

朱梅,方勉,尹群. 三亚市气候特征及气候舒适性分析[J]. 陕西气象,2025(2):62-66.

文章编号:1006-4354(2025)02-0062-05

# 三亚市气候特征及气候舒适性分析

朱梅<sup>1,2,3</sup> 方勉<sup>1,2,3</sup> 尹群<sup>1,2,3</sup>

(1. 三亚市气象局,海南三亚 572000;2. 海南省南海气象防灾减灾重点实验室,海口 570203;  
3. 三亚国家气候观象台,海南三亚 572000)

**摘要:**稀缺的冬适气候类型、优质的空气质量是三亚市气候康养产业发展、气候+旅游产品开发的重要依托。为深挖三亚市气候资源优势,利用三亚市6个气象站逐日气温、降水、风速、相对湿度等常规观测数据,及空气质量数据,选取温湿指数、风效指数、人体舒适度指数、气候旅游指数、空气质量指数等指标对三亚气候条件及重点旅游景点气候舒适性进行综合分析。结果表明:三亚市气候具有暑热期短、严寒期无、降雨充沛、干湿季分明、太阳能资源丰富等特点。11月—次年3月三亚市各旅游景区的气候舒适性处于舒适/偏热等级,适宜居住、避寒和旅游;5—9月三亚气候舒适性降至热/闷热等级,综合气候条件不太理想。气候旅游指数全年始终保持在6级以上,旅游气候条件优越,且空气优良率99.7%,六大污染物均处于一级标准。研究结果可为三亚市气候资源合理开发利用提供科学依据。

**关键词:**三亚市;气候特征;宜居指标;气候康养

**中图分类号:**P463.3

**文献标识码:**A

宜居城市一般指适宜人类居住和生活的城市,但其内涵和实质还未形成统一观点。国外对其研究侧重于环境、经济和社会等方面,重点考虑城市内部的人居环境,强调适宜居住的主观感受,如城市绿地空间、基础生活设施等。国内关于城市宜居性的研究起步较晚,研究主要从自然、环境、社会等视角出发,服务于城乡规划发展等方面<sup>[1-3]</sup>。研究方法包括主观的问卷调研评价法和客观数据的定量分析法,以此对城市宜居性进行综合刻画<sup>[4-5]</sup>。随着国民经济的快速发展,传统观念中的城市宜居性,如居住条件、基础设施、经济水平等物质生活方面都取得了一定的进步,但随之而来的一系列城市问题日益突显,如城市热岛、环境污染、生态恶化等,这不仅影响生存环境和生活品质,也危害人类身体健康。尤其在全球变暖背景下,气象灾害和极端气候事件频发,对生命财

产安全也构成一定威胁,这些都促使人们更加关注环境、生态、气候等热点问题。气候是人居环境的重要组成部分,其与人类的生活方式、健康状况及工作效率密切相关<sup>[6]</sup>,对农业、旅游以及康养等产业也有重要的影响<sup>[7-9]</sup>。因此,有必要从气候条件角度出发,探讨城市宜居性问题。众多学者就气候宜居开展了广泛研究:曹永强等<sup>[10]</sup>以温湿指数、风效指数及衣着指数综合加权法对辽宁省夏季舒适度进行分析;卢山等<sup>[11]</sup>采用基于“黄金分割法”的人体舒适度指数对云贵高原的气候舒适度及康养效应特征进行分析;谭凯炎等<sup>[12]</sup>提出室外天气舒适度指数可用于气候舒适度时空评价。近年来,中国气象局加大对气候资源的调查研究,将温湿指数、风效指数、人体舒适度指数、气候度假指数及其复合指数规范和标准化,便于宜居城镇、天然氧吧、滨海旅游度假等领域评价。宿海

收稿日期:2023-12-20

作者简介:朱梅(1988—),女,陕西大荔人,汉族,硕士,高级工程师,主要从事气候资源利用及相关研究工作。

通信作者:尹群(1967—),男,浙江宁波人,汉族,学士,工程师,主要从事气候资源利用及相关研究工作。

基金项目:海南省气象局科研项目(HNQXSX202409)

良<sup>[13]</sup>、臧慧锋<sup>[14]</sup>等采用不同方法对河北、山西等地气候适宜性进行综合分析。2023年全国已有58个市(县)获评“中国气候宜居城市(县)”,其中海南五指山、保亭两市县获此殊荣,而与这两个市县毗邻的三亚市,其气候资源及气候宜居性如何,值得深入研究。

