

湖南省传统聚落景观基因组图谱的 空间形态与结构特征

胡 最^{1,2,3}, 郑文武^{1,3}, 刘沛林¹, 刘晓燕³

(1. 湖南省古村古镇文化遗产数字化传承协同创新中心, 衡阳 421002; 2. 虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 410002; 3. 传统聚落数字化保护技术湖南省工程实验室, 衡阳 421002)

摘要: 传统聚落保有显著的价值, 深入开展相关研究有利于促进经济社会的可持续发展和新型城镇化战略的实施。结合传统聚落景观基因组图谱, 本文探讨了湖南省传统聚落景观的空间形态与结构特征。首先, 根据传统聚落景观基因组的排列特征将湖南省传统聚落的空间形态归结为向心圆环式、扇形扩张式、多向扩张式、条带式、离散式和组团式等5种基本类型, 并进一步归纳了各种形态类型的特征。其次, 运用空间句法理论, 通过构建传统聚落景观基因组的轴线模型, 系统地剖析了湖南省传统聚落景观的空间结构特征, 发现湖南省传统聚落的空间结构具有对称和平行等鲜明的几何特征, 存在着“界域”和“街—巷—码头”等典型结构, 还具有典型的风水意象特征。因此, 结合传统聚落景观基因组图谱从地理学的视角揭示传统聚落的地理特征, 有利于完善传统聚落景观基因理论, 深化对传统聚落的认识, 促进相关保护工作。

关键词: 基因组图谱; 传统聚落; 形态; 结构; 湖南省

DOI: 10.11821/dlxb201802008

1 引言

传统聚落^[1]保有突出的历史、文化、艺术、科学和社会等价值, 是重要的文化遗产。近年来, 人们对传统聚落的保护法规与方法、生态环境特色、建筑技艺与旅游价值等取得了重要的进展^[2-10]。当前, 人们结合信息技术探索了传统聚落的古建筑修复、虚拟仿真、地图服务等重要问题^[11-15], 迎来了传统聚落文化遗产的数字化浪潮^[16]。但是, 传统聚落空间形态与结构的地理学特征的定量解析还未得到充分的重视, 现有的相关研究仍然处在初步探索阶段^[17-23], 缺乏系统的理论和方法支持, 例如: 人们还不能从区域尺度有效地概括传统聚落群系的空间形态特征等。然而, 从地理学的科学视角解读传统聚落的空间形态与结构特征有助于人们系统地认识传统聚落蕴含的古代人地关系哲理和古人适应自然环境的经验等深层次的地学知识, 为新型城镇化^[24]等时代命题提供科学参考, 为科学应对日益加剧的气候变化、资源短缺、人地关系退化等重大问题提供有益的借鉴。

收稿日期: 2016-12-30; 修订日期: 2017-11-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771188, 41471118); 湖南省自然科学基金项目(2015JJ6014); 湖南省社科基金项目(15YBA052); 湖南省教育厅科研项目(12C0534, 16A030) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41771188, No.41471118; Natural Science Foundation of Hunan Province, No.2015JJ6014; Social Science Foundation of Hunan Province, No.15YBA052; Education Bureau Research Project of Hunan Province, No.12C0534, No.16A030]

作者简介: 胡最(1977-), 男, 湖南宁乡人, 博士, 副教授, 中国地理学会会员(S110010337M), 主要从事 DTA 和 GIS 研究。E-mail: fuyanghuzui@163.com

通讯作者: 郑文武(1978-), 男, 湖南常德人, 副教授, 研究方向为传统聚落文化遗产数字化。E-mail: 13766108@qq.com

中国学者提出的传统聚落景观基因理论（简称景观基因理论）通过解读传统聚落中世代传承的文化因子的内涵构建了聚落景观意象的新分析方法^[25]，有助于人们深化对传统聚落的景观特征、文化区划、地域认同等重要特征的认识^[26-28]。在生物基因组图谱和人类文化演进轨迹模拟^[30]等的启发下，景观基因理论又进一步发展出了传统聚落景观基因组图谱的概念^[31]，这有助于人们理解景观基因与聚落意象之间的联系。然而，目前尚未在景观基因理论的支持下开展传统聚落景观空间形态与结构特征的相关探索。这不利于人们准确把握景观基因与聚落意象之间的关联，更不能深入地解释传统聚落景观基因的地理特征，也与现阶段迫切了解传统聚落特征及其深层次地学知识的社会需求严重脱节。

以湖南省为例，本文根据前期工作中构建的传统聚落景观基因组图谱探索传统聚落景观空间形态与结构特征的分析方法，为完善景观基因理论、解析传统聚落景观的空间特征、开展全国性的传统聚落资源普查和综合区划等积累经验。

2 研究资料

湖南省区位优势、文化底蕴深厚，自清朝单独置省^[32]并沿袭至今，形成了独特的湖湘文化，保有大量分布集中、风貌完好且类型齐全的古镇古村落^[33-34]。截至2014年底，湖南省共拥有“中国历史文化名镇（村）”、“中国传统村落”、“湖南省历史文化名镇（村）”等120个，主要集中分布在湘西和湘南山区。其中，国家级历史文化名镇（村）22个，省级历史文化名镇（村）53个。

近年来，人们对湖南省传统聚落的旅游可达性^[35]、生态智慧^[3]、管理方法^[36]、空间格局^[34]、文化景观特征^[26, 34]等开展了深入的研究，这对加强相关的保护工作具有积极意义。但是，前述研究主要以单个聚落为研究对象，尚未从全省尺度分析湖南省传统聚落景观的地学特征，这在客观上也使得人们不能从地域文化的视角归纳湖南省传统聚落景观的地学知识。根据聚落类型的完整性、研究资料的完备性和历史风貌的完好性等原则，本文选择了22个具有典型湖湘文化特色的传统聚落作为案例（图1），探讨湖南省传统聚落景观基因组的空间特征。

特别指出的是，本文的研究案例极具代表性，可以综合反映湖南省传统聚落景观空间形态与结构特征：① 涵盖了“历史文化名镇名村”、“传统村落”等各个类型的传统聚落；② 从地域上看，相对均匀地覆盖了湘西、湘北、湘东、湘中、湘南等地理单元；③ 较好地反映了湘江流域、以及资（水）沅（水）澧（水）这两个历史地域单元的特色；④ 可以综合反映不同少数民族的聚居文化特征以及宗族、宗教、商贸、

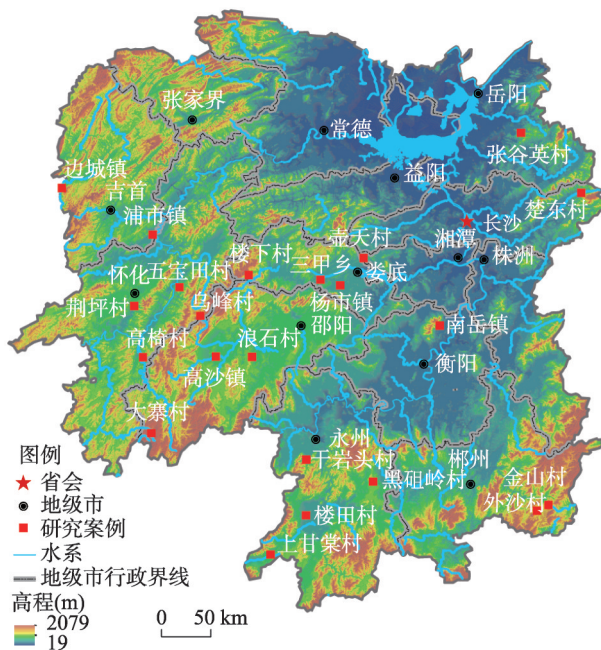


图1 研究案例示意图

Fig. 1 Map of the cases

军事等不同的汉族聚居特色;⑤综合考虑了处于盆地、山地、平原、河谷、山谷等不同地理环境中的聚落谱系特征;⑥兼顾了不同的聚落意象特征。

本文收集了《湖南历史地理研究》、《中国区域历史地理》、《湖南古镇书》、《湖南方志图汇编》等文献资料;同时,收集了1:50万的湖南省基础地理数据。此外,本文通过Google Earth平台采集了各案例优于10 m分辨率的影像数据^[37],通过数据生产部门收集了1:2000的街区数据。此外,作者从2013年7月至2015年7月对南岳镇、金山村、外沙村、张谷英村、楼下村和边城镇进行了实地考察,收集了前述案例1:1000的街区数据和部分保护规划资料。

