

基于空间句法的西安市历史街区交通改善研究

王秋平¹, 杨 茜², 孙 皓¹

(1.西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055; 2.中国电建集团西北勘测设计研究院, 陕西 西安 710065)

摘要: 通过采用空间句法理论中的轴线分析方法, 对西安市 1965 年、1981 年、1995 年和 2013 年四个时期的道路网进行定量与定性分析, 总结出西安市路网演变对明城墙内历史街区道路网交通产生的影响。并以 2013 年西安市道路轴线空间句法分析结果为基础, 与实际交通状况对比, 其结果与现状基本吻合, 分析明城墙内历史街区交通网络存在问题, 提出相应的交通改善建议。空间句法在量化研究城市道路交通网络特征方面具有实用性, 为路网规划、设计与分析提供了一种新的思路和方法。

关键词: 交通工程; 空间句法; 西安市; 历史街区; 交通改善

中图分类号: TU317

文献标识码: A

文章编号: 1006-7930(2015)04-0487-5

Study on improving traffic conditions for the historic district of Xi'an based on space syntax

WANG Qiuping¹, YANG Xi², Sun Hao¹

(1.School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China; 2.Power China Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an 710065, China)

Abstract: The influence on traffic condition of the historic districts inside the Ming dynasty city wall of Xi'an road system has been summarized by using axis analysis method of space syntax to analyze the road systems of Xi'an in 1965, 1981, 1995 and 2013 by quantitative and qualitative methods. And based on the results of Xi'an road axis space syntax analysis in 2013, improvements have been proposed for the problems of the historic district road system through comparison with the actual traffic conditions. Space syntax is practical for urban road traffic network characteristics in the quantitative research, It provides a new idea and method for the road network planning, design and analysis.

Key words: traffic engineering; spatial syntax; Xi'an; historic district; improved traffic

城市在飞速的发展, 随着城市路网不断向外扩展, 城市的交通重心会逐渐转移。历史街区作为老城区路网的重要组成部分, 城市路网的演变对街区交通产生了很大的影响。20 世纪 70 年代末, 空间句法由 Hillier 首次提出, 随后广泛应用于城市街道布局特征等方面的分析。利用空间句法中一系列形态变量来分析不同年代西安市路网的空间布局, 通过对城市人流、车流流量和流向的分析, 总结明城墙内历史街区交通网络存在的问题, 提出相应的改善建议。

1 空间句法概念及主要变量

1.1 空间句法概念

空间句法是一种通过对包括聚落、建筑、城市在内的人居空间结构的量化描述, 来研究空间组织与人类社会之间关系的理论和方法, 也是一种基于图论与 GIS 的新的描述城市空间结构特征的计算机语言^[1]。

空间句法中所指的空间, 并不是欧氏几何所描述的可用数学方法来量测的对象, 而是描述以拓扑

关系为代表的一种关系。空间句法关注的也非空间目标间的实际距离, 而是其通达性和关联性^[2]。它的基本原则是空间分割, 根据地理事物的自由空间情况, 空间分割分为 3 种基本方法: 轴线分析法、凸多边形法、视区分割法^[3]。主要采用轴线分析法划分城市空间。

1.2 空间句法主要变量

(1) 连接值

连接值是一局部变量, 表示系统中与第 i 个单元空间相交的空间数。从认知角度来说, 它表示一个人站在每个空间里所能见到的邻近空间的数目, 连接值越高说明该空间与其他空间联系越紧密。

(2) 集成度

集成度反映了一个单元空间与系统中所有其他空间的集聚或离散程度。当一个空间系统是集成的或集聚的时, 则该系统中所有单元空间相距较近, 彼此之间很少有障碍物影响它们的联系; 反之, 则系统中单元空间相距较远, 彼此之间有较多的障碍物影响它们的联系^[4]。全局集成度可以体现某一个空间相对于其他城市空间的中心性, 局部集成度

可以用来分析行人流量的空间分布. 空间句法用颜色分级表示空间单元的集成度值.

(3)深度值

深度值指在一个空间系统中单元空间 i 到其他空间所需经过的最小连接数. 深度值并不是一个固定的量, 而是随着观察者在城市中视点不同、视距的由近及远、步距离的由小变大, 深度值都将随之发生变化. 深度值越小, 说明该空间的便捷程度越高.

2 空间句法解析西安市不同年代道路系统

以不同时期西安市地图为底图, 在 CAD 中绘制道路轴线图, 将道路轴线图导入 GIS 中, 并用模块 axwoman4.0 进行空间句法分析. 得到空间句法分析图中轴线的颜色由暖色到冷色, 表示全局集成度和连接度由高到低, 轴线颜色越接近于红色表示该轴线的集成度较高, 连接度较好; 轴线颜色越接近于蓝色表示该轴线的集成度较低, 连接度较差.

