

李越,胡雪,赵海江,等.张家口避暑气候舒适度分析[J].海洋气象学报,2024,44(2):1-10.
LI Yue, HU Xue, ZHAO Haijiang, et al. Analysis on climate comfort for summering in Zhangjiakou [J]. Journal of Marine Meteorology, 2024, 44(2): 1-10. DOI:10.19513/j.cnki.hyqxxb. 20220222001. (in Chinese)

张家口避暑气候舒适度分析

李越,胡雪,赵海江,孙晓霞,李幸璐

(张家口市气象局,河北 张家口 075051)

摘要 基于1988—2018年张家口市及各县(区)14个国家级地面气象观测站夏季(6—8月)逐日平均气温、最高/最低气温、平均相对湿度和平均风速,计算体感温度,分析气候舒适度分布,并统计北京、石家庄高温日数及体感温度变化特征,从而对比分析张家口地区避暑旅游优势。结果表明:(1)张家口夏季平均气温变化范围为19.6~22.5℃,相对湿度范围为56%~72%,平均风速范围为1.8~2.5 m·s⁻¹,气温、湿度、风较适宜,有利于避暑旅游活动的开展。(2)张家口地区夏季体感温度为19~23℃,随地形变化特征显著,坝上地区体感温度低于坝下地区。(3)除康保、沽源、张北外,张家口夏季大部分区县多数时间处于舒适范围内,7月是张家口夏季舒适日数最多的月份。(4)与石家庄、北京相比,张家口具有高温日数少、平均体感温度适宜和舒适天数比例高的优势。

关键词 张家口地区;人体舒适度;气候舒适度;避暑旅游

中图分类号: F592.7;P49 文献标志码: A 文章编号: 2096-3599(2024)02-0000-00

DOI:10.19513/j.cnki.hyqxxb.20220222001

Analysison climate comfort for summering in Zhangjiakou

LI Yue, HU Xue, ZHAO Haijiang, SUN Xiaoxia, LI Xinglu

(Zhangjiakou Meteorological Bureau, Zhangjiakou 075051, China)

Abstract Based on the daily average temperature, maximum/minimum temperature, average relative humidity, and average wind speed of 14 national meteorological observation stations in Zhangjiakou City and its counties/districts in summer (from June to August) from 1988 to 2018, the apparent temperature is calculated and the distribution of climate comfort is analyzed. The number of high-temperature days and the variations of apparent temperature in Beijing and Shijiazhuang are counted, and the advantages of summer tourism in Zhangjiakou are compared and analyzed. The results are listed below. (1) The average summer temperature in Zhangjiakou ranges from 19.6 to 22.5 °C, relative humidity from 56% to 72%, and average wind speed from 1.8 to 2.5 m·s⁻¹. The temperature, humidity, and wind are suitable for summer tourism. (2) The summer apparent temperature in Zhangjiakou fluctuates between 19 and 23 °C, changing significantly with terrains. The apparent temperature in the area of 1 400–1 600 m above sea level is lower than that in the area 500–900 m above sea level. (3) Except for Kangbao, Guyuan, and Zhangbei, most districts/counties in Zhangjiakou spend most of their summer within a comfortable range. July is the month with the highest number of comfortable days in Zhangjiakou. (4) Compared with Shijiazhuang and Beijing, Zhangjiakou has the advantages of fewer high-temperature days, suitable

收稿日期:2022-02-22;修回日期:2023-11-13

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1505604)

第一作者简介:李越,女,助理工程师,主要从事气象服务预报及研究,1834651962@qq.com。

通信作者简介:胡雪,女,高级工程师,主要从事气象服务预报及研究,zjkqx@126.com。

average apparent temperature, and a high proportion of comfortable days.

