

Design for Potential Simulation Model of Energy-Saving and Emission-Reducing in China's Petrochemical Industry

Qi Zhang, Yizhen Zhang

School of Economics and Management, China University of Petroleum (East China), Dongying
Email: franckie77@hotmail.com

Received: May 21st, 2012; revised: Jun. 16th, 2012; accepted: Jun. 25th, 2012

Abstract: With the era of low-carbon economy, China is gradually implementing the sustainable development which is based on low energy consumption and low pollution, and has put forward the strategic target of energy conservation and emission reduction explicitly in "12th Five Year Plan". Referencing the international research methods in the potential of energy-saving emission reduction, which combined SD model with LEAP model, the potential of energy conservation and emission reduction in our country's petroleum refining industry can be forecasted accurately. Firstly, based on SD model and the amount of energy consumption in industries, the requirements of oil production and refined products in current and future several years can be estimated. Secondly, putting the data and relevant indicators into LEAP model can get the baseline scenario and ideal scenario. Then, making a comparative analysis between the two scenarios and the reference scenario which come from the conclusions about existing conditions can find problems and potential. Finally, some relevant feasible suggestions are put forward.

Keywords: System Dynamics; LEAP Model; Petroleum Refining; Energy Conservation and Emission Reduction

我国石油炼制行业节能减排潜力仿真模型设计

张 琪, 张义珍

中国石油大学(华东)经济管理学院, 东营
Email: franckie77@hotmail.com

收稿日期: 2012年5月21日; 修回日期: 2012年6月16日; 录用日期: 2012年6月25日

摘 要: 随着低碳经济时代的到来, 我国也逐步实行以低能耗、低污染为基点的可持续发展模式, "十二五" 规划中明确提出节能减排战略目标。引用国际节能减排潜力研究手段, 将 SD 模型与 LEAP 模型结合, 能够准确预估我国石油炼制工业节能减排的潜力。首先, 运用 SD 模型根据各行业耗能量估算出当前和未来若干年原油产量、炼制产品的需求量; 其次, 将上述数据及其他相应指标输入 LEAP 模型, 得出基准情景和理想情景; 然后, 将两种情景与参考情景(现有状况总结得出)做出比较分析, 找到问题和潜力所在; 最后, 提出相关可行性建议。

关键词: 系统动力学; LEAP 模型; 石油炼制; 节能减排

1. 引言

我国目前能源生产量位居世界第一位; 基本能源消费占世界总消费量的 10.4%, 居世界第二位。虽然我国已经成为一个能源生产和消费大国, 但我们应当清醒地看到: 中国人均资源占有量少, 人均能源资源

可采储量远低于世界平均水平。在全面建设小康社会的过程中, 一方面能源的可持续供应面临着很大压力。2008 年, 全国能源消费总量达到 28.5 亿吨标准煤。2008 年全国能源消费总量按可比口径计算, 比上年增长 4%, 而 2008 年中国一次能源生产总量只有 26

亿吨标准煤,我国能源供求形势十分紧张,国内能源供应缺口达到 2.5 亿吨标准煤。中国的石油对外依存度不断上升,2008 年中国石油对外依存度突破 50% 大关。另一方面,可持续发展面临较大压力,尤其是如何满足小康社会对环境的要求面临着巨大挑战^[1]。仅以大气污染情况为例,2007 年中国的二氧化硫排放量为 2468.1 万吨,化学需要量排放量为 1381.8 吨,烟尘排放量为 986.3 万吨,工业粉尘排放量为 699 万吨。2010 年 3 月,中国正式批准了《哥本哈根协议》(Copenhagen Accord)到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%,在如此长时间内这样大规模降低二氧化碳排行,任务非常艰巨^[2]。面对着能源需求紧张和环保压力巨大双重压力,2007 年 10 月 28 日,第十届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议修订了《中华人民共和国节约能源法》,提出把资源节约确立为基本国策,资源节约被摆上了更加突出的位置。此后国务院制定了一系列节能政策措施,加大了节能工作力度。2005 年末,中国政府提出了“十一五”期间单位 GDP 能耗降低 20% 的宏伟目标。近期,我国在“十二五”规划中实施节能减排战略,对能源利用效率、能源节省及低碳环保做出了相应指示。我们必须响应政府号召,切实做好节能减排研究。

