

# 随机分布下原料订购运输最优方案规划

## 摘 要

目前供应商的选择在制造型企业中越来越受到重视。基于此, 本文旨在建立随机规划模型与双目标优化模型来制定合适的原料订购与转运方案, 分析了方案的具体实施效果, 并考虑了提高产能目标下的最优方案设计。

首先, 对原始数据预处理, 再按照订货频率进行 *K-means* 聚类, 分出长期合作的第 I 类供应商、适中的第 II 类供应商和解决突发情况的第 III 类供应商。

针对问题一, 在进行 *Pearson* 相关系数检验后, 量化出订货总量、订货频率、供货缺失百分比这三个指标。其次, 对分出的 3 类供应商按照指标分别进行 *TOPSIS* 综合评价, 确定出各类供应商的得分排名情况。考虑到第 I 类供应商为最重要的长期合作对象, 所以在 I、II、III 类中分别选出排名靠前的 30、10、10 家供应商, 最终确定对企业而言最为重要的 50 家供应商。

针对问题二, 首先引入随机性概念, 通过 *Matlab* 的 *ksdensity* 函数拟合得到每周的概率密度分布。接着在满足置信度大于 0.9 的条件下求得各个供货商在未来 24 周供货量。在第一小问中, 考虑以最少的供货商为目标建立随机规划模型, 通过遍历求得至少需要 33 家供货商才可能满足周产能需求。在第二小问中, 假设原材料运输和储存的单位费用为 C 类订购费用的 10%, 再以最少的订购和储存费用为目标建立规划模型, 利用贪心算法得出最经济的订购方案, 需要花费 489359 元, 相比于历史费用下降了 4.79%。在第三小问中, 以最小的损耗量为目标建立规划模型, 通过贪心算法求得最优转运方案, 此时损耗量为  $710.39m^3$ , 相比于历史损耗量下降了 1.42%。

针对问题三, 以转运与仓储成本和损耗率最小这两个目标建立双目标优化模型, 并且需要满足仓储和转运量的约束条件。接着加入成本最小这一目标, 假设原材料运输和存储费用与问题二相同, 基于遗传算法求得该方案下的总费用为 508200 元, 相较于历史费用下降了 2.35%, A 增加了  $8690m^3$ , 损耗率仅为 0.18%, 下降了 4.52%。

针对问题四, 考虑到订货需求与供货时间上的不对等, 导致难以充分利用供应商生产能力。因此需要重新确定供货量, 对处理应急情况的第 III 类供应商供货量赋予衰减系数, 并由排名确定衰减系数大小。之后, 建立以最大产能为目标的规划模型, 并给出转运量和供货的约束条件。利用贪心算法求得每周产能能够提高至  $31127m^3$ , 较原周产能提高了 11.43%。

同时, 本文就企业产能对供应商的选取数量的影响进行了灵敏度分析, 发现产能在  $[2.6 \times 10^4, 2.78 \times 10^4]m^3$  范围时对供应商数量影响较大, 同时当产能目标定在  $2.82 \times 10^4m^3$  附近范围时供货商数量始终保持在 33 不变, 说明算法鲁棒性较强。

关键词: *TOPSIS* 随机规划 双目标优化 贪心算法 衰减系数

## 一 问题重述

### 1.1 问题背景

随着我国制造业的飞速发展，市场竞争变得日益激烈，各类制造业商品均呈现出供过于求的现象，生产企业难以通过提升商品价格来增加自身利润。因此，在原材料订购过程中如何挑选供应商与转运商的组合将会直接影响到各个企业最终的生产效益。基于此，考虑到各个供应商生产原料类型和产能上限的不同，加之转运商运输能力相对有限且在运输原料过程中产生的实际损耗情况可能会有所不同，生产企业便需要根据计划的产能目标来制定相应合适的原料订购与运输方案，用于压缩原料采购成本，提高企业的市场竞争力。

### 1.2 需解决的问题

在附件 1 中提供了某一生产企业近 5 年共计 402 家原料供应商的订货与供货统计数据，而附件 2 则提供了 8 家转运商对应的运输损耗率统计数据。通过对上述数据进行深入的分析，尝试建立数学模型并研究以下问题：

- 1) 量化数据中各个供应商的相关供货特征，建立能够体现保障公司生产重要性的相关数学模型，并挑选出其中最为重要的 50 家供应商。
- 2) 借鉴问题一，找出该企业在满足产能要求时最少需要的供应商数量。同时制定出 24 周最划算的原料采购方案，以此设计损耗最少的运输方案，并分析各方案实施效果。
- 3) 为了降低生产成本，现需增大 A 类原料订购量并减少 C 类原料订货量，同时确保转运过程损耗率尽量低。以此为依据制定新的订购与运输方案并分析方案实施效果。
- 4) 根据现有数据，希望能够尽可能地提升企业每周产能，以此设计出未来 24 周原料订购与运输的方案。

## 二 问题分析

### 2.1 问题一分析

在问题一中，首先需要初步定义一些指标来反映供应商的重要性，并通过相关性分析筛选其中的相似指标。由此可以建立评价模型对供应商进行综合的评价分析，最终根据得分排名情况来选取最重要的 50 家供应商。

### 2.2 问题二分析

在问题二中，首先将概率密度函数引入供货量与运输损耗量的随机分布中，并以最少供应商作为目标函数建立规划模型进行求解。之后，对于最经济订购方案的制定，以最低采购成本为目标建立规划模型，而对于最少转运损耗量问题，需要建立损耗量最少为目标的规划模型。最后利用近 5 年相关数据与本文设计方案进行比较来得出具体方案实施效果。

### 2.3 问题三分析

在问题三中，为了找到一种订购方案和转运方案使得转运和仓储成本尽量小，同时确保损耗率尽可能低。因此将这两个目标结合考虑相应约束条件，建立一个双目标优化模型，并希望通过算法求解出一个较优方案。

### 2.4 问题四分析

在问题四中，由于突发订单订货时间与供货时间的不对等，导致无法充分发挥供应商的潜能。因此我们希望通过调整突发订单供货量来让供货商尽可能多地提供材料。之后我们可以将问题理解为以产能最大为目标函数的规划模型，并通过算法进行求解。

## 三 假设与符号

### 3.1 模型假设

1. 由于自然或是人为因素导致的订货量或供货量波动不予考虑<sup>[1]</sup>；
2. 原料订购与转运费确定之后，中途将不再发生变化；
3. 在企业生产周期开始后，生产技术不会发生变化，即此时产能不具有提高的可能性<sup>[2]</sup>。

### 3.2 符号说明

符号	说明
$S_k$	企业订货总量
$f_k$	企业订货频率
$Q_k$	平均订单完成率
$R_k$	平均缺失供货百分比
$C_i$	每个供应商的相应得分
$G_{kj}$	第 $k$ 个供应商在第 $j$ 周的供货量
$P$	24 周原料采购总费用
$\varepsilon$	服从供货量随机分布的概率密度
$W$	材料全部投入生产所需要的周数
$\alpha$	单位时间单位体积下的储存成本
$CO$	24 周的总体原料储存费用
$QT$	订购方案费用
$L$	运输损耗总量
$\zeta$	服从损耗率随机分布的概率密度
$D$	单个转运商的运输量
$CZ$	转运商运输成本
$SZ$	运输与储存总成本
$LP$	24 周损耗率总和

## 四 模型准备

### 4.1 原始数据预处理

针对题目附件中原始数据出现的部分奇异数据，例如附件 1 中同一周数下企业订货量与供应商供货量之间完全不匹配，两者之间的差异和同类指标相比较而言明显不符合实际情况。此时将会采用取均值或是根据同类指标进行相应校正的方法，来尽可能地消除这些奇异数据带来的统计结果产生误差的可能性。

### 4.2 供应商分类处理

针对供应原料种类的不同可以制定一个分类标准，以此来统计出三种材料供应商的具体个数。根据题目所给数据，各个供应商仅供应 A、B、C 三种材料中的一种，因此统计得出附件 1 数据中提供 A 类原材料的供应商共有 140 家，B 类 134 家，C 类 120 家。

针对该生产企业所给出的各个供应商订货频率大小作为分类标准，对供应商进行相应的分类。在查阅相关文献<sup>[3]</sup>之后，本文将给出以下三种供应商类别定义如下：

**第 I 类供应商：**企业订货频率较高，该类供应商的供货情况相对稳定，供应商与企业之间可以建立长期的合作关系，结成商业伙伴。

**第 II 类供应商：**企业订货频率适中，企业与供应商不必建立长期稳定的合作关系，若某一供应商无法满足订货要求，可随时更换。

**第 III 类供应商：**企业订货频率较低，该类供货商的供货情况较不稳定，生产企业仅在临时需要一次性原料供应情况下向此类供应商提交订货方案。

基于此，可以利用  $K - means$  聚类方法对供应商数据以订货频率大小标准进行分类。

通过  $SPSS$  软件对订货频率进行  $K - means$  聚类分析，可将供应商分为三类，其中包含长期合作的第 I 类供应商 42 家，非长期合作便于替换的第 II 类供应商 46 家，应对突发情况的第 III 类供应商 314 家。

综上所述，分类供应商的数量分布统计情况则可由下图进行展示：

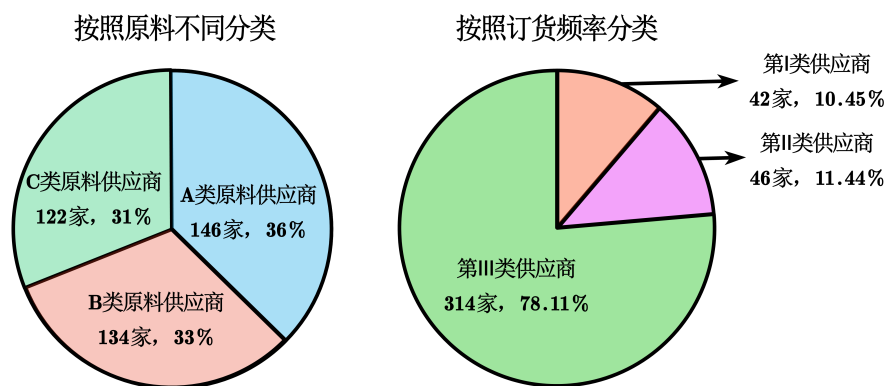


图 1: 两种分类标准下的供应商分布比率

## 五 问题一：量化指标反映生产重要性评价模型

### 5.1 模型建立

#### 5.1.1 量化指标的确定

**Step1** : 初步定义供应商评价指标

☆ 订货总量

通过附件 1 中近 5 年供应商数据分析, 其中, 由于该企业需要提前确定 24 周的原料订购和运输方案, 所以此处 240 周的数据里以 24 周为一周期进行划分, 并将各划分周期内的订货总量取均值, 可用下式来表示:

$$S_k = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n D_{ij}(k)}{N} \quad (1)$$

其中,  $S_k$  表示对第  $k$  个供应商 24 周的平均订货总量,  $D_{ij}(k)$  代表第  $k$  个供应商在第  $i$  个周期内第  $j$  周的相应订货量,  $N$  表示总周期数,  $n$  表示每个周期长度。

☆ 订货频率

考虑企业可能在某一供应商处频繁订购原料, 因此可以假定该供应商对保障企业生产有一定影响。定义 0-1 变量  $x_{ij}(k)$  表示第  $k$  个供应商在第  $i$  个周期中第  $j$  周是否有订单:

$$x_{ij}(k) = \begin{cases} 1, & D_{ij}(k) > 0 \\ 0, & D_{ij}(k) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

所以平均订货频率  $f_k$  便可用下式进行表示:

$$f_k = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n x_{ij}(k)}{N \times n} \quad (3)$$

☆ 平均订单完成率

某些订单的供货量存在少于订货量的情况, 定义  $G_{ij}(k)$  代表第  $k$  家供应商在第  $i$  个周期的第  $j$  周供货量, 而用 0-1 变量  $p_{ij}(k)$  表示供货量  $G_{ij}(k)$  是否达到订货量要求, 可转换为以下形式:

$$p_{ij}(k) = \begin{cases} 1, & G_{ij}(k) \geq D_{ij}(k) \\ 0, & G_{ij}(k) < D_{ij}(k) \end{cases} \quad (4)$$

针对每个订单, 当且仅当供货量大于或等于订货量, 认为该订单全部完成, 那么可以

通过 24 周内的平均订单完成比率  $Q_k$  来刻画这一指标：

$$Q_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}(k)}{\sum_{j=1}^n x_{ij}(k)} \quad (5)$$

