引文格式：周吉平，任倩雯，刘佳燕. 城市森林花园住宅空间形态解析与提升策略研究：以山西省寒冷地区“第四代住房”为例[J]. 太原理工大学学报，2026，57(5)：909-918.

ZHOU Jiping，REN Qianwen，LIU Jiayan. Analysis and improvement strategies of urban forest garden residential space morphology：taking the “fourth-generation houses” in cold regions of Shanxi province as examples[J]. Journal of Taiyuan University of Technology，2026，57(5)：909-918.

城市森林花园住宅空间形态解析与提升策略研究

——以山西省寒冷地区“第四代住房”为例

周吉平[1]，任倩雯[1]，刘佳燕[2]

（1. 太原理工大学 建筑与艺术学院，山西 太原；2. 清华大学 建筑学院，北京）

摘　要：【目的】高品质居住条件与住房增量转型的需求使得城市森林花园住宅（第四代住房）作为一种“空中四合院式住宅产品”成为中国当代住宅文化下的一种独特建筑形式，受到公众和市场广泛关注与推广。然而，由于缺乏理论体系，该类住宅大多数是对“空中四合院”文化符号和形式的模仿，缺乏对传统民居空间形态的传承。**【方法】**基于传统民居与现代城市森林花园住宅之间的空间联系，以空间作为地域适宜的内在结构线索，从实证角度出发，结合空间句法绘制山西传统民居与该类住宅样本空间拓扑图，并从庭院耦合度、标准纵深比、全局整合度、环圈度、连接性5个指标进行空间形态解析，从而定量衡量城市森林花园住宅居住空间的不同方面。**【结果】**通过数据的汇总和统计对比分析，综合5个空间属性指标，以选取的传统民居和住宅样本空间地域适宜匹配为目标，识别出影响城市森林花园住宅建筑形制的两种空间基因型为庭院空间和回游空间，并在此基础上以传统民居空间形态为范式提出城市森林花园住宅空间提升策略。

关键词：城市森林花园住宅；第四代住宅；地域适宜；空间句法；空间量化；传统四合院

中图分类号：TU02　　**文献标识码：**B

DOI：10.16355/j.tyut.1007-9432.20240817　　**文章编号：**1007-9432(2026)05-0909-10

Analysis and Improvement Strategies of Urban Forest Garden Residential Space Morphology：Taking the “Fourth-Generation Houses” in Cold Regions of Shanxi Province as Examples

ZHOU Jiping[1], REN Qianwen[1], LIU Jiayan[2]

(1. *College of Architecture and Art, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi, China*;
2. *College of Architecture, Tsinghua University, Beijing, China*)

Abstract：【Purposes】 In the context of global architectural homogeneity and cultural diversity, the contradiction between cultural diversity and universal values has received widespread attention, and the spatial suitability of regional architecture has become a theoretical consensus to highlight the differences between locality and universality in architecture. Additionally, the demand for high-quality living conditions and the transformation of housing supply have made the urban forest garden housing

收稿日期：2024-11-12；**修回日期：**2025-03-28

基金项目：国家自然科学基金面上项目“城市社区更新减碳绩效潜力评估研究”（52278068）

第一作者：周吉平，副教授，主要从事建筑设计与理论研究，(E-mail)675366984@qq.com

(i.e., the fourth-generation houses) a unique architectural form in China's contemporary residential culture, attracting widespread public and market attentions and promotions. However, because of the lack of a theoretic system, most of these types of housing only imitate the cultural symbols and forms of "airborne courtyard-style residential products", lacking the inheritance of traditional residential spatial forms.【**Methods**】Therefore, on the basis of modern urban forest garden housing, space was taken as the intrinsic structural clue of regional suitability, and with an empirical perspective, the sample spatial topology drawings of Shanxi traditional residences and this type of houses were drawn by adopting spatial syntax. Besides, the spatial form was analyzed from five indicators. Thus, the quantitative measurement of different aspects of urban forest garden housing living space was achieved.【**Results**】The five spatial attribute indicators are comprehensively analyzed, with the goal of selecting traditional residences and housing samples with spatial suitability matching, two common Chinese residential spatial genotypes that influence the architectural form of urban forest garden housing as courtyard space and circulation space are identified. Moreover, spatial optimization and upgrading strategy based on traditional residential spatial forms is conducted.

Keywords: urban forest garden residential building; Fourth-generation Houses; geographical suitability; space syntax; spatial quantization; traditional Siheyuan

在经济全球化快速发展的浪潮下,城市住宅设计逐渐形成风格单调、标准不一的趋势,尝试构建具有中国地域特色的建筑及其配套的理论体系,已成为协调通用性与地方差异性的共识。另一方面,近年来随着人们精神需求的多元化,居住需求也相应发生着改变,对居住空间模式更加强调多种产品的有机结合,关注人与自然和谐共处,渴望和谐健康的邻里交流。为解决人们对高品质居住环境日益增长的需求与城市化进程中有限的自然资源之间的矛盾,人们开始探索高品质居住生活与建筑增量结构转型的新路径[1]:在高层建筑形态中融汇叠加建筑空间与绿色生态空间于一体的"垂直森林"式新型居住模式[2]。这一模式在我国住宅建筑领域中发展成为了"第四代住房",即"城市森林花园住宅"。但是该类住宅在北方寒冷地区不仅表现出照搬南方模式的局限,而且受到生产手段和销售市场的影响,与建筑的文化特性相违背,大多只是冠以"空中庭院"的名称停留于形式化、表面化的符号运用,未能形成一种具有身份认同和地域适宜的建筑形式。

鉴于此,本文从城市森林花园住宅空间特征出发,以空间作为建筑地域适宜性的内在线索,以山西传统民居的空间形制作为参照样本,提出适宜北方寒冷地区城市森林花园住宅空间量化方法和空间配置优化策略。