三亚地处热带滨海地区,受气候条件影响,三亚旅游业存在明显的周期性,旺季游客量剧增,淡季消费群体匮乏,造成三亚旅游市场供给和需求严重失衡。为全面了解三亚市气候资源,在研究分析三亚地区气候条件的基础上,选取气候宜居指标、人体舒适度指标、气候旅游指标、环境空气质量指标等,多方面评价三亚地区及重点旅游景点的宜居、宜游优势,为三亚城市气候宜居评估、旅游开发、气候康养、生态文明建设等方面提供科学参考。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料来源

气象资料为海南省气象信息中心提供的三亚市6个区域气象站逐日平均气温、日平均最高气温、日平均相对湿度、日最小相对湿度、日平均风速、日照时数,三亚市国家基本观测站逐日总辐射。所选资料均经过严格质量控制,剔除缺测、气候异常值等数据。根据三亚市重要旅游景点分布情况,选取天涯海角、南山旅游区、西岛、蜈支洲岛、玫瑰谷等5个气象站点用于分析三亚市各旅游景点的气候指标。此外,由于2009年三亚市国家基本气象站迁站后的站址海拔较高,不宜代表三亚市气候条件,因此,选取白鹭公园气象站(该站无总辐射资料,采用三亚市国家基本观测站的资料)用于分析三亚气候条件。各气象观测站的建站时间不同,因此文中气象资料时段为:天涯海角、蜈支洲岛站点资料时限为2015—2023年,其他站点时限为2009—2023年。

2019—2023年三亚市每天空气质量指数(air quality index,简称AQI)及六大污染物PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、O<sub>3</sub>(最大8小时平均)质量浓度数据来自三亚市生态环境局空气质量发布平台(hbj.sanya.gov.cn/sthjsite/kqzlr/b/list2.shtml)。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 气候舒适度评价 气候舒适度评价参照

《人居环境气候舒适度评价》(GB/T 27963—2011)的规定,采用温湿指数*I*、风效指数*K*两种评价指标进行分析。温湿指数的计算方法见式(1)。

$$I = T - 0.55(1 - H)(T - 14.4). \quad (1)$$

式中:*I*为温湿指数;*T*为评价时段平均气温,单位为℃;*H*(%)为评价时段平均相对湿度。

风效指数的计算方法如式(2)所示。

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

式中:*K*为风效指数,取整数;*V*为某一评价时段平均风速,单位为m/s;*S*为某一评价时段平均日照时数,单位为h/d。

气候舒适度采用温湿指数和风效指数评价,其评价等级划分参见《人居环境气候舒适度评价》(GB/T 27963—2011)中表1。需要说明的是:当上述两种指数所处等级不一致时,冬半年使用风效指数,夏半年使用温湿指数。评价时段平均风速大于3 m/s的地区使用风效指数。

1.2.2 人体舒适度评价 人体舒适度指数*I<sub>BC</sub>*的计算及等级划分参照《气候资源评价气候宜居城镇》(QX/T 570—2020)。人体舒适度指数*I<sub>BC</sub>*计算方法如式(3)所示。

$$I_{BC} = (1.8T + 32) - 0.55(1 - H/100) \\ (1.8T - 26) - 3.2\sqrt{V}. \quad (3)$$

1.2.3 气候旅游指数评价 气候旅游指数*I<sub>TC</sub>*的计算及等级划分参照《气候资源评价气候宜居城镇》(QX/T 570—2020)。气候旅游指数*I<sub>TC</sub>*计算方法如式(4)所示。

$$I_{TC} = 2(4S_{Ed} + S_{Ea} + 2S_r + 2S_e + S_v), \quad (4)$$

$$T_{Ed} = T_{max} - 0.55(1 - H_{min}/100)(T_{max} - 14.4), \quad (5)$$

$$T_{Ea} = T - 0.55(1 - H/100)(T - 14.4). \quad (6)$$

式中:*S<sub>Ed</sub>*为白天有效温度分值,白天有效温度按式(5)计算,*T<sub>max</sub>*为日最高气温,*H<sub>min</sub>*为日最小相对湿度;*S<sub>Ea</sub>*为全天有效温度分值,全天有效温度按公式(6)计算;*S<sub>r</sub>*为日降水量分值;*S<sub>e</sub>*为日照时数分值;*S<sub>v</sub>*为日平均风速分值。式(4)中的分值均为无量纲变量,其赋分参见《气候资源评价气候宜居城镇》(QX/T 570—2020)中相关指数变

