

安吉



雏鹰——开始新的历程

希望是帆 理想是风 扬帆启航 乘风破浪

实现资源最优利用率

安吉循环取货系统 的优化

队名：雏鹰团队 指导老师：廖诺

队长：何洪斌（10物流4班）

队员：郭嘉伦（10物流4班）

吴利明（10信计1班）

陈锦斌（10财管3班）

唐俊伟（10管科1班）

2012年10月29日

目录

前言.....	5
第一章 绪论.....	6
1.1 方案背景.....	6
1.1.1 汽车物流行业背景.....	6
1.1.2 汽车零部件入厂物流简介.....	9
1.1.3 安吉物流现状.....	13
1.2 方案设计思路.....	16
1.3 方案目标.....	16
第二章 方案设计主要理论基础.....	18
2.1 循环取货路线优化的相关理论基础.....	18
2.1.1 循环取货概述.....	18
2.1.2 循环取货线路选择模型.....	21
2.2 循环取货过程中应急方案的相关理论基础.....	23
2.2.1 物流信息系统（Logistics Information System）.....	23
2.2.2 应急物流系统建设中关键技术.....	24
2.3 循环取货绩效考核体系的相关理论基础.....	25
2.3.1 KPI.....	25
2.3.2 层次分析法.....	26
第三章 循环取货运输规划.....	28
——运输资源利用最优.....	28
3.1 循环取货运输问题说明.....	28
3.2 循环运输供求关系分析.....	30
3.2.1 循环运输供求关系概述.....	30
3.2.2 基于 GM(1, 1)的整车厂零件需求预测.....	30
3.2.3 各供应商信誉评价模型.....	31
3.3 循环取货运输规划模型.....	32
3.3.1 循环取货运输规划问题分析.....	32
3.3.2 循环取货路线选择模型.....	34

3.3.3 基于提高满载率的车辆规格选择模型	42
第四章 循环取货过程中的应急方案	44
——技术资源利用最优.....	44
4.1 异常情况分类及处理情况	44
4.1.1 异常状况分类.....	44
4.1.2 目前异常状况的处理情况.....	44
4.2 目前应急处理作业存在的问题	45
4.2.1 物流信息系统整体模型及功能模块.....	46
4.2.2 应急物流信息系统设计背景.....	48
4.2.3 应急物流信息系统建设中若干问题及技术.....	51
4.3 应急流程优化后的成果	53
4.3.1 优化后的流程图.....	54
4.3.2 优化后的应急具体流程.....	54
4.3.3 效果评价.....	55
第五章 基于层次分析法的循环取货绩效考核体系	56
——综合资源利用最优.....	56
5.1 现代汽车物流企业绩效评价体系的基本要素	56
5.2 现代汽车物流企业绩效评价体系的设计要求	57
5.3 构建基于层次分析法的循环取货绩效评价体系	57
5.3.1 层次分析法的相关定义.....	57
5.3.2 层次分析法的一般步骤:.....	58
5.3.3 循环取货关键绩效指标的具体指标内容.....	59
5.3.4 判断矩阵的构造.....	61
5.3.5 层次分析模型计算.....	62
5.3.6 结果分析.....	64
5.4 方案总结	64
结束语.....	66
参考文献.....	68
附录 1 路线选择测试数据.....	70

附录 2 遗传算法 Matlab 程序	71
附录 3 路线选择软件源代码.....	77
附录 4 D1 对 C 判断矩阵	81
附录 5 D2 对 C 判断矩阵	82

前言

随着改革开放后的经济腾飞，物流业的发达程度已成为衡量我国现代化程度和经济发展效率的重要标志。现在经济全球化进程不断加快，而我国的物流发展较晚，先进程度低，较国外发达国家的行业水平仍有不小的差距，迫切需要将视野迈出国门，与国际接轨。

安吉汽车物流有限公司作为全球业务规模最大的汽车物流服务供应商，下属业务包括整车物流、零部件物流、口岸物流等三大业务模块，经过二十年的发展历程，在业内一直处于领先地位。但是，公司的业务和实力在不断提升和壮大的过程中也暴露了不少的问题，尤其是零部件入厂物流，在这最具专业性、复杂性的模块中，物流成本总是高居不下。物流是第三利润源泉，各类市场主体对降低成本的目标一直保持着热情的态度，如何设计出更低成本的物流运作模式成为企业日益关注的话题。

面对众多国内外物流企业的竞争，安吉集团作为一个处于行业领先地位的第三方物流服务供应商，需要不断为客户设计个性化的物流服务，减少一切不必要的浪费，降低其运作成本，只有这样才能提高市场竞争力，树立业内口碑。

本方案通过研究安吉集团入厂物流问题，对其取货路线设计、异常情况处理流程、应急物流信息系统等进行了分析和优化，强调了方案的实用性及针对性，对其中存在的问题提出解决方法 and 处理意见，希望能够为安吉汽车物流公司的发展提供一些思路或建议。

第一章 绪论

1.1 方案背景

1.1.1 汽车物流行业背景

近年来,随着经济的持续发展和人民生活水平的日益提高,我国的汽车产业进入到大幅增长的黄金时期。2009年,我国汽车的产销分别为1379.10万辆和1364.48万辆。同2008年相比,增长了46.11%和45.4%。2010年,我国的汽车产量高达1826.47万辆,销售量为1806.19万辆,刷新了全球汽车产销记录,较上年增长了37%,到了2011年,产销量共超过3692.4万辆。作为汽车产业支撑的汽车物流行业,汽车消费市场的高速发展也为汽车物流行业提供了广阔的市场需求空间。



图 1-1 我国汽车需求市场年增长率

随着我国汽车的产销量不断攀高,加上汽车第三方物流的发展迅速,我国兴起了一批专业化汽车第三方物流公司,中国也由原来单一的整车物流,发展形成

了以整车物流为主、向零部件入厂物流、零部件售后物流以及进口物流方面延伸的竞争新格局。而近年来，国际经济局势的波诡云谲、国内汽车需求市场增长趋势放缓、物流业相关政策的花样翻新等，均给汽车物流行业带来了新的情况、新的问题。下面将介绍汽车物流行业的相关情况。

(1) 汽车物流行业概念

汽车物流是指汽车供应链上原材料、零部件、整车以及售后配件在各环节之间的实体流动过程。广义上的汽车物流还包括废旧汽车的回收环节。汽车物流在汽车产业链中起到桥梁和纽带的作用，不仅是实现汽车产业价值流顺畅流动的根本保障，还是物流领域的重要组成部分，具有与其他物流种类不同的特点是汽车物流一种专业性、复杂性程度极高的物流活动。

(2) 汽车物流行业特点

专业化、规模化和社会化：汽车销售的特殊性决定了汽车物流的专业性，不是一般的物流企业可以承受的，加上高额的商品成本和运输成本，没有一定的规模是不可能承接其业务的。随着汽车商品经济的发展，汽车物流业相应的呈现出一定的社会化特点。

技术复杂性	保证汽车生产所需零部件按时到达主机厂，以及整车和零部件的按时到达销售点，这样的复杂系统工程，使得汽车物流的技术复杂性居高。
服务专业性	汽车生产的技术复杂性决定了为其提供保障的物流服务必须具有高度专业性，需要专用的运输工具和工位器具，生产物流需要专业的零部件分类方法，售后物流业需要服务人员具备相应的汽车保管、维修专业知识。
高度资本性 技术密集性	汽车物流企业打出的“准时生产”、“零库存”和“零公里销售”这些特殊性要求决定了其资本、技术的高需求。

图 1-2 汽车物流行业特点

(3) 面临的机遇和挑战

① 中国汽车物流正式融入国际市场

中国加入 WTO 以来,许多贸易壁垒逐渐消除,使得国内与国际市场融合一起。为我国的汽车物流提供了更广大的平台;其次,也为我们带来了现金的物流理念、运作方式和物流技术,为我国汽车物流行业的发展注入了新鲜的血液。但是,凡事都有两面性,市场一体化的同时也带来了诸多挑战:第一,对比于国外标准化的汽车物流体制下,我国的汽车物流体系还相对落后。尤其是对比于 UPS、联邦快递这些大企业,无论在技术方面、信息方面、管理方面还是服务方面等,我国的汽车物流企业还存在着很大的不足。第二,在倡导绿色低碳的大背景下,我国的许多汽车物流企业面临着绿色贸易壁垒的挑战,低效率、高排放、高污染等因素成了企业发展道路上的重重障碍,制约着企业的发展。对此,在物流过程中减少物流活动对环境造成的危害,进而减少对大气的污染,减缓生态恶化,成为了企业走节能环保之路的目标。

② 汽车行业发展迅速,市场需求增大

踏入 21 世纪以来,国内外的汽车行业发展迅速,伴随着汽车需求数量的增长,汽车物流市场也孕育着越来越多的商机。我国汽车的产量由 2000 年的 200 万辆到 2010 年 1826 万,十年总增长率达 783.1%,同比世界产量,2000 年为 5000 万辆到 2010 年 8000 万辆。尽管世界总产量的增长速度不大,但是从增长的数量看,汽车行业还是处于一个发展期,其行业前景仍比较乐观。市场需求量大了,但是相应的竞争也大了。经济一体化的趋势,使得国外的部分汽车物流企业加快了进入中国汽车物流市场的步伐。优化自身体制,提高本企业的综合竞争力,在日益增长的市场中占有一定份额,在日益激烈的竞争中稳住脚步,是当前汽车物流企业的重要目标。

③ 汽车物流体制标准化不明显,成本过高

体制标准化不明显,这个问题主要是因为我国的汽车物流起步晚,相应的政策也相对滞后。而在经济快速发展的进程中,企业只能是在规模上不断扩大来满足需求,而不是在体制上优化来提升企业。久而久之,各种成本问题、效率问题等在经济放缓的时候便会慢慢凸显。首先,调度路线错综复杂,车辆运力资源利

用率低,就目前而言,仍有很多企业的运输车存在单向载货运输,导致返回运力资源利用率极低,运力资源浪费。因此,如何提高车辆的满载率成了企业最头疼的问题;其次,库存储蓄天数长,储存成本高,资源浪费。就目前而言,我国汽车零部件库存为 7-12 天,而日本等国外国家仅为 1-2 天。因此,优化供应配送信息管理和调控,也成为我国汽车物流优化方案的目标之一。

④ 服务质量的提高需求:

伴随着日益增长的汽车行业,汽车物流企业要为客户提供的服务也越来越多。这其中不仅包括整车和零部件的运输,还包括供应链策划、运输网络管理、零部件服务物流、技术解决等优质方案。而客户在选择第三物流方企业时,也会着重看物流企业的专业化经验、服务能力、服务质量、品牌商誉等。这意味着,汽车物流行业在扩大业务、扩大规模的同时,还必须兼顾好自身的服务质量。但是,服务质量的提高,也就意味着成本的增加,这与减低物流成本的大趋势又有着矛盾。因此,如何在降低成本和优化服务质量之间找到一个平衡点,成了企业追寻的目标之一。

1.1.2 汽车零部件入厂物流简介

从企业系统活动结构上分类,企业系统活动的基本结构是投入→转换→产出,物流活动伴随着该结构模式运行,是渗透到各项经营活动之中的活动。对于汽车制造企业而言,相对于投入的就是入厂物流(即生产物流);相对于转换的就是企业内储存搬运输送物流(即生产物流);相对于产出的就是销售物流(即整车和备件的储存及运输物流)。

随着汽车产业的迅速发展,零部件入厂的效率和成本问题日益引起关注。零部件入厂规划得当不仅可以降低物流成本、提高供应链的敏捷度,更重要的是可以大幅度地缩短产品生命周期、提高市场的反映效率的和柔性,因而它是汽车制造企业增强供应链竞争能力的重要环节。在整个结构中,整车厂处于供应链的主导位置,它根据对市场的预测,制定出自己的产品计划,再根据既定的生产计划进行采购和供应,并与供应商进行信息共享、互相支持。

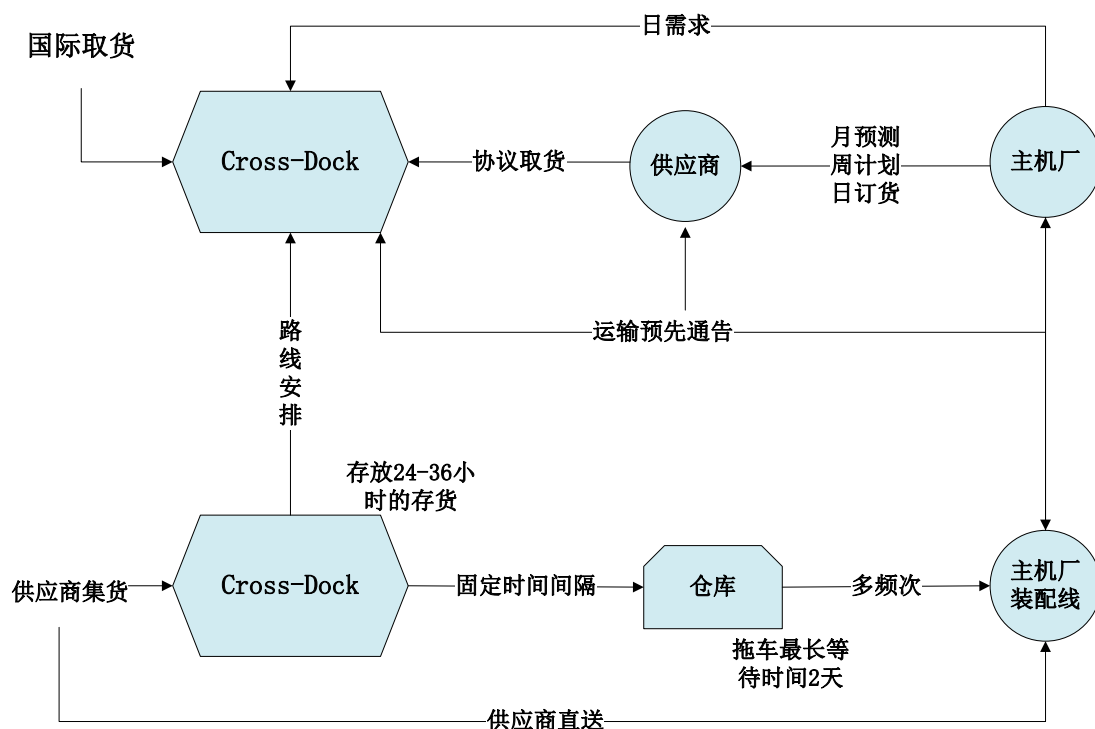


图 1-3 汽车企业入厂物流的一般运作模式

从全球各大汽车厂商的实践中，大致可以总结出以下 4 种零部件的入厂物流运作模式。

(1) 供应商直接送货模式 (Direct Shipping): 各个零部件供应商分别根据汽车厂的订单需求把零部件送到装配厂,这是最畅通,也是最简单的供应模式。直送的主要优势在于无需中间仓库,操作和协调上简单易行,如果某个供应商每次的最佳供货量恰好与卡车的最大装载量相接近,那么直送是行之有效的。但对于小批量的供应商,如果为了充分利用卡车进行大批量运送,必会导致库存水平的提高,相反,如果使用非满载运输,将会导致运输费用的大幅上升,而且,供应商的单独直接送货将导致很高的接收成本。

(2) 通过配送中心的取货模式 (Cross Docking): 这种模式是先将来自大量供应商的零部件集中到一个配送中心,在配送中心进行拆包装,重组合,然后再向主机厂供货。如图 1-4 所示,供应商到配送中心有直送和循环取货两种方式。在这一运输体系中,配送中心是供应商和主机厂之间的中间环节,发挥两种不同的作用:一是进行暂时的零部件保管;另一方面又起着转运点的作用。当供应商与主机厂之间的距离比较远时,运费占取货成本的大部分,配送中心可以使

供应链获得了规模经济效益。一般这种集货工作是由外包的第三方物流公司来完成的。其优点是可以更好地控制工厂零部件的内向物流，大大减少取货车辆在工厂门外的拥堵。以下是通过配送中心的取货模式示意图：

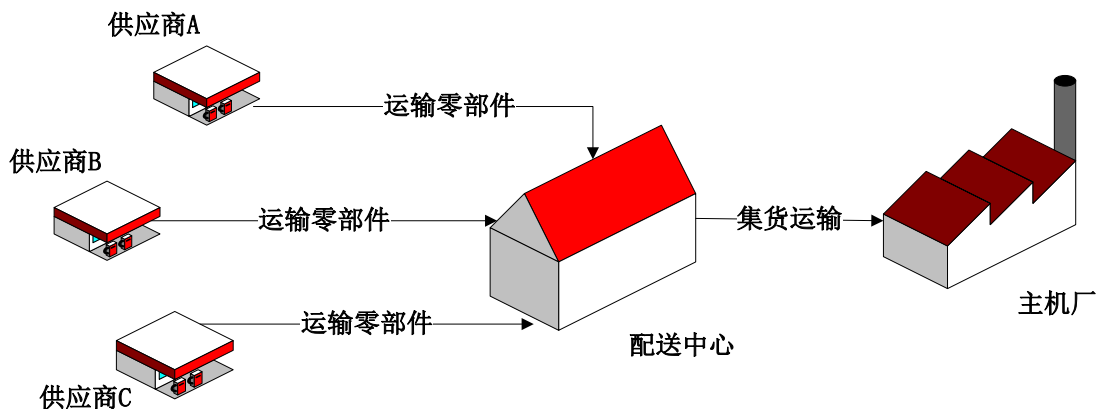


图 1-4 通过配送中心的取货模式

目前绝大多数企业主要采用以下两种入厂物流运作模式：

(3) 供应商园区(Supplier park)：这种模式是在汽车主机厂附近建立供应商园区，主要的汽车零部件供应商集中在园区内，根据主机厂的生产计划安排，在很短的时间内将自己的零配件或者组装好的组装件，送到装配线上的需求点。按照方便运输的原则，根据零部件的体积和重量，由远及近，顺序排列，最近的运输距离甚至只有几十米，零部件不需要包装，不需要装车，每天利用长长的小拖车就将货送到了主机厂的流水线上，即用即送，即送即用，而且主机厂也不需要库存。供应商园区直接取货模式的特点如下：

① 小批量即时性取货

由于采取直接取货的物流系统，零部件运输不受外界因素，例如堵车等客观条件影响，而且零部件供应商就在主机厂的旁边，因此，可以做到主机厂需要什么样的零部件，什么时候要这些零部件，都可以马上送到，特点是多频次、小批量、定时但定量的取货模式。