本文首先在ArcGIS中统一研究数据的格式,结合景观基因识别方法^[38]构建了湖南省传统聚落景观基因数据库,再根据各个案例的景观特征构建了湖南省传统聚落景观基因组图谱^[31]。结合前述结果,本文通过XTools、Hawth's Analysis和Axwoman 6.0等软件工具分析湖南省传统聚落景观基因组的空间特征。

3 研究方法

根据湖南省传统聚落景观基因组图谱,本文从地理学视角探讨传统聚落的形态与结构特征,主要论及传统聚落景观基因组图谱、聚落形态和结构特征的分析方法。

3.1 传统聚落景观基因组图谱

景观基因特指传统聚落中那些经历了较长历史时期的传承但依然能保持其重要属性特征不发生根本性变化的文化因子^[25, 31, 34, 38],其方法论意义在于透过复杂的文化现象寻找一个传统聚落独有的、具有标识意义的文化基因,进而解析该聚落的景观意象,得到了越来越多的学者的认同^[39-42]。

与每个生物个体都具有独特的基因排列结构相类似,每个传统聚落的景观基因也都具有独特的空间排列和组织方式,即具有特定的空间组织方式、精确的空间位置、承担专门的功能。显然,人们可以借鉴生物基因组图谱来分析传统聚落景观基因的空间布局、功能和位置等特征。因此,笔者提出传统聚落景观基因组图谱的概念^[31]以研究景观基因的排列方式、布局规律、空间位置与功能特征(图2)。

传统聚落景观基因组图谱涵盖了单个传统聚落景观基因的空间序列特征(微观尺度),每个传统聚落景观基因组的整体布局模式(中观尺度),区域内传统聚落景观基因组的共性特征与格局(宏观尺度)。因此,传统聚落景观基因组图谱可以概括区域内每个传统聚落的景观基因的特征,也可以表达区域内每个传统聚落景观基因组的共性地学规律。

景观基因是传统聚落空间中携带了特定文化、社会、伦理意义的信息单元,具有空间位置、社会文化、伦理价值和地理环境等意义。其中,社会文化与伦理价值意义有助于人们理解传统聚落的整体意象;空间位置意义有助于人们归纳传统聚落景观基因的布局模式与排列特征,地理环境意义标识了传统聚落景观基因蕴含的深层次地学知识。因此,人们可以通过分析景观基因的空间位置构建序列图谱,通过将景观基因的文化特征与位置属性叠加以构建排列模式图谱,通过解析景观基因的地理环境意义构建区域性的空间格局图谱。这里,排列模式图谱是对基因序列图谱包含的共性规律和特征的概括;格局图谱是从区域的尺度上归纳各种基因排列模式蕴含的地学特征,从而构建区域的传统聚落景观的群系图谱,是更高层次上对景观基因的谱系特征进行概括的结果。

3.2 传统聚落景观基因组的空间形态与结构

一个传统聚落的景观基因组概括了该聚落中各个景观基因的空间位置、文化含义,

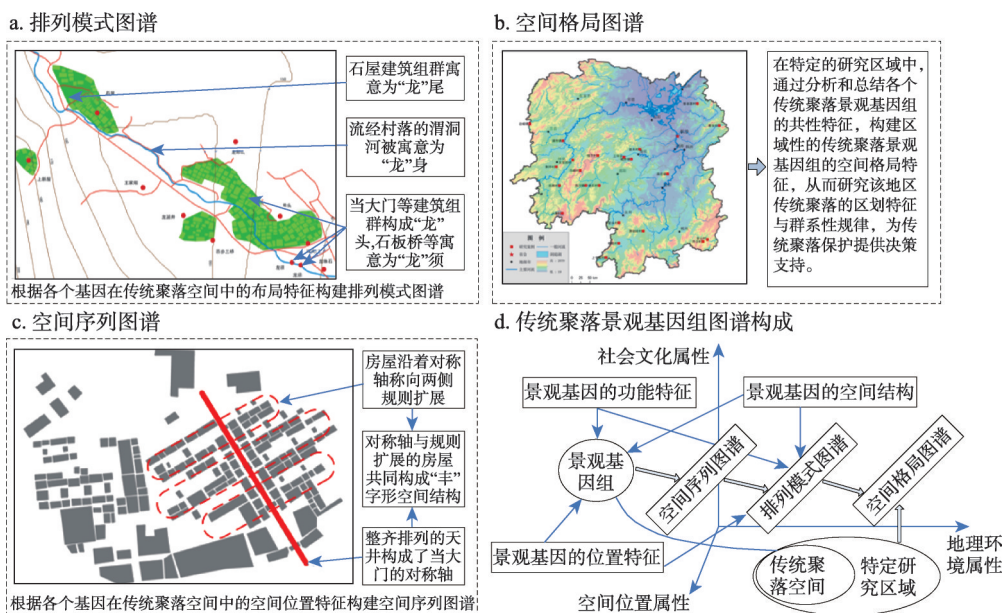


图2 传统聚落景观基因组图谱的概念

Fig. 2 A diagram of conception for the traditional landscape genome maps

以及相应的排列方式、空间结构、作用机制等重要属性特征^[31]。这说明对于一个传统聚落景观基因组而言,其整体布局特征反映了该聚落形态的外延特征,而其包含的稳定的空间结构则映射了该聚落形态的内在规律。因此,结合传统聚落景观基因组图谱,可以有效地从外在形态特征和内在空间结构两个方面提炼和概括传统聚落的空间特征。

聚落的空间结构反映了在聚落的形成和演化过程中,各种构成要素逐渐形成的一种较为稳定的空间组织格局。因此,空间结构也可以理解为聚落构成要素在聚落空间中的相互联系和作用机制等空间关系构成的集合。

聚落的空间形态是各种构成要素在聚落空间中的组织方式与排列机制的综合反映,包括物质形态和非物质形态。地理学主要从人地关系的视角研究聚落的物质形态^[43],考察聚落中的街巷、道路、节点、建筑物和边界等物质要素与人类行为活动特征之间的联系。从外延来看,要素的布局方式是聚落空间形态的重要表征;从内涵来看,要素的组织机制是聚落空间形态的显著特征。

聚落的形态和结构紧密联系。聚落形态是聚落特有的空间结构的深层次特征的外在表征;聚落结构则是聚落构成要素与自然环境相互综合作用的必然结果。

3.3 传统聚落景观基因组的形态特征分析

综合相关文献,较为常见的聚落形态特征分析方法主要有平面分析法、城市意象法、层次网络法、历史学方法、案例法和对比法等^[44]。前述方法主要从建筑学的视角分析建筑物的构筑空间或围合空间在聚落中的组织方式。实际上,人类在聚落空间中的日常行为活动规律与聚落要素的总体布局有着密切的联系。这种联系决不仅仅只能通过建筑物的空间来进行分析。从地理学的角度来看,人们在整体层次上分析和归纳各个聚落要素的空间关联特征可以有效地理解聚落的空间形态。对于传统聚落而言,这也意味着人们可以通过分析各个构成部分的内在空间关联来归纳其形态特征。值得注意的是,传统聚落景观基因组排列模式图谱较好地概括了景观基因在聚落空间中的排列模式与布局特征。

