

安得物流 W 分公司网络优化项目报告

第一届全国大学生物流设计大赛

队 员：刘 佳 温铭颀

丁均伟 方立成

指导教师：李波 教授

天津大学管理学院 1 队

二零零七年四月

前言

本报告针对安得物流 W 分公司近来遇到的运输成本过高的问题，按照找出问题、分析问题、解决问题、方案拓展的思路对方案进行了重新设计，从而降低成本以达到盈利。

考虑到河北地区的地理特征，以及客户订单的高零担比例，我们在改进方案提出了建立中转站的思想。首先通过将货物统一运送到中转站的方式使运输达到规模效益，其次再通过具有短途运输优势的汽车运输将货物运往各个需求地。

在改进方案中，我们主要需要考虑以下两个因素：一、确定中转城市；二、选择运输方式。

在改进方案中，我们将总成本分为 3 部分：广州到中转城市的运输成本，中转成本，中转城市到目的地之间的运输成本。

同时我们引入了订货频率的概念，使得运输更具规律化，而且合适的频率还可以降低成本。

我们根据订货频率在一个月內可能出现情况，分别对不同频率不同运输方式组合下的成本进行计算。最后，从中选取最小的总成本，再与未改进的成本比较，若成本降低，则改进方案成功。

通过比较得出采用水路-公路联运的方式，每月送货 4 次为最优。和先前的运输方法相比，成本有着明显的降低。

基于这些成本计算模型，我们用 VB 编写了程序，可以很方便的计算出各个地区改进前后的成本，以方便企业很直观的看出方案改进的效果。

随着创业时间的增长，企业必然需要发展，其产品也将会销向全国各地。因此，我们将此方法应用于全国的物流网络中，通过 MATLAB 程序进行聚类，经过信息化处理，在结果中同时确定配送中心（DC）的个数，位置和配送中心的管辖区域。再利用成本模型确定出从工厂到配送中心（DC）的运输方式，而从配送中心（DC）到各目的地，除特殊情况外都采用汽车直接运输。我们运用此方法对全国网络进行重新规划，其结果将有助于企业以后的蓬勃发展。

最后，需要特别指出的是在实际应用中，我们引入了订单的设置，针对客户的不同需求选取不同的运输方式，以达到最大的客户满意度。

目 录

| | |
|---------------------------|----|
| 第一章 项目概述及物流系统分析..... | 1 |
| 1.1 问题描述..... | 1 |
| 1.2 系统目标..... | 1 |
| 1.3 问题分析..... | 2 |
| 1.4 解决方案概述..... | 3 |
| 第二章 项目方案详述..... | 4 |
| 2.1 项目改变及原因..... | 4 |
| 2.2 项目方案详述..... | 5 |
| 第三章 现有方案及改进..... | 8 |
| 3.1 数据收集..... | 8 |
| 3.1.1 数据清单..... | 8 |
| 3.1.2 数据信息化..... | 8 |
| 3.2 现有运输方式成本核算..... | 9 |
| 3.3 改进后运输方式成本核算..... | 10 |
| 3.4 从广州到 M 城的运输成本..... | 12 |
| 3.4.1 从广州到 M 城采用海运..... | 12 |
| 3.4.2 从广州到 M 城采用汽车..... | 13 |
| 3.4.3 从广州到 M 城采用火车运输..... | 14 |
| 3.5 中转站成本..... | 18 |
| 3.6 从 M 城到目标城市的运输方式..... | 19 |
| 3.7 分别采用三种运输方式下的模型..... | 20 |
| 3.8 成本计算流程..... | 21 |
| 第四章 模拟与仿真..... | 23 |
| 4.1 改进后的成本分析..... | 23 |
| 4.1.1 从广州到天津的运输成本..... | 24 |
| 4.1.2 中转成本..... | 28 |
| 4.1.3 从天津到目的城市的成本..... | 29 |

| | |
|---------------------------|----|
| 4.1.4 改进方案总成本 | 32 |
| 4.2 现有运输方式的模拟..... | 33 |
| 4.3 改进后成本比较 | 35 |
| 第五章 成本计算程序..... | 36 |
| 5.1 原有成本..... | 37 |
| 5.2 改进后运输方式比较..... | 40 |
| 5.2.1 海路运输成本 | 40 |
| 5.2.2 铁路运输成本 | 42 |
| 5.2.3 公路运输成本 | 43 |
| 5.3 综合比较..... | 44 |
| 第六章 方案拓展..... | 46 |
| 6.1 背景介绍..... | 46 |
| 6.2 项目的整体规划 | 46 |
| 6.3 配送中心选址 | 47 |
| 6.3.1 Kmeans 聚类分析原理..... | 47 |
| 6.3.2 聚类标准、需求、频率的确定 | 48 |
| 6.3.3 配送中心位置的确定方法..... | 51 |
| 6.3.4 配送中心个数的确定..... | 53 |
| 6.3.5 模型的求解..... | 54 |
| 6.3.6 结果分析与讨论 | 55 |
| 6.3.7 人工调整..... | 57 |
| 6.4 运输方式的确定 | 58 |
| 6.5 改进与优化..... | 59 |
| 第七章 方案总结..... | 61 |

第一章 项目概述及物流系统分析

1.1 问题描述

2005 年 12 月，安得物流公司与知名家电制造商佳的环境电器公司达成公路运输协议，合同期 2006 年 1 月 1 日到 2006 年 12 月 31 日，运输线路从广州到河北、山东、上海等地。运作几个月以来，其他线路都属正常，能够保证正常的利润，客户对服务质量也较为满意。唯有广州到河北的运输业务在 2006 年 1-3 月份亏损接近 8 万元（见表 1），客户对及时装货、及时到货方面也表示非常不满意。

表 1 2006 年 1-3 月河北省运输盈亏基本情况表

| 月份 | 总运费收入（元） | 总运费成本（元） | 毛利率 | 亏损额 |
|-----|----------|----------|--------|-------|
| 1 月 | 213500 | 241255 | -13% | 27755 |
| 2 月 | 156200 | 180723 | -15.7% | 24523 |
| 3 月 | 178900 | 205377 | -14.8% | 26477 |
| 小计 | 548600 | 627355 | -14.3% | 78755 |

表格分析：根据上表的数据显示，我们可以看到，河北省的运输业务从合同期开始连续三个月亏损，亏损额围绕 25000 元上下波动，并且在绝对数上有增加的趋势，三个月累计亏损将近 80000 元。通过计算三个月毛利率，我们还可以从相对数上验证物流运输公司的亏损将会越来越严重。

1.2 系统目标

企业必须建立商业目标以便对其物流系统进行有效的设计和开发，商业目标影响物流策略的类型，它反过来又决定了物流网络的设计和它的组成部分，比较常用的三种商业目标有：总资金成本最低、运营成本最小以及客户服务水平最高。总资金成本最低旨在使物流系统中总投资最小，可以用降低库存的方法来改善。运营成本最低的目标要使搬运和保管的各项变动成本最低，对应的物流战略可以是选择较好的保管和运输方案。客户服务水平最高的目标是使及时得到产品的可能性最大，订单处理时间达到最小，这一目标就要求有更多库存、零售商仓库的产品组合和额外运输服务。

需要注意的是，物流的各项活动（运输、保管、搬运等）之间可能存在“效益背反”（Trade-off）现象，所谓“效益背反”是指“对于同一资源（例如成本）的两个方面处于相互矛盾的关系之中，想要较多地达到其中一个方面的目的，必然使另一方面的目的受到部分损失”。也就是说对于物流的部分功能进行规划和决策可能会影响其他部分的功能，因此物流的规划和决策一般都以整个系统为基础来考虑。

1.3 问题分析

客户对本公司不满意主要是以下两个方面：

- ◆ 运输迟到比例比较高。为了控制运输成本，寻求更多的机会极拼，只能压单和多次装卸，有时也因为调车价格太高，为了寻求更低成本的承运车辆而耽误了时间。
- ◆ 破损率较高。由于多次卸货造成破损，特别是运往张家口承德地区、秦皇岛唐山地区的货物破损率非常高。

而造成公司严重亏损的原因包括以下几个方面：

- ◆ 今年油价上涨导致运输成本上升；
- ◆ 河北省地理位置特殊，发货地区分散，南北、东西跨越大，运输成本差异大。但在收费时，对整个河北省是一个价；
- ◆ 零担比例高（见表 2）；

表 2 2006 年 1-3 月河北省月份订单分类表

| 月份 | <20 立方米/票 | 20-40 立方米/票 | 40-100 立方米/票 | >100 立方米/票 |
|-----|-----------|-------------|--------------|------------|
| 1 月 | 39% | 18% | 34% | 9% |
| 2 月 | 29% | 24% | 37% | 10% |
| 3 月 | 38% | 19% | 29% | 14% |
| 小计 | 35% | 20% | 34% | 11% |

表格分析：根据上表的数据显示，我们可以看到，连续三个月超过 100 立方米的订单仅占有所有订单的 10%左右，然而不足 40 立方米的订单平均占到了 55%，其中不足 20 立方米的订单最低为 30%，最高的达到了 40%。在这样的情况下，如果公司不推迟运送的时间，那么会造成运输成本大幅度上涨；为了降低成本，公司不得不等待其他订单，结果耽误了时间，客户投诉增多，运输破损赔款增加。表 1 中 2006 年 1-3 月亏损额就包括了运输破损赔款 28000 多元。

现行的配送方式（如图 1）是根据客户的需要，直接将货物从广州分别运送到各个客户所在地。由于河北地区的地理特性，南北、东西跨度大，运输成本差

异很大，而且河北地区需求的一大特点是零担比例高，这两个原因造成现行运送方案的运输成本太高。

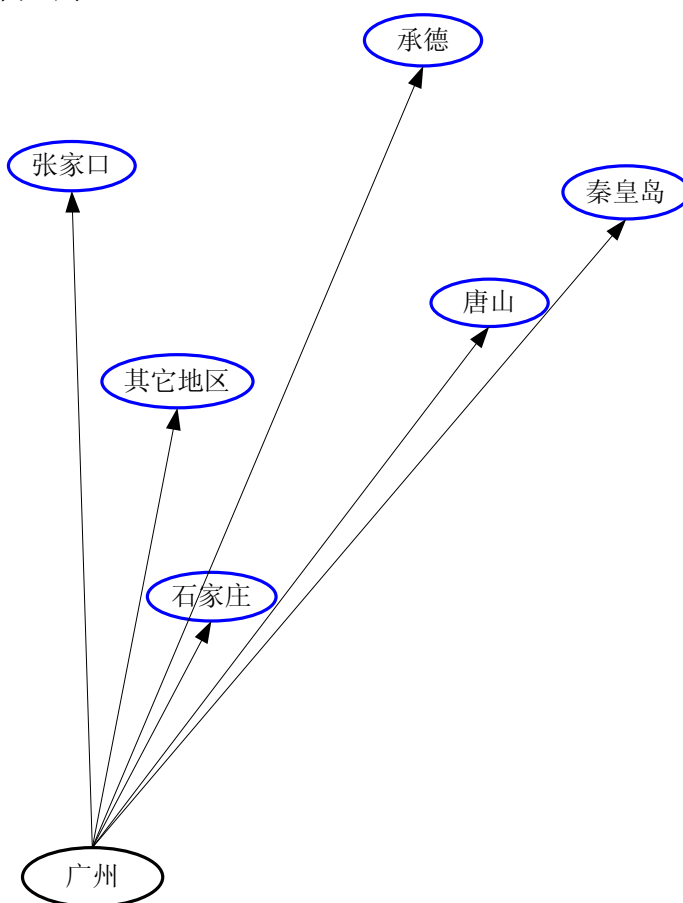


图 1 原运输方式

目前，项目的目标是通过对运输方式、运输路径的调整，使得运输成本尽快降下来，在不升高价格的同时，增加收入。同时提高运输物品的质量、注意时间安排以提高客户的满意度。

1.4 解决方案概述

基于以上分析，以降低成本，构建合理的配送网络，提高客户满意度为目标，我们的项目主要包括以下几个方面。

- 建立中转中心
- 估计从广州到中转城市不同运输方式的成本
- 比较成本大小，确定从始发点到中转站的运输方式
- 估计从中转城市到目的城市的运输成本

将整个过程中的成本与原先的成本比较，确定最佳方案

第二章 项目方案详述

2.1 项目改变及原因

方案的设计主要是针对问题分析中的几方面提出的。

首先，项目方案中采用了通过中转站进行中转的形式。

改进方案中加入了中转站，运输网络如图 2。货物先从广州运到 M 城，再以 M 城为中心向目的城市进行发散式送货。通过选取 M 城作为中转站，可将配送到河北省各个地区的货物集中起来统一运送，大大减少零担运输，通过集货达到规模效益。

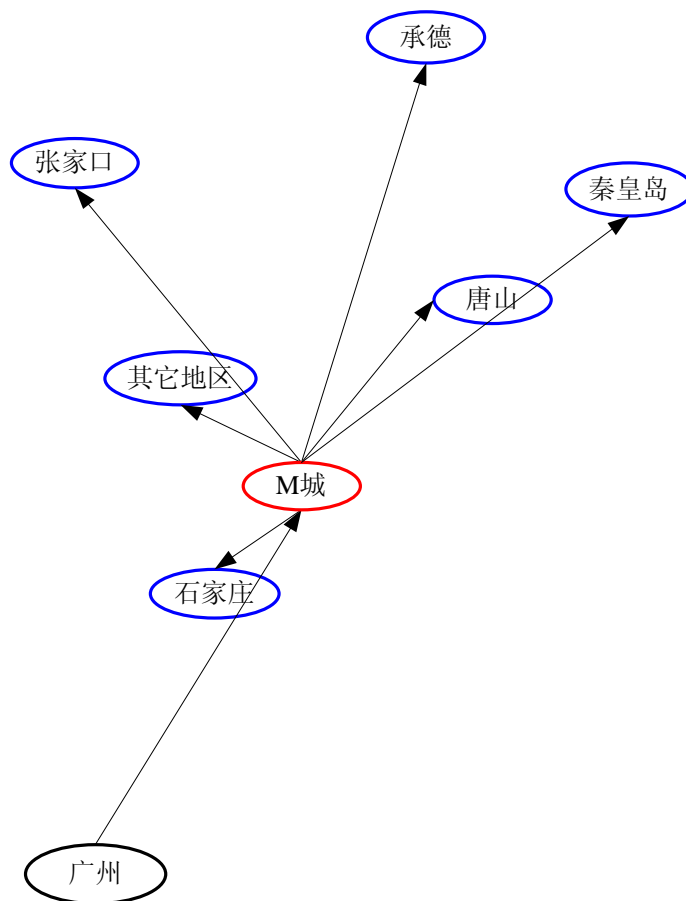


图 2 改进方案的运输方式

其次，在改进方案中，运输方式不仅仅局限于汽车运输，可以从多种方式中择优选择，还可以和其他运输工具链接，采用**多式联运**的方式。

在选择运输工具的时候需要考虑以下的因素：运费高低、运输时间长短、运

输能力大小、运输的安全性、时间的准确性等。

我们可以通过下表看出各种运输方式的优缺点（见表 3）：

表 3 三种运输方式的比较

| 特点 运输方式 | 优点 | 缺点 |
|------------|---|--|
| 铁路运输 | 运载能力大；速度较快；污染少； 受天气条件限制少、安全可靠 | 灵活性差；对包装要求较高； 存在货物被盗危险 |
| 公路运输 | 方便性；灵活性；快捷可控；运 货车量的资金投入较低；包装成 本低 | 运输能力低；单位费用高；货 物遭盗窃风险大，比火车高； 污染大 |
| 水路运输 | 运输能力高；运费低廉；节省燃 料能源；货物破损率低 | 运输速度慢；运输路线迂回； 受天气条件影响；运输时间长， 较难保证；装卸费用较高 |
| 航空运输 | 运输速度高；受地形条件限制 小；航空运输服务质量高，安全 可靠；货主使用航空运输，运输 时间短，获得更高的市场灵活 性，对市场变化进行快速反应 | 运输成本高；载重、体积、重 量都有较多限制；有些货物禁 止空运；受天气影响大 |

改进方案中的运输方式分为两部分：一部分为广州到 M 城的运输方式，另一部分为 M 城到各个目的城市之间的运输方式。针对各种运输方式的优缺点，从 M 城到河北各个城市之间发散运输的时候应采用公路运输，一方面比较灵活，另外一方面因为公路运输在短距离运输上有优势。而从广州到 M 城的运输方式则应该根据 M 城的选取位置来决定运输方式。

