

# “动—静”结合视角下都市圈多层次空间格局研究 ——以黄河“几”字弯都市圈为例

王芳<sup>1</sup>, 郭梦瑶<sup>1</sup>, 牛方曲<sup>2\*</sup>

(1. 内蒙古大学公共管理学院, 呼和浩特 010020; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:**开展黄河“几”字弯都市圈的区域社会经济联系与空间格局的系统研究, 可为黄河流域高质量发展与黄河“几”字弯都市圈协同发展提供科学支撑。论文将人流、物流和信息流的流空间动态数据与城市自身综合实力静态数据相结合, 构建了都市圈多层次空间结构算法, 对“动—静”结合视角下的黄河“几”字弯都市圈多层次空间格局进行综合分析。结果发现: ①黄河“几”字弯都市圈内人流、物流和信息流联系强度存在一定差异, 其中信息流联系最强, 且信息流与其他要素流都存在较强的相关性; ②黄河“几”字弯都市圈形成了以鄂尔多斯为主导城市, 以银川、呼和浩特、太原等为次主导城市的多层次空间格局, 并形成了以这些核心城市为中心的区域小型城市团。未来, 黄河“几”字弯都市圈应着重发展鄂尔多斯、太原、呼和浩特、银川等核心城市, 加强核心城市辐射能力, 并强化各城市间联系强度, 推动“几”字弯都市圈由“点”到“轴”再到“面”的城市网络进程。

**关键词:**动态数据; 静态数据; 黄河“几”字弯; 空间格局

都市圈作为国家城镇化战略格局中承上启下的关键空间, 其空间结构特征和发展趋势逐渐成为人文地理关注的重点<sup>[1-2]</sup>, 中国“十四五”规划纲要也指出“要发展壮大城市群和都市圈。”而黄河流域是中国重要的经济地带和生态保障, 在中国经济社会发展和生态安全方面具有十分重要的地位。2020年1月3日, 中央财经委员会第六次会议正式提出黄河“几”字弯都市圈概念, 并对黄河“几”字弯都市圈的建设做出了重大部署, 要求推进黄河“几”字弯都市圈协同发展, 推动沿黄地区中心城市及城市群高质量发展<sup>[3-4]</sup>。自2021年10月8日国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》(下文简称《纲要》)以来, 黄河“几”字弯都市圈协同发展进

入国家战略视野, 同京津冀协同发展、粤港澳大湾区建设等并列成为重大国家战略<sup>[5]</sup>。2021年习近平总书记在深入推动黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上指出“‘十四五’是推动黄河流域生态保护和高质量发展的关键时期”, 应科学分析流域内的发展形势, 确保高质量发展取得明显成效; 并在2022年党的二十大上再次强调: 要“推动黄河流域生态保护和高质量发展”, 流域各地紧密结合比较优势, 增强流域高质量发展内生动力<sup>[6]</sup>。黄河“几”字弯都市圈地域特征明显, 集能源富集区、革命老区、民族聚集区、边疆地区、传统农牧区、流域文化发祥区于一体, 是新一轮西部大开发的重要引擎。同时, 黄河“几”字弯都市圈横跨中国中西部地带,

收稿日期: 2022-12-06; 修订日期: 2023-04-28。

基金项目: 内蒙古自治区高等学校自然科学重点项目(NJZZ23095); 内蒙古自治区高等学校“青年科技英才支持计划”(NJTY-20-B09); 内蒙古社会科学研究课题(2022EY10)。[Foundation: The Key Program for Natural Sciences in Universities of Inner Mongolia, No. NJZZ23095; Young Talents of Science and Technology in Universities of Inner Mongolia, No. NJTY-20-B09; The Research Project on Social Sciences in Inner Mongolia, No. 2022EY10.]

第一作者简介: 王芳(1987—), 女, 内蒙古呼和浩特人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事城市发展研究。

E-mail: wangf741@163.com

\*通信作者简介: 牛方曲(1979—), 男, 安徽淮南人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事城市与区域发展模拟研究。

E-mail: niufq@lreis.ac.cn

引用格式: 王芳, 郭梦瑶, 牛方曲. “动—静”结合视角下都市圈多层次空间格局研究: 以黄河“几”字弯都市圈为例 [J]. 地理科学进展, 2023, 42(7): 1243-1255. [Wang Fang, Guo Mengyao, Niu Fangqu. Hierarchical spatial pattern of urban agglomeration based on the dynamic and static data: A case study of the Yellow River Ji-shaped bend. Progress in Geography, 2023, 42(7): 1243-1255.]  
DOI: 10.18306/dlkxjz.2023.07.002

新亚欧大陆桥穿境而过,是中国面向中北亚、向西向北双向开发开放的前沿阵地。随着黄河“几”字弯区域经济的深入发展,其内部经济联系也将日趋紧密。因此,开展黄河“几”字弯的社会经济联系与区域空间结构研究,对于探讨如何扩大黄河流域核心城市辐射力、加快形成促进区域发展的驱动轴线、构建协同发展格局、形成区域增长极等问题具有重要参考价值。

区域空间结构理论的研究可以追溯到20世纪50年代之前,主要为探索区域空间结构的理论,如Christaller<sup>[7]</sup>1933年提出的中心地理论,受到学界广泛认可。20世纪50—60年代,伴随城市化的快速发展,衍生了许多经典空间相互作用的理论,如增长极理论、空间集聚与扩散理论、“核心—边缘”理论等<sup>[8-10]</sup>。此后,区域城市间空间相互作用研究得到了很大的发展,也衍生出了较多研究方向,但多数研究为城市经济联系空间形态的静态描述和经验研究,如利用引力模型研究旅游经济联系与空间结构<sup>[11-12]</sup>以及利用人口等城市规模统计数据进行城市体系研究和首位度的研究<sup>[13-14]</sup>。20世纪90年代以后,全球化和信息化深刻影响着世界各国城市与区域的发展演化,区域间的联系超出中心地理论的边界限定,任何区域或城市的发展都不再是在一个封闭的系统内进行<sup>[15-19]</sup>。而且,随着全球局势不断演化,中国提出“双循环”的新发展格局,以释放后疫情时代高质量发展潜力;都市圈也不再是孤立的系统,都市圈内外部通过频繁的要素流动进行物质交换,形成动态合作的都市体系<sup>[20]</sup>。这不但改变了城市的发展模式,同时也会影响到区域的发展。此背景下,基于动态关联的“流空间”视角逐渐成为区域空间结构的热点方向。

Castells<sup>[21]</sup>20世纪90年代以来就致力于信息网络与现代城市的研究,首先提出“流空间”可作为城市和区域结构的新视角,指出要素动态流动将取代传统场所空间的静态结构。2000年后,一批学者将“流空间”理论与“世界城市”理论相结合,对城市网络进行了大量研究<sup>[19,22-23]</sup>。此后,流空间的观点得到了越来越多的关注,“流思维”被引用来理解城市在区域中的地位。学者们归纳出3种方法来研究“流空间”<sup>[24]</sup>:第一种方法是通过交通或通信基础设施来反映城市之间的联系<sup>[25-26]</sup>;第二种是通过生产性服务公司或跨国公司的企业空间组织和位置来分析城市网络<sup>[27]</sup>;第三种方法是通过社会组织或社会