地图是地理空间的缩微模型,以图谱化的方法提取和表达地理对象之间的内在空间关联特征^[45],从而帮助人们认知客观地理世界。因此,地图学发展出了较为成熟的空间关系分析方法,这也有助于人们分析传统聚落景观基因组排列模式图谱包含的传统聚落外在空间形态特征。本文结合地图要素选取、合并、形态特征分析等方法构建了传统聚落景观基因组的空间形态特征分析流程(图3),主要包括输入研究资料、综合处理数据、特征综合、特征抽象、空间关系提取和空间形态特征判定等基本步骤。

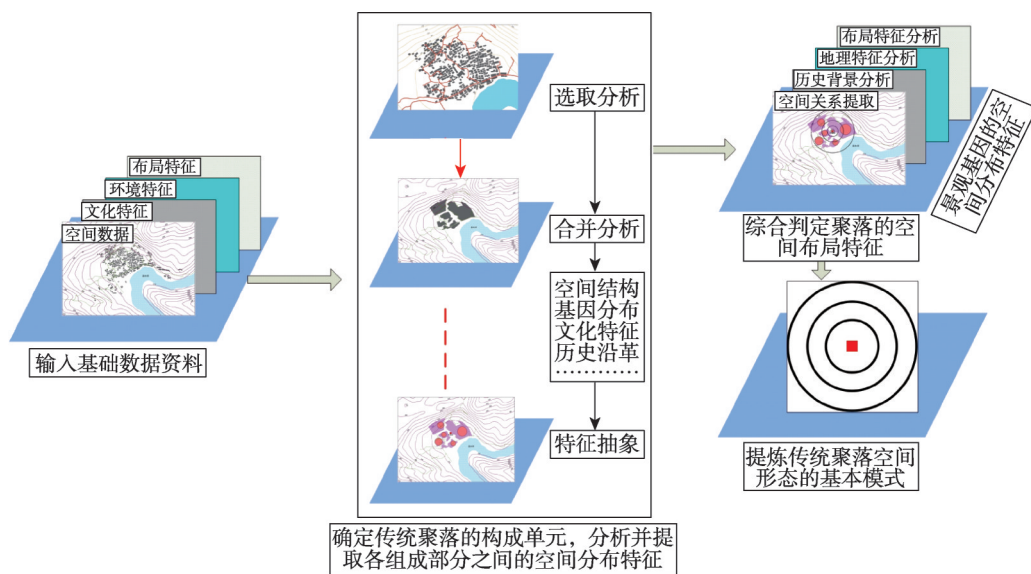


图3 传统聚落空间形态特征的分析过程

Fig. 3 An analysis flowchart on the spatial morphology for traditional settlements

根据图3总结的分析流程,本文分析了全部研究案例的空间形态特征(表1),相应的形态类型有向心圆环式、扇形扩张式、多向扩张式、条带式、离散式和组团式等6种类型。

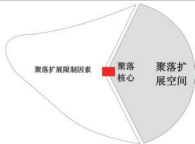
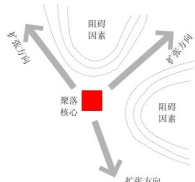




3.4 传统聚落景观基因组的结构特征分析

传统聚落构成要素在聚落空间中形成的稳定的空间结构反映了景观基因在聚落空间中的排列与组合规律。一定程度上,聚落中的这种空间组织关系可以通过数学方法定量分析,例如:空间结构极化函数^[21]、聚落空间的秩序指标体系^[22]等。然而,纯粹运用数学方法解析传统聚落的空间结构特征容易忽略那些具有特殊文化意蕴的特征。这是因为数学函数或数量指标仅能描述聚落要素在空间组织方式上的数学特征,难于发现那些需要通过特定观察视角或尺度才能发现的带有特定文化寓意的结构单元。例如:张谷英村当大门由天井、院落、厢房等共同构成的“丰”字形结构就难于直接通过数学函数或定量指标来描述(图2)。

由Bill Hillier提出的空间句法理论忽略聚落构成要素的空间形状,用抽象的轴线表示各个要素的相互连通特征,结合网络分析方法建立了聚落空间结构特征的定量描述方法。总体上空间句法理论较好地兼顾了聚落空间结构中的部分与整体的关系^[46],被誉为建筑的科学语言。近年来,中国学者尝试运用空间句法理论分析传统聚落的空间结构^[47]。

本文运用空间句法来分析传统聚落景观基因组的结构特征,需要注意的关键问题是分析尺度的确定和空间剖分方法的选取。空间句法理论中的尺度有聚落尺度和聚落构成要素尺度。聚落尺度主要从聚落整体层次上分析聚落的空间结构特征,而要素尺度

表1 湖南省传统聚落景观基因组的空间形态类型

Tab. 1 Spatial morphologic types of the traditional settlement landscape genomes of Hunan Province			
空间形态类型	示意图	主要特征	案例聚落
扇形扩张型		聚落受地形等条件的限制, 沿着聚集中心呈扇形扩展	楼田村、上甘棠村、金山村
多向扩张型		聚落受地形等条件的限制, 沿着多个方向扩展	浪石村
条带型		沿着河流或道路两侧呈带状扩展	楚东村、高沙镇、杨市镇、荆坪村、边城镇、浦市镇、壶天镇
离散型		聚落由于地形等限制, 呈完全分散的状态	楼下村、大寨村、三甲乡村、乌峰村
组团型		聚落由于地形等限制, 形成了一定的、分散的团块	张谷英村、干岩头村、黑祖岭村、五宝田村
向心封闭型		聚落沿着中心呈环状向外扩展	高椅村、外沙村、南岳镇

仅关注要素内部的结构特征。空间句法理论对于空间的剖分方法主要有凸多边形法、视区分割法和轴线模型法。凸多边形法与视区分割法主要研究中小尺度的聚落构成要素的空间特征，轴线模型则从聚落整体层次研究聚落空间的结构规律。本文根据传统聚落景观基因组的空间序列图谱构建聚落轴线模型，分析传统聚落的空间结构特征（图4）。

根据研究数据，在 ArcGIS 与 Axwman 中构建各个案例的轴线模型，然后进行句法分析，再结合各个案例的景观基因特征，本文归纳了湖南省传统聚落空间结构的基本特征（表2）。

4 结果分析

4.1 湖南省传统聚落的外在形态规律

根据表1，湖南省传统聚落景观基因组的空间形态类型主要有向心圆环式、扇形扩张式、多向扩张式、条带式、离散式和组团式。

4.1.1 各种形态的基本特征 （1）扇形扩张式

受某些自然环境因素或社会经济条件的限制，聚落的发展空间受到局限，只能朝向特定的、地形开阔的方向扩展，从而形成了类似“扇形”的空间形态特征。聚落通常以祠堂等标志性的公共建筑为整个聚落的核心。导致传统聚落形成扇形扩张模式的主要原因是在选址和规划时考虑到地形等因素的局限，例如：聚落选址时遵循“背山面水”、

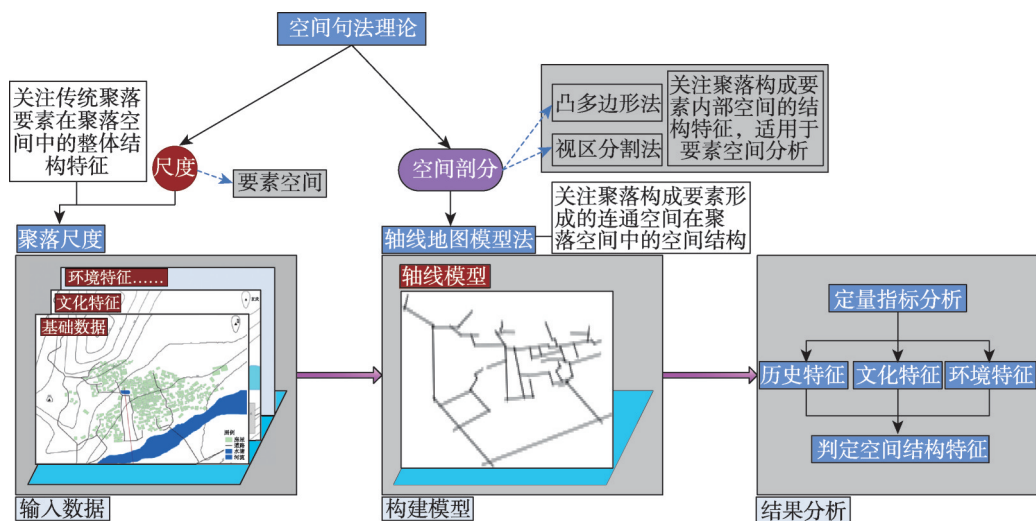


图4 空间句法分析传统聚落空间结构的基本步骤

Fig. 4 A flowchart of spatial syntax analysis for spatial structures of traditional settlements

