

刘承良,管明明.低碳约束下中国物流业效率的空间演化及影响因素[J].地理科学,2017,37(12):1805-1814.[Liu Chengliang, Guan Mingming. Spatial Evolution of Chinese Logistics Industry Efficiency Under Low Carbon Constraints and It's Influencing Factors. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(12): 1805-1814.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2017.12.003

低碳约束下中国物流业效率的空间演化及影响因素

刘承良^{1,2},管明明¹

(1.华东师范大学城市与区域科学学院,上海 200241;2.华东师范大学全球创新与发展研究院,上海 200062)

摘要:以交通运输、仓储和邮政业表征物流业,引入SBM-Undesirable模型,考虑低碳约束下的物流效率,对中国(除港澳台和西藏)的30个省(市、自治区)2003~2014年物流业效率进行测度,基于格局-过程-机理框架系统揭示了低碳约束下物流业效率的空间演化特征及其影响因素:① 低碳约束下物流业效率总体偏低,空间分异呈现出东部>中部>西部的地带性分异态势。② 空间分布具有一定地方依赖性,效率高值区集中于东部沿海,呈现由“大集中、小分散”向“条带状集聚”变化的特征,而低值区高度锁定于西北和西南半壁。③ 空间集聚性较弱,不断趋于收敛,高效率集聚区表现出“北扩西移”的演化趋势。④ 物流业高效率区与高产值区呈现显著的空间同配性。⑤ 物流业效率的空间演化受多种因素综合作用,经济发展、市场环境、产业集聚、信息化水平、政府调控对物流业效率具有显著的正向影响,能源强度则具有负向影响,而对外开放程度、环境规制对物流业效率的提升作用不明显,研究结果可为区域物流协调发展、提高物流业效率提供参考。

关键词:低碳约束;物流业效率;空间演变;影响因素;SBM-Undesirable模型;空间计量

中图分类号:F129.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2017)12-1805-10

物流业是融合运输、仓储、搬运装卸、包装加工、配送、信息处理等产业的综合性生产服务业,被誉为经济发展的“加速器”和“第三利润源泉”^[1]。近年来,中国物流业发展迅速,但其发展仍属于要素投入型,存在着高投入、高能耗、高排放、低效率的问题^[2]。随着中国面临的资源环境约束日益严重,传统粗放的物流发展方式难以为继。考虑低碳约束下的物流效率评价,推动物流业由要素投入驱动型转向效率导向型发展既是时代赋予物流发展的新要求,也是实现物流可持续发展的必由之路。

在国内外研究中,物流业效率的研究集中于物流产业效率评价指标体系的选取、模型构建、影响因素分析、物流效率提升等方面。指标体系上,基本遵循经济学投入-产出分析框架,以资本、劳动力等作为投入要素,以物流业的产值为产出。在评价方法上,主要包括随机前沿法^[3]和数据包络分析^[4],其中有超效率DEA模型^[5]、三阶段DEA模型^[6]、DEA-Malmquist函数^[7]、基于松弛测度的SBM模型^[8]等。影响因素上,产业经济学认为需求

增长、所有制结构、信息技术等^[9,10]对物流效率至关重要,企业经济学则关注经营战略、管理制度对物流业的影响^[11]。实证研究中,聚焦于区域物流业效率和企业物流效率视角。区域层面,以省际^[12]、城市群^[13,14]和城市^[15]为主,展开了对区域物流效率的评价。企业层面,认为合理的企业空间布局^[16]、组织经营^[17]有利于提升物流业效率。

随着全球气候变暖愈演愈烈,低碳发展成为当今时代主题。在此背景下,低碳物流受到广泛关注,相关研究主要集中在低碳物流概念^[18,19]、物流低碳发展路径^[20,21]、物流碳排放测度^[22,23]、物流业能源效率^[24]。虽然国内外学术界尚未形成统一关于低碳物流的定义,但是低碳物流的核心仍然是“高效”和“低碳”,不仅强调物流业带来的经济效益,更加注重发展中的能耗和碳排放。因此,本文在考虑传统的产出基础上,将物流业发展中的CO₂排放纳为SBM-Undesirable模型中的非期望产出以此界定低碳约束下的物流效率。低碳约束因素可以更客观、全面地反映区域物流业的效率,对于

收稿日期:2016-12-16;修订日期:2017-03-20

基金项目:国家自然科学基金项目(41571123)资助。[Foundation:National Natural Science Foundation of China (41571123).]

作者简介:刘承良(1979-),男,副教授,博士,硕士生导师,主要从事经济地理复杂性研究。E-mail: clliu@re.ecnu.edu.cn

政府实行物流产业的节能减排与环境规制以及提高物流效率具有理论和现实意义。

综上,现有研究仍有些许不足:首先,指标体系上,仅仅关注经济产出,忽视了其环境效应,难以科学全面的评价物流业效率。其次,物流的运行在空间上具有流动性,区域之间的关联性较强,亟需从地理学格局-过程-机理视角来揭示物流业效率的空间格局(空间的异质性、集聚性和配置性)和动态演化。最后,探究低碳约束下物流业效率的影响因素,仅仅依靠要素投入产出的分析难以全面厘清物流效率发展的影响机理,致使相关的对策缺乏针对性,需要从综合的视角审视。鉴于此,本文引入非期望产出的SBM-Undesirable模型,考虑物流业发展中的环境效应,进一步揭示低碳约束下物流业效率的空间演化规律及其影响因素,并通过空间匹配性来识别区域物流业发展类型。以期优化中国物流空间布局、推进区域物流协调发展、提高物流业效率提供决策参考。

1 数据与研究方法

1.1 指标构建与数据处理

基于投入-产出视角,物流业效率定义为在物流生产活动中经济要素的投入与实际产出之间的比率。作为一个新兴产业,中国缺乏专门的物流统计,因此本研究参照大多数学者以交通运输、仓储和邮政业来界定物流业,并选择统计资料中出现专门的“交通运输、仓储和邮政业”统计的2003年作为起始年份。基于数据的科学性、统一性和可获取性,构建低碳约束物流业投入-产出评价指标体系。

