

中国交通运输业的碳排放情景预测模型

杨琦¹,朱容辉¹,赵小强²

(1. 长安大学 经济与管理学院,陕西 西安 710064; 2. 西安市城市规划设计研究院,陕西 西安 710082)

摘要:交通运输业碳减排是中国碳减排中的核心重点之一。选取交通运输业消耗的 12 类能源,采用相应排放系数,测算 1996~2010 年中国交通运输业 CO₂ 排放,交通运输业 CO₂ 排放由 1996 年的 195.41×10^6 t 增加到 2010 年的 505.73×10^6 t,基本与交通运输业的能源消耗量同步。采用情景预测分析法,设计基准情景、节能情景、低碳情景等 3 个情景,分别预测未来中国的碳排放量。分析结果显示,2011~2020 年中国交通运输碳排放将呈快速上升趋势,而 2025 年左右将放缓。利用 LYQ 弹性脱钩分析进行交通运输业碳排放的脱钩分析。研究结果表明:产业减排在碳减排中的贡献度最大,而进入 2006 年之后,产业发展决定了交通运输业碳排放,2008 年以后,产业节能的贡献程度最大,在抵消其他因素的影响之后使产业碳排放与 GDP(国内生产总值)之间仍表现为弱脱钩,表明产业节能在中国交通运输业的碳减排中尤为重要。

关键词:交通工程;交通运输经济;碳排放;LYQ 脱钩分析;情景预测

中图分类号:U411 **文献标志码:**A

Calculation decoupling analysis and scenario prediction of carbon emissions of transportation in China

YANG Qi¹, ZHU Rong-hui¹, ZHAO Xiao-qiang²

(1. School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;

2. Xi'an City Planning & Design Institute, Xi'an 710082, Shaanxi, China)

Abstract: Carbon reduction in transportation sector is one of the core steps in China's carbon emission reduction. To begin with, 12 kinds of energy consumed in transportation industry were selected to estimate carbon emissions in China's transportation industry from 1996 to 2010 by use of the corresponding emission factor. The carbon dioxide emissions of transportation sector have increased from 195.41 megatons in 1996 to 505.73 megatons in 2010, which is basically in line with the growth of energy consumption in transportation industry. Then, by use of the scenario prediction analysis, China's future carbon emissions were predicted under three designed scenarios, namely, the baseline scenario, energy saving and low carbon scenarios. The analyses show that China's transportation carbon emissions will rise rapidly from 2011 to 2020, and then slow down around 2025. Moreover, the LYQ elastic decoupling analysis was utilized to make decoupling analysis of carbon emission of transportation. The results show that industrial emission re-

duction contributes most to carbon emission reduction, and industry development determines the carbon emissions of transportation industry after 2006. However, industrial energy-saving has become the most influential part on carbon reduction since 2008. It still remained weak decoupling between the industry carbon emission and GDP after offsetting the impact of other factors, thus indicating that industrial energy-saving plays an extremely important part in carbon emission reduction of China's transportation industry. 8 tabs, 1 fig, 16 refs.

Key words: traffic engineering; transportation economy; carbon emissions; LYP decoupling analysis; scenario prediction

0 引言

发展经济与保护环境是所有国家面临的重要任务,交通领域是 CO₂ 排放增长最快的领域之一。奥斯陆气候和环境国际研究中心 2007 年在《美国国家科学院学报》上刊登研究报告称:汽车、轮船、飞机和火车使用燃料所释放的气体是目前造成全球变暖的主要原因之一。报告指出,过去 10 年全球释放总量增加了 13%,而源自交通工具的碳排放增长率却达 25%。预计至 2050 年,全球交通工具碳排放将比目前增长 30%~50%。在欧盟,大部分工业领域都做到了成功减排,但交通工具碳排放却在过去 10 年增长了 21%^[1-2]。中国政府宣布到 2020 年单位 GDP 碳排放量比 2005 年要降低 40%~45%。而在所有利用能源的活动中,交通部门是最难找到政策以减少环境污染的部门。在中国,交通正处于快速发展与转型期,研究中国交通运输碳排放的时序规律,对未来情景做出预测并探讨脱钩的可能性,对于拟定碳减排政策、实现碳减排目标具有重要的理论价值与现实意义。

