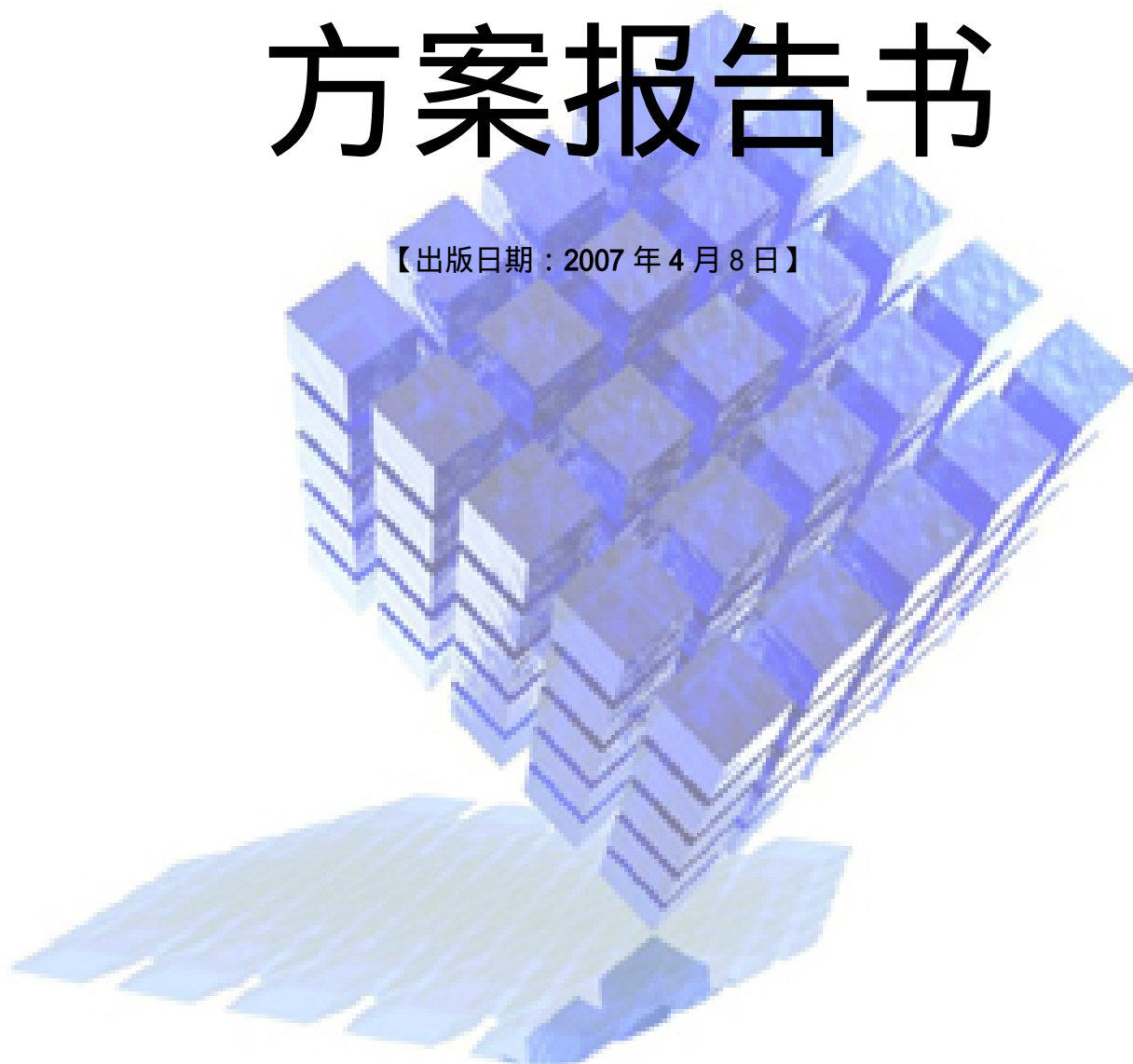


【以运输规划为中心的安得物流业务优化方案】

方案报告书

【出版日期：2007 年 4 月 8 日】



摘 要

本方案以运输规划为中心,并对各相关物流业务进行了优化,总共涵盖了网络优化、增值服务项目设计、信息系统设计、运作各环节优化、应用系统设计五个方面。

首先,针对江西省公路收费标准的变动所引发的运输成本升高问题,我们建立了一个点对点模型,通过运输路线和车辆重新选择的方式降低了运输成本;在此基础上将这个模型推广到全国范围内的一级网络运输规划。其次,我们建立了单环、多环模型,以解决安徽省共同配送问题,并将这两个模型推广到其他省内的共同配送问题,形成了二级网络运输规划模型。再次,对三个模型的综合,形成全国的物流网络优化模型,并为天津S客户的运输规划提供了决策支持。总之,我们为安得在全国范围内形成一张高效低成本的物流网络提供了理论支持和实际验证。并且考虑到企业应用的特殊性,我们开发了运输规划系统,用软件实现模型的应用和具体问题的解决。

另外,本方案围绕着运输规划,对与之相关各项物流业务进行优化,包括库存管理、配送增值服务、个性化服务、配送中心的选址等,实现了这些问题的综合解决。

本作品对比赛案例中的《运费如此就上升了20%》等10个案例都提出了相关性的解决方案。

目 录

| | |
|--------------------------------|----|
| 一 公司背景..... | 4 |
| 二 总体思路..... | 5 |
| 三 运输规划..... | 6 |
| 3.1 跨江西省运输问题解决方案..... | 6 |
| 3.1.1 安得面临的问题..... | 7 |
| 3.1.2 方案思路..... | 8 |
| 3.1.3 公路运输建模条件..... | 10 |
| 3.1.4 跨省运输方案模型..... | 12 |
| 3.1.5 具体问题的解决..... | 13 |
| 3.2 安徽省配送问题解决方案..... | 22 |
| 3.2.1 安得面临的问题..... | 22 |
| 3.2.2 方案思路..... | 22 |
| 3.2.3 客户沟通..... | 23 |
| 3.2.4 省内配送方案模型..... | 23 |
| 3.2.5 省内配送模型使用时的判断..... | 25 |
| 3.2.6 具体模型的实际应用..... | 27 |
| 3.3 全国运输规划..... | 40 |
| 3.3.1 将点对点，单环，多环运输模型运用到全国..... | 40 |
| 3.3.2 以天津 S 客户为例进行全国运输规划..... | 42 |
| 3.4 安全运输..... | 45 |
| 四 回程运输..... | 47 |
| 4.1 返程运输..... | 47 |
| 4.2 逆向物流..... | 49 |
| 五 库存管理和 RDC 选址..... | 51 |
| 5.1 库存与运输..... | 51 |
| 5.2 主动持续补货..... | 51 |
| 5.2.1 主动持续补货思路..... | 51 |
| 5.2.2 持续补货环境..... | 52 |
| 5.2.3 C 客户和 V 各分公司之间的连续补货..... | 52 |
| 5.3 RDC 的选址..... | 53 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 六 客户服务..... | 56 |
| 6.1 以竞争为导向制定物流客户服务水平..... | 56 |
| 6.1.1 物流客户服务的外部衡量 | 56 |
| 6.1.2 绘制绩效评估图..... | 57 |
| 6.1.3 绘制竞争地位图..... | 59 |
| 6.1.4 企业物流客户服务水平的制定..... | 60 |
| 6.2 个性化服务 | 61 |
| 6.2.1 增值服务 | 61 |
| 6.2.2 呼叫中心 | 62 |
| 6.2.3 一站式服务 | 64 |
| 七 系统介绍..... | 65 |
| 7.1 系统简介 | 65 |
| 7.2 主要特点..... | 65 |
| 7.3 主要功能..... | 65 |
| 八 总结 | 66 |
| 8.1 方案小结..... | 66 |
| 8.2 本方案有待提高的地方 | 67 |
| 附录..... | 69 |
| 附录一：点对点运输模型的具体计算过程..... | 69 |
| 附录二：其他 14 种车型运输的最优路线及最小费用 | 73 |
| 附录三：各车型在跨江西省运输的最小费用及最优路线..... | 75 |
| 附录四：汽车、火车、驳船的集装箱装卸费率表 | 77 |
| 附录五：单环运输模型(TSP)的具体计算过程 | 77 |
| 附录六：多环运输模型(VRP)的具体计算过程..... | 82 |
| 附录七：受江西省收费政策变动的主要业务运输优化路线图 | 96 |
| 附录八：系统设计报告 | 112 |
| 附录九：系统用户手册 | 118 |
| 附录十：lingo 软件模型语句..... | 132 |

一 公司背景

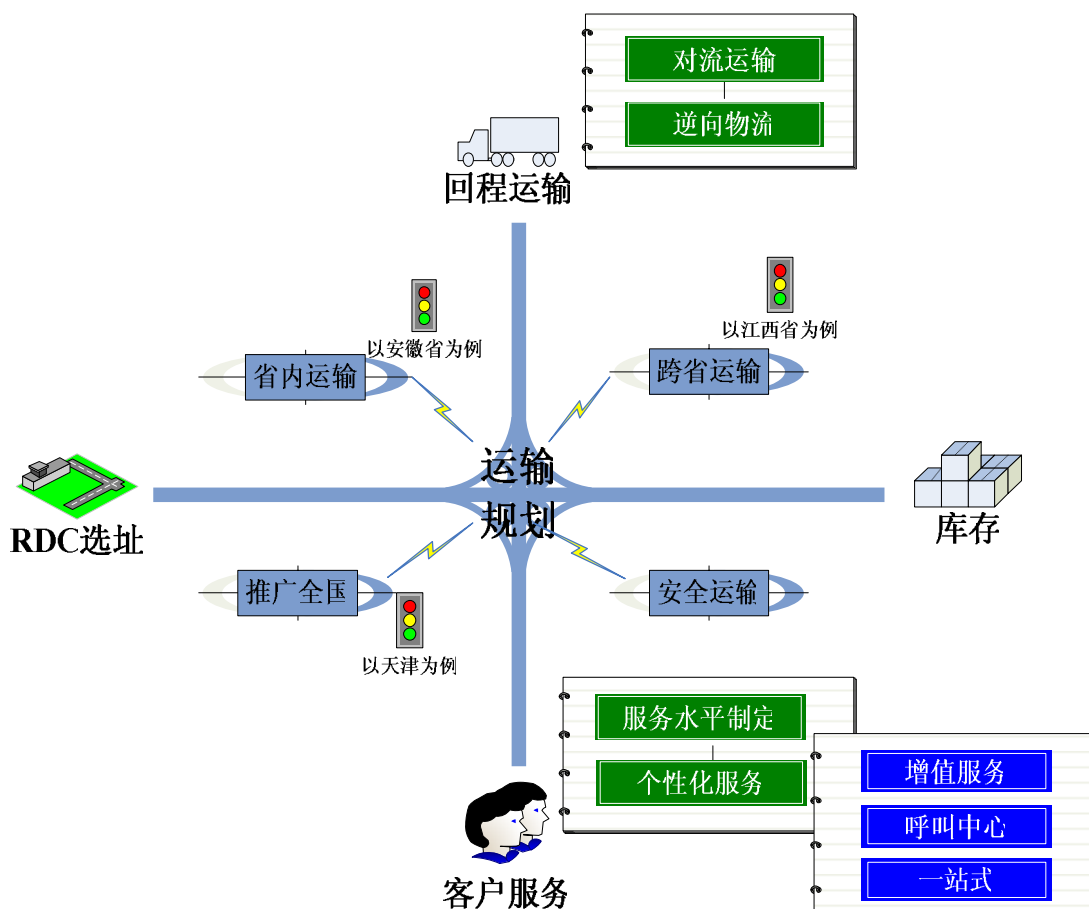
安得物流有限公司创建于 2000 年 1 月，是国内最早开展现代物流集成化管理、以现代物流理念运作的第三方物流企业之一，隶属于美的集团，同时也对外提供物流服务。六年的快速发展，安得以专业化、规模化的第三方物流公司形象跻身行业前列。公司现有员工 1000 余人、配套队伍 3000 多人，仓储面积逾 64 万 m²，长期可调用车辆上万辆，动力叉车等设备 500 多辆，并拥有国内首家由具有实际业务与运作实力的第三方物流公司而孵化的第四方物流公司。06 年 5 月，新加坡吉宝公司入股安得物流，资金及人才的注入，更好的满足了安得业务的发展需要。

安得物流有限公司作为第三方物流公司中的一员，在不断地满足市场需求。国家的宏观政策在变，市场环境在变，客户需求也在变，在这瞬息万变的市场经济环境中，安得需要与时俱进，以客户中心，不断改革，追求卓越。

安得公司下设了很多不同的分公司，本次大赛通过案例的形式分别提出了各分公司在实际运营过程中遇到的问题。我们主要以对安得公司进行运输规划为方案重点，并对相关业务和环节进行优化。



二 总体思路



如上图所示，我们以运输规划为核心，结合案例，辐射出其它问题并进行解决。首先，通过建立点对点模型解决江西省跨省运输问题，并设计单环，多环模型解决安徽省共同配送问题。其次，将这三个模型推广应用到全国的一、二级网络运输、配送的规划上，形成一套比较完整的物流网络优化方法，并以天津为例，进行了全国运输规划的实例解决，为企业提供一个解决相关问题的范例。同时，由于模型计算复杂，不适合企业操作，我们采用 lingo 软件和 VB 语言自行开发了一个规划系统，利用软件进行规划，企业在一个非常友好的界面下就可以自行操作。并且最后针对案例中提及较多的超载问题，《安全运输》和《“大车小标”》两节表明违规运输的危害性和安全运输的重要性。运输规划部分中我们解决的案例有《运费如此就上升了 20%》、《集思广益的 P 分公司共同配送》、《这次投标有把握吗？》。

由于认识到单单从网络优化和车辆组合上降低运输、配送成本还是不够的，我们考虑增加回程物流力度，针对《南京--杭州对流运输》中的问题，提出了一些提高返程运输效率、降低返程成本的方法，如自行开发货源、加强人员培训、

建立信息平台、实行物流营销等。此外，此章还增加了逆向物流，如利用运输网络，承担某家电企业产品回收工作。以南京到杭州为例，安得公司可以承担南京某家电产品的逆向物流工作，当从杭州返程时，可以运送一些需要运回南京进行修理或是处理的产品，这样既减少了空车率，又加强了与企业的沟通合作，为企业的服务更加细微，加强了“一站式”物流力度。回程运输这部分对《南京--杭州对流运输》、《提供个性化的服务》提供了解决方案。

围绕运输规划，根据二律悖反原理，我们认识到在对运输优化的同时，必然影响到了库存情况。于是结合案例《主动的持续补货》，提出了一些关于库存管理的建议，并以 C 客户和 V 客户为例，进行持续补货的实例说明。这章，我们还对全国范围内的 RDC 的选址进行了探讨，虽然较为简单，但也提出了一个大体思路，而且其解决方法——重心法同样适用于仓库的选址问题，只是考虑因素会有所不同。这样，与先前的运输规划结合，可以更好的为安得公司建立一张高效低成本的全国物流网络。这章解决了案例《主动的持续补货》、《仓库选址》的问题。

同样，围绕运输规划，我们提出了针对运输、配送过程的客户服务优化方案。这章内容主要包括利用竞争机制制定客户服务水平、提供增值配送服务、建立呼叫中心等。这章解决的案例包括《提供个性化的服务》、《配送增值服务》、《呼叫中心--演绎“全程掌控”新理念》。

三 运输规划

针对安得公司的运输规划，我们的思路主要是从局部到整体，先从《运费如此就上升了 20%》、《集思广益的 P 分公司共同配送》两个案例入手，再将解决方案推广到全国。

《运费如此就上升了 20%》案例中，我们设计了点对点模型解决安得跨江西省运输成本上升的问题。《集思广益的 P 分公司共同配送》中，我们首先解决客户的协调问题，争取最大程度地对客户能够集中时间进行配送，其次运用我们设计单环、多环模型来优化安得公司在安徽省的共同配送问题。

随后，我们将上面两个案例的解决方案推广到全国，再经过三个模型的综合运用，形成一套安得公司全国物流网络运输优化方案。

3.1 跨江西省运输问题解决方案

江西省位于我国的东南部，被广东、福建、浙江、安徽、湖北、湖南六省包

围，是广东省通往安徽省、浙江省、江苏省的必经之路。通过对安得经销商分布的分析，我们发现安得在向经销商进行货物配送的线路很多都需经过江西省，而且在案例中也提出了江西省道路运输对安得货物配送的重要性。因此，江西省内道路收费政策的变化对于安得的货物配送成本的变动会产生较大的影响。

从 7 月 1 日起，江西省高速公路、一级开放公路、二级开放公路同步实行计重收费的政策。

表 1：新旧政策对比表

| 范围 | | 政策内容 |
|-----|------|--|
| 原政策 | 一级公路 | 按照车型收费（*类车） |
| | 二级公路 | 按照车型收费（*类车） |
| | 高速公路 | 按照车型收费（一类车 0.4 元/车公里，二类车 0.75 元/车公里，三类车 1 元/车公里，四类车 1.35 元/车公里，五类车 1.7 元/车公里，六类车在五类车收费基础上，每增加 5 吨，加收 0.4 元/车公里 |
| 新政策 | 一级公路 | 实行计重收费，按基本费率 2.4 元/吨车次计收，超载 30% 以内按照基准费率收费；超载 30-100% 的，30% (含) 以下部分，按基准费率收费；超 30% 以上部分，按基本费率的 1 倍线性递增至 3 倍计收 |
| | 二级公路 | 实行计重收费，按基本费率 2.0 元/吨车次计收，超载 30% 以内按照基准费率收费；超载 30-100% 的，30% (含) 以下部分，按基准费率收费；超 30% 以上部分，按基本费率的 1 倍线性递增至 3 倍计收 |
| | 高速公路 | 实行计重收费，按基本费率 0.08 元/吨公里计收，超载 30% 以内按照基准费率收费；超载 30-100% 的，30% (含) 以下部分，按基准费率收费；超 30% 以上部分，按基本费率的 1 倍线性递增至 3 倍计收 |

3.1.1 安得面临的问题

从 7 月 1 日起，江西省进行公路收费制度改革，开始实行计重收费制度。安得目前需要途经江西省的月度业务量在 200 万左右，按照成本上涨的最低标准 20% 测算，安得的月运作成本将至少增加 40 万。运作成本如此大幅度的上升将会造成公司利润的减少，影响公司业绩。因此对于目前江西省收费政策的变化如何做出优化方案，使公司在江西路段内运输费用最小，降低配送成本，是公司亟

需解决的问题。

3.1.2 方案思路

通过对江西收费政策的分析,我们认为要降低公司配送成本,安得必须重新制定其在江西省内的和跨江西省的运输方案。我们认为,运输方案主要包括两方面:一是运输路线选择;二是不同型号车辆及载重方案的组合。

在此基础上,我们的解决方案也是从两方面出发:一是运输路线的再选择;二是原有型号车辆及载重方案的再组合。下面我们就两方面展开分析:

一、运输路线的再选择。公司的货物运输方式总体上可分为公路运输、铁路运输、水路运输,其中公路运输线路的优化是本方案的重点。由于三种运输方式具有各自的优点和缺点,公司可结合实际业务需求,从这三种方式选择运输路线。由于江西省内收费政策的调整是相对于公路运输而言的,在考虑公路运输时,需结合收费政策的变动做出优化。

因为江西省内收费标准的调整主要是路桥费的变动,所以在选择的过程中要重点避免经过太长的高速公路路段以及太多的一、二级公路的收费点。在此基础上还要考虑整个路程的长短,因为还有油费以及固定费用的消耗。

二、车辆型号及载重的再组合。根据新政策的表述,型号不同、载重不同的汽车收费的上涨幅度是不一样的,所以要尽量要找到最优的组合方案。即可完成客户的需求,又可以做到成本最小化。

因此对于公路运输,我们考虑通过建立模型,结合算法,得出一般解决方法。然后再根据公司实际业务代入数据,进而得出最优方案。

首先是针对经过江西省的跨省运输,建立一个合理的模型,要符合跨省运输路途远,货量大,终点目标单一的特性。做出一定的假设,设定不同的参数,以运输费用作为目标函数,结合 lingo 软件,选择最优路径、车辆载重和最优组合,从而使目标函数最小,即运输费用最省。模型所需的公司实际业务数据,是通过具体业务的分析得到的。本案例提到受到收费政策影响的业务主要有十条,对于其中每一条过江西省内的路线,我们查找出其在江西省内运输时可能经过的节点和各节点组成的公路路段,将其模型化,算出每种车型在每条路段上的行驶费用作为实际数据代入模型中,得出结果。从而向公司提出途经江西省内的运输业务可选择的最优路线和车辆载重及组合方式。

模型介绍后,主要就是利用模型与实际业务中的数据,进行某个具体业务的优化。我们挑选了《运费如此就上升了 20%》中提供 10 个业务中的一个来进行演示,阐述我们的方法和模型是如何对实际业务进行优化。在优化时,我们在运

用模型解决公路运输的基础上,又考虑到江西省内收费政策的变动对公司公路运输的影响较大,而对水路运输、铁路运输没有影响。因此在制定方案时,我们从公路运输、水路运输、铁路运输对公司途经江西省内的业务线路进行重新优化。对三种方式进行重新组合,对其的费用和时间进行对比分析,制定出参考性方案,公司可根据实际业务需求,进行选择。

由于公司途经江西省内的运输业务较多,对于每项受政策影响的业务均采用上述方法所耗费的人力、物力也较大,我们为公司开发了一个系统,该系统可针对途经江西省的运输业务自动计算出最优路线和车辆载重及组合方式,为公司人员提供决策依据。如图:



途经结点

可选路径

1
武当

2
龙南

3
信丰

4
南康

5
赣州

武当 龙南

龙南 信丰

龙南 南康

信丰 赣州

信丰 吉安

南康 赣州


南康 吉安

赣州 吉安

赣州 梨园

吉安 梨园

吉安 高



基本信息查询

车辆设置


路况信息

其他查询

每种车型的最优路线（点击请查询）

| | | | | |
|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 二轴12型W=17吨（不超载） | 二轴12型W=17吨（超载30%） | 二轴12型W=17吨（超载50%） | 二轴12型W=17吨（超载100%） | 二轴12型W=17吨（超载150%） |
| 三轴122型W=27吨（不超载） | 三轴122型W=27吨（超载30%） | 三轴122型W=27吨（超载50%） | 三轴122型W=27吨（超载100%） | 三轴122型W=27吨（超载150%） |
| 四轴125型W=35吨（不超载） | 四轴125型W=35吨（超载30%） | 四轴125型W=35吨（超载50%） | 四轴125型W=35吨（超载100%） | 四轴125型W=35吨（超载150%） |

请输入运送的吨数



总重量：

吨

确认

总费用：

元

最优车型组合

| | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 二轴12型W=17吨（不超载） | 二轴12型W=17吨（超载30%） | 二轴12型W=17吨（超载50%） | 二轴12型W=17吨（超载100%） | 二轴12型W=17吨（超载150%） |
| <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 |
| 三轴122型W=27吨（不超载） | 三轴122型W=27吨（超载30%） | 三轴122型W=27吨（超载50%） | 三轴122型W=27吨（超载100%） | 三轴122型W=27吨（超载150%） |
| <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 |
| 四轴125型W=35吨（不超载） | 四轴125型W=35吨（超载30%） | 四轴125型W=35吨（超载50%） | 四轴125型W=35吨（超载100%） | 四轴125型W=35吨（超载150%） |
| <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 | <input type="text"/> 辆 |

（详见系统用户手册——附录九）

3.1.3 公路运输建模条件

3.1.3.1 新的收费标准

案例中只给出了高速公路所对应的收费标准。我们通过查找资料找到了一、二级公路收费计算标准，但是案例中没有给出计算一、二级公路收费数额时所必需的数据，因此我们只能用字母代替一些数额，而具体数额公司可以自行根据标准进行计算，由此得出如下表：（具体江西省一、二级公路收费标准计算公式与方法见附录一）

表 2：路桥费收费对照表

| | | | |
|--------|-------------|----------|-----------------|
| （一级公路） | 二轴 12W=17 吨 | 三轴 122 型 | 四轴 125 型 W = 35 |
|--------|-------------|----------|-----------------|

| 项目 | | | | (即 9.6 米单 桥) | W=27 吨 (9.6 米双桥) | 吨 (12.5 米半挂) |
|----------------|------------------|-----------|---------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 路 桥 费 | 记 重 收 费 | 元/车次 | 不超载 | j ₁ | j ₂ | j ₃ |
| | | | 超载 30% | j ₄ | j ₅ | j ₆ |
| | | | 超载 50% | j ₇ | j ₈ | j ₉ |
| | | | 超载 100% | j ₁₀ | j ₁₁ | j ₁₂ |
| | | | 超载 150% | j ₁₃ | j ₁₄ | j ₁₅ |
| (二级公路) 项目 | | | | 二轴 12W=17 吨 (即 9.6 米单 桥) | 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) | 四轴 125 型 W = 35 吨 (12.5 米半挂) |
| 路 桥 费 | 记 重 收 费 | 元/车次 | 不超载 | k ₁ | k ₂ | k ₃ |
| | | | 超载 30% | k ₄ | k ₅ | k ₆ |
| | | | 超载 50% | k ₇ | k ₈ | k ₉ |
| | | | 超载 100% | k ₁₀ | k ₁₁ | k ₁₂ |
| | | | 超载 150% | k ₁₃ | k ₁₄ | k ₁₅ |
| (高速公路) 项目 | | | | 二轴 12W=17 吨 (即 9.6 米单 桥) | 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) | 四轴 125 型 W = 35 吨 (12.5 米半挂) |
| 路 桥 费 | 记 重 收 费 | 元/车公 里 | 不超载 | 1.17 | 1.53 | 1.68 |
| | | | 超载 30% | 1.58 | 2.18 | 2.52 |
| | | | 超载 50% | 2.16 | 2.24 | 3.83 |
| | | | 超载 100% | 5.39 | 8.23 | 10.36 |
| | | | 超载 150% | 5.71 | 9.19 | 12.28 |

运输成本中还包括固定成本及油费，其收费标准如下：

表 3：固定成本及油费表

| 其他运输成本 | 二轴 12W=17 吨 (即 9.6 米单桥) | 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) | 四轴 125 型 W = 35 吨 (12.5 米半挂) |
|--------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 固定费用 (元/公里) | 0.735 | 0.971 | 1.442 |
| 单位油费 (元/吨公里) | 1.180 | 1.450 | 1.550 |

3.1.3.2 车辆分类

案例中给出的汽车型号较多，一共有二轴 12 型（即 9.6 米单桥）、三轴 122 型（即 9.6 米双桥）、四轴 125 型（即 12.5 米半挂）三种型号的汽车，而且每一个型号又分为五种载重情况：即不超载，超载 30%，超载 50%，超载 100%，超载 150%。由于每种情况都会有不同的收费模式标准，根据小组讨论结果，我们将汽车分为 15 种车型，即如图所示：

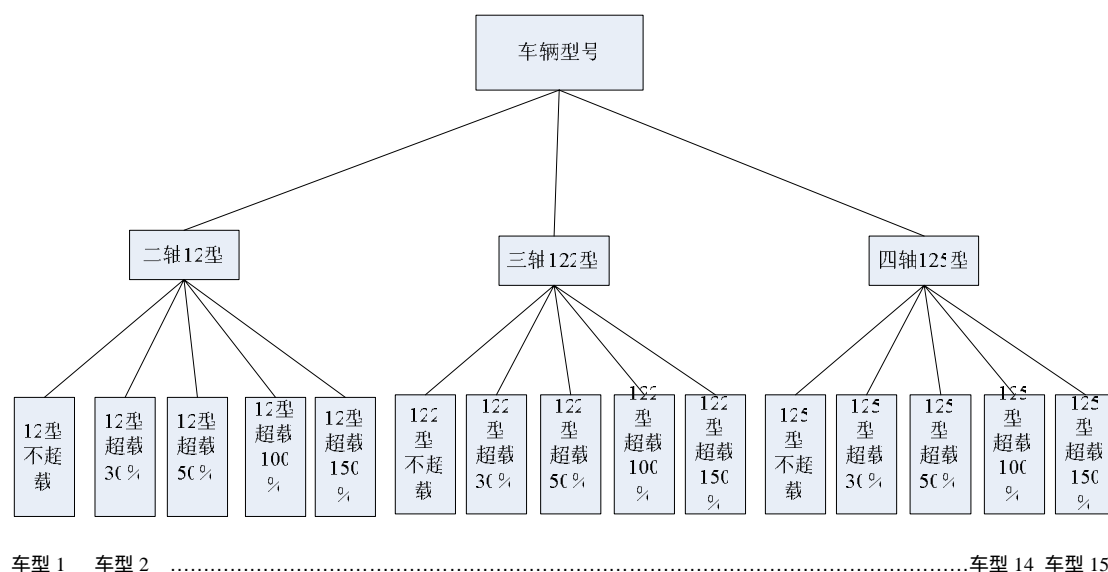


图 1：15 种车型分类图

3.1.3.3 运输成本计算公式

我们模型中运输成本计算根据下式：

费用 = 固定费用 + 油费 + 路桥费

= 固定费用 + 油费 + 高速收费 + 一、二级公路收费

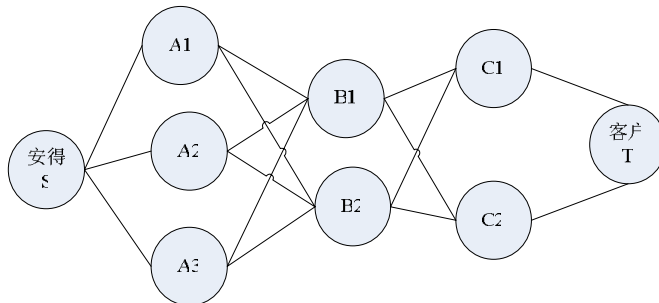
3.1.4 跨省运输方案模型

由于跨省运输的距离过长，而且货量也比较大，时间比较紧，为了进行有效运输，一般都是点对点运输。这就需要我们的第一个模型，点对点运输模型。

这里的两点之间运输不是说汽车只经过两个点，而是说汽车只在起点装货后直接运往终点，中间不在第三点进行货物的装卸。这种情况一般指安得只面对一家客户的运输，即点对点运输，车上只有一家客户的货物，到达指定地点后即算

任务完成。这种模式一般适用于货物数量比较多的客户，或是要求短时间内送达货物的客户。

下图是点对点运输的模式，起点是 S，终点是 T，货物直接从 S 点到 T 点。



由于方案计算所涉及的变量太多，所以我们的设计思路是：首先计算出每种车型从 S 点到 T 点的最优路线，以及最低运输成本；然后对这 15 种车型进行组合，在客户规定的货物总重量固定情况下，计算出最优组合以及最优路线。

计算步骤一共有一下两步（这里只列出总括，具体算法见附录一）：

第一步：首先计算出每一种车型从起点 S 到终点 T 点最优路线和所消耗的最小费用。

第二步：对 15 种车型进行组合，使得他们满足公司输送货物的需求，并且费用最小

通过以上两步，就可以算出从 S 点到 T 点的最优路线和消耗的最小费用。

3.1.5 具体问题的解决

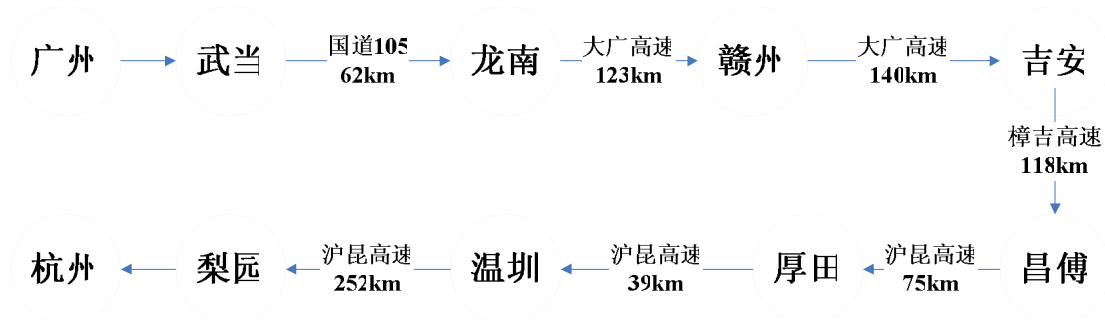
前面几节，主要对模型及其使用建立时的条件进行介绍，具有较强的理论性。并且相应附录中模型的解法中很多数据是假设变量代替的，不易在具体的业务中得到广泛应用，也无法体现模型的处理实际问题能力。下面以案例中提到的 10 个运输业务（见案例第 5 节表 5）中的一个业务（广州到杭州）为背景，结合前面的理论，将该业务的实际数据带入模型，解决具体问题。（其他九条具体线路详见附录七）

广州——杭州运输路线如下：

方案一：高速

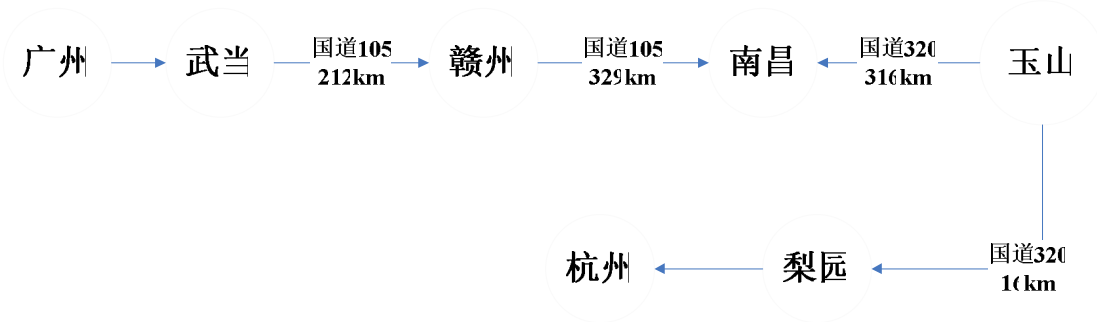
从广州到杭州，需从 105 国道，通过武当进入江西省。到达龙南后，上了大广高速，之后在吉安进入樟吉高速，到达昌傅后再进入沪昆高速，一直到厚田到温圳，最后从梨园出江西。在江西省内的具体路线如下：

以运输规划为中心的安得物流业务优化方案



方案二：国道

通过武当，从国道 105 进入江西省后，继续走国道 105，经过赣州到达南昌后，进入国道 320，通过玉山，最后从梨园出江西。在江西省内的具体路线如下：



方案三：铁路

通过武当，从国道 105 进入江西省后，在龙南换上铁路运输，到南昌后中转，最后到玉山，出江西。在江西省内的具体路线如下：

广州 → 武当 —国道105 62km→ 龙南 —车次1 537km→ 南昌 —车次2 289km→ 玉山 → 杭州

但是也有从广州直接到杭州的火车，中途也有进入江西省，故这也是一种运送货物的方案，所以我们在这里也考虑进去了。



广州 → 杭州

方案四：水路

由广州到杭州，也有很方便的水运。从广州港直接出发，途经浙江，抵达杭州港。

下面是从广州到杭州所有可能的运输路线拓扑图。该图集中了采用公路、水路、铁路三种方式或其组合方式从广州到杭州运输货物的可选择路线。

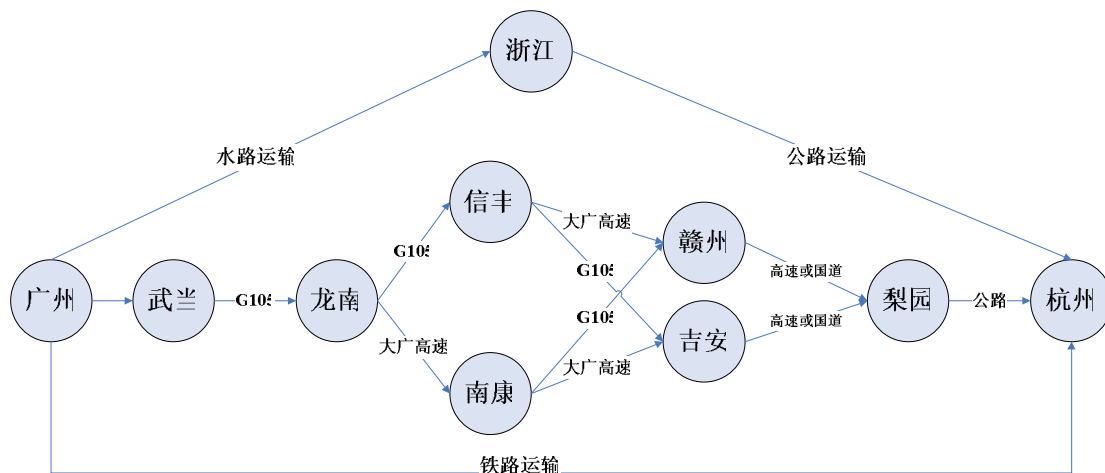


图 3：运输路线组合图

下面对三种方式的运输费用进行分析。

3.1.5.1 公路运输

(1) 江西省内运输费用

从实际运输情况出发，车辆从广州到杭州运输货物时须经过江西路段。根据江西公路路网情况，我们选取了若干条国道和高速公路作为车辆跨江西省运输时的路线。由于高速公路与国道存在交叉的情况，所以可通过对经过 A1、A2……A7 这 7 个节点（下图）的运输路段进行组合，得到跨江西境内公路运输时的多条路线。

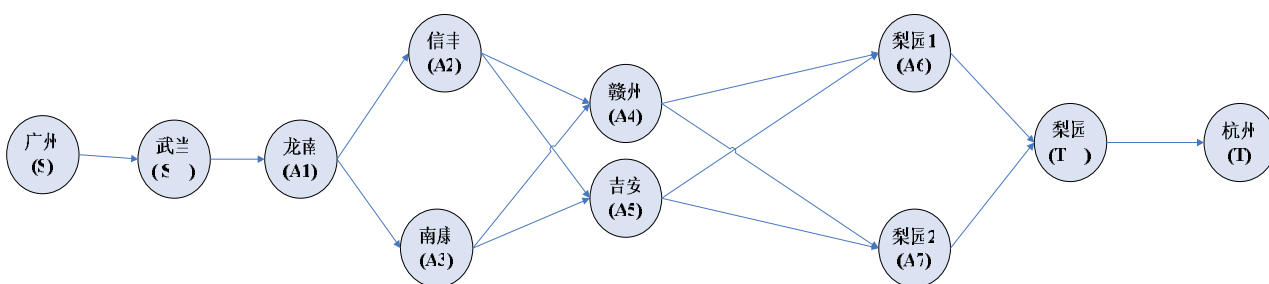
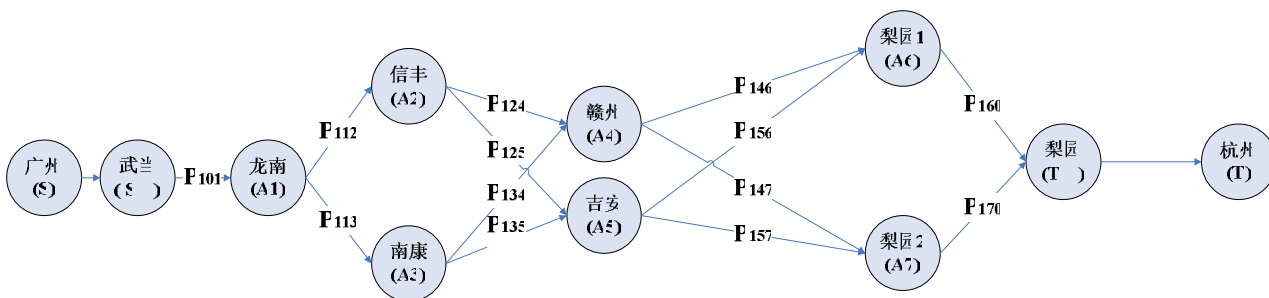