1 城市森林花园住宅空间特征与发展现状

1.1 城市森林花园住宅空间特征

国内各地政府为全面贯彻生态文明发展的新思想,推进生态宜居城市和森林城市建设,探索高品质居住生活与建筑增量结构转型的新路径,开始以城市森林花园住宅作为居住建筑发展新标杆,并从2020年开始在全国范围内推行该类住宅的试点建设[3-5]。城市森林花园住宅是一种融合现代都市生活与自然环境的新型居住模式,为了区别于普通的立体绿化,中国工程建设标准化协会在《城市森林花园住宅设计标准》(T/CECS 855—2021)中规范定义城市森林花园住宅为以每户拥有面积不小于套内建筑面积的40%、高度不小于两个自然层的开敞式户属空中花园为基本配置的住宅[6],即当代中国建筑市场中盛行的"第四代住房"。

城市森林花园住宅主要有空中户属庭院住宅和空中共享园林住宅两种特定空间类型[6],具体表现为每户居民均拥有独立户属庭院,通过空中共享平台连接多户空中户属庭院住宅的空中共享园林。通过这种在高层住宅中叠加空中户属庭院和空中共享平台的设计,营造出类似传统四合院的布局,共同构成多层园林,并形成一个垂直社区空间。这种空间特征不仅为居住者提供了丰富的生活场景和邻里交流的场所,还将自然元素融入都市生活中,利用空中庭院的布局调节居住气候环境,并延

续了四合院这一传统居住文化形式。

1.2　南方地区城市森林花园住宅发展现状

目前，德国、日本、美国、新加坡等发达国家均强制执行立体绿化，以新加坡为例，进入21世纪，新加坡政府加快推进城市空间立体绿化，并鼓励阳台绿化、屋顶花园等多种形式的建设[7]。相较于国外，国内立体绿化的研究发展较为滞后，从1981年开始出现相关概念，到2014年左右呈现快速增长。2019年国家住建部对国内首个“第四代住房”——成都七一城市森林花园住宅示范项目进行考察[8]，并随后在全国范围内二十余个城市陆续展开城市森林花园住宅试点建设。此后，气候环境更好、植被资源丰富、更适合空中种植的南方城市一直是“第四代住宅”的主阵地。

首先，由于南方地区气候湿润，日照充足，对建筑采光和庭院朝向等方面没有限制，从而使得该地区城市森林花园住宅空中庭院的设计更灵活，人们对庭院的使用率和空中共享园林空间的接受程度也更高。其次，地方政府高度重视城市森林花园住宅建设，出台了一系列政策法规和行业标准，为行业发展提供了有力保障。此外，南方地区居民对城市森林花园住宅的接受度较高，市场需求旺盛。这得益于南方地区在城市森林花园住宅建设中，积极推广应用新技术、新材料，提高了居民居住舒适度的同时也为行业发展提供了技术支撑。然而，建设成本高、技术难度大、后期维护复杂以及市场同质化等问题仍存在，未来应继续加强政策支持、技术创新和市场培育，推动城市森林花园住宅的健康发展。

1.3　北方地区城市森林花园住宅发展现状

相较于南方城市，北方地区城市森林花园住宅的发展起步较晚，且面临更多挑战。但随着人们对高品质居住环境要求的提高，北方城市森林花园住宅具备了较好的消费市场基础，从2022年左右城市森林花园住宅在北方范围内开始进行大规模建设与推广。目前在我国北方地区，城市森林花园住宅建设主要集中在经济发展较好的各大城市，例如陕西西安、山东济南、河北石家庄、河南郑州等。这些城市通过政策引导和市场驱动，正在逐步探索适合北方气候条件的城市森林花园住宅建设模式。

丰富的产品类型提高了人们的居住环境条件，但是和南方城市行业标准日趋完善不同，多数北方地区城市森林花园住宅建设处于谨慎探索期，缺乏完善的行业标准和规范，在建设过程中多以南方模式为参考，导致部分项目在实际应用中出现了“水土不服”的现象。除此之外，通过调研发现，因受到生产手段和销售市场的影响，城市森林花园住宅大多是冠以“空中庭院”的名称，其实际建设过程只停留于形式化、表面化的符号运用，未能形成一种具有身份认同和适宜北方地区的建筑形式；市场上表现出建筑户型格局因强调空中户属庭院而背离实际生活场景、片面强调附赠和实得面积、“四代宅”渐成主流但销售力衰减、产品同质化严重、卖点由高品质变成性价比等问题。

1.4　南北方地区差异对比分析

通过对南北方地区差异的网上资料进行调研分析可知，制约北方城市森林花园住宅现存发展的深层次因素主要有气候条件、生活习惯、文化习惯、政策支持力度、市场认知等，具体表现如下。

（1）气候条件差异。南方气候温暖湿润，四季温差较小，居民更倾向于开放空间，因此南方城市森林花园住宅在建筑布置上更注重开放性设计。北方气候寒冷干燥，冬季漫长，对绿化技术和植物品种选择提出了更高要求，居民更注重保温、采暖和防风，因此北方城市森林花园住宅在建筑布置上更强调封闭性设计，例如减少外露空间。这对空中庭院的形态和位置产生影响，导致空中庭院简单附着在住宅一侧，没有与住宅空间形成交融，形成“伪四代”住宅。

（2）生活习惯差异。南方居民更倾向于户外活动，因此南方城市森林花园住宅在功能布局上更注重户外空间的利用。北方居民更注重室内活动，尤其是在冬季，室内空间的使用频率更高。因此，北方城市森林花园住宅在功能布局上更强调室内空间的舒适性和实用性，对采光、保温等方面的需求更为突出，导致城市森林花园住宅设计在北方“阳台化”，出现以减少庭院进深增加室内采光等问题。

