

石油储备价值研究: 基于供应链视角^①

焦建玲¹, 张峻岭¹, 魏一鸣^{2,3}

(1. 合肥工业大学管理学院, 合肥 230009; 2. 北京理工大学能源与环境政策研究中心, 北京 100080;
3. 北京理工大学管理与经济学院, 北京 100080)

摘要: 石油储备是应对石油供应链危机的重要途径. 构建了反映石油供应链运营的线性规划模型, 利用该模型模拟供应链发生不同程度的供应危机和价格危机时, 30 d、60 d 和 90 d 的石油储备在应对需求及价格危机中的作用. 研究表明: 当需求及价格发生较大幅度上升时, 供应链石油储备可以有效抑制需求及价格上升引起的运作成本上涨, 且不同规模的石油储备应对相同情形的需求及价格上升, 效果不同.

关键词: 规划模型; 供应链; 石油储备价值

中图分类号: F407.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2011)02-0053-08

0 引言

我国是石油进口大国, 2004 年进口量突破 1 亿吨, 2007 年进口量高达 1.6 亿吨, 其中近一半的原油消费要靠进口来满足, 如此大的进口量和高的对外依存度, 使得我国石油供应链处在巨大的风险之中. 虽然面临巨大风险, 但我国目前还没有建立起有效的防备机制, 没有建立必须的石油储备, 原油进口主要采取现货交割方式, 进口价格风险非常高^[1-4]. 由于供应链没有有效的防御机制, 一旦原油进口发生较大的供应危机或者价格危机, 供应链成本将急剧上升, 供应链的安全也将受到严重威胁.

国际上第一个将供应链管理研究引入石油行业的是 Seak^[5]. 他以一家石油公司为背景, 并为下游石油工业的物流计划建立了线性规划网络模型, 该模型涉及原油采购和运输、产品加工和运输以及仓库运作. 此后, 不少学者进行了有关方面的类似研究, 如: Escudero 等^[6]提出了运用线性模型

处理石油公司的供应、运输和配送问题. Dempster 等^[7]建立了随机规划模型用于石油公司的计划问题. 相关研究还有 Lasschuit 和 Thijssen^[8], Chen 和 Duran^[9]等.

Neiro 和 Pinto^[10]探讨了石油供应链建模的一般框架, 并建立了石油供应链的综合模型, 但在模型中没有对缺货和产品积压情形予以惩罚, 即模型没有考虑客户和市场的满意度. Wafar 等^[11]研究了石油输出国组织供应链在市场需求和价格不确定情形下的最优化问题, 并考虑了供应链中存在缺货和积压的情形.

近年来, 由于世界石油市场风云变幻, 价格波动异常剧烈, 在这样的形势背景下, 我国政府加大了对能源安全的关注, 有关石油战略储备问题的研究开始得到学术界的重视. 如 We 等^[12]运用决策树方法, 对 2005—2020 年间不同情形下的最优战略储备规模进行了实证研究, Wu 等^[13]通过建立不确定动态规划模型对战略石油储备获取决策问题进行了研究, Zhang 等则运用随机动态规划方法, 同时对战略石油储备最优规模、获取和释放

① 收稿日期: 2009-10-05 修订日期: 2010-07-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70971034 70733005 71020107026); 安徽省自然科学基金资助项目 (090416243).

作者简介: 焦建玲 (1966-), 女, 安徽黄山人, 博士, 副教授. Email: jianljia@126.com

问题进行了研究^②。此外李卓^[14]采用动态最优控制方法,从理论上分析在面临外生性石油供给冲击时,国家石油战略储备计划对国内石油消费以及石油价格走势的动态影响,谢刚和潘伟^[15]采用变精度粗集方法对我国战略石油规模决策进行了研究,习文静^[16]则运用不确定条件下的期望损失函数计算我国的战略石油储备量等。