图 4：公路运输拓扑图

应用点对点模型，我们将江西境内的公路运输模型化。



由于收费政策只是在江西境内发生了变动,因此我们的目标函数是江西境内的运输费用,在选择最优路线时使其最低。

我们将武当1和梨园2作为车辆跨江西行驶时的入口和出口³,即为点对点模型中的S和T,此处标为S'和T'以示区别。

由此根据模型:

费用 = 固定费用 + 油费 + 路桥费

S' to A1: 路长=L011=62km 高速公路收费点4个数=N011=1

A1 to A2: 国道路长=L21=150km 一级公路收费点个数=N22=1

A1 to A3: 高速公路路长=L13=100km 高速公路收费点个数=N13=1

.....(详细数据可见

附录二)

A6 to T': 路长=L60=0 收费点个数=N06=0

我们可算出车型一(即二轴12型W=17吨不超载)在各个路段的运输费用,如下表:

表4: 车型一各路段运输费用

| 路线 | 武当 龙南 | 龙南 信丰 | 龙南 南康 | 信丰 赣州 | 信丰 吉安 | 南康 赣州 |
|----------|-------|------------|-----------|---------|-----------|-------|
| 道路名称 | G105 | G105 | 大广高速 | 大广高速 | G105 | G105 |
| 路程(km) | 62 | 150 | 100 | 93 | 274 | 40 |
| 车型一费用(元) | 1103 | 2622 | 1843 | 1714 | 5048 | 736 |
| 路线 | 南康 吉安 | 赣州 梨园 | | 吉安 梨园 | | 梨园 梨园 |
| 道路名称 | 大广高速 | 大广、樟吉、沪昆高速 | G105、G320 | 樟吉、沪昆高速 | G105、G320 | |
| 路程(km) | 178 | 624 | 661 | 484 | 480 | 0 |

¹ 位于江西与广州的交界处。

² 位于江西与浙江的交界处。

³ 由于从广州到杭州跨越江西时,通常是从武当附近进入江西省境内,因此我们选取武当作为入口。而从江西到杭州,出于运输距离的考虑,我们考虑梨园这个出口,可使从江西边界到达杭州的路程较小。

⁴ 由于在选取线路时,鉴于路程大小和各条路况信息,我们只选取高速和国道作为行驶路线,并且在计算费用时将国道作为一级公路,所以在本方案中不考虑二级公路的收费政策,即假设只有高速公路收费站和一级公路收费站,无二级公路收费站。

| | | | | | | |
|----------|------|-------|-------|------|------|---|
| 车型一费用（元） | 3280 | 11497 | 11439 | 8918 | 8316 | 0 |
|----------|------|-------|-------|------|------|---|

由此，通过 lingo 软件我们算出了车型一从广州到杭州途经江西省时的最优路线及最小费用，最优路线为：

武当 —G105→ 龙南 —大广高速→ 南康 —大广高速→ 吉安 —G105、G320→ 梨园

最小费用 P1 为 14542 元。

同理我们可以算出其他 14 种车型从广州到杭州途经江西省时的最优路线及最小费用（P2、P3.....P15），详见附录三。

对 15 种车型汽车进行组合，使得他们满足公司输送货物的需求，并且运输费用最小。

由于案例中未提供从广州到杭州货物的重量，结合其他案例中提供的安得在其他省市的运量，我们假定有一批重量为 50 吨的货物需从广州运到杭州。

设 x_1 、 x_2 、 x_3 x_{15} 为每种车型的数量，M 为公司所需要运送的货物重量，M=50 吨

$$\begin{aligned}
 \text{MinY} = & P1 \cdot x_1 + P2 \cdot x_2 + P3 \cdot x_3 + P4 \cdot x_4 + P5 \cdot x_5 + P6 \cdot x_6 + P7 \cdot x_7 + P8 \cdot x_8 + P9 \cdot x_9 + \\
 & P10 \cdot x_{10} + P11 \cdot x_{11} + P12 \cdot x_{12} + P13 \cdot x_{13} + P14 \cdot x_{14} + P15 \cdot x_{15} \\
 \left\{ \begin{array}{l} 14 \cdot x_1 + 19.1 \cdot x_2 + 22.5 \cdot x_3 + 31 \cdot x_4 + 39 \cdot x_5 + 20 \cdot x_6 + 28 \cdot x_7 + 33.5 \cdot x_8 \\ + 47 \cdot x_9 + 60.5 \cdot x_{10} + 25 \cdot x_{11} + 35.5 \cdot x_{12} + 42.5 \cdot x_{13} + 60 \cdot x_{14} + 77.5 \cdot x_{15} \\ x_1, x_2, x_3, \dots, x_{15} \geq 0 \end{array} \right. & = M
 \end{aligned}$$

其中 P1.....P15 数值如下：

表 5：P1.....P15 数值

| 车型 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 费用（元） | 14542 | 19615 | 20924 | 22660 | 23445 |
| 车型 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 |
| 费用（元） | 25097 | 34948 | 37194 | 40922 | 41189 |
| 车型 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 |
| 费用（元） | 34526 | 33544 | 50622 | 55359 | 55695 |

这个方程可以使用 lingo 软件进行计算，最后我们算出最小费用为 37987 元，最优车型为：车型一（二轴不超载）1 辆；车型五（二轴超载 150%）1 辆。

车型一的最优路线为：

武当 — G105 —> 龙南 — 大广高速 —> 南康 — 大广高速 —> 吉安 — G105、G320 —> 梨园

车型二的最优路线为：

武当 — G105 —> 龙南 — 大广高速 —> 南康 — 大广高速 —> 吉安 — G105、G320 —> 梨园

由此，在运量为 50 吨时，公司可以考虑采用此两种车型将货物从广州运往杭州，并且途经江西时各车型选择各自最优路线。

(2) 江西省外运输费用

虽然此处我们的目标只是使在江西省内运输费用最小，而忽略了广州至江西及江西至杭州这两部分的运输费用，但我们可以认为在满足运量的前提下，采用车型一、车型二在江西省外的运输费用不会与其他车型的运输费用有很大的差距。因此我们将车型一、车型二作为从广州到杭州公路运输的最优车型组合。

由江西省内的运输费用（37987 元）和武当至梨园的距离（820km），我们可以算出其平均费用为 0.93 元/公里吨。由于跨省运输时，车辆所行走的路线大多为高速公路或国道，目前没有查到此类运输的平均运输费用。所以我们取 1.00 元/吨公里作为此类运输在江西省外的平均运输费用。

根据相关资料我们可以测出从广州到武当路程大约为 105km，因此从广州到武当的运输费用大约为 $1.00 \times 50 \times 105 = 5250$ 元；从梨园至杭州路程大约为 280km，因此从梨园到杭州的运输费用大约为 $1.00 \times 50 \times 280 = 14000$ 元。

(3) 广州 - 杭州全程运输费用

由此我们可以算出从广州——杭州的运输费用为
 $5250 + 37987 + 14000 = 57237$ （元）。

3.1.5.2 铁路运输

根据相关资料，全国铁路货物运输平均费用为 0.0905 元/公里吨，从广州到杭州的铁路距离为 1610km，因此运输费用大概可估计为 $0.0905 \times 1610 \times 50 = 7285$ （元），假设货物采取集装箱运输，估计在火车的装卸费⁵为 $7376 \times 2 = 14747$ （元）。

大概估算出铁路运输总费用为 $7285 + 1474 = 8759$ （元）

⁵ 装卸费率来源于《中华人民共和国交通部港口收费规则》附录四 汽车、火车、驳船的集装箱装卸费率表

⁶ 此处假设采用的是 40 英尺集装箱，根据 中得装卸费率 105.30 元/箱。又经计算，50 吨货物（电器产品密度约为 128.4kg/方）体积约为 390 方，40 尺柜体积约为 54 方，经换算，得出 50 吨货物大约需 7 个集装箱。装卸费为 $7 \times 105.30 = 737$ 元。

⁷ 货物在广州和杭州火车站均装卸，因此总装卸费为 $737 \times 2 = 1474$ （元）

3.1.5.3 水路运输

由于广州处于沿海地区，有较为发达的黄埔港口等，公司可以考虑通过海运的方式将货物运往杭州，根据相关资料，此条线路的运输费用大约为 50 元/方，因此我们可以估计海运的费用大约为 $390 \times 50 = 19500$ （元）。

2.1.5.4 三种运输方式费用 - 时间比较

表 6：费用时间表

| | 费用(元) | 时间(天) |
|------|-------|-------|
| 公路运输 | 57237 | 2 |
| 铁路运输 | 8759 | 3 |
| 水路运输 | 19500 | 5 |

由于三种运输方式的相关数据都不是十分的精确，我们只能做一个较为粗略的费用时间分析。但从上表我们可以看出三种运输方式的费用有着较大的差别，对应的运输时间也有着一定的差距。因此公司应根据实际情况决定采用何种运输方式。如果货物为急件，客户要求公司在较短时间内送达货物，那么公司可考虑公路运输；如果为非急件，则可考虑水路和公路运输。由于与公路运输相比，铁路和水路的运输费用较低，公司可以加强与客户的沟通联系，一方面说明政策变动对运输费用的影响，要求增加支付金额；另一方面，建议客户提前下订单，使公司能够在较充裕的时间内做运输安排，在按时运送货物的前提下，尽量采取铁路和水路运输，降低运输成本。

2.1.5.4 建议

以上分析中我们考虑的重点是降低运输费用，即减少物流成本，从而使企业获得利益。但是我们也应该看到降低成本支出只是作为经营目标之一，更为重要的是要提高服务，把满足客户需求的理念贯穿着到物流的整个过程，通过优质的服务争取客户，提高公司经营水平。在为客户运输货物的过程中，能够从客户的角度出发，想客户之所想，急客户之所急，将现代的物流技术运用到实际业务中，不断优化物流网络，为客户提供详细、实时的物流信息，提高工作效率，实现快速反应。

3.2 安徽省配送问题解决方案

3.2.1 安得面临的问题

P 分公司是安得物流有限公司目前最大的以配送业务为主的分公司，年配送业务规模大约为 350 万，主要客户为 A 客户、B 客户、C 客户、D 客户以及 E 客户，配送范围主要为安徽省内。分公司为了有效的提升利润空间，提高配送时效和客户满意度，一直在寻求通过共同配送的方式来解决，但从目前实施情况来看，效果不是很明显，主要有以下几个方面的问题：

1. 虽然配送产品全部为家电，但单次订单批量太小，一般只有几个立方，而每个客户计划下达时间不统一，无法提高集拼率；
2. 配送区域到乡镇，一是批量太小，二是车辆调配难度很大，三是成本居高；
3. 每个客户配送区域不统一，很多配送线路无法进行集拼以实现共同配送，并通过运量来降低成本。

P分公司的客户具体情况是这样：A客户的配送区域覆盖全省，B客户的配送区域主要为合肥、六安、巢湖以及阜阳的皖中及皖北地区，C客户主要配送区域为合肥、蚌埠、淮北、安庆以及阜阳等地区；D客户配送区域主要集中在合肥以及巢湖的部分地区。

3.2.2 方案思路

由分析可知这五个客户的共同特点是它们的同类产品比较集中，主要是空调、彩电、洗衣机、冰箱以及各类小家电，单次订单量较小，属于多批次少批量类型。符合单环和多环模型应用时的条件。

我们对安得在安徽省的情况分析如下：A 客户的业务覆盖全省，单环和点对点模型很难全部业务都解决，所以，A客户问题的解决我们将应用多环模型去解决。C客户也同样是比较大而散的区域，与A客户的配送方案一样；B客户的业务主要为合肥、六安、巢湖以及阜阳的皖中及皖北地区，这些配送区域集中在安徽省的北部，我们将通过应用单环模型，进行车型的最优组合和路线的最佳选择。

不管是单环还是多环模型，都是解决一个共同配送的问题，即通过与客户协商，他们达成共识后，把批量小而次数多的运送改为大批量而一次性的共同配送。安得分公司的运输成本得到了控制，运送载体的利用也得到合理而有效。同时，与客户的协商过程，也进一步加强了与客户的沟通。在要求的时间内，最大限度

地满足了客户的需求，以最低成本使顾客满意。

3.2.3 客户沟通

首先，要使客户间达成共同配送意愿，首先要了解各个客户的需求。看具体客户的需求做出一些相对应的响应。如果客户急需这批货物，则我们只能通过点对点运输模型，以车型的最优组合和路线的最佳选择，及时地满足客户的需求。如果客户对货物的需求不是很急，那么我们就为客户想到降低成本的方案，可以通过与客户的协商，选择与其它客户共同配送的运送方案。

其次，安得还可以成立共同配送技术辅导专门机构，建立推动沟通渠道，给予客户方向性和技术性的指导。通过对共同配送的宣传和基础设施的支持，让更多的客户接触和了解共同配送，从而达到客户共同配送的意愿。

最后，安得可以选取客户中的几个典型企业，建立共同配送示范体系，以点带面，发挥示范作用。让更多的客户加入到降低成本提高效益的共同配送队伍中。

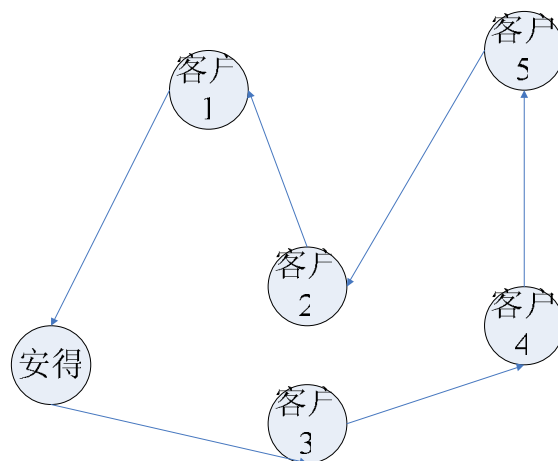
3.2.4 省内配送方案模型

一般的省内配送又分为点对点配送和多点配送。当一段时间内只有一个客户要求供货，点对点模型是比较适合的，但是这种情况比较少，而更多的省内配送模式将是多点配送。多点配送，就是将货物从一个出发地（安得公司或其配送点）运达多个客户的情况。这种模型的一般前提条件是客户对货物的及时性要求不高，或是要送的货物批量比较小，可以在一辆车中装载多家客户的货物。多点配送可进一步划分为两种模型：单环模型、多环模型。

单环模型

既将多家用户待运送的货物混载于同一辆车上，然后按照用户的要求分别将货物运送到各个接货点，车辆经所有客户走了一个环线回到出发点，实际上是一个 TSP（Traveling Salesman Problem）模型，既旅行商模型。

（当然有一个前提条件：所有客户总需求量 ≤ 车的最大载重）。（具体介绍及计算过程见附录五）

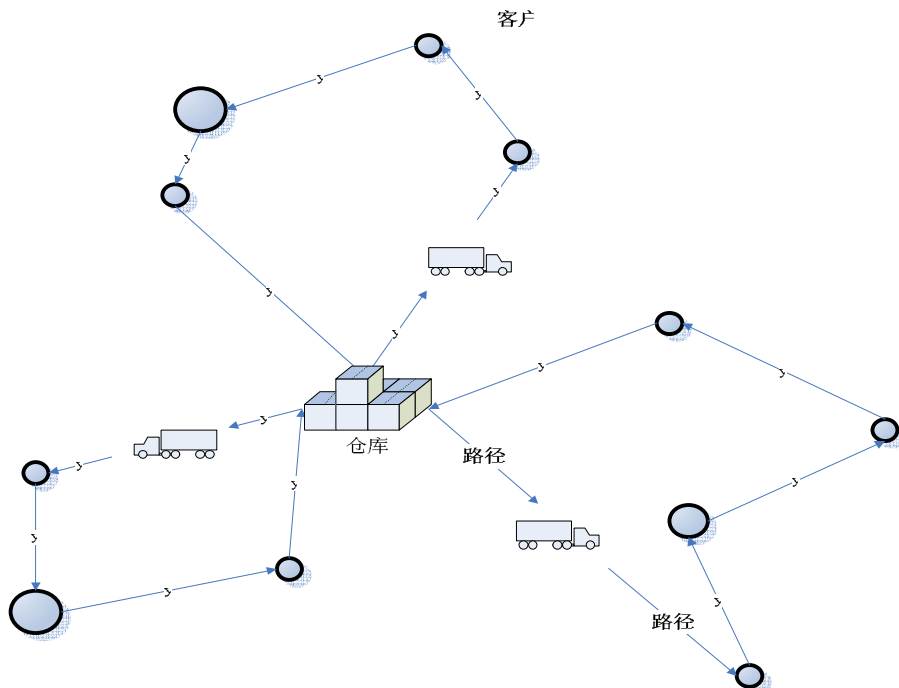


多环模型

在实际问题中，当客户较多，且总需求量超过一辆车甚至几辆车的最大载重时，我们就可以考虑将所有客户进行分组，然后对每个组采用单环运输方案，这样就形成了多环运输（当然，对于每个单环也必须满足前提条件：该环上所有客户总需求量 ≤ 车的最大载重）。

相对前面的问题，多环运输也许是更为接近实际的模型。该问题研究目标是：对一系列顾客需求点设计适当的路线，使车辆有序地通过它们，在满足一定约束条件（如货物需求量、发送量、可交货时间、车辆容量限制、行驶里程限制、时间限制）下，达到一定的优化目标（这里尤指费用最少）。与前面单环运输的主要区别在于：顾客群体大，只有一条路径满足不了顾客的需求，也就是说，它涉及了多辆交通工具的服务对象的选择和路径确定两个方面问题，是一个VRP（Vehicle Routing Problem）模型，即多回路模型。（具体介绍及计算过程见附录六）

多回路模型具体如下：



3.2.5 省内配送模型使用时的判断

省内配送的模型不止一个，那么企业应该如何进行模型的选择呢？

下面针对安徽省的共同配送业务，我们具体讨论实际情况中有多个目标客户时的模型（即运输方案）的选择问题：我们的原则是选取总运输费用最小的运输方案。

当有两个或两个目标客户以上的货物总需求吨数可以用一辆车装载下时，我们可以考虑单环模型，既 TSP 模型；当目标客户过多，所有客户的总需求量不能用一辆车装载下时，我们可以考虑将其所有客户划分成多个单环，以使每个单环上的所有客户的总需求量可以用一辆车装载下，即用到多环模型，既 VRP 问题。

由点对点模型，我们可以计算出，从任意出发地 i 运一定货物到任意目的地 j 的最小运费，我们以 P_{ij} (i 为起点， j 为终点) 表示。

情况（一）：

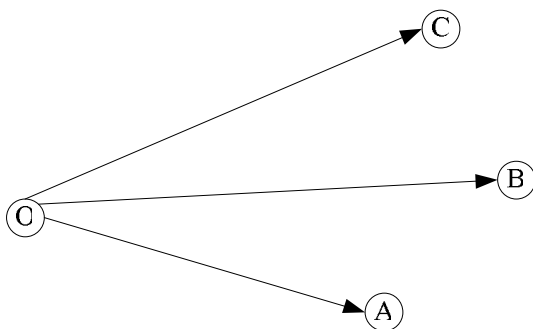
如下图：我们假设 O 为出发地，有 A 、 B 、 C 三个客户，需求量分别为 m_1 、 m_2 、 m_3 ，则总需求量为 $M = m_1 + m_2 + m_3$ 。

如果 $M \leq 77.5$ 吨，即这三个客户货物的总需求吨数可以用一辆车装下。

那么此时有两种运输方案：

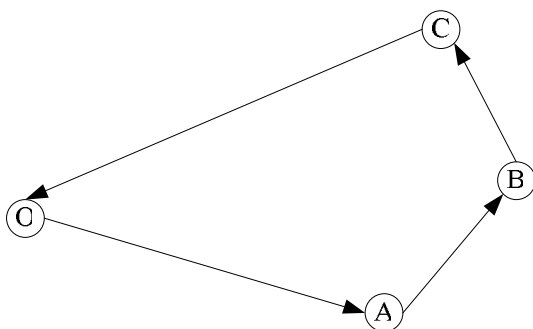
方案一：多个点对点运输模型。从 O 点分别采用单独的运输车队对客户进行运货，实际上就是三个点对点的运输，由第一种模型，我们很容易计算出 P_{OA} 、

P_{OB} 、 P_{OC} ,三个车队从客户空车返回花费的总费用为 P_1' ,则总的运输费用为 $P_1 = P_{OA}+P_{OB}+P_{OC}+P_1'$ 。



方案一 图

方案二：单环运输模型。用一辆车装满 M 吨货物后，分别运到 A、B、C 三个客户，我们可以算出一个总运输费用的最优解： $P_2 = P_{OA}+P_{AB}+P_{BC} + P_{CO}+ P_1'$ 。



方案二 图

如果： $P_1 > P_2$ ，则实施方案二即单环运输模型是合理的，否则实施方案一是合理的。

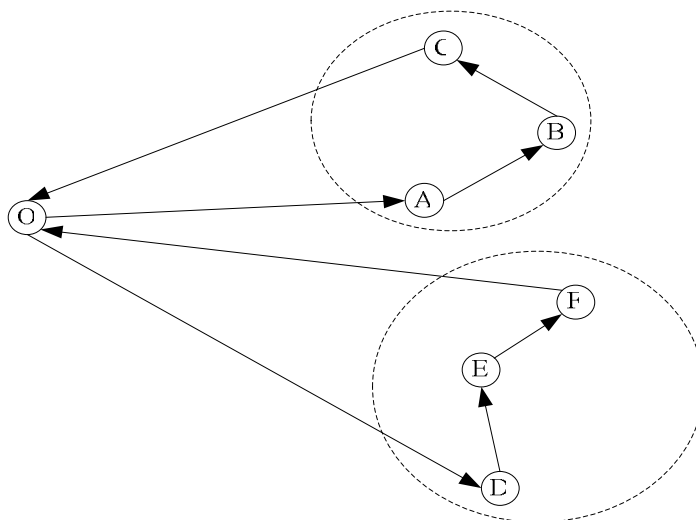
情况（二）：

原理同上。当目标客户过多，所有客户的总需求量不能用一辆车装载下时，我们可以考虑将其所有客户划分成多个单环，以使每个单环上的所有客户的总需求量可以用一辆车装载下，并且其满足使用单环模型的条件：即 $P_1 > P_2$ 。

例如：如下图所示：有 A、B、C、D、E、F 六个客户，总需求量 $M > 77.5$ 吨，不能用一辆车装载完，我们可以将其划分为两组：A、B、C 一组，其总需求量 $M_1 < 77.5$ ，采用单环运输方案的最优费用为 P_{21} ；D、E、F 一组，其总需求量 $M_2 < 77.5$ ，采用单环运输方案的最优费用为 P_{22} 。那么我们就可以分别用两辆车将货物运送到这两组的所有客户

那么当总费用 $P_3 = P_{21} + P_{22} < P_1 = P_{OA}+P_{OB}+P_{OC}+ P_{OD}+P_{OE}+P_{OF}+P_1'$ 时，采

用该方案是合理的。



方案三：

我们这里只是介绍了应该在什么情况下使用我们的多环模型，由于多环模型比较复杂，在具体应用中，还要考虑如何进行分组以及各单环运输中的环绕顺序问题。即对所有客户如何划分单元环，以及在各单元环中按什么顺序给各客户运货，使总的运输费用最小。这些问题的算法解决，我们将附录六《多环运输模型的具体计算过程》中具体介绍。

3.2.6 具体模型的实际应用

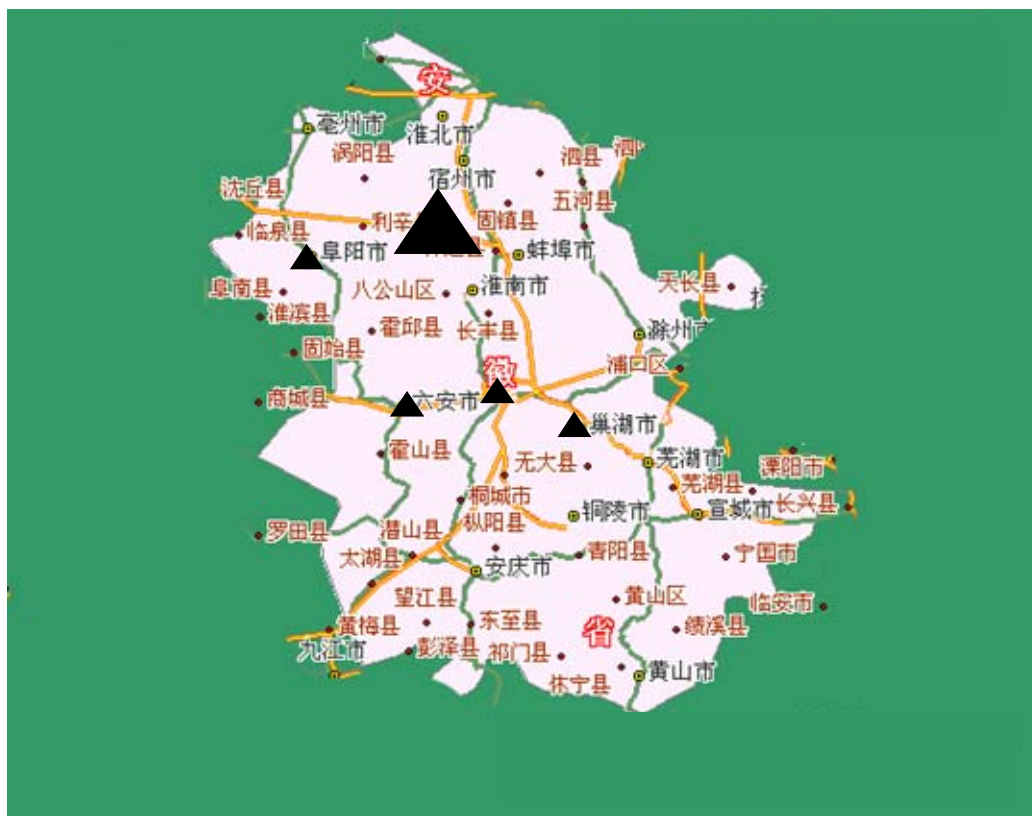
针对省内客户的分布及数量不同，我们针对一些情况分别用简单的单环模型、稍微复杂的多环模型及两种模型组合的配送模型解决实际问题。

但是在考虑模型的应用时，首先要解决的是和客户间的沟通。只有先做好和客户的共同配送意愿，我们的共同配送模型才能更加有效地利用。

(1) 单环

要解决的是安得公司在配送过程中客户分布比较零散但可考虑回路的运输问题。以安徽省境内B客户的配送为例。

B客户的业务主要为合肥、六安、巢湖以及阜阳的皖中及皖北地区，这些配送区域集中在安徽省的北上部分，他们的具体位置图如下（黑色标记为配送区域）：



由它们的相对位置可以看出，B客户的配送区域都不是很集中，如果分别运输的话，每次覆盖的客户也最多能有三个，一次满足所有客户的配送需求是不可能实现的。而多次的配送，又会增加运输成本。所以，运用单环模型来对这个问题进行分析。

我们小组参考相关资料提出的解决单回路的两种方法：最近邻点法和最近插入法。具体过程见附录四，这里不具体介绍两种方法，只用B客户这个例子说明思路。在实际的最小费用模型中，安得工作人员只需输入几个客户间的最小费用就可以解决，而他们间的最小费用可以用“点对点”模型解决，即：

$$\begin{aligned} \text{费用} &= \text{固定费用} + \text{油费} + \text{路桥费} \\ &= \text{固定费用} + \text{油费} + \text{高速收费} + \text{一、二级公路收费} \end{aligned}$$

利用我们在“点对点”模型中的解决方案即可找到最优解。其中，最近邻点法的算法十分简单，类似于在运筹学中的最短路问题，只是这是个最小费用回路。但是最近邻点法得到的解并不十分理想，有很大的改善余地，故此法可作为进一步优化的初始解。与之相比，最近插入法比较较为复杂，但是可以得到相对比较满意的解。

最近邻点法

现构成一个流通图，安得P分公司的五个客户，巢湖、阜阳皖北、阜阳皖南、六安和合肥客户，假设他们所需的货物总合为50吨，则有前面分类中的三种类型

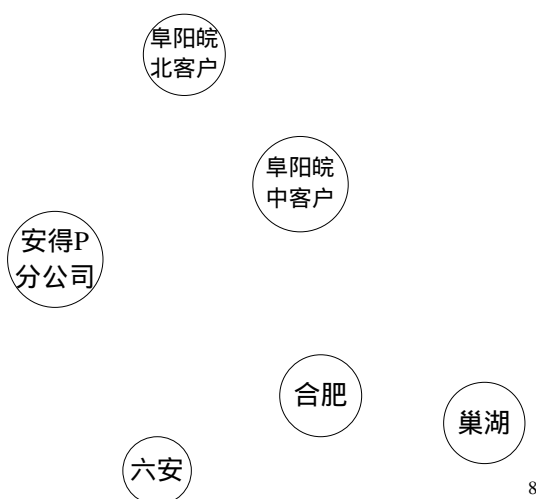
的车可以配送，车型的选择，在点对点间的最小费用中都已经包含了，现在利用最近邻点法找到总费用最小回路。他们间的费用矩阵如下表：（假设i、j两点间的费用是对称的，且都已经通过前面的点对点模型求得点间的最小费用）

表 7：最小费用矩阵表

（单位：百元）

| 公司及客 户 | 安得P分 公司 | 巢湖客户 | 阜阳皖北 客户 | 阜阳皖中 客户 | 六安 客户 | 合肥 客户 |
|------------|------------|------|------------|------------|----------|----------|
| 安得P 分公司 | — | 10 | 6 | 8 | 7 | 15 |
| 巢湖 客户 | | — | 5 | 20 | 15 | 16 |
| 阜阳皖北 客户 | | | — | 14 | 7 | 8 |
| 阜阳皖中 客户 | | | | — | 4 | 12 |
| 六安客户 | | | | | — | 6 |
| 合肥客户 | | | | | | — |

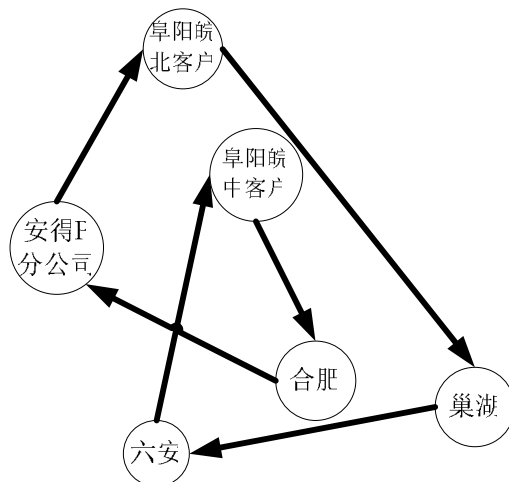
把费用作为权数，他们相对位置如下：



通过用最近邻点法（具体计算过程见附录五）解得结果用图形表达如下：

⁸安得分公司位置根据相对情况进行的模拟

以运输规划为中心的安得物流业务优化方案

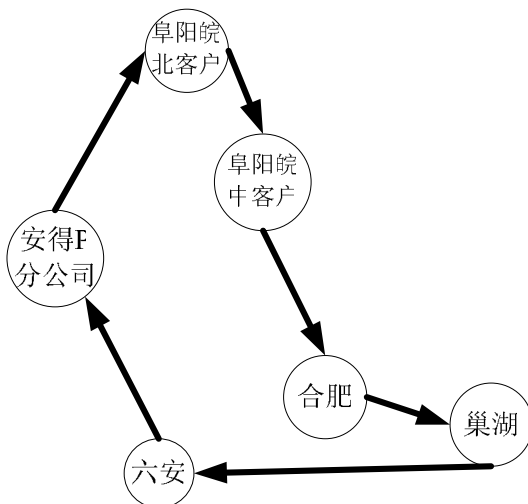


即最佳运输路线为：安得P分公司—阜阳皖北客户—巢湖客户—六安客户—阜阳皖中客户—合肥客户—安得P分公司。最后绕了一个环，回到了安得P分公司。总费用为：

$$V=6+5+15+4+12+15=57 \text{ (百元)}$$

最近插入法

仍用最近插入法解决上面提到的案例 ,通过用最近插入法解得结果用图形表达如下：



即最佳运输路线为：安得P分公司—阜阳皖北客户—阜阳皖中客户—合肥客户—巢湖客户—六安客户—安得P分公司。总费用为：

$$v=8+4+6+8+5+10=41 \text{ (百元)}$$

两种结果的路线对比，有很大的不同，但相对一般的运输方案，却都是最优的。见附录五中的计算过程可以看到，最近插入法求得的解比最近邻点法求得的解更优，但在计算过程中，也耗费了更多的计算量，编程过程也较难掌控。

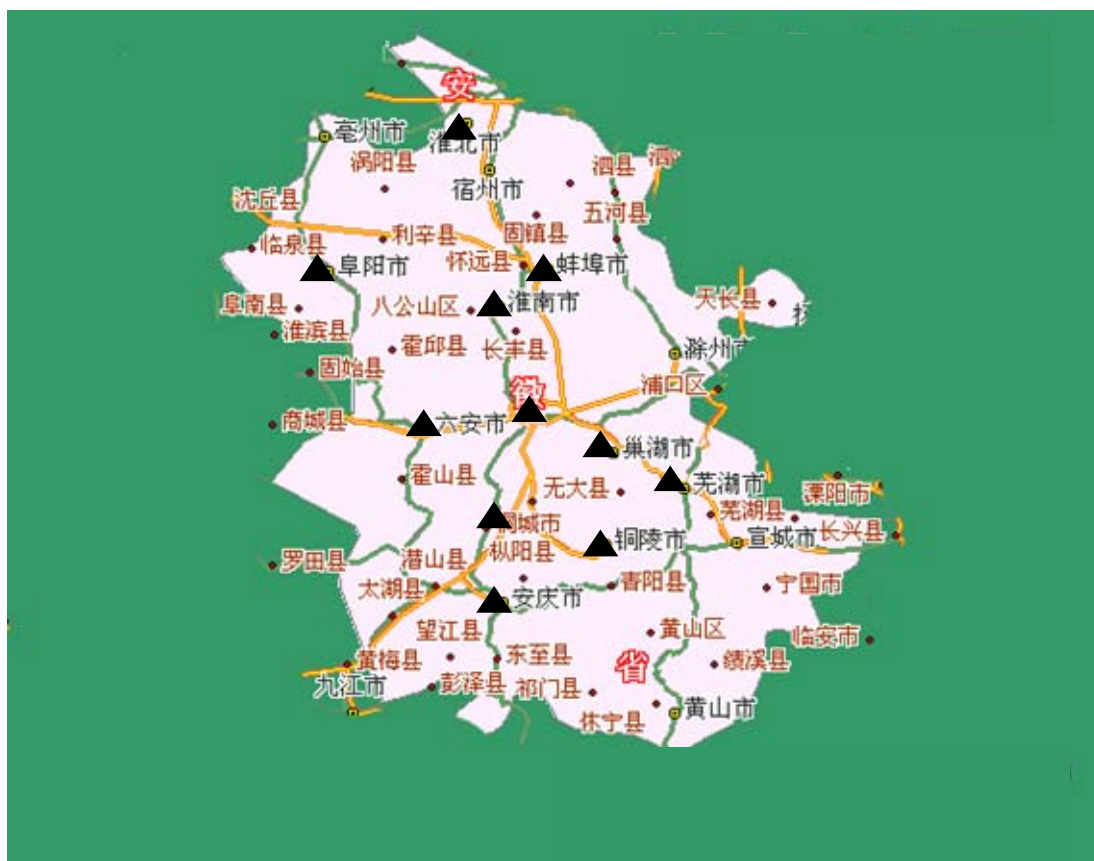
两种解法有各自的优势，如果碰到较为简单的问题，比如只有三五个客户，

公司可以通过手算,用最近邻点法就能得出最优方案了。如果公司有实力开发一个系统,可考虑采用最近插入法。两者都可以作为解决省内运输问题的参考方案。

(2) 多环

在此针对安得P分公司的具体情况对多回路模型进行定性、定量的分析以求路线最优,进而求得整体费用最优。

A客户的配送区域覆盖全省,C客户主要配送区域为合肥、蚌埠、淮北、安庆以及阜阳等地区;由于A客户和C客户的配送区域都较分散,其中A客户跨越的区域较大,其配送范围完全可以覆盖C客户,所以,我们选取A客户的配送区域进行分析。我们假设给如下安徽省的11打城市送货,这些城市的分布图如下(黑色标记为配送区域):

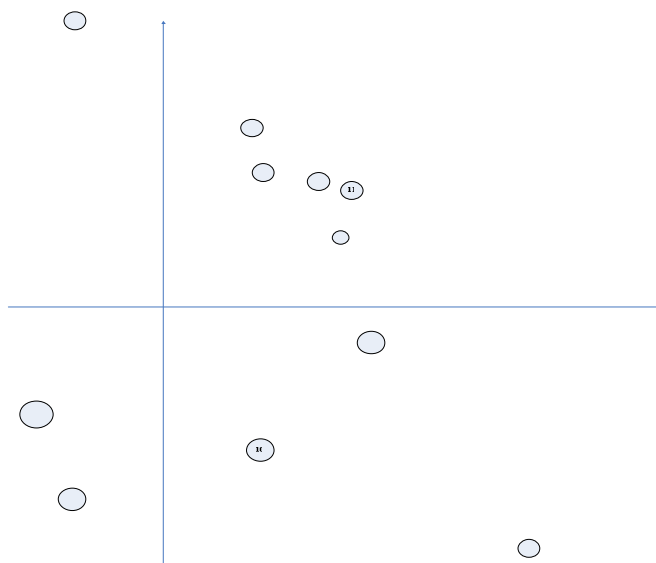


从安得所提供的资料中看,我们只能查询到不同车型的运载费用,所以在这里假设安得运输的货物按吨计重(如家电等),另外资料中并没有涉及到公司一个完整的顾客群体,所以在这里也只能假设性的仿真模拟客户的需求。模拟如下:安得为附近的11个城市提供家电。各个城市的需求量以及城市的迪卡尔坐标系的坐标如下:

表 8：需求量表

| 城市 | 阜阳 | 芜湖 | 蚌埠 | 淮北 | 安庆 | 巢湖 | 桐城 | 淮南 | 六安 | 铜陵 | 合肥 |
|--------|----|----|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|
| 需求 / 台 | 8 | 5 | 2 | 6 | 9 | 11 | 4 | 4 | 2 | 8 | 6 |
| x | 20 | 70 | 22 | -20 | -23 | 45 | -32 | 35 | 40 | 20 | 44 |
| y | 50 | -6 | 35 | 80 | -5 | -1 | -3 | 35 | 20 | -4 | 35 |

