

# 基于碳足迹分析的沈北新区低碳产业空间布局研究

周诗文<sup>1</sup>,石铁矛<sup>2</sup>,李 绥<sup>2</sup>

(1.沈阳建筑大学建筑与规划学院,辽宁 沈阳 110168;2.沈阳建筑大学生态规划与绿色建筑研究院,辽宁 沈阳 110168)

**摘要:**分析了沈阳市沈北新区碳排放情况,指出燃煤过多是其碳排放量过大的原因。根据沈北新区产业碳足迹量化分析和碳源空间布局现状,应用GIS实现空间化表达,在生态条件和社会经济条件的双重约束下,提出了低碳产业碳源的空间布局优化方案。旨在为我国低碳产业空间布局研究提供新的思路和研究方法。

**关键词:**碳足迹;GIS;低碳产业碳源;空间布局优化

**中图分类号:**TU984.11      **文献标志码:**A

“全球变暖”是人类如今面临的最主要的环境问题,随着城市化的快速发展,碳排放量不断增加,生态环境不断恶化,低碳减排是应对全球变暖和促进人与自然和谐相处的必经之路<sup>[1]</sup>。2013年,中国已成为世界碳排放第一大国<sup>[2]</sup>,研究表明,中国碳排放3大来源分别是建筑、交通和产业<sup>[3]</sup>。其中,产业占43%。产业成为我国最主要的碳排放来源,这使寻找低碳产业的规划路径成为城市发展必须考虑的问题<sup>[4]</sup>。

笔者基于对沈阳市沈北新区碳足迹的量化分析,将研究重点置于如何通过优化产业布局来减少碳排放。通过对沈北新区136个重点碳排放工厂碳排放的量化研究,并在GIS中实现空间化表达,从而得到低碳产业空间布局优化方案。

## 一、沈北新区碳排放情况分析

沈北新区的CO<sub>2</sub>排放源包含原煤、电、

液化石油气、汽油等。原煤在所有碳排放源中占最大比例,主要来源于工业能耗。研究数据来源于《2016沈阳市统计年鉴》、《沈北新区年鉴》、《和平区年鉴》以及发改委环资处统计数据,经计算得到2014—2016年沈阳市沈北新区、和平区综合能源消费的CO<sub>2</sub>总排放量(见表1)。

表1 2014—2016年和平区与沈北新区CO<sub>2</sub>排放量  
10<sup>6</sup>t

年度	和平区		沈北新区	
	原煤	其他	原煤	其他
2014	1.67	1.85	9.13	1.13
2015	1.21	2.79	9.81	1.49
2016	1.16	3.36	9.06	1.59

2014—2016年,沈北新区燃煤CO<sub>2</sub>排放量为9.13×10<sup>6</sup>t、9.81×10<sup>6</sup>t和9.06×10<sup>6</sup>t,由原煤产生的CO<sub>2</sub>排放量在2015年增加,2016年下降,处于不稳定的浮动状态。如图1所示,沈北新区2014—2016年CO<sub>2</sub>排放强度分别为6.73t/万t、5.32t/万t和

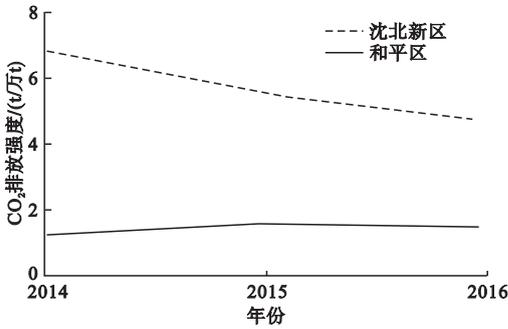


图 1 沈北新区与和平区 CO<sub>2</sub> 排放强度变化趋势

4.46 t/万 t。从沈阳各区年碳排放量分布图(见图 2)可以看出,沈北新区的碳排放强度远远高于和平区及其他各区。

沈北新区的碳排放强度位居沈阳市之首,高于老工业区铁西区,究其原因,是由于区内现状产业种类丰富,传统型产业较多。在之后的规划中,需要进行总体控制,使用清洁工艺,引进清洁能源,形成产业链,并推进生态产业园区的发展模式。

