

# Empirical Analysis of Industrial Structure of Iron and Steel Industry in China, Korea and Japan by Using Kuznets Curve

Yanjie Wang, Youzhi Xiao, Zhuojun Xie

School of International Trade and Economics, University of International Business and Economics, Beijing  
Email: veraconfident@gmail.com, xyzmailboxbibi@gmail.com, xiezhuojuncn@gmail.com

Received: Apr. 29<sup>th</sup>, 2013; revised: May 10<sup>th</sup>, 2013; accepted: May 23<sup>rd</sup>, 2013

Copyright © 2013 Yanjie Wang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** With the crude steel production ranking first, China has consumed more energy than any other country that is in the same class. China has already fallen in a dilemma about how to adjust the steel industry structure and impulse the decrease of energy consumption. Based on the cases of Japan and Korea, which are in similar level with China before and have been worked out now, the paper uses the concerning data of these three countries from the Wind and the Eviews to make regressions by Kuznets Curve. Then the paper compares the situations of JFE, Pohang and Shougang's to conduct an empirical study. According to the economic analysis, the paper draws out the suggestions for China steel industry on industrial structure adjustment.

**Keywords:** Steel Industry; Industrial Structure; Kuznets Curve

## 库兹涅茨曲线下中日韩钢铁产业结构实证分析

王艳杰, 肖有智, 谢卓君

对外经济贸易大学国际经济贸易学院, 北京  
Email: veraconfident@gmail.com, xyzmailboxbibi@gmail.com, xiezhuojuncn@gmail.com

收稿日期: 2013年4月29日; 修回日期: 2013年5月10日; 录用日期: 2013年5月23日

**摘要:** 中国钢铁粗钢产量位列世界第一, 但能耗却远远高于同列国家。我国钢铁产业结构调整已陷入瓶颈, 如何推动能耗进一步下降成为研究热点。本文从与我国背景相近且成功转型的日韩出发, 利用 Wind 数据库三国钢铁产量与能耗数据, 使用 Eviews 软件对中日韩钢铁业的库兹涅茨曲线进行了回归检验, 并结合 JFE、浦项及首钢实证分析对计量结果进行了详细的经济学剖析, 最后据此总结出针对我国钢铁产业结构调整的建议。

**关键词:** 钢铁产业; 产业结构; 库兹涅茨曲线

### 1. 引言

中日韩均为世界产钢大国, 但在能耗方面却有着天壤之别。2006年, 我国钢铁产业能耗约占全部产业的15%, 而日本钢铁业能耗却不到全国的10%<sup>[1]</sup>。我国一直强调钢铁产业结构调整, 已取得一定成效, 但

和钢铁强国相比, 仍然有很大的差距, 近年来无论在工艺结构还是产品结构方面, 都进入了改革的停滞期。步入21世纪, 低碳经济已引起全球的高度关注, 各国均制订了不同的环保标准, 我国也在“十二五”规划中提出大力发展绿色经济, 而钢铁作为重点行

业, 如何突破其产业改革的瓶颈期成为众学者研究的热点<sup>[2]</sup>。

苏天森(2010)曾分析了我国钢铁产业结构调整进程, 提出未来钢铁应向低能耗方向发展<sup>[3]</sup>; 柳克勋(2010)研究了国际低碳经济形势和我国对低碳经济的重视情况, 阐述了当前钢铁产业结构调整面临的困难<sup>[4]</sup>; 林高平(2010)通过分析国内外低碳经济发展情况, 尝试制定了我国钢铁工业低碳发展战略<sup>[5]</sup>。但这些研究并没有针对如何突破改革瓶颈提出具体可行的建议, 而本文将立足于此, 列出具体措施。从研究角度看, Kim 和 Worrell(2002)曾对巴西、中国和印度这 3 个发展中国家进行钢铁能耗方面的对比研究<sup>[6]</sup>, 而本文从与我国类似的日韩入手, 研究结果将更具说服力和可行性。从研究方法看, 本文独创性地采用了库兹涅茨曲线模型, 对于这个模型的应用, Acemoglu 和 Robinson(2002)曾借此研究了美国政治经济发展与社会福利均衡化的关系<sup>[7]</sup>, 除此外, 鲜有其他领域的研究, 本文将在此方面开启新的篇章。