21世纪的竞争将是供应链与供应链之间的竞争,供应链中任一环节出现问题都会影响到整个供应链的安全运行。本文在上述已有文献研究基础上,从石油供应链角度出发,针对我国原油需大量进口的特点,按产业链的顺序,将石油供应链理解为由原油部门、精炼部门、石化部门和化工部门四个节点构成的网链,参考文献[11]的模型构建,并注意其研究对象是以石油出口为主要特征的石油输出国组织,本文在以下两方面进行了改进,一是在原油部门引入进口,二是考虑到石油进口与出口安全对一国经济的影响差别很大,在通过多次模拟的基础上,设置了相应的缺货惩罚函数,保证供应链有较高的安全性和市场满意度,然后以石油供应链总成本最小为目标建立线性规划模型,并在供应链遭遇外生性石油供应和价格冲击时,比较石油供应链中存在不同规模的石油储备和无石油储备情形下,石油供应链的运作成本,分析石油储备规模对抑制需求及价格波动影响的能力,探讨石油储备的价值。

1 石油供应链线性规划模型的建立

1.1 问题描述

图1是反映石油供应链网络的示意图。整个供应链网络由4个部门构成:原油部门、精炼部门、石化部门和下游化工部门。原油有两个来源,自国外产油国进口(C_i 为产油国集合)和本国生产(C_p 为国内原油生产地集合)。生产/进口的原油按类别分为不同级别(P_c 为各级别原油集合),所有原油进入精炼厂(R 为精炼厂集合)精炼,生产出的精炼产品(P_R 为精炼厂生产的产品集合)或满足精炼产品市场需求(M_R 为精炼产品市场需求集合),或作为下一级石化工厂(P 为石化工厂

集合)的生产原料,同样地,石化产品(P_p 为石化产品集合)或用于满足石化产品市场需求(M_p 为石化产品市场需求集合),或作为下游化学制品厂(D 为下游化学制品厂集合)的生产原料,下游化学制品厂产品(P_D 为下游化学产品集合)全部用于满足本级市场需求(M_D 为下游化学制品市场需求集合)。

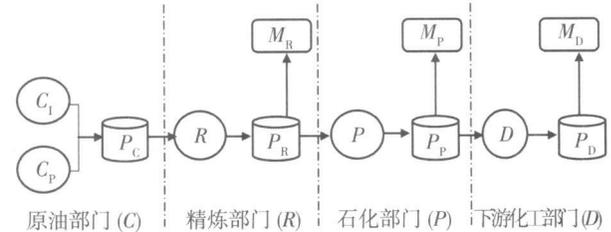


图1 我国石油供应链网络示意图

Fig. 1 Supply chain network for the petroleum industry

1.2 模型符号

建模所需符号说明如下:

- $C_{i,t}^{C,K}$ 时期末,原油部门从K地(国外)进口类原油的单位进口价格;
- $Q_{i,t}^{C,K}$ 时期末,原油部门从K地(国外)进口类原油的数量;
- $C_{i,t}^{C,K}$ 时期末,原油部门从K地(国外)进口类原油的单位价格上限;
- $Q_{i,t}^{C,K}$ 时期末,K地(国外)类原油的正常供货数量上限;
- r_t 时期末,美元兑换人民币的汇率;
- $CP_{i,t}^{C,K}$ 时期末,原油部门从K工厂(国内)采购类原油的单位采购价格;
- $QP_{i,t}^{C,K}$ 时期末,原油部门从K工厂(国内)采购类原油的数量;
- $QP_{i,t}^{C,K,max}$ 时期末,K工厂国产类原油的最大生产能力;
- $QP_{i,t}^{S,K}$ 时期末,S部门($S \in \{R, P, D\}$)K工厂产品的产量;
- $CP_{i,t}^{S,K}$ 时期末,S部门($S \in \{R, P, D\}$)K工厂产品生产原料的单位加工成本;
- $M_{i,t}^{S,K}$ 时期末,S部门($S \in \{R, P, D\}$)K工厂产品消耗的生产原料数量;

② 参见 Zhang X B, Fan Y, Wei Y M. A model based on stochastic dynamic programming for determining China's optimal strategic petroleum reserve policy. J. Energy Policy

λ_i^{SK} S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) K工厂产品的加工转换效率;

$CT_{i,t}^{SK}$ 时期末, S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) K工厂产品 生产原料的单位运输成本;

