

中国避暑型与避寒型宜人气候的分布特征及差异

邓粒子^{1,2}, 保继刚^{2,3}

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275; 2. 中山大学旅游发展与规划研究中心, 广州 510275;
3. 中山大学旅游学院, 广州 510275)

摘要: 宜人气候可以分为避暑型和避寒型两种类型, 但现有研究鲜有关注国内两类气候的分布特征及差异。本文采用1981—2010年2132个国家气象观测站数据, 基于温湿指数、风寒指数和着衣指数计算各个气象站点的气候综合舒适指数, 结合协同克里金空间插值方法对全国避暑型和避寒型宜人气候的分布特征进行了研究, 并对两类气候的地域差异进行了分析。结果表明: ① 中国避暑型气候区包括40°N以北的西北边疆和东北地区、西北中部地区及西南地区三大集中分布区。中国避寒型气候区集中分布在北回归线以南的低纬地区。② 国内夏冬两季的气候不舒适地域广阔, 包括环渤海、长三角等经济发达、人口稠密地区, 避暑型与避寒型气候资源的开发潜力显著。③ 两类宜人气候呈现明显的地域分离特征, 拥有避暑和避寒双重属性的地方极少。④ 国内避寒型气候是稀缺资源, 具有垄断性特征; 而避暑型气候相对分布广泛, 是一种相对遍在性资源。本文不仅丰富了宜人气候分布特征研究的理论成果, 而且可为地方气候资源的旅游开发提供科学依据。

关键词: 避暑型气候; 避寒型气候; 气候舒适度; 空间分布; 中国

DOI: 10.11821/dlyj020180792

1 引言

气候作为一种旅游吸引物, 是影响旅游业发展的重要因素^[1]。客源地恶劣或极端的气候, 会成为激励人们外出旅行的推力, 而旅游地的宜人气候则成为吸引游客的拉力^[2]。因此, 旅游气候舒适度一直是国内外研究的热门领域。20世纪以来, 国外学者在气候舒适度评价指标及模型的建立与应用方面多有探讨, 各种基于气温、湿度、风速等气象因子的组合所建立的模型众多。早期以基于统计结果的经验模型为主, 如经典的有效温度指数 (Effective Temperature Index, ET)^[3]、风效指数 (Wind Effect Index, WEI)^[4]等, 近年以人体热量平衡为原理的机理模型逐渐成为潮流, 目前比较通用的是热气候指数方法 (Universal Thermal Climate Index, UTCI)^[5]。国内对气候舒适度评价方法的研究较少, 主要集中在相关指标和模型的应用方面, 其中大量研究都是针对各类旅游地进行气候舒适度评价, 评价内容包括气候舒适度的空间分布、气候舒适期的长短以及时序变化等^[6-11]。此外, 气候舒适度与旅游需求的关系也备受关注, 气候舒适度的变化会对旅游地的客流量产生影响^[12, 13]。

宜人气候是指无需借助消暑、避寒设施的情况下人体感觉舒适的气候条件, 主要分

收稿日期: 2018-07-26; 修订日期: 2019-08-18

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41571137)

作者简介: 邓粒子 (1994-), 女, 广东陆河人, 硕士, 主要研究方向为旅游地理。E-mail: denglizi200@163.com

通讯作者: 保继刚 (1964-), 男, 云南个旧人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为旅游地理与旅游规划。

E-mail: eesbjg@mail.sysu.edu.cn

为避暑型和避寒型气候两种类型。国外学者运用不同指标对欧洲、北美、亚洲等地域进行气候舒适度评价,发现在经纬度跨度较小的国家或地区,其气候分布相对均衡^[14],而幅员辽阔的国家或地区则呈现较为多元的气候分布格局^[14, 15]。气候分布与纬度、海拔、海陆分布关系紧密,如北美40°N以北的城市均属夏适型气候,位于30°N~40°N的城市多属于春、秋适型气候,而30°N以南的城市多属于冬适型气候^[16];欧洲大部分位于中纬度地区,多为夏适型气候^[17];地处低纬度的西亚国家伊朗夏季没有理想的气候舒适区,冬季舒适区集中分布在南部沿海地区^[18]。针对中国宜人气候研究,孔钦钦等运用UTCI指数分析了中国气候舒适度的空间格局,发现夏季舒适区分布在除青藏高原、四川盆地及太行山-巫山-雪峰山一线东南地区以外的剩余地区,冬季舒适区分布于华南地区^[19]。李山等运用修正后的特吉旺组合模型计算分季节的气候舒适期,指出夏季气候舒适期高于全国平均的地区具有高纬度或中海拔的特征,冬季气候舒适期呈现“南长北短”的空间分布,冬季舒适区呈现低纬度特征^[10]。马丽君等运用综合舒适指数模型对全国东部城市进行了研究,指出夏季高纬地区拥有更高的气候舒适度,气候舒适度呈现随纬度升高而增大的特征^[20]。余志康等分析了40°N以北的重点城市,以夏季气候舒适度及舒适期长短、旅游资源丰度和交通区位为依据划分了6种避暑旅游潜力区^[21]。杨俊等结合气象、地形、交通与服务多种因素构建了较为全面的避暑基地评价指标体系^[22]。相对而言,避寒地的相关研究较少。林锦屏等曾对中国南方11座旅游名城的避寒气候作了横向的比较分析,指出避寒地主要分布在低纬地区,得出中国最佳避寒疗养地的区域格局^[23]。

