

技术差距视角下我国钢铁企业创新效率的静态分析

李 喆¹, 王宗军^{1*}, 肖仁桥², 余宜珂³, 兰 潇¹

(1. 华中科技大学 管理学院, 武汉 430074; 2. 安徽财经大学 工商管理学院, 安徽 蚌埠 233030;

3. 贵州财经大学 中国西部绿色发展战略研究院, 贵阳 550025)

摘 要:基于技术差距视角,利用共同前沿理论和数据包络分析(DEA)模型分析比较了 2009—2018 年我国钢铁上市企业创新效率的区域差异和技术差距,并从“生产技术差距”和“企业管理水平”两个维度对各地区钢铁上市企业进行创新无效率分解,寻求效率损失的根源。研究表明:我国钢铁企业创新效率偏低,东、中、西部地区效率依次递减,纯技术效率和规模效率水平均不高。共同前沿下的创新效率值均小于群组前沿下的效率值,东部与中、西部地区间的技术差距主要为 0.05~0.3,且近年来呈现缩减趋势。不同地区钢铁企业创新效率损失的根源存在差异性。企业管理水平低下是带来东部地区钢铁企业创新效率损失的主要因素。中部和西部地区钢铁企业的效率提升则受制于生产技术差距和管理无效率的共同影响。

关键词:技术创新;技术差距;效率分解;钢铁企业

中图分类号:F273.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-980X(2019)11-0125-09

近年来我国规模以上钢铁企业的研发投入强度在不断增加,但钢铁产品仍然存在低质量、低附加值和低技术含量的问题。因此,在增加创新投入的同时仍需注重钢铁企业的创新效率问题。钢铁企业的发展很大程度上依赖所在地区资源禀赋、对外开放程度以及经济发展水平等因素,会使得分布在不同区域的钢铁企业在创新生产技术水平方面有所差别。若不考虑区域钢铁企业创新生产技术水平的异质性,很可能造成对钢铁企业创新效率的不准确估计。基于此,本文充分考量不同地区钢铁企业间的技术差距,实现对钢铁企业的创新现状和水平的合理评估,对于提升我国钢铁企业创新效率、增强核心竞争力具有重要的理论价值和现实意义。

在以往钢铁企业静态效率的研究中,随机前沿分析法(SFA)和数据包络分析法(DEA)是最常用的两种研究方法。杨家兵和吴利华^[1]采用 DEA 方法中的 C^2R 和 C^2GS^2 两种模型,对 2003—2004 年我国 23 个钢铁上市企业的效率进行了测度分析,得到了企业的技术效率、技术进步率、生产率等多种指标。夏绍模等^[2]在前人研究的基础上,采用投入导

向 DEA 模型的多阶段求解方法,选取 2005 年我国 29 家钢铁主营上市企业的横截面数据,在 CRS 和 VRS 不同假定条件下对技术效率、规模效率、投入产出目标值等指标进行了测算和评价。结果表明在 CRS 和 VRS 假设下,技术有效企业占比分别为 37.9% 和 55.2%,部分钢铁上市企业仍有提高生产和技术效率的余地。类似研究还包括焦国华等^[3]以及张文君^[4]等。何枫和陈荣^[5]以 2002—2006 年间的金属冶炼加工行业的上市公司为研究样本,通过构造 SFA 模型对公司效率的变化趋势进行评价分析,发现我国钢铁上市企业平均技术效率尚不足 0.6。类似的,王晓东^[6]、吴利华等^[7]在对钢铁上市企业技术效率差异分析的研究中也采用了这一模型(SFA)。此外,张庆芝等^[8]、殷子涵等^[9]运用 Undesirable-SBM 模型对钢铁企业的技术效率进行了评价,并考察了非期望产出对环境的影响。

相关文献为后续的研究提供了重要的理论基础,但仍存在一些不足之处。总体来看,对于钢铁企业的静态效率的分析研究大多集中在 2014 年以前,缺少最近几年的研究成果。同时,现有关于钢铁企

收稿日期:2019-10-17

基金项目:华中科技大学人文社会科学发展专项基金;国家社会科学基金“异质性生产技术、多维溢出效应与我国企业绿色创新效率提升研究”(15CGL010)

作者简介:李喆(1984—),女,黑龙江大庆人,华中科技大学管理学院博士研究生,研究方向:技术创新管理;(通讯作者)王宗军(1964—),男,山东青岛人,华中科技大学管理学院教授,博士研究生导师,研究方向:创新与战略管理;肖仁桥(1982—),男,湖北武汉人,安徽财经大学工商管理学院教授,研究方向:技术创新管理;余宜珂(1989—),男,湖北武汉人,贵州财经大学中国西部绿色发展战略研究院副研究员,研究方向:财务管理、创新管理;兰潇(1993—),男,河南信阳人,华中科技大学管理学院博士研究生,研究方向:技术创新管理。

业创新效率方面的研究较为缺乏。在研究方法上,以往的研究较多采用参数法和非参数法,分别以随机前沿分析法(SFA)和数据包络分析法(DEA)两种方法为主。与SFA模型相比,DEA模型操作简便、计算客观,在测算多投入多产出的效率时具有显著优势,得到了更为广泛的应用。在研究的内容上,上述研究均是基于相同的前沿面展开的,假定所有评价单元共有相同的生产技术,因此忽视了生产技术的差异性。在分析不同地区钢铁企业创新效率时,需要充分考虑技术水平的异质性。因此,本文引入基于DEA模型的共同前沿和群组前沿的分析方法 O'Donnell 等^[10],先对具有相同技术水平的评价单元的群组前沿进行测度,然后利用群组前沿构建共同前沿,并对两者间的技术落差比率进行测算。这一方法已经被广泛应用于银行效率^[11]、能源效率^[12]、环境及生态效率^[13]的研究中,用以处理多群组效率的测算问题。

