

# 高原城市建成环境对汽车燃油消耗量的异质性影响

邴元政 陶冶强 代谨楠 吴恒建\*

西藏大学(工学院) 西藏拉萨 850000

**摘要:**以建成环境和居民出行行为的相互关系为理论基础,基于建成环境的5D维度选取人口密度、土地利用混合度及公交站点密度等5个指标刻画建成环境,利用POI数据和道路网络等地理空间数据测度建成环境。以汽车燃油消耗量作为测度交通出行的标准,构建地理加权回归模型,依据模型结果发现地理加权回归模型能够降低残差自相关性,并且显示数值高,模型拟合度好,置信度高。结论显示在建成环境指标中,不同要素对居民汽车燃油消耗量存在显著性差异。

**关键词:**建成环境;汽车燃油消耗量;地理加权回归模型;空间异质性

## 前言

根据联合国《可持续交通报告》显示,来自于交通领域的碳排放一直处于快速增长阶段并且占到了全球因能源消耗产生的二氧化碳总排放量的25%<sup>[1]</sup>。由此可见,道路空间资源有限的矛盾日益加重,使得城市空气污染以及道路交通状况拥堵成为城市化进程中的顽疾。故而,通过研究城市研究单元建成环境对汽车燃油消耗量的内在机理是建设新型城市化的重要抓手。

基于研究城市建成环境特性,影响居民交通出行行为进而减少居民汽车出行燃油消耗量的规划思路已引起国内外学者的广泛讨论。Ewing等审查大量文献发现,相较于个体社会经济属性,建成环境对小汽车行驶里程的影响更大<sup>[2]</sup>。Choi等采用结构方程建模技术和路径估算模型提高了建成环境与车辆排放之间关系的理解<sup>[3]</sup>。Liu和Shen探究了居住地建成环境对机动车行驶里程与能源消耗的影响,发现居住地建成环境对机动车行驶里程与能源消耗有间接影响<sup>[4]</sup>。

现有研究很少涉及高原城市建成环境与汽车燃油消耗量的影响机制关系,研究单元建成环境与汽车燃油消耗量的线性关系研究在高海拔地区城市作为地理背景的实证较少。拉萨市作为全球高海拔地区城市的典型代表,社会经济特征以及气候特征与低海拔城市有着较大差异性。本文针对研究相对较少的高原城市进行案例分析,从量化的角度探索城市建成环境与小汽车出行之间的内在联系,以期降低小汽车依赖,减少交通能源消耗和碳排放。

## 1. 建成环境指标选取与尺度界定

在建成环境的量化度量方面,结合相关文献研究可知,

建成环境常用5D要素进行刻画,包括密度、多样性、设计、目的地可达性与公交临近度<sup>[5]</sup>。下表1为5D要素的度量指标。其中,密度通过人口密度进行表征;多样性通过土地利用混合度表征;设计通过路网密度测度;公交临近度通过单位面积内公交站点数量表征;拉萨市以多中心发展的城市格局为指导,故目的地可达性通过距离中心商圈的距离进行表征。

为了更好地量化建成环境,需要将研究区域划分为合适的分析单元,根据地理特点和实际情况决定以研究单元范围为空间尺度对拉萨市主城区进行异质性分析。本文中分析单元划分采用中观层面的交通模型。

## 2. 建成环境数据来源及处理

### 2.1 数据来源

拉萨市主城区的面积为88.9km<sup>2</sup>,其中路网数据来自拉萨市规划院的矢量数据,属性包括道路等级和路网密度;各研究单元人口数据是通过根据拉萨市城市交通预测模型中各研究单元人口为基础提取各研究单元人口比例,再结合实际行政区的人口数据,进行人口扩样得到的。土地利用混合度是结合POI数据通过香农-维纳指数计算整理得到;距离市中心的距离通过欧氏距离计算得到;公交临近度主要是结合拉萨市综合交通体系规划中的公交数据基础、公交站点数据以及百度地图应用程序中获取得到;汽车燃油消耗量通过随机调查得到。

其中,香农-维纳指数计算公式为<sup>[6]</sup>:

$$L_i = -\sum_{a=1}^A P_a \cdot \ln P_a = -\sum_{a=1}^A \frac{N_a}{\sum_{a=1}^A N_a} \cdot \ln \frac{N_a}{\sum_{a=1}^A N_a} \quad (1)$$

式中： $L_i$ 代表第*i*个缓冲区内土地利用混合度指数； $A$ 代表POI种类的总数量； $P_a$ 代表第*a*类POI占总数量的比例； $N_a$ 代表第*a*类POI的数量。

