

东北三省城市收缩的环境综合效应

孟泽深, 刘义博*

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2026年3月20日; 录用日期: 2026年4月16日; 发布日期: 2026年4月27日

摘要

随着东北地区人口持续外流与产业结构调整, 城市收缩已成为区域发展的显著特征。本文基于2010~2023年东北三省34个地级市的面板数据, 构建涵盖资源利用、生态环境质量、环境治理等维度的环境效应评价指标体系, 采用熵值法测算环境综合效应指数, 并运用双向固定效应模型与动态面板模型分析城市收缩对环境效应的影响。研究发现: 城市收缩对环境效应的影响整体不显著, 呈现“中性”特征, 表明收缩并未必然带来环境改善或恶化; 环境效应具有较强的空间独立性, 与经济、社会效应不同步; 产业结构升级的环境效应尚未显现, 而财政投资作用有限。研究结论为理解收缩背景下城市环境治理的复杂性提供了实证依据, 也为制定适应性环境政策提供了参考。

关键词

城市收缩, 东北三省, 环境效应, 双向固定效应模型, 产业结构升级

The Comprehensive Environmental Effects of Urban Shrinkage in Three Northeastern Provinces

Zeshen Meng, Yibo Liu*

College of Geographical Science, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: March 20, 2026; accepted: April 16, 2026; published: April 27, 2026

Abstract

With the continuous outflow of population and industrial restructuring in Northeast China, urban shrinkage has become a prominent feature of regional development. Based on panel data from 34 prefecture-level cities in the three northeastern provinces from 2010 to 2023, this paper constructs an environmental effect evaluation index system covering resource utilization, ecological

*通讯作者。

文章引用: 孟泽深, 刘义博. 东北三省城市收缩的环境综合效应[J]. 可持续发展, 2026, 16(4): 389-397.

DOI: 10.12677/sd.2026.164164

environment quality, and environmental governance. The entropy method is used to calculate the comprehensive environmental effect index, and a two-way fixed-effects model and a dynamic panel model are employed to analyze the impact of urban shrinkage on environmental effects. The study finds that the overall impact of urban shrinkage on environmental effects is not significant, exhibiting a “neutral” characteristic, indicating that shrinkage does not necessarily lead to environmental improvement or deterioration; environmental effects have strong spatial independence and are not synchronized with economic and social effects; the environmental effects of industrial restructuring have not yet manifested, while the role of fiscal investment is limited. The research conclusions provide empirical evidence for understanding the complexity of urban environmental governance under the background of shrinkage and also provide a reference for formulating adaptive environmental policies.

Keywords

Urban Shrinkage, Three Northeastern Provinces, Environmental Effects, Two-Way Fixed Effects Model, Industrial Structure Upgrading

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

20 世纪中后期以来, 城市收缩现象在全球范围内引起广泛关注[1]-[3]。尤其是在欧美、日本等工业化国家, 人口流失、产业衰退与空间闲置成为城市发展的普遍问题。近年来, 中国东北三省成为国内城市收缩最为典型的区域之一[4] [5]。2010~2020 年间, 东北三省常住人口净减少约 1101 万人, 36 个地级行政区中有 33 个出现人口负增长[6]。人口的持续流失不仅影响经济活力与社会结构, 也对生态环境产生深远影响[7] [8]。

在城市收缩的背景下, 环境效应呈现出复杂的双重性。国际上关于“精明收缩”(smart shrinkage)的讨论认为, 收缩城市可以通过空间重组、绿色基础设施建设和土地再利用实现存量优化与生态改善[9] [10]; 这一理念挑战了传统的增长导向型发展模式, 为理解收缩与环境的关系提供了新的理论视角。然而, 也有研究指出, 收缩过程中可能伴随治理能力下降、基础设施老化与环境投入不足等问题, 导致“收缩悖论” [11] [12]。因此, 系统识别收缩对环境的影响, 对于理解城市收缩的多维效应、制定差异化的环境治理策略具有重要意义。