2.1 1965 年西安市道路网

从图 1 可以看出, 1965 年西安市的道路网整体呈棋盘式布置, 城墙内道路较密集, 以城墙为中心. 路网全局集成较高的道路主要集中在城墙内.

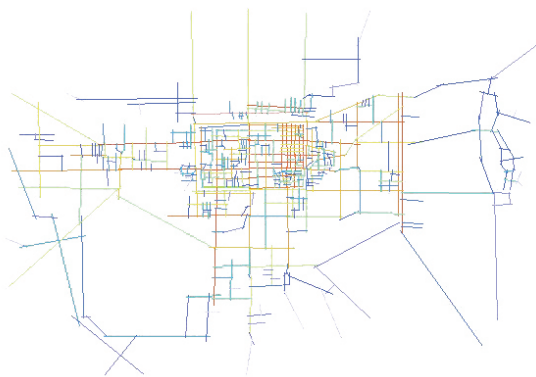


图 1 1965 年空间句法分析图
Fig.1 The space and syntax analysis chart in 1965

20 世纪 60 年代的西安尚处于城市发展的初级阶段, 人们活动的主要区域集中在明城墙内, 城墙内道路承载的交通量较其他地区较大. 由于当时以工业发展为主, 西安市工业区大多集中在城东与城西, 因此, 城东与城西的路网发展较快. 以城墙为中心, 城东方向的集成核主要是东西方向的长樱路、长乐西路和咸宁路以及南北向的万寿路和幸福路; 城西方向的集成核主要为大庆路和西关正街; 城南方向道路发展缓慢, 集成核较城东和城西方向较低, 道路主要服务于通往各文化古迹景点, 如小

雁塔附近友谊东路和含光路, 以及通往大雁塔的雁塔路等; 城北方向与其他三个方向相比, 集成核最低, 路网几乎没有发展.

2.2 1981 年西安市道路网

从图 2 可以看出, 1981 年西安市路网与 1965 年相比, 城西方向的支路增多, 同时加强了城西城南路的道路连接, 在棋盘式的路网格局下, 逐渐转化为“环网+棋盘式”格局. 1981 年西安市路网全局集成核较高的道路与 1965 年相比没有较大的变化, 大庆路全局集成核较 1965 年有显著提高, 集成核较高的道路新增了草滩路、丰镐路、汉城路、友谊西路和友谊东路, 城市集成核往南发展, 以明城墙为中心逐渐形成环状. 人们活动频繁区域不仅仅是明城墙内, 逐渐往城西和城南方向发展^[5].



图 2 1981 年空间句法分析图
Fig.2 The space and syntax analysis chart in 1981

2.3 1995 年西安市道路网

从图 3 可以看出, 1995 年西安市路网与 1981 年相比, 城市路网在 1981 年的基础上全面向明城墙四周辐射发展, 城区西南、东南以及城北方向路网发展较快, 城东纺织城片区支路增多.

1995 年西安市路网集成核最高的是在 1981 年的基础上增加了龙首北路、北关正街、太华路、长乐西路、咸宁西路、雁塔路、丈八东路、昆明路、劳动路、丰镐西路等. 可见, 西安市全局集成核以明城墙和二环为中心不断向外扩展, 轴线数量显著增多, 道路的通达性有了较大的提高. 图中城南方向与城北、城东、城西方向相比多数轴线偏暖色, 全局集成核相对较高, 因此, 1995 年西安市城南片区为次中心, 人们活动较其他片区频繁, 这与城南片区学校和企业较多也有一定的关系.

从 1981 到 1995 的这十四年间, 西安市依据之前制定的《城市总体规划》大力发展城市建设, 路网以二环为基础, 不断向外辐射发展. 城东、城西与城南都有片区各自的商圈, 将人流分散开, 不再集中在城墙内, 缓解了明城墙内道路交通的压力.



图3 1995年空间句法分析图

Fig.3 The space and syntax analysis chart in 1995

2.4 2013年西安市道路网

从图4可以看出,2013年西安市路网集成核最高的道路与1995年相比,有了很大的变化.全局集成核较高的道路不再以明城墙内道路为主,而是分散开了^[6].图中二环线的集成度较高,说明二环线集中了较多的车流量.