目前已有部分学者将该理论模型应用于创新效率的评价研究中,但仍存在一些不足。如李新春等^[14]选取了SFA模型和共同前沿理论相结合的分析方法,考虑到地区和高技术产业间生产前沿的差异性,将我国高技术、非高技术产业按照东部和中西部划分为四个群组。但其产出仅为单要素指标(专利授权数),忽视了市场导向的创新产出。刘志迎等^[15]构建了基于DEA的共同前沿面模型,对我国37个工业行业整体的技术创新效率以及分组效率进行了测度。沈能和周晶晶^[16]在考虑区域技术异质性的基础上,利用DEA的改进模型对我国各地区的绿色创新效率进行了测算。结果表明东部、中部和西部效率差距显著,并呈现依次递减的格局。类似的研究有Park和Shin^[17]。然而,上述文献缺少对群组间技术差距的内在原因的系统性分析,肖仁桥等^[18]基于技术差距视角下的效率分解理论,将不同性质企业的创新无效率值进一步分解为生产技术差距无效率值和管理无效率值。同样的,肖仁桥等^[19]在异质性技术视角下的我国高技术制造业创新效率的研究中,也采取了相同的无效率值分解方法,用以分析效率损失的真实来源。相关研究还包括不同区域企业^[20]和不同产权性质企业^[21-22]层面的探讨。

因此,本文借鉴了肖仁桥等^[18]和钱丽等^[20]的研究方法,充分考虑不同地区下钢铁企业的技术异质性特征,选取共同前沿理论和DEA模型对2009—2018年我国钢铁企业的技术创新效率及技术差距进行分析。并对肖仁桥等^[19]、钱丽等^[22]的研究成果进行了延续和拓展,通过计算“技术落差比

率”来比较不同地区下钢铁企业间的技术差距,将创新无效率进一步分解为“创新生产技术”和“管理水平”两个维度,用以深层次剖析钢铁企业创新效率损失的现实根源,并为钢铁企业创新管理实践提供科学的决策依据。

1 研究设计

1.1 研究方法

1.1.1 非参数共同前沿、群组前沿的构建

(1)构建群组前沿。本文将考察期内的钢铁上市企业划分为东部、中部和西部三个群组(区域群组)。将群组下决策单元的创新投入产出数据归属于各自的技术集合 T^m ,因此, $T^m = \{(x, y) : x \geq 0, y \geq 0; x \text{ 在 } m \text{ 群组中生产出 } y\} (m = 1, 2, 3)$, m 表示东部、中部、西部三个群组; x 和 y 分别为决策单元的创新投入指标值和产出指标值。此时,区域群组 m 的生产可能集为 $K^m(x) = \{y : (x, y) \in T^m\} (m = 1, 2, \dots, M)$, $K^m(x)$ 的上界即为“群组前沿”,隐含了样本中不同区域钢铁企业在群组间技术差距无法被超越的情况下,群组中的各决策单元追求投入最小化的技术前沿。此时,基于最小投入的群组前沿的距离函数为

$$D^m(x, y) = \sup_{\delta} \left\{ \delta > 0 : \left(\frac{x}{\delta}, y \right) \in T^m \right\}. \quad (1)$$

最后得到群组前沿下不同区域钢铁上市企业的创新效率值为 $TE^m(x, y) = [D^m(x, y)]^{-1}$ 。

(2)构建共同前沿。假设区域群组中的3个技术集 $T^m (m = 1, 2, 3)$ 均运行于同一个生产技术集在 T 之下,则样本整体的共同技术集 T 为各个子技术集 T^m 的并集,即 $T = T^1 \cup T^2 \cup T^3$ 。

在该模型下,样本中所有决策单元的共同生产技术集合为

$$T = \{(x, y) : x \geq 0, y \geq 0; x \text{ 生产出 } y\}. \quad (2)$$

对于共同技术集合下的产出集合为 $K(x) = \{y : (x, y) \in T\}$,此时, $K(x)$ 的上界即为“共同前沿”,基于最小投入的共同前沿的距离函数为

$$D(x, y) = \sup_{\delta} \left\{ \delta > 0 : \left(\frac{x}{\delta}, y \right) \in K(x) \right\}. \quad (3)$$

因此得到共同前沿下不同区域钢铁上市企业的创新效率值为 $TE(x, y) = [D(x, y)]^{-1}$ 。

1.1.2 距离函数、技术落差比率(TGR)及无效率分解

基于非参数形式的DEA主要采用数学规划方法,不需要提前设定生产函数,通过输入输出的观察值来估计有效生产前沿面,且能处理多投入多产出的效率测算问题。因此,在规模报酬不变(CRS)情

形下求解基于投入最小化的距离函数 SBM 模型为

$$[D(x, y)]^{-1} = TE(x, y) = \min \theta,$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}, i = 1, 2, \dots, a \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, r = 1, 2, \dots, b \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (4)$$

其中: x 和 y 分别为决策单元的创新投入和产出; λ 为权重指数; s^- 和 s^+ 分别为创新投入和创新产出的松弛变量; θ 为技术效率值。此时,式(4)测算的是在不变规模报酬下的技术效率值(即综合技术效率值),在此基础上考虑可变规模报酬的情况,具体线性规划方程式如式(5)所示。

$$[D(x, y)]^{-1} = TE(x, y) = \min \varphi,$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \varphi x_{i0}, i = 1, 2, \dots, a \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, r = 1, 2, \dots, b \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (5)$$

此时, φ 表示决策评价单元的纯技术效率值。基于 Banker 等的传统经典 DEA 理论,综合技术效率 = 纯技术效率 \times 规模效率。通过求解式(4)和式(5)可以得到规模效率值。技术落差比率(TGR)这一指标常用于测算技术差距,在数值上等于决策单元在共同前沿与群组前沿下的技术效率之比,如式(6)所示。

$$0 \leq TGR^m(x, y) = \frac{D^m(x, y)}{D(x, y)} = \frac{TE(x, y)}{TE^m(x, y)} \leq 1, m = 1, 2, 3. \quad (6)$$

