

# 钢铁行业环境管制标准提升对企业行为 与环境绩效的影响

李 钢<sup>1</sup> 刘 鹏<sup>2</sup>

(1. 中国社会科学院工业经济研究所, 北京 100836; 2. 中国社会科学院研究生院, 北京 102488)

**摘要** 通过文献计量的方法, 构建了钢铁行业环境管制的标准强度; 并以此为基础分析了环境管制标准强度提升对企业行为的影响及企业环境绩效的影响。计量结果显示: 2000-2014年, 中国钢铁行业的环境管制标准强度累计提高了122个单位, 是1999年(基期100)的2.22倍; 数据还显示标准强度提升较快的年份集中在2004和2005年以及2009、2010和2011年。环境管制标准强度的不断提高, 促进了企业采取环境友好型技术。计量回归结果表明: 前一期的标准强度提高会促进下一期企业环境绩效的提升。在管制初期, 标准强度的提升能够带来环境绩效较大幅度的改善; 随着标准强度的进一步提升, 环境绩效的改善程度逐渐减弱。格兰杰因果关系检验也显示: 环境管制标准强度的不断提升是促进企业行为改变的重要原因; 这也表明, 采取的文献计量的方法能较准确的计量环境管制标准强度的提升。数据还显示, 2001-2012年间, 除吨钢废气排放量有所上升外, 吨钢能耗、吨钢二氧化硫和烟粉尘的排放量、吨钢废水排放量、吨钢化学需氧量、吨钢一般固体废物均呈现逐渐下降的变动趋势, 表明企业对环境管制标准强度不断提升的应对行为, 促进了企业环境绩效的改善, 减少了其对环境的不利影响。认为, 虽然2000年以来中国钢铁行业的环境管制标准强度提升显著, 但管制标准还有提升空间; 提高环境管制标准强度对于环境绩效的改善仍有较大空间。

**关键词** 环境管制; 企业行为; 环境绩效

中图分类号 F426 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2015)12-0008-07 doi:10.3969/j.issn.1002-2104.2015.12.002

改革开放以来, 尤其是进入21世纪以来, 中国经济取得了迅猛发展, 人们的生活水平得到不断提高, 人们在追求物质享受的同时也越来越注重环境保护与自身健康。在这样的背景下, 有越来越多的声音要求政府加大环境保护力度。正如金碚<sup>[1]</sup>提到的: “在一定的工业发展阶段, 人们宁可承受较大的环境污染代价来换取工业成就; 而到了工业发展的较高阶段, 环境的重要性变得越来越重要。”因此, 当工业发展到较高阶段时, 人们宁可放弃一定的经济发展速度来维持较高的环境水平<sup>[2]</sup>。钢铁行业作为国民经济体系中一大重要产业, 具有流程长、规模大、产能高的特点, 不仅自身能产生较大的规模效应, 而且还可以带动相关产业的快速发展。然而钢铁行业又是一个污染较为严重的行业, 其高能耗、高污染、高排放的另一特点, 又使得各钢铁大国格外重视其节能减排的绿色化发展之路。中国经过改革开放的快速发展, 粗钢产量在1996年超过日本, 成为世界第一大钢铁生产国<sup>[3]</sup>; 近十几年中国钢铁行业依然发展迅速, 产能规模不断扩大, 但其随之带来的

污染问题也日益引起环保部门的关注; 为了保持绿色可持续发展的同时又要不断提高我国钢铁行业在国际上的竞争力, 有关部门相继出台了一系列的环境方面的政策法规。基于这样的背景与现状, 本文讨论的几个重点问题在于: 一是将2000-2014年中国钢铁行业的环境保护政策法规(即环境管制标准强度)进行量化; 二是对吨钢污染物达标排放量进行标准化处理; 三是对环境管制标准强度和环境绩效进行定量分析。期望为钢铁行业的环境管理提供依据。

## 1 钢铁行业的环境影响

钢铁行业是资源(能源)密集型产业, 其特点是产业规模大、生产工艺流程长, 从矿石开采到产品最终的生成, 需要消耗大量的资源, 且污染物排放量巨大。同时, 由于中国多年来一直以粗放型的生产方式为主, 炼钢工艺水平提高缓慢, 钢铁行业也一直以来是国内的重污染行业。统计数据显示, 截止到2014年12月我国全年粗钢累计产量

