

基于空间句法的中山市三角镇滨水道连通性调查研究^{*}

Current Situation of Waterfront Channel Connectivity in Sanjiao Town, Zhongshan City Based on Space Syntax

曾昭仪 刘宏斌 卢丹梅^{*}

ZENG Zhao-yi, LIU Hong-bin, LU Dan-mei^{*}

摘要: 岭南水乡的滨水道良好的连通性提升滨水空间的活力及其休闲观光和文化体验等。随着城镇化发展,滨水道出现通畅度不佳、空间渗透能力较弱、集聚效益较低的问题。以广东省中山市三角镇为研究对象,运用空间句法研究分析,选取连接度、深度值、整体集成度、全局穿行度与步行穿行度5项指标数据对滨水道连通性进行分析,并运用熵权法建立评价指标体系,对三角镇滨水道连通性进行综合评价。结合实地踏勘与空间句法指标数据分析三角镇滨水道的空间形态与现状,进而提出三角镇滨水道优化建议。

关键词: 空间句法;滨水道;连通性;三角镇;岭南水乡

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1671-2641(2021)06-0027-05

收稿日期: 2021-02-18

修回日期: 2021-06-03

Abstract: Good connectivity of waterfront channel in Lingnan

water town can improve the vitality of waterfront space and its leisure sightseeing and cultural experience. With the rapid development of urbanization, waterfront channel has problems of poor patency, weak spatial permeability and low agglomeration efficiency. This paper takes Sanjiao Town, Zhongshan City, Guangdong Province as the research object, by using Space Syntax, five indexes of connection value, depth value, global integration, whole choice and pedestrian choice are chosen to analyze the connectivity of waterfront channel. Then, an evaluation index system is established by entropy weight method to comprehensively evaluate the connectivity of waterfront channel in Sanjiao Town based on villagers' demands and index data. The current situation and spatial form of the waterfront are analyzed by combining qualitative and quantitative analysis. Finally, spatial form and status quo of the waterfront channel are analyzed combining field survey and spatial syntactic index data, and optimization suggestions are put forward.

Key words: Space Syntax; Waterfront Channel; Connectivity; Sanjiao Town; Lingnan water town

三角镇位于我国广东省中山市,是中山市岭南水乡的代表之一,其滨水空间承载了丰富的自然与人文资源,滨水道串联了滨水空间的生态景观和历史文脉。如今,三角镇的滨水道出现步行廊道缺乏、交通流线受阻等现象,滨水道连通性受到影响。连通性一是指滨岸带连通,即市民可以通过开敞空间和公共交通自由地进入水岸;二是指滨水岸线连通,即串联分散在河岸各处的功能性节点(如公园、历史建筑)^[1]。

空间句法是一种对建筑、聚落、城市甚至景观在内的人居空间结构的量化描述,是研究空间组织与人类社会之间关系的理论和方法,其将直觉和科学联系起来,并在城市设计、规

划和研究中发挥作用^[2-4]。空间句法现已被应用于城市道路、地理学、建筑学等方面的研究,同时,利用空间句法调查研究道路连通性的适用性已获得实证^[5]。

本研究运用空间句法理论,选取连接度、深度值、整体集成度、全局穿行度与步行穿行度5项指标数据,对三角镇的滨水道连通性进行分析,并运用熵权法建立评价指标体系,结合现场踏勘,通过定性与定量、实地踏勘与指标数据相结合的方法,综合评价三角镇滨水道的连通性,并拟通过对滨水道连通性的研究,探寻岭南水乡滨水空间高质量建设策略,以期对其他岭南水乡或珠三角河网区域建设有所启示。

1 研究对象与方法

1.1 三角镇概况

三角镇属于亚热带季风性气候,水网密布,镇区南、西、北面有鸡鸦水道、黄沙沥水道、洪奇沥水道;镇内大小河涌交错,共有53条,总长151.5 km,其水面面积5.6 km²,占全镇总面积7.9%。“十四五”期间,三角镇将进一步城镇化,其发展定位为中山市东北组团中心镇,打造具有岭南水乡风情的森林小镇。因此,三角镇需对滨水空间进行改善与挖潜。