（3）文化习惯差异。南方居民更倾向于开放、通透的建筑风格，例如采用大面积玻璃幕墙、开放式阳台等。这种风格不仅符合南方居民的生活习惯，还增强了建筑的景观效果和生态效益。北方居民更倾向于封闭、实用的建筑风格，例如采用厚墙体、小窗户等。这种风格不仅符合北方居民的生活习惯，也增强了建筑的保温性能和实用性。这种差异使得北方地区城市森林花园住宅建筑立面不如南方灵活通透，且模式僵化。

（4）政策支持力度差异。北方地区在城市森林花园住宅建设方面的政策支持力度相对不足，

缺乏明确的行业标准和规范,制约了行业的健康发展。

(5)市场认知差异。开发商利益驱动和居民认知不足也是导致北方城市森林花园住宅发展遇阻的重要原因。部分开发商为追求短期利益,忽视了项目的长期可持续性,出现建筑质量下降、功能缺失等问题,继而导致居民对城市森林花园住宅信任度减弱,形成负向反馈。

2 居住空间解析方法研究

2.1 空间与空间要素表达

2.1.1 空间及空间句法

自20世纪以来,建筑学理论家普遍认为空间是建筑的本质,是区别于其他学科的关键所在[9]。随着研究的深入,建筑师逐渐由空间的"建造目的决定论""环境决定论"转变为"环境—目的决定论",在此基础上演变成空间句法的理论基础。20世纪70年代,伦敦大学巴利特学院的比尔·希列尔(Bill Hillier)教授借鉴乔姆斯基的句法概念,首次提出"空间句法"的概念[10]。该理论认为空间形态是由人与环境之间的互动关系而产生,而人与环境之间的作用或影响是通过空间组构的空间形成机制完成的,这是新的范式[11]。在这种新的范式中,"空间组构"是核心概念,表明空间句法并不是从物质空间谈论空间形态,而是从空间形态入手,研究人与环境之间的关系,具体表现为用数理的方法研究空间的拓扑关系,并通过数理的方式呈现人与空间的关系。在一定程度上,空间句法的范式类似于中国《道德经》中关于空间的"空"与"用"的阐释,但西方的空间句法则通过定量指标更为精确地分析建筑空间和表达空间形态建构,相较于传统研究方法更能透过外在表现,探寻建筑空间的内在结构[12]。

对于城市森林花园住宅空间形态在北方寒冷地区的地域适宜性而言,重要的不是复刻其设计概念中传统四合院空间的物质形态,而是还原传统空间中人与环境之间的关系,以及人与空间之间的组构规律,实现空间文脉的传承。

2.1.2 空间要素表达

在空间句法模型中,空间要素表达是最基础的一步[11]。在空间句法理论看来,空间再现的方式有三种,分别为轴线或线段、凸空间、视域空间,其中凸空间模型适于建筑内部空间研究[13]。在凸空间理论中,建筑空间被分散为若干离散空间,这些空间要素又被进一步抽象为点,它们之间彼此相交或相通的关系被抽象为线,代表各空间要素之间的联系,这种联系构成的系统性复杂关系即为"空间组构"。

从组构的角度看待某个住宅空间,则可将所有房间都简化为一个圆点,实心表示院落空间,空心表示功能性空间,入口处简化为一个三角形,各空间之间可达则视为它们之间存在联系线,这样可形成一个从特定顶点出发的拓扑关系图,也称为轴线图或树状图,具体见图1(c)。这种图便于计算机计算但较难适用于空间复杂的传统建筑空间且可视化表达欠佳,在此基础上发展的等视域图则具有形象化表达的优势[11]。具体规则为用实线连接联通空间,虚线连接相邻但不可达空间,从起始点连接视域内的所有其他点,从而形成空间要素的初始表达图,见图1(a);再对各空间点进行边界化处理,见图1(b);并将各个空间要素通过等距线段化处理抽象为均质的方格网,见图1(d),这样形成的等视域图具有直观性,适宜于各样本之间横向对比。

2.2 空间的量化与指标构建

基于对传统院落和当代城市森林花园住宅在空间布局上的系统性考量,根据空间句法确立了以下5项能够反映地域适宜的空间特征考量指标。

2.2.1 庭院耦合度

庭院空间是传统民居和当代城市森林花园住宅在空间组织上最显著的特征之一,也是室内与室外在空间结构上互动的关键要素,为了量化这一互动性,在等视域图上采用"院落耦合度"这一指标,其计算公式如下:

$$Y=\frac{s+0.5r-0.5k+0.25v}{S}. \tag{1}$$

公式中各指标释义说明详见表1,其中s、r、v三类空间的权重系数根据其与庭院之间的耦合程度采用折半递减的方式确定[14]。

2.2.2 标准深度比

平均深度值表示从某个空间到外部载体的最少步数平均值,总深度值是表示系统中所有空间的平均深度值之和。当系统内空间单元普遍较深时,其深度值偏大,空间轴线拓扑图越接近"树型",反之当空间单元普遍较浅时,空间轴线拓扑图越接近"丛型"。计算公式如下:

$$\mathrm{TD}=\frac{2\mathrm{MD}_z}{N/2+1}. \tag{2}$$

其中MD_z为平均深度值,由空间句法软件Depthmap计算相应结果,N为所有空间单元的数量。

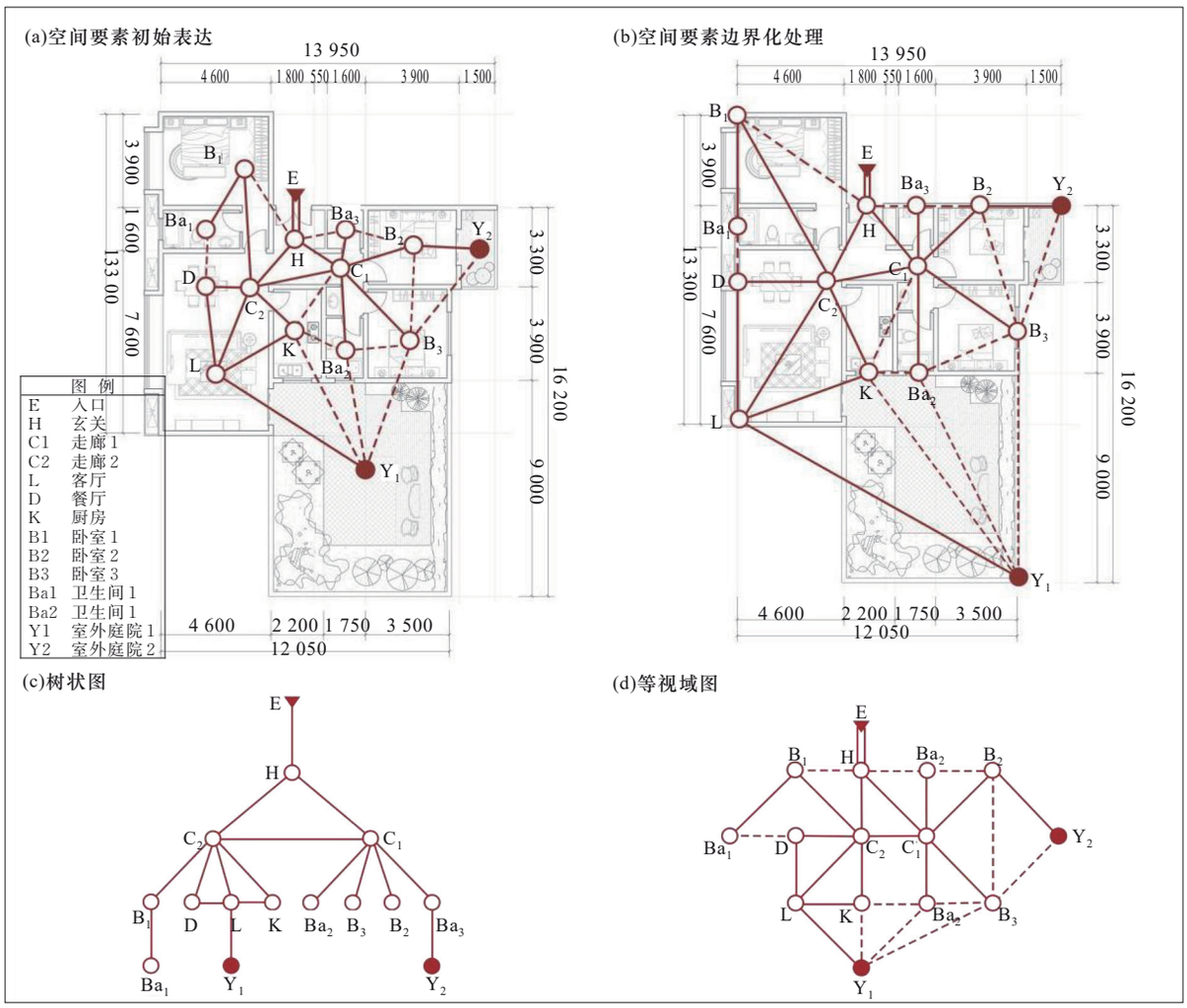


图 1　轴线图与等视域图实绘实例(以山西阳泉西府大院户型为例)

Fig. 1　Actual axonometric and isometric drawings of building plan

表 1　各空间指标量化规则释义说明

Table 1　Explanations of quantitative rules for space indicators

基础数据	*s*	*r*	*k*	*v*	*S*	*N*	*I*
轴线图							
示意图							
说明释义	室内空间单元与庭院单元可达数目	室内空间单元与庭院单元相邻不可达且可视数目	室内空间单元与庭院单元相邻不可达且不可视数目	室内空间单元与庭院单元隔廊可达或可视数目	所有实线连杆(边)的总数	所有空间单元的数目	等视域图内基本回路的数目

2.2.3　全局整合度

整合度是空间句法中的一个重要变量,表示整个系统中各空间之间相互联系的紧密程度,可以通过软件 Depthmap 计算出相应结果。

2.2.4 环圈度

空间句法中的环圈度概念类似中国园林和传统民居中的回游空间，表示从一个空间出发，通过不重复的路径返回同一空间节点的闭合路径。该路径最少包含3个空间节点，环圈度越大，空间回游性和结构层次越丰富。计算方法如下：

$$R=\frac{I}{2N-5}. \tag{3}$$

式中各指标释义说明详见表1。

2.2.5 连接度

空间句法中的连接度表示空间系统中某个节点与其他节点之间连接数量，代表了一个空间单元的局部可达性和相邻性，是对空间拓扑关系的量化描述。可以通过空间句法软件Depthmap模拟计算系统全局连接度值（Connectivity），用来判别空间系统的整体组织效能。

