

中国钢铁行业 CO₂ 排放的系统动力学情景分析^①

佟贺丰^{②*} 屈慰双^{**} 刘 娅^{*}

(* 中国科学技术信息研究所 北京 100038)

(** 美国千年研究所, Arlington VA 22201 USA)

摘 要 为对未来 20 年我国钢铁行业的 CO₂ 排放情景有清晰的认识并做好政策准备,利用系统动力学方法构建了我国钢铁行业的 CO₂ 排放模型,并将其与中国可持续发展模型结合起来。仿真结果显示,由于国内需求的增长,我国的钢铁产量将在 2022 年左右达到峰值,约为 7.23 亿吨;能源消耗在 2013 年达到峰值,约为 4.57 亿吨标准煤;CO₂ 排放量在 2013 年左右达到最高峰,约为 12.77 亿吨。钢铁行业 CO₂ 减排需要利用多种政策组合才能达到最好的减排效果。改进建筑质量和建筑的有效使用,也就是适当减少需求,具有最好的减排效果。此外,加大吨钢废钢单耗、加快能效技术进步也将有助于我国钢铁行业 CO₂ 的整体减排。

关键词 钢铁行业, CO₂ 排放, 系统动力学, 情景分析, 模型模拟

0 引 言

改革开放以来,我国的钢铁产量持续大幅度增长,自 1996 年以来一直保持钢产量世界排名第一的位置。2007 年的钢产量 4.89 亿吨,占全球产量的 40%。钢铁行业是现代工业的基础,但也是高耗能、高污染的产业。从历史数据看,钢铁行业的能源消耗约占全国总能耗的 10%^[1],CO₂ 排放量也占全国排放的 10% 左右。

CO₂ 排放问题已经成为国际社会的关注焦点。中国作为全球 CO₂ 排放大国,如何担负起大国责任走可持续发展道路,成为全球 CO₂ 排放的重要研究对象。钢铁行业作为排放大户,也成为众多研究的关注重点。Yeonbae 和 Ernst 对各国钢铁行业的 CO₂ 排放进行了对比研究,主要包括中国、巴西、印度、墨西哥、韩国和美国几个典型国家,分析认为能效进步是各国钢铁行业减排的主要因素^[2]。Price 等根据修正后的历史数据研究了中国钢铁行业的能源需求和 CO₂ 排放^[3]。Wang 等利用 LEAP 模型对中国钢铁行业的 CO₂ 排放做了情景分析,认为如果有更严格的政策控制,中国钢铁行业的 CO₂ 排放有很大的减排潜力,但也需要巨大的减排成本^[4]。上述研究

大都关注技术层面对钢铁行业排放的影响,对需求层面的认识存在不足。在技术方面,中国新建的钢铁厂大都使用世界最先进的技术,在排放方面达到了世界水准,中国政府也在积极努力地关闭一些小污染严重的小钢铁厂,这都对整个行业的减排具有积极的影响。本文对中国钢铁行业未来 20 年的 CO₂ 排放情景进行系统动力学分析。

1 方法概述

系统动力学方法是一种研究复杂系统的有效方法。CO₂ 排放涉及众多的经济、社会发展变量,属于社会复杂系统。国际上已经有不少利用系统动力学研究 CO₂ 排放的模型。Järg 等利用系统动力学研究了交通工具的 CO₂ 排放^[5]。秦钟等利用系统动力学预测了我国能源需求与消费的关系,认为我国如果不进行节能减排和产业结构调整,在 2010 年将成为世界第一排放大国^[6]。Zheng 利用基于系统动力学的 Vensim 软件,把技术进步作为内生变量,考察了技术进步对中国钢铁行业 CO₂ 排放的影响^[7]。

本文利用系统动力学方法构建了我国钢铁行业的 CO₂ 排放模型,该模型从钢材的需求出发,将钢材的常规应用方向分为 6 个类别:住宅、商用建筑、基

① 北京市财政专项“首都经济、能源、环境、安全系统的模拟与动态分析技术支撑体系建设”(PXM2007-178215-051344)和世界自然科学基金会资助项目。

② 男,1977 年生,硕士;研究方向:系统动力学,科技政策;联系人,E-mail: thf2003@istic.ac.cn
(收稿日期:2009-07-11)