1.2 空间句法与熵权法

空间句法理论是一项基于“组构分析”的对空间描述的方法,即是针对各个空间之间的组织构成方式来描

^{*}基金来源:国家级大学生创新创业训练项目(202110564056)、“挑战杯”全国大学生课外学术科技竞赛项目

述其特征^[6]。以道路为例,用轴线描述道路,构建轴线模型,从而淡化形状大小对空间描述的影响,凸显道路空间之间的关系。滨水道作为人群滨水活动载体,是当地人群重要集聚地。本研究将构建三角镇的滨水道轴线模型,通过空间句法分析当地滨水道的连通性。

熵权法是一种客观的赋权方法,是利用各指标的熵值所提供的信息量的大小来决定指标权重的方法。运用熵权法确定滨水道各项指标权重,能避免人为主观确定权重的随意性^[7]。根据各项指标权重,构建评价指标体系,计算各个滨水道连通性的综合得分。

2 滨水道连通性调查与数据分析

本研究以中山市三角镇街区的高德卫星地图为底,借助 Auto CAD 2019 软件绘制一系列折线段代表滨水道轴线,轴线间相互交叉,构建三角镇主要滨水道的轴线图,并对滨水道进行编号(图1)。共绘制 364 根轴线,其中人工开凿河涌的滨水道以长轴线为主,自然河涌的以短轴线连接。

空间句法中常用的测度指标有集成度、穿行度、连接值、深度值及可理解度等,本研究选取了连接度、深度值、整体集成度、全局穿行度及步行穿行度构建测度指标体系,对滨水道连通性进行研究^[8]。将 CAD 导出的 dxf 格式文件导入 DepthMap 软件,对轴线进行拓扑分析,识别轴线的组构结构,所得结果的数值大小通过颜色的深浅在各个分析图内显示。

2.1 滨水道连接值分析

连接值是指与某空间直接相交的空间数,用于描述某空间中元素与其他元素的连接性,连接值越高,说明该单元空间的连通性越好^[2]。连接值高的滨水道与周边街区相互交错程度更高,由此可推测该滨水道与周边的联系更为密切,有利于塑造景观节点。

根据空间句法分析结果(图2)可知,三角镇平均连接值为 2.4,连接值最高的滨水道位于新涌沿岸,其连接值为 6,原因为新涌位于三角镇中心区,是南北走向的主干道,且串联许多支路,与周边其他空间连通度良好。

2.2 滨水道深度值分析

深度值表达的是节点在空间系统中的便捷度,俗语“酒香不怕巷子深”中的“深”就有深度值的含义,其表达的是空间转换的次数,而非实际距离^[2]。三角镇全局平均深度值为 1 679,深度值最低的是高平涌滨水道,为 5.33,其沿岸的高平大道具有良好的通达效果(图3)。

