

# 城市碳抵消能力与城镇化耦合协调度水平研究 ——以大连市为例

赵愈<sup>1</sup>, 韩东凌<sup>1</sup>, 孙杨<sup>2</sup>, 赵可心<sup>1</sup>

(1. 沈阳建筑大学管理学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 沈阳建筑大学交通与测绘工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

**摘要:**以大连市 2005—2021 年的数据为研究对象,通过修正能源碳排放因子,计算了大连市的城市碳汇量与能源碳排放量,并构建了城市碳抵消能力与城镇化耦合协调度模型。采用格兰杰检验和 Stata 因果分析进行验证,结果显示:大连市的碳汇量和能源碳排放量逐年增加,但碳汇量的增加速度远远落后于能源碳排放量,导致了该市的碳抵消能力相对较低。大连市碳抵消能力呈现出 W 型趋势,城市的碳抵消能力与各个城镇化指标的耦合协调度水平相对较低,基本保持在低水平耦合和失调状态;除空间城镇化外,其他城镇化指标与碳抵消能力的耦合协调度呈上升趋势,Stata 因果检验表明大连市城镇化与碳抵消能力之间存在格兰杰因果关系。

**关键词:**碳抵消能力;城镇化;耦合协调度;大连市

**中图分类号:**F299.21

**文献标志码:**A

**引用格式:**赵愈,韩东凌,孙杨,等.城市碳抵消能力与城镇化耦合协调度水平研究:以大连市为例[J].沈阳建筑大学学报(社会科学版),2024,26(4):393-399.

至 2022 年,中国的城镇化率已达 64.7%。城镇化与工业化密切相关,而工业化过程中不可避免地伴随着碳排放量的不断增加,在城镇化快速发展的背景下,大连市的碳排放问题日趋严峻。近年来,大连市着力推进城市绿化建设,积极倡导生态文明建设,为有效抵消城镇化导致的碳排放量的增加而采取了多项措施,如增加城市绿地面积、大力发展清洁能源等,特别重视提高城市的碳汇能力。

在迈向新型城镇化的过程中,大连市面临着多重挑战,例如,大连市面临着煤炭、石油、天然气等化石燃料的稀缺问题,化石燃料的对外依赖度相对较高,尤其在实现碳达峰、碳中和目标的大背景下,在保护生态环境的

前提下推进城镇化及最大程度地减少碳排放,成为亟待解决的问题。因此,深入研究城市碳汇抵消能力以及其与城镇化的相互作用关系对于大连市实现碳达峰、碳中和目标,提高大连市新型城镇化建设的质量以及推进生态文明建设具有至关重要的意义。

耦合协调度模型作为一种评价系统内子系统相互作用关系的工具,简便易算且结果清晰明了,在多个研究领域得到了广泛的应用,涉及环境、经济、社会发展、农业、工业、交通、人口等多个方面。因此,研究选择采用耦合协调度模型深入探讨城市碳抵消能力与城镇化之间的关系,为实现“双碳”目标,提高大连市新型城镇化的质量,推进生态文明建设提供重要的参考和决策支持。

## 一、主要概念与文献综述

### 1. 碳抵消能力

世界资源研究所对“碳抵消”的定义是“减少二氧化碳排放的贡献,并使其与产生的碳排放量达到抵消”。研究将碳抵消能力界定为区域实现碳吸收与碳排放中和的水平。通过考察碳吸收与碳排放之间的比值,以定量方式评估区域的碳抵消能力水平。具体而言,研究主要关注碳吸收与碳排放之间的差距,根据碳排放和碳汇的直接比值结果分析某一区域的碳排放现状,碳吸收越大、碳排放越小,碳抵消能力则越强;反之则越弱。

