

# 浅析环境温湿度变化探讨古建筑群保护策略

王洪琴<sup>1</sup>, 杨平<sup>1</sup>, 盛升旺<sup>2</sup>, 潘虹旭<sup>2</sup>, 宋永炼<sup>1</sup>

<sup>1</sup>镇远县气象局, 贵州 镇远

<sup>2</sup>丹寨县气象局, 贵州 丹寨

收稿日期: 2024年5月30日; 录用日期: 2024年6月29日; 发布日期: 2024年7月5日

## 摘要

镇远古城是一座历经两千多年历史的文化名城, 至今有许多丰富且保存较为完好的古建筑群, 其历史资源与文化价值非常珍贵。环境气候变化是影响古建筑寿命的主要因素, 其中温湿度影响尤为突出。以更好保护镇远县古建筑群为目的, 文章利用镇远县国家基本气象站近30a温度和湿度观测数据, 针对性分析探讨镇远县古建筑群的保护方向与策略。通过运用聚类分析法对“不同程度危害性温湿度数据出现频次”进行统计分析, 根据数据分析结果并结合古建筑实际承载环境条件有如下结论: 一是利用古建筑自身极好的采光与通风性能克服短时间内的极大昼夜温差影响, 在冬季和夏季进行局部空间温度监测与调控, 重点关注7月中旬~9月上旬、12月下旬至次年2月中旬的极端气温, 可利用BMI等数字信息技术加持, 对重点文物保护单位进行古建筑预防性保护监测; 二是5月下旬~7月中旬、9月下旬~11月上旬, 镇远县城长期处于严重密集的湿热环境, 危害性环境湿度溢出率高达96%, 对古建筑的破坏尤为严重, 实时监控古建筑环境湿度, 增设除湿设备调控承载环境周围湿度维持在60%以下非常必要。

## 关键词

古建筑, 保护, 温湿度

# Analysis of Changes in Environmental Temperature and Humidity and Exploration of Protection Strategies for Ancient Building Groups

Hongqin Wang<sup>1</sup>, Ping Yang<sup>1</sup>, Shengwang Sheng<sup>2</sup>, Hongxu Pan<sup>2</sup>, Yonglian Song<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zhenyuan Meteorological Bureau, Zhenyuan Guizhou

<sup>2</sup>Danzhai Meteorological Bureau, Danzhai Guizhou

Received: May 30<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 29<sup>th</sup>, 2024; published: Jul. 5<sup>th</sup>, 2024

文章引用: 王洪琴, 杨平, 盛升旺, 潘虹旭, 宋永炼. 浅析环境温湿度变化探讨古建筑群保护策略[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(4): 764-769. DOI: 10.12677/ccrl.2024.134086

## Abstract

Zhenyuan County is a famous cultural city with a history of more than two thousand years. So far, there are many rich and well-preserved ancient buildings, whose historical resources and cultural value are very precious. Environmental climate change is the main factor affecting the life of ancient buildings, and the influence of temperature and humidity is particularly prominent. In order to better protect the ancient buildings in Zhenyuan County, this paper uses the temperature and humidity observation data of the national basic weather station in Zhenyuan County in the past 30 years to analyze the protection direction and strategy of the ancient buildings in Zhenyuan County. Statistical analysis of "occurrence frequency of temperature and humidity data of different degrees of harm" was carried out by using cluster analysis method. According to the data analysis results and combined with the actual bearing environmental conditions of ancient buildings, the following conclusions were drawn: The first is to use the excellent lighting and ventilation performance of ancient buildings to overcome the influence of the extreme temperature difference between day and night in a short period of time, and to monitor and control local space temperature in winter and summer, focusing on the extreme temperature from mid-July to early September, late December to mid-February of the following year, using digital information technology such as BMI. To carry out preventive protection and monitoring of ancient buildings in key cultural relics protection units; Second, from late May to mid-July, late September to early November, Zhenyuan County has been in a serious dense humid and thermal environment for a long time, the harmful environmental humidity overflow rate is as high as 96%, and the damage to ancient buildings is particularly serious. It is necessary to monitor the environmental humidity of ancient buildings in real time and add dehumidification equipment to control the humidity around the carrying environment to maintain below 60%.

