

引用格式: 马丽, 张琳. 国际制造业转移与碳转移的时空耦合效应[J]. 资源科学, 2017, 39(12): 2408-2419. [Ma L, Zhang L. Spatio-temporal coupling relationship between international manufacturing transfer and CO₂ emissions[J]. *Resources Science*, 2017, 39(12): 2408-2419.] DOI: 10.18402/resci.2017.12.19

国际制造业转移与碳转移的时空耦合效应

马丽^{1,2,3}, 张琳^{1,2,3}

(1. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

3. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘要: 针对不同国家碳排放责任的争论, 从发展的角度研究不同国家由于承接国际产业转移而驱动本国产业变化从而对碳排放非常有必要。本文以制造业碳排放为对象, 分别选取了9个老牌发达工业化国家和9个新兴工业化国家和地区, 分析制造业规模、制造业高碳负荷行业以及制造业碳排放格局的特征及其时空演化。研究发现全球制造业呈现了由欧美向日本转移、欧美日向亚洲四小龙转移、欧美日亚洲四小龙等向中国大陆转移的三个阶段。同时, 以化工、焦炭、基本金属制造业、非金属矿产品、碱性金属以及纺织业为主的高碳负荷行业也逐步由发达国家向发展中国家转移。运用LMDI因素分解法从规模增长、结构转型和技术进步三方面对不同时期两组国家和地区制造业和碳排放变化的耦合关系进行解析, 研究发现无论是结构、技术还是规模因素, 新兴工业化国家和地区与发达工业化国家的变化趋势基本相同但都相对滞后, 表明新兴工业化国家和地区通过承接老牌工业化国家的产业转移, 促使工业规模提高和产业高碳化, 导致制造业碳排放逐步提高。但是不同时期主导因素不同。

关键词: 国际制造业转移; 碳转移; 因素分解; 时空耦合效应

DOI: 10.18402/resci.2017.12.19

1 引言

作为引起全球气候变化的主要因素, 碳排放及其减排问题已成为近十几年来全球学术界和政界重点关注的议题之一。但不同国家就是否履行减排责任、各国应该履行的减排目标而争论纷纷^[1]。中国作为当今全球最大的碳排放国家, 明确提出了“共同但有区别的责任”, 碳减排应考虑到各国的发展阶段和发展需求^[2]。目前, 在中国的碳排放贡献部门中, 工业碳排放占到总量的70%。但是据相关研究, 其中有29%是中国作为全球的制造业基地, 为欧美等国家提供中间零部件和最终产品的需求而排放^[3]。中国在全球碳排放中地位的提高, 不仅要归因于中国特殊的能源消费结构, 还要考虑国际产业转移对中国在全球制造业分工的影响。因此也很必要研究国际制造业转移驱动的碳转移过程。

国际制造业产业转移是在交通和信息技术进步驱动下, 发达国家在市场、成本、贸易等多因素作用下将部分产业转移到发展中国家的一种趋势^[4]。长期以来, 学者对产业转移的背景、机制和模式进行了相关探究^[5]。随着全球环境问题的不断升温, 许多学者认为产业转移给东道国或地区带来经济增长的同时, 也促进了环境问题的国际转移^[6]。污染性产业可能会从高环境标准的发达国家转移到低环境标准的发展中国家, 导致发展中国家环境质量逐步恶化并成为污染避难所^[7,8]。对发达国家和发展中国家的贸易产品的隐含碳排放研究也证明了欧盟、美国等发达国家通过高碳产品的进口替代本国生产, 降低了本国的碳排放^[9,10], 而中国、巴西等发展中国家的出口贸易量与隐含碳排放呈显著正相关关系^[11,12]。综合国内外关于跨地区产业转移对

收稿日期: 2017-09-07; 修订日期: 2017-11-20

基金项目: 中华人民共和国科学技术部国家重点研发计划项目(2016YFA0602803); 国家自然科学基金项目(4171142)。

作者简介: 马丽, 女, 山西祁县人, 博士, 副研究员, 研究方向为经济地理、产业发展的环境影响研究。E-mail: mali@igsnnr.ac.cn

2017年12月

碳排放影响因素的研究,主要归因于三个因素。首先,产业转移促进了东道国产业规模的增长,由此引发碳排放量规模的提高,为规模效应;其次,产业转移导致东道国产业结构的变化,尤其是发达国家或地区将部分高碳产业向发展中国家或地区转移,导致东道国产业结构高碳化,为结构效应^[13,14];第三,产业转移同步还伴随相对高端的技术转移,提高东道国的环境技术效率^[15,16]。

总体而言,这些分析都是从单一国家的贸易或产业结构入手来分析国际产业转移驱动该国产业结构调整 and 贸易结构调整所导致的碳排放问题,而从多国家尺度对不同时段国际产业转移驱动的碳转移过程没有解释,且是否在不同时期规模、结构和技术对于不同国家是否发挥同等作用未能说明。因此,本文通过对1965年以来的全球制造业及高碳负荷行业的国际转移格局进行分析,研究国际制造业转移与碳转移的时空耦合规律,并建立制造业转移与碳转移的关系模型,分不同群体和不同时段对其耦合关系进行研究,以揭示国际制造业转移对碳转移的驱动机制,从而为中国的产业绿色化转型以实现碳减排提供科学支撑。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究方法

目前分析影响一个国家或地区碳排放因素的方法有因素分解分析法和基于投入产出的结构分解法。因素分解法从增量的微分研究入手,对产值规模、产业结构、技术水平等因素的解释变量进行微分展开,根据不同变量的增量份额确定其作用大小^[17]。而基于投入产出的结构分解法是将碳排放分解为产业部门的碳排放系数、投入产出系数、最终消费比例以及总产值等因子的乘积,系统分析终端需求,中间投入及结构变动等对碳排放的影响^[18]。此外,还有数据包络分析法 DEA^[19]和基于某种环境方程的计量回归的方法,如EKC模型等^[20]。在本文中,受数据限制,主要采用了对数平均迪氏指数法(LMDI)进行分析。因为对数平均迪氏指数分析方法没有分解剩余且易于计算,避免了传统回归计量经济分析分解不彻底等弊端。

首先构建碳排放的脱钩指数模型:

$$D_{EI,Y} = \frac{\Delta EI'}{\Delta Y'} = \frac{\Delta EI/EI}{\Delta Y/Y} \quad (1)$$

式中 $D_{EI,Y}$ 为碳排放相对于制造业增加值的弹性,即制造业增加值变动一个百分点引起的碳排放规模变化; $\Delta EI'$ 为碳排放规模的变化速度,是评价期内排放规模的变化量 (ΔEI) 与初期排放规模 (EI) 的比值; $\Delta Y'$ 为制造业增加值的变化速度,是评价期内制造业增加值的变化量 (ΔY) 与初期制造业增加值 (Y) 的比值。

