

中国包容性绿色效率空间关联网络 结构演变特征分析

赵林^{1, 2, 3} 高晓彤¹ 刘焱序⁴ 韩增林³¹

(1. 曲阜师范大学 地理与旅游学院, 中国山东 日照 276826;

2. 日照市国土空间规划与生态建设重点实验室, 中国山东 日照 276826;

3. 辽宁师范大学 海洋可持续发展研究院, 中国辽宁 大连 116029;

4. 北京师范大学 地理科学学部, 中国 北京 100875)

【摘要】: 采用考虑非期望产出的 Super-EBM 模型对 2000—2018 年中国省域包容性绿色效率进行测度, 在此基础上利用修正的引力模型和社会网络分析方法对中国包容性绿色效率的空间关联网络结构演变特征进行分析。研究表明: (1) 2000—2018 年中国包容性绿色效率呈先下降后上升的“V”字型演变趋势, 空间上表现为东部>西部>中部的不均衡特征。(2) 中国包容性绿色效率的空间关联呈现中心—外围的圈层式复杂网络结构形态; 包容性绿色效率在省际间存在显著空间溢出效应, 溢出效应的多重叠加特征和网络稳定性不断增强, 但整体关联网络的等级结构较为森严。(3) 东北、西北和西南地区的省份溢出效应明显, 属于边缘行动者; 京津、长三角和珠三角具有显著“虹吸效应”, 既是关联网络中的中心行动者, 又兼具“中介”和“桥梁”的功能。(4) 块模型分析表明, 京津和长三角属于“净受益”板块; 西北、西南和东北部分地区属“净溢出”板块; 广东、浙江和福建属于“经纪人”板块; 东北、华北地区省份属于“双向溢出”板块。

【关键词】: 包容性绿色效率 空间关联网络 溢出效应 社会网络分析 资源禀赋 绿色发展

【中图分类号】: F127 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2021) 09-0069-10

改革开放以来我国经济持续快速增长, 人民生活水平显著提高。但伴随着工业化、城镇化进程的推进, 我国区域间发展不平衡、不充分的矛盾日益加剧, 资源供应紧张、环境污染严重以及收入分配不均等问题凸显, 严重制约了经济社会的可持续发展^[1, 2]。鉴于此, “十九大”报告指出要加快生态文明体制改革, 推进绿色发展, 同时还指出要坚持在发展中保障和改善民生, 增进民生福祉。随着我国经济发展由高速增长转向高质量发展阶段, 包容性绿色发展逐渐成为我国转变发展方式, 实现可持续发展的重要途径。与此同时, 在区域协调发展战略和市场机制的共同作用下, 区域经济空间联系已突破了传统线性模式, 呈现出多中

作者简介: 赵林 (1988-), 男, 山东泰安人, 博士后, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为区域可持续发展。E-mail: zhaolin19880112@126.com; 韩增林 (1956-), 男, 山东商河人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为经济地理与区域发展。E-mail: hzl@lnnu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41701117、42071150); 山东省高等学校青创科技支持计划 (2020RWG010)

心、多线程的复杂网络结构形态^[3]。在此情境下,准确刻画包容性绿色发展的空间关联网络结构演变特征,对于实现包容性绿色发展的跨区域协同具有重要意义。

包容性绿色增长是 2012 年“里约+20”峰会上提出的,目的是将发达国家的利益同绿色增长和发展中国家的包容性增长相结合^[4]。包容性绿色增长是包容性增长与绿色增长的有机结合,其概念内涵尚未形成统一认识。不同学者或机构分别从发展经济学和福利经济学等角度对包容性绿色增长概念进行了界定,并逐渐形成囊括经济增长、福祉增加、社会公平、成果共享、环境保护、资源高效利用和可持续发展等诸多主题的概念体系^[5,6,7,8,9]。科学评估包容性绿色增长水平对于政策制定具有重要意义,也是学者关注的重要领域。目前,直接对包容性绿色增长水平进行测度的文献并不多,但对包容性增长和绿色增长测度的研究较丰富。其中,包容性增长多基于单一指标或复合指标采用社会机会函数^[10]、Bonferroni 指数^[11]、综合评价指数^[12]以及数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)^[13]等方法进行测度,绿色增长也多采用综合评价指数^[14,15]和数据包络分析^[16,17]开展测算。随着包容性绿色增长概念的提出,Albagoury S、Narloch U、周小亮、吴武林、杨雪星、王宇昕等通过构建指标体系,先后采用主观赋权法和熵权法等开展了定量研究^[4,18,19,20,21,22]。近年来,部分学者从投入产出角度对包容性绿色效率进行了探索,如徐盈之、赵林、李政大、SunY 等采用数据包络分析方法对中国省域和地市尺度的包容性绿色效率进行了测度^[23,24,25,26]。基于投入产出角度的包容性绿色效率评价可以有效刻画资源要素配置水平,确定经济活动要素配置调整方向,为包容性绿色增长定量测度提供了新视角。

从地理学空间视角分析包容性绿色增长的区域差异有利于因地精准施策,因此,成为学者新近关注的焦点。如邱玉娜和郭苏文等研究表明中国省际包容性增长存在显著区域差异,呈现东部优于中西部的趋势^[27,28];范建双等则证实中国包容性全要素生产率在省域层面存在显著的空间关联特征^[29]。绿色增长方面的研究显示在不同尺度下绿色增长水平也存在一定的空间自相关特性,并具有显著空间溢出效应^[30,31]。包容性绿色增长方面,周小亮、赵林等研究指出中国包容性绿色增长水平的空间非均衡问题较为突出,呈现东中西阶梯式空间格局^[19,24]。需要指出的是,上述文献均是基于“属性数据”对包容性增长、绿色增长和包容性绿色增长进行的空间量化,尽管部分学者基于地理邻近关系对其空间关联性进行了探索,但对其发展水平的空间关联网络结构形态的分析仍显不足。