收稿日期: 2015-07-26

作者简介: 李钢, 博士, 研究员, 主要研究方向为产业与企业竞争力。

基金项目: 国家社会科学基金重点项目“产业升级与环境管制提升路径互动研究”(编号: 14AJY015); 国家软科学研究计划重大项目“颠覆性技术创新机制及对产业发展影响研究”(编号: 2013GXS6B213)。



8.23 亿 t, 全年钢材累计产量 11.26 亿 t, 较上年同比分别增长 5.6% 和 5.4%。这样一个庞大的行业, 产量每增加 1%, 就会带来大量的能源消耗和污染物排放。在过往的十几年, 钢铁行业环境绩效在稳步提升, 单位产出对环境的影响在减少。一般认为环境绩效提升的原因有: 技术进步, 内部管理, 产业结构调整(在产业内部也可以看成是产品结构调整)。这些变化往往是环境管制作用的结果。制度学派认为, 技术进步是内生的, 甚至内部管理、产业结构都是内生于当前的制度环境。马克思认为制度是经济基础决定的, 进一步是生产力发展水平决定的。李钢等<sup>[4]</sup>提出: “环境管制强度是由执法力度及污染物排放标准所决定。提高环境管制的强度, 既可以通过提高执法力度, 从而提高企业违法成本所实现; 也可以通过提高污染物的排放标准而实现”。其研究表明“1997 年以后中国环境管制执法强度不断提升”<sup>[4]</sup>, 但该研究没有量化标准强度的变化情况。若仅从单位产出对环境的影响结果来看, 无法分辨出环境绩效的提升是由标准强度提升还是执法强度提升造成的。因而本文希望从环境管制标准强度对环境绩效的影响这一角度入手, 深入分析具体某种制度安排(环境管制标准强度)下, 企业的行为及其环境绩效的变化。

## 2 环境管制标准强度与量化

李钢等提出<sup>[4]</sup>环境管制强度一般可分为执法强度和标准强度; 前者可以通过工业环境已支付成本与工业环境总成本之比进行测算, 目前已有不少学者对此进行了相关研究; 而对于后者的量化与测算一直进展缓慢。对于欧美等发达国家, 一般而言法规可以得到有效的执行; 而对于发展中国家, 经常会出现“有法不依, 执行不严, 违法未究”的现象。环境管制强度用于衡量一国“理想”的环境管制强度, 可以用一国法规所规定的排污标准来衡量; 而环境管制执法强度用来衡量一国“实际”的对“违规”的追究程度。本文从可查的现行法律法规中, 按照年份和类别对钢铁行业的环境管制标准强度进行了逐一统计, 得到如表 1 中的内容(由于篇幅限制本文仅列出高炉环境管制内容, 本文研究的内容还包括烧结机、转炉、电炉、炭化室、生产能力、能耗、污染物等七个方面)<sup>[5-7]</sup>。然后按以下方法对表 1 中各年的环境管制标准强度进行赋值: 按照时间顺序进行对比, 本年度中只要有一项管制强度比上一年度提升就赋值为 1, 不变为 0, 下降为 -1(有 n 项提升, 则赋值为 n, 以此类推)。其中, 若本年度中的管制强度既有上升也有下降, 则根据变化的程度来具体赋值(上升程度大于下降程度, 赋值为 1; 上升程度小于下降程度, 赋值为 -1; 两者相当, 赋值为 0)。表格中的空白处表示本年度的法规政策未对此项目做出明确的规定。在表 1 中, 用 ↑ 表

示管制强度上升, ↓ 表示管制强度下降, ↔ 表示管制强度不变或持平。将上述表格中的管制强度赋值后, 合并统计得到表 2。取 1999 年的标准强度为 100, 然后对每年的赋值结果进行累加, 便可得到各个年份的标准强度值。

从表 2 可以看出, 随着时间的变化, 环境管制标准强度明显呈不断上升的变化趋势。从总体数值上看, 2000 - 2014 年的环境管制标准强度提高了 122 个单位, 是 1999 年(基期 100)的 2.22 倍。从表 2 的横向来看, 环境管制标准强度提升幅度最大的是能耗方面, 2000 - 2014 年间共提高了 26 个单位, 其中 2009 - 2012 年间提高了 18 个单位, 表现的尤为集中和明显; 其次标准强度提升较快的方面依次是高炉、生产能力、电炉、转炉, 分别提高了 21, 19, 18, 17 个单位; 而提升相对较慢的是对除尘排污、炭化室和烧结机方面的管制要求, 其分别提高了 10, 8 和 3 个单位。纵向来看, 标准强度除 2001 年与 2000 年持平以外, 其余年份均有不同程度的提升。其中, 提升较快的年份集中在 2004 和 2005 年以及 2009, 2010 和 2011 年, 分别比上一年提高了 11, 18, 17, 13 和 21 个单位。

