

中国城市群拟态人居环境耦合协调度时空分异

王 杰

辽宁师范大学地理科学学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2025年8月28日; 录用日期: 2025年9月29日; 发布日期: 2025年10月17日

摘 要

随着互联网的飞速发展, 拟态人居环境应运而生, 城市群亟需适应数字化与智能化转型。本研究聚焦中国19个城市群, 旨在探究拟态人居环境协调发展的时空格局及障碍因素。本文创造性地构建了拟态人居环境的理论框架, 运用耦合协调度模型、重心 - 标准差椭圆及障碍度模型等研究方法, 得出以下结论: (1) 耦合协调度呈现“高耦合 - 低离散、低协调 - 高离散”的特征, 耦合协调度类型共有6种, 失调型占据主导, 类型演变呈现出“失调主导 - 协调萌芽 - 协调扩展”的三阶段特征; (2) 从时间维度看, 以2015年为时间节点, 耦合协调度先快速增长、后波动下降并渐趋稳定; (3) 从空间维度看, 耦合协调度东高西低并伴随“核心 - 边缘”分化格局, 空间集聚与重心南移特征突出。本研究通过剖析中国城市群拟态人居环境的演变机制, 丰富数字时代人居环境研究的理论内涵, 为人居地理学研究提供新视角, 拓展城镇化理论中“人 - 地 - 技术”交互关系的研究维度, 同时有助于推动城市高质量发展, 建设创新、宜居、文明、智慧的现代化人民城市。

关键词

中国城市群, 拟态人居环境, 数实融合, 百度指数, 空间集聚

Spatio-Temporal Differentiation of Coupling Coordination Degree of Pseudo Human Settlements in China's Urban Agglomerations

Jie Wang

School of Geography, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Received: August 28, 2025; accepted: September 29, 2025; published: October 17, 2025

Abstract

With the rapid development of the Internet, pseudo human settlements have emerged, and urban

agglomerations must urgently adapt to digital and intelligent transformation. This research focuses on 19 China's UAs and aims to explore the spatio-temporal patterns and obstacles to the coordinated development of PHS. The study creatively constructs a theoretical framework for PHS and employs methods including the coupling coordination degree model, standard deviation ellipse, and obstacle degree model. Findings show: (1) The coupling coordination degree exhibits the overall characteristics of “high coupling-low dispersions, low coordination-high dispersion”. There are six types of coupling coordination, with disordered types dominating. The evolution of types shows three stages: “disorder prevalent-coordination emerges-coordination expands”. (2) Temporally, taking 2015 as the reference point, the overall trend shows rapid growth followed by fluctuations and declines, gradually stabilizing. (3) Spatially, it shows “east-high, west-low” and “core-periphery” patterns, with spatial agglomeration and a southward center of gravity shift. This study enriches the theoretical content of human settlements research in the digital age, provides new perspectives for human settlements geography, and expands the research dimension of the “human-land-technology” interaction in urbanization theory. Meanwhile, it contributes to promoting high-quality urban development and the creation of innovative, livable, civilized, and smart modern cities for the people.

Keywords

China's Urban Agglomerations, Pseudo Human Settlements, Integration of Digital and Real Economies, Baidu Index, Spatial Agglomeration

Copyright © 2025 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

在新质生产力蓬勃发展时代背景下，数字技术的迭代升级正重塑人类聚居空间形态。随着大数据[1]、人工智能[2]、元宇宙[3]等新一代信息技术的突破，物理空间与数字空间之间的融合日益加快，催生了新型人居环境形态——拟态人居环境。拟态人居环境是指居民依托数字技术，构建的非实体化、数字化的人类活动与生活场景总和。该空间形态以满足生活娱乐、社交互动等多元化需求为导向，以互联网媒介为依托，具有信息化、虚拟化的特点。作为现实人居环境的数字孪生与功能延伸，拟态人居环境通过数据要素的流动与整合，实现空间资源的优化配置与服务精准供给，深刻改变着人类生产生活方式。这一变革不仅呼应了国家推进“数字中国”[4]的战略部署，更为新型城镇化高质量发展[5]注入新动能，顺应了中国城市发展从大规模增量扩张转向存量提质增效为主的阶段转变。从理论层面看，可完善数字时代人居环境理论框架，揭示“数字-实体”空间交互的科学规律；从实践层面看，能为城市群数智化转型、空间治理优化提供路径参考，推动创新、宜居、智慧的现代化城市建设。

2025年7月15日，中国中央城市工作会议部署的七个着力任务中，把优化现代化城市体系、推动城市群一体化高质量发展列为首要任务，助力实现人与自然和谐共生的中国式现代化目标。作为国家治理现代化的重要实践，城市群建设不仅是经济地理的重塑，更是破解区域发展不平衡不充分的系统性工程。国外研究以法国地理学家戈特曼(Jean Gottmann)1957年提出的“大都市带”(Megalopolis)为起点，强调以都市区为单元、沿交通走廊形成的巨型城市复合体[6]。1983年，宁越敏等首次将“Megalopolis”译为“巨大城市带”并引入中国[7]，随后国内学者在此基础上发展出“都市连绵区[8]”、“城市群[9][10]”等概念，更注重行政边界与区域协同。总之，国内外学者从不同角度对城市群进行了研究：(1)从城市学

视角,研究了城市群空间结构[11]、区域融合评价[12]、人口预测[13]、空间结构及演变[14];(2)从生态学角度:涉及城市群碳排放[15],健康评价[16],以及生态安全[17]等。(3)从经济学角度:研究包括城市群集聚与分散[18]、区域发展[19]等。(4)从社会学角度:探讨城市群政策[20],发展规划[21]和城市韧性[22]等。现有的城市群研究取得了丰硕的成果,但主要集中在现实层面,忽视了对虚拟层面的探索。

在信息化时代,地理学正经历着数字化、全球化与智能化的深刻变革,拟态人居环境逐渐成为研究前沿。“拟态人居环境”一词可追溯至1922年李普曼的《公共舆论》中提出的“拟态环境”理论[23],其核心是大众传播媒介构建的信息环境并非客观现实的如实反映,而是一种“象征性现实”。在地理学领域,这一概念被拓展为以现实人居环境为基础,通过数字技术、信息传播与居民认知交互形成的拟态人居环境,具有现实映射性、媒介依赖性与认知建构性三大特征。中国李雪铭等学者进一步完善了拟态人居环境的地理学内涵,将其纳入“现实-拟态-意象”三态人居环境体系[24],强调三者相互作用对人地关系的重塑。(1)研究内容:主要涉及时空演变[25]、现实特征及驱动机制[26]及与其他形态人居环境的相关性研究[24];(2)研究数据:采用多源地理大数据,涵盖自然、人文、技术等多个方面。如GIS数据[27]、调查数据[28]、POI数据[29]等。(3)研究方法:从传统的熵权法[30]、ArcGIS空间分析[31]到借助耦合协调度模型[32]、调查与评估[33]等,形成了定性定量结合、静态分析与动态模拟并重的方法论体系。(4)研究尺度:涵盖社区、街道等微观尺度;城市、省份等中观尺度;国家、全球等宏观尺度三种类型[34]。

