

传统村落空间形态与微气候特征分析——以阿尔村为例

高玉珊

西南民族大学, 中国·四川 成都 610000

摘要: 在乡村振兴和生态宜居建设的双重语境下, 以汶川县阿尔村为例, 通过实地测量村落空间微气候影响因子开展定量研究, 并运用人居环境气候舒适度评价指数对不同空间的热舒适度进行量化分析, 结合半结构化访谈、主观热感觉 (TSV) 问卷调查分析居民的主观舒适度, 研究微气候与人体热舒适度的相关性。结果表明: 冬季低温与强风是影响舒适度的核心因素; 全时段综合舒适度极差, 空间差异显著, 开阔地最差、巷道相对较好, 但均未达人体舒适标准。当前存在防寒不足、空间舒适度失衡、微气候调节设施缺失及植被调节未充分发挥等问题。结合村落空间形态, 提出针对性优化建议, 为传统村落保护与品质提升提供参考。

关键词: 微气候; 传统村落; 空间形态; 舒适度

Analysis of Spatial Form and Microclimate Characteristics in Traditional Villages——Taking Aer Village as an Example

Gao Yushan

Southwest Minzu University, China Sichuan Chengdu 610000

Abstract: Within the dual context of rural revitalization and ecological livability development, this study uses Aer Village in Wenchuan County as a case example. Through field measurements of microclimate influencing factors in the village space, quantitative research was conducted. The human settlement climate comfort evaluation index was applied to quantify thermal comfort across different spaces. Combined with semi-structured interviews and Thermal Sensation Vote questionnaire surveys, residents' subjective comfort levels were analyzed to investigate the correlation between microclimate and human thermal comfort. Results indicate that low winter temperatures and strong winds are core factors affecting comfort. Overall comfort levels are extremely poor across all time periods, with significant spatial variations: open areas exhibit the worst conditions, while alleyways fare relatively better, though neither meets human comfort standards. Current issues include inadequate cold protection, imbalanced spatial comfort, lack of microclimate regulation facilities, and underutilized vegetation regulation. Based on the village's spatial morphology, targeted optimization recommendations are proposed to inform traditional village preservation and quality enhancement.

Keywords: Microclimate; Traditional villages; Spatial form; Comfort level

0 引言

近年来, 国内外学术界关于微气候与人体热舒适的研究主要聚焦于城市区域, 而针对传统村落空间形态及其微气候调节能力的研究相对有限, 且多数集中于夏季。然而在农村地区, 居民对于冬季户外空间的使用需求更为突出, 该季节的微气候条件对生活品质的影响更应受到关注。基于此, 本文以阿尔村为研究对象, 聚焦传统村落空间形态与微气候环境之间的内在关联。对不同空间类型热舒适水平进行分析; 同时获取居民对冬季热环境的实际感受, 深入分析空间形态对微气候的影响机制。

1 材料与方法

1.1 研究对象

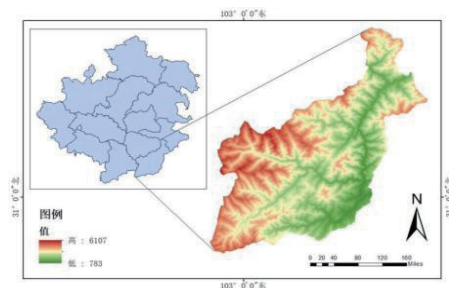


图1 汶川县区位图

阿尔村地处汶川县灞州镇，紧邻阿尔沟自然风景区^[1]，村域海拔约 2250 米，是一座典型的高半山羌寨。村落所在区域地形呈两山夹一河的格局^[2]，民居主要沿河流分布或建于山腰缓坡地带，整体呈南北向带状延伸。受地理位置和海拔影响，阿尔村具有典型的高山河谷气候特征，垂直差异明显，年均气温约 11℃-15℃。森林覆盖率达 95%，空气湿度较为宜人。

1.2 测点设置



图2 阿尔村村落平面图和测点分布图

为系统掌握村落外部空间的环境特征，选取了分布于村落不同区域的 10 个代表性测点进行定点观测。依据各测点所处特征，将其划分为入口与边界空间（A1、A4）、交通节点与道路空间（A2、A3、B2、B3）、公共节点与开放空间（B4、B5）、自然过渡与边缘空间（B1、B6）四种空间形态类型。

