

## 摘 要

伴随着全球经济一体化,我国汽车工业发展迅速,汽车工业开放程度越来越高,竞争越来越激烈。在这种情况下,汽车制造企业需要加强企业的经营管理,不断降低成本,提高服务质量和服务水平,以赢得竞争。而物流是降低成本的一个主要领域,它是企业的“第三利润源泉”。因此,对于中国汽车制造企业而言,加强物流管理显得尤为重要。

作为源头的供应物流在整个汽车物流中起着举足轻重的作用,供应物流成本的高低直接影响到企业以及整个供应链的最终获利情况。本文通过分析我国汽车制造企业供应物流的现状和存在的问题,提出将第三方物流引入汽车制造企业供应物流是优化我国汽车供应物流的关键。并结合目前我国第三方物流和汽车物流的现状和特点,提出了重构供应物流运作方式,即实行“配送中心”和“循环取货”的供应模式。

而实现第三方物流对汽车制造企业供应物流的优化,必须要选择合适的第三方物流服务商。本文根据我国汽车供应物流的特点,建立了选择第三方物流服务商评价指标体系,并通过主成分和系统聚类分析法对备选第三方物流服务商进行了评价和选择。

此外,本文研究了汽车制造企业采购供应中的采购量分配问题,为此建立了一个基于随机需求和价格折扣的多阶段,多供应商和多零部件的单目标混合整数随机规划模型,以零部件价格、采购和库存成本的最小化为总目标,以供应商的供应能力、及时率和零部件所获评价等级等准则为约束条件,根据传统的处理机会约束的方法,将其转化为确定性的等价模型。最后结合采购实例,利用软件 LINGO9.0,找到了给定条件下各供应商采购量配额的最优方案,验证了模型的有效性与可行性。

**关键词:** 物流, 汽车制造企业供应物流, 第三方物流, 供应商选择, 采购量分配

## ABSTRACT

Accompanied by global economic integration, our automobile industry is fast growing. The opening degree of automobile industry is higher and higher, and the competition is fiercer and fiercer. In order to win the competition, automobile manufacturing enterprises need to strengthen their management and administration, lower costs constantly, and improve the service quality and the service level under this situation. And the logistics is a main field of lowering costs, which is "the third profit source" of the enterprise. So, as to our automobile manufacturing enterprises, strengthening logistics management seems particularly important.

As the headwaters of the whole automobile logistics, the supplying logistics plays a very important role. The cost of supplying logistics directly influences the final profit-making situation of enterprises and whole supply chain. The paper analyzes the current situation and existing problem of our automobile manufacturing enterprise. And the paper proposes that it's the key to optimizing the automobile supplying logistics to introduce the third-party logistics (TPL) to the supplying logistics of automobile manufacturing enterprise. Combining with the current situations and characteristics of our TPL and automobile logistics at present, the paper proposes reconstructing the operation way of the supplying logistics. That means to implement the supply modes about "distribution center" and "Milk-Run".

And we must choose the suitable TPL if the third-party logistics suppliers realize to optimize the supplying logistics of automobile manufacturing enterprises. On the basis of the characteristic of the automobile supplying logistics, the dissertation sets up the evaluation index system to choose TPL. And a synthetic method of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis is presented to evaluate and select the TPL enterprise.

Meanwhile, the purchasing amount allocation, which is in the purchase and supply of automobile manufacturing enterprise, is studied in the dissertation. And the dissertation sets up a mixed integer stochastic

programming model of the purchasing amount allocation with multi-periods and multi-products, which is under stochastic demand and price discount. The model regards the minimization of the spare part, the order cost and the stock cost as the total goal, and it regards criteria such as the supplier's deliverability, promptness rate and accessory quality etc. as the constrained conditions. According to the method of the traditional treatment of chance constraint, the paper turns it into deterministic equivalent model. Combining with a numerical example, the LINGO9.0 is utilized to solve the example. Feasibility and effectiveness of the proposed model is proved.

**KEY WORDS** Logistics, the supplying logistics of automobile manufacturing enterprises, the third-party logistics, vendor selection, the purchasing amount allocation

## 原创性声明

本人声明,所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知,除了论文中特别加以标注和致谢的地方外,论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果,也不包括为获得中南大学或其他单位的学位或证书而使用过的材料。与我共同工作的同志对本研究所作的贡献均已在论文中作了明确的说明。

作者签名: 赵丽芬 日期: 2007 年 11 月 30 日

## 关于学位论文使用授权说明

本人了解中南大学有关保留、使用学位论文的规定,即:学校有权保留学位论文,允许学位论文被查阅和借阅;学校可以公布学位论文的全部或部分内容,可以采用复印、缩印或其他手段保留学位论文;学校可根据国家或湖南省有关规定送交学位论文。

作者签名: 赵丽芬 导师签名:  日期: 2007 年 11 月 30 日

# 第一章 绪论

## 1.1 选题背景及研究意义

随着中国在世界经济中的地位不断上升,中国的汽车工业也在持续大幅度发展。国家统计局发布的《2006年国民经济和社会发展统计公报》,涉及汽车及其相关的数据如下:2006年末,全国民用汽车保有量达到4985万辆,比上年末增长15.2%。其中年末私人汽车保有量2925万辆,增长23.7%。民用轿车保有量1545万辆,增长27.2%。其中私人轿车1149万辆,增长33.5%<sup>[1]</sup>。而根据中国第一汽车集团公司董事长、总经理竺延风的判断和预测,2007年前后,中国汽车市场将步入持续、稳步的增长阶段;到2010年,中国汽车产量将达到1000万辆;2010年至2015年,中国汽车市场依然会是全球增速最快的市场。更有行业专家指出,到2015年,中国有可能超过美国成为全球第一大汽车市场<sup>[2]</sup>。美好前景的魅力是不可阻挡的,大量外资企业的涌入,外国汽车公司显示出它们对中国汽车市场的新兴趣,纷纷宣布大型投资计划,决心要在全球发展最快的中国汽车市场上一决雌雄,使国内竞争越来越激烈。

在这种形势下,我国汽车行业的平均利润率急剧下降,轿车企业的平均利润率从2001年的22%降到了2004年的6%-7%<sup>[3]</sup>,有些企业的利润率甚至还要低,当前全球汽车行业的平均水平大概是3%-6%。效率低的汽车企业很可能最终被市场所淘汰。因此,我国的汽车制造企业开始纷纷改革其传统的物流管理模式,积极推行现代物流,以谋求在竞争中持续地发展。