采用 Kaya 恒等式把增加值与碳排放之间的脱钩指数分解为规模效应、技术效应和结构效应三方面^[21]。

$$EI = Y \times \sum_i \frac{EI_i}{Y} = Y \times \sum_i \frac{EI_i}{Y_i} \times \frac{Y_i}{Y} \quad (2)$$

式中 EI_i 为工业部门内部第 i 部门的碳排放量; Y_i 为第 i 部门的增加值。

因此,碳排放总规模的变化就受到增加值规模 (Y)、碳排放强度 ($IE_i = EI_i/Y_i$) 和产业结构 ($IS_i = Y_i/Y$) 因素的影响,基期碳排放规模的变化 (ΔEI) 就可表示为:

$$\begin{aligned} \Delta EI &= EI_t - EI_0 \\ &= \sum_i Y_t^i \times IE_t^i \times IS_t^i - \sum_i Y_0^i \times IE_0^i \times IS_0^i \\ &= \Delta EI_I + \Delta EI_{IE} + \Delta EI_{IS} \end{aligned} \quad (3)$$

式中 EI_t 为评价期末 t 时的碳排放量; EI_0 为评价初期的碳排放量; ΔEI_I 为规模因素; ΔEI_{IE} 为单位增加值碳排放量,即技术因素; ΔEI_{IS} 为产业结构因素。运用对数平均迪氏指数法进行分析:

$$\Delta EI_I = \frac{EI_t - EI_0}{\ln EI_t - \ln EI_0} \times \ln \frac{I_t}{I_0} \quad (4)$$

$$\Delta EI_{IE} = \frac{EI_t - EI_0}{\ln EI_t - \ln EI_0} \times \ln \frac{IE_t}{IE_0} \quad (5)$$

$$\Delta EI_{IS} = \frac{EI_t - EI_0}{\ln EI_t - \ln EI_0} \times \ln \frac{IS_t}{IS_0} \quad (6)$$

式中 I_t 为评价期末 t 时的制造业增加值; I_0 为评价初期的制造业增加值; IE_t 为评价期末 t 时的单位增加值碳排放量; IE_0 为评价初期的单位增加值碳排放量; IS_t 为评价期末 t 时高碳负荷部门在制造业增加值中的比重; IS_0 为评价初期高碳负荷部门在制造业增加值中的比重。

2.2 数据来源

本文主要涉及全球制造业产业数据及碳排放相关数据。其中,各国家和地区制造业增加值的规模和增速,及其占全球制造业总量比重的数据来自世界银行发展数据库 www.worldbank.org^[22]。各国家和地区制造业部门结构数据主要来自联合国工发组织(UNIDO)制造业分行业数据库 <http://www.unido.org/resources/statistics/statistical-databases/indstat2-2015-edition.html>^[23],其统计了170个国家和地区23个制造业细分行业的增加值数据。制造业碳排放数据来自OECD数据库 www.oecd-ilibrary.org,其中CO₂排放来自fuel combustion子数据库^[24]。

2.3 研究对象和时间年限

由于各国家和地区统计口径和数据不统一,诸多国家和地区存在不同年份制造业产值、结构和碳排放数据不完整,且许多国家和地区制造业体量相对较小。为重点分析全球制造业转移的整体态势,本文统筹各国家和地区的制造业体量、结构特征及其在国际制造业不同阶段的重要性和指针性,以及数据的完整性,选取了18个主要的工业化国家和地区进行分析。其中9个代表发达工业化国家的主要有美国、英国、日本、法国、加拿大、澳大利亚、意大利、丹麦、瑞典;9个代表后发的新兴工业化国家和地区主要有中国大陆、中国香港、印度、伊朗、马来西亚、菲律宾、韩国、新加坡和南非。由于2010年之后数据严重不完整,因此主要以1965—2010年为主要研究年限,部分新兴工业化国家和地区的起始年受数据限制为1977年。

3 国际制造业与高碳负荷产业空间格局及演化

3.1 国际制造业的生产规模转移

通过对世界各国1965—2010年制造业增加值绝对规模及其在全球制造业中比重分析发现(图1):

(1)在制造业绝对规模上,近50年来美国、西欧、日本等发达国家和地区一直占据全球制造业主体。20世纪60年代初,虽然战后的美国由于工作岗位与利润的吸引逐渐放弃制造业转而投向第三产业和科技革命引领下新型产业的发展,但其制造业规模在全球总量中的份额一直保持较高水平,

1965年美国制造业增加值是日本的7倍,法英意等欧洲国家的10倍。

(2)之后,制造业的第一次大规模转移发生在20世纪70年代的石油危机后,美国国内诸多制造业已处于边际产业的阶段,生产成本远高于日本及亚洲的新兴工业经济体。同时战后东亚独特的地缘政治环境,使得美国和日本建立了经济和军事同盟关系,大批一般制造业从美国向日本转移。日本从战后到20世纪80年代承接的产业逐渐由轻纺工业到重化工业,再到机械工业、交通运输设备制造业及耐用消费品等相关行业。1965—1975年,日本制造业增加平均增速近17.90%,高出美国近10个百分点。1975年,日本的制造业增加值已经达到美国的1/3强,并大大超过了欧洲的法英意德等国。

(3)第二次制造业转移发生在20世纪80年代。随着东亚、南美等国家和地区,特别是东亚发展中国家的政策变革创造了市场扩张及贸易自由化。四小龙地区主导着该区域的发展,特别是马来西亚、泰国、印度尼西亚和中国大陆制造业规模增长非常迅速。1980—1990年,马来西亚制造业增加值增速达到了9.40%,菲律宾为6.25%,新加坡达到了11.50%,均大大超过该时期美国制造业增速。同时期,日本注重发展电子信息制造业,制造业增速在10.05%左右。

(4)第三次转移发生在1990年之后,主要是向中国大陆转移。中国大陆自1978年开始改革开放,吸引了大量港澳台轻纺工业转移。1992年邓小平南巡讲话扩大了开发开放的产业领域和空间范围。1997年亚洲金融危机后由于其稳定的市场更是吸引了大量欧美电子、装备制造业生产转移,并逐步成为全球制造业重心。1997—2010年中国大陆制造业平均增速10.06%,远远超过欧美等发达国家,其占全球制造业增加值比重从7.47%升到18.39%,而美国则由17.27%降到17.26%,日本由13.27%降到11.35%。