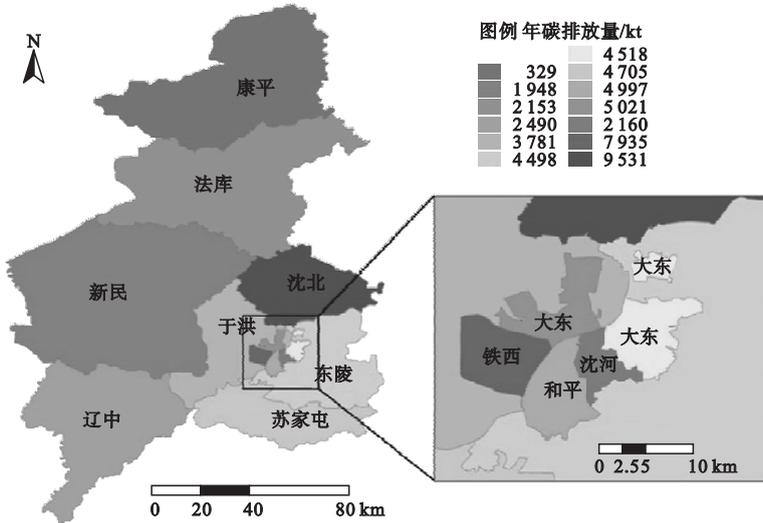


图 2 沈阳市各区碳排放强度分布

## 二、沈北新区产业碳足迹计算

### 1. 产业定义

原煤在沈北新区所有碳排放源中所占比例最大,其主要来源于工业能耗,所以笔者将产业定义为工业。

### 2. 碳足迹定义

关于碳足迹的理解,有两种定义:一是属于直接排放,即由人类活动所带来的直接的碳排放,用其量值来衡量;二是将它看成生态足迹的一部分,即在一个区域里,消纳所有化石燃料的碳排放量需要的碳汇用地,用面积来衡量<sup>[5-7]</sup>。综合这两种理解,将其定义为:容纳这个区域所有的碳排放量所需要的碳汇用地面积。

### 3. 沈北新区产业碳足迹计算

产业碳足迹计算公式:

$$CF = CT \times \left( \frac{P_f}{NEP_f} + \frac{P_g}{NEP_g} + \frac{P_a}{NEP_a} \right)$$

式中:CF 为碳足迹, hm<sup>2</sup>; CT 为碳排放总量; P<sub>f</sub> 为森林在整个区域的所占比重; P<sub>g</sub> 为草地在整个区域的所占比例, P<sub>a</sub> 为农田在整个区域的所占比重; NEP<sub>f</sub> 为森林的 NEP; NEP<sub>g</sub> 为草地的 NEP; NEP<sub>a</sub> 为农田的 NEP。NEP 为在这个区域里碳汇用地的固碳能力, t/hm<sup>2</sup>。这反映了不同植被的碳汇能力,即碳足迹。

世界森林年平均 NEP 为 3.809 6 t/hm<sup>2</sup>; 世界农田年平均 NEP 为 2.490 7 t/hm<sup>2</sup>; 世界草原年平均 NEP 为 0.948 2 t/hm<sup>2</sup><sup>[8]</sup>。

据此可算得, P<sub>f</sub>、P<sub>g</sub>、P<sub>a</sub> 分别为 27%, 72.7%, 0.3%。

根据沈北新区产业能耗清单编制表,得出沈北新区所有产业原煤消耗总量为 334.18 万 t,乘以煤炭的排放因子 1 816kg/t (见表 2),得出沈北新区所有产业 CO<sub>2</sub> 排放总量为 606.87 万 t。

表 2 不同类型能源的 CO<sub>2</sub> 排放因子

能源种类	CO <sub>2</sub> 完全排放因子/(kg·t <sup>-1</sup> )	中国燃料的氧化率/%	考虑氧化率的 CO <sub>2</sub> 排放因子/(kg·t <sup>-1</sup> )
原煤	1 978	0.918	1 816
液化石油气	3 165	0.989	3 130
天然气	21 840	0.990	21 622
汽油	2 985	0.980	2 925
煤油	3 095	0.986	3 052
柴油	3 159	0.982	3 102
燃料油	3 235	0.985	3 186
电力	—	—	863
其他	—	—	2 530

经计算,得到沈北新区容纳煤炭排放所需要的碳汇面积为  $2.22 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。

### 三、沈北新区产业空间布局模拟

#### 1. 沈北新区产业碳排放空间分布

计算沈北新区各片区的碳排放总量和各产业片区单位面积的碳排放量(见表 3)。地块 4、5、6 的碳排放总量和碳排放强度最高(见图 3),原因在于地块内布置了几个碳排放大厂,在调规阶段应着重考虑这几个厂的空间布局调整,并调整布局零散的厂,使用地布局紧凑,形成产业链循环。

表 3 产业碳排放空间分布

地块编号	地块碳排放总量/t	地块面积/hm <sup>2</sup>	单位面积碳排放量/(t·hm <sup>-2</sup> )
1	34 500	529	65.2
2	10 215	240	42.6
3	11 200	95	117.9
4	135 418	75	1 805.6
5	625 266	135	4 631.6
6	439 854	667	659.5
7	4 780	114	41.9
8	8 076	81	99.7
9	3 260	33	98.8
10	5 084	58	87.7
11	10 600	245	43.3
12	5 687	113	50.3