根据中国知网检索,目前国内利用气象站点观测数据直接探讨中国避暑型和避寒型气候的文献只有一篇,陈慧用热气候指数模型(UTCI)分析了全国尺度的避暑型和避寒型气候的地域分布和时空变化特征^[24]。但是该研究存在一些不足:①只采用了756个国家基本气象站的数据,没有涵盖国家一般气象站的数据,样本点覆盖范围较小^①;②UTCI方法需要输入太阳辐射的气象要素,即平均辐射温度值,但是全国辐射站只有130个(该文采用122个辐射站资料),且与气象站的地理位置并非完全一致,该研究将空间插值得出的辐射值作为基础数据进行测算会产生一定的误差;③采用反距离加权(IDW)的空间插值方法,该方法原理是根据距离衰减规律,对样本点的空间距离进行加权,适用条件为样本点分布均匀、密集且含有区域特征信息。但该研究样本点较少的情况不能充分满足其适用条件,且该方法无法考虑地形因素(如高程等)的影响。

综上所述,虽然国际上机理模型逐渐成为气候舒适度评价的主流方法,但是由于国内辐射气象站太少,辐射数据大量缺失,所以机理模型在国内研究中多应用于中小尺度^[25-28]。此外,国内相关文献的研究对象也大多聚焦在较小的尺度,一般选取单个或区域内多个景点、城市进行气候舒适度的评价,以点面分析为主,全国尺度的研究较少。总体来看,虽然关系旅游发展的宜人气候分为避暑型与避寒型两类,但是相对来说避暑型气候的研究颇受关注,而避寒型气候的相关研究较少,且鲜有文献对比这两类宜人气候类型的分布特征及差异。对两类气候进行对比有助于全面认识国内气候资源分布概况,对现实中指导旅游相关产业发展具有重要意义。

基于此,本文采集全面的气象站点数据,以全国2132个气象站点为样本,利用国内普及率较高的气候舒适度评价模型,以温湿指数、风寒指数、着衣指数集成的气候综合舒适指数为界定避暑型和避寒型气候的标准,通过GIS空间插值方法得到全国夏冬两季的气候舒适度信息,以深入了解避暑型和避寒型气候的分布特征及差异。

① 国家级地面气象观测站包括国家基准气象站、国家基本气象站和国家一般气象站。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

本文的基础数据取自国家气象科学数据共享服务网 (<http://data.cma.cn>), 采用的是1981—2010年的中国地面累年值月值数据集, 该数据集由各省上报的全国地面月报信息化文件整编统计而得。其包含中国基本、基准和一般地面气象观测站共计2132个站点(由于缺乏站点数据, 不含港澳台)的多年月统计平均值气象资料, 本文主要采用月平均气温、相对湿度、平均风速数据, 数据使用之前经过了替换缺失值、剔除异常值的预处理工作。

2.2 研究方法

2.2.1 气候舒适度评价模型 旅游气候舒适度的评价指标中较为通用的有3个, 分别是温湿指数、风寒指数和着衣指数, 具体如下:

(1) 温湿指数^[29]。该指标通过温度和湿度的组合反映人体与周围环境的热量交换。其计算公式为:

$$THI=(1.8t+32)-0.55(1-f)(1.8t-26) \quad (1)$$

式中: THI 为温湿指数; t 为摄氏气温(°C); f 为相对湿度(%)。

(2) 风寒指数^[30]。该指标表征不同环境下风速与气温对裸露人体的影响。其计算公式为:

$$WCI=(33-t)(10.45+10\sqrt{V}-V) \quad (2)$$

式中: WCI 为风寒指数; t 为摄氏气温(°C); V 为风速(m/s)。

(3) 着衣指数^[31]。该指标表征人们通过穿衣来改变气候带来的不舒适情况。其计算公式为:

$$ICL=\frac{33-t}{0.155H}-\frac{H+aR\cos\alpha}{(0.62+1.9\sqrt{V})H} \quad (3)$$

式中: ICL 为着衣指数; t 为摄氏气温(°C); H 为人体代谢率的75% (W/m^2), 轻活动量下的人体代谢率为 $116W/m^2$, 本文取值 $87W/m^2$; a 为人体对太阳辐射的吸收情况, 本文取值0.06; R 为垂直阳光的单位面积土地所接收的太阳辐射 (W/m^2), 本文依据相关文献取值 $1385W/m^2$; α 为太阳高度角, 此处根据气象站点的纬度进行计算, 该值随季节变化; V 为风速(m/s)。

(4) 气候综合舒适指数^[20]。为综合反映上述3个指标情况, 将其转化为人体感受相对值, 本文借鉴马丽君等提出的气候综合舒适指数(以下简称“气候舒适指数”), 以温湿指数、风寒指数和着衣指数为基础, 对上述指数进行相应的分级赋值(参见文献[20]), 最后根据权重计算气候舒适指数。其计算公式为:

$$C=0.6X_{THI}+0.3X_{WCI}+0.1X_{ICL} \quad (4)$$

式中: C 为气候综合舒适指数; X_{THI} 、 X_{WCI} 和 X_{ICL} 分别为温湿指数、风寒指数和着衣指数的分级赋值。

2.2.2 避暑型气候与避寒型气候的界定 对避暑型和避寒型气候进行界定是本文的研究基础, 本文将气候舒适指数作为气候类型的基本参照条件。参照气象学标准划分季节: 夏季为6—8月, 冬季为12月—次年2月。分别对夏、冬两季每月的气温等气象要素进行均值统计, 以每月及季度月均值作为指标计算的基础数据。并基于气候舒适度的分级标准(见表1), 界定舒适度是“舒适”或“非常舒适”等级的为宜人气候, 即 $7 \leq$ 夏季气