3.2 国际制造业结构的转移格局

为分析制造业结构变化,本文对制造业碳排放高负荷行业的发展与空间格局进行分析。根据相关文献和单位增加值碳排放,将单位增加值碳排放量较高的行业命名为制造业高碳负荷行业,由此确

2017年12月

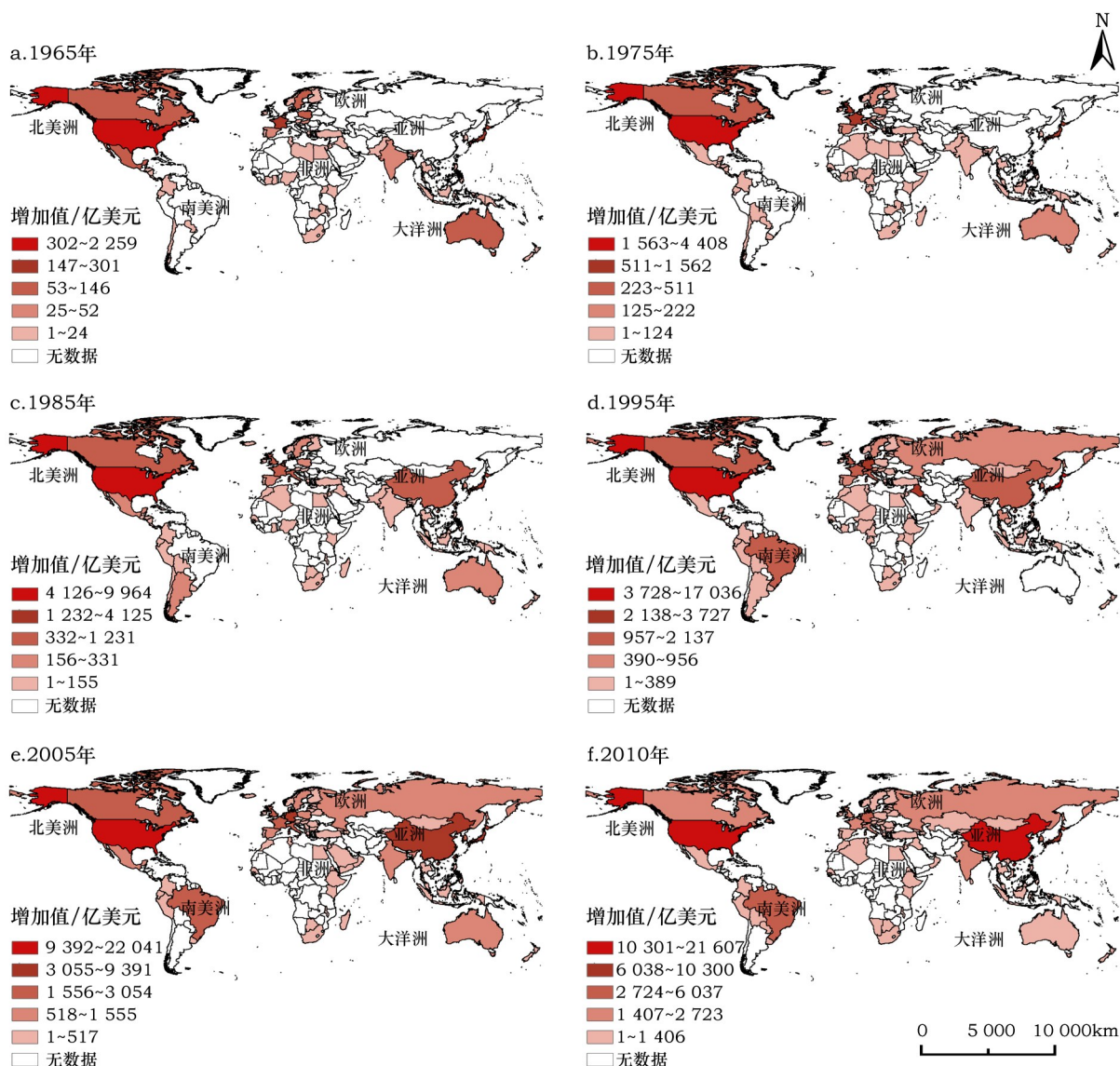


图1 1965—2010年国际制造业增加值分布格局

Figure 1 Distribution of international manufacturing value added from 1965 to 2010

定纺织业、焦炭精炼石油产品核燃料、化学品和化学制品业、非金属矿产品、基本金属、碱性金属制造业这六个部门作为高碳负荷行业。

(1) 尽管存在显著的国际产业转移,但无论是老牌工业化国家,还是新兴工业化国家和地区,随着产业总体规模的提高,高碳负荷行业增加值规模依然呈增长趋势,只是不同国家的增速不同。从绝对规模看(图2),20世纪80年代之前世界高碳负荷行业主要集中在欧美日等国。随着亚洲新兴国家的崛起,高碳负荷行业逐步向中国大陆、韩国、新加坡等国家和地区转移,如韩国曾在1995年高碳负荷行业增加值超过了法意英等国,中国大陆在1990年

超过英国,在2005年、2014年分别超过日本和美国成为全球最大高碳负荷行业所在地区。

(2) 从高碳负荷行业占各国制造业比重看(表1,见第2413页),法英意日等老牌工业化国家呈现显著的低碳化趋势,而美国则呈现了先下降后上升的趋势,曾从1965年的34.78%下降到了1985年的26.90%后又逐步回升到2010年的34.98%,澳加等国高碳负荷行业比重变化不大。相较而言,部分新兴工业化国家和高碳负荷行业比重相对较高,如中国大陆、印度、伊朗、马来西亚等行业比重均在40.00%以上,且伊朗、马来西亚等国在1980年后呈现了显著的增加趋势。中国大陆高碳负荷行