② 柔性的生产控制

供应商园区直接取货的物流的取货方式，能更适应柔性的生产。供应商园区的供应商往往在主机厂约 2 公里范围内，如果主机厂发生生产异常，能马上对应。

如果生产线停止了运作，取货也可以马上停止，这样，就不需要把零部件积压在主机厂的工厂区内，避免存放混乱。

③ 与生产节拍一致的运输时间

供应商园区直接取货的入厂物流模式，与生产节拍有着密切的关系。由于是按生产节拍把零部件送上生产线，因此，运输的时间要和生产节拍配合，如果运输时间过长，会导致零部件不能及时供上，生产线停线。

④ 简单高效的物流环节

传统的零部件入厂物流模式，在零部件到达主机厂后需要把零部件运送到零部件存放区存储（仓库），作为安全库存，待生产需要时由操作人员根据提取指示到库存区域把零部件提取再运送到生产线旁，在这个过程中，操作人员需要进行确认操作。而通过直接物流模式操作，将减少中间环节，零部件能直接运送到生产线边。

（4）通过循环路线的直接取货（Milk-run）：循环取货路线是一辆卡车从多个供应商处取零部件送至装配厂时所经过的路线。选择了这种取货模式，供应链管理就必须对每条取货路线进行规划。如果有规律地进行经常性、小批量的取货，且供应商之间的空间距离比较地接近，循环取货可以更充分地利用卡车，从而使运输成本大大降低。循环取货在许多国际著名的企业中得到了成功的应用，比如丰田公司位于肯德基州的装配厂就采用循环取货方式从多个供应商处提取零部件。循环取货模式的特点如下：

① 多对一的运作特点

循环取货模式在汽车零部件采购物流中被广泛应用，其原因是汽车生产企业的零部件供应商普遍很多，目前，整体的零部件数量基本保持在3万个左右，包括细小的螺丝钉在内。由零部件供应商直接送货到主机厂，将会影响主机厂的生产计划，而且交接零部件作业繁复，造成资源浪费，因此按生产需求设计循环取货的路线和方案，将可以提高装载率和运输效率。

② 多频率小批量定时性取货

循环取货模式是一个优化的物流系统网络，特点是多频次、小批量、定时定量的取货模式。首先运输需要从多个供应商处提取多品种、小批量的零部件，一

天可能需要到同一个供应商取几次货物，每次的货量都是定量的，每天的取货时间也是根据物流计划执行，这样可保持整体较低的库存，最大程度实现 JIT 供应。

③ 有严格的窗口时间与线路

循环取货模式对取货到货的时间要求得很高，它以严格的窗口时间和行使路线的设定闭环运输，使其在运输总公里数最短，运输装载率最高。

④ 柔性的生产控制

循环取货避免了企业仓库建设、物料搬运设备、人工等方面的投资，又能及时满足客户需求，生产发生异常的时候，可以灵活对应。

1.1.3 安吉物流现状

(1) 安吉汽车物流有限公司概况

安吉汽车物流有限公司（以下简称“安吉”或“安吉物流”）成立于 2000 年 8 月，是上汽集团旗下的全资子公司。安吉物流是全球业务规模最大的汽车物流服务供应商，共有员工 17,000 人，拥有船务、铁路、公路等 10 家专业化的轿车运输公司以及 50 家仓库配送中心，仓库总面积超过 440 万平方米，年运输和吞吐量超过 570 万辆商品车，并且全部实现联网运营。公司以“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、透明化以及可靠的独特解决方案的物流供应链服务。

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，下属业务包括整车物流、零部件物流、口岸物流等三大业务板块。

本方案研究的是汽车生产企业零部件入厂物流问题，主要是循环取货路线设计、规划模型、应急系统优化以及绩效考核等。

(2) 安吉物流公司零部件入厂物流现状

随着整车模块的发展日渐成熟，整车销售利润逐渐摊薄，整车物流的利润空间也越来越小，而由于汽车零部件物流领域几乎没有成气候的竞争对手，其利润空间较大。于是，从 2003 年下半年开始，安吉决定逐渐将业务拓展到汽车零部

件物流领域，转型为一体化的汽车物流服务商。

零部件入厂物流是汽车物流中最复杂、最有技术含量的组成部分，一般由汽车企业自营，外包给第三方物流商在国内也渐成趋势。目前，安吉已经向客户提供了零部件集货、入厂运输、库存管理、生产线配送、CKD 国内运输等多方面的服务。根据零部件的特点，安吉量身定做，对不同零部件厂家采取不同的送货模式，包括：整车满载、轮流取货（Milk-Run）、生产线直送等，其目标是提高直接供货操作模式，优化网络降低成本。

其中 Milk-Run 运输模式可大幅减少车辆数及驾驶员数，适用于布局较为分散的供应商以及小批量多批次的运输，能更高效地组织入厂运输，具有减少工厂收货区卸货车辆的优势。安吉已为主要客户上海大众、上海通用入厂物流取货业务提供了 Milk-Run 优化服务。

以下分别是传统的入厂物流模式和循环取货方式下的入厂物流模式的示意图：

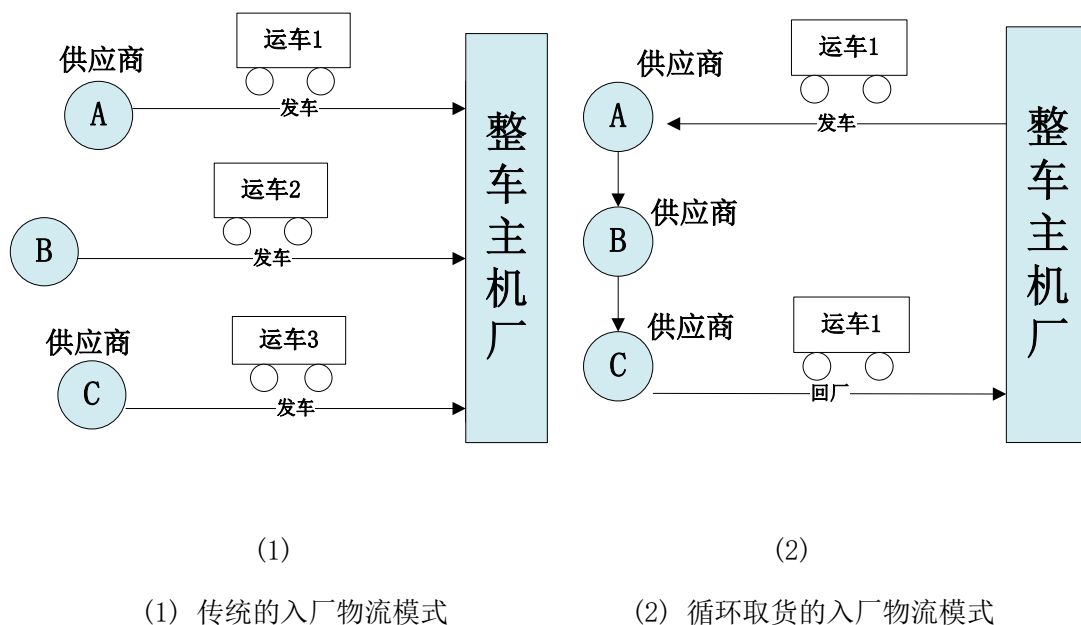


图 1-5 入厂物流模式示意图

(3) 安吉零部件入厂物流系统的建设成果

信息系统的应用是汽车物流现代化的重要特征。安吉物流公司长期以来一直对物流信息系统的建设极为重视，每年都投入大量资金进行研发，现已经开发并

投入使用的具有自主知识产权的系统有整车运输、仓储管理系统（WMS）、GPS 系统、3D 轿运车配载演示系统、零部件入厂运输管理系统（TMS）、售后仓储管理系统（WMS）等，对提升企业整体物流能力起到重要作用。

针对零部件入厂物流发展的必要性、长远性，安吉提出了一整套针对上海大众业务的供应链管理理念，并希望结合信息化手段来解决入厂物流的管理问题。而安吉对自身情况把物流信息系统的管理范围做出了界定，如下所示：

1. 一套系统专门负责管理好集装箱堆场、物流中心仓库、排序库、生产线线旁库等多种作业模式或类型的仓库；
2. 确保零件按时准确的配送到生产线；
3. 增强批次化管理意识，满足国家汽车召回制度的要求；
4. 信息化管理零件存放信息，保证最大化的利用仓库，并全面的管理库存；
5. 对库存过低过高进行安全预警，为客户提供更好的客户体验；
6. 规范仓库标准作业流程，以系统辅助管理和控制仓库作业的各个控制点；
7. 提供人员绩效的考核依据，解决人员过剩的问题。

目前安吉已将物流信息系统的建设作业外包给唯智(vTradEx)信息技术有限公司。其中唯智公司与安吉公司商定后，以途安车型为首次实施基础，实现相关仓库的系统功能上线。仓库包括：集装箱堆场，物流中心仓库，生产线线旁库。经过一个月，多个相关仓库同时实施，系统顺利完成实施，并得以应用。

根据安吉的业务拓展需求（汽车零部件物流），唯智公司的 ELOG WMS 仓库管理系统经过客户化在汽车入厂物流得以应用，使生产企业合作方能通过安吉的 IT 系统监控物流运作的全过程，安吉能根据实际需要优化生产企业的零配件仓库布局，精简人员。目前，生产企业以前采用的全手工管理零配件的模式逐步被可实时监控所有零配件状态的 IT 系统所替代。通过入厂物流信息系统的实施，实现了生产企业与汽车第三方物流商“双赢”局面，为企业的未来发展提供了更有利的基础。

随着唯智公司入厂物流信息系统的成功上线，实现了中国汽车零部件入厂物流信息系统(仓储类)零的突破，也打破了这类软件只能从国外采购的窘境。

1.2 方案设计思路

本方案基本研究思路如下：



图 1-6 方案研究思路

方案的基本特点是针对安吉物流公司入厂物流问题进行分析,对其中提出的问题,分别从取货路线设计、应急物流信息系统建设和综合评价体系几个方面进行了探讨,对其解决方法展开研究,提出有关设想、思考相应对策、建立数学模型,旨在解决安吉物流公司的循环取货问题,满足安吉稳定发展的需要。

小组紧紧围绕着安吉物流公司循环取货模式这一核心进行优化设计,注重多学科理论与方法的交叉应用,同时还吸收了大量相关论文,强调操作层面,以明确设计方案的目标、确保得出较为实用、可操作性强的方案设计。

1.3 方案目标

本方案以研究循环取货模式为核心,通过对循环取货路线的设计、循环取货的应急流程优化以及对循环取货系统进行绩效考核达到以下三个目标:

1. 循环取货路线设计。该部分是一个较为复杂的决策问题,需同时把定性和定量方法结合起来,因此我们基于企业案例中提供的事实和数据,在做出了一定假设的基础上建立相关的使用模型,设计出优化决策系统,实现计算机分析计算,求解出最优路线以及车辆装载方案,实现资源利用的最大化。

2. 循环取货应急物流信息系统建设。该部分主要是提出有关信息系统的设想, 在成本可控的基础上, 通过搭建应急物流信息系统、优化异常情况处理流程, 实现作业全过程的可视化, 实现计算机分析得出结果辅助人员决策等, 有助于精确时点绩效, 提高应急反应速度, 提高决策的科学性。

3. 循环取货绩效评价体系。该部分是由于现实中无法给优化方案做对比, 因此需要对循环取货系统优化结果建立一个科学、客观的评价体系, 对方案进行综合评价, 具体优化到了什么程度, 达到了什么标准等。

第二章 方案设计主要理论基础

理论基础是整个方案内容的支撑。在本章中，按照方案的设计思路，将从第三章的循环取货路线优化运用到的相关理论基础到第四章应急方案设计中用到的相关理论，再到第五章循环取货系统绩效评价所运用的相关理论进行展开简单介绍。



图 2-1 理论基础支撑方案内容

2.1 循环取货路线优化的相关理论基础

2.1.1 循环取货概述

循环取货（MILK RUN），又称为“牛奶取货”，最早起源于牛奶公司每天清晨挨家挨户在牧场收购牛奶。是一种制造商用同一运输车辆从多个供应商处装载零配件模式。其核心是：事先设计好行驶路线，在交接时同时“交满取空”，而且是“一一对应”。具体运作方式是在固定的时刻，卡车从整车厂出发，到各个特定供应商处，依照特定的线路，装载特定的货量。这样既提高了运输车辆的装载率，又能使物料得到及时供给，同时供给量较少的供货商不必等到零部件积满

一卡车再发运，在最大程度上实现 JIT 供给，图 2-2 为循环取货入场物流的模式：

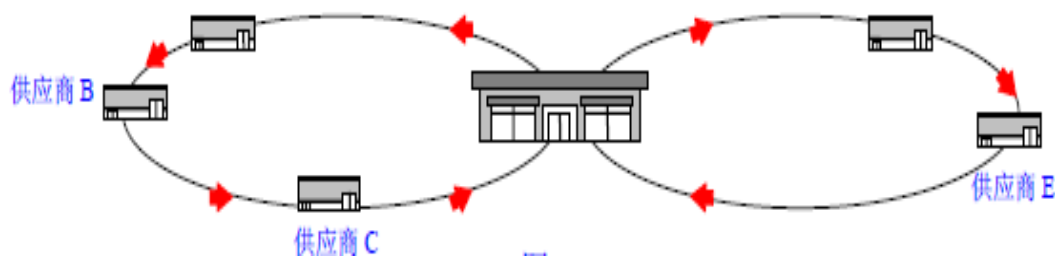


图2-2 循环取货的入厂物流模式

循环取货是一个典型的“及时”（Just-in-time，简称 JIT）物流网络运输系统。循环取货的基本特点在于“多频次、小批量、定时性”，是指物料在买方和卖方之间小批量高批次地移动。

国内最早是汽车制造业（东风、上海通用）使用的一种物料集货模式，这种模式不是由供应商自己将配件运送到客户工厂那里，而是由签定合同的物流公司根据客户工厂的物料需求计划，按最优的集货运输方案到供应商处取货，再集中送到客户工厂。

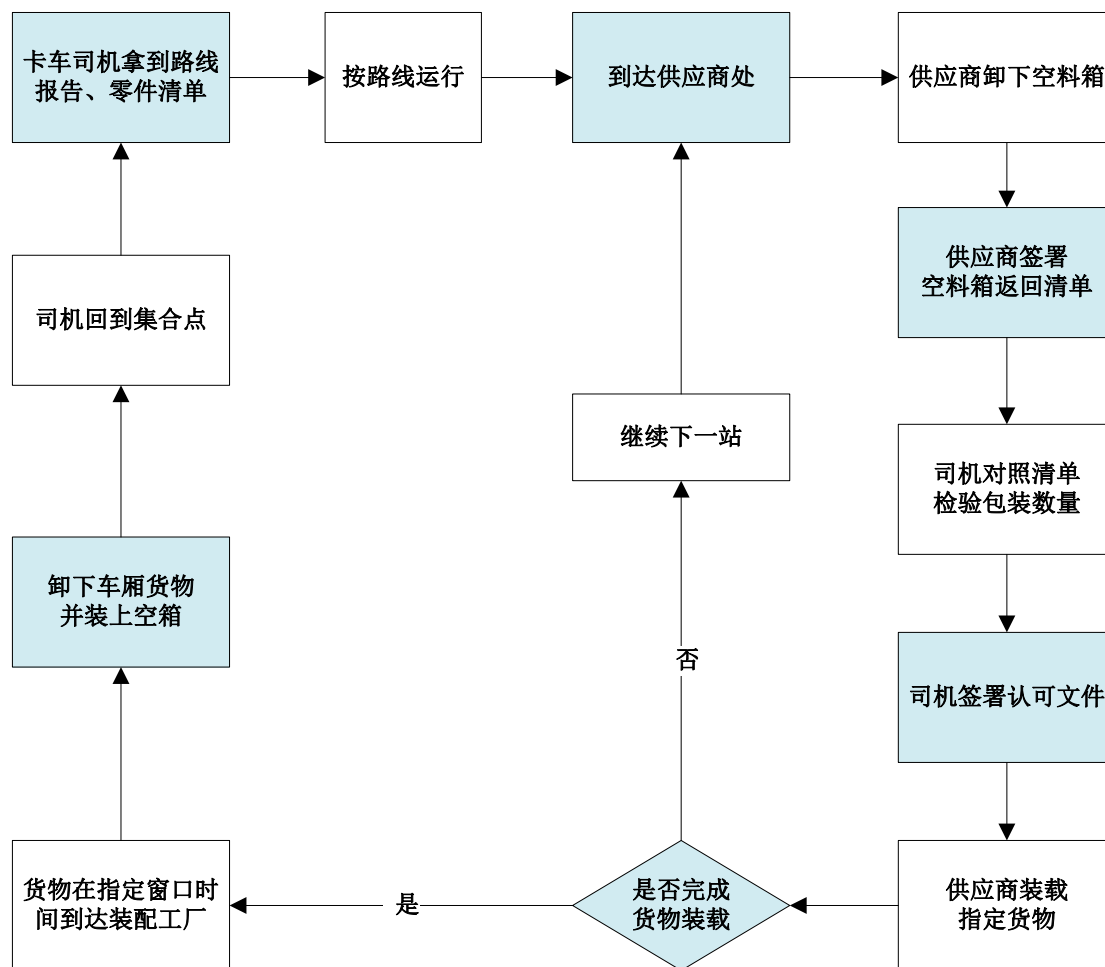


图 2-3 循环取货流程图

(1) 循环取货的优点在于：

- ①能够优化运输网络，实现 JIT 配送，保证生产能连续顺利进行。
- ②提高运输效率和装载率，使返回空车的数量和行驶距离大大减少，能有效降低供应商送货成本，提高物料供应的敏捷性和柔韧性。特别是当整车厂把入场取货委托给专业的第三方物流运作，在相同的产量下，运输成本将大大下降。
- ③由于小批量、高频次的取货实施，在循环取货的运输频次与供应商自运的运输频次相同的情况下，有利于控制料箱、料架的数量，减少料箱料架的投入量，从而降低成本。因为运输的频率增加了，许多零部件不需要进入仓库，保持了较快的周转速度和很低或接近于“零”的库存。

(2) 循环取货的缺点在于：

- ①由于循环取货基于 JIT 供应的一种物流方法，因此对时间的要求非常严格，如果不能实现准确的到货时间，就可能对整个生产造成影响。

②循环取货的协调复杂性大,对各个环节都有特殊的要求,要是无法同时达到循环取货的预期效果,反而可能会导致缺料停产等情况出现。

③循环取货要求按照一定的路线进行取货,才能达到良好的效果,如果路线变得复杂,则实施循环取货的难度会越来越大。

本方案中的第三章通过分析目前安吉物流公司的循环取货模式中存在的问题——循环取货的路线问题,随着安吉公司业务量的不断增长,供应商也随之增加,线路也越来越多。对于越来越多的线路,安吉应如何选择最合适的循环取货路线,即 VRP 问题。对于 VRP 问题运用整数规划模型建立循环取货线路选择模型通过遗传算法进行求解,并在优化循环取货路线后,进一步分析整机厂零部件的需求预测,在灰色预测理论上建立模型。