本文在详细总结低碳经济、SD 模型和 LEAP 模型研究背景的基础上,深入研究 SD 模型和 LEAP 模型的概念、软件、使用方法和发展状况,将二者结合构建 SD-LEAP 模型针对我国石油炼制行业节能减排潜力进行仿真研究。首先运用 SD 模型根据各行业耗能量估算当前和未来若干年原油产量、炼制产品的需求量;其次,将上述数据及其他相应指标输入 LEAP 模型,得出基准情景和理想情景;然后,将两种情景与参考情景(现有状况总结得出)做出比较分析,找到问题和潜力所在;最后,提出相关可行性建议。运用 SD-LEAP 模型能够将系统动力学和 LEAP 软件的优点结合,从原油产量、炼制品需求量至碳排放量、碳排放潜力,进行一体化流程仿真,为以后我国石油炼制工业及其他行业节能减排的潜力分析提供一种新型研究方法和思路,以期真实有效、科学准确地预测行业节能减排前景和潜力,为我国低碳经济的发展做出一定贡献。

2. 研究背景

2.1. 关于低碳经济的研究现状

低碳理论建立在自然规律基础之上,是依据基本的地球物质循环及碳平衡原理的而建立起来的经济理论^[3]。用来计算各种公共工程、商业活动所带来的碳排放和碳预算收支。并且通过“衍生产品市场机制”及“京都清洁发展机制”这两种机制,让碳排放权得到自由交易。简单来说,低碳经济就是指排放最少的温室气体,同时获得最大的社会产出。低碳理论的建立,让人类重新审视各种经济社会活动,从机制和制度两个层面控制温室气体排放,让低碳经济的理论和模式成为解决气候变化问题的根本途径。从目前的发展看,世界各国在碳排放的方式、过程及循环状态等方面取得了巨大突破,其中以人类经济活动对碳排放的影响为研究的热点。当前,国内外有关低碳经济研究的主要内容有:

1) 对低碳经济概念的合理界定。较早研究低碳经济的学者庄贵阳认为:“低碳经济是指依靠技术创新和政策措施,实施一场能源革命,建立一种较少排放温室气体的经济发展模式,从而减缓气候变化。低碳经济的实质是能源效率和清洁能源结构问题,核心是能源技术创新和制度创新,目标是减缓气候变化和促进人类的可持续发展。”付允等认为:“低碳经济是一种绿色经济发展模式,是以低能耗、低污染、低排放和高能效、高效率、高效益(三低三高)为基础,以低碳发展为发展方向,以节能减排为发展方式,以碳中和技术为发展方法的绿色经济发展模式。”

2) 能源消费与碳排放。包括与碳减排有关的能源消费结构的转换和低碳排放能源系统的建立;2006 年, Kawase 等评述和编制了几个长期气候稳定性情景,并将这种排放量的变化分解为几个因素:碳排放强度、能源效率、经济活动等等。他们指出:总的能源密集度的提升速度和碳排放强度的降低速度必须是先前 40 年达到的 60%~80% 降低量目标的 2~3 倍。

3) 经济发展与碳排放。主要探讨不同经济发展模式、速度与碳排放的关系;2005 年, Treffe 等对荷兰能源系统也进行了愿景分析,与 1990 年相比,2050 年温室气体排放量将降低 80%。其研究得出结论:如果设计和应用大量的方案措施,经济的强势增长的同

时温室气体排放量的持续降低是可行的。人民大学的周元春和邹骥采用对数平均 Divisia 因素分解法 (LMDI) 定量分析能源结构、能源效率、经济发展水平、人口和排放强度这几类影响碳排放的因素对发展低碳经济的影响程度。通过与其它几个主要温室气体排放国家的情况进行对比研究, 发现我国现有的能源结构、能源效率、人口和排放强度都处于不利的阶段, 要想发展低碳经济, 必须从改进技术水平、提高能效和改善能源结构方面努力。

