

“安吉杯”全国大学生物流设计大赛

安吉物流 整车资源优化方案

参赛团队：华中科技大学控制之星队

参赛成员：赵兰 孔妍 龙寰 宫剑 魏一英

指导老师：谢勇

摘要

本方案以整车物流过程为核心，对相关物流业务进行了优化设计，总共涵盖了物流管理理念创新，服务网点布局、选址战略优化设计，市场竞争策略及运作方案设计，系统运作控制与流程优化设计，物流信息系统设计，物流绩效评估体系设计，物流成本与财务管理优化设计多个方面的内容。

方案的核心是整车资源调度系统的设计，它是以资源计划编制为基础，对企业的订单和运力资源进行管理调配的平台，最终实现从客户下订单到实现门到门配送的全程最优化的运输过程。

调度系统会根据客户下达的订单依次制定运量计划、运力计划和承运商计划。运量计划即确定商品车运输量；运力计划涉及到运输方式及线路的确定、RDC 区域分发中心的建立和多式联运的驳接问题；承运商计划涉及到利用资源招投标系统选择承运商和使用评价机制给承运商分配运输任务的问题。这些问题都会在具体章节中讨论解决。最终系统会生成一个完整的资源调度方案，对整个商品车的配送过程起到一定的指导作用。另外，系统还能够通过监控系统反馈的信息生成动态更新的计划方案和用于应急情况处理的系统备用方案。

目录

1 安吉物流项目概述	5
1.1 安吉物流案例解读与分析	5
1.2 系统整体分析	7
1.2.1 整车物流分析	7
1.2.2 系统目标分析	8
1.3 系统方案确定	10
1.3.1 初步方案确立	10
1.3.2 方案具体分析	10
2 汽车物流运输方式及线路的优化	14
2.1 运输方式及线路的优化	15
2.1.1 安吉运输现况	15
2.1.2 运输模型	15
2.1.3 ACO 优化求解	20
3.2 多式联运覆盖范围	23
3.2.1 多式联运	23
3.2.2 公水联运	23
2.2.3 公铁联运	27
2.3 回程空载	31
2.3.1 空载率	31
2.3.2 物流联盟	31
2.3.3 逆向物流	32
2.3.4 供应链完善	33
2.4 本章小结	34
3 建立 RDC 区域	35
3.1 建设 RDC 区域	35
3.1.1 可行性分析	35
3.1.2 RDC 建立分析	36
3.1.3 RDC 发展模式	36
3.2 RDC 网络优化	37
3.2.1 现有运输概况	38
3.2.2 RDC 选址建模	38
3.2.3 RDC 覆盖范围	45
3.4 RDC 增值服务	51
3.4.1 精益物流	51
3.4.2 缓冲仓库	52
3.4.3 业务桥头堡	52
3.4.4 线路监控	53

3.5 本章小结.....	53
4 多式联运的驳接问题	54
4.1 背景介绍.....	54
4.2 无缝连接的概念.....	54
4.3 无缝连接的特点.....	54
4.4 影响因素及解决思路.....	55
4.4.1 管理体制	57
4.4.2 设施设备	58
4.4.3 信息平台	60
4.5 具体实例分析.....	62
4.6 本章小结.....	64
5 运力资源招投标平台	66
5.1 系统概述.....	66
5.1.1 系统设计背景	66
5.1.2 系统设计目的	66
5.1.3 系统的核心思想	67
5.1.4 系统主要模块.....	67
5.2 系统特色.....	67
5.2.1 采用竞争优选机制	67
5.2.2 与传统招投标比较	68
5.2.3 有效利用行业信息	69
5.2.4 降低回程空载率	69
5.2.5 整体资源整合	69
5.3 系统整体介绍.....	70
5.3.1 系统参与主体	70
5.3.2 系统功能结构.....	70
5.4 在线招投标及决策支持模块.....	71
5.4.1 前述.....	71
5.4.2 整体流程.....	72
5.4.3 决策支持的主要步骤.....	74
5.5 实际问题案例分析	83
5.5.1 问题背景	83
5.5.2 承运商信息统计	84
5.5.3 指标权重确定	85
5.5.4 最终结果	86
5.5.5 结果分析	87
5.6 本章小结.....	89
6 承运商的运输任务分配	90
6.1 承运商运输任务分配现状分析	90

6.2 基于关联矩阵分析方法的承运商运输任务分配体系	91
6.2.1 运输线路评级	91
6.2.2 根据线路选择承运商	94
6.3 承运商运输任务分配步骤	95
6.4 本章小结	97
7 整车调度监控系统	98
7.1 整车运输现状	98
7.2 系统总体结构设计	99
7.2.1 系统硬件总体结构	99
7.2.2 信息技术的运用	100
7.3 系统功能模块分析与设计	102
7.3.1 系统总体功能结构图	102
7.3.2 定位功能	103
7.3.3 车辆记录功能	103
7.3.4 车辆警示功能	103
7.3.5 远程控制功能	104
7.3.6 防盗防抢功能	104
7.3.7 数据输出功能	105
7.4 本章小结	105
8 整车资源调度系统	106
8.1 背景介绍	106
8.1.1 安吉物流整车物流运作概况	106
8.1.2 资源计划编制	107
8.2 整车资源调度系统分析	108
8.2.1 整车资源调度系统意义	108
8.2.2 资源调度系统需求分析	108
8.2.3 资源计划编制流程分析	109
8.3 整车资源调度系统设计	111
8.3.1 系统整体设计规划	111
8.3.2 系统功能结构设计	111
8.3.3 系统数据库设计	114
8.4 整车资源调度系统展示	116
8.4.1 订单管理模块展示	116
8.4.2 计划编制模块展示	117
8.5 本章小结	118

1 安吉物流项目概述

1.1 安吉物流案例解读与分析

大赛给我们提供了安吉汽车物流有限公司的概况介绍和十六个相关的案例，我们五名组员经过各自的解读和总结，做出了如下分析：

安吉物流作为一家为汽车及零部件制造企业提供服务的第三方物流公司，其下属业务包括整车物流、零部件物流和口岸物流，我们决定主要针对整车物流这一业务板块展开讨论研究，因此，我们选择了案例三、案例四、案例六以及案例十六进行研读分析。

首先，案例三是关于安吉物流的整车物流资源计划的编制。整车物流资源计划要求企业在一定的计划期内，根据商品车运输需求的变化以及企业运输能力，确定企业年度、季度和月度计划的商品车运输量及其路线构成状况，以及根据企业运输工作量计划的具体要求，确定配备运输工具的类型、数量及其装载能力等，并且把任务具体分配到公路、铁路、水路各类运输公司，使得运输需求与可能的供给之间能够建立起一种动态平衡。

在整车物流资源计划的编制过程中，会面临一些问题：

- 怎样确定承运商，即通过什么机制选择运输公司，给各运输公司分配运量，以完成指定的运输任务。
- 如何确定运输线路以及每条线路的运量。
- 在已经确定线路及其运量的基础上，怎样选择合理的运输方式，并且对不同运输方式的运量进行分配，使得运输成本和运输时间综合最优化。
- 当客户订单、运力资源、环境因素等发生变化时，应该怎样快速做出反应，修复已有的资源计划。

这里也涉及到一套资源计划系统的建立，综合业务因素和环境因素，通过定量计算与定性分析的有机结合，以解决以上提出的诸多问题，提高资源计划编制工作的科学性、有效性和精确性。

案例四是关于整车运输的资源调度问题。这里的资源调度问题包括对任务和运力两种运作资源的调度，从而实现将发运任务和可用运力进行合理匹配，生成

调度指令。

调度指令要根据订单资源，指明以什么样的配载方案、安排多少运输工具、经由什么路线、在什么时间向某些仓库或经销商运送某些商品车等，同时还要能够实现订单管理过程的可视化。建立该资源调度平台不仅要实现以上基本的调度指令的生成，还要在以下方面做出改进：

- 订单资源和运力资源的透明化。
- 运输公司业务量配比计划的打破。
- 调度算法的改进。
- 平台定位的提升和拓展。

案例六是关于物流运输方式及线路的优化。安吉物流承担着上海汽车两大基地商品车的运输业务，其配送城市覆盖全国大部分地区，配送方式涉及到海运、江运、铁路运输、公路运输，不同的运输方式分别存在相应的优缺点。安吉物流在接到订单以后，必须考虑以下问题：

- 运输方式如何选择，或公路运输，或水路运输，或多式联运，或建立中转站等。
- 根据订单的时间和要求，在充分考虑周边已有运力的情况下，如何高效的调配车辆进行运输。
- 如何组织不同地域不同公司品牌车辆的协调运输。
- 怎样解决回程空载的问题。

案例十六是关于汽车物流多式联运方案的设计。汽车物流行业的发展由于传统的物流运输方式已经很难适应现代物流发展要求，物流运输系统的优化将会带来可观的物流成本的节约。多式联运的运输方式能够综合海、陆、空等不同的运输方式，不再是只由传统的单一的运输方式构成，因此具有简化操作、节约时间、降低成本、提高运输管理水平等诸多优点。

多式联运的过程具有以上诸多优点，但同时，由于其实用性，也给组织过程带来更大的复杂性。在考虑采用多式联运方式以后，必须考虑如下问题：

- 如何选择和组织各种运输方式，使得在考虑地理环境以及交通状况的基础上，能够充分利用已有运力，同时使得运输成本最小、运输时间最短、碳排放量最少。

- 运输线路如何选择优化。
- 是否能够借鉴配送中心的思想，在某些城市站点建立中转站，实现部分路线上的共同配送，提高整个运输配送过程的效率；如果可以的话，应该怎样确定这些站点。
- 多式联运的运输方式驳接过程中，怎样克服运输方式转换时衔接不紧密的问题。

1.2 系统整体分析

我们整个方案系统的设计是针对整车物流板块，解决整车物流运输过程的优化问题。并且将运输成本和运输时间最小化的优化目标贯穿于运输过程的始终。下面我们将具体介绍安吉的整车物流和方案系统的目标。

1.2.1 整车物流分析

整车物流板块以安吉物流整车物流事业部为依托，下属子公司拥有自有公路运力 3000 余辆，加盟公路运力 12000 余辆，自有铁路车皮 348 节，自有滚装轮 13 艘（其中海轮 10 艘、江轮 3 艘），在全国管控总面积 440 万平方米的仓储资源，建立了“十大运作基地”，形成了全国性的整车物流网络。

在整车物流运作模式上，公司创出了一套适合于中国汽车物流发展的运营管理模式---VLSP 整车物流服务供应商管理模式，既有 4PL 轻资产、资源集成管控的功能，又有核心物流资源自行投资运营的 3PL 特色，将系统管理和实际运作有机结合，从而保障了公司的持续、快速、良性发展，为公司业务平稳发展壮大打下了坚实的基础。

对商品车进行配送的整车物流配送过程是一个复杂的系统过程，一项配送任务的完成往往包含了诸多环节，再加上我们后面即将讲到的 RDC 区域分发中心的建立使得商品在 RDC 中心城市还会有一次中转过过程。而且往往一次配送任务是由多种运输方式配合完成的，那么在火车站、港口码头等物流节点还会涉及运输方式的交接转换，但最终都是通过公路短驳运输送达客户手中的。

如图 1-1 所示，是关于整车物流配送过程的流程图：

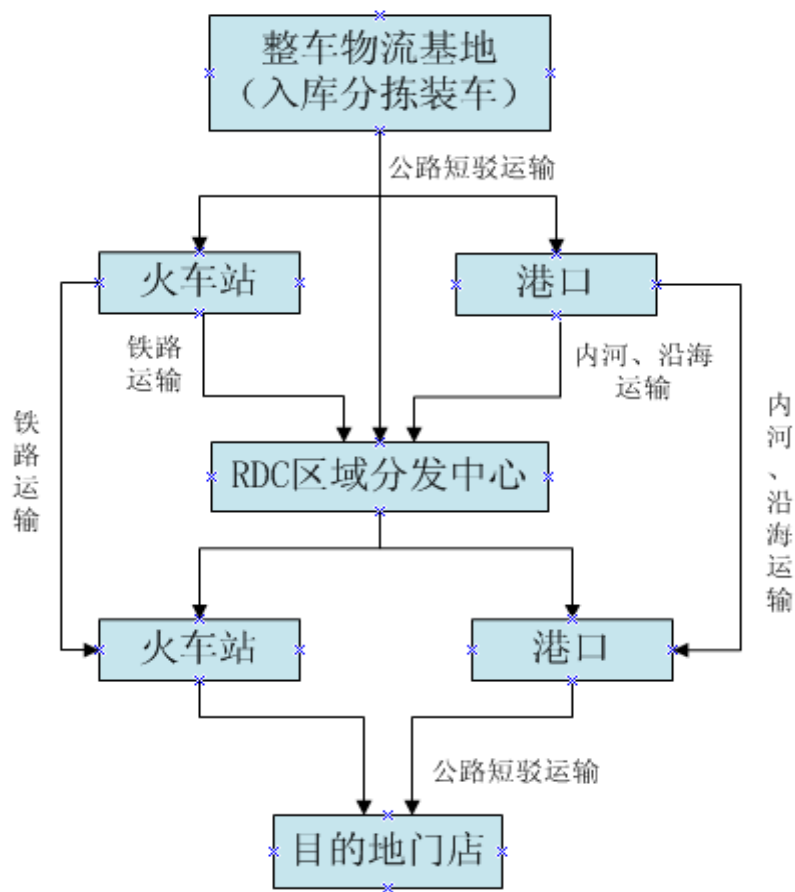


图 1-1 整车物流配送流程图

以铁路运输为例，当订单下达后，调度部门通过收集信息、评估运力等环节制定调度指令。仓库接到订单指令及调度指令信息后，在规定的时间内将商品车运往仓库待发区。随后运输部门安排车队进行物流基地与火车站之间的短驳。当商品车到达火车站后，火车站根据列车时刻表将商品车装车发运至目的地。商品车到达目的地后，客户签收并回单。这样，一个商品车配送的任务就全部完成。由此可以看出商品车配送过程包含了众多环节，如订单、调度、仓储、运输、发货等，如图 1-3 所示。每一个环节和前后的环节都是息息相关的，任何一个环节的延误都会影响后面环节的完成，进而影响整个任务的完成。

1.2.2 系统目标分析

安吉物流作为一家为汽车及零部件制造企业提供服务的第三方物流公司，其主要业务是面向客户的物流服务，因此服务的成本和时间作为我们在设计方案

时始终要考虑的两点目标。我们的整个方案系统是针对于整车物流的全过程的优化设计，因此更加会把节约物流成本和提高物流效率作为我们始终依据的宗旨。

(1) 运输成本

成本永远是企业关注的问题。降低成本是影响企业长期发展的战略性问题，是企业长期关注的问题，安吉物流也不例外。

我们在整车资源调度系统设计中，当考虑设计运量计划、运力计划和承运商计划时，就必须充分考虑成本因素。

当客户下达订单后，安吉物流首要考虑的就是运输成本问题。对于订单的目的地，选择哪种运输方式，哪种路线，都会直接影响物流运输的经济成本和时间成本。选择公路运输，时间相对较短，但是经济成本略高；选择水路运输，经济成本相对较低，但是时间成本较高。因此，运输路线方式的选择应该充分考虑目的地的地理环境、客户的要求和安吉物流的运力等具体情况。

甚至在涉及到回程空载问题时，也必须考虑到回程空载浪费了运力，带来了不必要的运输成本。因此应该尽量使回程过程中也能载货运输，充分利用回程运输资源，节约运输成本。

(2) 运输时间

运输时间指商品车从发运地到目的地的时间。某条线路上的运输任务的运输时间为不同运输方式的加权运输时间之和。

运输时间长短直接关系到对客户的服务水平的高低。客户都希望在尽量短的时间内收到预定商品，这就要求物流公司用尽可能短的时间完成物流过程，将商品车送达客户手中。因此运输时间也是我们在设计方案系统时必须考虑的一个重要因素。

在考虑运输方式选择的时候，除了要考虑成本，还要考虑时间因素。例如，虽然水路运输比铁路和公路运输的成本要小很多，然而班轮时间并不灵活，而且水路运输速度较慢，容易受天气影响，运输时间较长，因此，实际应用中，水路运输的应用比例也只有不到 10% 而已。可见，也不是运输成本越小越好，运输时间的长短也能影响最终的选择结果。

运输成本最小化和运输时间最小化在一定程度上是相悖的，运输时间的缩短必须以更高的成本为代价。所以在实际考虑中，必须根据公司的经营状况和客户的服务水平要求对两个因素折中权衡，使整体达到最优化。对于对交货时间和服务水平要求较高的客户，可以在增加一定的运输成本的基础上适当地提高运输效

率；对于对交货时间没有特殊要求的客户，在一定的时间范围内，考虑选择运输成本较小的运输方式。

1.3 系统方案确定

1.3.1 初步方案确立

通过以上对案例的解读和分析，我们发现，案例之间存在某些共同问题，所以我们将以上提出的问题进行综合讨论，得出我们此次比赛作品的一个大体思路，即以整车资源调度系统为核心，主要解决资源计划编制问题和资源调度问题，实现从整车物流的订单到达配送到门的整个过程的优化处理，将低成本、高效率的目标贯穿于始终。

针对上一节提出的问题以及将以上的解决思路细化后，我们得到初步的解决方案，主要分为七个部分：

- 汽车物流运输方式及线路的优化
- RDC 区域分发中心的建立
- 多式联运驳接问题分析
- 运力资源招投标平台
- 整车调度监控系统设计
- 承运商运输任务分配算法
- 整车资源调度系统的开发与设计

1.3.2 方案具体分析

根据以上的分析过程，我们决定开发与设计一个整车资源调度系统，实现在资源计划编制的基础上对运力资源和订单任务进行调度管理的功能。我们得到如图 1-2 所示的方案整体思路图

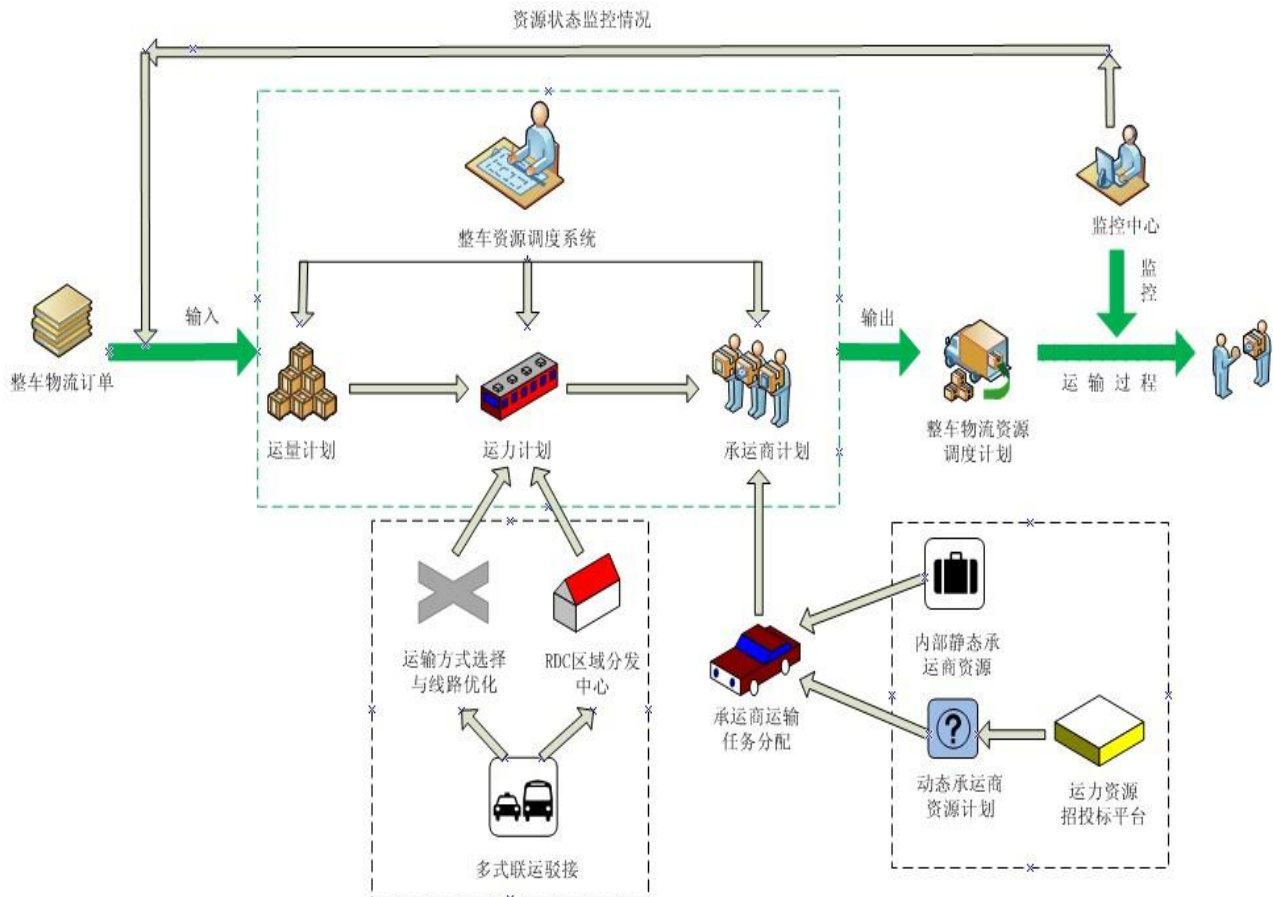


图 1-2 方案整体思路图

系统最初的输入是客户下达的商品车的运输订单，客户的需求量。

资源调度系统首先会根据订单确定商品车运输量及其路线构成状况，即图 1-2 中所提到的运量计划。

根据企业运输工作量计划的具体要求,结合企业所具有的运力资源,确定配备运输工具的类型、数量及其装载能力,以及通过控制算法对整个物流过程的运输方式和运输线路进行优化,制定出最优的对运输过程调度管理的计划,即图 1-2 中所提到的运力计划。若在计划中出现运力不足的情况,应及时通过运力资源招投标平台,选择合适的承运商,补充运力。

运力计划制定以后，由于有对运力资源的调配，这时就会涉及到对承运商的运输任务的分配。承运商资源包括企业内部已有的运输公司以及当运力不够时通过资源招投标平台选择的用来补充运力的承运商资源。通过承运商运输分配算法，将承运商的各种运输资源分配到线路中去，这就是图 1-2 所提到的承运商计划。

对整体思路各方面详细说明如下:

(1) 对于运力计划中的运输方式和运输线路选择的问题，考虑到该问题是一类求解多目标、多权值、多约束的，运输网络中两节点间最短路的问题，属于 NP- Hard 问题，因此我们考虑使用智能启发式优化的蚁群算法求解。根据目前的交通建设状况和企业的运输资源情况，通过建立数学模型，结合案例中所给的数据求解出优化的运输方式和运输线路。

(2) 而在多式联运运输过程，为了提高配送的整体效率，我们觉得需要在某些配送城市建立 RDC 区域分发中心，负责部分城市所需求的商品车的中转和配送，以达到优化整个运输过程的目的。关于 RDC 区域分发中心的建立地点，我们会通过定性分析以及具体的优化算法进行定量计算来确定。

(3) 对于多式联运的运输方式的驳接过程中可能出现的衔接不畅的问题，我们将会从管理体制、硬件设备、信息平台三个方面展开讨论，并提出一些解决方案和实施建议，其中也涉及到一个多式联运管理站的建立，专门复杂管理多式联运的驳接过程的相关工作；还有现代化管理信息系统的使用，用信息化手段促进驳接过程的高效进行。

管理信息系统的建立应该是对整个运输过程的统一管理，不仅仅是驳接过程这一块。将信息系统与 EDI 接口技术、GIS 位置导航技术和互联网技术结合起来，实现电子信息化、全网统一化、信息及时化管理。有利于实现高效的运输作业和管理过程。

(4) 为了满足案例九中安吉物流对整车运输过程中轿运车的监控，我们考虑开发整车调度监控系统，通过现代通讯信息技术的运用，实现对运输订单状态和执行运输任务的轿运车辆的实时监控。

这个监控系统通过车载 GPS 和 RFID 等数据采集模块，对正在执行运输任务的轿运车进行全方位的数据收集，再通过 GPRS 无线通讯模块与监控中心进行通讯。此监控系统不仅完成对轿运车的全程可视化监控，还能对轿运车发出调度命令。

(5) 运力资源招投标平台的设计，是为了解决我们所开发设计的整车资源调度系统中进行的资源计划编制时，出现运力不足的情况，承运商的选择问题。

这个平台的设计的重点在于使用了招投标的优选机制，以及使用在线模式以提高时效性。帮助包括安吉公司在内的众多运力需求方合理地选择承运商，不仅能应对因特殊原因可能出现的现有承运商运力不足的意外情况，同时也为了提高运输公司的主动性和积极性以便更好的完成运输计划。

（6）承运商运输任务的分配算法，是为了解决我们所开发设计的整车资源调度系统中进行的资源计划编制时，承运商最终运输任务分配的问题，以代替按区分配这种没有竞争的分配模式。这也是我们对案例三解读后决定要解决的一个实际问题。

（7）当资源计划编制完成以后，就涉及到实际的资源调度和运输过程组织，我们通过监控中心对运输过程进行监控，并将订单状态、运力资源信息反馈给资源调度系统，以辅助资源调度系统制定动态运输计划和备用方案。

2 汽车物流运输方式及线路的优化

随着物流业向全球化，信息化及一体化方向发展以及我国汽车行业关税壁垒的逐渐消除，配送在整个物流系统领域中的作用越来越重要，是企业赚取第三利润的源泉。运输系统是配送系统中最重要的一个子系统，运输费用占用整体物流费用的 50% 左右，所以降低物流成本首先要从降低物流配送的运输成本开始。

现代汽车物流运输系统已经不是由传统的单一的运输方式构成的了，而是由海、陆、空等不同的运输方式有机的组合在一起的连续的、综合的多式联运形式，它能够实现货物整体运输的最优化。相对于传统的运输方式，多式联运具有简化操作、节约时间、降低成本、提高运输管理水平等诸多优点，因此越来越受到生产企业、物流企业的青睐。

在这里，我们主要涉及到的是多式联运应用在车辆调度问题（Vehicle Scheduling Problem）上，VRP 问题首先是由 Danting 和 Ranser 于 1959 年提出的，主要涉及：组织的行车路线，约束条件为需求量、发送量、车在容量限制、行程限制、时间限制等。而我们又时间在整个模型中的比重，并把运输方式加入到模型中，达到在多种运输方式运输下的费用最短，耗费时间尽量少的多目标优化的目的。

我们将重点解决车辆调度中的以下问题。

- （1）运输线路优化问题；
- （2）运输工具选择问题；
- （3）多式联运覆盖范围问题；
- （4）运输回程空载的问题。

本块内容将从案例 6《汽车物流运输方式及线路的优化》所提供的信息入手，然后按以上角度去分析，以实现对于全国三十多个省市的整车配送，寻求时运输成本最低、时间成本最小的运输计划。

2.1 运输方式及线路的优化

2.1.1 安吉运输现况

安吉物流承担着上海汽车两大基地商品车的运输业务，负责为客户提供点对点的运输服务。公司根据订单的具体要求，选择合适的运输方式和路线，从上海或南京的仓库发货。目前安吉物流配送城市覆盖全国大部分地区，主要城市如图 2-1 所示。



图2-1 安吉物流配送城市局部图

由于各运输节点间都有公路相连，形成了物流网络体系。而且有些节点间还存在水路、铁路等其他运输方式，构成了复杂的车辆路径问题（Vehicle Routing Problem）。在接下来的部分，我们将运用一些优化算法，遵循经济成本最小、时间成本最短的目标，对全国三十多个省市的整车运输寻求最佳的运输方式及线路组合方案。

2.1.2 运输模型

2.1.2.1 问题描述

假设一批货物欲从出发点 O 运达目的地 D ，出发点 O 包括上海和南京，目

的地 D 包括其他 29 个城市。途中可选择 n 个节点(城市)中的若干个节点作为中转站点以构建从出发点到目的点的完整路径。任意相连的两个节点之间有 k 种运输方式，运输方式主要考虑公路和水路。如图 2-2 示意图所示。

铁路运输具有运输能力大、运输成本低的特点，安吉物流在一些线路中也有采用。但由于铁路运输的线路是固定的，并且运费没有伸缩性，因此在本案例中我们暂不考虑。

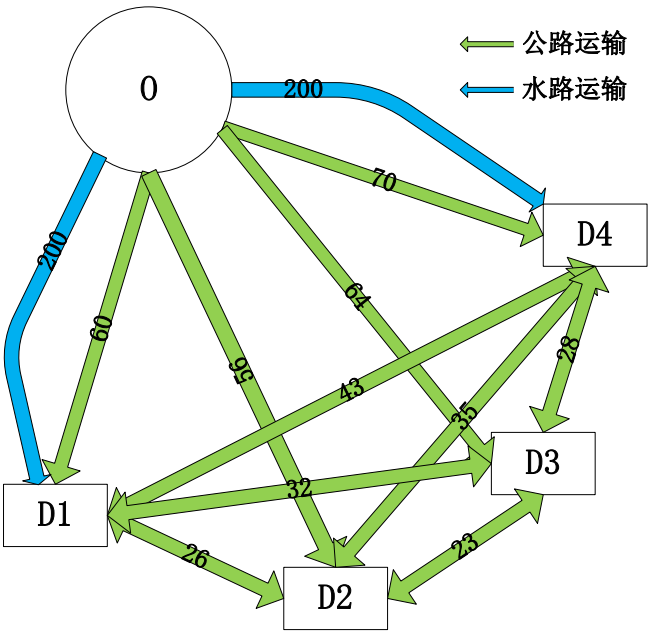


图2-2 配送运输示意图

每个节点都可实现货物在不同运输方式之间的相互转载，但需要一定的中转时间。整个运输过程还受线路容量和运输方式的约束。客户对货物的运输时间有合理的区间要求，货物运到时间过晚会产生惩罚费用。我们需要选择整个运输过程中所途经的节点及节点间最佳的运输方式和运输路径组合，以使总运输费用最低，且尽可能满足用户的运到期限要求和碳排放量最小的要求。