总结可知:一方面,包容性绿色发展水平的定量测度有待进一步强化,特别是基于投入产出角度的包容性绿色效率评价指标体系尚需丰富与完善;另一方面,现有文献虽然证实了包容性绿色发展的空间分异特征,但传统的空间计量模型多是基于“属性数据”而非“关系数据”,未能揭示包容性绿色发展的空间关联网络结构形态和各区域在网络中的位置与角色。此外,随着区域间经济联系日益密切,区域间空间关联逐渐呈现纵横交织的复杂多线程网络结构形态,从复杂网络视角重新审视社会经济活动成为新趋势^[32,33]。社会网络分析方法(Social Network Analysis, SNA)能够有效克服“属性数据”局限,并对“关系数据”进行全局性分析^[34],近年来在区域间复杂关系结构研究中得到广泛应用^[35,36],但鲜有研究将其应用于包容性绿色发展领域。基于此,本文在对 2000—2018 年中国省域包容性绿色效率测度的基础上,运用修正的引力模型构建“关系数据”空间关联网络矩阵,利用社会网络分析方法对包容性绿色效率的空间关联网络结构演变特征进行分析,为实现包容性绿色发展的跨区域协同提供理论参考。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 考虑非期望产出的 Super-EBM 模型

Tone 等提出的兼容径向比例和非径向松弛的 EBM(Epsilon-Based Measure)模型,可以较好地克服传统径向 DEA 模型和非径向 SBM 模型高估或者低估效率值的缺陷^[37]。为了处理非期望产出因素以及区分有效评价单元的效率差异,本文构建了考虑非期望产出的、非导向和规模报酬不变的 SuperEBM 模型进行效率测度。限于篇幅,具体公式参见文献^[38]。

1.1.2 修正的引力模型

空间关联网络矩阵是进行社会网络分析的前提，引力模型和 VAR 格兰杰因果检验是确定关联矩阵的常用方法。其中，VAR 格兰杰因果检验对滞后阶数的选择过于敏感，且无法刻画网络结构的演变趋势，引力模型不仅可以综合考虑经济地理距离因素，还可揭示空间关联关系的演变特征^[39, 40]。因此，本文构建修正后的引力模型测算空间关联关系。修正后的引力模型公式为：

$$F_{ij} = K_{ij} \cdot \frac{M_i \cdot M_j}{D_{ij}^2 / (g_i - g_j)^2}, K_{ij} = \frac{M_i}{M_i + M_j} \quad (1)$$

式中： F_{ij} 为省区 i 、 j 之间包容性绿色效率的空间关联强度； M_i 和 M_j 分别表示省区 i 、 j 的包容性绿色效率值； D_{ij} 表示省区 i 、 j 省会城市之间的球面距离； g_i 和 g_j 为省区 i 、 j 的人均 GDP。为了刻画联系的双向性和非对称性，设定 K_{ij} 为引力系数，代表省区 i 在省区 i 、 j 之间的包容性绿色效率联系的贡献率。修正后的引力模型同时考虑了经济距离和地理距离对包容性绿色效率空间关联的影响，弥补了传统引力模型测算空间关联不具备方向性的缺点。根据式（1）计算得到空间关联关系矩阵，采取“均数原则法”将矩阵中各行的均值为临界值进行二值化处理，若关联强度 F 大于均值，则记为 1，表示两省份存在关联关系，反之记为 0，表示不存在关联关系，由此形成空间二值矩阵，作为网络结构分析的基础数据。

1.1.3 社会网络分析方法

本文采用社会网络分析方法从整体网络特征、个体网络特征和块模型分析 3 个方面对包容性绿色效率空间关联网络的结构特征进行分析。其中，整体网络特征选取网络密度、网络关联度、网络等级度和网络效率 4 个指标；个体网络特征选取度数中心度、中介中心度和接近中心度 3 个指标，度数中心度又包括点出度和点入度；块模型分析能够分析网络的内部结构状态及各地区在板块中的位置和角色，根据已有研究^[35]，将板块划分为“净溢出”“双向溢出”“净受益”和“经纪人”4 种类型。整体网络、个体网络各指标计算公式、块模型分析方法及各板块定义见文献^[41]。

1.2 指标体系

包容性绿色增长是包容性增长和绿色增长的有机结合，“包容性”和“绿色化”是其概念核心。基于现有文献^[19, 20, 24]，本文认为包容性绿色发展是基于可持续发展理念的指导，在经济增长和社会福祉增加的过程中，强调发展机会的平等、收入分配的公平、发展成果的共享、资源利用的节约集约、生态环境的优化提升，追求的是经济系统、社会系统和资源环境系统的良性互动，最终目的是实现人的全面发展和人与自然的和谐共生。基于包容性绿色发展概念，认为包容性绿色效率是在“包容性”和“绿色化”要素约束下生产活动投入要素与其产生的经济产出、社会福祉和生态环境综合产出的比率关系。根据包容性绿色效率内涵，基于指标选取的科学性、系统性和数据可获取性构建了包容性绿色效率评价体系。