“负阴抱阳”等传统风水思想。楼田村背靠道山，受古代风水说中“山峻为阴、平衍为阳”的影响，整个村落以廉溪祠为核心朝着较宽阔平坦的沼泽地扩展，呈现出典型的扇形扩张形态。

(2) 多向扩张式

受自然环境条件等因素的阻碍，聚落以最初的聚集核心为基础，沿着可以绕开这些阻碍因素的方向继续扩展，最终在聚落空间中形成了多个扩张方向的空间形态。在形成和发展初期，在自然条件较好的位置形成了包括宗祠、堡寨、官衙等在内的聚落发展核心，继而在此基础上发展成为规模较大的聚落。

浪石村地处丘陵之间的狭窄平地上。建村之初，浪石村最先兴建了延寿亭和上房头，后来再兴建了二房头；随着村落规模的增加，为了避开土方工程较大的山地，在距离上房头较远的位置和方向择址兴建了规模较大的大院子。至此，浪石村已经奠定了其基本格局。其后，浪石村在陆续的营建过程中逐渐沿着上房头、二房头和大院子三个方向继续扩展，呈现出多向扩张的空间形态特征。

(3) 条带形

聚落沿着通航河流的河岸或者官道、驿道等重要的交通干线扩展，最终会形成带状空间形态。如果聚落位于河谷或者山谷的底部，则会形成比较狭长的带状。高沙镇位于蓼水河岸，得益于便捷的航运交通，商贸业得以迅速发展，这也使得主要建筑都沿着蓼水河岸分布，最终形成了带状的空间形态。

(4) 离散式

由于聚落所处的自然地理环境条件的限制，聚落没有形成具有一定规模的建筑物群组或团块等结构，各个建筑物分散地分布在聚落空间中。这是因为：地形起伏或者地势高差等使得聚落的扩展空间非常有限，这进一步导致聚落面临着“人多地少”等比较突出的人地关系矛盾。因而，为了节约土地资源，人们减少建造占地较多的建筑物群组。

乌峰村地处狭长的山谷，耕地缺乏。因此，建筑物尽可能选择建造在不占用耕地且坡度较小、地形相对平缓、滑坡等灾害致灾机率相对较小的位置。最终，这使得整个乌峰村呈现为离散状的格局。

(5) 组团式

尽管聚落在发展过程中也面临着自然环境条件的限制,但聚落拥有一定规模的、相对宽阔且平坦的地形,形成了多个具有一定规模的建筑组群或聚集特征鲜明的团块。组团式聚落的团块结构并不一定紧密地连结起来,而是可能分散在不同的位置。形成多个组团的原因有很多,有的是自然条件本身导致的,有的则是根据中国传统风水理论等刻意规划而成的。

张谷英村由当大门、下新屋和石屋、上新屋等分散的团块或建筑组群构成。张谷英村的组团式结构与当地的自然环境和建村之初的风水学规划有着密切的联系。整体上,村落规划成“龙”形格局。张谷英地处渭洞盆地的空旷平地上,渭洞河穿村而过,村落在紧挨龙形山山脚的位置建筑了当大门组团作为“龙首”,以村口处的天然珠状岩石为“龙珠”,在河上架设了两座石桥作为“龙须”,以石屋为“龙尾”,当大门至石屋之间的河段为“龙身”。因此,俯瞰张谷英村,整个村落宛如一条正在腾飞的“龙”。

(6) 向心环带式

聚落在发展过程中围绕着一个特定的聚集中心逐步地向外扩展,各种功能区都围绕着聚落中心有序地分布,最终形成一种近似同心圆的圆环状的格局。向心环带式需要具备3个条件:①在聚落发展初期形成了具有聚集功能的核心;②拥有自然或人为的边界,以及平坦的地形作为聚落的扩展空间;③聚落拥有便捷的交通、充足的水源等有利条件,有利于具有一定规模的人口聚集。

高椅村地处一个三面环山且紧邻巫水的敞口型盆地。山和河流共同构成了一个封闭的地理空间,成为高椅村的边界。该村在建造初期就规划为“梅花”的形状,与村落中心的五通神庙构成了“五通—梅花阵”的格局,即村落的中心为五通神庙,围绕着神庙分布着5个自然村。5个自然村被寓意5朵“梅花”,是整个村落的基本构成单元,围绕着五通神庙有序地分布在村落空间中。实际上,各个组成单元围绕着同一个中心、按

表2 湖南省传统聚落空间结构的基本特征

Tab. 2 Dominant features of spatial structures of traditional settlements of Hunan Province

空间结构类型	特征	典型案例	示意图
对称结构 (几何特征)	严格对称	南岳古镇	
	相对对称	金山村	
	部分对称	张谷英村	
	整体对称	大寨村	
平行结构 (几何特征)	平行轴线	高沙镇	
界域结构 (结构特征)	聚落边界	荆坪村	
街—巷—码头 (结构特征)	轴线和节点	边城镇	
风水意象结构 (意象特征)	组成了特定的空间结构	干岩头村	

照一定的距离而有序分布,即不同的组成单元规则地分布在距离村落中心一定空间距离的地域上,具有鲜明的向聚落中心靠拢的空间指向特征,形成了同心环带状的格局。

4.1.2 各种形态的数学意义 传统聚落的空间形态是聚落构成要素在地理空间环境中相互综合作用的结果,这可以通过数理方法进行解释。根据前述湖南省传统聚落景观基因组的几种空间形态类型的基本特征,这里结合数学函数进行分析(表3)。

为了便于分析和描述,令 x 和 y 表示聚落构成要素;其中, $x, y \in R$, R 为实数集合。

(1) 扇形扩张

令矢量 \bar{r} 表示聚落要素在传统聚落空间中扩展方向上的最大半径,则 $0 \leq x \leq \bar{r}$ 、 $0 \leq y \leq \bar{r}$ 。因此,对于扇形扩张型聚落来说,其景观基因组的排列模式就可以通过函数 $f(x, y) = x^2 + y^2$ 进行描述。例如:楼田村背靠道山,村落朝开阔平坦的地域扩展,从而形成了扇形的空间形态,这又符合“负阴抱阳”的风水理念。

(2) 多向扩张

令 X 和 Y 表示传统聚落空间中聚落要素扩展的相关因子, $g(X, Y)$ 为聚落要素的扩展过程函数; g 为因子 X 和 Y 的值域上的映射函数, $g(X, Y) \rightarrow (x, y) \in R$ 。因此,具有多向扩张特征的聚落,其景观基因组的排列特征就可以定义为函数 $f(x, y) = \sum_{i=1}^n [g(X, Y)]$,式中, i 表示聚落的扩展方向, $i \in N$ 。例如:地形导致浪石村在不同的方向上扩展,因而形成了多向扩张的形态。