Jeff Kenworthy 在 2003 年研究了全球 87 个城市客运交通系统的温室气体排放情况^[3];Poudenx 对影响客运系统的碳排放因素进行了分解分析,从作用机理上分析交通碳排放的主要因素与减排可能性^[4];Gallagher 等探索了碳减排政策对美国交通部门的碳减排的效应^[5];Tapio 通过对欧洲 1970~2001 年交通业经济增长与运输量、温室气体之间的脱钩情况进行研究,认为欧盟十五国在 20 世纪 90 年代期间整体上处于增长负脱钩的状态^[6];He 等对中国公路运输的石油消费与碳排放进行了研究,结果表明,如果不采取有效节能措施,到 2030 年中国公路运输石油年消费量将达到 363 万 t,相关的 CO₂ 排放量也将持续增加^[7],而 Greaves 则开发了一种用来评估交通碳排放的建模工具,以用于对交通部门碳排放有效性的评估^[8];Bristow 等则针对

英国未来的道路客运的碳减排路径进行了政策模拟^[9]。在中国,吴开亚等依据 IPCC 清单指南报告,测算了 2000~2010 年上海市交通运输业能源消费碳排放量、人均碳排放量以及碳排放强度的变化趋势^[10];徐雅楠等计算了 1995~2008 年中国交通运输业的碳排放总量和碳排放强度,重点分析了人口、经济因素对交通部门碳排放的作用效应^[11];赵敏等则从居民出行方式的角度探讨了城市交通减排的对策^[12];蔡博峰等根据《IPCC 2006 国家温室气体清单指南》对交通工具燃料消耗的统计数据采用自上而下的核算方法计算 CO₂ 排放^[13];薛进军等通过基于各个部门的燃料消费量乘以各自的 CO₂ 排放系数进行各部门碳排放推算,结果表明 1980~2007 年间中国交通运输部门的碳排放增加了 5 倍^[14]。

以上的研究为探索交通运输与碳减排之间的规律做出了卓越的贡献,但整体上,绝大多数文献涉及能源种类为有限积累,远不能反映交通业碳排放的实际情况,同时另一方面,对影响交通运输碳排放的因子探索尚不够充分。为此,本文尝试采用更为全面的交通运输能源消费来分析我国交通业碳排放总量的变化,对未来做出情景预测,并进一步进行脱钩分析,以指导中国交通运输碳减排政策的制订。

1 中国交通运输业碳排放的情景预测分析

1.1 情景预测模型

相关研究表明 CO₂ 排放量受能源消费结构、能源效率、经济水平和人口增长等因素的制约,即 CO₂ 排放量至少和能源、经济、人口有密切联系。日本学者茅阳一提出的 Kaya 恒等式为

$$E_C = \frac{E_C}{E_E} \times \frac{E_E}{I_{GDP}} \times \frac{I_{GDP}}{I_{POP}} \times I_{POP} \quad (1)$$

式中: E_C 为二氧化碳排放量; E_E 为能源消费量; I_{GDP} 为国内生产总值; I_{POP} 为人口数; E_C/E_E 为单位能耗的碳排放量; E_E/I_{GDP} 为单位 GDP 能耗; I_{GDP}/I_{POP} 为

人均 GDP。

为分析中国交通业未来碳排放及其减排目标达到的现实性,本文将换算运输量纳入式(1)中,得到

$$E_C = \frac{E_C}{E_E} \times \frac{E_E}{V_{OL}} \times \frac{V_{OL}}{I_{GDP}} \times \frac{I_{GDP}}{I_{POP}} \times I_{POP} \quad (2)$$

式中: V_{OL} 为换算运输量; E_E/V_{OL} 为单位换算运输量能耗,可以反映技术因素对交通业的影响; V_{OL}/I_{GDP} 为单位 GDP 生产的换算运输量,可以反映产业规模对交通业的影响; $I=E_C/E_E$ 为交通业碳释出率,即交通业消费单位能源所释放出的碳的数量,该值与行业能源结构密切相关。 $E=E_E/V_{OL}$ 为交通业节能效率, $D=V_{OL}/I_{GDP}$ 为交通业发展情况。 $F=I_{GDP}/I_{POP}$ 为中国经济水平。