国内外利用拟态数据研究人居环境取得了一定的进展,但仍存以下不足:①拟态人居环境缺乏全面深入的研究,在数字技术深刻重构城市发展范式的当下,传统研究多聚焦现实人居环境要素,拟态人居环境研究还停留于理论和定性阶段;②研究尺度局限于单个城市群或发达城市,中国城市发展已进入区域协同阶段,城市群成为空间组织主导模式,单一空间的拟态研究范式难以满足城市群数智化转型需求;③研究数据缺乏综合性,目前研究多依赖手机信令、公交刷卡数据等单一行为数据源,缺乏对社交、购物、旅游等多元行为的综合分析。鉴于此,本文通过界定拟态人居环境概念,建构城市拟态人居环境理论框架,运用耦合协调度模型、重心-标准差椭圆、障碍度模型探究19个中国城市群拟态人居环境的时空格局和障碍因子。在理论上,可以丰富拟态人居环境的理论基础,为构建多维度人居环境研究框架提供逻辑起点,促进人居地理学的多元化发展。在实践层面,可以为中国城市群建设提供科学合理的指导,对于实现区域协调发展战略贯彻以及新质生产力的落实具有长远的现实意义。

2. 理论基础

2.1. 基本内涵

拟态人居环境是推动国家建设数字中国、贯彻国家安全观、凝聚民心、推动社会可持续发展、实现多方面合作共赢的关键点。基本内涵包括广义和狭义两个方面。

广义拟态人居环境是指,在信息化时代,将国家经济、政治、文化、社会、生态的建设活动转移至拟态空间,在拟态空间中建立有序、高效的与人民息息相关的人居空间。并非简单的空间转移,而是在新的虚拟空间中,对国家各领域建设进行重新整合与布局,以适应信息化时代的发展需求。

狭义拟态人居环境主要聚焦于居民个体的行为与体验,是居民以互联网为媒介收集和获取所需的各类信息,满足工作、社交、学习等不同的需求,同时在拟态空间留下带有地理属性与个人特征的信息,具有智能化、信息化、虚拟化的特点。

2.2. 理论框架

拟态人居环境协调发展包括要素、系统、以及不同形态之间的耦合协调过程,是一个由无需到有序,

由简单到复杂的过程，共分为三个阶段：

- (1) 初级阶段：为要素之间的耦合协调。拟态人居环境是由拟态要素组成的，这些要素是构成拟态系统的基本单元，如微博、微信、支付宝等要素之间的耦合协调，同时也在也包括能量流动、信息交流等方面。要素耦合是拟态人居环境的基础阶段，是系统耦合的基础。
- (2) 中级阶段：为系统之间的耦合协调。拟态人居环境分大可划分为五大系统，包括娱乐、工具、生活、信息、社交五大系统。既存在系统与系统之间的耦合，也存在拟态人居环境整体与子系统的耦合。系统耦合介于要素耦合和形态耦合之间，发挥承上启下的作用。
- (3) 高级阶段：为形态之间的耦合协调。现实人居环境是指人类赖以生存和发展的自然和人文环境的总和，为拟态人居环境提供物质基础。拟态人居环境是指借助互联网等信息媒介，对现实环境进行模拟和重构，建立起的虚拟空间。现实和拟态人居环境共同构成了人居环境的整体面貌，是耦合协调的最高级阶段。

3. 数据与方法

3.1. 研究区域

城市群正以其强大的集聚辐射效应，成为支撑中国现代化建设的重要空间载体。本文以 19 个中国城市群为研究对象，包括东北城市群：哈长城市群、辽中南城市群；东部城市群：京津冀城市群、山东半岛城市群、长三角城市群、粤闽浙沿海城市群、珠三角城市群、北部湾城市群；中部城市群：山西中部城市群、中原城市群、长江中游城市群；西部城市群：呼包鄂榆城市群、宁夏沿黄城市群、关中平原城市群、成渝城市群、黔中城市群、滇中城市群、兰州－西宁城市群、天山北坡城市群[35]，共计 236 个城市。

中国城市群以约 33.3%的国土面积承载了全国超 60%的常住人口，创造了全国 70%以上的 GDP，已成为驱动内需增长与全球经济竞争的核心区域。在空间经济格局中，依托差异化战略，逐步形成“东部沿海高端制造－中部现代服务－西部特色产业”的专业化分工体系。长三角、珠三角、京津冀等城市群经济规模领先，2024 年长三角城市群 GDP 占全国近 1/4，珠三角约占 1/10，成为“世界级城市群”雏形。

3.2. 数据来源

数据来源于用户规模超 10 亿、覆盖率领先的百度指数开源平台。百度指数的综合搜索渗透率最佳，数据经标准化处理且极具代表性；其反映的居民搜索行为与拟态人居环境的生活、娱乐等 5 个子系统直接对应，综合性强；百度指数可按关键词提取检索数据，其开源属性与多维度拓展功能保障了研究的可操作性。

数据收集时间为 2011 年 1 月 1 日至 2024 年 12 月 31 日。对照现实人居环境中人类、居住、社会、支撑、环境五个子系统，参考互联网时代大数据下的居民行为偏好，将拟态人居环境分为生活、娱乐、社交、信息、工具 5 个子系统，共有 17 项一级指标和 62 项二级指标(表 1)，包括 QQ、微信、微博等软件的百度搜索数据。

Table 1. Index system for coupling coordination degree of pseudo human settlements
表 1. 拟态人居环境耦合协调度指标体系

系统	一级指标	二级指标	系统	一级指标	二级指标
生活系统	网络购物	大众点评			搜狐新闻
		当当			腾讯新闻
		国美			今日头条
		京东			网易新闻

续表

娱乐系统	旅游出行	淘宝	社交系统	天气预报	墨迹天气
		唯品会		信息搜索	2345 天气网
		百度地图			UC
	生活服务	高德地图	网络社交		夸克
		携程旅行			百度
		铁路 12306			微博
		安居客			知乎
		链家			快手
	音乐	搜房网	即时通讯		哔哩哔哩
		购房网			QQ
		58 同城			微信
		美团			中国联通
		饿了么			中国移动
	视频	QQ 音乐	工具系统	工作学习	电信营业厅
		酷狗音乐			Office
		酷我音乐			有道词典
		网易云音乐			WPS
		喜马拉雅		金融理财	中国建设银行
信息系统	阅读	爱奇艺	网络安全		中国农业银行
		腾讯视频			支付宝
		优酷			腾讯手机管家
	游戏	芒果 TV	美颜拍照		美图秀秀
		QQ 阅读			美颜相机
		起点读书			Photoshop
	新闻浏览	开心消消乐	文件存储		百度网盘
		英雄联盟			迅雷
		新浪新闻			腾讯微云

3.3. 研究方法

3.3.1. 耦合协调模型

(1) 耦合度能反映系统要素的相似性，拟态人居环境的生活、娱乐、社交、信息、工具 5 个子系统相互制约、相互影响，耦合度模型为：

$$C = 5 \times \left\{ \frac{H_{(1)} \times H_{(2)} \times H_{(3)} \times H_{(4)} \times H_{(5)}}{[H_{(1)} + H_{(2)} + H_{(3)} + H_{(4)} + H_{(5)}]^5} \right\}^{\frac{1}{5}} \tag{1}$$