如图 1 所示,东部、中部和西部区域钢铁企业的群组前沿分别用群组 1、2、3 前沿来表示。以中部区域钢铁企业为例,决策单元 M 在共同前沿下的创新效率 $TE(M)$ 、群组 2 前沿下的创新效率 $TE^2(M)$ 以及技术落差比率 $TGR^2(M)$ 分别为

$$TE(M) = \frac{OA}{OC}; TE^2(M) = \frac{OB}{OC}; TGR^2(M) = \frac{\frac{OA}{OC}}{\frac{OB}{OC}} = \frac{OA}{OB}. \quad (7)$$

Chiu 等^[23]认为带来企业技术创新效率损失的原因主要有两点:一部分来自于群组前沿与共同前沿之间的技术差距;另一部分是由群组内企业管理无效率所造成的效率损失。因此,本文中钢铁企业技术创新无效率值(TEI)与技术差距无效率(TGRI)和管理

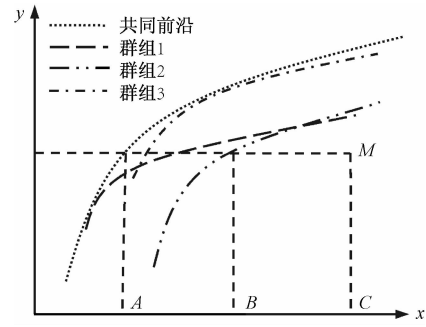


图 1 共同前沿和群组前沿

无效率(MI)之间的分解公式如(8)所示。

$$\begin{cases} TGR^m = TE^m \times (1 - TGR^m) = TE^m - TE \\ MI = 1 - TE^m \\ TGR^m + MI = 1 - TE = TEI. \end{cases} \quad (8)$$

2.2 变量选取及数据说明

(1) 创新投入指标的选取及处理。

研发支出和研发人员投入是衡量创新投入的主要指标。本文选取钢铁上市企业年报中的研发费用来表示企业用于创新活动的费用支出^[24]。研发活动不仅会影响当期的知识生产,也会对未来若干时期的知识生产有重要影响。因此,选取研发的资本存量作为测算研发活动的投入指标是更合适的。并采用永续盘存法来对研发资本存量进行核算,计算公式如(9)所示。

$$K_{it} = (1 - \delta) \times K_{i(t-1)} + E_{it}. \quad (9)$$

其中: K_{it} 和 $K_{i(t-1)}$ 分别表示第 i 个决策评价单元在第 t 时期和第 $t-1$ 时期的研发资本存量,基期为2009年; δ 代表折旧率,本文选取15%; E_{it} 为第 t 时期的实际研发费用。

在估算基期研发资本存量时,假定研发资本存量的增长率等于研发费用的增长率,则基期研发资本存量的计算公式为

$$K_{it} = \frac{E_{it}}{(g + \delta)}. \quad (10)$$

其中: K_{it} 表示基期的研发资本存量; E_{it} 表示基期实际研发费用支出; g 为观察期内实际研发费用支出的平均增长率。

在人力投入方面,研发人员全时当量是较为常见的创新投入指标,基于数据可得性,本文选取研发人员数量表示。企业研发活动的开展也需要物质资本的支持,所以本文选取固定资产净值作为物质资本投入指标。其中,固定资产净值以2006年为基期,用固定资产投资价格指数进行缩减。

(2) 创新产出指标。

本文选取发明专利授权数和主营业务收入作为衡量指标。鉴于研发创新成果的实现更接近于授权

日,故选择发明专利授权数更为合理^[25]。主营业务收入除了包含创新产生的经济收益外,也包含了工艺创新所带来的价值增值,同时考虑到数据的可得性,最终选取主营业务收入作为衡量指标^[26]。其中,以 2009 年为基准,按照工业产品出厂价格指数对主营业务收入进行平减。

本文中的数据主要来源于钢铁上市企业 2009—2018 年的年度报告,发明专利授权数的数据

来自于国家知识产权局的公布数据。目前,关于投入和产出变量的滞后期问题尚未有统一的处理方式。如果选择了研发资本存量的衡量指标,一般则表示已经考虑了研发投入存在的滞后效应。最后,利用数据标准化处理公式 $Y = 0.1 + 0.9 \times \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$ 对数据进行处理。样本数据的描述性统计分析情况见表 1。

表 1 投入产出数据描述性统计结果

类型	变量	研发费用存量 (千元)	研发人员数 (人)	固定资产净值 (万元)	发明专利授 权数(个)	主营业务收入 (万元)
全部企业	最小值	3.29	7	78.2	0	2760.87
	最大值	30425796.59	3787	16316651.55	662	28281014.03
	均值	3955760.37	947.68	2411462.3	31.18	3404316.69
	标准值	5167805.44	1001.98	2802816.02	75.17	3836828.37
东部地区	最小值	22598.98	7	85.9	0	2760.87
	最大值	30425796.59	2559	18000000	662	28300000
	均值	5380192.46	672	3291954.19	50.04	4178254.05
	标准值	6253010.25	561.6	3918375.44	103.87	4998730.21
中部地区	最小值	3.29	37	178138.35	0	151794.05
	最大值	14277829.98	3787	5615481.72	122	9512813.25
	均值	3768135.57	1625.11	2009692.59	18.23	3030649.44
	标准值	4328853.26	1389.17	1772013.3	29.78	2535344.43
西部地区	最小值	41904.59	44	468270.94	0	293335.6
	最大值	4687730.89	2101	8354934.85	69	7528449.6
	均值	1357062.59	595.8	1911698.25	10.72	2353708.96
	标准值	1297371.78	508.89	1639073.76	16.64	1660413.82