群体(如技术移民)进行分析<sup>[28]</sup>。

自2010年起,基于“流空间”视角研究区域和城市群空间结构的方法也逐渐受到国内学者的关注。前期的研究多利用城市间交通流数据特征判断城市层级体系和网络空间结构<sup>[29-31]</sup>。如马学广等<sup>[32]</sup>通过客运交通流数据研究山东沿海城市带的多中心结构,发现山东沿海城市带在空间结构上有明显的规模效应、向心性和内化性特征;蔡莉丽等<sup>[33]</sup>也使用交通流数据对珠三角地区城市群空间结构和多中心特征进行研究。随着信息技术的发展和城市网络研究的兴起,以百度指数、网络地名共现、腾讯大数据为代表的互联网资源逐渐成为“流空间”视角下城市全球化、一体化研究的新方向。如邱坚坚等<sup>[34]</sup>和Zheng等<sup>[35]</sup>皆从信息流和交通流出发,借助空间计量、社会网络分析等方法,分别以粤港澳大湾区与黔中城市群为例,对较发达与欠发达城市群的网路结构特征进行识别与分析。

近年来,愈来愈多的新型“流空间”映入研究视野,如消费流、创新流、资本流等<sup>[36-38]</sup>,逐步完善了“流空间”的研究领域,对城市网络的刻画也愈加清晰和深入。一直以来,学界对于分属于人口流动的旅游流空间的研究热度居高不下,但近年衍生出了更为新颖的研究视角与研究路径。如周慧玲等<sup>[39]</sup>与杨勇等<sup>[40]</sup>分别从实际和虚拟旅游流入手研究中国省际旅游流,结合复杂网络分析方法,探索空间网络结构的优势、联系和发育水平;此外,跨境旅游流的研究与挖掘也颇受学界关注,林志慧等<sup>[41]</sup>从城市合作的视角分析中国60个入境旅游城市的整体和个体网络特征,Silm等<sup>[42]</sup>使用移动定位数据对爱沙尼亚与芬兰之间的临时跨境流动人口的数量、时间、类型、目的地分布及贡献程度进行了深入分析。随着“流”对城市网络研究的影响逐步深入,人们的关注点也不仅仅局限于要素流与区域内部城市关系的探索,而是逐步显现出外向的、跨级别的、联动发展的趋势,其中,流空间研究向协同治理<sup>[43]</sup>、协同创新<sup>[37]</sup>、国土安全<sup>[44]</sup>、城乡融合<sup>[45-46]</sup>等越来越多的新领域逐步靠拢,也让“流”研究更加贴合政策与现实,研究可持续程度与价值也达到新的高度。

总的来看,目前关于区域空间结构的研究可分为2类:其一为传统研究,主要通过对静态数据的深入挖掘,将城市视为封闭系统来分析不同城市发展水平,从而对其空间结构进行研究;其二则是利用近年来成为研究热点的动态的流空间数据开展研

究,但目前该类研究多关注一种或几种要素的流动格局对区域空间结构的影响。事实上,结合传统“静态”城市发展水平与“动态”要素流动探讨区域发展格局与政策制定才是未来研究的大势所趋<sup>[47]</sup>。因此,本文拟将二者进行科学融合以延展区域空间结构的研究视野。此外,目前国内相关研究多集中在经济较发达的地区,如长三角、珠三角及京津冀地区<sup>[48-50]</sup>,对黄河“几”字弯都市圈的研究甚少。在黄河“几”字弯都市圈协同发展的大背景下,亟需开展相关研究探寻协同发展的科学路径。本文将以黄河“几”字弯都市圈作为研究区域,通过城市实力静态数据与多元流空间动态数据相结合的方法开展区域多层次空间结构研究,判别黄河“几”字弯地区的空间结构、层级组织,为黄河“几”字弯都市圈协同发展和空间优化策略提供借鉴依据。

## 1 研究区域、数据与方法

### 1.1 研究区域

本文以黄河“几”字弯都市圈为研究区,指黄河西起甘肃白银,经宁夏、内蒙古、陕西至山西临汾,处在“几”字型弯顶端的3000 km河段所流经的区域,占地约55.7万km<sup>2</sup>;黄河“几”字弯都市圈包括太原、呼和浩特、银川3个省会,以及宁夏吴忠、中卫,内蒙古乌海、巴彦淖尔、包头、鄂尔多斯,陕西榆林,山西朔州、忻州、吕梁等共21个行政市(图1)。后文所涉及的城市名均指行政市。



图1 研究区范围

Fig.1 The study area

### 1.2 研究方法与数据来源

#### 1.2.1 流空间分析

针对动态流空间的研究,本文将黄河“几”字弯都市圈包含的21个行政市视为节点,构建了21×21的多值网络矩阵,进一步分析人流、物流、信息流3种流空间在网络矩阵中的特征。人口流动的数据来自于2020年9月22日至2021年1月28日的“百度迁徙地图”(https://qianxi.baidu.com)。该数据通过手机用户的信息绘制人口流动轨迹,展现了城市之间实时、动态、直观的每日人口流动情况。物流数据来自快递100(https://www.kuaidi100.com),于2021年7月10日获取了研究区范围内10家主流物流公司共计5687个站点信息。信息流数据来自百度指数(https://index.baidu.com),于2021年7月搜集了21个行政市近30 d的日均搜索指数。人口流采用百度迁移大数据,主要包括2个部分:总迁入指数和总迁出指数。信息流数值表征为2个城市之间百度搜索指数的平均值。物流数值为2个城市之间物流站点数量的平均值。具体方法包括:

#### (1) 网络密度

在社会网络中,用单个节点来表示每个城市。网络密度是指在一个联系网络中各个城市间的联系程度<sup>[51]</sup>。计算公式如下:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N d(n_i, n_j)}{N(N-1)} \quad (1)$$

式中:  $D$  为网络密度;  $N$  为城市节点数;  $d(n_i, n_j)$  为两城市  $n_i$ 、 $n_j$  之间实际存在的联系量。

#### (2) QAP分析

QAP(quadratic assignment procedure)是研究不同种类网络之间关系的常用方法。它根据数据置换对网络矩阵中每个元素的值进行比较,从而得出矩阵之间的相关系数和回归系数。它还对系数进行了非参数检验,避免了关系数据回归中出现的共线性问题。在本文中,QAP主要用于比较不同种类流空间整体结构的相似性。

#### (3) 空间结构指数

空间结构指数是 Hanssens 等<sup>[52]</sup>在2013年提出的一种改进后的算法。公式如下:

$$SSI = \begin{cases} 1 - \frac{SD}{2SD_r} & (SD \leq SD_r) \\ \frac{SD_r}{2SD} & (SD > SD_r) \end{cases} \quad (2)$$



式中:SD为节点间流量的标准偏差值, $SD_r$ 为所有节点排序后的序列号的标准偏差,SSI为空间结构指数。SSI的取值范围为0~1,其中0表示区域空间结构呈现明显的单极化发展,1表示区域空间结构具有明显的多极化特征,可用于评价区域空间结构的分散程度。

#### (4) 综合流数据处理

为合理表征城市间的综合流,将人流、物流和信息流3种流的矩阵数据进行归一化处理,公式如下:

$$S = \frac{x - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}} \quad (3)$$

式中: $x$ 是原始数据;Min是矩阵数据的最小值;Max是矩阵数据的最大值; $S$ 是归一化的数据。归一化后, $S$ 位于0~1的范围内,1表示2个城市的联系最紧密,0表示2个城市的距离最远。将归一化后的数据相加,可以描述城市联系流的强度。

$$R_i = \sum_j R_{ij} \quad (5)$$

式中: $R_i$ 表示城市*i*的流动强度; $R_{ij}$ 是城市*i*与城市*j*的网络连接强度。在研究都市圈综合流动的空间结构时,参考现有研究成果<sup>[53]</sup>,将各流动要素视为同等重要,因此,3种要素流的权重均为1/3。