候舒适指数 ≤ 9 为避暑型气候, $7 \leq$ 冬季气候舒适指数 ≤ 9 为避寒型气候。

2.2.3 克里金空间插值方法 由于原始气象数据为点状数据, 为研究全国范围的气候分布特征, 使用ArcGIS 10.1软件进行空间插值得到全国格网数据。空间插值方法有多种, 使用SPSS 20软件进行Pearson相关性检验, 气象站点观测场的海拔高度与气候舒适指数的相关系数如表2所示, 8组检验的P值均小于0.05, 可知气象站点的海拔高度与气候舒适指数显著相关。在各种空间插值方法中, 克里金插值法的优点在于充分考虑已知数据点的空间相关性, 分为几个变种, 其中协同克里金法可以考虑高程等地形因素的影响, 精度相对较高^[32]。因此本文选择使用协同克里金(Cokriging)插值方法, 利用站点附带的高程数据对气候舒适指数进行空间插值, 并按照表1分级标准进行重分类, 得到全国夏冬两季的气候舒适度空间分布(图1、图2, 见第46页), 以刻画全国宜人气候分布特征。以上数据统一采用WGS1980大地坐标系及Albers等面积割圆锥投影。

表1 气候综合舒适指数的舒适度等级划分

Tab. 1 Rating categories of climate comprehensive comfort index

气候综合舒适指数	舒适度等级
$1 \leq C < 3$	不舒适
$3 \leq C < 5$	较不舒适
$5 \leq C < 7$	较舒适
$7 \leq C < 8$	舒适
$8 \leq C \leq 9$	非常舒适

注: 数据引自文献[20]。

表2 气象站点海拔高度与夏季、冬季气候综合舒适指数的相关性检验

Tab. 2 Correlation tests of meteorological stations' elevation and climate comprehensive comfort index during the summer and winter

		夏季气候综合舒适指数				冬季气候综合舒适指数			
		6月	7月	8月	夏季月均值	12月	1月	2月	冬季月均值
气象站点观测	皮尔森相关性	0.447	0.670	0.599	0.587	-0.246	-0.183	-0.229	-0.221
场海拔高度	显著性(双侧)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3 研究结果

3.1 夏季气候舒适度的总体分布特征

图1为全国夏季(6、7、8月及夏季月均值)气候舒适度空间分布情况。从不同月份来看, 中国6月(图1a)避暑型气候空间分布范围最大, 非避暑型气候区所占面积最小。7月(图1b)与6月相反, 全国避暑型气候空间分布范围最小, 而非避暑型气候区面积最大。8月(图1c)与夏季月均值(图1d)的分布状况比较相似。

如图1所示, 中国夏季气候舒适度总体上呈现西北-东南两大基本差异区的地域分布特征, 西北部的舒适度普遍高于东南部。夏季气候舒适度主要受纬度、地形和海陆分布的影响, 舒适度较高的地区拥有中高纬度或者高海拔的特征, 这与前人的研究成果一致。

具体来看, 中国避暑型气候集中分布在内蒙古高原、东北平原和云贵高原周边地区, 平均气候综合舒适指数在7.0以上的包括三大集中分布区: 一是 40°N 以北的西北边疆地区和东北地区, 主要包括天山山脉以北的北疆、内蒙古、黑龙江和吉林等省份; 二是包括青海局部、陕西北部、甘肃、宁夏等省份的西北中部地区; 三是以西康南部、四

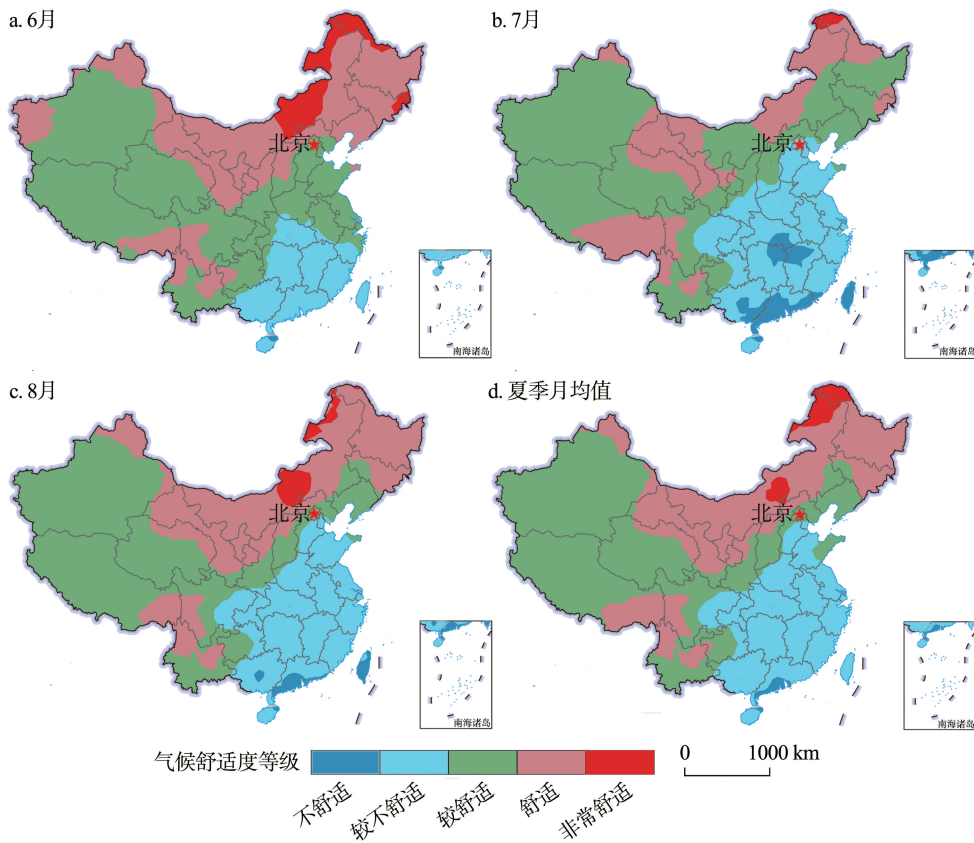


图1 全国夏季气候舒适度分布

Fig. 1 Spatial distribution of climate comfort rating categories during the summer in China