汽车物流一直以来都被国际物流同行公认为较复杂、较专业的物流领域,因为汽车生产过程是一个复杂的系统工程,单就汽车装配而言,通常在一条装配线上混流装配两个或两个以上平台、十几种配置的轿车,生产节拍是每小时20至40辆车,每种车型的装配零部件是3000多种,涉及到上万个复杂的生产工序,生产线旁的物流位置有限,极易发生零部件的堆积和断档,上万种零部件必须准确地送到消耗点,物流数据的信息量特别大,它集现代运输、仓储、搬运、包装、配送及物流信息于一体,是沟通原料供应商、生产厂商、经销商、物流公司及最终用户的桥梁<sup>[4]</sup>,可细分为供应物流、生产物流、销售物流和回收物流四个相互联系的领域。

作为源头的供应物流在整个汽车物流中起着举足轻重的作用,供应物流成本的高低直接影响到企业以及整个供应链的最终获利情况。供应物流(也称零部件入厂物流)是指包括原材料等一切生产物资的采购、进货运输、仓储、库存管理、用料管理和供应管理,是在供应→制造→销售→服务组成的汽车供应链体系中

居于起始阶段的物流活动。零部件生产企业和原材料供应商构成了供应物流的起点，汽车制造企业构成了供应物流的终点，中间包括运输层、仓储层和配送层。在汽车行业的供应物流体系中，汽车制造企业居于核心地位，围绕他们的是数目庞大的零部件生产企业及原材料供应商。

汽车制造企业主宰着整个物流系统，为了实施精益生产，实现零库存，要求零部件供应商按其生产节奏和生产需求量进行供货，实施“直送工位”的 JIT（准时供货）配送。一方面，汽车制造企业担心零部件供应商不能及时供货，零部件发生质量问题而影响生产；另一方面，有些零部件供应商生产能力受到限制，不能满足汽车制造企业的生产需求。因此，为了促进零部件供应商不断提高生产效率，许多汽车制造企业在采购零部件时，倾向于先选择几个固定的供应商，然后再根据实际情况动态的在这些供应商之间分配采购量。

同时，随着汽车工业的快速发展，第三方汽车物流市场不断增长，涌现了许多汽车物流企业：安吉天地、长安民生、吉林长久、福田物流、武汉中原、广州风神等。这些汽车物流企业的物流服务主要还是集中在整车物流这一块，就算是行业内比较领先的安吉天地物流公司，其业务中整车物流占到了 90%<sup>[5]</sup>，零部件物流还只是很少的一部分，因为供应物流是汽车物流中最复杂、最有技术含量的组成部分，一般由汽车制造企业自营，外包给第三方物流在国内尚处于起步阶段。

因此，如何利用汽车制造企业内部及外部资源，优化供应物流管理流程，如何科学合理地分配采购订单，如何使第三方物流有效地应用于供应物流，高效地满足汽车制造企业生产及物资流通的需要，降低物流成本，从而增强我国汽车制造企业在国内外市场的竞争能力，是一项非常具有现实意义的研究课题。

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 国内的研究现状

近年来我国汽车行业对于企业的物流成本、物流效率也日趋重视，一些学者针对我国汽车物流也进行了一定的研究与探索。王国华(2002)<sup>[6]</sup>分析了我国制造业物流的发展环境与现状，指出企业物流应根据现代物流的发展趋势来确定其发展模式。秦琛(2005)<sup>[7]</sup>对供应链管理和信息系统建设在汽车工业中的重要性进行了阐述，并对汽车产业供应链物流信息管理功能模块进行了设计。神龙汽车有限公司的陆薇(2004)<sup>[8]</sup>就神龙汽车采购供应物流的优化途径和零部件供应如何实现“精益”化进行了研究。叶明海、顾明毅(2003)<sup>[9]</sup>调查了国内汽车行业物流发展情况，指出了汽车物流发展所遇到的瓶颈问题，探讨了汽车产业实施第三方物流

的途径,为我国汽车企业开展现代物流管理,全面提升全球市场竞争力提供了若干建议。王树华(2006)<sup>[10]</sup>进一步阐述了第三方物流是汽车零部件产业发展的必然选择。

对于采购量分配的问题,国内的研究不多,文献[11]研究了在随机性需求和价格折扣条件下,单阶段、多产品和多目标的供应商选择及其采购量的分配问题,建立了多目标混合整数随机规划模型,但只考虑了单阶段的模型。文献[12]研究的是多阶段多产品的采购量分配问题,但仅适用于确定性需求的条件。文献[13]和文献[14]分别采用了点估计加权和列生成算法求解大型钢铁企业原材料采购模型。文献[15]建立了混合整数规划模型,并采用混合遗传算法进行求解,但仍然没有考虑随机需求和价格折扣情况。文献[16]虽然建立的是单阶段单目标整数规划模型,但针对的是多供应商环境下 JIT(Just In Time)采购的订单分配问题,提出一个在满足一定送货及时率及采购策略条件下生产商的采购总成本最小化模型,分析了采购成本对送货及时率的敏感度。

若使第三方物流有效地应用于汽车制造企业的供应物流,评价选择合适的第三方物流服务商非常重要。关于第三方物流服务商的评价方法很多,如模糊聚类法、专家评判法、层次分析法(AHP)、人工智能方法(CBR)等。模糊聚类法通过聚类分析把备选的第三方物流企业分为几类,企业从原始数据中判断各类物流企业的特点,然后在某一类中选择。但如果物流企业的指标很多,总结每类物流企业的特点就比较困难了。模糊聚类法也有优点,如焦蕾稚<sup>[17]</sup>所述,此方法计算过程简单,并且能有效地区分各类物流供应商,缩小选择范围,从而使供应商选择问题得到一定程度的简化。在选择第三方物流企业的分析方法中,目前使用较多的是层次分析法(AHP)。AHP 常常结合其他方法一起使用,马雪芬<sup>[18]</sup>结合模糊综合评价,利用 AHP 建立操作层相对于目标层综合评价的决策矩阵和权重序列,结合决策矩阵的模糊运算求得操作层对目标层综合评价的优劣序列,企业从结果中选择一个或多个备选企业作为合作者。利用模糊运算模型扩展 AHP 计算的广度,为满足不同的目的和要求可以采用不同的模糊运算模型。赵佳妮<sup>[19]</sup>针对多源供应商选择,提出 AHP 和线性规划法(LP)相结合,用 AHP 求出每个供应商的组合权重,以此作为目标函数的系数构建线性规划模型,用 TVP 代表物流服务供应商的总采购价值(Total Value of Purchasing, 简称 TVP),建立 LP 模型,然后利用单纯形法进行求解。AHP 作为一种将定性和定量结合的工具,最大优点是提出了层次本身,使得决策者能够认真地考虑和衡量指标的相对重要性,做出科学合理的选择,具有可靠性高、误差小的特点。但正如李大鹏<sup>[20]</sup>所述, AHP 也存在着一定的局限性,在遇到因素众多、规模较大的问题时该方法往往容易出现一些问题,例如判断矩阵难以满足一致性要求,往往难于进一步对其进行分组。