$CT_{i,j,t}^{SK}$ 时期末, 需求 从 S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) K工厂运输产品 的单位运输成本;

$T_{i,j,t}^{SK}$ 时期末, 需求 从 S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) K工厂得到的产品 的出货量;

f_j S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) 需求 对产品的缺货惩罚系数;

$I_{i,j,t}^S$ 时期末, S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) 需求 对产品的缺货量;

$D_{i,j,t}^S$ 时期末, 需求 对 S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) 需求 对产品的需求量;

S_i^K 原油部门 K基地 类原油的储备量;

s_i^f 原油部门 类原油的储备成本;

F^S S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) 的产品进口地 / 工厂的集合;

M^S S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) 需求市场的集合;

P^S S部门 ($S \in \{R, P, D\}$) 产品的集合;

T 周期集合 (每个计划周期可分为多个短周期 θ).

1.3 目标函数

1.3.1 无储备时运作成本

近年来我国政府非常重视战略石油储备, 并已开始建设储备基地, 但离投入运行发挥作用还有相当距离, 因此假设基准情形为石油供应链中没有战略石油储备. 所建线性规划模型的目标函数为供应链总成本最小化, 因为没有战略储备, 因此供应链的总成本包括: 原油采购成本、各级加工成本、运输成本和惩罚成本 4 个部分, 即目标函数定义如下

$$Z = \min\{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4\} \quad (1)$$

其中, Z_1 、 Z_2 、 Z_3 和 Z_4 分别对应原油采购成本、各级加工成本、运输成本和惩罚成本. 惩罚成本包括进口原油超限惩罚成本和各级部门缺货惩罚成本. 各项成本定义如下

$$Z_1 = \sum_{t \in T} \sum_{P \in PC} \sum_{FC} (r C_{i,t}^{CK} Q_{i,t}^{CK} + C P_{i,t}^{CK} Q P_{i,t}^{CK}) \quad (2)$$

$$Z_2 = \sum_{t \in T} \sum_{P \in PS} \sum_{FS} (C P_{i,t}^{SK} M_{i,t}^{SK}), S \in \{R, P, D\}$$

$$\lambda_i^{SK} \text{ S部门 } (S \in \{R, P, D\}) \text{ K工厂产品的 } \quad (3)$$

$$Z_3 = \sum_{t \in T} \sum_{P \in PC} \sum_{FC} (r C_{i,t}^{CK} Q_{i,t}^{CK}) + \sum_{t \in T} \sum_{P \in PS} \sum_{FS} (C P_{i,t}^{SK} M_{i,t}^{SK}) + \sum_{t \in T} \sum_{P \in PS} \sum_{P \in MS} \sum_{MS} (C T_{i,j,t}^{SK} T_{i,j,t}^{SK}), S \in \{R, P, D\} \quad (4)$$

$$Z_4 = \sum_{t \in T} \sum_{P \in PC} \sum_{FC} [r C_{i,t}^{CK} (Q_{i,t}^{CK} - Q_0^{CK})] + \sum_{t \in T} \sum_{P \in PS} \sum_{FS} g(f_j I_{i,j,t}^S), S \in \{R, P, D\} \quad (5)$$

1.3.2 有储备时运作成本

1) 石油储备成本

石油储备成本由石油采购成本、储备基地投资成本和运营成本 3 部分构成. 由于我国目前还缺乏该方面可利用的数据资料, 因此本文参考美国战略石油储备成本的构成. 美国战略石油储备成本构成为: 石油进口采购成本、投资成本和运营成本, 分别占总储备成本的 75.4%、22.9% 和 1.7%^[12]. 据此可以根据石油采购成本计算其储备成本. 即石油储备成本约为相应规模石油采购成本的 1.3 倍, 表达式如下

$$Z_5 = \sum_{P \in PC} q_i^C = 1.3 \sum_{P \in PC} \sum_{FC} q_i^{CK} C_{i,t}^{CK} \quad (6)$$

2) 供应链总的运作成本

供应链中存在战略储备时, 总的运作成本为 $Z' = \min\{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5\}$ (7)