2.1.2.2 假设条件

- 假设 1 货物的转载只能发生在节点,且在各节点最多进行一次转载;
- 假设 2 货物在节点间只能整批运载,不能分割;
- 假设 3 货物在两个节点间只能选择一种运输方式和一条运输路径;
- 假设 4 运输成本与运距和所选路径单位运输成本成正比;

假设 5 只存在水运到陆运的中转，不存在陆运到水运的中转；

假设 6 碳排放量只与运输方式和运输路径有关，忽略其他影响因素；

假设 6 在多式联运驳接过程中，只考虑时间成本，忽略中转费用。

2.1.2.3 符号说明

$$X_{i,j}^k = \begin{cases} 1 & \text{在城市 i 与城市 j 之间选择第 k 种运输方式} \\ 0 & \text{选择其他运输方式} \end{cases}$$

$c_{i,j}^k$ - 从城市 i 到城市 j 选择第 k 种运输方式的实际运输成本

$c_{ri,j}^k$ - 从城市 i 到城市 j 选择第 k 种运输方式的原始运输成本

$d_{i,j}^k$ - 从城市 i 到城市 j 按运输方式 k 测量的距离

$t_{s,j}^k$ - 城市 j 第 k 种运输方式到其他运输方式的中转时间

t_w^k - 从城市 i 选择第 k 种运输方式的闲置时间

$b_{i,j}^k$ - 从城市 i 到城市 j 选择第 k 种运输方式的碳排放量

$f_{i,j}^k$ - 从城市 i 到城市 j 选择第 k 种运输方式的运载能力

$m_{i,j}^k$ - 从城市 i 到城市 j 选择第 k 种运输方式的运载容量

$n_{i,j}^k$ - 从城市 i 到城市 j 选择第 k 种运输方式的数量

v_t^k - 第 k 种运输方式的运速

p_i - 城市 i 的需求

Z - 运输总费用

T - 运输总时间

Q - 运输的总碳排放量

2.1.2.4 目标函数与约束条件

如表 2-1 所示，为上海汽车 A 和 B 品牌汽车某月的销量表。

表2-1 上海汽车A和B品牌汽车某月销量表

城市	A 销量（辆）	B 销量（辆）	城市	A 销量（辆）	B 销量（辆）
长沙	320	280	南京	2678	1958
武汉	301	266	上海	1430	900
南昌	265	229	合肥	362	268
杭州	1030	1384	广州	576	858
西安	280	210	南宁	146	110
兰州	160	110	福州	326	246
银川	102	73	海口	59	47
郑州	523	468	北京	268	184
昆明	255	344	天津	190	228
贵阳	108	111	石家庄	436	471
成都	890	1038	哈尔滨	120	130
重庆	360	288	沈阳	462	365
拉萨	32	10	长春	254	191
乌鲁木齐	217	169	济南	1247	997
呼和浩特	268	224	太原	210	179

由案例可以得到各种运输方式的特征参数如表2-2所示：

表 2-2 运输方式特征参数模拟

	费用 (元/辆*公里)	运输标准说明	碳排放(kg/ 辆*公里)	其他
公路	2.0a（不大于50公里） 1.7a（不大于200公里） 1.5a（不大于500公里） 1.3a（不大于1000公里） 1.2a（大于1000公里）	轿运车装卸商品车时间均为0.5天，日行驶500公里	0.364	单台轿运车的装载能力为10辆商品车 临港库每天装载量为5辆轿运车，浦口为3辆轿运车
海运 (内河)	1.0a	每周二六开航一次，船速400公里/天（仓位：：300辆/海船，：200辆/江轮）	0.101	目的地是码头可免费堆放两天；船舶满载发运；装卸能力200台/天

注：超额运力价格为原价格标准上浮50%；费用价格a随市场油价变动

铁路运输具有运输能力大、运输成本低的特点，安吉物流在一些线路中也有

采用。但由于铁路运输的线路是固定的，并且运费没有伸缩性，因此在本案例中我们暂不考虑。

而城市之间的不同运输方式下的距离矩阵见附录一。

以运输工具选择、单位运费为约束条件，以运输成本、运输时间和碳排放量最小为目标，建立以下数学模型：

$$Z = \min \sum_{i \in \Omega} \sum_{j \in \Omega} \sum_{k \in I} (x_{i,j}^k \cdot c_{i,j}^k \cdot d_{i,j}^k \cdot n_{i,j}^k) \quad (1)$$

$$T = \min \left(\sum_{i \in \Omega} \sum_{j \in \Omega} \sum_{k \in I} \left(\frac{d_{i,j}^k \cdot x_{i,j}^k \cdot n_{i,j}^k \cdot f_{i,j}^k}{v_t^k} \right) + \sum_{k \in I} t_w^k + 2 \sum_{i \in \Omega} \sum_{j \in \Omega} \sum_{k \in I} (t_{s,j}^k \cdot s^k \cdot f_{i,j}^k) \right) \quad (2)$$

$$Q = \min \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} \sum_{k \in J} (x_{i,j}^k \cdot b_{i,j}^k \cdot d_{i,j}^k \cdot n_{i,j}^k) \quad (3)$$

$$s.t. \left\{ \begin{array}{l} c_{i,j}^k = \begin{cases} c_{ri,j}^k & m_{i,j}^k \leq f_{i,j}^k \\ 1.5c_{ri,j}^k & m_{i,j}^k > f_{i,j}^k \end{cases} \quad \forall i, j \in \Omega \quad (1) \\ v_t^k = \begin{cases} 500 & k=1 \\ 400 & k=2 \text{或} 3 \end{cases} \quad \forall k \in I \quad (2) \\ b_{i,j}^k = \begin{cases} 0.364 & k=1 \\ 0.101 & k=2 \text{或} 3 \end{cases} \quad \forall i, j \in \Omega \quad \forall k \in I \quad (3) \\ t_s^k = \begin{cases} 0.5 & k=1 \\ 1.5 & k=2 \\ 1 & k=3 \end{cases} \quad \forall k \in I \quad (4) \\ t_w^k = \begin{cases} 0 & k=1 \\ 1 & k=2 \text{或} 3 \end{cases} \quad (5) \\ m_{i,j}^k = \begin{cases} 10 & k=1 \\ 4 \ 0 \ 0 & k=2 \\ 2 \ 0 \ 0 & k=3 \end{cases} \quad \forall i, j \in \Omega \quad \forall k \in I \quad (6) \\ s^k = \sum_{i \in \Omega} \sum_{j \in \Omega} x_{i,j}^k \quad \forall k \in I \quad (7) \\ \sum_{k \in J} x_{i,j}^k = 1 \quad \forall i, j \in \Omega \\ x_{i,j} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in \Omega \end{array} \right.$$

说明：

目标函数（1）表示配送的总运输成本，只与所选路径的长度，选择的运输方式数量，费率决定：

目标函数（2）表示总的运输时间，包括运输时间 $\left(\frac{d_{i,j}^k \cdot x_{i,j}^k \cdot n_{i,j}^k}{v_t^k} \right)$ ，闲置时间 (t_w^k) 和中转时间 $(t_{sj}^k \cdot s^k)$ ；

目标函数（3）表示配送总的碳排放量，只与所选路径的长度，选择的运输方式数量，碳排放率决定。

约束条件（1）表示费率，超额运力价格为原价格标准上浮 50%；

约束条件（2）表示运速；

约束条件（3）表示碳排放率；

约束条件（4）表示运输工具的中转时间；

约束条件（5）表示每种运输工具的中转次数；

约束条件（6）表示运输工具的容量；

约束条件（7）表示每段必须有运输工具使用。

首先，本文所研究问题可以转化为 3 个相关、并需要依次求解的子问题，即：

（1）选择由起点到终点所经过的中间节点序列，且使节点间不会形成回路；

（2）对已选定由起点到终点路径上的节点序列，选择节点间的运输方式，且使节点间运输方式的转载次数不超过规定的转载次数；

（3）对已选定由起点到终点路径上的节点序列，选择节点间既定运输方式下的运输路线，且使所选路线的承载能力满足货物运量的要求和时间要求。

2.1.3 ACO 优化求解

2.1.3.1 求解思路

由模型可知，本文所研究的问题是一类求解多目标、多权值、多约束的运输网络中两节点间最短路问题。该问题已被证明是 NP- Hard 问题，精确计算所花费的成本随问题规模的增大呈指数增长，因此采用智能启发式优化算法的求解效果会更好。根据上述问题的求解特点，可采蚁群算法(ACO)。

由于本问题属于多目标问题，因此，对于该目标问题采取等级权重法求解，分别对运费，时间和碳排放量设置权重。由于不知道安吉物流对各指标的重视程度，因此采取浮动权重的评价体系，即由外部输入权重值来确定权重值。

利用蚁群算法能够自动寻找样本间的内在规律和本质属性。基本蚁群算法的具体实现就成图如 2-3 所示：

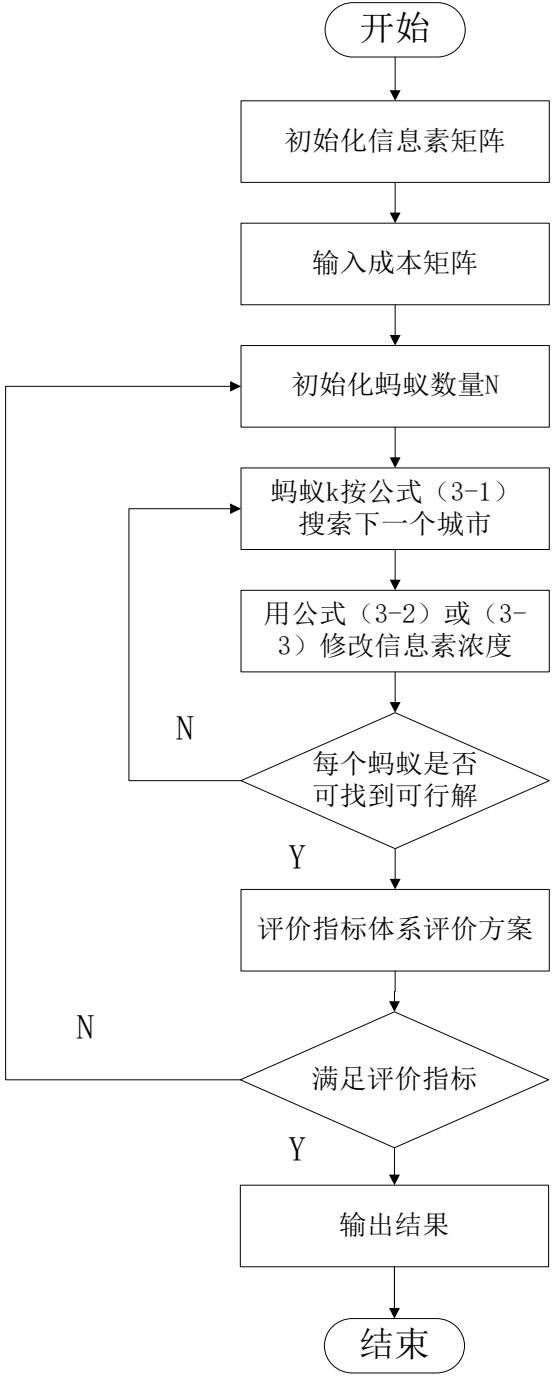


图 2-3 程序执行流程图

如图 2-3 所示，步骤具体分析如下：

步骤 1 初始化各基本参数;

步骤 2 输入成本矩阵;

步骤 3 设置循环次数 N ;

步骤 4 根据随机产生的 q 值,按照式 (3-2) 为每只蚂蚁选择下条移动路径;

步骤 5 当每一只蚂蚁都走过一条边到达下一城市后,就按式 (3-3) 的局部更新规则对这条边进行一次信息素的局部更新;

步骤 6 对每一只蚂蚁重复以上循环执行步骤 2 到步骤 4,直到每一只蚂蚁都生成到达全部城市的路径;

步骤 7 在生成的全部路径中,根据评价指标体系,确定一条路径,则走过该路径的蚂蚁就是最优蚂蚁;

步骤 8 重复执行步骤 2 到步骤 7,直到执行次数 N 达到指定的最大迭代次数或连续若干代内没有更好的解出现为止;

步骤 9 输出结果。

3.1.3.2 结果分析与处理

将编好蚁群的 C#代码放入 Mircrosoft Visual Studio 中,运行程序,将得到最终结果输出到二维平面中,运行结果如图 2-4 所示:

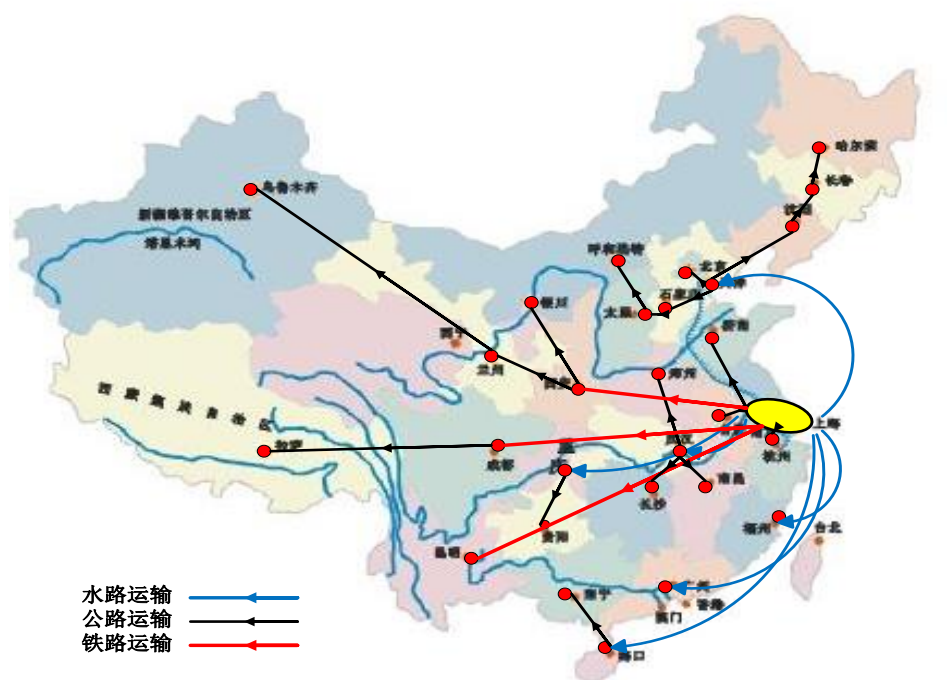


图 2-4 运行结果示意图

运用蚁群算法输出的结果，可以为设立 RDC 的过程相互参考，决策者可以根据图像中信息素浓度最高的线路交叉点作为 RDC 区域，这样为管理者提供了有力的决策支持。

3.2 多式联运覆盖范围

3.2.1 多式联运

随着经济的迅速发展，单一的运输方式越来越不能满足来自客户的敏捷制造、快速响应市场、物流供应链管理等诸多方面的需求，需要多种运输方式相互配合。现代汽车物流运输系统已经不是由传统的单一的运输方式构成的了，而是由海、陆、空等不同的运输方式有机的组合在一起的连续的、综合的多式联运形式，它能够实现货物整体运输的最优化。

相对于传统的运输方式，多式联运具有简化操作、节约时间、降低成本、提高运输管理水平等诸多优点，因此越来越受到生产企业、物流企业的青睐。

3.2.2 公水联运

3.2.2.1 公路-水路特点

运输行业的重要性随着我们经济的不断发展而快速提高，货物运输的发展与变化都成为国民经济发展的重要部分，目前，铁路、水路运输量在我国汽车物流中的占比分别为 7% 和 8%，而公路运输依然是我国汽车物流的主体。公路运输随着治超的深入以及降低大吨位车辆路桥通行费等政策措施的落实，运价水平回落，货运量将保持较快的增长，运输市场将出现供大于求的局面。

如表 2-3 所示，为公路和铁路各自运输特征。就水路运输而言，在整车物流领域，水运成本通常要比公路运输成本低 20%-30%。随着我国滚装船制造业的发展以及港口建设的推进，整车物流将有一大部分转为水运。当然，铁路和水路运输的成本优势也是限制在一定范围之内的，例如在短途和小批量零星运输中，公路运输仍然具有无法比拟的优势。

表 2-3 公路-铁路运输特征

运输方式	技术经济特征：	生产组织和经营管理特征：
公路	技术经营性能指标好； 货损货差小，安全性、舒适性不断提高； 送达快； 原始投资少，资金周转快，回收期短； 单位运输成本高； 污染环境。	车路分离； 富于活动性； “门到门”运输服务； 经营简易。
水路	运输能力大； 运输成本低； 投资省； 劳动生产率高； 航速低。	便于利用； 不受海洋阻隔； 创办容易； 国际竞争大； 差异大。

公路运输速度快、运用灵活的特点，配合水路运输运载能力大，运输速度慢，既可以缩减运输成本，又可以降低运输时间成本。但由于需求点位于港口的情况太过特殊，因此下一节扩大公水运输的范围，加入一些无需求的节点进入模型，观察结果变化。

3.2.2.2 安吉公水联运范围

根据案例以及蚁群算法得出的结果可以看出，总共有 6 条运输线路。其中选取其中两条运输线路。如图 2-5、2-6 所示：

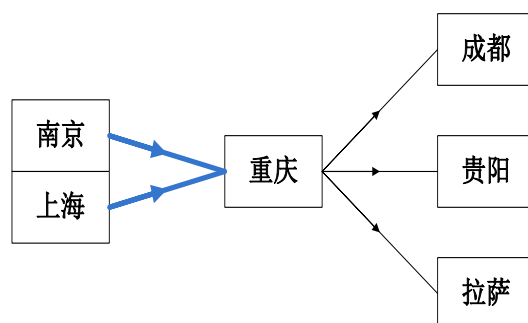


图 2-5 南京-上海直接配送

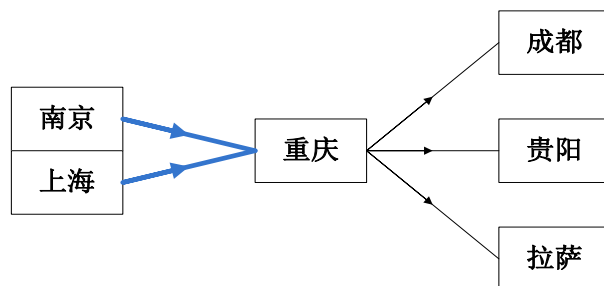


图 2-6 南京-上海经由重庆中转配送

其中，从销量表中可以看出成都和济南两地的需求量很大，如表 2-4 所示：

表 2-4 城市销量表

城市	A 销量（辆）	B 销量（辆）
成都	890	1038
济南	1247	997

目前选择公路运输。虽然它们并没有港口，但距离成都不到 300 公里就有宜宾港，距离济南不到 400 公里有青岛港，可以考虑扩展多式联运的运输范围。

以济南为例，分别按照从南京-上海直达方式和青岛中转方式分别计算运费、时间成本和碳排放量。

直达方式运输，计算所需数据如表 2-5 所示：

表 2-5 南京、上海运输数据表

城市	南京	上海
运输方式	公路	公路
距离	633.8	840.0
需求	997	1247

按照公式（1）-（3）计算原运输成本和时间成本：

$$Z = Z_{nj} + Z_{sj} = 633.8 \times \left\lceil \frac{997}{10} \right\rceil \times 1.3a + 840.0 \times \left\lceil \frac{1247}{10} \right\rceil \times 1.2a = 2083940a$$

$$T = T_{nj} + T_{sj} = \left(0.5 \times 2 + \frac{633.8}{500} \right) \times 997 + \left(0.5 \times 2 + \frac{840}{500} \right) \times 1247 \approx 5602.8$$

$$Q = Q_{nj} + Q_{sj} = 633.8 \times \left\lceil \frac{997}{10} \right\rceil \times 0.364 + 840.0 \times \left\lceil \frac{1247}{10} \right\rceil \times 0.364 \approx 61290.320$$

青岛中转方式运输，所需数据如表 2-6：

表 2-6 青岛中转运输数据表

指标	南京至青岛	上海至青岛	青岛至济南
距离	619	408	362.3
需求	997	1247	2244
运输方式	水路	水路	公路

按照公式（1）-（3）计算原运输成本和时间成本：

$$Z = Z_{nq} + Z_{sq} + Z_{qj} = 619 \times \left\lceil \frac{997}{300} \right\rceil \times 1.0a + 408 \times \left\lceil \frac{1247}{300} \right\rceil \times 1.0a + 362.3 \times \left\lceil \frac{2244}{10} \right\rceil \times 1.5a \approx 126792.3a$$

$$T = T_{nq} + T_{qj} + T_{sq} + T_{qj} = \left(8/7 + 1.5 \times 2 + \frac{619}{400} + 0.5 \times 2 + \frac{362.3}{500} \right) \times 997 + \left(8/7 + 1.5 \times 2 + \frac{408}{400} + 0.5 \times 2 + \frac{362.3}{500} \right) \times 1247 \approx 15981.4$$

$$Q = Q_{nq} + Q_{sq} + Q_{qj} = 619 \times \left\lceil \frac{997}{300} \right\rceil \times 0.101 + 408 \times \left\lceil \frac{1247}{300} \right\rceil \times 0.101 + 362.3 \times \left\lceil \frac{2244}{10} \right\rceil \times 0.364 \approx 30128.486$$

将前后两种运输策略进行对比，结果如表 2-7 所示：

表 2-7 费用比较表

指标	公路直达运输	青岛中转运输	优化差量	优化比例
运输费用	208394.0a	126792.3a	81601.7a	39.16%
时间成本	5608.2	15981.4	-10373.2	-184.96%
碳排放量	61290.230	30128.486	31161.744	50.84%

在对成都进行相似的分析将前后两种运输策略进行对比，结果如表 2-8 所示：

表 2-8 费用比较表

指标	重庆中转运输	宜宾中转运输	优化差量	优化比例
运输费用	106332.8a	99702.3a	6630.5a	6.24%
时间成本	20455.1	21703.5	-1248.4	-6.10%
碳排放量	23896.423	21881.533	2014.890	8.43%

根据案例计算可以进一步看出公水运输不可替代的作用。因此，尽可能的扩大水路运输的覆盖范围至关重要。

我们这里只是考虑到有需求的节点的运输线路的规划问题，当然，实际中也存在某些城市暂时没有需求，但实际中这些无需求的节点加入模型中，可以进一步优化运输线路，也让结果更加接近实际情况。

2.2.3 公铁联运

2.2.3.1 铁路运输特点

近年来，铁路运输的发展逐渐加快。由于铁路运输本身的成本优势以及国家对铁路发展的支持，使得铁路运输在汽车物流方面所占的比例逐步增加。因此引入铁路运输已经成为一项减少成本的重要举措。如表 2-9 所示，为铁路运输特征：

表 2-9 铁路运输特征

技术经济特征：	生产组织和经营管理特征：
适应性强 运输能力大 安全性好 运行速度高 环境污染程度小 运输成本低、能耗小	车路一体； 以列车为客、货运输的基本输送单元； 铁路具有优越的外部导引技术； 铁路运输设备不能转移。

铁路运输由于其相对较低的运输成本、较大的运载能力、较高的可靠性而在我国运输行业中扮演着重要的角色，发挥着骨干作用。以下，将说明公铁运输对于整个安吉物流配送的影响。

2.2.3.2 安吉公铁联运范围

案例 3 给定部分铁路运输的量化信息，针对这一系列信息对线路进行优化。

- 各种运输距离对应的运输费率，如 2-10 所示：

表 2-10 铁路运输费率

运输方式		费率（元 / 车·公里）
公路	不大于 100 公里	2.0a
	不大于 200 公里	1.7a
	不大于 500 公里	1.5a
	不大于 1000 公里	1.3a
	大于 1000 公里	1.2a
水路		1.0a
铁路		1.1a

注：费用价格 a 随市场油价变动

- 各种运输方式的运输时间，如表 2-11 所示：

表 2-11 运输时间

运输方式		运输时间说明
公路		轿运车装卸商品车时间均为 0.5 天，日行驶 500 公里
水路		每周二、六开航一次，日行驶 400 公里
铁路	上海→德阳（四川）	9 天
	上海→东莞（广东）	8 天
	上海→昆明（云南）	10 天
	上海→天津	7 天
	上海→咸阳（西安）	9 天
	上海→烟台（山东）	9 天

- 各种运输方式的运力限制，如表 2-12 所示：

表 2-12 运力限制

运输方式	运力限制说明
铁路	每周2次班列，装载量：290辆 / 列，
水路（海运、内河）	每周二、六开航一次，（仓位：海船：300辆 / 船，江轮：200辆 / 船）

案例中没有给出铁路的中转时间，设定铁路运输的中转时间为 t，根据实情，

t 的范围不会超过 2 天，因此， $t \in (0,2]$ 。

由于铁路运输运量和费用不及水路运输，但速度远远快于水路运输。因此对于东莞，天津，烟台三地的运输，可选水路和铁路同时出发，一方面可以尽早满足一部分顾客的需求，提高响应速度，另一方面也可以减低成本。而水路与铁路的运输比例，可以参照当地实际情况进行设定。

而对于德阳、昆明、咸阳三地的运输情况，以下进行详细介绍。

针对成都的运输计划，可分为上海在重庆中转的运输方式和在德阳中转的运输方式。

之前已求解出上海至成都的运输成本和时间成本：

$$Z = Z_{sq} + Z_{qd} = 2043.6 \times \left\lceil \frac{890}{300} \right\rceil \times 1.0a + 320.8 \times \left\lceil \frac{890}{10} \right\rceil \times 1.5a \approx 48957.6a$$
$$T = T_{sq} + T_{qd} = \left(8/7 + 1.5 \times 2 + \frac{2043.6}{400} + 0.5 \times 2 + \frac{320.8}{500} \right) \times 890 \approx 9695.2$$

德阳中转方式运输，所需数据如表 2-13 所示：

表 2-13 德阳中转方式运输数据

德阳	上海	德阳
距离	2290	64.6
时间	9	
需求	890	1928
运输方式	铁路	公路

按照公式（1） - （2）计算原运输成本和时间成本：

$$Z = Z_{sy} + Z_{yd} = 2290 \times \left\lceil \frac{890}{290} \right\rceil \times 1.1a + 64.6 \times \left\lceil \frac{890}{10} \right\rceil \times 1.7a \approx 19850.0a$$
$$T = T_{sy} + T_{yd} = \left(t \times 2 + 8 + 0.5 \times 2 + \frac{64.6}{500} \right) \times 890 \approx 8125.0 + 1780t$$

将前后两种运输策略进行对比，如表 2-14 所示：

表 2-14 成都两种运输策略对比

指标	成都中转运输	德阳中转运输	优化差量	优化比例
运输费用	43247.4a	17550.3a	25697.1a	59.42%
时间成本	9695.2	8125.0~9905.0	1570.2~-209.8	16.20%~-2.16%

根据上述方法分别对昆明和西安进行分析得到昆明和西安两地的运输策略的对比分别如表 2-15 和表 2-16 所示：

表 2-15 昆明两种运输策略对比

指标	海口中转运输	铁路直达运输	优化差量	优化比例
运输费用	41718.8a	2921.6a	38797.2a	93.00%
时间成本	2635.7	2550.0~3060.0	85.7~-424.3	3.25%~-16.10%

表 2-16 西安两种运输策略对比

指标	公路直达运输	咸阳中转运输	优化差量	优化比例
运输费用	46065.6a	2968.2a	43097.4a	93.56%
时间成本	1047.8	2814.3~3374.3	-1766.5~-2326.5	-168.59%~-222.04%

根据以上的案例计算可以看出，公铁运输替代公路运输，可以极大的节省运输费用，但可能要多花费一倍的运输时间。因此，在运输时间不做太急要求的前提下，铁路运输是一种很好的运输方式。