4) 碳减排的经济风险分析与减排对策研究。在研究方法上除了简单的相关分析、区域对比分析之外, 一些基于大量数据的综合模型分析也越来越受到重视, 如碳循环能源模型、动态综合评估模型、能源消费-碳减排经济关联模型等。2005 年 Tum Penny 等人研究出了一种针对局部地区气候变化的减缓模型, 并将之实际应用于英国西部地区, 并取得了使该地区温室气体排放下降 60% 的效果。2007 年 Shimada 等人针对 Tum Penny 的模型缺点做出修改, 构建了一个包括一系列预测社会经济指标和二氧化碳排放量的模型, 并把它应用于日本的滋贺县, 通过实际验证了 Tum Penny 的方法并取得了显著效果, 它们分别能降低二氧化碳排放量的比例为 30%、40%、50%。

2.2. 关于 SD 模型的研究现状

1956 年, 系统动力学由美国麻省理工学院的福雷斯特教授创立。1958 年, 福雷斯特教授发表了系统动力学的奠基之作——《工业动力学—决策的一个重要突破口》。1961 年, 福雷斯特教授出版《工业动力学》一书, 正式宣布系统动力学的诞生。此阶段作为系统动力学的诞生阶段, 明确了结构的概念, 从反馈环的角度来认识系统, 研究平衡条件变动时系统的动态行为。之后不断的研究发展, 1968 年出版《系统原理》论述了系统动力学的基本原理和方法, 1969 年出版的《城市动力学》研究波士顿的各种问题, 总结了美国与西方城市兴衰问题的理论与应用研究成果, 提出“城市模型”。

针对世界范围内的人口、自然资源、工业、农业等因素的相互联系和制约, 以及产生各种可能的后果等研究, 福雷斯特教授于 1971 年发表《世界动力学》, 提出了“世界模型 II”; 梅多斯于 1972 年出版《增长

的极限》和 1973 年出版《趋向全球的均衡》, 提出了更为细致的“世界模型 III”, 阐述了他们对未来世界发展的观点。之后, 福雷斯特又完成了一个多达 4000 个方程的美国“国家模型”, 该模型成功的研究了通货膨胀和失业等社会经济问题, 并第一次从理论阐明了西方经济学家长期争论不休的经济长波产生的机制。

随着系统动力学应用在世界范围内的广泛传播, 其自身也获得新的进展。系统动力学正加强与控制理论、系统科学、灵敏度分析、最优化技术应用等方面的联系。许多学者纷纷采用系统动力学方法来研究各自的社会经济问题, 涉及到经济、能源、交通、环境、生态、生物、医学、工业、城市等广泛的领域。

2.3. 关于 LEAP 模型的研究现状

LEAP 模型自 1997 年问世之后, 应用和研究逐步推广, 已涉及到我国多个领域。Baolei Gu 运用 LEAP 模型预测了中国能源系统的在未来的发展情景和能源需求。张颖、王克^[4]等人运用 LEAP 模型通过设定不同的情景, 分别对我国电力和钢铁行业建模, 探索行业节能减排潜力。高虎等人利用 LEAP 模型定量运算, 制定了湖南、新疆可再生能源规划工作的详细步骤。迟春洁等人^[5]运用 LEAP 模型研究了我国能源未来发展前景。国家发改委能源研究所“青岛能源规划项目”、与 AIT 合作的“城市交通部门温室气体减排分析项目”、与 UNEP 合作的“能源环境区域规划项目”和《中国可持续发展能源暨碳排放情景分析综合报告》中都应用了 LEAP 模型。

3. 模型简介

3.1. SD 模型

系统动力学(System Dynamic)模型简称为 SD 模型, 是在 20 世纪 50 年代末由美国麻省理工学院史隆管理学院教授福雷斯特(Jay W. Forrester)提出的一种以系统动力学的理论与方法为指导, 建立出的用以研究复杂地理系统动态行为的计算机仿真模型体系。构建该模型的一般步骤为: 明确问题, 绘制因果关系图, 绘制系统动力学模型流程图, 建立系统动力学模型, 仿真实验, 检验或修改模型或参数, 战略分析与决策。

