

引文格式:刘竞雄. 网格重构中的空间逻辑——西安明城区街巷体系的拓扑学分析[J]. 建筑科学与工程学报, 2025, 42(5): 220-228.

LIU Jingxiong. Spatial logic in grid restructuring: topological analysis of street network system in Xi'an Ming City[J]. Journal of Architecture and Civil Engineering, 2025, 42(5): 220-228.

DOI:10.19815/j.jace.2025.06035

网格重构中的空间逻辑——西安明城区街巷体系的拓扑学分析

刘竞雄

(西安美术学院 建筑环境艺术系, 陕西 西安 710065)

摘要:以现代建筑类型学为方法论基础,结合拓扑学空间分析技术,对西安明城区棋盘式街巷体系进行系统性解构与重构。通过建立“空间句法-文化语义”的双维分析模型,揭示了明代西安城市网格中蕴含的礼制思想、军事逻辑与商业理性的多重编码机制。结果表明:西安明城区街巷网格呈现出“层级化拓扑结构”,其正交性网格并非简单的几何划分,而是政治权力空间化、军事防御系统化与经济活动秩序化的综合体现;钟楼作为城市拓扑中心,通过四条主街巷构成的“十字轴”实现了对城市空间的几何控制与意义统合,形成了“中心性-可达性-可视性”三位一体的空间权力装置;街巷体系的微观形态差异反映了功能分区与社会等级的空间映射,明城区官署街巷(东北区)的严整性与商业巷道(西南区)的灵活性形成鲜明对比,体现了“礼制秩序”与“市井活力”的辩证统一;研究成果为传统城市形态研究提供了新的分析框架,其揭示的“网格重构”原理对当代高密度城市更新中的历史街区保护、交通组织优化和公共空间设计具有重要的启示价值。

关键词:西安明城区;街巷体系;拓扑学;类型学;空间句法;城市更新

中图分类号:TU981

文献标志码:A

文章编号:1673-2049(2025)05-0220-09

Spatial logic in grid restructuring: topological analysis of street network system in Xi'an Ming City

LIU Jingxiong

(Department of Architectural Environment Art, Xi'an Academy of Fine Arts, Xi'an 710065, Shaanxi, China)

Abstract: Taking the modern architectural typology as the methodological foundation, integrating topological spatial analysis techniques, the grid-patterned street network system within Xi'an Ming City was systematically deconstructed and reconstructed. By establishing a dual-dimensional analytical model of “spatial syntax-cultural semantics”, the multi-layered coding mechanisms of encompassing ritual ideology, military logic, and commercial rationality embedded within the Xi'an Ming City was deciphered. The results show that the street network in Xi'an Ming City exhibits a hierarchical topological structure. Its orthogonal grid is not a simple geometric division, but a comprehensive embodiment of political authority, systematic military defense and regulated economic activities. As the topological center of the city, the Bell Tower achieves geometric control and symbolic integration of urban space through the “cross-axis” formed by its

four main streets, establishing a trinity of spatial power defined by “centrality-accessibility-visibility”. Microscopic morphological variations in the street system reflect the spatial mapping of functional zoning and social hierarchy, with the rigid order of official streets (northeastern quadrant) in Ming City contrasting sharply with the flexible vitality of commercial alleys (southwestern quadrant), manifesting a dialectical unity of “ritual order” and “vernacular vitality”. The research findings provide a novel analytical framework for traditional urban morphology studies. The revealed principles of “grid restructuring” offer significant insights for historic district conservation, traffic organization optimization and public space design in contemporary high-density urban renewal.

Key words: Xi'an Ming City; street network system; topology; typology; spatial syntax; urban renewal

Author resume: LIU Jingxiong(1992-), female, PhD, E-mail: 804924557@qq.com.

0 引言

西安明城区作为中国现存最完整的古代城垣遗存,其街巷体系历经六百五十多年演变仍保持着惊人的空间稳定性。这种以钟楼为中心、四条主街为骨架的棋盘式格局,既不同于《周礼·考工记》理想都城的抽象图示,也有别于江南水乡的有机生长模式,呈现出独特的“规整中有变化,秩序中见灵活”的形态特征。在当代城市空间剧烈重构的背景下,重新解读这一传统城市网络的空间逻辑与组织原理,不仅能够深化对中国城市形态谱系的认知,更能为解决现代城市设计中的文化断裂、空间碎片化等问题提供历史参照。

