

# 城市群内城市高质量发展趋同俱乐部 时空演进及机理

张伟丽<sup>1,2</sup>, 王伊斌<sup>3</sup>, 魏瑞博<sup>1</sup>

(1. 河南财经政法大学资源与环境学院, 郑州 450046; 2. 海南省生态文明与陆海统筹发展重点实验室, 海口 571158; 3. 西北大学城市与环境学院, 西安 710127)

**摘要:** 城市群覆盖的城市是高质量发展的重要空间载体, 城市高质量发展趋同俱乐部的相关研究有利于定制不同类型城市高质量发展的路径, 促进区域间的共同富裕。以中国13个城市群共174个城市为研究对象, 从经济发展、社会保障、社会公平、成果共享、环境质量、空间联系6个方面构建城市高质量发展指标体系并测算, 采用传统马尔科夫链和空间马尔科夫链分析其趋同俱乐部的时空演进, 进一步剖析形成机理。结果表明: ① 城市群内城市高质量发展指数整体上升。优化提升阶段城市群内城市发展最快, 指数最高; 发展壮大阶段城市群内城市发展速度慢, 两极分化明显; 培育发展阶段城市群内城市整体指数较低, 呈波动式上升趋势。环境治理能力和污染排放水平、增长稳定性、社会稳定性, 以及交通网络通达性等权重较高。② 城市群内城市存在趋同俱乐部现象, 低水平趋同俱乐部集中在东北、西部内陆地区; 中低水平、中等水平趋同俱乐部主要位于中原、长江中游城市群; 中高水平趋同俱乐部围绕高水平趋同俱乐部分布; 高水平趋同俱乐部多由城市群中心城市和省会城市构成。③ 产业结构协调、财政收入、科技创新、邻居效应、城市群内部关联等因素的区域性差异驱动了趋同俱乐部的形成。

**关键词:** 城市; 城市群; 高质量发展; 俱乐部趋同; 时空演进; 形成机理

DOI: 10.11821/dlxb202312012

## 1 引言

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中提出优化行政区划设置, 发挥中心城市和城市群的带动作用。作为引领区域经济发展的增长极, 以大城市为核心的城市群是推进区域协调发展的新动力源, 集聚了中国78%的人口, 贡献了超过80%的国内生产总值<sup>①</sup>, 构成了推进高质量发展的重要空间载体。此类城市经济发展水平相对较高, 同时共享城市群政策红利, 在确保自身高质量发展的同时, 还肩负着其所在城市群高质量发展的使命, 其高质量发展内涵应该如何界定? 城市高质量发展是否存在空间差异? 在共同富裕目标下, 这些城市是否存在高质量发展趋同俱乐部? 若存在, 趋同俱乐部的形成及演进机理是什么? 对上述问题的解答不仅有利于明晰此类城市高质量发展的科学内涵, 准确刻画高质量发展重要空间载体的发展水平、差异、格局及演变, 而且在探索城市高质量发展趋同机理的基础上, 有利于定制不同类型城市高质量发展的策略, 以缩小城市间高质量发展差异, 达到共同富裕。

收稿日期: 2022-06-20; 修订日期: 2023-04-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771124) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41771124]

作者简介: 张伟丽(1980-), 女, 河南安阳人, 博士, 教授, 研究方向为区域经济增长俱乐部趋同及区域协调发展。

E-mail: ljxzw1518@163.com

① 数据来源: [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/jd/201908/t20190816\\_1182948.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/jd/201908/t20190816_1182948.html?code=&state=123)。

3109-3128 页

已有研究集中在两方面:①城市群内城市<sup>②</sup>高质量发展内涵的界定及评价。在内涵界定上,多数学者基于五大发展理念,提出高质量发展是以创新、协调、绿色、开放、共享为理论支撑,分工协作而形成的共同发展、共享共赢、可持续的模式<sup>[1-4]</sup>。既包含经济增长动力由要素比较优势向科技创新驱动转变<sup>[5]</sup>,也表现在经济效率提升、结构优化和平稳运行<sup>[6]</sup>,以及发展结果对生态环境、社会保障的影响<sup>[7-8]</sup>。部分学者基于高质量发展目标,认为高质量发展是基于人民对美好生活的向往,提高人民生活满意度和幸福感<sup>[9]</sup>,不断满足人民实际需要的经济结构、发展方式和动力状态<sup>[10]</sup>,通过治理体系和治理能力的现代化实现其预期目标<sup>[11]</sup>。还有学者认为高质量发展是高效率、公平和绿色可持续发展<sup>[4]</sup>,其核心在于“绿色”和“发展”的和谐统一<sup>[12]</sup>。城市群肩负着经济增长和绿色发展的双重要求<sup>[13]</sup>,采用高效的绿色低碳生产方式能够有效缓解经济增长和生态环境之间的矛盾<sup>[4]</sup>,有利于实现城市高质量发展<sup>[14]</sup>。高质量发展评价主要有两类做法,一是特定指数模型,多用全要素生产率<sup>[15]</sup>或SBM-DEA模型<sup>[14]</sup>;二是多维指标体系。高质量发展的本质是从数量增加到效率提升,规模扩张到结构优化,投入、投资驱动到创新驱动的转变<sup>[16]</sup>,以及绿色发展方式的选取<sup>[17]</sup>,因此构建指标体系测度是必要的。如涂建军等构建了以经济发展、社会发展、生态环境质量为核心的指标体系<sup>[18]</sup>;徐丽婷等构建了经济发展、生态环境保护、社会文明进步协调下的高质量发展指标体系<sup>[19]</sup>。②城市群空间结构对高质量发展的影响。此类研究提出以城市群为空间载体,通过主体功能的跃升、经济协调发展、开放水平的提高、现代化效率的提升等方式,强化城市群之间要素流动和网络关联,加速城市群内部空间集聚,形成多个功能中心,推进高质量发展<sup>[20-21]</sup>。

从研究方法来看,大致可分为非空间分析方法和空间分析方法。非空间分析方法集中在高质量发展指标数据处理和权重计算。其中,原始数据标准化处理上,多采用极值法<sup>[8, 22]</sup>、定基功效系数法<sup>[23]</sup>等消除因量纲不同对评价结果造成的影响。指标赋权上,熵值法<sup>[19, 24]</sup>和主成分分析法<sup>[25]</sup>运用较为普遍,熵值法通过信息熵度量系统状态的无序程度,判断指标变化的相对幅度;主成分分析法用较少的综合变量代替原有较多的变量,有效反映指标之间的相对重要性<sup>[25]</sup>。空间分析方法多采用空间自相关分析<sup>[3]</sup>、修正后的引力模型、分形计量模型<sup>[18]</sup>、社会网络分析<sup>[26]</sup>等测算要素空间分布的均衡性、城市群规模、城市间相互作用等对城市高质量发展水平的影响。

综上分析,城市高质量发展的研究仍处于探索阶段,存在以下不足。①从研究内容来看,高质量发展内涵界定及指标体系构建忽视了反映城市间空间结构、网络联系等因素,将城市群的高质量发展等同于单个城市的高质量发展,并未突出城市群的独特性。而且多数文献的指标并未明确区分状态和过程,高质量发展描述的应该是发展的结果,而过程性指标更多解释的是城市间存在差异的原因<sup>[27]</sup>。②从研究方法来看,多数文献选用的方法可比性不强。其中,熵值法适用于静态评价,不利于反映时序变化。主成分分析法处理时会丢失部分指标的信息,且存在负数权重较难合理解释的情况。③从研究深度来看,城市高质量发展类型时空演变及其影响因素的相关研究有待延伸。现有研究对高质量发展的异质性分析深度不够,各城市要素禀赋、区位条件、空间结构,以及经济结构等存在差异,某些城市群内部甚至出现较为严重的分化。因此,城市的经济转型路径迥然不同,大而一统的高质量发展模式不符合现实的需要。那么,城市高质量发展有多少类型?呈现怎样的空间分布格局?如何缩小各类型间的差距达到协调发展?为解决上述问题,亟需将俱乐部趋同研究延伸到城市高质量发展领域,城市高质量发展趋同俱

② 为行文方便,如不做特别说明,下文统一将“城市群内城市”简写为“城市”,所综述的文献均以城市群内的城市为研究对象,与本文研究内容较契合。

乐部存在性及构成的分析将揭示城市高质量发展类型的差异及格局演变,而俱乐部趋同形成机理的挖掘将为各类城市制定针对性的发展策略提供重要参考。

对俱乐部趋同研究而言,城市高质量发展俱乐部趋同的相关分析是中国案例对世界俱乐部趋同领域的新贡献。俱乐部趋同一直是区域经济增长和发展领域的焦点,其目的是达到区域间福利的均衡,研究对象由单一的人均收入发展至福利的综合代理指数,即,人类发展指数<sup>[28]</sup>、社会发展指数<sup>[29]</sup>、广义发展指数<sup>[30]</sup>、BLI指数(the Better Life Initiative)<sup>[31]</sup>等。其中,人类发展指数和社会发展指数对环境因素不够重视,广义发展指数更适合全球性的分析,水的获得性和卫生设施等并不是中国城市高质量发展的要义,而BLI指数则包括了公民参与治理、社区和生活满意度等较难量化的指标。中国作为一个转型期大国,如何以人为核心探讨城市间福利的均衡?高质量发展指数无疑是最佳选择。高质量发展的目的就是解决人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾,其最终目标是实现共同富裕,体现了经济发展、社会发展及自然发展等与人类发展密不可分的多维特征,而城市是撬动全国高质量发展的空间动能。因此,城市高质量发展俱乐部趋同的相关研究即是福利指数在中国的新探索,又是以人为核心拓展世界俱乐部趋同研究领域的迫切需要。