3.2. LEAP 模型

长期能源可替代规划系统模型(Long-Range Energy Alternatives Planning System)简称为 LEAP 模型,是由斯德哥尔摩环境协会和波士顿大学(SEI-B)合作开发的基于情景分析法的“能源-环境”规划系统^[6]。该系统包含由 SEI-B 和联合国环境规划署(UNEP)合作构建环境数据库(EDB),是一款自下而上的工程分析模型,可以根据终端用户用能的变化设置不同情景进行能源和环境方面的预测分析(图 1 为模型软件截图)。具体而言,模型使用者可以基于目前状况以及对未来社会、经济和能源发展的不同理解,设定一系列的情景,并将相应的量化指标输入到模型中,最后对不同方案的结果进行比较分析。与其他宏观经济模型或一般均衡模型相比,LEAP 模型不需要估算能源政策的实施对 GDP 产生的具体影响,对输入数据的要求也不太严格,可以根据所研究问题的特点和数据的可获情况,选择输入数据的形式和数量。该模型采用的是自下而上法,也称“终端用能法”,即把能源需求和供应分解为较分散的水平,对一些重要的影响因素分析,如技术革新、能源转换、市场饱和及其他结构变化,主要依靠调查研究、工程研究和专家判断。LEAP 属于中长期能源替代规划系统模型,着重考虑强化节能和环境保护影响力方面的问题。中国能耗

高,污染严重,节能和强化环境保护是今后中国发展的必由之路和重点之一,选用 LEAP 模型符合我国未来的发展变化。

3.3. SD-LEAP 模型

SD-LEAP 模型即将目前广泛应用于工业企业和科研界的系统动力(SD)模型与尚未普及于国内石化行业的长期能源可替代规划系统(LEAP)模型结合,探索我国石油炼制工业节能减排的潜力。

首先,运用 SD 模型根据各行业耗能量(如工业、交通、民用、商用等)估算出当前和未来若干年原油产量、炼制产品的需求量;其次,将上述数据及其他相应指标(如 GDP、人口等)输入 LEAP 模型,得出基准情景(利用当前趋势推测)和理想情景(依据专家建议政策推测);然后,将两种情景与参考情景(现有状况总结得出)做出比较分析,找到问题和潜力所在;最后,提出相关可行性建议。