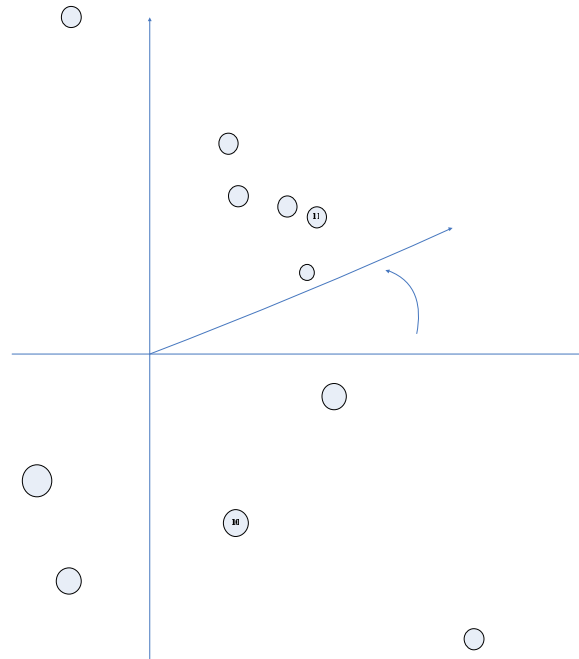
(1) 建立极坐标系 如下图是11个城市分布图（其中以P分公司的仓库为原点）



(2) 扫描分组

⁹ 根据 11 个城市的相对位置，做的估算坐标

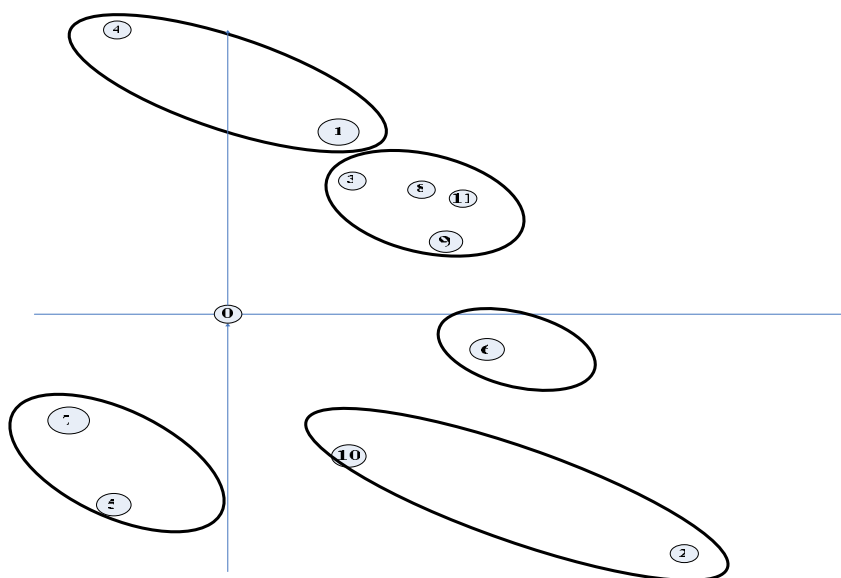
以运输规划为中心的安得物流业务优化方案



由于不同型号的车在不同的载重下的收费不同,根据资料我们可以清楚的得到 3 种车型在不同载重下 5 种不同收费标准,这里把车当作相应的 15 种来分别讨论。但由于计算量比较大,经讨论及相关资料显示,超载 100%和 150%太不安全,我们拿其中的九种车型计算如下:

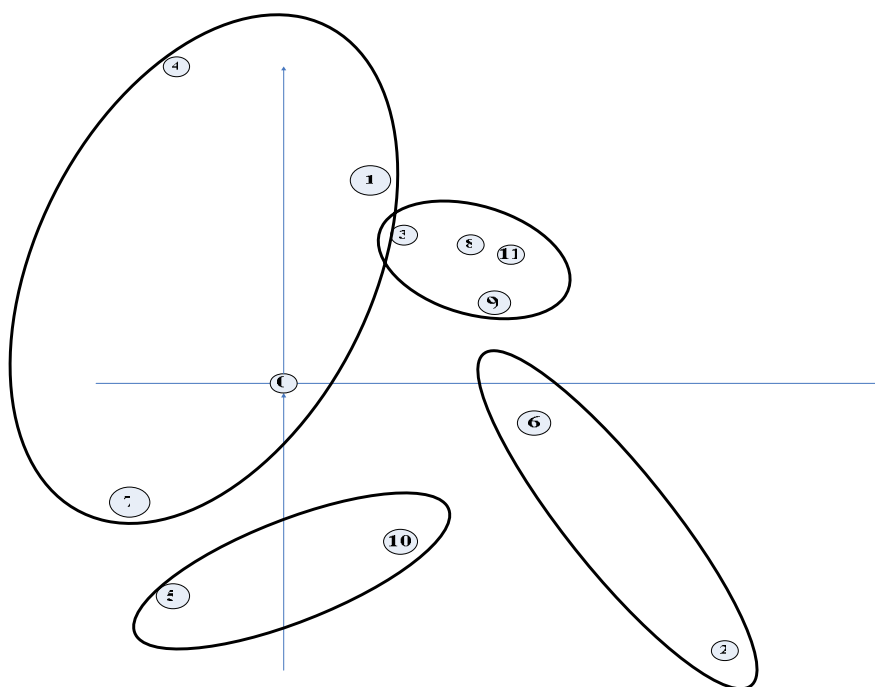
1) 二轴12型W=17吨(9.6米单桥)+不超载14.000吨

从角度为0向逆时针方向进行扫描,第一个被分组的是六安市客户, Load1=2;继续转动,下一个被分组的是合肥市客户, Load1=3+6=9,由于没有超过限制Loadmin=14,继续转动,到蚌埠市客户时, Load1=2+6+4+2=14;继续转动到阜阳市客户, Load1=2+6+4+2+8>17,按照分组规则,需要一个新的组,这样第一个组里有顾客六安、合肥、淮南、蚌埠客户,继续上述步骤直到所有顾客被分配完毕,这时,可得到如下图的分组结果:



得：Load1=14、Load2=14、Load3=13、Load4=13、Load5=11

2) 二轴 12 型 W=17 吨 (9.6 米单桥) + 超载 30%——19.000 吨



得：Load1=14、Load2=18、Load3=17、Load4=16

同理，我们可以分别得到这 9 种车型的分组情况（具体过程见附录六）。

综上所述，我们可以将九种情况下的分组列为：

表 9：不同车型运量最佳组合表

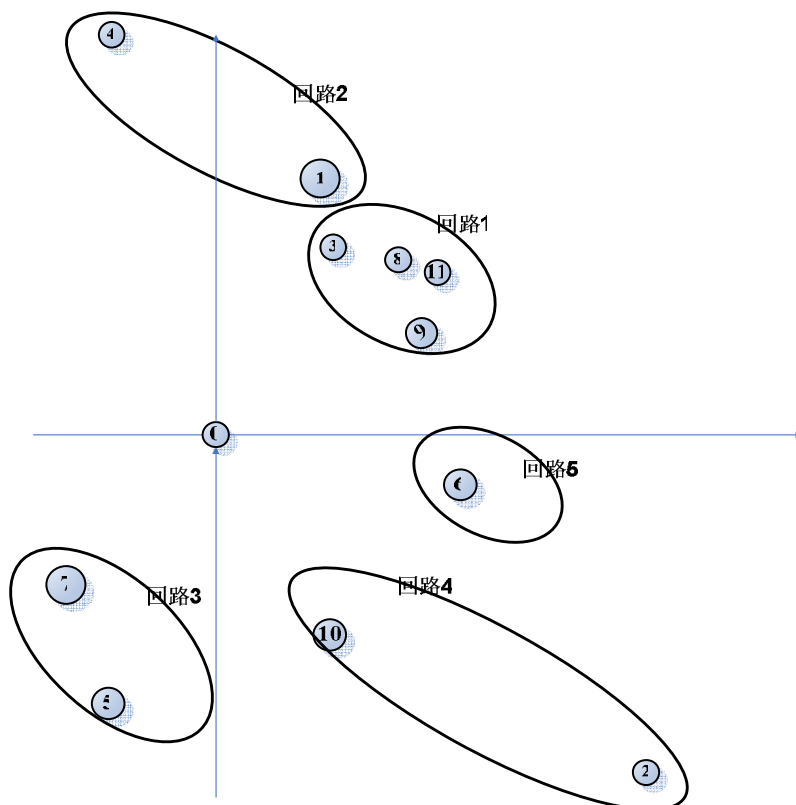
| 车型及最大载量 | 分组情况 | |
|---|------|--|
| | 组数 | 具体承运 |
| 二轴 12 型 W=17 吨(9.6 米单桥) + 不超载 14.000 吨 | 5 | Load1=14 (六安、合肥、淮南、蚌埠客户)、Load2=14 (阜阳、淮北客户)、Load3=13 (铜城、安庆客户)、Load4=13 (铜陵、芜湖客户)、Load5=11 (巢湖客户) |
| 二轴 12 型 W=17 吨(9.6 米单桥) + 超载 30% —— 19.000 吨 | 4 | Load1=14 (六安、合肥、淮南、蚌埠客户)、Load2=18 (阜阳、淮北、桐城客户)、Load3=17 (铜城、安庆客户)、Load4=16 (芜湖、巢湖客户) |
| 二轴 12 型 W=17 吨(9.6 米单桥) + 超载 50% —— 22.500 吨 | 4 | Load1=22 (六安、合肥、淮南、蚌埠客户)、Load2=19 (安庆、淮北、桐城客户)、Load3=13 (铜陵、芜湖)、Load4=11 (巢湖客户) |
| 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) + 不超载 —— 20.000 吨 | 4 | Load1=14 (六安、合肥、淮南、蚌埠客户)、Load2=18 (阜阳、淮北、桐城客户)、Load3=17 (铜城、安庆客户)、Load4=16 (芜湖、巢湖客户) |
| 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) + 超载 30% —— 28.100 吨 | 3 | Load1=28 (淮北、阜阳、六安、合肥、淮南、蚌埠客户)、Load2=26 (铜城、安庆、铜陵、芜湖客户)、Load3=11 (巢湖客户) |
| 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) + 超载 50% —— 33.5000 吨 | 2 | Load ₁ =32 (淮北、阜阳、六安、合肥、淮南、蚌埠、铜城客户)、Load ₂ =33 (安庆、铜陵、芜湖、巢湖客户) |
| 四轴 125 型 W=35 吨 (12.5 米半挂) + 不超载 —— 25.000 吨 | 4 | Load ₁ =22 (阜阳、六安、合肥、淮南、蚌埠客户)、Load ₂ =19 (铜城、安庆、淮北客户)、Load ₃ =13 (铜陵、芜湖客户)、Load ₄ =11 (巢湖客户) |
| 四轴 125 型 W=35 吨 (12.5 米半挂) + 超载 30% —— 35.000 吨 | 2 | Load ₁ =32 (淮北、阜阳、六安、合肥、淮南、蚌埠、铜城客户)、Load ₂ =33 (安庆、铜陵、芜湖、巢湖客户) |
| 四轴 125 型 W=35 吨 (12.5 米半挂) + 超载 50% —— 42.500 吨 | 2 | Load ₁ =41 (淮北、阜阳、六安、合肥、淮南、蚌埠、铜城、安庆客户)、Load ₂ =24 (铜陵、芜湖、巢湖客户) |

3) 组内线路优化

上面的分组已经是多个单回路的问题了 , 可运用单回路运输问题进行路径优

化。（虽然安得 P 分公司仓库原点并没有被任何一个组包含，但它是一个组单回路问题的起点和终点。）

具体以“二轴 12 型 W=17 吨(9.6 米单桥)+不超载 14.000 吨 ”车型为例(在附录六中进行详解)

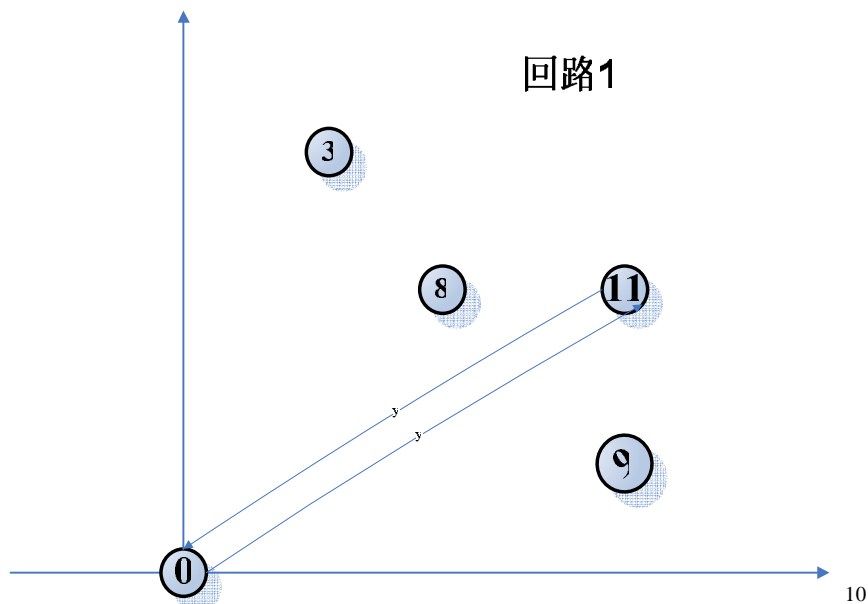


由于资料所给数据的局限，无法按安得的实际情况来讨论，这里我们继续仿真模拟数据，即假设所求得五点中两两之间的费用 P09 、 P011 、 P08 、 P03 、 P911、 、 P98 、 P93 、 P118 、 P113 、 P83 分别为：

| 顾客 | 安得 P 分 公 司 | 六安 (9) | 合肥 (11) | 淮南 (8) | 蚌 埠(3) |
|-------------|---------------|-------------|--------------|-------------|-----------|
| | (0) | | | | |
| 安得 P 分公司 | — | 10 | 6 | 8 | 7 |
| 六安 | | — | 5 | 20 | 15 |
| 合肥 | | | — | 14 | 7 |
| 淮南 | | | | — | 4 |
| 蚌埠 | | | | | — |

比较上表中的从安得 P 分公司出发的所有路径的大小 $\text{Min}\{P_{0k} \mid k=9 \text{ 或 } 11 \text{ 或 } 8 \text{ 或 } 3\} = P_{011} = 6$

这样节点安得 P 分公司、合肥形成一个子回路， $T=\{\text{安得 P 分公司、合肥、安得 P 分公司}\}$

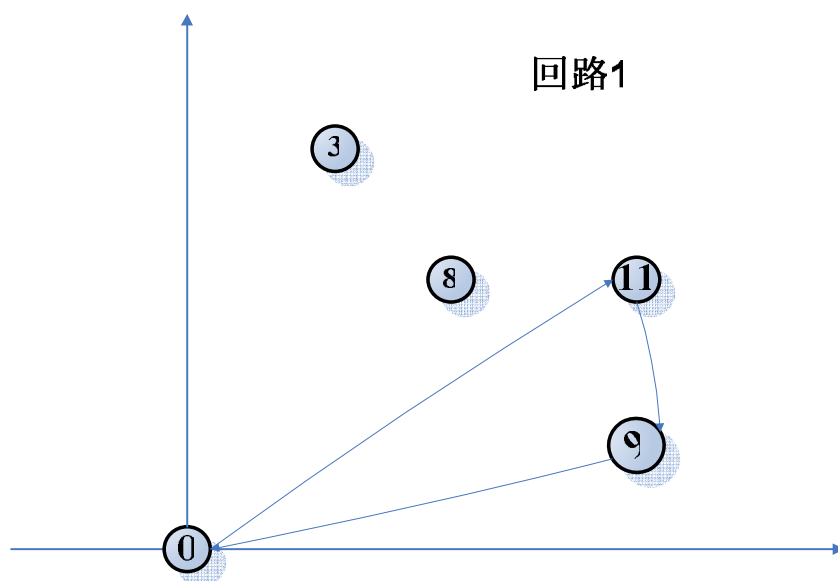


然后考虑剩下的节点六安、淮南、蚌埠到安得 P 分公司、合肥中某个节点的最小距离：

$$\text{Min}\{P_{0k}, P_{11k} \mid k=9 \text{ 或 } 8 \text{ 或 } 3\} = P_{119} = 5$$

由于对称性六安插到安得 P 分公司和合肥之间往返路径中，结果都是一样的，所以构成一个新的回路 $T=\{\text{安得 P 分公司、合肥、六安、安得 P 分公司}\}$

¹⁰ 原点坐标为安得的 P 分公司，3 代表蚌埠，8 代表淮南，9 代表六安，11 代表合肥。
其中安得 P 分公司的与各个城市及各城市间的位置都是相对的，费用也是根据我们的估算假设的。



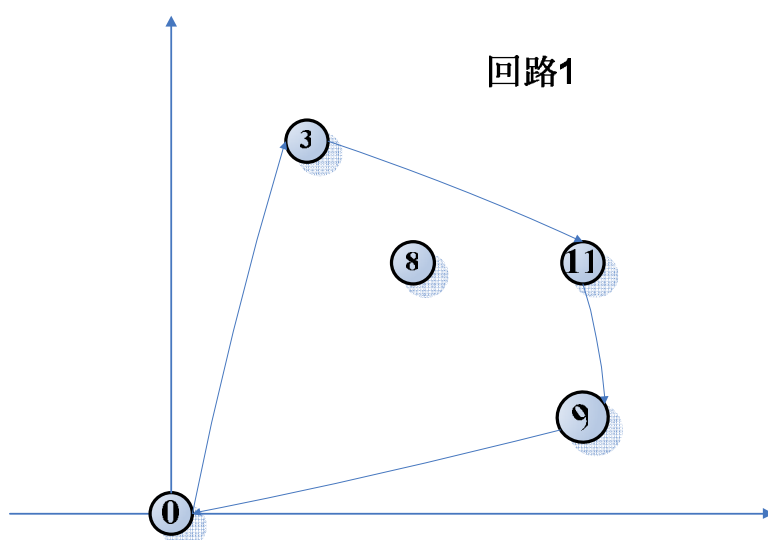
接着考虑剩下的节点淮南、蚌埠到安得 P 分公司、合肥、六安中某个节点的最小距离：

$$\text{Min}\{P0k, P11k, P9k \mid k=8 \text{ 或 } 3\} = P03=7$$

节点 3 有 3 个位置可以插入，插在哪里合适呢？

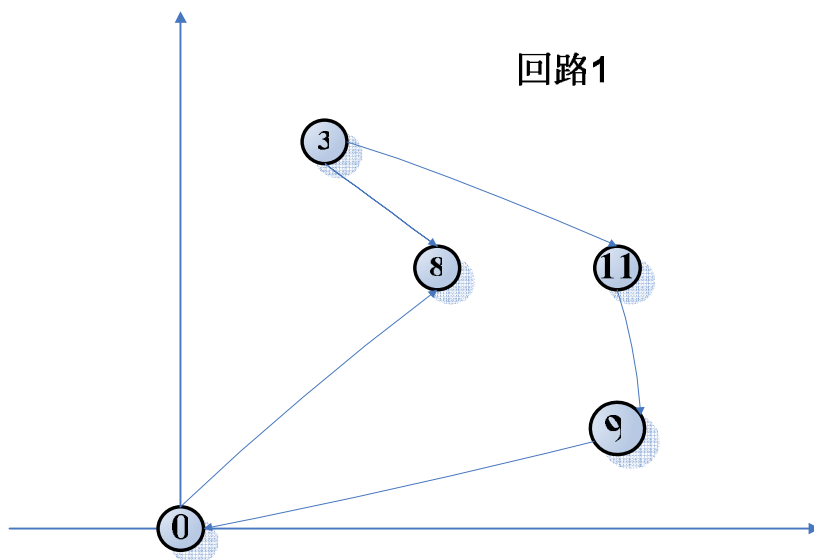
- ◆ 插到 (0, 11) 间, $\Delta = P03 + P311 - P011 = 7+7-6=8$
- ◆ 插到 (11, 9) 间, $\Delta = P113 + P39 - P119 = 7+15-5=17$
- ◆ 插到 (9, 0) 间, $\Delta = P93 + P30 - P09 = 15+7-10=12$

比较上述 3 种情况的增量，插入到 (安得 P 分公司、合肥) 之间最小，所以应将节点 3 加入到 (安得 P 分公司、合肥)，结果为：T={安得 P 分公司、蚌埠、合肥、六安、安得 P 分公司}

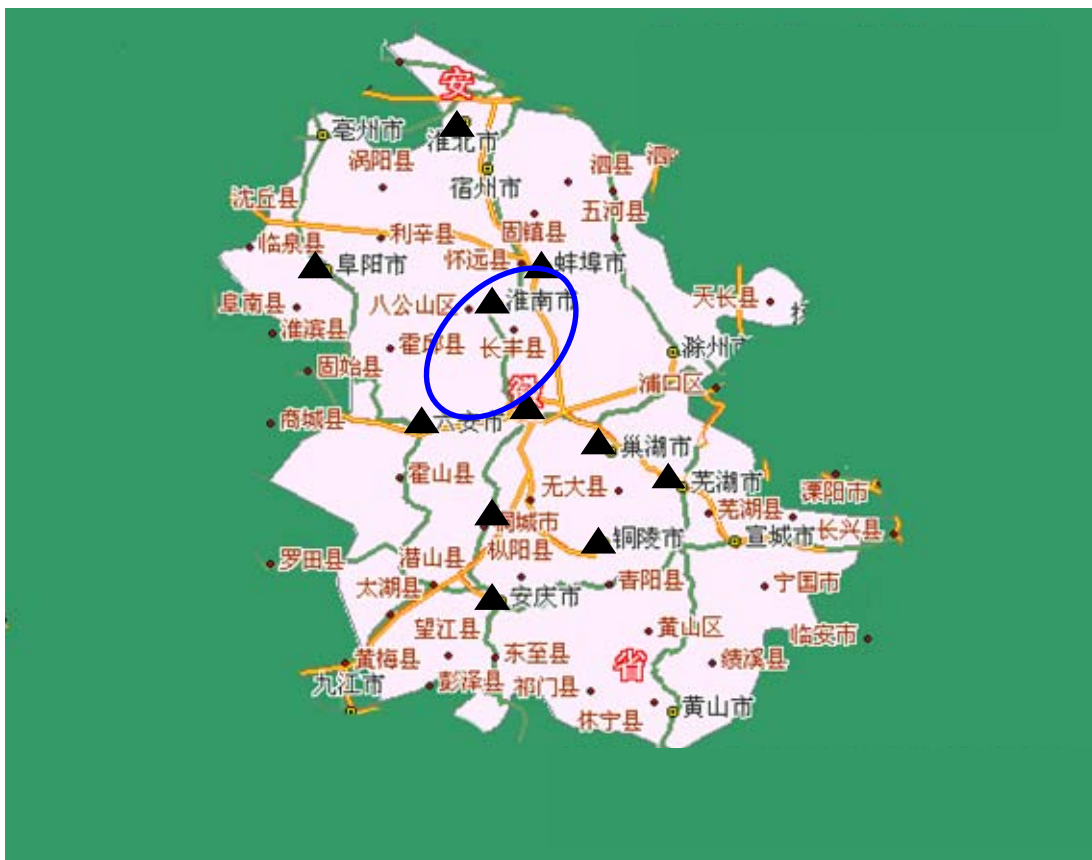


重复上面的步骤，分别再将节点淮南加入到子回路中，就可得解 T={安得 P 分公司、淮南、蚌埠、合肥、六安、安得 P 分公司}，即回路 1 的最优路线和最

小费用 $f_1 = 8 + 4 + 7 + 5 + 10 = 34$



即得到最佳运输路线：安得 P 分公司—淮南—蚌埠—合肥—六安—安得 P 分公司。如下图：



得到最低成本为 3400 元。

2) 对回路 2、3、4、5 继续 1) 的过程同样可得到回路 2、3、4、5 的最优

路线和最小费用 f_2 、 f_3 、 f_4 、 f_5 ，以及“二轴 12 型 W=17 吨（9.6 米单桥）+不超载 14.000 吨”车型在整个行程中的最小费用 $F_1 = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5$

上述是“二轴 12 型 W=17 吨（9.6 米单桥）+不超载 14.000 吨”车型最优路线和最小费用的求解过程，当然，我们也就能轻松求得其他 9 种车型的最优路线和最小费用 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7 、 F_8 、 F_9

（4）对 15 种车型汽车进行组合，使得他们满足公司输送货物的需求，并且费用最小！

由上面条件我们列出方程，如下：

设 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_9$ 为每种车型所需要的数量。M 为公司需要运送货物总重。

$$\text{Min} Y = F_1 * x_1 + F_2 * x_2 + F_3 * x_3 + F_4 * x_4 + F_5 * x_5 + F_6 * x_6 + F_7 * x_7 + F_8 * x_8 + F_9 * x_9$$

$$\begin{cases} 14 * x_1 + 19.1 * x_2 + 22.5 * x_3 + 20 * x_4 + 28 * x_5 + 33.5 * x_6 + 25 * x_7 + 35.5 * x_8 + 42.5 * x_9 = M \\ x_1, x_2, x_3, \dots, x_9 \geq 0 \end{cases}$$

用 lingo 软件进行运算，这里不在赘述。

3.3 全国运输规划

3.3.1 将点对点，单环，多环运输模型运用到全国

2.1 和 2.2 两节分别解决了跨江西省的长途运输问题以及安徽省内共同配送问题。解决方案的核心是点对点、单环、多环模型，我们认为这三个模型不光可以应用到某个省，而是可以推广到全国的一套运输规划模型，运用这三个模型可以对安得的全国物流网络进行规划。

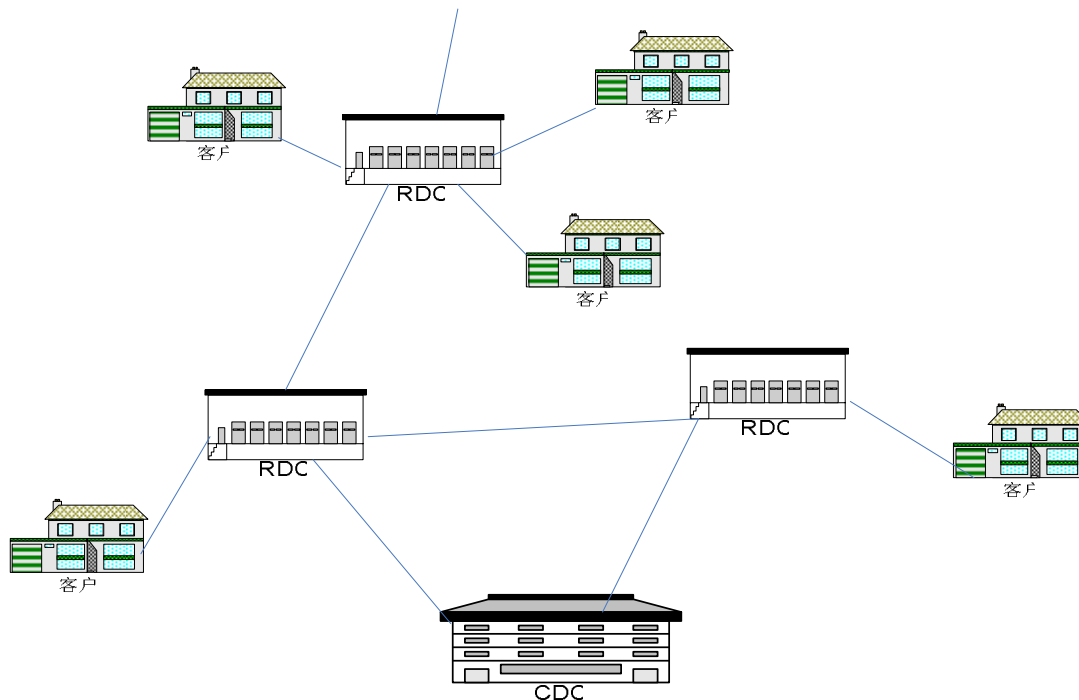
通过网上查询及案例提供信息，我们知道安得公司现在实行的是网络快运的模式，其在全国拥有 80 余个物流中心，在全国各中心城市建立有 RDC。也就是说每个省都应该有一到两个大型 RDC，这样的区域配送中心货物周转量大，它负责几乎整个省内货物配送；每个 RDC 直接辐射到客户仓库或是客户店面，这样建立了辐射全国的“门到门”网络快运。

安得全国物流网络覆盖城市如下：



（资料来源：安得公司官方网站）

这样，我们可以根据路途的长远，货量的大小可以将这些网络分为一级网络和二级网络。一级网络间的运输也就是可以说是 CDC 到 RDC，RDC 到 RDC 的运输，因为这两种运输都需要跨越比较大的长度，运送周期长，运送的货量较大。二级网络就是 RDC 到各客户之间的运输，更准确的说是 RDC 到各客户的配送线路，二级网络的特点与客户的距离短，配送目标较多，但每个客户需求的货量小，运送周期短，可以考虑进行共同配送。如图：

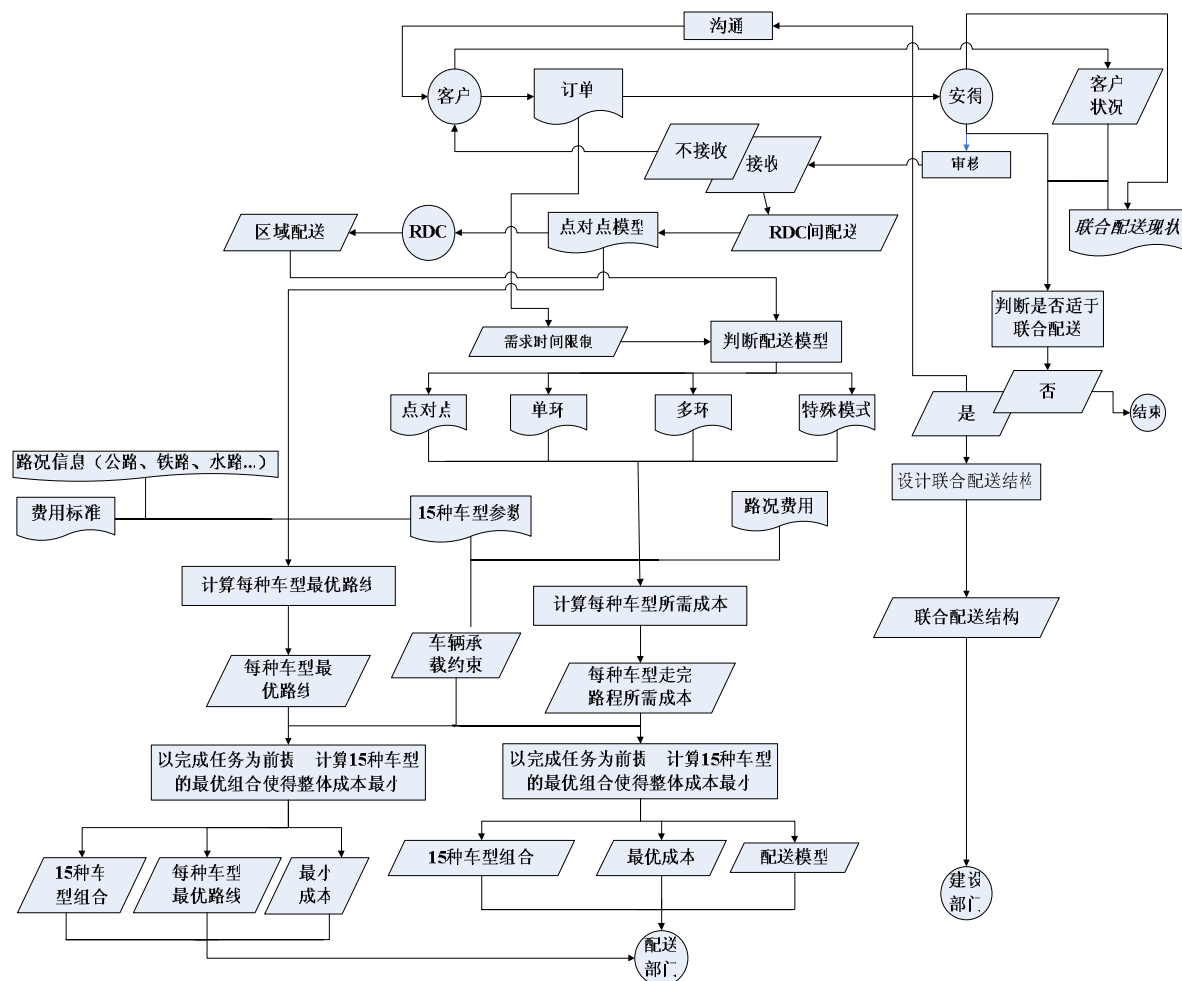


全国运输、配送模式图

在全国范围内进行运输规划选择模型应遵循如下原则：一级网络运输往往是跨省运输，即使不是跨省运输，其运输往往也是路程远、周期长，符合运用点

对点运输的模式，因此一级网络运输我们运用点对点模型进行优化。二级网络运输多数情况下是省内配送，所以我们用单环模型、多环模型优化二级运输网络。

具体决策如下图：



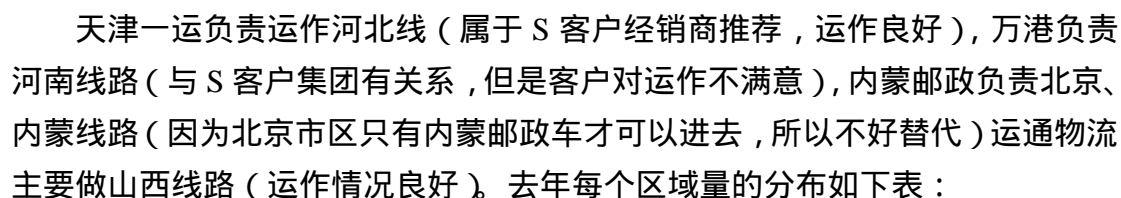
运输决策图

3.3.2 以天津 S 客户为例进行全国运输规划

天津 S 客户小包装食用油是直接供应以北京为中心的华北等地，特种油脂则将供应华北、东北、西北三地区。天津 S 客户目前主要发货区域是北京、天津、河北、山西、山东大部分地区、河南、内蒙古、辽宁部分城市。它们主要通过干线运输将产品运输到各个销售公司的区域仓，然后再通过经销商或者区域仓对各个卖场进行配送。

下面我们以天津客户为实例，把跨省运输与省内运输结合起来。

从天津出发，具体的客户配送图如下：



| 区域 | 销售量（吨） |
|----|--------|
| 北京 | 44455 |
| 天津 | 12129 |
| 河北 | 45953 |
| 内蒙 | 4176 |
| 山西 | 22775 |
| 河南 | 57436 |
| 山东 | 15158 |
| 合计 | 202082 |

第 43 页  共 136 页

场产品量作了简单分析：山东，主要量集中在济南、聊城、德州，大约可以占山东线路的 1/2，山东以东地区主要从青岛发货；河南，郑州中转仓基本河南区域发货量的 1/2。根据这些数据分析，我们以山东为例，运用模型，进行说明。

山东以东地区主要从青岛发货，则货物从天津运往青岛，可以直接船运，距离相对一般海运较近，且费用低，时间方面安得可以和客户进行沟通。这里的模型主要解决公路运输。即山东西部的济南、聊城和德州。安得可以直接从天津通过点对点模型的最优组合把货物直接运往山东的某个城市，再由此地的 RDC 完成下一步的运输任务。



安得在山东的济南应该有 RDC，当天津的货物到达这个区域配送中心后，济南的 RDC 根据实际需求客户的需求量，进行车型和路线的最优组合，及运送的最佳方案。济南、聊城和德州占了山东路线的 1/2，所以可以优先考虑这些客户的配送。由山东省的地图可以查阅到，这三个城市间的国道比较多，且联系较紧密，这里就可以用到我们的单环模型。由安得的 RDC 出发，通过一个环状运输，最后再回到这个 RDC 进行下一个任务的运送。具体单环运输的流向、流量和载体的选择，安得可以利用我们的单环模型，输入相关数据得到。这里，我们就不再次计算了。

用山东省的地图，把要表达的模型显示如下图。



实际问题中，更多的是这种综合模型的应用。前提当然还是做好与这些客户的沟通，在前面的客户沟通有涉及到。

3.4 安全运输

从效益以及成本的角度来看，我们算出的最优结果多是应该进行超载运输，以尽可能降低成本。但是从安全角度来看，我们不提倡进行超载运输，尤其是超载 100%、150% 这样的大量超载。在此，我们大量搜集了一些网上的资料，列举了超载运输的弊端，提倡进行安全运输。

我国汽车超载的情况十分严重。据报道，在前段时间，比较典型的超载严重的山西境内运煤车辆超限超载率达到 100% (空车除外)；上海地区车辆超限超载率约为 50%。超载量最多达到核定载重吨位的 3 倍至 5 倍；货物总重 100 吨以上的超限车辆在河北、山西较为普遍；江阴大桥日交通量 2.75 万辆，其中超限车辆约占 50% 以上……据交通部门调查，目前，公路车辆超限超载在我国不仅非常普遍，而且很多车辆成倍超载。如核定 12 吨的货车，能装载到 40 吨左右，最严重的运煤车辆总重量超过 100 吨，甚至达到 120~150 吨。相当于两节火车车皮的装载量。公路车辆超限超载给国家财产、人民生命安全和运输市场秩序造成了极大危害。

货车超载超限运输引发的安全事故大幅度增加，主要表现在以下三个方面：

一方面是超载超限使车辆的安全性能下降，导致交通事故频繁发生。货车超载超限后，一是轮胎负荷过大，爆胎现象时有发生；二是发动机易发生过热现象；三是汽车在转向时离心力增大，易发生车辆侧翻；四是钢板弹簧长时间处于超负荷受压状态，易超出弹性限度，失去弹簧作用；五是在连续下坡时，容易造成刹车片过热，导致制动失灵。据了解，重庆市因为超载超限造成的事故已占交通事故总数的30%以上，超载超限已经成为“公路第一杀手”。

一方面是超载超限轧坏了路面、桥面，导致道路桥梁损坏严重。很多公路和桥梁在不到使用年限一半的时间里就出现了严重损坏现象。地方及国家财政为此付出的维修费用数额惊人。尤其是在部分乡村道路，由于路基结构达不到承载要求，超载超限车辆过往时，路面塌陷，车毁人亡的事故时有发生。

另一方面是导致了公路运输市场的恶性竞争。以竞相压价承揽货源，以超限超载来获取利润，超得越多，赚得越多，形成了“压价—超限超载—运力过剩—再超限超载”的恶性循环。

基于以上的种种弊端，我们认为企业在追求利润最大化的同时，应该将安全运输狠抓起来。但是目前由于包括体制上的，意识上的种种原因，安全运输的实现还需要不断提高。下面我们提出了一些物流公司加强运输安全性应该进行的措施。

抓住“以人为本”这条主线，从不断完善规章制度着手，强调内部管理，强化现场管理。认真组织货运车驾驶员、装卸工等一线运输作业人员学习道路交通安全法规，重点狠刹超速、超载歪风。积极开展“公司一员”、“公司形象”等文明服务和礼貌待客、奉公守法等精神文明活动。使货物运输完好率、完成准确率、装运安全率都有了较大的提高。公司对占全公司85%的一线运输作业人员实行计件(吨、吨公里)工资制，把员工的实际完成运输任务的多少、好坏与员工个人收入有机地结合起来。其中三分之一的收入设置为安全奖，根据公司的相应规章制度、安全考核、工资考核的办法，对违章违纪、运输质量、运输安全方面发生问题的事情、事故，都要对相关责任人进行处理。公司每月拿出定比例的金额，对安全运输的员工给予加奖，进一步突现安全的重要性，使员工的收益与安全紧密挂钩。

一些运输部门和车主为追求高额利润，将大货车非法改装，采取私自加高加宽槽帮、更换高强度轮胎、增加车辆弓子板厚度、增加轴重等办法，使“大车小标”或将“小车改大”。

这些被非法改造的车辆从为超限超载问题的产生和蔓延埋下了“种子”，培植了“土壤”，引发出目前公路车辆超载超限运输现象。网上曾有报道，一车主因为将货车“大车小标”，结果导致在自己发生货车车祸后无法得到保险公司

的赔偿金。

这样将车辆“大车小标”，看似能让各车主在短期内得到利益，但是长期看，却是一种对自己、对他人生命不负责任的表现，而且当出现车祸后，也得不到相应赔偿，所以我们认为要用科学的方法来避免收费过高带来的不利影响，不能走一些旁门左道，否则可能会造成人财两空的后果。