关于西安明城区的研究始于20世纪初,国内外学者从不同角度对其进行了探讨。国内学者多从历史地理与礼制制度角度切入,强调城垣、街巷与礼制秩序之间的关系。宋敏求在《长安志》中奠定了西安古城在中国都城史中的学术地位,梁思成在《中国建筑史》^[1]中强调其城垣形制的典范意义,杨宽在《中国古代都城制度史研究》^[2]中系统阐述了礼制对城市空间格局的深刻影响,武伯纶在《西安历史述略》^[3]和马正林在《中国城市历史地理》^[4]中主要探讨了城市的历史地理和空间演变。随着考古发现的增多和地理信息系统(GIS)等新技术的应用^[5-7],学界对西安明城区的城市空间结构和社会功能进行了更深入的研究^[8]。相较之下,国外学者更注重方法论创新。Hillier等^[9]提出的空间句法理论强调街巷整合度与社会活动之间的关系,Aldo^[10]则以建筑类型学方法揭示城市形态与集体记忆的互动逻辑。总体而言,国内研究侧重“礼制-历史-文化”的解

释^[11-13],国外研究侧重“形态-结构-方法”的解析,而二者之间的结合仍显不足。本文针对这一不足提出“空间句法-文化语义”的双维模型,尝试揭示西安明城区街巷体系的深层逻辑。

本研究构建了跨学科方法论框架,通过量化分析与质性解读相结合,深入探讨街巷格局背后的政治、军事、经济、文化和自然因素,揭示中国传统城市规划的内在逻辑和西安明城区街巷网络的深层结构。研究采用“宏观拓扑分析-中观类型解构-微观文化解码”的三层级分析框架,并通过以下5个步骤(图1)展开研究:

(1)历史文献分析:梳理明代西安城市建设档案、地方志和考古报告,提取街巷格局、功能分区和建筑类型的历史信息。

(2)GIS数据采集:将历史地图进行地理配准,叠加现代测绘数据,建立包含道路、建筑和地形要素的矢量数据库。

(3)空间句法建模:利用DepthmapX软件计算整合度、选择度、深度值等拓扑指标,识别城市空间的主轴和层级结构,为后续类型学分类提供量化依据。

(4)类型学分类:基于街巷断面宽高比、界面形态、功能属性等参数,将382条街巷划分为官署型、市井型、居住型三类,并编码其形态特征,构建“形式-功能-意义”的对应关系。

(5)语义网络分析:以类型学分类结果为节点,以空间句法计算的相邻关系和文化联系为边,构建“空间-功能-文化”三维语义网络,分析其中心性、聚类系数和路径长度,揭示街巷系统的文化逻辑。

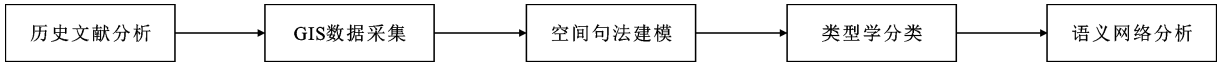


图 1 研究技术路线

Fig. 1 Research technical route

1 西安明城区的空间格局演变历程

1.1 西安明城区历史沿革

明太祖洪武二年(1369年),明军直趋鹿台,攻占奉元路,太祖诏改奉元路为西安府,城池亦改称西安府城。明洪武三年(1370年),太祖封次子朱棣为秦王,并于洪武四年(1371年)于原奉元路城东北隅,亦即隋唐皇城东北隅,沿用元代陕西诸道行御史台旧址兴建秦王宫城,直至洪武九年(1376年)营建完成。为护卫秦王宫城,将西安府城墙垣向东、北两面拓展,至洪武十一年(1378年)西安府城城垣增修

工程完成,形成了今日所见明城墙的基本格局,西安明城区历史沿革如图2所示。作为中国古代城市建设的典范,西安明城区以其严谨的规划、雄伟的城垣和完善的分区著称于世,集中体现了中国传统城市规划的智慧与成就。

明代内部的城市格局亦经历了由初步拓建到逐渐定型再到成熟完善的过程(图3)。雍正《陕西通志》卷十五《公署》记载:“长安县署,在布政司西,唐天佑年间韩建筑西郭小城为县治,宋、金、元皆因之。明洪武四年移建今治。”明初,西安府城在唐末“新城”基础上向东、北扩建而成,城区面积比“新城”增

