

# 我国一般工业固体废物排放驱动因素实证分析

孙义<sup>1</sup>, 郑古蕊<sup>2</sup>, 徐晓宇<sup>3</sup>

(1. 中环联合(北京)认证中心有限公司, 北京 100029;

2. 辽宁社会科学院, 沈阳 110031; 3. 沈阳农业大学, 沈阳 110866)

**【摘要】** 固体废物管理与大气、水、土壤污染防治密切相关, 是整体推进环境保护工作不可或缺的重要一环。统筹推进固体废物“减量化、资源化、无害化”, 既是改善生态环境质量的客观要求, 又是促进工业绿色可持续发展的现实需要。本文采用可拓展的随机性环境影响评估模型及最小二乘法建立工业固体废物排放量的预测方程, 结果显示: 2008—2017年, 中国第二产业产值增长2.2倍, 第二产业产值占比下降6.5%, 从业人员数量增长6.2%, 劳动生产率增长2.1倍, 一般工业固体废物产量增加1.76倍, 排放量下降了90%。其中, 工业生产者购进价格指数、工业固废处置率与因变量固体废物排放量的相关性不显著; 使用SPSS21.0对因变量及其解释变量进行逐步回归分析及共线性诊断, 结果发现二产产值对因变量的影响极小; 研究期内工业固废综合利用率处于下降趋势与固废排放量变化相反, 呈现出了脱钩状态。因此, 固体废物排放量的主要驱动因素分别为: 二产从业人员数量, 二产占比和劳动生产率, 其对应弹性系数分别为: -6.91、8.61和-1.38。

**【关键词】** 一般工业固体废物排放; STIRPAT模型; 驱动因素

中图分类号: X7 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2020)05-0050-03 DOI: 10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202005050

固体废物管理与大气、水、土壤污染防治密切相关, 是整体推进环境保护工作不可或缺的重要一环。数据显示: 2018年全国200个大、中城市共产生固体废物超过18亿吨<sup>[1]</sup>, 其中一般工业固体废物产生量为15.5亿吨, 占比超过85%。统筹推进固体废物“减量化、资源化、无害化”<sup>[2]</sup>, 既是改善生态环境质量的客观要求, 又是促进工业绿色可持续发展的现实需要。

本文采用可拓展的随机性环境影响评估模型, 探寻人口、财富、技术三方面对因变量工业固体废物排放量的影响。通过实证分析确定模型的适用性, 明确自变量与因变量间的弹性系数, 最后得出工业废弃物排放的驱动因素及政策建议。

## 1 文献综述

目前, 工业领域的环境研究主要集中在水、气、声等领域的污染治理以及工业碳排放驱动因素的分析<sup>[3]</sup>, 对工业固体废物排放驱动因素的研究相对薄弱。刘睿劼等<sup>[4]</sup>采用对数平均迪氏指数(LMDI)法从规模效应、技术效应、治理效应和结构效应四方面对工业固体废物排放的影响因素进行了分析, 其中, 技术效应和治理效应是我国工业固体废物减排的主要动力, 结构效应随着社会的发展将起到更加重要的作用。同样采用对数平均迪氏指数法, 薛军等<sup>[5]</sup>发现经济规模对减排起着负向驱动作用; Li Xiaofei<sup>[6]</sup>运用回归分析方法对工业固体废物综合利用能力影响因素进行了研究, 结果显示: 工业固体废物处理收益水平、投资水平和补贴力度对提高

综合利用能力起着积极影响。在分析模型方面, STIRPAT模型主要用于环境影响分析, 可以从人口、财富、技术三个层面对自变量和因变量之间的关系进行评估, 目前被广泛应用于温室气体排放影响因素分析<sup>[7]</sup>。