式中：C 代表耦合度，H 为拟态人居环境综合指数，由熵值法计算得出， $H_{(1)} \cdots H_{(5)}$ 代表拟态人居环境的子系统[36]。 $C \in [0,1]$ ，C 值越大，子系统之间联系越密切，拟态人居环境越趋于有序状态，反之亦然。耦合度等级划分见表 2。

Table 2. The rank criterion of coupling level
表 2. 耦合度的等级标准

耦合度	等级	耦合度	等级
0~0.3	低水平耦合	0.5~0.8	拮抗耦合
0.3~0.5	磨合耦合	0.8~1	高水平耦合

(2) 耦合度主要反映了系统间相互作用程度的强弱, 拟态人居环境的研究还需分析子系统之间协调状况的好坏程度, 因此进一步构建耦合协调度模型。其计算公式为:

$$T = \alpha H_{(1)} + \beta H_{(2)} + H_{(3)} + \delta H_{(4)} + \varepsilon H_{(5)} \quad (2)$$

$$D = (C \times T)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

式中: D 代表协调度, T 为拟态人居环境系统综合评价指数, α 、 β 、 γ 、 δ 、 ε 为待定系数[26], 并基于以往的研究将待定系数均取 0.2。根据已有的研究成果, 将拟态人居环境的耦合协调度划分为 10 个发展阶段(表 3)。

Table 3. The rank criterion of coupling coordination degree level

表 3. 耦合协调度的等级标准

耦合协调度	等级	耦合协调度	等级
0.00~0.09	极度失调	0.50~0.59	勉强协调
0.10~0.19	严重失调	0.60~0.69	初步协调
0.20~0.29	中度失调	0.70~0.79	中度协调
0.30~0.39	轻度失调	0.80~0.89	良好协调
0.40~0.49	濒临失调	0.90~1.00	极度协调

3.3.2. 重心 - 标准差椭圆

重心及标准差椭圆用于揭示地理数据中的中心点、方向趋势及离散程度, 从而揭示社会经济和环境因素的空间模式。包括椭圆方向、长轴、短轴、方位角和重心等要素, 计算公式为:

重心:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}; \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4)$$

坐标偏差:

$$\tilde{x}_i = x_i - \bar{x}; \tilde{y}_i = y_i - \bar{y} \quad (5)$$

方位角:

$$\tan \theta = \frac{\left(\sum_{i=1}^n w_i^2 \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n w_i^2 \tilde{y}_i^2 \right) + \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i^2 \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n w_i^2 \tilde{y}_i^2 + 4 \sum_{i=1}^n w_i^2 \tilde{x}_i \tilde{y}_i}}{\sum_{i=1}^n 2 w_i^2 \tilde{x}_i \tilde{y}_i} \quad (6)$$

X、Y 轴标准差:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n (w_i \tilde{x}_i \cos \theta - w_i \tilde{y}_i \sin \theta)^2}{\sum_{i=1}^n w_i^2}}; \sigma_y = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n (w_i \tilde{x}_i \sin \theta + w_i \tilde{y}_i \cos \theta)^2}{\sum_{i=1}^n w_i^2}} \quad (7)$$

椭圆面积:

$$S = \pi \sigma_x \sigma_y \quad (8)$$

式中: n 表示中国城市群城市数量; w_i 代表每个市镇对应的 PHS 要素值; θ 是椭圆的方位角; (x_i, y_i) 表示每个地级市的经纬度坐标。

4. 结果分析

4.1. 中国城市群拟态人居环境的整体水平

4.1.1. 城市群耦合协调度水平

中国城市群拟态人居环境整体上呈现“高耦合 - 低离散，低协调 - 高离散”的特征。耦合度均值区间(0.9941~0.9985)，标准差范围为 0.0010(呼包鄂榆城市群)至 0.0029(长三角城市群)。其中，兰州 - 西宁城市群(0.9985)、宁夏沿黄城市群(0.9981)、北部湾城市群(0.9975)等多数城市群耦合度逼近 1(图 1)，表明中国城市群拟态人居环境系统间耦合作用强，子系统交互关联紧密，这与城镇化进程中多系统协同演进的宏观趋势一致。标准差平均值仅 0.0019，离散度低，说明尽管城市群分布于不同地理区位、发展基础各异，但拟态人居环境子系统的耦合机制已趋于一致，系统间相互作用强度的区域差异极小。

耦合协调度均值为(0.3493~0.4645)，标准差范围为 0.0225 (呼包鄂榆城市群)至 0.0945 (京津冀城市群)。其中只有京津冀、山东半岛、长三角、珠三角这 4 个城市群耦合协调度高于 0.4，反映拟态人居环境虽然系统耦合紧密，但协调度整体处于低水平状态，“强耦合、弱协调”成为普遍特征。同时耦合协调度标准差平均值达 0.0462，是耦合度的 24 倍余。各城市群离散度大，说明中国城市群拟态人居环境子系统适配的均衡性与稳定性地区差异显著，协调发展路径需因地制宜，发挥高水平城市群的协同带动作用。