#### 1.2.2 城市综合实力评价

城市综合实力是评价其等级和核心地位的重要依据。本文从经济、城市建设、科技和吸引力4个维度出发<sup>[54-56]</sup>,选择了9个一级指标、17个二级指标构建了城市综合实力评价指标体系<sup>[57-58]</sup>(表1)。在该指标体系中,分别从经济实力、经济活力与市场规模3个方面衡量城市经济发展水平,其中,用商业银行和上市公司的数量衡量城市的投资环境、营商环境与经济增长潜力,以此来刻画城市经济活力;用城市规模大小与基础设施完备程度来评价城市建设水平;从城市科技投入多寡和科研力量2个方面评价城市科技发展水平,其中以万人拥有高校数量与万人拥有发明专利数衡量城市创新能力与科研力量的强弱,这是由于高校是每个城市的重要科研场所和创新源泉,发明专利数更能直接体现城市的自主创新能力;评价城市吸引力时从社会活力和中心度2个方面进行考虑,以点度中心度和中介中心度相结合来衡量单个城市在都市圈内的核心程度,点度中心度表征城市在网络中的直接联系能力,中介中心度表征的则是间接联系能力。然后运用熵值法对标准化后的指标进行客观赋权,而后根据指

标权重计算各城市的综合实力得分。数据来自2020年各级各类统计年鉴,主要包括《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《城市建设统计年鉴》,以及各省市统计年鉴等。

#### 1.2.3 多层次空间结构及其算法

根据中心地理论,区域空间相互作用表现出多层次结构(图2)。因此,本文认为区域内存在一个规模等级最高的城市引领着区域发展,即核心城市,其周边各城市与核心城市有密切的社会经济联系。每个城市有各自辐射区域,如此形成多层次区域空间结构。其中,在城市群与都市圈的实际发展情况中,存在许多由双核或多核带动城市群发展的实例,这与本文构建的多层次区域空间结构并不相

表1 城市综合实力评价指标体系

Tab.1 Evaluation indicator system of comprehensive city strength

目标层	一级指标	二级指标	指标性质
经济	经济实力	人均GDP(元)	+
		第三产业占比(%)	+
	经济活力	商业银行数量(个)	+
		上市公司数量(个)	+
	市场规模	全社会固定资产投资(万元)	+
		社会消费品零售总额(万元)	+
城市建设	城市规模	建成区面积(km <sup>2</sup> )	+
		人口总量(万人)	+
	基础设施	人均城市道路面积(m <sup>2</sup> /人)	+
		建成区供水管道密度(km/km <sup>2</sup> )	+
		燃气普及率(%)	+
科技	科技投入	R&D经费占GDP比重(%)	+
	科研力量	万人拥有高校数(所)	+
		万人拥有发明专利数(个)	+
吸引力	社会活力	百度指数	+
	中心度	点度中心度	+
		中介中心度	+

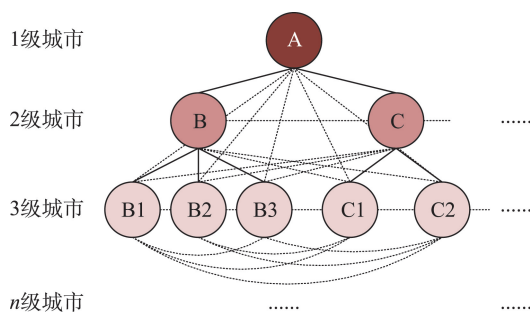


图2 树状多层次结构示意图

Fig.2 Diagram of multi-level tree structure

悖,因为即使是双核或多核结构,其核心城市也是存在相对大小之分的,总是会存在一个相对的核心城市,如成渝城市群是典型的双核城市群,但无论在经济、人口还是城市定位上,重庆都更具区域核心城市的优势。因此,本文基于城市综合实力与城市间的综合流探索区域内网络结构,构建区域空间结构分析算法(图3),通过对21个行政市进行分析计算,得出研究区域的“动—静”结合的多层次空间结构。

区域内各个城市之间均存在着一定的联系,本文通过人流、物流与信息流构建的综合流表征城市间的联系,若与城市B联系最密切的是城市A,且城市A的综合实力强于城市B,则称B在A的辐射区内,称作A吸引B。由此可知,综合实力较强城市的辐射区会由多个城市构成。由此构造了区域多层次空间结构分析算法,具体步骤为:选定任意城市B,通过逐一比较筛选与其相互联系最密切且综合实力更高的城市A,将其拟定为B的上级中心城市(若B的综合实力最高,则称B无上级中心城市);将B弹出堆栈,选择下一城市重复以上过程,直至所有城市比对完毕。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄河“几”字弯都市圈“动态”要素流空间

#### 2.1.1 城际动态要素流联系强度分析

区域内城际动态要素流网络密度描述了城市网络中行政市(节点)联系的密切程度,密度越高,城市间联系越紧密。其中,黄河“几”字弯都市圈中信息流网络密度最高(0.193),这是由于信息流空间是一个全覆盖的城市网络,两城市间都存在或多或少的信息联系。其次是物流(0.186),这是由于随着消费者个性化需求的增加,中国迎来了线上购物的新高潮,伴随着对物流服务业的要求日益提升,使城市间的物流网络变得日益完善,整体网络密度达到了较高水平,物流服务现已基本覆盖了“几”字弯都市圈所有行政市。人口流的网络密度相对不高(0.113),可能是由于小城市之间和跨省城市之间的人口流动水平较低。其中,在“几”字弯都市圈人口流动数据的观测时间内,百度迁徙规模指数显示91.43%的城市都存在较强的直接的人口联系。个别城市之间人口迁徙指数在指数化处理后趋近于零,代表着人口迁徙数量很小,但不是完全不存在人口联系。

研究区人流分布情况如图4所示。由图可知,

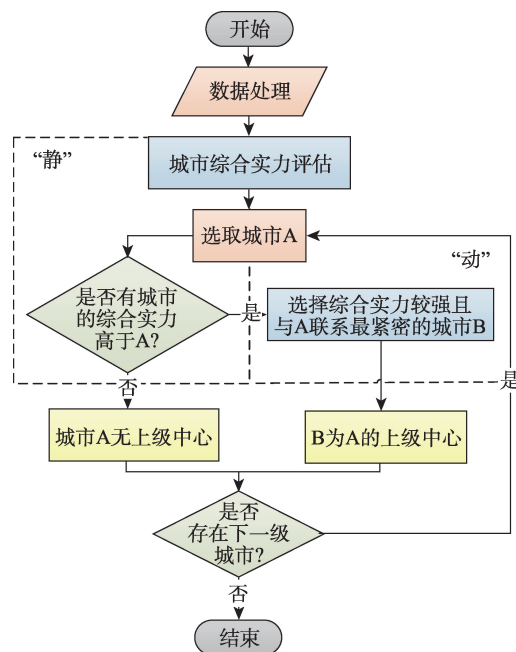


图3 “动—静”结合的区域城市多层次空间格局算法

Fig.3 Calculation algorithm of multi-layered spatial pattern of regional cities using dynamic and static data

一方面,区域内人口省内流动特征显著,强度等级最高的人口流动多发生在同省份城市之间。如鄂尔多斯和乌海、呼和浩特和乌兰察布、大同和朔州、太原和吕梁、银川和吴忠/中卫/石嘴山等城市间的人口流动频繁。这些城市相互之间空间距离近、经济联系密切、交通便利,且二者间作为人口流入区的一方往往是省内中心城市,具有较大的人口规模和市场规模、经济条件较好、生活水平高、工作机会多、在小范围内经济和基础设施辐射能力强,从而拥有较强的人口联系水平。另一方面,省际人口流动往往发生在区域核心城市之间。随着近年来黄河流域生态保护和高质量发展战略的提出,区域内在生态保护和区域协作方面联系不断加深,省际间尤其是区域核心城市间人口流动频繁。太原是山西省省会和重要的经济中心,其经济发展程度高、体量大,人口吸引力强,是区域核心城市,吸纳了较多人口流汇聚至此;呼和浩特和银川人口规模过百万,呼和浩特作为内蒙古自治区首府,其发展具有天然的政治经济优势;银川作为宁夏回族自治区首府,以新材料和高端装备制造业为主导产业,经济条件优越,这些区域核心城市在“几”字弯区域占据着重要的经济地位,也成为人口流动的主要指向。从空间模式上来看,人口流的空间结构趋于多极化,SSI值为0.883,这也印证了鄂尔多斯、银川、太