## Keywords

Ancient Buildings, Protection, Temperature and Humidity

Copyright © 2024 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

古建筑是一座城市的重要文脉，不仅蕴含源远流长的历史文化，也彰显城市的艺术成就。位于贵州省东部的镇远古城，是远近闻名的历史文化名城，有着非常珍贵丰富的政治、经济、军事、多民族传统文化，自秦昭王三十年(前 277 年)起置县，至今有两千三百多年历史[1] [2]，1956~1958 年间曾设立为黔东南州州府，1986 年被国务院批准列为第一批历史文化名城[3]。

但随着时代变迁，古建筑老朽、腐坏、机关松弛甚至垮塌等寿命逐步缩减问题难以避免。根据热胀冷缩、霉变细菌滋生条件等原理，古建筑几乎所有病害都与古建筑承载环境温湿度变化密切相关。镇远县属亚热带季风湿润气候区，夏季高温多雨，冬季温和少雨寒潮频繁，全年温湿度变化较为剧烈、频繁。而镇远古城当下仅使用传统的人工修复修缮、加固处理等事后保护策略，缺乏危害性温湿度环境下的预防性保护意识，保护方法片面单一、策略缺乏先进性、修复水平较落后。为提升镇远县古建筑保护水平，增加保护手段灵活性与多样性，有效保存古建筑原始价值，本文将从镇远古城承载环境温湿度方面，分

析探讨古建筑群有效保护方向与实施策略。

## 2. 资料与方法

本文数据分析资料来源于镇远国家基本气象站(位于镇远古城内)近 30a(1991 年 1 月 1 日~2020 年 12 月 31 日)温度与湿度观测数据。通过运用聚类分析方法对温湿度数据资料进行统计分析,观察危害性高温、高湿度以及温湿度骤变等情况的发生频率,以旬为最小时间单元统计危害性温湿度天气出现时段,结合当地古建筑布局、材料、内部空间格局等实际情况,针对性探讨应对危害性环境温湿度气候的保护方法,提出有效保护策略。

## 3. 环境温湿度对古建筑群寿命的影响分析

### 3.1. 镇远县古建筑群建筑材料类型

镇远县现存古建筑百分之九十以上分布在城区,少量分布在清溪、都坪等乡镇,主要建筑材料为“木结构”、“石(砖)结构”、“木石(砖)结合结构”三类,其中木结构类建筑在数量和质量上占主要地位,同时也是保存最为困难的一类,最具代表性的有青龙洞建筑群、周达文故居、舞阳镇古民居建筑群等,石结构古建筑主要存在于和平村遗址和天后宫、周达文故居等其余大多数木结构为主的古建筑的外墙部分,而各式各样的古民居则大多都是木石结合类。

### 3.2. 环境温湿度引起的古建筑病害分析

#### 3.2.1. 温度引起的古建筑病害

根据阿仑尼乌斯经验公式原理:温度每升高 10℃,反应速度增加 2~4 倍,将加快木材等有机建筑材料氧化变质的老化速度;温度低于 0℃,可能导致材料内水分冻结,引起结构边界形变,降低建筑局部稳定性。同时,包括石材和木材在内的大多数材料都会因温度骤变产生热胀冷缩,对历史进程长达几十年甚至几百年的古建筑而言,这种物理现象长期普遍存在,反复历经四季更迭、环境温度急剧变化引起的体积伸缩形变使古建筑材质弹性疲乏,其中镶嵌的装饰或人工衔接的部位容易松脱、建筑外层易产生裂痕对其结构美学设计造成破坏,不仅加速古建筑衰老,也使古建筑的安全性和可靠性降低[4] [5]。