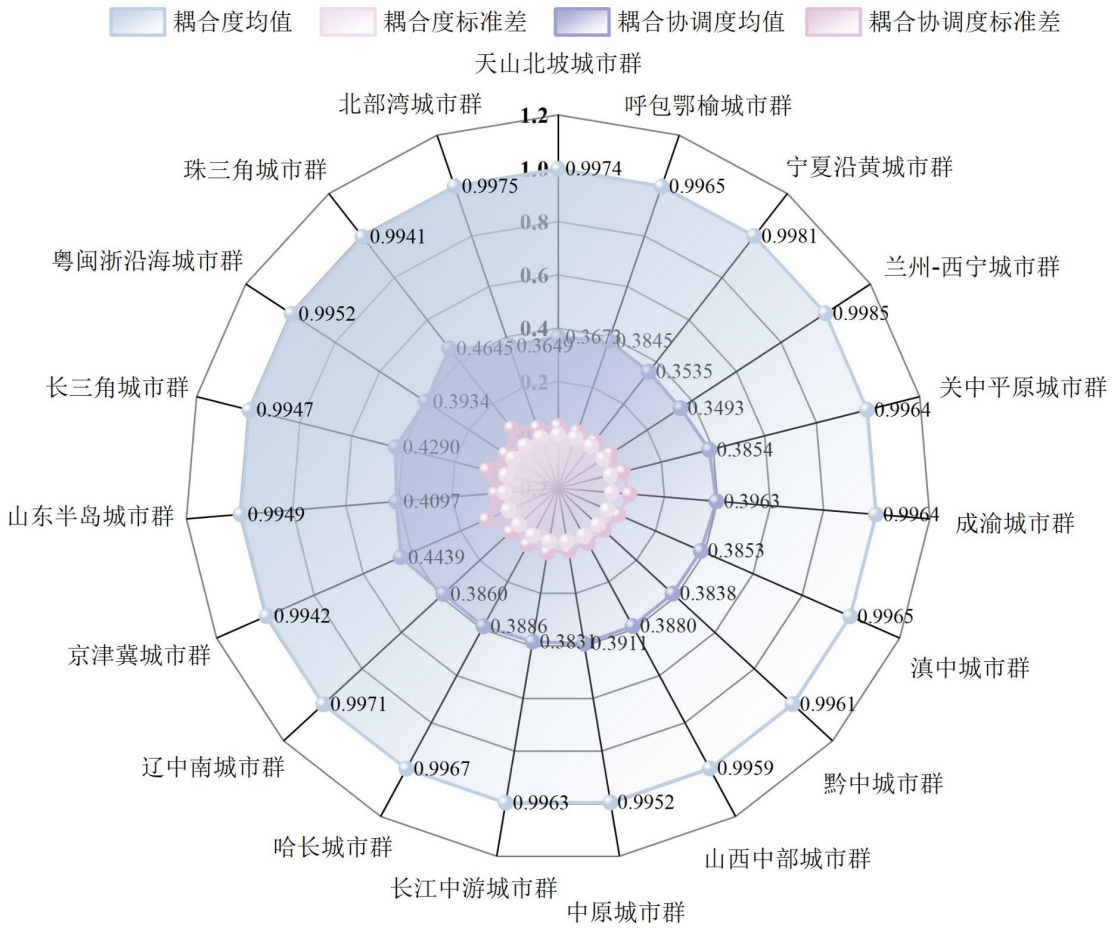


Figure 1. The overall level of coupling coordination degree of urban agglomerations in China from 2011 to 2024
图 1. 2011~2024 年中国城市群耦合协调度整体水平

4.1.2. 城市群耦合协调度类型

2011~2024 年耦合协调度包括两种失调类型：轻度失调、濒临失调，和 4 种协调类型：勉强协调、初步协调、中度协调和良好协调(图 2)。

整体上呈现失调类降速收缩和协调类阶梯式扩展的演变趋势。2011~2024 年，失调始终占据主导地位，但比例逐年下降，而协调类型逐渐增多。2011 年，轻度失调类型城市数量占比高达 94%，主导耦合协调状态，降幅以 2015 年为节点，先增加后趋于平缓，但到 2024 年轻度失调仍占据 67%，反映了拟态人居环境普遍处于低水平失衡状态。2013 年起，勉强协调、初步协调、中度协调、良好协调等类型的频次逐年增加，耦合协调从“失调主导”向“协调突破”过渡，尤其是 2015~2019 年，协调类型占比升至 10%，表明中国城市群拟态人居环境协调度提升初见成效。

阶段性差异显著，2011~2024 年呈现出“失调主导 - 协调萌芽 - 协调扩展”的三阶段特征。2011~2014 年为初期失调阶段：失调类型占比超 90%，几乎整体处于轻度失调和濒临失调的状态。这一时期城市群拟态人居环境在协调方面存在较大问题，但未达到严重失调的水平。2015~2018 年为中期过渡阶段：轻度失调占比明显下降，进而转向濒临失调，拟态人居环境的协调度开始显现出改善趋势。2019~2024 年为后期稳定阶段：轻度失调和濒临失调比例波动下降，勉强协调、初步协调等类型有了一定的增长，尽管不同城市群之间的协调程度仍存在一定差异，但整体呈现出趋向协调的趋势。

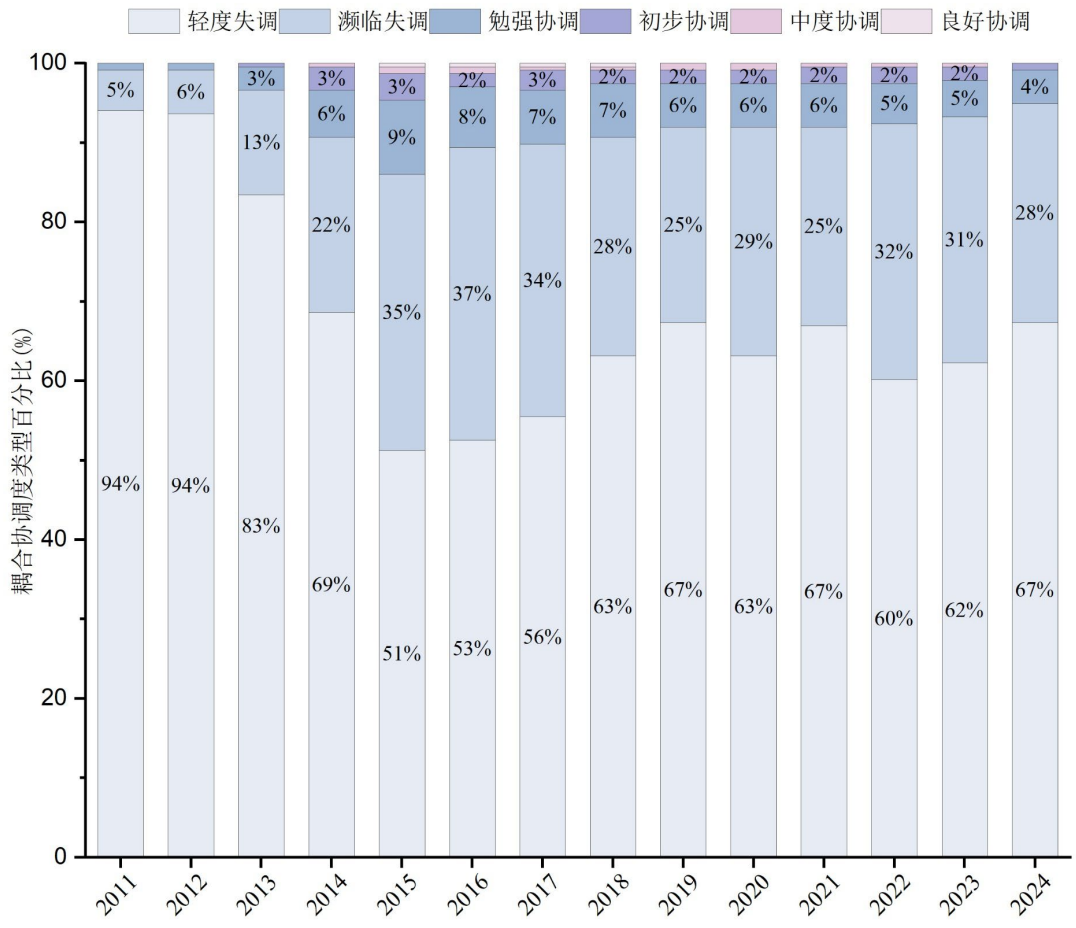


Figure 2. Evolution of the types of coupling coordination degree of urban agglomerations in China from 2011 to 2024
图 2. 2011~2024 年中国城市群耦合协调度类型演变