表1 阿尔村测点信息

| 测点 | 测点位置说明 | 测点 | 测点位置说明 |
|----|---|----|------------------------------------|
| A1 | 位于村落西南侧主入口处，测点固定于入口山体边缘树枝上（距地面约 1.5m），周边为自然杂草覆盖区域 | B2 | 位于村落次干道与车行主干道交汇处，测点设于白家夺寨北侧出入口附近 |
| A2 | 位于巴夺寨西南侧入村车行道旁，场地开阔，视野良好 | B3 | 位于巴夺寨组内巷道，道路断面较窄，周边密集分布民居建筑及绿化植被 |
| A3 | 位于村落主干道三岔口节点，东向通往巴夺寨，四周无建筑遮挡，视野开阔 | B4 | 位于村落中心区域村委会前广场，场地为水泥铺装，地势平坦开阔，两侧临河 |
| A4 | 位于巴夺寨车行道旁，紧邻巴夺沟水系 | B5 | 位于村委会主入口背面公共停车场，场地开阔，四周无遮挡，两侧临河 |
| B1 | 位于白家夺寨内次干道，以人行交通为主，周边为民居建筑 | B6 | 位于巴夺寨北侧，临近车行主干道及水塘，周边植被茂密，环境较为自然 |

1.3 测量仪器及方法

在对村落进行微气候环境实测时，主要使用了黑球温度指数仪、热力指数计、风速仪、太阳辐射记录仪。根据实测仪器以及相关评价方法，本文选取温度、湿度、风速以及太阳辐射四个影响因子对阿尔村微气候环境进行实

测^[3]。汶川县最冷时段集中在 11 月至次年 2 月。本文选择测试时间为 2025 年 1 月 3 日至 1 月 9 日，以覆盖典型寒冷季节。测试时，将仪器固定放置在距离地面 1.5 米的高度，数据每小时记录一次，并同步保存。

1.4 气候舒适度评价指标与方法

本文采用《人居环境气候舒适度评价标准（GB/T27963-2011）》^[4]，对村落微气候环境的舒适度展开评价。该标准采用温湿指数和风效指数两种量化方法^[5]。

表2 人居环境舒适度等级划分表^[6]

| 等级 | 感觉程度 | 温湿指数 | 风效指数 | 健康人群感觉的描述 |
|----|------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 寒冷 | <14.0 | <-400 | 感觉很冷，不舒服 |
| 2 | 冷 | 14.0~16.9 | -400~-300 | 偏冷，较不舒服 |
| 3 | 舒适 | 17.0~25.4 | -299~-100 | 感觉舒适 |
| 4 | 热 | 25.5~27.5 | -99~-10 | 有热感，较不舒服 |
| 5 | 闷热 | >27.5 | >-10 | 闷热难受，不舒服 |

温湿指数描述人体对环境温度和湿度综合感受的指数^[7]。

温湿指数 I 计算公式见式 (1):

$$I=T-0.55 \times (1-RH) \times (T-14.4)$$

式中：I——温湿指数，保留一位小数；

T——某一评价时段平均温度（℃）；

RH——某一评价时段平均空气相对湿度 %。

风效指数描述人体对风、温度和日照综合感受的指数^[8]。

风效指数 K 计算公式见式 (2):

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

式中：K——风效指数，取整数；

T——某一评价时段平均温度（℃）；

V——某一评价时段平均风速（m/s）；

S——某一评价时段平均日照时数（h/d）。

当温湿指数和风效指数无法更细致的进行划分时，阿尔村日变化特征用综合舒适度指数来研究，划分的 4 个等级如表 2-3 所示，具体的计算公式为：

$$N=0.6 (|T-24|) +0.07 (|RH-70|) +0.5 (|V-2|)$$

表3 综合舒适度指数的舒适度等级划分^[9]

| 等级 | 综合舒适度指数N | 感觉描述 |
|----|-----------|------|
| 1 | ≤4.55 | 舒适 |
| 2 | 4.55~6.95 | 较舒适 |
| 3 | 6.95~9.00 | 不舒适 |
| 4 | >9.00 | 极不舒适 |

1.5 问卷调查

在系统测量微气候相关数据的基础上，对阿尔村居民

开展半结构化访谈与主观热感觉 (TSV) 调查工作。本次问卷设计主要涵盖受访者基本信息、对当地热环境的主观感受、村落空间现状及空间舒适度评价等核心内容^[10]。