(3) 条带型

令 A 、 B 表示与聚落要素发展相关的系数, X 和 Y 分别表示传统聚落空间中与聚落要素扩展相关的因子。那么,带状聚落的景观基因组的排列规律就可以表达为线性函数 $f(x, y) = A \times X \times B \times Y$ 。值得注意的是,现实中,条带状聚落中的很多要素的空间排列方式并不一定呈现为严格的直线形排列,更多地呈现为近似的线状排列,但这依然符合线性函数的特征。例如:蓼水在古代是湘中和湘西南地区进行商贸活动的交通要道,这使得街道沿着河岸延伸,故高沙镇形成了狭长的带状形态。

(4) 离散型

令 A 表示影响聚落要素分布的空间相关因子, $A = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$, $a_i = N$ 。因此,对于由于地形、用水、灾害等因素导致无法聚集的离散型聚落来说,其景观基因组的分布特征就可以定义为多项式函数 $f(x, y) = A \sum_{i=0}^n x^i y^{n-i}$ 。例如:乌峰村分布在狭长的山谷中,形成了完全分散状的形态。

(5) 组团型

令 k 为表征聚落中聚集组团分布特征的系数, X 表示传统聚落空间中与组团发展相关的因素,即 X 具有不同的取值区间。那么,组团型聚落的景观基因组的排列特征可以描述为函数 $f(x, y) = k \sum_{i=0}^n g(X)$ 。式中, i 表示组团的个数,函数 $g(X)$ 表示不同组团的空

间分布相关函数。例如:张谷英村在发展过程中,随着人口的增加,原有的当大门建筑组群已不能满足居住的需要,人们便在较远处营建了石屋、上新屋等新的建筑组群,从而形成了分散的组团型的形态。

(6) 向心封闭型

令矢量 \bar{R} 为聚落中心到边界的最大空间半径, \bar{r}_i ($i=1, 2, \dots, n$)表示离聚落中心一定间距的矢量半径;其中, $\bar{r}_n \leq \bar{R}$ 。若 $x \in [\bar{r}_i]$, $y \in [\bar{r}_i]$,则向心封闭型聚落的景观基因组的

表3 湖南省传统聚落景观基因组空间形态的主要特征

形态类型	特征函数	函数图示	典型聚落示意图
扇形扩张型	$f(x,y)=\begin{cases} x^2+y^2 \\ 0\leq x\leq \bar{r} \\ 0\leq y\leq \bar{r} \end{cases}$ <p>\bar{r} 表示聚落的扩张向量。</p>		<p>楼田村</p>
多向扩张型	$f(x,y)=\sum_{i=1}^n[g(X,Y)]$ <p>i 表示扩展的方向; $g(X,Y)$ 表示扩展函数。</p>		<p>浪石村</p>
条带型	$f(x,y)=A\times X+B\times Y$ <p>A 和 B 为系数; X 和 Y 分别为聚落空间中要素的关系向量。</p>		<p>高沙镇</p>
离散型	$f(x,y)=A\sum_{i=0}^n x^i \times y^{n-i}$ <p>A 为聚落空间中各离散分布要素的系数, 其中, $A=\{a_0, a_1, \dots, a_n\}$。</p>		<p>乌峰村</p>
组团型	$f(x,y)=k\sum_{i=0}^n g(X)$ <p>k 为表征聚落中各个组团空间分布特征的系数; $g(X)$ 表示不同组团的空间分布相关函数。</p>		<p>张谷英村</p>
向心封闭型	$f(x,y)=x^2+y^2$ <p>矢量 \bar{R} 为聚落中心到边界的最大空间半径; $x\in[\bar{r}_1], y\in[\bar{r}_1]$ 且 $\bar{r}_n\leq\bar{R}$。</p>		<p>高椅村</p>

空间布局特征可以定义为圆环函数 $f(x,y)=x^2+y^2$ 。例如：在封闭的地理空间中，高椅村的5个自然村围绕着五通庙形成了近似同心圆状的分布格局，从而形成了向心封闭的形态。

上述分析表明，传统聚落景观基因组空间排列的数学函数可以描述整个聚落的空间形态特征。显然，在实践中可以通过数理方法描述区域性传统聚落景观基因组图谱中蕴含的谱系性规律，真正实现图谱特征的科学解读。不过，不容忽视的是，本文归纳的前述空间形态特征函数仅具有理论存在意义，实际的数学定义和求解方法期待通过大量的传统聚落实地调查进行深入的探索。

4.2 湖南省传统聚落的空间结构规律

句法分析结果表明,从几何特征来看,湖南省传统聚落的空间结构具有对称和平行的特点;从组成结构来看,湖南省传统聚落的空间结构具有界域、“街—巷—码头”的类型;从空间意象特征来看,湖南省传统聚落的空间结构包含了鲜明的风水特色。

(1) 对称空间结构

对称是自然界或者人类社会中广泛存在的一种现象,它展示了一种几何结构上的美,代表了客观事物的一种存在和发展状态。例如:中国的城市和集镇在空间分布上存在着多种形式的对称特征^[48]。根据各个案例的空间轴线地图,湖南省很多传统聚落形成了具有对称特征的空间结构,具体表现为严格对称和相对对称、部分对称和整体对称。

严格对称体现在整个聚落或者聚落中的重要建筑组群拥有一条非常鲜明的对称轴,从而使得聚落在沿着该对称轴线的方向上形成了严格对称的空间结构。例如:南岳古镇的南岳大庙建筑组群、外沙村、张谷英村的当大门建筑组群等是典型的严格对称型空间结构。

相对对称指整个聚落中的建筑物围绕着特定的对称轴线形成了一种近似对称的空间结构。与严格对称相比,相对对称型的聚落可以存在一条甚至多条对称轴,也可以沿着多个方向形成对称分布的空间结构。例如:金山村在发展过程中形成了叶、李、卢三姓共存的格局,三个姓氏都修建了各自的宗祠,各姓民居围绕着各自的宗祠大体呈对称分布;这使得整个村落具有多个对称轴线。

部分对称指聚落中的部分建筑物组群具有鲜明的对称特征;但是,整个传统聚落没有形成鲜明的对称的空间结构。例如:张谷英村的当大门组团具有严格的中轴对称特征,而且形成了独具特色的“丰”字型空间结构,但整个村落整体上不具有对称性。

然而,尽管有些聚落中的各个建筑物组群或基本组成单元可能都不存在对称现象,但这些建筑物组群或基本单元在整个聚落空间上却呈现一种对称现象,即具有整体上的对称性,例如大寨村。特别地,部分对称型和整体对称型的传统聚落的共同特征是聚落在整体上没有特定的对称轴线。

(2) 平行状空间结构

平行状空间结构指聚落中的某些主要街道或者道路呈现出近似平行的特征。相应地,聚落的主要空间轴线也具有近似平行的特点。例如:高沙镇形成了两条呈西南—东北走向的平行轴线。这与高沙镇所处的自然环境条件相适应:首先,这两条轴线的走向与蓼水的流向一致;其次,在这两条空间轴线的影下,高沙镇形成了沿蓼水河岸分布的带状空间形态。

(3) 界域型空间结构

界域型空间结构的主要特征是聚落形成了包围其自身的道路或者街巷系统,这使得聚落与其周边的环境空间得以相互区分开来。特别地,很多聚落在发展过程中形成了分隔聚落与周边环境空间的道路网络。因此将这种道路网络抽象为空间轴线地图同样可以区分聚落与其周边环境。通过分析各个案例的轴线地图得知,有些聚落的空间轴线在整体上形成了一个较好的封闭网络,即相当于起到了聚落边界的作用,可以作为划分聚落界域空间的依据。例如:荆坪村、金山村、楼田村、上甘棠村等都形成了呈封闭状的空间结构。

(4) “街—巷—码头”空间结构

在古代,内河航运是非常便捷且廉价的运输方式。因此,在拥有良好的水运通航条件的地方往往可以形成规模较大的聚落。特别地,分布在通航河道附近的聚落沿着河岸的走向会形成具有特色的“街道—巷弄—码头”的空间结构:街道一般为与河岸平行的