约束铁路运费，使其与运输距离成正比，并统计铁路运输的中转时间的期望，这样就可以通过模型求解包含铁路运输在内的多式联运线路优化案例。

将铁路的相关信息加入模型以后生成图像，如图 2-7 所示：

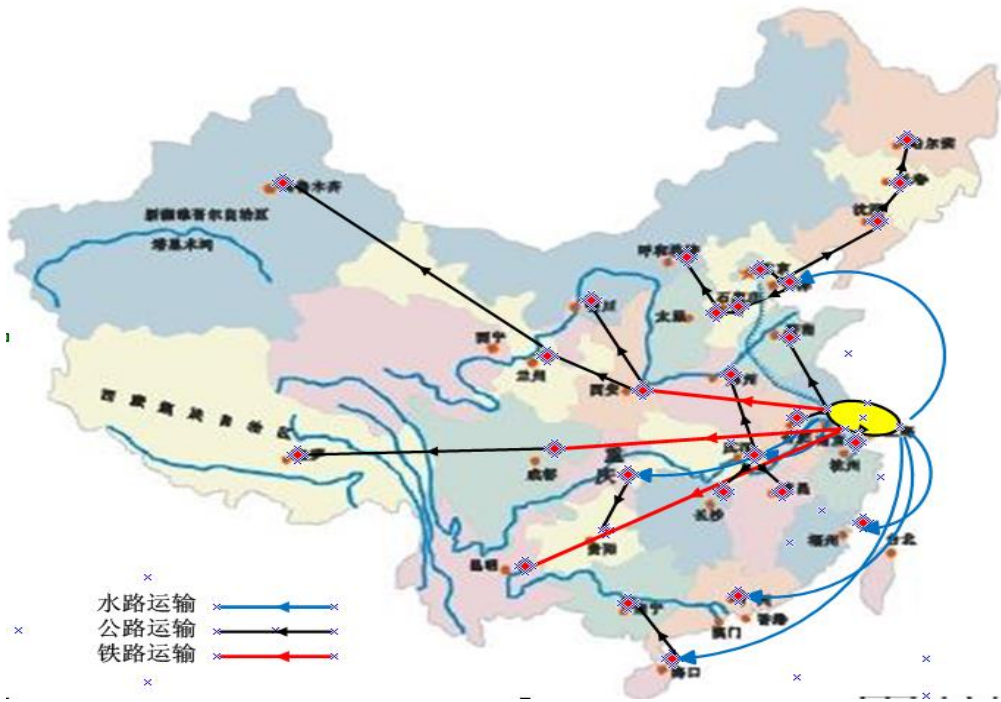


图 2-7 铁路运输线路

2.3 回程空载

2.3.1 空载率

近年来，随着我国经济的持续快速发展和人民生活水平的提高，我国的汽车产业进入了高速发展的阶段。自加入 WTO 以后，中国的汽车市场出现了爆发式的增长，过去的十年更是史上空前的高速发展期，汽车总量增长速度始终维持在 25%-35%。在汽车行业高速增长的同时，我国的整车物流行业却出现了诸多问题，物流资源配置效率低下、空载率过高导致物流成本过高就是其中最严重的问题。现阶段不少整车物流企业的资产回报率平均只有 15-20 左右。其问题的关键一点就在于空载率，尤其是回程空载问题，全国整体的运输汽车空载率约 37%，而整车物流企业的运输车辆空载率竟然最高能达到 37-49%。

所谓“空载率”，一般指汽车没有搭载乘客的行驶里程在整个运营行驶中的百分比。即空载率% = 空车行驶里程 / 总行驶里程。车辆空驶率越高，其行程利用率就越低，车辆的利用效率也就越低。这不仅造成巨大的成本负担，对资源的极大浪费，也不符合现今提出的低碳物流和绿色物流的要求。因此，减低回程空载率是安吉降低成本，优化资源配置，实现低碳物流和绿色物流的重要举措。

我们将采用三种方式解决回程空载的问题，分别是物流联盟、逆行物流和供应链完善。

2.3.2 物流联盟

物流联盟是介于独立的企业与市场交易关系之间的一种组织形态，是企业间由于自身某些方面发展的需要而形成的相对稳定的、长期的契约关系。物流联盟是以物流为合作基础的企业战略联盟，它是指两个或多个企业之间，为了实现自己物流战略目标，通过各种协议、契约而结成的优势互补、风险共担、利益共享的松散型网络组织。

长期供应链关系发展成为联盟形式，有助于降低企业的风险。单个企业的力量是有限的，它对一个领域的探索失败了损失会很大，如果几个企业联合起来，在不同的领域分头行动，就会减少风险。而且联盟企业在行动上也有一定协同性，因此对于突如其来的风险，能够共同分担，这样便减少了各个企业的风险，提高

了抵抗风险的能力。

作为国内从业最早、规模最大的整车物流服务供应商之一，安吉物流目前是上海大众、上海通用、上汽通用五菱和上汽汽车的整车物流总承包方，并涉及天津丰田、广州丰田深圳比亚迪、海南马自达、东风日产、重庆长安、北京现代、一汽大众等国内主要汽车生产厂家的部分整车物流业务。安吉物流可以与以上公司的物流配送公司建立物流联盟。优势互补、风险共担、利益共享。

例如可以与同方环球物流公司进行“对流运输”。同方环球(天津)物流有限公司由丰田汽车株式会社、中国第一汽车集团公司、广州汽车集团股份有限公司共同合资组建。从地缘分布上可以发现，一汽丰田现有的天津、长春和成都 3 个生产基地，都处于中国的北部和西部内陆地区，而安吉物流所处的上海却在中国东方，二者距离遥远，正好具有地理互补性。因此采用对流运输，由天津发往广州的商品运输车上，运载的是一汽丰田生产的卡罗拉轿车，而在返程路上运输的却是上海通用五菱汽车。

长期供应链关系发展成为联盟形式，有助于降低企业的风险。企业结成联盟，能有效地降低物流成本（通过联盟整合，可节约成本 10-25%），提高企业竞争能力。有利于提高服务水平，在返程途中运输其他品牌的汽车，大大降低了回程空载率和运输成本。

2.3.3 逆向物流

汽车逆向物流（Automobile Reverse Logistics）是以满足顾客和保护环境为出发点，根据实际需要，对汽车产品实行从下游到上游的物流活动。它包括退回物流和废弃物物流两大部分。

中国消费者协会公布的《2004 年全国投诉情况汇总》的统计数据表明，在 2004 年全年质量投诉当中，汽车类投诉个案同比上升了 31.6%，位居消费品类投诉增幅的第二位。随着汽车消费者购买行为的逐渐成熟，在一段时期内，退货行为必将呈增长态势。在美国、欧洲、日本、韩国等国家出现的汽车召回问题无疑也将成为中国汽车逆向物流的重要组成部分。

资源再利用汽车的使用寿命是有限的，经过了一定时期(8-10 年)的运行后，汽车零部件的磨损达到极限，汽车废气排放量极大，对环境造成严重污染，而且也容易造成汽车事故的发生。此时，汽车必须进行报废，降低其对环境的破坏程

度，消除安全隐患。从经济角度上看，报废汽车上的钢材、铝材等金属能经过处理后重新利用；某些零部件拆解后能重新使用。

安吉物流提供的逆向物流，不仅可以为上海大众、上海通用等公司提供汽车退回，召回服务，而且可以与上海大众、上海通用等公司的销售部进行合作，利用回程车辆带回其在全国各地经销商和维修站中的三包索赔旧件，既可以有效解决上海大众、上海通用公司的旧件回收问题，又可以有效降低回程空载率，可谓是一举两得。

树立以安吉物流为中心的逆向物流回收网络系统，依附于正向物流网络，完全使用原有的设施和组织，不需要新的投资。如图 2-9 所示，为逆向汽车物流网络系统示意图：

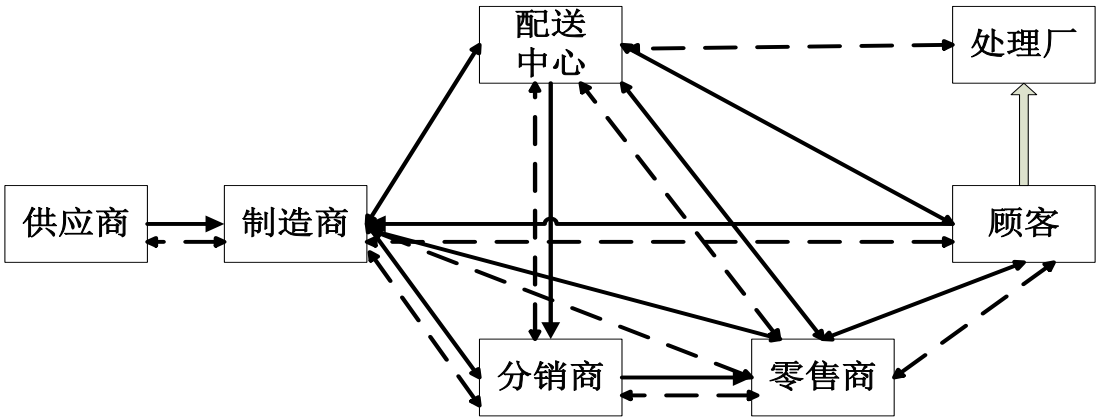


图 2-9 汽车逆向物流网络系统示意图

随着市场的逐步完善，汽车退回、召回等业务的日益规范，从下游物流节点到上游物流节点的汽车物流逆向系统正面临巨大商机。有如下几点意义：

- 保护环境资源，树立良好公众形象；
- 提高顾客忠诚度，提升供应链竞争优势；
- 降低生产成本，增加企业效益；
- 降低返程空载，提高潜在事故透明度。

2.3.4 供应链完善

安吉物流是全球业务规模最大的汽车物流服务供应商，以“服务产品技术化”的理念，从事汽车整车物流、零部件物流、口岸物流以及相关物流策划、物流技术咨询、规划、管理培训等服务。提供一体化、技术化、网络化、透明化、可靠

的独特解决方案的物流供应链服务。因此，减少回程空载将是安吉物流完善供应链服务的一项重要举措。

现在，公司的零部件物流的业务发展非常迅速，陆续在全国建立了零部件仓库和分拨中心。因此，如果零部件也能形成了大批量运输的特点，利用现有的整车运输的网络资源优势，将整车和零部件的运输进行有效整合的可行性。在返程途中运输零部件，以降低成本，优化流程，提高回程利用率和装载率。

为了进一步降低物流配送成本，降低回程空载率，可以和运输当地的日用品经营商，如京华、寿康永乐、工贸家电和国美等配送业务相联合，对其物流信息进行整合，从而有效地降低其回程空载现象。

2.4 本章小结

随着我国汽车行业关税壁垒的逐渐消除，国内汽车行业开始寻求新的竞争能力，现代物流作为第三利润源成为关注的热点。线路优化以及多式联运模式的推广，已经成为安吉挖掘第三利润的关键。线路优化研究使公司可以趋利辟害，缩减运输成本，合理利用自身资源；多式联运模式使运输低碳化、绿色化；回程空载的研究使公司深刻认识到自己以便扬长避短，扩大业务范围。

本章通过蚁群算法，为安吉物流解决了多式联运应用在车辆调度问题，提供了线路优化的方案和各种运输工具的使用范围，并为建立 RDC 和承运商的任务分配提供信息。通过对线路信息和区域信息的分析，提供一系列有关解决回程空载问题的方案，将逆向物流、低碳物流和绿色物流的理念用在实处。

3 建立 RDC 区域

RDC 即区域分发中心 (Regional Distribution Center, 简称 RDC), 是集仓储、配送、流通加工、信息管理、客户服务等为一体的综合物流中心。RDC 在现代物流中扮演着中心角色, 在调整生产和消费之间的时空错位性、提高库存集约化以及包括保管、装卸搬运在内的作业管理效率化, 实现多样化的流通加工、降低运输成本, 提高对客户服务水平等方面发挥着不可替代的作用。

纵观整个案例, 安吉物流在自身的物流运作中, 通过规模的扩大和经验的积累, 已经形成了一些得天独厚的竞争优势和市场地位。但是依然存在运输成本居高不下、客户亏损严重等问题。此外, 在汽车运输市场运作不断完善的同时, 涌入的大量新的竞争者, 对安吉物流公司也是个挑战。因此, 如何扬长避短, 利用机会, 缓和威胁是安吉物流公司面临的问题, 而建立 RDC 无疑是解决这一问题的钥匙。

本章通过定量计算和定性分析的方法, 论证了通过 RDC 区域分发中心的建立解决安吉物流配送业务中存在的问题的可行性; 同时通过建模求解的方法, 解决 RDC 的定址问题。

3.1 建设 RDC 区域

3.1.1 可行性分析

安吉物流在配送过程产生的主要问题在于:

- (1) 工厂 (上海) 到需求点距离太长, 导致物流成本居高不下, 降低了货物的安全性;
- (2) 无法及时跟上市场的反应, 客户反馈响应时间长, 容易丢失客户;
- (3) 对于需求的调节能力差, 当需求出现波动时, 很难及时做出调整;
- (4) 物流行业承运商遍布全国, 各承运商难以统一调度和管理;
- (5) 以追求最低物流总成本与最大顾客满意度为出发点, 同时兼顾成本与服务水平, 从整合物流角度来规划整体的物流设施网络, 从而提高公司的整体竞

争能力的角度分析，建立 RDC 是解决这些问题的重要举措。

3.1.2 RDC 建立分析

RDC 的建设问题是一项复杂而重要的决策过程，不仅在提高客户响应度、降低成本方面有明显作用，而且关系到安吉物流的经济利益和长远利益。物流网络中，RDC 中心所起的作用是作为整车周转、保管，在库管理和流通加工的据点，促进商品在能够按照顾客要求的前提下，完成附加价值，克服其在运动过程中所产生的时间和空间障碍。对 RDC 特点具体分析如表 3-1 所示：

表 3-1 RDC 的特点分析

特点	解决问题
1.主要为特定的用户服务； 2.配送功能健全； 3.完善的信息网络； 4.辐射范围小； 5.多品种，小批量； 6.以配送为主，储存为辅。	1、减少交易次数和流通环节； 2、产生规模效益； 3、减少客户库存，提高库存保证程度； 4、与多家厂商建立业务合作关系，能有效而迅速的反馈信息，控制商品质量。 5、配送中心是现代电子商务活动中开展配送活动的物质技术基础。

3.1.3 RDC 发展模式

RDC 在整个物流系统中，定位于物流、信息流、资金流的综合设施，其涵盖面较流通中心为低，如果具有商流职能，则属于流通中心的一种类型，如果只有物流职能则属于物流中心的一个类型:RDC 是实行配送的专门设施，是处于末端物流过程的起点，所处的位置是直接面向用户的位置，它不仅承担直接对用户服务的功能，而且根据用户的要求，起着指导整个物流配送过程的作用，RDC 在整个物流系统中是提高整个系统的运行水平，对整个系统的效率提高起着决定性的作用。

3.1.3.1 高度集权

这种物流运作模式的权利集中在总部，业务开发、各种物流运作指令均来自

于物流公司的总部。各地的 RDC 只是按总部的指令，从事具体的物流服务操作。总部根据从各个 RDC 收集到的数据信息，结合市场的发展，预测需求，制订总体方针，下发给各个 RDC，各自制定符合自身的发展计划。

安吉物流公司在 RDC 运作模式实施中，可以将权利集中于总部，业务开发、各种物流运作指令均来自公司总部，保障了对分散于全国各地的 RDC 中心统一领导，为有效实施标准服务奠定了基础，确保了对客户实施高水平服务平台。

3.1.3.2 运营自主

运输公司对所属 RDC 拥有自主经营权，可以自行组织和执行运输业务，开发返程市场，规划运力模式。安吉物流总部仅对运输公司绩效和运输质量进行考核。考核内容包括车辆上报率，运力保障率、GPS 完好率、OTD 及时率等内容。

对于各个 RDC 覆盖的配送区域，可以根据当地的实际情况选择最适合的承运商、运输线路，通过一系列因地制宜的举措、返程市场的建立、回收机制的制定以及增值业务的扩展，以期望达到降低成本，完善服务，打造品牌和信誉度的目的。

3.1.3.3 水波式发展

RDC 与一般配送中心相比，工作中心，不仅在于完成配送、发货运输等作业，更侧重于市场开发和资源管理功能。RDC 作为区域中心，接收区域内的各项业务，并结合当地政策与民情，以 RDC 为中心，逐步扩展运输业务，提高企业信誉度和名声。

安吉物流配送的需求点更多的是省会城市的 4S 店，目前随着二线城市的崛起，需求大大增大，因此，通过 RDC 区域分发中心的建立，使配送业务不断地从一线城市渗透到二线城市；在扩大业务网络的同时，也可以增大客户群体，吸引大型车市的配送需求。

3.2 RDC 网络优化

3.2.1 现有运输概况

在第二章里面我们运用蚁群算法对安吉物流的整车物流的配送线路进行了优化计算，得到了基于需求的优化的运输线路结果，如图 2-4 所示，其结果可以为设立 RDC 的过程提供参考。

图像中信息素浓度最高的线路交叉点是配送活动最为繁忙，可以以此建立 RDC 区域；而水路和铁路伴随着大规模运输，其运输终点也可作为配送中心。下节将对于 RDC 设施选址与覆盖范围的问题做出分析。

3.2.2 RDC 选址建模

3.2.2.1 定性分析

根据已知的配送优化模型，结合 RDC 选址模型求解。根据图像信息可以发现有些节点距离供应点很近而且没有其他需求点经过，如表 3-2 所示：

表 3-2 由供应点满足需求城市

济南	直接由供应点满足需求
合肥	
杭州	
福州	

因此在这些需求城市不能建立 RDC 区域分发中心。

天津、武汉分别是由上海和南京由水路直接配送到达的，西安是由上海铁路直接配送到达，而且都有需求点经过其配送到达，如表 3-3 所示：

表 3-3 直接确定满足需求的 RDC 点的城市

哈尔滨	直接由天津满足需求
长春	
沈阳	
北京	
石家庄	
长沙	直接由武汉满足需求
南昌	

银川	直接由西安满足需求
兰州	
乌鲁木齐	

因此在天津、武汉两个需求城市应该建立 RDC 区域分发中心，以满足周边城市的商品车需求。

剩余节点中符合建立 RDC 区域建立要求的只有重庆或成都，广州或海口，对这些节点做定量分析。

3.2.2.2 问题描述

假设一批货物欲从资源点 i 运达需求点 k ，资源点 i 为上海和南京，需求点 k 包括其他 29 个城市。途中可选择先送达 RDC 再送达需求点，也可直达需求点。任意相连的两个节点之间只能有一种运输方式，运输方式考虑公路、铁路和水路。如图 3-2 所示：

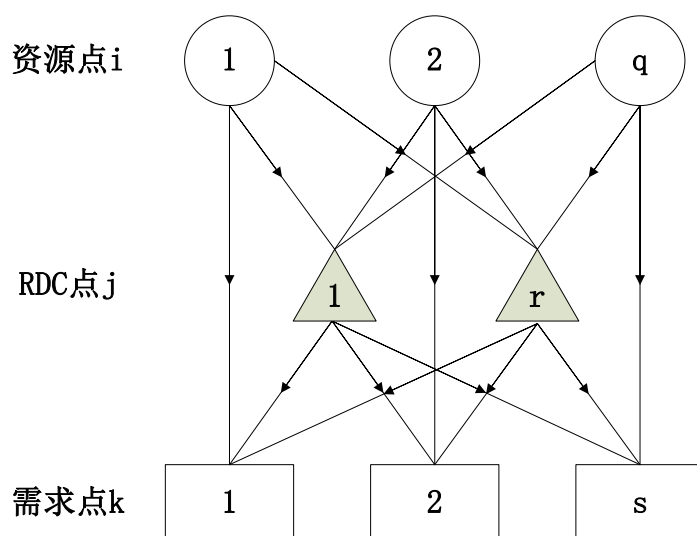


图 3-2 问题模型

每个节点都可实现货物在不同运输方式之间的相互转载,但需要一定的中转时间。整个运输过程还受线路容量和运输方式约束,客户对货物的运输时间有合理的区间要求,过晚产生惩罚费用。需要选择整个运输过程中所途经的节点及节点间最佳的运输方式和运输路径组合,以使总运输费用最低。

3.2.2.3 假设条件

假设 1 静态选址假设, 不考虑未来的收益与成本的变化;

假设 2 单一节点只由一个 RDC 配送, 不存在多个 RDC 配送一个节点的情况;

假设 3 忽略不同地点选址可能产生的固定资产构建、劳动力、库存成本等成本差异;

假设 4 不同 RDC 区域之间不存在相互调剂情况。

3.2.2.4 符号说明

i ——资源点 (1,2, ...,q);

j ——RDC 点 (1,2, ...,r);

k ——需求点 (1,2, ...,s);

h 、 l ——运输方式 (1,2,3);

a_{ij}^l ——从资源点 i 选择运输方式 l 到 RDC 点 j 时的单位运输成本;

b_{jk}^l ——从 RDC 点 j 选择运输方式 l 到需求点 k 时的单位运输成本;

X_{ijk} ——从资源点 i 经过 RDC 点 j 到需求点 k 时的运输数量;

n_{ij}^l ——从需求点 i 选择运输方式 l 到 RDC 点 j 时的运输工具数量;

c_{ij}^l ——从城市 i 到城市 j 选择第 l 种运输方式的实际运输成本;

c_{rij}^l ——从城市 i 到城市 j 选择第 l 种运输方式的原始运输成本;

d_{ij}^l ——从城市 i 到城市 j 按第 l 种运输方式测量的距离;

t_{sj}^l ——城市 j 从第 l 种运输方式到其他运输方式的中转时间;

t_w^l ——从城市 i 选择第 l 种运输方式的闲置时间;

f_{ij}^l ——从城市 i 到城市 j 选择第 l 种运输方式的运载能力;

m_{ij}^l ——从城市 i 到城市 j 选择第 l 种运输方式的运载容量；

v_s^l ——第 l 种运输方式的运速；

Q_k ——从需求点 k 的需求量；

Z——运输总成本；

T——运输时间成本。

3.2.2.5 目标函数与约束条件

以各个需求点的商品车需求量作为约束条件，以运输成本最小为目标，建立以下数学模型：

目标函数：

$$Z = \min \sum_{ijk} \sum_l \sum_h (a_{ij}^l \cdot n_{ij}^l + b_{jk}^h \cdot n_{jk}^h) X_{ijk} \quad (1)$$

$$T = \min \left(\sum_{ijk} \sum_l \left(\frac{d_{ij}^l \cdot X_{ijk}^l \cdot n_{ij}^l}{v_t^l} \right) + \sum_l t_w^l + 2 \sum_{ijk} \sum_l (t_{sj}^l \cdot s^l \cdot X_{ijk}^l) \right) \quad (2)$$

约束条件：

$$s.t. \left\{ \begin{array}{ll} \sum_{ij} X_{ijk} = Q_k & (1) \\ a_{ij}^l = c_{ij}^l \cdot d_{ij}^l & (2) \\ b_{jk}^h = c_{ij}^l \cdot d_{ij}^l & (3) \\ c_{ij}^l = \begin{cases} c_{rij}^l & m_{ij}^l \leq f_{ij}^l \\ 1.5c_{rij}^l & m_{ij}^l > f_{ij}^l \end{cases} & (4) \\ v_t^l = \begin{cases} 500 & l = 1 \\ 400 & l = 2 \text{ 或 } 3 \end{cases} & (5) \\ t_s^l = \begin{cases} 0.5 & l = 1 \\ 1.5 & l = 2 \\ 1 & l = 3 \end{cases} & (6) \\ t_w^l = \begin{cases} 0 & l = 1 \\ 1 & l = 2 \text{ 或 } 3 \end{cases} & (7) \\ m_{ij}^l = \begin{cases} 10 & l = 1 \\ 400 & l = 2 \\ 200 & l = 3 \end{cases} & (8) \\ X_{ijk} \in \{0,1\} \end{array} \right.$$

说明：

目标函数（1）表示总的配送运输成本，只由所选路径的长度，选择的运输方式数量，费率决定；

目标函数（2）表示总的配送运输时间，包括运输时间 $\left(\frac{d_{ij}^l \cdot x_{ij}^l \cdot n_{ij}^l}{v_t^l} \right)$ ，闲置时间 (t_w^k) 和中转时间 $(t_{sj}^l \cdot s^l)$ ；

约束条件（1）表示需求一定要被满足；

约束条件（2）表示从供应点到 RDC 点的单位成本费用，由单位费率和距离决定；

约束条件（3）表示从 RDC 区域点到需求点的单位成本费用，由单位费率和距离决定；

约束条件（4）表示费率，超额运力价格为原价格标准上浮 50%；

约束条件（5）表示运速；

约束条件（6）表示运输工具的中转时间；

约束条件（7）表示每种运输工具的中转次数；

约束条件（8）表示运输工具的容量。

3.2.2.6 定量求解

1. 确定广州和海口哪一个作为 RDC 中心

福州与供应点直接相连，采用水路运输方式，运输距离为 467；而广州和海口与供应点的距离为 910 和 1034，因此福州不用经过广州或是海口中转运输，其需求可以直接由供应点满足。

南昌与武汉的公路距离为 343.8，而南昌与广州的公路距离为 790.8，比经由武汉中转的距离大很多，因此可以判断南昌不经由广州或者海口中转。同理可以确定长沙也不经由广州或者海口中转。

这里只考虑南宁和昆明作为此处建立的 RDC 中心的需求点，作如下计算：

（1）若确定广州作为该 RDC 中心，分别从成本和运输时间两方面进行计算

昆明、南宁、海口作为广州中转站的需求城市，则每条路线上的运输量和运输距离分别如表 3-4 所示：

表 3-4 运输路线数据

	运输量		运输距离		运输方式
	上海	南京	上海	南京	
上海/南京-广州	1036	1359	910KM	1121KM	水路
广州-海口	59	47	630KM		水路
广州-南宁	401	454	574.1KM		公路
南宁-昆明	255	255	826KM		公路

总的运输成本为：

$$4 \times 910 \times 1.0a + 5 \times 1121 \times 1.0a + 1.2a \times 2 \times 630 + 1.3a \times (574.1 \times 87 + 826 \times 61) = 125841.7a$$

总的运输时间为：

$$(8/7 + 1.5 \times 2 + 910/400) \times 1036 + (8/7 + 1.5 \times 2 + 1121/400) \times 1359 + (8/7 + 1.5 \times 2 + 630/400) \times 106 + (574.1/500 + 0.5 \times 2) \times 855 + (826/500 + 0.5 \times 2) \times 510 = 19883.0$$

(2) 若确定海口作为该 RDC 中心，分别从成本和运输时间两方面进行计算

昆明、南宁、广州作为海口中转站的需求城市，则每条路线上的运输量和运输距离分别如表 3-5 所示：

表 3-5 运输路线数据

	运输量		运输距离		运输方式
	上海	南京	上海	南京	
上海/南京-海口	1036	1359	1034KM	1245KM	水路
海口-广州	576	858	630KM		水路
海口-南宁	401	454	478KM		公路
南宁-昆明	255	255	826KM		公路

总的运输成本为：

$$4 \times 1034 \times 1.0a + 5 \times 1245 \times 1.0a + 1.2a \times 5 \times 630 + 1.3a \times (478 \times 87 + 826 \times 61) = 1337046a$$

总的运输时间为：

$$(8/7 + 1.5 \times 2 + 1034/400) \times 1036 + (8/7 + 1.5 \times 2 + 1245/400) \times 1359 + (8/7 + 1.5 \times 2 + 630/400) \times 1434 + (478/500 + 0.5 \times 2) \times 855 + (826/500 + 0.5 \times 2) \times 510 = 28054.4$$

将两组数据进行比较，结果如表 3-6 所示：

表 3-6 不同情况指标比较

指标	广州 RDC	海口 RDC	优化差量	优化比例
运输费用	125841.7a	133704.6a	-7862.9a	-6.25%
时间成本	19883.0	28054.4	8171.4	41.10%

将以上计算结果比较可得：将广州作为 RDC 中心，运输成本少很多，总的运输时间也会少，所以综合以上结果可以确定将广州作为 RDC 中心较合适。

2. 确定重庆和成都哪一个作为 RDC 中心

将两组数据进行比较，结果如表 3-7 所示：

表 3-7 不同情况指标比较

指标	重庆 RDC	成都 RDC	优化差量	优化比例
运输费用	134232.4a	79030.2a	55202.2a	41.12%
时间成本	29032.3	34463.9~40137.9	-5431.6~-11105.6	-18.71%~-38.25%

将以上计算结果比较可得：将成都作为 RDC 中心，运输成本少很多，总的运输时间也会少，所以综合以上结果可以确定将成都作为 RDC 中心较合适。其他 RDC 中心也如上述计算方法得到，结果如图 3-3 所示：

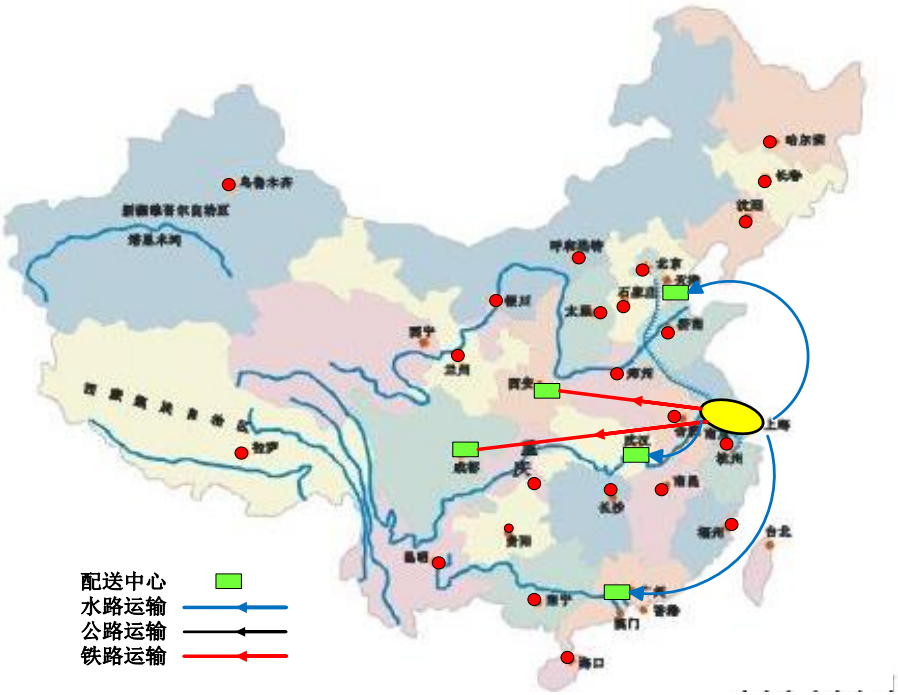


图 3-3 RDC 区域点表示

3.2.3 RDC 覆盖范围

3.2.3.1 定性分析

确定各个需求点的需求分别由哪个 RDC 满足

(1) 首先可以确定由供应点直接满足的 RDC 点，如表 3-8 所示：

表 3-8 直接由供应点满足需求的 RDC 点

天津	直接由供应点满足需求
西安	
武汉	
成都	

(2) 其次可以确定距离供应点很近因此可以直接由供应点直接配送点如表 3-9 所示：

表 3-9 直接由供应点满足需求的需求点

济南	直接由供应点满足需求
合肥	
杭州	
福州	
昆明	

(3) 其次确定只与某一个 RDC 直接或间接相连且不与供应城市直接相连的需求点城市，以及与某一个 RDC 点直接相连但与其他 RDC 点明显距离很远的需求点可以由该相连的 RDC 点确定，因此可以很容易确定，结果如表 3-10 所示：

