

# 强约束条件下我国化石能源优化配置研究

张一清,刘传庚,谭玲玲

(山东工商学院 经济学院,山东 烟台 264025)

**摘要:** 随着工业化和城镇化进程的加快,我国敞口式的能源消费导致需求急剧增加以及环境严重破坏。在生态环境等强约束条件下,优化配置化石能源以实现能源利用效用最大化有着重大的现实意义。在能源供给总量约束、能源最低保障约束、生态环境约束等强约束条件下,构建了能源利用效用最大化模型,给出了能源优化配置的思路。通过计算能源边际产出均衡条件下的我国各行业潜在能源结余量,给出了我国行业间能源优化配置的具体思路,最后从宏观和微观层面上提出了缩小行业间能源使用效率差距和加强节能技术推广利用等政策建议。

**关键词:** 强约束;化石能源;优化配置;实证分析

**中图分类号:** F426.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-105X(2015)04-0068-08

近年来我国工业化和城镇化的快速发展,导致能源需求持续增长,一方面敞口式的能源消费,造成了能源过度利用和环境的严重破坏,已经威胁到经济社会的可持续发展<sup>[1]</sup>;另一方面能源利用效率不高,我国主要高耗能产品的单位能耗比世界先进水平高20%—40%,能源供需矛盾已成为我国经济持续增长的瓶颈<sup>[2]</sup>。

从长远看,我国的能源供给总量不可能大幅增加,为更好地满足我国经济发展对能源的需求,必须改变我国目前的能源配置制度,优化配置化石能源,走一条既符合国情又与国际先进水平看齐的能源可持续发展道路<sup>[3]</sup>。能源短缺的实质是能源优化配置制度长期滞后于经济社会发展需求,只有通过能源管理制度的创新,才能有效解决能源短缺问题<sup>[4]</sup>。

国内外学者应用系统分析和统计分析的方法对能源资源优化配置进行了持续的研究。

**应用系统分析:** William Stephens and Tim Hess(1999)提出在能源管理问题中应用系统分析方法来剖析和描述; Suresh P Sethi and Gerald L Thompson(2005)、Tsuji-mura Motoh(2004)使用管理科学方法求解能源最优开发利用效益,解决能

源管理中的决策问题; Luciana Porter Bolland(2006)提出在能源管理中运用系统管理科学的理论与方法,研究能源资源的最优开采和储量管理; 赵国浩(2005)则从系统管理的角度研究能源优化配置理论和应用,提出了基于可持续发展的资源最优配置模型。

**应用统计分析:** Daniel L Schmoldt, Jyrkl Kangas and Guillermo A. Mendoza(2001)通过综合模型和指标体系评价能源可持续发展,给出了能源可持续发展的度量指标;孙国文等(2006)结合我国能源生产和需求的实际状况,从传统的多元统计分析和数学模型角度预测能源的产量和需求。郑明慧等在分析能源消费省区配置基础上,测算绝对趋同条件、相对趋同条件下河北省节能潜力,得出其总体能源效率偏低、节能潜力大的结论<sup>[5]</sup>。陈军(2010)通过测算区域间能源边际产出相等情况下能源富余或短缺状况,给出了区域间能源优化配置的政策建议。

上述研究把系统管理和统计方法用于能源的最优开发利用,侧重于能源供需平衡分析,着眼于区域间能源利用效率差异以及节能潜力,但尚缺乏既定的硬约束条件下的产业间能源优化配置的实

收稿日期: 2015-01-21

基金项目: 国家社科基金项目: 低碳生态视角下煤基多联产业链企业综合绩效评价研究(项目编号: 13BGL108);

国家社科基金项目: 资源型城市低碳转型成熟度测评及政策选择研究(项目编号: 14BJL106);

山东省自然科学基金项目: 能源优化配置视角下我国能源的总量控制与对策(项目编号: ZR2011GL016);

山东能源经济协同创新中心重大资助项目: 山东省能源活动温室气体排放清单研究(项目编号: 2014SDXT001)。

作者简介: 张一清(1975—),男,博士,山东工商学院讲师,山东能源经济协同创新中心研究员,主要研究方向为产业经济和电子商务。

证分析。

考虑到能源具有稀缺性和“准公共物品”的特点,本研究在既定硬约束条件下,从能源优化配置的角度,在满足参与者个体参与和激励相容约束下,将能源优先配置到最具经济效益的行业中,使能源利用的总效用最大。

## 一、能源优化配置的模型与方法

能源优化配置是探求在能源配置过程中满足主体参与约束和激励相容约束,在硬约束条件下合理确定各行业能源使用的边际收益,寻求能源利用效用最大化的配置方式。我国主要耗能行业为第二产业中的高耗能行业,根据不同行业的能源使用效率进行能源配置,可以实现能源利用效用的最大化。

