
C 题 生产企业原材料的订购与运输

摘 要

本文对中小微企业的信贷决策问题进行了研究。通过对企业发票数据的挖掘，提取与信贷风险相关的特征构建信贷风险预测模型，综合考虑贷款年利率、客户流失率构建分配决策优化模型，并根据模型的求解结果进行了详细深入的讨论

为对**供应商运输稳定性**进行评价，本文基于过去 240 周的订货量数据与供货量数据，计算了供货完成率、供货误差率、波动可接受性和大额订单比例等指标，使用 ζ 作为评价指标，对供应商保障企业生产的重要性进行了评价，并筛选了前 50 家企业。

针对**最少订购方案与转运方案**情境下的规划制定，本文首先构建了以供应商是否选择作为决策变量，以供应商数量最少作为目标函数使用 0-1 规划模型，得到最少需要 127 家供应商进行供货；而后，以 127 家供货商每周的供货量作为决策变量，以最经济原材料价格作为目标函数，建立数学规划模型，利用遗传算法进行求解，得到最优的订货方案；最后，以 127 家供应商与 8 家转运商的选择作为决策变量，以最低损耗率作为目标函数建立 0-1 规划模型，得到最优的转运方案。**订购与转运方案见附录三。**

针对**新采购方案规划中压缩生产成本的情况**，为满足尽可能多的采购 A 尽可能少的采购 C 的情况，因此需要对原材料 A 与 C 进行赋权，赋权后的总和最低作为目标函数，建立供货规划模型，转运过程中，利用供货数据，以转运损耗率最低作为目标函数，建立 0-1 规划模型，利用粒子群算法，对模型进行求解，得到最优方案。**订购与转运方案见附录四。**

针对**提高产能下的方案规划**，由于并未对各企业的产能进行提升，因此在所有生产单位时间（周）下，各供货商可以按照最大供应量进行材料供应，因此只需要对转运过程进行合理规划即可，并利用改进的粒子群算法求解，得到最优方案。**订购与转运方案见附录五。**

最后，在本问第六部分对问题二和问题三的方案进行**仿真验证**，根据既定的订货方案，基本满足题目的约束条件，供货的总误差和转运的平均损耗率均在可接受的范围内，认为两个模型构造合理。

关键词：供求关系；遗传算法；粒子群算法；改进的粒子群算法；仿真验证

一、问题重述

1.1 问题背景

随着 5G+物联网技术的普及，企业追求供应链的整体效率和成本效益，获得可持续的竞争优势显得尤为重要。由供应商管理库存为代表的供应链管理方法主要分为四个发展阶段：信息共享、管理决策、供应链管理协调和第三方参与。而供应链绩效无法有效地评估和衡量和供应链的复杂性和风险不可预测性等问题的出现，使得供应链管理需要更加智能化、专业化是的效率更高。

1.2 问题重述

某生产企业所用原材料主要是总体可分为 A，B，C 三种类型的材料。该公司每年计划生产 48 周，需提前 24 周制定原材料的订购和运转计划。现该企业每周的产能为 2.82 万立方米，每立方米产品消耗 0.6 立方米 A 类原材料或 0.66 立方米 B 类原材料或 0.72 立方米 C 类原材料。为保证正常生产，该企业要尽可能保持不少于满足两周生产需求的原材料库存量，为此该企业对供应商实际提供的原材料总是全部收购。每家转运商的运输能力为 6000 立方米/周。通常情况下，一家供应商每周供应的原材料尽量由一家转运商运输。

实际中 A 类和 B 类原材料的采购单价分别比 C 类原材料高 20%和 10%。三类原材料运输和储存的单位费用相同。已有数据为企业近 5 年 402 家原材料供应商的订货量和供货量数据、8 家转运商的运输损耗率数据，结合实际情况，对相关数据进行深入分析，研究下列问题：

1. 对 402 家供应商的供货特征进行量化分析，建立数学模型反映保障企业生产重要性，在此基础上确定 50 家最重要的供应商，并在列表给出结果。
2. 参考问题 1，该企业应至少选择多少家供应商供应原材料才可能满足生产的需求？针对这些供应商，为企业制定未来 24 周每周最经济的原材料订购方案，并据此制定损耗最少的转运方案。并对实施效果进行分析。
3. 该企业为了减少转运及仓储的成本，同时希望转运商的转运损耗率尽量少，现计划尽量多地采购 A 类和尽量少地采购 C 类原材料。请制定新的订购方案及转运方案，并分析方案的实施效果。
4. 根据现有原材料的供应商和转运商的实际情况，确定该企业每周的产能可以提高多少，并给出未来 24 周的订购和转运方案。

二、 问题分析

2.1 供应商运输稳定性评价

本问题为评价类模型，基于附件 1 的供货量和进货量对供货商的供货特征进行特征增强工作，最终得到 6 个特征，基于这六个特征得到对应的评价指数，而后对每个供应商进行评价，并对按要求排名。

2.2 订购方案与转运方案的制定

本小问为规划类问题，需要给出最终的订购方案和转运方案。所以，按照规划类问题的基本思路，从决策变量，目标函数，约束条件三个方向入手，进行规划类的分析，并逐步取得最终答案。

在本小问的求解过程中，需要找到最少的供货商数量，那么也就是所挑选的每家供货商要尽可能地向生产公司供货。由于在本小问的过程中主要着眼于供货阶段，而非转运阶段，所以，不妨将转运过程中的损耗率暂时先取为 2%，也就是说生产企业的接收量统一视作供货量的 98%。

2.3 新采购方案规划

第三小问仍旧是一个规划类的问题。相较于第二小问，第三小问并没有考虑最开始供应商数量最小的规定，目标函数发生了变化，变为双变量规划函数，因此考虑粒子群算法但是决策变量和约束条件并没有特别大的变化。

2.4 提高产能下的方案规划

第四小问仍旧是一个规划类的问题。相较于第二小问，第四小问去掉了最开始供应商数量最小的规定，目标函数也发生了变化，但是决策变量和约束条件并没有特别大的变化，基于此，本部分求解欲采用优化的粒子群算法（融入退火算法中的跳出局部最优特点）进行求解。

三、模型假设

1. 假设生产企业在第一周初始时原材料的储存量为 0。
2. 假设生产企业需要保持不少于两周的生产库存, 为当前周与下一周的生产需求量。同时, 第 24 周仍需保持本周与第 25 周的生产需求量。
3. 假设供应商以及转运商的供应链会延续之前的规律继续进行。
4. 假设为了满足企业的生产需求不被打乱, 生产企业的订货量超过实际需要的供货量百分之 30。

四、符号说明

符号	含义
η	供货完成率
γ	供货误差率
λ	波动可接受性
μ	大额订单比例
$MAX_A, MAX_B, MAX_C,$	A,B,C 类型供应商逐周最大供货上限
S, S_B, S_C	A,B,C 类型供应商选择矩阵(0-1 阵)

五、模型的建立和求解

5.1 供应商保障企业重要性分析

5.1.1 评价指标筛选

根据原题，表格中给出了关于 208 家供货商的数据，分别为企业向供应商的订货量(240 周)，记为 D ，供应商供应原材料的类别，以及各供应商每周的供货量(240 周)，记为 G 。

除了原始数据之外，本文基于 G 、 D 矩阵构造了如下指标：

5.1.2 供货完成率 η

供货完成率 η 为供应商的供货量不小于企业向其的订货量的情况占有订单情况的比例。当供货商完成这样的条件时，视为供货完成。

供应商所对应的 η 越大，该供应商的供货对企业来讲被视为更可靠，在供应商订货，不会导致企业原材料不足，其保障企业生产的重要性也就越高。

其具体计算公式为：

$$\eta = \frac{\text{num}(G \geq D) - \text{num}(G = D = 0)}{240 - \text{num}(G = D = 0)} \quad (5.1.1)$$

其中， num 表示供货量大于等于进货量的计数。

5.1.3 供货误差率 γ

供货误差率 γ 为供应商供货量与企业向其定购量的误差比例，通过计算供货量与订购量之差，与订货量做除法的方式进行计算。

某供货商的 γ 越小，表示该供货商的供货越稳定，其对企业安全生产保障的重要性也就越高。

当订货量 D 不等于 0 时，该周的供货误差率 γ_{week} 具体计算公式为：

$$\gamma_{\text{week}} = \frac{|G - D|}{D}, (D \neq 0) \quad (5.1.2)$$

总的供货误差率 γ 取为有效周的平均值，具体计算公式为：

$$\gamma = \frac{\sum \gamma_{\text{week}}}{240 - \text{num}(G = D = 0)} \quad (5.1.3)$$