3 当代城市森林花园住宅与传统四合院空间量化对比

3.1 样本选取

考虑到山西省寒冷地区城市森林花园住宅已建和在建项目集中在晋中地区和晋南地区，为了确保研究对象的空间计算与参照样本的地域环境具有一致性，从时间维度、地域分布和属性表现3个方面进行考量，分别选取了位于晋中地区和晋南地区的2例代表性民居作为参照样本，选取6例当代城市森林花园住宅作为研究样本，这样的选择旨在保证研究数据的可比性和分析的针对性。晋中和晋南地区四合院院落宽敞，房屋坐北朝南，背风向阳，较大的院落由多组院落并列而成，院落规模较小的多采用“三三制”即正房、厢房、倒座房各为三间的四合院[15]，参照样本的选择在类型上涵盖了从晋中地区“三三制”院落到晋南地区多进院落结合的空间形制。研究样本选取山西寒冷地区近年涌现的各类城市森林花园式住宅（第四代住宅）6例，平面户型随机性选择以保证样本的独立性。

3.2 空间指标统计分析

对参照样本与研究样本分别绘制等视域图，并在此基础上对样本的基础数据（s、r、k、v、S、N、I）进行统计计数，然后使用Depthmap软件和2.2节空间量化公式计算各样本的庭院耦合度、环圈度和标准深度比3项空间指标。为了有效地消除比例数据中极端值影响，同时保留数据的变化趋势，使其更符合正态分布，本文利用反正弦平方根处理量化指标中的比例数据。全部统计和计算结果见表2。

表2 样本空间基础数据和量化指标汇总表

Table 2 Sample space basic data and quantitative indicators

量化指标		T1	T2	M1	M2	M3	M4	M5	M6
地理位置		晋中民居	晋东南民居	山西晋中	山西太原	山西晋中	山西阳泉	山西临汾	山西运城
项目简称		平遥县南街四合院	沁水县柳氏民居	京师城市森林花园	东山森林庭院	田森·阿尼亚	西府大院	功名理想城悦澜湾	湟栋公园里
基础数据	s	2	4	1	2	2	1	0	3
	r	10	0	4	1	1	3	1	1
	k	2	0	1	1	1	1	0	0
	v	13	14	0	0	0	0	1	0
	S	44	58	18	20	18	16	13	13
	N	41	46	17	18	18	15	13	13
	I	8	17	2	3	1	2	1	1
空间属性指标	庭院耦合度	0.476 3	0.367 8	0.381 9	0.321 8	0.339 8	0.361 4	0.242 6	0.545 5
	标准深度比	0.755 6	0.644 0	0.934 7	0.912 9	0.918 4	0.985 4	1.053 6	0.908 8
	全局整合度	0.766 5	1.039 8	1.004 8	0.837 3	0.972 7	0.947 3	0.928 9	1.405 9
	环圈度	0.328 0	0.469 6	0.265 8	0.316 4	0.180 7	0.286 8	0.219 9	0.219 9
	连接度	2.146 3	2.652 2	2.117 7	2.111 1	1.888 9	2.133 3	2.153 9	2.000 0

3.3 结果分析

3.3.1 定性分析

通过对山西传统民居和当代城市森林花园住宅两个组别各项指标计算结果的定性分析，可以得到以下结论：

（1）在庭院耦合度方面，从两个组别计算结果的分析来看，可以看出庭院数量越多，庭院布局越靠近中心，庭院耦合度越高，且庭院布局的影响大

于数量的影响。

（2）在环圈度方面，参照组均值明显高于研究组，反映出当代城市森林花园住宅的空间回游性弱于传统民居，表明空间结构的加强首先需对环圈度进行强化。

（3）在标准深度比方面，参照组均值低于研究组，表明当代城市森林花园住宅的平均深度高于传统民居，反映了人们对当代住宅空间较高私密性的需求。

（4）在全局整合度方面，两组均值接近，表示二者空间结构相似，具有一定的可比较性和参考性。

（5）在连接度方面，参照组均值略高于研究组，这是因为参照组各空间之间可直达的连接数高于研究组，表明当代城市森林花园住宅空间之间的连接性需要加强。

3.3.2　量化分析

因原数值差距小，为方便度量本文采取五分制方法对上文中的五个空间指标分别进行竖向对比，即将每项指标均设定最低 0 分和最高 5 分的评分标准（其中标准深度比属于反向指标），并通过线性变换公式将原始数据映射到评分体系中计算评价值，计算方法如下：

$$E_x = 5 \times \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}. \tag{4}$$

具体评价值转换结果见表 3。

表 3　五项空间属性指标的评价值转换

Table 3　Conversions of evaluation values for five spatial attribute indicators

空间属性指标		样本							
		T1	T2	M1	M2	M3	M4	M5	M6
庭院耦合度	原值(x)	0.476 3	0.367 8	0.381 9	0.321 8	0.339 8	0.361 4	0.242 6	0.545 5
	评价值(E_x)	3.86	2.07	2.30	1.31	1.60	1.96	0.00	5.00
标准深度比	原值(x)	0.755 6	0.644 0	0.934 7	0.912 9	0.918 4	0.985 4	1.053 6	0.908 8
	评价值(E_x)	3.64	5.00	1.45	1.72	1.65	0.83	0.00	1.77
全局整合度	原值(x)	0.766 5	1.039 8	1.004 8	0.837 3	0.972 7	0.947 3	0.928 9	1.405 9
	评价值(E_x)	0	2.14	1.86	0.55	1.61	1.41	1.27	5
环圈度	原值(x)	0.328 0	0.469 6	0.265 8	0.316 4	0.180 7	0.286 8	0.219 9	0.219 9
	评价值(E_x)	2.55	5.00	1.47	2.35	0.00	1.84	0.68	0.68
连接度	原值(x)	2.146 3	2.652 2	2.117 7	2.111 1	1.888 9	2.133 3	2.153 9	2.000 0
	评价值(E_x)	1.69	5.00	1.50	1.46	0	1.60	1.74	0.73

在此基础上为直观表示各个指标对空间的影响程度，本文对每个组别分别进行雷达图绘制，图 2 展示了得分最高组和得分最低组的五项指标得分情况。从图中可以看出，当代城市森林花园住宅建设需在庭院耦合度、环圈度、连接度 3 个方面进行加强。