### (一) 能源优化配置的约束条件

对能源配置模型中参数有以下假定:(1)不同行业的单位GDP能耗及弹性系数存在差别;(2)不同行业的单位能耗的污染治理成本存在差别;(3)根据我国行业的耗能现状,主要针对第二产业中的主要耗能行业。

能源优化模型是在能源供给总量约束条件下,寻求能源使用效用的最大化,即通过现有配置和理想配置下能源利用的总效用比较,计算出不同配置间能源利用的机会成本,即“制度外利润”,然后利用合作博弈机制的原理进行分配,最终求出能源的最优配置<sup>[6]</sup>。

能源优化配置需要遵循的硬约束条件:

#### 1. 能源开发生产的总量平衡约束

$$\sum TE \leq \min(TE_{ava}, TE_{supply})$$

其中  $\sum TE$  是所有行业能源需求总量,  $TE_{ava}$ 、 $TE_{supply}$  分别是指当前技术条件下可开采的能源总量和已开发出的能源可供总量。

#### 2. 居民能源耗用的最低保障约束

$$\sum TE_{down} \geq \sum \mu * MINYE_{urban} * POP_{urban} + \sum \mu * MINYE_{rural} * POP_{rural}$$

其中,  $\sum TE_{down}$  为居民能源年消耗总量,  $\mu$  为居民生活能源使用保障率,  $MINYE_{urban}$ 、 $MINYE_{rural}$  分别为城市和农村人均最低年能源消耗量,  $POP_{urban}$ 、 $POP_{rural}$  分别为城市(urban)和农村(rural)人口。

#### 3. 关键工业(设备制造业等)能源耗用的最低保障约束

$$\sum_i TE_{critical} \geq \sum_i \xi_i * MINQ_i * QE_i$$

其中,  $TE_{critical}$  是关键工业能源实际耗用量,  $\xi_i$  为关键工业能源耗用保证率,根据不同关键工业的实际状况确定,  $MINQ_i$  是关键工业必须提供的产品或者服务的最低量,  $QE_i$  是单位产品或者服务耗用的能源定额。

#### 4. 污染排放总量的生态环境约束

污染排放总量的生态环境约束主要包括能源开发生产及利用过程中排放的各种污染物,必须满足维持生态环境平衡所要求的最低排放量。

$$\sum_{i=1}^n K_i \leq MINEC$$

其中,  $K_i (i = 1, 2, \dots, n)$  是能源资源开发生产及能源产品利用过程中第  $i$  种污染物的排放当量;  $MINEC$  为维持生态环境平衡所要求的最低排放量。

能源开发生产的总量平衡约束、居民能源耗用的最低保障约束、关键工业(设备制造业等)能源耗用的最低保障约束、污染排放总量的生态环境约束是硬约束条件,使用统计精算的方法可得到硬约束条件中相关量的值,在上述硬约束条件下,对不同行业的能源使用量进行配置,尽可能使能源利用的总效用最大<sup>[7]</sup>。

### (二) 能源优化配置的目标函数

能源利用的总效用计算可以概化为硬约束条件下的线性规划问题,模型中的参与者有能源管理机构、第二产业中的部分行业,目标函数主要由两部分组成:耗能成本和用能效用,其差值为参与者的净效用。

#### 1. 各行业能源使用的边际效用

根据各行业的用能量和边际效用容易得到用能效用,假定  $Y_i$  为第  $i$  行业的GDP,  $E_i$  为各行业的用能量,  $i = 1, 2, \dots, n$  表示各行业。

假定能源是各行业必需的生产要素,满足柯布一道格拉斯生产函数模型,即  $Y = f(A, K, L, E) = A * K^\alpha * L^\beta * E^\gamma$ , 其中  $Y$  为GDP产出量,  $L$ 、 $K$ 、 $A$  分别为劳动、资本和技术三种投入要素;  $E$  为能源投入要素,  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  分别表示资本、劳动和能源的GDP产出弹性系数。

能源使用的边际效用为:  $MP_E = \frac{\partial f}{\partial E} = \gamma * A * K^\alpha * L^\beta * E^{\gamma-1}$

#### 2. 各行业能源使用的边际成本

能源的全成本包括资源成本、工程成本、生态环境成本以及能源稀缺和多用途所决定的机会成本在内的总成本<sup>[8]</sup>。可以将资源环境成本内部

化,假定资源成本  $C_1$ , 工程成本  $C_2$ , 生态环境成本  $C_3$ , 能源稀缺和多功能用途所决定的机会成本  $C_4$ , 则能源的全成本  $C_a = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$ 。假定  $C_{a,i}$  表示第  $i$  行业单位能源的全成本 ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), 则不同行业能源消耗量的原则是能源耗用的边际效用等于能源的边际成本, 即要满足  $MP_E = C_{a,i}$ 。