2 实证分析

2.1 钢铁上市企业创新效率的区域差异分析

本文采取 Tulkens and Eeckaut^[27] 的处理方式,将所有决策单元作为当期的生产参考集来构造生产技术前沿面。采用 DEA 模型对我国不同区域钢铁上市企业创新效率进行测算,结果表 2。

由表 2 可以看到,我国钢铁上市企业在考察期内的共同前沿和群组前沿下的创新效率均值分别为 0.695 和 0.813,可以看到在两种前沿下的整体创新效率值均较低,说明不同区域下的钢铁上市企业的创新效率具有明显差异,一些钢铁企业存在着较为严重的效率损失情况。以共同前沿为例可以发现,2009—2018 年 3 个区域钢铁企业共同前沿下的创新效率均值分别为 0.719、0.675 和 0.671,东部、中部和西部钢铁企业的创新效率在依次递减。此外,中部地区与西部地区的创新效率相差无几,仅仅略高于西部地区(0.004)。

图 2 给出了 2009—2018 年间我国钢铁上市企业区域共同前沿下的创新效率及其分解结果。从整体来看,10 年间钢铁上市企业的创新效率(即综合

效率)均值处于较低水平,基本在 0.5~0.8 的区间内呈波动性变动。三者的变动趋势大致相同,在 2012 年以前规模效率是主要的限制性因素,而在 2012 年以后则变成了纯技术效率,总体上来看两者效率的低下是其共同原因,尤其是纯技术效率的提升空间更大。

2.2 两种前沿下钢铁上市企业创新效率的差异比较及技术差距分析

图 3 显示了两组前沿下钢铁上市企业创新效率的差异性,可以发现在共同前沿下钢铁上市企业的创新效率值均小于群组前沿下的效率值。主要原因在于共同前沿包含了全国潜在最优技术创新水平,而群组前沿只包含某一区域可以实现的最佳技术水平。由于 DEA 模型的测算结果都是相对效率,使得原有较低效率的评价单元会因为具有高效率评价单元的加入而导致其效率变得更低。以中部地区的方大特钢为例,群组前沿下的创新效率均值为 0.994,预示着若以中部地区钢铁上市企业的最佳技术水平为参照标准,已经非常接近最优水平,提升空间不到 1%;而在共同前沿下,方大特钢的创新效率值降至 0.773,表明如果采用全国钢铁上市企业的

表 2 共同前沿和群组前沿下不同区域钢铁企业创新效率值(2009—2018年)

企业名称	共同前沿					群组前沿				
	2009年	2012年	2015年	2018年	均值	2009年	2012年	2015年	2018年	均值
首钢股份	0.747	0.635	0.657	0.560	0.711	0.860	0.703	0.657	0.560	0.758
河钢股份	0.688	0.839	0.503	0.830	0.750	0.765	0.839	0.503	0.830	0.765
本钢板材	0.622	0.707	0.496	0.623	0.621	0.649	0.748	0.513	0.654	0.654
鞍钢股份	0.512	0.553	0.432	0.706	0.564	0.614	0.643	0.435	0.737	0.620
抚顺特钢	0.703	0.720	0.632	0.690	0.688	0.721	0.740	0.648	0.709	0.706
宝钢股份	0.655	0.966	0.656	0.947	0.828	0.655	0.983	0.656	0.947	0.833
沙钢股份	0.696	0.733	0.665	0.775	0.725	0.742	0.838	0.742	0.799	0.810
南钢股份	0.902	0.712	0.474	0.685	0.658	0.933	0.732	0.483	0.728	0.680
杭钢股份	0.827	0.872	0.800	0.743	0.810	0.854	0.900	0.822	0.837	0.858
三钢闽光	0.795	0.800	0.682	0.823	0.783	0.820	0.826	0.702	0.871	0.812
山东钢铁	0.699	1.000	0.634	0.985	0.836	0.812	1.000	0.662	0.985	0.864
韶钢松山	0.604	0.659	0.530	0.761	0.658	0.688	0.735	0.574	0.872	0.741
东部地区	0.704	0.766	0.597	0.761	0.719	0.759	0.807	0.616	0.794	0.758
太钢不锈	0.701	0.831	0.475	0.530	0.658	0.795	0.943	0.743	0.600	0.787
安泰集团	0.670	0.678	0.614	0.723	0.668	0.990	0.986	0.988	0.979	0.990
马钢股份	0.666	0.734	0.465	0.766	0.676	0.968	0.913	0.828	0.903	0.920
方大特钢	0.760	0.771	0.699	0.865	0.773	0.996	1.000	0.978	1.000	0.994
新钢股份	0.635	0.707	0.601	0.978	0.743	0.780	0.811	0.726	1.000	0.841
安阳钢铁	0.663	0.659	0.568	0.658	0.640	0.758	0.761	0.702	0.772	0.742
大冶特钢	0.713	0.726	0.697	0.814	0.733	1.000	0.955	0.997	1.000	0.977
华菱钢铁	0.491	0.511	0.370	0.674	0.513	0.535	0.570	0.506	0.744	0.581
中部地区	0.662	0.702	0.561	0.751	0.675	0.853	0.867	0.809	0.875	0.854
包钢股份	0.798	0.832	0.539	0.579	0.713	0.923	0.935	1.000	0.776	0.930
柳钢股份	0.778	0.874	0.638	0.947	0.827	0.913	0.941	0.834	0.958	0.939
重庆钢铁	0.698	0.686	0.318	0.591	0.529	0.968	0.856	0.605	1.000	0.761
酒钢宏兴	0.777	0.852	0.558	0.630	0.747	0.850	0.862	0.650	0.714	0.817
西宁特钢	0.611	0.555	0.517	0.499	0.553	0.963	0.855	0.885	0.837	0.873
八一钢铁	0.713	0.786	0.467	0.658	0.657	0.922	0.923	0.799	0.922	0.877
西部地区	0.729	0.764	0.506	0.651	0.671	0.923	0.895	0.796	0.868	0.866
全部	0.697	0.746	0.565	0.732	0.695	0.826	0.846	0.717	0.836	0.813