投入方面：选取了劳动力、资本、资源和技术 4 个一级指标。其中选取年末从业人员数（万人）代表劳动力投入，选取固定资产投资存量（亿元）表征资本投入，选取电力消费量（亿 kW·h）和用水总量（亿 m³）表示资源投入，技术投入选取了各地区研究与试验发展经费内部支出（万元）、研究与试验发展人员全时当量（人·年）和农用机械总动力（万 kW）3 个具体指标。

产出方面：本文从期望产出和非期望产出角度选取了 3 个一级指标。期望产出主要指经济活动所带来的社会经济效益，共包括 6 个具体指标，其中 GDP（亿元）和地方财政收入（亿元）表征经济产出，社会消费品零售总额（亿元）、万人均卫生技术人员数（人/万人）、养老保险覆盖率（%）、普通中小学师生比（%）分别从居民消费、医疗卫生、社会保障和教育服务 4 个方面表征经济活动所带来的社会福祉。非期望产出方面包括环境产出和社会产出两方面，其中，环境产出选取了废水排放总量（万 t）、SO₂ 排放量（万 t）、烟（粉）尘排放量（万 t）和一般工业固体废物产生量（万 t）4 个指标，环境方面的非期望产出越高，表示

经济活动对环境的污染和破坏程度越高,“绿色化”水平越低,反之表示对生态环境破坏越小;社会产出方面选取了失业率(%)、城镇居民可支配收入与农村居民可支配收入的比值(%)和城乡居民消费水平的比值(%)3个具体指标,分别代表发展机会的平等程度、收入分配的公平程度和发展成果的共享程度,上述3个指标越大,说明经济活动所带来的社会“包容性”越差,反之则越强。鉴于DEA模型对指标选取的特殊性,采用熵值法将含有多个二级指标的数据进行了折算。

1.3 数据来源

本文以中国30个省市自治区(不含西藏及港澳台)为研究单元和网络节点,研究时段为2000—2018年。投入产出指标数据来源于2001—2019年《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及各省市自治区统计年鉴。引力模型中的包容性绿色效率数据采用MaxDEA7Ultra软件计算得到,各省会城市之间的球面距离是基于国家基础地理信息中心提供的1:400万中国基础地理信息数据测算得到。

2 结果分析

2.1 测度结果分析

采用考虑非期望产出的Super-EBM模型计算得到2000—2018年中国省域包容性绿色效率值可知:时间序列上,2000—2018年中国包容性绿色效率呈现先下降后上升的“V”字形演变轨迹,全国均值由期初的0.393上升至期末的0.606,效率值得到了明显提升。空间分布上,中国省域包容性绿色效率存在显著的空间非均衡特性,研究期内东部地区效率均值在0.463~0.759之间,中部地区在0.231~0.491之间,西部地区在0.270~0.537之间,总体呈现东部>西部>中部的地带间不均衡特征。省际差异方面,2000—2018年中国省域单元的包容性绿色效率值均得到不同程度的提升,但省际差距仍较为明显。就均值而言,北京(0.971)、天津(0.934)、上海(0.803)、海南(0.937)、青海(0.858)和宁夏(0.701)水平较高,而安徽(0.157)、河南(0.178)、广西(0.165)、贵州(0.139)、云南(0.180)效率值较低,均在0.200以下。

2.2 整体网络特征分析

基于修正的引力模型建立起中国省际包容性绿色效率空间关联关系矩阵,选取2000和2018年截面数据,利用Ucinet可视化工具绘制了包容性绿色效率空间网络图(图1)。由图1可知:中国省域包容性绿色效率的空间关联呈现出相互交织、多线程、多流向的复杂网络结构形态,随时间空间网络逐渐表现出东密西疏、多核心的中心—外围式圈层结构。2000年空间关联网络中北京、上海和天津关联关系系数最多,处于核心位置;广东和浙江等省区关联关系系数也较多,处于次级核心位置;西北、西南和东北地区的省区关联关系系数则明显较少,处于边缘位置,且东部地区的网络稠密程度远高于西部;2018年网络复杂程度增强,除北京、上海和天津外,江苏也进入核心圈层,广东、浙江、江西和福建的关联关系系数也显著增加,占据次级核心位置,东北和西北地区的省区关联关系系数仍维持在低水平,构成空间网络的边缘区。总体上,研究期内空间关联网络形成以京津、长三角为核心区,以珠三角为次核心区,以西北、西南和东北地区为边缘区的中心—外围圈层结构。

借助Ucinet6.0软件计算得到2000—2018年整体网络结构特征衡量指标(图2)。由图2可知:(1)2000—2018年关联关系数呈现波动上升的趋势,关联关系总数由2000年的126个上升至190个;与此对应,网络密度值也表现出波动上升的特征,由0.145上升至0.218,表明中国省际包容性绿色效率的空间关联性逐渐增强。值得注意的是,尽管研究期内关联关系系数和网络密度不断提升,但数值仍然不高,包容性绿色效率在省际空间关联的紧密程度仍处于低水平,加强地区间的交流协作和跨区域协调仍十分必要。(2)研究期内网络关联度始终为1,说明在空间关联网络中所有省份之间均存在直接或间接的关联关系,不存在“孤岛”省份,网络节点间的通达性较好,包容性绿色效率在省际间存在显著的空间关联和溢出效应。(3)2000—2018年网络等级度呈现出缓慢下降的趋势,由2000年的0.947仅下降至2018年的0.892,尽管网络等级度呈现微弱下降态势,网络等级度仍然较高,表明中国包容性绿色效率省际间仍存在较为森严的等级结构,较多节点处于被支配地位,网络结构有待进一步优化;网络效