投入指标:资本投入使用交通运输、仓储和邮政业固定资产投资表示,并结合张军等^[25]的计算方法估算资本存量。劳动力投入运用交通运输、仓

储和邮政业从业人员反映。基础设施的投入,选取铁路营业里程、公路里程、内河通航里程表示。能源的投入则选取原煤、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油、天然气这8种物流业中主要消耗的燃料,并参照《中国能源统计年鉴》^[26]中能源参考热值及折标准煤系数的标准将各种燃料折算成标准煤(表1)。

期望产出指标:主要是物流发展中的经济产出、社会服务产出,分别使用交通运输、仓储和邮政业产值、社会货物周转量来表示。

非期望产出指标:主要是考量物流发展中的二氧化碳排放,其中,二氧化碳排放的测算参考IPCC(2006)^[27]关于CO₂的估算:

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n E_i \times CF_i \times CC_i \times COF_i \times (44/12) \quad (1)$$

式中, i 代表燃料种类, E_i 表示 i 种燃料的消耗量, CF_i 为 i 种燃料的热量值, CC_i 是 i 种燃料的碳含量, COF_i 为燃料的氧化因子。其中 $CC_i \times COF_i \times (44/12)$ 表示的是有效CO₂排放因子, $CF_i \times CC_i \times COF_i \times (44/12)$ 表示的是CO₂的排放系数。物流业8种主要能耗燃料相关系数如表1所示。

其中,港澳台和西藏的数据缺失,所以不考虑在评价区域内,部分缺失的数据使用插值法补充,数据主要来源于《中国统计年鉴》^[28]、《中国能源统计年鉴》^[26]。

1.2 SBM-Undesirable模型

针对数据包络分析(Data Envelopment Analysis)存在的投入要素“拥挤”或“松弛”问题,并考虑环境效应产出,这里引入SBM-Undesirable模型^[29]:

$$\rho^* = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{S_1 + S_2} \left(\sum_{r=1}^{S_1} \frac{S_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{S_2} \frac{S_r^b}{y_{r0}^b} \right)} \quad (2)$$

表1 主要燃料折煤系数、发热量、碳含量及CO₂排放系数

Table 1 Main fuel coal folding coefficient, calorific value, carbon content and CO₂ emission coefficient

	原煤	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	液化石油	天然气
折算系数(kg 标准煤/kg)	0.7143	1.4286	1.4714	1.4714	1.4571	1.4286	1.7143	1.215
平均低位发热量(CF)(kJ/kg)	20908	41816	43070	43070	42652	41816	50719	35585
碳含量(CC)(kg/GJ)	26.8	20	18.9	19.5	20.2	21.1	17.2	15.3
氧化碳因子(COF)	1	1	1	1	1	1	1	1
有效CO ₂ 碳排放因子(kg/TJ)	98300	73300	69300	71 500	74100	77400	63100	56100
CO ₂ 排放系数(kg/kg)	2.0553	3.0651	2.9848	3.0795	3.1605	3.2366	3.1663	1.9963

注:依据《2006年IPCC国家温室气体清单指南》^[27]第2卷“能源”部分、《中国能源统计年鉴》^[26]中“附录4:各种能源折标准煤参考系数”,由于附录中天然气的平均低位发热量3228~38931 kJ/m³,本文采用中间值。

Subject to $x_0 = X\gamma + S^-, y_0^g = Y^g\gamma - S^g, y_0^b = Y^b\gamma - S^b$,

($S^- \geq 0, S^g \geq 0, S^b \geq 0$)

式中, ρ^* 为效率值; m 表示决策单元个数; i 表示第 i 个研究单元, S_i^-, S_i^g, S_i^b 分别表示研究单元 i 的投入、期望产出、非期望产出松弛变量; x_0, y_0^g, y_0^b 分别为该决策单元的投入向量、期望产出向量、非期望产出向量; X, Y^g, Y^b 分别为决策单元的投入矩阵、期望产出矩阵和非期望产出矩阵; S^-, S^g, S^b 分别表示投入、期望产出、非期望产出松弛变量; γ 为列矩阵。当 $\rho = 1$ 时, 该决策单元是有效的, 反之无效。

1.3 空间自相关性模型

为了反映物流业效率值在整体上的空间相关性及局部的集聚性, 识别其中簇集的热点和冷点区, 全局 Moran's I 系数和局部 Getis-Ord G^* 指数被引入, 其公式如下^[30]:

$$\text{全局 Moran's } I \text{ 系数: } I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

$$\text{局部 Getis-Ord } G^* \text{ 指数: } G_i = \frac{\sum_j w_{ij} x_j}{\sum_j x_j} \quad (4)$$

式中 n 表示研究区域单元的个数。 x_i, x_j 是研究单元和 i, j 的物流业率值, \bar{x} 表示所有省份物流效率的均值; w_{ij} 表示空间位置 i 和 j 的关系, $w_{ij} = 1$ 表示邻近; $w_{ij} = 0$ 表示不邻近。

1.4 空间滞后与空间误差模型

SBM-Undesirable 模型主要测度内部投入 - 产

出要素对物流业效率的影响, 未考虑区际空间关联及外部效应影响。“地理学第一定律”认为任何事物都存在空间相关, 距离越近的事物空间相关性越大^[31], 这种空间相关性的存在打破了大多数经典计量分析中的一些基本假设。因此本文使用空间计量分析, 从经济地理学区位理论出发, 综合已有研究成果, 从区域经济环境、物流产业环境、物流政策环境、环境规制 4 个层面探究物流业效率空间格局演变的综合驱动因素(公式 5)。各变量的含义及测算见表 2, 部分缺失的数据使用插值法补充, 数据来源于《中国统计年鉴》^[28]、《中国环境统计年鉴》^[32]。

$$\text{回归方程: } LE = \alpha + \rho \sum_{j=1}^n w_{ij} LE + \beta_i X_{ij} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式中, LE 表示物流效率, α 为常数项, ρ 代表空间自回归系数, w_{ij} 为空间权重矩阵, β_i 是变量回归系数, X_{ij} 则是具体的影响因素, ε_{it} 表示残差扰动项。

