

# 空间失序视角下的 城市街道空间品质测度研究

(申请清华大学城市规划硕士专业学位论文)

培养单位：建筑学院  
申请人：陈婧佳  
指导教师：龙瀛副教授

二〇二一年六月

空间失序视角下的城市街道空间品质测度研究

陈婧佳

# **Research on the Quality Measurement of Urban Street Space from the Perspective of Spatial Disorder**

Thesis Submitted to

**Tsinghua University**

in partial fulfillment of the requirement

for the professional degree of

**Master of Urban Planning**

by

**Chen Jingjia**

Thesis Supervisor: Long Ying, Associate Professor

**June, 2021**



# 学位论文公开评阅人和答辩委员会名单

## 公开评阅人名单

刘 宛	副教授	清华大学
茅明睿	高级工程师	北京城市象限科技有限公司

## 答辩委员会名单

主席	张 悦	教授	清华大学
委员	刘 宛	副教授	清华大学
	刘佳燕	副教授	清华大学
	龙 瀛	副教授	清华大学
	梁思思	副教授	清华大学
	张险峰	教授级高级工程师	北京清华同衡规划设计 研究院有限公司
秘书	万雍曼	博士研究生	清华大学



# 关于学位论文使用授权的说明

本人完全了解清华大学有关保留、使用学位论文的规定，即：

清华大学拥有在著作权法规定范围内学位论文的使用权，其中包括：（1）已获学位的研究生必须按学校规定提交学位论文，学校可以采用影印、缩印或其他复制手段保存研究生上交的学位论文；（2）为教学和科研目的，学校可以将公开的学位论文作为资料在图书馆、资料室等场所供校内师生阅读，或在校园网上供校内师生浏览部分内容；（3）按照上级教育主管部门督导、抽查等要求，报送相应的学位论文。

本人保证遵守上述规定。

**（保密的论文在解密后遵守此规定）**

作者签名： \_\_\_\_\_

导师签名： \_\_\_\_\_

日 期： \_\_\_\_\_

日 期： \_\_\_\_\_





## 摘要

相较于整洁、有序、安全的环境，空间失序指的是缺乏维护和管理甚至长期废弃导致的空间品质较差、并干扰了居民对公共空间正常使用的城市景观。随着人们对城市空间品质需求不断提升，作为建成环境负面特征的空间失序现象逐渐受到关注，并已被证明对居民健康、公共安全甚至城市衰退有负面影响。为了进行应对与干预，需要首先找到出现空间失序的场所，然而，目前尚未出现低成本、高效率的大规模测度方法。以北京五环内街道空间为例，本研究解构空间失序现象，揭示街道空间的消极特征及其潜在的负外部性，并探索了一种基于海量街景图像数据、结合虚拟审计和深度学习模型的方法，来量化城市街道的空间失序现象，以期支持城市管理和规划者以更全面的视角认识空间品质及变化，并提高相关决策的精细程度和效率。

研究结合文献梳理与实地调研，构建了囊括中国城市景观特征的空间失序量化要素体系以及审计标准手册，基于自主开发的虚拟审计在线系统，通过小范围人工评估的方式验证了要素体系及审计方法的有效性，并构建了空间失序样本库。借鉴成熟的 Faster R-CNN、SSD 目标检测算法和 SegNet 语义分割算法进行模型训练、优化，研究最终选择了针对每个空间失序要素表现最优的深度学习模型（F2-score 大于 80%）。

基于多年街景数据，研究对北京五环内街道空间开展了实证研究，测度了图像中存在的空间失序要素。尽管整体空间品质较好，北京五环内仍不同程度地散布空间失序现象（69.8%街景点有至少 1 个空间失序要素），二环内北侧和南侧老城区空间失序现象集聚；其中店面招牌污损破损、垃圾堆放/丢弃、建筑立面涂鸦/小广告张贴等是影响城市空间品质的主要失序要素，而空间失序将对城市活力产生负面影响。从 2017 年“疏解整治促提升”专项行动实施前后的变化情况看，空间品质趋于提升（50.4%街景点空间失序现象减少甚至消失，16.1%无变化），二环内及长安街及延长线地区空间失序现象改善明显，城市空间整治显现出成效。最后，针对已发生空间失序的场所，研究借鉴和梳理国内外城市街道设计导则及实践经验，对不同空间失序要素提出了应对策略。

关键词：公共空间；街道品质；深度学习；街景图像；北京

## Abstract

In contrast to a clean, orderly and safe environment, neighborhood physical disorder refers to poor space quality or even decayed urban landscapes caused by lack of repair and management or even long-term abandonment, and interferes with the normal use of public space by residents. With the increasing demand for urban space quality, the phenomenon of physical disorder, which is a negative feature of the built environment, has gradually attracted attention, and has been proved to have a negative impact on individuals' health, public safety, and even the urban decay. To respond and intervene in the follow-up, it is necessary to find the place where the disorder occurs first. However, there is lack of reproducible, low-cost and high-efficiency large-scale measurement method for physical disorder. Taking the street space with Beijing's Fifth Ring Road as an example, this study deconstructs the phenomenon of physical disorder in the context of construction and quality improvement of Chinese urban space and reveal the negative characteristics of street space and its potential externalities. Based on massive street view image data, combined with virtual audit and deep learning models, a reliable and efficient automatic measurement model of spatial quality is proposed quantify the physical disorder phenomena of urban streets, aiming at supporting city managers and planners to understand space quality and its changes from a more comprehensive perspective, and providing an important basis for further fine management, decision-making and intervention.

Based on scoping review and field research, we build a quantitative checklist for physical disorder and a standard handbook for auditing that includes the characteristics of Chinese urban landscapes. Via the self-developed virtual audit online system, the validity of the checklist and the off-site audit method is verified through small-scale manual audit, and a sample library of disordered street view images is constructed. Model training and optimization are carried out applying Faster R-CNN, SSD object detection algorithm and SegNet segmentation algorithm. We finally select the optimal deep learning model for each physical disorder factor (with F2-score above 80%).

With street view image data for multiple years, we further applied this model to carry out an empirical study on the street space within the Fifth Ring Road in Beijing and estimated physical disorder levels throughout the city, providing evidence for

understanding the characteristics of urban physical disorder in China. The deep learning results show that although the overall urban spatial quality of the city is moderate, physical disorder is still common and spread to varying degrees in Beijing urban area, where ratio of the points with disorder has reached 69.8% among the 71,165 street view points. Also, disordered areas performed concentrated in the north within the Second Ring Road. Stores with poor signboards, garbage/litter on street and graffiti/illegal advertisement are the main factors of disorder that affect the quality of urban space in Beijing, leaving a negative impact on the vitality of the space. For the multiyear scenario, the overall street space quality tends to improve (50.4% of street view points have witnessed the decreasing or even disappearing of disorder, while 16.1% remained basically the same). For areas within the Second Ring Road and Chang'an Avenue and the extension area, the space quality has improved significantly, indicating the certain effects of the urban space renovation. This study also sorted out various intervention methods in the urban street design guidelines at home and abroad, proposed sustainable strategies for specific disorder factors which significantly improved the space quality.

**Keywords:** public space; street quality; deep learning; street view images; Beijing

## 目 录

摘 要.....	I
Abstract .....	II
目 录.....	IV
插图清单.....	VIII
附表清单.....	X
第 1 章 绪论 .....	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 城市空间出现品质不足现象 .....	1
1.1.2 城市空间品质提升成为城市建设重要内容 .....	2
1.1.3 新方法与新数据环境为城市空间品质大规模测度提供支持 .....	5
1.2 研究目的与研究内容.....	6
1.2.1 研究目的 .....	6
1.2.2 研究内容 .....	7
1.3 研究方法与技术路线.....	9
1.3.1 研究方法 .....	9
1.3.2 技术路线 .....	15
第 2 章 理论与研究与综述.....	17
2.1 城市失序概念.....	17
2.1.1 概念：有序与失序 .....	17
2.1.2 分类：空间失序与社会失序 .....	18
2.2 失序的负外部性研究.....	19
2.2.1 失序对公共安全的影响研究 .....	19
2.2.2 失序对公共健康的影响研究 .....	21
2.3 失序的成因研究.....	25
2.4 空间失序的测度方法研究.....	26
2.4.1 调查问卷法 .....	28

2.4.2 行政或商业数据源法 .....	28
2.4.3 建成环境审计 .....	29
2.4.4 空间失序的测度内容 .....	32
2.5 空间失序的应对研究.....	35
2.6 研究评述与总结.....	36
<b>第 3 章 研究对象与数据基础 .....</b>	<b>39</b>
3.1 研究范围与对象.....	39
3.1.1 研究范围 .....	39
3.1.2 研究对象 .....	40
3.2 数据来源与处理.....	41
3.2.1 街景图像数据 .....	41
3.2.2 其他城市空间数据 .....	44
<b>第 4 章 北京街道空间失序测度的模型构建 .....</b>	<b>46</b>
4.1 空间失序的要素体系构建与验证.....	46
4.1.1 基于文献综述的要素体系初步构建 .....	46
4.1.2 预实验：有效性验证与要素修正 .....	49
4.1.3 预实验：感知空间失序与客观空间失序要素的相关性分析 .....	51
4.1.4 最终确定的空间失序要素体系与标准修订 .....	56
4.2 空间失序的样本标注.....	58
4.2.1 虚拟审计在线系统优化 .....	58
4.2.2 人工标注结果 .....	60
4.3 空间失序的深度学习模型搭建.....	61
4.3.1 模型训练过程 .....	62
4.3.2 不同深度学习模型性能评估 .....	63
4.4 空间失序的测度结果计算.....	70
4.5 本章小结.....	71
<b>第 5 章 北京街道空间失序测度的结果分析 .....</b>	<b>72</b>
5.1 空间失序的现状情况及其特征.....	72
5.1.1 整体空间失序程度 .....	72
5.1.2 不同空间失序要素的差异 .....	74
5.2 空间失序的变化情况及其特征.....	78
5.2.1 整体空间失序变化情况 .....	78

5.2.2 不同空间失序要素的变化情况 .....	81
5.3 空间失序与其他城市要素的关系探究.....	83
5.3.1 变量相关性分析 .....	86
5.3.2 回归模型分析 .....	87
5.4 本章小结.....	92
<b>第 6 章 北京城市空间品质建设评估及规划应对.....</b>	<b>93</b>
6.1 北京城市品质建设的评估与验证.....	93
6.1.1 重点整治区域内的空间失序变化情况 .....	93
6.1.2 案例街道的实践及其空间失序变化情况 .....	96
6.2 空间失序的规划应对探讨.....	98
6.2.1 建筑类空间失序对策：维护、提升建筑立面品质 .....	103
6.2.2 沿街商业类空间失序对策：引导、规范街道商业界面与外摆空间 ...	103
6.2.3 环境绿化类空间失序对策：提升街道景观的人文生态效益 .....	104
6.2.4 道路类空间失序对策：规范道路管理以提升人行体验 .....	104
6.2.5 公共设施类空间失序对策：整合公共设施以激活服务效率 .....	105
6.2.6 空间失序对策总结 .....	109
6.3 本章小结.....	109
<b>第 7 章 研究结论与展望.....</b>	<b>111</b>
7.1 研究结论.....	111
7.1.1 构建体现中国城市发展特点的空间失序要素体系 .....	111
7.1.2 开发基于街景图像和深度学习的空间失序测度模型 .....	112
7.1.3 北京五环内的整体空间失序水平较低，呈现局部集聚的特点 .....	112
7.1.4 北京五环内的空间失序现象趋于改善，空间失序动态测度在城市建设效能评估中有应用价值 .....	113
7.2 潜在应用.....	114
7.3 研究局限与后续研究方向.....	115
<b>参考文献.....</b>	<b>117</b>
<b>附录 A 空间失序要素体系及审计标准 .....</b>	<b>128</b>
<b>致 谢.....</b>	<b>134</b>
<b>声 明.....</b>	<b>135</b>
<b>个人简历、在学期间发表的学术论文与研究成果.....</b>	<b>136</b>

目 录

---

指导教师学术评语.....	138
答辩委员会决议书.....	139

## 插图清单

图 1-1 现有街道空间管理方法.....	4
图 1-2 范围综述下的文献筛选流程.....	9
图 1-3 最终纳入范围综述的文献数量.....	10
图 1-4 范围综述的数据收集表格（示例）.....	11
图 1-5 Faster R-CNN 算法结构.....	13
图 1-6 SSD 算法结构.....	13
图 1-7 SegNet 算法结构.....	14
图 1-8 研究技术路线.....	16
图 2-1 不同类别的失序.....	18
图 2-2 失序对公共健康的影响路径.....	22
图 2-3 范围综述的 187 篇文献标题词云.....	37
图 3-1 研究范围.....	39
图 3-2 北京市五环内城市街道数据.....	40
图 3-3 街景图像数据示例.....	41
图 3-4 百度地图时光机功能示例.....	42
图 3-5 北京市五环内其他城市属性数据空间分布.....	45
图 4-1 空间失序虚拟审计在线系统.....	49
图 4-2 面向目标检测算法的空间失序虚拟审计在线系统标注页面.....	59
图 4-3 面向图像语义分割的空间失序要素识别系统.....	60
图 4-4 深度学习测度结果示例.....	65
图 4-5 Faster R-CNN、SSD、SegNet 模型对各个失序要素的识别结果示例.....	68
图 4-6 机器错误识别结果及其示例.....	70
图 5-1 街景点的空间失序指数数据分布.....	72
图 5-2 街景点的空间失序指数空间分布热力图.....	73
图 5-3 街景点的空间失序指数值及其街景图像数据示例.....	74
图 5-4 空间失序各要素频率及对应的词云.....	75
图 5-5 空间失序各要素不同值分布情况.....	76
图 5-6 街景点的各类空间失序要素分布热力图.....	77
图 5-7 街景点的空间失序要素指数数据分布.....	78



---

图 5-8 街景点的空间失序变化值及其街景图像数据示例 .....	79
图 5-9 街景点的空间失序指数变化值空间分布热力图 .....	80
图 5-10 街景点的各空间失序要素变化值均值 .....	81
图 5-11 各空间失序要素不同变化值分布情况 .....	82
图 5-12 各空间失序要素呈现出不同变化特征 .....	83
图 5-13 经济活力及其因变量相关系数矩阵 .....	86
图 5-14 社会活力及其因变量相关系数矩阵 .....	87
图 5-15 变量对数转换前后直方图和箱型图 .....	88
图 5-16 经济活力（房价）的因变量标准化系数比较 .....	91
图 5-17 社会活力（微博密度）的因变量标准化系数比较 .....	91
图 6-1 专项行动中重点整治道路、区域及分布情况 .....	94
图 6-2 六个重点整治区域的空间失序现状及变化情况 .....	95
图 6-3 重点整治道路的各空间失序要素变化情况 .....	96
图 6-4 案例街道的空间失序变化情况及街景图像示例 .....	97

## 附表清单

表 1-1 “疏解整治促提升”专项行动内容及责任分工 .....	3
表 2-1 空间失序的不同测度方法及其特点 .....	27
表 2-2 不同研究中覆盖的空间失序要素 .....	34
表 3-1 不同年份可获取的街景图像数量 .....	42
表 3-2 街景点的累计多年份街景数据情况 .....	43
表 4-1 初步构建的空间失序审计清单 .....	48
表 4-2 三位审计员（A、B、C）识别出的空间失序要素数量及信度情况 .....	51
表 4-3 三位审计员感知到空间失序的图片数量及信度情况 .....	52
表 4-4 三位审计员客观识别失序要素数量与感知失序概率间的点二列相关分析 .....	52
表 4-5 二元 Logsitic 回归预测三位审计员感知失序的结果 .....	54
表 4-6 最终指定的空间失序要素清单 .....	58
表 4-7 数据清洗后带有标注框的街景图像样本数量 .....	61
表 4-8 三种深度学习模型整体效能对比 .....	64
表 4-9 三种模型分要素性能指标比较 .....	66
表 5-1 研究变量定义及描述性统计 .....	85
表 5-2 以经济活力（房价，N=10595）为因变量的回归结果 .....	89
表 5-3 以社会活力（微博密度/点评密度，N=16790）为因变量的回归结果 .....	90
表 6-1 街道设计导则概要 .....	98
表 6-2 街道设计导则与空间失序要素的相关度 .....	101
表 6-3 不同空间失序要素的引导方式 .....	106

## 第1章 绪论

### 1.1 研究背景

#### 1.1.1 城市空间出现品质不足现象

中国城市正在经历着快速发展进程，伴随着大量的增量开发与存量更新，城市整体空间品质得到了较大改善。但在有限的城市建设资源条件下，显著的空间品质提升多集中于新建设区或开发区，使得老城区正在经历一个进展缓慢的过程，城市空间的环境品质下降、空间秩序混乱等现象都不同程度、不同范围地散布在城市中。甚至部分城市存在经济已经停滞、人口逐渐减少、但城市空间仍在持续扩张的现象，进一步导致了建设用地闲置、建筑空置或废弃、城市公共空间无人问津等空间问题。社会学上将这种空间表征定义为城市失序（neighborhood disorder），指的是可观察或是感知的、对居民生活和邻里公共空间的正常使用造成了困扰的物质环境和社会环境的线索（Marco 等，2015；Ross 和 Mirowsky，1999；Skogan，1990），例如废弃和空置的建筑物、破损的公共空间、未被处理的大量街道垃圾等。

随着人们对城市街道认知的扩展，街道不再仅仅是交通空间，街道已成为支持各种人类活动的城市空间重要组成部分。考虑到作为公共空间的城市街道会对居民及其生活质量产生重大影响，街道的空间品质已引起研究者极大的兴趣（Ewing 和 Handy，2009；陈婧佳，张昭希和龙瀛，2020；戴智妹和华晨，2019；唐婧娴和龙瀛，2017；叶宇等，2019）。空间品质作为空间总体质量的综合评价指标，反映了“城市空间各组成要素在‘量’和‘质’上对城市人群和城市社会经济发展的适宜程度”（龙瀛和唐婧娴，2019），一方面，街道空间品质提升需要首先对街道空间建立全面、系统的认知，除了绿化率、界面连续性、街道可步行性、安全性等正面、积极的品质特征外，还应该关注到空间失序等街道空间品质的负面特征。一些西方国家自 20 世纪末就开始关注城市空间品质较差甚至失序的现象、投入了一定的研究，并进行了部分的空间干预，从而实现了城市空间的局部复兴。空间失序还成为了城市规划、社会科学和公共健康之间的交叉话题，相关的文献在近年来也出现了大幅的增长，包括探讨和界定空间失序的概念、量化空间失序现象、分析空间失序的原因和可能带来的影响等。而目前国内城市研究者对空间失序关注仍然较少。

### 1.1.2 城市空间品质提升成为城市建设重要内容

实际上，在实践层面，城市空间品质已经成为了我国城市建设的热点议题，提高我国城市空间的环境品质成为“高质量发展”和“城市双修”等城市发展战略中的重要内容。特别的，自从中共中央、国务院出台了《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》这一重要文件之后，“城市双修”（生态修复、城市修补）已成为城市管理与建设的年度热词，它侧重针对城市空间品质较差的建成环境进行空间维护、整治和有机更新。但是，相对于已成体系的“生态修复”而言，城市修补由于相关理论与实证研究较少，目前还缺乏专业、明晰的用于指导实践的理论方法基础。

具体的，以北京为例，为了回应新版城市总规对“塑造高品质、人性化的公共空间，重塑街道空间环境”的要求、推动首都高质量发展，自2017年起，北京开展“疏解整治促提升”专项行动（后文缩写为“疏整促”），即重点治理城市空间中的非正式建筑物、违规经营等城市景观，首先整治主次道路界面，同时关注“背街小巷”等小尺度城市空间，进行街道界面“开墙打洞”整治等精细化工作，同时，各种形式的城市“微更新”改造项目也得以在历史街区、老旧小区等场所开展。2019年，北京市委发布了《关于加强城市精细化管理工作意见》，提出重点完善城市街巷等建成环境的标准规范和精细化管理。2021年1月，专项行动三年期满，北京政府提出在“十四五”期间深化推进“疏整促”专项行动（表1-1），持续改善街面环境秩序，整体提升城市品质。以针对背街小巷的行动计划为例，整治标准按照街道空间品质分为达标、精治、维护三类，以开展不同力度、不同形式的改造与维护，并强调整治效果的长期保持，配置对应的验收考评标准<sup>①</sup>。

---

<sup>①</sup> 《关于“十四五”时期深化推进“疏解整治促提升”专项行动的实施意见》

表 1-1 “疏解整治促提升”专项行动内容及责任分工

资料来源：北京市人民政府公报，

[http://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202102/t20210205\\_2277859.html](http://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202102/t20210205_2277859.html)

	名称
一般性产业疏解提质	一般制造业 区域性市场 区域性物流中心 传统商业服务
公共服务功能疏解提升	高等教育 医疗卫生 公交场站和旅游集散中心
违法建设治理与腾退土地利用	违法建设与拆违腾退土地 建筑垃圾资源化处置与综合利用 增绿 战略留白临时绿化
桥下空间、施工围挡及街区环境秩序治理	桥下空间 施工围挡 临时建筑 占道经营 无证无照经营 “开墙打洞” 地下空间 群租房
棚户区改造、重点项目征拆收尾、商品房项目配建公共服务设施移交	棚户区改造 直管公房 重点项目征拆收尾 代征代建道路移交 商品住宅小区配套公共服务设施建设和移交
中心城区疏解提质	核心区 朝阳、海淀、丰台区、石景山区
城乡结合部重点村整治	环境整治 安全隐患整治 村庄房租出租管理
重点区域环境提升	重点区域 重点廊道
治理类街乡镇整治提升	
市属国有企业治理提升	

但是，传统的街道空间管理与设计响应依赖政府资源与人力投入（图 1-1a），如由城管执法对商家未经审批擅自占用道路经营等进行巡逻和制止，或由居民电

话投诉进行数据收集，存在时间、资金、人力成本高昂、成果见效慢、管理盲区多等诸多局限，从而难以对城市的全部街道空间进行体检式扫描，真正掌握实际品质及变化情况。以专项行动为例，重点整治内容依赖群众通过 12345 政府服务热线反映问题、管理人员进行梳理和制定，整治验收则依赖街道办等人员每日巡查、区政府等人员每月拉练式检查，仍存在成本较高、效率较低的问题。从实际应用与实践来看，已经有研究者和企业结合多源数据、新技术、新方法进行探索（崔博庶，茅明睿和张云金，2020；王连峰等，2021），如城市象限通过在城管执法巡逻车上安装移动传感器“盒子”、实时监测沿途街道的空气质量、噪声、异味等状况，再上传数据到数据中台进行智能分析（图 1-1b），但主要关注自然环境特征，难以覆盖全部的街道空间特征；且需要新采集数据，适合在局部地区的街道进行实践，大范围推广与运维成本仍然较高。



图 1-1 现有街道空间管理方法

(a) 四川德阳城区的城管在街道上巡逻；

(b) 北京双井街道的巡逻车上加装的便携式移动传感器；

资料来源：<https://deyang.scol.com.cn/sdxw/201807/56333013.html>；  
<https://mp.weixin.qq.com/s/vcLGM59EOo-dHJQNJKgyag>

面向城市双修、城市微更新等城市空间品质建设与实践需求，为了更好地提升城市空间品质、更精准地对建成区进行城市更新与管理，首先需要对现有的城市空间品质进行大规模测度与评估，从而有针对性地找到城市中空间品质较差甚至失序的空间场所。一方面，强调开展大规模、可推广、系统全面的街道空间特

征测度，针对街道尺度进行高精度的现状刻画，另一方面，强调低成本、高效率、自动化的测度技术与方法，真正为精细化城市管理提供理论认知与数据基础。

### 1.1.3 新方法与新数据环境为城市空间品质大规模测度提供支持

随着新数据环境的提升和人工智能技术的突破，城市空间品质的大规模测度成为了可能。已有的测度研究主要从两个方面展开，一类从构成要素角度出发，聚焦对物理空间的客观分析，包括二维平面分析和三维空间分析，如街道的尺度、绿化率和活力等指标（Ewing, 2013; Ewing 和 Handy, 2009; 龙瀛, 2016; 叶宇等, 2018; 周钰等, 2019）；另一类从使用者的适应性角度出发，包括对街道服务水平的评价和使用者的主观评价，衍生出了综合步行可达性、舒适性与安全性等多方面的评价体系（唐婧娴和龙瀛, 2017）。

其中，空间失序是城市空间品质较差的最直观物质体现，但是，量化空间品质或空间失序仍是最大的问题，因为单纯依靠传统方法很难进行大规模规律挖掘。传统的空间失序测度在很大程度上依赖于系统性社会观察（Systematic Social Observation, SSO）或邻里审计（Sampson 和 Raudenbush, 1999），这些人工审计方法成本昂贵，费时费力且甚至有潜在危险（Grubestic 等, 2018），因此受到空间和时间上的限制。此外，不同的审计员对相同的空间也依然存在潜在的主观偏见。

随着谷歌街景、百度街景等在线地图服务的飞速发展，可公开访问的、记录街道沿线建成环境的海量街景图像为测度空间失序提供了另一种方法。作为一种新型的城市数据源，街景图像不仅突破了时空限制，而且还以贴近人本视角的街道空间视野，提供了可回溯的、包含城市街道景观及变化的丰富视觉信息（Zhang 等, 2018），而且大部分在线地图还提供了可回溯的功能（如百度街景的“时光机”），用户可以查询到同一地点在不同年份、时间段的街道景观，从而实现了感知城市街道空间变化、审视规划建设效能的可能性，现已广泛应用于城市空间特征及品质研究（Jiang 等, 2018; Mooney 等, 2016）。尽管基于街景图像开展的虚拟审计是量化和了解建成环境的有效替代方法，但是仍然需要对每个图像进行大量的人工评估，使得使用此类数据和方法进行空间失序的研究仍然有限（Quinn, 2016）。

在过去的十年中，深度学习技术的进步使得图像处理领域取得了长足的进步，并为城市研究提供了强有力的技术支撑。利用街景图像、结合计算机深度学习技术对城市内容和信息进行挖掘从而展开的城市意象、城市空间品质测度等研究成为城市领域新话题和服务城市设计与管理的新手段。由于深度学习能够自动学习图像特征，并对图像进行分类、分割和目标检测，从而准确识别各种目标物体，

因此应用深度学习模型可以对建筑立面、城市绿化等众多空间特征要素作出自动、高效的识别和判断，兼具效率性和准确性，从而避免传统城市研究中较为主观、模糊的城市空间品质评价。这一研究方法目前已被广泛应用于城市建成环境（Li, 2020; Li 等, 2015; Naik 等, 2014）及其与公共健康（Helbich 等, 2019; Dubey 等, 2016）、社会均衡（Zhou 等, 2019）等方面关系的研究，包括利用图像判别算法来分析城市建筑风貌（何宛余等, 2019），利用图像语义分割算法来计算绿视率（叶宇等, 2018），计算视野开阔度（Helbich 等, 2019）和提取街景图像中的建筑物（Liu 等, 2017）等。

基于街景图像的虚拟审计和深度学习技术的结合，为取代常规的人工审计、进行大规模的空间失序自动测度提供了机会。但目前空间失序领域应用这一方法的研究与探索还较少，且多以西方城市为研究对象。在中国城市语境下，如何利用城市不断涌现的大数据、结合快速发展的人工智能技术以服务精细化和智能化的城市规划、设计与管理，值得更高的重视和更积极的研究探索。

## 1.2 研究目的与研究内容

### 1.2.1 研究目的

总结以上研究背景，本研究重点关注空间失序这一城市空间品质较差的现象，并结合海量街景图像数据、计算机视觉、深度学习等前沿技术和方法，旨在开发一种量化城市街道空间失序的高效测度方法。以下为主要研究目的：

1) 从城市规划视角探讨中国城市语境下的空间失序含义及空间表征：目前在国际城市研究与规划领域中，空间失序与其他空间品质相关研究作为一个新兴的研究方向，正得到业内外越来越多学者的关注，相关的文献在近年来也出现了大幅的增长，一方面，主要集中在公共健康等领域探讨建成环境对个体行为与健康的影响方面，而从城市规划与设计的角度出发的城市空间失序的现象、测度或成因的相关研究仍较为匮乏；另一方面，已有研究集中在西方城市，而对中国城市及其发展特征缺乏关注。本研究以中国城市为研究对象，补充既有空间失序理论空白。

2) 从量化视角开发公共空间品质的大规模、低成本测度方法：新数据与新技术的出现，使得大规模测度城市空间品质成为可能，有助于科学、系统和动态地提取城市空间失序这一建成环境的空间表征。基于街景图像和深度学习方法，探讨可靠、高效、可推广的空间品质测度工具。



3) 从实践应用视角为进一步的城市更新提供相应的空间干预手段：在城市发展从增量开发日益转向存量发展的趋势背景下，研究城市空间失序的特征及其影响机理，为城市规划、设计和管理提供基础数据、基本规律和干预策略方面的支持。

## 1.2.2 研究内容

研究拟进行四方面的探讨。第一，探讨空间失序的本土化表征，构建符合中国城市空间特征的空间失序要素体系，并验证其有效性；第二，开发基于多年街景图像数据和深度学习算法的自动测度方法，并以北京五环内城市街道空间为例开展测度工作，通过量化空间失序现象，掌握北京城市空间品质现状以及不同年份变化情况，为进一步进行精细化城市规划、设计与管理提供决策依据。第三，识别出北京城市空间失序的规律特点，通过与已有研究中总结出的西方城市空间失序特点进行对比，从而找出中外城市空间失序在表征上的异同，并且分析和判读北京城市空间失序现象的规律，以及对城市空间及活力的影响。第四，探索已经出现空间品质较差或空间失序现象的建成环境如何进行维护、整治和有机更新，以补充现有城市街道设计导则，为未来城市精细化设计应对策略提供重要建议。

### 1.2.2.1 空间失序的概念界定与要素体系构建

已有城市空间失序研究基本都针对西方发达国家的城市，其定义与表征要素体现了西方发达国家城市的空间特征和发展规律，为了更客观、精准地掌握中国城市空间失序的现象，有必要通过系统化的要素体系构建，对空间失序现象进行概念界定和构成要素识别。

1) 结合已有研究理论、中国城市所处的发展阶段及其空间特征，理清中国社会背景下城市空间失序现象的基本概念和内涵；

2) 基于文献梳理和城市调研等前期工作，构建一套适用和体现中国城市空间特征与发展特色的空间失序构成要素体系，用于全面系统地认识和量化城市空间失序现象；

3) 选取小范围街景样本进行预实验，由培训后的审计员进行审计，甄别街景图像中存在的各类空间失序要素，从而检验空间失序虚拟审计方法及其标准的有效性和可靠性，并对要素体系进行补充与修正；此外，建立空间失序的感知解释模型，识别整体感知空间失序与客观存在空间失序要素实际数量的关系，从而对客观空间失序要素的测度方法进行验证。

### 1.2.1.2 空间失序的大规模测度

空间失序的大规模测度工作是开展后续研究的基础。为了更客观地掌握北京城市空间失序的程度及其特征，本研究提出了一种结合街景图像和深度学习技术来自动测度街道空间失序现象的方法。考虑到空间失序现象复杂多样，包括建筑、沿街商业、环境绿化、道路、公共设施等多种要素，需要训练的模型相对较多；且研究覆盖的数据集大，需要的计算时间和资源相对较多，研究最终应用了多种深度学习算法并进行性能比较。

1) 选取北京五环内城市空间作为研究对象，基于街道（street）单元，提取多年份的街景图像数据，由经过培训的审计员进行人工标注，甄别街景图像中存在的各类空间失序要素；

2) 基于人工标注的街景图像样本，训练各个城市空间失序要素的深度学习模型，并进行不同算法模型的性能评估，选择精度与效率更高的算法模型，应用于空间失序现象自动识别与评价，实现空间失序的大规模测度。

### 1.2.1.3 空间失序的规律识别和机理分析

基于深度学习测度结果，总结北京五环内的街道空间失序状况，探究其影响城市空间品质的关键空间失序要素、空间失序现象的时空分布规律及变化特点等。

1) 对空间失序结果进行空间分析与统计分析，总结北京五环内空间失序整体发展情况与空间分布情况，并辨析不同空间失序要素间的差异及特点；

2) 结合多年街景图像数据，综合考虑北京城市空间品质建设政策及实践背景，分析不同年份街道空间的失序变化情况，评估空间品质建设工作的实际效能；

3) 结合城市基础 GIS 数据、兴趣点（Points of Interest, POI）和社交网络数据等多源数据，在街道层面，讨论微观视角下城市空间失序与街道长度、区位特征、城市设计特征、社会经济活力等因素的关系，从而对空间失序在微观尺度下的影响及相关因素进行探究。

### 1.2.1.4 空间失序的城市规划应对策略

为了对现阶段城市建设提出精细化的空间品质提升方法，研究在空间失序大规模测度分析和规律识别的研究基础上，尝试总结归纳北京空间失序的不同类型与特点，并借鉴国内外城市街道设计导则与实践经验，提出可应用于城市规划与管理的具体应对策略。

1) 基于空间失序的大规模测度工作，形成北京城市空间失序构成要素审计标准及数据库，为不同类别、不同程度的城市空间失序场景的综合评估提供数据支持；

2) 针对已发生空间失序的城市空间，进行评价和分类，结合空间失序的具体原因，提出相应的空间干预和管理手段，以支持政策制定与实践落地。

### 1.3 研究方法与技术路线

#### 1.3.1 研究方法

##### 1.3.1.1 范围综述

研究借鉴了公共健康领域常用的范围综述方法（Scoping Review）（Arksey 和 O'Malley, 2005），旨在全面、系统地收集有关空间失序与公共安全、公共健康之间关联性的众多研究，一方面，基于明确的文献筛选方法，以期快速绘制出空间失序的关键概念、总结空间失序的有效测度方法、梳理空间失序的负面效应，以及可用证据的主要来源和类型，以作为后续研究开展空间失序现象测度和结果分析的理论支撑；另一方面，通过系统梳理找出现有文献中的研究空白（步骤见图 1-2）。

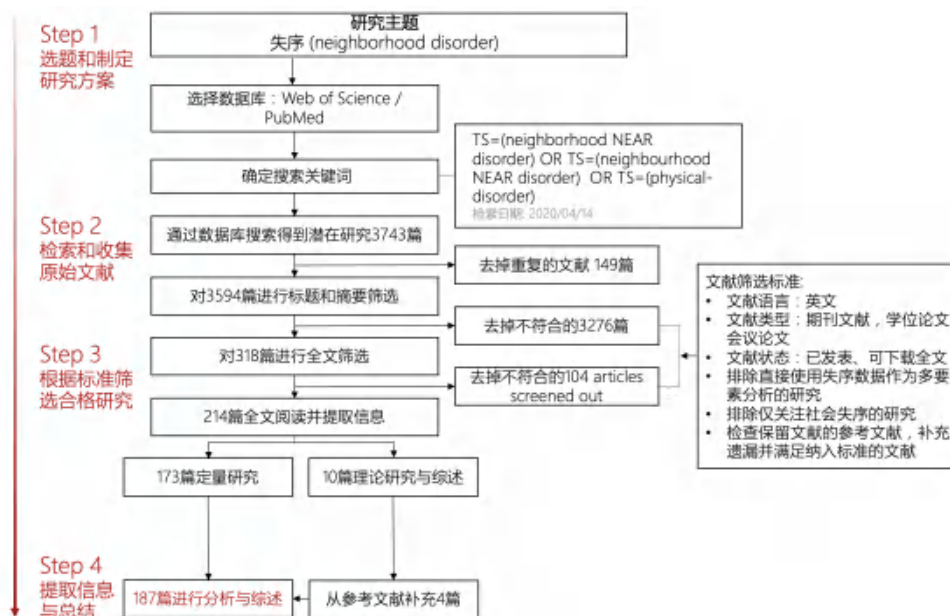


图 1-2 范围综述下的文献筛选流程

资料来源：作者自绘

### 1) 检索策略

本次范围综述选择 Web of Science 和 PubMed 2 个数据库进行检索（检索时间为所有年份），并将检索到的所有文献导入 EndNote 软件，进行去重和筛选。在 Web of Science 和 PubMed 的检索策略为：(neighborhood NEAR disorder [Title /Abstract] OR neighbourhood NEAR disorder [Title /Abstract] OR physical-disorder [Title /Abstract])。

### 2) 纳入与排除标准

根据研究目的与空间失序特点，本次范围综述的文献纳入与排除标准从文献类别、研究内容、分析指标等方面确定：（1）筛选文献类型，剔除专利、标准、报告、评述等其他文献类型，保留期刊论文、会议论文和学位论文；（2）筛选标题和摘要，保留对空间失序进行概念研讨、直接测度、失序和其他要素关系的研究，剔除非英文的文献，剔除仅关注社会失序的文献；（3）筛选全文，剔除直接使用已有空间失序数据作为众多指标之一的研究，并检查保留文献的参考文献，补充遗漏、但满足纳入标准的文献。

### 3) 筛选确定文献，并提取文献信息建立数据库

根据纳入标准，最终筛选出应纳入的有 187 篇文献（图 1-3）。其中空间失序概念及综述有 10 篇，空间失序测度研究有 25 篇，空间失序与公共安全相关研究有 32 篇空间失序与公共健康结果研究有 112 篇，空间失序与城市规划、干预等其他研究有 8 篇。根据研究目的，研究制定了信息提取表格，对每一篇文献的关键信息进行记录和总结，包括研究内容、数据采集方法、样本数量、主要研究成果等。对健康相关的文献，还额外记录了具体健康结果、OR 值等详细实验信息（图 1-4）。

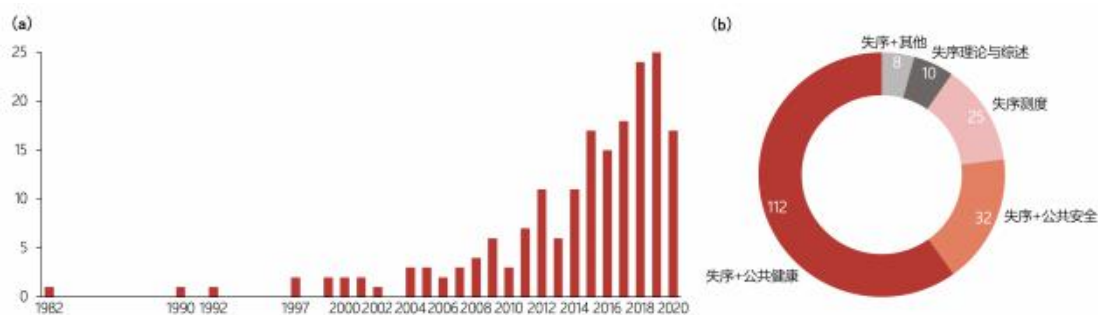


图 1-3 最终纳入范围综述的文献数量

(a)不同年份发表的文献数量；(b)按内容分类的文献数量

资料来源：作者自绘

ID	categories	source (name, year)	article name	field	study location	measurement			study type	study years	study scale	sample size
						methods	type	disorder items				
1	disorder+hea	Carson and Jensen, 2014	Neighborhood disorder + public health	public health	Canada	visual audit	observed	(4)litter, graffiti, vacant or abandoned	cross-sectional	2019	observation points	6540
2	measurement	Hoeben, Stoenbeek and	Measuring Disorder: Obs	criminology	Netherlands	SSO	observed	(15)physical disorder consisted	cross-sectional	2012	street segments	1422
3	disorder+crim	Zhang etc., 2017	Neighborhood social con	criminology	Tianjin, China	surveys	perceived	(4)in the last twelve months, he	cross-sectional	2013	households	2435
4	measurement	Quinn etc., 2014	Neighborhood physical + public health	public health	US	visual audit	observed	(3)litter, empty alcohol bottles, cross-sectional	cross-sectional	2013	block faces	530
5	intervention	Masari etc., 2015	Street characteristics to + urban planning	urban planning	US	desktop virtual controller	observed	various condition of the street, cross-sectional	cross-sectional	2018	person	62
6	measurement	Mounay, S. J., Bader, K	Validity of an economic + public health	public health	US (4 cities)	visual audit	observed	(9)garbage, litter, or broken glass	cross-sectional	2012-2013	block faces	3526
7	disorder+hea	Shah, Mohammad, K	Effects of Physical Disord	urban planning	US	variable aerial measure	observed	(1)Obstacle on sidewalk (pothole)	cross-sectional	—	person	14
8	disorder+hea	Zanfelato, Carla, et al.,	Perception of neighbor+public health	public health	Brazil	surveys	perceived	(4)presence of garbage, irregular	cross-sectional	2009-2010	person	1,720
9	disorder+hea	Zahed, Afra B., et al.	Unique Effects of Perceiv	public health	US	questionnaire	perceived	(4) perceptions of vandalism/g	cross-sectional	2012	person	33919
10	measurement	Jones, Malia, Anne R. F	Eyes on the block: Measu	criminology	US	SSO	observed	(40) cigarettes/cigars, garbage	cross-sectional	2000-2001	block faces	422
11	disorder+crim	Wheeler and Andrew	The Effect of 311 Calls	criminology	US	Existing data	observed	(2)Detritus call/derivation enr	cross-sectional	2011	311 calls	311
12	measurement	Wen, Evelyn, et al., 2006	Block observations of nei	criminology	US	SSO	observed	(2)the presence (1) or absence	cross-sectional	1999-2000	block faces	6203