基于此,本文选取中国13个城市群中的174个城市为研究对象,从经济发展、社会保障、社会公平、成果共享、环境质量、空间联系等入手,构建城市高质量发展指标体系,采用纵横向拉开档次法和定基功效系数法进行测算,并结合马尔科夫链、空间马尔科夫链及有序响应Logit模型等,纳入网络因素分析城市高质量发展趋同俱乐部格局演变及机理,以期对中国高质量发展提供参考。本文的边际贡献为:①从城市个体和城市群整体两方面入手提出城市高质量发展是群内城市经济发展水平高、社会保障好、社会公平、成果共享、环境质量好、空间联系质量高的发展模式。②采用纵横向拉开档次法和定基功效系数法测算城市高质量发展指数,使得该指数在不同年份及不同城市间具有可比性。纵横向拉开档次法能从时间纵向和城市截面横向两个方面综合评价各指标的分布状况,并根据差异程度客观地为指标赋权<sup>[32]</sup>,在一定程度上克服了传统赋权方法在跨期比较中的弱势,定基功效系数法使城市高质量发展指数在不同年份之间具有可比性<sup>[23]</sup>。③将俱乐部趋同分析技术引入城市高质量发展时空演变及影响因素分析。采用的Kernel密度估计、马尔科夫链、空间马尔科夫链等数据驱动型方法不存在模型设定偏误及参数内生性等问题,且能够计算不同俱乐部之间转移的概率。然而现有研究忽视了网络因素的重要性。在人流、物流、信息流、技术流等要素的相互作用下,城市与城市之间形成了较强的关联网络,而且网络溢出效应多重叠加,呈现出复杂化、全域性的发展趋势。因此在构建空间马尔科夫链权重矩阵时,本文在时间维度和空间维度耦合的基础上,加入网络维度,以弥补区域之间的联系并不完全受地理距离和经济距离影响的局限,更加真实地测度邻居<sup>③</sup>的影响<sup>[33]</sup>,进一步从高质量发展的5项支撑及邻居效应等方面构建城市高质量发展趋同俱乐部形成机理,并使用有序响应Logit模型进行检验<sup>[34]</sup>,为高水平、中高水平趋同俱乐部成员保持稳定,低水平、中低水平俱乐部成员向上转移定制路径。

## 2 研究区域及数据来源

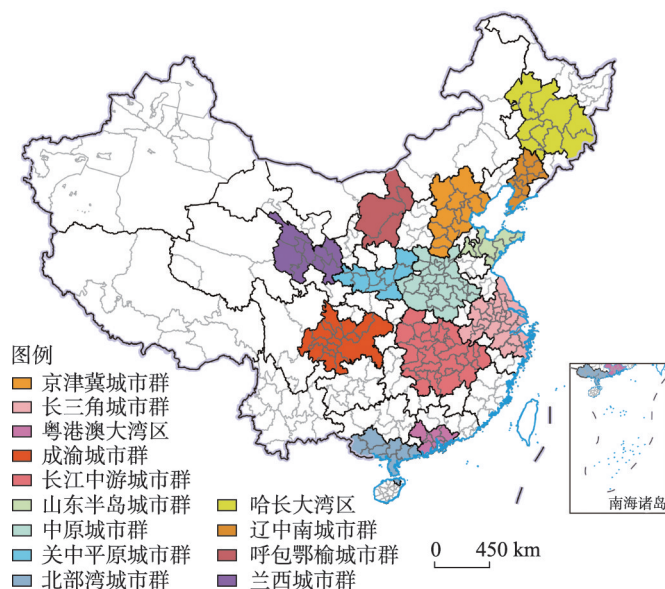
依据现有的城市群规划、国家“沿海、沿江、沿黄”的区域发展战略、城市群规模

③ 邻居并不一定是地理意义上的邻居,而是在时间、空间及网络等维度与该城市高质量发展关系密切的其他所有城市的“统称”。



等选取13个城市群,包括京津冀城市群、粤港澳大湾区、长三角城市群、长江中游城市群、成渝城市群、山东半岛城市群、中原城市群、关中平原城市群、北部湾城市群、哈长城市群、辽中南城市群、呼包鄂榆城市群、兰西城市群<sup>④</sup>(图1)。以《十四五规划和2035远景目标纲要》、全国主体功能区划和国家新型城镇化为依据,基于“十四五”规划中各城市群的功能定位、发展基础和发展潜力,将13个城市群识别为3个发展阶段。其中,长三角、粤港澳大湾区、京津冀、长江中游、成渝等以国家级中心城市为核心,形成带动全国发展并具有全球影响力的增长极,处于优化提升阶段;山东半岛、中原、北部湾、关中平原等以国家区域性中心城市为核心,通过促进分工协作、完善基础设施带动区域发展,处于发展壮大阶段;辽中南、呼包鄂榆、哈长、兰西等均为中西部、东北地区重点发展的区域,城市群规模较小或尚未完全形成,处于培育发展阶段<sup>[35]</sup>。

数据来源于《中国城市统计年鉴》及各省份统计年鉴。DMSP/VIIRS夜光遥感数据来源于DMSP-OLS和NPP-VIIRS观测平台的夜光DN值,AQI指数来源于中国环境监测总站的全国城市空气质量实时平台,DMSP/VIIRS夜光遥感数据和AQI指数的具体取值方法是在行政区面积的基础上取行政区栅格均值。 $PM_{2.5}$ 数据来源于哥伦比亚大学国际地球科学信息网络中心(CIESIN)所属的社会经济数据和应用中心(SEDAC)公布的相关监测数据。矢量路网数据来源于OSM平台,列车收发频次数据来源于列车时刻表及铁路12306网站。个别年份城市缺失的数据,采取插值法进行处理。



注: 基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1825号的标准地图制作,底图边界无修改。

图1 中国13大城市群的空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of 13 urban agglomerations in China

④ 城市群划分依据:《京津冀协同发展规划纲要》(2015年6月中共中央、国务院)、《粤港澳大湾区发展规划纲要》(中共中央、国务院2019年2月)、《长江三角洲城市群发展规划》(发改规划[2016]1176号)、《长江中游城市群发展规划》(发改地区[2015]738号)、《成渝城市群发展规划》(发改规划[2016]号)、《山东半岛城市群发展规划(2021—2035年)》(发改规划[2021]24号)、《中原城市群发展规划》(发改地区[2016]2817号)、《北部湾城市群发展规划》(发改规划[2017]277号)、《哈长城市群发展规划》(发改地区[2016]499号)、《关中平原城市群发展规划》(发改规划[2018]220号)、《呼包鄂榆城市群发展规划》(发改地区[2018]358号)、《兰州—西宁城市群发展规划》(发改规划[2018]423号)。依据地理学第一定律,城市群内重复城市向更近增长极靠拢(邯郸市、邢台市划分到京津冀,运城市划分到关中平原)。本文粤港澳大湾区暂未含香港和澳门,为确保研究对象行政级别的匹配,兰西城市群是基于区、县级市所在的地级市为分析地域单元。

3 城市高质量发展

3.1 高质量发展内涵及指标体系构建

在人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分发展之间的社会主要矛盾背景下，人民对物质文化生活、社会保障、生态环境质量的要求日益提高。因此，为实现高质量发展，需要经济发展的结构、效率、可持续性等多方面的提升，以及相关社会保障体系的健全、优质的生态环境作为保障，使发展成果全民共享。同时，城市群作为一个复杂的区域系统，是以中心城市为核心，建立起城市与城市之间人、物、信息、技术等要素充分流动、相互作用的层次体系，成员之间具有较强的关联效应，高质量发展不仅依赖于单个城市，更有赖于其整体结构和城市间的空间联系。因此，本文认为城市高质量发展是群内城市经济发展水平高、社会保障好、社会公平、成果共享、环境质量好、空间联系质量高的发展模式。并以此作为参考，构建高质量发展指标体系（表1）。

（1）高质量发展强调经济从“量”的增长到“质”的提高。“量”的增长体现城市的经济实力，“总体水平”“增长稳定性”“增长活力”是保证“量”增长的基础；“质”的提高是城市经济趋于高质量的核心动力，“创新能力”“产业水平”“全球化水平”是“质”提高的表现。其中，“总体水平”用人均GDP<sup>[20]</sup>衡量，“增长稳定性”用GDP增长率变异

表1 城市群内城市高质量发展指标体系  
Tab. 1 High-quality development index system of cities within urban agglomerations

一级指标	二级指标	三级指标	指标效用	指标符号	权重
经济发展	总体水平	人均GDP	+	$X_1$	0.112
	增长稳定性	GDP增长率变异系数倒数	-	$X_2$	0.381
	增长活力	社会消费品零售总额/GDP	+	$X_3$	0.236
		DMSP/VIIRS夜光遥感数据均值	+	$X_4$	0.063
	创新能力	人均专利授权量	+	$X_5$	0.028
	产业水平	产业结构合理化指数	+	$X_6$	0.107
		产业结构高级化指数	+	$X_7$	0.208
	全球化水平	实际利用外资金额/GDP	+	$X_8$	0.094
	社会福利水平	卫生、社会保障和社会福利从业人口/总人口	+	$X_9$	0.086
	社会不稳定因素	失业率	-	$X_{10}$	0.388
社会公平	人均医生	医生数/总人口	+	$X_{11}$	0.098
	人均床位	医院、卫生院床位数/总人口	+	$X_{12}$	0.061
	高等教育水平	高等学校在校学生人数/总人口	+	$X_{13}$	0.079
	设施水平	每百人公共图书馆藏书/当年全国平均每百人公共图书馆藏书	+	$X_{14}$	0.036
成果共享	城市内部财富分配	在岗职工工资总额/GDP	+	$X_{15}$	0.111
	城市之间财富分配	$ 1 - \text{职工人均工资} / \text{城市群城市平均职工人均工资} ^{\frac{1}{2}}$	+	$X_{16}$	0.016
环境质量	污染排放	工业废水排放量/第二产业增加值	-	$X_{17}$	0.389
	空气质量	AQI指数	+	$X_{18}$	0.145
		PM <sub>2.5</sub> 指数	-	$X_{19}$	0.248
	环境治理能力	生活垃圾无害化处理率	+	$X_{20}$	0.396
	城市绿地	建成区绿化覆盖率	+	$X_{21}$	0.173
	空间联系	交通网络通达性	+	$X_{22}$	0.282
		城市联系强度	+	$X_{23}$	0.161

系数倒数衡量,“增长活力”用社会消费品零售总额/GDP<sup>[36]</sup>和DMSP/VIIRS夜光遥感数据测算,“创新能力”用人均专利授权量<sup>[3]</sup>衡量,“产业水平”用产业结构合理化指数<sup>[37]</sup>和高级化指数<sup>[38]</sup>来测算,“全球化水平”用实际利用外资金额/GDP<sup>[10, 39]</sup>衡量。

(2) 社会保障、社会公平、成果共享在一定程度上反映了一个城市的治理能力、社会保障水平和财富分配情况。本文从“社会福利水平”“社会不稳定因素”“人均医生”“人均床位”“高等教育水平”“设施水平”“城市财富分配”7个方面测度。其中,“社会福利水平”“社会不稳定因素”用卫生、社会保障和社会福利从业人口/总人口和失业率<sup>[10]</sup>来衡量。“人均医生”<sup>[10, 18]</sup>“人均床位”<sup>[10, 40]</sup>用来测算城市医疗保障分配的质量和基础的健康服务水平;“高等教育水平”“设施水平”反映人民精神文化生活方面的需求<sup>[32]</sup>。利用在岗职工工资总额/GDP<sup>[18]</sup>测算城市内部财富的分配情况,用 $|1 - \text{职工人均工资}/\text{城市群城市平均职工人均工资}|$ 测算城市群内城市之间的社会财富分配差异。