现有研究多聚焦于城市收缩的经济与社会效应[13]-[15], 环境维度常被忽视或仅作为附属指标[16]。少数涉及环境的研究也多以单一指标(如污染物排放)为主, 缺乏对资源利用、生态质量、治理能力等多元维度的系统整合[17] [18]。基于此, 本文以东北三省为案例区域, 构建多维环境效应评价体系, 采用面板计量模型, 系统分析城市收缩对环境效应的影响及其动态特征, 旨在回答: 城市收缩是否带来环境改善? 其影响机制是否稳定? 研究结果可为收缩城市的环境治理与政策优化提供科学依据[19] [20]。

2. 研究区概况, 研究方法 with 数据来源

2.1. 研究区概况

东北三省包括辽宁、吉林、黑龙江三省, 共 34 个地级市(剔除数据缺失严重的大兴安岭地区和延边州), 如图 1。该区域是我国重要的传统工业基地和粮食主产区, 资源型城市众多, 产业结构偏重, 环境

压力较大。2010 年以来, 随着资源型产业进入衰退周期、产业结构转型面临瓶颈以及人口持续外流, 多数城市面临经济下行与环境治理双重压力。

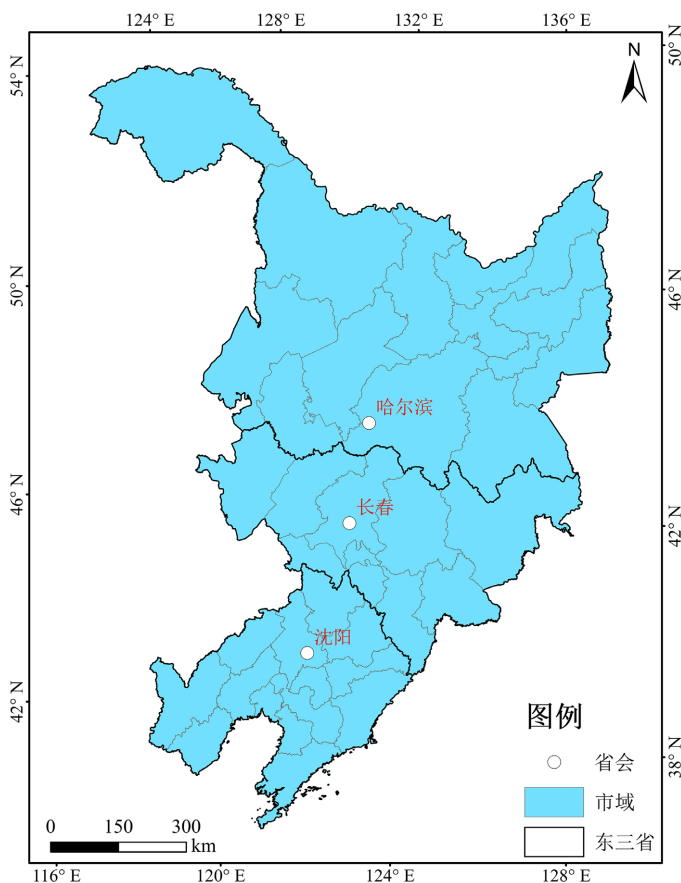


Figure 1. Overview map of the study area
图 1. 研究区概况图

2.2. 指标体系及数据来源

为系统刻画城市收缩背景下的环境效应, 本文从资源利用、生态环境质量、环境治理三个维度构建环境效应评价指标体系(见表 1)。数据主要来源于《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》及东北三省统计年鉴, 时间跨度为 2010~2023 年。对少量缺失值采用 ARIMA 模型进行插补。

Table 1. Indicator system for environmental effects and urban shrinkage

表 1. 环境效应与城市收缩指标体系

目标层	准则层	指标层	正负向	指标解释
环境效应	资源利用效应	单位 GDP 能耗(万吨标准煤/亿元)	负向	衡量能源利用效率与绿色发展水平
		单位 GDP 水耗(立方米/万元)	负向	反映水资源利用效率
生态环境质量效应	生态环境质量效应	建成区绿化覆盖率%	正向	表征城市生态质量与环境承载力
		工业 SO ₂ 排放量(吨)	负向	衡量污染排放强度与环境压力
环境治理效应	环境治理效应	城市生活垃圾无害化处理率%	正向	反映环境治理能力与管理水平
		工业固体废物综合利用率%	正向	衡量资源循环利用与治理成效