首先, 本文建立库兹涅茨曲线模型, 利用 Wind 数据库, 找到了 1980 年到 2011 年中日韩钢铁粗钢产量与吨钢能耗的面板数据, 再应用 Eviews 软件进行了回归分析, 分别得到了三国模型的对应函数, 并进行了 White 检验和迭代法修正, 从而得出三国的理论模型。本文从各国经济发展历史因素、钢铁产业结构调整执行力度、产业规模经济程度以及企业绿色生产氛围等角度以及 JFE、浦项、首钢的实证分析对计量结果进行了经济学剖析, 进而确定日韩的曲线确实为倒 U 型, 而我国的曲线为反 J 型。最后, 本文据此提出了针对我国钢铁产业结构调整的可行性建议。

## 2. 模型的建立与分析

### 2.1. 指标选择与数据处理

本文以粗钢产量作为衡量钢铁产量的指标, 以吨钢能耗作为衡量钢铁能耗的指标。

粗钢是铁水经过加工, 添加合金、碳等元素浇注成型后的钢坯成品, 是生产各种钢铁的必备原材料。在美国、欧盟等地常使用粗钢产量作为衡量一国钢铁产量的指标<sup>[8]</sup>。因此本文也选用粗钢产量表示一国的钢铁产能, 所得到的计量结果会更加准确。

钢铁吨钢能耗, 即按每吨粗钢合格产出量核算的

钢铁工业生产中能源净消耗量。大多针对钢铁能耗的研究均以此作为指标, 因此本文的研究结果与现有研究成果更具可比性。计算公式:

$$\text{吨钢综合能耗} = \frac{\text{企业净耗能量}}{\text{粗钢合格产出量}} \times 1000$$

本文所采用的数据为中日韩 1980~2011 年钢铁粗钢产量与吨钢能耗的面板数据, 全部数据来源于 Wind 数据库。

首先利用 Eviews 软件对原始数据性质进行了描述, 如表 1 所列。

然后将粗钢产量与吨钢能耗数值取对数, 分别作为横纵坐标量做出三国的散点图, 如图 1、图 2、图 3 所示。

日本散点图所示最为接近倒 U 型曲线, 而我国与韩国更类似直线型, 下面本文将建立库兹涅茨曲线模型进行回归分析, 进一步确定倒 U 型曲线的存在性。

### 2.2. 建立模型

对库兹涅茨曲线研究的函数有不同的建立方式, 其中二次函数, 即  $y = \alpha x^2 + \beta x + \gamma$  的形式, 是目前学术研究中采用最多的<sup>[9]</sup>, 本文结合三国数据散点图也建立  $y = \alpha x^2 + \beta x + \gamma$  模型, 其中  $x$  代表每年粗钢产量的对数值,  $y$  代表每年吨钢能耗的对数值, 如此得到的模型拟合更加准确, 结论更具说服力。

利用 Eviews 软件对该模型进行 OLS 回归。回归结果如表 2 所示。

#### 2.2.1. 相关统计检验

从表 2 的结果来看, 三国模型的可决系数分别为 0.50、0.90、0.99, AIC 准则和 SC 准则均较低, 则模

Table 1. The data of China, Korea and Japan  
表 1. 中日韩钢铁数据性质表

	变量	观察值	平均数	标准差	最小值	最大值
日本	产量	32	104764.2	7503.9	87,534	120,203
	综合耗能	32	903.4	220.9	558.6	1250.9
韩国	产量	32	34003.3	16277.4	8560	68470.6
	综合耗能	32	769.6	139.9	544.5	994.8
中国	产量	32	188425.1	193729.7	35,604	683265
	综合耗能	32	987.7	270.1	600	1431.1