2.3 滨水道全局穿行度分析

穿行度在空间句法理论中指空间被其他最短路径穿行的可能性,主要代表着一个空间的吸引能力,或是该空间的穿越功能。穿行度越高,说明该空间越有可能被人群经过。

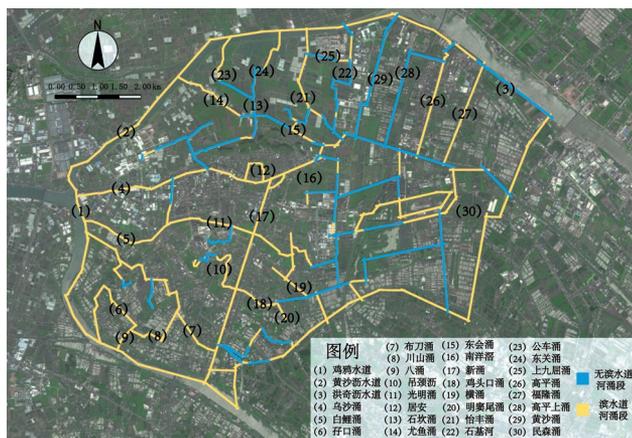


图1 三角镇滨水道轴线图

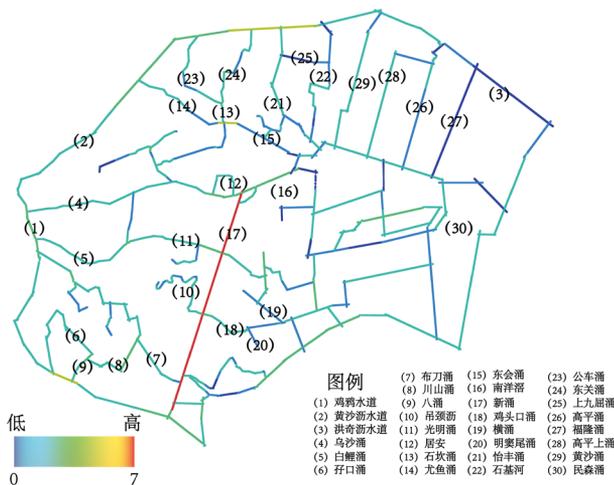


图2 连接值示意图

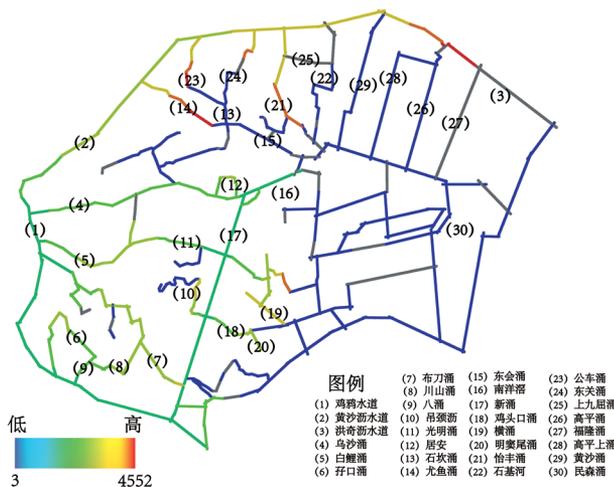


图3 深度值示意图

从分析结果（图 4）来看，三角镇大部分滨水道全局穿行度较低，平均全局穿行度为 2 167，新涌沿岸与黄沙沥水道沿岸穿行度最高，分别为 12 825 和 9 550。

2.4 滨水道步行穿行度分析

根据人群调查分析可知，有 64.4% 的调查者可接受的步行通勤距离最高为 2 km，约为 2 个滨水街区空间的距离，则步行穿行度以穿行空间为 2（即 R=2）进行分析（图 5）。

三角镇步行穿行度普遍较低，不具有良好的穿行功能。由实地踏勘可知，大部分穿行度良好的河涌沿岸以村民居住区为主，滨水景观带较少，河涌滨水地段常被村民用于种植果树或蔬菜，景观较为单一，在良好的穿行空间中尚未发挥其文化宣传、人群休憩的功能。

2.5 滨水道整体集成度分析

集成度表示系统中某一空间与其他空间集聚或离散的程度。一般情况下，集成度越高，该空间到其他空间的便捷程度越高。整体集成度可反映出特定空间节点与整个空间系统中所有节点之间的便捷程度^[9]。

从三角镇滨水道的整体集成度中（图 6-7）可以看出，整体布局集聚程度低，市政中心即为集聚中心，该区域附近有新涌、布刀涌和三角公园。除了镇政府周边，在三角镇东北组团中，高平大道的集聚程度较高。该区域存在较多餐饮服务与休闲娱乐设施，主要人群为当地村民及务工人员，是周边社区的重要人流发生点。

