文章编号：2097-5899(2026)03-0063-08　**中图分类号**：U16　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.20250321004
引用格式：李献士，李林舒菲. 河北省商贸物流业碳排放脱钩状态及影响因素研究[J]. 铁路物流，2026，44(3)：63-70.
LI Xianshi，LI Linshufei. Research on Decoupling Status and Influencing Factors of Carbon Emissions in Commercial and Logistics Industry in Hebei Province[J]. Railway Logistics，2026，44(3)：63-70.

河北省商贸物流业碳排放脱钩状态及影响因素研究

李献士，李林舒菲

(河北地质大学 管理学院，河北 石家庄 052160)

摘　要：本研究利用联合国政府间气候变化专门委员会提供的碳排放计算公式，基于2005—2022年河北省及全国的商贸物流业能源消耗数据，测算碳排放量，并通过Tapio脱钩模型和LMDI法深入分析碳排放的驱动因素。研究结果表明：①2006—2022年期间，河北省商贸物流业经济增长与碳排放关系多样，以弱脱钩为主但多次实现强脱钩，与全国趋势相似但有所差异；②河北省商贸物流业碳密度、能源强度和产业结构对碳排放产生负向效应；能源效率、经济发展水平和人口规模则对碳排放产生正向效应；③河北省商贸物流业产业结构抑制碳排放，全国与其相反。因此，河北省在制定减排策略时，需关注能源效率等关键因素，并加强人口与物流发展的协调规划，以实现更有效的减排效果。

关键词：商贸物流业；碳排放；因素分解；脱钩

0　引言

中国作为人口和能耗大国，积极承担降低碳排放的国际责任，强调人均碳排放和历史累计碳排放均须纳入考量。在第七十五届联合国大会一般性辩论上，中国政府宣布“双碳”目标并指出这是需坚定不移、科学有序推进的长期任务[1-2]。在中国，商贸物流业作为推动经济发展的关键驱动力，在促进商品流通和区域经济增长方面扮演着至关重要的角色。

在2014年提出的京津冀协同发展战略中，河北省作为该战略的核心区域，被赋予建设全国现代商贸物流重要基地的历史使命，这不仅凸显了其地理与经济优势，也强调了其在绿色转型中的关键作用。

河北省商贸物流业发展迅速，但伴随着业务增长与能源消耗，碳排放问题日益显著，绿色可持续发展面临挑战。在此背景下，分析河北省商贸物流业的碳排放特征，探索减排路径，对于实现其作为全国现代商贸物流基地的绿色转型具有重要意义。

脱钩理论经常被应用于探讨行业发展与碳排放之间关系的研究[3]。张梅霞等[4]基于2001—2021年华北平原三省45个城市的数据，采用碳排放系数法、空间自相关分析、空间杜宾模型以及Tapio[5]脱钩模型，探讨了耕地利用碳排放的时空演变趋势及其影响因素，并深入分析了耕地利用碳排放与粮食产量之间的脱钩关系；李建等[6]运用脱钩模型分析京津冀区域经济发展与资源环境的关系；翁钢民等[7]运用脱钩模型探讨中国旅游业的碳排放问题。

在研究碳排放及其影响因素时，常用的方法为指数分解法。指数分解法中，对数平均迪氏指数法(LMDI)因其易于理解、计算简便和无残差等优势，被广泛应用于不同领域的碳减排研究。索瑞霞等[8]采用LMDI模型，对种植业碳排放的驱动要素进行了详细剖析。其研究结果显示，能源结构的优化以及能源使用强度的降低，均对黄河流域种植业碳排放的增长起到

收稿日期：2025-03-21　**修订日期**：2025-12-21
基金项目：河北地质大学专业学位教学案例(库)建设项目(YALK2025015)；河北省社会科学发展研究课题(HBSKFZ25YB044)

了抑制作用。相反，经济的增长以及人口规模的扩大，则对种植业碳排放产生了正向的推动作用。李安佳等[9]综合碳排放系数法、夜间灯光反演、改进的Kaya模型和LMDI模型，系统探究2000—2020年京津冀区县土地利用碳排放时空演化特征及驱动因子。王永阳等[10]采用Tapio脱钩模型评价该区域的净碳排放和经济效应的脱钩指数，结合LMDI分解法识别和分析净碳排放对脱钩指数的影响因素。

经文献整理后发现，针对物流业及商贸业碳排放脱钩现象及其影响因素的研究成果颇丰，多数研究往往将这2个领域分开探讨，缺乏将它们综合起来考虑的研究。此外，现有研究的周期较短，数据更新不及时，无法精确描绘出物流业当前的发展状况和趋势。鉴于此，本研究将物流业和商贸业结合，基于LMDI模型以及脱钩模型，深入探究影响商贸物流业碳排放的各种因素，分析河北省以及全国商贸物流业的能源消耗及碳排放现状，揭示商贸物流业碳排放的主要特征和趋势。