Keywords Zhangjiakou; human body comfort; climate comfort; summer tourism

引言

避暑旅游是一种典型的以气候作为关注点的旅游方式。国内外学者已进行了较多的探讨,普遍认为避暑旅游是指游客在夏季到旅游目的地消暑纳凉、度假疗养的一种旅游方式。现今随着旅游业的日益发展及人们收入水平、生活水平的不断提高,外出旅游成了大众休闲娱乐的普遍选择,避暑更是夏季旅游市场的主旋律。为此,利用气候资源开发的旅游气象服务产品应运而生,各类旅游气象指数预报日益受到重视,其中气候舒适度是衡量避暑旅游基地建设是否适宜的最基本指标^[1]。国外研究气候对旅游的影响起步较早,相关研究较为全面^[2-4],早期研究主要基于统计经验性指标分析^[5-6],近期主要基于人体热量平衡的机理模型^[7]开展分析。国内气象学者研究气候舒适度对旅游业的影响主要包括以下3个方面:避暑型气候的地域类型、自然气候因素对季节性旅游客流变化的影响、基于不同指数对省市气候进行评价等。陈慧等^[8]对中国属于避暑型气候的地域进行了空间分布、时间变化和舒适特征的分析,将中国避暑型气候大致分为西南高原型、中东部山岳型、东北山地平原型、西北山地高原型和环渤海低山丘陵型5种地域类型;陆林等^[9]通过典型海滨型和山岳型旅游地气候舒适性对比,指出自然气候是季节性旅游客流变化的主导因素;周浩亮等^[10]通过人体舒适度指数评价气候对人体的影响,分析了威海的旅游气候资源优势;侯亚红等^[11]对辽宁旅游景点气象要素及空气质量对比分析,并根据分析结果建立了避暑气象指数;张波等^[12]利用温湿指数、风效指数和穿衣指数从气候舒适度的角度分析了贵州省夏季旅游时间、空间分布情况,指出6月是贵州省旅游的最佳月份;贾蓓西等^[13]通过模型分析了不同气象条件对青岛滨海旅游经济产出的影响;宿海良等^[14]指出河北北部秦皇岛、张家口、承德是夏季游适宜期最长的地区,张家口是夏季最舒适的城市;邱继玲^[15]等综合温湿指数、风效指数和舒适度指数对梁山县旅游气候舒适度进行了评价,指出旅游气候舒适度的不利因素主要是高低温,而风、降水和日照对旅游的影响利大于弊。

张家口位于河北省西北部,地势总体西北高、东南低,阴山山脉横贯中部,将全区分为坝上和坝下两大部分。坝上地区海拔高度一般在1 400~1 600 m,包括康保、张北、尚义和沽源县,坝下地区海拔高度一般在500~900 m,共包括怀来县、阳原县、蔚县、怀安县、赤城县,区包括宣化区、下花园区、全区、崇礼区、桥东区、桥西区、高新区。近年来,张家口大力推动旅游扶贫和乡村旅游发展,特别是2019年张家口荣膺“全国避暑旅游十强城市”称号,为进一步研究避暑旅游舒适度奠定了基础。2022年北京和张家口联合成功举办了冬季奥林匹克运动会和冬季残疾人奥林匹克运动会,张家口的知名度大幅度提升,迅速成为旅游热门目的地,推出精准旅游气象服务显得势在必行。近年来有关张家口地区的旅游研究有限,同时避暑旅游地多呈现局地性小气候特点,但尚未有学者对张家口地区避暑旅游气候舒适度的分析和评价进行细致研究。本文通过时间、空间上对张家口地区避暑旅游气候舒适度进行分析和探索,以期揭示夏季旅游气候舒适度的变化特征,为合理开发旅游气象服务产品和宣传旅游气候资源提供科学依据。

1 资料和方法

1.1 资料来源

采用河北省共享平台张家口地区1988—2018年14个国家级地面气象观测站(图1)夏季(6—8月)逐日平均气温、最高/最低气温、平均风速、相对湿度资料,数据经过质量控制,剔除了缺报时次。

1.2 旅游气候舒适度评价方法

人体对外界环境的冷热感受(即体感温度)受多种气象要素综合影响,其中气温是主要气象影响要素,此外还受大气湿度、风速等气象要素影响^[16-18]。本文采用吴普等^[19]的研究方法,该方法综合考虑了不同情况下气温、相对湿度和风速对体感温度的共同作用。基于上述有直接影响的评价要素进行综合分析,计算出各站点体感温度。在此基础上,利用体感温度划分舒适度等级,研究6—8月张家口各县(区)避暑旅游旺季的气候舒适度分布特征,对张家口地区气候适宜性进行定量分析评价。

体感温度公式如下:

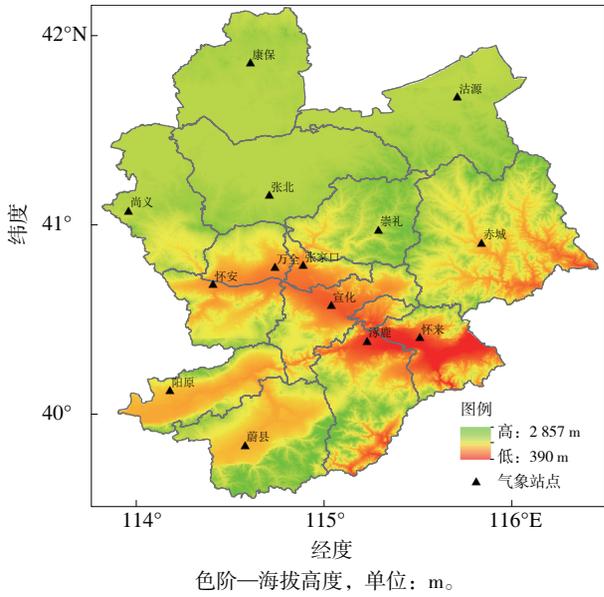


图 1 张家口 14 个国家级地面气象观测站分布
Fig.1 Distribution of 14 national meteorological observation stations in Zhangjiakou

