

文章编号:2095-0365(2025)01-0009-09

# 河北省物流业碳排放脱钩效应及驱动因素研究

周颖, 胡天美

(石家庄铁道大学 管理学院,河北 石家庄 050043)

**摘要:**随着河北省物流业快速发展,分析物流业碳排放与行业经济增长的脱钩效应有利于缓解环境压力,促进物流业发展与碳减排的协调共进。运用 Tapio 模型对河北省物流业碳排放量与行业经济发展的脱钩状态进行判断,运用 Kaya-Lmdi 模型分析了河北省物流业碳排放脱钩驱动因素。结果表明:(1)河北省物流业碳排放量和生产总值变化趋势基本一致,从 2006—2019 年,呈现波动性增长趋势,2019—2022 年,出现波动和下降。(2)关于河北省物流业碳排放脱钩状态,2006—2022 年以弱脱钩和扩张负脱钩为主,波动较大。(3)关于河北省物流业碳排放脱钩驱动因素,能源结构、运输结构、资金投入促进了河北省物流业碳排放脱钩;其中,运输结构对脱钩起到关键作用。能源强度效应在 2006—2017 年促进了河北省物流业碳排放脱钩,在 2017—2022 年阻碍了河北省物流业碳排放脱钩。

**关键词:**河北省;物流业;碳排放;脱钩效应;驱动因素

**中图分类号:**F062.2 **文献标识码:**A **DOI:**10.13319/j.cnki.sjztdxxbskb.2025.01.02

## 一、引言

气候变化给全球可持续发展带来了极大挑战,而中国经济增长始终依赖于资源的消耗<sup>[1]</sup>,2020 年习近平主席提出“双碳”目标,即在 2030 年前碳排放量达到峰值,2060 年前实现“碳中和”。为了实现碳中和目标,应该找到一种以低碳排放获取高经济产出的发展模式,这正是低碳经济所强调的。低碳经济的核心是追求经济发展与碳排放的“脱钩”,即随着经济的增长,碳排放量并不会增加,甚至会下降。物流业是支撑国民经济发展的基础性、战略性、先导性产业<sup>[2]</sup>,是现代社会发展、经济活动顺利进行的重要保障,2006 年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》再次确立了物流业在经济发展中的重要地位。物流业发展迅速,能源消耗量剧增。物流业能源消耗量从 2006 年的 18 583 万吨增加到 2022 年的 40 434 万吨,年均增长率为 7.35%。

因此,物流业经济快速增长的同时也带来了新的环境压力。河北省作为中部综合交通枢纽主体,物流产业的发展与地区经济水平息息相关,2022 年河北省物流业能源消耗占河北省能源消费总量的 4%,是除工业外消耗能源最多的产业。因此,协调河北省物流业碳排放与经济增长的关系更为迫切。

国内外学者已对物流业碳排放的测算、碳排放脱钩、碳排放和脱钩驱动因素等进行了相关研究。关于物流业碳排放测算,大部分学者采用 IPCC 碳排放系数法来测算物流业碳排放,马越等<sup>[3]</sup>、赵松岭等<sup>[4]</sup>运用该方法测算了不同省份物流业碳排放量。庞欣玥等<sup>[5]</sup>运用该方法对长江经济带物流业的碳排放量进行了测算。关于物流业碳排放脱钩的研究,国内外学者主要使用 Tapio 脱钩模型和 OECD 脱钩模型。OECD 仅将脱钩状态分为两种类型,而 Tapio 脱钩模型<sup>[6]</sup>把脱钩类型分成 8 种,并且可以研究脱钩的结构性的因

收稿日期:2024-06-27

作者简介:周颖(1980—),女,博士,副教授,研究方向:物流工程与管理、供应链管理。

本文信息:周颖,胡天美.河北省物流业碳排放脱钩效应及驱动因素研究[J].石家庄铁道大学学报(社会科学版),2025,19(1):9-17.

素<sup>[7]</sup>。关于物流业碳排放脱钩驱动因素研究,学者们大多使用 STIRPATS 模型<sup>[8-9]</sup>或者对 Kaya 恒等式<sup>[10]</sup>进行扩展,构造对数平均权重分解法(LMDI)模型,而 LMDI 模型具有可以消除残差,对变量分解完全的特点,所以被广泛使用。张文龙<sup>[11]</sup>采用 OECD 脱钩模型和 LMDI 模型研究了京津冀物流业碳排放影响因素及脱钩。穆晓央等<sup>[12]</sup>、刘渝等<sup>[13]</sup>采用 Tapio 脱钩模型和 LMDI 模型分析了省域物流业碳排放影响因素及脱钩。陈莉等<sup>[14]</sup>采用 Tapio 模型和 Kaya 恒等式与 LMDI 指数组合模型分析我国物流业能源消耗与经济增长脱钩效应及驱动因素。