#### 3.2.2. 湿度引起的古建筑病害

根据近 30a 环境湿度数据资料显示,镇远县城常年处于高湿环境,相对湿度,湿度对古建筑有更致命的破坏力,特别是“高湿度”,是文物界公认的“破坏大王”,自然界中未经调控的湿度环境对绝大多数材质的文物都会造成不良影响[5]。比如:环境湿度过高会直接让建筑材料发生不可逆转的变形、变质、降低防雷性能、加速彩绘褪色,同时对建筑材料(主要是木结构类)造成严重病害的大多数细菌腐虫也是因环境湿度过高滋生的,湿度反复无常的环境,是金属锈蚀原理:“金属和空气中的氧气以及水互相结合,发生电化学反应,最终产生锈蚀”的极佳条件,总体而言,湿度对古建筑的破坏在物理、化学和生物三大领域都普遍存在[4] [5]。

### 3.3. 分析镇远县城区温湿度年度变化情况探讨古建筑群的保护方法

#### 3.3.1. 古建筑群承载环境适宜温湿度阈值参照标准探讨

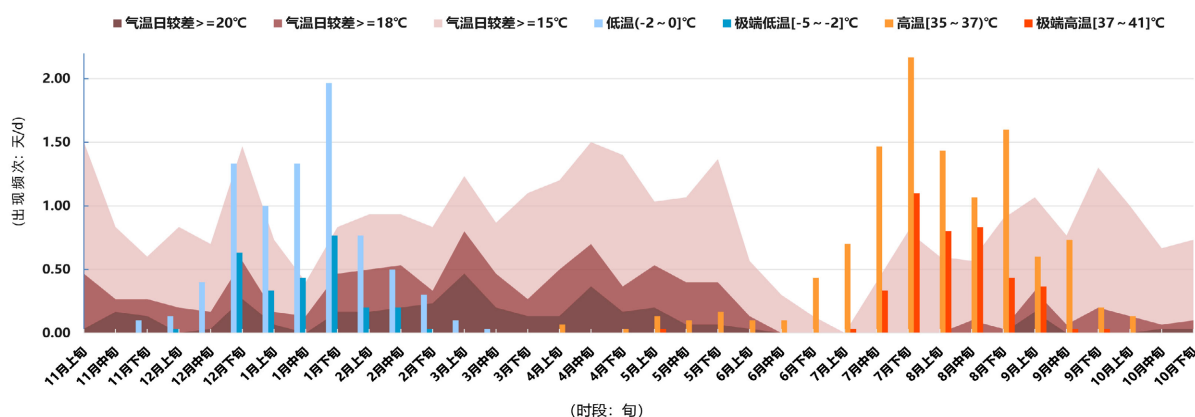
通过广泛阅览国内外相关文献发现,目前学术界对于古建筑保护的研究主要是基于 BMI、HDR、GIS 等数字信息技术的三维模型化预保护策略研究[5] [6],和通过行政干预从政策、资金、管理人员方面增加保护力度的人为调控保护,而对精细化维度的古建筑适宜温湿度的研究探讨尚未充足,还未有明确的古建筑保护环境适宜温湿度控制标准[7],现参考《故宫古建筑内温湿度问题初探》[8]的分析研究结论:一

是允许温度顺应自然条件的变化而变化,相对湿度维持在 35%~60%之间对延长古建筑的寿命有很好的作用,二是保持适宜的室内相对湿度,并始终维持室内的温度在 0℃以上。同时研究表明:环境温度超过 35℃时,逐渐升高的气温便开始对周围环境和动植物造成明显不同程度的损害,在气象学上连续 3 d 温度超过 35℃将达到高温预警天气标准。由此,文章以 35%~60%作为本次研究的古建筑保护环境适宜湿度阈值参照标准,以 0~35℃为本次研究的古建筑保护环境适宜温度阈值参照标准。

