

DITAN BEIJINGXIA ZHONGGUO GANGTIE GONGYE NENGYUAN JINGJI JILIANG GUANXI YANJIU

低碳背景下中国钢铁工业 能源经济计量关系研究

董会忠 著 |



国防工业出版社
National Defense Industry Press

低碳背景下中国钢铁 工业能源经济计量关系研究

董会忠 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

在充分调研的基础上,作者以我国钢铁工业的能源消耗作为研究对象,运用生产函数理论分析了能源约束下钢铁工业可持续发展的路径,运用强度因素分解理论、协整分析理论以及要素替代弹性理论,实证研究了我国钢铁工业能源消耗强度的影响因素、钢铁工业增长与能源消耗的长期均衡和短期动态关系以及生产要素之间的替代关系,最后从微观层面和宏观层面提出控制钢铁工业能源消耗的对策和建议。

图书在版编目(CIP)数据

低碳背景下中国钢铁工业能源经济计量关系研究/董会忠著. —北京:国防工业出版社,2015.1
ISBN 978-7-118-09256-1

I. ①低... II. ①董... III. ①钢铁工业-能源经济-经济计量分析-中国 IV. ①F426.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 284290 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 880×1230 1/32 印张 6 $\frac{1}{8}$ 字数 173 千字

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1001 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

作为战略性的基础资源,能源资源对国民经济起到重要支撑作用,有力地推动了经济发展和社会进步,但是,能源资源的过度耗费及其排放的废渣、废气对生态环境也造成了很大影响,严重影响到人类社会的可持续发展。因此,我国把节能减排工作作为实施可持续发展战略的重要抓手,积极推动产业结构调整和优化升级,降低能源资源的消耗水平,减少对环境造成的负面影响。我国《“十二五”规划纲要》中明确指出,“面对日趋强化的资源环境约束,必须增强危机意识,树立绿色、低碳发展理念,以节能减排为重点,健全激励与约束机制,加快构建资源节约、环境友好的生产方式和消费模式,增强可持续发展能力,提高生态文明水平。”钢铁工业既是我国国民经济的支柱产业,又是能源耗费型产业,鉴于此,准确把握钢铁工业能源消耗与钢铁工业发展的关系,深入分析钢铁工业能源消耗变动的影响因素,研究钢铁工业能源综合利用的保障体制与机制,提出提高改善钢铁工业能源利用方式和效率的建议,对于促进我国钢铁工业可持续发展具有重要意义。

在充分调研的基础上,作者以我国钢铁工业的能源消耗作为研究对象,运用生产函数理论分析了能源约束下钢铁工业可持续发展的路径,运用强度因素分解理论、协整分析理论以及要素替代弹性理论,实证研究了我国钢铁工业能源消耗强度的影响因素、钢铁工业增长与能源消耗的长期均衡和短期动态关系以及生产要素之间的替代关系,最后从微观层面和宏观层面提出控制钢铁工业能源消耗的对策和建议。

在本书中,作者力求在以下四个方面作出探索和研究,取得了初步

的有创新性的成果:

(1) 结合内生经济增长模型,将能源要素转化为模型的内生变量,弥补了能源与工业增长的关系在理论界定和认识上的缺陷,证明了基于能源约束的工业实现持续增长的可能性,求解了基于能源约束的工业增长的路径和条件。

(2) 结合中国钢铁工业产品结构及能源技术效率的现状,建立起钢铁工业能源强度完全因素分解模型,将影响能源消耗强度的因素分为结构因素和效率因素,并就上述两种因素对钢铁工业能源消耗强度变动的影响进行定量分析,得出结构因素对能源消耗强度的降低贡献不明显,说明中国钢铁工业仍以生产初级产品为主;效率因素在能源强度降低方面起到主要的作用,主要是各工序能源效率的提高使得整体的能源强度下降。

(3) 结合中国钢铁工业能源消耗结构现状,建立起中国钢铁工业产值增长与能源消耗的长期协整分析与短期误差修正模型,得出钢铁工业发展过程中,钢铁工业总产值燃料煤和电力之间具有协整关系及短期的动态修整关系,并通过广义脉冲响应模型验证了能源消耗量的变化对钢铁工业总产值带来的后续的冲击,从实证角度证明了目前如果不控制钢铁产量的增长而单单采取控制能耗的政策的不合理性。