2 结果与分析

2.1 微气候实测分析

2.1.1 平均气温分析

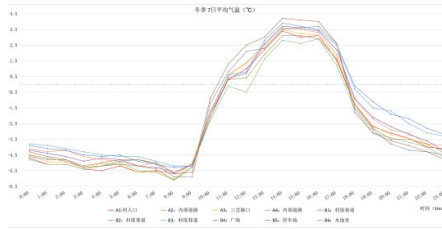


图3 冬季平均气温分析

阿尔村冬季气温呈现快速回升、峰值稳定、迅速回落的变化特征。各测点气温差值相对较小，但低温测点与高温测点的空间分异明确。A1、A4 位于村落边缘，气温普遍偏低，B2、B3 为冬季相对高温区域，A2、A3 为道路节点，气温略低于密集建筑区。B4、B5 气温表现较高，B4 在 14:00 达最高温 4.2℃，B1、B6 受植被和水体调节作用有限，冬季仍偏低，但 B1 气温略高于纯自然边缘区域。可见，冬季村落气温空间分布受建筑密度、围合程度及边界条件显著影响，密集建筑区保温效果优于开放与边缘空间。

2.1.2 平均相对湿度分析

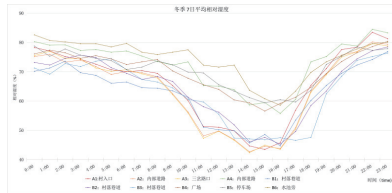


图4 冬季平均相对湿度分析

冬季各测点相对湿度空间分异明确，与四种空间形态类型密切相关：A1、A4 湿度处于中等水平。A2、A3 湿度普遍偏低，为全场低湿区域；密集巷道 B2、B3 湿度明显高于开阔道路，B4、B5 湿度低于纯水体边缘区域。临近水体的 B6 为全场最高湿区域；B1 湿度亦较高。

2.1.3 平均风速分析

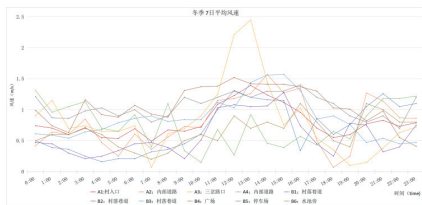


图5 冬季平均风速分析

村落冬季风速时段性差异极强，昼夜波动较为剧烈。8:00 处于低风速状态，10:00 后随热力作用增强风速快速回升，13:00 达全天峰值，17:00 后迅速回落；夜间稳定维持在低风速区间，无明显增强迹象，昼夜平均风速差值 1.1m/s。道路测点风速最高；内部巷道风速最低；部分内部开阔空间风速反而高于巷道。

2.1.4 平均太阳辐射分析

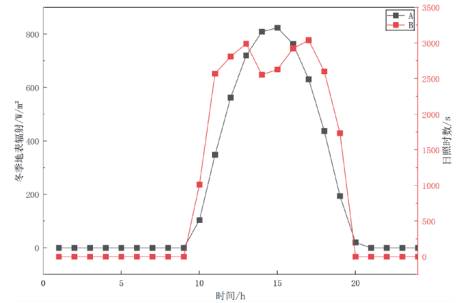


图6 冬季平均太阳辐射和冬季日照时数

冬季日照时数有效覆盖时段集中于中午，全天有效日照累计约 6.52 小时。核心时段 10:00 至 17:00 的日照时长占全天总量的 92.3%。此外，太阳辐射强度与日照时数的峰值存在错位，辐射峰值出现在 14:00，而日照峰值在 12:00，二者相差 2 小时。12:00 至 13:00 期间，日照时长下降而辐射强度上升，呈反向变化趋势。

2.2 村落空间形态与微气候特征关联机制分析

2.2.1 湿热指数分析

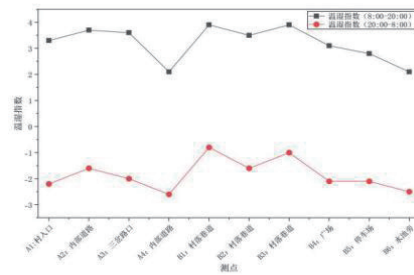


图7 冬季湿湿指数

冬季昼夜湿湿指数值如图所示，在测试期间，日间范围 2.1~3.9 远低于“寒冷”等级临界值 (<14.0)，整体处于极端寒冷区间。B1、B3 测点数值 3.9 最高，相对温和；A4、B6 数值 2.1 最低，寒冷感最强。夜间数值范围 -2.6~-0.8 均处于极端寒冷区间，较日间进一步降温，B1 村落巷道 -0.8 数值最高，寒冷感最弱；A4 数值最低为 -2.6，寒冷感极致。分析可知，冬季日夜间湿湿指数均处于“寒冷”等级以下，夜间寒冷程度显著高于日间，巷道区域因保温效果成为冬季湿湿指数最优区域，开阔区域与水体周边最差。