走向,巷弄一般垂直于街道的走向,部分通向沿河分布的码头。例如:靖港古镇在沿着浏江故道注入湘江地段形成了“八街四巷七码头”的街巷结构。对于靠近通航河道的聚落来说,便捷的水运交通使得聚落的商贸业繁荣。这同样也影响到聚落结构,即除了聚落发展初期靠近河岸而形成的稍规则的街巷空间结构之外,聚落在发展过程中远离河岸扩展的街巷则会因地形条件等变得不甚规则。如:边城镇的空间轴线显示了前述特征,在靠近西水河岸一侧形成了典型的“街—巷—码头”格局。

(5) 风水意象结构

中国传统的风水理论对传统聚落的空间结构产生了重要的影响。很多聚落在选址和营造过程中都遵循了特定的风水理念,进而影响到聚落的空间结构,从而形成了特定的意象。相应地,这种意象特征也可以通过其空间轴线地图进行印证。例如:张谷英村在营造过程中形成了“龙”形格局,因而整个村落的空间轴线也沿着渭洞河分布;金山村形成了以各个姓氏祠堂为结点的“五位四灵”格局,因而村落中的道路连通各个姓氏团块,最终形成了封闭状的轴线网络;高椅村形成了以村落中央的五通神庙为核心的“五通—梅花阵”的格局,其空间轴线地图也以通过五通庙的道路为核心;干岩头村形成了以周家大院为核心的“北斗七星”格局,形成了斗柄状的空间轴线分布格局。

显然,湖南省传统聚落的空间轴线具有丰富的空间结构特征。其中,对称结构较好地体现了地理学的对称^[48];界域结构则说明了聚落的空间轴线在一定程度上具有分隔聚落本身与其周边环境的作用;“街—巷—码头”型结构上反映了古代的航运交通对聚落发展具有重要的影响;平行结构则在一定程度上综合反映了空间结构是聚落适应自然环境的结果;风水意象结构说明了古人因地制宜地规划和设计聚落而刻意营造具有特定文化寓意的空间结构。

根据湖南省传统聚落空间轴线的特征,用A1表示严格对称、A2表示相对对称、A3表示部分对称、A4表示整体对称,B表示界域结构,S表示“街—巷—码头”结构,P表示平行结构,I表示意象结构,整理了全部案例的空间轴线匹配模式图(图5),结果表明:一个传统聚落既可以保有特色鲜明的单一空间结构特征,也可以同时保有多个空间特征。特别地,图5也表明对称和特定风水意象是湖南省传统聚落的空间结构特征中最为显著的两个特色。这说明湖南省传统聚落在地理空间中较好地保存了中国传统建筑文化中“讲究对称、注重与自然环境协调”的特色。

5 结论

本文通过构建湖南省传统聚落景观基因组图谱,着重从景观基因的完整性视角考察传统聚落的外部形态特征与内部空间结构。首先,结合地图分析方法,构建了传统聚落景观基因组的形态分析流程,通过分析传统聚落构成要素的空间关系特征,发现湖南省传统聚落的外在形态类型有向心封闭式、多向扩张式、扇形扩张式、离散式、组团式、条带式,进一步总结并提炼了前述形态类型的数学特征。其次,本文结合空间句法理论,系统地总结了湖南省传统聚落的内在空间结构特征,发现对称、平行、界域、“街—巷—码头”、风水意象是湖南省传统聚落典型的空间结构特征。

通过本文的研究工作,可以明确:①传统聚落景观基因组图谱可以进一步结合地图综合、空间句法等方法,充分地挖掘传统聚落蕴含的聚落形态特征;这对深入完善传统聚落景观基因理论体系具有实际的意义;②结合地学信息图谱、生物基因组图谱的相关理论和方法,可以进一步提炼和总结传统聚落景观的空间形态与结构的数学特征,这对

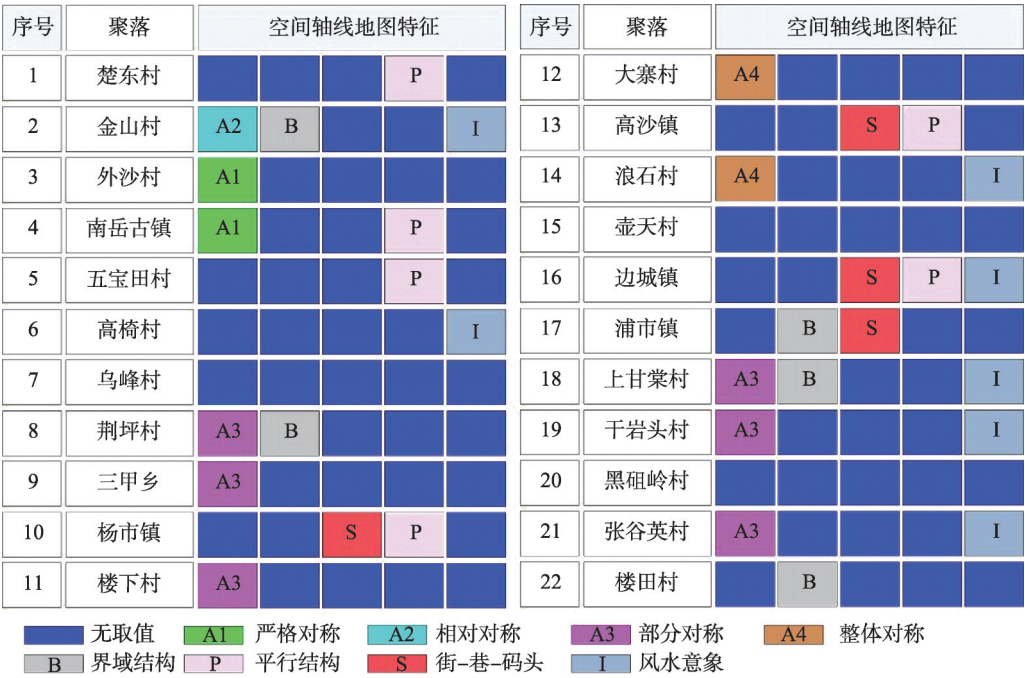


图5 研究案例空间轴线的特征类型匹配
Fig. 5 Feature-class matching mode of spatial axis for cases

今后充分地挖掘传统聚落的科学价值、促进传统聚落的保护和合理利用具有积极的作用。总体上，本文探索了传统聚落空间形态特征的地理学分析方法，这有助于人们从建筑学以外的视角探寻传统聚落的地学特征，丰富对传统聚落价值特征的科学认识。

参考文献(References)

[1] Liu Peilin. Traditional Settlement Cultural Landscape Gene: A Precise Interpretation for Traditional Settlement Landscape Gene's Maps. Beijing: The Commercial Press, 2014: 1-298. [刘沛林. 家园的景观与基因: 传统聚落景观基因图谱的深层解读. 北京: 商务印书馆, 2014: 1-298.]

[2] Tao Wei, Cheng Mingyang, Fu Wenying. Reconstruction of Guangzhou urban village's traditional lineage culture in the context of rapid urbanization: From spatial form of ancestral hall to behavioral patterns of villagers. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(12): 1987-2000. [陶伟, 程明洋, 符文颖. 城市化进程中广州城中村传统宗族文化的重构. 地理学报, 2015, 70(12): 1987-2000.]

[3] Yan Jun, Huang Yinzhe, Ren Xiaoting. The conservation methods for human habiting environments of traditional settlements. Sichuan Building Science, 2009, 35(5): 223-227. [严钧, 黄颖哲, 任晓婷. 传统聚落人居环境保护对策研究. 四川建筑科学研究, 2009, 35(5): 223-227.]

[4] Central Government of China. Pact of Historic and Cultural Cities, Towns and Villages. China Place Name, 2008(5): 54-57. [中华人民共和国国务院令. 历史文化名城名镇名村保护条例. 中国地名, 2008(5): 54-57.]

