

文章编号:1673-8411(2019)02-0080-06

## 广西马山旅游气候资源评估

谢敏<sup>1</sup>, 孙明<sup>2\*</sup>, 廖雪萍<sup>2</sup>, 李艳兰<sup>1</sup>, 李妍君<sup>1</sup>

(1. 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气象科学研究所, 南宁 530022)

**摘要:** 基于1961-2017年马山县气象观测站的逐日气温、降水量、日照时数、风速、相对湿度、总云量等资料, 采用人体舒适度指数、温湿指数、风效指数和度假气候指数等4个气候指数, 对马山县的旅游气候资源进行定量评估。结果表明: (1) 马山县人体舒适期有9个月, 属一类气候适宜区; (2) 人居环境舒适期有6个月; (3) 全年12个月均适宜旅游度假, “特别适宜”的月份高达8个; (4) 最为适宜旅游度假期为3月27日至5月1日和10月5日至11月20日。结果可为马山合理开发特色产业提供参考, 也可帮助游客选择适合的出行时间。

**关键词:** 马山; 旅游; 气候资源; 评估

中图分类号: P46

文献标识码: A

## Assessment of Tourism Climate Resources in Mashan

Xie Min<sup>1</sup>, Sun Ming<sup>2</sup>, Liao Xueping<sup>2</sup>, Li Yanlan<sup>1</sup>, Li Yanjun<sup>1</sup>

(1. Guangxi Climate Center, Nanning 530022;

2. Guangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanning 530022)

**Abstract:** Base on the daily temperature, precipitation, sunshine hours, wind speed, relative humidity and total cloudiness data of Mashan meteorological observatory from 1957 to 2017, the tourism climate resources in Mashan County were quantitatively assessed by using four climate indices: human comfort index, temperature and humidity index, wind efficiency index and vacation climate index. The results show that: (1) the human comfort period in Mashan County is 9 months, which belongs to primary climate area; (2) the comfort period of human habitation environment has 6 months; (3) all year round is suitable for tourism and vacation; (4) the most suitable vacation period is from March 27 to May 1 and from October 5 to November 20. The results can provide a reference for the rational development of characteristic tourism industry in Mashan, as well as for tourists to choose suitable travel time.

**Keywords:** Mashan; tourism; climate resources; assessment;

### 1 引言

气候是重要的旅游资源, 既是影响旅游活动的客观因素, 又是影响旅游出游动机的主观因素。良好的气候条件为旅游活动提供便利, 极端恶劣的天气则阻碍旅游活动, 甚至给旅游者带来巨大的损失。对于旅游气候适宜性定量评价具有代表性的有, Terjung<sup>[1]</sup>提出了舒适指数(CI)和风效指数(WEI), Oliver<sup>[2]</sup>提出了温湿指数(THI)和风寒指数(WCI), Mieczkowski<sup>[3]</sup>提出了旅游气候

指数(TCI)概念, Tang<sup>[4]</sup>在旅游气候指数的基础上提出了度假气候指数(HCI), 并说明了HCI比TCI更能准确地表述一个地区的气候旅游舒适度。我国学者也做了许多研究, 胡桂萍等<sup>[5-8]</sup>运用人体舒适度气象指数(BCMI)、寒冷指数(CI)、温湿指数(THI)和度假气候指数(HCI)等气候指标或多个气候综合性指标, 对各地的气候适宜性以及旅游舒适度进行了评价。近年来, 广西地区的气候适宜性也有不少研究, 李艳兰等<sup>[9-16]</sup>选用人体舒适度指数、中暑指数、风寒指数(WCI)、温湿

收稿日期: 2019-03-10

基金项目: 广西红树林保护与利用重点实验室开放基金课题(GKLMC-201804), 广西自然科学基金项目(2017GXNSFBA198165)