从以上文献可以看出,现有关于物流业碳排放及其脱钩的研究相对较少,且大部分学者主要关注各因素对物流业碳排放的影响,较少分析各因素对脱钩的影响。另外,在驱动因素选择方面,主要考虑了常见的对物流碳排放影响较大的能源结构、能源强度因素。然而,在物流业碳排放中,针对物流业特点,货物运输结构和资金投入都会对其带来较大影响。因此,本文在针对河北省物流业碳排放脱钩研究中,不仅分析了河北省物流业碳排放与行业经济增长的脱钩关系,还将 Kaya-Lmdi 碳排放影响因素分解模型与 Tapio 模型相结合,进一步分析了能源结构、能源强度、运输结构、资金投入等因素对物流业碳排放脱钩的影响,及各因素对脱钩的贡献度,进而提出河北省物流业碳排放脱钩建议。

## 二、研究方法数据来源

### (一)碳排放测算方法

物流业碳排放主要来源于原煤、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气和电力 8 种能源,因此,本文选取这 8 种能源产生的二氧化碳排放量作为研究对象。采用 IPCC 报告中的碳排放系数法来估算河北省物流业碳排放量,公式如下:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i \alpha_i \eta_i E_i \quad (1)$$

式中, $C$  为总二氧化碳排放量; $C_i$  为能源  $i$  的二氧化碳排放量; $\alpha_i$  为能源  $i$  的碳排放系数; $\eta_i$  表示能源  $i$  折标准煤系数; $E_i$  为能源  $i$  的消耗量。

### (二)脱钩模型构建

Tapio 模型<sup>[6]</sup>可以更详细地划分脱钩状态,见表 1,滚动基期也可以减少不稳定性。

表 1 Tapio 脱钩类型

脱钩状态	条件
强脱钩	$e < 0, \Delta C < 0, \Delta GDP > 0$
脱钩	弱脱钩 $0 < e \leq 0.8, \Delta C > 0, \Delta GDP > 0$ 衰退脱钩 $e > 1.2, \Delta C < 0, \Delta GDP < 0$
负脱钩	强负脱钩 $e < 0, \Delta C > 0, \Delta GDP < 0$ 弱负脱钩 $0 < e \leq 0.8, \Delta C < 0, \Delta GDP > 0$ 扩张负脱钩 $e > 1.2, \Delta C > 0, \Delta GDP > 0$
连结	增长连结 $0.8 < e \leq 1.2, \Delta C > 0, \Delta GDP > 0$ 衰退连结 $0.8 < e \leq 1.2, \Delta C < 0, \Delta GDP < 0$

本文设定式(2)为河北省物流业碳排放与行业经济增长的脱钩弹性的表达式。

$$e = \frac{\Delta C / C}{\Delta GDP / GDP} \quad (2)$$

式中, $e$  表示河北省物流业经济增长与二氧化碳排放脱钩指数; $C$  为河北省物流业二氧化碳排放量(万吨); $GDP$  为河北省物流业生产总值(亿元), $\Delta GDP$  为当期与上一期生产总值之差。文献<sup>[6]</sup>根据弹性测算值  $e$  范围的划分,把脱钩状态划分为 8 种,如表 1 所示。

### (三)碳排放脱钩因素分解模型

为了分析各因素对物流业碳排放脱钩的影响,本文基于改进的 Kaya 恒等式和对数平均权重分解法(LMDI)模型<sup>[15]</sup>,构建 Kaya-Lmdi 模型,对河北省物流业碳排放和脱钩驱动因素进行分解。Kaya 恒等式<sup>[10]</sup>是由 Yoichi Kaya 提出的一种分析能源、经济和人口等因素对碳排放影响力的方法。LMDI 模型<sup>[15]</sup>是 B. W. Ang 提出的一种分解能源消费变化的方法,将能源消费变化分解为各个因素的贡献,具有可以消除残差,对变量分解完全的特点。

#### 1. 改进的 Kaya 恒等式

本文参考相关文献<sup>[11-14]</sup>研究成果,并根据物流业碳排放特征,考虑能源结构、能源强度、运输结构、资金投入等因素对河北省物流业碳排放脱钩的影响。改进的 Kaya 恒等式具体公式如下:

$$C = \sum_{ij} C_{ij}^t = \sum_{ij} \frac{E_i^t E^t V_j^t N^t}{E^t G^t V^t G^t} = \sum_{ij} T_i^t I^t S^t K^t \quad (3)$$

式中, $C^t$  为  $t$  年的二氧化碳排放量(万吨); $E_i^t$  为  $t$  年能源  $i$  的消耗量(万吨); $E^t$  为  $t$  年消耗的能源总量; $G^t$  为  $t$  年物流业产值(亿元); $j$  为运输方式, $j = 1, 2, 3, 4$ , 分别代表铁路、公路、水运和航空

4 种运输方式; $V_j^t$  为  $t$  时期第  $j$  种运输方式的货运量(万吨); $V^t$  为  $t$  时期的总货运量(万吨); $N^t$  为  $t$  时期的物流行业固定资产投资额。

令  $T_i^t = \frac{E_i^t}{E^t}$ ,  $T_i^t$  为  $t$  年消耗的能源  $i$  占物流业消耗能源总量的比例,表示物流业能源结构;