(3) 高质量发展贯彻了绿色发展战略,是一种经济发展与生态保护相协调的可持续发展方式。城市的生态环境质量更多体现在人对环境的影响,“污染排放”越少,“空气质量”越好,“环境治理能力”越强,“城市绿地”数量越多,城市的生态环境质量越好。其中,“污染排放”“环境治理能力”通过工业废水排放量/第二产业增加值<sup>[10]</sup>和生活垃圾无害化处理率<sup>[34]</sup>测度,“空气质量”“城市绿地”通过AQI指数、PM<sub>2.5</sub>指数<sup>[39]</sup>、建成区绿化覆盖率<sup>[10, 18]</sup>测度。

(4) 空间联系采用交通网络通达性和城市联系强度等测算。能够有效反映城市要素空间分布的均衡性,以及城市间空间相互作用强弱。

$$C(e) = \frac{1}{N^2} \sum_i^N \sum_j^N H(e - d_{ij}), \quad H(e - d_{ij}) = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq e \\ 0, & d_{ij} > e \end{cases} \quad (1)$$

$$C(e) \propto e^M \quad d = M' / M \quad (2)$$

式中:  $C(e)$ 为关联函数;  $e$ 为给定的距离标度;  $M$ 为关联维数;  $N$ 为城市数目;  $H$ 为越阶函数;  $d_{ij}$ 为城市 $i$ 与城市 $j$ 之间的直线距离,由式(1)计算出交通网络的空间关联维数,然后将 $d_{ij}$ 替换为两个城市之间的最短道路距离,得到修正后的空间关联维数 $M'$ 。最后由式(2)计算出交通网络通达性 $d$ ,以此反映城市群内部的交通网络通达程度。

两个城市间的联系强度利用修正后的引力模型计算,公式为:

$$R_{ij} = \frac{\sqrt{P_i G_i} \times \sqrt{P_j G_j}}{D_{ij}^2} \quad (3)$$

式中:  $R_{ij}$ 表示两个城市之间的城市联系强度;  $P_i$ 和 $P_j$ 分别为城市 $i$ 与城市 $j$ 的常住人口;  $G_i$ 和 $G_j$ 为城市 $i$ 与城市 $j$ 的GDP;  $D_{ij}$ 为城市 $i$ 与城市 $j$ 之间的最短道路距离,在此基础上,构建城市群网络联系矩阵,并利用该矩阵计算不同年份城市群内部网络密度值,以此值作为城市联系强度指标。

### 3.2 高质量发展指数测算

为保证不同年份之间高质量发展指数是可比的,①采用定基功效系数法对指标进行标准化处理,公式为:

$$s_{ij}(t_k) = \begin{cases} 10 \times \frac{x_{ij}(t_k) - \min[x_j(t_1)]}{\max[x_j(t_1)] - \min[x_j(t_1)]} & x_j \text{ 为正向指标} \\ 10 \times \frac{\max[x_j(t_1)] - x_{ij}(t_k)}{\max[x_j(t_1)] - \min[x_j(t_1)]} & x_j \text{ 为负向指标} \end{cases} \quad (4)$$

式中:  $x_{ij}(t_k)$  和  $s_{ij}(t_k)$  分别表示第  $i$  个城市第  $j$  个指标在第  $t_k$  年度的原始值和标准化的值;  $\max[x_j(t_1)]$ 、 $\min[x_j(t_1)]$  分别表示所有城市第  $j$  个指标在基期的最大值和最小值。

② 采用纵横向拉开档次法对标准化后的指标进行赋权。设有  $n$  个被评价对象  $s_1, s_2, \dots, s_n$ , 对应  $m$  个评价指标  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , 且按时间顺序  $t_1, t_2, \dots, t_T$  获得原始数据  $x_{ij}(t_k)$ , 设  $x_{ij}^*(t_k)$  为其经过极值法标准化处理后的数据,  $W=(w_1, w_1, \dots, w_m)^T$  为指标权重系数向量, 对时刻  $t_k$ , 取综合评价函数  $y_i(t_k)=\sum_{j=1}^m w_j x_{ij}^*(t_k)$ , 则各被评价对象间的差异可用  $y_i(t_k)$  的总离差平方和  $\sigma^2$  来刻画, 由于原始数据是经过标准化处理后的矩阵, 即  $\bar{y}=0$ , 得到:

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^T \sum_{i=1}^n [y_i(t_k) - \bar{y}]^2 = \sum_{k=1}^T \sum_{i=1}^n [y_i(t_k)]^2 = \sum_{k=1}^T [W^T H_k W] = W^T H W, \quad H = \sum_{k=1}^T H_k \quad (5)$$

式中:  $H$  为  $m \times m$  阶对称矩阵。当限定  $W^T W = 1$  时,  $\sigma^2$  最大取值产生在  $W=H$  的最大特征值所对应的特征向量, 限定  $w > 0$ , 保证权重为正。因此, 指标权重系数向量  $W$  计算公式为:

$$\max W^T H W, \text{ s.t. } \|w\| = 1, w > 0 \quad (6)$$

③ 计算第  $i$  个城市第  $t_k$  年的高质量发展指数  $Q_i(t_k)$ , 公式为:

$$Q_i(t_k) = \sum_{j=1}^m w_j s_{ij}(t_k) \quad (7)$$

指标权重计算结果如表1, 其中“生活垃圾无害化处理率”“工业废水排放量/第二产业增加值”“失业率”“GDP增长率变异系数倒数”“交通网络通达性”权重排名前5; 其次是“产业结构指数”“AQI指数”和“PM<sub>2.5</sub>指数”。因此城市间交通网络通达性越高, 城市环境质量越好, 产业结构越合理, 越倾向于高新技术产业, 越能促进城市高质量发展。

计算2003—2019年城市群各城市的高质量发展指数, 并用城市群内各城市指数的均值来代表该城市群高质量发展指数<sup>[22, 41]</sup>, 各发展阶段城市群高质量发展指数为该阶段城市群内城市高质量发展指数的均值(图2a、2b)。总体上, 高质量发展指数呈上升趋势, 优化提升阶段城市群的均值始终大于另外两个阶段的均值和全部城市群的均值, 且有最快的增长速度(3.31%), 而培育发展阶段城市群的均值均低于全部城市群的均值; 发展壮大阶段城市群的均值在2011年前领先于培育发展阶段城市群, 在2011年之后逐渐呈现趋近的状态。从同一发展阶段城市群之间高质量发展指数变化来看, 2007年以后, 粤港澳大湾区、长三角、京津冀城市群均值均高于该阶段所有城市群的均值, 而长江中游、成渝城市群均值则较低。山东半岛城市群均值远高于发展壮大阶段城市群中另外3个城市群的均值, 且3个城市群的增长呈现出相同的演变趋势(图2c)。培育发展阶段城市群相较于其他两个阶段城市群的变化态势, 具有波动式上升的特征(图2d)。

## 4 城市高质量发展趋同俱乐部格局及变迁

### 4.1 基本格局

$K$ -均值聚类分析方法将样本每个维度的中位数作为聚类中心的值, 使得相似的样本分到同一个组, 能够有效反映组内样本趋同性。考虑到高质量发展是个动态演进的过程, 本文运用该方法将2003—2019年每一年的城市高质量发展指数划分为5种类型: 低水平、中低水平、中等水平、中高水平和高水平, 同时为考察不同周期下高质量发展趋同俱乐部的动态演进过程, 分析间隔1年和间隔4年的转移概率矩阵(表2)。



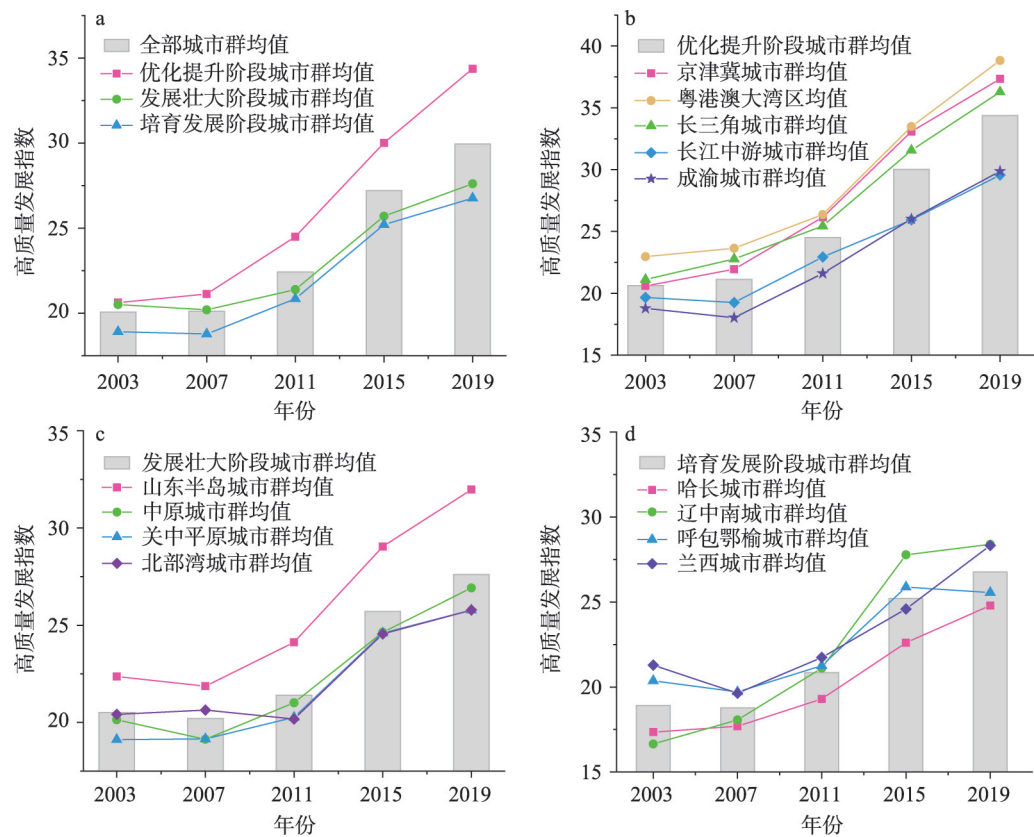


图2 2003—2019年不同发展阶段城市群之间高质量发展指数时序变化

Fig. 2 Time series changes of high-quality development index among urban agglomerations at different development stages