学界关于碳抵消方面的研究较少,多数研究侧重于单方面的碳源、碳汇的探讨。对于碳排放量的测算,采用的方法主要包括实测法、物料平衡法和碳排放系数法,其中,碳排放系数法是应用最广泛的。由于缺乏统一的计算标准,许多研究以政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)提供的系数为依据,导致了研究结论存在差异。为了提高碳排放因子的准确性,Zhao Y 等<sup>[1]</sup>构建了碳排放能值因子模型,对区域碳排放因子进行了修正。能值分析理论由 Odum H T<sup>[2]</sup>提出,将难以比较的系统对象和维度转换为太阳能值再行计算,为解决许多研究中的关键问题提供了途径,主要关注系统的可持续性等方面。在碳汇计量方面,主要研究方法包括生物量法、蓄积量法和生物清单法。其中,生物量法是应用最广泛的,材积源生物量法受到了研究者的青睐。方精云等<sup>[3]</sup>采用改进的材积源生物量法估算了1949—1998年中国森林生物量碳储量变化。赵敏等<sup>[4]</sup>基于改进的生物量法估算了中国森林植被碳储量和碳密度,定量分析了生物因子和非生物因子对森林植被碳储量的贡献。王雪军等<sup>[5]</sup>使用生物量模型估算了2000年辽宁省森林生物量,计算了辽宁省多个树种的含碳率。

### 2. 城镇化与碳排放

城镇化与碳排放的关系一直是学界关注

的热点问题。由于各指标之间存在量纲不同的问题,难以直接进行比较,因此在进行耦合协调度关系研究之前,通常需要对各指标和数据进行无量纲化处理,并对处理后的指标数据进行权重计算。权重计算的常见方法包括层次分析法<sup>[6]</sup>、主成分法、因子分析法<sup>[7]</sup>、熵值法<sup>[8]</sup>等。熵值法在权重分析中的应用最为广泛,其避免了层次分析法(Antalytic Hierarchy Process, AHP)专家分析的主观性、主成分分析特征值的局限性以及因子分析法需预先设定因子数等缺点。目前关于耦合协调度模型分析碳排放与城镇化之间作用机制的研究相对较少。以中国省份数据为基础, Song Q 等<sup>[9]</sup>建立了碳排放与城镇化的耦合协调度模型,通过分析得出低碳省份与高碳省份之间经济发展差距较大的结论。在研究城镇化与碳排放的作用关系时,引入格兰杰检验有助于使研究结论更具说服力和可信度,有多位学者探究了中国碳排放、能源消费、经济增长与城镇化之间的关系,并使用异质性面板格兰杰检验,进一步研究了碳排放、GDP、能源消费结构和城镇化率之间的关系。

在碳排放研究中,碳排放计量缺乏统一标准,碳排放系数使用存在地区和时间的差异。多数研究仅关注城市森林生态系统碳汇,仅单方面讨论城镇化对碳排放的影响,对城镇化与碳排放相互作用关系的研究相对匮乏。因此,研究引入修正的城市能源碳排放系数,同时计量城市森林和草地的碳汇能力,构建城市碳抵消模型以及城市碳抵消能力与城镇化指标的耦合协调度模型,定量分析模型之间的相互作用关系,并通过 Stata 因果分析检验准确性,旨在为地区城镇化发展和节能减排提供参考。笔者以辽宁省大连市为研究对象,分析2005—2021年大连市的碳源、碳汇与城镇化数据,为各地区发展清洁能源、产业转型、减排增汇献计献策。

## 二、研究方法 with 数据

### 1. 研究区概况

大连市位于辽宁省南部,占地面积

12 574 km<sup>2</sup>, 该市辖区 7 个, 市辖县、县级市 3 个。2021 年大连市户籍总数 222.7 万户, 城镇人口 410.2 万人, 城镇化率为 68.2%。2021 年大连市地区生产总值 7 030.4 亿元, 人均地区生产总值为 95 685 元。

2. 数据来源

数据主要来源于《中国城市统计年鉴 (2006—2022)》《辽宁统计年鉴 (2006—2022)》《大连市国民经济与社会发展统计公报 (2005—2021)》《大连市统计年鉴 (2006—2022)》以及其他相关研究文献<sup>[3-4]</sup>。部分年份的数据缺失, 采用线性插值法计算结果代替。

3. 研究方法

(1) 碳汇计量方法

碳汇计量对象包括城市森林碳汇、草地碳汇<sup>[10]</sup>。其中, 森林碳汇采用材积源生物量法。根据生物量与森林蓄积量之间的函数关系得出各林分种类生物量, 各林分种类生物量与含碳率的乘积为各林分种类的碳储量, 而目前大部分研究中含碳率的值取 0.5 或 0.45, 没有考虑到不同树种之间含碳率的差异性, 因此本研究中含碳率采用分树种具体数值<sup>[5]</sup>, 具体计算公式为

$$B = aV + b \tag{1}$$

$$C_{ij} = B \times \mu_i \tag{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \times A_{ij} \tag{3}$$