原和呼和浩特等人口流动核心城市都与周边城市存在较强的人口联系。

都市圈物流网络如图5所示。黄河“几”字弯都市圈的物流网络发展已经相对成熟,这与当前中国物流业快速发展的背景相吻合。可以看出,联系程度较高的物流网络都发生在“几”字弯都市圈的东部地区,尤其是山西省内。山西省曾经是中国的煤炭资源大省,拥有极为发达的运输系统,原有的运输系统为物流空间快速发展奠定了基础;另外,山西省位于研究区东部,易受到东部发达地区如北京、天津和石家庄等城市的辐射,带动其物流网络走向成熟;最后,太原属于国家级物流集散地,是华北地区重要的物流枢纽,这也使太原拥有更强大的物流网络。物流的网络空间结构整体上偏向单极化,SSI值为0.135。从空间上来看,物流空间基本

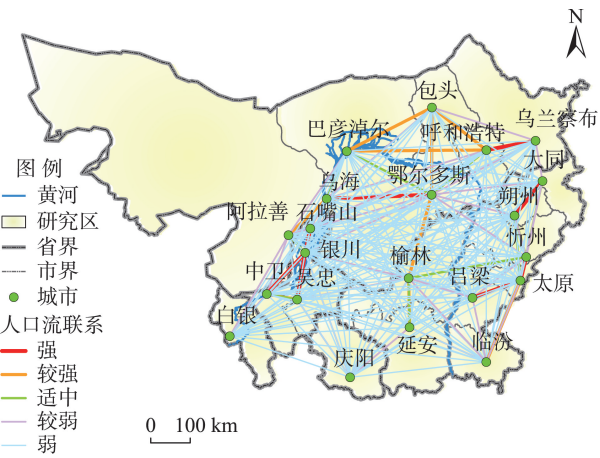


图4 黄河“几”字弯都市圈人口流空间联系强度  
Fig.4 Spatial linkage intensity of population flow in the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend

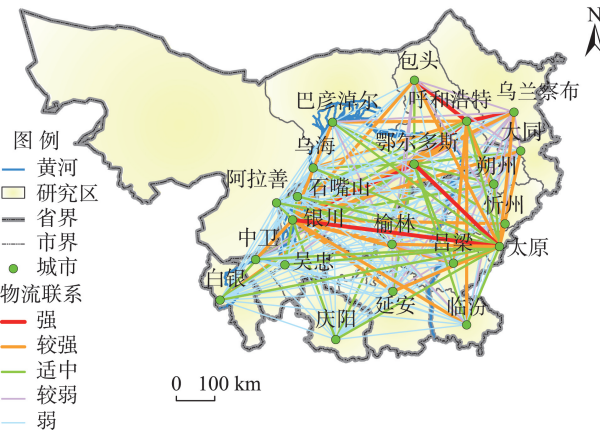


图5 黄河“几”字弯都市圈物流空间联系强度  
Fig.5 Spatial linkage intensity of logistics flow in the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend

上符合极核互动型,即高强度的物流集中在核心城市之间,如银川、鄂尔多斯、太原、呼和浩特和包头。

信息流网络与物流网络在空间上较为相似,联系强度较高的信息流都集中在区域的中心三角区(图6)。信息流空间已经形成了一个由呼和浩特、鄂尔多斯、银川、榆林、太原组成的完整区域网络,在空间上构成一个“三角形”,引领着都市圈的信息流动。信息流的空间模式趋于多极化,SSI值为0.535,体现了信息网络强大的跨地区和跨层次的联系能力,同时也推动了中心城市之间紧密的协同发展步伐。

2.1.2 城际动态要素流网络相关性分析

通过QAP来分析城际动态要素流之间的关联性(表2),可以看出,信息流与人口流、物流都具有很强相关性,值分别为0.351、0.544,随着互联网技术的普及,信息流伴随着人口流和物流的流动,往往在以极快、极密集的方式不停地传播与交换,使信息流成为一个全覆盖的联系网络,2个城市之间或多或少地都存在着一些信息联系,并与城市间产生的其他要素流粘连性较强。物流与人口流的空间相关性较低,值为0.231,这是由于城市间的物流主要使用公路运输的手段,要素流动形式较为

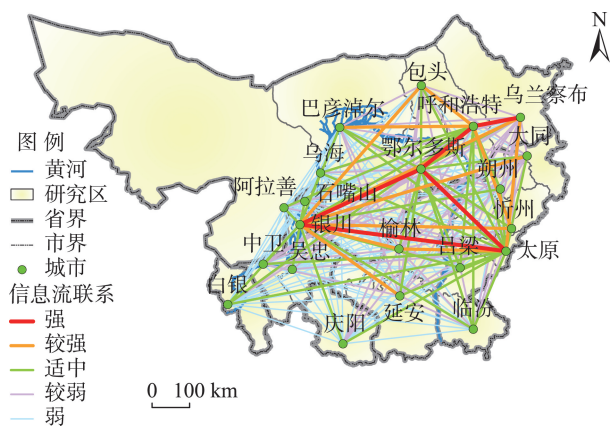


图6 黄河“几”字弯都市圈信息流空间联系强度  
Fig.6 Spatial linkage intensity of information flow in the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend

表2 黄河“几”字弯都市圈流空间的空间关联性测试结果

Tab.2 Results of spatial correlation test of flow spaces in the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend

流空间种类	人口流	信息流	物流
人口流	—	0.351*	0.231*
信息流	0.351*	—	0.544*
物流	0.231*	0.544*	—

注:\*表示 $P < 0.001$ ;“—”表示没有数据。



单一,而人流随着技术的提高,逐渐拥有了更为多样的流动方式与流动网络,与物流网络的相似度在不断降低。

2.2 黄河“几”字弯都市圈“静态”城市综合实力评价

根据 1.2.2 节构建的城市综合实力评价指标体系,对黄河“几”字弯都市圈内的 21 个城市的综合实力进行评价(表 3)。黄河“几”字弯都市圈各城市综合实力水平呈现出显著的“中心—外围”空间格局,以鄂尔多斯、太原、呼和浩特和银川等行政市为中心。具体来看,区域综合实力最强的城市以鄂尔多斯、太原、呼和浩特、银川、包头为第一梯队,在空间上集中分布在“几”字弯中心区域,这些行政市综合实力得分均超过 0.45,其中,呼和浩特、银川、太原均是首府或省会,是黄河“几”字弯区域重要的中心城市,具有天然的政治经济优势,能够汇聚全省全区资源,发展势头强劲,经济辐射范围广。综合实力处于第二梯队的行政市包括榆林、大同、延安,这

些城市距区域中心城市空间距离近,受其辐射和带动作用明显,近年来逐渐崛起,城市综合实力分值均在 0.25 左右,其中大同的工业尤其是清洁能源发展速度快、体量大,综合实力不断增强。其余行政市如宁夏中卫、甘肃白银、内蒙古巴彦淖尔和山西吕梁等行政市处于“几”字弯都市圈的边缘,在地理位置上远离中心城市或经济发达城市,加之交通不便,短期内与上述城市相比仍然实力较弱,是城市综合实力评价分值最低的城市。