注: 该图基于国家测绘地理信息局标准地图(审图号: GS(2019)1823号)绘制, 底图无修改。

川西南部、贵州中西部、云南北部为核心的西南地区。此外, 避暑型气候还零星分布于海拔较高的山岳及辽东半岛、山东半岛等海滨地带。其中, 大兴安岭地区的塔河县和海拉尔市, 以及内蒙古的锡林浩特市, 属于舒适等级最高的两个地区。

相对来说, 夏季较不舒适等级的空间分布范围主要集中于华北平原、长江中下游平原、四川盆地的周边地区以及东南沿海一带, 平均气候综合舒适指数在 5.0 以下。涉及省市包括华北地区的河北南部和山东西部, 华中地区的河南、湖北、湖南三省, 西南地区的重庆以及华东地区的上海、浙江、安徽、福建、江苏、江西五省一市。而华南地区的广西、广东、海南平均气候舒适指数最小, 三省为不舒适等级的主要分布区。此外, 夏季不舒适等级的地域面积较小, 多集中在中国南端的沿海地带。总体来看, 夏季非避暑型气候区的地域分布广泛, 其中不乏环渤海、长三角、珠三角以及成渝城市群等经济发达、人口稠密地区, 避暑需求十分旺盛。

3.2 冬季气候舒适度的总体分布特征

图2为全国冬季(12、1、2月及冬季月均值)气候舒适度空间分布情况。从不同月份看, 1月(图2b)避寒型气候空间分布范围最小, 非避寒型气候区所占面积最大, 与其他月份相比较不舒适等级的地域明显扩大。而12月(图2a)、2月(图2c)与冬季月均值(图2d)的气候分布状况基本一致。

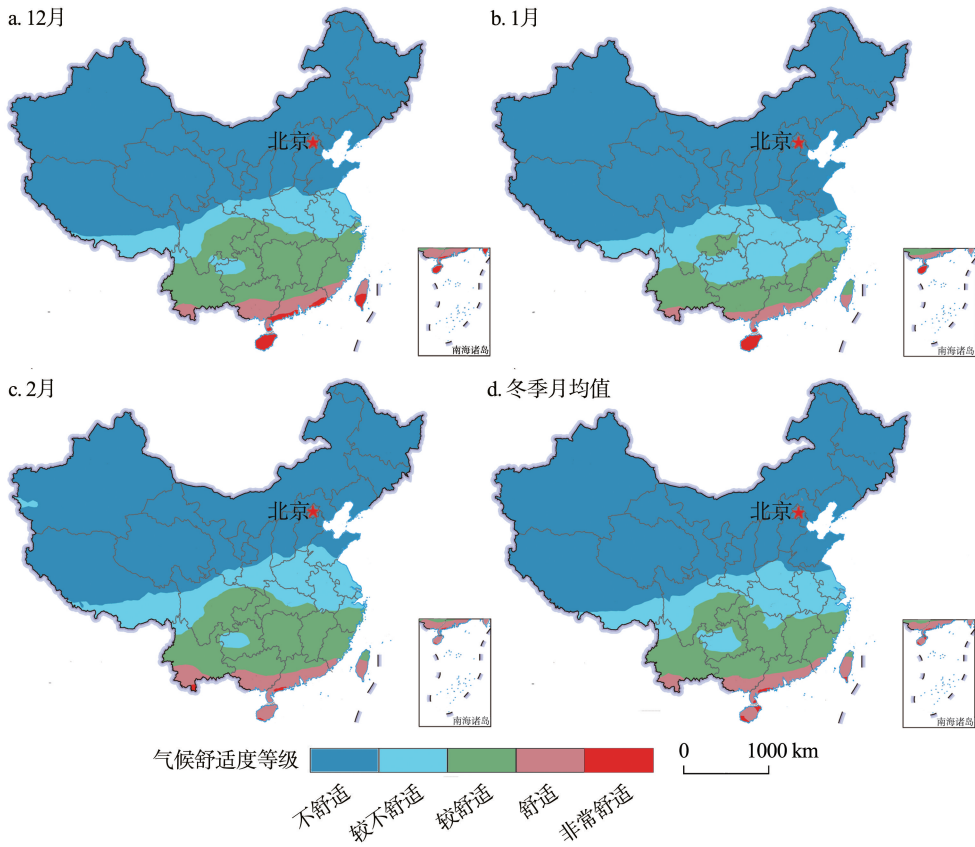


图2 全国冬季气候舒适度分布

Fig. 2 Spatial distribution of climate comfort rating categories during the winter in China

注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图（审图号：GS（2019）1823号）绘制，底图无修改。

如图2所示，中国冬季气候舒适度的空间分布呈现比较明显的纬度地带性规律，气候舒适度大致呈现由南向北递减的格局，北部地区受高原、盆地等地形的影响会有部分干扰。受云贵准静止锋影响，贵州省的气候舒适度低于周边地区，以贵阳、毕节、遵义、六盘水等地市为核心，形成“局部突破”的气候环岛区。

避寒型气候集中分布在北回归线以南地区，覆盖范围主要是华南地区和西南地区的局部，从西到东依次包括云南、广西、广东、福建四省南部以及海南整个省域，其中云南西双版纳、广东湛江的雷州半岛周边以及海南三亚是国内冬季气候舒适度最高的三个地点。雷州半岛虽然纬度较高，但气候舒适度高于海南除三亚以外的大部分地区，主要是因为雷州半岛冬季降雨量较小，相对湿度也较小。由于湿空气热传导速率比干空气大，相对湿度越大，人体对温度的敏感性越高^[33]。所以冬季气温较低时相对湿度对人体舒适度的影响明显，相近温度之下相对湿度越大体感温度越低，容易形成“湿冷”现象^[34]。