作者简介: 谢敏(1985-), 女, 硕士研究生, 工程师, 主要从事气候与气候变化监测评价。E-mail: xm409680373@163.com

\* 通讯作者: 孙明(1986-), 男, 硕士研究生, 工程师, 要从事生态遥感应用研究。

指数(THI)、风寒指数(WCI)和着衣指数等气候舒适度指数评价了西江流域、贺州市、东兴区、巴马县、凤山县等地区的旅游舒适期。但多数对广西旅游气候舒适度的研究,较多的是采用单一指数评价分析,很少运用多个指数综合评估,度假气候指数(HCI)方面的研究也较少。本文综合了人体舒适度指数(BCMI)、温湿指数(THI)、风效指数(WEI)和度假气候指数(HCI)等4个指数,对马山县的旅游气候舒适度进行评估,不仅为地方政府或相关部门合理利用旅游气候资源提供参考,还有助于旅游经营者安排活动、帮助游客选择适宜旅游的时间和地点。

## 2 资料与方法

### 2.1 资料

研究资料包含马山县气象观测站 1961-2017 年的逐日气温、降水量、日照时数、风速、相对湿度、总云量等,资料来源于广西壮族自治区气象局。

观测资料均经过质量控制。

### 2.2 方法

选取人体舒适度指数(BCMI)、温湿指数(THI)、风效指数(WEI)和度假气候指数(HCI)等4个指数,对马山县旅游气候舒适度进行评估,并与国外热门城市进行比较。

#### (1) 人体舒适度指数(BCMI)

人体舒适度指数是为了从气象角度评价人体的舒适感,根据人体与大气环境之间的热交换而制定的生物气象指标,主要影响因子有气温、相对湿度和风速。

选用今年国内较为广泛使用的 KSSD 经验计算公式,根据当地实际情况划分为 10 个等级(表 1),计算公式如下:

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

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( $m \cdot s^{-1}$ )。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
$\geq 90$	10 级	酷热, 很不舒适
86 ~ 89	9 级	暑热, 不舒适
80 ~ 85	8 级	炎热, 大部分人不舒适
76 ~ 79	7 级	闷热, 少部分人不舒适
71 ~ 75	6 级	偏热, 大部分舒适
59 ~ 70	5 级	最为舒适
51 ~ 58	4 级	偏凉, 大部分舒适
39 ~ 50	3 级	清凉, 少部分人不舒适
26 ~ 38	2 级	较冷, 大部分人不舒适
0 ~ 25	1 级	寒冷, 不舒适

#### (2) 温湿指数(THI)和风效指数(WEI)

根据国家标准《人居环境气候舒适度评价》<sup>[17]</sup>(编号: GB/T 27963-2011), 气候舒适度采用温湿指数和风效指数评价。

温湿指数是用气象要素中的气温和湿度表征人在气象环境中身体的舒适程度的指数, 其计算公式如下:

$$HTI = T - 0.55(1 - RH)(T - 14.4) \quad (2)$$

式中, T 为平均温度(°C), RH 为平均相对湿度(%). 等级划分见表 2。

风效指数是描述人体对风、温度和日照综合感受的指数, 计算公式如下:

$$WEI = (10\sqrt{V} + 10.45 - V)(33 - T) + 8.55S \quad (3)$$

式中, T 为平均温度(°C), V 为平均风速(m/s), S 为平均日照时数(h/d)。等级划分见表 2。

表 2 人居环境舒适度等级划分

等级	温湿指数	风效指数	感觉程度
1	$> 27.5$	$> -10$	闷热, 不舒适
2	25.5 ~ 27.5	-99 ~ -10	热, 不舒适
3	17.0 ~ 25.4	-299 ~ -100	舒适
4	14.0 ~ 16.9	-400 ~ -300	冷, 不舒适
5	$< 14.0$	$< -400$	寒冷, 不舒适

(3) 度假气候指数 (HCI)

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。

计算公式如下:

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

$$Te=Ta-0.55(1-RH)(Ta-14.4) \quad (5)$$

式中, Te 为有效温度 (°C), A 为云量 (%), R 为降水量 (mm), V 为风速 (km/h), Ta 为日最高气温 (°C), RH 为日平均相对湿度 (%). 评分标准见表 3, 评分和分级标准见表 3-4。

表 3 度假气候指数 (HCI) 的评分

得分	有效温度 (°C)	日降水量 (mm)	云覆盖率 (%)	风速 (km/h)
10	23 ~ 25	0	11 ~ 20	1 ~ 9
9	20 ~ 22 26	< 3	1 ~ 10 21 ~ 30 0	10 ~ 19 0
8	27 ~ 28	3 ~ 5	31 ~ 40	20 ~ 29
7	18 ~ 19 29 ~ 30		41 ~ 50	
6	15 ~ 17 31 ~ 32		51 ~ 60	30 ~ 39
5	11 ~ 14 33 ~ 34	6 ~ 8	61 ~ 70	
4	7 ~ 10 35 ~ 36		71 ~ 80	
3	0 ~ 6		81 ~ 90	40 ~ 49
2	-5 ~ -1 37 ~ 39	9 ~ 12	> 90	
1	< -5			
0	> 39	> 12		50 ~ 70
-1		> 25		
-10				> 70

表 4 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

### 3 马山旅游气候资源分析

马山总体属亚热带至中亚热带季风气候区, 四季分明, 夏热多雨, 间有涝灾, 冬温凉而干燥, 偶有低温霜冻, 高山地区常有冷冻积雪, 秋高气爽, 常有春旱、冬旱发生, 四季明显。冬无严寒, 夏无酷暑, 昼夜均小有温差。地势西北高, 东南低, 典型的喀斯特地貌, 地形起伏变化导致气象要素垂直分布差异较大, 立体气候特征明显。

#### 3.1 气候要素分析

##### 3.1.1 气温

马山城区所在地年平均气温 21.7°C, 最热月 7 月平均温度 28.5°C, 最冷月 1 月平均气温 12.4°C。历史极端最高温度为 40.1°C, 极端最低温度为 1.0°C。1961 年以来, 年平均气温最大值为 22.6°C (2009 年), 最小值为 20.6°C (1984 年) (图 1); 夏季平均气温 28.2°C, 冬季平均气温 14.1°C, 秋季平均气温 23.2°C, 春季平均气温

21.7°C。

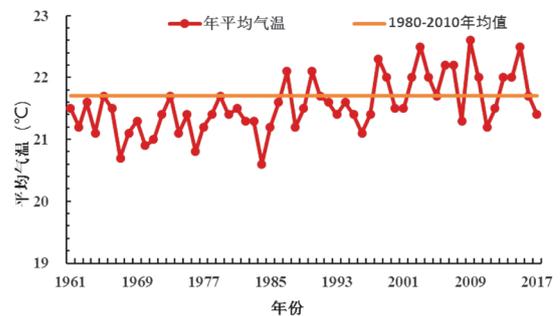


图 1 1961 - 2017 年马山年平均气温逐年演变

##### 3.1.2 降水、日照

马山城区多年平均年降水量 1707.6mm, 其中 5-10 月降水量 1298.9mm, 占全年降水量的 76.1%。年平均降水日数为 166.6d, 年平均暴雨日数 7.1d。年平均日照时数 1470.8h, 占可照时数的 33% (图 2)。