2.1.2 循环取货线路选择模型

(1) 车辆路线安排问题 (VRP) 问题概述

车辆路线安排问题最早由 Dnatis 和 Ramser 在 1959 年提出,它是指一定数量的客户,各自有不同数量的货物需求,配送中心向客户提供货物,由一个车队负责分送货物,组织适当的行车路线,目标是使得客户的需求得到满足,并能在一定的约束下,达到诸如路程最短、成本最小、耗费时间最少等目的。其应用背景在物流领域处处可见,比如零售业的门店配送、邮政快递行业的快件投取等等,对于从事这些业务的企业来说,合理解决车辆路线安排问题是企业面临的最基本的管理运作问题。物流车辆路线问题可以直观描述为:在一个存在供求关系的系统中,有若干台车辆、若干个物流中心和客户,要求合理安排车辆的行车路线和出行时间,从而在给定的条件下,把客户需求的货物从物流中心送到客户处,或(并)把客户供应的货物从客户处取到物流中心,在这过程中追求成本的最小化。也可以利用网络模型对 V 即进行如下描述:设 $G = (V, E, A)$ 是一个连通的混合网络, V 是顶点集(表示物流中心、客户、停车场等), E 和 A 分别为无向的边集和有向的弧集, E 中的边和 A 中的弧均被赋权(可以表示配送的距离、时间或费用), V' , E' , A' 分别为 V , E , A 的子集,求满足约束条件(包括客户的货物需求或供应数量约束、需求或供应时间约束、配送车辆一次配送的最大行驶距离约束、车辆

的最大载重量约束等)并包含 V' , E' , A' 的一些巡回路线,使目标函数取得优化,目标函数可以取路线总里程最短、车辆总吨位公里数最少、运输总费用最低、运输总时间最少、使用的车辆数最少、车辆的满载率最高等。

构成物流车辆路线问题主要要素包括:货物、车辆、物流中心、客户、运输网络、约束条件和目标函数等。物流车辆问题主要要素示意图如下所示:



(2) 整数规划模型

整数规划模型 (Integer Programming, 简记 IP) 是一类要求变量为整数的规划模型。自从高莫瑞 (R.E.Gomory) 在 1958 年提出割平面法以后, 整数规划才逐步成为一个独立的理论分支。将目标函数为线性函数, 约束条件均为线性等式或不等式的整数规划模型称为整数线性规划模型 (ILP), 否则称为整数非线性规划模型 (INLP) 两类。若要求全部变量都取整数值, 则称为纯整数规划模型 (Pure IP) 或全整数规划模型 (All IP); 若只要求一部分变量取整数值, 则称为混合整数规划模型 (Mixed IP); 若要求全部或部分变量只取 0 或 1 值, 则称为 0-1 规划。

(3) 遗传算法

遗传算法 (Genetic Algorithms) 是上世纪 60 年代由 Holland 教授和他的学生建立和发展起来的一种优化算法, 它是一种基于达尔文进化论思想的全局最优化算

法,其实质是在问题求解过程中,模仿自然界生物进化过程,以被索空间中的每一个点表示每一个生物个体,从任一代初始群体出发,通过随机选择、交叉、变异等过程,使群体进化到搜索空间中越来越理想的区域。遗传算法的优越性主要表现在搜索过程中不易陷入局部最优,即使在所定义的适应度函数不连续的情况下,也能以极大的概率找到最优解。

J.Lwarence 最早将遗传算法应用于 VRP 的研究,在此后的近十年里许多研究者都对利用遗传算法求解 VRP 进行了深入的研究,并对传统的遗传算法进行了改进,取得了很好的效果。如将模拟退火技术与遗传算法相结合、将局部搜索技术与遗传算法相结合等等。

(4) 灰色预测理论

灰色理论认为系统的行为现象尽管是朦胧的,数据是复杂的,但它毕竟是有秩序的,是有整体功能的。灰数的生成,就是从杂乱中寻找出规律。同时,灰色理论建立的是生成数据模型,不是原始数据模型,因此,灰色预测的数据是通过生成数据的 GM(1, 1)模型所得到的预测值的逆处理结果。

2.2 循环取货过程中应急方案的相关理论基础

循环取货过程中,总会有一些异常的运行流程出现,而面对这些异常流程,安吉有相应的应急方案,但这些应急方案目前还不够完善。若以物流信息系统为依托,进行应急方案的优化,则能够更大程度地在各种意外层出不穷的情况下保障生产的顺利进行。在第四章中首先提出应急物流信息系统的相关背景,并且根据应急物流的相关特点提出了应急物流信息系统的设计原则,应用相关技术(GPS、GIS、蚁群算法、TMS 运输管理系统)、数学模型,制成了在突发情况应急系统作出反应的机制下的流程图,最后总结提出了在应急物流信息系统这一模块领域中的所遇到的关键问题及解决方案。

2.2.1 物流信息系统(Logistics Information System)

由人员、计算机硬件、软件、网络通信设备及其它办公设备组成的人机交互

系统，其主要功能是进行物流信息的收集、存储、传输、加工整理、维护和输出，为物流管理者及其它组织管理人员提供战略、战术及运作决策的支持，以达到组织的战略竞优，提高物流运作的效率与效益。

物流系统包括运输系统、储存保管系统、装卸搬运、流通加工系统、物流信息系统等方面，其中物流信息系统是高层次的活动，是物流系统中最重要方面之一，涉及到运作体制、标准化、电子化及自动化等方面的问题。由于现代计算机及计算机网络的广泛应用，物流信息系统的发展有了一个坚实的基础，计算机技术、网络技术及相关的关系型数据库、条码技术、EDI 等技术的应用使得物流活动中的人工、重复劳动及错误发生率减少，效率增加，信息流转加速，使物流管理发生了巨大变化。

随着物流供应链管理的不断发展，各种物流信息的复杂化，各企业迫切要求物流信息化，而计算机网络技术的盛行又给物流信息化提供了技术上的支持。因此，物流信息系统就在企业中扎下了根，并且为企业带来了更高的效率。而企业正是基于以下背景才大力开发物流信息系统的。

2.2.2 应急物流系统中关键技术

广泛应用物流信息技术，结合 WEB 和数据库，应用 GIS、GPS 信息技术，并在子系统模块中应用 EDI 系统、EFT 系统、仓储管理系统 WMS、运输管理系统 TMS 等信息化系统技术。包括了以下四个方面，如图 2-5 所示：



图 2-5 应急物流系统建设中关键技术

2.3 循环取货绩效考核体系的相关理论基础

在第五章中，主要通过介绍绩效考核体系的要求、内容，而后通过运用 KPI 考核体系进行对整个优化后的循环取货模式进行评价考核。主要运用的方法是层次分析法。

2.3.1 KPI

KPI (Key Performance Indication) 即关键业绩指标，来自美国哈佛商学院教授罗伯·柯普朗(Robert S. Kaplan)和管理大师戴维·诺顿(David P. Norton)的“平衡计分卡”(Balanced Scorecard)体系，这两位管理大师自 1990 年研究、并推动这套管理方法与工具以来，协助许多企业度过危机，扭转乾坤反败为胜，并持续茁壮。

具体指的是通过对组织内部某一流程的输入端、输出端的关键参数进行设置、取样、计算、分析，衡量流程绩效的一种目标式量化管理指标，是把企业的战略目标分解为可运作的远景目标的工具，是企业绩效管理。是对企业运作过程中关键成功要素的提炼和归纳。每个 KRA (Key Result Areas, 关键结果领域) 涵

盖了几个 KPI。KRA 和 KPI 是把企业的战略目标分解为可操作的工作目标的工具，是企业绩效管理的基础，建立明确的切实可行的 KPI 体系是做好绩效管理的关键。以下是 KPI 设计的基本思路：

运用“鱼骨图”分析法，建立关键绩效指标体系，其主要流程有：

- 1.根据职责分工，确定哪些个体因素或组织因素与公司整体利益是相关的。
- 2.根据岗位,1%的标准，定义成功的关键因素。
- 3.确定关键绩效指标、绩效标准与实际因素的关系。
- 4.关键绩效指标的分解。

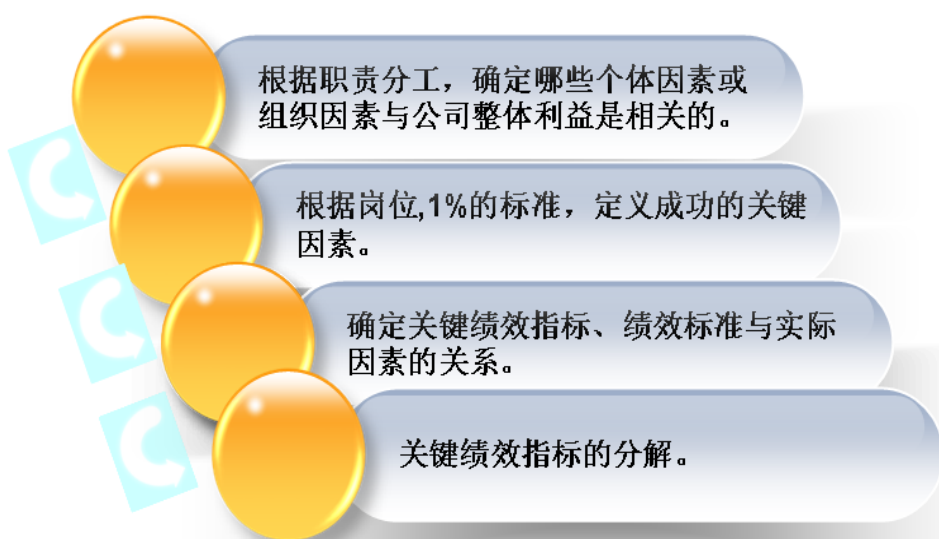


图 2-6 鱼骨分析法流程

2.3.2 层次分析法

层次分析法是指将一个复杂的多目标决策问题作为一个系统，将目标分解为多个目标或准则，进而分解为多指标（或准则、约束）的若干层次，通过定性指标模糊量化方法算出层次单排序（权数）和总排序，以作为目标（多指标）、多方案优化决策的系统方法。

层次分析法是将决策问题按总目标、各层子目标、评价准则直至具体的备选方案的顺序分解为不同的层次结构，然后用求解判断矩阵特征向量的办法，求得每一层次的各元素对上一层次某元素的优先权重，最后再加权和的方法递阶归并各备选方案对总目标的最终权重，最终权重最大者即为最优

方案。这里所谓“优先权重”是一种相对的量度，它表明各备选方案在某一特点的评价准则或子目标，标下优越程度的相对量度，以及各子目标对上一层目标而言重要程度的相对量度。层次分析法比较适合于具有分层交错评价指标的目标系统，而且目标值又难于定量描述的决策问题。其用法是构造判断矩阵，求出其最大特征值。及其所对应的特征向量 \mathbf{W} ，归一化后，即为某一层指标对于上一层某相关指标的相对重要性权值。

第三章 循环取货运输规划

——运输资源利用最优

随着汽车行业的飞速发展，安吉公司的业务量也在急剧地攀升。零部件的需求量也不断增长，供应商的数量也在增加。而面对规模越来越大的供应商，日益扩大的零件库存水平，安吉应如何规划 Milk-run 路线，使运输资源在种种复杂的限制下得到最充分的利用，成为当期亟需解决的问题。

3.1 循环取货运输问题说明

传统的路线选择仅从运输成本角度分析，但循环取货通过小批量、多频次运输来满足整机厂的零件消耗需求，在库存角度更加容易优化成本，因此必须将运输成本与库存成本有机地统一起来，才能达到循环取货模式的资源配置最优化目的。

循环取货的核心是：事先设计好行驶路线，在交接时同时“交满取空”，而且是“一一对应”。具体运作方式是在固定的时刻，卡车从整车厂出发，到各个特定供应商处，依照特定的线路，装载特定的货量。这样既提高了运输车辆的装载率，又能使物料得到及时供给，同时供给量较少的供货商不必等到零部件积满一卡车再发运，在最大程度上实现 JIT 供给。

循环取货典型的“及时”（Just-in-time，简称 JIT）物流网络运输系统。整个设计问题的最终目标是使零部件的正常运输成本、零部件运输过多可能造成的仓储成本和零部件运输过少可能造成的生产线停产成本三者之和达到最小，求得它的最优解。这类问题的研究核心是在零部件需求有较大波动时，如何通过加强运输网络的运能调控机制，使之在成本受控的前提下满足需求的波动。其实质是精益物流（Lean Logistics）所强调的是同步操作环境，循环时间压缩，全过程的可视性，精确时点绩效，过程的一致性和无缺陷。

循环取货运输计划主要涉及的问题有以下几个方面：

1. 整机厂对于零部件的需求有较大的波动，实际中需要考虑应对该问题的

方案。

2. 零部件循环运输的临时库存是循环取货模式的重要出发点，在循环取货模式下如何更高效地管理库存，降低库存水平是一个重要而有意义的问题。

3. 循环取货模式中的运输循环周期数和时间窗的长度决定了需要投入的最终运力，周期计算需要结合整机厂的具体零件消耗情况。

4. 为总货量确定需要的某种规格车辆的数目。

5. 在避免整机厂生产线停产的基础上，将零部件的运输成本、仓储成本之和最小作为运输路线规划目标，求得它的最优解。

6. 如何提高运输车辆的满载率。

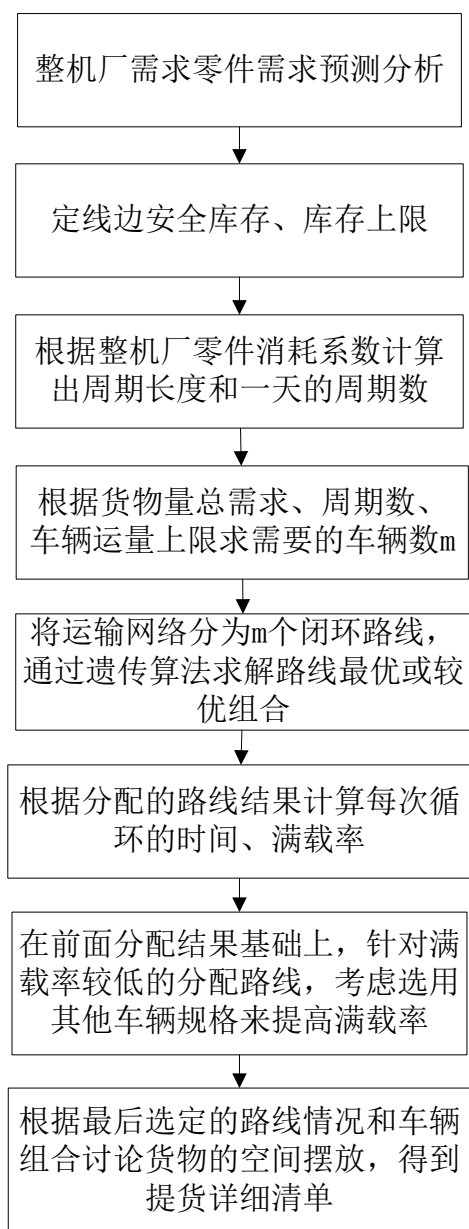


图 3-1 循环取货运输计划设计流程图

3.2 循环运输供求关系分析

3.2.1 循环运输供求关系概述

第三方物流企业在汽车零部件入厂物流中充当了沟通整车厂与各个供应商的桥梁，在供应链的两端，实际涉及了整机厂与供应商两种客户，关系图如下：

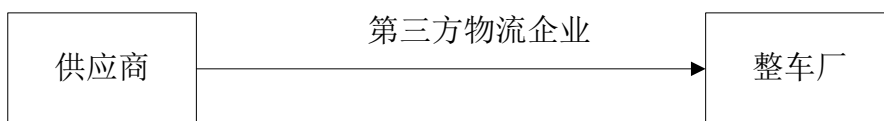


图 3-2 整机厂与供应商关系图

在这条供应链中，主要涉及的供求关系有两个方面：

1. 供应商生产力波动，导致无法及时完成整车厂需求的订单数量。
2. 整车厂根据实际的市场情况对生产计划的调整，导致对各供应商的零件需求发生改变。

这两方面问题直接导致了第三方物流企业业务计划的困难，一方面供应商无法及时出货可能导致原本安排的运力资源浪费，另一方面整车厂生产计划改变又会导致库存线边安全线位置需要变动以适应可能的生产波动情况，如果线边安全线不足于波动情况将导致主机厂生产停滞，因此从第三方物流企业的角度对供应商与整车厂的供求关系的预测与分析是编制物流运输计划的前提与保证，以下针对这两方面问题，提供定量化的分析方法，来为决策提供依据。

3.2.2 基于 GM(1,1)的整车厂零件需求预测

① 灰色数学研究的对象是“小样本”、“贫信息”的不确定信息，对数据及其分布的限制要求小，一般利用时间序列数据，通过 GM(1,1)模型进行预测。该方法不但预测精度高，而且可以进行长期预测，用累加生成拟合微分方程，符合能量系统的变化规律。

利用计算机模拟，产生一系列在[10, 11]之间波动的数据列，利用 GM(1,1)模型拟合数据，并且可以得到下一时刻的预测值，具体演示结果如下：

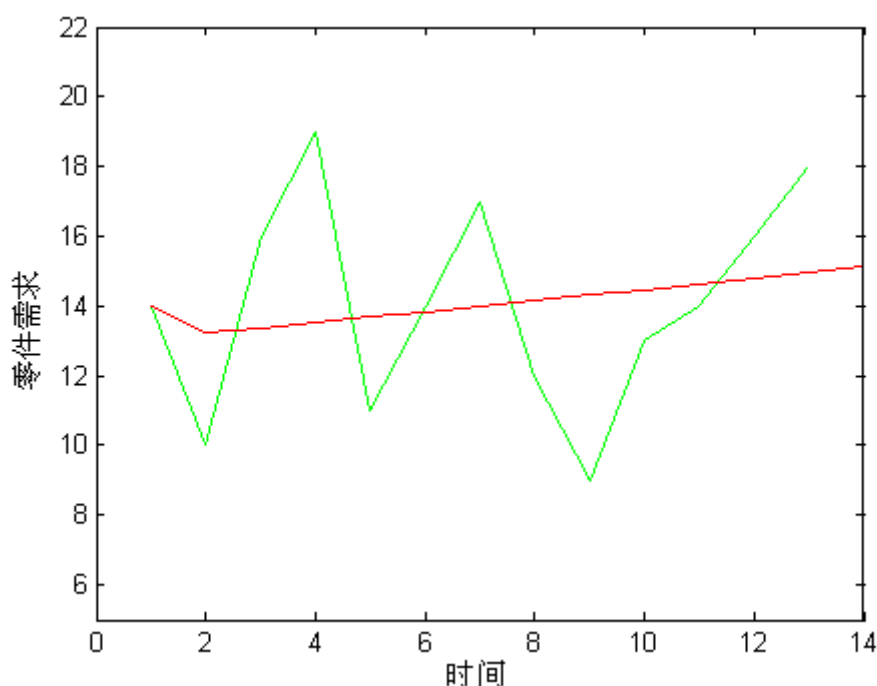


图 3-3 灰色预测演示图

② 根据灰色预测结合整机厂历史的需求量数据可以预测将来一段时间的零件需求情况，并且可以针对预测结果的波动程度提前拟定应对方案，实际预测结果中可能出现的情况如下：

1. 预测需求与前一时期的需求量存在较大波动，需要注意更改线边库存以适应可能发生的波动需求。
2. 预测需求与前一时期的需求量波动不大，则可以继续维持当前的安全库存线，但仍然需要实时跟踪整机厂的需求波动情况。

