

太行山区传统村落布局的环境适应性研究——以井陉地都村为例

柴睿 朱子君^{通讯作者}

河北建筑工程学院，河北张家口，075000；

摘要：本研究以河北井陉地都村为例，运用 GIS 数据处理、参数化建模及日照与风环境模拟等方法，系统分析了太行山区传统村落的空间布局与自然环境之间的相互适应关系。通过对地形高程、坡度、坡向、水文条件以及气候因素的定量考察，研究揭示了村落在选址、建筑分布与道路布局等方面如何因地制宜，有效应对水患、日照不足与风环境不均等挑战。研究成果不仅体现了传统村落在长期实践中形成的独特营建智慧，也为传统建筑遗产的保护与现代绿色生态设计提供了理论与实践参考。

关键词：传统村落；环境适应性；营建机制

DOI：10.69979/3029-2727.24.11.025

引言

太行山地理环境复杂，自然资源丰富^[1]，传统村落在长期适应过程中形成了独特的空间布局与建筑风格^[2]，并体现出绿色、生态、可持续的营建智慧^[3]。然而，相较于山西大院与北京四合院，河北传统村落的研究较少受到关注^[4]。同时，现代技术与新材料的应用逐渐削弱了传统村落的环境适应性。因此，本研究以河北井陉地都村为例，探讨其自然环境适应性布局特征，以促进传统村落的保护与传承，并为乡村振兴和可持续发展提供参考^[5]。

1 村落概况

1.1 村落背景

地都村位于河北井陉太行山区，海拔适中，与娘子关山水相连，是典型的北方山地传统村落，其历史可追溯至秦汉时期。现有传统建筑以明清时期的石材房屋为主，墙体厚重，耐风抗候，并与当地石灰岩地质环境相协调。村落道路依山就势，街巷狭窄曲折，整体空间结构紧凑，充分体现山区村落的地形适应性。村落选址遵循因地制宜的原则，位于山谷中，背山面水，地势起伏明显，整体布局呈层叠式分布。房屋沿山势错落排列，不仅优化土地利用，还有效应对洪水风险，展现出太行山区村落的营建智慧。

1.2 空间特征

地都村整体由密集的传统建筑区和近现代扩建区

构成。传统建筑区的房屋依地势而建，多数朝向西南，既满足采光要求，又有效抵御冬季寒冷。近现代扩建区位于传统区域左右两侧，其街道布局规整，房屋朝向延续传统建筑肌理。村落主要街道呈东西向延伸，其中晋阳街为古驿道遗址；次要街道则南北交错，既提供便捷的交通网络，又改善了居住环境，共同构成了村落空间的主要骨架，村落平面肌理如图 2 所示。地都村通过保留传统空间肌理和建筑风貌，同时结合现代功能需求进行扩建与优化，成功实现了历史文化保护与现代化发展的有机融合，具有重要的研究和实践价值^[8]。

2 与村落空间

自然环境在村落布局及形态发展中起着重要作用，尤其是地形因素，对村落空间形态的形成具有直接影响。利用 GIS（地理信息系统）中的高程、坡度和坡向分析工具，可以对完整村落模型进行深入研究，提取高程格栅、坡度和坡向分布等基本地理信息。将这些数据与村落空间模拟图结合分析，可以探讨地形因素对空间布局特征的影响，并研究多因素条件下用地适应性与村落布局之间的关系^[9]。研究表明，道路沿线土地利用变化最剧烈的区域位于 3 至 8 公里之间。为保证用地程度的稳定性，本研究选取村庄及其周边 3 公里以内的地形地貌作为研究范围。村落布局的多样性和复杂性体现在建筑分布、道路形态及整体结构等方面，纳入这些关键要素有助于全面分析村落布局与地形地貌之间的关系。为使各地形因素在视觉上更为明显，本章地形示意图均采用

2.5 倍夸大显示,但不影响真实数据的准确性。

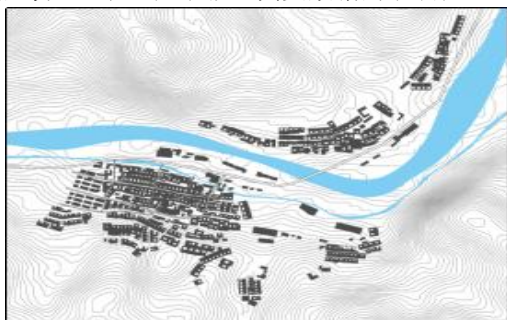


图 2 地都村村落总平面肌理图 (作者自绘)