2 物流业效率的空间格局演化

2.1 空间异质性变化

选择 2003 年、2007 年、2010 年、2014 年 4 个年份作为研究截面, 结合公式(2)利用 MAXDEA 软件测算得到物流业效率, 并利用 ArcGIS10.2 软件的自然断裂法将效率值划分 5 个等级: 高效率水平(0.583~1)、较高效率水平(0.381~0.583)、中效率水平(0.235~0.381)、较低效率水平(0.172~0.235)、低效率水平(0.121~0.172), 借助 ArcGIS10.2 生成物流业效率的空间分布图(图 1)。分析图 1 发现:

1) 物流业效率全局上呈现“东高西低”的带

表 2 主要变量及其测度

Table 2 Main variables and their measures

层面	变量	测算方法
区域经济环境	经济发展水平	使用各省的人均 GDP 表示。
	对外开放程度	使用各省的实际利用外商投资额表示。
	市场环境	使用樊纲等人的中国区域市场化指数表示。
物流产业环境	物流产业集聚	使用空间基尼系数反映产业集聚程度 ^① 。
	信息化水平	采用互联网和电话普及率, 分别用 0.22 和 0.17 的权重, 计算综合指数。
	物流能源强度	使用各省物流能源消耗占物流产值的比重。
物流政策环境	政府物流调控	使用各省财政支出中交通运输支出占总支出的比重。
环境规制	总体环境规制力度	使用各省环境治理投资占 GDP 的比重表示。
	大气环境规制力度	采用大气污染治理费用占总污染治理投资比重表示。

① $\gamma = \sum_{i=1}^m (S_i - x_i)^2$ 式中 m 表示研究单元的个数, S_i 表示某省 i 市物流产业就业人数占该市总就业人数的比重, x_i 表示 i 市全部就业人数占全省总就业人数的比重。

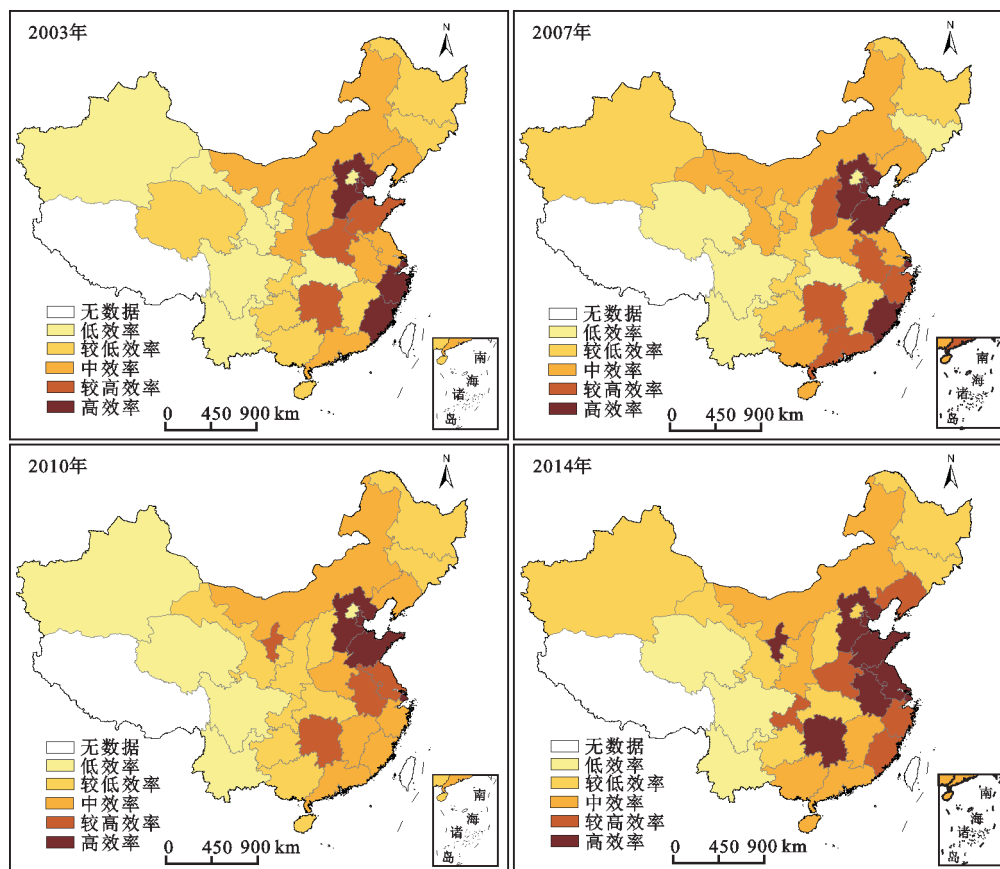


图1 中国物流业效率的空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of logistics efficiency in China from 2003 to 2014

状梯度递减格局。研究年限内全国的平均效率为0.477,其中东、中、西的均值分别为0.703、0.368、0.338。总体布局上,物流业效率呈地带性分异,呈东部>中部>西部的梯度递减态势。其中,高效率 and 较高效率省区基本集中于东部沿海,以河北、天津、山东、江苏、上海、浙江和福建省为主;而低效率和较低效率省区则普遍位于西北和西南半壁,整体呈现“东高西低”的梯度递减格局。

2) 物流业低效率区连片展布,高效率区集中镶嵌于东部并呈带状分布。研究期间,低效率和较低效率区集中连片分布于西北(新疆、宁夏、甘肃和青海)、西南(重庆、四川、贵州和云南等)和东北(黑龙江和吉林)3大区域。而高效率 and 较高效率区则呈块状镶嵌,相对集中于东部沿海发达省份,形成环渤海(河北、天津和山东)、长三角(上海、江苏和浙江)2大组团。近年来,辽宁、江苏、安徽和福建物流业效率迅速提升,高效率区块状格局逐渐连成一体,呈连续带状伸展。

