

密级： \_\_\_\_\_

# 硕士学位论文

## 钢铁企业技术创新效率评价 及提升路径研究

硕士研究生：李百华

指导教师：闫军印 教授

学科专业：企业管理

授予学位单位：石家庄经济学院

**石家庄经济学院**

2014年4月20日

密级：\_\_\_\_\_

石家庄经济学院硕士学位论文

# 钢铁企业技术创新效率评价及提升路径研究

论文作者：李百华

学生类别：全日制

学科门类：工商管理

学科专业：企业管理

指导教师：闫军印

职 称：教授

Secrecy Rate: \_\_\_\_\_

Dissertation Submitted to  
Shijiazhuang University of Economics  
for  
The Master Degree of  
Business Management

RESEARCH ON TECHNOLOGICAL INNOVATION  
EFFICIENCY EVALUATION OF IRON AND STEEL  
ENTERPRISES AND UPGRADE PATH

by  
Li Baihua

Supervisor: Prof. Yan Junyin

April 2014

## 原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文，是本人在导师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本学位论文不包含任何他人或集体已经发表的作品内容，也不包含本人为获得其他学位而使用过的材料。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人或集体，均已在文中以明确方式标明。本学位论文原创性声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者签名：

日期：

## 关于学位论文版权使用授权的说明

本人完全了解石家庄经济学院关于收集、保存、使用学位论文的以下规定：学校有权采用影印、缩印、扫描、数字化或其它手段保存论文；学校有权提供本学位论文全文或者部分内容的阅览服务；学校有权将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索、交流；学校有权向国家有关部门或者机构送交论文的复印件和电子版。（保密的学位论文在解密后适用本授权说明）

学位论文作者签名：

日期：

导 师 签 名：

日期：

## 摘 要

钢铁产业是国民经济发展的重要支柱产业，经过几十年的发展壮大，钢铁产业已成为我国工业现代化建设的先导。然而，在国际市场竞争中，我国钢铁企业却面临着重重挑战，产能过剩、产业集中度不高、高附加值产品少、研发投入费用占比较低、资源、能源利用率低、环境污染严重等问题，直接制约着我国钢铁企业竞争力的提升及钢铁产业的可持续发展。随着国家《钢铁产业“十二五”规划》的出台，加强钢铁企业自主创新能力，提高技术创新效率，建立并完善自主创新体系，以技术促进步，靠创新谋发展，已成为新时期我国钢铁企业竞争力提升和可持续发展的关键途径。

本文立足于钢铁企业的技术创新效率，首先选取河北钢铁集团唐山钢铁股份有限公司为主要研究对象，运用 DEA 多模型对其 1998~2012 年间的技术创新效率进行评价研究，研究结果表明：唐山钢铁股份有限公司在总体技术创新效率方面处于较高的发展水平，前期波动较大，近年来趋于良好的稳定发展状态，企业在技术研发、创新、应用等方面具有较强的实力，但其规模效率在一定程度上制约了整体创新效率有效性的实现；其次，分别采用 DEA 分析的 CCR 模型、BCC 模型及超效率模型进行评价，将唐钢与选取的国内 11 家重点钢铁企业进行 2012 年的创新效率对比分析，得出攀钢、首钢、武钢和重钢 4 家企业在技术创新效率方面为 DEA 有效，实现了投入产出的相对有效性，同时在利用 BCC 模型松弛变量分析中发现，多家企业的投入要素出现冗余，存在不同程度上的资源浪费，在超效率的排序研究中，首钢技术创新效率位居第一，武钢次之，唐钢位列第五。再次，本文进一步对影响钢铁企业投入产出效率的外部因素进行研究，采用 DEA 与 Tobit 相结合的两步法对选取的经济规模、产业结构、创新环境（包含劳动者素质与政府支持）、创新基础因素进行回归分析，得出创新基础中的劳动者素质与技术创新效率呈显著正相关关系，政府支持与产业结构升级有利于创新效率的提升，但这种影响并不显著。最后，根据钢铁企业技术创新效率的系列评价及影响因素回归分析，结合系统效率及系统场控思想，对钢铁企业技术创新系统及其运行机制进行剖析，并从企业系统结构调整及管理协调视角提出钢铁企业技术创新效率提升路径，从产业结构调整及创新环境优化角度对钢铁企业运行机制进行研究，由此实现对钢铁企业技术创新系统效率提升及外部运行机制优化的路径探索。

关键词：钢铁企业；技术创新效率；DEA；Tobit 分析；

## ABSTRACT

The iron and steel industry is the important pillar industry of national economic development, after decades, it has become the leading of industrial modernization. However, the iron enterprises are being faced with important challenges in the international market, with fewer high value-added products, lower investment proportion of scientific research and technology innovation level, meanwhile, low utilization of resources and energy ,overcapacity, uncoordinated between industry and environment, and so on, directly affecting their competitiveness and the sustainable development of industry. As *the iron and steel industry" twelfth five-year "plan*, it has been the new direction in the new period, that strengthening the independent innovation ability, improving the technology innovation efficiency, establishing and improving the independent innovation system. The promote development with technology and rely on innovation for progress, is the key to realize sustainable development of steel industry.

Based on the micro enterprise, this article selects Tangshan iron and steel co., LTD., as the main research object, and evaluates its technology innovation efficiency with DEA models, from 1998 to 2012, showing that its overall efficiency stayed in higher level ,tended to be more stable in recent years compared with the ups and downs at the earlier, and had stronger ability in technology research and development, innovation and application, etc., yet, its scale efficiency restricted to the overall efficiency, to a certain extent. For the comprehensive efficiency analysis, this paper makes the comparison evaluation with Tanggang iron and others in 2012, respectively using DEA CCR, BCC and super efficiency model, finding that Pangang , Shougang, Wuhan and Chongqing iron reached the DEA effective ,with the relative effectiveness of input and output, meanwhile, in the analysis of BCC slack variable, there were many redundant inputs, and different degree of resources waste. In the super efficient sorting, Shougang obtained the first place, Wugang coming second, and Tanggang top fifth. After the comprehensive evaluation ,this paper further studies the external factors of input and output efficiency, and makes regression analysis of the economic scale, industrial structure, innovation environment (including laborer quality and government support), innovation foundation, using the DEA and Tobit, drawing that laborer quality of innovation environment has significant positive correlation with the innovation efficiency, government support of innovation environment and upgrade of industrial structure positive correlation, but not significant. Finally, according to the effective evaluations and regression analysis of factors, this paper makes detailed analysis of its technology innovation system and operation mechanism, combined with the system efficiency and system control idea, proposes the upgrade paths to promote innovation efficiency from system structure adjustment and management coordination, and studies the operation mechanism from industrial structure adjustment and innovation environment optimization, thus, realizes the paths explore to the system technology innovation efficiency and running mechanism

KEYWORDS: Steel enterprises; Technological innovation efficiency; DEA; Tobit analysis;

# 目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT .....	II
第一章 绪论.....	1
1.1 问题的提出.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 国内外研究综述.....	3
1.2.1 技术创新效率层面应用研究.....	3
1.2.2 技术创新效率评价方法应用研究.....	5
1.2.3 技术创新效率影响因素研究.....	6
1.3 本文研究的基本思路和内容.....	6
1.3.1 基本思路.....	6
1.3.2 研究内容.....	8
第二章 企业技术创新效率理论基础.....	10
2.1 相关概念界定.....	10
2.1.1 技术创新.....	10
2.1.2 技术创新能力.....	11
2.1.3 技术创新绩效.....	11
2.1.4 技术创新效率.....	12
2.2 技术创新效率相关理论.....	13
2.2.1 技术创新理论.....	13
2.2.2 效率理论.....	14
2.2.3 技术创新效率评价.....	15
2.3 技术创新效率评价方法.....	15
第三章 钢铁企业技术创新效率评价指标体系与模型建立.....	17
3.1 DEA 评价指标体系建立.....	17
3.1.1 评价指标体系建立原则.....	17
3.1.2 评价指标体系建立基本思路.....	18
3.1.3 钢铁企业技术创新效率评价指标体系.....	19
3.2 评价模型选择.....	20
3.2.1 DEA 模型分析.....	20

3.2.2	DEA 模型应用步骤 .....	23
3.2.3	Tobit 模型分析 .....	24
<b>第四章</b>	<b>唐山钢铁股份有限公司技术创新效率评价实证分析 .....</b>	<b>25</b>
4.1	时间序列分析 .....	25
4.1.1	评价数据处理 .....	25
4.1.2	基于 DEA 多模型的效率评价 .....	27
4.2	对比分析 .....	34
4.2.1	对比数据处理 .....	34
4.2.2	DEA 多模型分析 .....	35
4.2.3	DEA-Tobit 模型分析 .....	39
4.3	结论 .....	43
<b>第五章</b>	<b>钢铁企业技术创新系统效率提升与机制优化 .....</b>	<b>44</b>
5.1	基础思路与构想 .....	44
5.1.1	系统效率思想 .....	44
5.1.2	系统场控思想 .....	45
5.1.3	技术创新系统效率提升及机制优化框架 .....	46
5.2	钢铁企业技术创新系统效率提升路径 .....	48
5.2.1	钢铁企业技术创新系统效率分析 .....	48
5.2.2	技术创新系统效率提升路径 .....	51
5.3	钢铁企业技术创新系统运行机制优化 .....	54
5.3.1	技术创新系统运行机制分析 .....	54
5.3.2	技术创新效率系统运行机制优化路径 .....	56
<b>第六章</b>	<b>结论与展望 .....</b>	<b>59</b>
6.1	结论 .....	59
6.2	展望 .....	60
	参考文献 .....	61
	附录 A 钢铁企业技术创新效率评价的软件操作过程 .....	65
	致谢 .....	75
	作者简介 .....	76
	攻读学位期间所取得的相关科研成果 .....	76

# 第一章 绪论

## 1.1 问题的提出

钢铁产业是我国国民经济发展中的重要基础产业，经济发展及大规模社会活动的开展皆需要钢铁产业提供物质支撑。经过近十几年的发展，我国钢铁产业已成为新时期实现工业现代化的先导产业，2012年我国粗钢产量达到7.17亿吨，同比增长3.1%，仍位居世界钢产第一。然而，随着经济全球化趋势的加强，国内钢铁企业面临更加严峻的考验。我国钢铁行业整体技术水平较世界发达国家还存在较大差距，具有高附加值的钢铁产品还要依靠进口，国内科研投入费用占比较低，钢铁企业技术创新水平不高，钢铁行业目前普遍存在资源、能源利用率低，产能过剩，工艺技术装备及关键品种资助创新成果不足，产业与环境不协调等问题，直接影响了我 国钢铁企业竞争力和钢铁行业的可持续发展。面对一系列问题，“十二五”期间《钢铁工业“十二五”规划》出台，并明确提出要加强钢铁企业自主创新能力，提高技术创新效率，建立并完善自主创新体系，以推动钢铁企业走现代化工业道路。用技术促发展，靠创新谋进步，已成为钢铁企业实现可持续发展的关键途径。

目前，国内外学者对技术创新的研究较多，既有从宏观、微观上进行的研究，也有以不同行业为基准进行的研究，同时也包括技术创新过程及其影响因素的研究。国内技术创新研究多集中于高新技术行业或企业，及区域创新研究，对钢铁企业的微观研究较少，本文立足于钢铁企业面临的众多挑战，基于多个微观企业的技术创新效率，选择从投入、产出的评价层面对其进行研究，以实现 对钢铁企业创新效率的客观把握。在此过程中，技术创新、技术创新能力、技术创新绩效与技术创新效率存在着一定的差异，需进行严格界定，以明确本文的研究出发点。

### 1.1.1 研究背景

钢铁工业是国民经济的重要基础产业，“十一五”期间，我国粗钢产量由3.5亿吨增加到6.3亿吨，年均增长12.2%，钢材国内市场占有率由92%提高到97%，为建筑、机械、汽车、家电、造船等行业的快速发展提供了重要的原材料保障，有效支撑了国民经济平稳而较快的发展。然而，另一方面，我国重点统计的钢铁企业，其研发投入仅约占主营业务收入的1.1%，远低于发达国家3%的水平。多数钢铁企业技术创新体系尚未完全形成，自主创新基础薄弱，缺乏高水平专家带头人才，工艺技术装备和关键品种自主创新成果不多，部分关键装备及工艺仍然主要依靠引

进，生产中若干前沿技术研发投入不足，严重影响钢铁企业优势竞争力的提升，及我国钢铁行业的可持续发展<sup>[1]</sup>。

“十二五”期间，我国钢铁工业将步入转变发展方式的关键阶段，既面临结构调整、转型升级的发展机遇，又面临资源价格高涨，需求增速趋缓、环境压力增大的严峻挑战，产品同质化竞争加剧。面对众多挑战，如何把握好新时期新机遇，充分发挥科学技术及创新力量，推动我国钢铁行业实现跨越式发展是一个亟待解决的问题。为此，《钢铁“十二五”规划》明确指出，要把自主创新作为钢铁工业可持续发展的重要支撑，完善技术创新体系，培育自主知识产权核心技术和品牌产品。钢铁企业作为我国钢铁行业的基本组成单元，其技术创新体制及其创新效率情况将直接影响行业整体创新成果，利用科学有效的方法对钢铁企业技术创新进行研究，以客观把握钢铁行业技术创新水平，是提升钢铁行业创新竞争优势的切实需要<sup>[2]</sup>。

### 1.1.2 研究意义

科技是第一生产力，技术创新是经济发展的根本动力。《钢铁工业“十二五”规划》中对钢铁产业的发展明确指出，要把自主创新作为钢铁工业可持续发展的重要支撑，坚持走技术创新点道路，建立并完善钢铁企业技术创新体系等。由此可见，提高钢铁企业自主创新能力，提升钢铁企业的技术创新水平，已成为新时期促进我国钢铁产业竞争力的关键路径。

基于钢铁产业技术创新发展的重要时期，对钢铁企业技术创新效率及其效率提升的研究具有重要的理论与现实意义。国内外对技术创新效率的研究较集中，一般为国家层面、行业层面或区域层面，在研究方法上，多数学者虽都采用数据包络法，但对模型的应用也有一定局限性，本论文立足于国内微观企业，进行行业内重点企业的评价研究；同时，在评价方法上，综合运用 DEA 模型簇及 Tobit 模型，在进行系统的投入产出创新效率评价的基础上，再运用 Tobit 回归分析寻找影响其创新效率的显著因素，具有一定的理论意义<sup>[3]</sup>。

钢铁行业创新水平的提升，需要钢铁企业的支撑与推动，而目前，对钢铁企业的技术创新效率研究较少，多为技术创新战略或创新体系的研究，缺乏客观的定量分析基础；同时，现有的技术创新效率评价也多为宏观层面的分析，对具体微观层面的基础定量分析不足。通过对具体企业的横纵向分析，可以更客观、准确地描述钢铁企业技术创新效率状况及其变化趋势，也可为钢铁企业提供自我剖析的方法，根据评价结果，为企业寻求其自身的创新提升路径提供意见或建议，具有重要的现实意义。

## 1.2 国内外研究综述

### 1.2.1 技术创新效率层面应用研究

企业技术创新效率是从投入产出的角度去衡量企业创新生产效益，作为一项重要的研究领域，已引起了诸多国内外学者的关注。目前，国内外对技术创新效率的应用研究主要集中于以下几个方面：

#### (1) 国家层面的技术创新效率研究

在技术创新效率研究方面，国外学者多将国家层面的研究作为重点，其中，Nasierowski 和 Arcelus（2002）运用定量方法进行了国家间的技术创新测评分析，认为技术创新效率受到技术创新规模、资源配置等因素的影响较大；R.Fare 和 S.Grosskopf（2004）运用 Malmquist 指数模型对经济合作与发展组织成员国的创新效率进行了评价；Hak-Yeon Lee 和 Yong-Tae Park（2005）在对国家间的研发效率进行比较研究时采用 DEA 评价方法，并对各国的技术创新效率进行了排序，结果显示新加坡在总效率中排名第一，日本在专利导向的效率中排名第一，而中国、韩国的研发呈相对无效<sup>[4]</sup>；Mika Kortelainen（2007）将欧盟成员国的创新效率作为研究对象，运用 Malmquist 效率评价指数对其创新效率进行了动态测评<sup>[5]</sup>；Hollanders 和 Celikel（2007）通过对各国家的研发投入与产出效率进行测评对比，将世界各国划分为创新先驱者、创新追随者与缓慢的创新者三种类型；

国外学者在国家层面对技术创新效率的研究众多，且运用了众多方法，诸多研究成果为技术创新效率的应用研究奠定了基础，提供了理论与应用指导，应用研究结果有利于对国家创新效率的理性思考，从而激励某些国家努力提高创新效率。随着技术创新效率应用研究地不断扩大，部分国外学者也开始逐渐关注特定国家特定行业的技术创新效率应用研究，如 Barbara Casu 和 Claudia（2004）将欧洲银行业作为效率研究对象，综合运用参数法与非参数法对其生产率变化进行了分析，并对两种方法所得出的结论进行了对比研究<sup>[6]</sup>；Mario 和 Andera（2005）重点对美国互联网行业与企业研发效率的关系进行了实证研究，得出了因特网的交流与搜索功能与提高企业研发效率有关的结论；Akihiro Hashimotoa（2008）运用数据包络法对日本制药业的研发效率变化进行了研究<sup>[7]</sup>。

#### (2) 行业层面的技术创新效率研究

国外学者在行业层面的技术创新效率在国家层面的应用研究综述中有所提及，因此，此处将重点述评国内学者对技术创新效率的应用研究。国内对技术创新效率的研究起步较晚，目前，我国对行业层面的技术创新效率研究多集中于高新技术产业及制造业。如，赵国杰（2004）采用 RPM 方法对我国高技术产业资源配置的有效

性进行了研究<sup>[8]</sup>；黄鲁成（2005）运用因子分析定权法对北京制造业行业的技术创新效率进行了测度<sup>[9]</sup>；吴瑛（2006）运用 DEA 模型对 1995~2004 年间我国高技术产业的科技资源配置效率进行了计算分析<sup>[10]</sup>；黄永兴、张国庆（2007）运用参数方法对安徽省高技术产业的技术创新效率进行了测评<sup>[11]</sup>；余泳泽（2009）从价值链视角分析对我国高新技术产业的技术创新过程效率进行了研究，利用 DEA 模型的松弛变量对各阶段的效率进行进一步分析<sup>[12]</sup>；代碧波等（2012）运用非参数的 Malmquist 生产率指数分析法对我国制造业在 2001~2008 年间技术创新效率的动态变化进行了实证测评<sup>[13]</sup>。

国内学者对行业层面的技术创新效率主要集中于高技术产业与制造业，这也在一定程度上从实证研究方面，证实了技术创新对提升企业技术创新活动效率具有重要作用，尤其是对技术密集型企业而言。同时，不同研究方法的运用也获得了较多的研究信息，有利于对行业技术创新效率的综合思考。然而另一方面，由于技术创新活动多为企业自主行为，因此，行业层面的技术创新效率研究结果对企业的影响并不大。

### （3）区域层面的技术创新效率研究

国外学者对技术创新效率的区域层面研究也多为国际间某特定区域或特定组织间。P. Cooke 与 M.G. Uranga（1998）首先对区域技术创新开展了较全面的研究，并详细阐述了技术创新系统等概念；M. Fritsch（2002）对国际区域间的研发活动进行了全面的实证分析，并得出新成员的加入有利于区域内知识的流动，进而推动区域创新的结论<sup>[14]</sup>；R. Moreno 等（2005）对欧洲的地区与产业集群进行了比较研究。国外学者对区域层面技术创新效率可总结为区域创新要素与创新效率的影响研究，研究表明，创新会在地域上产生集聚现象，同时，发生集聚的区域具有很好的创新基础，也有利于人才、知识等要素的流动，从而推动区域创新效率的提高。然而对于何种地区更有利于创新集聚则目前尚未形成统一的定论。

国内对区域层面的技术创新效率研究较多，主要包括，对某省市区域技术创新效率的研究；对我国不同区域特定行业技术创新效率的比较；区域创新环境对技术创新效率的影响研究等。如池仁勇等（2004）对我国 30 个省市自治区的技术创新效率进行了测定，结果呈现东高西低的特征<sup>[15]</sup>；白俊红（2008）等应用 Malmquist 生产率指数法对我国区域创新生产率变动情况进行了实证分析<sup>[16]</sup>；李小双等（2011）运用数据包络法对新疆主要行业中的大中型企业技术创新效率进行测评，得出其整体技术效率偏低且行业间发展不均衡的结论<sup>[17]</sup>；关祥勇等（2011）基于 2003~2007 年中国 30 个省份的有关数据，进行了区域创新环境对区域创新效率的影响研究<sup>[18]</sup>；汪娟，肖瑶（2013）运用 DEA 模型对我国 28 个省会城市和直辖市 2008~2010 年间的技术创新效率进行了测度<sup>[19]</sup>。目前，国内学者对我国省际间的技术创新效率研

究较为集中，且选择区域创新要素建立投入产出指标，或多为工业行业，在一定程度上，对梳理我国不同区域的创新水平及差异提供了实证研究依据。然而，另一方面，国内对于区域内的微观企业研究较少，对不同区域间的企业创新效率比较研究也不多。基于此，本文从微观钢铁企业入手，选择唐山钢铁股份有限公司作为特定研究对象，并以钢铁行业为基准，将其与不同区域的代表性钢铁企业进行比较分析，更有利于推动对企业技术创新效率的思考。

## 1.2.2 技术创新效率评价方法应用研究

国内外对技术创新效率的评价方法主要有两类，一类是基于单指标的简单算术比列法，利用产出与投入，得出效率的绝对值从而加以评价；另一类是基于效率前沿面的评价，是一种相对效率的评价，其中相对效率评价中对效率前沿面的设定不同而产生两种主要的评价方法，即参数评价法和非参数评价。国外学者 Liu X H 和 Buck T (2007) 利用简单的回归分析了国际技术溢出对我国高新技术企业创新绩效的影响<sup>[20]</sup>；Fernando Jiménez-Sáez 等 (2010) 采用数据包络模型对面向知识生产的西班牙食品企业创新效率进行了有效性测评；G.C.Aye, E.D. Mungatana (2011) 采用参数随机和非参数的距离函数方法对尼日利亚的玉米行业企业进行了技术创新效率测评；国内学者王光伟 (2003) 采用比较效率指数 (IRCIE) 对我国 38 个工业行业 1990~1999 年间的技术创新效率情况进行了分析，得出了 IRCIE 差异出现缩小的趋势；冯田丰，刘冬 (2005) 利用 DEA 模型，对北京市 18 个制造业行业技术创新资源的配置效率进行测评，并从中总结了制造业整体效率较低，且各类制造业在资源拥有及配置效率方面存在较大差异<sup>[21]</sup>；黄鲁成，张红彩 (2006) 运用因子分析定权法对北京市制造业的技术创新效率进行了测算，得出技术含量高的行业技术创新效率较低的结论<sup>[22]</sup>；张宗益等 (2006) 运用基于对数型柯布-道格拉斯生产函数的随机前沿生产函数 (SFA) 对我国区域间 1998~2003 年的技术创新效率进行了测评<sup>[23]</sup>；刘凤朝等 (2007) 运用 Malmquist 指数法对我国科技创新效率发展趋势进行了分析，并进一步将其分解为技术进步与资源配置效率变化进行研究<sup>[24]</sup>；龙如银等 (2009) 采用超效率 DEA 及复合 DEA 方法对我国区域间技术创新效率进行测评与排序<sup>[25]</sup>；郭军华等 (2011) 运用 Malmquist 指数拓展的非参数 HMB 指数法对各省的科技创新效率进行了测评和分解，并在此基础上进行了收敛分析研究<sup>[26]</sup>；尹伟华 (2012) 运用客观加权的网络 SBM 模型等对高技术产业技术效率进行了评价分析<sup>[27]</sup>。

不同的评价方面具有不同的应用条件，也可得出不同的评价信息，在众多技术效率的评价方法中，数据包络法由于其自身的优势成为评价技术创新效率的主要方法。然而，数据包络法是从投入产出的角度进行效率评价，因此，对决策单元有效或无效的结果分析只能得出内部影响创新效率的因素，在创新效率的全面考察及影响因素的

研究方面具有一定的局限性。随着国内外研究的深入，数据包络法不再被单纯的运用于有效性的判断，开始逐渐进行拓展，与相关方法进行综合使用，同时，数据包络模型也由最初的 CCR 模型不断扩展，由此对数据包络法的综合应用将有利于获得更为全面、深入的评价信息<sup>[28]</sup>。

### 1.2.3 技术创新效率影响因素研究

寻找技术创新效率影响因素，也是进行技术创新测评的重要方向。国外学者 Schumpeter (1943) 认为市场结构是影响企业技术创新的重要因素，而高市场集中度的产业更有助于激励企业的研究开发；Bernard Bobe (1998) 在对法、德企业进行研究后，认为企业战略、CEO 作用、组织因素、技术资源、企业环境、人力资源和企业文化因素对企业创新活动产生重要影响；Chen 和 Chien 等人 (2004) 研究表明，企业规模对技术创新效率具有明显的作用，企业技术创新效率的改善需要一定的规模经济性；国内学者池仁勇、虞晓芬等 (2004) 利用 DEA 方法和统计回归得出劳动者素质、轻重工业比例结构等是影响创新效率的显著因素<sup>[15]</sup>；余泳泽 (2009) 从价值链视角分析得出影响各地区高技术产业技术创新效率的因素主要有：市场化程度、企业规模、政府政策支持和企业自身的经营绩效<sup>[12]</sup>；魏峰、江永红 (2012) 等采用灰色关联方法对影响技术创新效率的促进产学研合作等因素进行了显著性分析<sup>[29]</sup>。不同的研究角度及方法，所得技术创新效率影响因素也不同。创新是一项复杂的系统活动，影响创新效率的因素众多，即包括企业内部自有创新系统的影响因素，又涉及企业所在区域及行业环境的影响，而内因是关键，外因是重要的影响要素。总结相关文献研究，企业技术创新效率的影响因素主要包括：企业制度、经营者的文化程度、企业技术创新方式、企业技术创新协调性、政府对企业技术创新投入等。

## 1.3 本文研究的基本思路和内容

### 1.3.1 基本思路

本文在综合研究国内外技术创新效率相关理论及方法的基础上，将钢铁企业技术创新特性纳入研究中，综合使用数据包络法，对钢铁企业技术创新效率进行全面深入分析（以唐山钢铁股份有限公司为例进行重点实证研究）。首先，在明确论文研究目标从而对所研究问题的背景及意义有清晰认识的基础上，进行文献收集、筛选与整理，达到对技术创新效率评价有关理论及相关学者研究成果的梳理，为论文的系统研究打好理论基础；其次，针对钢铁企业特性，结合技术创新效率评价相关的研究成果，遵循效率评价模型及其指标体系建立原则，在资料收集、文献参考的