图 1-4 范围综述的数据收集表格（示例）

资料来源：作者自绘

### 1.3.1.2 开源图像数据获取

相较于过往城市研究常用的现有统计数据、访谈调研等传统数据，本研究基于 Python 语言，借助 API 接口，通过解析和访问开源在线地图平台（百度街景）的 URL 链接，爬取了在线地图平台的街景图像数据，在已有空间失序研究的基础上，扩展人本尺度下的空间品质量化研究可能性。

### 1.3.1.3 建成环境虚拟审计

空间失序通常是由经过训练的观察者使用经过验证的工具来对街道空间进行审计。过去的研究是由审计员亲自前往研究的街区来进行的，但目前在线地图平台提供的街景图像数据以及最近开发的计算机辅助邻里视觉评估系统（CANVAS）使人们能够不受时空限制、进行有效和可靠的虚拟街道审计（Bader 等, 2015; Quinn 等, 2016），从而有效扩展了城市建成环境研究效率。

参考已有的虚拟审计系统，基于空间失序的构成要素体系和所获取的街景图像数据，研究自主开发了虚拟审计在线系统，以提高审计效率，并服务后续实验。系统的前端采用 Javascript+jQuery，后端采用 PHP+MySQL，并进行了 1-2 天的初步调试。研究对系统中存储的图像进行了压缩处理（500kb 以内）以防止网页加载过慢。审计员通过和网页交互，根据图像唯一 ID 调取储存在服务器端的图像数据，并且将审计结果通过 POST 请求封装发给服务器端的 MySQL 数据库。

审计结果存储在结构化数据库 MySQL 中。系统还包括一个结果界面，可向研究人员实时提供数据收集报告。报告中包含以下数据：每位审计员对每张图片的

审计数据，每位审计员在指定街道中的进度。这些数据可以下载为 csv 文件，然后导入统计软件进行后续分析。

研究聘请了 3 位审计员。为了最大程度地减少因审计员之间的认知差异而导致的误差及潜在偏见，研究对审计员进行了统一的审计培训，包括审计项目介绍、已有研究介绍、审计方法和审计要素培训等。通过了标注一定规模的相同的街景数据，3 位审计员通过了评价者间信度检验，验证了审计标准及方法的可靠性。在此基础上，审计过程通过审计员在各自的浏览器上访问在线系统进行。基于统一的空间失序要素评估标准，审计员将对每个网页上的街景图像进行判断，以评估是否存在某一个空间失序因素。

#### 1.3.1.4 基于深度学习的建成环境要素识别

基于人工审计和标注的街景图像数据，借鉴当前发展较为成熟的深度学习算法，研究进一步对北京多年街景数据进行了大规模图像识别。

总的来说，目标检测算法可以对街景图像中的目标对象进行识别和定位，并围绕识别的子图像输出一个矩形边界框，而语义分割算法则可以对图像中的目标进行像素化分割，从而输出目标的精确边界。考虑到空间失序现象复杂度较高，结合计算资源和结果精度的要求，并且单一模型未必能很好的适用于每一种空间失序现象，研究分别选取了 Faster R-CNN、SSD 两种目标检测算法和 SegNet 语义分割算法同时进行训练，并比较最终模型性能，择优进行后续大规模测度。

Faster R-CNN 是应用深度卷积神经网络、对图像特征进行自动学习的一种两阶段目标检测算法，已广泛应用于复杂图像识别研究中。基于区域推荐算法，Faster R-CNN 使用深度卷积神经网络提取图片的边缘大小、色彩深度、纹理细节等抽象信息构成特征图，然后对图片中预设的锚点框进行 softmax 计算和回归计算，两阶段提取候选区域进行分类和学习（图 1-5），因此具有精度高的领先优势。但因其网络结构的原因，Faster R-CNN 算法需要计算的参数仍然十分庞大，在预测时间上仍有较大的提高空间。

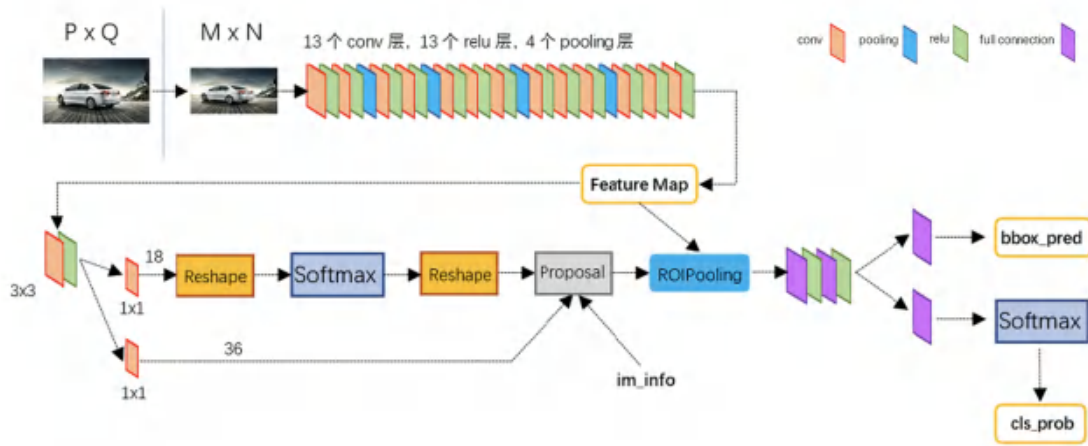


图 1-5 Faster R-CNN 算法结构

资料来源: Ren 等, 2015

SSD 则是一种单阶段检测算法, 略过区域推荐的过程, 通过在图片的不同位置进行均匀地密集抽样, 直接在图像特征图上生成多个预测框(图 1-6)。同时 SSD 设置了不同尺度和长宽比的先验框进行抽样, 具有计算效率高的明显优势, 可用于实时的目标检测, 但在预测准确度上仍有一定的提高空间。

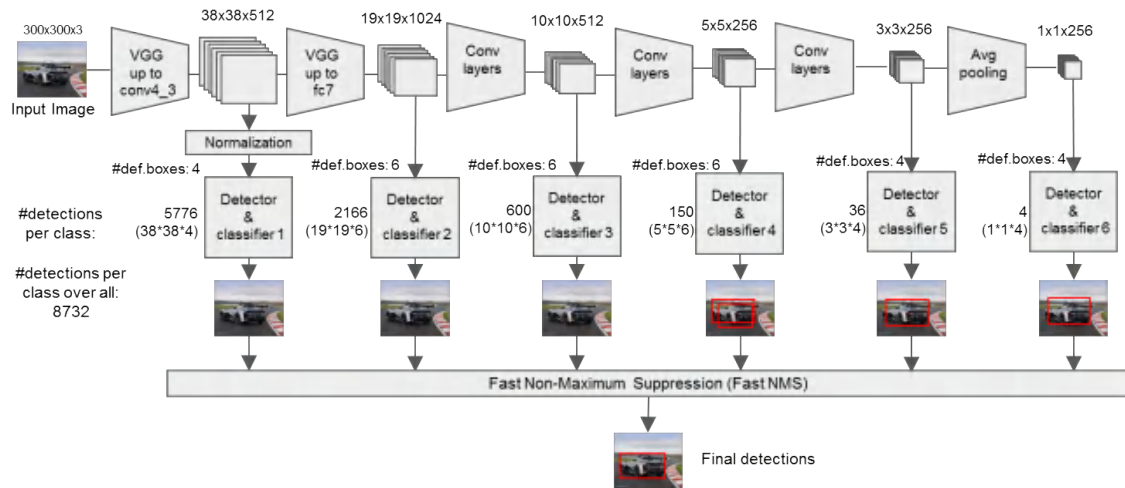


图 1-6 SSD 算法结构

资料来源: Liu 等, 2015

而语义分割算法则是对图像中物体所在区域进行精确到像素级别的分隔，即对每一个像素点进行匹配分类，从而可以有效提取图像内不同类别要素所占的比例。其中 SegNet 使用了全卷积神经网络实现图像分割，该网络主要由 **encoder** 与 **decoder** 两部分组成（图 1-7），**encoder** 是一个沿用 VGG16 的网络模型，通过对图像的低级局域像素值进行归类与分析，从而获得高阶语义信息（“建筑物”，“道路”，“树木”等）；**decoder** 将解析后的信息对应成最终的图像形式，将同一个物体对应到像素点，每个物体用不同的颜色表示。SegNet 算法具有网络结构清晰、轻量的特点，并且凭借其对空间特征较强的提取能力，已经被广泛应用到城市研究中。

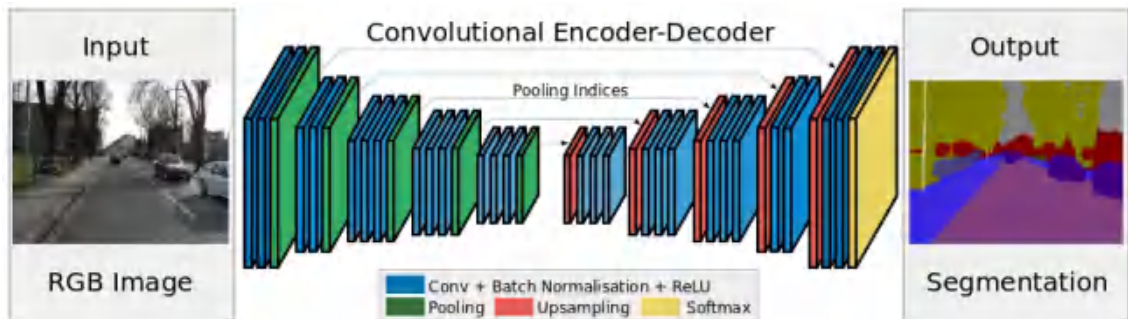


图 1-7 SegNet 算法结构

资料来源：Badrinarayanan, Kendall 和 Cipolla, 2017

通过使用训练有素的模型，研究获得了每个图片的空间失序测度结果、并定位空间失序在图像中具体的位置，以表明是否存在某种空间失序要素。

### 1.3.1.5 空间分析与统计分析

研究利用地理信息系统软件 ArcGIS 对空间数据进行了空间落位、几何运算和统计分析，涵盖缓冲区分析、空间连接、距离计算、叠加分析等多种空间分析方法，以实现空间数据的处理与计算。研究将街景图像的深度学习结果赋值于街景点、街道尺度，进而在两个尺度分别进行了汇总分析，并从多个层面对城市空间失序现象及其分布进行可视化。



### 1.3.2 技术路线

围绕研究目的，研究内容将侧重两个部分，一是探究基于街景图像与深度学习算法的空间失序大规模测度方法，二是应用测度方法展开北京五环内城市空间的实证研究，分析空间失序可能存在的特征、空间分布规律和影响因素，并提出应对策略。因此，研究分为4个步骤进行（图1-8）：首先，基于对北京城市空间的整体现状认知，开展实地调研；总结国外的城市案例与已有理论研究，整合中国城市空间发展特征，建立起空间失序的量化要素体系以及审计标准手册，并通过预实验进行验证与修订；其次，通过百度地图API提取街道和街景点数据，并由此获取海量的街景数据，并依据要素体系建立虚拟审计在线系统，在确定空间品质测度要素和街景图像数据的基础上，由受过培训的审计员对街景图像进行空间失序要素的人工评估与标注，构建训练数据集；选取目标检测算法和图像分割算法，对标注后的训练数据集进行建模与优化迭代，得到精度相对较高的模型，进而对北京多年城市街景图像数据进行大规模预测；再次，对深度学习结果进行汇总、统计分析、空间分析和可视化，对北京五环内街道空间失序的基本情况做出判断，对空间失序现状及17年疏解整治促提升专项行动前后变化情况两个维度进行分析，总结北京城市空间失序的整体情况、不同失序要素差异、时空分布规律，并探究空间失序现象可能造成的影响；最后，针对已经发生空间失序的城市空间，探讨相应的空间干预和设计管理手段。

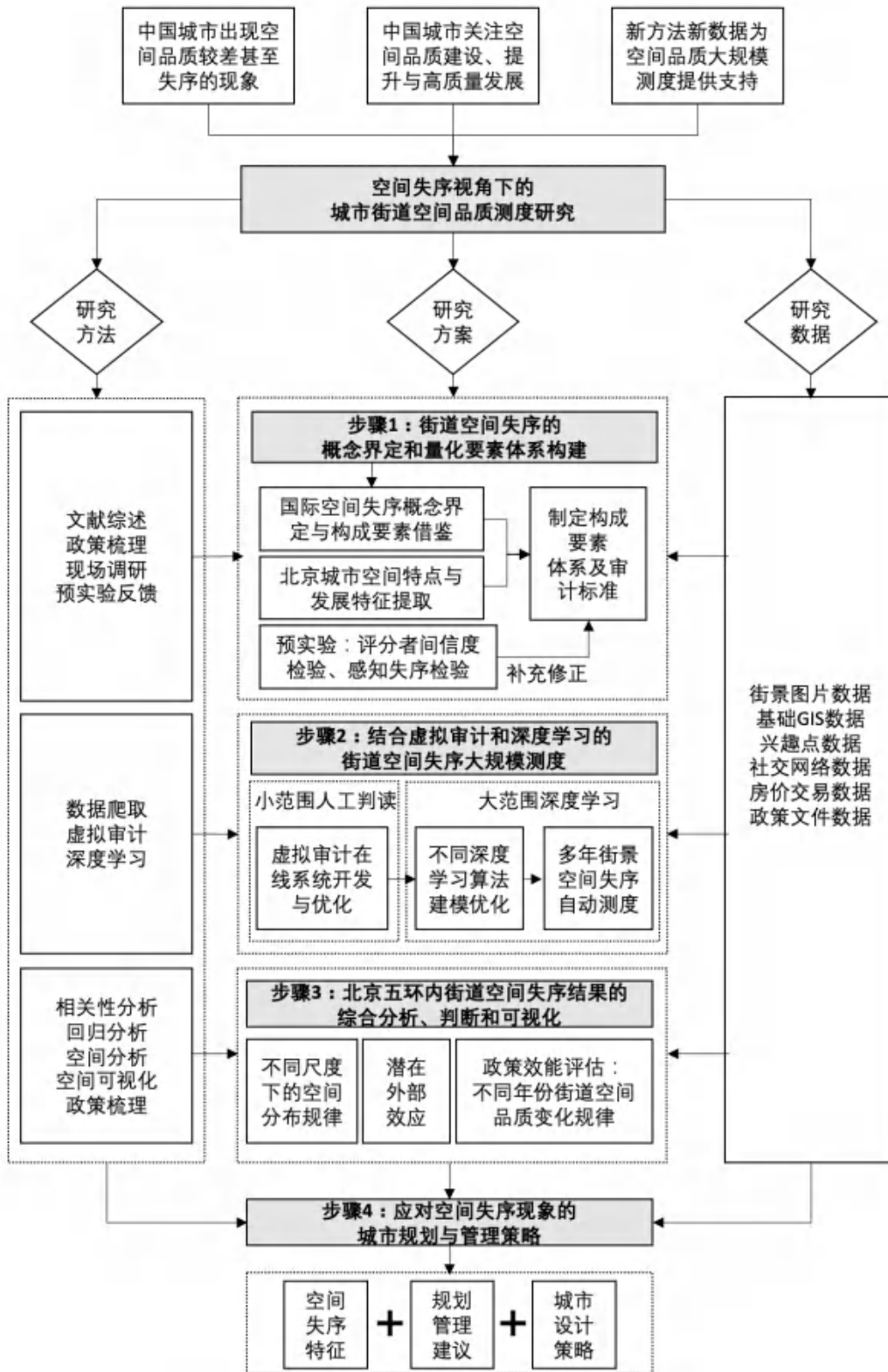


图 1-8 研究技术路线

资料来源：作者自绘

## 第2章 理论与综述

### 2.1 城市失序概念

“有序”和“失序”是相对的概念。近年来，尽管有关邻里环境的大多数研究都关注有序的一面，仍有一定的研究探讨了负面的建成环境特征对健康、暴力和犯罪的影响（Bader 等，2017；Bader 等，2015；Cohen 等，2003；Mooney 等，2017；Mooney 等，2014；Quinn 等，2016；Sampson, Raudenbush 和 Earls, 1997）。尤其在社会学等领域，对邻里的空间质量或是物质环境问题的关注是悠久而古老的，如 Burgess（1925，第 54-56 页）在《城市的成长》中，将芝加哥贫穷的黑人和移民地区描述为“贫民窟”和“荒地”，它们位于“房屋恶化地区”，是“失落的灵魂的炼狱…自由和无序生活的黑带（black belt）。” Burgess（1925）将空间环境品质恶化的现象视为暗示了潜在的更加令人担忧的城市问题，“本质上是一种衰变”，但恶化区域也是“一种再生”。

#### 2.1.1 概念：有序与失序

尽管将失序作为一个专门的子领域的研究相对较新，但是“失序”（neighborhood disorder）仍然被认为是邻里环境的重要特征之一，被定义为邻里居民可观察或是可感知的、表明社会失去秩序、失去控制力以及空间恶化的现象或特征（Cornwell, 2014；Ross 和 Mirowsky, 1999；Skogan, 1990；Wilson 和 Kelling, 1982）。根据 Skogan（1990，第 73-76 页）的观点，失序是对公共行为规范的违反（“a violation of norms concerning public behavior”）。这些违规行为通常会改变邻里的物质环境状况或“表现”（physical condition or “presentation” of the neighborhood），因此可以将失序视为一种邻里空间的物理过程，视为邻里状况的指标，并受到了来自社会学、犯罪学、社会心理学或流行病学等不同学科研究者的关注。

相对于“有序”或“秩序”象征着安全、稳定和干净，失序被认为是邻里社区的物质环境问题（“neighborhood problems”）（Allen, 2013），是空间中无序、不合规范或标准的现象（“incivilities”）（Perkins 和 Taylor, 1996），预示着邻里环境质量的下降和不稳定，因为发生失序的公共场所往往肮脏、维护不善甚至是被长期废弃。

此外，需要提及失序与犯罪的区别。虽然失序的某些要素（如公共场合暴力行为等）属于犯罪活动的范畴，但大多数要素却没有（如废弃建筑物等）。此外，涉及到犯罪的失序要素相对较小，没有特定的受害者，例如涂鸦和公共场合酗酒等。因此，实际上较难将犯罪与失序区分开，因为重大犯罪（如谋杀，抢劫，入室盗窃和殴打）很少见，也难以在公共场所出现，但它们构成了失序的极端表现（Skogan, 1990）。

### 2.1.2 分类：空间失序与社会失序

作为描述物质环境和社会环境异常状况的缩影，大范围的失序可能是指邻里的任何一个或一组现象与问题（Sampson 和 Raudenbush, 1999, 2004; Skogan, 1990; St. Jean, 2007; Taylor, 2001）。



图 2-1 不同类别的失序

(a)空间失序，如建筑物空置、建筑结构破损等；

(b)社会失序，如公共场合斗殴、酗酒等

资料来源：map.baidu.com；maps.google.com

这些秩序混乱的现象主要表现为物质环境上的和社会环境上的两种形式 (Skogan, 1990) (图 2-1)。社会环境失序 (social disorder) 直接指向与人相关的行为与现象, 通常是个体在公共场所进行的具有潜在威胁性的行为, 可见社会失序的迹象包括公共场合暴力行为、酗酒、贩毒等产生危险感的各种现象。而物质环境上的空间失序 (physical disorder) 则是城市景观的高度衰退、恶化, 或是邻里社区的整体物质环境外观质量下降, 高度空间失序的场所嘈杂、肮脏和破败不堪, 通常表征为废弃和空置的建筑物、未被处理的大量垃圾、大量的立面涂鸦等 (Sampson 和 Raudenbush, 1999; Skogan, 1990; Wilson 和 Kelling, 1982)。

## 2.2 失序的负外部性研究

犯罪学和社会流行病学文献都关注城市失序对邻里和个体的影响。对于失序可能带来的影响, 研究者认为失序和破败往往意味着秩序或是社会控制的崩溃, 失序与心理和身体健康问题 (Schaefer-McDaniel 等, 2010), 社区衰败 (Steenbeek 和 Hipp, 2011), 对犯罪的恐惧 (Kelling 和 Coles, 1997; Perkins 和 Taylor, 1996), 以及犯罪率 (Skogan, 1990) 等有关。在这些研究中, 失序被概念化为对个人的社会, 身体和心理健康造成有害影响的消极力量 (Ross 和 Jang, 2000)。

### 2.2.1 失序对公共安全的影响研究

在对邻里社区可能产生的影响方面, 失序被 Skogan (1990) 称为是物质空间恶化的公共财产反复损害, 这预示着失序和邻里空间质量恶化之间的关系是周期性的, 最著名的解释可能是由 Wilson 和 Kelling (1982) 提出的“破窗理论” (Broken Windows Theory), 以解释为什么特定的城市社区犯罪率上升、城市为什么衰败。如果有人看到破损的窗户, 即可见的失序现象, 这会向人发出信号, 表示社区中没人在乎秩序, 随后这个人可以打碎更多的窗户而不会受到责罚或者被抓捕。究其原因, 研究者认为是失序以两种方式影响犯罪率, 对公共秩序构成了威胁。

首先, 理论和研究表明, 人类更喜欢有序、整洁和维护良好的环境 (Hagerhall, 2000), 当出现失序时, 失序的视觉信号唤起人们对犯罪和个人受害的恐惧, 从而退居到自己的家中, 在公共场所花费的时间更少, 在与邻居的关系上的投入也更少, 常常脱离社区生活 (Skogan, 1990)。结果, 很少有人在街上度过时光, 破坏了社会控制, 并进一步增加了行为不检和犯罪的机会。Jacobs (1961) 认为,

这使得对城市生活的健康运转至关重要的“街道眼”不复存在，是城市衰败的关键机制。Geis 和 Ross (1998) 以及 Ross 和 Jang (2000) 认为邻里失序会削弱了邻居之间的联系，邻里集体行动（例如维持秩序）的能力也受到损害，因为居民之间彼此不了解或不信任（Sampson 和 Raudenbush, 1999），从而进一步破坏了社会控制。Gwak (2003) 发现随着邻里失序的增加，对邻居的信任程度也会下降。居民不太可能进行干预以制止犯罪和不道德行为，因为他们担心邻居不会支持他们甚至威胁他们。结果，附近的人们不再觉得自己可以或有意愿维护该地区（Skogan, 1990）。这两者都可能吸引潜在的罪犯，从而导致邻里更加失序、甚至加重犯罪（Wilson 和 Kelling, 1982）。

其次，已有的失序现象还会导致进一步的失序，因为公共空间具有公共性，公共空间的使用具有视觉显著性和象征性，所以居民、投资者等邻里观察者会对失序作出回应（Grubestic 等, 2018; Sampson 和 Raudenbush, 1999），比如它鼓励居民迁徙到失序较低的社区（Skogan, 1990），这可能会进一步促进居住者流动、增加住宅的不稳定性或是阻碍在建立集体凝聚力上的努力。由于穷人无法获得这种选择，因此失序会加剧贫困的集中以及住房和企业的投资减少（Wilson, 2012）。剩余的居民没有那么多的特权，拥有的资源也更少，并且可能感觉不到对街道的所有权（Sampson 和 Raudenbush, 1999; Skogan, 1990）。由于他们被剥夺了选举权，因此他们也不太可能维护公共场所并避免失序，例如，捡垃圾、在涂鸦上喷漆、维护院子和建筑物等。因而 Skogan (1990) 认为，如果不加以干预，轻微的失序会导致失序增加或是空间品质的进一步恶化，最终会导致邻里社区的衰落，Wilson 和 Kelling (1982, 第 31 页) 甚至在他们的开创性论文中写道，结果是“一个稳定的社区，可能在几年甚至几个月内变成一个荒凉而令人恐惧的丛林”。那么，失序实际代表了邻里的物质环境和社会环境的健康。

破窗理论侧重于失序与犯罪之间的联系，在犯罪学和社会学领域具有影响力，也启发了各种政策计划，如许多城市开展了反涂鸦计划、空置土地管理以及其他减少“城市衰败 (urban decay)”的举措（Barnard, 2006; Wachter 和 Gillen, 2006）。横断面研究表明，失序与犯罪率较高和对犯罪的恐惧有关（Kelling 和 Coles, 1997; Sampson 和 Raudenbush, 1999; Skogan, 1990）。但是，也有研究者提出，实际上是犯罪可能会引起人们的感知失序，而不是相反（Harcourt, 2001; Sampson 和 Raudenbush, 1999）。因为即使从未遭受过人身伤害，居民也可能会感到邻里失序（Aneshensel 和 Sucoff, 1996; Ross, Mirowsky 和 Pribesh, 2001）。他们的观察和体验可能会使居民对人性，社会关系以及自己不受伤害地生活的能力持有消极态度。Sampson 和 Raudenbush (1999) 认为，失序是社会控制不力和附近地区

犯罪所呈现出现象，而不是原因。因此，清理较小的失序现象（例如涂鸦和烟头）对减少盗窃和凶杀案影响不大。相反，解决这两个问题的方法是通过加强社区内部的信任和集体效能来改善社会控制。

### 2.2.2 失序对公共健康的影响研究

失序的影响可能会超出公共安全问题。对失序的研究表明，闲逛、酗酒、涂鸦和乱扔垃圾等较小问题对居民生活的影响要大于实际犯罪问题（Wilson 和 Kelling, 1982）。从历史上看，公共健康研究纳入了失序的指标，用于描述其在影响社区和个人层面的健康和风险中的作用。邻里环境质量是健康的潜在决定因素，可以通过描述空间失序和社会失序的分布来进行研究。

生态模型（Ecological models）表明，邻里环境是理解健康行为的重要组成部分（Sallis, Owen 和 Fisher, 2015）。例如，生态系统理论（ecological systems theory）的基本前提是年轻人的邻里环境与他们的直接接触对象（即家庭，同龄人）及其个人特征（即年龄，性别）相互作用，从而影响他们的行为。Wilson（1987）的著作《真正的弱势群体：内城，下层阶级与公共政策》（*The Truly Disadvantaged: The Inner City, the Underclass, and Public Policy*）对生态模型和邻里失序理论做出了具有里程碑意义的贡献。在这项工作中，他写到，生活在贫穷，处境不利和失序的社区中的青少年经历了许多不健康的结果，例如青少年怀孕，学习成绩不佳以及表现出一般的问题行为。

往后，大量的研究者探讨了失序对个体产生的消极影响，邻里失序会影响多种健康状况和行为，而且这种不利影响似乎涉及物质、心理和生理过程（图 2-2）。研究表明，较高水平的失序与高风险的健康行为有关，如减少活动和锻炼、酗酒、吸烟、暴饮暴食与肥胖等（Burdette 和 Hill, 2008; Franzini 等, 2009; Keyes 等, 2012; Ross 和 Mirowsky, 1999）。

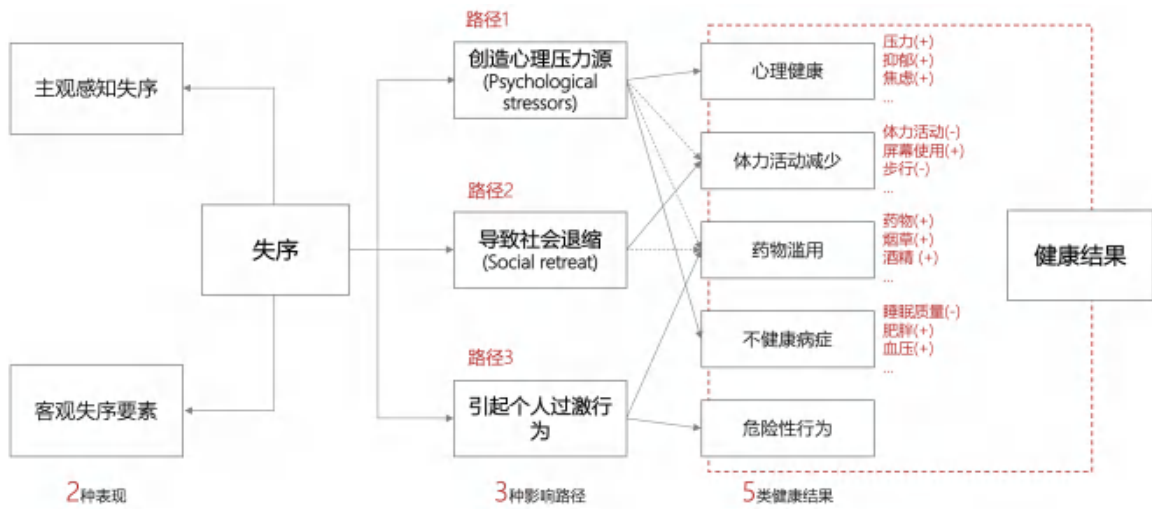


图 2-2 失序对公共健康的影响路径

注：健康结果中的正负号代表正向或负向影响，如减少步行行为，增加屏幕使用行为等。

资料来源：作者自绘

以锻炼行为为例，失序可能通过两种途径来影响个体的锻炼行为。首先，社区的失序现象可能是锻炼的明显阻碍。失序以视觉提示的形式呈现，这意味着尽管失序是公共空间的潜在特征，但居民可以轻松地看着这些现象，例如人行道破损或城市景观落败。当居民决定在附近进行某些类型的运动，例如跑步或散步时，居民可以检查是否存在失序现象，以确定这样做是否安全。失序会削弱个人对邻里安全的认识，从而有可能减少运动行为。如果邻里失序是慢性的过程，则可能会改变个人更广泛地运动的意愿。在贫困的社区，运动资源经常被失序现象所包围（Lee 等，2005），从而抑制了个体运动（Burdette 和 Hill，2008）。进一步则会导致不良健康后果风险增加，如生活在失序程度较高的社区中的人们不太可能在社区中度过户外时光。因此，减少暴露在阳光下可能增加居民患维生素 D 缺乏症的风险。其次，失序可能会通过压力体验改变锻炼行为。Ross, Reynolds 和 Geis（2000）指出，日常犯罪，故意破坏，涂鸦，噪音，垃圾，街头吸毒和其他可能造成伤害的迹象表明，失序与健康行为有关“心理健康”。在这种邻里条件下锻炼，居民可能会感到压力，恐惧和压力可能导致人们避免或减少他们在邻里环境中的时间，甚至可能放弃锻炼活动，从而导致更长时间的久坐行为（Carson 和 Janssen，2012），以及更频繁和长时间的屏幕使用行为等（Kimbrow, Brooks-Gunn 和 McLanahan，2011）。此外，如果一个居民在高度失序的环境中锻炼时遇到问题



（例如受伤或被骚扰），则由于社会控制水平低，可能会减少其他居民提供帮助的可能性（Skogan, 1990; Wilson 和 Kelling, 1982）。此外，公共空间高度失序的社区往往缺乏能够积极促进锻炼与健康活动的资源（Clarke 等, 2015; Jiang 等, 2018），如缺少密集化的娱乐场所、公园、运动场、图书馆或书店等公共资源，从而会妨碍到个体进行健康行为的能力，如进行阅读或写作等休闲活动，参加社交活动或者进行体育锻炼；而且，高度失序的社区通常伴随着更为普遍的酒吧、酒类超市以提供酒精售卖，从而一定程度上影响了社区居民的酗酒行为（George 等, 2001; Laveist 和 Wallace, 2000）。

失序还通过直接影响居民的心理和生理机能反应，从而引起负面的健康结果。失序是由于社会经济不利条件而产生的，居民可以将其作为持续和累积压力的来源，随着时间的流逝，它们会激活生物反应，从而加剧对失序的敏感性（Ellen, Mijanovich 和 Dillman, 2001; Ross 和 Mirowsky, 2001; Steptoe 和 Feldman, 2001）。由此，高水平的失序被描述为一种慢性应激源，与个体的生理变化（例如，血清皮质醇的水平改变）有关（Dulin-Keita 等, 2012; Karb 等, 2012）。例如，Zanelatto 等（2019）的实验结果表明，生活在空间失序和社会失序现象突出的环境中，可能导致个人认为环境不断受到威胁，从而引发与血压升高有关的生理反应（如收缩压上升等）。失序还会直接影响个体的心理健康：长期生活在街道肮脏、嘈杂、建筑物遭到破坏的邻里环境中，会使得人们对街道空间的舒适性、安全性等感知降低，从而带来压力，如主观幸福感的降低和个人抑郁，增加对邻里环境的恐惧、焦虑与不信任（Ross 和 Jang, 2000; Ross 和 Mirowsky, 2009）。居民可能会感到害怕犯罪和暴力，感到绝望或感到孤立，这些都是长期压力的来源。慢性压力反过来会增加负面健康结果的风险，引发不健康的行为作为应对机制（如暴饮暴食、酗酒等），从而导致不良的健康结果，甚至导致慢性疾病，例如肥胖，高血压，心脏病和抑郁等（Hill, Ross 和 Angel, 2005; Molnar 等, 2004; Ross 和 Mirowsky, 2001; Sampson 和 Raudenbush, 1999）。Burdette 和 Hill（2008）发现，表明失序环境下，不良饮食和不规则运动会导致心理困扰，加剧肥胖。因此，减少失序可能会改善邻里居民的身心健康，在失序较严重和个体健康状况较差的贫困社区中，这种影响尤其明显。

进一步的，毫无疑问，失序对老人、幼儿等特定群体的负面影响更突出。以老年人为例，根据劳顿的衰老生态模型，生物脆弱性和认知能力的变化会降低成年人应对环境中压力源的能力。此外，随着年龄的增长，许多老年人变得在空间上受到限制，并且更加依赖于当地社区（Glass 和 Balfour, 2003），而失序威胁着人们在干净、安全和可预测的环境中生活的基本动力（Ross 和 Mirowsky, 1999），

侵蚀各种防止功能衰退的心理资源。因此，局部空间品质不足的问题与老年人功能下降的风险高度相关。

但是，关于失序是否影响身体活动，或二者之间的因果顺序，仍然有待进一步研究。如 Caspi 等的研究（2013）未能发现步行行为与失序之间的关联，Ball 等（2010）同时使用主观和客观的失序测量方法，也没有发现与体育锻炼有关的证据。Foster 和 Giles-Corti（2008）指出，出现这些差异的原因之一是，在各种研究中以主观和客观两种方式对失序的测量方法有所不同。失序高度可变，并且会在强度，时间和位置上发生变化，这一事实使情况进一步复杂化。邻里失序水平可能会发生波动，比如，乱扔垃圾的提示可能会受到天气条件的影响，或者是否是垃圾收集日。重要的是，居民对失序的看法也是高度可变的，可能会不同地影响健康行为（Wallace, Louton 和 Fornango, 2015）。

实际上，虽然感知的失序和客观的失序现象是相关的（Sampson 和 Raudenbush, 1999），失序与健康结局之间的关系被认为高度依赖于居民对失序的主观感知（Orstad 等, 2017; Wallace, 2012）。如 Ross 和 Mirowsky（2001）发现，与邻里失序较少的社区居民相比，报告邻里高度失序的居民还报告了更差的健康状况和更多的身体机能障碍。最近的一些研究已将感知失序与身体功能衰退、沮丧、心理困扰和感知无能相关联（Geis 和 Ross, 1997; Ross 等, 2000），因为感知失序可能和更严重的累积生理风险因素、更糟糕的自我健康评估有关（Bowling 等, 2006; Burdette 和 Hill, 2008），从而影响了更长期的健康状况。总体来说，先前研究对邻里质量进行客观和主观衡量的关于身体健康的研究发现，对邻里空间品质的感知介导了客观邻里特征与健康状况之间的关系（Ross 和 Mirowsky, 2001; Weden, Carpiano 和 Robert, 2008; Wen, Hawkey 和 Cacioppo, 2006）。Caspi 等（2013, 第 3 页）认为，这种现象的一种解释是，从个人角度衡量，“对环境的感知衡量可能更善于融入与主体最相关的实际环境，并使得健康行为可能与环境更加紧密地联系在一起。”（另见 Weden 和 Carpiano 和 Robert, 2008）。此外，也有研究者提出，对于居民个体而言，对失序的期望和看法可能比实际现象更为重要（Sampson, Raudenbush 和 Earls, 1997），因为生活在同一社区中的两个人对社区的看法可能会有所不同，这可能会导致行为和主观压力体验的个体差异。

### 2.3 失序的成因研究

在考察失序的原因时，在社会经济背景上，失序与城市衰败有关，西方城市经历了“城市起步——发展——繁荣——扩张——衰败”的阶段，失序现象主要是受到经济停滞和人口缩减的负面影响，直接地反映在了城市物质空间的变化上（Allen, 2013）。因此，也有研究者将空间失序作进一步的区分，将其中受到长期经济社会衰退影响的要素，如废弃的建筑物、空置的铺面等归为空间衰退（Sampson 和 Raudenbush, 2004），这是重要的，但尚未得到在具体划分依据上的进一步验证。

另外，邻里社区的结构特征被认为和失序密切相关（Bader 等, 2017; Marco 等, 2015），包括高度集中的劣势（种族、经济等方面的不平等）、住宅不稳定性等。由于宏观、地方和家庭环境的相互联系，在社会经济上处于不利地位的社区更容易出现失序现象，且失序程度更为严重（Cohen 等, 2003; Sampson 和 Raudenbush, 1999）。因为贫困社区的居民用于维护房屋、院子、公共空间的收入较少，投入时间也较少，而且其政治影响力往往被减弱，使得他们获得诸如涂鸦清理和人行道维修之类的公共空间维护服务变得更加困难。贫困社区里的企业也很少有资源来维护自己的建筑物外观并为社区改善项目做出贡献。失序使得吸引的投资变少，而投资不足会导致建筑物空置或废弃，这本身就是空间失序的一种形式（Sampson 和 Raudenbush, 1999 年）。