1　研究方法和数据来源

1.1　碳排放测算方法

由于碳排放展现出高度的差异性，目前尚未能确立一套统一的核算方法，相关工作仍处于估算的阶段。在众多核算手段中，排放因子法因数据易取得且计算简便而被广泛使用。因此，本研究选用排放因子法作为碳排放的核算方法，具体计算方法如式(1)所示。

$$C=\sum_i C_i=\sum_i E_i\times\delta_i\times f_i \tag{1}$$

式中：C表示商贸物流业的总碳排放量；C_i表示第i种能源的碳排放量；E_i表示第i种能源的消耗量；δ_i表示第i种能源的碳排放系数；f_i表示第i种能源的折标准煤系数。

1.2　脱钩模型构建

依据现有研究[11−13]，构建Tapio脱钩模型如式(2)所示。

$$e=\frac{\Delta C}{\Delta GDP} \tag{2}$$

式中：e为商贸物流业的产值与其碳排放之间的脱钩关系指数；ΔC为商贸物流业碳排放量的增长率，万t；ΔGDP为商贸物流业的产值增长率，亿元。

依据Tapio所提出的定义，脱钩状态可分为以下8种类型，脱钩状态如表1所示。

1.3　LMDI模型分解

在对碳排放影响因素进行分解时，构建扩展的Kaya恒等式。

$$C=\frac{C}{T}\times\frac{T}{E}\times\frac{E}{A}\times\frac{A}{\mathrm{GDP}}\times\frac{\mathrm{GDP}}{P}\times P= CT\times TE\times EA\times AG\times GP\times P \tag{3}$$

式中：C为商贸物流业碳排放量，万t；T表示货物周转量，亿t·km；E为商贸物流业的能源消耗量，万t标准煤；A为商贸物流业产业增加值，亿元；GDP表示全国生产总值，亿元；P为年末总人口，万人。

上述公式中，$CT=C/T$，表示商贸物流业单位周转量的碳排放，即碳密度，万t/(亿t·km)；$TE=T/E$，表示商贸物流业单位能耗的周转量，即能源效率，(亿t·km)/(万t标准煤)，周转量作为衡量商贸物流业单位能耗的指标；$EA=E/A$，表示能源强度，(万t标准煤)/亿元，反映了在行业中，每产生一定量的经济价值所需消耗的能源数量，是衡量该行业能源利用效率与环境影响的重要指标；$AG=A/\mathrm{GDP}$，表示产业在生产总值中所占的增加值比例，%，反映了产业在整体经济活动中的相对重要性和贡献度；$GP=\mathrm{GDP}/P$，表示人均GDP，即经济发展水平，亿元/万人。

表1　脱钩状态

Tab.1　Decoupling status

ΔC	ΔGDP	e	脱钩状态	含义
<0	>0	e<0	强脱钩	碳排放减少，商贸物流业产出增加
>0	>0	0<e≤0.8	弱脱钩	碳排放与商贸物流业产出均增加，但碳排放增长率低于商贸物流业增加值增长率
>0	>0	0.8<e≤1.2	扩张性耦合	碳排放与商贸物流业产出均增加，且碳排放增长率与商贸物流业增加值增长率趋同
>0	>0	e>1.2	扩张性负脱钩	碳排放与商贸物流业产出均增加，但碳排放增长率大于商贸物流业增加值增长率
>0	<0	e<0	强负脱钩	碳排放增加，商贸物流业产出减少
<0	<0	0<e≤0.8	弱负脱钩	碳排放与商贸物流业产出均减少，但碳排放降低率低于商贸物流业增加值降低率
<0	<0	0.8<e≤1.2	衰退耦合	碳排放与商贸物流业产出均减少，且碳排放降低率与商贸物流业增加值降低率趋同
<0	<0	e>1.2	衰退脱钩	碳排放与商贸物流业产出均减少，但碳排放降低率高于商贸物流业增加值降低率

利用LMDI模型的加法公式，对式(3)进一步分解，得到式(4)至式(11)。

$$\Delta C = C_t - C_0 = \Delta C_{CT} + \Delta C_{TE} + \Delta C_{EA} + \Delta C_{AG} + \Delta C_{GP} + \Delta C_P \tag{4}$$

$$\Delta C_{CT} = \omega\left(C^t, C^0\right)\ln\left(\frac{CT^t}{CT^0}\right) \tag{5}$$

$$\Delta C_{TE} = \omega\left(C^t, C^0\right)\ln\left(\frac{TE^t}{TE^0}\right) \tag{6}$$

$$\Delta C_{EA} = \omega\left(C^t, C^0\right)\ln\left(\frac{EA^t}{EA^0}\right) \tag{7}$$

$$\Delta C_{AG} = \omega\left(C^t, C^0\right)\ln\left(\frac{AG^t}{AG^0}\right) \tag{8}$$