表2 城市群内城市传统马尔科夫转移概率矩阵

Tab. 2 Traditional Markov transition probability matrix of cities within urban agglomerations

$t/t_{i+1}$	低水平	中低水平	中等水平	中高水平	高水平
低水平	0.6180	0.3301	0.0365	0.0096	0.0058
中低水平	0.2500	0.4395	0.2548	0.0366	0.0191
中等水平	0.0561	0.2474	0.4474	0.2228	0.0263
中高水平	0.0098	0.0471	0.2608	0.4098	0.2725
高水平	0.0036	0.0270	0.0324	0.2234	0.7135
$t/t_{i+4}$	低水平	中低水平	中等水平	中高水平	高水平
低水平	0.5211	0.3099	0.1479	0.0141	0.0070
中低水平	0.2405	0.4430	0.2595	0.0316	0.0253
中等水平	0.1513	0.2105	0.4539	0.1711	0.0132
中高水平	0.0244	0.0894	0.2520	0.3659	0.2683
高水平	0.0083	0.0083	0.0413	0.1901	0.7521

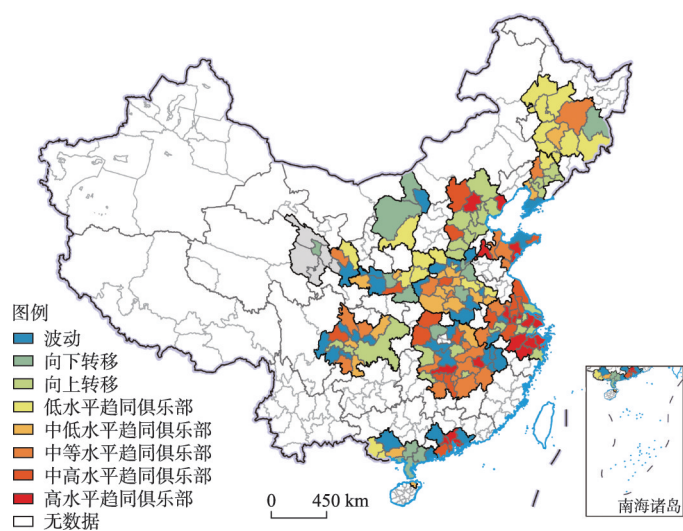
可以看出,无论是以1年为间隔还是以4年为间隔,对角线处的值最大,因此,不同类型维持自身原有水平的概率大于转移概率,其中,间隔4年的维持自身稳定的总体概率较低,说明城市高质量发展类型的改变需要较长时间。其次,较高水平趋同俱乐部维持不变及向上转移的概率大于其向下转移的概率,表明随着时间的推移,更多的城市会



向更高等级的俱乐部转移。最后，由对角线向两侧概率变小，表明俱乐部成员的转移基本发生在相邻水平，不易出现低水平和高水平之间转移的情况。

为进一步分析城市高质量发展趋同俱乐部的时空演进，本文结合聚类分析的分组进行俱乐部成员演变状态的识别，划分为稳定、向上转移、向下转移和波动4种状态，其中，稳定是指绝大部分年份均属于同一类型，这些稳定的城市形成了相应类型的趋同俱乐部。向上转移是指向更高水平转移，向下转移是指向更低水平转移，波动是指在考察期内变化起伏不定。

2003—2019年间处于波动状态的城市数量占比为10.34%，主要分布于相邻城市群的邻接处或者城市群边界，这些城市往往会受到空间上相邻城市的影响，而受城市群中心城市的影响相对较小（图3）。处于向下转移状态的城市数量占比为13.22%，主要分布在长江中游、北部湾、呼包鄂榆城市群，并且多与波动状态的城市相邻，此类城市受地理位置和环境的制约，较难保持稳定，易被其他城市影响。处于向上转移状态的城市数量占比为10.92%，集中分布在长三角、京津冀、成渝城市群中，多与中心城市相邻。在保持相对稳定的城市中，属于低水平趋同俱乐部的城市数量占比为9.77%，比例相对较低，说明城市群作为区域经济发展的增长极，高质量发展指数相较于其他城市更高。属于中低水平、中等水平趋同俱乐部的城市数量占比分别为16.09%、12.07%，主要分布在华中地区的中原城市群和长江中游城市群，这些城市大多集中分布，不易发生转移，长期处于稳定状态。属于中高水平趋同俱乐部的城市数量占比为12.07%，集中在长三角、粤港澳大湾区、山东半岛城市群，多与高水平趋同俱乐部城市相邻，其高质量发展保持在较高水平。属于高水平趋同俱乐部的城市数量占比为15.52%，主要分布在优化提升阶段城市群的中心城市以及各个城市群中的省会城市，这些城市对外开放程度高，产业结构高级化程度高，因此高质量发展水平较高。



注：基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1825号的标准地图制作，底图边界无修改。

图3 2003—2019年中国13大城市群高质量发展俱乐部时空演进

Fig. 3 Spatiotemporal evolution of high-quality development clubs in China's 13 urban agglomerations, 2003-2019

4.2 邻居的影响

现阶段城市与城市之间的关联效应具有复杂网络特点，以地理临近、地理距离、经济距离或者经济地理距离的耦合等来分析城市与其邻居之间的关联并不能较好地反映多

重叠加的溢出效应<sup>[33]</sup>。为兼顾时间、空间及网络三重维度对城市相互作用的影响,本文首先根据地理距离倒数得到城市间的地理距离矩阵,体现空间滞后影响,接着考虑到网络作为高质量发展空间溢出传导的媒介,构建高质量发展关联网络矩阵,体现时间和网络滞后影响。高质量发展关联关系是一种长期趋势,借鉴李敬等<sup>[42]</sup>和刘华军等<sup>[43]</sup>的分析方法,建立城市高质量发展指数的VAR模型,通过VAR格兰杰因果关系检验来判断城市两两之间是否存在高质量发展因果关系,若存在,关联网络矩阵相应位置元素赋值为1,不存在则赋值为0,从而得到高质量发展关联网络矩阵。然后将距离倒数矩阵和关联网络矩阵相耦合,得到新的空间权重矩阵,既考虑地理距离又有经济计量上的因果关系,能够从时间、空间、网络3个视角耦合分析邻居的影响。

为验证上述方法构建的空间权重矩阵更合理,分别考察不同情形下高质量发展指数的Kernel密度函数分布变化(图4)。图4a表示不考虑邻居的分布动态,发现曲线存在多个波峰,表明城市高质量发展存在多个趋同俱乐部。图4b和图4c分别为将距离倒数矩阵测度的邻居作为条件和将关联网络矩阵测度的邻居作为条件的高质量发展指数Kernel密度分布,可以看出两种情形下曲线的分布仍然呈现多峰状态,意味着消除邻居的影响后,城市高质量发展并未趋同,因此这两类邻居对高质量发展俱乐部趋同的影响并不显著。图4d表示距离倒数矩阵与关联网络矩阵耦合的空间权重矩阵下的分布动态,此时曲线分布基本呈现单峰集聚形态,且分布更为集中。因此,距离倒数矩阵与关联网络矩阵耦合的空间权重矩阵下的邻居对俱乐部的形成影响更为显著,这也从侧面验证了本文从时间、空间及网络3个维度耦合构建的空间权重矩阵更适合城市高质量发展趋同俱乐部的分析。

因此,基于上文构建的空间权重矩阵进行空间马尔科夫链分析,以考察邻居的影响。类似地,采用K-Medians聚类分析将邻居加权后的高质量发展指数划分为5种类型作为空间滞后条件,计算间隔4年的空间马尔科夫转移概率矩阵(表3)。

从表3来看,在不同类型邻居情形下,由对角线向外概率值在不断减小,低水平和高水平之间转移的概率基本全部为0,且若发生转移更多的是向邻近类型转移。当与低水平邻居相邻时,形成低水平、中低水平、中等水平、高水平等4个趋同俱乐部,与中低水平邻居相邻时,形成低水平、中低水平、中等水平、中高水平等4个趋同俱乐部,与中等水平、中高水平、高水平邻居相邻时,形成低水平、中低水平、中等水平、中高水平、高水平等5个趋同俱乐部(图5)。随着邻居高质量发展指数的提升,低水平和中低水平趋同俱乐部范围收缩,高水平趋同俱乐部范围扩大,向上转移的城市个数增多,结合城市群发展阶段来看,培育发展阶段城市群中,低水平、中低水平趋同俱乐部范围收缩,优化提升阶段城市群中,高水平趋同俱乐部范围扩大。

## 5 城市高质量发展趋同俱乐部形成机理

前文的分析表明城市高质量发展存在5种类型的趋同俱乐部,那么,这些趋同俱乐部的形成及变迁机理是什么?本文认为主要有以下可能的影响因素(表4)。

首先,高质量发展指标体系的过程性因子。前文从经济发展、社会保障、社会公平、成果共享、环境质量、空间联系质量等方面构建评价体系,其相应的过程性因子主要包括经济支撑、保障支撑、环境支撑、创新支撑及空间支撑等方面。①经济支撑。经济支撑是实现城市高质量发展的核心,在绿色发展理念的支持下,保证经济增长的可持续性、区域产业结构的协调及高级化、较高的市场化程度,以发挥经济支撑在高质量发