(4) 将能源投入纳入生产函数当中,研究某一个具体行业生产要素间替代关系的实证研究在国内尚不多见。国外关于能源—投入—劳动之间替代关系的研究相对较多,主要是运用超越对数成本函数建立模型进行计量检验。作者在理论传承的基础上,以中国钢铁工业为研究对象,除了资本和劳动之外,也将能源作为一种生产投入要素,通过超对数生产成本函数建立起中国钢铁工业 MES 模型,定量研究了能源、资本、劳动三要素替代关系。

作者充分运用计量经济学的相关理论和方法,结合我国钢铁工业的实际情况,对钢铁工业与能源消耗的关系进行系统的研究。本书的出版既丰富了计量经济学的研究领域,拓展了研究视野,为相关研究提

供了有效思路和方法,又为钢铁工业的发展及相关部门制定产业政策提供了理论依据,具有重要的理论和现实意义。

由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请诸位专家学者不吝赐教,共同探讨我国钢铁工业发展与能源消耗的关系。书中借鉴了诸多学者的前期研究成果,在此表示衷心的感谢。国防工业出版社也为本书的出版付出了大量的劳动,在此一并表示谢意。

董会忠

目 录

第1章 绪论	1
1.1 选题背景	1
1.2 研究目标与意义	6
1.2.1 研究目标	6
1.2.2 研究意义	8
1.3 研究内容与研究方法	10
1.3.1 研究内容	10
1.3.2 研究方法	11
1.4 结构与技术路线	12
1.4.1 结构	12
1.4.2 技术路线	13
第2章 文献综述	15
2.1 能源和经济关系研究	15
2.1.1 理论层面的研究	15
2.1.2 实证层面的研究	18
2.2 能源效率研究	20
2.2.1 能源效率概念界定	20
2.2.2 将产业结构作为主要影响因素的研究	22
2.2.3 将技术进步作为主要影响因素的研究	22
2.3 要素替代关系研究	24
2.4 文献评析	28

第3章 能源约束下钢铁工业增长理论透视	31
3.1 能源约束概念及表现形态	31
3.1.1 能源约束概念	31
3.1.2 能源约束表现形式	32
3.1.3 能源约束原因分析	33
3.2 工业发展中的能源约束	35
3.2.1 能源对工业发展的约束	35
3.2.2 能源可持续利用的途径	36
3.3 能源约束下工业增长模型	37
3.3.1 模型假设	38
3.3.2 模型建立	38
3.3.3 结果分析及对钢铁工业的启示	41
3.4 能源约束下钢铁工业增长路径	42
3.4.1 不同要素变化条件下钢铁工业的增长	42
3.4.2 不同能源供给条件下钢铁工业的增长	43
3.4.3 钢铁工业增长的路径选择	46
3.5 本章小结	48
第4章 钢铁工业生产流程及能耗特征分析	49
4.1 钢铁企业生产流程	49
4.2 生产工序能耗及产出分析	51
4.2.1 焦化工序	51
4.2.2 烧结工序	52
4.2.3 炼铁工序	53
4.2.4 炼钢工序	55
4.2.5 轧钢工序	58
4.3 钢铁工业能源消耗特征	61
4.3.1 能源结构以煤炭为主	61
4.3.2 能源消耗量不断增长	62

4.3.3	二次能源回收利用率偏低	63
4.4	钢铁工业能耗水平影响因素	65
4.4.1	能源技术影响	66
4.4.2	产业政策影响	67
4.4.3	能耗结构影响	68
4.4.4	产业集中度及产品结构影响	68
4.4.5	能源价格影响	69
4.5	本章小结	70
第5章	钢铁工业能耗强度变动及影响因素分析	71
5.1	钢铁工业能耗强度演化	71
5.1.1	能耗强度指标选择	71
5.1.2	钢铁工业能耗强度变迁	72
5.1.3	钢铁工业能耗强度国际比较	74
5.1.4	钢铁生产工序能耗强度比较	75
5.2	钢铁工业能耗强度影响因素分解	77
5.2.1	因素分解方法比较与选择	77
5.2.2	完全分解模型的建立	79
5.2.3	数据选择和处理	81
5.2.4	参数计算方法选择	83
5.2.5	结构份额及效率份额对能耗强度的影响	83
5.2.6	各种产品结构效应和效率效应	85
5.3	结果分析	88
5.4	结构调整、技术进步对能耗强度影响的进一步分析	90
5.4.1	结构调整对能耗强度的影响分析	90
5.4.2	技术进步对能耗强度的影响分析	92
5.5	本章小结	93
第6章	钢铁工业增长与能源消耗动态均衡关系分析	95
6.1	钢铁工业增长与能源消耗量的变化	96