4.2. 城市群耦合协调度时间格局

中国城市群拟态人居环境耦合协调度自东向西梯度递减，区域分化显著。耦合协调度排名依次是：东部城市群 > 东北城市群 > 中部城市群 > 西部城市群(图 3)。东部城市群均值始终最高，2011 年达 0.3614，2024 年升至 0.4174，年均增长 3.5%，反映东部沿海城市群拟态人居环境协同水平领先；东北部和中部城市群同步增长，但始终低于东部城市群，体现内陆城市群协同发展存在追赶差距；西部城市群耦合协调度最低，从 2011 年的 0.3387 上升至 2024 年的 0.3762，增长最缓，且 2024 年仍比东部低 0.0413，主要是由于西部生态脆弱、经济基础薄弱等因素对耦合协调的制约。

标准差反映区域内城市群耦合协调度的离散程度，东部城市群耦合协调度标准差呈现长期高位、峰值显著特征。东部城市群标准差始终最高，2015 年达到峰值 0.0771，这一现象是经济极化与发展失衡的双重作用的结果。一方面，京津冀、长三角、珠三角依托政策、区位优势，经济发展、城镇化水平远高于东部其他城市群，经济极化效应带动拟态子系统协同升级；另一方面，城市群协同规划未有效落地，区域内产业分工、生态补偿、公共服务协同不足，加剧了“核心-边缘”分化，最终表现为耦合协调度标准差的峰值突破。2015 年后，伴随协同机制补位，长三角生态绿色一体化、粤港澳大湾区协同政策落地，辽中南产业升级推进，核心与非核心城市群的子系统耦合协调度差距收窄。说明标准差高值是发展失衡的阶段性表征，协同机制完善可有效降低离散度。

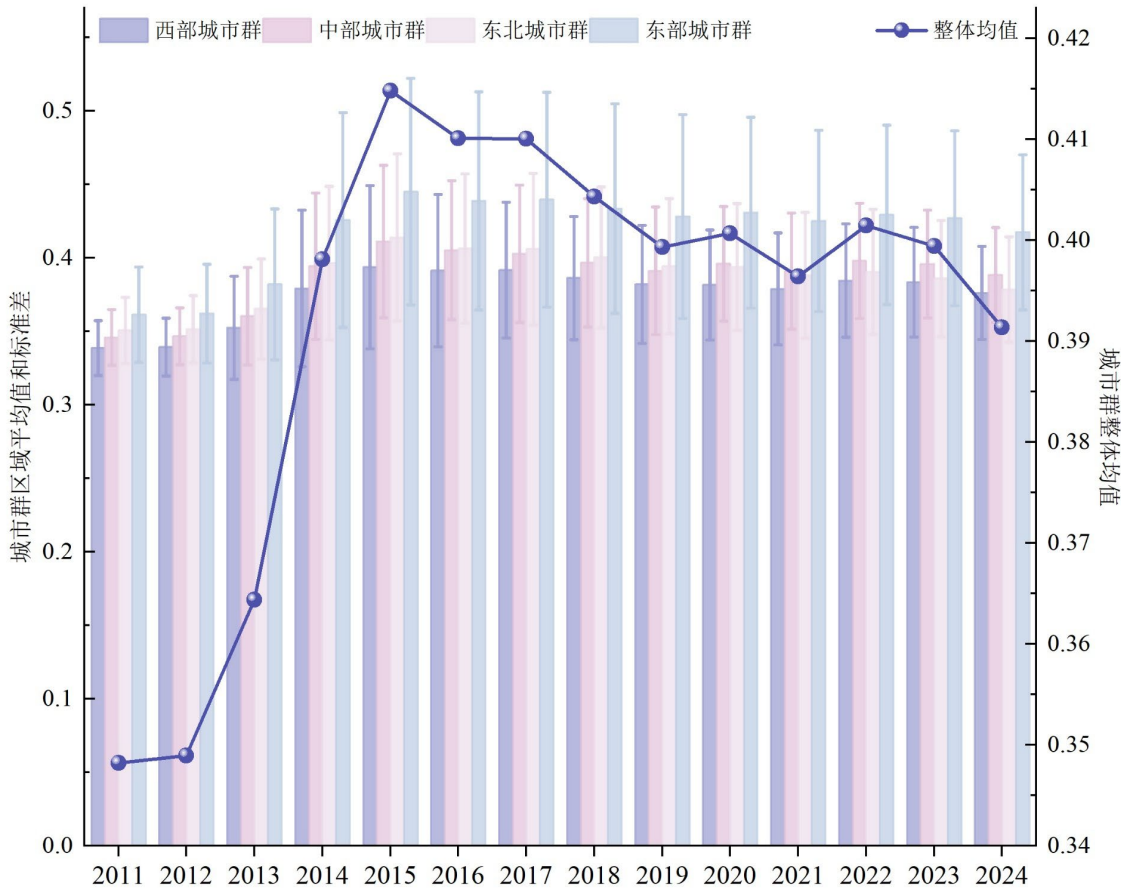


Figure 3. Temporal evolution of the coupling coordination degree of the four major regions of urban agglomerations in China from 2011 to 2024
图 3. 2011~2024 年中国城市群四大区域耦合协调度时间演变

中国城市群拟态人居环境耦合协调度等级逐渐由轻度失调转向濒临失调，失调阶段始终居于主导地位，阶段性特征显著，以 2015 年为时间节点，可以分为两个阶段(图 4)。(1) 2011~2015 年，城市群拟态人居环境耦合协调度处于持续上升阶段，轻度失调为主导类型。耦合协调度均值从 2011 年的 0.3482 上升至 2024 年的 0.3914，2015 年达到峰值 0.4148。主要得益于国家层面一系列促进区域协调发展政策的实施，例如对东部沿海城市群进一步深化开放，加强国际交流与合作；对于中西部城市群，加大了基础设施建设的投入，使得城市群之间的经济联系、产业关联等逐渐紧密，从而推动了耦合协调度整体均值的快速提升。(2) 2016~2024 年为波动下降并趋于稳定阶段，区域分化趋势显著，濒临失调成为主要类型，部分城市群向勉强协调突破。2016~2019 年为 4 年连续下降阶段，下降态势明显；2020~2024 年虽有小幅上下波动，但整体未重回前期上升轨道，城市群拟态人居环境协调发展进入平台期。期间，珠三角、京津冀城市群始终居于领先地位，尤其是珠三角 2015 年耦合协调度达 0.5018，成为全国首个进入“勉强协调”阶段的城市群，主要原因是依托粤港澳大湾区政策和雄安新区建设，充分发挥资金、人才和科技优势，持续建设和改善拟态人居环境，协同效率长期领先。