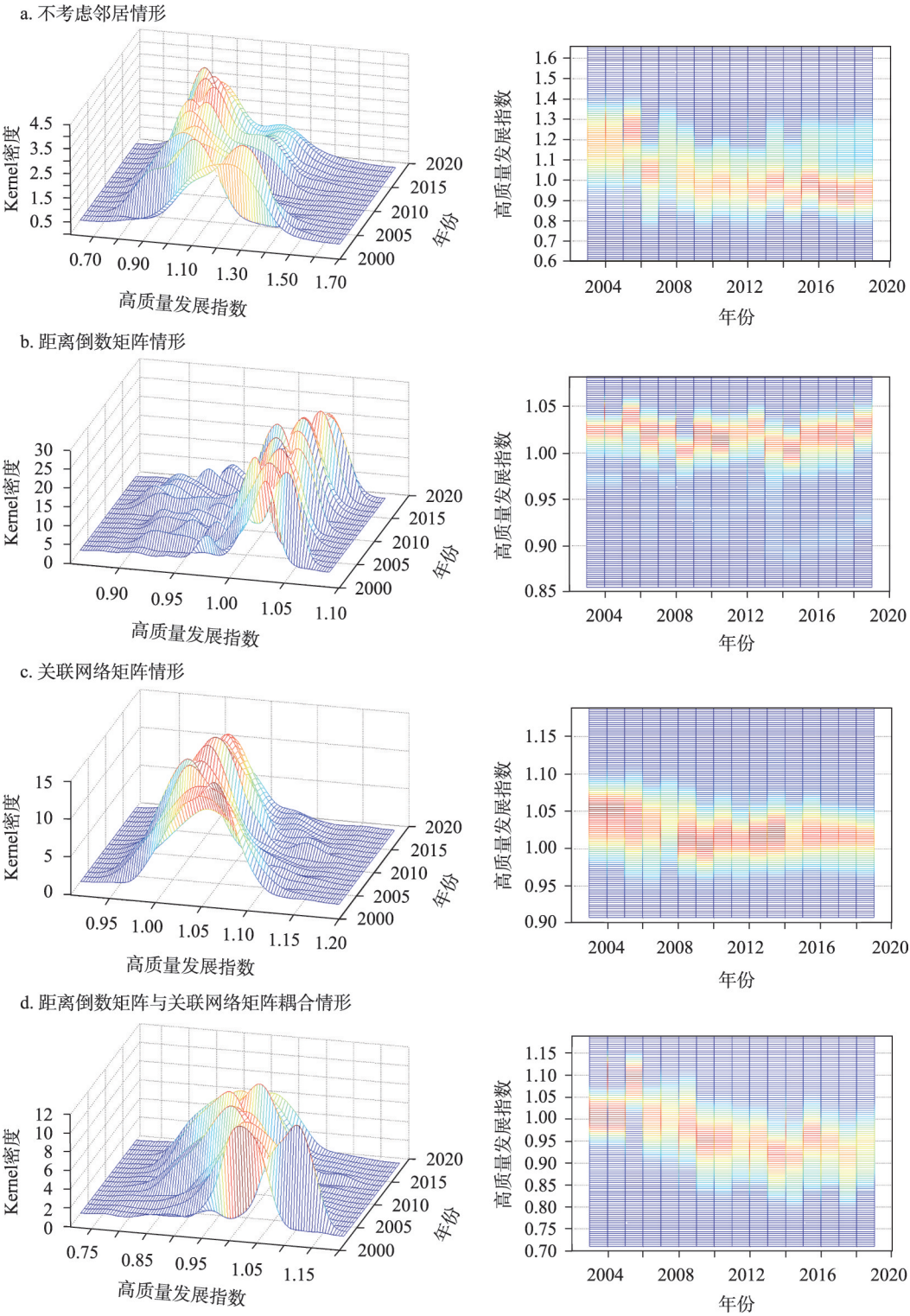


图4 2003—2019年城市群内城市高质量发展指数分布动态  
Fig. 4 Distribution dynamics about high-quality development index of cities within urban agglomerations, 2003-2019



表3 城市群内城市空间马尔科夫转移概率矩阵

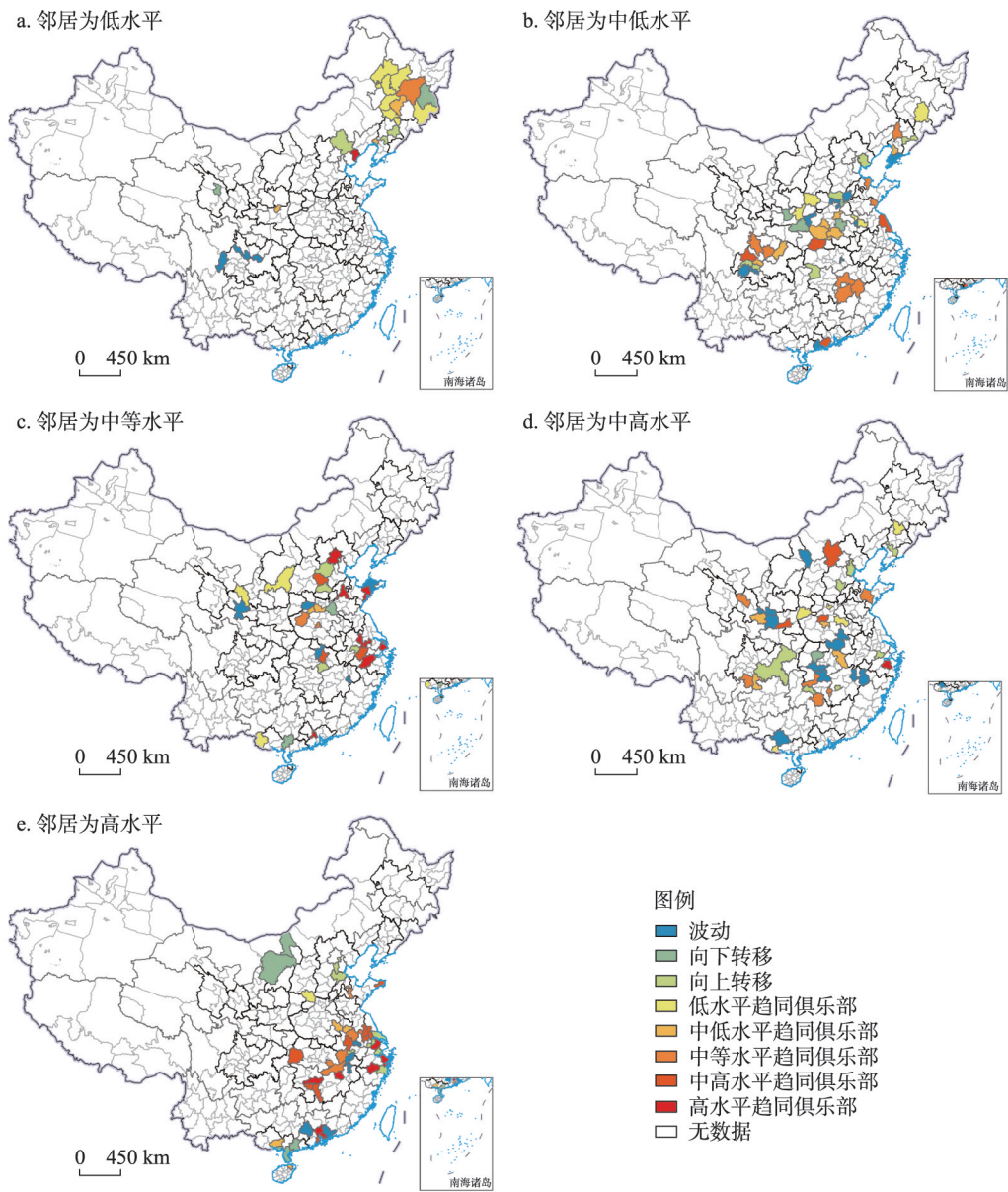
Tab. 3 Spatial Markov transition probability matrix of cities within urban agglomerations

滞后类型	$t/t_{i+4}$	低水平	中低水平	中等水平	中高水平	高水平
低水平	低水平	0.7647	0.1471	0.0882	0.0000	0.0000
	中低水平	0.3500	0.4000	0.2500	0.0000	0.0000
	中等水平	0.0000	0.2941	0.6471	0.0588	0.0000
	中高水平	0.1429	0.1429	0.2857	0.2857	0.1429
	高水平	0.0000	0.0000	0.0000	0.3333	0.6667
中低水平	低水平	0.5217	0.3696	0.0870	0.0217	0.0000
	中低水平	0.2708	0.4583	0.2500	0.0208	0.0000
	中等水平	0.1429	0.1429	0.5476	0.1667	0.0000
	中高水平	0.0370	0.2222	0.2963	0.3333	0.1111
	高水平	0.0000	0.0000	0.4000	0.2000	0.4000
中等水平	低水平	0.4500	0.3000	0.2000	0.0500	0.0000
	中低水平	0.3750	0.3750	0.1875	0.0000	0.0625
	中等水平	0.2083	0.2083	0.3333	0.2083	0.0417
	中高水平	0.0455	0.0000	0.1818	0.4091	0.3636
	高水平	0.0000	0.0000	0.0000	0.1579	0.8421
中高水平	低水平	0.3636	0.3636	0.2424	0.0000	0.0303
	中低水平	0.2000	0.4500	0.3250	0.0000	0.0250
	中等水平	0.1944	0.2222	0.4722	0.1111	0.0000
	中高水平	0.0526	0.1053	0.3158	0.3684	0.1579
	高水平	0.0625	0.0625	0.0625	0.1250	0.6875
高水平	低水平	0.4286	0.4286	0.1429	0.0000	0.0000
	中低水平	0.0909	0.5152	0.2121	0.1212	0.0606
	中等水平	0.0909	0.2727	0.3636	0.2424	0.0303
	中高水平	0.0000	0.0000	0.1961	0.4510	0.3529
	高水平	0.0000	0.0000	0.0357	0.2321	0.7321

展中的核心作用。因此，选用“绿色全要素生产率差值”<sup>[39]</sup>测度绿色发展水平差异，“GDP增速差值”反映城市经济总量的自身增长能力<sup>[44]</sup>，“二三产业协调度差值”<sup>[39]</sup>“第三产业增长值/第二产业增加值差值”衡量产业协调、产业结构等对俱乐部的影响<sup>[10]</sup>，“市场化指数差值”测度市场化差异的作用<sup>[45]</sup>。② 保障支撑。作为经济发展的稳定器，保障支撑是支持经济发展成果惠及于民的重要基石，保障支撑的强弱影响社会的稳定，其中，政府的财政行为发挥着重要作用<sup>[46]</sup>，选取“地方一般财政收入占GDP比重”“地方一般财政收入占GDP比重差值”<sup>[32]</sup>反映保障支撑水平的差异。③ 环境支撑。在经济发展的同时注重生态环境保护是高质量发展的内在要求，选取“工业二氧化硫排放量占工业总产量比重”“工业二氧化硫排放量占工业总产量比重差值”反映环境因素对俱乐部趋同的影响。④ 创新支撑。科学技术的发展和良好的教育能够进一步促进城市创新能力的提升。选取“科学技术支出占财政支出比重差值”“教育费用支出占财政支出比重差值”衡量<sup>[47]</sup>。⑤ 空间支撑。空间网络是影响城市高质量发展的重要媒介，交通联系是最为直接的体现。选取“单日城市群内部列车收发频次/单日全国城市群列车收发频次”衡量群内城市之间的关联程度<sup>[48]</sup>。

其次，邻居效应。前文的分析表明高质量发展趋同俱乐部的转移概率与邻居有密切联系，邻居高质量发展水平及其演变将影响城市高质量发展趋同俱乐部的形成<sup>[49]</sup>，选取





注：基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1825号的标准地图制作，底图边界无修改。

图5 邻居效应下城市群内城市高质量发展俱乐部时空演进

Fig. 5 Spatiotemporal evolution about high-quality development clubs of cities within urban agglomerations under neighbor effect