率在研究期内呈现阶梯状下降趋势，由期初的 0.690 下降至 0.532，说明包容性绿色效率空间关联网络中连线增多，包容性绿色效率的空间溢出路径较多且存在较多的冗余通道，包容性绿色效率在省际间的空间溢出存在多重叠加特征，网络稳定性增强。

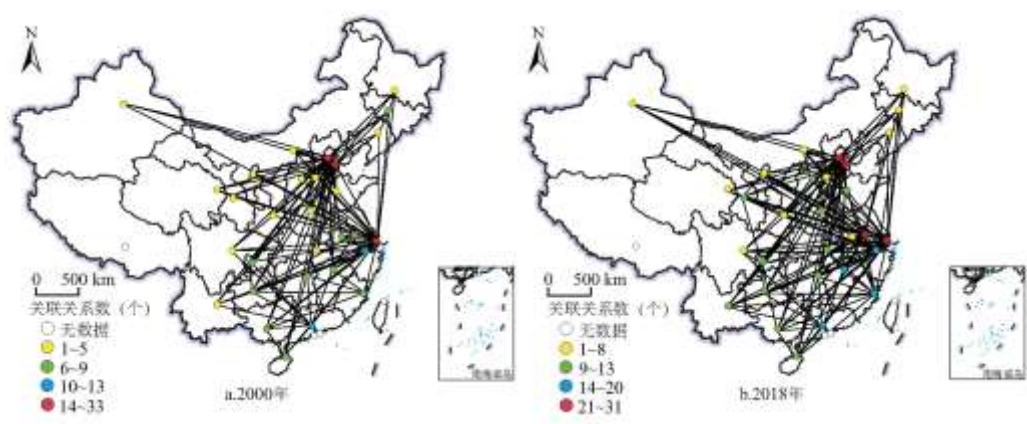


图 1 中国包容性绿色效率的空间关联网络

注：此图基于国家自然资源部标准地图（审图号为 GS(2019)1825 号）绘制，底图无修收。

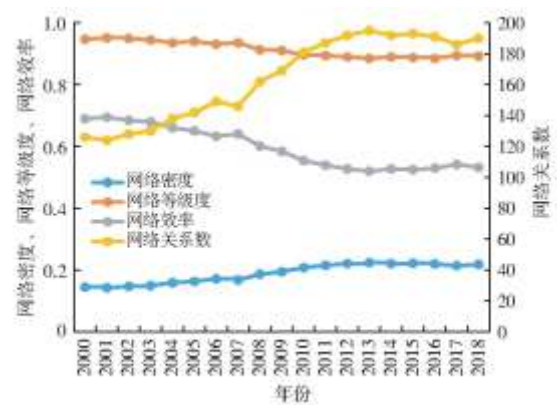


图 2 中国包容性绿色效率整体网络特征

2.3 个体网络特征分析

利用社会网络分析方法计算得到度数中心度、接近中心度、中介中心度等指标。

(1)度数中心度。2000 和 2018 年度数中心度均值分别为 23.678、32.873，其中度数中心度数值较大的省区主要为北京、天津、上海、江苏、浙江、广东、福建、广西、贵州和江西，除江西和贵州外，其余均位于东部，这些省区在关联网络中与其他省区之间关联关系较多，在关联网络中占据主导地位；度数中心度较低的省区主要有新疆、宁夏、陕西、内蒙古、山西、河北、山东、吉林和辽宁，除山东和河北外，其余均位于西北和东北地区，这些省区在关联网络中处于从属地位。点出度方面，北京、天津、江西、湖南、广东、广西、四川、贵州和云南 9 省区的点出度始终大于均值，是空间关联网络中的溢出主体，北京、天津、上海、江苏、浙江、广东 6 省区点入度大于均值，是关联网络中的受益主体。进一步分析净受益关系可知，东北（黑吉辽）、西

北（陕甘宁青新）和西南地区（川渝黔滇）的省份溢出关系大于受益关系，对其他省区的溢出效应明显，北京、天津、上海、江苏和浙江在空间关联网中受益较多，对其他地区形成“虹吸效应”。

(2)接近中心度。2000 年接近中心度均值为 27.384，高于均值的 13 个省区从高到低依次为上海、北京、天津、浙江、江苏、福建、江西、安徽、河北、山西、内蒙古、山东和宁夏；2018 年接近中心度均值为 40.898，上述 13 个省区中除福建和宁夏低于均值外，高于均值的省区新增了河南、湖北和辽宁 3 省。其中，北京、天津、上海、江苏和浙江接近中心度在 67.442~96.667 之间，位居所有省区前列，表明京津、长三角地区在空间关联网中能够快速与其他省份产生联系，在网络中作为中心行动者具有引领作用。西北（新青甘陕）、西南（川渝黔滇）和东北地区（黑吉）的省份接近中心度较低，其包容性绿色效率的提升对其他省份的影响较小，同时受其他省份的带动作用也不明显，是关联网中的边缘行动者。