2.2 项目方案详述

选取河北省区域内或北京市天津市的某个城市 M 城作为中转站。首先以合适的运输方式将货物从广州运到 M 城，再从 M 城通过公路运输雷达式发散到目的城市。

M 城应该具备的条件为：

（1）W 分公司在 M 城应该有仓库。（详见光盘）

因为投资一个仓库需要耗费时间和金钱，对于一个短期的解决方案来说是很

不划算的。而谭经理必须要在 8 月份之前改变现在亏损的局面，显然投资建仓库在时间上就不允许。

(2) 具有港口的城市应该有优先权，这样可以选择采取水路运输。

因为在时间允许的情况下，水路运输在成本上会比陆地运输少很多，而且可以使得破损率降到很低。

(3) M 城需要在河北省境内，或北京市、天津市，临近交通运输据点，如港口、码头、铁路货站等。这样可以使得成本降低，货物到达客户的时间缩短。

(4) 能够在足够的时间内送达客户，并且具备发送频率、订发周期、从客户到中转中心的距离等服务均理想的条件。

M 城的选择除了需要考虑到以上条件外，还应该考虑当 M 城定位后所产生的所有成本的大小。对成本的比较不仅仅是确定 M 城所应考虑，更是选择运输方式的标准。

综合以上条件，天津满足以上各种条件，它作为中转城市 M 具有明显的优势（过程分析详见 3.2.4），从广州到天津应该采用海运，从天津到其他城市应该采用公路运输。

由于海运所需的时间较长（一般为 8 天），所以客户需要在较长的采购提前期之前订货，这需要公司的业务部门和客户配合好。对于紧急订单（大于四天的），则可以采用公路运输，直接对客户所在地发货。对于非常紧急的订单（小于四天的），则可以在与客户协商的情况下采用航空运输，并且适当提高收费。

将中转站设在天津，是因为 W 分公司在天津有仓库（根据后面给出的表 24 得知），并且天津有北方地区较大的港口，方便进出货。而且天津基本位于唐山、秦皇岛、张家口、承德的中心（见图 3），方便分货。再有，天津是北方最有发展潜力的城市，以这样的城市作为中转中心，必然会给公司带来更大的收益。



图 3 河北省地区地图

从广州到天津主要选择海运。因为天津有大的港口，方便海上运输。而且，海运成本低廉，全部采用集装箱运输可以很好的降低货物的破损率。只是，海运最大的缺点是所需时间很长，一般情况可以直接采用海运，如果遇到加急单可以选择用陆地运输作为补充。

上述结论仅为定性分析，具体方案的确定还应该通过成本计算，选择成本最小的方案作为最佳方案。

第三章 现有方案及改进

3.1 数据收集

数据收集包括确定数据要求、数据来源、分析可得到的数据的充分性和正确性、数据聚类、建立收集辅助数据的方法、对得不到的数据进行估计等。数据需求依赖于项目的性质，数据来源则根据数据需求而定。

3.1.1 数据清单

物流网络规划需要来自各方面的大量数据作为决策基础，这些数据通常包括以下内容：

1. 产品线上的所有产品清单；
2. 顾客、存货点的地理分布；
3. 每一区域的顾客对每种产品的需求量；
4. 运输成本和费率；
5. 运输时间、订货周期、订单满足率；
6. 仓储成本和费率；
7. 产品的运输批量；
8. 网络中各个节点的存货成本及控制方法；
9. 订单的频率、批量、季节波动；
10. 订单处理成本与发生这些成本的物流环节；
11. 顾客服务目标；
12. 在服务能力限制范围内设备和设施的可用性；
13. 产品配送模式。

3.1.2 数据信息化

1. 顾客聚集处理

企业的顾客通常散布在各地，但又相对地集中在中心市镇。将整个市场用这些聚集点来代表建立网络规划保障机制，在运输成本估算的准确性上不会有大的偏差。以美国为例，根据人口分布密度将美国本土划分为 200 个左右的聚集点，其运输成本估算偏差小于 1%。在本项目中，对于已知条件中河北省顾客的数据，我们便采用此方法。

2. 设施能力限制

厂房、仓库、销售点等设施都有一定的运行能力限制，物流网络规划必须在

此限制范围内。

3. 需求预测

完全基于历史数据和当前数据进行物流网络规划不是没有意义的，因为物流网络规划是企业未来的物流动作而设计的。因此在分析中有必要采用一些中期和长期预测方法。在实践中，许多企业采用五年预测数据进行网络设计。

4. 运输费率

物流成本上升是网络规划的主要决策依据，因此必须对各种方式的运输费率做出准确的估算。为了确定详细的动作成本数据以及运输工具的行驶路线，企业自备运输的费率估算需要掌握软件包。

关于运输频率的说明：

由于铁路为国家垄断行业，运输费用只与运输量有关。也就是说，只存在运输变动成本，而不存在固定成本，所以无论运输频率是多少，只要总的运输量是相同的，其运输成本就是相同的。

海上运输与铁路运输相似。海上运输有船公司提供每天往返于固定港口的货轮，只需要交一定的费用（如集装箱费用、搬运费、装卸费等，此类费用与运货量成正比关系，与其他因素无关）即可运输。所以，海上运输的成本同样只与运输总量有关，与运输频率无关。

但与前两者不同，公路运输是由公司自己的车进行运输，并不是委托给第四方进行运输。其运输成本除了与运输总量有关的变动成本以外，还包括与车辆本身有关的固定费用（如养路费、保险费等）。所以，运输频率的增加会使得公司需要的车辆减少，从而使得固定成本减少，变动成本不变，总成本减少。

以下是以成本最低为目标的建模。

3.2 现有运输方式成本核算

运输成本包括**运输费用**和**车辆费用**。运输费用为运输所消耗的汽油费用与路桥费之和；车辆费用包括固定费用和月固定费用、保险费等。

我们引入以下变量：

P_i 第 i 种车辆的月固定费用（元 / 月）。

固定费用包括企业委托车主支付的养路费,企业支付给车主租车的租金以及支付给车主的工资等.

R_{ib} 第 i 种车辆的保险费（元 / 年）

R_{ig} 第 i 种车辆的固定费用（元 / 公里）

企业为补偿汽车的折旧而支付给车主的费用

| | |
|--|---------------------------------|
| P_g | 汽油价格（元 / 吨公里） |
| P_{il} | 第 i 种车辆的路桥费（元 / 车公里） |
| V | 运输货物的总体积（立方米） |
| v_i | 第 i 种车辆的载货体积（立方米） |
| w_i | 第 i 种车辆的车货总重量（吨） |
| S_j | 从广州到第 j 个目的城市的距离（公里） |
| k_i | 每个月第 i 种车的运送次数 |
| q_i | 每次运送派出第 i 种车的数量 |
| m | 共有 m 个目的城市 |
| n | 共有 n 种车辆 |
| TC | 运输成本 |
| x_{ij} | 虚拟变量，表示第 i 种汽车是否从广州到第 j 个城市 |
| $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{表示第 } i \text{ 种汽车负责从广州到第 } j \text{ 个城市的运输} \\ 0, & \text{表示第 } i \text{ 种汽车不负责从广州到第 } j \text{ 个城市的运输} \end{cases}$ | |

则现有运输成本为：

$$TC = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_i \left[P_i + \frac{1}{12} R_{ib} + k_i \cdot R_{ig} \cdot S_j + (k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot S_j + k_i \cdot P_{il} \cdot S_j) \cdot x_{ij} \right] \dots (0)$$

且满足条件：
$$V = \sum_{i=1}^n v_i \cdot q_i \cdot k_i$$

此模型中，我们用到以下假设：

- ① 月固定费用中包含了支付给司机的工资。
- ② 配送路线呈辐射状而非环路。
- ③ 路桥费采用计车收费，而非计重收费。
- ④ 年保险费为常数。
- ⑤ 忽略其他附加费。

3.3 改进后运输方式成本核算

改进方案中的运输成本包括：

从广州到 M 城运输成本、从 M 城到第 j 个城市运输成本、中转成本。

$$\begin{aligned}
 \text{Min } \sigma_1 \cdot & \left\{ \left[\sum_{j=1}^m p_j \cdot n_j + d \cdot V + P_d + \sum_{i=1}^n R_{ib} \right] \right. \\
 & + \sum_{i=1}^y \sum_{j=1}^z q_i \left[P_i + \frac{1}{12} R_{ib} + k_i \cdot R_{ig} \cdot S_j + (k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot S_j + k_i \cdot P_{il} \cdot S_j) \cdot x_{ij} \right] \\
 & + V \cdot (d_0 + d_1) + y \cdot d_2 \cdot \frac{V}{H} \cdot T + UC \cdot I \cdot V \left. \right\} + \sigma_2 \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n x_i \left(P_i + \frac{1}{12} R_{ib} \right) + \sum_{i=1}^n q_i (k_i \cdot R_{ig} \cdot SM_2 \right. \\
 & + k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot SM_2 + k_i \cdot P_{il} \cdot SM_2) \\
 & + \sum_{i=1}^y \sum_{j=1}^z q_i \left[P_i + \frac{1}{12} R_{ib} + k_i \cdot R_{ig} \cdot S_j + (k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot S_j + k_i \cdot P_{il} \cdot S_j) \cdot x_{ij} \right] \\
 & + V \cdot (d_0 + d_1) + y \cdot d_2 \cdot \frac{V}{H} \cdot T + UC \cdot I \cdot V \left. \right\} + \sigma_3 \cdot \left\{ (SM_3 \cdot P \cdot n_i \cdot M_i + g_i \cdot n_i + b \cdot n_i + q \cdot \frac{V}{e} \cdot 2 \cdot s \right. \\
 & + 2 \cdot j \cdot t + h \cdot n \cdot M_i \cdot \frac{SM_3}{250} + y \cdot m \cdot \frac{SM_3}{100} + c \cdot n_i + u_i \cdot n_i + z \cdot V + f \cdot d \cdot w) \\
 & + \sum_{i=1}^y \sum_{j=1}^z q_i \left[P_i + \frac{1}{12} R_{ib} + k_i \cdot R_{ig} \cdot S_j + (k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot S_j + k_i \cdot P_{il} \cdot S_j) \cdot x_{ij} \right] \\
 & + V \cdot (d_0 + d_1) + y \cdot d_2 \cdot \frac{V}{H} \cdot T + UC \cdot I \cdot V \left. \right\} \quad (*) \\
 \text{s.t. } & \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 1 \quad \forall i, j \quad (1) \\
 & \sum_{i=1}^m v_j \cdot n_j \geq V \quad \forall i, j \quad (2) \\
 & \sum_{i=1}^n v_i \cdot q_i \cdot k_i \geq V \quad \forall i, j \quad (3) \\
 & \sum_{j=1}^m D_k V P_k = V \quad \forall i, j \quad (4) \\
 & \sigma_{1,2,3} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (5) \\
 & x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (6) \\
 & y \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (7) \\
 & n_i \geq 0 \quad \forall i, j \quad (8)
 \end{aligned}$$

其中：

$\sum_{i=1}^n P_i \cdot V_i + \sum_{j=1}^m p_j \cdot n_j + d \cdot V + P_d + \sum_{i=1}^n R_{ib}$ 表示从广州到 M 城采用海运时的成本；

$\sum_{i=1}^n n_i \left\{ \left(P_i + \frac{1}{12} P_{ib} + P_{ig} \cdot SM_2 \cdot k_i \right) + w_i \cdot SM_2 \cdot k_i \cdot (P_g + P_l) \right\}$ 表示若从广州到 M 城采用

汽车运输时的成本；

$SM_3 \cdot P \cdot n_i \cdot M_i + g_i \cdot n_i + b \cdot n_i + q \cdot \frac{V}{e} \cdot 2 \cdot s + 2 \cdot j \cdot t$

表示若从广州到 M 城

$+ h \cdot n \cdot M_i \cdot \frac{SM_3}{250} + y \cdot m \cdot \frac{SM_3}{100} + c \cdot n_i + u_i \cdot n_i + z \cdot V + f \cdot d \cdot w$

采用火车时的成本；

$\sum_{i=1}^y \sum_{j=1}^z q_i [P_i + \frac{1}{12} R_{ib} + k_i \cdot R_{ig} \cdot S_j + (k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot S_j + k_i \cdot P_{il} \cdot S_j) \cdot x_{ij}]$ 表示从 M 城到各个目的城市的成本；

$V \cdot (d_0 + d_1) + y \cdot d_2 \cdot \frac{V}{H} \cdot T$ 表示公路运输发生在中转站的成本；

$V(d_0 + d_1) + y \cdot d_2 \cdot \frac{V}{H} \cdot 30$ 表示海运和铁路运输发生在中转站的成本。

约束（1）表示从广州到 M 城只能采用海运、汽车运输、火车运输其中的一种，若采用两种及其以上，将等式右端的数字“1”做相应修改即可。

约束（2）（3）表示运输工具的规载货体积不小于货物的总体积。 D_k 和 VP_k 分别表示第 k 种产品的需求量和该产品的单位体积。

约束（4）表示每种产品的需求量与其体积的一个转换。

约束（5）、（6）、（7）规定相应变量为 0-1 变量。约束（8）表示从 M 城到各个目的城市的运输汽车的数量为正整数。

其它参数和变量的含义在将在以下章节中进行详尽描述。

3.4 从广州到 M 城的运输成本

3.4.1 从广州到 M 城采用海运

运输成本包括尺柜运费、装卸费、拖车短拨费、保险费。

我们引入以下记号：

| | |
|----------|-----------------------|
| R_{ib} | 第 i 种船只的保险费（元 / 次） |
| P_d | 拖车短拨费 |
| V | 运输货物的总体积（立方米） |
| V_i | 第 i 种船只的载货体积（立方米） |
| p_j | 第 j 种尺柜的单位运费（元 / 个） |
| v_j | 第 j 种尺柜的载货体积（立方米） |
| d | 装卸费（元 / 方） |
| SM_1 | 从广州到 M 城市的海运距离（公里） |
| n | 共有 n 种船只 |
| m | 共有 m 种尺柜 |
| n_j | 第 j 种尺柜的数量 |
| C_{11} | 运输成本 |

则水路运输的成本为：

$$C_{11} = \sum_{j=1}^m p_j \cdot n_j + d \cdot V + P_d + \sum_{i=1}^n R_{ib} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{且满足条件: } \sum_{j=1}^m v_j \cdot n_j \geq V \quad \text{和} \quad \sum_{i=1}^n V_i \geq V$$

此模型中，我们用到以下假设：

- ① 以集装箱作为计价标准，而非以重量为标准。
- ② 未装满一集装箱的按照一集装箱收费。
- ③ 不会因为突发时间改变运输路线，不存在绕航附加费。
- ④ 船到港卸货，不考虑等待时间，无港口拥挤附加费等。
- ⑤ 忽略其他附加费。

3.4.2 从广州到 M 城采用汽车

运输成本包括**运输费用**和**车辆费用**。运输费用为运输所消耗的汽油费用与路桥费之和；车辆费用包括固定费用和月固定费用、保险费等。

我们引入以下记号：

| | |
|----------|--|
| P_i | 第 <i>i</i> 种车辆的月固定费用（元 / 月）。 |
| | 固定费用包括企业委托车主支付的养路费,企业支付给车主租车的租金以及支付给车主的工资等. |
| R_{ib} | 第 <i>i</i> 种车辆的保险费（元 / 年） |
| R_{ig} | 第 <i>i</i> 种车辆的固定费用（元 / 公里） |
| | 企业为补偿汽车的折旧而支付给车主的费用 |
| P_g | 汽油价格（元 / 吨公里） |
| P_{il} | 第 <i>i</i> 种车辆的路桥费（元 / 车公里） |
| V | 运输货物的总体积（立方米） |
| v_i | 第 <i>i</i> 种车辆的载货体积（立方米） |
| w_i | 第 <i>i</i> 种车辆的车货总重量（吨） |
| SM_2 | 从广州到 M 城市的公路距离（公里） |
| k_i | 每个月第 <i>i</i> 种车的出车次数 |
| q_i | 每次运送派出第 <i>i</i> 种车的数量 |
| x_i | 需要拥有的第 <i>i</i> 种车的数量 |
| | 公司最低需要拥有的车辆数应该能够满足每次货运所需的车辆数，同时保证在运送车辆没有回来时，有足够的车可以满足下一次的送货。 |
| n | 共有 <i>n</i> 种车辆 |