令  $I^t = \frac{E^t}{G^t}$ ,  $I^t$  表示  $t$  时期生产 1 单位产值所消耗的能源总量,即物流业能源强度;

令  $S^t = \frac{V_j^t}{V^t}$ ,  $S^t$  为  $t$  时期第  $j$  种运输方式的货运量占总货运量的比重,即运输结构;

令  $K^t = \frac{N^t}{G^t}$ ,  $K^t$  为  $t$  时期生产 1 单位产值所消耗的投资额,表示物流业的投资效应。

## 2. Kaya-Lmdi 模型

根据 LMDI 分解法对公式(3)进行加法分解,第  $t$  年和基期的物流业碳排放差值  $\Delta C$  如式(4)所示:

$$\Delta C = C^t - C^0 = \Delta C_T + \Delta C_I + \Delta C_S + \Delta C_K \quad (4)$$

各因素对河北省物流业碳排放贡献值表达式分别如下:

$$\Delta C_T = \sum_{i=1}^8 \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{T_i^t}{T_i^0} \quad (5)$$

$$\Delta C_I = \sum_{i=1}^8 \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{I^t}{I^0} \quad (6)$$

$$\Delta C_S = \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^8 \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{S_j^t}{S_j^0} \quad (7)$$

$$\Delta C_K = \sum_{i=1}^8 \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln \frac{K^t}{K^0} \quad (8)$$

式(4)~(8)中, $\Delta C$  表示二氧化碳排放变化量; $C^t$  和  $C^0$  分别表示  $t$  时期和基期的二氧化碳排放量; $\Delta C_T$ 、 $\Delta C_I$ 、 $\Delta C_S$ 、 $\Delta C_K$  分别表示物流能源结构因素、物流能源强度因素、物流运输结构因素、资金投入因素引起的二氧化碳排放变化量。若贡献值

大于 0,表示该因素会增加碳排放量,若小于 0,表示该因素抑制碳排放。

接下来,为了分析各因素对河北省物流业碳排放与行业经济脱钩指数的贡献,将 Kaya-Lmdi 碳排放影响因素分解模型与 Tapio 模型相结合,即将公式(4)带入公式(2)中,得到物流业二氧化碳排放与行业经济发展的脱钩因素分解模型,具体公式如下:

$$\varepsilon(C, G) = \frac{\frac{\Delta C}{C^0}}{\frac{\Delta G}{G^0}} = \Delta C \frac{G^0}{C^0 \Delta G} =$$

$$\frac{\Delta C_T}{C^0} + \frac{\Delta C_I}{C^0} + \frac{\Delta C_S}{C^0} + \frac{\Delta C_K}{C^0} = H_T + H_I + H_S + H_K$$

(9)

式中, $H_T$ 、 $H_I$ 、 $H_S$ 、 $H_K$  分别表示物流能源结构因素、物流能源强度因素、物流运输结构因素、资金投入因素对脱钩指数的贡献值。若该因素的贡献值大于 0,则说明该因素会抑制脱钩;相反,若贡献值小于 0,会促进脱钩。

## (四)数据来源

本文的数据来自《中国能源统计年鉴》《中国统计年鉴》《河北统计年鉴》《河北经济年鉴》,碳排放系数选取自《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》,折标准煤系数来自《综合能耗计算通则》。目前还没有在统计数据中专门设置“物流业”类别,本文参照赵松岭<sup>[4]</sup>,陈莉<sup>[14]</sup>等,采用交通运输业、仓储和邮政业的统计数据来代表物流业。2006 年我国在“十一五”规划中提出大力发展物流业,物流业得到快速发展,2023 年统计数据还未发布,因此,选取研究时间范围为 2006—2022 年,折标准煤系数和碳排放系数见表 2。

表 2 折标准煤系数和碳排放系数

系数类型	原煤	汽油	煤油	柴油	燃料油	天然气	电力	液化石油气
折标准煤系数	0.714 3	1.471 4	1.471 4	1.457 1	1.428 6	1.330	0.122 9	1.714 3
碳排放系数	1.900 3	2.925 1	3.017 9	3.095 9	3.170 5	1.790	2.213	3.101 3