“邻居高质量发展指数”“邻居高质量发展指数差值”测度。将所选择的指标差值矩阵同高质量发展指数差值矩阵进行QAP相关性检验（图6），其中， $GDP-G$ 、 $CD-II$  and  $III$ 、 $Value II/III$ 、 $gtfp$ 、 $S\&T/fix$ 、 $ni-2003$ 、 $ni$ 、 $TCLKRR-train 2019$ 均通过5%、10%的显著性检验，且均为正相关关系； $mi$ 、 $gtfr/GDP-2003$ 、 $gtfr/GDP$ 、 $Ed/fix$ 、 $SO_2/tio-2003$ 、 $SO_2/tio$ 通过5%、10%、15%的显著性检验，基本为负相关关系。说明这些指标的差异缩小会进一步拉大城市高质量发展水平的差距，促进趋同俱乐部的形成。

表 4 城市群内城市高质量发展趋同俱乐部影响因素选取

Tab. 4 Selection of influencing factors for high-quality development convergence clubs of cities within urban agglomerations

变量	指标符号	变量解释
经济支撑	<i>GDP-G</i>	2003—2019年GDP增速差值
	<i>CD-II and III</i>	2003—2019年二三产业协调度差值
	<i>Value II/III</i>	2003—2019年第三产业增加值/第二产业增加值差值
	<i>gtfp</i>	2003—2019年绿色全要素生产率差值
	<i>mi</i>	2003—2019年市场化指数差值
保障支撑	<i>gtfr/GDP-2003</i>	2003年地方一般财政收入占GDP比重
	<i>gtfr/GDP</i>	2003—2019年地方一般财政收入占GDP比重差值
环境支撑	<i>SO<sub>2</sub>/tio-2003</i>	2003年工业二氧化硫排放量占工业生产总产量比重
	<i>SO<sub>2</sub>/tio</i>	2003—2019年工业二氧化硫排放量占工业生产总产量比重差值
创新支撑	<i>S&amp;T/fix</i>	2003—2019年科学技术支出占财政支出比重差值
	<i>Ed/fix</i>	2003—2019年教育费用支出占财政支出比重差值
空间支撑	<i>TCLKRR-train2019</i>	2019年单日城市群内部列车收发频次/单日全国城市群列车收发频次
邻居效应	<i>ni-2003</i>	2003年邻居高质量发展指数
	<i>ni</i>	2003—2019年邻居高质量发展指数差值

注：二三产业协调度差值：先求出“第二产业占GDP比重”与“第二产业从业人员比重”的比值，然后计算“第三产业占GDP比重”与“第三产业从业人员比重”的比值，再求两者之差；绿色全要素生产率采用胡晓珍等<sup>[50]</sup>的非期望产出的超效率SBM模型和Malmquist生产率指数所计算的结果进行测度；市场化指数根据樊纲等<sup>[51]</sup>市场化各指标、测算方法，结合各地级市的相关数据进行测算。

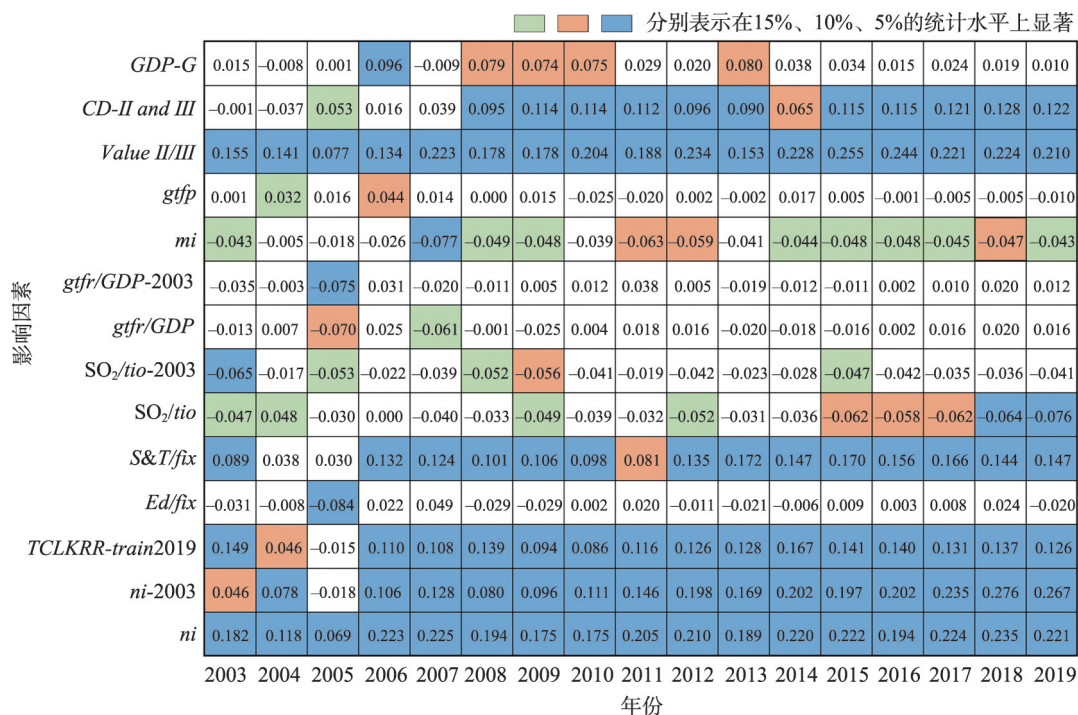


图 6 2003—2019年城市群内城市高质量发展影响因素指标差值矩阵 QAP 相关性分析

Fig. 6 QAP correlation analysis on the difference matrix of influencing factors for high-quality development of cities within urban agglomerations, 2003-2019

在此基础上，采用有序响应Logit模型对选取的14个影响因素进行检验，以城市的趋同俱乐部属性作为被解释变量，即当城市属于低、中低、中等、中高、高等5类趋同俱乐部时，依次将被解释变量赋值为1、2、3、4、5。以表4中的指标作为解释变量，结果如图7所示。从图7可以看出，产业结构是否协调、创新水平高低、邻居效应的强弱、城市群内部关联的强弱等对趋同俱乐部的形成和变迁具有重要影响。低水平、中低水平趋同俱乐部的形成中，*CD-II and III*、*gfr/GDP-2003*、*Ed/fix* 为正向影响，*Value II/III*、*gfr/GDP*、*S&T/fix*、*ni-2003*、*TCLKRR-train 2019*为负向影响，因此，对属于这两类趋同俱乐部的城市而言，促进产业结构协调、提高产业高级化水平，并通过技术创新、增加地方财政收入，提升工业生产中污染物排放的治理水平，有利于其打破低水平、中低水平趋同俱乐部的稳定状态，进而使城市向上转移。中等水平趋同俱乐部的影响因素中，选取的14个因素均没有通过显著性检验，说明此类城市相较于其他趋同俱乐部的城市而言转移规律性不强。中高水平、高水平趋同俱乐部的影响因素与低水平和中低水平的类似，然而，因素的作用方向相反。因此，产业高级化水平越高、科技支出越多、财政收入越稳定、邻居效应越强，城市群内部交通网络越密集会使其保持在较高水平的趋同俱乐部中。此外，*CD-II and III*、*Ed/fix*为负向影响，表明产业结构协调度不高及教育支出占比较低将导致较高水平的俱乐部成员向下转移。

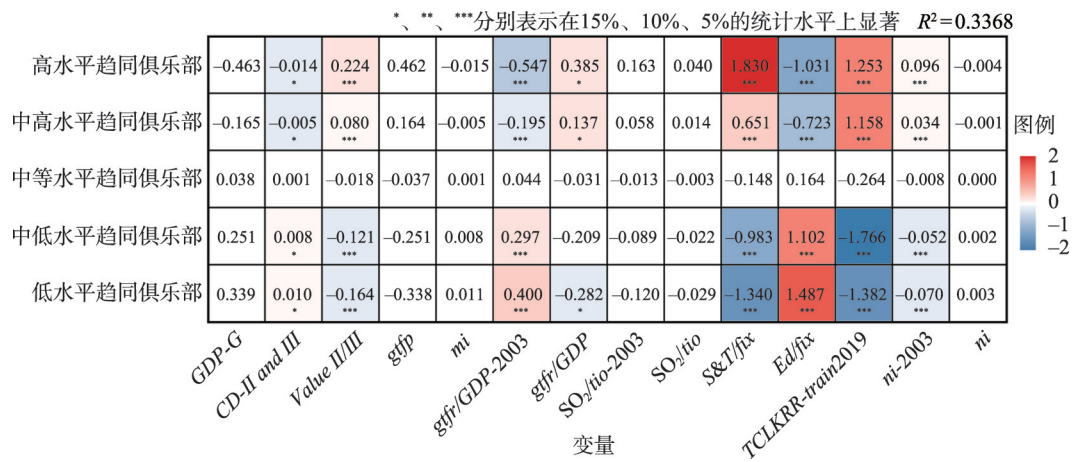


图7 城市群内城市高质量发展趋同俱乐部影响因素检验结果

Fig. 7 Test results of influencing factors for high quality development convergence clubs of cities within urban agglomerations

6 结论及建议

本文基于城市群分析城市高质量发展格局、差异及演变，在识别出5类城市高质量发展趋同俱乐部的基础上，进一步采用有序响应Logit模型探究其形成机理，主要结论为：

（1）城市群内城市高质量发展指数整体上呈现稳定的上升趋势，处于优化提升阶段城市群发展速度最快，指数均值最高；发展壮大阶段城市群发展速度相对缓慢，呈现出两极分化的态势；培育发展阶段城市群，整体水平为3个阶段中最低，呈现出波动式上升的趋势。

（2）城市群内城市高质量发展形成了低水平、中低水平、中等水平、中高水平、高水平等5个趋同俱乐部，且保持在各自现有水平的概率最大，跨等级转移的概率最低，



随着时间的推移,更多城市会向更高等级的俱乐部转移。低水平趋同俱乐部城市多分布于培育发展阶段城市群中,集聚在东北、西部内陆地区;属于中低水平、中等水平趋同俱乐部的城市集中分布于华中地区的中原城市群和长江中游城市群,同等水平集聚条件下不易发生转移;属于中高水平趋同俱乐部的城市多与高水平趋同俱乐部城市相邻或集聚;属于高水平趋同俱乐部的城市分布在优化提升阶段城市群中的中心城市以及各城市群的省会城市。同时,城市高质量发展趋同俱乐部的演变与邻居存在密切关系,随着邻居高质量发展指数的提升,低水平和中低水平趋同俱乐部范围收缩,高水平趋同俱乐部范围扩大,向上转移的城市数量增多。