## 2 驱动因素分析

### 2.1 方法与模型

本文选择DIETZ等<sup>[8]</sup>提出的改进后的非线性随机回归(STIRPAT)模型。首先, 对全国2008—2017年度工业固体废物产生、处置量、排放量以及具有潜在影响关系的社会、经济指标进行整理分析。然后, 采用最小二乘法进行多元线性回归拟合模型, 如共线性诊断的结果中存在自变量VIF值显著大于10的情况, 则采用岭回归<sup>[9]</sup>方法对模型重新进行拟合, 处理后得到最终模型。

$$I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i \quad (1)$$

其中,  $I$ 代表环境压力, 即固废排放量,  $P$ 、 $A$ 、 $T$ 分别代表人口因素、财富因素和技术因素。 $a$ 为模型系数, 上标 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 分别是人口、财富和技术等驱动因素的指数。 $e$ 为模型误差。下标 $i$ 标明不同的观测单元各异的模型参数。

STIRPAT模型属于多自变量非线性随机模型, 对公式(1)两边同时取对数变化为公式(2)。

$$\ln I = \ln a + b(\ln P) + c(\ln A) + d(\ln T) + \ln e \quad (2)$$

以 $\ln I$ 为因变量,  $\ln P$ 、 $\ln A$ 、 $\ln T$ 为自变量,  $\ln a$ 为常数项,  $\ln e$ 为误差项。根据弹性系数概念, 当其他因素保持不变时, 固废产生量的影响因素( $P$ 、 $A$ 、 $T$ )每变

化 1%, 将分别引起  $I$  变化  $b%$ 、 $c%$  和  $d%$ 。

### 2.2 样本与数据

本文依托现有研究结论选取自变量, 其中, 二产占比代表结构效应, 工业生产者购进价格指数、二产产值和从业人数代表经济规模效应, 劳动生产率和工业固废综合利用率代表技术效应, 工业固废处置率代表治理效应。

通过对中国 2008—2017 年的统计数据进行分析可知: 全国第二产业产值由 2008 年的 149956.6 亿元, 增至 2017 年的 332742.7 亿元, 增长 2.2 倍, 其中, 二产占比由 47% 降至 40.5%。2008 年二产从业人员数量为 20553 万人, 2017 年为 21824 万人, 有小幅增长。劳动生产率则由 7.3 亿元/万人增至 15.25 亿元/万人, 变化显著。如图 1 所示, 中国一般工业固体废物产量由 2008 年的 188770 万吨, 增至 2017 年的 331592 万吨, 增加 1.76 倍。在排放量方面, 2017 年全国一般工业固体废物排放量为 73 万吨, 与 2008 年的 782 万吨相比, 下降了 90%。

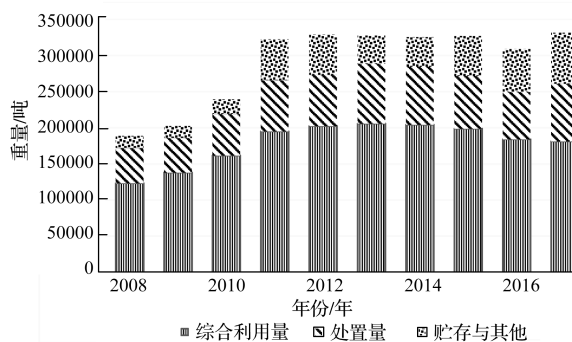


图 1 2008—2017 年中国一般工业固体废物产量及处置情况

### 2.3 实证结果

通过对各项社会经济指标与一般工业固体废物产生量的关联分析, 本研究 STIRPAT 模型拟选择变量见表 1。

表 1 模型中的变量描述

变量	分类	名称	符号	指标定义
因变量		工业固废排放量	W	全国一般工业固体废物倾倒入弃量
自变量	人口因素	从业人数	P	年末总二产从业人员数
		二产占比	Ind2	第二产业增加值/地区生产总值
	财富因素	工业生产者购进价格指数	PM	工业生产者购进价格变动趋势和变动程度的相对数, 上年同期为 100
		二产产值	OV	第二产业增加值
	技术因素	工业固废综合利用率	UR	工业固废综合利用量/工业固体废物产量
		工业固废处置率	DR	工业固废处置量/工业固体废物产量
劳动生产率		LP	工业增加值/从业人员平均人数	