基础上，选择本次研究过程中钢铁企业技术创新效率的评价模型，并建立对应的评价指标体系；在本论文的实证分析部分，主要是对数据包络及其扩展模型的应用，包括：以唐山钢铁股份有限公司为主体的技术创新效率的时间序列评价，及在国内选取的钢铁企业样本而进行的对比评价，其中涉及 DEA 的基本模型，如 CCR、BCC，及其扩展模型，如超效率、Malmquist 模型等；同时，在钢铁企业技术创新效率的系统评价基础上，使用 Tobit 回归模型，对影响钢铁企业技术创新效率的各类因素进行分析；最后，结合本论文的实证分析结果及系统效率与系统场控思想，进行钢铁企业技术创新效率的提升路径及运行机制优化探究。综合各部分内容，绘制论文整体研究路线图（图 1.1）。

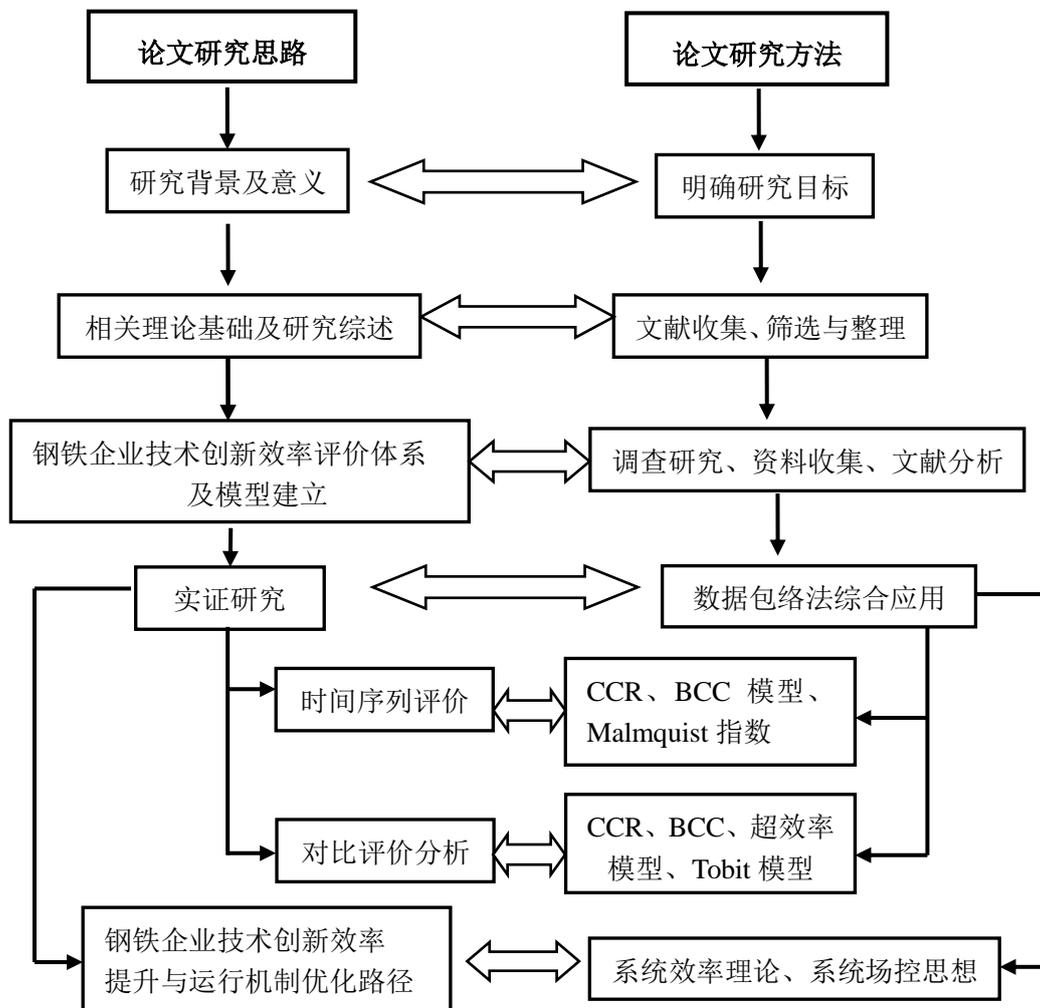


图 1.1 论文研究路线图

### 1.3.2 研究内容

本文首先对国内外企业技术创新效率相关研究理论进行综述，然后对技术创新效率评价方法进行研究，在此基础上，运用数据包络法基本模型、DEA 的 Malmquist 指数、超效率模型和 Tobit 模型以唐山钢铁股份有限公司及国内若干钢铁企业为实证对象，进行钢铁企业技术创新效率的时间序列分析与对比测评研究。论文研究内容共分为六部分，具体内容如下：

#### 第一部分 绪论

本部分从研究背景的角度出发，对目前我国钢铁产业技术创新现状进行阐述，了解政府对钢铁产业工业发展的规划及政策，从而系统阐述本论文研究问题的背景及现实需要，并从技术创新效率综合测评角度出发，分析本论文所研究内容对提高钢铁企业技术创新效率的作用及意义。在充分阐述研究背景及意义的基础上，对企业

技术创新效率研究进行系统综述，了解国内外对该内容的研究发展动态，最后，对本文研究的基本思路和内容进行系统梳理，为后续内容的研究奠定基础。

#### 第二部分 企业技术创新效率的理论分析

本部分重点在于对相关技术创新效率的理论研究，从企业技术创新及相关概念入手，对企业技术创新效率等进行界定描述。同时，在此基础上，对目前企业技术创新及效率的相关理论进行阐述，并着重对技术创新效率评价及其应用方法进行介绍，为本文开展钢铁企业技术创新效率评价的实证工作奠定理论基础。

#### 第三部分 钢铁企业技术创新效率评价指标体系与模型建立

本部分为实证研究的前期部分，重点在于建立钢铁企业技术创新效率评价的指标体系，并选择其效率评价的有关模型。首先通过对研究基本思路及内容的把握，在对已有相关评价指标体系的研究基础上，建立本文的评价指标体系，包括相应体系建立的原则阐述，建立的基本思路，及针对钢铁企业技术创新效率评价的指标体系建立的理论与方法；然后是评价模型的选择，根据各模型特点、使用条件等进行适合本研究所需的模型选择，包括 DEA 模型分析与选择、超效率模型分析及 Tobit 模型分析等。

#### 第四部分 唐山钢铁股份有限公司技术创新效率评价实证分析

该部分为本论文的实证研究，选取唐山钢铁股份有限公司为研究对象，以其 1998~2012 年为评价时段，根据所建评价指标体系，收集所需评价数据，并运用相关软件进行系统评价分析，包括评价数据的处理、CCR 模型、BCC 模型、超效率模型及 Malmquist 模型分析等，依次进行唐钢技术创新效率的时间序列分析。与此同时，选取宝钢、首钢、武汉钢铁、莱芜钢铁等国内 11 家钢铁企业，应用所建评价指标体系进行技术创新效率的对比分析研究，并运用超效率模型对全国钢铁企业技术创新效率进行排序分析；在对钢铁企业进行系统评价基础上，将 DEA 评价与 Tobit 模型相结合，将钢铁企业的效率值作为因变量，利用 Tobit 分析对影响钢铁企业技术创新效率的因素进行回归分析。

#### 第五部分 钢铁企业技术创新效率提升与机制优化研究

本部分为论文的理论应用成果，重点在于结合实证分析，运用系统效率思想，对钢铁企业技术创新系统结构及其效率情况进行分析，并由此对钢铁企业技术创新效率的提升路径进行构想研究。同时，结合系统场控思想，对影响钢铁企业技术创新效率的运行机制进行结构及系统分析，并从系统场控的角度，提出了优化钢铁企业技术创新系统运行机制的路径，从而推动企业创新效率的提升。

#### 第六部分 结论与展望

总结本文研究的主要结论，并指出以后研究的方向。

## 第二章 企业技术创新效率理论基础

### 2.1 相关概念界定

#### 2.1.1 技术创新

1912年，美籍奥地利经济学家熊彼特（J A Schumpeter）在他的德文版《经济发展理论》一书中首次提出“创新”一词，开启了国内外学者对创新的研究。熊彼特认为，创新就是把生产要素和生产条件的新组合引入生产体系，即建立一种新的生产函数。技术创新是创新多种运用中的一类，经过深入研究，熊彼特建立了以技术创新为基础的独特的经济理论体系，并指出“技术创新”是企业对生产要素的重新组合，这种组合既包括新的产品、产品的新特性，又包括新的技术、方法或市场等。随后，熊彼特通过对技术创新引起经济周期的现象进行了理论解释，进一步凸显了经济发展中技术创新所起到的关键作用。虽然，熊彼特对技术创新的提出与内涵做出了全面诠释，并将其与技术发明创造进行了区别，但并未对“技术创新”概念进行定义。诺贝尔经济学奖获得者索罗在已有的创新理论上进行了较全面的研究，并在1951年所发表的《在资本化过程中的创新：对熊彼特理论的评价》中提出了技术创新成立需要两个条件的思想，被认为是技术创新界定研究上的一个里程碑。随后，诸多学者开始从特征、过程、内容、效应、影响因素等不同角度对技术创新进行界定。

20世纪60年代开始，美国国家科学基金会（National Science Foundation of U.S.A.）兴起并组织有关学者对技术的变革和技术创新进行研究。1962年，伊诺思（3. L. Enos）在《石油加工业中的发明与创新》中首次从行为的集合角度直接对“技术创新”进行了界定，其认为“技术创新是几种行为综合的结果，这些行为包括发明的选择、资本投入保证、组织建设、制定计划、招收工人和开辟市场等”<sup>[30]</sup>，由此更加刺激了学者们对技术创新定义的研究。林恩（G. Lynn）从创新时序过程角度对“技术创新”进行了定义。在70年代的上半期，NSF对技术创新的限定还比较窄，到70年代下半期，NSF对技术创新的界定出现了较大程度的改变，认为“技术创新是将新的或改进的产品、过程或服务引入市场”。80年代起，国内有较多学者在借鉴国际研究成果的基础上先后对技术创新进行了定义，如傅家骥（1998）、许庆瑞（2000）等，普遍认为技术创新是指，企业应用创新的知识和新技术、新工艺，采用新的生产方式和经营管理模式，提高产品质量，开发生产新的

产品，提供新的服务，占据市场并实现市场价值<sup>[31]</sup>。

尽管目前国内外在技术创新方面尚未形成统一的定义，但学者们普遍认为，技术创新是经过一段时间后，一种新思想和非连续的技术活动发展到实际和成功的商业应用程序的过程。

### 2.1.2 技术创新能力

20世纪80年国内外兴起对技术创新能力的研究，在技术创新能力定义方面，不同的学者从不同的角度与层次进行了界定，并普遍认为，技术创新能力是在整合技术创新系统各构成要素的基础上，将知识转换为新产品和新工艺，能够更好地实现技术创新战略目标的本领，是推动技术创新过程得以实施的系统耦合能力，一般包括技术创新投入能力、转化能力和产出能力。国内学者在研究中，也分别从技术创新的主体（魏江、徐庆瑞（1996））、技术创新的过程（李向波、李叔涛（2007）；刘海涛、孙明贵（2009））等，对其进行了不同层面的定义。技术创新能力对推动企业经营发展，促进社会经济增长，提升国家优势竞争力具有关键作用，技术创新能力不单指技术方面的创新能力，而是由若干个相互影响，相互作用的因素耦合而成，更是一种系统能力的总和。技术创新能力往往可通过创新主体已获得的创新物质技术基础、创新知识成果等来反映<sup>[32]</sup>。

技术创新能力评价，重点在于对促成技术创新实现的能力评价，是一种对创新资源的运用、活动实施和调控管理的能力评价，通过建立反映创新主体活动及其系统创新能力的评价指标体系，从而实现对主体创新能力的评价。目前，技术创新能力评价一般包括：基于创新能力构成要素的视角；基于投入—过程—产出的视角；基于技术创新能力系统的视角等。

### 2.1.3 技术创新绩效

在经济学理论中，绩效主要侧重对企业、行业在一段时期内经营情况的反映，一般指经济效益情况。目前，国内外对技术创新绩效虽未形成一致的定义，但却存在一定的共性认知，认为技术创新是创新主体通过一系列创新活动所带来的效益，表示经营过程中取得的技术成效，主要集中于投入产出效率及产出效果方面。国内学者高建（2004）首次提出技术创新绩效的概念，对以往的技术创新绩效定义进行补充，认为技术创新绩效是一个多阶段的过程，对绩效的衡量不应局限于最终的产出与影响，还应考虑创新过程的绩效，因此，认为技术创新绩效应主要包括，技术创新过程的效率（过程绩效）、创新的产出成果及其对商业经营的贡献（产出绩效）。技术创新绩效与创新能力存在着明显的差异，技术创新能力可看作一种投入与素质，而技术创新绩效则为一种效率和成果，表现为一种产出。国内外对技术创新绩

效的理解也主要集中在效率和效果上,认为好的技术创新绩效为较高的创新投入产出比及良好的创新产出和企业影响<sup>[33]</sup>。

对创新主体进行技术创新绩效评价,不仅能实现对其创新行为结果的度量,同时,可从中寻找到提升技术创新绩效的方向。目前,对技术创新绩效的评价多集中于对创新产出及其影响因素的测量,通过建立反映创新产出及结果的指标体系,实现对创新绩效评价及其影响因素的测度。

#### 2.1.4 技术创新效率

效率在《辞海》中被定义为“消耗的劳动量与所获得的劳动效果的比率”,由此可看出,效率是一个比较过程,是对“所获”与“消耗”的比量,即一种投入与产出的比例关系;同时,效率也是一种资源配置的效率,即在资源或技术有限的情况下,最大程度的满足人们需求的配置状态。效率一词最早被应用于机械工程中,是对能量输出与输入的比较,随后,效率被广泛应用于经济社会各领域中。经济学家萨缪尔森曾在《经济学》中指出,“经济效率”是一种不浪费的现象,即经济生产中,不减少某一物品的生产,就不增加另一种物品的生产。随后相关的学者也根据不同研究对效率进行了界定。

技术创新能力是要素“转化”的能力或水平,而技术创新效率重点是对“转化”效率的把握。技术创新能力反映的是创新的“数量与规模”,而技术创新效率更侧重对创新“速度与质量”的体现。技术创新效率是从效率的角度对创新活动进行衡量,可通过创新活动的产出与投入要素的比例来表现,是对企业技术创新资源配置状态的反映。由于资源的投入与成果产出贯彻于创新活动的全过程,而在实际研究中,投入与产出多为多投入与多产出,因此,要求得到技术创新活动的绝对效率是困难的,一般而言,技术创新的最佳效率可通过两方面进行衡量,一是不能增加任何产出,除非增加一种或以上的投入要素,或减少其他种类的产出;二是减少某种要素投入,必然带来某种产出的减少<sup>[34]</sup>。

目前,对技术创新效率尚未形成统一的定义,国内部分学者利用效率前沿面(所有有效的投入产出向量构成)对创新效率进行界定,是对创新活动与前沿面接近程度的反映,即当创新资源投入一定时,若创新产出与效率前沿面越接近,则企业技术创新效率就越高;当创新产出一定时,若投入资源与效率前沿面越接近,则企业技术创新效率也就越高。

## 2.2 技术创新效率相关理论

### 2.2.1 技术创新理论

1912年熊彼特在其著作《经济发展理论》中首次提出以创新为核心的经济发展理念，并随后相继在《经济周期》和《资本主义、社会主义和民主》两部著作中对该理论进行了运用与发展，初步形成了创新理论体系。随着20世纪50年代，科学技术的迅速发展，技术革命改变了人们的社会经济活动，于是技术创新对经济社会发展的巨大促进作用开始引发学者们的关注，技术创新研究得到了长足发展，许多有特色的技术创新理论也由此形成。到70、80年代，有关技术创新的研究得到了进一步深入，逐步形成了系统的理论体系，之后在众多学者的长足研究中，技术创新理论不断丰富<sup>[35]</sup>。根据技术创新理论的发展历程，目前的技术创新流派可大致分为，新古典经济学派、新熊彼特学派、制度创新学派和国家创新系统学派（表2.1）。

表 2.1 技术创新理论主要学派

流派	代表人物或著作	主要发展
新古典经济学派	索洛： 《在资本化过程中的创新：对熊彼特理论的述评》	时间变化过程中的技术创新是经济增长的决定性因素之一；提出了创新成立的两个条件，即新思想的来源及后阶段的实现和发展
	罗默、卢卡斯： 《收益递增与长期增长》、 《论经济发展机制》	认为技术创新因素为经济增长的内生变量，并由此构建了内生经济增长模型
新熊彼特学派	卡曼、曼斯非尔德	认为技术进步与经济增长存在着相互影响、相互作用的关系；对技术创新与企业规模、市场结构的相互关系等进行了研究；初步建立起技术创新的理论框架
制度创新学派	诺斯、戴维斯： 《制度变革与美国经济增长》	从产权理论、国家理论、意识形态理论对制度变迁的功能进行说明；运用新古典经济学派的静态研究方法，对制度创新与经济增长进行研究

纳尔逊、弗里曼、波特、佩特  
尔、帕维蒂等

阐述了技术进步在国家与企业层面的互动关系，认为技术创新的发展是由国家创新系统推动的，不是企业的孤立行为，而企业在国家创新系统的安排下进行引进、消化、吸收等创新行为，并从整体层面推动国家技术进步与创新

## 2.2.2 效率理论

效率是一种投入产出的比值，从资源配置角度而言，效率是对各类资源使用状况的描述，较高的效率是用较少的投入获得较大的产出。对效率的研究是经济学、管理学的重要部分，在早期国外的各大理论学派中，都曾有过对效率理论的研究，其中，古典经济学由于对资源配置的关注，而对效率理论有较深入的研究，该学派从生产的角度，通过对稀缺资源的有效配置角度进行效率研究，并对规模经济、市场结构等进行了阐述，认为提高稀缺资源有效配置效率的关键是进行合理的分工；以英国剑桥经济学家法瑞尔（Farrell）为代表的现代经济理论学派对经济中的效率进行了系统研究，并深入地对技术效率和配置效率进行了阐述与研究，该理论认为经济效率是技术效率和配置效率的总和，而技术效率衡量的是企业在既定的投入水平下所能获得的最大产出能力，配置效率则描述的是企业在既定的价格和生产技术下所能达到的投入配置比例的最大能力<sup>[36]</sup>；

在随后的效率研究中，更多的学者开始逐步加深对与规模有关的技术效率的研究。在技术效率的界定研究方面，具有代表性的是 Farrell 从投入产出角度给出的定义，其认为技术效率是一种比例，是企业在既定的技术与产品价格下，生产一定量的产品所需的最小成本与实际成本之间的比值。除对技术效率的定义进行研究外，技术效率的理论研究还集中于对其相对性及测评等方面。在 Farrell 对技术效率的界定中，实际值可通过测量获得，而最优值却需要通过前沿面进行测算，因此，对技术效率的理论研究与前沿面的研究密切相关，生产中前沿面的测算也成为了评价技术效率的关键因素<sup>[37]</sup>。经济学家通过对前沿生产函数的可能情况进行了研究，确定了技术效率的相对性，既包括定义中潜在的最小成本，又包括作为参照的潜在生产前沿面，这一理论研究也成为了技术效率的基本思想之一。对技术效率的测评有赖于前沿生产函数理论不断发展，自 Farrell 在 1957 年首次提出对前沿函数的测定后，该理论得到不断发展，目前，技术效率测度方面主要为两大类方法，一是通过数学模型估算前沿生产函数，后对技术效率进行测评，二是，以求解数学规划模型估算前沿生产函数从而测量技术效率<sup>[35]</sup>。

### 2.2.3 技术创新效率评价

在技术效率的研究基础上技术创新效率测评的理论发展得到了国内外学者的诸多关注，并进行了大量研究，涉及创新效率评价的各部分，已初步形成了相应的理论。1957年，美国经济学家索洛在其著作《技术进步与总生产函数》中首次对技术进步在经济增长中的贡献给出了一个规范的方法，而该方法对投入产出效率的测评主要是基于三项假定，即规模报酬不变、生产者均衡和技术变化中性；之后部分学者提出了以财务指标为主的效率评价体系，部分美国学者将人力资本理论进行引进，尝试从人力资本的投入角度进行效率研究，美国哈佛商学院的学者提出用“平衡计分法”进行效率测评，而这种方法弥补了之前利用传统财务指标进行评价的缺陷；1993年，西欧创新调查委员会经过调查，正式提出了两大创新效率评价指标，即新产品占销售的比值和企业在产品生命周各阶段的销售额<sup>[38]</sup>；技术创新效率的评价多是从投入产出的角度进行，随着理论与实践研究的发展，对创新效率的评价视角与评价方法也逐渐得到丰富。

## 2.3 技术创新效率评价方法

技术创新效率的测评研究是国内外学者对创新效率研究的另一重点。评价技术创新效率是对其投入产出进行衡量、测度，从而从定量的角度了解创新主体在时间范围内进行的创新活动效率高低。随着效率评价理论研究的深入，技术创新效率被进一步分解为纯技术效率与规模效率，其中，纯技术效率衡量的是在规模报酬可变时，当前生产点与生产前沿面之间运用技术水平的差距，是对技术效率的考量，而规模效率衡量的是规模报酬不变时的生产前沿与规模报酬变化的生产前沿之间的差距。

在技术创新效率评价方法方面，目前主要包括两大类，一是基于非效率前沿面的评价，是一种绝对效率的衡量，该类评价中，算术比列法是应用较早的效率评价方法，即将创新主体的产出值与投入值进行比例计算，从而来表示投入产出的绝对效率高低，然而此类方法，不能对多投入、多产出的创新活动进行评价，仅适用于单指标的评价，具有较大的局限性；二是基于效率前沿面的评价，是一种相对效率的衡量。Farrell 在 1957 年提出生产前沿面的概念，认为在技术水平等不变的条件下，技术创新的几类投入要素所能产生的最大产出，由最有效的投入产出向量组成。利用效率前沿面进行创新效率的评价，是对决策单元的效率与有效前沿面的偏离程度的测度（薛凤平，2006），该类测评方法适合多投入多产出的创新活动，经过长足的发展演变，目前基于效率前沿面的评价方法主要有参数前沿面评价法和非参数

前沿面评价法两种，二者的不同在于确定效率前沿面的方法不同。

参数前沿面评价法重点在于对参数的估计，其传承传统的生产函数估计思想，需要人为的预先设定一个投入产出函数，然后利用一定的估计方法，对函数中的参数进行有效估计，从而得出效率值。该方法函数的估计能对创新活动过程进行描述，从而实现对投入产出效率的较好控制，但人为进行假设在一定程度上会造成方法的使用及结果受到分布假设的制约。参数前沿面评价法主要有随机前沿法(SFA)、厚前沿方法(TFA)、自由分布方法(DFA)等，其中随机前沿法是使用最为普遍的一种，其余两种方法都是在 SFA 基础上的变形。

与参数前沿面评价法不同，非参数前沿面评价法不需要确定相关参数，剔除了人为假设的限制，而是利用线性规划方法，将生产率最高的生产样本集合进行有效包络，从而确定效率前沿面。与参数前沿面评价法相比，非参数前沿面评价法在适用范围、客观性、应用性等方面具有明显的优势，目前，非参数前沿面评价中使用最为广泛的是数据包络法( DEA)。数据包络法能对多投入、多产出单元的生产效率进行有效评价，其通过判断各决策单元投入产出所对应的点是否位于生产前沿面上来确定决策单元的相对效率值，并可通过观测其与生产前沿面的距离来判断各无效的决策单元的调整方向与幅度。经过长久的发展，数据包络法已从最初的 CCR 模型发展演变成包含多评价模型的 DEA 模型簇，能将技术创新总体效率分解为纯技术效率与规模效率进行评价，从能实现对技术创新效率不同层次、角度的深入分析<sup>[39]</sup>。除数据包络法外，马氏全要素生产率指数法(Malmquist 指数法)也是非参数效率前沿面的重要评价方法，与 DEA 不同，Malmquist 指数法是一种动态评价方法，能够对多时期样本进行纵向分析。同时，运用面板数据构造具有多个有效前沿面，Malmquist 指数法能够对因规模、技术等因素变化而引起的前沿面演进的过程进行考察，实现深层次上对全要素生产率变化的探究<sup>[40]</sup>。

## 第三章 钢铁企业技术创新效率评价指标体系 与模型建立

### 3.1 DEA 评价指标体系建立

#### 3.1.1 评价指标体系建立原则

建立合理有效的评价指标体系（即投入—产出指标体系），是评价过程中的关键环节。不同的评价指标体系所反映的评价结果往往不同，在具体分析过程中，对于相同的研究问题或研究方向，不同的研究者所持观点或研究角度不同，所选评价指标也不尽相同，同时，所选择的的评价指标数量也将影响评价结果的取得。因此，在明确评价目标的基础上，研究者应根据所选决策单元，遵循一定的评价指标体系建立原则，选择恰当的投入、产出指标，从而建立科学合理的评价指标体系。一般而言，评价指标体系的建立应遵循以下原则：

（1）科学性原则：评价研究的过程具有科学性、严谨性，要求所选投入、产出指标应符合经济学、管理学等相关原理，具有明确的经济内涵和意义，与评价主体的经济活动相吻合，以使评价过程及结果符合科学性原理。

（2）全面性原则：评价对象作为一个完整的系统单元，对其进行评价应充分考虑评价主体的各方面情况，结合研究目标综合选取评价指标，切忌重要指标的遗漏。

（3）代表性原则：指标间往往具有一定的相互联系或制约关系，指标选取的全面性并非意味着所选指标越多越好，应充分考虑各指标对于研究目标的重要性与贡献程度，选取具有代表性的投入、产出指标，避免指标间内涵的重叠及其线性关系的出现。

（4）可操作性原则：所选评价指标应在同类企业中具有普遍适用性，且具有一定的数据可获得性，以确保评价过程中所涉及的时间范围、计算口径与方法一致可比。同时，对于指标的量化及标准化处理难易程度，也应进行考虑，尽量减少评价过程中评价数据可能带来的问题。

（5）具体性原则：不同的评价方法其指标体系具有不同的特性，因此，在综合遵循指标体系建立的有关原则基础上，应明确所选用的评价方法的特性。在数据包络法的运用中，所选的投入指标应为逆向指标，而产出指标应为正向指标，且该评价方法要求所选的决策单元数量不应少于所选的输入、输出指标数量之和的两倍，以避免

出现效率前沿面密集而造成决策单元效率差异不明显。

### 3.1.2 评价指标体系建立基本思路

指标体系作为对技术创新资源从投入到产出的配置情况和运作水平的过程描述，涉及创新活动中的多种因素。与一般企业技术创新活动类似，钢铁企业的创新活动同样涉及众多的投入与产出要素。技术创新中的要素投入是企业创新活动进行及取得预期成果的前提与基础，一般是指为保障创新系统运行顺利运行所需的各类科技与创新资源，包括有形要素，如科研人员、科研与活动经费、相关设备等，及无形要素，如知识、管理、信息、环境等。产出要素，即技术创新产出，多为显示了技术创新资源投入所产生的效益，既包括在技术创新过程中取得的直接创新收益，也包括在研的新技术、新产品投入后可取得的经济效益，是对技术创新最终效果的衡量。本文在建立钢铁企业技术创新效率评价指标体系过程中，既充分考虑钢铁企业技术创新活动的生产与创新，把技术创新的实现看作是一个创新资源投入到产出的整合过程，同时，也从实际出发，考虑各指标数据获得的可行性，在此，在投入、产出指标选取时，重点选择有形要素进行评价。

目前国内外对技术创新效率的研究较多，虽然不同的行业其评价指标有所不同，但也有一定的借鉴意义。国内对技术创新效率的研究多为区域性或行业性的，而行业方面也多集中于工业行业或高新技术行业等，对有关技术创新效率评价指标体系的文献进行整理，有利于钢铁企业技术创新效率评价指标体系的建立与完善（表 3.1）。

表 3.1 国内技术创新效率评价指标体系

作者	文献名	投入指标	产出指标
韩颖等 (2007)	《DEA 方法在我国工业部分产业技术创新效率评价中的应用》	科技活动人员占从业人员比重； 技术活动经费占总资产的比重； 科技活动中的固定资产构建存量 占总资产的比重	新产品的销售收入占 产品销售收入比重； 发明专利数占科技活 动经费的比重
李小双 (2009)	《基于 DEA 的新疆大中型工业企业技术创新效率研究》	从事科技活动人员数； 科学家工程师占科技人员比重； 科技活动投入经费强度	科技项目数； 新产品项目数； 全员劳动率
代碧波等 (2012)	《我国制造业技术创新效率的变动及其影响因素》	科技活动人员； 科技活动经费内部支出； 微电子控制设备原价	专利申请数； 新产品开发项目数； 新产品销售收入；

牛泽东等 (2012)	《中国装备制造业的技术 创新效率》	研发资本存量; 科技活动人员; 新产品开发资本存量;	专利申请数; 新产品产值
朱孟涛 (2013)	《大中型工业企业技术创 新效率评价分析》	科技人员总量; 研发经费内部支出	新产品总产值; 新产品开发项目数; 专利申请数
...	...	...	...