C_{12} 运输成本

则公路运输的成本为：

$$C_{12} = \sum_{i=1}^n x_i \left(P_i + \frac{1}{12} R_{ib} \right) + \sum_{i=1}^n q_i \left(k_i \cdot R_{ig} \cdot SM_2 + k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot SM_2 + k_i \cdot P_{il} \cdot SM_2 \right)$$

... (2)

$$\sum_{i=1}^n v_i \cdot q_i \cdot k_i \geq V$$

且满足条件：

此模型中，我们用到以下假设：

- ① 月固定费用包含了给司机的工资。
- ② 配送路线呈辐射状而非环路。
- ③ 路桥费采用计车收费，而非计重收费。
- ④ 年保险费为常数，按年计算，平均分摊到每个月。
- ⑤ 每个车出车概率相同。一次出车送货后立刻返回，回来如果碰到送货点直接开始下次送货，无间歇时间。
- ⑥ 在汽车一车未装满的情况下，按满车处理。
- ⑦ 忽略其他附加费。

3.4.3 从广州到 M 城采用火车运输

铁路运输主要包括两方面的费用，**运输费用和货运营运杂费**。

铁路运输时，我们主要采用集装箱运输。因为集装箱便于装卸，不易损坏货物，同时，集装箱有助于标准化，便于管理。在铁路运输时主要采用的是 1 吨的和 5 吨的集装箱。

表 4 火车集装箱参数

| 型号 | 容积（立方米） | 箱重（kg） | 载重（kg） |
|---------|---------|--------|--------|
| 1 吨位集装箱 | 1.21 | 175 | 825 |
| 5 吨位集装箱 | 9.5 | 850 | 4150 |

运输费用为铁路运输成本的主要组成部分。

货运营运杂费为运输成本的辅助部分，但也是不可缺少的部分。它主要包括过秤费、表格材料费、取送车费、机车作业费、货车中转技术作业费、押运人乘车费、货车篷布使用费、集装箱使用费、货物作业装卸费、货物保价费等。

我们引入记号：

SM_3 从广州到 M 城市的铁路距离（公里）

P 运行基价（元 / 吨公里）

Q 发到基价（元/箱）

| | |
|--|--|
| V | 货物总体积（立方米） |
| v_i | 所采用的集装箱的容积（ $i = 1, 2$ ）（立方米） |
| | $v_i = \begin{cases} 1.21 & i = 1 \\ 9.5 & i = 2 \end{cases}$ |
| $n = \left\lceil \frac{V}{v_i} \right\rceil + 1$ | 集装箱的数量 |
| M_i | 集装箱和货物的总重，即集装箱的型号标实重量 |
| | $M_i = \begin{cases} 1000 & i = 1 \\ 5000 & i = 2 \end{cases}$ |
| g_i | 过秤费（元/箱） |
| | 由承运人过秤并确定货物的重量，或由托运人确定重量的货物经承运人复查重量不符时，核收货物过秤费。 |
| | $g_i = \begin{cases} 1.5 & i = 1 \\ 7.5 & i = 2 \end{cases}$ |
| b | 表格材料费（元 / 个） |
| q | 取送车费（元 / 车公里） |
| | 用铁路机车往专用线、货物支线（包括站外出岔）或专用铁路的站外交接地点调送车辆时，核收取送车费。计算取送车费的里程，应自车站中心线起算，到交接地点或专用线最长线路终端止，里程往返合计，取车不另收费。 |
| S | 火车站到中转点的距离（公里） |
| e | 取送车辆的承载量（立方米） |
| $\frac{V}{e}$ | 取送车辆数（车） |
| j | 机车作业费（元/半小时） |
| | 托运人或收货人使用铁路机车进行其他作业时，另核收机车作业费。 |
| t | 机车作业时间（小时） |
| h | 货车中转技术作业费（元/吨，每满 250 公里） |
| | 整车货物每满 250 运价公里，核收一个货车中转技术作业费。 |
| y | 押运人乘车费（元 / 人百公里） |
| m | 押运人个数（人） |
| C | 货车篷布使用费（元 / 张） |

$$c = \begin{cases} 50 & SM_3 \leq 500 \\ 70 & SM_3 > 500 \end{cases}$$

u 集装箱使用费（元/箱）

z 货物作业装卸费（元/立方米）

f 货物保价费率

d 货物总价值

$a = f \times d$ 货物保价费

w 0-1 变量，表示是否选择保价

$$w = \begin{cases} 0 & \text{不选择保价} \\ 1 & \text{选择保价} \end{cases}$$

表 5 集装箱使用费表

| 吨位 | 广州到 M 城市的距离 | 集装箱使用费 |
|-------------------|-------------------------|--|
| $i = 1$ (1 吨位) | $SM_3 \leq 500$ | $u = 5$ |
| | $500 < SM_3 \leq 2000$ | $u = 5 + \frac{SM_3 - 500}{100} \times 0.4$ |
| | $2000 < SM_3 \leq 3000$ | $u = 5 + \frac{1500}{100} \times 0.4 + \frac{SM_3 - 2000}{100} \times 0.2$ |
| | $SM_3 > 3000$ | $u = 13$ |
| $i = 2$ (5 吨位) | $SM_3 \leq 500$ | $u = 30$ |
| | $500 < SM_3 \leq 2000$ | $u = 30 + \frac{SM_3 - 500}{100} \times 3$ |
| | $2000 < SM_3 \leq 3000$ | $u = 30 + \frac{1500}{100} \times 3 + \frac{SM_3 - 2000}{100} \times 1.5$ |
| | $SM_3 > 3000$ | $u = 90$ |

则铁路总成本:

$$\begin{aligned}
 C_{13i} = & (SM_3 \cdot P + Q) \cdot n_i + g_i \cdot n_i + b \cdot n_i + q \cdot \frac{V}{e} \cdot 2 \cdot s \\
 & + 2 \cdot j \cdot t + h \cdot n \cdot M_i \cdot \frac{SM_3}{250} + y \cdot m \cdot \frac{SM_3}{100} \\
 & + c \cdot n_i + u_i \cdot n_i + z \cdot V + f \cdot d \cdot w
 \end{aligned}
 \quad \dots\dots\dots (3)$$

($i = 1$ 或 2)

$$\sum_{i=1}^n v_i \cdot n_i \geq V$$

且满足条件

$$C_{13} = \min \{C_{131}, C_{132}\} \quad \text{-----通过比较, 确定选取哪种集装箱}$$

此模型中, 我们用到以下假设:

- ① 不考虑和其他商家的货物拼箱, 未装满一箱的按照一箱的费用考虑收取。
- ② 货物运输只在正常情况下行驶, 不出现限速, 加速的情况。
- ③ 整车分卸的货物, 按照发站至最终到站的运价里程计算全车运费和押运人乘车费; 途中每分卸一次, 另行核收分卸作业费 80 元 (不包括卸车费)。
- ④ 所选用的集装箱一律租用标准化的集装箱, 企业不自备集装箱。
- ⑤ 假设集装箱在被运到目的地后, 会由其他公司继续装货返回。忽略集装

箱回空运费。

⑥ 假设不会出现延期使用集装箱、篷布等设备的情况，忽略延期使用或违约而产生的费用。

⑦ 忽略其他附加费用。

3.5 中转站成本

中转站成本包括短拨中转费、装卸费、仓储费、存货持有成本四部分。

我们引入以下记号：

d_0 短拨中转费（元 / 方）

d_1 装卸费（元 / 方）

d_2 仓库租金（元 / 平方米 · 天）

UC 单位商品的价值

I 存货持有成本占单位商品价值的比例

d_3 单位存货持有成本

$$d_3 = UC \cdot I$$

存货持有成本包括仓库管理人员的工资，加工费，资金占用产生的成本等等。

T 存货周期（天）

F 存货频率

V 货物中转总体积（立方米）

H 仓库限高（米）

C_0 中转站成本

y 0-1 变量，表示是否计算仓库租金

$$y = \begin{cases} 1 & \text{表示仓储面积较大,需要计费} \\ 0 & \text{表示仓储面积不大,可以由U分公司免费提供} \end{cases}$$

则汽车运输的中转费用为：

$$C_0 = V \cdot (d_0 + d_1) + y \cdot d_2 \cdot \frac{V}{H} \cdot T + UC \cdot I \cdot V \quad \dots\dots\dots (4)$$

此模型中，我们用到以下假设：

- ① 不管批量大小都按照统一标准收取短拨中转费用。
- ② 存货持有成本包括除仓储费以外在仓库内储存发生的所有费用。
- ③ 忽略其他附加费。

3.6 从 M 城到目标城市的运输方式

因为公路运输在 500 公里的路程范围内具有优势，而从 M 城市到第 j 个城市一般都属于短途运输，因此我们认为从 M 城到第 j 个城市的运输方式为公路运输。

运输成本包括运输费用和车辆费用。运输费用为运输所消耗的汽油费用与路桥费之和；车辆费用包括固定费用和月固定费用、保险费等。

我们引入以下变量：

| | |
|----------|--|
| P_i | 第 i 种车辆的月固定费用（元 / 月）。 固定费用包括企业委托车主支付的养路费,企业支付给车主租车的租金以及支付给车主的工资等. |
| R_{ib} | 第 i 种车辆的保险费（元 / 年） |
| R_{ig} | 第 i 种车辆的固定费用（元 / 公里） 企业为补偿汽车的折旧而支付给车主的费用 |
| P_g | 汽油价格（元 / 吨公里） |
| P_{il} | 第 i 种车辆的路桥费（元 / 车公里） |
| V | 运输货物的总体积（立方米） |
| v_i | 第 i 种车辆的载货体积（立方米） |
| w_i | 第 i 种车辆的车货总重量（吨） |
| S_j | 从 M 城到第 j 个目的城市的距离（公里） |
| k_i | 每个月第 i 种车的出车次数 |
| q_i | 每次运送派出第 i 种车的数量 |
| y | 共有 y 种车辆 |
| Z | 共有 Z 个目的城市 |
| TC | 运输成本 |
| x_{ij} | 0-1 变量，表示第 i 种汽车是否从广州到第 j 个城市 |

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{表示第 } i \text{ 种汽车负责从广州到第 } j \text{ 个城市的运输} \\ 0, & \text{表示第 } i \text{ 种汽车不负责从广州到第 } j \text{ 个城市的运输} \end{cases}$$

则公路运输成本为：

$$C_2 = \sum_{i=1}^y \sum_{j=1}^z q_i \left[P_i + \frac{1}{12} R_{ib} + k_i \cdot R_{ig} \cdot S_j + (k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot S_j + k_i \cdot P_{il} \cdot S_j) \cdot x_{ij} \right] \dots (5)$$

$$\sum_{i=1}^y v_i \cdot q_i \cdot k_i \geq V$$

且满足条件：

此模型中，我们用到以下假设：

- ① 月固定费用包含了给司机的工资。
- ② 配送路线呈辐射状而非环路。
- ③ 路桥费采用计车收费，而非计重收费。
- ④ 年保险费为常数，在这里平均至每个月进行成本计算。
- ⑤ 汽车将货物送往各分销商后可以当天返回，不影响下一次的配送。
- ⑥ 忽略特殊城市带来的价格优惠条件。
- ⑦ 在汽车一车未装满的情况下，按满车处理。
- ⑧ 忽略其他附加费。

3.7 分别采用三种运输方式下的模型

总成本 $TC = C_1 + C_2 + C_0$

海运—陆运联运的总成本：

$$\begin{aligned} TC_1 = & \left[\sum_{j=1}^m p_j \cdot n_j + d \cdot V + P_d + \sum_{i=1}^n R_{ib} \right] \\ & + \sum_{i=1}^y \sum_{j=1}^z q_i \left[P_i + \frac{1}{12} R_{ib} + k_i \cdot R_{ig} \cdot S_j + (k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot S_j + k_i \cdot P_{il} \cdot S_j) \cdot x_{ij} \right] \\ & + V \cdot (d_0 + d_1) + y \cdot d_2 \cdot \frac{V}{H} \cdot T + UC \cdot I \cdot V \end{aligned} \quad \dots (6)$$

只采用陆运的总成本：

$$\begin{aligned} TC_2 = & \sum_{i=1}^n x_i \left(P_i + \frac{1}{12} R_{ib} \right) + \sum_{i=1}^n q_i (k_i \cdot R_{ig} \cdot SM_2 + k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot SM_2 + k_i \cdot P_{il} \cdot SM_2) \\ & + \sum_{i=1}^y \sum_{j=1}^z q_i \left[P_i + \frac{1}{12} R_{ib} + k_i \cdot R_{ig} \cdot S_j + (k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot S_j + k_i \cdot P_{il} \cdot S_j) \cdot x_{ij} \right] \\ & + V \cdot (d_0 + d_1) + y \cdot d_2 \cdot \frac{V}{H} \cdot T + UC \cdot I \cdot V \end{aligned} \quad (7)$$

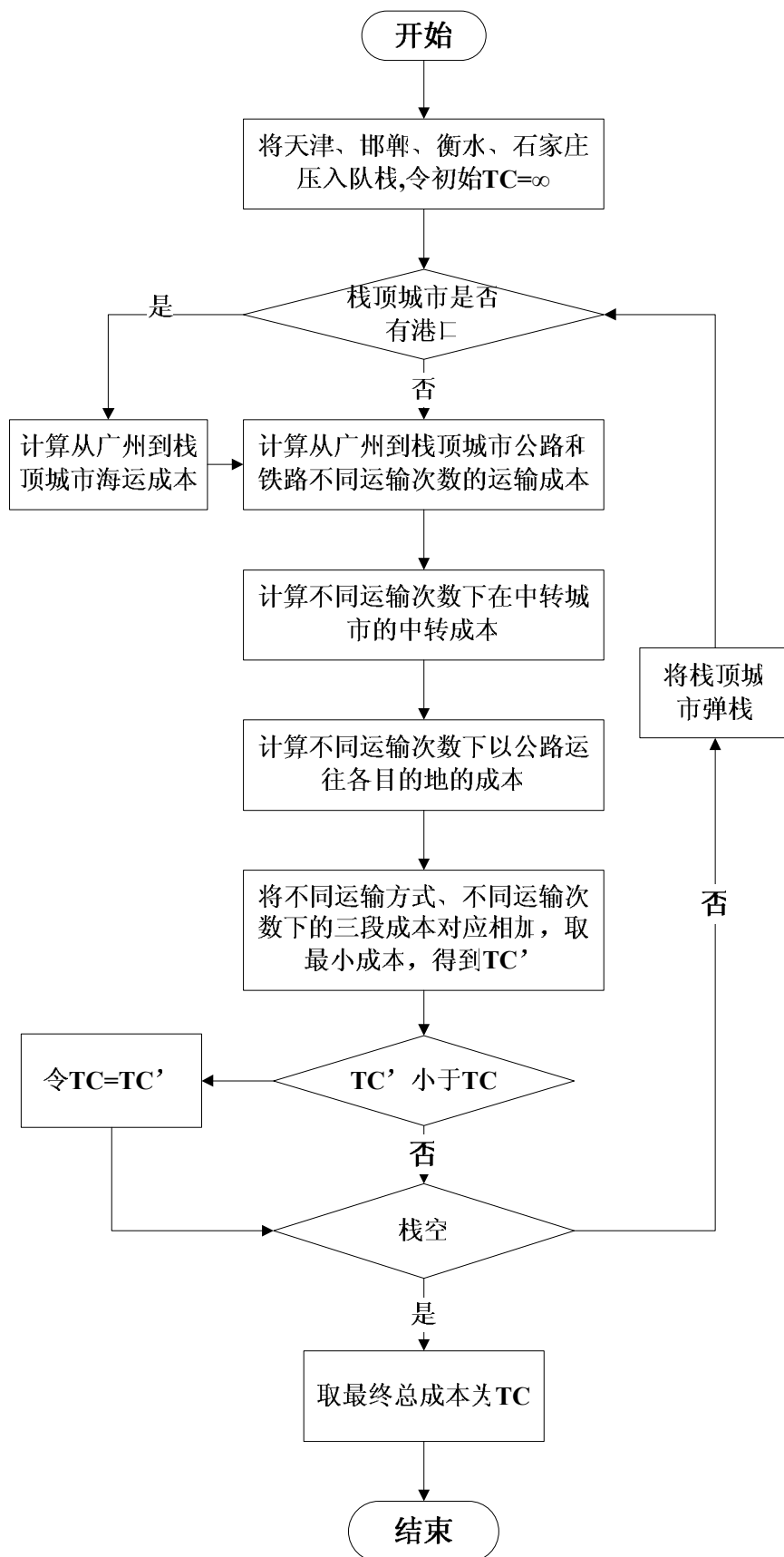
铁路—陆运联运的总成本：

$$\begin{aligned}
 TC_3 = & (SM_3 \cdot P \cdot n_i \cdot M_i + g_i \cdot n_i + b \cdot n_i + q \cdot \frac{V}{e} \cdot 2 \cdot s \\
 & + 2 \cdot j \cdot t + h \cdot n \cdot M_i \cdot \frac{SM_3}{250} + y \cdot m \cdot \frac{SM_3}{100} \\
 & + c \cdot n_i + u_i \cdot n_i + z \cdot V + f \cdot d \cdot w) \\
 & + \sum_{i=1}^y \sum_{j=1}^z q_i [P_i + \frac{1}{12} R_{ib} + k_i \cdot R_{ig} \cdot S_j + (k_i \cdot P_g \cdot w_i \cdot S_j + k_i \cdot P_{il} \cdot S_j) \cdot x_{ij}] \\
 & + V \cdot (d_0 + d_1) + y \cdot d_2 \cdot \frac{V}{H} \cdot T + UC \cdot I \cdot V
 \end{aligned}
 \quad \dots (8)$$