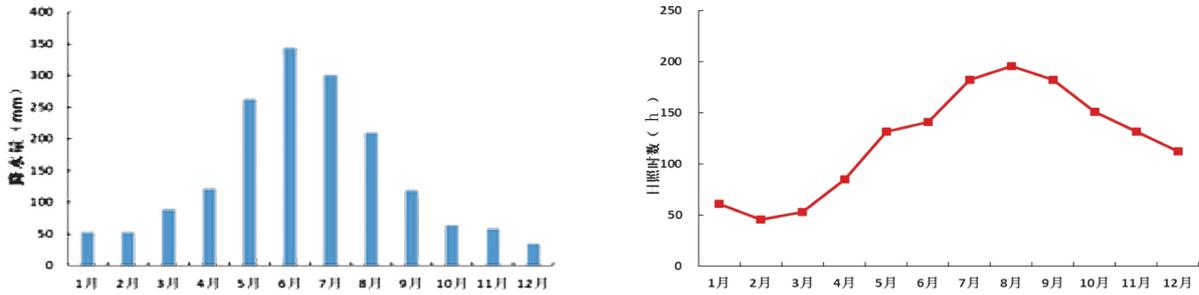


图 2 马山多年平均降水量 (左)、日照时数 (右) 逐月分布

### 3.2 气候舒适度分析

旅游与气候有着天然的联系, 气候资源也是旅游资源, 气候不仅影响景区的环境, 同时也影响着人的体感舒适度。研究表明, 气候条件是影响旅游舒适度的重要因素。人体生理舒适度主要受气温、空气湿度、风速等气候要素影响, 日照、紫外线和大气压等对人体舒适度也有影响。其中, 气温对人体感觉影响最大, 它与人体热平衡、体温调节等生理功能密切相关, 是人体冷热感觉的晴雨表。实验表明: 气温适中, 空气湿度对人体的影响不显著; 高温条件下, 空气湿度增大影响影响汗液蒸发, 机体热平衡遭到破坏, 空气湿度对人体感觉影响非常大; 低温高湿时, 身体热辐射被空气蒸汽吸收, 人体感觉不舒适。

#### 3.2.1 人体舒适度期长

计算马山县 1961 - 2017 年的人体舒适度指数 (BCMI), 根据人体舒适度等级指标 (表 1), 马山舒适月数长达 9 个月 (2-6 月、7-12 月), 其中 4 月、10 月、11 月为 5 级, 人体感觉 “最为舒适”; 2 月、3 月、12 月为 4 级, 人体感觉 “偏凉, 大部分人舒适”; 5 月、6 月、9 月为 6 级, 人体感觉 “偏热, 大部分人舒适”。1 月为 3 级, 清凉, 少部分人不舒适。马山舒适月数与国内外多个城市相比偏长, 与亚洲印度新德里比较相似, 优于欧洲奥地利维也纳、匈牙利布达佩斯和日本鹿儿岛 (见表 3)。总的来说, 马山人体的舒适度期属于 “上位优势”。

表 3 马山与多个城市人体舒适度指数等级

城市	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
马山	3	4	4	5	6	6	6	7	6	5	5	4
欧洲·奥地利维也纳	2	2	2	3	4	4	4	5	4	3	2	2
欧洲·匈牙利达佩斯	2	2	3	3	4	4	5	5	4	3	3	2
南亚·菲律宾马尼拉	6	5	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6
南美·阿根廷圣地亚哥	6	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5
北美·美国新奥尔良	3	3	4	5	5	5	6	6	5	5	4	3
非洲·埃及开罗	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4
亚洲·印度新德里	4	4	5	5	6	6	7	7	6	5	5	4
亚洲·日本鹿儿岛	1	2	2	3	3	3	4	5	4	3	2	2

注: “3” 和 “7” 表示 “少部分人不舒适”, “4” 和 “6” 表示 “大部分人舒适”, “5” 表示 “最为舒适”。

国际旅游界常将 BCMI 等级为 4-6 级的总天数定义为 “旅游舒适期”<sup>[18]</sup>, “旅游舒适期” 总天数大于 165d 的地区为 1 类气候适宜区, 151 ~ 165d 的地区为 2 类气候适宜区, 少于 151d 的地区为 3 类气候适宜区。马山 BCMI 等级 4-6 级的月份共 9 个月, 总天数达 276d, 属于 1 类气候适宜区。马山 1-5 月、9-12 月人体舒适日数均在 20d 以上, 其中 3-5 月及 9-12 月舒适日数达到 30d 或 31d (图 3)。BCMI 等级 4-6 级的时段为 1 月 1-13 日、2 月 5 日至 6 月 8 日及 9 月 10 日至 12 月 31 日, 其中有 BCMI 等级为 5 级的时段为 3 月 16 日至 5 月 1 日和 10 月 5 日至 11 月 24 日,