1.4 约束条件

1) 原料平衡

原油部门 (无战略储备)

$$\sum_{K \in FC} (Q P_{i,t}^{CK} + Q_{i,t}^{CK}) = \sum_{P \in PR} \sum_{FR} M_{i,t}^{PK}, \forall i \in P^C, t \in T \quad (8)$$

原油部门 (有战略储备)

$$\sum_{K \in FC} (Q P_{i,t}^{CK} + Q_{i,t}^{CK} + q_i^{CK}) = \sum_{P \in PR} \sum_{FR} M_{i,t}^{PK}, \forall i \in P^C, t \in T \quad (8')$$

精炼部门

$$\sum_{K \in FR} Q_{i,t}^{PK} = \sum_{P \in PR} \sum_{FP} M_{i,t}^{PK} + \sum_{K \in FR} \sum_{MR} T_{i,j,t}^{PK}, \forall i \in P^R, t \in T \quad (9)$$

石化部门

$$\sum_{K \in FP} Q P_{i,t}^{PK} = \sum_{P \in PD} \sum_{FD} M_{i,t}^{PK} + \sum_{K \in FP} \sum_{MP} T_{i,j,t}^{PK}, \forall i \in P^D, t \in T \quad (10)$$

下游化工部门

$$\sum_{k \in FD} QP_{i,t}^{DK} = \sum_{k \in FD \in MD} T_{i,j,t}^{DK}, \quad \forall i \in P^D, t \in T \quad (11)$$

2) 需求平衡

$$D_{i,j,t}^S + I_{i,j,t+1}^S = \sum_{k \in FS} T_{i,j,t}^{SK} + I_{i,j,t}^S, \quad S \in \{R, P, D\}, \\ \forall i \in P^S, \forall j \in M^S, t \in T \quad (12)$$

3) 产品生产平衡

$$QP_{i,t}^{SK} = \lambda_i^{SK} M_{i,j,t}^{SK}, \quad S \in \{R, P, D\}, \\ \forall i \in P^S, \forall k \in F^S, t \in T \quad (13)$$

4) 原油生产能力

$$QP_{i,t}^{CK} \leq QP_{i,t}^{CKmax}, \quad \forall i \in P^C, \forall k \in F^C, t \in T \quad (14)$$

2 仿真分析: 在石油战略储备中的应用

利用上述构建的供应链线性规划模型, 讨论供应链在发生原油供应危机及价格危机时, 石油储备对稳定供应链供给和成本的作用.

为了便于研究, 做如下假定:

- 1) 石油储备以原油形式存在;
- 2) 石油供应危机通过供给能力不变, 原油需求突增的方式模拟;
- 3) 石油价格危机通过原油价格上涨方式模拟.

2.1 情形说明

由于石油供应链运营中的很多数据均不能通过公开渠道获得, 限于数据的可获取性, 将对上述

线性规划模型中 F^S 、 M^S 、 P^S 和 T 各包含 1个元素, 参数取值则以 2007年我国实际市场运作为基准对模型进行仿真分析. 为保证供应链的需求满意度, 设置了多种缺货函数形式, 带入模型求得模型解后, 计算各部门缺货率, 通过多次模拟, 并比较不同缺货函数形式下各部门缺货率, 最终确定的缺货函数为

$$g_i(L) = \beta * (L^S) \wedge 3/D_i^S, \\ S \in \{R, P, D\}$$

在该函数形式下, 下文基准情形下精炼部门、石化部门和下游化工部门缺货率分别为 1.33%, 2.39% 和 3.33%.

假设由于外因导致供应链中原油需求相比基准情形增加 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 以此模拟供应链原油供应危机, 以及原油价格相比基准情形增加 10%, 20%, 30%, 40%, 50% 模拟供应链价格危机.

按国际石油储备惯例, 假设供应链存在石油储备时, 石油储备量的规模分别为基准情形下 30 d 和 90 d 的石油净进口量.

基准情形 (无战略储备) 参数取值见表 1, 其中:

- 1) 除原油部门外, 各部门需求量、价格及加工转换效率的取值以 2007年我国石油行业相关实际值为参考, 各部门需求量基于 2007年实际总需求量, 价格为 2007年平均值;
- 2) 惩罚系数的取值基于供应链有较高的需求满意度;
- 3) 汇率取 2007年平均汇率.