若设交通业的碳释出率 I 、节能效率 E 、发展状况 D 、经济水平 F 和人口数量 P 的变化率分别为 v 、 e 、 d 、 f 和 p ,则与基年(本文选择 2010 年为基年)相比第 t 年中国交通业碳排放总量 C_t 为

$$C_t = C_0 [(1+v)(1+e)(1+d) \cdot (1+f)(1+p)]^t \quad (3)$$

基于不同的情景目标对 v 、 e 、 d 、 f 和 p 赋予不同的情景参数值,利用式(4)即可实现多情景下碳排放总量的预测。

1.2 情景设定及参数的预测

1.2.1 情景概述

本文根据中国经济社会现状、交通业能源消费现状及发展规划,同时参考国外经济发展的历程,构造了基准情景、节能情景及低碳情景 3 种情景模式,对交通业碳排放进行预测(截至 2020 年)。具体的情景描述如表 1 所示。

表 1 交通业碳排放情景概述

Tab. 1 Transportation industry carbon emission scenarios

情景名称	情景概述
基准情景	该情景建立在中国经济发展遵循经济学普遍规律,即在一定程度上仍延续发达国家工业化历程的假设基础上。认为中国宏观经济发展和国际形势将有利于交通运输业总体上呈平稳向好发展态势。能源环境政策、人口政策继续按规定执行。
节能情景	该情景侧重交通业能源结构的优化及能源效率的提高,国家制定的相关政策有利于交通业的进一步发展,但不涉及居民出行选择、产业结构等改变。
低碳情景	该情景充分考虑交通运输对环境的影响,政府积极采取政策约束和寻求交通运输业碳减排途径。通过科技创新、能源结构优化、产业结构调整等方式尽力争取实现低碳情景。交通业发展迅速,节能和绿色能源的公共交通工具发挥重要作用。

1.2.2 情景参数预测

情景预测模型中主要参数的预测参考国家政策、国家发展规划、相关学术报告和研究成果以及笔者推算的数据确定。

①总人口自然增长率 p 的预测。《国家人口发展战略研究报告》预测,总人口将于 2010 年、2020 年分别达到 13.6 亿人和 14.5 亿人,中国人口每年净增 800 万~1 000 万人。分别以净增 1 000 万、900 万、800 万人口作为基准情景、节能情景和低碳情景下的人口增长,相对应的人口自然增长率分别为 7.2‰、6.5‰和 5.8‰。

②人均 GDP 增长率 f 的预测。根据中国经济发展、人均 GDP 增长率的变动趋势,分别设定基准情景、节能情景和低碳情景下的 GDP 增长率为 9.0%、8.5%和 8.3%。

③交通业发展变化率 d 的预测。考虑中国 2011~2020 年交通量及 GDP 的增长情况,预测在 2011~2020 年交通业的发展在基准情境下变化率取为-3.0%,节能情景和低碳情景基本同基准情境。

④交通业节能变化率 e 的预测。考虑到交通业能耗的未来增长趋势以及国家对交通业节能的重视,设定基准情景下 e 值取为 0.60%,节能和低碳情景下 e 值取为 0.65%。

⑤交通业减排变化率 v 的预测。综合考虑中国 2010~2011 年交通业的能源结构情况,在基准情景下假设中国交通业的能源结构不变,该情景下的指标值-0.20%;假定在节能情景和低碳情景下该指标取值分别为-0.25%和-0.30%。如此,各主要参数取值如表 2 所示。

表 2 2011~2020 年各情景下主要参数取值

Tab. 2 Values of major parameters under each scenario from 2011 to 2020

参数	基准情景	节能情景	低碳情景
总人口自然增长率 $p/\text{‰}$	7.2	6.5	5.8
人均 GDP 增长率 $f/\%$	9.0	8.5	8.3
交通业发展变化率 $d/\%$	-3.0	-3.0	-3.0
交通业节能变化率 $e/\%$	0.65	0.40	0.40
交通业减排变化率 $v/\%$	-0.20	-0.25	-0.30