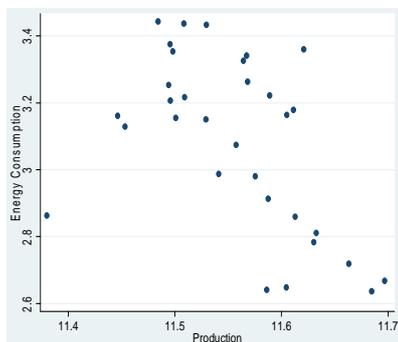


Figure 1. The scatter plot of yield and energy consumption for Japan

图 1. 日本粗钢产量与吨钢能耗散点图

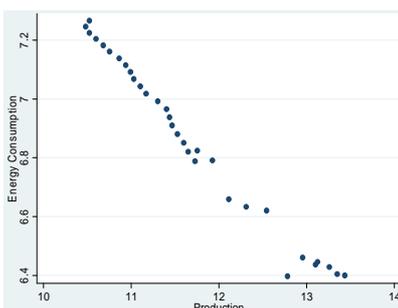


Figure 2. The scatter plot of yield and energy consumption for Korea

图 2. 韩国粗钢产量与吨钢能耗散点图

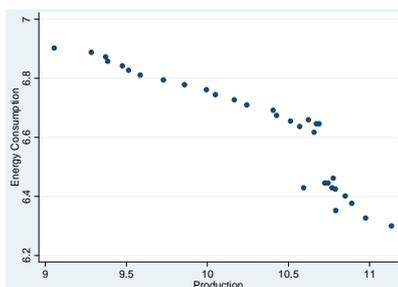


Figure 3. The scatter plot of yield and energy consumption for China

图 3. 我国粗钢产量与吨钢能耗散点图

型拟合情况良好；F 检验值分别为 14.78、124.10、1253.93，大于 5%显著性水平下临界值，则方程整体性显著检验通过；所有参数的 P 值均明显小于 5%，则参数是显著存在的。因此日韩模型均通过相关统计检验。

### 2.2.2. 计量经济检验

#### 1) 随机序列的异方差性检验

运用 Eviews 软件进行怀特(white)检验方法，结果如下：

由表 3 可见三国 F 统计值的 P 值均大于 5%，故我们接受原假设，认为数据没有异方差。

#### 2) 随机干扰项序列的序列相关性检验

利用杜宾-瓦森(D-W)检验方法，在表 2 中结果显示韩国和我国的 DW 分别为 2.27 和 1.79。当显著水平  $\alpha = 0.05$ ,  $k = 2$ ,  $n = 31$  时，查表得  $dl = 1.35$ ,  $du = 1.49$ 。因为  $du < DW < 4-du$ ，故数据不存在自相关性，不需要对模型进行修改。

而日本的 DW 统计量为 0.23，小于  $dl$ ，即数据存在正的线性自相关，所以需要对数据进行处理，利用柯克兰-奥克特迭法进行修正，在 Eviews 中使用迭代法即在自变量中添加 AR 项，AR(1)消除一阶自相关，修正后如表 4 所示：

从表中可以看出，修正后的 DW 值为 2.25，则  $du < DW < 4-du$ ，根据判定规则，一阶自相关消除，检验通过。

### 2.3. 模型的确定及结论验证

#### 2.3.1. 日本计量结果的经济分析

经过以上修正，日本库兹涅茨曲线确定为  $y = -9.29x^2 + 213.33x - 1222.61$ ，所有系数均显著存在，

Table 2. The result of regression  
表 2. 中日韩 OLS 回归结果

国家	解释变量	系数值	t 检验值	$R^2$	$\bar{R}^2$	F 值	DW 统计量	AIC 准则	SC 准则
日本	$\gamma$	-2444.56	-3.65*	0.50	0.47	14.78	0.23	-0.41	-0.27
	$X$	425.50	3.67*						
	$X^2$	-18.50	-3.69*						
韩国	$\gamma$	-8.53	-2.06**	0.90	0.89	124.11	2.27	-2.62	-2.48
	$X$	3.31	4.02*						
	$X^2$	-0.18	-4.38*						
中国	$\gamma$	15.26	13.93*	0.99	0.99	1253.93	1.79	-3.96	-3.82
	$X$	-1.12	-6.06*						
	$X^2$	0.03	4.40*						

注：\*代表 99%的显著性水平，\*\*代表 95%的显著性水平。

**Table 3. The result of White test**  
**表 3. White 检验结果**

	日本	韩国	中国
F 统计值	1.1	6.2	1.97
P 值	0.37	0.39	0.14
Obs*Rsquared	3.37	8.17	5.58
P 值	0.34	0.04	0.13

**Table 4. The result of regression iterative method**  
**表 4. 日本回归迭代法修正结果**

解释变量	系数值	t 检验值	R <sup>2</sup>	$\bar{R}^2$	F 值	DW 统计量	AIC 准则	SC 准则
$\gamma$	-1222.61	-5.16						
X	213.33	5.18						
X <sup>2</sup>	-9.29	-5.21	0.97	0.97	320.52	2.25	-3.24	-3.06
AR(1)一阶自回归	0.98	21.50						