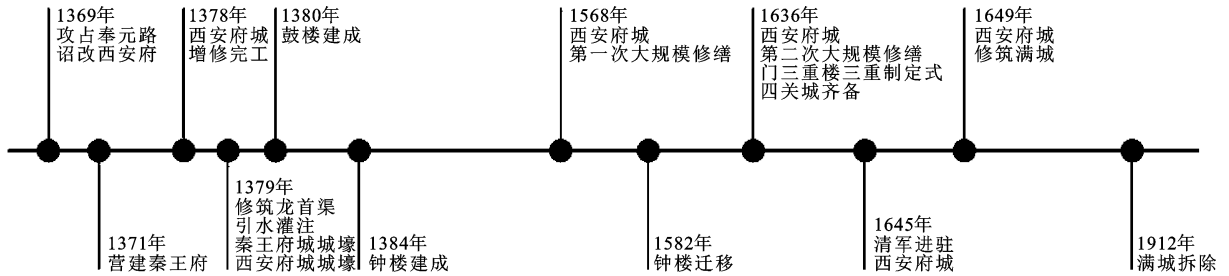


图 2 西安明城区历史沿革

Fig. 2 Historical evolution of Xi'an Ming City

明初扩建
在唐末新城基础上向东、北扩展,营建秦王府,奠定明城墙基本格局

明中期(嘉靖时期)
城制与街巷骨架稳定,防御体系完善,城市格局基本定型



明晚期(万历十年, 1582年)

迁钟楼至十字轴中心,确定“一城八区”格局与四关城体系

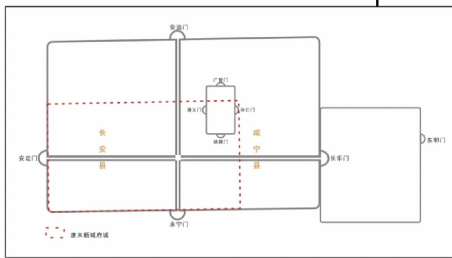


图 3 西安明城区空间格局演变

Fig. 3 Spatial evolution of Xi'an Ming City

加了约1倍有余的面积,并围绕秦王府筑建总督府和行都司衙门等。嘉靖时期,城制与街巷骨架趋于稳定,瓮城与防御体系完善,奠定了西安府城的基本空间格局。至晚明万历十年(1582年),移建钟楼于城区双轴线交汇中心,强化了西安明城区以钟楼为中心的城市四隅布局。四区彼此相对独立但又具有整体性使城市空间的区域划分特征更为凸显。龚懋贤在《钟楼碑记》中谓之“章木德兮奠四隅”,这种面貌一直保存到今天。

明初期长乐门外东关关城已初具规模,并有着重要地理地位,明后期西、南、北关城逐渐修筑完成,四个关城与西安府城有着紧密联系,所在城门是出入西安府城重要交通孔道。西安明城区在明末形成了“一城八区”的实体空间格局(表1)。明城区四个关城作为西安城市扩展的基本途径,虽在建筑时间上有先后,在建筑规模、格局上有区别,但都发挥了重要的军事价值,对西安城市商贸区功能的发展也产生了较为深远的影响。

1.2 西安明城区城垣结构与防御体系

城垣不仅是明代西安的军事防御屏障,其结构

表1 明西安府城八区规模统计

Table 1 Scale statistics of eight districts of Ming Xi'an City

区域	东西距离/km	南北距离/km	占地面积/km ²
城东北区	2.20	1.91	4.20
城西北区	2.09	1.91	4.00
城东南区	2.20	0.80	1.76
城西南区	2.09	0.80	1.67
东关城	1.02	1.65	1.69
西关城	1.23	0.46	0.57
南关区	0.36	0.56	0.20
北关区	0.31	0.70	0.22

与城门分布也在一定程度上制约并引导了街巷的形成和走向。因此,分析城垣结构与防御体系是理解

明城区街巷体系空间逻辑的重要前提。嘉靖《陕西通志》卷七《陕西省城图》上的注文,明西安府城“周四十里,高三丈,池深二丈,阔八尺。”雍正《陕西通志》载西安大城规模:“洪武初,都督濮英增修。周四十里,高三丈,门四,东曰长乐,西曰安定,南曰永宁,北曰安远,四隅角楼四,敌楼九十八座。”当今相关资料实测数据显示,西安明城区城墙周长 13 912 m,城垣平面接近矩形;东城墙 2 886 m,西城墙 2 708 m,南城墙 4 256 m(南墙较北墙略短且东南角部略向内收缩),北城墙 4 262 m;城墙高 10~12 m,顶宽 12~14 m,底宽 15~18 m;明城区城墙内(含城墙宽度)面积约 12.3 km²(图 4)。