$$t_s = \begin{cases} t + \frac{15}{t_{\max} - t_{\min}} + \frac{V_{RH} - 70}{15} - \frac{v - 2}{2} & T \geq 28 \\ t + \frac{V_{RH} - 70}{15} - \frac{v - 2}{2} & 17 < T < 28 \\ t - \frac{V_{RH} - 70}{15} - \frac{v - 2}{2} & T \leq 17 \end{cases}$$

式中: t_s 、 t_{\max} 、 t_{\min} 、 t 分别为体感温度、日最高气温、日最低气温、日平均气温; V_{RH} 为日平均相对湿度; v 为日平均风速。基于体感温度的舒适度等级划分标准见表 1。

表 1 基于体感温度的舒适度等级划分标准
Table 1 Classification standard for comfort level based on apparent temperature 单位: °C

舒适度等级	体感温度
最舒适	$22 \leq T_s \leq 24$
舒适	$20 \leq T_s < 22$ 或 $24 < T_s \leq 25$
较舒适	$18 \leq T_s < 20$ 或 $25 < T_s \leq 28$
热不舒适	$T_s > 28$
冷不舒适	$T_s < 18$

2 结果分析

2.1 气象要素特征

2.1.1 气温

对张家口地区夏季平均气温及各县(区)的气温要素进行特征分析,夏季平均气温在 19.6~22.5 °C 之间波动,平均气温为 20.9 °C,气候倾向率为 $0.342 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,但没有通过显著性检验,平均气温呈不显著上升趋势(图 2a)。坝上坝下区域气温差距明显,坝上四县及崇礼 6—8 月的月平均气温都在 20 °C 以下,坝下地区除赤城 6 月的月平均气温在 20 °C 以下,其他地区月平均气温均高于 20 °C,其中怀来夏季多年平均气温最高为 23.7 °C,沽源县多年平均气温最低,为 17.6 °C。

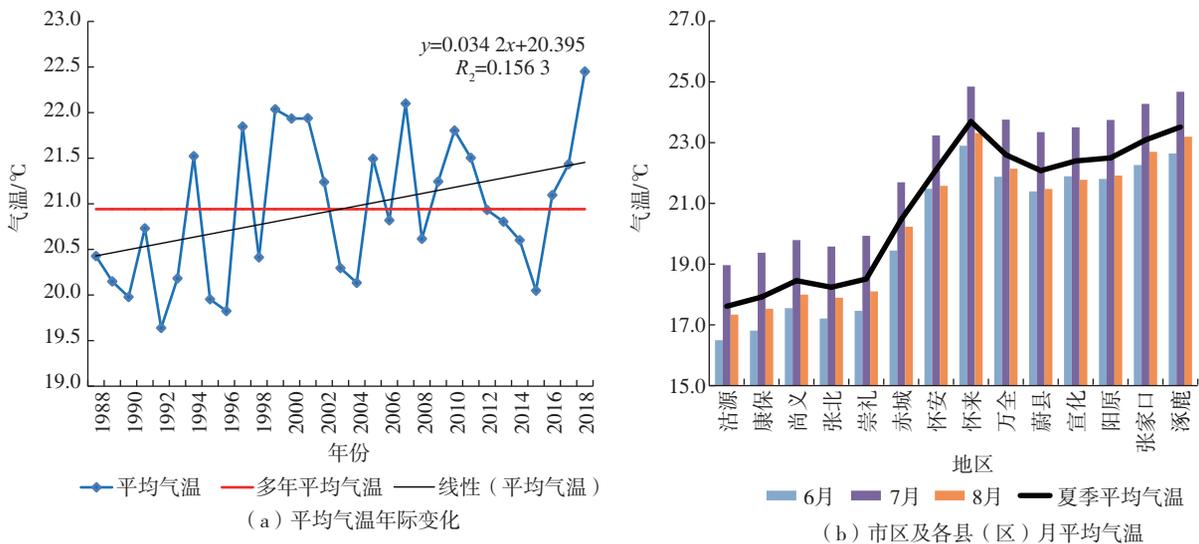


图 2 1988—2018 年 6—8 月张家口地区平均气温时间变化及空间分布
Fig.2 Variation of average temperature and its spatial distribution in Zhangjiakou in summer from 1988 to 2018

