

文章编号: 1003-207(2003)03-0030-06

分布式供应链中基于准时制的原油采购计划方法

刘 晓^{1,2}, 王成恩¹, 储诚斌²

(1. 中科院沈阳自动化研究所, 沈阳 110016; 2. 特鲁瓦科技大学, 法国 10009)

摘 要: 本文研究了分布式供应链多供应商/多炼油厂的原油采购计划问题, 建立了在有限资源约束下的准时制多目标采购优化数学模型, 以实现总采购费用和供应链循环时间最小。然后, 本文将非线性规划模型转化为线性规划模型, 并利用层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 与多目标规划相结合的方法求解模型得到采购计划方案。数值仿真结果表明本文所提出的原油采购方法的有效性和实用性。

关键词: 供应链; 采购优化; 准时制; 多目标规划; 层次分析法

中图分类号: F830.9 文献标识码: A

1 引言

石化产品竞争的焦点在于产品的质优价廉、小批量、多品种和准时交货。面对日益激烈的全球化竞争市场, 石化企业必须面对变化多端和不可预测的原油市场环境, 缩短产品周期, 提高市场的应变能力。运用供应链的思想科学的制定采购决策是实现上述目的的重要途径^[1,2]。由于原油采购成本占产品总成本的 80% 左右^[3], 例如, 采购原油在价格上低 0.1 美元/桶, 对 250 万吨/年炼厂来讲可节约成本 1500 万元人民币左右, 原油的质量在很大程度上决定了产品的结构和性质, 直接影响成品油销售。同时, 随着我国原油进口比例的逐年加大, 据有关部门测算, 到 2010 年, 进口石油将超过 1 亿吨^[3]。因此, 研究以降低采购成本、减少供应链循环时间为目标的准时制原油采购计划对优化企业资源、分配、减少损耗、降低成本、缩短产品周期、提高企业柔性起到关键性的作用^[5,6]。

自 1983 年 Schonberger 和 Gilber 等人提出 JIT 采购实践以来, 有关 JIT 采购问题的研究在国际上引起了采购管理者和运筹学家们的高度重视^[7]。Farzaneh Fazel 等^[8]比较了 EOQ 模型和 JIT 模型的采购成本, 指出 EOQ 库存成本要高于 JIT 采购的库存成本; Roy 和 Guin^[9]以印度的钢铁厂为背景, 提

出了 JIT 采购应用的概念模型; Gonzalez-Benito 等人^[10]用成本比较法分析了 JIT 采购实践; Hong 和 Hayya^[11]分析了 JIT 采购环境并提出了以最低成本为目标单资源和多资源了两个数学规划模型, 从而获得最优批量和选择供应商; 尽管如此, 有关准时制采购决策问题公开发表的成果较少, Weber 等人总结了自 1966 年至 1990 年的 74 篇有关采购决策的文献, 其中只有 13 篇是关于 JIT 采购环境的, 并且这些文献主要采用概念和实践的方法, 没能给出最优的数学模型, 难以保证最优性^[12]。

我国石化企业是由集团公司下属的分布式多个炼油厂组成, 在全球采购环境下, 由集团公司统一制定采购计划方案, 从多个供应商处采购不同种类的原油以满足各炼油厂生产需求。本文即是以石化企业分布式多供应商、多工厂的供应链背景, 引入准时制思想, 提出在有限资源能力约束下的极小化超额/拖欠惩罚费用、采购费用、运输费用总额及极小化供应链循环时间的准时制采购计划问题, 并建立了原始的多目标优化模型。为了便于求解, 提出了一种转换方法, 将非线性规划问题转化为线性规划问题, 并利用线性加权方法与 AHP 法相结合的方法求解多目标规划问题, 旨在为我国石化企业原油准时制采购问题的实际应用奠定理论基础。

2 模型

2.1 问题描述

设供应链中有 l ($l = 1, 2, \dots, L$) 个炼油厂, i ($i = 1, 2, \dots, I$) 个供应商。在计划期 $[1, T]$ 内, 从供应商 i 处采购 j ($j = 1, 2, \dots, J$) 种原油以满足各炼油