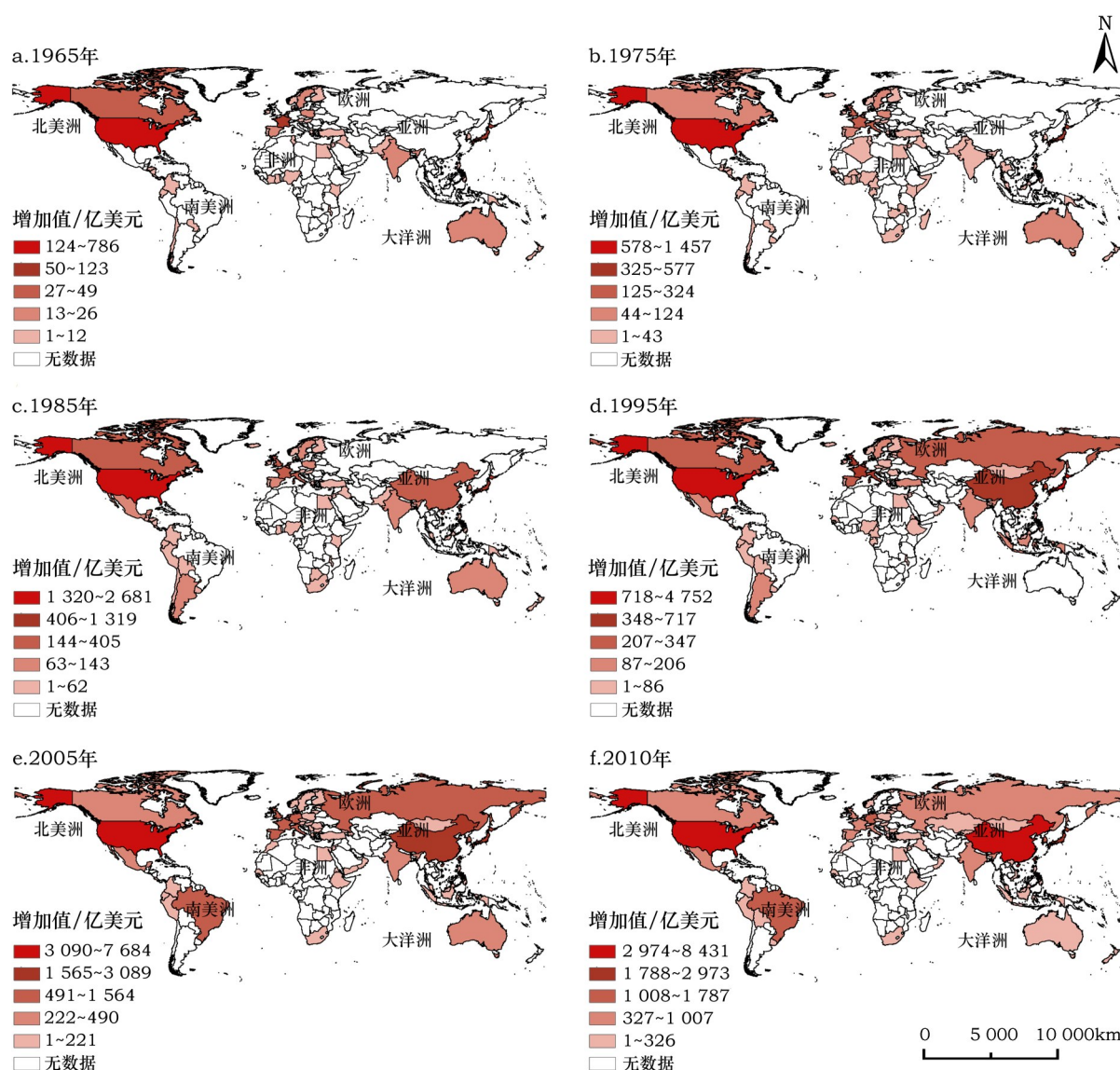


图2 1965—2010年国际制造业高碳负荷行业增加值分布格局

Figure 2 Distribution of international high CO₂-loaded manufacturing sectors value added from 1965 to 2010

业比重增长主要集中在2005年之后,而韩国、新加坡在经历高碳负荷行业比重增长后已进入下降阶段。

4 制造业转移与碳转移的耦合效应

4.1 国际制造业总碳排放量空间格局及演化

随着国际制造业生产规模与结构的跨国转移,其碳排放格局也随之发生变化。由图3(见第2414页)可看出:

(1)20世纪60年代到70年代中期基本上是英美等老牌工业化国家制造业碳排放逐步达峰过程。1968年美国制造业碳排放达峰,总规模达到

10.6亿t,比当年英日法德意等国制造业碳排放的总和还要高;日本制造业碳排放1965年超过英国后成为当时全球制造业碳排放第二大国;英法两国则分在1969年、1970年达峰后逐步下降。随后澳、加、意、日本和瑞士也在1972—1973年间分别达峰后逐步下降。

(2)1975—2010年是老牌工业化国家制造业碳排放规模下降、新兴工业化国家和地区制造业碳排放逐步增长的时期。9个老牌工业化国家制造业碳排放全球占比由1970年的47.05%下降到2010年的15.77%,美国和欧洲国家制造业碳排放下降最为显

2017年12月

表1 1965—2010年主要工业化国家和地区高碳负荷行业比重变化

Table 1 The evolution of percentage of high CO₂-loaded manufacturing sectors' value added of main industrialized countries

| 国家和地区 | and areas from 1965 to 2010 | | | | | |
|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | (%) | | | | | |
| 国家和地区 | 1965年 | 1975年 | 1985年 | 1995年 | 2005年 | 2010年 |
| 澳大利亚 | 36.49 | 35.10 | 35.91 | - | 38.78 | 36.75 |
| 加拿大 | 33.48 | 32.50 | 30.12 | 27.88 | 27.82 | 39.41 |
| 中国大陆 | - | - | 45.98 | 46.25 | 41.93 | 43.15 |
| 中国香港 | - | 31.16 | 24.83 | 22.89 | - | - |
| 丹麦 | 29.04 | 28.23 | 28.73 | 26.00 | - | - |
| 法国 | 43.69 | 36.24 | 35.20 | 38.42 | 33.43 | 31.98 |
| 印度 | 55.72 | 56.41 | 52.89 | 53.32 | 57.71 | 55.38 |
| 伊朗 | 49.27 | 52.78 | 53.58 | 57.76 | 56.62 | 59.96 |
| 意大利 | - | 41.85 | 38.36 | 36.66 | 36.77 | 33.53 |
| 日本 | 40.81 | 36.91 | 31.98 | 30.99 | 29.97 | 28.87 |
| 马来西亚 | - | 25.80 | 35.37 | 26.36 | 37.19 | 41.84 |
| 菲律宾 | 33.61 | 32.31 | 42.63 | 36.76 | 32.09 | 37.21 |
| 韩国 | 46.64 | 49.91 | 40.52 | 34.58 | 31.54 | 29.03 |
| 新加坡 | 35.53 | 35.59 | 27.56 | 23.13 | 36.46 | 30.92 |
| 南非 | 0.00 | 44.35 | 50.47 | - | 40.68 | 38.03 |
| 瑞典 | 29.96 | 27.55 | 28.99 | - | 30.44 | - |
| 英国 | - | 35.69 | 31.37 | 31.00 | 28.38 | 30.19 |
| 美国 | 34.78 | 33.05 | 26.90 | 27.89 | 34.86 | 34.98 |

