

# 贵阳市气候康养资源评价

冯邢知音, 江沁宁, 卢晓庆, 余明娟, 杨乾贵

贵州大学生命科学学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年2月23日; 录用日期: 2023年3月13日; 发布日期: 2023年5月18日

## 摘要

有效的气候康养资源评价能够为我国养老产业提供科学依据, 有利于高效利用气候资源以及带动当地经济发展, 兼具生态效益、社会效益及经济效益。由于人体机能对长期气候的适应性和极端气温的季节性和区域性差异, 不同地区人群对当地的气候条件适应特征不同, 不利于人群健康的极端气温指标也不同。基于此, 本研究以贵阳市为研究区域, 从极端天气气候事件的概念出发, 运用保证法计算得到符合贵阳市气候特征的极端气温指标, 并通过马尔可夫状态转移模型展开贵阳市气候康养资源的评价。研究结果表明: 贵阳温度时空分布特征有明显的差异; 贵阳市各辖区极端温度转移风险表明, 各状态主要向正常转移, 正常状态向极端状态转移的风险因月份有所差异, 在温暖月份和寒冷月份, 正常状态向高温、低温转移的风险大致相等; 季节过渡月份表现出较大的极端状态转移风险。研究结论可为气候康养资源的有效利用提供依据。

## 关键词

气候康养, 极端气候, 马尔可夫状态转移, 贵阳市

# Evaluation of Climate Health Resources in Guiyang City

Xingzhiyin Feng, Qinning Jiang, Xiaoqing Lu, Mingjuan Yu, Qiangui Yang

College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Feb. 23<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Mar. 13<sup>th</sup>, 2023; published: May 18<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Effective evaluation of climatotherapy resources can provide scientific basis for Chinese pension industry, which has ecological benefit, social results and economic benefits and uses climate resources efficiently. Due to the adaptability of human body function to long-term climate and the seasonal and regional differences of extreme temperature, people from different regions adapt

different climate characteristic and the indicators of extreme temperature that are adverse to people's health are also different. So, this study takes Guiyang city as the study area, starts from the concept of extreme weather and using guarantee rate method to count extreme climate indicators which accord with climate resources of Guiyang city, and through the Markov state transfer model to apprise climate resources of Guiyang city. The results show that there are obvious differences in the temporal and spatial distribution characteristics of Guiyang; The risk of extreme temperature transfer shows that the risk of transition from normal state to extreme state are different due to month; and the risk of transition from normal state to high temperature and low temperature is roughly equal in warm and cold months; the seasonal transition month shows a higher risk of extreme state transfer. The research conclusion can provide the effective basis of climate health resources.

## Keywords

Climate Health, Extreme Climate, Markov State Transition, Guiyang City

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在我国老龄化社会的背景下, 气候变暖导致的极端天气气候事件频发, 老年人群作为气候变化的敏感和脆弱群体, 气候对老年人的康养功能更加凸显。有效的气候康养资源评价能够为我国养老产业提供科学依据, 有利于高效利用气候资源以及带动当地经济发展, 兼具生态效益、社会效益及经济效益。

气候是指一个地区光温水气等气象条件的长期平均状况, 人体健康与气候密切相关, 有利的气候条件有助于人体机能恢复的舒适气候条件, 称为康养气候[1]。高温、潮湿、低日照、污浊空气等气象条件会抑制人们身心, 长期作用会导致疾病产生[2] [3] [4] [5] [6]; 温和湿润、空气清新等气象条件有利于病患的治疗康复[7] [8]; 微冷、昼夜温差大、高日照等积极刺激因素有利于提高人体免疫系统恢复力。呼吸系统疾病通常易被寒冷干燥、大气污染等天气条件触发, 因此患有呼吸系统疾病的人群宜选择在温湿适宜和空气洁净区域疗养[9]。心血管疾病在天气突变、高温和严寒等天气条件下发病风险较大, 患有心血管和血液循环系统疾病的人群应避免此类气候风险, 选择空气优良、气候温和的区域进行疗养康复, 同时利用积极性刺激气候条件, 进行锻炼和强化心肌功能[10]。大量研究也涉及气候条件与人群健康的定量关系, 研究方法多选取不同气候指标(温度、湿度等)与人体健康指标(疾病发病率、死亡率等)进行相关分析[11], 得到影响人体健康的关键因素。屈芳、肖子牛探究了温度、湿度、空气污染和三者的交互作用对人体健康的影响及高温、低温、高湿、低湿对健康的影响机制[12]。张灵玲、陈燕通过人体舒适度、高血压指数、中暑指数分别进行计算来分析气候变化对江苏人体健康的影响, 得出极端高温日数增加导致中暑死亡病例增多等结论[13]。