通过比较改进前后的成本 TC，确定最优的物流配送方案，降低成本，扭转亏损局面。

3.8 成本计算流程

经过查询表 24 《W 分公司全国仓库分布情况》可知，满足中转城市 M 要求的被选城市有：天津、石家庄、邯郸、衡水。



第四章 模拟与仿真

由于数据不足，我们的模拟与仿真部分采用了本次大赛案例五中（第 15 至 16 页）很多关于江西省运输的数据。

4.1 改进后的成本分析

根据 2.2 项目方案详述中所述 M 城市应当具备的条件，经过分析比较，天津具有明显的优势。下面将天津选作中转城市，以 2006 年 1 月河北省运输业务数据为依据，计算改进后的成本，进行项目的模拟仿真。

获得 2006 年 1 月河北省运输数据如下表 6、7、8：

表 6 2006 年 1 月河北省运输基本情况

| 月份 | 总运量（立方米） | 总运费收入（元） | 总运费成本（元） | 亏损额(元) | 毛利率 |
|-----|----------|----------|----------|--------|------|
| 1 月 | 2135 | 213500 | 241255 | 27755 | -13% |

表 7 2006 年 1 月河北省订单分类表

| 月份 | <20 立方米/票 | 20-40 立方米/票 | 40-100 立方米/票 | >100 立方米/票 |
|-----|-----------|-------------|--------------|------------|
| 1 月 | 39% | 18% | 34% | 9% |

表 8 2006 年 1 月河北省流量流向分析表

| 月份 | 张家口、承德地区 | 秦皇岛、唐山地区 | 石家庄地区 | 其它地区 |
|-----|----------|----------|-------|------|
| 1 月 | 16% | 29% | 35% | 20% |

由表 6 可见，W 分公司在一月份在河北省点对点的销售呈严重亏损状态，亏损额高达 27755，亏损率高达 13%。从中可以判断出每立方米的货位的运费收入为 100 元。

由表 7 可见，该公司河北省的订单集中于 20 立方米以下的小订单，和 40-100 立方米的中型订单。这是导致该公司成本过高的很重要的一个原因，也是我们进行改进的一个主要方面。在改进方案中针对这个方面，我们通过规模效益来降低成本。

由表 8 可见，对河北省的供货分散在河北省的各个地区，且各地需求量近似。结合河北省的地形状况，这样广的分布必然会引起高额成本。所以，在改进方案中，该问题通过中转配送来解决。

4.1.1 从广州到天津的运输成本

海运：

进行仿真时，由于数据不足，在计算时我们进行以下的规定：

- ①尺柜统一选择 40 尺柜，且为可装 60 方的普通柜。
- ②忽略船只的保险费。
- ③拖车短拨费不管批量多少，都按照 1500 元收取。
- ④装卸费计价标准按照 U 分公司和 V 分公司中转装卸费计算，即 6 元/方。
- ⑤尺柜运费的计价标准按照从广州到秦皇岛、唐山的尺柜价格计算，即 3500 元/尺柜。

根据公式（1）计算得出从广州到天津的海运成本如图 4：

| 海上运输成本 | |
|-------------|--------|
| 海上运输 | |
| 尺柜型号 | 40 尺柜 |
| 单位尺柜运费（元/柜） | 3500 |
| 尺柜载货体积（立方米） | 60 |
| 尺柜的个数 | 36 |
| 拖车短拨费（元） | 1500 |
| 装卸费（元/立方米） | 6 |
| 总成本 | 140310 |

图 4 广州到天津的海运成本

最终得到海上的运输成本为 1040310，由于海上运输为班轮运输，只存在变动成本，所以无论分多少次运输所产生的总成本是相同的。

公路：

模拟仿真时，为了把问题简化起见，在模型假设的条件下我们再作出如下规定：

- ①运输车辆统一都是四轴 125 型货车。
- ②忽略保险费等固定费用。

根据公式（2）计算得出从广州到天津公路运输成本如图 5：

| 公路运输 | 广州-天津 |
|----------------|----------|
| 运输货物总体积 | 2135 |
| 公路距离 (公里) | 1825.58 |
| 汽车型号 | 四轴 125 型 |
| 汽车车货总重 (吨) | 35 |
| 汽车载货体积 (立方米) | 90 |
| 月固定费用 (元 / 月) | 14422.5 |
| 固定费用 (元 / 公里) | 1.442 |
| 单位油费 (元 / 吨公里) | 1.55 |
| 路桥费 (元 / 车公里) | 1.68 |
| 总汽车数量 (辆) | 24 |

图 5-1 广州到天津公路运输成本 (一)

在图 5-1 中, 在我们输入的数据中, 由于案例所给数据过少, 所以月固定费用、固定费用、单位油费、路桥费我们均采用了案例 15 中江西省给出的汽车运输参数。

公路距离, 我们采用的是地球的球面距离, 可以直接通过所编计算距离的程序进行查询 (程序另附, 计算方法见附件一)。

汽车型号、汽车车货总量、汽车载货体积均为汽车的自身性质, 由所选择的车型决定。根据案例 15 中的分析, 四轴 125 型车为各种交费情况下最实惠的车型, 所以, 为了方便起见, 我们统一选择四轴 125 型车进行运输。其车货总量可根据案例 15 中的数据得到。汽车载重体积是按照限高 3 米 (一般高速公路限高 3 米), 车箱底面积为 30 平方米 (长 * 宽 为 12.5 米 * 2.4 米) 进行估算的。

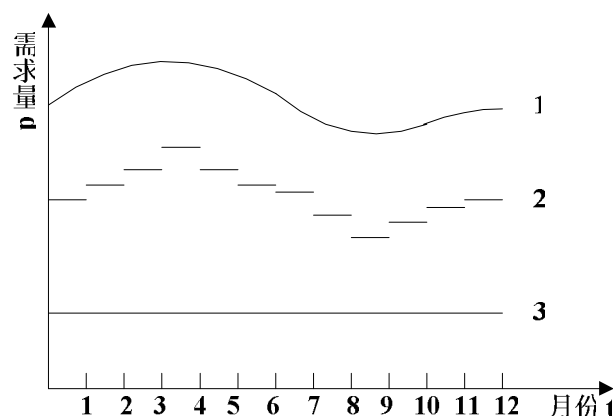
所需要的总汽车数量 = $\lceil \text{运输总体积} / \text{汽车载货体积} \rceil + 1$ 。当汽车装不满一车时按照一满车进行运输处理。

需要注意的是, 汽车的月固定费用、固定费用、单位油费、路桥费也与汽车选取的型号有关, 如果改变车型则这些参数也需要改变。

| 每月运送次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 24 |
|--------------|----|----|---|---|---|---|----|----|
| 每次车数 (广州-天津) | 24 | 12 | 8 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 拥有车数 (广州-天津) | 24 | 12 | 8 | 6 | 8 | 6 | 8 | 7 |

图 5-2 广州到天津公路运输成本 (二)

每月的运送频率是根据顾客的需求量分布设定的。而顾客的需求量是随时间变化的函数, 不同的产品的变化趋势不发尽相同。在一年之中, 大多数产品会经历销售旺季、淡季和正常三个阶段。在实际情况下, 这种变化是连续的 (如下图曲线 1), 也可以认为在一个月之内需求是不变的 (如下图曲线 2)。而已知条件并未给出这样的变化趋势, 我们为了使问题简单化, 将运输量平均分配于一个月, 从而需求量便已知。如果需求量发生变化, 我们可以用以下的算法对每月的运送频率做出调整。我们的算法具有通用性, 以上简化并不影响模型的有效性。



曲线图

由图 5-1 可知，运送这些货物总共需要 24 辆车。根据这个数据，我们可以大致规划出每月运送次数的可能性：1、2、3、4、6、8、12、24 次。而每次的出车数为 24 辆车除以运送次数，则每次出车数分别为 24、12、8、6、4、3、2、1 辆。

在案例中给出，采用公路运输从广州运货到河北大约需要 4 天，也就是说，货车的一个来回大约需要 8 天，一个月大约可以走四个来回。当每个月的运输频率为 1、2、3、4 时，汽车只要持有每次出车的车数就可以完全满足送货的需要。可是，当运输频率高于 4 时，汽车在下次需要送货的时候，上一次的车就可能还在返程的途中，这样的话就需要公司所持有的车的数目与每次的出车数成倍数关系，以保证下一次出车时不会出现没车的情况。

下面将陈述此倍数的计算过程：

定义每个月都为 30 天，每月的出车次数为 n ，每次出车数 m ，公司所持有的车数为出车数 x 倍：

当 $n \leq 4$ 时， $x = 1$

当 $n > 4$ 时，要使得 x 同时满足以下两个条件：

$$\frac{30}{n} \cdot x \geq 8 \quad \text{且} \quad \frac{30}{n} \cdot (x-1) < 8$$

此时的 x 即为公司所应持有车辆的最小倍数。

综上所述，公司所应持有的最低车辆数为 $x \cdot m$ 。

在图 5 - 3 中，成本是通过套用公式（2）实现的。从中我们可以看出，随着运输频率的增高，公路运输成本也有了变化。这是因为，持有车的数量是随着运输频率变化的，同时也引起了月固定成本的变化，而其他成本只于运输量和距离有关，是不变的，所以只需考虑固定成本的变化即可知道整个成本的变化。

铁路：

为了方便模拟起见，我们作如下的定义：

- ①认为货物运输不选择保价，忽略保价费。
- ②忽略取送车费、机车作业费。
- ③不考虑押运人费用。
- ④装卸费计价标准按照 U 分公司和 V 分公司中转装卸费计算，即 6 元/方。

根据公式（3）计算得出从广州到天津铁路运输成本如图 6：

| 铁路运输成本 | | |
|---------------------------|-------------|------------|
| 铁路距离（公里） | 2412 | |
| 集装箱类型 | 1吨位 | 5吨位 |
| 运行基价（元/箱公里） | 0.00329 | 0.2525 |
| 发到基价（元/箱） | 7.4 | 57 |
| 集装箱容积（立方米） | 1.21 | 9.5 |
| 集装箱数量（个） | 1765 | 225 |
| 集装箱和货物总重（吨） | 1 | 5 |
| 过秤费（元/箱） | 1.5 | 7.5 |
| 表格材料费（元/个） | 2.6 | |
| 货车中转技术作业费 （元/吨，每250公里） | 0.05 | |
| 货车篷布使用费（元/张） | 70 | |
| 集装箱使用费（元/箱） | 11.824 | 81.18 |
| 货物作业装卸（元/立方米） | 6 | |
| 成本 | 170664.1046 | 180691.662 |
| 最终成本 | 170664.1046 | |

图 6 广州到天津铁路运输成本

由于铁路运输系统属于国家垄断行业，其收费标准有着很明确的规定，所以上大部分数据（除铁路距离）均来源于《铁路货物运价规则》（下面简称《价规》），具有一定的权威性，真实性，有效性。

由于没有相关资料，所以铁路距离是根据客运火车的行程距离进行估计的。

在铁路的《价规》中说明，铁路运输只可采用 1 吨位和 5 吨位两种集装箱，我们可以根据给出的相关数据分别计算出使用两种集装箱的成本，通过比较取小，再决定运输时采用哪种集装箱运输。

从图 6 中我们可以看出，最终我们应该选择 1 吨位的集装箱进行运输，成本为 170664.1046 元。

与海上运输相同的是，铁路运输不存在固定成本，其运输的成本只与运输量距离有关，与运货频率无关。

4.1.2 中转成本

为了方便计算，除模型中的假设外，我们做如下的规定：

- ① 货物运送到仓库后必须赶在下一次的送货到来之前把货物送出去。
- ② 货物在仓库停留的时间为最长停留时间。
- ③ 当货物的停留时间不足一天时按一天计算。

根据公式（4）计算得出在天津的中转成本如图 7：

| 中转成本 | |
|---------------|------|
| 短拨中转费（元/方） | 28 |
| 装卸费（元/方） | 6 |
| 仓库租金（元/平方米每天） | 0.23 |
| 单位价格 | 100 |
| 单位存货持有成本比例 | 30% |

图 7-1 天津的中转成本（一）

图 7-1 的数据中，短拨中转费、装卸费在案例中已经明确指出。

关于仓库租金费用，经观察发现 w 分公司在天津设有仓库，其仓库租金为每天 0.23 元 / 平方米（详见案例 75 页）。

存货持有成本指的是货物在储存期间所发生的除仓库租金外的一切费用，包括仓库管理费，加工费，各种损失费，占用资金所带来的损失等等。在物流学上，我们通常会用存货持有成本占产品单位价值的比例与产品单位价值的乘积来表示存货持有成本。据资料显示，在我国，存货持有成本所占的比例大约在 20% ~ 40%之间，在此我们取此比例的中间值 30%进行计算。而产品单位售价我们可以根据表 6 中的数据计算得出。

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 24 |
|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 每月运送次数 | 2135.000 | 1067.500 | 711.667 | 533.750 | 355.833 | 266.875 | 177.917 | 88.958 |
| 每批货物最多停留时间 | 30 | 15 | 10 | 8 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 成本 | 77500.500 | 75045.250 | 74226.833 | 73899.467 | 73408.417 | 73244.733 | 73081.050 | 72917.367 |
| 存货持有成本 | 64050.000 | 32025.000 | 21350.000 | 16012.500 | 10675.000 | 8006.250 | 5337.500 | 2668.750 |
| 总成本 | 141550.500 | 107070.250 | 95576.833 | 89911.967 | 84083.417 | 81250.983 | 78418.550 | 75586.117 |

图 7-2 天津的中转成本

在这里，我们依据模型中的假设——货物在到达天津后下批到来之前必须运到各个地方城市上去，不产生积压。这样，我们从中转站运走货物的频率应该与汽车送来货物的频率相同。

每批货物最多停留的时间是指从这批货物送来到最后送走中间的时间长度，它等于一个运输的周期。当货物的停留时间不足一天时，按一天计算。

如图 7-2 中数据可见，存货持有成本随着运输频率的增高而明显下降。因为存货频率的增高可以明显减少企业因存货而占压的资金，这是存货持有成本中很

重要的一部分。

总而言之，总的中转成本是随着运输频率的增高而呈下降趋势的。如图 7-3。

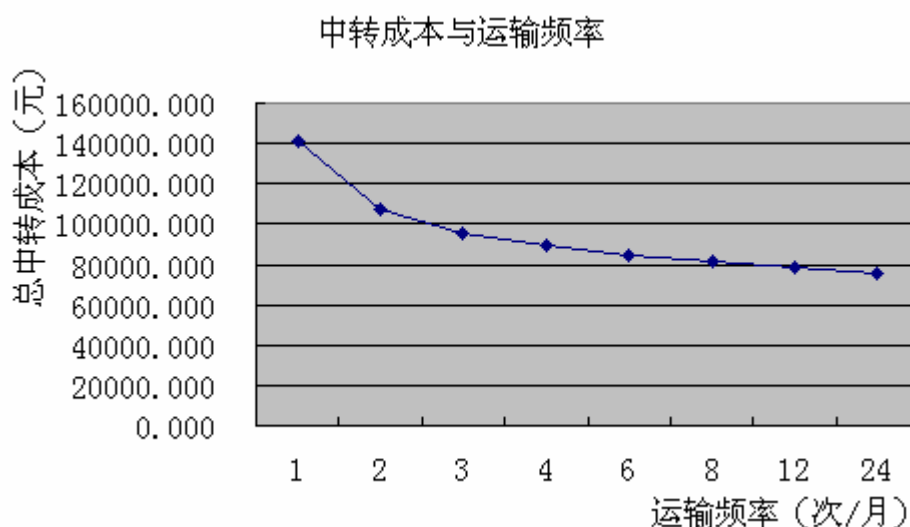


图 7-3 天津的中转成本 (三)