2.1.2 相对湿度

空气相对湿度过低或过高均会使人体产生不适感,较为适宜的相对湿度范围为45%~60%^[20]。对张家口地区湿度年际特征进行分析,夏季平均相对

湿度为56%~70%,总体呈波动下降趋势,最大值70%出现在1995年,最小值56%出现在2009年(图3a)。6—8月相对湿度逐月增加,夏季赤城县相对湿度最高,而最低的为张家口市区(图3b)。

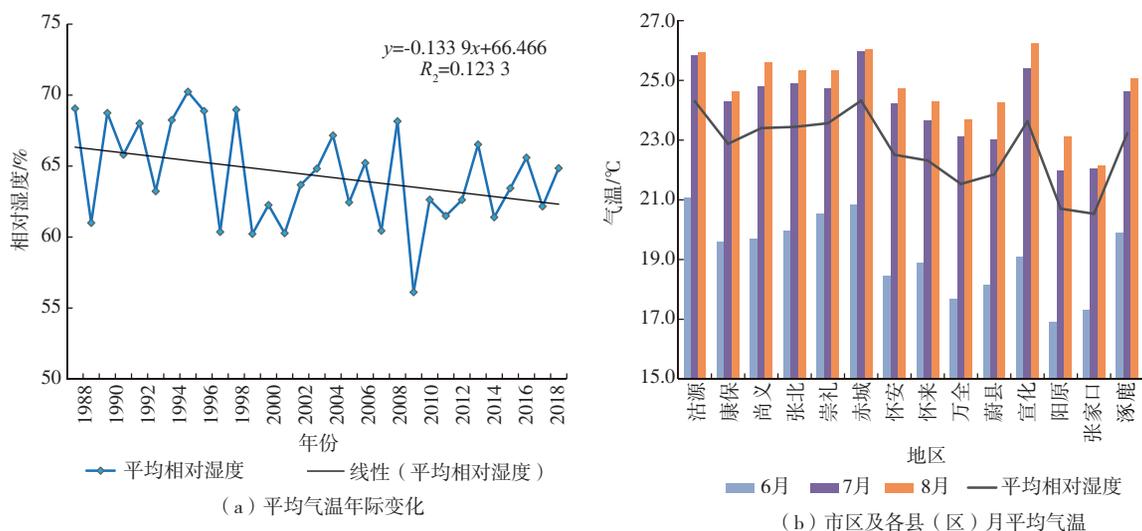


图3 1988—2018年6—8月张家口地区平均相对湿度时间变化及空间分布

Fig.3 Variation of average relative humidity and its spatial distribution in Zhangjiakou in summer from 1988 to 2018

2.1.3 风速

由张家口地区夏季31 a 风速平均值逐年变化(图4a)来看,夏季月平均风速在 $1.88 \sim 2.47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,逐年平均风速总体呈上升趋势,最大值($2.47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)出现在2012年,最低值($1.88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)出现在2000年。各个区6、7、8月的平均风速都在2级及以下,且6至8月平均风速逐月减小,夏季的崇礼月

均风速最小,张北月均风速最大(图4b)。

2.2 旅游气候舒适度

2.2.1 体感温度时间变化

如图5所示,张家口地区夏季体感温度在 $19 \sim 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间波动,其气候倾向率为 $0.256 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10 \text{ a})^{-1}$,没有通过显著性检验,呈不显著增加趋势。

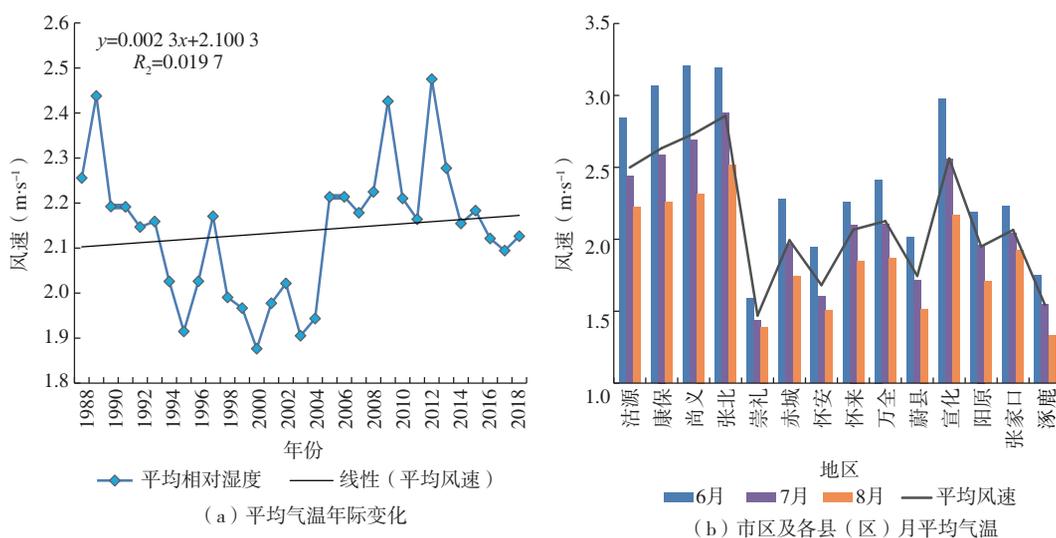


图4 1988—2018年6—8月张家口地区平均风速时间变化及空间分布

Fig.4 Variation of average wind speed and its spatial distribution in Zhangjiakou in summer from 1988 to 2018