2.3 “动—静”结合的区域多层次空间格局

本文将静态的城市综合实力与动态的要素流相结合,利用多层次空间结构算法,对黄河“几”字弯都市圈多层次空间格局——多叉树结构进行分析,每个节点表示一个行政市,所有子节点被其父节点所吸引(图 7)。将该多叉树结构进行空间上的表达,得到黄河“几”字弯都市圈多层次空间格局(图 8)。

在黄河“几”字弯都市圈多层次空间格局中,鄂尔多斯凭借其强大的综合实力、空间优势与吸引力成为了根节点,多数二级城市与其接壤或距离较近,共同构成了最大范围的中心辐射圈。从动态流空间的联系情况来看,鄂尔多斯空间优势明显,在人口流、物流和信息流空间中扮演着中心城市角色,直接联系与间接联系能力颇强;从静态城市综合实力来看,鄂尔多斯排名第一,经济发达,能源丰富,天然气、稀土、羊毛、煤炭、风电等产业发展成熟,城市建设良好,中介沟通能力强,因此,鄂尔多斯具备黄河“几”字弯都市圈内中心首位城市的条件。鄂尔多斯发挥着中心首位城市的带动作用,呼和浩特、银川、乌海和太原直接被鄂尔多斯所吸引,城市群联系强度呈现以鄂尔多斯为中心,向外呈放射状扩散的形式。

太原、呼和浩特、银川是拥有较大的辐射范围

表3 黄河“几”字弯都市圈城市综合实力评价结果  
Tab.3 Evaluation results of comprehensive strength of cities in the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend

城市	城市综合实力评价得分	排名	城市	城市综合实力评价得分	排名
鄂尔多斯	0.650	1	忻州	0.202	12
太原	0.629	2	吴忠	0.201	13
呼和浩特	0.616	3	乌海	0.200	14
银川	0.502	4	朔州	0.196	15
包头	0.482	5	乌兰察布	0.173	16
榆林	0.361	6	巴彦淖尔	0.167	17
延安	0.301	7	吕梁	0.155	18
大同	0.284	8	庆阳	0.145	19
石嘴山	0.233	9	中卫	0.141	20
临汾	0.228	10	白银	0.141	21
阿拉善	0.208	11			

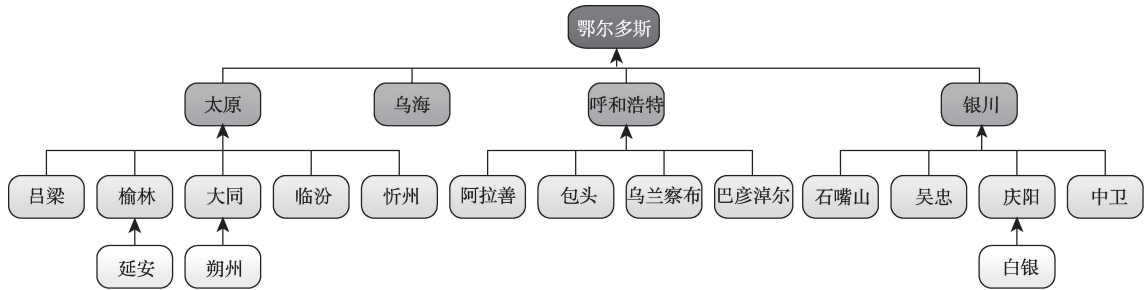
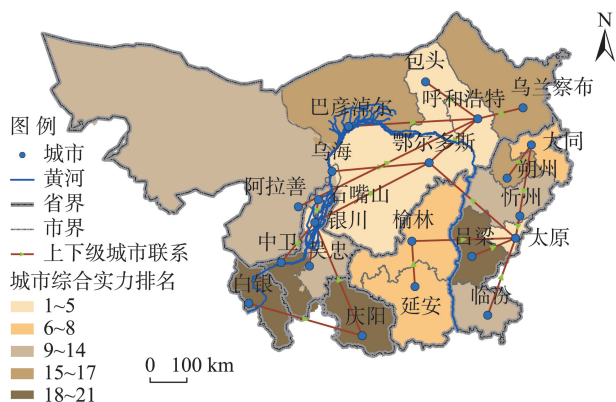


图7 黄河“几”字弯都市圈城市多层次城市等级体系  
Fig.7 Multi-level city hierarchy in the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend



注:图中带箭头的线由子节点指向父节点。

图8 黄河“几”字弯都市圈多层次空间格局

Fig.8 Multi-level spatial pattern of the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend

的第二层次城市,拥有以自身为中心的一定范围的辐射区。呼和浩特主要辐射范围为内蒙古自治区境内,主要包括包头、乌兰察布、巴彦淖尔和阿拉善盟。太原主要辐射范围也集中在山西省境内,这可能是由于黄河充当了陕晋的天然省界,对两省联系产生了一定影响。银川也拥有较大的辐射范围,主要由以银川为中心的周边小型欠发达城市构成。由此,黄河“几”字弯都市圈形成了鄂尔多斯、太原、呼和浩特和银川等引领的多层次空间结构。

值得说明的是,乌海城市综合实力并不突出,但仍属于城市等级体系内的第二层次城市,且没有下级城市被其吸引,这是由于乌海和鄂尔多斯之间的人口、经济联系极为紧密,其中不乏受到同省份内部相似的行政、地缘、文化等因素的影响,使其成为了区域内“特殊的”二层次城市。此外,延安和榆林城市实力较为突出,位于第二梯队,但在最终“几”字弯都市圈多层次空间格局中,榆林位于第三层,延安更是位于最后一层,被第三层级的榆林直接吸引。这是由于在判定区域多层次空间格局的算法中,不仅考虑了“静态”的城市综合实力,还综合了“动态”流空间中的城市联系,延安、榆林与核心城市综合联系较弱,使延安成为了“特殊的”四次城市。

然而,通过研究发现,“几”字弯都市圈没有十分明确的、地位突出的、带动发展的核心城市,这也成为“几”字弯都市圈发展动力不足的主要因素之一。都市圈内明显存在一定的联系壁垒,除一级和二级核心城市外的省际联系受到地形、文化、行政与交通等多方面因素阻碍,亟需畅通联系路径,搭

建桥梁,冲破壁垒;另外,还应强调多级联动,培育和发展区域内带动作用明显的核心和重点城市,来作为推动都市圈发展的动力源泉。

### 3 结论与讨论

本文从“动—静”结合视角入手,“动”关注区域内部的开放性,通过区域内行政市之间的多元要素流空间分析城市之间的关系,主要剖析了人口流、物流、信息流3类动态要素流空间的联系强度;“静”则关注区域内部各城市自身发展,通过各城市自身各方面的发展情况分析评价其综合实力,从4个方面评价和分析了“几”字弯都市圈21个行政市的综合实力表现。最后通过构建区域城市多层次空间格局算法,综合判定黄河“几”字弯都市圈的多层次空间格局,实现“动”与“静”有机结合的创新,既考虑了城市自身的实力情况,又打破了封闭区域系统。主要结论如下:

在黄河“几”字弯都市圈中:① 各类流空间联系强度存在一定差异,其中信息流最强,且与其他流空间的网络相似程度较高,这是由于信息流空间是一个全面覆盖的网络。② 在流空间联系强度方面,各类要素流形成了不同程度的流空间集聚区,但这种集聚受距离影响较为明显;鄂尔多斯居于黄河“几”字弯都市圈流空间中较核心地位,吸引了更多的要素流汇聚于此,其中人口流多发生在省内,物流和信息流网络已达到跨区域沟通水平;呼和浩特、银川、太原在流空间中地位也比较突出。③ 通过对各城市综合实力进行评价并得出排名,位居前三的分别是:鄂尔多斯、太原、呼和浩特;在区域空间格局上,结合综合流联系强度与城市实力明晰了区域内多层次空间格局,黄河“几”字弯都市圈以鄂尔多斯为主导城市,以银川、呼和浩特、太原等为次主导城市,并形成了以这些城市为中心的区域内的城市组团。