基础设施、机械制造、汽车以及其他用途。从需求面入手,得出粗钢的需求量。图 1 粗略地说明了钢铁生产的工序及其常规需求。对于炼钢的工序,缩减为 4 个步骤,将烧结、球团和炼焦归为前处理流程,之后是炼铁、炼钢(包括 3 种主要方法:转炉钢、电炉钢和平炉钢),最后将铸造和轧钢归为后处理流程。以

前处理流程为起点的转炉炼钢一般被称为长流程,以废钢为起点的电炉炼钢一般被称为短流程。根据每个工序不同的能源消耗系数,可以得出整个钢铁行业的能源消耗量。然后根据每吨标准煤的 CO₂ 系数,即可得出钢铁行业的 CO₂ 排放量。

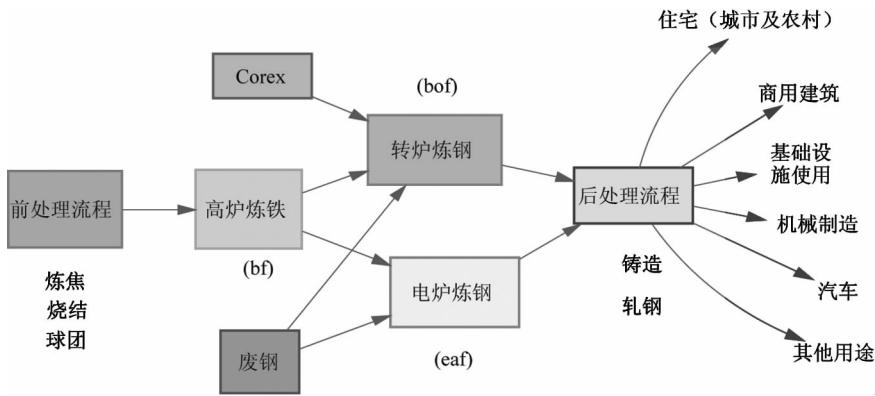


图 1 钢铁生产工序及常规需求

2 模型结构

2.1 基本假设和参数估计

因为本研究考虑的是长期的发展趋势,所以需假设钢材需求不受价格、库存等因素的影响,只受到上述 6 个主要的需求面因素的影响。

本模型首要考虑的是国内需求,需假设将钢材的净进口比例固定,不受价格、国际贸易等因素的影响。

假设炼钢方法归结为三种:平炉、转炉和电炉。其中平炉作为一种逐渐被淘汰的炼钢方法,其产量是根据历史数据外生的。

模型中的参数有初始值、常数值、表函数等。为简化模型参数,对那些随时间变化不甚显著的参数近似取为常数值。本模型中使用了表函数,方便有效地处理众多的非线性问题。本模型的参数估计采用了以下方法:应用统计资料、调查资料确定参数;一些常用的数学方法,如计量经济学方法,还包括专家文章和评估数据。

2.2 模型结构及主要方程

2.2.1 需求与产量

将每年的新增建筑量和每平方米建筑的钢材消耗量相乘,便得出建筑部分的钢材需求。2007 年城市住宅每平方米钢材消耗量设为 95kg,农村住宅每平方米的钢材消耗量设为城市的 13.7%。每年的人均住宅面积与人口数相乘即是该年度的住宅面积

存量。本年度减去前一年度的住宅面积存量再加上本年度拆除的已经到了使用年限的旧房面积,即是本年度新增的住宅面积。模型中农村和城市的新增住宅面积按照城市和农村人口分别计算。参考其他专家的数据,商业建筑每年新增的建筑面积取为城市新增住宅面积的 0.374^[8]。基础设施部分,由每年的政府经济建设支出额与每百万元投资的钢材消耗计算得出。政府经济建设支出额的数据由中国可持续发展模型得到^[9]。机械制造部分的钢材需求,由工业增加值与每百万工业增加值机械制造的钢材消耗计算得出,2007 年每百万工业增加值的机械制造钢材消耗为 6.5 吨。汽车制造的钢材消耗由每年的汽车销售量与每辆车的平均钢材消耗量计算得出。