表 1 基准情景参数值

Table 1 Parameter values for baseline scenario

参数	原油部门 (C)	精炼部门 (R)	石化部门 (P)	下游化工部门 (D)
$C1/美元 \cdot 吨^{-1}$	500	—	—	—
$C2/美元 \cdot 吨^{-1}$	150	—	—	—
$CP/元 \cdot 吨^{-1}$	3 800	150	155	160
$CT/元 \cdot 吨^{-1}$	80 ^①	260	265	250
l	150	500	550	580
$Q0/万吨$	16 300	—	—	—
$QP_{max}/万吨$	18 700	—	—	—
$D/万吨$	—	19 600	7 000	4 500
r	7.5	—	—	—
λ	—	0.97	0.84	0.80

① 单位为美元 /吨.

2.2 基准情形结果分析

1) 根据模型求得 2007 年我国原油总消费量为 34 997.45 万吨, 其中国内采购量为 18 700 万吨, 占原油总消费量的 53.43%, 进口量为 16 297.45 万吨, 占原油总消费量的 46.57%。根据 2008 年中国统计年鉴^[17], 我国 2007 年实际原油总消费量约 3.46 亿吨, 进口 1.63 亿吨, 模型结果与 2007 年实际数据基本吻合, 因此可以利用本模型对我国石油供应链中增加石油储备的价值进行分析。

2) 在供应链的总成本中, 原油采购成本是最主要的成本项, 惩罚成本比例最小, 每项成本所占比例如图 2 所示。所以原油采购成本的变化对整个供应链影响最大。另外在整个成本构成中, 运输成本占到了 18%, 对供应链的影响亦不可小觑。

3) 供应链的各级部门费用比例如图 3 所示。原油部门费用占 82%, 原油部门对整个供应链有决定性影响。近年来原油价格不断上涨, 原油部门的费用比例将进一步上升, 此外原油价格在高位剧烈大幅波动也对供应链运作的稳定性产生很大影响, 因此对供应链的优化重点应放在原油部门。

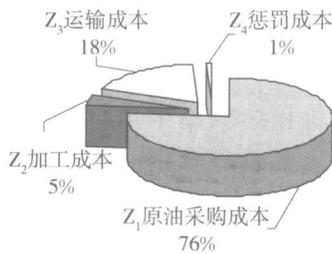


图 2 供应链成本构成

Fig. 2 Cost compositions of petroleum supply chain

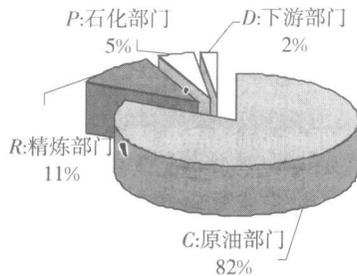


图 3 供应链各级部门费用比例

Fig. 3 Cost compositions of petroleum supply chain for four sectors

2.3 不同规模储备价值分析

在基准情形下假设原油需求或价格发生不同幅度上升, 并将供应链无储备、存在 30 d、60 d 和 90 d 储备情形结果与基准情形进行比较。

原油需求和价格的上升将导致原油部门进口

成本增加, 供应链在没有任何石油储备的情况下, 只能被动接受需求及价格变动引起的不利影响。特别是当需求及价格发生大幅上升时, 供应链将为此支付高昂的成本。而供应链如果存在一定规模的石油储备, 则可以有效地抑制需求及价格上升对供应链运作带来的冲击。