(3)中介中心度。2000 和 2018 年中介中心度均值分别为 1.359 和 5.554，表明网络中心节点的主导作用有增强的趋势，网络结构非均衡化特征明显。2000 年高于均值的 6 个省区分别为北京、天津、上海、安徽、江西和广东，2018 年除北京、天津、上海和江西外，江苏、福建、重庆和甘肃中介中心度也显著高于均值，这些省区对其他省份包容性绿色效率的空间关联具有较强的控制力，在空间关联网中具有承东启西、连南通北的“中介”和“桥梁”作用。西北（新青宁陕内蒙古）、东北（黑吉辽）及中南地区（湘鄂）的中介中心度值维持在较低水平，对其他省份空间关联关系的控制力较弱，且容易被中介中心度较大的省区改变其空间关联关系。总体上，中介中心度在省际间分布极不均衡，极差化特征显著，多数的空间关联均通过北京、天津、上海、江西、广东等省份完成。

2.4 块模型分析

本文通过块模型分析包容性绿色效率空间关联网的空间聚类特征。选取 2000 和 2018 年数据，采用 Ucinet 中的 CONCOR 方法（Convergent Correlations），选择最大切分深度为 2，集中标准为 0.2，将全国 30 个省区划分为 4 个板块，划分结果见表 3。根据划分结果，2000 年，北京、天津和上海 3 市属于第 I 板块，广东、浙江、江苏和福建 4 省属于第 II 板块，吉林、内蒙古、河北、黑龙江、甘肃、辽宁、宁夏、山东、河南、新疆、青海、山西和陕西 13 省区属于第 III 板块，湖南、重庆、湖北、贵州、云南、广西、安徽、海南、江西和四川 10 省区为第 IV 板块；与 2000 年相比，2018 年第 II 板块中的江苏进入第 I 板块，第 I 板块和第 II 板块数量分别增加和减少 1 个，整体保持稳定，第 III 板块和第 IV 板块成员数量变动较大，其中，吉林、黑龙江、甘肃、宁夏、新疆、青海和陕西 7 个省区由第 III 板块变为第 IV 板块，第 III 板块成员锐减，仅余 6 个省区，第 IV 板块成员则陡增至 17 个。总体上，第 I 板块和第 II 板块成员多为东部发达省区，第 III 板块成员多为东北、华北地区的省份，第 IV 板块成员则以西北、西南地区的省份为主。

由表 3 可知：2000 年包容性绿色效率空间网络关联关系数为 126，其中，板块内和板块间关系数占比分别为 7.93%、92.06%；2018 年关联关系总数升至 190 个，板块内和板块间关系数比重分别为 16.84%、83.16%，说明中国省际包容性绿色效率的空间溢出效应以板块间的溢出为主，且随时间变化板块内部成员的溢出效应有增强的趋势。具体而言，2000 年，板块 I 溢出关系 17 个，板块内部关系 3 个，接收其他板块溢出关系 72 个，期望内部关系比例（6.89%）小于实际内部关系比例（17.647%），即该板块接收其他板块的关系数远多于向外溢出的关系数，属于“净受益”板块；板块 II 溢出关系 11 个，接收其他板块溢出关系 26 个，期望内部关系比例（10.345%）大于实际内部关系比例（0.000%），即该板块既向外溢出又接收其他板块的溢出，在关联网中起到“桥梁”和“中介”作用，属于“经纪人”板块；板块 III 溢出关系 45 个，属于板块内部的有 5 个，接收其他板块溢出关系 9 个，期望内部关系比例（41.379%）大于实际内部关系比例（11.111%），即该板块对板块内、板块外均有溢出效应，属“双向溢出”板块；板块 IV 溢出关系 53 个，接收其他板块溢出关系 9 个，期望内部关系比例（31.034%）显著大于实际内部关系比例（3.774%），该板块溢出关系数明显多于接收关系数，故属“净溢出”板块。2018 年，板块 I 的接收关系数与溢出关系数差值明显变大，“净受益”板块在关联网的受益扩大；板块 II 接收关系数与溢出关系数明显提升，“经纪人”板块的“中介”功能得以强化；板块 III 接收关系数略有增多，溢出关系数大幅减少，“双向溢出”板块的向外溢出效应减弱；板块 IV 溢出关系和接收关系数剧增，板块内部关系数也大幅上升，说明“净溢出”板块溢出效应显著增强，板块内部成员互动增多。

为揭示板块间的空间关联，计算得到板块密度矩阵，并将网络密度矩阵转化为像矩阵，据此绘制了板块关系图（图 3）。由图 3 可知：2000 年板块Ⅳ除自身内部关系外，主要对板块Ⅰ、Ⅱ产生溢出效应，板块Ⅱ不但接收板块Ⅰ、Ⅳ的溢出，也对两板块产生溢出，强化了板块Ⅰ和板块Ⅳ的溢出关系，在网络中发挥“中介”作用，板块Ⅲ主要向板块Ⅰ产生溢出效应；板块Ⅰ则对其余三大板块均产生一定溢出效应；2018 年，板块Ⅳ对板块Ⅰ、Ⅱ的溢出大大增强，对板块Ⅲ也形成了微弱溢出，说明板块间联系趋于完善；板块Ⅱ对板块Ⅰ、Ⅳ的溢出强度也明显提升；板块Ⅲ对板块Ⅰ的溢出效应减弱，而板块Ⅰ对板块Ⅲ、Ⅳ的溢出效应明显提升，表明板块Ⅰ在关联网络中的示范引领作用开始显现。需要指出的是，板块Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ的内部成员间存在关联关系，说明板块内部存在“俱乐部”效应，且板块Ⅲ、Ⅳ的“俱乐部”效应更显著。