[5] Zhao Yong, Tang Weirong, Long Limin, et al. A retrospect and perspective for the conservation of historic and cultural cities, towns and villages of China. Architecture Journal, 2012(6): 12-17. [赵勇, 唐渭荣, 龙丽民, 等. 我国历史文化名城名镇名村保护的回顾和展望. 建筑学报, 2012(6): 12-17.]

[6] Hu Mingxing, Dong Wei. Management information systems of vernacular village protection based on GIS. Engineering Journal of Wuhan University, 2003, 36(3): 53-56. [胡明星, 董卫. 基于GIS的古村落保护管理信息系统. 武汉大学学报(工学版), 2003, 36(3): 53-56.]

[7] He Chuan. Study of constructing experiences of traditional ecological settlement units in south of Hunan. Building Science, 2008, 24(12): 12-16, 35. [何川. 湘南传统聚落生态单元的构建经验探索. 建筑科学, 2008, 24(12): 12-16, 35.]

[8] Liu Peilin. "Landscape Information Chain" theory and its utilization in planning of cultural tour destinations. Economic

- Geography, 2008, 28(6): 1035-1039. [刘沛林. “景观信息链”理论及其在文化旅游地规划中的运用. 经济地理, 2008, 28(6): 1035-1039.]
- [9] Zhang Jian. Analysis on low-carbon thought in localization design of traditional settlement architecture: Taking Dongzhe island village as example. *Decoration*, 2015, 263(3): 132-133. [张剑. 从东楮岛村看传统聚落建筑本土化设计的低碳思维. 装饰, 2015, 263(3): 132-133.]
- [10] Guo Wu, Guan Jinghua. New model method for ancient Chinese architecture with L system. *Application Research of Computers*, 2012, 29(2): 789-792. [郭武, 关菁华. 中国古建筑的L系统建模新方法. 计算机应用研究, 2012, 29(2): 789-792.]
- [11] Strothotte T, Masuch M, Isenberg T. Visualizing knowledge about virtual reconstructions of ancient architecture// *Computer Graphics International*, 1999. Proceedings of IEEE, 1999: 36-43.
- [12] Mosaker L. Visualising historical knowledge using virtual reality technology. *Digital Creativity*, 2001, 12(1): 15-25.
- [13] Bruno F, Bruno S, De Sensi G, et al. From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage*, 2010, 11(1): 42-49.
- [14] Thomas R M. Mapping the towns: English heritage's urban survey and characterisation programme. *Landscapes*, 2006, 7(1): 68-92.
- [15] Jean-Baptiste Michel, Yuan Kui Shen, Aviva Presser Aiden, et al. Quantitative analysis of culture using millions of digitized books. *Science*, 2011, 331(1): 176-182.
- [16] Lin Hui, Hu Mingyuan, Chen Fulong. Review on multi-source detection technology and environment reconstruction of cultural heritage. *Journal of Geo-information Science*, 2014, 16(5): 673-680. [林珏, 胡明远, 陈富龙. 文化遗产多源探测技术与环境重建展望. 地球信息科学学报, 2014, 16(5): 673-680.]
- [17] Zhang Zhiqing, Jia Dunxin, Deng Shihu, et al. Quantitative research of urban spatial morphology: A case study of the main urban zone of Chongqing. *Journal of Geo-information Science*. 2013, 15(2): 297-306. [张治清, 贾敦新, 邓仕虎, 等. 城市空间形态与特征的定量分析: 以重庆市主城区为例. 地球信息科学学报, 2013, 15(2): 297-306.]
- [18] Hou Bozhan, Chen Shuijiang, Hou Jiannan, et al. Remote sensing study of urban spatial expansion in Kashgar City based on multisource and multi temporal datasets in the last 70 years. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2016, 38(3): 836-844. [侯博展, 陈蜀江, 侯建楠, 等. 基于多源多时相数据集的喀什市近70a城区空间扩展遥感研究. 冰川冻土, 2016, 38(3): 836-844.]
- [19] Cai Bofeng, Zhang Zengxiang, Liu Bin, et al. Spatial-temporal changes of Tianjin urban spatial morphology from 1978-2004. *Journal of Geographical Science*, 2007, 17(4): 500-510.
- [20] Chirs Dalglish, Piers Dixon, Dere Hall, et al. A research framework for historic rural settlement studies in Scotland. <http://www.molrs.org.uk/downloads/HRSG%20research%20framework%20071108.pdf>.
- [21] Wang Di. *Space Conception of Structural Pattern in Traditional Settlements*. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009. [王昀. 传统聚落结构中的空间概念. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.]
- [22] Pu Xincheng, Wang Zhu, Gao Lin, et al. Study on the ordinal value of directionality of the house plane figure in rural settlement. *Architecture Journal*, 2013(5): 111-115. [浦欣城, 王竹, 高林, 等. 乡村聚落平面形态的方向性序量研究. 建筑学报, 2013(5): 111-115.]
- [23] Jiang Yingcheng. Research on space form of traditional settlement of Sanzhou village-based on fractal theory. *Fujian Architecture & Construction*. 2011, 155(5): 132-134. [蒋音成. 三洲村传统聚落的空间形态研究: 基于分形理论. 福建建筑. 2011, 155(5): 132-134.]
- [24] Lu Dadao, Chen Mingxing. Some viewpoints on the background of compiling "National New Urbanization Planning (2014-2020)". *Acta Geographic Sinica*, 2015, 70(2): 179-185. [陆大道, 陈明星. 关于“国家新型城镇化规划(2014-2020)”编制大背景的几点认识. 地理学报, 2015, 70(2): 179-185.]
- [25] Hu Zui, Liu Chunla, Deng Yunyuan, et al. Research progress on traditional settlements landscape's gene. *Progress in Geography*, 2012, 31(12): 1620-1627. [胡最, 刘春腊, 邓运员, 等. 传统聚落景观基因及其研究进展. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1620-1627.]
- [26] Li Bohua, Yin Sha, Liu Peilin, et al. Spatial distribution of traditional villages and the influencing factors in Hunan Province. *Economic Geography*, 2015, 35(2): 189-195. [李伯华, 尹莎, 刘沛林, 等. 湖南省传统村落空间分布特征及影响因素分析. 经济地理, 2015, 35(2): 189-195.]
- [27] Hu Zui, Liu Peilin, Deng Yunyuan, et al. Culture-gene identification of intangible cultural heritage for Rucheng county of China: A case study of fiery dragon. *Human Geography*, 2015, 30(1): 64-69. [胡最, 刘沛林, 邓运员, 等. 汝城非物质文化遗产的景观基因识别: 以香火龙为例. 人文地理, 2015, 30(1): 64-69.]

