

沈阳市既有建筑碳排放量核算及节能 减排对策研究

周琳,宋梦歌

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

摘要:基于沈阳市既有建筑能耗对沈阳市既有建筑的碳排放量进行核算分析,并对沈阳市既有碳排放量进行空间与动力上的分解。通过对锡尔模型计算结果的分析,提出降低沈阳市碳排放量的对策,为更好地促进沈阳市经济提升增效以及转型升级提出建议。

关键词:既有建筑;碳排放量;节能减排;锡尔模型

中图分类号:X323 **文献标志码:**A

近年来,我国为实现经济的快速增长,不仅产生了经济发展结构不合理、增长方式粗放的问题,还面临严重的生态环境问题。在当前形势下,发展低碳经济成为我国实现可持续发展的重要路径。沈阳市作为东北地区的区域经济中心,市人民政府积极响应中央号召并出台了《沈阳市人民政府办公厅关于印发2015年节能减排工作要点的通知》,明确提出以节能减排降碳为目标的发展方向。

目前,我国的建筑耗能已与工业耗能、交通耗能成为我国能源消耗的三大“耗能大户”^[1],建筑耗能约占我国能源消费总量的30%。沈阳市作为东北地区的经济中心,按照国家中长期节能规划,承担着重要的建筑节能改造任务。由于沈阳市既有建筑具有总量大、分布广等特点,基于对各类既有建筑进行碳排放量的现状分析,提出推进建筑减排、打造低碳城市、有利于宏观把握既有建筑节能改造的目标。

一、碳排放量计算模型构建

1. 既有建筑能耗统计范畴

既有建筑的范畴可分为居住建筑、工业建筑以及公共建筑三大类,其中居住建筑包括住宅建筑和宿舍建筑两类;工业建筑包括生产用厂房、动力用厂房、附属储藏建筑等部分;公共建筑包括交通运输、仓储物流、批发零售、住宿餐饮等第三产业经营用房。能耗的具体统计内容为建筑在运行使用过程中的日常能耗,即用于采暖、制冷、照明、通风等活动所消耗的原煤、燃气、热力、电力等形式的一次性能源^[2]。既有建筑碳排放主要是指CO₂的排放。要把握区域CO₂排放特征,不仅需要分析其分布特点,还需要对其在区域间相互作用的依赖性和异质性进行研究^[3]。

2. 既有建筑碳排放核算模型

(1)能耗及碳排放总量核算。 i 表示沈阳市下辖的行政区; j 表示不同类型的既有建筑; k 表示一次消费的能源种类。假设 i 区的

第 j 种类型的既有建筑所消耗的第 k 种一次能源的数量为 E_{ijk} ,第 k 种能源折算为标准煤量的系数为 SC_k ,折算为相应 CO_2 排放量的系数为 RC_k ,则 i 区年度既有建筑碳排放量为:

$$C_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^m (E_{ijk} \times SC_{jk} \times RC_{ijk})$$

(2)既有建筑碳排放强度计算。假设 i 区某年的城乡人口总数为 POP_i 、既有建筑总面积为 S_i 、平均消费水平为 X_i ,则 i 区该年的平均人口碳排放强度 PCI_i 、平均建筑面积碳排放强度 SCI_i 、平均消费水平碳排放强度 XCI_i 的计算式分别为:

$$PCI_i = C_i \div POP_i$$

$$SCI_i = C_i \div S_i$$

$$XCI_i = C_i \div X_i$$

3. 既有建筑碳排放时空演化分析模型

锡尔指数可以系统地反映出沈阳市整体以及 10 大行政区域之间既有建筑碳排放的差异,通常锡尔指数数值的大小与区域间碳排放的不均衡性呈现出正比关系。笔者运用锡尔指数分别从人口、建筑面积和消费水平 3 个视角来进行测度,不同视角的锡尔指数计算公式分别为:

$$T_{\text{pop}} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_i}{C} \times \ln \left(\frac{C_i/C}{POP_i/POP} \right) \right]$$

$$T_s = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_i}{C} \times \ln \left(\frac{C_i/C}{S_i/S} \right) \right]$$

$$T_x = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_i}{C} \times \ln \left(\frac{C_i/C}{X_i/X} \right) \right]$$

二、沈阳市碳排放量实例分析

1. 沈阳市既有建筑能耗概况

沈阳市位于我国东北地区,是辽宁省的省会城市。全市总面积逾 13 000 km^2 ,其中市区面积约 3 495 km^2 ,其下辖行政区域划分为沈河区、和平区、大东区、铁西区、皇姑区、于洪区、浑南区、沈北新区、苏家屯区 9 个大区以及辽中、新民、康平、法库等 4 个市辖县。