总体来看，国内绝大部分地区的冬季气候舒适度不甚理想，30°N以北地区的舒适度均处于较低水平，包括青藏、西北、华北、东北地区，特别是青海、内蒙古及东北三省的气候综合舒适指数均在1.5以下，属于不舒适的寒冷地带。在冬季不舒适地区中，也包括环渤海城市群、长三角城市群等经济发达地区，客观来看国内避寒需求亦十分旺盛。

3.3 避暑型与避寒型气候的分布差异

3.3.1 避暑避寒组合气候类型的气象站点分布特征 以季度内各月及月均值四个气候舒适指数为基础, 界定两个以上达到舒适水平 (≥ 7.0) 为相应的宜人气候站点。根据避暑避寒的气候属性对全国气象站点进行组合分类, 包括避暑又避寒、避暑非避寒、避寒非避暑、非避暑非避寒四种类型。结合各种类型的站点数目 (表3) 和分布特征 (图3) 来看, 国内既能避暑又能避寒的站点占比极小, 只有4个地处云南省的气象站点, 分别为永德、西盟、临沧、绿春。避暑非避寒的站点数占比达28.61%, 主要分布在内蒙古、黑龙江、吉林等中纬度地区及云南等高原地区。相对而言, 避寒非避暑的站点数只有180个, 达到全数站点的8.44%, 集中在低纬度的南方省份, 包括云南、广西、广东、福建、海南等, 此外四川南端的攀枝花市周边形成了该类站点的小聚集区, 攀枝花市拥有纬度最高的避寒非避暑站点。而非避暑非避寒气候类型的气象站点在四种类型中占比最大, 高达62.76%, 密集分布在中东部的华东地区、华中地区及华北地区局部, 包括河

表3 基于不同气候类型的气象站点对比

Tab. 3 Comparative analysis of meteorological stations in regards to different types of climate

气象站点类型	气象站点 (个)	占比 (%)	主要分布省份	代表城市
避暑又避寒	4	0.19	云南	永德、西盟、临沧、绿春
避暑非避寒	610	28.61	内蒙古、黑龙江、吉林、甘肃、陕西、云南、宁夏等	哈尔滨、长春、昆明、玉溪、曲靖、贵阳、毕节、六盘水等
避寒非避暑	180	8.44	云南、广西、广东、福建、海南	西双版纳、北海、湛江、茂名、江门、珠海、海口、三亚等
非避暑非避寒	1338	62.76	河北、河南、山东、安徽、湖南、湖北、江苏、浙江、四川等	—

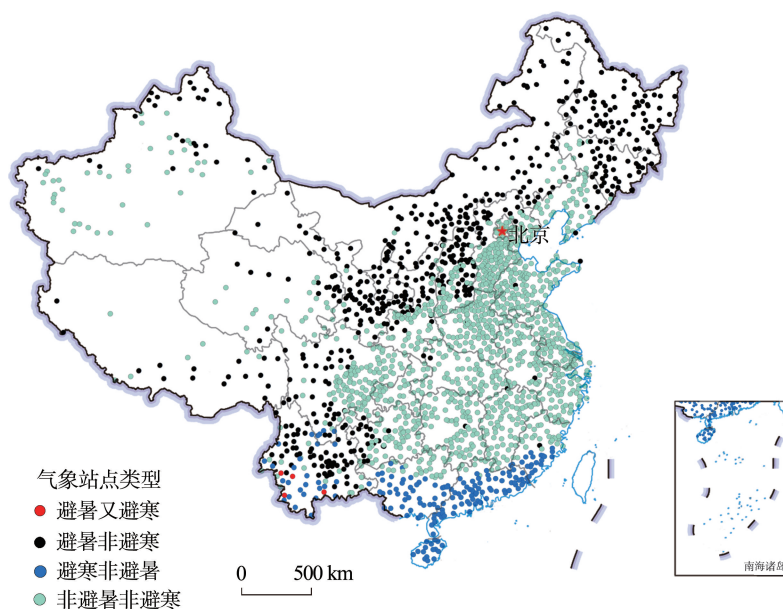


图3 基于不同气候类型的全国气象站点分布

Fig. 3 Spatial distribution of meteorological stations in regards to different types of climate in China
注: 该图基于国家测绘地理信息局标准地图 (审图号: GS (2019) 1823号) 绘制, 底图无修改。

北、河南、山东、安徽、湖南、湖北、江苏、浙江、四川等省份。

从以上分析可知,国内夏冬两季不舒适的地域广阔,避暑和避寒需求十分可观,因此避暑型气候与避寒型这两类宜人气候均属于具有开发潜力的资源。但是因为气候的空间异质性,同时拥有避暑和避寒属性的地方极少,两类气候呈现出较为明显的地域分离特征。

3.3.2 避暑型与避寒型气候的地域面积对比 使用 ArcGIS 10.1 计算出各个舒适度等级所占的地域面积(表4)。对季度内各月及月均值面积进行均值统计,避暑型气候区的地域面积约占全国面积的31.78%,其中达到舒适等级的占比为29.05%,而非非常舒适等级的只占2.73%。同时,非避暑型气候区的地域面积占比为68.22%,其中约2/3处于较舒适的等级,不舒适等级地域面积占比最小。同理,冬季避寒型气候区的地域面积占比仅有3.09%,而且其中九成属于舒适等级,非常舒适等级的地域面积占比极小,只达到0.17%。然而,非避寒型气候区覆盖了全国绝大部分疆土,不舒适等级的地域占比最大,超过了全国面积的一半(69.05%)。

综上,可知国内拥有避寒型气候的地域面积占比较小,冬季只有海南、西双版纳等少数地域能够满足避寒需求,所以避寒型气候在国内属于稀缺资源,具有垄断性特征。相对而言,避暑型气候的分布范围较为广泛,是一种相对遍在性资源。

表4 中国夏冬两季不同气候舒适度等级的覆盖面积及百分比

Tab. 4 Distribution of climate comfort degree types by total area and percentage of area during summer and winter in China