注:按照样本中钢铁上市企业所在省市进行划分,东部群组包括北京市、河北省、辽宁省、上海市、江苏省、浙江省、福建省、山东省和广东省;中部群组包括山西省、安徽省、江西省、河南省、湖北省和湖南省;西部群组包括内蒙古自治区、广西壮族自治区、重庆市、甘肃省、青海省和新疆维吾尔自治区。由于篇幅限制,只给出了部分年份的创新效率值。

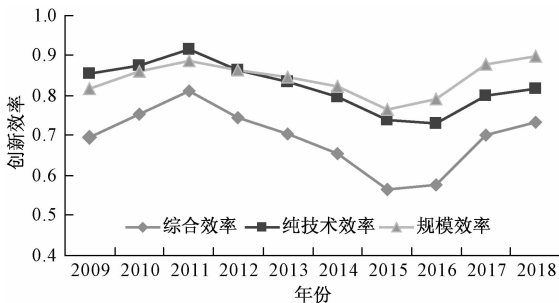
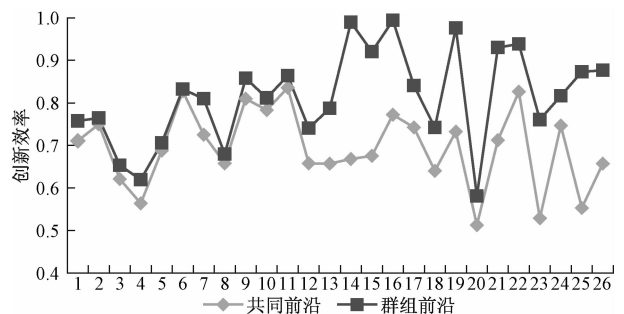


图 2 区域共同前沿下钢铁上市企业创新效率分解(2009—2018年)

最优技术水平为标准,效率提升空间增至 27.7%,两者间的差距达 27.1%。

对两种前沿下不同区域的钢铁上市企业创新效率进行比较可以发现,共同前沿下不同区域钢铁上市企业的创新效率均值分别为 0.719、0.675 和 0.671,而群组前沿下东部、中部和西部地区钢铁上



1~12 代表东部地区的 12 家钢铁上市企业,13~20 代表中部地区的 8 家钢铁上市企业,21~26 代表西部地区的 6 家钢铁上市企业;钢铁上市企业的顺序与表 2 第一列的钢铁上市企业顺序一致;“共同前沿”表示共同前沿下不同区域的钢铁上市企业的创新效率均值,“群组前沿”表示区域群组前沿下的钢铁上市企业的创新效率均值

图 3 两种前沿下钢铁上市企业创新效率均值比较(2009—2018年)

市企业的创新效率均值依次为 0.758、0.854 和 0.866(表 2)。大体上东部地区钢铁上市企业在两种前沿下创新效率值较为接近,而中部和西部地区均出现了效率值差异显著的情况。从效率均值来看,西部地区在两种前沿下的效率差值最大。同时需要说明的是,群组前沿下东部、中部和西部地区钢铁上市企业创新效率值出现了和共同前沿相反的排序情况,这主要由群组前沿下不同区域技术参考集的差异性所导致的,在群组前沿下的效率值会被明显高估,使其不具有可比性,应以共同前沿下的效率结果作为比较的标准。结合图 3 可知,东部地区的钢铁上市企业在两种前沿下创新效率值的差异最小,表明东部地区钢铁上市企业的技术水平处于领先地位,而西部地区与全国钢企最优技术水平间的差距最大,中部地区次之,两者仍有一定的提升空间。

图 4 显示了考察期内三大地区钢铁上市企业的技术落差比率(TGR),在 2009—2018 年,东部地区钢铁上市企业的技术落差比率最高,大致位于 0.95 左右,与最优技术水平非常接近。从 2009 年的 0.927 小幅升至 2018 年的 0.958,整体上呈现了稳中有升的变化。中部和西部地区的技术落差比率基本在 0.6~0.8,始终落后于东部地区。以 2014 年为分水岭,此前的西部地区的技术落差比率要高于中部地区,而在 2014 年之后则出现反转,中部地区后来居上。中西部地区均呈现了波动性的变化,分别在 2015 年和 2016 年出现了技术落差比率的最小值,随后逐渐递增。与 2009 年相比,中部地区在 2018 年实现了增长,但西部地区却有所降低。虽然三大地区钢铁上市企业的技术落差比率及变化趋势并不相同,但东部和中部地区大体上呈现出增长态势。相比之下,西部地区技术落差比率略有降低,与其他两个地区相比仍有一定差距。

将 3 个地区的技术落差比率值进行两两相减,进而得到区域间创新生产技术差距结果,如图 5 所

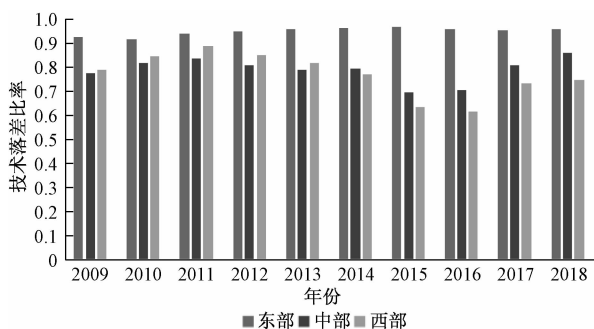


图 4 三大地区钢铁上市企业技术落差比率比较 (2009—2018 年)