5.1.4 波动可接受性 λ

对于生产企业来说，具有一定的承担风险的压力。当供应商的供应不稳定时，只要供货量在一定范围内变化，那么生产企业还是可以承担的，不会过多影响到企业的生产。所以，我们定义只要供货误差率 γ 小于 30%，就可以认为供货是较为稳定的，这个波动是可接受的。也就是说，波动可接受性 λ 就是供货误差 λ 小于 30%的订单数量占总订单的比例，波动可接受性 λ 越大，那么波动可以被生产企业接受的概率就越大，保障企业生产的重要性也就越高。

计算公式为：

$$\lambda = \frac{\text{num}(\gamma \leq 30\%) - \text{num}(D = G = 0)}{240 - \text{num}(D = G = 0)} \quad (5.1.4)$$

5.1.5 大额订单比例 μ

对于供应商来说，供应的大额订单数量越多，则供货渠道越稳定，在后期产能增加时，更有可能提供更多的原材料资源。因此，大额订单的比例 μ 越高，其保障企业生产的重要性也就越高。

其具体计算公式为：

$$\mu = \frac{\text{num}(G \geq 500)}{240 - \text{num}(G = D = 0)} \quad (5.1.5)$$

5.1.6 供应商整体量化分析

本节将供货商供应原材料的类别作为分类依据，针对提供的 A, B, C 三种产品进行整体量化分析；在供应商整体量化时，我们将 A, B, C 三种产品的订单分别进行加和，并计算所有评价量：

表 5.1 货物分类型量化

产品分类	A	B	C
供货商数量	146	134	122
供货完成率 η	0.608	0.645	0.663
供货误差率 γ	0.48	0.472	0.427
波动可接受性 λ	0.469	0.469	0.534
大额订单比例 μ	0.087	0.075	0.084

综上所述，原料 C 的供货完成率，供货误差率，波动可接受性指标都是最优秀的，也就是说，原料 C 的供应商在保障企业生产的重要性方面做的最好，而原

料 B 的供应商在保障企业生产的重要性方面做的最不好，所以，在后续的选择过程中，尽量选择原料 A 与原料 C 的供货商进行供货。

5.1.7 供应商个体保障企业生产的重要性评价

我们利用上面建立的评价指标来建立评价模型，考虑到以下几条：

- (1) 供货完成率 η 越大，其保障企业生产的重要性也就越高。
- (2) 供货误差率 γ 越小，其保障企业生产的重要性也就越高。
- (3) 波动可接受性 λ 越大，保障企业生产的重要性也就越高。
- (4) 大额订单的比例 μ 越高，其保障企业生产的重要性也就越高。

因此，我们建立如下重要性评价模型：

$$\zeta = \frac{\eta\lambda + \mu}{\gamma} \quad (5.1.6)$$

其中 ζ 表示供应商个体保障企业生产的重要性。

为避免所选择系数相关性过大，导致评价模型鲁棒性过低，因此对 402 家供应商的五个系数的相关系数矩阵进行评价，如图 5.1 所示。

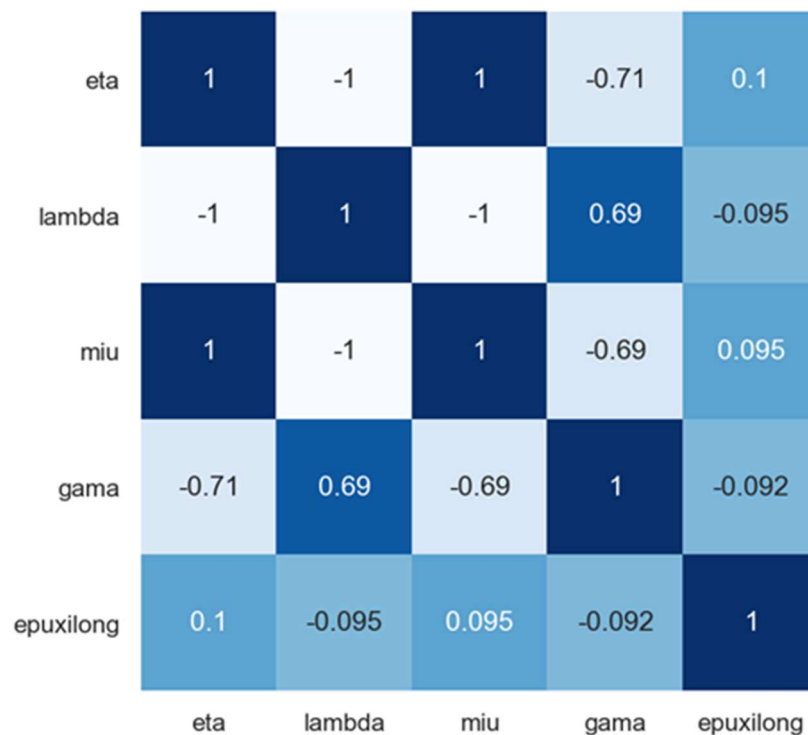


图 5.1 相关系数图

5.1.8 第一小问结论

根据我们的供应商个体保障企业生产的重要性模型，最终得到全部 402 家的

供应商个体保障企业生产的重要性指标 ζ 值（如附录 1），其中 50 家最重要的供货商如下表：

表 5.2 50 家最重要的供货商

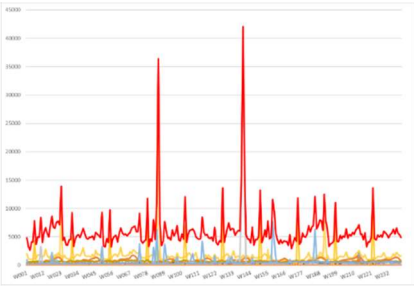
排名	供应商	排名	供应商	排名	供应商	排名	供应商	排名	供应商
1	S275	11	S151	21	S364	31	S388	41	S211
2	S229	12	S131	22	S040	32	S397	42	S003
3	S329	13	S356	23	S143	33	S244	43	S078
4	S340	14	S352	24	S294	34	S080	44	S126
5	S361	15	S247	25	S346	35	S180	45	S037
6	S268	16	S330	26	S367	36	S348	46	S351
7	S306	17	S308	27	S055	37	S189	47	S366
8	S282	18	S365	28	S395	38	S005	48	S123
9	S108	19	S284	29	S218	39	S270	49	S139
10	S194	20	S031	30	S362	40	S273	50	S379

注：从上到下，从左至右，重要性递减

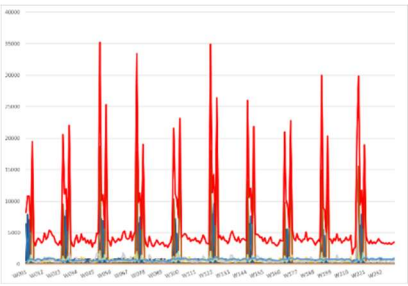
5.2 最少订购方案与转运方案的制定

5.2.1 最少供应商方案假设

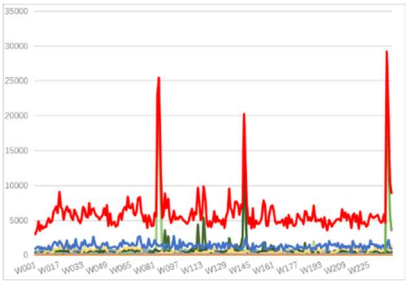
我们按照供货种类为 A, B, C 将 402 家供货商分开，在每种供货种类下仍按照原供货商序号由小至大排列，试图从整体角度对各类型供货量中找到一定规律性(如图 5.2 所示)。发现原材料 B、C 有较强周期性。



5.2. a 原材料A供应量



5.2. c 原材料B供应量



5.2. e 原材料C供应量

图 5.2 各类型原材料供求关系图
图中红线表示 402 家供应商总供应量

不妨假设,每家供货商所能提供的供货量上限为该供应商往期每一年在该周期点供货量的最大值。在此情况下,不妨令每家供货商一年里每个月的供货上限变为定值。此时,共有 146 家供应 A 原料,我们将这些供应商每周的供货量上限设为 MAX_A ,共计 146 行分别代表 146 家供应商,有 24 列分别表示在每一年的该时间节点处的最大值,则

$$MAX_A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & \cdots & 1 \\ 65 & 64 & \cdots & 84 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (5.2.1)$$

