

建德市宜居气候适应性分析

倪航¹ 罗晓亮² 赵莉莉³ 张桂珍⁴
建德市气象局 杭州 建德 311600

摘要: 气候舒适的程度及生态环境质量的优劣,是影响旅游发展和人类居住环境宜居性的重要因素。本文选取反映气候舒适性状况的4项气候指数和表征生态环境质量的4项生态指标,对建德市宜居气候适应性进行了分析。结果表明:建德市气候指标占优、生态指标领先,是中国首个气候宜居城市,其宜居气候适应性在国内城市中具有突出优势。

关键词: 气候宜居; 生态环境; 舒适度; 适宜性

引言

生态环境与气候条件的优劣,直接影响着人们的生活品质和身心健康。气候适宜、生态优质、空气清新的城市,无疑是人们休闲养生的向往之地。如何定量或定性地去评价一个城市生态气候资源的休闲养生适宜性,这是一个需进一步探讨的问题。

国内学者已开展了大量宜居气候适宜性方法的研究。肖晶晶等利用浙江省43年的气候资料,采用人体舒适度指数对浙江人居环境气候适宜度进行分析。吴世安、李正泉、朱宝文等利用观测资料计算了人体舒适度指数、温湿指数等,分别对信阳、丽水和青海等地气候舒适度及舒适日数变化趋势进行了研究。城市生态质量及生态旅游的研究亦有较多报道,吴琼和万本太等各自提出了城市生态环境质量的评价方法,并进行了代表城市的评价分析。然而,将气候条件和生态环境结合在一起,对城市生态气候资源开展综合评价的研究却并不多见,有关生态与气候的休闲养生适宜性分析更是较为缺乏。

建德市位于浙江省中西部,属亚热带湿润季风气候,温度适宜降水丰沛,冬暖夏凉宜人小气候明显。为了深入了解建德市的气候特点,总结和归纳建德市宜居气候的优越性,对建德市开展宜居气候适宜性分析是必要的。根据建德市生态环境、气候特点,本文通过数据统计及指数分析等方法,客观分析建德市宜居气候适宜性,为建德市旅游开发、宜居生态建设提供科学依据。

1 数据与方法

1.1 数据

建德国家气象站(站号58544)气象资料为1957-2020年逐日气候要素,部分生态环境数据由环保部门及林业部门提供;本文统计时段为当年1-12月,其中冬季为当年12月至下年2月(如2016/2017年)、春季为3-5月、夏季为6-8月、秋季为9-11月。

1.2 指数说明及计算方法

1.2.1 人体舒适度指数BCMI

人体舒适度指数综合考虑气温、湿度、风对人体的舒适的影响。

$$BCMI = (1.8T + 32) - 0.55(1 - RH)(1.8T - 26) - 3.2\sqrt{V} \quad (1)$$

式中, T、RH、V分别代表平均气温(°C)、相对湿度(用小数表示)、风速(米/秒)。等级划分见表1。

表1 人体舒适度等级指标

BCMI	分级	感觉程度
≥ 90	10级	酷热, 很不舒适
80 ~ 85	8级	炎热, 大部分人不舒服
76 ~ 79	7级	闷热, 少部分人不舒服
71 ~ 75	6级	偏热, 大部分人舒适
59 ~ 70	5级	最为舒适
51 ~ 58	4级	偏凉, 大部分人舒适
39 ~ 50	3级	清凉, 少部分人不舒服
26 ~ 38	2级	较冷, 大部分人不舒服
0 ~ 25	1级	寒冷, 不舒服

1.2.2 风效指数K

风效指数表征人体对风速、温度、日照综合感受的指数。

计算公式:

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

公式中, T为平均温度(°C), V为平均风速(米/秒), S为平均日照时数(小时/天)。等级划分见表2。

表2 风效指数等级指标

等级	风效指数	感受程度
1	< -400	感觉很冷, 不舒服
2	-400 ~ -300	偏冷, 较不舒服
3	-299 ~ -100	感觉舒适
4	-99 ~ -10	有热感, 较不舒服
5	> -10	闷热难受, 不舒服

1.2.3 度假气候指数HCI

度假气候指数由人体对气温高低感觉的有效温度、审美因子(云量)、降水和风速等综合表征。

度假气候指数由3个因子按照不同比例构成:有效温度(Te)由日最高气温和日平均相对湿度决定;审美因子A,通过云量的多寡来表征;物理因子P,通过降水量(R)和风速(V)来表征。