$$\Delta C_{GP} = \omega\left(C^t, C^0\right)\ln\left(\frac{GP^t}{GP^0}\right) \tag{9}$$

$$\Delta C_P = \omega\left(C^t, C^0\right)\ln\left(\frac{P^t}{P^0}\right) \tag{10}$$

$$\omega\left(C^t, C^0\right) = \frac{C^t - C^0}{\ln C^t - \ln C^0} \tag{11}$$

式中：ΔC为基期至t期碳排放变动量，万t；ΔC_{CT}，ΔC_{TE}，ΔC_{EA}，ΔC_{AG}，ΔC_{GP}，ΔC_P分别为碳密度、能源效率、能源强度、产业结构、经济发展、人口规模造成的商贸物流业碳排放贡献量，万t。

1.4　数据来源

商贸物流业，作为商业活动与物流服务深度整合的成果，包括了与批发、零售、住宿、餐饮等服务业紧密相连的物流活动，以及为这些活动提供支持所必需的交通运输、仓储和邮政服务。当前的统计年鉴并未直接将“商贸物流业”作为一个独立分类进行明确界定。根据以往研究的成果，2006年发布的《中国第三产业统计年鉴》显示，“交通运输、仓储和邮政业”在商贸物流业总体产值中的占比超过了83%[14]，这一数据有力地证明了该行业在很大程度上能够作为商贸物流业发展状况的一个代表性指标。同时，商贸活动本身，特别是批发和零售业、住宿和餐饮业，作为物流需求的主要来源，其运营状况与物流活动紧密相关。

综上所述，本研究采用《河北经济年鉴》《中国统计年鉴》中“批发和零售业、住宿和餐饮业”及“交通运输、仓储和邮政业”相关统计数据，作为商贸物流业的依据。

2　实证分析

2.1　河北省商贸物流业能源消耗分析

通过整理《中国能源统计年鉴》《河北经济年鉴》相关数据，得到河北省商贸物流业(以下简称“商贸物流业”)主要消耗的8种能源。根据式(1)得到2005—2022年商贸物流业碳排放量、货物周转量、商贸物流业标准煤消耗量、商贸物流业生产增加值、河北省生产总值、河北省年末总人口。河北省商贸物流业相关指标数据表如表2所示。

2.2　商贸物流业脱钩状态分析

根据式(2)和表1得出，2006—2022年河北省及全国商贸物流业碳排放与商贸物流业产值的脱钩弹性指数及其脱钩状态，河北省及全国商贸物流业脱钩状态如表3所示。

2006—2022年，河北省及全国的商贸物流业经济增长与碳排放之间的关系呈现出多样化的脱钩状态。全国范围内，商贸物流业在大部分时间呈现弱脱钩状态，表明在经济发展的同时，对碳排放的控制取得了一定成效。特别是在2019年和2022年，全国商贸物流业实现了强脱钩，这标志着该行业在碳排放控制方面取得了重大进展，这可能与全国范围内推广的环保政策、产业结构调整以及技术革新等因素密切相关。2020年新冠疫情暴发导致全国首次出现衰退性脱钩现象，即经济增长放缓的同时，碳排放量也相应减少，这反映了外部环境变化对行业发展的影响。

相比之下，河北省在研究时段内同样以弱脱钩为主，但在2012年、2014年、2015年、2017年及2022年均实现了强脱钩，表明商贸物流业在不断发展中有效减轻了碳排放压力，这可能得益于河北省积极推广的绿色物流理念、优化物流结构以及加强环保监管等措施。然而，2016年河北省出现了扩张性负脱钩，表明商贸物流业的发展伴随着较大的环境压力，可能与该阶段经济增长方式相对粗放、环保措施执行不力等因素有关。2020年，河北省经历了衰退脱钩，商贸物流业的下降伴随着环境压力的减轻。2021年，河北省商贸物流业则步入了扩张性耦合状态，碳排放的增长与商贸物流业增加值的增长呈现出同步趋势，这可能与该时期经济复苏、行业增长方式调整尚未完成等因素有关。

2.3　河北省商贸物流业碳排放影响因素分解

根据式(3)—(11)计算得出2006—2022年河北省商贸物流业碳排放因素分解如表4所示，2006—2022年全国商贸物流业碳排放因素分解如表5所示。

(1) 碳密度。平均而言，碳密度对碳排放的贡献达到了-29.335万t，这充分显示出碳密度在抑制碳排放上显成效，表明河北省商贸物流业在碳排放效率提

表2　河北省商贸物流业相关指标数据表

Tab. 2　Data of relevant indicators of commercial and logistics industry in Hebei Province