(万 km², %)

	不舒适		较不舒适		较舒适		舒适		非常舒适	
	面积	百分比	面积	百分比	面积	百分比	面积	百分比	面积	百分比
6月	0.94	0.10	113.79	11.99	469.38	49.46	314.24	33.11	50.62	5.33
7月	36.06	3.80	198.01	20.87	496.63	52.33	213.37	22.48	4.89	0.52
8月	11.52	1.21	205.05	21.61	419.89	44.25	288.88	30.44	23.63	2.49
夏季月均值	3.95	0.42	203.43	21.44	430.99	45.42	286.31	30.17	24.29	2.56
夏季均值	13.12	1.38	180.07	18.98	454.22	47.87	275.70	29.05	25.86	2.73
12月	656.38	69.17	101.57	10.70	157.89	16.64	30.57	3.22	2.56	0.27
1月	690.64	72.78	139.94	14.75	100.81	10.62	16.36	1.72	1.23	0.13
2月	619.40	65.27	131.17	13.82	162.42	17.12	35.36	3.73	0.63	0.07
冬季月均值	654.62	68.98	123.55	13.02	140.23	14.78	28.53	3.01	2.04	0.22
冬季均值	655.26	69.05	124.06	13.07	140.34	14.79	27.71	2.92	1.62	0.17

4 结论与讨论

4.1 结论

本文以1980—2010年2132个地面气象观测站点的月值数据为基础,结合温湿指数、风寒指数和着衣指数计算了中国夏冬两季各个气象站点的气候舒适指数,并利用协同克里金方法进行空间插值处理,对中国避暑型和避寒型宜人气候的分布特征及差异进行了深入研究。研究发现:

(1) 中国避暑型气候区具有中高纬或高海拔的特征,根据纬度可划分为三大主要集中分布区,分别是40°N以北的西北边疆和东北地区、西北中部地区及低纬的西南地区。

中国避寒型气候区主要分布在北回归线以南的低纬地区。与其他国家和地区相比, 纬度位置同样对宜人气候分布的影响最为显著, 同时中国的特殊地形对夏季纬度地带性规律产生扰动, 使得避暑型气候区也出现在低纬度高原地区。

(2) 国内夏冬两季的气候不舒适地域广阔, 避暑与避寒需求旺盛, 避暑型与避寒型气候资源的开发潜力显著。

(3) 气候具有空间异质性, 这两类宜人气候呈现明显的地域分离特征, 国内同时具有避暑避寒双重属性的地域极少。

(4) 根据夏冬两季不同气候舒适度等级的地域面积测算对比, 发现避寒型气候在国内比较稀缺, 是一种垄断性资源; 而避暑型气候在全国各地分布广泛, 属于相对遍在性资源。

4.2 讨论

(1) 与国内已有研究相比, 本文采用了更为全面的气象站点数据, 借鉴国内广泛应用的气候舒适度评价指标及模型, 注重空间插值精细化评估技术的改进, 以此提供更为准确可靠的全国避暑型与避寒型气候分布信息。

(2) 本文尝试探讨机理模型的适用性。尽管近年来时兴以热气候指数为代表的机理模型, 但其具有“多变量待估, 参数化两难”的局限^[35]。特别在某一类型的气象因子数据大量缺失的情况下, 热气候指数是否适用于大尺度的气候舒适度评价尚待验证。选取某一地域举例加以说明, 在仅有的关于避寒型气候地域分布的文献中(参见文献[24]), 热气候指数方法的评价结果显示整个广东省域都拥有避寒型气候, 而本文利用经验模型进行测算, 结果显示广东省域只有南部属于避寒型气候分布区, 而根据经验认识, 本文的评价结果更符合实际。

(3) 本文提供了两类宜人气候特征差异的研究成果, 指出气候资源开发的优越性不仅在于舒适度等级及舒适期长短, 而且与宜人气候的类型相关, 对旅游景区、第二居所等的选址开发具有重要的现实意义。近年来国内避暑与避寒旅游兴起, 宜人气候作为一种旅游资源备受追捧。但是, 对气候资源优越性的误判易导致盲目投资, 对不同宜人气候类型分布差异的全面认识, 能够引导人们理性投资避暑或避寒相关旅游产品。

本文研究有一些不足之处:

(1) 在研究方法上, 考虑到太阳辐射气象数据的大量缺失, 本文采用经验模型组合形式的气候舒适指数作为评价方法。相比于机理模型, 气候舒适指数评价方法因其计算简便、要素指标易得在国内应用较广, 大量研究成果与经验认识相符, 具备一定的受众基础, 同时该方法能够细化评价气候舒适度水平。但是这种方法存在一定局限性, 一方面表现在中国疆域辽阔, 舒适度分级标准的普适性尚待进一步验证; 另一方面, 气候舒适指数仅能辨识“舒适与否”, 难以进而区分热舒适或冷舒适环境。所以, 如何进行数据替代并用机理模型对本文结论多方验证是后续的重要研究方向。

(2) 本文关注全国大尺度的气候舒适度分析, 因此在界定避暑型和避寒型气候时, 没有考虑气候舒适期长短、日温差、受众群体特征等的影响, 未来研究可充分考虑上述影响因素, 进一步将宜人气候细分为不同的地域类型^[36]。

(3) 由于气象站点数量有限, 对于高差显著的地区, 难以反映全面的气候分布信息, 容易忽略点状分布的特殊气候地点, 例如西南高原地区的干热河谷地带。

(4) 将本文研究成果应用于现实中地方气候资源的旅游开发时, 还应考虑旅游资源丰度、交通可达性对不同地区气候资源旅游开发潜力的影响。

参考文献(References)