较高的住宅周转率和较高的租客比例也可能导致失序。频繁的住房周转使邻居很难彼此了解、建立信任和实行社会控制（Ross 和 Jang, 2000; Sampson 等, 1997）。高房屋拥有率与住宅的稳定性有关，可能会改善财产维护和居民控制周围环境的能力（Sampson 和 Raudenbush, 1999）。与租客相比，房主有更多的动力投资于住房和社区空间改善，因为它可以提高房产价值。出于相同的原因，他们也更有可能与其他房主分享有关公共行为的规范（例如，进行垃圾处理、建筑物和院子维护）。

移民集中也可能导致失序，但这与贫困和居住不稳定无关。其原因在于如果移民社区在文化和语言上更加多样化，那么居民不太可能建立信任、形成社会凝聚力，因此限制了共同维护公共空间的可能性，如合作以消除失序现象（Sampson 等, 1997）。此外，在西方城市，移民街区往往被剥夺政治权利，因而也无法调集公共资源或获得公共服务。仅出于这个原因，移民集中的社区可能会出现更高水平的失序。

因此, 先前的研究表明, 失序可能在贫困、居住周转率高、自有住房率较低以及移民集中的社区更为普遍。

## 2.4 空间失序的测度方法研究

著名的破窗理论表明, 如果没有立即干预, 如果不加以干预, 任何轻微的失序迹象都会导致失序或是空间品质的进一步恶化 (Skogan, 1990; Taylor, 2001; Wilson 和 Kelling, 1982)。因此, 空间失序和社会失序的测度是对城市社区进行实证研究的基础 (Sampson 和 Raudenbush, 1999), 因为全面而可靠的测度措施是发现具有失序特征的具体位置并判断其严重程度的基本前提, 并且对于检验关于失序的成因和后果的假设至关重要。

虽然空间失序和社会失序同样重要, 但有研究者已经指出, 研究空间失序可能比社会失序更适合进行测度 (Marco 等, 2015; Sampson 和 Raudenbush, 1999), 它有更多的构成要素, 并且它的构成要素分布更为均匀和广泛, 整体可靠性更高。一方面, Hinkle 和 Yang (2014) 最近的一项研究通过对居住场所调查和人种学观察的分析, 得出结论, 观察到的空间失序与居民对社会失序的感知和恐惧有关, 比观察到的社会失序程度更强烈 (另见 Perkins 等, 1993)。他们认为, 观察到的空间失序很可能是一种线索, 导致居民认为自己的社区已经沦落, 进而报告了更严重的感知社会失序和恐惧。这一发现使他们得出结论, 研究人员认为这是一个失序的环境, 实际上并不表示居民有同样的感觉。另一方面, 一般而言, 社会失序的现象往往是偶发性的, 而空间失序的现象则更持久, 相较于社会失序往往需要研究者前往场所来进行辨认, 需要花费更多的时间进行观察, 空间失序更能通过前往发生失序的场所或者图像、视频等方式呈现, 因此研究人员更容易记录下来。这也意味着空间上的失序对于外来的观察者来说更为明显, 这表明它可以提供一种更可靠的方法来进行评估 (Sampson 和 Raudenbush, 1999)。

从已有研究来看, 虽然人们很早就意识到了空间失序的重要性, 以空间失序为直接研究目的的大规模测度仍然较少。空间失序往往作为研究测度的一个部分, 如在公共健康和公共安全领域, 研究者通过测度包含空间失序在内的众多城市空间的要素和其品质对探讨城市空间对居民活动和健康结果的影响, 如社区环境的友好性 (Hoehner 等, 2007; Odgers 等, 2012)、社区环境的致肥性 (Bethlehem 等, 2014)、促进不健康饮食的建成环境特征 (Charreire 等, 2014) 和街道清洁

程度对城市健康的影响（Alfarrarjeh 等，2018）等；城市规划与设计领域，对空间失序进行测度的研究则是对街道可步行性（Bader 等，2015）的探讨。

从具体的研究方法来看，大多数研究人员通过汇总居民调查问卷的数据或直接观察社会互动和自然环境来评估特定的邻里特征（Raudenbush 和 Sampson，1999）。总的来说，目前有几种方法可用于评估空间失序：调查问卷法、现有行政数据源法，以及建成环境审计（built environment audit）（见表 2-1）。

表 2-1 空间失序的不同测度方法及其特点

资料来源：作者自绘

方法	特点					参考文献（示例）	
	研究覆盖范围	空间分辨率	时间分辨率	成本	数据采集所需时间		
1 既有数据源法 (45)	取决于数据源	取决于数据源	低	低	短	Wheeler, 2018	
2 调查问卷法 (80)	较大	低	低	高	长	Latkin 等, 2017	
3 建成环境审计	3.1 系统性社会观察 (33)	较大	较低	低	高	长	Sampson 和 Raudenbush, 2004
	遥感影像 (1)	大	取决于数据源	低	低	短	Patino 等, 2014
	3.2 无人机拍摄影像 (1)	小	高	高	较高	较长	Grubestic 等, 2017
	街景图像 (17)	大	高	较高	低	短	Bader 等, 2017 Quinn 等, 2016 Mooney 等, 2016
	虚拟环境建模 (2)	小	高	较高	高	长	Nasar 等, 2015

注：括号后数字代表应用该方法的文献数量。

### 2.4.1 调查问卷法

尽管“挡风玻璃式调查法”（windshield surveys）<sup>①</sup>在城市研究和公共健康领域拥有悠久的历史，但是大多数关于空间失序的研究都依赖于居民对失序的认识（Elo 等，2009；Perkins 和 Taylor，1996；Ross 和 Mirowsky，2001；Sampson 和 Raudenbush，1999）。较为常见的方法是通过电话访问或者亲自填写的调查问卷得到的感知数据，例如 Swatt 等人（2013）的调查项目是让受访者对邻里空间中的“肮脏或不整洁的建筑物和地段”、“涂鸦”以及“无家可归游荡的年轻人”进行评级，包括“没问题”、“有问题”或“没有大问题”。自我报告可以测度诸如满足感以及与邻居和邻里的关系，感知到的安全性等难以被更客观的措施或外部观察者捕获的情况。研究甚至表明，与其他评估方法相比，感知到的邻里状况显示出与自我评估的健康状况和其他自我报告的健康结果同等甚至更大的关联性。尽管可以通过这种方式有效地收集数据，但是主观自我报告的感知邻里失序测量方法引起了人们对“同一来源偏见”的担忧，这意味着受访者可能会根据自己的行为做出不同的回答（Brandt 等，2005；Mair 等，2008）。这是由于一方面，自我报告的个人健康状况和行为数据中的测量误差与自我报告的邻域条件中的测量误差之间存在相关性（Blacksher 和 Lovasi，2012；Sampson 和 Raudenbush，1999；Shenassa，Liebhaber 和 Ezeamama，2006），受访者本身对失序的评估可能存在偏见，另一方面，自我报告的邻里感知失序可能会受到与邻里种族构成等特征有关的刻板印象的影响（Sampson 和 Raudenbush，2004；Yang 和 Pao，2015）。比如由于低收入城市社区的污名化，不管实际的失序水平如何，人们都更有可能将其评价为患有高水平的失序（Sampson，Morenoff 和 Gannon-Rowley，2002 年）。整体存在主观性过于强烈（如刻板印象、文化背景认知等偏见），并且选取的样本难以全面覆盖的局限性（Grubestic 等，2018；Sampson 和 Raudenbush，1999，2004；Ross 和 Mirowsky，1999）。

### 2.4.2 行政或商业数据源法

一种更客观的方法是从现有的行政或商业数据源（例如美国人口普查数据）中提取空间失序相关的信息（Mooney 等，2014），并使用地理信息系统将其整合到数据集中（Cerdó 等，2009；Lovasi 和 Bader，2012；Lovasi 等，2013）。例如，研究者使用西雅图公共工程的空间失序报告（Weisburd，Groff 和 Yang，2014；

<sup>①</sup> 是一种非正式实地考察，常用于卫生专业人员对社区一无所知的情况下，开车进行的、利用各种感官以收集和评估可能影响公共健康的社区现状和趋势，并记录其观察结果。

Yang, 2010) 以及波士顿的 311 电话报告<sup>①</sup> (O'Brien 和 Sampson, 2015)。在没有 311 电话的地方, 一些空间失序投诉 (如醉酒, 乞丐, 涂鸦, 废弃车辆, 垃圾等) 会直接提交给警察部门, 并可以在 CAD 数据中找到 (Bogges 和 Maskaly, 2014; Wallace, Hedberg 和 Katz, 2012)。

尽管这些数据没有主观性, 但这些信息通常是出于行政目的而收集的, 可能无法完全回应研究所需的具体特征, 并且对研究而言空间分辨率不足。如常用的人口普查数据, 由于人口普查数据仅每 10 年或 5 年收集一次, 因此对于特定的研究问题, 这些数据不一定是最新的; 如地理区域基于行政边界 (例如人口普查区和邮政编码), 可能不代表重要的社会或地理边界 (Schaefer-McDaniel 等, 2010)。

### 2.4.3 建成环境审计

#### 2.4.3.1 系统性社会观察方法

为了避免自我报告 (self-report) 和统计数据的局限性, 建成环境审计 (由独立的, 训练有素的观察员对物质环境和社会环境各个因素进行系统评估) 可能会最好地评估物理特征, 以避免可能导致虚假结果的来源偏见 (Muhajid 等, 2007)。

系统性社会观察是为解决这些问题而开发的一种普遍采用的方式 (Keyes 等, 2012; Sampson, Morenoff 和 Gannon-Rowley, 2002; Sampson 和 Raudenbush, 1999; Perkins 和 Taylor, 1996; Pikora 等, 2002)。这是一种直接观察邻里的空间、社会和经济特征的标准化方法。即由受训练的专业研究人员前往研究地点 (如附近街道), 对研究所需、预先指定的空间特征进行直接和系统的观察和审核, 并使用标准化的评估工具来记录邻里秩序和失序的指标。在这种情况下, 通过填写失序要素清单 (a checklist of disorder items)。例如, “是否存在垃圾, 是或否?”, 具体程序规定了观察尺度 (如街道、街区)、观察主题 (如烟头、狗粪)、观察持续时间 (如分钟数) 和记录方法 (如纸质或录像带)。一个典型的 SSO 研究组织如下: 在每个社区, 几个位置被表示为观察点。观察者在这些观察点记录失序的迹象, 例如, 计算空瓶子或废弃自行车的数量。观察点可以是房屋、街区或街道段。所有必须观察的点都分配给一组观察者。为了保持低成本, 观察员的数量通常很少, 往往从几名到十几名。这意味着, 根据研究区域的大小, 每个观察者需要访问数十到数百个地点。

<sup>①</sup> 在英美国家城市地区使用的“非紧急情况服务电话”, 由专业警察负责接听和服务受理, 人们可以拨打该电话, 以咨询城市服务信息、进行投诉或报告诸如涂鸦或道路破损之类的市政问题。

Sampson 和 Raudenbush (1999) 使用 SSO 方法, 对芝加哥的街道部分进行了随机抽样, 包括对空间和社会失序进行了录像和编码指标。空间失序的最终衡量指标体现为街道部分空间失序的二分指标, 包括不同类型的垃圾、涂鸦和废弃汽车。然而, 调查人员并未评估建筑物和景观的维护状况。SSO 还仅限于评估路段 (street segment), 不能用于评估地块级别 (parcel) 的失序情况。而在对巴尔的摩路段的最新研究中, 研究人员使用了环境类型学邻里清单 (Neighborhood Inventory for Environmental Typology, NifETy) 来评估街段水平上邻里特征的失序率 (Furr-Holden 等, 2008, 2010)。NifETy 包括被认为与青年人暴露于暴力、酒精、烟草和其他毒品活动有关的指标, 例如建筑物的类型, 空间失序, 社会失序等。他们的结果通过指出与邻里感知量度与其他观察到的健康与安全结果的预测相关性, 为这些评估的可靠性和有效性提供了证据。像 SSO 一样, NifETy 仅限于路段的度量。

尽管大多数关于观察到的失序的研究都没有评估评分者之间的信度或观察者特征对观察结果的影响 (Schaefer-McDaniel 等, 2010), 但有限的文献证明, 这是独立且有效的测度方法。例如, 在芝加哥邻里地区人类发展项目 (PHDCN) 中, 使用了一辆在每一侧装有录像带摄像头的汽车, 并且只有一个人在车辆中作为观察员。尽管有几位编码员对录像带进行了独立编码, 但作者并未报告编码器间的一致性。但是, 当新的编码器从录像带中随机抽取所有街区的 10% 进行编码时, 新旧编码器之间的一致性达到 98% (Raudenbush 和 Sampson, 1999)。在 Wei 等人的研究中 (2005), 只有一名观察员完成了观测, 但是在 5% 的区块中, 一位研究人员随后对区块进行了重新评估。两项观察的 ICC 为 0.68。

SSO 相对于其他测量失序的方法 (人口普查数据、社区调查和关键人访谈) 最重要的优势在于, 它依赖于研究人员对地点的独立观察, 是对失序的客观测量, 而不是与受访者的对话。因此, 它不必处理无反应、社会理想答案或由于回顾性提问带来的记忆偏见, 也不易受到对失序现象认知偏见的影响。而且, SSO 支持较小的分析尺度 (例如街道)。此外, SSO 能够精确记录感兴趣的现象之前, 之中和之后的事件以及观察到这些现象的其他条件 (Reiss, 1971)。

但现场审计执行起来耗时耗力、成本高昂, 因为这需要评价者亲自前往街道进行实地评估。此外, 审计员容易被周围环境分散注意力, 并且某些失序项目可能会对审计员的存在做出反应, 两者都会造成偏差 (Spano, 2005; Hoeben 等, 2018)。一些审计员甚至可能不得不冒着进入潜在危险区域的风险, 恶劣的天气和不宜步行的城市街道也给现场审计增加了难度。已有的改进措施包括将摄像机安装到汽车上, 并在街道上行驶时对研究范围的街块进行编码和录制视频等 (Sampson 和



Raudenbush, 1999), 这使得评估无需必须发生在现场, 但是租赁汽车和摄像机等、处理照片和视频的成本可能更高, 同时将审计结果与对应地理位置匹配的问题仍然存在 (Bader 等, 2017)。结果, 很少有研究采用现场审计, 且仅有的研究大多只针对一个城市或局部社区, 使得与人密切相关的城市公共空间难以大规模量化和测度, 也难以在各地区间进行客观且可靠的比较。而不同研究用于收集邻里环境观测值的方法和工具存在很大差异, 数据质量问题可能会导致在确定邻里效应对居民的环境作用时得出错误的结论; 此外, 研究之间的可比性受到方法和分析异质性 (包括规模, 要素定义和测量可靠性) 的限制, 这将阻止比较城市之间的社区环境状况与社区状况之间的关联。

#### 2.4.3.2 虚拟审计方法

随着新数据环境的形成, 一些替代手段也被使用, 诸如使用卫星遥感图像, 其优势在于广泛的地理覆盖范围、高性价比的成本和更高的更新频率 (Grubestic 等, 2018); 但是它的局限性也是显著的, 高空捕捉存在的距离和分辨率使得一些较小尺度的审计指标难以评估。还有研究者使用了无人机进行邻里环境研究 (Grubestic 等, 2018), 虽然无人机能够频繁、多角度、高分辨率地收集数据, 但是这一方法高昂的成本与相当多的政策、法律限制使得研究推广受到了限制。

因而, 2010年, 当 Google Maps 等开放地图平台开始提供在线街景图像时, 基于街景图像的非现场建成环境审计 (又叫做“虚拟审计 (virtual audit)”) 以及其衍生开发的在线工具平台出现在建成环境审计及测度研究中 (Bader 等, 2015、2017; Ben-Joseph 等, 2013; Rundle 等, 2011)。国外的谷歌街景、国内的腾讯街景和百度街景等在线地图平台, 提供了可获取的、并且覆盖大部分城市主城区街道的高精度街景图像。就建成环境审计研究而言, 相较于传统的审计方法, 基于街景图像的虚拟审计具有广泛的地理覆盖范围、经济高效的成本控制、适中的时间精细度与空间精细度等优势, 已经被验证是一种有效且有相当高的可靠性的审计手段 (Bader 等, 2017; Bader 等, 2015; Grubestic 等, 2018; Odgers 等, 2012), 可以支持大规模的建成环境评估与量化。而且, 将系统度量与空间插值相结合可提供更大的灵活性来定义公共空间边界。空间插值可根据在街道样本上进行经失序的空间相关性, 预测未采样街道上的失序水平, 从而使研究人员可以估算城市中所有街道的空间失序水平和置信区间。由此, 研究人员可以根据研究人群和研究问题来定义邻里社区、公共空间, 而不必依赖行政边界 (例如人口普查区域), 从而为更精细尺度的空间失序研究提供了便利。由此, 空间失序研究开始转向使用街景图像的虚拟审计方法 (Bader 等, 2015; Clarke 等, 2010; Mooney, 2014;

Plascak 等, 2021; Quinn 等, 2016)。例如, Quinn 等 (2016) 通过虚拟审计对纽约市的空间失序分布进行了测度和可视化, 发现大量的空间失序现象集中在布朗克斯大部分地区和最北端的自治市镇, 远离市中心。

但是, 一些研究还发现了虚拟审计的一些缺点, 首先, 某些物理要素无法在虚拟环境中进行很好的评估, 比如时间变化程度高或尺寸太小的现象 (如垃圾、烟头、空酒瓶等) 可能存在审计结果不可靠的局限性, 而声音 (如噪声污染)、气味 (如异味) 等感官类的要素也无法进行评估。其次, 虚拟审计仅限于车辆可通行以捕获街景图像的区域 (Rundle 等, 2011)。第三, 由于街景图像是在汽车顶部拍摄的, 因此无法很好地观察到一些人行道及其相关特征, 并且某些障碍物可能会阻止审计员对物理环境进行全面了解 (Bader 等, 2017); 第四, 虚拟审计可能会受到一些不是最新的街景图像的约束 (Clarke 等, 2010)。然而, 与其优点相比, 虚拟审计的缺点似乎微不足道, 因此它已被公共健康和城市研究的各个领域的学者所接受。但是, 基于街景图像的虚拟审计仍依赖审计员对图片的人工评估, 并且存在研究规模和成本方面的限制。

随着高性能计算系统快速发展和大规模开源数据集出现, 利用深度学习技术对图片视觉内容进行挖掘和识别, 自动化地处理和提取街景图像中的空间特征, 为空间失序的大规模自动测度提供了可能性。如 Suel 等人 (2019) 运用深度学习和街景图像评估发现, 伦敦最高收入的地区位于市中心和西南部, 同时其空间品质得分最高。其他的研究如从街景图像中提取大量潜在信息, 用于分析城市意象要素类型 (Liu, 2016)、评估城市街道绿化率 (Li, 2015; Ye 等, 2019)、街道安全 (Harvey, 2014) 等, 虽与城市空间形态、建成环境息息相关, 但尚未应用于空间失序研究。

#### 2.4.4 空间失序的测度内容

空间失序有多种表现形式, 但每个要素对整体失序场景的贡献从不同个体的角度来看都是不同的。客观观察到的和主观感知到的失序, 都是邻里失序测度的常见组成部分。

为了衡量空间失序的严重程度, 一种主要的测度内容是居民感知的失序, 主要通过询问居住在研究区域及其周围的社区居民或接受过特定评估培训的审计员进行测度。研究者主要采用面对面、电话、电子邮件访谈的方式, 征求居民对空间失序严重程度的看法 (Rohe 和 Burby, 1988; Skogan, 1990; Ross 和 Mirowsky, 1999)。涉及的指标, 如陈述问题 (如“你认为你的社区存在不整洁或废弃建筑

的情况吗？”)或是感知指标(如安全感)等。为了量化严重程度,这些研究还应用了规范居民观点的方法,包括态度量表、语义分析、统计分析等。由于几乎每个人对空间失序都有自己的主观见解,因此很难针对其严重程度建立一个通用基准,因此也很难就后续干预措施的优先重点达成共识。

而观察到的失序,则旨在测度客观存在的、以视觉形象或实物呈现的失序现象,以减少主观性对结果的影响。由于没有任何单一独立的项目能够有效地衡量空间失序这一复杂的现象特征,研究者借鉴了心理学测量模型的计量量表

(ecometric scale)方法,通过汇总城市空间中能够通过直接观察而进行评估的众多物理特征(如垃圾、涂鸦和建筑物上的封板封条等)来测量潜在特征(Bader等, 2017; Mooney等, 2014; Raudenbush和Sampson, 1999),以实现空间信息的完整收集。一种改进方法是Perkins等人(1993)开发的区块环境清单工具(The Block Environment Inventory, BEI),对纽约、巴尔的摩和盐湖的街道和地块的失序状况进行了评估(Perkins等, 1993; Perkins和Taylor, 1996)。他们使用了二分式观察方法(是/否),对是否存在乱扔垃圾、立面涂鸦、门窗破损、墙面油漆剥落和较差的草坪状况进行了测度,并对这种方法的适应性进行了验证。Bader等人(2015)延用了二分式方法,并开发了一个在线应用“计算机辅助邻里视觉评估系统”(Computer Assisted Neighborhood Visual Assessment System, CANVAS),对美国的150条街道环境开展了基于街景图像的虚拟审计,以评估邻里环境中与健康相关的诸多特征,如可步行性、空间失序等,其中使用了包括垃圾或碎玻璃、空酒瓶、建筑物或立面墙壁上的涂鸦、废弃车辆、街区大多数建筑物的状况及清洁程度、烧毁的建筑物、废弃的建筑物、空地或未开发的土地、破损的窗户等在内的9个空间失序要素。

表 2-2 不同研究中覆盖的空间失序要素

资料来源：作者自绘

要素	参考文献（示例）
感知失序	perceived safety (7) 安全感 Jiang等, 2018
	garbage, litter, or broken glass (77) 垃圾或碎玻璃 Bader等, 2017
	graffiti, or evidence of graffiti on buildings, signs, or walls (51) 建筑物或围墙上的涂鸦 Hoeben, Steenbeek和Pauwels, 2016
	empty bottles or cans (11) 空瓶或空罐 Mooney等, 2016
	boarded up or abandoned buildings (46) 封条或废弃的建筑物 Quinn等, 2016
可见失序	presence of buildings with outside damage that can only be corrected by major repairs (20) 立面严重损坏的建筑物 Grubestic等, 2017
	abandoned cars or bicycles (33) 废弃的车辆或自行车 Mooney等, 2016
	cigarette butts (14) 烟头 Brownson等, 2004
	presence of entirely vacant buildings (38) 完全空置的建筑物 Marco等, 2015
	deteriorated recreation places (2) 恶化的休闲场地 Sampson和Raudenbush, 2004
	poorly maintained landscapes (8) 未得到维护的景观 Sampson和Raudenbush, 2004
	street disrepair (4) 失修的街道 Allen, 2013
其他失序	noise pollution (8) 噪声污染 Ross和Mirowsky, 2009

注：括号后数字代表应用该方法的文献数量。

总的来说，对空间失序的客观测度主要关注物质环境要素，特别是建筑物的物理状况（如建筑空置、建筑立面破损、建筑立面涂鸦等）、道路的特征（如垃圾、废弃车辆等）及城市基础设施等（见表 2-2）。但是，由于现有研究多来自公

共健康等领域，导致其审计量表构成多是和其健康影响相关的要素，而非从城市规划与设计角度进行全面、系统的空间要素划分，研究间也没有建立测量空间失序严重程度的通用标准。因此，为了全面了解空间失序的影响及其机理，有必要对这些失序相关的视觉要素进行大规模和全面的测量，而且需要在更多地区进行研究，以测度和验证空间失序的一致性和多样性，从而为丰富失序理论提供可能性。

## 2.5 空间失序的应对研究

新数据环境的快速发展及城市研究方法和手段的进步，促进了计算机辅助规划设计的方法由系统支持转向数据驱动。在国际上，哈佛大学设计研究生院、麻省理工学院 Media Lab 和苏黎世联邦理工学院 Future Cities Laboratory 分别提出了 Design with Data、Data Driven Design 和 Big Data Informed Urban Design 等概念。在国内，龙瀛和沈尧（2015）也提出了数据增强设计（Data Augmented Design）这一面向未来的规划设计新方法论。该方法论一方面强调对城市公共空间和人群行为的刻画，以支持对城市全面认识，另一方面通过数据分析、建模、预测等手段，为规划设计的全过程提供调研、分析、方案设计、评价、追踪等支持工具。可见数据驱动规划设计已经成为当前国际国内城市规划与设计的重要趋势之一，而基于大规模空间失序数据开展精细化规划应对是值得探讨的。

而来自公共健康等领域的研究证明，相较于土地利用、街道互联性等宏观要素的城市更新策略，一些微观尺度下的邻里环境细节改变，例如改进长凳、人行道等基础设施，改善社会失序或犯罪线索的存在和状况，以及提升街道空间的美观程度，更有利于创造活跃和健康的空间环境，同时更加经济有效（Cain 等，2014；Sallis 等，2015；Steinmetz-Wood 等，2019；王兰，廖舒文和赵晓菁，2016）。一方面，这些措施可以减少或消除空间失序元素的存在，从而增强街道空间的美感，清洁度和安全感。另一方面，创建积极的空间元素有助于塑造积极的空间感。这些成本低廉、实施简便的“软性措施”，已证实能影响在场所进行体力活动的积极性，从而提升街道环境的可步行性、活动友好性（Boarnet 等，2011；Cain 等，2014；Pikora 等，2002；Pikora 等，2006）。针对空间失序的设计应对问题，Jiang 等人（2018）开展了提升居民对街道环境的安全感的空间干预实验，并基于破窗理论和日常活动理论（Routine Activity Theory, RAT）提出了三种空间干预策略，1) 消除空间失序要素以创造新的视觉表征，如拆除空置的房屋、清扫垃圾等，2)

增加维护良好的景观绿化，3) 改变已发生城市失序的空间的功能，如将闲置的空地转化为公园、游乐场地等。

虽然目前少有专门针对空间失序的治理实践，但这些与街道品质有关的“软性措施”早在20世纪80年代初期，便在街道设计导则中得到总结，并与本研究所讨论的五大类失序要素具有潜在的对应关系，如早期的《纽约街道设计导则》、《芝加哥完整街道设计导则（2013）》等，对街道中存在的各类物质要素进行了汇总，并提出设计引导，也影响了世界各地其他城市的街道更新浪潮，如《阿布扎比城市街道设计导则》、《新加坡步行和骑行设计指南》等，相继提出建立更步行友好的街道，其中较多涉及到街道空间品质、设施品质、交通完整性等多方面要素。而在我国城市规划领域，自2016年上海出台中国首部街道设计导则后，北京、广州等城市相继发布了地方街道设计导则，为我国的街道更新与美化运动提供了先进经验与案例借鉴。

## 2.6 研究评述与总结

空间失序是公共空间品质不足的物质环境表征，高度失序的场所往往嘈杂、肮脏和破败不堪。回顾西方已有的空间失序研究进展，社会学、犯罪学、流行病学等领域的诸多研究者已经对空间失序现象展开了量化研究，一方面关注空间失序的成因，认为空间失序是经济社会不利条件的物质空间折射，如宏观环境上城市整体经济停滞和人口缩减，微观环境上社区贫困、居住周转率高、自有住房率较低以及移民集中，均导致了失序现象出现。一方面关注空间失序的负外部性，研究结果证明空间失序对邻里安全和居民健康等均存在潜在的负面影响，对邻里安全的影响主要体现在削弱邻居之间的信任程度和凝聚力，并吸引潜在的罪犯，从而导致邻里更加失序、甚至加重犯罪；对个体健康的影响则是作为慢性应激源，影响居民的心理状况和生理机能，减少公共空间使用和体力锻炼意愿，从而引起负面的健康结果。但是，过往研究主要依据西方城市空间及其环境特征展开，而对中国城市空间缺少讨论，对中国高速城市建设背景下的空间特征以及其间发生的空间品质变化机制也缺少考虑。由于城市空间历史发展的巨大差异，并具有许多本地化特征，以往研究的结论在其他地方可能无效，因此，未来仍需要补充来自中国的相关研究。

此外，对空间失序的测度是实证研究的基础。从测度方法来看，已有的测度以主观的社区调查问卷为主，并逐渐衍生出了客观的建成环境审计方法。从研究



综上所述，在疫情冲击、社会对公共健康的意识极速提升的新背景下，结合近年来中国城市空间品质建设与提升工作，这种关注空间品质外部性、聚焦空间品质较差现象，并进行公共空间品质评估的研究内容及其方法，值得进行本土化的探讨。此外，虽然国内来自城市规划、社会学的少数研究者已经开展了实证探讨，但主要关注社会失序现象，且受到数据采集的成本限制，多以现有数据集（如刑事犯罪文书数据等）尝试探讨社会失序对个体心理感受的影响，而对空间失序关注较少，缺乏对空间环境特征的全面测度。随着中国在线地图服务的成熟和计算机图像处理算法的快速发展，现在将有可能挖掘城市视觉数据与深度学习技术结合测度空间品质的潜力，以识别中国城市空间失序的特征，并丰富与空间失序有关的理论。

因此，从城市规划的研究视角出发，本研究将在已有研究的基础上，聚焦失序的客观物质环境特征，即空间失序现象，并重点结合中国城市空间的本土化特征，尝试探索虚拟审计和深度学习算法结合的、大规模、低成本、高效率的测度方法，从而探讨中国城市的空间失序表征、发展程度及差异，为城市规划、设计和管理提供基础数据、基本规律和干预策略方面的支持。



## 第3章 研究对象与数据基础

### 3.1 研究范围与对象

#### 3.1.1 研究范围

为了有效测度中国城市特征下的空间品质下降甚至失序现象，以探讨负面空间特征与的关系，并挖掘后续的实践应用潜力，本研究选取了北京作为研究案例城市。北京兼顾首都功能与特大城市体量，是中国最具代表性的城市之一，并且城市发展问题更为复杂、多元，使得北京的街道空间涵盖了最多样化的环境并包括所有空间失序因素，具有研究的代表意义。考虑到北京行政划分范围过大，而五环内城市空间已经涵盖了北京市中心市区（覆盖东城、西城，及部分朝阳、海淀、丰台、石景山、大兴等行政区）和丰富多样的城市景观（包括 CBD、二环内传统四合院民居、普通住区等），人口密度较高，就业机会、文化活动和娱乐活动等集中，同时也是城市空间整治提升行动涉及的重点区域，结合相关数据可获得性，研究最终选取了北京五环路以内的城市空间作为研究范围，总面积约为 667km<sup>2</sup>（如图 3-1）。

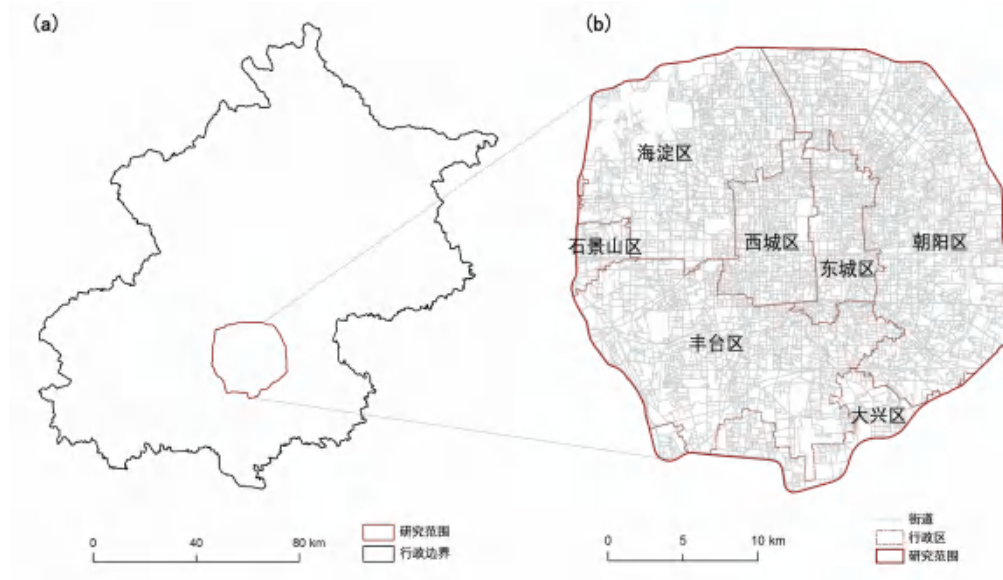


图 3-1 研究范围

(a)为北京市行政边界与研究范围示意，(b)为研究范围覆盖的街道及行政区

资料来源：作者自绘

### 3.1.2 研究对象

Taylor (1997) 认为, 街道是居民行为习惯的背景或者基底, 居民可以从了解日常活动、社会角色和行为规范, 街道路段的物理特征可能会影响居民的看法以及与犯罪相关的社会动态。所以对于更明晰地理解空间失序等邻里特征如何影响城市犯罪率与居民行为、健康结果等的因果机制, 街道可能是特别有用的分析单位 (Perkins 等, 1993; Taylor, 1997)。但是, 这要求研究对邻里特征进行特定测量, 并假设这些特征与健康和安全结果相关 (Sampson 和 Raudenbush, 1999)。

因此, 研究将核心关注公共空间中的街道空间及其空间品质变化, 并以空间失序作为其品质变化的测度指标。为实现高效的空间评价并准确定位空间失序的空间位点, 研究提取了北京五环内已实现在线街景图像覆盖的 16790 条城市道路作为研究对象, 包括城市主干道、次干道、支路等多种道路类型, 总街道长度为 4179.8km (如图 3-2)。

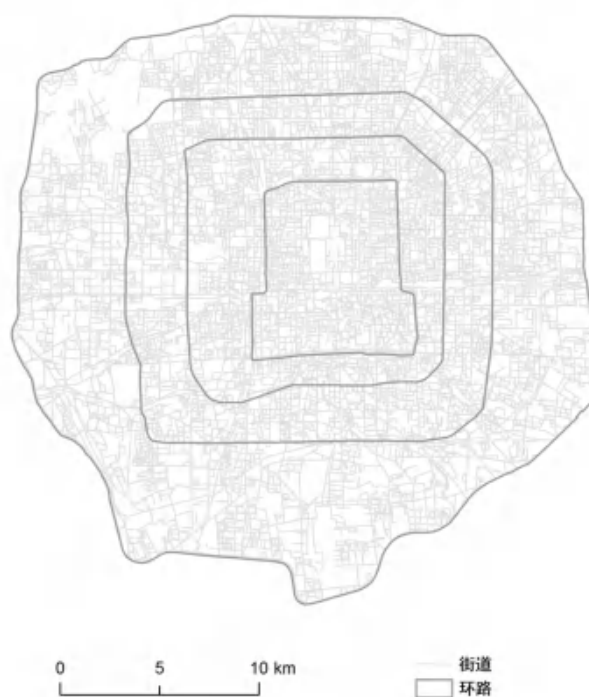


图 3-2 北京市五环内城市街道数据

资料来源: 作者自绘

## 3.2 数据来源与处理

### 3.2.1 街景图像数据

基于街道这一研究基本单位，本研究采用了街景图像为主的数据以用于建成环境审计。考虑到北京地块尺度较大，部分街道过长，单一街道空间内存在一定的景观变化，以及研究区域内下载所有街景图像过于重复、数据量过于庞杂，研究采取了间隔距离为 50 米的等间距采样方法来选择研究区域内街道沿线的街景点，并使用 ArcGIS 软件、基于街道数据，生成每条街道的街景抓取点图层及其经纬度坐标，并计算街道的四个方向值。

一些相关研究（Rundle 等，2011；Wilson 等，2012；Mooney 等，2014）使用了具有全景视图的全向街景图像以供审计，考虑到全景图可能会失真，可能会给审计员的识别和判断带来偏见和负担，因此，研究并未使用图像拼接来生成全景图，而是在百度地图在线平台提取了每个街景点平行于道路（前、后）和垂直于道路方向（左、右）共计四个方向的街景图像，每个方向的边缘都与相邻的图像重叠，焦距为 85mm，视线俯仰角度为 0 度（如图 5）。



图 3-3 街景图像数据示例

(a)为基于街道生成 50m 等间距采样的街景点数据；

(b)为某一街景点的四个方向街景图像示意；

(c)为最终爬取的部分街景数据；

资料来源：作者自绘

最终，研究通过 Python 经 URL 链接调用百度地图 API，并设定对应的焦距、图片大小、图片分辨率、视线水平角度、街景点坐标数据，爬取了北京五环内共计 71165 个街景点的 891648 张图片，每张图片大小为 1000x700 像素，覆盖百度地图平台从 2013 年至 2020 年 12 月期间的所有公开可见街景图像数据（由于在线平台采集资源原因，分年、分区域进行最新街景的更新，因此并非所有街景点拥有同样多个年份的街景图像数据，具体数据见表 3-1、表 3-2，百度地图时光机功能示例见图 3-4）。

表 3-1 不同年份可获取的街景图像数量

资料来源：作者自绘

年份	拥有当年街景的街景点数量（个）	街景图像数量（张）
2013	51950	207800
2014	469	1876
2015	47729	190916
2016	34040	136160
2017	46994	187976
2019	41260	165040
2020	470	1880

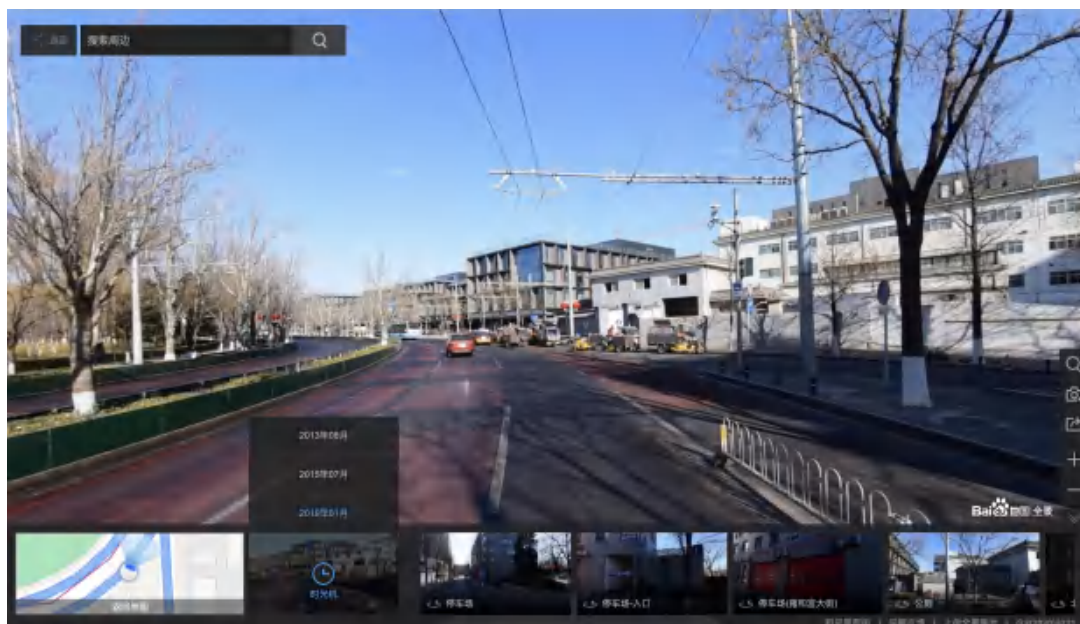


图 3-4 百度地图时光机功能示例

资料来源：百度地图平台，<https://map.baidu.com>

表 3-2 街景点的累计多年份街景数据情况

资料来源：作者自绘

年份							年份 总计	街景点 个数
2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020		
1		1	1	1	1	1	6	74
1	1	1	1	1	1		6	1
		1	1	1	1	1	5	6
1			1	1	1	1	5	35
1		1		1	1	1	5	52
1		1	1		1	1	5	85
1		1	1	1		1	5	58
1		1	1	1	1		5	10865
1	1		1	1	1		5	1
1	1	1		1	1		5	1
			1	1	1	1	4	7
		1		1	1	1	4	13
		1	1		1	1	4	15
1				1	1	1	4	28
1			1		1	1	4	38
		1	1	1	1		4	1266
1			1	1		1	4	10
1			1	1	1		4	3213
1		1		1	1		4	5882
1		1	1		1		4	4888
	1	1	1	1			4	1
1		1	1	1			4	4004
				1	1	1	3	5
			1		1	1	3	4
		1			1	1	3	13
			1	1		1	3	2
			1	1	1		3	858
		1		1	1		3	1219
		1	1		1		3	733
1				1	1		3	2988
		1	1	1			3	2201
1		1			1		3	3510
1			1	1			3	1531
1		1		1			3	3026
1		1	1				3	1503
1	1		1				3	1