同理,得到 MAX_B , MAX_C 。

5.2.2 决策变量

在本模型中,主要求解的是供应商的最少数量。那么,对每个供应商,只需进行判断是否选择即可。所以,以供应 A 的 146 家供应商为例,将 24 周的 146 家供货商的选择情况制成矩阵 S_A 作为本问题的决策变量。这是一个 24 行 146 列的矩阵,同时也是 **0-1 变量矩阵**,每个位置的取值只能为 0 或者 1,若取值为 1,表示选择该家供应商,并按照最大供货量进货,若取值为 0,表示不进货。

5.2.3 目标函数

本问题采用的模型明确要求目标函数为选择供货商数量最小。转化为数学语言,借助上面的选择矩阵 S_A ,将一家店每一列的 24 个选择数据相加,如果这个数据不等于 0,那么这家店在供货过程中被选择。同理,对 S_B , S_C 都进行此操作。

因此,目标函数 z_1 表达式为:

$$\min z_1 = num\left(\sum_{i=1}^{24} (S_A)_{ij} \neq 0\right) + num\left(\sum_{i=1}^{24} (S_B)_{ij} \neq 0\right) + num\left(\sum_{i=1}^{24} (S_C)_{ij} \neq 0\right) \quad (5.2.2)$$

5.2.4 约束条件

考虑到该问题潜在约束条件为“为保证正常生产的需要,该企业要尽可能保持不少于两周生产需求的原材料库存量”。这里分 A, B, C 原材料计算所提供的生产产能,然后相加,要求最终的值要大于所需产能 2.82×10^4 立方米. 特别注

意，对于第一周的情况，需要在第一周采购第一，二周所需的原料，所以对应的产能为 5.64×10^4 立方米. 具体数学表达式为：

$$98\% \times \left(\frac{S_A \cdot MAX_A}{0.6} + \frac{S_B \cdot MAX_B}{0.66} + \frac{S_C \cdot MAX_C}{0.72} \right) \geq \begin{pmatrix} 5.64 \times 10^4 & 2.82 \times 10^4 & \dots & 2.82 \times 10^4 \end{pmatrix} \quad (5.2.3)$$

特别地，此式只有对角线部分的运算是有意义的，其他位置的单位时间选取与周最大值所对应的单位时间数并不一致，所乘结果没有意义。

5.2.5 遗传算法

5.2.5.1 遗传算法描述

遗传算法是借鉴遗传学原理的优化算法，被广泛用于求解运输问题、供应链网络问题以及选址分配问题等。

遗传算法的基本步骤如图 5.3 所示：

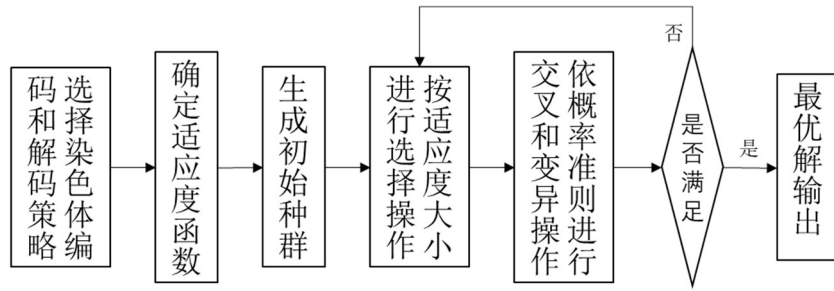


图 5.3 遗传算法基本步骤图

5.2.5.2 编码设计

本模型采用三层编码：

第 1 层最少供应商的选择采用 0-1 编码，供应商未被选择时为 0，供应商被选择时为 1。第 2 层最经济的订购方案, 对供货量采用整数编码，每个浮点数代表供应商在该周的供货量。

第 3 层损耗最小, 也就是转运商的选择采用 0-1 编码, 当某家供应商选择时, 若该转运商未被选择时为 0，转运商被选择时为 1。

这样的编码方式含义明确，并且不需要解码，提高了传输速率。

根据本研究中供应链结构的特点，设计的染色体 X, Y, Z 分别对应了上文设定的 S_A , G_A 以及 S_Z 。

5.2.5.3 适应度函数

本模型直接选取目标函数作为适应度函数，评价解的优劣。

5.2.5.4 生成初始种群

根据约束，随机产生具有确定规模的可行解作为初始种群。

5.2.5.5 遗传策略

1) 交叉

设置种群的交叉概率为 P_c 。随机选取 2 条染色体，当满足交叉条件时，随机产生 2 个交叉点，将染色体 1 的 t_1 周期数据与染色体 2 的 t_2 周期数据交换。

2) 变异

设置种群的变异概率为 P_m 。随机选取一条染色体，当满足变异条件时，随机产生 2 个变异点 $t_1, t_2 \in [1, T]$ ，将染色体 t_1, t_2 周期的数据进行交换。

其具体操作过程如图 5.4 所示：

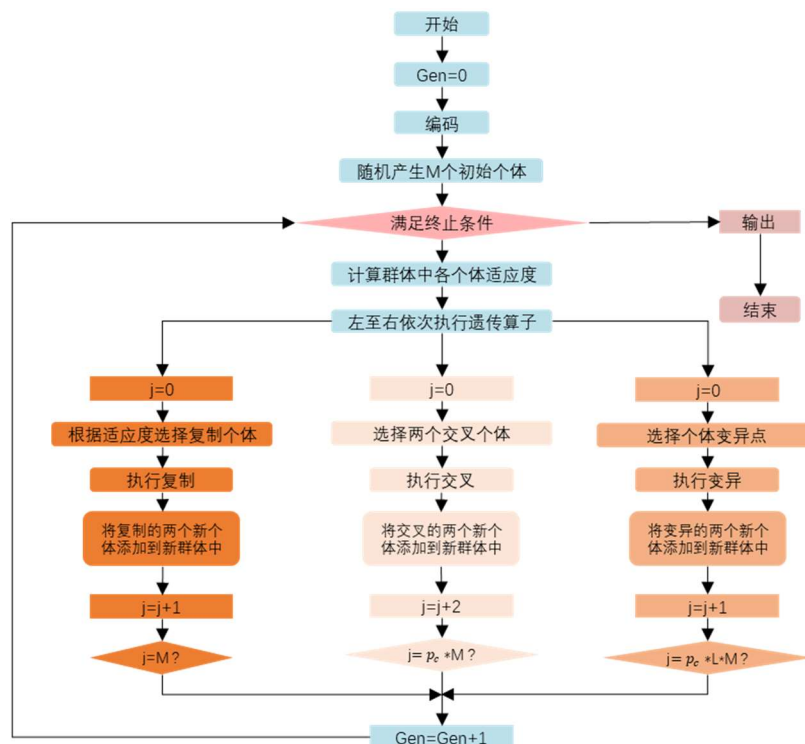


图5.4 本模型遗传算法具体步骤图

5.2.6 模型结果

根据上述规划模型可知，该企业应至少选择 127 家供应商供应原材料才能满足生产的需求，选择供应商中各类型数量如图 5.5 所示，详表见附录 2。

具体订购及转运方案详见附件 A 订购方案数据中表问题二的订购方案及附件 B 转运方案数据结果中表问题二转运方案结果。部分结果见附录三。

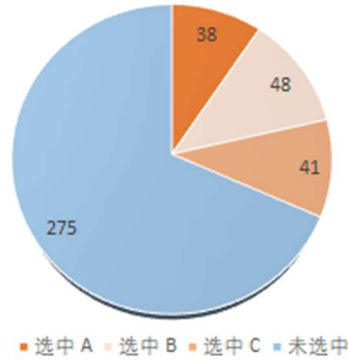


图5.5 选取的127供应商描述

5.3 最佳经济效益原料订购转运方案

5.3.1 最经济原材料订购方案

5.3.1.1 决策变量

本小问还是关于供货过程的规划类模型，要求的是最经济的原材料订购方案。同时，本问是基于上一问结论中的 127 家供应商进行原材料的订购。此处，我们依旧按照供应商品的种类对供应商进行分类。不妨假设，对于 A 原料，以第一周为例，每家店第一周的供货量所组成的矩阵为 G_A ，这是一个 X 行 1 列的矩阵。并以同样的方式定义 G_B ， G_C 。

5.3.1.2 目标函数

本小问的要求是每周最紧急的原材料订购方案，也就是成本的最小值。这里成本的组成就是 A，B，C 原料的费用。根据题干中的假设，企业对供应商实际提供的原材料总是全部收购，所以成本的运算应该根据供应商提供的供货量来决定，而不是企业的订货量。再根据原材料 A，B，C 的单价，我们知道，目标函数 z_2 的表达式为

$$\min z_2 = 1.2 \times \sum_{i=1}^X (G_A)_{ij} + 1.1 \times \sum_{i=1}^X (G_B)_{ij} + 1 \times \sum_{i=1}^X (G_C)_{ij} \quad (5.3.1)$$