表 3-10 直接由 RDC 点配送情况

需求城市	满足需求的 RDC 城市
沈阳	天津
北京	
南宁	广州
昆明	
乌鲁木齐	西安

重庆	成都
拉萨	

(4) 不与供应点直接相连，也不与 RDC 直接相连，只能由某一个间接相连的 RDC 点满足需求的点，结果如表 3-11 所示：

表 3-11 间接由 RDC 点配送情况

需求城市	满足需求的 RDC 城市
长春	天津
哈尔滨	
石家庄	
银川	西安
兰州	
贵阳	成都
长沙	武汉
南昌	

因此，只需要考虑剩余点是由哪些 RDC 覆盖。

3.2.3.2 问题描述

假设在给定数量和位置的需求集合和候选 RDC 位置的集合下，分别为 p 个 RDC 找到合适的位置并指派每个需求点到一个特定的 RDC 点，使 RDC 与需求点之间的运输费用最低。如图 3-4 所示：

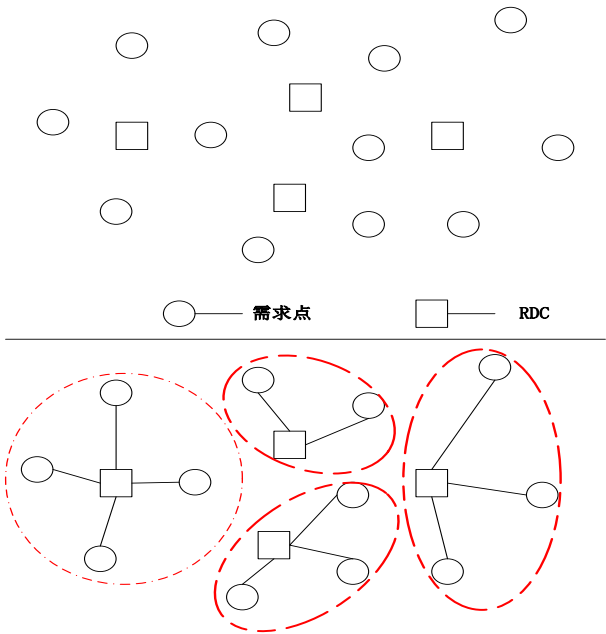


图3-4 问题描述图

每个节点都可实现货物在不同运输方式之间的相互转载,但需要一定的中转时间。整个运输过程还受线路容量和运输方式约束,客户对货物的运输时间有合理的区间要求,过晚产生惩罚费用。需要选择整个运输过程中所途经的节点及节点间最佳的运输方式和运输路径组合,以使总运输费用最低。

3.2.3.3 假设条件

假设 1 静态选址假设,不考虑未来的收益与成本的变化;

假设 2 单一节点只由一个 RDC 配送,不存在多个 RDC 配送一个节点的情况;

假设 3 忽略不同地点选址可能产生的固定资产构建、劳动力成本、库存成本等成本差异;

假设 4 不同 RDC 区域之间不存在相互调剂情况。

3.2.2.4 符号说明

N ——系统中 n 个需求点 (1,2, ...,n);

M —— m 个 RDC 点 (1,2, ...,m);

l ——运输方式 (1,2,3);

X_j ——选 j 点作为 RDC 区域, $X_j = \begin{cases} 1, & \text{在点}j\text{建立RDC;} j \in M, \\ 0, & \text{否则;} \end{cases}$

y_{ij} ——需求点 i 由 RDC 点 j 提供服务;

$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{需求点}i\text{由RDC}j\text{提供服务;} i \in M, j \in M, \\ 0, & \text{否则;} \end{cases}$

c_{ij}^l ——从资源点 i 选择运输方式 l 到 RDC 点 j 时的单位运输成本;

d_{jk}^l ——从 RDC 点 j 选择运输方式 l 到需求点 k 时的单位运输成本;

X_{ijk} ——从资源点 i 经过 RDC 点 j 到需求点 k 时的运输数量;

n_{ij}^l ——从需求点 i 选择运输方式 l 到 RDC 点 j 时的运输工具数量；

Q_k ——从需求点 k 的需求量；

W_j ——从 RDC 的能力

Y_i ——从资源点 i 的资源量

Z ——运输总成本

3.2.3.5 目标函数与约束条件

以需求点的需求为约束条件，以运输成本最小为目标，建立以下数学模型：

目标函数：

$$Z = \min \sum_{i \in M} \sum_{j \in N} \sum_{l \in L} (x_{ij}^l \cdot c_{ij}^l \cdot d_{ij}^l \cdot n_{ij}^l) \quad (1)$$

$$T = \min \left(\sum_{ijk} \sum_l \left(\frac{d_{ij}^l \cdot X_{ijk}^l \cdot n_{ij}^l}{v_t^l} \right) + \sum_l t_w^l + 2 \sum_{ijk} \sum_l (t_{sj}^l \cdot s^l \cdot X_{ijk}^l) \right) \quad (2)$$

约束条件：

$$s.t. \left\{ \begin{array}{ll} \sum_{ij} y_{ij} = 1, & i \in N \\ c_{ij}^l = \begin{cases} c_{rij}^l & m_{ij}^l \leq f_{ij}^l \\ 1.5c_{rij}^l & m_{ij}^l > f_{ij}^l \end{cases} \\ v_t^l = \begin{cases} 500 & l = 1 \\ 400 & l = 2 \text{ 或 } 3 \end{cases} \\ t_s^l = \begin{cases} 0.5 & l = 1 \\ 1.5 & l = 2 \\ 1 & l = 3 \end{cases} \\ t_w^l = \begin{cases} 0 & l = 1 \\ 1 & l = 2 \text{ 或 } 3 \end{cases} \\ m_{ij}^l = \begin{cases} 10 & l = 1 \\ 400 & l = 2 \\ 200 & l = 3 \end{cases} \\ x_j \in \{0,1\}, & j \in M \\ y_{ij} \in \{0,1\}, & i \in N, j \in M \\ \sum_i y_{ij} \leq x_j, & i \in N, j \in M \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (1) \\ (2) \\ (3) \\ (4) \\ (5) \\ (6) \end{array}$$

说明：

目标函数（1）表示配送总的运输成本，只与所选路径的长度，选择的运输方式数量，费率决定；

目标函数（2）表示总的运输时间，包括运输时间 $\left(\frac{d_{ij}^l \cdot x_{ij}^l \cdot n_{ij}^l}{v_t^l} \right)$ 间，闲置时间 (t_w^k) 和中转时间 $(t_{sj}^l \cdot s^l)$ ；

约束条件（1）表示每个需求点都应该被 RDC 覆盖到；

约束条件（2）表示费率，超额运力价格为原价格标准上浮 50%；

约束条件（3）表示运速；

约束条件（4）表示运输工具的中转时间；

约束条件（5）表示每种运输工具的中转次数；

约束条件（6）表示运输工具的容量；

3.2.3.6 定量求解

依次通过计算确定与剩下的需求点的满足情况

（1）呼和浩特：由天津或者是西安 RDC 点满足需求

● 由天津 RDC 点供应：

费用

$$C1 = 1.0a \times 707 \times 1 + 1.0a \times 918 \times 1 + 1.3a \times 50 \times 606.8 = 41067.0a \text{ (元)}$$

运输时间

$$T1 = (8/7 + 1.5 \times 2 + 707/400) \times 210 + (8/7 + 1.5 \times 2 + 918/400) \times 179 \\ + 389 \times (0.5 \times 2 + 531.6/500) = 3196.2$$

● 由西安 RDC 点供应：

费用

$$C2 = 1.0a \times 211 \times 1 + 1.1a \times 1400.1 \times 2 + 2.0a \times 25.5 \times 50 + 1.3a \times 50 \times 671.0 = 49456.2a$$

运输时间

$$T2 = (0.5 \times 2 + 211/400) \times 224 + (2t + 9 + 0.5 \times 2 + 25.5/500 + 0.5 \times 2 + 671/500) \\ \times 492 = 6439.2 + 984t$$

将两组数据进行比较，结果如表 3-12 所示：

表 3-12 呼和浩特数据比较

指标	天津 RDC	西安 RDC	优化差量	优化比例
运输费用	41067.0a	49456.2a	-8389.2a	-20.43%
时间成本	3254.7	6439.2~7423.6	-3184.5~-4168.9	-97.84%~-128.09%

通过以上比较可以得到，呼和浩特由天津 RDC 点配送得到的成本和时间都比较小，所以呼和浩特由天津 RDC 点配送。

(2) 太原：由天津或西安 RDC 点满足需求

将两组数据进行比较，结果如表 3-13 所示：

表 3-13 太原数据比较

指标	天津 RDC	西安 RDC	优化差量	优化比例
运输费用	28577.1a	35745.9	-7168.8a	-25.09%
时间成本	3196.2	5094.3~5872.3	-1898.1~-2676.1	-59.39%~-83.73%

通过以上比较可以得到，太原由天津 RDC 点配送得到的成本和时间都比较小，所以太原由天津 RDC 点配送。

(3) 郑州：直接由供应点或由天津或武汉 RDC 点满足需求

将两组数据进行比较，结果如表 3-14 所示：

表 3-14 郑州数据比较

指标	天津 RDC	武汉 RDC	优化差量	优化比例
运输费用	92911.0a	68707.8a	24203.2a	26.05%
时间成本	8462.1	7815.8	646.3	7.64%

通过以上比较可以得到，郑州由武汉 RDC 点配送得到的成本比较小，配送时间与天津基本一致，所以郑州由武汉 RDC 点配送。

通过以上的计算可以得到在以上的案例中所给的每个城市的具体需求情况下，需要建立的 RDC 中心以及由每个中心分别中转的省会城市，结果如图 3-5 所示。

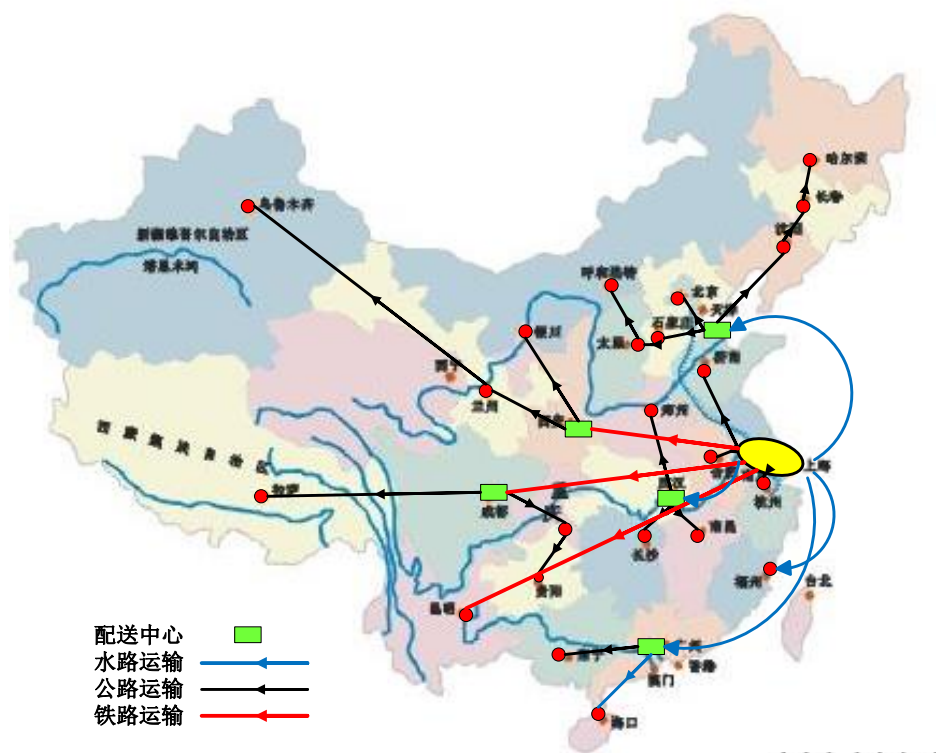


图 3-5 RDC 点建立以及配送情况

3.4 RDC 增值服务

随着社会经济的不断发展和市场竞争的不断激化，对于 RDC 的客户化服务要求也越来越高，为顾客提供时间和空间上的效用以及商品的可能性以越来越重要，而安吉物流对于 RDC 的要求也不能仅仅局限在仓储配送等简单的物流业务中，因此 RDC 只有扩大自己的业务范围，提供更多的增值服务项目，才能在激烈的竞争中获得生存和发展。

3.4.1 精益物流

仓储系统建立先进的仓储管理系统，为生产企业服务，按照货物的堆放体积收费，参照国际惯例，采用先进先出的管理方式进行管理。由于采用社会化、专业化的仓库管理办法，其费用要比各企业自己单独建仓库，无论从资金方面还是从利用率上均要节省，而且可使得自己的库存真正降为零，大大降低其仓储成本。由于载运方面采用多家客户同车配送，同方向货物一起载运的合理运输方式，运输费用大幅度降低，车辆的实载率大幅度提高，整个社会经济效益增加。

RDC 的建立实现了仓储专业化、社会化管理，使得企业实现“零库存”。由于仓储过程中掌握了每种货物的消耗过程和库存变化情况，这就可能对每种车型的需求情况做出统计分析，从而为客户提供订货及库存控制的决策支持，甚至帮助客户做出相关的决策。

3.4.2 缓冲仓库

所谓缓冲仓库，就是指在正常的库存之外，根据不同的需求及供应商的生产、供货批次、运输等具体情况，为满足及时准确的交货承诺，确定额外库存。受 JIT 生产方式的影响，国内一些汽车厂物流部门对库存的管理日趋严格，对库存水平、库存周转率的要求越来越高。因此，小批量、多频次的订单是达到降低库存、提高库存周转率的有效手段。而设立一个缓冲仓库成为解决这一问题的一种提议。RDC 正是起到了缓冲仓库的作用。

有了 RDC，降低了对订单和需求预测的要求，提高客户满意度。同时，对运输、库存都可以优化处理，降低成本。对安吉来说，也就可以尽可能减少缺料情况的出现，保证生产运输的正常进行。

3.4.3 业务桥头堡

RDC 作为区域中心，接收区域内的各项业务，并结合当地政策与民情，以 RDC 为中心，逐步扩展运输业务。首先，稳定的线路和运输区域有利于运输公司自己寻找返程业务，例如武汉作为安吉重要的 RDC，负责整个华中区的配送业务，而武汉自身又拥有 神龙汽车、东风本田等汽车厂，因此安吉武汉 RDC 即可运输自身的汽车，在返程时又可运输神龙汽车或东风本田，以降低回程空载。

其次，产品的配套、组装业务移植到 RDC，不仅可以降低运输成本，而且可以及时响应当地的需求。按照后置理论，各种活动都应该尽可能地后置以增加他们满足实际需求的可能性。例如上海大众帕萨特车身油漆包括疏青、金黑、碧蓝、钻灰、宝红等颜色，而客户对于不同车漆又有各自喜好。安吉物流可以先将未上漆的汽车先送往 RDC，RDC 再根据订单需求上漆，以降低牛鞭效应。

再次，提供退货和调换服务。当客户的产品销售出现质量问题，或者客户与最终用户之间出现纠纷，需要实施退货或货物调换业务时，由 RDC 经行相关业务，有助于缩短响应时间，尽快以尽量小的成本处理相关事项。

3.4.4 线路监控

RDC 作为区域中心覆盖范围遍布整个中国区域，因此更加接近实地配送，可以更好的对配送线路进行监控。

首先，稳定的运输线路和区域有利于司机熟悉和了解当地道路状况，寻找最方便快捷的运输路线，从而使运输成本得到控制，例如在周末高速公路实施免路费的政策导致高速公路拥堵时，选择二级公路运输无疑可以提高运输效率，控制运输成本。

其次，熟悉的路况有利于提高运输质量，避免运输途中的意外状况发生，并为意外事故提供备选方案。RDC 对于线路监控，可以精确到天气，山体滑坡等自然灾害的发生下提供备选方案，以减小因事故发生导致的货物破损等事故。

再次，在运输过程中运输车辆出现事故，及时提供拖车和后备的运输车辆，以实现准时、高效的配送过程。

3.5 本章小结

安吉公司改变现有的物流模式，设立区域 RDC，能有效地缓解运输压力，降低长途运输成本、管理成本以及缺货成本，更好的实现“精益物流”的理念，并对市场信息做出及时反应，以满足客户对产品的多样化需求，增强安吉的竞争力。

本章根据现有的优化后的运输线路和区域特点，首先通过混合-整数线性规划法建模，分析得到 RDC 选址的方案，然后应用最大覆盖模型对每个 RDC 划分区域，规划企业整体业务。最后，结合安吉供应链自身的特点，结合当地情况，提供 RDC 的增值服务，扩大业务范围和利润源。

4 多式联运的驳接问题

4.1 背景介绍

第二章中提到物流运输方式和线路的优化，比较优化的运输过程都是由多式联运的方式实现的。多式联运是国际上普遍采用的新型运输方式，这种方式一般以集装箱为媒介，把传统、单一的各种不同运输方式有机地结合、衔接为一体，以便更好地实行“门到门”运输，为客户提供经济合理、快速安全的运输服务。

多式联运过程中涉及到多种运输方式的结合，而在各种方式之间又存在差异，造成方式转换时可能出现效率低下的问题，因此本部分主要是针对多式联运的运输方式之间的驳接问题进行研究，引进多式联运“无缝连接”的概念，改进和完善多式联运中各方式的驳接过程，从而提高驳接效率，做到完整高效的多式联运的管理。从而使整个运输过程更加一体化和高效化，提高整个运输过程的效率，同时节约运输成本。

4.2 无缝连接的概念

无缝连接：对运输全过程中所涉及的各种运输方式和各个作业环节，通过资源优化整合与科学组织管理，实现系统各环节的有效衔接，以及不同运输方式间的相互转换、协调配合，尽可能满足其相互间的“无缝衔接”，从而保证集装箱安全、准确、迅速、方便地空间位移，并在准确的时间到达准确的地点。

4.3 无缝连接的特点

（1）时间无缝

这里的时间包括等待时间和作业时间，无缝运输的目标就是要使得等待时间和作业时间尽量的小，这就要求集装箱能在指定的时间到达，而且要提前作好准备工作，使得作业时间最小。

（2）空间无缝

运输方式对接过程中可能存在一定的空间距离，因此，空间无缝的目的是要使两种运输方式之间的转换所经过的距离最短或空间最小。

4.4 影响因素及解决思路

多式联运是一个复杂的系统工程，其中主要包括用于实际操作的硬件设施设备系统以及用于信息传递和管理的软件管理系统，这些系统按照国际、国内运输规则和惯例，并通过各类相关企业的经营活动和国家监管机构的业务监督而完成多式联运的全过程。造成多式联运驳接效率低下的主要原因包括各个运输部门的管理体制的不统一、用于运输和装卸搬运的设施与设备无法标准化、信息平台的构建不够完善，下面我们将从这几个方面分别探讨提高驳接效率的方式和方法。

如图 4-1 多式联运驳接问题的整体解决思路所示，我们整个驳接过程将以现代化的管理信息系统为核心，结合联运驳接管理站，实现驳接计划的编制、运输工具的组织调度、商品的装卸搬运、单据的交接处理和信息的共享与传递。使整个驳接过程能够高效化和一体化地进行，因此也提高了整个多式联运过程的效率。

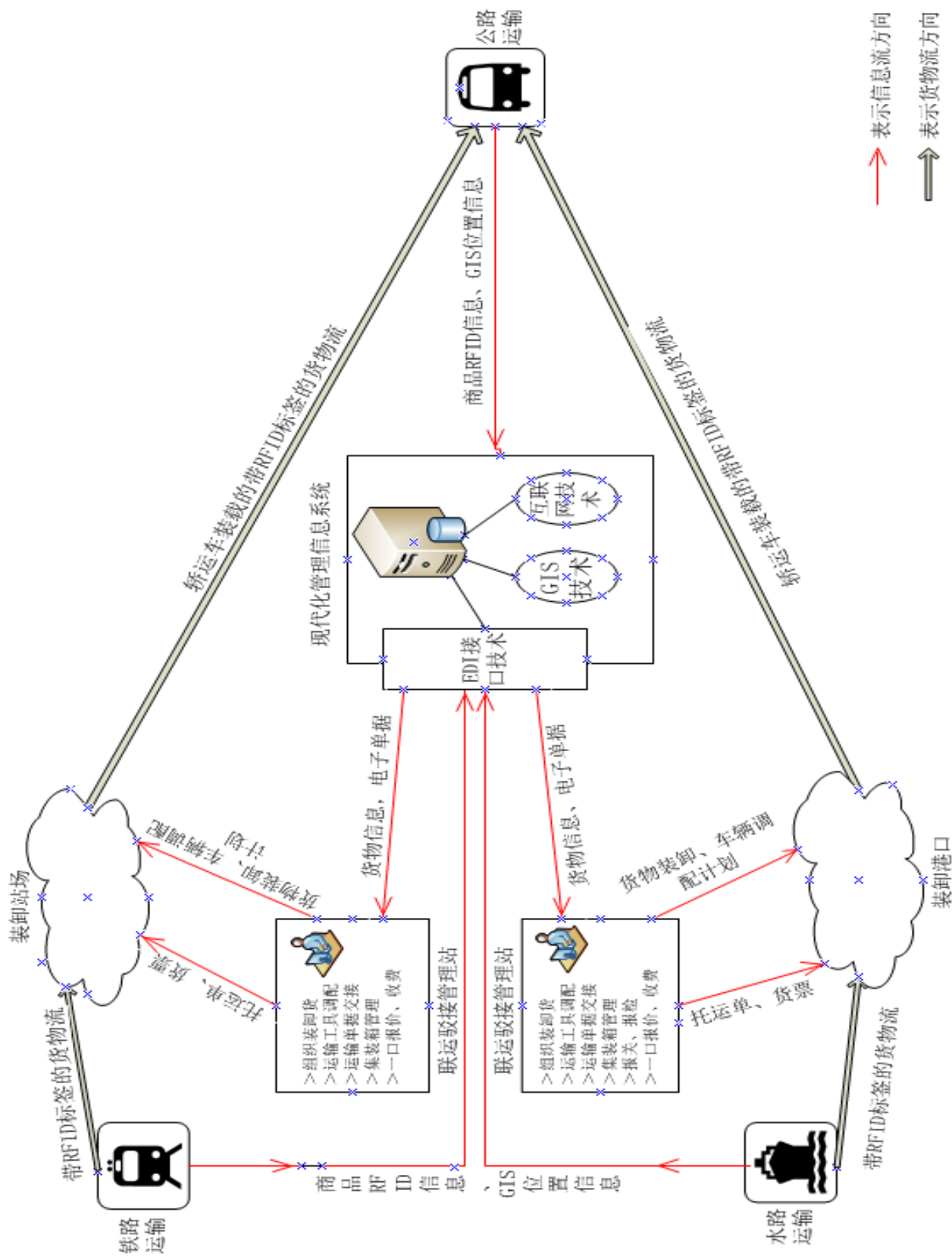


图4-1 多式联运驳接过程示意图

4.4.1 管理体制

4.4.1.1 问题

多式联运是一种跨地区、跨行业的运输组织方式，但由于我国交通运输行业实行的是条块管理，各种运输方式分头管理；运输通道和枢纽各成体系，缺乏统筹规划、协调衔接；联合运输、多式联运被切割，难以形成系统优势，同时也大大增加了多式联运时间和费用。

4.4.1.2 解决思路

由于现行管理体制的弊端已被越来越多的人认识，一些地区根据本地区运输市场发展需要，已经率先建立了本地区运输的综合管理机构，如交通运输委员会等，以协调和统一管理铁路、公路、水路、航空业，这对协调各种运输方式之间的关系，完善运输市场体系，规范市场竞争时序都起到了一定的促进作用。

我们这里所讨论的主要是铁路、水路和公路运输方式之间的单次转换过程，因此，借鉴以上解决思路，可以考虑在铁路和公路之间以及水路和公路之间设立一个专门用于办理运输衔接的各项业务的机构，以协调利益机制，统筹负责多式联运的实施、监控。这个联合载体由铁路和公路或是水路和公路共同管理。

- **设立地点：**在主要的铁路装卸点和水路装卸点设立这样的站点机构。例如铁路运输方式中，在火车站设立这样的“铁路—公路”衔接站点，既可以负责由铁路换乘公路运输方式的相关业务的处理，也负责由公路换乘铁路的相关业务处理。
- **功能：**联运事业的办理载体，能处理涉及联运全程运输的商务性事务和衔接性服务工作；是联运全程运输衔接的组织实体，接续运输的技术、业务组织按一体化运输方式整合；是联运经营业务开展的经济实体，参与者利益机制得到协调，互惠互利。在经营方式上，突破过去自成体系、分开经营的传统方式，实行一个窗口面对货主，合署办公，货主在该站点一处即可完成铁路、水路间集装箱的收发、运输、中转、代理等业务及其相关的如装卸存储、报关报验等其它业务。
- **业务范围：**运输工具的组织调配；铁路与公路之间的集装箱、零散货物存储

和装卸货；水路与公路之间的集装箱、零散货物的存储和装卸货；运输单据的交接办理；报关报检；一口报价，一次收费；运输信息的跟踪、及时更新和管理。另外还可以办理集装箱租赁业务，充分利用资源实现增值收益。

4.4.2 设施设备

4.4.2.1 问题

随着经济的发展和集装箱化的提高,从总体上看我国交通运输设施的技术仍然偏低,对国民经济的支撑度仍比较薄弱,特别是后备能力不足,不能适应运输需求大幅度增长的需求。而且在现有设备的基础上,要实现运输方式的转换,必须转换运输工具,货物的装卸搬运时间直接影响了无缝连接的效率。

安吉物流目前拥专用滚装码头 2 个,仓库总数 33 个,专列 348 节,江轮 3 艘,海轮 6 艘,运输车辆 2600 多辆,移动装卸设备近 400 辆;如何充分高效利用已有设施和移动装卸设备,如何在不同的运输方式结合的情况下选择不同的运输工具,实现运输工具的转换,也是影响多式联运效率的一个重要因素。

4.4.2.2 解决思路

(1) 工具设备标准化

运输设备完成货物在不同节点的空间位移,装卸设备实现粮食在不同运输方式之间的转换。各种运输设备和装卸设备的性能、配置都会影响无缝衔接的程度。

- **公路：**公路运输是我国汽车运输的主体，作为其他运输方式的衔接手段，适应性强，可以实行门对门一条龙服务，而且近距离运输费用较低，容易装车、卸车。主要的运输工具是由牵引车牵引的集装箱挂车。
- **铁路：**铁路主要用于长距离、大批量运输，运输工具单一，即专用列车，包括敞车、棚车、平车，可以装载货物本身，也可以装载载有货物的汽车挂车。
- **水路：**水路运输包括海洋运输以及内河运输，其中以内河运输为主。主要的装卸搬运设施设备包括：堆场、岸桥、龙门吊、起重机、集卡等。用于装运的船舶包括江轮和海轮，也可以分为集装箱船、滚装船、散货船等。

由以上可以看出，不同的运输方式的运输、装卸工具存在很大差别，下面将对于铁路到公路、水路到公路两种主要驳接过程进行分别的讨论：

- **铁路——公路：**公路与铁路运输方式的转换主要是在铁路的站场进行，由于铁路运输工具比较单一，所以运输工具的转换形式也比较单一。对于直接将货物装入列车的情况，需要使用到一定的装卸设备，将货物从汽车卸下再装入列车；对于直接将卡车运上火车的“猪背运输”，不用事先将货物卸下，直接将汽车挂车运上列车与货物一起运输。
- **水路——公路：**公路与水路运输方式的转换主要是在码头进行，如果货物需要暂存的话可以堆放到码头的堆场。如果是使用普通的货船运输，那么需要用到岸桥、龙门吊等装卸设备将货物从堆场或是直接从公路运输车辆上装载到货运船上；其中装卸过程比较费时；采用滚装船运输的话就能提高装卸效率，因为可以直接将装有货物的汽车挂车牵引上滚装船，不需要使用以上装卸设备。在充分考虑可用运力和运输量的情况下，如果存在可用的滚装船同时待运货物批量较大时，可以考虑使用滚装船运输；货物批量较小时，待运挂车无法装满滚装船，造成空间浪费，而滚装船成本过高，这样反而增大了运输成本，因此可以考虑使用普通运货船运输。具体的决策过程这里不做详细讨论。

多式联运无缝衔接要求硬件系统的标准化，使线路、港站建设及载运机具的配置按一定的标准进行建设，便于场站枢纽多式联运体系中硬件系统的有效配合与相互转换，为多式联运进行提供良好的物质基础。

(2) 运输方式多样化：既然运输工具无法完全统一，就要考虑在现有条件的基础上，尽量缩短运输工具转换的中间时间。可以采用如下运输形式：

- ✓ 卡车挂车上火车的“猪背运输”
- ✓ 挂车上飞机的“鸟背运输”
- ✓ 挂车上轮船的“鱼背运输”
- ✓ 卡车上轮船的“滚装运输”