计算各地区 6—8 月逐日体感温度 31 a 平均值,如表 2 所示。坝上地区及崇礼地区平均体感温度未超过 19 °C,赤城、蔚县、张家口等 9 个站平均体感温度在 20 °C 以上,最高值 23.5 °C 出现在涿鹿。

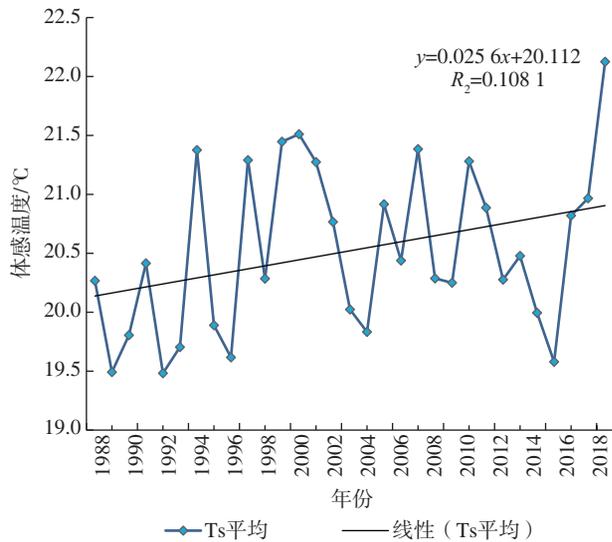


图 5 1988—2018 年张家口地区夏季平均体感温度年际变化
Fig.5 Interannual variation of average apparent temperature in Zhangjiakou in summer from 1988 to 2018

2.2.2 体感温度空间分布

张家口地区夏季体感温度整体呈现由北向南呈

递增的特点(图 6)。6 月体感温度普遍在 15~22 °C,7 月体感温度在 18~25 °C,8 月体感温度在 17~24.0 °C。夏季张家口南部地区体感温度普遍高于北部,即坝下地区体感温度高于坝上地区,蔚县东南部、涿鹿西南部体感温度也较低,通过与张家口地区的地形图相结合进行分析可知,这些地区虽处于坝下但由于海拔比较高,导致体感温度略低于同纬度地区。

表 2 6—8 月各站点逐日平均体感温度

Table 2 Daily average apparent temperature at each station from June to August 单位:°C

站点	平均体感温度
康保	17.4
沽源	17.2
尚义	17.8
张北	17.6
崇礼	18.6
赤城	20.3
张家口	22.4
万全	22.0
宣化	21.9
怀安	21.9
怀来	23.3
涿鹿	23.5
阳原	21.8
蔚县	21.7