2.3. 研究方法

2.3.1. 熵值法

为客观确定各指标在环境效应评价中的权重, 本文采用熵值法对环境指标进行赋权。熵值法通过衡量指标信息量的差异, 能够有效避免主观赋权干扰, 使指标权重更加客观和可比。其基本思想是: 指标变异程度越大, 提供的信息越多, 权重也越高。

在完成数据标准化处理后, 计算各指标的熵值及权重, 并据此测算城市环境效应指数, 为后续分析提供基础数据。

2.3.2. GIS 空间可视化分析方法

为直观揭示东北三省城市收缩及其环境效应的空间格局与时空演化特征, 本文采用 GIS 空间可视化方法对相关指标进行表达, 通过分级制图分析区域差异及变化趋势。重点考察环境效应高值区与低值区的空间分布, 及其与城市收缩格局的对应关系, 为识别环境效应的空间独立性与集聚特征提供直观依据。

2.3.3. 双向固定效应模型

双向固定效应模型在面板数据分析中应用广泛, 通过同时控制地区固定效应和时间固定效应, 可以剔除不随时间变化的地区特征以及各年份共同的宏观冲击, 从而提高对变量关系的估计精度。基于地级市面板数据, 本文采用双向固定效应模型分析城市收缩对环境效应的影响。

设 Env_{it} 为城市 i 在第 t 年的环境效应综合指数, $Shrink_{it}$ 为城市收缩综合指数, $Upgrade_{it}$ 为产业结构整体升级指数, $Fiscal_{it}$ 为财政投资力度, 则基准模型为:

$$Env_{it} = \alpha + \beta Shrink_{it} + \gamma Upgrade_{it} + \delta Fiscal_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, μ_i 为城市固定效应, 用于控制各城市不随时间变化的不可观测特征(如地理区位、资源禀赋、历史基础等); λ_t 为年份固定效应, 用于吸收宏观经济波动、全国性环保政策等共同冲击; ε_{it} 为随机扰动项。全篇估计均采用城市聚类稳健标准误。系数 β 刻画城市收缩综合指数对环境效应的边际影响, 是本文关注的核心参数。在此基础上, 后文将进一步通过引入收缩指标的滞后项和采用 System GMM 等方法, 对动态效应和内生性问题进行检验。

3. 东北三省城市收缩时空演化特征分析

3.1. 东北三省城市收缩的空间格局与演化

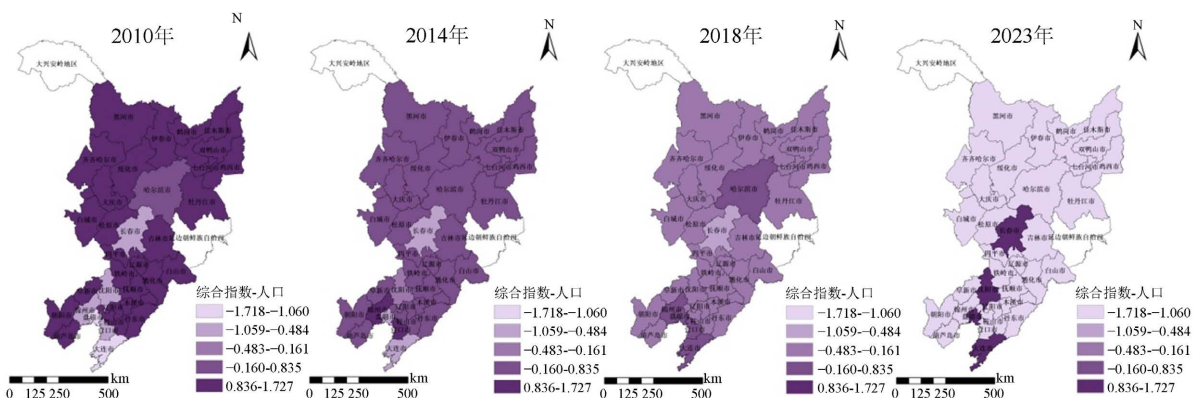


Figure 2. 2010~2023 evolution of urban shrinkage effects in the three northeastern provinces
图 2. 2010~2023 东北三省城市收缩演化图