3.2.3 各供应商信誉评价模型

各供应商的生产状况决定了供货商的交货及时率，供应商的交货及时率实际反映了供应商的信誉情况，针对各供应商的信誉情况进行定量分析，有利于物流企业了解供应商可能给运输计划造成的损失概率，信誉等级低的供应商给运输计划造成损失的概率高，信誉等级高的供应商给运输计划造成损失的概率低，在实际的运输计划中，如果信誉等级低的供应商被分配到平均满载率较低水平的运输路线中，则认为属于资源浪费的计划，反之则认为资源的利用率较高。

供应商信誉等级 P 的计算模型：

$$P = \frac{H_l}{H_m}$$

其中 P 表示供应商的信誉等级, H_l 表示缺货量, H_m 表示该供供应商的零件总需求量。

不同信誉等级的供应商对于运输计划的影响:

1. 信誉等级低于 0.7 的供应商要求运输该供应商的车辆满载率不低于 90%, 以避免由于供应商无法及时出货, 导致车辆的运输空间过度浪费。
2. 信誉等级在 0.7 到 0.85 之间的供应商允许车辆满载率稍微低一些, 具体情况根据实际安排调整。
3. 信誉等级高于 0.85 的供应商可划入高信誉等级, 一般认为该供应商可根据整机厂需求及时交货, 因此在满载率方面没有定量要求, 依据实际计划而定。

3.3 循环取货运输规划模型

循环取货运输规划涉及的问题主要有: 循环取货库存规划、线路选择、车辆规格选择以及货物的空间摆放等部分的内容, 其中循环取货库存规划是在整机厂零件需求预测的基础上给出安全库存与最大库存量; 路线选择通过将所有供应商分配到各条不同的路径中, 利用遗传算法求解路线总和较优的组合得到合理的路径分配; 车辆规格选择补充了线路选择中车辆满载率较低的问题, 选择更加合适的车型来匹配选定的线路; 货物的空间摆放更加细化到货物规格对于满载率的影响, 得到更加合理的取货清单。所有部分都将通过数学模型, 从量化的角度提供了计算方法的计划编制流程, 以下针对各个部分做详细的说明。

3.3.1 循环取货运输规划问题分析

(1) 循环取货运输模式:

本模型叙述的循环取货模式将所有的供应商分配给不同的车辆, 且每辆车负责一个运输环, 根据所有车辆路线总和最短来安排车辆的具体运输路线。具体的运输示意图如下:

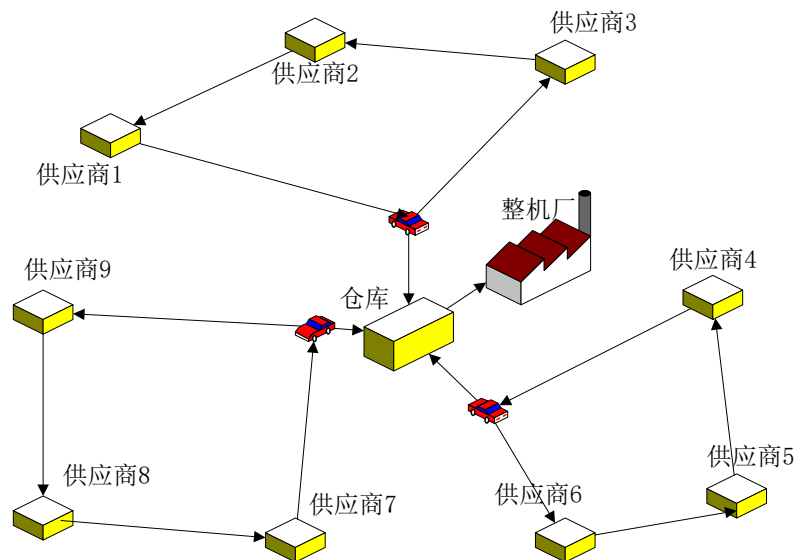


图 3-4 运输流程图

（2）循环取货库存分析：

假设整机厂的零件线性消耗，为了实现临时库存水平较低，必须采用多频次小批量的方法来规划整个循环取货运输过程，单点单次运输的库存情况与多频次循环运输的库存情况如下图：

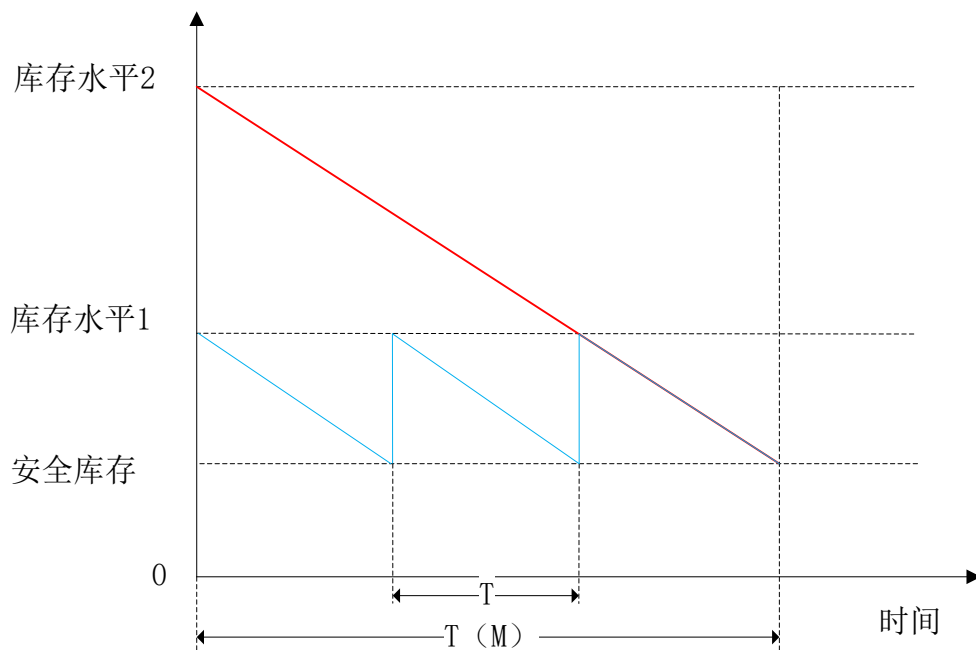


图 3-5 两种运输模式下库存示意图

红线表示单点单次运输的库存线，蓝线表示多频率循环取货的库存线。

主要需要考虑的问题有以下几个方面：

① 安全库存的设定是为了满足生产需求的波动，如完全零库或安全库存过低，可能无法完成生产需求，同时安全库存设定过高，则又会升高平均库存成本。

② 通过降低安全库存量，如上图将库存水平 2 降到库存水平 1，则库存成本降低，但相应的运输频率增加导致运输成本增加。

③ 时间 T 由整机厂零件的消耗系数 K 决定，更确切来说，由计算公式 $T=(\text{库存水平}-\text{安全库存})/B$ 可得 T 。

以下给出了运输周期 T 与循环运输频次的计算方法：

由问题分析可得一个周期允许的最大时间 T 的计算公式为：

$$T = \frac{(A_m - A_s)}{B}$$

其中 A_m 表示最大库存设定， A_s 表示安全库存

一天需要的平均频率 f 的计算公式为：

$$f = \frac{\sum_{i \in V} d_i}{\frac{1}{2} \times T \times (A_m - A_s)}$$

其中 k 表示整机厂平均每小时消耗零件的量。

其中 $T(M)$ 表示仓库每天的工作时长， T 表示一个运输周期允许的运输时间上限。

3.3.2 循环取货路线选择模型

路线选择最为循环运输规划中的重要环节与运输成本直接相关，以下建立带约束的线路规划模型，通过遗传算法求解较优线路组合，以求在线路成本上达到优化的目的。

(1) 路线选择模型思路：

① 根据所有供应商的需求量总和、一天需要循环的次数和车辆运输上限计算需要为运输分配的车辆数 m 。

② 计算 m 个闭环的运输路线，并使运输总成本最小。

③ 输出最小成本路径、每条路径车辆的循环次数、每辆车的满载情况。

(2) 模型假设

1. 装配线上零件使用过程为线性消耗
2. 各供应商根据运送车到达情况及时供货，不存在无法交货的情况
3. 运送过程不考虑突发情况的影响

(3) 模型建立

① 基于系统运行费用最小的路径规划模型

在需求可拆分的路径规划问题中，供应商的零件可以被分到多条不同的路径以求运输成本最低，但本模型为了提高决策的可操作性与可控制性，同时为了便于供应商及入库道口的管理，故不允许随意拆分需求量。

a) 符号说明

$V = \{i i = 0, 1, \dots, n\}$	供应商与整车装配厂的点集合， $i = 0$ 表示整合装配厂， $i > 0$ 表示供应商
$K = \{k k = 0, 1, \dots, m\}$	为m条路径集合
α	单位距离运输成本
β_i	供应商i的零件单位库存成本
c_{ij}	为供应商i到j的距离
Q_k	为路径k上车最大可容的货物体积
t_{ij}	供应商i到j的行驶时间
T	每条路径单次循环时间的最大允许值
f_k	路径k的取货频率
p_{ik}	一个车次到i处的单次取货量
x_{ijk}	表示路径k是否从i运到j
y_{ik}	表示i是否由k完成

$$\text{其中: } x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{路径k从i运行到j} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad \forall i, j \in V, \forall k \in K$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, & i \text{ 由路径k完成} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad \forall i \in V, \forall k \in K$$

b) 路线规划模型:

数学规划模型如下:

$$\begin{aligned}
\min Z &= \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in K} \alpha f_k c_{ij} x_{ijk} \\
s.t. \quad &\sum_{i \in V, i \neq 0} p_{ik} y_{ik} \leq Q_k \\
&\sum_{i \in V, i \neq 0} t_i y_{ik} + \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} t_{ij} x_{ijk} \leq T \\
&\sum_{i \in V, i \neq 0} \sum_{k \in K} p_{ik} y_{ik} \leq S \\
&\forall i, j \in V, \forall k \in K
\end{aligned}$$

c) 线路规划模型的求解算法设计

使用遗传算法求解以上组合最优问题。

采用遗传算法求解车辆优化调度问题时,一般按照以下步骤进行:

1.确定染色体的编码和初始群体

采用自然数对可行路线进行编码,如长度为 $1+m$ 的染色体可写为:

$$(1, i_{11}, i_{12}, \dots, i_{1s}, 1, i_{21}, \dots, i_{2t}, 1, \dots, 1, i_{m1}, \dots, i_{mn})$$

其中 i_{kj} 表示第 i_{kj} 项任务,这样的染色体结构可理解为 m 辆车从车场 1 出发,走完各自分配的线路后回到车场 1,在各路径内交换 i_{kj} 和 i_{nm} 的位置表示行走路径的改变,也使函数目标改变,这样,下面的遗传叠代可使函数目标或趋向于最佳或较佳的路径。

初始群体的产生采用随机方法,随机产生 1 个城市的全排列,根据任务的源点和汇点将 1 标准插入排列中,形成一条初始染色体"如此反复,直到满足群体数,群体数取 50 个。

2.确定适应度函数

模型 2 中目标函数为路径成本最小,考虑将约束条件中的时间约束作为惩罚因子加入目标函数中,得到目标函数为:

$$C = \min \left(\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in K} \alpha f_k c_{ij} x_{ijk} + M \times \max \left(\sum_{i \in V, i \neq 0} t_i y_{ik} + \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} t_{ij} x_{ijk} - T, 0 \right) \right)$$

式中, M 表示惩罚系数,取为 1000000,当一个周期的运输总时间超过最大运输时间时,目标函数的值将因超时而增加惩罚成本。

I. 交叉操作: 采用单点交叉,对于选定的两个父代个体 $f1$ 与 $f2$,随机从 $f1$

抽取两个非零位，与 f2 中两个相同值的位进行交叉互换操作，交叉概率为 90%。

II. **变异操作：**按照给定的 0.1 的变异概率，对选定的变异个体随机取两个非零位置进行互换操作。

III. **选择：**采用确定性的选择策略，在父代种群和子代种群中选择目标函数值最小的 M 个个体进化到下一代，这样可以保证父代的优良特性被保存下来。

3.部分数据的计算：

选取附表 12 中小区号为 S2 的地区，从表中可得到 17 个供应商具体的地址，通过 Google 地图查找整机厂与各供应商以及供应商与供应商之间的距离，构成一个 18x18 的距离矩阵（详细数据见附录 1），其中需求信息由附表 12 中这 17 个供应商零件运输需求的体积总和。

下表为各供应商地址与需求情况统计表。

表 3-1 供应商地址与需求统计表

编号	1	2	3	4	5	6
地址	汽车装 配整机 厂	嘉定马陆 沪宜公路 1785 号	嘉定叶 城路 767 号	嘉定区 嘉罗路 500 号	嘉新公 路 1123 号后栋	嘉定立新 路 5 号
零件 需求 量	0	2.095875	11.08	18.079	6.27	41.56
编号	7	8	9	10	11	12
地址	嘉定永 盛路 2001 号	上海市嘉 定陈安路 101 号	嘉定招 贤路 385 号	嘉定区 马陆镇 宝安公 路 2990 号	菊城路 288 弄 23 号	嘉定胜辛 路 3275 号
零件 需求 量	33.65	0.1607	79.93	1.578	13.206	67.3634
编号	13	14	15	16	17	18
地址	嘉定区 环城路 1100 号	嘉定博乐 南路 100 号	嘉定马 陆丰饶 路 659 号	嘉定区 马陆镇 丰功路 55 弄 1 号	嘉定工 业区洪 德路 1155 号	嘉定区招 贤路 1280 号
零件 需求 量	1.512	14.07	9.734	9.387	74.26	0.143964

查询汽车物流相关规格数据得到:

车辆所能容纳的最大货物体积为 61 立方米

车辆平均速度为 35 千米/小时

一个周期允许的最大时间为 5 小时

单位路程的运输成本为 1 元/千米

最大库存量为 400 立方米

安全库存为 50 立方米

每个供应商平均逗留时间为 0.5 小时

单位体积货物库存成本为 1 元/立方米

通过 Matlab 编写遗传算法程序 (详细源代码见附录 2), 经过多次计算得到表 3-2 的计算结果:

表 3-2 多次计算结果

	车辆数	单次循环路径成本	路径	路径距离	循环次数	单次循环时间	满载率
第一次运算	4	154.5	1-18-9-3-17-2-1	38.1	3	4.0886	0.9154
			1-14-6-15-16-8-7-1	48.2	2	4.8771	0.8899
			1-10-5-4-1	36	1	3.0286	0.425
			1-11-13-12-1	32.2	2	2.92	0.6728
第二次运算	4	149.8	1-11-1-	21.6	1	1.6171	0.2165
			1-10-2-16-5-9-7-1	39.5	3	4.6286	0.7263
			1-13-4-14-6-8-15-1	50.7	2	4.9486	0.6977
			1-18-17-3-12-1	35.5	3	3.5143	0.8352
第三次运算	4	154.9	1-13-6-15-1	43.6	1	3.2457	0.8657
			1-17-8-10-5-16-2-1	38.8	2	4.6086	0.7685
			1-11-4-14-9-3-1	37.5	3	4.0714	0.7452
			1-18-12-7-1	35	2	3	0.8292
第四次运算	4	149.2	1-16-6-14-4-13-12-1	48.3	3	4.88	0.8304
			1-18-17-15-10-2-1	36.3	2	4.0371	0.7198
			1-8-7-9-3-5-1	40.8	3	4.1657	0.7163
			1-11-1-	21.6	1	1.6171	0.2165
第五次运算	4	152	1-15-5-8-16-1	35.5	1	3.5143	0.4189
			1-12-11-1	28.7	2	2.32	0.6604
			1-2-10-6-14-4-18-1	46.9	2	4.84	0.6355
			1-13-17-3-7-9-1	40.9	4	4.1686	0.8214

由以上计算结果可知：

- 五次中第四次结果为最优路线选择。
- 单次循环的路线成本为 149.2 元。
- 完成所有循环，车辆行驶的总路程为 363.6 千米，而采用直接运输方式完成所有货物运输，行驶的总路程 509.6 千米，可见循环取货相对于直接运输在运输成本上具有巨大的优势。
- 所有单次运输时间不超过 5 小时，既保证了整机厂零件库存的及时补充。
- 虽然达到路线与运输时间的优化，但在满载率方面的不足显而易见，最低满载率只有 21.65%，最高线路的满载率也只有 83.04%，可见在满载率方面尚且有待提高。