图4 2013年空间句法分析图

Fig.4 The space and syntax analysis chart in 2013

明城墙内道路集成核较高的仍然是几条主要干道,包括东大街、西大街、南大街、北大街、莲湖路、解放路与和平路.从图中可以看出城墙东北角空间中心性明显较高,那里正是西安市火车站的位置,吸引的人流和车流都很大,空间感知度高.

随着市政府北迁,西安市加快了城北方向的发展,虽然路网发展很快,道路较多,但全局集成度高的道路不多,区域内整体道路集成核较低,说明城北方向与整个城区的离散程度较大,相对于其他片区空间的中心性较低.城东方向与1995年相比变化不大,2011年西安市在浐灞举办了世园会,世园会的举办带动了浐灞地区的发展,加快了城区东北方向路网的建设.城南方向在1995年的基础上路网持续向南发展,过了南三环还有继续向南的趋势.城区西南方向道路集成度整体较高,这与政府大力支持西安高新技术产业开发区的发展有很大的关联.高新区内的人流量与车流量都很大,人们活动较其他片区频繁,片区空间的中心性很强.城西方向路网在1995年的基础上有了进一步完善,

西安市政府一直致力于打造“西咸一体化”,连通西安与咸阳,加快西安的经济发展^[7].

3 西安市路网演变对历史街区交通网络的影响

从1965年到2013年,西安市路网从最初的以明城墙内道路交通为主,逐渐以棋盘式向四周扩展形成二环,到如今整个城市形成三环以“环网+棋盘式”格局继续向外扩展.

空间句法中的集成度能够较全面的评价空间网络通达状况,也在一定程度上表明城市人流的空间分布趋势.通过上节分析可知,最早集成核较高的道路主要集中在明城墙内如东大街、西大街、北大街、莲湖路、洒金桥、东木头市、东新街、西一路、尚德路、尚勤路、尚俭路、解放路、和平路、顺城南路、顺城东路等.随着城市的发展,集成度较高的道路也不断增多,到了2013年北关正街、红庙坡路、长缨路、兴庆路、长乐西路、咸宁西路、咸宁东路、万寿路、幸福路、雁塔路、西影路、长安路、含光路、太白路、沣惠南路、唐延路、丈八东路、昆明路、劳动路、丰镐西路、大庆路等道路的集成度也都较高.交通网络向四周不断辐射发展.历史街区主要集中在明城墙内,见图5.

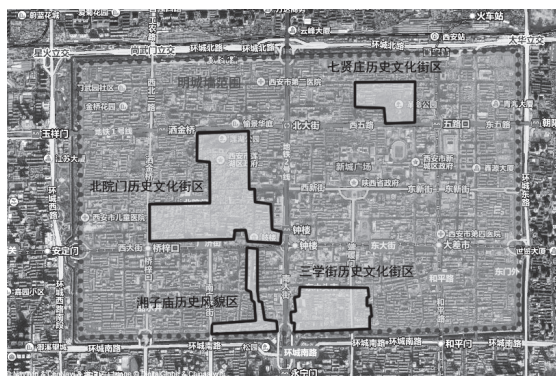


图5 西安市明城墙内历史街区区位图

Fig.5 The historic district zone map within Ming City Wall in Xi'an

20世纪60年代到80年代初,城市路网发展较为缓慢,明城墙内的大部分道路集成度较高,处于城市中心性最强的区域.因此,历史街区与其周边地区形成了很强的集聚中心,吸引了大量的人流,街区外围道路如西大街、南大街、解放路等都是交通主干路,街区整体吸引交通量较大.90年代城市路网发展较快,明城墙内的道路整体集成度降低,历史街区的集聚性也相对减弱,大量的人流不再集中涌向城内,历史街区的交通压力有所缓解.到了

2013年,随着经济的快速发展,机动车大量普及,城市路网急速的向外扩张,明城墙内除了几条主干路还保持着较高的集成度,其他道路集成度普遍不高^[8].因此,历史街区外围道路集成度较高,但街区内部道路集成度较低,说明历史街区周边地区的人流量较大,而内部的人流量相对较小.受路网扩张和道路路幅受限的影响,历史街区内部机动车交通量不大,街区内大部分道路逐渐不再以机动车交通为主,而是以慢行交通为主.

选取明城墙内主干路及部分历史街区内道路,计算其四个时期全局集成度的 T 分数值,见表1.