年份	商贸物流业碳排放量/万t	货物周转量/(亿t·km)	商贸物流业标准煤消耗量/万t	商贸物流业生产增加值/亿元	全省生产总值/亿元	年末总人口/万人
2005	414.4	4 750.6	669.5	1 442.4	8 773.4	6 851.0
2006	427.0	5 157.4	694.8	1 650.6	10 043	6 898.0
2007	448.6	5 507.0	727.6	1 939.2	12 152.9	6 943.0
2008	500.7	5 209.0	796.6	2 262.0	14 200.1	6 989.0
2009	503.2	5 981.6	796.6	2 571.8	15 306.9	7 034.0
2010	577.0	7 673.1	913.4	3 167.1	18 003.6	7 193.6
2011	618.0	9 840.5	978.5	3 699.2	21 384.7	7 231.9
2012	616.7	10 844.8	971.8	4 046.9	23 077.5	7 262.0
2013	620.8	12 003.8	973.7	4 230.3	24 259.6	7 287.6
2014	588.0	12 968.8	914.1	4 358.6	25 208.9	7 322.9
2015	578.9	12 024.9	899.2	4 552.3	26 398.4	7 345.2
2016	664.1	12 339.3	1 043.8	4 700.3	28 474.1	7 375.0
2017	623.0	13 383.6	974.1	5 095.2	30 640.8	7 409.1
2018	630.3	13 876.7	967.0	5 328.8	32 494.6	7 426.4
2019	640.7	13 568.3	981.7	5 808.5	34 978.6	7 446.6
2020	541.9	13 734.9	855.6	5 707.4	36 013.8	7 463.8
2021	593.7	15 525.2	948.3	6 323.3	40 397.1	7 448.0
2022	564.5	15 018.4	893.8	6 571.8	42 370.4	7 420.0

升上取得了积极进展。这与近年来推行的低碳发展策略、绿色物流举措及物流技术革新紧密相连。通过持续改进物流操作流程、提高能源使用效率等具体手段，河北省商贸物流业有效管控了单位周转量的碳排放量，为行业的可持续发展奠定了坚实基础。

（2）能源效率。在研究时段内，能源利用效率对河北省商贸物流业碳排放的平均贡献量为29.991万t，凸显了其对碳排放增长的重要推动作用。尽管物流技术的进步在一定程度上提升了能源利用效率，但与此同时，商贸物流业的规模持续扩大、能源消耗总量不断增加，以及能源消费结构存在的不合理问题，仍然对碳排放的增长产生了显著影响。

（3）能源强度。能源强度作为衡量商贸物流业经济增长过程中能源消耗效率的关键指标，其值在多数研究年份内为负，平均贡献量为–40.105万t，印证了商贸物流业在经济增长的同时，能源消耗效率实现了持续提升，从而有效遏制了碳排放的增长。这表明，商贸物流业每单位产出的能源消耗已显著下降，实现了成本节约与效率提升的双重效益，为河北省商贸物流行业的高效发展注入了强劲动力。

（4）产业结构。产业结构对商贸物流业碳排放的平均贡献量为–2.185万t，负值表明产业结构对碳排放增长具有抑制作用。通过优化产业结构，河北省商贸物流业成功降低了碳排放量，展现了产业结构调整在减排方面的积极作用。

（5）经济发展。经济发展水平在多数年份中呈现正增长态势，对商贸物流业碳排放的平均贡献量高达47.91万t，凸显了经济发展水平在推动河北省商贸物流业碳排放增长中的核心地位。伴随着河北省经济的迅速壮大，物流运输需求持续攀升，物流基础设施亦在不断扩大建设规模，由此导致碳排放量不断上升。鉴于此，河北省商贸物流业在发展过程中，应着重关注并实施一系列举措，以减少商贸物流活动产生的碳排放。

（6）人口规模。人口规模对商贸物流业碳排放的平均贡献值为2.554万t，这一数据表明，在促进碳排放增加方面，人口规模所起的作用相对有限。根据2006—2022年每年人口数量对商贸物流业的碳排放的贡献量可以发现，其贡献率呈现出相对稳定的走势。

表3　河北省及全国商贸物流业脱钩状态

Tab. 3　Commercial and logistics industry decoupling status of Hebei Province and whole country

年份	河北省脱钩弹性指数	河北省脱钩状态	全国脱钩弹性指数	全国脱钩状态
2006	0.234	弱脱钩	0.572	弱脱钩
2007	0.323	弱脱钩	0.335	弱脱钩
2008	0.730	弱脱钩	0.276	弱脱钩
2009	0.041	弱脱钩	0.182	弱脱钩
2010	0.680	弱脱钩	0.499	弱脱钩
2011	0.461	弱脱钩	0.460	弱脱钩
2012	–0.024	强脱钩	0.780	弱脱钩
2013	0.152	弱脱钩	0.544	弱脱钩
2014	–1.896	强脱钩	0.184	弱脱钩
2015	–0.370	强脱钩	0.698	弱脱钩
2016	4.075	扩张性负脱钩	0.235	弱脱钩
2017	–0.852	强脱钩	0.309	弱脱钩
2018	0.264	弱脱钩	0.136	弱脱钩
2019	0.198	弱脱钩	–0.440	强脱钩
2020	10.294	衰退脱钩	7.315	衰退脱钩
2021	0.895	扩张性耦合	0.416	弱脱钩
2022	–2.792	强脱钩	–2.392	强脱钩