共 98d, 人体感觉 “最为舒适” (图 4)。所以, 从人体舒适度指数来看, 春、秋季是马山最舒适的季节。

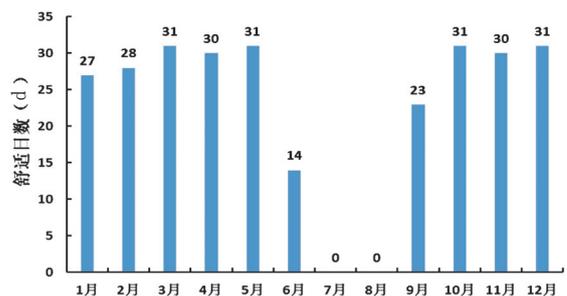


图 3 马山人体的舒适日数的月分布

### 3.2.2 人居环境舒适度月数适中

计算 1961 — 2017 年马山的温湿指数 (THI)，根据人居环境舒适度等级划分 (表 2)，舒适期有 6 个月 (3-5 月、8-10 月)，6-7 月为热，不

舒适期；风效指数 (WEI) 结果显示，冬季 (12-2 月) 为冷，不舒适期。综合两个指数，3 月 17-23 日、3 月 27 日至 6 月 5 日和 9 月 12 日至 11 月 20 日为舒适期。(见图 5、表 5)

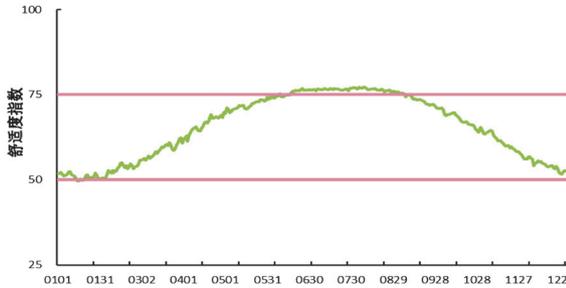


图 4 1957 — 2017 年马山平均舒适度指数逐日演变

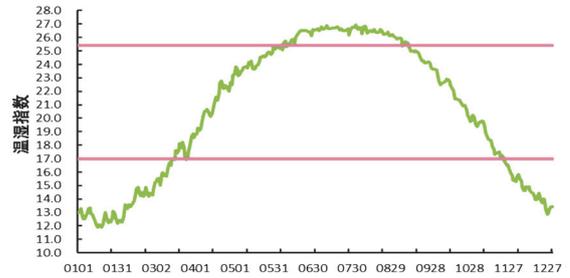


图 5 1957 — 2017 年平均马山温湿度指数逐日演变

表 5 马山各月人居环境舒适度等级

人居环境舒适度指数	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
温湿指数	5	4	3	3	3	2	2	2	3	3	3	4
风效指数	4	4	3	3	3	2	2	2	2	3	3	4

### 3.2.3 全年适宜气候度假的时间

计算 1961 — 2017 年马山县的度假气候指数 (HCI)，根据 HCI 旅游适宜期评级标准 (表 4)，全年 12 个月的度假指数都在“很适宜”以上，其

中有 8 个月 (2-5 月和 9-12 月) 为度假旅游“特别适宜期”，4 个月 (1 月、6-8 月) 为度假旅游“很适宜期”，见表 6。

表 6 马山度假月气候指数

城市	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
马山	79	81	84	87	82	75	75	76	83	89	88	83

注：“70-79”表示“很适宜”，“80-89”表示“特别适宜”