5.3.1.3 约束条件

根据题干的说明，本小问需要满足多个约束条件：

(1) 文中说道“为了保证正常生产的需要，该企业要尽可能保持不少于两周生产需求的原材料库存量”。这里分 A，B，C 原材料计算所提供的生产产能，然后相加，要求最终的值要大于所需产能 2.82 万立方米。特别注意，对于第一周的情况，需要在第一周采购第一，二周所需的原料，所以对应的产能为 5.64

万立方米。以第一周为例，具体数学表达式为：

$$98\% \times \left(\frac{\sum_{i=1}^X (G_A)_{ij}}{0.6} + \frac{\sum_{i=1}^X (G_B)_{ij}}{0.66} + \frac{\sum_{i=1}^X (G_C)_{ij}}{0.72} \right) \geq 5.64 \times 10^4 \quad (5.3.2)$$

(2) 当周在某供应商处所得到的供货量不会超过在那一周供应商所能提供的最大供应量。以第一周为例，具体数学表达式为：

$$G_A \leq MAX_{A, 1} \quad (5.3.3)$$

其中， $MAX_{A,1}$ 表示之前设定的供应商每周的供货量上限矩阵 MAX_A 的第一列。

5.3.1.4 粒子群算法

粒子群算法假设 N 维空间中有 n 个无质量、无体积的粒子，向量 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN})$ 表示它们的位置，向量 $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iN})$ 表示它们的移动速度。每个粒子都有其目标函数决定的适度值，粒子在移动中寻找自己最优的位置 $p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iN})$ ，和邻域粒子的最优位置 $g_i = (g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{iN})$ 。粒子通过不断移动，更新迭代得到新的位置参数，它们的速度和位置更新公式为

$$\begin{aligned} v_{ij}(t+1) &= \omega v_{ij}(t) + c_1 r_1 (P_{iN}(t) - x_{iN}(t)) + c_2 r_2 (g_{iN}(t) - x_{iN}(t)) \\ x_{ij}(t+1) &= \omega v_{ij}(t) + v_{ij}(t+1) \end{aligned} \quad (5.3.4)$$

式中： ω 为惯性参数，当 $\omega > 1$ 时，粒子运动加速，当 $\omega < 1$ 时，粒子运动减速，现大多研究者对 ω 取值从 0.9 递减至 0.4； c_1, c_2 为学习参数，一般取 $c_1=c_2=2$ ； r_1, r_2 为 $[0, 1]$ 的随机数； $x_{ij}(t+1)$ 为粒子 i 在第 j 维度迭代 $t+1$ 次的位置参数， $v_{ij}(t+1)$ 为粒子 i 在第 j 维度迭代 $t+1$ 次的速度参数。

5.3.1.5 模型结果

根据上述规划模型可知，该企业未来 24 周原材料的订购方案如附件 1 所示。

5.3.2 损耗最少的转运方案

5.3.2.1 合理假设

本小问是针对转运过程的规划问题。如图 5.6 所示转运的损耗量有明显季节波动，不妨根据每年相应周的损耗量的均值来确定对应逐周各公司的损耗率。

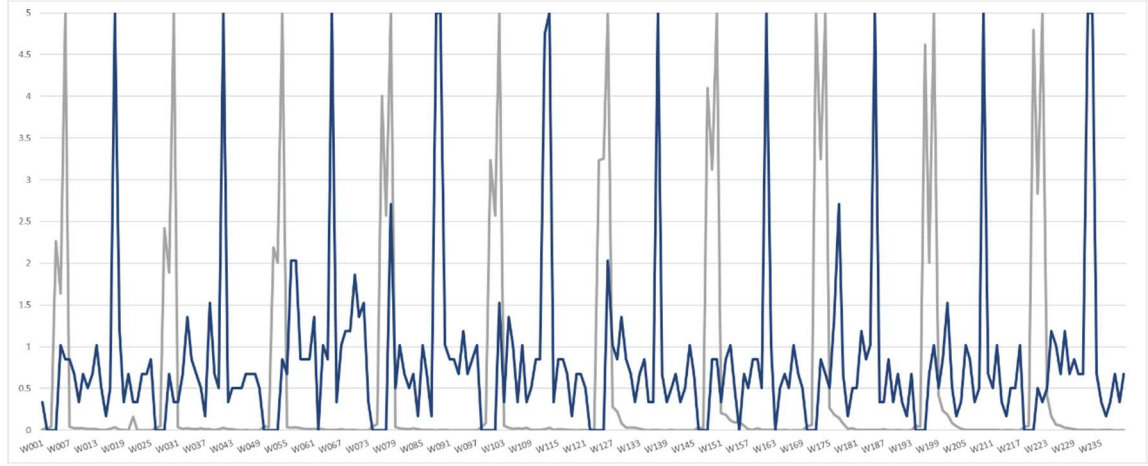


图5.6 T8与T6转运商折损率示意图

图中深色为T8，浅色为T6

以第一周为例，记各转运商的损耗率为 ρ_1 ，则 ρ_1 有

$$\rho_1 = \begin{pmatrix} 1.91 \\ 0.74 \\ \dots \\ 0.64 \end{pmatrix} \quad (5.3.5)$$

5.3.2.2 决策变量

注意到，本小问的背景是建立在上一小问的求解之上的，不难得出，每周都将按照上一小问的最经济原材料订购方案进行安排。那么在本小问的过程，唯一的决策变量就是每个供应商和哪个转运商进行合作。因此本问题为0-1规划问题。

以第一周为例，根据上一问的结果，我们知道，一共有 X 家供应商是进行供货的，我们可以建立一个 X 行 8 列的矩阵 S_Z ，每个位置的取值只能为 0 或者 1，表示为该家供应商选择该转运商进行合作，或者不选择这家。

5.3.2.3 目标函数

本小问的目标函数为损耗最少的转运方案，也就是说，应该利用上一问求出来的供货量的值 G_A ， G_B ， G_C ，考察与哪个转运商合作，最后再结合该转运商在该周的损耗率得到最终的结果。其数学表达式为

$$\min z_3 = \begin{pmatrix} G_A \\ G_B \\ G_C \end{pmatrix} \cdot S_Z \cdot \rho_1 \quad (5.3.6)$$

5.3.2.4 约束条件

根据题干的说明，本小问需要满足多个约束条件：

- (1) 一家供应商每周只能由一家转运公司进行运输，同时也必须要有转运公司帮助其转运。这也就是说，每一家供应商对应的一行，最多只能有一个位置是非零的，翻译成数学语言为：

$$\sum_{j=1}^8 (S_Z)_{ij} = 1 \quad (5.3.7)$$

(2) 每家转运商的运输能力为 6000，化为数学表达式为：

$$\begin{pmatrix} G_A \\ G_B \\ G_C \end{pmatrix} \cdot S_Z \leq \begin{pmatrix} 6000 \\ \vdots \\ 6000 \end{pmatrix} \quad (5.3.8)$$

粒子群算法具有规则简单、优化多维函数速度快、精度高等优点，但也存在一定的局限性。规则简单导致易出现局部最优而结束算法，得出的最终结果存在较大误差。针对此，本文创新地结合模拟退火算法具有跳出局部最优能力的特点，对粒子群算法进行改进，得到一个具有全局搜索能力强、精度高、速度较快并且可以避免陷入局部最优的改进算法。

设在一个D维的搜索空间中，由 n 个粒子组成种群 $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ ，每个粒子在D维搜索空间中的位置代表问题的一个解，第i个粒子的位置为 $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iD})$ ，速度为 $V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{iD})$ ，个体极值为 $P_i = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{iD})$ ，种群的群体极值为 $P_g = (P_{g1}, P_{g2}, \dots, P_{gD})$ ，粒子在 $m + 1$ 代的搜索空间中更新自身的速度和位置可如下确定：

$$V_{id}^{m+1} = \omega V_{id}^m + c_1 r_1 (P_{id}^m - X_{id}^m) + c_2 r_2 (P_{gd}^m - X_{id}^m) \quad (1) \quad (5.3.9)$$

$$X_{id}^{m+1} = X_{id}^m + V_{id}^{m+1} \quad (2)$$

上式中， ω 为惯性权重； $d \in (1, 2, \dots, D)$ ； $i \in (1, 2, \dots, n)$ ； m 为粒子群算法当前迭代次数； c_1 和 c_2 为加速度因子，是非负的常数； r_1 和 r_2 是分布在 $[0, 1]$ 之间的随机数。