注: d 、 e 、 v 的参数取值为笔者根据推算数据计算并结合设置的情景得到,仅对 2011~2020 年交通业 CO₂ 的排放量进行估算。

1.3 情景预测结果分析

情景预测的结果如下页图 1 所示。可以发现,3 种情景下中国交通业的碳排放量在 2011~2020 年

均呈快速上升趋势,表明中短期内交通业的能源需求、碳排放量均会明显升高,该行业存在较大减排压力,但同时也表明该行业的减排潜力巨大。

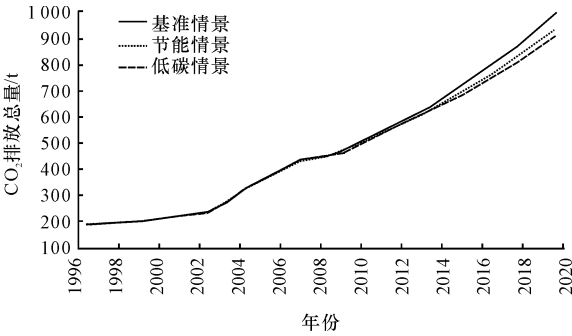


图1 不同情景下中国交通业 2011~2020 碳排放量趋势展望
Fig.1 Tendency for carbon emissions of China's transportation industry from 2011 to 2020 under different scenarios

中国学者根据“十五”时期工业化速度曾推测,如果中国能够保持“十五”时期工业化速度,到 2020 年前后中国将基本实现工业化^[15]。考虑进入到后期,工业化进程将逐步放缓,如果大体能够保持现有的发展态势(经济发展速度不低于 2010 年的 80%),预计中国将会在 2025 年至 2030 年实现工业化。而随着工业化进程的完成,碳排放将逐步放缓。预计在 2025 年后中国交通运输业碳排放总量将放缓。

2 基于 LYQ 框架的交通运输业碳排放脱钩分析

2.1 LYQ 弹性脱钩模型

“脱钩”用来表征物质消耗的速度低于经济发展速度的程度,通过 2 个数量之间“脱钩”与“耦合(或复钩)”的转变,衡量经济发展对于物质消耗的依赖性。Tapio (2005)对 1970~2001 年间欧洲交通业能源消费及碳排放量的脱钩情况进行研究时引入弹性概念构建脱钩指标,并细化和完善了脱钩指标体系,且首次用脱钩理论研究碳排放和经济增长之间的关系,见表 3。

在交通运输业的碳排放脱钩分析中,本文采用李忠民、姚宇和庆东瑞(2010)构造的产业低碳化因果链思路和弹性脱钩分析框架,即 LYQ 分析框架^[16]。LYQ 分析框架针对目标函数,从变量逻辑因果关系出发进行成因分解(因果链构造)和指标测评,其特点在于可以准确地发现造成产业碳排放脱钩的原因并提出解决对策。因果链构造可以选择 1 个中间变量,也可以选择多个中间变量,但变量之间应具有明确的逻辑相关关系,通过 2 个连续变量之

表 3 Tapio 的 8 等级与弹性值比照
Tab.3 Tapio's eight-level and elasticity value

状态		Δx_t	Δy_t	弹性 t
负脱钩	扩张负脱钩	>0	>0	>1.2
	强负脱钩	>0	<0	<0
	弱负脱钩	<0	<0	$0<t<0.8$
脱钩	弱脱钩	>0	>0	$0<t<0.8$
	强脱钩	<0	>0	<0
	衰退脱钩	<0	<0	>1.2
联结	增长联结	>0	>0	$0.8<t<1.2$
	衰退联结	<0	<0	$0.8<t<1.2$

间弹性脱钩值的相乘可以得到最终经济驱动力与环境驱动力之间的脱钩关系,而每 2 个连续变量之间弹性脱钩值大小可以说明其对最终结果的影响。本文利用 LYP 分析框架,构造中国交通运输业 CO₂ 排放的因果链,即“产业碳排放(CO₂)→产业能耗(EC)→产业规模(换算运输量 VOL)→经济发展(GDP)”,进而研究碳排放与经济发展脱钩关系成因。

LYQ 一般的产业发展与经济增长弹性脱钩分析框架模型为

$$T_{x_0,x_n} = \prod_{i=1}^n T_i \tag{4}$$

$$T_i = (\Delta x_{i-1}/x_{i-1})/(\Delta x_i/x_i) \tag{5}$$

式中: T_i 为因果链上第 i 项和第 $i-1$ 项的脱钩弹性; T_{x_0,x_n} 为产业碳排放与经济发展的脱钩弹性。

基于上述模型,本文构建了交通业碳排放与 GDP 弹性脱钩的具体分解模型

$$t_{CO_2,GDP} = (\Delta E_{CO_2}/E_{CO_2})(\Delta I_{GDP}/I_{GDP}) = \frac{\Delta E_{CO_2}/E_{CO_2}}{\Delta E_C/E_D} \times \frac{\Delta E_C/E_D}{\Delta V_{OL}/V_{OL}} \times \frac{\Delta V_{OL}/V_{OL}}{\Delta I_{GDP}/I_{GDP}} \tag{6}$$