本研究首先对工业固废排放量及其解释变量进行相关性分析, 结果显示: 表示工业生产者购进价格指数、工业固废处置率与因变量的相关性不显著, 因此将二者从解释变量中剔除。由于部分解释变量间存在显著相关性, 使用 SPSS21.0 对因变量及其解释变量进行逐步回归分析及共线性诊断, 结果发现二产产值对工业固废排放量的影响极小, 在逐步分析过程中被剔除, 同时二产产值、工业固废综合利用率和劳动生产率均存在不同程度的共线性, 为消除共线性对回归结果的影响, 本文采用岭回归分析方法。

根据岭迹法取  $k$  从 0 到 1, 步长 0.02, 岭迹图输出结果见图 2。

根据岭迹法选取  $k$  值为 0.3, 岭回归模型系数见表 2。

$k=0.3$  时, 各解释变量稳定, 因此当  $k=0.3$  时,  $R^2=0.924$  岭回归方程为:

$$\ln W = 44.87 - 6.91 \ln P + 8.61 \ln \text{Ind2} - 1.38 \ln LP \quad (3)$$

基于我国 2008—2017 年度数据验证该预测模型的有效性, 通过模型计算得到工业固体废物排放量的方

程预测值, 并对工业固体废物实际值与预测值应用 SPSS21.0 进行配对样本 T 检验, 检验结果显示:  $p$  值为 0.31, 大于显著性水平 0.05, 工业固体废物预测值与实际值相关系数为 0.96, 说明根据得到的模型计算的我国工业固体废物排放量与实际情况没有显著差异, 方程预测效果较好。

表 2 我国工业固体废物 STIRPAT 模型的岭回归结果

变量	系数	$t$ 值	sig. $t$
Constant	44.87	1.685	0.143
$\ln P$	-6.900	-2.802	0.031
$\ln \text{Ind2}$	8.605	5.741	0.001
$\ln LP$	-1.377	-3.928	0.008
$R^2$		0.924	
F 值		24.353	
Sig. F		0.001	

### 3 模型分析结论

本文采用可拓展的随机性环境影响评估模型及最小二

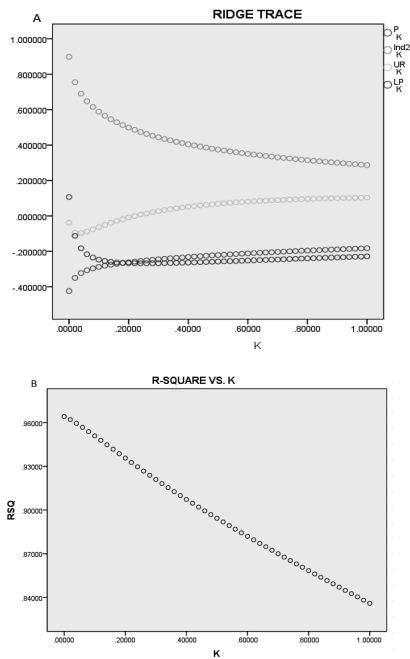


图2 岭回归分析结果岭迹图

乘法建立工业固体废物排放量的预测方程, 结果显示:

(1)由公式(3)可知, 我国2008—2017年一般工业固体废物排放量的驱动因素中, 产业从业人数、二产占比和劳动生产率的弹性系数分别为-6.91、8.61和-1.38, 分别表示从业人员数量增加1%, 排放量降低6.91%; 二产占比增加1%, 排放量增加8.61%; 劳动生产率增加1%, 排放量降低1.38%。

(2)从业人员数量反应产业发展情况, 代表经济规模效应, 劳动生产率代表技术效应。从分析结果来看, 二者对工业固体废物排放量均起负向驱动作用, 其中, 从业人员数量对排放量影响更为显著。而同样代表技术因素的自变量工业固废综合利用率, 因为研究期内处于下降趋势与固废排放量变化相反, 呈现出了脱钩状态。