目前来看, 由于环境管制法规的内容往往是多维度、多尺度、非线性的, 这就给环境管制标准强度的量化带来了较大的困难。这可能是目前环境管制标准强度计量研究进行缓慢的重要原因。对于表 2 中采用的累加方法, 可能会引起一些争论, 主要是每项法规对标准强度提升的程度是有差异的, 这意味着各项法规的“权重”不等。但由于法规内容复杂, 在现有条件下又难以解决上述问题。因此, 鉴于本文研究重点不是研究法规之间的比较, 而是比较不同年份之间的环境管制标准强度的变化; 而且由于法规数量较多(有 220 多条), 因而上述偏差在本项研究中又是可以接受的。本文可能引起的另一项争论是本文的计算方法是否意味着制度越多越好呢? 当然不能说制度越多越好; 有“有法可依”后还须“有法必依”。相似环境保护法规的出台, 并不能说明环境管制强度在不断的提高, 但法规标准的不断提升的确说明了环境管制标准强度在不断提升。这也正是本文研究将环境管制强度区别为标准强度与执法强度的原因。还要说明的是, 由于只有标准强度提升的法规才能计入表 2; 若仅是法规数量增加, 则不能计入表 2 中。

## 3 环境管制标准强度提升与企业行为

环境管制标准强度的提升会首先作用于企业行为的改变, 而企业行为的改变最终又会带来环境绩效的变化。为了更好地反映标准强度提升对于企业行为改变的影响, 进而对环境绩效变化的影响, 本文以钢铁行业污染物的吨钢污染物达标排放量作为分析对象, 并将其作为标准强度



变化的衡量标准。

吨钢污染物达标排放量应包含废水、废气和固体废弃物三个部分,但在实际中固体废弃物在污染物总量中的占

比很小,而且难以准确衡量,因而本文在分析时不考虑固体废弃物的变化。同时,考虑到数据能否获得的问题,选用吨钢废水达标排放量、吨钢 SO<sub>2</sub> 达标排放量和吨钢烟粉

表 1 高炉环境管制变化  
Tab. 1 Environmental regulation change of blast furnace

年份 Year	淘汰或禁止 Eliminate or forbid	关停或停建 Shutoff or stop construction	限制 Limit	鼓励或最低标准 Encourage or minimum standards	管制强度 Regulation standard
2000		50 m <sup>3</sup> 以下 (含 50 m <sup>3</sup> ↑ (F01))			1
2002		100 m <sup>3</sup> 以下 (含 100 m <sup>3</sup> ↑ (F01))			1
2003				1 000 m <sup>3</sup> 及以上 ↑ (F02)	1
2004	100 m <sup>3</sup> 及以下 ↑ (F03)	300 m <sup>3</sup> 及以下 ↑ (F04)	有效容积 1 000 m <sup>3</sup> 以下的 ↑ (F03)		3
2005	100 m <sup>3</sup> 以上、200 m <sup>3</sup> 及以下高炉 (不含铁合金高炉) ↑ (F03) 容积 300 m <sup>3</sup> 及以下高炉 (专业铸铁管厂除外) ↑ (F05)			有效容积 1 000 m <sup>3</sup> 及以上;沿海深水港地区建设钢铁项目,有效容积要大于 3 000 m <sup>3</sup> ↑ (F05)	3
2006	100 m <sup>3</sup> 以下铁合金高炉;300 m <sup>3</sup> 以下炼铁高炉 ↔ (G01) 2007 年前重点淘汰 200 m <sup>3</sup> 及以下高炉;2010 年前淘汰 300 m <sup>3</sup> 及以下高炉 ↔ (F06)				0
2007	200 m <sup>3</sup> 以上、300 m <sup>3</sup> 及以下 ↔ (F03) 属于 300 m <sup>3</sup> 以下的高炉应予以淘汰;对现有 300 m <sup>3</sup> 以下的镍铬生铁高炉按期淘汰。 ↑ (F07) 2007 年淘汰 300 m <sup>3</sup> 及以下高炉 3 000 万 t; “十一五”时期淘汰 10 000 万 t ↑ (G02)	属于 2005 年 8 月以后建设的 1 000 m <sup>3</sup> 以下的高炉 ↑ (F07)		新建镍铬生铁高炉有效容积应在 1 000 m <sup>3</sup> 以上 ↔ (F07)	3
2009	300 m <sup>3</sup> 及以下;2010 年年底淘汰 300 m <sup>3</sup> 及以下高炉产能 5 340 万 t ↑;2011 年年底前再淘汰 400 m <sup>3</sup> 及以下 ↑;有条件的地区淘汰标准提高到 1 000 m <sup>3</sup> 以下 ↑ (G03) 2011 年底前,坚决淘汰 400 m <sup>3</sup> 及以下高炉 ↑ (G04)				4
2010	2011 年底前淘汰 400 m <sup>3</sup> 及以下的炼铁高炉 ↔ (G05) 确保 2011 年底前实现淘汰 400 m <sup>3</sup> 及以下高炉炼铁能力 12 540 万 t ↑ (GX01)			有效容积 400 m <sup>3</sup> 以上 ↓; 《钢铁产业发展政策》颁布实施后建设改造的装备须满足高炉有效容积 1 000 m <sup>3</sup> 及以上 ↔ (GY01) 鼓励沿海钢铁企业发展有效容积 3 000 m <sup>3</sup> 以上高炉 ↔	0
2011	400 m <sup>3</sup> 及以下炼铁高炉 (铸造铁企业除外); 200 m <sup>3</sup> 及以下铁合金、铸铁管生产用高炉 ↔ (CY01) “十二五”时期淘汰 400 m <sup>3</sup> 及以下的炼铁高炉,200 m <sup>3</sup> 及以下的专业铸铁管厂高炉 ↔ (钢“十二五”规划)		有效容积 400 m <sup>3</sup> 以上 1 200 m <sup>3</sup> 以下炼铁高炉 ↑ (CY01)	奖励炼铁 200 m <sup>3</sup> 及以上高炉 ↑ (CJ01)	2
2012	淘汰 400 m <sup>3</sup> 及以下炼铁高炉 4 800 万 t ↑ (G06)			奖励炼铁 300 m <sup>3</sup> 及以上高炉 ↑ (CJ01)	2
2013				奖励炼铁 400 m <sup>3</sup> 及以上高炉 ↑ (CJ01)	1