### 3. 目标函数

能源管理机构是代表社会公共利益的政府管理机构, 其通过制定能源政策, 在满足硬约束条件下最大化能源使用总效用。

$$\max \sum_{i=1}^n \left[ \int_0^{E_i} \gamma * A * K^\alpha * L^\beta * E^{\gamma-1} d(E) - C_{a,i} * E_i \right]$$

$$s. t. \begin{cases} \sum TE \leq \min(TE_{ava}, TE_{supply}) \\ \sum TE_{down} \geq \sum \mu * MINYE_{urban} * POP_{urban} + \sum \mu * MINYE_{rural} * POP_{rural} \\ \sum_i TE_{critical} \geq \sum_i \xi_i * MINQ_i * QE_i \\ \sum_{i=1}^n K_i \leq MINEC \end{cases}$$

约束条件  $\sum TE \leq \min(TE_{ava}, TE_{supply})$  是指行业能源需求总量要小于当前技术条件下能源的可供总量, 参数  $\sum TE$  的值可通过最近几年我国各行业能源需求总量并结合国民经济发展规划用统计方法获取; 参数  $TE_{ava}$ 、 $TE_{supply}$  的值可以通过国家发改委能源研究所相关资料获取。

约束条件  $\sum TE_{down} \geq \sum \mu * MINYE_{urban} * POP_{urban} + \sum \mu * MINYE_{rural} * POP_{rural}$  是指居民的年能源消耗总量要满足最基本的城市居民和农民能源消耗的最低保障, 参数  $\mu$  一般取 95%, 参数  $MINYE_{urban}$ 、 $MINYE_{rural}$  通过典型城市和乡村的调研可以获得, 参数  $POP_{urban}$ 、 $POP_{rural}$  的值可通过该地区统计年鉴获取。

约束条件  $\sum_i TE_{critical} \geq \sum_i \xi_i * MINQ_i * QE_i$  是指关键工业(设备制造业等)能源耗用的最低保障约束, 参数  $TE_{critical}$  的值可通过相关年份的统计年鉴获取,  $\xi_i$  一般取 100%,  $MINQ_i$  可通过行业调研测算得出,  $QE_i$  根据实地调研得出。

约束条件  $\sum_{i=1}^n K_i \leq MINEC$  是指污染排放总量的生态环境约束, 参数  $K_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 的值通过典型区域能源资源开发以及能源利用污染物排放可获取相关数据,  $MINEC$  是当地维持生态环境所容纳的污染物排放量, 可根据实地调研和专

家经验得出。

目标函数  $\sum_{i=1}^n \left[ \int_0^{E_i} \gamma * A * K^\alpha * L^\beta * E^{\gamma-1} d(E) - C_{a,i} * E_i \right]$ , 其中  $\alpha + \beta + \gamma = 1$ , 参数  $\alpha, \beta, \gamma$  的值可利用我国年鉴统计数据通过统计模型测算得出, 参数  $L, K, E_i$  通过我国年鉴统计数据直接得出, 参数  $A$  的值可以通过已有全要素生产率的研究成果得出,  $C_{a,i}$  表示第  $i$  行业能源使用的全成本, 主要包括资源成本、工程技术成本和该行业能源使用的外部成本, 其数值可以通过实地调研以及已有的研究成果得出。目标函数是国民经济各行业能源使用的净总收益的总和。

上述符号前文中已有定义, 容易导出能源使用总效用最大化的条件为:  $MP_E = C_{a,i}$ , 即在能源全成本定价下, 要使各行业能源使用的边际收益等于边际成本。

### (三) 能源优化配置方式的求解

能源优化配置方式的求解为两个部分: 第一部分是配置方式的有效性判别; 第二部分是配置方式的设计。

#### 1. 配置方式的有效性判别

配置方式的有效性判别是将能源配置概化为动态博弈问题, 在能源利用过程中不再视配置方式为一个外生的固定不变的参数, 而是作为内生变量处理。

#### 2. 配置方式的设计

根据配置方式的有效性判别结论, 求解现有配置模式下能源利用的效用, 同时求解满足激励相容和参与约束的全局优化模式下能源利用的效用, 计算两种配置方式间能源利用的效用差额即合作博弈解的可行域(制度外利润), 利用纳什—海萨尼讨价还价方法计算参与者分配的效用, 提出新的能源优化配置方式。