量赋分表。

1.2.4 环境空气质量评价 环境空气质量指数AQI为定量描述空气质量状况的无量纲指数。根据《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》(HJ633-2012)相关规定,AQI划分为6个等级。AQI指数越大,说明空气污染程度越严重,越不利于人类的身体健康。

## 2 结果与分析

### 2.1 气候条件

2009—2023 三亚市年平均气温为 26.7℃,平均最高气温 26.6~32.9℃,平均最低气温 19.6~27.2℃;1月平均气温最低(22.4℃),6月平均气温最高(29.7℃)。以日最高气温 $\geq 35.0^\circ\text{C}$ 作为酷热标准,三亚年平均酷热天气仅有7d。年降水量1477.1mm,降水具有明显的季节变化,主要集中在4—10月,降水量占年降水量的92.0%,11—3月降水量较少。10月降水量最多,为291.3mm;1月降水量最少,仅7.8mm。年平均降水日数为115d,其中6—10月期间,每月的降水日数超过10d。降水不仅补充水资源,也有一定的降温作用,且三亚降水和高气温的高值区在时间尺度上同步出现,也是三亚高温天气较少的一个原因。年平均相对湿度69.9%,各月相对湿度变化不大,在69.2%~81.6%之间浮动。年平均风速1.4m/s。年日照时数为1919.5h,年平均总辐射6047.8MJ/m<sup>2</sup>,太阳能资源丰富。

总体而言,三亚气温适宜,雨水资源充沛,日

照充足。在如此优越的气候条件下,三亚成为冬季避寒胜地、“候鸟”过冬疗养目的地、南繁育种基地、反季节瓜菜供应地。

### 2.2 人居环境气候舒适度分析

图1为计算得到的三亚市重点旅游景点的月平均温湿指数和风效指数。由图1a可知,三亚市各景区月平均温湿指数变化趋势相似,均呈现倒“V”型变化。具体表现为:1、2、3、11、12月的温湿指数在20.7~24.2之间,这5个月为人体感觉最为舒适的月份。5—9月的温湿指数在26.6~28.2之间,气温的上升使得人体“热”、“闷热”感明显,尤其是6月,不舒适感最为明显;而4、10月三亚各景区温湿指数在25.1~25.8,其中天涯海角、蜈支洲岛景区在4、10月处于舒适期,南山旅游区10月、玫瑰谷4月也处于舒适期。三亚全年均未出现温湿指数小于17.0的月份,即无人体感觉“冷”或“寒冷”的情况。

风效指数表示人体裸露皮肤在气温和风速不同组合作用下体感冷暖程度,反映体表与周围环境之间的热交换,适用于当地宜居气候舒适度的评价。图1b为三亚各景区逐月风效指数分布图,风效指数同样呈现倒“V”型:1、2、3、12月的风效指数-224.8~-102.6;这4个月为人体感觉舒适期。4—9月的风效指数在-94.1~-13.9之间,人体的“热”感明显;10、11月三亚市各景区的风效指数等级不同,其中蜈支洲岛10—11月,玫瑰谷11月,南山旅游区11月均处在舒适期。

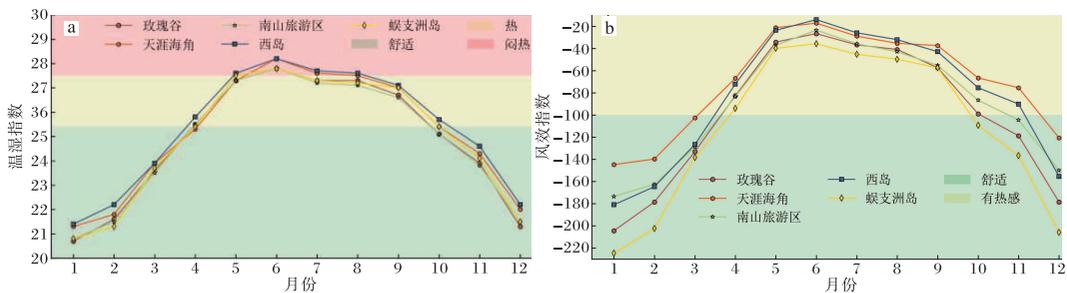


图1 三亚市不同景区温湿指数(a)和风效指数(b)月变化

从上述分析结果来看,三亚不同景区的温湿指数、风效指数月变化不尽相同,但在冬半年12月—次年3月,两个指数均表明三亚此阶段处于舒适期,是居住生活和出行旅游的最佳时期。4、