2.1 高程与村落空间

通过 GIS 软件制作出研究范围内的高程分析图,并将高程值划分为 5 个区间,以更直观地呈现村落高程的分布特征。

如图 3 所示,研究范围的高程在 305—653m 之间,存在 348m 的高程差;而地都村整体的高程在 305—395m 之间,存在 90m 的高程差,平均高程为 45m。数据与图形分析显示,村落位于山谷中,南北两侧地势较高,中部地势较低,起伏明显。在明清时期,村落建设技术不甚发达,在山谷地区中:地形高程越高,材料越难运输,村落建设难度越大;地形高程越低,与河流关系越为亲近,村落越容易受到水灾侵害。因此,在 305—350m 之间,尤其是在 340m 高程左右的位置选址进行村落的建设可以兼顾建设难度与水患防治。结合高程数据与村庄平面图可知,该区间内建筑数量更多、密度更大,道路形态更规整,整体布局也更为有序。

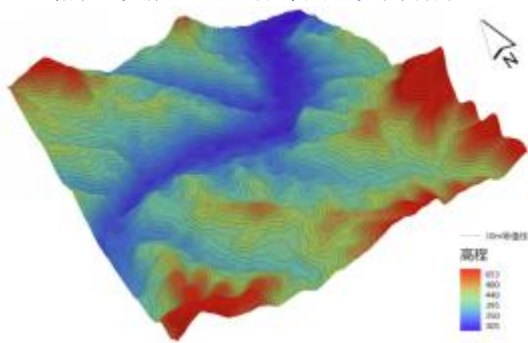


图 3 地都村地形高程示意图 (作者自绘)

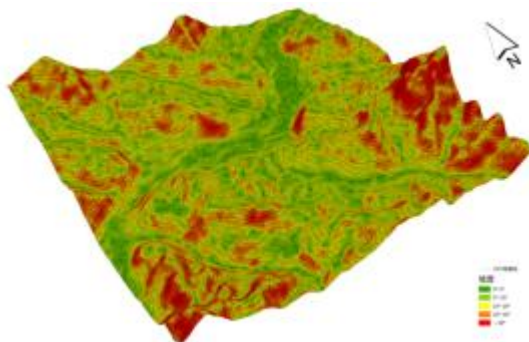


图 4 地都村地形坡度示意图 (作者自绘)

2.2 坡度与村落空间

通过 GIS 软件生成研究区域的坡度分析图,并依据《城市规划原理(第三版)》中关于山区与丘陵地区建设坡度的建议,结合实际情况,将研究区域的坡度划分为五个区间,以更直观地呈现村落坡度的分布特征。

如图 4 所示,坡度区间为 10—20° 的地形面积最大,占地 540.79 公顷,占总地形面积的 56%。在山区,坡度越大,村落建设难度越高。结合地都村总平面图可见,为降低建设难度,村落整体选址在坡度 0—10° 的相对平缓区域,仅少量建筑位于坡度 10—30° 的区域,并呈现由北向南坡度逐渐增大的趋势。坡度较小的区域,建筑密度大,布局规整,建筑与道路交错分布。坡度较大的区域(如村落西南角),建筑主要集中在坡度较缓的地带,呈条带状,道路顺应地形布置,与建筑平行。此外,地都村位于北纬约 38°,大寒日太阳高度角为 28°34',因此北向坡度对村落的日照和采光影响较小。同一村落内,不同坡度区域的建筑布局差异明显,充分体现了村落布局与地形坡度之间的紧密关系。

2.3 坡向与村落空间

运用 GIS 软件对研究范围内的坡向进行分析,以度数代表地形坡向(90° 代表正东方向,其余方向以此类推)制作出的坡向分析图(图 5)。结合地都村总平面图可知:村落整体位于坡向为东北的地形区域中,仅有少量建筑位于坡向为西北的地形区域中,这样的选址显然与传统村落营建过程中讲求的“向阳而居”的理念相悖。多数建筑依坡而建,与山体等高线呈现出相切的关系;少部分近代新建建筑为正南北朝向,与山体坡向呈现斜交的关系;仅有少数公共建筑与等高线呈现出正交的关系^[10]。