总体上，北京、上海、天津和江苏在包容性绿色效率关联网络中接收了大量其他板块的溢出关系，是网络中的获益方；西北、西南和东北部分地区的省区溢出关系数明显大于接收关系数，表现出明显的净溢出特征，是网络中的亏损方；东南沿海的广东、浙江和福建等省区通过接收和溢出关系，强化了净溢出板块与净受益板块间的联系，成为网络结构的中介方；东北、华北地区的辽宁、内蒙古、河北和山西等省区既向净受益板块和经纪人板块产生溢出效应，也接收净受益板块的溢出，同时内部成员间联系也较频繁，一定程度上调节了板块间的联系，是网络中的调节方。

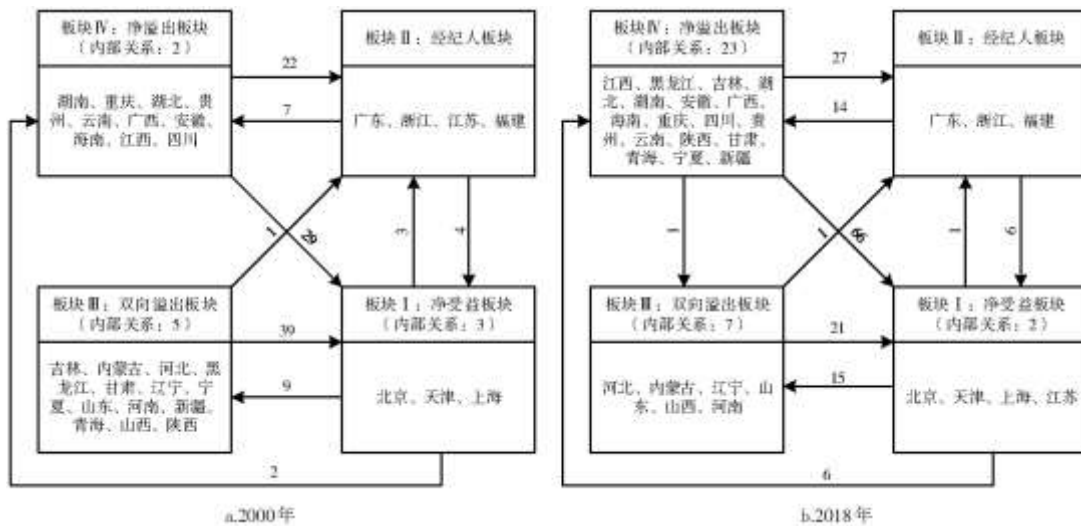


图 3 中国包容性绿色效率板块之间的关联关系

2.5 形成机制解析

基于空间相互作用理论和包容性绿色发展概念并参考已有研究^[42, 43]，本文构建了包容性绿色效率空间关联网络形成机制解释框架（图 4）。包容性绿色效率作为衡量经济发展质量的重要指标，包容性绿色效率空间关联网络实质上是有助于包容性绿色发展的资本、技术、管理方法等“流体要素资源”空间流动而形成的复杂空间经济网络。具体而言：包容性绿色效率是从投入产出视角对包容性绿色发展水平的度量，其效率值的高低受到其所属区域资源禀赋、资源配置能力、区域外部环境和区位条件的共同影响，由于上述各因素在省际分布的差异和不均衡，包容性绿色发展水平在省际之间往往存在“势能差”。在政府宏观调控和市场调控机制的双重力量推动下，使得有利于包容性绿色发展的人流、物质流、技术流、资金流、信息流和文化流等“流体要素资源”在省区之间进行跨区域的聚合和扩散，促进了包容性绿色效率的省际关联和溢出，并在省际间形成差异化的规模效应、创新效应和市场效应。在此过程中，高水平省区与低水平省区通过示范作用、协同联动以及伴生学习，彼此之间产生极化效应和涓滴效应，不断进行物质、能量和信息等要素资源的流动传输和空间再分配，从而推动了包容性绿色效率空间关联和溢出网络的形成。与此同时，空间关联网络的存在，又会进一步对区域包容性绿色效率绩效水平及其空间差异产生影响效应，由此循环累积推动着包容性绿色效率空间关联网络的发展和演进。

3 结论与政策启示

本文采用考虑非期望产出的 Super-EBM 模型对 2000—2018 年中国省域包容性绿色效率进行了测度，在此基础上利用修正的引力模型和社会网络分析方法对包容性绿色效率的空间关联网络结构演变特征进行了分析，得到以下结论：

(1) 2000—2018 年中国包容性绿色效率呈现先下降后上升的“V”字形演变趋势，空间上中国省域包容性绿色效率存在显著的空间非均衡特性，地带间呈现东部>西部>中部的不均衡特征。

(2) 中国包容性绿色效率的空间关联呈现出相互交织、多线程、多流向的复杂网络结构形态，随时间空间网络形成以京津、长三角为核心区，珠三角为次核心区，西北、西南和东北地区为边缘区的中心—外围式圈层结构特征。整体网络结构分析表明包容性绿色效率在省际间存在显著空间关联和溢出效应，且随时间演变溢出效应的多重叠加特征和网络稳定性不断增强，整体关联网络仍存在较为森严的等级结构，网络结构有待优化。