四 回程运输

回程运输，即在返回目的地路程上的运输，就是指运输车队在将产品按客户需求送达目的地后，将目的地处需要运往出发地的货物顺带运送回去。这主要是为了提高车辆使用效率，降低空车返回率，降低运输成本。

我们将回程运输分为返程运输和逆向物流两种情况。

4.1 返程运输¹¹

指两地货物的相向流动，通过对两地物流资源的整合，合理整合相互的资源需求，这样，当我们的运输车队将 A 地的货物运达 B 地后，而此时 B 地又有充足的货物需要运往 A 地，这时车队在返回 A 地的时候就能将这些货物运回 A 地。这就大大降低了空车返回率，节约了运输成本，也提高了运输效率，提高了两地的资源流通效率。

同时，应用返程运输管理便于安得公司掌握社会上第一手车源（个体车），经过长时间合作，这部分供应商对安得公司货物的特性、装卸情况、需要注意的细节比较熟悉，在运作中可以减少货物破损率，提高安得公司运作质量，在激烈的市场竞争环境中以质量取胜。

但是，为了更有效的推行返程运输，我们觉得必须具备以下条件：

- 1) 推行返程运输的网点以相距 300—500 公里最为适宜。
- 2) 返程运输的两端点都有充足的货源，且货量均衡，货物的季节性基本同步，这样才能吸引一批司机（个体车主）拉货物，形成固定运力。
- 3) 两端点货物的车型（栽种、容量）的需求要基本一致。
- 4) 两端点返程车辆的在途信息要真实、准确、及时地掌握，以便使车源和订单更加匹配，尽可能减少有车无货，有货无车的现象。

有效实施返程运输的关键：

- 1) 将安得在全国各地的业务按照安得的配送中心所在地进行分类，然后实

¹¹案例中所提及的对流运输，我们认为可以通过加强返程运输来解决。

地考察,广泛搜集各地的货源信息,挖掘出潜在的可以实现返程运输的城市。对这两个能实现返程运输的城市搭建一个信息网络平台,实现两地货源信息的共享。然后根据这些信息合理的安排车辆以及时间实现两地之间的有效返程,这样就能尽可能的避免有车无货、有货无车的现象。

2)推行返程运输条件相对成熟的网点之间要加强协作,通过组织返程运输,实现车辆资源的共享和使用效率的最大化,实现运作成本的有效降低,从而达到双赢。

3)网点之间要积极创造返程运输的条件,当单边线路具有充足、稳定、均衡的货源时,线路末端的网点、区域营销中心应当有意识地展开营销动作,开发能与之形成返程运输的业务及返程货物。

4)单边线路网点平时要注重直接采购一手车源,通过各种激励手段(提供稳定货源、稳定运价和结款保障),和个体车主建立起长期、稳定的合作关系,培育适合安得模式的车主供应商队伍,增强对车源的掌控能力。同时需积极推动线路末端的网点开发能与之形成返程运输的业务及返程货物,以形成返程运输,达到资源的充分利用和利润空间的有效提升。

5)加强信息技术装备,使返程线路两端的运作人员能及时、真实、准确地掌握车辆在途、卸货信息,以便加强过程控制,及时传递指令信息,合理调配车辆,按时完成客户订单。

6)制定返程运输操作过程中各种异常情况的应急处理办法,使有车无货(车等货),有货无车(货等车),卸货时间过长影响返程货物装运等不利情况得到及时、有效的处理,使客户、我司、个体司机三方的利益得到保障。

7)已开展返程运输的网点之间要经常检讨、提升返程运输的质量,同时还要加强客户公关,推动客户在订单的确定性、提前性、批量批次、完成时限等方面作出配合支持,以利于我司返程运输的顺利实施。

针对南京对杭州的返程运输存在的问题,我们觉得应该采取以下措施:

1)通过物流营销的方式大力开发两边潜在的货源。南京到杭州潜在的货源有:塑料粒子、钢材、喜之郎、化工、汽车配件等;杭州到南京潜在的货源有:娃哈哈、旺旺、钢材、化工、塑料粒子、立白等。这就需要安得公司主动地去联系这些货主,以低于其他物流公司提供的价格来吸引、拉拢这些货主。公司也可自己尝试进行产品销售,如果当某一方由于没有客户需要货物而导致空车回程或等货,公司完全可以自行拉回来进行销售,公司由于只是弥补成本,所以价格不应太高,这样应该会有客户购买。这样就要求公司成立一个小型的销售部门来完成这样的销售工作。这个方案由于设计跨行业运作,存在较大风险性,但是我们现在已经可以看到像 UPS 公司利用其强大网络进行笔记本维修业务的案例,所以安得为了增加双边需求,开发潜在货源,从事贸易活动也未尝不可。

2) 对管理人员的教育与培训。目前两地网点管理人员的思想意识还没有跟上,工作上嫌麻烦、图简单,在货源上还是坐吃老本,未积极去开发货源。安得公司应该给管理人员详细的讲解返程运输的好处,阐述返程运输能够带来的巨大的效益,以此来激励管理人员,调动他们的积极性。

3) 尽可能签约大吨位重型车辆。受浙江全省查超限影响,返程车辆在途风险将增大,因车辆躲避查超不能按时到达或车辆因超重被查扣、罚款等异常情况将会增多。针对此问题,安得公司应该尽可能的雇佣大吨位重型车辆,这样就能降低车辆超载率,避免因超重被查扣、罚款,同时安全保障也得到了提高。

4) 完善信息网络系统,安装车辆跟踪导航系统,实现网点两端的信息共享,合理安排车辆和时间,实时跟踪查询车辆在途、装载信息,提高计划与车辆的匹配性,在出现异常情况时也能及时地进行调配处理,实现两地快速有效的返程运输。

4.2 逆向物流

安得物流公司在为客户提供正向物流服务的同时,也可以为客户提供逆向物流服务。通过安得物流公司在全国的配送中心网络,可以很方便的实施逆向物流的配送。当消费者的产品遇到问题需要维修或者报废后,可以交给安得公司,安得公司上门取货,然后运送到最近的物流中心进行集中,由刚从工厂那边送货过来、即将返回的车辆运送回工厂。这就实现了回程运输,大大降低了空车返回率,节约了运输成本。

首先,安得物流公司应该联合厂家、各级经销商和零售商建立一个共享的信息网络平台,这不仅是为了更好的给厂家提供正向的物流服务,也是为了提高逆向物流的服务水平。一旦消费者的产品遇到了问题或者报废需要进行回收,那么他可以打电话给安得公司,安得公司会上门取货,然后将所有搜集到的信息,包括产品品牌、规格、型号、生产日期、使用年限、已使用时间、产品所出的问题等等,进行统计,并在信息平台上发布,与厂家、经销商以及零售商共享。这样生产厂商就能对回收物的一些损坏原因进行分析总结、产品生命周期归纳等,为他们提供有价值的、改进产品质量的信息,以便改善今后的产品。

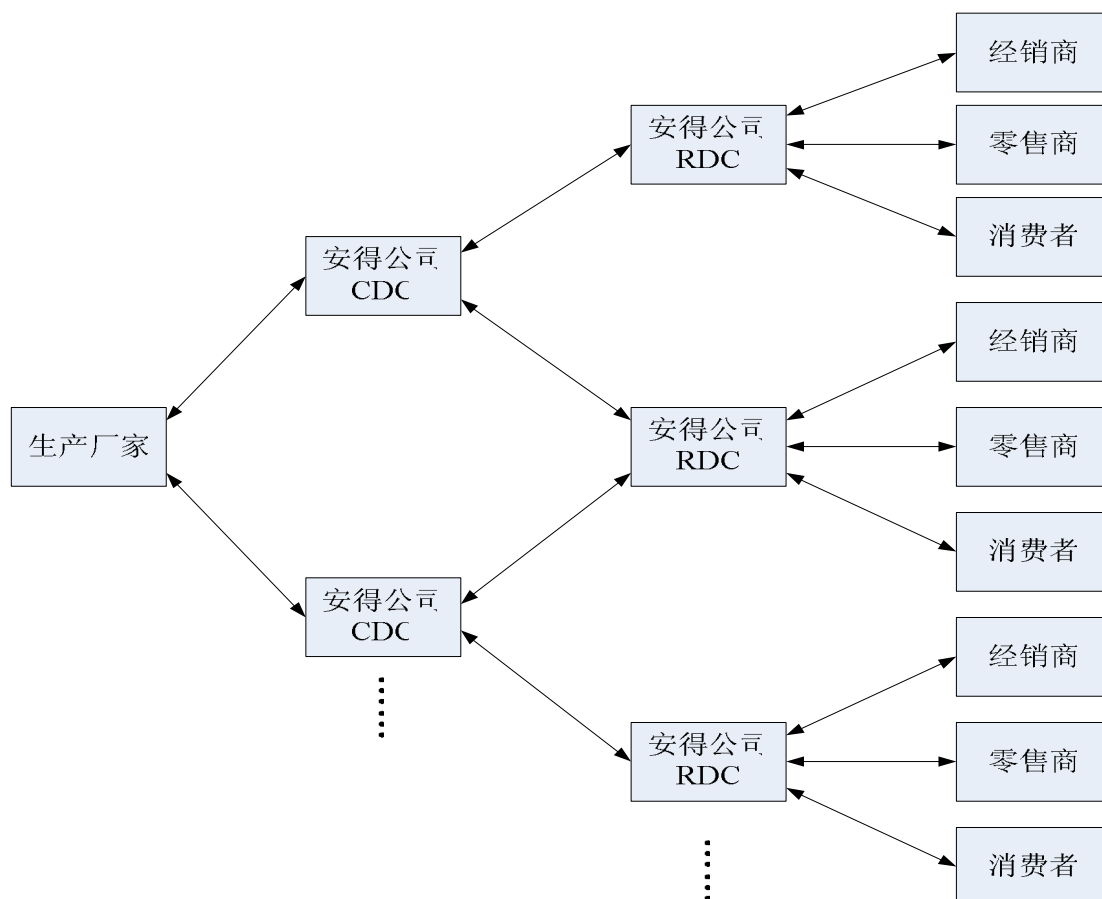
其次,为了提高逆向物流的效率,应该广泛应用一些物流信息技术,比如应用条形码技术,可以迅速知晓回收物的型号、使用年限等,降低了人工作业,也降低了分类时的复杂性。

第三,安装物流跟踪系统、导航系统,实施查询了解车辆在途、装载信息,这样,在车辆到达目的地时,我们就能及时地准备好所收回的需要维修或者报废的产品,然后装载,实现回程运输,大大节省了返程车辆的等待时间。

第四，安得公司要在自己的能力限度内争取到最大数量的客户，为他们提供逆向物流服务（当然，这些客户最好是在安得公司的物流配送中心的有效范围内），这样才能达到规模效益。

通过安得公司来为生产厂商实现逆向物流的运作，有一个很大的优势就是不用再单独建立逆向物流处理中心，安得可以在地区商品配送中心基础上改建或扩建逆向物流处理中心，共同使用仓储、运输等硬件及管理等人力资源设施。通过该处理中心，能够帮助企业通过有效管理逆向物流而使其更有效率。第一，逆向物流处理中心将回流物品按照去向细分，如再出售、加工后再出售、提取有用材料、废弃处置等；第二，处理中心能够帮助零售商减少无法销售的库存产品，有效地降低整个供应链的成本；最后，处理中心集中化的运作可以节省人力成本和发挥运输批量经济的优势。

通过信息、资源的整合以及回程运输，安得公司最终将实现正向物流与逆向物流的融合。



在这整个物流网络系统中，正向物流与逆向物流紧密地结合在一起，他们共用统一的仓库、统一的配送中心、统一的车队，正向物流与逆向物流同时进行。

而当正向物流与逆向物流紧密地结合在一起后，安得公司实际上为厂家提供

了从产品出厂、到产品达到消费者、再到产品收回生产厂商的全程服务。而且由于资源的整合、信息的共享，安得达到了规模化的运作效益，生产厂商也因为将逆向物流外包给专门的第三方物流企业而大大降低了回收成本；再加上两者紧密的合作，大大加快了整个物流网络中的流通速度，帮助生产厂商提高了服务质量，提升了客户忠诚度。

五 库存管理和 RDC 选址

5.1 库存与运输

选择一种合适的运输方式，既是计划性决策又是操作性决策。较快的运输方式，如公路运输，适合于具有较高价值的产品，因为对于这些产品来说，减少库存是至关重要的；而较慢的运输方式，如铁路运输和水路运输，则适合于运送较低价值的产品，因此对于这些产品来说，减少运输成本是更为重要的。

同样，运输频率与库存管理也有着密切的联系。当平均需求一定时，库存成本和运输成本存在着悖反关系。不同的库存策略会产生截然不同的运输成本。如果为了节约库存持有成本、减少库存积压，那么此时意味着供给和需要之间缺少了足够缓冲，增加运输频率是十分必要的，从而运输成本也随之上升。这样，不仅不能获得规模效应，还会产生大量的不满载运输，这将造成运输资源的浪费，增大交通负载和加重环境污染。反之，如果按照传统的 management 方法，充分发挥库存的作用，增大库存数量，此时，运输频率会下降，从而降低了运输成本，然而，库存管理的成本却增辑。

公司在选择采用何种方式运输货物时应根据客户的需求及货物的实际特点，来选择最适合的运输策略及库存策略，使物流成本达到最低。

5.2 主动持续补货

按照对该案例的理解，V 公司业务流程转变后，V 公司内部可以进行持续补货，C 客户内部也可以持续补货。存在问题在于 C 客户不能向 V 公司进行持续补货，此时要解决的问题即是供应商对零售商的持续补货。

5.2.1 主动持续补货思路

主动持续补货的思路正是通过充分信息沟通和对于在途库存的规划，增加运

输频率，减少安全库存量，降低安全库存量，减少库存持有成本。如下图所示：持续补货模式使安全库存天数从 N 减少到 1。



但是持续补货的模式对于大型RDC才更有效。正如案例十一《主动的持续补货》，分公司正逐步演变成了区域配送中心，要保证持续补货，每天的运送量需要达到经济运量才可行。否则 N 就不能缩小到1。但是对于任何规模的RDC，总是可以通过这种模式，将 N 作适当的缩短。

5.2.2 持续补货环境

销售的信息我们可以借助POS系统，每件货物贴上了条形码来作为标识，当顾客购买付款的时候，通过扫描仪就可以记录下实时地销售信息，记录下来被购买的货物种类和时间，通过联网以EDI的形式传送到总部加以分析。这些信息随时被更新，所需信息部门就能随时得到最新的销售信息。库存信息可以利用一些软件如：ERP软件来管理库存，随时得到库存的信息。关键是C客户与V公司要信息共享，要建立两公司之间EDI，可在V公司建立POS机和条码扫描。

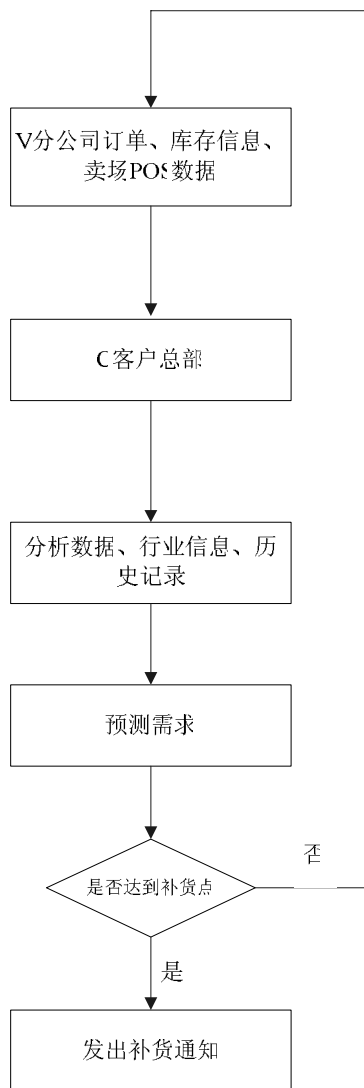
5.2.3 C 客户和 V 各分公司之间的连续补货

由于C公司持续补货技术比V公司成熟很多，因此建议采用供应商——C客户主导的模式。实施持续补货，C客户必须掌握足够的信息，否则不能正确指导补货。V分公司的订单信息、库存信息以及卖场POS记录都应通过EDI的形式及时的传送到C客户总部。C客户根据掌握的下游企业的销售库存等信息，结合历史销售记录和行业的整体趋势来预测出下游企业的需求，再参照库存信息来组织补货。如果仓库中存货达到了补货点，立即向下游企业发出通知并组织补货。

在C客户和V各分公司之间的连续补货具体操作如下：

在这种情况下，连续补货过程涉及卖场、V各分公司和C客户。首先，卖场利用计算机辅助订货(CAO)产生订购单，并发送到相应的V分公司。V分公司根据订购单，向卖场补充货物。V分公司的库存管理系统根据收到的货物量、实际库存量以及出库量，生成一个货物移动报告，并交付库存管理员，由库存管理员将

缺货情况、系统还没记录的货物移动情况，以及其它相关因素考虑进去后，以库存和销售数据报告报文的形式发送给C客户。C客户收到配送中心的库存和销售数据报告报文后，将该报文上载到自身的需求预测系统，然后，生成一个建议性的订购单，以EDI报文的形式传送给V分公司。V分公司收到建议性的订购单报文后，查看报文中的产品和数量，如果可以接受，则向C客户发送订购单认可，C客户根据订购单认可，由安得物流组织向V分公司送货。



持续补货流程图

5.3 RDC 的选址

RDC 是指区域配送中心，这里的区域我们主要是按省划分的。每个 RDC 负责对某片区域（省）内的客户进行配送服务。考虑到配送中心的建设成本以及每

年的固定经营费用较大，我们建议安得公司原则上在每个省内建设 1 到 2 个 RDC。当省内的客户分布相对比较密集时，建一个 RDC 就够了；当省内的客户分布相对比较分散时，可以将这些客户划分为 2 个区域，在每个区域内建一个 RDC。

对于 RDC 的选址，我们以从 RDC 到各个需求点的总配送费用最小为目标，采用了定量分析与定性分析结合的方法来解决该问题。首先采用定量分析的方法计算出 RDC 应该建在哪个城市，然后考虑到在该城市中实际可行的地方不是很多，所以可采用定性分析的方法来确定 RDC 在该城市中的具体位置。

定量的分析方法，我们主要采用的是重心法。重心法就是将物流系统中的需求点看成是分布在某一平面范围内的物流系统，各点的需求量看成是物体的重量，物体系统的重心作为物流网点的最佳设置点。

针对安得公司的 RDC 选址问题，考虑到 RDC 是一个省内的比较大型的配送中心，我们以各个城市作为需求点，以该城市总的需求量作为物体的重量。

重心法求解：设有 n 个需求点，它们各自的坐标是 (x_i, y_i) , $i=1, 2, \dots, n$ 。配送中心的坐标是 (x_0, y_0) 。目标函数为 $\text{Min TC} = \sum_{j=1}^n h_j w_j d_j$ ，利用最小二乘法，对 TC 分别求 x_0, y_0 的一阶偏导数并令其等于 0 得

$$x_0 = (\sum_{j=1}^n h_j w_j x_j / d_j) / (\sum_{j=1}^n h_j w_j / d_j) \text{ 和}$$

$$y_0 = (\sum_{j=1}^n h_j w_j y_j / d_j) / (\sum_{j=1}^n h_j w_j / d_j)$$

其中 h_j 为从配送中心到需求点 j 的配送费率(即单位吨公里的运输费)； d_j 为从配送中心到需求点 j 的直线距离，即 $[(x_0 - x_j)^2 + (y_0 - y_j)^2]^{1/2}$ ； w_j 为配送中心向需求点 j 的配送量。

由于公式右端还含有 x_0, y_0 (包含在 d_j 中)，直接求解非常困难，所以一般采用迭代法求解。求解 (x_0, y_0) 的关键在于给出配送中心的初始位置，这个初始点可以取各需求点的地理重心，也可以任意选取，不管用哪一种，用迭代法计算时的收敛速度都很快，但是采用地理重心作为初始点可加快收敛速度。

在用重心法确定出 RDC 的城市后，然后用定性的分析方法确定 RDC 在该城市中的具体位置。这里我们采用因素评分法。

配送中心的选址首先要能够保证在一定的物流服务水平下满足顾客的订货要求，要在充分考虑配送距离、配送时间和配送成本的基础上，确定配送中心的服务区域，根据经营范围，合理选取配送中心的位置。同时在选择时也要充分考

虑下因素：

(1) 交通环境便利。选择配进中心的位置必须要具有便利的交通条件。最好选择在各种交通干线相衔接的地带，如铁路枢纽、海港码头、空港以及公路的交通干线附近。便于货物及时迅速地转运和输送，也可节省运输费用。

(2) 经济效益较好。配送中心因其占地规模较大，一般可选择在交通条件较好的郊区。土地租金和运营费用相对较低，也可选择一些已有仓库的地段，降低初期建设费用。其次，为使物流配送中心有效运转，其建设和运行费用也必须在合理的范围之类：在确定配送中心选址和用地规模时，应以物流配送现状分析和预测为依据 按服务空间范围的大小，综合考虑影响物流配送中心的各种因素，选择最佳地点，确定最佳规模。

(3) 周围基础设施良好。配送中心周围要有设施齐全的通信能力。足够的供电、供水能力，足够的燃料、能源，以及数量充足、素质较好的人力资源。

(4) 对客户辐射能力强。配送中心选址时应考虑其客户的分布范围及与客户间距离长短，尽量缩短配送的距离和时间。

(5) 未来发展能力较强。要考虑配送中心所在位置的长远发展性，包括其客户变化、交通条件、周围环境经济发展等，要选在客户数量有发展潜力的地段，对配送中心的建设规模也要有初期规模和长远规模扩大的打算。

(6) 环境发展合理。配送中心的规划要尽量使占地规模较大、噪声污染严重、对周围景观具有破坏性的配送远离城区和居民。尽可能减少对自然环境的破坏和降低对周围居民生活的干扰。

首先，结合这些因素，搜集数据，选出该城市中的可用 RDC 候选点。

然后针对以上这些因素，我们可以设计出一张因素评分表，邀请一些这方面的专家对这些因素进行评价打分。

| | A1 | A2 | ... | A _n |
|----------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|
| S1 | B ₁₁ | B ₁₂ | ... | B _{1n} |
| S2 | B ₂₁ | B ₂₂ | ... | B _{2n} |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| S _n | B _{n1} | B _{n2} | ... | B _{nn} |

接下来，要求专家赋予这些因素在 RDC 选址中所占的权重，对专家的意见进行综合得出各个影响因素的权重 T_j 。

对于每个专家，我们还要对他的权威性进行量化，即给予一个可行度 K_i 。

最后，对每个候选地点 S_i ，我们可以计算出一个综合得分：

$$Y_i = T_i \times K_j \times B_{ij}$$

选取 Y_i 最大值的点 S_i 为最终的 RDC 建立地点。

六 客户服务

6.1 以竞争为导向制定物流客户服务水平

案例九《这次投标有把握吗？》——如何制定客户服务水平

在天津 S 客户的投标过程中，安得物流分公司与其他几个竞争者（包括天津一运、万港物流、内蒙邮政）在竞争，如何在投标中取胜，一方面在于公司的报价是否能够吸引 S 户，另一方面还在于公司所提供的物流服务水平能否使 S 户满意。企业在制定物流客户服务水平时，可以考虑竞争对手的表现与策略，因为 S 客户会与其竞争对手作比较，因此，我们提出了以竞争为导向机制制定物流客户服务水平。

以竞争为导向制定物流客户服务水平的核心思想是：将竞争对手或物流客户服务标杆的服务表现，纳入到企业物流客户服务水平决策的视线范围中来，通过制定恰当而经济的物流客户服务水平来获取竞争优势。

6.1.1 物流客户服务的外部衡量

根据企业所作的物流客户服务外衡量的结果制作数据表格：

数据表格中是进一步竞争地位图与纯净评估图的数据依据。表中的数据来源是企业所作的物流客户服务外部衡量。表格中可包含以下项目：每个物流客户服务要素的重要性均值，企业及其主要的竞争对手在每个物流客户服务要素上的绩效表现均值，比较标杆在每个物流客户服务要素上的绩效表现均值，企业在每个物流客户服务要素上的相对绩效。其中企业相对绩效的计算公式为：

$$\text{相对绩效} = \frac{\text{企业在某物流客户服务要素上的绩效表现均值}}{\text{标杆在该要素上的绩效表现均值}}$$

根据材料分析，我们选取以下物流客户服务要素：价格竞争力、对加急订单的处理程度、发货日期准确、发货的完整率、快速调整发货误差、信息反馈、应急能力、客户投诉索赔退货处理水平。¹²假若分公司借鉴运输规划中所提及的模

¹²物流客户服务要素的选择是需要根据实际情况而定的，鉴于案例资料并未齐全，此处

型来优化为天津 S 客户配送的路线和利用呼叫中心进全程运输进行掌控¹³，一方面能够降低运输成本，另一方面也能提高运输时间的稳定性，保证发货日期的准确性等。我们相信安得将会比其他企业更能吸引客户。

设立比较标杆可以采用多种形式，在天津 S 客户投标的过程中，由于与安得物流公司竞争投标的并不是所有的物流公司，因此安得并不需要将整个行业的所有竞争对手的平均物流客户服务水平作为比较标杆，而只需将这几个竞争对手进行比较，这时相对绩效体现了企业与竞争对手之间的差别，由此绘制的竞争地位图能够反映出对于某一群同时从两家或更多家企业购买产品与服务的客户来说，安得公司相对于另一些竞争对手的竞争地位，从而使公司能够制定针对具体客户和竞争对手的物流客户服务水平决策。

下表是数据表格的示例：

数据表格示例¹⁴

| 编号 | 要素 | 重要性 | 绩效评估 | | |
|----|--------------|------|------|------|-------|
| | | | 本企业 | 标杆 | 相对绩效 |
| 1 | 价格竞争力 | 5.71 | 5.35 | 5.03 | 0.32 |
| 2 | 对加急订单的处理程度 | 5.56 | 4.93 | 5.65 | -0.72 |
| 3 | 发货日期准确 | 5.4 | 4.79 | 4.61 | 0.18 |
| 4 | 发货的完整率 | 5.27 | 4.53 | 3.89 | 0.64 |
| 5 | 快速调整发货误差 | 5.06 | 5.21 | 5.69 | -0.48 |
| 6 | 信息反馈 | 4.75 | 4.68 | 4.36 | 0.27 |
| 8 | 应急能力 | 3.82 | 5.01 | 5.48 | -0.46 |
| 9 | 客户投诉索赔退货处理水平 | 3.19 | 5.24 | 4.64 | 0.61 |

6.1.2 绘制绩效评估图

首先将物流客户服务要素的重要性作为 y 轴、本企业绩效作为 x 轴，建立一个二维坐标系，然后根据上述数据表格中的数据，将各物流客户服务要素描点在该坐标系上：如编号为 1 的物流客户服务要素——价格竞争力的 y 坐标为该要素的重要性均值——5.71；x 坐标为企业在该要素上的绩效表现均值——5.35。依

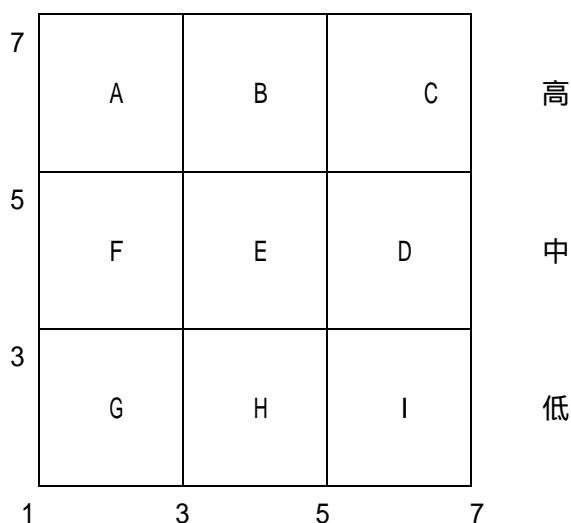
所列举的八要素并不一定完全包含了制定向天津 S 客户提供物流服务的所有要素，安得公司需要根据实际情况来选取服务要素。此处仅是以此八要素举例而已。

¹³ 在 6.3 中将会详细介绍。

¹⁴ 表中的绩效值参考来源于李伊松，易华.物流成本管理.机械工业出版社,2005 年。由于案例资料不全，本案例中具体绩效值的计算需要安得公司本身及竞争对手的情况计算得出，此处仅举例而已。

此类推：当所有的要素都在该坐标系中描点完毕后，绩效评估图就绘制完成了。

绩效评估图的形式如下图：



绩效评估图

绩效评估图可划分为 9 个单元格。各要素落在图中的不同区域时的含义，以及应当对现有水平做出的调整各不相同，具体如下表所示：

| 区域 | 客户服务要素状态 | 应该采取的措施 | 区域 | 客户服务要素状态 | 应该采取的措施 |
|----|--------------|---------|----|-------------|---------|
| A | 重要性高，绩效水平低 | 绝对提高服务 | F | 重要性中等，绩效水平低 | 提高服务 |
| B | 重要性高，绩效水平中等 | 提高服务 | G | 重要性高，绩效水平低 | 保持服务 |
| C | 重要性高，绩效水平高 | 保持/提高服务 | H | 重要性低，绩效水平低 | 降低/保持服务 |
| D | 重要性低，绩效水平高 | 降低/保持服务 | I | 重要性低，绩效水平高 | 降低/保持服务 |
| E | 重要性中等，绩效水平中等 | 保持服务 | | | |

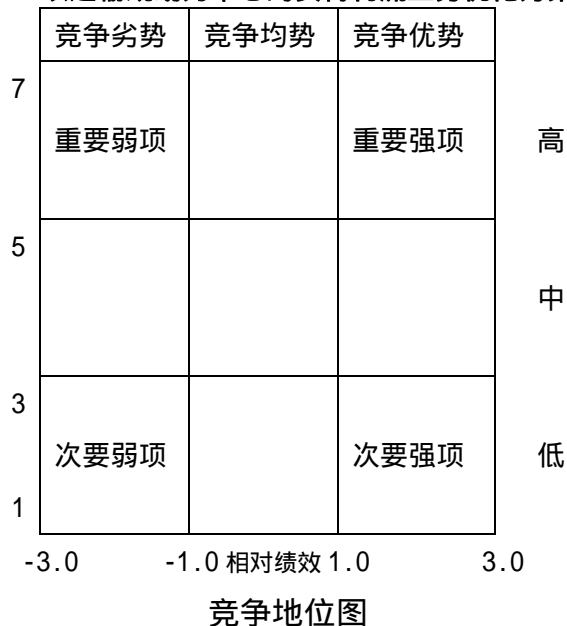
当服务要素落在 A 区域时，意味着该要素在客户心目中的重要性等级很高，但企业在该要素上的表现却并不能令客户满意，这时就应当绝对提高该要素的服

务水平，当然如果物流客房服务的内部衡量显示，企业实际在该要素上表现并不差，只是由于和客户沟通不够或其他原因，导致客户产生了误解的话，这时就要加强同客户的沟通，使得客户认识到该要素的真实服务水平，而不是提升现有水平；当服务要素落在 B 区域时，意味着该要素在客户心目中的重要性等级很高，但企业在该要素上表现一般，这时应当提高该要素的服务水平，同样如果是由于沟通等产生误解的话，则应该消除误解；当服务要素落在 C 区域时，意味着该要素在客户心目中的重要性等级很高，而企业在该要素上的表现非常令客户满意，这时应当提高或保持该要素的服务水平；当服务要素落在 D 区域时，意味着该要素在客户心目中的重要性等级中等，而企业在该要素上的表现非常令客户满意，这时应当保持或降低该要素的服务水平；当服务要素落在 E 区域时，意味着该要素在客户心目中的重要性等级中等，而企业在该要素上的表现一般，这时应当保持该要素的服务水平；当服务要素落在 F 区域时，意味着该要素在客户心目中的重要性等级中等，而企业在该要素上的表现非常令客户很不满意，这时应当提升该要素的服务水平；当服务要素落在 G 区域时，意味着该要素在客户心目中的重要性等级很低，而企业在该要素上的表现一般，这时应当保持或降低该要素的服务水平；当服务要素落在 H 区域时，意味着该要素在客户心目中的重要性等级很低，而企业在该要素上的表现一般，这时应当保持或降低该要素的服务水平；当服务要素落在 I 区域时，意味着该要素在客户心目中的重要性等级很低，而企业在该要素上的表现令客户非常满意，这时应当保持或降低该要素的服务水平。总之，当各物流客户服务要素落在绩效评估图的对角线上时，物流客户服务水平最为合理。同时，弄清客户对物流客户服务水平的评价与真实情况是否相符，及时消除误解也是十分重要的。

6.1.3 绘制竞争地位图

首先将物流客户服务要素的重要性作为 y 轴、相对绩效作为 x 轴，建立一个二维坐标系；然后根据上述数据表格中的数据，将各物流客户服务要素描点在该坐标系上，如：编号为 1 的物流客户服务要素——“价格竞争力”的 y 坐标为该要素的重要性均值——5.71；x 坐标为该要素的相对绩效——0.32。依此类推，当所有的要素都在该坐标系中描点完毕后，竞争地位图就绘制完成了。竞争地位图的形式如下图所示：

以运输规划为中心的安得物流业务优化方案



竞争地位图中的 9 个单元格可以被划分为三大类，如图所示。竞争优势区，落在该区域的要素属于企业强于比较标杆的方面，它包括重要的强项（重要程度高，相对绩效值高）与次要的强项（重要程度低，相对绩效值高）；竞争均势区，当要素落在该区域时，说明企业在该要素上与比较标杆势均力敌，没有显著差异；竞争劣势区，落在该区域的要素属于企业弱于比较标杆的方面，它包括重要的弱项（重要程度高，相对绩效值低）与次要的弱项（重要程度低，相对绩效值低）。

落在重要强项区的服务要素需要在与客户的沟通过程中得到加强，落在重要弱项区的服务要素应该得到改善，或者需要说服客户，让他们感到这些要素的重要性并不像他们认为的那么高。当服务要素落在次要的强项区时，代表了企业在这些要素上优于竞争对手，但客户并不认为这些要素的重要性高，应该使客户相信这些要素对他们是很重要的，或者需要减少这方面的支出，降低这些要素的服务水平。

6.1.4 企业物流客户服务水平的制定

将绩效评估图与竞争地位图相结合，制定企业物流客户服务水平：

单独利用绩效评估图或竞争地位图来制定企业的物流客户服务水平是危险的。因为，竞争地位图只反映企业相对其它比较标杆的优劣，绩效评估图只反映企业在各个要素上的实际表现。为了能够更加全面地考虑问题，使决策更加科学合理，必须将绩效评估图与竞争地位图结合起来进行最终的决策。

具体原则如下：

- 竞争地位图反映了企业与标杆相比的竞争优势与劣势。
- 绩效评估图，反映了企业实际达到的绩效水平。

- C. 竞争地位图反映应当提高水平的要素，同时还可以通过绩效评估矩阵考量企业在该要素上的绩效表现，提升绩效表现好的要素的效益，要低于提升绩效表现低的要素效益。
- D. 对于绩效评估图显示应当降低水平的要素，同时还应观察该要素与标杆相比的竞争地位，如果处于竞争均势或竞争劣势，则应慎重下调。
- E. 通过以竞争导向制定的物流客户服务水平，可以使安得更加清楚地了解与其他竞争对手相比，自身的竞争优势与劣势，根据实际情况来调整物流服务水平。当然主动积极地了解天津 S 客户的服务要求及考核评价制度，最后确定一个合理的物流服务水平，在投标过程中，可以更加吸引客户的关注。

6.2 个性化服务

6.2.1 增值服务

在以竞争为导向的方法制定的物流客户服务水平时，企业很可能会发现客户对某一要素特别重视，但很少或没有竞争对手能够提供该方面的令客户满意的服务水平。这样的要素为企业向市场提供差异化服务提供了机会。

在案例十二《提供个性化服务》中，刘经理制定了针对**洗衣机和 xx 空调配件的业务拓展计划，提出了信息共享服务，如公司通过系统随时为客户提供产品在库产品状态、在途产品信息、终端客户意见反馈以及 24 小时随时出入库等增值服务，向客户提供个性化的拆分\二次包装及“一站式”送达服务。在案例十四《配送增值服务》中，陈经理提出了为客户提供安装调试服务、将市场终端信息及及时反馈给客户等增值服务。

我们认为公司还可以从以下两个方面向客户提供增值服务：

（1）维修技术服务

公司有 22 个客户中有 14 个客户为家用电器牌。众所周知，家电产品存在着损坏维修的问题，在消费者越来越重视售后服务的今天，各家用电器生产商都向消费者提出了一定年限内的产品保修承诺，但是很多知名家电品牌并未在县级地区设立维修点，对于需要产品维修的消费者而言，是极其不方便的，而且间接影响了该品牌产品的销售。安得公司作为一家全国性的物流公司，在各个地区都设立了分公司，实现了全国运输网络化，拥有方便的运输及仓库资源，安得公司是否可以考虑在与家用电器生产商合作，签订合同，在家电维修服务需求大的地区由安得设立维修点，聘请经过生产商技术认证的专业家电维修人员在各维修点提供维修服务，为生产商解决售后服务的问题。这是一种经营理念的创新，一方面公司为客

户开辟了更为宽广的售后服务渠道，提供了令客户满意的增值服务，促进与客户建立长久的合作伙伴关系；另一方面，公司还可从维修合同中获利，提高公司利润。

（2）家电废旧产品回收运输服务

日前，国家发改委的相关负责人透露，中国已经进入家电淘汰高峰期，未来两年中国将制定有关废弃电子产品回收利用的规定。国家发展和改革委员会表示，国家正在着手建立中国废旧家电产品回收处理体系，这一体系将实行“生产者责任制”，家电生产企业负责回收处理废旧家电；回收处理企业实行市场化运作，国家在政策上给予鼓励和支持。这一政策将率先在电视机、电冰箱、洗衣机、空调器、电脑生产领域试行。

根据资料显示，目前，我国已经进入了家用电器报废高峰期，每年有大量的家电产品报废。并且也这一势态也引起了国家发改委的重视，在 2003 年，国家发改委就表示国家将着手建立中国废旧家电产品回收处理体系，这一体系将实行“生产者责任制”，家电生产企业负责回收处理废旧家电，这一政策将率先在电视机、电冰箱、洗衣机、空调等生产领域。虽然目前，国内的废旧家电产品回收处理体系遇到了一系列的障碍，但是家电产品回收这一趋势是不可改变的，它不仅关系到金、银、铂等一些宝贵资源的回收利用，也影响到生态环境。我们可以预测在未来几年，家电生产商将会更加重视家电产品的回收工作，但家电产品自身可能并未有充足的运输资源来实现废旧品的回收，因此，家电生产商很可能外包回收运输工作，这对于拥有丰富的运输资源的安得来说又是一大契机。安得可在配送中心内设置废旧品专业分拣中心，通过与各地家电维修处联系，由维修处将各个品牌的废旧家用电器送至较近的配送中心，由安得专业分拣中心进行集散分拣、分类加工，最后统一运输到生产商指定废旧品处理点。

对于一个企业而言，不断更新经营理念，如同不断输送新鲜的血液一般能够使企业不断成长。从安得公司的经营介绍中我们发现安得公司已经在不断提升自身的服服务务水平，近期所开拓的增值服务已经包含了家电、日用品、零配件等各方面，我们也希望以上所提出的增值服务能够有所帮助。