惯性权重的设置影响着算法收敛速度和结果，较大的惯性权重能增强算法的全局搜索能力，而较小的惯性权重则增强算法的局部搜索能力。为避免算法较早陷入局部极值，本文采用线性递减的惯性权重，其取值如下：

$$\omega = \omega_{max} - \frac{(\omega_{max} - \omega_{min})m}{m_{max}} \quad (5.3.10)$$

式中， ω 为惯性权重， ω_{max} 是惯性权重最大值， ω_{min} 是惯性权重最小值， m 是粒子群算法当前迭代次数， m_{max} 是粒子群算法的最大迭代次数。

此外，粒子群算法存在容易早熟和迭代后期收敛较慢的缺陷，因此针对粒子群算法的收敛速度、收敛精度和早熟问题，本文基于帐篷映射对粒子群算法进行混沌局部搜索改进，运用帐篷映射模型对种群进行初始化，使粒子均匀地分布在

空间内,增大粒子群的多样性,以增加局部搜索能力。本问题映射模型表达式为:

$$a_j^{p+1} = \begin{cases} 2a_j^p, a_j^p \in [0,0.5] \\ 2 - 2a_j^p, a_j^p \in [0.5,1] \end{cases} \quad (5.3.11)$$

式中, p 为混沌局部搜索的当前迭代次数, $p \in (1,2,\dots,n)$; a_j^{p+1} 为第 j 维变量上的混沌变量。

因此,改进的粒子群算法步骤如下:

步骤 1 设置参数。根据问题规模,设置种群大小、粒子群算法的最大迭代次数、混沌搜索的最大迭代次数、学习因子等相关参数。

步骤 2 种群初始化。随机产生粒子位置和速度,再利用混沌局部搜索进一步初始化粒子群的速度和位置,进行以下混沌局部搜索:

a) 设 $p = 0$,将随机产生的粒子的位置 x_j^p 按照上式产生 $[0,1]$ 间的混沌变量 a_j^p :

$$a_j^p = \frac{x_j^p - x_{min,j}}{x_{max,j} - x_{min,j}}, j = 1,2,\dots,n \quad (5.3.12)$$

式中, $x_{max,j}$ 和 $x_{min,j}$ 分别为第 j 维变量的搜索上下界。

b) 利用式 4 产生下一步混沌变量 a_j^{p+1} , 并按照式 (6) 转化为新结果 x_j^{p+1} :

$$x_j^{p+1} = x_{min,j} + a_j^{p+1}(x_{max,j} - x_{min,j}) \quad (5.3.13)$$

c) 判断当前混沌局部搜索迭代次数 p 是否达到混沌局部搜索的最大搜索次数,如果未达到,则返回 b); 否则,将混沌搜索的新结果作为新的粒子。

步骤 3 根据目标函数式 (2) 计算步骤 2 产生的粒子适应度值。

步骤 4 根据步骤 3 计算的粒子适应度值寻找个体极值和群体极值。

步骤 5 更新粒子。根据式 (1) 和式 (2) 进行粒子的速度和位置更新,并根据更新后的粒子按照目标函数式 (2) 重新计算粒子的适应度值。

步骤 6 根据更新后新种群中的粒子适应度值更新个体极值和群体极值。

步骤 7 终止条件判断。判断粒子群算法的迭代次数 m 是否达到粒子群算法的最大迭代次数 m_{max} , 如果未达到, 返回步骤 4; 否则, 终止算法, 输出最优值。

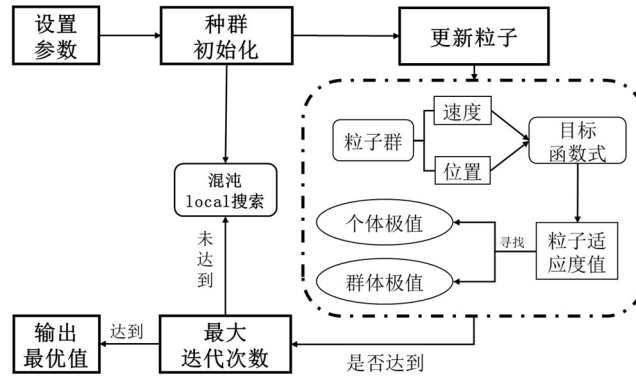


图5.7 改进粒子群流程图

5.3.2.5 模型结果

根据上述规划模型可知，该企业未来 24 周原材料的订购方案及转运方案详见附件 A 订购方案数据中表问题三的订购方案及附件 B 转运方案数据结果中表问题三转运方案结果。部分结果见附录四。

5.4 无产能上限的订购转运方案规划

5.4.1 订购方案规划

5.4.1.1 订购方案假设

我们假设，对于 A 原料，以第一周为例，每家店第一周的供货量所组成的矩阵为 G_A ，这是一个 146 行 1 列的矩阵.并以同样的方式定义 G_B ， G_C 。同时，假设 402 行 8 列的矩阵 S_Z 为供货商与转运商的合作矩阵，这是一个 0-1 矩阵。

5.4.1.2 目标函数

本小问是一个双目标规划模型，有两个目标函数

- (1) 现计划尽量多地采购 A 类和尽量少地采购 C 类原材料。这个目标函数，我们可以通过赋权来进行表达，不妨给 A 类原材料权重 100，C 类原材料权重 1，那么有数学表达式：

$$\max z_3 = 100 \times \sum_{i=1}^{146} (G_A) + 1 \times \sum_{i=1}^{122} (G_C) \quad (5.4.1)$$

- (2) 希望转运商的转运损耗率尽量小，这和第二问最后的目标函数是一样的，表达式为：

$$\min z_3 = \begin{pmatrix} G_A \\ G_B \\ G_C \end{pmatrix} \cdot S_Z \cdot \rho_1 \quad (5.4.2)$$

这里显然也是两个过程，我们逐一进行求解就可以了。

5.4.1.3 问题的结果

根据上述规划模型可知，该企业未来 24 周原材料的转运方案如附件 A 订购方案数据中表问题 4 的订购方案结果所示（部分结果见附录）。

5.4.2 提高产能转运方案规划

5.4.2.1 转运方案假设

我们假设，对于 A 原料，以第一周为例，每家店第一周的供货量所组成的矩阵为 G_A ，这是一个 146 行 1 列的矩阵.并以同样的方式定义 G_B ， G_C 。同时，假设 402 行 8 列的矩阵 S_Z 为供货商与转运商的合作矩阵，这是一个 0-1 矩阵。

5.4.2.2 目标函数

综合 1-4 问分析，发现逐日最大供货量一般小于运输承载量，所以不计算运输次数带来的额外成本。因此本部分认为每天的打包量近似为供货量，为满足要求目标函数，将折损率视为最低即可，因此该问题下的目标函数与问题三一致，目标函数同式 5.4.2。

5.4.2.3 模型结果

基于上述规划模型进行计算，该企业未来 24 周转运方案见附件 B 转运方案数据结果中表问题四转运方案结果。部分结果见附录五。

六、模型仿真

6.1 仿真意义

由于问题 2-4 为非线性规划问题，需对所建模型进行鲁棒性检验，由于时间问题，在本部分仅对问题 2、3 进行数据仿真。

6.2 最少订购方案与转运方案的制定

我们将问题二中计算出的材料订购方案进行仿真，设定供货量在订货量的 30%上下波动，损耗率在 2%附近上下波动，并进行仿真,共十次，结果如下：

表 6.1 问题二仿真

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
是否满足两周产能	是	是	是	是	否	是	是	是	是	是
供货总误差	38.45%	29.95%	8.30%	15.05%	32.55%	4.10%	38.40%	0.35%	14.50%	38.45%
转运平均损耗	0.78%	2.84%	1.37%	1.24%	0.90%	1.35%	4.73%	4.25%	1.50%	0.78%

根据我们的订货方案，基本是满足题目的约束条件的，供货的总误差和转运的平均损耗率均在可接受的范围内。所以我们的订购方案是合理的。

6.3 最佳经济效益原料订购转运方案仿真

设定供货量在订货量 30%上下波动,损耗率在 2%附近上下波动,进行诗词仿真，结果如下：

表 6.2 问题三仿真

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
是否满足两周产能	是	是	是	是	否	是	是	是	是	是
供货总误差	38.20%	3.82%	38.20%	3.82%	38.20%	3.82%	38.20%	3.82%	38.20%	3.82%
转运平均损耗	9%	0.90%	9%	0.90%	9%	0.90%	9%	0.90%	9%	0.90%