2.2.2 能源消耗

钢铁生产过程中消耗的能源主要是煤和电。钢铁行业用能结构中,煤炭占 69.9%,电力 26.4%,燃油 3.2%,天然气 0.5%^[10]。从生产工序看,炼铁系统占钢铁行业总能耗的 69.41%,其中烧结 6.06%、球团 0.49%、焦化 14.6%、炼铁 48.17%。而其他工序只占较小的比例,转炉 2.27%、电炉 3.08%、轧钢 9.60%^[11]。1990 年我国钢铁行业的能源消耗总量约为 0.98 亿吨标准煤,2007 年达到约为 3.4 亿吨标准煤。吨钢的能源消耗从 1990 年的 1.6 吨标准煤下降到 2007 年的约 0.7 吨标准煤,下降幅度非常大。

钢铁生产的能源消耗按照前处理流程、炼铁、炼钢和后处理流程的钢铁生产工序分别计算煤及燃料的消耗和电的消耗。炼钢工序的耗能按照平炉钢、转炉钢和电炉钢三种类型分别计算。算出煤及其它燃料和电的消耗量,再将两种类型的能源都转换为标准煤得出总的能源消耗。

不同工序和炉型的能源消耗来自统计年鉴的数据,并参考了文献[11-21]中的数据。

2.2.3 CO₂ 排放

钢铁行业的 CO₂ 排放有两个来源。主要是能源消耗造成的排放,还有少部分是炼铁过程中使用石灰石分解过程中的排放,比较之下,来自石灰石的排放非常少,所以模型中未予考虑。根据能源转换系数,每吨标准煤含 0.726 吨碳,这些碳完全转换为 CO₂ 则为 2.794 吨。模型中 CO₂ 排放量的计算公式是:

总能源消耗造成的 CO₂ 排放量 = 总能源消耗 (单位:吨标准煤(TCE)) × 2.794 吨 = 氧化碳/TCE

3 仿真结果

为了确保模型的现实可行性,模型建立后进行了有效性检验,验证模型与现实系统的吻合度,检验模型所获得信息与行为是否反映了实际系统的特征和变化规律。下面对于每个部分的仿真结果分别与历史数据进行比较。

3.1 需求与产量

有关需求与产量的仿真结果见图 2。图中浅色线 2-DataChina5 为统计年鉴的历史数据,黑色线 1-Base 为仿真结果(下同),可以看出模型具有较好的吻合度。根据仿真结果,我国的钢铁产量将在 2022 年左右达到峰值,约为 7.23 亿吨。然后开始缓慢下降,2030 年的产量约为 6.54 亿吨。模型已经考虑到政府出台的 4 万亿新增投资计划和四川灾区的灾后重建,在 2009 年到 2012 年之间,基础设施和百万元工业产值的钢材需求数据做了相应调整。从图 3 可以看出,建筑用钢材是国内钢材消费的主要部分,占全部钢材消费的 40% 以上。建筑钢材的需求中,因为城市化的发展,农村住宅的钢材需求越来越少,而城市住宅的需求变化不大。1993 年除其他需求外,住宅等部分的钢材需求都出现下降。这是因为我国的粗钢净进口量由 1992 年的 308 万吨一下子飙升到 1993 年的 3084 万吨,模型中钢材的净进口是单独计算的,并没有计入国内常规需求的部分,所以使

