

上海财经大学

物流管理学期论文

上海柴油机厂零部件配送路线优化设计方案

专业：10 级物流管理

教师： 魏 航

姓名：肖怡婷 陈春晖 浦洁 张珉怡 洪伟 王贝妮

日期：2012 年 12 月 24 日

【摘要】 货物配送是物流管理的三大核心问题之一，其中又以运输路线设计为重点。合理的运输线路既能提高服务水平又能节约物流成本，有利于企业提高竞争优势。上海柴油机股份有限公司是国内最大专业生产柴油发电机组的厂家，以质量好、价格低、售后服务好为宗旨，拥有覆盖全国各省的 183 家零部件供应商。本文旨在为其设计优化的零部件取货运输路线。在比较各类路线设计算法之后，确定使用节约算法、以包含油费、司机工资等的总成本最小化为目标进行建模。为了使设计方案更利于企业实施，基于初步路线设计结果进行从模型到现实的还原，包括替换公路距离、不可行路线重连、起运方向选择等。接下来，在原始模型上引入 ABC 分类法的思想，通过为不同种类零部件制定更细化的运输方案，进一步寻求减小成本的空间。最后，通过比较不同处理方式的结论验证改进方法的有效性。

【关键词】 路线优化设计、VRP 问题、节约算法、ABC 分类

目录

第一章 问题综述	4
1.1 研究目的.....	4
1.2 案例概况.....	4
1.2.1 问题描述.....	4
1.2.2 模型建立.....	5
第二章 路线设计方法	7
2.1 多回路运输.....	7
2.2 节约算法.....	7
2.2.1 基本原理.....	7
2.2.2 基本步骤.....	8
2.3 物流配送路线优化实例.....	9
第三章 节约算法初始建模	10
3.1 建模步骤.....	10
第四章 结论优化与改进	14
4.1 结论优化与改进.....	14
4.2 可参考建议.....	16
第五章 ABC 分类运输模型	18
5.1 原理及思路.....	18
5.1.1 库存管理思想的引入.....	18
5.1.2 分类依据.....	18
5.2 计算方法.....	19
5.2.1 前提假设.....	19
5.2.2 计算步骤.....	19
5.3 优化结果.....	20
5.3.1 路线图.....	20
5.3.2 各类路程汇总结果.....	22
5.3.3 结论反思.....	22
第六章 模型比较	24
6.1 模型比较.....	24
总结	26
参考文献	27
附录	28

第一章 问题综述

1.1 研究目的

配送作为物流中一种特殊的、综合的活动形式，在当今社会经济发展中发挥着越来越重要的作用。配送的核心为配送车辆的调度、货物装配及运输线路设计。对配送车辆进行优化调度，有利于提高物流经济效益、实现物流科学化。这篇报告基于运输问题的常用方法，结合上海柴油机厂的实际情况，为其覆盖全国的零部件配送设计使总成本最小的优化方案。

在基本车辆路线问题（VRP）的基础上，车辆路线问题在学术研究和实际应用上产生了许多不同的延伸和变化型态，包括时间窗限制车辆路线问题、追求最佳服务时间的车辆路线问题、多车种车辆路线问题、车辆多次使用的车辆路线问题、考虑收集的车辆路线问题、随机需求车辆路线问题等，同样综合过去有关车辆路线问题的求解方法也有了很大的发展，可以分为精确算法与启发式解法，其中精密算法有分支界限法、分支切割法、集合涵盖法等；启发式解法有节约法、模拟退火法、确定性退火法、禁忌搜寻法、基因算法、神经网络、蚂蚁殖民算法等^[1]。

物流已被认为是继降低原材料消耗和提高劳动生产率之后的“第三利润源”。通过优化物流系统，可以降低物流成本，从而增强企业的市场竞争能力。因此，研究物流系统中的优化问题，具有十分重要的意义，是国内外研究的一个热点。库存成本与配送成本是物流系统的核心成本，在物流总成本中占据了很大的比例。如果能降低库存成本与配送成本，就能有效地降低物流成本。本报告以上海柴油机厂的供应商物资运送问题为例，研究了物流系统车辆路径问题，主要目的在于设计使包含油费、司机工资等的总成本最小，其中的子目标是使总里程最短。

1.2 案例概况

1.2.1 问题描述

(1) 公司背景介绍

上海柴油机股份有限公司是国内最大专业生产柴油发电机组厂家，始建于

1947 年 4 月，原名上海柴油机厂，现位于上海市杨浦区军工路 2636 号，公司占地面积 70 万平方米，拥有员工 3000 多人，净资产 19 亿元^[2]。形成了以上海为中心辐射全国各大城市和地区的销售、服务网络。

(2) 已知信息

案例已知上海柴油机厂有 183 个位于东北、北京、江苏、浙江、四川、重庆、福建、广东、山东、河南、湖北、上海、安徽等多个省市的供应商，通过汽车运输的方式得到所需的各类物资，所有运输起点和终点均为上海柴油机厂。每年每位供应商编号、供应商地址、距离上海柴油机厂配送时间、物资名称、一年的物资采购量均已给出。

(3) 问题模型

通过问题描述，可将该问题归为转化为车辆路线问题（VRP，或称多回路运输问题）指一定数量的客户，各自有不同数量的货物需求，配送中心向客户提供货物，由一个车队负责分送货物，组织适当的行车路线，目标是使得客户的需求得到满足，并能在一定的约束下，达到诸如路程最短、成本最小、耗费时间最少等目的^[3]。即通过设有一场站，共有 M 辆货车，车辆容量为 Q ，有 N 位顾客，每位顾客有其需求量 D 。车辆从场站出发对客户进行配送服务最后返回场站，要求所有顾客都被配送，每位顾客一次配送完成，且不能违反车辆容量的限制，目的是所有车辆路线的总距离最小。车辆路线的实际问题包括配送中心配送、公共汽车路线制定、信件和报纸投递、航空和铁路时间表安排、工业废品收集等。

本案例属于相同的单一起点和终点的 VRP 问题。即设上海柴油机厂为场站，有 184 个待运物资的供应商，每位供应商的需求量已得到，求得总路程最短、总成本最小的优化路径。

1.2.2 模型建立

上柴的车辆路径问题具有以下三个特点：(1) 所有的配送车辆以配送中心为起点并最终回到配送中心；(2) 每条配送路径上各客户点的需求量之和不超过车辆的负载量；(3) 每个客户点的需求仅由一辆车一次满足。结合以上特点，为了

便于模型运行，进行下述假设：

- (1) 现有 m 辆相同的车辆停在一个共同的原点上海柴油机厂，每辆车完成任务后都要回到原点；
- (2) 它需要每天从 183 个客户处提取原材料，地点分散在全国各地；
- (3) 每一个订单都要完成，不能超过车辆的容量限制 15 吨；
- (4) 一年 365 天不间断运输，运送频率为每天；
- (5) 每吨货物采购额为 5000 元；货物可任意分割；
- (6) 上海柴油机厂位于上海市军工路 2636 号。

第二章 路线设计方法

2.1 多回路运输

多回路运输,又称 VRP (Vehicle Routing Problem), 一般定义为: 对一系列运货点,组织适当的行车路线,使车辆有序地通过它们,在满足一定的约束条件(如货物需求量、发送量、交发货时间、车辆容量限制、行驶里程限制、时间限制等)下,达到一定的目标(如路程最短、费用最少、时间尽量少、使用车辆数尽量少等)。多回路运输是社会中常见的调配问题,对于一种产品,需要对数以百计的客户进行配送,如何通过合理调配,使得既能满足客户的要求,又能达到成本降低的目的,就是一个客观现实的问题。VRP (Vehicle Routing Problem) 是解决此类问题的一个重要模型。车辆路径问题就是 VRP 的经典模型之一。

一个典型的 VRP 模型的基本条件是 i 台车辆为 j 个客户配送货物。模型的目标是确定所需要的车辆数目 i ($i \leq M$), 并完成回路的安排与调度, 使总路程最小或者总的运输费用最小。其目标模型可以表示如下:

$$\text{目标函数: } \min Z = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N d_{ij} X_{ij}$$

$$\text{约束条件: } \sum_{i=1}^M W_j * X_{ij} \leq K_i \quad (i=1,2,\dots,M; j=1,2,\dots,N)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} = N$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad (i=1,2,\dots,M; j=1,2,\dots,N)$$

其中, d_{ij} 为从点 i 到客户 j 处的距离, W_j 为客户 j 所需的运货量, K_i 为每辆车自身的载重上限, M 为车辆总数, N 为客户提供总数, X_{ij} 为模型中的虚拟变量。

2.2 节约算法

2.2.1 基本原理

节约算法 (Saving Algorithm) 又称 C-W 算法, 是由 Clarke 和 Wright 于 1964 年首次提出的, 用以解决车辆数不固定的车辆路径问题, 是目前用来解决 VRP 模型最有名的启发式算法。该算法的基本原理是: 有一个配送中心 O , 负责给 n

个配送点进行配送运输，将各个配送点与配送中心相连，形成只含一个节点的线路。

从而配送运输总费用是： $Z = \sum_{i=1}^n C_{oi} + \sum_{i=1}^n C_{io}$

如果配送点 i 和配送点 j 连接，与配送中心合并为一条线路，则费用的节约值可以表达为： $S(i,j) = C_{io} + C_{oi} + C_{jo} + C_{oj} - (C_{oi} + C_{ij} + C_{jo}) = C_{oi} + C_{jo}$