为了更加直观地展现路线选择结果，通过 Google 地图软件，将所有供应商节点在地图上标出，再根据计算的路线结果，可以得到最终线路图 3-6，如下：

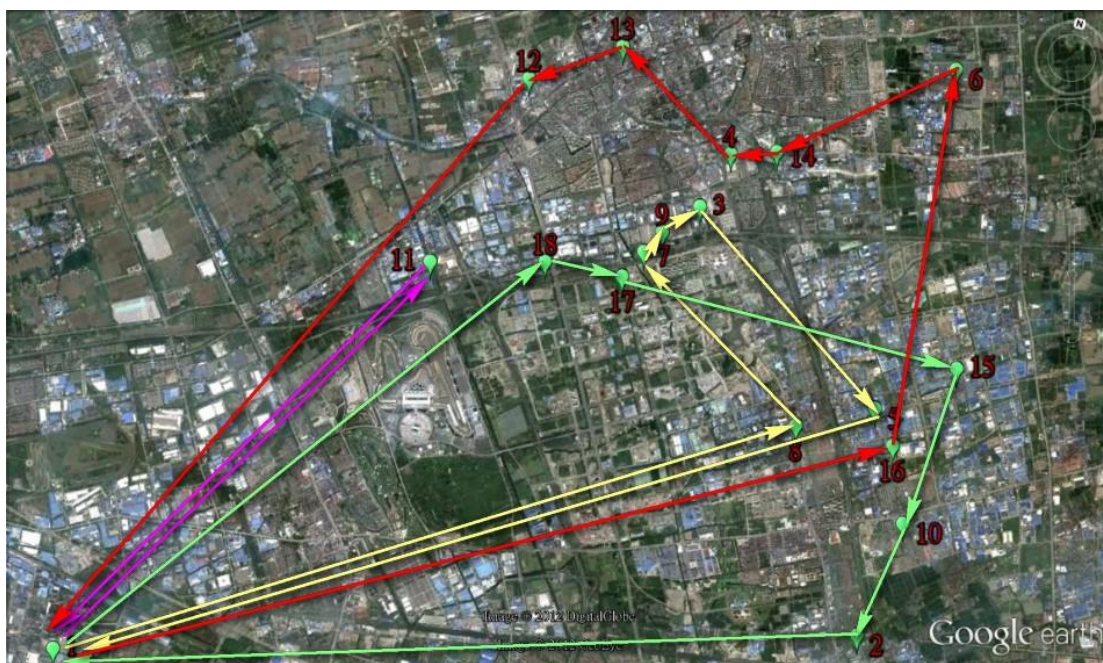


图 3-6 路线结果图

4.模型进一步分析

以上的循环取货模型的关键在于考虑库存成本与运输成本之间的动态关系，当库存降低时，必须使用增加运输频率来满足低库存需求，当运输频率降低时则相应的库存水平也会提高，两者之间必须综合考虑，根据实际情况选择运输成本

与库存成本之和最优的位置。

假设库存成本随运输频次的增加而减少,且库存成本减少线与运输成本增加线不存在量级的差异,则可近似得到如下的关系图:

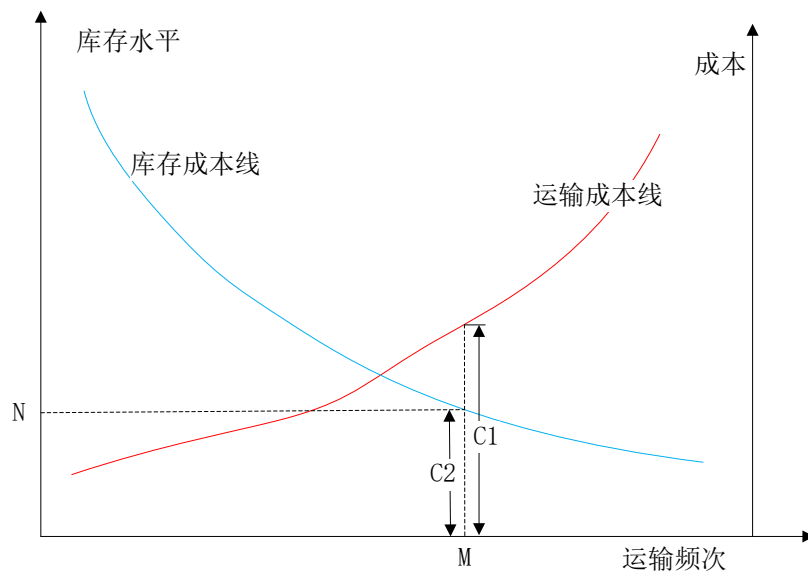


图 3-7 库存成本线与运输成本线对比图

实际情况中,寻找运输与库存的平衡,实质就是找到一个最佳运输频次 M ,对应一个最佳库存位置 N ,使得此位置的运输成本 $C1$ 与库存成本 $C2$ 之和最小。

5.模型评价

(1) 优点:

I. 本模型最大的优点在于总和考虑库存与运输的成本关系,试图在库存成本与运输成本之间找到最优组合,以达到综合决策的资源最优化。

II. 多路线多频次的运输中,并不要求所有车辆的满载率都达到 100%,这样就给了运输车辆一定的剩余空间来满足可能存在的运输需求变化。

(2)缺点:

1. 整机厂的零件消耗系数是一个重要的决策指标依据,模型将整机厂的零件消耗过程假设为线性消耗,实际情况中整机厂的消耗情况必须依据每个整机厂的情况制定合理的消耗系数值。

2. 模型对于供应商无法及时交货问题未做讨论。

6. 循环运输路线规划系统的编程实现。

以下针对路线选择数学模型与算法,利用 Matlab 的界面编程环境将路线选择用具体的软件编程实现(详细源代码见附录 3),软件运行后的界面图如下:

	路径总费用	路径详情	单周期时间	满载率
1	149.8	1-11-1	1.617	0.2165
2		1-10-2-16-5-9-7-1	4.628	0.7263
3		1-13-4-14-6-8-15-1	4.948	0.6977
4		1-18-17-3-12-1	3.514	0.8352
5				
6				

图 3-8 路线选系统择软件截图

软件使用方法简单说明:

1. “导入距离矩阵”按钮将所有节点的距离信息从 excel 表格中导入。
2. “导入供应商需求信息”按钮将所有供应商的需求矩阵从 excel 表格中导入。
3. 填写文本框中各种信息,完成后按“执行路线选择操作”将执行程序,并且在线路选择结果中输出相应的路线信息。

4. 单击“重置”按钮将把文本框中原有的数据清空。

3.3.3 基于提高满载率的车辆规格选择模型

在车辆路线选择模型的基础上,发现线路的车辆满载率较低,由于前面的车辆规格选择采用统一规格,但实际情况中在做线路安排时可以更换其他车型来匹配运输,以达到满载率提高的目的,以下通过数学模型分析车基于提高满载率的车辆规格选择。

(1) 模型思路

在第二节路线选择的基础上,考虑到线路安排中,有些车辆的满载情况达不到 90%,因此考虑根据已分配的优化路线的中,将运输重新分配到其他规格的运输车中,以达到提高线路满载率的目的。

在模型 3.3.2 的部分数据计算结果中,四条路线的满载率分别为 83.04%, 71.98%, 71.63%和 21.65%,选择的车型为运量上限为 61 立方米的运输车,查找资料得到另外两种零件运输车车型为 41 立方米和 16 立方米,以满载率最低的 21.65%为例,若选择 16 立方米容量的车型,则满载率可以提高到 82.54%,示意图如下:

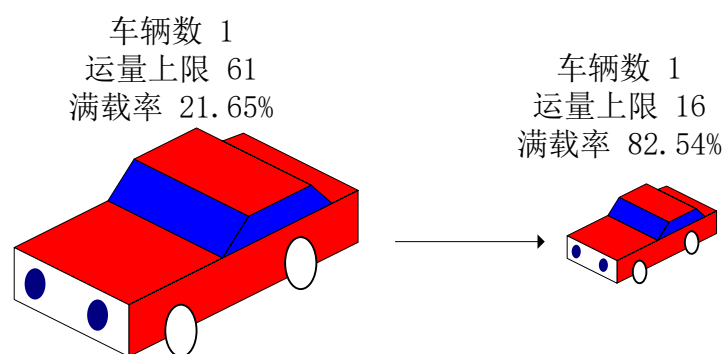


图 3-9 车辆规格与满载率

可见,通过改变车型提高满载率的方式是十分有效的,对于分配的路线满载率严重偏低的情况,改变车型提高满载率才是合理的选择,以下将通过数学模型定量描述车辆选择方案制定过程。

(2) 模型假设

假设所有规格的车辆速度相同，只存在最大运货容量上的差异。

(4) 模型建立

车辆规格选择模型：

在当前已为某条线路分配了运输车的情况下，考虑其他不同规格车辆的满载情况，具体的模型如下：

需要新规格车辆数目 N_2 计算公式如下：

$$N_2 = \left\lceil \frac{Q_1 \times R_1}{Q_2} \right\rceil$$

新规格车辆满载率 R_2 计算公式：

$$R_2 = \frac{Q_1 \times R_1}{N_2 \times Q_2}$$

其中 $\lceil \cdot \rceil$ 符号表示向上取整， Q_1 表示当前选定的规格车辆的运量上限， R_1 表示当前选定的规格车的满载率， Q_2 表示当前候选规格车辆的容量上限。

由以上模型，将各车辆规格数据代入公式，通过选择满载率最高的新规格车辆，即可相应提高整条运输线路的满载情况。

第四章 循环取货过程中的应急方案

——技术资源利用最优

4.1 异常情况分类及处理情况

4.1.1 异常状况分类

在循环取货过程中，遇到的异常状况大致分为以下几类：

(1) 天气异常状况（以下简称天气）：在已定的最优循环取货路线中，如遇到大雾，冰雹，台风等预警；

(2) 订单异常状况（以下简称订单）：由于出现各种各样的原因造成的生产商的异常加单、减单和并单等超过当天零部件正常需求量的 25% 的情况；

(3) 交通异常状况（以下简称交通）：在既定的循环取货路线中，如遇到将要行驶的路段出现交通阻塞，造桥，修路等状况造成的道路无法通车；

(4) 车辆本身异常状况（以下简称车辆）：在车辆前往取货的过程中，遇到运输工具本身出现故障导致其无法行驶；

(5) 其它异常状况（以下简称其它）：如零部件可能由于工作的疏忽而不符合货物清单要求等状况。

4.1.2 目前异常状况的处理情况

目前操作的流程图如图 4-1 所示：

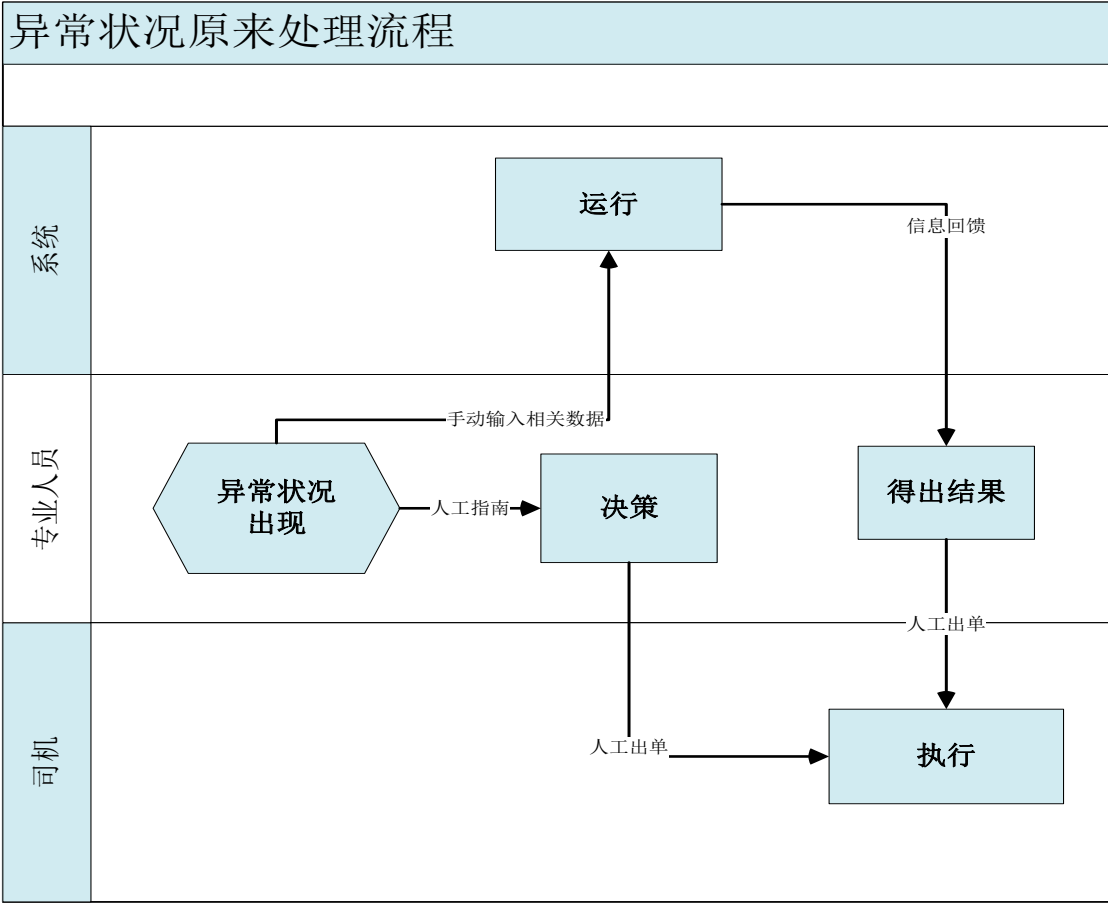


图 4-1 异常流程图原来处理流程

4.2 目前应急处理作业存在的问题

在异常情况下，由专业人员根据实际情况，向系统手工输入异常的需求信息，以帮助循环取货的正常运行或直接根据运行指南，进行人工出单。

通过小组研究，发现这样的做法容易导致以下问题：

（1）应急处理效率不足，所耗时间过多

循环取货是严格控制运输时间的，为实现 JIT 生产，就必须杜绝运作过程中一切不必要的时间浪费，但在原有的应急处理过程中，决策人员的思考，人工出单，手工输入异常信息等步骤，浪费时间之余，人员无法快速响应应急需求，容易造成运输过程停止，严重时甚至会导致生产线停产，造成极大的损失。

（2）过多人为主观判断导致的科学性不足

在原有的应急处理过程中，工作人员较少甚至直接不用计算机或信息系统来辅助决策，人为主观判断存在着不少的决策风险，过多依靠这种方式是无法保证

应急处理的决策是否更加节约成本、更加快捷,使整个决策过程存在着不少风险。

(3) 需掌握的信息量缺乏,准备不足

生产商、供应商以及第三方物流商等信息合作度有待提高,不能随时掌握天气、交通等情况,原有的物流信息系统无法实现对异常状况预测,缺乏一定准备,容易在紧急状况发生时导致处理慌乱,影响效率。

通过分析以上问题,可以得知安吉集团需要进一步改善物流信息系统,来更好地应对异常情况。没有完善的信息系统作为辅助工具,要完成紧急的、复杂的应急处理工作是难以想象的。因此,利用先进的信息化技术来提高异常状况处理流程的优化的有效性和效率已经成为安吉的急迫需求。随着专业物流管理信息系统的成熟,根据安吉的特点,优化物流信息系统可促进其物流管理信息化的飞跃。

4.2.1 物流信息系统整体模型及功能模块

(1) 信息系统整体模型

①基于 Internet 的 WEB 软件系统建立的物流信息平台

此平台可与天气预报指挥中心,道路监控商等企业保持密切的联系,及时掌握各种自然天气状况,交通道路状况等方面的信息,并保持数据库不断得到补充和更新,并准确、及时地与生产企业同步最新动态,使循环系统中各参与方都能得到最新、最快、最可靠的作业信息。

②安吉基于 Internet 的物流软件系统及运用技术

软件的一个重要功能将是为安吉路线设计、应急处理等作业提供决策支持,并能简化操作流程,包括应急管理、仓储管理,运输管理,决策管理等模块。其中包括具体物资的仓储,配送,运输等一系列的物流过程。以 GPS、GIS、通讯技术、WEB 技术集成为代表的空间信息技术与现代物流管理技术的有效集成是现代物流物理管理部分的一个最为显著的特点。

③完善的保障机制

从安吉总部到一线作业区,自上而下需建立专门的管理机构,分工明确,协调和管理零部件物流的储存和运输,以实现系统的高效运作。

(2) 信息系统各子系统功能模块

①决策子系统:

决策子系统以信息网络平台所收集的信息为基础,应用模型或其他方法和手段,如数据库技术、经济管理数学模型等,实现辅助决策和预测功能。包括建立完善的应急预案、应用模型,如线性规划、决策树不确定性分析、专家评估、打分对比、评估方案和选优以及方案部署等功能模块。

②零部件仓储子系统:

在存储环节上的管理工作中,对货物的管理要充分利用企业管理资源,对控制库存中的库存进行分类管理,并借助实时计算机仓储管理软件,提高预测准确率,减少周转时间,降低库存持有成本,实现资源利用率最大化,对于不可预测的突发事件,要做好相关的信息统计工作以便随时应对。

③保障子系统:

保障子系统包括预警反应,协调机制,反馈系统模块

a. 预警机制对各种可能发生的循环取货过程中突发情况的敏感因素设定临界指标,(指标具体如何要设),以建立信息系统灵敏的预警反映能力,有效地提高应急物流的反应效率。

b. 由于应急物流不仅仅是第三方物流运输公司如何独自去应对,也有与其合作的零部件供应商等合作伙伴,通过加强跨部门还有跨合作伙伴的协调,通过沟通等手段共同协作,利用信息共享的环境,在最短的时间内实现权责分配以及相互合作。

c. 信息化的反馈系统在突发情况的状态下,迅速高效体现应急措施效果,反应物流信息系统的薄弱环节,及时改正错误,改进流程,提高效率,提供支持。

(3) 物流信息系统模块流程图构想

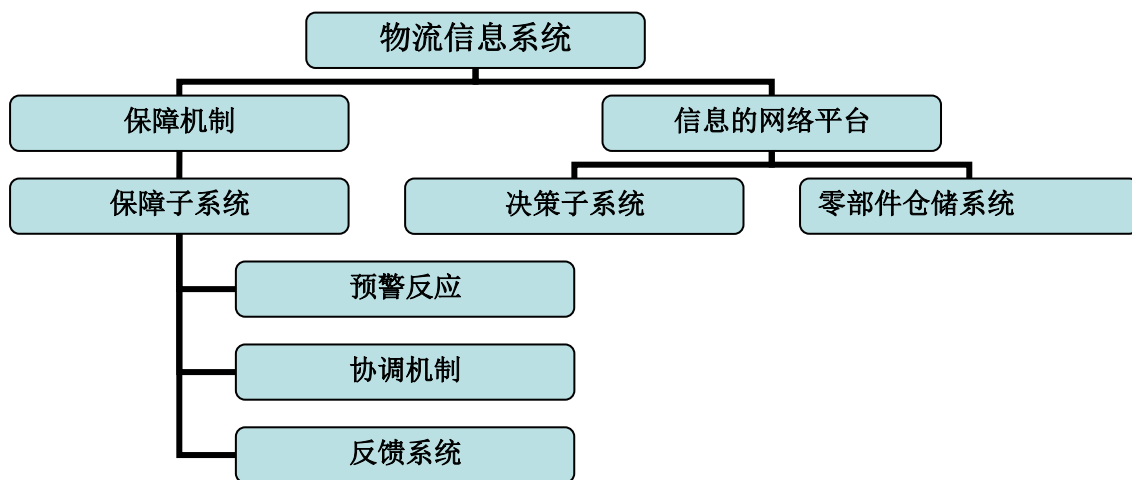


图 4-3 物流信息系统模块流程图

4.2.2 应急物流信息系统设计背景

在应急物流信息系统模块中需要有决策子系统模块与保障子系统模块的参与，决策子系统作为整个系统的核心重点，因为有以信息网络平台所收集的信息为基础，有完善的应急预案、应用模型。因而它是实现应急物流信息系统自动解决异常问题的前提基础，而保障子系统则是在基于决策子系统的前提下是整个应急物流系统的面对突发事件所能做出重要保障模块。