续表 3-2 街景点的累计多年份街景数据情况

资料来源：作者自绘

年份							年份 总计	街景点 个数
2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020		
1	1	1					3	1
					1	1	2	7
				1		1	2	18
				1	1		2	1882
			1		1		2	629
		1			1		2	1012
			1	1			2	466
		1		1			2	3815
		1	1				2	348
1				1			2	2484
1			1				2	1072
1		1					2	1942
					1		1	1930
				1			1	982
			1				1	125
		1					1	1195
	1						1	463
1							1	4657

注：某一年份下“1”值代表存在该年份街景图像数据。

### 3.2.2 其他城市空间数据

#### 3.2.2.1 基础城市空间数据

研究使用了包括城市街道、道路交叉口等物理空间的基础 GIS 数据（图 3-2），一方面作为研究开展空间落位与空间分析的基本图底，以可视化失序现象在空间中的表征；一方面基于街道数据，后续在 ArcGIS 中计算了街道的宽度、长度、交叉口密度等街道形态属性，以进行量化分析。

#### 3.2.2.2 其他城市属性数据

研究还结合了包括微博、大众点评等在内的社交网络数据、兴趣点（points of interest, POI）数据、房价交易信息等多源数据（图 3-5），以在街道层面进一步讨论微观视角下城市空间失序与其他社会经济因素的关系。

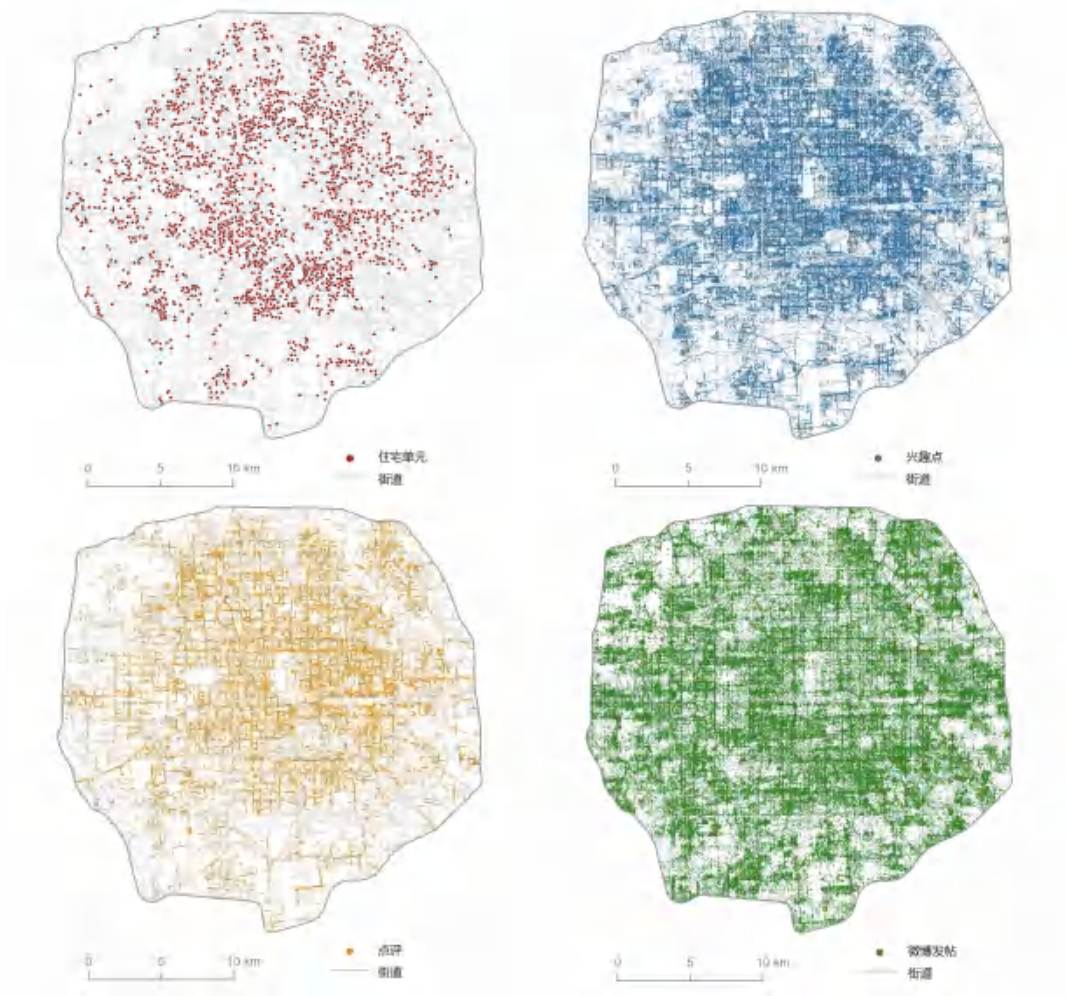


图 3-5 北京市五环内其他城市属性数据空间分布

(a) 住宅单元数据；(b) 兴趣点数据；(c) 点评数据；(d) 微博数据；

资料来源：作者自绘

## 第4章 北京街道空间失序测度的模型构建

### 4.1 空间失序的要素体系构建与验证

研究结合第2章范围综述和实地调研结果,假设1)客观的空间失序现象可以通过要素化拆解进行定义,并通过建成环境审计方法进行有效测度,2)客观的空间失序现象和人的主观感知失序具有相关性,影响居民对空间品质的整体感受。因此,研究通过使用随机抓取的小样本街景图像数据开展预实验,综合检验研究方法与研究要素体系的正确性与有效性,并分析了感知空间失序与构成要素数量两者之间的关系。最终根据预实验结果补充和修正空间失序要素体系及其标准,进一步支持北京五环内城市街道空间失序现象的大规模测度。

#### 4.1.1 基于文献综述的要素体系初步构建

本研究借鉴了已有西方城市研究中建成环境审计方法所采用的量表形式,即审计清单(checklist)。相较于已有的地理信息系统数据或是遥感图像数据所包含的空间特征,审计清单通常包括了人本尺度下城市空间中能够通过直接观察而得到评估的众多物理特征(如建筑立面维护情况、人行道清洁情况等)(Brownson等,2009),从而以指标化的方式对空间失序进行定义和系统化、标准化的评估。

通过整理国际城市研究中已发表的空间失序相关文献,研究从以前验证过的审计目录中参考和制定了代表不同空间特征的五大类项目:1)建筑类;2)沿街商业空间类;3)环境绿化类;4)道路路况类;5)其他公共设施类;并进一步地对五类空间评价的一级评价要素进行了细分,构建了一个空间失序清单。大部分要素是西方空间失序研究中较为典型和常见的,参考了芝加哥人居发展项目(Project on Human Development in Chicago Neighborhoods, PHDCN)的空置和废弃建筑、铺面空置及出售、废弃车辆、垃圾堆放等要素(Earls和Buka,1997;Sampson和Raudenbush,1999),步行环境监测项目(Pedestrian Environment Data Scan, PEDS)的空地等要素(Clifton, Smith和Rodriguez,2007),以及Day等人(2006)研究中的建筑物封条等要素。

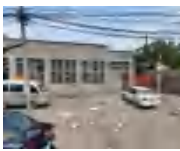


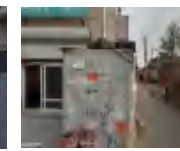
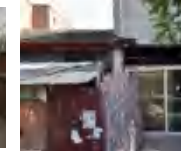

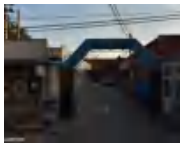

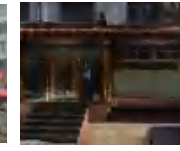
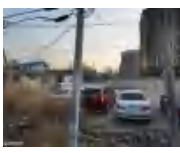





研究聘请了3名审计员,并通过相关研究介绍(Skogan,1990;Perkins等,1993;Perkins和Taylor,1996;Sampson和Raudenbush,1999,2004;Ross和Mirowsky,1999;Franzini等,2008;Allen,2013)以及Mooney等人(2014)



开发的审计培训协议对他们进行了培训。依据这个空间失序清单，每位审计员在北京城区进行了实地调研，并独立检查了 500 张随机抽取的北京街景图像，以查看审计清单上的要素是否出现。审计员删除了他们在实地调研和街景图像中未发现的要素（例如空酒瓶、烟头），并添加了在调研过程中常见的、体现中国城市空间特征的、与空间失序有关的新要素（例如私搭乱建/临时建筑物、私人物品侵占道路）。

最后，研究收集了每个审计员的反馈，并创建了一个新的清单，包含五个类别和 19 个详细要素的细化清单，以助于研究形成统一标准的城市街道空间失序评估体系。对于每个要素，都提供了定义以及样本图像来演示该要素如何出现并可以在街景图像中识别（见表 4-1）。

表 4-1 初步构建的空间失序审计清单

空间失序要素清单及样本图片					
<b>1. 建筑类</b>					
					
建筑废弃、拆除	建筑结构破损	建筑立面破损	建筑立面污损	建筑立面涂鸦、小广告张贴	私搭乱建、临时建筑物
<b>2. 沿街商业类</b>					
					
店面招牌污损、破损	铺面污损	流动商贩	铺面空置及出售		
<b>3. 环境绿化类</b>					
					
绿化杂乱、未维护	垃圾堆放、丢弃	废弃车辆	施工围挡污损		
<b>4. 道路类</b>					
					
道路未硬化	道路破损	私人物品侵占道路			
<b>5. 其他公共设施</b>					
					
基础设施破损	围墙、围栏破损				

资料来源：作者自绘，图片取自研究爬取的街景图像

## 4.1.2 预实验：有效性验证与要素修正

### 4.1.2.1 预实验研究数据概况

研究假设空间失序现象在国内城市间表征相同，仅出现频率高低和空间分布有所区别，因此，研究通过 API 随机抓取百度地图的 1213 个街景点、共计 4852 张街景图片，针对小样本开展预实验以进行研究方法验证。

### 4.1.2.2 虚拟审计在线系统搭建

对预实验的虚拟审计页面，每一个街景点的四个方向街景图像均集中在一个页面上，审计员可以通过一侧的选项来勾选四个图片中分别存在的空间失序要素（图 4-1），从而对每个图片中是否存在任何空间失序因素进行二分法的判读。以“建筑废弃、拆除”一项为例，如果识别出一个或多个建筑废弃、拆除因素，则该图片的得分为 1；否则，得分为 0。界面设计还通过两种方式帮助减少审计的错误，一是每个独立页面由街景点 ID 进行编码，二是要求所有要素均获得审计（是/否）后，审计员才能进入下一页。

基于统一的审计标准，审计员在各自的浏览器上完成了对街景图像空间失序现象的识别。



图 4-1 空间失序虚拟审计在线系统

资料来源：截自研究自主开发的内部系统

#### 4.1.2.3 评分者间可靠性检验

3位审计员独立审计了相同的4852张街景图像，并评估了独立出现在每个图片中的空间失序要素。结果表明，在三名审计员中，某些失序要素的识别频率存在明显差异（见表4-2），这意味着需要对培训方案和标准手册进行进一步修订。然后，研究计算了评估者之间内部评分可靠性，以了解3位审计员在识别失序要素方面达成的共识程度。通常情况下，由3位审计员总共识别出一个要素的次数越多，则该要素的内部评分可靠性（Inter-rater reliability, IRR）就越高，反之亦然。例如建筑立面污损、绿化杂乱未维护、垃圾堆放丢弃三个最普遍的失序要素，一致性也最高，也有一些例外情况，如未拆除的施工围挡，平均仅被识别67次，但具有相对可接受的可靠性0.575。对于出现次数尤其少的要素（如废弃汽车等，出现频率小于1%），说明在中国城市空间中，这类空间失序现象并不常见，研究最终进行了合并与取舍。

表 4-2 三位审计员（A、B、C）识别出的空间失序要素数量及信度情况

资料来源：作者自绘

	存在空间失序要素的图像数量（张）				评分者间信度 (Cronbach's alpha)
	A	B	C	平均值	
1.1 建筑废弃、拆除	33	23	0	19	0.044
1.2 建筑结构破损	30	47	13	30	0.654
1.3 建筑立面破损	82	107	214	134	0.447
1.4 建筑立面污损	726	302	618	549	0.672
1.5 建筑立面涂鸦、小广告 粘贴	244	69	260	191	0.606
1.6 私搭乱建、临时建筑物	193	68	68	110	0.482
2.1 店面招牌污损、破损	188	187	91	155	0.403
2.2 铺面污损	354	591	93	346	0.480
2.3 流动商贩	105	146	84	112	0.688
2.4 铺面空置及出售	55	246	54	118	0.284
3.1 绿化杂乱、未维护	238	528	344	370	0.756
3.2 垃圾堆放、丢弃	162	257	388	269	0.699
3.3 废弃车辆	1	2	0	1	-0.001
3.4 施工围挡污损	83	103	16	67	0.575
4.1 道路未硬化	117	240	55	137	0.539
4.2 道路破损	53	184	914	384	0.336
4.3 私人物品侵占道路	162	129	146	146	0.654
5.1 基础设施破损	9	88	5	34	0.104
5.2 围墙、围栏破损	157	83	224	155	0.403

#### 4.1.3 预实验：感知空间失序与客观空间失序要素的相关性分析

当审计员在对每张街景图像中存在的失序现象进行识别时，他们还被要求对每张图像的感知失序做出二分判断（1=“图片中的整体场景让你感受到空间失序”，0=“图片中的整体场景没有让你感受到空间失序”）。平均而言，三位审计员在观看超过 20% 的街景图像时会感到失序（976/4852）。与客观识别的 19 个空间失

序要素不同，审计员在做出这一项判断之前未接受任何培训。但结果表明，三位审计员之间感知到失序的评分者间可靠性是完全可接受的（表 4-3），而且它的 IRR 值高于所确定的 19 个失序要素中的任何一个（表 4-2）。

表 4-3 三位审计员感知到空间失序的图片数量及信度情况

资料来源：作者自绘

	存在空间失序要素的图像数量（张）				评分者间信度
	A	B	C	平均值	(Cronbach's alpha)
整体感知失序	728	1392	808	976	0.784

研究进一步分析了审计员如何感知到失序。首先，研究假设图像中识别出的不同失序要素的数量与审计员对空间失序的感知呈正相关。这在已有研究中也提及，例如，在芝加哥社区人类发展项目中，约 90% 的受访者认为街道或人行道上的垃圾或碎玻璃表明街道存在失序的现象（Sampson 和 Raudenbush, 1999）。另一项调查中，建筑物窗户上的封条使近一半的人更有可能判断该空间存在失序（Day 等, 2006）。研究应用了 Point-biserial 检验来验证假设，这是景观和城市学者经常用于检验一个二分变量和一个连续变量之间的可能联系的方法。结果证实了这一假设，即在街景图像中识别出的失序要素越多，审计员就越有可能从中察觉到失序（表 4-4），说明客观识别的空间失序审计结果与人们对街道空间的品质认知是高度相关的，从大规模、高效率开展空间失序测度研究的视角而言，客观测度的结果一定程度上代表了人们对品质的实际感知。

表 4-4 三位审计员客观识别失序要素数量与感知失序概率间的点二列相关分析

资料来源：作者自绘

	Point-biserial Correlation		
	审计员 A	审计员 B	审计员 C
Coefficient	0.68042**	0.58023**	0.74614**

\*\*表示显着性水平  $p < 0.01$ 。

然后，研究假设某些已识别出的空间失序要素会更强烈地影响审计员对空间失序的感知。由于所有自变量（1=已识别项目，0=未识别）和因变量（1=感知失序，0=未感知失序）都是二分的，因此研究分别对三位审计员的数据分别应用了二项式 Logistic 回归模型。对于这三次回归中的每一个，大多数失序要素在预测其感知失序的判断上均具有统计学意义（表 4-5）。同时考虑三位审计员，则 19 种失序要素中有 10 种具有很强的统计显着性：建筑立面破损、建筑立面污损、建筑立面涂鸦/小广告张贴、店铺招牌污损、铺面污损、绿化杂乱未维护、垃圾堆放丢弃、施工围挡污损、道路未硬化、围墙围栏破损；即在预测每个审计员将图像视为整体失序的可能性时，这些失序要素也比其他要素具有更高的系数和优势比，这是对上述假设的验证。

表 4-5 二元 Logsitic 回归预测三位审计员感知失序的结果

	审计员 A			审计员 B			审计员 C		
	Coeffi cient	OR (95% CI)	S.E.	Coeffi cient	OR (95% CI)	S.E.	Coeffi cient	OR (95% CI)	S. E.
1.1 建筑废弃、拆除	1.635 **	5.131 (2.027, 12.988)	0.474	0.796	2.216 (0.634, 7.748)	0.639	-	-	-
1.2 建筑结构破损	1.741 **	5.7 (1.988, 16.265)	0.535	1.693 **	5.433 (2.063, 14.312)	0.494	1.635	5.129 (0.773, 34.039)	0.966
1.3 建筑立面破损	2.003 ***	7.409 (3.751, 14.634)	0.347	1.425 ***	4.159 (2.048, 8.445)	0.361	1.938 ***	6.948 (4.184, 11.538)	0.259
1.4 建筑立面污损	2.395 ***	10.969 (8.501,14.153)	0.13	2.131 ***	8.425 (6.056, 11.722)	0.168	2.478 ***	11.914 (8.508, 16.684)	0.172
1.5 建筑立面涂鸦、小 广告粘贴	2.469 ***	11.81 (7.912,17629)	0.204	2.562 ***	12.967 (6.89, 24.404)	0.323	2.171 ***	8.765 (5.588, 13.748)	0.23
1.6 私搭乱建、临时建 筑物	1.96 ***	7.098 (4.605, 10.939)	0.221	0.639	1.894 (0.949, 3.78)	0.353	2.394 ***	10.958 (4.802, 25.008)	0.421
2.1 店面招牌污损、破 损	1.167 ***	3.214 (1.985,5.203)	0.246	1.698 ***	5.464 (3.738, 7.988)	0.194	1.239 **	3.451 (1.543, 7.72)	0.411
2.2 铺面污损	1.325 ***	3.764 (2.634, 5.377)	0.182	1.772 ***	5.882 (4.728, 7.318)	0.111	1.197 **	3.311 (1.584, 6.919)	0.376
2.3 流动商贩	1.437 ***	4.206 (2.269, 7.795)	0.315	2.241 ***	9.402 (5.637, 15.682)	0.261	0.503	1.654 (0.653, 4.189)	0.474
2.4 铺面空置及出售	0.982 *	2.671 (1.192, 5.982)	0.411	0.351	1.421 (0.994, 2.031)	0.182	1.774 ***	5.893 (2.723, 12.751)	0.394



续表 4-5 二元 Logsitic 回归预测三位审计员感知失序的结果

	审计员 A			审计员 B			审计员 C		
	Coeffi cient	OR (95% CI)	S.E.	Coeffi cient	OR (95% CI)	S.E.	Coeffi cient	OR (95% CI)	S. E.
3.1 绿化杂乱、未维护	2.061 ***	7.853 (5.238, 11.775)	0.207	1.872 ***	6.499 (5.106, 8.272)	0.123	2.662 ***	14.327 (9.566, 21.457)	0.206
3.2 垃圾堆放、丢弃	1.53 ***	4.619 (2.839, 7.516)	0.248	2.8 ***	16.452 (10.991, 24.627)	0.206	2.512 ***	12.335 (8.394, 18.126)	0.196
3.3 废弃车辆	17.595	43800561.6	40192.969	-22.60 6	0	23286.792	/	/	/
3.4 施工围挡污损	1.299 **	3.665 (1.762, 7.622)	0.374	1.07 ***	2.917 (1.754, 4.85)	0.259	3.345 ***	28.357 (7.303, 110.106)	0.692
4.1 道路未硬化	1.215 ***	3.369 (1.848, 6.143)	0.306	2.004 ***	7.415 (5.074, 10.838)	0.194	3.189 ***	24.256 (9.791, 60.091)	0.463
4.2 道路破损	-0.122	0.885 (0.377,2.077)	0.436	1.871 ***	6.494 (4.383, 9.623)	0.201	2.028 ***	7.598 (5.801, 9.953)	0.138
4.3 私人物品侵占道路	1.71 ***	5.529 (3.311, 9.232)	0.262	0.528	1.696 (0.968, 2.971)	0.286	2.41 ***	11.137 (5.153, 24.073)	0.393
5.1 基础设施破损	2.307 *	10.043 (1.551, 65.047)	0.953	1.999 ***	7.385 (4.276, 12.753)	0.279	2.637	13.976 (0.278, 703.258)	1.999
5.2 围墙、围栏破损	1.391 ***	4.019 (2.371, 6.814)	0.269	1.594 ***	4.925 (2.778, 8.731)	0.292	1.719 ***	5.577 (3.378, 9.208)	0.256

注：审计员 C 未识别出任何建筑废弃空置和废弃汽车要素。

\*\*\*表示显着性水平  $p < 0.001$ ；\*\*表示显着性水平  $p < 0.01$ ；\*表示显着性水平  $p < 0.05$ 。

与评分者间可靠性测试（表 4-2）相比，这 10 个失序要素在识别过程中也具有较高的评定者间可靠性。但是，在三个审计员之间，在识别过程中具有较高评分者间可靠性的某些项目在感知过程中并未发挥相似的作用。例如，私人物品侵占道路，具有可接受的评估者之间的可靠性（Cronbach 的  $\alpha = 0.654$ ，请参见表 4-2），并且在审计员 A 和审计员 C 的回归中均具有很强的统计意义，而在审计员 B 的回归中其统计意义却很弱。即使三名审计员具有相似的教育背景（在他们的本科学习中都主修建筑学或城市规划），并且他们对整体感知失序的理解也相差无几，但对部分要素的看法相差很大。这意味着在一个具有文化多样性的社会中，这种主观认知分异将更加显著，从城市管理和品质建设的视角，则需要从人本视角出发，对空间品质的“失序”与“有序”进行更全面的考虑。

#### 4.1.4 最终确定的空间失序要素体系与标准修订

预实验的虚拟审计结果揭示了一个事实，即尽管以往的空间失序测度研究已经奠定了充分的基础，但在其他城市或区域应用类似的方法时，尤其是在建筑环境和美学意识形态截然不同的语境下，需要对空间失序的测度内容及标准行实质性修订。

结合预实验的统计分析结果及三位审计员的反馈，研究针对空间失序要素及其标准手册存在的问题进行了优化，包括：1）对空间失序要素进行重命名；2）采用要素化方法严格定义各要素的评估标准，“如需满足以上几项条件，则证明存在该失序要素”；3）对清单原有的 19 个空间失序子要素进行取舍、合并，如原有的建筑外立面不完整、建筑外立面破损，合并为建筑立面破损一项，避免各要素间存在重叠、难以区别的现象。

最终研究制定了 5 类 15 个要素，对审计标准手册进行了对应的更新，并根据深度学习小范围训练结果调整标注标准，提高训练集对深度学习过程的友好度（表 5）。三位审计员还对随机抽取的 400 张图片进行了重新审计，结果证明审计员在新手册标准下的可靠性是完全可接受的（平均 IRR 值高于 0.94，见表 4-6）。

研究将清单与先例研究中提到的要素进行了比较，通过参考以前的失调项目列表，清单中的 15 个要素被分为三类（表 4-6，具体定义及示例图片见附录 A）：已有研究中常见且表征类似的要素，已有研究中常见但表征不同的要素，以前未提及。

首先，具有相似物理表征的要素。与以前进行过较多研究的美国城市相比，中国城市的住房结构不同，以多户住房为主。但是，预实验中出现的废弃建筑物（主要是住宅）和破损建筑立面看起来与美国衰败社区中的废弃建筑和建筑立面相似。既有研究中较为常见的街道上散落的垃圾、待出售的临街商铺等，它们在预实验中也有相似的表现。

第二，具有明显表征差异的要素。由于对失序的研究本质上是一个解释性的过程，因此对部分失序要素，已有研究者呼吁关注不同社会背景下或不同行为者所构建的要素实际意义（Harcourt, 2001）。Harcourt（2001）认为，“有序”和“失序”的含义是可变的，在不同的地点和时间会有所不同。例如在西方的公众认知里，涂鸦通常是违法的文字或图画，甚至可能与帮派活动有关，但总的来说，它确实具有商业意义，通常表现为街头艺术创作，在新兴的时尚街区涂鸦甚至可能被视为“DIY城市设计”的一种形式（Douglas, 2014），居民还可能会默认接受这种失序作为一种文化资本（Bloch, 2012）。但在中国的城市里，大多数被识别出的涂鸦也是未经许可的，是影响城市空间美观与整洁的、随意张贴的传单广告或文字喷涂广告。另一个表征不同的要素是绿化杂乱未维护，在西方研究中绿化杂乱往往被认为是私有财产维护不善的迹象，而在中国的城市空间中，这一失序现象通常出现在公共空间中，例如路边的花园。

第三，在以前的研究中几乎没有提到的要素，此类别包含了列表中一半以上的空间失序要素。一方面，此类别中的某些要素反映了中国独特的城市景观，如私搭乱建、临时建筑物在中国城市管理尚不全面的背景下，通常是家庭用于增加住房空间的、材质较为廉价的自建房屋结构，或是施工工地里建筑工人的临时房屋，且较为常见。另一方面，由于以前的研究主要集中在邻里社区环境上，没有考虑其他公共空间（Ross 和 Mirowsky, 1999, 2001; Sampson 和 Raudenbush, 1999, 2004），而且不同于西方城市居住区和商业区之间存在明显的空间隔离，中国社区的街区面积更大，土地使用更加混杂，街道空间中沿街商铺、街头小贩等常见，研究新增了底商立面维护状况的要素，如铺面空置、店铺招牌破损等，此外还包括底商外摆侵占公共空间现象，如私人物品侵占道路等要素。

表 4-6 最终指定的空间失序要素清单

资料来源：作者自绘

空间失序要素		评分者间信度 (Cronbach's alpha)	对比以往空间失 序研究
1. 建筑类	1.1 建筑废弃、拆除	0.857	a
	1.2 建筑立面破损	0.960	a
	1.3 建筑立面污损	0.942	a
	1.4 建筑立面涂鸦、小广告粘贴	0.965	b
	1.5 私搭乱建、临时建筑物	0.978	c
2. 沿街商业类	2.1 店面招牌污损、破损	0.883	c
	2.2 铺面污损	0.919	c
	2.3 铺面空置及出售	0.927	a
3. 环境绿化类	3.1 绿化杂乱、未维护	0.948	b
	3.2 垃圾堆放、丢弃	0.971	a
	3.3 施工围挡污损	1.000	c
4. 道路类	4.1 道路破损	0.919	a
	4.2 私人物品侵占道路	0.946	c
5. 其他公共设施	5.1 基础设施破损	0.959	a
	5.2 围墙、围栏破损	0.943	c

注：a) 与西方研究具有相似物理表征的要素；b) 与西方研究具有明显表征差异的要素；c) 在以前的西方研究中几乎没有提到的要素

## 4.2 空间失序的样本标注

### 4.2.1 虚拟审计在线系统优化

对于目标检测模型，为了提供足够的标注样本以进行训练，研究对虚拟审计在线系统进行了新的界面设计（图 4-2）。15 个空间失序要素均设置了独立的网页编码，每种空间失序要素的标注页面为一系列连续的网页，每页显示一张街景图像。审计员通过自定义矩形框的方式标注每张街景图像中出现的该类别失序要素，并且可以对矩形框进行边界修改和删除，每个页面最多可以存储 100 个矩形框。

为了保证样本的有效性，审计员需要以最小外接矩形框标注街景图像中存在的失序要素，保证每个边界框内只有一处空间失序现象，框选边界应该刚好覆盖要素内容，且包含背景像素尽可能少、避免框选范围包括干扰物体。标注者应框选图片中所有的同类要素，在同一张图片中可能出现不止一个同类要素需要进行框选。此外，系统还设计了数据确认功能，即当前页面的框选完成后，必须点击“提交”按钮，才能保存当前框选结果。点击“提交”后，页面为刚刚保存在数据库中的结果再次调用，这样可以确认提交后的数据框是否出现问题。

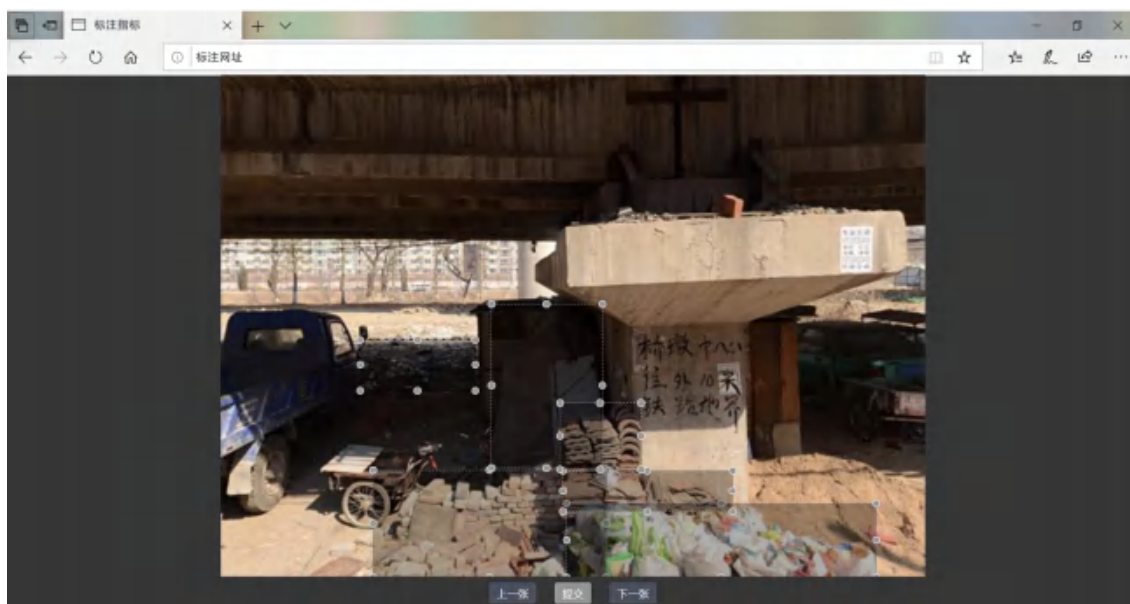


图 4-2 面向目标检测算法的空间失序虚拟审计在线系统标注页面

注：页面中灰色矩形框即为标注框，可通过边框上的灰色锚点进行边界修改

资料来源：摘自研究自主开发的内部系统

对于图像语义分割模型的训练样本标注，研究首先应用已有的 SegNet 的识别模型和图片库，对街景图像进行自动分割，分割出主要地物类，如建筑、道路、植被、店铺等，进一步由审计员采用人工编辑工具进行分割范围修正，并对分割出的地物类进行空间失序要素的定性，如绿化是否杂乱、道路是否破损等，形成标注样本数据库（图 4-3）。

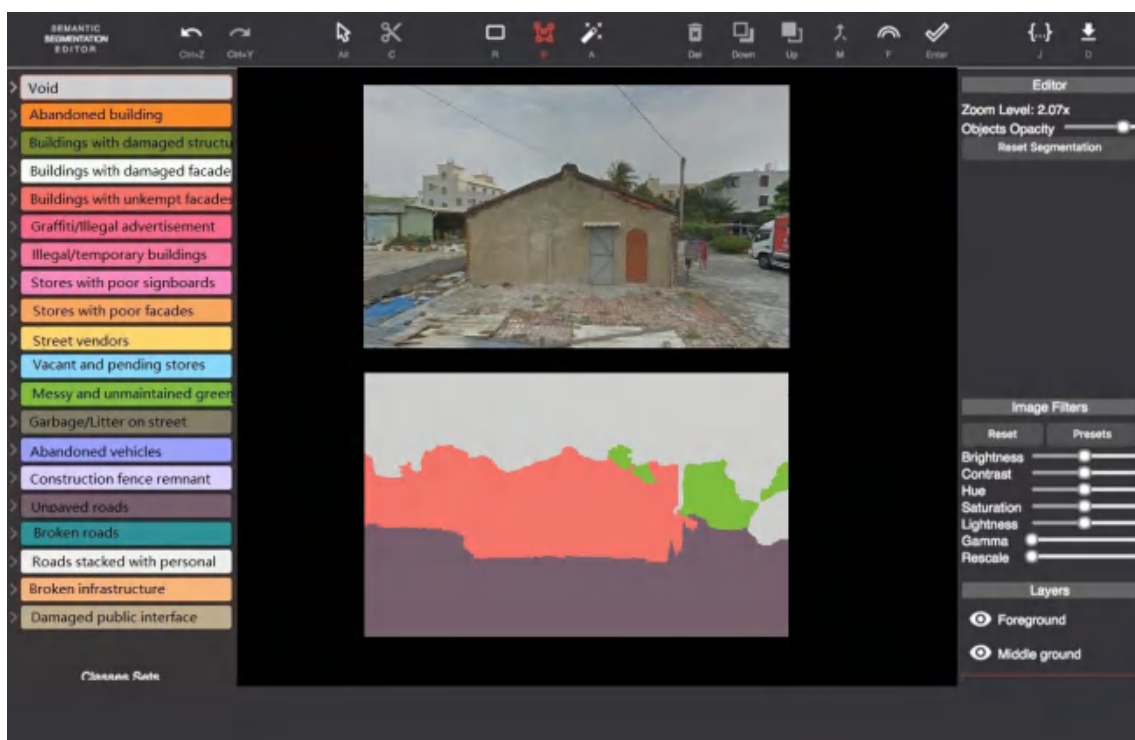


图 4-3 面向图像语义分割的空间失序要素识别系统

资料来源：摘自研究自主开发的内部系统

#### 4.2.2 人工标注结果

训练样本的数量一定程度上决定了深度学习的性能及预测效果。研究在前期对街景照片进行分类打分的基础上，每个要素选取了 2000-4000 张街景图像进行审计、标注和训练。对于目标检测模型，标注图片总张数为 48000 张，带有标注框的街景图像总张数为 19676 张，每张照片识别框数目 1-6 个（表 4-7）；对于语义分割模型，标注图片总张数为 30000 张，带有标注框的街景图像总张数为 12490 张，此外，研究整合了前期项目应用时的基础，如纳入、补充标注样本数据以在有限时间内提高模型精度。

表 4-7 数据清洗后带有标注框的街景图像样本数量

资料来源：作者自绘

空间失序要素		目标检测模型		语义分割模型	
		北京标注 样本数量	北京标注 样本数量	补充标注 样本数量*	补充标注 样本数量*
1. 建筑类	1.1 建筑废弃、拆除	422	384	243	
	1.2 建筑立面破损	2396	833	1534	
	1.3 建筑立面污损	2110	1626	2674	
	1.4 建筑立面涂鸦、小广告粘贴	3065	826	4443	
	1.5 私搭乱建、临时建筑物	536	370	46	
2. 沿街商业类	2.1 店面招牌污损、破损	491	588	642	
	2.2 铺面污损	1405	470	1432	
	2.3 铺面空置及出售	660	269	785	
3. 环境绿化类	3.1 绿化杂乱、未维护	1191	968	1867	
	3.2 垃圾堆放、丢弃	2610	2723	2386	
	3.3 施工围挡污损	550	369	1532	
4. 道路类	4.1 道路破损	1867	1056	1147	
	4.2 私人物品侵占道路	288	526	5765	
5. 公共设施类	5.1 基础设施破损	1425	598	234	
	5.2 围墙、围栏破损	660	884	1223	

注：\* 对于 SegNet 模型的训练部分，研究补充了前期标注样本数据

### 4.3 空间失序的深度学习模型搭建

研究分别对 Faster R-CNN、SSD、SegNet 算法下 15 个空间失序要素模型进行训练、测试和优化迭代，目标检测模型的训练在配置 Titan RTX 显卡的虚拟服务器上（内存 24G），语义分割模型的训练在配置 NVIDIA Titan V 显卡的工作站

上进行（内存 64G），以提高模型训练速度，实现三个算法所用的深度学习计算框架均为 Pytorch。

### 4.3.1 模型训练过程

#### 4.3.1.1 数据集处理与扩增

对于 Faster R-CNN 和 SSD 模型，研究从 4.2.2 节已标注的图片数据中，按照 6:2:2 的比例划分每个要素的训练集、测试集、验证集。而对于 SegNet 模型，采用 10 折交叉验证，即采用了另一个研究工作中的标注数据以及 9/10 的北京标注数据为训练集，1/10 北京标注数据为验证集。将验证集准确度与训练集准确度进行比较，防止出现模型过拟合问题。

考虑到部分要素的训练集所包含样本数量较少，研究应用了水平翻转、随机裁剪加颜色扭曲、随意旋转图像等技术进行了数据扩增，将数据集总样本数扩增 4 倍，以提高模型性能。研究还在大规模识别过程中对训练集进行滚动优化，一是补充新识别出的空间失序要素街景，二是删去质量不高、易造成误识别的图片。此外，通过优化训练次数与调整置信水平阈值，以达到较好的综合检测表现。

#### 4.3.1.2 实施细节

对于目标检测的 Faster R-CNN 模型，1) 使用深度卷积神经网络提取图片的边缘大小、色彩深度、纹理细节等高纬度的抽象信息构成特征图；2) 基于特征图对图片中预设的锚点框进行 softmax 计算，判断当前锚点区域内是否存在目标物体，之后对 softmax 判断为正的锚点框进行回归计算和分类。通过这样两阶段的计算提取一些高质量的候选区域，避免产生窗口滑动式选取区域时的时间复杂度过高的问题。为了避免不同大小候选区域输入对后续网络结构的影响，Faster R-CNN 设置了 RoI Pooling 层，从而保证了候选区域输出的统一化。最终再通过一系列的卷积运算，输出物体类别的概率向量和物体锚点框的偏移向量。试验基于 PyTorch 平台随机梯度下降法训练，学习率设置为 0.0005，训练 epoch 为 30，权重衰减为 0.0005，动量因子为 0.9。

对于目标检测的 SSD 模型，1) 生成多个尺度大小不一的特征图，在卷积层中靠前的层生成较大的特征图，靠后的层生成较小的特征图。通过对大小不一特征图的检测，增强识别不同大小物体的鲁棒性；2) 使用卷积层代替全连接层进行最终目标的预测；3) 针对每个特征图的单元格预设了长、宽、高各不相同的四个先验框。对每个输入图片大小放缩为 300\*300 像素的图片，SSD 共计设置了 8732 个