注:折标准煤系数单位:天然气为千克标准煤/立方米,电力为千克标准煤/千瓦时,其余 6 种能源单位均为千克标准煤/千克。碳排放系数单位均为千克碳/千克标准煤。

## 三、实证分析

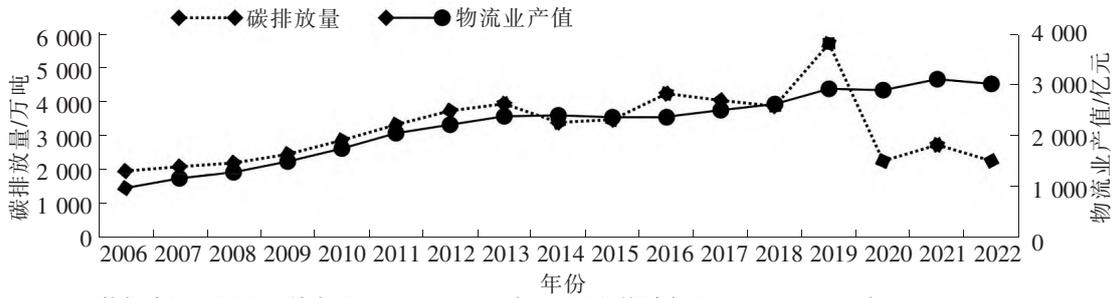
### (一)河北省物流业碳排放及其脱钩效应

本文利用公式(1)估算 2006—2022 年间河北

省物流业每年的碳排放量,碳排放量计算结果和河北省物流业生产总值见图 1。

从图 1 可以看出,2006—2019 年,河北省物流业碳排放量呈现波动增长趋势,2019—2022 年,碳排放量出现波动和下降,碳排放量和生产总

值变化趋势基本一致,但碳排放量波动幅度更大,下降,当年的生产总值也出现轻微下降。比如 2019—2020 年河北省的物流业碳排放量急剧



数据来源:《河北经济年鉴》(2007—2019 年)、《河北统计年鉴》(2020—2023 年)。

图 1 2006—2022 年河北省物流业二氧化碳排放量和物流业生产总值

基于公式(2)计算河北省物流业碳排放脱钩指数,结合表 1 判断河北省物流业脱钩状态,结果见表 3。

从表 3 可以看出,2006—2022 年出现了两次强脱钩和四次弱脱钩,四次扩张负脱钩,波动性较大。脱钩表示经济发展速度大于环境压力的上升,负脱钩表示经济发展速度小于环境压力的增加。分时间段来看,2006—2012 年河北省物流业

主要呈现弱脱钩和增长脱钩状态,原因可能是当时物流业发展方式比较粗放。2012—2019 年出现了两次强脱钩和一次弱脱钩,原因可能是近几年大力发展低碳经济,推广清洁能源。2019—2022 年呈现衰弱脱钩和扩张性负脱钩状态,物流业产值出现波动和下降,而为了完成运输任务,物流企业可能需要增加运输次数或延长运输时间,从而增加了碳排放。

表 3 2006—2022 年河北省物流业碳排放脱钩指数及脱钩状态

年份	脱钩指数	脱钩类型	年份	脱钩指数	脱钩类型
2006—2007	0.38	弱脱钩	2014—2015	-1.44	强负脱钩
2007—2008	0.53	弱脱钩	2015—2016	42.18	扩张负脱钩
2008—2009	0.74	弱脱钩	2016—2017	-0.97	强脱钩
2009—2010	0.99	增长脱钩	2017—2018	0.45	衰弱连结
2010—2011	0.94	增长脱钩	2018—2019	1.48	扩张负脱钩
2011—2012	1.46	扩张负脱钩	2019—2020	174.66	衰弱脱钩
2012—2013	0.76	弱脱钩	2020—2021	2.53	扩张负脱钩
2013—2014	-20.55	强脱钩	2021—2022	6.94	衰弱脱钩

(二) 物流业碳排放脱钩驱动因素分析

通过脱钩弹性指数只能看出河北省物流业产值增长和碳排放脱钩之间的同步关系,但是无法解释脱钩变化的机理。因此,基于 Kaya-Lmdi 模

型,公式(3)~(8)对河北省物流业 2006—2022 年的碳排放驱动因素进行分解,得到物流能源结构因素、物流能源强度因素、物流运输结构因素、资金投入因素对河北省物流业碳排放的贡献值和贡献率,结果见表 4。

表 4 2006—2022 年河北省物流业二氧化碳排放驱动因素分解

年份	$\Delta C_T$	$\Delta C_I$	$\Delta C_S$	$\Delta C_K$	总效应
2006—2007	7.71	-240.00	-1061.96	-116.46	-1410.72
2007—2008	-27.83	-71.56	-98.22	-193.42	-391.04
2008—2009	-87.79	-7.17	-1902.97	794.47	-1203.47
2009—2010	2.14	-8.46	1663.13	626.60	2283.41
2010—2011	-43.38	12.52	55.41	-672.78	-648.22
2011—2012	-95.06	228.74	-848.94	-15.00	-730.25
2012—2013	-25.88	-41.47	-786.93	945.33	91.05
2013—2014	47.69	-622.82	2978.52	-163.61	2239.78
2014—2015	-33.95	166.53	-584.83	105.18	-347.07

续表

年份	$\Delta C_T$	$\Delta C_I$	$\Delta C_S$	$\Delta C_K$	总效应
2015—2016	7.13	743.92	-1 477.89	16.00	-710.84
2016—2017	-61.65	-357.04	-1 283.40	-139.67	-1 841.76
2017—2018	59.60	-404.00	-1 323.72	-137.92	-1 806.04
2018—2019	-263.23	1 612.56	3 427.93	-495.77	4 281.49
2019—2020	215.44	-3 637.14	3 323.01	55.88	-42.80
2020—2021	-9.75	307.98	-3 642.74	-202.07	-3 546.59
2021—2022	70.63	-468.95	1673.08	292.54	1 567.30
累计	-238.17	-2 786.37	109.47	699.30	-2 215.77
贡献率/%	-11	-126	5	32	