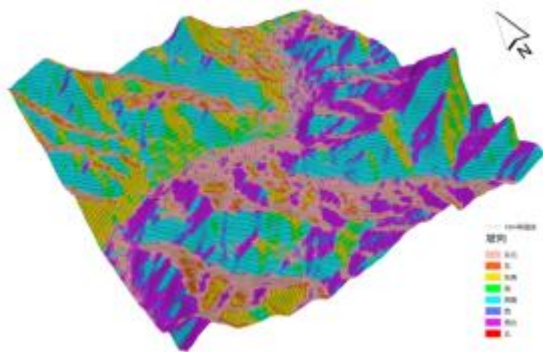


图 5 地都村坡向示意图（作者自绘）

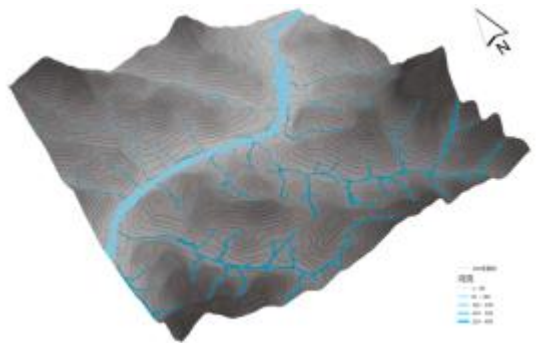


图 6 地都村自然水系示意图（作者自绘）

2.4 水文条件与村落空间

水文条件是村落建设的重要环境因素之一，居民既需考虑日常用水需求和微气候调节，又需防范水灾带来的影响。因此，村落需与河流保持适当距离，以实现“亲水”与“畏水”的平衡。村落北侧的绵河与村落边界相距 120m，高差 20m。此外，为在满足“亲水”与“畏水”要求的同时提升居民用水便利性，村落内还开凿了一条东西向延伸的绵右渠。气象数据表明，井陘地区年最大降水量为 1181.7mm。运用 GIS 软件对研究区域内降水时流量超过 3000 的水系进行连通分析，并生成水文分析图。如图 6 所示：降水条件下，仅有两条水系贯穿村落，流经绵右渠，最终汇入绵河。

如前文所述，村落地形南高北低，建筑与道路布局充分顺应地势，有利于排水。实地走访中，当地居民未提及水患问题。此外，村落内明清时期的传统建筑多采用院落围合形式，坡屋顶设计可引导雨水流入院内，院落地面呈中高四低布局，并通过排水系统将积水排入街巷，进一步增强了排水能力。

3 气候与村落布局

3.1 模拟概述

气候环境在村落布局及形态发展中同样发挥着重

要作用。结合气候数据与村落空间模拟图，可深入分析风速、日照等关键气候因素对村落空间布局的影响，并揭示气候适应性与村落形态之间的关系。本研究选取村庄及其周边 1.5km 范围内的地形地貌作为分析对象，结合建筑分布、道路形态和整体形态结构等关键要素，系统探讨气候环境对村落形态演变的影响机制。利用 GIS 导出精度为 8m 的 DEM 地图（数据源自地理空间数据云），并在 Rhino 中进行覆膜处理，生成高精度的地形地貌模型。结合卫星云图、建筑坐标和实地测量数据，对居民房屋进行精准定位，构建与周边地形高度匹配的村落模型。

日照模拟软件 Ladybug 是 Grasshopper（GH）中用于分析建筑日照情况的工具，支持多种建筑技术指标计算和可视化处理，并与主流建筑设计软件高度兼容^[11]。风环境模拟软件 Phoenix 则是一款流体特性分析工具，具备较高的数据可信度，适用于村落风环境研究。

3.2 日照与村落空间

地都村位于北方寒冷地区，故本次研究主要针对冬季日照情况进行模拟分析。选取冬季大寒日 8:00 至 18:00 的日照条件作为实验数据，重点观察房屋与院落的日照时长。模拟结果表明，在此时间段内，太阳高度角在 $0^{\circ} - 32.6^{\circ}$ 之间，太阳方位角为 $118.3^{\circ} - 244.2^{\circ}$ 之间，与上一章中对于村落坡度的分析相契合。如图 7 所示，村落中大部分房屋与院落的日照情况良好，部分甚至可达 10 小时，仅少数建筑存在日照不足的问题。