(3) 产业结构协调度、财政收入水平、科技创新水平、邻居效应、城市群内部关联等产生的区域差异是城市高质量发展趋同俱乐部形成和变迁的驱动因素,形成了以创新驱动为核心,社会稳定为保障,产业结构协调、邻居效应正向溢出、城市空间关联性强的高质量发展趋同俱乐部驱动体系。

根据本文的研究,提出以下建议:

(1) 结合城市群发展实际,形成发展阶段与俱乐部格局均衡的高质量发展体系。处于优化提升阶段的城市群,其成员多属于较高水平的趋同俱乐部,是城市群发展的“高地”。应充分利用其经济发展水平高、产业结构高级、社会保障体系完善、内部网络关联性强的优势,探索高质量发展前沿途径,巩固高质量发展领跑优势,发挥榜样先导作用。处于发展壮大阶段的城市群,应利用其在地理位置或者劳动力红利等方面的优势,积极承接优化发展阶段城市群的产业及技术转移,加强城市间联系,形成优势互补的协同发展模式,以突破现属的俱乐部层次。处于培育发展阶段的城市群,基本位于东北、西部地区,由于高耗能、高污染的重工业在该阶段城市群中的产业结构中占重要地位,应通过产业绿色发展、资源利用效率提升,逐步淘汰落后产能,努力走出一条经济发展与环境保护并重的可持续高质量发展新路径。

(2) 为不同类型趋同俱乐部定制高质量发展策略。高水平、中高水平趋同俱乐部的城市为保持其稳定性,一方面应进一步增加财政支出,提升社会保障服务水平,促进产业结构的优化升级,向着集约化、高端化、绿色化方向发展,以获得可持续的内生高质量发展动力;另一方面突出邻居效应的正向溢出,发挥中心城市和省会城市的带动作用,形成城市群内部网络关联节点,以交通网络为要素传导媒介,将要素、机制、规模等优势向周边城市辐射,承担起拉动周边城市向上转移的任务。而低水平、中低水平城市的向上转移,一方面应加快城市基础设施建设,完善交通网络,为承接产业转移奠定基础。此外,扩大用于科技和教育的财政支出,以提升创新水平,增加社会福利,吸引高质量发展必需的高素质人才;另一方面应积极吸收高水平邻居的正向溢出,加强与网络关联节点的“对接”,努力并入要素传导“快车道”,形成城市群内部优势互补的产业合作模式,进一步推动俱乐部成员向上转移。

## 参考文献(References)

- [1] Zhang F T, Tan H M, Zhao P, et al. What was the spatiotemporal evolution characteristics of high-quality development in China? A case study of the Yangtze River economic belt based on the ICGOS-SBM model. *Ecological Indicators*, 2022, 145: 109593. DOI: 10.1016/j.ecolind.2022.109593.
- [2] Hua X Y, Lv H P, Jin X R. Research on high-quality development efficiency and total factor productivity of regional economies in China. *Sustainability*, 2021, 13(15): 8287. DOI: 10.3390/su13158287.
- [3] Sun Jiuwen, Jiang Zhi, Hu Junyan. Spatio-temporal evolution pattern and driving factors of high-quality development of Chinese cities in the new era. *Geographical Research*, 2022, 41(7): 1864-1882. [孙久文, 蒋治, 胡俊彦. 新时代中国城



- 市高质量发展的时空演进格局与驱动因素. 地理研究, 2022, 41(7): 1864-1882.]
- [4] Zhang Junkuo, Hou Yongzhi, Liu Peilin, et al. The goals and strategic path of high-quality development. *Journal of Management World*, 2019, 35(7): 1-7. [张军扩, 侯永志, 刘培林, 等. 高质量发展的目标要求和战略路径. 管理世界, 2019, 35(7): 1-7.]
- [5] Fang Chuanglin, Zhang Guoyou, Xue Desheng. High-quality development of urban agglomerations in China and construction of science and technology collaborative innovation community. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(12): 2898-2908. [方创琳, 张国友, 薛德升. 中国城市群高质量发展与科技协同创新共同体建设. 地理学报, 2021, 76(12): 2898-2908.]
- [6] Yang Yaowu, Zhang Ping. Logic, measurement and governance in China's high-quality economic development. *Economic Research Journal*, 2021, 56(1): 26-42. [杨耀武, 张平. 中国经济高质量发展的逻辑、测度与治理. 经济研究, 2021, 56(1): 26-42.]
- [7] Zhao Jianbo, Shi Dan, Deng Zhou. A framework of China's high-quality economic development. *Research on Economics and Management*, 2019, 40(11): 15-31. [赵剑波, 史丹, 邓洲. 高质量发展的内涵研究. 经济与管理研究, 2019, 40(11): 15-31.]
- [8] Ma Haitao, Xu Xuanfang. High-quality development assessment and spatial heterogeneity of urban agglomeration in the Yellow River Basin. *Economic Geography*, 2020, 40(4): 11-18. [马海涛, 徐植枋. 黄河流域城市群高质量发展评估与空间格局分异. 经济地理, 2020, 40(4): 11-18.]
- [9] Jiang L, Zuo Q T, Ma J X, et al. Evaluation and prediction of the level of high-quality development: A case study of the Yellow River Basin, China. *Ecological Indicators*, 2021, 129: 107994. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107994.
- [10] Li Yurui, Pan Wei, Wang Jing, et al. Spatial pattern and influencing factors of high-quality development of China at the prefecture level. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(6): 2306-2320. [李裕瑞, 潘玮, 王婧, 等. 中国地级区域高质量发展格局与影响因素. 生态学报, 2022, 42(6): 2306-2320.]
- [11] Hou Song, Zhen Yanlin, Cao Xiuting, et al. Evaluation index system of urban agglomeration governance under the background of high-quality development: A case of the Yangtze River Delta. *Economic Geography*, 2022, 42(2): 35-44. [侯松, 甄延临, 曹秀婷, 等. 高质量发展背景下城市群治理评价体系构建及应用: 以长三角城市群为例. 经济地理, 2022, 42(2): 35-44.]
- [12] Wang Jing, Du Guangjie. Spatial disparity and driving factors of green development efficiency in Chinese cities. *Research on Economics and Management*, 2020, 41(12): 11-27. [王婧, 杜广杰. 中国城市绿色发展效率的空间分异及驱动因素. 经济与管理研究, 2020, 41(12): 11-27.]
- [13] Zhang Keyun, Zhang Jiang. Polycentricity and green development efficiency of urban agglomerations: Spatial distribution of urbanization based on heterogeneity. *China Population Resources and Environment*, 2022, 32(2): 107-117. [张可云, 张江. 城市群多中心性与绿色发展效率: 基于异质性的城镇化空间布局分析. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(2): 107-117.]
- [14] Tian Guanghui, Li Jiangsu, Miao Changhong, et al. Urban green development efficiency and its influencing factors in China based on the undesirable outputs. *Economic Geography*, 2022, 42(6): 83-91. [田光辉, 李江苏, 苗长虹, 等. 基于非期望产出的中国城市绿色发展效率及影响因素分析. 经济地理, 2022, 42(6): 83-91.]
- [15] Shao Mingwei, Jin Zhongfan, Zhang Junwei. Calculation and analysis of total factor productivity of China's urban agglomerations: DEA-Malmquist index method based on 2000-2014 data. *Inquiry into Economic Issues*, 2018(5): 110-118. [邵明伟, 金钟范, 张军伟. 中国城市群全要素生产率测算与分析: 基于2000—2014年数据的DEA-Malmquist指数法. 经济问题探索, 2018(5): 110-118.]
- [16] Bain P G, Kroonenberg P M, Johansson L O, et al. Public views of the sustainable development goals across countries. *Nature Sustainability*, 2019, 2(9): 819-825.
- [17] Schiller D, Reid N, Tamásy C. Sustainable economies: challenges, transitions and trajectories in spatial perspective. *Applied Geography*, 2018, 90: 293-295.
- [18] Tu Jianjun, Kuang Renrui, Mao Kai, et al. Evaluation on high-quality development of Chengdu-Chongqing urban agglomeration. *Economic Geography*, 2021, 41(7): 50-60. [涂建军, 况人瑞, 毛凯, 等. 成渝城市群高质量发展水平评价. 经济地理, 2021, 41(7): 50-60.]
- [19] Xu Liting, Yao Shimou, Chen Shuang, et al. Evaluation of eco-city under the concept of high-quality development: A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(8): 1228-1237. [徐丽婷, 姚士谋, 陈爽, 等. 高质量发展下的生态城市评价: 以长江三角洲城市群为例. 地理科学, 2019, 39(8): 1228-1237.]