注:由于篇幅限制,本文没有列出相关的 24 部环境管制法规,读者可以向作者索取相关名录。



尘达标排放量作为实际的分析对象。

### 3.1 标准强度与执法强度对企业行为影响的区分

从理论上分析,假设在钢铁总产量不变和吨钢 SO<sub>2</sub> 排放量保持不变的条件下:

$$\text{SO}_2 \text{ 排放量} = \text{SO}_2 \text{ 达标排放量} + \text{SO}_2 \text{ 未达标排放量} \quad (1)$$

$$\text{吨钢 SO}_2 \text{ 排放量} = \text{吨钢 SO}_2 \text{ 达标排放} + \text{吨钢 SO}_2 \text{ 未达标排放量} \quad (2)$$

环境管制标准强度提升主要使吨钢 SO<sub>2</sub> 达标排放量下降。因为在假设钢铁总产量不变和炼钢工艺不变的条件下,则可认为吨钢 SO<sub>2</sub> 排放量保持不变。当标准强度提升时(如吨钢排放的废气中对于 SO<sub>2</sub> 含量的要求从 5% 降为 1%,则认为标准强度提高),吨钢 SO<sub>2</sub> 达标排放量是下降的。根据企业追求利润最大化的假设,在标准强度一定时,企业实际吨钢 SO<sub>2</sub> 排放量(或排放浓度)只会与标准持平或略低于标准,而不会在达标的前提下进一步降低 SO<sub>2</sub> 排放量(或排放浓度),因为这样做会增加企业的成本。于是根据(2)式,当排放量一定时,未达标排放量会上升,达标排放量会下降。

环境管制执法强度提升主要使吨钢 SO<sub>2</sub> 达标排放量上升。因为在同样假设钢铁总产量不变和吨钢 SO<sub>2</sub> 排放量不变的条件下,执法强度提升意味着企业的违法成本上升,企业出于自身利益的考虑,不得不采取相应的措施降低废气中 SO<sub>2</sub> 的含量,以避免高额的违法处罚。企业的相应行为会使 SO<sub>2</sub> 达标排放量上升,未达标量下降。所以,