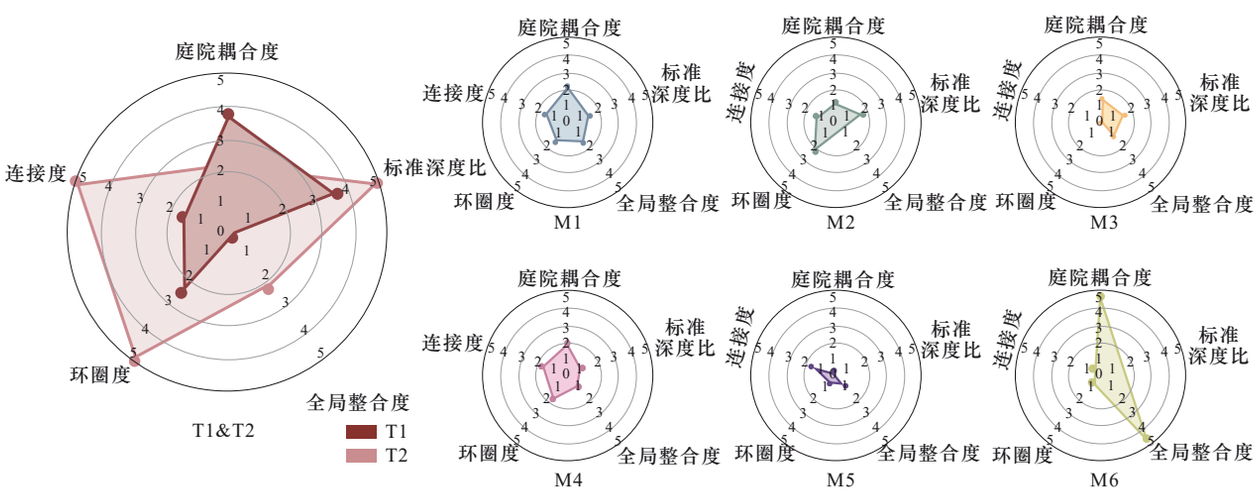


图 2　各样本五项空间指标评价值雷达图

Fig. 2　Radar diagrams of evaluation values of five spatial indicators for samples

4 北方寒冷地区城市森林花园住宅空间提升策略研究

通过空间句法对北方寒冷地区当代城市森林花园住宅和山西传统民居进行空间形态解析与数据统计对比分析，可知影响当代城市森林花园住宅的空间要素主要有庭院耦合度、环圈度和连接度三个空间指标，对照当代城市森林花园住宅空间的特殊性识别出影响这三个空间指标的空间基因型主要有庭院空间和回游空间，而连接度体现在这两个空间基因的各个方面。具体空间提升策略如下。

4.1 庭院空间

庭院空间是建筑中最为多样的空间类型。无论是传统民居还是当代城市森林花园住宅，引入庭院都是其建筑营造内部空间的核心手段，具有无可替代性。然而院落在不同时空下的使用方式、文化象征和空间作用却呈现出很大的不同[16]。从地域适宜角度出发，对照山西传统民居院落的空间解析，当代城市森林花园住宅空间优化应基于以下空间特征进行考量。

4.1.1 庭院界面开敞性

传统民居中与庭院相邻的房间都会设置门窗与其相接，或与隔廊相邻，这是因为古代缺少技术手段，人们通过将室内空间向庭院开敞，借助庭院的通透性来改善室内环境。故在当代城市森林花园住宅庭院设计中，开向庭院的界面应具有多样性。通过总结市场上现有户型，得出当代城市森林花园住宅庭院设计具体方式包括一面开敞、二面开敞、三面开敞三种形式[17]，开敞界面越多，庭院通透性越强，如图3所示。