该模型在我国石油炼制工业节能减排潜力探究中的应用如图 2 所示。

4. 探究方案

4.1. SD 模型框架构建

为调查我国石油炼制工业在当前技术水平下的

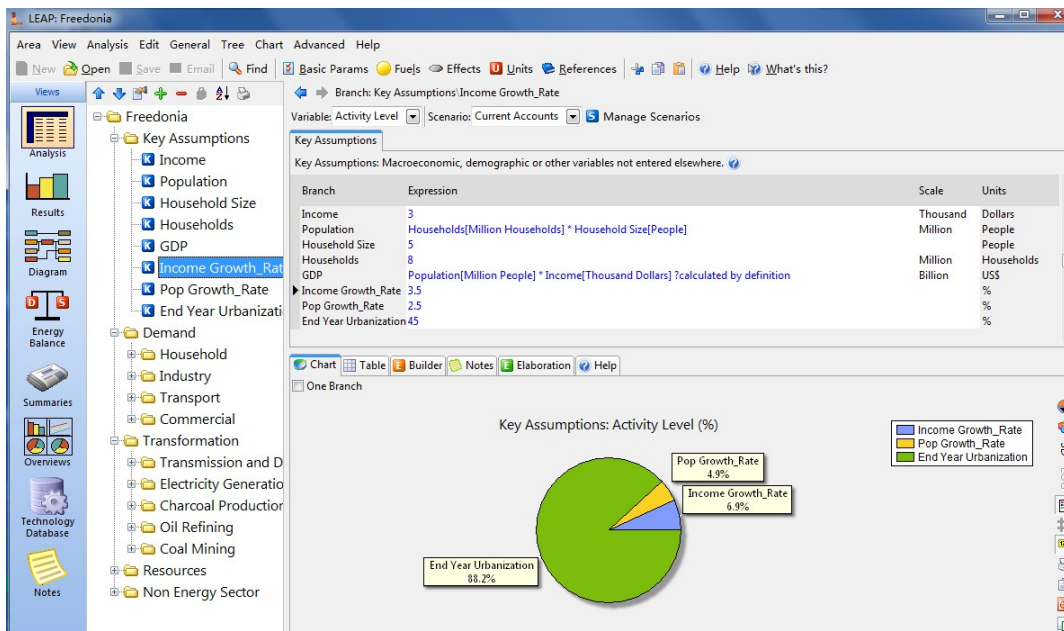


Figure 1. Picture from the LEAP model
图 1. LEAP 模型软件图

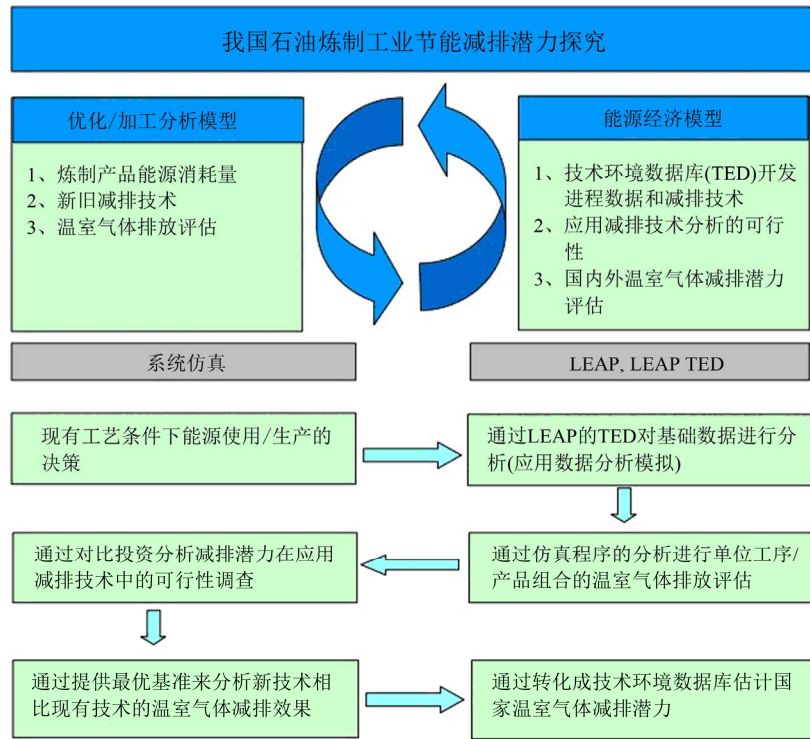


Figure 2. The application flow picture of the SD model used in the research for the potential of energy-saving and reducing emission in the oil-refinery industry of China

图 2. SD 模型在我国石油炼制工业节能减排潜力探究中的应用流程图

碳排放量，需要开发一种循环模式来分析炼油工业各个过程的相关数据^[7]。生产模块包含了基于炼制产品需求量的资源输入模块、原油蒸馏装置(CDU)、真空蒸馏装置(VDU)、残液催化裂化装置(RFCC)、加氢脱硫装置(HDS)，以及催化氧化脱硫醇过程模块等。以上每一类模块都用 SD 模型详细描述。引导子模块之间关系的参数由修云时序数列或工程资料来估算。在这项研究中，SD 模型分为 22 个子模块：原油、常压渣油(AR)、减压渣油(VR)、煤油、石脑油、液化石油气(LPG)、轻直馏油(LSR)以及原料输入等。其中四个模块对 SD 模型的整体框架起到了决定性作用。由煤油、石脑油、LPG、LSR、轻汽油(LGO)、重汽油(HGO)、AR 和废气等决定的原油需求量模块，它用来推测仓储率；由 VR 产品数量由高硫和低硫在延迟焦化装置(DCU)的生产过程中对 VR 的利用需求；在 VR HDS 和脱沥青处理中的 VR 产品数量的测算方法也和 DCU 过程方法一致。最终，VR 的需求量由 DCU、VR、HDS 和脱沥青处理决定。石脑油作为一种 N/K HDS，NHT 和制氢单元(HMU)中的原材料来利用。为支持这些需求，石脑油在 CDU 中生产得到^[8]。