示。东部地区钢铁上市企业与中部地区钢铁上市企业之间的技术差距为 0.1~0.27,而东部地区钢铁上市企业与西部地区钢铁上市企业间的技术差距的变动范围更大,位于 0.05~0.34。而中部地区钢铁上市企业与西部地区钢铁上市企业技术差距的变动,则经历了由负到正的“反转”变化,最终在 2014 年实现了超越,并逐渐拉大了两者的差距。总体上来说,东部地区钢铁上市企业的技术水平最高,处于领先地位,其次是中部地区。同时,在经历了 2015 年和 2016 年技术差距的陡增后,东部地区与中、西部地区钢铁企业间的技术差距逐渐缩减,也说明“中部崛起”和“一带一路”政策有力地带动了地区钢铁企业的发展,推进了产品创新和技术创新,进一步优化产品结构,增强了钢铁企业核心竞争力。随着相关政策的不断深入,将逐步形成中、西部地区钢铁产业的新布局,实现钢铁产业链的构建和优化,释放钢铁企业的创新活力,进一步缩小与东部地区钢铁企业间的技术差距,从整体上实现我国钢铁企业创新能力的不断提升。

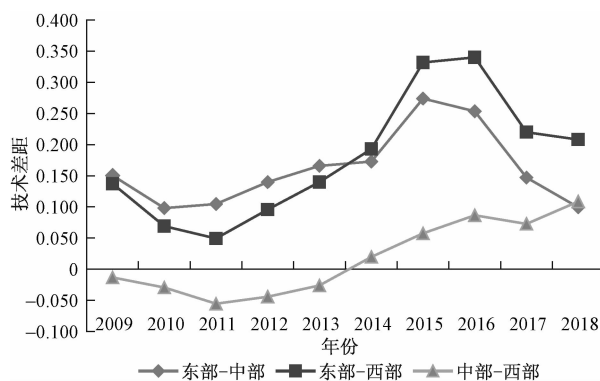


图 5 三大地区钢铁上市企业技术差距 (2009—2018 年)

3.3 钢铁上市企业创新无效率的分解

由前文分析可知,我国不同区域钢铁上市企业创新效率差异显著。为了进一步分析三大地区以及各个钢铁上市企业创新效率损失的根源,本文利用公式(8)按照创新生产技术和管理水平两个维度,对钢铁上市企业技术创新无效率值进行分解,具体结果见表 3。

由表 3 可知,从不同区域的钢铁上市企业来看,东部地区的 12 家钢铁上市企业的企业管理无效率值占比均达到了 70%以上,而生产技术差距无效率的贡献度则不足 30%。其中,河钢股份、本钢板材、抚顺特钢、宝钢股份和南钢股份的企业无效率占比甚至超过了 90%。由于资源禀赋的优越性和以往政策的倾斜性,使得东部地区拥有良好的创新环境和最优的科研水平,为钢铁企业的创新发展提

表 3 我国钢铁上市企业无效率分解及提升路径

类型	无效率值及分解							提升路径	
	TE	TE ^m	TEI	TGRI	MI	TGRI 比重	MI 比重	提高区域 生产技术	改进企业 管理水平
首钢股份	0.711	0.758	0.289	0.047	0.242	0.16	0.84		○
河钢股份	0.750	0.765	0.250	0.015	0.235	0.06	0.94		○
本钢板材	0.621	0.654	0.379	0.033	0.346	0.09	0.91		○
鞍钢股份	0.564	0.620	0.436	0.056	0.380	0.13	0.87		○
抚顺特钢	0.688	0.706	0.312	0.018	0.294	0.06	0.94		○
宝钢股份	0.828	0.833	0.172	0.005	0.167	0.03	0.97		○
沙钢股份	0.725	0.810	0.275	0.084	0.190	0.30	0.70		○
南钢股份	0.658	0.680	0.342	0.022	0.320	0.07	0.93		○
杭钢股份	0.810	0.858	0.190	0.048	0.142	0.25	0.75		○
三钢闽光	0.783	0.812	0.217	0.029	0.188	0.13	0.87		○
山东钢铁	0.836	0.864	0.164	0.028	0.136	0.17	0.83		○
韶钢松山	0.658	0.741	0.342	0.082	0.259	0.24	0.76		○
太钢不锈	0.658	0.787	0.342	0.130	0.213	0.38	0.62	○	○
安泰集团	0.668	0.990	0.332	0.321	0.011	0.97	0.03	○	
马钢股份	0.676	0.920	0.325	0.245	0.080	0.75	0.25	○	
方大特钢	0.773	0.994	0.228	0.222	0.006	0.97	0.03	○	
新钢股份	0.743	0.841	0.257	0.098	0.159	0.38	0.62	○	○
安阳钢铁	0.640	0.742	0.360	0.102	0.258	0.28	0.72		○
大冶特钢	0.733	0.977	0.267	0.244	0.023	0.91	0.09	○	
华菱钢铁	0.513	0.581	0.487	0.069	0.419	0.14	0.86		○
包钢股份	0.713	0.930	0.287	0.217	0.070	0.76	0.24	○	
柳钢股份	0.827	0.939	0.173	0.112	0.061	0.65	0.35	○	○
重庆钢铁	0.529	0.761	0.471	0.232	0.239	0.49	0.51	○	○
酒钢宏兴	0.747	0.817	0.253	0.070	0.184	0.28	0.72		○
西宁特钢	0.553	0.873	0.447	0.320	0.127	0.72	0.28	○	
八一钢铁	0.657	0.877	0.343	0.219	0.124	0.64	0.36	○	○
东部地区	0.719	0.758	0.281	0.039	0.242	0.14	0.86		○
中部地区	0.675	0.854	0.325	0.179	0.146	0.55	0.45	○	○
西部地区	0.671	0.866	0.329	0.195	0.134	0.59	0.41	○	○