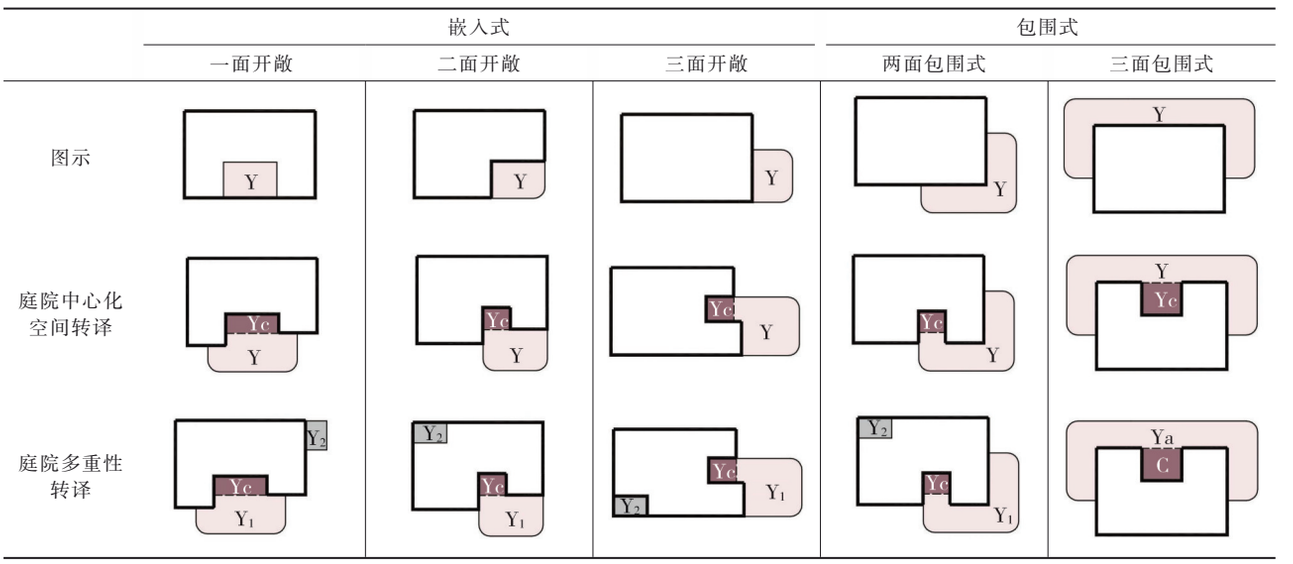


图3 庭院空间提升策略示意图

Fig. 3 Schematic diagrams of courtyard space improvement strategies

4.1.2 庭院位置中心性

传统民居中的庭院一般都具有辐射作用，依次串接在中轴形成多进院落，从而把周围的空间凝聚起来。庭院位置越居中，与邻接空间相连的越多，其耦合性越好。但在北方寒冷地区当代城市森林花园住宅建设中，由于日照关系的影响，多将庭院位置偏于东西两侧，邻接空间往往只有客餐厅，未能起到传统民居中庭院位置中心性的空间功能。从庭院中心性布局角度出发，当代城市森林花园住宅庭院空间应从偏于一侧向中心性位置转变，通过形成的庭院内凹空间增加与周围房间的邻接性，并为其设置可以自由闭合的隔帘，形成类似于传统民居中的“廊空间”，为北方寒冷地区城市森林花园住宅的户属庭院空间增设过渡功能，并提高冬天由室内空间到室外庭院转换的舒适度。转译范例如图3所示。

4.1.3 庭院数量多重性

传统民居相较于当代城市森林花园住宅而言，其在各部分会嵌置多个庭院，且庭院位置分布的差异性大，庭院耦合性较高。故在当代城市森林花园住宅设计中，庭院布置应从增加庭院数量多重性和位置差异性角度出发，进而提升庭院的耦合度。转译范例如图3所示。

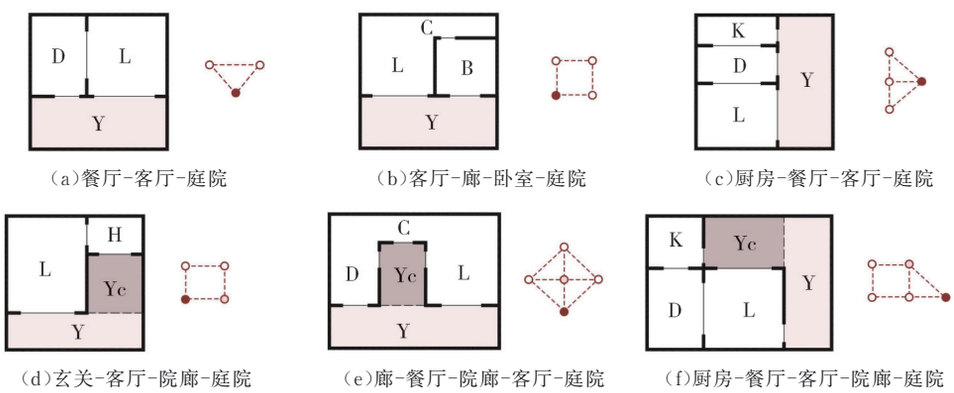
4.1.4 庭院空间立体性

与传统四合院不同，城市森林花园住宅是在高层住宅中通过叠加空中户属庭院和空中共享平台

的设计，营造出类似传统四合院的布局，并形成一个垂直园林空间。所以在庭院的空间设计中，从立体角度出发营造庭院空间是不可缺少的一部分。城市森林花园庭院立体空间体系现有两种主流构造：一种是“空中别墅”，通过客厅与花园两层通高联通的设计，以L型咬合方式形成环幕边厅无界花园，从而实现真正意义上的空中庭院；另一种是“空中庭院”，利用相邻两户庭院错位的关系形成庭院上空的二层通高形式，包含水平向阳台错位和转角阳台错位两种形式，错位方式包括上下层错落和左右户错落。

4.2　回游空间

环圈度在建筑中体现为回游空间，指具有环形结构的空间动线，可以循环行走与观看，具有步移景异的效果[18]。这一空间特性在传统民居和古典园林中尤为显著，并常带有地域特色。住宅中通常通过在墙体上开设门窗洞口实现空间之间的连接与渗透，从而丰富空间交互层次，扩大空间实际观感。当代城市森林花园住宅回游空间的设计需要结合住宅户型的庭院布局进行系统性考量，而非简单地复刻传统民居或当代住宅的回游空间。在此基础上本文探索了实现当代城市森林花园住宅空间回游的常见组合关系（如图4），包括厨房＋餐客厅＋院落回游、客卧＋院落回游、院落立体回游等形态（跃层挑空、错落平台挑空）。



（a）餐厅-客厅-庭院　（b）客厅-廊-卧室-庭院　（c）厨房-餐厅-客厅-庭院

（d）玄关-客厅-院廊-庭院　（e）廊-餐厅-院廊-客厅-庭院　（f）厨房-餐厅-客厅-院廊-庭院

图4　回游空间示意图

Fig. 4　Schematic diagrams of the return space

5　结论

5.1　研究总结及可行性分析

新环境、新需求推动了当代城市森林花园住宅在北方市场的新发展，但该类住宅在北方寒冷地区发展的过程中也面临着新的问题和挑战。出现这一现象主要是由于南北方地域条件差异大，而北方地区却照搬南方空间形态，未能形成独特的内在空间结构，且当代城市森林花园住宅受制于地产市场常常陷入形式化和表面化的困境。在此基础上本文以空间形态的组构关系作为地域适宜的内在线索，运用空间句法选取一定数量和代表性的实例对当代城市森林花园住宅和山西传统民居进行空间形态解析和数据统计对比分析，指出适宜于北方寒冷地区的当代城市森林花园住宅空间要素主要有庭院耦合度、标准深度比、全局整合度、环圈度和连接度5个空间指标。当代城市森林花园住宅空间的空间基因型主要有庭院空间和回游空间，在此基础上对北方寒冷地区城市森林花园住宅空间提升策略进行研究。