对日照时数不足 2 小时的区域进行标注与分析，结果如下：日照不足区域主要集中在地形坡度较大或建筑密度较高的地带。高差剧烈的区域，如区域 1 和区域 3，由于房屋紧邻山坡下部，虽能顺应地形减少建设难度，但部分建筑的日照条件较差。部分位于坡向不利地带的建筑虽满足最低日照时长标准，但仍存在日照不足的问题。此外，区域 2 因地形条件优越、交通便利，房屋密度较大，相邻建筑相互遮挡，影响日照。但由于村落多采用标准合院布局，日照不足的区域主要集中在南侧的大门与倒座，对正房影响较小，因此可忽略不计。区域 4 的情况类似。综合分析模拟量化结果可知，在顺应地形而建设的前提下，村落中 75% 以上的房屋与院落均能保证大寒日至少 2h 的日照，90% 以上的房屋与院落主体部分能保证大寒日至少 2h 的日照，这表明传统村落在营建过程中充分考虑了日照条件，并通过合理布局

优化日照资源的利用。

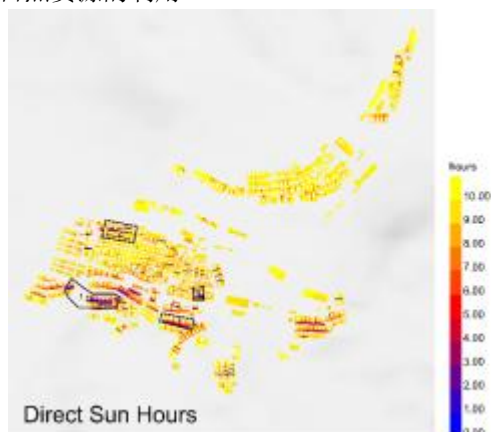


图 7 日照时数不足 2h 区域图 (作者自绘)

3.3 风环境与村落空间

查阅井陘地区 2000—2023 年气象数据可得:地都村冬季平均风速为 2.5m/s,夏季平均风速为 2.0m/s;夏季主导风向为西南风,冬季主导风向为东南风。利用 Phoenix 对村落夏季风环境进行分析(图 8)。根据 2.0 部分内容可知,村落主体骨架顺应地形,呈西北—东南走向,与夏季主导风向形成钝角,相较于垂直关系更有利于通风^[12]。村落中部位于山谷地带,建筑群呈组团式分布,且高程较低,受南部山地影响,整体风速较低且均匀,大多数区域风速在 1.18m/s 以内,通风情况一般。部分纵向街道风速较大,平均约 3.24m/s,通风效果较好。村落北部位于山脚,建筑群呈线性布置,高程同样较低,但受南部山体影响较小,平均风速约 2.36m/s,通风良好。南部建筑群位于山坡之上,呈散点式分布,高程较高,山体影响使风速分布不均,峰值在 0.79m/s—3.54m/s 之间,平均风速约 2.75m/s,通风情况较佳。

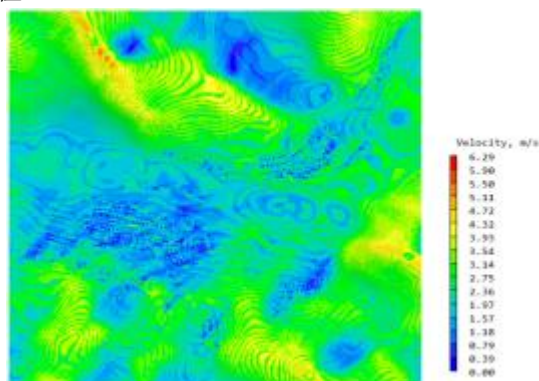


图 8 地都村夏季风速示意图 (作者自绘)

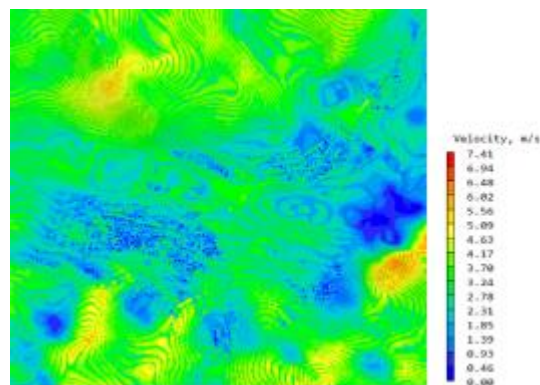


图 9 地都村冬季风速示意图 (作者自绘)