2010~2023年, 东北三省城市收缩整体呈现逐步加深趋势, 并表现出明显的空间差异性与阶段性特征(见图2)。总体来看, 城市收缩由局部向区域扩展, 但受自然断点分级影响, 不同年份之间的视觉差异相对有限。

从时间演化看, 收缩程度整体呈增强趋势。2010~2014年变化相对平缓, 2014年以后收缩范围逐步扩大, 至2023年, 部分地区收缩程度明显加深。黑龙江北部、吉林中部及辽宁西部在考察期内保持较高收缩水平, 而沈阳、大连、长春等核心城市收缩压力相对较小。

从空间格局看, 东北城市收缩呈现“核心稳定-外围加深”的特征。核心城市依托产业基础与资源集聚, 收缩程度较低; 而资源型与中小城市收缩更为突出, 形成明显区域分化。整体上, 收缩呈现出由点状向内扩张的演化趋势。

3.2. 城市收缩背景下的环境效应演化特征

2010~2023年, 东北三省环境效应在空间上呈现一定差异, 并在时间上表现出波动中趋稳的变化特征(见图3)。总体来看, 环境效应未出现持续恶化, 部分地区呈现阶段性改善。

从时间变化看, 2010~2014年环境效应整体偏低且较为分散; 2014年以后, 高值区域逐步增多, 环境表现有所提升; 2018~2023年整体趋于稳定, 局部地区继续改善, 但提升幅度有限。

从空间分布看, 环境效应呈现“多点分布、局部集聚”的特征。部分核心城市及其周边地区长期保持较高水平, 而部分资源型城市环境改善相对滞后。整体上, 环境效应空间分布较为分散, 不同地区之间差异仍然存在。

进一步看, 环境效应与城市收缩并未呈现简单对应关系。一方面, 人口减少与产业收缩在一定程度上降低了资源消耗与污染排放, 有助于缓解环境压力; 另一方面, 部分地区受地方财政能力约束, 环境治理投入难以持续, 使得环境改善具有不确定性。

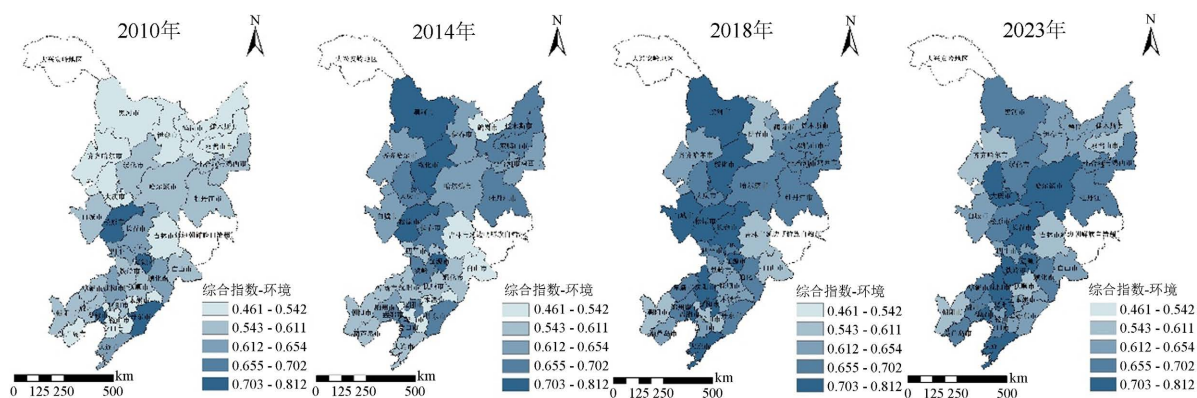


Figure 3. 2010~2023 spatial evolution of environmental effects under urban shrinkage