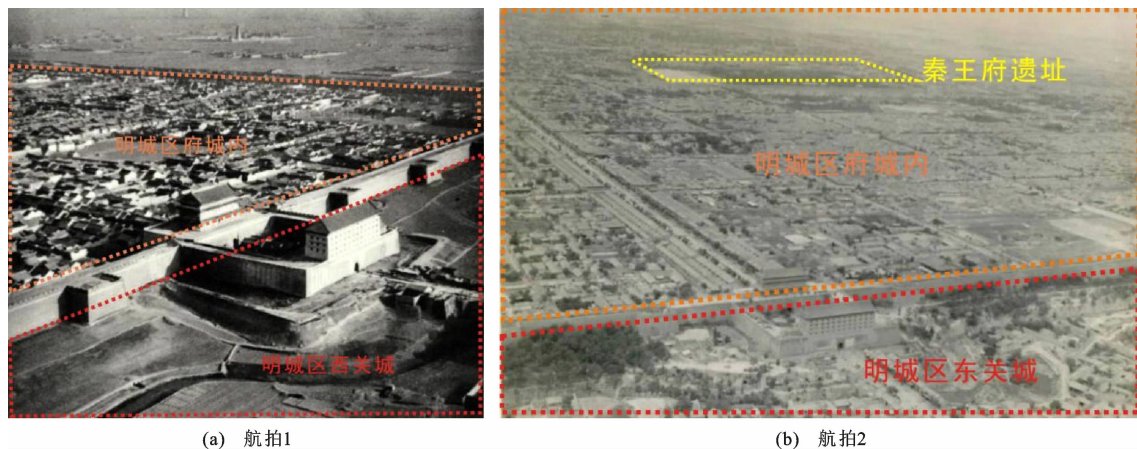


图4 民国时期航拍西安明城区历史图像

Fig. 4 Historical aerial photograph of Xi'an Ming City in Republican period

明代城墙防御体系由多重元素构成:明初城墙采用夯土筑芯,穆宗隆庆二年至四年(1568~1570年),城墙外壁和顶面砌筑青砖予以加固;明初将隋唐皇城西墙正中顺义门向南略移改建为安定门(今西门),沿用隋唐皇城南墙东向安上门改称为永宁门(今南门),新筑东墙修建长乐门(今东门),新筑北墙修建安远门(今北门);明初四座城门外增建瓮城,并在城门与瓮城门上修建正楼、箭楼,形成“门二重楼二重”形制,明末思宗崇祯九年(1636年)又于四门瓮城外加筑月城,并于月城上筑建阙楼,城壕上的固定桥梁改建为起吊桥,形成“门三重楼三重”形制,且完整土筑关城,四关城齐备;明中期挖掘外围护城河环城一周,河宽 20~60 m、深 10 m,护城河内沿亦筑有高六尺、厚二尺的墙一道,外逼壕堑,内为夹道,用以增强护城河的防御作战能力;城墙四角建有角楼(角楼台体一般高出城墙体 1.9 米,凸出墙体 11 m),每隔 120 m 设敌台一座(俗称马面),共 98 座;城墙上设有 5 984 个垛口,构成严密的防御体系。这种“城-壕-楼”三位一体的防御系统(图 5)并非孤

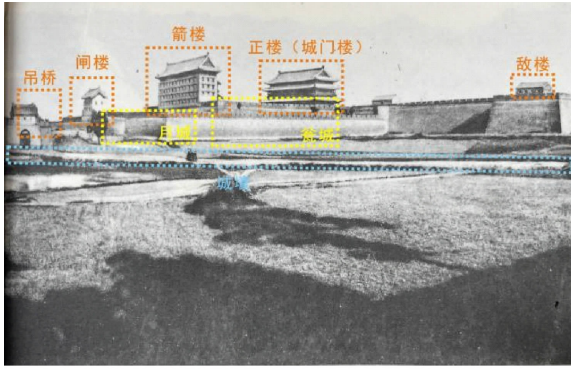
立存在,而是通过城门位置、街道宽度与路径曲折度等要素,深刻影响了街巷体系的形态与拓扑特征。

1.3 西安明城区功能分区与土地利用

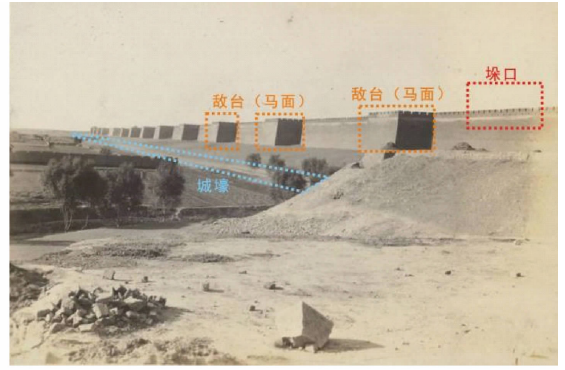
双向轴线将城区空间格局分为四部分,奠定了城区内的街巷格局,西安明城区内部空间也形成了明确的功能分区。城区东南、西南两部分主要干道受制于东西向横长矩形的形制而各有一主要东西向大街位于两区中部,两区内增设南北街巷便于与东西向大街密集衔接。城区东北、西北两部分因其形制范围大,东北区域受秦王府以及周围郡王府、将军府影响,西北区域受西安府、布政司都察院等重要官署的影响,两区域形成南北大街为主、东西街巷为辅的疏散街巷格局(图 6)。