收稿日期: 2002-11-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (79931000); 国家“863”
高技术计划资助项目 (2001AA413410)

作者简介: 刘晓 (1967-), 女 (汉族), 吉林人, 中科院沈阳自动化
研究所博士研究生, 研究方向: 供应链管理。

厂生产需求。各炼油厂根据生产及设备的实际情况和产品油市场的需求状况, 提出欲采购原油的种类、在某时段 $t, t \in [1, T]$ 内的需求数量、质量和交货时间 $d_{jt}, d_{jt} \in [1, T]$ 。假设供应商 i 在时间段 $[1, T]$ 内对 j 种原油的供应能力有限; 由于各供应商及各炼油厂所处地理位置不同, 造成运输时间 τ_{il} 及运输价格 e_{jl} 的差异。虽然运输方式有所不同, 如海运、管输等, 但由于原油产品的特殊性, 两地之间运输基础设施(如管道)是固定的, 运输方式基本上是单一的, 因而, 这里我们假设两地之间单位运输费用是固定的, 采购单位原油原本 C_{ijl} 由单位原油价格 v_{ij} 和单位运输价格之和组成 $C_{ijl} = v_{ij} + e_{jl}$, 即到岸价。

由于供应商生产能力的相对稳定性和市场需求的多变性, 导致在计划期 $[1, T]$ 的某时段内, 供应商的供应能力与各炼油厂的需求能力不平衡, 时常会出现供应能力短缺或超额现象。当供应能力短缺时, 通常的解决办法是提前订货或推迟交货。然而, 提前订货占用大量的流动资金且增加存储费用; 拖欠交货需要交付拖欠罚金并且降低供应链的服务水平, 增加供应链循环时间; 同时, 由于一个炼油厂其特定的装置只适合某类原油, 原油选择有一定范围, 其加工流程随原油的性质不同而不同。原油质量(如含硫量和比重)、价格、加工方案和加工流程直接影响到成品油的数量和质量, 对企业生产计划的顺利进行和经营目标的实现起到至关重要的作用。所以, 当某类原油发生短缺时, 采购计划要综合考虑短缺原油的品种、数量、质量进行分配以保证企业生产的需求。因此采购计划的目标是: 在供应链计划期内, 在供应能力许可的条件下, 根据各炼油厂的需求合理制定采购方案使采购成本、运输成本、超额/拖欠惩罚费用和供应链循环时间得到优化, 同时, 根据各炼油厂对原油质量和准时交货的要求, 合理的选择出供应商及资源的优化配置方案, 为采购决策提供可靠的数学依据。

2.2 模型建立

(1) 假设: 运输时间与运输距离成正比; 运输价格与运输距离成正比。由于原油产品是紧缺物资, 这里我们不考虑采购数量与价格折扣情况; 不考虑由于原油品种不同引起运输时间上的差异; 忽略供应商对订单的响应时间。

(2) 决策变量确定

本文所研究的问题是确定从可供选择的供应商处何时采购何种原油, 数量多少, 以获得最好的经济效益。因此, 在这里用 $r_{ij}(t)$ 表示在第 t 时段从供

应商 i 计划采购 j 种原油的数量; 由于短缺现象的存在, 我们采取提前采购的方法来解决。然而, 提前采购并不意味着提前发运而是存储在供应商处, 根据 JIT 采购的要求, 只有在生产需求时才准时发运。这里用 $U_{ijl}(t)$ 表示在第 t 时段从供应商 i 向炼厂 l 计划发运原油 j 的数量。

(3) 目标函数

由于成本和时间在供应链中的重要性, 我们提出了一个由成本和时间为目标的多目标解决方案。

I. 最小化总采购费用: 总采购费用由超额/拖欠惩罚费用、采购成本、运输成本组成。

超额采购量为:

$$\left[\sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^I r_{ij}(k) - \sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) \right]^+;$$

拖欠采购量为:

$$\left[\sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) - \sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^I r_{ij}(k) \right]^+;$$

其中 $[x]^+$ 表示 $\max\{0, x\}$ 。

则超额采购惩罚费用为:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \alpha_j \left[\sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^I r_{ij}(k) - \sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) \right]^+;$$