这些方式都避免了中间的装卸环节，直接换乘另外的运输工具运走，同时也使货物到达目的地以后，直接转成公路方式实现门到门运输。

4.4.3 信息平台

4.4.3.1 问题

多式联运是由多个环节组成的复杂系统工程，各个子系统之间互相制约与影响。多式联运无缝衔接要求及时、准确地从各个环节的大量信息中筛选出合适和准确的信息，以便调控多式联运活动，降低运输方式之间转换时发生延误的几率。只有信息先行，子系统之间才能够根据信息来安排自己的活动，信息传递不及时或者共享不充分，都会造成子系统之间会产生断层和延误，致使多式联运衔接过程效率降低。

实际运作中，各种运输方式在进行货物运输时由于各自使用的货运票据形式不同，必然会产生用手工多次办理运送票据的工作，诸如整理、抄摘、传递等等，虽然在大多数情况下这些票据中的指标选定差别并不太大，但是从一种运输方式发送到另一种运输方式在换装站办理新的货运票据，必然导致停留时间的延长，从而也延长了送达期限。

4.4.3.2 解决思路

（1）运输票据标准化

- 公路运输的主要票据包括：公路货物运单（托运单）、货票、物品清单、车辆调度登记表、运输变更申请书等。
- 铁路运输的主要票据包括：铁路货物运单（托运单）、货票等。
- 水路运输的主要票据包括：水路运输合同、水路货运单、水运货票，装货清单，载货清单等。

三种运输方式的主要票据包括托运单和货票。

- 托运单是由是托运人根据贸易合同和信用证条款内容填制的，向承运人或其代理办理货物托运的单证，是运货人和托运人之间对托运货物的合约，其记载有关托运人与送货人相互间的权利义务的单证。
- 货票是一种财务性质的票据。对外，在发站是向托运人核收运输费用的收

款收据。在到站是与收货人办理交付手续的一种凭证。对内，则是清算运输费用，统计铁路所完成的工作量、运输收入以及有关货运工作指标的根据。

对于这两种主要票据，公路、水路、铁路三方面的制票形式不同，制票内容也有所不同，目前由于不同运输部门之间存在一定的独立性，票据也很难实现统一化、标准化。

美国1969年成立了运输领域情报协调的政府委员会(TDCC)，其职能包括制订对所有运输方式都统一的、运输的、地理的和其他项目的编码方法，建立通用的主字码，以及制订和批准办理信息传输的规模、结构和工艺的标准。

我们可以借鉴这种方式，对于不需要经过有关部门的票据实行统一化、标准化管理，而且尽量使用无纸化、电子化的票据，减小手工传抄过程的差错率，使票据传递工作简单易行。对于需要经过相关运输部门的运输票据，只能按照各自的标准处理。运输票据的标准化还需要国家从长远利益出发，对各个运输部门进行一定的组织调控，制定相关的行业标准，以更好的促进多式联运的发展进程。

(2) 基于智能型射频识别技术的现代化管理信息系统

建立统一的公共物流信息平台，并且基于RFID、EDI和互联网技术实现电子信息的采集、电子数据的传输和电子数据的交换,不仅把集装箱多式联运的多式联运经营人、集装箱班轮公司、船舶代理公司、汽车运输公司、铁路运输公司、航空运输公司等运输部门互相联结在一起,而且把发货人和收货人以及“一关三检”、银行和保险等外贸部门、监管查验和服务部门相互联结在一起,从而使整个集装箱多式联运系统的有关部门相互“联通”，实现信息互联。

- **RFID射频识别技术：**是一种非接触式的自动识别技术，它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据，识别工作无需人工干预，可工作于各种恶劣环境。RFID技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签，操作快捷方便。RFID是一种简单的无线系统，只有两个基本器件，该系统用于控制、检测和跟踪物体。系统由一个询问器（或阅读器）和很多应答器（或标签）组成。
- **EDI技术：**电子数据交换技术，是一种利用计算机进行商务处理的新方法，它是将贸易、运输、保险、银行和海关等行业的信息，用一种国际公认的标准格式，通过计算机通信网络，使各有关部门、公司和企业之间进行数

据交换和处理，并完成以贸易为中心的全部业务过程。

基于以上现代化信息技术而建立的信息系统，本质上是对正在运输货物信息的全程动态追踪的系统，货物从起点到中间转换点再到终点的整个过程中，都离不开信息，由于不同部门之间的信息互联，我们可以很方便的查询到各种运输方式下的货物的运输信息，从而安排好各自下一步的活动。起点处，录入相关订单的信息和货物信息；运输过程中，有对信息的动态追踪；中间转换点处，有关于运方式的转换，修改确认相关信息；运输终点处，最终的交付确认信息。

操作流程：

- 由供应商的订单启动运输过程。结合RFID技术，以一整车运输货物为一个运输单元，给每个运输单元绑定一块RFID芯片，芯片内包括整车数量，车型等等相关信息。供应商的一个订单可以分配到多个运输单元，这样一个订单编号就对应到多个RFID芯片单元，将订单编号、供应商编号、RFID芯片单元、运输方式、交货截止日期、中转站、目的站、承运人、收货人等信息录入信息系统中。
- 货物运到中转站之前，根据全网统一的信息系统中记载的订单信息，提前安排好车辆调拨、装卸计划，拟制好托运单、装货清单、报关报检单据，组织好相关人员的工作。货物到站以后，首先核对实际信息与信息系统中记载信息是否一致，发现无误即按提前做好的计划安排组织装卸搬运工作，并完成单据办理工作。中转工作完成以后，核对无误，即要修改信息系统中的订单信息，包括运输方式、运到目的地、承运方等相关信息。
- 同样，货物到达目的地之前，提前通知收货人，并且安排好卸车计划，货物到达以后，进行核对确认工作，确认该订单已经送达交付。

4.5 具体实例分析

根据上一章所给的需求实例，并且通过计算得到优化的运输线路、每条线路各自的运输方式、每条线路的运输量，我们将选择某一条线路进行多式联运驳接过程的无缝连接的分析。

例如：“上海——武汉——长沙”的整条运输线路，首先，通过之前的优化计算得到，上海——武汉采用内河运输方式，武汉——长沙采用公路运输方式，涉

及到多式联运过程，以及水路和公路运输方式之间的交接，运输和交接过程分析如下：

（1）首先由上海的供应地厂家到码头的短途运输需要使用到公路运输方式，总的运输量为621辆，每辆轿运车的运输能力为10辆商品车，所以需要63辆轿运车组织运输。考虑到运输量较大，而且存在长江流域这一便利的水运通道，可以使用汽车滚装运输方式，采用江轮运输。

（2）其次由供应厂家到码头的短途运输使用由牵引车牵引的挂车进行运输工作。运输车辆上装有GPS终端，控制中心可以随时获得车辆的位置信息，同时控制中心也可以发布运输路线的调度指令给货运司机，实现全程实时控制。

（3）同时，为了实现信息化管理，对每一个挂车安装一个RFID标签，标签作为该挂车以及整车货物的标记，记录有通过GIS终端获得的车辆位置信息、商品车的数量、商品车的种类、运往的目的地、当前运输状态、供应商、收货人等信息。该信息通过设备扫描获取，并录入管理信息系统，以实现信息的传递和支持下阶段运输计划的制订。以这种电子化的信息传递方式辅助运输过程的进行，减少了人工抄录核对的复杂性，也减小了运输和驳接过程的差错率。

（4）全网统一的管理信息系统，可以随时获取车辆的位置信息，同时能根据当前路况信息发布路线调度指令，实时动态调整车辆运输路线，以适应公路的各种交通路况，始终保持高效快速的运输状态。同时对于应急情况的处理也能发挥很大而且即使的指挥调度作用。

（5）运输车辆到达港口码头以后，由联运驳接管理站负责公路到水路的驳接工作管理。主要包括如下工作内容：

根据信息系统中已有的整批货物的信息，总共有621辆商品车，分装在63列挂车中，所以申请内河滚装船运输；与码头协调安排好船期；制订好卸车与配船计划

- 通过扫描RFID标签获取商品、车辆信息，录入信息系统
- 电子单据的接收，核对确认
- 根据装卸和配船计划，组织相关装卸搬运设备与人员进行卸货，这里是使用滚装船运输，所以直接将挂车由专门的牵引设备牵引到滚装船上
- 装运完毕以后，进行相关的报关、报检工作以及托运单、货票办理工作
- 信息系统中关于本批订单已换成滚装船的运输工具的信息进行修改和录入
- 其他一些商务性质的交接工作

(6) 换成江轮运输方式以后，商品车沿长江流域被运到武汉港口，并在武汉港口卸载到码头。同样，卸载工作是由联运驳接管理站组织进行，信息的交互与传递是通过信息系统完成。

(7) 此时货物分成两批，320辆商品车是直接运到武汉的，所以直接由武汉境内的牵引车牵引目的地是武汉的32辆挂车，在武汉市内运输，实现门到门的短途运输；而剩下的31辆挂车由其他的牵引车负责，经由武汉市内运输、京港澳高速公路运输以及长沙市内运输直接送到目的地，最终实现门到门的运输。

(8) 货物分批运输以后，由于运输路线、运输目的地都不相同，所以要分别对两批货物信息进行管理，货物运到以后也要及时修改系统中记载货物当前状态的信息，表示货物已经运到并由收货人签收。

这样就完成了上海——武汉——长沙的整条线路的多式联运的运输和驳接过程。

当然，这只是水路和公路运输方式转换的一个具体实例，还有涉及到铁路和公路运输方式、铁路和水路运输方式以及三种或以上运输方式之间的驳接转换，其中涉及到的原理和思想是相同的，因此这里不再一一举例详解。

4.6 本章小结

现代汽车物流运输系统已经不是由传统的单一的运输方式构成的了，而是由海、陆、空等不同的运输方式有机的组合在一起的连续的、综合的多式联运形式，它能够实现货物整体运输的最优化、简化操作、节约时间、降低成本、提高运输管理水平。伴随着多式联运方式的发展，相继而来的也有很多问题，其中就包括多式联运过程中的运输方式之间的驳接问题。

由于管理机制不统一、硬件设施和设备无法标准化、信息平台不够完善，使得目前的多式联运驳接过程效率低下，影响了整个物流运输过程的时间。因此，我们针对这三个方面的问题分别提出了一些改进方法和建议，可以总结为以下几点：

- 商品车的实体运输和信息传递能够同步进行
- 采用标准化的装卸设施和设备，提高装卸效率
- 利用 GIS、RFID 技术实现轿运车位置信息和商品车实际信息的动态获取与电子化记录和传递

- 采用全网统一的现代化管理信息系统，结合 EDI 接口技术，实现全程动态化统一化管理；随时计划先行，灵活处理；对于应急情况也能在最短时间发布解决指令并且执行
- 采用标准的电子化单据，避免手工传抄，使单据交接效率更高
- 建立专门的联运驳接管理站，负责多式联运的驳接管理工作，使驳接过程更加专业化、独立化、标准化，不仅提高了驳接效率而且能够促进多式联运的发展。

5 运力资源招投标平台

5.1 系统概述

5.1.1 系统设计背景

安吉物流的整车物流采用总集成总承包模式。安吉物流是通过控股或参股其他运输企业以及与部分运输企业结成联盟来整合运力。对业务资源的分配，采用按区域（线路）分配模式。具体来说，安吉物流事先将其全国的整车物流业务范围按照地区划分为若干区域，然后将某个区域（线路）的业务指派给一个或几个运输公司（即承运商）经营，在此基础上形成运输公司的业务配比方案。此外各个运输公司还可以在自己的区域与当地汽车生产商合作，寻求新的市场业务。

安吉物流公司考虑到业务配比方案不利于运输集中效益的产生，也不利于公司对运力资源的掌握和整合，因此我们考虑到设计一个整车资源调度系统对资源计划进行合理编制。

但考虑到在进行资源计划编制时承运商的选择问题，由于特殊原因可能出现的现有承运商运力不足的意外情况，同时也为了提高运输公司的主动性和积极性以便更好的完成运输计划，我们提出了采用类似招投标竞争机制来选择承运商的方法。由于一般招投标方式的时效性，我们决定使用在线模式来进行。以此为背景，我们致力于设计一个便于安吉物流公司选择合适承运商的系统，使安吉物流公司与各个承运商可以进行实时招投标并在线交流协商，以合理的竞争方式选择最终的合作伙伴。为了更好的实现有竞争力的合作和资源利用，我们想到了设计一个面向社会、为众多有运输需求的需求方及有运输资源的承运商提供商机的B2B的运力资源招投标平台。

5.1.2 系统设计目的

系统的目的在于：

- 为整车资源调度系统产生的资源计划编制方案中承运商的选择提供支持。
- 在因特殊原因发生运力不足、运力紧需的意外情况时，提供平台以帮助迅速有效的解决问题。
- 运用招投标方式使各承运商之间形成竞争氛围，增强整个运输行业的竞争力。
- 使社会物流资源的高效利用，将同一区域的运力进行整合，既可提高运输效率，又可以高效利用资源。

5.1.3 系统的核心思想

系统的核心思想主要有两点：

- **竞争优选机制：**行业内的竞争使需求方能按照自己的评判标准进行优选，优胜劣汰。
- **时效性：**在线招投标与传统的招投标相比，更快速简洁，达成合作过程紧凑。特别对于规模较小的运力资源获得。

5.1.4 系统主要模块

系统最主要且核心的功能实现主要体现在以下几个模块：

- **评价管理模块：**对系统用户的各项评价指标进行整合管理，为选择及决策过程提供支持。
- **在线招投标模块：**用户之间交流协商，达成双方统一，为最终的决策收集信息。
- **决策支持模块：**借助评价信息的整合、在线超投标过程的选择，建立层次分析模型，为最终决策提供支持。

5.2 系统特色

5.2.1 采用竞争优选机制

对于安吉物流公司，以前运力分配制度是将资源按地区分配，并没有存在竞

争优选机制，在一定程度上说，不能对承运商起到激励作用，同时也不利于承运商出色地完成每次的运输任务，这样也就阻碍了自身的发展。

当安吉物流公司通过运力资源招投标平台选择承运商的时候，平台核心思想竞争优选机制会给带来多方面的好处，具体如下：

（1）优选机制，顾名思义就是优胜劣汰，根据承运商的报价以及承运商各方面的信息，通过平台优选机制的算法，为安吉物流公司提供决策，为其选择一个与其要求最满足的承运商。

（2）面对激烈的竞争，承运商想要在竞争中取胜，就必须注重提升自身的竞争力，不断地改进技术、改善经营管理，提高工作效率，这样就会激励承运商整体实力的提升，这也给安吉物流公司带来了很大的利益。

5.2.2 与传统招投标比较

运力资源招投标平台与传统招投标形式相比，虽然本质上都是招投标优胜劣汰的思想，但在行动力上有着多方面的优势，具体如下：

（1）具有明显的时效性。由于所有的信息都是通过网络高速传递，这样就很大程度上缩短了信息的传递时间，以前一个承运商的招投标可能会需要数月的时间，现在通过运力资源招投标平台，短则几个小时，长则几天就解决了这个问题。除此之外，当安吉物流公司出现一些人为无法控制的意外情况，导致运力紧缺，这时若采用传统的招投标形式，肯定是无法及时圆满地解决问题的，这时运力资源招投标平台就能发挥其时效性的巨大优势。

（2）降低了招投标的成本。传统的招投标需要花大量的时间和金钱去做各方面的准备，步骤也很繁琐，特别是当对一些项目进行传统的招投标，会带来很大的贸易成本，而采用运力资源招投标平台不仅能够取得相同的结果，而且还能降低招投标的成本。

（3）扩大了承运商的选择范围。通过运力资源采购平台发放招投标信息，通过网络可以明显地扩大安吉物流选择承运商的范围，而传统的招投标，投标人大部分可能都是与安吉物流公司有过合作的承运商，选择范围相对来讲小了很多。

5.2.3 有效利用行业信息

安吉物流在选择承运商时，会考虑多方面的因素，包括：企业资质、企业规模，报价、运输完好率、提货及时率、送货准时率、回单完整率等。因为平台上有众多承运商相关的详细信息，在一定程度上就反映来了整个运输行业的信息，安吉物流可以通过这个平台了解到有效的行业信息，与自己选择的承运商的各方面水平进行对比，将其作为参照和与承运商谈判的重要依据。

总而言之，通过平台有效地了解和利用行业信息，使得安吉公司：

- （1）在与承运商谈判中处于优势地位；
- （2）能准确把握承运商报价的高低程度；
- （3）根据对运输行业动向的分析及预测，对自身的发展方向提供一些决策支持。

5.2.4 降低回程空载率

对于承运商，当其只为一家物流公司完成一次货物运输时，一般都会存在回程空载的情况，这也是运输成本居高不下的主要原因之一。而通过运力资源招投标平台的回程模块，将自己的运输的详细信息通过网络散发出去，这样就能帮助自己联系回程运输业务。特别是当因回程降低而降低一定的运输报格时，就能更容易获得回程运输业务，这样就在一定程度上降低了回程空载率和运输成本。

5.2.5 整体资源整合

从社会这个角度来看，因为该平台是面向于众多有运输需求的物流公司及有运输资源的承运商，是站在整个物流运输行业的层次上建立的，就能够在该层次上对该行业的运力资源进行整体的规划和管理，竞争优选机制促进了承运商的自身能力的提高，在一定程度上也是促进了整个运输行业运输能力的提高，同时回程模块也有利于社会物流运输资源的高效利用，既能将同一区域的运力进行整合，提高运输效率，又可以在一定程度上高效利用资源。总的来说，该运力资源采购平台增强整个运输行业的竞争力，有利于整个运输行业的规划和发展。

5.3 系统整体介绍

5.3.1 系统参与主体

平台的主要参与者可分为平台管理者、承运商、需求方三方。三者之间的关系表示如图 5-1 所示：

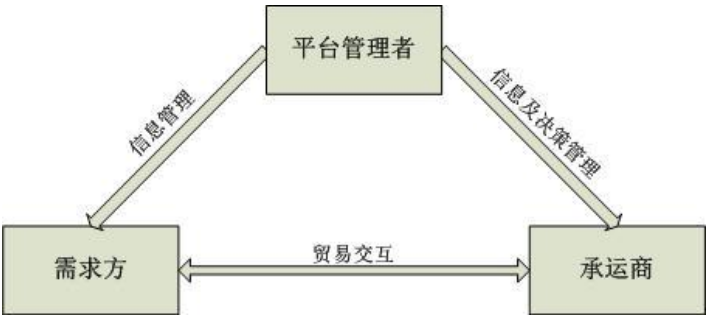


图 5-1 系统整体结构图

5.3.2 系统功能结构

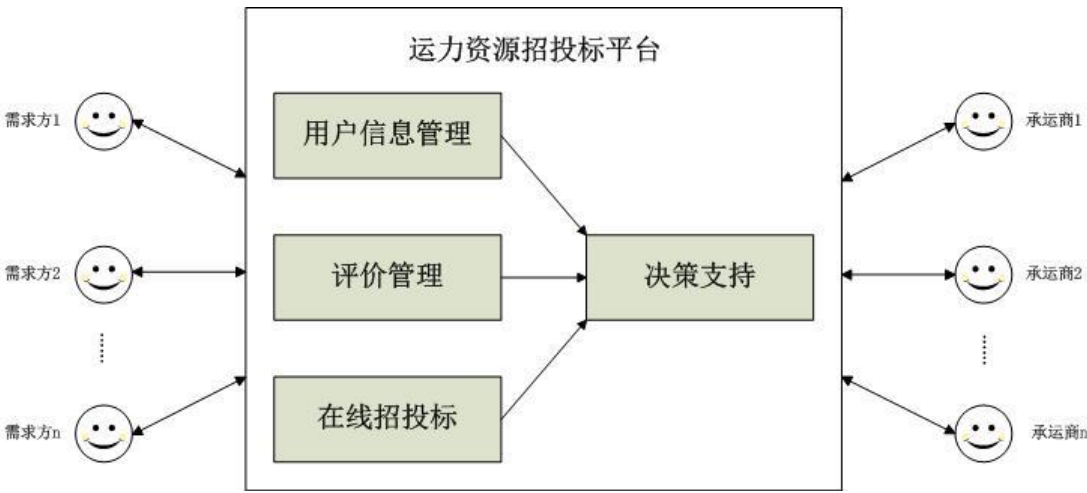


图 5-2 系统功能结构图

- 从图 5-2 中，可以看出系统大的功能模块可分为以下几个：
- 用户信息管理
 - （1）更新：平台管理者和用户有权利对用户个人信息进行更新。
 - （2）撤销：将旧的用户信息从平台上撤销。

(3) 权限：用户信息的查看权限可由用户自己设定，完全公开、部分公开、仅合作伙伴可查看等。

● 评价管理

- (1) 认证：平台管理者对用户的一系列资质进行审核认证。
- (2) 评价：交易完成后，交易双方就本次交易及合作伙伴进行的评价。
- (3) 整合：平台管理者根据评价数据，对用户的各项指标、评价进行整理。
- (4) 发布：平台管理者将整理好的用户信息发布到平台上。
- (5) 查看：用户有权查看自己和其他用户的评价情况。

● 在线招投标

- (1) 搜索：需求方用户提交所需承运商要求，系统根据要求返回结果名单。
- (2) 招标：需求方根据搜索结果，向相应的承运商告知运力需求情况。
- (3) 投标：感兴趣的承运商给与回应，给出合作方案。

● 决策支持

- (1) 提交要求：需求方用户可向系统提交方案评价要求，作为系统提供决策建议以确定最终合作伙伴的重要评判依据。
- (2) 评估：系统根据用户提供的要求，运用特定方法对众多方案进行评估。
- (3) 建议：根据评估结果想用户给出合理化建议。
- (4) 商议：用户之间可就各项合作细节进行交流商议，以确定最终合作合同。

5.4 在线招投标及决策支持模块

5.4.1 前述

物流服务系统的目标是建立物流系统改进优化物流服务过程中的步骤，能够降低物流成本的同时也提高物流服务质量，平台的在线招投标及决策支持模块就体现了这个目标。

根据平台设计的核心思想，在线招投标及决策支持模块应该着眼于以下目标：

(1) 降低物流成本：目标是将与选择承运商和运输相关的可变成本降到最低。

(2) 提高物流服务质量：提高承运商服务质量使得企业获得更好的服务。

根据上面的目标，我们可以将其概括为“以最低的成本获得最优的服务”，在实际中，这个目标是很难达成的。所以，在线招投标及决策支持模块将目标简化为付出的物流成本与获得的物流服务水平达到适度的平衡。也就是以尽可能少的物流费用支出获得最大限度地满足各种需要的服务水平。要想达到此目标，对承运商进行科学的选择和评价是十分重要的，因此有必要建立一套行之有效的评价体系。

从对服务质量的评价出发，我们采用了一些标准来衡量物流服务水平的高低，包括货物完好率、提货及时率、到货准确率、回单及时率、异常情况反馈及时准确率等指标，设计相应的表格和算法从定量的角度对服务质量进行评价。最后再根据承运商的报价以及承运商其他基本信息（企业资质、企业规模、企业资源）为运力需求方提供决策支持。

5.4.2 整体流程

将整个模块流程划分为几个部分，可分为：

- 系统提供满足要求的承运商名单
- 在线招投标
- 系统为需求方提供承运商决策支持

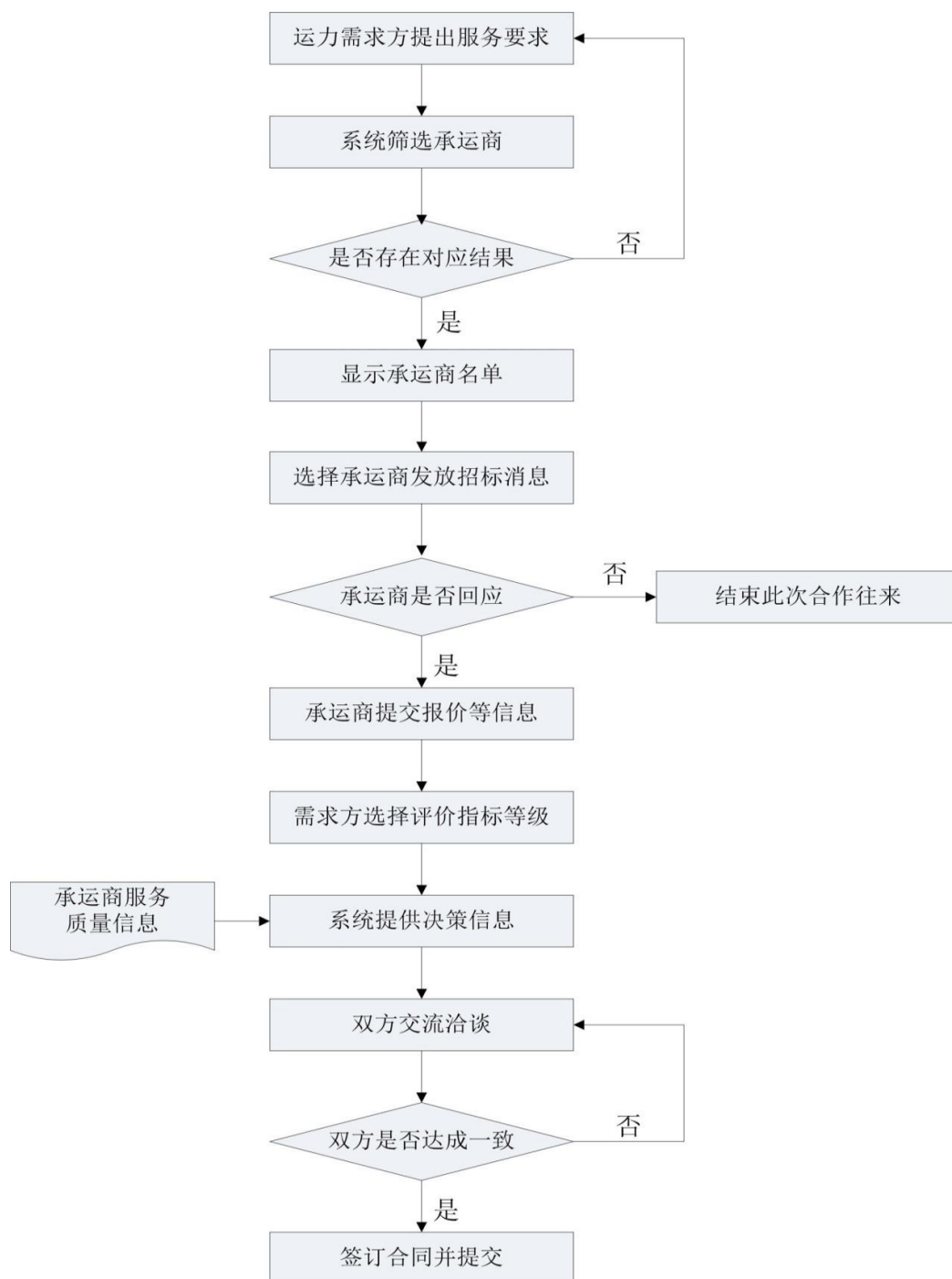


图 5-3 整体流程图

根据图 5-3 所示，分析整体流程具体过程如下：

- （1）需求方向系统提交对承运商的服务要求，如最大运力、现有运力、货物完好率、准时率等。
- （2）系统根据要求进行搜索，并返回符合要求的承运商的结果。
- （3）物流公司根据名单，选择自己感兴趣的承运商发送招标消息。
- （4）有合作意愿的承运商在接到消息后给予回应，给出报价、运输服务等

信息。

(5) 需求方向系统提交方案评价选择指标给系统，作为系统提供决策支持的依据。

(6) 系统根据需求方的要求、承运商的投标情况以及承运商的服务质量信息评价，综合处理，给出决策信息。

(7) 需求方将系统提供的决策信息作为参考，与相应的承运商进行在线商议洽谈，最后双方达成一致。

(8) 签订合作合同各自保存并提交一份由平台保管。

5.4.3 决策支持的主要步骤

系统能为运力需求方提供决策支持的基础来自于两方面：

一方面是信息支持。主要分为承运商企业信息与承运商服务质量评价信息，而承运商服务质量评价信息来源于被服务过的企业对其的评价，然后系统对这些评价统计综合最后得到对应的信息。

另一方面是算法支持。主要采用指数模型和层次分析法，指数模型用于对承运商服务质量评价综合；层次分析法用于提出决策信息，先让运力需求方对各种评价指标进行重要性选择，然后系统给出对应的决策信息。

综合上面两方面可知，决策支持主要分为三个步骤：承运商服务质量收集、承运商服务质量支持和决策支持。

5.4.3.1 承运商服务质量评价收集

系统根据运力需求方对运输服务的各方面要求，提出了提货及时率、到货准时率、回单及时完整率、运输完好率、异常情况反馈及时准确率、重大事故及投诉七项评价指标。

在每次承运商完成运输服务后，系统要求运力需求方提交一份对其服务质量的评价表，系统在一定周期内对承运商服务质量评价收集整理一次。因运输可能分为单次和多次，我们就分别对应地设计了单次运输承运商运输质量评价表和多次运输承运商运输质量评价表，分别如表 5-1 和表 5-2 所示。

表 5-1 单次运输承运商运输质量评价表

承运商单位名称		日期	年 月 日
物流公司名称			
指标	指标定义		评价结果
提货及时	承运商接到订单后，根据提货时间要求，及时安排提货车辆到达仓库提货。		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
到货准时	在要求的交货时间内送达货物（从指定发运日开始计算时间）。		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
回单及时完整	合格的签收单据必须具备： 1、 收货单位公章 2、 收货人签名 3、 收货日期 4、 实收件数 5、 要求的份数 6、 及时返回		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
运输货物完好	按照企业的要求在规定的时间内将客户订购的产品无损坏的送达客户手上，无损坏包括外包装和产品。		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
重大事故	整车交通事故/丢失/货损而需返厂。		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
信息反馈及时准确	指运输过程中及时向企业反馈运输情况，特别是异常情况（在途坏车、车辆被扣、货物残损、货物丢失、窜货、客户拒收、回单丢失等）		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
投诉	在运输全过程中，因承运商服务质量或态度不符合规定等原因遭致客户投诉，经调查后确认属实。		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