#### ☆ 供货缺失百分比

根据订货量与供货量实际数据的比较，可以将供应商  $k$  在第  $i$  个周期第  $j$  周的供货缺失百分比  $R_{ij}(k)$  表示为：

$$R_{ij}(k) = \frac{p_{ij}(k)[D_{ij}(k) - G_{ij}(k)]}{D_{ij}(k)} \quad (6)$$

进而计算出供应商  $k$  的平均缺失供货百分比  $R_k$  为：

$$R_k = \frac{1}{N \times n} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n \frac{p_{ij}(k)[D_{ij}(k) - G_{ij}(k)]}{D_{ij}(k)} \quad (7)$$

#### Step2 : 基于相关性分析筛选指标

假设两个指标  $X$  和  $Y$ ，指标值分别为  $X_i$  与  $Y_i$ 。那么其 *Pearson* 相关系数为：

$$\rho_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^M \left\{ \frac{[X_i - E(X)]}{\sigma_X} \frac{[Y_i - E(Y)]}{\sigma_Y} \right\}}{M} \quad (8)$$

其中， $M$  表示供应商总个数， $E(X)$  与  $E(Y)$  分别表示指标  $X$  和  $Y$  的期望， $\sigma_X$ 、 $\sigma_Y$  依次表示指标  $X$ 、 $Y$  的方差。

根据 *Pearson* 相关系数，若  $\rho_{XY} > 0.8$ ，可以认为两个指标间具有较强的相关性，需要删除其中一个指标，由此可以确定体现供应商重要性的指标。

### 5.1.2 生产重要性评价模型的建立

将这 3 种类别的供应商通过 *TOPSIS* 综合评价方法进行排名，分为以下三个步骤实现：

#### 1. 数据正向化操作

定义  $R$  代表供货百分比  $R_k$  中的最大值，那么可将其转化为极大型指标  $R'_k$  如下：

$$R'_k = R - R_k \quad (9)$$

#### 2. 数据标准化处理

通过以下公式进行标准化矩阵的求解：

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (10)$$

### 3. 计算加权得分

首先定义  $Z^+$  矩阵存放标准化矩阵中各列最大值， $Z^-$  矩阵存放各列最小值，且指标权重向量用  $w$  表示，通过以下公式计算第  $i$  个供应商与对应最大值和最小值之间距离：

$$\begin{cases} d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m w(Z_j^+ - z_{ij})^2} \\ d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m w(Z_j^- - z_{ij})^2} \end{cases} \quad (11)$$

求得的  $d_i^+$  与  $d_i^-$ ，可用于后续计算每个供应商的得分：

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (12)$$

最后，对  $C_i$  进行归一化处理操作，将会得到每个供应商的评分数值：

$$\tilde{C}_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (13)$$

## 5.2 模型求解

### 5.2.1 量化指标的选取

利用 *SPSS* 软件进行 *Pearson* 相关性分析，由相关系数矩阵热力图展示：

	订货量	频率	供货缺失百分比	完成率
订货量	1	0.604	-0.249	0.34
频率	0.604	1	-0.517	0.599
供货缺失百分比	-0.249	0.517	1	-0.906
完成率	0.34	0.599	-0.906	1

图 2: 各项量化指标 *Pearson* 相关系数矩阵图

通过上述相关系数矩阵图分析，发现供货缺失百分比与平均订单完成率间的相关系数达到了-0.906，说明两者基本呈现负相关关系。考虑到缺失百分比既能反映订单是否完成，又能体现缺失材料量的占比，因此舍去平均订单完成率指标，最终得到供应商订货总量、订货频率、供货缺失百分比这三个指标用于反映供应商对企业生产的重要性。

### 5.2.2 基于 TOPSIS 的生产重要性评价模型

通过 TOPSIS 综合评价方法，设置上述三个指标的评价权重依次为  $w = [0.7, 0.1, 0.2]$ 。之后便对三类供应商分别进行评价，并选取其中排名相对靠前的供应商（第 I 类选取 30 家，第 II 类选取 10 家，第 III 类选取 10 家），得到其中最为重要的 50 家供应商具体结果如下：

表 1: 50 家最为重要供应商选取情况

S015	S031	S037	S040	S053	S067	S074	S080	S086	S108
S126	S131	S139	S140	S143	S151	S157	S160	S161	S174
S178	S194	S201	S210	S218	S221	S229	S247	S268	S275
S282	S284	S294	S306	S307	S308	S329	S330	S338	S340
S342	S348	S352	S356	S361	S364	S365	S374	S379	S395

## 5.3 结果分析

通过 *Pearson* 相关性检验，可以筛选出最终 3 个重要指标为订货总量、订货频率和供货缺失百分比。之后，发现重要的供应商大部分为第 I 类供应商。因此，本文通过类别排序挑选出合适供应商（第 I 类选取 30 家，第 II 类选取 10 家，第 III 类选取 10 家），组合成最为重要的 50 家供应商，使其既能满足公司长期合作需求，也可解决突发情况。

## 六 问题二：数据随机分布下的最优方案规划

### 6.1 模型建立

#### 6.1.1 供应商供货随机性概念的引入

本文以 24 周为计划周期，其中每周供货量不确定，但服从一定概率分布。定义集合对于周期内每周，隔 24 周取供货量为集合  $U_{kj}$  元素，即  $U_{kj} = U_{kj}(0), \dots, U_{kj}(i), \dots, U_{kj}(n)$ ，其中  $U_{kj}(i)$  表示第  $k$  家供货商第  $i$  个周期的第  $j$  周的供货量。考虑集合  $U_{kj}$  中的元素服从概率分布  $Y_{kj}$ ，其概率密度函数记为  $y_{kj}$ 。那么对于 24 周内第  $k$  个供货商第  $j$  周的供货量就服从于分布  $Y_{kj}$ ，由此可以确定未来 24 周的供货量  $\varepsilon_{kj}$ 。

同时我们需要满足  $\varepsilon_{kj}$  是在置信度为 0.9 的条件下，那么得到的供货量便是可信的，即：

$$P\{\varepsilon \leq \varepsilon_{kj}\} \geq 0.9 \quad (14)$$



### 6.1.2 供应商选择随机规划模型的建立

#### ➤ 目标函数确定

在每一周都满足企业产能需求的前提下，希望选择的供应商数量尽可能少，因此目标函数为最少的供应商数量。定义 0-1 变量  $x_k$  表示编号为  $k$  的供应商是否被选取：

$$x_k = \begin{cases} 1, & \text{企业选择第 } k \text{ 家供应商} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (15)$$

用  $M$  表示供应商总量，那么最少的供应商数量这一目标即可表示为：

$$\min \sum_{k=1}^M x_k \quad (16)$$

#### ➤ 约束条件确定

##### 1) 企业生产产能约束

首先，需要定义 3 个 0-1 变量  $A_k, B_k, C_k$  依次表示第  $k$  个供应商是否对应提供 A、B、C 这三种材料，即：

$$\begin{aligned} A_k &= \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 家供应商提供 A 类材料} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \\ B_k &= \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 家供应商提供 B 类材料} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \\ C_k &= \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 家供应商提供 C 类材料} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \end{aligned} \quad (17)$$

之后，定义 0-1 变量  $h_{kj}$  表示满足每一周产能时第  $k$  家供应商在第  $j$  周是否供货：

$$h_{kj} = \begin{cases} 1, & \text{第 } j \text{ 周第 } k \text{ 家供应商需要供货} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (18)$$

此时假设每有  $1m^3$  产能需要分别消耗 A、B、C 三类原材料  $m_A, m_B, m_C$ ，对于每一周产能至少需要达到  $2.82$  万  $m^3$ ，因此产能约束为：

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^M h_{kj} \varepsilon_{kj} \left( \frac{A_k}{m_A} + \frac{B_k}{m_B} + \frac{C_k}{m_C} \right) \geq 2.82 \times 10^4 j; \quad \forall j \in J \quad (19)$$

其中,  $J = \{1, 2, \dots, n\}$  表示需要满足 24 周内每周产能达标的要求。

## 2) 供货量随机性约束

供货商  $k$  在第  $j$  周的供货量  $\varepsilon_{kj}$  需要满足其对应的概率分布  $Y_{kj}$ , 即:

$$\varepsilon_{kj} \sim Y_{kj}; \forall k \in K, \forall j \in J \quad (20)$$

其中,  $K = \{1, 2, \dots, M\}$ ,  $J = \{1, 2, \dots, n\}$ 。

综合以上相应的目标函数和约束条件, 建立符合产能需求的选择供应商随机规划模型如下:

$$\begin{aligned} & \min \sum_{k=1}^M x_k \\ & s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^M h_{kj} \varepsilon_{kj} \left( \frac{A_k}{m_A} + \frac{B_k}{m_B} + \frac{C_k}{m_C} \right) \geq 2.82 \times 10^4 j \\ x_k, A_k, B_k, C_k \in \{0, 1\}; \forall k \in K \\ h_{kj} \in \{0, 1\}; \forall k \in K, \forall j \in J \end{cases} \end{aligned} \quad (21)$$

### 6.1.3 订购方案规划模型的建立

由于在确定订购原料方案时不需要考虑材料运输的损失, 即假设订货量供应商能够全部提供用于转换产能。而可供选择的供应商与供货量已经在前一小问中求出, 那么问题就可以理解为在产能约束条件下对供应商进行规划使得总订购费用最低。

#### ➤ 目标函数确定

##### • 定义原料采购费用

第一小问选出了共计  $m$  个供应商, 其中第  $k$  个供应商在第  $j$  周的供货量为  $G_{kj}$  (其中  $m, G_{kj}$  都为确定的量)。基于上述 0-1 变量  $h_{kj}$ , 将原材料 A、B、C 的采购单价分别用  $p_A, p_B, p_C$  表示, 则 24 周原料采购总费用  $P$  为:

$$P = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m h_{kj} G_{kj} (p_A A_k + p_B B_k + p_C C_k); \forall j \in J \quad (22)$$

##### • 定义原料储存费用

假设每单位时间单位体积下的储存成本为  $\alpha$  (单位时间表示一周, 单位体积代表  $1m^3$ )。用  $s_0$  表示每周企业产能, 变量  $V_j$  则表示在第  $j$  周的采购的原材料总量。由于存在储存费用, 对于已采购的原材料便需要尽早投入生产以减少成本, 因此我们定义  $W$  表示材料数  $V_j$  全部投入生产所需要的周数:

$$W = \frac{V_j}{s_0} \quad (23)$$

定义  $V_{oj}$  表示第  $j$  周仓库内的实际原材料存储量:

$$V_{oj} = (V_j - 1.41 \times 10^4 W)(W + 1) \quad (24)$$

因此在该订购方案下 24 周的总体原料储存费用  $CO$  为:

$$CO = \sum_{i=1}^n \alpha[(V_j - 1.41 \times 10^4 W)(W + 1)] \quad (25)$$

基于此, 订购方案费用  $QT$  可由上述原料采购费用和存储费用共同组成, 即:

$$QT = P + CO \quad (26)$$

而目标函数则为:

$$\min QT \quad (27)$$

#### ➤ 约束条件确定

##### 1) 仓库存量需求限制

为了满足正常生产需要, 仓库中必须存有不少于 2 周产能的原材料, 即:

$$V_{oj} > 5.64 \times 10^4; \forall j \in J \quad (28)$$

综合以上情况, 建立企业原料订购规划模型为:

$$\begin{aligned} & \min QT = P + CO \\ s.t. & \begin{cases} P = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m h_{kj} G_{kj} (p_A A_k + p_B B_k + p_C C_k); \forall j \in J \\ CO = \sum_{i=1}^n \alpha[(V_j - 1.41 \times 10^4 W)(W + 1)] \\ V_{oj} \geq 5.64 \times 10^4; \forall j \in J \\ h_{kj} \in \{0, 1\}; \forall k \in K, \forall j \in J \end{cases} \end{aligned} \quad (29)$$

#### 6.1.4 转运方案随机规划模型的建立

##### ➤ 转运商随机变量引入

与供货量随机分布判定采用相同的处理方法, 本文考虑转运商的损耗率是一个随机变量  $\zeta$ , 用  $\zeta_{qj}$  表示第  $q$  个转运商在第  $j$  周可能造成的损耗率, 且已知  $\zeta_q$  将服从概率分布  $E_q$ 。

##### ➤ 目标函数确定

定义 0-1 变量  $r_{qj}$  表示编号为  $q$  的转运商在第  $j$  周参加运输，且运输量设为  $D_{qj}$ ：

$$r_{qj} = \begin{cases} 1, & \text{编号为 } q \text{ 的转运商在第 } j \text{ 周有运输任务} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (30)$$