2.3.1 不同需求增长水平下的石油储备价值

图 4 显示的是, 原油需求发生不同程度增加时, 无储备及 30 d、60 d 和 90 d 储备规模情景相比基准情景下, 供应链成本增加的百分比。

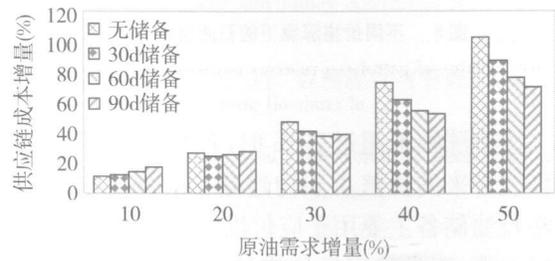


图 4 不同需求增长水平下的石油储备价值

Fig. 4 Value of Petroleum reserves under different increases of demand

从图 4 可以发现, 在需求上升 10% 时, 无论供应链中存在何种规模的石油储备都不能很好地抑制供应链成本的上升。原因在于, 此种情况下, 构建石油储备产生的储备成本大于释放储备带来的价值, 储备规模越大, 储备成本越高。

当需求上升幅度为 20% 时, 30 d 和 60 d 的储备规模已经为供应链带来了经济价值, 相对于无储备的情况, 30 d 和 60 d 的储备都减缓了供应链成本的上升。因而在需求上升 20% 的情况下, 30 d 和 60 d 的储备规模可以起到抑制供应链成本上升的作用, 其中, 30 d 储备的效果略优于 60 d 的储备。

当需求增幅达到 30% 时, 各种规模的石油储备对供应链成本的上升均起到了明显的抑制作用, 其中 60 d 的储备规模效果最好, 其次是 90 d 储备, 30 d 储备由于储备规模小, 效果最差。

当需求上升幅度超过 40% 时, 90 d 规模效果最好, 且随着储备规模的增加, 石油储备的价值越来越明显。该结果说明储备规模并不是越大越好, 最优储备规模会受到需求增长水平的影响。

2) 不同价格涨幅下的石油储备价值

图 5 显示的是, 原油价格发生不同幅度增加时, 无储备及 30 d、60 d 和 90 d 储备规模情景相比

基准情景下,供应链成本增加的百分比.相比较需求而言,50%幅度以内的价格上涨,释放石油储备对抑制供应链成本上升的效果不如需求增加时效果明显.

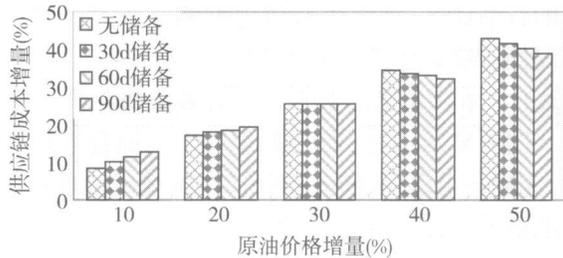


图 5 不同价格涨幅下的石油储备价值

Figure 5 Value of Petroleum reserves under different increases of crude oil price

价格涨幅不超过 20% 时,各种规模的石油储备释放带来的价值小于构建储备所需成本,这与战略石油储备主要用于应付供应中断导致的油价大幅上涨,正常的市场价格波动应通过市场手段解决的战略储备作用是相吻合的.

当价格涨幅达到 30% 时,各种规模的储备价值刚好达到了平衡点,即释放石油储备的价值恰好可以抵消相应规模的储备成本.

当价格涨幅超过 40% 时,30 d、60 d 和 90 d 的储备规模都一定程度上消除了由于价格上涨导致的供应链成本的上升.但是与需求增加相比,石油储备对抑制需求增加引起的供应链成本上升的效果,明显优于相应的价格情形.这主要是因为石油作为基础性能源,处于整个工业生产的最上游,供应短缺引起的影响远远不止经济层面,石油供应链对需求变化的敏感度要高于价格,所以石油储备对抑制需求增加的效果更加显著.

3 结束语

本文建立了反映石油供应链运作的线性规划模型,并根据 2007 年我国实际运行数据,利用简化模型进行了仿真分析,通过上述分析可以得出以下 4 点结论.

1) 石油供应链优化的重点在原油采购

石油供应链的成本费用主要集中在原油部门,而原油采购成本又是原油部门的主要成本支出.根据 2007 年数据运行结果显示,原油部门发

生的费用占我国石油供应链总运营成本的 82%,原油采购成本占总成本的 76%,因此石油供应链优化的重点应放在原油部门,尤其是原油采购.此外运输成本占总成本的 18%,因此运输的合理安排对供应链优化的作用也不可忽视.