图3. 2010~2023年环境效应空间格局演化图

3.3. 小结

总体而言, 东北三省城市收缩呈现逐步加深与空间分化并存的特征, 表现为“核心相对稳定、外围持续收缩”的格局。在此背景下, 环境效应整体呈现波动中趋稳的变化趋势, 空间上以分散分布与局部集聚为主。

同时, 环境效应并未随城市收缩同步变化, 其演化受到资源消耗变化与环境治理能力等多重因素影响, 体现出一定的不确定性与阶段性特征。这为后续从计量角度分析城市收缩对环境效应的影响提供了基础。

4. 东北三省城市收缩的“经济 - 社会 - 环境”综合效应影响因素分析

4.1. 变量选取与描述性统计

为系统考察城市收缩对环境效应的影响, 本文以环境效应综合指数(*Env*)为被解释变量, 该指数通过熵值法由资源利用、生态环境质量、环境治理三个维度的 6 个指标测算得出。核心解释变量为城市收缩综合指数(*Shrink*), 控制变量包括产业结构整体升级指数(*Upgrade*)和财政投资力度(*Fiscal*)。各变量的描述性统计见表 2。

从表 2 可见, 环境效应指数均值为 0.644, 在三个分维度中最高, 说明东北三省城市在收缩背景下整体环境表现相对较好; 城市收缩综合指数均值为 0.250, 标准差 0.150, 表明多数城市存在不同程度的收缩且强度差异明显; 财政投资力度标准差较大, 反映地方政府财政应对策略存在显著分化。

Table 2. Descriptive statistics of variables

表 2. 变量描述性统计

	mean	sd	min	max	N
环境评价指数	0.644	0.069	0.461	0.812	476
城市收缩综合指数	0.250	0.150	0.028	0.772	476
产业结构整体升级	2.244	0.164	1.831	2.579	476
财政投资力度	3.555	3.138	0.010	22.631	476

4.2. 基准回归与稳健性检验

本文采用双向固定效应模型分析城市收缩对环境效应的影响, 并通过多种设定进行稳健性检验, 结果汇总于表 3。

从表 3 列(1)基准模型可以看出, 城市收缩综合指数对环境效应的影响系数为 0.028, 但未通过显著性检验。这一结果表明, 在控制城市个体异质性和年份宏观冲击后, 城市收缩并未在统计意义上显著改善或恶化环境表现, 呈现出“中性特征”。

列(2)动态模型引入收缩指数的一阶和二阶滞后项, 当期及滞后系数均不显著, 说明收缩对环境效应的影响缺乏稳定的滞后传导与持续累积趋势, 更多表现为阶段性波动。

列(3)在去除控制变量后, 收缩系数仍不显著(0.031), 说明基准结论不依赖于控制变量选择。

列(4)采用 System GMM 处理潜在内生性问题, 在控制环境效应动态惯性后, 收缩系数为-0.011 且仍不显著。AR(2)检验 p 值大于 0.1, Hansen 检验 p 值 0.364, 表明工具变量有效。GMM 结果进一步证实了基准回归的稳健性。

Table 3. Baseline results of the two-way fixed effects model

表 3. 双向固定效应模型基准回归结果

变量	基准模型	动态模型	稳健性检验	System GMM
城市收缩综合指数	0.028 (0.025)	0.022 (0.036)	0.031 (0.026)	-0.011 (0.019)
L.城市收缩综合指数		0.028 (0.048)		
L2.城市收缩综合指数		-0.002		

续表

		(0.046)		
产业结构升级指数	-0.010	0.073		0.042
	(0.052)	(0.059)		(0.035)
财政投资力度	-0.002	-0.002		-0.001
	(0.001)	(0.002)		(0.001)
L.环境效应				0.412**
				(0.186)
Observations	476	408	476	408
R ² /AR(2) p 值	0.514	0.529	0.502	0.412

注: Standard errors in parentheses * p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01。