拖欠采购惩罚费用为:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \beta_j \left[\sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) - \sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^I r_{ij}(k) \right]^+;$$

其中, α_j 为单位数量 j 种原油的超额采购惩罚因子; β_j 为单位数量 j 种原油的拖欠采购惩罚因子; 一般情况下, 超额/拖欠惩罚因子与产品单位价格成正比, 且 $\alpha_j < \beta_j$ 。

采购成本为: $\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L C_{ijl} U_{ijl}(t)$

所以, 成本目标函数为:

$$\begin{aligned} \min f_1 = & \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \left\{ \alpha_j \left[\sum_{k=1}^t r_{ij}(k) - \sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) \right]^+ \right. \\ & \left. + \beta_j \left[\sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) - \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) \right]^+ \right\} \\ & + \sum_{l=1}^L C_{ijl} U_{ijl}(t) \end{aligned}$$

II. 最小化供应链循环时间: 供应链循环时间主要考虑由供应商得订单的响应时间和运输时间组成。这里我们忽略供应商的订单响应时间, 强调运输时间, 主要体现就近采购策略以缩短物流时间。

$$\min f_2 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L \tau_{il} U_{ijl}(t) \quad (2)$$

(4) 约束条件

I. 需求约束

供应商计划向炼油厂发运的原油数量一定要在种类、数量上满足给定时间的各炼油厂需求约束。有如下等式:

$$\sum_{i=1}^I U_{ijl}(t - \tau_{il}) = Q_{jl}(t)$$

$$j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T, l = 1, 2, \dots, L \quad (3)$$

式中, $Q_{jl}(t)$ 为炼厂 l 在 t 时段对 j 种原油的需求量。

II. 供应商能力限制

由于供应商在某时段的资源有限, 决定了计划采购数量不能超过其给定供应数量。即:

$$r_{ij}(t) \leq S_{ij}(t) \quad j = 1, 2, \dots, J, i = 1, 2, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

式中, $S_{ij}(t)$ 为供应商 i 在 t 时段可提供 j 种原油的数量。

III 质量约束

由于所采购原油的质量, 如含硫量、含油量、比重等, 直接影响到工艺及成品油的数量和质量, 于是, 有如下关系:

$$\sum_{i=1}^I q_{ij} U_{ijl}(t) \geq q'_{jl} Q_{jl}(t)$$

$$t = 1, 2, \dots, T, j = 1, 2, \dots, J, l = 1, 2, \dots, L \quad (5)$$

q_{ij} 为供应商 i 提供 j 种原油的质量合格率; q'_{jl} 为炼厂 l 可接受的 j 种原油质量合格率的最小值。

IV. 准时交货约束

根据 JIT 采购要求, 选择交货记录、信誉较高的供应商以满足准时交货的需求。

$$\sum_{i=1}^I l_{ij} U_{ijl}(t) \geq l'_{jl} Q_{jl}(t)$$

$$t = 1, 2, \dots, T, j = 1, 2, \dots, J, l = 1, 2, \dots, L \quad (6)$$

式中, l_{ij} 为供应商 i 对 j 种原油的准时交货率; l'_{jl} 为炼厂 l 可接受的 j 种原油准时交货率的最小值;

V. 非负购买量约束

计划采购量和计划发运量显然要满足非负约束条件, 即:

$$r_{ij}(t) \geq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (7)$$

$$U_{ijl}(t) \geq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T, l = 1, 2, \dots, L \quad (8)$$

则准时制原油采购计划问题的多目标规划数学模型(PMO)如下:

$$\min f_1 = \lambda_1 \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L \left\{ \alpha_j \left[\sum_{k=1}^t r_{ij}(k) - \sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) \right]^+ + \beta_j \left[\sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) - \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) \right]^+ + \sum_{l=1}^L C_{ijl} U_{ijl}(t) \right\} \quad (9)$$

$$\min f_2 = \lambda_2 \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L \tau_{il} U_{ijl}(t) \quad (10)$$

s. t.