马山年度假气候很适宜以上日数为 365d，其中特别适宜日数为 223d，占全年的 61%。3-5 月和 9-12 月特别适宜日数都在 20d 以上，3-5 月和 10-12 月 6 个月特别适宜日数达到或超过 26d (见图 6)。图 7 可见，马山度假特别适宜的主要时

段为 2 月 6 日至 5 月 25 日和 9 月 9 日至 12 月 25 日。与马山全年 BCMI 和 THI 的单峰值不同的是，HCI 值呈双峰显示，峰值分别出现在 4 月和 10 月，低值出现在 6-8 月。

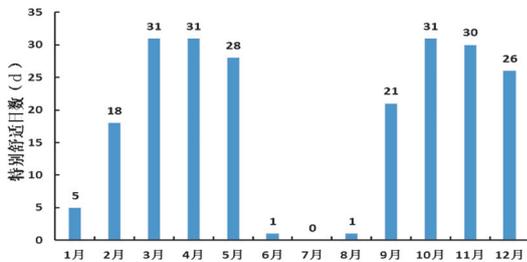


图 6 马山度假气候舒适日数的月分布

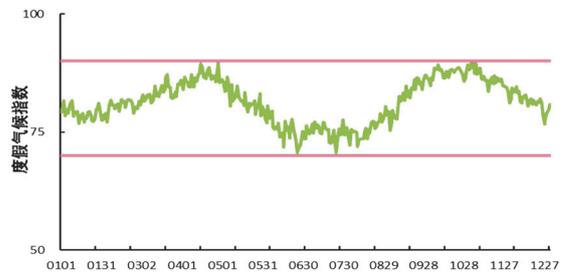


图 7 1957 — 2017 年平均马山度假气候指数逐日演变

## 4 结论

(1) 马山总体属亚热带季风气候区，气候温和，雨量丰富但分布不均匀，春、秋季降水较少，

夏季降水集中，冬季较温暖。马山多年平均气温 21.7℃，夏季平均气温 28.2℃，极端最高温度为 40.1℃，极端最低温度为 1.0℃。年平均降水量 1707.6mm，年平均降水日数 166.6d，年平均暴雨

日数 7.1d; 夏季多光照且雨量充足, 年日照时数平均为 1470.8h。

(2) 马山人体的舒适期长, 全年有 9 个月(1-5 月及 9-12 月) BCMI 处于 4-6 级之间, 总天数达 276d, 属一类气候适宜区。4 月、10 月、11 月为 5 级, 人体感觉“最为舒适”, 主要时段为 3 月 16 日至 5 月 1 日和 10 月 5 日至 11 月 24 日; 2 月、3 月、12 月为 4 级, 人体感觉“偏凉, 大部分人舒适”; 5 月、6 月、9 月为 6 级, 人体感觉“偏热, 大部分人舒适”。

(3) 人居环境舒适月数适中, 舒适期为 6 个月(3-5 月、8-10 月), 主要时段为 3 月 17-23 日、3 月 27 日至 6 月 5 日和 9 月 12 日至 11 月 20 日。

(4) 马山全年 12 个月均适宜旅游度假, “特别适宜”的月份高达 8 个(4 月、10 月、11 月 HCI 值均超过 86, 10 月 HCI 值高达 89), 主要时段为 2 月 6 日至 5 月 25 日和 9 月 9 日至 12 月 25 日, “很适宜”的月份有 4 个(1 月、6 月、7 月、8 月)。

(5) 综合 BCMI、THI、WEI 和 HCI 等 4 个指数的舒适性评估, 最为适宜旅游度假的时段有两个, 分别为 3 月 27 日至 5 月 1 日和 10 月 5 日至 11 月 20 日, 其余时段的旅游适宜性需要进一步探讨。最为适宜旅游度假时段可为马山合理开发特色旅游产业提供参考, 也可帮助游客选择适合的出行时间。

#### 参考文献:

[1] Terjung W H. Physiologic climates of the conterminous: a bioclimatic classification 29(3): [J]. Annals of The Association of American Geographers, 1996, 5(1): 141-179.