从表 4 可以看出,各驱动因素对河北省物流业碳排放的影响差异较大。根据表 4 中的贡献率,对其绝对值进行排序,得出对河北省物流业碳排放影响最大的是能源强度,其贡献率为 -126%,其次为资金投入,其贡献率为 32%,然后是能源结构,其贡献率为 -11%,最后为运输结构,其贡献率为 5%。运输结构、资金投入贡献率为正值,对碳排放有促进作用,能源结构和能源强度效应贡献率为负值,对碳排放有抑制作用;其中,能源强度效应是抑制碳排放最重要的因素。

基于公式(9)得出各因素对河北省物流业碳

排放脱钩弹性指数的贡献值,结果见表 5。从表 5 可以看出,能源强度效应在 2018 年以前多数年份为负值,对河北省物流业碳排放脱钩具有促进作用,但 2019—2022 多数年份为正值,对河北省物流业碳排放脱钩具有阻碍作用。原因可能是,能源强度效应虽然抑制了碳排放,但 2019—2022 年的物流业产值也受一些因素影响而降低。能源结构效应、运输结构效应和资金投入效应对脱钩指数贡献大多数年份为负值,即对河北省物流业碳排放脱钩有促进作用;其中,运输结构多数年份为负值,且绝对值较大,对河北省物流业碳排放脱钩起到关键作用。

表 5 2006—2022 年河北省物流业碳排放各驱动因素脱钩指数

年份	能源结构	能源强度	运输结构	资金投入	年份	能源结构	能源强度	运输结构	资金投入
2006—2007	0.02	-0.63	-2.77	-0.30	2014—2015	0.64	-3.16	11.09	-1.99
2007—2008	-0.13	-0.33	-0.46	-0.90	2015—2016	0.48	49.72	-98.78	1.07
2008—2009	-0.24	-0.02	-5.27	2.20	2016—2017	-0.27	-1.55	-5.58	-0.61
2009—2010	0.01	-0.02	3.99	1.50	2017—2018	-0.17	1.15	3.76	0.39
2010—2011	-0.09	0.03	0.11	-1.37	2018—2019	-0.24	1.49	3.18	-0.46
2011—2012	-0.35	0.85	-3.14	-0.06	2019—2020	-4.34	73.30	-66.97	-1.13
2012—2013	-0.09	-0.15	-2.84	3.41	2020—2021	-0.06	1.85	-21.91	-1.22
2013—2014	1.53	-20.01	95.69	-5.26	2021—2022	-0.88	5.86	-20.92	-3.66

### 1. 能源结构效应分析

能源结构效应是指各能源消耗量占总能源消耗量的比例。

从表 5 可以看出,能源结构效应对河北省物流业脱钩指数的贡献值大多数年份为负值。因此,能源结构效应是促进河北省物流业碳排放脱钩的因素之一。2016—2020 年,能源结构效应对脱钩贡献值一直为负数,且绝对值逐渐变大,对脱钩促进作用逐渐变强。2020—2022 年,能源结构效应对脱钩贡献值虽然仍为负数,但数值绝对值变小,对脱钩促进作用变小。

进一步通过表 4 可以看出,能源结构效应对二氧化碳排放贡献率为 -11%,数值较小,抑制

二氧化碳排放作用较弱。根据各能源消费量得到能源消费占比见表 6。从表 6 可以看出,煤类能源的消耗占比呈下降趋势,天然气、电力等清洁能源占比有所提升,但主要能源消耗仍以汽油、柴油为主,能源消耗占比达到 70%以上。因此,能源结构效应抑制了碳排放,意味着河北省物流业正在从煤炭为主的能源消耗向天然气、电力等低碳能源转变。但 2020—2022 年能源结构效应对脱钩促进作用逐渐减弱很大程度上是因为柴油、汽油消耗比例上升,电力、天然气消耗比例下降。河北省物流业应该减少对化石能源的依赖,引入节能技术和设备,提升清洁能源占比。

表 6 2006—2022 年河北省物流业各类能源消费量占比情况 %

年份	原煤	汽油	煤油	柴油	燃料油	液化石油气	天然气	电力
2006	4.43	26.45	0.56	61.23	0.09	0.01	0.66	6.58
2007	4.43	20.18	0.55	67.52	0.08	0.01	0.66	6.57
2008	3.36	18.85	0.56	62.98	0.86	0.04	1.21	12.14
2009	3.01	15.58	0.46	53.16	0.74	0.03	2.46	24.56
2010	3.00	14.95	0.46	53.31	1.29	0.03	2.45	24.50
2011	2.39	12.86	0.48	50.43	1.18	0.03	2.97	29.66
2012	2.25	10.93	0.43	43.73	1.06	0.03	3.78	37.80
2013	1.73	9.85	1.31	40.33	1.94	0.28	4.05	40.51
2014	1.75	7.84	1.59	46.62	1.13	0.28	3.71	37.09
2015	1.66	8.26	0.56	43.75	1.73	0.06	4.00	39.98
2016	0.45	7.23	2.41	43.07	1.54	0.01	4.12	41.18
2017	0.33	7.72	2.63	37.63	1.77	0.11	4.53	45.28
2018	0.35	9.63	2.79	32.35	9.93	0.25	4.06	40.62
2019	0.09	4.11	2.06	23.05	5.67	0.00	5.91	59.12
2020	0.03	7.35	2.42	54.90	2.31	0.01	3.00	29.98
2021	0.00	11.09	1.53	51.37	2.19	0.00	3.07	30.74
2022	0.00	13.31	1.83	58.23	2.63	0.00	3.64	20.36