之后，定义  $I$  代表转运商的总个数，那么损耗总量  $L$  可以表示为：

$$L = \sum_{q=1}^I \sum_{j=1}^n r_{qj} D_{qj} \zeta_{qj} \quad (31)$$

由此可以最终确定目标函数为需要达到最小的损耗总量：

$$\min L \quad (32)$$

### ➤ 约束条件确定

由于每家转运商运输能力上限均为  $6000m^3/\text{周}$ ，那么可以将其转化为对运输量  $D_{qj}$  的相应约束：

$$D_{qj} \leq 6 \times 10^3; \forall q \in Q, \forall j \in J \quad (33)$$

根据上述目标函数和约束条件，可以整合得到最终的随机规划模型为：

$$\begin{aligned} \min L &= \sum_{q=1}^I \sum_{j=1}^n r_{qj} D_{qj} \zeta_{qj} \\ \text{s.t. } &\begin{cases} D_{qj} \leq 6 \times 10^3; \forall q \in Q, \forall j \in J \\ r_{qj} \in \{0, 1\}; \forall q \in Q, \forall j \in J \end{cases} \end{aligned} \quad (34)$$

## 6.2 模型求解

### 6.2.1 随机分布供货量的结果确定

通过应用每个供货商的概率分布，我们求解出 402 个供货商 24 周的供货量，并通过假设检验证明结果是可信的。选取编号为 1 的供货商的第一周数据进行假设检验，得到  $P\{\varepsilon < 5\} = 0.92 > 0.9$ 。

之后，从三类供应商中各挑选出一个相对具有代表性的供应商，本文选取了编号为 S140、S201、S307 的供应商进行展示。通过 *Matlab* 中的 *ksdensity* 函数拟合各供应商某一周的供货量随机分布概率密度情况，并绘制了相应图像如下：

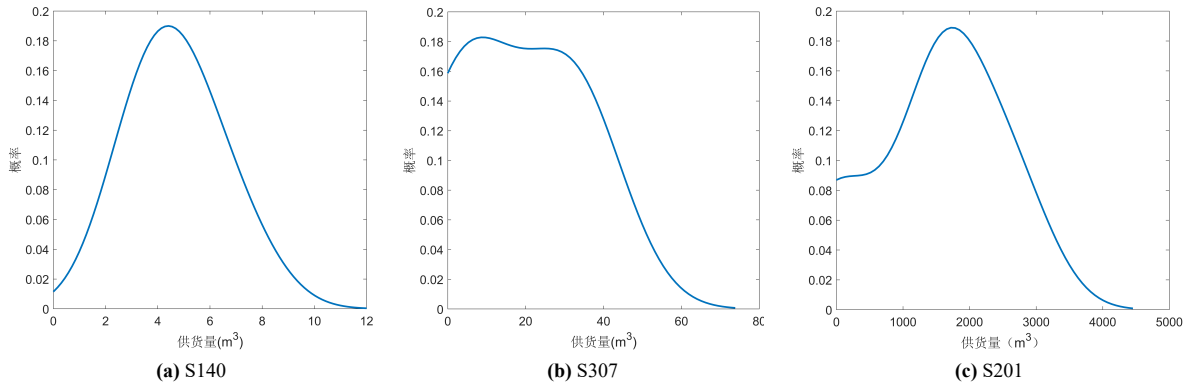


图 3: 各类供应商代表某一周的供货量随机分布概率密度拟合情况  
图像对应的供应商从左到右依次为第 I 类供应商、第 II 类供应商、第 III 类供应商

基于上述分布图像,通过依概率选择的方式对供应商 24 周内每周供货量进行确定,以下为绘制的 3 类特征曲线:

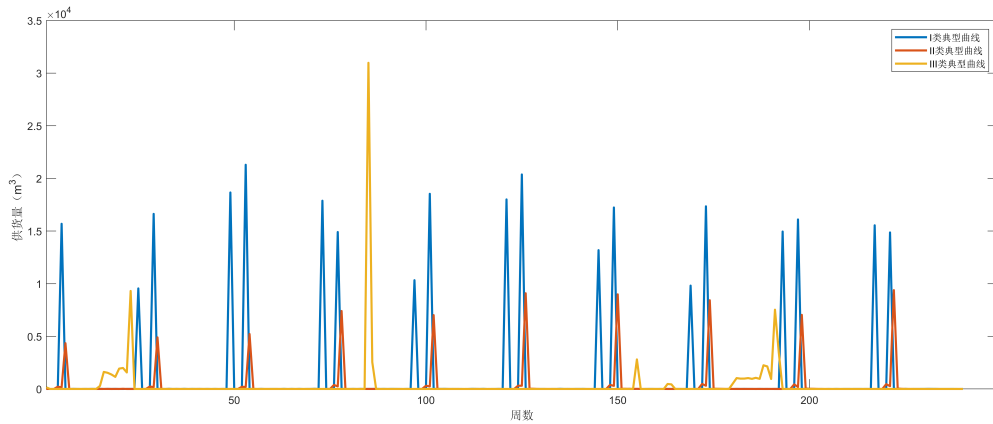


图 4: 3 类特征曲线

## 6.2.2 遍历供应商数量选择的结果求解

### ● 算法具体阐述

**Step1**: 基于供货量随机分布数据依概率选取各供应商 24 周内每周能实现的供货量。

**Step2**: 根据每周供应商供货量大小得出每周供应商的降序排序情况。

**Step3**: 基于上述排序情况,找出每周实现生产产能前提下需要的前几家供应商统计,并对 24 周中每周相同供应商出现次数进行叠加操作,再按照从大到小的顺序进行排序,得到相应的排名情况。

**Step4**: 选择合适的供应商数量初始值开始遍历,将这些供应商所能提供的原料转化为产能进行分析,若无法达到每周产能需求,则供应商数量增一。

**Step5**: 重复步骤 4 的操作,直至每周产能要求能够达标时得到最终的供应商数量。

最终可得至少需要选取 33 家供货商才可以满足每周产能达到  $2.82 \times 10^4$  的需求（具体的 33 家供应商将于附录中给出），同时绘制了这 33 家供货商订货可实现的周产能与数据中实现产能对比情况：

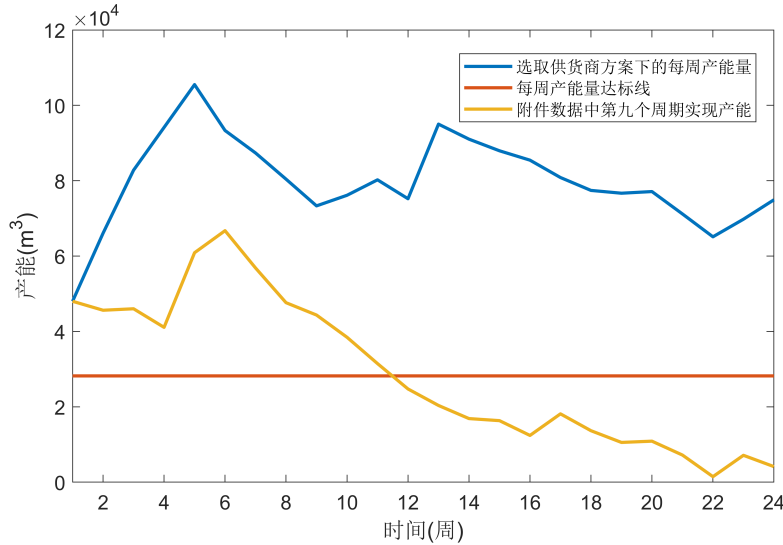


图 5: 选取 33 家供应商方案下的周产能与附件 1 第九个周期的产能对比图

### 6.2.3 基于贪心算法的最经济订购方案结果求解

#### ● 算法具体阐述

**Step1** : 引入补充点和生产点，将每周原材料提供产能在  $2.82 \times 10^4$  超出部分作为补充点储存，即补充点代表过剩时囤积的原料，生产点则代表消耗的原材料数量。

**Step2** : 遍历一遍所有生产点，每个生产点供应不足时从距离最近的前方补充点开始填补原材料空缺，并将每个补充点的原材料量进行更新，直至空缺填补完成。

**Step3** : 基于贪心算法思想去除多余的原材料供应量，得到最经济的原料订购方案。

根据我们的订购方案，得到 24 周原材料订购和仓储总费用为 489359 元，相比于历史费用下降了 4.79%。（具体的 24 周最经济订购方案将在附件 A 中给出）

### 6.2.4 运输损耗率最低方案的结果求解

#### ● 算法具体阐述

**Step1** : 以 1 概率密度分布情况随机生成一个转运商损耗率矩阵。

**Step2** : 以损耗量为目标依次对 24 周内的每周损耗率进行 8 家转运商从小到大排序的结果。

**Step3** : 根据排序结果，从前往后依次选取转运商，计算至少需要的转运商数量能够保证该周的供应原料被全部运输。

**Step4** : 将每周的订购方案依次对应到步骤 3 中选取出的转运商。

**Step5** : 循环步骤 4，直至确定一个周期内每周的转运商选取方案。

根据我们的转运方案，得到 24 周的原材料损耗量为  $710.39m^3$ ，相比于历史损耗量下降了 **1.42%**。（具体的 24 周最经济订购方案将在附件 B 中给出）

## 6.3 方案实施效果分析

### 6.3.1 对订购方案实施效果进行分析

针对模型所给出的订购方案，将其与附件 1 中数据中历史方案实现的产能进行统一地比较分析，并绘制以下图像展示本文所给的订购方案的实施效果情况：

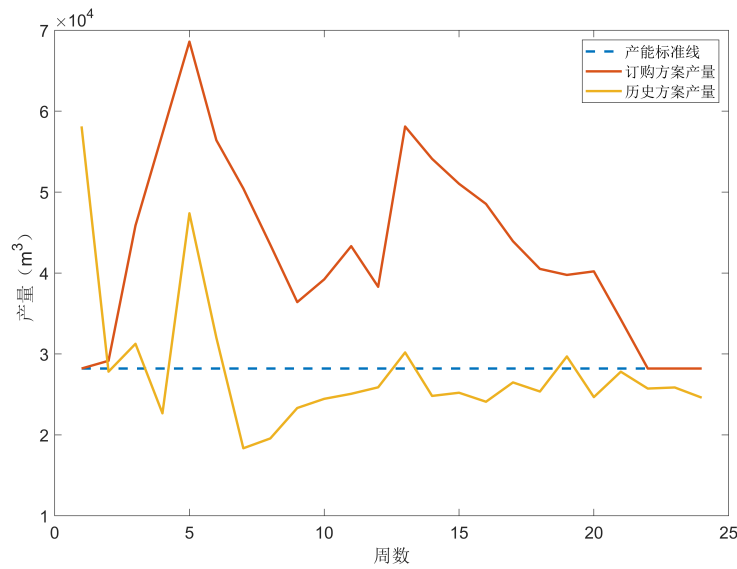


图 6: 模型设计订购方案与数据所用方案效果对比图

通过上述图像可以发现，本文所提供的订购方案能够使每周的产能全部达标，而附件 1 中近 5 年的供应商提供原料产出的产能仅在极少数周实现产能目标。相比较而言可以看出模型求解得出的订购方案实施效果较好，相对历史方案具有大幅提升。

### 6.3.2 对转运方案实施效果进行分析

通过本文所给出的转运方案可以看出，24 周原料损耗量仅为  $710.39m^3$ ，相较于总的转运量而言几乎可以忽略。由于转运商的运输损耗率以随机分布的形式进行依概率选取，使得模型所做方案具有普适性。同时，模型从各个转运商运输损耗率排名中从前往后进行转运商任务的分配，使得所制定的转运计划中损耗率达到一个尽可能小的数值。综合以上两个方面分析，就整体而言本文所制定的转运方案实施效果较好，不会出现较多的损失量。

## 6.4 结果分析

该问题引入了随机变量来描绘整体的 24 周供应商供货量与转运商运输损耗率，使得模型能够求解出更加符合一般情况的最优方案。该模型求解得出的订购方案中，24 周原料订购和仓储总费用仅为 489359 元。转运方案中原料损耗量仅为  $710.39m^3$ 。通过上述比较分析也可以证明出两个方案的实施效果均较好，可以满足绝大多数实际应用场合需求。