5. 结论与讨论

5.1. 主要结论

本文基于东北三省 34 个地级市 2010~2023 年面板数据, 构建环境效应评价指标体系, 运用双向固定效应模型、动态面板模型及 System GMM 方法, 系统分析了城市收缩对环境效应的影响。主要结论如下:

第一, 城市收缩对环境效应的影响整体不显著, 呈现“中性”特征。基准回归显示, 在控制城市和年份固定效应后, 城市收缩综合指数对环境效应的系数为正但未通过显著性检验。这表明收缩并未在统计意义上显著改善或恶化环境表现, 收缩过程中工业活动减少与治理投入的可持续性受限两种力量相互抵消, 导致总体效应中性。

第二, 环境效应具有较强的空间独立性, 与经济、社会效应不同步。时空演化分析显示, 环境效应高值区并非完全对应经济核心城市, 部分非核心地区环境表现突出。环境效应在空间上呈现“多点分布、局部集聚”特征, 其演化受资源消耗、治理能力与财政投入等多重因素共同影响。

第三, 收缩对环境效应的影响缺乏稳定的滞后传导与持续累积趋势。动态模型中收缩指数的一阶、二阶滞后项系数均不显著, 说明收缩的环境效应更多表现为阶段性波动, 未形成可识别的环境改善或恶化路径。

第四, 产业结构升级的环境效应尚未显现, 而财政投资作用有限。各模型中产业结构升级指数和财政投资力度均未通过显著性检验, 表明单纯依靠产业结构服务化或扩大财政支出难以自动实现环境改善。

第五, 环境效应存在显著的动态惯性。System GMM 结果显示环境效应的一阶滞后项显著为正, 说明环境表现具有时间上的连续性, 前期治理成效会对当期产生正向影响。

5.2. 讨论与政策启示

本研究发现东北三省城市收缩的环境效应呈现“中性”特征, 这一结论具有重要的理论意义与实践启示。

从理论层面看, 研究结果揭示了城市收缩与环境效应之间并非简单的线性关系, 而是受多重因素共同调节的条件性过程。这一发现与“精明收缩”理论强调的存量优化与生态改善潜力形成对话: 收缩确实可能带来资源消耗下降等积极变化, 但这些变化能否转化为持续的环境改善, 高度依赖于治理能力与政策响应。东北地区的经验表明, 若缺乏有效的治理介入, 收缩的“环境红利”难以自动兑现, 甚至可能被治理真空所抵消。同时, 本研究也为理解“后福特主义”转型背景下传统工业城市的环境演化提供

了实证案例——在产业结构调整与人口流失并存的情境下, 环境效应呈现出不同于经济维度的演化逻辑, 其空间独立性与动态不稳定性值得进一步关注。

从实践层面看, 研究结论为收缩城市环境治理提供以下启示:

(1) 将环境修复纳入收缩治理核心议程。推动废弃工业用地修复与“灰色空间”向“绿色空间”转型。

(2) 强化收缩时期的环境治理能力建设。东北地区长期面临财政紧约束, 环境治理投入的可持续性受到挑战。需建立针对收缩城市的专项转移支付机制, 保障环境基础设施运行与污染治理的持续投入。

(3) 因地制宜制定差异化环境政策。资源型城市聚焦工矿废弃地修复, 核心城市周边推动生态空间扩容。

(4) 推动产业结构转型与环境目标协同。本研究中产业结构升级指数不显著, 可能反映了东北地区产业结构调整“锁定效应”——传统资源型产业占比较高, 服务业发展对资源依赖型生产模式的替代效应有限。未来应有意识引导绿色产业发展, 避免产业调整过程中的治理真空。