3) 物流业效率极值分布兼具稳定和变化,具

有一定的空间惰性和相变性。一方面,物流业效率的峰值和谷值(高值和低值)区间基本不变,具有初值依赖性。低效率区基本锁定于青海、四川和云南3省,与初期格局基本一致;而高效率区也具有地方依赖性,高度集中于河北、天津、上海和江苏。另一方面,极值范围变化明显,仍然存在一定的相变性。具体而言,相较初始相,低效率区范围在收缩,由期初的西北和西南地区及湖北逐渐收敛到云南和四川;高效率区范围基本在扩大,由期初的河北、天津、上海、浙江和福建5省扩展到期末的河北、天津、山东、江苏、安徽、上海、宁夏和湖南8省、市、自治区。

2.2 空间集聚性变化

1) 物流业效率全局分布呈现弱集聚性,在非均衡的发展中趋于收敛。利用ArcGIS10.2的空间统计工具计算得出整体的全局Moran's I 指数(见表3)。在2003~2014年间,物流业效率的全局Moran's I 指数均为正,基本介于0.2~0.5间,表明物流业效率分布总体上呈现弱集聚状态。期间,Mo-

表3 2003~2014年物流业效率分布的全局Moran's I指数

Table 3 Global Moran's I indices of logistics efficiency distribution from 2003 to 2014

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Moran's I	0.285	0.288	0.462	0.515	0.202	0.375	0.324	0.200	0.079	0.282	0.343	0.292
z 得分	2.651	2.644	4.034	4.517	1.968	3.366	2.946	1.966	0.932	2.587	3.078	2.645
p 值	0.008	0.008	0.000	0.000	0.049	0.001	0.003	0.049	0.351	0.010	0.002	0.008

ran's I指数呈现增长-下降-增长-下降的波动变化过程,整体呈下降态势,说明物流业效率在不均衡发展趋于收敛。

2) 物流业效率冷热点结构变化不一,高效率区持续北扩,低效率区退缩西南。从数量结构来看,热点和次热点区域数量上升幅度较大,比重由2003年的13.3%上升到2014年的30%;冷点和次冷点区域数量增长不明显,比重由2003年的10%缓慢增加到2014年的13.3%,表明物流业效率呈现由非均衡到均衡的发展态势。从冷热点空间分布来看,热点区集中于华北和长三角地区,而冷点区固守于西南;与此同时,热点和次热点区域呈现

“西扩北扩”的态势,热点区由长三角地区向华北地区拓展,次热点区也由华中的河南和湖北及华东的山东和浙江向北扩展至内蒙古,表明华北地区和华中地区的空间联动性在加强。冷点和次冷点区范围变化不大,呈现由西北的甘肃和青海向西南的广西、云南和贵州变迁(图2),说明西北地区在转变经济发展方式、推进物流业结构调整发展方面已经初具成效,而西南地区因交通和区位优势成为物流业效率的低值区。广东、福建等物流业效率较高的省份,并没有成为热点集聚区和形成规模效应,其物流业的发展对周边地区的带动作用不强。

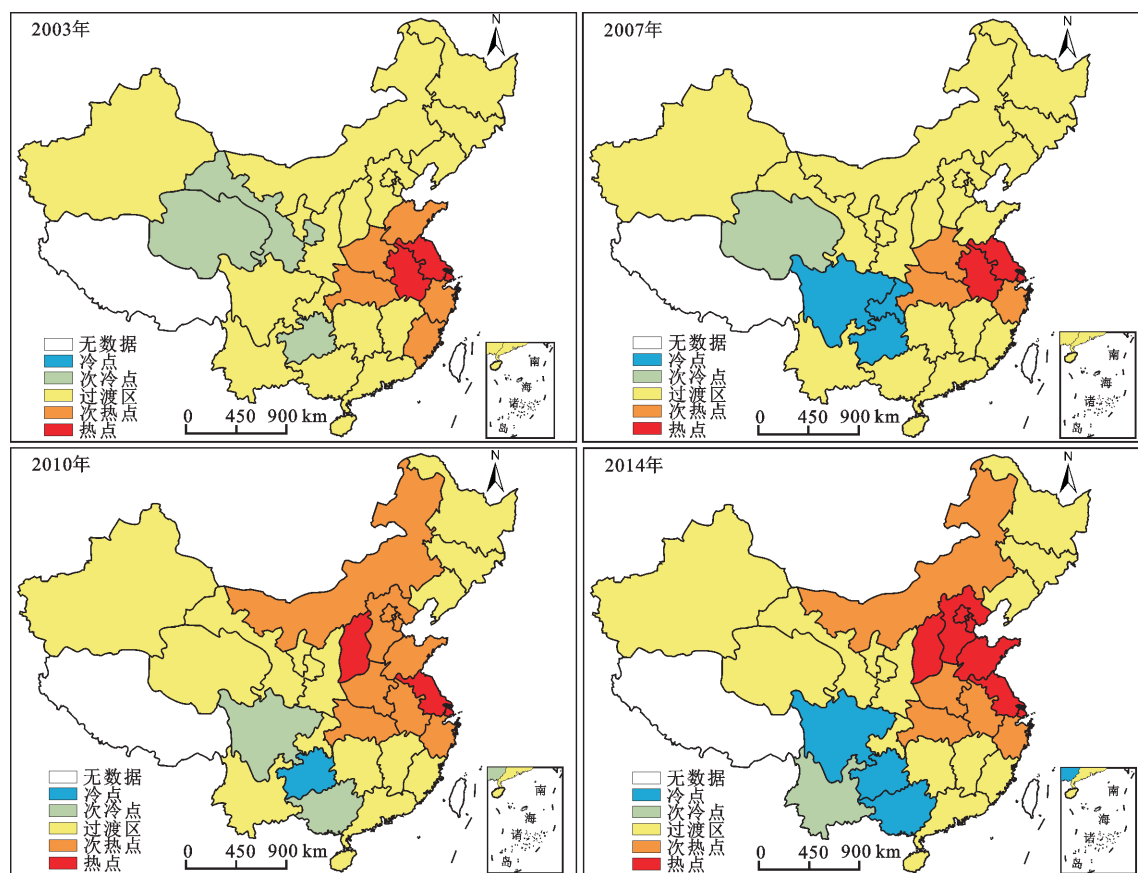


图2 中国物流业效率的空间集聚性演化

Fig.2 Spatial cluster variations of logistics efficiency in Chinese mainland from 2003 to 2014