6.2.2 呼叫中心¹⁵

根据案例四《呼叫中心--演绎“全程掌控”新理念》，我们了解到目前安得物流中心在呼叫中心运行中面临的问题主要包括以下几个方面：

- A. 重点关注网点系统录入不及时、信息虚假问题；
- B. 对网点运作上存在的问题进行分析与跟进，协助网点规范管理；
- C. 加强对异常成本的调查监控力度；

¹⁵在本方案中，侧重于与运输业务相关的呼叫中心

D. 系统跟踪模块的完善和改进；

E. 跟踪手段的改善与提升。

安装物流跟踪系统、导航系统，实施查询了解车辆在途、装载信息，这样，在车辆到达目的地时，我们就能及时地准备好所收回的需要维修或者报废的产品，然后装载，实现回程运输，大大节省了返程车辆的等待时间

这五方面的问题一方面需要安得公司通过制定相应的制度来严格规范职工行为，避免如系统录入不及时等问题。对于信息虚假问题的原因很可能是系统间各个模块关联性处理不当，此时应当加强统一管理，如统一号码、统一界面、统一标准。另一方面，公司应加强投资力度，对呼叫中心进行维护，如改善与提升跟踪手段，下面是我们对改善跟踪手段以及系统跟踪模块的改进提出的一些建议。

为了能够及时地跟踪车辆的在途信息能够使安得做好各项工作的安排，并处理一些突击情况。在此我们建议安得可采用 GPS 车辆跟踪定位系统。

通常 GPS 车辆跟踪定位系统是由以下几个方面构成的：分别为 GPS 定位终端；车辆定位监控软件（基于 Microsoft Windows98 或以上平台）；电子地图；数据库软件；无线通信数据收发模块；用于 GSM 网络通信的 SIM 卡。

目前，GPS 车辆跟踪定位系统已经成为货物跟踪的潮流技术，广泛应用于货运、快递等相关行业。它的优点在于能够使公司掌握清晰的车辆在途信息，但是同时前期的投入也是较大的。当然，是否投资改善跟踪手段，安得公司需要对此做出成本收益分析。关于成本与收益的分析，由于涉及多方面的核算，本方案中不做详细分析。

采用 GPS 车辆跟踪定位系统也为系统跟踪模块的改进提供了更大的余地。在此我们建议公司可以从以下几个方面来改进系统跟踪模块。

（1）运输资源管理

- A. 实现对于自有车辆资源的管理；
- B. 外部车辆的管理，建立承运商的车辆数据库。包括车辆的编号、名称、运载能力、运输时刻表等基本信息；
- C. 运输状况报告，反映所有承运车辆的路线、位置、所载货物、起运日期、到货日期等等。

（2）车辆跟踪模块

呼叫中心的车辆跟踪模块是建立在 GPS、INTERNET 等平台之上的应用平台。用户可以通过该平台，随时跟踪到车辆的当前位置和状态、车辆上的货物情况、车辆的历史行程记录、车辆的历史货运记录。系统以可视化的图形界面展现给用户。并且可以达到以下功能：

- A. 提供运输任务查询，（可分单号，客户，时间等或车号，显示当前状

态)；

- B. 具有数据输入更新的功能（即运输状态更新功能，支持通过 GPS 或短信息运输信息交互系统以及其他的联接方式）；
- C. 生成运输任务完成情况报告；
- D. 支持外部用户的查询（通过普通电话网或 Internet 等远程方式查询）；
- E. 生成运输任务统计报告。

（3）运输费用查询模块

基于我们开发出的运输规划系统，我们认为呼叫中心还可以开辟出运输费用查询模块以实现以下功能：

- A. 承运商的价格信息管理；
- B. 依据合同分客户的运输价格表；
- C. 分货主的统计车辆装载率；
- D. 针对具体的送货地点的可列印明细；
- E. 当日基于货主费用明细。

6.2.3 一站式服务

在与客户沟通以及签订相关合同后，安得物流可以统筹安排客户的大部分物流。负责运输、仓储、分流，还可以处理一些增值运作，包括办公室租赁、税务、关税及财务等。这的实质就是服务的集成、整合，既可以是服务流程的整合，也可以是服务内容的整合。安得能够帮助客户提高资金周转率，也可以使客户集中于自身的核心主营业务。目前安得公司已经开展了国际货代的相关业务，在与国内外客户的服务过程中，可以提供以下服务：远洋货运和陆路运输；未完税仓库存储；装配；测试；报关手续；延交增值税；存货管理；客户联络；现金及信用管理。

提供一站式物流的优点是：客户可以集中精力于研发和销售工作；以较少的投资成本和较小的风险获得较大的收益；减少成本，无须投放资金在销售地建立厂房、购买设备和雇佣员工；将固定成本变为可变成本；更有效地通讯；了解国外市场，提供即时的物流服务和当地专业的技能；提供即时、可靠的信息；该模式适应性强，适用于所有行业。归纳而言，“一站式”物流模式是将安得的组织结构由原来的链式转变成矩阵型网状结构，将业务流程根据企业需要整合在一个虚拟的组织中，能为客户提供一体化的服务，提高了客户服务水平。

七 系统介绍

由于我们的模型和理论需要大量数据的输入以及计算，因此单纯提出思路和模型，不容易在具体的业务中得到广泛应用。所以在理论的基础上，我们自行开发了一套系统，并利用 lingo 软件，将我们的模型与系统进行对接，将理论付诸实际。这样符合了“企业应用”这一本次比赛的特点与宗旨，提高了可操作性。

7.1 系统简介

此款系统主要是针对江西省公路收费标准变动所开发的，结合安得公司的实际业务情况，通过与 lingo 数学软件的连接，对数学模型进行求解，帮助安得公司解决路线选择以及车辆选择两大问题，从根本上降低运输成本，提高配送效率。

7.2 主要特点

界面美观易用：各操作窗口清新、大方，操作方便。

lingo 软件对接：这是一套通过与 lingo 软件连接实现路线优化的软件。轻松解决模型运算问题，模型与界面对接方便，模型易于修改。

运输情况全面：系统根据安得公司的实际业务，将运输业务分为跨省运输和省内运输，其中又分为不同情况，加以使用不同模型来解决。

7.3 主要功能

最优组合（跨省）：主要用来计算跨江西省公路运输的最优路线以及最优车辆组合。

单环配送（省内）：单环配送相当于省内的 TSP 问题，求单辆车经过各个接货点所用的最短路径。（由于省内运输的各路段成本相差不大，而且物流企业相对于跨省运输更希望得到的是最优路线而不是最优成本，所以这里计算的最优路线是指的路程最短的线路。）

车辆情况：用于统计公司的现有车型，帮助使用者添加，修改，查询公司现有车辆的情况，以及各车型的费用情况。

路况信息：用于统计从起点到终点所经过的各个主要干道信息，帮助使用者添加，修改，查询道路信息。（此试用版本中存储的是从广州到杭州所可能经过的各条道路情况，作为演示版的数据资料）。

单位信息：提供安得公司的基本情况，以及联系方式。

管理员设置：用于添加，修改，查询管理员的信息。

离开挂起：当管理员离开电脑时，可进行离开挂起，为系统设置密码，锁住系统不被操纵，防止他人盗取、篡改系统信息。

更改口令：进行口令的修改。

使用帮助：使用者进入后可阅读帮助文件，了解系统的使用与维护。

更为详尽的介绍请参见我们软件光盘中的《系统用户手册》。

八 总结

8.1 方案小结

本方案以运输规划为重点，为安得公司的运输新方案提供了主体框架，在实际的企业应用中需要公司自己进行细化，但是整体上对于解决安得的配送问题还是比较完善的。另外，围绕着运输规划，对与之相关各项物流业务进行优化，包括库存管理、配送增值服务、个性化服务、配送中心的选址等，实现了这些问题的综合解决。

1．我们能够为安得公司提供最优的配送方案。在确定具体的货物运输量、配送发车点以及目的地后，我们就能计算出安得公司应该选择哪种车型、哪条路线，以使总的配送成本最小。

2．我们的方案将安得的业务分为一级网络和二级网络两大模块，主要从点对点、单环运输、多环运输这几个方面考虑了运输方案重新调整的思路，逻辑性较强，且模型易操作，涵盖了安得公司汽车运输中大宗货物、快速货物、小批量多客户等几种情况，考虑的方面还是比较全面。

3．我们的方案不仅仅停留在理论范畴上，相对比较偏向于实际的应用。通过广州到杭州的举例示范，可以看出我们的方案能够真正实际地解决运输成本上升的问题。

4．我们在为企业提供最优公路运输方案的同时，也提出了铁路运输和水运

的新方案，通过对三个方案时间、效率、成本等各方面的比较，为公司提供最合理的运输方案。

5. 我们在此方案的基础上设计了一个物流系统。在此系统中，我们只需要输入相应的数据，就能很快得到最优的配送方案。而且面对顾客的个性化需求，能够量化地解决。通过开发的与理论密切结合的物流系统，可以让安得企业最终实现配送最优的目标，实现双赢。

6. 为了更好的阐释我们的方案以及对物流系统的灵活运用，我们以从广州到杭州的运输为例，提出了最优的配送方案（包括车型选择和路线选择），以及以此为例介绍了我们的物流系统。

7. 在运输规划的基础上，通过新型物流模式降低运输成本，如加强返程运输，增加逆向物流环节，不但提高运输效率，而且加强了客户服务。

8. 充分考虑二律悖反原理，对运输优化的同时，加强对库存的管理，使两者成本之和尽量最小，为企业最大程度降低成本。

9. 增加 RDC 选址，完善了安得公司全国物流网络的优化方案。运输规划和配送中心选址结合，三种运输模型和重心法综合运用，再加上对库存的管理，持续补货的控制，最大程度减少物流两大环节——运输和仓储的成本。

10. 客户服务的增加，更突出了作为第三方物流公司加强与客户联系的重要性。结合案例，提出的增值配送服务、提供个性化服务、加强呼叫中心作用，并根据竞争机制强化客户服务水平，提高企业自身业务水准，加强对顾客的服务能力。

8.2 本方案有待提高的地方

我们的方案由于各种原因，存在不足之处，还有很大的可提高空间，具体总结如下：

一、我们的模型只是在案例提供的数据基础上进行的分析与建模，有很多因素没有考虑在模型内，如路线对运输时间的影响等，因此我们的模型只能做到接近最优解，不能完全最优，在实际公司运用的时候还需要自行考虑各种因素对它的影响，要权衡费用与效率之间的关系等。

二、以广州到杭州作为背景的实际业务计算结果不很准确。因为在计算公路运输的费用时，我们无法得到收费点具体的分布情况，因此只是进行了经验式的假设，假设了沿途收费点的个数，因此公路运输最终成本不会很准确。同样，铁路和水运由于得不到精确的数据，也只是根据我们查到的数据进行的估算，可能最终结果不很准确。但是我们提供的主要是思路与步骤，在具体应用中，企业需

要自己精确加入掌握的数据，这样的结果会精确很多。

三、我们的系统还有一些不完善的地方。由于时间比较紧，我们的系统还有很多功能没有实现，比如在安徽省内配送这一块，我们只实现了单环运输问题的解决，至于多环的 Lingo 模型，我们还没有设计出语句，这是我们系统存在的一个缺点。而且由于只是作为演示版，我们只涉及了一个跨省运输的业务，因此功能上略显单一。

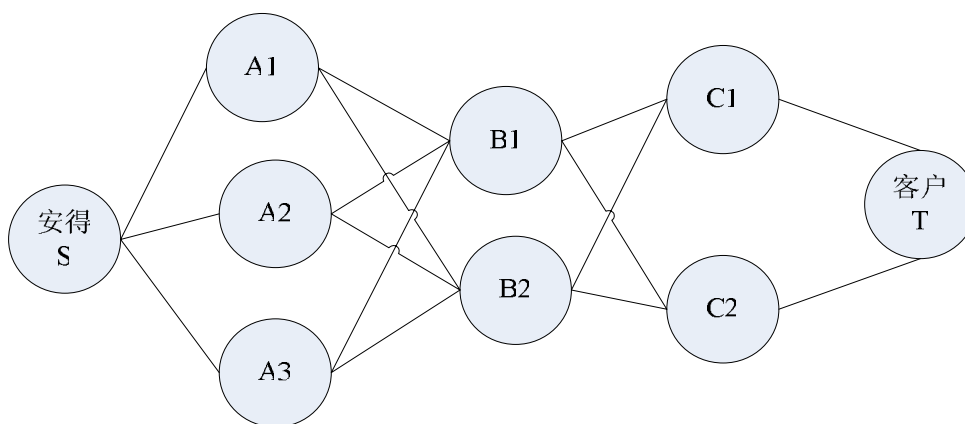
四、由于很多案例没有数据，我们无法进行定量分析，很多只能定性地从文字上进行描述。致使方案严谨性略显不足。

附录

附录一：点对点运输模型的具体计算过程

这里的两点之间运输不是说汽车只经过两个点，而是说汽车只在起点装货后直接运往终点，中间不在第三点进行货物的装卸。这种情况一般是指安得只面对一家客户的运输，即点对点运输，车上只有一家客户的货物，到达指定地点后即算任务完成。这种情况一般是对大客户进行，货物数量比较多；或是比较紧急的货物，要求短时间内送达。

下图是点对点运输的模式，起点是 S，终点是 T，货物直接从 S 点到 T 点。

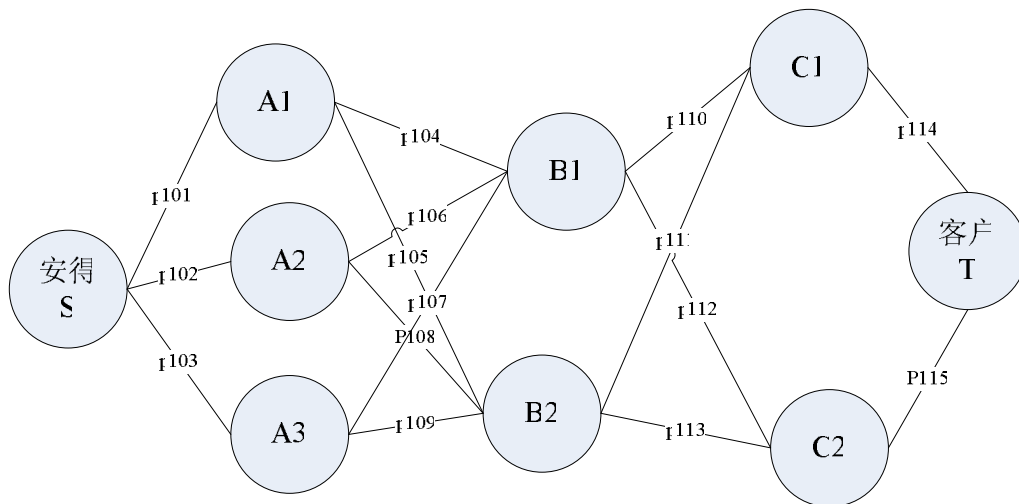


因此，由于方案计算所涉及的变量太多，所以我们的设计思路是：首先计算出每种车型从 S 点到 T 点的最优路线，以及最低运输成本；然后对这 15 种车型进行组合，在客户规定的货物总重固定情况下，计算出最优组合以及最优路线。

计算步骤：

第一步：首先计算出每一种车型从起点 S 到终点 T 点所消耗的最小费用：

例如，如要计算一个单位的车型一的货车从 S 到 T 的最小费用，就必须知道其中每两点之间所消耗的费用，如图所示，即 p_{101} 、 p_{102} 、 p_{103} ……各值。



计算 p_{101} 的值，就必须知道以下几个条件：S 到 A1 之间路程长度 L_{011} ，S 到 A1 之间要经过的高速公路长度 L_{012} ，一级公路上的收费点个数 N_{011} ，二级公路上收费点的个数 N_{012} 。

由于：

费用 = 固定费用 + 油费 + 路桥费

= 固定费用 + 油费 + 高速收费 + 一、二级公路收费

所以我们可以根据前面的收费表，来计算一个单位的车型一货车从 S 点到 A1 点所需要的费用：

$$p_{101} = 0.735 * L_{011} + 1.180 * 17 * L_{012} + 1.17 * 17 * L_{011} + j_2 * N_{011} + k_1 * N_{012}$$

同理：我们可以假设：

S to A2：总路长 = L_{021} 高速路长 = L_{022} 一级收费点个数 = N_{021} 二级收费点个数 = N_{022}

S to A3：总路长 = L_{031} 高速路长 = L_{032} 一级收费点个数 = N_{031} 二级收费点个数 = N_{032}

A1 to B1：.....

.....

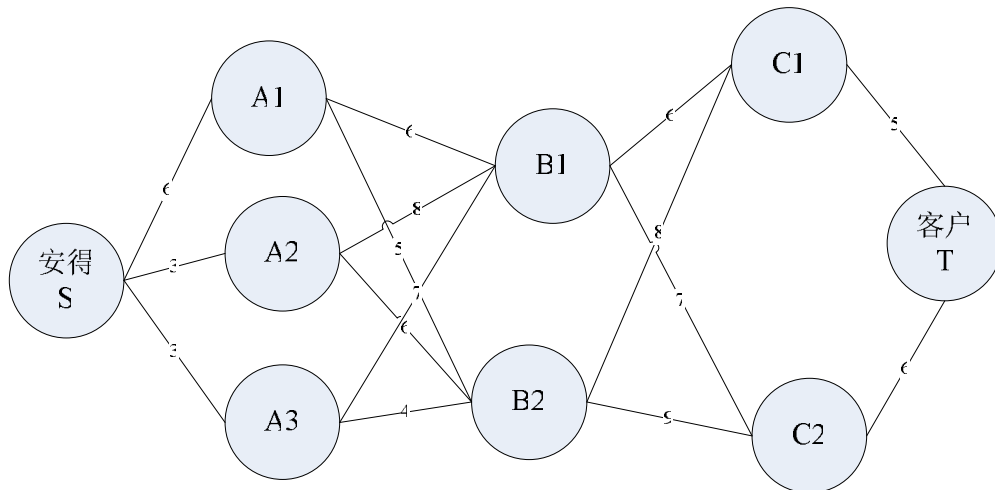
C2 to T：总路长 = L_{151} 高速路长 = L_{152} 一级收费点个数 = N_{151} 二级收费点个数 = N_{152}

这样我们可以计算出 p_{101} 到 p_{115} 的值。

知道了 p_{101} 到 p_{115} 的值，我们可以根据运筹学中最小路径的算法来计算最小费用问题，原理是一样的。

这个我们可以利用运筹软件 lingo 计算出来：

我们随意赋予了 p_{101} 到 p_{115} 如图所示的数值，以便演示如何使用利用 lingo 计算我们的模型，条件如下图：



用 Lingo 计算最小费用的语句使用如下：

model:

SETS:

CITIES /S,A1,A2,A3,B1,B2,C1,C2,T/: L; !属性L(i)表示城市S到城市i的最优行驶路线的费用；（这里的最优指的是费用最小）

ROADS(CITIES, CITIES)/

S,A1 S,A2 S,A3

A1,B1 A1,B2 A2,B1 A2,B2 A3,B1 A3,B2

B1,C1 B1,C2 B2,C1 B2,C2

C1,T C2,T/: D; !属性D(i, j) 是城市i到j的直接费用（已知）；

ENDSETS

DATA:

```
D =  6   3   3
      6   5   8   6   7   4
      6   7   8   9
      5   6
```

L= 0, , , , , , , ;

ENDDATA

@FOR(CITIES(i)|i#GT#@index(S):

L(i) = @MIN(ROADS(j, i): L(j) + D(j, i));

end

通过以上计算可以得出如下结果：

| Variable | Value |
|----------|----------|
| L(S) | 0.000000 |

以运输规划为中心的安得物流业务优化方案

| | |
|---------|----------|
| L(A1) | 6.000000 |
| L(A2) | 3.000000 |
| L(A3) | 3.000000 |
| L(B1) | 10.00000 |
| L(B2) | 7.000000 |
| L(C1) | 15.00000 |
| L(C2) | 16.00000 |
| L(T) | 20.00000 |

因为 L(T)等于 20，所以可知一型号的汽车从 S 点到 T 点的最优费用是 20，而最优路线是

S A3 B2 C1 T.

以上结果只是我们通过假设数据算出来的，真实计算中需要企业自行输入前面计算出的 p_{101} 到 p_{115} 的数值，然后再通过 lingo 计算出每一种车型的最优费用及方案。

为了使后面计算能够进行，我们假设第一种型号的汽车从 S 点到 T 点的最优费用为 P_1 。其他十四种车型的 S 点到 T 点的最优费用计算及路径选择方法同上一样，所以这里就不赘述，为了后面计算的进行，设他们从 S 点到 T 点的最优费用为 P_2 、 P_3 、…… P_{15} 。

第二步：对 15 种车型汽车进行组合，使得他们满足公司输送货物的需求，并且费用最小！

由上面条件我们列出方程，如下：

设 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{15}$ 为每种车型所需要的数量。M 为公司所需要运送的货物重量。

$$\begin{aligned} \text{Min } Y = & P_1 * x_1 + P_2 * x_2 + P_3 * x_3 + P_4 * x_4 + P_5 * x_5 + P_6 * x_6 + P_7 * x_7 + P_8 * x_8 + P_9 * x_9 + P_{10} * x_{10} + \\ & P_{11} * x_{11} + P_{12} * x_{12} + P_{13} * x_{13} + P_{14} * x_{14} + P_{15} * x_{15} \\ & \begin{cases} 14 * x_1 + 19.1 * x_2 + 22.5 * x_3 + 31 * x_4 + 39 * x_5 + 20 * x_6 + 28 * x_7 + 33.5 * x_8 + 47 * x_9 \\ \quad + 60.5 * x_{10} + 25 * x_{11} + 35.5 * x_{12} + 42.5 * x_{13} + 60 * x_{14} + 77.5 * x_{15} = M \\ x_1, x_2, x_3, \dots, x_{15} \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

这个方程可以使用 lingo 软件进行计算：

假设 M 为 300， P_1 到 P_{15} 的值都假设为某个数值，以便演示 lingo 软件的语句使用，语句如下：

MIN

$$11x_1 + 12x_2 + 13x_3 + 14x_4 + 15x_5 + 26x_6 + 27x_7 + 28x_8 + 29x_9 + 30x_{10} + 41x_{11} + 42x_{12} + 43x_{13} + 44x_{14} + 45x_{15}$$

SUBJECT TO

$$14x_1 + 19.1x_2 + 22.5x_3 + 31x_4 + 39x_5 + 20x_6 + 28x_7 + 33.5x_8 + 47x_9 + 60.5x_{10} + 25x_{11} + 35.5x_{12} + 42.5x_{13} + 60x_{14} + 77.5x_{15} = 300$$

END

GIN 15

通过计算得到结果：

1) 133.0000

| VARIABLE | VALUE | REDUCED COST |
|----------|----------|--------------|
| X1 | 0.000000 | 11.000000 |
| X2 | 0.000000 | 12.000000 |
| X3 | 0.000000 | 13.000000 |
| X4 | 2.000000 | 14.000000 |
| X5 | 3.000000 | 15.000000 |
| X6 | 0.000000 | 26.000000 |
| X7 | 0.000000 | 27.000000 |
| X8 | 0.000000 | 28.000000 |
| X9 | 0.000000 | 29.000000 |
| X10 | 2.000000 | 30.000000 |
| X11 | 0.000000 | 41.000000 |
| X12 | 0.000000 | 42.000000 |
| X13 | 0.000000 | 43.000000 |
| X14 | 0.000000 | 44.000000 |
| X15 | 0.000000 | 45.000000 |

最小费用为 133，最优方案为：2 辆车型 4 汽车，3 辆车型 5 汽车，2 辆车型 10 汽车，路线为各自车型的最优路线组合，即每种车型都走自己的最优路线

附录二：其他 14 种车型运输的最优路线及最小费用

| | | 武当--龙南 | 龙南-信丰 | 龙南--南康 | 信丰--赣州 | 信丰--吉安 | 南康--赣州 |
|----------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 载重量(t) | G105 | G105 | 大广高速 | 大广高速 | G105 | G105 |
| 路程(km) | | 62 | 150 | 100 | 93 | 274 | 40 |
| | | Pi01 | Pi12 | Pi13 | Pi24 | Pi25 | Pi34 |
| 二轴 12 型 W=17 吨 | | | | | | | |
| 不超载 | 14.00 | 1103 | 2622 | 1843 | 1714 | 5048 | 736 |

以运输规划为中心的安得物流业务优化方案

| | | | | | | | |
|-----------------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 超载 30% | 19.10 | 1489 | 3537 | 2485 | 2311 | 6810 | 1300 |
| 超载 50% | 22.50 | 1505 | 3553 | 2945 | 2738 | 6826 | 1316 |
| 超载 100% | 31.00 | 1546 | 3594 | 4271 | 3972 | 6867 | 1357 |
| 超载 150% | 39.50 | 1587 | 3635 | 5306 | 4934 | 6908 | 1398 |
| 三轴 122 型 W=27 吨 | | | | | | | |
| 不超载 | 20.00 | 1906 | 4544 | 3150 | 2930 | 8260 | 1330 |
| 超载 30% | 28.10 | 2654 | 6325 | 4390 | 4082 | 11498 | 2576 |
| 超载 50% | 33.50 | 2680 | 6351 | 5179 | 4816 | 11524 | 2645 |
| 超载 100% | 47.00 | 2745 | 6416 | 7735 | 7194 | 11588 | 2710 |
| 超载 150% | 60.50 | 2809 | 6480 | 9789 | 9103 | 11653 | 2774 |
| 四轴 125 型 W=35 吨 | | | | | | | |
| 不超载 | 25.00 | 2552 | 6089 | 4187 | 3894 | 11073 | 1802 |
| 超载 30% | 35.50 | 3586 | 8555 | 5899 | 5486 | 15557 | 3726 |
| 超载 50% | 42.50 | 3620 | 8589 | 7115 | 6617 | 15591 | 3838 |
| 超载 100% | 60.00 | 3704 | 8673 | 10480 | 9747 | 15675 | 3922 |
| 超载 150% | 77.50 | 3788 | 8757 | 13385 | 12448 | 15759 | 4006 |

| | 南康--吉安 | 赣州--梨园 | | 吉安--梨园 | |
|--------------------|--------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| | 大广高速 | 大广高速、樟吉高速、沪昆高速 | G105、G320 | 樟吉高速、沪昆高速 | G105、G320 |
| 路程(km) | 178 | 624 | 661 | 484 | 480 |
| | Pi35 | Pi46 | Pi47 | Pi56 | Pi57 |
| 二轴 12 型 W=17 吨 | | | | | |
| 不超载 | 3280 | 11497 | 11439 | 8918 | 8316 |
| 超载 30% | 4424 | 15508 | 15429 | 12029 | 11217 |
| 超载 50% | 5241 | 18374 | 15446 | 14251 | 11233 |
| 超载 100% | 7601 | 26648 | 15486 | 20669 | 11274 |
| 超载 150% | 9444 | 33106 | 15527 | 25679 | 11315 |
| 三轴 122 型 W=27 吨 | | | | | |
| 不超载 | 5607 | 19657 | 19859 | 15246 | 14434 |
| 超载 30% | 7813 | 27391 | 27642 | 21246 | 20091 |
| 超载 50% | 9218 | 32314 | 27668 | 25064 | 20117 |
| 超载 100% | 13768 | 48267 | 27732 | 37438 | 20182 |

| | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 超载 150% | 17424 | 61081 | 27797 | 47377 | 20247 |
| 四轴 125 型 W=35 吨 | | | | | |
| 不超载 | 7453 | 26128 | 26627 | 20266 | 19352 |
| 超载 30% | 10500 | 36808 | 37410 | 28550 | 27189 |
| 超载 50% | 12664 | 44396 | 37443 | 34435 | 27223 |
| 超载 100% | 18655 | 65396 | 37527 | 50724 | 27307 |
| 超载 150% | 23825 | 83521 | 37611 | 64782 | 27391 |

附录三：各车型在跨江西省运输的最小费用及最优路线

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 车型 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
| 费用（元） | 14542 | 19615 | 20924 | 22660 | 23445 |
| 车型 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 |
| 费用（元） | 25097 | 34948 | 37194 | 40922 | 41189 |
| 车型 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 |
| 费用（元） | | 33544 | 50622 | 55359 | 55695 |

最优路线图：

车型一：

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| 武当 | —— | 龙南 | —— | 南康 | —— | 吉安 | —— | 梨园(国道) |
|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|

车型二：

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| 武当 | —— | 龙南 | —— | 南康 | —— | 吉安 | —— | 梨园(国道) |
|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|

车型三：

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| 武当 | —— | 龙南 | —— | 南康 | —— | 吉安 | —— | 梨园(国道) |
|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|

车型四：

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| 武当 | —— | 龙南 | —— | 南康 | —— | 吉安 | —— | 梨园(国道) |
|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|

车型五：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型六：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型七：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型八：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型九：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型十：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型十一：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型十二：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型十三：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型十四：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

车型十五：

武当 —— 龙南 —— 南康 —— 吉安 —— 梨园(国道)

附录四：汽车、火车、驳船的集装箱装卸费率表

| 箱型 | | 汽车装卸、搬移、翻转费(元/每箱次) | 火车、驳船装卸费 (元/每箱次) |
|-----|-----|--------------------|------------------|
| 标准箱 | 20尺 | 装载一般货物的集装箱 | 49.50 |
| | | 空箱 | 49.50 |
| | | 装载一级危险货物的集装箱 | 53.70 |
| | | 冷藏重箱 | 53.70 |
| | | 冷藏空箱 | 53.70 |
| | 40尺 | 装载一般货物的集装箱 | 74.30 |
| | | 空箱 | 74.30 |
| | | 装载一级危险货物的集装箱 | 82.50 |
| | | 冷藏重箱 | 82.50 |
| | | 冷藏空箱 | 82.50 |

附录五：单环运输模型(TSP)的具体计算过程

单回路运输问题是指在路线优化中，设存在节点集合（客户位置），选择一条合适的路径遍历所有的节点（客户），并且要求闭合（回到安得公司）。单回路运输模型在运输决策中，主要用于单一车辆的路径安排。

我们所要解决的是安得公司在配送过程中客户分布比较零散但可考虑回路的运输问题，比如有如下客户需要送货时：

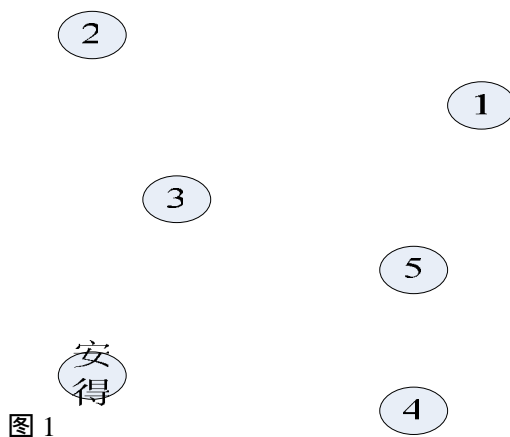


图 1

客户比较零散，而且总的需货量不超过所有车型中的最大承载量（77.5 吨）。当我们考虑运用单回路运输，则首先要确定的是采用怎样的运输顺序。

最小费用确定问题：

单一回路，相当于一个连通图。安得及各客户视为顶点集，则顶点间的最小费用为

$$C = \{ c_{ij} \mid i, j = 1, 2, \dots, n \}$$

$$\min \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=n} c_{ij} x_{ij}$$

满足

$$\sum_{i=1}^{i=m} x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^{j=n} x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, n$$

决策变量：

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{从 } i \text{ 到 } j \text{ 无通路;} \\ 1, & \text{从 } i \text{ 到 } j \text{ 有通路。} \end{cases}$$

对上述模型的求解，最简单的方法就是枚举法。在我们要解决安得配送问题时，一般是小型的问题，此法比较适用。对这种类型问题的解决，我们提倡用运筹软件解决，这里就不详细说明计算过程了。

下面是我们小组参考相关资料提出的解决单回路的两种方法：最近邻点法和最近插入法。这里我们将在通过实际问题的引入介绍两种方法。在实际的最小费用模型中，安得工作人员只需输入几个客户间的最小费用就可以解决，而他们间的最小费用可以用“点对点”模型解决，即

$$\begin{aligned} \text{费用} &= \text{固定费用} + \text{油费} + \text{路桥费} \\ &= \text{固定费用} + \text{油费} + \text{高速收费} + \text{一、二级公路收费} \end{aligned}$$

利用我们在“点对点”模型中的解决方案即可找到最优解。

其中，最近邻点法的算法十分简单，类似于我们在运筹学当中学到的最短路问题，只是这是个最小费用回路。但是最近邻点法得到的解并不十分理想，有很大的改善余地，故此法

可作为进一步优化的初始解。最近插入法比较而言，有点复杂，但是可以得到相对比较满意的解。

1. 最近邻点法

最近邻点法可以有 4 步完成：

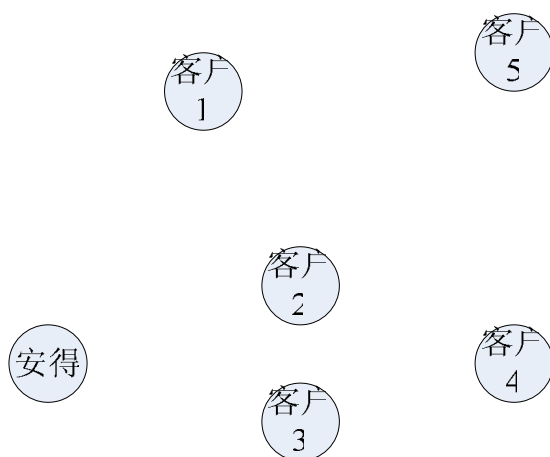
- (1) 从安得公司所在位置坐标开始，作为整个回路的起点。
- (2) 找到安得公司给其送货费用最小的一个客户点，并将其加入到回路中。
- (3) 重复步骤 (2)，直到所有需要送货的客户都加入到回路中。
- (4) 将最后一个加入的客户位置坐标与安得公司连接起来。

比如，现构成一个流通图，客户有五个，他们所需的货物总合为 50 吨，则有前面分类中的三种类型的车可以配送，车型的选择，在点对点间的最小费用中已经都包含了，现在利用最近邻点法找到总费用最小回路。他们间的费用矩阵如下表：(假设 i 、 j 两点间的费用是对称的，且都已经通过前面的点对点模型求得点间的最小费用)

最小费用矩阵表 1 (单位：百元)

| 公司及客户 | 安得 | 客户 1 | 客户 2 | 客户 3 | 客户 4 | 客户 5 |
|-------|----|------|------|------|------|------|
| 安得 | — | 10 | 6 | 8 | 7 | 15 |
| 客户 1 | | — | 5 | 20 | 15 | 16 |
| 客户 2 | | | — | 14 | 7 | 8 |
| 客户 3 | | | | — | 4 | 12 |
| 客户 4 | | | | | — | 6 |
| 客户 5 | | | | | | — |

他们相对位置如下：



先将安得加入到回路中， $T = \{ \text{安得} \}$ 。从安得出发，比较其到所需货物客户的最小费用，选择其最小值，加入到回路中。从上面的距离矩阵可以看到，安得到客户 2 的费用相对最小，加入到回路中，为 6。因此将客户 2 加入到回路中， $T = \{ \text{安得}, \text{客户 2} \}$ 。然后从客户 2 出发，观察到客户 2 费用最小的客户位置。

$$\min \{ c_{2i} \mid i \in N, 1 \leq i \leq 5, \text{且 } i \neq 2 \} = c_{21} = 5$$

这样就可以将客户 1 加入到回路中， $T = \{ \text{安得}, \text{客户 2}, \text{客户 1} \}$ 。

从客户 1 出发，观察离其费用最小的客户。

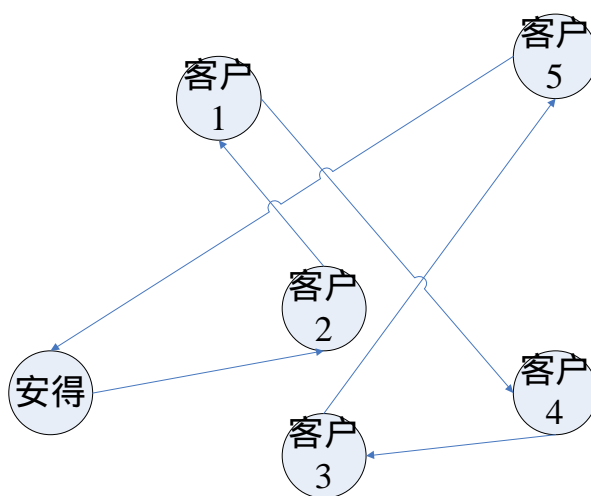
$$\min \{ c_{1i} \mid i \in N, 1 \leq i \leq 5, \text{且 } i \neq 1, 2 \} = c_{14} = 15$$

这样客户 4 是费用最小的点，将客户 4 加入到回路中， $T = \{ \text{安得}, \text{客户 2}, \text{客户 1}, \text{客户 4} \}$ 。

依此类推，分别再将客户 3 和客户 5 加入到回路中，得到最后的解为：

$$T = \{ \text{安得}, \text{客户 2}, \text{客户 1}, \text{客户 4}, \text{客户 3}, \text{客户 5} \}$$

结果用图形表达如下：



$$\text{总费用为: } V = 6 + 5 + 15 + 4 + 12 + 15 = 57 \text{ (百元)}$$

2. 最近插入法

最近插入法仍旧由 4 步完成：

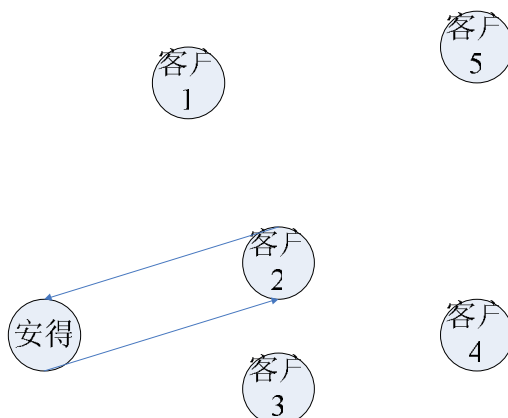
- (1) 找到安得到其费用最小的客户 m ，形成一个子回路， $T = \{ \text{安得}, \text{客户 } m, \text{安得} \}$ 。
- (2) 在剩下所有的客户中，寻找一个离子回路中某节点（安得或客户 m ）费用最小的客户 k 。
- (3) 在子回路中找到一条弧 (i, j) ，使得费用的增量最小，然后将客户 k 插入到节点 i, j 之间，用两条新的弧 (i, k) 和 (k, j) 代替原来的弧 (i, j) ，并将客户 k 加入到子回路中。
- (4) 重复 2、3 步骤直到所有客户都加入子回路中。

下面就用最近插入法解决上面提到的问题。

比较最小费用矩阵表 1 中，从安得出发的所有最小费用的大小，

$$\min \{ c_{ai} \mid i \in N, 1 \leq i \leq 5 \} = c_{a2} = 6$$

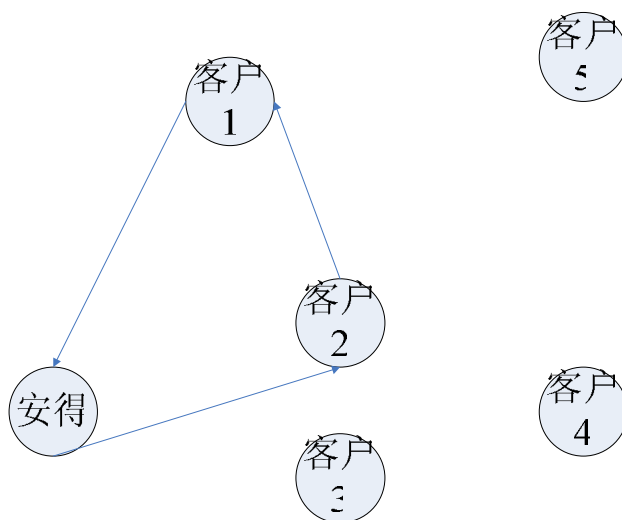
这样，就由安得和客户 2 构成一个子回路， $T=\{\text{安得}, \text{客户 2}, \text{安得}\}$ ，如图所示：