4.2. 设定基准情景

作为一款“能源 - 环境”模型软件，LEAP 模型通过能源需求和转换来实现和比较不同的情境分析。尽管从根本上说，LEAP 模型仅是一种描述性的框架，但用户却能通过简单的描述达到理想情境的复杂模拟。基准情景中的主要社会经济指标如表 1 所示。

Table 1. The main index of economy
表 1. 社会经济主要指标

指标	单位	2000 年	2010 年	2020 年	2030 年
GDP	亿元	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
人口	千万	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄
TPE	MTOE	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄
TFE	MTOE	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X ₄₄
工业耗能	MTOE	X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃	X ₅₄
交通耗能	MTOE	X ₆₁	X ₆₂	X ₆₃	X ₆₄
居民耗能	MTOE	X ₇₁	X ₇₂	X ₇₃	X ₇₄
商业耗能	MTOE	X ₈₁	X ₈₂	X ₈₃	X ₈₄
其他耗能	MTOE	X ₉₁	X ₉₂	X ₉₃	X ₉₄

将上表数据输入 LEAP 模型能够得出各指标在未来若干年的相应数据预测(如表 2)。

依照正常预估结果,工业领域的温室气体排放量在我国各领域中最大。为了减低碳排放量,我国政府鼓励使用包括天然气在内的废矿物燃料,而基准情景和理想情景可以用来比较新技术或新政策对 CO₂ 排量的影响。表 3 列出了政府间气候变化专门委员会(IPCC)研究的 CO₂ 排量系数,依此可分析石油炼制行业节能减排的潜力。

以未来二十年为区段的基准情景是基于当前石化产品的需求量发展趋势设定的,这些产品的需求量决定了能源消耗、原料消耗和石化产品的制造数量。由于 CDU 巨大的产品需求,其能源消耗量比其他流程更大。RFCC 是第二大能源消耗体,尽管它的产品需求量低于其他流程,但能源高度密集型的特点促使它的耗能量更大。因此,能耗量排放量最大的 CDU 成为了 CO₂ 总排量的主要贡献者。不过,尽管 RFCC 的能耗量高于包括煤油和 LGO HDS 在内的其他流程,但它的 CO₂ 排放量却不如上述二者,这是由于煤油和 LGO HDS 更多使用 B-C 油(CO₂ 排放量很高的油类)。

依据基准情景中我国石油炼制工业的发展模式和趋势,找准主要能耗流程和 CO₂ 主要排放流程,即可对症下药,针对主要流程制定相关政策,改进相关技术,大规模降低石油炼制工业的能源消耗量和 CO₂ 排放量,实现理想情景,如下节内容所示。

Table 2. The baseline scenario from the LEAP model
表 2. 运用 LEAP 模型测得基准情景

指标	单位	2005 年	2010 年	2020 年	2030 年
TPE	MTOE	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄
TFE	MTOE	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄
工业耗能	MTOE	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄
交通耗能	MTOE	Y ₄₁	Y ₄₂	Y ₄₃	Y ₄₄
居民耗能	MTOE	Y ₅₁	Y ₅₂	Y ₅₃	Y ₅₄
商业和其他耗能	MTOE	Y ₆₁	Y ₆₂	Y ₆₃	Y ₆₄

Table 3. The CO₂ emission factor of oil-refinery industry (unit: ton carbon per ton of oil equivalent)

表 3. 石油炼制工业中的 CO₂ 排放系数(单位: 吨碳/吨油当量)

	B-C 油	柴油	废气	电力	蒸汽
系数	0.875	0.837	0.694	1.428	0.441

4.3. 设定理想情景

理想情景的设定主要依赖于各类节能减排新技术的运用^[9]。目前我国节能减排工作尚处于起步阶段,我们可以假定引用国外先进技术,对未来二十年的低碳情景做出预测。本文借鉴节能减排技术处于国际前沿的韩国在 2003 年颁布的、由韩国能源管理协会(KEMCO)制定的《能源技术数据库编制方案》^[10],构建技术改进后的五种理想模型,五种模型情景指标框架如表 4 所示。

1) 第一种情景是利用经由 CDU 过程预照的原油蒸馏法,这种技术能通过减少每单位的原油需求量来降低 CDU 的工作量。本情景假定此技术将会在 2030 年完全取代传统的无预照技术。