## 七 问题三：基于压缩总成本的方案设计双目标优化模型

### 7.1 压缩总生产成本的双目标优化模型建立

为了压缩企业总生产成本，需要找到一种订购方案和转运方案使得转运和仓储成本尽量小的同时确保转运损耗率尽可能低，由此可以推导出相应的目标函数与约束条件：

#### ➤ 目标函数确定

##### 1) 总成本最小化目标函数

##### ● 定义转运成本

基于第二问所建立的模型，其中的变量  $D_{qj}$  表示第  $q$  家转运商在第  $j$  周的运输量，且  $r_{qj}$  表示第  $q$  个转运商在第  $j$  周参加运输。那么整个转运方案的转运总量  $SO$  可以表示为：

$$SO = \sum_{q=1}^I \sum_{j=1}^n D_{qj} r_{qj} \quad (35)$$

由于三种原材料的运输和仓储单位费用相同，定义单位体积的原材料转运成本为  $\beta$ ，并设置该成本为  $C$  类原材料采购成本的 10%，即：

$$\alpha = \beta = 0.1p_c \quad (36)$$

那么转运成本  $CZ$  可以表示为：

$$CZ = \sum_{q=1}^I \sum_{j=1}^n \beta D_{qj} r_{qj} \quad (37)$$

##### ● 定义仓储成本

在问题二的模型中，已经得到了仓储成本  $CO$  公式为：

$$CO = \sum_{i=1}^n \alpha (W + 1) (V_j - 1.41 \times 10^4 W) \quad (38)$$

其中， $\alpha$  表示单位体积单位时间的材料存储价格， $V_j$  表示在第  $j$  周的原材料订购总量， $W$  表示材料数  $V_j$  全部投入生产所需要的周数。



因此，考虑总成本  $SZ$  由转运成本和仓储成本组成，即：

$$SZ = CZ + CO \quad (39)$$

那么目标函数可以确定为最小的总成本：

$$\min SZ \quad (40)$$

## 2) 损耗率最小化目标函数

在问题二的模型基础上，给出 24 周损耗率总和  $LP$  的表达式如下：

$$LP = \sum_{q=1}^I \sum_{j=1}^n r_{qj} \zeta_{qj} \quad (41)$$

其中， $r_{qj}$  表示第  $q$  个转运商在第  $j$  周参加运输，且属于服从概率分布  $\zeta_{qj}$  的随机变量。

那么该目标函数就可以表示为：

$$\min LP \quad (42)$$

## ➤ 约束条件确定

### 1) 转运能力约束

由于每家转运商的最高运输能力为  $6000m^3/\text{周}$ ，那么可以写出运输量  $D_{qj}$  的相应约束：

$$D_{qj} \leq 6 \times 10^3 \quad (43)$$

### 2) 库存约束

为了满足正常生产需要，仓库中至少存有不低于 2 周产能需要使用的原材料，因此对于每一周仓库中原材料存储量  $V_{oj}$  将有以下限制：

$$V_{oj} \geq 5.64 \times 10^4; \forall j \in J \quad (44)$$

综上所述，根据目标函数和约束条件，成本与损耗量最小化双目标优化模型如下：

$$\begin{aligned}
\min SZ &= CZ + CO \\
\min LP &= \sum_{q=1}^I \sum_{j=1}^n r_{qj} \zeta_{qj} \\
s.t. \quad &\begin{cases} CZ = \sum_{q=1}^I \sum_{j=1}^n \beta D_{qj} r_{qj} \\ CO = \sum_{i=1}^n \alpha(W+1)(V_j - 1.41 \times 10^4 W) \\ D_{qj} \leq 6 \times 10^3; \forall q \in Q, \forall j \in J \\ V_{oj} \geq 5.64 \times 10^4; \forall j \in J \\ r_{qj} \in \{0, 1\}; \forall q \in Q, \forall j \in J \end{cases}
\end{aligned} \tag{45}$$

## 7.2 基于遗传算法的压缩总生产成本模型求解

### 7.2.1 算法具体阐述

**Step1** : 定义编码规则:

针对该题的双目标优化模型, 通过二进制方式进行编码, 定义 1 代表选择这家供应商, 0 则代表不选择这家供应商。

**Step2** : 确定适应度函数:

适应度函数能够评定个体好坏, 在该算法中将选取以下适应度函数用于后续分析:

$$SZ = \sum_{q=1}^I \sum_{j=1}^n \beta D_{qj} r_{qj} + \sum_{i=1}^n \alpha(W+1)(V_j - 1.41 \times 10^4 W) \tag{46}$$

**Step3** : 确定选择性函数:

在该算法中, 将采用最佳保留选择法, 根据轮盘赌选择方法执行相应选择操作, 之后完整复制适应度最高的个体结构到下一代群体中。

**Step4** : 染色体的交叉: 通过随机交换其中几个处于同一位置的编码, 进而产生新个体。

**Step5** : 染色体的变异演化: 将个体染色体的编码串中某些基因值用该基因座上的其余等位基因替换, 进而生成新的个体。

通过以上算法步骤, 结合此问题中的目标函数, 加上所给的限制条件进行遗传算子的优化筛选操作, 便可得到转运费用和仓储费用最优时选择的供应商情况。

之后, 在问题二的基础上, 使用类似的求解最小转运损耗量算法, 便可得到最终转运商运输方案结果 (具体转运方案将在附件 B 中给出), 且计算得出该方案下的损耗率仅为

0.18%。

### 7.3 方案实施效果分析

根据题目要求,需要尽可能地多采购 A 类原料而少采购 C 类材料,在此基础上建立出新的订购方案与转运方案。通过本文模型基于遗传算法求解得出的方案中,选择的 A、B、C 类供应商数量依次为  $1.3 \times 10^5 m^3$ ,  $2.1 \times 10^5 m^3$ ,  $7 \times 10^4 m^3$ 。不难发现,这一方案基本满足问题中的采购准则,实施效果较好,符合绝大多数的实际应用场合。

### 7.4 结果分析

在尽可能地多采购 A 类原料而少采购 C 类材料这一订购准则前提下,通过遗传算法求解得到此时新的订购和转运方案,基本吻合前提条件且订购费用仅需 508200 元,相较于历史费用下降了 2.35%,A 增加了  $8690 m^3$ ,损耗率仅为 0.18,相较于历史损耗率下降了 4.52%。

## 八 问题四:企业产能提升规划最优方案

### 8.1 模型建立

#### 8.1.1 供货量的确定

考虑到每周供货量由稳定供货和解决突发情况供货这两部分组成,由于突发订单的订货量与供货量在时间上不匹配导致产能无法提供,所以需要计算出匹配后的供货量。

##### ➤ 稳定供货量确定

假设稳定供货商中第  $o$  个供应商在第  $j$  周供应量为  $U_{oj}$ ,且  $U$  服从概率分布  $Y_{oj}$ 。定义  $u$  表示随机变量  $U$  的取值。假设置信度为 0.9,那么供应量必须满足假设检验:

$$P\{u = U_{oj}\} \geq 0.9 \quad (47)$$

那么对于第  $j$  周的稳定供货量总量可以表示为:

$$\sum_{o=1}^z U_{oj} \quad (48)$$

##### ➤ 应对突发情况供货量确定

考虑突发情况在其他时间段不适用,对其乘上衰减系数  $\gamma$  作为每周突发供货量。根据第 III 类供应商的排名,来确定各个供应商的衰减系数。

假设第三类供应商数量为  $b$  个,设定排名为 1 的供应商衰减系数  $\gamma_1 = 1$ ,排名最后的

供应商衰减系数  $\gamma_b = 0$ ，中间等差分布，那么推导出排名为  $r$  的供应商衰减系数  $\gamma_r$  为：

$$\gamma_r = 1 - \frac{k}{b-1} \quad (49)$$

其中，第  $r$  个供应商第  $j$  周供应量  $T_{rj}$  且  $T$  服从概率分布  $H_{rj}$ ， $h$  表示随机变量  $H$  取值。

此时假设置信度为 0.9，那么供应量必须满足假设检验：

$$P\{u \leq U_{rj}\} \geq 0.9 \quad (50)$$

由此我们可以得到每个供应商的实际供货量  $T'_{rj}$  为：

$$T'_{rj} = \gamma_r \times T_{rj} \quad (51)$$

那么对于第  $j$  周的应对突发情况供货量总量可以表示为：

$$\sum_{r=1}^b T'_{rj} \quad (52)$$

### 8.1.2 规划模型的建立

#### ➤目标函数确定

通过挖掘企业的潜力，企业产能  $CC$  可以提高，可以表示为：

$$CC = \sum_{j=1}^n \left[ \sum_{o=1}^z \left( \frac{A_o}{m_A} + \frac{B_o}{m_B} + \frac{C_o}{m_C} \right) U_{oj} + \sum_{l=1}^y \left( \frac{A_l}{m_A} + \frac{B_l}{m_B} + \frac{C_l}{m_C} \right) J'_{lj} + \sum_{r=1}^b \left( \frac{A_r}{m_A} + \frac{B_r}{m_B} + \frac{C_r}{m_C} \right) T'_{rj} \right] \quad (53)$$

其中， $J_{lj}$  表示第 II 类供货商排名为订单  $l$  在第  $j$  周的供货量， $y$  表示第 II 类供货商的数量， $h_{kj}$  表示在考虑每一周的产能时编号为  $k$  的供应商在第  $j$  周是否被选取。

在问题二的基础上，确定目标函数为：

$$\max CC \quad (54)$$

#### ➤约束条件确定

##### ●转运约束

假设编号为  $q$  的转运商在第  $j$  周参加运输，且运输量为  $D_{qj}$ ，要求不得大于  $6000m^3$ ，即此时的约束为：

$$D_{qj} \leq 6000 \quad (55)$$

- 供货总量约束

假设每一周的供货总量为  $Z_{Lj}$ ，那么供货总量必须小于等于期望供货量，即：

$$Z_{Lj} \leq SU_j \quad (56)$$

综合上述目标函数和约束条件，具体的规划模型如下：

$$\begin{aligned} & \max CC \\ s.t. & \begin{cases} CC = \sum_{j=1}^n \left[ \sum_{o=1}^z \left( \frac{A_o}{m_A} + \frac{B_o}{m_B} + \frac{C_o}{m_C} \right) U_{oj} \right. \\ \quad \left. + \sum_{l=1}^y \left( \frac{A_l}{m_A} + \frac{B_l}{m_B} + \frac{C_l}{m_C} \right) J'_{lj} + \sum_{r=1}^b \left( \frac{A_r}{m_A} + \frac{B_r}{m_B} + \frac{C_r}{m_C} \right) T'_{rj} \right] \\ D_{qj} \leq 6000 \\ A_o, B_o, C_o, A_l, B_l, C_l, A_r, B_r, C_r \in \{0, 1\} \end{cases} \end{aligned} \quad (57)$$

## 8.2 模型求解

与问题二中的贪心算法具体步骤类似，在此基础上，重新确定供货量，对处理应急情况的第 III 类供应商供货量赋予**衰减系数**，并由排名确定衰减系数大小。最后求得每周产能能够提高至 **31127m<sup>3</sup>**，较原周产能提高了 **11.3%**。（具体的未来 24 周订购与转运规划方案将于附件中给出）

## 8.3 结果分析

通过以上规划模型的建立，用贪心算法求得每周产能能够提高至 **31127m<sup>3</sup>**，较原周产能提高了 **11.43%**，该算法的结果基本满足实际场合下方案的制定标准。

# 九 模型检验

## 9.1 企业生产产能对供应商选取数量的灵敏度分析

在第二问我们分析了产能确定的情况下至少需要多少家供应商能够满足生产需求。根据实际情况，随着企业技术的提高或者疫情的影响，可能会使得产能发生波动，下面我们来分析产能对所需供应商数量进行灵敏度分析。

设置产能在  $[2.6 \times 10^4, 3 \times 10^4]m^3$  的区间内波动，观察供货商数量在不同产能要求下的取值：

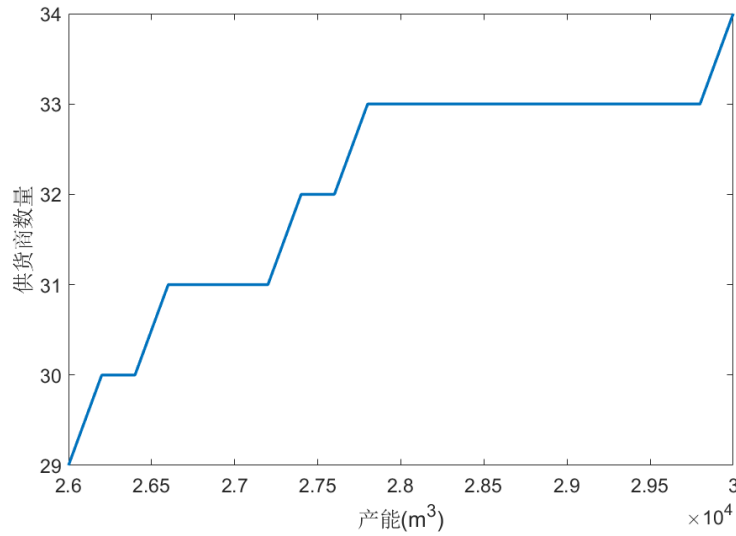


图 7: 企业产能需求对选取供应商数量的影响

由图可见产能在 $[2.6 \times 10^4, 2.78 \times 10^4]$  范围内时对供货商的影响较大, 说明产能在这个区间的结果是不稳定的, 同时可以发现产能目标定在 $2.82 \times 10^4 m^3$  附近范围时供货商数量始终保持 33 个不变, 说明系统十分稳定, 结果方案较为合理, 算法鲁棒性较强。