目前大多数研究表明极端气象因素, 特别是极端温度对各类疾病有明显的负面影响, 然而更多的研究集中于分析绝对高温或绝对低温对人体健康的影响, 忽视了人体机能对长期气候的适应性和极端气温的季节性和区域性差异。不同地区人群对当地的气候条件适应特征不同, 不利于人群健康的极端气温指标也不同。因此, 本研究以贵阳市为研究区域, 从极端天气气候事件的概念出发, 探索符合贵阳市气候特征的极端气温指标, 并以此为气候康养指标, 展开贵阳市气候康养资源的评价。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 研究区域概况

贵阳市属亚热带湿润气候, 海拔约 1100 m, 年平均气温 15.3℃, 年平均相对湿度为 77%, 年平均总降水量为 1129.5 mm, 年平均日照时长为 1148.3 h。贵阳市生态资源丰富, 森林覆盖率 39.19%。研究贵阳市气候康养可以更好的巩固贵阳市生态建设的成果, 将气候资源变为医疗、旅游资源, 充分发挥贵阳优越气候条件的实际作用。

### 2.2. 数据来源

本研究所用气象数据为贵阳市 5 个辖区单元(贵阳市区, 息烽县, 开阳县, 修文县, 清镇市)对应的国家气象站 1981~2020 年逐月的平均气温数据, 来源于中国气象数据网中中国地面气象站基本气象要素观测资料, 该资料的原始数据地面月报数据文件已经经过严格的质量控制, 国家气象信息中心在数据集制作中对日值数据再次做了质量控制和质量评估, 对发现有问题的要素进行检查订正, 并对所有的要素数据标注质量控制码, 保证了所用数据真实有效。

### 2.3. 研究方法

#### 2.3.1. 极端温度指标确定

根据联合国政府间气候变化委员会(IPCC)对极端天气气候事件的定义, 极端事件指偏离平均气候状态的、极少发生的小概率事件(发生概率  $\leq 10\%$ )。经验频率法是气象领域计算发生概率的常用方法, 适用于非正态分布样本[14]。

#### 2.3.2. 康养气候资源评价

资源是相对的而非绝对的概念, 可利用即资源。基于这个角度, 在适宜人群健康的温度状态下策划相应活动, 而在不适宜人群健康的温度状态规避相应活动, 则可有效利用气候康养作用。因此, 在极端温度指标确定的基础上, 将气候状态划分为 3 类(表 1): 高温、低温和正常康养状态, 利用马尔可夫状态转移模型计算不同状态的转移概率, 从而评价康养气候资源特征。

**Table.1.** Division of climatic health status

**表 1.** 气候康养状态划分

状态	标准
$\geq$ 极端高温	高温(E3)
$\leq$ 极端低温	低温(E1)
极端高温~极端低温	正常(E2)

马尔科夫状态转移模型是根据事件状态间的转移规律建立的概率矩阵对事件状态的预测, 该理论认为未来的状态受当前状态而不受以前的状态的影响[15]。显然, 当年气候状态影响下一年的状态。根据确定的 3 种状态: 低温(E1)、正常(E2)、高温(E3)构建概论矩阵(式 2-1)。

$$P = \begin{bmatrix} E11 & \cdots & E31 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E13 & \cdots & E33 \end{bmatrix} \quad (\text{式 2-1})$$

式(2-1)中,  $P$  为不同状态转移的概率组成的矩阵, 例如  $E11$  为低温向低温转移的概率, 即当年为极端低温状态, 下一年极端低温状态的发生概率。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 极端温度指标