通过综合运用街巷密度、道路宽度、用地比例、功能设施分布等 GIS 空间属性指标进行判定,并结合历史文献与实地调研资料加以修正,将城区划分为 5 个功能区(表 2):

(1)政治中心区:城区东北部,周边分布着秦王府(今新城广场)、布政使司、按察使司等官府机构,



(a) 西安城墙与护城河历史图像1



(b) 西安城墙与护城河历史图像2

图 5 清末/民国时期拍摄西安明城区城墙历史图像

Fig. 5 Historical photograph of Xi'an Ming City wall in period of Late Qing/Republican of China

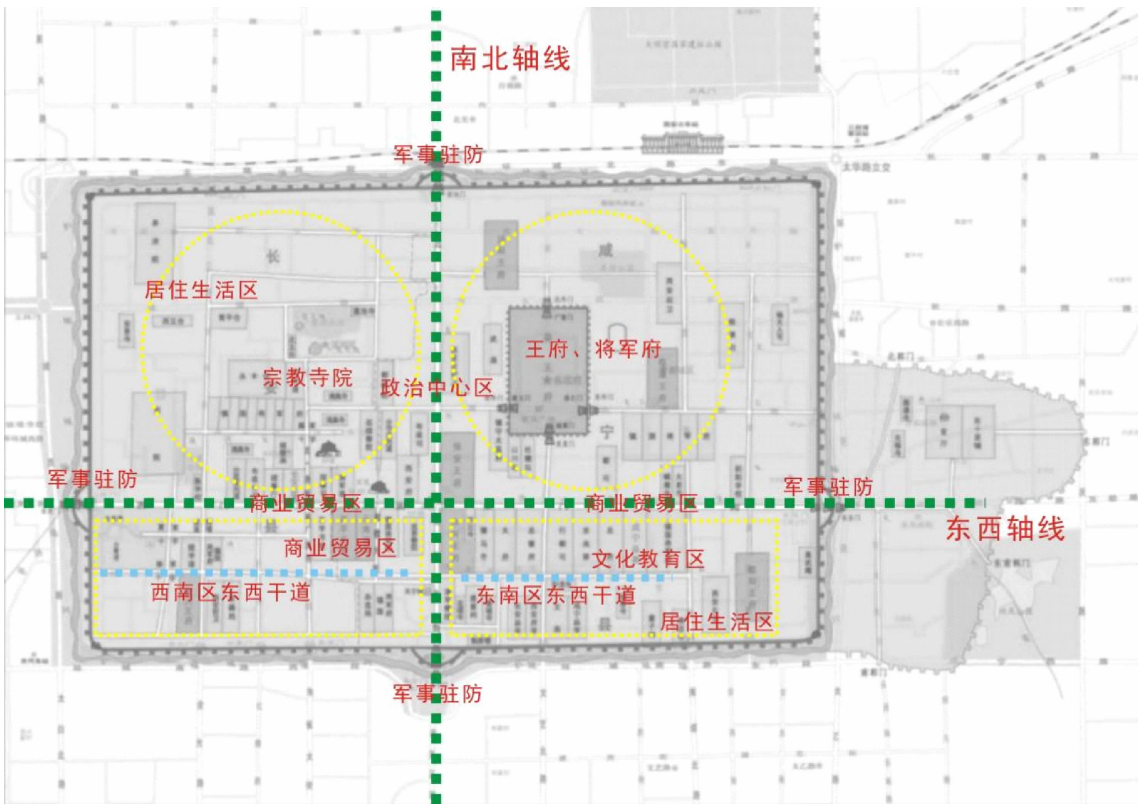


图 6 明城区街巷格局与功能分区示意图

Fig. 6 Schematic diagram of street network pattern and functional zoning in Ming City

表 2 明城区功能分区

Table 2 Functional zoning of Ming City

功能区	位置	主要功能	典型建筑
政治中心区	城东北部	行政公署	秦王府、布政使司
商业贸易区	东西大街沿线	商品交易	南院门市场、马市
文化教育区	碑林周边	教育祭祀	府学、贡院、文庙
居住生活区	城西北、东南	日常居住	民居、会馆
军事驻防区	四门附近	防御驻军	军营、武库