此时，如果 $S(i,j)$ 足够大，则 i 与 j 之间的节约值就越大，在实际操作中根据 $S(i,j)$ 的值进行降序排列即可进行线路优化。

2.2.2 基本步骤

第一步，计算 $s(i, j)$ ，令 $M = \{S(i,j) \mid S(i,j) > 0\}$ 。

第二步，在 M 中，将 $S(i,j)$ 进行降序排列。

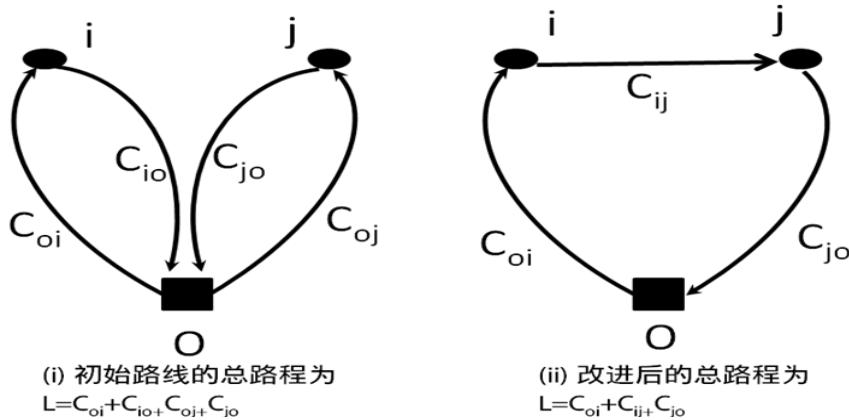
第三步，若 M 准，则终止；否则对 M 中第一项 $S(i,j)$ ，考察对应的 (i,j) ，若满足下列的条件之一，则转下步；否则，转第六步。

- (1) 点 i 和点 j 均不在已构成的线路上；
- (2) 点 i 和点 j 在已构成的线路上，但不是线路的内点（即不与车场相连）；
- (3) 点 i 和点 j 位于已构成的线路上，均不是内点，且一个是起点，一个是终点。

第四步，考察点 i 和点 j 连接等候的线路上总货运量 Q ，若 $Q \leq q$ ，则转第五步，否则转第六步。

第五步，连接点 i 和点 j ，转第六步。

第六步，令 $M = M - S(i,j)$



2.3 物流配送路线优化实例

从配送成本优化的角度出发，在其他条件不变的前提下，本次案例是以配送路程最短和配送成本最低为原则的，据此为上海柴油机厂的配送系统建立 VRP 模型。

基本条件：源数据中初始的供应商为 183 个，依据就近原则（即地域属于同一省市的进行合并）缩减至 111 个。运输采用的货车标准载重为 15 吨，百公里油耗为 18-25L，目前柴油价格（取上海最新 0 号柴油价格）为 7.66 元，货车司机每天工资 100 元。

模型目标：确定所需要的车辆的数目 M 、车辆类型、司机数量以及各车行走的路径，并指派这些车辆到一个回路中，同时包括回路内的路径安排和调度，使得运输总费用最小。

限制条件：

(1) 基于人性化与安全的考虑，当运输里程超过 350 公里时，需配备两名司机。

(2) 每辆车完成任务之后都要回到原点（上海柴油机厂区）。

(3) 每辆货车的容量限制不能超过 15 吨。对于运量超过 15 吨的客户，对其每日运量按照 15 的倍数进行扣减后再运送——例如对于运量为 16 吨的供应商，在考虑节约算法合并连线时先将其运量定为 $16-15=1$ 吨，并与其它供应商货物进行组合装车，剩余的 15 吨运量则采用单点单送的方式进行运输；若运量为 32 吨则减去 30 吨后再进行相同步骤，依此类推以保证货物正常送达和服务水平。

第三章 节约算法初始建模

3.1 建模步骤

经过以上算法的比较和选择，基于一系列假设，我们采用将节约算法建立初始模型，具体步骤如下。

第一步，初步合并。首先将初始的 183 个供应商依据同一区或同一街道并为一点的就近原则缩减至 111 个，依次编上新编号。然后将合并后的运货量相加，得到与新编号对应的一组日订购量。由于卡车限重 15 吨，故所有合并后超出 15 吨的日订购量均相应地减去 15 的倍数，减去部分采用直送的形式，不参与后续的合并。（示例见表 3-1）

表 3-1

新编号	合并后的日订购重量(吨)	直送(吨)
1	5.057534247	
2	8.864657534	
3	14.13260274	
4	3.042191781	15
5	2.575890411	
6	1.21260274	
7	1.178082192	
8	5.905753425	
9	3.380273973	

第二步，求两点间距离。在初始建模阶段，我们对模型进行了一定的简化，以两个供应商之间的直线距离替代了公路距离。求任意两点之间的直线距离的步骤如下：将初步合并得到的 111 个供应商地址在“谷歌地球”中添加地标，查得每个点的经纬度，输入 excel 表格中，通过一系列转换公式，求得任意点的坐标，并依据两点间距离公式在 excel 表格中求得任意两个供应商之间距离以及任意供应商与上海柴油机厂之间的距离。（示例见表 3-2）

表 3-2

新编号	坐标 X	坐标 Y	距原点距离	两点之间距离					
1	3380109	-239998	397665.975	1	2	268330			
2	3648420	-243199	434591.133	1	3	263803	2	3	34769.389
3	3642086	-209012	401099.693	1	4	1023822	2	4	756231.47
4	4400997	-317458	1048874.81	1	5	362743	2	5	604889.1
5	3080081	-36122.1	424209.291	1	6	481085	2	6	736816.25
6	2936093	-54815.2	563781.614	1	7	693116	2	7	961398.21
7	2687030	-247137	870142.628	1	8	750464	2	8	1011628.1
8	2654423	-431243	994266.602	1	9	1000505	2	9	732415.94
9	4379454	-288181	1016691.25	1	10	1055770	2	10	787606.26

第三步，求节省距离。将所求得的数据复制到汇总表中，对于任意两点的组合，求出由两者的合并运输所带来的节省距离（ $OX_1+OX_2-X_1X_2$ ），然后对计算结果进行降序排列。（示例见表 3-3）

表 3-3

X1	X2	OX1	OX2	X1X2	节省距离
88	89	1688085	1608362	111724	3184722.9
22	24	1597428	1654412	125475	3126365
88	110	1688085	1477046	250584	2914548.1
110	111	1477046	1457721	23401.8	2911365.3

88	111	1688085	1457721	273982	2871824.4
89	110	1608362	1477046	243446	2841962.6
23	24	1432974	1654412	254818	2832568.2
89	111	1608362	1457721	264479	2801603.1

第四步，选择合并路线。按照节省距离从大到小的顺序，重复下列步骤：分析两个供应商之间合并的可能性(是否满足装载限制条件 15 吨、不在同一路径内以及合并次数不超过 2)，将满足条件的点连接起来形成回路，否则则从节省距离队列中去除当前的节省距离，分析下一对供应商。最后得到的最优结果如表 3-4 所示。

表3-4

序号	容量 (吨)	线路
1	13.38356164	90-81-111-110-88-89-36-13
2	14.73589041	27-28-32-22-24-23-67
3	13.94849315	10-4-9-61
4	14.04328767	11-35-26
5	14.85917808	52-18-20-19-21-6-84
6	14.72767123	97-5-101-100-104-103-8-91-76
7	13.11342466	82-95-107-63
8	14.86630137	14-15-16-7-1
9	14.52712329	25-26-33-29-41
10	14.27013699	17-30
11	13.95232877	2-42
12	12.03123288	12-44
13	14.05041096	99-106-109-105
14	14.50246575	54-34-39
15	14.07013699	47-50
16	14.33369863	38-49
17	14.59123288	71-73-94-96-83

18	13.37260274	48-51
19	12.30082192	86-87
20	14.43726027	80-98
21	14.7830137	77-59-78-85-72
22	12.56712329	102-108
23	14.35835616	79-92
24	12.96931507	65-69
25	13.40547945	40-55
序号	容量（吨）	线路
26	14.58465753	43-74
27	14.88328767	46-70
28	14.10246575	62-68
29	13.78739726	64-93
30	12.39068493	58-75

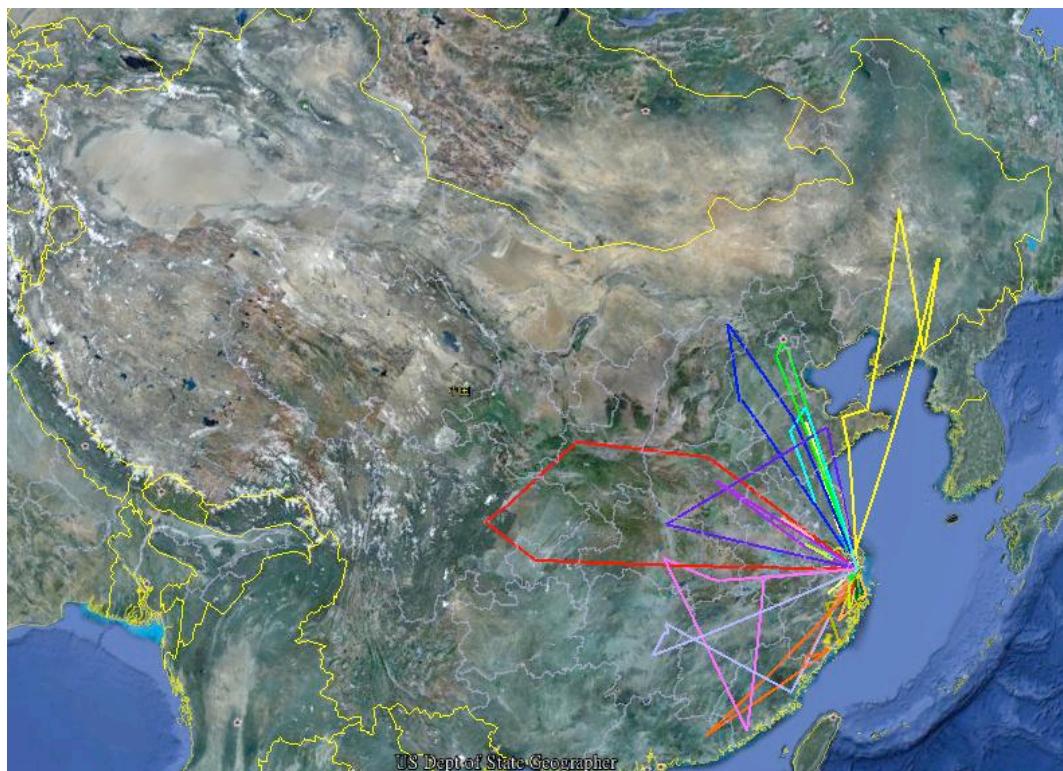
通过观察以上线路在“谷歌地球”中的地理位置，不难发现线路跨越山川海洋等不符合实际情况的问题。接下来将对于这些问题进行处理，考虑除算法本身外更多的实际因素，还原出一个切实可行的车辆调度方案。