从系统工程的角度出发，在对应急物流的特点和类型进行分析的基础上，研究循环取货应急物流的特点、类型对系统设计的影响和应急物流系统的要素、特点和设计原则，提出循环取货应急物流系统的结构和快速反应机制，包括应急物流系统的目标、系统的约束条件、支撑环境、系统的结构与层次、系统的功能和反馈控制机制。

(1) 应急物流的特点以及类型的分析



图 4-4 应急循环取货物流特点

(2) 应急物流系统的特点及设计原则

应急物流系统是指为了完成突发性的物流需求，由各个物流元素、物流环节、物流实体组成的相互联系、相互协调、相互作用的有机整体。它是一般物流系统的一个特例。而“时间”则是应急物流系统的要素之一。

① 应急物流系统的特点

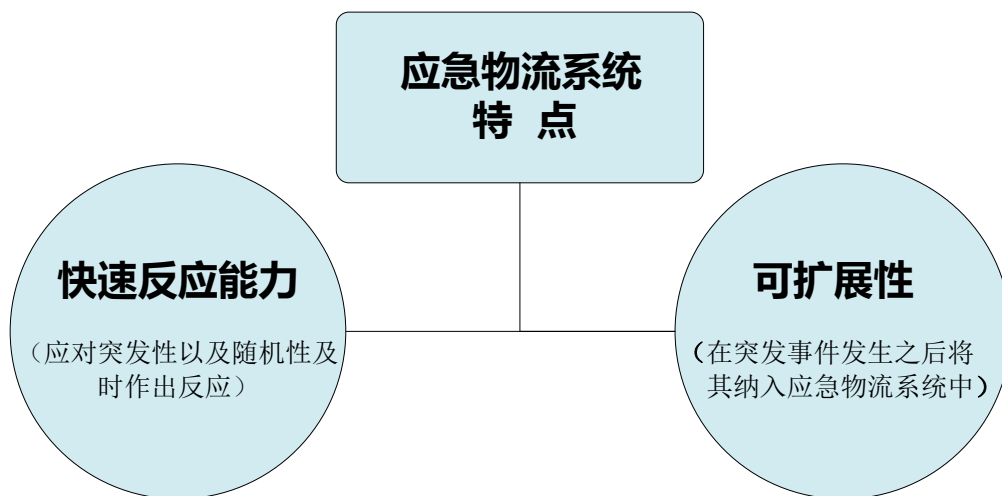


图 4-5 应急物流系统特点

② 应急物流系统的设计原则

- a. 应急物流系统需做好事前防范与事后应急相结合。
- b. 时间效率重于经济效益，应急物流的突发性和时间约束的紧迫性决定了在应急物流系统的设计中时间效率重于经济效益。

③ 应急物流系统的结构及快速反应机制

a. 应急物流系统的约束条件

是指在应急物流系统的运行过程中,限制应急物流系统目标实现的各种客观条件。

- 信息约束: 在突发事件发生后的短时间内,系统不能够全面掌握有关突发事件的信息,造成预测和决策的误差。
- 时间约束: 应急物流系统的目标是指在约束时间内应该实现的系统目标。突发事件所造成的危害随着应急物流速度的加快而减弱,应急物流系统的各项功能都应该在约束时间范围内进行,超过了约束时间,系统的各项功能所能实现的价值将降低。

b. 应急物流系统的支撑环境

- 社会行业环境: 物流信息系统及应急物流信息系统等物流系统建立的前提是必须要依据社会行业企业制定的合理的行业规章制度。
- 技术环境: 建立应急物流信息系统或数据仓库、应急物流预案数据库,构筑应急运输方案自动生成的应急物流运输调度平台,以及基于 GPS、GIS 的应急物流运输监控平台。

c. 应急物流系统结构的四个层次

应急物流系统的结构包括控制层、决策层、数据层和环境层四个层次,其结构入下图所示:

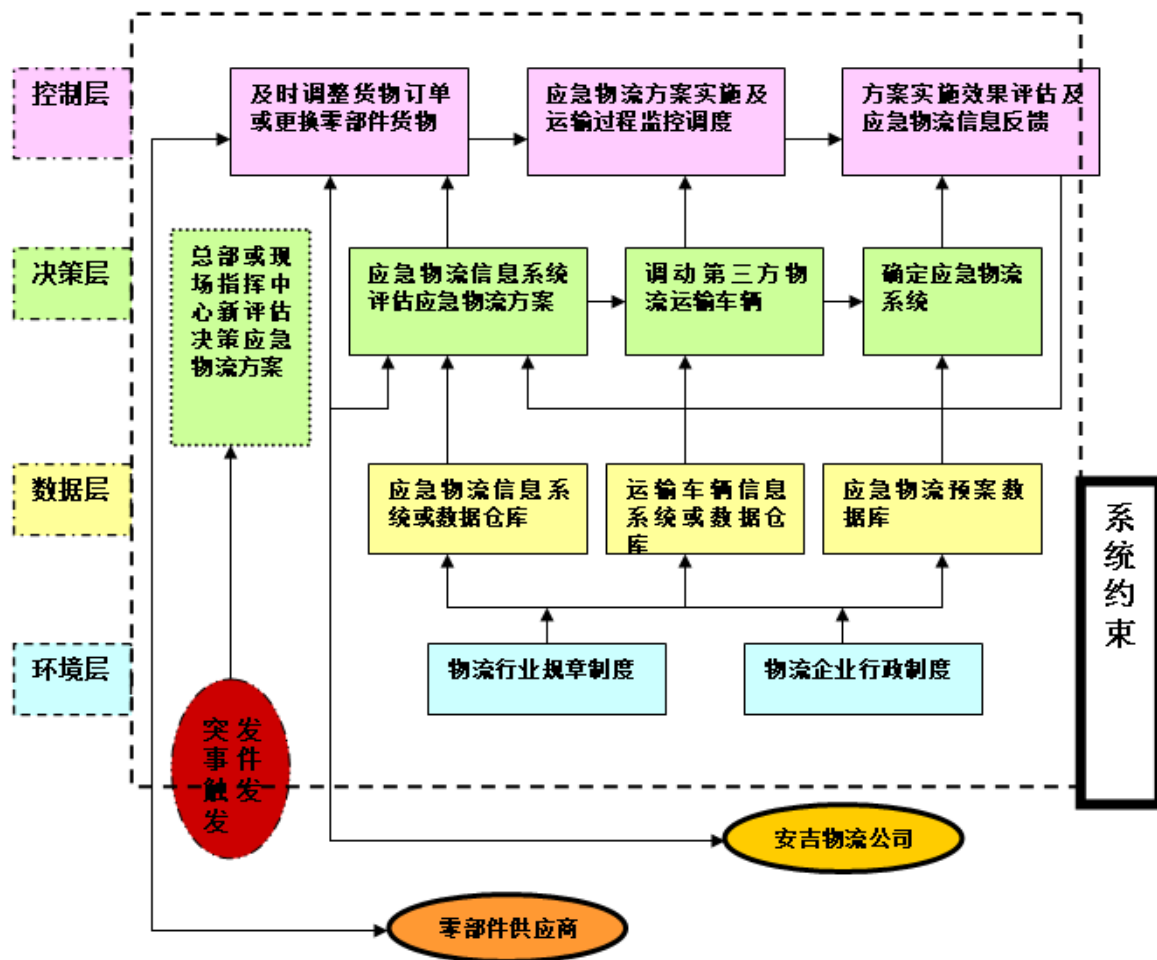


图 4-6 应急信息系统结构构成图

4.2.3 应急物流信息系统建设中若干问题及技术

(1) 应急物流系统建设中的关键问题

① 物流信息化基础环境与平台的建设

- a. 建立基于 Internet 技术的物流信息网络，在物流信息平台基础上，建立供应链信息网；
- b. 推进信息化标准化建设，统一零部件等代码，规范文件传输格式；
- c. 建立完善的基础数据库，将各参与方的相关信息详细收录，并且有物流专业人员进行维护和实时更新，开发相关管理软件。

② 使用的数学模型

在运输车辆调度、路径优化、仓储管理等问题上，要用到大量的数学模型，如启发式算法、蚁群算法、TS 算法、免疫算法等，使用计算机以及电子化手段进行数字化、模型化科学决策。

③物流信息化人才培养

国家和相关企业有关部门可以通过两种方法强化物流信息话人才的培养。

一是加快发展学历教育，物流学科和课程有统一的标准，加强物流实验基地建设，完善物流人才培养体系。

二是借鉴和引进国外成熟的物流相关职业资格认证体系，加强对物流企业从业人员的岗前培训、在职培训并且提高培训质量，规范物流人才培训市场。

(2) 应急物流系统建设中关键技术

广泛应用物流信息技术，结合 WEB 和数据库，应用 GIS、GPS 信息技术，并在子系统模块中应用 EDI 系统、EFT 系统、仓储管理系统 WMS、运输管理系统 TMS 等信息化系统技术。包括了以下四个方面：

①应急保障方案的优化选择

应急物流的突发性、不确定性等特点决定了应急物流必须着眼于平时的准备，而应急物流预案是其中的一项重要内容。当突发事件发生时，要求于较短的时间内在多个应急预案中确定一个最适宜的保障方案付诸实施，这样才能达到应急物流实现最高效率的同时兼顾效益的目标。因此，如何对各个应急物流预案进行评价和排序，从而选出一个最佳的保障方案是一项重要的值得研究的工作，也是应急物流系统中的一项关键技术。

②应急运输车辆的调度

当突发应急事件发生后，通常需要调动应急运输车辆进行支援，但是通常支援的运输车辆是有限的。为此，如何科学合理地进行支援运输车辆的调度，使得在满足处置突发应急事件的同时，把所消耗的降低到最低限度，因此就成了应急调度问题所要研究解决的重点

③应急路径优化选择

应急路径优化选择算法也是应急物流系统设计的关键技术之一。普通物流的路径选择，主要考虑的是在保证安全性的前提，如何使行使的路程和在途时间最

短。然而在出现在突发事件等复杂情形下如何选择最优路径的问题，就成个需要解决的难点和重点。

④基于应急条件下的零部件装载

零部件属性对零部件装载的结果起到十分重要的影响作用。在突发应急条件下不可能将各种零部件均等对待，而要把各种零部件的不同属性放在首要位置来考虑，此外，在异常状况发生后，道路通行情况会发生相应的变化，因而在解决此类问题时，还必须将零部件装载与运输线路相结合。

4.3 应急流程优化后的成果

在上述应急物流信息系统模块中有决策子系统模块与保障子系统模块的参与，决策子系统作为整个系统的核心重点，因为有以信息网络平台所收集的信息为基础，有完善的应急预案、应用模型。因而它是实现应急物流信息系统自动解决异常问题的前提基础，而保障子系统则是在基于决策子系统的前提下是整个应急物流系统的面对突发事件所能作出重要保障模块。

基于以上对与应急物流信息系统的探讨、研究，可以对原有的异常状况处理流程进行优化。

4.3.1 优化后的流程图

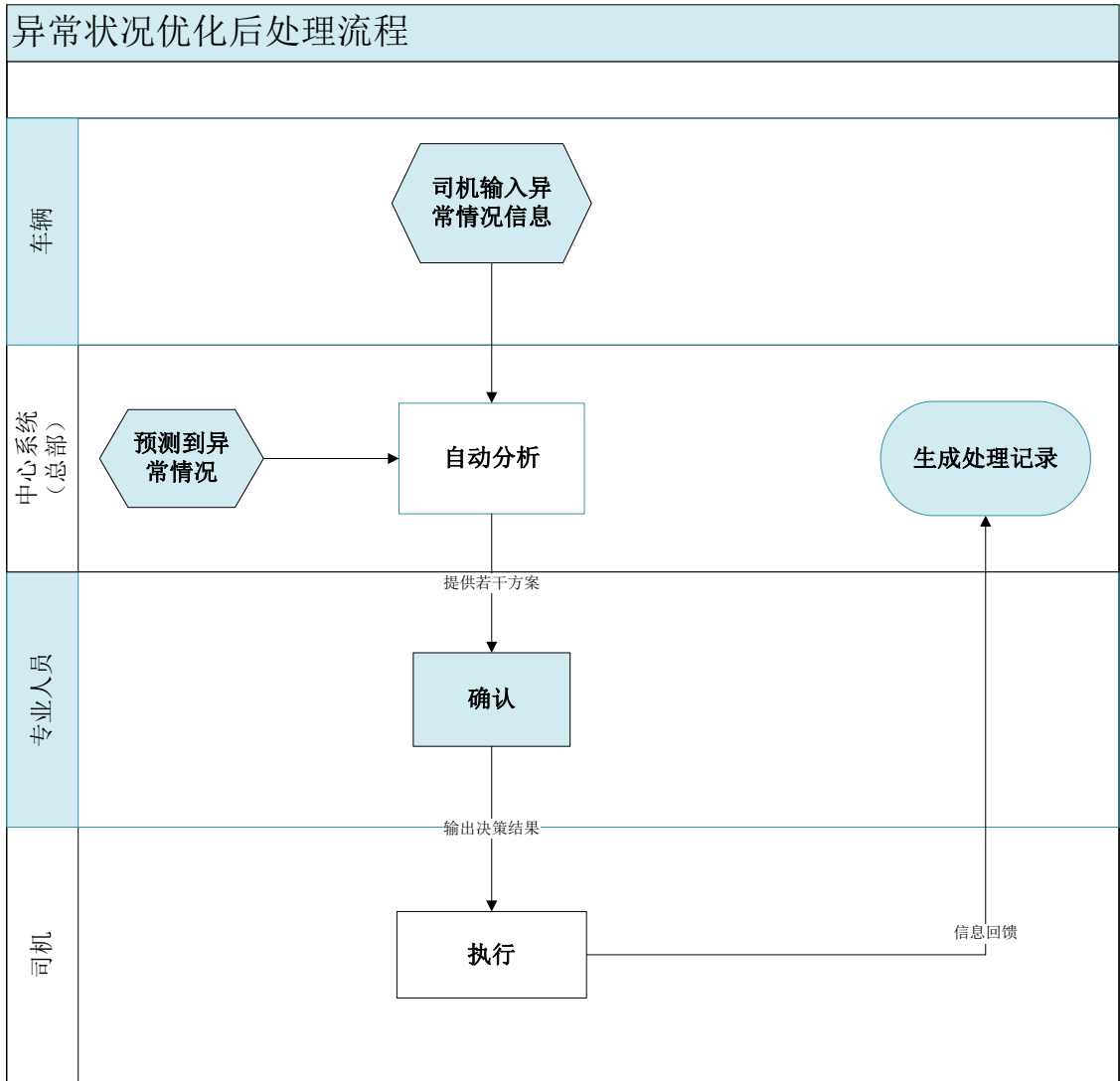


图 4-7 优化后的流程图

4.3.2 优化后的应急具体流程

（1）优化决策系统已根据生产需求将最优取货路线设计出来, 发车取货前, 当通过一系列的信息预测、收集得到既定的循环取货路线发生异常情况信息时, 如天气, 订单, 交通等状况, 总部系统会再次自动运算, 选择次优方案, 或更改路线, 或提前发车、更换车辆等。

(2) 如果在车辆取货过程中, 还未进行任何装货时遇到了异常加单或并单, 则中心系统会在增加车辆运输和改变原有的零部件装车格局, 先装载更为紧急的零部件等方案中进行选择, 选择一个最优方案, 发给车载系统; 如果遇到异常减单, 则系统会在取消一定的运载量或者通过计算, 仓库有一定的空间可以进行仓储, 因此按照原有订单运回来、把现在装载的多余的零部件运回去等解决方案里选择最优方案, 由运输司机负责执行。

(3) 如果是在车辆行进过程中, 现场遇到的问题, 如车辆发生故障导致车辆无法行驶, 司机会根据故障程度, 手工输入车载系统, 而指挥中心系统能够收到异常信息, 将信息系统收集得来的信息, 选择最优方案, 如司机自己进行现场维修、请附近维修站的人来维修、调配最近的运输车辆进行支援(系统自动将现场状况及目标车辆定位同时向附近可援助司机发出, 一旦有人回复援助需求, 便再发信息给其他未回复的司机取消援助, 如多人同时回复, 则自动选择最近的司机)、申请供应商自运(未装货的供应商)。

(4) 如遇到其他发生频率较小的特殊状况, 则统一交给专业人员处理, 处理完毕后, 把相关执行信息发给司机执行。

(5) 从中心系统收集到异常状况信息开始, 到异常状况处理结束, 在每个操作步骤完毕后, 车载系统都会将执行结果及时反馈给中心系统, 最后在所有步骤完成时, 自动生成《异常状况处理报告》(内容: 时间、现场情况、关联货物、执行人、审核人) 在指挥中心系统存档。

4.3.3 效果评价

本设计方案无需大量花费购买先进仪器设备, 只需要编制一套算法程序和对运作流程进行改善, 就能在运营成本的控制下实现优化目的。通过供应链上的多方企业合作, 能在各种意外层出不穷的情况下, 利用及时准确的信息资源和科学的应急运输方案进行合理决策, 迅速反应, 把意外降到最低限度, 保障生产顺利进行。

第五章 基于层次分析法的循环取货绩效考核体系

——综合资源利用最优

实施意义：为了更加有效地对资源进行合理的优化配置，就要对该汽车物流企业进行绩效考核。将其消耗的资源、达到的物流作业效果和该企业的战略目标进行比较，对出现的业绩与计划之间的差距数据，不断地进行分析处理，从而可以为下次的方案战略提供数据。因此，通过层次分析法，建立合适的绩效考核体系，能够帮助安吉更好地了解本身的经营水平和经营状况，进而优化本身企业各项资源，提高运营能力，进而提高企业的整体效益。

5.1 现代汽车物流企业绩效评价体系的基本要素

（1）评价对象：评价对象是评价体系中最先确定的因素，是非常重要的。评价体系的评价对象，可以是企业，可以是管理者。对企业的评价关系到企业未来的发展方向、发展战略。而对管理者的评价关系其业绩、薪酬、奖惩等内容。