## 十 模型的评价与推广

### 10.1 模型优点

1. 在问题一的评价模型中, 采用 *TOPSIS* 综合评价方法对所选指标建立模型进行评价, 使得评分结果具有基本理论的支撑, 得到的排名方案更为合理;
2. 在问题二中描述 24 周的供应商供货量与转运商运输损耗率时引入了概率密度分布函数进行随机性描绘, 使得订购方案时所选数据更加具有实际意义, 不同数据背景的应用场合也更为广泛;
3. 在制定最为经济的原材料订购方案中, 考虑了储存费用随存储时间长短变化情况, 引入生产点和补充点的概念用于更好完成各周中的过剩原料与缺少原材料之间的调度, 富有一定的创新意义, 同时使模型更加适用于实际场景。

### 10.2 模型缺点

1. 在概率密度分布拟合中会有少量误差, 使得设计方案与最优解之间有些许差异;
2. 题目中部分费用制定方面作了一些近似的处理操作, 因此较实际情况而言可能会拥有少许的误差。

### 10.3 模型推广

针对文章问题所建立的模型，供货商存在不满足订单要求的情况，即供货量小于订货量，需要考虑缺货引起的额外费用。对于此类交易情况，假设订单量为  $LD$ ，供货量为  $LG$ ，那么缺货量  $LQ$  为：

$$LQ = LD - LG \quad (58)$$

之后，考虑每单位体积缺货需要支付基础费用  $x$  元，由于订单缺货，供应商需要向企业支付费用  $x_{LQ}$  元。供应商在缺货后必须尽早进行补货，若供应商推迟  $\mu$  周进行补货，那么每周需要支付  $y$  元的延误费用，最高支付订单费用的 10%。

因此对于缺货的订单，企业的订购费用可以表示为：

$$P = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m h_{kj} G_{kj} (p_A A_k + p_B B_k + p_C C_k) - x_{LQ} - \mu y \quad (59)$$

### 参考文献

- [1] 王丹丹, “Zd 公司原材料采购供应链管理研究,” 硕士论文, 东北农业大学, 2017.
- [2] 伍景琼, “多期决策下钢铁企业采购与生产库存优化研究,” 博士论文, 西南交通大学, 2013.
- [3] 赵萍, “制造企业供应商分类与策略采购实施办法的探讨,” 商品与质量, no. 53, pp. 267,271, 12 2020.
- [4] P. Amelia, A. Y. Ridwan, and B. Santosa, “Designing of raw material scheduling supply multi on supplier strategies with price, lead time, and stochastic demand variations. case study: Electricity manufacturer,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 598, no. 1. IOP Publishing, 2019, p. 012111.
- [5] 万国华 and 孙磊, “批量运输的二层供应链系统的生产和订购计划: 模型与算法,” 系统管理学报, vol. 21, no. 6, pp. 729–735, 1 2012.
- [6] M. Hashim, M. Nazam, L. Yao, S. A. Baig, M. Abrar, and M. Zia-ur Rehman, “Application of multi-objective optimization based on genetic algorithm for sustainable strategic supplier selection under fuzzy environment,” *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 10, no. 2, pp. 188–212, 2017.

## 附录

### 附件清单

1. 附件 A 订购方案数据结果
2. 附件 B 转运方案数据结果
3. 模型一：问题一全部 *Matlab* 源代码及中间变量
4. 模型二：问题二全部 *Matlab* 源代码中间变量
5. 模型三：问题三全部 *Matlab* 源代码中间变量
6. 模型四：问题四全部 *Matlab* 源代码中间变量
7. 产能矩阵 *Excel* 数据

### 问题一代码

```
1 %Matlab代码
2 %%模型一%%用于计算指标
3 clc; clear; close all;%初始化
4 tic
5
6 %% 数据导入
7
8 [data1 name1]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',1);
9 [data2 name2]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);
10
11 %% 数据处理
12 week_order=zeros(1,240);
13 for i=1:240
14     for j=1:402
15         if name1(j+1,2)=="A" %把转化率考虑进去
16             week_order(i)=week_order(i)+data2(j,i)/0.6;
17         elseif name1(j+1,2)=="B"
18             week_order(i)=week_order(i)+data2(j,i)/0.66;
19         elseif name1(j+1,2)=="C"
20             week_order(i)=week_order(i)+data2(j,i)/0.72;
21         end
22     end
23 end
24 k=0;
25 for i=1:240
26     if week_order(i)>=28200
27         k=k+1;
28     end
29 end
30 k %每周达标个数
31
```



```

32 %% 求10年平均完成率
33
34 order_times=zeros(402,10); %订单次数
35 for i=1:402
36     for k=1:10
37         for j=1:24
38             if data1(i,k*24-24+j)>0
39                 order_times(i,k)=order_times(i,k)+1;
40             end
41         end
42     end
43 end
44
45 order_finish=zeros(402,10);% 订单完成数
46 for i=1:402
47     for k=1:10
48         for j=1:24
49             if data2(i,k*24-24+j)>=data1(i,k*24-24+j) && data2(i,k*24-24+j)~=0 && data1(i,k*24-24+j)
               >0
50                 order_finish(i,k)=order_finish(i,k)+1;
51             end
52         end
53     end
54 end
55
56 finish_rate=order_finish./order_times; %完成率
57
58 for i=1:402
59     for j=1:10
60         if order_times(i,j)==0
61             finish_rate(i,j)=0;
62         end
63     end
64 end
65 average_finishrate=mean(finish_rate,2); %五年平均完成度
66
67 %% 订货量频率
68
69 order_frequence=order_times./24;
70 average_frequence=mean(order_frequence,2); %五年平均订货频率
71
72 %% 订货量
73
74 order_sum=zeros(402,10);
75 for i=1:402
76     for k=1:10
77         for j=1:24
78             if data1(i,k*24-24+j)>0

```

```

79     order_sum(i,k)=order_sum(i,k)+data1(i,k*24-24+j);
80     end
81     end
82     end
83     end
84
85     average_sum=mean(order_sum,2);
86
87     %% 订货量与供货量的差值比率
88
89     d_value=zeros(402,10);
90     for i=1:402
91         for k=1:10
92             for j=1:24
93                 if data2(i,k*24-24+j)<data1(i,k*24-24+j)
94                     d_value(i,k)=d_value(i,k)+(data1(i,k*24-24+j)-data2(i,k*24-24+j));
95                 end
96             end
97         end
98     end
99
100    d_rate=zeros(402,10);
101    for i=1:402
102        for j=1:10
103            if order_sum(i,j)==0
104                d_rate(i,j)=0;
105            else
106                d_rate(i,j)=d_value(i,j)/order_sum(i,j);
107            end
108        end
109    end
110    average_d_value=mean(d_rate,2);
111
112    %% 供货量的平均值
113
114    supply_sum=zeros(402,10);
115    for i=1:402
116        for k=1:10
117            for j=1:24
118                supply_sum(i,k)=supply_sum(i,k)+data2(i,k*24-24+j);
119            end
120        end
121    end
122    mean(supply_sum,2)
123    [average_supply(:,2),average_supply(:,1)]=sort(mean(supply_sum,2));
124    average_supply=flip(average_supply);
125    plot(average_supply(1:402,2))
126

```

```

127 %% 处理结果
128
129 load X;
130 % result=zeros(402,4);
131 k=0;
132 for i=1:402
133 % if average_d_value(X(i))<0.6
134 result(i-k,1)=X(i);
135 result(i-k,2)=average_sum(X(i));
136 result(i-k,3)=average_frequence(X(i));
137 result(i-k,4)=average_d_value(X(i));
138 % else
139 % k=k+1;
140 % end
141 end
142 save result.mat result;
143 %%
144 toc
145
146
147
148 clear
149 clear all
150 load X
151 [n,m] = size(X);
152 mm = max(X(:,2));%计算供货缺失百分比的最大值
153 X(:,2) = mm - X(:,2);%供货缺失百分比指标正向化
154 Z = X ./ repmat(sum(X.*X) .^ 0.5,n,1); %指标标准化
155 W = [0.5,0.3,0.2]; %设置权重
156 D_P = sum((Z - repmat(max(Z),n,1)) .^ 2 .* repmat(W,n,1),2) .^ 0.5; %加权后的距离D+
157 D_N = sum((Z - repmat(min(Z),n,1)) .^ 2 .* repmat(W,n,1),2) .^ 0.5; %加权后的距离D-
158 S = D_N ./ (D_P + D_N); %未归一化的得分
159 S1 = S ./ sum(S); %归一化的得分

```

## 问题二代码

```

1 %Matlab代码
2 %%计算一些历史数据的指标%%
3 clc;clear;close all; %初始化
4 tic
5
6 %% 数据导入
7 [data1 name1]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',1);
8 [data2 name2]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);
9
10 %% 数据处理
11 provide=zeros(402,240);

```

```

12  for i=1:402    %将ABC产能转化到一个维度上
13  for j=1:240
14  if name2(i+1,2)=="A"
15  provide(i,j)=data2(i,j)/0.6;
16  elseif name2(i+1,2)=="B"
17  provide(i,j)=data2(i,j)/0.66;
18  elseif name2(i+1,2)=="C"
19  provide(i,j)=data2(i,j)/0.72;
20  end
21
22  end
23  end
24
25  %% 将数据取24周
26  supply=zeros(402,24);
27  n=0;
28  for n=8:8
29  for i=1:402
30  for k=1:24
31  supply(i,k)=provide(i,(n-1)*24+k);
32  end
33  end
34
35  sum_supply=sum(supply);
36
37  for i=1:24
38  if sum_supply(i)>48000
39  sum_supply(i)=48000;
40  end
41  end
42  material(1)=sum_supply(1)-28200;
43  for i=2:24
44  material(i)=material(i-1)+sum_supply(i)-28200;
45  end
46  figure;
47  plot(material+28200);
48  end
49  t=material+28200;
50  save t.mat t;
51  % a_supply=sum(supply)/10;
52  % save a_supply.mat a_supply;
53
54  %%
55  Supply=zeros(402,24);
56  for i=1:402
57  for j=1:10
58  for k=1:24
59  if provide(i,(j-1)*24+k)>66667

```

```

60 provide(i,(j-1)*24+k)=66667;
61 end
62 Supply(i,k)=Supply(i,k)+provide(i,(j-1)*24+k);
63 end
64 end
65 end
66 average_s=sum(Supply)/10
67 sum(average_s)/24% 平均产能
68 figure
69 plot(average_s)
70 %save average_s.mat average_s;
71 save model2_1;
72 %%
73 toc
74
75
76 %%根据拟合函数取随机变量%%
77 clc;clear;close all; %初始化 问题2-1
78 tic
79
80 %% 数据导入
81 [data1 name1]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',1);
82 [data2 name2]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);
83
84 %% 数据处理
85 provide=zeros(402,240);
86 for i=1:402 %将ABC产能转化到一个维度上
87 for j=1:240
88 if name2(i+1,2)=="A"
89 provide(i,j)=data2(i,j)/0.6;
90 elseif name2(i+1,2)=="B"
91 provide(i,j)=data2(i,j)/0.66;
92 elseif name2(i+1,2)=="C"
93 provide(i,j)=data2(i,j)/0.72;
94 end
95
96 end
97 end
98
99 %% 每个24周的数据
100 order_change=zeros(402,24,10);
101 supply_change=zeros(402,24,10);
102 for i=1:402
103 for j=1:24
104 for k=1:10
105 order_change(k,j,i)=data1(i,(k-1)*24+j);
106 supply_change(k,j,i)=provide(i,(k-1)*24+j);
107 end