#### 2. 沈北新区产业空间的景观指数分析

景观指数反映研究区的景观破碎化程度和多样性变化<sup>[9]</sup>。将每个企业用点状表示,通过点状聚集的分布情况计算聚集度指数<sup>[10]</sup>。具体计算方法:将每个产业集群地块化为面积相等的圆,测量每个企业位置点与产业集群中心点的距离  $r$ ,取平均值  $r_1$ 。

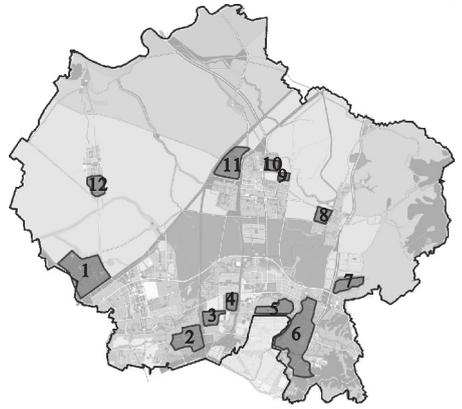


图 3 产业碳排放空间分布片区编号示意图  
用公式表示为:

$$r_E = 1 / (2 \times \sqrt{\frac{n}{A}})$$

其中,  $r_E$  为理论上的最邻近值;  $A$  为表区域面积;  $n$  为点的数量;  $D$  为这些点的密度。显然,紧凑型布局的平均值  $r_1$  最小,即邻近距离最小。

将聚集度指数  $R$  定义为实际的均值邻近距离与理论上最邻近距离的比值。

用公式表示为:

$$R = r_E / r_1 = 2 \sqrt{Dr_1} \times 100$$

计算现状产业布局的 4 个产业集群的聚集度指数(见表 4)。

表 4 现状产业集群的聚集度指数

产业集群	聚集度指数
组团 1	40.5
组团 2	72.6
组团 3	80.3
组团 4	30.8

采用 GIS 进行模拟,得到现状产业布局模拟(见图 4)。

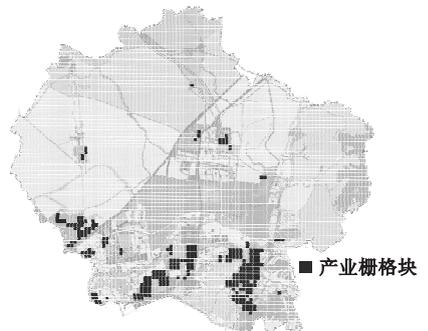


图 4 现状产业布局模拟

### 四、沈北新区低碳产业布局优化策略

#### 1. 约束条件耦合下的沈北新区产业低碳布局方案

规划主要通过两个主导方面——自然条件和社会条件进行约束和调控,通过这两个约束条件,形成理想模式的用地功能最优模型。

自然条件:沈阳属于温带季风气候,夏季主导方向为东南风,冬季主导方向为西北风,所以规划时最好将各类用地竖向平行布置。

社会条件:基于产业发展指导政策,通过计算城市功能空间紧凑度指标,排除其他因素对城市环境的影响,从产业碳源空间布局的适宜性、不同类型的城市形态和土地利用强度 3 方面对环境的影响进行评价。

通过分析,形成理想状态下的用地功能最优模型(见图 5),可达到生态效益最佳。

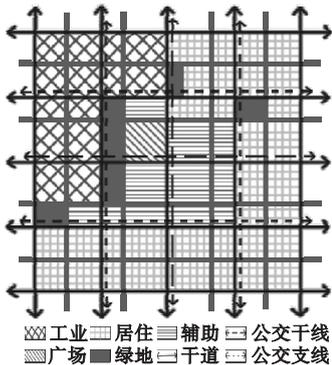


图 5 用地功能最优模型

在风向等自然条件、产业发展指导政策等社会条件的约束下,以及理想模式下的最优模型指导下,调整整体布局,经过 GIS 分析,在产业空间布局紧凑度指标的约束下,可得到调整后的栅格化图(见图 6),从而指导进一步的工厂位置调整。