计算公式:

$$HCI = 4Te + 2A + (3R + V) \quad (3)$$

式中, Te为有效温度(℃), A为云量(%), R为降水量(毫米), V为风速(公里/小时)。

$$Te = Ta - 0.55(1 - RH)(Ta - 14.4) \quad (4)$$

式中, Ta为日最高气温(℃), RH为日平均相对湿度(%)。

表3 度假气候指数分级

90~100	80~89	70~79	60~69	50~59	40~49	30~39	20~29	10~19
理想状况	特别适宜	很适宜	适宜	可以接受	一般	不适宜	很不适宜	特别不适宜

1.2.4 旅游气候指数THI

旅游气候指数是考虑气温、降水、日照、风速等因素对出行旅游的综合指标。

计算公式:

$$TCI = 2(4THId + THId + 2P + 2S + W) \quad (5)$$

式中, THId为白天温湿指数,由最高气温和最小相对湿度组成;THId为全天温湿指数,由日平均气温和平均相对湿度组成;P表示降水;S表示日照;W表示风速。因为各单位不统一,为了计算简便,又对五个子指

数划分等级并评分。当每个子指数都为最优5分时,TCI的分值最终确定最高值为100,每个子指数分级最低时得到最低分值为-30。最后根据TCI分值分等级,见表4。

表5中的THI用下列公式计算:

$$THI = T - 0.55(1 - RH)(T - 14.4) \quad (6)$$

式中, T为平均温度(℃), RH为平均相对湿度(%)。

$$\text{风寒指数} = (12.1452 + 11.6222\sqrt{W} - 1.1622W)(33 - T) \quad (7)$$

式中, T为平均温度(℃), W为风速(米/秒)。

表4 TCI等级划分

TCI值	分级	分类描述
90~100	9	特别舒适
80~89	8	非常舒适
70~79	7	很舒适
60~69	6	舒适
50~59	5	较舒适
40~49	4	一般舒适
30~39	3	不舒适
20~29	2	不太舒适
10~19	1	非常不舒适
-9~9	0	极度不舒适

2 宜居气候指数计算分析

2.1 人体舒适度适宜期长

建德市年平均人体舒适度“适宜”以上月数达到8个月(4-11月),其中有4个月(5-6月、9-10月)为最舒适

期,1-3月和12月为大部分人感觉舒适;建德4-6月和9-11月人体舒适日数都达到或超过20天,其中10月(30天)最多,5月(29天)次之(见表6)。

表6 建德年平均人体舒适日数月分布

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
舒适日数	1	3	13	27	29	22	7	10	24	30	30	3

2.2 风效舒适月偏多

根据风效指数,建德年均有6个月(4-6月和9-11月)达到舒适,2个月(7-8月)感觉“热”,4个月(1-3月和

12月)感觉“凉/冷”;年较舒适以上月数与多个城市相比偏多。冬季,建德指数对应的是“凉/冷”,但与多个大城市相比,建德风效指数相对偏高,风寒效应相对偏小。

表7 建德年均各月风效指数等级

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
风效指数	冷	冷	冷	舒适	舒适	舒适	热	热	舒适	舒适	舒适	冷

2.3 度假气候适宜期长

建德年均度假气候适宜以上有9个月（4-12月），很适宜以上有6个月（5-10月），8-9月为特别适宜，度假气候适宜期长。

建德年均度假气候舒适日数为268天，占全年的73.4%，

除2-3月为18天外，其他月都在20天以上，7-8月舒适日数都达到25天（见表8）。

表8 建德年平均度假气候舒适日数月分布

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
度假气候舒适日数	22	18	18	20	23	23	25	25	24	24	23	23

2.4 旅游气候条件好

根据旅游气候指数分析，建德年均较舒适以上月数

有9个月（4-12月），舒适以上有7个月（4-10月），很舒适有3个月（5月、9-10月），旅游适宜气候条件好。

表9 建德年均各月旅游气候指数等级

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
旅游气候指数	不舒适	一般舒适	一般舒适	舒适	很舒适	舒适	舒适	舒适	很舒适	很舒适	较舒适	较舒适

3 宜居生态环境指标汇总分析

3.1 负氧离子浓度高

建德负（氧）离子浓度连续监测点数据分析显示，城区负（氧）离子含量近5年平均为1196个/cm³，达到世界卫生组织“清新”的空气标准级别。2021年新安江城区负（氧）离子浓度均值为1604个/cm³，根据《空气负（氧）离子浓度等级》（QX/T 380—2017）评级标准，属于负（氧）离子浓度等级一级，浓度高，空气清新。