沈阳市属于严寒地区,气候因素决定了

沈阳市居住建筑能耗是以采暖能耗为主的特点,采暖天数为 151 天^[4],建筑能耗损失主要是通过围护结构传热和门窗缝隙空气渗透等方面造成的。

沈阳市作为我国重要老工业基地之一,具有工业建筑能耗大的特点。在国家东北振兴规划实施之后,装备制造业和原材料工业“两大基地”建设成效显著,重化工业和能源工业增长速度加快,带动工业建筑能耗比重逐步上升。能否有效降低工业建筑的能耗,关系到沈阳市未来经济的可持续发展^[5]。

2. 沈阳市既有建筑碳排放量格局

(1)总体情况。在按照碳排放量核算模型计算时,与能源消耗的有关数据均以实物量为单位。在测算的过程中,通过能源消费的标准煤折算系数将能源消费的实物量转化为标准煤消耗量,各类一次性能源所对应的标准煤量折算系数和 CO_2 的碳排放量折算系数如表 1 所示。

表 1 各类能源的标准煤折算系数及碳排放系数

能源种类	RC_K	SC_K
柴油	0.591	1.457
原油	0.585	1.429
汽油	0.557	1.471
燃料油	0.618	1.429
炼厂干气	0.460	1.571
液化石油	0.504	1.714
天然气	0.448	13.300
煤油	0.572	1.471
其他石油制品	0.585	1.200
热力	0.895	0.034
电力	0.277	1.229
原煤	0.767	0.714
型煤	0.767	0.600
洗精煤	0.765	0.900
其他洗煤	0.808	0.286
焦炉煤气	0.354	6.143
其他煤气	0.354	3.570
焦炭	0.855	0.971
其他焦化产品	0.644	1.300
其他能源	0.742	1.000

2011—2015 年沈阳市各区既有建筑碳排放量及总量计算结果如表 2 所示。

(2)不同维度既有建筑碳排放强度。在 3 种不同类型碳排放强度的测度指标中,平均人口碳排放强度 PCI_i 和平均建筑面积碳排放强度 SCI_i 用以衡量沈阳市既有建筑碳排放的效率,而平均消费水平碳排放强度

表 2 2011—2015 年沈阳市各区既有建筑碳排放总量

万 t

年份	沈河区	和平区	大东区	铁西区	皇姑区	于洪区	浑南区	沈北新区	苏家屯区	其他区	合计
2011	64.22	43.55	174.15	388.48	57.68	134.57	162.93	171.59	85.13	345.40	1627.70
2012	66.86	45.27	187.11	422.78	61.30	147.10	168.38	188.20	98.02	379.09	1764.10
2013	67.95	42.95	197.32	441.98	60.03	156.12	173.04	198.05	104.55	405.08	1847.08
2014	69.45	60.46	239.64	404.04	49.71	189.33	169.98	202.21	120.55	484.46	1989.84
2015	68.47	56.06	239.37	412.39	54.90	178.46	161.39	203.87	105.33	459.53	1939.76

XCI_i 则揭示了经济发展的碳成本,三者都是反向指标。根据计算结果可得,虽然 SCI_i 与 XCI_i 呈现小幅下降趋势,这与近年来居民环保意识提升、节能建筑得到重视有一定关系,但与碳排放总量整体上仍呈现上升趋势(见表 3)。

表 3 不同维度既有建筑碳排放强度

年份	$PCI_i/$ (t/人)	$SCI_i/$ (t·m ⁻²)	$XCI_i/$ (t/万元)	总量/ 万 t
2011	2.252	0.044 5	1.241	1 627.69
2012	2.434	0.043 5	1.217	1 764.09
2013	2.540	0.040 7	1.142	1 847.07
2014	2.730	0.039 7	1.127	1 989.83
2015	2.656	0.036 6	1.027	1 939.75

3. 沈阳市各行政区域碳排放区域差异分析

(1) 全市总体差异。根据 2011—2015 年沈阳市既有建筑 PCI_i 、 SCI_i 以及 XCI_i 的计算结果,可进一步计算反映 3 个指标各自总体差异的锡尔指数 T_{pop} 、 T_s 、 T_x ,计算结果如图 1 所示。

根据图 1 可知, T_s 总体差异最大, T_x 总体差异则与 T_{pop} 总体差异相近,表明既有建

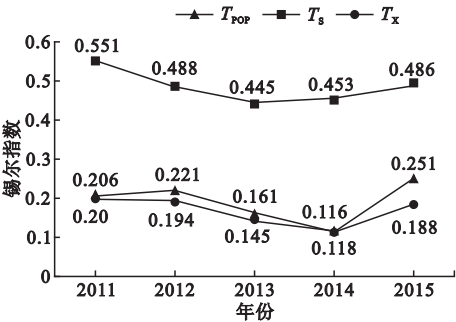


图 1 沈阳市 2011—2015 既有建筑碳排放锡尔指数
筑碳排放与人口和消费水平的匹配程度,优于与既有建筑建筑面积的匹配程度。

(2) 区域间差异。根据锡尔模型原理,通过相关计算公式可得出 2011—2015 年沈阳市各行政区域之间不同测度指标总体差异的锡尔指数。

1) 区域平均人口碳排放强度锡尔指数。以 2011—2015 年沈阳市各行政区域的城乡人口数为基础,计算反映既有建筑平均人口碳排放强度区域差异的锡尔指数,如表 4 所示。