执法强度的改变,同样会引起企业行为的改变。

### 3.2 吨钢污染物达标排放量的实证分析

通过前文分析可知,标准强度和执法强度的提升对吨钢污染物达标排放量的影响恰好是相反的,前者使其下降,后者使其上升;而且当年标准强度的变化对于吨钢污染物达标排放量的影响往往在下一年中才能体现出来。以 2001 年的吨钢污染物达标排放量作为研究的起始年份(标准强度从 2000 年记起),同时由于最新相关统计数据只更新到 2012 年,所以以 2001 - 2012 年的数据作为对吨钢污染物达标排放量分析的样本。

由于钢铁行业各污染物达标排放量的数据并不完整,甚至某些数据缺失较为严重。如,废水达标排放量缺少 2011 和 2012 年的数据,SO<sub>2</sub>、烟尘以及粉尘达标排放量只有 2005 - 2010 年的数据,而且烟尘和粉尘总排放量的数据在 2011 年和 2012 年只是以二者之和的形式给出。为此,在已有数据的基础上,采用线性插值法进行了数据序列估算。首先估算出各污染物缺失年份的达标排放率,然后依据达标排放率,倒推出相应年份的达标排放量,从而求出吨钢污染物的达标排放量。废水达标排放量的估算过程是:

(1)根据 2001 - 2010 年钢铁行业废水达标排放率(达标排放量)不断上升的这一变化趋势,设 2001 年的达标排放率为  $A$ ,2010 年的达标排放率为  $B$ ,并用  $V$  表示达标排放率的年均增长量,其中  $V = (B - A)/9$ ;

表 2 钢铁行业环境管制政策变化汇总表

Tab. 2 Environmental regulation policy change summary table in steel industry

年份 Year	高炉 Blast furnace	烧结机 Sintering machine	转炉 Converter	电炉 Electric furnace	炭化室 Carbonization chamber	生产能力 Production capacity	能耗 Energy consumption	除尘排污 Contaminants	合计 Total	标准强度 Standard magnitude
2000	1	1	1	1		2			6	106
2001									0	106
2002	1		1			2			4	110
2003	1	1	1	1	1		2		7	117
2004	3	1	3	3	1				11	128
2005	3	0	4	3	1	1	6		18	146
2006	0		0	1		1			2	148
2007	3		1	1	1				6	154
2008					1	5			6	160
2009	4		1	1		2	6	3	17	177
2010	0	-1	2	2	2		7	1	13	190
2011	2	1	1	4	1	4	4	4	21	211
2012	2		2	1		1	1	1	8	219
2013	1		0	0					1	220
2014						1		1	2	222
合计	21	3	17	18	8	19	26	10	122	

资料来源:作者计算所得。

(2)以  $B+V$  作为 2011 年的废水达标排放率,在此基础上,用 2011 年的废水达标排放率加上  $V$ ,即  $B+2V$ ,作为 2012 年的废水达标排放率;

(3)根据估算出的废水达标排放率,并与相应年份的废水排放量相乘,即可得到 2011 和 2012 年废水达标排放量。

考虑到有些年份环境管制标准强度变化较大(如 2004,2005 年),且  $\text{SO}_2$ 、烟粉尘达标排放率在某些年份也有较大变化;因此,对于废气达标排放率的估算采用分段式的插值法进行,并进行了必要的调整。由于 2011 年《环境统计年鉴》的统计口径有所变化,造成  $\text{SO}_2$  和烟粉尘排放量较之前产生了不具可比性的变动。为了保持数据的可比性和连贯性,本文用 2010 年吨钢  $\text{SO}_2$  和烟粉尘排放量作为 2011 和 2012 年吨钢  $\text{SO}_2$  和烟粉尘排放量的近似值,估算出 2011 和 2012 年  $\text{SO}_2$  和烟粉尘排放总量;进而再用同样的方法估算出吨钢达标排放量。

在解决了数据缺失的问题之后,用各污染物达标排放量除以相应年份的钢铁总产量,便得到 2001 - 2012 年钢铁行业各吨钢污染物达标排放量。但需要注意的是,标准强度的提升对不同吨钢污染物达标排放量的影响不尽相同,且每种污染物存在形式也不同(如废水和废气),这样用实物量进行分析难免会带来不便。鉴于此,对各污染物吨钢达标排放量进行了标准化处理,即以 2001 年的实物量作为基准,用各年份的数值分别除以 2001 年的数值,便得到吨钢污染物达标排放量的标准化值,其变化趋势如图 1 所示。经过这样的标准化处理之后,既不会改变原始数据之间的比例关系和总体变化趋势,又便于进行统一分析比较。