6.2	经济计量方法应用及模型选择	98
6.2.1	序列之间长期协整分析模型	99
6.2.2	Granger 因果关系检验模型	102
6.2.3	序列之间短期误差校正模型	103
6.3	钢铁工业增长与能源消耗关系实证分析	104
6.3.1	变量选择与数据预处理	104
6.3.2	变量单位根检验	108
6.3.3	变量协整检验	109
6.3.4	变量短期动态修正	110
6.3.5	变量 Granger 因果关系检验	111
6.4	总产值与能源消耗的脉冲响应测算	112
6.4.1	VAR 模型	113
6.4.2	广义脉冲响应	114
6.4.3	方差分解	118
6.5	结果分析	119
6.6	本章小结	121
第7章	钢铁工业生产要素替代关系研究	122
7.1	要素替代的价格传导机制	122
7.2	要素替代/互补关系	123
7.3	替代弹性估算模型比较与选择	126
7.3.1	C-D 生产函数模型	126
7.3.2	CES 生产函数模型	127
7.3.3	Translog 模型	128
7.3.4	MES 模型	129
7.4	钢铁工业生产要素 MES 模型构建	130
7.4.1	超越对数成本函数	130
7.4.2	钢铁工业 MES 模型的建立	131
7.5	钢铁工业生产要素替代关系实证分析	134

7.5.1 变量数据选择与处理	134
7.5.2 替代弹性计算结果及分析	137
7.6 本章小结	142
第8章 钢铁工业缓解能源约束的发展对策	144
8.1 推动钢铁企业开展系统节能	144
8.2 促进钢铁产业(产品)结构优化升级	154
8.3 加强能源技术的开发与应用	158
8.4 调整能源价格,促进能源替代	160
第9章 结论与展望	162
9.1 结论	162
9.2 主要创新点	164
9.3 展望	166
附录一 钢铁工业经济变量单位根检验结果	167
附录二 变量 LGIOV 与 LCOAL、LELE 普通最小二乘法	
回归结果	171
附录三 变量 LGIOV 与 LCOAL、LELE 回归方程残差项	
单位根检验	173
附录四 钢铁工业经济变量的 Granger 因果关系检验	174
附录五 广义脉冲响应分析结果	175
参考文献	178
后记	186

第1章 绪论

1.1 选题背景

人类社会发展经历了400多万年的时间,从茹毛饮血开始,经历了旧石器、新石器、铁器时代,直到高度发达的现代文明,各种技术的发明和设备的使用,推动人类社会达到一个前所未有的高度。伴随人类社会的发展,各种能源的消耗也与日俱增,特别是煤炭、石油等基础类能源,更是人类社会赖以生存和发展的重要支撑。能源成为重要战略性基础物资,在经济社会发展进程中起决定性作用。经济增长和社会进步对能源的需求存在强依赖性和强相关性,没有能源作为支撑,就没有现代社会和现代文明。迄今为止,能源、经济、社会和环境已经演化成一个相互作用、相互制约、耦合共生的复杂非线性系统。能源问题成为牵动世界政治、经济、军事等方面的敏感神经,对经济发展、社会稳定和国家安全都产生深远的影响。能源时代的变迁推动人类社会发生巨大变化,也促进了世界经济空前规模的发展。但是,随着能源消耗量特别是化石能源消耗量越来越大,能源对人类经济社会发展的制约和对生态环境的影响日趋明显^[1]。人类在享受能源利用带来经济发展、科技进步等利益的同时,也遇到一系列由于能源过度利用所引发的资源和环境问题,这些问题已经严重威胁到经济社会的可持续发展,甚至威胁到人类的生存。能源与经济、能源与环境之间的关系逐渐成为各国政府和学术界关注和研究的热点领域。