表 1 能源配置博弈模型总体构成及特点

博弈求解过程	博弈类型	博弈解	分析方法	主要解法
模型构成				权重分配法或
配置方式的 设计模型	合作分析	核	规范分析	纳什—海萨尼 讨价还价解
配置方式的 有效性判别模型	动态博弈	精炼纳什均衡	实证分析	海萨尼转换

### 3. 模型计算流程

根据以上分析, 以煤炭为例, 能源配置模型的框架及流程, 详见图 1。

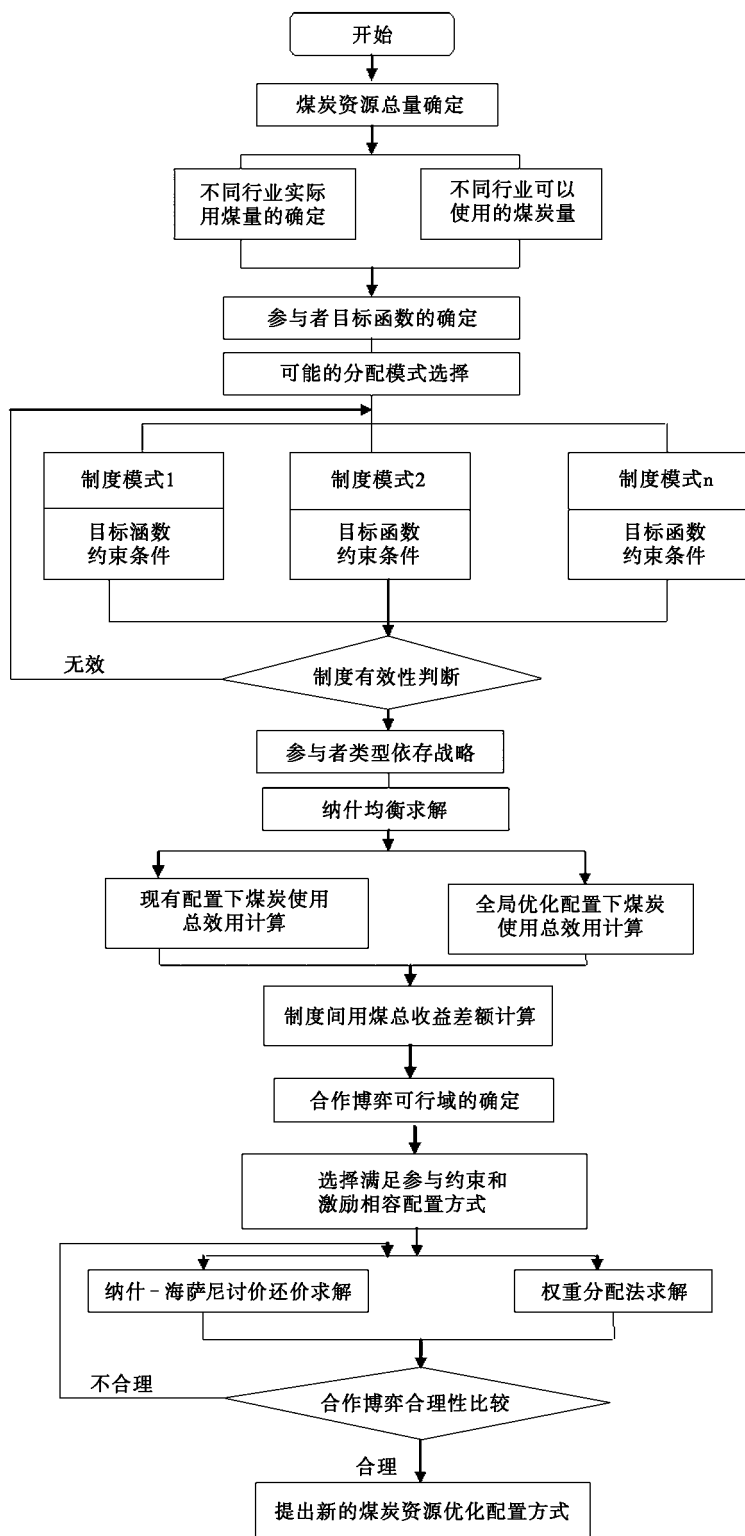


图1 最优煤炭资源配置方式的设计流程

最优煤炭资源配置方式中的功能框图说明:

(1) 煤炭资源总量确定

该数据可从我国煤炭资源综合规划等相关预测报告中获得,煤炭资源总量是模型中赖以分配的煤炭资源量。

(2) 不同行业实际煤炭使用量和可以使用的煤炭量

不同行业实际煤炭使用量是指第二产业和第三产业中的重点耗能行业(交通运输及仓储业等)实际使用的煤炭量。不同行业可以使用的煤炭量

主要是指煤炭资源管理机构按照煤炭使用的行业政策,分给第二产业和第三产业中重点耗能行业的煤炭配额,如果有结余煤炭量,则通过市场分配给其他行业使用<sup>[9]</sup>。