### 3.3.2. 古建筑群承载环境各旬不同程度极端温湿度近 30 a 年平均发生情况与变化趋势分析

镇远县属于亚热带季风湿润气候区,夏季高温多雨,冬季温和少雨寒潮频繁;年平均气温 16.5℃,最冷月平均气温 5℃,最热月平均气温 26℃,历年极端最高气温 40.1℃,极端最低气温-4.7℃;年平均相对湿度 79%,历年极端最小相对湿度 11%,年平均日照 1143.9 h,年平均蒸发量为 884.7 mm;暴雨、高温、干旱、霜冻、寒潮、雪凝、道路结冰等均是镇远县主要气象灾害。

#### (1) 温度数据资料分析



**Figure 1.** Different degrees of temperature and the number of days of extreme temperature range in Ancient City from January to December

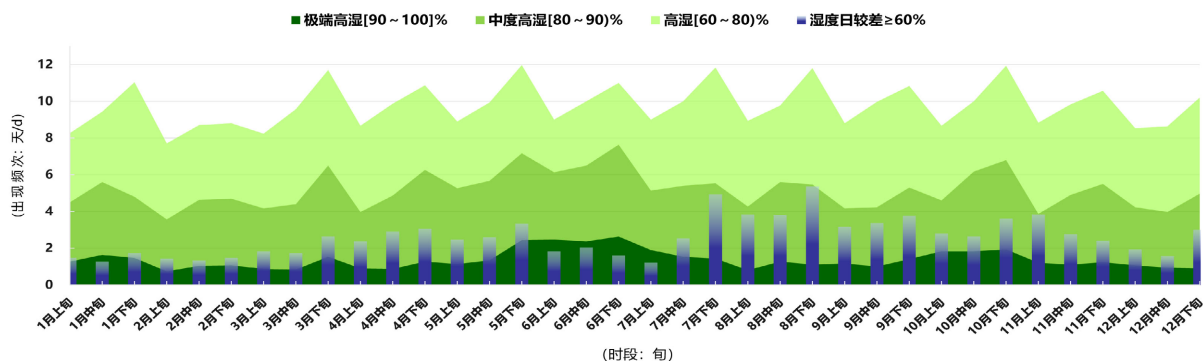
**图 1.** 镇远古城 1 月~12 月各旬不同程度气温及极端气温日较差出现天数

根据温度数据分析结果(图 1),镇远古城的低温冷害主要出现在当年 12 月至次年 2 月,近 30 a 年平均出现频率约 11 d,占比全年时间的 3%,其中极端低温冷害天气集中出现在 12 月下旬~次年 2 月中旬;高温天气主要出现在夏季 7 月~8 月和秋季 9 月,年平均出现频率约 15 d,占比全年时间的 4%,极端高温天气集中出现在 7 月中旬~9 月上旬;从近 30 年镇远古城不同程度气温日较差数据统计分析结果看,镇远古城一日之内的气温变化除 6 月~7 月相对较为正常稳定,其余月份均出现明显不同程度极大昼夜温差(气温日较差大于等于 15℃),近 30 a 年平均出现频率 31 d 左右,占比全年时间的 9%。其中上半年 1 月下旬~5 月下旬的温度骤变性较活跃且剧烈,昼夜温差超过 18℃的温度骤变性天气明显多余下半年。

#### (2) 湿度数据资料分析

从镇远古城不同程度湿度数据分析结果看(图 2),镇远古城几乎全年处于高湿度环境,城内大于等于 60%的高湿度天气近 30a 年平均出现频率约 352 d,年度时间占比达 96%;同时,综合气温数据分析结果,5 月下旬~7 月中旬升温入夏、9 月下旬~11 月上旬降温入冬,镇远古城将在这一时段内长期处于严重密集的湿热环境中;相对气温日较差数据的短期大幅度波动,镇远县城近 30a 湿度日较差  $\geq 60\%$  的平均发生情况较平稳(图 2),仅在 7 月下旬~8 月下旬出现小幅波动,其余时段发生湿度骤变的情况较为均衡,近 30a 年平均出现频率约 94 d,占比全年时间的 26%。