北部湾城市群	0.3332	0.3331	0.3447	0.3647	0.3733	0.3704	0.3736	0.3747	0.3730	0.3742	0.3711	0.3761	0.3762	0.3708
珠三角城市群	0.3831	0.3811	0.4137	0.4754	0.5018	0.4926	0.4992	0.4928	0.4883	0.4851	0.4757	0.4782	0.4760	0.4600
粤闽浙沿海城市群	0.3497	0.3503	0.3647	0.3983	0.4132	0.4104	0.4095	0.4043	0.3988	0.4039	0.3989	0.4038	0.4039	0.3976
长三角城市群	0.3687	0.3698	0.3913	0.4375	0.4561	0.4495	0.4505	0.4443	0.4409	0.4446	0.4425	0.4420	0.4381	0.4302
山东半岛城市群	0.3554	0.3555	0.3710	0.4146	0.4388	0.4302	0.4312	0.4233	0.4162	0.4233	0.4177	0.4256	0.4210	0.4117
京津冀城市群	0.3781	0.3828	0.4063	0.4641	0.4870	0.4799	0.4735	0.4619	0.4516	0.4535	0.4452	0.4503	0.4466	0.4342
辽中南城市群	0.3507	0.3519	0.3640	0.3933	0.4098	0.4004	0.4035	0.3991	0.3949	0.3937	0.3885	0.3902	0.3856	0.3778
哈长城市群	0.3506	0.3511	0.3667	0.3995	0.4180	0.4122	0.4083	0.4016	0.3937	0.3940	0.3877	0.3907	0.3863	0.3793
长江中游城市群	0.3432	0.3436	0.3562	0.3848	0.3973	0.3922	0.3959	0.3938	0.3902	0.3952	0.3912	0.3966	0.3955	0.3873
中原城市群	0.3448	0.3457	0.3580	0.3953	0.4181	0.4107	0.4095	0.4024	0.3941	0.4001	0.3955	0.4047	0.4017	0.3948
山西中部城市群	0.3497	0.3508	0.3668	0.4028	0.4182	0.4128	0.4029	0.3939	0.3893	0.3926	0.3864	0.3928	0.3903	0.3828
黔中城市群	0.3390	0.3393	0.3545	0.3840	0.4034	0.3985	0.4034	0.3956	0.3922	0.3914	0.3890	0.3980	0.3968	0.3878
滇中城市群	0.3413	0.3423	0.3575	0.3872	0.4063	0.4019	0.4059	0.3988	0.3940	0.3924	0.3868	0.3949	0.3954	0.3888
成渝城市群	0.3463	0.3479	0.3632	0.3968	0.4211	0.4218	0.4178	0.4096	0.4056	0.4085	0.4002	0.4059	0.4055	0.3985
关中平原城市群	0.3436	0.3442	0.3580	0.3895	0.4098	0.4058	0.4048	0.3995	0.3933	0.3936	0.3871	0.3934	0.3910	0.3823
兰州-西宁城市群	0.3247	0.3249	0.3326	0.3490	0.3582	0.3565	0.3581	0.3583	0.3548	0.3549	0.3523	0.3578	0.3565	0.3518
宁夏沿黄城市群	0.3294	0.3285	0.3365	0.3535	0.3612	0.3617	0.3624	0.3596	0.3566	0.3569	0.3589	0.3635	0.3630	0.3573
呼包鄂榆城市群	0.3466	0.3475	0.3637	0.3961	0.4072	0.4032	0.4026	0.3943	0.3886	0.3877	0.3880	0.3900	0.3886	0.3791
天山北坡城市群	0.3384	0.3400	0.3537	0.3776	0.3823	0.3812	0.3788	0.3745	0.3712	0.3673	0.3689	0.3731	0.3713	0.3638
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024

Figure 4. Temporal evolution of the coupling coordination degree of urban agglomerations in China from 2011 to 2024
图 4. 2011~2024 年中国城市群耦合协调度时间格局

4.3. 城市群耦合协调度空间格局

进一步探索中国城市群拟态人居环境耦合协调度的空间格局，本文运用 ArcGIS 10.8 软件，选取 2011、

2015、2019 和 2024 年作为节点年份进行可视化分析(图 5)。

2011~2024 年,中国城市群耦合协调度明显东高西低,核心极化现象显著。2011 年,19 个城市群全部处于轻度失调阶段,耦合协调度水平均低于 0.4000 且差异较小,区域均质化明显。2015 年,东西部分化加剧,空间异质性特征显著。珠三角城市群耦合协调度达到 0.5018,实现了“轻度失调→勉强协调”的层级跳跃,成为东部较高极值区;辽中南城市群、中原城市群等潜力城市群,依托“东北振兴”和“中部崛起”等政策,向濒临失调迈进;天山北坡、兰州-西宁等边缘滞后城市群仍停留于轻度失调阶段,分别是由于地理位置偏远和产业发展滞后所造成的。2019 年,珠三角城市群耦合协调类型由勉强协调(0.5018)回落至濒临失调(0.4883),和京津冀(0.4517)、山东半岛(0.4162)、长三角(0.4409)共计 4 个东部城市群仍维持相对较高的耦合协调水平,共同构成东部多核心协同格局;西部仅成渝城市群(0.4056)得益于“成渝地区双城经济圈”战略驱动与自身基建基础,耦合协调度表现突出,形成西部单核心引领态势。2024 年,成渝城市群由濒临失调(0.4056)退回轻度失调(0.3985),西部单核心格局消失,而东部多核心格局保持稳固,耦合协调度长期领先于其他城市群,仍维系东部引领地位,主导着多核心极化的空间格局。

