-91.
[8] 雷杨娜,毛明策,李明,等. 1971—2018年陕西省人体舒适度日数时空变化特征[J]. 气象与环境学报,2022,38(2):89-96.
[9] 张馨艺,赵诣,王晓美,等. 近55年辽宁省人居环境气候舒适度分析[J]. 国土与自然资源研究,2019(4):50-55.
[10] 金琪,孟英杰. 1960—2016年武汉城市圈人体舒适度变化特征[J]. 气象与环境学报,2017,33(6):82-88.
[11] 徐静,卢宪梅,刘志刚,等. 1966—2018年秦皇岛气候舒适度时空变化特征[J]. 气象与环境学报,2020,36(3):80-86.
[12] 冯晓钰,周广胜. 1969—2018年金华市舒适度和冷/热日特征分析[J]. 气象与环境学报,2020,36(6):108-114.
[13] 王华芳. 山西省旅游气候舒适度分析与评价研究[D]. 太原:山西大学,2007.
[14] 李清华. 山西省旅游气候舒适度评价[C]//中国气象学会. 第33届中国气象学会年会S13"互联网+"与气象服务——第六届气象服务发展论坛. 西安:中国气象学会,2016:7.
[15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 人居环境气候舒适度评价(GB/T27963—2011)[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
[16] 韩翠华,郝志新,郑景云. 1951—2010年中国气温变化分区及其区域特征[J]. 地理科学进展,2013,32(6):887-896.
[17] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999:43-71.
[18] 何晓群,刘文卿. 应用回归分析[M]. 北京:中国人民大学出版社,2001:18-21.
[19] 王新宇,黄鹏程. 基于GIS的气象要素插值方法比较研究[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(5):167-170.
[20] 刘文平,刘月丽,安炜,等. 山西省近48a来人体舒适度变化分析[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(3):92-95.
[21] 任健美,牛俊杰,胡彩虹,等. 五台山旅游气候及其舒适度评价[J]. 地理研究,2004,23(6):856-862.
[22] 秦小康,管丽晶,马子平,等. 忻州市近40年气温、降水变化的时空分布特征[J]. 江西农业学报,2022,34(6):119-125.

Evaluation of the climate comfort of residential environments in Xinzhou city from 1971 to 2020

QIN Xiaokang[1] GUAN Lijing[1] YANG Li[2] WANG Lei[2] WANG Lijun[3] WEN Tianliang[3] KANG Lijun[4]
(1. Wuzhai Meteorological Service,Wuzhai 036200,China; 2. Xinzhou Meteorological Service,Xinzhou 034000,China; 3. Dingxiang Meteorological Service,Dingxiang 035400,China; 4. Kelan Meteorological Service,Kelan 036300,China)

Abstract:This study selects daily observational data from 15 national meteorological stations in Xinzhou city of Shanxi province from 1971 to 2020. Using methods such as the linear trend rate,moving average,and Mann-Kendall sudden change test,it analyzes the characteristics of changes in the climate comfort of residential environments in Xinzhou city. The results indicate that the overall climate comfort of the residential environment in Xinzhou city is cold,with June to August being the comfortable months and July being the most comfortable month,totaling 102.2 comfortable days per year. From 1971 to 2020,both the wind efficiency index and the temperature-humidity index in Xinzhou city showed significant upward trends,with sudden increases in 1986 and 1997 respectively,enhancing the residential environmental comfort. The climate comfort in Xinzhou decreases with increasing altitude,as does the number of comfortable days. The comfort level is relatively higher in the Wutai Mountain scenic area from late May to early September,with July being the most comfortable. Overall,the climate comfort zones and relatively comfortable zones in Xinzhou city are located in the lower-altitude areas of the Xinding Basin and along the Yellow River,while the less comfortable areas are in the high-altitude cold mountain regions.

Keywords:Altitude; Climate comfort; Temperature-humidity index; Wind efficiency Index