得其他需求一下子上升了很多。

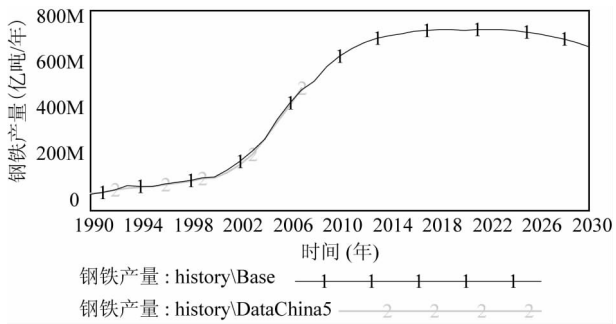


图 2 国内钢铁需求仿真结果与实际数据对比

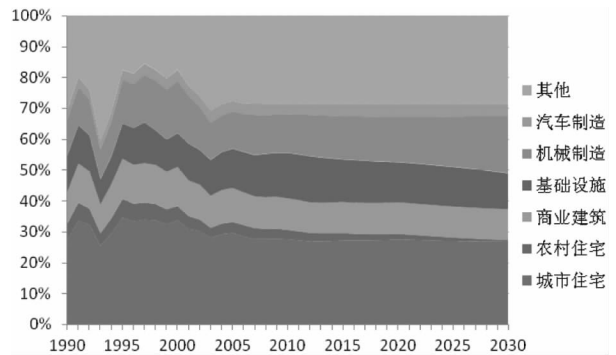


图 3 国内钢材的需求结构

从不同炉型的粗钢产量看(见图 4),平炉钢逐渐被淘汰,转炉钢占据钢材生产的大部分产能。但随着废钢供应量的增加,电炉钢所占的比例有所增加,这将有利于降低我国钢铁行业的吨钢综合能耗和总体能源消耗。

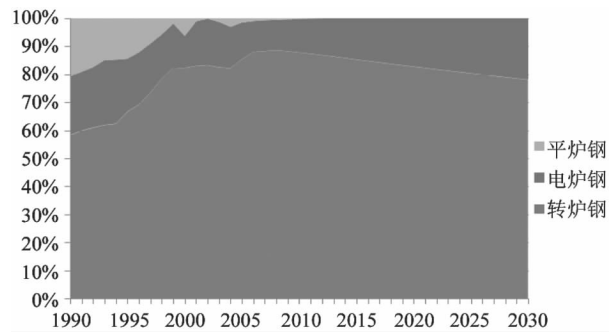


图 4 不同炉型的粗钢比例

3.2 能源消耗

为了降低钢铁行业的能源消耗,政府出台了一系列措施,淘汰落后的生产能力,并鼓励企业使用节能技术。近年来钢铁制造业中广泛使用的节能技术包括高炉喷吹煤粉(pulverized coal injection, PCI)工艺和干熄焦(coke dry quenching, CDQ)工艺。PCI 工艺是现代炼铁工艺的一项新技术,既有利于节焦增

产,又有利于改进高炉冶炼工艺和促进高炉顺行,其经济效益和节能效果显著。CDQ 工艺将红焦装入密闭的干熄炉内,利用循环的经冷却的惰性气体,逐步置换红焦的热量而将其降温,有利于节约能源。这两种工艺都属于炼铁及铁前工序,此阶段是钢铁行业节能的重点。

二次能源的利用也是节能技术的重要发展方向。生产过程中产生大量的高温高压气体,这都是宝贵的二次能源。据估计,从焦化、烧结到炼铁、转炉炼钢直至热轧总的二次能源产生量约为吨钢 487.18kgce^[18]。世界上技术先进的钢铁企业二次能源利用率已达 90% 以上,日本新日铁钢铁公司的余热余能回收利用率为 92%。现在,二次能源利用的成熟技术主要有烧结余热的回收利用、赤热红焦显热回收利用、炼铁余热余压利用、转炉负能炼钢、转炉煤气回收利用、轧钢加热炉余热利用等。一些技术已经非常成熟,比如高炉炉顶煤气余压发电(top-pressure recovery turbine, TRT),它是炼铁余热余压利用的一种方式,利用高炉炉顶煤气中的压力能及热能经透平膨胀做功来驱动发电机发电。一座 2000m³ 高炉如果稳定运行,其 TRT 系统的运行效率达 85%,全年发电量可达 0.5 亿 kWh,相当于节约原煤 3 万吨^[22]。