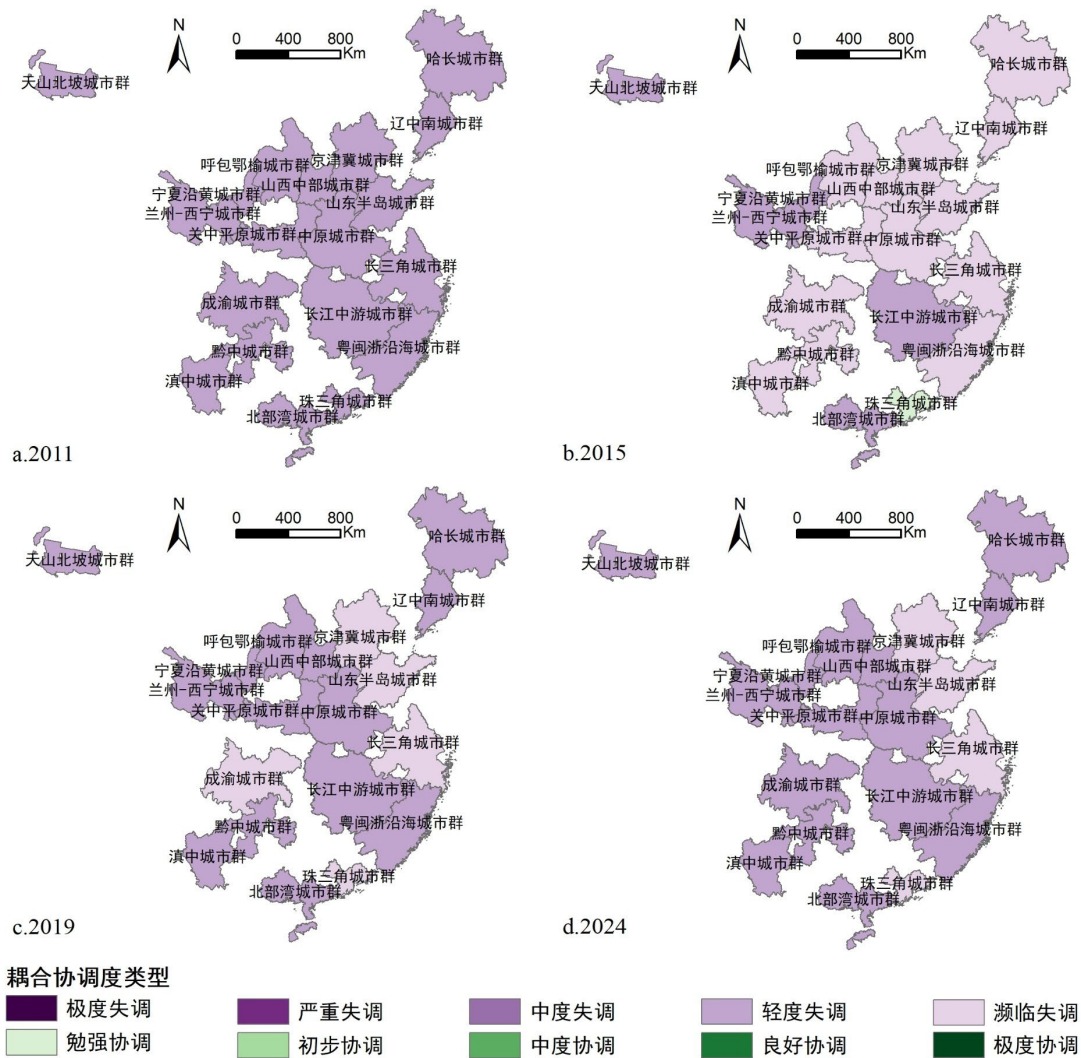


Figure 5. The spatial pattern of coupling coordination degree of urban agglomerations in China from 2011 to 2024
图 5. 2011~2024 年中国城市群耦合协调度空间格局

5. 结论与讨论

5.1. 结论

本研究构建拟态人居环境理论框架，运用耦合协调度模型、重心 - 标准差椭圆探究耦合协调度时空分异特征，并借助障碍度模型障碍因子诊断，揭示中国城市群拟态人居环境的制约机制，为其可持续发展提供新视角。

(1) 耦合协调度整体水平：中国城市群拟态人居环境整体上呈现“高耦合 - 低离散，低协调 - 高离散”的特征。耦合协调度类型共有 6 种，失调型居于主导地位。其中，失调类占比从 2011 年的 94% 降至 2024 年的 67%，最低值达到 51%，协调类从无到有，最高占比 13%。耦合协调度呈现失调类降速收缩和协调类阶梯式扩展的整体态势和“失调主导→协调萌芽→稳定扩展”三阶段演进趋势。

(2) 耦合协调度时间格局：以 2015 年为时间节点，呈现先快速增长、后波动下降并渐趋稳定的阶段性特征；研究期内，耦合协调度排名基本保持不变，依次是：东部城市群 > 东北城市群 > 中部城市群 > 西部城市群。

(3) 耦合协调度空间格局：呈现出东高西低，梯度递减的整体特点，并伴随“核心 - 边缘”分化格局；基于耦合协调度阶段的连续性与层级跨越性，可将城市群划分为固态稳定型和动态过渡型两类；城市群拟态人居环境耦合协调度空间格局趋向于集聚，空间分布主导方向为东北 - 西南向，重心呈南移趋势。

5.2. 讨论

5.2.1. 拟态人居环境可持续发展

区域间的政策协调是提升拟态人居环境协调性的关键。区域间的政策协调能够促进资源、人才、技术等要素的自由流动，实现资源共享、优势互补，从而缩小区域差距，推动协调发展。余丽生等[37]在区域协调发展研究中指出，政策支持能有效促进区域协调发展和共同富裕。

核心城市群在协调性方面具有明显优势。核心城市群发挥其资源、人才、技术等方面优势，可优化资源配置，带动边缘城市群发展。这与成渝城市群高质量发展[38]和新型城镇化下的产业结构升级[39]的研究结果一致。此外，拟态人居环境的耦合协调度东高西低的空间特征也与中国新质生产力发展[40]的研究结果一致。

数字技术对拟态人居环境的协调发展具有正向推动作用。王琴梅等[41]研究也表明，数字新质生产力推动国民经济转型升级，数字技术对于推动农业高质量发展具有十分重要的作用。吴良镛等[42]指出在信息化时代，数字技术作为工具与方法，能为人居环境研究提供详尽数据和分析工具，助力构建人居环境科学评价体系，进而推动适宜人居环境建设。

5.2.2. 局限性

(1) 研究内容立体化：人居环境立体化已成当今的发展趋势，反映了城市空间日益增长的复杂性和多维性。未来研究不仅需聚焦系统间的耦合协调关系，更应深入探究不同形态人居环境、多元要素间的耦合协调机制、研究尺度效应及驱动机制。

(2) 研究尺度精细化：本研究范围为 19 个中国城市群，揭示了拟态人居环境的时空分异规律与障碍因子，后续可将研究尺度进一步细化到单个城市群、城市甚至社区、街道，通过微观尺度的深入剖析，丰富拟态人居环境研究的内容维度，提升对其复杂系统的全面认知。

(3) 研究数据多源化：本研究的指标体系构建基于百度指数数据，而拟态空间作为现实人居环境的映射，其数据来源具有多元性(如 POI 数据、基民满意度数据等)。引入多源数据可更全面刻画人群在拟态空间中的行为特征，推动指标体系向多元化、精细化方向优化。

5.2.3. 政策建议

在当今中国致力于建设数字中国的背景下, 拟态人居环境的建设与发展引起全社会的广泛关注, 针对拟态人居环境在中国城市群存在问题, 提出以下优化建议:

(1) 提升协调度整体水平。革新核心信息技术, 各地政府应完善奖励机制, 鼓励五大子系统间的技术创新与合作。加大对宁夏沿黄、兰州-西宁、北部湾等失调型城市群的政策和资金支持, 促进信息基础设施发展, 推动产业数字化转型。对于已出现协调萌芽的区域, 如京津冀、长三角、成渝城市群等, 强化经济韧性与信息科技优势, 巩固协调发展成果。同时, 将高新技术引入新领域, 推动智慧城市、数字治理等创新模式在政务服务、智慧社区中的应用。例如, 中部城市群可借鉴长三角城市群的经验, 通过数字技术提升生态宜居宜业水平。

(2) 核心带动边缘。实施区域差异化发展策略, 强化区域协同机制。对于东部珠三角、长三角、京津冀等核心城市群, 充分发挥引领作用和协同示范作用, 强化区域协同合作机制, 建立东部城市群数字服务联盟, 提升整体竞争力; 对中部平原、辽中南等中西部及东北城市群, 促进边缘城市群产业转型和基建互通, 尤其是在偏远地区完善公共服务与基础设施建设, 推动城市群拟态人居环境全面建设。如辽中南城市群可发挥“沈阳-大连”的双核带动作用, 推动中心城市与外围城市的协调发展。