2) 石油储备抑制需求影响的效果明显优于抑制价格影响的效果

若需求增加幅度达到或超过 20%,释放 30 d 和 60 d 的石油储备就可以有效抑制供应链成本的上升,若需求增加幅度达到 30%,则释放 30 d、60 d 和 90 d 的石油储备均能抑制供应链成本的上升,而且随着需求增加幅度的增大,效果越显著.

对价格而言,涨幅达到 30% 时,释放石油储备才能达到价值平衡点,涨幅在 50% 之内,石油储备虽对供应链成本上升具有一定的抑制作用,但效果不是很明显.这里,一部分原因在于石油作为基础能源产品,对需求的敏感性高于对价格的敏感性,另一部分原因可能由于模型没有考虑释放石油储备对油价的影响,而张永昶和戴正洪^[18]的研究表明,石油储备的变化会对油价产生影响,由于模型本身的这一简化可能削弱了石油储备对抑制价格影响的效果.因此下一步工作有必要将这一影响机制纳入模型,以提高模型的准确性.

3) 相同规模的石油储备在不同情形下发挥的效用不同

如果构建 30 d 的储备规模,当原油需求增加 10% 时,供应链成本较无战略储备情形多增加 1.12%,而当原油需求增加 20% 时,30 d 储备规模情形下,供应链成本较无战略储备情形则要少增加 2.27%,同理 60 d 和 90 d 储备规模亦如此.与需求增加情形类似,相同规模的石油储备对抑制原油价格不同涨幅的效用也不同.因此中国政府到底应构建多大的战略石油储备,需对未来一段时间(规划期)内供应链可能面临的主要影响因素,如原油需求波动情况,国际原油价格波动情况做必要的分析,根据可能面临的情形做出相应的决策.

4) 只有当需求及价格增幅足够大时,释放石油储备才能获得经济价值

根据本文研究结果可知,需求增幅达到 20%

时, 释放 30 天和 60 天的石油储备开始发挥作用, 90 天的石油储备只有在需求增幅达到 30% 时才开始发挥作用. 而价格需在上涨幅度达到 30% 时, 释放石油储备才能达到价值平衡点.

综上所述, 石油储备可以有效应对因原油需求及价格上升引起的不利影响, 且不同情形下各

种规模的储备发挥的作用也不相同. 因此, 石油储备对降低供应链成本和稳定供给具有十分重要的意义. 石油供应链应根据自身的需求及价格波动情况, 合理设置石油储备的规模, 最大程度的规避原油需求及价格因素的波动 (尤其是需求因素) 给供应链造成的影响.

参考文献:

- [1] 魏一鸣, 范英, 韩智勇, 等. 中国能源报告 (2006): 战略与政策研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 237—249.
Wei Yiming, Fan Ying, Han Zhiyong, et al. China Energy Report (2006): Strategy and Policy Research [M]. Beijing: Science Press, 2006: 237—249 (in Chinese).
- [2] 张跃军, 范英, 魏一鸣. 基于 GED-GARCH 模型的中国原油价格波动特征研究 [J]. 数理统计与管理, 2007, 26 (3): 91—97.
Zhang Yuejun, Fan Ying, Wei Yiming. Study on the characteristics of Chinese crude oil price volatility based on GED-GARCH model [J]. Application of Statistics and Management, 2007, 26 (3): 91—97. (in Chinese)
- [3] 潘慧峰, 张金水. 基于 ARCH 类模型的国内油价波动分析 [J]. 统计研究, 2005, 22 (4): 16—20.
Pan Hui Feng, Zhang Jinshui. The analysis of domestic oil price fluctuation based on ARCH model [J]. Statistical Research, 2005, 22 (4): 16—20 (in Chinese)
- [4] 魏一鸣, 焦建玲, 梁强, 等. 油价长期高位对我国社会经济的影响与对策 [J]. 中国科学院院刊, 2008, 23 (1): 11—15.
Wei Yiming, Jiao Jianling, Liang Qiang, et al. Impact of high oil price on China's social economy and its countermeasures [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2008, 23 (1): 11—15 (in Chinese)
- [5] Sear TN. Logistics planning in the downstream oil industry [J]. Journal of Operational Research Society, 1993, 44 (1): 9—17.
- [6] Escudero LF, Quirana FJ, Saineron J. CORQ: a modeling and an algorithmic framework for oil supply transformation and distribution optimization under uncertainty [J]. European Journal of Operational Research, 1999, 114 (3): 638—656.
- [7] Dempster MAH, Pedro'n NH, Medova EA, et al. Planning logistics operations in the oil industry [J]. Journal of the Operational Research Society, 2000, 51 (11): 1271—1288.
- [8] Lasschuit W, Thijssen N. Supporting supply chain planning and scheduling decisions in the oil and chemical industry [J]. Computers and Chemical Engineering, 2004, 28 (6—7): 863—870.
- [9] Cheng LF, Duran MA. Logistics for worldwide crude oil transportation using discrete event simulation and optimal control [J]. Computers and Chemical Engineering, 2004, 28 (6—7): 897—911.
- [10] Neuro SM, Pinto JM. A general modeling framework for the operational planning of petroleum supply chains [J]. Computers and Chemical Engineering, 2004, 28 (6—7): 871—896.
- [11] AlOthman WB, Lababidi HM, Alattifi IM, et al. Supply chain optimization of petroleum organization under uncertainty in market demands and prices [J]. European Journal of Operational Research, 2008, 189 (13): 822—840.
- [12] Wei YM, Wu G, Fan Y, et al. Empirical analysis of optimal strategic petroleum reserve in China [J]. Energy Economics, 2008, 30 (2): 290—302.
- [13] Wu G, Fan Y, Liu LC, et al. An empirical analysis of the dynamic programming model of stockpile acquisition strategies for China's strategic petroleum reserve [J]. Energy Policy, 2008, 36 (4): 1470—1478.
- [14] 李卓. 石油战略储备计划与石油消费的动态路径分析 [J]. 管理科学学报, 2008, 11 (1): 22—30.
Li Zhuo. Strategic reserve and dynamics of oil consumption [J]. Journal of Management Sciences in China, 2008, 11 (1): 22—30 (in Chinese)
- [15] 谢刚, 潘伟. 基于变精度粗集的战略石油储备规模决策方法 [J]. 中国管理科学, 2006, 14 (4): 211—214.
Xie Gang, Pan Wei. Decision making on the strategic petroleum reserve scale based on the variable precision rough set

- model [J]. Chinese Journal of Management Science, 2006, 14 (2): 211—214. (in Chinese)
- [16] 习文静. 石油储备模型研究[J]. 工业技术经济, 2008, 27(12): 114—116
Xi Wenjing. Study on the model of petroleum reserves [J]. Industrial Technology and Economy, 2008, 27(12): 114—116 (in Chinese)
- [17] 国家统计局. 中国统计年鉴(2007)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008
National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook 2007[M]. Beijing: China Statistics Press, 2008 (in Chinese)
- [18] 张永昶, 戴正洪. 石油库存量对油价的作用机制的仿真及数量分析[J]. 石油化工技术经济, 2002, 17(1): 52—61
Zhang Yongchang, Dai Zhenghong. Simulation and quantity analysis for mechanism of oil stocked reserves acting on oil prices [J]. Techno-economics In Petrochemicals, 2002, 17(1): 52—61 (in Chinese)

Research on the value of petroleum reserve based on supply chain

JIAO Jian ling, ZHANG Jun ling, WEI Yim ing³

1. School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;
2. Center for Energy and Environmental Policy Research, Beijing Institute of Technology, Beijing 100080, China;
3. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100080, China

Abstract: Petroleum reserve is an important way to control the risk of petroleum supply chain. This paper develops a linear programming model for the operations management of petroleum supply chain, then it is applied to simulating the value of 30, 60 and 90 days strategic petroleum reserve under different increases of demand or crude oil price. The results show that strategic petroleum reserve can effectively control the increase of supply chain operational cost when big fluctuations occur, and the effects are different if the scale of strategic petroleum reserve is changed.

Key words: linear programming model, supply chain, value of petroleum reserve