(3)二产占比代表全社会产业结构, 对工业一般固体废物排放量起正向驱动的作用。因此, 一方面可以从调整产业结构入手, 积极提高一次和三次产业比重,

努力形成以服务经济为主导的产业结构; 另一方面, 要加快推进以战略性新兴产业为引领, 以先进制造业为支撑的新型产业体系, 通过产业、产品升级减少固体废弃物的排放。

### 4 结语

固体废物管理与大气、水、土壤污染防治密切相关, 是整体推进环境保护工作不可或缺的重要一环。2018年全国200个大、中城市共产生固体废物超过18亿吨, 其中一般工业固体废物产生量为15.5亿吨, 占比超过85%。统筹推进固体废物“减量化、资源化、无害化”, 既是改善生态环境质量的客观要求, 又是促进工业绿色可持续发展的现实需要。

根据本文以上计算结果, 为减少工业固体废物排放, 本研究提出以下建议: 一是企业要主动扩大规模, 完善组织结构, 建立从内部管理到产品生产的绿色、可循环发展体系; 二是企业要重视工艺、设备的升级与改造, 特别是在设计阶段就要考虑固废的回收与处置; 三是全社会要积极推进固废处置与综合利用技术的创新与发展, 加大技术研发的投入经费, 加快国内外先进技术、高新材料的引进与落地。

### 参考文献:

- [1] 生态环境部. 2019年全国大中城市固体废物污染环境防治年报[EB](2019-12-31). <http://www.mee.gov.cn/ywqz/gfwyhxpj/glfw/201912/P020191231360445518365.pdf>.
- [2] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国固体废物污染环境防治法[M]. 北京: 法律出版社, 2016.
- [3] 郭朝先. 中国工业碳减排潜力估算[J]. 中国人口、资源与环境, 2014, 24(9): 13-20.
- [4] 刘睿劼, 张智慧. 基于对数平均迪氏指数法的中国工业固体废物排放影响因素分解研究[J]. 环境污染与防治, 2011, 33(4): 91-94.
- [5] 薛军, 徐淑民. 基于LMDI分解方法的工业固体废物排放影响因素分解模型及实证研究[C]. 中国环境科学学会科学技术年会论文集/第五章固体废物管理与污染处理, 2018: 2320-2326.
- [6] LI X. Research on Regional Industrial Solid Waste Comprehensive Utilization Ability Influencing Factors based on Panel Data [J]. International Journal of Technology Management, 2013(11): 90-93.
- [7] 马丁, 陈文颖. 中国2030年碳排放峰值水平及达峰路径研究[J]. 中国人口资源与环境, 2016, 26(5): 1-4.
- [8] DIETZ T, ROSA E A. Rethinking the environmental impacts of population, affluence, and technology [J]. Human Ecology Review, 1994(1): 277-300.
- [9] 何晓群, 刘文卿. 应用回归分析(第5版)[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2019.

## Empirical analysis on the driving factors of industrial solid waste discharge in China

SUN Yi, ZHENG Gurui, XU Xiaoyu

(1. China Environmental United Certification Center, Beijing, 100029, China; 2. Liaoning Academy of Social Science, Shenyang 110031, China; 3. Shenyang Agricultural University, Shenyang, 110866, China)

**Abstract:** The overall promotion of solid waste “reduction, resource utilization and innocuity” is not only an objective requirement to improve the quality of ecological environment, but also a realistic need to promote the green and sustainable development of industry. It was found that, the main drivers of solid waste emissions are: the number of employees in secondary production, the proportion of secondary production and labor productivity, and the corresponding elastic coefficients are: -6.91, 8.61 and -1.38, respectively.

**Keywords:** Keywords; industrial solid waste discharge; STIRPAT Model; influencing factors