$$\sum_{i=1}^I U_{ijl}(t - \tau_{il}) = Q_{jl}(t) \quad j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T, l = 1, 2, \dots, L$$

$$r_{ij}(t) \leq S_{ij}(t) \quad j = 1, 2, \dots, J, i = 1, 2, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T$$

$$\sum_{i=1}^I q_{ij} U_{ijl}(t) \geq q'_{jl} Q_{jl}(t) \quad t = 1, 2, \dots, T, j = 1, 2, \dots, J, l = 1, 2, \dots, L$$

$$\sum_{i=1}^I l_{ij} U_{ijl}(t) \geq l'_{jl} Q_{jl}(t) \quad t = 1, 2, \dots, T, j = 1, 2, \dots, J, l = 1, 2, \dots, L$$

$$r_{ij}(t) \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T,$$

$$U_{ijl}(t) \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T, l = 1, 2, \dots, L$$

式(9), (10) 中, $\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0$ 。

3 模型的求解方法

3.1 模型转换

因建立的原始模型的函数是非连续的, 难于用通常的数学规划方法求解。为了便于求解, 可进行下面的转换。

假设 $x_{ij}(t)$ 为从供应商 i 在 t 时段对 j 种原油的超采购量, $y_{ij}(t)$ 为从供应商 i 在 t 时段对 j 种原油的欠采购量。

$$x_{ij}(t) = \left[\sum_{k=1}^t r_{ij}(k) - \sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) \right]^+$$

$$y_{ij}(t) = \left[\sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) - \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) \right]^+$$

$$\text{则 } \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) = \sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) + x_{ij}(t) - y_{ij}(t) \quad (11)$$

$$r_{ij}(t) = \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) - \sum_{k=1}^{t-1} r_{ij}(k)$$

$$= \sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) - \sum_{k=1}^{t-1} \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) + x_{ij}(t) -$$

$$\begin{aligned}
 & y_{\bar{j}}(t) - x_{\bar{j}}(t-1) + y_{\bar{j}}(t-1) \\
 &= \sum_{l=1}^L U_{\bar{j}l}(t) + x_{\bar{j}}(t) - x_{\bar{j}}(t-1) - y_{\bar{j}}(t) + \\
 & y_{\bar{j}}(t-1) \tag{12}
 \end{aligned}$$

则原始模型(PM0)转换为模型(PM):

$$\begin{aligned}
 \min f_1 = & \lambda_1 \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L \left\{ \alpha_j x_{ij}(t) + \beta_j y_{ij}(t) \right. \\
 & \left. + \sum_{l=1}^L C_{\bar{j}l} U_{\bar{j}l}(t) \right\} \tag{13}
 \end{aligned}$$

$$\min f_2 = \lambda_2 \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L \tau_{il} U_{ijl}(t) \tag{14}$$

s. t

$$\sum_{i=1}^l U_{ijl}(t) - \tau_{jl} = Q_{jl}(t) \quad j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T, l = 1, 2, \dots, L \tag{15}$$

$$\begin{aligned}
 & U_{ijl}(t) + x_{ij}(t) - x_{ij}(t-1) - y_{ij}(t) + y_{ij}(t-1) \leq S_{ij}(t) \\
 & i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T, l = 1, 2, \dots, L \tag{16}
 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^l q_{ij} U_{ijl}(t) \geq q'_{ij} Q_{jl}(t) \quad j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T, L = 1, 2, \dots, L \tag{17}$$

$$\sum_i y_{ij} U_{ijl}(t) \geq l'_{ij} Q_{jl}(t) \quad t = 1, 2, \dots, T, j = 1, 2, \dots, J, l = 1, 2, \dots, L$$

$$\begin{aligned}
 & U_{ijl}(t) + x_{ij}(t) - x_{ij}(t-1) - y_{ij}(t) + y_{ij}(t-1) \geq 0 \\
 & i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T, l = 1, 2, \dots, L \tag{18}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & U_{ijl}(t) \geq 0, x_{ij}(t) \geq 0, y_{ij}(t) \geq 0, \\
 & i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T, l = 1, 2, \dots, L \tag{19}
 \end{aligned}$$