表 5-2 多次运输承运商运输质量评价表

承运商单位名称			
物流公司名称			
日期	年 月 日	运输次数	次

指标	指标定义	评价结果
提货及时率	承运商接到订单后，根据提货时间要求，及时安排提货车辆到达仓库提货。	%
到货准时率	在要求的交货时间内送达货物（从指定发运日开始计算时间）。	%
回单及时完整率	合格的签收单据必须具备： 1、 收货单位公章 2、 收货人签名 3、 收货日期 4、 实收件数 5、 要求的份数 6、 及时返回	%
运输完好率	按照企业的要求在规定的时间内将客户订购的产品无损坏的送达客户手上，无损坏包括外包装和产品。	%
重大事故	整车交通事故/丢失/货损而需返厂。	次
信息反馈及时准确率	指运输过程中及时向企业反馈运输情况，特别是异常情况（在途坏车、车辆被扣、货物残损、货物丢失、窜货、客户拒收、回单丢失等）	%
投诉率	在装卸机运输全过程中，因承运商服务质量或态度不符合规定等原因遭致客户投诉，经调查后确认属实	%

5.4.3.2 承运商服务质量评价综合

系统在一定的周期对承运商服务质量评价进行统计，然后更新评价，为最终决策支持提供信息支持。

● 统计方法

首先根据各评价表计算出在该周期内该承运商总共运输的次数，然后在分别统计提货及时次数、到货准时次数、完整回单次数、重大事故次数等各个指标量，然后按照下面计算公式对该周期承运商服务质量指标计算。

(1) 提货及时率：在统计周期内，承运商及时将货物发送出去的次数与中的运输次数的百分比来表示。设在统计周期 T 内，及时提货次数为 N_i ，总的运输次数为 N_t ,则提货及时率为：

$$P_i = \frac{N_i}{N_t} \times 100\%$$

(2) 到货准时率：按照企业要求在规定的时间内将产品安全准确地送到目的地。设在统计周期 T 内，准时送达次数为 N_d ，总的运输次数为 N_t ,则到货准时率为：

$$P_d = \frac{N_d}{N_t} \times 100\%$$

(3) 回单及时完整率：按照企业的要求在规定的时间内将签收合格的单据送回企业。设在统计时间 T 内，回单及时完整的次数为 N_r ，总的运输次数为 N_t ，则运输完好率为：

$$P_r = \frac{N_r}{N_t} \times 100\%$$

(4) 运输完好率：按照企业的要求在规定的时间内将客户订购的产品无损坏的送达客户手上，无损坏包括外包装和产品。对于这个指标要求是很高的，应达到 100%。设在统计时间 T 内，完好送达的次数为 N_w ，总的运输次数为 N_t ，则运输完好率为：

$$P_w = \frac{N_w}{N_t} \times 100\%$$

(5) 信息反馈及时准确率：在运输过程中及时准确的向企业反馈运输信息，特别是异常情况（在途坏车、车辆被扣、货物残损、货物丢失、窜货、客户拒收、回单丢失等）。设在统计时间 T 内，信息反馈及时的次数为 N_k ，总的运输次数为 N_t ，则运输完好率为：

$$P_k = \frac{N_k}{N_t} \times 100\%$$

(6) 重大事故：运输过程中出现整车交通事故/丢失/货损而需返厂的次数。设在统计时间 T 内，出现重大事故的次数为 N_s ，以前重大事故发生总次数为 N_m^I ，则出现重大事故的总次数为：

$$N_m = N_s + N_m'$$

(7) **投诉率**：在运输全过程中，因承运商服务质量或态度不符合规定等原因遭致客户投诉。设在统计时间内 T 内，客户投诉的次数为 N_e ，总的运输次数为 N_t ，则运输完好率为：

$$P_e = \frac{N_e}{N_t} \times 100\%$$

● 更新评价

在统计综合的基础上，根据质量指标的类型不同，将指标分成两类，然后分别采用不同的算法在整个时间段中进行评价更新，具体分类和算法如下所示：

(1) 第一类型质量指标

包括提货及时率、到货准时率、运输完好率、回单及时完整率、信息反馈及时准确率和客户投诉率。采用平滑指数法计算出整个时间段的各个质量指标，迭代公式：

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha) \hat{y}_t$$

通过迭代公式可得：

$$N_{t+1} = \alpha N_t + \alpha(1 - \alpha)N_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 N_{t-2} + \dots \\ + \alpha(1 - \alpha)^{t-1} N_1 + \alpha(1 - \alpha)^t \widehat{N}_1$$

其中， \widehat{N}_1 为初始值，所有质量指标初始值 100%， N_t 为第 T 统计周的统计值。

指数平滑法的计算中，关键是 α 的取值大小，但 α 的取值又容易受主观影响，因此合理确定的取值方法十分重要，一般来说，如果数据波动较大， α 值应取大一些，可以增加近期数据对预测结果的影响。如果数据波动平稳， α 值应取小一些。下面给出选择 α 值的一些规则：

- ✓ 当时间序列有波动，但长期趋势变化不大时，可选稍大的 α 值，常在 0.1~0.4 之间取值；
- ✓ 当时间序列波动很大，长期趋势变化幅度较大，呈现明显且迅速的上升或下降趋势时，宜选择较大的 α 值，如可在 0.6~0.8 间选值，以使预测模型灵敏度高些，能迅速跟上数据的变化；
- ✓ 当时间序列数据是上升（或下降）的发展趋势类型， α 应取较大的值，在 0.6~1 之间。

(2) 第二类型质量指标

该类指标只要是重大事故发生次数这个指标。因为考虑到这个指标发生的次数并不多，但一旦发生会给运力需求方带来很到的损失，所以在这里采用累加法进行统计：

设在统计时间 T 内，出现重大事故的次数为 N_s ，以前重大事故发生总次数为 N'_m ，则在整个事件段内出现重大事故的总次数为：

$$N_m = N_s + N'_m$$

5.4.3.3 决策支持

对承运商进行科学的选择和评价是十分重要的，因此有必要建立一套行之有效的评价体系——层析分析法 AHP。系统的思想在于不割断各个因素对结果的影响，而层次分析法中每一层的权重设置最后都会直接或间接影响到结果，而且在每个层次中的每个因素对结果的影响程度都是量化的，非常清晰、明确。这种方法尤其可用于对无结构特性的系统评价以及多目标、多准则、多时期等的系统评价。具体步骤如下所示：

(1) 建立切实可行的评价指标

这是评价承运商的关键，可以使企业明确承运商的主要责任，并以此为基础，来衡量承运商的服务水平。我们在为运力需求方提出决策支持时，意识到价格不再是选择和评价承运商的唯一因素，许多其他非价格因素，如企业规模，企业资产，承运商的服务水平等。

经过讨论，最终从五个方面确定了承运商的评价指标，分别是企业报价、企业规模、企业资源、企业资质和质量评价。其中，企业规模包括人员素质构成、主要客户和主要服务企业，企业资源包括自由车辆、注册资产和可用流动资产，服务质量包括运输完好率、提货及时率、送货准时率、回单及时率、信息反馈及时准时率、投诉率和重大事故。

(2) 建立评价体系模型

将评价指标分类，根据评价指标构造准则层，模型主要包括目标层、准则层（第一级指标、第二级指标）、方案层。如图 5-4 所示：

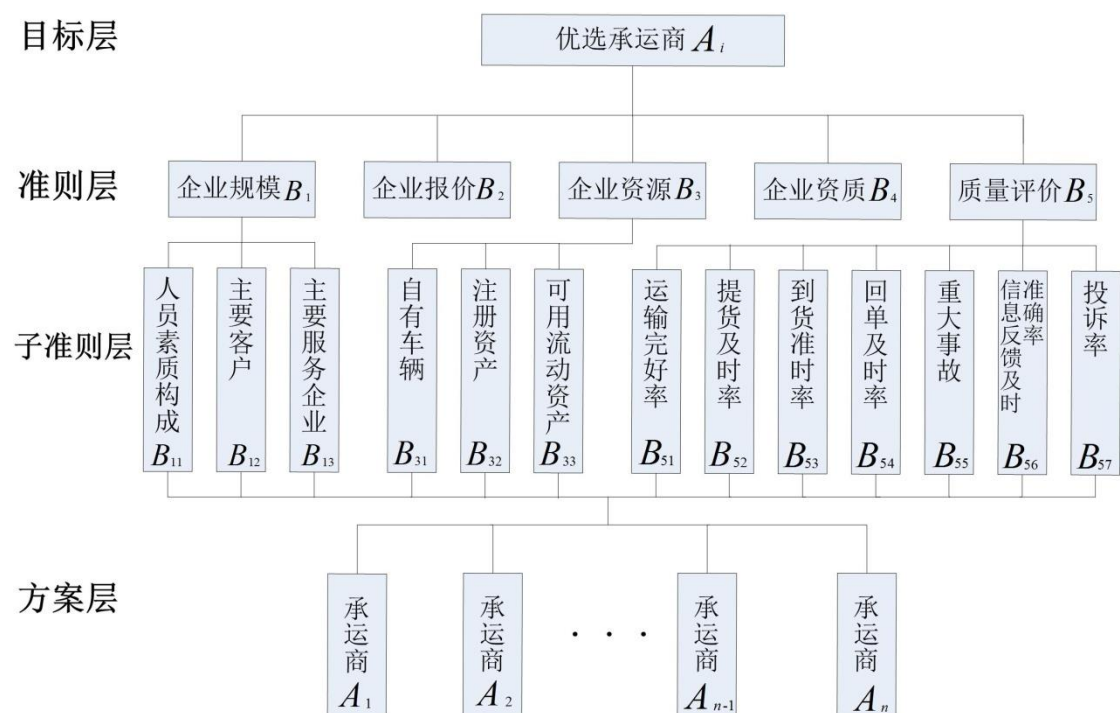


图 5-4 承运商评价体系模型

(3) 构造判断矩阵

根据评价体系模型以及需求方对各指标的重要程度的选择构造判断矩阵。在准则层的每一层次按照某一规定准则,对该层要素重要程度选择,进行逐一比较,写成矩阵形式,判断矩阵是针对上层次某元素,本层次与之有关的元素之间相对重要性的比较。判断矩阵标度定义如表 5-3:

表 5-3 判断矩阵标度定义

标度	含义
1	两个要素相比,具有同样重要性
3	两个要素相比,前者比后者稍微重要
5	两个要素相比,前者比后者明显重要
7	两个要素相比,前者比后者强烈重要
9	两个要素相比,前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	上述相邻判断的中间值
倒数	两个要素相比,后者比前者的重要性标度

根据上表的标度定义,两两比较各层元素后,可以得到如表 5-4 所示的判断矩阵:

表 5-4 判断矩阵

A_k	B_1	B_2	...	B_n
B_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1n}
B_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2n}
...
B_n	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{nn}

其中 A_k 是 B_1, B_2, \dots, B_n 的上层某元素。

(4) 量化指标

为了评价方便，尽可能将指标量化。虽然有些指标很难绝对量化，但进行承运商间的比较、分级还是可能的，最后建立指标量准则表。结果分别如表 5-5 和表 5-6 所示：

表 5-5 企业规模、报价、资源、资质评价量化表

备选承运商 单位名称		日期		年 月 日	
序号	评估指标	评估内容	评估说明及办法	评价记录	得分
1	企业报价	每公里报价	与所有承运商所报最低价比较： 1、与最低价持平得 10 分； 2、高于最低报价 5% 得 5 分； 3、高于最低报价 10% 得 3 分。		
2	企业资质	营业执照、税务登记证、道路运输许可证、组织机构代码证、组织机构代码图等复印件、公司简介（宣传资料）	1、资料齐全，得 5 分； 2、要求提供资料缺一项，得 2 分； 3、缺两项及两项以上，得 0 分。		
3	企业规模	人员、素质、资格构成	1、在职人员在 100 人以上，大专以上文凭占 25% 以上，物流师资格在 5 人以上，得 5 分； 2、在职人员在 50-100 人内，大专以上文凭占 15% 以上，物流师资格在 3 人以上，得 3 分； 3、在职人员在 50 人以下，大专以上文凭占 10% 以上，物流师资格在 1 人		

			以上，得 2 分； 注：其中 1 个条件不符合则纳入下一级评价条件。		
		主要客户	1、包含有全球 500 强，得 5 分； 2、包含有外资企业，得 4 分； 3、包含有国内知名企业，得 3 分； 4、包含普通企业。得 1 分。		
		主要服务企业	1、现服务企业中的产品与我司产品相关，得 5 分； 2、不相关，得 2 分		
4	企业资产	自有车辆	自有车辆占总车辆 1、 50%及以上，得 10 分； 2、 30%及以上，得 5 分； 3、 30%及以上，得 3 分；		
		注册资产	1、 100 万元或以上，得 5 分； 2、 50-100 万元以下，得 2 分。		
		可用流动资产	1、 1 倍于预计每月垫付费用，得 1 分； 2、 2 倍于预计每月垫付费用，得 3 分； 3、 3 倍于预计每月垫付费用，得 5 分；		

表 5-6 服务质量评价量化表

二级指标	评分标准	分值
运输完好送达率	100%	10
	99%-100%	9
	98%-99%	8
	<98%	0
到货准时率	100%	10
	97%-100%	9
	95%-97%	8
	92%-95%	7
	90%-92%	6
	<90%	0
提货及时率	>99%	10
回单及时率	97%-99%	9

	95%-97%	8
	92%-95%	7
	90%-92%	6
	<90%	0
信息及时准确反馈率	100%	10
	99%-100%	9
	97%-99%	8
	95%-97%	7
	<95%	0
客户投诉率	无投诉	10
	≤2%	9
	2%-4%	8
	4%-6%	7
	6%-8%	6
	>8%	0
重大事故次数	0	10
	1	8
	2	7
	≥3	0

(5) 计算结果。

最后根据层次分析法的计算步骤得出最后的结果。具体计算步骤如下所示

- 层次单排序
- 判断矩阵的一致性检验
- 层次总排序
- 总排序一致性检验
- 得出最优方案

5.5 实际问题案例分析

5.5.1 问题背景

近年来,随着生活水平的提高,很多家庭或者个人选择以车代步的生活方式,使得轿车的销售量逐年递增,安吉物流内部掌握的运力已无法再满足订单配送需求,此时需要借助第三方物流公司的运力资源,通过运力资源招标平台招募承运商,通过提交对承运商各方面的要求,系统为其筛选出三个承运商,分别是承运商甲、承运商乙和承运商丙,三家公司分别提交自己全国各地整车运输报价表。

选择三家公司报价表中相同地区的报价，计算其平均值，分别为承运商甲 9500 元/车，承运商乙 10300 元/车，承运商丙 11000 元/车（其中车的类型是 13 米长，25 吨载重量）。

5.5.2 承运商信息统计

承运商各方面信息的获取分别来自于三个方面，具体如下：

- （1）从系统承运商介绍信息中获取关于甲、乙、丙三个承运商的企业资质、企业规模、及企业资产的相关信息；
- （2）从运力资源招投标平台上获取关于甲、乙、丙三个承运商服务质量评价的最新统计数据；
- （3）三个承运商投标时给出的最低运输报价。

最终根据这三方面的信息，整理成一份完整的统计数据（得分情况），如表 7 承运商信息统计表所示，以供建立评价体系模型。

表 5-7 承运商信息统计表

		甲	乙	丙
企业规模B1	人员素质构成	2	3	5
	主要客户	3	4	4
	主要服务企业	2	5	5
企业报价B2		10	5	3
企业资产B3	自有车辆	3	5	10
	注册资产	5	5	5
	可用流动资产	3	3	5
企业资质B4		2	2	5
质量评价B5	运输完好率	8(98.87%)	9(99.03%)	10(100%)
	提货及时率	9(97.53%)	9(98.05%)	10(99.74%)
	到货准时率	10(100%)	10(100%)	9(98.34%)
	回单及时率	10(99.78%)	9(97.86%)	9(98.24%)
	重大事故	10(0次)	8(1次)	10(0次)
	信息反馈准确率	9(99.15%)	9(99.52%)	10(100%)
	投诉率	9(1.48%)	10(无投诉)	10(无投诉)

5.5.3 指标权重确定

承运商评价体系模型的结构图 5-4 所示，而各准则之间的重要程度可由运力需求方自己进行选择确定，首先确定准则层各指标的权重，然后再确定子准则层各指标的权重。

(1) 准则层指标权重的确定

安吉物流公司在以优选承运商为目标的情况下，对于各准则的重视程度大致可概括为：在企业规模、企业报价、企业资质、企业资产及服务质量这五个方面，最重视的是承运商提供的最低报价和其服务质量，其次为企业资质，再者为企业资产，对于企业规模安吉公司不将其看作特别重要的评价指标。将所有准则层的评价指标的重要程度按要求转化为评价判断矩阵，如表 5-8 所示。判断矩阵的标度定义由表 5-3 所确定。

表 5-8 准则层指标判断矩阵

优选承运商A	B1	B2	B3	B4	B5
B1	1	1/8	1/4	1/5	1/7
B2	8	1	3	2	1
B3	4	1/3	1	1	1/3
B4	5	1/2	1	1	1/3
B5	7	1	3	3	1

(2) 子准则层指标权重的确定

- 对于承运商的企业规模这项准则，其中子准则项中重要程度依次为主要服务企业，而后是人员素质构成和主要客户并列。
- 对于企业资质这项准则，其子准则项中的自有车辆的重要性高于注册资产和可用流动资产。
- 承运商的服务质量是安吉物流公司较关注的一项准则，而对于其子准则项，关注程度为：最重视运输完好率和到货准时率，其次为重大事故，再者为回单及时率、投诉率，对于信息反馈及时率和提货及时率则要求不是很大。根据这不同的关注度，我们将其要求总结为服务质量子准则层判断矩阵，如表 5-9 所示：

表 5-9 服务质量子准则层判断矩阵

服务质量B5	B51	B52	B53	B54	B55	B56	B57
B51	1	3	1	3	2	5	5
B52	1/3	1	1/3	1	1/2	1/3	1/3
B53	1	3	1	3	2	5	5
B54	1/3	1	1/3	1	1/2	2	2
B55	1/2	2	1/2	2	1	3	1
B56	1/5	3	1/5	1/2	1/3	1	1
B57	1/5	3	1/5	1/2	1	1	1

5.5.4 最终结果

- 将统计数据处理为判断矩阵。

以子准则运输完好率时根据甲、乙、丙三个承运商的实际情况所得的判断矩阵为例，如表 5-10 所示。

表 5-10 完好率承运商判断矩阵

运输完好率B51	承运商甲	承运商乙	承运商丙
承运商甲	1	1/2	1/4
承运商乙	2	1	1/2
承运商丙	4	2	1

- 使用和积法（或者方根法）进行层次单排序的到全部的层次单排序结果。包括五项准则对于目标的层次单排序，子准则对于对应准则的层次单排序 W_i ，如表 5-11 所示。

表 5-11 运输完好率层次单排序

运输完好率B51	承运商甲	承运商乙	承运商丙	W_1
承运商甲	1	1/2	1/4	0.1429
承运商乙	2	1	1/2	0.2857
承运商丙	4	2	1	0.5714

- 对每个层次单排序进行一致性检验，需满足一致性才表明层次排序结果是满意的，否则需返回第一步对判断矩阵进行修改。以上层次单排序的一致性结果 $CR=0.00<0.1$ ，故满足一致性检验。

- 对之前所得的各项层次单排序 W_i ，将其分别乘以对应的准则层的权重，再求和得到优选承运商的层次总排序，如表 5-12 所示。

表 5-12 承运商层次总排序

备选方案	权重
供应商1	0.3899
供应商2	0.2646
供应商3	0.3455

- 对承运商层次总排序的一致性进行检验。总排序的一致性结果为 $CR=0.0133<0.1$ ，满足一致性。
- 根据承运商层次总排名数据，得到优选承运商的层次分析法所得结果为甲>丙>乙。

因此系统向安吉物流公司提供的决策建议为选择承运商甲。整个计算详细数据过程见附录二。

5.5.5 结果分析

5.5.5.1 总体分析

从系统所给的层次分析法的结果可以看出，优选承运商的最终承运商权重得分不仅仅与承运商在各项准则层和子准则层的得分有关系，与各准则层对于总目标的权重得分也有很大的关系。

例如，在企业报价准则层上，承运商甲的权重为 0.6694，承运商丙的权重为 0.0879，甲>丙；在服务质量准则层上，承运商甲的权重为 0.3065，承运商丙的权重为 0.3941，丙>甲。虽然服务质量指标的权重为 0.3513 大于企业报价指标的权重 0.3327，但是最终结果是承运商甲的总权重为 0.3899，承运商丙的总权重为 0.3455，承运商甲优于承运商丙。这是因为对于总目标来说，服务质量和企业报价两者的权重相对来说比较接近，但在企业报价这个准则层上，承运商甲有着比承运商丙更大的优势。

5.5.5.2 灵敏度分析

以上总体分析是在准则层的基础上分析的，此外，还可以对各个子准则的权重进行灵敏度分析，以分析若子准则相对于准则层的权重发生变化时，会对总目标的排名造成怎样的影响。

下面以准则层服务质量以及其子准则层的运输完好率为示例。

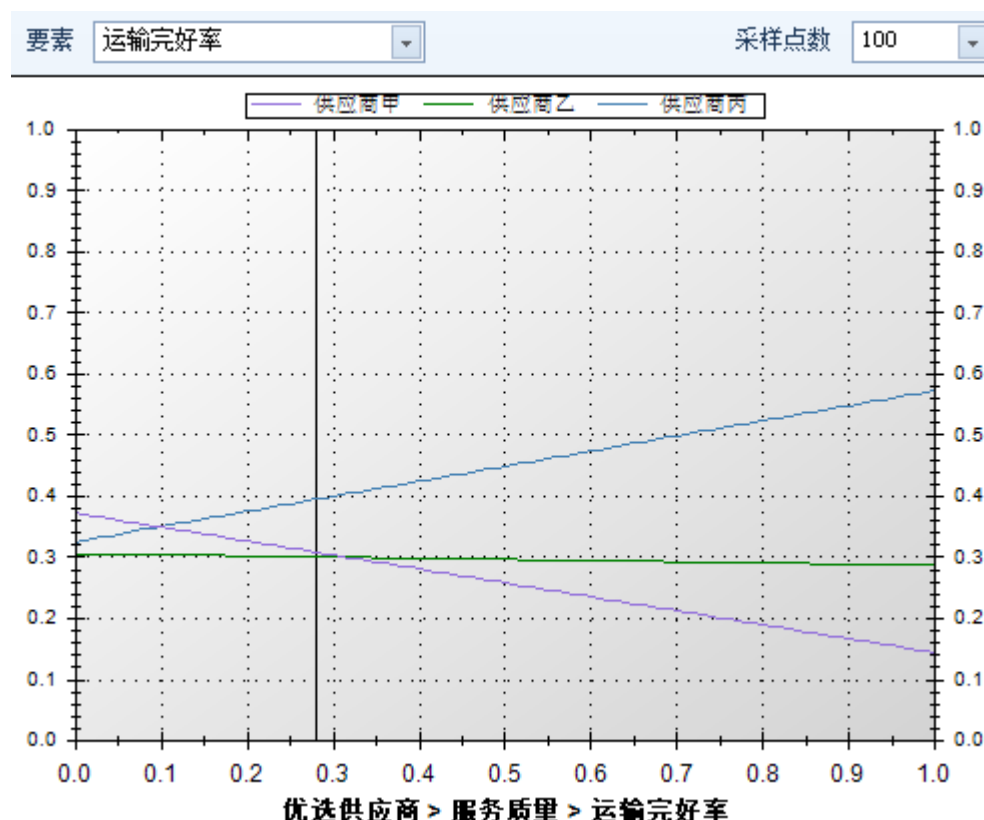


图 5-5 子准则层运输完好率灵敏度分析

准则层中服务质量各承运商权重得分分别为 0.3065、0.2994、0.3941，而在子准则层中运输完好率各承运商得分分别为 0.1429、0.2857、0.5714，体现在图 5-5 中（横坐标为 1.0 处）。而运输完好率这项指标在准则服务质量上的权重为 0.2820，在图 5-5 中也可看出（垂直黑线标出）。从图 5-5 可以发现若运输完好率相对于准则层服务质量的权重有所变化（即垂直黑线左右变化），三个承运商在准则层服务质量的得分也会有变化（即黑线与表示承运商得分的三条函数的交点）。特别是，若完好率的权重设置更高一些，假设达到 0.35，即三个承运商在服务质量这项上的排序就由之前的丙>甲>乙变化为了甲>乙>丙。

5.6 本章小结

运力资源招投标平台主要是为了安吉物流公司出现运力不足的时，及时补充运力使用，该平台借用了招投标的形式，采用优选制度，具有良好的时效性，使用层次分析法，综合承运商各方面的信息，对满足条件的承运商排序，为安吉物流公司挑选供应商时提供有力的决策，该决策具有一定准确性和科学性。

同时，该平台对整个物流运输行业资源的整合也起到了一些的作用，能够在一定程度上优化运输行业资源的优化分配，降低回程空载率，降低物流成本。

6 承运商的运输任务分配

当今物流业的竞争是关于供应链的竞争，服务的竞争。安吉物流公司作为第三方物流企业，给客户提供的主要是服务性质的活动。因此，服务质量的好坏，将会影响企业以后业务量的多少，还会影响企业的品牌效益。在汽车运输行业，顾客直接面对的是作为运输方的承运商，承运商服务质量的好坏必然会成为影响顾客评价企业服务质量的 key 因素。因此从企业全局考虑，对承运商的选择和评估不但是必要的而且是必需的。

前一章已经对安吉物流配送的线路进行了优化，这一章将从安吉物流的资源状况入手，凭借择优的思想，为安吉物流选取每条线路上负责运输的承运商。这套运输任务分配体系是建立在有效的供应链管理基础上的关联矩阵分析评价方法，我们将从服务质量、配送量等多方面对承运商进行评估，并将对承运商的评价结果作为最终的运输任务的分配原则。

6.1 承运商运输任务分配现状分析

安吉物流的整车物流采用总集成总承包模式。安吉物流本身并不直接拥有轿车、滚装船等运输工具，而是通过控股或参股其他运输企业以及与部分运输企业结成联盟来整合运力。安吉物流对业务资源的分配，是采用按区域（线路）分配的模式进行的。具体来说，安吉物流事先将其全国的整车物流业务范围按照地区划分为若干区域，然后将某个区域（线路）的业务指派给一个或几个运输公司经营，并在此基础上形成运输公司的业务配比方案。但是该配比方案存在诸多弊端，弊端列举如下：

- （1）由于线路的优劣程度不同，导致在单纯的业务配比模式下，承运商本身承担的业务负担程度不同，会造成不均等分配的情况；
- （2）选择优质线路的承运商竞争激烈，而劣质线路则受到冷落；
- （3）在业务配比机制下，承运商缺乏刺激因素，以至于缺乏改善服务，降低成本的动力；

(4) 整个物流体系中，缺乏对承运商的评估和绩效考核。

业务配比模式已经越来越不适合安吉物流的快速发展形势，因此有必要取消这种分配模式。而取消业务配比模式后，当涉及到具体的资源计划编制工作时，我们必须确定以什么机制给各个承运商分配运输任务。在本章，我们将提出一套合理的承运商运输任务分配体系，对安吉物流的承运商运输业务配比进行优化重组，使得承运商的运输服务工作达到整体的最优化。

6.2 基于关联矩阵分析方法的承运商运输任务分配体系

6.2.1 运输线路评级

线路的等级表示了线路的重要性，重要性由多个指标共同确定，而指标又有可能细分为子指标，指标的层次结构如图 6-1 线路重要性指标图所示。对于不同线路的重要性确定需要使用综合评价方法，在此，我们采用比较常见的一种综合评价方法——关联矩阵法。