综上所述，国内对技术创新效率评价的投入指标主要集中于人力、经费与设备要素上，而产出方面则重点考虑新产品销售收入的经济效益及与创新成果有关的专利数、新产品数等<sup>[41]</sup>。因此，本论文在进行钢铁企业评价指标体系建立过程也对相关研究成果进行研究与借鉴，以确保指标体系的建立与评价目标的切合。

### 3.1.3 钢铁企业技术创新效率评价指标体系

钢铁企业技术创新发展需要企业相关人员、物力、财力的支持，在进行技术创新效率评价体系建立中，应充分考虑与技术创新有效产出密切相关的各技术生产要素，而钢铁企业技术创新成果多以钢铁或工艺的新产品数、科研成果（如科研专利、发表论文等）来体现，因此，本文在综合相关学者对技术创新效率评价指标体系研究的基础上，建立钢铁企业技术创新效率的评价指标体系（图 3.1）

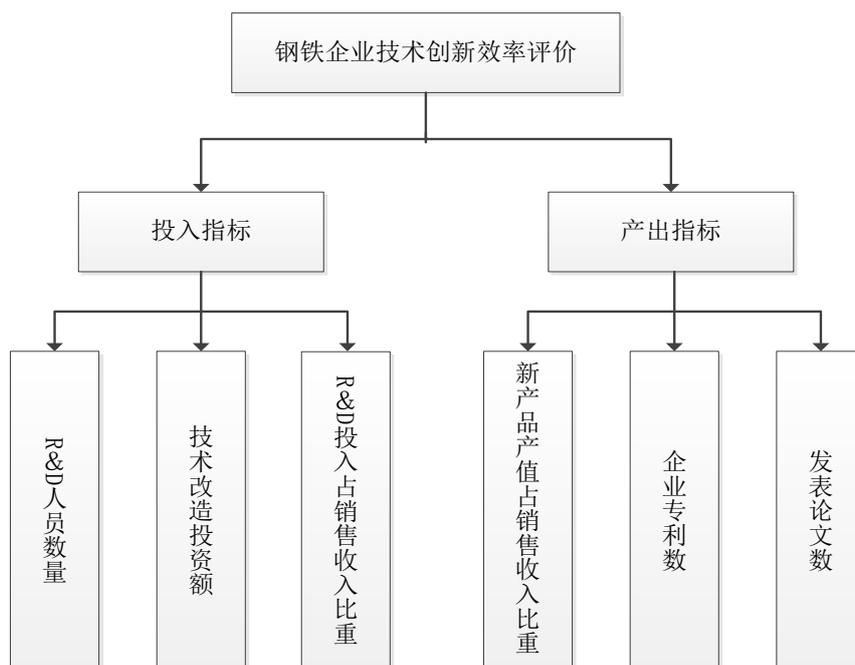


图 3.1 钢铁企业技术创新效率评价指标体系

对钢铁企业技术效率评价指标体系的建立, 本论文综合参阅国内相关研究文献, 选择人员与资本作为对投入要素的测评, 用衡量经济效益的产值与创新成果的专利与论文作为对产出要素的测评。能否拥有一支高效的科研团队, 是企业能否取得高效的技术创新活动的关键, 在人员方面, 将 R&D 人员数作为钢铁企业技术创新效率评价的投入指标之一; 钢铁企业新产品的增加、创新水平的提升不仅需要研发力度的支持, 同时也需要相应的先进设备的配合, 因此, 在资本投入方面, 综合考虑研发资金投入与设备更新投入两方面, 用 R&D 投入占产品销售收入的比重衡量企业研发资金的贡献, 用技术改造投资额表示企业设备更新支持力度。

企业经营发展的目标之一是获得高收入, 新产品作为企业技术创新成果之一需要为企业来带一定的经济效益, 只有高价值的新产品才是企业的成功创新成果, 因此, 本文在钢铁企业技术创新产出的评价方面, 将新产品产值占销售收入的比重作为对其创新产出效率的衡量之一; 发明专利是衡量一个企业技术创新水平的重要因素, 对钢铁企业而言, 发明专利不仅具有商业价值, 同时更是提高企业品牌、行业排名及创新实力的关键, 因此, 本文选取发明专利数作为对钢铁企业技术创新产出的衡量; 在企业科研活动中, 除研发新产品、申请专利外, 需要对该领域相关技术及前沿动态进行相应的研究, 与一般学术研究类似, 钢铁企业科研水平同样可通过其发表的论文数量及质量进行评价, 在此, 为便于数据的获取, 用论文发表数作为产出指标进行钢铁企业技术创新效率测评。

在遵循评价指标体系建立原则的基础上, 本文所建钢铁企业技术创新效率评价指标体系, 不仅将与钢铁企业技术创新活动密切相关的各要素纳入其中, 同时, 也在充分考虑企业经济效益的同时, 更加注重钢铁企业技术创新科研成果的体现, 具有一定的全面性、客观性。

## 3.2 评价模型选择

### 3.2.1 DEA 模型分析

1978 年 Charnes 和 Cooper 等人创建了数据包络分析, 成为运筹学、管理科学和数理经济学交叉研究的一个领域。数据包络法 (Data Envelopment Analysis, 简称 DEA) 能够利用包络线代替微观经济学中的生产函数, 通过线性规划来确定经济生产上的最优点, 并进一步将最优点连接起来, 形成一条效率前沿的包络线, 然后通过将所有决策单元 (DMU) 的投入、产出映射到空间中, 而落在边界包络线上的 DMU 则是有相对有效的, 否则便是无效。DEA 能够直接利用评价数据与数学规划模型, 以投入导向型和产出导向型两种方式, 推算包含多 DMU 的相对有效前沿面, 具有不需要

人为设定变量权限的优势。DEA 方法可以用线性规划来判断决策单元对应的点是否位于有效生产前沿面上，对决策单元数据所选单位没有要求，同时，通过 DEA 可以实现对研究对象的敏感度分析、差异分析等，获得更多有用的管理信息。A. Charnes、W. W. Cooper 和 E. Rhodes 于 1978 年提出了第一个 DEA 模型，即 CCR 模型，其能够对决策单元的相对有效性进行判断。经过多年研究与发展，DEA 模型已从最初的 CCR 基本模型拓展为包含多模型的 DEA 模型簇，不同的评价模型具有不同的假设和适用条件，也往往反映不同的测评方面。在 DEA 模型中，技术创新效率是指按一定权重组合后的若干个创新产出要素与若干创新投入要素之比<sup>[39]</sup>。

假设有  $n$  个部门或单位（即决策单元：DMU），每个部门或单位（DMU $_j$ ）有  $m$  种输入（ $X$ ）和  $s$  种输出（ $Y$ ），相应的向量分别表示为  $X_j=(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T>0$ ， $Y_j=(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T>0(j=1, 2, \dots, n)$ ，DEA 各模型介绍如下。

### 3.2.1.1 DEA-CCR 模型

CCR 模型是 DEA 的第一个模型，1978 年由 A. Charnes、W. W. Cooper 和 E. Rhodes 提出，由此开始了 DEA 评价相对有效性的运用历史。CCR 模型假设每一个 DMU 具有固定的规模报酬。CCR 基于投入的对偶评价模型为：

$$\begin{cases} \min \theta \\ \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^+ = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases}$$

式中， $\lambda_j$  表示通过现行组合构造一个有效的 DMU $_j$  时，第  $j$  个决策单元的组合权重。 $\theta$  表示 DMU 离有效前沿面的径向优化量或“距离”， $S^-$  和  $S^+$  分别是  $m$  维松弛变量和  $s$  维剩余变量，非零的  $S^-$  和  $S^+$  使无效 DMU 沿水平或垂直方向延伸达到有效前沿面。设 CCR 模型最优解为  $\lambda^0$ ， $S^{-0}$ ， $S^{+0}$ ， $\theta^0$ ，则 CCR 有效性的判别准则为：

- ①  $\theta^0 < 1$ ，DMU $_{j_0}$  为非 DEA 有效
- ②  $\theta^0 = 1$ ，DMU $_{j_0}$  为弱 DEA 有效
- ③  $\theta^0 = 1$ ， $S^{+0} = 0$ ， $S^{-0} = 0$ ，DMU $_{j_0}$  为 DEA 有效

CCR 模型能对 DMU 的有效性作出判断，但无法得出是否为纯技术有效的结论。

### 3.2.1.2 DEA-BCC 模型

针对 CCR 模型无法对纯技术效率作出判断的不足, Banker、Charnes 和 Cooper 构建了 BCC 模型, 该模型剔除了规模报酬不变的假设, 将决策单元的总技术效率评价分解为纯技术效率和规模效率评价两部分, 并给出纯技术效率是否有效的判断。BCC 基于投入的对偶评价模型为:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \theta_B \\ \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + S^- = \theta_B X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j - S^+ = Y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{array} \right.$$

BCC 模型中 DMU<sub>j0</sub> 为 DEA 有效的准则为  $\theta_B^0 = 1$ ,  $S^{+0} = 0$ , 且  $S^{-0} = 0$ 。BCC 模型给出的效率值为纯技术效率值, 而技术效率 (CCR) 为纯技术效率与规模效率的乘积, 由此, 可进一步求得 DMU 的规模效率值。

### 3.2.1.3 超效率模型

DEA 中基本模型能对技术效率作出有效或无效判断, 但无法对有效的 DMU 进行进一步分析。超效率 (Super Efficiency) 是 DEA 评价的拓展模型, 其能对有效的单元进行进一步分析, 可根据超效率值进行 DMU 效率排序。超效率模型与标准模型的区别在于, 在对 DMU<sub>j</sub> 进行效率评价时, 用其它所有的 DMU 投入与产出进行线性组合以代替 DMU<sub>j</sub>, 从而将其排除在外。超效率模型的效率值可能大于 1, 表示保持有效性不变时, 该 DMU 投入的最大比值, 而超效率中无效 DMU 的效率值和 DEA 基本模型中的效率值相同。超效率基于投入的对偶评价模型为:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \theta \\ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n X_j \lambda_j + S^- = \theta X_k \\ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n Y_j \lambda_j - S^+ = Y_k \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{array} \right.$$

### 3.2.1.4 Malmquist 指数模型

Malmquist 生产率指数由 Malmquist 于 1953 年首先提出,后由 Caves 等作为生产率指数予以使用。DEA 中的 Malmquist 指数通常用来测评  $t$  与  $t+1$  时期 DMU 的全要素生产变化情况, Malmquist 指数大于 1 表示从  $t$  时期到  $t+1$  时期的创新效率是增长的,反之则为下降。在规模报酬不变的假设下, 其将技术效率看作技术效率变动 (EC) 与技术进步(TP)的乘积, 若  $TP > 1$ , 则表示相对技术进步, 若  $TP < 1$ , 则表示相对技术退步同理; 若  $EC > 1$ , 则表示技术效率有所提高, 若  $EC < 1$ , 则表示技术效率下降。技术效率变动又可进一步分解为纯技术效率变动 (PC) 与规模效率变动(SC), 从而在整体评价 DMU 技术效率变化的同时, 给出这种变化的内在动力及原因分析<sup>[40]</sup>。

### 3.2.2 DEA 模型应用步骤

利用 DEA 方法进行技术创新效率评价时, 为保证过程的合理及结果的有效性, 应遵循一定的 DEA 方法应用步骤 (图 3.2)。

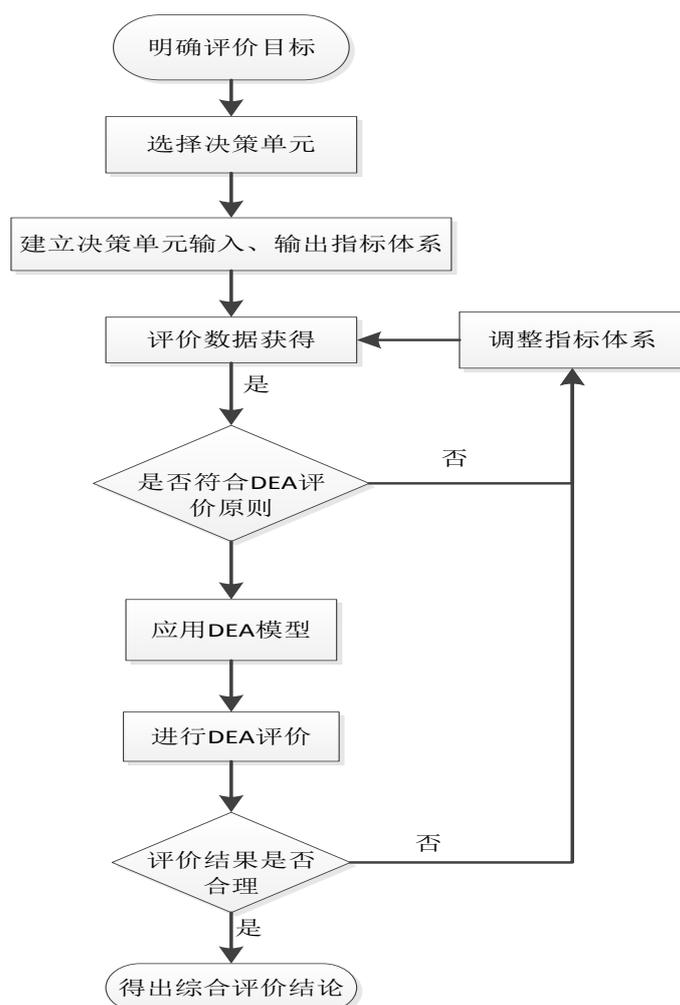


图 3.2 DEA 评价模型应用步骤

明确评价目标的确立是进行评价应用的前提，依此确定评价的决策单元，此时的 DEA 决策单元需是同类型，即具有相同的评价目标、相同的外部环境及相同的评价指标体系；其次根据评价目标及相关要求建立符合原则的评价指标体系，即投入指标与输出指标的确立，根据所建指标体系，获得评价数据。虽然 DEA 方法运用中不需要人文设定权重，且对评价数据的单位也无要求，但其数据也有一定的规定，一般的 DEA 评价数据要求为大于 0 的正数，投入指标数据应为逆向数据，产出指标数据应为正向数据，且决策单元数量不应小于投入产出指标数和的 2 倍，因此，在获得评价数据后应注意其是否符合 DEA 评价原则，若不符合应进行指标体系的进一步调整，若符合，则可进行后续评价模型的选择。选择 DEA 模型进行评价，首先应从对投入数据的可获得性与可处理性考虑，明确是选用投入导向型还是产出导向型的模型。本文在进行钢铁企业技术创新效率评价时，综合钢铁企业生产特性及投入可控性，选择投入导向型的评价模型。同时，应明确各模型的假设、优劣及结果类型，确定选择何种模型，由于不同的模型都具有一定的不足，因此，为获得更为全面、深入的评价信息，本文在进行钢铁企业技术创新效率时采用多类 DEA 模型进行综合评价。

### 3.2.3 Tobit 模型分析

Tobit 模型是诺贝尔经济学奖获得者 Tobin 于 1958 年在研究耐用消费品需求时首先提出来的一个计量经济学模型，是针对部分连续分布或部分离散分布的因变量提出的。该模型的一个主要特征是，被解释变量为受限制观测值，因此，又称删截或截取回归模型。其模型可表示为：

$$Y_i = \beta_0 + \beta^T X_i + \varepsilon (i = 1, 2, \dots, m)$$

其中  $Y_i$  为因变量，即 DEA 效率值； $X_i$  为因变量，即影响效率值的解释变量； $\varepsilon$  为随机误差向量。由于 DEA 的效率值为介于 0 到 1 的离散数值，因此可使用 Tobit 方法进行影响因素分析。在进行估算时，若使用普通最小二乘法估计模型参数存在一定的误差，因此，应采用极大似然法对 Tobit 模型进行参数估计，可得到较为准确的结果。

## 第四章 唐山钢铁股份有限公司技术创新效率评价 实证分析

### 4.1 时间序列分析

#### 4.1.1 评价数据处理

唐山钢铁股份有限公司（简称：唐钢）成立于 1943 年，1997 年正式上市，2010 年唐钢换股吸收合并邯郸钢铁股份有限公司和承德新新钒钛股份有限公司正式成立河北钢铁股份有限公司<sup>[42]</sup>。根据所建 DEA 评价指标体系，通过查阅 1998 年~2012 年唐钢公司有关年报，及部分《中国钢铁工业年鉴》，得唐钢 1998~2012 年期间有关评价原始数据（表 4.1<sup>[42][43]</sup>）。

表 4.1 唐钢技术创新效率评价原始数据

年份	新产品产值 (亿元)	R&D 投入额 (亿元)	销售收入 (亿元)	R&D 人员 数量 (人)	技术改造投 资额 (亿元)	企业专利数 (项)	发表论文数 (篇)
1998	21.11	0.87	50.58	1911	14.56	10	43
1999	21.62	1.19	57.49	1865	11.75	9	37
2000	21.92	1.73	69.48	1830	10.17	9	45
2001	36.99	2.49	83.28	1914	9.99	9	37
2002	47.86	3.03	92.38	1755	12.37	10	55
2003	60.02	3.97	141.79	1686	13.73	7	57
2004	69.88	4.23	219.17	2035	16.4	13	64
2005	79.86	4.76	242.86	1989	17.66	14	78
2006	96.52	5.00	276.24	2029	19.63	13	147
2007	110.24	5.46	366.44	2838	21.6	28	214
2008	128.28	6.02	418.06	2358	23.42	28	194
2009	142.78	6.68	487.59	2176	25.76	15	186
2010	139.76	7.21	567.72	2168	29.53	7	222

钢铁企业技术创新效率评价及提升路径研究

2011	160.23	8.11	675.83	2257	32.78	29	247
2012	158.77	8.05	694.21	2197	33.68	32	263

(数据来源: 1998~2012 年唐钢、河北钢铁年报;《中国钢铁工业年鉴》)

其中产出部分, 企业专利数与发表论文数可直接作为产出评价指标进行数据应用, 投入部分, R&D 人员数量和技术改造投资额可直接作为投入评价指标进行数据测评, 剩余两大指标则需要进行相关处理得到。利用新产品产值与销售收入的比值, 获得新产品产值占销售收入比重这一产出指标, 利用 R&D 投入额与销售收入的比值获得 R&D 占销售收入比重这一投入指标, 从而建立唐钢技术创新效率评价的指标体系(表 4.2)。

表 4.2 唐钢技术创新效率评价指标体系及数据

年份	新产品产值占销售收入比重 (%)	企业专利数 (项)	发表论文数 (篇)	R&D 占销售收入比重 (%)	R&D 人员数量 (人)	技术改造投资额 (亿元)
1998	41.73	10	43	1.72	1911	14.56
1999	37.61	9	37	2.07	1865	11.75
2000	31.55	9	45	2.49	1830	10.17
2001	44.41	9	37	2.99	1914	9.99
2002	51.8	10	55	3.28	1755	12.37
2003	42.33	7	57	2.8	1686	13.73
2004	31.88	13	64	1.93	2035	16.4
2005	32.88	14	78	1.96	1989	17.66
2006	34.94	13	147	1.81	2029	19.63
2007	30.08	28	214	1.49	2838	21.6
2008	30.69	28	194	1.44	2358	23.42
2009	29.28	15	186	1.37	2176	25.76
2010	24.62	7	222	1.27	2168	29.53
2011	23.71	29	247	1.2	2257	32.78
2012	22.87	32	263	1.16	2197	33.68

## 4.1.2 基于 DEA 多模型的效率评价

### 4.1.2.1 基于 CCR 模型

由于 DEA 具有对量纲不要求的优势，因此，在获得评价指标体系相关数据后，可直接利用相关软件进行效率评价。运用 DEA 软件 MaxDEA（软件使用详见附录）结合钢铁企业特性，选取投入导向型分析方法，根据所建评价指标体系，选择 CCR 模型，对唐山钢铁股份有限公司的技术创新效率进行测评，并获得评价结果（表 4.3）。

表 4.3 唐钢企业技术创新效率的 CCR 模型效率值

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
效率值	1.000	0.966	0.871	1.000	1.000	0.921	0.82	0.843
年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
效率值	1.000	1.000	1.000	0.99	0.964	0.983	1.000	

根据所得结果，做 1998~2012 年间唐钢企业技术创新效率的 CCR 模型效率值趋势图（图 4.1）。

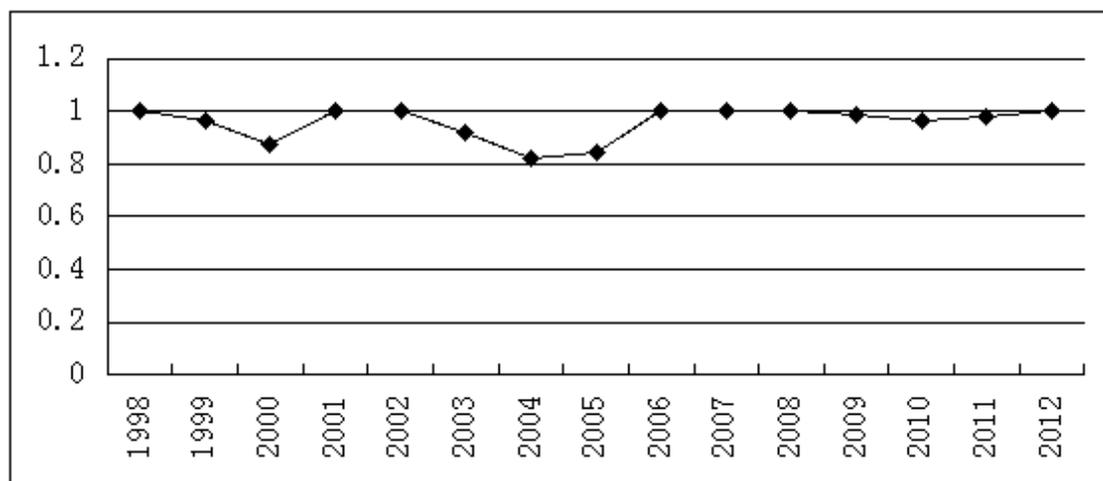


图 4.1 唐钢企业技术创新效率的 CCR 模型效率值趋势图

由上述图、表可以看出，唐钢 1998~2012 年的技术创新效率在测评中总体呈现先下降后上升，后趋于平稳的变化趋势，其中 1998、2001、2002、2006、2007、2008 及 2012 年皆处于技术创新效率前沿面，为 DEA 有效，即实现了投入产出耦合的最佳效果，技术发展、企业管理与经营规模也达到了相适应的效果。其余年份虽为 DEA 无效，但其效率值也均大于 0.8，且 2006 年后出现连续三年为 DEA 有效，可见，唐

钢企业在技术创新的投入产出方面保持着一个较良好的状态，尤其是近几年来，其创新效率始终处在一个较高的水平。但另一方面，由趋势图也可看出，在效率测评的前半期，在 1998~2006 年间，唐钢技术创新效率波动较大，企业技术创新投入产出状态较不稳定，特别是 2000 年和 2004 年分别出现两次波谷，效率值分别为 0.871、0.82，以这两次低值为端点，分别呈现 1998~2000 年的下降趋势，2000~2004 年的先上升后下降，和 2004~2006 年后的上升至平稳的三种状态，说明在这几段时期内，唐钢企业在技术创新效率发展方面经历了多次探索时期，但都在出现创新效率下降后，经过相应的措施重新达到一种较好的投入产出状态，2006 年后其技术创新效率趋于平稳，企业技术创新水平均保持在一种较高的水平，说明企业树立了良好的技术创新效率意识，技术创新效率的发展趋势也在一定程度上与企业整体的发展壮大相一致。总之，从企业技术创新效率的纵向发展演变过程来看，唐钢在技术创新方面虽然前期出现了一定的波动，但后期却呈现出了良好的发展态势，获得了较高的技术水平和规模效益，也有效地促进了企业的技术进步和全面发展<sup>[44]</sup>。

#### 4.1.2.2 基于 BCC 模型

运用 DEA 软件 MaxDEA，结合钢铁企业特性，选取投入导向型分析方法，根据所建评价指标体系，选择 BCC 模型（软件使用详见附录），将总体效率分解为纯技术效率与规模效率，对唐山钢铁股份有限公司的技术创新效率进行深入分析，并获得评价结果（表 4.4）。

表 4.4 唐钢企业技术创新效率的 BCC 模型效率值

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
总体效率	1.000	0.966	0.871	1.000	1.000	0.921	0.82	0.843
纯技术效率	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.955	0.969
规模效率	1.000	0.966	0.871	1.000	1.000	0.921	0.859	0.871
年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
总体效率	1.000	1.000	1.000	0.99	0.964	0.983	1.000	
纯技术效率	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.992	1.000	
规模效率	1.000	1.000	1.000	0.99	0.964	0.99	1.000	