- [28] Shen Defu, Zhang Guangying, Xie Xinxing, et al. The characterization of spatial distribution pattern of traditional settlements of Fujian Province. *Journal of Mudanjiang University*, 2015, 24(8): 159-162. [沈德福, 张光英, 谢新暎, 等. 基于特征文化的福建传统聚落空间分布特征研究. *牡丹江大学学报*, 2015, 24(8): 159-162.]
- [29] Yang Liguang, Liu Peilin, Lin Lin. The effect of traditional village landscape genes in construction place identity: Taking the Dong Minority village as an example. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(5): 593-598. [杨立国, 刘沛林, 林琳. 传统村落景观基因在地方认同建构中的作用效应: 以侗族村寨为例. *地理科学*, 2015, 35(5): 593-598.]
- [30] Jean-Baptiste Michel, Yuan Kui Shen, Aviva Presser Aiden, et al. Quantitative analysis of culture using millions of digitized books. *Science*, 2011, 331(1): 176-182.
- [31] Hu Zui, Liu Peilin. The conceptual model and characterizations of landscape genome maps of traditional settlements in China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(10): 1592-1605. [胡最, 刘沛林. 中国传统聚落景观基因组图谱特征. *地理学报*, 2015, 70(10): 1592-1605.]
- [32] Wu Zhengdong, Yao Weijun. The change of human and social customs during the Ming and Qing dynasties. *Exploration*, 2011(12): 257-259. [吴正东, 姚伟钧. 明清时期湖南地区社会风俗的变迁. *求索*, 2011(12): 257-259.]
- [33] Liu Tianzhao, Yang Zaitian. Primary exploration about origin and traditional settlement landscape of hakka in Hunan Province. *Areal Research and Development*, 2011, 30(1): 148-150, 160. [刘天翌, 杨载田. 湖南客家人由来及其传统聚落景观初探. *地域研究与开发*, 2011, 30(1): 148-150, 160.]
- [34] Hu Zui, Liu Peilin. Spatial pattern of landscape genes in traditional settlements of Hunan Province. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(2): 219-231. [胡最, 刘沛林. 湖南省传统聚落景观基因空间特征. *地理学报*, 2013, 68(2): 219-231.]
- [35] Xiao Panpan, Liu Xiaoyan, Liu Yuan, et al. Study on tourism transportation accessibility of traditional settlements in Hunan Province. *Journal of Hengyang Normal University*, 2015, 36(3): 171-176. [肖盼盼, 刘晓燕, 刘媛, 等. 湖南省传统聚落旅游交通可达性研究. *衡阳师范学院学报*, 2015, 36(3): 171-176.]
- [36] Deng Yunyuan, Dai Zhenyong, Liu Peilin. A pilot study of the GIS-based management information system for the preservation of the traditional settlements landscape in the south of China. *Science of Surveying and Mapping*, 2006, 31(4): 74-77. [邓运员, 代侦勇, 刘沛林. 基于GIS的中国南方传统聚落景观保护管理信息系统初步研究. *测绘科学*, 2006, 31(4): 74-77.]
- [37] Zhang Shifu. Discussion on the method for high-resolution images acquisition based on Google Earth. *Electronics R&D*, 2013(6): 16-18. [张世富. 基于Google Earth的高分辨影像获取方法探讨. *电子技术*, 2013(6): 16-18.]
- [38] Hu Zui, Liu Peilin, Deng Yunyuan, et al. A novel method for identifying and separating landscape genes from traditional settlements. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(12): 1518-1524. [胡最, 刘沛林, 邓运员, 等. 传统聚落景观基因的识别与提取方法研究. *地理科学*, 2015, 35(12): 1518-1524.]
- [39] Tong Yiqin, Wu lei, Ma Renfeng, et al. The landscape of traditional settlements of Qiantong: A gene perspective. *Journal of Ningbo University (Liberal Arts Edition)*, 2015, 28(4): 123-128. [童亿勤, 伍磊, 马仁锋, 等. 基因视角的前童传统文化景观研究. *宁波大学学报(人文科学版)*, 2015, 28(4): 123-128.]
- [40] Wang Xingzhong, Li Shengchao, Li Liang, et al. Regional cultural gene repetitions and the conception of humanism transgenesis space control. *Human Geography*, 2014, 29(6): 1-9. [王兴中, 李胜超, 李亮, 等. 地域文化基因再现及人本观转基因空间控制理念. *人文地理*, 2014, 29(6): 1-9.]
- [41] Zhang Gejuan, Xu Ya, Han Yi. The gene analysis and expression research of the ancient towns in southern Shaanxi under the effect of transitional geographical conditions. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2014, 44(4): 661-666. [张鸽娟, 徐娅, 韩怡. 过渡性地理环境下的陕南古镇景观基因分析与表达研究. *西北大学学报(自然科学版)*, 2014, 44(4): 661-666.]
- [42] Xin Fusen, Huang Chenglin, Yin Shoubing. Identification and analysis of landscape genes of traditional Huizhou villages. *Journal of Huangshan University*, 2012, 14(1): 35-39. [辛福森, 黄成林, 尹寿兵. 徽州传统聚落景观基因识别及其分析. *黄山学院学报*, 2012, 14(1): 35-39.]
- [43] Chen Qian. Research on the methodologies of morphology formation mechanisms of traditional settlements. *Journal of Kunming University of Science and Technology*, 2015, 15(1): 104-108. [陈倩. 传统聚落形态形成机制的方法论探讨. *昆明理工大学学报(社会科学版)*, 2015, 15(1): 104-108.]
- [44] Zhang Yihong. Review on the methods of settlements morphology research. *Huazhong Architecture*, 2012(3): 94-96. [张以红. 试议几种聚落形态研究方法. *华中建筑*, 2012(3): 94-96.]
- [45] Chen Shupeng, Yue Tianxiang, Li Huiguo. Studies on geo-informatic tupu and its application. *Geographical Research*, 2000, 19(4): 337-340. [陈述彭, 岳天祥, 励惠国. 地学信息图谱研究及其应用. *地理研究*, 2000, 19(4): 337-340.]
- [46] Lu Zheng. Spatial syntactic analysis of cognitive maps. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(10): 1401-1410. [鲁政. 认知

地图的空间句法研究. 地理学报, 2013, 68(10): 1401-1410.]

- [47] Sun Ying, Xiao Dawei, Wang Yushun. A space syntax analysis of Hakka historical villages in Meizhou. *Urban Development Studies*, 2015, 22(5): 62-70. [孙莹, 肖大威, 王玉顺. 传统村落之空间句法分析: 以梅州客家为例. 城市发展研究, 2015, 22(5): 62-70.]
- [48] Ye Danian, He Wei, Xu Wendong, et al. The symmetric distribution of cities of China. *Chinese Sciences (Series D)*, 2001, 31(7): 608-616. [叶大年, 赫伟, 徐文东, 等. 中国城市的对称分布. 中国科学(D辑), 2001, 31(7): 608-616.]

The forms and structures of traditional landscape genome maps: A case study of Hunan Province

HU Zui^{1,2,3}, ZHENG Wenwu^{1,3}, LIU Peilin¹, LIU Xiaoyan¹

(1. Hunan Cooperative Innovation Center for Digitalization of Cultural Heritage in Ancient Villages and Towns, Hengyang 421002, Hunan, China; 2. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment of Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China; 3. Digital Preservation Technical Engineering Institute of Traditional Settlements of Hunan Province, Hengyang 421002, Hunan, China)

Abstract: A huge number of traditional settlements in China represent their outstanding values in such fields as economy, society, and culture. It is notable that researches on traditional settlements will help to promote the sustainable developments of economy and society currently. Lately, a new tide of research on the traditional settlements, stimulated by the new urbanizing strategy, is arising across the entire country. This paper mainly focuses on the methods in deriving the spatial forms and structural patterns in the traditional settlement landscape genome maps (TSLGM) by case studies of Hunan Province (located in the middle reaches of the Yangtze River and south of Dongting Lake in China). Firstly, this work defines these five types as centralized-circular rings, pie-extensions, multiple-direction extensions, belt, discrete distribution, and blocks, respectively. The five basic spatial form types are spatially driven by their pertinent landscape genes' spatial sequences of the genome by map analysis. Mathematic features of the form types are derived by their structural details and related properties. Secondly, the mathematic features are further used to help draw the spatial structures of the Hunan Province's traditional settlements incorporated with the related landscape genomes by the supporting-field from the Spatial Syntax Theory. Deep comparisons of different spatial structured cases prove that the mainstream spatial structures of Hunan Province's traditional settlements are symmetry, boundary, street-alley-port, parallel, geomancy image, respectively. It is shown that the spatial morphology properties of the traditional settlements derived by TSLGM are helpful in improving the traditional settlement landscape gene theory, refining the understanding values of traditional settlements and forwarding the preservation progresses on the traditional settlements. More importantly, this work confirms that TSLGM is a very promising method in mining the geographical features from the traditional settlements and establishing the regionalization framework across the whole country.

Keywords: genome maps; traditional settlements; settlement forms; settlement structures; Hunan Province