影响钢铁行业能源消耗的另一个重要的因素就是电炉钢的比例,电炉钢的比例又决定于废钢的可供量。电炉钢短流程的能源消耗要远低于转炉钢长流程。以 2007 的数据为例,生产工艺是长流程时,吨钢综合能耗约为 719.41kgce,而电炉钢短流程的吨钢综合能耗约为 466.72kgce,两者相差 252.69kgce。

模型将 2008 - 2030 年的各类节能技术使用效果统一提炼为能源技术效率的进步,假定每年技术进步率为 0.7%。

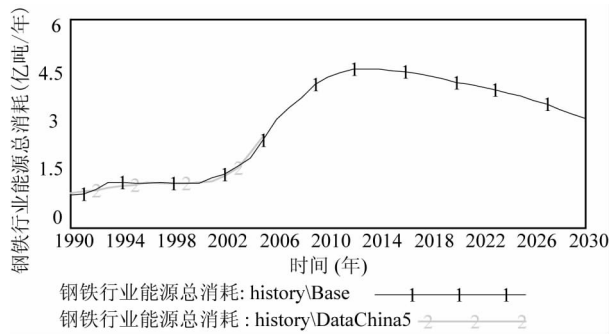


图 5 钢铁行业能源消耗的仿真结果

根据仿真结果,我国钢铁行业的能源消耗在 2013 年达到峰值,约为 4.57 亿吨标准煤。2030 年

的能源消耗约为 3.15 亿吨标准煤,回落到 2006 年的水平(见图 5)。吨钢综合能源消耗则持续下降,在 2030 年约为 480kgce。

3.3 铁钢比

铁钢比与钢铁行业的能源消耗密切相关,一般来讲铁钢比升高 0.1,会使吨钢综合能耗上升 20kgce/t 左右。1990 年以来我国铁钢比一直在 0.96 ~ 1.06 之间波动,高出世界同期平均水平 0.2 ~ 0.3,高出西方发达国家 0.2 ~ 0.5^[23]。除了技术因素对铁钢比的影响,废钢的使用量对铁钢比的影响非常大。影响铁钢比的主要因素包括实际铸铁比、电炉钢比、废钢比及吨钢钢铁料消耗等。写成公式为:

$$\text{铁钢比} = (\text{转炉吨钢钢铁料消耗} \times (1 - \text{转炉废钢比}) \times (1 - \text{电炉钢比}) + \text{电炉吨钢钢铁料消耗} \times (1 - \text{电炉废钢比}) \times \text{电炉钢比}) / (1 - \text{实际铸铁比})$$

根据仿真结果,我国的铁钢比将会随着废钢使用量的增加逐步降低,到 2030 年约为 0.79。

3.4 CO₂ 排放

我国钢铁行业的 CO₂ 排放,从 1990 年的 2.71 亿吨增加到 2007 年的 9.6 亿吨左右,经历了一个快速增长的长期。由于吨钢能耗的降低,吨钢 CO₂ 排放由 1990 年的约 4.06 吨下降到 2007 年的约 1.94 吨。

根据仿真结果,我国钢铁行业的 CO₂ 排放量将在 2013 年左右达到最高峰,约为 12.77 亿吨,然后开始平稳下滑,2030 年回落到 8.79 亿吨左右,与 2006 年的排放量持平(见图 6)。吨钢 CO₂ 排放量则持续下降,到 2030 年约为 1.34 吨。

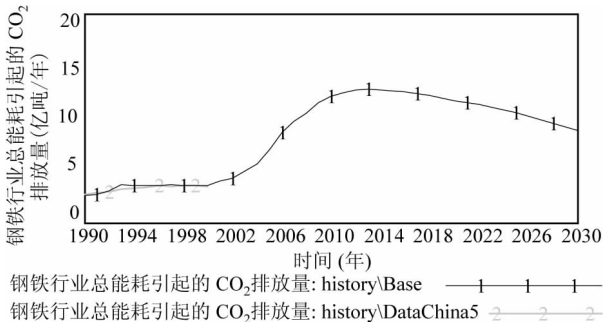


图 6 钢铁行业 CO₂ 排放的仿真结果

4 情景分析

以上数据是基准情景的分析,如果政府采用不同的政策路线和技术选择会对整个行业的排放产生明显的影响。为了分析不同情景的排放状况,模型选取了一些对 CO₂ 排放具有较大影响的变量作为政