供了坚实基础,这也是该地区钢铁企业创新效率领先于中、西部地区的重要原因。但这些钢铁企业在自身管理水平方面仍然存在瓶颈,企业内生性阻力较大,需要引起企业的重视。中部地区的 8 家钢铁上市企业在无效率的构成上较为平均,除了太钢不锈和新钢股份两部分的贡献度较为接近之外,安泰集团、马钢股份、方大特钢和大冶特钢生产技术差距无效率的贡献度均超过 75%。值得注意的是,安泰集团和方大特钢的生产技术差距无效率的贡献度高达 97%,企业管理无效率的贡献度仅为 0.03 接近于 0,表明这两家钢铁上市企业在管理水平、制度建设等方面较为优越,其创新效率的提升主要依赖于企业整体创新环境和生产技术水平的改善。西部地区的 6 家钢铁上市企业在无效率的构成上与中部地区的情况较为类似,柳钢股份、重庆钢铁和八一钢铁在生产技术差距无效率和管理无效率两个维度的均值比重上大致持平,包钢股份和西宁特钢生产技术差距无效率的贡献度较高,保持在 70%以上,而酒钢宏兴则更多体现在企业管理无效率方面,其均值

比重为 72%。从西部地区整体在技术差距无效率和管理无效率的均值比重来看,未来需要进一步加强在企业创新环境和管理效率两个方面的发展建设,从而实现该地区钢铁企业创新效率的共同提升。

3 研究结论

本文基于技术差距视角,利用共同前沿理论和 DEA 模型对两种前沿(共同前沿和群组前沿)下我国不同区域的钢铁上市企业的静态创新效率进行测度分析,研究结果表明:一是近几年我国钢铁上市企业创新效率虽有所提升,但整体水平偏低,仍有 30.5%的提升空间。纯技术效率和规模效率不高是其共同原因,其中纯技术效率影响更为显著。东部、中部和西部地区钢铁上市企业创新效率依次递减,且中部和西部地区钢铁上市企业创新效率间差距较小。二是共同前沿下钢铁上市企业创新效率值均小于群组前沿下的钢铁上市企业效率值,主要在于共同前沿包含了全国潜在最优技术创新水平,而群组前沿只包含某一区域可以实现的最佳技术水平。东

部和中部、西部地区钢铁上市企业的技术差距主要位于 0.05~0.3,且东部地区与中、西部地区间的技术差距在逐渐缩减。三是不同地区钢铁上市企业创新效率损失的根源存在差异性。企业管理水平低下成为东部地区钢铁上市企业创新效率损失的主要因素。而中部和西部地区钢铁上市企业的效率损失则受制于生产技术差距和管理无效率的共同影响。据此,相关建议如下。

第一,将提升技术创新效率作为实现钢铁企业高质量发展的重点策略。随着我国已经全面步入经济新常态发展阶段,以要素投入作为投资驱动的时代已经过去。面对减量发展的大趋势,钢铁企业要逐渐摆脱粗放式增长的惯性,实现创新驱动以质取胜。现阶段钢铁企业普遍存在创新资源配置不合理和利用效率低下等问题,开展技术创新活动时,注重加大创新研发投入的同时,需高度重视钢铁企业技术创新效率问题。

第二,充分考虑不同地区钢铁企业之间的技术异质性,最大限度释放中部和西部地区钢铁企业的创新潜力,实现全国钢铁行业创新效率的全面提升。改变原有向东部地区钢铁行业发展的政策扶持的重度“倾斜”,加大向中部和西部地区的政策扶持“转移”,在中西部地区创新制度建设、投资环境改善、研发财政支持、人才引进等方面加大政策扶持力度。推进三大地区钢铁企业间的协同创新和优势互补,促进区域间资金、技术、人才等创新资源的共享合作和高效整合。依靠网络化共享和智能化协作,加强与东部地区钢铁强企业之间的技术合作与交流,促进生产、能源、环保等关键共性技术的扩散与应用,逐步缩小与东部地区间的技术差距,推进钢铁行业的全面协调发展。

第三,补齐不同地区钢铁企业的创新“短板”,从缩小生产技术差距和提高企业内部管理水平两方面,提升我国钢铁企业创新效率水平。东部地区拥有最先进的技术,低下的管理效率水平是造成创新效率缺失的瓶颈因素,未来需加强企业内部管理,充分借鉴浦项制铁、新日铁住金等世界一流大型钢企的先进管理经验,健全管理组织结构和制度,构建智能化业务环境,完善创新激励机制,减少内生性障碍。中部和西部地区钢铁企业创新效率的提升则依赖于企业整体创新环境和管理水平的共同改善。一方面充分借助国际产能合作这一契机,与发达国家和地区建立技术合作,深入开展技术引进、消化吸收、模仿学习和再创新活动。同时,加强与科研院所、政府和社会机构、产业链上(包括上下游及同行)多方协同合作,建立新型开放式研发机制,进一步优

化创新环境。另一方面,强化钢铁企业的创新主体地位,以市场导向为主,持续推进产品结构优化。建立市场化研发生产组织模式,重视产品开发生产的前端创新,提升客户和产品的综合服务能力。推进前瞻性和突破性技术研发规划任务的部署与落地,完善企业内部管理制度和创新组织架构,营造创新文化氛围,激发企业内源性创新活力。