第四章 结论优化与改进

4.1 结论优化与改进

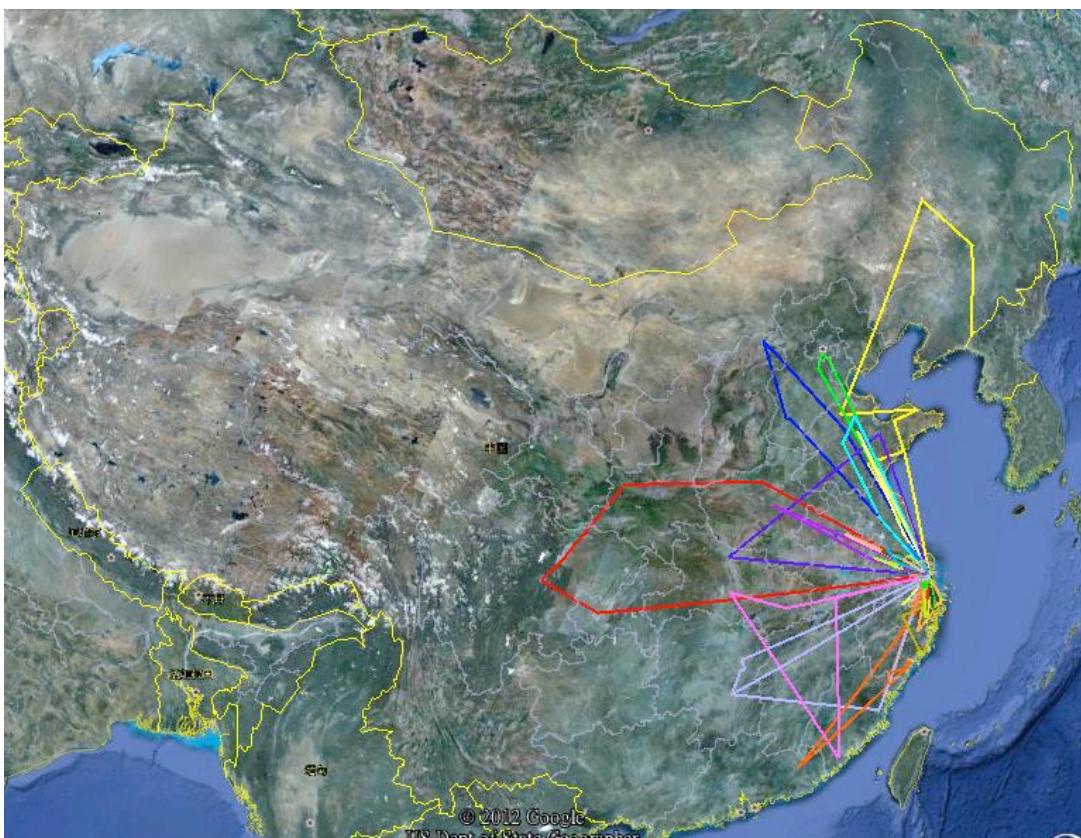
基于初步建模得到的运输路线，我们试图从模型假设和实际操作两方面进行优化。上述提到的一些问题，大部分是由于假设的过于理想和简化，如：用两点间直线距离代替实际运输中将面临的公路距离；统一货车最大运货量为15t等。首先，针对这两点进行处理方式上的优化，接下来，基于已有线路在实际运输中的障碍，我们提出另外三点改进措施，另外对于超过货车运量的点的处理还有一点可参考建议。

1. 还原公路距离。简单的用直线距离代替公路距离不仅形成了不合实际的运输线路，而且大大低估了运输里程和成本，对公司的物流部门的资金管理造成不便。以下图中明黄色线路为例，由上海到辽宁的直线线路跨海，而上柴的主要运输方式是公路运输。而陆地上也有不方便车辆行驶的地面条件，如高山、湖面等，在高山上行驶或者绕开湖面都意味着在比较大的程度上增加行驶里程。因此将直线距离还原成公路行驶距离是非常必要的。于是，我们通过在百度地图上分别查找各点的驾车路程，得到了已有线路的公路距离。之所以直接在原始模型的结论上替换公路距离，而不是把公路距离重新带入模型计算，是基于以下考虑：直线距离变成公路距离使距离的绝对值变大，但是相对距离基本不变，也就是在节约算法计算过程中按节约距离排序的时候，绝对距离值的改变不影响排序结



果，也就是基本不改变线路的选择。

2. “8字”路线节点顺序互换。上图所示，黄色表示的纵跨上海、山东、辽宁和黑龙江的线路，除去3段跨海部分，可以看到在从山东到黑龙江、再从黑龙江去辽宁、接着从辽宁回到黑龙江、再从黑龙江返回上海的路径存在很不经济的走回头路的现象。还有其他⁴条线路存在“8字”形交叉路线。可以通过OR交换解决这个问题，即通过交换相邻两节点的顺序，对线路连接顺序进行重排。这样做的依据是相信节约算法计算出的线路的点的选择是合理的，只不过是连接方式不恰当。方法是列出所有可能的不存在明显不合理现象的回路顺序，再从这若干个回路中找到里程最少的那个。因为线路中的点个数不多，又可以筛除掉许多明显不合理的线路，故而可列出的回路是有限数目不多个，所以这样操作是可行的。例如，图中途径上海、浙江、湖南和福建的（由淡紫色线条显示）的NO.5线路由52-18-20-19-21-6-84更改为52-19-20-18-21-6-84，线路长由2902712米变为2414653米，路线明显变短。同样的改变可应用于由黄色线条显示的NO.1线路。经过修正后，线路如图所示。经修正后的线路及每条线路长可参见附录2。周行驶总里程为6337.877百公里。



3.选择回路中的起始运送方向。路线设计确定了最小里程，但是我们仍可以通过选择不同的

起始行驶方向进一步节省运费。行驶方向的选择导致了每个点到终点的距离不同，从而每批货行驶的里程因汽车是顺时针或逆时针行驶而不同(顺时针或逆时针都是指在回路中的行驶顺序，不是汽车的实际行驶方向)。因为货车的每百公里油耗量与负载量正相关，于是使汽车在行驶的总过程中平均负载最小可有效降低油耗量。例如如下表格所示的一条线路 0-1-2-3-4-0，参数如下：

点	1	2	3	4	0 (5)
该点货物重量 w	8	2	4	1	0
x_i 与 x_{i-1} 的距离 (最后的原点近看做点 5)	200	400	600	800	1000
到终点的距离 d (顺时针)	2800	2400	1800	1000	0
到终点的距离 d (逆时针)	200	600	1200	2000	3000

$$R = \sum d * w (\text{顺时针}) \quad 35400$$

$$R = \sum d * w (\text{逆时针}) \quad 9600$$

令 $R = \sum d * w$ ，它是一个以到终点距离 d 为权重的负载量的加权值。它的大小可相对表示整个行驶过程中的平均负载，可用于比较顺时针与逆时针行驶的优劣。将这个方法应用到所有目前得出的线路中，可进一步最小化总成本。

4.2 可参考建议

限重处理。对于货物重量超过 15t 的取货点，原始模型中采用的处理方法是将该点的货物重量减去 15 的整数倍后，以余下的重量参与节约算法的计算，被减去的 15 的整数倍重量单独派多辆车运送。这个方法的实现较简单，但是多条单送线路使总里程和人力、物力成本增大，离最优解尚有一定距离。因此，我们希望通过以下处理方法改进，即对单点重量进行分割，被分解的各重量以某条线路的最大载重余额加入该线路。例如：假设点 1 的货物重量为 18t，若存在已有线路 2-3-4，按节省距离排序，轮到点 1 与点 2 相连。2-3-4 已有运量为 10t，即剩余 5t 运量，那么将 1 以 5t 并入线路 2-3-4 成为 1-2-3-4。并且不把 1 作为内点处理，在后续的筛选中仍然可以与其他的点相连，以使剩余的 13t 逐步被分散到各个线路。这样处理的结果是 1 点被分割为 1a、1b、1c……分别计入多条线路，

使总货物分批运回。这样处理是严格符合节约算法的要求的，因而对于节约总里程较优。然而问题是每次被并入线路的量是要视已有线路的运量余额来定的，因而具有较大不确定性，并且一旦该点或者与该点在同一线路上的点的货物重量发生变化，则会产生牵一发而动全身的连带效果，不仅这些线路需要重新计算，对整个线路布局都有影响；另一个问题是同一个地点的货物经过若干次才能运回，不便于该点货物供应商的管理。这个建议的采纳与否，要基于上柴对节约精度的要求和运输线路的调整弹性来综合考虑，因此，只列为可参考建议。

第五章 ABC 分类运输模型

5.1 原理及思路

5.1.1 库存管理思想的引入

ABC 分类法，即“二八法则”，是根据事物在技术或经济方面的主要特征，进行分类排队，分清重点和一般，从而有区别地确定管理方式的一种分析方法^[5]。该方法自从由意大利经济学家维尔弗雷多·帕累托首创以来，被广泛地运用于管理的各个方面，如：生产计划的安排与库存管理。

通过观察所需运送的采购额、订购重量等信息，以及查阅相关实务资料，我们发现所有物资基本可分为两类，体积小、单位价值低的低值易耗品与体积大、技术含量高的核心机械，并且前者所占比例大于后者。以上条件基本符合 ABC 分类法中主要矛盾与次要矛盾的概念。事实上，该方法的核心思想在于：在决定一个事物的众多因素中分清主次，识别出少数的但对事物起决定作用的关键因素和多数的但对事物影响较少的次要因素。于是，我们在运输方案中引入这一思想，通过对重要性不同的材料采取不同的运输周期，以较低的库存成本来代替远距离多批次的运输成本（包括司机工资、燃油费、过路过桥费等）。