式中:  $C_1$  为森林碳储量;  $C_{ij}$  为第  $i$  年第  $j$  个林分种类的碳储量;  $A_{ij}$  为森林面积;  $i$  为年份;  $j$  为各林分种类;  $B$  为生物量 (见表 1);  $V$  为森林蓄积量;  $a$  和  $b$  为各树种的生物量系数;  $\mu_i$  为各树种含碳率, 如针叶林地 0.501 1、阔叶林地 0.490 0、针阔混交林地 0.497 8、疏林地及落叶林地 0.500 0<sup>[5]</sup>。

表 1 各树种生物量估算公式

林地类型	生物量估算	参考文献
针叶林地	$B = 1.393V + 0.000\ 8$	[4]
阔叶林地	$B = 0.727V - 0.001\ 2$	[4]
针叶阔叶混交林地	$B = 2.558V - 0.003\ 8$	[4]
疏林地及落叶林地	$B = 13.14$	[3]

草地碳汇采用生物量模型法。根据生物量经验模型得出单位面积草地生物量, 单位

面积草地生物量与含碳率 (0.5) 的乘积为单位面积的草地碳汇量。具体的草地碳汇为

$$W_i = 0.054\ 920\ H^{0.803}\ G_i^{1.087\ 7} \tag{4}$$

$$C_i = W_i \times \mu_2 \tag{5}$$

$$C_2 = \sum_{i=1}^m (C_i \times A_i) \tag{6}$$

$$C_s = C_1 + C_2 \tag{7}$$

式中:  $C_s$  为森林与草地碳汇总量;  $C_2$  为草地碳汇量;  $C_i$  为第  $i$  年单位面积草地碳汇量;  $A_i$  为第  $i$  年草地面积;  $W_i$  为第  $i$  年每公顷的总生物量;  $H$  为草地平均高度;  $G_i$  为草地覆盖度;  $\mu_2$  为草地含碳率 (0.5)。

(2) 碳源计量方法

在碳源计算部分引入能值理论, 对能源碳排放系数进行修正。在能源碳排放核算过程中, 引入能值转换率修正不同区域、不同时间点的碳排放系数, 构建能值碳排放模型 (Emergy Carbon Emission Model, Em-CEE), 相关数据如表 2 所示。

表 2 能源碳排放系数及煤当量折算系数

能源种类	碳排放系数	煤当量折算系数	能值转换率
原煤	0.755 9	0.714 3	1.97E + 12
焦炭	0.855 0	0.971 4	4.31E + 13
原油	0.585 7	1.482 6	5.79E + 12
汽油	0.553 8	1.471 4	7.55E + 13
煤油	0.571 4	1.471 4	7.55E + 13
柴油	0.592 1	1.457 1	7.26E + 12
燃料油	0.618 5	1.428 6	6.84E + 12
天然气	0.448 3	12.143	7.80E + 12

考虑风能、太阳能等清洁能源所产生的电能对已有能源的替代作用, 研究将这一部分电能所产生的碳排放量不计算在能源碳排放总量中, 以使研究结论更具有现实意义。

$$C_e = C_{e1} + C_{e2} - C_{e3} \tag{8}$$

$$C_{e1} = \sum \frac{E_k \times \alpha_k \times \gamma_1}{\beta_k} \times \delta_1 \times \theta \tag{9}$$

$$C_{e2} = \sum \frac{E_k \times \alpha_k \times \gamma_2}{\beta_k} \times \delta_2 \tag{10}$$

式中:  $C_e$  为能源碳排放总量;  $C_{e1}$  为除电力以外的其他能源碳排放量;  $C_{e2}$  为电力碳排放量;  $C_{e3}$  为风能等新能源产生电能的碳排放量;  $E_k$  为第  $k$  类能源的消耗量;  $\alpha_k$  为第  $k$  类能源燃烧产生的热量;  $\beta_k$  为第  $k$  类能源能值