式中: $t_{CO_2,GDP}$ 可以反映交通业碳排放与 GDP 的弹性脱钩关系; E_C 以各能源消耗量乘其折标准煤系数计算得到; V_{OL} 为换算运输量,将客运量按“10 人=1 t”进行换算并与货运量相加。

2.2 中国交通运输业碳排放脱钩分析

整理中国交通运输业碳排放脱钩分析当中的相关分析指标,如下页表 4 所示。

根据 LYQ 分析框架,分别测算产业减排脱钩弹性、产业节能脱钩弹性、产业发展脱钩弹性、产业碳排放与 GDP 脱钩弹性,如下页表 5~表 7 所示,以下具体分析:

(1) 产业减排脱钩弹性

$$I_C = (\Delta E_{CO_2}/E_{CO_2})/(\Delta E_C/E_C) \tag{7}$$

式中: E_C 为交通业的能源消耗,该弹性表示交通业能耗与其碳排放之间的弹性脱钩关系,能够反映减排技术改善因素在该行业低碳化发展中的影响,即交通业“减排”的脱钩状态。

表 4 中国交通运输业相关分析指标比照(1996~2010 年)

Tab. 4 Index of correlation analysis of China's transportation industry (1996-2010)

年份	GDP/百亿元	换算运输量/ 10 ⁶ t	标准石油使 用量/t	CO ₂ 排 放 量/t
1996	701.424 9	14 229.566	60.047 1	195.414 0
1997	780.608 5	14 108.274	60.639 2	196.835 1
1998	830.242 8	14 052.987	61.708 6	199.280 8
1999	884.791 5	14 324.493	64.689 9	207.684 4
2000	980.004 5	15 065.393	68.358 9	219.163 9
2001	1 080.682 2	15 551.982	70.363 7	225.200 5
2002	1 190.956 9	16 442.620	75.520 0	241.171 1
2003	1 349.769 7	17 232.416	85.515 0	272.995 8
2004	1 594.536 0	18 831.573	102.314 7	325.166 0
2005	1 836.173 7	20 467.678	115.031 4	364.621 4
2006	2 159.044 1	22 394.758	126.751 7	401.003 7
2007	2 664.220 0	24 985.981	137.528 8	434.815 2
2008	3 160.303 4	28 727.262	143.238 8	450.977 0
2009	3 403.199 5	31 229.118	147.655 4	463.488 3
2010	3 997.595 4	35 687.578	160.955 3	505.729 5

注:资料来源:燃料消费量数据取自《中国能源统计年鉴》(1996~2010),客运量、货运量和 GDP 数据取自《中国统计年鉴》(1996~2010),换算运输量、标准油使用量和 CO₂ 排放量均为笔者计算获得。

表 5 产业减排脱钩弹性

Tab. 5 Decoupling elasticity of industrial emission reduction

年份	$\Delta E_{CO_2}/10^6 t$	$\Delta E_C/t$	产业减排 脱钩弹性	产业减排 脱钩状态
1997	1.421 1	0.592 1	0.737 5	弱脱钩
1998	2.445 7	1.069 4	0.704 6	弱脱钩
1999	8.403 6	2.981 3	0.872 9	增长连结
2000	11.479 5	3.669 1	0.975 0	增长连结
2001	6.036 6	2.004 8	0.939 2	增长连结
2002	15.970 7	5.156 2	0.967 8	增长连结
2003	31.824 6	9.995 0	0.997 0	增长连结
2004	52.170 2	16.799 7	0.972 8	增长连结
2005	39.455 5	12.716 8	0.976 3	增长连结
2006	36.382 3	11.720 2	0.979 3	增长连结
2007	33.811 4	10.777 1	0.991 7	增长连结
2008	16.161 8	5.710 1	0.895 2	增长连结
2009	12.511 3	4.416 6	0.899 7	增长连结
2010	42.241 2	13.299 8	1.011 8	增长连结

可以看出,1997~1998 年脱钩弹性为弱脱钩,

说明碳排放与产业发展之间不存在明显的压力关系,产业的碳排放问题并不突出,说明产业结构呈现明显的非重工业化特征;而后,1999 年排放脱钩状态为增长连结,表明碳排放与产业发展之间存在较为明显的压力关系,即随着产业的发展,二氧化碳的排放量亦增加,该情形持续至到测算期结束。