5.1.2 分类依据

由于我们应用 ABC 分类思想的目的是为了通过减少运输次数降低 C 类材料的运输成本，在此过程中库存成本势必会相应增加，所以分类依据主要为以下几个方面：单位价值、消耗速度、体积重量。

根据我们的思路，库存成本较低的货物被归为 C 类，采取每周运输的策略，反之属于 A 类。而库存成本常常与以下因素有关：由订货次数决定的订货成本，由货物数量及价值决定的仓储成本和采购成本。对于日需求量大、消耗快的材料，一次大规模的采购显然比多次小批量采购带来更低的采购成本及订货成本，而这些货物往往具有体积小、重量轻、单位价值低的特点（如：杂件、垫片等），这意味着较低的仓储成本。如果以单位货物重量的运费来衡量，C 类显然也因为这些特性具有比 A 类更低的运输费用。具体情况见下表。

表 5-1

	A类	C类
合并后的日订购重量(吨)	5.901902153	4.743413242
采购额(万元)	1208.039091	714.3516129

从定性分析的角度：准备充足的易耗原料降低了管理成本和风险，而大型机械往往是固定数量定制采购，更适合每天一运，以灵活响应需求变化。

5.2 计算方法

5.2.1 前提假设

在具体计算过程中，ABC 分类运输模型与基础模型大致一样，使用如下假设：在数据方面，每辆车限重 15 吨，一年 365 天不间断运输，单位订购重量的采购价格为 5000 元/吨；在计算原则方面，为了比较直线距离与公路距离的差异，把以米为单位计量的地图上两地点间的直线距离换算成以千米为单位；为了对比 ABC 分类法与原始模型的总里程优劣，在模型优化出的路径基础上，基于：需专门为每个单点（没有进入任何路线的点）派出车次；直送点（个体超过 15 吨的部分需点对点直接送达）需一次派出多辆；周运载重为天运载重的 7 倍；车辆往返距离相等一系列因素，把粗糙的路线距离总和调整成为每周、所有车的总里程数。

5.2.2 计算步骤

第一步，分类。以原始模型中已经完成的初始合并后的 111 个供应商表为基础，依据以上分类原则，进行周运和天运货物的分类。分类结果示例如下所示，完整结果见附录（ABC 分类结果表）。

表 5-2

新编号	每天运
2	全系列空滤、机滤、柴滤
4	114 怠速提升阀、传感器
5	全系列橡胶管和橡胶密封件

6	135、114 海水泵
8	135、121 起动电机
9	114、121 空压泵
12	114、121 排气管
	每周运
1	114、121 活塞环
	114 粉末冶金座圈
3	全系列橡胶杂件、减震器
	全系列气缸盖
7	全系列喉箍
10	全系列活塞销

其中 A 类（天运）材料共有 45 个，B 类（周运）有 66 个。

第二步，节省法运算。首先，通过经纬度坐标转换公式计算得到每个供应商到上海柴油机厂、以及每两个供应商之间的直线距离。其次，在地图上标注每个供应商的具体位置。再次，计算节省距离并降序排列，从最大值开始依次进行合并，具体处理细节基本同上文原始方法。需要注意的一点是：在进行载重量约束条件的检验前，先要将每个供应商的日订购量换算成周订购量，再减去 15 吨的整数倍，即对剩下的余数进行合并。同时在地图中连接出新路线。最后，计算合并路线、直送点、单送点的路程之和。需要提出的是，上述计算过程是针对每天运的 A 类物品和每周运的 C 类物品分别进行的。

第三步，还原公路距离。同原始方法一样，从最终路线图中不难发现一些跨山跨海的不合理路线，同时为了接下来进一步计算燃油费，司机数量等指标，我们通过查找收集百度地图中的驾车距离把直线距离还原为了公路距离。

具体运算数据参见附录（ABC 每周运过程及结论、ABC 每天运过程及结论表）。

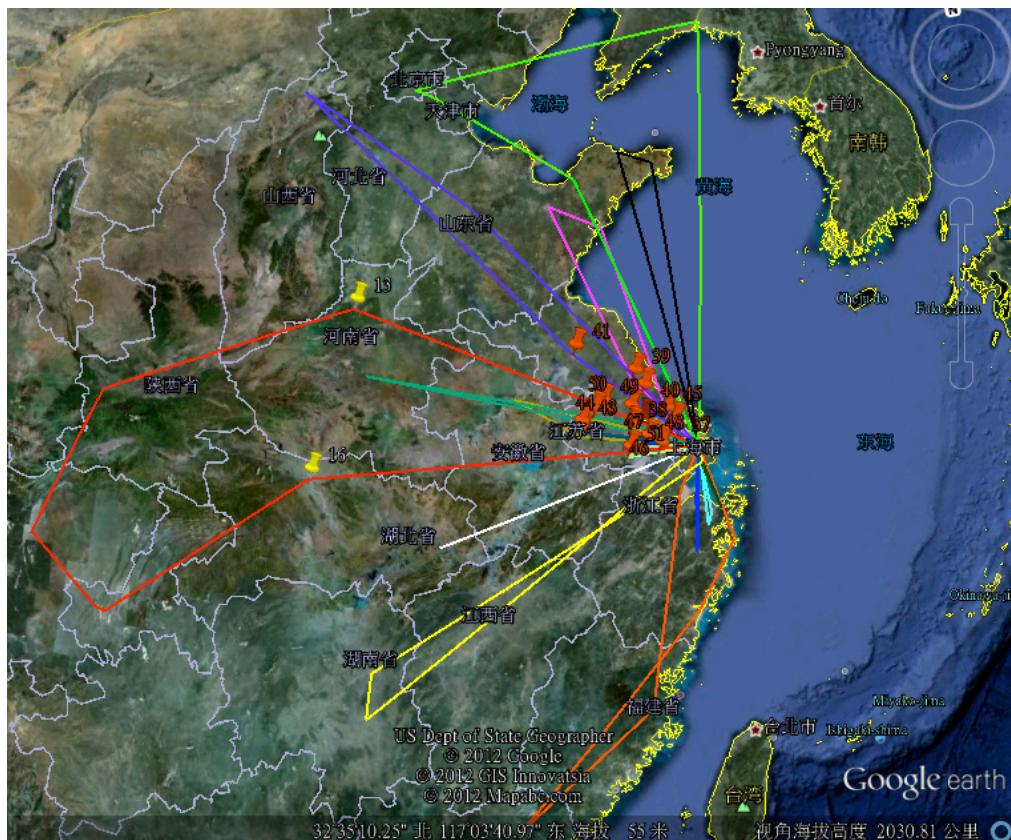
5.3 优化结果

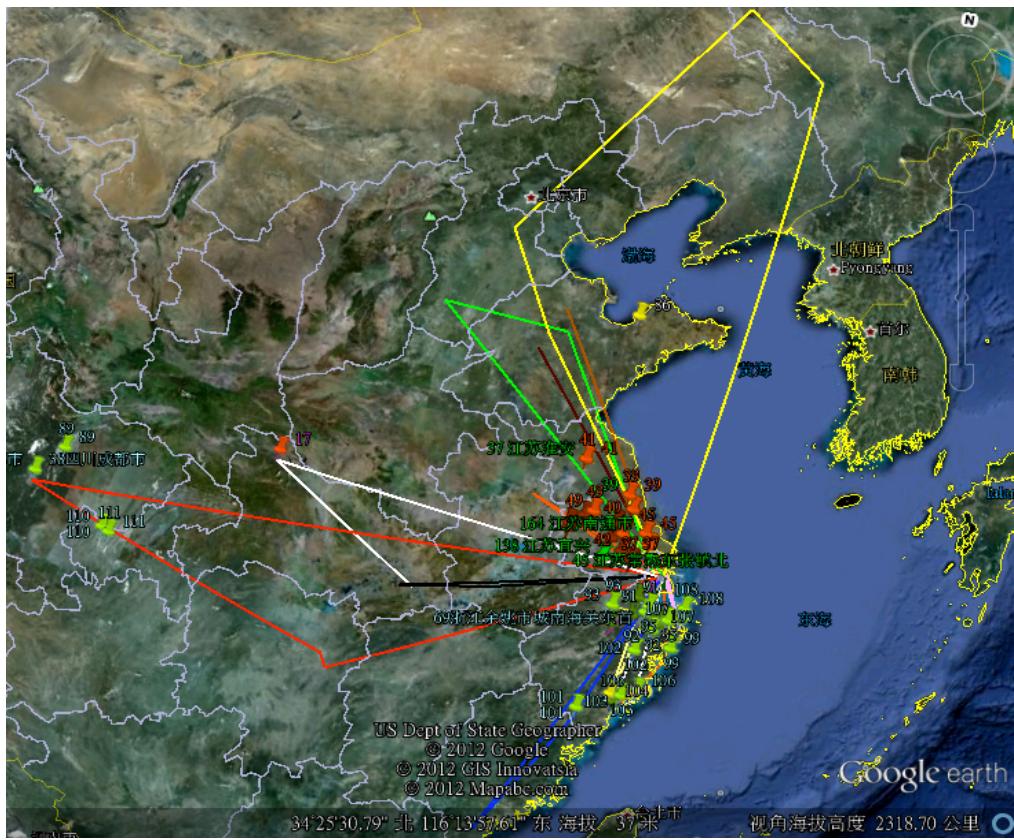
5.3.1 路线图

经过对两类货物分别运用节约算法，对于 A 类货物，我们共得到 18 条线路，

对应的供应商编号见附录（ABC 每天运过程及结论表），路线如下图 1 所示。对于 C 类货物，我们共得到 16 条线路，对应的供应商编号见附录（ABC 每周运过程及结论），路线如下图 2 所示。