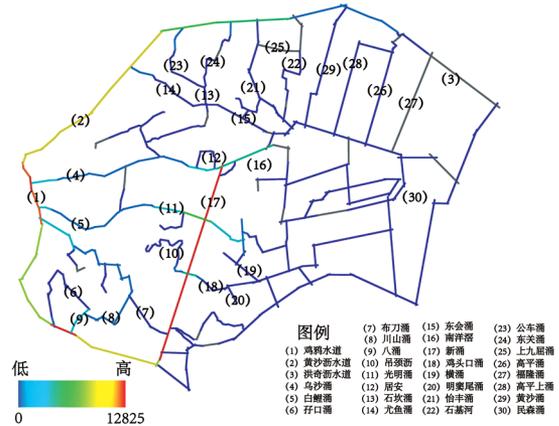


图 4 全局穿行度示意图

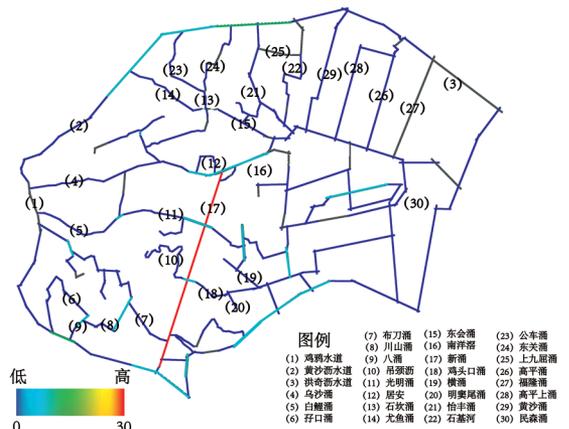


图 5 步行穿行度示意图

3 滨水道连通性评价指标体系的建构

3.1 运用空间句法获取指标数据

根据空间句法分析 30 处滨水道的 5 项指标数据，除去其中 2 条无法计算的样本（编号为 25 与 27），得出表 1。设连接值、全局穿行度、步行穿行度、深度值和整体集成度分别为 $x_1 \sim x_5$ ，其中 x_4 设置为逆向指标，其余为正向指标。

3.2 运用熵权法计算指标权重

将可用的 28 项数据导入 Mpai 数据科学平台运用熵权法计算权重。具体计算方法为：

根据计算公式，本研究设样本 n 为 28，指标 m 为 5。

定义 x_{ij} 为第 i 个样本的第 j 项指标 ($i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$)。由于各项指标的计量单位不统一，因此在用它们计算综合指标前，需先进行无量纲化处理，即把指标的绝对值转化为相对值，从而使各项不同性质的指标值同质化，对于正向、负向指标需采用不同的算法进行数据无量纲化处理。

正向指标 x'_{ij} ：

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}}{\max\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}} \quad (1)$$

负向指标 x'_{ij} ：

$$x'_{ij} = \frac{\max\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - x_{ij}}{\max\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}} \quad (2)$$

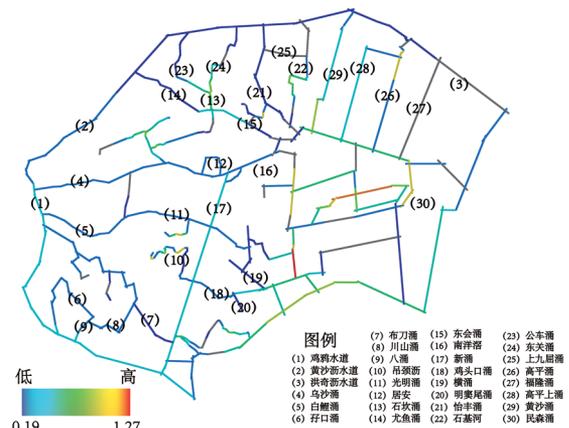


图 6 整体集成度示意图

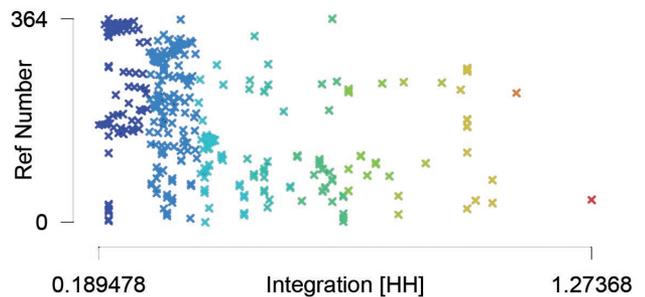


图 7 整体集成度散点图

后文中 x_{ij} 均为无量纲化处理后的 x_{ij}' 。

第 j 项指标下第 i 个样本值占该指标的比重 p_{ij} :

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (3)$$

计算第 j 项指标的熵值 e_j :

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4)$$

其中 $k = 1/\ln n > 0$, 满足 $e_j \geq 0$;

计算第 j 项指标对应的信息熵冗余度 d_j :

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

第 i 项指标的权重 w_j :

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (6)$$

4 三角镇滨水道连通性综合评价

4.1 综合得分

从权重计算结果(表2)中可知,全局穿行度(x_2)对滨水道连通性影响最大,步行穿行度(x_3)次之。根据权重计算各样本的综合得分 S 并排序:

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_j x_{ij} \quad (7)$$

由综合得分结果(表3)可得,三角镇滨水道连通性普遍不高,平均得分约0.23。其中,新涌滨水道综合得分最高,约为0.88,横涌滨水道综合得分最低,约为0.03。

表1 滨水道指标数据

河涌编号	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	2.46	9 028.14	3.73	2 112.78	0.233
2	2.44	7 671.14	3.80	2 876.00	0.311
3	1.50	884.66	1.66	4 055.00	0.212
4	2.14	2 577.50	2.80	2 418.33	0.369
5	2.09	2 214.27	2.31	2 673.33	0.327
6	2.11	852.66	2.44	2 573.44	0.348
7	2.07	1 540.00	4.57	2 769.42	0.437
8	2.50	1 831.00	3.00	2 713.00	0.325
9	2.33	3 263.00	3.33	2 300.33	0.391
10	1.73	562.00	1.58	1 097.88	0.511
11	2.25	2 996.85	3.00	2 573.86	0.339
12	2.00	428.57	2.00	2 714.57	0.328
13	4.00	94.00	3.33	51.00	0.737
14	2.14	781.77	2.66	2 851.11	0.297
15	2.66	39.00	4.00	69.00	0.401
16	2.00	672.83	1.66	454.80	0.378
17	6.00	10 852.50	17.00	2 120.50	0.425
18	2.33	1 500.40	2.80	2 598.00	0.345
19	1.00	0	0	3 328.00	0.262
20	1.00	0	0	3 097.00	0.283
21	1.66	335.66	1.33	2 935.40	0.232
22	1.33	11.11	1.33	19.00	0.508
23	1.63	744.44	1.55	2 801.00	0.335
24	1.81	345.27	2.36	1 901.50	0.449
26	1.20	1.33	0.66	5.33	0.666
28	1.50	5.00	1.00	18.50	0.424
29	1.75	9.75	1.50	15.25	0.606
30	1.20	2.00	1.00	8.25	0.681

新涌位于三角镇中心区,临近镇政府,周边城镇化建设水平及公共服务设施水平较高。而横涌附近为横涌工业区,与周边地区存在一定的空间隔离。

4.2 问题总结

根据三角镇滨水道空间句法分析与实地踏勘,总结分析出下列问题:

1) 滨水道渗透能力较弱。部分滨水道连接值较低,步道之间缺乏廊道相连,或滨水步道无法衔接滨水空间与周边休闲功能节点,与周边景观节点割裂,导致滨水景观串联功能受限。如何建立完善的城乡一体化的慢性系统,并结合滨水岸线建设更加快速便捷到达滨水景观节点的慢行步道,提升滨水区的空间可达性,是提升空间活力的重要措施。

2) 滨水道通畅度不佳。部分滨水道被村民以随意停放私家车、堆放杂物等方式私有化占用,致使人群无法观赏滨水景观;有的滨水道因被设置了围栏等障碍物阻碍人群进入活动,而路线中断,穿行度降低,影响了人群滨水道活动体验。

3) 滨水道集聚效益较低。根据综合评价结果,三角镇新涌、鸡鸦水道等滨水道虽有良好的连通性,但生态景观节点及公共服务设施仍有待完善,并未形成良好的景观与商业功能。当地除了要打造连通性良好的滨水道外,水乡自身的整治和美化必不可少。如何保护岭南水乡地域化风情,提升当地生态环境质量与文化氛围,才是擦亮地区品牌、吸引流量的根本问题。

5 优化建议

5.1 打造通达的特色观光廊道

实现滨水道连通,需加强河涌蓝线管理,结合自然与文化特征,打造通达的滨水观光廊道,串联滨水景观节点,强调公共开放的滨水空间,实现亲水功能,为游人提供高品质的滨水休闲空间。如新涌滨水道应当发挥其连通性优势,完善滨水空间功能;横涌滨水道可以通过结合工业区特色,结合自然与工业文明,建设现代岭南特色滨水道。

5.2 整体性规划与疏导

从指标权重的计算结果中可以推断,提升滨水道穿行度是提升滨水道连通性的关键。在三角镇各个滨水空间进行分段分区建设治理,容易出现滨水道串联功能受阻、滨水景观分异等问题,导致整体滨水道连通性降低。因此,滨水道在规划建设当中应从整体上考虑,通过设置良好的空间指引、畅通的交通流线,从而提升滨水道连通性。