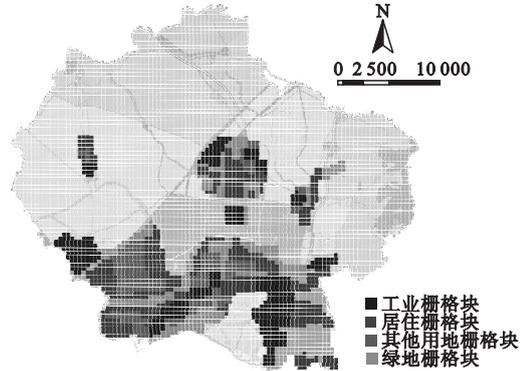


图 6 低碳产业空间布局优化方案

#### 2. 产业空间的优化调整策略

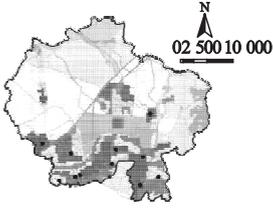
在产业碳排放机制上,从减少能源需求的角度出发,调整产业结构、完成低碳产业链的循环、形成紧凑的产业布局形式可以进一步减少碳源的排放。

根据低碳产业空间布局优化方案的指导,对沈北新区的 136 个厂进行总结并分类,厂区的调整类型分为 3 类:新建生态型企业、调整搬迁型企业和淘汰型企业(见表 5)。

表 5 沈北新区产业调整列表

类型	厂名	图示
新建生态型企业	联东 U 谷产业园(已实现)、沈阳东泰新热源发展有限责任公司以及引进 10 家清洁能源的生态型企业	
调整搬迁型企业	抗生素厂、沈阳煤业(集团)有限责任公司、希杰生物科技有限公司、中远集团、恒基、华发集团、华力胶带厂、隆成新型墙体材料、沈阳市精滑润滑油液压机械有限公司、沈阳市佳星机电设备制造有限公司	

续表

类型	厂名	图示
淘汰型企业	玻璃厂、依生物、众城集团、谭家航空机械、马刚汽车制动器制造、大富科世管业、沈阳市泰祥胶粘制品有限公司、沈阳冠品木器有限公司、沈阳市大富科世管业有限公司、沈阳城北消防器厂	

## 五、结 语

基于沈北新区产业碳源空间布局现状,对产业空间布局、碳排放足迹分布进行了分析。在GIS中,根据生态约束条件和社会经济约束条件,应用空间紧凑度计算模型对现状产业布局聚集度进行分析,作为产业碳源空间布局优化的指导依据,实现碳源在空间和功能上形成循环产业链的布局。

## 参考文献:

- [1] 张泉,叶兴平,陈国伟. 低碳城市规划:一个新的视野[J]. 城市规划,2010(2):13-17.
- [2] 蒋金荷. 中国碳排放量测算及影响因素分析[J]. 资源科学,2011,33(4):13-17.
- [3] 魏楚,余冬筠. 生产性行业温室气体排放的产业结构效应研究[J]. 产业经济研究,2013(1):597-604.
- [4] 郭婧,顾朝林,杨保军. 低碳产业规划在城市

总体规划中的应用研究;以北戴河新区为例[J]. 南方建筑,2013(4):18-23.

- [5] 卢俊宇,黄贤金,陈逸,等. 基于能源消费的中国省级区域碳足迹时空演变分析[J]. 地理研究,2013,32(2):326-335.
- [6] 石敏俊,王妍,张卓颖,等. 中国各省区碳足迹与碳排放空间转移[J]. 地理研究,2012,37(10):1327-1338.
- [7] 赵荣钦,黄贤金,钟大洋. 中国不同产业空间的碳排放强度与碳足迹分析[J]. 地理学报,2010,65(9):1048-1057.
- [8] 谢鸿宇,陈贤生,林凯蓉,等. 基于碳循环的化石能源及电力生态足迹[J]. 生态学报,2008,28(4):1729-1735.
- [9] 刘金花. 基于改进生态足迹模型的低碳土地利用研究:以济南市为例[D]. 武汉:中国地质大学,2013.
- [10] 苗作华,陈勇,曾向阳. 基于斑块聚集的城市土地利用空间布局研究[J]. 地理与地理信息科学,2013,29(1):56-60.

# Study on Spatial Layout of Low Carbon Industry in Shenbei New Area Based on Carbon Footprint Analysis

ZHOU Shiwen<sup>1</sup>, SHI Tiemao<sup>2</sup>, LI Sui<sup>2</sup>

(1. School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 2. Ecological Planning and Green Building Research Institute, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** This paper analyzes the carbon emissions in Shenbei New Area, and too much coal-getting is the reason of too high carbon emissions. According to the quantitative analysis of industrial carbon footprint and the status quo of carbon source space layout in Shenbei New Area, the spatial expression of carbon source in low carbon industry is put forward under the dual constraint of ecological condition and social economic condition. This aims to provide new ideas and research methods for the study of the spatial layout of low carbon industry in China.

**Key words:** carbon footprint; GIS; low carbon industry carbon source; spatial layout optimization