因此，在制定碳减排策略时，需要更多关注其他影响因子，以实现更有效的减排效果。同时，也应加强人口与物流发展的协调规划，推动人口规模与物流产业的协调发展。

通过对比河北省与全国商贸物流业的碳排放因素分解表，发现两者在影响碳排放的主要因素上存在差异。

在商贸物流业产业结构对碳排放的影响上，河北省和全国表现出了相反的趋势：河北省的产业结构对碳排放起到了抑制作用，而全国则呈现出增加碳排放的趋势。这可能与河北省在产业结构调整和优化方面采取的措施有关。在碳密度方面，河北省和全国都显示出负值，这表明在提高碳排放效率方面有所进步，这可能得益于低碳发展战略的实施和物流技术的进步。能源效率是增加碳排放的第二大因素，对碳排放的影响在全国范围内更为显著。在能源强度上，河北省和全国在多数年份中都呈现出了负值，这说明两者在实现经济增长的过程中，都通过提高能源消耗效率来抑制碳排放。同时，能源强度成为抑制碳排放增长的关键因素，经济发展水平是推动碳排放增长的主要驱动力。相比之下，人口规模对碳排放的影响在河北省和全国范围内均相对较小。

表4　2006—2022年河北省商贸物流业碳排放因素分解　万t

Tab. 4　Decomposition of carbon emission factors of commercial and logistics industry in Hebei Province from 2006 to 2022

年份	ΔC_{CT}	ΔC_{TE}	ΔC_{EA}	ΔC_{AG}	ΔC_{GP}	ΔC_{P}
2006	–21.974	18.971	–41.131	–0.135	53.979	2.876
2007	–7.157	8.475	–50.295	–12.936	80.618	2.846
2008	78.518	-69.304	–30.081	–0.810	70.685	3.131
2009	–66.918	69.389	–64.398	26.755	34.452	3.222
2010	–60.509	60.519	–38.507	24.774	75.404	12.099
2011	–107.582	107.496	–51.662	–10.036	99.620	3.168
2012	–61.257	64.175	–59.639	8.428	44.464	2.568
2013	–58.723	61.661	–26.261	–3.485	28.733	2.177
2014	–79.543	84.911	–56.241	–5.140	20.274	2.921
2015	34.961	-34.530	–34.925	–1.531	25.126	1.774
2016	69.204	-76.488	72.646	–27.115	44.456	2.512
2017	–93.407	96.680	–96.311	4.719	44.206	2.972
2018	–15.365	27.260	–32.679	–8.719	35.352	1.455
2019	24.764	-23.849	–45.210	7.965	45.086	1.725
2020	–106.017	88.301	–70.745	–27.565	15.839	1.367
2021	–17.761	11.130	0.247	–7.023	66.375	–1.205
2022	–9.926	15.056	–56.589	–5.295	29.794	–2.181
平均值	–29.335	29.991	–40.105	–2.185	47.910	2.554

3　结论与建议

3.1　结论

本研究针对河北省及全国商贸物流业在2005—2022年间的碳排放量进行了详细估算，并基于LMDI法及脱钩模型，深入探讨了碳密度、能源效率、能源强度、产业结构、经济发展以及人口规模这6个因素对商贸物流业碳排放的影响，主要结论如下。

（1）对河北省商贸物流业的考察显示，其能源消耗与碳排放量均呈现出波动性增长的趋势。通过LMDI法进行研究，发现推动碳排放增长的主要因素是经济发展，能源效率紧随其后，而产业结构对碳排放增长的影响则相对较小。值得注意的是，能源强度与碳密度在减缓碳排放增长方面发挥了关键作用，这进一步证实了它们在推动商贸物流业低碳转型中的重要作用，

表5　2006—2022年全国商贸物流业碳排放因素分解　万t

Tab. 5　Decomposition of carbon emission factors in national commercial and logistics industry from 2006 to 2022