表 4 2011—2015 年沈阳市各区域平均人口碳排放强度锡尔指数

年份	沈河区	和平区	大东区	铁西区	皇姑区	于洪区	浑南区	沈北新区	苏家屯区	其他区
2011	-0.036	-0.032	0.011	0.159	-0.041	0.031	0.087	0.092	-0.007	-0.058
2012	-0.038	-0.032	0.010	0.164	-0.041	0.034	0.092	0.094	-0.004	-0.058
2013	-0.036	-0.031	-0.035	0.158	-0.040	0.032	0.073	0.096	-0.002	-0.052
2014	-0.036	-0.032	-0.035	0.100	-0.037	0.045	0.056	0.085	0.002	-0.031
2015	-0.036	-0.033	0.034	0.136	-0.022	0.064	0.053	0.092	-0.004	-0.035

从区域平均人口碳排放强度锡尔指数实际值来看,可以将这些区域划分为 3 个部分。第一部分为铁西区,锡尔指数最大;第二部分为浑南区 and 沈北新区两个区域;第三部分为除此之外的其他区域,平均人口碳排放强度锡尔指数相对较小。而从增速来看,于洪区

的平均人口碳排放强度锡尔指数增长较快。

2) 区域平均建筑面积碳排放强度锡尔指数。以 2011—2015 年沈阳市各行政区域的既有建筑碳排放和既有建筑面积数为基础,计算出衡量既有建筑平均建筑面积碳排放强度区域差异的锡尔指数,如表 5 所示。

表 5 2011—2015 年沈阳市区域平均建筑面积碳排放强度锡尔指数

年份	沈河区	和平区	大东区	铁西区	皇姑区	于洪区	浑南区	沈北新区	苏家屯区	其他区
2011	-0.079	-0.050	0.042	0.019	-0.016	0.065	0.146	0.201	0.044	0.179
2012	-0.074	-0.050	-0.005	0.074	-0.017	0.061	0.051	0.151	0.083	0.214
2013	-0.074	-0.045	-0.032	0.077	-0.017	0.079	-0.003	0.105	0.087	0.269
2014	-0.070	-0.050	-0.036	0.025	-0.021	0.105	-0.015	0.083	0.099	0.333
2015	-0.069	-0.050	0.038	0.007	-0.020	0.093	0.000	0.108	0.087	0.292

从平均建筑面积碳排放强度锡尔指数实际值来看,可将所有的区域划分为浑南区、沈北新区以及其他区 3 个区域,这些区域的平均建筑面积碳排放强度锡尔指数较大,而除了这 3 个区域之外的其他各区域平均建筑面积碳排放强度锡尔指数较小。

表 6 2011—2015 年沈阳市十大区域平均消费水平碳排放强度锡尔指数

年份	沈河区	和平区	大东区	铁西区	皇姑区	于洪区	浑南区	沈北新区	苏家屯区	其他区
2011	-0.038	-0.037	0.012	0.216	-0.035	-0.014	0.002	0.020	-0.027	0.102
2012	-0.037	-0.035	0.014	0.227	-0.034	-0.011	0.000	0.027	-0.019	0.063
2013	-0.037	-0.034	-0.034	0.227	-0.034	-0.009	-0.001	0.026	-0.019	0.060
2014	-0.038	-0.037	-0.035	0.153	-0.034	0.045	-0.012	0.011	-0.022	0.086
2015	-0.038	-0.037	0.031	0.169	-0.035	0.041	-0.014	0.016	-0.025	0.082

从平均消费水平碳排放强度锡尔指数实际值来看,可以将所有的区域划分为两类,铁西区和其他区两个部分。这些区域的平均消费水平碳排放强度锡尔指数较大,而除了这两部分区域之外的其他各区域平均消费水平碳排放强度锡尔指数较小。碳减排与经济发展的密切关系,意味着碳减排和经济发展并重需要优化经济发展方式,提高能源利用效率^[6-7]。

4. 计算结果分析

(1)沈阳市既有建筑碳排放整体呈现持续增长态势。其中,平均人口碳排放强度呈现出波动性增长趋势;平均建筑面积碳排放强度平稳发展,无明显增长或降低趋势;平均消费水平碳排放强度则呈现逐年降低的良好发展态势。