著。丹、法、英等国2010年制造业碳排放不足其峰值的35.00%,美国也仅为其峰值时的43.66%;澳、加、日的制造业碳排放虽有下降,但幅度并不显著,其中日本2010年制造业碳排放为其峰值时的73.64%。而同期9个新兴工业化国家和地区占全球制造业碳排放的比重由13.41%增加到53.84%。其中新加坡、印度、伊朗和中国大陆最为突出,制造业碳排放的相对增幅分别为23.74倍、6.49倍、5.20倍和6.69倍;绝对增幅上以中国大陆最为显著,绝对增幅对全球制造业碳排放增幅的贡献率高达97.83%。此外,新兴工业化国家和地区除韩国和马来西亚分别在2000年和2007年达到制造业碳排放峰值,其余七国和地区还未出现显著的达峰。

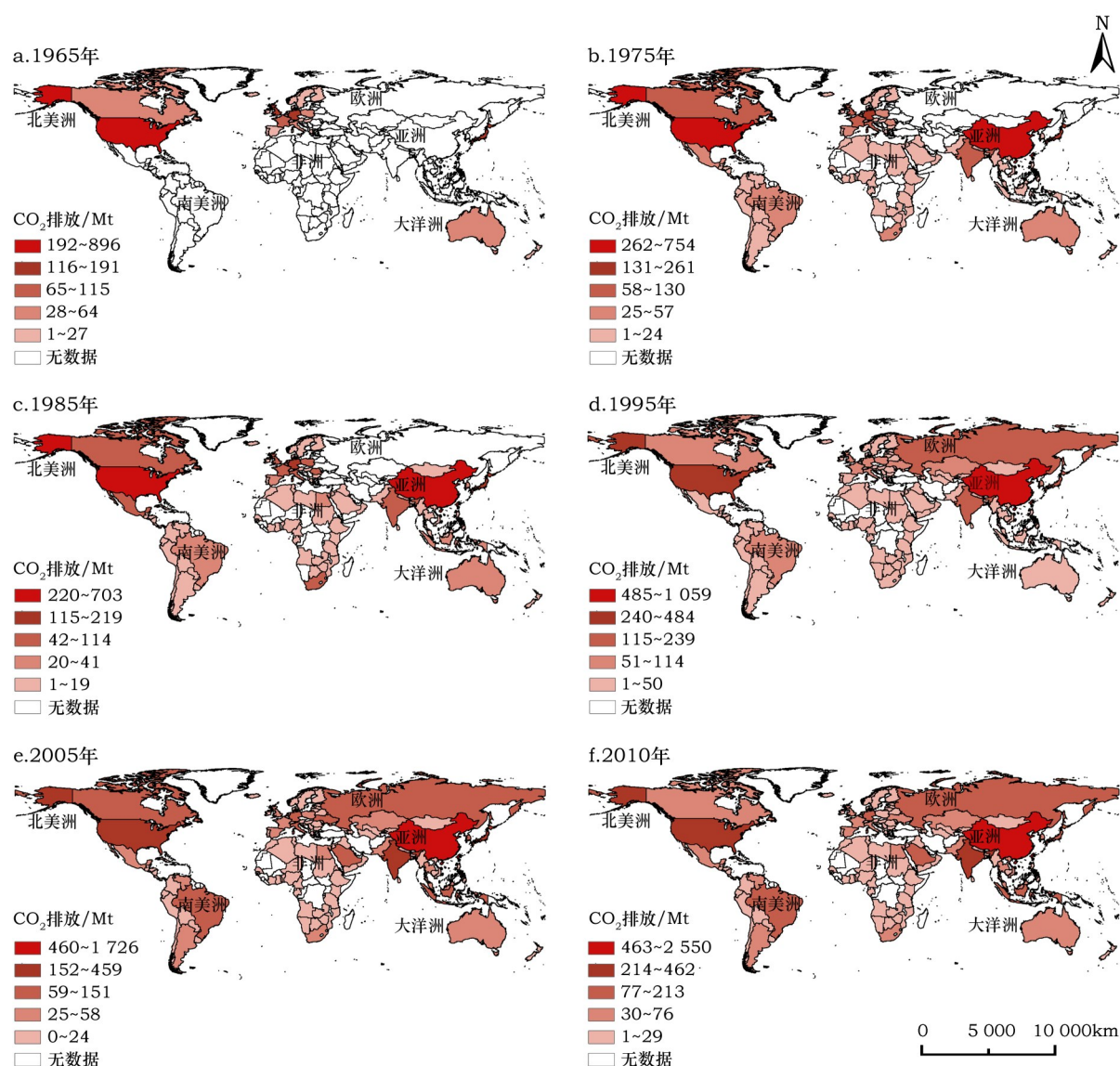
4.2 制造业发展与碳排放的耦合效应

根据国际产业转移的1985年、2000年两个时间节点分1965—1985年(新兴工业化国家和地区起始时间根据数据完善性从1977年开始)、1985—2000年、2000—2010年三个阶段进行制造业与碳排放的脱钩指数和LMDI因素分解法分析。

(1)表2显示(见第2415页)1965—1985年,除

澳、加、日外,其余老牌工业化国家都处于碳排放与经济增长绝对脱钩状态,表明随制造业产值规模增长,碳排放呈下降趋势。而新兴工业化国家和地区一半以上处于相对脱钩状态,且脱钩指数小于1,即随着制造业规模扩大,碳排放也呈增长趋势,但其增速要小于制造业增速。表3显示(见第2415页),1985—2000年,意大利和瑞典加入相对脱钩队伍,日本仍处于相对脱钩状态;而新兴工业化国家和地区除制造业出现空心化导致产值下降的中国香港和处于扩张性脱钩的南非外,其余国家和地区都处于相对脱钩状态。表4(见第2416页)显示,2000—2010年,发达国家都处于绝对脱钩状态。新兴工业化国家和地区除中国香港、印、菲、南非外,其余都处于相对脱钩状态。

(2)对不同国家和地区组脱钩指数变化的因素解析发现,无论是老牌工业化国家还是新兴工业化国家和地区,规模增长对于碳排放增长多呈正向贡献,而技术和结构对于碳排放增长则呈现负向贡献,即制造业规模增长会促进碳排放增长,而结构变化和技术进步会减缓碳排放的增长。这基本符

图3 1965—2010年国际制造业CO₂排放量分布格局Figure3 Distribution of international CO₂ emissions of manufacturing industry from 1965 to 2010