```

```

108     end
109     end
110
111     %% 拟合并且依据概率产生产量
112     Provide=zeros(402,24);
113     for i=1:402
114         for j=1:24
115             h=0;
116             for k=1:10
117                 if order_change(k,j,i)~=0
118                     h=h+1;
119                     Supply(h)= supply_change(k,j,i);
120                 end
121             end
122             if h~=0
123                 %             j
124                 %             Supply
125                 [f(:,j,i),xi(:,j,i)]=ksdensity(Supply);
126                 ff=0;
127                 F=zeros(100,2);
128                 for k=1:100
129                     if xi(k,j,i)>0
130                         ff=ff+f(k,j,i);
131                     F(k,:)=[ff xi(k,j,i)];
132                 end
133             end
134             for k=1:100
135                 if ff*rand(1)<F(k,1)
136                     Provide(i,j)=F(k,2);%依据概率生成产量
137                     break;
138                 end
139             end
140             %             figure;
141             %             plot(xi(:,j,i),f(:,j,i)*10);
142         end
143     end
144     i
145     end
146
147     % save Provide.mat Provide;
148     save model2_2;
149     %%
150     toc
151
152
153     %%计算最小供货商数量%%
154     clc;clear;close all; %初始化 %先要跑model2_2 问题2-1
155     tic

```

```

156 load Provide;
157 load t;
158 %Provide(348,19)=0;
159 % Provide(201,13)=0;
160
161 %% 用排序算出每周最小供货商数量
162 min_k=ones(1,24);
163 for week=1:24
164     quene=[[1:402] ' Provide(:,week)];
165     A = sortrows(quene,2);
166     A=flip(A);
167     sum_material=0;
168     min_k(week)=1;%每周最少供应商个数
169     h=0;
170     while sum_material<28200
171         sum_material=sum_material+A(min_k(week),2);
172         h=h+1;
173         select(h,week)=A(min_k(week),1);
174         min_k(week)=min_k(week)+1;
175
176     end
177     % sum_material
178
179 end
180
181 %% 算出供货商出现频率
182 supply_times=zeros(1,402);
183 for i=1:length(select)
184     for j=1:24
185         if select(i,j)~=0
186             supply_times(select(i,j))=supply_times(select(i,j))+1;
187         end
188     end
189 end
190 supply_times(2,:)=1:402;
191 supply_num=flip(flip(sortrows(supply_times',1))');
192 %% 算出供货量
193 %前四周出现的供货商
194 h=1;
195 pro_supply(1)=select(1,1);
196 for i=1:length(select)
197     for j=1:4
198         if select(i,j)~=0
199             Y=1;
200             for k=1:h
201                 if select(i,j)==pro_supply(k)
202                     Y=0;
203                     end

```

```

204     end
205     if Y==1
206         h=h+1;
207         pro_supply(h)=select(i,j);
208     end
209     end
210     end
211     end
212     if length(pro_supply)>10
213         pro_supply=pro_supply(1:10);
214     end
215     h=1;
216     for i=1:length(pro_supply)
217         Pro_supply(h,:)=Provide(pro_supply(i),1:4);
218         h=h+1;
219     end
220     pro_supply(2,:)=sum(Pro_supply,2)';
221
222     P_n=0;%大于2e4的个数
223
224     for i=1:length(pro_supply)
225         if pro_supply(2,i)>20000
226             P_n=P_n+1;
227             p_supply(P_n)=pro_supply(1,i);
228         end
229     end
230     p_supply
231
232
233     h=1;
234     Y=1;
235     n=10+P_n;%初始化供货商数量
236     while Y==1
237
238         B=[supply_num(1,1:n-P_n) p_supply];
239         supply=zeros(length(B),24);
240         for i=1:length(B)
241             supply(i,:)=Provide(B(i),:);
242         end
243         Sum_supply=sum(supply);
244         for i=1:24
245             if Sum_supply(i)>48000
246                 Sum_supply(i)=48000;
247             end
248         end
249         material(1)=Sum_supply(1)-28200;
250         for i=2:24
251             material(i)=material(i-1)+Sum_supply(i)-28200;

```



```

252     end
253
254     Y=0;
255     for i=1:24
256         if material(i)<0
257             Y=1;
258         end
259     end
260     n=n+1;
261     % figure;
262     % plot(material);
263     end
264     n=n-1
265     Sum_supply
266     figure;
267     plot(material+28200);
268     hold on;
269     plot(ones(1,24)*28200);
270     hold on;
271     plot(t)
272     save B.mat B;
273     save model2_3;
274     %%
275     toc
276
277
278     %%计算最小经济花费%%
279     clc;clear;close all; %初始化 问题2-2
280     tic
281     %先要跑model2_1和model2_3
282     %% 数据导入
283     load B;
284     load Provide;
285     load a_supply;
286     [data name]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);
287     %%
288     %产量矩阵
289     % supply=zeros(length(B),24);
290     % for i=1:length(B)
291     %     supply(i,:)=Provide(B(i,:),:);
292     % end
293
294     n_A=0;
295     n_B=0;
296     n_C=0;
297     for i=1:length(B) %处理单位价钱
298         if name(B(1,i)+1,2)=='A"
299             B(2,i)=1.2;

```

```

300     n_A=n_A+1;
301     supply_A(n_A,:)=Provide(B(1,i),:);
302     S_A(n_A,1)=B(1,i);
303     elseif name(B(1,i)+1,2)=="B"
304         B(2,i)=1.1;
305         n_B=n_B+1;
306         supply_B(n_B,:)=Provide(B(1,i),:);
307         S_B(n_B,1)=B(1,i);
308         elseif name(B(1,i)+1,2)=="C"
309             B(2,i)=1;
310             n_C=n_C+1;
311             supply_C(n_C,:)=Provide(B(1,i),:);
312             S_C(n_C,1)=B(1,i);
313         end
314     end
315
316     %%
317
318     sum_A=sum(supply_A);
319     sum_B=sum(supply_B);
320     sum_C=sum(supply_C);
321
322     %% 确定生产点和补充点
323
324     point=zeros(1,24);
325     sum_ABC=sum_A+sum_C+sum_B-28200;
326     for i=1:24
327         if sum_ABC(i)>48000-28200
328             sum_ABC(i)=48000-28200;
329         end
330         if sum_ABC(i)>0
331             point(i)=1;
332         end
333     end
334     %% 确定每周的量
335     %%将结尾的补充点优化
336     i=24;
337     delta_supply=sum_ABC;
338     while sum_ABC(i)>0 && i>=1
339         delta_supply(i)=0;
340         sum_ABC(i)=0;
341         i=i-1;
342     end
343
344     %%生产点用距离最近的前方补充点填补空缺
345     while i>=1
346         k=i;
347         while delta_supply(i)<0

```

```

348 while k>=1
349     if point(k)==1 && delta_supply(k)>0
350         if delta_supply(k)+delta_supply(i)>0
351             temp=delta_supply(i);
352             delta_supply(i)=0;
353             delta_supply(k)=delta_supply(k)+temp;
354
355
356         else
357             temp=delta_supply(k);
358             delta_supply(k)=0;
359             delta_supply(i)=temp+delta_supply(i);
360         end
361
362     break;
363 end
364 k=k-1;
365 end
366
367
368 end
369 i=i-1;
370 end
371
372 for i=1:24
373     if delta_supply(i)>0
374         sum_ABC(i)=sum_ABC(i)-delta_supply(i);
375     end
376 end
377
378 r=zeros(1,24);
379 r(1)=sum_ABC(1);
380 for i=2:24
381     r(i)=r(i-1)+sum_ABC(i);
382 end
383 plot(r)
384
385
386 %% 通过每周订单量确定
387 for i=1:24
388     if sum_A(i)+sum_B(i)+sum_C(i)>48000
389
390         d_supply(i)=sum_A(i)+sum_B(i)+sum_C(i)-sum_ABC(i)-28200;
391     else
392         d_supply(i)=sum_A(i)+sum_B(i)+sum_C(i)-sum_ABC(i)-28200;
393     end
394 end
395

```

```

396 d_B=zeros(1,24);
397 d_A=zeros(1,24);
398 d_C=zeros(1,24);
399 for i=1:24
400 if d_supply(i)<1 && d_supply(i) >-1
401 d_supply(i)=0;
402 end
403
404 if sum_B(i)>d_supply(i)
405 d_B(i)=d_supply(i);
406 elseif sum_B(i)+sum_C(i) >d_supply(i)
407 d_B(i)=sum_B(i);
408 d_C(i)=d_supply(i)-sum_C(i);
409 else
410 d_B(i)=sum_B(i);
411 d_C(i)=sum_C(i);
412 d_A(i)=d_supply(i)-sum_C(i)-sum_B(i);
413 end
414
415 end
416
417 %% 将供应商个数作为目标函数进行优化
418 long_A=size(supply_A);
419 long_B=size(supply_B);
420 long_C=size(supply_C);
421
422 for week=1:24
423 if d_B(week)>0
424 b=[supply_B(:,week) [1:long_B(1)]];
425 Quene=sortrows(b,1);
426 k=0;
427 material=0;
428 while k<=long_B(1) && material<d_B(week)
429 k=k+1;
430 material=material+Quene(k,1);
431 end
432 % material
433 % k
434 for j=1:k-1
435 supply_B(Quene(j,2),week)=0;
436 end
437 supply_B(Quene(k,2),week)=material-d_B(week);
438
439 end
440
441 if d_C(week)>0
442 b=[supply_C(:,week) [1:long_C(1)]];
443 Quene=sortrows(b,1);

```

```

444 k=0;
445 material=0;
446 while k<long_C(1) && material<d_C(week)
447 k=k+1;
448 material=material+Quene(k,1);
449 end
450 % material
451 % k
452 for j=1:k-1
453 supply_C(Quene(j,2),week)=0;
454 end
455 supply_C(Quene(k,2),week)=material-d_C(week);
456
457 end
458
459 if d_A(week)>0
460 b=[supply_A(:,week) [1:long_A(1)]];
461 Quene=sortrows(b,1);
462 k=0;
463 material=0;
464 while k<=long_A(1) && material<d_A(week)
465 k=k+1;
466 material=material+Quene(k,1);
467 end
468 % material
469 % k
470 for j=1:k-1
471 supply_A(Quene(j,2),week)=0;
472 end
473 supply_A(Quene(k,2),week)=material-d_A(week);
474
475 end
476 end
477
478 %% 结果
479 for i=1:length(S_A)
480 result(i,:)=supply_A(i,:);
481 end
482 for i=1:length(S_B)
483 result(length(S_A)+i,:)=supply_B(i,:);
484 end
485 for i=1:length(S_C)
486 result(length(S_A)+length(S_B)+i,:)=supply_C(i,:);
487 end
488
489
490 sum_result=sum(result)-28200;
491

```

```

492 % for i=1:length(sum_result)
493 %     if sum_result(i)+28000>48000
494 %         sum_result(i)=48000-28200;
495 %     end
496 % end
497 r=zeros(1,24);
498 r(1)=sum_result(1);
499 for i=2:24
500 r(i)=r(i-1)+sum_result(i);
501 end
502 figure;
503 plot(r)
504 %% 购买价钱
505 ex=zeros(402,24);%填写excel表格
506 for i=1:length(S_A)
507 result(i,:)=supply_A(i,:).*0.6;
508 ex(S_A(i),:)=supply_A(i,:).*0.6;
509 end
510 for i=1:length(S_B)
511 result(length(S_A)+i,:)=supply_B(i,:).*0.66;
512 ex(S_B(i),:)=supply_B(i,:).*0.6;
513 end
514 for i=1:length(S_C)
515 result(length(S_A)+length(S_B)+i,:)=supply_C(i,:).*0.72;
516 ex(S_C(i),:)=supply_C(i,:).*0.6;
517 end
518
519 %%
520
521 figure;
522
523 plot(ones(1,24)*28200);
524 hold on;
525 plot(r+28200);
526 hold on;
527 plot(a_supply)
528
529 save result.mat result;
530
531 for i=1:length(S_A)
532 result(i,:)=supply_A(i,:).*0.6.*1.2;
533 end
534 for i=1:length(S_B)
535 result(length(S_A)+i,:)=supply_B(i,:).*0.66.*1.1;
536 end
537 for i=1:length(S_C)
538 result(length(S_A)+length(S_B)+i,:)=supply_C(i,:).*0.72;
539 end