转换率; $\gamma_1$  为煤当量的能值转换率; $\gamma_2$  为电能能值转换率; $\theta$  为第  $k$  种能源标准煤折算系数; $\delta_1$  为第  $k$  类能源碳排放系数; $\delta_2$  为电力碳排放因子,东北区域的因子为 1.380; $C_{es}$  计算公式同式(10)。

(3)碳抵消模型的构建

构建城市碳抵消模型 (Carbon Offset Model,COC),定量分析大连市的城市碳抵消能力。具体公式为

$$M_{COC} = \frac{C_s}{C_e}$$

(11)

式中: $M_{COC}$ 为碳抵消能力,当  $M_{COC} > 1$  时,表

示城市碳汇量高于碳排放量,碳抵消能力为正;当  $M_{COC} < 1$  时,表示城市碳汇量低于碳排放量,碳抵消能力为负。

(4)城镇化熵权法计量与指标

构建城镇化综合指标体系 (Comprehensive Index of Urbanization, CIU),将城镇化分为人口城镇化( $Z1$ )、空间城镇化( $Z2$ )、生态城镇化( $Z3$ )、经济城镇化( $Z4$ )、社会城镇化( $Z5$ )5 个一级指标,并选取 14 个二级指标对城镇化 5 个一级指标进行表征,具体如表 3 所示。

表 3 大连市城镇化指标体系

目标层	准则层	指标
城 镇 化 综 合 指 标	人口城镇化( $Z1$ )	非农业人口数( $X1$ )
		第二、第三产业从业人员占比( $X2$ )
	空间城镇化( $Z2$ )	建成区面积占土地面积( $X3$ )
		建成区绿化覆盖率( $X4$ )
	生态城镇化( $Z3$ )	人均公园绿地面积( $X5$ )
		森林覆盖率( $X6$ )
		污水处理率( $X7$ )
		生活垃圾无害化处理率( $X8$ )
	经济城镇化( $Z4$ )	人均地区生产总值( $X9$ )
		城镇居民人均可支配收入( $X10$ )
		第二、第三产业在 GDP 的占比( $X11$ )
	社会城镇化( $Z5$ )	每千人拥有医院卫生院床位数量( $X12$ )
		普通中学数量( $X13$ )
		公共图书馆藏书量( $X14$ )

(5)碳抵消能力与城镇化耦合协调度计量

耦合度是一个描述两个或多个系统之间相互作用程度和强度的指标,但很难真正反映系统之间的“协同效应”。协调度是描述两个或两个以上系统之间相互影响与和谐程度的指标,可以全面反映协调发展水平,进而反映城市碳抵消能力与城镇化之间的相互作用关系,建立碳抵消能力与城镇化关系耦合协调度模型,具体模型为

$$C = 2 \sqrt{\frac{M_{COC} \times U_{CIU}}{(M_{COC} + U_{CIU})^2}}$$

(12)

$$T = \varepsilon M_{COC} + \eta U_{CIU}$$

(13)

$$D = \sqrt{C \times T}$$

(14)

式中: $C$  为碳抵消能力与城镇化耦合度, $C \in (0,0.3]$  时,为低水平耦合, $C \in (0.3,0.5]$  时,为拮抗耦合, $C \in (0.5,0.8]$  时,为磨合阶

段, $C \in (0.8,1]$  时,为高水平耦合; $T$  为综合协调指数,反映碳抵消能力与城镇化指标对耦合协调的贡献; $U_{CIU}$  为城镇化指标; $\varepsilon$  和  $\eta$  为待定系数, $\varepsilon + \eta = 1$ ,城市碳抵消能力与城镇化同等重要,故取  $\varepsilon = \eta = 1$ ; $D$  为碳抵消能力与城镇化指标协调度,将其划分为 10 个等级,具体划分标准如表 4 所示。

表 4 协调度划分标准

协调度	区间	协调度	区间
极度失调	(0.0,0.1]	勉强协调	(0.5,0.6]
严重失调	(0.1,0.2]	初级协调	(0.6,0.7]
中度失调	(0.2,0.3]	中级协调	(0.7,0.8]
轻度失调	(0.3,0.4]	良好协调	(0.8,0.9]
濒临失调	(0.4,0.5]	优质协调	(0.9,1.0]