且通过了异方差和共线性检验。通过极值计算,可知日本钢铁大约在 1983 年出现了能耗下降的转折。

自 1973 年石油危机以来,日本政府开始制定钢铁产业长期发展战略,投入巨额资金补贴新工艺设备研发、限制进口钢铁产品、绝对淘汰高能耗落后设备以及培养绿色企业文化;进入八十年代,伴随日元升值,日本钢铁集团开始领域外的业务扩展,着手构建钢铁产业链。这些措施均促进了日本钢铁产业的转型,所以到八十年代中期,日本钢铁能耗开始随产量增加而下降,这与计量结果相符,进一步说明了模型的正确性。以日本 JFE 钢铁为例,在政府一系列环境保护法律及监管委员会限制下,JFE 于 1978 年开始了从传统断点铸造向新技术的转型,并于 2000 年正式完成<sup>[10]</sup>;其与海外公司的合作在国内市场低迷期确保了钢铁的正常出口,稳定了市场<sup>[11]</sup>。时至今日,JFE 已成为日本第二大钢铁厂,占市场份额 20%以上。

由此可见,20 世纪 80 年代中期日本钢铁出现能耗随产量增长而下降的拐点有迹可循,并且,从曲线走势看,日本钢铁已经并将长期处于一个较理想的平缓期。

### 2.3.2. 韩国计量结果的经济学分析

同样,经过回归分析及结果检验,韩国库兹涅茨曲线可以确定为  $y = -0.18x^2 + 3.31x - 8.53$ 。通过极值计算,可知韩国钢铁大约在 1987 年出现能耗随产

量增加而下降的拐点。

1972 年以来,韩国开始重视以钢铁为首的战略产业,通过投资基金支持和贸易保护促进钢铁产业发展;1980 年后,韩国进入技术密集型产业发展阶段,对钢铁等传统产业进行技术改造和升级,新工艺大大降低了高炉的使用率,整个行业的能耗较之前大幅下降<sup>[12]</sup>;亚洲金融危机后,韩国政府对产业政策进行了反省,重点抓以大集团企业为中心的产业结构调整,对钢铁行业进行合并重组,极高的产业集中度为行业重新带来了活力。

以浦项钢铁为例,巨额的科研投资使浦项一直处于生产工艺前沿,如 FINEX 熔融还原炼铁的工业化生产带动了能耗的大幅下降<sup>[13]</sup>;同时,政府采取中小型钢企停产并入大型钢企的策略,成功构建了浦项钢铁城,其外部规模经济的形成进一步节约了生产成本。

近年来,为打破迫于国内资源、市场局限而保持出口所导致的“两头在外”发展模式,浦项沿着产业链逐步扩大业务范围,将其触角延伸到采矿、物流等产业<sup>[14]</sup>,达到了降低成本、化解风险、增加利润的目的。除此外,浦项更关注对人才的培养和企业文化的构建。目前,浦项已是韩国最大的钢铁公司,被美国 Morgan Stanley 投资银行评定为“全球最具竞争力的钢铁制造商”<sup>[15]</sup>。

由此可见,韩国钢铁于 20 世纪 80 年代末出现能耗随产量增长而下降的转折点与事实相符,且通过比较图 1、2、3,可发现韩国能耗绝对量介于我国和日本之间,但整体处于下降趋势,根据目前韩国钢铁国际产业链日渐成熟之势,可以推断曲线将继续下降。

### 2.3.3. 我国计量结果的经济学分析

经过回归分析及计量结果检验,计量结果显示我国曲线为  $y = 0.03x^2 - 1.1x + 15.26$ 。但此为正 U 型曲线,与预测结果不符,为什么会出现这样的结果呢?