策变量。

为了探求不同政策变量的减排效果,我们针对每组变量做一次模拟。具体的变量选择及不同政策变量对于 2008-2030 年累计 CO₂ 排放的影响见表 1。

可以看出,提高住宅质量和使用效率(包括减少住宅需求和延长住宅寿命两种方式)的累计减排效果最好,23 年内可以减少 CO₂ 排放 60.61 亿吨,平均每年可以减少排放 2.63 亿吨。吨钢废钢单耗的变化对 CO₂ 排放也有很大影响。随着全社会废钢供给量的增加,整个钢铁行业的 CO₂ 排放会随着减少。从热值极限计算看,2008-2030 年如果每年的技术进步率为 1%,到 2030 年技术角度的减排基本达到了极限值。所以如果想取得良好的减排效果,我们不能仅仅依赖技术的创新和发展。

表 1 不同政策变量的选择及减排效果

政策选择	变量	2030 年变量值		2008-2030 年累计 减排量(亿吨)
		改变后	基准情景	
减少住宅需求	城市人均住宅面积(m ²)	40	45	38.52
	农村人均住宅面积(m ²)	40	45	
城市化进程	城市人口比例(%)	57	60	25.99
吨钢废钢单耗	吨钢废钢单耗(t/t)	0.4	0.3	29.13
能效技术进步	年均能源效率进步率(%)	1	0.7	27.44
住宅寿命	城市住宅平均寿命(年)	80	70	22.09
	农村住宅平均寿命(年)	70	60	

作为政策组合,我们再假设两种排放情景,一种是相对乐观的情景,各个政策变量的取值与基准情景相比都更加有利于 CO₂ 的减排。另一种是相对悲观的情景,模拟如果我们对 CO₂ 排放采取放任态度会有什么结果。每一种情景都是多种政策路线与技术选择的组合。不同情景的指标差异如表 2。

不同情景下的 CO₂ 排放会有巨大的差异。如表 3 所示,悲观情景下吨钢 CO₂ 排放比基准情景高 0.2 吨,比乐观情景高 0.39 吨。如果我们的政策路线和技术选择更加积极,会产生良好的减排效果。从图 7 可以看出,乐观情景下,未来 20 年钢铁行业的 CO₂ 排放量具有明显的下降趋势,而且从政策改变开始就有明显的减排效果。而在悲观情景中,未来 20 年 CO₂ 排放量一直稳定在较高的数量上,没有

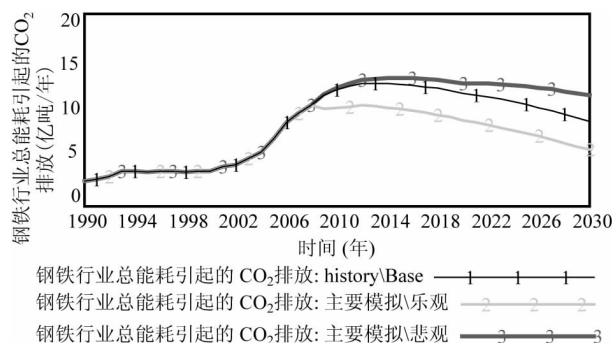
出现明显的下降趋势。

表 2 不同情景在 2030 年的取值

指标	2030 年的变量值		
	基准	乐观	悲观
城市人均住宅面积(m ²)	45	40	50
农村人均住宅面积(m ²)	45	40	50
城市住宅平均寿命(年)	70	80	60
农村住宅平均寿命(年)	60	70	50
吨钢废钢单耗(t/t)	0.3	0.4	0.2
年均能源效率进步率(%)	0.7	1	0.5
百万元基础设施建设支出粗钢消耗(吨/百万元)	18	12	30
用于电炉的废钢比例	0.51	0.7	0.5