以及城隍庙、清真寺等宗教建筑。

(2)商业贸易区:主要集中在东西大街和南院门

一带,形成了以“四门大街”为骨架的商业网络。明代西安是西北地区最大的商品集散地,城内店铺林立,行业分工细致。

(3)文化教育区:集中在碑林周边,有府学、县学、贡院等教育机构,以及众多书院和藏书楼。

(4)居住生活区:按社会等级分布,官员贵族多居住在城东北部,商贾集中在西南部,平民则分布在城西北和东南区域。

(5)军事驻防区:主要分布在四门附近,设有军营、武库等设施。

这种功能分区既满足了城市运转的各种需求,也反映了明代严格的社会等级制度。

2 西安明城区街巷体系的拓扑结构特征

2.1 网格的数学本质

西安明城区街巷网络在几何学上表现为近似正交的网格系统,即两组或多组平行线以直角重叠,形成由线、正方形或矩形组成的矩阵(图 7),但其本质是非均匀拓扑流形。

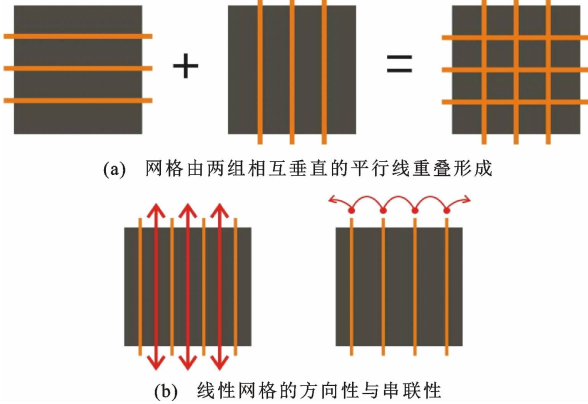


图 7 正交网格示意图

Fig. 7 Schematic diagram of orthogonal grid

本研究采用空间句法对西安明城区街巷网络进行量化分析。空间句法能够通过轴线图与可视化计算揭示街巷系统的拓扑特征,并生成整合度、控制值、深度值和选择度等指标(表 3)。

在众多指标中,整合度是空间句法的核心指标,反映某一空间单元相对于整体空间的可达性与中心性,其值越高,表示该街道/空间在整体网络中越容易到达,越接近“空间中心”。整合度的计算公式如式(1)、(2)所示。

$$I_i = \frac{1}{R_i} \quad (1)$$

$$R_i = \frac{2(D_i - 1)}{n - 2} \quad (2)$$

表 4 西安明城区街巷整合度数据来源与方法

Table 4 Data sources and methods for street integration analysis in Xi'an Ming City

数据类型	数据来源	处理方法
历史路网	嘉靖《陕西省城图》扫描件 清代《西安府志》记载	地图配准(控制点数量 $n_1 \geq 20$ 个) ArcGIS 地理校正(RMS 误差小于 0.5 像素)
现代路网	OpenStreetMap 数据 西安市测绘院 1:2 000 地形图	拓扑纠错(消除悬挂节点) 历史/现代路网叠加比对
建筑轮廓	1936 年民国航拍图(分辨率 150 dpi) 2019 年 LIDAR 数据(点密度 16 pts · m ⁻²)	建筑基底提取(ENVI 分类) 高度赋值(明代按规制:官署 7~12 m,民居 3~5 m)
高程模型	考古探方数据(陕西省考古院 2015) 当代 DEM(ASTER 30 m)	历史地面高程重建(Kriging 插值) 城墙三维建模(SketchUp 参数化生成)

表 3 空间句法形态变量表示

Table 3 Representation of space syntax morphological variables

量化指标	含义	特征描述
整合度	空间可达性	空间集聚与分散能力
控制值	某一空间连接的其他空间连接值的倒数总和	各空间之间的影响关系与控制关系
连接值	与空间中某一轴线相连接的轴线数量	空间的便捷性
深度值	空间节点的可达性	空间之间的关联性
选择度	所有节点到达其他相应节点时经过一特定节点的次数	空间的通达性
可理解度	局部整合度与全局整合度之间的相关程度	空间的认知能力