(6)格兰杰检验

使用 Stata14.0 中格兰杰(Granger)因果检验对大连市碳抵消能力与城镇化指标之间



的相互作用关系进行检验。在进行格兰杰检验前,需进行单位根检验,以确保数据平稳。由于仅研究大连市一个区域的时间序列数据,故对格兰杰因果检验回归模型进行简化处理,具体模型为

$$y_i = \sum_{k=1}^k \varphi_i^k y_{i-k} + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k x_{i-k} + \varepsilon_i \quad (15)$$

式中: $y$  为碳抵消能力; $x$  为城镇化指标; $i$  为年份; $k$  为滞后阶数; $\varepsilon_i$  为误差项; $\varphi$ 、 $\gamma$  为估计系数。

三、结果与讨论

1. 大连市碳源与碳汇的时间演变特征

大连市城市森林与草地碳汇 2005—2021 年间整体上呈上升趋势,森林和草地碳储量由 2005 年的  $666.92 \times 10^4$  t 增加到 2021 年的  $825.41 \times 10^4$  t。其中,森林碳储量由  $664.95 \times 10^4$  t 增加到  $821.46 \times 10^4$  t,草地碳储量由  $1.97 \times 10^4$  t 增加到  $3.95 \times 10^4$  t。研究期间大连市能源碳排放量波动明显(见图 1),研究期末碳排放量高于研究期初。

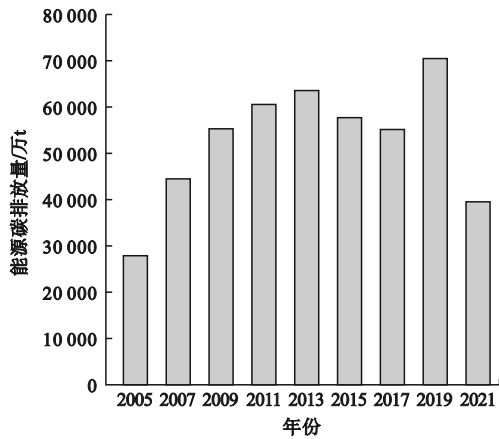


图 1 2005—2021 年大连市能源碳排放量

2. 大连市碳抵消能力分析

大连市碳抵消能力呈 W 型趋势(见图 2),整个研究期间碳抵消数值均小于 1,碳抵消能力为负。尽管研究期内大连市的城市碳汇量不断增加,但其增加速度远不能及能源碳排放的增加速度。其中,2005 年大连市城市碳抵消能力最强,可抵消能源碳排放量的 2.38%。

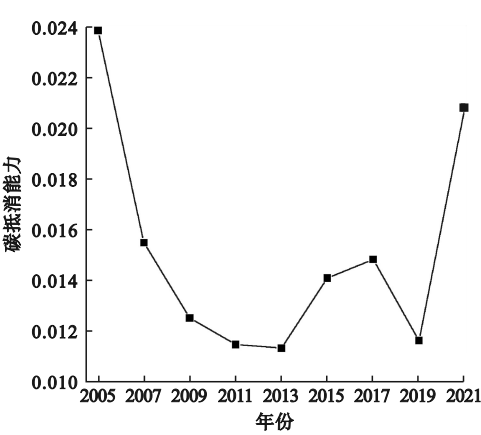


图 2 2005—2021 年大连市碳抵消能力变化趋势

3. 大连市城镇化演变特征分析

城镇化各指标权重如表 5 所示。在各城镇化指标中社会城镇化(Z5)权重最大,为 0.336,其次为空间城镇化(Z2)权重,为 0.230。

表 5 大连市城镇化指标权重

目标层	权重	
	准则层	指标
城镇化综合指标	Z1 (0.140)	X1 (0.051)
		X2 (0.089)
	Z2 (0.230)	X3 (0.229)
		X4 (0.026)
		X5 (0.028)
	Z3 (0.136)	X6 (0.041)
		X7 (0.015)
		X8 (0.026)
		X9 (0.057)
	Z4 (0.157)	X10 (0.074)
		X11 (0.026)
		X12 (0.085)
	Z5 (0.336)	X13 (0.079)
		X14 (0.172)