4.1.3 从天津到目的城市的成本

城市之间距离计算的公式篇幅太大，我们把公式附在了光盘上。

由经纬度转换成城市间距离：

1) 从 Google Earth 上查阅各个已经选定城市的经度 (longitude) 和纬度 (latitude) 值；2) 采用下列过程计算两点 i ， j 之间的实际球面距离 $s(i, j)$ 。详见光盘。

我们根据计算原理将主要城市的经纬度用 VB 语言编成程序 (详见附件)，只要通过下拉菜单选择起始城市和目的城市，即可计算出相应的球面距离 (此程序是我们自己用 VB 语言编写，在本案例中的距离计算基本都用的这个程序)。

距离计算

| | | | |
|-----------|-----------------|-----------|---------|
| 城市A | 广州 | 城市B | 天津 |
| 城市A经度 东经： | 113.14 度 | 城市B经度 东经： | 117.2 度 |
| 城市A纬度 北纬： | 23.08 度 | 城市B纬度 北纬： | 39.13 度 |
| AB间距离 | 1825.5786397703 | | km |
| | | | 计算 |

图 8 城市间距离计算程序

同时，我们还有下面一个软件进行辅助作业（详见附件）。它可以直接根据经纬度计算出两点之间的距离。（此程序为网上现成的，我们仅借过来使用一次）

图 9 根据经纬度计算距离

如果我们在只知道城市的情况下选用图 8 的“城市距离计算程序”，如果只知道经纬度，则应选用图 9 的“用经纬度计算两点距离”程序。

河北省的需求量主要集中于以下四个部分：秦皇岛唐山地区，张家口承德地区，石家庄地区，其他地区。

由于所给的四个区域范围比较广，因此我们取其具体的平均值，以此来代表到中心点的位置的距离。

天津的经度 117.2 度，纬度 39.13 度。

对于其中的“其他地区”一项，我们通过计算河北省各城市的经度和纬度的平均值，大致求出河北省的中心位置，再通过它到天津的距离来代表到其他地区距离。计算过程如图 8：

| 城市 | 北纬 | 东经 | 城市 | 北纬 | 东经 | 城市 | 北纬 | 东经 |
|-----|-------|---------|-----|-------|--------|-----|-------|--------|
| 石家庄 | 38.02 | 114.3 | 邯郸 | 36.36 | 114.28 | 三河 | 39.58 | 117.04 |
| 安南 | 38.24 | 115.2 | 河间 | 38.26 | 116.05 | 沙河 | 36.51 | 114.3 |
| 保定 | 38.51 | 115.3 | 衡水 | 37.44 | 115.42 | 深州 | 38.01 | 115.32 |
| 霸州 | 39.06 | 116.24 | 黄骅 | 38.21 | 117.21 | 唐山 | 39.36 | 118.11 |
| 泊头 | 38.04 | 116.34 | 晋州 | 38.02 | 115.02 | 武安 | 36.42 | 114.11 |
| 沧州 | 38.18 | 116.52 | 冀州 | 37.34 | 115.33 | 邢台 | 37.04 | 114.3 |
| 承德 | 40.59 | 117.57 | 廊坊 | 39.31 | 116.42 | 辛集 | 37.54 | 115.12 |
| 定州 | 38.3 | 115 | 鹿泉 | 38.04 | 114.19 | 新乐 | 38.2 | 114.41 |
| 丰南 | 39.34 | 118.06 | 南宫 | 37.22 | 115.23 | 张家口 | 40.48 | 114.53 |
| 高碑店 | 39.2 | 115.51 | 秦皇岛 | 39.55 | 119.35 | 涿州 | 39.29 | 115.59 |
| 蒿城 | 38.02 | 114.5 | 任丘 | 38.42 | 116.07 | 遵化 | 40.11 | 117.58 |
| 平均值 | 38.37 | 115.743 | | | | | | |

图 10 河北省主要城市经纬度

将上述天津经纬度和河北省的中心位置的经纬度代入图 9 的程序，以此来计算出从天津到其他地区的距离。

对于其他几个城市，我们可以直接代入图 9 的程序中查询其到天津的距离。

将计算结果整理为表 9:

表 9 天津到目的地城市 N_i 距离

| 城市标号 | 目的地城市 | 经度 (度) | 纬度 (度) | 距离 (公里) |
|-------|-------|--------|--------|---------|
| N_1 | 张家口 | 114.53 | 40.48 | 273.04 |
| N_2 | 承德 | 117.57 | 40.59 | 165.4 |
| N_3 | 秦皇岛 | 119.35 | 39.55 | 190.71 |
| N_4 | 唐山 | 118.11 | 39.36 | 82.44 |
| N_5 | 石家庄 | 114.3 | 38.02 | 280.69 |
| N_6 | 其他 | 115.74 | 38.37 | 152.39 |

根据经验人描述, 500 公里范围以内公路运输占有优势。从表 6 中可以看出, 从天津到河北省各个目的地城市的距离都在 500 公里以内, 因此应选择公路运输。

为方便计算模拟, 在遵循模型假设的条件下我们进行如下的规定:

- ①运输车辆统一都是四轴 125 型货车。
- ②忽略保险费等固定费用。
- ③月固定费用、单位油费、路桥费按照案例 15 江西省的数据计算。
- ④到各地区的距离一律采用到几处地点距离的平均值。

根据公式 (5) 计算得出从天津到各目的城市的成本如图 10:

| 公路运输 | 秦皇岛、唐山地区 | 张家口、承德地区 | 石家庄地区 | 其他地区 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|
| 运输货物总体积 | 619.15 | 341.6 | 747.25 | 427 |
| 公路距离 (公里) | 136.57 | 219.2167 | 280.6873 | 152.387 |
| 汽车型号 | 四轴 125 型 | 四轴 125 型 | 四轴 125 型 | 四轴 125 型 |
| 汽车车货总重 (吨) | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 汽车载货体积 (立方米) | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 月固定费用 (元/月) | 14422.5 | 14422.5 | 14422.5 | 14422.5 |
| 固定费用 (元/公里) | 1.442 | 1.442 | 1.442 | 1.442 |
| 单位油费 (元/吨公里) | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 1.55 |
| 路桥费 (元/车公里) | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 |
| 总汽车数量 (辆) | 7 | 4 | 9 | 5 |

| 每月运送次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 24 |
|--------------|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 每车次 (天津-秦皇岛) | 7 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 每车次 (天津-张家口) | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 每车次 (天津-石家庄) | 9 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 每车次 (天津-其他) | 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| 每月运送次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 24 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 公路运输成本 | | | | | | | | |
| 天津—秦皇岛、唐山地区 | 155804.56 | 120372.35 | 113785.15 | 91527.352 | 122868.53 | 77104.852 | 108446.03 | 202469.56 |
| 天津—张家口、承德地区 | 107997.6 | 79152.602 | 104306.4 | 64730.102 | 89883.903 | 115037.7 | 165345.31 | 316268.11 |
| 天津—石家庄地区 | 274734.83 | 233148.42 | 188199.83 | 236510.6 | 222088.1 | 286502.47 | 207665.6 | 400908.7 |
| 天津—其他地区 | 115826.23 | 95723.982 | 81301.482 | 98786.976 | 66878.982 | 84364.476 | 119335.46 | 224248.43 |
| 天津-河北个地区成本和 | 654363.22 | 528397.35 | 487592.86 | 491555.03 | 501719.51 | 563009.5 | 600792.4 | 1143894.8 |

图 11 从天津到各目的城市的成本

这里的数据收集方式和前面从广州到天津的方式基本一致。唯一不同的是，在这里我们认为公司持有的汽车数和每次汽车的出车数是相同的。因为这里的运输均为短距离运输，我们假设汽车运输一天内可到达目的地再返回，不会耽误下一次运输。这样就只需要使持有车数能够满足一次的运输量即可。同时，我们认为从广州到天津和从天津到河北各城市用两批车，无重复穿插现象。同样，天津到河北各城市之间也是专车专线，不允许非本线路车次为本线路运输。

从图 11 中，我们可以看出，从天津和河北各个地区成本和与运输频率之间存在着一定的曲线关系。

4.1.4 改进方案总成本

上面，我们分别计算了三部分在不同运输频率下的成本。在计算总成本时，我们需要将三部分对应运输频率下的成本对应相加。根据公式（6）（7）（8）计算铁路-公路联运，水路公路联运，公路-公路联运下的成本，得到结果如下表：

| 采用中转城市分批运输（新方案） | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 中转城市 天津 | | | | | | | |
| 运输方式 | 每月运输次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 24 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 24 | |
| 广州-天津 | 铁路运输 | 170664.105 | | | | | | | |
| | 水路运输 | 140310.000 | | | | | | | |
| | 公路运输 | 2859832.218 | 2686762.218 | 2629072.218 | 2600227.218 | 2629072.218 | 2600227.218 | 2629072.218 | 2614649.718 |
| 天津-河北其他地区 | 公路运输 | 654363.221 | 528397.354 | 487592.857 | 491555.031 | 501719.515 | 563009.501 | 600792.400 | 1143894.799 |
| 中转成本 | | 141550.500 | 107070.250 | 95576.833 | 89911.967 | 84083.417 | 81250.983 | 78418.550 | 75586.117 |
| 广州-河北各地区 | 铁路+公路 | 966577.826 | 806131.709 | 753833.795 | 752131.103 | 756467.036 | 814924.588 | 849875.054 | 1390145.020 |
| | 水路+公路 | 936223.721 | 775777.604 | 723479.691 | 721776.998 | 736112.931 | 784570.484 | 819520.950 | 1359790.916 |
| | 公路+公路 | 3655745.939 | 3322229.822 | 3212241.909 | 3181694.216 | 3214875.150 | 3244487.702 | 3308283.168 | 3834130.634 |
| 最终决策成本 | | 721776.998 | | | | | | | |
| 决策方案为 | | 水路+公路，每月运送 4 次 | | | | | | | |
| | | 成本比较 | | | | | | | |
| | | 下降成本 221224.916 | | | | | | | |
| | | 下降幅度 75.400% | | | | | | | |

图 12 广州到河北各地区总成本（改进方案）

再根据公式（*），从各个运输频率各个运输方式得到的成本中取最小值，作为决策方案的成本，相对应的方案为决策方案。

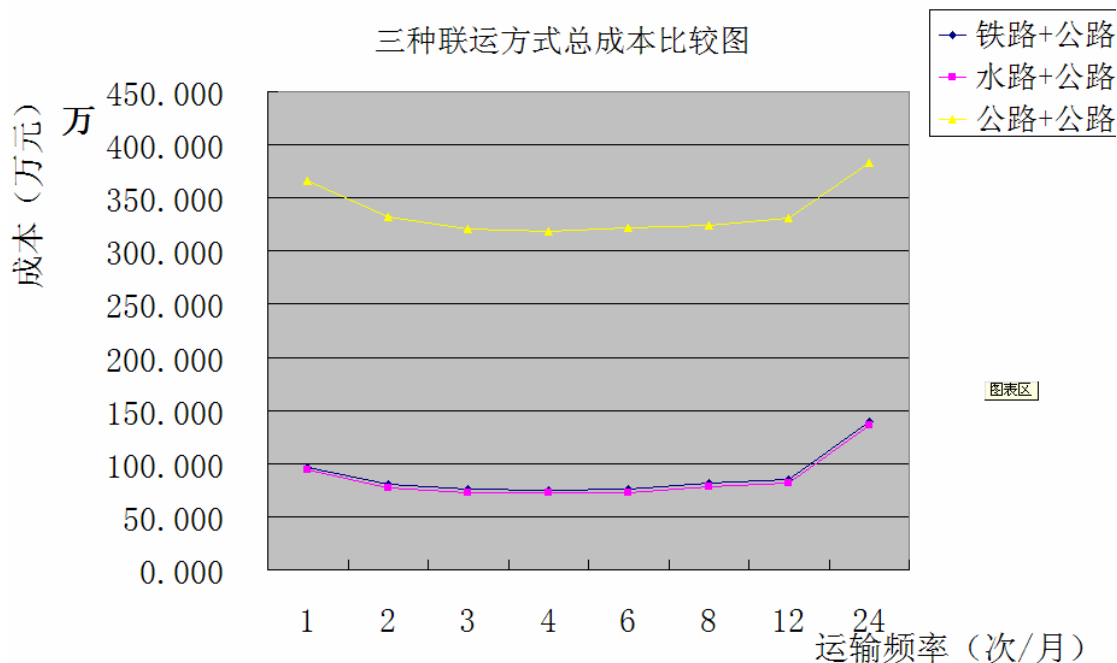


图 13 三种联运方式总成本比较图

由图中，表中可以看出，经过改进后的最终成本为 7271776.998 元/月，决策方案为水路-公路联运，每月运送 4 次。

4.2 现有运输方式的模拟

由于上述改进方案的成本采用的数据来自江西省，因此计算出的成本 7271776.998 不能直接与已知条件河北省 1 月份总运费成本 241255 元（总费用收入+亏损额）相比。因为 241255 是根据天津或者广州的承运商提供的汽车的固定费用、月固定费用计算的，并且路桥费的收取也与江西省省内的路桥费收取有很大出入。在这里为了比较两种运输方案的优劣，不妨同样依据江西省的汽车运输数据模拟从广州到河北省各目的城市的运输成本。然后将计算出的成本与改进后的方案的成本进行比较，来判断新方案是否可行。

| 公路运输 | 广州-目的地 |
|--------------|------------|
| 运输货物总体积 | 427 |
| 公路距离 (公里) | 1716.4 |
| 汽车型号 | 四轴 125 型 |
| 汽车车货总重 (吨) | 35 |
| 汽车载货体积 (立方米) | 90 |
| 月固定费用 (元/月) | 14422.5 |
| 固定费用 (元/公里) | 1.442 |
| 单位油费 (元/吨公里) | 1.55 |
| 路桥费 (元/车公里) | 1.68 |
| 总汽车数量 (辆) | 5 |
| 成本 | 564479.004 |

图 13 - 1 广州直接到河北各地区分别运输成本 (旧方案) (一)

在这里采用的数据仍为江西省运输情况的数据。为了事情简单化,我们认为在旧方案中,每月仅进行一次运输,或每满一车就运送一次。这两种情况下,每次的运输车辆都不相同,每次出车需要都多少车辆,公司就持有多少车辆,这样,可以保证送货,使得每次送货时都有车可以送去。

我们根据公式 (0) 可以计算成本。

图 13-1 为已经编辑好的公式,只需要修改其中的需求体积和距离就可以得到相应情况下的成本。相应结果如图 13-2

根据左边的表格可以计算出广州到其他城市的成本

| 始发城市到目的城市 | 需求体积 | 距离 | 成本 |
|------------|---------|----------|------------|
| 广州-秦皇岛唐山地区 | 619.150 | 1921.690 | 872715.890 |
| 广州-张家口承德地区 | 341.600 | 1976.560 | 511286.800 |
| 广州-石家庄地区 | 747.250 | 1657.250 | 985520.220 |
| 广州-河北其他地区 | 427.000 | 1716.400 | 564479.004 |

图 13 - 2 广州直接到河北各城市的分别运输成本 (旧方案) (二)

我们将旧方案中的广州到河北各城市的成本相加就得到了从旧方案中的总成本,如图 14:

| 不采用中转城市直接通过汽车送货 (旧方案) | | | |
|-----------------------|---------|-----------|-------------|
| 起始点 | 目的地 | 需求量 (立方米) | 成本 |
| 广州 | 秦皇岛唐山地区 | 619.15 | 872715.89 |
| | 张家口承德地区 | 341.6 | 511286.8 |
| | 石家庄地区 | 747.25 | 985520.22 |
| | 其他地区 | 427 | 564479.004 |
| 总成本 | | | 2934001.914 |

图 14 从广州到河北地区的总成本 (旧方案)

从中我们可以看出从广州到河北各地区如果采用点对点的运送方式,成本为 2934001.914 元。

4.3 改进后成本比较

统一了两种运输方式的成本计算标准，我们不难看出改进前的运输成本为 2934001.914 元（详细数据见图 14），远远大于改进后的运输成本 721776.998 元（详细数据见图 12），达到了降低成本的目的。