然后考虑剩下的客户到安得公司和客户 2 种某一节点的最小费用：

$$\min \{ c_{ai}, c_{2i} \mid i \in N, 1 \leq i \leq 5, \text{且 } i \neq 2 \} = c_{21} = 5$$

由于对称性，无论将客户 1 插入到安得和客户 2 之间往返路径中，结果都是一样的，这样构成一个新的子回路 $T=\{\text{安得}, \text{客户 2}, \text{客户 1}, \text{安得}\}$ ，其结果如图：



接着考虑剩下客户到安得、客户 2 和客户 1 中某一节点的最小费用：

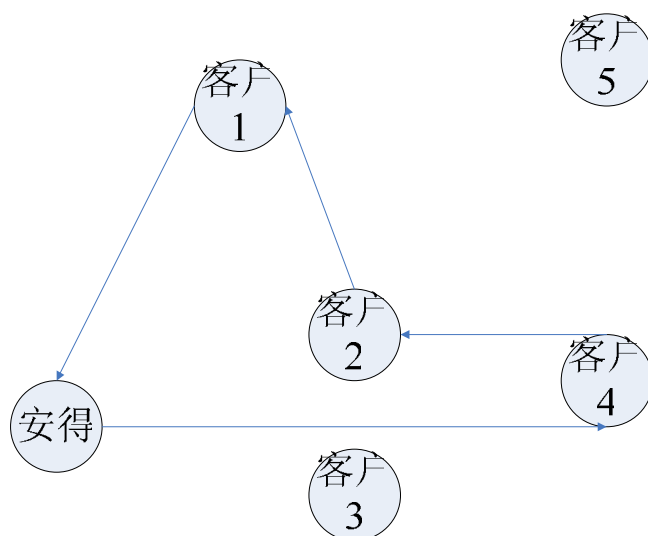
$$\min \{ c_{ai}, c_{2i}, c_{1i} \mid i \in N, 1 \leq i \leq 5, \text{且 } i \neq 1, 2 \} = c_{24} = 7$$

有图 6 可知，客户 4 有三个位置（条弧线）可以插入，现在分析将客户 4 加入到哪里合适。

1. 插入到（安得，客户 2）间，费用增量 $= 7 + 7 - 6 = 8$
2. 插入到（客户 2，客户 1）间，费用增量 $= 7 + 15 - 5 = 7$
3. 插入到（客户 1，安得）间，费用增量 $= 15 + 7 - 10 = 12$

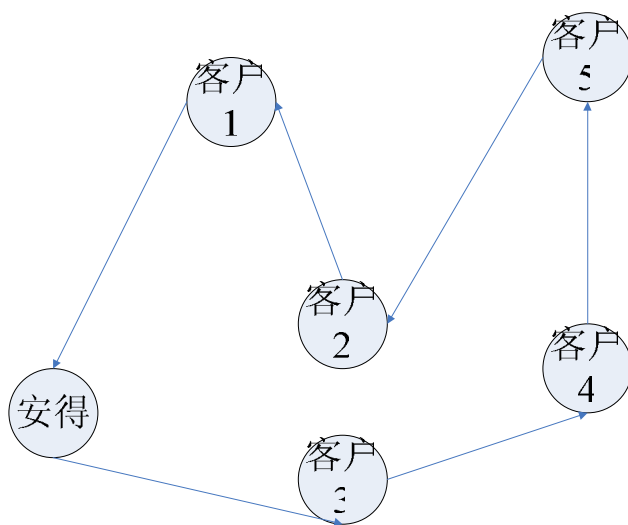
比较三种情况的增量，插入到（安得，客户 2）之间的增量最小，所以应将客户 4 加入到（安得，客户 2）间。结果为：

$T=\{\text{安得}, \text{客户 4}, \text{客户 2}, \text{客户 1}, \text{安得}\}$ 。其子回路变为：



重复上面的步骤，分别再将客户3和客户5加入到子回路中，就可以得到最近插入法所求得解：

$T = \{\text{安得}, \text{客户3}, \text{客户4}, \text{客户5}, \text{客户2}, \text{客户1}, \text{安得}\}$ ，如下图：



总费用为： $v = 8 + 4 + 6 + 8 + 5 + 10 = 41$ （百元）

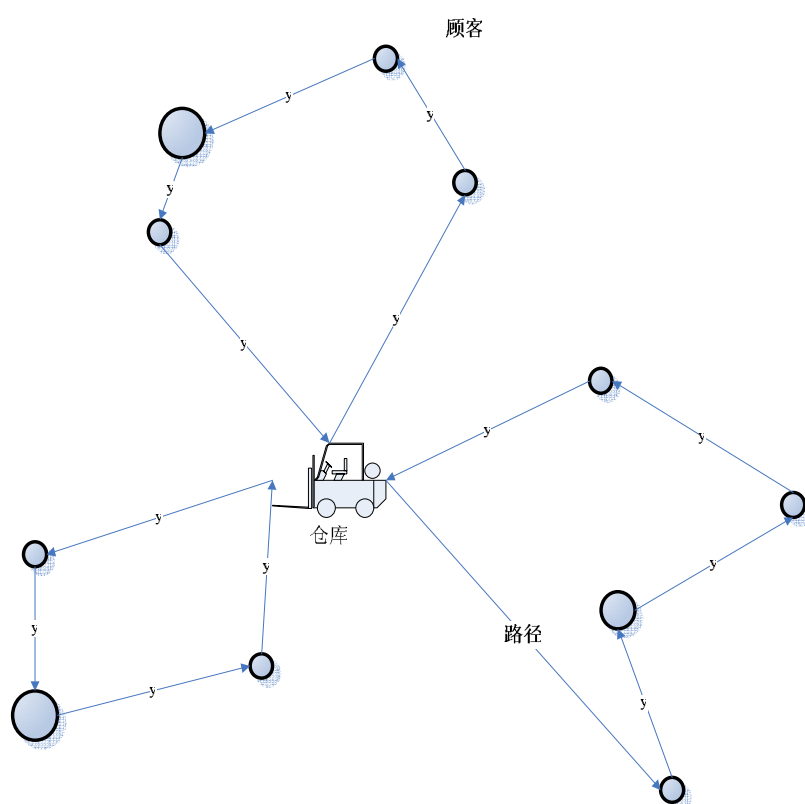
附录六：多环运输模型(VRP)的具体计算过程

当客户过多，其总需求量超过一辆车甚至几辆车的最大载重时，我们就可以考虑将所

有客户进行分组，然后对每个组采用单环运输方案，这样就形成了多个环的运输（当然，对于每个单环也必须满足前提条件：该环上所有客户总需求量 ≤ 车的最大载重）。

相对前面的问题，第四种模型——多回路运输是更为接近实际的模型。该问题研究目标是：对一系列顾客需求点设计适当的路线，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、可交货时间、车辆容量限制、行驶里程限制、时间限制）下，达到一定的优化目标（这里尤指费用最少）。与前面问题的主要区别在于：顾客全体大，只有一条路径满足不了顾客的需求，也就是说，它涉及了多辆交通工具的服务对象的选择和路径确定两个方面问题。

多回路模型具体表述如下：



- (1) 基本条件 现有 m 辆相同的车辆停在一个共同的源点 v_0 ，它需要给 n 个顾客提供货物，顾客为 v_1, v_2, \dots, v_n 。
- (2) 模型目标 确定所需要的车辆数目 N ，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 C 最小。
- (3) 限制条件：
 - 1) $N < m$
 - 2) 每一个订单都要完成
 - 3) 每辆车完成任务后要回到源点 v_0
 - 4) 车辆的容量限制不能超过
 - 5) 运输规章的限制

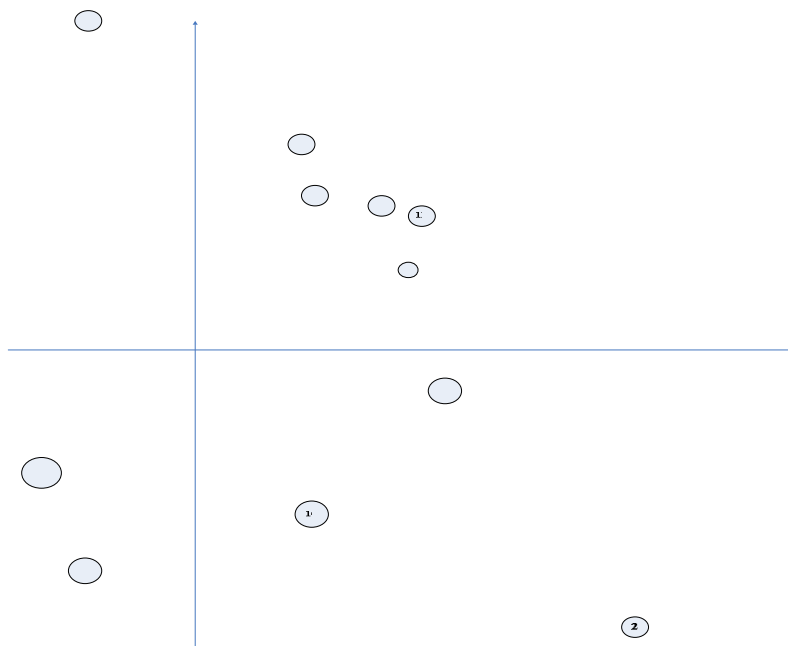
以运输规划为中心的安得物流业务优化方案

下面我们就针对安得的具体情况对多回路模型进行定性、定量的分析以求路线最优，进而服务于整体费用最优。

由于从安得所提供的资料中看，我们只能查询到针对不同车型的运载费用所以在这里假设安得要运输的是按吨计算的货物（如木材等），另外资料中并没有涉及到公司一个完整的顾客群体所以在这里也只能假设性的仿真模拟客户的分布和需求。即模拟如下：安得为附近的 11 个城市提供木材。各个城市的需求量以及城市的迪卡尔坐标系的坐标如下：

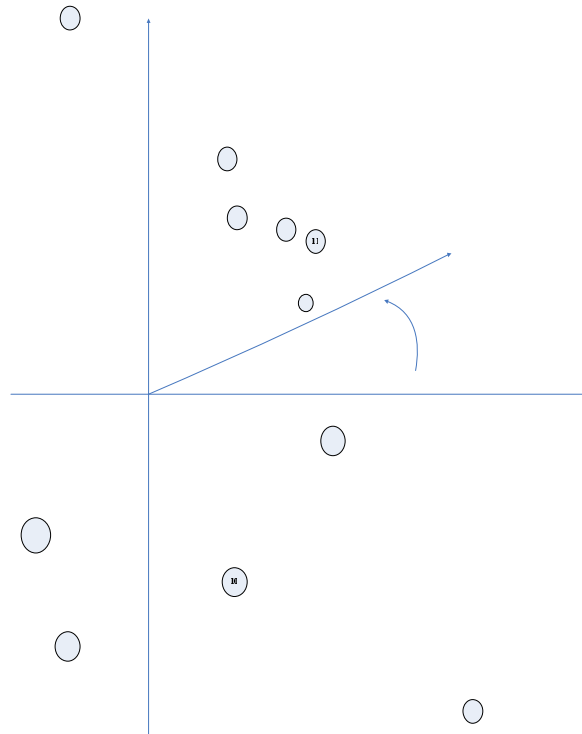
| | | | | | | | | | | | |
|--------|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|
| 城市 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 需求 / 台 | 8 | 5 | 2 | 6 | 9 | 11 | 4 | 4 | 2 | 8 | 6 |
| x | 20 | 70 | 22 | -20 | -23 | 45 | -32 | 35 | 40 | 20 | 44 |
| y | 50 | -60 | 35 | 80 | -55 | -10 | -30 | 35 | 20 | -40 | 35 |

（1）建立极坐标系 如下图是 11 个城市分布图（其中以仓库为原点）



（2）扫描分组

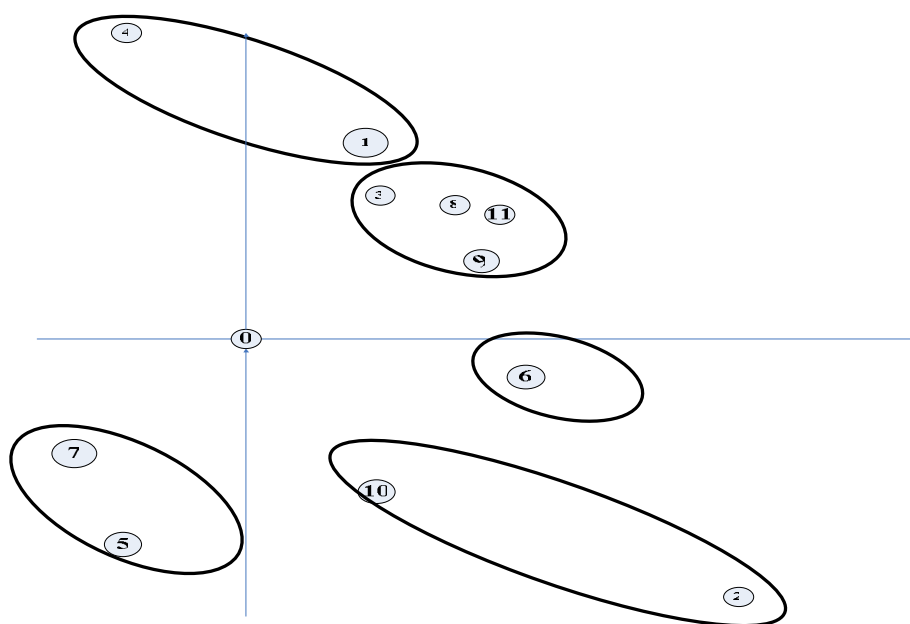
以运输规划为中心的安得物流业务优化方案



由于不同型号的车在不同的载重下的收费不同,根据资料我们可以清楚的得到三种车型在不同载重下 5 种不同收费标准,经过小组讨论我们判定超载 100%、超载 150%是两种极不规范极不安全的操作所以不做考虑试行。那么我们就按照九种收费标准把车当作相应的九种来分别讨论。

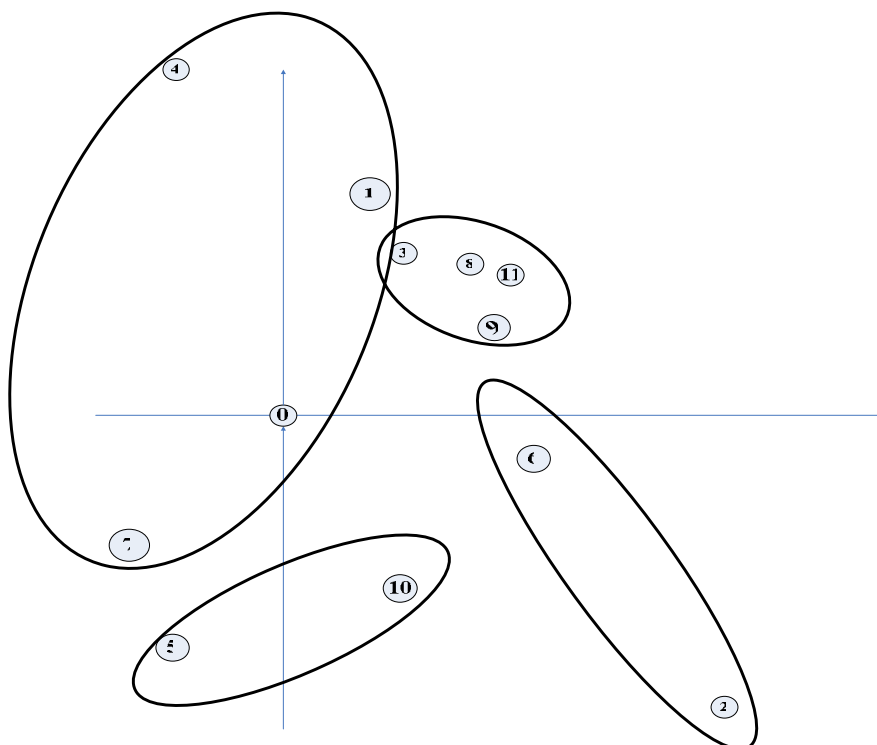
1) 二轴 12 型 $W=17$ 吨 (9.6 米单桥) +不超载 14.000 吨

从角度为 0 向逆时针方向进行扫描,第一个被分组的是顾客 9, $Load_1=2$;继续转动,下一个被分组的是顾客 11, $Load_1=3+6=9$,由于没有超过限制 $Load_{min}=14$,继续转动,到顾客 3 时, $Load_1=2+6+4+2=14$;继续转动到顾客 1, $Load_1=2+6+4+2+8>17$,按照分组规则,需要一个新的组,这样第一个组里有顾客 9、11、8、3,继续上述步骤直到所有顾客被分配完毕,这时,可得到如下图的分组结果:



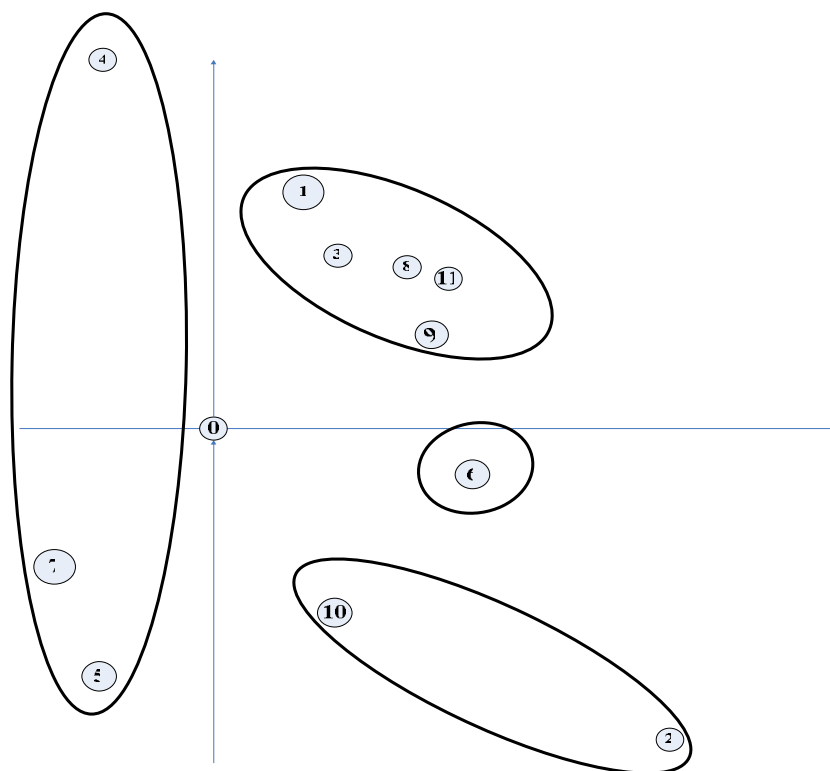
得：Load₁=14、Load₂=14、Load₃=13、Load₄=13、Load₅=11

2) 二轴 12 型 W=17 吨 (9.6 米单桥) + 超载 30%——19.000 吨



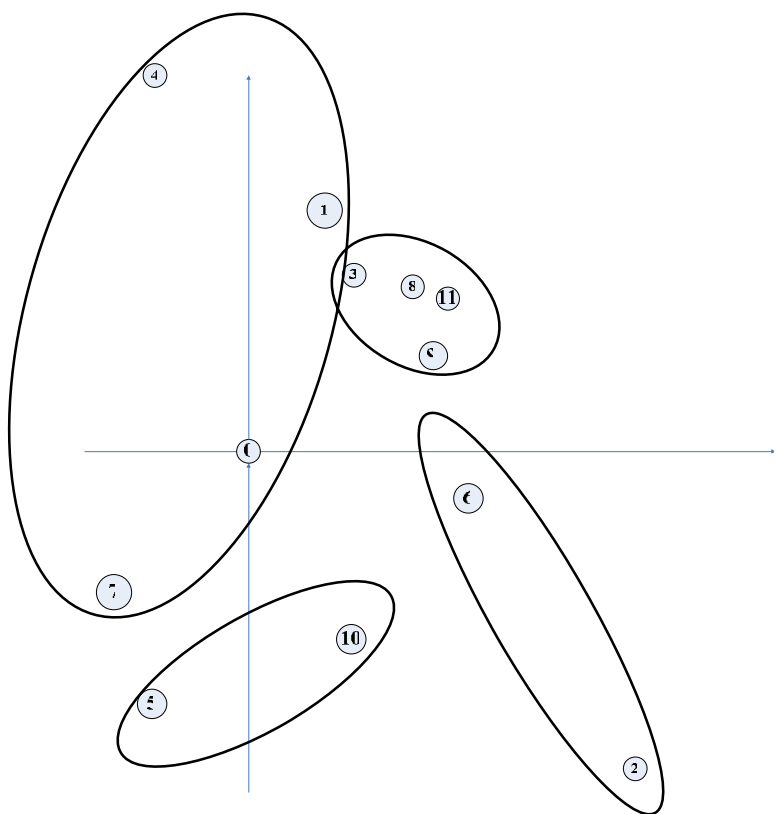
得：Load₁=14、Load₂=18、Load₃=17、Load₄=16

3) 二轴 12 型 W=17 吨 (9.6 米单桥) + 超载 50%——22.500 吨



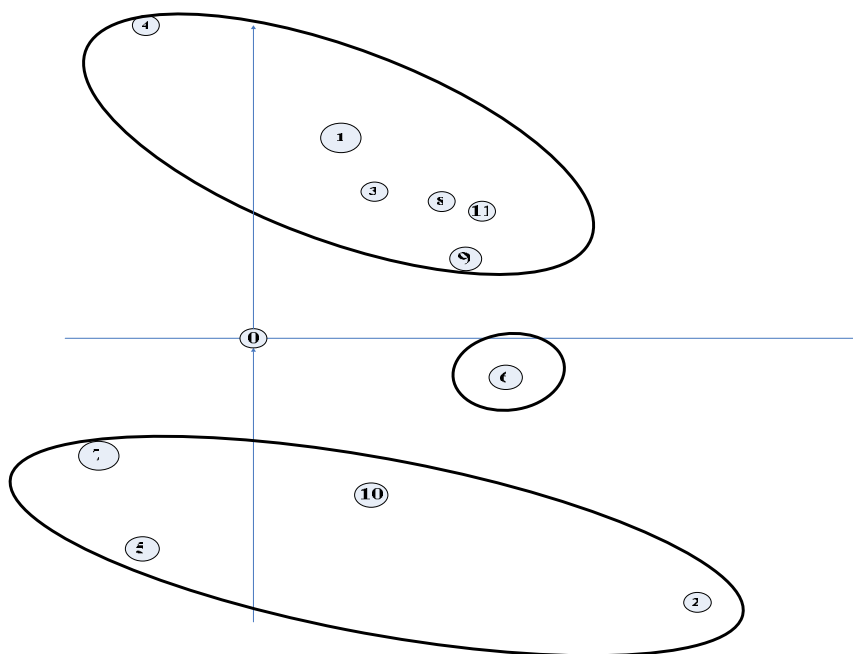
得：Load₁=22、Load₂=19、Load₃=13、Load₄=11

4) 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) + 不超载——20.000 吨



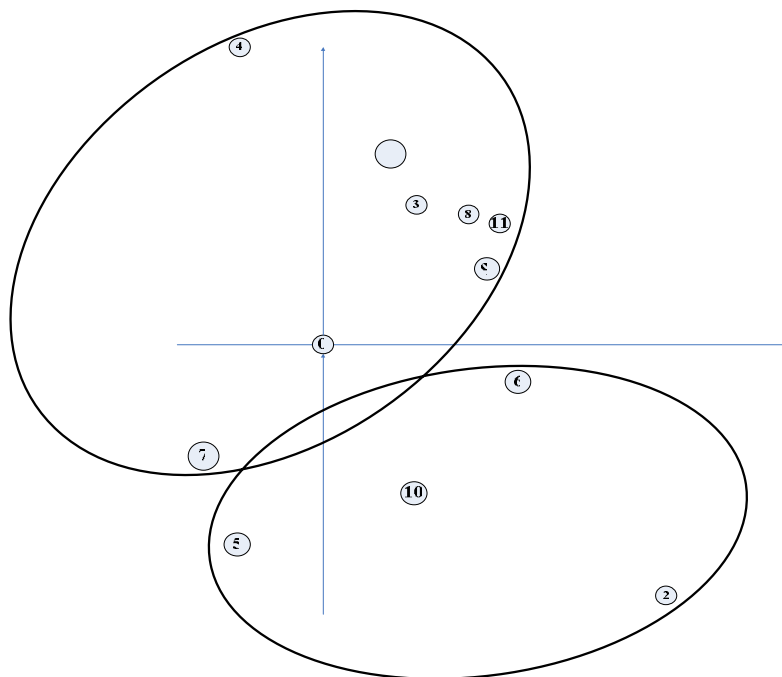
得：Load₁=14、Load₂=18、Load₃=17、Load₄=16

5) 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) + 超载 30%——28.100 吨



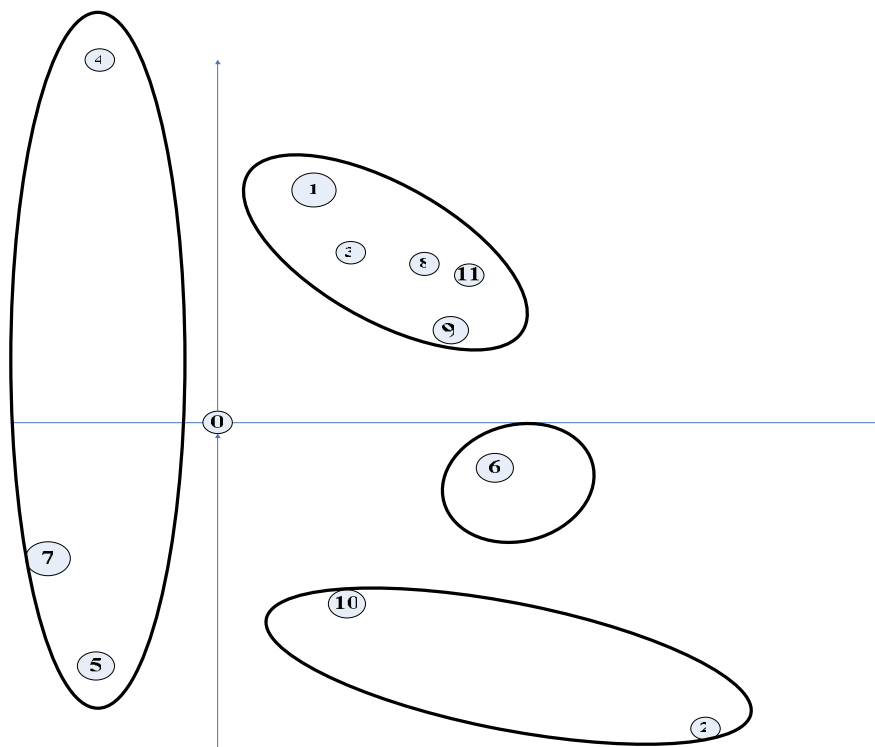
得：Load₁=28、Load₂=26、Load₃=11

6) 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) + 超载 50% —— 33.5000 吨



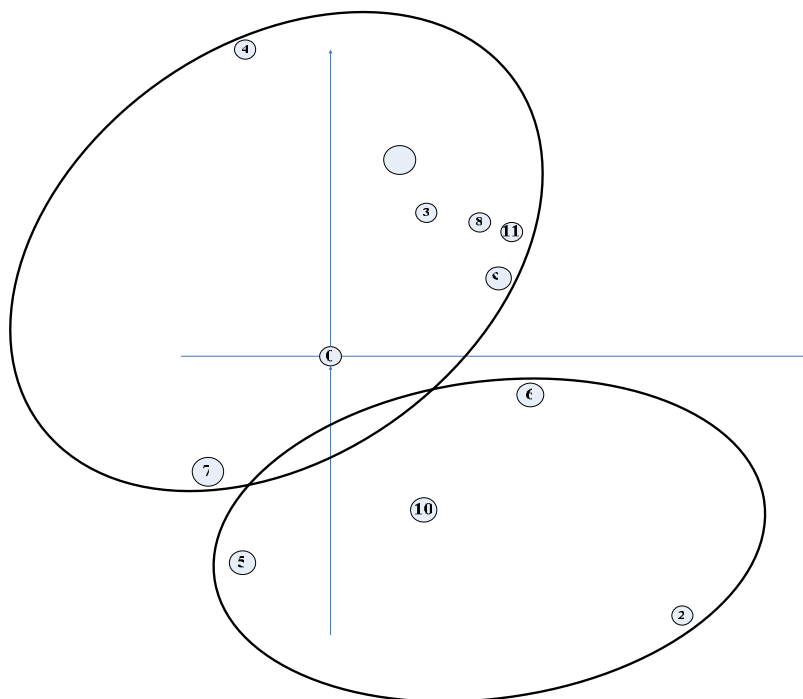
得 : $Load_1=32$ 、 $Load_2=33$

7) 四轴 125 型 W=35 吨 (12.5 米半挂) + 不超载 —— 25.000 吨



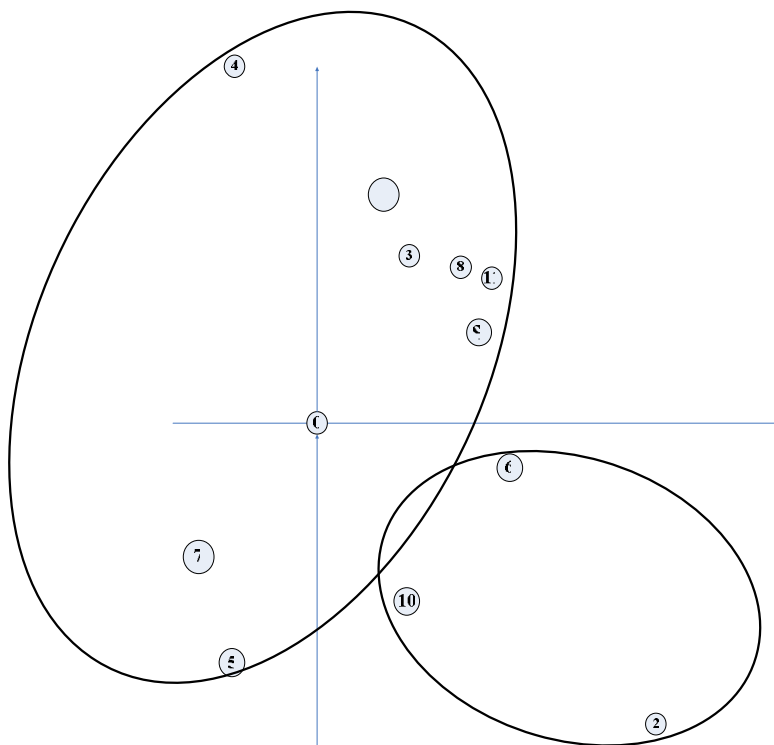
得：Load₁=22、Load₂=19、Load₃=13、Load₄=11

8) 四轴 125 型 W=35 吨 (12.5 米半挂) + 超载 30%——35.000 吨



得：Load₁=32、Load₂=33

9) 四轴 125 型 W=35 吨 (12.5 米半挂) + 超载 50%——42.500 吨



得： $Load_1=41$ 、 $Load_2=24$

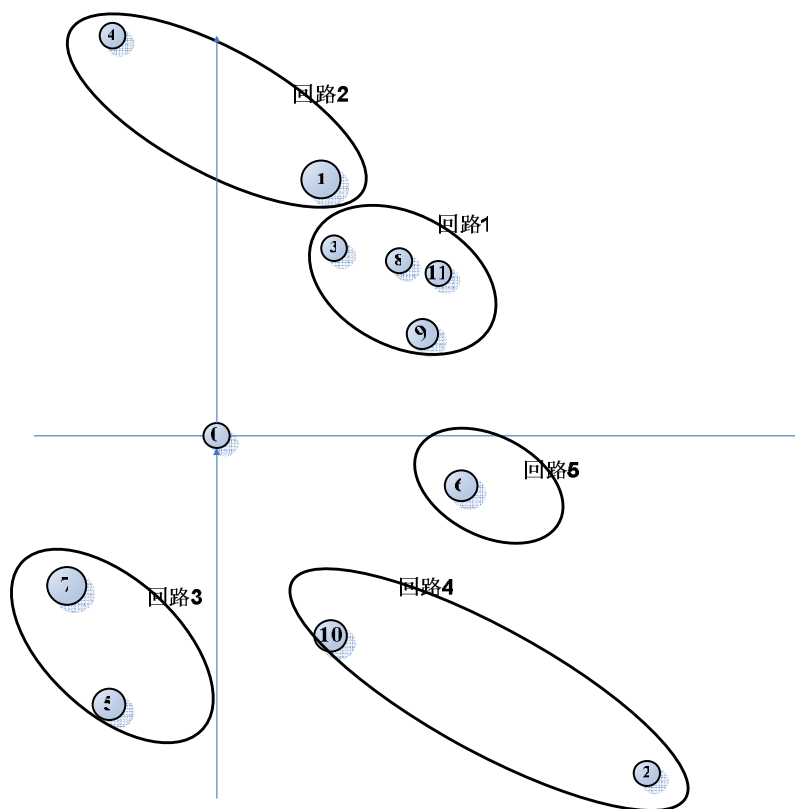
综上所述，我们可以将九种情况下的分组列为：

| | | 分组情况 | |
|--|---|--|------|
| | | 组数 | 具体承运 |
| 二轴 12 型 W=17 吨 (9.6 米单桥) + 不超载 14.000 吨 | 5 | Load ₁ =14 (客户 9、11、8、3) Load ₂ =14 (客户 1、4) Load ₃ =13 (客户 7、5) Load ₄ =13 (客户 10、2) Load ₅ =11 (客户 6) | |
| 二轴 12 型 W=17 吨 (9.6 米单桥) + 超载 30%——19.000 吨 | 4 | Load ₁ =14 (客户 9、11、8、3) Load ₂ =18 (客户 1、4、7) Load ₃ =17 (客户 5、10) Load ₄ =16 (客户 2、6) | |
| 二轴 12 型 W=17 吨 (9.6 米单桥) + 超载 50%——22.500 吨 | 4 | Load ₁ =22 (客户 9、11、8、3、1) Load ₂ =19 (客户 4、7、5) Load ₃ =13 (客户 10、2) Load ₄ =11 (客户 6) | |
| 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) + 不超载——20.000 吨 | 4 | Load ₁ =14 (客户 9、11、8、3) Load ₂ =18 (客户 1、4、7) Load ₃ =17 (客户 5、10) Load ₄ =16 (客户 2、6) | |
| 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米双桥) + 超载 30%——26.100 吨 | 3 | Load ₁ =28 (客户 9、11、8、3、1、4) Load ₂ =26 (客户 1、4、7、5、10、2) Load ₃ =11 (客户 6) | |

| | |
|--|---|
| 双桥)+超载 30%——28.100 吨 | 户 7、5、10、2) Load ₃ =11 (客户 6) |
| 三轴 122 型 W=27 吨 (9.6 米 2 双桥)+超载 50%——33.5000 吨 | Load ₁ =32 (客户 9、11、8、3、1、4、7) Load ₂ =33 (客户 5、10、2、6) |
| 四轴 125 型 W=35 吨 (12.5 4 米半挂)+不超载——25.000 吨 | Load ₁ =22 (客户 9、11、8、3、1) Load ₂ =19 (客户 4、7、5) Load ₃ =13 (客户 10、2) Load ₄ =11 (客户 6) |
| 四轴 125 型 W=35 吨 (12.5 2 米半挂)+超载 30%——35.000 吨 | Load ₁ =32 (客户 9、11、8、3、1、4、7) Load ₂ =33 (客户 5、10、2、6) |
| 四轴 125 型 W=35 吨 (12.5 2 米半挂)+超载 50%——42.500 吨 | Load ₁ =41 客户 9、11、8、3、1、4、7、5) Load ₂ =24 客户 10、2、6) |

(3)组内线路优化 对上面的 5 个分组都已经是一个单回路的问题了。所以要运用单回路运输问题进行路径优化。(虽然仓库原点并没有被任何一个组包含,但它是一个组单回路问题的起点和终点)

具体以“二轴 12 型 W=17 吨 (9.6 米单桥)+不超载 14.000 吨”车型为例进行详解:



1) 对回路 1 来说：

A 计算两点之间的费用 P_{09} 、 P_{011} 、 P_{08} 、 P_{03} 、 P_{911} 、 P_{98} 、 P_{93} 、 P_{118} 、 P_{113} 、 P_{83} ，在这里我们假设两点之间的线路是对称的，所以 $P_{09} = P_{90}$ ，依次类推。

要计算 P_{09} 的大小，要实际情况知道：0 到 9 之间路程长度 L_{09} ，0 到 9 之间要经过的高速公路长度 L_{09}' ，一级公路上的收费点个数 N_{09} ，二级公路上收费点的个数 N_{09}' 。

而费用 = 固定费用 + 油费 + 路桥费

= 固定费用 + 油费 + 高速收费 + 一、二级公路收费

所以我们可以根据前面计算的收费表，来计算一辆车型 1 从 S 点到 A1 点所需要的费用： $P_{09} = 0.735 * L_{09} + 1.180 * 17 * L_{09}' + 1.17 * 17 * L_{09} + j_2 * N_{09} + k_1 * N_{09}'$

同理，我们就可以算得 P_{09} 到 P_{83} 这 10 个两两之间的费用。

B 根据单回路运输的 YSP 模型原理，即

.....