（2）评价目标：绩效评价体系的目标可以说是整个绩效评价活动的关键，它的确定指引着评价指标等其他因素，并且它服从并服务于公司的战略目标，它的确定还能形成相应的激励机制。

（3）评价指标：具体指标的确定取决于企业内部的战略成功因素，针对其战略目标，与之对应确定相应的评价指标，并构成行之有效的业绩评价体系。

（4）评价标准：评价标准是判断评价对象绩效优劣的基准。一般有效率和效益两个评价标准。基于当代的汽车物流企业，其评价标准是以客户订单为基础的年度计划。而就零部件入厂物流来说，其评价标准即满足整车装配的正常运行。

（5）评价方法：即绩效评价的基本手段。有了评价指标与评价标准，还需要采用适当的方法对其进行实际运用，进而得出公正的、相应的评价结果。没有科学合理的评价方法，其他要素就失去了其本身存在的意义。

（6）分析报告：即通过绩效分析之后，得出的结论性文件及分析报告。通过将评价对象进行分析评价，得到相应的评价指数，再与计划开展前确定的评价

标准进行比较,再进行差异分析,得出其中存在的差异的原因、责任与影响,最后总结出结论性评价报告。

上述六个基本要素相互联系、相互影响,属于一个不可分割的整体中的重要组成因素,共同组成一个完整的现代物流企业绩效评价体系。

5.2 现代汽车物流企业绩效评价体系的设计要求

(1) **适用性:** 当代汽车物流企业大小不一,管理体制也不尽相同。这便要求我们在设计绩效评价体系的时候要从实际出发,针对企业的大小规模、管理模式和战略目标,设计出合适的绩效衡量指标。

(2) **完整性:** 绩效评价体系必须是完整的、系统的。这要求衡量的指标必须是简洁而又是多方面的,各指标既要能和整个体系串联起来,形成一个层次分明的整体,而指标之间又不能有强相关性和重叠。

(3) **目的性:** 主要是公司战略目标所要求的,对于企业的战略和方案,要使其恰当地分解为若干个阶段、若干个次目标,对应的评价指标也要具有相应的目的性、针对性。这样才能从为解决问题提供更适合的途径。

(4) **可控性:** 对于企业战略和方案的评价必须是在管理者的控制范围内,否则,他将无法对指标的完成情况负责。这同时也是显示出评价指标对经营管理者来说是公平的,不会过分苛求其业绩。

5.3 构建基于层次分析法的循环取货绩效评价体系

5.3.1 层次分析法的相关定义

层次分析法 (AHP): 它是一种定性和定量分析相结合的多目标决策分析方法,能将决策者的经验判断给予量化,即便是目标(因素)结构复杂且缺乏必要的的数据,也能根据实际情况和指标,形成一个递接的、有序的层次模型,作为评价和选择方案的依据。

在应用 AHP 分析决策问题时,首先要把问题条理化、层次化,构造出一个有层次的结构模型。在这个模型下,复杂问题被分解为元素的组成部分。这些元素按其属性及关系形成若干层次。上一层次元素作为准则对下一层次有关元素

起支作用。这些层次可以分为三类：

(1) 最高层：这一层次中只有一个元素，一般它是分析问题的预定目标或理想结果，因此也称为目标层。

(2) 中间层：这一层次中包含了为实现目标所涉及的中间环节，它可以由若干个层次组成，包括所需考虑的准则、子准则，因此也称为准则层。

(3) 最底层：这一层次包括了为实现目标可供选择的各种措施、决策方案等，因此也称为措施层或方案层。

5.3.2 层次分析法的一般步骤：

- (1) 将问题分层系列化，并聚类组合，构建层次模型；
- (2) 给每一层次的因素根据重要性予以定量，确定重要次序的权值；
- (3) 综合计算各因素的权值，得到相对重要性次序的组合权值；
- (4) 进行一致性检验，确定指标综合评价权重。

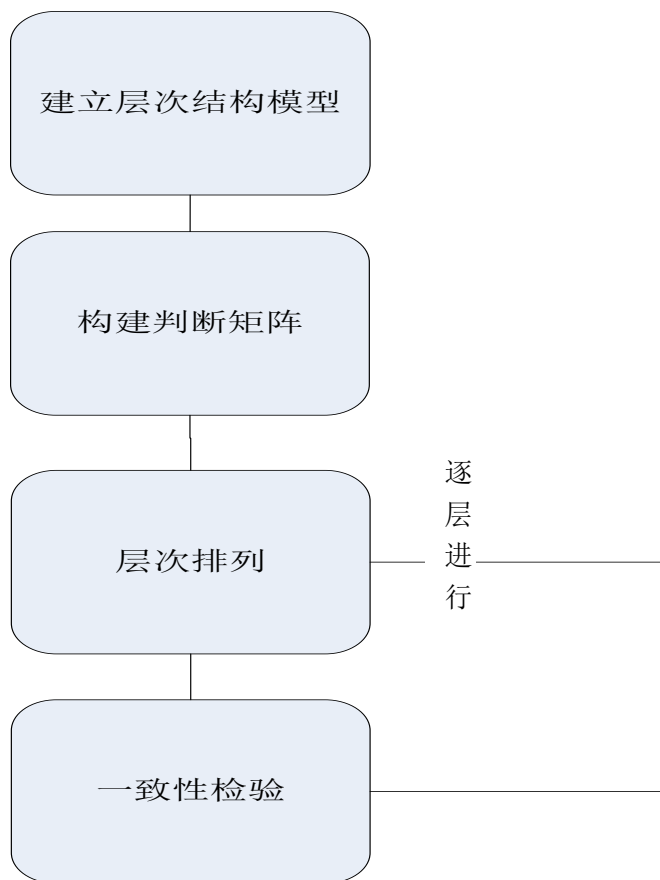


图 5-1 层次分析法一般步骤图

5.3.3 循环取货关键绩效指标的具体指标内容

表 5-1 循环取货关键绩效指标

循环取货绩效考核指标	运输能力指标	运输费用水平 C1
		车辆利用率 C2
		车辆满载率 C3
		准时运输率 C4
		零部件损坏率 C5
	仓储能力指标	仓储成本率 C6
		存货周转率 C7
		在库残损率 C8
	异常状况处理指标	客户抱怨率 C9
		异常状况发生频率 C10
		处理事故成本率 C11

(1) 运输能力指标

零部件运输是汽车物流企业的重要活动之一，它主要完成了从零部件供应商到整车装配主机厂的移动问题。对其进行绩效考核将有利于提高运输的经济效益，对下一次的的零部件运输提供数据支持。

① 运输成本率

运输费用水平=（运输费用总额/物品价值总额）×100%

众所周知，在物流总成本中，运输成本所占比重最大。因此，要在满足主机厂生产需要的同时，又要与供应商配合好供应时间。合理优化运输条件，从而减少运输费用。其主要方式是缩短路线、节省运力、缩短运输时间。

② 运力利用率

a. 车辆利用率

车辆利用率=（运输车辆投产天数/运输车辆投产总天数）×100%

b. 车辆满载率

车辆满载率=（实际装载率/装载能力）×100%

运输能力的合理利用率，主要是指利用当前的运输能力，合理的选择路线，快速运输；同时提高车辆的体积利用率和车辆的路程利用率，达到

节约用力的目的。

③ 运输质量比

a. 正点到达率

准时运输率=（准时运送次数/运输总次数）×100%

b. 零部件损坏率

零部件残损率=[（零部件丢失量+零部件损坏量）/总运输量]×100%

在对运输进行优化的同时，也要注重运输质量的保证。通过准时性、货件完整性、还有事故处理时间等指标的考核，来确保运输的质量。

（2）仓储能力指标

零部件仓储在汽车物流过程中也起到举足轻重的作用。仓储不仅提供了许多用于零部件储存服务的相关设备和空间，还包括部分零部件的检验功能。对其进行绩效考核，将有利于更好地提高仓库的仓储能力和保证整车组装的顺利生产。

① 仓库存储成本率——一年仓储费用率

年仓储费用率=年储备费用总额/年储存物品价值总额

② 仓库存储效率

存货周转率=年消耗量/年平均仓库存储额×100%

=年消耗额×2/（年初仓储数+年末仓储数）×100%

③ 仓库存储质量比——在库残损率

在库残损率=[（零部件损坏量+零部件丢失量）/总存储量]×100%

通过对仓储的优化绩效考核，我们可以更好地给合理的存储量、储存结构、储存时间等指标设定一个指标。通过指标的引导作用，我们能够缩短汽车零部件的流通周期、降低存储过程中的资金积压。

（3）异常状况处理指标

循环取货质量的结果最终主要是通过成本、效率和服务水平来体现。而针对循环取货的服务水平的特殊性，我们在方案中设想可能出现的各种

异常状况，并对其作出了相应的应急解决方案。接下来将从以下几个指标来考评处理情况的效果。

①客户满意度；

$$\text{客户抱怨率} = (\text{客户抱怨次数} / \text{订单数量}) \times 100\%$$

②异常状况发生频率；

$$\text{发生频率} = \text{报告期内异常状况次数} / \text{报告期总运输万公里数}$$

③处理事故成本率；

$$\text{处理事故成本率} = (\text{事故处理费用} / \text{总成本费用}) \times 100\%$$

5.3.4 判断矩阵的构造

层次结构反映了因素之间的关系，但各层次中的各因素在目标衡量中所占的比重并不一定相同，在决策者的心目中，它们各占有一定的比例。

设现在要比较 n 个因子 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 对某因素 Z 的影响大小，采取对因子进行两两比较建立成对比较矩阵。即每次取两个因子 x_i 和 x_j ，以 a_{ij} 表示 x_i 和 x_j 对 Z 的影响大小之比，全部比较结果用矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 表示，称 A 为 Z - x 之间的成对比较判断矩阵（简称判断矩阵）。

关于如何确定 a_{ij} 的值，引用数字 1-9 及其倒数作为标度。表 5-2 列出了 1-9 标度的含义：

表 5-2 层次分析法标度表

标度	含义
1	表示两个因素相比，具有相同重要性
3	表示两个因素相比，前者比后者稍重要
5	表示两个因素相比，前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比，前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若因素 i 与因素 j 的重要性之比为 a_{ij} ，那么因素 j 与因素 i 重要性之比为 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ 。

我们采用两两比较的办法，通过解决方案在循环取货中的偏重点，先对 B 层次各元素相对 A 层次的重要程度进行打分，再对 C 层次各元素相对于 B 层次的重要程度进行打分，最后得到 C 层元素相对于综合评价体系的重要性判断矩阵。

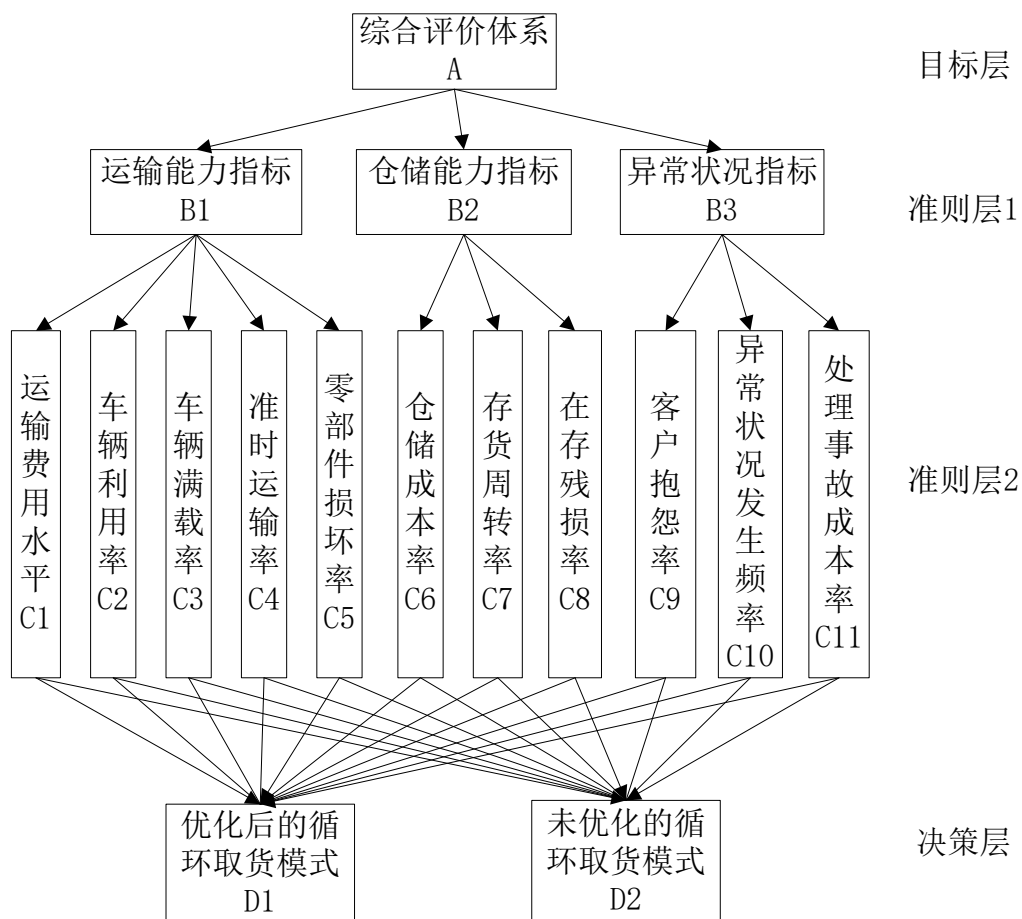


图 5-2 循环取货绩效考核体系评价图

5.3.5 层次分析模型计算

根据 5.3.4 的层次分析法标度以及评价体系图 5-2，通过将各个层的因素进行成对比较构建判断矩阵，具体操作如下：

(1) 子准则层 B 对目标层 A 的判断矩阵 M_{BA} 构建如下：

$$M_{BA} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

计算判断矩阵的权向量 $w^{(2)} = (0.6483, 0.2297, 0.1220)^T$ ，一致性指标

$CI^{(2)} = 0.0018$ ，一致性比率 $RI^{(2)} = 0.0036 < 0.1$ ，通过一致性检验。

(2) 子准则层 C 对 B1、B2、B3 的判断矩阵构建如下：

$$M_{CB1} = \begin{bmatrix} 1 & 7 & 3 & 7 & 8 \\ 1/7 & 1 & 1/3 & 1/4 & 1 \\ 1/3 & 3 & 1 & 3 & 4 \\ 1/7 & 4 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/8 & 1 & 1/4 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad M_{CB2} = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 0/2 \\ 3 & 1 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{CB3} = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

子准则层 C 对 B1、B2、B3 的权向量分别为：

C 对 B1 权向量 $w^{(31)} = (0.546, 0.055, 0.219, 0.124, 0.051)^T$ ，一致性标

$CI^{(31)} = 0.0609$ ，一致性比率 $RI^{(31)} = 0.0544 < 0.1$ ，通过一致性检验；

C 对 B2 权向量 $w^{(32)} = (0.5584, 0.3196, 0.122)^T$ ，一致性指标 $CI^{(32)} = 0.0091$ ，一致性比率 $RI^{(32)} = 0.0176 < 0.1$ ，通过一致性检验；

C 对 B3 权向量 $w^{(33)} = (0.1634, 0.5396, 0.297)^T$ ，一致性指标 $CI^{(33)} = 0.0046$ ，一致性比率 $RI^{(33)} = 0.0088 < 0.1$ ，通过一致性检验。

(3) C 对 A 的权向量 $w^{(3)} = W^{(3)} w^{(2)}$ ，其中 $W^{(3)}$ 是以 $\overline{w^{(31)}}$ ， $\overline{w^{(32)}}$ ， $\overline{w^{(33)}}$ 为列向量的 11×3 矩阵，其中 $\overline{w^{(31)}} = (w^{(31)}, 0, 0, 0, 0, 0)^T$ ， $\overline{w^{(32)}} = (0, 0, 0, 0, 0, w^{(32)}, 0, 0, 0)^T$ ， $\overline{w^{(33)}} = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, w^{(33)}, 0)^T$ 。

根据之前的计算可得 C 对 A 的组合权向量为：

$$w^{(3)} = (0.3541, 0.0359, 0.142, 0.0807, 0.0336, 0.1283, 0.0734, 0.028, 0.0199, 0.0658, 0.0362)$$

(4) 方案层 D1 对准则层 C 优越性比较尺度的判断矩阵为一个 11×11 的矩阵（见附录 4）：

得到权向量：

$$w^{(41)} = (0.1305, 0.0704, 0.1055, 0.1177, 0.0607, 0.1305, 0.0512, 0.1114, 0.1305, 0.0407)$$

一致性指标 $CI^{(41)} = 0.0175$ ，一致性比率 $RI^{(41)} = 0.0155 < 0.1$ ，通过一致性检验；

方案层 D1 对准则层 C 优越性比较尺度的判断矩阵为一个 11x11 的矩阵（见附录 5）：

得到权向量：

$$w^{(42)} = (0.084, 0.1809, 0.1615, 0.0431, 0.0431, 0.084, 0.084, 0.0904, 0.0431, 0.0431, 0.143)$$

一致性指标 $CI^{(42)} = 0.007$ ，一致性比率 $RI^{(42)} = 0.0046 < 0.1$ ，通过一致性检验。

（5）决策层 D 对于目标层 A 的组合权向量 $w^{(4)} = W^{(4)}w^{(3)}$ ，经过计算可得

$$w^{(4)} = (0.6421, 0.3579)$$

一致性指标 $CI^{(4)}$ 以及 $RI^{(4)}$ 均通过检验，所以该组合权向量即代表了两种运输模式的对于评价体系的优越性之比。

5.3.6 结果分析

由 5.3.5 的最终计算结果可得：循环取货模式相对于非循环取货模式的优越性之比为 $0.6421/0.3579 \approx 1.8$ ，可见本文讨论的优化后的循环取模式货综合评价结果优于未优化的循环取货模式。

5.4 方案总结

针对此次比赛的案例，我们以循环取货这一篇作为突破点，集合安吉目前的各种资源，将其利用最优。充分考虑了仓储、订单、紧急情况等因素，再对其零部件入厂运输路线上进行调整优化，最终得出这个优化方案。本方案给安吉的零部件入厂物流提供了一个可行性较高的操作模式。在操作过程中，我们也给一些可能出现的突发情况做出了相对合理的应急处理方案。通过我们的努力，给安吉提出了一个小小的建议。