4. 碳抵消能力与城镇化的相互作用关系分析

(1) 碳抵消能力与城镇化耦合协调度分析

研究期间大连市碳抵消能力与各城镇化指标耦合协调度变化趋势如图 3、图 4 所示,2005—2021 年,大连市碳抵消能力与各城镇化指标耦合度整体不高且呈下降趋势,处于低水平耦合与拮抗耦合状态。协调度数值低于 0.3,为“极度失调”“严重失调”“中度失调”3 种状态,表明大连市城镇化快速发展需要大量的资金运转做支撑,城市碳抵消能力相对于城镇化的变化速度上升较慢,不能完全消化城镇化发展所带来的影响。

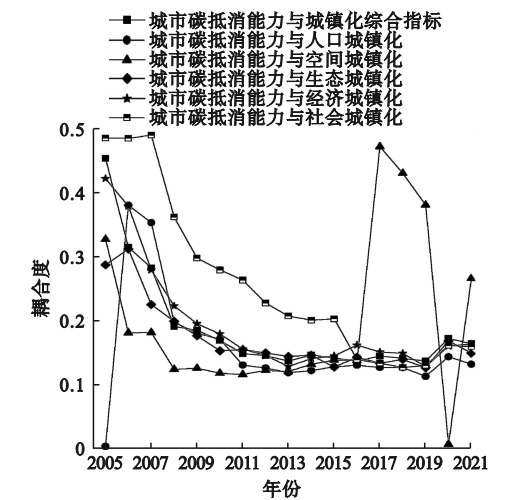


图3 大连市碳抵消能力与各城镇化指标耦合度

(2) 城市碳抵消能力与城镇化 Granger 因果检验

使用 Granger 因果检验前需要对变量数据的平稳性进行检验,研究利用Dickey-

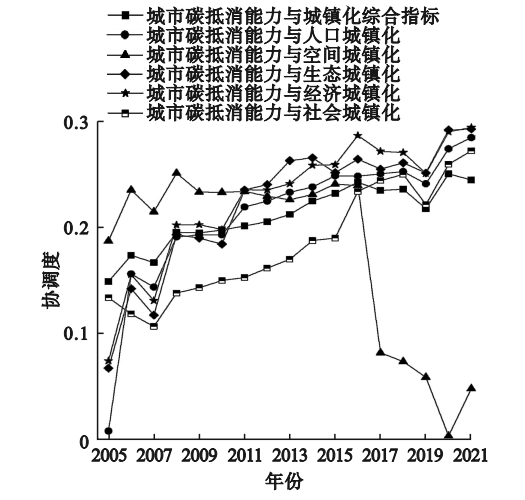


图4 大连市碳抵消能力与各城镇化指标协调度

Fuller 方法。城镇化综合指标 ( $U_{CIU}$ )、人口城镇化、空间城镇化、生态城镇化、经济城镇化、社会城镇化、城市碳抵消能力 ( $M_{COC}$ ) 均为平稳序列(见表6)。

表6 单位根检验结果							
变量	$U_{CIU}$	$M_{COC}$	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Z 值	-4.588	-3.145	-3.857	-4.639	-4.516	-4.068	-3.395
P 值	0.000 1	0.042 6	0.002 4	0.000 1	0.000 2	0.001 1	0.011 1

注:Z 值表示原始数据与均值之间的标准差;P 值指在假设检验中,当原假设成立时,观察到的统计量或更极端情况出现的概率,可以用来判断检验结果的显著性。当  $P < 0.05$  时,认为两变量之间存在因果关系。

通过对城市碳抵消能力与城镇化指标的互动关系进行分析,研究将城镇化与碳抵消能力之间的关系分为增长保护型、减少破坏型、反馈型和中立型。反馈型的前提是城镇化与碳抵消能力为双向因果关系。

城市碳抵消能力与城镇化指标的 Granger 因果检验结果(见表7)表明:城市碳抵消能力与人口城镇化、生态城镇化、经济城镇化以及城镇化综合指标是双向因果关系,为反馈型;城市碳抵消能力与社会城镇化是

单向因果关系,为增长型,即社会城镇化能够促进城市碳抵消能力有效提升;城市碳抵消能力与空间城镇化不存在因果关系,为中立型。

四、结 语

在城镇化建设中,大连市的城市碳抵消能力相对较弱,整体呈现 W 型趋势。城镇化发展迅速,但城市碳抵消能力与城镇化指标的耦合协调度整体水平较低,耦合度大多数为低水平,部分为拮抗耦合,协调度处于失调状态,反映了在经济和城市建设方面对生态文明的忽视。因果检验结果显示,大连市城镇化建设与碳抵消能力存在显著的因果关系,强调了在城镇化建设中采取绿色措施和积极推进节能减排的重要性。