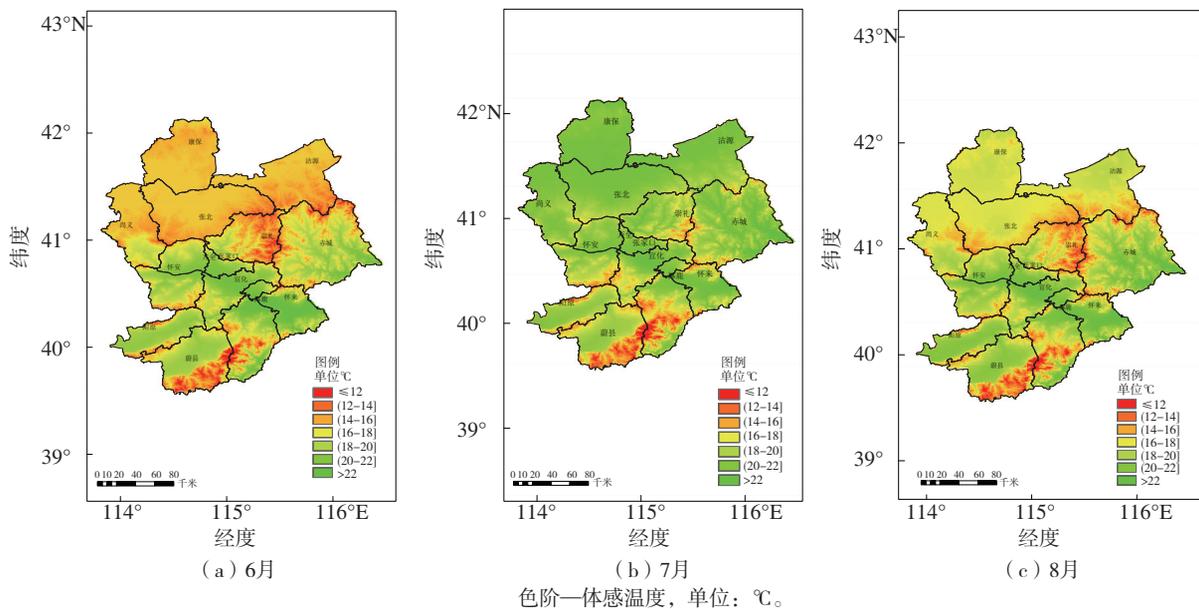


图 6 体感温度空间分布

Fig.6 Spatial distribution of apparent temperature

2.2.3 不同等级舒适度日数

表 3 给出了 1988—2018 年张家口地区 6—8 月

不同舒适等级多年平均日数。统计显示 6 月、8 月坝上四县(康保、沽源、尚义、张北)“冷不舒适”等级

天数出现频率较高,7月张家口所有区县多数时间处于舒适范围(包括“较舒适”、“舒适”、“最舒适”等级)。除康保、沽源、张北外,张家口其他区县夏季“较舒适”、“舒适”、“最舒适”等级日数总和所占比例均在50%以上,且坝下区县“较舒适”、“舒适”、“最舒适”等级日数总和所占比例超过90%。“热不舒适”等级在张家口夏季出现频率极低。即张家口夏季多数区县多数时间处于舒适范围内,7月是张家口地区夏季舒适日数最多的月份。

2.3 北京、石家庄、张家口夏季舒适度对比

中国气象局定义日最高气温 $t_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$ 为高温日。由于夏季气温高于 33°C 可能对体弱者或老年人产生不良影响^[21],选取临近张家口的北京、石家庄站与张家口的最高气温进行对比,分别统计日最

高气温 33°C 至 35°C 、 35°C 至 40°C 和超过 40°C 的日数。

张家口位于北京西北方,距北京约 200 km,位于石家庄北边,直线距离大约 400 km。1988—2018 年张家口、石家庄、北京的高温天气多集中在 7 月(表 4)。石家庄、北京各时段日最高气温超过 33°C 和超过 35°C 的天数远高于张家口,其中石家庄最高气温超过在 33°C 至 35°C 的天数是张家口 2 倍多, 35°C 至 40°C 的天数是张家口 3 倍多;北京与张家口距离较近,但受地形、地理位置等影响,张家口的高温天数明显比北京少,31 a 内张家口只有 1 d 气温高于 40°C ,而北京有 3 d,且都在 7 月,而石家庄在 6 月、7 月分别有 12d、10d 超过了 40°C 。8 月张家口、石家庄、北京均无超过 40°C 的高温天气。

表 3 1988—2018 年 6—8 月张家口地区不同等级舒适日数年平均值

Table 3 Annual average number of comfort days at different levels in Zhangjiakou in summer from 1988 to 2018 单位:d

站点	冷不舒适			热不舒适			较舒适			舒适			最舒适		
	6月	7月	8月	6月	7月	8月	6月	7月	8月	6月	7月	8月	6月	7月	8月
康保	22.9	9.5	18.1	0	0	0	5.4	11.9	8.0	1.5	7.3	4.0	0.2	2.2	0.9
沽源	23.3	10.5	18.3	0	0	0	5.3	11.1	7.8	1.3	7.3	4.2	0.1	2.0	0.7
尚义	21.5	8.0	15.3	0	0	0	5.9	11.4	9.3	2.4	8.4	5.0	0.3	3.2	1.5
张北	22.1	8.9	16.7	0	0	0	5.9	11.5	8.7	1.8	7.9	4.6	0.2	2.6	1.0
崇礼	18.5	4.4	13.4	0	0	0	8.0	10.7	9.3	2.9	11.2	6.2	0.5	4.7	2.2
赤城	11.2	1.3	4.8	0	0	0	9.5	5.8	8.5	6.5	13.1	11.6	2.8	10.8	6.1
张家口	4.5	0.2	1.3	0.1	1.6	0.2	8.0	7.3	7.0	11.0	9.8	12.8	6.4	12.1	9.6
万全	5.1	0.3	1.5	0	0.9	0.2	7.9	6.7	7.6	11.0	10.2	11.6	6.0	12.8	10.1
宣化	5.3	0.4	1.7	0	0.5	0.1	7.7	6.8	6.3	11.1	10.1	12.5	6.0	13.2	9.5
怀安	5.0	0.3	1.8	0	0.5	0.1	8.4	6.5	7.5	11.0	10.6	12.2	5.5	13.1	9.4
怀来	2.5	0	0.6	0.2	2.1	0.5	7.2	11.0	7.9	10.6	9.3	11.9	9.4	8.6	10.1
涿鹿	2.0	0.1	0.3	0.1	2.1	0.4	7.1	12.4	9.0	11.1	9.2	11.4	9.7	7.2	9.8
阳原	4.9	0.4	2.0	0.1	1.0	0.1	8.3	6.6	7.3	11.0	11.5	12.5	5.6	11.5	9.0
蔚县	5.0	0.3	2.3	0	0.4	0.1	8.7	5.9	7.4	10.9	12.5	12.4	5.4	11.9	8.9