### (3) 参与者目标函数

假定模型中的参与者有靠近煤炭产地的行业1、远离煤炭产地的行业2和煤炭资源管理机构。不同行业用煤(主要是指第二产业和第三产业中的重点耗能行业)的目标函数是用煤效用(用煤的GDP产出)最大化,即要满足单位煤炭使用的全成本等于煤炭使用的边际效用(煤炭使用的边际GDP产出)。煤炭资源管理机构的目标就是制定煤炭使用的管理制度,在满足既定约束条件下追求各行业用煤效用总和(煤炭利用的GDP产出总和)最大化<sup>[10]</sup>。

### (4) 可能的煤炭资源配置方式和参与者类型依存战略

可能的煤炭资源配置方式是指在煤炭配置中各种可能的煤炭配置方式。假定煤炭资源的配置方式有三种:配置方式1是不加任何约束、自由用煤的制度;配置方式2是煤炭管理机构指令性分配煤炭资源给各行业的计划用煤;配置方式3是基于煤炭产权的市场交易和宏观管理制度(煤炭全成本定价、煤炭资源税和行业用煤配额的综合运用)。

参与者类型依存战略是指基于既定的煤炭配置方式,参与者根据自身的类型比如GDP贡献、耗煤特点以及行业成长性而选择的使自身效用(GDP产出)最大化的战略(包括选择煤炭使用量、是否采取节煤措施以及是否采用煤炭产权交易等)。

### (5) 配置方式有效性判断

配置方式有效性判断用来选择特定时期内各方可以接受的各种煤炭资源配置方式中总GDP产出最大的煤炭资源分配方式。

### (6) 全局煤炭优化的配置方式

理想的全局优化的煤炭配置方式是指在硬约束条件下,各种可能煤炭配置方式中用煤GDP法的最大产出的煤炭配置方式。

### (7) 合作博弈可行域

合作博弈可行域是指全局最优煤炭配置方式下总GDP产出与现有的煤炭配置方式下GDP产出差额,即可以重新配置的合作博弈域。

### (8) 合作博弈解的合理性

合作博弈可行域或制度外利润(不同煤炭配置方式下总GDP产出净差额)的分配,必须满足激励

相容约束和个体参与约束,即煤炭配置方式必须使参与个体参与该配置方式比不参与要好;煤炭配置方式必须使参与个体所选择的最优战略符合煤炭资源管理机构目标。

### 4. 能源优化配置方式的求解方法

煤炭资源优化配置方式通过构建合作博弈模型来实现。首先,比较不同煤炭资源配置方式下各行业用煤的总GDP产出。其次,寻找最大的制度外利润(即不同煤炭资源配置方式间最大的GDP产出净差)。最后,寻找满足个体参与约束和激励相容的新煤炭资源配置方式。

一般情形下,从规范角度构建煤炭资源优化配置方式,利用合作博弈方法求出纳什—海萨尼讨价还价解。在纳什—海萨尼讨价还价解的计算中,现有煤炭资源配置方式中各行业的GDP产出用 $c_i$ 表示,用 $x_i$ 表示为经讨价还价后参与者的收益或新煤炭资源配置方式下各行业的GDP产出。

目标函数:

$$\max \prod_{i=1}^n (x_i - c_i)$$

约束:

$$x_i \geq c_i, \quad i = 1, \dots, n \quad x_i \in R^+$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - c_i) = \Delta$$

其中: $\Delta$ 为新的煤炭资源配置方式下各行业用煤的总GDP产出与原有配置下的总GDP产出净差。

讨价还价解取决于各行业的讨价还价能力,以及各行业煤炭使用的边际效用,本质上在煤炭资源管理机构监管下,明确煤炭产权并采用市场机制配置煤炭资源,该方法要求煤炭资源管理机构做到:各行业的用煤信息公开;制定煤炭产权交易的政策和完善煤炭产权交易的制度环境;设置煤炭产权交易的场所和中介。