先验框。在 SSD 算法的训练过程中，前向传播一次性的预测出物体的类别和位置。之后通过由位置误差和置信度误差加权组成的损失函数，将更新的权重参数由反向传播传递到模型中。试验基于 PyTorch 平台随机梯度下降法训练，学习率设置为  $5e-4$ ，batchsize 为 32，迭代次数为 120000，动量因子为 0.9。

对于用于图像分割的 SegNet 模型，共有 4 个编码器和 4 个解码器。每个编码器中使用下采样窗口尺寸为 2、步长为 2 的最大池化进行下采样，解码器中采样参数与编码器中的采样参数相同。每层的初始化参数来自经过预训练的 VGG16 网络。解码器以及编码器中的模型所用的损失函数为交叉熵损失。将图像输入网络，进入编码器，经过若干编码单元下采样以及提取特征之后获得编码后的语义特征，然后将该结果送入解码器中进行特征恢复，每个解码器都将进行上采样以恢复尺寸，最后输出的最终语义特征图的尺寸空间与原图像一致。在该特征的基础上进行像素分类，即可获得最终的分割结果。在计算出损失之后，采用反向传播进行参数调整，直到损失降低到一定程度，即网络收敛。试验基于 PyTorch 平台随机梯度下降法训练，学习率设置为 0.001，训练 epoch 为 100，batchsize 为 4，动量因子为 0.9。

### 4.3.2 不同深度学习模型性能评估

#### 4.3.2.1 深度学习模型精度比较

研究采用精确率 (Precision)、召回率 (Recall) 和 F 值 (F-score) 作为模型的性能评价指标。精确率和召回率是广泛用于信息检索和统计学分类领域的两个度量值，可以更全面地权衡预测结果的精度和覆盖广度，得到更优的模型。精确率从预测结果角度出发，描述了预测得出的正例结果中有多少是真正例，即模型预测的正例有多少是准确的；召回率从真实结果角度出发，描述了测试集中的真正例有多少被模型挑选了出来，即真实的正例有多少被模型召回。F 值则是对精确率和召回率的综合考量：

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (4-1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4-2)$$

$$F - score = \left(1 + \beta^2\right) \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{\beta^2 \cdot Precision + Recall} \quad (4-3)$$

其中，对于公式(4-1)和(4-2)， $TP$ 为正确预测的正样本数量， $FP$ 为错误预测的正样本数量， $FN$ 为没有被检测到的负样本数量，对于公式(4-3)，当 $\beta=2$ 时，称为 $F2-score$ ，即认为召回率权重高于精确率。

对于每一个识别出的空间失序要素，采用置信度来表示模型对识别出这一空间失序要素的确定程度，置信度越高，表明模型输出结果的可靠程度越高。研究通过深度学习提供的标注框预测置信度进行判断，当置信度高于某一阈值时，则判定预测结果为正，归入 $TP$ ，反之归入 $FP$ 。

对所有图片归类后，根据各组数量计算精确率、召回率、F值，最终对模型效果进行测评和比较。综合来说，Faster R-CNN、SegNet两种模型的深度学习效果均达到了良好水平，其中Faster R-CNN模型所获得的精确率、召回率均较高，这也印证了这一算法“速度较慢、但精度较高”的特点，而SegNet精确率和召回率次之，但兼具了精度与运算效率。而SSD虽然具有计算效率高的特点，但经过足够多次的训练迭代之后，除个别要素模型精度较高外，整体模型精度仍较低(表4-8)。

表 4-8 三种深度学习模型整体效能对比

资料来源：作者自绘

	F-score	Precision	Recall	平均检测时间 (ms)
Faster-RCNN	78.44%	75.92%	78.24%	73.09
SSD	41.82%	43.67%	40.81%	17.45
SegNet	70.86%	66.10%	74.02%	28.70

表4-9显示了三种模型在测试数据集上检测各类空间失序要素的性能(放大的示例图片见4-4，所有要素的示例图片见图4-5)。其中，铺面污损、绿化杂乱未维护、施工围挡污损这三个要素在三种算法模型上表现均较好，其精确率和召回率稍高。而私搭乱建、临时建筑物、店面招牌污损破损的模型精度低于其他模型，这主要是这两个因素的训练样本有限，后续仍可以通过收集和标注更多数据来进一步增强模型性能。结果还说明了目标检测模型对于复杂图像识别运算的优势，

体现在私搭乱建、临时建筑物、铺面污损、施工围挡污损这三类要素均在目标检测模型上有更高的精确率和召回率。



图 4-4 深度学习测度结果示例

(a)建筑立面涂鸦、小广告张贴示例；(b)垃圾堆放、丢弃示例

资料来源：作者自绘

表 4-9 三种模型分要素性能指标比较

构成要素	Faster-RCNN			SSD			SegNet		
	F2-score	Precision	Recall	F2-score	Precision	Recall	F2-score	Precision	Recall
1.1 建筑废弃、拆除	69.2%	72.1%	68.5%	14.1%	6.6%	19.7%	69.6%	68.0%	70.0%
1.2 建筑立面破损	71.0%	70.0%	71.2%	16.0%	16.5%	15.9%	65.6%	68.0%	65.0%
1.3 建筑立面污损	79.9%	76.8%	80.7%	52.7%	75.4%	49.0%	74.0%	74.0%	74.0%
1.4 建筑立面涂鸦、小广告张贴	76.2%	73.2%	77.0%	17.3%	22.2%	16.4%	90.2%	71.9%	96.3%
1.5 私搭乱建、临时建筑物	73.9%	72.5%	74.3%	55.7%	58.8%	55.0%	32.7%	36.0%	32.0%
2.1 店面招牌污损破损	58.9%	53.7%	60.4%	27.8%	11.8%	42.0%	76.6%	52.3%	86.7%
2.2 铺面污损	93.4%	89.4%	94.4%	73.0%	64.9%	75.4%	61.4%	59.0%	62.0%
2.3 铺面空置及出售	79.0%	71.4%	81.1%	36.8%	35.2%	37.2%	61.4%	59.0%	62.0%
3.1 绿化杂乱、未维护	77.1%	91.2%	74.2%	56.4%	64.9%	54.6%	78.2%	79.0%	78.0%
3.2 垃圾堆放、丢弃	76.5%	70.2%	78.3%	25.4%	46.9%	22.8%	79.7%	73.4%	81.5%
3.3 施工围挡污损	83.8%	75.7%	86.2%	82.7%	85.3%	82.1%	81.2%	78.0%	82.0%
4.1 道路破损	85.3%	82.4%	86.1%	39.1%	43.0%	38.2%	93.0%	78.2%	97.6%
4.2 私人物品侵占道路	93.5%	89.6%	94.5%	49.1%	71.4%	45.5%	77.2%	74.0%	78.0%
5.1 基础设施破损	80.5%	89.4%	78.6%	39.4%	39.4%	39.4%	51.4%	49.0%	52.0%
5.2 围墙、围栏破损	66.6%	61.3%	68.1%	17.2%	12.7%	18.9%	87.9%	71.7%	93.2%

注：标红为该空间失序要素最终选用的模型。

	Faster R-CNN	SSD	SegNet
1.1 建筑废弃、拆除			
1.2 建筑立面破损			
1.3 建筑立面污损			
1.4 建筑立面涂鸦、小广告张贴			
1.5 私搭乱建、临时建筑物			
2.1 店面招牌污损破损			
2.2 铺面污损			
2.3 铺面空置及出售			



图 4-5 Faster R-CNN、SSD、SegNet 模型对各个失序要素的识别结果示例

资料来源：作者自绘

#### 4.3.2.2 识别错误情况分析

尽管模型效果已基本满足要求，但研究仍然对错误情况进行了归纳与分析，以期为未来的进一步优化提供方向和思路。以“垃圾堆放、丢弃”为例，这一空间失序要素的算法识别错误可分为漏识别和误识别两类（图4-6）。其中，算法漏识别包括：像素尺寸较小的垃圾、大型的建筑垃圾、被遮挡的物体、废弃生活用品等。算法误识别包括：路障石墩、交通工具、沿街私人物品或商贩摊位、非静置垃圾等。

总体上，可以将识别错误的问题原因归纳为三类，第一类是因为目标图像特征不明显（像素不够、色彩对比不明显），在卷积神经网络池化过程中特征可能有所损失，导致漏识别；第二类是因为目标图像色彩对比强烈，置于洁净环境中，且有明显轮廓，容易与垃圾袋或生活用品丢弃混淆，导致误识别；第三类是由于目标图像与其他空间失序要素（如私人物品侵占道路等）图像特征相似，需要人为逻辑进行进一步判断方可区分，而目前的深度学习模型尚不具备逻辑判断力，因而导致漏识别、误识别。

对于前两类问题原因，研究在修订阶段通过改变标注方式（标注框“化整为零”，将大面积垃圾按图像特征分割成若干小标注框，添加小尺寸标注框等，保证标注框特征清晰，尽量少框选无关背景信息、干扰机器学习）、调整界定标准（补充小尺寸垃圾、建筑垃圾等）、补全人工漏标部分，进行优化和修正，显著提升了模型精度。但对于第三类情况，逻辑判断属于现有深度学习模型不具备的能力，因此目前仅能通过修订要素、调整分类标准等方式（针对容易混淆的类别，如生活用品垃圾与私人物品侵占道路，按照其破旧、混乱程度判断是否需要框选，进行有限优化（图4-5））。



图 4-6 机器错误识别结果及其示例

(a) 机器漏识别：像素尺寸较小的垃圾、建筑垃圾、被遮挡的物体等；

(b) 机器误识别：沿街私人物品、商贩占道经营、交通工具等；

(c) 标注修订及优化：添加小尺寸标注框、标注框化整为零、优化要素标准等；

资料来源：作者自绘

#### 4.4 空间失序的测度结果计算

研究将空间失序的深度学习测度结果汇总在街景点、街道两个不同尺度，以进行后续分析。具体地，对每张街景图像，存在某一空间失序要素为 1，不存在为 0，每个街景点的某一空间失序要素的值是四个方向上街景图像的空间失序值的算术平均值（见公式 4-4）；每个街景点的空间失序指数为街景点 15 个空间失序要



素值的和（见公式 4-5）；每条街道的空间失序指数是该街道中包含的街景点的空间失序指数的算术平均值（见公式 4-6）：

$$d_{point\_i\_j} = \frac{\sum_{k=1}^4 d_{j\_k}}{4} \quad (4-4)$$

$$D_{point\_i} = \sum_{j=1}^{15} d_{point\_i\_j} \quad (4-5)$$

$$D_{street\_m} = \frac{\sum_{i=1}^n D_{point\_i}}{n} (i = 1, \dots, n) \quad (4-6)$$

其中，对于公式 4-4， $d_{point\_i\_j}$  是街景点  $i$  在空间失序要素  $j$  上的值， $d_{j\_k}$  是街景图像在  $k$  方向上的得分， $k = 1、2、3、4$ ，指的是街景图像的北，南，西和东四个方向；对于公式 4-5， $D_{point\_i}$  是街景点  $i$  的空间失序指数；对于公式 4-6， $D_{street\_k}$  是街道  $m$  的空间失序指数； $n$  是街道  $m$  的街景点数量。

## 4.5 本章小结

本章详细说明了空间失序智能测度模型的构建过程：1) 根据已有相关研究进行文献综述，并结合研究城市的实地调研，筛选了符合中国城市景观特征的多个空间失序要素，从而明确本研究关注的公共空间负面特征，构建系统的空间失序要素体系；并通过预实验对虚拟审计所需要的空间失序要素及其审计标准手册进行了有效性验证和相应的修正，最终得到覆盖建筑物、沿街商业、环境绿化、道路和公共设施等五类 15 个空间失序要素；2) 构建与优化不同要素的深度学习模型，通过虚拟审计的方式提供训练样本，并应用了 2 种目标检测算法和 1 种图像分割算法，对每一个空间失序要素都建立了上述 3 种算法模型，并对比模型性能来挑选对该要素性能最优的算法及模型，最终 8 种空间失序要素采取了 Faster R-CNN 模型、2 种要素采取 SSD 模型、5 种采取 SegNet 模型，并均有较好的模型表现（F2-score 高于 80%），以完成对空间失序大范围自动测度模型的构建。

## 第5章 北京街道空间失序测度的结果分析

### 5.1 空间失序的现状情况及其特征

#### 5.1.1 整体空间失序程度

以每个街景点的最新年份街景图像数据代表该点的空间环境现状(N=71165), 存在某项空间失序要素为1, 不存在为0, 研究计算了每个街景点(共4个方向街景图像)的每一项空间失序要素均值, 并汇总15个要素的值、得到了每个街景点的空间失序指数(取值区间为[0~15]), 进一步在ArcGIS中进行了空间落位和表达。

从街景点尺度来看(图5-1), 空间失序现象在北京五环内街道空间中相当普遍, 研究使用的所有街景点空间失序指数均值为1.68, 中位数为1.5, 其中69.8%的街景点至少存在1个空间失序要素。但从数据分布看, 数据间差异较大, 大多数街道要么没有任何空间失序要素或仅有几个要素, 而出现了大量空间失序要素的街道是少数, 这说明北京街道中出现严重空间失序、亟需维护更新的场所仍是少数, 这也体现了后续精细化、针对性的街道更新与实践的可能性。

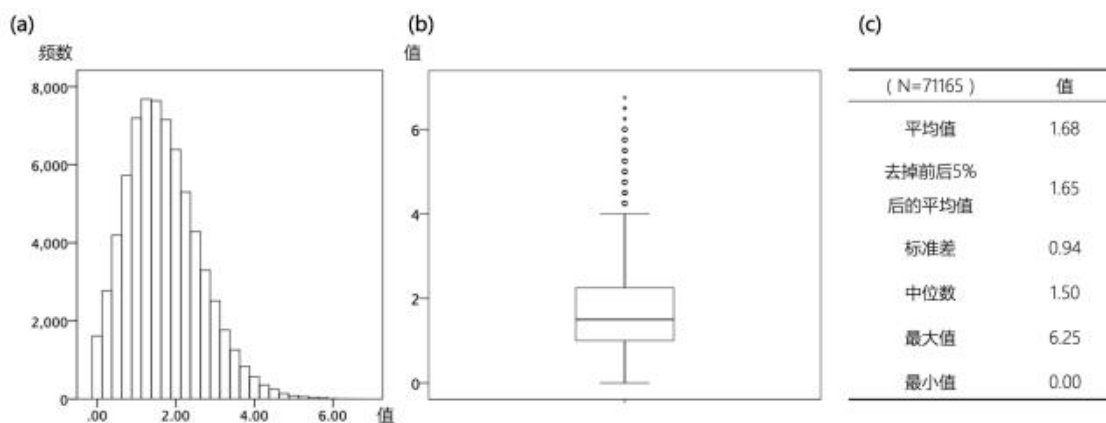


图 5-1 街景点的空间失序指数数据分布

(a)直方图; (b)箱型图; (c)描述性统计

资料来源: 作者自绘

在空间分布上（图 5-2），核密度分析结果显示，空间失序不同程度地散布在北京五环的街道中，这同样印证了空间失序现象在街道空间内普遍存在的结论；而从极值的分布情况来看，二环内北侧和南侧空间失序现象集聚，其次是四环东南侧和四环外东北侧，这可能和地区的空间形态有关，二环内多是历史悠久的老城区，传统的四合院和胡同是常见的景观组合，而对于四环沿线的景观，一类是城市更新进展缓慢的城市外侧老居民区，如酒仙桥老旧小区，一类则是城市管理薄弱、规划缺位的城乡结合部，如十八里店村地区。具体来看，影响各个场所整体空间品质的要素不同，需要进一步分析（图 5-3）。

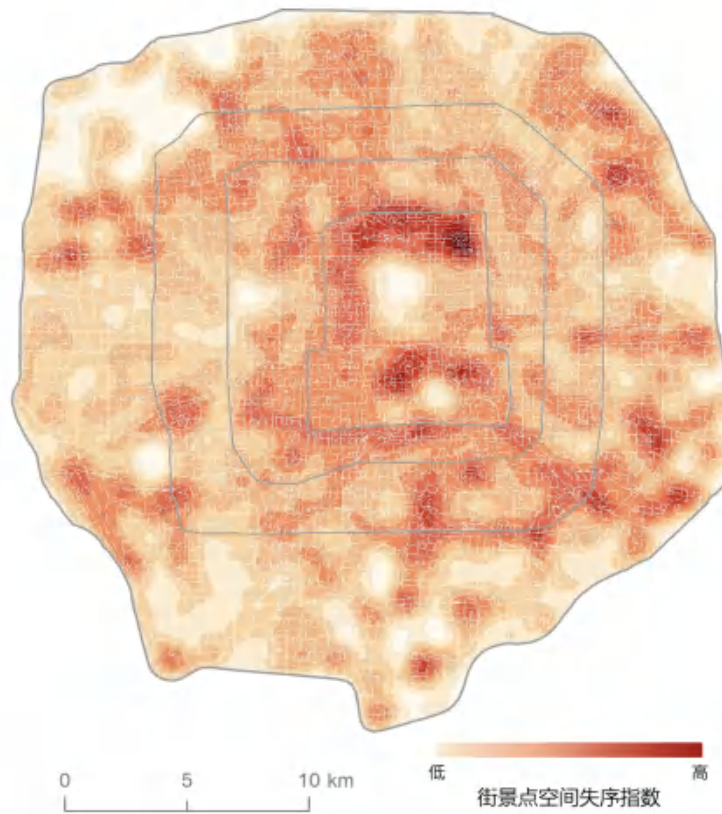


图 5-2 街景点的空间失序指数空间分布热力图

资料来源：作者自绘



图 5-3 街景点的空间失序指数值及其街景图像数据示例

(a) 空间失序指数为 0（最小值）；

(b) 空间失序指数为 1.5（接近平均值）；

(c) 空间失序指数为 6.25（最大值）；

资料来源：作者自绘

### 5.1.2 不同空间失序要素的差异

通过对空间失序要素进行提取和空间分析，研究得到了各要素的影响占比和空间分布。从街景点出现至少一个失序要素的频率上来看（图 5-4），店面招牌污损破损（56.0%）、垃圾堆放、丢弃（48.9%）、建筑立面涂鸦、小广告张贴（42.4%）、道路破损（37.3%）、基础设施破损（31.2%）成为最频繁出现的要素。一方面，北京五环内出现的空间失序现象，与西方城市既有研究体现出其共性，即垃圾堆

放、丢弃（48.9%）、道路破损（37.3%）等西方城市空间失序研究中的常用表征，在北京五环内同样常见。一方面，北京街道空间失序情况体现了中国城市独特的景观特征，如建筑废弃、拆除（1.4%）、绿化杂乱未维护（6.4%）等西方城市衰败和收缩的主要要素，在本研究中并不常见，相反，一些新添加的要素，如店面招牌污损破损（56.0%），或不同于国外城市认知、有中国语境的要素，如建筑立面涂鸦、小广告张贴（42.4%），出现频率并不低。相较于西方城市经历了较为完整的城市起步-发展-繁荣-扩张-衰败的几个阶段，西方城市的空间失序实质是城市社会经济停滞甚至衰退的物质环境表现，而北京五环内的空间失序呈现了城市快速发展下，城市景观的多样性及其品质的差异性。特别的，北京五环内有大量的非正式城市景观，这是过往粗放式的城市发展模式和城市规范与管理缺位所带来的遗留问题。

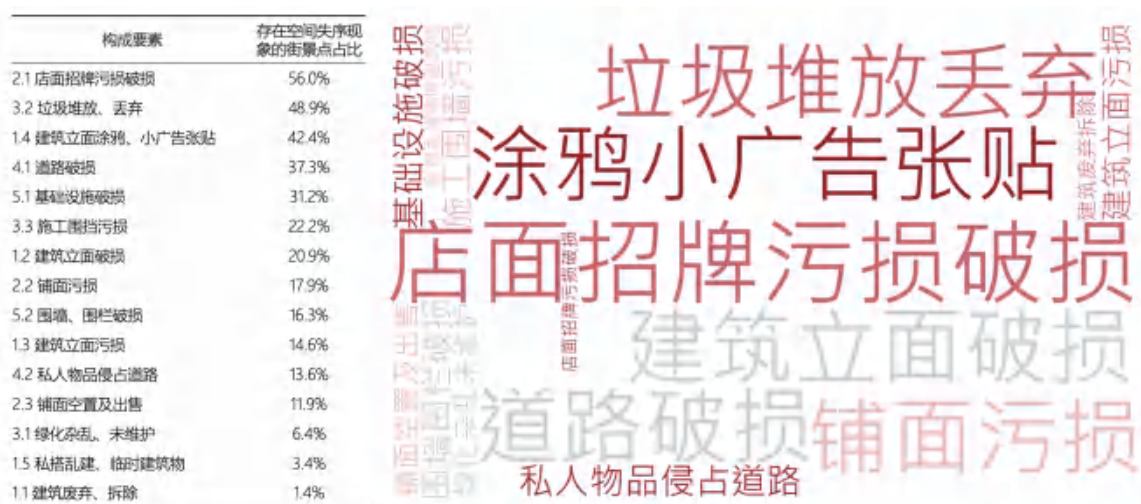


图 5-4 空间失序各要素频率及对应的词云

资料来源：作者自绘

考虑到街景点的空间失序指数受到其四个方向上街景图像的影响，仅考虑非 0 值可能夸大了空间失序在实际空间品质中的影响。图 5-5 展示了各个空间失序要素不同失序值的分布情况，如值“0”表示街景点在四个方向上都不存在该失序要素，值“0.25”表示街景点在一个方向上出现了该失序现象，而其他三个方向上不存在该失序现象。如存在店面招牌污损破损要素的街景点高达 56.0%，但其中四个方向上都存在该要素的点仅 3.3%，而存在垃圾堆放、丢弃要素的街景点占比为 48.9%，

但四个方向上都存在该现象的点则高达 12.7%，说明实际空间中居民可见的垃圾堆放、丢弃现象可能更为显著。

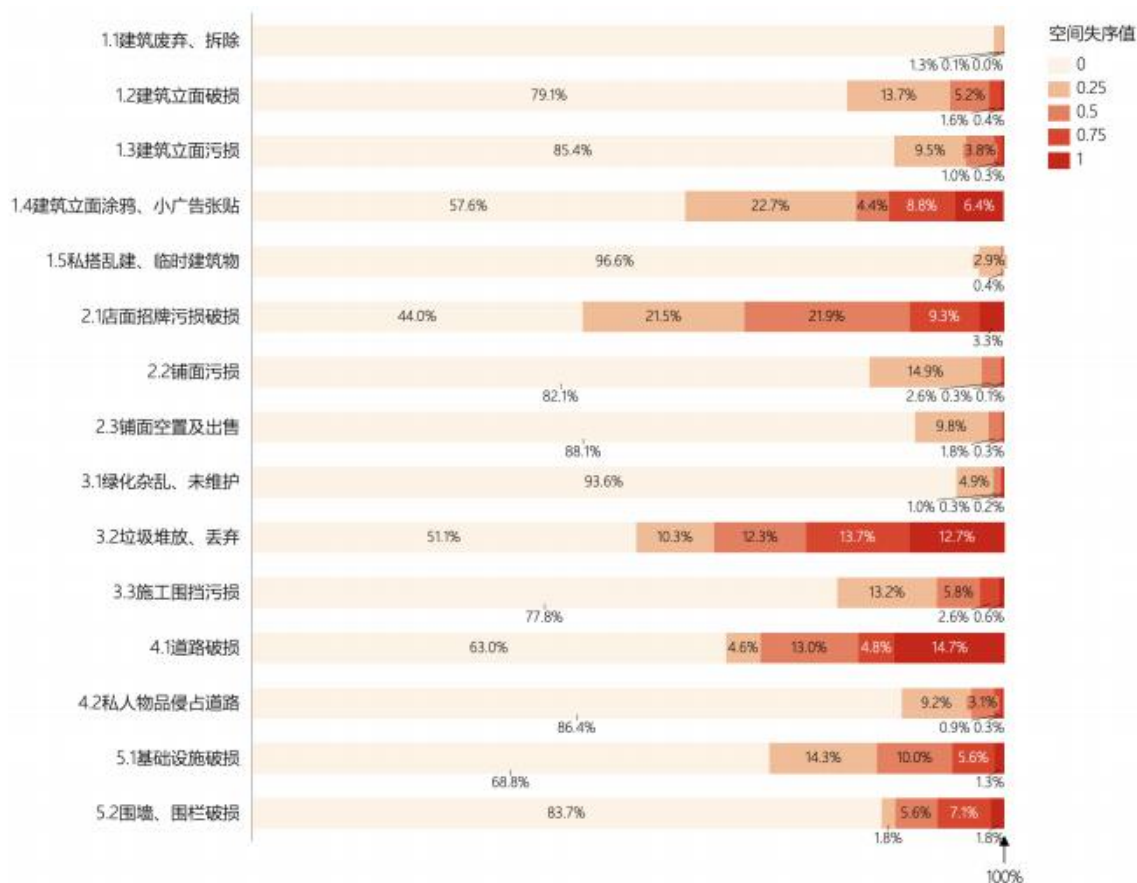


图 5-5 空间失序各要素不同值分布情况

资料来源：作者自绘

而从各个空间失序要素的空间分布情况来看（图 5-6），发现各个要素分布各异、相差较大，体现了空间失序现象的复杂性和不同空间失序要素的差异性，北京五环内城市空间失序的主要要素如垃圾堆放、丢弃、建筑立面涂鸦、小广告张贴等，均呈现为城区中散布的特点，建筑立面污损、建筑立面破损、铺面污损、私人物品侵占道路等空间失序要素集聚在二环内北侧区域，而建筑立面破损、铺面空置、基础设施破损等则是影响五环内南部区域空间品质的普遍问题。

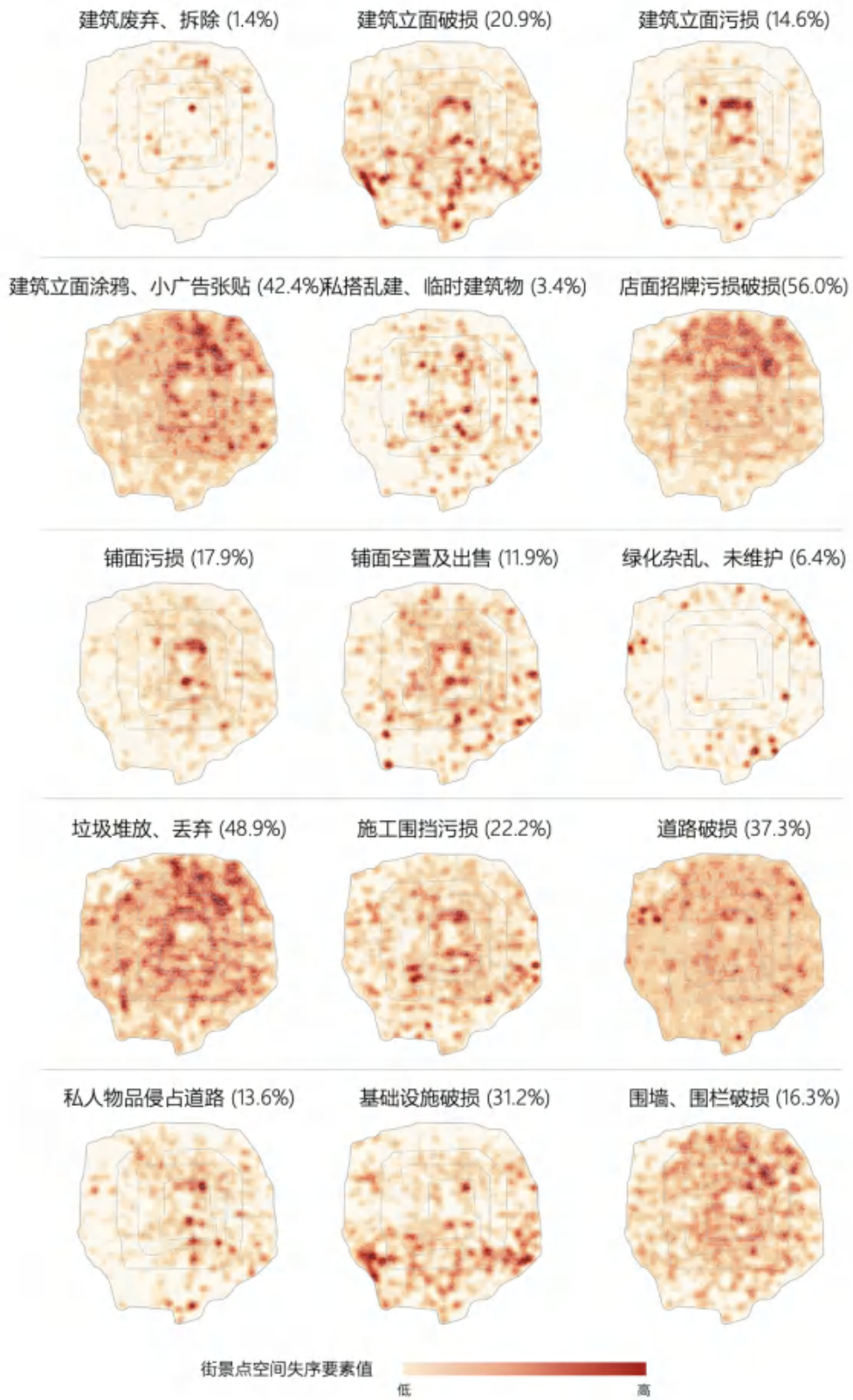


图 5-6 街景点的各类空间失序要素分布热力图

资料来源：作者自绘

## 5.2 空间失序的变化情况及其特征

### 5.2.1 整体空间失序变化情况

基于街景点的多年份街景数据 (N=55035)，研究以 2017 年北京“疏整促”专项行动启动为时间节点，以每个街景点最接近且早于 17 年的街景图像数据代表“疏整促”行动前的城市空间环境状况，以最新年份的数据代表行动开始实施后的空间环境现状，计算了两个时间截面的空间失序指数差值，从而得到了每个街景点的空间失序指数变化值（即负值代表空间失序减少、改善，0 值代表无变化，正值代表空间失序增加、恶化，变化值取值区间为[-15~15]）。

从数据分布上（图 5-7），专项行动后，研究使用的所有街景点空间失序变化值均值为-0.15，其中 50.4%的街景点空间失序现象有所减少甚至消失，说明北京五环内整体街道空间变化较为稳定、且空间品质趋于提升，城市应对不同失序现象的整治与更新实践显现出一定成效。其中，91.7%的街景点空间失序指数发生了变化，64.3%街景点变化值在-1 至 1 之间，说明出现空间失序现象显著变化的街景点是少数，大部分街景点空间变化程度较小，需要以动态发展的视角、持续监测街道空间的健康状况、并对出现新的空间品质下降的场所及时更新与维护（不同变化值对应的街景图像示例见图 5-8）。

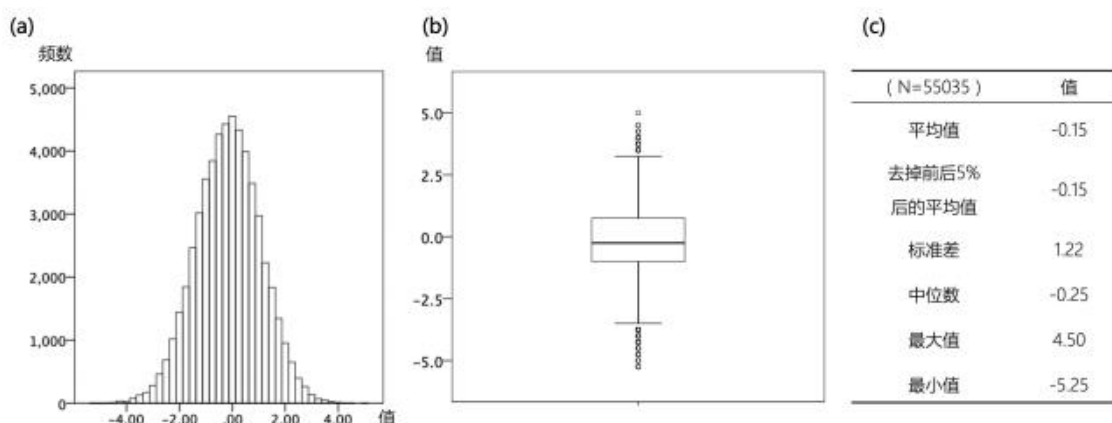


图 5-7 街景点的空间失序要素指数数据分布

(a)直方图；(b)箱型图；(c)描述性统计

资料来源：作者自绘



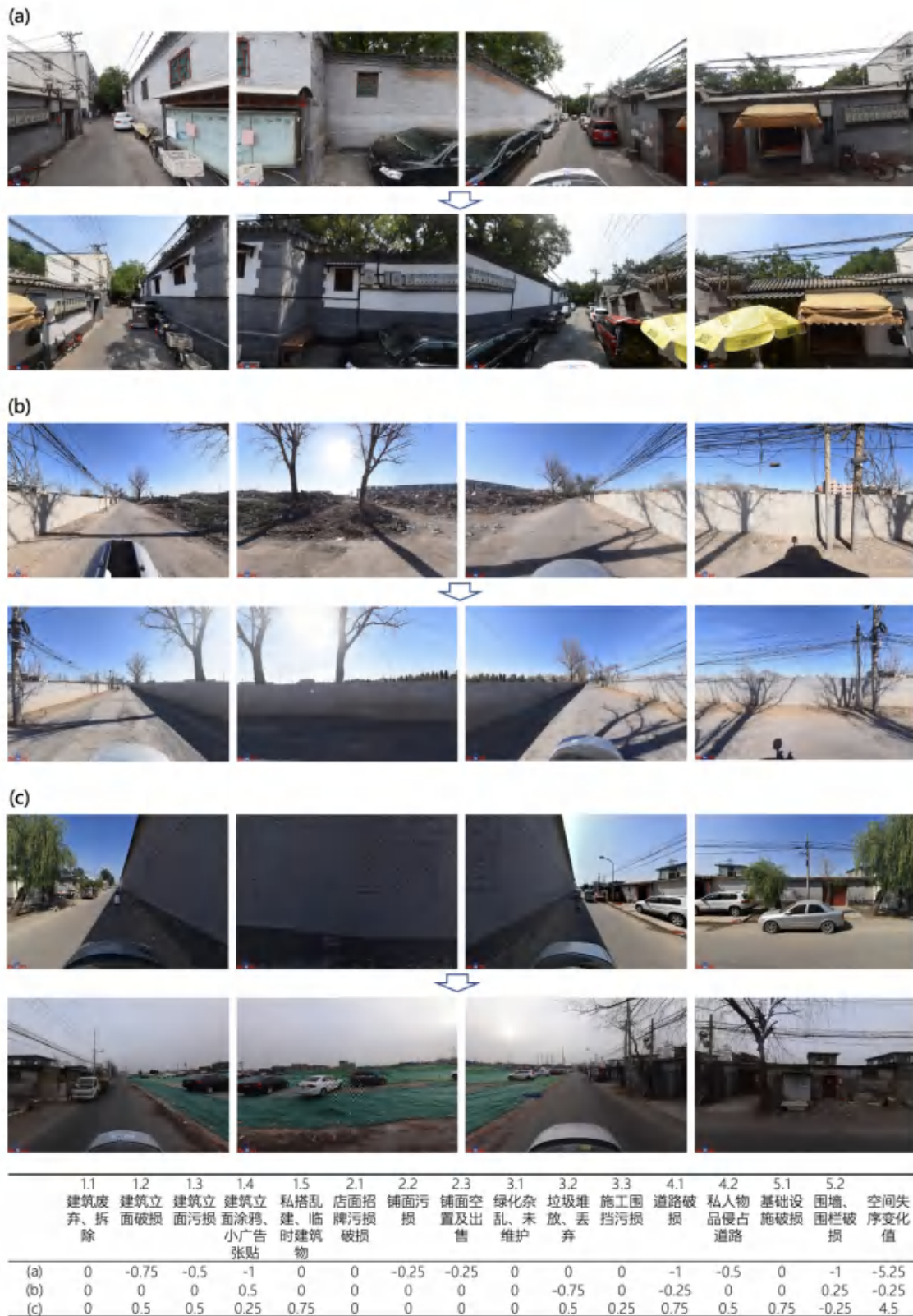


图 5-8 街景点的空间失序变化值及其街景图像数据示例

(a)空间失序变化值为-5.25（最小值）；

(b)空间失序变化值为-0.25（接近平均值）；

(c)空间失序变化值为4.5（最大值）；

资料来源：作者自绘

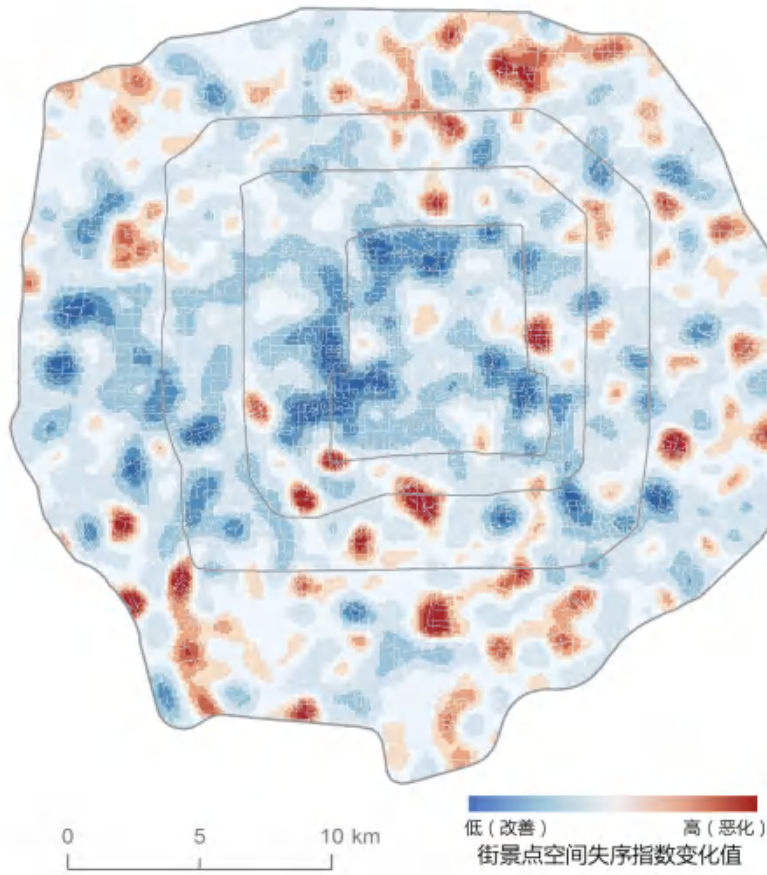


图 5-9 街景点的空间失序指数变化值空间分布热力图

资料来源：作者自绘

在空间分布上（图 5-9），核密度分析结果显示，空间失序的变化及其变化程度同样是散布的，且空间失序现象减少的街景点占大多数，北京五环内街道的空间失序现象趋于改善。而从极值的分布情况来看，二环内整体空间及长安街及其延长线区域空间失序现象改善明显，如二环北侧的什刹海鼓楼地区，反应了老城重点整治区域内丰富和活跃的空间治理和更新实践。此外，四环到五环间的街道空间出现了失序增多、且小范围集聚的现象，如南侧的大红门南路地区以及东北

侧的关庄地区，暗示城市外围维护、管理与更新的公共资源可能仍有所不足甚至滞后。此外，这一结果还暗示了研究提出的空间失序测度方法在评估城市建设效能及政策实施的潜力。

### 5.2.2 不同空间失序要素的变化情况

通过对空间失序要素进行提取和分析，研究得到了各失序要素在专项行动前后的变化情况。从所有街景点的空间失序要素变化值均值来看（图 5-10），私搭乱建、临时建筑物、店面招牌污损破损等 8 个要素均得到了改善，并且以沿街商业类和道路类失序要素多见，一定程度上印证了专项行动对违法建筑、“开墙打洞”等沿街不合理商业空间以及破旧基础设施整改的侧重。此外，从绝对值大小来看，有改善的 8 个要素变化程度高于其他 7 个要素，空间干预效果明显。