参考文献

- [1] 杨家兵, 吴利华. 基于 DEA 的钢铁行业上市公司效率评价[J]. 工业技术经济, 2006, 25(2): 90-93.
- [2] 夏绍模, 张宗益, 杨俊. 基于导向 DEA 模型多阶段求解方法对我国钢铁主营上市公司效率测定的实证分析[J]. 软科学, 2007, 21(3): 37-41.
- [3] 焦国华, 江飞涛, 陈舸. 中国钢铁企业的相对效率与规模效率[J]. 中国工业经济, 2007(10): 37-44.
- [4] 张文君. 钢铁上市公司技术效率与绩效研究[J]. 统计科学与实践, 2016(11): 28-31.
- [5] 何枫, 陈荣. 公司治理及其管理层激励与公司效率——关于中国上市公司数个行业的实证研究[J]. 管理科学学报, 2008, 11(4): 142-152.
- [6] 王晓东. 钢铁行业上市公司技术效率实证研究[J]. 北京科技大学学报(社会科学版), 2008, 24(2): 17-21.
- [7] 吴利华, 刘丽娜, 陈燕, 等. 我国钢铁上市公司技术效率差异分析[J]. 中国科技论坛, 2010(10): 51-56.
- [8] 张庆芝, 何枫, 雷家骥. 循环经济下我国钢铁企业技术效率与技术创新研究[J]. 研究与发展管理, 2014, 26(6): 1-8.
- [9] 殷子涵, 雷明, 虞晓雯. 中国钢铁行业能源环境效率分析——基于工业企业微观数据[J]. 中国管理科学, 2014(增刊 1): 691-697.
- [10] O'DONNELL C J, RAO D S P, BATTESE G E. Meta-frontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios[J]. Empirical Economics, 2008, 34(2): 231-255.
- [11] KONTOLAIMOU A, TSEKOURAS K. Are cooperatives the weakest link in European banking? A non-parametric metafrontier approach[J]. Journal of Banking & Finance, 2010, 34(8): 1946-1957.
- [12] 周梦玲, 张宁. 中国省际能源效率的再测算[J]. 环境经济研究, 2017, 2(3): 64-78.
- [13] 曾福生, 刘俊辉. 区域异质性地中国农业生态效率评价与空间差异实证——基于组合 DEA 与空间自相关分析[J]. 生态经济, 2019, 35(3): 111-118.
- [14] 李新春, 李胜文, 张书军. 高技术与非高技术产业创新的单要素效率[J]. 中国工业经济, 2010(5): 68-77.
- [15] 刘志迎, 郭磊, 周志翔. 基于共同边界模型的中国工业行业技术创新效率[J]. 系统工程, 2013(6): 14-21.
- [16] 沈能, 周晶晶. 技术异质性视角下的我国绿色创新效率及关键因素作用机制研究: 基于 Hybrid DEA 和结构化方程模型[J]. 管理工程学报, 2018, 32(4): 51-58.
- [17] PARK J, SHIN K. Efficiency of government-sponsored R&D projects: a metafrontier DEA approach[J]. Sus-

- tainability, 2018, 10(7): 2316.
- [18] 肖仁桥, 王宗军, 钱丽. 技术差距视角下我国不同性质企业创新效率研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2015(10): 38-55.
- [19] 肖仁桥, 陈忠卫, 钱丽. 异质性技术视角下中国高技术制造业创新效率研究[J]. 管理科学, 2018, 31(1): 48-68.
- [20] 钱丽, 肖仁桥, 陈忠卫. 环境约束、技术差距与企业创新效率——基于中国省际工业企业的实证研究[J]. 科学学研究, 2015, 33(3): 378-389.
- [21] 陈元志, 陈劲, 吉超. 中国不同类型企业技术创新效率的趋势与比较[J]. 科研管理, 2018, 39(5): 3-12.
- [22] 钱丽, 王文平, 肖仁桥. 共享投入关联视角下中国区域工业企业绿色创新效率差异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5): 30-42.
- [23] CHIU C R, LIOU J L, WU P I, et al. Decomposition of the environmental inefficiency of the meta-frontier with undesirable output [J]. Energy Economics, 2012, 34(5): 1392-1399.
- [24] 王玉梅, 姬璇, 吴海西. 基于三阶段 DEA 模型的创新效率评价研究——以节能环保上市公司为例[J]. 技术经济与管理研究, 2019(3): 25-30.
- [25] 张晨, 万相昱. 并购能够提高创新性么? ——来自高新技术产业上市公司的实证研究[J]. 科技进步与对策, 2019, 1: 1-10.
- [26] 周亚虹, 贺小丹, 沈瑶. 中国工业企业自主创新的影响因素和产出绩效研究[J]. 经济研究, 2012(5): 107-119.
- [27] TULKENS H, ECKAUT P V. Non-parametric efficiency, progress and regress measures for panel data: methodological aspects[J]. European Journal of Operational Research, 1995, 80(3): 474-499.
- [23] CHIU C R, LIOU J L, WU P I, et al. Decomposition of

Static Analysis of Innovation Efficiency of China's Iron and Steel Enterprises in the Perspective of Technology Gap

Li Zhe¹, Wang Zongjun^{1*}, Xiao Renqiao², Yu Yike³, Lan Xiao¹

(1. Management School, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. School of Business Administration, Anhui University of Finance & Economics, Bengbu 233030, Anhui, China;

3. Green Development Strategy Research Institute of Western China, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 550025, China)

Abstract: Based on the perspective of technology gap, the analysis and comparison have been made on the regional differences of the listed steel corporations and the technological gaps in China from 2009 to 2018 by the method of meta-Frontier and DEA model. In order to find out the root cause of inefficiency, we decompose the innovative inefficiency of steel listed companies in various regions by the two dimensions of "production technology gap" and "enterprise management level". The research shows that: innovation of steel enterprises overall efficiency is low, with the efficiency decreasing along the eastern, central and western regions. Pure technical efficiency and scale efficiency are both not high. The meta-frontier efficiency is less than the frontier efficiency. The technology gap between eastern steel enterprises and midwest ones are located in 0.05~0.3, and there is a reduced trend in recent years. The innovation efficiency loss of steel listed companies from different regions is different. In the eastern region the low management level is the bottleneck factor causing the loss of innovation efficiency of steel enterprises. The efficiency loss of steel companies in the central and western regions is subject to the combined effects of production technology gaps and management inefficiencies.

Keywords: technology innovation; technology gap; efficiency decomposition; steel enterprise