式中: I_i 为整合度; R_i 为节点 i 的相对深度; D_i 为平均深度; n 为网络节点总数。

为计算整合度,本文首先将西安明城区街巷矢量化,导入 DepthmapX 软件生成轴线图,软件自动计算整合度等指标,采用的数据和处理方法如表 4 所示。

根据空间句法计算结果(表 5),西安明城区街巷网络呈现“一主四副”的层级格局。全局整合度最高的是连接四门的“十字轴”(东西大街整合度为 7.82,南北大街整合度为 6.95),构成城市核心结构;次级街巷则表现出区域性的形态分化,东北区呈现树状分支结构,西南区呈现网状交织形态。由于单条次级街巷差异较大,为反映整体特征,采用区域平均控制值进行对比,其中东北区平均控制值 1.2,西南区平均控制值 1.8。与此同时,四门区域构成局部整合核心,其在半径 800 m 范围内的整合度区间为 4.5~5.3。本文在主干道部分引用的是单条街巷的整合度值,在次级街巷部分采用区域均值,在局部区域则采用数值区间,不同口径分别对应个体特征、区域均值和范围区间,便于多层次对比。

分析结果印证了明代“以钟楼统四方,以城门控四隅”的规划思想。拓扑分析显示,从钟楼到任意城

表6 西安明城区钟楼可视域与官署分布叠加分析图数据

Table 6 Data for overlay analysis of Bell Tower viewshed and official office distribution in Xi'an Ming City

观测点	钟楼基座中心 (海拔 417.2 m, 相对高度 +8.6 m)
视域参数	水平视角: 360° 全向分析 垂直视角: 15° 俯角 (模拟明代守卫视野) 可视距离: 1 200 m (明代主街平均长度的 1.5 倍)
官署空间定位	坐标校准: 将嘉靖《陕西省城图》配准至西安 1980 坐标系 位置验证: 结合考古报告 (如陕西省考古研究院 2015) 中的衙署遗址定位 等级分类: 按行政级别分为三级 (藩王府 → 省级衙署 → 府县级衙署)

表7 西安明城区城墙与街巷不同区段的拓扑参数

Table 7 Topological parameters of different sections of city wall and streets in Xi'an Ming City

区段	街巷曲率	交叉口密度/(个·km ⁻²)	等级	宽度/m	连通性	军事功能
近城墙区	1.15	28	一级	12~15	直通城门	骑兵快速机动
中心区	1.02	21	二级	6~8	连接军营	步兵增援通道
过渡区	1.08	25	三级	2~4	尽头式	巷战陷阱区

表8 西安明城区城门拓扑参数

Table 8 Topological parameters of city gates in Xi'an Ming City

城门	转折角度	路径延长系数
长乐门	78°	2.3
安定门	90°×2	3.1
永宁门	67°	2.7
安远门	85°	2.5

表9 西安明城区街巷类型

Table 9 Street types in Xi'an Ming City

类型	技术参数	文化语义	案例
官署型	$R_0 > 2$	直线型界面, 强调威严感	北院门街宽 12 m、两侧建筑高 5 m
市井型	$R_0 \approx 1$	锯齿状界面, 增强商业展示	大皮院街宽 4 m、建筑高 3.5~4 m
居住型	$R_0 < 0.8$	封闭连续界面, 保障私密性	芦荡巷宽 2.5 m、建筑高 4 m

注: R_0 为宽高比。

3.2 界面要素的符号系统

研究发现, 明城区街巷立面构成丰富的建筑语汇(表 10), 这种差异并非仅出于美学考量, 而是社会秩序的物化表现。例如官署区建筑严格的轴线对称暗示权力的不可挑战性, 而商业区立面的非对称节奏则反映交易活动的动态平衡。

3.3 特殊节点的空间叙事

钟楼十字: 通过抬高基座(8.6 m, 明制 2 丈 5 尺)和扩大台基(35.5 m×35.5 m, 100 明步)^[14-15], 在物理与视觉上强化中心性, 其四门券洞轴线偏差(误差小于 0.5°, 通过日影校正)使四条主街在透视

城门区域采用“门三重楼三重”形制(闸楼+箭楼+正楼), 通过路径曲折度提升防御效能, 衍生出特殊的街巷形态: 将拓扑深度从 1 增加至 3, 有效延缓敌军进攻速度, 加强步兵增援能力。这种“以空间换时间”的设计与城内棋盘式网格形成功能互补(表 8)。

3 街巷类型学分类与文化语义

3.1 断面形态的三种原型

对现存 382 条传统街巷进行测绘统计, 可归纳出三种基本街巷类型, 如表 9 所示。

表10 西安明城区街巷界面

Table 10 Street interfaces in Xi'an Ming City

界面要素	官署区	商业区	居住区
门头	八字影壁	挑檐招幌	砖雕门楣
窗户	方窗阵列	橱窗展示	高窗窄棂
材质	青砖勾白缝	木板彩绘	土坯抹灰
装饰	兽吻瓦当	镂花挂落	砖拼图案