2.2.2 风效指数分析

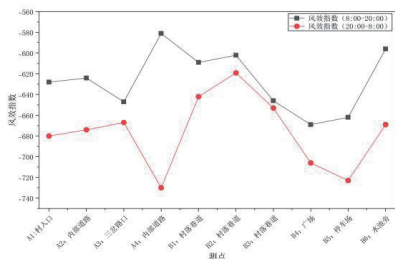


图8 冬季风效指数

冬季昼夜风效指数值如图所示，测试期间，日间风效指数为-669~-581，远低于“寒冷”等级临界值（<-400），整体处于极端寒冷区间。不同空间上，B4（-669）、B5（-662）数值最低，寒风影响最强；A4（-581）、B6（-596）数值最高，相对温和。夜间风效指数为-730~-619，极端寒冷程度加剧，较日间风力更强。A4（-730）、B5（-723）数值依旧最低，寒冷感极致；B2（-619）数值最高，寒风影响最弱。分析可知，冬季夜间风效指数显著差于日间，寒风更强致使寒冷感加剧，开阔区域始终是风效最差区域，巷道区域因挡风效应成为风效最优区域。

2.2.3 综合舒适度指数分析

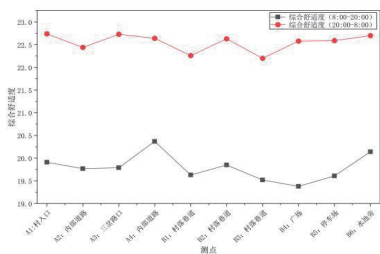


图9 冬季综合舒适度指数

为使微气候舒适度评价更为客观，增加精细化评价因子作为补充。根据实测期间得到的平均温度、平均相对湿度和平均日照时数得到冬季的综合舒适度各测点昼夜变化曲线。结果表明：冬季全时段“极不舒适（> 9.00）”，冬季巷道区域综合舒适度更优，夜间舒适度差于日间，昼夜数值差约 2.8 至 3.3，昼夜舒适度波动更显著。

2.3 问卷调查分析

在进行问卷调查中，最终发放问卷 200 份，有效回收 178 份。根据问卷调查结果可知，冬季在村落气候满意度方面，46.9% 的受访者认为白天的村落温度偏冷，13.8% 的受访者认为很冷，而对夜间气候不太满意的比例上升至 63.8%，一般占比为 19.8%，清晰反映了传统村落的防寒能力不足，夜间热量散快。综合来看，冬季温度偏低、湿度不适、风速偏大，共同导致了村民对冬季微气候的整体低

满意度。

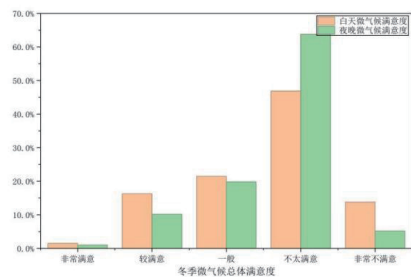


图10 冬季微气候满意度调查情

3 结论与讨论

3.1 结论

从人体舒适度来看，冬季的体验差异极大，全时段呈现“极不舒适”状态，主要源于低温与强寒风的双重作用。这种不舒适度在不同空间存在显著差异，广场、停车场等地势开阔的空间，因无遮挡，风速大、温度低，综合舒适度最差；临近水体的空间温度相对较低，综合舒适度较差；而村入口、村落内部道路等空间，综合舒适度均处于中等水平，受外界环境影响较大。基于上述特征与空间差异，现状问题主要体现在冬季整体舒适度极低，温度、湿热指数、风效指数及综合舒适度指数均处于不适宜范围，无法满足村民冬季户外活动与生活的舒适需求。其次，不同空间的舒适度水平失衡，开阔区域风速过大，舒适度始终处于低位；村落巷道等有遮挡区域虽相对较好，但仍有优化空间；不同区域间微气候条件差异较大，未能实现均衡提升；植被的调节功能未充分发挥，部分区域植被覆盖率不足，无法有效遮阳降温。