利用 BCC 模型对唐钢技术创新效率进行进一步测评，其中总体效率计算结果与 CCR 模型所得结果一致，在此不再进行赘述。将技术创新效率进一步分解成纯技术效

率和规模效率，并做分析趋势图（图 4.2）。

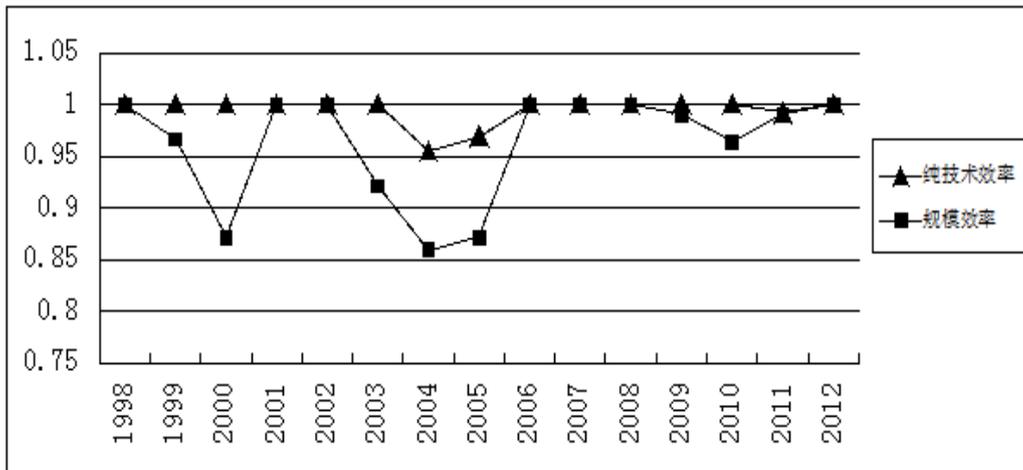


图 4.2 唐钢企业技术创新效率的 BCC 模型效率值趋势图

由表、图可以看出，在纯技术效率方面，唐钢企业总体趋势较平稳，但在中期的 2004 年和 2005 年出现了明显的下降，未能实现 DEA 有效，随后始终保持有效的状态，一直到 2011 年又出现了 DEA 无效的现象。在纯技术效率方面，唐钢始终保持在较高的水平，最低值也高达 0.992，与总体技术效率相比，纯技术效率无论是在有效的年份数量上，还是在效率值上，都呈现良好的趋势，对总体的创新效率起到了拉动作用，在 1999 年、2000 年、2003 年、2009 年、2010 年中，虽出现总体 DEA 无效，但纯技术效率值皆为 1，可以看出，唐钢在整体的技术创新效率发展中，其技术研发、改进、创新等工作取得了较好的成绩，具有较高的产品技术水平，企业发展中拥有良好的技术支撑。

但另一方面，企业整体的规模效率较纯技术效率波动性较大，且多次出现“低谷”现象，在 1998~2012 年间仅有 7 年实现了 DEA 有效，分别在 2000 年和 2005 年达到了最低值 0.871，其次较低值为 2004 年的 0.859，与纯技术效率最低值 0.992 相比，唐钢的规模效率处于较低的水平。同时，由于总体技术效率是纯技术效率与规模效率的乘积，因此，规模效率不稳定且较低的状态对总体技术效率也产生多次影响，如 1999 年、2000 年、2003 年、2009 年及 2010 年，该年份中纯技术效率皆实现了 DEA 有效，投入产出实现了最佳耦合状态，然而其规模效率值却对技术创新效率产生了“拖累”的效果，使总体无法达到生产前沿面，因此，可看出，在技术创新效率的发展过程中，唐钢应对创新效率拥有一个清晰的认识，技术水平与创新水平是影响创新效率的重要因素和衡量标准，但并不是唯一的，规模效率同样对创新效率能产生深刻影响，必须树立整体意识，避免出现“木桶短板”效应，唐钢应在发展新技术的同时，进一步提升企业资源配置水平，提高产业集中度，注重企业整体规模效应的获得，以推动企业

技术创新总体有效性效率的实现<sup>[45]</sup>。

#### 4.1.2.3 基于超效率模型

在对唐钢技术创新效率进行 CCR 与 BCC 模型测评后,可对其创新效率状态实现总体上的认知,然而利用 CCR 与 BCC 模型,仅能对企业创新效率是否实现 DEA 的有效进行测评,能够得到投入产出无效状态下的效率值,然而对有效的年份,则无法做深入分析。要实现在创新效率达到生产前沿面状态下效率值的进一步测评,则需要进行 DEA 的超效率计算。运用 DEA 软件 MaxDEA,结合钢铁企业特性,选取投入导向型分析方法,根据所建评价指标体系,选择超效率模型(软件使用详见附录),对唐山钢铁股份有限公司的技术创新效率进行测评,并获得评价结果(表 4.5)。

表 4.5 唐钢企业技术创新效率超效率值

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
超效率	1.277	0.966	0.871	1.089	1.232	0.921	0.820	0.843
纯技术效率	1.397	1.045	1.078	1.158	1.000	1.062	0.955	0.969
规模效率	0.915	0.925	0.808	0.941	1.232	0.868	0.859	0.871
年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
超效率	1.020	1.196	1.089	0.990	0.964	0.983	1.141	
纯技术效率	1.043	1.000	1.000	1.006	1.003	0.992	1.000	
规模效率	0.978	1.196	1.089	0.984	0.962	0.990	1.141	

根据所得结果,做 1998~2012 年间唐钢企业技术创新效率的超模型效率值柱状图(图 4.3)。

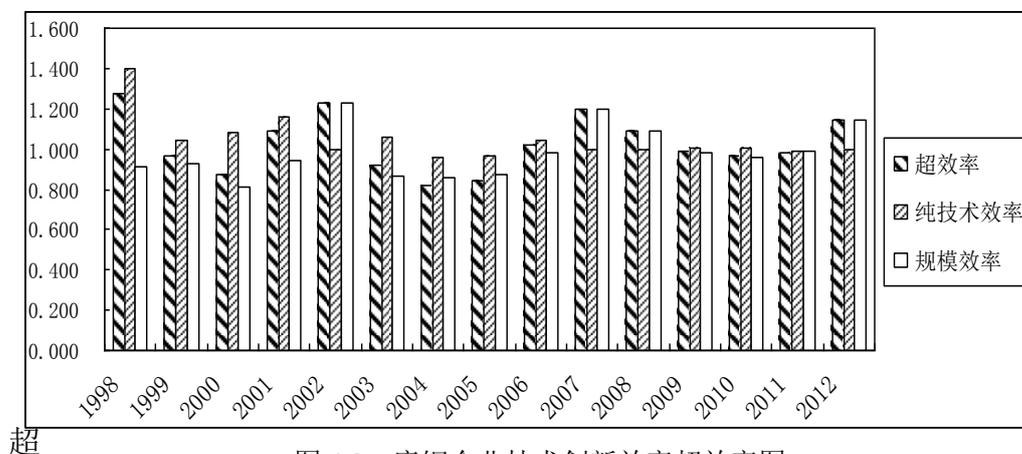


图 4.3 唐钢企业技术创新效率超效率图

超效率模型重点是对 DEA 有效年份的技术创新效率进行测评,对无效年份的效率测评分析已在 CCR 与 BCC 模型测评中进行了全面分析,此处不再赘述。通过超效率模型,对唐钢企业技术创新效率的 DEA 有效年份进行深入分析,从上表述、图中可以看出,唐钢技术创新的超效率分布总体较稳定,有效年份的超效率值均大于 1,主要集中于 1~1.3 之间,其中最高为 1998 年,超效率值达到 1.277,次高为 2002 年的 1.232,该年份中,说明当企业的投入分别增加 27.7%、23.2%时,仍能实现投入产出的 DEA 有效,创新效率处于较高的状态,为进一步实现对总体效率的实际把握,绘制总体超效率趋势图(图 4.4)。

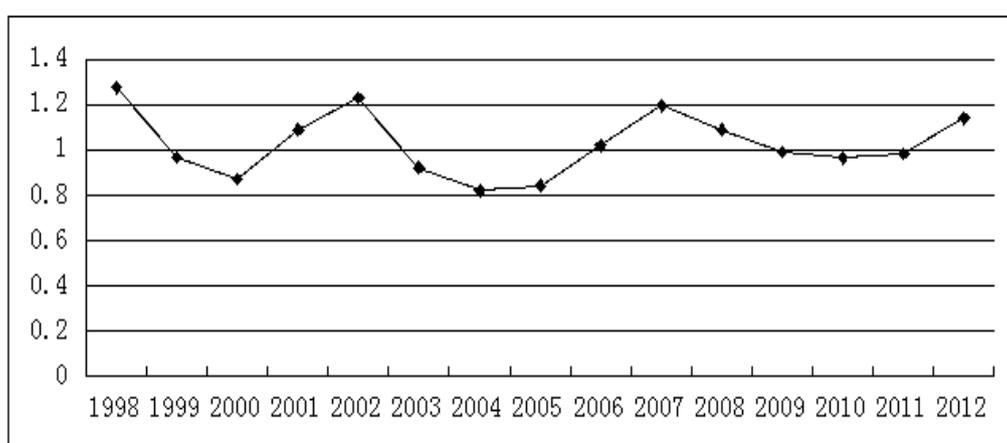


图 4.4 唐钢企业技术创新效率超效率测评总体趋势图

由该图可看出,唐钢企业技术创新效率在超效率模型测评下,呈现出多变化的趋势,分别以 1998 年、2002 年 2007 年和 2012 年为端点,表现为三段先下降后上升的变化趋势,这种表现状态与 CCR 与 BCC 模型测评下的总体技术创新效率大致吻合,但在后半期也存在一定的差异,主要是由于 2006 年、2007 年、2008 年、2009 年和 2010 年的超效率值造成的,但并不影响对其效率总体状态的认识。通过该趋势图,可看出企业分别在 2002 年、2007 年前后出现一定的超效率值波动,存在一定的效率值先上升后下降的状态,2012 年呈现总体上升的趋势。总体而言,唐钢在技术创新效率发展方面,拥有一定的基础与实力,效率意识较高,虽然在发展过程中经历多次波折,但后期也呈现了一定程度上的良好发展势头。

在 BCC 模型中,通过分析可知,唐钢的纯技术效率处于较高的发展态势,多年实现 DEA 有效,对总体效率起到了一定的拉动作用,然而在超效率模型下,纯技术效率有效的年份效率值并不是很高,其中 2002 年、2007 年、2008 年和 2012 年的超效率模型下效率值仍为 1,说明此时企业刚刚实现了投入产出的耦合,若再增加一定的投入而产出不变,便无法达到效率前沿面。同时,在其余超效率值大于 1 的年份中,2010 年为最近,纯技术效率超效率值仅为 1.003,2009 年略高,为 1.006,说明企业

若投入增加量分别超过 3%、6%，则也会出现 DEA 无效的现象，因此，在技术创新效率方面，唐钢企业也应保持一种“忧患”意识，进一步提升技术创新效率有效性空间，弥补其它相关要素所造成的效率“拖累”<sup>[46]</sup>。

在超效率模型对规模效率测评中，虽然规模效率的有效年份较少，但其超效率值却呈现出较高的水平。在实现 DEA 有效的 4 个年份中，2002 年规模效率的超效率达到最高，为 1.232，说明，当投入增加 23.2% 时，企业仍可获得规模效率的有效性，次之为 2007 年的 1.196，而最低年份为 2008，其超效率值为 1.089，高于纯技术效率的超效率最低值 1.006，说明唐钢企业在规模效率发展方面具有一定的潜力，规模效率有效性发展空间较大，应在保持已有有效性潜能基础上，实现更多年份的投入产出有效性。

#### 4.1.2.4 基于 Malmquist 模型分析

利用 CCR、BCC 及超效率模型对唐钢企业技术创新效率进行测评，能够实现对其创新效率发展状态的了解。在此基础上，通过 Malmquist 模型分析，对唐钢企业技术创新效率的变动情况做进一步研究。运用 DEA 软件 DEAP（软件使用详见附录），结合钢铁企业特性，选取投入导向型分析方法，根据所建评价指标体系，选择 Malmquist 模型，对唐山钢铁股份有限公司的技术创新效率进行测评，并获得评价结果（表 4.6）。

表 4.6 唐钢技术创新效率 Malmquist 指数

年份区间	技术效率变动	技术进步	纯技术效率变动	规模效率变动	Malmquist 指数
1998-1999	1.000	0.894	1.000	1.000	0.894
1999-2000	1.000	0.990	1.000	1.000	0.990
2000-2001	1.000	0.991	1.000	1.000	0.991
2001-2002	1.000	1.206	1.000	1.000	1.206
2002-2003	1.000	0.875	1.000	1.000	0.875
2003-2004	1.000	1.297	1.000	1.000	1.297
2004-2005	1.000	1.093	1.000	1.000	1.093
2005-2006	1.000	1.306	1.000	1.000	1.306
2006-2007	1.000	1.269	1.000	1.000	1.269
2007-2008	1.000	1.013	1.000	1.000	1.013
2008-2009	1.000	0.711	1.000	1.000	0.711
2009-2010	1.000	0.724	1.000	1.000	0.724

2010-2011	1.000	1.950	1.000	1.000	1.950
2011-2012	1.000	1.035	1.000	1.000	1.035

根据所得结果，做 1998~2012 年间唐钢企业技术创新效率的 Malmquist 趋势图（图 4.5）。

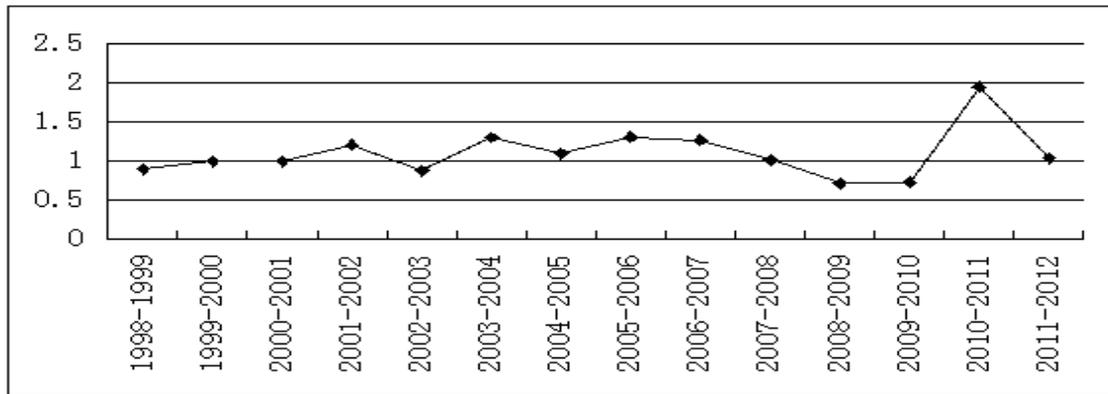


图 4.5 唐钢技术创新效率 Malmquist 趋势图

在对唐钢 1998~2012 年期间效率变动情况进行的考察中可看出，唐钢的综合技术效率没有变动，将其进一步分解为纯技术效率变动和规模效率变动，二者在测评期间也都保持不变，即企业在组织结构、组织管理与规模经营方面的贡献没有变化，产业管理方法与管理层决策对全要素生产率的提升促进作用不变；而另一方面，企业的技术水平则波动较大，由于技术效率变动贡献不变，因此，唐钢企业技术创新效率生产指数变动与其技术进步存在着——对应的关系。由趋势图可看出，唐钢的 Malmquist 指数呈总体上升的趋势，这种趋势的出现源于技术的进步，说明该企业在技术创新方面的意识不断加强，技术创新水平不断提高，但过程起伏较大，其中企业在 2008~2009 达到最低值 0.711，2009~2010 年期间次之，Malmquist 值为 0.724，企业出现了较大技术的退步，在技术创新方面存在滞后，但随之，在 2010~2011 年唐钢 Malmquist 指数达到最高 1.950，说明企业在充分认识到技术退步后，在技术研发、创新等方面加大了力度，从而实现了技术的突破和飞跃<sup>[47]</sup>；技术进步推动生产要素效率的提升并不代表对产业管理方法与经营决策的忽略，唐钢企业应在保持技术水平不断提升的同时，注重发挥规模效率、经营管理等对全要素生产率的推动作用。

## 4.2 对比分析

### 4.2.1 对比数据处理

在对唐钢技术创新效率进行时间序列测评分析后,为进一步了解唐钢在钢铁行业中的创新效率情况,将其与钢铁行业内各大钢铁企业进行对比分析。本文立足微观钢铁企业的技术创新效率测评,除唐山钢铁外,另选取安阳钢铁、鞍山钢铁、包头钢铁、宝山钢铁、济南钢铁、马鞍山钢铁、首都钢铁、太原钢铁、武汉钢铁及重庆钢铁共计 11 家国内钢铁企业,以 2012 年企业经济活动数据为例,利用 DEA 多模型进行技术创新效率评价。通过查阅 2012 年 12 家钢铁企业年报、创新活动资料及《中国钢铁工业年鉴(2013)》,获得有关评价原始数据<sup>[43]</sup>,并对部分投入产出指标进行比值换算,得 2012 年钢铁企业技术创新效率评价数据(表 4.7)。

表 4.7 钢铁企业 2012 年技术创新效率评价数据

	新产品产值占 销售收入比重 (%)	企业专利数 (项)	发表论文数 (篇)	R&D 占销售收入 比重 (%)	R&D 人员 数量 (人)	技术改造投 资额 (亿元)
安钢	10.37	27	201	2.62	4930	40.62
鞍钢	27.31	487	687	2.77	3926	44.37
包钢	10.36	58	454	2.06	1998	25.05
宝钢	36.53	381	888	2	8105	52.82
济钢	12.23	41	300	1.07	3065	14.17
马钢	9.31	63	290	0.64	4625	17.65
攀钢	20.62	418	616	1.63	774	18.29
首钢	13.57	286	809	2.19	189	30.37
太钢	13.02	147	347	1.41	1186	16.65
唐钢	22.87	32	263	1.16	2197	23.68
武钢	17.5	553	673	0.49	4354	24.62
重钢	8.91	24	114	0.07	898	10.82

(数据来源:钢铁企业 2012 年年报、《中国钢铁工业年鉴》2013 年)

## 4.2. 2DEA 多模型分析

### 4.2.2.1 基于 CCR 模型

运用 DEA 软件 MaxDEA，结合钢铁企业特性，选取投入导向型分析方法，根据所建钢铁企业技术创新效率评价指标体系，选择 DEA 的 CCR 对各钢铁企业技术创新效率进行测评，并获得评价结果（表 4.8）。

表 4.8 钢铁企业技术创新效率的 CCR 模型效率值

钢铁企业	安钢	鞍钢	包钢	宝钢	济钢	马钢
效率值	0.246	0.608	0.548	0.764	0.801	0.627
钢铁企业	攀钢	首钢	太钢	唐钢	武钢	重钢
效率值	1.000	1.000	0.704	0.986	1.000	1.000

根据所得结果，做 2012 年国内钢铁企业技术创新效率的 CCR 模型效率值趋势图（图 4.6）。

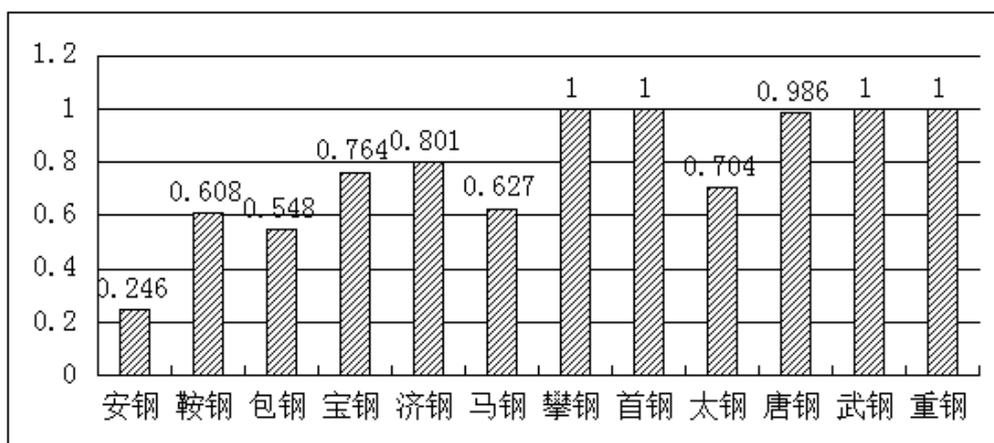


图 4.6 钢铁企业技术创新效率值趋势图

由 CCR 模型效率值的表、图显示可看出，在选取的国内 12 钢铁企业中，只有攀钢、首钢、武钢和重钢在 2012 年的技术创新效率测评中达到了 DEA 有效，实现了技术创新投入、产出的有效耦合，其余钢铁企业均出现了不同程度的无效性。唐钢虽然没有达到投入产出的 DEA 有效性，但其效率值为 0.986，仅次于上述四个有效企业，较后者济钢的 0.801 高 0.185，说明唐钢在国内钢铁企业技术创新效率发展方面处于一定的优势地位，具有一定的追赶超越能力。在所测评的企业中，安阳钢铁的技术效率值仅为 0.246，为效率最低企业，且与次之的包钢 0.548 的效率值相差 0.302，说明安

钢的技术创新效率亟待提高。从效率值的平均值来看，选取的 12 家国内钢铁企业其效率平均值约为 0.774，而达到平均水平的有 7 家企业，约占总数的 58.3%，而剩余企业技术创新效率值均位于平均值以下，由此，可粗略表现出国内钢铁企业技术创新效率不容乐观，有待于进一步提高的现状。

#### 4.2.2.2 基于 BCC 模型

运用 DEA 软件 MaxDEA，结合钢铁企业特性，选取投入导向型分析方法，根据所建钢铁企业技术创新效率评价指标体系，利用 DEA 的 BCC 对各钢铁企业技术创新效率进行测评，并获得评价结果（表 4.9）。

表 4.9 钢铁企业技术创新效率的 BCC 模型效率值

钢铁企业	安钢	鞍钢	包钢	宝钢	济钢	马钢
总体效率	0.246	0.608	0.548	0.764	0.801	0.627
纯技术效率	0.298	1.000	0.634	1.000	0.959	0.788
规模效率	0.826	0.608	0.865	0.764	0.835	0.795
钢铁企业	攀钢	首钢	太钢	唐钢	武钢	重钢
总体效率	1.000	1.000	0.704	0.986	1.000	1.000
纯技术效率	1.000	1.000	0.858	1.000	1.000	1.000
规模效率	1.000	1.000	0.820	0.986	1.000	1.000

将技术创新的总体效率进一步分解为纯技术效率与规模效率，由表 4.9 可看出，攀钢、首钢、武钢和重钢四个企业的总体效率、规模效率和纯技术效率皆为 1，说明企业在技术研发、产业结构、规模效益、企业管理等方面具有较强的协调能力，使得各方效率都能达到有效耦合；鞍钢、宝钢和唐钢虽总体未能实现 DEA 有效，但其纯技术效率值为 1，说明企业在新技术的研发、应用、改进与创新方面达到了效率的前沿面，技术水平也处于较高的状态，济钢次之，纯技术效率值为 0.959，而安钢仍为最低，纯技术效率值仅为 0.298，技术创新水平有待于进一步提高。在规模效率方面，除攀钢、首钢、武钢和重钢外，其它钢铁企业皆未实现 DEA 有效，唐钢在纯技术效率方面为 DEA 有效，但其规模效率为 0.986，由于总体效率为纯技术效率与规模效率的乘积，因此，规模效率的无效性对技术创新的总体效率造成了影响，唐钢由此在 2012 年未能实现创新效率的有效性，可见，企业应在注重产品、技术水平的时候，也应加强对企业规模的发展，进一步提高企业管理水平，注重企业规模效益的获得，从整体出发，提高企业技术创新效率水平。在其它未实现规模效率有效的企业中，鞍钢效率

值为最低，宝钢次之，分别为 0.608 和 0.764，与唐钢类似，二者在纯技术效率方面都实现了 DEA 有效，但由于规模效率未能达到效率前沿面，由此对总体效率产生了“拖累”作用，未能实现总体的 DEA 有效，企业规模管理的不足在一定程度上影响了新技术推动整体创新效率的提高；纯技术效率最低的安钢在规模效率方面，达到了 0.826，高于纯技术效率值，说明安钢在规模管理等方面取得了一定的成绩，获得了较高的规模收益。

值得关注的是，宝钢在经济效益及品牌发展方面为我国钢铁行业的领先者，但其在技术创新效率方面未实现 DEA 有效，宝钢的纯技术效率值与唐钢相同，均为 1，但其规模效率值仅为 0.764，远落后于唐钢，因此，对钢铁企业而言，领先的技术水平需要与企业规模相辅相成，否则将影响企业的整体技术创新效率，对影响钢铁企业技术创新效率非有效性的因素也将在后续分析中进一步阐述。

钢铁企业技术创新效率是对创新投入产出比例的反映，较强的企业创新产出不一定就能拥有较高的创新效率，创新投入的不足或冗余都在一定程度上对创新效率产生着重要影响，尤其是创新资源投入拥挤现象，不仅造成效率的降低，同时也是对创新资源的浪费。在此，以投入导向型为基础设定 DEA 的有效前沿面，在产出固定的情况下，对各钢铁企业的创新投入进行比较分析。根据 BCC 模型设定的有效前沿面，以 R&D 投入（R&D 占销售收入比重）及 R&D 人员数量为例，进行钢铁企业技术创新效率投入情况分析（表 4.10）。

表 4.10 钢铁企业技术创新效率 BCC 投入导向的目标值与实际值比较

钢铁企业	安钢	鞍钢	包钢	宝钢	济钢	马钢
R&D 投入 实际值	2.62	2.77	2.06	2	1.07	0.64
效率目标值	0.34	2.77	1.13	2	0.65	0.5
差值百分比	87.02	0	45.29	0	39.44	21.25
R&D 人员 数实际值	4930	3926	1998	8105	3065	4625
效率目标值	876.51	3926	814.02	8105	852.06	1161.86
差值百分比	82.22	0	59.26	0	72.2	74.88
钢铁企业	攀钢	首钢	太钢	唐钢	武钢	重钢
R&D 投入 实际值	1.63	2.19	1.41	1.16	0.49	0.07

效率目标值	1.63	2.19	0.79	1.16	0.49	0.07
差值百分比	0	0	43.69	0	0	0
R&D 人员 数实际值	774	189	1186	2197	4354	898
效率目标值	774	189	840.45	2197	4354	898
差值百分比	0	0	29.14	0	0	0

由表 4.10 可看出，钢铁企业技术创新过程中鞍钢、宝钢、攀钢、首钢、唐钢、武钢和重钢的研发投入效率目标值与实际值一致，没有出现投入冗余的现象，而其余钢铁企业均出现了不同程度的研发投入拥挤。其中，安钢的研发投入效率目标值为 0.34，实际投入值为 2.62，差值百分比（差值占实际值的比例）高达 87.2%，造成了大量的资源浪费。包钢的研发投入差值百分比为 45.29%，仅次于安钢，在出现研发投入冗余的企业中，马钢的投入过剩差值百分比最低，为 21.25%，可看出，钢铁企业技术创新中研发投入普遍存在较高的拥挤现象。同样，在人力资源投入方面，钢铁企业也存在人员投入拥挤的现象。安钢的研发人员投入效率目标值为 876.51，而实际投入数为 4930，差值百分比达到 82.22%，出现了严重的研发人员投入过剩现象；次之为马钢，其研发人员投入效率目标值为 1161.86，而实际值为 4625，差值百分比为 74.88%；太钢的研发人员投入差值比为 29.14，为冗余企业中的最低。由此，可看出，钢铁企业技术创新过程中，并非投入越多越好，投入如果不能与企业规模、技术水平及产出相适应，就会影响整体技术创新效率的提高，同时，也会造成人员、资金、能源等资源的浪费，不符合企业可持续发展的要求。