(3) 个体网络结构方面，东北、西北和西南地区的省份对其他省区表现出较强的溢出效应，是空间关联网络中的边缘行动者；北京、天津、上海、江苏、浙江和广东等东部沿海省区对其他地区形成显著“虹吸效应”，在关联网络中既扮演中心行动者，又具有“中介”和“桥梁”的功能，具有较强的影响力和控制力，在关联网络中受益较多。

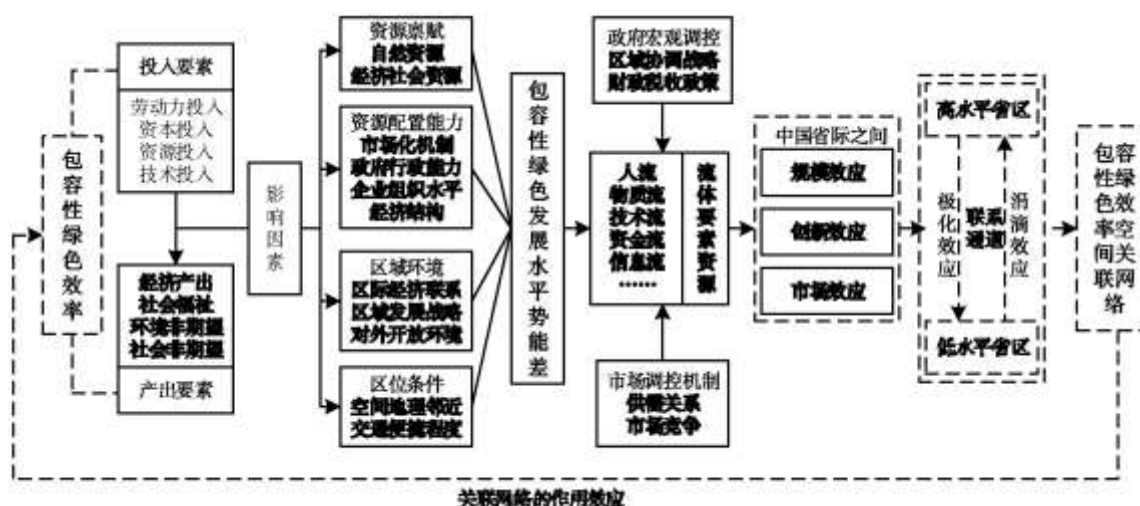


图 4 中国省际包容性绿色效率空间关联网络的形成机制

(4) 块模型分析显示，中国省际包容性绿色效率的空间溢出效应以板块间的溢出为主，板块内部成员的“俱乐部”效应逐渐显现。其中，北京、上海、天津和江苏组成“净受益”板块；西北、西南和东北部分地区的省份组成“净溢出”板块；东南沿海的广东、浙江和福建是“经纪人”板块的主要成员；东北、华北地区的辽宁、内蒙古、河北和山西属于“双向溢出板块”。随时间变化“净受益”板块的受益扩大，“经纪人”板块的中介作用不断强化，“双向溢出”板块的溢出效应有减弱趋势，“净溢出”板块的内部成员互动日益增多。

根据研究结论，得到以下政策启示：首先，充分发挥政府宏观调控和市场在资源配置中的决定性作用，打破地区间行政壁垒，促进资本、知识技术和管理方法等各类“流体要素资源”跨区域流动和高效集聚，搭建东部发达省区和中西部省区合作交流机制，形成优势互补、包容性绿色发展的区域经济布局。其次，京津、长三角和珠三角地区要发挥其资金、技术创新和管理等方面的优势，重点增强发展的包容性和发展成果的共享性，形成带动全国包容性绿色发展的动力源，同时，通过健全区际利益补偿机

制和财政转移支付制度,辐射带动中西部地区发展方式转型。第三,中部省区要充分利用“承东启西”的区位优势,推进交通网、信息网等基础设施建设,借助长江经济带和黄河流域生态保护和高质量发展战略,利用江西、安徽等省区的中介和桥梁功能,形成生产要素跨区域流动的中转地和集散地。第四,西部省区要优化投资环境,以资源承载和环境容量为依据,积极承接东部地区绿色产业转移,形成错位分工、协作发展的绿色产业分工布局,此外,要加快推进基本公共服务均等化,增进西部地区的民生福祉。

参考文献:

- [1]邓祥征,金贵,何书金,等.发展地理学研究进展与展望[J].地理学报,2020,75(2):226-239.
- [2]任嘉敏,马延吉.地理学视角下绿色发展研究进展与展望[J].地理科学进展,2020,39(7):1196-1209.
- [3]刘华军,贾文星.中国区域经济增长的空间网络关联及收敛性检验[J].地理科学,2019,39(5):726-733.
- [4]Albagoury S. Inclusive green growth in Africa:Ethiopia case study[R].Cairo:Institute of African Research and Studies,Cairo University,2016.
- [5]World Bank. Inclusive green growth:The pathway to sustainable development[R].Washington:World Bank Publication,2012.
- [6]Slingerland S,Kessler J J. Study on public private partnerships for contribution to inclusive green growth[R].Netherlands:PBL Netherlands Environmental Assessment Agency,2015.
- [7]Bouma J,Berkhout E. Inclusive Green Growth[M].Netherlands:PBL Netherlands Environmental Assessment Agency,2015.
- [8]Berkhout E,Bouma J,Terzidis N,et al. Supporting local institutions for inclusive green growth:Developing an evidence gap map[J].NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences,2018,84:51-71.
- [9]周小亮.包容性绿色发展:理论阐释与制度支撑体系[J].学术月刊,2020,52(11):41-54.
- [10]Ali I,Son H H. Defining and measuring inclusive growth:Application to the Philippines[J].South East Asia Research,2015,19(2):273-291.
- [11]徐强,陶侃.基于广义 Bonferroni 曲线的中国包容性增长测度及其影响因素分析[J].数量经济技术经济研究,2017(12):93-109.
- [12]Sun C,Liu L,Tang Y. Measuring the Inclusive Growth of China' s Coastal Regions[J].Sustainability,2018,10:2863.
- [13]陈红蕾,覃伟芳.中国经济的包容性增长:基于包容性全要素生产率视角的解释[J].中国工业经济,2014(1):18-30.
- [14]程钰,王晶晶,王亚平,等.中国绿色发展时空演变轨迹与影响机理研究[J].地理研究,2019,38(11):2745-2765.