(2)产业节能脱钩弹性

$$I_S=(\Delta E_C/E_C)/(\Delta V_{OL}/V_{OL}) \tag{9}$$

式中: V_{OL} 为换算运输量,能够反映交通业的规模大小,该弹性表示交通业能耗与产业规模之间的弹性脱钩关系,能够反映交通业的结构调整、技术改善等因素在该行业低碳化发展中的作用及影响,即交通业“节能”的脱钩状态。测算结果如表 6 所示。

表 6 产业节能脱钩弹性

Tab. 6 Decoupling elasticity of industrial conservation

年份	$\Delta E_C/10^6 t$	$\Delta V_{OL}/10^6 t$	产业节能 脱钩弹性	产业节能 脱钩状态
1997	0.592 1	—121.292	—1.156 7	强负脱钩
1998	1.069 4	—55.287	—4.500 3	强负脱钩
1999	2.981 3	271.506	2.500 6	扩张负脱钩
2000	3.669 1	740.900	1.096 6	增长连结
2001	2.004 8	486.589	0.908 0	增长连结
2002	5.156 2	890.638	1.279 6	扩张负脱钩
2003	9.995 0	789.796	2.755 4	扩张负脱钩
2004	16.799 7	1 599.157	2.117 0	扩张负脱钩
2005	12.716 8	1 636.105	1.430 6	扩张负脱钩
2006	11.720 2	1 927.080	1.082 2	增长连结
2007	10.777 1	2 591.223	0.734 8	弱脱钩
2008	5.710 1	3 741.281	0.277 3	弱脱钩
2009	4.416 6	2 501.856	0.354 0	弱脱钩
2010	13.299 8	4 458.460	0.630 9	弱脱钩

从表中可以看出,1997~1998 年产业节能脱钩状态方面为强负脱钩,表明能源消耗与换算运输量之间存在强的压力关系;1999 年产业节能脱钩弹性表现为扩张负脱钩,能耗投入与换算运输量同向扩张发展,但两者之间的压力关系不是所谓的“脱钩”态,而是较强的反向“脱钩”状态,即强烈的“耦合”态,表明该阶段中国交通业节能效率不高;2000~2001 年产业节能脱钩弹性从 2.500 6 降为 0.908,脱钩状态改善为增长连结,联结态之于扩张负脱钩,表明两者关系淡化;2002~2005 年,产业节能脱钩弹性再次表现为扩张负脱钩;2007~2010 年脱钩状态均表现为弱脱钩,能源消耗与换算运输量之间的相关关系减弱。

(3)产业发展脱钩弹性模型

$$I_D=(\Delta V_{OL}/V_{OL})/(\Delta I_{GDP}/I_{GDP}) \tag{10}$$

该弹性表示交通业规模大小与经济发展之间的脱钩弹性,能够反映行业的发展、改革、调整对经济增长的影响,即交通业”发展”的脱钩状态。测算结果见表 7。

表 7 产业发展脱钩弹性

Tab. 7 Decoupling elasticity of industrial development				
年份	$\Delta V_{OL}/10^6\text{ t}$	$\Delta I_{GDP}/\text{百亿元}$	产业发展 脱钩弹性	产业发展 脱钩状态
1997	-121.292	79.183 6	-0.075 5	强脱钩
1998	-55.287	49.634 3	-0.061 6	强脱钩
1999	271.506	54.548 7	0.294 1	弱脱钩
2000	740.900	95.213 0	0.480 6	弱脱钩
2001	486.589	100.677 7	0.314 4	弱脱钩
2002	890.638	110.274 7	0.561 2	弱脱钩
2003	789.796	158.812 8	0.360 2	弱脱钩
2004	1 599.157	244.766 3	0.511 7	弱脱钩
2005	1 636.105	241.637 7	0.573 3	弱脱钩
2006	1 927.080	322.870 3	0.535 4	弱脱钩
2007	2 591.223	505.175 9	0.494 5	弱脱钩
2008	3 741.281	496.083 4	0.804 2	增长连结
2009	2 501.856	242.896 1	1.133 1	增长连结
2010	4 458.460	594.395 9	0.817 4	增长连结