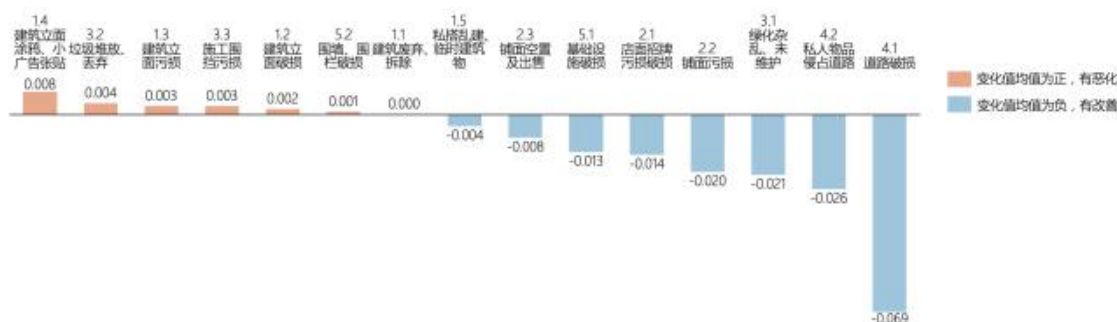


图 5-10 街景点的各空间失序要素变化值均值

资料来源：作者自绘

而从具体的变化值分布情况来看（图 5-11），一方面，单一空间失序要素内无变化的街景点仍占多数，说明北京五环内街道整体空间品质较为稳定。一方面，各空间失序要素均存在不同比例、不同程度的改善或恶化现象，以整体变化值最高的道路破损要素为例，虽然有 33.3% 的街景点的道路破损情况得到了维护、改善，但仍有 23.3% 的街景点道路出现了新的破损，说明了空间失序现象的复杂与多变，即使对空间品质已经大幅改善的场所而言，空间品质维护与建设仍是一个需要长期监测与持续投入的行动。

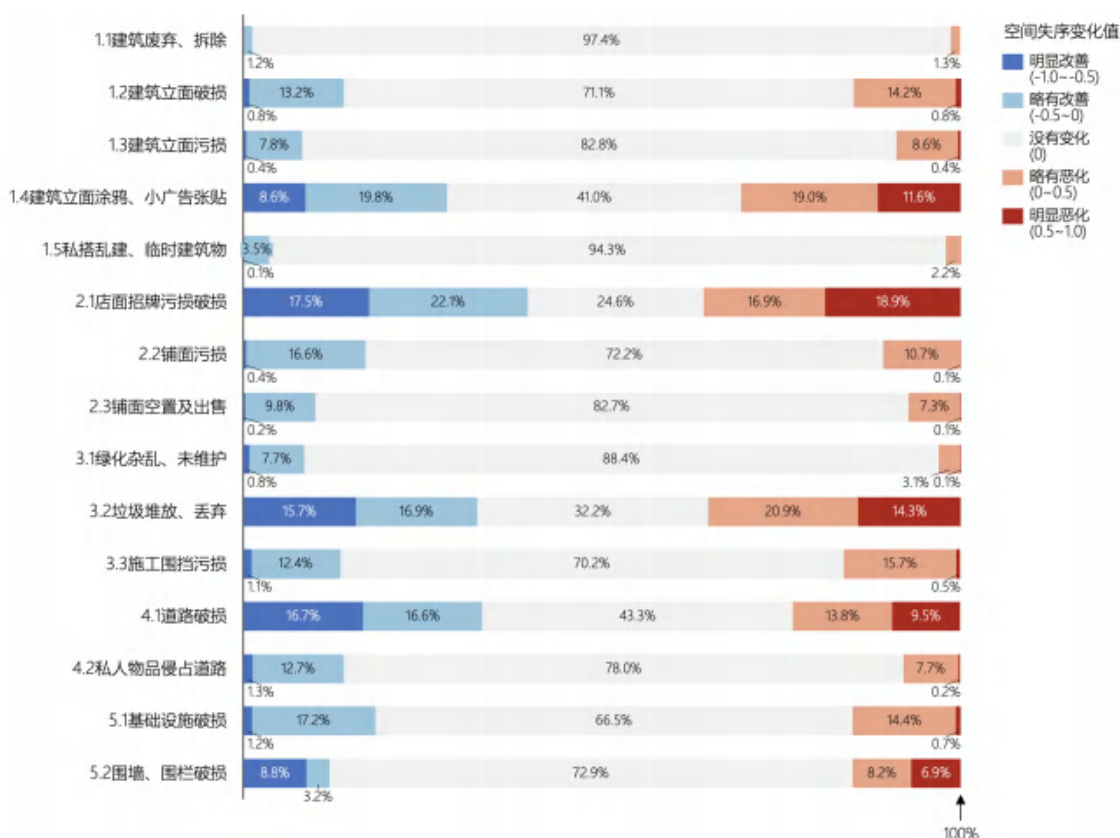


图 5-11 各空间失序要素不同变化值分布情况

资料来源：作者自绘

结合 5.1.2 小节中不同失序要素的现状分布情况及 5.2.2 小节中不同要素的变化情况进一步分析，结果表明，街道的空间品质并非一成不变，且不同空间失序要素呈现了不同的变化特征。图 5-12 以该要素改善频率及现状出现该要素频率两个指标为横纵坐标，并以二者在 15 个要素内的均值进行划分，第一象限表示已经得到较大改善、但仍高频影响空间品质、仍需重点维护改善型，如店面招牌污损破损等；第二象限表示过去较影响空间品质、但已得到较大改善型，如绿化杂乱未维护、私人物品侵占道路等；第三象限代表了目前街道空间中并不常见、未来持续监测和维护型，如建筑废弃拆除、建筑立面污损等；第四个象限表示目前较影响空间品质、但维护成效不显著、未来需重点改善型，如垃圾堆放丢弃、建筑立面涂鸦小广告等。在不同的空间品质提升目标和有限的城市建设资源背景下，以上各空间失序要素的变化特征将为城市管理者选择重点整治的空间要素提供决策依据。

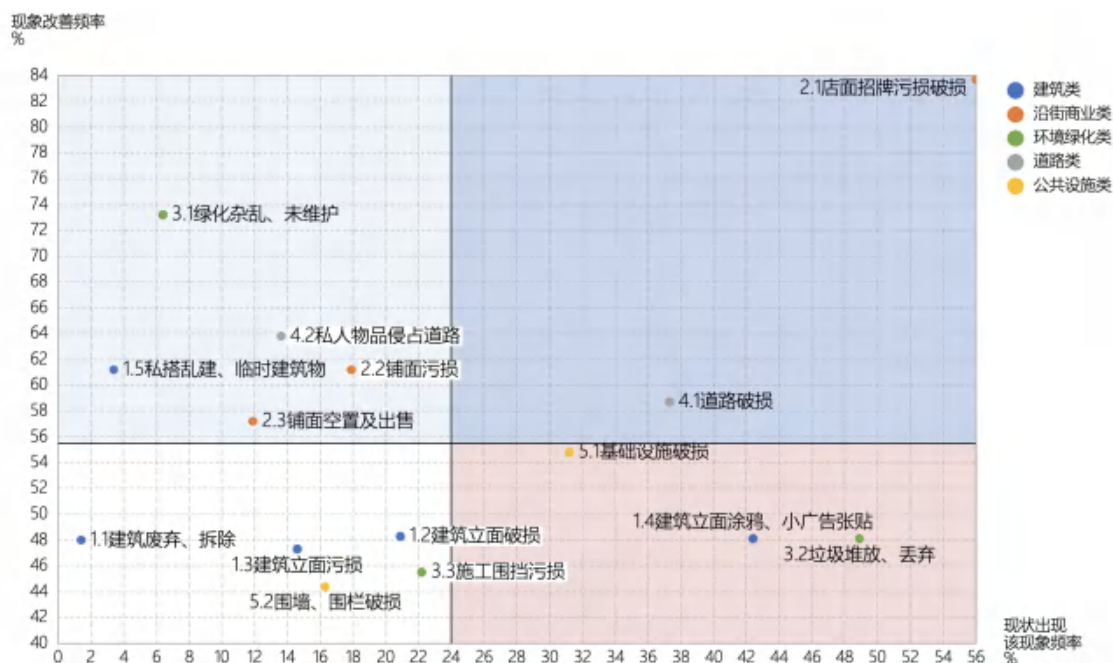


图 5-12 各空间失序要素呈现出不同变化特征

注：现象改善频率为有所改善的街景点个数与有变化的街景点个数两者比值

资料来源：作者自绘

### 5.3 空间失序与其他城市要素的关系探究

为探究空间失序现象是否存在对街道活力的影响，研究将汇总到街道尺度的空间失序结果（即每条街道上所有街景点空间失序指数的平均值）定义为街道的空间失序指数，作为街道活力的影响因素之一，且研究假设空间失序对经济社会活力均存在负向影响。在此基础上，研究引入区位、功能密度、街道形态等与城市活力相关的传统量化指标进行对比。

其中，被解释变量为城市活力，研究采用街道经济活力和街道社会活力两项指标，街道经济活力主要通过临近街道各住宅单元的房价信息反映，社会活力主要通过各街道 50m 缓冲区内的点评和微博的发帖或签到密度反映，该两项变量的值越高，说明活力越显著。而对于控制变量，将各街道到重要城市节点的相应距离作为区位坐标，将兴趣点密度和交叉路口密度作为功能密度指标，将街道的宽度和长度作为街道空间形态指标，共同作为控制变量（变量定义见表 5-1）。

由此，为了检验研究提出的假说，研究分别建立了只含有传统指标和同时包含传统及空间失序指标的回归模型，以考察空间失序指数的加入对模型解释力度的影响，考虑到整体解释效果，研究采用对数线性形式建立模型，回归模型的具体公式如下：

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum \beta_i \ln X_i + \varepsilon \quad (5-1)$$

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum \beta_i \ln X_i + \beta_j \ln X_j + \varepsilon \quad (5-2)$$

其中， $Y_i$ 表示街道的经济活力和社会活力， $X_i$ 为控制变量， $X_j$ 是空间失序指数， $\beta_0$ 、 $\beta_i$ 、 $\beta_j$ 为待估计系数， $\varepsilon$ 为随机误差项。

表 5-1 研究变量定义及描述性统计

资料来源：作者自绘

变量类别	变量名称	定义	数据来源	单位	均值	标准差	最小值	最大值	
经济活力	Price_housing	房价	链家	元/m <sup>2</sup>	77242.1	24356.8	4552.0	149963.0	
社会活力	Den_weibo	微博密度	每条街道 50m 缓冲区的大众点评密度和微博密度	微博	#/km <sup>2</sup>	8590.7	16193.5	0.0	202045.7
	Den_dianping	点评密度		点评	#/km <sup>2</sup>	1005.8	1739.6	0.0	45513.9
区位指标	D_zhongguancun	到中关村距离	各街道中点到天安门、中关村、CBD 或最近地铁站的欧式距离	高德地图	km	12.6	5.7	0.0	25.4
	D_substation	到最近地铁站距离		高德地图	km	1.0	0.9	0.0	6.3
	D_CBD	到 CBD 距离		高德地图	km	10.3	5.1	0.1	22.4
	D_tiananmen	到天安门距离		高德地图	km	8.7	3.6	0.1	17.7
功能密度指标	Den_POI	兴趣点密度	每条街道 50m 缓冲区的兴趣点密度和交叉口密度	高德地图	#/km <sup>2</sup>	2072.9	2856.0	0.0	54119.3
	Den_junction	交叉口密度		高德地图	#/km <sup>2</sup>	31.7	11.8	0.3	63.3
街道空间形态指标	Width	街道宽度	街道断面宽度	高德地图	m	35.3	18.7	2.0	78.0
	Length	街道长度	街道长度	高德地图	m	248.9	181.2	70.0	2948.7
住房面积指标	Area	平均住房面积	临近街道各住宅单元平均住房面积	链家	m <sup>2</sup>	92.7	51.7	10.0	975.4
空间失序指标	Disorder	空间失序指数	各街道的街景点空间失序指数均值	-	-	1.5	0.8	0.0	5.75

### 5.3.1 变量相关性分析

相关性结果表明（图 5-13，图 5-14），研究采用的自变量之间不存在高度相关的状况（相关系数均介于-0.8~0.8 间），即进一步进行回归建模不存在变量间多重共线的问题。初步判断变量间的正负相关性，发现空间失序指数与由房价、微博密度和点评密度均呈现负相关关系，且与经济活力的负相关程度较高( $r=-0.32$ )。该相关程度与城市区位、功能密度等已被反复验证的经济活力影响指标具有相近的数值，说明本研究定义的空间失序量化标准在评估城市活力和指导城市设计方面具有一定的意义。

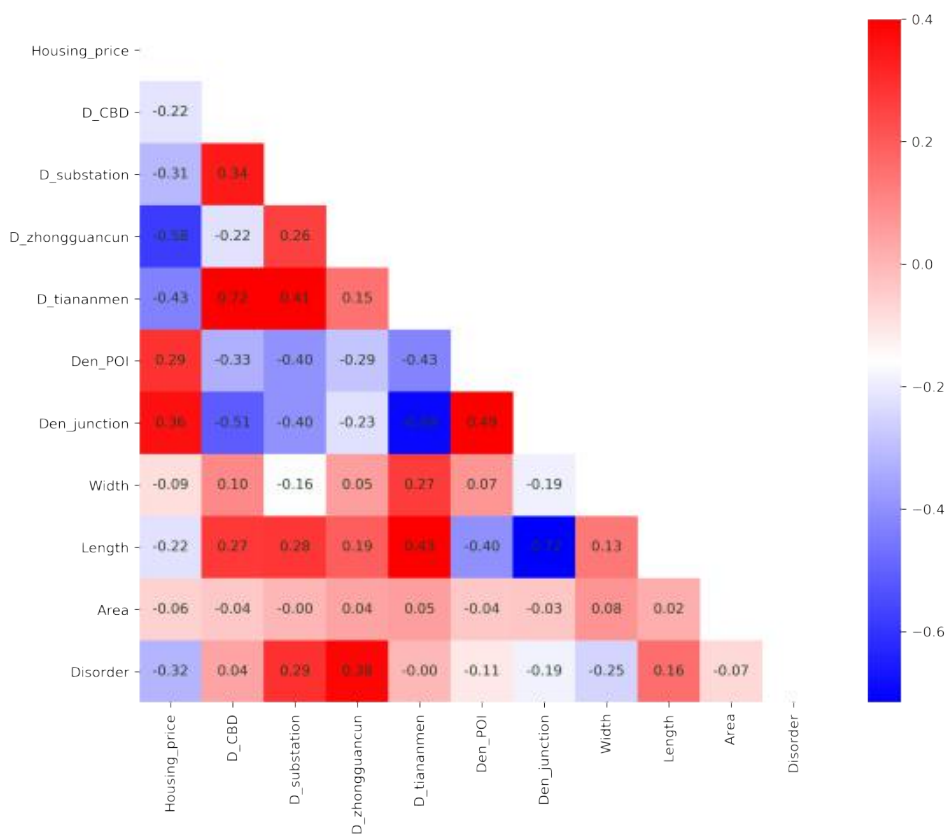


图 5-13 经济活力及其因变量相关系数矩阵

资料来源：作者自绘



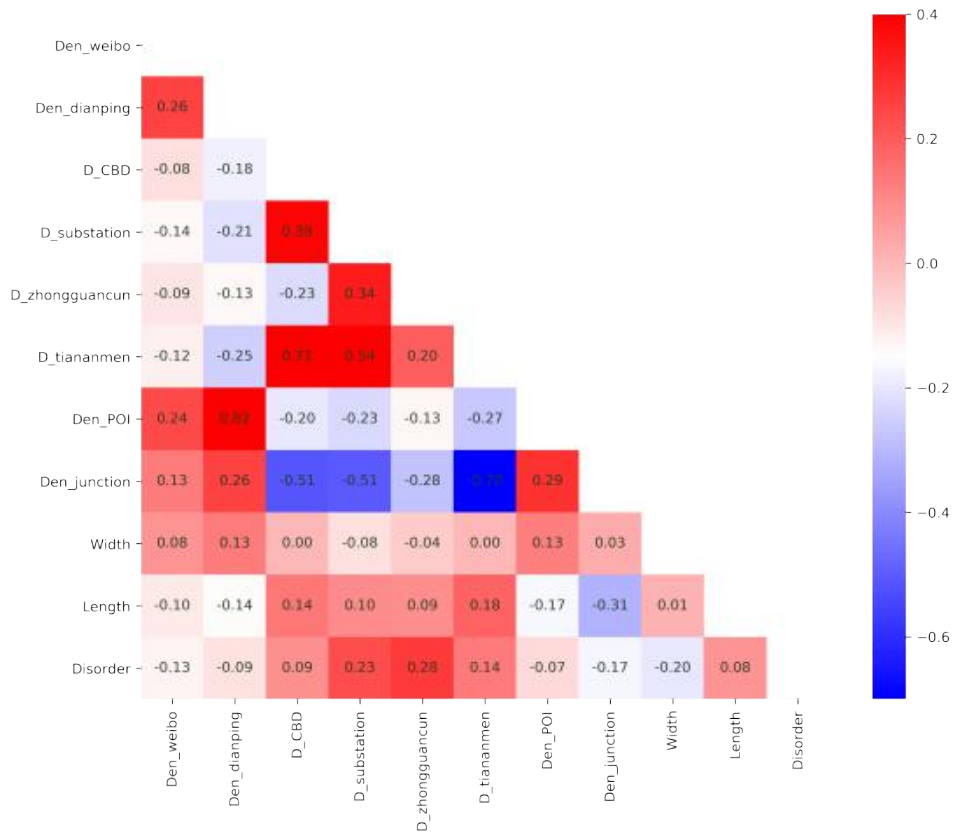


图 5-14 社会活力及其因变量相关系数矩阵

资料来源：作者自绘

### 5.3.2 回归模型分析

研究对房价、微博密度、点评密度分别建立了回归模型。研究对所有变量进行了去极化和对数转换，再参与回归分析。并在变量名前加注“ln”进行表示（图 5-15）。

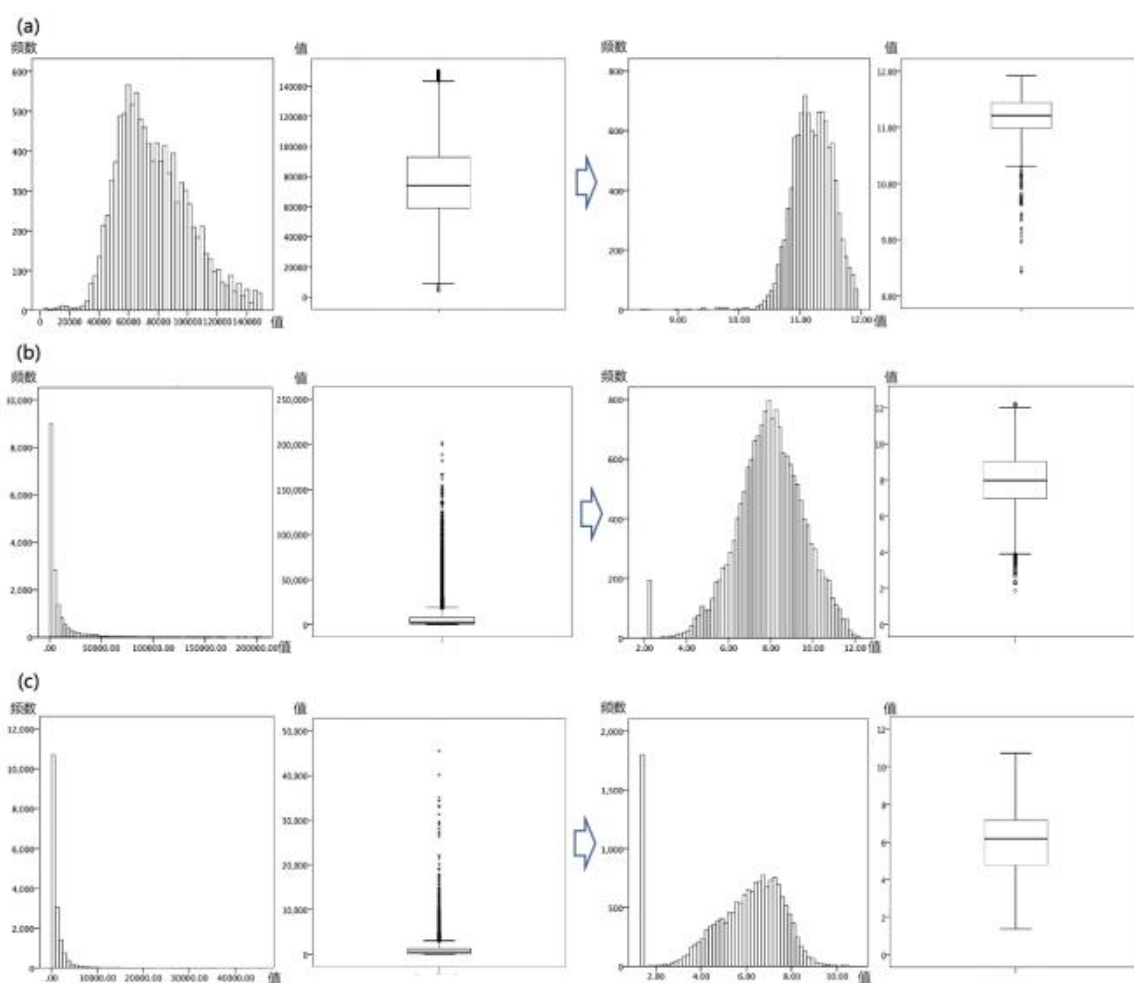


图 5-15 变量对数转换前后直方图和箱型图

(a)房价；(b)微博密度；(c)点评密度；

资料来源：作者自绘

模型回归结果表明，房价、微博密度、点评密度三个因变量回归模型的调整后  $R^2$  分别为 0.489 / 0.307 / 0.687，模型能解释 48.9% / 30.7% / 68.7% 的因变量差异，整体拟合程度较好。所有变量的 VIF 值均小于 2，远小于 10，说明变量间共线性程度低，不影响模型结果。

回归后的标准化系数及符号表示，街道的空间失序指数对附近住宅单元的房价有显著的负向影响（表 5-2），说明街道空间中出现的空间失序要素越多、空间失序现象越严重，附近住宅单元的房价可能越低。原因在于空间失序作为居民可见的视觉特征，暗示了住区可能缺乏良好的维护和管理，甚至缺乏足够的公共资源，因此房价低于其他地区，同时居民更偏好有序、整洁的环境，即居民和投资

者倾向于选择失序较少、空间品质更高的社区，导致了失序较严重的地区房价可能进一步降低。

表 5-2 以经济活力（房价，N=10595）为因变量的回归结果

资料来源：作者自绘

ln Price_housing		模型 1 标准化系数	模型 2 标准化系数
区位指 标	ln D_zgc	-0.579***	-0.515***
	ln D_substation	-0.073***	-0.052***
	ln D_CBD	-0.175***	-0.119***
	ln D_tiananmen	-0.416***	-0.475***
功能密 度指标	ln Den_POI	-0.147***	-0.103***
	ln Den_junction	-0.073***	-0.115***
街道空 间形态 指标	ln Width	0.067***	0.024**
	ln Length	0.050***	-0.026*
住房面 积指标	ln Area	-0.021**	-0.028***
空间失 序指标	ln Disorder		-0.201***
调整后 R <sup>2</sup>		<b>0.457</b>	<b>0.489</b>

注：显著性：\*\*\* &lt; 0.001; \*\* &lt; 0.01; \* &lt; 0.05; . &lt; 0.1

街道的空间失序指数对街道的微博发帖密度也有显著的负向影响（表 5-3），说明街道空间中出现的空间失序要素越多、空间失序现象越严重，居民在街道上进行微博发帖讨论的活跃程度可能越低。原因在于失序的视觉信号会削弱人们的安全感，从而使得居民在存在失序的场所花费的时间更少，如减少停留、交往或户外锻炼的时间，最终对微博密度产生了负向影响，使得该场所的微博发帖量少于其他街道。

而空间失序对街道的点评密度无显著影响（表 5-3），说明街道的空间失序现象对点评发帖密度的影响还未显现。由于点评以实体商铺为空间载体，以沿街商业空间和建筑内部空间为主，受到街道空间品质的影响可能相对较小，因此空间失序暂时不存在对街道的点评发帖密度的明显影响。

表 5-3 以社会活力（微博密度/点评密度，N=16790）为因变量的回归结果

资料来源：作者自绘

变量	ln Den_weibo		ln Den_dianping	
	模型 1 标准化系数	模型 2 标准化系数	模型 1 标准化系数	模型 2 标准化系数
ln D_zgc	-0.011	0.025**	-0.040***	-0.046***
区位 指标	ln D_substation -0.138***	ln D_CBD -0.111***	ln D_tiananmen -0.043***	ln Den_POI -0.036***
功能 密度 指标	0.018*	0.030**	-0.043***	-0.042***
街道 空间 形态 指标	0.023**	0.035**	-0.041***	-0.045***
空间 失序 指标	ln Den_POI 0.458***	ln Den_junction 0.483***	ln Width 0.759***	ln Length 0.776***
	0.037***	0.041***	0.019**	0.002
	ln Disorder 0.056***	0.051***	0.053***	0.049***
	0.056***	0.067***	0.044***	0.042***
	ln Disorder	-0.140***		0.002
调整后 R <sup>2</sup>	<b>0.274</b>	<b>0.307</b>	<b>0.673</b>	<b>0.687</b>

注：显著性：\*\*\* &lt; 0.001; \*\* &lt; 0.01; \* &lt; 0.05; . &lt; 0.1

通过比较标准化后系数，可以得到各变量对城市活力的重要性程度，系数绝对值越大，说明在模型中变量与城市活力关系越为密切。结果表明，空间失序指数对房价代表的经济活力的影响程度仅次于区位距离指标中的中关村距离、天安门距离指标，高于其他区位距离指标、街道功能密度指标、街道形态指标和住房面积指标（图 5-16）。空间失序指数对微博密度代表的社会活力的影响程度仅次于兴趣点密度，高于其他指标（图 5-17）。

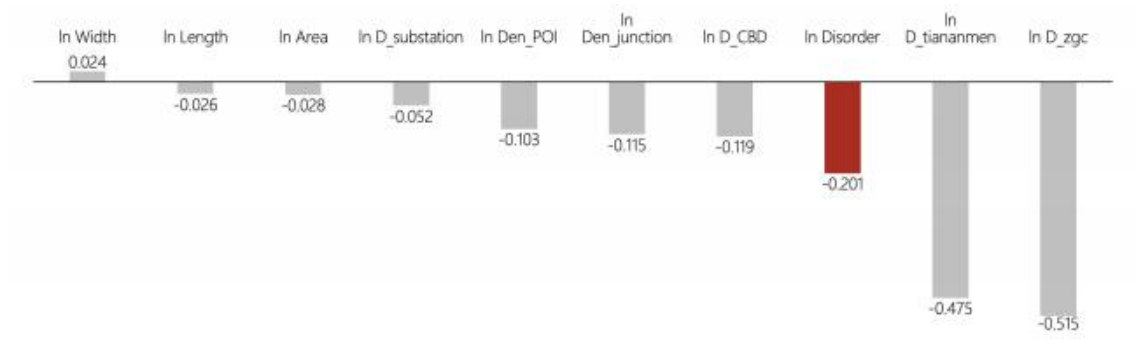


图 5-16 经济活力（房价）的因变量标准化系数比较

注：标红为空间失序指数

资料来源：作者自绘

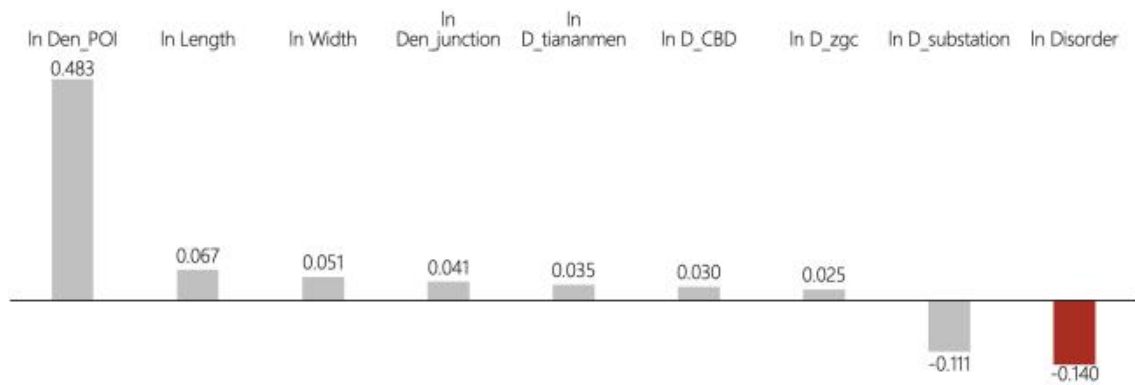


图 5-17 社会活力（微博密度）的因变量标准化系数比较

注：标红为空间失序指数

资料来源：作者自绘

通过相关性分析和回归分析，研究从定量的角度证实了街道空间的失序现象的确和街道的社会经济活力有关，且空间失序指数的纳入也能够一定程度提高回归模型的解释力度。

## 5.4 本章小结

本章应用第4章构建的空间失序测度模型，以北京五环内街道空间为例，基于街道的多年街景数据开展了实证研究。研究使用深度学习模型测度得到的空间失序结果，分别对北京五环内空间失序现状以及17年“疏整促”专项行动实施前后的空间品质变化情况进行了分析与可视化，探究北京五环内空间品质及其变化情况，并对不同空间失序要素的时空变化特征进行了辨析。

研究表明，尽管北京五环内整体空间失序水平较低，但不同地点、不同程度地散布着空间失序现象（69.8%的街景点至少存在1个空间失序要素），且二环内北侧和南侧老城区、四环东南侧和西南侧城区空间失序现象较为严重和集聚。具体的构成要素上，五环内的城市空间品质主要受到店面招牌污损破损、垃圾堆放/丢弃、建筑立面涂鸦/小广告张贴等空间失序要素的影响，并源于城市管理与规范的部分缺失。

而从17年前后变化情况来看，整治与更新实践显现出一定成效，街景点空间失序变化值均值为-0.15，超过一半的街景点（50.4%）空间失序现象有所减少甚至消失，而且以沿街商业类和道路类为主的8个失序要素（私搭乱建、临时建筑物、店面招牌污损破损等）均得到了显著改善。空间分布上，二环内整体空间及长安街及其延长线区域空间失序现象改善明显，反映了老城重点整治区域内丰富和活跃的空间治理和更新实践；但也有部分城市地区出现了空间失序现象增多、恶化的现象，如大红门南路等城市外围地区，仍需要持续的监测、整治和资源投入。

最后，研究还在街道尺度上，纳入区位指标、功能密度指标、街道形态指标等其他因素，通过相关性分析、回归模型分析等统计分析方法，量化了街道的空间失序现象对邻近空间的经济与社会活力的负向影响。

## 第6章 北京城市空间品质建设评估及规划应对

### 6.1 北京城市品质建设的评估与验证

#### 6.1.1 重点整治区域内的空间失序变化情况

北京“疏整促”专项行动覆盖了人居环境和城市品质提升的诸多方面（见表1-1），相比“疏解”强调部分产业形态在市区内的退出及公共服务资源及疏解，“整治”和“提升”更偏向公共空间物质环境的改变，其中已经涉及到空间失序要素应对措施，如针对建筑类失序要素，强调拆除违建；针对沿街商业类失序要素，强调整治“开墙打洞”、占道经营、无证无照经营等。而在不同等级的街道优先次序上，提出首先整治主次道路街面，同时对背街小巷开展精细化治理工作。

其中，中心城区重点区域整治提升是“疏整促”专项行动（2017-2020年）的主要工作内容之一，旨在通过对重点区域进行全面治理，从而推动老城区的整体风貌。其中提到“实施环境提升工程，消除环境脏乱差现象”，涉及街道空间品质提升。而具体的任务列表中，则涉及到拆除违法建设、占道经营等10个具体的整治类别。为了评估“疏整促”专项行动的实践成效，研究选取了五环内16个重点整治区域，及其范围内覆盖的91条街道，1802个街景点，进一步进行专项行动前后对比分析（图6-1）。

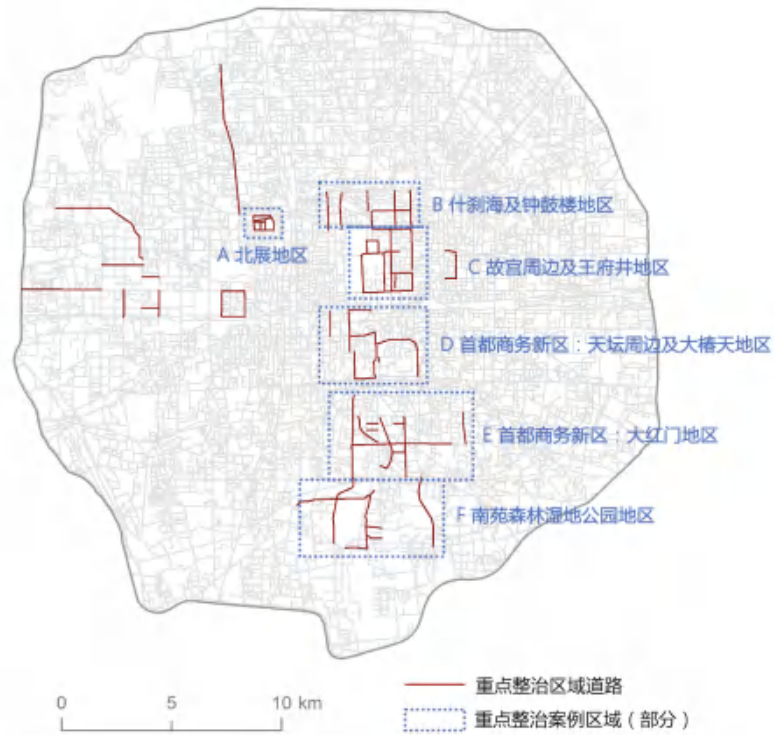


图 6-1 专项行动中重点整治道路、区域及分布情况

资料来源：重点整治道路 GIS 数据源自城市象限

研究对 6 个重点整治区域进行放大（图 6-2），从现状来看，二环内区域及五环内北侧区域空间失序现象较为轻微，五环内南侧区域空间失序现象仍需要投入更多的资源进行治理。从变化情况来看，除三环至五环的南侧街道空间失序现象有加重外，其他重点整治街道空间失序现象均有所好转，什刹海及钟鼓楼地区空间品质提升最为显著，而三环至五环的大红门地区及大红门南侧地区仍有待进一步整治、提升。



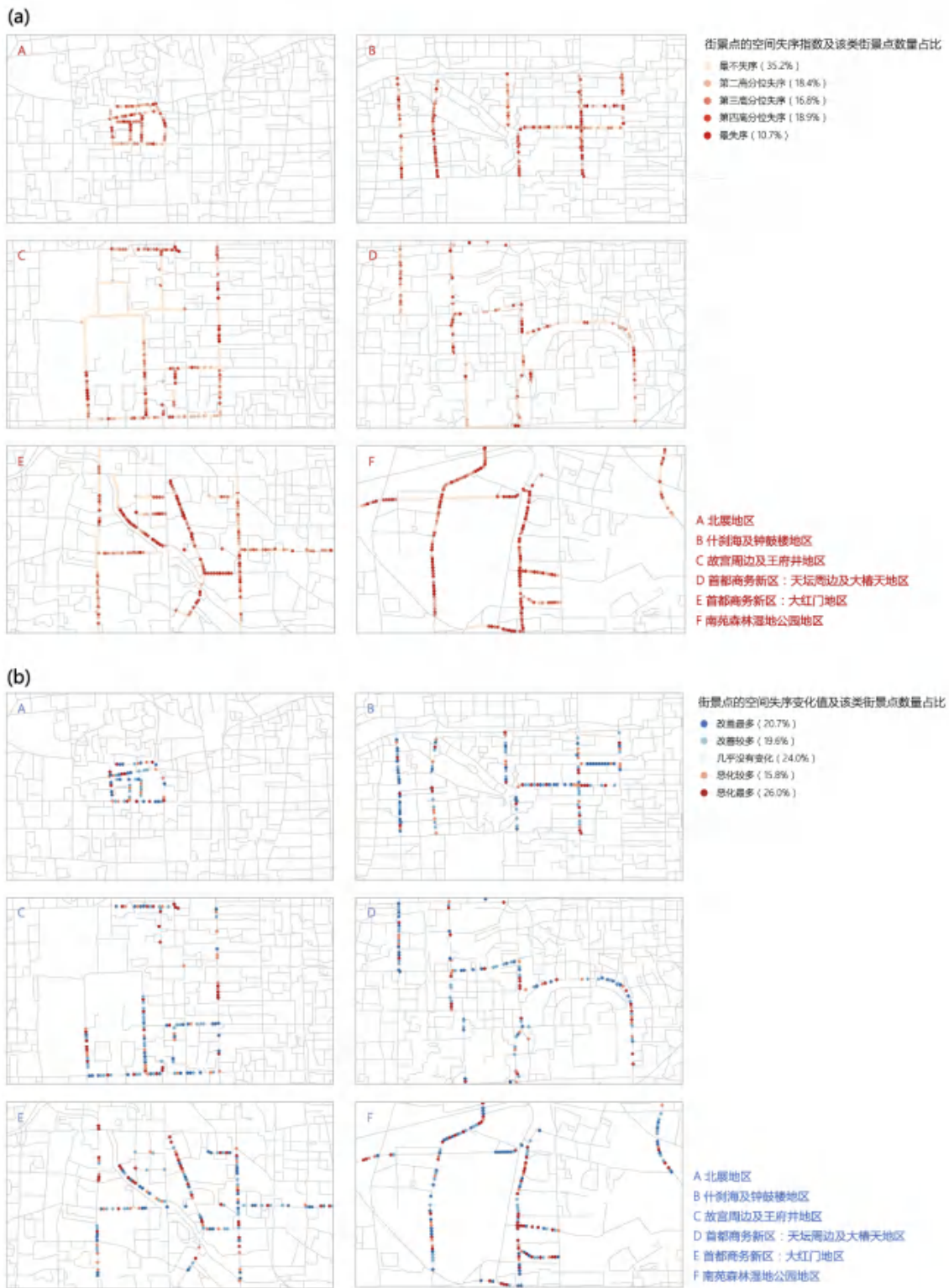


图 6-2 六个重点整治区域的空间失序现状及变化情况

(a)街景点的空间失序指数现状分布；(b)街景点的空间失序变化值分布

注：五分位数基于五环内所有街景点数据进行划分。

资料来源：作者自绘

从具体的空间失序要素变化情况来看（图 6-3），有 10 个要素均得到了整体改善，相较于北京五环内街景点空间品质变化，重点整治区域道路在建筑废弃拆除、垃圾堆放丢弃、施工围挡污损等 3 个要素上有所改善，但后续仍需要加强对基础设施的修缮、建设。