再结合最近插入法来具体求得：

- ◆ 找到 P_{0k} 最小的节点 k ，形成一个自回路， $T = \{0, k, 0\}$
- ◆ 在剩下节点中，寻找一个离子回路在中某节点最近的节点 k
- ◆ 在子回路中找到一条弧 (i, j) ，使得 $P_{ik} + P_{kj} - P_{ij}$ 最小，然后将节点 k 插入到节点 i, j 之间，用两条新的弧 $(i, k)(k, j)$ 代替原来的弧 (i, j) ，并将节点 k 加入到子回

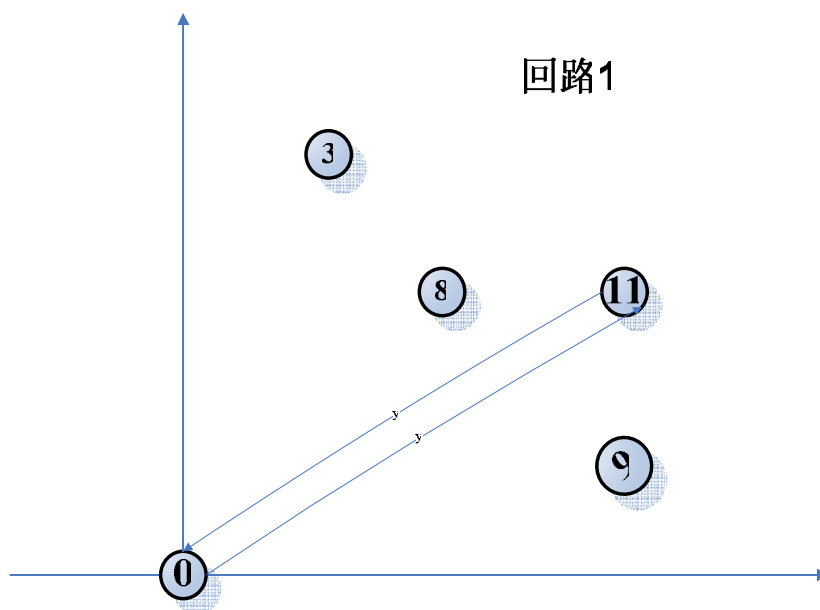
路中

◆ 重复 2、3 步骤直到所有节点都加入子回路中

由于资料所给数据的局限 ,无法按安得的实际情况来讨论 ,这里我们继续仿真模拟数据 ,即假设所求得五点中两两之间的费用 P_{09} 、 P_{011} 、 P_{08} 、 P_{03} 、 P_{911} 、 P_{98} 、 P_{93} 、 P_{118} 、 P_{113} 、 P_{83} 分别为 :

| 顾客 | 0 | 9 | 11 | 8 | 3 |
|----|----|----|----|----|----|
| 0 | —— | 10 | 6 | 8 | 7 |
| 9 | | —— | 5 | 20 | 15 |
| 11 | | | —— | 14 | 7 |
| 8 | | | | —— | 4 |
| 3 | | | | | —— |

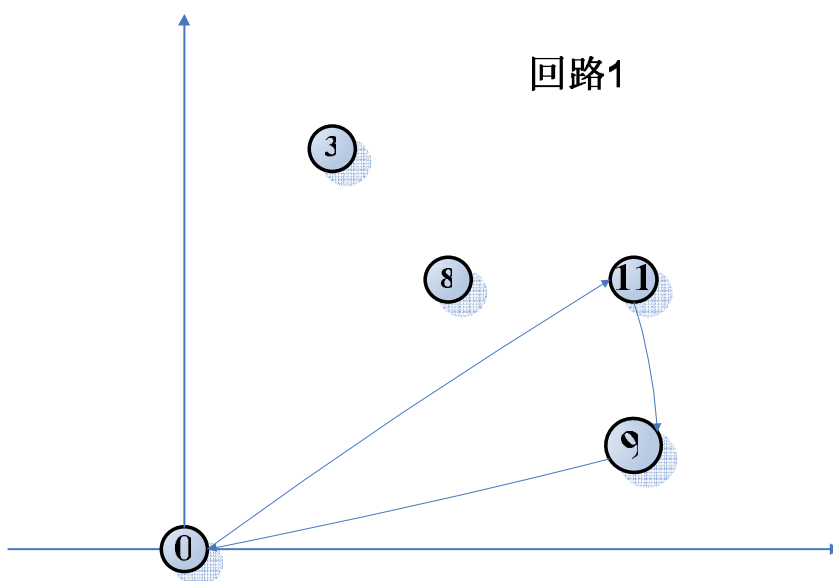
比较上表中的从 0 出发的所有路径的大小 $\text{Min}\{P_{0k} | k=9 \text{ 或 } 11 \text{ 或 } 8 \text{ 或 } 3\} = P_{011} = 6$
这样节点 0、11 形成一个子回路 , $T=\{0, 11, 0\}$



然后考虑剩下的节点 9、8、3 到 0、11 中某个节点的最小距离 :

$$\text{Min}\{P_{0k}, P_{11k} | k=9 \text{ 或 } 8 \text{ 或 } 3\} = P_{119} = 5$$

由于对称性 9 插到 0 和 11 之间往返路径中 ,结果都一样的 ,所以构成一个新的回路 $T=\{0, 11, 9, 0\}$



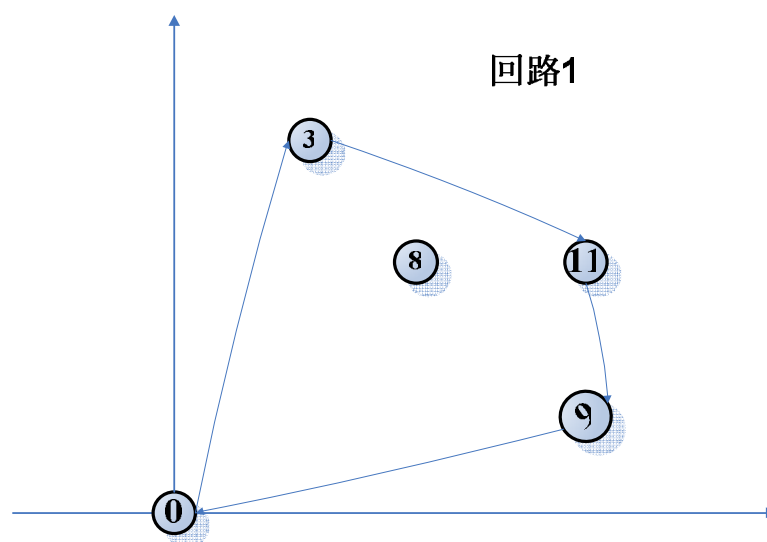
接着考虑剩下的节点 8、3 到 0、11、9 中某个节点的最小距离：

$$\min\{P_{0k}, P_{11k}, P_{9k} \mid k=8 \text{ 或 } 3\} = P_{03}=7$$

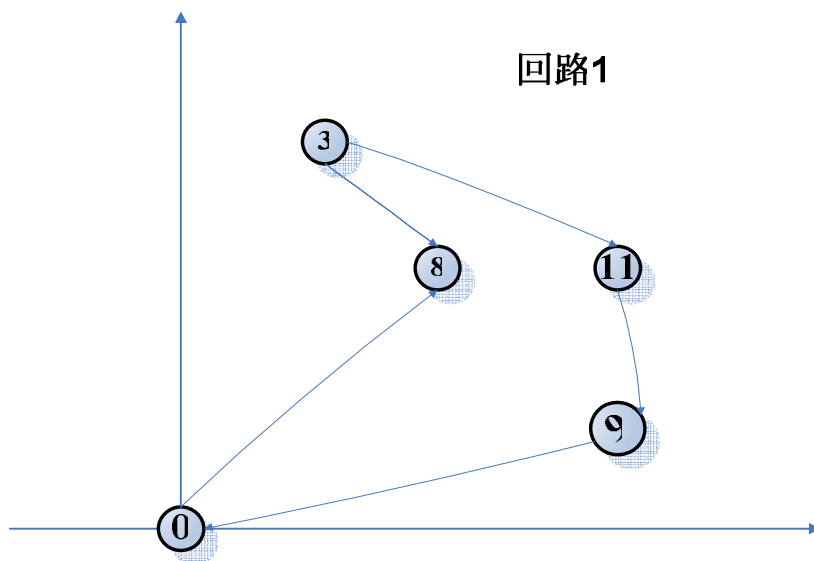
节点 3 有 3 个位置可以插入，插在哪里合适呢？

- ◆ 插到 (0, 11) 间, $= P_{03} + P_{311} - P_{011} = 7 + 7 - 6 = 8$
- ◆ 插到 (11, 9) 间, $= P_{113} + P_{39} - P_{119} = 7 + 15 - 5 = 17$
- ◆ 插到 (9, 0) 间, $= P_{93} + P_{30} - P_{09} = 15 + 7 - 10 = 12$

比较上述 3 种情况的增量，插入到 (0, 11) 之间最小，所以应将节点 3 加入到 (0, 11)，
结果为：T={0, 3, 11, 9, 0}



重复上面的步骤，分别再将节点 8 加入到子回路中，就可得解 T={0, 8, 3, 11, 9, 0}，
即回路 1 的最优路线和最小费用 $f_1 = 8 + 4 + 7 + 5 + 10 = 34$



2) 对回路 2、3、4、5 继续 1) 的过程同样可得到回路 2、3、4、5 的最优路线和最小费用 f_2 、 f_3 、 f_4 、 f_5 ,以及“二轴 12 型 W=17 吨 (9.6 米单桥) +不超载 14.000 吨”车型在整个行程中的最小费用 $F_1 = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5$

上述是“二轴 12 型 W=17 吨 (9.6 米单桥) +不超载 14.000 吨”车型最优路线和最小费用的求解过程，当然，我们也就能轻松求得其他 9 种车型的最优路线和最小费用 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7 、 F_8 、 F_9

(4) 对 15 种车型汽车进行组合，使得他们满足公司输送货物的需求，并且费用最小！

由上面条件我们列出方程，如下：

设 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_9$ 为每种车型所需要的数量。 M 为公司需要运送货物总重。

$$\text{Min} Y = F_1 * x_1 + F_2 * x_2 + F_3 * x_3 + F_4 * x_4 + F_5 * x_5 + F_6 * x_6 + F_7 * x_7 + F_8 * x_8 + F_9 * x_9$$

$$\begin{cases} 14 * x_1 + 19.1 * x_2 + 22.5 * x_3 + 20 * x_4 + 28 * x_5 + 33.5 * x_6 + 25 * x_7 + 35.5 * x_8 + 42.5 * x_9 = M \\ x_1, x_2, x_3, \dots, x_9 \geq 0 \end{cases}$$

用 lingo 软件进行运算，这里不在赘述。

附录七：受江西省收费政策变动的主要业务运输优化路线图

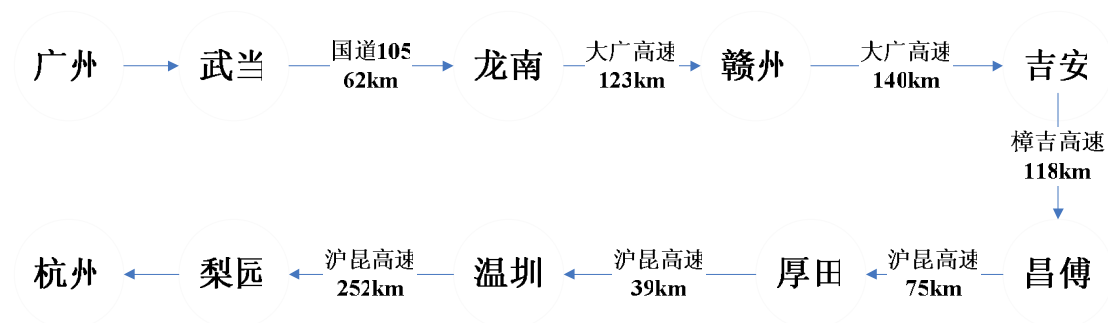
针对江西省公路收费的变动，我们把过江西省，即直接受这次政策变动影响的业务运输主要路径查找如下：(用笑脸标示的即是我们寻找的路线)

一、广州——杭州

方案一：高速

以运输规划为中心的安得物流业务优化方案

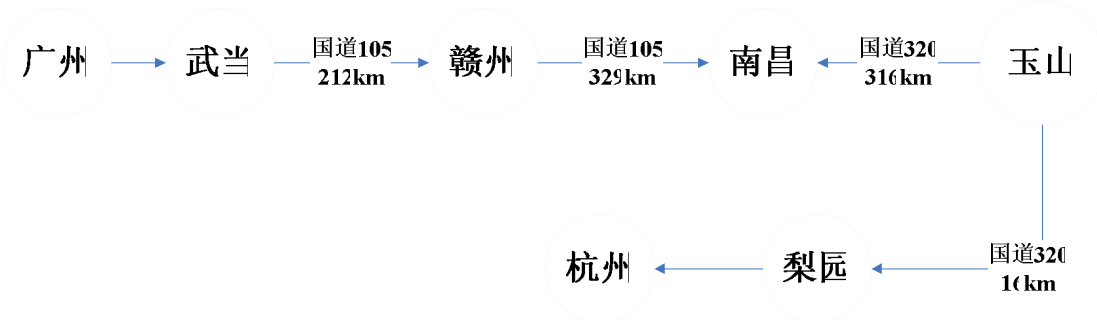
从广州到杭州，需从 105 国道，通过武当进入江西省。到达龙南后，上了大广高速，之后在吉安进入樟吉高速，到达昌傅后再进入沪昆高速，一直到厚田到温州，最后从梨园出江西。在江西省内的具体路线如下：



方案二：国道

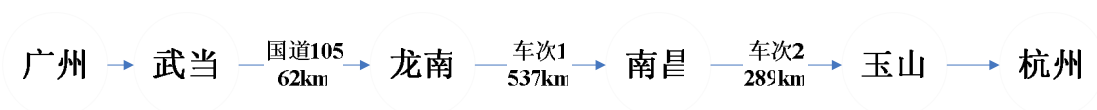
通过武当，从国道 105 进入江西省后，继续走国道 105，经过赣州到达南昌后，进入国道 320，通过玉山，最后从梨园出江西。在江西省内的具体路线如下：

以运输规划为中心的安得物流业务优化方案



方案三：铁路

通过武当，从国道 105 进入江西省后，在龙南换上铁路运输，到南昌后中转，最后到玉山，出江西。在江西省内的具体路线如下：



但是也有从广州直接到杭州的火车，中途也有进入江西省，故这也是一种运送货物的方

案，所以我们在这里也考虑进去了。



广州 —————> 杭州

方案四：水路

由广州到杭州，也有很方便的水运。从广州港直接出发，途经浙江，抵达杭州港。

广州 —————> 浙江 —————> 杭州

二、肥城市——九江市

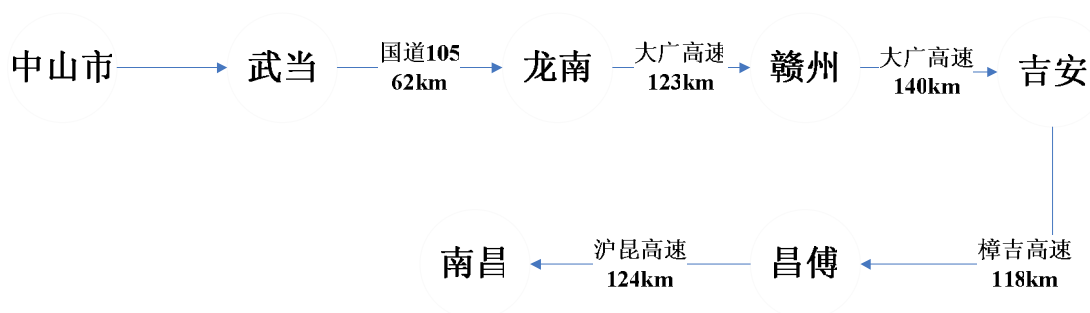
根据地图可以出，此路线受江西省运输费用政策调整的影响较小，所以我们不予考虑。

三、中山市——江西省（南昌）

以运输规划为中心的安得物流业务优化方案

在这笔业务中，由于没有给出具体到达江西省的哪个城市，我们认为其是到达省会南昌市，其中途经赣州市。

通过国道 105 进入江西省后，到达龙南，之后就可以走高速，经过赣州后到达南昌。



四、英德市——江西省（南昌）

因为在这笔业务中，也没有给出具体到达江西省的哪个城市，我们认为其是到达省会南昌市，中途可能经过赣州。

A、途经赣州

由省道到达韶关，通过国道 323，进入江西省后，途经大余，继续走 323，到达赣州。

之后通过高速到达南昌。

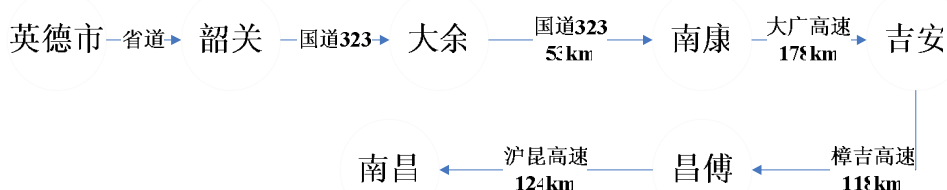


B、不经过赣州

当不经过赣州时，从英德到南昌，有两种路径可以到达。

1、公路运输

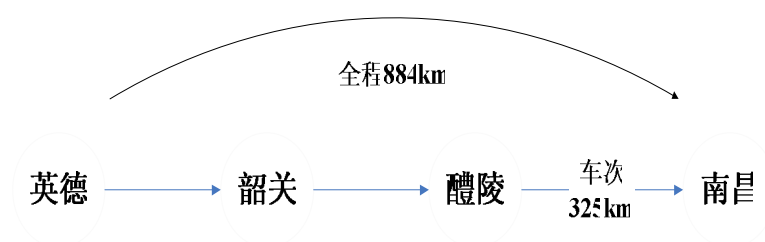
由省道到达韶关后，通过国道 323，进入江西省后，途经大余，继续走 323，这次不是走到赣州，而是只到南康，之后通过高速到达南昌。





2、铁路运输

由英德出发，经过广东省的韶关，途经醴陵，进入江西省，直接到达南昌。





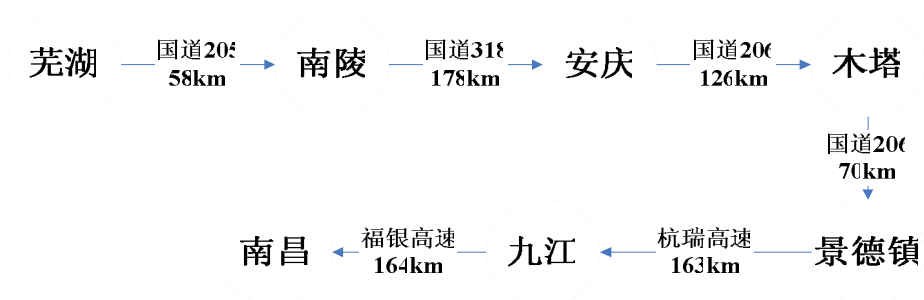
五、芜湖市——江西省（南昌）

这笔业务，同前面的两个，我们直接假设其去南昌市。也有两种路径可以到达。

1、公路运输

A、国道和高速都走

由芜湖出发，途经南陵、安庆后，通过木塔，进入江西省后，到达景德镇，进入杭瑞高速，到达九江后进入福银，最后到达南昌。





B、只走国道

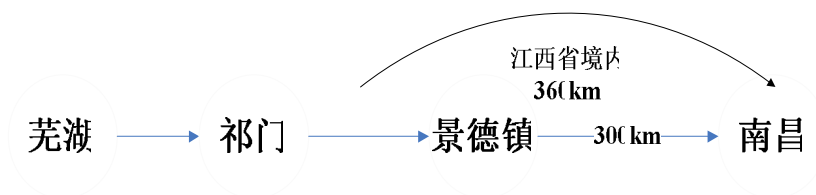
由芜湖出发，途经常山，通过梨园，进入江西省后，经过玉山，最后到达南昌。





2、铁路运输

由芜湖出发，途经祁门，之后进入江西省，途经景德镇后，到达南昌。

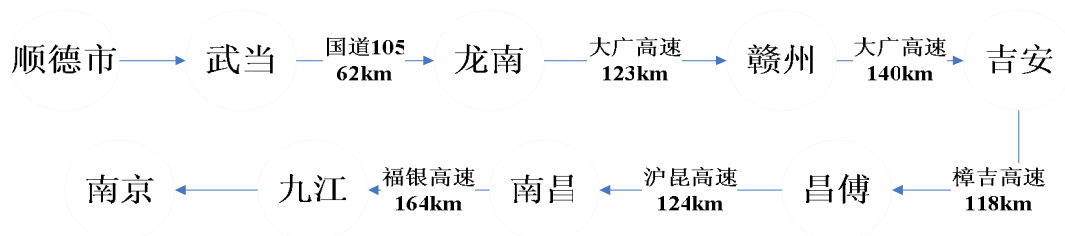




六、顺德市——江苏省（南京）

由于这笔业务也是没有给出具体的目的地，我们假设其也是去江苏省的省会南京。

由顺德出发，通过武当后进入江西省，途经赣州、吉安、昌傅、南昌后，通过九江，离开江西，进入江苏。在江西省内的具体路线如下：



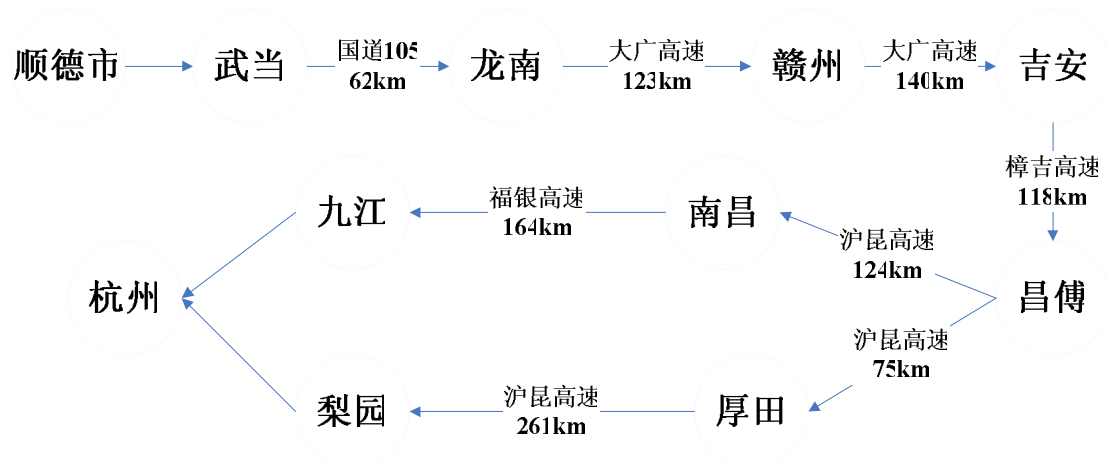


七、顺德市——浙江省（杭州）

这笔业务我们仍把浙江省的省会杭州作为目的地。

由顺德出发，通过武当后进入江西省，途经赣州、吉安后到达昌傅，在这里，有两条路线可供选择：一是进入沪昆高速后，一直经过厚田、梨园后，最后到达杭州；二是进入沪昆高速后，一直抵达南昌，之后进入福银高速，到达九江后，进入杭瑞高速，最后到达杭州。具体路线如下：

以运输规划为中心的安得物流业务优化方案

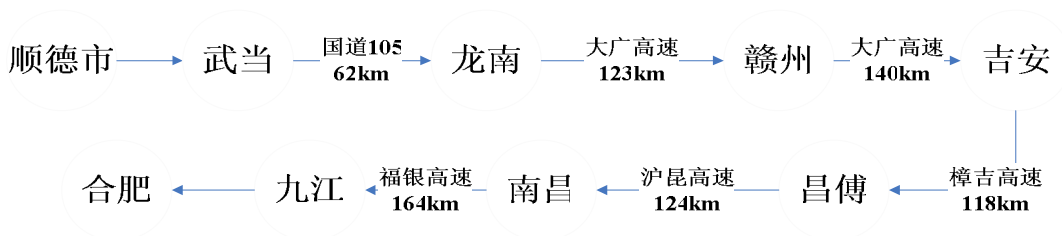




八、顺德市——安徽省（合肥）

在这笔业务我们仍把安徽省的省会合肥作为目的地。

由顺德出发，通过武当后进入江西省，途经赣州、吉安、昌傅、南昌后，通过九江，离开江西，进入安徽。在江西省内的具体路线如下：

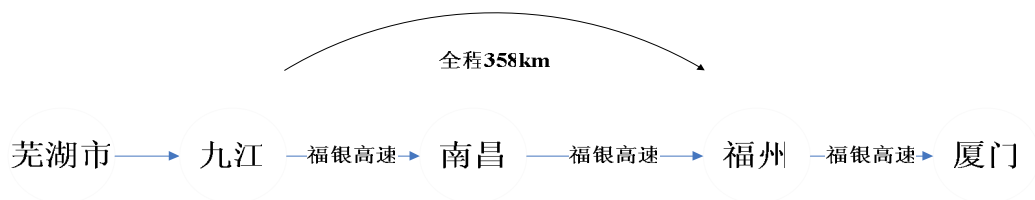




九、芜湖市——福建省（福州、厦门）

根据参赛资料中的其他案例，我们发现，安得在福建省内的业务，主要集中在福州和厦门，所以我把这两个城市分别作为目的地寻找路线。

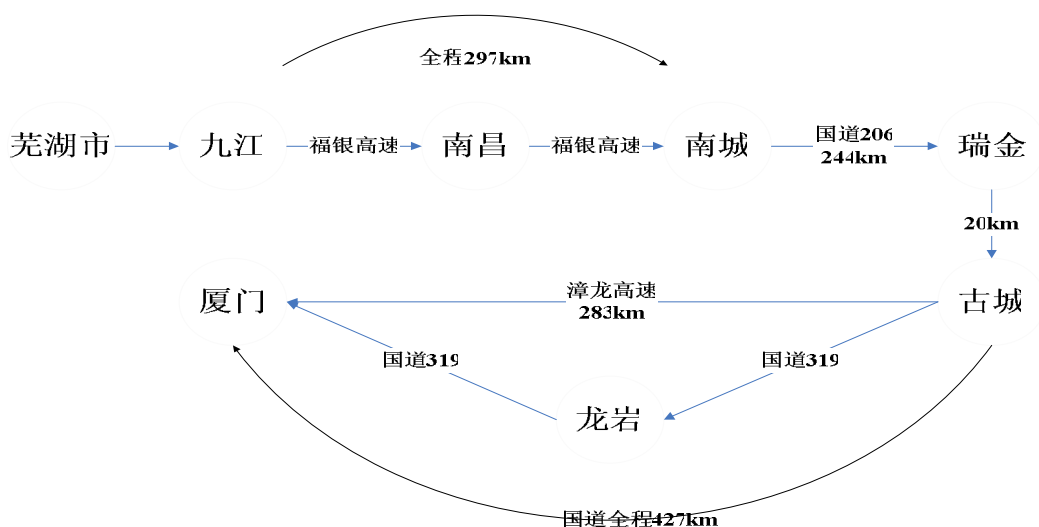
由芜湖出发，通过九江后进入江西省，进入福银高速，途经南昌，直接抵达福州。如果是去厦门，也可以直接通过福州后到达。所以这条路线都可以到达。具体路线如下：





另外，从九江进入江西省后，还有一条路线可以到达厦门。

由芜湖出发，通过九江后进入江西省，进入福银高速，途经南昌，抵达南城后，离开高速，进入国道 206 到达瑞金，通过古城后，进入福建省，到了这里后，也有两条路线到达厦门：一是进入漳龙高速，直接到达厦门；一是进入国道 319，途经龙岩后，到达厦门。具体路线如下：





十、武汉市——福建省（福州、厦门）

由武汉市到厦门，在江西省内的路线同芜湖市到厦门时在江西省内的路线，而武汉到福州也同南昌到福州在江西省内的路线，这些路线上文都已经讨论过了，这里就不累述了。

附录八：系统设计报告

在透析用户需求的前提下，对业务流程进行整合，得到系统的逻辑模型，进而在逻辑模型的基础上做必要的系统设计。

一 用户需求

1 功能要求

系统能够实现的任务与服务：

1.1 主要解决某次配送的运输方案：用哪些类型的车、某种类型的车要用几辆、每辆车的载重是多少、某辆车走哪条路线最合理以及其最小费用是多少。

- ◆ 通过选择将进行配送的始发城市和到达城市，可得要经过的节点城市和和通往的路线；
- ◆ 当具体到某两城市间的配送时，不同的车型可得到不同的配送最优路线和最小费用；

- ◆ 某次配送的承载重量确定后，可得到最优的最优车型组合。

1.2 其次解决省内的单环配送问题。

确定所要途径各城市间的距离即可得到完成配送要进行的最优环形路线，即使之成本最低。

1.3 另外可对系统中的客观数据进行管理。

- ◆ 系统使用人员信息的增加、修改、删除和查询（只有特殊权限的员工可操作）；
- ◆ 车类型信息的增加、修改、删除和查询；
- ◆ 节点信息的增加、修改、删除和查询，如可行车的两点名称、两点的道路类型及路程长度等参数；
- ◆ 路段费用的增加、修改、删除和查询，即指不同车型在不同路段的费用；
- ◆ 路况信息的增加、修改、删除和查询，即指起点终点的城市 and 要经过的节点名称；
- ◆ 载重信息的增加、修改、删除和查询，包括某车型的装载情况、载重量、固定费用、油费、行驶每公里的费用等参数。

2 信息要求

2.1 客观数据

有业务往来的省份和城市、城市间的道路类型及道路长度、公司拥有的车型种类和载重量、每种车型的固定费用、当前环境下的油费及其它费用的标准。

2.2 有效决策

具体到某次配送，可得到所用车型、某种车型的数量、每辆车的具体载重、某辆车走的最优路线及其最小费用。

3 性能要求

3.1 响应速度要求

系统的响应速度必须保持在较高的水平上从而提高配送决策效率。

3.2 可靠性要求

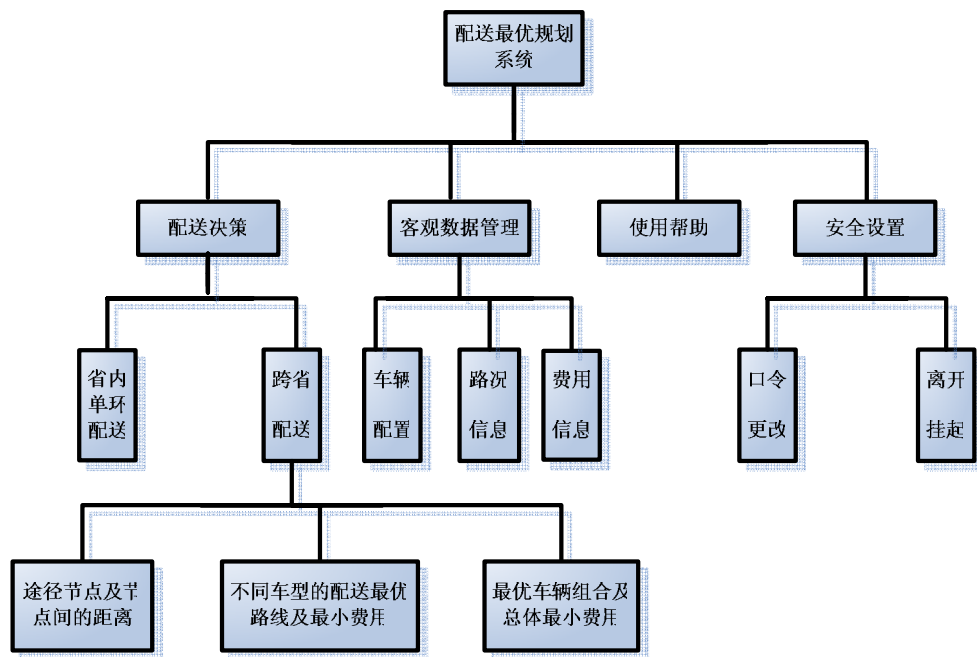
所得到的决策能确实解决配送问题，使得运输成本最低。另外数据库技术要十分可靠。

3.3 灵活性要求

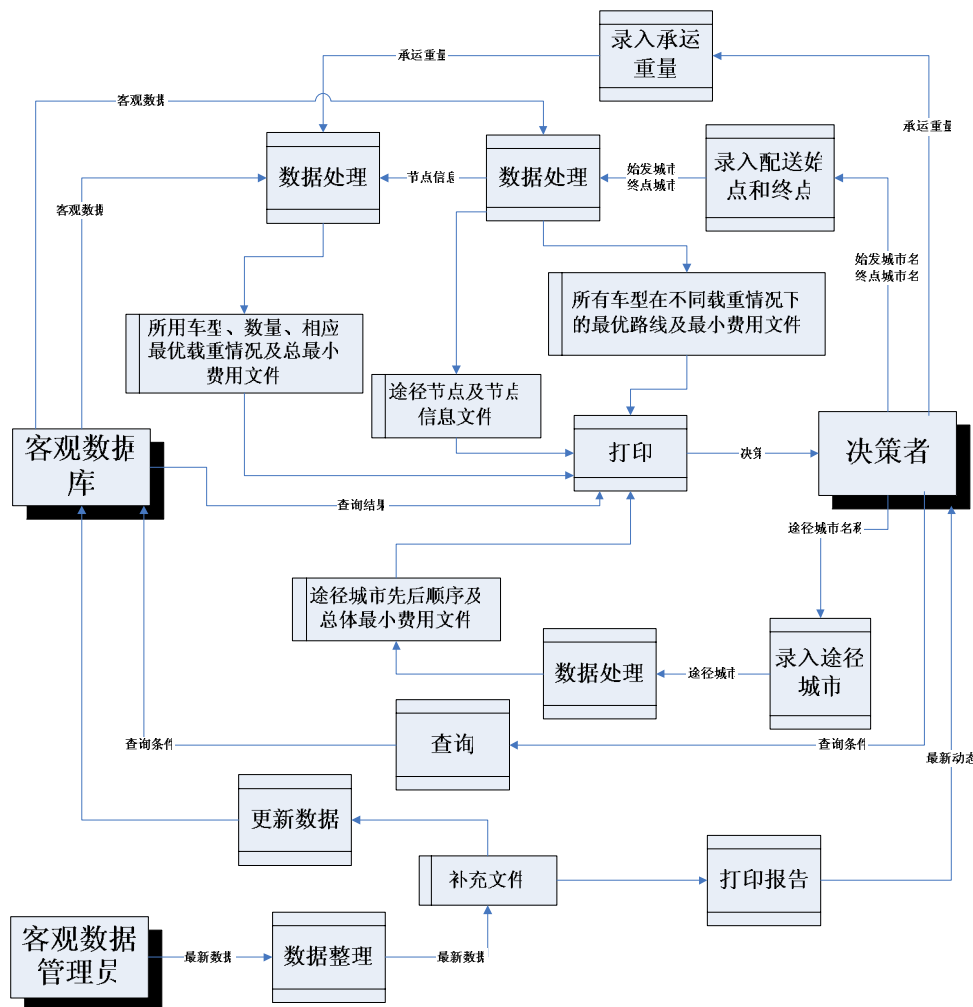
必须能根据业务的最新情况及相关环境的最新状况，实时的更新数据，让企业掌握第一手资料，及时洞察市场情况得到最优方案。

二 系统逻辑模型

1 系统的划分



2 二级细化数据流图



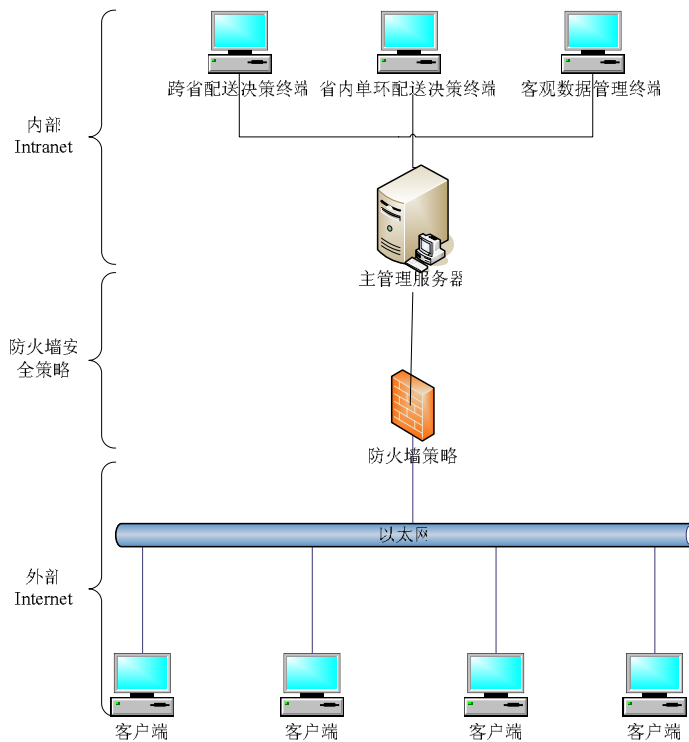
三 概要设计

1 硬件结构设计

最低配置：Pentium - 133MHZ 以上处理器，16M 以上内存。

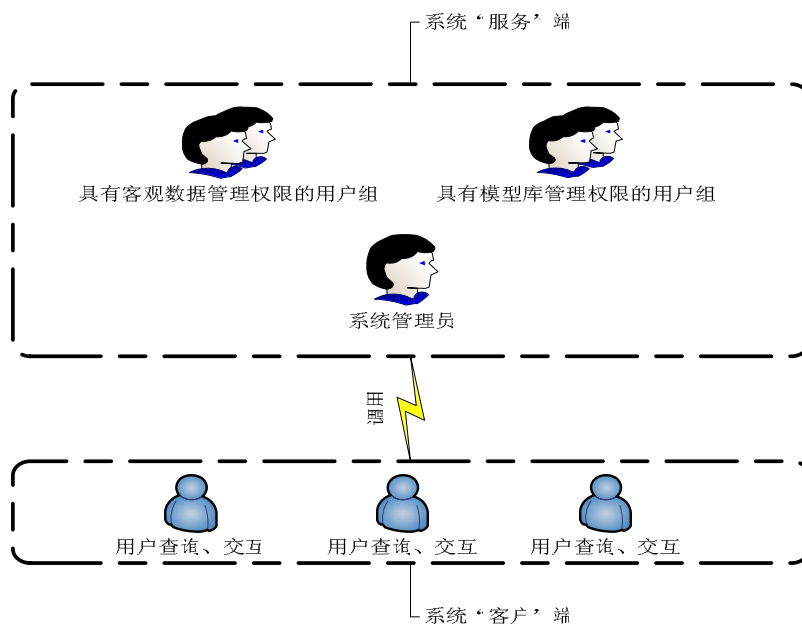
推荐配置：最低配置 Pentium266MhZ 以上处理器，32M 以上内存。

系统网络拓扑结构：



2 软件结构设计

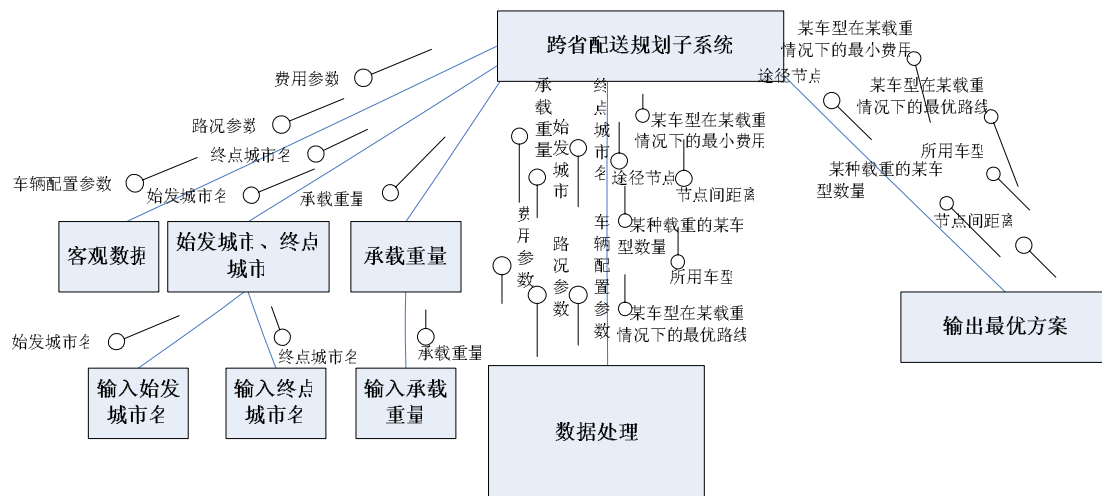
WINDOWS95/98/2000/ME/XP/2003 或更高版本的操作系统、winRAR 压缩软件，以及 lingo8.0 软件。