#### 4.2.2.3 基于超效率模型

运用 DEA 软件 MaxDEA，结合钢铁企业特性，选取投入导向型分析方法，根据所建钢铁企业技术创新效率评价指标体系，利用 DEA 的超效率模型对各钢铁企业技术创新效率进行测评，获得评价结果（表 4.11）。

表 4.11 钢铁企业技术创新超效率模型效率值

钢铁企业	安钢	鞍钢	包钢	宝钢	济钢	马钢
超效率值	0.246	0.608	0.548	0.764	0.801	0.627
排序	12	10	11	7	6	9
钢铁企业	攀钢	首钢	太钢	唐钢	武钢	重钢
超效率值	2.058	5.378	0.704	0.986	4.031	3.564
排序	4	1	8	5	2	3

根据所得结果,做 2012 年国内钢铁企业技术创新效率的超模型效率值柱状图(图 4.7)。

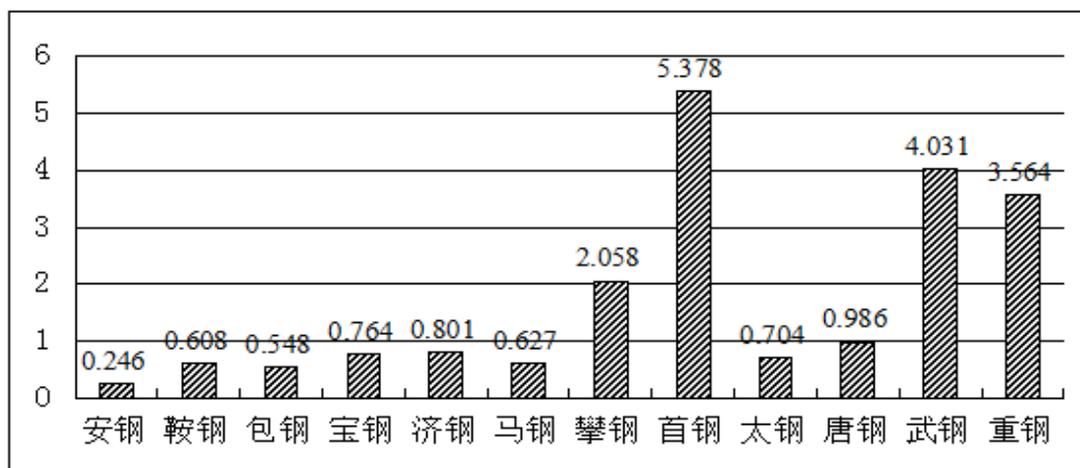


图 4.7 国内钢铁企业技术创新效率的超模型效率值柱状图

超效率值是企业若在各投入要素上等比例增加,其效率仍可保持相对有效的值。超效率模型中非 DEA 有效的企业,其超效率值与 DEA 基础模型中测评的效率值相同,而达到 DEA 有效的钢铁企业,利用超效率模型可算得其超效率值(大于 1),由此可进一步分析 DEA 有效的钢铁企业之间的差距。由表 4 可看出,唐钢为 DEA 非有效性企业,因此在超效率模型中,其效率值仍为 0.986。首钢的技术创新超效率值最高,为 5.378,即表示,若首钢在投入要素上,等比例增加 437.8%,其仍可保持效率的相对有效,说明其在技术创新方面仍存较大的发展潜力;武钢超效率值次之,为 3.031,其保持相对有效的要素等比增加值为 303.1%;通过超效率值可进一步对测评的 12 家钢铁企业进行效率排序,可看出,首钢位居第 1,次之为武钢,唐钢位列第 5,技术创新效率发展方面处于中上游水平,但与首钢、武钢、重钢、攀钢四家企业相比,仍存在较大的差距,技术创新效率的投入产出管理需要仍需进一步加强。

### 4.2.3 DEA-Tobit 模型分析

#### 4.2.3.1 回归模型建立与数据获取

从理论而言,系统外任何与创新活动相关的因素都可能对创新效率造成影响,而单纯运用 DEA 方法,只能通过对投入要素是否冗余的判断来分析影响钢铁企业技术创新效率的因素,无法测评投入产出以外的影响因素。因此,本文在 DEA 测评的基础上,运用 Tobit 回归分析,对影响钢铁企业技术创新效率的其它相关因素进行分析。与 DEA 评价指标体现的建立类似,在进行 Tobit 模型应用时,应确定自变量及因变量。在 DEA 应用中,测得的企业效率值为 0~1 之间,符合 Tobit 模型中对因变量的要求,

而在自变量的选取方面，由于目前对钢铁企业技术创新效率影响因素的研究不多，本文多借鉴于对高新技术或工业行业技术创新效率影响因素的选取，并对部分文献进行总结整理（表 4.12）。

表 4.12 国内技术创新效率影响因素选择

文献	作者	影响因素	自变量的选取
河南省技术创新效率及影响因素研究—基于 DEA 与 Tobit 模型的实证分析	刘战伟	企业规模； 产业结构； 政府支持力度； 人力资本	大中型工业产值占工业总产值的比重；重工业部门产值占工业产值的比重；科技活动经费筹集额中政府资金比例；每万人大专以上学历人口的数量
基于 DEA-Tobit 的区域创新系统资源配置优化策略研究	于晓宇 谢富纪	区域吸收新技术的潜在能力； 区域生产新技术的能力； 区域对新技术的吸收速度	区域人口数量(POP)； 国内生产总值(GDP)； 文盲率(ILL)
我国高技术产业技术创新效率及其影响因素研究——基于价值链视角下的两阶段分析	余泳泽	制度因素； 企业规模； 产业绩效； 政府政策支持力度； 技术消化吸收能力；	各地区工业总产值中非国有企业的比重、全社会固定资产投资中非国有经济的份额、外贸依存度和实际利用外资占 GDP；该地区总产值与企业数量之比；各地区利润与销售收入之比；科技活动经费筹集额中政府资金比例；技术消化吸收经费支出
中国高新技术产业研发效率及其影响因素分析	谢伟, 胡玮 夏绍模	市场竞争度； R&D 投入强度； 产业发展阶段； 政府政策导向	R&D 经费占销售收入比重； 产业生产总值的对数；科技活动经费筹集额中政府资金所占比重；各地科研机构数的对数

在创新环境研究方面，以柳卸林为主要成员的中国科技发展战略小组从区域基础设施、市场环境、劳动者素质、金融环境和创业水平五个方面进行了衡量，其自 2001 年起出版的《中国区域创新能力报告》一书在区域创新环境分析方面具有较高的权威性<sup>[48]</sup>。总结相关文献，并结合《中国区域创新能力报告（2012）》本文从经济运行及

区域环境的角度，选取经济规模、产业结构、创新基础、创新环境四个方面因素作为钢铁企业技术创新效率的影响因素。其中，用钢铁企业所在省份 GDP 占全国 GDP 的比重 ( $X_1$ ) 表示经济规模；用钢铁企业所在省份的工业产值占地区 GDP 的比重 ( $X_2$ ) 表示产业结构；用所在省份的政府创新支出占 GDP 的比重 ( $X_3$ ) 及省份每十万人中大专及以上学历教育程度人口所占的比例 ( $X_4$ ) 表示创新环境；用所在省份的区域技术成交额占全国的比重 ( $X_5$ ) 表示创新基础<sup>[49]</sup>。

将钢铁企业的 DEA 效率值作为因变量，选取的创新效率环境影响因素作为自变量，参阅《中国统计年鉴》及《中国区域创新能力报告（2012）》获得相关数据，并整理（表 4.13）。

表 4.13 钢铁企业 Tobit 模型评价数据

	$X_1$ (%)	$X_2$ (%)	$X_3$ (%)	$X_4$ (%)	$X_5$ (%)
安钢	5.74	52.85	14.79	6.4	1.655
鞍钢	4.78	47.23	17.31	11.97	7.152
包钢	3.08	49.83	19.48	10.21	15.919
宝钢	3.87	35.62	21.73	9.07	10.23
济钢	9.63	45.57	10.58	8.69	5.565
马钢	3.31	43.87	20.94	6.7	1.748
攀钢	4.59	45.29	24.78	6.68	5.213
首钢	3.43	18.51	19.25	31.5	1.145
太钢	2.33	57.87	20.99	8.72	1.602
唐钢	5.12	45.08	13.83	7.3	1.399
武钢	4.28	42.94	15.46	9.53	0.974
重钢	2.21	45.22	21.56	8.64	1.718

#### 4.2.3.2 回归结果计算

将各钢铁企业的效率值作为因变量，所选取的创新效率环境因素作为自变量，运用 Eviews 软件（软件使用详见附录）进行 Tobit 回归分析得到相关结果（表 4.14）。

表 4.14 钢铁企业技术创新效率影响因素的 tobit 回归结果

<i>Variable</i>	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
C	1.118505	1.14112	0.980181	0.327
X <sub>1</sub>	-0.022853	0.010563	-2.163486	0.0305**
X <sub>2</sub>	0.013873	0.06215	0.223211	0.8234
X <sub>3</sub>	0.033024	0.028458	1.160445	0.2459
X <sub>4</sub>	0.032281	0.016133	2.000852	0.0454**
X <sub>5</sub>	-0.035248	0.014716	-2.3953	0.0166**
Log likelihood	-26.37424			

(注: \*\*表示估计系数在 5% 的置信度水平显著)

从 Tobit 结果可以看出, 在影响钢铁企业技术创新效率的 5 个因素中, 由钢铁企业所在省份 GDP 占全国 GDP 的比重 (X<sub>1</sub>) 所反映出的区域经济规模因素在 5% 的显著水平上与技术创新效率呈显著负相关, 说明经济规模的扩大在较大程度上将降低企业的技术创新效率水平。虽然区域经济的快速发展、经济规模的扩大有利于区域钢铁企业的发展, 但在区域经济发展过程中, 往往伴随一定的重效益轻技术的现象, 由此可能造成企业追逐能带来快速经济效益的业务, 而对于后发经济优势的高新技术类产业存有一定的忽视, 不利于企业创新环境的营造及高新技术水平的提高<sup>[50]</sup>。在创新环境方面, 每十万人中大专及以上学历教育程度人口所占的比例 (X<sub>4</sub>) 在 5% 的显著水平上与技术创新效率呈正相关, 说明区域劳动者素质的改善有利于推动钢铁企业技术创新效率的提高<sup>[51][52]</sup>, 这与虞晓芬、池仁勇、白俊红等人的研究结论一致, 也说明了作为知识密集型的技术创新效率发展, 劳动者素质的高低将对企业技术创新活动产生较大影响。而所在省份的区域技术成交额占全国的比重 (X<sub>5</sub>) 在 5% 的显著水平上与技术创新效率呈负相关, 一般而言, 良好的创新基础有利于新技术等的研发, 然而创新效率需要投入与产出实现有效耦合, 已有的创新基础能推动钢铁企业技术创新效率意识的增强, 但往往也会造成生产过程中的投入冗余, 反而会造成效率的降低, 正如在对国内钢铁企业进行的 BCC 模型松弛变量分析中发现, 多数企业存在研发资金与人员资源的投入冗余现象, 影响了整体技术创新效率的提升, 因此, 有效利用良好的外部创新基础实现内部技术创新投入产出的有效性也需要恰当的把握。此外, 钢铁企业所在省份的工业产值占地区 GDP 的比重 (X<sub>2</sub>) 及政府创新支出占 GDP 的比重 (X<sub>3</sub>) 对企业技术创新效率的提高具有一定的正相关性影响, 但这种影响力并不显著。产业结构的调整升级, 尤其是对高新技术产业的鼓励发展, 有利于推动区域技术创新水平的提升以助力于钢铁企业技术创新能力的发展, 但这种产业结构影响多起到基础性促进作用, 无法形成显著性的关键影响力; 由政府支持所带来的政策、资金等方面的倾

斜能为企业技术创新效率的提升提供良好的政策环境,但同样这种政府支持因素并不能对钢铁企业技术创新的发展与突破产生关键性影响。因此,通过对选取的技术创新效率影响因素的回归分析可看出,钢铁企业所在省份应注重从经济规模、劳动者素质及区域创新环境等角度进行调节和控制,以推动钢铁企业技术创新效率的提升,同时,钢铁企业应从各影响因素对自身技术创新效率的作用入手,有区别地创造有利环境,助力企业技术创新效率有效性的实现。

### 4.3 结论

通过对唐钢 1998~2012 年间技术创新效率的测评,可知唐钢在总体技术创新效率方面处于良好的状态,测评期间共有 7 年实现了 DEA 有效,达到了创新效率前沿面,尤其是在近几年 2006~2008 年连续 3 年为 DEA 有效,随后几年的效率值也均大于 0.9,呈现出较高水平的稳定发展趋势;从纯技术效率方面而言,唐钢在技术研发、创新、应用等方面具有较强的实力,创新技术方面取得了显著的发展,起到了推动整体创新效率提升的作用,而企业在规模效率方面却存在一定的不足,多次在纯技术效率有效的情况下,对总体技术创新效率产生了“拖累”的作用,企业管理、产业结构调整、整体规模规划等需要进一步加强。将唐钢与国内其它钢铁企业进行技术创新效率比较研究,利用 DEA 的 CCR 模型测算得出,攀钢、首钢、武钢和重钢 4 家企业在技术创新效率方面为 DEA 有效,实现了投入产出的相对有效性,而安钢的效率值为最低;结合 BCC 模型将总体效率进行分解,得出企业的规模效益在较大程度上影响了企业整体的技术创新水平,如鞍钢、宝钢和唐钢,虽然纯技术效率均为 1,但其规模效益并未实现相对有效,因此,钢铁企业在注重新技术新工艺的同时,也应加强对企业规模的管理。利用 BCC 模型松弛变量,进一步对钢铁企业技术创新效率的投入情况进行研究,以研发资本与研发人员两大要素为例进行了差值比例分析,得出多家钢铁企业存在投入要素冗余的现象,其中安钢投入拥挤现象最为严重,创新要素投入冗余在一定程度上造成了创新效率的无效,因此,企业应合理安排技术创新投入,避免造成投入拥堵及资源浪费现象。利用 DEA 与 Tobit 两步分析法,对影响钢铁企业技术创新效率因素进行深入分析,选取区域经济规模、区域产业结构、区域创新基础及区域创新环境作为测评的影响因素,在 Tobit 回归过程中,得出区域经济规模即企业所在省份 GDP 占全国 GDP 的比重与技术创新效率呈显著负相关,劳动者素质即每十万人中大专及以上学历教育程度人口所占的比例与技术创新效率成显著正相关,区域创新环境即所在省份的区域技术成交额占全国的比重与技术创新效率成显著负相关,因此,企业及区域政府应注重对劳动者素质的提高,加强对经济规模及区域创新环境的调控,为钢铁企业技术创新效率的提高提供良好的动力与支撑。

## 第五章 钢铁企业技术创新系统效率提升与机制优化

### 5.1 基本思路与构想

#### 5.1.1 系统效率思想

系统理论认为，系统是由相互联系、相互依赖、相互作用的事物或过程组成的统一体，这种统一体具有部分所不具有的整体功能和综合行为。系统元、系统元之间的关系及系统元之间特定耦合关系条件下质和量的协调性，是构成一个完整系统所应具备的三要素。就钢铁企业技术创新效率的研究而言，与企业技术创新投入产出有关的因素相互联系作用构成技术创新系统，而对创新效率的研究则是对系统运行过程中投入产出效率的探析，即系统效率。根据系统思想可知，系统是一个复杂整体，内含多层次的子系统或各类别的系统元，系统元及其之间的耦合性质决定了系统的输入与输出功能，这种决定性虽然是唯一的，但它只决定了系统功能的性质，如钢铁企业技术创新系统对国家经济社会发展的支撑功能，而构成系统的各要素之间在特定耦合关系上物质流动水平和能力等方面的协调性和差异性，则决定了系统输入与输出功能实现程度的差别，即系统效率的不同。系统效率是指系统在其特定的特征尺度范围内，系统功能和价值的实现程度与其最大可能值的比例，这一系统效率可进一步分解为，系统的规模效率、系统的技术效率和系统的管理效率，不同的效率程度对系统整体特性的影响也不同，如钢铁企业在研发并运用了一项新技术后，技术的巨大进步或飞跃，在很大程度上会带来技术创新效率系统结构的变动，从而实现整体创新效率的提升与跃迁，而另一方面，对于渐进式的技术创新活动，所带来的影响不足以引起系统构成的变动，仅对系统内部要素之间的配套条件和协调水平产生作用，这种作用将带来系统性质不变情况下的功效态势发挥的提升<sup>[53]</sup>。

不同状态下系统功能的发挥不同，而在保持其特定结构不变的情况下，系统包含多种运行状态，每种状态下，系统的功能发挥程度也不同，这种差异性来自于系统内部各要素之间量上的协调关系，这种现象称为系统功能的势态演变。在系统演变过程中，其在特定时间、空间尺度条件下，系统效率的发挥程度也存在一定的不同，称为系统的势效差异性，这种差异主要体现在两方面，一是在效能释放速度上的差别，二是在效能释放总体水平上的不同。

### 5.1.2 系统场控思想

“场”是物理学中的重要概念，是指某种物理量在空间的分布，物理学中的“场”是一种实物场。系统场是基于物理学“场”的思想与概念，以观念意识、制度和政策发挥等为场源要素而构建的，其功能及目的在于对系统场的对象产生作用，以控制或影响其行为或效果。系统场除具有社会场的一般特性外，还具有自身的特性，主要包括：一是具有系统特性，指系统场在对现实系统进行作用，从而影响其运行方式、运行效果；二是具有场向特性，是指系统场的构建对系统对象导向的规定性、目的性；三是构成系统场的场源具有多层次性；四是具有场力的叠加性<sup>[54]</sup>。

无论是物理学中的“场”，还是社会科学中的“场”，对系统场内的对象都有一定的作用力。系统场由众多场源要素构成，且场源要素具有一定的层次特性，对系统场中的受控对象作用方式也不同，大致可分为同一层次场源要素作用和不同层次场源要素作用两种方式。

在同一层次中的各场源要素表现为对系统场受控对象并行的作用力（图 5.1）。

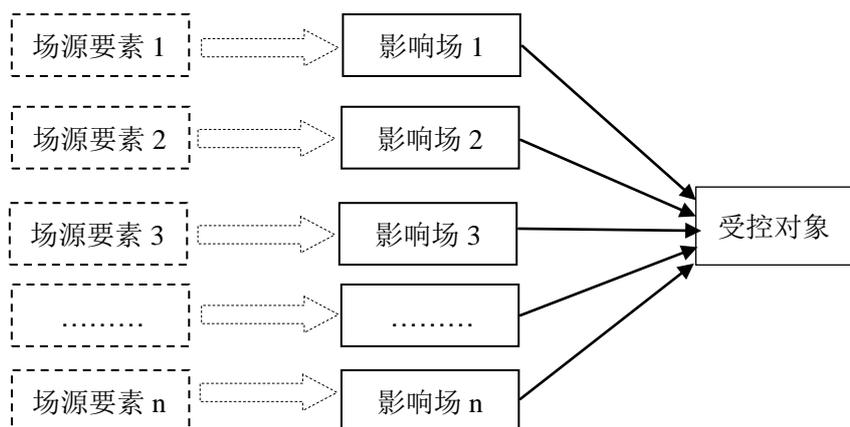


图 5.1 同一层次场源要素作用图

并行模式下各场源要素对受控对象具有直接的作用力，不具有先后逻辑关系，各场源要素从各个方面作用于受控对象，形成不同的影响场，而其中影响力强的则会成为主影响场，各影响力之和为该层次场源要素作用效果。如钢铁企业技术创新效率受到相关政策法规的系统场的影响，而隶属于该场的产业政策、技术政策、市场政策、资源政策等场源要素皆从不同的方面对企业技术创新效率的发挥程度产生着作用，而其中可能某企业受技术政策场源要素最大，该影响场则成为主场。

当系统场内不同层次场源要素对受控对象产生作用时，则会具有一定的逻辑先后顺序递进关系，层次越低对受控对象的作用也直接，而高层次场源要素需要通过传递影响力才能作用与受控对象，形成一定的场控作用（图 5.2）。

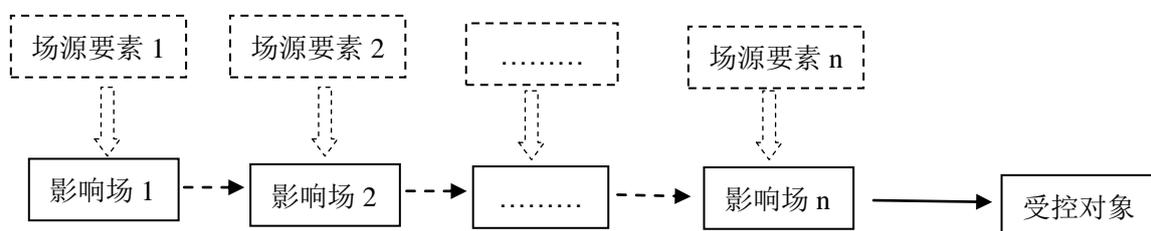


图 5.2 不同层次场源要素作用图

在实际经济社会分析中，某一系统对象往往受到不同层次及同一层次中不同的场源要素的影响，形成一种交叉互动作用模式，单纯的并行模式或递进模式较少。在交叉互动模式下，同一层次内不同要素及不同层次场源要素作用，既可能相互促进又可能相互抑制，从而增强或削弱对受控对象的影响作用。同时，不同的场源要素所形成的影响场也存在一定的交互作用，彼此的变动会在很大程度上影响另一方对系统对象的作用力。除此之外，系统场控作用还有一种较为理想的形式，即协同模式，指系统场各场源要素以协调的方向共同作用与受控对象，形成各影响场之间的协作和配套，从而产生大于各影响场独立作用的效果，如构成系统场的一、二、三级场源要素之间形成协同性，便可产生增强场力的效果，从而实现提高作用效果的目标<sup>[55]</sup>。在提升钢铁企业技术创新效率的研究中，对其运行机制的优化，将重点从该方面着手，试图使钢铁企业技术创新系统所在系统场形成一种协同模式。

### 5.1.3 技术创新系统效率提升及机制优化框架

根据系统效率思想，钢铁企业技术创新系统中各系统元及其相互间的耦合关系影响着系统的运行状态及功能发挥的程度，同时，由于创新系统处于一定的系统场控中受到来自系统外各层次场源要素的不同作用力，也对系统效率产生着影响。对钢铁企业技术创新系统效率的提升及运行机制的优化，旨在通过一定的系统分析，提出相应的路径建议，使得创新系统内部各系统元达到相互协调的耦合状态，同时，使得创新系统场控达到一定的协同效果，从机制的层面促进创新效率的提高，依此对创新系统效率的提升及运行机制优化进行框架构想（图 5.3）。

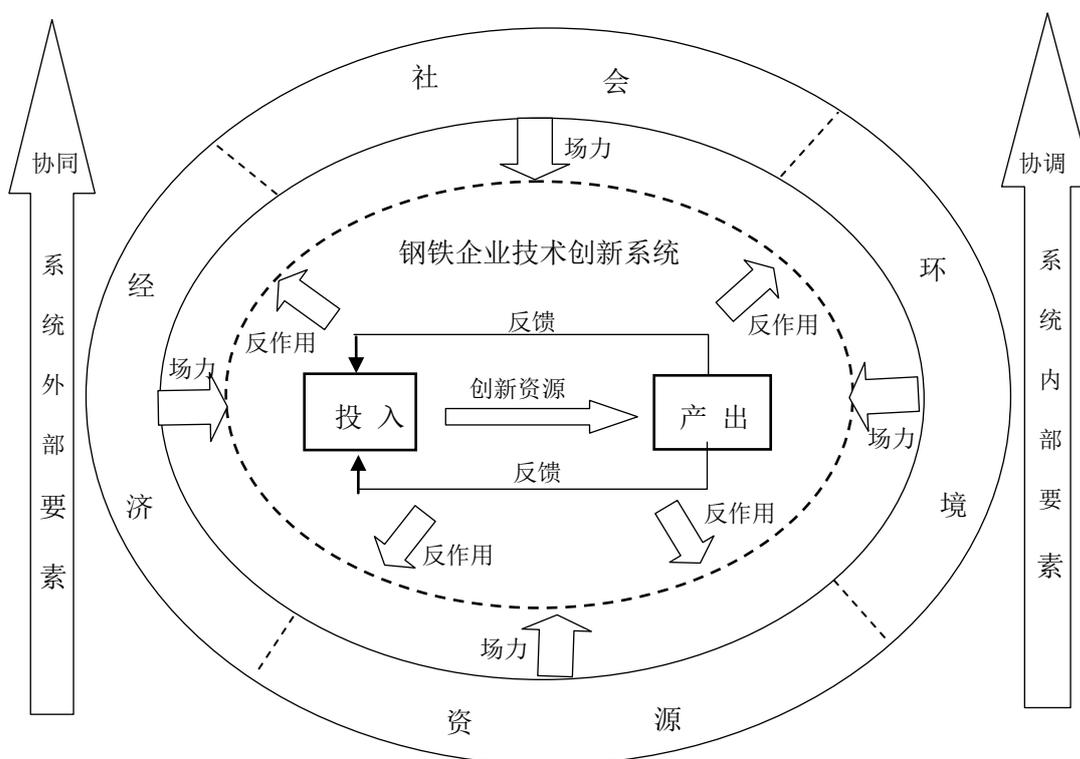


图 5.3 钢铁企业技术创新系统效率提升与机制优化图

对钢铁企业技术创新系统而言，创新资源的投入与产出是其主要活动，利用较少的资源获得尽可能多的创新产出，具备较高的系统效率，是创新系统功能发挥的目标。由于创新系统涉及众多子系统，而每类子系统的运行及其相互之间的关系都会对整个创新系统效率产生直接或间接的影响，因此，对钢铁企业技术创新系统效率的提升研究，就是通过对创新系统运行过程中可能存在的问题进行系统分析，并提出相应的提升路径，从而在系统内实现各子系统间的协调耦合。在该方面，本论文将主要通过两方面协调系统内各要素的相互作用，一是注重系统结构的调整，无论是企业整体的运行，还是单纯的技术创新系统运行，都是在一定的组织或系统结构下进行的，按照这一结构系统内各子系统及企业内部各人员、资源等要素才能有序运行，而当系统结构状态与系统效功能到协调一致时，可使系统处于良好的运行状态，从而各项功能的发挥及系统效率得到提升；而当系统结构无法与系统的运行目标实现协调时，其必然会对系统的某些活动运行产生阻碍，造成效率低下或创新资源的浪费，此时，便需要对系统结构进行相应的调整，力求实现系统结构域系统运行状态的最大耦合度；二是注重对系统运行的管理协调，作为企业运行内的一个复杂系统，技术创新活动涉及多类系统要素，而要素间能否实现协调耦合，不仅需要相应的系统结构的配合，同时，也需要对系统进行一定的管理协调工作，包括对管理职能的加强，对企业文化的塑造等，