图 5-1 和图 5-2





5.3.2 各类路程汇总结果

表 5-3

KM	每周		每天	
	直线	公路	直线	公路
单点	1378.805	1736.8	921.3931	2327.8
直送	18087.37	53161.8	43008.05	17272.8
普通	18385.62	21481.3	23975.02	30887

源数据及计算过程见附录（ABC 路程数据表）。

5.3.3 结论反思

① 周运线路跨度过大

剔除多数 A 类货物的供应商后，C 类供应商地理位置更加分散；同时由于将日订购量换算成周订购量后再进行合并，能够被合并的点增多。如：编号为 3 的供应商日订购量为 14.13 吨，本来属于无法并入线路的单点，但其周订购量经过调整后参与合并的余数为 8.93 吨，大大增加了并入的可能性。事实上，该点

被并入了第 13 条路径。类似的情况还发生在编号为 59、60 等的供应商身上。这样一系列因素造成了 ABC 分类法下路径跨度大，路程普遍偏长的结果。如：第一条路径（图中明黄色标示），连接了 33、10、22、23 号供应商，且不管它横穿了黄海，仅陆地就跨越了辽宁、吉林、河北、山东、江苏五省，总里程达 2943.55 千米。这一现象无论对物力还是人力都是较大的挑战。

发现这个问题后，我们转而思考在节约算法的运算结果上，运用近似方法调整的可能性。比如，针对路程跨度过大的第一、第二、第三、第六条线路，采用局部的水滴连线法，在同一省份或相邻省份的供应商连成一圈，以增加实际可行性。

② 运输周期的合理性

最初确定 C 类货物的运输周期时，我们理想的假定为一周。然而，这样的设置带来了过大的单次单个供应商的运输重量，尤其是在每辆车 15 吨的限重条件下。如：有五家供应商的单次运送量远远超过 45 吨，最大甚至达到 278 吨（60 号供应商），意味着一次需同时派出 18 辆车。一次派出这样浩大的运输队伍显然不甚合理。

针对这一点，我们认为有两方面的应对策略。一方面，制定更加科学的运送周期。这一改进可以从 ABC 方法的分类开始，以更精细的标准把货物真正分为 A、B、C 三类，相应的配以不同的运送周期。具体天数的确定要以库存成本与运输费用的权衡为准。另一方面，增大货车载重。根据目前的标准，3 轴货车限重 25 吨，4 轴、5 轴、6 轴货车分别为 35、43、49 吨。以上提到的单次运量过大的问题可以通过这一方式解决，当然，载重越大费率越高，因此具体吨位选择取决于运费与货车数量的权衡。

第六章 模型比较

6.1 模型比较

前文介绍了同样使用节约算法，但数据处理方式不同的原始模型和 ABC 分类模型，得到了两种不同的设计方案。接下来，我们通过行驶总里程，总油耗，所需车辆数，人力成本和总费用等一系列的指标来对这两个方案的优劣性进行评估和选择。

根据实际调查和访问货车司机，我们得到如下数据：货车平均百公里油耗为 18-25L，目前柴油价格（取上海最新 0 号柴油价格）为 7.66 元/升，货车司机每天工资 150 元，卡车平均一天行驶 600KM，超过 700KM 的行程需配备 2 名司机。在具体计算过程中，司机数量按人次计算，忽略司机的排班和人员调动；上下货时间已考虑到日均行驶路程中。另外，由于车辆的过路过桥费相较于油耗量和司机的工资在成本中占较小比重，此处计算忽略这部分成本。

相关指标对比结果如下（所有数据均为换算到周的数据）：

表 6-1 原始法与分类法结果对比

公路距离 (KM)	周行驶百 KM	耗油量(L)	需司机数	司机工资 (元)	耗油费 (元)	总费用 (元)
原始	6337.877	136264.36	504	267750	1043784.963	1311534.963
分类法	4277.955	91976.033	470	221100	704536.409	925636.409

从上表的对比中可知，分类法在多方面都明显优于原始模型。具体来看：周行驶百公里数由 6337.877 减少至 4277.955，减少了 2059.922，减少比率为 32.50%；耗油量和耗油费分别减少了 44288.327 L 和 339248.554 元，均较原始模型减少了 32.50%；在行驶里程和油耗上，分类法具有明显的优势。同时，所需支付的司机工资也较原始模型下降了 46650 元，降低了 17.42%，在人力资源成本方面也有较大节省。油耗和工资支出的总费共减少 385898.554 元，为原始模型这两部分总费用的 29.42 %。

除上述可量化的成本减少外，分类法还带来了一些无形的好处。行驶里程的节省也意味着对车辆的损耗的减少，节约了可能产生的车辆的维修和更换成本；

损耗小也一定程度降低了车辆在运货途中故障的几率，提高货物准时送到的概率，在提高服务水平和减少未完成订单率上起到一定的积极作用。另外，油耗的减少除了节省了上海柴油机厂的很大一部分支出外，也能减少能源和社会资源的浪费，更加绿色低碳，也能帮助企业更好地实践企业的社会责任。

结合总行驶里程，燃油消耗，人力资源耗费，支出总费用等各方面一起分析，基于节约算法的 ABC 分类法更优。但是，本文所介绍的方法计算得出的理论的运输路线存在与人们的普遍认知矛盾的地方，模型尚存在一定的缺陷，在计算过程中更是将一些因素理想化地进行了简化，与实际情况不完全相符，实际操作中遭遇的问题将会更加复杂，有更多的细节将影响最终的运输路线。例如，道路的具体信息状况，是否在修补路面，收费站的位置，运输规章，甚至在运输过程中可能遭遇的因交通意外而发生的堵车等等。因此，上海柴油机厂还需根据实际情况灵活应用优化方案，并根据环境的变化进行合理的调整。该厂作为国内最大专业生产柴油发电机组的厂家，以质量好、价格低、售后服务好为宗旨，为扩大盈利减少成本是非常重要的一项公司目标，而原材料运输线路的优化可以使油耗、车辆损耗、人力资源成本等方面的成本尽可能的降低，与公司的经营战略相一致。

总结

本文针对 184 个遍布全国各地的供应商进行了原料采购路线的设计和优化，应用了节约算法，并且从结论和方法两方面对建模结果进行了再次改进。通过比较分析多回路运输、原始节约算法和 ABC 分类法，得出优化后的运输方案每周节省行驶里程数 2059.922 百公里，节省耗油量 44288.327 L 以及燃油费用 339248.554 元，此外，司机的周工资也减少了 46650 元，所需司机人次数也有所减少，可以对人力资源有一个更好地优化和使用，减少了资源的浪费，节省了总成本 385898.554 元。较好的完成了预期研究目标。

正如问题综述部分所提到的，设计原材料运输路线的方法丰富多样，本文采用的节约算法能够得到可行的运输方案，但是也存在一定的缺陷和不足。解决 VRP 模型的算法还有很多种，包括扫描算法、插入法、遗传算法、蚁群算法等等。节约算法的优势在于能够较快的解决问题，但是处理样本空间特别大的问题可能存在一定的误差。在实际求解过程中，应根据各类算法的使用范围和优劣势，针对运输线路设计和优化问题的具体情况，寻找最适合的求解方法，以求无限逼近最优运输路线。

对于大部分企业来说，运输成本的降低和服务水平的提高是亟需解决的问题，而有时这两个目标又是相互矛盾的，这需要在其中做一个博弈和协调，以得到一个双优的结果，其中部分问题可以通过物流路径的设计来解决。如何通过更科学的物流运输路径设计和优化的模型和算法，来实现企业的人员调度和车辆使用安排，使得企业物流系统本身运作效率更高，成本更低更易控制，将是各类企业都需要持续关注和面对的挑战。

在物流行业快速发展的大环境中，上海柴油机厂应充分将物流管理理论与公司具体实践结合起来，同时考虑到时代发展对物流的新要求，改善和发展自己的物流运输系统，甚至可以考虑与第三方物流公司合作，以得到更好更高效的方案，使企业保持竞争的活力和优势。

参考文献

1. 张强,荆刚,陈建岭.《车辆路线问题研究现状及发展方向[J]》.交通科技出版社,2004(1):60-62;
2. 上海柴油机厂网站, 公司介绍 <http://www.qianyan.biz/qy-10138214.html>;
3. Paolo Toth, Daniele Vigo, 《THE VEHICLE ROUTING PROBLEM[M]》, Society for Industrial and Applied Mathematics philadephia.2002;
4. 夏新海.《物流配送车辆调度优化研究[D]》.武汉理工大学出版社,2004;
5. 易物流网,《货车载重标准》, <http://www.156580.com/wen/zaizhong/>;
6. 宋静敏.《有时间窗约束非满载车辆调度问题的 C-W 节约启发式算法》, 南京农业大学出版社;
7. 宋静敏.《基于节约算法的某建材企业配送线路优化设计》, 南京农业大学出版社;
8. 郑英, 孟志青:《基于节约算法的烟草物流配送线路优化》,《中国管理信息化》2010 年 12 月, 第 13 卷第 23 期;
9. 卜心怡, 于涛:《物流配送模型优化及应用》,《杭州电子科技大学学报》2005 年 2 月, 第 25 卷第 1 期;
10. 胡华, 郭晓汾:《基于节约矩阵法的配送中心送货路线优化问题研究》, 长安大学汽车学院;