2) 第二种情景是在 VDU 流程中结合蒸汽剥离技术应用真空蒸馏法,这种技术将蒸汽加入装有 AR 的熔炉以减小碳氢化合物的分压。本情景假定此技术将会在 2030 年完全取代无蒸汽剥离技术的传统方法。

Table 4. The energy conservation and emission reduction scene index of China's oil-refinery industry from LEAP model
表 4. 依据 LEAP 模型推测的我国石油炼制企业节能减排情景指标表

指标	2005 年	2010 年	2020 年	2030 年
CDU	Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃	Z ₁₄
VDU	Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₃	Z ₂₄
LPG 脱硫醇	Z ₃₁	Z ₃₂	Z ₃₃	Z ₃₄
LSR 脱硫醇	Z ₄₁	Z ₄₂	Z ₄₃	Z ₄₄
煤油脱硫醇	Z ₅₁	Z ₅₂	Z ₅₃	Z ₅₄
气体浓度	Z ₆₁	Z ₆₂	Z ₆₃	Z ₆₄
NHT	Z ₇₁	Z ₇₂	Z ₇₃	Z ₇₄
煤油 HDS	Z ₈₁	Z ₈₂	Z ₈₃	Z ₈₄
煤油/轻汽油 HDS	Z ₉₁	Z ₉₂	Z ₉₃	Z ₉₄
LGO HDS	Z ₁₀₁	Z ₁₀₂	Z ₁₀₃	Z ₁₀₄
重组	Z ₁₁₁	Z ₁₁₂	Z ₁₁₃	Z ₁₁₄
HCR	Z ₁₂₁	Z ₁₂₂	Z ₁₂₃	Z ₁₂₄
AR HDS	Z ₁₃₁	Z ₁₃₂	Z ₁₃₃	Z ₁₃₄
RFCC	Z ₁₄₁	Z ₁₄₂	Z ₁₄₃	Z ₁₄₄
PRU	Z ₁₅₁	Z ₁₅₂	Z ₁₅₃	Z ₁₅₄
MTBE	Z ₁₆₁	Z ₁₆₂	Z ₁₆₃	Z ₁₆₄
SRP	Z ₁₇₁	Z ₁₇₂	Z ₁₇₃	Z ₁₇₄
HMU	Z ₁₈₁	Z ₁₈₂	Z ₁₈₃	Z ₁₈₄
总计				

3) 第三种情景是在 LGO HDS 流程中使用氧化脱硫技术。藉此技术, 我们能够在炼油气体中还原 99% 甚至更多的硫磺, 实现深度脱硫。这项技术预计将会在 2014 年得到完善, 因此本情景假定此技术将会在 2015 年开始取代现有方法。

4) 第四种情景通过改变内部型真空蒸馏塔节省能量, 这种技术能够通过利用真空喷射器规整填料和良好分离带来的低压以减少能耗。此技术在 2009 年刚刚完善, 因此本情景设定此技术在 2010 年才开始取代现有方法。

5) 第五种情景是在减压渣油流程中保留塔顶蒸汽余热, 这些在 VDU 中的回流水的热能之前并没有重复利用。从系统中保存热能的技术也是在 2009 年才得到完善的, 因此本情景将此技术取代传统方法的开始时间设置在 2010 年。

4.4. 情景比较与对策

通过将参考情景、基准情景、理想情景中我国石油炼制工业的各类流程在 2020 年和 2030 年的能源消耗量总和与 CO₂ 排放量总和对比分析, 排查出我国石油炼制工业当前在各个环节中的不足之处和提升潜力, 制定相应对策解决问。在利用 SD-LEAP 模型认真研究的基础上, 本文提出以下对策和建议, 以期从政策调整、设备更新和技术改造等三方面大力开发石油炼制行业节能减排潜力。