从而使各项子系统按序高效运行，达到耦合关系的协调性。

钢铁企业技术创新系统效率不仅受到系统内各要素及其相互间关系的影响，同时，也受到来自于其所在系统场控内各场源要素的作用力，这种作用力虽无法对创新系统内的投入产出运行产生直接的影响，但可对系统运行所在的环境产生作用，从而间接对系统状态产生影响。系统外部机制对系统运行状态的作用不容忽视，当系统运行机制与系统状态相一致时，系统场控内各场源要素达到协同状态，此时的运行机制将对系统内各子系统及整体的运行产生积极的促进作用，系统效率将会得到有效提升；而当系统处在一种不协调的运行机制环境中，各系系统运行工作都将受到不同程度的阻碍，系统功能的发挥也会收到削弱。对创新系统运行机制的优化分析将主要通过系统所在的系统场控中主要的场源要素（如社会场源、资源场源、环境场源和经济场源等）进行分析，旨在通过一定的路径研究使场源要素达到一种协同的关系，从而对系统的运行及效率的获得产生正向推动作用力。

## 5.2 钢铁企业技术创新系统效率提升路径

### 5.2.1 钢铁企业技术创新系统效率分析

钢铁企业技术创新系统以各类创新资源为投入，以相关创新产品为产出，是一个多投入多产出的复杂系统。在特定结构条件下，钢铁企业创新系统包含多种状态，系统元之间耦合关系协调性好，系统运行一功能优良，则创新系统效率较高，企业可用较少的投入获得较大的产出。钢铁企业技术创新系统包含多类子系统，不同的企业所划分的子系统类别有所不同，在此，本文仅结合钢铁企业技术创新活动投入产出的基本过程，对钢铁企业技术创新系统的一般结构进行系统分析（图 5.4）。

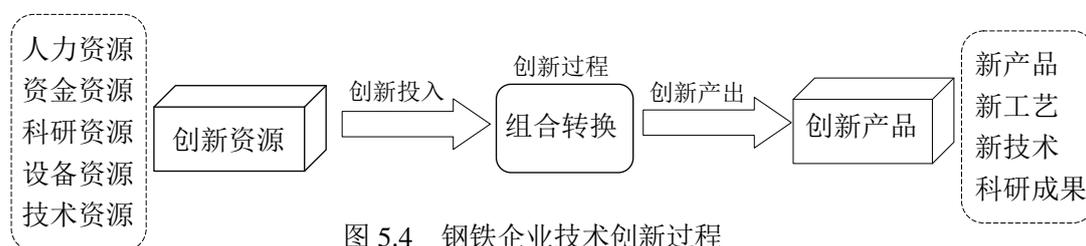


图 5.4 钢铁企业技术创新过程

与创新能力或水平不同的是，技术创新效率是创新资源产出与投入的比例，在此过程中，用最少的资源投入或的最大的创新产出是钢铁企业技术创新系统的导向。作为一个完整而复杂的系统，企业在创新过程中对各类资源的组合转换会因系统元间的耦合状态及相关子系统而表现出不同程度功能的发挥，如在生产的组合转

化过程中，设备或技术的不配套，则有可能造成资金或原材料的浪费，出现资源投入拥挤，产出不足，导致创新效率低下等，因此，系统效率的提高有赖于整体系统功能的发挥及系统元间耦合关系的协调。在了解钢铁企业技术创新活动过程基础上，构建其技术创新系统图（图 5.5），以了解其系统内在结构及运行一功能，从而对进一步提升系统效率进行研究。

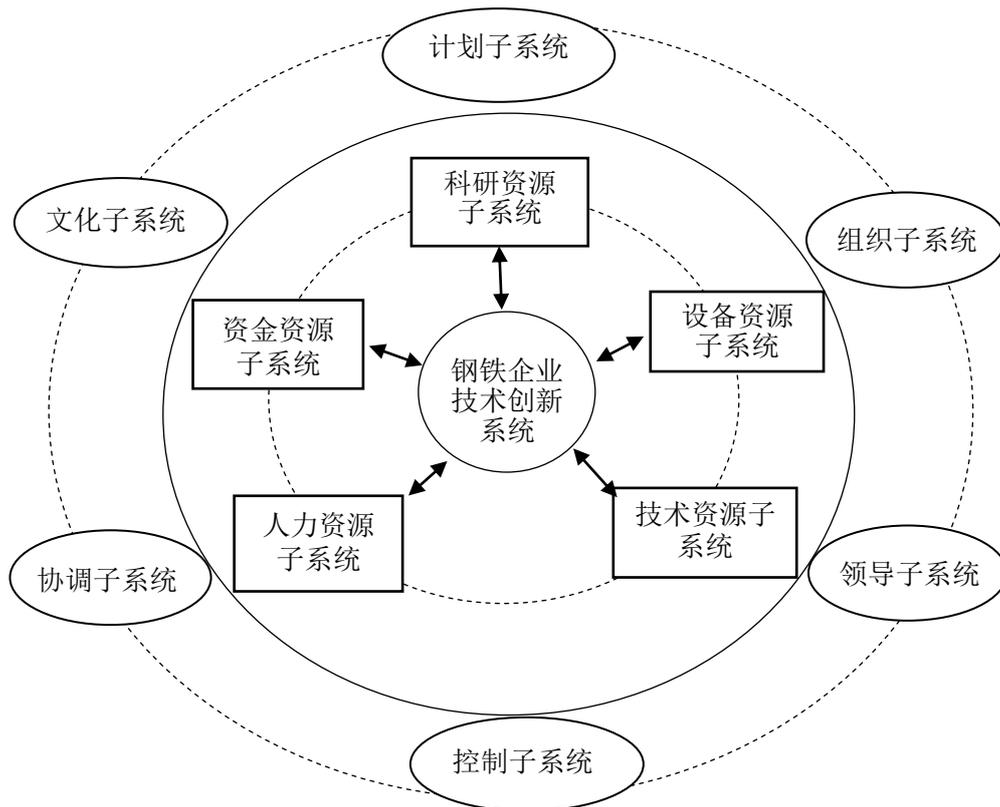


图 5.5 钢铁企业技术创新系统结构图

钢铁企业技术创新过程是一项复杂的系统活动，涉及直接生产的投入与产出，同时也受到企业外部与创新生产有关的因素影响，为保持论文前后研究的一致性，在此仅在创新系统结构图中将与论文前部分研究相统一的主要子系统进行表示。

由上述结构图可以看出，钢铁企业技术创新系统中与创新投入产出直接相关联的有，人力资源子系统、资金资源子系统、科研资源子系统、设备资源子系统和人力资源子系统。其中人力资源子系统为创新系统整体功能的发挥提供人力资源支持，如各类员工的招聘、培训、绩效考核、人才结构构建等，为创新活动的顺利进行提供必要的人力保障，当人力资源子系统与其他系统元耦合关系相协调时，能使企业人力资源得到充分利用，人员积极性得到充分调动，生产绩效得到有效提高，反之则造成人力资源的浪费，正如在实证分析中对国内钢铁企业技术创新效率进行

的超效率评价时,研发人员投入不当,子系统与相关其他子系统无法形成协调的耦合关系,进而使得企业创新效率无法达到有效前沿面;资金资源子系统为系统各项功能的运行与发挥提供资金保障,如,设备、技术的更新、科研活动的支持、人员工资福利实现等,资金是企业技术创新活动进行过程中不可或缺的资源,但也并非投入越多越好,如在钢铁企业技术创新效率的实证分析中,多家企业存在一定的研发资源投入冗余现象,造成了资金投入的浪费,资金子系统未能与其他相关子系统实现协调性耦合;科研资源子系统为创新系统功能的发挥提供科技研发支持,如新产品、新工艺、新技术的研发,专利的申请等,与资金资源类似的,科研资源也并非投入越多越好,科研水平的提高及成果的产出有利于提升创新系统的产出水平,但投入过多,则有可能造成科研资源的浪费,一定的投入若未能达到相对应的科研产出,就会形成系统效率的低下;设备资源子系统是由钢铁企业技术创新过程中用于产品产出的各类设备等设施系统,设备资源子系统除了在数量上要求与其他子系统相协调外,在设备的应用水平上也应于创新系统状态相一致,如,当企业购置了较多功能较高层次的设备时,相当于创新投入的增加,而设备使用人员素质与技术水平若未能达到高新设备要求时,便会产生子系统间的耦合不协调,过高的投入未能实现高效率下的产出,此时必然会存在一定的设备资源浪费现象,系统效率就会降低;技术资源子系统为钢铁企业创新产出得以实现提供各类生产技术、应用技术,包括新技术的引进、消化、吸收等。

系统理论认为,构成系统整体的各系统元之间是相互联系、相互作用的,它们之间耦合关系的协调性影响着系统效率发挥程度,同时也对系统运行一功能态势产生作用。在钢铁企业技术创新效率提升系统中,五大子系统虽然具有各自不同的系统功能,但它们之间不是孤立的,而是存在着一定的耦合关系,这种耦合关系达到协调的状态,才能实现钢铁企业技术创新效率的提升。人力资源的利用,科研资源的利用,资金资源的使用,设备资源的使用及技术资源的应用,都必须与彼此的状态达到协调,单纯的自身功能的充分发挥是不够的,各项资源只有形成协调性的耦合关系,才能保证整体系统在投入产出的过程中实现以最小的投入获得最大的产出,从而达到生产效率的前沿面。因此,本文认为,在进行钢铁企业技术创新系统效率提升时,重点应从系统内部的协调性入手,通过一定的有效措施,推动系统首先在内部实现系统元的耦合协调性。

在系统结构图中,可以看到,钢铁企业技术创新系统除了与生产活动直接相关的子系统外,企业内部也存在一定的对创新系统效率的发挥产生影响的系统机制。钢铁企业技术创新的投入产出活动,不仅是生产过程,同时,也是企业的管理活动,结合管理的五大职能及文化机制,在此,本文对系统内部其他子系统进行归纳总结为,计划子系统、组织子系统、领导子系统、控制子系统、协调子系统和文化子系

统。其中，计划子系统提供钢铁企业技术创新整体及部分活动开展的计划制定，及企业整体及各阶段发展战略的制定等，保障企业系统内各项活动按序及时开展；组织子系统为企业技术创新系统高效地运行提供必要的组织支持，如与生产相关的各项工作的人力、物力、财力的集合与组织等；领导子系统为企业整体发展及具体各项工作的开展提供领导保障，保证各子系统朝着整体系统的规向性发展，同时，对系统运行中可能遇到的系列问题提供及时有效的决策；控制子系统在于对创新系统内尤其是与投入产出有关的各大子系统的运行进行监督与控制，并对存在的问题进行及时反馈；协调子系统在于对技术创新系统内各系统元提供协调的运行环境，对可能出现的冲突与问题进行及时的协调解决，提高创新生产效率；文化子系统属于企业内部的意识形态、价值观念方面的系统元，在系统整体运行中，提供良好的企业文化，以一种潜移默化的形式，调动员工的积极性，提高各项各部门工作效率等。作为技术创新系统的系统元，各子系统之间存在着一定的耦合关系，并在不同程度上，对于投入产出直接相关的五大子系统产生着作用和影响。

## 5.2.2 技术创新系统效率提升路径

### 路径一：调整系统结构，提升产业集中度，提高系统规模效率

系统是由众多系统元相互作用构成，而这种相互作用则是通过系统结构传递实现的，系统内子系统及其相互关系影响着系统功能的发挥及系统效率的提升，而系统结构同样对系统的运行状态产生重要影响。钢铁企业技术创新系统可简单的划分为与投入产出直接相关的各类子系统，如科研资源子系统、设备资源子系统、技术资源子系统、人力资源子系统和资金资源子系统，以及与投入产出间接相关的各类管理性子系统，如计划子系统、组织子系统、领导子系统、控制子系统、协调子系统、文化子系统，各类子系统按照已有系统结构进行有序运转，相互作用，推动整体创新系统的运行。在系统运行过程中，系统结构与系统功能会随着企业持续的发展及状态的变动而变化，当系统结构无法满足系统高效运行的要求时，便会对其产生制约阻碍的作用，但当系统结构与系统运行相吻合时，便会促进其系统效率的提高。一般而言，根据事物是发展变化的哲学思想，系统结构与系统的运行需求不可能永远相一致，因此，及时对系统结构进行调整与优化，是实现创新系统内部各要素耦合关系协调的关键，有利于创新系统效率的提高。

产业集中度是影响钢铁企业规模效益获得的关键因素，在对唐钢技术创新效率测评中，可知企业在纯技术效率发展方面具有一定的优势，新技术、新工艺等创新水平较高，而在规模效率方面却处于劣势，仅有少数年份达到了规模效率的 DEA 有效，甚至某些年份规模效率对总体技术效率产生了“拖累”的现象，影响了整体创新系统效率的提升，因此，钢铁企业应积极对创新系统结构进行调整，根据企业创新活动及系

统发展的需要，适度扩大企业规模，提升产业集中度，为企业获得更高的规模效益。

一种模式向另一种模式的过渡往往需要一定的“打破”，无论是在思想上，还是在现实的结构上。钢铁企业进行技术创新系统结构的调整不是一蹴而就的，需要一定的准备与步骤，按部就班地有计划地进行，切忌盲目或过渡调整。在对钢铁企业技术创新系统进行调整前，应做好一定的步骤规划（图 5.6）。

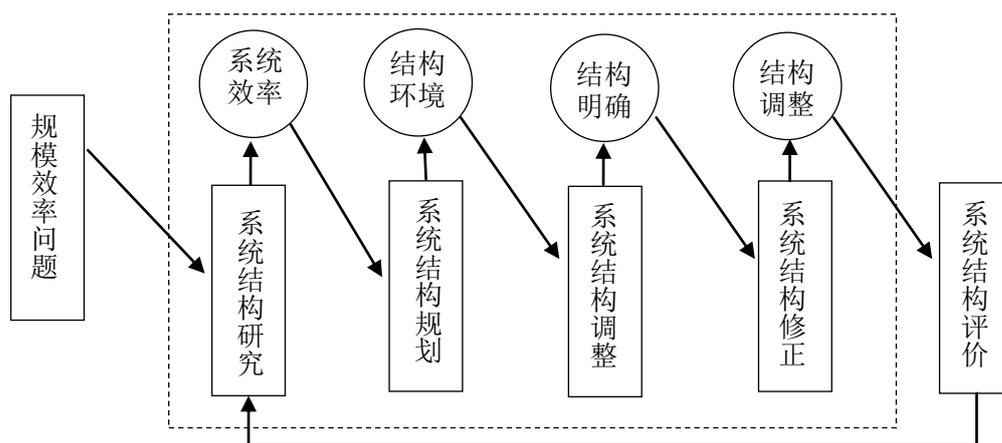


图 5.6 系统结构调整规划图

当企业出现规模效率问题而需进行系统结构调整时，首先应对目前的系统结构有清晰的认识和把握，即应对系统结构进行一定的研究，钢铁企业技术创新作为一项复杂的系统活动，其系统结构也涉及众多子系统，做好系统内部各要素之间的关系及系统结构状态的研究工作是进行系统结构科学合理调整的前提；其次在对钢铁企业现有的系统结构具备清晰认识的基础上，对与规模效率有关的结构进行重点分析，对促进规模效率与制约规模效率的因素进行区别研究；然后，针对所存在的影响系统效率的规模效率问题进行重点研究与结构规划，对于不符合创新系统发展要求的规模可进行适当的缩减，对于与系统功能发挥不一致的结构可进行适当的删减，而对于符合创新系统发展要求且利于获得规模效率的结构可进行适当的增加或扩展，等；在初步建立了系统结构调整方案后，应对结构环境进行分析，对调整后的结构与系统内部各要素之间的关系及系统结构环境能否实现协调进行预测分析，做好系统结构调整的前期准备工作；在创新系统结构调整方案确定后，应及时有效地实现结构变动，以确保所定方案在落实执行中不出现拖沓或不彻底的问题，避免影响预期成果的实现；同时，在系统结构调整过程中，应给予不同程度的修正工作，随时对可能出现的系统结构偏差进行调整；最后，在创新系统结构调整初步实现后，应进行一定的系统结构评估，

**路径二：加强管理功能，促进要素协调，提升系统效率**

系统内各要素之间的耦合关系及其特定耦合关系下质和量的协调性是影响系统

效率的重要因素，系统的自我调节往往存在一定的不确定性，单纯依靠系统内部各要素之间的自我协调，在很大程度上无法实现获得较高系统效率的目标，因此，在钢铁企业技术创新系统运行过程中，应充分发挥管理的多项功能，利用多种有效的管理手段，促进创新系统内各要素之间的耦合协调，进而推动创新系统效率的提高。

### 1. 系统管理协调方面

在对钢铁企业技术创新系统进行内部结构剖析时，曾对创新系统投入产出具有间接影响的各子系统进行了阐述，如计划子系统、组织子系统、领导子系统、控制子系统、协调子系统，而其中的计划、组织、领导、控制与协调正是管理学中管理的五大职能。管理无处不在，无论是对小企业的成长发展，还是对大规模企业的运营规划，都离不开管理的各项手段，充分发挥管理的各项功能，不仅能为直接的创新活动提供良好的系统环境，同时也可潜移默化地影响各要素之间的协调性，促使其朝着有利于系统效率提升的方向发展。如在第四章实证分析对国内钢铁企业的超效率分析中，发现在资金、人员的投入方面多数企业存在较大程度上的冗余现象，造成了资源的浪费同时也降低了总体创新效率，在投入产出过程中，一方面有赖于与创新产出有关的先进技术、设备等的支持，同时，更需要对投入产出的有效管理，如精细化管理、目标管理等，适当的采用管理手段对创新投入产出活动予以配合有利于创新过程中资源的有效利用。充分发挥管理的各项职能需要企业长期的探索与实践经验的总结，在此过程中，切忌出现盲目推行管理手段的现象，以避免对创新系统带来负面影响，在此提出以下几点建议：

(1)由上而下推行管理协调理念。在利用管理手段促进系统内部各要素协调方面，必须发挥企业领导带头作用，从领导层面开始树立正确有效的管理思想与意识，并做好宏观整体的把握。在此基础上依次下推，将管理的计划、组织、领导、控制和协调思想贯彻到钢铁企业技术创新系统的各子系统运行过程中，逐步实现由理念到实际的推行。

(2)由下而上确保管理协调落实。利用管理协调创新系统内部各要素的关系，必须与实际工作紧密结合，否则管理协调将变为“纸上谈兵”，因此，在此过程中，应注重对各项工作落实情况的把握，从一线的生产活动到创新系统的各环节是否能在实际工作中发挥管理的协调作用，对于落实过程中存在的问题应及时向上级反馈，确保管理的各项手段在系统运行及效率提升中协调作用的实现。

### 2. 系统文化协调方面。

文化是一种意识形态层面的力量，不同于创新生产活动中的直接作用力，文化对系统内各要素关系的影响是潜移默化的，而这种潜移默化主要体现在对企业员工的影响上。在对钢铁企业技术创新系统的内部结构分析中，对人员的涉及主要是人力资源子系统及科研资源子系统（科研人员）上。创新虽为一项智力密集型活动，但人员对

创新系统的影响不仅仅表现在智力等方面，无论是作为投入要素的研发人员，还是生产、辅助等其它相关人员，其在工作中所表现出的积极性、热情、责任感满意度等，都是促进创新系统高效运行的有利因素，且这种影响是持久且深远的，塑造与传播良好的企业文化，将在很大程度上，提高企业员工的积极性、热情、责任感、满意度等，推动实现系统内各要素间的协调性。

## 5.3 钢铁企业技术创新系统运行机制优化

### 5.3.1 技术创新系统运行机制分析

钢铁企业技术创新系统作为一个复杂的整体，在运行—功能实现方面不仅受内部系统元及其相互间协调关系的影响，同时，作为区域、行业及国家发展大系统中的某一对象，也受到其系统外部机制的影响。将钢铁企业技术创新系统看作受控对象，而影响其系统效率提升的场源要素具有多层次性和多样性，有区域地方性的场源要素，也有国家宏观经济运行机制下的系统场场源要素影响。由于时间的局限及研究的侧重点需要，在此，本部分将以钢铁企业技术创新系统为受控对象，以影响其系统效率发挥的区域系统场为主要研究点，进行钢铁企业技术创新系统在区域系统场内的运行机制分析，为优化该运行机制从而提升技术创新效率奠定基础<sup>[56]</sup>。

场源要素是构成系统场的重要部分，场源要素按层次可划分为政策法规类的一级场源，制度类的二级场源，和思想、观念、意识文化类的三级场源，钢铁企业技术创新系统作为区域场控中的受控对象，在不同程度上皆受到来自各层次场源要素的作用；除此之外，各项系统运行或相关政策等的落实，也需要一定的组织与监控力量，结合相关文献及论文前部的实证分析对钢铁企业技术创新效率影响因素的分析，本文选取了在系统场控中影响受控对象的主要场源要素作为具体分析，并构建钢铁企业技术创新系统运行机制的系统场控图（图 5.7）。

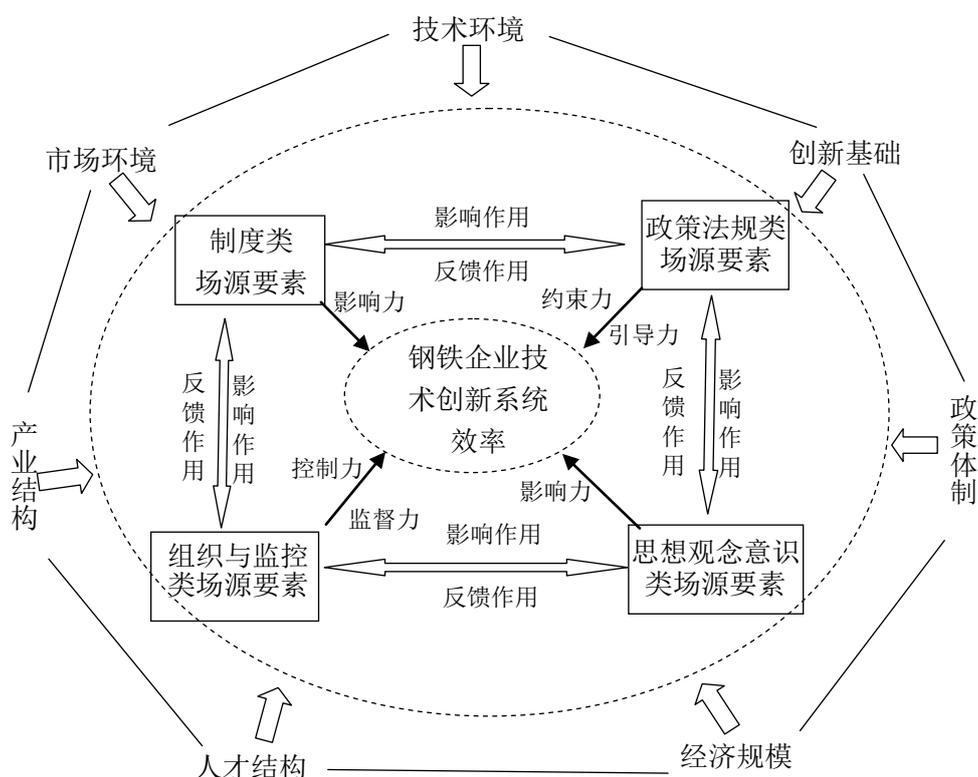


图 5.7 钢铁企业技术创新系统场控作用示意图

从图中，可看出钢铁企业技术创新系统效率的发挥受到来自各类场源要素的影响，归纳而言，主要包括，来自制度类场源要素的影响力；政策法规类场源要素的约束力和引导力；思想、观念、意识两类场源要素的影响力，及组织与监控各类场源要素的控制力与监督力。该四类场源力之间同时也存在相互影响、相互作用的关系，影响着钢铁企业技术创新系统的各阶段运行。当各类场源要素之间，各要素与受控系统之间达到协调时，则有利于钢铁企业技术创新系统效率的提升，反之，则会制约；将归纳所得的场源要素进行具体分解，并结合钢铁企业技术创新效率的主要影响因素，得影响钢铁企业技术创新系统运行机制的主要场源要素有，政策体制场源要素、区域经济规模场源要素、区域人才结构场源要素、区域产业结构场源要素、区域市场环境场源要素、区域技术环境场源要素和创新基础场源要素。

政策体制场源要素指区域所制定的及国家制定的区域予以落实的与钢铁企业技术创新系统有关的各类政策或地区发展体制，如国家通过的《钢铁工业“十二五”规划》明确指出，要把自主创新作为钢铁工业可持续发展的重要支撑，坚持走技术创新点道路，建立并完善钢铁企业技术创新体系等，该类政策的颁布及区域对该政策的落实，则使得该政策体制场源要素对钢铁企业技术创新系统效率的提升具有一定的正向性，有利于企业获得更多的机会提高自身技术创新效率；区域经济规模场源要素通过地区经济水平的作用力影响钢铁企业技术创新系统效率的提升，由于钢铁企业的发展

及技术创新效率的改善，皆需要一定的新技术、高人才、新理念的支持，而这些要素水平与区域经济发展具有一定的关联性，一般而言，经济发达地区对创新的认识较高，对新技术的研发、应用、消化吸收，对人才的培养具有一定的优势，因此，当区域规模场源要素与受控对象相协调时，则有利于系统效率的提高，反之则会制约；人才结构是影响钢铁企业技术创新效率发展的重要因素，研发等人力资源是企业技术创新的投入之一，同时，钢铁企业作为生产制造类企业，对一线员工等也具有很大的需求，因此，区域人才结构场源要素将会在人力资源等方面对钢铁企业技术创新系统效率产生场力作用，当二者协调时，则有利于系统获得较高效率；钢铁产业作为区域经济发展的重要部门，也是产业结构的主要构成要素，区域产业结构的调整与升级，给钢铁企业发展带来一定的机遇与挑战，当该场源要素与受控对象形成协调关系时，区域产业结构便会为钢铁企业技术创新发展提供动力，更有利于企业以较少的资源获得较大的产出；区域市场环境场源要素通过市场的作用力，从而对钢铁企业技术创新效率的获得产生影响，如对钢铁企业新产品的接受程度，企业新产品价值获得，及企业的产出收入等产生作用；技术要素是钢铁企业技术创新效率的重要影响因素，不仅包括新技术、新产品的研发，同时也包括低投入高产出的生产技术、环保技术或利于可持续发展的技术等，当钢铁企业缺乏相应的技术支持时，便很难获得较高的创新效率，因此，技术环境场源要素对钢铁企业技术创新系统效率具有重要场力作用；创新基础多是从区域创新理念、创新成果、技术创新水平或创新战略发展等方面对钢铁企业技术创新效率发展产生影响，是一种意识形态类的作用力，虽不能直接推动系统高效运行，但却能从意识层面对受控对象产生着潜移默化的深远影响。