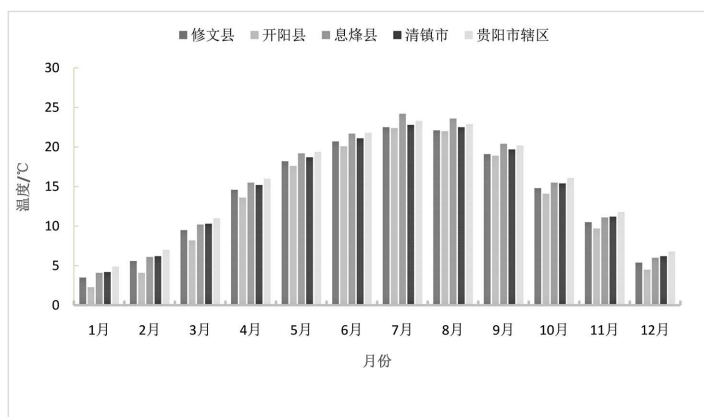


Figure 1. Average temperature of each station in Guiyang

图 1. 贵阳市各站平均温度

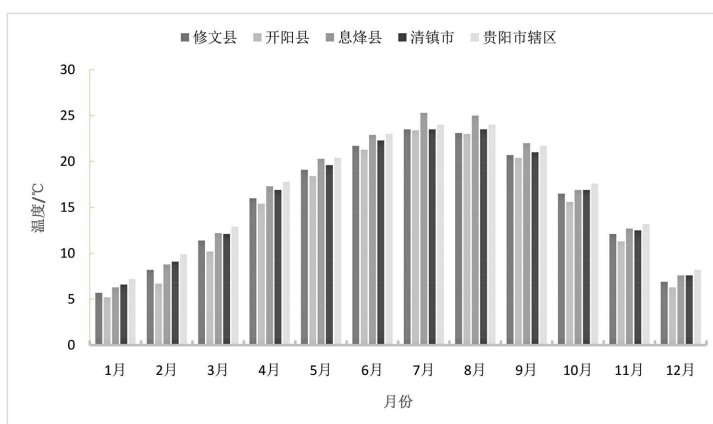


Figure 2. Guiyang City occupies the limit of extreme high temperature

图 2. 贵阳市各站极端高温界限

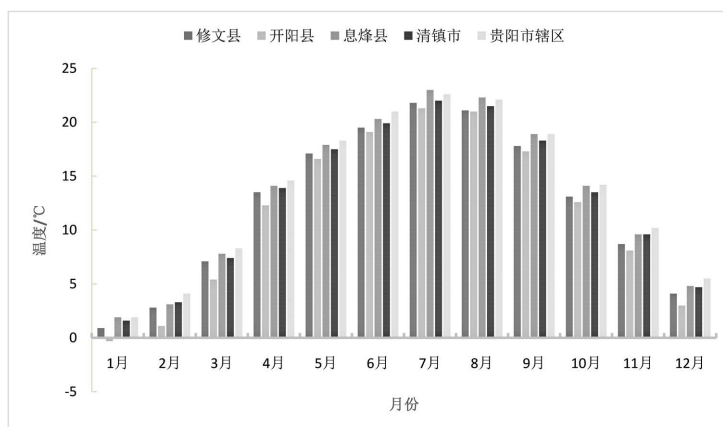


Figure 3. Extreme low temperature limit of each station in Guiyang

图 3. 贵阳市各站极端低温界限

采用经验频率法,分析贵阳市各辖区单元 5 个气象站点近 40 年来的气温数据,计算得到了贵阳站等近 40 年来各月极端温度界限指标,并以此为依据分析了温度特征(图 1~3)。计算结果表明贵阳市不同区域极端温度特征不同,温度指标的区域差异总体表现为贵阳市辖区 > 开阳 > 修文 > 息烽 ≈ 清镇。极端温度的特征表明在寒冷季节极端低温的异常性显著,而在温暖季节极端高温异常性显著;同时极端温度发生频次特征表明气候变化导致贵阳,清镇,开阳,修文极端温度发生频率增加,特别是极端高温尤其显著。

### 3.2. 气候康养资源评价

利用马尔可夫状态转移模型计算贵阳市各辖区各月高温,低温,正常状态转移风险矩阵(表 2)。计算结果表明,各地区正常状态向极端状态转移的风险因月份有所差异。贵阳市辖区各状态主要向正常转移,寒冷月份(12月~次年3月)和温暖月份(5~8月)中,正常状态向高温、低温转移的风险大致相等,为7%~11%;过渡月份4月和9月,正常状态向低温转移的风险较大,最高达14%;而过渡月份11月,正常状态向高温转移的风险较大,达14%。清镇市各状态主要向正常转移,寒冷月份和温暖月份,正常状态向高温、低温转移的风险相等,为6%~25%;过渡月份4月,正常状态向高温转移的风险较大,达18%,而过渡月份9月,正常状态向低温转移的风险较大,达15%。开阳县各状态主要向正常转移,寒冷月份和温暖月份,正常状态向高温、低温转移的风险基本相等,为10%~14%;过渡月份4月,正常状态向低温转移的风险较大,达17%。修文县各状态主要向正常转移,寒冷月份和温暖月份,正常状态向高温、低温转移的风险相等,为7%~18%;过渡月份9月,正常状态向低温转移的风险较大,达18%;而1月、5月、11月、12月,正常状态向高温转移的风险较大,达14%。息烽县各状态主要向正常转移寒冷月份和温暖月份,正常状态向高温、低温转移的风险相等,为7%~14%;过渡月份4月和9月,正常状态向低温转移的风险较大,达13%;而过渡月份10月,正常状态向高温转移的风险较大,达7%。