为了更好地分析拉萨市城关区主城区的城市建成环境，依据《2017-2035拉萨市综合交通体系规划》、拉萨市片区范围、拉萨市综合交通路网数据和土地利用性质等资料划分具有一定空间职能的研究单元，统计研究单元内的地理信息和建成环境变量，进而达到量化城市建成环境的目的，有利于分析异质性高原城市建成环境对汽车燃油消耗量的影响研究<sup>[7]</sup>。研究范围及研究单元划分如图1所示：

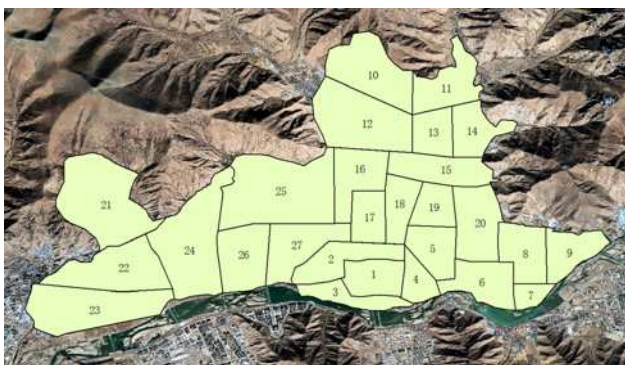


图1 研究范围及研究单元分布图

### 2.2 建成环境变量求解

通过 Arcgis 软件计算各个研究单元内各类 POI 数据的数量，POI 数据则是利用 Python 批量调用百度 API 即应用程序接口爬取到的。其目的是研究高原城市建成环境对居民汽车燃油消耗量的影响，建成环境中的土地利用混合度是关键指标，结合 Arcgis 对 point 进行数据处理，并将 POI 分成 5 种类别。其中，教育机构包括中小学和大学；医疗机构包括医院和诊所；文化娱乐设施包括商场、公园；居住场所包括住宅小区；办公场所包括公司和单位。

为全面反映各个研究单元建成环境发展水平，结合“5D”要素，使用密度、多样性、设计、可达性和公交临近度 5 个维度构建建成环境变量，为下文构建模型和实证分析做好准备，具体描述与量纲见表 1。

表 1 建成环境变量

综合指标	一级指标	二级指标	数学符号
研究单元建成环境发展水平指数	密度	人口密度 (万人 / km <sup>2</sup> )	B <sub>1</sub>
	多样性	土地利用混合度	B <sub>2</sub>
	设计	路网密度 (km/km <sup>2</sup> )	B <sub>3</sub>
	可达性	到商圈的距离 (km)	B <sub>4</sub>
	公交临近度	单位面积内的公交站点数量 (个 / km <sup>2</sup> )	B <sub>5</sub>

在进行模型构建和实证分析之前，需要分析变量间的多重共线性，剔除共线性过高的变量。模型构建中因变量为汽车燃油消耗量，自变量为建成环境要素，将自变量导入 SPSS 软件中，进行共线性分析，结果显示，变量方差膨胀系数 VIF 值均小于 7.5，满足模型中不同变量对共线性的要求。表 2 为指标的统计性分析。

表 2 变量描述性统计分析

	指标	最小值	最大值	均值	标准偏差	VIF 值
建成环境变量	人口密度	0.60	2.30	1.02	1.25	1.30
	土地利用混合度	0.10	0.75	0.35	0.30	2.25
	路网密度	0.15	10.28	1.96	1.50	4.02
	公交站点密度	0.02	0.10	0.05	0.14	2.67
	距离商圈的距离	0.10	8.56	4.89	3.37	1.48

### 3. 模型构建

地理加权回归模型是一种基于空间变化关系建模的局部线性回归方法，它在研究区域的每一处产生一个描述局部关系的回归模型，从而能很好的解释变量的局部空间关系与空间异质性<sup>[8]</sup>。模型考虑了空间上的依赖性，即相邻地理位置的样本可能具有相似的特征，使用地理权重来衡量不同地理位置对回归结果的影响程度。该模型的计算公式<sup>[9]</sup>为：

$$y_i = \sum_r x_{ir} \beta_r(u_i, v_i) + \varepsilon_i \quad (2)$$

式中： $(u_i, v_i)$  是第 *i* 个研究单元的中心坐标； $y_i$  表示第 *i* 个研究单元 POI 点的数量； $x_{ir}$  表示第 *i* 个研究单元中第 *r* 个建成环境变量； $\beta_r$  表示第 *i* 个格网中第 *r* 个自变量的回归系数； $\varepsilon_i$  为随机误差项。