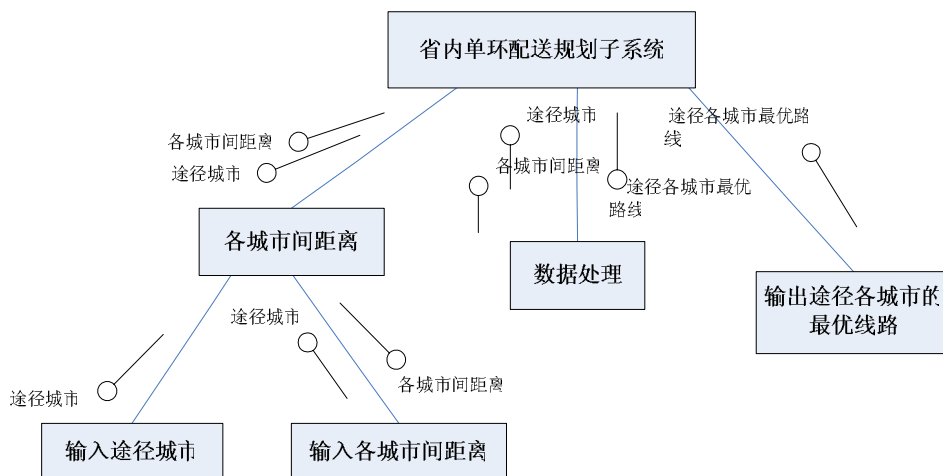
3 子系统划分与模块结构设计

系统可划分为跨省配送规划子系统、省内单环配送规划子系统、客观数据管理子系统。

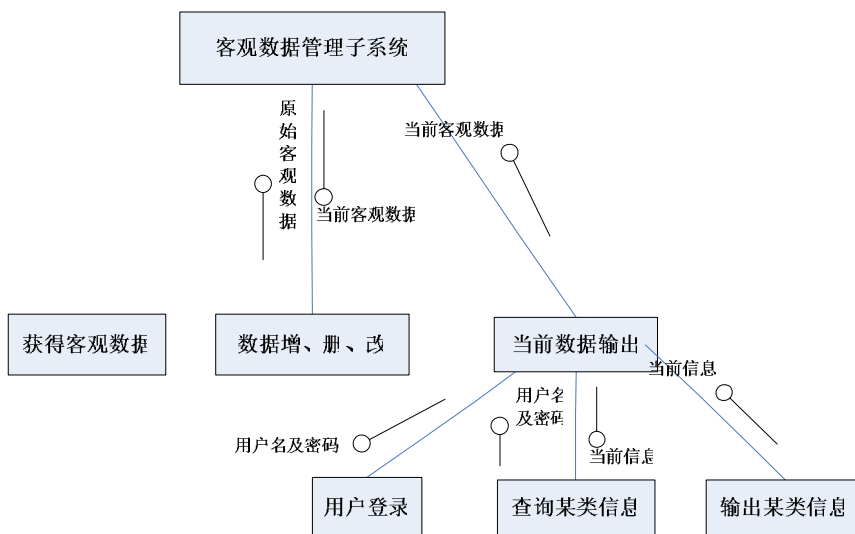
各系统的详细模块结构如下：



跨省配送规划子系统模块结构图



省内单环配送规划子系统模块结构图



四 详细设计

1 数据库设计

在位于服务器的数据库中，采用规范化的关系数据库设计。对于每个基本表中所存在的记录，使其满足关系代数所规定的范式要求，即满足第三范式或者 BC 范式。这样就对基本表中所建立的各个字段、数据项规范地进行组织。

满足范式要求，即在二维表中，所有数据元素不但要能够唯一地被主关键字所标识，而且它们之间必须相互独立，不存在其他的函数关系。相关联的数据表之间通过外部关键字作为接口和范式分解的依据。

数据表这样设计的意义，是方便于对数据库的查询、修改、插入等操作，避免在操作中出现数据项的不一致、数据元素的误删除、在修改一个数据记录时只修改了当前记录所在表格而对于该记录在其他数据表的位置没有作相应修改等错误，使得系统出现或大或小的问题和漏洞，而且对于数据库的维护、系统的测试也时不方便和容易造成更大人力财力耗费的。

2 输入设计

跨省运输规划

输入项目：在“起点终点”页面中选择有业务往来的省份及城市、预计载重量。

输入人员：配送方案决策人员

输入要求：所选择城市必须是有业务往来的且已经录入系统的省份及城市。

省内单环配送规划

输入项目：选择要输入的城市，并将城市成规则的矩阵形式放在相应的位置，并正确输入各城市间的距离。

输入人员：配送方案决策人员

输入要求：距离必须填写完全，城市输入位置必须成矩阵形式。

员工管理

输入项目：对员工权限的增、删、改

输入人员：高级管理员

输入要求：根据具体赋予的权限恰当录入

车辆管理

输入项目：车型种类的增、删、改；载重信息（某车型的装载情况、载重量、固定费用、油费、行驶每公里的费用）的增、删、改

输入人员：车辆数据管理人员

输入要求：按实际情况实时更新

路况管理

输入项目：某两城市途径节点信息（起点终点的城市 and 要经过的节点名称）的增、删、改；节点信息（两点名称、两点的道路类型及路程长度等参数）的增、删、改；费用

信息（某车型的装载情况、载重量、固定费用、油费、行驶每公里的费用）的增、删、改；

输入人员：路况信息管理人员

输入要求：按实际情况实时更新

3 输出设计

跨省配送规划

输出项目：途径节点、节点间距离、所用车型、所用车型的装载情况、某装载情况下某车型的最优路线及最小费用、车辆组合、总体最小费用。

输出接收员：配送方案决策人员

输出要求：清晰、明了、能直接用于实践

省内单环配送规划

输出项目：途径节点的先后顺序以及总的最小费用

输出接收员：配送方案决策人员

输出要求：清晰、明了、能直接用于实践

客观数据查询

输出项目：车类型信息、节点信息（两点名称、两点的道路类型及路程长度等）、路段费用、路况信息（起点终点的城市 and 要经过的节点名称）、载重信息（某车型的装载情况、载重量、固定费用、油费、行驶每公里的费用等）

输出接收员：可登录系统的所有元员工

输出要求：清晰、明了

附录九：系统用户手册

一、系统介绍

系统简介

此款系统主要是针对江西省公路收费标准变动所开发的，结合安得公司的实际业务情况，通过与 lingo 数学软件的连接，对数学模型进行求解，帮助安得公司解决路线选择以及车辆选择两大问题，从根本上降低运输成本，提高配送效率。

主要特点

界面美观易用：各操作窗口清新、大方，操作方便。

与 lingo 软件对接：这是一套通过与 lingo 软件连接实现路线优化的软件。轻松解决模型运算问题，模型与界面对接方便，模型易于修改。

运输情况全面：系统根据安得公司的实际业务，将运输业务分为跨省运输和省内运输，其中又分为不同情况，加以使用不同模型来解决。

主要功能

最优组合（跨省）：主要用来计算跨江西省公路运输的最优路线以及最优车辆组合。

单环配送（省内）：单环配送相当于省内的 TSP 问题，求单辆车经过各个接货点所用的最短路径。（由于省内运输的各路段成本相差不大，而且物流企业相对于跨省运输更希望得到的是最优路线而不是最优成本，所以这里计算的最优路线是指的路程最短的线路。）

车辆情况：用于统计公司的现有车型，帮助使用者添加，修改，查询公司现有车辆的情况，以及各车型的费用情况。

路况信息：用于统计从起点到终点所经过的各个主要干道信息，帮助使用者添加，修改，查询道路信息。（此试用版本中存储的是从广州到杭州所可能经过的各条道路情况，作为演示版的数据资料）。

单位信息：提供安得公司的基本情况，以及联系方式。

管理员设置：用于添加，修改，查询管理员的信息。

离开挂起：当管理员离开电脑时，可进行离开挂起，为系统设置密码，锁住系统不被操纵，防止他人盗取、篡改系统信息。

更改口令：进行口令的修改。

使用帮助：使用者进入可阅读帮助文件，了解系统的使用与维护。

二、系统安装

安装说明

本软件由于与 lingo 软件结合，虽然在系统运行时不需要打开 lingo 软件,但是需要 lingo 软件进行后台运算，因此只有安装 lingo8.0 软件后，本系统才可以正常运行，得到正确的计算结果。故请事先安装 lingo8.0 软件在要操作的电脑上。

硬件环境

最低配置：Pentium - 133MHZ 以上处理器，16M 以上内存。

推荐配置：最低配置 Pentium266MhZ 以上处理器，32M 以上内存。

软件环境

操作系统：WINDOWS95/98/2000/ME/XP/2003 或更高版本。

电脑要安装有 winRAR 压缩软件，以及 lingo8.0 软件。

安装步骤

将光盘中的“物流系统.rar”文件直接解压到某个盘符下（如 c、d、e 盘）。

首先选择光盘中的“物流系统.rar”文件，单击右键，选择“解压文件”，出现如下界面，选择一个盘符（此例中为 E 盘）：

如图：

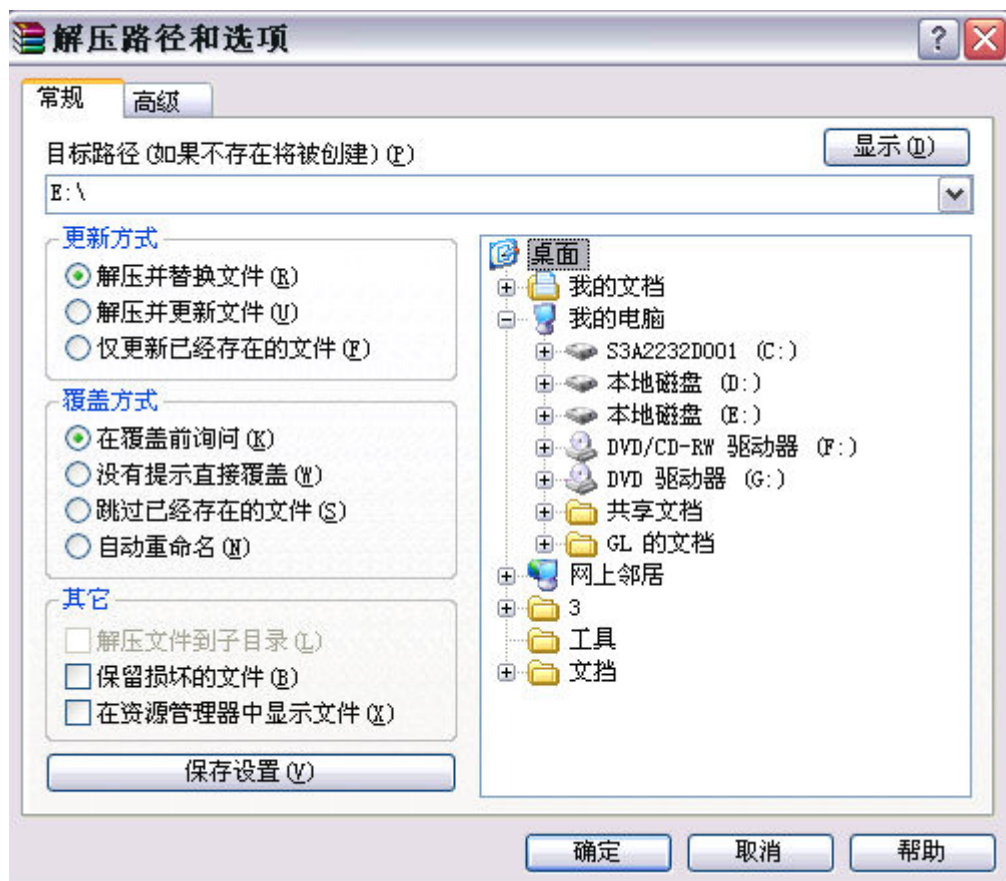


图 1：解压演示

此时在你所选择的盘符下会产生一个物流系统的文件夹，进入文件夹会看到“物流系统.exe”文件，双击既运行系统。也可用右键点击“物流系统.exe”文件，选择发送“发送到”，然后选择“桌面快捷方式”，就可以在桌面点击快捷图标直接运行系统。

如图：



图 2：将系统发送到桌面快捷方式

注意：切勿将“物流系统.rar”压缩文件解压到某个文件中，一定要直接解压到根盘符下，这样方可保证系统的正常运行。

三、系统使用

系统的启动：用户可以进入系统所在盘符，进入“物流系统”文件夹后，双击“物流系统.exe”文件启动系统。用户又可通过双击桌面图标运行该程序。

进入登陆界面

进入系统，首先是登陆界面演示版本，因此用户名和密码都预先设定好，用户名为“超级用户”，密码为“88888”。



图 3：登陆界面

输入用户名和密码后，单击“确定”，进入主界面。

进入系统主界面



图 4：系统主界面

主界面中的各按钮与“主要功能”一章中介绍的相一致，详细内容可参见“主要功能”的详细说明。

求最优配送方案

根据业务性质选择省内还是跨省运输，并点击相应的按钮。

如果是跨省运输，点击“最优最合（跨省）”按钮进入系统子界面：（如图）



图 5：跨省运输选择起点、终点界面

在省份文本框中选择广东和浙江，在始发城市和到达城市分别选择广州和杭州，然后点击“确定”，进入下一界面。（如图）

途经节点

1 武当

2 龙南

3 信丰

4 南康

5 赣州

武当_龙南

龙南_信丰

龙南_南康

信丰_赣州

信丰_吉安

南康_赣州

南康_吉安

赣州_梨园高

赣州_梨园G

吉安_梨园高

基本信息查询

车辆设置

路况信息

其他查询

每种车型的最优路线（点击请查询）

| | | | | |
|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 二轴12型W=17吨（不超载） | 二轴12型W=17吨（超载30%） | 二轴12型W=17吨（超载50%） | 二轴12型W=17吨（超载100%） | 二轴12型W=17吨（超载150%） |
| 三轴122型W=27吨（不超载） | 三轴122型W=27吨（超载30%） | 三轴122型W=27吨（超载50%） | 三轴122型W=27吨（超载100%） | 三轴122型W=27吨（超载150%） |
| 四轴125型W=35吨（不超载） | 四轴125型W=35吨（超载30%） | 四轴125型W=35吨（超载50%） | 四轴125型W=35吨（超载100%） | 四轴125型W=35吨（超载150%） |

请输入运送的吨数

ANNT

总重量：

吨

确认

总费用：

元

最优车型组合

| | | | | |
|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 二轴12型W=17吨（不超载） | 二轴12型W=17吨（超载30%） | 二轴12型W=17吨（超载50%） | 二轴12型W=17吨（超载100%） | 二轴12型W=17吨（超载150%） |
| | | | | |
| 三轴122型W=27吨（不超载） | 三轴122型W=27吨（超载30%） | 三轴122型W=27吨（超载50%） | 三轴122型W=27吨（超载100%） | 三轴122型W=27吨（超载150%） |
| | | | | |
| 四轴125型W=35吨（不超载） | 四轴125型W=35吨（超载30%） | 四轴125型W=35吨（超载50%） | 四轴125型W=35吨（超载100%） | 四轴125型W=35吨（超载150%） |
| | | | | |

图 6：跨省运输界面

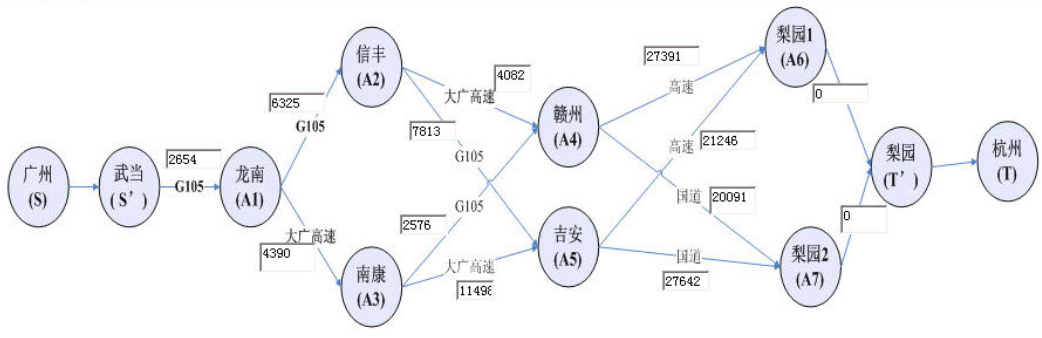
在“每种车型的最优路线”框中，会看到 15 个按钮，每个按钮上对应一种车型。单击其中一个按钮，会显示该车型从起点“广州”到终点“杭州”在经过江西段时所走的最优路线以及最小费用，如图：

Form1

ANNT

三轴122型W=27吨超载30%

过江西境内运输所可能经过的所有路线以及各路段费用：



计算后该型车的最佳路线以及最小费用：

| | | | | | |
|--------------|-------|--------------|-------|-----------|-------|
| 武当-武当 | 0 | 武当-龙南 | 2654 | 武当-信丰 | 8979 |
| 武当-南康 | 7044 | 武当-赣州 | 9620 | 武当-吉安 | 14857 |
| 武当-梨园(最后走高速) | 36103 | 武当-梨园(最后走国道) | 34948 | 武当-梨园(最终) | 34948 |

武当

——

龙南

——

南康

——

吉安

——

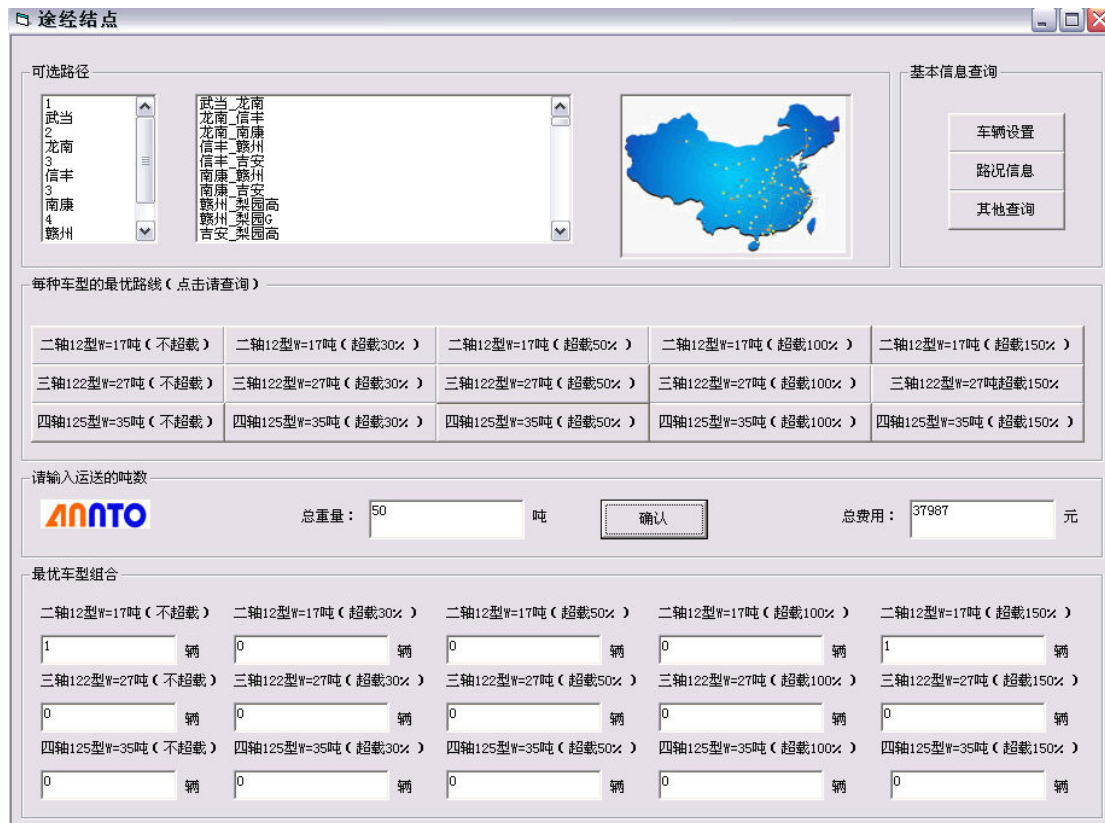
梨园(国道)

该型车江西省内最小运费： 34948

图 7：每种车型最优路线及费用界面

弹出界面的拓扑图中每两点之间的数字表示的是两点之间的距离。从这个界面可以看出车型为“三轴 122 型超载 30%”的车在江西省内的最优费用为最后一个文本框显示的内容“34948”元，且该车型在江西省内的最优路线为“武当 - 龙南 - 南康 - 吉安 - 梨园（国道）”，其中，“国道”表示从吉安到梨园应走国道，而不是走高速。

下面我们回到图 6 所示界面，在“总重量”一栏中输入这次运输总货物吨数，这里我们输入 50，然后点击“确认”，出现计算的最优结果。（如图）



途经结点

可选路径

| | |
|------|--------|
| 1 武当 | 武当_龙南 |
| 2 龙南 | 龙南_信丰 |
| 3 信丰 | 信丰_赣州 |
| 4 南康 | 南康_吉安 |
| 5 赣州 | 赣州_梨园高 |
| | 吉安_梨园高 |

基本信息查询

车辆设置

路况信息

其他查询

每种车型的最优路线（点击请查询）

| | | | | |
|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 二轴12型W=17吨（不超载） | 二轴12型W=17吨（超载30%） | 二轴12型W=17吨（超载50%） | 二轴12型W=17吨（超载100%） | 二轴12型W=17吨（超载150%） |
| 三轴122型W=27吨（不超载） | 三轴122型W=27吨（超载30%） | 三轴122型W=27吨（超载50%） | 三轴122型W=27吨（超载100%） | 三轴122型W=27吨（超载150%） |
| 四轴125型W=35吨（不超载） | 四轴125型W=35吨（超载30%） | 四轴125型W=35吨（超载50%） | 四轴125型W=35吨（超载100%） | 四轴125型W=35吨（超载150%） |

请输入运送的吨数

ANNTO 总重量：50 吨 确认 总费用：37987 元

最优车型组合

| | | | | |
|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 二轴12型W=17吨（不超载） | 二轴12型W=17吨（超载30%） | 二轴12型W=17吨（超载50%） | 二轴12型W=17吨（超载100%） | 二轴12型W=17吨（超载150%） |
| 1 辆 | 0 辆 | 0 辆 | 0 辆 | 1 辆 |
| 三轴122型W=27吨（不超载） | 三轴122型W=27吨（超载30%） | 三轴122型W=27吨（超载50%） | 三轴122型W=27吨（超载100%） | 三轴122型W=27吨（超载150%） |
| 0 辆 | 0 辆 | 0 辆 | 0 辆 | 0 辆 |
| 四轴125型W=35吨（不超载） | 四轴125型W=35吨（超载30%） | 四轴125型W=35吨（超载50%） | 四轴125型W=35吨（超载100%） | 四轴125型W=35吨（超载150%） |
| 0 辆 | 0 辆 | 0 辆 | 0 辆 | 0 辆 |

图 8：最后的最优结果

从界面看到运输 50 吨货物从广州到杭州途经江西段的最小费用为 37987 元，最优车辆组合为：1 辆“二轴 12 型不超载”和 1 辆“二轴 12 型超载 150%”。点击两车型相对应的按钮，就可以知道两车型应走的最优路线。

如果是省内运输，点击“单环配送”按钮进入子界面：（图）

这里我们以江西省内的南昌，高安，樟树，丰城四个城市作为我们演示的四个货物接收点。

省内单环配送

ANNTTO

请输入要抵达城市之间的距离[单位：公里]

| | 合肥 | 阜阳 | 六安 | 巢湖 |
|----|----|----|----|----|
| 合肥 | 0 | | | |
| 阜阳 | | 0 | | |
| 六安 | | | 0 | |
| 巢湖 | | | | 0 |

计算

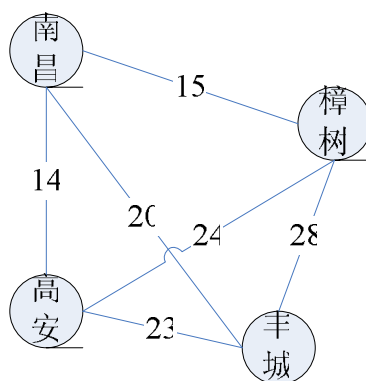
最短路程：公里

单环配送最优路线[单位：公里]（1表示选择行驶、0表示拒绝行驶）

| | 合肥 | 阜阳 | 六安 | 巢湖 |
|----|----|----|----|----|
| 合肥 | | | | |
| 阜阳 | | | | |
| 六安 | | | | |
| 巢湖 | | | | |

图 9：省内单环配送界面

在“请输入要抵达城市间距离”框中，输入各城市间的距离，这里我们输入假设数据，然后单击“计算”按钮，出现下图：



省内单环配送

ANNTO

请输入要抵达城市之间的距离[单位：公里]

| | 合肥 | 阜阳 | 六安 | 巢湖 |
|----|----|----|----|----|
| 合肥 | 0 | 14 | 23 | 31 |
| 阜阳 | 14 | 0 | 22 | 23 |
| 六安 | 23 | 22 | 0 | 23 |
| 巢湖 | 31 | 23 | 23 | 0 |

计算

计算

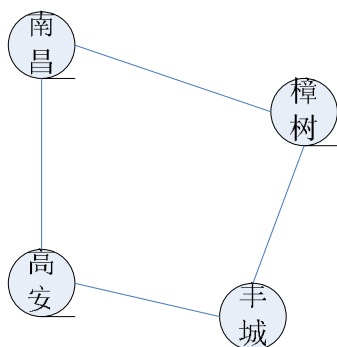
最短路程：83 公里

单环配送最优路线[单位：公里]（1表示选择行驶、0表示拒绝行驶）

| | 合肥 | 阜阳 | 六安 | 巢湖 |
|----|----|----|----|----|
| 合肥 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 阜阳 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 六安 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 巢湖 | 0 | 1 | 0 | 0 |

图 10：省内单环配送的最优方案

从计算结果可知，车辆在四点间运输经过的最短路程为 80 公里，其间的道路选择为：



数据维护

系统中所有的数据，包括管理员信息，路途，省份，车辆等都存储在系统所在文件夹

一个名为“加油.mdb”的 Access 数据库中。如果相对数据进行修改或是维护，则可以打开这个数据库，出下如下界面(如图)。

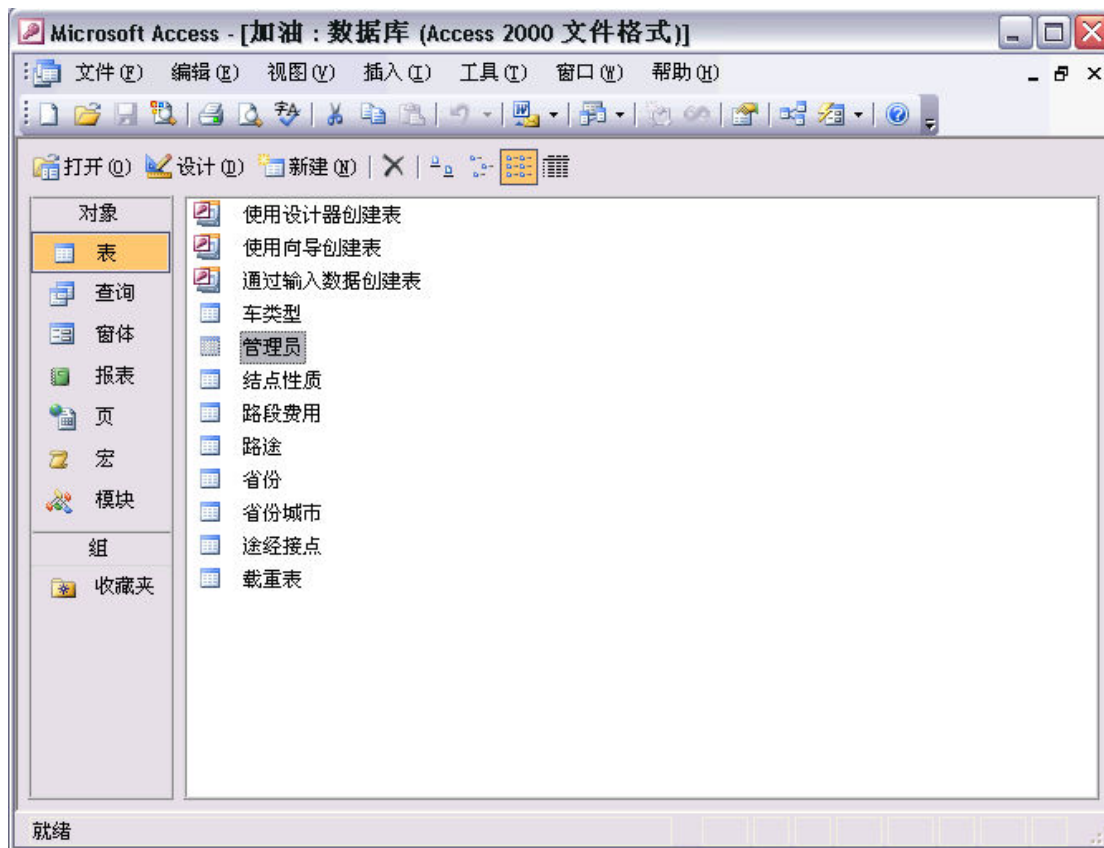


图 11：系统的 access 数据库

双击各个选项，就可以进入各分数据库，进行数据的维护。

信息查询：

查询车辆信息：

点击主界面“车辆情况”，出现如下界面，可以查询各种车型的收费标准，固定费用，油费，载重量等信息。

车辆查询

ANNTO

全部

查找

新增

修改

删除

Excel

打印

退出

基本信息

车 型：

二轴12型W=17吨

载重情况：

超载150%

元/车公里：

5.71

载 重 量：

39.5

吨

固定费用：

0.735

元/公里

油 费：

1.18

元/吨公里

| | 车型 | 装载情况 | 载重量 | 固定费用 | 油费 | 元/车公里 |
|--|--------|--------|------|-------|------|-------|
| | 二轴12型W | 不超载 | 14 | 0.735 | 1.18 | 1.17 |
| | 二轴12型W | 超载30% | 19.1 | 0.735 | 1.18 | 1.58 |
| | 二轴12型W | 超载50% | 22.5 | 0.735 | 1.18 | 2.16 |
| | 二轴12型W | 超载100% | 31 | 0.735 | 1.18 | 5.39 |
| | 二轴12型W | 超载150% | 39.5 | 0.735 | 1.18 | 5.71 |
| | 三轴122型 | 不超载 | 20 | 0.971 | 1.45 | 1.53 |
| | 三轴122型 | 超载30% | 28.1 | 0.971 | 1.45 | 2.18 |
| | 三轴122型 | 超载50% | 33.5 | 0.971 | 1.45 | 2.24 |
| | 三轴122型 | 超载100% | 47 | 0.971 | 1.45 | 8.23 |
| | 三轴122型 | 超载150% | 60.5 | 0.971 | 1.45 | 9.19 |
| | 四轴125型 | 不超载 | 25 | 1.442 | 1.55 | 1.68 |
| | 四轴125型 | 超载30% | 35.5 | 1.442 | 1.55 | 2.52 |
| | 四轴125型 | 超载50% | 42.5 | 1.442 | 1.55 | 3.83 |
| | 四轴125型 | 超载100% | 60 | 1.442 | 1.55 | 10.36 |
| | 四轴125型 | 超载150% | 77.5 | 1.442 | 1.55 | 12.28 |

图 12：查询车辆信息界面

查询公路信息：

点击主界面“路况信息”按钮。出现如下界面，此时可以查询从起点到终点可能经过的可支线信息。如道路类型，路程长度等。

路况信息



全部

查找

新增

修改

删除

Excel

打印

退出

基本信息

点 到 点 :

信丰_吉安

道路类型 :

G105

路程长度 :

274km

| 结点链接 | 道路类型 | 路程长度 |
|-------|-----------|-------|
| 武当_龙南 | G105 | 62km |
| 龙南_信丰 | G105 | 150km |
| 龙南_南康 | 大广高速 | 100km |
| 信丰_赣州 | 大广高速 | 93km |
| 信丰_吉安 | G105 | 274km |
| 南康_吉安 | 大广高速 | 178km |
| 赣州_梨园 | 大广高速/ | 624km |
| 赣州_梨园 | G105/G320 | 661km |
| 吉安_梨园 | 樟吉高速/ | 484km |
| 吉安_梨园 | G105/G320 | 480km |
| 梨园——秀 | 缺省 | 0km |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

图 13：查询公路信息界面

帮助系统

用户单击主界面“使用帮助”按钮，就可以弹出如下的帮助界面，里面的文本框中，主要对系统进行简单的介绍，包括系统的特点与主要功能。在帮助界面左边，设置了“图例说明”选项，可以通过点击相应按钮，可以通过更为直观的图例来显示如何使用该系统的各个功能。



图 14：帮助界面

系统维护

系统所在的文件夹里的文件不可随意改动，必要是可对“加油.mdb”数据库文件进行修改，对里面的数据进行更新。如果想对模型进行修改，也可打开“DD.lng”、“EE.lng”和“lingoTSP.lng”三个模型文件进行分别修改。

平时不要轻易对其他文件进行删除或修改，以免造成系统不能运行。

模型文件

系统所在文件夹中存在后缀为“*.LNG”的文件，此为 lingo 软件计算所需的模型文件，其中“DD.lng”为各车型跨省运输最优路线选择模型，“EE.lng”为跨省运输车辆组合计算模型，“lingoTSP.lng”为省内运输 TSP 问题模型。使用者在使用的过程中可根据自身的情况来对模型进行修改，只要单击右键，在“打开方式”中选择“记事本”就可以进行修改。

四、系统不足

由于时间比较仓促，我们还没有编出省内运输的 VRP 模型语句，因此我们的系统还无法实现省内多环运输问题的解决，现在只能运用我们书面方案中的手工算法（扫描法）来解

附录十：lingo 软件模型语句（系统中 DD.lng、EE.lng、LINGOtsplng 文件语句）

DD . LNG 模型文件语句（求每种车型从起点到终点的最优路线及最低成本）：

```
model:
SETS:
    CITIES/A,B,C1,C2,D1,D2,E1,E2,T/: L;      !属性 L(i)表示城市 S 到城市 i 的最优行驶路线
    的路长;
    ROADS(CITIES, CITIES)/                    !派生集合 ROADS 表示的是网络中的道路（弧）;
    A,B
    B,C1 B,C2
    C1,D1 C1,D2 C2,D1 C2,D2
    D1,E1 D1,E2 D2,E1 D2,E2
    E1,T E2,T/: D;                            !由于并非所有城市间都有道路直接连接，所以将
    弧具体列出； !属性 D(i, j) 是城市 i 到 j 的直接成本（已知）;
ENDSETS
DATA:
    D=@pointer(1);
    L=0,,,,,,,,;
    @POINTER(2)=L;
ENDDATA
@FOR( CITIES( i)|i#GT#@index(A):              !这行中"@index(A)"可以直接写成"1";
    L( i) = @MIN( ROADS( j, i): L( j) + D( j, i));    !这就是前面写出的最低成本关系
    式;
end
```

EE . LNG 模型文件语句（求车辆的最优组合及最低成本）：

```
model:
sets:
    !price/p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8,p9,p10,p11,p12,p13,p14,p15/:p;
    !style/x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7,x8,x9,x10,x11,x12,x13,x14,x15/:x;
    !load/l1,l2,l3,l4,l5,l6,l7,l8,l9,l10,l11,l12,l13,l14,l15/:l;
    !cost/c1,c2,c3,c4,c5,c6,c7,c8,c9,c10,c11,c12,c13,c14,c15/:p,x;
    !heavy/h1,h2,h3,h4,h5,h6,h7,h8,h9,h10,h11,h12,h13,h14,h15/:x,l;
    !demand/d1/:d;
endsets

!min=@sum(p*x);
!@sum(x*1);
[objective]min=p1*x1+p2*x2+p3*x3+p4*x4+p5*x5+p6*x6+p7*x7+p8*x8+p9*x9+p10*x10+p1
```



```
l*x11+p12*x12+p13*x13+p14*x14+p15*x15;  
!l4*x1+l4*x1+l4*x1+l4*x1+l4*x1+l4*x1+l4*x1+l4*x1+l4*x1+l4*x1;  
x1*x11+x2*x12+x3*x13+x4*x14+x5*x15+x6*x16+x7*x17+x8*x18+x9*x19+x10*x110+x11*x111+x12*x112+x13*x113+x14*x114+x15*x115>d;  
!@for(style:@gin(x);  
@gin(x1);  
@gin(x2);@gin(x3);@gin(x4);@gin(x5);@gin(x6);@gin(x7);@gin(x8);@gin(x9);@gin(x10);@gin(x11);@gin(x12);@gin(x13);@gin(x14);  
@gin(x15);
```

DATA:

```
!p=11 12 13 14 15 26 27 28 29 30 41 42 43 44 45;  
!l=14 19.1 22.5 31 39 20 28 33.5 47 60.5 25 35.5 42.5 60 77.5;
```

p1=@pointer(1); ! 指针语句，指向 vb 程序

```
p2=@pointer(2);  
p3=@pointer(3);  
p4=@pointer(4);  
p5=@pointer(5);  
p6=@pointer(6);  
p7=@pointer(7);  
p8=@pointer(8);  
p9=@pointer(9);  
p10=@pointer(10);  
p11=@pointer(11);  
p12=@pointer(12);  
p13=@pointer(13);  
p14=@pointer(14);  
p15=@pointer(15);  
d=@pointer(16);  
@pointer(17)=x1;  
@pointer(18)=x2;  
@pointer(19)=x3;  
@pointer(20)=x4;  
@pointer(21)=x5;  
@pointer(22)=x6;  
@pointer(23)=x7;  
@pointer(24)=x8;  
@pointer(25)=x9;  
@pointer(26)=x10;  
@pointer(27)=x11;  
@pointer(28)=x12;  
@pointer(29)=x13;
```

```
@pointer(30)=x14;  
@pointer(31)=x15;  
@pointer(32)=objective;  
l1=14; l2=19.1; l3=22.5; l4=31; l5=39; l6=20; l7=28; l8=33.5; l9=47; l10=60.5; l11=25; l12=35.5;  
l13=42.5; l14=60; l15=77.5;  
enddata  
end
```

LINGO tsp.lng 模型文件语句（求省内单环配送最优路线，以四个城市为例）

MODEL:

! Traveling Salesman Problem for the cities of
Atlanta, Chicago, Cincinnati, Houston, LA,
Montreal;

SETS:

CITY / 1.. 4/: U; ! U(I) = sequence no. of city;

LINK(CITY, CITY):

DIST, ! The distance matrix;

X; ! X(I, J) = 1 if we use link I, J;

ENDSETS

!The model:Ref. Desrochers & Laporte, OR Letters,
Feb. 91;

N = @SIZE(CITY);

[OBJECTIVE] MIN = @SUM(LINK: DIST * X);

@FOR(CITY(K):

! It must be entered;

@SUM(CITY(I)| I #NE# K: X(I, K)) = 1;

! It must be departed;

@SUM(CITY(J)| J #NE# K: X(K, J)) = 1;

! Weak form of the subtour breaking constraints;

! These are not very powerful for large problems;

@FOR(CITY(J)| J #GT# 1 #AND# J #NE# K:

U(J) >= U(K) + X(K, J) -

(N - 2) * (1 - X(K, J)) +

(N - 3) * X(J, K)

);

);

DATA: !Distance matrix, it need not be symmetric;

DIST=@pointer(1);

@pointer(2)=x;

@pointer(3)=OBJECTIVE;

ENDDATA

```
! Make the X's 0/1;
@FOR( LINK: @BIN( X));
! For the first and last stop we know...;
@FOR( CITY( K)| K #GT# 1:
    U( K) <= N - 1 - ( N - 2) * X( 1, K);
    U( K) >= 1 + ( N - 2) * X( K, 1)
);
END

e first and last stop we know...;
@FOR( CITY( K)| K #GT# 1:
    U( K) <= N - 1 - ( N - 2) * X( 1, K);
    U( K) >= 1 + ( N - 2) * X( K, 1)
);
END
```