2.3 空间配置性变化

为了更清晰展现物流业效率(“质”)与物流业产值(“量”)之间的空间配置关系,以物流业产值为横轴、效率值为纵轴(以其平均值作为临界值),通过散点图将30个省(市、自治区)物流业的质和量配置性划分为4类,即高产值-高效率、低产值-高效率、低产值-低效率、高产值-低效率(图3),分析发现:

1) 物流业的效率与其产值具有高度的同配性。从省份象限分布来看,70%以上的省份集中在高产值-高效率、低产值-低效率2个象限,超过一半落于低产值-低效率区间,严格位于高-低区间的省份数量仅5个。其中,高产值-高效率的省份主要集中于上海、江苏、浙江、山东、河北等区域,其物流业具规模大、效率高等特点,成为物流业发展质量高的地区。低产值-低效率省份占据主导,比重超过50%,连片高度集聚于西北(新疆、青海、甘肃、陕西等)、西南(重庆、贵州、云南、广西等)、东北(黑龙江、吉林、内蒙古等)地区及中部部分省区(山西、湖北),这些地区物流业发展处于初级水平,既存在效率低下问题,又面临着高能耗、高污染等环境问题。低产值-高效率省份锁定于天津、湖南,物流业产值相对较低,发展潜力较大。高产值-低效率省份以广东为典型,物流业产值高,但效率低下,存在投入过多、能耗过大、污染较重等问题。

2) 物流业效率-产值的整体空间配置格局变化不大,但个别省份变动明显。宁夏由原来的

低产值-低效率类型迅猛跃迁至高效率-高产值区,主要归因于能源结构优化与低碳物流业快速发展。江苏和辽宁由高产值-低效率类型进入高产值-高效率的“双高”行列,表明其物流业的要素配置趋于合理。而低产值-高效率区间中只有安徽成功实现转型迈入“双高”阵列,主要归功于长三角(上海、浙江、江苏)物流业高效率区的关联带动效应。北京则滑落到低产值-低效率象限,尽管拥有区位和交通优势,但因投入过大、产出不足、环境污染严重等问题,导致其物流业发展滞后。

3 低碳约束下物流业效率演化的影响因素

依据回归方程(5),借助Matlab2012a软件平台运用2003~2014年的面板数据采用最大似然法对空间滞后和空间误差模型进行估计。其中,空间权重矩阵采用各个省会城市距离衰减函数表征;根据豪斯曼检验(Hausman)结果(检验值为31.454, P 值为0)采用固定效应模型;依据拉格朗日检验(LR-test)结果(检验值显示空间固定效应和时间固定效应均显著),选择双固定效应结果;通过稳健的拉格朗日检验(Robust LM)结果(空间滞后模型 P 值为0,在1%的显著性水平上拒绝原假设)选择空间滞后模型(表4),最终的模型解释为空间滞后双固定效应模型。