1) 政策调整

我国石油炼制行业应当调整“产量为先”的传统政策, 响应国家“十二五”规划中对节能减排工作的号召, 充分认识到可持续发展的重要性。在政策引导下, 将节能减排纳入制定政策时的重要考虑因素, 做到每一项政策的制定都能融入节能减排理念, 绝不出台有损节能减排效果的政策。在激励导向上, 对各个部门的节能减排水平严格考核, 定期量化, 将节能减排指标作为奖惩依据之一。在法规制定上, 对节能减排工作的实施、考核和奖惩设定明确规定, 使其每一方面的运作都有法可依。在人事安排上, 成立节能减排专项研究、评估及监督小组, 将节能减排工作真正落实。在企业文化上, 定期举行节能减排主题活动, 张贴环保宣传标语, 营造节能氛围和企业文化。

2) 设备更新

在石油炼制流程系统中, 许多现有设备已经无法满足既保证炼制品产量、又实现节能减排的双重要求。各石油炼制单位应该节省不必要开支, 加大节能减排的资金投入, 尽快更换过期设备。对无法更换或只需局部调整的设备进行必要维护, 将电子仪器的运行参数实施科学、精确地设置和运算, 淘汰耗能过大、产能落后的不必要设备, 做到每一台设备都能达到产能和耗能的完美结合。对每一台设备都实行定期检查, 定量统计设备运行状况, 使设备的维护、修理和更换及时进行。同时, 各石油炼制单位应当进一步增设、健全能源管理信息系统, 对油气开采每一个环节的能源消耗实行定点定时量化, 时刻重视节能减排工作。

3) 技术改造

石油炼制单位现有生产流程基本都是在多年之前设计而成, 未必考虑到当今节能减排的因素。应当对生产流程进行定时评估、节点改造, 力求使石油炼制行业的整个流程都能跟上时代步伐, 达到节能减排的最佳效果。各单位需要聘请相关专家对石油炼制工人进行分批培训, 在灌输节能减排责任意识的基础上, 加强职工操作技术水平, 减少操作过程中的能源浪费。另外, 还要投入相应资金研发新型专业技术, 不断提升节能减排成效。

5. 结束语

目前对我国石油炼制工业节能减排的研究日渐增多, 但对其潜力的研究几乎没有。本文突破国际能源-环保研究潮流中最前沿的 LEAP 模型的使用范围, 研习国际低碳经济学界的最新研究思路, 将 SD 模型与 LEAP 模型结合, 并运用于石油炼制工业, 着重分析我国石油炼制工业节能减排的潜力探究; 为以后我国石油炼制工业及其他行业节能减排的潜力分析提供了一种新型研究方法、思路, 并列出了整体框架和所需指标, 响应了国家近期颁布实施的“十二五”计划中对节能减排的要求。

参考文献 (References)

- [1] 张建民, 殷继焕. LEAP 模型系统分析[J]. 中国能源, 1999, 6: 31-35.
- [2] 姜克隽, 胡秀莲. 中国 2050 年的能源需求与 CO₂ 排放情景[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(5): 296-302.

- [3] 曹斌, 林剑艺, 崔胜辉等. 基于LEAP的厦门市节能与温室气体减排潜力情景分析[J]. 生态学报, 2010, 30(12): 3358-3367.
- [4] 张颖, 王灿等. 基于LEAP的中国电力行业CO₂排放情景分析[J]. 清华大学学报, 2007, 47(3): 365-368.
- [5] 迟春杰, 于渤, 张弛. 基于LEAP模型的中国未来能源发展前景研究[J]. 技术经济与管理研究, 2004, 5: 73-74.
- [6] R. York, E. A. Rosa and T. Dietz. Stirpat, ipat and impact: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impact. *Ecological Economics*, 2003, 46(3): 543-551.
- [7] 许凯, 张刚刚. 面向行业的节能减排评价体系研究[J]. 武汉理工大学学报, 2010, 32(4): 113-116.
- [8] 段红霞. 中国的碳排放、减排潜力及低碳发展政策[J]. 科学对社会的影响, 2010, 4: 5-10.
- [9] R. P. Lejano, P. M. Ayala and E. A. Gonzales. Optimizing the mix of strategies for control of vehicular emission. *Environmental Management*, 1997, 21(1): 67-72.
- [10] R. Shabbir, S. S. Ahmad. Monitoring urban transport air pollution and energy demand in Rawalpindi and Islamabad using leap model. *Energy*, 2010, 30(3): 812-820.