由表 7 可知,1997 年该脱钩弹性呈现强脱钩,即 GDP 增加而换算运输量不增反减,说明 GDP 与换算运输量的压力关系不大;1999~2007 年换算运输量与 GDP 之间的压力关系较 1997~1998 年有所强化,脱钩状态表现为弱脱钩;2008~2010 年换算运输量与 GDP 之间的压力关系进一步强化,二者呈现增长连结态。

汇总上述结果如表 8 所示。

1997 年产业减排脱钩状态为弱脱钩、产业节能脱钩为状态强负脱钩、产业发展脱钩状态为强脱钩,而该年度产业碳排放与 GDP 之间的关系为弱脱钩,表明产业减排贡献度最大,而产业减排和产业节能之间的影响相互抵消;1998 同 1997 年;1999 产业碳排放与 GDP 脱钩状态为弱脱钩,显然是受产业发展因素的影响,尽管产业减排、产业节能脱钩状态分别为增长连结和扩张负脱钩,但其影响最终被抵消;2000~2001 年亦是产业发展因素的弱脱钩态对最终结果贡献最大,这一结果没有被其他因素的增长连结态改变;2002 年同 1999 年;2003~2005 年则是产业减排起主导作用,使产业碳排放与 GDP 之间的关系表现为增长连结;2006 年对最终结果起决定作用的情形是产业发展;2007 年产业节能和产业发展

的弱脱钩状态抵消了产业减排的增长连结状态的影响,最终导致产业碳排放与 GDP 之间为弱脱钩;2008~2010 年产业节能的贡献程度最大,在抵消其他因素的影响之后使产业碳排放与 GDP 之间仍表现为弱脱钩。

表 8 因果链脱钩状态汇总

Tab. 8 The summary of causal chain decoupling status				
行业	产业减排 脱钩状态	产业节能 脱钩状态	产业发展 脱钩状态	产业碳排放与 GDP 脱钩状态
1997	弱脱钩	强负脱钩	强脱钩	弱脱钩
1998	弱脱钩	强负脱钩	强脱钩	弱脱钩
1999	增长连结	扩张负脱钩	弱脱钩	弱脱钩
2000	增长连结	增长连结	弱脱钩	弱脱钩
2001	增长连结	增长连结	弱脱钩	弱脱钩
2002	增长连结	扩张负脱钩	弱脱钩	弱脱钩
2003	增长连结	扩张负脱钩	弱脱钩	增长连结
2004	增长连结	扩张负脱钩	弱脱钩	增长连结
2005	增长连结	扩张负脱钩	弱脱钩	增长连结
2006	增长连结	增长连结	弱脱钩	弱脱钩
2007	增长连结	弱脱钩	弱脱钩	弱脱钩
2008	增长连结	弱脱钩	增长连结	弱脱钩
2009	增长连结	弱脱钩	增长连结	弱脱钩
2010	增长连结	弱脱钩	增长连结	弱脱钩

3 结 语

(1)交通运输业碳减排是中国碳减排中的核心重点之一,在所有利用能源的活动中,交通部门是最难找到政策以减少环境污染的部门。研究中国交通运输的碳排放的时序规律,对未来情景做出预测并探讨脱钩的可能性,对于拟定碳减排政策、实现碳减排目标具有重要的理论价值与现实意义。

(2)选取交通运输业对原煤、洗精煤等 12 个类别的燃料消费量进行交通运输业 CO₂ 排放量测算,测算结果显示,交通运输业 CO₂ 排放由 1996 年的 195.41×10⁶ t 增加到 2010 年的 505.73×10⁶ t,增长了近 2.6 倍,基本与交通运输业的能源消耗量同步。

(3)在交通运输业的 CO₂ 排测算中,在 2011 至 2020 年中国交通运输碳排放将呈快速上升趋势,而 2025 年左右将放缓。利用 LYQ 弹性脱钩分析进行交通运输业碳排放的脱钩分析,产业减排在碳减排中的贡献度最大,而进入 2006 年之后,产业发展决定了交通运输业碳排放,2008 年以后,产业节能的贡献程度最大,产业节能在中国交通运输业的碳减排中尤为重要。

参考文献:

References:

- [1] 徐玖平,卢毅. 低碳经济引论[M]. 北京:科学出版社, 2011.
XU Jiu-ping, LU Yi. Introduction to low carbon economy[M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [2] 王建伟,李娉,高洁. 中国交能运输碳减排区域划分[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2012, 32(1): 72-79.
WANG Jian-wei, LI Ping, GAO Jie. Region division in China for transportation carbon emission reduction [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2012, 32(1): 72-79. (in Chinese)
- [3] Kenworthy J R. Transport energy use and greenhouse gases in urban passenger transport system: a study of 84 global cities[R]. Murdoch, Murdoch University, 2003.
- [4] Poudenx P. The effect of transportation policies on energy consumption and greenhouse gas emission from urban passenger transportation[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2008, 42(6): 901-909.
- [5] Ross Morrow W, Gallagher K S, Collantes G, et al. Analysis of policies to reduce oil consumption and greenhouse-gas emissions from the US transportation sector[J]. Energy Policy, 2010, 38(3): 1305-1320.
- [6] Tapio P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001[J]. Transport Policy, 2005, 12(2): 137-151.
- [7] He K, Huo H, Zhang Q, et al. Oil consumption and CO₂ emissions in China's road transport: current status, future trends, and policy implications[J]. Energy Policy, 2005, 33(12): 1499-1507.
- [8] Greaves S. A strategic-level modeling tool for evaluating air quality and greenhouse gas mitigation strategies for urban road freight in Sydney[C]//Srinivas Pulugurtha. Transportation, Land Use, Planning, and Air Quality, Selected Papers of the Transportation, Land Use, Planning and Air Quality Conference, 2009. Denver Colorado: Srinivas Pulugurtha, 2009: 19-30.
- [9] Bristow A L, Tight M, Pridmore A, et al. Developing path-ways to low carbon land-based passenger transport in Great Britain by 2050 [J]. Energy Policy, 2008, 36(9): 3427-3435.
- [10] 吴开亚,何彩虹,王桂新,等. 上海市交通能源消费碳排放的测算与分解分析[J]. 经济地理, 2012, 32(11): 45-51.
WU Kai-ya, HE Cai-hong, WANG Gui-xin, et al. Measurement and decomposition analysis on carbon emissions of transportation industry in Shanghai[J]. Economic Geography, 2012, 32(11): 45-51. (in Chinese)
- [11] 徐雅楠,杜志平. 我国交通运输业的碳排放测度及因素分解[J]. 物流技术, 2011, 30(6): 16-18.
XU Ya-nan, DU Zhi-ping. Measurement and factor analysis of carbon emissions of transportation industry of China[J]. Logistics Technology, 2011, 30(6): 16-18. (in Chinese)
- [12] 赵敏,张卫国,俞立中. 上海市居民出行方式与城市交通排放及 CO₂ 减排对策[J]. 环境科学研究, 2009, 22(6): 747-752.
ZHAO Min, ZHANG Wei-guo, YU Li-zhong. Resident travel modes and CO₂ emissions by traffic in Shanghai city [J]. Research of Environmental Sciences, 2009, 22(6): 747-752. (in Chinese)
- [13] 蔡博峰,曹东,刘翠兰,等. 中国道路交通二氧化碳排放研究[J]. 中国能源, 2011, 33(4): 26-30.
CAI Bo-feng, CAO Dong, ZHANG Man-sheng, et al. Research on CO₂ emissions of China's road transportation[J]. Energy of China, 2011, 33(4): 26-30. (in Chinese)
- [14] 薛进军,赵忠秀,戴彦德,等. 中国低碳经济发展报告(2011)[M]. 北京:社会科学文献出版社, 2011.
XUE Jin-jun, ZHAO Zhong-xiu, DAI Yan-de, et al. The report on the development of China's low carbon economy (2011) [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2011. (in Chinese)
- [15] 黄群慧. 中国的工业化进程:阶段、特征与前景[J]. 经济与管理, 2013, 27(7): 5-11.
HUANG Qun-hui. The Process of industrialization in China: stage, characteristic and prospect [J]. Economy and Management, 2013, 27(7): 5-11. (in Chinese)
- [16] 李忠民,韩翠翠,姚宇. 产业低碳化弹性脱钩因素影响力分析——以山西省建筑业为例[J]. 经济与管理, 2010, 24(9): 41-44.
LI Zhong-min, HAN Cui-cui, YAO Yu. A study on the influent factors of decoupling of industrial low-carbonization [J]. Economy and Management, 2010, 24(9): 41-44. (in Chinese)