根据我们的订货方案，基本满足约束条件的，供货的总误差和转运的平均损耗率均在可接受的范围内，认为结果合理。

七、模型的评价与改进

6.1 模型评价

6.1.1 模型优点

1. 为解决本文核心问题（2-4）问建立了规划类模型，对生产规划方案进行分析，线性规划过程计算简便，易于求解。

2. 在第六部分，本文针对于问题 2、问题 3 进行仿真验证，将理论值多次带入模型进行仿真，使得数据结果更具有科学依据。

6.1.2 模型的缺点

由于本文使用的约束条件矩阵较大（ 402×24 ），考虑到该计数矩阵的值会随着迭代的过程而改变，又因为该题 2-4 问的规划模型为非线性模型，导致迭代速度较慢（单个迭代周期时长高达 3.5 个小时），由于时间限制，因此并未使用其他方法进行建模求解。

6.2 模型改进

本文使用的模型方法有遗传算法、粒子群算法、优化的粒子群算法（结合退火算法），试图使用梯度下降法求最优解过程中，迭代速度依然较慢，在接近全局最优解的迭代周期内，运算效率变低（100 个周期，总时长高达 80.333 个小时）。由于时间限制，本文并未使用梯度下降法对模型进行优化。

此算法函数文件详见支撑材料中 `steepest.m`。

参考文献

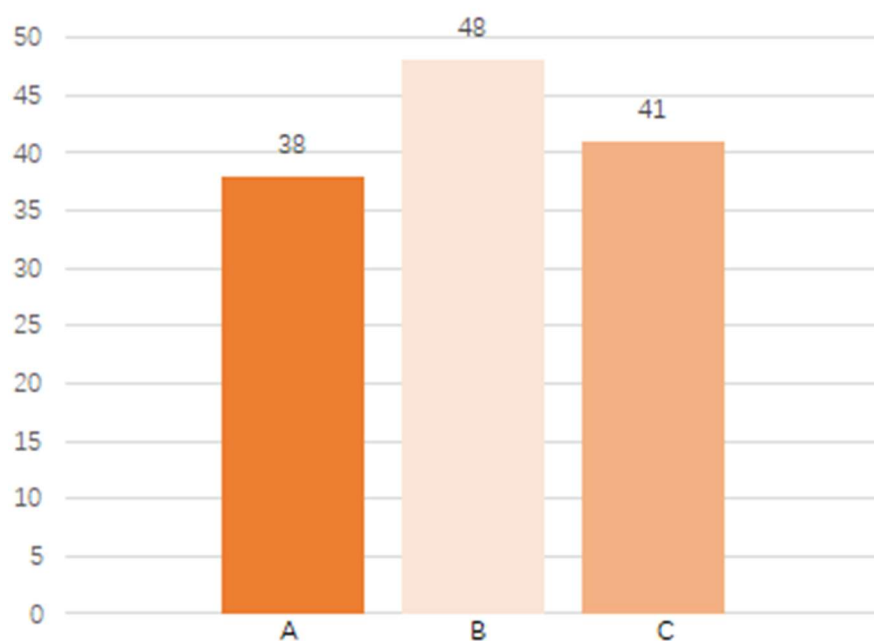
- [1]陈晨,王源涛,王儒朋,刘鑫.基于供应链管理视角的生产计划排产的功能分析和探究[J].智能制造,2021(02):43-48.
- [2]魏铭琦.考虑价格竞争的可持续闭环供应链网络规划[D].沈阳大学,2021.
- [3]叶飞,阚圣军.基于智能化仓储的送变电工程物资供应整合算法研究[J].电子设计工程,2020,28(23):34-37+42.
- [4]李朋,邢宾,胡小林,李启雷.基于工业互联网和区块链的供应链管理服务平台技术架构研究[A].中国通信学会.2020中国信息通信大会论文集(CICC 2020)[C].中国通信学会:人民邮电出版社电信科学编辑部,2020:5.
- [5]夏宇.产品后市场服务供应链的定价决策与渠道模式优化研究[D].上海财经大学,2020.
- [6]马斌.粒子群算法在供应链网络中的应用与改进[D].成都信息工程大学,2018.
- [7]张虹.基于多目标决策的供应链网络规划研究[D].湖南大学,2018.
- [8]苏青岗,高彦平,任国豪.基于改进粒子群算法的体育用品企业内部供应链优化[J].物流技术,2017,36(09):123-127.

附录 1：402 家供应商重要性表（节选前 87）

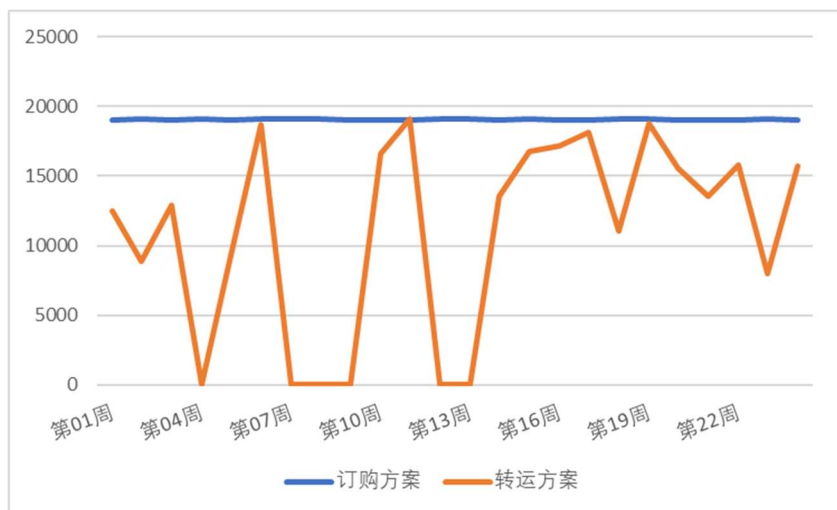
ID	ζ	Rank	ID	ζ	Rank	ID	ζ	Rank
S275	192.092	1	S362	6.53388	30	S338	1.96248	59
S229	158.07	2	S388	6.19741	31	S291	1.93108	60
S329	157.805	3	S397	5.87797	32	S224	1.80045	61
S340	140.144	4	S244	5.69611	33	S150	1.66298	62
S361	128.912	5	S080	5.51009	34	S201	1.64374	63
S268	126.943	6	S180	5.29661	35	S086	1.62859	64
S306	113.016	7	S348	4.94963	36	S342	1.58841	65
S282	110.054	8	S189	4.60695	37	S298	1.55722	66
S108	70.227	9	S005	4.58235	38	S314	1.54842	67
S194	57.9061	10	S270	3.71241	39	S074	1.51773	68
S151	56.9701	11	S273	3.64379	40	S016	1.46501	69
S131	56.2751	12	S211	3.47297	41	S318	1.41521	70
S356	55.0138	13	S003	3.33392	42	S210	1.40443	71
S352	42.425	14	S078	3.27786	43	S213	1.40281	72
S247	39.0733	15	S126	3.21574	44	S203	1.35961	73
S330	36.2964	16	S037	3.16246	45	S239	1.35111	74
S308	30.5681	17	S351	3.16239	46	S292	1.30796	75
S365	28.0175	18	S366	2.78562	47	S245	1.2587	76
S284	26.8646	19	S123	2.65217	48	S106	1.25589	77
S031	24.2123	20	S139	2.4966	49	S007	1.15272	78
S364	15.2109	21	S379	2.38372	50	S030	1.15204	79
S040	14.9755	22	S307	2.31818	51	S256	1.13122	80
S143	14.2951	23	S067	2.2912	52	S188	1.13102	81
S294	11.6997	24	S114	2.17111	53	S332	1.11221	82
S346	11.6068	25	S053	2.10896	54	S154	1.09568	83
S367	10.395	26	S266	2.10657	55	S301	1.07348	84
S055	7.64315	27	S374	2.03339	56	S269	1.04701	85
S395	7.30551	28	S033	2.00869	57	S065	1.02369	86
S218	6.78661	29	S140	1.97489	58	S225	1.02035	87