(5) 建立环境效应动态监测评估机制。为政策调整提供科学依据。

基金项目

黑龙江省自然科学基金(编号: PL2025D014); 黑龙江省“优秀青年教师基础研究支持计划”重点项目(编号: YQJH2025103)。

参考文献

- [1] Martinez-Fernandez, C., Audirac, I., Fol, S. and Cunningham-Sabot, E. (2012) Shrinking Cities: Urban Challenges of Globalization. *International Journal of Urban and Regional Research*, **36**, 213-225. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2011.01092.x>
- [2] Haase, A., Rink, D., Grossmann, K., Bernt, M. and Mykhnenko, V. (2014) Conceptualizing Urban Shrinkage. *Environment and Planning A: Economy and Space*, **46**, 1519-1534. <https://doi.org/10.1068/a46269>
- [3] Reis, J.P., Silva, E.A. and Pinho, P. (2015) Spatial Metrics to Study Urban Patterns in Growing and Shrinking Cities. *Urban Geography*, **37**, 246-271.
- [4] 孙平军. 城市收缩效应: 概念内涵·中国逻辑与东北诊断[J]. 地理科学进展, 2024, 43(9): 1696-1713.
- [5] 孙平军, 王柯文. 中国东北三省城市收缩的识别及其类型划分[J]. 地理学报, 2021, 76(6): 1366-1379.
- [6] 国家统计局. 2020年第七次全国人口普查主要数据[EB/OL]. <https://www.stats.gov.cn/sj/pcsj/rkpc/d7c/202303/P020230301403217959330.pdf>, 2026-04-21.
- [7] 雷敏, 江星月, 王蓉, 等. 黄河流域收缩城市“三生”功能耦合协调分析[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2024, 54(3): 461-471.
- [8] 柳力玮, 刘艳军, 辛奕霖, 等. 东北老工业基地城市收缩对生态环境质量演变的影响效应[J]. 地理科学, 2024, 44(7): 1237-1248.
- [9] Nefs, M., Alves, S., Zasada, I. and Haase, D. (2013) Shrinking Cities as Retirement Cities? Opportunities for Shrinking Cities as Green Living Environments for Older Individuals. *Environment and Planning A: Economy and Space*, **45**, 1455-1473. <https://doi.org/10.1068/a45302>
- [10] Wiechmann, T. and Bontje, M. (2013) Responding to Tough Times: Policy and Planning Strategies in Shrinking Cities. *European Planning Studies*, **23**, 1-11. <https://doi.org/10.1080/09654313.2013.820077>
- [11] Wiechmann, T. (2008) Errors Expected—Aligning Urban Strategy with Demographic Uncertainty in Shrinking Cities. *International Planning Studies*, **13**, 431-446. <https://doi.org/10.1080/13563470802519097>
- [12] Reckien, D. and Martinez-Fernandez, C. (2011) Why Do Cities Shrink? *European Planning Studies*, **19**, 1375-1397. <https://doi.org/10.1080/09654313.2011.593333>
- [13] 冯章献, 李嘉鑫, 王士君, 等. 东北地区收缩城市活力演化及影响因素分析[J]. 地理科学进展, 2021, 40(5): 761-774.
- [14] 张学良, 刘玉博, 吕存超. 中国城市收缩的背景、识别与特征分析[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2016,

-
- 18(4): 132-139, 148.
- [15] 林雄斌, 杨家文, 张衔春, 等. 我国城市收缩测度与影响因素分析——基于人口与经济变化的视角[J]. 人文地理, 2017, 32(1): 82-89.
- [16] 吴浩, 王秀, 周宏浩, 等. 东北三省资源型收缩城市经济效率与生计脆弱性的时空分异与协调演化特征[J]. 地理科学, 2019, 39(12): 1962-1971.
- [17] 张浩哲, 杨庆媛. 中国资源型收缩城市“人口-土地-产业”耦合协调分析[J]. 世界地理研究, 2024, 33(1): 163-177.
- [18] 罗耀, 方世明, 武慧, 等. 典型收缩城市土地利用多功能时空演变及耦合协调分析——以东北三省为例[J]. 地域研究与开发, 2024, 43(5): 159-165.
- [19] 赵朝, 赵新宇, 毕学成. 东北三省传统工业城市人口收缩特征及其影响因素研究[J]. 城市学刊, 2024, 45(5): 38-45.
- [20] 佟新华, 郭淑睿, 段海燕, 等. 资源产业依赖对中国资源型城市收缩的影响机制[J]. 资源科学, 2024, 46(10): 2022-2033.