数据来源:《中国能源统计年鉴》(2007—2023 年)。

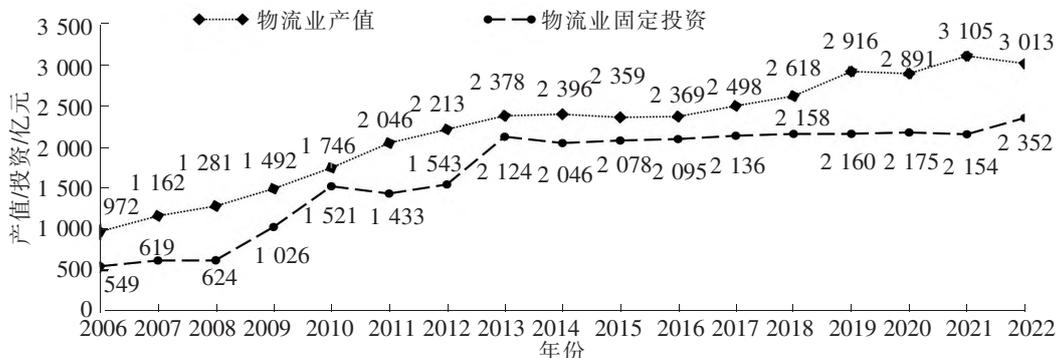
## 2. 能源强度效应分析

能源强度效应表示单位产值消耗的能源量,反映了能源利用效率。

从表 5 可以看出,2006—2017 年能源强度效应对河北省物流业碳排放的脱钩贡献值大多数年份为负值,能源强度效应促进了河北省物流业碳排放脱钩,但 2017—2022 年能源强度效应对脱钩贡献值以正值为主,抑制了河北省物流业碳排放脱钩。

进一步可以看出(见表 4),能源强度效应对河北省碳排放的贡献率为 -126%,对碳排放起到明显抑制作用。但从图 2 可以看出,2019—2022 年的物流业产值也出现了波动和下降,因此,这一阶段能源强度效应对河北省物流业脱钩表现出抑

制作用。2006—2012 年,能源强度效应对碳排放的贡献值呈上升趋势,即能源强度效应对二氧化碳排放的抑制作用不断降低,在这一阶段,河北省物流业能源利用效率较低,物流运作方式较为传统,以粗放式为主。2012—2022 年,能源强度效应对碳排放的贡献值波动较大,这一阶段各部门相继出台了关于物流业发展的政策、规划等,促进了绿色物流、智慧物流技术的发展和物流业管理体系的改革。2019—2021 年,能源强度贡献值出现波动,能源利用效率降低。能源强度效应对降低碳排放具有重要作用,因此,河北省物流业应该加大科技投入,采用智能化的路线规划和调度系统,合理规划运输路径和车辆配置,降低能源强度。



数据来源:《河北经济年鉴》(2007—2019 年)、《河北统计年鉴》(2020—2023 年)。

图 2 2006—2021 年河北省物流业产值与固定资产投资

### 3. 运输结构效应分析

运输结构效应是指各运输方式的货物运输量与总货物运输量的比值。

从表 5 可以看出,运输结构效应对河北省物流业碳排放脱钩的贡献值多数年份为负值,尤其是 2019—2022 年,运输结构效应为负值,且绝对值较大。因此,运输结构效应是促进河北省物流业碳排放脱钩最主要的因素。

进一步从表 4 可以看出,运输结构效应对河北省二氧化碳排放的贡献率为 5%,促进二氧化碳排放作用非常有限。在 2006—2018 年贡献值多为负值,抑制了二氧化碳排放;2018—2022 年多数年份为正值,且贡献值较大,明显促进了二氧化碳排放。清洁能源的推广和应用受到一定限

制,加剧了碳排放。根据各运输方式货运量占比得到运输结构见表 7。从表 7 可知,河北省主要以铁路和公路运输为主,公路运输呈现先升后降的趋势,公路运输占比在 2006—2018 年逐年增加,2018—2022 年逐年下降;铁路货运量则呈现了先降后升的趋势,在 2006—2018 年逐年降低,2018—2022 年逐年上升。原因是运输结构的调整和多式联运的发展,2018 年国务院办公厅印发了《推进运输结构调整三年行动计划(2018—2020 年)》(简称“行动计划”),“行动计划”提出以推进大宗货物运输“公转铁、公转水”为主攻方向。未来可以通过运输结构调整,采用多种运输方式的联合运输,使用环保型交通工具来实现碳减排。