10—11月为过渡期,蜈支洲岛、天涯海角、玫瑰谷、南山旅游区等景区均处在舒适期,同样适宜开展户外活动。

### 2.3 人体舒适度指数分析

图2为三亚市各景区月平均人体舒适度指数分布情况。图2表明三亚市各景区的人体舒适度变化趋势基本一致,12月一次年2月的人体舒适度指数为65~69,是人体感觉最为舒适的阶段;3、4、11月的人体舒适度为71~75,属偏热等级;除天涯海角外,其余景区在5—9月人体舒适度指数77~80,达到闷热等级。

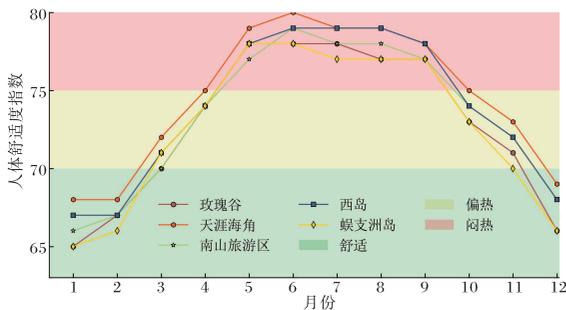


图2 三亚市不同景区人体舒适度指数月变化

尽管5—9月三亚人体舒适度指数处于7~8级,即人体出现闷热、炎热感,但是这一时期恰为三亚降水集中期,受热带气旋、热带辐合带、强对流等天气系统影响经常出现降温、降雨,可适当缓解这种不舒适感。

### 2.4 气候旅游指数分析

图3为三亚市气候旅游指数月变化。可以看出三亚各景区的气候旅游指数变化情况一致,即年内变化呈“V”字型,具体表现为:11月一次年3月气候旅游指数在80~86之间,相应的等级为8级,属于非常舒适时期;5—9月的气候旅游指数在62~65之间,对应等级为6级,属于舒适时期;4、10月的气候旅游指数位于72~78之间,相应的等级为7级,

处于很舒适阶段。总体而言,各景区的气候旅游指数均在6级以上,全年的气候旅游条件极好。

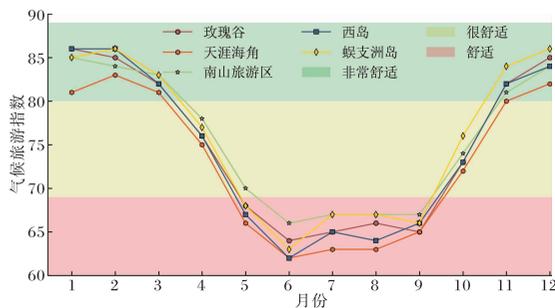


图3 三亚市不同景区气候旅游指数月变化

综上分析,三亚的气候旅游指数月均值均处在4~6等级,全年的旅游气候条件优越,均适宜出行旅游,尤其11月一次年2月北方地区进入寒冷的冬季,三亚平均气温仍处于20℃以上,气候旅游指数达到舒适以上等级,这也使其成为旅游度假的热门首选地。尤其5—9月的气候旅游指数仍处于6级,属于舒适阶段,但这一时段人流量、物价均低于旺季时段,且芒果、莲雾、荔枝等热带水果进入成熟期,这期间前来旅游的性价比、体验感更好。

### 2.5 空气质量指数分析

分析2019—2023年三亚市空气质量数据发现,近5a三亚AQI年均值为36,空气优良率99.7%。各月均值均处在50以下,AQI为1级水平,空气质量较好。从六大污染物质量浓度具体变化来看(图4),除CO外,其他污染物的月平均质量浓度总体上呈现“V”型变化,一般冬季污染物排放量高,夏秋季较低,各污染物质量浓度均处在一级标准内,表明空气质量令人满意,各类人群均可正常活动。