附录

1 距原点距离运算表

新编号	中央子午线 L0	纬度 B	经度 L	坐标 X	坐标 Y	距原点距离
0	120	31.16	121.34	3461660.591	149216.509	0
1	120	30.31	117.3	3380109.24	-239997.5771	397665.975
2	120	32.56	117.24	3648420.349	-243199.3998	434591.1331
3	120	32.53	117.46	3642086.245	-209011.8353	401099.6926
4	120	39.41	116.18	4400997.023	-317458.3574	1048874.808
5	120	27.5	119.38	3080080.82	-36122.10469	424209.2912
6	120	26.32	119.27	2936093.48	-54815.15568	563781.6141
7	120	24.16	117.34	2687030.205	-247136.8173	870142.6284
8	120	23.56	115.46	2654422.86	-431243.0699	994266.6025
9	120	39.3	116.39	4379453.677	-288181.4271	1016691.253
10	120	39.6	116.4	4434933.57	-284679.1409	1065610.495
11	120	37.7	114.29	4240485.298	-483629.481	1003524.774
12	120	33.55	113.54	3771290.378	-564511.0045	777995.8668
13	120	34.48	113.18	3873004.532	-613615.3183	866669.6225
14	120	30.13	115.2	3353417.659	-449542.4187	608464.2847
15	120	30.13	114.38	3356400.831	-517065.3023	674545.083
16	120	30.44	112.12	3427595.045	-748119.8604	897982.7511
17	120	32.3	112.2	3623390.11	-721414.4519	885525.1027
18	120	26.51	112.38	2992433.425	-733360.9641	999558.4672
19	120	27.52	113.08	3102746.89	-677177.2458	900969.3016
20	120	27.49	112.56	3098311.795	-697278.9049	921182.3017
21	120	28.13	112.56	3142830.204	-694686.4289	902122.4884
22	120	45.37	122.5	5057475.117	220991.9045	1597427.842
23	120	43.49	125.19	4867299.366	427773.3116	1432973.921
24	120	46	124.21	5105385.783	336959.8941	1654412.309
25	120	37.21	117.55	4137464.166	-184601.4793	753753.8868
26	120	36.58	117.12	4096550.136	-249373.3292	749638.9762
27	120	36.04	120.22	3993072.968	33032.79486	543964.8614
28	120	37.1	119.57	4115081.564	-4440.925363	671244.7959
29	120	36.21	117.17	4027879.328	-243889.2716	689300.9598
30	120	36.43	119.09	4065476.872	-75941.79916	644430.2638
31	120	37.11	122.03	4118898.88	182048.5102	658057.8312
32	120	37.33	121.14	4158340.116	108989.2994	697839.9454
33	120	36.42	117.32	4066127.394	-220445.0218	708540.5872
34	120	36.48	118.03	4076162.468	-174038.8016	694338.9325
35	120	40.04	113.18	4458583.879	-571815.609	1230342.781
36	120	34.21	107.06	3878943.793	-1190509.066	1403207

37	120	31.42	121.01	3509098.86	96383.40988	71005.11088
38	120	31.48	119.58	3519738.411	-3156.642444	163066.2763
新编号	中央子午线 L0	纬度 B	经度 L	坐标 X	坐标 Y	距原点距离
39	120	32.52	120.19	3638069.962	29638.50983	213117.7237
40	120	32.32	120.28	3601154.507	43840.57941	174821.7354
41	120	33.36	119	3719808.197	-92818.95712	353866.2934
42	120	32.03	118.47	3548107.275	-114909.955	277913.3288
43	120	31.55	120.17	3532709.689	26797.74214	141542.675
44	120	31.57	118.48	3536999.706	-113458.8451	273266.0315
45	120	31.58	120.53	3538559.842	83501.99292	101152.8172
46	120	31.17	120.35	3462596.365	55546.79905	93674.38414
47	120	32.1	120.03	3560398.124	4716.170125	175012.7094
48	120	31.29	120.18	3484664.11	28506.28956	122882.5415
49	120	32.23	119.24	3584582.304	-56460.12655	239609.3195
50	120	32.16	119.11	3571779.058	-76947.63788	251547.8049
51	120	31.2	119.49	3468007.884	-17448.22121	166785.5523
52	120	31.15	121.3	3459724.138	142891.2946	6614.996992
53	120	31.2	121.3	3468965.31	142765.6067	9745.412786
54	120	31.24	121.29	3476336.82	141079.5098	16781.0147
55	120	31.38	121.23	3502088.341	131241.0096	44243.88714
56	120	30.55	121.28	3422718.167	140204.2178	39971.66183
57	120	31.17	121.32	3463464.24	146015.6493	3674.051648
58	120	31.13	121.41	3456279.334	160414.3274	12423.72971
59	120	30.44	121.2	3402229.598	127699.6822	63206.14472
60	120	31.19	121.32	3467160.74	145964.2437	6389.747564
61	120	31.8	121.23	3579720.272	130248.0428	119573.7895
62	120	31.16	121.4	3461800.13	158742.1781	9526.691022
63	120	31.11	121.41	3452582.761	160470.6037	14458.96397
64	120	31.14	121.31	3457897.601	144504.5277	6030.162463
65	120	31.8	121.34	3579958.024	147511.5782	118309.7186
66	120	31.12	121.38	3454359.563	155676.2425	9748.495498
67	120	31.9	121.7	3599431.305	203640.4046	148130.7876
68	120	31.10	121.7	3451536.244	206591.6429	58261.55141
69	120	31.4	121.21	3505745.319	128032.5957	48910.34118
70	120	31.14	121.25	3457771.096	134975.8203	14762.29606
71	120	30.54	121.37	3421068.291	154571.8055	40944.03439
72	120	30.55	121.35	3422870.735	151358.1265	38848.93039
73	120	30.17	121.33	3352599.257	149138.5843	109061.3612
74	120	30.8	121.24	3468840.016	133246.9919	17509.12999
75	120	30.7	121.34	3450571.144	149373.7024	11090.56068
76	120	30.21	121.14	3359617.444	118586.4556	106541.09
77	120	30.49	121.11	3411308.228	113234.7657	61887.36767
78	120	30.17	121.26	3352451.833	137911.8929	109792.2907

79	120	30.4	121.31	3395060.508	145360.1703	66711.63555
80	120	30.17	121.18	3352297.477	125081.7337	111994.5449
新编号	中央子午线 L0	纬度 B	经度 L	坐标 X	坐标 Y	距原点距离
81	120	30.16	121.34	3350773.267	150767.9032	110898.1755
82	120	30.11	121.31	3341468.197	146078.7478	120233.3444
83	120	30.0	121.16	3320847.988	122223.0251	143376.5576
84	120	30.12	121.19	3343076.53	126792.4399	120685.6172
85	120	30.20	121.26	3357995.67	137841.8894	104287.0926
86	120	30.15	121.31	3348860.02	145980.2506	112846.985
87	120	30.18	121.31	3354403.934	145906.248	107307.7267
88	120	30.39	104.03	3503189.966	-1538357.958	1688085.386
89	120	31.24	104.47	3577540.511	-1454965.431	1608361.854
90	120	31.31	120.16	3488351.95	25329.92481	126729.2958
91	120	30.14	121.14	3346682.375	118726.9216	118952.1126
92	120	29.39	121.24	3282193.826	135561.4983	179985.4968
93	120	30.1	120.15	3338674.773	24081.60393	175454.4262
94	120	29.52	121.32	3306379.34	148154.4732	155284.8827
95	120	29.55	121.48	3312296.76	173837.6251	151379.501
96	120	29.46	121.21	3295070.611	130568.4857	167630.4566
97	120	30.25	120.55	3366719.932	88077.26538	112923.5835
98	120	29.59	120.48	3318594.206	77204.48223	160167.7947
99	120	29.14	121.57	3236765.035	189600.0519	228492.5416
100	120	27.46	120.39	3072808.301	64074.26447	398064.4479
101	120	27.33	119.43	3048660.865	-27984.64713	449409.6387
102	120	29.07	121	3222670.9	97333.54963	244556.5654
103	120	27.57	120.49	3093224.283	80368.79555	374813.714
104	120	27.59	120.32	3096764.428	52469.04218	377504.0155
105	120	30.02	120.1	3323879.265	16075.95138	191598.8042
106	120	28.06	121.14	3110193.602	121208.0794	352581.2188
107	120	29.59	122.08	3320241.027	205899.2331	152356.2411
108	120	30.14	122.12	3348086.99	211800.879	129675.6184
109	120	29.45	120.16	3292489.122	25794.40229	209408.6966
110	120	29.45	106.22	3371636.175	-1325083.934	1477046.442
111	120	29.4	106.35	3359731.946	-1304936.19	1457720.66

2 路线结果及公路距离表

线路		路线长			直送部分	
1	90-81-111-110-88-89-36-13	3998918.771		倍数	距离	路线长
2	27-28-32-22-24-23-67	3515032.306	4	4	1048874.808	4195499.233
3	10-4-9-61	2171298.984	16	2	897982.7511	1795965.502
4	11-35-26	2473222.962	24	4	1654412.309	6617649.235
5	52-19-20-18-21-6-84	2414653.294	25	2	753753.8868	1507507.774
6	97-5-101-100-104-103-8-91-76	2285308.207	31	2	658057.8312	1316115.662
7	82-95-107-63	347913.4233	32	4	697839.9454	2791359.782
8	14-15-16-7-1	2902712.206	43	4	141542.675	566170.7001
9	25-26-33-29-41	1614192.267	48	2	122882.5415	245765.0831
10	17-30	2312308.005	53	4	9745.412786	38981.65114
11	2-42	875356.8319	55	2	44243.88714	88487.77428
12	12-44	1559533.646	59	2	63206.14472	126412.2894
13	99-106-109-105	802574.5015	60	4	6389.747564	25558.99026
14	54-34-39	1390585.524	68	2	58261.55141	116523.1028
15	47-50	509013.5506	81	14	1477046.442	20678650.19
16	38-49	486616.0027	86	4	112846.985	451387.9398
17	71-73-94-96-83	347238.1335	3	2	401099.6926	802199.3852
18	48-51	338548.0175	37	2	71005.11088	142010.2218
19	86-87	225699.1192	45	2	101152.8172	202305.6345
20	80-98	330712.6741	56	2	39971.66183	79943.32367
21	77-59-78-85-72	234896.8471	66	2	9748.495498	19496.991
22	102-108	544031.9637	57	2	3674.051648	7348.103296
23	79-92	359988.3589				
24	65-69	243946.5632				
25	40-55	351175.1999				
26	43-74	283191.959				
27	46-70	188012.1327				
28	62-68	116726.1482				
29	64-93	350941.8492				
30	58-75	35943.2417				
总计	每天	90541100	米			
	每周	6337.877	百公里			