- [1] Martín M B G. Weather, climate and tourism a geographical perspective. *Annals of Tourism Research*, 2005, 32(3): 571-591.
- [2] Maddison D. In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of British tourists. *Climatic Change*, 2001, 49(1): 193-208.
- [3] Houghten F C, Yaglou C P. Determining lines of equal comfort. *Transactions of the American Society of Heating and Ventilating Engineers*, 1923, 29: 165-176.
- [4] Terjung W H. Physiologic climates of the conterminous United States: A bioclimatic classification based on man. *Annals of the Association of American Geographers*, 1966, 56(1): 141-179.
- [5] Jendritzky G, de Dear R, Havenith G. UTCI-why another thermal index? *International Journal of Biometeorology*, 2012, 56(3): 421-428.
- [6] 刘继韩. 秦皇岛市旅游生理气候评价. *地理与地理信息科学*, 1989, 5(1): 35-39. [Liu Jihan. An evaluation of tourism physiological climate of Qinhuang Island city. *Geography and Geo-information Science*, 1989, 5(1): 35-39.]
- [7] 范业正, 郭来喜. 中国海滨旅游地气候适应性评价. *自然资源学报*, 1998, 13(4): 304-311. [Fan Yezheng, Guo Laixi. The climate suitability of tourism at the coastline destinations of China. *Journal of Natural Resources*, 1998, 13 (4): 304-311.]
- [8] 马丽君, 孙根年. 中国西部热点城市旅游气候舒适度. *干旱区地理*, 2009, 32(5): 791-797. [Ma Lijun, Sun Gennian. Evaluation of climate comfort index for tourism hot-spot cities in west China. *Arid Land Geography*, 2009, 32(5): 791-797.]
- [9] 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. *资源科学*, 2010, 32(10): 1963-1970. [Ma Lijun, Sun Gennian, Xie Yuefa, et al. A study on variations of the tourism climate comfort degree in five typical cities in eastern China during the last 50 years. *Resources Science*, 2010, 32(10): 1963-1970.]
- [10] 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. *地理研究*, 2016, 35(11): 2053-2070. [Li Shan, Sun Meishu, Zhang Weijia, et al. Spatial patterns and evolving characteristics of climate comfortable period in the mainland of China: 1961-2010. *Geographical Research*, 2016, 35(11): 2053-2070.]
- [11] 曹永强, 高璐, 王学风. 近30年辽宁省夏季人体舒适度区域特征分析. *地理科学*, 2016, 36(8): 1205-1211. [Cao Yongqiang, Gao Lu, Wang Xuefeng. Regional characteristics of climate comfort in summer in Liaoning during past 30 years. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36 (8): 1205-1211.]
- [12] 吴普, 葛全胜, 齐晓波, 等. 气候因素对滨海旅游目的地旅游需求的影响: 以海南岛为例. *资源科学*, 2010, 32(1): 157-162. [Wu Pu, Ge Quansheng, Qi Xiaobo, et al. Impacts of climate factors on tourism demand for coastal destinations: A case study on Hainan Province. *Resources Science*, 2010, 32(1): 157-162.]
- [13] 马丽君, 孙根年, 马耀峰, 等. 气候舒适度对热点城市入境游客时空变化的影响. *旅游学刊*, 2011, 26(1): 45-50. [Ma Lijun, Sun Gennian, Ma Yaofeng, et al. An analysis on the influence of climate comfortable degree on temporal and spatial variation of inbound tourists in China's hot cities. *Tourism Tribune*, 2011, 26(1): 45-50.]
- [14] Gulyás Á, Matzarakis A. Seasonal and spatial distribution of Physiologically Equivalent Temperature (PET) index in Hungary. *Idojaras*, 2009, 113(3): 221-231.
- [15] Lin T P, Matzarakis A. Tourism climate information based on human thermal perception in Taiwan and eastern China. *Tourism Management*, 2011, 32(3): 492-500.
- [16] Scott D, Mcboyle G, Schwartzentruber M. Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America. *Climate Research*, 2004, 27(2): 105-117.
- [17] Perchnielsen S L, Amelung B, Knutti R. Future climate resources for tourism in Europe based on the daily Tourism Climatic Index. *Climatic Change*, 2010, 103(3-4): 363-381.
- [18] Daneshvar M R M, Bagherzadeh A, Tavousi T. Assessment of bioclimatic comfort conditions based on Physiologically Equivalent Temperature (PET) using the RayMan Model in Iran. *Central European Journal of Geosciences*, 2013, 5(1): 53-60.
- [19] 孔钦钦, 郑景云, 王新歌. 1979-2014年中国气候舒适度空间格局及时空变化. *资源科学*, 2016, 38(6): 1129-1139. [Kong Qinqin, Zheng Jingyun, Wang Xinge. Spatial pattern and temporal variation in thermal comfort in China from 1979 to 2014. *Resources Science*, 2016, 38(6): 1129-1139.]
- [20] 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. *地理科学进展*, 2009, 28(5): 713-722. [Ma Lijun, Sun Gennian, Wang Jiejie. Evaluation of tourism climate comfortableness of coastal cities in the eastern China. *Progress in Geography*, 2009, 28(5): 713-722.]