表 7 2005—2022 年河北省各运输方式货运量及占比

年份	货运量/万吨	铁路/%	公路/%	水运/%	民航/%
2006	96 784	20.30	75.70	2.87	0.000 9
2007	104 188	20.08	76.61	2.08	0.000 7
2008	111 383	21.37	75.85	1.58	0.000 9
2009	136 804	20.69	77.87	0.74	0.000 8
2010	177 308	21.41	76.67	1.21	0.000 9
2011	212 330	19.63	78.50	1.26	0.001 0
2012	242 886	17.88	80.50	1.07	0.001 0
2013	277 840	17.88	80.74	0.91	0.000 9
2014	238 749	20.13	77.61	1.69	0.001 1
2015	199 192	8.96	88.17	2.28	0.001 3
2016	210 994	7.73	89.97	2.11	0.001 1
2017	229 211	7.46	90.44	1.93	0.000 9
2018	249 650	7.84	90.66	1.34	0.000 9
2019	242 866	11.04	87.07	1.71	0.001 1
2020	247 783	12.43	85.54	1.85	0.002 3
2021	269 586	10.83	84.28	1.78	0.000 6
2022	240 636	12.56	81.75	2.16	0.000 8

### 4. 资金投入效应分析

资金投入效应是指物流业固定资产投资与物流业产值的比值,反映了物流业的投资依赖。

通过表 5 可以看出,资金投入效应对河北省物流业碳排放脱钩的贡献值大多数年份为负值,资金投入效应是促进物流业碳排放脱钩的原因之一,同时资金投入效应对碳排放也起到促进作用,原因可能是资金投入在促进碳排放的同时,对物流业经济发展也起到了促进作用。

进一步从表 4 可以看出,资金投入效应对河北省碳排放的贡献率为 32%,促进了碳排放。2006—2016 年,资金投入效应对碳排放贡献值有正有负,而 2016—2022 年,资金投入效应多为负

值,抑制了碳排放。从图 2 可以看出,2006—2016 年物流业固定投资呈波动上升趋势,物流业产值也呈上升趋势,但 2016 年以后物流业固定投资基本不变,甚至在 2021 年略微下降,但物流业产值仍然呈上升趋势,表明 2016 年以前,物流业产值增长对投资的依赖性较高,且忽视了对环境的保护,而 2016 年以后物流业产值增长对投资的依赖程度减小,并且对碳排放也起到了抑制作用。原因可能是 2016 年国务院办公厅发布了《物流业降本增效专项行动方案(2016—2018 年)》,进行了供给侧结构性改革的调整,推动了物流业降本增效,对物流业碳排放起到了抑制作用。因此,加快推动物流行业降本增效,引入节能环保设备,加快

供给侧结构改革可以降低碳排放,促进物流业碳排放脱钩。

#### 四、结论与建议

##### (一) 结论

本文分析了河北省物流业碳排放脱钩状态和驱动因素以及各驱动因素对河北省物流业碳排放脱钩的贡献值。主要结论如下:

第一,河北省物流业碳排放总量与物流业生产总值变化趋势基本一致,柴油、汽油仍然是物流消耗的主要能源,且占能源消耗比例不断增加,不利于物流业低碳转型。

第二,2006—2022年河北省物流业以弱脱钩和扩张负脱钩为主,波动较大。其中,2006—2012年河北省物流业主要呈现弱脱钩和增长脱钩状态,原因是当时物流业发展方式比较粗放;2012—2019年出现了两次强脱钩和一次弱脱钩,原因是近几年大力发展低碳经济,推广清洁能源;2019—2022年出现衰弱脱钩和扩张性负脱钩,原因是物流业产值出现了波动和下降。以上表明河北省物流业与实现强脱钩还有较大差距。

第三,从各因素对河北省物流业碳排放的贡献值来看,能源强度和能源结构对河北省物流业碳排放起到了抑制作用,运输结构和资金投入对河北省物流业碳排放起到了促进作用。其中,能源强度对碳排放有明显抑制作用,资金投入对碳排放有明显促进作用,运输结构效应和能源结构对碳排放的作用比较有限。

第四,从各因素对河北省物流业碳排放脱钩的贡献值来看,能源结构、运输结构和资金投入可以促进河北省物流业碳排放脱钩,能源强度在

2017年以前多数年份为负值,对河北省物流业碳排放脱钩具有促进作用,但2017—2022年多数年份为正值,对河北省物流业碳排放脱钩具有阻碍作用,运输结构对脱钩起到了关键作用。

##### (二) 建议

基于以上结论,为促进河北省物流业经济增长和碳排放的脱钩,提出以下建议。

第一,优化能源结构。河北省物流业主要能源消耗仍以汽油、柴油为主,河北省物流业应该多使用天然气、太阳能、电力等清洁能源;政府可以制定政策,提供清洁能源使用的激励措施,例如税收优惠、补贴政策等,以降低清洁能源成本,推动物流业向清洁能源转型。