由图 12 种可以看出，经过改进后成本降低了 2212124.916 元，降幅达到 75.4%。

虽然仿真部分采用的是江西省的数据，但是可以明显看出改进方案能够有效降低成本。如果得到河北省和广州、天津等地相关公路、铁路、水路运输的具体数据，依照上述思路，我们应该可以得到更为准确的结果，即计算出节约成本的绝对数字。

第五章 成本计算程序

根据以上的成本模型，我们运用 VB 语言将整个计算过程编成程序，更方便企业们对成本进行计算，控制。同时还设定了改进后和改进前方案的比较，更便于企业进行选择。



图 15 程序的主界面

这是程序的主界面，也就是当客户运用此程序时首先看到的界面，由于时间仓促功能不够全面，界面也不够美观，下次改进。

5.1 原有成本

当用户点击“原有成本”，进入图 16 界面

图 1 6 原有成本界面— 1

点击“输入第 i 中车辆的相关参数”，出现如下界面：

相关输入第i种车辆的相关参数

14422.5

第i种车辆的月固定费用（元 / 月）

0

第i种车辆的保险费（元 / 年）

1.442

第i种车辆的固定费用（元 / 公里）

1.68

第i种车辆的路桥费（元 / 车公里）

90

第i种车辆的载货体积（立方米）

35

第i种车辆的车货总重量（吨）

1

每个月第i种车的运送次数

24

每次运送派出第i种车的数量

载入

完成

图 17 原有成本界面 - 1

这里我们只输入一组数据，假设只有一种车，第 i 辆车的参数输入完成后，点击“载入”。如果有多种车可以继续输入数据然后点击“载入”。当所有车的参数都完成后点击“完成”。

完成后回到原有成本界面—1（图 1 6），输入相关的参数，如图

原有成本计算

输入第i种车辆的相关参数

1.55 汽油价格 (元/ 吨公里)

427 运输货物总体积 (立方米)

4 目的城市的数目

载入

输入从广州到各个目的地的距离

确定Xij

计算原有成本

图 18 原有成本界面—3

输入汽油价格等三个参数后点击“载入”，再点击“输入从广州到各个目的地的距离”，依次输入从广州到秦皇岛唐山地区、张家口成都地区、石家庄地区、河北其他地区的距离。

再点击下拉三角按钮选择“第 1 种车辆”，下面文本框中出现“去第 j 个城市”，选择你所要安排第 i 种车辆去哪些城市点击按钮“确定 Xij”，如果还有第 2 辆车则重复以上步骤。

第1种车辆

去第1个城市

去第2个城市

去第3个城市

去第4个城市

确定Xij

图 19 原有成本界面—4

所有参数完成后点击按钮“计算原有成本”，在左边文本框中得到改进前的成本结果。



图 20 原有成本界面 - 5

5.2 改进后运输方式比较

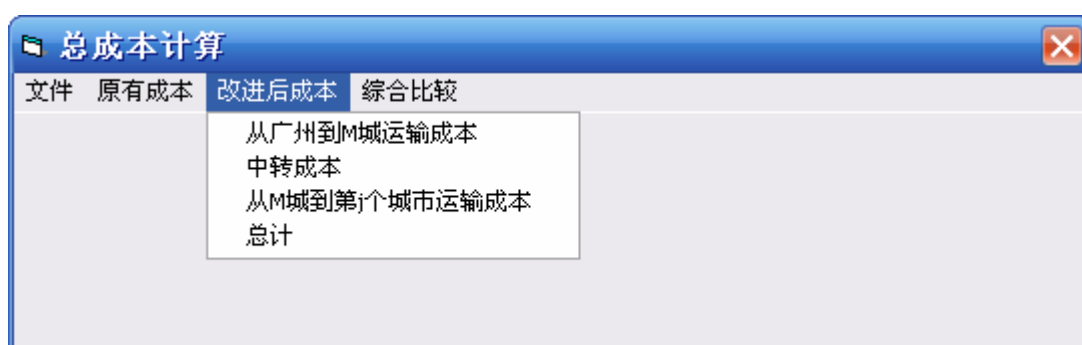


图 21 改进后成本界面

5.2.1 海路运输成本

先点击“改进后成本”，再点击“从广州到 M 城运输成本”，出现如下界面。

改进后成本

海路运输

铁路运输

公路运输

三种方式比较

输入第i种船只的相关参数

输入第j种尺柜的相关参数

28

拖车短拨费（元）

6

装卸费（元 /立方米）

0

从广州到M城市的海运距离（公里）

427

运输货物总体积（立方米）

2590

计算海路运输成本

图 22 海运成本界面—1

分别点击“输入第 i 种船只的相关参数”和“输入第 j 种尺柜的相关参数”，在以下两个对话框中（图 21，图 22）输入参数。

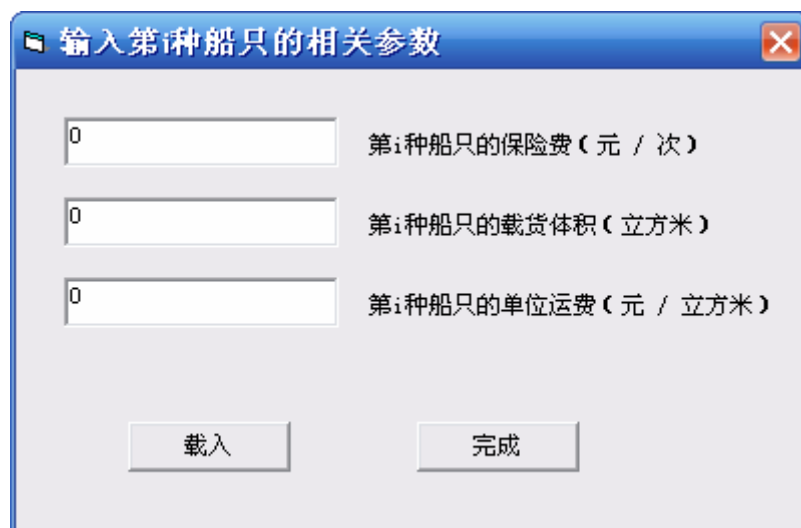


图 23 海运成本界面—2

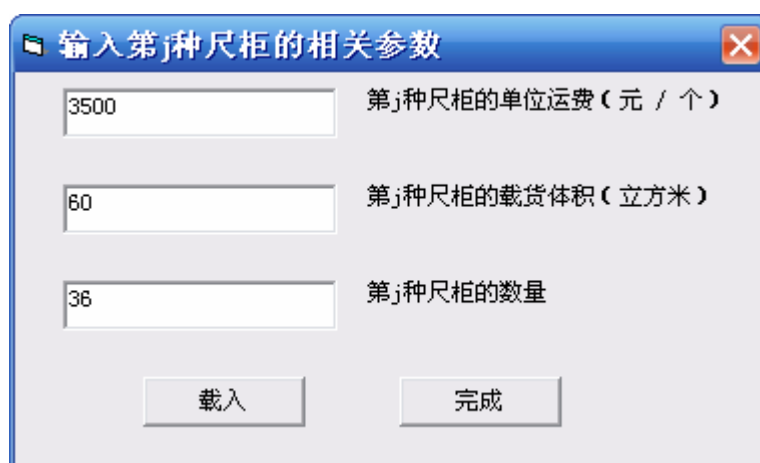


图 24 海运成本界面—3

回到改进后成本界面—1，输入其他参数，由于在模型中海运距离与成本无关，可以输入 0，此处是供用户参考，以及为以后开发准备的。

所有完成后，点击“计算海路运输成本”，得到海运成本。

5.2.2 铁路运输成本

依次输入数据，得到铁路运输成本。

改进后成本

海路运输

铁路运输

公路运输

三种方式比较

2412

从广州到M城市的铁路距离（公里）

0.00329

运行基价（元 / 吨公里）

7.4

发到基价（元 / 箱）

1.21

货物总体积（立方米）

1吨位集装箱

所采用的集装箱

2.6

表格材料费（元 / 个）

0.05

取送车费（元 / 车公里）

3

火车站到中转点的距离（公里）

25

取送车辆的承载量（立方米）

5

机车作业费（元/半小时）

2

机车作业时间（小时）

0.05

货车中转技术作业费（元/吨，每满250公里）

5

押运人乘车费（元 / 人百公里）

2

押运人个数（个）

0.3

货物作业装卸费（元 / 立方米）

0.1

货物保价费率

22000

货物总价值

保价

是否保价

3564.09649341105

计算铁路运输成本

图 25 铁路运输成本

5.2.3 公路运输成本

依次输入数据，得到公路运输成本。

图 26 公路运输成本

5.3 综合比较

最后点击“综合比较”，点击按钮“显示结果”，如下图：



The screenshot shows a Windows application window titled "Form1". Inside the window, there is a button labeled "显示结果" (Show Results). Below the button, there are three rows of text labels followed by text input fields containing numerical values:

| Label | Value |
|--------------|------------------|
| 海运-陆运联运的总成本： | 2590 |
| 只采用陆运的总成本： | 134870.4 |
| 铁路-陆运联运的总成本： | 3564.09649341105 |

At the bottom of the form, there is a summary line: "成本最小的是" (The minimum cost is) followed by the value "2590".

图 27 结果显示

选择成本最小的方案，由于数据不是很准确，结果出入较大，以上数据仅仅是示例，程序本身也有待继续完善。

第六章 方案拓展

以上方案中我们仅仅对公司存在于河北省的问题进行了分析和解决。现在我们从全局的角度出发，将此方法应用于整个公司的销售网络中，以达到让亏损的地方盈利，让盈利的地方获得更大的利润的目的。随着市场的扩大，公司的经营范围将扩展到全国。在这种情况下，点对点的运输方式只能引起高额的成本，因此我们将沿用上面的方法对全国范围内的网络进行规划。

6.1 背景介绍

现如今，通过分销中心（Distribution Center，即 D C，也就是前文中提到的中转城市）进行配送的方式已经成为大势所趋。前面的河北省的案例已经很明显地证明了利用分销中心进行配送的好处——可以在提高服务水平的同时大大降低成本。

从所给的案例中，我们可以看出，该公司的销售地点主要集中于上海，山东，河北等沿海地带。在以前一直采用的点对点陆地运输方案中，上海的经营状况较好，处于盈利状况，山东地区基本持平，而河北省却处于严重亏损的状态。为什么同样的运输方式只有上海盈利？因为，上海市直辖市，面积小，而山东和河北都是面积较大的省，而且河北的经纬度也跨度很大——这是造成结果差异的很重要的一方面原因。企业必然要发展壮大，当企业向其他地方扩展业务时点对点的运输方式就不适合了，这样做只会使企业的成本越来越大，会出现严重亏损的现象。

从战略层的角度考虑，为了企业将来更有利的发展，我们应该模拟，将产品销售范围扩大到全国，从而确定新的运输方案以供长远计划使用。

基于前面河北省通过设立中转战的方式得到成功，这里我们也用同样的方法来对全国的网络进行规划设计。

6.2 项目的整体规划

根据项目背景介绍和相关资料介绍（详见光盘），本问题将按照以下方案求

解：

- 1) 从全国 2006 年全国 GDP 的排行中选取前 150 名作为二级销售城市
- 2) 根据二级城市的 GDP 来近似模拟二级城市的需求量
- 3) 采用 kmeans 聚类方法确定一级配送中心及相应的配送区域
- 4) 通过计算公路、铁路和水路的运输成本，工厂到一级配送中心的配送方式
- 5) 利用 (2)、(3)、(4) 和 EOQ 模型，建立一级配送中心库存模型
- 6) 利用 (3) 的结果，对每个一级配送中心及相应区域的运输方式进行确定
- 7) 根据现有方案确定系统业务流程。

6.3 配送中心选址

6.3.1 Kmeans 聚类分析原理

n 空间中的聚类分析问题可以描述为：对于给定的 n 个点，按照它们直接的相似性划分为 K 个集合。令 $S=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是表示由 n 个点构成的一个集合， G_1, G_2, \dots, G_k 表示对 S 进行聚类划分后得到的集合，则满足

$$G_i \neq \emptyset, i=1, 2, \dots, k$$

$$\begin{aligned} G_i \cap G_j &= \emptyset, i=1, 2, \dots, k; j=1, 2, \dots, k; i \neq j \\ \bigcup_{i=1}^k G_i &= S \end{aligned}$$

其算法实现为：

① 给定聚类的数目 k ，及迭代评价指标 ε

② 初始化聚类中心，即从 $S=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 中随机选择 k 个点 c_1, c_2, \dots, c_k 作为 k 个聚类集合的中心点；

③ 以 c_1, c_2, \dots, c_k 为中心点进行集合划分，划分的原则是：如果 $\|x_i - c_j\| < \|x_i - c_m\|$ ， $i=1, 2, \dots, n$ ； $j=1, 2, \dots, k$ ； $m=1, 2, \dots, k$ ；并且 $j \neq m$

则将 x_i 划分到 G_j 中；

④ 根据各个集合中的点计算新的中心点 $c_1^*, c_2^*, \dots, c_k^*$ ，

$$c_i^* = \frac{1}{n_i} \sum_{x_j \in G_i} x_j, i=1, 2, \dots, k$$

其中 n_i 为 G_i 集合中的点的个数；

⑤ 如果 $\max_i \|c_i^* - c_i\| \leq \varepsilon$ ， $i=1, 2, \dots, k$ ，则计算结束，当前中心点为聚类划分的结果；否则令 $c_i = c_i^*$ ，返回③重新进行计算。

6.3.2 聚类标准、需求、频率的确定

我们认为各地区的国民消费水平与其国民生产总值是成正比关系的，因此，我们从 2006 年全国 GDP 中选出前 150 名作为二级城市（详见光盘）。这 150 个城市是公司最有业务发展潜力的城市。

我们采用 k m e a n s 聚类的基本原理，划分一级配送中心及其区域，由于本问题中未来需求点比较多，而且以往的配送方式为点对点式的配送方式成本太大，所以在研究这个问题的开始，需要根据需求点的地理位置进行聚类（Cluster），这样的目的是为了确定销售区域后，在每个销售区域建立相应的配送中心，取代点对点配送，从而达到减小配送成本的目的。配送模式结构如图 28 所示。

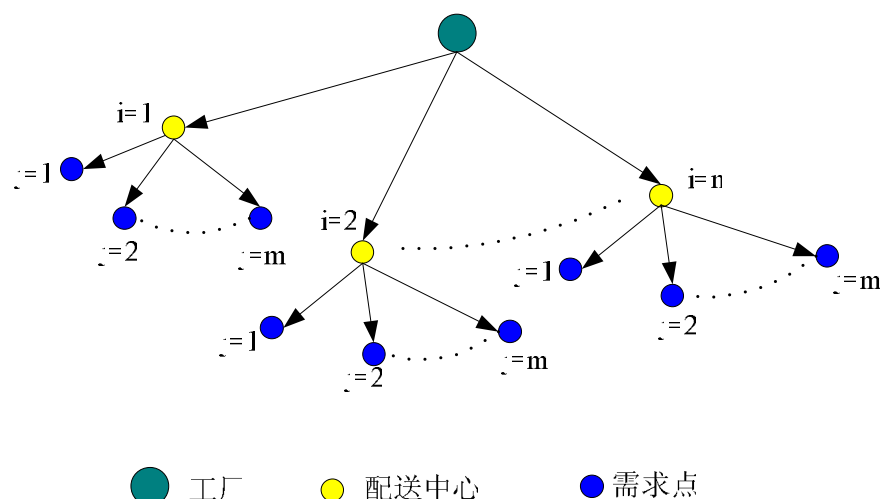


图 28 配送模式结构

在工厂到配送中心到二级城市的配送路径中，大部分是集中在内陆，主要依靠铁路和公路进行运输，所以运输的成本和运输的距离存在着一定的比例关系。我们在做聚类时，把距离作为聚类的标准，并通过聚类找出总距离最小的网络方案。

建立总运输距离模型：

首先，我们建立以下的假设：

1. 各个需求点的需求量是不变的，并于各地区之间的 GDP 成正比；
2. 配送中心向需求点运输时为辐射形状的路线；
3. 在聚类的过程中，发生在运输上的距离为地理位置的距离，即地球表面的距离；
4. 配送中心的仓储是满足 EOQ 模型的；
5. 各配送中心只负责对本销售区域的配送，不允许进行越区域运输；
6. 各地区的再订货成本和存货持有成本相同，不考虑缺货成本。