合目前学术界对于碳排放影响因素的认识。

(3)不同阶段不同类型国家和地区,规模、结构、技术贡献大小不同。1965—1985年老牌工业化国家规模效应贡献较高且多在150.00%以上,新兴工业化国家和地区除了发展较早的马来西亚、韩国和新加坡分别为94.93%、97.74%和96.58%,其余皆在70.00%以下。技术效应方面,除澳、加和日本外,欧美老牌工业化国家技术效应显著大于规模效应,由此拉动制造业碳排放规模下降;而新兴工业化国家和地区的技术效应绝对值相对较低,只有中国香港和韩国在95.00%以上。结构效应方面,老牌工业

化国家结构效应均呈为负值,表明制造业结构清洁化,尤其是电子信息制造业迅猛发展的日本,结构效应高达24.39%;新兴工业化国家和地区除了以纺织为主的马来西亚和以橡胶为主的菲律宾,其余国家和地区的结构效应都为负值。但总体而言,新兴工业化国家和地区技术和结构效应绝对值多数要小于规模效应,因此其制造业碳排放依然呈增长趋势。

(4)1985—2000年,老牌工业化国家规模效应开始减弱,甚至在丹法英美等国家,规模效应低于技术效应,再加上结构效应,这些国家都进入了绝

2017年12月

表2 1965—1985年主要工业化国家和地区制造业与碳排放耦合关系

Table 2 The coupling relationship between manufacturing and CO₂ emissions in main industrialized countries and areas from 1965 to 1985

| 国家和地区类型 | 国家和地区名称 | 脱钩指数 D_{ELV} | 类型 | 规模效应/% | 技术效应/% | 结构效应/% |
|-------------------------|---------|----------------|-------|--------|---------|--------|
| 老牌工业化国家 (1965—1985年) | 澳大利亚 | 0.01 | 相对脱钩 | 149.27 | -144.31 | -1.61 |
| | 加拿大 | 0.05 | 相对脱钩 | 162.43 | -145.15 | -10.59 |
| | 丹麦 | -0.05 | 绝对脱钩 | 159.92 | -183.44 | -1.05 |
| | 法国 | -0.08 | 绝对脱钩 | 161.70 | -203.69 | -21.63 |
| | 意大利 | — | — | — | — | — |
| | 日本 | 0.03 | 相对脱钩 | 261.86 | -228.19 | -24.39 |
| | 瑞典 | -0.11 | 绝对脱钩 | 138.81 | -179.28 | -3.28 |
| | 英国 | — | — | — | — | — |
| | 美国 | -0.06 | 绝对脱钩 | 148.42 | -172.72 | -25.68 |
| 新兴工业化 国家和地区 | 中国大陆 | — | — | — | — | — |
| (1977—1985年) | 中国香港 | 0.11 | 相对脱钩 | 50.13 | -98.49 | -4.54 |
| | 印度 | -0.43 | 绝对脱钩 | 63.54 | -33.97 | -4.45 |
| | 伊朗 | 4.04 | 绝对负脱钩 | 8.18 | 35.81 | -3.77 |
| | 马来西亚 | 0.35 | 相对脱钩 | 94.93 | -77.61 | 32.56 |
| | 菲律宾 | 0.74 | 相对脱钩 | 22.75 | 28.09 | 1.38 |
| | 韩国 | 0.40 | 相对脱钩 | 97.74 | -116.24 | -2.61 |
| | 新加坡 | -0.10 | 绝对脱钩 | 96.58 | -76.76 | -21.98 |
| | 南非 | 1.82 | 相对脱钩 | 11.39 | -22.88 | — |

表3 1985—2000年主要工业化国家和地区制造业与碳排放耦合关系

Table 3 The coupling relationship between manufacturing and CO₂ emissions in main industrialized countries and areas from 1985 to 2000

| 国家和地区类型 | 国家和地区名称 | 脱钩指数 D_{ELV} | 类型 | 规模效应/% | 技术效应/% | 结构效应/% |
|----------------|---------|----------------|--------|--------|---------|--------|
| 老牌工业化国家 | 澳大利亚 | — | — | — | — | — |
| | 加拿大 | 0.06 | 相对脱钩 | 75.97 | -69.48 | -15.99 |
| | 丹麦 | -0.15 | 绝对脱钩 | 77.50 | -96.67 | — |
| | 法国 | -0.30 | 绝对脱钩 | 52.20 | -75.26 | -5.36 |
| | 意大利 | 0.02 | 相对脱钩 | 106.69 | -103.38 | -4.19 |
| | 日本 | 0.02 | 相对脱钩 | 90.79 | -87.66 | -11.00 |
| | 瑞典 | 0.07 | 相对脱钩 | 60.37 | -55.09 | -10.90 |
| | 英国 | -0.34 | 绝对脱钩 | 60.20 | -93.57 | -10.78 |
| | 美国 | -0.20 | 绝对脱钩 | 68.34 | -90.07 | 8.48 |
| 新兴工业化 国家和地区 | 中国大陆 | 0.18 | 相对脱钩 | 110.02 | -78.74 | -11.97 |
| | 中国香港 | 1.02 | 扩张性负脱钩 | 30.76 | 10.37 | — |
| | 印度 | 0.33 | 相对脱钩 | 92.72 | -42.84 | 3.61 |
| | 伊朗 | 0.09 | 相对脱钩 | 213.03 | -170.97 | 11.85 |
| | 马来西亚 | 0.11 | 相对脱钩 | 174.43 | -45.60 | -16.83 |
| | 菲律宾 | 0.80 | 相对脱钩 | 145.08 | -45.12 | -40.27 |
| | 韩国 | 0.32 | 相对脱钩 | 184.27 | -128.01 | -25.54 |
| | 新加坡 | 0.21 | 相对脱钩 | 153.65 | -23.51 | -7.48 |
| | 南非 | 3.04 | 扩张性负脱钩 | 63.09 | -98.86 | -25.00 |