-
- [15]Zhang H,Geng Z,Yin R,et al.Regional differences and convergence tendency of green development competitiveness in China[J].Journal of Cleaner Production,2020,254:119922.
- [16]周亮,车磊,周成虎.中国城市绿色发展效率时空演变特征及影响因素[J].地理学报,2019,74(10):2027-2044.
- [17]Guo F,Tong L,Xu L,et al.Spatio-temporal pattern evolution and spatial spillover effect of green development efficiency:Evidence from Shandong Province,China[J].Growth and Change,2020,51(1):382-401.
- [18]Narloch,U.Measuring Inclusive Green Growth at the Country Level[M].Nairobi:UNEP,2016.
- [19]周小亮,吴武林.中国包容性绿色增长的测度及分析[J].数量经济技术经济研究,2018,35(8):3-20.
- [20]吴武林,周小亮.中国包容性绿色增长绩效评价体系的构建及应用[J].中国管理科学,2019,27(9):183-194.
- [21]杨雪星.包容性绿色经济增长指数构建与实证研究——基于 G20 国家数据[J].福建论坛:人文社会科学版,2014(6):42-48.
- [22]王宇昕,余兴厚,黄玲.长江经济带包容性绿色增长的测度与区域差异分析[J].贵州财经大学学报,2019,20(3):89-98.
- [23]徐盈之,王书斌,魏莎.碳排放约束下中国包容性增长效率研究[J].中国科技论坛,2015(7):100-105.
- [24]赵林,刘焱序,曹乃刚,等.中国包容性绿色效率时空格局与溢出效应分析[J].地理科学进展,2021,40(3):382-396.
- [25]李政大,刘坤.中国绿色包容性发展图谱及影响机制分析[J].西安交通大学学报:社会科学版,2018,38(1):48-59.
- [26]Sun Y,Ding W,Yang Z,et al.Measuring China's regional inclusive green growth[J].Science of The Total Environment,2020,713:136367.
- [27]邸玉娜.中国实现包容性发展的内涵、测度与战略[J].经济问题探索,2016(2):16-27.
- [28]郭苏文.经济包容性增长水平的测度与评价——基于省级层面数据[J].工业技术经济,2015(1):100-107.
- [29]范建双,虞晓芬,周琳.城镇化、城乡差距与中国经济的包容性增长[J].数量经济技术经济研究,2018(4):41-60.
- [30]Cuiyun C,Chazhong G.Green development assessment for countries along the Belt and Road[J].Journal of Environmental Management,2020,263:110344.
- [31]车磊,白永平,周亮,等.中国绿色发展效率的空间特征及溢出分析[J].地理科学,2018,38(11):1788-1798.
- [32]吴志才,张凌媛,黄诗卉.粤港澳大湾区旅游经济联系的空间结构及协同合作模式[J].地理研究,2020,39(6):1370-1385.
- [33]王圣云,宋雅宁,张玉,等.交通运输成本视角下长江中游城市群城市网络空间关联机制[J].经济地理,2020,40(6):87-97.

-
- [34] Márcia Oliveira, Gama J. An overview of social network analysis[J]. Wiley Interdisciplinary Reviews Data Mining & Knowledge Discovery, 2012, 2(2):99-115.
- [35] 孙才志, 马奇飞. 中国省际水资源绿色效率空间关联网络研究[J]. 地理研究, 2020, 39(1):53-63.
- [36] Bai C, Zhou L, Xia M, et al. Analysis of the spatial association network structure of China's transportation carbon emissions and its driving factors[J]. Journal of Environmental Management, 2020, 253:109765.
- [37] Tone K, Tsutsui M. An epsilon-based measure of efficiency in DEA-A third pole of technical efficiency[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3):1554-1563.
- [38] Ren Y, Fang C, Li G. Spatiotemporal characteristics and influential factors of eco-efficiency in Chinese prefecture-level cities: A spatial panel econometric analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 260:120787.
- [39] 刘佳, 宋秋月. 中国旅游产业绿色创新效率的空间网络结构与形成机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(8):127-137.
- [40] 李琳, 牛婷玉. 基于 SNA 的区域创新产出空间关联网络结构演变[J]. 经济地理, 2017, 37(9):19-25.
- [41] 刘军. 整体网分析——UCINET 软件实用指南(第二版)[M]. 上海: 格致出版社, 2014.
- [42] 张鹏, 于伟. 基于社会网络分析的我国绿色全要素生产率增长空间特征及其动因研究[J]. 经济问题探索, 2017(2):39-46.
- [43] 刘小瑜, 余海华. 中国省际绿色发展的空间关联及溢出效应[J]. 江西财经大学学报, 2020(3):14-24.