年份	ΔC_{CT}	ΔC_{TE}	ΔC_{EA}	ΔC_{AG}	ΔC_{GP}	ΔC_{P}
2006	–204.98	200.90	–834.15	–60.44	1 872.56	64.61
2007	–869.65	870.56	–1 937.59	73.38	2 673.62	68.22
2008	–522.29	462.43	–1 803.24	177.98	2 264.43	70.97
2009	–1 293.30	1 335.59	–841.24	–290.44	1 191.74	70.00
2010	–942.29	908.90	–1 420.41	238.55	2 461.71	72.44
2011	–606.05	640.33	–1 712.48	207.50	2 674.01	100.78
2012	33.11	–50.60	–457.30	297.89	1 632.10	132.78
2013	1 795.23	–1 797.99	–1 012.03	306.60	1 737.80	113.50
2014	–1 183.83	1 148.25	–1 742.33	518.94	1 504.50	134.20
2015	1 363.77	–1 413.05	–391.67	16.85	1 305.26	101.96
2016	–565.22	580.98	–1 388.78	61.93	1 576.02	139.62
2017	–557.04	544.32	–1 564.93	–133.69	2 258.97	122.32
2018	–554.56	525.78	–1 695.66	–248.08	2 148.00	84.59
2019	–37.23	89.06	–2 146.00	–92.44	1 493.97	73.67
2020	–1 843.75	1 904.55	–1 413.79	–793.33	540.38	30.51
2021	–892.44	926.90	–1 906.41	481.97	2 623.35	7.12
2022	–2 377.50	2 547.63	–2 922.41	48.07	1 084.55	–12.48
平均值	–544.59	554.38	–1 481.79	47.72	1 826.06	80.87

同时也预示着这2个方面在未来具有巨大的减排潜力与广阔的发展空间。

（2）就全国商贸物流业而言，其能源消耗量持续上升，而碳排放量虽然在2020年与2022年出现小幅回落，但总体趋势依然向上。利用LMDI模型进行深入分析，发现经济增长是推动碳排放量上升的主要动力，能源效率的影响同样显著。与此同时，能源强度与碳密度在减缓碳排放增长方面展现出了重要作用，表明这2个维度在未来具有较大的减排潜力，是商贸物流业实现绿色转型的关键所在。

（3）本研究聚焦于全国及河北省商贸物流业的碳排放现状，尚未涉足碳排放趋势的预测分析。鉴于趋势预测在商贸物流业碳排放研究领域的关键地位，及其在制定有效减排策略时扮演的核心角色，未来研究应当拓展至碳排放趋势预测的新领域，以全方位引领商贸物流业的绿色发展之路。这一研究方向不仅能为行业减排目标的科学设定提供有力支撑，还能推动减排措施更加精准高效地实施，为实现可持续发展目标贡献重要力量。

3.2　建议

基于上述研究结论，提出建议如下。

（1）商贸物流业低碳转型。商贸物流领域的碳排放统计数据显示，其碳密度指标达到—29.335万t。这一数值特征表明，深化低碳转型不仅符合环境效益需求，更能形成经济与生态协同发展的良性机制。在区域实践层面，河北省作为商贸物流重要枢纽，需实施精准化减排策略：一方面强化物流基础设施的绿色改造，通过智能仓储系统和循环包装设计提升运营效能；另一方面建立全生命周期碳排放核算体系，确保单位物流产值对应的碳排放强度持续下降。政策执行维度应重点突破新能源运输装备、智慧化路径优化算法等关键技术，形成可复制的低碳物流解决方案。

（2）推动绿色经济发展。在研究时段内，经济发展水平对碳排放的贡献呈增长态势，对河北省商贸物流业碳排放的平均贡献值高达47.91万t，成为该行业碳排放量增长的关键因素。因此，河北省亟需积极构建环保型供应链生态体系，扩大新能源运载工具的应用规模，以此驱动低碳循环经济的持续增长[15]。

（3）提高各类能源利用率。河北省商贸物流业碳排放的平均贡献值中，能源效率占比达到29.99万t。为此，河北省政府及企业需采取有效举措，推广高效节能设备、优化能源消费结构等，旨在减少能源消耗并降低碳排放。此外，多数年份中能源强度呈现负值，反映出河北省商贸物流业在能源消耗效率方面已有所提升。然而，仍需借助技术创新和管理优化等手段，进一步提升能源利用效率，从而更有效地控制碳排放。

（4）优化物流网络布局。河北省商贸物流业碳排放的平均贡献值中，产业结构贡献了–2.185万t，这表明产业结构对碳排放的增长起到了抑制作用。为进一步提升运输效率，河北省应鼓励采用多式联运等高效运输方式[16-17]。物流企业需增强节能减排意识，构建绿色企业文化，并推动产业结构的优化，发展低碳高效的物流模式。同时，要积极推动物流产业结构的优化升级，鼓励发展低碳、高效的物流业态。

（5）应对人口增长带来的物流需求。河北省商贸物流业碳排放的平均贡献值中，人口规模的贡献仅为2.554万t，表明河北省人口规模对碳排放的直接影响相对较小。然而，人口增长所引发的物流需求增加却是一个重要考量因素。鉴于此，河北省商贸物流行业需致力于提升运作效率与服务品质，确保在人口规模持续扩大的情境下，物流活动能够高效且有序开展。

同时，行业应积极采纳低碳技术，不断优化物流流程，力求在充分满足物流需求的同时，有效降低碳排放量。

参考文献：

[1] 习近平. 在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[J]. 中华人民共和国国务院公报，2020(28)：5-7.
XI Jinping. Statement at the General Debate of the 75th Session of the United Nations General Assembly[J]. Gazette of the State Council of the People's Republic of China，2020(28)：5-7.