黄河“几”字弯都市圈作为国内“刚出炉”的都市圈,与中国发展历史悠久、势头强劲的城市群与都市圈相比,还存在较大的发展差距。这是由于“几”字弯都市圈不仅面临着地理位置偏远、核心城市发展疲软、经济基础较差等城市群发展中较为常见的问题,还迫切需要解决生态脆弱、人口流失、地区沟通壁垒、产业升级困难等诸多其他城市群没有的问题。因此,黄河“几”字弯都市圈发展需要一个



科学定位,能够降低发展成本,发挥都市圈的比较优势,凸显都市圈发展的后发优势,进一步优化发展结构;同时借助国家出台的一系列优惠政策,大跨度整合都市圈发展要素,精确发展方略,采自家之长,探索一条崭新的发展之路。

故此,对于“几”字弯都市圈以及黄河流域城市群的发展举措更需要从当地实际出发,不能照搬其他城市群的成功方案,要考虑到诸多因素对都市圈发展的掣肘。本文从“动”“静”两方面入手,认为“几”字弯都市圈并不能作为一个封闭的区域来研究,而应该以开放的、动态的视角,创新地应对都市圈所面临的复杂情况。而生态脆弱、产业升级、水资源匮乏等问题还未涉及;整个黄河流域城市与城市群的优化协同发展也应在后续研究中加以补充;流空间更是一个极其复杂的系统,很难进行非常充分的模拟。后续的研究应向着多视角、全方位、一盘棋的方向行进,着眼整个黄河流域,结合《纲要》黄河流域生态保护和高质量发展要求,将“一轴两区五极”有机地串联起来,充分考虑生态和环境因素,力求真实刻画“几”字弯都市圈面临的复杂情况,从而提出更有针对性的发展建议。

为了加强黄河“几”字弯都市圈的整体辐射能力和空间联系强度,促进都市圈的协同发展和空间优化,发挥“几”字弯都市圈在黄河流域乃至全国范围内的重要“发展级”作用,落实《纲要》发展目标,根据本文的研究结果,提出以下建议:① 优先重点发展区域核心城市,进一步提高其城市综合实力,最大限度发挥核心城市的带动辐射作用,打造区域发展的“动力源”。黄河“几”字弯都市圈中鄂尔多斯、呼和浩特、太原、银川中有3个省会城市,同时它们都是都市圈中的核心城市,应发挥信息、人才、科技、资金等优势,增强要素集聚,完善科技创新和服务等高端产业功能,成为区域战略核心增长极,从而带动周边地区乃至整个流域发展。② 在大力推进主导城市鄂尔多斯发展的同时,也不能忽略对优势明显的次主导城市的培育,强化具有较大优势的要素流,提升联系较弱要素流的联系能力,为区域网络发展补齐短板,培育都市圈发展新势能,发挥次主导城市对周边城市的辐射和带动作用,增强整体的集聚和辐射能力。③ 要努力打破“几”字弯都市圈结构分散的壁垒,促进要素自由流动,优化资源配置。强化区域内空间联系能力,如区域内边缘位置的庆阳、白银、阿拉善等与其他城市联系较弱

的边缘城市,加快以鄂尔多斯、呼和浩特、太原、银川等核心城市为中心的城际交通、信息通信、物流等网络建设,促进区域基础设施的一体化建设,打破小型城市团块间联系壁垒,为城市网络发展提供基础支撑。不断促进要素流动智慧化,以区域核心城市的建设为支点、以基础设施建设为抓手,加快“几”字弯都市圈由“点”到“轴”再到“面”的城市网络进程。④ 要积极探索发展“几”字弯都市圈与中国重大国家战略相衔接的新模式,推动其与中国各城市群协同发展。要积极对接“一带一路”倡议,逐步提升“几”字弯都市圈的对外开放能力,使其成为中国北方对外开放的前沿阵地。

#### 参考文献(References)

- [1] 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. [Fang Chuanglin. Progress and the future direction of research into urban agglomeration in China. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(8): 1130-1144.]
- [2] 顾朝林. 中国城市经济区划分的初步研究[J]. 地理学报, 1991, 46(2): 129-141. [Gu Chaolin. A preliminary study on the division of urban economic regions in China. Acta Geographica Sinica, 1991, 46(2): 129-141.]
- [3] 习近平主持召开中央财经委员会第六次会议研究黄河流域生态保护和高质量发展等问题[J]. 中国水利, 2020(1): 4. [Xi Jinping presided over the sixth meeting of the Central Finance and Economics Commission to study issues such as ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin. China Water Resources, 2020(1): 4.]
- [4] 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J]. 水资源开发与管理, 2019(11): 1-4. [Xi Jinping. Speech at the symposium on ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin. Water Resources Development and Management, 2019(11): 1-4.]
- [5] 新华社. 中共中央 国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2021(30): 15-35. [Xinhua News Agency. The central committee of the CPC and the state council print and issue the outlines for the plan for ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin. Gazette of the State Council of the People's Republic of China, 2021(30): 15-35.]
- [6] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗[N]. 人民日报, 2022-10-26(1). [Xi Jinping. Hold high the great banner of social-