从转换结果看出,虽然变量数目增加了,但原始模型已转化为线性多目标规划模型。

3.2 模型等价性证明

引理: 在模型(PM)中,有 $x_{ij}(t) * y_{ij}(t) = 0$ 成立。

证明 (1) 设 $x_{ij}(t) \geq 0$, 即

$$x_{ij}(t) = \left[\sum_{k=1}^t r_{ij}(k) - \sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) \right]^+ > 0, \text{ 则}$$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) > \sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) \\
 & \sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) - \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) < 0 \\
 & \left[\sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) - \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) \right]^+ = 0,
 \end{aligned}$$

即 $y_{ij}(t) = 0$ 。

(2) 设 $y_{ij}(t) \geq 0$, 同理可证 $x_{ij}(t) = 0$ 。

所以,引理 $x_{ij}(t) * y_{ij}(t) = 0$ 成立。

证毕

定理: 模型(PM)与模型(PM0)完全等价。

证明 由(11)式 $\sum_{k=1}^t r_{ij}(k) = \sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) + x_{ij}(t) - y_{ij}(t)$ 可知:

$$x_{ij}(t) = \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) - \sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) + y_{ij}(t)$$

如果 $x_{ij}(t) \geq 0$, 则由引理可知: $y_{ij}(t) = 0$, 即

$$x_{ij}(t) = \left[\sum_{k=1}^t r_{ij}(k) - \sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) \right]^+$$

同理可证:

$$y_{ij}(t) = \left[\sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^L U_{ijl}(k) - \sum_{k=1}^t r_{ij}(k) \right]^+$$

由(12)式 $r_{ij}(t) = \sum_{l=1}^L U_{ijl}(t) + x_{ij}(t) - x_{ij}(t-1) - y_{ij}(t) + y_{ij}(t-1)$ 可知:

模型(PM)与模型(PM0)约束条件完全等价。

所以,模型(PM)与模型(PM0)目标函数和约束条件完全等价。

证毕

3.3 求解算法

原始模型经转换后已变为线性模型,可用标准的线性规划程序求解。对于求解目标规划问题有多种方法,本文采用了使用较多的线性加权法和。

目标函数为: $Min \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2, \lambda_1 + \lambda_2 = 1, \lambda_1 > 0, \lambda_2 < 0$ 。 λ_1, λ_2 为权系数。由于不同的权系数对应不同的有效解和弱有效解,为了使多目标最优化问题具有实际意义,选取合理的权系数至关重要。为了提高选择权重的精度,本文采用 AHP 法。

AHP 法是美国著名运筹学家 Saaty 于 20 世纪 70 年代中期提出的一种将定性分析与定量分析相结合,定性问题定量化的实用决策方法。这个方法的基本思想是将一个复杂问题分解成若干个组合因素,然后将这些因素按其支配关系分组成递阶层次结构,通过两两比较的方式确定层次中诸因素的相对重要性,然后根据人的经验判断,以决定诸因素相对重要性的顺序和权重。

本文根据 Saaty 的 1-9 判别标准^[13],对不同目标的重要性进行判断,然后构造两两比较矩阵,第

n 个元素的权重为: $W_n = \frac{W_n}{\sum_{n=1}^n W_n}$ 。本算法能够给出

不同 λ_1, λ_2 值时的多目标函数的有效解集, 决策者可在有效解集中选择满意的方案。

求解步骤如下:

Step1: 根据供应链中各炼油厂的要求和供应商的能力构造模型及目标函数 $Min \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2$;

Step2: 用 AHP 法确定 λ_1, λ_2 的权重;

Step3: 用通用的线性规划软件, 计算 $x_{ij}^*(t), y_{ij}^*(t), U_{ijt}(t)$ 和目标函数值;

Step4: 由式(11)计算出采购中心每时段在各供应商处计划采购原油的种类和数量。

Step5: 统计计划完成情况及在供应能力短缺情

况下向各炼厂的分配情况:

Step6: 利用不同的 λ_1, λ_2 值求解模型, 给出有效解集。

4 计算结果

以上算法在计算机上对大量例子进行计算, 均取得满意结果, 由于篇幅限制, 下面给出一个小规模的例子。

设由 2 个原油供应商、2 个炼油厂组成的供应链。在计划期[1, 5]内提供 2 种原油产品。已知各供应商提供的相关数据如表 1 所示, 超额/拖欠惩罚因子分别为 $\alpha=0.2$ 和 $\beta=0.6$ 。

表 1 供应商供应能力及相关数据

$S_{ij}(t)/t$	1	2	3	4	5	q_{ij}	质量	l_{ij}	准时交货率	τ_{ij}	运输时间	c_{ijl}	价格	c_{ijl}	价格
$S_{11}(t)$	13	12	13	13	12	q_{11}	0.94	l_{11}	0.98	τ_{11}	1	c_{111}	95	c_{121}	90
$S_{21}(t)$	13	14	13	14	14	q_{21}	0.96	l_{21}	0.97	τ_{21}	2	c_{211}	98	c_{122}	95
$S_{12}(t)$	9	10	12	13	9	q_{12}	0.95	l_{12}	0.98	τ_{12}	2	c_{112}	85	c_{121}	92
$S_{22}(t)$	10	8	9	12	14	q_{22}	0.97	l_{22}	0.98	τ_{22}	1	c_{212}	80	c_{222}	85

各炼油厂的相关数据如表 2 所示

表 2 炼油厂相关数据

$Q_{ij}(t)/t$	1	2	3	4	5	q_{ij}	质量	l_{ij}	准时交货率
$Q_{11}(t)$	0	0	60	0	0	q_{11}	0.95	l_{11}	0.97
$Q_{21}(t)$	0	0	0	9	0	q_{21}	0.90	l_{21}	0.96
$Q_{12}(t)$	0	0	0	18	0	q_{12}	0.93	l_{12}	0.98
$Q_{22}(t)$	0	0	0	0	10	q_{22}	0.96	l_{22}	0.97

根据专家经验, 取 $\lambda_1/\lambda_2 = 2$ 为例, 则 $\lambda_1 = 0.667, \lambda_2 = 0.333$ 。从表 2 可以看到, 由于第 3 时段需求较大超出表 1 供应能力, 出现了能力短缺现象。因此, 可利用本文提出的准时化采购方法, 在能力平衡的前提下, 制定出一个准时采购计划方案如表 3 所示。通过比较可以看出, 所提出的准时化采购计划方法, 完全可以做到在供应能力平衡的前提下, 极小化超额/拖欠惩罚费用、采购费用、运输费用总额及供应链循环时间, 各产品的交货时间都尽可能的靠近各炼油厂提出的时间要求, 从而实现了准时制采购并最大化经营目标。

5 结论

采购计划是供应链管理中的一重要研究工作。本文提出了基于准时制采购的思想建立多目标数学规划模型。为了便于求解, 提出了一种变换方法, 将非线性问题转化为线性问题, 运用标准的线性规划程序求解, 数值计算表明所提出的方法不仅能

表 3 计算结果(目标函数值为 5983.098)

变量/t	1	2	3	4	5
$x_{11}(t)$	13	0	0	0	0
$x_{21}(t)$	0	5	0	0	0
$x_{12}(t)$	0	0	0	0	0
$x_{22}(t)$	0	0	0	0	0
$y_{11}(t)$	0	5	0	0	0
$y_{21}(t)$	17	3	8	0	0
$y_{12}(t)$	0	0	0	0	0
$y_{22}(t)$	0	0	0	0	0
$U_{111}(t)$	0	30	0	0	0
$U_{211}(t)$	30	0	0	0	0
$U_{112}(t)$	0	0	0	0	0
$U_{212}(t)$	0	0	18	0	0
$U_{121}(t)$	0	0	9	0	0
$U_{221}(t)$	0	0	0	0	0
$U_{122}(t)$	0	0	0	0	0
$U_{222}(t)$	0	0	0	10	0
$r_{11}(t)$	13	12	5	0	0
$r_{21}(t)$	13	14	13	8	0
$r_{12}(t)$	0	0	9	0	0
$r_{22}(t)$	0	0	0	10	0
$\sum_{i=1}^2 r_{i1}(t)$	26	26	18	8	0
$\sum_{i=1}^2 r_{i2}(t)$	0	0	9	10	0
$\sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^2 r_{i1}(k)$	26	52	70	78	78
$\sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^2 r_{i2}(k)$	0	0	9	19	19