[2] 刘雨之. 双碳背景下湖南物流业碳排放脱钩及影响因素研究[J]. 物流科技，2024，47(21)：109-112，130.
LIU Yuzhi. Study on Decoupling of Carbon Emission and Influencing Factors of Hunan Logistics Industry under "Carbon Peaking and Carbon Neutrality" Background[J]. Logistics Sci-Tech，2024，47(21)：109-112，130.

[3] 付昱铭，蒋惠园，唐勇平. 我国物流业碳排放脱钩状态及影响因素研究[J]. 铁道运输与经济，2024，46(11)：62-70.
FU Yuming，JIANG Huiyuan，TANG Yongping. Decoupling Status and Influencing Factors of Carbon Emissions in China's Logistics Industry[J]. Railway Transport and Economy，2024，46(11)：62-70.

[4] 张梅霞，李　芳，郭宸宁. 华北平原三省耕地利用碳排放时空特征、影响因素及脱钩关系[J]. 水土保持通报，2024，44(6)：366-376.
ZHANG Meixia，LI Fang，GUO Chenning. Spatial-Temporal Characteristics，Influencing Factors，and Decoupling Relationship of Carbon Emissions from Cultivated Land Use in Three Provinces of North China Plain[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2024，44(6)：366-376.

[5] 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.

[6] 李　健，王　尧，王　颖. 京津冀区域经济发展与资源环境的脱钩状态及驱动因素[J]. 经济地理，2019，39(4)：43-49.
LI Jian，WANG Yao，WANG Ying. Decoupling Analysis and Influence Factors between Resource Environment and Economic Growth in Beijing-Tianjin-Hebei Region[J]. Economic Geography，2019，39(4)：43-49.

[7] 翁钢民，李聪慧，潘　越，等. 中国旅游业碳排放脱钩效应及影响因素研究[J]. 地理与地理信息科学，2021，37(2)：114-120.
WENG Gangmin，LI Conghui，PAN Yue，et al. Decoupling Effect and Influencing Factors of Carbon Emissions in China's Tourism Industry[J]. Geography and Geo-information Science，2021，37(2)：114-120.

[8] 索瑞霞，王　琪，张　帆，等. 黄河流域种植业碳排放的脱钩效应及影响因素分析[J]. 环境科学研究，2025，38(2)：220-230.
SUO Ruixia，WANG Qi，ZHANG Fan，et al. Study on the Decoupling Effect and Drivers of Carbon Emissions from Plantations in the Yellow River Basin[J]. Research of Environmental Sciences，2025，38(2)：220-230.

[9] 李安佳，尹　旭，魏　慧. 京津冀区县土地利用碳排放时空演化及其驱动因子[J]. 环境科学，2025，46(9)：5391-5402.
LI Anjia，YIN Xu，WEI Hui. Spatiotemporal Evolution of Carbon Emission from Land Use and Its Driving Factors at the County in Beijing-Tianjin-Hebei[J]. Environmental Science，2025，46(9)：5391-5402.

[10] 王永阳，蔡宴朋，张　盼. 珠三角城市群净碳排放与经济发展脱钩效应及其驱动力[J]. 生态学报，2025，45(3)：1303-1314.
WANG Yongyang，CAI Yanpeng，ZHANG Pan. Decoupling Effect and Driving Factors of Net Carbon Emissions and Economic Development in the Pearl River Delta Urban Agglomeration[J]. Acta Ecologica Sinica，2025，45(3)：1303-1314.

[11] 初丽霞，黄梦瑶. 山东省碳排放脱钩效应及影响因素研究：基于Tapio脱钩指数和LMDI模型分析[J]. 环境科学与管理，2022，47(9)：20-25.
CHU Lixia，HUANG Mengyao. Study on Decoupling Effect and Influencing Factors of Carbon Emissions in Shandong Province：Based on Tapio Decoupling Index and LMDI Model Analysis[J]. Environmental Science and Management，2022，47(9)：20-25.

[12] 倪一铭，闫国庆，傅钟中. 浙江省经济增长与物流业碳排放脱钩关系研究[J]. 浙江万里学院学报，2022，35(6)：1-8.
NI Yiming，YAN Guoqing，FU Zhongzhong. A Study on the Decoupling Relationship between Economic Growth and Carbon Emissions from the Logistics Industry in Zhejiang Province[J]. Journal of Zhejiang Wanli University，2022，35(6)：1-8.