未来发展中,大连市可继续出台建设绿色城市的政策,扩大城市碳汇用地面积,尤其是城市森林、草地和水域。提高能源利用效率,鼓励传统能源产业向清洁能源方向转型。

表7 城市碳抵消能力与城镇化指标的 Granger 因果检验			
指标类型	$M_{COC} \dashrightarrow$ 指标	指标 $\dashrightarrow M_{COC}$	因果类型
人口城镇化	14.586 ***	10.997 ***	反馈
空间城镇化	0.735	4.169 2 *	中立
生态城镇化	4.623 9 *	7.689 6 **	反馈
经济城镇化	3.783 2 *	13.615 ***	反馈
社会城镇化	1.543	8.486 **	增长
城镇化综合	8.798 **	11.286 ***	反馈

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

参考文献:

[1] ZHAO Y, WANG T W, YI W. Energy-accounting-based comparison of carbon emissions of solid waste recycled concrete[J]. Construction and building materials, 2023, 387 (6):131674.

[2] ODUM H T. Self-organization, transformity, and information[J]. Science, 1988, 242 ( 25 ): 1132 – 1139.

[3] 方精云,刘国华,徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. 生态学报, 1996 ( 5 ): 497 – 508.

[4] 赵敏,周广胜. 中国森林生态系统的植物碳储量及其影响因子分析[J]. 地理科学, 2004 ( 1 ):50 – 54.

[5] 王雪军,黄国胜,孙玉军,等. 近 20 年辽宁省森林碳储量及其动态变化[J]. 生态学报, 2008 ( 10 ):4757 – 4764.

[6] YE Y, QIU H. Environmental and social benefits, and their coupling coordination in urban wetland parks[J]. Urban forestry & urban greening, 2021, 60 ( 2 ):127043.

[7] SHI L, CAI Z, DING X, et al. What factors affect the level of green urbanization in the Yellow River Basin in the context of new-type urbanization? [J]. Sustainability, 2021, 12 ( 6 ):2488.

[8] 赵愈,马帆,赵娜,等. 新型城镇化与生态环境耦合关系研究:以沈阳经济区为例[J]. 沈阳建筑大学学报( 社会科学版), 2021, 23 ( 6 ): 575 – 580.

[9] SONG Q, ZHOU N, LIU T, et al. Investigation of a "coupling model" of coordination between low-carbon development and urbanization in China[J]. Energy policy, 2018, 121 ( 10 ):346 – 354.

[10] 陈峥. 碳中和背景下林业碳抵消机制贡献潜力研究[D]. 北京:北京林业大学, 2022.

Research on the Coupling Coordination Degree between Urban Carbon Offsetting Capacity and Urbanization: A Case Study of Dalian City

ZHAO Yu<sup>1</sup>, HAN Dongling<sup>1</sup>, SUN Yang<sup>2</sup>, ZHAO Kexin<sup>1</sup>

(1. School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 2. School of Transportation and Geomatics Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** Taking the data in Dalian from 2005 to 2021 as the research object, the urban carbon sink and energy carbon emissions of Dalian are calculated by adjusting the energy carbon emission factor, and a coupling coordination degree model between urban carbon offsetting capacity and urbanization is constructed. The Granger test and Stata causality analysis are used for verification, and the results show that the carbon sink and energy carbon emissions in Dalian City have been increasing year by year, but the rate of increase in carbon sink is far behind that of energy carbon emissions, resulting in a relatively low carbon offsetting capacity in the city. Dalian's carbon offsetting capacity shows a W-shaped trend, and the coupling coordination degree between the city's carbon offsetting capacity and various urbanization indicators is relatively low, basically maintaining a low level of coupling and imbalance; except for spatial urbanization, the coupling coordination degree between other urbanization indicators and carbon offsetting capacity is on the rise. Stata causality test shows that there is a Granger causality relationship between urbanization and carbon offsetting capacity in Dalian City.

**Key words:** carbon offsetting capability; urbanization; coupling coordination degree; Dalian City  
(责任编辑:王丽娜 英文审校:林 昊)