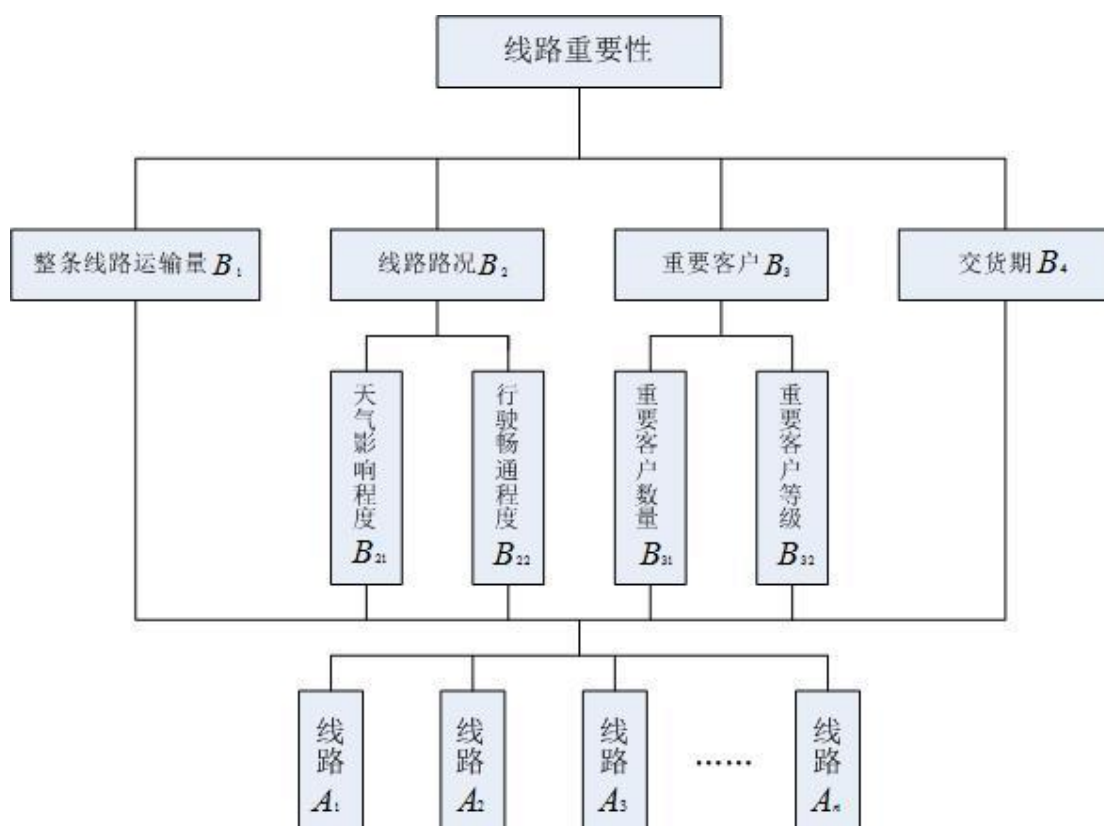


图 6-1 线路重要性指标图

6.2.1.1 关联矩阵法

关联矩阵法主要用矩阵形式来表示各个替代方案、有关评价指标及其重要度、与方案关于具体指标的价值评定量之间的关系。

关联矩阵的基本思想是根据具体评价系统，确定系统评价指标体系，将评价对象中的每个评价因素的评价值按该因素在系统功能中所占的重要程度给以权重，然后对评价系统的各个替代方案计算综合评价值，即求出各评价指标评定价值的加权和。

假设： A_1, A_2, \dots, A_m 是评价对象的 m 个可行方案； X_1, X_2, \dots, X_n 是该评价对象的 n 个评价项目； X_1, X_2, \dots, X_n 是 n 个评价项目的权重； $V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}$ 是第 i 个可行方案 A_i 的关于 B_j 个评价项目的价值评定量（ $i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ ）。相应的关联矩阵如关联矩阵表 6-1 所示：

表 6-1 关联矩阵表

V_j A_j	X_j	B_1, B_2, \dots, B_n	V_i
	W_j	W_1, W_2, \dots, W_n	
A_1		$V_{11}, V_{12}, \dots, V_{1n}$	$V_1 = \sum_{j=1}^n W_j V_{1j}$
A_2		$V_{21}, V_{22}, \dots, V_{2n}$	$V_2 = \sum_{j=1}^n W_j V_{2j}$
\dots		\dots	\dots
A_m		$V_{m1}, V_{m2}, \dots, V_{mn}$	$V_m = \sum_{j=1}^n W_j V_{mj}$

应用关联矩阵的关键是：

- 确定各评价指标的相对重要程度，即权重 W_j ；
- 根据评价主体给定的评价指标的评价尺度，确定方案关于评价指标的价值评定量 V_{ij} 。

6.2.1.2 权重的确定

对于各评价指标（包括子指标）的重要程度即权重的确定，我们采用 A·古林法来求出，如表 6-2 权重确定表所示：

- 采用连环比率法，确定评价指标的重要度 R_j 。
- 以最后一个评价指标为基准，令其 K 值为 1(即 $K_n = 1$)，进行 R_j 的基准化处理，其中 $K_j = R_j \times K_{j+1}$ 。
- 归一化处理 K_j ，求取各评价项目的权重 w_j ，其中 $w_j = \frac{K_j}{\sum_1^n K_j}$ 。

表 6-2 权重确定表

序号	评价项目	R_j	K_j	权重
1	整条线路运输量B1	R1	→ K1	W1
2	线路路况B2	R2	→ K2	W2
3	重要客户B3	R3	→ K3	W3
4	交货期B4		→ K4	W4
合计			$\sum K_j$	1

对于有子指标的指标，如线路路况和重要客户两项，同样需要用 A·古林法先求出各子指标对于相应指标的权重，然后再分别乘以对应指标的权重，就可以转化为该子指标对于总目标的权重。

例如，天气影响程度与行驶畅通程度对于线路路况的权重为 $C1$ 、 $C2$ ，而线路路况对于总目标的权重为 $W2$ ，则天气影响程度与行驶畅通程度这两项子质保对于总目标的权重为 $W21=C1*W2$ 、 $W22=C2*W2$ 。

6.2.1.3 给定评价尺度

对于每个指标都需要有确定的评价尺度，以便于对各条线路重要性的综合评判。具体的评价尺度应该由安吉物流公司制定，现给出表 6-3 参考评价尺度表，也以便在后面的实例进行评价。

表 6-3 参考评价尺度表

	评价尺度				
评价项目	5	4	3	2	1
整条线路运输量B1	运输量最大	≥最大运输量的90%	≥最大运输量的70%	≥最大运输量的50%	<最大运输量的50%
天气影响程度B21	很大	较大	中等	轻微	无影响
行驶畅通程度B22	非常不畅通	较不畅通	一般	较畅通	非常畅通
重要客户数量B31	>20	≤20且>15	≤15且>10	≤10且>5	≤5
重要客户等级B32（平均值）	10—9	8—7	6—5	4—3	2—1
交货期B4	最早	除最早交货期的前35%	交货期在中间的30%	除最晚交货期的后35%	最晚

6.2.1.4 路线等级排序结果

- 根据评价指标绘制关联矩阵表。
- 根据线路的实际情况、逐项对比表和评价尺度表填制关联矩阵表内容。
- 计算各线路的综合评价值 V_j ,其中 $V_j = \sum_{i=1}^n w_j a_{ij}$ 。
- 将各线路的综合评价值 V_j 得出结论。

6.2.2 根据线路选择承运商

在进行了两个条件的匹配后，对剩余的合格的承运商进行排序。

在对承运商排序时，要根据其实际情况和当前需安排的线路的要求从多个方面进行考虑。其考虑指标可总结为如图 6-2 的承运商选择指标图。

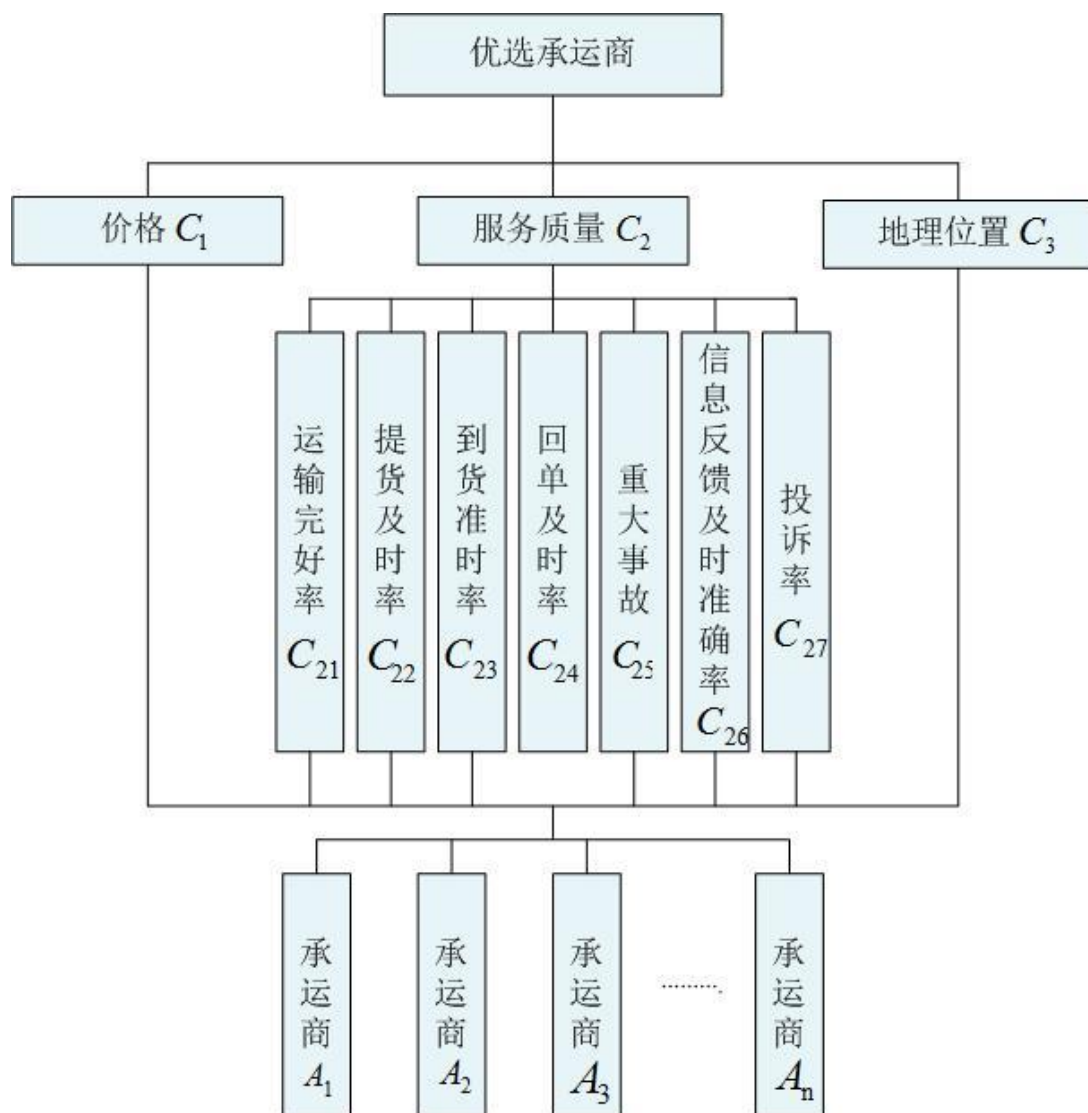


图 6-2 承运商选择指标图

最终的针对一条路线的承运商排序也使用关联矩阵法这一综合评价方法。具体步骤不详述，过程类似线路等级排序。

6.3 承运商运输任务分配步骤

在完成运力资源计划的编制以后，我们必须考虑选择承运商进行商品车的实际运输工作，也就是制定承运商计划。承运商计划首先必须确定选择那些承运商负责运输任务，然后给选定的承运商再分配具体的运输任务。通过前面的资源招投标平台，我们已经选定好了满足要求的承运商，因此，这里主要是给已经确定的承运商分配具体到某一条运输线路的运输任务，具体的分配流程如图 6-3 所示：

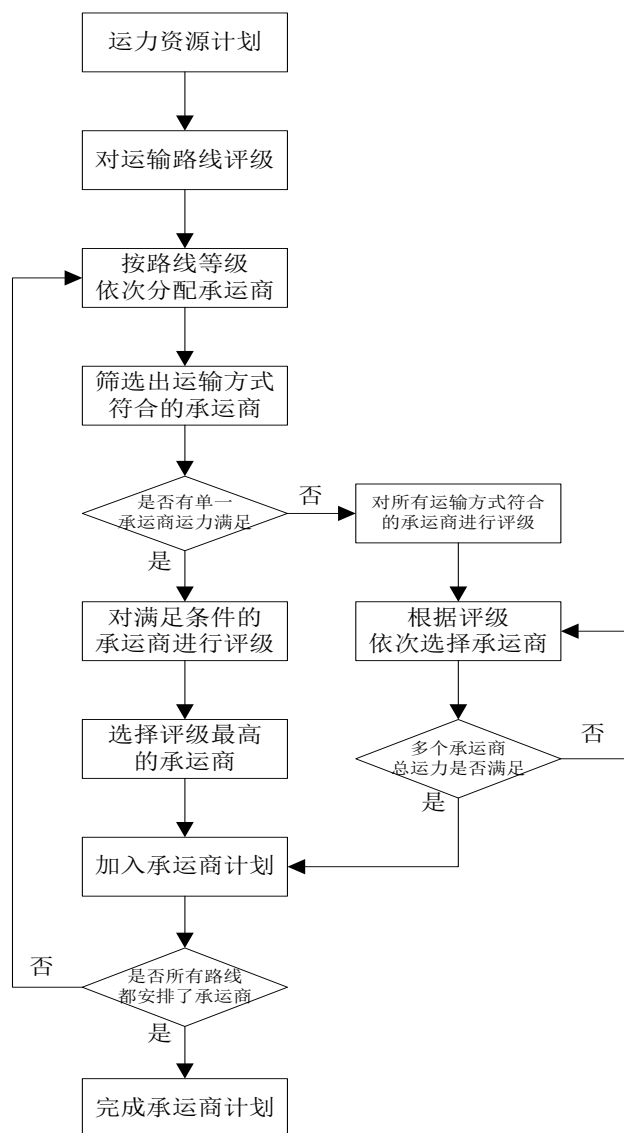


图 6-3 承运商运输任务分配流程图

具体步骤如下所示：

（1）在完成运力资源计划之后，对所有运输线路通过关联矩阵分析方法进行评级，然后根据等级高低从高到低依次对每条路线进行承运商的选择。

（2）先筛选出运输方式满足运输路线的所有承运商，如果在这些承运商中含有运力大于运输路线所需运力的承运商，将这些承运商筛选出来并对这些承运商进行评级，选出评级最高的那个承运商作为这条运输路线上的承运商。

（3）如果没有单一承运商能够满足所需的运力要求，则要选择多个承运商，这时就将所有运输方式满足的承运商进行评级，根据这个以评级依次加入承运商，直到这多个承运商总运力满足运输路线上的运力需求。

（4）每当完成一条运输路线上运输任务的承运商分配之后，就将这个分配

信息添加到承运商计划当中，直到所有路线均完成承运商运输任务分配之后，就完成了整体的承运商计划。

6.4 本章小结

本章主要介绍了如何在基于已经选定好的承运商的基础上，给每个承运商分配对应到某一条具体线路的运输任务，以完成资源调度系统中的承运商计划。

我们使用到的方法主要是是基于评价机制的选择分配方式，即首先利用关联矩阵分析方法对线路重要性进行评价，并按线路等级高低依次给每条线路分配承运商；当涉及到某一条线路时，对于满足该条线路要求的所有承运商再利用关联矩阵分析方法评级，按照评级结果的先后顺序给本线路安排承运商。直到最后所有线路都已经安排有承运商组织运输任务，那么承运商计划就制定完毕

使用这种评价机制来给承运商分配任务能够优先满足“重要”订单，确保客户能收到及时、准确、高质量的运输服务。以维持长期的合作关系，创造企业的品牌价值，对于企业的长远发展起到很大的推动作用。

7 整车调度监控系统

针对在安吉物流整车调度的运输过程中由于交通堵塞或交通事故等意外情况，导致不能保证按时到达目的地；以及私自改变运输路线等管理问题导致的送达延误、商品车损坏甚至丢失现象，结合包括射频识别技术（RFID）、全球定位系统（GPS）等现代信息技术，研究了一种可以为单台运输车辆定位、监控车辆在运输过程中的运行情况，并可摄录监控的集成设备和对应的软件平台。同时，研究了以该平台为基础的、用于运输车辆运输过程中自动远程监控的整车调度监控系统，从而实现了运输过程的精益控制。

7.1 整车运输现状

在整车调度运输过程，比如将商品车有物流基地送往火车站或者码头，需要进行短驳周转，可能会出现交通堵塞或交通事故等意外情况。如果商品车不能及时到达火车站或码头，而且物流基地没有及时得知这一情况，就将严重影响调度任务的顺利完成。

在有些情况下，客户需要尽快收到商品车，这就会是安吉物流放弃多式联运，而采用公路全程运输，以尽量节约时间。与短途运输相比，长途运输的运输路线和运输时间长，在运输过程中可能出现的问题也比较多，主要有以下几类：

（1）在配送过程中，企业无法获知轿运车当前的运行状况，不知道轿运车的当前位置，无法对到达时间进行预测，也无法对轿运车做出一些路线修改的操作。

（2）对于轿运车司机一些违规的操作，如超速或是错误更换行车路线时，企业无法得知这个信息。

（3）当遭遇一些突发事件时，如堵车或者交通事故等，司机无法向企业反映情况，企业也无法及时得知情况，也就无法及时对计划进行修改，导致订单完成的及时率达不到要求。

（4）作为客户也无法得知自己的商品车当前所在位置，无法估计商品车到

达的时间，这样也不方便客户做自己的销售计划。

所以要对商品车配送监控过程进行合理规划和设计。通过新技术新方案的引入，对商品车配送过程全程监控，使企业能实时获得所有车辆的位置、速度及行驶状态是否正常，预计到达目的地的时间、质损发生的情况等。同时轿运车陷入困境时，能自动或手动向监控中心发送求助信息，司机、轿运车以及商品车的安全具有了充分的保障。通过过程监控提供的可视化数据，无论轿运车分布在何处，都能及时接收到来自监控中心的调度命令。同时企业可以将监控的轿运车实时位置提供给客户，方便客户进行查询。

7.2 系统总体结构设计

7.2.1 系统硬件总体结构

整车调度监控系统的主要设备包括 RFID 读写器、RFID 标签、车载 GPS 导航设备、GPRS 通信模块等设备。系统的硬件总体结构组成如图 7-1 所示。

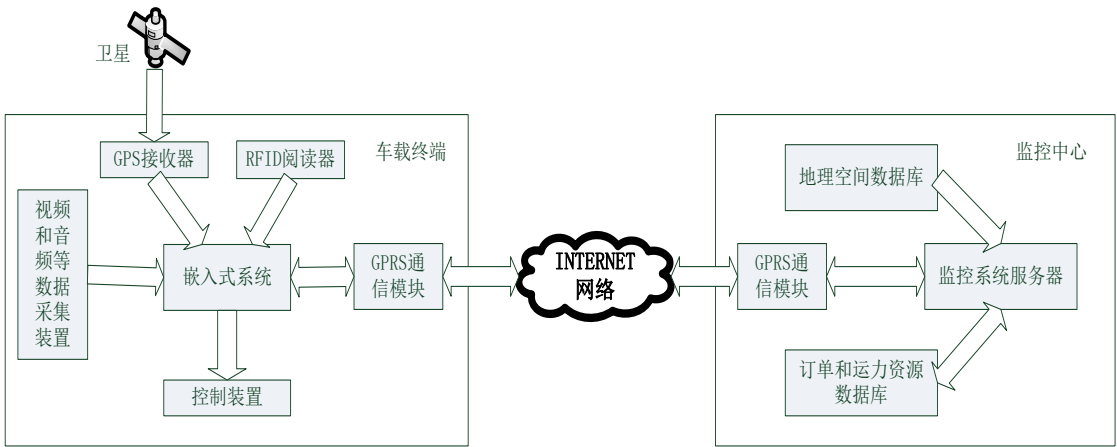


图 7-1 监控系统硬件总体结构图

详细说明如下：

- (1) 车载的 GPS 模块、RFID 模块与其他视频音频设备进行车辆实时数据的采集工作。
- (2) 通过车载嵌入式系统的处理，得到数据，经过互联网的传递，被监控系统服务器接收。
- (3) 系统通过数据库支持，对数据进行处理并显示，以监控车辆运输情况。
- (4) 当出现突发情况时，通过反馈一个控制信号给车载模块，接收后车载

嵌入式系统处理这个信号，再发出控制信号给控制装置，完成对车辆的远程控制。

7.2.2 信息技术的运用

GPS 技术目前已广泛应用于对目标精确定位以及相应的交通管制系统中，我们也了解到安吉物流也已建立了完善的 GPS 监控系统。但 GPS 只能够提供定位信息，不能对不同的商品车进行识别或监控，也不能进行实时通信。此时，RFID 技术和 GPRS 技术的结合运用就弥补了 GPS 的不足。

7.2.2.1 RFID 技术

在原理上，RFID 是以电子芯片来承载数据，能储存商品序号、模块编号、包装颜色、组装位置或数据类型等电子化信息。在运作模式方面，RFID 系统是由 RFID 标签（或称 Tag）与 RFID 阅读器两个主要组件组成。双方以射频传输技术来传递数据，当 RFID 标签通过一个 RFID 阅读器的有效范围时，RFID 标签会将所置的信息传递至 RFID 阅读器上，RFID 阅读器再结合信息系统，提供信息查询、物品辨别的功能。

RFID 技术目前可应用于汽车供应链的可追溯管理，为汽车行业各环节提供了控制产品质量的有效技术手段。车辆自动识别系统是基于 RFID 技术的应用之一，通常配置在会场入口、路边、检查站或收费站，能实时采集经过的装有标签的车辆信息，利用 RFID 技术对信息进行识别处理，并且将信息通过通信网络（如 GPRS）传到总部管理中心计算机，与数据库中的车辆信息进行比对，以判断车辆的违章及是否被盗等信息，将结果及指令实时返回以决定。

7.2.2.2 GPS/GPRS 技术

GPRS(General Packet Radio Service)通用分组无线服务技术是移动电话用户可用的一种移动数据业务，位于第二代和第三代移动通讯技术之间。它突破了 GSM（Global System of Mobile communication，全球移动通讯系统）只能提供电路交换的思维方式，只通过增加相应的功能实体和对现有的基站系统进行部分改造来实现分组交换，使得到的用户数据速率相当可观。通过这种经济高效的分

组数据技术，可有效地利用稀有的无线资源，能够快速建立连接。

GPS（Global Positioning System）是全球定位系统的简称，通过测量出已知位置的卫星到用户接收机之间的距离，然后综合多颗卫星的数据便可知道接收机的具体位置。

7.2.2.3 整车调度监控系统中的运用

（1）RFID 技术的运用

通过 RFID 技术的使用，商品车自从生产出来之日，就被赋予了记录产品身份信息的永久标签。在运输的过程中，可以定时通过车载的 RFID 阅读器对轿运车所运商品车的 RFID 标签进行读取，如果读到标签的状态异常或者读不到标签，就说明对应的商品车被移动或被盗。然后第一时间通过显示屏和声音信号向司机发出警示信号，同时通过 GPRS 通信模块向监控中心报告这一情况。

（2）GPS 技术的运用

通过 GPS 技术的使用，监控系统能够得到轿运车的运行线路和运行速度。这样监控系统可以发现轿运车走错路线的情况，并及时向司机发送警示信息。而在得知车辆的运行速度之后，监控系统可以更好的对车速进行控制，第一在轿运车超速之后，向司机发出警告信息；第二能更好的控制订单到达目的地的时间，当发现一段时间车速都低于预定值，可能导致订单延迟时，监控系统向司机发出适当提速的信号。

（3）GPRS 技术的运用

GPRS 技术不仅辅助以上两种技术的实现，同时可以充分发挥 GPRS 技术强大的无线信息传递能力。监控系统可以通过视频和音频采集设备对轿运车的视频和音频信息数据进行采集，并可以向轿运车发出一些控制指令；同时轿运车司机在遇到意外情况，如道路堵塞、交通事故和迷路等情况时，可以通过无线通讯设备向监控系统请求帮助支持。

集 RFID、GPS 和 GPRS 技术于一体的整车调度监控系统具有以下特点：

- （1）利用 RFID 射频识别技术实现了实物流与信息流的有效融合。
- （2）将 RFID 技术和 GPS 定位完美结合，实现了车辆的无缝定位。
- （3）充分利用了 GPRS 无线传输的连接费用低、传输速率高、接入速度快、

扩容性好的特点。

(4) 可靠的报警功能大大降低了商品车损坏或丢失的可能性。

7.3 系统功能模块分析与设计

7.3.1 系统总体功能结构图

经过对监控系统功能的分析，设计出系统总体功能结构。如图 7-2 所示：



图 7-2 监控系统功能结构图

7.3.2 定位功能

（1）实时定位

对所有轿运车进行一个整体的监控，将每辆车的位置，行驶方向，警示状态都显示在监控地图上，让监控人员对所有车辆进行一个全局的监控。

（2）车辆跟踪

在发现某辆轿运车出现警示信号或者想得知某辆轿运车的详细信息时，可以对单一车辆进行跟踪，得知车辆当前的速度，精确位置和车辆的历史轨迹。

7.3.3 车辆记录功能

（1）行驶轨迹记录

系统能将监控和调度车辆的运行轨迹全部记录下来存入数据库。

（2）行驶里程记录

系统能将车辆每时、每天、每月、每年行驶的里程向中心实时汇报并且存入数据库。

（3）耗油量记录

系统自动将车辆每时、每天、每月、每年所消耗的燃油量进行统计并且存入数据库。

（4）缴费记录

当司机在高速公路、国道、省道等地方缴纳路桥费时，中心即可显示缴纳费用的地点并进行判定，数据自动存储在数据库，以便司机回公司后报销路桥费时校对，完全杜绝司机乱报销费用。

7.3.4 车辆警示功能

（1）线路偏移警示

当车辆在运输过程中偏离了既定的运输路线时，系统会向监控中心报警，方便监控中心对车辆进行调度。

（2）停车过久警示

当车辆在运输过程中，停车时间超过系统所预先设定的值，系统会向监控中心报警，以便监控中心对情况进行调查。

(3) 超速/低速警示

当轿运车车速超过额定值时，为了保障驾驶员和商品车的安全，系统会向驾驶员和监控中心发出警示信号，以提醒驾驶员降低车速；当轿运车车速过低时，为了防止订单不能按时完成，系统也将向驾驶员和监控中心发出警示信号，不仅提醒驾驶员，同时也方便监控中心了解情况。

(4) 商品车异常警示

当车载 RFID 阅读器读到商品车 RFID 标签异常或是完全读不到，就向驾驶员和监控中心发出警示信号，让驾驶员对情况进行调查，同时也让监控中心了解到情况。

7.3.5 远程控制功能

(1) 遥控熄火锁车

当监控中心收到警示信号之后，而驾驶员未能采取任何措施脱离危险情况，这时，监控中心发出遥控熄火指令，强制车辆停止。

(2) 解锁恢复行驶

在监控中心确定车辆的危险解除之后，可以发出解锁指令，使轿运车可以继续运行，完成运输任务。

(3) 监听/监视功能

当监控中心发现，轿运车运行情况不对时，可以远程遥控，对轿运车进行监视或监听，了解到轿运车中发生的情况，方便做出决策。

7.3.6 防盗防抢功能

(1) 驾驶员直接求助

当轿运车在运输过程中出现一些意外情况，如交通事故，抢劫等，驾驶员可以通过一个按钮直接向监控中心发出求助信号，监控中心再根据不同情况采取相应的措施。

(2) 非法启动报警

当轿运车未通过正常步骤启动时，系统将认定是车辆非法启动，会向监控中心发出报警信号。让监控中心采取必要措施。

(3) 终端损坏报警

当车载终端如 GPS 模块等信号采集模块损坏时，系统也会向监控中心发出报警信号。

7.3.7 数据输出功能

(1) 资源状态输出

通过监控系统的监控，及时地将订单状态和运力资源状态信息，传给资源调度系统，以保证资源调度的及时性和准确性。

(2) 订单跟踪查询

通过监控系统可以让客户查询到他的订单的详细信息情况。

7.4 本章小结

在信息技术（如 GPS/GPRS 技术，RFID 技术等）的帮助下，监控系统可以做到对轿运车的全程监控，同时对轿运车运行时的数据进行采集。实现驾驶员和监控中心的无线通讯。使对车辆的控制更加方便，提高了订单完成的及时率。同时通过监控保障了驾驶员和商品车的安全。此外，通过对资源的跟踪，资源状态被很好的记录下来，这样将提高资源调度计划的准确性和及时性，体现出了精细化管理理念。

8 整车资源调度系统

8.1 背景介绍

8.1.1 安吉物流整车物流运作概况

安吉物流整车的配送主要是分成两个阶段，第一阶段是由整车分拨中心（Vehicle Distribution Center, VDC）运至各整车仓储中心（Vehicle Storage Center, VSC），第二阶段再由整车仓储中心交付于授权经销商或直销客户。特殊情况下，会出现直接由整车分拨中心发运至经销商或直销客户的情况。其中，VDC 的主要功能是负责商品车下线后的检查并按计划发运至全国各 VSC；或直接向周边区域的经销商进行车辆配送。VSC 的主要功能是接收从各 VDC 运至的商品车，并按照计划将商品车发运至经销商。如图 8-1 所示。

各阶段的运输方式如下：

- 第一阶段：VDC→VSC（一次运输）：存在着公路、水路、铁路三种运输方式，因此“多式联运”以及各种运输方式的比例成为必须考虑的因素之一。
- 第二阶段：VSC→经销商（二次运输）：全部通过公路运输配送到门。
- 特殊情况：VDC→经销商（直发）：基本为公路运输配送到门。