对脱钩;而意日瑞三国虽然规模效应要高于技术效应,但由于其结构效应的同步贡献,使其碳排放虽然也呈增长趋势,但增长速度要低于经济增速,处

于相对脱钩状态。新兴工业化国家和地区除了印度、中国香港、南非,其他国家和地区的规模效应都在100%以上,显著高于老牌工业化国家,表明该时

表4 2000—2010年主要工业化国家和地区制造业与碳排放耦合关系

Table4 The coupling relationship between manufacturing and CO₂ emissions in main industrialized countries and areas from 2000 to 2010

| 国家和地区类型 | 国家和地区名称 | 脱钩指数 D_{ELI} | 类型 | 规模效应/% | 技术效应/% | 结构效应/% |
|------------|---------|----------------|--------|--------|---------|--------|
| 老牌工业化国家 | 澳大利亚 | — | — | — | — | — |
| | 加拿大 | -1.98 | 绝对脱钩 | 13.53 | -47.44 | 42.88 |
| | 丹麦 | -0.51 | 绝对脱钩 | 42.48 | -74.28 | — |
| | 法国 | -0.87 | 绝对脱钩 | 28.17 | -61.48 | -4.23 |
| | 意大利 | -0.84 | 绝对脱钩 | 36.98 | -84.01 | -9.27 |
| | 日本 | -7.97 | 绝对脱钩 | 0.71 | -6.58 | 0.76 |
| | 瑞典 | -0.80 | 绝对脱钩 | 40.62 | -92.17 | — |
| | 英国 | 26.95 | 绝对脱钩 | -1.16 | -36.25 | 6.97 |
| | 美国 | — | — | 9.06 | -29.32 | 17.78 |
| 新兴工业化国家和地区 | 中国大陆 | 0.26 | 相对脱钩 | 211.57 | -104.73 | 5.61 |
| | 中国香港 | -3.84 | 绝对负脱钩 | -68.79 | 96.08 | — |
| | 印度 | 0.09 | 相对脱钩 | 146.79 | -67.81 | 1.00 |
| | 伊朗 | 8.42 | 相对脱钩 | 13.35 | 52.89 | -0.60 |
| | 马来西亚 | 1.05 | 相对脱钩 | 64.09 | -85.90 | 33.62 |
| | 菲律宾 | -0.38 | 绝对脱钩 | 41.23 | -24.84 | 26.68 |
| | 韩国 | 0.15 | 相对脱钩 | 76.64 | -65.52 | -7.81 |
| | 新加坡 | 0.13 | 相对脱钩 | 63.06 | 48.42 | 18.97 |
| | 南非 | 2.09 | 扩张性负脱钩 | 68.35 | -41.70 | -3.30 |

期新兴工业化国家和地区已经成为全球制造业增长的主体。但是,产业的全球转移也带来了技术的进步,在规模增长最显著的中国大陆、伊朗和南非等国和地区,技术效应均在90.00%以上;而处于接受产业转移成熟阶段的菲律宾、马来西亚、新加坡等国和地区,已经处于技术进步和结构优化同步显著阶段。

(5)2000—2010年,老牌工业化国家制造业相对空心化,产值规模增速放缓,规模效应低于技术效应,尤其是美国制造业产值出现了负增长。但在结构方面却出现反弹,除澳大利亚、意大利、瑞典外,其余国家高碳负荷行业比重呈现增加趋势。新兴工业化国家和地区产值增速开始出现减弱与分裂,中国大陆、印度的规模效应在100%以上,中国香港、菲律宾、南非等规模效应已经下降到90%以下,甚至中国香港出现了规模负增长;同时技术效应依然促进碳减排,尤其是马来西亚和韩国,技术效应超过了规模效应,促进了碳减排。但该时期这些国家和地区的结构变化均促进了碳排放的增长,也即其制造业结构均呈现高碳化趋势,表明该时期这些国家和地区已经成为全球主要的冶金、石化、

建材、纺织等产品的生产基地。

5 结论与讨论

本文以国际制造业演变与碳排放耦合关系为研究主题,在探究1965—2010年的国际制造业增加值、高碳负荷行业及制造业碳排放演变格局的基础上,分别选取典型老牌工业化和新兴工业化国家和地区为两组研究对象,分析了其制造业规模增长与制造业CO₂排放变化之间的脱钩指数,并运用因素分解法从规模增长、结构转型和技术进步三个方面对制造业与碳排放之间的耦合关系进行解析,探究了全球制造业产业对碳转移的作用机制,得出以下结论:

(1)1965—2010年全球制造业经历了三个主要转移,重心逐渐从以北美、西欧、日本为主,转移至亚洲、中欧以及中南美洲等区域,形成多足鼎立的格局。随着国际产业转移和发展,高碳负荷制造业也同步发生全球转移,由此带动制造业碳排放转移。

(2)经过分阶段演变,老牌工业化国家基本处于绝对脱钩状态,新兴工业化国家和地区基本处于相对脱钩状态。运用因素分解法对两大类型经济

2017年12月

体的碳排放增长进行解析,发现无论是结构、技术还是规模因素,新兴工业化国家和地区较老牌工业化国家都相对滞后,但整体演变趋势相似。总体而言,1985年之前是老牌工业化通过规模增长占据全球制造业碳排放主体的时期;1985—2000年,老牌工业化国家通过技术进步和结构改善逐步超过规模效应,逐步进入碳减排阶段;而同期新兴工业化国家和地区的规模效应逐步显现,并且该时期技术和结构对于碳减排均呈正向贡献。但是1998年之后,中国大陆、印度等新兴工业化国家承接了大量的全球钢铁、有色冶金、化工、纺织、建材等产业的生产,其规模增长和结构的高碳化部分抵消了技术进步促进的碳减排,导致诸多研究国家和地区处于相对脱钩状态;而老牌工业化国家则由于制造业外移导致本国制造业增长乏力,技术进步依然占据主体而多处于绝对脱钩状态。

因此,对于不同国家和地区在全球碳减排地位的认识和碳减排目标的确定,尤其针对新兴的如中国、印度等的发展中国家目前经济快速增长阶段大规模的碳排放,不仅要考虑该国家和地区目前的碳排放规模,还需要认识到不同时期不同国家和地区碳排放的规模变化以及全球制造业分工和格局变化对其碳排放的影响,从而应从“发展”的角度来确定不同国家的碳减排目标,以及一个国家或地区碳减排战略的制定。目前,英、美、日等发达国家已经陆续达到碳峰值。中国作为1980年之后承接全球制造业转移而迅速发展起来的新兴工业化国家,不仅是目前全球最大的制造业碳排放大国,且其碳排放还呈现逐年增长的趋势。巨量的碳排放规模不仅使中国面临较大的国际压力,也使本国居民面临较大的环境风险。因此,未来中国的碳排放路径必须从全球制造业转移驱动本国产业结构转移的趋势入手,合理确定未来制造业转型升级的路径,注重产业结构的调整与优化,切实推进中国产业碳排放尽早达峰。

参考文献(References):