够有效的编制准时制采购计划, 极小化供应链循环时间, 同时合理的选择供应商及资源的优化配置, 为

供应链管理中准时制采购计划问题的研究提供了一条有效途径。

参考文献:

- [1] Birsen Karpak, Erdogan Kumcu, Rammohan R. Kasuganti, Purchasing materials in the supply chain: managing a multi-objective task[J], *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 2001, 7: 209- 216.
- [2] Rosemary R. Fullerton, Cheryl S. McWatters, The production performance benefits from JIT implementation[J], *Journal of Operations Management*, 2000, 19: 81- 96.
- [3] N. Zhang, X. X. Zhu, A novel modelling and decomposition strategy for over all refinery optimisation[J], *Computers & Chemical Engineering*, 2000, 24: 1543- 1548.
- [4] 顾永康. 石油战略库存的三大意义. *中国石油*, 2000, 11: 59.
- [5] Jean- Thomas Bernard, Robert J. Weiner, Export pricing in state- owned and private MNEs: Evidence from the international petroleum market[J], *International Journal of Industrial Organization*, 1996, 14: 647- 668.
- [6] De Toni, A. /Nassimbeni, G. , Just in time purchasing: an empirical study of operational practices, supplier development and performance[J], *Omega* , 2000, 28: 631- 651.
- [7] W. C Benton, Seunwook park, A classification of literature on determining the lot size under quantity discounts[J], *European Journal of Operational Research*, 1996, 92: 219- 238.
- [8] Farzaneh Fazel, Kalus P. Fischer, Erika W. Gilbert, JIT purchasing vs EOQ with a price discount: An analytical comparison of inventory costs[J], *Int. J. Production Economics*, 1998, 54: 101- 109.
- [9] Roy, K. K. Guin, A proposed model of JIT purchasing in a integrated steel plant [J], *Int. J. Production Economics*, 1999, 59: 179- 187.
- [10] Gonzalez- Benito, J. , Suarez- Gonzalez, I, Spring, M. JIT purchasing practices: An economic analysis based on transaction costs[J], *Int. J. Production Economics*, 2000, 67: 279- 293.
- [11] J. D. Hong, J. C. Hayya, Just- in- time purchasing: Single or multiple sourcing? [J], *International Journal of Production Economics*, 1992, 27: 175- 181.
- [12] Weber. C. , Current, J. , and Benton, W. , Vendor Selection Criteria and Methods[J], *European Journal of Operational Research*, 1991, 50: 2- 18.
- [13] Ghodspour and C. O' Brien, A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming [J], *International journal of Production Economics*, 1998, 56- 57, 199- 212.
- [14] Weber, Current, A multiobjective approach to vendor selection[J], *European Journal of Operational Research* , 1993, 68: 173- 184.
- [15] Dingwei Wang, Earliness/ Tardiness Production planning approaches for manufacturing systems [J], *Computer Ind. Engng*, 1995, 28(3) : 425- 436.

A JIT Planning Approach for Crude Oil Procurements in Distributed Supply Chain

LIU Xiao^{1,2}, WANG Cheng- en¹, CHU Cheng- bin²

(1. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

2. University of Technology of Troyes, France 10009)

Abstract: This paper addresses the crude oil procurement planning problem in distributed multiple supplier/refinery supply chain, and develops under constraints of limited resources. An optimal JIT procurement model to minimize the total costs and cycle time. Subsequently, the non- linear programming model is transformed into a linear programming one, which is further solved by a hybrid of the Analytical Hierarchy Process and the multiple objective programming approach. Finally, numerical computations demonstrate that the approach proposed for crude oil procurement planning is efficient and applicable.

Key words: supply chain; procurement optimization; just in time; multiple objective programming; analytic hierarchy process