参考文献

- [1] 沈坤荣, 乔刚, 谭睿鹏. 国家级大数据综合试验区设立与就业增长[J]. 中国工业经济, 2024(12): 5-23.
- [2] 郭凯明. 人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动[J]. 管理世界, 2019, 35(7): 60-77.
- [3] 喻国明, 耿晓梦. 元宇宙: 媒介化社会的未来生态图景[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 43(3): 2, 110-118.
- [4] 江小涓. 以数字政府建设支撑高水平数字中国建设[J]. 中国行政管理, 2020(11): 8-9.
- [5] 方创琳. 中国新型城镇化高质量发展的规律性与重点方向[J]. 地理研究, 2019, 38(1): 13-22.
- [6] 史育龙, 周一星. 戈特曼关于大都市带的学术思想评介[J]. 经济地理, 1996(3): 32-36.
- [7] 王铮. 地理学理论建设的一本好书——评许学强、周一星、宁越敏的《城市地理学》[J]. 地理学报, 1999(1): 92.
- [8] 史育龙周. 关于大都市带(都市连绵区)研究的论争及近今进展述评[J]. 国外城市规划, 1997(2): 2-11.
- [9] 方创琳. 中国城市群研究取得的重要进展与未来发展方向[J]. 地理学报, 2014, 69(8): 1130-1144.
- [10] 顾朝林. 城市群研究进展与展望[J]. 地理研究, 2011, 30(5): 771-784.
- [11] 白小虎, 陈海盛, 王宁江. 基于分形模型的浙江省城市群空间结构实证研究[J]. 管理现代化, 2018, 38(1): 83-85.
- [12] 张亚斌, 金培振, 艾洪山. 中国工业化与信息化融合环境的综合评价及分析——基于东中西部三大区域的测度与比较[J]. 财经研究, 2012, 38(8): 96-108.
- [13] 肖金成, 洪晗. 城市群人口空间分布与城镇化演变态势及发展趋势预测[J]. 经济纵横, 2021(1): 19-30, 2.
- [14] 方大春, 孙明月. 高铁时代下长三角城市群空间结构重构——基于社会网络分析[J]. 经济地理, 2015, 35(10): 50-56.
- [15] 高国力, 文扬, 王丽, 等. 基于碳排放影响因素的城市群碳达峰研究[J]. 经济管理, 2023, 45(2): 39-58.
- [16] 李涛, 蔡碧凡, 陶卓民. 城市群休闲农业旅游开发环境健康评价研究——以中国沿海六大城市群为例[J]. 地理研究, 2016, 35(11): 2125-2138.
- [17] 祁强强, 徐占军. 生态安全格局时空演变分析——以太原城市群为例[J]. 中国环境科学, 2023, 43(11): 5987-5997.
- [18] 陈良文, 杨开忠. 集聚与分散: 新经济地理学模型与城市内部空间结构、外部规模经济效益的整合研究[J]. 经济学(季刊), 2008(1): 53-70.
- [19] 蔺鹏, 孟娜娜. 环境约束下京津冀区域经济发展质量测度与动力解构——基于绿色全要素生产率视角[J]. 经济地理, 2020, 40(9): 36-45.
- [20] 孙静, 马海涛, 王红梅. 财政分权、政策协同与大气污染治理效率——基于京津冀及周边地区城市群面板数据分

- 析[J]. 中国软科学, 2019(8): 154-165.
- [21] 程遥, 张艺帅, 赵民. 长三角城市群的空间组织特征与规划取向探讨——基于企业联系的实证研究[J]. 城市规划学刊, 2016(4): 22-29.
- [22] 朱金鹤, 孙红雪. 中国三大城市群城市韧性时空演进与影响因素研究[J]. 软科学, 2020, 34(2): 72-79.
- [23] 周维维. 浅析“拟态环境”形成的原因——对李普曼《公共舆论》中传播思想的再开掘[J]. 才智, 2011(27): 307, 345.
- [24] 田深圳, 李雪铭, 杨俊, 等. 东北三省城市拟态与现实人居环境时空耦合协调特征与机制[J]. 地理学报, 2021, 76(4): 781-798.
- [25] 李雪铭, 晋培育. 中国城市人居环境质量特征与时空差异分析[J]. 地理科学, 2012, 32(5): 521-529.
- [26] 李雪铭, 郭玉洁, 田深圳, 等. 辽宁省城市人居环境系统耦合协调度时空格局演变及驱动力研究[J]. 地理科学, 2019, 39(8): 1208-1218.
- [27] 赵永玉, 阿里木江·卡斯木, 高鹏文, 等. 基于 GIS 的天山北坡城市群人居环境自然适宜性评价[J]. 生态科学, 2023, 42(5): 84-93.
- [28] 常煜, 牛桂敏. 农村人居环境整治满意度及支付意愿的影响因素分析——基于天津市问卷的调查数据[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(1): 36-42.
- [29] 谢晓议, 曾咂, 李军. 基于移动窗口法和栅格数据的重庆市人居环境自然适宜性评价[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(10): 1351-1359.
- [30] 李航, 李雪铭, 田深圳, 等. 城市人居环境的时空分异特征及其机制研究——以辽宁省为例[J]. 地理研究, 2017, 36(7): 1323-1338.
- [31] 朱彬, 张小林, 尹旭. 江苏省乡村人居环境质量评价及空间格局分析[J]. 经济地理, 2015, 35(3): 138-144.
- [32] 姜旭, 卢新海. 长江中游城市群城镇化与人居环境耦合协调的时空特征研究[J]. 中国土地科学, 2020, 34(1): 25-33.
- [33] 李伯华, 曾灿, 窦银娣, 等. 基于“三生”空间的传统村落人居环境演变及驱动机制——以湖南江永县兰溪村为例[J]. 地理科学进展, 2018, 37(5): 677-687.
- [34] 李雪铭, 田深圳. 中国人居环境的地理尺度研究[J]. 地理科学, 2015, 35(12): 1495-1501.
- [35] 童玉芬, 杨艳飞, 韩佳宾. 人口空间集聚对中国城市群经济增长的影响——基于 19 个城市群的理论与实证分析[J]. 人口研究, 2023, 47(3): 121-132.
- [36] 姚岚博, 冶建明, 王芸, 等. 干旱区人居环境系统耦合协调的时空演变及作用机制研究——以新疆为例[J]. 干旱区地理, 2023, 46(6): 1013-1023.
- [37] 余丽生, 楼蕾. 共同富裕目标下协调区域均衡发展的财政政策研究——以浙江为例[J]. 地方财政研究, 2022(8): 49-54.
- [38] 涂建军, 况人瑞, 毛凯, 等. 成渝城市群高质量发展水平评价[J]. 经济地理, 2021, 41(7): 50-60.
- [39] 吴福象, 沈浩平. 新型城镇化、基础设施空间溢出与地区产业结构升级——基于长三角城市群 16 个核心城市的实证分析[J]. 财经科学, 2013(7): 89-98.
- [40] 吉雪强, 贺志浩, 李卓群, 等. 省域新质生产力发展水平测度、时空特征及其影响因素[J]. 经济地理, 2024, 44(11): 104-112.
- [41] 王琴梅, 杨军鸽. 数字新质生产力与我国农业的高质量发展研究[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2023, 52(6): 61-72.
- [42] 吴良镛, 毛其智. “数字城市”与人居环境建设[J]. 城市规划, 2002(1): 13-15.