### 1.2.2 国外的研究现状

二十世纪五十年代, 汽车行业的物流管理处于形成期, 汽车制造商更注重制成品到消费者的实物配送环节, 强调对与实物配送有关的一系列活动进行系统管理, 以最低的成本确保把产品有效地送到顾客手里。在供应物流方面大多还是采取传统的成批、标准化采购, 确保不缺货, 以发挥最大的规模生产能力。

二十世纪六七十年代, 随着 JIT, MRP, MRP II 等先进管理方法的开发和在物流管理中的运用, 物流理论进入成熟阶段。在汽车行业, 日本丰田公司的丰田英二和大野耐一创立了准时制(Just In Time)生产, 在管理手段上采用看板管理、单元化生产等技术实行拉式生产(Pull Manufacturing), 为了实施 JIT 生产, 丰田公司在供应物流方面也引入 JIT 理念, 一定程度上改变了传统供应物流系统运作管理方式, 用少量、频繁的交货取代大宗合同订货, 只按需要保有库存, 尽可能地将存货水平降到最低。准时制是汽车行业对现代物流管理思想的一大贡献。

二十世纪八十年代末九十年代初以来, 全球经济一体化进程的迅速发展和新兴市场的形成, 促使国际汽车巨头们采用零部件和原材料的全球采购供应战略, 以寻找低成本生产资源, 这就造成供应链管理的复杂性和难度大大增加。国际上的各大汽车集团为了专注于核心业务, 纷纷采取将非核心业务外包策略, 与专业化的第三方物流公司合作构造新型的供应链体系。Ford (福特汽车公司) 与 UPS (联合包裹服务公司) 合作, 由 UPS 对 Ford 从工厂到经销商的 400 多万辆汽车实行在途跟踪监控<sup>[21]</sup>。

对于采购量分配的问题, 国外学者进行了以下研究, 文献[22]和[23]是将供应商的选择同采购量的分配建立在同一个模型当中进行考虑, 分别为线性规划和混合整数规划, 文献[22]的线性规划较为简单, 考虑因素也较少, 文献[23]是一个综合模型。文献[24]则为典型的采购量分配的问题, 并且它考虑了供应商的规模效应。文献[25]研究的是供应商选择及其采购量分配问题, 考虑了随机需求但没有考虑价格折扣的情况。文献[26]提出了全新的方式, 建立了多阶段分配采购量的决策模型, 它考虑了各供应商的不同折扣水平, 但只考虑了单个零配件, 并未考虑多个零配件的情况。文献[27]研究的是模糊多目标供应商选择及其供应额度分配问题, 但也没有考虑随机需求和价格折扣情况。文献[28]就是考虑了随机需求, 它将 Newsboy 问题结合进来, 对零部件的订购决策进行考虑, 但它是考虑有限阶段决策问题。

供应商选择方法的研究大致经历了三个发展阶段: 定性方法、定量方法、定性与定量相结合的方法。20 世纪 70 年代著名的运筹学家 T.L.Satty 提出了层次分析法<sup>[29]</sup>, 接着 Weber 等出将层次分析法用于供应商的选择<sup>[30]</sup>。S.H.Ghodsypour

和 C.O'Brien (1998)<sup>[31]</sup>集成了层次分析和线性规划的方法, 来选择最佳的供应商。20 世纪 80 年代后期, 随着人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)迅猛发展, 出现了将人工神经网络应用于供应链管理环境下供应商的选择模型, 当对供应商做综合评价时, 该方法可再现专家的经验、知识和知觉模式, 实现了定性分析与定量分析的有效结合。Kumar (2004)<sup>[27]</sup>利用模糊优化理论对供应商进行选择, 从三个方面建立约束: 最小净成本、最大满意度、最小延迟时间, 进而给出评价模型对供应商进行评价选择。Shyur&Shih (2006)<sup>[32]</sup>结合多目标决策和网络分析方法获得指标权重, 并运用改进了的业绩评价法对战略型供应商进行评价选择, 他们通过实证研究证明了此研究对于战略型供应商选择的有效性。

### 1.3 本文研究的主要内容

首先对汽车制造企业的供应物流进行分析, 研究我国汽车行业供应链及汽车制造企业供应物流的现状, 通过实地调研和查阅文献, 总结我国汽车制造业企业现行供应模式的特征和供应物流系统存在的主要问题, 提出引入第三方物流。对我国第三方物流及汽车物流市场进行分析, 重构第三方物流对供应物流运作方式。论文将重点对第三方物流服务商的选择和供应物流中遇到的采购量分配问题进行解析。

在第三方物流服务商的选择上, 首先构建第三方物流服务商的评价指标体系, 然后利用主成分和系统聚类分析法对其进行综合评价和分类, 为汽车制造企业选择第三方物流服务商提供重要参考和依据, 企业可以根据分类结果并结合物流企业的主成分指标信息做出科学合理的选择。

在采购量分配问题探讨上, 论文提出一个单目标混合整数随机规划模型, 通过处理机会约束的传统方法, 根据事先给定的置信水平, 把机会约束转化为它们各自的等价类。该模型适用于在随机需求和价格折扣条件下, 多阶段、多零配件的采购量分配问题。

本文的研究流程如图 1-1:

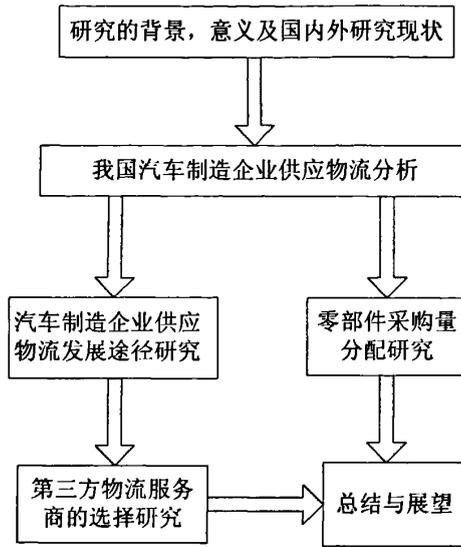


图 1-1 论文框架图

## 第二章 汽车制造企业供应物流分析

### 2.1 汽车行业供应链分析

汽车行业供应链是最为复杂的供应链系统。汽车工业从专业化的原材料供应，汽车零部件加工，零部件配套，整车装配到汽车分销乃至售后服务已经形成了一整套供应→制造→销售→服务供应链，如图 2-1 所示<sup>[33]</sup>：

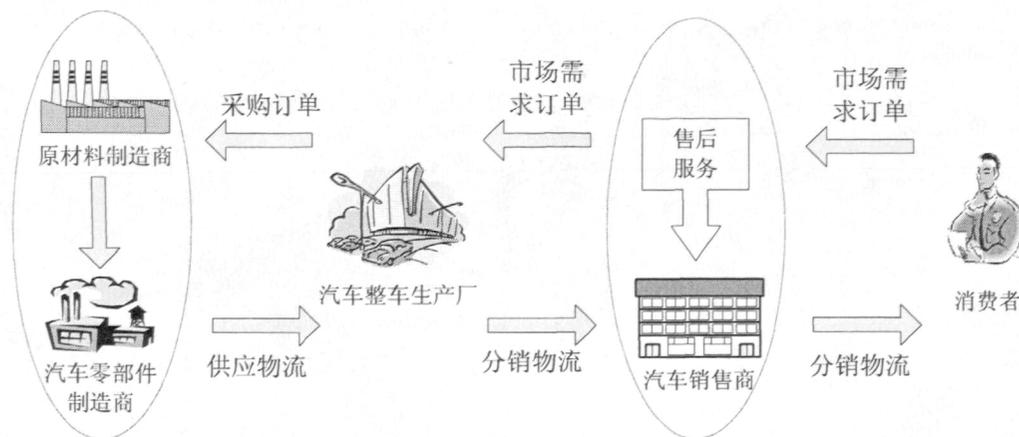


图 2-1 汽车行业供应链

#### 2.1.1 汽车行业供应链的上游

汽车原材料制造商与零部件制造商是汽车行业供应链的上游。一般而言，汽车产业附加值的 70%都是通过零部件创造的，零部件业对汽车工业起到了举足轻重的作用，其质量高低直接影响着汽车产业的效益水平。

我国零部件生产厂近 3000 多家，零部件供应商随着汽车制造商的工厂布置而全国性散乱分布，形成了区域性的相对集中，零部件销售总额最高的 6 个省市依次为上海、浙江、江苏、湖北、重庆、辽宁，2003 年 6 省市合计为 4,800 亿元，占全国零部件销售的 50~60%<sup>[34]</sup>。不管是零部件入厂物流，还是售后备件物流在区域内部和区域之间都大规模发生。而且国内各大整车生产企业，特别是“三大”汽车集团，都建立了各自独立的供应商体系。如图 2-2 多层零部件供应商环绕整车厂所示：

① 核心层零部件企业一般是由直属专业厂和全资子公司构成，同整车厂是主从关系，是整车厂核心能力所在。但汽车专业化分工程度的不断加深，他们正在被逐步脱离汽车制造企业，成为独立的零部件供应商。但由于先前两个企业间

的种种千丝万缕的联系，它比其他独立的供应商更容易获得合作的机会。

② 骨干层企业是有相对独立的法人资格，其生产活动要服从整车厂的整体部署，整车厂一般以参股、控股的方式进行控制管理骨干层企业。

③ 协作层企业与整车厂仅是零部件采购与供货的契约关系。

数目如此庞大的汽车零部件供应商使得我国汽车制造业供应物流状况变得更加复杂。

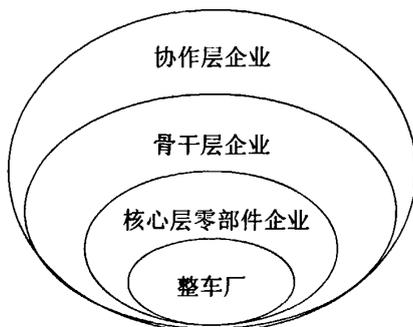


图 2-2 多层零部件供应商环绕整车厂

### 2.1.2 汽车行业供应链的中游

供应链的中游是汽车制造企业，是整个供应链的核心企业所在。目前，我国约有 100 多家整车制造厂，汽车制造企业市场份额相对集中。《汽车工业产业政策》颁布以来，国家对汽车工业的扶持政策向重点骨干企业倾斜，80%以上的投资集中于前 13 家骨干企业，促进了我国汽车工业组织结构的优化，大企业对于行业发展的主导作用不断加强。1999 年中国汽车企业前十五家汽车生产集中度超过 80%，2001 年前 3 家汽车企业集团一汽、东风、上汽的汽车生产集中度达到 44%，轿车生产集中度超过 70%。2004 年汽车行业排名前五的企业集团生产集中度已提高到 70%。我国汽车业已形成了“3+6”的格局，即是一汽、东风、上海 3 大集团加上广州本田、重庆长安、安徽奇瑞、沈阳华晨、南京菲亚特、浙江吉利 6 个独立骨干轿车企业<sup>[35]</sup>。同时，世界汽车 6+3（通用集团，福特集团，戴姆勒-克莱斯勒集团，丰田集团，大众集团，雷诺-日产集团+雪铁龙标致，本田，宝马）都在中国建立了整车合资合作企业，其中乘用车企业约 30 家。有些外商利用我国允许一家外国汽车企业在华可以拥有两个合作伙伴的政策，避开在华的首家合作者，另寻伙伴，异地建立第二个企业，不断加大在中国的投资。