附录 2 选择供应商情况

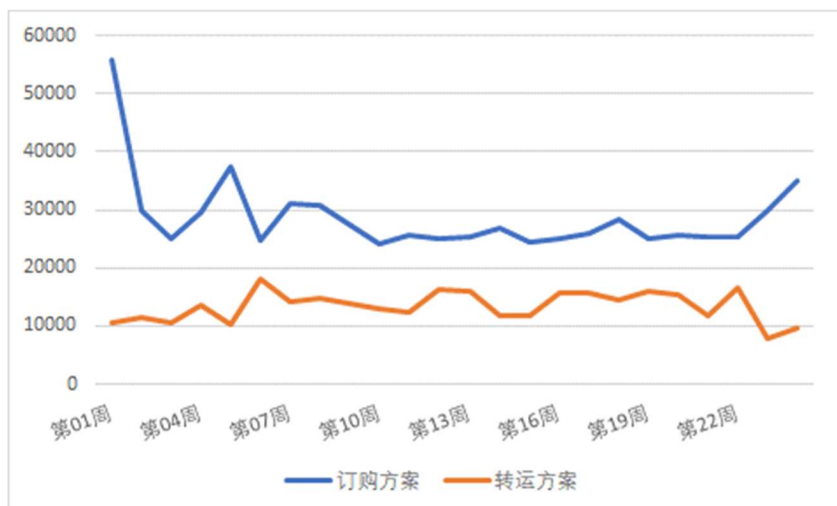
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
401	402																		



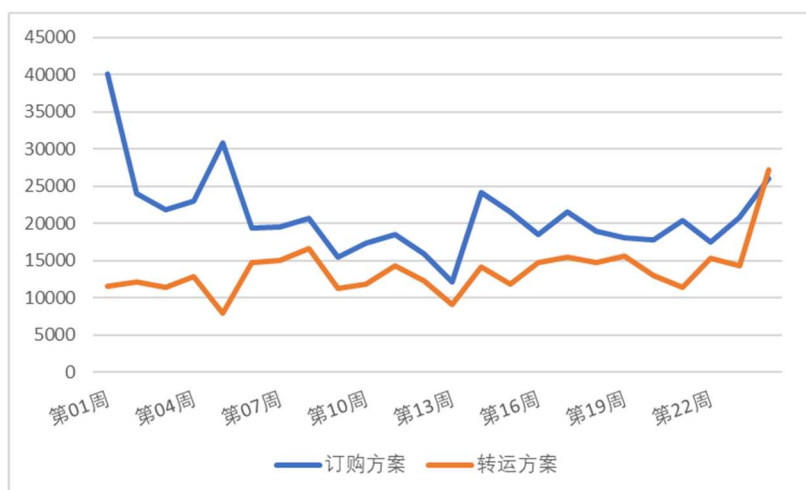
附录 3 最经济订购方案与转运方案结果



附录 4 新采购方案规划结果



附录 5 提高产能下的方案规划结果



附录 6 问题一部分代码

文件名称: Canshu_new.m	问题一用	Matlab
<pre> %% Calculating feature %% read data get the order and send count dinghuoliang = xlsread ('./data/附件1 近5年402家供应商 的相关数据.xlsx','企业的订货量 (m³) '); gongyingshang = xlsread ('./data/./data/附件1 近5年 402家供应商的相关数据.xlsx','供应商的供货量 (m³) '); %% Feature 1 - eta - Rate of supply completion [a,~] = size(dinghuoliang); eta=zeros(a,1); for i = 1:a ghl = gongyingshang(i,:); dhl = dinghuoliang(i,:); [~,ggtd] = size(find(ghl-dhl>0)); [~,ged] = size(find((ghl==0)&(dhl==0))); eta(i,1)=(ggtd-ged) ./ (240-ged); end %% Feature 2 - gama - Rate of supply error gama = zeros(a,1); for i = 1:a ghl = gongyingshang(i,:); dhl = dinghuoliang(i,:); gamaweek=abs(ghl-dhl)/dhl; [~,ged] = size(find((ghl==0)&(dhl==0))); gama(i,1)=gamaweek ./ (240-ged); end %% Feature 3 - lambda - Rate of supply error </pre>		

```

lambda = zeros(a,1);
for i = 1:a
    ghl = gongyingshang(i,:);
    dhl = dinghuoliang(i,:);
    gamaweek=abs(ghl-dhl)/dhl;
    [t,~] = size(find(gama<=0.3));
    [~,ged] = size(find((ghl==0)&(dhl==0)));
    lambda(i,1)=(t-ged)/(240-ged);
end

%% Feature 4 - miu - Proportion of large orders
miu = zeros(a,1);
for i = 1:a
    ghl = gongyingshang(i,:);
    dhl = dinghuoliang(i,:);
    [t,~]=size(find(ghl>100));
    [~,ged] = size(find((ghl==0)&(dhl==0)));
    miu(i,1)=t/(240-ged);
    miu(i,1)=(t-ged)/(240-ged);
end

%% Feature 5 - epuxilong - importance
epuxilong = zeros(a,1);
for i = 1:a
    epuxilong(i,2)=(eta(i,1).*lambda(i,1)+miu(i,1))
./gama(i,1);
end

%% out put the Frature for the cor_metirx plt
commer = zeros(a,5);
corner(:,1)=eta;
corner(:,2)=lambda;
corner(:,3)=miu;
corner(:,4)=gama;

```

```
corner(:,5)=epuxilong(:,2);
csvwrite('./result/new_cor_mer.csv',corner)
```

附录 7 问题二部分代码

文件名称: main_Q2.m	问题二用	Matlab
<pre> %% something important clear all; clc; %% attention! % Q2 run based on Q1 result, run the function before delete the Q1 result % col ==0,and then change the A B and C count. % Set the number of material suppliers after screening, assuming that it % remains unchanged, namely, 146,134,122 respectively A = 146; % DIY! B = 134; C = 122; %% Set population Parameters % You need to configure it yourself. options = gaoptimset('Generations', 1, 'PopulationSize', 200); G = zeros((A+B+C),24); disp('g ok!') for i =1:24 % use the GA function [x2,fval] = ga(@fitness2,(A+B+C),[],[],[],[],zeros(A+B+C,1),ones(A+B+C,1),@nonlcon2,options); G(:,i) = x2'; disp(i)% show the progress </pre>		

```

end

% At this time, g is the result of the desired
variable, which is the
% matrix of (a+ + b+ c)
% And then we have a line a, and the end c
corresponds to the c, and the
% middle line corresponds to bequal; 24 columns
for 24 weeks

%% save æ?ä¼~ä¼>è´§é† to excel

xlswrite('最优分配方案',G);

```

文件名称: fitness1.m	问题二用	Matlab
<pre> function z = fitness1(x) % is a row vector % rounds the variable, making sure the value is either 0 or 1 x = round(x); % transposes the input value to a column vector x = x'; % rearranges the input variables S = reshape (x, 24402); % Assign Sa,Sb,Sc, respectively SA = S(:,1:146); SB = S(:,147:280); SC = S(:,281:402); % defines the count and initializes countA = 0; countB = 0; countC = 0; % Sum and count the Sa,Sb,Sc columns </pre>		

```

respectively
parfor i=1:146
    if sum(SA(:,i)) > 0
        countA = countA + 1;
    end
end
parfor i=1:134
    if sum(SB(:,i)) > 0
        countB = countB + 1;
    end
end
parfor i=1:122
    if sum(SC(:,i)) > 0
        countC = countC + 1;
    end
end
% to obtain the fitness function
z = countA + countB + countC;
end

```

文件名称: nonlcon1.m	问题二用	Matlab
<pre> function z = fitness1(x) % is a row vector % rounds the variable, making sure the value is either 0 or 1 x = round(x); Function [ceq,c]= nonLCon1 (x) function [ceq,c]= nonlCon1 (x) % is a row vector % rounds the variable, making sure the value is either 0 or 1 </pre>		

```

x = round(x);
x =x';

% Import data for maxA,maxB,maxC
maxA = xlsread('maxA');
maxB = xlsread('maxB');
maxC = xlsread('maxC');

% rearranges the input variables
S = reshape (x, 24402);

% Assign Sa,Sb,Sc, respectively
SA = S(:,1:146);
SB = S(:,147:280);
SC = S(:,281:402);

% Set threshold (constraint)
S = (2.28 e4) * ones (24, 1) + (2.28 e4) * eye
(24, 1);

% assigns the output
Ceq(:, 1) = s - diag (0.98 * (SA * maxA / 0.6
+ 0.66 + SB * maxB/SC * maxC / 0.72));
c =0;
end
x = x';

% rearranges the input variables
S = reshape (x, 24402);

% Assign Sa,Sb,Sc, respectively
SA = S(:,1:146);
SB = S(:,147:280);
SC = S(:,281:402);

% defines the count and initializes
countA = 0;
countB = 0;
countC = 0;