经过30多年的改革开放,我国经济取得了举世瞩目的成就。经济总量已经扩张到一个新的层级,成为世界上经济发展最快的国家之一。经济规模在世界排名不断上升,国内生产总值连超法国、英国、日本和德国,人均国民收入不断提高。按照世界银行的划分标准,我国已经由低收入国家步入中等收入国家行列。但是,一个不容忽视的事实是长

期以来我国工业化进程和经济发展模式走的是一条依靠高投入、高消耗的粗放型增长道路。从产业结构来看,我国在经济总量扩张的同时,三次产业产出结构也发生了较大变化,第一、第二、第三产业产出结构由 1990 年的 27.1 : 41.3 : 31.6 调整为 2000 年的 15.1 : 45.9 : 39.0 和 2006 年的 11.7 : 48.9 : 39.4^[2]。

图 1-1 显示,第一产业的比重呈逐年下降趋势,第二、三产业的比重呈逐年上升趋势,特别是第二产业的比重增长尤为迅速,中国经济发展是由工业快速增长带动,总体上仍然延循世界工业化的路径推进,同时,又具有一系列非常独特的特点。一方面,中国工业化没有完全脱离西方发达国家基本工业化技术路线,也不可能脱离经济全球化背景和居主导地位的资本主义国际经济规则。另一方面,中国工业化意味着在几十年(最多不超过 100 年)的时间内,占世界人口 21% 的巨大经济体将迅速地实现工业化,进入工业社会。在这一过程中,必然发生许多人类工业化历史中从来未曾遇到过或者从来没有表现得如此突出的现象、问题和矛盾。就能源问题而言,主要表现在:

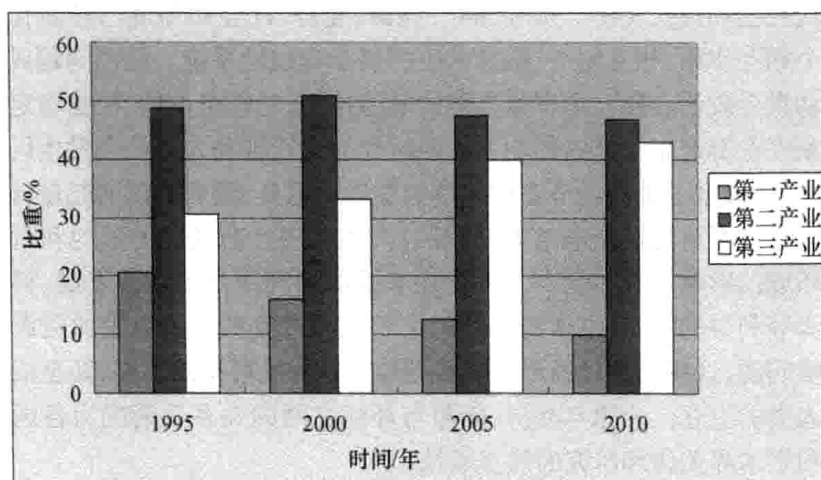


图 1-1 中国产业结构变化图

(1) 能源供需矛盾突出。21 世纪最初几十年,中国处于完成工业化、加快城市化发展时期。经济发展和人民生活水平提高对能源需求将持续增加,将是中国特殊的发展阶段所决定的不可逆转趋势。20 世

纪 90 年代中国国内生产总值平均增长率为 9.93%, 能源消费量增长率为 2.82%, 10 年平均能源消费弹性系数为 0.28。其中, 1990 - 1996 年为 0.51; 1997 - 2000 年中国国内生产总值增长率为 7.97%, 而能源消费量基本没有变化。这种能源消费状况虽与亚洲金融危机、出口和国民经济增速下降有关, 但也与中国产业结构调整、能源节约的结果有关。这种态势不可能长期延续下去。2002 年以后能源消费超速增加, 也是阶段性的, 只是与中国重化工业高速发展阶段的适应, 同样不可能长期持续下去。2003 年下半年以来的煤油电价格全面上涨, 2004 年全国能源消费弹性系数达 1.59, 既表明中国能源供给的相对紧缺, 在一定意义上又是对以往数年持续能源消费超低速增加的某种恢复性增长。2006 年中国能源消费 24.6 亿 t 标准煤, 比 2000 年增长 74%。以中国国内生产总值增长率 8.0%、能源消费弹性系数 0.4 ~ 0.5 推算, 2020 年中国的能源消费总量将达 40 亿 t (标准煤)。石油消费的对外依存度 2010 年将超过 50%, 2020 年可能超过 65%, 对能源的可供量、承载能力以及国家能源安全提出了严重挑战。