当然，这个优化方案还有很多的不足，里面定量的东西相对较少，主要是缺少数据的支持；另外，很多的模型也只是基于假设，较少利用实际数据去检验。

因此，我们的这个优化方案还有很多地方需要修缮，才能使这个方案更加完善。同时，也希望老师们能多给我们指点指点，多提些意见和建议，好让我们继续完善这个方案。

结束语

“鹰击长空，触浪拍岸，拓荒前进，永不言败。”我们雏鹰团队怀揣着这样的信念的毅力，参加了这次全国安吉杯物流设计大赛。我们的团队就像一只弱小、但怀着希望和勇敢的雏鹰，不畏困难艰险，勇于在逆境生存。队友们来自不同的专业，有物流管理、财务管理、信息计算和管理科学专业，虽然各自的专业背景不同，但我们都怀有相同的理念。

至今，雏鹰团队的点点滴滴彼此都深深刻在脑海里，首次见面，我们犹如碰见了故友一般，好像有一股无形的力量把我们5个人牢牢拴在一起。在我们第一次接触到这个陌生的案例，汽车物流专业知识的匮乏让我们无从下手的时候；在我们经过数个艰难的夜晚，大家都疲惫不堪的时候；在我们偶尔短路，脑中挤不出一丝思绪的时候；我们都会鼓励彼此，并肩前行。我们不忘彼此最初一路走下来的心中坚定的目标，我们从没有忘记过奋斗与挑战。五颗颗无畏勇敢的心，热情与感动由始至终的弥漫着整支团队。

“同心山成玉，协力土变金”。在我们团队准备方案的过程中，在每次大大小小的会议交流中，我们一步一个脚印，踏实、认真地对待每一个细节，不断完善方案；每一次讨论后，我们都会有新的想法和动力；在设计方案时，团队和方案无可避免地都存在不足，比如：团队的偶尔松懈、系统设想、算法求解、设计模型、企业绩效考核等困扰着我们……从我们熟悉材料，查阅资料，到确定方案框架；从内容和形式上填充和完善方案，到修改排版。虽然过程无比痛苦、艰辛，

但是大家都能互相关心、帮助、鼓励和理解，我们获得的这份深厚的友谊已经是我们努力付出的最好的回报。

在我们的方案中，我们主要从循环取货这一模块入手，基于案例中提供的事实和数据，设计出了一套比较科学可行的解决方案。并且我们紧扣自己设计的方案内容，在原来方案的基础上进行了认真的修改，进一步调整和完善了方案的结构与内容。并且每一次与老师的开会我们都能获取许多宝贵的经验和建议，在此我们要特别感谢我们的指导老师廖老师，谢谢老师的悉心教导。

到现在，我们雏鹰团队不惧困难，为了共同穿过炼狱，像烈焰中再生的火凤凰一样，燃烧自己，我们势必要冲向蓝天！

参考文献

- [1] Ronald • H • Ballou. 企业物流管理[M]. 机械工业出版社, 2002
- [2] 左晓露, 刘志学, 郑长征. 汽车零部件循环取货物流模式的分析与优化[J]. 华中科技大学, 2011, 33(1).
- [3] 陆薇, 宋秀丽, 高深. 汽车企业物流与供应链管理及其经典案例分析[M]. 机械工业出版社, 2010. 01.
- [4] 汪金莲, 汽车制造厂零部件入厂物流循环取货运输路线规划和优化算法的研究[J]. 上海交通大学, 2010. 04.
- [5] 马蒂斯 • 霍尔韦格, 弗里茨 • K. 皮尔. 第二汽车世纪[M]. 陈荣秋, 等译. 机械工业出版社, 2006.
- [6] 教育部高等学校物流类专业教学指导委员会. 第 1 届全国大学生物流设计大赛获奖作品集[M]. 中国物资出版社, 2007. 12.
- [7] 蒋卓强. 基于遗传模拟退火算法的静态路径规划研究[D]. 重庆大学, 2007.
- [8] 熊伟, 骆芳. 应急物流信息系统整体模型构建[J]. 武汉科技大学, 2009.
- [9] 陈艳. 循环取货在汽车零部件供应物流中的应用研究[D]. 华中师范大学, 2009.
- [10] 鲁强, 唐加福, 潘震东. 用遗传算法求解可拆分运输的车辆路径问题[J]. 东北大学信息学院流程工业综合自动化教育部重点实验室, 2011.
- [11] 林清国. 基于混合遗传算法的有时间窗车辆路径问题研究[D]. 山东大学, 2007.
- [12] 徐丽丽. 集装箱单箱三维装载优化研究[D]. 山东大学, 2008.

- [13] 张蕾. 循环取货方式的条件分析及实施建议[J]. 中外物流, 2007 (18) .
- [14] 聂福全, 杨文莉. JIT 采购模式的原理和实施过程[M]. 科学出版社, 2005.
- [15] 姜超雁. 中小型第三方物流企业绩效评价体系研究[D]. 上海海事大学, 2007.
- [16] 席锐. Milk-run 在供应链物流管理中的应用[D]. 北京工商大学, 2007.
- [17] 冯耕中. 物流信息系统[M]. 机械工业出版社, 2009. 01.
- [18] 凌嫦娥. 现代物流企业绩效评价指标体系研究[D]. 湖南大学, 2007
- [19] 王平该, 陈荣秋, 纪雪洪, 张建林. 汽车制造业准时采购方式实施策略[J]. 武汉理工大学学报, 2005 (4) .
- [20] 李从从. 汽车零部件配送中心物流绩效评价研究[D]. 南京航空航天大学, 2011.
- [21] 周文军, 赵辉. 第三方物流管理供货模式[J]. 物流技术与应用, 2003 (6).
- [22] 张蕾. 循环取货方式的实践与应用研究[D]. 对外经济贸易大学, 2006, 4.
- [23] 江成城. 降低物流成本, 创造汽车供应链上双赢[J]. 价值工程, 2005 (4) .
- [24] 蓝青松, 徐广卿. 从传统运输迈向现代物流——入厂物流的“循环取货”模式[J]. 上海汽车, 2003 (8) .

附录 1 路线选择测试数 各节点距离矩阵表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	14	17.6	15.5	15	19.3	14.9	14.5	15
2	14	0	6.7	8.1	3.8	9.9	7.3	4.3	3.9
3	17.6	6.7	0	2.4	4.7	5.3	1.5	4.4	0.8
4	15.5	8.1	2.4	0	4.8	4.6	2.8	4.4	2
5	15	3.8	4.7	4.8	0	6.2	5	1.1	4.9
6	19.3	9.9	5.3	4.6	6.2	0	6.5	7.1	5.8
7	14.9	7.3	1.5	2.8	5	6.5	0	4.5	0.5
8	14.5	4.3	4.4	4.4	1.1	7.1	4.5	0	4.6
9	15	3.9	0.8	2	4.9	5.8	0.5	4.6	0
10	14	2.7	6.4	6.4	1.7	8.4	7.5	2.7	7
11	10.8	9	5.3	5	9.5	8.8	4.9	9	5
12	14.3	7.5	3.9	3.5	8	7.3	3.5	7.5	3.6
13	15.9	7.5	4	3.6	8.1	6	3.6	7.5	3.7
14	16.4	4.6	1.9	1.4	4	3.6	3	4.6	1.9
15	16.6	2.5	5.9	5.9	1.6	5.1	7.1	2.5	6.6
16	14.4	1.8	5.5	5.5	0.7	6.9	6.6	1.8	6
17	13.6	5.8	2.7	4	5.1	8.1	2.2	4.3	1.9
18	13	1.6	2.6	3.8	7.1	7.6	1.7	6	1.8
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	14	11	14.3	15.9	16	16.6	14.4	13.6	13
2	2.7	9	7.5	7.5	4.6	2.5	1.8	5.8	1.6
3	6.4	5.3	3.9	4	1.9	5.9	5.5	2.7	2.6
4	6.4	5	3.5	3.6	1.4	5.9	5.5	4	3.8
5	1.7	9.5	8	8.1	4	1.6	0.7	5.1	7.1
6	8.4	8.8	7.3	6	3.6	5.1	6.9	8.1	7.6
7	7.5	4.9	3.5	3.6	3	7.1	6.6	2.2	1.7
8	2.7	9	7.5	7.5	4.6	2.5	1.8	4.3	6
9	7	5	3.6	3.7	1.9	6.6	6	1.9	1.8
10	0	12	10.1	10.2	5.9	3	1.6	7.5	8.8
11	11.7	0	3.6	4.5	6.3	10.8	10.3	4	2.8
12	10.1	3.6	0	2.6	5.1	9.7	9.1	4	3.6
13	10.2	4.5	2.6	0	4.2	8.7	8.3	5.3	4.8
14	5.9	6.3	5.1	4.2	0	5.6	5.4	5.3	4.8
15	3	11	9.7	8.7	5.6	0	1.9	6.5	8.4
16	1.6	10	9.1	8.3	5.4	1.9	0	5.8	7.8
17	7.5	4	4	5.3	5.3	6.5	5.8	0	1.6
18	8.8	2.8	3.6	4.8	4.8	8.4	7.8	1.6	0

附录 2 遗传算法 Matlab 程序

```
%VRP 函数，用遗传算法计算最短路径组合

function
[Vnum,MiniCost,path,cycle,timeE,FullRate]=VRP(Dis,Need,a,V,Q,TopStock,SafeStock,T)%

% 其中 Dis 表示距离矩阵，Need 表示需求向量，a 表示单位距离运输成本
% V 表示车辆平均速度，Q 表示车辆运量上限
% TopStock 表示库存上限，SafeStock 表示安全生产库存，T 表示一个运输周期的时间上限

[dx,dy]=size(Dis); % 获取距离矩阵的行列数
if dx~=dy
    exit();% 如果行列数不相等则退出程序
end

num=dx;% 保存总结点数信息（装配厂和供应商数之和）
% Vnum=floor((TopStock-SafeStock)/(Q))+1;
bt=10/T;% 平均运输频率的计算
Vnum=floor((sum(Need))/(bt*Q))+1;

% 计算需要分成的路线数目，其中 volume 为车辆运输上限，假设一天工作 10 小时
w=50;g=100; % w 为种群的个数，g 为进化的代数
J=zeros(w,Vnum+num);% 用于保存初始解
MinPath=zeros(1,Vnum+num);% 用于保存每一代的最优路径

for k=1:w % 使用改良圈算法选取初始种群
    buffer=randperm(num-1)+1; % 生成一个初始序列
    % 向初始解中随机插入 vnum-1 个“1”
    for i=1:Vnum-1
        c=[buffer,0];
        r=randperm(length(buffer)-1,1)+1;
```

```

while c(r)==1|c(r-1)==1|c(r+1)==1
    r=randperm(length(buffer)-1,1)+1;
end
c(1,r)=1;
c(1,1:r-1)=buffer(1,1:r-1);
c(1,r+1:length(c))=buffer(1,r:length(buffer));
buffer=c;
end
c1=[1,buffer,1];%生成初始的解

J(k,:)=c1;%break; %记录下较好的解并退出当前循环
%      end

end
J;
for k=1:g
    A=J;%将初始种群 J 保存都 A 中
    for i=1:2:w %将个体两两配对交叉
        %      设置交叉次数为基因长度
        for ii=1:(Vnum+num)-1
            %产生交叉的随机位
            while 1==1
                aa1=floor(rand()*(Vnum+num))+1;
                aa2=floor(rand()*(Vnum+num))+1;
                if aa1>1&aa1<Vnum+num&aa2>1&aa2<Vnum+num
                    if aa1~=aa2&A(i,aa1)~=1&A(i,aa2)~=1
                        %交换第一个个体对应的基因
                        buffer=A(i,aa1);
                        A(i,aa1)=A(i,aa2);
                        A(i,aa2)=buffer;

```

```

%寻找第二个个体对应的基因位交换
k1=find(A(i+1,:)==A(i,aa1));
k2=find(A(i+1,:)==A(i,aa2));
buffer=A(i+1,k1);
A(i+1,k1)=A(i+1,k2);
A(i+1,k2)=buffer;
break;
elseif
A(i,aa1)==1&(aa1~=1|aa1~=Vnum+num)&A(i,aa2-1)~=1&A(i,aa2+1)~=1&A(i,aa2)
~=1

%交换基因
buffer=A(i,aa1);
A(i,aa1)=A(i,aa2);
A(i,aa2)=buffer;
break;
elseif
A(i,aa2)==1&(aa2~=1|aa2~=Vnum+num)&A(i,aa1-1)~=1&A(i,aa1+1)~=1&A(i,aa1)
~=1

%交换基因
buffer=A(i,aa1);
A(i,aa1)=A(i,aa2);
A(i,aa2)=buffer;
break;
end
else
end
end
end
end
end

```

```

G=[J;A];%父代和子代种群合在一起
[M,N]=size(G);
Cost=fitness(G,Dis,a,V,Vnum,T);%获得种群成本计算矩阵
MinCost(k)=min(Cost);          %保存种群中最小成本
%获取最小成本在种群中的标号
MinNum=find(Cost==min(Cost));
MinPath=[MinPath;G(MinNum(1,1),:)];
[Scost,ind]=sort(Cost);        %对成本按照从小到大排序
%      ind(1:5)
k=[1,Vnum+num];
%选择前 w 个不重复的个体基因为下一代
for m=1:ind-1
    for n=m+1:ind
        if G(m,:)==G(n,:)
            G(n,:)=0;
        end
    end
end
buffer2=zeros(1,Vnum+num);
for j=1:M
    if G(j,:)~=0
        buffer2=[buffer2;G(j,:)];
    end
end
[xx,yy]=size(buffer2);
if w+1<xx
    J=buffer2(2:w+1,:);
else
    J=buffer2;
end

```

```

end

% MinCost';    %打印出最小路径搜索历程向量

[xi,yi]=size(MinPath);
MiniCost=min(MinCost);
MinPath=MinPath(2:xi,:);
pp=find(MinCost==min(MinCost));
path=MinPath(pp(1,1),:);
split=find(path==1);
PathNeed=zeros(1,length(split)-1);%用于保存每条路径的训话次数
disE=zeros(1,length(split)-1);%用于保存每条路径的时间
for jj=1:length(split)-1
    for kk=split(jj)+1:split(jj+1)
        PathNeed(jj)=PathNeed(jj)+Need(path(kk));
    end
end
for ll=1:length(split)-1
    for mm=split(ll):split(ll+1)-1
        disE(ll)=disE(ll)+Dis(path(mm),path(mm+1));
    end
end
cycle=ceil(PathNeed./Q);
%计算满载率
FullRate=PathNeed./(cycle.*Q);
timeE=(disE./V);%计算每条路线的单圈运输时间
x=1:length(MinCost);
plot(x,MinCost);%画出路径搜索历程

%fitness 函数计算个体适应度
function Cost=fitness(Result,Dis,a,V,Vnum,T)

```

% Result 为输入的种群，Dis 为距离向量，a 表示单位距离成本，
% V 表示速度，Vnum 表示车辆数，T 表示一个周期时间限制

M1=1000000; %超时惩罚系数

[rx,ry]=size(Result); %保存种群的行列数信息

Length=zeros(1,rx);

for i=1:rx %该层循环遍历所有个体

% aa=find(Result==1); %找到个体中基因为 1 的位置序列

%

% for j=1:length(aa) %该层循环遍历个体的所有基因

% if Result(j+1)~=Result()

% end

l=0;

for j=1:ry-1

l=l+Dis(Result(i,j),Result(i,j+1)); %路径长度计算

end

Length(i)=l;

punish(i)=M1*(max([l/(V*Vnum)-T,0]));%惩罚成本的计算

end

% Length

% %计算路径成本

cost=Length(:,:).*(a);%计算路径成本

% %超时惩罚值计算

% punish=M1*max([]);

Cost=punish+cost; %返回路径成本与超时罚款成本之和矩阵

附录 3 路线选择软件源代码

%路线选择软件 UI 编程的源代码

```
function varargout = VRP_GUI(varargin)
```

```
% VRP_GUI MATLAB code for VRP_GUI.fig
```

```
gui_Singleton = 1;
```

```
gui_State = struct('gui_Name',      mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @VRP_GUI_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @VRP_GUI_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',   []);
```

```
if nargin && ischar(varargin{1})
```

```
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
```

```
end
```

```
if narginout
```

```
    [varargout{1:narginout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
```

```
else
```

```
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
```

```
end
```

```
% --- Executes just before VRP_GUI is made visible.
```

```
function VRP_GUI_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
```

```
% This function has no output args, see OutputFcn
```

```
% Choose default command line output for VRP_GUI
```

```
handles.output = hObject;
```

```
% Update handles structure
```

```
guidata(hObject, handles);
```

```
% --- Outputs from this function are returned to the command line.
```

```
function varargout = VRP_GUI_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
% varargout    cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% Get default command line output from handles structure
varargout{ 1 } = handles.output;
% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton1 (see GCBO)
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton2 (see GCBO)
% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton3 (see GCBO)
function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit1 (see GCBO)
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton7.
function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes on button press in pushbutton6.
function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes on button press in pushbutton8.
function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes on button press in pushbutton9.
function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes on button press in pushbutton10.
function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% --- Executes on button press in pushbutton11.
function pushbutton11_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

附录4 D1 对 C 判断矩阵

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	1	2	1	1	2	1	3	3	1	1	4
C2	1/2	1	1	1/2	1	1/2	1	1	1	1/2	2
C3	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1/2	3
C4	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1	3
C5	1/2	1	1/2	1/2	1	1/2	1	1	1/2	1/2	2
C6	1	2	1	1	2	1	3	3	1	1	4
C7	1/3	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1	1/2	1/3	1
C8	1/3	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1	1/2	1/3	1
C9	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	3
C10	1	2	1	1	2	1	3	3	1	1	4
C11	1/4	1/2	1/2	1/2	1/2	1/4	1	1	1/3	1/4	1

附录 5 D2 对 C 判断矩阵

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	1	1/2	1/2	2	2	1	1	1	2	2	1/2
C2	2	1	1	4	4	2	2	2	4	4	2
C3	2	1	1	4	4	2	2	2	4	4	1/2
C4	1/2	1/4	1/4	1	1	1/2	1/2	1/2	1	1	1/3
C5	1/2	1/4	1/4	1	1	1/2	1/2	1/2	1	1	1/3
C6	1	1/2	1/2	2	2	1	1	1	2	2	1/2
C7	1	1/2	1/2	2	2	1	1	1	2	2	1/2
C8	1	1/2	1/2	2	2	1	1	1	2	2	1
C9	1/2	1/4	1/4	1	1	1/2	1/2	1/2	1	1	1/3
C10	1/2	1/4	1/4	1	1	1/2	1/2	1/2	1	1	1/3
C11	2	1/2	2	3	3	2	1	1	3	3	1