```

```
% Sum and count the Sa,Sb,Sc columns
respectively
parfor i=1:146
    if sum(SA(:,i)) > 0
        countA = countA + 1;
    end
end
parfor i=1:134
    if sum(SB(:,i)) > 0
        countB = countB + 1;
    end
end
parfor i=1:122
    if sum(SC(:,i)) > 0
        countC = countC + 1;
    end
end
% to obtain the fitness function
z = countA + countB + countC;
end
```

附录 8 问题三部分代码

文件名称: main_Q3.m	问题三用	Matlab
<pre> %% some thing important clear all; clc; %% set generations and populationsize options = gaoptimset('Generations',100,'PopulationSize', 100); %set the PopulationSize [x1,~] = ga(@fit1,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non1,options); Z1 = reshape(round(x1),402,8); [x2,~] = ga(@fit2,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non2,options); Z2 = reshape(round(x2),402,8); [x3,~] = ga(@fit3,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non3,options); Z3 = reshape(round(x3),402,8); [x4,~] = ga(@fit4,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non4,options); Z4 = reshape(round(x4),402,8); [x5,~] = ga(@fit5,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non5,options); Z5 = reshape(round(x5),402,8); [x6,~] = ga(@fit6,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* </pre>		


```

8,1),@non6,options);
    Z6 = reshape(round(x6),402,8);
    [x7,~] =
ga(@fit7,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402*
8,1),@non7,options);
    Z7 = reshape(round(x7),402,8);
    [x8,~] =
ga(@fit8,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402*
8,1),@non8,options);
    Z8 = reshape(round(x8),402,8);
    [x9,~] =
ga(@fit9,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402*
8,1),@non9,options);
    Z9 = reshape(round(x9),402,8);
    [x10,~] =
ga(@fit10,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non10,options);
    Z10 = reshape(round(x10),402,8);
    [x11,~] =
ga(@fit11,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non11,options);
    Z11 = reshape(round(x11),402,8);
    [x12,~] =
ga(@fit12,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non12,options);
    Z12 = reshape(round(x12),402,8);
    [x13,~] =
ga(@fit13,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non13,options);
    Z13 = reshape(round(x13),402,8);
    [x14,~] =

```

```

ga(@fit14,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non14,options);
    Z14 = reshape(round(x14),402,8);
    [x15,~] =
ga(@fit15,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non15,options);
    Z15 = reshape(round(x15),402,8);
    [x16,~] =
ga(@fit16,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non16,options);
    Z16 = reshape(round(x16),402,8);
    [x17,~] =
ga(@fit17,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non17,options);
    Z17 = reshape(round(x17),402,8);
    [x18,~] =
ga(@fit18,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non18,options);
    Z18 = reshape(round(x18),402,8);
    [x19,~] =
ga(@fit19,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non19,options);
    Z19 = reshape(round(x19),402,8);
    [x20,~] =
ga(@fit20,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non20,options);
    Z20 = reshape(round(x20),402,8);
    [x21,~] =
ga(@fit21,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non21,options);
    Z21 = reshape(round(x21),402,8);

```

```

[x22,~] =
ga(@fit22,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non22,options);
Z22 = reshape(round(x22),402,8);
[x23,~] =
ga(@fit23,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non23,options);
Z23 = reshape(round(x23),402,8);
[x24,~] =
ga(@fit24,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non24,options);
Z24 = reshape(round(x24),402,8);
Z =
[Z1,Z2,Z3,Z4,Z5,Z6,Z7,Z8,Z9,Z10,Z11,Z12,Z13,Z14,Z15
,Z16,Z17,Z18,Z19,Z20,Z21,Z22,Z23,Z24];
%% save the choise function Z4 as xls
xlswrite('选择函数Z4',Z);

```

文件名称: fit1.m	问题三用	Matlab
<pre> function z = fit1(x) % import G and pho data G = xlsread('æ?ä¼~ä¼>è´Sé± Q3'); rho = xlsread('rho'); % Transpose the input values into column vectors x = round(x)'; Sz = reshape(x,402,8); z= G(1:402,1)'*Sz*rho(:,1); end </pre>		

文件名称: non1.m	问题三用	Matlab
<pre> function [ceq,c]=non1(x) % Import G and PHO data G = xlsread('最优供货量Q3'); % Transpose the input values into column vectors x = round(x)'; Sz = reshape(x,402,8); con= G(1:402,1) '*Sz; % Sum weekly supply ceq(:,1:8) = con-6000*ones(1,8); c(:,1:8) = sum(Sz)-ones(1,8); end </pre>		

附录 9 问题四部分代码

文件名称: main_Q4.m	问题四用	Matlab
<pre> %% some thing important clear all; clc; %% set generations and populationsize options = gaoptimset('Generations',100,'PopulationSize', 100); %set the PopulationSize [x1,~] = ga(@fit1,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non1,options); Z1 = reshape(round(x1),402,8); [x2,~] = ga(@fit2,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non2,options); Z2 = reshape(round(x2),402,8); [x3,~] = ga(@fit3,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non3,options); Z3 = reshape(round(x3),402,8); [x4,~] = ga(@fit4,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non4,options); Z4 = reshape(round(x4),402,8); [x5,~] = ga(@fit5,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* 8,1),@non5,options); Z5 = reshape(round(x5),402,8); [x6,~] = ga(@fit6,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402* </pre>		

```

8,1),@non6,options);
    Z6 = reshape(round(x6),402,8);
    [x7,~] =
ga(@fit7,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402*
8,1),@non7,options);
    Z7 = reshape(round(x7),402,8);
    [x8,~] =
ga(@fit8,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402*
8,1),@non8,options);
    Z8 = reshape(round(x8),402,8);
    [x9,~] =
ga(@fit9,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402*
8,1),@non9,options);
    Z9 = reshape(round(x9),402,8);
    [x10,~] =
ga(@fit10,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non10,options);
    Z10 = reshape(round(x10),402,8);
    [x11,~] =
ga(@fit11,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non11,options);
    Z11 = reshape(round(x11),402,8);
    [x12,~] =
ga(@fit12,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non12,options);
    Z12 = reshape(round(x12),402,8);
    [x13,~] =
ga(@fit13,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non13,options);
    Z13 = reshape(round(x13),402,8);
    [x14,~] =

```

```

ga(@fit14,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non14,options);
    Z14 = reshape(round(x14),402,8);
    [x15,~] =
ga(@fit15,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non15,options);
    Z15 = reshape(round(x15),402,8);
    [x16,~] =
ga(@fit16,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non16,options);
    Z16 = reshape(round(x16),402,8);
    [x17,~] =
ga(@fit17,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non17,options);
    Z17 = reshape(round(x17),402,8);
    [x18,~] =
ga(@fit18,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non18,options);
    Z18 = reshape(round(x18),402,8);
    [x19,~] =
ga(@fit19,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non19,options);
    Z19 = reshape(round(x19),402,8);
    [x20,~] =
ga(@fit20,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non20,options);
    Z20 = reshape(round(x20),402,8);
    [x21,~] =
ga(@fit21,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non21,options);
    Z21 = reshape(round(x21),402,8);

```

```

[x22,~] =
ga(@fit22,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non22,options);
Z22 = reshape(round(x22),402,8);
[x23,~] =
ga(@fit23,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non23,options);
Z23 = reshape(round(x23),402,8);
[x24,~] =
ga(@fit24,402*8,[],[],[],[],zeros(402*8,1),ones(402
*8,1),@non24,options);
Z24 = reshape(round(x24),402,8);
Z =
[Z1,Z2,Z3,Z4,Z5,Z6,Z7,Z8,Z9,Z10,Z11,Z12,Z13,Z14,Z15
,Z16,Z17,Z18,Z19,Z20,Z21,Z22,Z23,Z24];
%% save choice function Z4 to excel

xlswrite('选择函数 Z4',Z);

```

文件名称: fit1.m	问题四用	Matlab
<pre> function z = fit1(x) % Import G and PHO data G = xlsread('最优供货量Q3'); rho = xlsread('rho'); % Transpose the input values into column vectors x = round(x)'; Sz = reshape(x,402,8); % the first week z= G(1:402,1)'+Sz*rho(:,1); end </pre>		

文件名称: non1.m	问题四用	Matlab
<pre> function [ceq,c]=non1(x) % import G data G = xlsread('最优供货量Q3'); % Transpose the input values into column vectors x = round(x)'; Sz = reshape(x,402,8); con= G(1:402,1) '*Sz; % Sum weekly supply ceq(:,1:8) = con-6000*ones(1,8); c(:,1:8) = sum(Sz)-ones(1,8); end </pre>		