(2) 经济发展方式粗放导致能源利用效率偏低。改革开放以来, 我国能源利用效率明显提高, 从能源消费来看, 按 1990 年不变价格计算, 每万元 GDP 能耗从 1990 年的 2.68t 标准煤下降到 2007 年的 1.06t 标准煤, 降幅超过 60%。但是, 同国际先进水平相比, 我国主要产品单位能耗仍有较大下降空间。目前, 电力、钢铁、有色、石化、建材、化工、轻工、纺织 8 个行业主要产品单位能耗平均比国际先进水平高 40%。我国在能源利用上与工业发达国家 20 世纪六七十年代遇到的问题有相似之处, 都是处于工业发展的快速增长期, 传统的发展模式造成能源短缺、能源利用效率低以及环境污染严重等。目前中国的能源结构和利用效率同工业发达国家相比有很大差距, 2004 年, 中国 GDP 按现行汇率计算占全世界 GDP 的 4%, 但消耗了全球 8% 的原油、10% 的电力和 31% 的煤炭。钢铁、有色、电力、化工等 8 个高能耗行业平均单位产品能耗比世界先进水平高 40% 以上^[3]。在一次性能源消费中, 煤炭占 75% 以上。中国以煤炭为主的能源供应, 加之技术和操作管理等诸多原因, 使得能源利用率与发达国家相比相差很大, 如日本能源综合利用率为 57%, 美国为 51%, 而中国只有 30%。我国经济发展还是建立在

高投入、高消耗、低效率的基础之上,这是中国经济发展长期以来存在的突出问题。

(3) 能源过度利用严重影响生态环境。能源利用过程中排放的废渣、废气等对生态环境造成严重污染。中国以煤炭为主的一次能源结构所带来的环境压力日益增大,几近极限。2005 年年初,瑞士达沃斯世界经济论坛公布了最新的“环境可持续指数”评价,在全球 144 个国家和地区的排名中,中国位居第 133 位。2003 年中国二氧化硫排放量 2159 万 t,居世界第一,由于用煤导致的 SO_2 排放量占总排放量的 90%;另外,中国能源消费所排放的 CO_2 ,约占各种温室气体总排放量的 80%。20 世纪 80 年代以来,中国碳排放量增长率远高于世界平均水平,主要是煤炭消费大幅增加。中国人均 CO_2 排放量仅为美国的 12.4%、OECD 的 22.3%、世界平均值的 64.3%。但由于能源效率低,煤炭占一次能源消费的比重大,中国 CO_2 排放强度(单位 GDP 排放量)很高,2001 年为 OECD 的 6.22 倍,为世界平均值的 4.18 倍。中国的能源消费如果按目前趋势增长, CO_2 排放量有可能在 2020 年超过美国居世界首位。

中国能源消费曾经在 1997 - 1999 年出现过下跌趋势,1998 年下跌幅度最大,当年能源消费总量相比上年下跌 4.05%,之后能源消费恢复加速增长趋势。特别是“十五”后期,中国步入一个新的快速增长期,冶金、建材、有色金属、石油化工等能源消耗高的行业发展较快,同时还出现了新型的消费热潮,住房面积、汽车拥有量、家用电器拥有量等都有了大幅度的增长,这些因素都造成中国能源需求的高速增长。而就中国目前的能源资源禀赋情况来看,尽管能源资源总量比较丰富,煤炭可探明储量约占世界的 13%,列世界第三位,但是,由于中国人口众多,人均能源资源拥有量在世界上处于较低水平。煤炭资源人均拥有量相当于世界平均水平的 50%,石油、天然气人均资源量仅为世界平均水平的 1/15 左右。能源资源赋存分布不均衡、能源资源开发难度较大等问题也限制了中国能源的有效利用^[4]。

能源消费结构不合理,环境透支严重,不可再生的化石能源正在以惊人的速度在被利用并趋于耗竭,能源将成为未来中国可持续发展的严重约束之一。因此,如何在能源约束之下实现经济的可持续增长既