表1 明城墙内部分道路不同年代 T 分数值
Tab.1 The T score of some roads in different years within Ming City Wall

路名	1965年	1981年	1995年	2013年
东大街	119.43	120.40	120.60	134.89
南大街	109.10	110.78	110.14	111.23
西大街	104.82	118.39	117.97	111.84
北大街	120.99	125.50	121.32	128.55
南广济街	102.99	107.83	108.07	100.64
顺城南路西段	106.48	106.45	108.42	104.47
顺城南路东段	118.55	110.75	118.87	129.35
湘子庙街	99.10	96.90	100.29	101.78
竹笆市	95.76	103.38	105.14	99.20
书院门	101.91	97.81	99.11	107.36
三学街	102.88	98.85	101.04	114.59
尚德路	111.57	105.32	106.68	118.96
北新街	104.20	102.35	106.71	100.10

结合之前分析结果可知,东大街、西大街、南大街、北大街、尚德路、顺城南路东段的全局集成核都较高.从表1可以看出,大部分道路的 T 分数值都有所增加,说明这些道路轴线全局集成度相对值在增长.明城墙内大部分主干路及部分历史街区内道路仍具有较强的集聚性,很有发展潜力.道路的通达性较之前有所提高,由这些道路构成的城市主要交通网络通达性增加,能够更好的吸引人流量与车流量.西大街、南广济街、顺城南路西段和竹笆市的 T 分数值在2013年有明显下降,说明随着城市的扩展明城墙内西南片区的中心性有所下降,由西大街、南大街、顺城南路西段和南广济街围城的湘子庙片区地位较其他时期有些下滑,对人流的吸引力减弱.

3.1 西安市历史街区交通网络存在问题

历史街区的道路也是城市道路网的组成部分,因此,分析历史街区的交通网络,不能割裂城市路网.以2013年西安市道路轴线空间句法分析结果为基础,截取明城墙内路网分析结果,见图6.

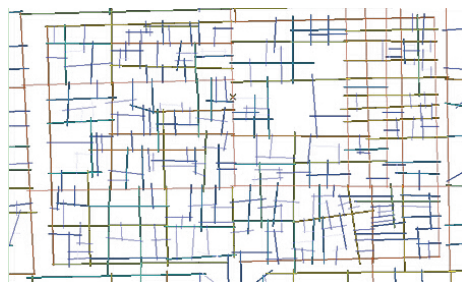


图6 2013年明城墙区域空间句法分析结果

Fig.6 The space and syntax analysis results of Ming City Wall Regional

分析图6可知,明城墙内历史街区交通网络存在以下问题:

(1)单一道路全局集成度较高,但周围道路集成度很低,区域整体中心性不强.如西大街、东大街等,道路集成度较高,图中为红色,但其周边道路大多为蓝色,集成度很低.计算得西大街的连接值为19,东大街为20,说明这两条主干路的空间连通度很高,道路的可达性很好.西大街靠近钟楼南北两边分别为湘子庙历史街区和北院门历史街区,东大街的南边有三学街历史街区.这几个历史街区都与可达性很高的主干路相连,但对街区内道路通达性的提高帮助不大,说明湘子庙街区和三学街街区的整体交通网络发展不均衡,不能吸引较多的人流、车流,浪费道路资源.

(2)部分所处空间位置较好的道路实际道路红线较窄,交通状况差.如尚勤路、尚俭路和尚德路,集成度较高,道路通达性强,空间位置很好.但实际道路宽度较窄,交通拥挤,道路交通的基础设施承载能力不能适应其实际交通需求,交通拥堵现象严重.该片区靠近火车站,车流量大,虽然附近道路的连接值很高,道路可达性好,但现有的交通条件与理论计算不符,需要改善实际道路状况.

(3)部分道路交通网络空间位置较差,不能满足其实际承载的交通,如南大街等.从图中看南大街的分析结果呈黄色,表明全局集成度不高,计算得其连接值为8,与其他主干路相比,空间句法各变量值都较低,说明从理论上讲南大街的可达性与便捷程度都不高.然而,现实中这类道路交通流量大,与其理论值不符,说明道路交通网络通达性较差,不能达到其承载的交通流.

3.2 改善建议

根据空间句法定量分析出的结果,对西安市明城墙内历史街区交通改善提出以下几点建议:

(1)对于街区内机动车交通量较大、道路等级较高但其空间位置较差的道路,应打通其附近的断头

路,增加道路连接度,提高道路通达性。以南大街为例,可加强南大街两侧湘子庙片区与三学街片区中与南大街相连的支路的直接联系,打通片区内的断头路,加强片区的可达性,同时也能提高南大街的连接度与便捷程度,加强其交通条件^[8]。

(2)对于重点发展的区域,应加强其中心性,提高区域整体空间感知度。交通网络设计时需注意与通达性高的道路相连接,提高街区的便利性。以三学街历史街区为例,街区内有书院门、碑林等著名文化古迹旅游景点,吸引了大量的游客和本地市民,片区内大部分街道为步行街,以慢行交通为主。可以通过提高街区外围道路南大街、柏树林等的集成度、深度值等,从而提高片区的空间感知度,加强街区的便捷程度。