**Figure 2.** Different degrees of humidity and the number of days of extreme humidity range in Ancient City from January to December

**图 2.** 镇远古城 1 月~12 月各旬不同程度湿度及极端湿度日较差出现天数

## 4. 利用古建筑群承载环境气候的温湿度变化特点探讨针对性保护方向与策略

### 4.1. 镇远县古建筑群保护现状

国家古建筑“四保存”机制要求从建筑形制、结构精细到建筑材料、乃至工艺，由形到质层层保护。经镇远人民世代传承保护与发扬，至今镇远县古建筑文物保护单位共计 98 处，其中青龙洞古建筑群、在华日本人民发展同盟“和平村”旧址、镇远古城墙、天后宫 4 处为国家级文物保护单位，中共镇远支部旧址(周达文故居)、邹泗钟专祠(博物馆)等 16 处为省级以上文物保护单位。据镇远县文物保护相关机构提供资料显示，受资金、人员、技术等限制，同时根据《文物保护法》“不改变文物原状”修旧如旧的基本保护原则，镇远县古建筑群当下主要使用修复修缮、加固处理等传统保护方法进行保护，修复技术较落后，预保护策略缺乏。本文将从古建筑承载环境温湿度方面开辟新的保护途径，准确把握当地温湿度气候，拓展保护策略，根据环境极端温湿度以及温湿度发生短临剧烈变化情况，及时针对性开展有效保护，增强保护力度

### 4.2. 针对镇远古建筑群承载环境温度方面的保护方向与建议

根据对镇远古城 1 月~12 月不同程度气温及极端气温日较差数据分析结果：冬季的 12 月~次年 2 月均存在不同程度低温冷害，12 月下旬至次年 2 月中旬古城低温冷害天气较为严重；盛夏 7 月~8 月和初秋 9 月，特别是 7 月中旬~9 月上旬是镇远古城高温天气最密集时段；活动剧烈的不同程度极大昼夜温差则除了 6 月~7 月外，其余月份普遍存在且出现频次差异不明显。建议在危害性极端温度时段内，对重点文物保护单位环境温度进行实时监测与必要调控，利用无线传感器网络监测设备等集成度高、成本较低、方便快捷的监测技术[9]，进行古建筑预防性保护监测，在极端危害性天气来临时，第一时间人为调控局部空间温度将其气温尽可能维持在 0~35℃ 范围内；对其它一般文物保护单位加强巡检巡查密度，及时采取手段，通过密封、供暖、加固等方法减轻危害；长期普遍存在的不同程度极大昼夜温差，因镇远古城建筑布局与内部结构独特性，得到了有效的缓解，镇远古建筑自带极好通风与采光性能，能短时间内有效综合调节承载环境昼夜温差，削减极大昼夜温差造成的损坏。

### 4.3. 针对镇远古建筑承载环境湿度方面的保护方向与建议

从镇远古城 1 月~12 月不同程度湿度数据分析结果看：镇远古城几乎全年处于高湿度环境，年度时间占比高达 96%，其中 9 月下旬~11 月上旬最为密集，极端湿度日较差占比年度时间的 26% 在各月均有分布，出现最为密集的时段是 7 月下旬~8 月下旬。见于严重极端湿度问题的普遍性与密集性，建议常规

化古建筑环境湿度监控工作,对县级及以上古建筑文物保护单位增设除湿设备,调控承载环境周围湿度维持 60% 以下,对重要文物保护单位增加技术性保护,结合 BMI、HDR、GIS 等数字信息技术创建三维模型[10][11],及时对受损部位开展物理修复修缮,形成综合性保护手段,有效减轻常年高湿度环境对古建筑群造成的不利影响。