第二,提升能源效率。在推动河北省物流业发展的同时引入节能技术和设备,包括节能型运输工具、智能调控系统和能源回收利用技术等;物流企业应加强对运输车辆和设备的维护和管理,确保其高效运行,减少能源浪费。

第三,调整运输结构。运输结构是河北省物流业碳排放脱钩的关键因素,河北省有优越的地理位置,既环渤海又紧邻北京和天津,位于华北的中心,还有秦皇岛港等港口,因此应该结合区位优势发展多式联运,通过建立智能调度系统优化路线,选择最优的运输方式来降低碳排放。

第四,合理分配物流业投资。加快供给侧结构改革,促进河北省物流业降本增效。把更多资金用于支持低碳物流技术的研发和应用,如新型电动车辆、智能物流管理系统等,降低物流活动的能源消耗和碳排放;政府应该推广物流环保节能的技术,鼓励物流企业采用新型的节能环保技术和设备,降低碳排放,促进物流行业健康发展。

#### 参考文献:

- [1]杨小辉. 碳环境规制、技术进步异质性与绿色全要素生产率[J]. 石家庄铁道大学学报(社会科学版), 2023, 17(4): 10-17.
- [2]刘敬严,赵莉琴. 新发展格局下物流产业高质量发展分析:以京津冀为例[J]. 石家庄铁道大学学报(社会科学版), 2023, 17(4): 1-9.
- [3]马越越,王维国. 中国物流业碳排放特征及其影响因素分析:基于LMDI分解技术[J]. 数学的实践与认识, 2013(10): 31-42.
- [4]赵松岭,杨子夜. 京津冀物流业碳排放量测算及低碳协同发展机制研究[J]. 生态经济, 2019, 35(10): 42-45.
- [5]庞欣玥,仲云云. 长江经济带物流业碳排放的脱钩及影响因素研究[J]. 物流科技, 2022, 45(10): 63-66, 75.
- [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]孙耀华,李忠民. 中国各省区经济发展与碳排放脱钩关系研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(5):

- 87-92.
- [8] FANY J, QU J S, ZHANG H F, et al. Study on the current situation and influence factors of transportation carbon emissions in five north west provinces[J]. Ecological economy, 2019, 35(9):32-37, 67.
- [9] ZHOU A, WU K Y. Driving factors analysis of traffic carbon mission Shanghai[J]. Journal of Hefei university of technology (natural science), 2020, 43(2): 264-269.
- [10] KA Y A. Impact of carbon dioxide emission on GNP growth. Interpretation of proposed scenarios [R]. Paris; Presentation to the Energy and Industry Subgroup, Response strategies working Group, IPCC, 1989.
- [11] 张文龙. 基于 LMDI 模型的京津冀物流业碳排放脱钩研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2016.
- [12] 穆晓央, 王力, 徐蓉, 等. 西部省域物流业碳排放脱钩及影响因素研究[J]. 环境科学与技术, 2020, 43(4): 214-219.
- [13] 刘渝, 李莱. 中国各省物流业碳排放的脱钩及影响因素研究[J]. 环境科学与技术, 2018, 41(5): 177-181.
- [14] 陈莉, 谭俊华. 我国物流业能源消耗与经济成长的脱钩效应及其驱动要素研究[J]. 商业经济研究, 2021(3): 98-102.
- [15] ANG B W. Decomposition analysis for policymaking in energy; which is the preferred method? [J]. Energy policy, 2004, 32(9): 1131-1139.

## Research on Carbon Emission Decoupling and Driving Factors of logistics Industry in Hebei Province

ZHOU Ying, HU Tianmei

(School of Management, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

**Abstract:** With the rapid development of the logistics industry in Hebei Province. Analyzing the decoupling effect between carbon emissions and the economic growth of the logistics industry is beneficial for alleviating the environmental pressure and promoting the coordinated progress of the development of logistics industry and carbon emission reduction. This study determined the decoupling status between carbon emissions and industrial economic development of the logistics industry in Hebei Province from 2006 to 2022 by using TAPIO model, and analyzed the decoupling driving factors by using KAYA-LMDI model. The results show that (1) The trend of changes in carbon emissions and gross domestic product is basically the same. From 2006 to 2019, the carbon emissions of the logistics industry in Hebei Province show a trend of fluctuating growth, and from 2019 to 2022, the carbon emissions fluctuate and decrease. (2) About the carbon emissions decoupling state, From 2006 to 2022, it is mainly weak decoupling and negative decoupling of expansion, which fluctuates greatly. (3) About the Driving factors Energy structure, transportation structure and capital investment promote the of carbon emissions decoupling and economic growth of logistics industry in Hebei Province; Among them, the transportation structure plays a key role in decoupling. The energy intensity effect promotes the decoupling of carbon emissions of the logistics industry in Hebei Province from 2006 to 2017, and hinders the decoupling of carbon emissions from 2017—2022.

**Key words:** Hebei province; logistics industry; carbon emissions; decoupling effect; driving factors