从各污染物达标排放量的标准化值来看,吨钢废水达

标排放量处于连年下降趋势,标准化值由 2001 年的 1 降到 2012 年的 0.12,降幅最大,说明环境管制标准强度对废水达标排放量的影响最为明显;吨钢  $\text{SO}_2$  达标排放量变化稳中有降,变动幅度虽然不大,但整体上受到标准强度提升的影响。吨钢烟尘和粉尘达标排放量变化基本趋于一致,2001 - 2003 年逐渐下降,2004 - 2005 年出现上升趋势,2006 年又开始平稳下降,从总体上看在波动中下降。基于前面的分析认为,反弹明显的年份基本与执法强度的显著提升有较大关系。

#### 4 环境管制标准强度与企业行为的初步计量分析

环境绩效的直观表现形式可用吨钢污染物达标排放量来表示,为了更好地与计量工具相结合,将吨钢各污染物达标排放量的标准化值合并为一个值。由于各种污染物的存在形式和处理方式存在很大差异,采取了由内到外层合并的方式进行合并。首先对粉尘和烟尘进行合并,采用将实物量相加总的合并方法。因为烟尘和粉尘的存在形式相同,且处理方式及单位处理费用差别不大,又《环境统计年鉴》在 2011 年后统称其为烟粉尘,因此合并后可作为同一类污染物。其次,对于废水、 $\text{SO}_2$  以及烟粉尘的合并,采用环境已支付成本法。即,通过计算得到每种污染物吨钢达标排放量的治理费用,然后以每种污染物吨钢达标排放量治理费用占所有污染物吨钢达标排放量治理费用的比重作为自身的权重,并将各自的权重乘以相应的标准化值,再将得到的数值相加,即得到某一年吨钢污染物达标排放量的标准化值。例如,设 2001 年吨钢废水、 $\text{SO}_2$ 、烟粉尘达标排放量治理费用分别为  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ,吨钢废水、 $\text{SO}_2$ 、烟粉尘达标排放量标准化值分别为  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ ,则

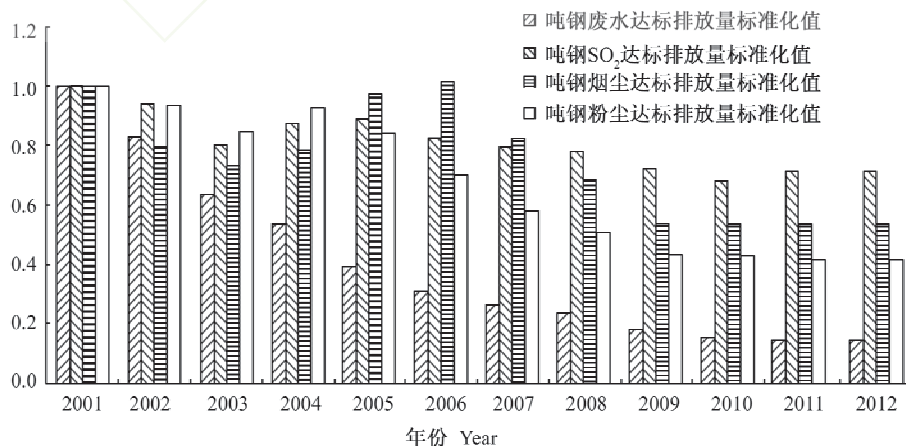


图 1 钢铁行业吨钢废水、 $\text{SO}_2$ 、烟尘和粉尘达标排放量标准化值

Fig. 1 Wastewater,  $\text{SO}_2$ , smoke and dust compliance emissions standard value of per ton in steel industry



2001 年三者合并的标准化值为:

$$Performance = \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \gamma} X + \frac{\beta}{\alpha + \beta + \gamma} Y + \frac{\gamma}{\alpha + \beta + \gamma} Z$$

根据计算结果可知,中国钢铁行业的环境绩效取得了明显改善,2001 年吨钢污染物达标排放量为 1(基期),此后逐年下降,2010 年降到最低点 0.369 7,2011 年有所上升,达到 0.378 2,2012 年又小幅下降到 0.376 7。

通过制作环境管制标准强度和绩效之间的散点图,可看出二者之间近似呈现倒数函数特征,由此建立当期环境绩效  $Performance_i^*$  和滞后一期环境管制标准强度  $Regulation_{i-1}^*$  之间的一元回归模型(其中,令  $Performance_i^* = Performance_i, Regulation_{i-1}^* = \frac{1}{Regulation_{i-1}}$ ),并用 EViews 软件对样本方程进行回归,得到:  $\widehat{Performance}_i^* = -0.2973 + 125.0280 \widehat{Regulation}_{i-1}^*$ , 回归 (-3.02) (9.34)