**Table 2.** Climate state transition matrix for each station in Guiyang City

**表 2.** 贵阳市各站气候状态转移矩阵

贵阳																
单位%																
状态	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3
E1		0	100	0		0	100	0		0	100	0		33	67	0
E2	1月	10	80	10	4月	14	76	10	7月	14	76	10	10月	3	90	7
E3		0	67	33		0	100	0		0	100	0		0	50	50
E1		0	33	67		0	100	0		0	75	25		0	100	0
E2	2月	7	86	7	5月	7	83	10	8月	14	79	7	11月	11	75	14
E3		25	75	0		0	100	0		0	8	0		0	100	0
E1		0	100	0		0	67	33		0	100	0		25	75	0
E2	3月	11	78	11	6月	10	83	7	9月	13	77	10	12月	7	82	11
E3		25	75	0		33	67	0		0	100	0		0	75	25

清镇																
单位%																
状态	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3
E1		25	75	0		0	100	0		17	83	0		50	25	25
E2	1月	10	76	14	4月	14	64	18	7月	12	70	15	10月	3	90	3
E3		25	50	0		0	100	0		20	80	0		0	50	50

## Continued

E1		0	50	50		0	100	0		0	75	25		0	100	0
E2	2月	10	79	7	5月	10	72	14	8月	13	80	3	11月	10	72	14
E3		25	75	0		0	100	0		0	100	0		0	100	0
E1		0	100	0		0	50	25		0	80	20		0	100	0
E2	3月	11	78	11	6月	10	83	7	9月	15	74	11	12月	14	69	14
E3		20	60	0		25	50	0		0	60	20		0	100	0

## 开阳

单位%

状态	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3
E1		0	75	25		0	100	0		25	25	25		17	33	50
E2	1月	14	72	10	4月	17	66	14	7月	10	79	10	10月	8	81	8
E3		0	75	0		0	80	0		0	100	0		40	60	0
E1		25	75	0		50	50	0		0	100	0		0	100	0
E2	2月	14	71	11	5月	11	79	10	8月	10	76	14	11月	14	72	10
E3		0	82	20		0	75	25		0	100	0		0	100	0
E1		0	100	0		25	50	0		0	100	0		0	100	0
E2	3月	10	72	14	6月	10	79	10	9月	14	76	14	12月	10	72	14
E3		25	75	0		0	75	25		0	50	0		25	75	0

## 修文

单位%

状态	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3
E1		25	75	0		0	83	17		0	75	25		50	25	25
E2	1月	7	79	14	4月	11	74	11	7月	11	72	10	10月	3	83	10
E3		25	50	0		0	75	0		0	100	0		0	100	0
E1		0	75	25		0	100	0		0	75	25		0	100	0
E2	2月	11	75	11	5月	10	72	14	8月	14	79	7	11月	10	72	14
E3		20	40	20		0	100	0		0	75	0		0	75	25
E1		0	100	0		0	50	25		0	80	20		0	100	0
E2	3月	14	72	10	6月	10	76	10	9月	18	75	7	12月	14	68	14
E3		0	100	0		25	75	0		0	50	25		0	80	20

## 息烽

单位%

状态	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3	月份	E1	E2	E3
E1		25	75	0		0	100	0		0	75	25		60	20	20
E2	1月	7	79	14	4月	13	73	10	7月	14	72	10	10月	3	86	7
E3		25	50	0		0	100	0		0	100	0		0	100	0
E1		0	75	25		0	100	0		0	75	25		0	100	0
E2	2月	10	80	7	5月	10	72	14	8月	13	80	3	11月	10	77	10
E3		33	67	0		0	100	0		0	100	0		0	100	0
E1		0	100	0		0	50	25		0	100	0		0	100	0
E2	3月	13	73	10	6月	13	80	7	9月	13	77	10	12月	13	77	7
E3		0	100	0		0	100	0		0	67	0		0	67	33



## 4. 结论

本文依据贵阳市气候特征, 确定了极端高温和低温指标, 以此为基础对气候康养资源进行了风险评价。得到的结论主要有:

1) 贵阳温度时空分布特征有明显的差异, 贵阳市辖区整体温度偏高, 开阳县整体温度偏低, 因此, 气候康养指标应根据不同地区的气候特征制定。

2) 基于马尔可夫模型计算了贵阳市各辖区极端温度转移风险, 各状态主要向正常转移, 正常状态向极端状态转移的风险因月份有所差异, 在温暖月份和寒冷月份, 正常状态向高温、低温转移的风险大致相等; 季节过渡月份表现出较大的极端状态转移风险。研究结论可为气候康养资源的有效利用提供依据。

3) 贵州近年来充分论证和挖掘气候资源, 贵州贵阳的“中国避暑之都”得到了国内学者和社会公众的充分认可。贵阳市夏季避暑资源得天独厚, 在兼具夏季避暑资源优势的同时冬季天气温暖晴好。

4) 气候变化已经并将继续直接或间接地影响人体健康, 贵阳市可以凭借自身气候资源优势建立健康风险评估产业, 利用不同的气候环境分析出不同的适应策略。

## 基金项目

本文系 2022 年度贵州省生态学一流本科专业建设项目和贵州大学大学生科研训练项目(贵大 SRT 字 [2022] 451 号)资助。

## 参考文献

- [1] 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[J]. 人文地理, 2003(6): 26-30.
- [2] Braga, A.L.F., Zanobetti, A. and Schwartz, J. (2020) The Effect of Weather on Respiratory and Cardiovascular Deaths in 12 U.S. Cities. *Environmental Health Perspectives*, **111**, 859-863.
- [3] Knowlton, K., Rotkin-Ellman, M., King, G., Margolis, H.G., Smith, D., Solomon, G., Trent, R. and English, P. (2009) The 2006 California Heat Wave: Impacts on Hospitalizations and Emergency Department Visits. *Environmental Health Perspectives*, **117**, 61-67. <https://doi.org/10.1289/ehp.11594>
- [4] 王玲, 白原, 刘小云, 何涛, 梁戎, 张元, 李雪梅. 高血压与气象因素的关系[J]. 医学综述, 2007(3): 239-241.
- [5] Basu, R. and Ostro, B.D. (2008) A Multicounty Analysis Identifying the Populations Vulnerable to Mortality Associated with High Ambient Temperature in California. *American Journal of Epidemiology*, **168**, 632-637. <https://doi.org/10.1093/aje/kwn170>
- [6] Vida, S., Durocher, M., Ouarda, T.B.M.J. and Gosselin, P. (2012) Relationship between Ambient Temperature and Humidity and Visits to Mental Health Emergency Departments in Quebec. *Psychiatric Services*, **63**, 1150-1153. <https://doi.org/10.1176/appi.ps.201100485>
- [7] 衣晓峰. 候鸟式养生并不适合所有老年人[N]. 中国中医药报, 2017-11-06(007).
- [8] 贾忠义. 湿度对健康的影响[J]. 医药与保健, 2006(5): 64.
- [9] Yang, Q., Yuan, Q., Li, T., Shen, H. and Zhang, L. (2017) The Relationships between PM<sub>2.5</sub> and Meteorological Factors in China: Seasonal and Regional Variations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **14**, Article 1510. <https://doi.org/10.3390/ijerph14121510>
- [10] Gerber, Y., Jacobsen, S.J., Killian, J.M., Weston, S.A. and Roger, V.L. (2006) Seasonality and Daily Weather Conditions in Relation to Myocardial Infarction and Sudden Cardiac Death in Olmsted County, Minnesota, 1979 to 2002. *Journal of the American College of Cardiology*, **48**, 287-292. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.02.065>
- [11] 毕鹏, 施小明, 刘起勇. 过去十年中国气候变化与人群健康研究进展及未来展望[J]. 气候变化研究进展, 2020, 16(6): 763-769.
- [12] 屈芳, 肖子牛. 气候变化对人体健康影响评估[J]. 气象科技进展, 2019, 9(4):14.
- [13] 张灵玲, 陈燕. 气候变化对江苏人体健康的影响[C]//中国气象学会年会. 第 33 届中国气象学会 S16 气候环境变化与人体健康. 2016: 249-256.

- [14] 李想, 赵冬艳. 大连市雷暴气候统计特征及趋势分析[J]. 现代农业科技, 2012(9): 21-22.
- [15] 罗党, 林培源, 李钰雯. 基于灰色残差马尔可夫模型的郑州市旱涝灾害预测[J]. 华北水利水电学院学报, 2015, 36(5): 1-4, 9.