```

```

540 money=sum(sum(result))
541 %%
542 save model2_4;
543 toc
544
545
546 %%随机生成转运损失矩阵%%
547 clc;clear;close all; %初始化 问题2—3
548 tic
549 %先要跑model2_1和model2_3 和model2_4
550 %% 数据导入
551 load B;
552
553 [data1 name1]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);
554 [data2 name2]=xlsread('附件2 近5年8家转运商的相关数据.xlsx',1);
555
556 %% 每个24周的数据
557 trans_rate=zeros(8,24,10);
558
559 for i=1:8
560 for j=1:24
561 for k=1:10
562 trans_rate(k,j,i)=data2(i,(k-1)*24+j);
563 end
564 end
565 end
566
567 %% 拟合并且依据概率产生产量
568 trans_change=zeros(8,24);
569 for i=1:8
570 for j=1:24
571 h=0;
572 for k=1:10
573 h=h+1;
574 T(h)= trans_rate(k,j,i);
575 end
576 %          j
577 %          Supply
578 [f(:,j,i),xi(:,j,i)]=ksdensity(T);
579 ff=0;
580 F=zeros(100,2);
581 for k=1:100
582 if xi(k,j,i)>0
583 ff=ff+f(k,j,i);
584 F(k,:)=[ff xi(k,j,i)];
585 end
586 end
587 for k=1:100

```

```

588     if ff*rand(1)<F(k,1)
589         trans_change(i,j)=F(k,2);%依据概率生成产量
590     break;
591     end
592 end
593 %         figure;
594 %         plot(xi(:,j,i),f(:,j,i));
595 end
596 i
597 end
598
599 save trans_change.mat trans_change;
600 save model2_5;
601 %%
602 toc
603
604
605 %%运用贪心算法算最佳转运量%%
606 clc;close all;clear choose; %初始化 先跑model2_4 问题2-3
607 tic
608
609 %% 数据导入
610 load trans_change;
611
612
613 S_ABC=[S_A;S_B;S_C;];
614 r=result;
615 %%
616 num=ceil(sum(result)/6000)
617 trans_change=trans_change./100;
618 select=zeros(8,24);
619 for i=1:24
620     B=[trans_change(:,i) [1:8]'];
621     B=sortrows(B,1);%排序矩阵
622     select(:,i)=select(:,i)+[B(1:num(i),2);zeros(8-num(i),1)];
623
624 end
625
626 %% choose储存转运商
627 Ex=zeros(402,24*8);
628
629 sunhao=0;
630
631 for week=1:24
632     material=0;
633
634     k=1;
635     i=1;

```



```

636 h=0;
637 while i<=length(r)
638     if r(i,week)~=0
639         if material+r(i,week)>6000
640             temp=material;
641             Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=6000-temp;
642             sunhao=sunhao+(6000-temp)*trans_change(select(k,week),week);
643             material=r(i,week)+material-6000;
644             r(i,week)=0;
645             h=1;
646             choose(h,i,week)=select(k,week);
647             k=k+1;
648             while material+r(i,week)>=6000
649                 Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=6000;
650                 sunhao=sunhao+(6000)*trans_change(select(k,week),week);
651                 temp=material;
652                 material=r(i,week)+material-6000;
653                 r(i,week)=0;
654                 h=h+1;
655                 choose(h,i,week)=select(k,week);
656                 k=k+1;
657             end
658             if material>0
659                 Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=material;
660                 sunhao=sunhao+material*trans_change(select(k,week),week);
661             end
662             %
663             %             h=h+1;
664             %             choose(h,i,week)=select(k,week);
665             %             material=material+r(i,week);
666             %             r(i,week)=0;
667
668         else
669             h=1;
670             Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=r(i,week);
671             sunhao=sunhao+r(i,week)*trans_change(select(k,week),week);
672             choose(h,i,week)=select(k,week);
673             material=material+r(i,week);
674             r(i,week)=0;
675
676         end
677     end
678
679     i=i+1;
680
681 end
682
683 end

```

```

684
685 %%
686 sunhao % 损耗量
687 save model2_6;
688
689
690 %%
691 toc
692
693
694 clc;clear;close all; %初始化 %先要跑model2_2 用于跑图片
695 tic
696 load Provide;
697 load t;
698 %Provide(348,19)=0;
699 % Provide(201,13)=0;
700 channeng=28200;
701 %% 用排序算出每周最小供货商数量
702 min_k=ones(1,24);
703 for week=1:24
704 quene=[[1:402] ' Provide(:,week)];
705 A = sortrows(quene,2);
706 A=flip(A);
707 sum_material=0;
708 min_k(week)=1;%每周最少供应商个数
709 h=0;
710 while sum_material<channeng
711 sum_material=sum_material+A(min_k(week),2);
712 h=h+1;
713 select(h,week)=A(min_k(week),1);
714 min_k(week)=min_k(week)+1;
715
716 end
717 % sum_material
718
719 end
720
721
722 %% 算出供货商出现频率
723 supply_times=zeros(1,402);
724 for i=1:length(select)
725 for j=1:24
726 if select(i,j)~=0
727 supply_times(select(i,j))=supply_times(select(i,j))+1;
728 end
729 end
730 end
731 supply_times(2,:)= [1:402];

```

```

732 supply_num=flip(flip(sortrows(supply_times',1))');
733 %% 算出供货量
734 %前四周出现的供货商
735 h=1;
736 pro_supply(1)=select(1,1);
737 for i=1:length(select)
738     for j=1:4
739         if select(i,j)~=0
740             Y=1;
741             for k=1:h
742                 if select(i,j)==pro_supply(k)
743                     Y=0;
744                 end
745             end
746             if Y==1
747                 h=h+1;
748                 pro_supply(h)=select(i,j);
749             end
750         end
751     end
752 end
753 if length(pro_supply)>10
754     pro_supply=pro_supply(1:10);
755 end
756 h=1;
757 for i=1:length(pro_supply)
758     Pro_supply(h,:)=Provide(pro_supply(i),1:4);
759     h=h+1;
760 end
761 pro_supply(2,:)=sum(Pro_supply,2)';
762
763 P_n=0;%大于2e4的个数
764
765 for i=1:length(pro_supply)
766     if pro_supply(2,i)>20000
767         P_n=P_n+1;
768         p_supply(P_n)=pro_supply(1,i);
769     end
770 end
771 p_supply
772 a=0;
773 for h=26000:200:30000
774     channeng=h;
775     h=1;
776     Y=1;
777     n=10+P_n;%初始化供货商数量
778     while Y==1
779

```

```

780 B=[supply_num(1,1:n-P_n) p_supply];
781 supply=zeros(length(B),24);
782 for i=1:length(B)
783     supply(i,:)=Provide(B(i),:);
784 end
785 Sum_supply=sum(supply);
786 for i=1:24
787     if Sum_supply(i)>48000
788         Sum_supply(i)=48000;
789     end
790 end
791 material(1)=Sum_supply(1)-channeng;
792 for i=2:24
793     material(i)=material(i-1)+Sum_supply(i)-channeng;
794 end
795
796 Y=0;
797 for i=1:24
798     if material(i)<0
799         Y=1;
800     end
801 end
802 n=n+1;
803 % figure;
804 % plot(material);
805 end
806 a=a+1;
807 N(a)=n-1;
808 end
809 N
810 figure
811 plot([26000:200:30000],N)
812 % Sum_supply
813 % figure;
814 % plot(material+channeng);
815 % hold on;
816 % plot(ones(1,24)*channeng);
817 % hold on;
818 % plot(t)
819 % save B.mat B;
820 save model2_7;
821 %%
822 toc

```

## 问题三代码

```
1 %Matlab代码
```

```

2 %%创建函数代码
3 function [result] = obj_func(f,Provide,a,c)
4
5 n_A=0;
6 n_B=0;
7 n_C=0;
8 for i=1:402
9     if f(i)==1 && c(i)==1
10        n_A=n_A+1;
11        PA(n_A,:)=Provide(i,:);
12        S_A(n_A,1)=i;
13    elseif f(i)==1 && c(i)==2
14        n_B=n_B+1;
15        PB(n_B,:)=Provide(i,:);
16        S_B(n_B,1)=i;
17    elseif f(i)==1 && c(i)==3
18        n_C=n_C+1;
19        PC(n_C,:)=Provide(i,:);
20        S_C(n_C,1)=i;
21    end
22 end
23 sum_A=sum(PA);
24 sum_B=sum(PB);
25 sum_C=sum(PC);
26
27 if judge(sum_A+sum_B)
28
29
30 result=0;
31 for i=1:24
32
33 result=result+(sum_A(i)*0.6+sum_B(i)*0.66)*a;
34 end
35 result= result+cangchu(sum_A+sum_B)*a;
36
37 elseif judge(sum_A+sum_B+sum_C)
38
39 result=0;
40 for i=1:24
41 result=result+(sum_A(i)*0.6+sum_B(i)*0.66+sum_C(i)*0.72)*a;
42 end
43 result=result+cangchu(sum_A+sum_B+sum_C)*a;
44 else
45 result=1000000;
46 end
47 end
48
49

```

```

50 %%根据概率密度函数产生供应量矩阵%%
51 clc;clear;close all; %初始化 问题3-1
52 tic
53
54 %% 数据导入
55 [data1 name1]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',1);
56 [data2 name2]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);
57
58 %% 数据处理
59 provide=zeros(402,240);
60 for i=1:402 %将ABC产能转化到一个维度上
61 for j=1:240
62 if name2(i+1,2)=="A"
63 provide(i,j)=data2(i,j)/0.6;
64 elseif name2(i+1,2)=="B"
65 provide(i,j)=data2(i,j)/0.66;
66 elseif name2(i+1,2)=="C"
67 provide(i,j)=data2(i,j)/0.72;
68 end
69
70 end
71 end
72
73 %% 每个24周的数据
74 order_change=zeros(402,24,10);
75 supply_change=zeros(402,24,10);
76 for i=1:402
77 for j=1:24
78 for k=1:10
79 order_change(k,j,i)=data1(i,(k-1)*24+j);
80 supply_change(k,j,i)=provide(i,(k-1)*24+j);
81 end
82 end
83 end
84
85 %% 拟合并且依据概率产生产量
86 Provide=zeros(402,24);
87 for i=1:402
88
89 for j=1:24
90 h=0;
91 for k=1:10
92 if order_change(k,j,i)~=0
93 h=h+1;
94 Supply(h)= supply_change(k,j,i);
95 end
96 end
97 if h~=0

```

```

98     %           j
99     %           Supply
100    [f(:,j,i),xi(:,j,i)]=ksdensity(Supply);
101    ff=0;
102    F=zeros(100,2);
103    for k=1:100
104        if xi(k,j,i)>0
105            ff=ff+f(k,j,i);
106            F(k,:)=[ff xi(k,j,i)];
107        end
108    end
109    for k=1:100
110        if ff*rand(1)<F(k,1)
111            Provide(i,j)=F(k,2);%依据概率生成产量
112            break;
113        end
114    end
115    %           figure;
116    %           plot(xi(:,j,i),f(:,j,i));
117    end
118    end
119
120    i
121    end
122
123    %save Provide.mat Provide;
124    save model3_1;
125    %%
126    toc
127
128
129    %%根据概率密度函数产生转运损失矩阵%%
130    clc;clear;close all; %初始化
131    tic
132
133    %% 数据导入
134
135    [data1 name1]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);
136    [data2 name2]=xlsread('附件2 近5年8家转运商的相关数据.xlsx',1);
137
138    %% 每个24周的数据
139    trans_rate=zeros(8,24,10);
140
141    for i=1:8
142        for j=1:24
143            for k=1:10
144                trans_rate(k,j,i)=data2(i,(k-1)*24+j);
145            end

```

```

146     end
147     end
148
149     %% 拟合并且依据概率产生产量
150     trans_change=zeros(8,24);
151     for i=1:8
152         for j=1:24
153             h=0;
154             for k=1:10
155                 h=h+1;
156                 T(h)= trans_rate(k,j,i);
157             end
158             %             j
159             %             Supply
160             [f(:,j,i),xi(:,j,i)]=ksdensity(T);
161             ff=0;
162             F=zeros(100,2);
163             for k=1:100
164                 if xi(k,j,i)>0
165                     ff=ff+f(k,j,i);
166                     F(k,:)=[ff xi(k,j,i)];
167                 end
168             end
169             for k=1:100
170                 if ff*rand(1)<F(k,1)
171                     trans_change(i,j)=F(k,2);%依据概率生成产量
172                     break;
173                 end
174             end
175             %             figure;
176             %             plot(xi(:,j,i),f(:,j,i));
177         end
178     i
179     end
180
181     %save trans_change.mat trans_change;
182     save model3_2;
183     %%
184     toc
185
186
187     clc;clear;close all;
188
189     tic
190     %% 初始化参数
191     load Provide;
192     load trans_change;
193     [data2 name2]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);