3.2 讨论

结合阿尔村冬季核心现状问题，本次设计策略结合冬季防寒保暖、空间舒适度均衡、设施完善、植被优化四大重点，兼顾传统村落风貌保护与村民实际生活需求，融入传统生态营建智慧与现代低碳技术，构建针对性强、可落地、可持续的气候适应性体系。

3.2.1 户外活动空间保温

针对村民冬季户外活动舒适需求不足的问题，对村落核心户外空间进行保温设计。在村民常活动的街巷、休憩节点，搭建轻型保温廊道，既能遮挡寒风，又能利用自然光增温；优化户外铺装材质，将广场、巷道部分硬质铺装替换为透水保温铺装，减少地面热量散失，同时避免积雪结冰打滑；在户外休憩座椅周边设置小型防风挡墙或保温围栏，高度控制在 1.2-1.5 米，阻挡冷风直吹，搭配可移动保温遮阳棚，兼顾冬季防风与夏季遮阳，增强户外空间

的冬季适配性。

3.2.2 开阔空间防风降速

广场、停车场等开阔区域是风速过大的核心区域，通过遮挡缓冲、形态优化降低风速，提升舒适度。在开阔区域的上风侧设置防风屏障，采用乔灌草复合结构的绿篱或木质格栅，既能有效阻挡冷风，又不影响视线通透；优化开阔空间形态，避免大面积平整空旷，设置矮墙、景观小品等，分割空间，削弱冷风直吹，降低区域风速；停车场采用林荫式设计，在车位之间种植冠幅较大的乡土乔木，既能防风又能遮阳，同时增加绿植覆盖，改善微气候。

3.2.3 巷道空间舒适提升

巷道等有遮挡区域是村落冬季相对舒适的空间，重点在保留现有优势的基础上优化提升。采用防滑保温的青石板优化巷道铺装，减少地面热量散失；在巷道两侧墙体种植攀援类乡土植物，冬季落叶后不影响采光，同时丰富巷道景观；对于狭窄巷道，适当拓宽局部区域，改善通风条件，避免冬季冷空气滞留，兼顾保温与通风，进一步优化巷道微气候。

4 不足与展望

本文明确了阿尔村冬季不同空间的舒适短板与优化方向，但仍存在局限，仅聚焦冬季单季，未形成全年气候适应性的系统评估框架，优化策略也缺乏量化模拟与实证检验。未来可结合微气候监测与数值模拟，构建多季节、多尺度的空间舒适评价体系，推动传统生态智慧与现代低碳技术深度融合，为高寒民族村落的气候适应性更新提供科学路径。

参考文献：

- [1] 李婧. 基于空间句法的汶川濞州镇羌族传统村落空间活化研究[D]. 四川农业大学, 2023.
 - [2] 毛雨榕. 云中古村阿尔村及其保护与发展规划浅议[J]. 建材与装饰, 2019,(03):88-90.
 - [3] 庞心怡. 微气候视角下的辽东半岛村落空间形态研究[D]. 大连理工大学, 2020.
 - [4] 姚泽楠. 基于微气候的渤海西域村落空间优化策略研究[D]. 大连理工大学, 2021.
 - [5] 吕拉昌, 陈东霞. 人居环境气候舒适度对城市创新的影响分析[J]. 地域研究与开发, 2021,40(02):45-49.
 - [6] 王华鹏. 潍坊市旅游气候适宜性[J]. 绿色科技, 2023, 25(12):71-76.
 - [7] 朱保美, 周清, 王晓霏等. 人居环境气候舒适度评价标准及应用[J]. 智能城市, 2019,5(18):24-25.
 - [8] 李世芬, 董惟澈, 刘代云等. 基于冬季室外风环境模拟的东北乡村住居优化设计研究[J]. 西部人居环境学刊, 2022,37(01):139-146.
 - [9] 陈华忠, 陈力, 李泓明等. 玉环市人居环境气候舒适度评价及特征分析[J]. 绿色科技, 2022,24(18):42-46.
 - [10] 熊瑶, 何银惠, 杨云峰. 气候适应性视角下传统村落空间格局分析——以南京市江宁区黄龙岷村为例[J]. 西北林学院学报, 2023,38(03):217-227.
- 作者简介: 高玉珊(1999-), 女, 中国四川广安人, 硕士研究生在读。