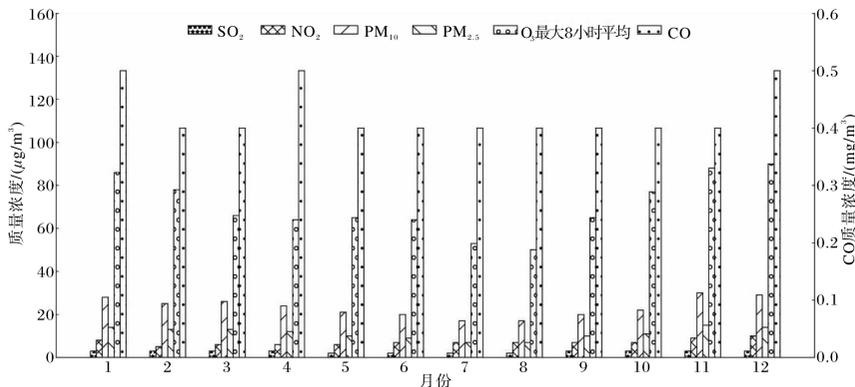


图4 2019—2023年三亚市六大污染物质量浓度月变化

空气中的污染物对患有心血管系统疾病和呼吸系统疾病人群的影响较大<sup>[15]</sup>,尤其冬春季全国大部分地区的空气质量较差,且气温较低,增加了患者患病的概率。而此期间,三亚的气温仍保持在 20℃以上,加之优良的空气质量,对于身患心血管系统疾病和呼吸系统疾病人群,既减少了患病的概率,又可以通过开展户外活动增强身体抵抗力,因此三亚无疑是健康疗养胜地。

### 3 结论和讨论

利用三亚市 6 个区域气象站气象观测数据和空气质量监测数据,对三亚市气候特征,以及温湿指数、风效指数、人体舒适度指数、气候旅游指数、空气质量指数等指标进行分析,得到以下结论。

(1) 三亚市的气候舒适期分布在冬半年,从 11 月一直持续到翌年 3 月,时段长且连续,就全国范围而言具有极高的稀缺性,发展冬季康养产业的气候条件得天独厚。

(2) 三亚市 5—9 月气候舒适性基本处于热/闷热等级,仅天涯海角景区 6 月出现炎热情况,综合气候条件不太理想。

(3) 气候条件是影响三亚市旅游淡旺季的重要因素,从气候旅游方面来看,三亚市的气候旅游指数全年始终位于 6 级以上,旅游气候条件极好,可以此探索开发相应的气候旅游产品。

(4) 对三亚市气候舒适性分析主要考虑气温、降水、湿度、风速和日照等气象要素,而影响人体感觉舒适与否的因素除了上述气象因素外,还与气压、太阳辐射等因素有关,因此,在后续的研究中应考虑多种因素综合影响,对气候资源进行更加全面深入的分析,从而更好地服务和指导气候资源开发利用。

#### 参考文献:

- [1] 刘圆,王业成,袁绮菲,等. 南京江北核心区气候环境宜居性评价[J]. 环境工程, 2017, 35(5): 145-148.
- [2] 张志斌,巨继龙,陈志杰. 兰州城市宜居性评价及其空间特征[J]. 生态学报, 2014, 34(21): 6379-6389.
- [3] 包歆莹,曾燕,邱新法,等. 基于 GridMet 模型的浙江省气候宜居性评价[J]. 气象科学, 2022, 42(2): 244-253.
- [4] 董晓峰,刘星光,刘理臣. 兰州市城市宜居性的参与式评价[J]. 干旱区研究, 2010, 33(1): 125-129.
- [5] 谌丽,张文忠,李业锦. 大连居民的城市宜居性评价[J]. 地理学报, 2008, 63(10): 1022-1032.
- [6] SHINDELL D, KUYLENSTIERNA C I J, VIGNATI E, et al. Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security[J]. Science, 2012, 335(6065): 183-189.
- [7] 赵海燕,张文千,邹旭恺,等. 气候变化背景下中国农业干旱时空变化特征分析[J]. 中国农业气象, 2021, 42(1): 69-79.
- [8] 殷浩然,张平平,董庆栋,等. 基于海拔梯度的秦巴山地旅游气候适宜性评价[J]. 山地学报, 2021, 39(5): 710-721.
- [9] 郑自君,袁东升,房鹏,等. 攀西地区森林康养指数综合分析[J]. 气象科技, 2021, 49(5): 815-822.
- [10] 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[J]. 地理科学, 2016, 36(8): 1205-1211.
- [11] 卢山,郭勇,郑江平,等. 云贵高原 3 个旅游城市气候舒适度及其康养效应研究[J]. 干旱气象, 2021, 39(2): 317-325.
- [12] 谭凯炎,闵庆文,王培娟. 一种基于中国气候特征和人体舒适感受的气候舒适指数模型[J]. 气象, 2022, 48(7): 913-924.
- [13] 宿海良,杨强,王骊鹞,等. 河北省城市气候适宜度研究[J]. 环境科学与管理, 2022, 47(9): 65-69.
- [14] 臧慧锋,裴秀苗,刘俸霞,等. 山西省夏县生态旅游气候资源分析评价[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2022, 47(11): 97-104.
- [15] 郭云,王建生,留莹莹,等. 空气质量健康指数构建及与现有评价体系的比较:以丽水市为例[J]. 环境科学研究, 2021, 34(10): 2517-2524.