```



```

194     a=0.1; %转运成本
195     b=0.1; %仓储成本
196
197     for i=1:402
198         if name2(i+1,2)=="A"
199             c(i,1)=1;
200         elseif name2(i+1,2)=="B"
201             c(i,1)=2;
202         elseif name2(i+1,2)=="C"
203             c(i,1)=3;
204         end
205
206     end
207     %% 数据处理
208     V=zeros(402,24);
209     for i=1:402 %将ABC产能转化到体积
210         for j=1:24
211             if name2(i+1,2)=="A"
212                 V(i,j)=Provide(i,j)*0.6;
213             elseif name2(i+1,2)=="B"
214                 V(i,j)=Provide(i,j)*0.66;
215             elseif name2(i+1,2)=="C"
216                 V(i,j)=Provide(i,j)*0.72;
217             end
218         end
219     end
220
221
222
223     %%
224
225     NP = 200;%种群规模
226     LL= 402;%物品件数
227     PC = 0.2 ;%交叉率
228     PM = 0.05;%变异率
229     G= 200;%最大遗传代数
230
231     %%
232
233     f = randi([0,1],NP,LL)%随机获得初始种群
234     figure;
235     pause(0.1);
236     for H = 1:G
237         %适应度计算
238         parfor i = 1: NP
239             Fit(i)= obj_func(f(i,:),Provide,a,c) ;
240         end
241         Maxfit = max (Fit);%最大值

```

```

242 minFit = min (Fit) ;%最小值
243 Rr = find (Fit==minFit) ;
244 fBest = f (Rr ( 1,1), : ) ;%历代最优个体
245 frr=Rr(1,1);%保留个体
246 if Maxfit - minFit==0
247 Fit=1;
248 else
249 Fit = (Fit - minFit)/ (Maxfit - minFit);
250 end
251 %归一化适应度值 基于轮盘赌的复制操作
252 sum_Fit = sum (Fit) ;
253 fitvalue = Fit./sum_Fit;
254 fitvalue = cumsum ( fitvalue);
255 ms = sort (rand (NP,1) );
256 Fiti = 1;
257 Newi = 1;
258 while Newi <= NP%基于轮盘赌的复制操作
259 if(ms ( Newi) ) <fitvalue ( Fiti)
260 Nf(Newi, :) =f (Fiti, : ) ;
261 Newi = Newi + 1;
262 else
263 Fiti = Fiti +1;
264 end
265 end
266 %基于概率的交叉操作
267 for i = 1:2:NP
268 p = rand;
269 if p < PC%基于概率的交叉操作
270 q= randi ( [0,1],1,LL);
271 for j = 1:LL
272 if q(j)==1
273 temp = Nf (i + 1,j );Nf(i + 1,j) = Nf (i,j);Nf ( i,j)= temp;
274 end
275 end
276 end
277 end
278 %基于概率的变异操作
279 for m = 1:NP
280 parfor n = 1:LL
281 r = rand ( 1,1) ;
282 if r < PM
283 Nf (m, n) = ~Nf (m, n) ;%基于概率的变异操作
284 end
285 end%
286 end
287 f = Nf;
288 f (1,:) = fBest;
289 trace (H) = minFit;

```

```

290 minFit
291 plot(trace);
292 pause(0.001);
293 end
294 %%
295 fBest
296 save fBest.mat fBest;
297 %%
298 %最优个体
299 figure;
300 plot (trace)
301 xlabel ('迭代次数')
302 ylabel('目标函数值')
303 title('适应度进化曲线')
304 toc
305
306
307 %%导出遗传算法的结果%%
308 clc;clear;close all;
309
310 tic;
311 %% 数据导入
312 load fBest;
313 load Provide;
314 load trans_change;
315 [data2 name2]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);
316
317 %%
318 for i=1:402
319     if name2(i+1,2)=='A'
320         c(i,1)=1;
321     elseif name2(i+1,2)=='B'
322         c(i,1)=2;
323     elseif name2(i+1,2)=='C'
324         c(i,1)=3;
325     end
326 end
327 n_A=0;
328 n_B=0;
329 n_C=0;
330 for i=1:402
331     if fBest(i)==1 && c(i)==1
332         n_A=n_A+1;
333         PA(n_A,:)=Provide(i,:);
334         S_A(n_A,1)=i;
335     elseif fBest(i)==1 && c(i)==2
336         n_B=n_B+1;
337         PB(n_B,:)=Provide(i,:);

```

```

338 S_B(n_B,1)=i;
339 elseif fBest(i)==1 && c(i)==3
340 n_C=n_C+1;
341 PC(n_C,:)=Provide(i,:);
342 S_C(n_C,1)=i;
343 end
344 end
345 %%
346 ex=zeros(402,24);
347
348 for i=1:length(S_A)
349 result(i,:)=PA(i,:)*0.6;
350 ex(S_A(i),:)=PA(i,:).*0.6;
351 end
352 for i=1:length(S_B)
353 result(length(S_A)+i,:)=PB(i,:)*0.66;
354 ex(S_B(i),:)=PB(i,:).*0.66;
355 end
356
357 for i=1:length(S_C)
358 result(length(S_A)+length(S_B)+i,:)=PC(i,:)*0.72;
359 ex(S_C(i),:)=PC(i,:).*0.72;
360
361 end
362
363 S_ABC=[S_A;S_B;S_C];
364 r=result;
365 [n m]=size(r);
366 for i=1:n
367 for j=1:m
368 if r(i,j)>48000
369 r(i,j)=48000
370 end
371 end
372 end
373 %%
374 num=ceil(sum(result)/6000)
375 trans_change=trans_change./100;
376 select=zeros(8,24);
377 for i=1:24
378 B=[trans_change(:,i) [1:8]'];
379 B=sortrows(B,1);%排序矩阵
380 select(:,i)=select(:,i)+[B(1:num(i),2);zeros(8-num(i),1)];
381
382 end
383
384 %% choose储存转运商
385 Ex=zeros(402,24*8);

```

```

386
387     sunhao=0;
388
389     for week=1:24
390         material=0;
391
392         k=1;
393         i=1;
394         h=0;
395         while i<=length(r)
396             if r(i,week)~=0
397                 if material+r(i,week)>6000
398                     temp=material;
399                     Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=6000-temp;
400                     sunhao=sunhao+(6000-temp)*trans_change(select(k,week),week);
401                     material=r(i,week)+material-6000;
402                     r(i,week)=0;
403                     h=1;
404                     choose(h,i,week)=select(k,week);
405                     k=k+1;
406                     while material+r(i,week)>=6000
407                         Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=6000;
408                         sunhao=sunhao+(6000)*trans_change(select(k,week),week);
409                         temp=material;
410                         material=r(i,week)+material-6000;
411                         r(i,week)=0;
412                         h=h+1;
413                         choose(h,i,week)=select(k,week);
414                         k=k+1;
415                     end
416                     if material>0
417                         Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=material;
418                         sunhao=sunhao+material*trans_change(select(k,week),week);
419                     end
420                     %
421                     %             h=h+1;
422                     %             choose(h,i,week)=select(k,week);
423                     %             material=material+r(i,week);
424                     %             r(i,week)=0;
425
426                 else
427                     h=1;
428                     Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=r(i,week);
429                     sunhao=sunhao+r(i,week)*trans_change(select(k,week),week);
430                     choose(h,i,week)=select(k,week);
431                     material=material+r(i,week);
432                     r(i,week)=0;
433

```

```

434     end
435     end
436     i=i+1;
437     end
438     end
439
440     %%
441     sunhao % 损耗量
442     sunhao/sum(sum(result))
443     save model3_4;
444     %%
445     toc

```

## 问题四代码

```

1      %Matlab代码
2      %%model4所有代码%%
3      clc;clear;close all; %初始化 问题2-1
4      tic
5
6      %% 数据导入
7
8      [data1 name1]=xlsread('big.xlsx',1);
9      [data2 name2]=xlsread('附件1 近5年402家供应商的相关数据.xlsx',2);
10     [data3 name3]=xlsread('small.xlsx',1);
11     load Provide;
12     load trans_change;
13     load average_supply;
14     %%
15
16     for i=1:402
17         if name2(i+1,2)=="A"
18             c(i,1)=1;
19         elseif name2(i+1,2)=="B"
20             c(i,1)=2;
21         elseif name2(i+1,2)=="C"
22             c(i,1)=3;
23         end
24     end
25
26     supply_b=zeros(402,24);
27     for i=1:length(data1)
28         supply_b(data1(i,7),:)=Provide(data1(i,7),:);
29     end
30
31     sum_b=sum(supply_b);
32     supply_s=zeros(402,24);

```

```

33     for i=1:length(data3)
34         supply_s(data3(i,7),:)=Provide(data3(i,7),:);
35     end
36     sum_s=sum(supply_s);
37     plot(sum_b);
38     hold on;
39     plot(sum_b+sum_s);
40     hold on;
41     plot(sum_b+sum_s*0.5);
42     supply=sum_b+sum_s*0.5;
43     %%
44     for i=1:24
45         if supply(i)*0.72>48000
46             while supply(i)*0.72>48000
47                 material= supply(i)*0.72-48000;
48                 k=1;
49                 while supply_b(k,i)==0 && k<402
50                     k=k+1;
51                 end
52                 if material>supply_b(k,i)
53                     supply_b(k,i)=0;
54                 else
55                     supply_b(k,i)=supply_b(k,i)-material/0.72;
56                 end
57
58
59         sum_b=sum(supply_b);
60         supply=sum_b+sum_s*0.5;
61
62     end
63 end
64 end
65 figure
66 plot(sum_b+sum_s*0.5);
67
68 supply=sum_b+sum_s*0.5;
69 sum(supply)/24%平均产能
70 %%
71 Supply=zeros(402,24);
72 for i=1:402
73     if c(i)==1
74         Supply(i,:)=Supply(i,:)+supply_b(i,:)*0.6;
75     elseif c(i)==2
76         Supply(i,:)=Supply(i,:)+supply_b(i,:)*0.66;
77     else
78         Supply(i,:)=Supply(i,:)+supply_b(i,:)*0.72;
79     end
80 end

```

```

81
82     for i=1:402
83         if c(i)==1
84             Supply(i,:)=Supply(i,:)+supply_s(i,:)*0.6*0.5;
85         elseif c(i)==2
86             Supply(i,:)=Supply(i,:)+supply_s(i,:)*0.66*0.5;
87         else
88             Supply(i,:)=Supply(i,:)+supply_s(i,:)*0.72*0.5;
89         end
90     end
91
92     %%
93     S_ABC= [data1(:,7)' data3(:,7)']';
94     for i=1:length(S_ABC)
95         result(i,:)=Supply(S_ABC(i),:);
96     end
97
98     r=result;
99     %%
100    num=ceil(sum(result)/6000)
101    trans_change=trans_change./100;
102    select=zeros(8,24);
103    for i=1:24
104        B=[trans_change(:,i) [1:8]'];
105        B=sortrows(B,1);%排序矩阵
106        select(:,i)=select(:,i)+[B(1:num(i),2);zeros(8-num(i),1)];
107
108    end
109
110    %% choose储存转运商
111    Ex=zeros(402,24*8);
112
113    sunhao=0;
114
115    for week=1:24
116        material=0;
117
118        k=1;
119        i=1;
120        h=0;
121        while i<=length(r)
122            if r(i,week)~=0
123                if material+r(i,week)>6000
124                    temp=material;
125                    Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=6000-temp;
126                    sunhao=sunhao+(6000-temp)*trans_change(select(k,week),week);
127                    material=r(i,week)+material-6000;
128                    r(i,week)=0;

```



```

129     h=1;
130     choose(h,i,week)=select(k,week);
131     k=k+1;
132     while material+r(i,week)>=6000
133         Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=6000;
134         sunhao=sunhao+(6000)*trans_change(select(k,week),week);
135         temp=material;
136         material=r(i,week)+material-6000;
137         r(i,week)=0;
138         h=h+1;
139         choose(h,i,week)=select(k,week);
140         k=k+1;
141     end
142     if material>0
143         Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=material;
144         sunhao=sunhao+material*trans_change(select(k,week),week);
145     end
146     %
147     %             h=h+1;
148     %             choose(h,i,week)=select(k,week);
149     %             material=material+r(i,week);
150     %             r(i,week)=0;
151
152     else
153         h=1;
154         Ex(S_ABC(i),(week-1)*8+select(k,week))=r(i,week);
155         sunhao=sunhao+r(i,week)*trans_change(select(k,week),week);
156         choose(h,i,week)=select(k,week);
157         material=material+r(i,week);
158         r(i,week)=0;
159
160     end
161 end
162
163 i=i+1;
164
165 end
166
167 end
168
169 %%%
170 sunhao % 损耗量
171 save model4_1;
172 %%%
173 toc

```