[2] Oliver J E. Climate and man's environment: An Introduction to applied climatology [M]. John

Wiley & Sons Inc, 1978.

- [3] Mieczkowski Z. The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism EJ3 [J]. The Canadian Geographer, 1985, 29(3): 220-233.
- [4] Mantao Tang. Comparing the “Tourism Climate Index” and “Holiday Climate Index” in Major European Urban Destinations [M]. University of Waterloo, 2013.
- [5] 胡桂萍. 丽水市旅游气候舒适度分析 [J]. 气象科技, 2015, 43(4): 769-774.
- [6] 王凯, 高媛, 刘敏, 等. 利川市旅游气候适宜性的评价和比较 [J]. 气象科技进展, 2018, 8(5): 103-106.
- [7] 刘子豪, 黄建武, 孔德亚, 等. 近 50 年武汉市人体舒适度指数变化特征分析 [J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2018, 41(5): 64-69.
- [8] 龙亚萍, 李立华. 四川省山地旅游气候资源评价 [J]. 山地学报, 2018, 36(1): 116-124.
- [9] 李艳兰, 周美丽. 西江流域旅游气候舒适度的时空变化特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35(3): 65-70.
- [10] 杨银华, 徐苏佩, 柳继尧. 内江市东兴区旅游气候资源的评价及开发利用 [J]. 气象研究与应用, 2016, 37(4): 77-81.
- [11] 叶小丽, 韦佩琼, 覃茹芊. 广西巴马县近十年旅游舒适度分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33(S2): 84-85+89.
- [12] 邓雅倩, 林确略, 彭武坚, 等. 大容山国家森林公园旅游气候舒适度评价 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36(3): 45-49.
- [13] 王艺, 蓝求, 张凌云, 等. 近 30 年柳州市旅游气候舒适度评价 [J]. 气象研究与应用, 2018, 39(2): 48-51+145.
- [14] 黎大美, 何珊. 贺州市人居环境气候舒适度特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2017, 38(1): 117-121.
- [15] 黄冬梅, 卢丽莉, 黄章帆. 凤山县气候特征及其适宜性评价 [J]. 气象研究与应用, 2015, 36(3): 50-52.
- [16] 黎馨, 葛意活, 吴蒨茵, 等. 贺州市旅游气候资源评估分析 [J]. 气象研究与应用, 2018, 39(2): 52-55+67.
- [17] GB/T 27963-2011, 人居环境气候舒适度评价 [S]. 2015, 36(3): 50-52.
- [18] 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: 162-179.

(上接第 20 页)

[9] 金米娜, 陈云辉, 许爱华, 等. 2013 年 3 月 19 日江西省冰雹天气成因分析 [J]. 暴雨灾害, 2013, 32(2): 158-166.

[10] 邝美清, 蒋宗孝, 张家斌, 等. 2013 年 3 月 20 日三明市大范围冰雹过程分析 [J]. 广东气象, 2014, 36(5): 36-40.

[11] 袁红松, 廖忠辉, 彭辉志, 等. 湘潭市一次冰雹天气过程分析 [J]. 贵州气象, 2014, 38(6): 30-33.

[12] 王晓玲, 龙利民, 王珊珊. 一次春季冰雹过程的成

因分析 [J]. 暴雨灾害, 2010, 29(2): 160-165.

- [13] 张晓红, 柴化全, 黄春生, 等. 一次超级单体风暴的天气学成因及多普勒雷达回波特征研究 [J]. 气象科学, 2006, 26(4): 392-399.
- [14] 陈关清, 方标. 贵州铜仁暴雨和冰雹雷达回波特征对比分析. 气象研究与应用. 2015, 36(1): 72-75.
- [15] 张正国, 邹光源, 刘丽君, 等. 雷达回波顶高 (ET) 产品在广西冰雹云识别中的应用研究 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35(4): 89-92.