权重分配法由煤炭资源管理机构利用行政手段根据不同行业煤炭使用量占煤炭总量的比例,分配合作博弈可行域。

权重分配法下参与者获得的效用:

$$x_i = c_i + \Delta * c_i / \sum_{i=1}^n c_i$$

其中: $\Delta$ 为两种不同煤炭配置方式间的效用差额(不同煤炭资源配置方式下的GDP产出净差额)。

以上两种方法都满足合作博弈解的必要条件,同时也满足机制设计要求的激励相容约束和个体参与约束。

## 二、实证分析

本研究将化石能源界定为煤炭、成品油和天然气,为简化计算并测算我国分行业化石能源边际产出并给出行业间化石能源的优化配置,将2011年各行业的终端化石能源消耗总量(煤炭、成品油以及天然气)折算成标准煤,各行业的能源边际产出、化石能源消耗量以及节能量分别是指折算成标准煤消耗的行业边际产出、折算成标准煤的能源消耗总量和折算成标准煤的节能量(将各行业消耗的化石能源统一折算成标准煤后,比单独测算煤炭、成品油以及天然气,行业间化石能源边际产出的比较以及能源边际产出相同条件下各行业的潜在能源结余量更有意义)。

根据前文能源优化配置方式的解释,能源优化配置必须以行业能源边际产出决定行业间能源的流动数量和流动方向。我国化石能源优化配置的基本思路是分析比较不同行业的能源边际产出,依据各行业能源边际产出相等情形下能源富余或短缺情况判断化石能源优化配置效果<sup>[11]</sup>。

### (一) 行业间化石能源边际产出的比较分析

化石能源的边际产出是指在其他投入要素不变的前提下,增加一个单位化石能源的投入(吨标准煤)所增加的产出量(万元GDP),计算公式如下:

$$MP_i = \frac{\Delta GDP_i}{\Delta E_i} = \frac{GDP_{i(t)} - GDP_{i(t-1)}}{E_{i(t)} - E_{i(t-1)}}, i \text{ 代}$$

表不同行业;GDP代表行业的产值;E为化石能源的消费量;t为当前年度;t-1为上一年度。根据该公式计算2011年我国各行业化石能源的边际产出,并根据其数值大小由低到高进行排序,如图2所示<sup>①</sup>。

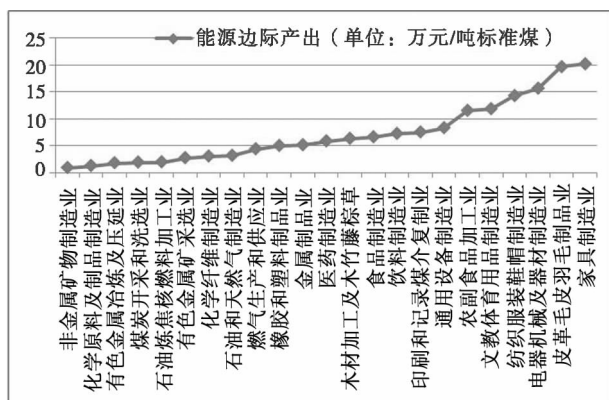


图2 2011年我国相关行业的能源边际产出值<sup>②</sup>

### (二) 边际产出均衡下行业间的化石能源优化配置

能源优化配置核心是在满足各行业能源边际

产出相同前提下能源利用的总效用最大。行业间能源的配置可依据最高能源边际产出行业,测算出能源边际产出相同条件下各行业的能源配置量。

在最高能源边际产出约束下,各行业若保持GDP增量不变,就必须相应减少能源消耗量,历史投入的能源增量与这些能源增量的差值就是能源边际产出低的行业向能源边际产出高的行业配置的数量。以2011年我国最高行业的能源边际产出水平为标准,测算2011年其他行业的潜在能源结余量,计算结果见表2。

表2 能源边际产出相同条件下各行业的潜在能源结余量 (单位:万吨标准煤)

行业	潜在能源结余量
家具制造业	0.00
皮革毛皮羽毛制品业	9.75
文教体育用品制造业	96.00
纺织服装鞋帽制造业	220.38
印刷和记录媒介复制业	243.94
燃气生产和供应业	472.17
电器机械及器材制造业	509.74
木材加工及木竹藤棕草	751.05
饮料制造业	766.05
有色金属矿采选业	989.29
食品制造业	1018.51
医药制造业	1078.89
农副食品加工业	1140.42
化学纤维制造业	1296.95
通用设备制造业	2244.61
金属制品业	2630.30
橡胶和塑料制品业	2654.52
石油和天然气开采业	3309.80
煤炭开采和洗选业	10449.67
有色金属冶炼及压延业	12720.96
石油炼焦核燃料加工业	15367.11
非金属矿物制品业	28606.25
化学原料及制品制造业	32453.07

在表2中,通过计算得出我国2011年家具制造业最高化石能源平均产出为20.23万元/吨标准煤。以最高行业的能源产出值作为其他行业能源边际产出的均衡条件,其他行业会产生不同数量的潜在能源结余,其中化学原料和化学制品制造业的