- [1] 史亚东. 全球碳减排责任分担机制与气候政策研究[D]. 天津: 南开大学, 2012. [Shi Y D. Research on Global Carbon Emission Sharing and Climate Policy[D]. Tianjin: Nankai University, 2012.]
- [2] 刘卫东, 陆大道, 张雷, 等. 我国低碳经济发展框架与科学基础[M]. 北京: 商务印书馆, 2010. [Liu W D, Lu D D, Zhang L, et al. China's Low-Carbon Economy Development Framework and Scientific Basis[M]. Beijing: Commercial Press, 2010.]
- [3] 刘卫东, 张雷, 王礼茂, 等. 我国低碳经济发展框架初步研究[J]. 地理研究, 2010, 29(5): 778-788. [Liu W D, Zhang L, Wang L M, et al. A sketch map of low-carbon economic development in China[J]. *Geographical Research*, 2010, 29(5): 778-788.]
- [4] Dicken P. Global Shift: Transforming the World Economy[M]. New York: Paul Chapman, 1998.
- [5] 卢根鑫. 国际产业转移论[M]. 上海: 上海人民出版社, 1997. [Lu G X. International Industrial Transfer Theory[M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 1997.]
- [6] 代迪尔. 产业转移、环境规制与碳排放[D]. 长沙: 湖南大学, 2013. [Dai D E. Industrial Transfer, Environmental Regulation and Carbon Emissions[D]. Changsha: Hunan University, 2013.]
- [7] 戴嵘, 曹建华. 碳排放规制、国际产业转移与污染避难所效应—基于45个发达及发展中国家面板数据的经验研究[J]. 经济问题探索, 2015, (11): 145-151. [Dai R, Cao J H. Carbon emission regulation, international industrial transfer and pollution shelter—an empirical study based on 45 developed and developing countries panel data[J]. *Exploring Economic Problems*, 2015, (11): 145-151.]
- [8] Cole M A. Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages[J]. *Ecological Economics*, 2004, 48(1): 71-81.
- [9] Paroussos L, Fragkos P, Capros P, et al. Assessment of carbon leakage through the industry channel: the EU perspective[J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2015, 90: 204-219.
- [10] Lin J, Pan D, Davis S J, et al. China's international trade and air pollution in the United States[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2014, 111(5): 1736-1741.
- [11] Sun L, Wang Q, Zhou P, et al. Effects of carbon emission transfer on economic spillover and carbon emission reduction in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 112: 1432-1442.
- [12] Machado G, Schaeffer R, Worrell E. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: an input-output approach[J]. *Ecological Economics*, 2001, 39(3): 409-424.
- [13] Ang B W. LMDI decomposition approach: a guide for implementation[J]. *Energy Policy*, 2015, 86: 233-238.
- [14] Cansino J M, Sánchez- Braza A, Rodríguez- Arévalo M L. Driving forces of Spain's CO₂ emissions: a LMDI decomposition

- tion approach[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2015, 48: 749-759.
- [15] Lindmark M. An EKC-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden 1870-1997[J]. *Ecological Economics*, 2002, 42(1-2): 333-347.
- [16] Bernstein P M, Montgomery W D, Tuladhar S D. Potential for reducing carbon emissions from non-Annex B countries through changes in technology[J]. *Energy Economics*, 2006, 28(5-6): 742-762.
- [17] Ang B W, Choi K H. Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method[J]. *Energy Journal*, 1997, 18(3): 59-73.
- [18] 刘红光, 刘卫东, 唐志鹏, 等. 中国区域产业结构调整的CO₂减排效果分析-基于区域间投入产出表的分析[J]. *地域研究与开发*, 2010, 29(3): 129-135. [Liu H G, Liu W D, Tang Z P, et al. The effect analysis of regional industry structure adjustment for CO₂ emission reduction in China: on the base of inter-regional input-output method[J]. *Areal Research and Development*, 2010, 29(3): 129-135.]
- [19] 朱巧娴, 梅昀, 陈银蓉, 等. 基于碳排放测算的湖北省土地利用结构效率的DEA模型分析与空间分异研究[J]. *经济地理*, 2015, 35(12): 176-184. [Zhu Q X, Mei Y, Chen Y R, et al. Study on DEA model analysis and spatial differentiation of land use structure efficiency in Hubei Province based on carbon emission estimation[J]. *Economic Geography*, 2015, 35(12): 176-184.]
- [20] Xu J, Zhang M, Zhou M, et al. An empirical study on the dynamic effect of regional industrial carbon transfer in China[J]. *Ecological Indicators*, 2017, 73: 1-10.
- [21] Ang B W, Liu F L, Chew E P. Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis[J]. *Energy Policy*, 2003, 31(14): 1561-1566.
- [22] United Nations Industrial Development Organization(UNIDO). Manufacturing Sub-sector Database[EB/OL]. (2017-04)[2017-11-01]. <http://www.unido.org/resources/statistics/statistical-databases/indstat2-2015-edition.html>.
- [23] World Bank Development Database. Manufacturing Value Added[EB/OL]. (2017-09-21)[2017-11-01]. www.worldbank.org.
- [24] Organization for Economic Co-operation and Development(OECD). CO₂ Emission from Fuel Combustion Sub-Database[EB/OL]. (2017-04)[2017-11-01]. www.oecd-ilibrary.org.

Spatio-temporal coupling relationship between international manufacturing transfer and CO₂ emissions

MA Li^{1,2,3}, ZHANG Lin^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: In the global climate summit, different countries debated their responsibility for emission reduction. While most developed countries accused developing countries of huge scale of emissions and put forward greater responsibilities, developing countries also argued for their own development rights and the transfer of carbon emissions from international industries. Hence, it is necessary to explore the temporal and spatial evolution of the relationship between international manufacturing transfers with carbon emission transfer. In this paper, nine old industrialized countries and nine newly industrialized countries and areas were selected. It was found that the global manufacturing industry shifted to Japan in the 1950s and 1960s, then to the Asian Tigers in the 1970s and 1980s, and then to China after 1990. At the same time, the high carbon-loaded industries had shifted to these developing countries and areas from developed countries, such as Basic metals, Chemicals and chemical products, Non-metallic mineral products, Fabricated metal products, Textiles and Coke, refined petroleum products and nuclear fuel. Using the LMDI method to analyze CO₂ emission growth of two types of economies, we found that emerging industrialized countries and areas are lagging behind industrialized countries in terms of structure, technology and scale, but the overall evolution trend is similar. This indicates that newly industrialized countries and areas undertook industrial transfer of old industrialized countries. However, the contribution of industrial scale, structure, and technology is different in different countries and areas in different stages. Given scale growth always drives the rise in CO₂ emission, technological improvements and structural improvements gradually lead the old industrialized countries into CO₂ reduction status after 1985. On the other hand, CO₂ emissions rise in newly industrialized countries and areas driven by scale growth. The high carbon intensity of industrial structure caused by industrial transfer has aggravated this trend since 1998. It is very important to determine the responsibilities and pathways of carbon reduction in different countries from the perspective of development.

Key words: international manufacturing transfer; carbon emissions transfer; LMDI model; spatio-temporal coupling relationship