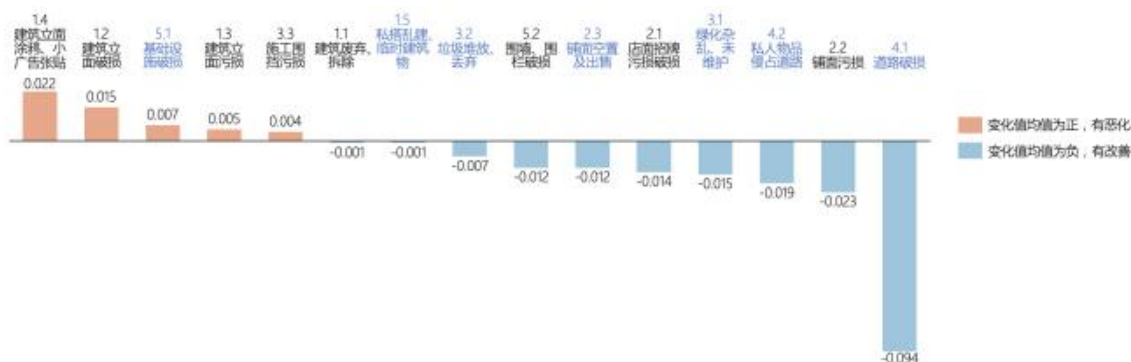


图 6-3 重点整治道路的各空间失序要素变化情况

注：标蓝为重点整治提升内容

资料来源：作者自绘

### 6.1.2 案例街道的实践及其空间失序变化情况

在“疏整促”的实践背景下，重点整治区域之一钟鼓楼地区的地安门外大街、方家胡同则分别代表了老城区主干道街面和背街小巷的两种空间治理模式。

地安门外大街空间治理工作是西城区 19 年起重点实施的“两广大街”西城段品质提升方案的一部分，方案覆盖的空间问题较为全面，涉及整治内容包括建筑立面整治、沿街商业铺面整治（“开墙打洞”动态“清零”）、沿街非正规商业空间（占道经营、无证无照经营）、店面招牌整治（牌匾标识规范），基础设施维修整合（架空线入地）等工作，提升内容则覆盖建筑立面提升（建筑立面修缮）、环境绿化提升（街区绿化增补及重要节点景观打造、垃圾分类）、道路提升（道路交通组织提升、人行步道修补）、基础设施提升（线杆入地及多杆合一、城市家具的完善）等方面。

方家胡同整治提升工作则是东城区17年4月起开展的“百街千巷环境整治提升工作”之一。背街小巷整治工作强调整体性的街区环境提升保护，但方案内容较主次干道整治更聚焦居民生活品质提升相关的要素，强调突出具体街巷的空间形态及特色。方家胡同内共有院落75个，以居住为主要功能。因此，方家胡同的方案旨在保留胡同发展印迹的同时，结合方家胡同的生活服务型功能，进行环境整治与存量改造，并着力解决原有胡同里违法建设、违规经营、便民设施商业化并挤占居民公共空间等问题。

结合研究测度的空间失序现状及变化结果，同样可以看出两条案例街道的品质变化情况（图6-4）。地安门外大街整治工作启动晚，虽然已经得到了一定的治理，如建筑立面修缮等，但仍有较显著的空间失序现象，而方家胡同治理较早，其空间失序现象已经得到了大幅减少与改善。此外，街景图像也反应了胡同中污染的沿街铺面及私人物品侵占道路的情况均得到了一定程度的治理。值得注意的是，图像同时还显示出，以方家胡同为代表的“开墙打洞”整治工作，目前仅初步对商户门窗或之前拆掉的墙面进行了封堵，后续仍需要老城街巷风貌复原等工作，真正提升空间品质及居民宜居体验。



图 6-4 案例街道的空间失序变化情况及街景图像示例

资料来源：作者自绘

## 6.2 空间失序的规划应对探讨

为了支持北京空间品质建设及其政策不断优化,研究选取了国内外受到广泛认可的城市设计或街道设计导则,结合已展开的城市街道更新实践,通过对政策内容与设计要素解读,并与空间失序的特征进行类比,旨在从现有优秀经验中提取针对各类空间失序现象的应对与引导策略。案例主要覆盖著名国际化大都市近年新出台或最新更新的街道设计导则,以代表世界城市街道设计的主流趋势,并且兼顾亚洲、欧美城市景观特征与城市文化背景;国内案例则主要挑选最新出台、具有代表性的城市及其街道设计导则,以囊括中国城市街道特征和政策特点,从而广泛地为北京街道空间实践提供参考(见表6-1)。

表 6-1 街道设计导则概要

序号	国家或城市	导则名称	编制机构	目标与内容
1	欧洲	《为人而建的城市街道》(2004)	欧盟委员会 环境总局	提高环境品质,将城市建设成为更健康,更适宜居住的地方,通过案例对比,提出针对欧洲城市的引导策略
2	伦敦	《伦敦街道导则》(2007)	伦敦交通部, 社区与地方政府	导则主要针对居住区道路,提出街道设计不仅满足交通功能,也需考虑其场所与生活价值,率先提出街道品质
3	温哥华	《街道景观设计导则》(2008)	温哥华市政府	导则包括技术指导与设计指导,目的是提供标准、详细说明和过程指导,以保证城市街道的建设工作,减少维护和成本
4	阿布扎比	《阿布扎比城市街道设计导则》(2010)	阿布扎比城市规划委员会	提高步行设施,营造可步行的社区环境,作为交通转型的工具,导则希望实现更安全、更精细的街道设计
5	印度	《印度街道设计手册》(2011)	印度交通与发展政策研究所	街道需要考虑到所有使用者,而不仅仅是为了车行,使得街道更完整,更有效的不是简单的加宽街道,而是解决通行问题
6	洛杉矶	《洛杉矶完整街道设计导则》(2012)	洛杉矶城市规划部	实现街道的安全、可达与活力,实现为服务所有街道使用者的目的
7	芝加哥	《芝加哥完整街道设计导则》(2013)	芝加哥交通运输部	建立完整、安全和可持续的街道,提供简洁明了的设计意见和明确清晰的设计方向

续表 6-1 街道设计导则概要

序号	国家或城市	导则名称	编制机构	目标与内容
8	悉尼	《悉尼街道设计导则》(2013)	悉尼市政府	为落实悉尼 2030 可持续发展目标,改善街道设计,创造更安全和舒适的步行环境
9	纽约	《纽约街道设计导则》(2015)	纽约交通局	推动纽约建设更有吸引力的街道,提升市民生活质量,更经济高效
10	-	《全球街道设计导则》(2015)	美国全国城市交通官员协会	建立基本国际准则,确定城市是为所有使用者而设计,考虑生活品质、经济效益、公共健康
11	伦敦	《伦敦街道环境设计导则》(2016)	伦敦交通局	街景导则为伦敦街道空间建立更高的设计标准,通过更有品质的设计,把街道变成更受欢迎的地方,形成更好的公共场所
12	多伦多	《多伦多完整街道改造导则》(2017)	多伦多市政府	响应2013年多伦多政府采用完整街道的理念,从街道类型、使用者和转型的角度提供技术与案例参考
13	中国香港	《香港城市设计导则》(2018)	香港特别行政区政府规划部门	城市设计导则从功能性与美观上提升建成环境品质,并且提高公众意识和城市设计评估的框架
14	新加坡	《新加坡步行和骑行设计指南》(2018)	新加坡土地交通与管理局,新加坡城市再开发局	让街道变得更适宜步行和骑行,更加安全、舒适、方便与愉快
15	奥克兰	《奥克兰城市街道设计导则》(2018)	奥克兰交通局	响应奥克兰 2050 年计划,实现更安全、更健康、更绿色、更享受的街道设计,导则是实现可持续城市交通设想的工具
16	上海	《上海市街道设计导则》(2017)	上海市规划和国土资源管理局,上海市交通委员会,等	针对《上海城市总体规划(2015—2040)纲要》,提出街道转型与创新,围绕“安全、绿色、活力、智慧”目标,提出设计与实施措施
17	南京	《南京市街道设计导则》(2017)	原南京市规划局	推动和促进城市交通组织从以车为本转变为以人为本,人车兼顾,城市建设从功能主导转向为文化与功能并举,街道设计从工程主导转向为综合性城市公共空间设计

续表 6-1 街道设计导则概要

序号	国家或城市	导则名称	编制机构	目标与内容
18	广州	《广州市城市道路全要素设计手册》(2017)	广州市住房和城乡建设委员会	为城市道路转型和城市品质提升提供指导,在设计、实施等阶段提供指导和建议
19	北京	《北京街道更新治理城市设计导则》(2018)	原北京市规划和国土资源管理委员会	深化《北京城市总体规划(2016年-2035年)》上位要求,内容涉及城市结构与功能分区、街道分类与核心设计要点、保障机制与专项治理 推动和促进城市交通发展从以车为本转向
20	株洲	《株洲市街道设计导则》(2019)	原株洲市规划局,世界资源研究所,等	以人为本、人车兼顾,城市建设从功能与效率主导转向人文与特色并重,街道设计从工程技术主导转向综合性的城市公共空间复兴

通过对比可见,街道空间中的人行道功能完整、步行通行安全、步行感受舒适是国内外街道设计与管理共同追求的。同时,国内外导则在具体空间品质要素的考量上仍存在较多差异,如建筑类空间失序方面,国外导则对规划用地、建筑整体体量、街道界面控制等方面考虑较多,而国内导则更切合国内公共环境问题,对于建筑立面划分、建筑细部、建筑广告、建筑与城市整体风貌、建筑外部设施等方面有较多考虑。为了塑造宜人、品质良好的街道空间及氛围,国外导则关注街道功能与类型的转型,而国内导则则更多关注于街道整体美观、整洁与活力问题,对沿街商业氛围、环境绿化、公共设施有更多的讨论(表6-2)。总体而言,国内外导则基本覆盖城市空间失序问题所涉及的要素,所提出的设计指导与失序问题虽并非一一对应,但可以起到整体空间品质提高和环境氛围修复的作用。

表 6-2 街道设计导则与空间失序要素的相关度

资料来源：作者自绘

城市或地区	导则名称	建筑类			沿街商业类			环境绿化类			道路类		公共设施类	
		建筑 立面 拆除	建筑 立面 污损	建筑 立面 涂鸦、小 广告张贴	私搭乱 建、临时 建筑物	店铺 招牌 污损 破损	铺面 污损	铺面空 置及出 售	绿化 乱、 未维 护	垃圾 堆放、 丢弃	施工 围挡 污损	道路 破损	私人物品 侵占道路	基础 设施 破损
欧洲	《为人而建的城市街道》（2004）			√		√	√	√			√	√		√
伦敦	《伦敦街道导则》（2007）							√			√	√	√	
温哥华	《街道景观设计导则》（2008）							√			√		√	√
阿布扎比	《阿布扎比城市街道设计导则》（2010）				√			√			√		√	√
印度	《印度街道设计手册》（2011）				√			√				√	√	√
洛杉矶	《洛杉矶完整街道设计导则》（2012）					√	√	√	√		√	√	√	√
芝加哥	《芝加哥完整街道设计导则》（2013）					√	√	√			√	√	√	√
悉尼	《悉尼街道设计导则》（2013）							√			√		√	√
纽约	《纽约街道设计导则》（2015）							√			√	√	√	√
全球	《全球街道设计导则》（2015）	√		√	√	√		√	√		√	√	√	√
伦敦	《伦敦街道环境设计导则》（2016）					√	√	√			√	√	√	√

第6章 北京城市空间品质建设评估及规划应对

续表 6-2 街道设计导则与空间失序要素的相关度

资料来源：作者自绘

城市或地区	导则名称	建筑类			沿街商业类			环境绿化类			道路类		公共设施类	
		建筑 立面 拆除	建筑 立面 污损	建筑 立面 涂鸦、小 广告张贴	私搭乱 建、临时 建筑物	店铺 招牌 污损 破损	铺面 污损	铺面空 置及出 售	绿化 杂 乱、 未维 护	垃圾 堆放、 丢弃	施工 围挡 污损	道路 破损	私人物品 侵占道路	基础 设施 破损
多伦多	《多伦多完整街道改造导则》（2017）				√	√	√	√			√	√	√	√
中国香港	《香港城市设计导则》（2018）							√			√		√	
新加坡	《新加坡步行和骑行设计指南》（2018）							√			√	√	√	
奥克兰	《奥克兰城市街道设计导则》（2018）							√			√	√	√	
上海	《上海市街道设计导则》（2016）	√	√		√	√	√	√			√	√	√	√
南京	《南京市街道设计导则》（2017）	√	√		√	√	√	√	√		√	√	√	√
广州	《广州市城市道路全要素设计手册》（2017）					√	√	√			√	√	√	√
北京	《北京街道更新治理城市设计导则》（2018）	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√
株洲	《株洲市街道设计导则》（2019）	√	√		√	√	√	√			√	√	√	√



通过对国内外代表性街道设计导则的整理，研究结合国内已有的街道整治与更新实践，以及不同空间失序要素的特点，进一步总结、提炼了空间失序应对与空间品质提升的引导要点（表 6-3）。

### 6.2.1 建筑类空间失序对策：维护、提升建筑立面品质

建筑类空间失序较多表现在建筑立面品质维护缺失与管理不善所导致的建筑外墙污损以及构件破损，建筑物私搭乱建等，因而解决建筑类空间失序问题需要重点关注建筑外立面质量管控与非正式建筑管理，以保障街道断面轮廓的整体性。

具体可从以下方面进行改进：1) 建筑设计与改造中，注重建筑立面的实用性、美观性与以人为本观念，如南京、株洲导则强调的，“沿街建筑立面应兼顾空间尺度与行人尺度，形成丰富的形象”，“考虑界面整体的分割与韵律感，增加细节与多样性，如立面材质、构筑物、细部等，丰富视觉体验，特别是近地面部分、街角部分、重点路段、视觉节点处”，北京导则强调的“沿街建筑 1~3 层建筑立面应进行细节处理，提升立面通透性”等；2) 将建筑立面广告与门店招牌纳入整体考量，如广州全要素手册对广告的面积、个数、大小进行了规定，并提出招牌等的材质、形状、规模应与整体相协调；3) 加强街道的后期管理，对影响街道美观、影响行人通行的建筑物、建筑立面构件进行整治、更新，对违法建设、违规经营的临时建筑物进行拆除。已有的实践如南京导则中提到对附属设施的美化处理，北京导则中强调应保证外挂附属设施不影响建筑立面，可利用外观喷漆、景观遮挡等方式，保证建筑立面与城市轮廓的秩序化等。建筑立面的品质与美观性提升，有利于满足居民对城市美好生活环境的愿望，减少建筑废弃破败、缺少维护等失序现象带来的焦虑、不安等负面情绪，塑造积极的心理感知。

### 6.2.2 沿街商业类空间失序对策：引导、规范街道商业界面与外摆空间

商业空间失序较多体现在店铺招牌污损、破损与杂乱不堪，临街店铺界面老旧、品质不高，临街商业前区使用不当等。为了营造良好的街道氛围和商业空间，借鉴广州、上海、株洲等城市街道设计导则中对商业界面和外摆空间的引导，可从以下方面进行加强：1) 当低层为商业和零售功能时，利用材质、韵律等方式，营造积极的商业界面，并引导业主定期维护更新；2) 考虑底层建筑和街道空间的整体关系，合理控制与利用建筑退界空间，严格管理不合规的户外商业设施，如

上海导则指出“临时性设施”可结合商业外摆、户外座椅、景观设施等进行设计，但应避免临时商业设施不规范、影响行人通行等问题；3) 考虑底层商业整体风貌与城市的协调性，包括临街招牌设计、建筑立面材质、建筑色彩与夜间灯光运用等。对商业氛围的营造和合规管理，能够有效提升城市街道空间的活跃度，合理的外摆空间则能增加社会交往的可能，为居民户外活动提供更多的选择，从而促进公共健康。

### 6.2.3 环境绿化类空间失序对策：提升街道景观的人文生态效益

环境绿化类失序问题主要有两方面原因：一方面，新城区建设过程中，环境绿化未能及时同步，造成绿化不足；另一方面，老城区中绿化设施缺乏管理和维护，造成绿化失序。借鉴上海、南京等城市街道设计导则中对绿化生态的引导，可从以下方面改进：1) 加强市政卫生与工程建设的规范化管理，重视背街小巷、城市边角地的垃圾清理、绿化维护与整体环境治理；2) 重视城市整体生态与景观设计，因地制宜布置树池、雨水花园与其他海绵设施，进行种植与维护的一体化考虑；3) 适当结合数字传感器技术对环境绿化设施进行动态化监测，引导街道智慧管理。同时，生态绿化可与街道家具、艺术小品结合，以实现较高的人文生态效益，增加城市空间趣味性与艺术性。充足且良好维护的街道绿化能够在景观上改善人们的视觉环境，发挥绿色环境对心理健康的治愈作用，促进居民对户外活动的参与意愿，提升人对户外空间的感受力，从而达到舒缓压力，提升心理健康的目的。

### 6.2.4 道路类空间失序对策：规范道路管理以提升人行体验

道路类空间失序问题则较多地体现在路面铺装破损与私人物品堆积侵占道路空间等现象，从而影响街道空间品质、影响人行体验。这主要受到长久以来“车行为主”的交通观念影响，使得对步行空间铺装，步行与骑行设施布置与维护的考虑较少。借鉴国内外已有导则，应集中在标准化道路管理上，强调人行体验，包括：1) 结合街道周边城市功能，对街道进行精细化的分类分级，从而设计与街道功能相协调的各类型道路断面；2) 多数导则强调了路面铺装与完好对城市景观与印象的重要影响，需要应用美观、耐久、防滑与针对性的铺装材质，同时加强城市管理与维护；3) 慢行友好，如在商业街区、居住区等道路中，通过铺装设计布置连续的步行、骑行道，宜注重与周边景观带、休憩节点的衔接，同时限制车

行通过，保证步行环境的舒适性和安全性。从长远来看，适宜的路面铺装也为道路管理和维护提供保障，减少因占道、越道、违规停车造成的地面铺装破损情况恶化。提升慢行体验对建设以人为本的城市环境具有重要意义，尤其对于老年人、儿童和残障人士，发挥城市显性、有效的健康空间能鼓励市民进行步行、慢跑、骑行或其他锻炼活动，从而对全民健身活动起到积极的促进作用，但需要最大程度地保证步行空间的安全性，同时结合美观、整洁、通行效率等要求。

### 6.2.5 公共设施类空间失序对策：整合公共设施以激活服务效率

众多导则针对公共设施类空间失序的原因，如公共设施布置不足、布置混乱、风貌欠佳、年久失修等问题，提出了公共设施布置的协调性、功能性与集约性的原则。基于上海、广州、南京、株洲导则均提到的大量针对性措施，具体提升策略应注重整合公共设施以提高服务效率：1) 在保障道路步行通畅性基础上，减少不合理布置的路灯、行道树、垃圾桶、指示牌对地面步行的负面影响；2) 强调公共设施在街道空间中的整体布置，如“多杆合一，多箱并集”，广州导则中还提到未来公共设施的模块化整合，以提高设施利用率、提高街道空间的整体形象与服务水平，北京导则中提到打造智慧管理监测平台，提高信息管理效率等；3) 考虑设施与人的互动性，增加智能公交系统、自助停车系统、智慧垃圾桶、智慧路灯等，实现“线上虚拟数字城市”与“现实城市生活”的互动，激活街道设施的整体价值，如北京导则提倡“交互设计”，“利用家具和公共艺术装置，扩展声音、图像、气味、触觉等传播媒体，提升使用者交互体验”。提升城市公共设施的服务效率，将有利于促进居民对户外公共空间的使用效率，提高人们对城市出行、在城市公共空间中活动和交流的意愿；另外，随着物联网发展与数字化管理实行，智慧城市设施还可以实现对居民健康情况的感知和追踪，如及时汇报发热等情况，为公共健康提供更有效的保证。

表 6-3 不同空间失序要素的引导方式

资料来源：作者自绘

空间失序要素		普遍性 <sup>①</sup>	可操作性 <sup>②</sup>	引导方式		
建筑类	建筑废弃、拆除	*		减少实体围墙,使用镂空围栏或立体绿化;  上海	结合立面装饰进行美化;  上海	对消极界面进行艺术化处理,如灯光投影等;  北京
	建筑立面破损	*		考虑体量、韵律与细部的处理;  上海	丰富立面颜色、材质、尺寸、样式;  世界	统一规划配置,加强后期管理维护;  伦敦
	建筑立面污损	***		 世界	合理涂鸦,与街道整体风貌相协调;  株洲	对不当的涂鸦、小广告张贴等进行及时管理;  纽约
	建筑立面涂鸦、小广告张贴	***		合理涂鸦,以不破坏建筑立面形象为基准;  北京	规范公共空间区域的合理搭建;  上海	不得影响建筑美观与街道空间正常使用;  上海
	私搭乱建、临时建筑物	**		规范公共空间区域的合理搭建;  北京	允许临街商业合理预留区域,灵活可拆卸;  上海	不得影响建筑美观与街道空间正常使用;  上海

<sup>①</sup> 普遍性指该空间失序要素在城市街道空间中的常见程度,该项指标由北京街道空间失序测度结果得出,\*指较少见;\*\*指常见;\*\*\*指大部分街道都出现了该空间失序现象。

<sup>②</sup> 可操作性指对该空间失序要素进行空间干预的难易程度,√指需要进行大拆大建、管理干涉等,改造程度较难;√√指通过一定的引导与政策激励,可以较快实现干预;√√√指可以短时间内快速、低成本地实现干预。

续表 6-3 不同空间失序要素的引导方式

资料来源：作者自绘

空间失序要素		普遍性 <sup>①</sup>	可操作性 <sup>②</sup>	引导方式		
沿街商业类	店面招牌污损 破损	***		招牌样式、尺度、材质与街道空间整体协调；	建筑底层界面与街道整体应一体化设计；	近地面建筑空间保证美观细节与人性化设计；
	铺面污损	**		 上海	 多伦多	 株洲
	铺面空置及出售	*		保证与其他底层商业界面连续；  上海	注重管理与清洁，避免消极界面；  世界	
环境绿化类	绿化杂乱、未维护	***		合理布置景观绿化，形成有序街道第二界面；  北京	综合考虑生态效应与经济成本，满足技术规范与准则；  南京	景观植被与活动空间结合布置，形成节点空间；  北京
	垃圾堆放、丢弃	***		城市设施合理、紧凑布置，加强日常管理；  伦敦	结合城市智慧设施体系，采用智慧垃圾桶；  南京	

<sup>①</sup> 普遍性指该空间失序要素在城市街道空间中的常见程度，该项指标由北京街道空间失序测度结果得出，\*指较少见；\*\*指常见；\*\*\*指大部分街道都出现了该空间失序现象。

<sup>②</sup> 可操作性指对该空间失序要素进行空间干预的难易程度，√指需要进行大拆大建、管理干涉等，改造程度较难；√√指通过一定的引导与政策激励，可以较快实现干预；√√√指可以短时间内快速、低成本地实现干预。

续表 6-3 不同空间失序要素的引导方式

资料来源：作者自绘

空间失序要素		普遍性 <sup>①</sup>	可操作性 <sup>②</sup>	引导方式		
	施工围挡污损	**		以对街道安全,美观不造成影响为前提;  上海	避免连续空白单调界面,与景观统一布置;  北京	
道路类	道路破损	***		道路铺装秉持耐久、防滑、可持续的原则;  世界	铺装材质、色彩与街道功能、风貌相协调;  北京	设计特色断面,保障功能分区有效、完善;  上海
	私人物品侵占道路	***		提倡开放式建筑退界,以提供临时活动空间;  上海	合理布置街道设施和街道家具,保持空间紧凑;  巴黎	智能改造街道设施,引导街道智慧管理;  上海
公共设施类	基础设施破损	**		市政设施与交通设施集约布置,一杆多用;  广州	考虑智慧化置入与管理;  广州	

<sup>①</sup> 普遍性指该空间失序要素在城市街道空间中的常见程度,该项指标由北京街道空间失序测度结果得出,\*指较少见;\*\*指常见;\*\*\*指大部分街道都出现了该空间失序现象。

<sup>②</sup> 可操作性指对该空间失序要素进行空间干预的难易程度,√指需要进行大拆大建、管理干涉等,改造程度较难;√√指通过一定的引导与政策激励,可以较快实现干预;√√√指可以短时间内快速、低成本地实现干预。

续表 6-3 不同空间失序要素的引导方式

资料来源：作者自绘

空间失序要素		普遍性 <sup>①</sup>	可操作性 <sup>②</sup>	引导方式		
	围墙、 围栏破 损	*		减少实体围墙,采用立 体绿化、景观美化等;  上海	进行主题化特色处 理,体现街道风貌;  广州	结合街道家具、艺术景 观,考虑市民互动。  北京

### 6.2.6 空间失序对策总结

研究通过整理已有导则中涉及到的建筑类、沿街商业类、环境绿化类、道路类、公共设施类的空间品质提升引导方式,寻找连接城市空间失序认知研究与城市规划设计实践的有效方式,是为了更好地指导“高质量发展”政策背景下应对空间失序现象的更新实践,以满足城市空间品质提升、人居环境改善的需求。本小节关于更新类型的讨论是出于引导目的,并基于已有的众多城市街道设计导则内容展开的,并不针对具体方案。值得指出的是,空间失序要素往往不是单独出现的,各个街道要素也并不是孤立存在的,灵活运用不同的空间失序要素更新策略,不仅能挖掘街道更大潜力,还能更好达到服务城市居民、营造高品质、高效率人居环境的目的。

### 6.3 本章小结

本章注重空间失序测度模型的应用价值,以“疏整促”专项行动所划定重点整治区域内的街道为对象,结合研究测度得到的空间失序数据和具体街道的建设案例,探讨了北京在过去三年空间品质建设实践中的成效。从测度结

<sup>①</sup> 普遍性指该空间失序要素在城市街道空间中的常见程度,该项指标由北京街道空间失序测度结果得出,\*指较少见;\*\*指常见;\*\*\*指大部分街道都出现了该空间失序现象。

<sup>②</sup> 可操作性指对该空间失序要素进行空间干预的难易程度,√指需要进行大拆大建、管理干涉等,改造程度较难;√√指通过一定的引导与政策激励,可以较快实现干预;√√√指可以短时间内快速、低成本地实现干预。

果看，除大红门地区及大红门南侧地区的空间失序现象有加重、仍有待进一步整治提升外，其他重点整治街道空间失序现象均有所好转，并以什刹海及钟鼓楼地区空间品质提升最为显著。研究还以钟鼓楼地区的地安门外大街、方家胡同为案例，分析了其代表的老城区主干道街面和背街小巷两种整治模式。

最后，针对北京五环内街道空间品质趋于改善、但仍需要持续投入与维护的情况，研究总结和借鉴了国内外城市的街道设计导则和实践，结合空间失序要素的特征，提出了不同空间失序要素的应对策略，以支持城市管理者更高效地开展空间品质建设。



## 第7章 研究结论与展望

### 7.1 研究结论

本研究关注中国城市语境下局部街道空间品质不足的问题，构建了体现中国城市发展特征的空间失序要素体系，并应用基于街景图像数据的建成环境虚拟审计方法和深度学习算法，得到北京城市街道空间品质大规模测度结果，对北京街道空间的空间失序现状及“疏整促”专项行动前后的空间失序变化情况进行了评估和分析，最终结合国内外实践经验，提出了针对空间失序五大类维度 15 个具体构成要素的城市规划应对策略，旨在实现对城市街道空间失序现象“认知-测度-评估-应对”的研究闭环。

#### 7.1.1 构建体现中国城市发展特点的空间失序要素体系

已有的空间失序研究集中在美国等发达国家的城市，对中国城市少有关注，本研究的预实验结果表明，尽管以往的空间失序测度研究及其方法已经奠定了充分的基础并得到验证，但在空间特征差异明显的其他城市或区域进行应用时，仍需对空间失序的测度内容及标准进行实质性修订。

因此，借鉴过往文献中得到验证的空间失序要素清单、结合北京五环内的实地调研，研究构建了覆盖建筑物、沿街商业空间、环境绿化、道路路面和其他公共设施五类共 15 个空间失序要素的清单，包括已有研究常见的 7 个要素（建筑废弃/拆除、建筑立面破损、建筑立面污损、铺面空置及出售、垃圾堆放/丢弃、道路破损、基础设施破损）、具有明显中西表征差异的 2 个要素（建筑立面涂鸦/小广告粘贴、绿化杂乱/未维护）、以及中国城市中特有的 6 个要素（私搭乱建/临时建筑物、店面招牌污损/破损、铺面污损、施工围挡污损、私人物品侵占道路、围墙/围栏破损），从而对空间失序理论进行了中国视角的补充和拓展。

基于统一的空间失序要素审计标准，受到培训的 3 位审计员在内部开发的在线系统上独立完成了对抽样街景图像的虚拟审计，并根据抽样结果对审计标准进行了修订，最终 3 位审计员对 15 个要素的审计结果均具有较高的可靠性（IRR>0.94），说明研究提出的空间失序要素体系及标准是可以重复的，进而有效可行。研究还发现客观空间失序要素与人的总体感知失序密切相关，在街景图像中客观存在的失序要素越多，人就越有可能从中主观察觉到失序，说明客观空间失序要

素测度结果与人们对街道空间的品质认知具有一致性，研究构建的空间失序要素不仅反映了客观存在、可见的空间环境特征，同时也符合居民实际的总体主观感知。研究表明，采用基于街景图像的虚拟审计方法以研究中国城市的空间失序现象是可行的。

### 7.1.2 开发基于街景图像和深度学习的空间失序测度模型

相较于以往的空间失序研究，本研究在虚拟审计的基础上，提出了一种结合海量街景图像数据和不同深度学习算法的方法来大规模、高效率测度城市街道中可能存在的空间失序现象。选取应用 Faster R-CNN、SSD 两种目标检测算法和 SegNet 图像分割算法同时进行训练和迭代，并比较每一个要素的三种模型性能，最终 8 种空间失序要素采取了 Faster R-CNN 模型、2 种要素采取 SSD 模型、5 种采取 SegNet 模型，并均有较好的模型表现（F2-score 高于 80%），说明模型能够高效利用街景图像中丰富的空间失序特征信息，最终形成精确的空间失序要素识别模型。这一方法有助于以较低的时间、人力和经济成本来快速测度城市街道的空间品质，并突破了以往研究方法在地理范围和时间范围上的局限，从而可进行大规模测度与时空特征识别，是改进和扩展城市空间品质状况研究方法的重要尝试，为研究城市街道空间失序开辟了一条新途径。另外，相较于已有城市研究多采用图像分割算法，本研究引入了 2 种更为直接体现空间失序现象的图像目标检测算法、结合 1 种普遍应用的图像分割算法进行学习和性能比较，从而为城市空间品质的测度补充了新视角，可以进一步提高城市空间品质智能评估的效率与精度，节省评估工作的经济成本，使大规模的动态城市空间品质测度成为可能。

### 7.1.3 北京五环内的整体空间失序水平较低，呈现局部集聚的特点

以北京五环内城市街道空间为例，基于研究开发的空間失序深度学习测度模型和爬取到的 2013 年至 2020 年多年份街景数据，研究对北京现有的空间失序现象进行了实证研究，结果表明北京五环内街道空间中的失序现象是普遍的，由此提出应对空间失序的城市规划管理干预策略是需要的。

研究发现，使用街道最新年份街景图像及其空间失序测度数据以代表最新街道空间品质情况，尽管北京五环内整体空间失序水平较低（街景点空间失序指数均值 1.68），但空间失序仍是较为常见的现象，绝大部分街道空间都出现了空间失序（69.8%的街景点至少存在 1 个空间失序要素）。但大多数街道要么没有任何

空间失序要素或仅有几个要素，而出现了大量空间失序要素的街道是少数，这说明北京街道中出现严重空间失序、亟需维护更新的场所仍是少数。具体的空间分布上，呈现出空间失序要素多样化和散布的特点，此外二环内北侧和南侧老城区、四环东南侧和西南侧城区空间失序现象较为严重和集聚；具体的构成要素上，五环内的城市空间品质主要受到店面招牌污损破损、垃圾堆放/丢弃、建筑立面涂鸦/小广告张贴等空间失序要素的影响，同时各个要素分布各异、相差较大，体现了空间失序现象的复杂性和不同空间失序要素的差异性。相较于西方城市，一方面，我国城市的空间失序现象主要来源于城市管理与规范的部分缺失，出现了建筑立面涂鸦/小广告张贴、私人物品侵占道路等大量非正式城市景观，一方面，值得注意的是，即使在中国经济社会快速发展和城市空间积极建设、高速扩张的背景下，城市内部依然存在并不少见的、局部空间品质不足的现象。研究还在街道尺度上，进一步结合空间失序指数与房价、社交网络数据等多源城市数据进行相关性分析、回归建模分析，结果表明街道的空间失序现象对邻近空间的经济与社会活力存在负向的实际影响。

#### 7.1.4 北京五环内的空间失序现象趋于改善，空间失序动态测度在城市建设效能评估中有应用价值

最后，研究参考北京自2017年起开始的空间品质提升实践（“疏解整治促提升”专项行动），对2017年以前及2017年至今两个时间阶段的街道空间品质进行了对比量化。研究结果表明，专项行动后，研究使用的所有街景点空间失序变化值均值为-0.15，超过一半的街景点（50.4%）空间失序现象有所减少甚至消失，而且以沿街商业类和道路类为主的8个失序要素均得到了显著改善（私搭乱建、临时建筑物、店面招牌污损破损等），说明北京五环内整体街道空间品质相对稳定且趋于提升，应对不同失序现象的整治与更新实践显现出一定成效，而且专项行动重点对违法建设、“开墙打洞”等沿街不合理商业空间、基础设施等的侧重也得到了应证。在空间分布上，空间失序的变化及其变化程度同样是散布的，二环内整体空间及长安街及其延长线区域空间失序现象改善明显，如二环北侧的什刹海鼓楼地区，反映了老城重点整治区域内丰富和活跃的空间治理和更新实践。此外，也有部分城市地区出现了空间失序现象增多、恶化的现象，如大红门南路等城市外围地区。结果说明空间失序现象在时间和空间上都呈现了动态变化的特点，街道的空间品质并非一成不变，需要以动态发展的视角、持续监测街道空间

的环境品质、并对出现新的空间品质下降的场所及时更新与维护，这一探索也体现了研究提出的空间失序测度方法在评估城市建设效能及政策实施的潜力。

最终，研究通过梳理国内外城市街道设计导则中的各种空间品质提升方法，由此提出了面向不同空间失序要素的应对策略，探索解决北京五环内已出现街道空间品质较差或空间失序问题的实践要点。

## 7.2 潜在应用

上述研究结果表明，通过结合街景图像数据和深度学习算法在北京的城市空间中进行空间失序测度和研究是有效且可行的。尽管空间失序的相关研究在西方国家已经日益成熟，但是此前还没有在中国进行过系统的实证研究。在最近的二十年中，伴随着快速的城市化，城市空间品质建设在中国变得日益重要，改善或解决空间失序现象则是当下实现高质量人居环境的重要任务之一。但是，在传统的专家主观咨询或政府内部决策方法下，较难快速且准确地找到亟需空间品质提升的具体场所及其位置，那么，本研究实际提供了一个协助改进中国城市管理者和规划设计者高效、客观决策和精细化城市管理的方法。

其中，最基本的价值在于它使城市管理者和政策制定者能够有效地识别和定位存在空间失序现象的街道空间，这些街道空间可能已经表征出其空间品质下降的负外部性，如城市社会或经济活力的下降等。其次，人们可以更全面地了解城市物质环境，从而为诸如城市更新、社区发展等项目的决策提供精细化支持，从而有助于提高城市整体空间品质。此外，应用街景图像这一视觉数据的测度方法和具体测度结果也使当地居民可以更直观地了解他们周围的城市空间，调整他们的行为和空间选择，更好地参与到所在社区或街道的空间维护更新中，进而从开放的空间失序数据中受益。

1) 方法可应用于其他城市的空间品质测度工作：研究通过多轮实验、对空间失序要素及其审计标准进行反复调试和验证，对现有的空间失序要素体系进行了修改和完善，使其适用于建成环境审计与深度学习算法训练，这套空间失序要素体系及其配套的审计手册、以及内部搭建的虚拟审计在线系统均可以推广到其他城市的空间品质测度工作中。

2) 模型可推广至中国大规模空间品质测度，进行城市间比较：通过三种成熟的深度学习算法训练和性能对比，研究为 15 个空间失序要素分别提供性能最优的

深度学习模型，未来可以进一步考虑将训练得到的模型进一步优化、应用于中国不同城市街道空间品质的大规模测度中，以进行城市间的空间品质量化与对比。

3) 测度结果与应对策略可服务于北京城市建设与政策制定：研究为北京接下来的城市更新和空间品质提升工作提供了数据支持及实证基础。不同尺度的空间失序结果有不同的应用场景，例如根据各空间失序要素结果，可开展具体街道的品质评估，得到目标街道分别在建筑、临街商业、环境绿化、道路、公共设施和整体品质方面的表现评价，以便于未来对各个街道空间失序改造与空间品质更新重点的把握与协调；此外，还可以在街道办、行政区等不同尺度，进行不同行政单元空间品质建设实践的效能评估。最后，研究还整理了面向空间品质提升的空间失序应对策略，结合空间品质测度结果，有利于城市管理者与研究者丰富对空间品质特征和规律的系统认识，以完善城市实践与管理策略。

### 7.3 研究局限与后续研究方向

虽然研究着重在研究方法及数据上进行了创新和验证，但研究及方法仍有一定的局限性。

首先，研究采用的基于街景图像的测度方法，易受到街景数据的影响。一方面受限于街景数据的获取方式，因为在线地图服务公司往往通过安装在汽车顶部的摄像头进行街景图像采集，这使得街景图像并不总是包含狭窄街道和步行街区的图片，尤其是中国日渐重视的、步行为主的历史保护街区等城市空间容易被遗漏（如北京的胡同），这可能导致对城市整体的空间失序评估有偏差。另一方面由于邻里环境存在动态性，部分空间特征构成要素可能随时间的不同而变化，而街景图像总是固定时间采集和更新的，这使得研究中提出的外立面涂鸦、垃圾堆放等短时间内容易被清理的空间失序因素可靠度降低，而图片采集时间的不同使得晚上、夏季都有可能更能看到空间失序和破败的迹象，以上两点都暗示到，应用一些新方法，例如应用无人机系统、智能手机等拍摄工具进行主动感知和数据收集，将可能成为没有可用的街景数据的研究区域的补充手段，特别是封闭社区和超级街区。此外，在其他中国城市开展类似研究时，目前的空间失序要素清单可能需要对应的调整和验证。

其次，针对深度学习模型，一方面，由于研究共选择了15个空间失序要素，部分要素在北京的城市空间中并不常见（如建筑废弃、拆除等），导致该要素的训练数据集相对较小，在将模型应用到预测数据集的过程中，可能会存在精度的

问题，后续可以适当地扩充训练数据集的大小，提高模型预测的精度；另一方面，从模型的适用性而言，由于现阶段的模型使用北京的街景图像作为训练数据集和预测数据集，得到的模型也主要适用于对北京城市空间品质的评测，可以在未来的研究中考虑结合其他城市的空间环境特征，使用来自更多城市的随机选择的图像对数据集进行扩充，以进一步提升空间品质评测模型的泛化和可迁移能力，使其可以更好地应用到对其他城市空间品质的测度研究中。最后，由于研究聘请的审计员都来自建筑或城市规划专业，与具有不同专业背景的人相比，他们可能对某些空间失序特征有潜在的偏见。未来的研究将招募来自更多不同背景的审计员，以更综合地代表公众的空间品质认知。

此外，本研究着重城市中客观空间失序要素的测度和规律认知，考虑到空间失序对居民的实际影响，日后还可探索和公共健康领域的学者开展合作，测度居民对街道空间失序现象的主观感知、以及对应的健康行为和健康结果，以补充空间失序的影响机制研究，并提出更具针对性、更贴合公共健康的应对策略，以进一步服务宜居、健康的人居环境提质增效。

## 参考文献

- [1] Alfarrarjeh A, Kim S H, Agrawal S, et al. Image classification to determine the level of street cleanliness: A case study[C]. 2018 IEEE Fourth International Conference on Multimedia Big Data (BigMM), 2018: 1-5.
- [2] Allen R. The distribution and evolution of physical neighborhood problems during the great recession[J]. *City & Community*, 2013, 12(3): 260-279.
- [3] Aneshensel C S, Sucoff C A. The neighborhood context of adolescent mental health[J]. *Journal of Health and Social Behavior*, 1996: 293-310.
- [4] Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: towards a methodological framework[J]. *International Journal of Social Research Methodology*, 2005, 8(1): 19-32.
- [5] Bader M D, Mooney S J, Bennett B, et al. The promise, practicalities, and perils of virtually auditing neighborhoods using Google street view[J]. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 2017, 669(1): 18-40.
- [6] Bader M D, Mooney S J, Lee Y J, et al. Development and deployment of the Computer Assisted Neighborhood Visual Assessment System (CANVAS) to measure health-related neighborhood conditions[J]. *Health & Place*, 2015, 31: 163-172.
- [7] Badrinarayanan V, Kendall A, Cipolla R. Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation[J]. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 2017, 39(12): 2481-2495.
- [8] Ball K, Cleland V J, Timperio A F, et al. Love thy neighbour? Associations of social capital and crime with physical activity amongst women[J]. *Social Science & Medicine*, 2010, 71(4): 807-814.
- [9] Barnard L. Graffiti abatement and management[J]. *Law and Order*, 2006, 50: 115-119.
- [10] Ben-Joseph E, Lee J S, Cromley E K, et al. Virtual and actual: relative accuracy of on-site and web-based instruments in auditing the environment for physical activity[J]. *Health & Place*, 2013, 19: 138-150.
- [11] Bethlehem J R, Mackenbach J D, Ben-rebah M, et al. The SPOTLIGHT virtual audit tool: a valid and reliable tool to assess obesogenic characteristics of the built environment[J]. *International Journal of Health Geographics*, 2014, 13(1): 52.
- [12] Blacksher E, Lovasi G S. Place-focused physical activity research, human agency, and social justice in public health: taking agency seriously in studies of the built environment[J]. *Health & Place*, 2012, 18(2): 172-179.