- [20] Shen Xianjie, Yuan Zhu. Theoretical logic and path selection of high-quality development of urban clusters. *China Opening Journal*, 2021(4): 24-31. [申现杰, 袁朱. 城市群高质量发展的理论逻辑与路径选择. *开放导报*, 2021(4): 24-31.]
- [21] Zheng Wensheng, Du Nanqiao, Yang Yao, et al. Multi-fractal characteristics of spatial structure of urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(4): 947-959. [郑文升, 杜南乔, 杨瑶, 等. 长江中游城市群空间结构的多分形特征. *地理学报*, 2022, 77(4): 947-959.]
- [22] Chen Zixi, Qing Mei. Research on the measurement of the high-quality development level of China's urban agglomerations and its temporal and spatial convergence. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2022, 39(6): 42-60. [陈子曦, 青梅. 中国城市群高质量发展水平测度及其时空收敛性研究. *数量经济技术经济研究*, 2022, 39(6): 42-60.]
- [23] Tong Menghua, Chu Cuicui, Li Yang. Research on the distribution dynamics, regional differences and convergence of China's high-quality economic development. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2022, 39(6): 3-22. [佟孟华, 褚翠翠, 李洋. 中国经济高质量发展的分布动态、地区差异与收敛性研究. *数量经济技术经济研究*, 2022, 39(6): 3-22.]
- [24] Zhang Guojun, Wang Yunzhe, Wang Juehan, et al. The spatio-temporal evolution and mechanism of the coordination between quality and quantity of economic growth in Chinese urban agglomerations. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(12): 2075-2086. [张国俊, 王运喆, 王珏晗, 等. 中国城市群经济增长质量与数量协调关系的时空演化与机理. *地理科学*, 2021, 41(12): 2075-2086.]
- [25] Meng Xianglan, Xing Maoyuan. Research on the Hubei high-quality development comprehensive evaluation under the background of supply side structural reform based on the weighted factor analysis. *Journal of Applied Statistics and Management*, 2019, 38(4): 675-687. [孟祥兰, 邢茂源. 供给侧改革背景下湖北高质量发展综合评价研究: 基于加权因子分析法的实证研究. *数理统计与管理*, 2019, 38(4): 675-687.]
- [26] Wang Yongsheng, Li Yulong, Zheng Shaojie. Research on the characteristics of spatial network structure of the Yangtze River Delta urban agglomeration. *Statistics & Decision*, 2022, 38(6): 69-74. [汪永生, 李玉龙, 郑绍杰. 长三角城市群空间网络结构特征研究. *统计与决策*, 2022, 38(6): 69-74.]
- [27] Li Jinchang, Shi Longmei, Xu Aiting. Probe into the assessment indicator system on high-quality development. *Statistical Research*, 2019, 36(1): 4-14. [李金昌, 史龙梅, 徐蔼婷. 高质量发展评价指标体系探讨. *统计研究*, 2019, 36(1): 4-14.]
- [28] Montañés A, Olmos L, Reyes M. Has the great recession affected the convergence process? The case of Spanish provinces. *Economic Modelling*, 2018, 68: 360-371.
- [29] Hembram S, Mukherjee S, Haldar S K. Regional convergence of social and economic development in the districts of West Bengal, India: Do clubs exist? Does space matter? An empirical analysis using DLHS I-IV and NFHS IV data. *Journal of Social and Economic Development*, 2020, 22(1): 58-90.
- [30] Basel S, Gopakumar K U, Rao P R. Testing club convergence of economies by using a broad-based development index. *GeoJournal*, 2021, 86(5): 2351-2365.
- [31] Liberati P, Resce G. Regional well-being and its inequality in the oecd member countries. *The Journal of Economic Inequality*, 2022, 20(3): 671-700.
- [32] Wang Xueyi, Xiong Shengyin. Characteristics of comprehensive evaluation of time and space in the transformation of China's economic development mode. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(2): 220-228. [王学义, 熊升银. 中国经济发展方式转变综合评价及时空演化特征研究. *地理科学*, 2020, 40(2): 220-228.]
- [33] Zhang Weili, Ye Xinyue, Li Dong et al. Network association, spillover effect and China's regional economic growth based on Tencent's location big data. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(9): 1371-1377. [张伟丽, 叶信岳, 李栋, 等. 网络关联、空间溢出效应与中国区域经济增长: 基于腾讯位置大数据的研究. *地理科学*, 2019, 39(9): 1371-1377.]
- [34] Zhang W L, Fu J B, Ju Q. A study on the model of economic growth convergence in developing regions: An Empirical analysis from Henan province, China. *Empirical Economics*, 2020, 59(2): 547-567.
- [35] Fang Chuanglin. China's urban agglomeration and metropolitan area construction under the new development pattern. *Economic Geography*, 2021, 41(4): 1-7. [方创琳. 新发展格局下的中国城市群与都市圈建设. *经济地理*, 2021, 41(4): 1-7.]
- [36] Yang Xinhuan, Yong Wenyan. Measurement of high-quality development of the Yangtze River Economic Belt. *Journal of Lanzhou University of Finance and Economics*, 2021, 37(1): 46-59. [杨鑫环, 雍雯曦. 基于“五大发展理念”的长江经济带高质量发展测度. *兰州财经大学学报*, 2021, 37(1): 46-59.]

- [37] Yuan Hang, Zhu Chengliang. Does national high-tech zone promote the transformation and upgrading of China's industrial structure. *China Industrial Economics*, 2018(8): 60-77. [袁航, 朱承亮. 国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗. *中国工业经济*, 2018(8): 60-77.]
- [38] Fu Linghui. An empirical research on industry structure and economic growth. *Statistical Research*, 2010, 27(8): 79-81. [付凌晖. 我国产业结构高级化与经济增长关系的实证研究. *统计研究*, 2010, 27(8): 79-81.]
- [39] Liu Yaxue, Tian Chengshi, Cheng Liyan. Measurement and comparison of high-quality development of world economy. *Economist*, 2020(5): 69-78. [刘亚雪, 田成诗, 程立燕. 世界经济高质量发展水平的测度及比较. *经济学家*, 2020(5): 69-78.]
- [40] Cui Dan, Bu Xiaoyan, Xu Zhen, et al. Comprehensive evaluation and impact mechanism of high-quality development of China's resource-based cities. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(10): 2489-2503. [崔丹, 卜晓燕, 徐祯, 等. 中国资源型城市高质量发展综合评估及影响机理. *地理学报*, 2021, 76(10): 2489-2503.]
- [41] Xiao De, Yu Fan. A measurement and comparative analysis of high-quality economic development of Chinese urban agglomerations. *Journal of Macro-quality Research*, 2021, 9(3): 86-98. [肖德, 于凡. 中国城市群经济高质量发展测算及差异比较分析. *宏观质量研究*, 2021, 9(3): 86-98.]
- [42] Li Jing, Chen Shu, Wan Guanghua, et al. Study on the spatial correlation and explanation of regional economic growth in China: Based on analytic network process. *Economic Research Journal*, 2014, 49(11): 4-16. [李敬, 陈澍, 万广华, 等. 中国区域经济增长的空间关联及其解释: 基于网络分析方法. *经济研究*, 2014, 49(11): 4-16.]
- [43] Liu Huajun, Jia Wenxing. Convergence test and coordinated development of China's regional economic growth under the background of different spatial network. *Nankai Economic Studies*, 2019(3): 104-124. [刘华军, 贾文星. 不同空间网络关联情形下中国区域经济增长的收敛检验及协调发展. *南开经济研究*, 2019(3): 104-124.]
- [44] Shi Bo, Zhang Bingyao. Measurement and analysis of high-quality economic development in cities above prefecture level. *Social Science Research*, 2019(3): 19-27. [师博, 张冰瑶. 全国地级以上城市经济高质量发展测度与分析. *社会科学研究*, 2019(3): 19-27.]
- [45] Gao Zhigang, Ke Han. A comparative study on the high-quality development of economy in the border areas of China. *Economic Review Journal*, 2020(2): 23-35. [高志刚, 克麒. 中国沿边省区经济高质量发展水平比较研究. *经济纵横*, 2020(2): 23-35.]
- [46] Ren Baoping, Du Yuxiang. Coupling coordination of economic growth, industrial development and ecology in the Yellow River Basin. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(2): 119-129. [任保平, 杜宇翔. 黄河流域经济增长—产业发展—生态环境的耦合协同关系. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(2): 119-129.]
- [47] Zhao Hongbo, Yue Li, Liu Yaxin et al. Spatial-temporal pattern and obstacle factors of urban residents' quality of life in the Yellow River Basin under the background of high-quality development. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(8): 1303-1313. [赵宏波, 岳丽, 刘雅馨, 等. 高质量发展目标下黄河流域城市居民生活质量的时空格局及障碍因子. *地理科学*, 2021, 41(8): 1303-1313.]
- [48] Chu Nanchen, Wu Xiangli, Zhang Pingyu, et al. Urban spatial network characteristics from the perspectives of reality and virtual flow in Northeast China. *Economic Geography*, 2022, 42(5): 66-74. [初楠臣, 吴相利, 张平宇, 等. 基于现实与虚拟流视角下的东北地区城市空间网络特征. *经济地理*, 2022, 42(5): 66-74.]
- [49] Zhang Weili, Qin Chenglin. Analyzing regional economic growth club convergence in China based on the perspective of spatiotemporal coupling. *Geography and Geo-Information Science*, 2016, 32(2): 77-82, 127. [张伟丽, 覃成林. 基于时空耦合视角的中国区域经济增长俱乐部趋同分析. *地理与地理信息科学*, 2016, 32(2): 77-82, 127.]
- [50] Hu Xiaozhen, Yang Long. Analysis of growth differences and convergence of regional green TFP in China. *Journal of Finance and Economics*, 2011, 37(4): 123-134. [胡晓珍, 杨龙. 中国区域绿色全要素生产率增长差异及收敛分析. *财经研究*, 2011, 37(4): 123-134.]
- [51] Fan Gang, Wang Xiaolu, Ma Guangrong. The contribution of China's marketization process to economic growth. *Economic Research Journal*, 2011, 46(9): 4-16. [樊纲, 王小鲁, 马光荣. 中国市场化进程对经济增长的贡献. *经济研究*, 2011, 46(9): 4-16.]

## Spatiotemporal evolution and mechanism about high-quality development convergence clubs of cities within urban agglomerations

ZHANG Weili<sup>1,2</sup>, WANG Yibin<sup>3</sup>, WEI Ruibo<sup>1</sup>

(1. College of Resource and Environments, Henan University of Economics and Law, Zhengzhou 450046, China; 2. Hainan Provincial Key Laboratory of Ecological Civilization and Integrated Land-Sea Development, Haikou 571158, China; 3. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China)

**Abstract:** The cities covered by urban agglomerations are important spatial carriers of high-quality development. The relevant research on the convergence club of urban high-quality development is conducive to customizing high-quality development paths for different types of cities and promoting common prosperity among regions. This paper takes 174 cities in 13 urban agglomerations as the research objects, and constructs a high-quality development indicator system of cities from six aspects: economic development, social security, social equity, achievement sharing, environment quality and spatial connection. The traditional Markov chain and spatial Markov chain are used to analyze the spatiotemporal evolution of convergence clubs, and further examine its formation mechanism. The results show that: (1) The overall high-quality development index of cities within urban agglomeration is rising. In the optimization and upgrading stage, the cities in the urban agglomeration develops fastest and has the highest index; in the development and growth stage, the development of cities is slow and the polarization is obvious; the overall index of cities in the cultivation and development stage is low, showing a fluctuating upward trend. Environmental governance capacity, pollution emission level, growth stability, social stability, and traffic network accessibility have higher weights. (2) There is a phenomenon of convergence clubs in cities within urban agglomerations, and the low level convergence club is concentrated in the northeast and western inland areas; the middle and low level and middle level convergence clubs are mainly located in the urban agglomerations of the Central China Plains and the middle reaches of the Yangtze River; the middle and high level convergence club is distributed around high level convergence clubs; the high level convergence club is mostly composed of central cities of urban agglomerations and provincial capitals. (3) The local differences of factors such as industrial structure coordination, fiscal revenue, scientific and technological innovation, neighborhood effect and the internal linkages of urban agglomerations drive the formation of convergence clubs.

**Keywords:** city; urban agglomerations; high-quality development; club convergence; spatiotemporal evolution; formation mechanism