影响钢铁企业技术创新效率的因素众多，它们都在一定程度上对系统的运行，功能的发挥产生着作用力。在示意图中，具体分析的系统场控中主要的场源要素都对钢铁企业技术创新系统效率存在着场力作用，同时，各场源要素之间并非是孤立影响的，场源要素之间或多或少都存在着一定的交叉作用，形成了部分的交叉互动模式，相互的变动会在很大程度上影响着彼此的作用力，而当这种交叉互动作用达到协调时，场源要素对受控对象的正向作用力也会随之增加，更利于推动钢铁企业技术创新效率的提升。

### 5.3.2 技术创新效率系统运行机制优化路径

基于对钢铁企业技术创新系统场控的作用分析可知，系统运行受到多层次多种类场源要素的作用，而这种作用也不是各自独立的影响，而是存在一定的交互作用，基于此，本文将从推动系统场各场源要素协调作用的角度出发，对钢铁企业技术创新效率系统的运行机制进行优化。

### **路径一：发展钢铁产业集群，推动产业结构升级，提升规模经济效益**

钢铁企业技术创新系统运行受系统场控内各场源要素的作用，提高系统效率，则需在运行机制内形成以创新系统为导向的协同环境。在区域产业结构中，钢铁企业往往与多类产业有着密切的联系，如技术研发中与高新技术产业、科研单位等的合作，创新产出中与下游企业的对接，当这些存在着密切联系的产业形成一定的产业集群时，钢铁企业创新系统场控内相关场源要素便可对系统形成协同的正向作用力，利于创新系统功能的发挥及效率的提高。积极推动产业机构的优化升级，促进形成钢铁产业集群，需要区域政府做好宏观层面的规划指导工作，提供相应的质量发展支持，围绕钢铁产业，以技术创新活动产业链为主导，促进上、下游相关产业、企业间的集群发展，为钢铁企业技术创新系统的高效运行提供良好的产业结构环境及市场环境。同时，钢铁企业应以技术创新为基础，优化自身研发及生产等衔接链，做好内部系统结构调整与外部运行机制相互配合的规划准备，并从自身系统出发，加强与相关产业企业在产业链、价值链、信息链等方面的联系，推动区域钢铁产业集群的形成，抓住有利机遇，优化系统运行机制，为自身创新系统功能的发挥创造良好的机制环境。

### **路径二：协同场源要素，提升创新环境，优化系统运行机制**

#### **1. 人才环境方面**

创新活动作为一项智力密集型活动，需要相应人才的智力支持。在对国内钢铁企业技术创新效率影响因素的 Tobit 分析中，人才结构因素（每十万人中大专及以上学历人口所占的比例）在 5% 的显著水平上与创新效率成正相关关系，由此可见，人才资源对钢铁企业技术创新效率的提升具有重要作用。围绕着投入产出，钢铁企业的创新活动对人才的需求呈现多样化，不仅需要与技术研发等直接相关的科研人员，同时，也需要创新系统运行中所需的各类高素质生产人员、管理人员等。人才环境的改善与提高需要“双管齐下”，在系统内部，钢铁企业应根据自身需求制定合理的人才培养开发计划，提升各层次人员质量与水平，同时，在系统运行环境中，需要政府等其它组织制定相应的人才发展规划，如高等教育的发展，科技人才的聚集等，为钢铁企业提供必需的人才支持。

#### **2. 技术环境方面**

高新技术是影响钢铁企业技术创新产出的直接因素，同时，也是企业整体创新能力与水平的衡量标准之一，优化系统运行机制中的技术环境有利于钢铁企业技术创新水平及效率的提升。在提升钢铁企业系统技术环境的过程中，在政府层面应以引导规划为主，促进区域内多技术合作，钢铁企业应以自身技术战略与需求为导向，加强区域间的技术研发与攻关合作，如建立产学研机制，引进一消化一开发机制等，为技术创新系统运行提供良好的技术环境。另一方面在此过程中，企业应秉持理性适度的原

则，技术创新意识的加强有可能会带来一定的投入盲目性，如在对国内钢铁企业技术创新效率影响因素的 Tobit 分析中，区域技术成交额占全国的比重（创新环境）与创新效率呈现负相关，在一定程度上可能来源于技术投入的冗余。

### 3. 政策环境方面

钢铁企业技术创新系统运行机制的优化有赖于区域政府的引导与支持，从中观、宏观的层面为企业系统效率的提升创造良好的政策环境。在对钢铁企业技术创新效率影响因素的实证分析中，政府的支持与投入（政府创新支出占 GDP 的比重）对企业创新效率的影响虽不显著，却成正相关关系，说明在钢铁企业技术创新效率提升中政府的引导与支持起着一定的促进作用。在《钢铁工业“十二五”规划》政策下，区域政府应积极引导钢铁企业走自主创新的道路，并提供所需的政策支持，资金保障及必需的宏观监督控制，推动钢铁企业创新系统所在的系统场控内各场源要素达到协同性，从政策与政府监控上为其创新系统的高效运行“保驾护航”。

### 4. 市场环境方面

经济效益及市场份额是钢铁企业各项活动开展出发点之一，作为技术创新活动的重要产出，创新产品能否为企业带来更大的经济效益，从而推动企业占据较大的市场份额有赖于区域市场环境的各方作用力，市场对创新产品的接受程度，新产品在区域市场中的产值等，都会对钢铁企业技术创新的投入产出产生指引与控制作用。区域政府应从地区产业结构调整出发，推动以钢铁创新产品为中心的产业链的形成，提高创新产品经济效益，努力发挥市场配置资源的基础性作用及政府宏观调控的引导作用，为钢铁企业营造良好的市场环境，提供更多的市场机遇，扩大对钢铁创新产品的需求，从而为企业带来更高的创新系统产出。

### 5. 创新基础方面

区域良好的创新理念、较高的技术创新水平及创新成果的快速转化能力等都可为钢铁企业技术创新系统的高效运转提供坚实的创新基础。区域政府应在现有的地区创新能力与水平基础上，围绕钢铁企业技术创新活动，构建多层次的创新建设平台，丰富其所需各类创新资源，推动形成企业与区域创新发展的良性互动，从而以区域创新基础为动力，助力钢铁企业技术创新系统的高效运行。

## 第六章 结论与展望

### 6.1 结论

本文回顾了技术创新理论及技术创新效率评价的发展历史,对目前国内外技术创新效率评价的应用进行了综述。在此基础上,本文聚焦微观钢铁企业技术创新效率的测评,选取 1998~2012 年间唐山钢铁股份有限公司的技术创新活动作为主要研究对象。通过对技术创新效率评价指标体系相关文献的参阅,建立钢铁企业技术创新效率评价指标体系,并综合运用数据包络法模型簇中各模型对其进行效率评价。同时,为更好地把握唐钢目前在国内钢铁企业中的技术创新效率情况,选取国内 11 家钢铁企业与唐钢一同进行效率对比分析。在对钢铁企业技术创新效率进行全面评价后,本文选取 DEA 与 Tobit 相结合的方法,通过参阅相应文献,选取四大影响因素作为创新效率的自变量,进行钢铁企业技术创新效率影响因素的回归分析,从外部因素角度试图寻找对其创新效率产生显著作用的因素。综合评价分析所得结论如下:

1. 唐钢在 1998~2012 年间有 7 年实现了总体 DEA 有效,其余年份的技术创新效率也处于较高的水平,最低值为 0.82;在进一步的分解评价中发现,纯技术效率总体高于规模技术效率,企业在技术研发、新技术应用等方面拥有较强的实力,而在企业管理,规模效益的获得方面表现出有待于进一步提高的状态。

2. 唐钢企业对技术进步的意识较强,技术因素也是其效率变动的关键。在测评期间,唐钢的技术研发、新技术产出及应用等水平呈现较为稳定的发展趋势,近年虽有所波动,但总的发展趋势还是较为良好的。

3. 唐钢在国内钢铁企业技术创新效率发展方面具有一定的优势,但与攀钢、首钢、武钢和重钢相比,也存在一定的差距,这种差距主要来源于规模效率无效的“拖累”,因此,唐钢在日后的发展规划中,应对产业规模给予足够的重视,加强企业规模管理,逐步实现规模效率的有效性。

4. 钢铁企业在技术创新效率发展方面,创新意识较强,技术创新投入也较为积极,由此也造成一定程度上的投入拥挤,不仅对创新效率造成影响,同时也是对资源的浪费,因此,企业在提高技术创新效率方面,应注重对投入的把握,避免出现盲目投入现象。

5. 钢铁企业所在区域经济规模、劳动者素质及创新环境的部分因素对其技术创新效率呈显著影响关系,而只有劳动者素质与企业技术创新效率呈正相关关系。政府的支持与区域产业结构成正相关关系,但影响并不显著。

## 6.2 展望

1. 数据包络法在进行效率评价时具有显著优势，且应用也较为广泛，本文仅利用数据包络法中的 CCR 模型、BCC 模型、Malmquist 模型及超效率模型进行钢铁企业技术创新效率测评，虽从微观企业的角度，进行了技术创新效率的时间序列与对比的全面分析，但在数据包络法的改进模型应用上还存在一定的不足，有待于对新模型的继续应用。

2. Tobit 回归分析与数据包络法进行结合，应用于具体的钢铁企业技术创新效率测评，是对 DEA 效率评价的拓展，也是本文的创新之一，但在 Tobit 自变量的选取方面及应用上还处于保守状态，对 Tobit 中变量的替代、剔除及多次回归应用进行影响因素的深入分析还有待于进一步探索与应用。

## 参考文献

- [1] 《中国钢铁工业五十年数字汇编》编辑委员会. 中国钢铁工业五十年数字汇编(上卷)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003
- [2] 钢铁工业“十二五”发展规划[EB/OL].<http://www.miit.gov.cn/n11293472/n13434815/n13434832/14319812.html>
- [3] 荣文丽, 武力. 中国当代钢铁工业发展的思想与实践[J]. 河北学刊, 2013(33): 137-144
- [4] Hak-Yeon Lee , Yong-Tae Park. DEA Approach[J]. An International Comparison of R&D Efficiency, 2005 (13): 12-14
- [5] Mika Kortelainen . Dynamic environmental performance analysis : A Malmquist index approach[J]. Ecological Economics, 2007 (8): 1-15
- [6] Arc Baudry. Comparing firms' triadic patent applications across countries: Is there a gap in terms of R&D effort or a gap in terms of performances? Research Policy[J]. Beatrice Dumont , 2006 (35): 324-342
- [7] Kihiro Hashimotoa. Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry[J]. Research Policy, 2008(37): 1829-1836
- [8] 赵国杰, 白玮. 资源配置有效性分析的RPM方法[J]. 工业工程, 2004 (4): 6-9
- [9] 黄鲁成, 张红彩. 北京制造业行业的技术创新效率评价[J]. 科学学研究, 2005(23): 279-282
- [10] 吴瑛, 杨宏进. 基于R&D存量的高技术产业科技资源配置效率DEA度量模型[J]. 科学学与科学技术管理, 2006 (9): 29-32
- [11] 黄永兴, 张国庆. 安徽省高技术产业技术创新效率研究[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2007(24): 20-22
- [12] 余泳泽. 我国高技术产业技术创新效率及其影响因素研究—基于价值链视角下的两阶段分析[J]. 经济科学, 2009(4): 62-74
- [13] 代碧波, 陈东生, 姚凤阁. 我国制造业技术创新效率的变动及其影响因素[J]. 情报杂志, 2012(3): 185-191
- [14] M. Fritsch. Interregional Differences in R&D Activities-an Empirical Investigation [J]. European Planning Studies, 2002(4): 409-427
- [15] 池仁勇, 虞晓芬, 李卫正. 我国东西部地区技术创新效率差异及其原因分析[J]. 中国软科学, 2004(8): 128-132
- [16] 白俊红, 江可申, 李靖, 等. 中国区域创新生产率变动的实证分析—基于Malmquist生产率

指数[J]. 系统工程, 2008(26): 40-44

[17] 李小双, 孙 慧, 李 苑. 基于 DEA 的新疆大中型工业企业技术创新效率研究[J]. 企业战略, 2011(10): 20-23

[18] 关祥勇, 王正斌. 区域创新环境对区域创新效率影响的实证研究[J]. 科技管理研究, 2011(21): 16-23

[19] 汪 娟, 肖 瑶. 基于 DEA 方法的中国城市技术创新效率研究[J]. 财经理论与实践, 2013(34): 109-112

[20] Liu X H, Buck T. Innovation Performance and Channels for International Technology Spillovers: Evidence from Chinese High — tech Industries [J]. Research Policy, 2007 (3)

[21] 冯田丰, 刘 冬. 北京制造业技术创新资源的配置效率分析[J]. 商场现代化, 2005(11): 354-355

[22] 黄鲁成, 张红彩. 北京制造业行业的技术创新效率评价[J]. 研究与发展管理, 2006(6): 54-58

[23] 张宗益, 周 勇, 钱 灿, 等. 基于 SFA 模型的我国区域技术创新效率的实证研究[J]. 创新研究, 2006(20): 125-128

[24] 刘凤朝, 潘雄锋. 基于 Malmquist 指数法的我国科技创新效率评价[J]. 科学研究, 2007(5): 986-990

[25] 龙如银, 李仲贵. 基于 SE-DEA 的中国省域技术创新效率评价[J]. 科技管理研究, 2009(1): 73-75

[26] 郭军华, 倪 明. 基于非参数 HMB 指数法的区域创新效率变动分析[J]. 管理学报, 2011(8): 137-142

[27] 尹伟华. 中国区域高技术产业技术创新效率评价研究—基于客观加权的网络 SBM 模型[J]. 统计与信息论坛, 2012(8): 99-106

[28] 魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 方法: 运筹学的新领域[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1988

[29] 魏 峰, 江永红. 劳动力素质、全要素生产率与地区经济增长[J]. 人口与经济, 2013(4): 30-37

[30] 兰 银. 提升我国钢铁工业核心竞争力的技术创新战略研究[D]. 武汉科技大学, 2006

[31] 程 源, 雷家骥. 技术创新战略与管理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005

[32] 牛姗姗. 我国制造业技术创新效率评价研究[D]. 合肥工业大学, 2007

[33] 毛荐其. 技术创新进化原理、过程与模型[M]. 北京: 经济管理出版社, 2006

[34] 史君卿. 技术效率理论及其研究方法述评[J]. 农村经济与科技, 2009 (12): 125 -127

[35] 邹鲜红. 我国医药制造业技术创新效率及其影响因素研究[D]. 中南大学, 2010

[36] Abramovitz, Moses. Resource and Out Put Trends in the United states since 1987[J]. American Economic review, 1956 (46): 5-23.

[37] Schmitz H. Does Local Cooperation Matter? Evidence from Industrial Clusters in South Asia and Latin American[J]. Oxford Development Studies, 2000, 28(3): 323—336

- [38] 孙立新. 基于 DEA 的技术创新效率评价研究[D]. 大连理工大学, 2007
- [39] 马占新. 数据包络分析模型与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2010
- [40] 许正中, 吴旭晓. 区域高技术产业发展的动态效率分析[J]. 科技进步与对策, 2011, (4).
- [41] 郑 坚, 丁云龙. 高技术产业技术创新效率评价指标体系的构建[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2007(9): 105-109
- [42] 河北钢铁集团唐山钢铁股份有限公司. 唐山钢铁股份有限公司近年科技创新情况 [EB/OL]. <http://www.tangsteel.com.cn>
- [43] 编辑委员会. 中国钢铁工业年鉴[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003~2013
- [44] 张清辉, 王建品. 基于 DEA 的中国高技术产业自主创新效率评价[J]. 科技管理研究, 2011(10): 9-13
- [45] 李武威. 中国工业行业技术创新效率评价[J]. 科技管理研究, 2009(7): 11-17
- [46] 郭 磊, 刘志迎. 基于 DEA 交叉效率模型的区域技术创新效率评价研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2011(11): 138-143
- [47] 刘战伟. 基于 Malmquist 指数法的河南省技术创新效率评价[J]. 系统工程, 2010(8): 101-113
- [48] 中国科技发展战略研究小组. 中国区域创新能力报告 2012[M]. 北京: 科学出版社, 2013
- [49] 白俊红, 江可申, 李 靖, 等. 区域创新效率的环境影响因素分析—基于 DEA Tobit 两步法的实证检验[J]. 研究与发展管理, 2009(2): 96-101
- [50] 关祥勇, 王正斌. 区域创新环境对区域创新效率影响的实证研究[J]. 科技管理研究, 2011(21): 16-23
- [51] 虞晓芬, 李正卫. 我国区域技术创新现状与原因[J]. 科学学研究, 2005(2): 258-264
- [52] 池仁勇, 唐根年. 基于投入与绩效评价的区域技术创新效率研究[J]. 科研管理, 2004(4): 23-27
- [53] 昝廷全. 系统经济学进展[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2003
- [54] 顾培亮. 系统分析与协调[M]. 天津: 天津大学出版社, 2003
- [55] 闫军印, 史宝娟, 吴楠, 等. 矿业城市循环经济系统设计与优化[M]. 北京: 地质出版社, 2009
- [56] 闫军印, 赵国杰. 基于场控理论的区域矿产资源开发生态经济系统管理机制研究[J]. 经济问题探索, 2007(12): 139-143



## 附录 A

## 钢铁企业技术创新效率评价的软件操作过程

## 1.1 MaxDEA 的 DEA-CCR 模型评价

## 1.1.1 数据整理

MaxDEA 软件具有直接导入 Excel 表的功能，简化了数据录入工作。进行唐钢技术创新效率的 DEA 模型测评，首先对评价数据进行整理（图 1.1）。



A	B	C	D	E	F	G
年份	新产品产值占投入比重	企业专利数	发表论文数	R&D占产品销售收入比重	R&D人员数量	技术改造投资额
1998	41.73	10	43	1.72	1911	14.56
1999	37.61	9	37	2.07	1865	11.75
2000	31.55	9	45	2.49	1830	10.17
2001	44.41	9	37	2.99	1914	9.99
2002	51.8	10	55	3.28	1755	12.37
2003	42.33	7	57	2.8	1686	13.73
2004	31.88	13	64	1.93	2035	16.4
2005	32.88	14	78	1.96	1989	17.66
2006	34.94	13	147	1.81	2029	19.63
2007	30.08	28	214	1.49	2838	21.6
2008	30.69	28	194	1.44	2358	23.42
2009	29.28	15	186	1.37	2176	25.76
2010	24.62	7	222	1.27	2168	29.53
2011	23.71	29	247	1.2	2257	32.78
2012	22.87	32	263	1.16	2197	33.68

图 1.1 唐钢技术创新效率评价数据表

## 1.1.2 数据导入

打开 MaxDEA 软件，点击“File”，选择“Import Data from File”，按提示导向选择“是”，并在出现的对话框内选择评价数据所在的 Excel 表，本操作为“Sheet1”，点击“OK”进入指标定义界面（图 1.2）。

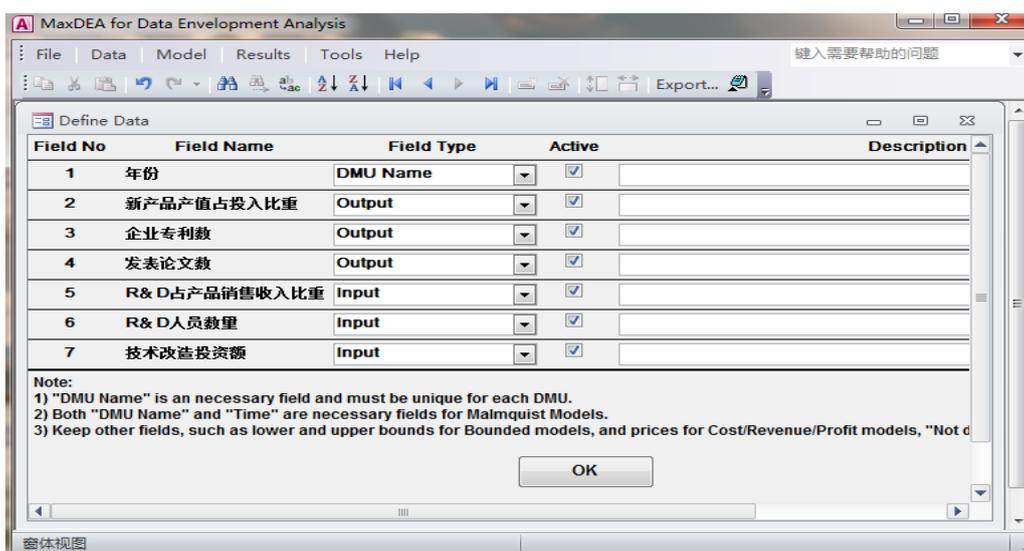


图 1.2 定义评价指标

分别在各指标后的下拉菜单内选择指标定义名称，如“DMU Name”、“Output”、“Input”等。定义后点击“OK”进入软件主界面。

### 1.1.3 数据校对

点击“Data”，选择“Browse Data”，显示由数据表导入的评价指标及数据，显示数据后与 Excel 表中评价数据进行比较，确保软件录入数据无误（图 1.3）。

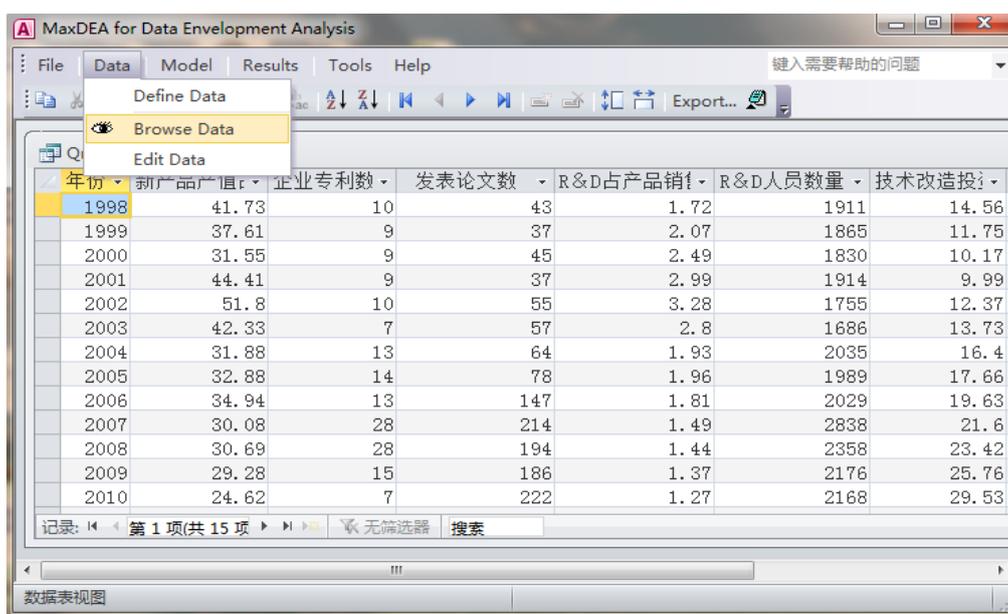


图 1.3 数据显示与校对

### 1.1.4 DEA 模型选择

数据录入无误后，点击工具栏中“Model”，选择相应的 DEA 模型，本文对唐钢技术创新效率评价皆采用投入导向型，因此，选择“Input-oriented CCR”（图 1.4）。

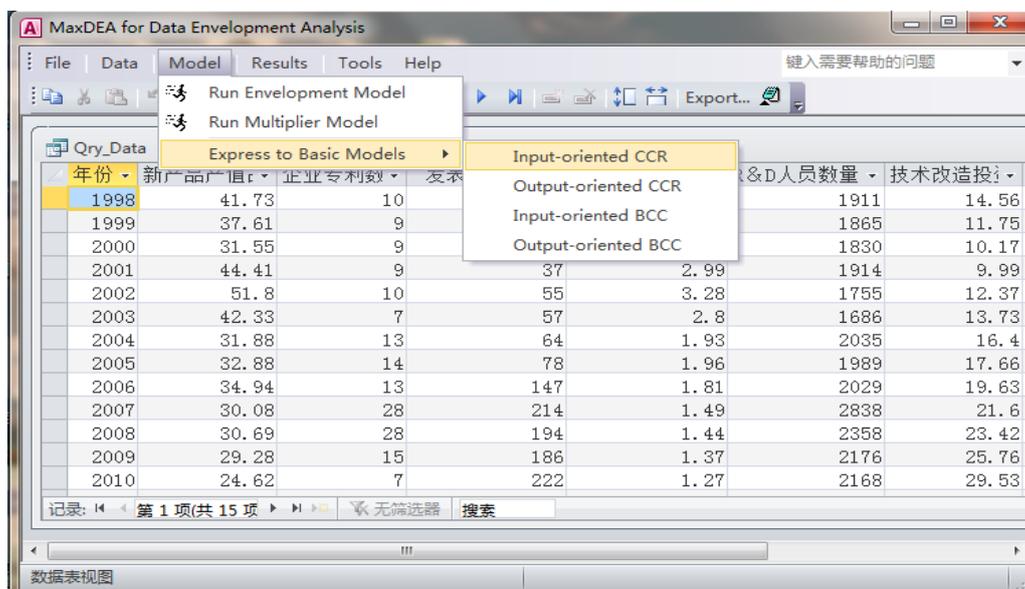


图 1.4 DEA 模型选择

### 1.1.5 数据结果查看

点击相应评价模型后，软件计算结果会自动弹出，在同一界面内，评价数据与结果等同时存在，可自由拖动各子表（图 1.5）。

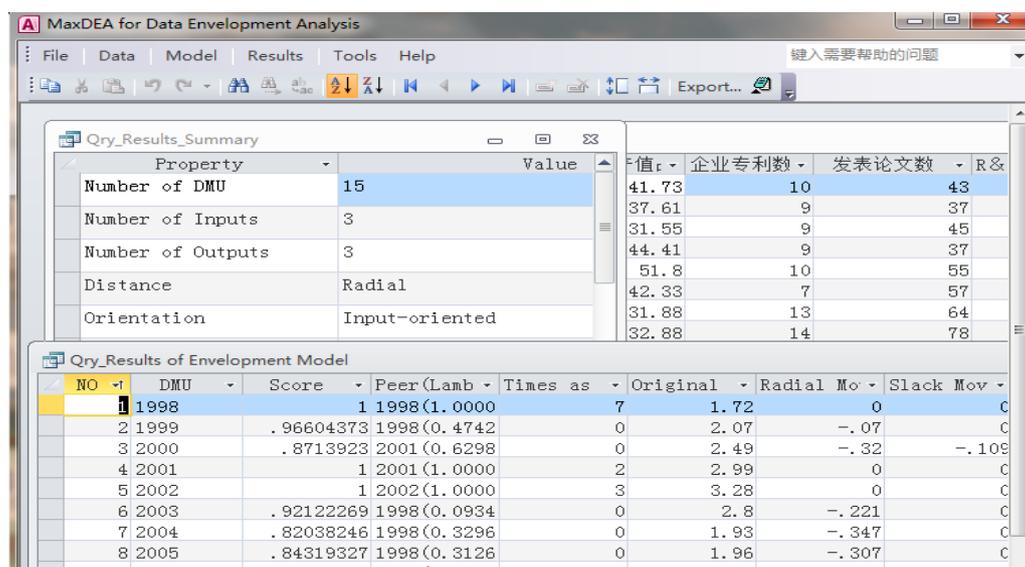


图 1.5: 模型评价结果显示

MaxDEA 软件具有数据导出功能，便于对结果的整理。点击“Results”，选择“Export Results to Excel”弹出保存路径对话框，选择保存位置，并对结果 Excel 表命名。打开保存后的结果 Excel 表可进行相关整理工作（图 1.6）。