3 ABC 分类结果表-每周运

新编号	供应商地址	采购额(万元)	日订购重量(t)	合并后日订购t	直送(t)
1	安徽安庆	834.9	4.574794521	5.057534247	
	安徽安庆开发区 7-(5)号区	88.1	0.482739726		
3	安徽省宁国市经济技术开发取	502.7	2.754520548	14.13260274	
	安徽省天长市	2076.5	11.37808219		
7	广东汕头	215	1.178082192	1.178082192	
10	河北石家庄	953	5.221917808	5.221917808	
11	河南扶沟县	150.5	0.824657534	1.038356164	
	河南信阳	39	0.21369863		
15	湖北荆州	97.5	0.534246575	0.753424658	
	湖北荆州市开发区恒隆路 9 号	40	0.219178082		
19	湖南省株洲市红旗北路 3 号	28.4	0.155616438	0.155616438	
21	湖南长沙	266.2	1.458630137	1.458630137	
22	吉林省白城市	7.3	0.04	0.04	
23	吉林长春	182.5	1	1	
25	山东滨州市渤海二十一路 569 号	4278.9	23.4460274	8.446027397	15
29	山东泰安市下港	1802.4	9.876164384	9.876164384	
33	山东章丘市赭山民营工业园	391.3	2.144109589	2.144109589	
34	山东淄博市	2086.9	11.43506849	11.43506849	
37	江苏常熟东张镇北	1713.6	9.389589041	9.389589041	
40	江苏海安	1505.5	8.249315068	9.860821918	
	江苏海安工业园	257.9	1.413150685		
	江苏海安县开发区西蒙路 9 号	36.2	0.198356164		
45	江苏南通市	2148.6	11.77315068	11.77315068	
50	江苏仪征	2.1	0.011506849	6.247671233	
	江苏仪征	1138.1	6.236164384		
52	上海	47.3	94.6	0.259178082	0.259178082
54	上海宝山区	107.5	215	0.589041096	1.160547945
	上海宝通路 415 号 3F	104.3	208.6	0.571506849	
55	上海崇明工业园区西门路 699 号 4 号楼	17.9	35.8	0.098082192	18.54465753
	上海崇明向化镇向中路 209 号	3366.5	6733	18.44657534	
59	上海金山区	2921.2	5842.4	16.00657534	16.00657534
60	上海军工路 2636 号	7258.3	14516.6	39.77150685	41.10958904
	上海军工路 2850 号	244.2	488.4	1.338082192	
62	上海浦东曹路镇曙光工业园区	37.4	74.8	0.204931507	0.204931507
64	上海浦东大道 1097 弄玫瑰花园 12 号 22 楼 C 座	87.6	0.48	0.487123288	
	上海浦东大道 720 号国际航运大厦 14 楼 B 座	1.3	0.007123288		

69	上海莘庄申富路 1188 号	1221.3	6.692054795	6.692054795	
71	上海市奉贤区南奉公路 590 号	0.5	0.002739726	0.002739726	
74	上海市沪闵路 1111 号	844.5	4.62739726	4.62739726	
新编号	供应商地址	采购额(万元)	日订购重量(t)	合并后日订购t	直送(t)
75	上海市沪南公路 3021 号	497.6	2.726575342	2.77369863	
	上海市浦三路 4399 号 6 号楼	8.6	0.047123288		
76	上海市嘉定区福海路 1055 号 8 幢 4 楼	84	0.460273973	0.460273973	
77	上海市金山区朱吕公路 6588 号	395.3	2.166027397	2.166027397	
79	上海市闵行区联航路 1188 号 10 号楼 4D	8.4	0.046027397	0.046027397	
83	上海市松江区松胜路 236 号	156.3	0.856438356	0.880547945	
	上海松江	4.4	0.024109589		
84	上海市吴漕路 150 号	199.5	1.093150685	1.093150685	
85	上海市蕴川路 291 号	382.6	2.096438356	2.096438356	
87	上海翔殷路 1059 弄 8 号	196.6	1.077260274	1.077260274	
88	四川成都市	356.7	1.954520548	4.350136986	
	四川成都市新都区龙桥镇	437.2	2.395616438		
100	浙江瑞安	8.7	0.047671233	1.507945205	
	浙江省瑞安西岙东路 56 号	266.5	1.460273973		
101	浙江泰顺城关白溪路	497.3	2.724931507	2.724931507	
104	浙江温州瓯海三溪工业园富豪路 39 号	245.9	1.34739726	1.34739726	
105	浙江余姚市城南海关东首	252.8	1.385205479	3.116164384	
	浙江余姚市梨州街道竹山村	315.9	1.730958904		
106	浙江玉环	34.8	0.190684932	8.743561644	
	浙江玉环城关镇双港路	1560.9	8.552876712		
107	浙江舟山开发区 B 区黎明路 98 号	345.3	1.892054795	1.892054795	
108	浙江舟山市岱山县泥峙镇	601.9	3.298082192	3.298082192	
109	浙江诸暨市江龙工业区	329.7	1.806575342	1.806575342	
均值		714.3516129		4.743413242	

4. ABC 分类结果表-每天运

新编号	供应商地址	采购额(万元)	日订购重量(t)	合并后日订购量 t	直送 t	
2	安徽省蚌埠市凤阳东路 224 号	1617.8	8.864657534	8.864657534		
4	北京市	249.1	1.364931507	3.042191781	15	
	北京市大兴区永大路 23 号	29.6	0.162191781			
	北京通州区宋庄镇	3014	16.51506849			
5	福建福安市坂中工业园区熙台路	470.1	2.575890411	2.575890411		
6	福建福州市	209.1	1.145753425	1.21260274		
	福建平潭	12.2	0.066849315			
8	广东省梅州市五华县转水镇枫林村 188 号	1077.8	5.905753425	5.905753425		
9	河北廊坊市光明西道 1 号	616.9	3.380273973	3.380273973		
12	河南西峡	1036.9	5.681643836	7.842739726		
	河南西峡县	394.4	2.16109589			
13	河南省新乡市解放大道(中段) 1 号	46.1	0.25260274	0.46630137		
	河南新乡	39	0.21369863			
14	湖北黄石	49.6	0.271780822	4.356712329		
	湖北麻城	745.5	4.084931507			
16	湖北省襄樊市襄城区环山路 38 号	1269.4	6.955616438	7.4	15	
	湖北省襄樊市襄城区江华路 10 号	1773.3	9.716712329			
	湖北大冶	1045.3	5.727671233			
17	湖北十堰	45.2	0.247671233	8.728219178		
	湖北十堰	1547.7	8.480547945			
18	湖南衡阳市雁峰区白沙洲 10 号	1291.1	7.074520548	7.074520548		
20	湖南湘潭	658	3.605479452	3.605479452		
24	辽宁丹东	6108.3	33.47013699	3.470136986	30	
26	山东济南市济微路 30 号	1.2	0.006575342	0.006575342		
27	山东青岛	387.3	2.122191781	2.122191781		
28	山东省莱州市文泉东路 43 号	725.6	3.975890411	3.975890411		
30	山东潍坊市开发区东明路 379 号	1011.4	5.541917808	5.541917808		
31	山东文登市	4786.7	26.22849315	11.22849315	15	
32	山东烟台经济技术开发区广州路 42 号	5971.5	32.72054795	2.720547945	30	
35	山西大同	2372.2	12.99835616	12.99835616		
36	陕西省宝鸡市姜谭路 22 号	394.2	2.16	2.16		
38	江苏常州市湖塘桥武宣路 237 号	613	3.35890411	4.301369863		
	江苏常州市雪堰镇	172	0.942465753			
39	江苏东台市梁垛镇北首	348	1.906849315	1.906849315		

41	江苏淮安	326	1.78630137	1.78630137		
42	江苏江阴	132.5	0.726027397	5.087671233		
	江苏江阴市马镇	742.4	4.067945205			
	江苏江阴市周庄镇工业园区	10.9	0.059726027			
	江苏江阴周庄长青路 6 号	42.7	0.233972603			
新编 号	供应商地址	采购额(万元)	日订购重量(t)	合并后日订购量t	直送t	
43	江苏南京	5293	29.00273973	9.95726027	30	
	江苏南京	1999.2	10.95452055			
44	江苏南京江宁开发区	489.9	2.684383562	4.188493151		
	江苏南京市江宁开发区	274.5	1.504109589			
46	江苏苏州	4.9	0.026849315	14.3709589		
	江苏苏州市工业园区苏桐路 16 号	2232.3	12.23178082			
	江苏苏州市木渎镇西街	379.2	2.077808219			
	江苏苏州钟园路 128 号	6.3	0.034520548			
47	江苏泰兴	1427.6	7.822465753	7.822465753		
48	江苏无锡	1015.2	5.562739726	5.27342466	15	
	江苏无锡市惠山经济开发区欣惠路 519-5 号	276	1.512328767			
	江苏无锡市惠山开发区惠萃路 87 号	434.3	2.379726027			
	江苏无锡市惠山区	345.5	1.893150685			
	江苏无锡市梁溪路 20 号	70.3	0.385205479			
	江苏无锡市锡山区东港镇	893	4.893150685			
	江苏无锡新区新华路 17 号	399.2	2.18739726			
	江苏无锡新区新华路 8 号	266.4	1.459726027			
49	江苏扬州	638.4	3.498082192	10.03232877		
	江苏扬州	1192.5	6.534246575			
51	江苏宜兴	1478.1	8.099178082	8.099178082		
53	上海	53.5	107	0.293150685	12.5	30
	上海	245.6	491.2	1.345753425		
	上海	3614.5	7229	19.80547945		
	上海	3845.6	7691.2	21.07178082		
56	上海奉贤区	2336.9	4673.8	12.80493151	14.3	
	上海沪杭公路 2556 号	268.1	536.2	1.469041096		
57	上海佳木斯路 281 号	1069.4	2138.8	5.859726027	5.86	
58	上海金桥出口加工区王桥路 786 号	1755.1	3510.2	9.616986301	9.62	
61	上海闵行区顾戴路 825 弄 98 号	420.5	841	2.304109589	2.3	
63	上海浦东川沙	803.8	1607.6	4.404383562	4.4	
65	上海浦东康桥	50.4	0.276164384	6.277260274		
	上海浦东新区北蔡工业园绿科路 99 号	1095.2	6.00109589			
66	上海浦东新区唐镇	1697.7	9.302465753	12.70575342		
	上海浦东新区张江高科技园区牛顿路 8 号	3223.6	17.66356164			
	上海浦东张江科苑路 501 号	2872.5	15.73972603			
67	上海青浦	256.8	1.407123288	1.407123288		