3.2 空气优良比例高

建德常年霾日数为3.0天，比长三角区域平均（15天）偏少12天。2021年为3天。

2016-2021年，建德平均环境空气优良率为94.5%。2021年空气质量等级为优的天数为182天，良为174天，轻度污染为9天，优良率达到97.5%。

2016-2021年建德的PM_{2.5}指数呈总体下降趋势，平均值为28微克/m³，日PM_{2.5}值 < 100微克/m³的日数占比均在90%以上。2021年建德日PM_{2.5}平均值为22微克/m³，日PM_{2.5}值 < 100微克/m³的日数占比100%。

3.3 绿色植被指数高

建德2021年森林面积达265.1万余亩，森林覆盖率76.36%，比浙江省平均值（61%）高15个百分点，比全国平均值（23%）高53个百分点。森林年吸收二氧化碳总量约203.6万吨，释放氧气总约148.6万吨，在涵养水源、保持水土、提供休闲旅游等方面也发挥了巨大的生态服务功能。

3.4 水多水质好

建德全市水资源总量28.0463亿立方米，其中地表水资源量28.046亿立方米，地下水资源总量5.1836亿立方米，人均5927立方米，远高于全国人均值（约2200立方米）。

2021年新安江饮用水水源保护区水质达标率为100%，其余乡镇“千吨万人”饮用水水源保护区水质平均达标率为100%。目前，建德全市主要河道大部分达到Ⅱ类水质及以上标准。

4 结论与讨论

本文选取反映气候舒适性状况的4项气候指数和表征生态环境质量的4项生态指标，对建德市宜居气候适应性进行了分析。得出以下结论：

（1）建德市宜居气候条件好。人体舒适度“适宜”以上月数达到8个月，4个月为最舒适期；年均度假气候适宜以上有9个月，很适宜以上有6个月，度假气候适宜期长；根据旅游气候指数分析，建德年均较舒适以上月数有9个月，舒适以上有7个月，很舒适有3个月，旅游适宜气候条件好。

（2）建德市生态环境优质。建德城区负（氧）离子近五年平均含量达到世界卫生组织“清新”的空气标准级别，近五年平均环境空气优良率为94.5%，2021年森林覆盖率76.36%，2021年饮用水水源保护区水质达标率为100%，全市主要河道大部分达到Ⅱ类水质及以上标准。

（3）建德市气候指标占优、生态指标领先，也是中国首个气候宜居城市。但在如何将气候资源开发利用和

保护纳入建德发展总体规划,充分挖掘建德独特的气候优势,合理开发利用和保护气候资源,切实发挥气候资源在美丽乡村建设中的效益和效率的等方面仍需进一步的研究与讨论。

参考文献

- [1]中国气象局. QX / T 152—2012气候季节划分[S]. 北京:中国气象出版社,2012.
- [2]中国气象局. GB / T 27963—2011人居环境气候舒适度评价[S]. 北京:中国标准出版社. 2011.
- [3]建设部,宜居城市科学评价标准,2007年4月19日.
- [4]肖晶晶,李正泉,郭芬芬等. 浙江省人居环境气候适宜度概率分布分析[J]. 气象与环境科学,2017,40(1):120—125.
- [5]吴世安. 信阳市人体舒适度指数变化及未来趋势分析[J]. 气象与环境科学,2017,40(3):59—64.
- [6]胡桂萍,李正泉,邓霞君. 丽水市旅游气候舒适度分析[J]. 气象科技,2015,43(4):669-774.
- [7]李正泉,肖晶晶,马浩等. 丽水市生态气候休闲养生适宜性分析[J]. 气象与环境科学,2016,39(3):104-111.
- [8]李雪铭,刘敬华. 我国主要城市人居环境适宜居住的气候因子综合评价[J]. 经济地理,2003,5(5):49-53.
- [9]吴兑. 多种人体舒适度预报公式讨论[J]. 气象科技,2003,31(6):370-372.
- [10]吴琼,王如松,李宏卿.等. 生态城市指标体系与评价方法[J]. 生态学报,2005,25(8):2090—2095
- [11]万本太,王文杰,崔书红,等. 城市生态环境质量评价方法[J]. 生态学报,2009,29(3):1068—1073