是经济增长理论面临的一个重大问题,也是事关我国工业化能否真正实现的关键问题^[5]。

钢铁工业是国民经济的支柱产业,又是能源密集型产业。但是,与世界先进水平相比,中国钢铁工业在能源的综合利用方面有较大差距,平均单位能耗高出工业发达国家 20% ~ 40%,呈现资源利用率低、能源消耗大、污染较严重的特点。中国钢铁工业受资源、能源、环境的制约越来越明显,已经成为制约钢铁工业乃至整个经济可持续发展的核心问题^[6]。国家在国民经济“十一五”规划中明确提出了两个约束性指标,到 2010 年,SO₂ 和 COD 排放量减少 10%,万元 GDP 能源消耗降低 20%。钢铁工业的节能减排对于完成上述目标具有举足轻重的作用。为此,国家建设部和国家质量监督检验检疫局 2007 年联合发布了《钢铁工业资源综合利用设计规范》(2007 年 4 月 6 日发布,2007 年 10 月 1 日实施)和《钢铁工业环境保护设计规范》(2007 年 10 月 23 日发布,2007 年 12 月 1 日实施),国家环保局 2008 年发布了《钢铁行业清洁生产标准》(2008 年 4 月 8 日发布,2008 年 8 月 1 日实施),国家发展改革委员会和环保局联合发布了《钢铁行业清洁生产评价指标体系》(试行)。这些文件的颁布和实施,能够有效指导我国钢铁工业全面贯彻执行国家关于清洁生产、资源综合利用的法律、法规和钢铁产业发展政策,促进钢铁工业实施清洁生产、节约自然资源和保护生态环境,走可持续发展之路。

钢铁工业能源消耗问题引起社会各界的广泛关注。2007 年 3 月全国人大常委会确定了 2007 年需要办理的十件重点代表建议,其中包括姜云宝等委员提出的《关于推动钢铁行业的二次能源回收利用的建议》,并责成国家发展改革委员会办理此建议。2007 年 7 月,国家发展改革委员会相关人员赴济钢、宝钢等大型钢铁企业开展二次能源回收利用情况的调研,全国人大环境与资源保护委员会作为督办单位一并参加实地调研和座谈。笔者随导师薛惠锋教授参加了此次活动,收集到大量的第一手资料。通过这次调研和对大量相关文献的阅读,将钢铁工业能源消耗与产出效率关系问题作为博士阶段的研究方向,以期对当前钢铁工业的可持续发展和节能降耗工作提供较为系统的理论支持。

1.2 研究目标与意义

1.2.1 研究目标

鉴于当前经济发展过程中遇到的能源问题以及由能源问题引发的环境问题,大多是与支撑经济快速发展的工业尤其是钢铁工业等重工业的能源过度消耗有关,因此,探求工业能源合理利用的途径,是解决当前能源短缺和环境恶化,从而推动钢铁工业走可持续发展之路的重要举措。本书选择具有代表性的能源密集型行业——钢铁工业的能源消耗与产出效率的关系作为研究对象,结合钢铁工业可持续发展的目标和现实要求,通过对钢铁工业能源消费时序纬度上的数据分析及其相关政策、标准和规范的解读,提出钢铁工业能源综合有效利用的对策建议。

钢铁工业能源消耗受到许多因素的影响(图1-2)。综合起来,主要集中在以下几个方面:

(1) 经济发展引起钢铁产品需求量的快速增长,钢铁产量的增长是建立在能源大量消耗的基础上,二者之间呈正相关关系,而钢铁工业的能源需求又受到能源供给的影响,能源消耗越来越受到能源存量和环境保护的双重约束。本书研究的目的之一是在能源约束条件下,研究能源消耗与工业增长之间的关系,找到钢铁工业乃至整个工业可持续发展的理论依据。

(2) 钢铁工业能源需求受到能源消耗强度的影响,同等产量条件下,能源消耗强度的下降会减少钢铁工业的能源需求量。钢铁工业总体的能源效率受到钢铁工业的产业集中度、钢铁产品结构和能源结构的影响,钢铁工业各生产工序的效率也影响总体的能源效率。能源消耗结构同我国的能源供给现状及钢铁工业发展现状相关联,工序效率同技术进步,进而与钢铁企业的研发投入相关联。

(3) 作为钢铁工业重要的生产投入要素,能源、资本和劳动三者之间存在替代或者互补关系,三者之间的相互影响又是通过价格的传导机制来相互影响。三种要素的价格变化既影响该要素的投入量,又影