然而，本文提出的空间提升策略在实际应用中可能会受到成本、施工难度等现实因素的制约。例如，增加庭院数量虽能提升空间耦合度，但可能增加建筑成本和改变建筑结构；调整庭院位置虽能优化空间整合度，但可能面临结构设计复杂化的问题；回游空间设计虽能增强空间连接度，但可能因交通面积增加而影响得房率。针对这些问题，本文建议通过优化设计方案、采用新型材料与技术、加强政策支持等方式提升策略的可行性。例如，采用轻质高强材料和预制装配式技术以降低施工难度，或通过政策激励引导开发商探索低成本、高效率的实施路径。同时，应注重策略的灵活性和适应性，结合具体项目条件进行动态调整，以确保策略的可实施性和可持续性。

此外，未来研究可以进一步拓展样本范围，纳入更多北方寒冷地区的城市森林花园住宅项目和传统民居参照样本，以验证和优化本文提出的空间提升策略。同时，可以结合大数据、人工智能等新

兴技术，对城市森林花园住宅的空间形态进行更加精准的分析和预测，为设计实践提供更加科学的指导。

5.2 研究应用价值及展望

虽然城市森林花园住宅在我国尚处于发展初期，对其空间及地域适应性的研究尚未成熟，但北方地区蓬勃的市场表现显示出该类住宅的发展潜力与生命力。本文的研究成果不仅为北方寒冷地区城市森林花园住宅的空间优化提供了理论依据，还具有显著的实际应用价值。首先，通过改善庭院空间和回游空间的设计有效增加绿化面积，提升居民的居住满意度，创造更加舒适、健康的居住环境，并为居民提供交流空间，增强社区归属感；其次，优化后的空间形态有助于提升住宅产品的市场竞争力，推动房地产市场的多元化发展，盘活存量土地资源，并带动相关产业链的升级；最后，城市森林花园住宅的推广将助力城市绿色生态目标的实现，通过增加绿化面积、缓解热岛效应、促进资源节约等方式，推动城市的可持续发展。未来，我们应对该类住宅的地域适宜性投入更多关注，以满足人们对美好生活环境的需求，助力未来城市绿色健康发展。

参考文献：

[1] 住房和城乡建设部.住房和城乡建设部关于印发“十四五”建筑业发展规划的通知[EB/OL].(2022-01-19)[2024-06-20].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/27/content_5670687.htm.

[2] 斯坦法诺·博埃里，胥一波.生态多样性米兰垂直森林双塔[J].时代建筑，2015(1)：126-133.

[3] 湖南研政网.湖南省住房和城乡建设厅专题调研组：加快湖南第四代住房建设：基于四川省城市森林花园建筑建设情况的调研与思考[EB/OL].(2020-07-08)[2024-06-20].http://www.hnzy.gov.cn/content/2020/07/08/11482704.html.

[4] 白银市政府办.关于试点建设城市森林花园建筑的实施意见(试行)解读[EB/OL].(2020-12-21)[2024-06-20].https://www.baiyin.gov.cn/zc/zcjd/szcjd9596/art/2022/art_c40a5c34f6cb40f5b34c3c478c89a336.html.

[5] 霍州市人民政府办公室.霍州市人民政府办公室印发《关于支持建设城市森林花园建筑试点项目的意见(试行)》的通知[EB/OL].(2023-02-23)[2024-06-20].http://www.huozhou.gov.cn/zfxxgk/zcwj/gfxwj/202305/t20230529_194561.html.

[6] 中国工程建设标准化协会.T/CECS 855-2021 城市森林花园住宅设计标准[S].北京：中国建筑工业出版社，2021.

[7] 黄骏，刘宇峰，林燕.新加坡大学校园建筑绿化空间设计策略研究[J].南方建筑，2020(2)：112-119.

[8] 新华网.住建部考察国内首个“第四代绿色生态住房”[EB/OL].(2019-01-28)[2024-06-20].https://www.sohu.com/a/291848278_124757.

[9] 周伟.建筑空间解析及传统民居的再生研究[D].西安：西安建筑科技大学，2005：8.

[10] Hillier B，Hanson J.The social logic of space[M].London：Cambridge university press，1989：26-32.

[11] 段进，杨滔，盛强，等.空间句法教程[M].北京：中国建筑工业出版社，2019：17-20.

[12] 闫楚倩，马航，刘大平.基于空间句法的哈尔滨近代居住文化解读[J].建筑学报，2020(S2)：152-157.

[13] 张卫，唐大刚.空间组构视角下城市近代住宅的特征演变研究：以长沙为例[J].现代城市研究，2019(1)：82-87，110.

[14] 吴屹豪，王红.地域主义视野下院落式住宅空间量化传承研究[J].南方建筑，2022(11)：31-40.

[15] 王金平，徐强，韩卫成.山西民居[M].北京：中国建筑工业出版社，2009：35-37.

[16] 董豫赣.天堂与乐园[M].北京：中国建筑工业出版社，2015：13-25.

[17] 王心培.北京高层住宅建筑立体绿化设计研究[D].北京：北京建筑大学，2023：13-15.

[18] 周燕珉，林菊英.“空间回路”在中小户型住宅中的应用[J].建筑学报，2007(11)：5-7.

（编辑：赵树庆）