68	上海青浦工业园区外青松公路 5399 号 A34A	5273.8	28.89753425	28.89753425	13.9	15
70	上海市曹杨路 510 号	93.5	0.512328767	0.512328767		
72	上海市奉贤区青村镇南奉公路 2529 号	736.1	4.033424658	4.033424658		
73	上海市共青路 357 弄 1 号	20.8	0.113972603	0.113972603		
78	上海市灵石路 697 号	1000.2	5.480547945	5.480547945		
新编 号	供应商地址	采购额(万元)	日订购重量(t)	合并后日订购量 t	直送 t	
80	上海市南翔沪宜路 1082 号	612.7	3.357260274	3.357260274		
81	上海市浦东大道 2748 号	19606.4	107.4323288	2.432328767	105	
82	上海市浦东新区严桥路 410 号一号楼 4 楼	454.5	2.490410959	2.490410959		
86	上海杨浦区	333.4	1.826849315	11.22356164	30	
	上海市瑞虹路 599 路	542.2	2.970958904			
	上海市长阳路	6647.7	36.42575342			
89	四川绵阳市经开区塘讯南街 155 号	135.5	0.742465753	0.742465753		
90	无锡市滨湖区	470.6	2.578630137	2.578630137		
91	浙江慈溪市坎墩永安西路 398 号	99.8	0.546849315	0.546849315		
92	浙江宁波奉化	416	2.279452055	14.31232877		
	浙江宁波奉化市尚田镇工业园区	709	3.884931507			
	浙江省宁波市中马路 178 号	3.5	0.019178082			
	浙江奉化市	1483.5	8.128767123			
93	浙江杭州	983.8	5.390684932	13.30027397		
	浙江杭州萧山	648.2	3.551780822			
	浙江杭州萧山	795.3	4.357808219			
94	浙江宁波	4.1	0.022465753	6.651506849		
	浙江宁波	174.1	0.953972603			
	浙江宁波市金谷中路(西) 289 号	114	0.624657534			
	浙江宁波鄞州高桥工业区	722.1	3.956712329			
	浙江宁波	199.6	1.09369863			
95	浙江宁波市北仑区黄山西路 211 号	789.6	4.326575342	4.326575342		
96	浙江宁波鄞江镇四明东路 75 号	1267	6.942465753	6.942465753		
97	浙江省嘉兴市海盐秦山镇	54.9	0.300821918	0.300821918		
98	浙江省上虞市经济开发区(中塘)	2022.1	11.08	11.08		
99	浙江省象山县石浦皇城沙滩开发区	70.1	0.384109589	0.384109589		
102	浙江天台福溪街道交通运输 机械工业园区	1691.6	9.269041096	9.269041096		
103	浙江温州扶贫开发区一小区庐山路 121 号	480.3	2.631780822	2.631780822		
110	重庆北碚歇马	70.4	0.385753425	0.385753425		
111	重庆市北部新区云端街	48.9	0.267945205	0.267945205		
均值		1208.039091		5.901902153		

5 ABC 每周运结果表

路线	供应商编号(新)	距离	总路程
1	33-10-22-23	13.84219178	2943550.2
2	19-21-88	11.75068493	3550205.2
3	11-34-69	14.15835616	2048395.7
4	7-101	12.32109589	1742405
5	15-1-52	12.4909589	959240.31
6	100-106-79	12.08273973	818943.36
7	83-84	13.81589041	430134.47
8	76-104	12.65369863	755086.1
9	71-87-105	14.37315068	433138.44
10	37-45	13.13917808	204311.94
11	77-109	12.80821918	418821.65
12	25-55	14.80876712	1507546.2
13	3-74	11.32	802217.17
14	29-54	13.25643836	1378688.9
15	64-59-75	14.87178082	128247.92
16	62-108	9.52109589	264684.99
单点	40	9.025753426	349643.47
	50	13.73369863	503095.61
	60	8.400547945	12779.495
	85	14.67506849	208574.19
	107	13.24438356	304712.48
直送			
周运量整数部分	直送点		调整后距离
90	3	802199.3852	5615395.7
60	29	1378601.92	6893009.6
60	40	349643.4707	1748217.4
30	50	503095.6099	1509286.8
105	59	126412.2894	1011298.3
270	60	12779.49513	242810.41

30	74	35018.25999	105054.78
15	75	221796.351	443592.7
15	108	259351.2368	518702.47
	sum		18087368

6 ABC 每天运结果表

线路序号	供应商编号（新）	总路程	调整路程
1	13-36-89-110-111-16	4739.7	
2	28-9-4-24	3694.8	
3	18-20-72	2495.5	
4	90-81-102-91	998	
5	26-35-41	3173	
6	31-32	1753	
7	14-17-70	2590.3	
8	97-5-6-8-103-99	3115	
9	67-27-30-39	1779.5	
10	12-42	2234	
11	2-44	1029	
12	73-94-96	511.2	
13	38-47	525	
14	48-51	447.4	
15	82-95-78	526.2	
16	57-61-65	92.1	
17	80-98	514.7	
18	43-63	668.6	
sum		30887	
直送	4	1048874.808	2097750
	16	897982.7511	1795966
	24	1654412.309	6617649
	68	58261.55141	116523.1
	31	658057.8312	1316116
	32	697839.9454	2791360
	43	141542.675	566170.7
	48	122882.5415	245765.1
	81	1688085.386	27009366
	86	112846.985	8
sum			42556673
单点	46	93674.38414	
	49	239609.3195	
	52	6614.996992	

	53	9745.412786	
	54	16781.0147	
	56	39971.66183	
	58	12423.72971	
	59	63206.14472	
	60	6389.747564	
	62	9526.691022	
线路序号	供应商编号（新）	总路程	调整路程
	66	9748.495498	
	68	58261.55141	
	92	179985.4968	
	93	175454.4262	
sum		921393.0729	

7 公路距离-路线

序号	线路	需司机数	行驶时间(天)	行驶时间取整(天)	总路程(km)
1	90-81-111-110-88-89-36-13	2	8.323166667	9	4993.9
2	27-28-32-22-24-23-67	2	10.758166667	11	6454.9
3	10-4-9-61	2	4.502666667	5	2701.6
4	11-35-26	2	5.6035	6	3362.1
5	52-18-20-19-21-6-84	2	5.344833333	6	3206.9
6	97-5-101-100-104-103-8-91-76	2	4.440166667	5	2664.1
7	82-95-107-63	1	1.0075	2	604.5
8	14-15-16-7-1	2	7.205	8	4323
9	25-26-33-29-41	2	3.2395	4	1943.7
10	17-30	2	5.1655	6	3099.3
11	2-42	2	1.667	2	1000.2
12	12-44	2	3.634666667	4	2180.8
13	99-106-109-105	2	1.999166667	2	1199.5
14	54-34-39	2	2.823166667	3	1693.9
15	47-50	1	0.9855	1	591.3
16	38-49	1	0.943	1	565.8
17	71-73-94-96-83	1	0.984	1	590.4
19	48-51	1	0.713	1	427.8
20	86-87	1	0.037166667	1	22.3
21	80-98	1	0.728666667	1	437.2
22	77-59-78-85-72	1	0.4825	1	289.5
23	102-108	2	1.248166667	2	748.9
24	79-92	1	0.864	1	518.4
25	65-69	1	0.157333333	1	94.4
26	40-55	1	0.801166667	1	480.7
27	43-74	1	1.120166667	2	672.1
28	46-70	1	0.338666667	1	203.2
29	62-68	1	0.235	1	141
30	64-93	1	0.658666667	1	395.2
31	58-75	1	0.118833333	1	71.3
总计		44		91	45677.9
		实际计算工资天数		164	

8 公路距离-直送

编号	倍数	路程	总路程	所需司机数	行驶时间(天)	行驶时间取整(天)
4	2	1213.5	2427	2	4.045	5
16	2	1083	2166	2	3.61	4
24	4	1366.5	5466	2	9.11	10
25	2	893.1	1786.2	2	2.977	3
32	4	891.3	3565.2	2	5.942	6
43	4	307.6	1230.4	2	2.050666667	3
48	2	140.2	280.4	1	0.467333333	1
55	2	41.1	82.2	1	0.137	1
59	2	83.4	166.8	1	0.278	1
68	2	51.1	102.2	1	0.170333333	1
81	14	10.7	149.8	1	0.249666667	1
86	4	10.4	41.6	1	0.069333333	1
总计			17463.8	18	29.106333333	37
				实际计算工资天数		68

9 公路距离-单点

编号	倍数	路程	总路程	所需司机数	行驶时间(天)	行驶时间取整(天)
3	2	320	640	1	1.066666667	2
31	4	922.1	3688.4	2	6.147333333	7
37	2	74.4	148.8	1	0.248	1
45	2	114.3	228.6	1	0.381	1
53	6	15.9	95.4	1	0.159	1
56	2	56.3	112.6	1	0.187666667	1
57	2	4.8	9.6	1	0.016	1
60	6	1.2	7.2	1	0.012	1
66	2	18.6	37.2	1	0.062	1
总计			4967.8	10	8.279666667	16
				实际计算工资天数		23