1) 经济发展水平:相关系数显著为正,区域经济的发展从供给和需求推动了物流效率的提高,在需求方面,经济发展水平高的区域,其内部

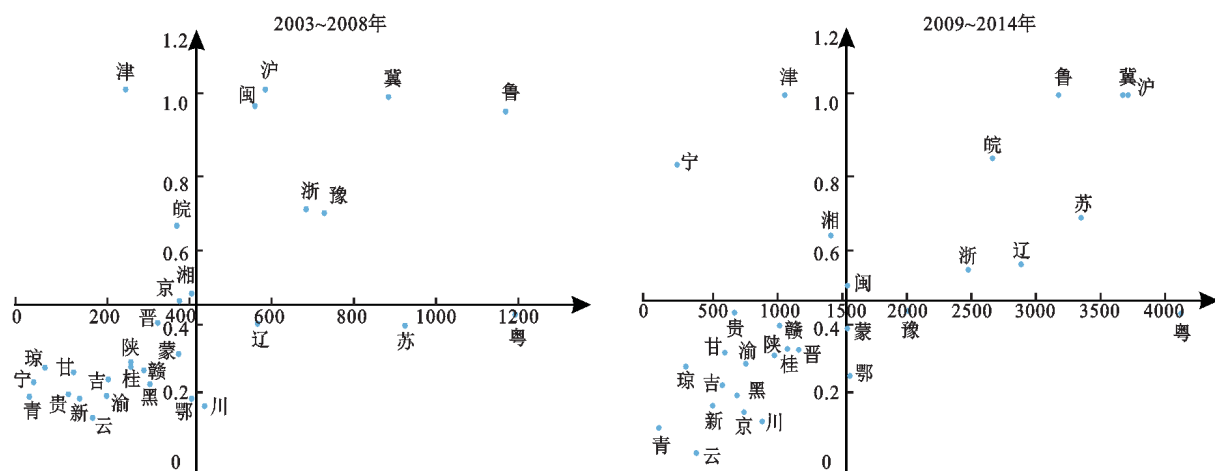


图3 中国物流业效率与规模的散点匹配

Fig. 3 Allocation between logistics efficiency and its productivity in China

表4 模型估计结果

Table 4 Model estimation results

变量名称	空间误差模型			空间滞后模型		
	空间固定效应	时间固定效应	双固定效应	空间固定效应	时间固定效应	双固定效应
经济发展水平	0.129 [*] (0.071)	0.434 ^{***} (0.000)	0.288 ^{***} (0.008)	0.092(0.185)	0.402 ^{***} (0.000)	0.276 ^{**} (0.011)
对外开放程度	-0.004(0.8285)	-0.024(0.231)	-0.014(0.4794)	-0.006(0.765)	-0.023(0.257)	-0.014(0.492)
市场环境	0.036(0.112)	0.048 ^{***} (0.001)	0.068 ^{***} (0.008)	0.030(0.170)	0.046 ^{***} (0.005)	0.067 ^{***} (0.009)
物流产业集聚	0.250 ^{***} (0.001)	0.229 ^{***} (0.007)	0.221 ^{**} (0.004)	0.260 ^{***} (0.001)	0.228 ^{***} (0.008)	0.224 ^{***} (0.003)
信息化水平	0.075 ^{***} (0.000)	0.129 ^{***} (0.000)	0.091 ^{***} (0.000)	0.063 ^{***} (0.0001)	0.133 ^{***} (0.000)	0.093 ^{***} (0.000)
物流能源强度	-0.110 ^{***} (0.006)	0.046(0.127)	-0.091 ^{**} (0.016)	-0.110 ^{***} (0.006)	0.040(0.202)	-0.093 ^{***} (0.016)
政府物流调控	0.437(0.187)	-0.821 ^{***} (0.004)	0.476(0.167)	0.425(0.190)	-0.768 ^{***} (0.009)	0.453 ^{**} (0.019)
总环境规制	0.483(0.806)	-0.279(0.319)	0.463(0.815)	0.886(0.656)	-0.409(0.143)	0.415(0.834)
大气环境规制	-0.0006(0.584)	0.0004(0.822)	-0.0003 (0.771)	-0.0009(0.455)	0.0006(0.757)	-0.0003(0.777)
R ² /样本量	0.811/360	0.374/360	0.839/360	0.818/360	0.379/360	0.837/360
空间固定效应/时间固定效应似然比检验 60.841(0.000) ^{***} /23.984(0.000) ^{***}						
拉格朗日乘数滞后检验/拉格朗日乘数误差检验 49.651(0.000) ^{***} /42.383(0.000) ^{***}						
稳健拉格朗日乘数滞后检验/稳健拉格朗日乘数误差检验 19.761(0.000) ^{***} /4.539(0.073) [*]						

注:括号内为p值,^{***} p<0.01,^{**} p<0.05,^{*} p<0.1。

本身经济活动的生产、流通和消费过程越频繁,同时也与周边地区具有大量货物、商品的来往,极大的促进了物流需求,从而扩大物流产业规模。在供给方面,强大的经济基础可以为物流业发展提供丰厚的物质条件,有利于支持物流体系的建设、完善交通基础设施,从而降低物流运行成本,提高物流效率。

2) 对外开放程度:外商投资对物流业效率的提高不显著,这与国外 Grossman 等人^[33]的研究结论不一致,主要是中国现阶段物流业发展所依托的公路、铁路、水运、航空等仍以国有为主,外资占比小;而且中国物流业的发展仍然处于较低的水平,难以与外资企业中以供应链整合、信息化服务等为标志的高端物流业形成有效竞争。因此,外商直接投资带来的资本效应、技术溢出对物流业的效率提高作用不明显。

3) 市场环境:市场化水平对提升物流业效率具有显著的正向溢出效应,市场化指数较高的省份,往往具有良好的市场竞争环境和管理秩序,一方面公平、开放的市场环境能够吸引更多物流企业的进入,在技术水平、生产服务、创新能力等多个方面对企业产生激励作用,激发整个物流产业的活力,另一方面先进的管理秩序,可以系统协调运输的组织方式、优化资源配置,实现物流业的集中经营。

4) 产业集聚程度:物流产业集聚对物流业效率的影响系数达到0.224,且通过1%的显著性水平检验,表明区域物流产业的集聚可以有效的提高物流业效率。物流产业的集聚可以增进物流企业的信息交流、共同利用物流基础设施和劳动力市场,便于节约生产成本,降低能源消耗。同时集聚的建立可以有效实现物流的集约化、专业化和区域化发展,促进物流的专业化和协作化生产,加快技术创新、提高物流资源利用率,产生规模经济效益。

5) 信息化水平:对物流效率的显著的正效应,相关系数为0.0925。随着信息通信技术的不断发展,物流信息化是现代物流发展的重要保障。信息化技术的应用在实现运输、仓储、包装、配送等一体化方面发挥着巨大作用,良好的信息化环境,利于物流产业上下游、区域之间的协调运作,极大地避免了信息不对称导致的重复运输,资源浪费等问题。同时,较高的信息化水平利于物流运作方式的创新和专业化发展,延伸传统的物流功能。

6) 物流能源强度:相关性系数为-0.093,且通过1%的显著性水平检验,说明物流能源强度对物流效率的提升具有显著的负向效应,区域物流业的能源强度越大,其物流业发展对能源的依赖性越强、能源消耗越大,同时物流业中的交通运输环节能源消耗主要以汽油、煤油、柴油等碳排放因子

较大的能源为主,而清洁能源比重小。不合理的能源消费结构和过高的能源强度,导致物流能耗大、效率低下,这也从侧面验证了高能耗,高碳排是制约物流发展的瓶颈。

7) 政府物流调控:相关性系数为0.4525,且通过5%的显著性水平检验。现阶段政府的调控对物流业效率具有积极正向的影响。首先,物流业发展中存在着市场化不足、产业信息不对称等问题。政府调控在规范市场秩序、协调行业运作上可以发挥积极作用。其次,现代物流发展依托的交通基础设施、物流园区等多属于公共产品,其建设资金大、周期长、收益低,一般的营利性组织较少参与投资。政府财政投入可以完善物流基础设施,改善运行条件,从而有效地降低物流成本,提高物流效率。