上形成“无限延伸”的视觉效果。

城隍庙广场: 城隍庙广场椭圆形的平面形态打破了棋盘式网格的刚性秩序, 通过“形式突变”突显宗教空间的特殊性, 周边街巷呈放射状收敛, 形成“漩涡式”人流组织。

4 结语

(1) 西安明城区的城市格局是中国传统城市规划的杰出代表, 其方正严整的形制、轴线对称的布局、层次分明的功能分区集中体现了中国古代“象天法地”、“天人合一”的营城理念。这种格局的形成是政治统治、军事防御、经济贸易、文化融合和自然地理等多重因素共同作用的结果。

(2) 西安明城区街巷体系作为农耕文明鼎盛期的空间结晶, 其网格重构中蕴含的适应性智慧远超几何形式本身。在数字化、生态化转型的当代城市语境下, 重新发现传统网格的拓扑弹性与文化韧性, 或将为应对“千城一面”的困境提供另一种可能——不是对历史形式的简单模仿, 而是对深层结构逻辑的创造性转化。这种转化既需要空间句法的精密解

析,也需要文化记忆的持续激活,最终在形式与功能、历史与未来之间建立起如明代西安街巷般既秩序井然又生机勃勃的新型城市肌理。

参考文献:

References:

- [1] 梁思成. 中国建筑史[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.
LIANG Sicheng. A history of Chinese architecture [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1985.
- [2] 杨 宽. 中国古代都城制度史研究[M]. 上海: 上海人民出版社, 2003.
YANG Kuan. A study of the history of the capital city system in ancient China[M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2003.
- [3] 武伯纶. 西安历史述略[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1984.
WU Bolun. A brief history of Xi'an[M]. Xi'an: Shaanxi People's Publishing House, 1984.
- [4] 马正林. 中国城市历史地理[M]. 济南: 山东教育出版社, 1998.
MA Zhenglin. Chinese historical urban geography [M]. Jinan: Shandong Education Press, 1998.
- [5] 陕西省考古研究院. 西安城墙考古报告[M]. 北京: 文物出版社, 2015.
Shaanxi Provincial Academy of Archaeology. Archaeological report on the Xi'an City Wall[M]. Beijing: Cultural Relics Press, 2015.
- [6] 史念海. 西安历史地图集[M]. 西安: 西安地图出版社, 1996.
SHI Nianhai. The historical atlas of Xi'an[M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Publishing House, 1996.
- [7] 《西安城区变迁地图集》编撰委员会. 西安城区变迁地图集[M]. 西安: 西安地图出版社, 2014.
Editorial Committee of *Atlas of Urban Change in Xi'an*. Atlas of urban change in Xi'an[M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Publishing House, 2014.
- [8] 吴宏岐. 西安历史地理研究[M]. 西安: 西安地图出版社, 2006.
WU Hongqi. Research on the historical geography of Xi'an [M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Publishing House, 2006.
- [9] HILLIER B, HANSON J. The social logic of space [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- [10] ALDO R. The architecture of the city [M]. Cambridge: MIT Press, 1982.
- [11] 张廷玉. 明史·地理志[M]. 北京: 中华书局, 1974.
ZHANG Tingyu. History of Ming: treatise on geography [M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1974.
- [12] 西安市地方志编纂委员会. 西安市志·第一卷[M]. 西安: 西安出版社, 1996.
Xi'an Local Chronicles Compilation Committee. Xi'an municipal records: volume 1 [M]. Xi'an: Xi'an Publishing House, 1996.
- [13] 朱士光. 古都西安——西安的历史变迁与发展[M]. 西安: 西安出版社, 2003.
ZHU Shiguang. Ancient capital Xi'an: historical changes and development of Xi'an [M]. Xi'an: Xi'an Publishing House, 2003.
- [14] 张清三, 高 群. 西安钟楼基座渗水原因分析[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2019(2): 97-99.
ZHANG Qingsan, GAO Qun. Cause analysis of water seepage in the base of Xi'an Bell Tower [J]. Identification and Appreciation to Cultural Relics, 2019(2): 97-99.
- [15] 赵皓辰, 周伟强, 刘 炜. 西安钟楼基座表面污损及其成因分析[J]. 自然与文化遗产研究, 2019, 4(10): 126-130.
ZHAO Haochen, ZHOU Weiqiang, LIU Wei. Analysis on the surface defilement of the base of the Xi'an Bell Tower and its causes [J]. Study on Natural and Cultural Heritage, 2019, 4(10): 126-130.