表 4 1988—2018 年北京、石家庄、张家口夏季不同区间的最高气温总日数

Table 4 The number of days with maximum temperature in different ranges in Beijing, Shijiazhuang, and Zhangjiakou from 1988 to 2018 单位:d

站点	$33^\circ\text{C} \leq t_{\max} < 35^\circ\text{C}$			$35^\circ\text{C} \leq t_{\max} < 40^\circ\text{C}$			$t_{\max} \geq 40^\circ\text{C}$		
	6月	7月	8月	6月	7月	8月	6月	7月	8月
张家口	86	118	50	47	68	16	0	1	0
石家庄	179	233	151	218	206	48	12	10	0
北京	139	187	128	112	135	35	0	3	0

体感温度主要受温度、湿度以及风速影响,对比三地的体感温度,如图 7 所示,夏季三地平均体感温度变化趋势基本相同,大部分年份平均体感温度石家庄最高,其次为北京,最后为张家口。与其他两地相比,张家口夏季风速大,湿度小,高温日数少;其次,张家口地处太行山、燕山和阴山山脉交汇处,海拔和纬度较高,气候和地理位置为张家口避暑提供

了明显优势。

由于夏季冷不舒适对出行的影响较小,对比三地的舒适天数及热不舒适天数,根据表 1 体感温度的舒适度等级划分标准,分析 1988—2018 年张家口、北京、石家庄夏季舒适及热不舒适总天数(表 5),张家口、北京、石家庄夏季多数时间处于舒适等级范围内,但张家口热不舒适天数较其他两地明显偏少。

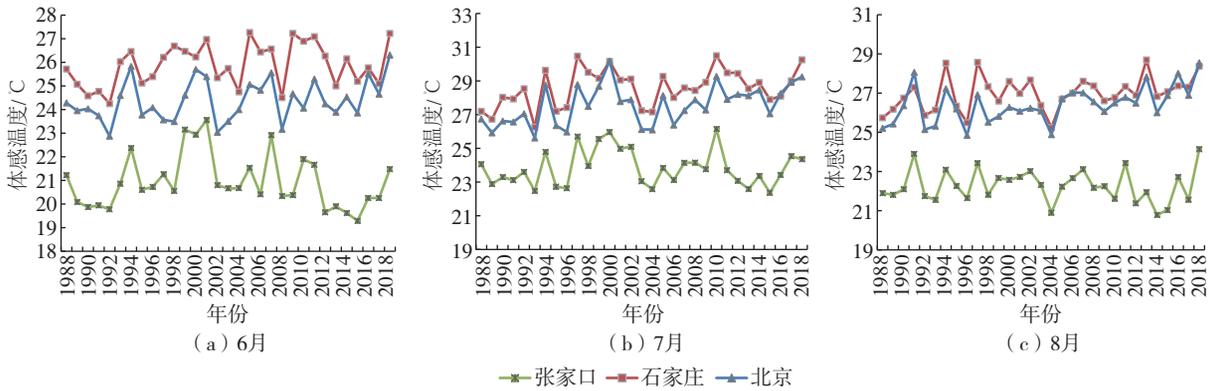


图 7 张家口、石家庄、北京 1988—2018 年平均体感温度年际变化

Fig.7 Interannual variation of average apparent temperature in Zhangjiakou, Shijiazhuang, and Beijing from 1988 to 2018

表 5 1988—2018 年张家口、北京、石家庄夏季舒适及热不舒适总日数

Table 5 The number of comfortable/hot uncomfortable days in summer in Zhangjiakou, Beijing, and Shijiazhuang from 1988 to 2018 单位:d

地区	舒适日数	热不舒适日数
张家口	93	1
石家庄	67	13
北京	78	15

3 结论

(1) 张家口夏季平均气温变化范围为 19.6~22.5 °C, 历年平均气温为 20.9 °C, 气候倾向率为 0.342 °C · (10 a)⁻¹, 相对湿度在为 56%~72%, 平均风速为 1.8~2.5 m · s⁻¹。夏季气温、湿度、风较适宜, 有利于避暑旅游活动的开展。