- ism with Chinese characteristics and work together for the comprehensive construction of a modern socialist country. *People's Daily*, 2022-10-26(1). ]
- [7] Christaller W. Die zentralen orte in Süddeutschland [M]. Jena, Germany: Gustav Fischer, 1933.
- [8] 周一星, 史育龙. 建立中国城市的实体地域概念 [J]. 地理学报, 1995, 50(4): 289-301. [Zhou Yixing, Shi Yulong. Toward establishing the concept of physical urban area in China. *Acta Geographica Sinica*, 1995, 50(4): 289-301. ]
- [9] 崔功豪. 中国区域规划的新特点和发展趋势 [J]. 现代城市研究, 2006(9): 4-7. [Cui Gonghao. The new characteristics and development trends of China regional planning. *Modern Urban Research*, 2006(9): 4-7. ]
- [10] 李小建, 李庆春. 克鲁格曼的主要经济地理学观点分析 [J]. 地理科学进展, 1999, 18(2): 97-102. [Li Xiaojian, Li Qingchun. A review of Paul Krugmen's economic geography. *Progress in Geography*, 1999, 18(2): 97-102. ]
- [11] 史庆斌, 谢永顺, 韩增林, 等. 东北城市间旅游经济联系的空间结构及发展模式 [J]. 经济地理, 2018, 38(11): 211-219. [Shi Qingbin, Xie Yongshun, Han Zenglin, et al. Spatial structure and spatial development patterns of urban tourism economic connections in Northeast China. *Economic Geography*, 2018, 38(11): 211-219. ]
- [12] 郑伯铭, 刘安乐, 韩剑磊, 等. 云南省旅游经济联系网络结构演化与协同发展模式建构 [J]. 经济地理, 2021, 41(2): 222-231. [Zheng Boming, Liu Anle, Han Jianlei, et al. The structural evolution of Yunnan tourism economic contact network and the construction of cooperative development model. *Economic Geography*, 2021, 41(2): 222-231. ]
- [13] 李琬, 孙斌栋, 刘倩倩, 等. 中国市域空间结构的特征及其影响因素 [J]. 地理科学, 2018, 38(5): 672-680. [Li Wan, Sun Bindong, Liu Qianqian, et al. The features and determinants of spatial structure in Chinese prefecture-level city regions. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(5): 672-680. ]
- [14] 肖泽平, 钟业喜, 冯兴华, 等. 长江中游城市群空间结构演变及效应分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(11): 2607-2617. [Xiao Zeping, Zhong Yexi, Feng Xinghua, et al. Spatial structure evolution and effect analysis of urban agglomeration in middle reaches of Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2021, 30(11): 2607-2617. ]
- [15] 王士君, 廉超, 赵梓渝. 从中心地到城市网络: 中国城镇体系研究的理论转变 [J]. 地理研究, 2019, 38(1): 64-74. [Wang Shijun, Lian Chao, Zhao Ziyu. From central place to city network: A theoretical change in China's urban system study. *Geographical Research*, 2019, 38(1): 64-74. ]
- [16] 甄峰, 王波, 陈映雪. 基于网络社会空间的中国城市网络特征: 以新浪微博为例 [J]. 地理学报, 2012, 67(8): 1031-1043. [Zhen Feng, Wang Bo, Chen Yingxue. China's city network characteristics based on social network space: An empirical analysis of Sina micro-blog. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(8): 1031-1043. ]
- [17] 牛方曲, 王芳. 城市群形成理论建构与实证分析: 产业演进视角 [J]. 城市与区域规划研究, 2021, 13(1): 99-112. [Niu Fangqu, Wang Fang. Theoretical framework and empirical analysis of urban agglomeration formation from the perspective of industrial evolution. *Journal of Urban and Regional Planning*, 2021, 13(1): 99-112. ]
- [18] 牛方曲, 刘卫东. 基于互联网大数据的区域多层次空间结构分析研究 [J]. 地球信息科学学报, 2016, 18(6): 719-726. [Niu Fangqu, Liu Weidong. Identifying the hierarchical regional spatial structure using Internet big data. *Journal of Geo-information Science*, 2016, 18(6): 719-726. ]
- [19] Taylor P J, Derudder B. World city network: A global urban analysis [M]. London, UK: Routledge, 2003.
- [20] 王垚, 钮心毅, 宋小冬. “流空间”视角下区域空间结构研究进展 [J]. 国际城市规划, 2017, 32(6): 27-33. [Wang Yao, Niu Xinyi, Song Xiaodong. Research progress of regional spatial structure under the perspective of space of flow. *Urban Planning International*, 2017, 32(6): 27-33. ]
- [21] Castells M. The rise of the network society [M]. Cambridge, USA: Blackwell Publishers, 1996.
- [22] Burger M, Meijers E. Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity [J]. *Urban Studies*, 2012, 49(5): 1127-1149.
- [23] Taylor P J, Catalano G, Walker D R F. Measurement of the world city network [J]. *Urban Studies*, 2002, 39(13): 2367-2376.
- [24] Wei Y, Jin Y, Ma D Y, et al. Impact of colored motif characteristics on the survivability of passenger airline networks in China [J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2021, 566: 125658. doi: 10.1016/j.physa.2020.125658.
- [25] 董超, 修春亮, 魏冶. 基于通信流的吉林省流空间网络格局 [J]. 地理学报, 2014, 69(4): 510-519. [Dong Chao, Xiu Chunliang, Wei Ye. Network structure of 'space of flows' in Jilin Province based on telecommunication flows. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(4): 510-519. ]
- [26] Derudder B, Witlox F. Mapping world city networks through airline flows: Context, relevance, and problems [J]. *Journal of Transport Geography*, 2008, 16(5): 305-312.

- [27] 王娟, 李丽, 赵金金, 等. 基于国际酒店集团布局的中国城市网络连接度研究 [J]. 人文地理, 2015, 30(1): 148-153. [Wang Juan, Li Li, Zhao Jinjin, et al. A city network analysis based on spatial distribution of international hotel groups in China. Human Geography, 2015, 30(1): 148-153.]
- [28] Scott S. Transnational exchanges amongst skilled British migrants in Paris [J]. Population, Space and Place, 2004, 10(5): 391-410.
- [29] Long Y, Thill J C. Combining smart card data and household travel survey to analyze jobs-housing relationships in Beijing [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2015, 53: 19-35.
- [30] 宋琼, 赵新正, 李同昇, 等. 多重城市网络空间结构及影响因素: 基于有向多值关系视角 [J]. 地理科学进展, 2018, 37(9): 1257-1267. [Song Qiong, Zhao Xinzhen, Li Tongsheng, et al. Spatial structures and influencing factors of multiple urban networks based on the perspective of directed-multivalued relation. Progress in Geography, 2018, 37(9): 1257-1267.]
- [31] 杨延杰, 尹丹, 刘紫玟, 等. 基于大数据的流空间研究进展 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(8): 1397-1411. [Yang Yanjie, Yin Dan, Liu Ziwen, et al. Research progress on the space of flow using big data. Progress in Geography, 2020, 39(8): 1397-1411.]
- [32] 马学广, 窦鹏. 基于客运交通流的山东沿海城市带多中心结构特征研究 [J]. 现代城市研究, 2017(10): 101-109. [Ma Xueguang, Dou Peng. Characteristics of polycentricity spatial structure of Shandong coastal city-region based on passenger traffic flow. Modern Urban Research, 2017(10): 101-109.]
- [33] 蔡莉丽, 马学广, 陈伟劲, 等. 基于客运交通流的珠三角城市区域功能多中心特征研究 [J]. 经济地理, 2013, 33(11): 52-57. [Cai Lili, Ma Xueguang, Chen Weijin, et al. Characteristics of functional polycentricity of PRD urban region based on passenger traffic flow. Economic Geography, 2013, 33(11): 52-57.]
- [34] 邱坚坚, 刘毅华, 陈浩然, 等. 流空间视角下的粤港澳大湾区空间网络格局: 基于信息流与交通流的对比分析 [J]. 经济地理, 2019, 39(6): 7-15. [Qiu Jianjian, Liu Yihua, Chen Haoran, et al. Urban network structure of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area with the view of space of flows: A comparison between information flow and transportation flow. Economic Geography, 2019, 39(6): 7-15.]
- [35] Zheng L, Long F, Zhang S. Comparison of the spaces of call and traffic flows: An empirical study of Qianzhong urban region, China [J]. Cities, 2020, 107: 102927. doi: 10.1016/j.cities.2020.102927.
- [36] Wang L, Yang W, Zhang X, et al. Re-shaping global-ness by spending overseas: Analysis of emerging Chinese consumption abroad [J]. Cities, 2021, 109: 103034. doi: 10.1016/j.cities.2020.103034.
- [37] 吴康敏, 张虹鸥, 叶玉瑶, 等. 粤港澳大湾区协同创新的综合测度与演化特征 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(9): 1662-1676. [Wu Kangmin, Zhang Hong'ou, Ye Yuyao, et al. Measurement and evolution characteristics of collaborative innovation in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. Progress in Geography, 2022, 41(9): 1662-1676.]
- [38] Zhu B, Pain K, Taylor P J, et al. Exploring external urban relational processes: Inter-city financial flows complementing global city-regions [J]. Regional Studies, 2022, 56(5): 737-750.
- [39] 周慧玲, 王甫园. 基于修正引力模型的中国省际旅游者流空间网络结构特征 [J]. 地理研究, 2020, 39(3): 669-681. [Zhou Huiling, Wang Fuyuan. Research on structure characteristics of the inter-provincial tourist flow spatial network in China based on the modified gravity model. Geographical Research, 2020, 39(3): 669-681.]
- [40] 杨勇, 眭霞芸, 刘震. 中国省际虚拟旅游流网络结构的时空演变特征研究 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(8): 1349-1363. [Yang Yong, Sui Xiayun, Liu Zhen. Spatial pattern change of the network structure of China's inter-provincial virtual tourism flow. Progress in Geography, 2022, 41(8): 1349-1363.]
- [41] 林志慧, 陈瑛, 刘宪锋, 等. 中国入境旅游城市合作网络时空格局及驱动因素 [J]. 地理学报, 2022, 77(8): 2034-2049. [Lin Zhihui, Chen Ying, Liu Xianfeng, et al. Spatio-temporal pattern and influencing factors of cooperation network of China's inbound tourism cities. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(8): 2034-2049.]
- [42] Silm S, Jauhiainen J, Raun J, et al. Temporary population mobilities between Estonia and Finland based on mobile phone data and the emergence of a cross-border region [J]. European Planning Studies, 2020, 29(4): 699-719.
- [43] 欧阳鹏, 郭继凯, 卢庆强, 等. 多尺度流空间视角下的超大城市对外协同治理研究: 以北京为例 [J]. 规划师, 2022, 38(6): 41-50. [Ouyang Peng, Guo Jikai, Lu Qingqiang, et al. Research on external collaborative governance of megacities from the perspective of multi-scale flow space: A case study of Beijing City. Planners, 2022, 38(6): 41-50.]
- [44] 席广亮, 甄峰, 钱欣彤. 流动性视角下的国土空间安全及规划应对策略 [J]. 自然资源学报, 2022, 37(8): 1935-