5.3 完善滨水空间的社会服务功能

滨水道连通性优化策略应当以提升滨水空间景观生态、历史文化功能为目标,发挥滨水空间服务功能的重

表2 权重计算结果

项	权重
x_1	15.464%
x_2	44.688%
x_3	18.539%
x_4	12.678%
x_5	8.631%

表3 滨水道综合得分结果

河涌编号	综合得分结果	排序
17	0.882 558	1
1	0.521 901	2
2	0.455 082	3
13	0.344 630	4
9	0.296 084	5
11	0.262 041	6
15	0.252 429	7
4	0.249 069	8
29	0.231 234	9
7	0.223 570	10
30	0.220 964	11
16	0.216 706	12
8	0.215 075	13
26	0.214 914	14
5	0.212 258	15
10	0.204 691	16
18	0.200 910	17
22	0.200 158	18
28	0.187 844	19
24	0.171 413	20
6	0.164 790	21
14	0.148 210	22
12	0.131 401	23
23	0.126 515	24
21	0.087 135	25
3	0.069 995	26
20	0.041 734	27
19	0.031 091	28

要价值。对于集聚作用良好的滨水道，适宜完善其社会服务功能。如新涌、石坎涌沿岸及其周边地区，应当利用好空间开放的优势，发展多功能的滨水空间，结合当地自然景观与历史人文资源，打造特色滨水商业街，增加图书馆、餐厅等设施，吸引人流、带动人气，提升滨水活力与经济价值。

6 结语

本研究运用空间句法分析三角镇滨水道的连通性，将选取的5项指标运用熵权法计算指标权重后进行综合评价，并结合实地走访，调查实地滨

水道情况，分析当地滨水道现状问题并提出相关建议。以滨水道为研究切入点，基于其空间特征提出改善建议，可作为其他岭南水乡如何建设活力开放滨水空间的借鉴。后续的研究若能结合当地重要的水乡景观节点、民俗活动场所以及人群重要记忆印象点进行分析，改善具有景观与人文价值的乡村节点的连通性，将更具有实践意义。

注：图片均为作者自绘

参考文献：

[1] 陈丹, 任翔宇, 杨凯, 等. 上海苏州河滨水空间的社会服务功能探讨[J]. 世界地理研究, 2016, 25(1): 151-158.

[2] 张愚, 王建国. 再论“空间句法”[J]. 建筑师, 2004(3): 33-44.

[3] 黄凯, 纪绵. 基于空间句法的城市历史环境可持续保护研究——以广州西关历史街区为例[J]. 新建筑, 2019(6): 21-25.

[4] 比尔·希列尔, 盛强. 空间句法的发展现状与未来[J]. 建筑学报, 2014(8): 60-65.

[5] 胡林, 冯仲科. 基于空间句法的北京房山区林火分布的研究[J]. 北京林业大学学报, 2005(S2): 40-42.

[6] 段进, 比尔·希列尔. 空间研究3: 空间句法与城市规划[M]. 南京: 东南大学出版社, 2007.

[7] 王宁, 许先升, 许晓倩. 基于空间句法的海甸溪城市河流廊道空间形态特征分析[J]. 广东园林, 2019, 41(1): 42-47.

[8] 章穗, 张梅, 迟国泰. 基于熵权法的科学技术评价模型及其实证研究[J]. 管理学报, 2010, 7(1): 34-42.

[9] 李海涛, 周家慧, 廖建军. 基于空间句法的商业街空间形态研究——以常德市“德国小镇”和大小河街为例[J]. 智能城市, 2019, 5(23): 38-39.

作者简介：

曾昭仪 /1999年生/女/广东珠海人/华南农业大学林学与风景园林学院(广州 510642)/在读本科/专业方向为城乡规划

刘宏斌 /2000年生/男/广东中山人/华南农业大学林学与风景园林学院(广州 510642)/在读本科/专业方向为城乡规划

(*通信作者) 卢丹梅 /1977年生/女/广西梧州人/硕士/华南农业大学林学与风景园林学院(广州 510642)/教授/研究方向为小城镇与乡村发展研究/E-mail: 156948861@qq.com