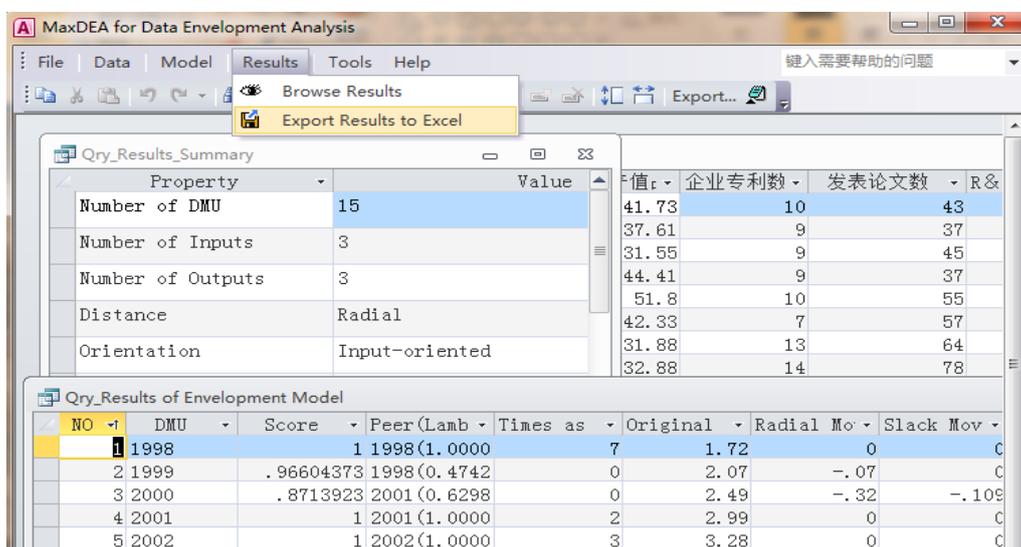


图 1.6 评价数据导出

## 1.2 MaxDEA 的 DEA-BCC 模型评价

BCC 模型计算与 CCR 步骤基本相同，仅在模型选择一步不同。MaxDEA 软件录入的数据可继续使用，点击“Model”，选择“Input-oriented BCC”即可进行 DEA 的 BCC 模型计算，并显示出结果（图 1.7）。

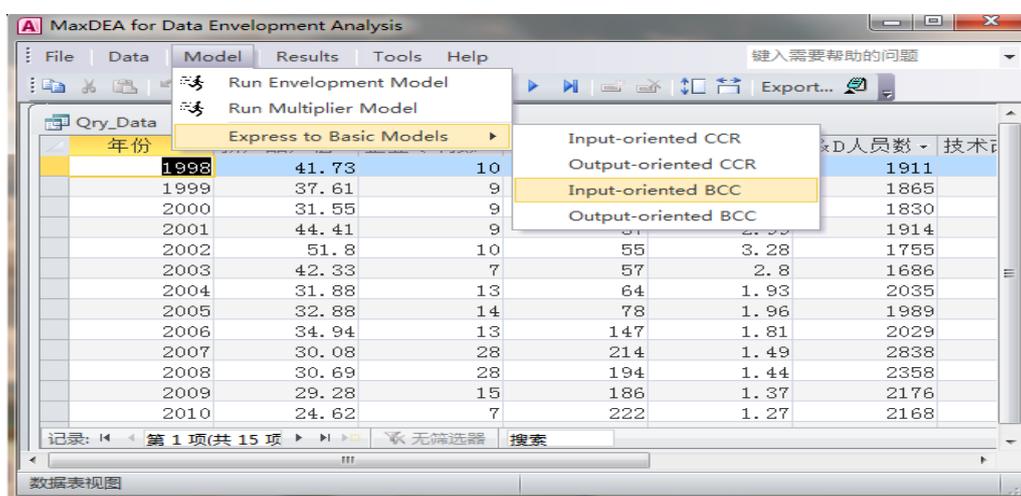


图 1.7: DEA-BCC 模型选择与计算

### 1.3 MaxDEA 的超效率模型评价

关闭 CCR 与 BCC 模型评价结果，保留评价数据显示框，继续使用录入的数据，进行超效率模型。点击“Model”，选择“Run Envelopment Model”，点击进入模型选择界面（图 1.8）。

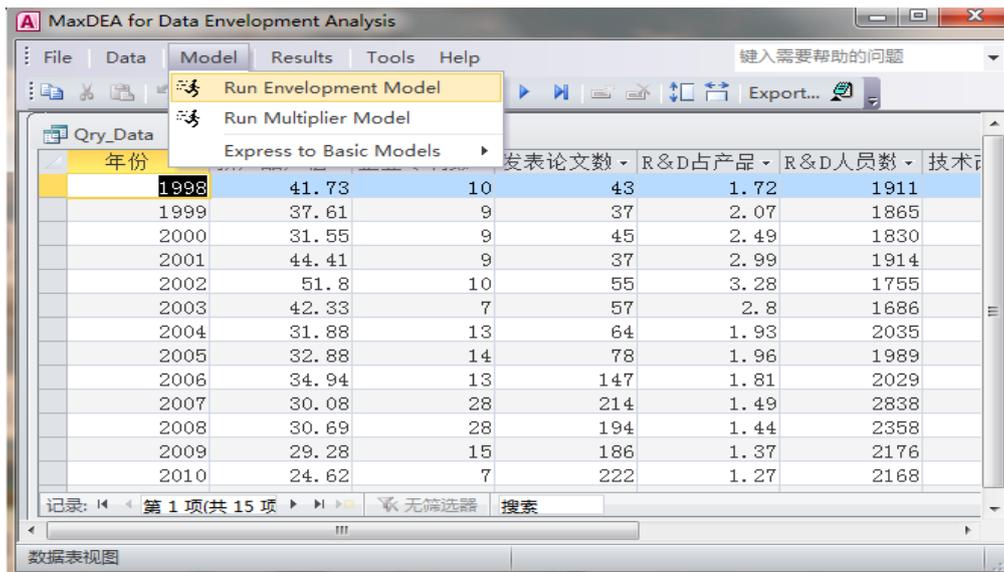


图 1.8 超效率模型选择进入

进入扩展模型界面，在“Extended Models”中选择“Super Efficiency”，点击“Run”显示超效率结果，并运用软件导出功能，保存结果到 Excel 表中（图 1.9）。

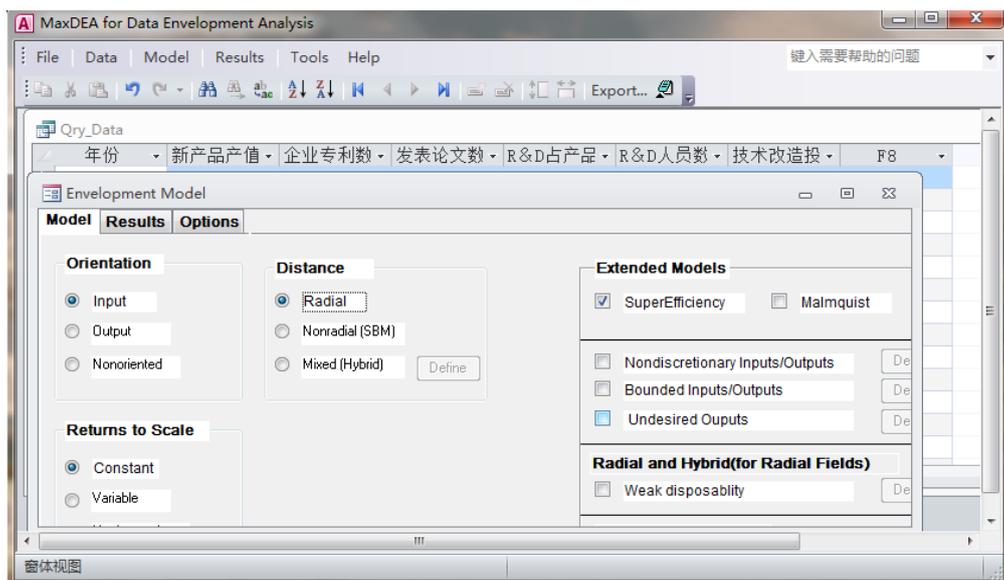


图 1.9 超效率模型选择

## 1.4 DEAP 的 Malmquist 模型评价

### 1.4.1 数据录入

本文采用 DEAP 软件进行 Malmquist 模型计算。DEAP 软件在进行数据整理时，无需录入指标名称、年份等，而只需通过设置相应的参数，即可进行辨识；同时，该软件要求产出指标在前，投入指标在后。整理好相关评价数据后，直接将数值复制粘贴到软件的数据文档（TXT）内，并保存（图 1.10）。

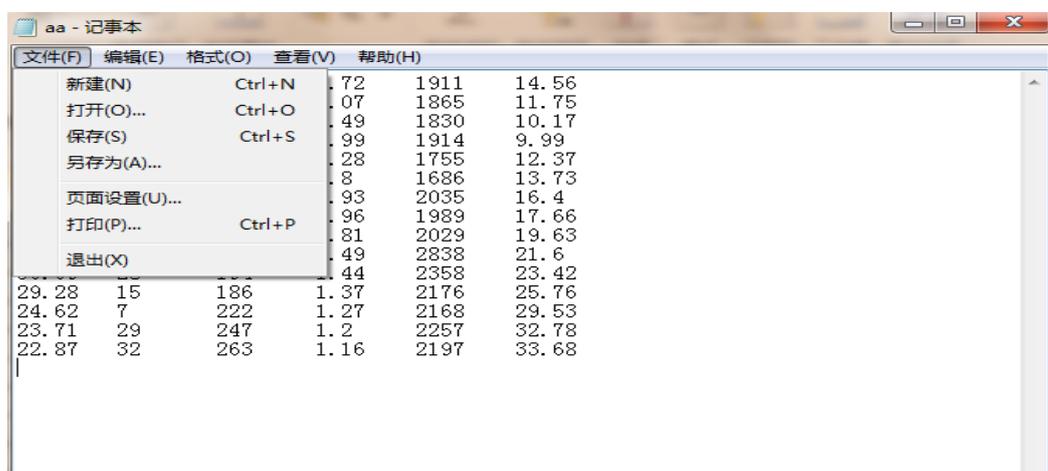


图 1.10 DEAP 软件的数据录入

### 1.4.2 参数设置

数据录入后，打开软件参数设置文档，进行 Malmquist 模型的参数设置，左侧列为参数设置区，右侧区为参数名称，根据所测评样本及需求在相应位置输入数字（本文中 aa 为数据保存文档，aa-ins 为参数设置文档）完成参数设置（图 1.11）。

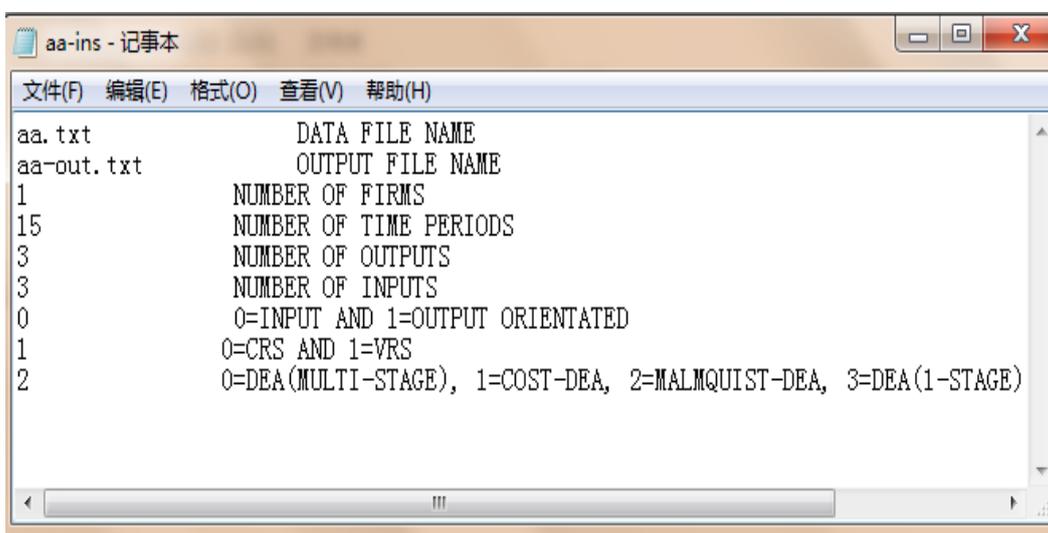


图 1.11 DEAP 软件参数设置

### 1.4.3 运算命令写入

参数设置完毕后，打开命令写入文档（图 1.12）。

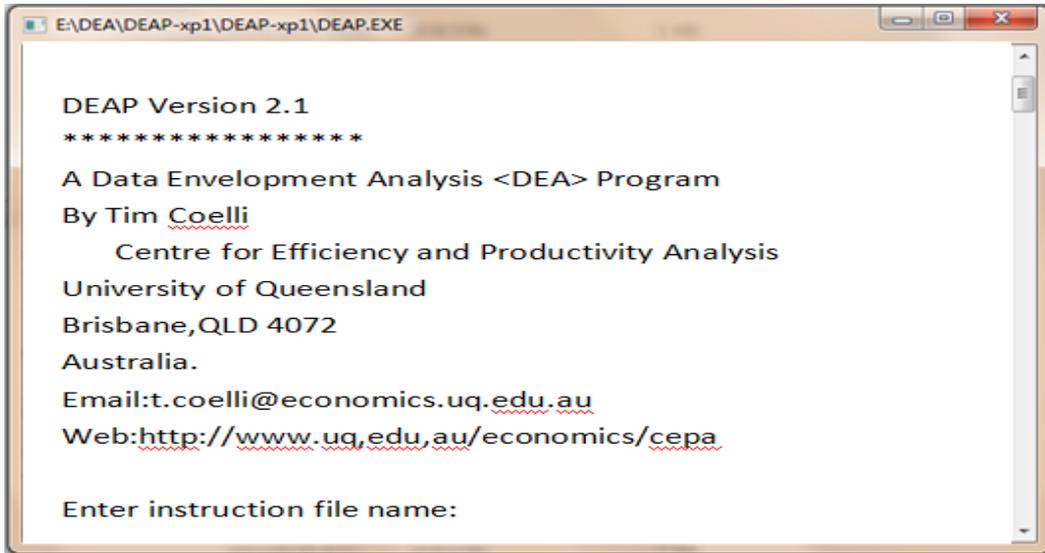


图 1.12 DEAP 软件命令输入界面

在最后光标处输入命令语句“aa-ins.txt”，回车确定后，计算结果便会保存到结果输入的文档中，打开结果文档（本文为 aa-out），选择 Malmquist 结果汇总部分（图 1.13）。

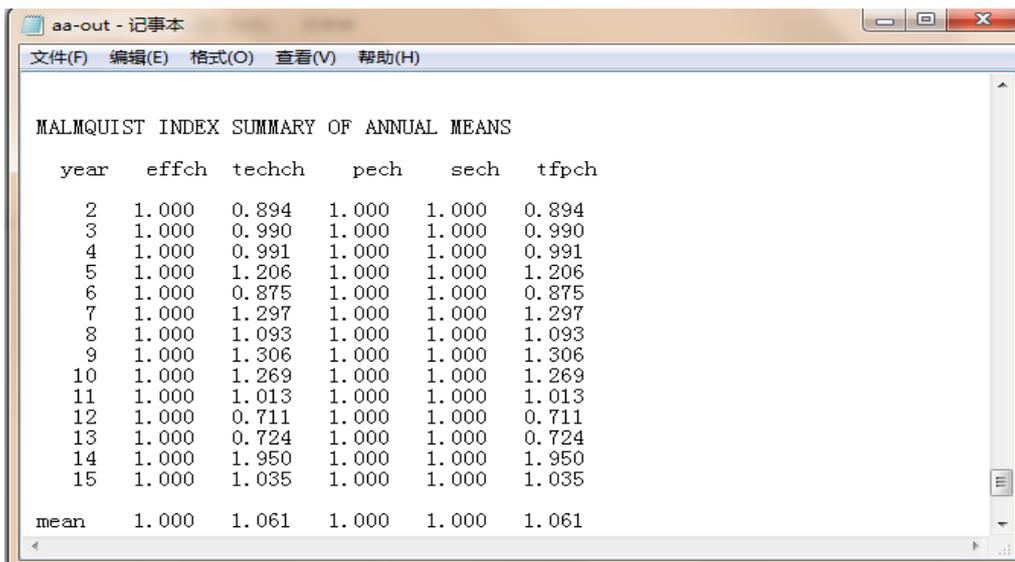


图 1.13 Malmquist 结果输出

## 1.5 Eviews 的 Tobit 分析

在对国内 12 家钢铁企业技术创新效率影响因素的回归分析中，利用 Eviews 软件进行 Tobit 计算。

### 1.5.1 新建文档

点击“File”—“new”—“workfile”，在左上空白框选择“unstructured/undated”，在右上空白处写样本数量 12，点击确定进入软件主界面（图 1.14）。

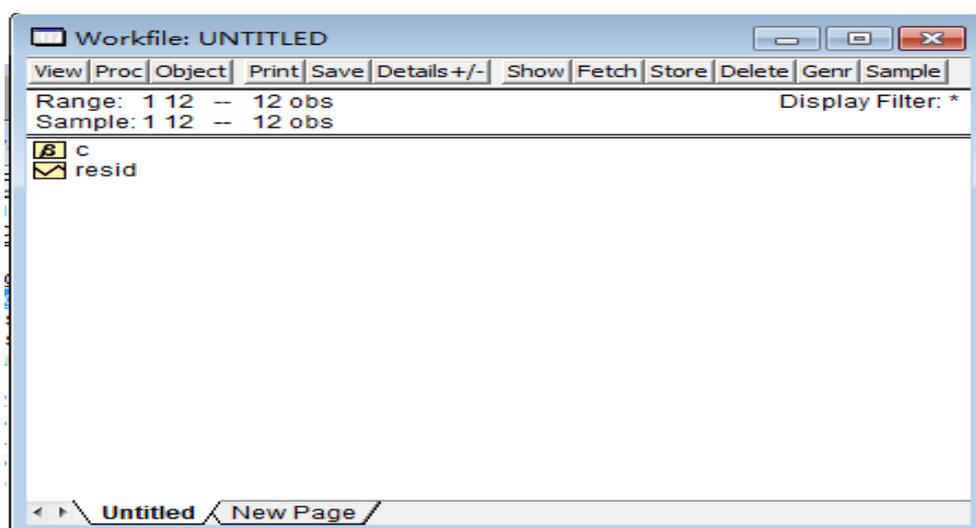


图 1.14 Eviews 主界面

### 1.5.2 进行变量等设置

点击 object—new object—log L 并在右上框中命名为“Log 1”，用于命令语句写入；输入相关数据；点 object—new object—series，右上框命名“y”，为各钢铁企业技术创新效率值，设置“x1”、“x2”、“x3”、...、“x5”为论文选取的技术创新效率影响因素，分别双击各变量，进入数据录入界面，点击“edit”进行数据输入。

### 1.5.3 语句输入

变量数据输入完成后，点击 logl 进行编程语句输入

“@logL logl

res=y-c(1)-c(2)\*x1-c(3)\*x2-c(4)\*x3-c(5)\*x4-c(6)\*x5

var=@sum(res^2)/72（72为所有变量数量之和）

$\log l = \log(\text{@dnorm}(\text{res}/\text{@sqrt}(\text{var}))) - \log(\text{var})/2$ ” (图 1.15)。

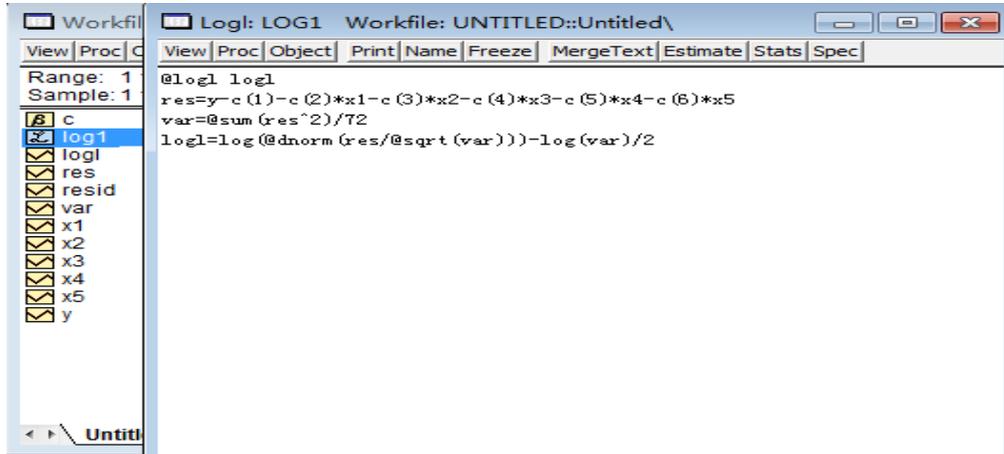


图 1.15 Tobit 分析程序语句写入

### 1.5.4 结果运算

输入后点击上方工具栏中的“Estimate”进行运算，并自动弹出结果（图 1.16）。

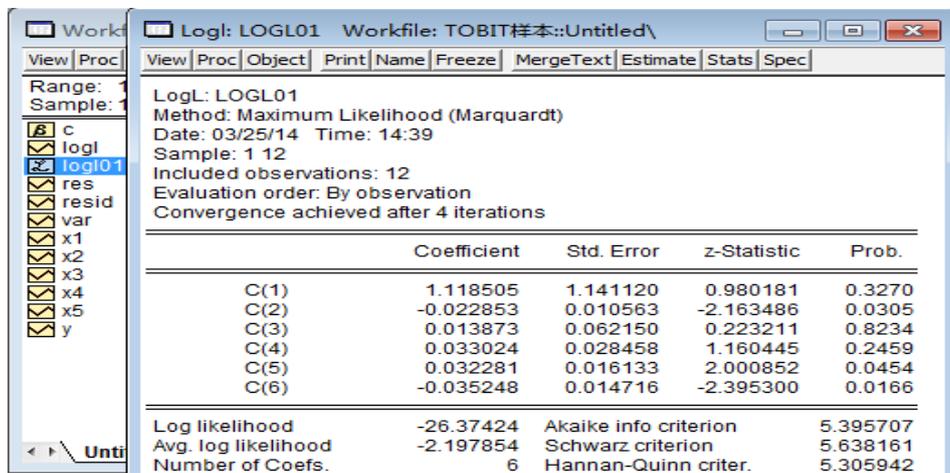


图 1.16 结果显示



## 致 谢

在本论文结稿之际，首先感谢导师闫军印教授在我的整个论文写作过程中给予的悉心指导和各方面的帮助，导师踏实严谨的科研态度，一丝不苟的治学精神，及对论文的严格要求，都指引着我在学术与实践的道路上稳步前进，不断迈入新台阶。

由于论文实证部分涉及大量数据，在数据搜集过程中得到了河北省图书馆、国家图书馆年鉴管理部门的有关支持与帮助，在此表示深切感谢；同时，在实证分析的软件应用过程中，得到了师弟侯孟阳的大力帮助，在此也表示感谢；

感谢三年来教授过我们课程的各位老师，他们的言传身教使我终身受益；感谢我的同学好友，与他们的探讨拓展了我的学识，启迪了我的思路，在论文的写作过程中给予了我多方面的鼓励与帮助。

钢铁企业技术创新效率评价及其提升路径研究是一个复杂的探索过程，由于目前自身的知识水平及研究时间的局限，论文中难免会出现疏漏之处，请各位专家和教授们对本文提出批评与指正，不甚感谢。

## 作者简介

李百华，女，汉族，1988年6月出生在山东省烟台市。2007年9月至2011年6月就读于石家庄经济学院，专业为工商管理。2011年9月考入石家庄经济学院研究生学院，所学专业为企业管管理。在攻读硕士学位期间，学习课程18门，总学分37学分，其中学位课程平均成绩为84.42分，选修课平均成绩为88.83。

## 攻读学位期间所取得的相关科研成果

### 1. 学术论文

- [1] A Research on the Iron and Steel Industry Cluster Competitiveness Based on Innovation Network—Using Tangshan Iron and Steel Industry Cluster as an example[J]. 2011International Conference on Information Science and Engineering [ICISE]
- [2] 环首都经济圈矿产资源开发利用态势及对策研究[J]. 石家庄经济学院学报
- [3] The Exploration and Practice of Innovative Talents Training with "Six Characteristics"—Case Study of Student Science and Technology Association of Shijiazhuang University of Economics[J]. 5th International Conference on Innovation and Entrepreneurship
- [4] 环首都经济圈矿产资源生态化开发技术效率评价及对策研究[J]. 当代经济管理
- [5] 环首都经济圈矿产资源生态化开发模式研究[J]. 中国国土资源经济
- [6] 基于创新能力培养的大学生科研工作框架的构建[J]. 教育教学论坛
- [7] The Research of Training Mode for Geological Talents Based on Production-Learning-Research Cooperation[J]. Geological Engineering and Mining Exploration in Central Asia (EI 检索)
- [8] 基于循环经济的矿产资源生态化开发技术体系研究[J]. 科技管理研究 (中文社会科学引文索引 (CSSCI) 来源期刊)
- [9] Evaluation Research on Technological Innovation Efficiency of Iron and Steel Enterprises Based on Several DEA Models [J]. International Conference on Management and Engineering(CME 2014) (EI 检索)

## 2.科研项目

- [1] 参研国家社科基金项目：基于循环经济的矿产资源产业链技术发展路径研究(编号：11BJY057)
- [2] 参研河北省社科基金项目：河北省环首都经济圈国土资源生态化开发技术体系研究(编号：HB11YJ065)
- [3] 参研河北省科技厅项目：基于可持续理念的大学生科技创新活动规划（编号：11K57144D），排名第二
- [4] 参研河北省教育厅人文社会科学研究项目：基于创新能力培养的大学生科研工作体系设计(编号：JYGH2011033)，排名第三，已结
- [5] 主持石家庄经济学院学生科研基金项目：河北环首都经济圈企业矿产资源生态化开发技术体系研究(编号：2012AYS03)，已结

## 3.获奖情况

- [1] 主持学生科技基金科研项目：环首都经济圈矿产资源生态化开发技术体系研究(编号：2012AYS03)，2013.1月，获得学生科研“校长奖”