(3)道路集成度较高的片区,具有良好的中心性,人流密度高,便捷程度也很高,具有很好的发展潜力。对于这种片区的交通改善在保护原有的街区格局的基础上主要以改善交通设施为主,细化完善道路交通设施,使之与街区整体风貌相协调。以七贤庄历史街区为例,该片区主要道路集成度都较高,空间感知度高,道路通达性和便捷程度较好。因此,对该街区交通改善时可以从优化道路横断面各组成部分的宽度、改善慢行交通环境、加强人性化设计、细化完善道路交通设施使之与七贤庄整体历史风貌相协调等方面考虑。

4 结语

利用空间句法对西安市四个时期的城市道路网形态特征进行了研究分析,结果表明:

(1)20世纪60年代到80年代西安市明城墙内道路网全局集成核较高,历史街区与其周边地区形成了很强的集聚中心,街区整体吸引交通量较大。

(2)20世纪90年代至2013年城市路网快速发展,以明城墙为中心按照“环状+棋盘式”向外辐射扩展,明城墙内除了几条主干路仍保持着较高的集成度,其他道路集成度明显降低。因此,历史街区周边地区人流量较大,但内部人流量相对较小。受路网扩张和道路路幅受限的影响,街区内道路以慢行交通为主,不再以机动车交通为主。

(3)在2013年西安市路网的基础上对明城墙范围内交通网络进行空间句法分析,发现存在单一道路全局集成度较高,但周围道路集成度很低,区域整体中心性不强;部分所处空间位置较好的道路实际道路红线较窄,交通状况差;部分道路交通网络

空间位置较差,不能满足其实际承载的交通等问题。针对存在的问题,可以通过打通附近断头路;合理组织交通;改善交通设施等方法解决。

空间句法在量化研究城市道路交通网络特征方面具有实用性,为路网规划、设计与分析提供了一种新的思路和方法。

参考文献 References

- [1] 陈垚森,陈文成.基于空间句法的泉州城区道路网形态研究[J].热带地理,2011,31(6):604-608.
CHEN Yaosen, CHEN Wencheng. Morphology of quanzhou city road network based on space syntax[J].China Academic Journal Electronic Publishing House, 2011,31(6): 604-608.
- [2] 朱东风.1990年以来苏州市空间句法集成核演变[J].东南大学学报:自然科学版,2005,35增(1):257-264.
ZHU Dongfeng. Evolution of Suzhou city's global integrator since 1990s[J]. Journal of Southeast University: Natural Science Edition, 2005, 35(S1): 257-264.
- [3] 鲁海军,刘学军,程建权,等.基于空间句法的城市道路网可达性分析[J].中国水运,2007,7(7):131-133.
LU Haijun, LIU Xuejun, CHENG Jianquan, et al. Based on spatial syntax city system accessibility analysis[J]. China Water Transport, 2007, 7(7): 131-133.
- [4] 陈仲光,徐建刚,蒋海兵.基于空间句法的历史街区多尺度空间分析研究-以福州三坊七巷历史街区为例[J].城市规划,2009,33(8):92-96.
CHEN Zhongguang, XU Jiangang, JIANG Haibing. Multi-scale spatial analysis of historic district based on syntax: Taking three lanes and seven alleys in Fuzhou as an example[J].China Academic Journal Electronic Publishing House, 2009,33(8): 92-96.
- [5] 王玉萍,马超群.公共交通特性分析与发展对策研究[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2006,12(6):846-850.
WANG Yuping, MA Chaoqun. Study on the characteristic and strategy for the development of public transport in Xi'an [J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2006, 12(6):846-850.
- [6] 王秋平,张琦.城市中心区交通量时间序列的分形特征[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2008,2(1):101-107.
WANG Qiuping, ZHANG Qi. Fractal feature in the traffic volume time series of the city centre [J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2008, 2(1):101-107.
- [7] 王秋平.西安市交通拥堵分析及对策探讨[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2002,12(4):390-393.
WANG Qiuping. Analysis of traffic jam in Xi'an City and countermeasures to take [J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2002, 12(4): 390-393.
- [8] 王秋平,王思颖.基于城市交通网络的历史街区单向交通组织优化[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2014,6(3):342-347.
WANG Qiuping, WANG Siying. One-way traffic organization optimization of the historic district based on urban traffic network [J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2014, 6(3): 342-347.

(编辑 吴海西)