表 3 不同情景 2015 年和 2030 年的结果比较

指标	单位	2015			2030		
		基准	乐观	悲观	基准	乐观	悲观
粗钢产量	亿吨/年	7.21	6.03	7.28	6.55	5.07	7.48
能源消耗 ¹	亿吨标准煤/年	4.52	3.60	4.75	3.15	2.08	4.12
吨钢综合消耗	吨标准煤/t	0.63	0.61	0.66	0.48	0.41	0.55
转炉吨钢能耗	吨标准煤/t	0.65	0.63	0.67	0.54	0.5	0.6
电炉吨钢能耗	吨标准煤/t	0.41	0.40	0.42	0.32	0.3	0.34
CO ₂ 排放	亿吨/年	12.64	10.05	13.28	8.80	5.82	11.50
吨钢 CO ₂ 排放	公斤(kg)	1.75	1.67	1.82	1.34	1.15	1.54

图 7 不同情景下的 CO₂ 排放

5 结 论

第一,我们应该看到中国钢铁行业 CO₂ 减排的巨大潜力,需求面因素对整个行业的减排至关重要。想要获得最佳的减排效果,需要利用多种政策组合。从长期看,最有可能性的是对住宅质量的提高,通过政府发布强制性的行业标准,并且严格执行,可以很快见到效果。改变过去大拆大建的城市建设思路,也有助于加强这一政策效果。如果住宅的平均寿命能从 50 年提高到 100 年,则相当于在 100 年内,可以少建一代住宅。这点对于水泥等建材行业的 CO₂ 减排具有类似的效果^[24]。

第二,我们也应该意识到钢铁行业 CO₂ 减排的压力。首先,中国经济的快速发展对于钢铁的需求是不可避免的。其次,中国的城市化进程按照现在每年接近 1% 的发展速度,在 2030 年很可能会高于 60%,这会造成对钢铁需求的增加。

第三,对于气候变化谈判中的一些提案要有准备。在 2009 年底的哥本哈根联合国气候变化会议前,各国都根据自己的利益提出了相应的减排措施和谈判方案。如日本就提出要实现“分行业减排”,根据单位和产品排放量确定部门减排目标,考虑部门减排量后再讨论国家减排目标。该方案要求分行业或部门设置基准技术门槛,强制淘汰落后产能。这个方案得到了一些国家的响应。但我们应该看到,我国钢铁工业吨钢能耗与国际先进水平还存在差距,据测算,与国际先进水平相比,差距在 11% 左右^[25]。对“分行业减排”我们要谨慎对待。如果盲目跟进,强制淘汰,我国占据就业大量份额的中小企业,其生存空间将受到挤压,会引发一系列经济和社会问题。