我国在 20 世纪 60 年代正处于大跃进时期,不顾后果的高耗能为后来能耗的大幅下降奠定了基础,同时改革初期大型钢厂的建立、国际绿色生产观念的引入都促进了吨钢能耗的减少。但随着改革的进行,新问题日渐显露,薄弱的产业调整力度导致改革效果不佳。技术上,我国政府鼓励自主研发,但企业用于研发的经费却不足世界平均水平的 1/4;生产工艺上,我国电炉钢比在世界十大钢产国中最低,设备革新只

局限于大型国有钢企，大量的小型钢企往往被忽视；政策支持上，因国内环境特殊，政府不能很好的照顾占市场份额小的钢企，既不能强迫小型钢企优化重组，又不能确保其享受到优惠政策<sup>[6]</sup>。另外，我国国有钢企的垄断不同于国外钢企的自然垄断，更多的是依靠政府力量达成的，拥有优越资源的同时企业运营效率却很低，已有的规模经济名存实亡，而我国钢铁行业凝聚力弱、难于管理，产品压价严重，大量小型企业为求利润不顾高能耗、高污染的情况非常严重；再者，我国钢企普遍缺乏绿色生产文化，致使改革被动进行，效果难见。这些都成为我国钢铁改革路上的重大障碍。

以首钢为例，近年来，首钢作为大型国有钢企之一，积极响应国家政策，更新了大批高耗能、低产率的设备，并在一些高附加值产品上有了突破；在循环经济方面也有所建树，其水循环系统每年可节约近4000万吨水。但在企业管理上，作为典型的国有钢企，冗杂的管理层已经出现效率低下的现象，这一弊端严重阻碍了其内部规模经济的形成。在产品结构方面，低附加值产品仍占主体，尤其在出口产品结构中更甚<sup>[7]</sup>。在自主研发上，不仅经费比例较低，其研发团队的专业素质与集体力量更达不到国际标准，产品研发成功率与实际使用率均过低。

经过以上分析可知，我国钢铁能耗经过大幅下降后速率日渐减小，呈反J型曲线，但能耗绝对量仍高于日韩。因此能否突破这个瓶颈期还取决于政府能否正确引导钢铁产业结构调整。因此本文综合上述分析得到以下适用于我国钢铁发展的建议：政府应保证各项补贴优惠政策落实到位，激励钢企产业结构调整；我国庞大的政府机构难以保证地方政府对政策的严格执行，致使大量中小钢企管理或引导失效，增强政府政策执行力是钢铁产业结构调整成功的基本保证。政府应提高钢铁市场进入壁垒，合并小型企业，引导形成规模经济，提高能源利用率；高能耗的钢企大多是地方中小企业，政府应严格限制此类钢企的成立，可对实行集约化投资、高效率合并的企业实施固定资产投资折旧、减免税收等方面的优惠，提高产业集中度的同时，扩大一两家大型钢企规模，引导形成规模经济，再次提高能源利用率。企业应加大在设备更新及技术研发方面的投资，提高新技术应用率，培养高素质技工和管理人员；大量落后的生产设备是我国钢铁能耗

高居不下的重要原因，政府应限制设备使用种类，逼迫无法达到生产要求的小钢企关闭，从而降低钢铁整体能耗，另外，增加在人力与科技方面的投资将为未来吨钢能耗的进一步下降奠定基础<sup>[8]</sup>。全面调整钢铁产品结构，特别是中小型钢企，严格控制高能耗产品的产出；钢材产品结构性失衡反映出了钢铁市场机制的不完善、信息不对称导致的盲目生产，中小企业没有能力进行技术革新和产品结构升级，所以政府可以对大型企业的产品结构严格控制，对中小型企业则给予更多的积极引导，促进其产品结构的优化。培养企业绿色生产文化；强调企业社会责任与绿色生产的重要性，既有助于节约能源，又有利于增强我国钢铁在国际市场的竞争力。

### 3. 结论及政策建议

经过以上分析，本文得出结论：日韩钢铁确实存在产量与能耗的库兹涅茨曲线，其拐点均出现在20世纪80年代；而我国钢铁业至今并没有迹象证明此曲线的存在性，因此无法预测拐点出现的时间。从产业结构调整角度，我们分析了三条曲线的成因：日韩钢铁产业结构调整时间长、方案好，而我国起步晚，深受历史因素影响；日韩无论政策还是企业自身改革力度大，而我国改革不够深入彻底，遗留问题很多，效果不佳；日韩钢铁产业集中度高，规模经济引导行业发展，而我国钢铁业较分散，存在的大量中小型钢企是高能耗源泉<sup>[9]</sup>；日韩钢铁企业拥有绿色生产文化，社会责任与企业利润并重，而我国企业利益与社会利益不统一。