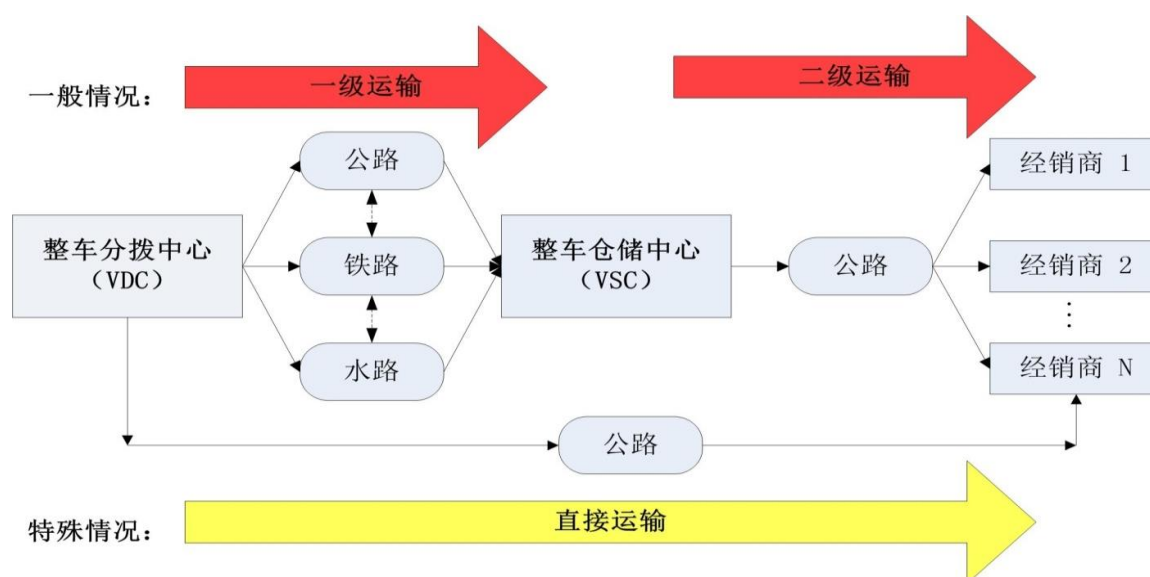


图 8-1 安吉物流整车物流运作模式

8.1.2 资源计划编制

对于安吉物流来说，最重要的两种运作资源是订单和运力。前者就是我们常说的需求，客户下达的商品车发运任务，后者是公司内部掌握的各种运输资源以及第三方承运商所掌握的运输资源。订单需求和运力资源作为系统的一部分输入，资源计划编制的作用就是通过各种优化算法和管理手段，将输入转化为利益最大成本最低的输出，输出的形式就是得到调度指令，指明以什么样的配载方案、安排多少运输工具、经由什么路线，在什么时间向某些仓库或经销商运送某些商品车等。资源计划编制的目标是保证发运任务的按时完成，而且使各种运力资源利用率最高，总成本最低。

资源计划编制在不同的维度可以分成不同种类，在时间维度上，可以分成周、月、年资源计划；在主体维度上，可以分成运量计划、运力计划和承运商计划。其中，运量计划是确定企业年度、季度和月度计划的商品车运输量及其路线构成状况，运力计划是根据企业运输工作量计划的具体要求，确定配备运输工具的类型、数量及其装载能力等，承运商计划是根据运力资源状况，分解运输生产任务，把任务具体分配到公路、铁路、水路各类运输公司。

资源计划编制在现在也存在很多的问题，具体如下：

- 资源计划编制的工作量大

因为安吉整车物流运输一般是分成两个阶段运输，随着近年来客户的数量增多，运输路线也在不断的增加，要对线路规划时的网络复杂度大大提高。此外，涉及到时间维度，需要编制出不同时间精度的资源计划。所以资源计划编制的工作量是很大的。

- 资源计划编制的不确定性大

资源计划的编制的输入是订单资源和运力资源。为了保证一定的满意度，在计划编制的过程是会根据预期的销售计划安排充足的运力。而订单的波动往往是我们所无法预料的，波动程度如何也是我们所不能控制的，实际情况可能超过了计划中所安排的运力要求，也可能不满足，这些不确定因素，都会增加计划编制的不确定性。

- 资源的不透明性

在整个安吉物流体系内，订单资源基本被总公司作为管理公司掌握着，另一

方面，运力资源是被总公司的子公司运输公司控制的。由于任务资源、运力资源的分属不同，总公司和运输公司之间存在着信息不对称的情况。并且还存在备用资源的情况，这样资源的不透明性就更严重，同样也不利于整个资源计划的编制。

8.2 整车资源调度系统分析

8.2.1 整车资源调度系统意义

整车资源调度系统的基础是整车资源计划编制，目标是为了优化运输时间和运输成本，在两者之间找到一个动态平衡点。整车资源调度系统通过数据库对所有资源数据进行在、存储，并能对公司的运力资源和订单任务进行分类统计的工作，这样使得调度员能直观方便地对所有资源进行管理。

此外，更重要的一点，整车资源调度系统加入了对多式联运的路线规划和多式联运中公路、铁路和水路的选择，这也是该系统的一个核心支撑。安吉物流选择公、铁、水运量分配只要是由计划人员对不同线路不同运输方式的运量进行多种假设，然后比较各种方案下运输时间和运输成本后选择一种，而这种选择大部分是凭借经验的，并且费时费力，还不一定能够得到最优解，缺乏统一的科学标准。

所以整车资源调度系统，可以通过后台的数据库提供数据支持，并依仗计算机强大的运算能力，在合适的计算方法的指导下，得出一种明确合理的公、铁、水运量分配方案。

8.2.2 资源调度系统需求分析

8.2.2.1 系统开发目标

综合业务因素、环境因素等其他因素，通过定性的分析和定量的计算，可视化的展示出各个不同时间维度的整车物流资源计划。计划分为运量计划、运力计划和承运商计划，计划中要包含商品车品牌、商品车数量、发运地、目的地、运输方式、承运商信息等要素。计划要在保证一定服务水平的前提下，对运输成本和运输时间两个目标进行优化。此外还要能够对所有的订单进行跟踪查询。

8.2.2.2 系统功能需求分析

对系统目标细化分析，可以等到系统的具体功能需求如下：

- 对所有的订单资源进行管理；
- 对所有的运力资源进行管理；
- 实现对订单的查询和跟踪；
- 为整车物流资源计划的编制提供最后的决策支持；
- 实现按不同时间精度来编制资源计划；
- 当客户订单、运力资源、环境因素等发生变化时，为资源计划的快速修正提供决策支持；
- 支持按商品车品牌、运输策略、发运地、目的地、承运商等各种维度进行的统计分析；
- 对整个资源计划进行可视化展示。
- 对承运商计划进行评价分析。

8.2.3 资源计划编制流程分析

资源计划分成运量计划、运力计划和承运商计划。其中，运量计划是基础，承运商计划是最后的输出。资源编制的基本流程如下图所示：

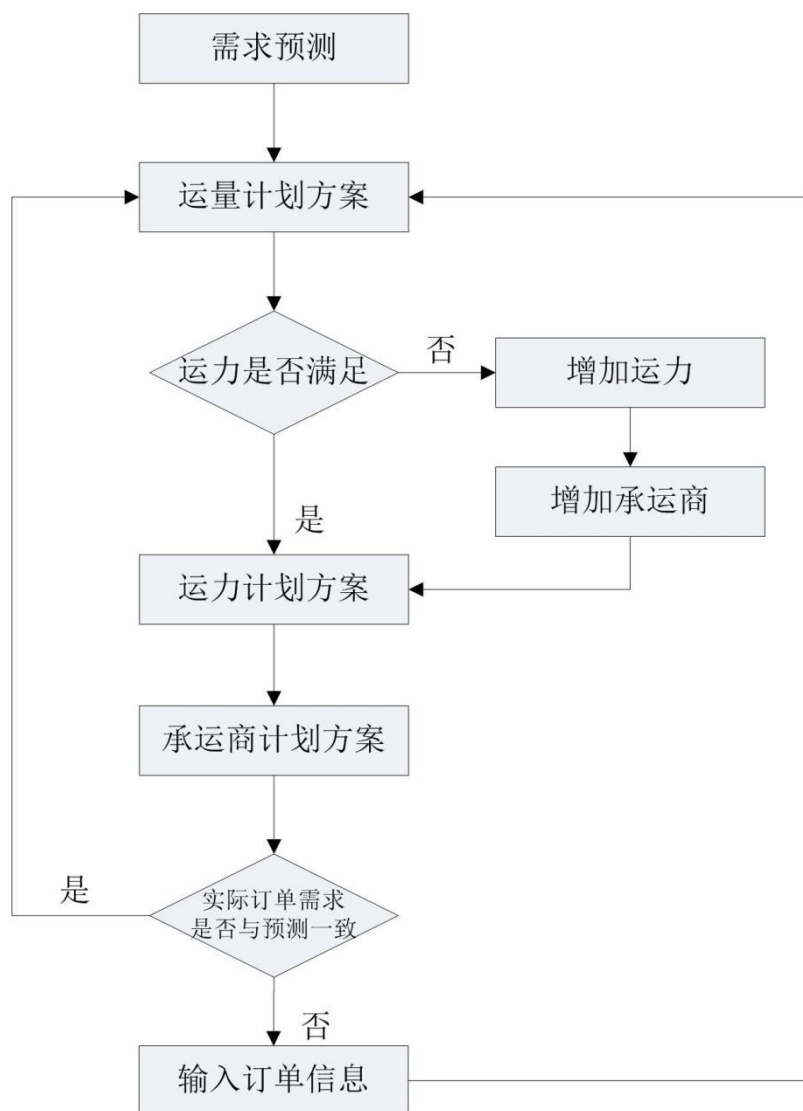


图 8-2 资源编制流程图

根据上述的资源编制的流程图，结合资源编制计划是由运力计划、运量计划和承运商计划组成的，资源编制的基本过程如下所示：

（1）根据近年来每年合同客户报告的当年商品车销售计划，预测出今年的销售计划，做出全年的运量计划。

（2）结合总公司的子公司所掌握的运力资源的情况，结合运量计划，若发现运力不足的情况，可通过运力资源招投标平台选择供应商。然后再通过蚁群优化算法，确定配备运输工具的类型、数量及其装载能力等，做出运力计划。

（3）根据运力计划，通过优化算法分析比较，将运输任务分配到最优的承运商，得到承运商计划。

（4）在实际情况中，要及时根据客户的订单实际情况和承运商的运力实际情况对今后的计划方案进行调整。

(5) 最后通过可视化接口将这些计划方案（图表形式或表格形式）输出，供专业的调度人员直观方便地对这些资源调度指令进行实施。

8.3 整车资源调度系统设计

8.3.1 系统整体设计规划

根据整车资源调度系统的特点，规划出整车资源调度系统整体规划设计架构如图 8-3 所示。

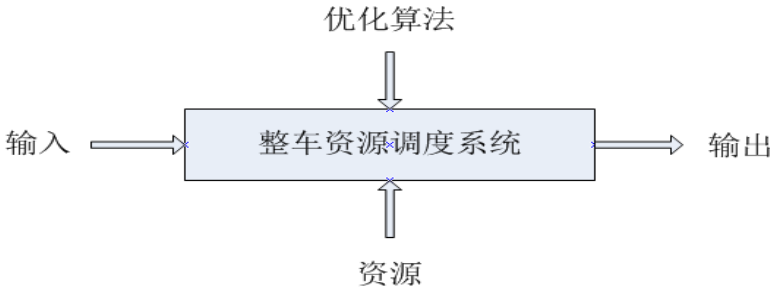


图 8-3 整车资源调度系统规划设计架构图

整个系统通过订单信息的输入，结合所掌握的运力资源，控制算法对整个资源调度计划进行优化，得出最优的资源调度计划，并从多个维度对计划进行统计分析，最后对计划方案进行演算和评价。

8.3.2 系统功能结构设计

8.3.2.1 系统功能结构

根据系统的整体规划设计架构图，对系统功能分析分解，将系统功能分成四个主要的模块，分别是运力管理模块、订单管理模块、资源计划编制模块和方案展示模块，得到了系统的总体功能结构，如图 8-4 所示。

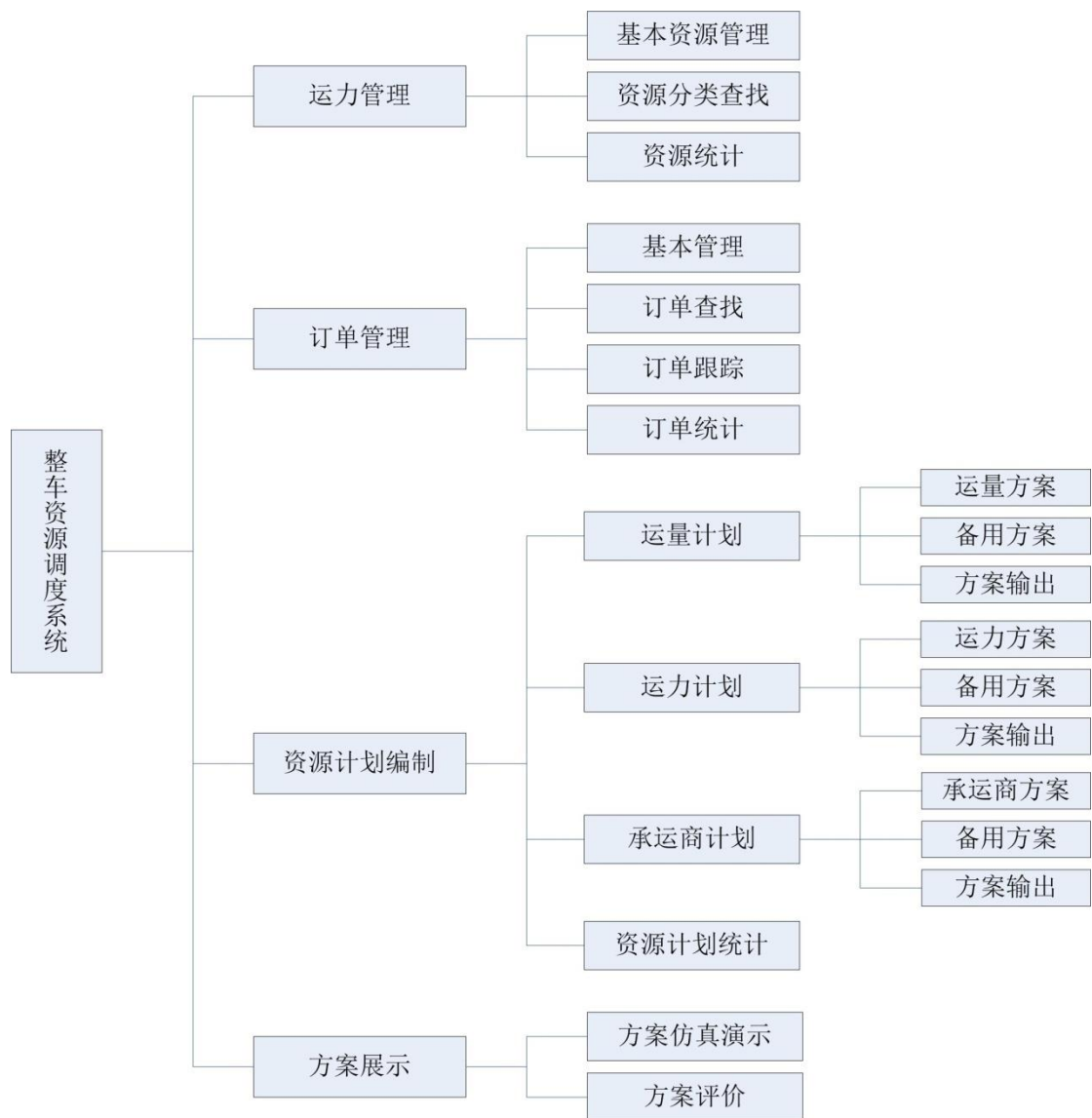


图 8-4 整车资源调度系统功能结构图

8.3.2.2 运力管理模块

运力资源主要掌握在承运商手中，运力管理就主要是对公司所有的承运商的运力资源进行管理。为了实现安吉物流所提出的精细化管理思想，将对运力资源管理精确到运输工具的种类、运量等方面。

运力管理模块包括资源基本管理功能、资源分类功能和资源统计功能。

- 资源基本管理功能是对资源进行一些最基本的编辑管理功能，如资源的增加、删除、修改等。

- 资源分类功能主要是为了使系统使用者能够更清晰的了解到自己所关注的一类资源。如可以按运输方式分为公路、水路和铁路运力资源；也可以按供应商的类别分类或者是其他方式分类。
- 资源统计功能是完成对各种维度下运力资源的统计工作。如统计现在可用/不可用的运力资源等。

8.3.2.3 订单管理模块

安吉物流的订单一般都是由总公司接收,订单管理模块就是对所有接收的订单任务进行管理的平台。

订单管理模块包括订单基本管理功能、订单查找功能、订单跟踪功能和订单统计功能。

- 订单基本管理功能就是对订单进行一些最基本的编辑管理功能,执行订单的增加、删除、修改等功能。
- 订单查找功能是根据订单编号,对该订单详细信息进行查询。
- 订单跟踪功能是根据订单编号,查询了解某一订单现在的状态,对订单进行全方面地控制,同时也可以对订单进行一个类似于监视的管理,方便在出现意外状况之后,公司能快速响应,找到最好的解决办法。
- 订单统计功能就是对所有订单进行各种维度的统计分析。

8.3.2.4 资源计划制度模块

资源计划编制模块就是生成根据后台运力数据和所输入的订单任务信息,通过系统程序中的优化算法所得出的资源编制计划。包括了运量方案、运力方案、承运商方案的生成和资源计划信息的统计功能。

在对各个方案进行编制时,要注意以下几点:

- 准确掌握商品车运输要求和运输供给情况,并且根据各种运输供给的运量和装载标准等,采用科学的计算方法优选各种编制方案,合理安排运力。
- 在编制各种方案的同时,也要最好备用方案,以备紧急情况的出现,为订单的完成留有余地。

- 摒弃之前的运量的配比方式分配的方法，采用根据订单任务做出运量计划，通过蚁群算法得到运力计划，若在编制计划中发现运力不足的情况，应及时通过运力招投标平台选择供应商。最后通过优化算法，在根据运力计划将运输任务最优的分配给各个供应商。
- 若通过监控中心发现订单配送出现突发状况，应及时将信息反馈给系统，系统使用备用方案，重新做出运输计划。

8.3.2.5 方案展示模块

在方案展示模块中，主要是对所优化产生的调度计划方案进行演示和评价，加强方案的可视化程度，使得系统使用者能够更加直观各个方案以及各方案在不同方面的优劣程度。

方案展示模块包括方案仿真演示和方案评价两个部分。

- 方案仿真演示是为了能更加直观了解到整个调度计划是如何运行的。能够动态地演示出订单在多式联运中的路线以及各路线的运输方式。
- 方案的评价是通过一整套的评价指标，来对最后产生的优化计划方案在各个不同的方面进行评价。

8.3.3 系统数据库设计

8.3.3.1 数据库概念设计

数据库概念设计就是通过对需求分析阶段所得到的信息需求进行综合、归纳与抽象，形成一个独立于具体数据库管理系统的概念模型，主要的手段为 E-R 图。

在概念设计阶段，主要采用的设计手段目前还是实体联系模型(E-R Model)。绘制 E-R 图的关键是确定 E-R 图的各种结构，包括实体、属性和联系。通过对资源调度系统分析，得到订单、承运商、运量计划、运力计划、承运商计划、运输工具六个实体，各实体之间的关系如图 8-5 和图 8-6 所示：

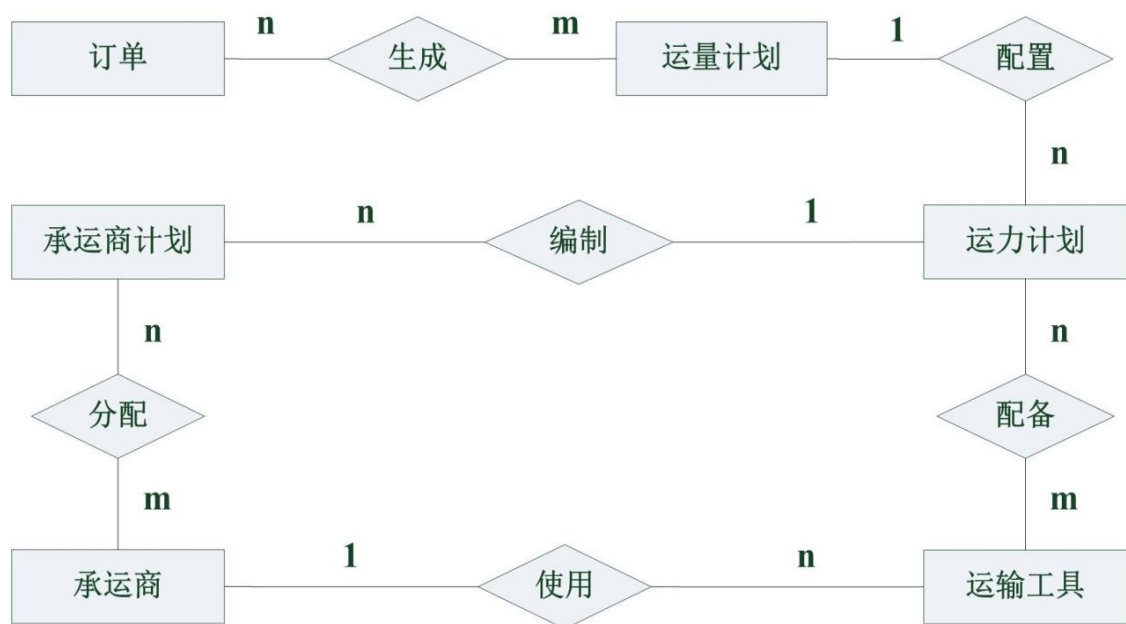


图 8-5 系统全局 E-R 图

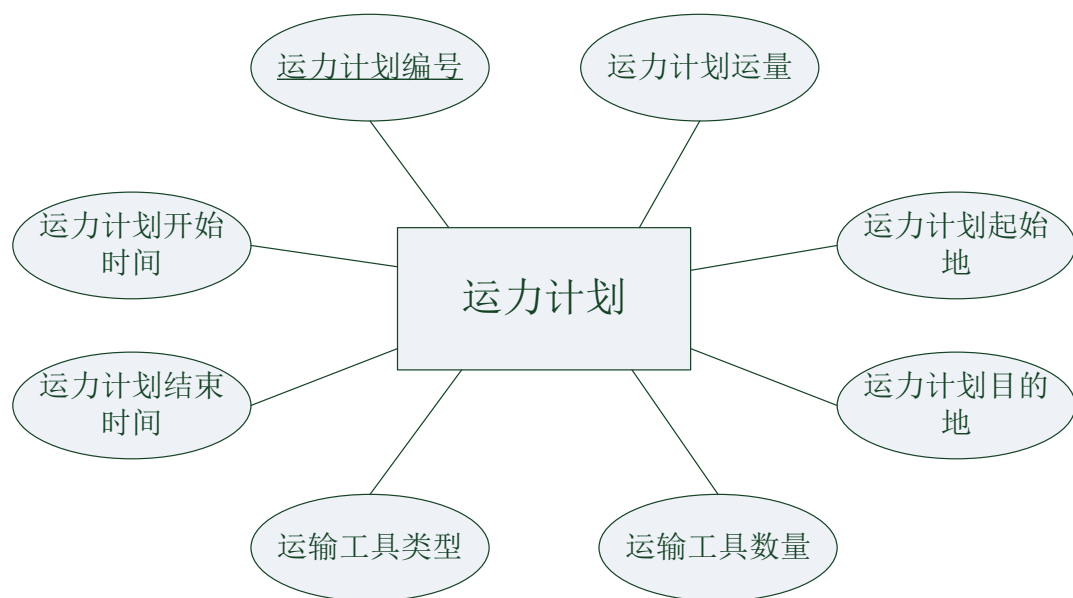


图 8-6 系统局部 E-R 图示例

8.3.3.2 数据库逻辑设计

逻辑设计就是把 E-R 图转换成关系模式，并对其进行优化。

在概念设计阶段得到的数据模型，是独立于具体 DBMS 产品的信息模型。在逻辑设计阶段就是将这种模型进一步转化为某一种（某些类）DBMS 产品支持的数据模型。目前大部分的流行的数据库管理系统(SQL Server、Sybase、Oracle、

DB2 等)基本上都是基于关系的数据模型, 包括该系统将采用的 SQL Server2005 数据库系统, 因此, 应将概念设计阶段的 E-R 图模型转化为关系数据模型。

根据数据库的概念设计, 可以得出以下部分关系模式:

承运商 (承运商编号, 承运商种类, 承运商名称, 承运商等级)

订单 (订单编号, 订单起始地, 订单目的地, 订单运量, 订单生成时间, 订单截止时间, 需求方编号, 厂商编号)

运量计划 (运量计划编号, 运量计划起始地, 运量计划目的地, 运量计划开始时间, 运量计划结束时间, 计划运量)

运力计划 (运力计划编号, 运力计划起始地, 运力计划目的地, 运力计划开始时间, 运力计划结束时间, 运输工具类型, 运输工作数量, 运力计划运量)

承运商计划 (承运商计划编号, 承运商计划起始地, 承运商计划目的地, 运商计划开始时间, 承运商计划结束时间, 承运商编号, 承运商计划运量)

8.4 整车资源调度系统展示

8.4.1 订单管理模块展示

订单管理模块中分为订单基本管理、订单查找、订单跟踪和订单统计四个部分。订单基本管理和订单查找用于对订单进行最基本的操作, 可以添加、删除、修改和查找操作; 订单跟踪用于对订单进行全方位的监控, 便于应对突发情况做出紧急措施; 订单统计是用来了解近年来需求量的分布, 便于进行销售预测, 得到运量计划。以订单基本管理的修改操作为例, 如图 8-7 所示。因运力管理模块基本与订单管理模块相同, 在此就不做详细说明。

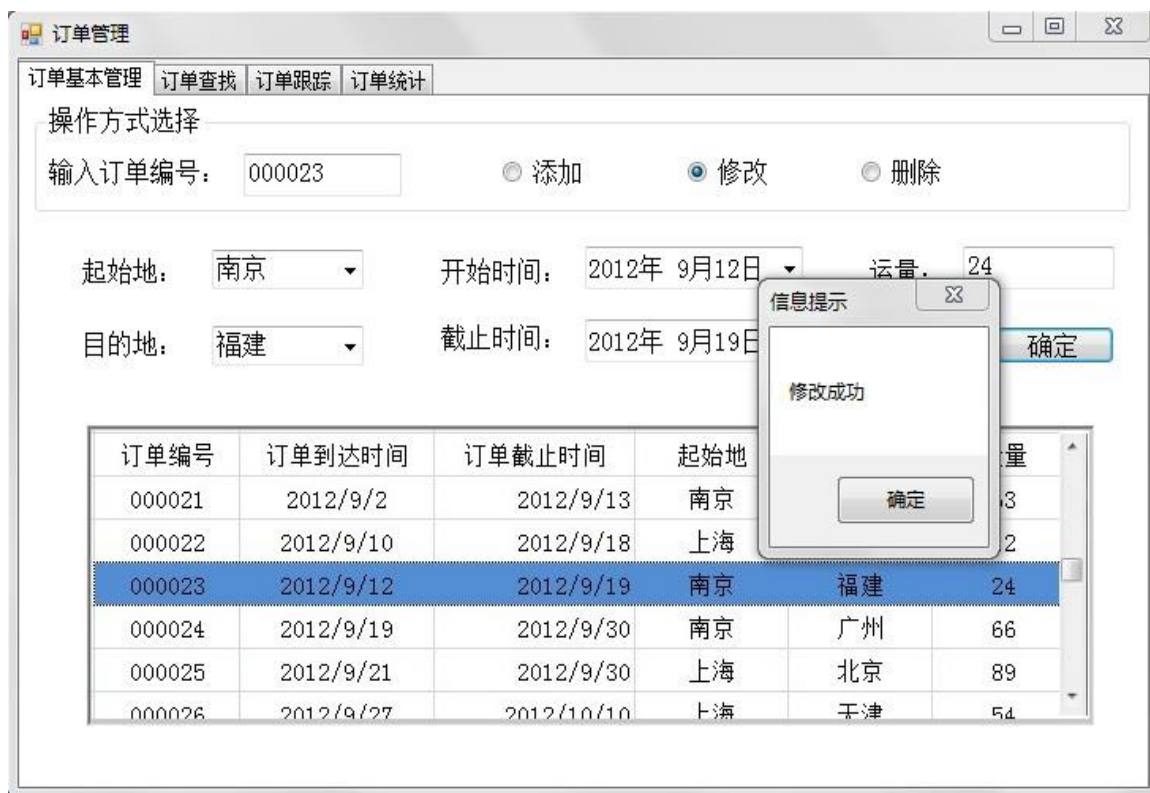


图 8-7 订单基本管理修改操作界面

8.4.2 计划编制模块展示

计划编制模块分为计划编制和资源计划统计两个部分。计划编制部分主要是对运力计划、运量计划和承运商计划进行编制。其中，运力计划编制的依据是近年来订单统计信息，运量计划编制的依据是运力计划和线路优化算法，承运商计划编制的依据是运量计划和承运商分配算法。资源计划统计部分主要是对承运商任务分配比、运输方式运量分配比、城市发货量比和城市收货量比四个方面进行数据统计。

下面以运力计划编制为例，由于数据限制原因，起始地为南京和上海，目的地为全国各能到达的省会城市，结合运力计划，通过优化算法（具体算法见第二章详细内容），可得到如图 8-8 所示的运力计划示意图，运力计划既可以使用图表形式展示又可使用表格形式展示。



图 8-8 运力计划编制界面

8.5 本章小结

整车资源调度系统是整车资源规划方案的核心，前面六个章节的内容都是为其服务。整车资源调度系统主要是用于制定资源调度计划，资源调度系统分为运量计划、运力计划和承运商计划。运量计划主要是根据订单的预测需求制定。运力计划主要是根据运量计划、线路优化、RDC 区域和驳接制定，在制定运力计划中，若出现运力不足的情况时，通过运力资源招投标平台选择承运商补充运力。承运商计划主要是根据运量计划和承运商运输分配算法制定，将运输线路与承运商进行合理的搭配。各计划在执行时要根据订单实际情况进行对应的调整。

整车监控系统是用于实际情况对订单的跟踪，当订单运输出现意外突发情况时，及时将信息反馈给整车资源调度系统，系统根据情况修改计划方案。