(2) 张家口地区夏季体感温度在 19~23 °C 之间波动, 其气候倾向率为 0.256 °C · (10 a)⁻¹。夏季体感温度随地形变化特征显著, 坝上地区体感温度低于坝下地区, 1988—2018 年 6—8 月张家口各县(区)热不舒适等级的日数年平均值为 1 d, 7、8 月气候舒适度优于 6 月, 7 月是张家口地区夏季气候舒适度最好的月份, 气候舒适度区域最大, 总体都在体感舒适范围内, 较适宜出行和户外活动。

(3) 除康保、沽源、张北外, 夏季张家口区县多数时间处于舒适范围内, 7 月是张家口地区夏季舒适日数最多的月份。

(4) 与石家庄、北京相比, 张家口具有高温日数少、平均体感温度适宜、舒适天数比例高的优势。

本文从气候舒适度的角度分析了张家口地区夏季旅游舒适度特征, 但旅游大部分时间在室外, 评价

方法中未考虑气压、太阳辐射、灾害性天气等要素, 另外, 建筑物、下垫面、局地环流以及地形等条件对夏季旅游舒适度的影响也未考虑在内, 不足之处还有待今后进一步探讨。

参考文献:

- [1] 杨俊, 张永恒, 席建超. 中国避暑旅游基地适宜性综合评价研究[J]. 资源科学, 2016, 38(12): 2210-2220.
- [2] TERJUNG W H. Physiologic climates of the conterminous United States: a bioclimatic classification based on man [J]. Ann Assoc Am Geogr, 1966, 56(1): 141-179.
- [3] COLDREY K M, TURPIE J K. Potential impacts of changing climate on nature-based tourism: a case study of South Africa's national parks [J]. KOEDOE, 2020, 62(1): 1-12.
- [4] BAE J, NAM S. An analysis of the effect of climate indicators on tourism demand: a case study of Jeju Island [J]. J POLICY RES TOUR LE, 2020, 12(2): 185-196.
- [5] BLAZEJCZYK K, EPSTEIN Y, JENDRITZKY G, et al. Comparison of UTCI to selected thermal indices [J]. Int J Biometeorol, 2012, 56(3): 515-535.
- [6] YAGLOU C P, MINARD D. Control of heat casualties at military training centers [J]. AMA Arch Ind Health, 1957, 16(4): 302-316.
- [7] GAGGE A P, STOLWIJK J A J, NISHI Y. An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response [J]. ASHRAE Trans, 1971, 77: 247-263.
- [8] 陈慧, 闫业超, 岳书平, 等. 中国避暑型气候的地域类型及其时空分布特征 [J]. 地理科学进展, 2015, 34(2): 175-184.
- [9] 陆林, 宣国富, 章锦河, 等. 海滨型与山岳型旅游地客流

- 季节性比较:以三亚、北海、普陀山、黄山、九华山为例[J].地理学报,2002,57(6):731-740.
- [10] 周浩亮,孙鹏鹏,耿伟林.威海市旅游气候资源及舒适度分析[J].山东气象,2012,32(3):26-27.
- [11] 侯亚红,息涛,徐方妹,等.辽宁避暑旅游气候条件分析和气象指数研究[J].气象与环境科学,2018,41(4):34-40.
- [12] 张波,谭文,古书鸿,等.1961—2015年贵州省夏季旅游气候舒适度评价[J].干旱气象,2017,35(3):420-426.
- [13] 丁锋,张凯静,郭文慧.气象条件对滨海旅游经济产出的弹性影响——以青岛为例[J].海洋气象学报,2021,41(01):147-152.
- [14] 宿海良,费晓臣,柴瑞,等.河北省旅游适宜期人体舒适度指数研究[J].环境科学与管理,2021,46(2):144-147.
- [15] 邱继玲,关磊,尚新梅.梁山县旅游气候资源及舒适度分析[J].山东气象,2014,34(2):65-68.
- [16] 王昌忠.运气理论与气象、疫病的关联性分析初步[D].合肥:中国科学技术大学,2014.
- [17] 张志薇.基于舒适度研究的中国大陆健康气候评估[D].兰州:兰州大学,2014.[知网]
- [18] 杜晨秋.环境温度变化对人体热调节和健康影响及其分子机理研究[D].重庆:重庆大学,2018.
- [19] 吴普,周志斌,慕建利.避暑旅游指数概念模型及评价指标体系构建[J].人文地理,2014,29(3):128-134.
- [20] 李正泉,贺忠华,胡中民.气候与健康及气候康养研究进展[J].海洋气象学报,2020,40(1):107-116.
- [21] 鲍俊哲.中国气温和空气污染时空分布特征及其对人群健康影响与脆弱性评估研究[D].武汉:武汉大学,2016.