据此，针对我国钢铁产业结构调整的瓶颈提出了突破性建议：政府应保证各项补贴优惠政策落实到位，激励钢企产业结构调整；企业都是追逐利润最大化的经济机构，因此要使其主动进行大规模的投资改革是不可行的，政府必须介入，对技术改革进行补贴，以此促进企业进行新技术的改革或者从钢铁技术强国引进技术，促进本企业的技术改进，从而达到钢铁低碳化的效果。政府应提高钢铁市场进入壁垒，合并小型企业，引导形成规模经济，提高能源利用率；目前，由于历史因素，我国各地仍存在大量小型钢铁企业，这些钢铁企业大都是能耗高，产能小的企业，且产品质量低劣，因此我国必须要制定相关政策，关闭或合并小型钢厂，引导形成规模经济，以此提高产能、

减小能耗、提高产品质量。企业应加大在设备更新及技术研发方面的投资,提高新技术应用率,培养高素质技工和管理人员;全面调整钢铁产品结构,特别是中小型钢企,严格控制高能耗产品的产出。培养企业绿色生产文化;文化是一个企业的内涵,当一个企业拥有绿色文化内涵后,企业的行为也必将时刻拥有绿色意识,将会促进企业低碳化的步伐。

## 参考文献 (References)

- [1] 李拥军. 中国钢铁产业组织结构状况分析[J]. 中国钢铁业, 2009, 5: 5-12.
- [2] E. Worrell, L. Price and N. Martin. Energy efficiency and carbon dioxide emissions reduction opportunities in the US iron and steel sector. *Energy*, 2001, 26(5): 513-536.
- [3] 苏天森. 低碳经济指导下的钢铁工业发展和展望[J]. 山东冶金, 2010, 32(2): 1-3.
- [4] 柳克勋. 关于钢铁企业发展低碳经济的思考[J]. 再生资源与环境研究, 2010, 3(4): 45-46.
- [5] 林高平. 中国钢铁行业低碳发展战略与宝钢的思考[J]. 冶金管理, 2010, 1: 4-25.
- [6] Y. Kim, E. Worrell. International comparison of CO<sub>2</sub> emission trends in the iron and steel industry. *Energy Policy*, 2002, 30(10): 827-838.
- [7] D. Acemoglu, J. A. Robinson. The political economy of the Kuznets curve. *Review of Development Economics*, 2002, 6(2): 183-203.
- [8] J. Van Caneghem, C. Block, P. Cramm, et al. Improving eco-efficiency in the steel industry: The ArcelorMittal gent case. *Journal of Cleaner Production*, 2010, 18(8): 807-814.
- [9] R. T. Carson. The environmental Kuznets curve: Seeking empirical regularity and theoretical structure. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2010, 4(1): 3-23.
- [10] S. Ueda, K. Ogawa. On the cost-reducing effects of embodied technical progress: A panel study of the steel industry in Japan. *Journal of Productivity Analysis*, 2012, 37(2): 141-153.
- [11] 王雯婷, 史邵进. 从日本钢铁业的发展看中国钢铁业的重组——论中国钢铁产业集中度的提升之路[J]. 时代经贸, 2007, 8: 34-43.
- [12] 周文涛, 胡俊鹤, 毛艳丽. 韩国钢铁工业的现状与发展趋势[J]. 冶金丛刊, 2008, 3: 67-81.
- [13] 朱久发. 韩国浦项上游产业链整合经验[N]. 世界金属导报, 2007-6-26: 5.
- [14] J. S. Park, T. Rehren. Large-scale 2nd to 3rd century AD bloomery iron smelting in Korea. *Journal of Archaeological Science*, 2011, 38(6): 1180-1190.
- [15] U. Soytaş, R. Sari. Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 2009, 68(6): 1667-1675.
- [16] 李永周, 艳平, 谭园. 我国钢铁产业集中度对能源消耗影响的实证研究[J]. 工业技术经济, 2011, 10: 34-43.
- [17] 王勇. 对中国钢铁产业政策有效性的实证分析[J]. 山西社会主义学院学报, 2010, 1: 61-63.
- [18] 王建军. 资源环境约束下的钢铁产业整合研究[D]. 上海: 上海交通大学经济学系, 1998: 3-14.
- [19] T. Bain. *Banking the furnace: Restructuring of the steel industry in eight countries*. Kalamazoo: Upjohn Press, 2012.