## 5. 总结

(1) 在 0~35℃的古建筑保护适宜温度参考阈值外,镇远古城低温(-5℃~0℃)与高温(35℃~41℃)危害性天气分别占比全年时间的 3%与 4%,对应分布在冬、夏季,15℃以上极大昼夜温差占比全年时间的 9%,全年极端灾害性气温整体占比不大,温度变化活动剧烈但不频繁,除利用古建筑自身极好的采光与通风性能克服短时间内的极大昼夜温差影响外,可在冬季和夏季进行局部空间温度监测与调控,利用无线传感器网络监测设备等监测技术,进行古建筑预防性保护监测。

(2) 在 35%~60%的古建筑保护适宜湿度参考阈值之外,大于等于 60%的高湿度天气近 30a 年平均出现频率为 352 d,年度时间占比高达 96%,同时,5 月下旬至 7 月中旬升温入夏、9 月下旬至 11 月上旬降温入冬,导致镇远古城在该阶段内长期处于严重密集的湿热环境,对古建筑的破坏尤为严重。极端湿度危害性形势严峻,实时监控古建筑环境湿度,增设除湿设备调控承载环境周围湿度维持 60% 以下非常必要[12];同时应对重要文物保护单位给予技术性保护加持,结合 BMI、HDR、GIS 等数字信息技术创建三维模型制定预保护策略,及时对受损部位开展物理修复修缮,形成综合性保护手段,有效削减常年高湿度环境对古建筑群造成的不利影响[10][11]。

(3) 镇远古城是远近闻名的历史文化名城,2020 年被国家文化和旅游部确定为国家 5A 级景区,在民生活活动与旅游市场的相互作用下,当地居民拥有自发的保护意识,但缺乏科学性与专业性[13]。建议相关文物保护单位针对性开展保护工作的同时,加强科普宣传与政策倾斜,将古建筑保护与当地社会发展融合,有效开发社会保护力,降低保护成本,提升保护力度与质量,对镇远县城区濠阳镇古民居建筑群、青龙洞古建筑群、镇远古城墙、天后宫等一系列文物保护单位起到关键性保护作用。

## 参考文献

- [1] 曹经建,王封礼. 国家 5A 级旅游景区镇远古镇[J]. 文史天地, 2022(11): 98.
- [2] 谭祺. 西南山地典型古城人居环境研究——贵州省镇远古城[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2010.
- [3] 李杨露西. 浅析镇远古城民居特色及节能改造[J]. 住宅科技, 2011, 31(12): 38-42.
- [4] 林松煜. 环境温湿度变化对古建筑保护的影响及对策[J]. 山西建筑, 2005, 31(6): 20-21.
- [5] Lin, Q.J., Zhang, F.Z., Jiang, W.L., et al. (2018) Environmental Monitoring of Ancient Buildings Based on a Wireless Sensor Network. *Sensors*, **18**, Article 3234. <https://doi.org/10.3390/s18124234>
- [6] 潘玥. 日本“传统的建造物群保存地区”今井町的保护方法和实践意义[J]. 中国名城, 2022, 36(5): 47-55.
- [7] 柳盛霖. 基于监测数据的保国寺结构健康状态与评估若干问题研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2019.
- [8] 王方. 故宫古建筑内温湿度问题初探[J]. 文物保护与考古科学, 2014, 26(3): 85-93.
- [9] 柳敏, 唐铭, 张晋平, 等. 博物馆环境温湿度监控实践与探讨[C]//中国国家博物馆文物保护修复报告集. 北京: 中国国家博物馆, 2020: 202-209.
- [10] 曹智翔, 王艺浩. 三维激光扫描与 BIM 技术结合的古建筑建模应用[J]. 科技视界, 2019(10): 75-76..
- [11] 孙晓阳, 张润东, 严光芒, 等. 基于多源数据的古建筑数字化建模技术研究与应用[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(16): 138-143.
- [12] 张明祥, 廖瑶, 于飞, 等. 喀斯特石漠化区植被生态质量变化及其驱动因素分析——以贵州为例[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(5): 36-42.
- [13] 李刚, 李文平, 赵盛彬, 等. 红河州气候康养资源时空分布特征分析与效应评估[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(5): 29-35.