参考文献

[1] 金颖,任建兴,周伟国等. 钢铁行业能源消耗与污染物

排放量的分析. 上海节能,2002,1:17-19,23

- [2] Yeonbae K, Ernst W. International comparison of CO₂ emission trends in the iron and steel industry. *Energy Policy*, 2002, 30: 827-838
- [3] Price L, Sinton J, Worrell E, et al. Energy use and carbon dioxide emissions from steel production in China. *Energy*, 2002, 27: 429-446
- [4] Wang K, Wang C, Xue D L, et al. Scenario analysis on CO₂ emissions reduction potential in China's iron and steel industry. *Energy Policy*, 2007, 35: 2320-2335
- [5] Jörg W, Grit W, Thomas S. Limiting motor vehicles' CO₂ emissions-a manufacturer's challenge. In: *Proceedings of the International Conference of the System Dynamics Society*, Athens, Greece, 2008
- [6] 秦钟,章家恩,骆世明等. 我国能源消费与 CO₂ 排放的系统动力学预测. *中国生态农业学报*, 2008, 16(4): 1043-1047
- [7] Zheng L B. A system dynamics based study of policies on reducing energy use and energy expense for Chinese steel industry. [https://bora.uib.no/Bergen Open Research Archive Hovedside](https://bora.uib.no/Bergen%20Open%20Research%20Archive/Hovedside), 2007
- [8] 韦保仁,八木田浩史. 中国水泥需求量计算模型研究. *中国水泥*, 2006, 5:30-33
- [9] 黄振中,王艳,李思一等. 中国可持续发展系统动力学仿真模型. *计算机仿真*, 1997, 14(4):3-7
- [10] 王维兴,荣光. 钢铁工业节能的思路和途径. *中国钢铁业*, 2007, 3:18-20
- [11] 娄湖山. 国内外钢铁工业能耗现状和发展趋势及节能对策. *冶金能源*, 2007, 26(2):7-11
- [12] 胡秀莲,姜克隽. 中国温室气体减排技术选择及对策评价. 北京:中国环境科学出版社, 2001. 65-69
- [13] Michael T R. Using External Finance to Foster a Technology Transfer-Based CO₂ Reduction Strategy in the Cement and Iron and Steel Industries in China. In: *WWF Macroeconomics for Sustainable Development Program*, Beijing, China, 2008
- [14] 郇秀萍,蔡九菊,王鼎等. 转炉炼钢工序能耗分析与评价. *冶金能源*, 2004, 23(2):7-10
- [15] 张春霞,胡长庆,严定鏊等. 温室气体和钢铁工业减排措施. *中国冶金*, 2007, 1:(17):7-12
- [16] 陈丽云,张春霞,许海川等. 钢铁工业二次能源产生量分析. *过程工程学报*, 2006, 4(6):123-127
- [17] 仇晓磊,孟庆玉,洪新. 废钢-电弧炉流程和铁水+废钢-电弧炉流程工序能耗的数学模拟. *特殊钢*, 2007, 28(3):4-6
- [18] 黄导. 中国钢铁工业节能分析. *中国能源*, 2004, 5(26): 13-15
- [19] 中国金属学会,中国钢铁工业协会. 2006 年-2020 年-中国钢铁工业科学与技术发展指南. 北京:冶金工业出版社

社,2006.17-19

[20] 李凯,韩爽. 钢铁工业发展前景研究报告. 北京:经济科学出版社,2007.29-31

[21] 付永明. 炼铁工序节能潜力及降低能耗的途径. 江西能源,1998,1:35-39

[22] 舒型武. 钢铁工业节能减排的途径. 大众用电,2009,1:17-18

[23] 王镇武. 中国废钢资源的供需现状及前景. 废钢铁,2002,1:1-7

[24] Tong H F, Liu Y, Qu W S, et al. System Dynamics Model for CO₂ emissions of China Cement Industry. In: The 2009 Conference on System Sciences, Management Sciences & System Dynamics, Shanghai, China, 2009.137-142

[25] 王维兴. 科学评价中国钢铁工业能耗与国际先进水平的差距. <http://www.chinasie.org.cn>: 中国钢铁企业网, 2009

System dynamic scenarios analysis of CO₂ emissions of China iron and steel industry

Tong Hefeng^{*}, Qu Weishuang^{**}, Liu Ya^{*}
(^{*} Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)
(^{**} Millennium Institute, Arlington VA 22201, USA)

Abstract

In order to have a clear and quantitative understanding of the CO₂ emissions from China’s iron and steel sector, and to support policy making in this area, a system dynamics model was built to forecast and analyze the demand, energy consumptions, and CO₂ emissions of steel production for the next 20 years under various scenarios. The baseline stimulation shows that due to domestic demand, China’s steel production could peak in 2022 at 723 million tons, and its energy consumption could peak in 2013 at 457 million tons of coal equivalent, with the peak CO₂ emissions in the same year being about 1.277 billion tons. To mitigate CO₂ emissions from this sector, a combination of policy measures should be adopted, and the most effective measure is to encourage sustainable demand and consumption. Improving building quality and utility, that is per capita living area grows slower and buildings last longer, has the best effectiveness in emission reduction. In addition, increasing scrap steel use and improving the energy efficiency technologies are also helpful for CO₂ mitigation in the iron and steel industry.

Key words: iron and steel industry, CO₂ emissions, system dynamics, scenario analysis, simulation modeling