① 数据来源中国统计年鉴2012。

② 由于我国统计数据中行业能源消耗量和行业工业产值统计口径不同,只选取了我国工业中部分行业。

潜在能源结余量为 32453.07 万吨标准煤,非金属矿物制品业、石油炼焦核燃料加工业、煤炭开采及洗选业、有色金属冶炼及压延加工业均有较大的能源潜在结余量。

以行业中最高能源边际产出为标准,给其他行业配置能源量,就可以最大化能源利用的总效用。然而,随着最高能源边际产出行业接受能源量的增多,其能源边际产出逐渐减少,当其边际产出等于次高行业的能源边际产出时,能源配置将发生变化。

根据以上思路实现的行业潜在的能源结余量为行业间能源的优化配置提供了理论上的支持,然而,需要指出的是要实现最高行业的能源边际产出与其他行业的能源边际产出相同,需要完善的制度、技术和市场等条件,现实中出于种种限制,各行业很难达到能源的边际产出相同<sup>①</sup>。

### (三) 优化配置方式下化石能源 GDP 产出的测算

根据图 2 以及表 2 的分析,我国行业间合作博弈的可行域是存在的,利用机制设计原理对各行业使用的能源量用合作博弈论分析,基本思路是依据各行业累计潜在节能总量及最高行业能源产出计算出潜在可增加的总产值,利用权重分配法分配新增加的总产值。

根据表 2 计算得出 2011 年我国上述行业最大潜在节能量总计为 119029.41 万吨标准煤,按照 2011 年家具制造业能源边际产出为 20.23 万元/吨标准煤,经计算潜在最大可增加 GDP 值为 2407964.95 亿元。为简化计算,采用权重分配法(权重值为各行业能源利用量占能源利用总量的比重)分配新增加的总产值,计算结果见表 3。

表 3 两种配置方式下 2011 年我国相关行业 GDP 产值比较(单位:亿元)

产业	当前能源配置下行业产值	全局能源优化配置下的行业产值	各行业增加的产值	增加比率(%)
家具制造业	4087.00	7619.84	3532.84	86.44%
皮革毛皮羽毛制品业	7315.41	13810.53	6495.12	88.79%
电器机械及器材制造业	35741.04	75556.16	39815.12	111.40%
纺织服装鞋帽制造业	10783.70	23961.15	13177.45	122.20%
文教体育用品制造业	2766.58	6837.45	4070.87	147.14%
农副食品加工业	30817.86	77406.98	46589.12	151.18%
通用设备制造业	31933.47	98799.17	66865.70	209.39%
印刷和记录媒介复制业	2946.74	9760.79	6814.05	231.24%
饮料制造业	8726.41	29668.77	20942.36	239.99%
食品制造业	10104.03	36652.93	26548.90	262.76%
木材加工及木竹藤棕草	7004.84	26196.50	19191.66	273.98%
医药制造业	8987.68	35627.47	26639.79	296.40%
金属制品业	18269.21	80067.12	61797.91	338.26%
橡胶和塑料制品业	17870.49	79747.43	61876.94	346.25%
燃气生产和供应业	2681.37	13257.61	10576.24	394.43%
石油和天然气开采业	12634.78	81445.84	68811.06	544.62%
化学纤维制造业	4722.75	31489.11	26766.36	566.75%
有色金属矿采选业	3181.05	23233.62	20052.57	630.38%
石油炼焦核燃料加工业	34186.73	332510.19	298323.46	872.63%
煤炭开采和洗选业	22592.74	224887.76	202295.02	895.40%
有色金属冶炼及压延业	25695.40	270397.24	244701.84	952.32%
化学原料及制品制造业	45721.29	652846.70	607125.41	1327.88%
非金属矿物制品业	28498.23	553453.47	524955.24	1842.06%

<sup>①</sup> 按照上述思路计算得出的能源边际产出相同条件下各行业的潜在能源结余量,是理论化的行业间优化配置量。在实际化石能源优化配置中,要充分考虑行业特点确定能源结余,比如通用设备制造业作为国民经济各行业的工业,其能源需求量应该优先配置,另外石油和天然气开采业、煤炭开采和洗选业作为化石能源资源的开采行业,该类行业自身的能源需求量也要满足,当然这些行业的能源消耗应该与国际先进国家同行业的能源强度比较并结合我国该类行业的发展实际状况,制定降低能源强度的阶段性目标。

尽管上述方案只是一个理论上的行业间化石能源优化配置安排,但其为我国相关行业的能源配置提供了量化参考,为设计更为合理有效的能源优化配置方式提供了计算依据和分析基础。能源优化配置方式可以在能源市场中执行严格的行业及产品节能标准,促使高能耗行业结构调整和产品升级,通过行业政策或者市场机制将能源配置到能源边际产出高的行业。