7. 都采用同种车型运送货物（四型 125）

其次，我们引入以下的一些符号：

| | |
|---|---------------------------|
| S | 所有需求点的集合 |
| G_i | 第 i 个配送区域 |
| D_{ij} | 配送中心 i 到需求点 j 的距离（km） |
| D_i | 配送中心 i 到工厂的距离（km） |
| f_{ij} | 需求点 j 的配送频率（次 / 月） |
| F_i | 工厂到配送中心 i 配送频率（次 / 月） |
| $\delta_{ij} = \begin{cases} 1 \dots \dots & \text{需求点 } j \text{ 由配送中心 } i \text{ 进行配送} \\ 0 \dots \dots & \text{需求点 } j \text{ 不由配送中心 } i \text{ 进行配送} \end{cases}$ | |

建立数学模型：

$$\begin{aligned} \min TD = & \sum_{G_i \subseteq S} \left(\sum_{j \in G_i} \delta_{ij} D_{ij} f_{ij} + D_i \cdot F_i \right) \dots \dots \dots (9) \\ s.t. \dots \dots & \sum_i \delta_{ij} = 1, \forall j \in S \end{aligned}$$

我们用 3.3 中建立的总模型，范围是选出的 150 个城市，中转城市由一个上升为多个。中转城市及区域的选取由求解算法和人工调整共同决定。

关于工厂到配送中心 i 配送频率 F_i 和配送中心 i 到二级城市 j 的配送频率 f_{ij} 的确定是根据经济批量模型（EOQ）进行理论分析得到的。首先，引入如下符号：

| | |
|-------|---------------------------|
| C_1 | 单位产品的存货持有成本（元 / 立方米） |
| R_i | G_i 配送区域的总的需求量（立方米 / 月） |
| C_3 | 再订货成本（元 / 次） |
| R_j | 二级城市 j 的需求量（立方米 / 月） |

对于配送中心

$$\begin{aligned} EOQ_i &= \sqrt{\frac{2 \cdot C_3 \cdot R_i}{C_1}} \\ F_i &= \frac{1}{\sqrt{\frac{2 \cdot C_3}{C_1 \cdot R_i}}} = \sqrt{\frac{C_1}{2 \cdot C_3}} \cdot \sqrt{R_i} \dots \dots \dots (10) \\ s.t. \quad & R_i = \sum_{j \in G_i} R_j \end{aligned}$$

对于二级城市

$$EOQ_j = \sqrt{\frac{2 \cdot C_3 \cdot R_j}{C_1}}$$

$$f_{ij} = \frac{1}{\sqrt{\frac{2 \cdot C_3}{C_1 \cdot R_j}}} = \sqrt{\frac{C_1}{2 \cdot C_3}} \cdot \sqrt{R_j} \dots\dots\dots (10')$$

在本案例中，EOQ 中的数据给出不足，我们通过一定的假设和简化来模拟出各个城市的需求情况和运输情况。具体模拟思路如下：

1) 先通过对石家庄情况的分析，计算出石家庄市的 1、2、3 月的需求量取平均值，再通过需求和 GDP 的比例关系计算出它们之间的比例系数 K_1 ，利用这个比例系数对全国其他各地区的需求量进行预测。

$$K_1 = \frac{\text{石家庄需求月平均值}}{\text{石家庄的GDP指标}}$$

$$\text{其他地区需求 } R_j = \text{GDP}_j \cdot K_1$$

2) 根据公式 10'，我们可以看出，运输频率 f_{ij} 和需求量的平方根 $\sqrt{R_j}$ 成比例关系，基于前面的假设，我们认为各个地区的这个存货持有成本和再订货车本是相同的，所以各个地区的这个比例也是相同的。

$$K_2 = \sqrt{\frac{C_1}{2 \cdot C_3}}$$

我们同样以石家庄为模版，计算出该比例。再通过与需求之间的关系求出一个理想频率。

3) 每次运输量是指每次运输最少需要的运量，结果需要圆整。在实际问题中，一般企业会尽量减少频率，所以在圆整时需要对结果进行向上取整。

$$\text{每次运输量} = \text{int}\left(\frac{R_j}{\text{理想频率}}\right) + 1$$

4) 根据前面的数据，四型 125 车的可载货体积为 90 立方米。我们可以求出每次需要的运输车辆，并对结果进行向上取整（存在零担的情况）。

$$\text{每次运输车辆} = \text{int}\left(\frac{\text{每次运输量}}{\text{每车载货量}}\right) + 1$$

5) 对于每辆车而言，实际上每次都是没有装满的，我们可以根据每辆车实际可运货量对运输频率进行调整，得到一个实际频率。

$$\text{每次可运货量} = \text{每次运输车辆} \times \text{每车载货量}$$

$$\text{实际运输频率} = \text{int}\left(\frac{\text{需求 } R_j}{\text{每次可运货量}}\right) + 1$$

在我们进行聚类的时候，就是二级城市的频率 f_{ij} 就是根据实际运输频率确定的。配送中心 G_i 的频率 F_i 也是根据同样的方法进行计算的。

6.3.3 配送中心位置的确定方法

对于已确定的 G_i 配送区域来说，配送中心的位置对于整个配送的运输距离是十分重要的，因此在本文中，我们使用如下的方法来确定：

- 1) 首先 $\forall i \in G_i$ ，作为 G_i 的配送中心位置，它到 G_i 内其他点的距离记为 D_{ij} ，它的工厂的距离记为 D_i ；
- 2) 计算 $TD = \sum_{G_i \subseteq S} \left(\sum_{j \in G_i} \delta_{ij} D_{ij} f_{ij} + D_i \cdot F_i \right)$ ，此时为该 G_i 区域产生的总的运输距离；
- 3) 判断 $MinTD$ ，如果是最小值，则将该点记做 G_i 的配送中心位置，否则， $\forall i' \in G_i, i' \neq i$ 返回②重新计算。

算法示意图如图 29 所示：

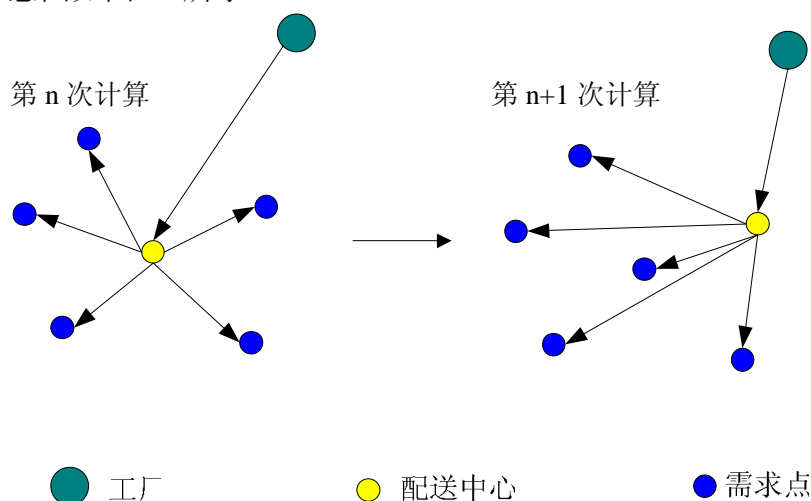


图 29 聚类迭代算法示意图

所选城市分布如图 30 所示（详见光盘）：

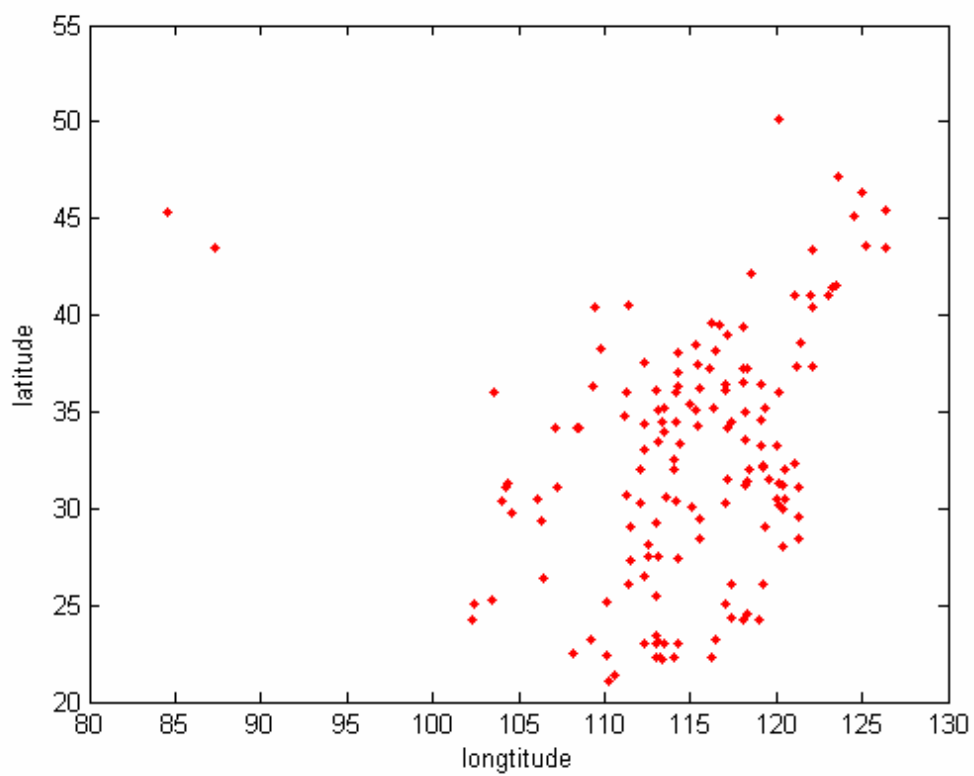


图 30 所选城市分布图

根据优化的结果得到配送区域的划分及各个配送中心（DC）的位置，如下图所示：

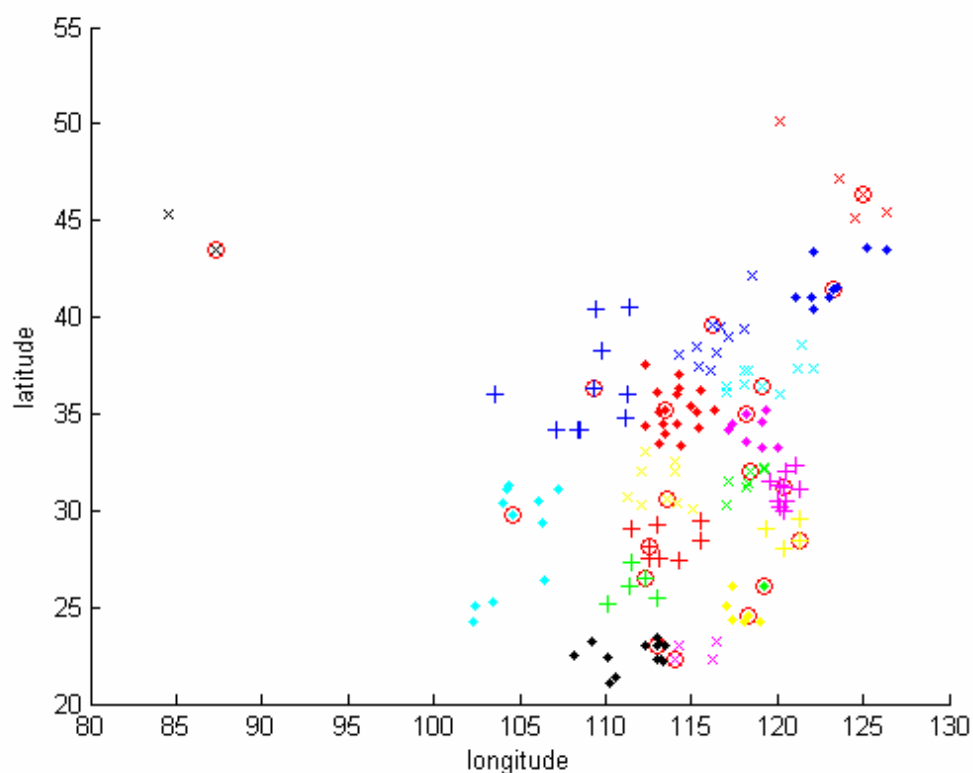


图 31 优化后 DC 分布示意图

6.3.4 配送中心个数的确定

在确定配送中心的个数时，采用了穷举算法，即将所有可能存在的配送中心的个数都进行聚类分析（应该是从 1 到 150，但由于时间关系，我们只计算了从 1 到 50 的情况，找出最小点，基本趋势也是在最低点后随着配送中心的个数增多距离在增加），得到相应的运输距离，然后找到使运输距离最小的配送中心个数，从而使配送中心的个数的确定更具有科学依据，并且对所得结果进行深入的分析，使之更符合实际情况。

根据对模型的求解结果，得到当选择配送中心个数为 19 个的时候，所得到的总的运输距离最小，如图 32 所示：

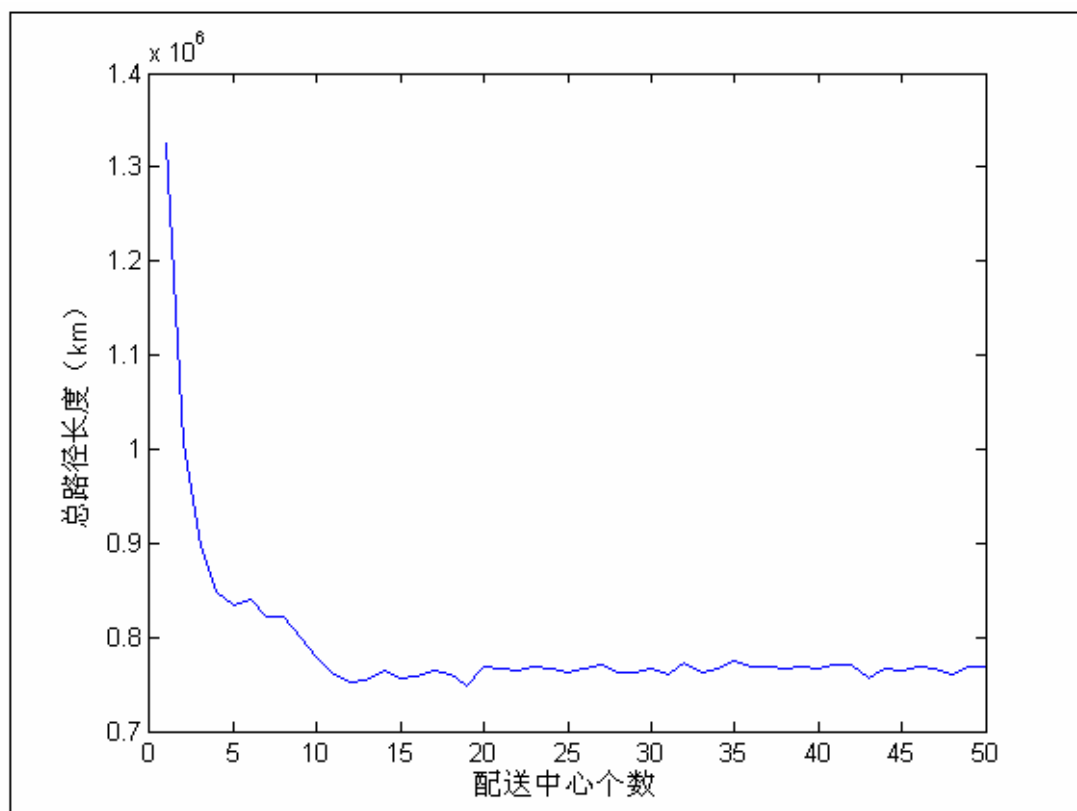


图 32 配送中心个数的确定

6.3.5 模型的求解

关于模型的求解，主要的算法已在前面有所描述并且在图 2-4 和图 2-5 中给出了求解的结果，具体的求解操作如下：

开始我们要确定几个初始值，聚类最小个数 k_{min} 和最大个数 k_{max} 及每次聚类迭代次数 N 。接下来是求解的具体过程：首先确定初始聚类个数 $k=k_{min}$ 及初始迭代值 $kk=1$ ，然后通过 Kmeans 方法聚类确定出配送中心的位置，再根据城市之间距离计算公式算出运输距离 $TT(k)=\min TD$ ，如果 $kk \leq N$ ，则将初始迭代值 kk 加 1，重复上述步骤；如果 $kk > N$ ，则检查 k ，如果 $k \leq k_{max}$ ，则将初始聚类个数 k 加 1，重复上述步骤；如果 $k > k_{max}$ ，那么我们就找到了 $\min(TT(k))$ ，也就找到了最优的聚类个数 Opt_k ，以及各个配送中心的个数等参数。