- 
- [13] Boarnet M G, Forsyth A, Day K, et al. The Street Level Built Environment and Physical Activity and Walking: Results of a Predictive Validity Study for the Irvine Minnesota Inventory[J]. *Environment and Behavior*, 2011, 43(6): 735-775.
- [14] Boggess L N, Maskaly J. The spatial context of the disorder–crime relationship in a study of Reno neighborhoods[J]. *Social Science Research*, 2014, 43: 168-183.
- [15] Bowling A, Barber J, Morris R, et al. Do perceptions of neighbourhood environment influence health? Baseline findings from a British survey of aging[J]. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 2006, 60(6): 476-483.
- [16] Brandt R, Ward C L, Dawes A, et al. Epidemiological measurement of children's and adolescents' exposure to community violence: Working with the current state of the science[J]. *Clinical Child and Family Psychology Review*, 2005, 8(4): 327-342.
- [17] Brownson R C, Hoehner C M, Day K, et al. Measuring the built environment for physical activity: state of the science[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2009, 36(4): S99-S123. e112.
- [18] Burdette A M, Hill T D. An examination of processes linking perceived neighborhood disorder and obesity[J]. *Social Science & Medicine*, 2008, 67(1): 38-46.
- [19] Burgess E W. The growth of the city: An introduction to a research project[J]. *The City*, 1925: 47-62.
- [20] Carson V, Janssen I. Neighborhood disorder and screen time among 10-16 year old Canadian youth: a cross-sectional study[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2012, 9(1): 66.
- [21] Cain K L, Millstein R A, Sallis J F, et al. Contribution of streetscape audits to explanation of physical activity in four age groups based on the Microscale Audit of Pedestrian Streetscapes (MAPS)[J]. *Social Science & Medicine*, 2014, 116: 82-92.
- [22] Caspi C E, Kawachi I, Subramanian S V, et al. The social environment and walking behavior among low-income housing residents[J]. *Social Science & Medicine*, 2013, 80: 76-84.
- [23] Cerdá M, Tracy M, Messner S F, et al. Misdemeanor policing, physical disorder, and gun-related homicide: a spatial analytic test of "broken-windows" theory[J]. *Epidemiology*, 2009: 533-541.
- [24] Charreire H, Mackenbach J D, Ouasti, et al. Using remote sensing to define environmental characteristics related to physical activity and dietary behaviours: a systematic review (the SPOTLIGHT project)[J]. *Health & Place*, 2014, 25: 1-9.
- [25] Clarke P, Ailshire J, Melendez R, et al. Using Google Earth to conduct a neighborhood audit: reliability of a virtual audit instrument[J]. *Health & Place*, 2010, 16(6): 1224-1229.



- 
- [26] Clarke P J, Weuve J, Barnes L, et al. Cognitive decline and the neighborhood environment[J]. *Annals of Epidemiology*, 2015, 25(11): 849-854.
- [27] Clifton K J, Smith A D L, Rodriguez D. The development and testing of an audit for the pedestrian environment[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 80(1-2): 95-110.
- [28] Cohen D A, Farley T A, Mason K. Why is poverty unhealthy? Social and physical mediators[J]. *Social Science & Medicine*, 2003, 57(9): 1631-1641.
- [29] Cornwell E Y. Social resources and disordered living conditions: Evidence from a national sample of community-residing older adults[J]. *Research on Aging*, 2014, 36(4): 399-430.
- [30] Day K, Boarnet M, Alfonzo M, et al. The Irvine–Minnesota inventory to measure built environments: development[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2006, 30(2): 144-152.
- [31] Dubey A, Naik N, Parikh D, et al. Deep learning the city: quantifying urban perception at a global scale[J]. *arXiv preprint arXiv:1608.01769*, 2016.
- [32] Dulin-keita A, Casazza K, Fernandez J R, et al. Do neighbourhoods matter? Neighbourhood disorder and long-term trends in serum cortisol levels[J]. *J Epidemiol Community Health*, 2012, 66(1): 24-29.
- [33] Earls F, Buka S L. Project on human development in Chicago neighborhoods[J]. Washington, DC: National Institute of Justice, 1997.
- [34] Ellen IG, Mijanovich T, Dillman K-N. Neighbourhood effects on health: exploring the links and assessing the evidence. *Journal of Urban Affairs*. 2001;23(3-4):391-408.
- [35] Elo I T, Mykyta L, Margolis R, et al. Perceptions of neighborhood disorder: The role of individual and neighborhood characteristics[J]. *Social Science Quarterly*, 2009, 90(5): 1298-1320.
- [36] Ewing R, Handy S. Measuring the unmeasurable: Urban design qualities related to walkability[J]. *Journal of Urban design*, 2009, 14(1): 65-84.
- [37] Franzin L, Elliott M N, Cuccaro P, et al. Influences of physical and social neighborhood environments on children's physical activity and obesity[J]. *American Journal of Public Health*, 2009, 99(2): 271-278.
- [38] Foster S, Giles-Corti B. The built environment, neighborhood crime and constrained physical activity: an exploration of inconsistent findings[J]. *Preventive Medicine*, 2008, 47(3): 241-251.
- [39] Furr-Holden C D M, Lee M H, Johnson R, et al. Neighborhood environment and marijuana use in urban young adults[J]. *Prevention Science*, 2015, 16(2): 268-278.

- 
- [40] Geis K J, Ross C E. A new look at urban alienation: The effect of neighborhood disorder on perceived powerlessness[J]. *Social Psychology Quarterly*, 1998: 232-246.
- [41] George M S, Anton R F, Bloomer C, et al. Activation of prefrontal cortex and anterior thalamus in alcoholic subjects on exposure to alcohol-specific cues[J]. *Archives of General Psychiatry*, 2001, 58(4): 345-352.
- [42] Glass T A, Balfour J L. Neighborhoods, aging, and functional limitations[J]. *Neighborhoods and Health*, 2003, 1: 303-34.
- [43] Grubestic T H, Wallace D, Chamberlain A W, et al. Using unmanned aerial systems (UAS) for remotely sensing physical disorder in neighborhoods[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 169: 148-159.
- [44] Hagerhall C M. Clustering predictors of landscape preference in the traditional Swedish cultural landscape: prospect-refuge, mystery, age and management[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2000, 20(1): 83-90.
- [45] Harcourt B E. *Illusion of order: The false promise of broken windows policing*[M]. Harvard University Press, 2009.
- [46] Harvey C. *Measuring streetscape design for livability using spatial data and methods*[D]. Burlington: University of Vermont, 2014.
- [47] Helbich M, Yao Y, Liu Y, et al. Using deep learning to examine street view green and blue spaces and their associations with geriatric depression in Beijing, China[J]. *Environment International*, 2019, 126: 107-117.
- [48] Hill T D, Ross C E, Angel R J. Neighborhood disorder, psychophysiological distress, and health[J]. *Journal of Health and Social Behavior*, 2005, 46(2): 170-186.
- [49] Hinkle J C, Yang S M. A new look into broken windows: What shapes individuals' perceptions of social disorder?[J]. *Journal of Criminal Justice*, 2014, 42(1): 26-35.
- [50] Hipp J R. Block, tract, and levels of aggregation: Neighborhood structure and crime and disorder as a case in point[J]. *American Sociological Review*, 2007, 72(5): 659-680.
- [51] Hoeben E M, Steenbeek W, Pauwels L J R. Measuring disorder: observer bias in systematic social observations at streets and neighborhoods[J]. *Journal of Quantitative Criminology*, 2018, 34(1): 221-249.
- [52] Hoehner C M, Ivy A, Ramirez L K B, et al. Active neighborhood checklist: a user-friendly and reliable tool for assessing activity friendliness[J]. *American Journal of Health Promotion*, 2007, 21(6): 534-537.
- [53] Jacobs J. *The death and life of great American cities*[M]. Vintage, 1961.

- 
- [54] Jean P K B S. Pockets of crime: Broken windows, collective efficacy, and the criminal point of view[M]. University of Chicago Press, 2008.
- [55] Jiang B, Mak C N S, Zhong H, et al. From broken windows to perceived routine activities: examining impacts of environmental interventions on perceived safety of urban alleys[J]. *Frontiers in Psychology*, 2018, 9: 2450.
- [56] Karb R A, Elliott M R, Dowd J B, et al. Neighborhood-Level stressors, social support, and diurnal patterns of cortisol: the chicago community adult health study[J]. *Social Science & Medicine*, 2012, 75(6): 1038-1047.
- [57] Kelling G L, Coles C M. Fixing broken windows: Restoring order and reducing crime in our communities[M]. Simon and Schuster, 1997.
- [58] Keyes K M, Mclaughlin K A, Koenen K C, et al. Child maltreatment increases sensitivity to adverse social contexts: neighborhood physical disorder and incident binge drinking in Detroit[J]. *Drug and Alcohol Dependence*, 2012, 122(1-2): 77-85.
- [59] Kimbro R T, Brooks-gunn J, Mclanahan S. Young children in urban areas: links among neighborhood characteristics, weight status, outdoor play, and television watching[J]. *Social Science & Medicine*, 2011, 72(5): 668-676.
- [60] Laveist T A, Wallace JR J M. Health risk and inequitable distribution of liquor stores in African American neighborhood[J]. *Social Science & Medicine*, 2000, 51(4): 613-617.
- [61] Lee R E, Booth K M, Reese-Smith J Y, et al. The Physical Activity Resource Assessment (PARA) instrument: evaluating features, amenities and incivilities of physical activity resources in urban neighborhoods[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2005, 2(1): 1-9.
- [62] Li X. Examining the spatial distribution and temporal change of the green view index in New York City using Google Street View images and deep learning[J]. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 2020, 1-16.
- [63] Li X, Zhang C, Li W, et al. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, 14(3): 675-685.
- [64] Liu W, Dragomir Anguelov D E, Szegedy C, et al. SSD: Single Shot MultiBox Detector[J]. arXiv preprint arXiv:1512.02325, 2015.
- [65] Liu L, Silva E A, Wu C, Wang H. A machine learning-based method for the large-scale evaluation of the qualities of the urban environment [J]. *Computer, Environment and Urban Systems*, 2017(65): 113-125.
- [66] Liu L, Zhou B, Zhao J, et al. C-IMAGE: city cognitive mapping through geo-tagged photos[J]. *GeoJournal*, 2016, 81(6): 817-861.

- [67] Lovasi G S, Bader M D M, Quinn J, et al. Body mass index, safety hazards, and neighborhood attractiveness[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2012, 43(4): 378-384.
- [68] Lovasi G S, Schwartz-Soicher O, Neckerman K M, et al. Aesthetic amenities and safety hazards associated with walking and bicycling for transportation in New York City[J]. *Annals of behavioral medicine*, 2013, 45(suppl\_1): S76-S85.
- [69] Mair C, Roux A V D, Galea S. Are neighbourhood characteristics associated with depressive symptoms? A review of evidence[J]. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 2008, 62(11): 940-946.
- [70] Marco M, Gracia E, Tomás J M, et al. Assessing neighborhood disorder: validation of a three-factor observational scale[J]. *The European Journal of Psychology Applied to Legal Context*, 2015, 7(2): 81-89.
- [71] Molnar B E, Gortmaker S L, Bull F C, et al. Unsafe to play? Neighborhood disorder and lack of safety predict reduced physical activity among urban children and adolescents[J]. *American Journal of Health Promotion*, 2004, 18(5): 378-386.
- [72] Mooney S J, Bader M D M, Lovasi G S, et al. Street audits to measure neighborhood disorder: virtual or in-person?[J]. *American Journal of Epidemiology*, 2017, 186(3): 265-273.
- [73] Mooney S J, Bader M D M, Lovasi G S, et al. Validity of an ecometric neighborhood physical disorder measure constructed by virtual street audit[J]. *American Journal of Epidemiology*, 2014, 180(6): 626-635.
- [74] Mujahid MS, Diez Roux AV, Morenoff JD, et al. Assessing the measurement properties of neighborhood scales: from psychometrics to ecometrics. *American Journal of Epidemiology*. 2007;165(8): 858–867.
- [75] Naik N, Kominers S D, Raskar R, et al. Do people shape cities, or do cities shape people? The co-evolution of physical, social, and economic change in five major US cities[R]. National Bureau of Economic Research, 2015.
- [76] Naik N, Philipoom J, Raskar R, et al. Streetscore-predicting the perceived safety of one million streetscapes[C]. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. 2014: 779-785.
- [77] O'Brien D T, Sampson R J. Public and private spheres of neighborhood disorder: Assessing pathways to violence using large-scale digital records[J]. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 2015, 52(4): 486-510.
- [78] Odgers C L, Caspi A, Bates C J, et al. Systematic social observation of children's neighborhoods using Google Street View: a reliable and cost-effective method[J]. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2012, 53(10): 1009-1017.
- [79] Orstad S L, McDonough M H, Stapleton S, et al. A systematic review of agreement between perceived and objective neighborhood environment measures

- and associations with physical activity outcomes[J]. *Environment and Behavior*, 2017, 49(8): 904-932.
- [80] Patino J E, Duque J C, Pardo-Pascual J E, et al. Using remote sensing to assess the relationship between crime and the urban layout[J]. *Applied Geography*, 2014, 55: 48-60.
- [81] Perkins D D, Taylor R B. Ecological assessments of community disorder: Their relationship to fear of crime and theoretical implications[J]. *American Journal of Community Psychology*, 1996, 24(1): 63.
- [82] Perkins D D, Wandersman A, Rich R C, et al. The physical environment of street crime: Defensible space, territoriality and incivilities[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 1993, 13(1): 29-49.
- [83] Pikora T J, Bull F C, Jamrozik K, et al. Developing a reliable audit instrument to measure the physical environment for physical activity[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2002, 23(3): 187-194.
- [84] Pikora T J, Giles-corti B, Knuiaman M W, et al. Neighborhood environmental factors correlated with walking near home: Using SPACES[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2006, 38(4): 708-714.
- [85] Plascak J J, Llanos A A M, Qin B, et al. Visual cues of the built environment and perceived stress among a cohort of black breast cancer survivors[J]. *Health & Place*, 2021, 67: 102498.
- [86] Plascak J J, Schootman M, Rundle A G, et al. Spatial predictive properties of built environment characteristics assessed by drop-and-spin virtual neighborhood auditing[J]. *International Journal of Health Geographics*, 2020, 19: 1-20.
- [87] Quinn J W, Mooney S J, Sheehan D M, et al. Neighborhood physical disorder in New York City[J]. *Journal of Maps*, 2016, 12(1): 53-60.
- [88] Reiss A J. Systematic observation of natural social phenomena[J]. *Sociological Methodology*, 1971, 3: 3-33.
- [89] Ren S, He K, Girshick R, et al. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks[J]. *arXiv preprint arXiv:1506.01497*, 2015.
- [90] Rohe W M, Burby R J. Fear of crime in public housing[J]. *Environment and Behavior*, 1988, 20(6): 700-720.
- [91] Ross C E, Jang S J. Neighborhood disorder, fear, and mistrust: the buffering role of social ties with neighbors[J]. *American Journal of Community Psychology*, 2000, 28(4): 401-420.
- [92] Ross C E, Mirowsky J. Disorder and decay: the concept and measurement of perceived neighborhood disorder[J]. *Urban Affairs Review*, 1999, 34(3): 412-432.
- [93] Ross C E, Mirowsky J. Neighborhood disadvantage, disorder, and health[J]. *Journal of Health and Social Behavior*, 2001, 42(3): 258-276.

- [94] Ross C E, Mirowsky J. Neighborhood disorder, subjective alienation, and distress[J]. *Journal of Health and Social Behavior*, 2009, 50(1): 49-64.
- [95] Ross C E, Mirowsky J, Pribesh S. Powerlessness and the amplification of threat: Neighborhood disadvantage, disorder, and mistrust[J]. *American Sociological Review*, 2001, 66(4): 568-591.
- [96] Ross C E, Reynolds J R, Geis K J. The contingent meaning of neighborhood stability for residents' psychological well-being[J]. *American Sociological Review*, 2000, 65(4): 581-597.
- [97] Rundle A G, Bader M D M, Richards C A, et al. Using Google Street View to audit neighborhood environments[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2011, 40(1): 94-100.
- [98] Sallis J F, Cain K L, Conway T L, et al. Peer reviewed: Is your neighborhood designed to support physical activity? A brief streetscape audit tool[J]. *Preventing Chronic Disease*, 2015, 12.
- [99] Sallis J F, Owen N, Fisher E. Ecological models of health behavior[J]. *Health Behavior: Theory, Research, and Practice*, 2015, (5): 43-64.
- [100] Sampson R J, Morenoff J D, Gannon-Rowley T. Assessing “neighborhood effects”: Social processes and new directions in research[J]. *Annual Review of Sociology*, 2002, 28(1): 443-478.
- [101] Sampson R J, Raudenbush S W. Seeing disorder: Neighborhood stigma and the social construction of “broken windows”[J]. *Social Psychology Quarterly*, 2004, 67(4): 319-342.
- [102] Sampson R J, Raudenbush S W. Systematic social observation of public spaces: A new look at disorder in urban neighborhoods[J]. *American Journal of Sociology*, 1999, 105(3): 603-651.
- [103] Sampson R J, Raudenbush S W, Earls F. Neighborhoods and violent crime: A multilevel study of collective efficacy[J]. *Science*, 1997, 277(5328): 918-924.
- [104] Schaefer-McDaniel N, Caughy M O B, O'Campo P, et al. Examining methodological details of neighbourhood observations and the relationship to health: a literature review[J]. *Social Science & Medicine*, 2010, 70(2): 277-292.
- [105] Shenassa E D, Liebhaber A, Ezeamama A. Perceived safety of area of residence and exercise: a pan-European study[J]. *American Journal of Epidemiology*, 2006, 163(11): 1012-1017.
- [106] Skogan W G. Disorder and decline: Crime and the spiral of decay in American neighborhoods[M]. University of California Press, 1992.
- [107] Spano R. Potential sources of observer bias in police observational data[J]. *Social Science Research*, 2005, 34(3): 591-617.

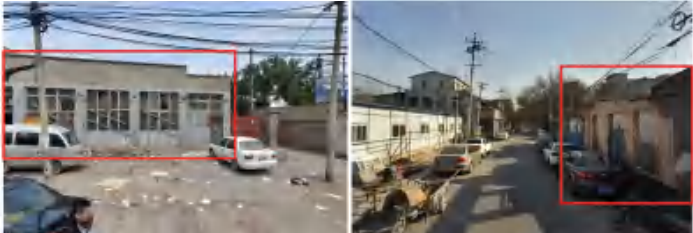

- [108] Steenbeek W, Hipp J R. A longitudinal test of social disorganization theory: Feedback effects among cohesion, social control, and disorder[J]. *Criminology*, 2011, 49(3): 833-871.
- [109] Steinmetz-Wood M, Velauthapillai K, O'Brien G, et al. Assessing the micro-scale environment using Google Street View: the Virtual Systematic Tool for Evaluating Pedestrian Streetscapes (Virtual-STEPS)[J]. *BMC Public Health*, 2019, 19(1): 1246.
- [110] Steptoe A, Feldman P J. Neighborhood problems as sources of chronic stress: development of a measure of neighborhood problems, and associations with socioeconomic status and health[J]. *Annals of Behavioral Medicine*, 2001, 23(3): 177-185.
- [111] Suel E, Polak J W, Bennett J E, et al. Measuring social, environmental and health inequalities using deep learning and street imagery[J]. *Scientific Reports*, 2019, 9(1): 1-10.
- [112] Swatt M L, Varano S P, Uchida C D, et al. Fear of crime, incivilities, and collective efficacy in four Miami neighborhoods[J]. *Journal of Criminal Justice*, 2013, 41(1): 1-11.
- [113] Taylor R B. *Breaking away from broken windows: Evidence from Baltimore neighborhoods and the nationwide fight against crime, fear and decline*[M]. New York, NY: Westvie, 2001.
- [114] Taylor R B. Social order and disorder of street blocks and neighborhoods: Ecology, microecology, and the systemic model of social disorganization[J]. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 1997, 34(1): 113-155.
- [115] Wachter S M, Gillen K C. Public investment strategies: How they matter for neighborhoods in Philadelphia[J]. unpublished report of the Wharton School of the University of Pennsylvania, 2006.
- [116] Wallace D. Examining fear and stress as mediators between disorder perceptions and personal health, depression, and anxiety[J]. *Social Science Research*, 2012, 41(6): 1515-1528.
- [117] Wallace D, Hedberg E C, Katz C M. The impact of foreclosures on neighborhood disorder before and during the housing crisis: testing the spiral of decay[J]. *Social Science Quarterly*, 2012, 93(3): 625-647.
- [118] Wallace D, Louton B, Fornango R. Do you see what I see? Perceptual variation in reporting the presence of disorder cues[J]. *Social Science Research*, 2015, 51: 247-261.
- [119] Weden M M, Carpiano R M, Robert S A. Subjective and objective neighborhood characteristics and adult health[J]. *Social Science & Medicine*, 2008, 66(6): 1256-1270.

- [120] Wei E, Hipwell A, Pardini D, et al. Block observations of neighbourhood physical disorder are associated with neighbourhood crime, firearm injuries and deaths, and teen births[J]. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 2005, 59(10): 904-908.
- [121] Weisburd D, Groff E R, Yang S M. Understanding and controlling hot spots of crime: The importance of formal and informal social controls[J]. *Prevention Science*, 2014, 15(1): 31-43.
- [122] Wen M, Hawkey L C, Cacioppo J T. Objective and perceived neighborhood environment, individual SES and psychosocial factors, and self-rated health: An analysis of older adults in Cook County, Illinois[J]. *Social Science & Medicine*, 2006, 63(10): 2575-2590.
- [123] Wilson W J. *The truly disadvantaged: The inner city, the underclass, and public policy*[M]. University of Chicago Press, 1987.
- [124] Wilson J Q, Kelling G L. Broken windows[J]. *Atlantic Monthly*, 1982, 249(3): 29-38.
- [125] Yang S M. Assessing the spatial-temporal relationship between disorder and violence[J]. *Journal of Quantitative Criminology*, 2010, 26(1): 139-163.
- [126] Yang S M, Pao C C. Do we “see” the same thing? An experimental look into the black box of disorder perception[J]. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 2015, 52(4): 534-566.
- [127] Zanelatto C, Höfelmann D A, Giehl M W C, et al. Perception of neighborhood disorder and blood pressure in adults: a multilevel population-based study[J]. *Cadernos de Saude Publica*, 2019, 35(2).
- [128] Zhang F, Zhou B, Liu L, et al. Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 180: 148-160.
- [129] Zhou H, He S, Cai Y, et al. Social inequalities in neighborhood visual walkability: Using street view imagery and deep learning technologies to facilitate healthy city planning[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2019, 50: 101605.
- [130] 陈婧佳,张昭希,龙瀛.促进公共健康为导向的街道空间品质提升策略——来自空间失序的视角[J].*城市规划*,2020(9):9-21.
- [131] 崔博庶,茅明睿,张云金.面向社区规划的智能工具箱研究与应用——以北京朝阳区责任规划师工作为例[J].*北京规划建设*,2020(S1):136-142.
- [132] 戴智妹,华晨.基于街景的街道空间品质测度方法完善及示例研究[J].*规划师*,2019,35(09):57-63.
- [133] 苟爱萍,王江波.基于 SD 法的街道空间活力评价研究[J].*规划师*,2011,27(10):102-106.
- [134] 何宛余,李春,聂广洋,杨良崧,王楚裕.深度学习在城市感知的应用可能——基于卷积神经网络的图像判别分析[J].*国际城市规划*,2019,34(1):8-17.








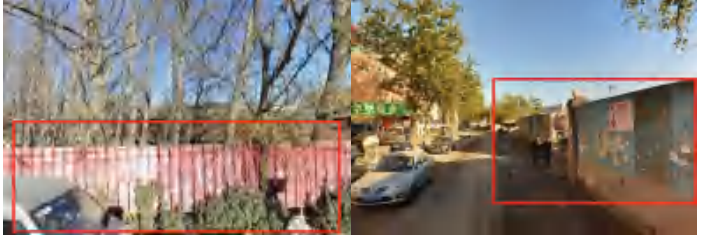
- [135] 龙瀛,沈尧.数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变[J].上海城市规划,2015(2):81-87.
- [136] 龙瀛,唐婧娴.城市街道空间品质大规模量化测度研究进展[J].城市规划,2019,43(6):107-114.
- [137] 龙瀛,叶宇.人本尺度城市形态:测度、效应评估及规划设计响应[J].南方建筑,2016(05):41-47.
- [138] 龙瀛,周垠.图片城市主义:人本尺度城市形态研究的新思路[J].规划师,2017,33(02):54-60.
- [139] 牟燕川,王荻,黄瓴.社区建成环境审计:推进健康社区的有效工具[J].国际城市规划,2020(12):1-13.
- [140] 唐婧娴,龙瀛.特大城市中心区街道空间品质的测度——以北京二三环和上海内环为例[J].规划师,2017,33(2):68-73.
- [141] 王兰,廖舒文,赵晓菁.健康城市规划路径与要素辨析[J].国际城市规划,2016,31(04):4-9.
- [142] 王连峰,宋刚,张楠,安小米,刘志,贾晓丰,朱慧,王陟,茅明睿,赵京滨,张海博,王璐.面向智慧城市治理的数据模型建构[J].城市发展研究,2021,28(03):70-76+84.
- [143] 叶宇,张灵珠,颜文涛,曾伟.街道绿化品质的人本视角测度框架——基于百度街景数据和机器学习的大规模分析[J].风景园林,2018,25(8):24-29.
- [144] 叶宇,张昭希,张啸虎,曾伟.人本尺度的街道空间品质测度——结合街景数据和新分析技术的大规模、高精度评价框架[J].国际城市规划,2019,34(01):18-27.
- [145] 张延吉,秦波,唐杰.城市建成环境对居住安全感的影响——基于全国 278 个城市社区的实证分析[J].地理科学,2017,37(9):1318-1325.
- [146] 张延吉,秦波,朱春武.北京城市建成环境对犯罪行为 and 居住安全感的影响[J].地理学报,2019,74(2):238-252.
- [147] 周钰,吴柏华,甘伟,耿旭初.街道界面形态量化测度方法研究综述[J].南方建筑,2019(01):88-93.

## 附录 A 空间失序要素体系及审计标准

空间失序要素	街景图片示例	审计标准	备注
1 建筑类 1.1 建筑 废弃、 拆除		1) 出现以下任意一项视觉特征，则认为该空间失序要素“存在”； 2) 无论图像中视线远近、面积大小，出现即计入。	1) 仅出现建筑垃圾，不计入本项； 2) 建造过程中的建筑物，不计入本项。
1.2 建筑 立面破 损		定义：指立面出现一定破损的建筑； 视觉特征：1) 破损程度较高，如出现明显的大面积墙体缺失；2) 破损程度较轻，如出现立面门窗损坏、立面材质破损、剥落等。	1) 建造过程中的建筑物，不计入本项。

空间失序要素	街景图片示例	审计标准	备注
1.3 建筑立面污损		<p>1) 出现以下任意一项视觉特征，则认为该空间失序要素“存在”；</p> <p>2) 无论图像中视线远近、面积大小，出现即计入。</p>	<p>1) 维护干净、没有污损的老式建筑，不计入本项；</p> <p>2) 底商的污损、老旧，仅算入“铺面老旧”一项。</p>
1.4 建筑立面涂鸦、小广告张贴		<p>定义：指建筑立面出现未经许可的涂鸦或小广告；</p> <p>视觉特征：1) 文字或图案涂鸦喷漆，强调乱写乱画，不具有艺术性；2) “牛皮癣”小广告。</p>	<p>1) 涂鸦或小广告已被铲除或者清理掉，表现为已清理后的明显痕迹，同样需要计入本项。</p>
1.5 私搭乱建、临时建筑物		<p>定义：指未经许可、私自搭建的具有公共隐患的违章构筑物；</p> <p>视觉特征：1) 多使用低劣的建筑材料；2) 加建的建筑结构；3) 临时装置。</p>	<p>1) 施工工地、工业园区内的活动箱房，不计入本项。</p>


空间失序要素	街景图片示例	审计标准	备注
2 沿街商业类	2.1 店面招牌污损破损	1) 出现以下任意一项视觉特征，则认为该空间失序要素“存在”； 2) 无论图像中视线远近、面积大小，出现即计入。	1) 招牌数量众多、颜色繁多，不计入本项。
		定义：指沿街商铺的招牌因未清理和维护而出现污损、破旧等迹象； 视觉特征：1) 招牌污损；2) 招牌破损。	
	2.2 铺面污损	定义：指沿街商铺的门、窗、玻璃等因未及时维护而出现污损、破旧等迹象； 视觉特征：1) 门或窗或玻璃等出现大面积污渍。	
			
	2.3 铺面空置及出售	定义：指商铺关闭、无人营业、空置或处于待售状态； 视觉特征：1) 外立面出现“出售”、“待售”字符；2) 商铺出现明显的门锁、封条；3) 商铺有卷帘门下挡、关闭。	
			

空间失序要素	街景图片示例	审计标准	备注
3 环境绿化类		<p>1) 出现以下任意一项视觉特征，则认为该空间失序要素“存在”； 2) 无论图像中视线远近、面积大小，出现即计入。</p>	
3.1 绿化 杂乱、 未维护		<p>定义：指城市地区的市政绿化缺乏定期维护、环卫修整而出现的杂乱现象； 视觉特征：1) 破坏景观整体性的大片杂草；2) 久未修剪使得外形过于不规整的灌木丛；3) 未定期浇水更换而泛黄干枯的植被等。</p>	1) 非城市地区的郊野、麦田等，不计入本项。
3.2 垃圾 堆放、 丢弃		<p>定义：指明显影响街道整洁度、未及时收运而出现的垃圾堆积或散布现象； 视觉特征：1) 垃圾堆积；2) 明显影响地面整洁度的垃圾散乱丢弃。</p>	1) 生活垃圾、建筑垃圾等，均计入本项。
3.3 施工 围挡污 损		<p>定义：指明显破旧或污损，影响街道整洁度的施工围挡； 视觉特征：1) 施工围挡破旧；2) 施工围挡大面积污损。</p>	

附录 A 空间失序要素体系及审计标准

空间失序要素		街景图片示例	审计标准	备注
4 道路类	4.1 道路破损		定义：表现为已硬化的路面或路缘石出现破损，影响通行； 视觉特征：1) 道路有裂纹；2) 道路坑坑洼洼；3) 路缘石破损。	1) 路面水渍，不计入本项。
	4.2 私人物品侵占道路		定义：指私人物品堆积侵占公共空间，影响使用与通行； 视觉特征：1) 商家、铺面外摆；2) 杂物堆放。	1) 违章停车或是汽车占据人行道，不计入本项。
5 公共设施类	5.1 基础设施破损		定义：指电线、路灯、配电箱等基础设施未经维护而出现损坏迹象； 视觉特征：1) 电线杆歪倒；2) 大量未入地电线散乱；3) 电箱破损。	

附录 A 空间失序要素体系及审计标准

空间失序要素	街景图片示例	审计标准	备注
5.2 围墙、围栏破损		1) 出现以下任意一项视觉特征，则认为该空间失序要素“存在”； 2) 无论图像中视线远近、面积大小，出现即计入。	定义：指公共空间的墙体或者围栏出现破损迹象； 视觉特征：1) 围墙破损；2) 围栏破损。

## 致 谢

清华园匆匆七载，从大四接触这个研究课题作为本科 SRT 项目开始，到正式作为我的硕士毕业论文结束，我终于要和“空间失序”四个字，暂时说再见了。是磕磕绊绊、不断了解它的三年，也是我学习如何做科研、如何认识城市空间的过程。定量研究不应该只有冰冷的数据、厉害的模型、酷炫的产出，它更应该回到城市空间、回到城市中居住的人本身，帮助我们更好地去了解我们身边的空间。城市规划也不应该只是崭新、美好的一面，始终需要有规划者去了解空间品质不好的、脏乱差的、甚至被城市所遗忘的角落，然后去修复它。所以怀着这样的心情，这个有些生僻的课题最终还是做下来了。

衷心感谢导师龙瀛老师过去三年来悉心的指导，老师的言传身教将使我终生受益。龙老师不仅在论文选题上给予我最大的建议与支持，更不吝于提供多样的科研与项目机会，让我能充分地感受不同科研课题的魅力、自由地探索兴趣所在；而老师严谨的科研态度、兼容并包的学习态度以及胆大心细的探索精神，培育了我对事物的批判精神，拓展了我的科研视野，并启发了我对未来城市的想像。更重要的，是老师教导了我在人生道路上一往无前、无畏拼搏的勇气之力和严谨自谦、时时自省的敬畏之心。

感谢李彦博士、孙琦玮同学、郝奇同学、谭佳乐同学在模型建模过程中的大力支持与协作，感谢陈龙博士、张雨洋博士、李文越博士、孟祥凤博士、李派学姐、张昭希学姐、徐婉庭学姐、侯敬轩学长、张恩嘉同学以及高舒琦博士、邓铸学长等诸多师兄姐、同学在论文撰写过程中的协助。大家不吝于为我提供宝贵的建议，帮助我扩展研究思路，也陪伴我优化研究实验，最终才能有这样一份产出。

感谢北京城市实验室、城市象限慷慨给予的数据支持，让本研究在初期阶段能够精简部分数据筹备工作。感谢清华同衡提供的专业实践机会，让我在项目中深入了解公共空间的政策制定、实际建设及前沿案例，对论文撰写也有极大启发。

感谢规划 4 班吴雅馨同学、李静涵同学、邓立蔚同学、张东宇同学、刘杨凡奇同学、朱仕达同学等同学在学业与科研路上的陪伴，正是有着最优秀又有趣的同伴一起做设计、画图，才激励着我不断学习、提升、追逐最好的自我。

感谢家人赛德在我完成学业过程中的支持和鼓励，也感谢他从规划以外的视角为我提供的诸多探讨、甚至是批判，让我不断思考和雕琢自己所经历的科研课题和项目的意义。



## 声 明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人享有著作权的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。

签 名： \_\_\_\_\_ 日 期： \_\_\_\_\_

## 个人简历、在学期间发表的学术论文与研究成果

### 个人简历

1996年4月5日出生于四川省乐山市。

2014年8月考入清华大学建筑学院城乡规划专业，2018年7月本科毕业并获得工学学士学位。

2018年8月免试进入清华大学城市规划系攻读城市规划专业硕士学位至今。

### 在学期间发表的学术论文

- [1] 陈婧佳,龙瀛.城市公共空间失序的要素识别、测度、外部性与干预[J].时代建筑,2021(1):44-50.
- [2] 陈婧佳,张昭希,龙瀛.促进公共健康为导向的街道空间品质提升策略——来自空间失序的视角[J].城市规划,2020(9):9-21.
- [3] Jia Z, Chen L, Chen J, et al. Urban modeling for streets using vector cellular automata: Framework and its application in Beijing[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2020, 47(8): 1418-1439.
- [4] 陈纯,陈婧佳,贾紫牧,邓铸,马爽,龙瀛.基于空间失序理论的城市街道空间品质大规模测度——以合肥市二环内为例[J].南方建筑,2020(2):10-18.

### 研究成果

2021年3月至2021年4月，参加了腾讯研究院合作项目，课题为“WeCityX大铲湾科技图层”。

2020年3月至2021年1月，参加了2019深港城市建筑双年展及后续研究项目，课题为“可穿戴式相机在屏幕使用行为中的可行性研究”。

2020年1月至2020年10月，参加了世界资源研究所合作项目，课题为“TOD开发原则在中国城市实际应用情况及对站点活力的影响评估”。

2020年1月至2020年7月，参加了腾讯研究院合作项目，课题为“WeSpace未来城市空间”。

2019年8月至2019年12月，参加了北京规划和自然资源委员会与清华同衡规划院合作项目（专业实践），课题为“北京城市公共空间发展纲要研究”。

2019年7月，参加了“2019中国收缩城市规划设计工作坊”，以“减量规划，森林鹤岗”为题，获得二等奖（张恩嘉，陈婧佳，雷链，张书杰，侯静轩）。

2019年5月，参加了“第三届城垣杯·规划决策支持模型设计大赛”，以“中国城市公共空间失序：识别、测度与影响评价”为题，获得特等奖（陈婧佳，徐婉庭，张昭希，梁潇）。

2019年5月，参加了“Schindler Global Award 2019”，以“From Port to Port. Schindler Global Award”为题，获得入围奖（陈婧佳，李云开，刘杨凡奇，罗卉卉，侯予谦，王宇慧，吴雅馨，张东宇）。

2018年10月，参加了“上海城市设计挑战赛”，以“永不落幕的展览：浦东新区民生码头8万吨筒仓周边地区城市更新”为题，获得一等奖（陈婧佳，张东宇，吴雅馨，朱仕达，罗卉卉，王宇慧，姜之点，冉紫愚）。

## 指导教师学术评语

## 答辩委员会决议书