### 4. 结果与分析

拉萨市主城区四周地势陡峭、开发程度不均衡等因素导致外围片区公共服务等较为缺乏。通过地理加权回归模型本文剖析拉萨市主城区建成环境对汽车燃油消耗量的影响，不同的带宽反映不同变量的作用尺度，整体来说，各个研究单元建成环境变量都是局部尺度，说明其具有空间异质性。为全面反映高原城市建成环境对汽车燃油消耗量的影响模式，地理加权回归模型利用 MGWR2.0 软件进行求解。模型回归结果如表 3 所示：

表 3 模型回归结果

指标	全局系数	P 均值
人口密度	-0.056**	0.003
土地利用混合度	-0.195**	0.016

路网密度	-0.09*	0.037
公交站点密度	-0.116*	0.041
距离商圈的距离	0.125*	0.012
AICc	432.680	
R <sup>2</sup>	0.830	

注：系数均为标准化系数，地理回归模型中每个样本点均会有对应的解释变量系数，通过求解所有样变量系数的平均值能够得到变量全局系数；\*\*、\*分别表示P值小于0.01、0.05，相关性显著。

其中， $R^2$ 能够度量模型拟合度好坏， $R^2$ 的值在0到1之间，越接近1表明拟合度越好。AICc能够度量模型的性能，其值越小，模型性能更佳。通过研究结果发现，不同研究单元建成环境作用尺度差异很大。其一，从整体来看，各个研究单元的建成环境变量均是局部尺度，说明选取变量具有空间异质性；其二，建成环境影响因素对汽车燃油消耗量影响的空间异质性程度排序由大到小依次是公交站点密度>路网密度>土地利用混合度>距离商圈的距离>人口密度；其三，公交站点密度对汽车燃油消耗量的异质性最强，作用尺度与研究单元尺度接近，说明不同研究单元的公交服务水平对汽车燃油消耗量影响有较大差异，需要对每个研究单元进行差异化的公交规划。

公交服务水平对汽车燃油消耗量的影响呈现显著的积极影响，系数分布由城市中心向外不断递减。增加土地利用混合度对减少居民汽车燃油消耗量的效应具有显著效果，相较于主城区的街道，边缘区域的夺底乡公交服务水平低以及道路基础设施建设不够完善，道路设施建设仍具有较大的提升空间。

### 5. 结论

本文在高原城市建成环境与汽车燃油消耗量关系的实证研究中应用了地理回归模型，以研究单元建成环境为出发点，并结合拉萨市的道路交通数据，以此来研究拉萨市建成环境和汽车燃油消耗量关系之间的空间异质性。通过模型结果得知，研究单元建成环境对于汽车燃油消耗量有着较大影响。因而，为了使城市发展更加绿色健康有序，则需要通过打造多中心布局来缩小区位差异以及提高公共交通的供给质量，从而真正意义上实现绿色出行。

### 参考文献：

- [1]Hamin, E. M., Gurran, N. Urban form and climate change: balance adaptation and mitigation in the U.S. and Australia [J]. Habitat International, 2009, 33(3): 238-245.
- [2]EWING R, TIAN G, GOATES J P. Varying influences of the built environment on household travel in 15 diverse regions of the United States[J]. Urban Studies, 2015, 52(13): 2330-2348.
- [3]Kwangyul Choi, Junfeng Jiao, Ming Zhang. Reducing Vehicle Travel for the Next Generation: Lessons from the 2001 and 2009 National Household Travel Surveys[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2017, 143(4).
- [4]Liu Chao, Shen Qing. An empirical analysis of the influence of urban form on household travel and energy consumption[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2011, 35(5): 347-357.
- [5]YANG Liya, WA+NG Zhenbo. Impact of residential built environment on daily travel behavior[J]. Economic Geography, 2019, 39(4): 101-108. GUAN X D, WANG D G. Influences of the built environment on travel: A [6]household-based perspective[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2019, 130: 710-724.
- [7]江思敏. 拉萨市居民出行公平评估及对策研究 [D]. 西藏大学, 2021.
- [8]陈坚, 刘柯良, 李武等. 社区建成环境对机动车行驶里程影响的空间异质性模型 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2022, 22(06): 124-133.
- [9]黄洋爵, 汤俊卿, 林华丽等. 基于多尺度地理加权回归模型的城市建成环境对共享单车空间分布影响研究 [J]. 地理研究, 2023, 42(09): 2405-2418.

### 作者简介：

邴元政（1999.05.12—），男，汉族，山东日照，学生，硕士在读，单位：西藏大学，研究方向：交通土建工程。

基金项目：西藏大学研究生高水平人才培养计划项目“社区建成环境对私家车出行空间异质性影响研究”；指导老师：程刚；项目编号：2021-GSP-S150