1945. [Xi Guangliang, Zhen Feng, Qian Xintong. Territory spatial security and planning strategies from the perspective of mobility. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(8): 1935-1945. ]
- [45] 周德, 戚佳玲, 钟文钰. 城乡融合评价研究综述: 内涵辨识、理论认知与体系重构 [J]. *自然资源学报*, 2021, 36(10): 2634-2651. [Zhou De, Qi Jialing, Zhong Wenyu. Review of urban-rural integration evaluation: Connotation identification, theoretical analysis, and system reconstruction. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(10): 2634-2651. ]
- [46] 周佳宁, 毕雪昊, 邹伟. “流空间”视域下淮海经济区城乡融合发展驱动机制 [J]. *自然资源学报*, 2020, 35(8): 1881-1896. [Zhou Jianing, Bi Xuehao, Zou Wei. Driving mechanism of urban-rural integration in Huaihai Economic Zone: Based on the space of flow. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(8): 1881-1896. ]
- [47] Zhen F, Qin X, Ye X, et al. Analyzing urban development patterns based on the flow analysis method [J]. *Cities*, 2019, 86: 178-197.
- [48] 曹炳汝, 孙巧. 产业集聚与城镇空间格局的耦合关系及时空演化: 以长三角区域为例 [J]. *地理研究*, 2019, 38(12): 3055-3070. [Cao Bingru, Sun Qiao. Research on the coupling relationship and spatial-temporal evolution between industrial agglomeration and urban spatial pattern: A case study of the Yangtze River Delta. *Geographical Research*, 2019, 38(12): 3055-3070. ]
- [49] 孙铁山. 中国三大城市群集聚空间结构演化与地区经济增长 [J]. *经济地理*, 2016, 36(5): 63-70. [Sun Tieshan. Evolution of agglomeration and its spatial structure with economic growth in three major metropolitan regions of China. *Economic Geography*, 2016, 36(5): 63-70. ]
- [50] 吕拉昌, 孟国力, 黄茹, 等. 城市群创新网络的空间演化与组织: 以京津冀城市群为例 [J]. *地域研究与开发*, 2019, 38(1): 50-55. [Lv Lachang, Meng Guoli, Huang Ru, et al. Spatial evolution and organization of urban agglomeration innovation network: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. *Areal Research and Development*, 2019, 38(1): 50-55. ]
- [51] Scott J. Network analysis. [M]. London, UK: Sage Publications, 2007.
- [52] Hanssens H, Derudder B, Van Aelst S, et al. Assessing the functional polycentricity of the mega-city-region of central Belgium based on advanced producer service transaction Links [J]. *Regional Studies*, 2014, 48(12): 1939-1953.
- [53] 王少剑, 高爽, 王宇渠. 基于流空间视角的城市群空间结构研究: 以珠三角城市群为例 [J]. *地理研究*, 2019, 38(8): 1849-1861. [Wang Shaojian, Gao Shuang, Wang Yuqu. Spatial structure of the urban agglomeration based on space of flows: The study of the Pearl River Delta. *Geographical Research*, 2019, 38(8): 1849-1861. ]
- [54] 徐珊, 甄峰. 省域城市网络中心性测度及比较研究: 以江苏省和广东省的对比分析为例 [J]. *人文地理*, 2021, 36(1): 135-144. [Xu Shan, Zhen Feng. Measurement and comparison research of provincial urban network centrality: Taking comparative analysis of Jiangsu and Guangdong as example. *Human Geography*, 2021, 36(1): 135-144. ]
- [55] 涂建军, 朱月, 李琪, 等. 基于网络空间结构的长江经济带城市影响区划定 [J]. *经济地理*, 2017, 37(12): 65-73. [Tu Jianjun, Zhu Yue, Li Qi, et al. Influence scope of Yangtze River Belt based on the urban spatial structure. *Economic Geography*, 2017, 37(12): 65-73. ]
- [56] 薛峰, 马妍, 李苗裔. 多维消费流视角的海峡西岸经济区城市网络结构 [J]. *经济地理*, 2021, 41(5): 65-74. [Xue Feng, Ma Yan, Li Miaoyi. Urban network structure of the western Taiwan Straits economic zone based on multi-dimensional consumption flow. *Economic Geography*, 2021, 41(5): 65-74. ]
- [57] 王文学, 曹可心, 林静. 可持续城市多尺度评价框架及指标体系的研究进展与展望 [J]. *城市发展研究*, 2022, 29(11): 1-7. [Wang Wenxue, Cao Kexin, Lin Jing. Research progress and prospects for multiscale assessment framework and indicator system for sustainable cities. *Urban Development Studies*, 2022, 29(11): 1-7. ]
- [58] 宫攀, 王文哲, 吕承超. 城市综合发展的水平评价、时空格局与类型识别 [J]. *统计与决策*, 2022, 38(16): 30-35. [Gong Pan, Wang Wenzhe, Lv Chengchao. Evaluation, spatial-temporal pattern and type identification of urban comprehensive development level. *Statistics and Decision*, 2022, 38(16): 30-35. ]

## **Hierarchical spatial pattern of urban agglomeration based on the dynamic and static data : A case study of the Yellow River Ji-shaped bend**

WANG Fang<sup>1</sup>, GUO Mengyao<sup>1</sup>, NIU Fangqu<sup>2\*</sup>

(1. School of Public Management, Inner Mongolia University, Hohhot 010020, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** With the collaborative development of the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend, it is of great scientific value to carry out the study of its spatial patterns. With the development of modern transportation, communication, and information technologies, the pattern of flow space based on dynamic element flow has become a research frontier. This study combined traditional static data and dynamic flow spatial data to examine the hierarchical spatial pattern of the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend. The static data include the calculated comprehensive strength of the cities in the region, and the dynamic data are related to the dynamic flow space of three types of flows, namely population flow, logistics flow, and information flow. These elements were considered to make a comprehensive assessment of the multi-level spatial pattern of the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend. This study found that: 1) There are some differences in the strength of spatial linkages among various types of flows in the region, where information flows are the strongest and there are strong linkages between information flows and other elemental flows. 2) Ordos is the dominant city in the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend, and Yinchuan, Hohhot, Taiyuan, and Wuhai are the secondary dominant cities. Small city clusters centered on these cities have been formed in the region. In the future, the cities in this urban agglomeration should focus on strengthening the overall radiation capacity and spatial linkage strength to promote the rapid, coordinated, and comprehensive development of the urban agglomeration. This will eventually stimulate the urban network development from point to axis, and then to a "surface" in the urban agglomeration of the Yellow River Ji-shaped bend.

**Keywords:** dynamic data; static data; Yellow River Ji-shaped bend; spatial pattern