6.3.6 结果分析与讨论

(1) 对基于 kmeans 算法优化过程的深入探讨

在优化的过程中，由于初始的中心点是随机生成的，这样在聚类的时候就有可能使聚类的结果受到初始随机选定的中心的影响而过早地收敛于次优解。所以针对这个问题在本文中通过让程序迭代足够多次的方法来减小这方面的误差，如图 33 所示，这是当聚类数为 19 时的求解过程跟踪曲线，从中可以看到，在迭代的过程中解的大小有着随机分布的特征，但是当迭代足够多的次数时，就可以找到一个相当最优的解（此算例在第 176 次迭代时找到相对最优解，一般在 2000 次迭代以内能得到最优解），这也说明本文中所使用的方法在实际中是有效的。

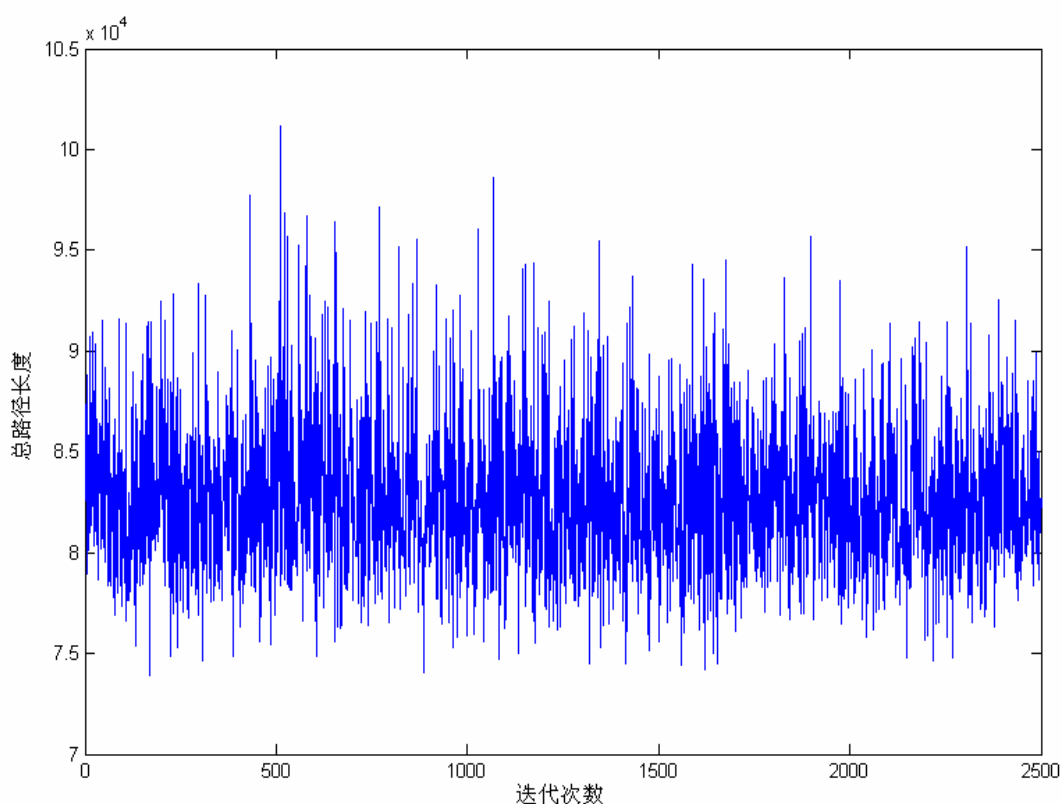


图 33 DC=19 时的迭代求解过程

(2) 配送区域划分及配送中心的详细信息

1) 配送中心信息

表 10 配送中心信息

| 区域编号 | 配送中心位置 | 配送里程 (Km) | 覆盖需求 | 工厂——配送中心 配送次数 |
|------|--------|-----------|----------|------------------|
| 1 | 95 | 83060.944 | 4123.909 | 2 |
| 2 | 32 | 3127.618 | 445.245 | 3 |
| 3 | 18 | 65922.734 | 2308.623 | 2 |
| 4 | 26 | 11878.096 | 1368.994 | 2 |
| 5 | 40 | 37622.686 | 1834.893 | 2 |
| 6 | 135 | 47913.062 | 3035.445 | 2 |
| 7 | 11 | 8455.007 | 5058.092 | 3 |
| 8 | 34 | 67299.089 | 1462.871 | 3 |
| 9 | 13 | 25712.714 | 1975.440 | 2 |
| 10 | 2 | 90301.756 | 5810.718 | 3 |
| 11 | 147 | 27809.482 | 2028.011 | 2 |
| 12 | 4 | 4358.405 | 2104.454 | 3 |
| 13 | 30 | 80063.436 | 4932.109 | 3 |
| 14 | 90 | 20586.244 | 302.283 | 2 |
| 15 | 28 | 17611.424 | 1718.485 | 2 |
| 16 | 88 | 7772.852 | 716.952 | 2 |
| 17 | 128 | 54867.608 | 1837.843 | 2 |
| 18 | 36 | 20097.298 | 1983.352 | 3 |
| 19 | 5 | 73955.734 | 8052.232 | 4 |

2) 配送区域划分

表 11 配送区域划分

| 配送区域编号 | 配送中心位置 | 配送区域城市 | | | | | | | | | | |
|--------|----------|--------|------|------|-----|------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| 1 | 95(新乡市) | 24 | 37 | 44 | 45 | 63 | 69 | 72 | 83 | 84 | 86 | 89 |
| | | 92 | 93 | (95) | 107 | 120 | 124 | 127 | | | | |
| 2 | 32(福州市) | (32) | | | | | | | | | | |
| 3 | 18(沈阳市) | (18) | 25 | 54 | 79 | 111 | 123 | 125 | 126 | 140 | | |
| 4 | 26(泉州市) | (26) | 53 | 82 | 129 | 130 | 136 | | | | | |
| 5 | 40(临沂市) | (40) | 41 | 52 | 75 | 91 | 109 | 113 | 138 | | | |
| 6 | 135(宜宾市) | 7 | 14 | 48 | 99 | 103 | 106 | 108 | (135) | 143 | | |
| | | 149 | 150 | | | | | | | | | |
| 7 | 11(佛山市) | 3 | (11) | 15 | 57 | 65 | 66 | 68 | 73 | 76 | 97 | 110 |
| | | 142 | 144 | | | | | | | | | |
| 8 | 34(大庆市) | 22 | (34) | 71 | 121 | 122 | | | | | | |
| 9 | 13(南京市) | (13) | 55 | 56 | 58 | 114 | 117 | 141 | | | | |
| 10 | 2(北京市) | (2) | 6 | 20 | 23 | 46 | 50 | 62 | 81 | 104 | 131 | |
| 11 | 147(孝感市) | 16 | 49 | 85 | 87 | 101 | 102 | 133 | (147) | 148 | | |
| 12 | 4(深圳市) | (4) | 64 | 77 | 115 | | | | | | | |
| 13 | 30(潍坊市) | 10 | 17 | 19 | 21 | (30) | 33 | 38 | 42 | 59 | 70 | |
| 14 | 90(乌鲁木齐) | (90) | 119 | | | | | | | | | |
| 15 | 28(长沙市) | (28) | 51 | 78 | 80 | 98 | 112 | 132 | 137 | | | |
| 16 | 88(衡阳市) | (88) | 96 | 105 | 139 | 146 | | | | | | |
| 17 | 128(延安市) | 39 | 60 | 67 | 94 | 100 | 116 | 118 | (128) | 134 | | |
| | | 145 | | | | | | | | | | |
| 18 | 36(台州市) | 12 | 27 | (36) | 47 | | | | | | | |
| 19 | 5(苏州市) | 1 | (5) | 8 | 9 | 29 | 31 | 35 | 43 | 61 | 74 | |

6.3.7 人工调整

对以上结果分析可以看出，第 2 配送区域和第 14 配送区域的配送覆盖面比较小，需求过低，在这样的地方建立配送只中心会导致建立仓库的固定成本和经营仓库的变动成本过高。因此，将这两个地方的配送中心去掉，将第 2 配送区域的福州市归入第 4 配送区域；将第 14 配送区域的乌鲁木齐和克拉玛依归入第 6 配送区域，由宜宾市通过火车运输进行调货。

同时，和苏州相比，上海经济发展迅速，需求量大，并且靠海有港口方便海上运输，鉴于成本等因素的考虑，我们将 19 区域的配送中心由苏州市改为上海市。

在前面，我们同过对比已经证明了海上运输成本较低，而天津市和北京市距离很近，但天津有港口而北京没有，并且，天津是除北京以外在第 10 配送区域需求量最大的城市，所以，将第 10 配送中心由北京改为天津可以有效地降低成本。

广州市处于第 7 配送区域内，交通发达、需求量大，且为初始发货地，将第 7 配送中心由佛山市改为广州市。

从 Matlab 的结果中，我们是将大连市分在了以潍坊为配送中心的第 13 配送区域内。由于程序中是按照距离聚类的，没有考虑到两者之间的海域，为了方便运输、降低成本，我们将大连市移入以沈阳市为配送中心的第 3 配送区域内。

最终结果为：建立配送中心 17 个，分别是：新乡市、沈阳市、泉州市、临沂市、宜宾市、广州市、大庆市、南京市、天津市、达州市、深圳市、潍坊市、长沙市、衡阳市、延安市、台州市、上海市。

6.4 运输方式的确定

在确定运输方式时，我们依然采用前面河北省的成本模型，对运输成本进行计算。

同上面问题相同的是，我们只需要计算从工厂（广州）到配送中心的成本。对于从配送中心到其他城市的运输，基本上我们考虑直接采用公路运输，因为公路运输在短距离运输上有着明显的优势。其中的特殊情况，乌鲁木齐和克拉玛依与配送中心距离较远，我们从宜宾市通过火车发货。我们分别计算从工厂到配送中心的铁路，公路，水路（仅限于有港口的城市）运输成本，取成本最小的运输方式即为此段路程的运输方式。

但和上面问题也有不同的地方。对于河北省存在的问题，因为数字较小，我们通过列举法将可能出现的频次进行比较，从而选出成本最小情况下对应的频率。但现在，我们事先已经确定了频率，那么库存成本等就相应确定了，只需要考虑运输成本就可以了。

根据前面的计算结果和众多有过实际经验的描述，海运可以很大程度上的降低成本，还可以降低货物的破损率，但是，它的运输时间过长，不适合于紧急运输。但在一般情况下，海运也不失为一种最佳的选择。

在一般情况下，我们对有港口的城市的配送中心（或近距离内有港口的配送

中心)一律采用海上运输,其余的采用铁路运输(成本相对较低的一种运输方式)。对于从配送中心,一般情况采用公路运输,特殊情况下采用其他运输方式。

是否有港口,根据《中华人民共和国港口法》第十一条的有关规定全国主要港口名录为主(详见光盘)。

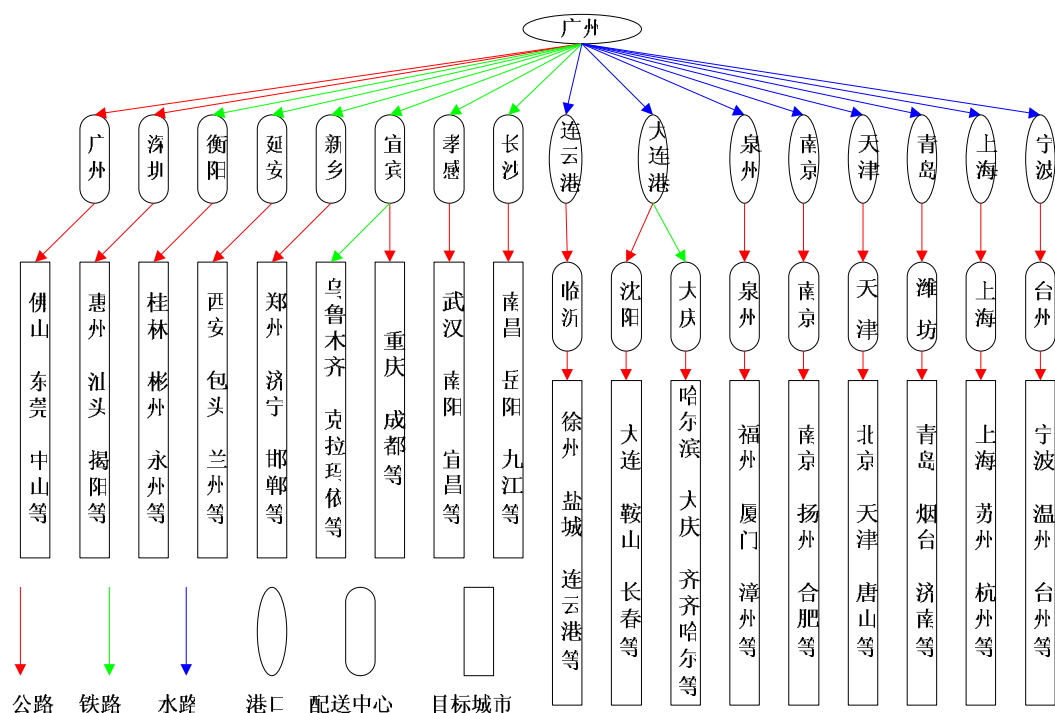


图 34 配送方式结构图

6.5 改进与优化

通过聚类的方法确定配送中心是一种比较常用的方法,在实际程序运行过程中我们也遇到了一些问题。

- **K-means** 算法是聚类中比较常用的一种算法,当数据量比较大时,k-means 算法的局限性就突出出来,导致一定程度上陷入局部解的现象。可以通过一些改进的 k-means 算法(如基于取样划分思想的算法)来优化或者采用全局优化方法中的模拟退火算法以摆脱全局最小。
- 本程序中对配送区域的总路径长度进行迭代计算时,选取配送中心的策略是随机选取,为了能够保证得到最优解不得不尽可能加大迭代次数,增加程序占用的资源。以后改进可以使用穷举法,对所有可能的结果进行计算、比较。
- 在实际情况中当各个二级城市需要调货而所在区域的配送中心也没有库存时会考虑从其他配送中心调货,可以运用模糊聚类进行优化。

- 我们的评价指标是一段时间内所要运输的路径长度总和，也可以以总成本为评价指标帮助降低成本，同时也可通过成本对两个城市间的多种路径（海运、公路、铁路）进行考虑、选择。

第七章 方案总结

在河北省的改进方案中，经过计算分析比较，我们最终决定以天津为中转城市，采用水路-公路联运，每月 4 次的方式进行运输。

在这样的运输方案中，由于采用了海上运输，它的运输期很长，所以就需要客户们在较长的采购提前期内进行预定。根据案例中的介绍，采购提前期大约为 8 天。

但是，现实中难免有紧急需要送货的情况。案例中也提到，80%的情况客户可以提前预定，也有 20%的情况不能提前预定。

根据这样的情况，我们可以把订单分为 3 级：

表 12 订单分类表

| 订单级别 | 性质 | 需求时间 | 处理方法 |
|------|------|--------|------|
| 一级 | 很紧急 | 1-3 天 | 空运 |
| 二级 | 紧急 | 4-7 天 | 公路运输 |
| 三级 | 一般情况 | 8 天及以上 | 海上运输 |

这样的处理方式可能会带来大的成本，如空运成本很大，但却可以保证客户在需要时及时获得货物，以此来获得更高的客户满意度。很多企业的调查资料显示，开发一个新客户的成本是保持一个老客户所花成本的 5 倍，因此，偶尔出现的紧急情况即使会产生很大成本，但却很有效的保持住了客户，还是很可行的。

在对全国进行的网络优化中，我们根据 GDP 和聚类的原则，为企业未来的发展指明了方向。我们可以通过这样的网络降低成本。上面的订单模式同样也适用于全国，我们可以根据需求类型的不同对运输方式进行适当调整，但大方向不变。

最后，需要说明的是，我们的模拟成本很大，跟现实还存在着差距。主要在于以下几点：

- 我们假定运输车辆均为满载或不满载，不存在超载的情况。但根据江西省案例的说明，一定程度的超载还是很合适的。
- 我们没有考虑车辆回程时连带运回货物所带来的收益。
- 我们所引用江西省的数据和现实天津地区的数据还是有很大的区别的。

基于以上几点，我们可以看出，由于我们在改进方案中引用的数据和实际数据不一致，模拟成本和实际的成本无法比较。但采用同样的数据计算后，改进后的方案还是大大降低了成本，达到了最终的目的。