对村落冬季风环境进行模拟分析(图 9)。村落主体骨架与冬季主导风向形成锐角,相较于垂直关系,具备更好的抗风性。与夏季相比,村落中部冬季风速明显升高,且分布不均,范围在 0.93m/s—3.70m/s 之间。北部建筑群走向与冬季风向部分垂直,平均风速约 3.24m/s,通风一般。南部建筑群冬季风速显著提升,平均约 3.70m/s,峰值可达 5.09m/s,风环境较差。

结合现代住区风环境标准,地都村夏季街巷与建筑群整体通风情况较好,但中部部分组团式建筑通风较弱,院落内需额外人为干预。北部和南部建筑群通风状况较佳。冬季则相反,中部建筑群因组团布局减弱了风速,而南北部建筑因缺少山体及建筑遮挡,风速较大,风环境相对较差。总体而言,地都村全年风环境适宜,但局部区域存在通风优化空间。

4 结语

本研究以河北井陘地都村为例,运用 GIS 数据分析、参数化建模及日照与风环境模拟等方法,探讨太行山区传统村落的环境适应性。研究表明,村落在选址与布局上充分考虑地形、水文和气候因素,形成因地制宜的空间组织模式,既优化了土地利用,又有效应对水患、日照不足和风环境等挑战。

研究结果揭示了传统村落的营建智慧,这一智慧与现代绿色、生态建筑理念高度契合,为传统村落保护、乡村振兴及可持续发展提供了参考。同时,定量分析方法为后续研究不同环境变量对村落布局的影响提供了技术支持。

参考文献

- [1] 田海. 京津冀地区传统村落的空间分布特征及其影响因素[J]. 经济地理, 2020, 40(07): 143-149. DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2020.07.016.

- [2]王雪瑶. 井陉地区传统村落空间形态的防御特征研究[D]. 北方工业大学, 2020. DOI: 10. 26926/d. cnki. gbfgu. 2020. 000101.
- [3]崔文河, 王军, 岳邦瑞, 等. 多民族聚居地区传统民居更新模式研究——以青海河湟地区庄廓民居为例[J]. 建筑学报, 2012, (11): 83-87.
- [4]张正达. 华北山地传统聚落气候适应性研究[D]. 石家庄铁道大学, 2024. DOI: 10. 27334/d. cnki. gstdy. 2024. 000658.
- [5]孟祥武, 张洁雅. 乡村振兴视域下陇南徽县传统民居营建智慧提取[J]. 城市建筑, 2024, 21(10): 70-73+77. DOI: 10. 19892/j. cnki. csjz. 2024. 10. 17.
- [6]丁立南, 单军. 驿道影响下的太行山区传统民居的平面形制研究——以河北井陉县地都村为例[J]. 住区, 2021, (05): 150-156.
- [7]王鹏. 山西平顺县古村落平面布局的传统智慧与应用研究[D]. 西安建筑科技大学, 2019. DOI: 10. 27393/d. cnki. gxazu. 2019. 000849.
- [8]吴一凡. 古村落文化遗产新旧共生设计研究[D]. 河北经贸大学, 2024. DOI: 10. 27106/d. cnki. ghbjju. 2024. 001001.
- [9]刘亚茹, 郑燕凤. 基于GIS的临沂市传统村落空间布局优化研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(18): 210-214.
- [10]甘振坤. 河北传统村落空间特征研究[D]. 北京建筑大学, 2020. DOI: 10. 26943/d. cnki. gbjzc. 2020. 000002.
- [11]Wu S ,Zhang L ,Han Z , et al. Research on Microclimate Optimization of Traditional Residential Buildings in Central Anhui Based on Humid and Hot Climate Characteristics and Regional Architectural Features[J]. Buildings, 2024, 14(8): 2323-2323.
- [12]Li R ,Zhang Y ,Cui Y . Assessment of Outdoor Pedestrian Ventilation Performance While Controlling Building Array Scale and Density[J]. Sustainability, 2023, 15(8):