结果如表 3 所示。

在给定  $\alpha = 0.05$  的显著水平下,一次项系数显著不为零,而常数项系数未能通过显著性检验。故经检验后的样本回归方程应为:

$$\widehat{Performance}_i^* = 125.028 \cdot \widehat{Regulation}_{i-1}^*$$

本文还进行了格兰杰因果关系检验,结果显示滞后 2 期的  $Regulation_{i-1}^*$  是  $Performance_i^*$  的 Granger 非因,而相反的检验不成立。即  $Regulation_{i-1}^*$  是  $Performance_i^*$  变化的原因,而  $Performance_i^*$  不是  $Regulation_{i-1}^*$  变化的原因。进一步分析还可知,环境绩效的边际提高量是递减的,即环境绩效从连续提高的每一单位标准强度中所得到的提高量是递减的。

表 3 回归结果

Tab. 3 Regression results

变量 Variable	系数 Coefficient	标准差 Std. Error	t 统计量 t-statistic	概率值 Prob.
C	-0.297 303	0.098 566	-3.016 293	0.013 0
1/REGULATION	125.028 0	13.386 17	9.340 084	0.000 0
可决系数 R	0.897 159	因变量均值		0.602 067
调整后的 可决系数	0.886 875	因变量标准差		0.216 811
回归标准误	0.072 923	赤池信息准则		-2.247 824
残差平方和	0.053 177	施瓦茨准则		-2.167 006
极大似然值	15.486 940	汉南奎因 准则		-2.277 745
F 统计量	87.237 170	DW 检验		1.095 122
概率值(F)	0.000 003			

## 5 结 论

中国钢铁行业环境绩效的有效改善,与环境管制标准强度的不断提升有直接的关系:

(1) 中国钢铁行业环境绩效不断提升。2001 - 2012 年间,除吨钢废气排放量有所上升外,其余指标均呈现逐渐下降的变动趋势。2001 年吨钢能耗为 1 130.11 kg 标煤/t,2012 年为 824.28 kg 标煤/t,减少了 27.1%,可见吨钢能耗下降显著。二氧化硫和烟粉尘的吨钢排放量分别由 2001 年的 4.83 kg 和 8.28 kg 下降为 2012 年的 3.32 kg 和 2.50 kg;吨钢废水排放量由 2001 年的 12.65 t 下降至 2012 年的 1.47 t,下降幅度达 88.4%。其中,吨钢化学需氧量(COD)也呈现出明显的下降趋势,2001 - 2012 年间,由 0.94 kg 下降到 0.10 kg。此外,2001 - 2012 年吨钢一般固体废物产生量由 778.91 kg 下降到 580.86 kg,虽然相比其他指标而言下降幅度较小,但其一直处于不断下降的状态,并没有出现明显反弹现象。

(2) 中国钢铁行业环境管制标准强度不断加强。2000 - 2014 年管制强度提高了 122 个单位,是 1999 年(基期 100)的 2.22 倍;从横向来看,对高炉、烧结机、转炉、电炉、炭化室的管制要求分别提高了 21,3,17,18 和 8 个单位;而对生产能力、能耗、除尘污染的管制要求则分别提高了 19,26 和 10 个单位。纵向来看,除 2001 年与 2000 年持平以外,其余年份均有不同程度的提升。其中,标准强度提升较快的年份集中在 2004 和 2005 年以及 2009,2010 和 2011 年,分别比上一年提高了 11,18,17,13 和 21 个单位。环境管制标准强度的提升对于提高环境绩效,进而降低钢铁行业的能耗、减少污染物的排放量有着显著的成效。

(3) 环境管制标准强度的提升促进了企业积极采取措施,减少对环境的影响。通过计量分析知,随着环境管制标准强度的提升,吨钢各项污染指标均有不同程度的下降。前一期的环境管制标准强度的倒数每提高 1 个单位时,本期的吨钢污染物达标排放量提高 125.028 个单位,即,前一期的标准强度每提高 1 个单位时,本期环境绩效提升到  $\frac{125.0280}{Regulation_{i-1} + 1}$  的水平。且环境绩效的边际提高量是递减的,即环境绩效从连续提高的每一单位标准强度中所得到的提高量是递减的。这与环境管制强度的作用效果相符,在管制强度相对薄弱的时期,提高管制强度对于提高环境绩效有着较明显的效果;当环境管制强度提高到一定程度后,进一步提升管制强度对于环境绩效的提升作用会越来越小。与此同时,中国钢铁产量依旧保持着较高的增长势头,钢铁产品质量也在不断提高,环境管制标准强度的不断提升并没有给中国钢铁行业的快速发展带