[13] 陈　猛，谈晓勇. 西部陆海新通道物流业碳排放特征及驱动因素研究[J]. 铁道运输与经济，2024，46(12)：100-107.
CHEN Meng，TAN Xiaoyong. Carbon Emission Characteristics and Driving Factors of Logistics Industry in New International Land-Sea Trade Corridor[J]. Railway Transport and Economy，2024，46(12)：100-107.

[14] 周　倩，王树祥，王孝莹. 组态视角下物流企业数字化对碳减排的影响路径研究[J]. 管理学报，2023，20(8)：1138-1147.
ZHOU Qian，WANG Shuxiang，WANG Xiaoying. Research on the Influence Path of Logistics Enterprise Digitalization on Carbon Emission Reduction from Configuration Perspective[J]. Chinese Journal of Management，2023，20(8)：1138-1147.

[15] 王影影，董洪光. 江苏省物流业的碳排放效率评价及驱动因素分析[J/OL]. 嘉兴学院学报，2024：1-11. (2024-11-26). https://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1273.z.20241125.0927.002.html.

[16] 谯熙康，陈　斌，黄福友. 组态视角下我国低碳物流效率分析及提升路径研究[J]. 铁路物流，2025，43(5)：61-72.
QIAO Xikang，CHEN Bin，HUANG Fuyou. Efficiency Analysis and Improvement Path of Low-Carbon Logistics in China from the Perspective of Configuration[J]. Railway Logistics，2025，43(5)：61-72.

[17] 吴华稳. 面向"一带一路"的多式联运发展研究综述[J]. 铁路物流，2025，43(7)：48-53.
WU Huawen. Research Review on Multimodal Transport Development in Context of "Belt and Road Initiative"[J]. Railway Logistics，2025，43(7)：48-53.

（责任编辑：魏　然）

Research on Decoupling Status and Influencing Factors of Carbon Emissions in Commercial and Logistics Industry in Hebei Province

LI Xianshi,　LI Linshufei

(School of Management, Hebei GEO University, Shijiazhuang 052160, Hebei, China)

Abstract: This study utilized the carbon emission calculation formula provided by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Based on energy consumption data from the commercial and logistics industry in Hebei Province and nationwide spanning from 2005 to 2022, it estimated carbon emissions and further analyzed the driving factors of carbon emissions through the Tapio decoupling model and the logarithmic mean divisia index (LMDI) method. The research findings indicate: ① During the period from 2006 to 2022, the relationship between economic growth and carbon emissions in the commercial and logistics industry of Hebei Province is diverse, predominantly characterized by weak decoupling but achieving strong decoupling multiple times, showing similarities but also differences compared to national trends. ② The carbon intensity, energy intensity, and industrial structure of Hebei Province's commercial and logistics industry have a negative effect on carbon emissions; energy efficiency, economic development level, and population size exert a positive effect on carbon emissions. ③ The industrial structure of Hebei Province's commercial and logistics industry inhibits carbon emissions, contrary to the national trend. Therefore, when formulating emission reduction strategies, Hebei Province needs to focus on key factors such as energy efficiency and strengthen coordinated planning between population growth and logistics development to achieve more effective emission reduction outcomes.

Keywords: Commercial and Logistics Industry; Carbon Emission; Factor Decomposition; Decoupling

(上接第55页)

Comprehensive Prevention and Control Technology of Railway Train Whistle Noise

XU Xianchun[1], YANG Jin[1], HAN Xiaobin[2], HU Lang[3], XUE Xiaobing[1], LIU Wei[1]

(1. Institute of Transportation Command and Information Technology, CRSC Research & Design Institute Group Co., Ltd., Beijing 100073, China; 2. Equipment Technology Center, National Railway Administration of the People's Republic of China, Beijing 100070, China; 3. Ministry of Transport, Wuhan Iron and Steel Co., Ltd., Wuhan 430080, Hubei, China)

Abstract: The prevention and control of noise pollution from railway train whistles is a persistent issue, for which systematic and effective measures are still lacking. This paper analyzed the scenarios and types of railway whistling operations and proposed an alternative solution based on wireless communication technology. By acquiring station operation and route information via ground information systems, and utilizing the high-precision positioning technology of the BeiDou Satellite System for tracking both personnel and locomotives within the station, a comprehensive railway train whistle noise prevention and control system was developed. This system integrated electronic maps, video monitoring, vehicle-ground integrated crossing protection, mobile communication, and other auxiliary technologies. It enables communication between locomotives and personnel within the railway station, as well as the collection of positional and operational status information. The control system achieves functions such as precise information transmission, danger avoidance alerts, and safety management for all personnel, thereby substituting the whistle function in various scenarios and effectively mitigating the issue of comprehensive noise control from train whistles within railway stations and yards.

Keywords: Noise Prevention and Control; Train Whistle; Prevention and Control Technology; Principle Prototype; System Research and Development