- [21] 余志康, 孙根年, 罗正文, 等. 40°N以北城市夏季气候舒适度及消夏旅游潜力分析. 自然资源学报, 2015, 30(2): 327-339. [Yu Zhikang, Sun Gennian, Luo Zhengwen, et al. An analysis of climate comfort degree and tourism potential power of cities in northern China in summer to the north of 40°N. Journal of Natural Resources, 2015, 30 (2): 327-339.]
- [22] 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. 资源科学, 2016, 38(12): 2210-2220. [Yang Jun, Zhang Yongheng, Xi Jianchao. The comprehensive evaluation of suitability of summer tourism base in China. Resources Science, 2016, 38(12): 2210-2220.]
- [23] 林锦屏, 郭来喜. 中国南方十一座旅游名城避寒疗养气候旅游资源评估. 人文地理, 2003, 18(6): 26-30. [Lin Jinping, Guo Laixi. An evaluation of climate resources of winter resort of eleven famous tourism cities in southern China. Human Geography, 2003, 18(6): 26-30.]
- [24] 陈慧. 中国避暑型与避寒型宜人气候的地域类型及其时空特征研究. 南京: 南京信息工程大学硕士学位论文, 2015. [Chen Hui. Types of summer and winter comfortable climates in China and their temporal and spatial distribution. Nanjing: Master Dissertation of Nanjing University of Information Science & Technology, 2015.]
- [25] 周文娟, 申双和. 热气候指数评价1981-2014年南京夏季舒适度. 科学技术与工程, 2017, 17(4): 132-136. [Zhou Wenjuan, Shen Shuanghe. Assessment on summer comfort level of Nanjing during 1981—2014 by UTCI. Science Technology and Engineering, 2017, 17(4): 132-136.]
- [26] 李双双, 杨赛霓, 刘宪锋, 等. 1960-2014年北京户外感知温度变化特征及其敏感性分析. 资源科学, 2016, 38(1): 175-184. [Li Shuangshuang, Yang Saini, Liu Xianfeng, et al. Changes in outdoor thermal sensation and sensitivity to climate factors in Beijing from 1960 to 2014. Resources Science, 2016, 38(1): 175-184.]
- [27] 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. 地理研究, 2015, 34(12): 2238-2246. [Kong Qinqin, Ge Quansheng, Xi Jianchao, et al. Thermal comfort and its trend in key tourism cities of China. Geographical Research, 2015, 34(12): 2238-2246.]
- [28] 唐进时, 申双和, 华荣强, 等. 热气候指数评价中国南方城市夏季舒适度. 气象科学, 2015, 35(6): 769-774. [Tang Jinshi, Shen Shuanghe, Hua Rongqiang, et al. Assessment on summer comfort level of southern cities in China by UTCI. Journal of Meteorological Sciences, 2015, 35(6): 769-774.]
- [29] Thom E C. The discomfort index. Weathervise, 1959, 12(2): 57-61.
- [30] Siple P, Passel C. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. Proceedings of the American Philosophical Society, 1945, 89(1): 177-199.
- [31] De Freitas C R. Human climates of northern China. Atmospheric Environment, 1979, 13(1): 71-77.
- [32] 何红艳, 郭志华, 肖文发. 降水空间插值技术的研究进展. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1187-1191. [He Hongyan, Guo Zhihua, Xiao Wenfa. Review on spatial interpolation techniques of rainfall. Journal of Ecology, 2005, 24(10): 1187-1191.]
- [33] Fountain M E, Arens E, Xu T, et al. An investigation of thermal comfort at high humidities. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1999, 105(2): 1-10.
- [34] 朱学玲, 任健. 人体舒适度的分析与预报. 气象与环境科学, 2011, 34(s1): 131-134. [Zhu Xueling, Ren Jian. Analysis and forecast of human comfort. Meteorological and Environmental Sciences, 2011, 34(s1): 131-134.]
- [35] 孙美淑, 李山. 气候舒适度评价的经验模型: 回顾与展望. 旅游学刊, 2015, 30(12): 19-34. [Sun Meishu, Li Shan. Empirical indices evaluating climate comfortableness: Review and prospect. Tourism Tribune, 2015, 30(12): 19-34.]
- [36] 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. 地理科学进展, 2015, 34(2): 175-184. [Chen Hui, Yan Yechao, Yue Shuping, et al. Types of summer comfortable climate in China and their temporal and spatial distribution. Progress in Geography, 2015, 34(2): 175-184.]

Spatial distribution of summer comfortable climate and winter comfortable climate in China and their differences

DENG Lizi^{1,2}, BAO Jigang^{2,3}

(1. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Center of Tourism Planning and Research, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

3. School of Tourism Management, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Comfortable climate consists of summer comfortable climate and winter comfortable climate. Insofar there has been little, if any, academic attention paid to the dichotomous climates, especially in terms of the characteristics as well as differences embedded in their spatial distribution across China. Building upon the statistics collected by 2132 national meteorological stations in China during the period of 1981-2010, this study has bridged this insufficiency in the extant literature. Specifically, climate comprehensive comfort index is calculated, using the Temperature-Humidity Index (THI), Wind-Chill Index (WCI) and Index of Clothing (ICL). Also, employing the Cokriging spatial interpolation method, this study sheds light on the characteristics and differences of the spatial distribution of summer comfortable climate and winter comfortable climate in China. As the research result manifests, (1) Summer comfortable climate in China is located in the frontier regions of Northwest and Northeast China lying north of 40°N, the central part of Northwest China and Southwest China. In contrast, the winter comfortable climate is mainly distributed at low latitudes, particularly lying south of the Tropic of Cancer. Specifically, it includes Hainan province and the southern part of Yunnan province, Guangxi Zhuang autonomous region, Guangdong province, and Fujian province. (2) Since the weather and climate in most parts of China are perceived not so comfortable, especially over the Bohai Bay, the Yangtze River Delta as well as other economically developed and densely populated regions, and the development of these dichotomous comfortable climates appears to be potentially rewarding. (3) In addition, the dichotomous comfortable climates show obvious geographical separation characteristics, as there are few places that enjoy both summer comfortable climate and winter comfortable climate. (4) Overall, the winter comfortable climate could be a scarce resource with monopoly characteristic in China, while, the resource of the summer comfortable climate seems not so rare, in view of its relatively wide distribution. This study provides a wealth of insights that potentially hugely enrich the pre-existing theories concerning spatial distribution of comfortable climates in China. Meanwhile, a scientific basis for the development of favorable climatic resources is contributed, accordingly.

Keywords: summer comfortable climate; winter comfortable climate; climate comfort degree; spatial distribution; China