(2)沈阳市各行政区域间差异显著。各行政区域间既有建筑碳排放的空间区域相关性和异质性同时存在,并且人口结构、能源消费结构等对各区既有建筑碳排放的影响具有显著的空间差异。

3)区域平均消费水平碳排放强度锡尔指数。以 2011—2015 年沈阳市各行政区域的既有建筑碳排放和沈阳市居民平均消费水平为基础,计算出衡量既有建筑平均消费水平碳排放强度区域差异的锡尔指数,如表 6 所示。

三、对沈阳市既有建筑节能减排的对策

1. 重视工业建筑节能,贯彻落实节能措施

对工业建筑的能耗控制可从加强外窗的气密性,增加外墙的保温性,合理设计室内温度等改造措施入手。此外,还应对工业建筑进行全面的能耗调研分析和总结,细化工业能耗标准,完善工业建筑节能技术指标体系,加强贯彻落实的监督力度,以保证建筑节能工作的顺利进展。

2. 提高能源综合利用率,开发新型能源

提高能源的利用率是减少碳排放最有力的途径,需重视生产生活中余能能源的利用,提高一次性能源的循环利用率,提高经济发展集约性。此外,还应不断开发新型清洁能源,形成完备的多元化能源供应体系,推动新能源应用端产品市场的开拓,将新能源的应用普及社会生产生活中。

3. 改造既有建筑,发展低碳建筑

应积极应对人口增长,努力缓解居民住房压力,加强对既有建筑节能评估的重视,充分对既有建筑进行更新改造。在改造的过程

中,要注意适用原则和经济性,可根据节能评估的结果,对于改造费用大于新建建筑费用的既有建筑进行拆除;对于改造费用小于新建建筑费用的既有建筑,则可通过围护结构、供热管网的保温改造等手段进行节能改造^[8-10]。

4. 建立阶梯式用能体系,减少能源浪费

在既有建筑运行过程中,应定期对公共建筑和居民建筑的能耗进行统计分析,建立完善的阶梯式用能收费体系,针对能源消耗多的分系统,采取有针对性的措施,并运用抑制性经济手段,提高能源利用效率,降低能耗,实现可持续发展。

四、结 语

笔者基于锡尔指数模型,对沈阳市既有建筑碳排放的分布差异进行研究,得出了人口规模、经济发展水平和建筑面积总量对各区域既有建筑碳排放的影响具有显著空间异质性以及同质性的结论,并且从提高居住舒适度和房产价值、为社会节约大量能源的角度,提出了能够降低碳排放量的建议与对策,以期能够更好地为沈阳市经济的提质增效以及转型升级作出贡献。

参考文献:

[1] 沈可及. 既有建筑节能改造的现状与出路

[J]. 建筑节能,2010(1):10-12.
[2] 祁神军,田丝女,张云波. 基于 RPM 的既有建筑碳排放结构特性及减排策略研究[J]. 建筑科学,2014(30):1-7.
[3] 汪浩,陈操操,潘涛,等. 县域尺度的京津冀都市圈 CO₂ 排放时空演变特征[J]. 环境科学,2014(1):385-393.
[4] 张沈生,张雪姣,郑诗文,等. 辽宁省工业发展的综合能耗问题及未来走势[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版),2009(3):316-320.
[5] 陈亚文. 辽宁省工业发展的综合能耗问题及未来走势[J]. 经营管理,2009(12):49-50.
[6] 李丹丹,刘锐,陈动. 中国省域碳排放及其驱动因子的时空异质性研究[J]. 中国人口·资源与环境,2013(7):84-92.
[7] 计永毅. 日本既有建筑改造与空调系统的节能技术分析[J]. 建筑科学,2012(11):100-104.
[8] 周奇琛,秦旋,詹朝曦. 基于能耗分析的既有建筑节能改造经济性评价[J]. 建筑科学,2010(8):53-57.
[9] 李建豹,张志强,曲建升,等. 中国省域 CO₂ 排放时空格局分析[J]. 经济地理,2014(9):158-165.
[10] 曹小琳,王巨朋. 节能住宅全寿命期经济效益及实证分析[J]. 建筑经济,2008(11):100-103.

The Research on the Countermeasures of Existing Buildings Carbon Emission Accounting and Energy Conservation and Emission Reduction in Shenyang

ZHOU Lin, SONG Mengge
(School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

Abstract: Based on the existing buildings energy consumption of Shenyang, the carbon emission of existing buildings is calculated and analyzed in spatial and dynamical decomposition. Based on the analysis of the calculation results of the Theil model, the paper puts forward the countermeasures to reduce the carbon emission in Shenyang, and some suggestions for the economic growth, transformation and upgrading.
Key words: existing buildings; carbon emissions; energy conservation and emission reduction; Theil model