来不利的影响。今后,我国可以继续发挥环境管制标准强度对于环境绩效的促进作用,争取早日把我国从一个钢铁大国变成一个钢铁强国。

(编辑:李 琪)

#### 参考文献(References)

- [1] 金碚. 资源环境管制与工业竞争力关系研究[J]. 中国工业经济, 2009, (3): 5 - 17. [Jin Bei. Theoretical Research on Relationship Between Regulation of Resources and Environment and Industrial Competitiveness [J]. China Industrial Economics, 2009, (3): 5 - 17.]
- [2] 李钢, 董敏杰, 沈可挺. 强化环境管制政策对中国经济的影响: 基于CGE模型的评估[J]. 中国工业经济, 2012, (11): 5 - 17. [Li Gang, Dong Minjie, Shen Keting. The Impact of Intensified Environmental Regulations Policies on China's Economic Growth: An Assessment Based on CGE Model [J]. China Industrial Economics, 2012, (11): 5 - 17.]
- [3] 工信部. 2013年钢铁工业经济运行情况[R]. 2014 - 02 - 24. [Ministry of Industry and Information Technology. Economic Operation of Steel Industry in 2013 [R]. 2014 - 02 - 24.]
- [4] 李钢, 马岩, 姚磊磊. 中国工业环境管制强度与提升路线: 基于中国工业环境保护成本与效益的实证研究[J]. 中国工业经济, 2010, (3): 31 - 41. [Li Gang, Ma Yan, Yao Leilei. The Intensity and Upgrade Path for China's Industrial Environmental Regulation: An Empirical Study of the Costs and Benefits of China's Industrial Environmental Protection [J]. China Industrial Economics, 2010, (3): 31 - 41.]
- [5] 环境保护部环境工程评估中心. 钢铁行业环境保护政策法规[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012. [Environmental Engineering Assessment Center of Environmental Protection Department. Environmental Protection Policies and Regulations of Steel Industry [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2012.]
- [6] 国务院. 国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知[R]. 2011 - 08 - 31. [The State Council. Notice of the State Council on Issuing the 'Twelfth Five Year' Energy Saving and Emission Reduction Comprehensive Work Program [R]. 2011 - 08 - 31.]
- [7] 工信部. 钢铁工业“十二五”发展规划[R]. 2011 - 12 - 24. [Ministry of Industry and Information Technology. The Development Plan of Iron and Steel Industry during 'Twelfth Five Year' [R]. 2011 - 12 - 24.]

## Impact of the Upgrade of Iron and Steel Environmental Regulation Standard on Enterprise Behaviour and Environmental Performance

LI Gang<sup>1</sup> LIU Peng<sup>2</sup>

(1. Institute of Industrial Economics CASS, Beijing 100836, China; 2. Graduate School of CASS, Beijing 102488, China)

**Abstract** This paper tries to construct the environmental regulation standard magnitude of the iron and steel industry by using the bibliometrics method. Based on this method, this paper also explores the impact of upgrading of regulation standard on enterprise behaviour and environmental performance. The results show that from 2000 to 2014, Chinese environmental regulation standard magnitude of the iron and steel industry has increased by 122 units. It's 2.22 times of the magnitude in 1999 (base period is 100). The results also show that in years of 2004, 2005, 2009, 2010 and 2011, environmental regulation standard magnitude experienced faster increase. As environmental regulation standard magnitude increases, it acts as a facilitator to those environment friendly technologies. In the initial period of regulation, it brings stronger effect on environmental performance as environmental regulation standard magnitude increases. But as magnitude increases further, the effect on environmental performance goes weaker. Granger causality shows that upgrading environmental regulation standard magnitude is an important factor of changing enterprise behaviour. The statistics further show that between 2001 and 2012, steel waste gas per ton increases, but energy consumption per ton, sulfur dioxide and smoke and dust emission per ton, waste water discharge per ton, COD per ton, general industrial solid waste per ton all display a trend of decreasing. This reveals that enterprises' behavior to cope with the upgrading regulation standard, brings about better enterprise environmental performance and less negative effect on environment. This paper believes although Chinese environmental regulation standard magnitude of the iron and steel industry has dramatically increased, it still has much room to grow. Thus, environmental performance still has much room of improvement as regulation standard magnitude further increases.

**Key words** environmental regulation; the enterprise behavior; environmental performance