8) 物流环境规制:计量结果显示,各省总体环境规制力度与大气环境规制力度对区域物流效率的提升作用均不显著。一方面是由于环境规制对产业效率的促进存在明显的滞后效应,其对效率的提升是一个中长期过程^[34],物流业的发展尚未达到高级阶段,初期的环境规制会增加企业成本,减少企业盈利,从而降低企业的生产效率。另一方面中国的环境规制绩效低下,现有的环境规制忽视产业差异,规制僵化现象严重。目前,中国还没有形成专门物流环境规制法案,这也是致使环境规制对于激发企业技术创新,提高物流生产效率失灵的重要原因。

4 结论与建议

本文考量低碳约束因素,运用非期望产出的SBM-undesirable模型测度了2003~2014年30个省(市、自治区)的物流业发展效率,基于格局-过程-机理视角分析了低碳约束下物流业发展效率的空间演化特征及其影响因素:①物流业效率空间异质性较强,呈现东部>中部>西部的梯度分异。高效率和较高效率的区域由“大集中、小分散”格局渐变成集中于东部沿海的“条带状”分布,基本位于长三角和华北地区,而低效率区则长期锁定于西北和西南半壁。②省际物流效率呈先弱集聚性和空间联动性。全局上,Moran's I指数值较小,空间集聚性不强;热点和次热点区域主要连片集中于长三角和华北地区,其物流业效率较高,物流空间联动效应明显,而西部、东北和中部省区

的空间关联性较低。③物流业效率与其产值规模在空间上具有良好的同配性。70%以上的省份集中在高产值-高效率、低产值-低效率区间,尤以低产值-低效率类型为主。空间配置变化幅度不大,基本保持空间稳定性,个别省份呈现明显的类型跃迁。④低碳约束下物流效率的空间演化与区域宏观经济发展、物流产业环境、政策环境、环境规制等多种因素相关。区域经济发展水平、市场环境、物流产业集聚、信息化水平、政府物流调控对物流业效率具有显著的正向影响,能源强度则具有负向影响,而对外开放程度、环境规制对物流业效率的提升作用不明显。

综上,本文对于优化中国物流业布局和提高物流业效率的政策启示主要有:①空间布局上:优化物流空间布局,实现区域联动发展。应重点支持以上海、浙江、江苏为主的长三角地区和以北京、天津、河北为主的华北地区的物流业发展,同时加大建设湖北、湖南、宁夏、福建、辽宁、广东等物流业效率潜力大的省份,逐步形成“南北互动,东西联通”的高效率物流业发展格局。②经济环境上:构建开放型物流经济,优化物流业外商投资的制度和市场环境,加大物流领域利用外资力度。③环境规制上:实行物流业环境规制,推进物流节能减排。依据物流产业发展的现状,制定专门的物流环境规制法案;着重加强物流运输环节的节能减排,从源头上减少能耗与碳排放。

参考文献(References):

- [1] 阿布都伟力·买合普拉,杨德刚. 物流地理学研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2012, 31(2):231-238. [Abuduweili Maihepula, Yang Degang. Research progress of Logistics Geography in China. Progress in Geography, 2012, 31(2):231-238.]
- [2] 王锋,冯根福. 中国碳强度对行业发展、能源效率及中间投入系数的弹性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2012(5):50-62. [Wang F, Feng G F. Elasticities of China's carbon intensity with respect to industrial development energy efficiency and intermediate input coefficients. The Journal of Quantitative and Technical Economics, 2012 (5): 50-62.]
- [3] Zhou G, Min H, Xu C et al. Evaluating the comparative efficiency of Chinese third-party logistics providers using data envelopment analysis[J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2008, 38(4):262-279.
- [4] 李涛,曹小曙,杨文越,等. 中国区域综合运输效率的测度及其时空演化[J]. 地理科学, 2015, 35(2):168-175. [Li Tao, Cao Xiaoshu, Yang Wenyue et al. Comprehensive measurement and evolution of regional integrated transport efficiency in China.

- Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(2):168-175.]
- [5] Markovitsomogyi R, Bokor Z. Assessing the logistics efficiency of European countries by using the DEA-PC methodology [J]. *Transport*, 2014, 29(2):137-145.
- [6] 张宝友, 朱卫平, 孟丽君. 物流产业效率评价及与 FDI 质量相关性分析——基于 2002-2011 年数据的实证[J]. *经济地理*, 2013, 33(1):105-111. [Zhang Baoyou, Zhu Weiping, Meng Lijun. Evaluation of the efficiency of the logistics industry and correlation analysis of FDI quality: Based on 2002-2011 empirical data. *Economic Geography*, 2013, 33(1):105-111.]
- [7] Markovits-Somogyi R, Bokor Z. Assessing the logistics efficiency of European countries by using the DEA-PC methodology [J]. *Transport*, 2014, 29(2): 137-145
- [8] Chang Y T, Park H, Jeong J et al. Evaluating economic and environmental efficiency of global airlines: A SBM-DEA approach [J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2014, 27: 46-50.
- [9] Meidutė I, Aidas V, Vasiliauskas. Analysis of factors impacting development of transport and logistics services [J]. *Current Issues of Business and Law*, 2008(1):154-160.
- [10] 田刚, 李南. 中国物流业技术效率差异及其影响因素研究——基于省级面板数据的实证分析[J]. *科研管理*, 2011, 32(7):34-44. [Tian Gang, Li Nan. Logistics technical efficiency disparity and affecting factors: Based on cross-province panel data using a single-stage estimation of the stochastic frontier analysis. *Science Research Management*, 2011, 32(7):34-44.]
- [11] Lee C K M, Lam J S L. Managing reverse logistics to enhance sustainability of industrial marketing [J]. *Industrial Marketing Management*, 2012, 41(4):589-598.
- [12] 刘秉镰, 余泳泽. 我国物流业地区间效率差异及其影响因素实证研究——基于数据包络分析模型及托宾模型的分析[J]. *中国流通经济*, 2010, 24(9):18-21. [Liu Binglian, Yu Yongze. An empirical analysis on the regional disparity of efficiency and factor in China's Logistics: Based on DEA and Tobit Model. *China Business & Market*, 2010, 24(9):18-21.]
- [13] 张定, 曹卫东, 范娇娇, 等. 长三角城市物流发展效率的时空格局演化特征与机制[J]. *经济地理*, 2014, 34(8):103-110. [Zhang Ding, Cao Weidong, Fan Jiaojiao et al. The spatio-temporal evolution characteristics and mechanism of yangtze river delta city logistics development efficiency. *Economic Geography*, 2014, 34(8):103-110.]
- [14] Barnum D T, Karlaftis M G, Tandon S. Improving the efficiency of metropolitan area transit by joint analysis of its multiple providers [J]. *Transportation Research Part E Logistics & Transportation Review*, 2011, 47(6):1160-1176.
- [15] Cagliano A C, Marco A D, Mangano G et al. Levers of logistics service providers' efficiency in urban distribution [J]. *Operations Management Research*, 2017:1-14.
- [16] Seebacher G., Winkler H., Oberegger B. In-plant logistics efficiency valuation using discrete event simulation [J]. *International Journal of Simulation Modelling*, 2015, 14(1):60-70.
- [17] Pysmak V., Mazhnyk L. Improvement of efficiency of enterprises operating in the services sector on the basis of logistics concepts [J]. *Economic Annals-XXI*, 2016.
- [18] Sbihi A, Eglese R W. Combinatorial optimization and Green Logistics [J]. *Annals of Operations Research*, 2010, 5(1):99-116.
- [19] Seuring S, Müller M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2008, 16(15):1699-1710.
- [20] Dekker R, Bloemhof J, Mallidis I. Operations research for green logistics: An overview of aspects, issues, contributions and challenges [J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 219(3):671-679.
- [21] 董千里, 董展. 物流高级化的低碳物流运作理论与策略研究[J]. *中国软科学*, 2010(s2):326-332. [Dong Qianli, Dong Zhan. Research into the theory and strategy of low-carbon-Logistics base on logistics-advancing. *China Soft Science*, 2010(s2): 326-332.]
- [22] Pant P, Harrison R M. Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: a review [J]. *Atmospheric Environment*, 2013, 77: 78-97.
- [23] 杨文越, 李涛, 曹小曙. 中国交通 CO₂ 排放时空格局演变及其影响因素——基于 2000-2012 年 30 个省(市)面板数据的分析[J]. *地理科学*, 2016, 36(4):491-501. [Yang Wenyue, Li Tao, Cao Xiaoshu. The evolution of spatial-temporal characteristics and influence factors of CO₂ emissions from transport in China: A panel data analysis of 30 provinces in China from 2000 to 2012. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(4):491-501.]
- [24] Song M, Wu N, Wu K. Energy consumption and energy efficiency of the transportation sector in Shanghai [J]. *Sustainability*, 2014, 6(2):702-717.
- [25] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952-2000[J]. *经济研究*, 2004(10):35-44. [Jun Z, Guiying W, Jipeng Z. The Estimation of China's provincial capital stock: 1952-2000. *Economic Research Journal*, 2004(10): 35-44.]
- [26] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004-2015. [Energy Statistics Division of the National Bureau of Statistics. *China energy statistical yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2004-2015.]
- [27] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories [EB/OL]. [2013-04-28]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>, 2006.
- [28] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004-2015. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China statistical yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2004-2015.]
- [29] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3):498-509.
- [30] Anselin L. Local indicators of spatial association—LISA[J]. *Geographical analysis*, 1995, 27(2): 93-115.

- [31] Tobler W R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit Region [J]. *Economic Geography*, 1970, 46(Supp 1): 234-240.
- [32] 国家统计局环境保护部. 中国环境统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004-2015. [National Bureau of Statistics Ministry of Environmental Protection. *China statistical yearbook on environment*. Beijing : China Statistics Press, 2004-2015.]
- [33] Grossman G M, Helpman E. Endogenous, Innovation in the Theory of Growth [J]. *Papers*, 1994, 8(1):23-44.
- [34] Porter M E. America's Green Strategy [J]. *Scientific American*, 1991, 264(4): 168.

Spatial Evolution of Chinese Logistics Industry Efficiency Under Low Carbon Constraints and It's Influencing Factors

Liu Chengliang^{1,2}, Guan Mingming¹

(1. *School of Urban and Regional Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China*; 2. *Institute for Global Innovation and Development, East China Normal University, Shanghai 200062, China*)

Abstract: This paper selects transportation, storage and postal industries to represent logistics, taking the carbon dioxide emissions as unexpected outputs, introducing the SBM-Undesirable model to measure the logistics industry efficiency of 30 provinces which are restricted by the low carbon (province-level municipality or autonomous regions) in mainland China in 2003-2014. Based on the pattern- process- mechanism framework system, this paper reveals the spatial evolution characteristics of logistics efficiency and its influencing factors: ① Under low carbon constraints, Chinese logistics industry efficiency in general is low, and the spatial distribution varies from zone to zone, characterized as the trend of the East > Central > West. ② Spatial distribution has some path dependency as those with high efficiency concentrate in the eastern coastal areas, which is represented by the evolution from "large agglomeration, small dispersion" to "banded cluster ", While the low efficiency areas focus on the northwest and southwest. ③ The space agglomeration of efficiency is comparatively low, tending to be equilibrium, while the high-efficiency zones are likely to move west and north. ④ There presents a significant spatial matching between the high-efficiency logistics industry and high-output industry. ⑤ The spatial evolution of logistics efficiency is affected by various factors, among which, the economic development, market environment, industrial agglomeration, informationization level and governmental regulation have a significant positive impact on logistics efficiency, while energy intensity has negative influence. By contrast, the level of opening-up and environmental regulation show no obvious effect on increasing the efficiency of logistics industry. All of these can provide reference for regional logistics coordinated development and improve logistics efficiency.

Key words: low carbon constraints; logistics efficiency; spatial evolution; influencing factors; SBM model; spatial econometric model