### 三、结论与政策建议

#### (一) 结论

从经济学的角度看,能源资源是稀缺的,尤其是对中国这样的人口大国,更离不开能源支持,因此要从政策和机制上实现能源在国民经济各行业的优化配置,使得能源利用的总效用最大。

我国行业能源使用受诸多条件的制约,包括能源资源的可采储量、居民生活基本用能、公共基础设施运行基本用能、环境容量等硬性约束。在满足能源需求的硬性约束条件下,能源的优化配置能够促使我国经济发展方式的转变,以最低的能源成本实现经济可持续发展。

前文给出了能源配置制度构建的模型及求解流程,能源优化配置理论模型及实证分析表明:在满足硬约束条件下,政府制定相应的产业政策并利用市场机制配置能源,以增加高能效行业的能源供给量、抑制低能效行业的能源需求量,尽可能使各行业中能源利用的边际效用相等,实现能源利用的总效用最大。

#### (二) 政策建议

要解决我国能源短缺问题,除加大能源供应外,必须转变思路,着重从能源配置的创新角度将不同行业的能源使用看作一种稀缺资源在国民经济各行业间优化配置。为促进高耗能低产出行业提高能源利用效率,宏观层面上建议由政府能源主管部门制定高耗能产品能源消耗定额的行业标准,并且对高耗能行业征收能源税;同时,在污染排放总量等硬约束条件下,可以直接给高耗能低产出行业分配能源配额,以控制高耗能低产出行业的能源使用量,将能源配置到低耗能高产出的行业中,以实现行业间的能源优化配置<sup>[12]</sup>。具体政策建议包括:

1. 严控高耗能低产出行业过快增长以及产能严重过剩行业的盲目扩张。严格重大耗能项目的能效评估审查和环境影响评价,对新上项目能源消费量增长过快的地区,暂缓高耗能项目能评审查,提高“两高”项目准入门槛,新上“两高”项目的能效、环保指标要达到国内同行业、同规模领先水平。

2. 制定严格的节能标准,制定高耗能行业的能源消耗的定额行业标准。完善能源节约的激励机制,促使高耗能企业进行结构调整和产品升级。各地区相关行业尽快制定高耗能行业能源定额办法,在地区与行业范围内,由能源主管部门根据该行业内先进企业的能源定额指标,大力淘汰落后的能源利用技术及设备。能源定额是高耗能行业节能工作的基本依据,也是节能主管部门核定和审批能源使用许可量的重要依据。

3. 尽快建立分行业的能源消费总量配额控制机制,加强钢铁、有色金属、化工、建材等重点耗能行业的能源管理,在我国能源总量控制目标下,分配重点耗能企业的能源配额,实行重点行业耗能的总量控制。结合做好化解产能过剩矛盾工作,以钢铁、水泥、电解铝、平板玻璃等产能严重过剩行业为重点,将任务分解落实到企业并加强监督检查。

#### 参考文献:

- [1] 李云峰,鲁刚. 关于我国能源可持续发展战略的探讨[J]. 中国矿业, 2009(9):1-5.
- [2] 李静,汪克亮. 多重目标约束下我国能源效率变动分解、区域差异与影响因素研究[J]. 华东经济管理, 2013(10):66-71.
- [3] Lin Boqiang, Yao Xin, Liu Xiyang. China's Energy Strategy Adjustment under Energy Conservation and Carbon Emission Constraints [J]. Social Sciences in China, 2010(2).
- [4] Zhao Guohao. Optimization Model to Sustainable Utilization of Resources [J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2002, 11(01).
- [5] 郑明慧,王亚飞. 能源消费省区配置及节能潜力分析——以河北省为例[J]. 技术经济与管理研究, 2012(4):112-116.
- [6] 张一清. 水资源优化配置的制度研究[J]. 长江科学院院报, 2010(7):6-11.
- [7] 张一清. 能源优化配置制度的博弈与投入产出分析[D]. 首都经济贸易大学, 2011.
- [8] 郭海涛. 我国能源价格形成机制及改革目标研究[J]. 价格月刊, 2008(9):23-25.
- [9] 赵国浩,卢晓庆. 煤炭资源优化配置视角下的山西煤炭资源整合分析[J]. 煤炭经济研究, 2010(6):4-8.
- [10] 彭祥,胡和平. 水资源配置博弈论[M]. 中国水利水电出版社, 2007.
- [11] 陈军. 中国非可再生能源的区域优化配置[J]. 经济管理, 2010(6):1-8.
- [12] 杨野,郭小哲. 我国能源经济系统优化配置综合效果分析[C]. 中国环境科学学会学术年会优秀论文集:中卷. 2006(7):219-222.