从现阶段情况来看，由于我国汽车供应链的结构比较松散，加之受到前期计划经济的影响，使得我国汽车制造企业具有较强的控制力，使零部件供应商的

发展受到了一定的影响。由于供应链中“牛鞭效应”的存在，使销售商的订单波动的幅度很大。为此，汽车制造企业为了保证市场供应，必须保持有大量库存。

### 2.1.3 汽车行业供应链的下游

供应链的下游是汽车销售服务行业。其实质是围绕着汽车产品的售后服务而形成的综合服务业，是分布在全国各地的多家专营店，他们为用户提供购买渠道及引导他们购买，并提供维修及零配件服务，它直接面对广大的最终用户和消费者。传统的汽车销售服务汽车 4S 的含义是拥有整车销售(Sale)、售后服务(Service)、零配件供应(Sparepart)和信息反馈(Survey)4 种功能，强调一种整体的、规范的、由汽车企业控制的服务，4S 店模式是汽车市场激烈竞争下的产物，随着市场逐渐成熟，用户的消费心理也逐渐成熟，用户需求多样化，对产品、服务的要求也越来越高，越来越严格，原有的代理销售体制已不能适应市场与用户的需求。而如今汽车销售服务的功能已经扩展到 6S，所谓 6S 的概念则是在 4S 的基础上增加了汽车金融和汽车俱乐部两项服务内容。6S 店进入中国，标志着国内汽车营销模式进一步与国际接轨口。

## 2.2 汽车制造企业供应物流现状

### 2.2.1 汽车制造企业供应物流概述

汽车制造企业的供应物流是供应链管理中非常重要的一个环节，可以进一步划分为原材料供应物流和零部件供应物流。其中，原材料供应物流以钢材为主。由于制造汽车使用的钢材技术含量较高，只有少数钢铁企业能够生产，相对于数目庞大的零部件供应商来说，这部分供应商的数目要少得多，而且都是规模巨大的国有企业，他们对整车制造企业的依附程度低，由于受地域、企业规模等方面因素的限制，我国的汽车制造企业在钢材的采购上基本上还是采取自行采购、直接入库的管理方式，因此本文所研究的对象是零部件的供应物流。

如上节所述，国内各大汽车制造企业，特别是“三大”汽车集团，建立了各自独立的供应商体系，多层零部件供应商环绕整车厂，形成了零部件供应商群。这些企业由于规模小、产品单一，对汽车制造企业的依赖性强，为了提供JIT配送服务的供应方式，多采取在汽车制造企业周围设立仓库。如此庞大的零部件供应群体和相应的运输、配送环节，构成了层次繁多、结构复杂的“金字塔型”供应物流体系，如图2-3所示，零部件供应商构成了供应物流的起点；从零部件供应商到汽车制造企业的干线运输构成了运输层；围绕汽车制造企业的仓库群构成了仓储层；零部件供应商的配送部门或汽车制造企业的供应部门构成了配送层。

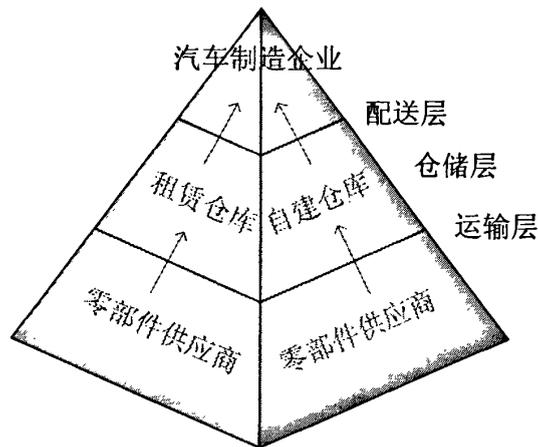


图2-3 汽车制造企业现行供应物流体系

随着JIT不断发展和推广，JIT在我国汽车制造企业中广泛应用，并获得了明显效果，例如，第一汽车制造厂、第二汽车制造厂、上海大众汽车有限公司等企业，结合厂情创造性应用JIT，取得丰富的经验，创造了较好的经济效益。因此，为了实现汽车制造企业JIT生产方式，提高汽车制造企业自身的市场竞争力，中国汽车工业采购供应体系也基本上采用JIT配送方式。现行的采购供应方式大致可以分为批量供应、看板供应、同步供应三种：

### (1) 批量供应

比较接近于传统的计划供应方式，与传统计划供应方式的区别是其预测和计划周期较短。批量供应遵循以下原则：在第 $j$ 天的需求基础上进行预测，并计划从第 $j$ 天到第 $j+n$ 天的供应量，依次循环滚动。计划供应针对一般的中小项零部件，例如内饰件、室内灯、遮阳板、标准紧固件（螺丝、扣子、塞子）、方向盘等。

### (2) 看板供应

看板供应是根据生产排程及包装量大小，计算出看板张数及每天所需交货趟次，使用看板作为交货信息的一种供货方式。看板附在从上游供应商发来的零部件的容器上，当该零部件被使用后，取下看板放到看板回收箱里，返回给上游供应商，他们根据返回的看板信息来组织零部件生产的下一次供应和生产。看板方式实现以少量多频度的方式进行交货，减少或者消除缓冲库存。在看板供应中，每次供应都是对实际消耗的补充，体现准时生产制的基本原则。这种方式简单实用，而且随着信息技术的发展，传统的纸化看板卡片已大多被电传传真和电子信箱等现代化媒介所替代，使得看板管理更为迅速和准确。看板供应适用的零部件包括：大项及超大体积的零件，主要车身钣金件，例如：仪表板、电线束、地毯、

置物板、车顶篷、车门、后舱盖、引擎盖、前轮板、前底板、后底板等,看板运行示意图如图 2-4<sup>[8]</sup>:

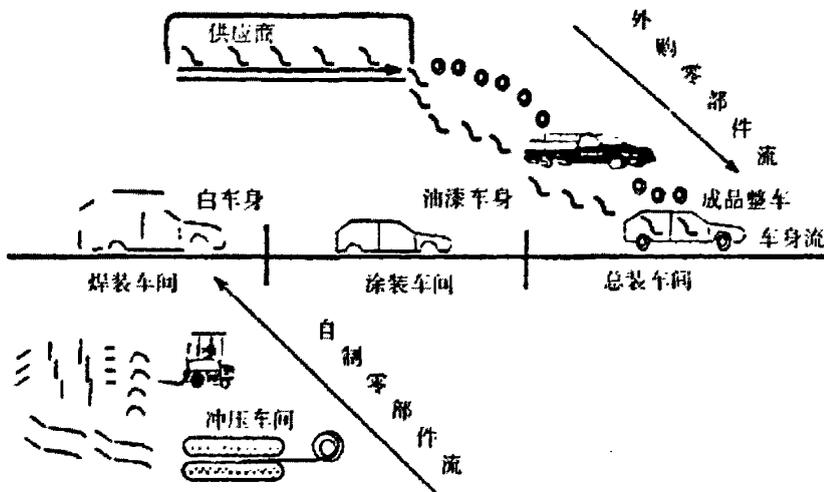


图 2-4 看板运行示意图

### (3) 同步供应

同步供应是准时化采购的最高级方式,它适合于大总成,车身颜色件及主要选配件等。这些零部件相对价值较高,通用性较低,需要根据生产线运行情况进行同步供应,以期满足工艺需要、减少库存费用和对生产场地的占用。可以采用同步供应的零部件包括:座椅、轮胎、门板、保险杠等。同步供应的原理是当车身通过装配流水线上某一消耗点时,发出对下游某点所需装配某种零件的同步需求信号,内部分装工序或外部供应商收到此信号后,就根据要求生产所需的零部件品种,并在所需的时刻运送到所需消耗点。

供应物流的效率、订单的执行情况直接影响到汽车制造企业是否能够快速灵活地满足下游客户的需求。只有通过汽车制造企业内部之间以及与外部的采购协同作业,大幅度缩短产品生产周期,方可准时响应用户的需求,降低物流成本,提高整个汽车行业供应链的敏捷度和柔韧度。

## 2.2.2 汽车制造企业供应物流的难点

由于供应物流体系结构复杂,市场竞争越来越激烈,汽车制造企业为了适应最终用户的特性化需求,必须不断提高产品质量并降低价格,这就促使整车厂不断地致力于降低物流成本,缩短供货提前期并且要求模块供应商排序供货。在实践中,如何做好汽车制造企业的供应物流,解决好需求与供给的矛盾面临许多困难,这些难点主要集中在以下方面:

### (1) 产销柔性连接

如今,在大规模订制生产模式中,汽车行业供应链以客户订单为依据来安排订制产品的生产,生产与需求在理论上同步,这样既保证生产时有充足供货,又不会产生库存而占用资金和仓库。通过对市场需求订单的预测,适时做好生产的资源准备,以供应物流的及时供货保证产品的准时交付。供应链追求的目标在于使汽车制造企业适应市场多变且竞争激烈的外部环境,增强其柔性和敏捷性并降低成本。只有产销的连接具备适当的柔性,才能保证采购供应物流的良性运转。

### (2) 交付及时性

以轿车生产厂为例,国内整车装配线的生产节拍通常是每小时 2040 辆车,每种车型的装配零部件约 3000 多种,通常的生产方式是混流。而生产线旁的物流面积有限,因此需要连续不断地按照汽车制造企业的要货指令向装配先生产线边准时供货,供货的及时性决定了生产的准时性。

### (3) 资源调度准确性

汽车供应链上的节点企业,在生产准备时,对资源状况的准确把握和对资源的准确调度,都对企业内外部的管理和基础设施配备提出了极高的要求。由于我国汽车制造业接受物流管理理念较晚,供应链上的所有企业在物流基础设施和管理水平上均比较薄弱,供应物流的成本居高不下,表明了资源调度实现准确的难度极大。

### (4) 信息化管理

汽车供应链上的所有企业均不同程度的装备了信息化设施,实现了一定水平的信息化管理。然而,各类管理软件相对简单,大部分停留在企业内部事务处理阶段,软件之间呈孤岛状态,很少有企业建立了整个供应链的综合信息管理系统。现代物流以信息化管理为标志。然而,企业对物流信息技术的运用还处在初级阶段;由于管理软件供应商与用户之间沟通不畅,IT 技术人员通常缺乏管理经验,对于供应链管理流程的复杂性认识力不够,开发出来的软件产品很难满足企业的需要。实现信息化管理是优化供应物流的难点。

### (5) 质量保证体系

汽车由成千上万的零部件组成,汽车整车质量必须由零部件的质量、物流运输的质量、保管配送的质量和装配的质量来保证。没有上游供应商和入厂物流环节的质量保证,汽车制造企业的产品质量就是空中楼阁。工业化水平和管理水平决定了质量保证体系的构筑和良性运行,是精益生产的基础保障。但是,良性运行所涉及的因素众多,而协调平衡的难度制约了目标的实现。

### (6) 贯彻标准化

汽车物流零部件的品种多,尺寸和其它物理特性差异大。为优化汽车物流体

系,实现包装、运输、仓储和装配线供应的一体化,发达国家的汽车物流行业通常都会采用标准化和专业化的物料容器具,汽车物流标准化工作主要包括:汽车运输工具标准化;物流企业管理标准化和物流企业服务规范标准化等。但是总体上而言,国内汽车物流的国家标准、行业标准的制订还刚刚处于起步阶段。在物料容器具的使用方面与国外相比也存在很大差距。为优化卡车的空间利用率,干线运输通常采用纸包箱包装,这就意味着装卸车是以人工操作为主;而各个整车装配线上要求物料采用物料容器具,因此需要在中间仓库对纸箱包装的零部件、配件进行改包装作业。目前,虽然个别汽车制造企业在推广物料容器具的使用,但是由于各个厂家的标准不统一,同一种物料向不同的汽车制造企业供货时需要采用不同的物料容器具,导致了巨大浪费。

### 2.2.3 现行的供应模式的特征

汽车制造企业零部件有两种来源:一是自产,即从汽车制造企业相关的配套企业(核心层零部件企业)采购。我国大多数汽车制造企业是“大而全”的局面,都有自己完整的相关配套企业,国际汽车集团的零部件自制率只有30%左右,而我国汽车企业的自制率在70%的高位上徘徊<sup>[36]</sup>。因此,整车厂的一部分零部件来源于自己集团的配套企业;二是外购,即从骨干层,协作层零部件企业采购,一种情况是直接从选定的供应商处采购,另一种情况是国产外协件的采购,即从国外合资伙伴得到零部件的产品图纸,在国内通过选定的供应商进行加工制造<sup>[37]</sup>。在实践中,许多汽车制造企业为了促进零部件供应商不断提高生产率,降低风险,一般选择2家或2家以上零部件供应商供应同一种零部件,然后再根据实际情况动态的在这些供应商之间分配采购量。由于零部件采购的来源不同,汽车制造企业供应模式形成了如下特征:

#### (1) 供产销一体化的自营物流

汽车制造企业为了加强对零部件供应、产品制造和销售全过程的有力控制,采用投资自建、行政划拨等形式组建辅助性企业,使它们与核心零部件供应商之间人为地形成了一种基于所有权关系的模式,使其成为自己的配套企业。例如,上汽集团拥有43家零部件企业,天汽集团拥有52家汽车零部件企业,北汽的20家主要零部件供应企业虽不是全部自建,但通过政府干预,全部划归给北汽总公司。因此在零部件供应商的选择上,基本上选择整车制造企业自建的或同属于一个集团的零部件生产厂家,形成了以汽车制造商为龙头,供产销一体化的自营物流,约占80%左右<sup>[38]</sup>。

在这种模式下,各汽车制造企业均自己建有仓库、配有车队,自己负责汽车产品原材料、零部件、辅助材料等的供应物流、汽车产品的生产物流与销售物流等物流活动。制造企业既是汽车生产活动的组织者、实施操作者,又是企业物流

活动的组织者与实施者<sup>[39]</sup>。这主要是因为零部件生产厂分布地域广阔, 供求双方信息交流困难, 生产计划的调整 and 变化不能及时沟通, 而实施自营物流的情况下, 制造商可以对供应物流、生产物流及分销物流拥有完全的控制权, 能够掌握第一手客户信息, 有利于改善客户服务和对整个物流进行协调与控制。但是, 随着物流业务的不断扩大, 供应全球化和电子商务对汽车产品物流的信息化、自动化和柔性化提出了全新的要求, 要求制造企业具有更加强大的物流实力, 不断加大对物流的投入以适应电子商务发展的需要。但是汽车制造企业所拥有的资源是有限的, 它不可能在所有的业务领域都获得竞争优势, 对于汽车制造企业来说, 他们的核心竞争力来自于被消费者认同的汽车品牌及每一品牌背后所蕴涵的汽车文化, 因而汽车制造企业必须将有限的资源集中在核心业务上, 寻求社会化分工协作带来的效率和效益的最大化。

这些变化对自营物流而言, 不但加重了制造企业的资金负担, 而且也不能充分发挥分工上的经济优势, 会降低汽车产品的总体物流效率。同时, 自营物流的特点使得汽车制造企业往往只从本企业的利益出发, 过多地强调保障生产企业生产的连续性, 会要求零部件生产企业提供远大于实际需要的库存, 这样就会降低零部件生产企业的利润, 最终会影响整个物流系统的利益。

## (2) “整车厂”中心型的供应物流

当前, 我国汽车制造企业运行模式的主流是精益生产, 要求零部件供应商 JIT 供货, 其供货方式大致可以分为批量供货、看板供货、同步供货三种。因此, 汽车制造企业进行国内采购时, 要求零部件供应商按其生产节奏和生产需求量, 以“看板”或“同步”的方式向整车生产厂的生产线边或准备区供货, 由供应商或汽车制造企业的供应部门实施“直送工位”的 JIT 配送。

如 2.1.1 节所述, 我国幅员辽阔, 零部件供应商过于分散, 分布在全国各地, 沿海城市几乎都有汽车零部件制造厂, 从海南到东北, 汽车物流供应链战线长达数千公里, 这给汽车制造企业实施 JIT 生产带来很大的不便。因此零部件供应商只好在汽车制造企业附近自建或者租用仓库, 以满足汽车制造企业的需求, 形成了“整车厂”中心型的采购供应物流。

汽车零部件生产企业一般通过干线运输(铁路、公路或水路, 在紧急情况下, 还有可能采用航空运输)把产品先期储存在中间仓库内, 构造自身的仓储系统。由于干线运输的可靠性差, 各个零部件供应商都会设立较高的安全库存, 以保证汽车制造企业生产线上的供应。在目前条件下, 零配件生产厂一般为自行完成或委托运输公司完成干线运输。由于现阶段运输企业大多处于低水平的价格竞争阶段, 无法为企业提供高质量的服务和全程跟踪服务, 使得干线运输成为供应链中一个最为不可控的环节。这不仅增加了流程时间和物流成本, 而且也大大降低了

系统的柔性,如果库存管理不够完善,有时甚至会出现零件的积压和报废。“整车厂”中心型的供应物流系统流程如图 2-5 所示:

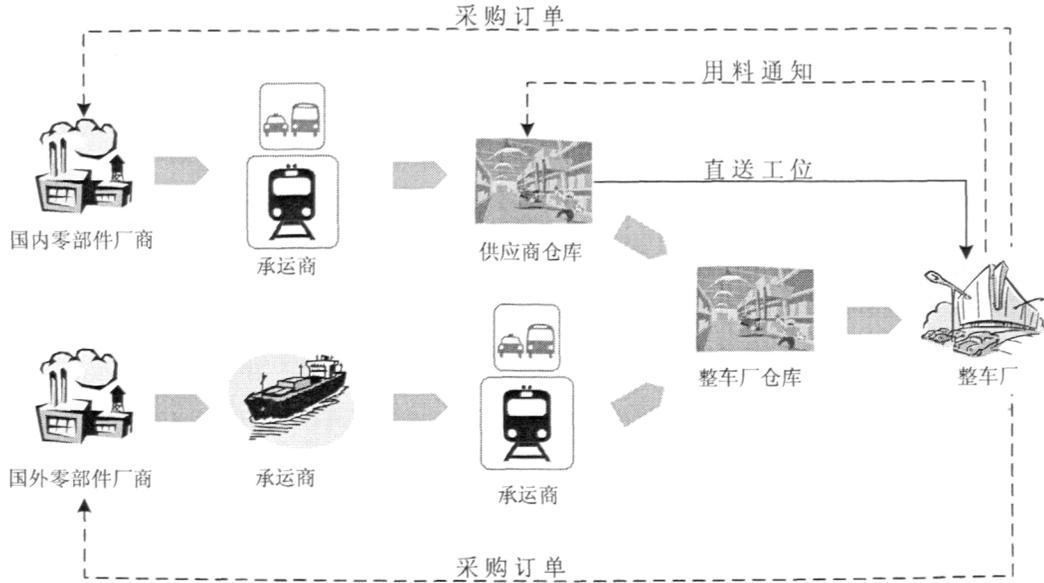


图 2-5 “整车厂”中心型的供应物流系统流程

“整车厂中心”型供应物流模式如 2.2.1 节所述,构成了庞大的零配件供应群体和相应的运输、配送环节,采购供应物流体系层次繁多、结构复杂。“整车厂中心”型采购供应物流模式是以汽车制造企业的利益最大化为中心的,因此往往只从汽车制造企业的利益出发,过多地强调保障汽车制造企业生产的连续性,过多地追求汽车制造企业的零库存,但是从另一个角度来看,这是以牺牲上游零部件供应商的利益为代价的。汽车制造企业为了适应市场需求的变化,生产线不断进行切换,造成采购订单总在变,一会儿数量变了,一会儿型号变了,一会儿交货时间变了,有时候干脆连订单都取消了,汽车制造企业库存成本和生产线切换成本完全转嫁到供应商身上,使供应商承担着很大风险。

## 2.3 我国汽车制造企业供应物流中存在的问题

通过以上对我国汽车制造业企业供应物流的特征分析,可以看出我国的供应物流总体上以集团内部采购供应和自营物流为主,形成了“整车厂”中心型的供应物流,物流系统中存在着许多问题,严重影响了现代化汽车生产发展的要求。

### 2.3.1 表面上的准时化

随着各大汽车制造企业引进精益生产方式,汽车制造企业的库存得到了一

定程度上的控制,但是汽车行业的上下游库存却依旧比较大。汽车制造企业在引进精益生产方式的同时,只是追求表面上的准时化,并没有从供应链的角度来考虑如何实现精益。如前所述,汽车制造企业为了实现自身的零库存,要求零部件供应商实施直接将零部件送到汽车装配线上的 JIT 配送,迫于汽车制造企业要求零部件供应商实施 JIT 配送的压力,加上地理空间的限制,成百上千的零部件供应商只好在汽车总装厂附近自建或者租用仓库,以保证零部件的库存,满足总装厂的需求。如在上海市嘉定区上汽大众汽车厂区方圆 2.5 千米之内,分布着数十个或大或小的仓库。这些仓库绝大部分并不是上汽大众所有,而是属于上汽大众众多零配件供应商。这种表面上的准时化使汽车制造企业认为准时送货方式已经实现,但由于只是库存的压力由汽车制造企业转移到零部件供应商处,库存的费用依然存在,并会体现在零部件的采购成本之中,最终仍将转移给汽车制造企业。同时由于这些仓库分属于不同的零配件厂,仓库条件、管理人员素质各异,管理难度非常大,起不到汽车制造企业与零配件供应商之间的桥梁作用,相反却在相当大的程度上加重了零配件供应商的负担,成为供应物流系统的薄弱环节。

### 2.3.2 汽车物流服务条块分割

汽车市场竞争激烈,为了满足消费者的需求,每辆新生产出来的汽车一离开组装流水线,必须做到在3天内送达市场,现实情况却需要10多天甚至更长时间才能运送到世界各地汽车销售市场,把这种可能性变成现实,就要求公路、铁路、水路、航空、码头港口等一系列基础设施的经营人作为汽车供应链服务上的每一个环节,密切合作统一行动。我国物流基础设施建设与发达国家还有很大差距,基础设施薄弱,虽然近些年建设加快,但许多物流设施仍然不能满足需求不断增长的需要。对于基础设施的评价,不仅仅是规模大小,先进与否的问题,还需考虑到其利用率如何,在我国这样一个物流基础设施相对薄弱的国家而言,利用率尤为关键,而汽车物流在基础设施方面有时又存在资源重复投入的现象,有限的资源却没有得到充分的利用。目前这些环节分割较为严重,各自为政尤其是企业之间缺乏沟通和协调,造成很多物流资源不能很好地整合起来。

### 2.3.3 运输系统存在极大浪费

在我国,由于汽车制造企业在核定汽车零部件价格时已经将运费、包装费、工位器具等费用包含在内,故国内汽车零部件基本上是由零部件供应商自行负责零部件的运输、仓储、包装等运作,汽车制造企业提供一个较大规模的零部件总库作为供应商入厂物流集散地。

零部件在运输方式上采用自营运输的仍然居多,除部分运输业务外包外,完全采用第三方物流的几乎没有,运输工具中部分货车也不能满足现在的运输需

求。在运输质量保证上,由于零部件企业自身对零部件包装、放置、在途保管等的不专业性和重视不够造成实际运输过程中货物质损率较高。在运输功能上,有些只是简单的运输,没有开展服务功能,如货物跟踪功能等。运输路线上两点式运输居多,没有科学的运输规划方法,迂回运输、重复运输、对流运输经常发生,不能达到整个运输网络的整体优化。

零部件供应物流中存在着极大的运输浪费。运输的浪费主要表现在:

(1) 运输车辆利用率低:一种表现是单程运输,即供应商把零部件送到整车厂然后空车返回,利用率只有 50%;另一种表现是装载率低,这主要是因为随着生产物流对降低库存的要求的提高,物料运送频次逐渐提高,使得单频次运送的物料量越来越少而引起的,同时,包装器具的不合理设置也可能引起装载空间的浪费。

(2) 运输路线或者仓储位置设置不合理而引起的浪费,这种浪费比较隐性,需要相关物流管理人员站在整个供应物流系统的角度去运筹。除此之外,在供应物流中,搬运、装卸等动作的不合理也会引起浪费,因这些浪费而占用的时间、空间、设备和人力都将会引起物流费用的增加。

#### 2.3.4 信息管理水平比较低

汽车供应物流对资源的整合程度要求非常高,现代物流系统必须建立在信息化基础之上,物流过程中存在大量的客户、供应商、物流承运方的数据。以互联网为平台,使用标准的数据结构进行数据交换,也就是所谓的 EDI。为了将移动的车辆也纳入运转的信息链中,则需要使用移动信息系统,比如通过安装车载 GPS(全球定位系统)装置,确定的合同数据、路线数据、车辆数据和行驶数据都被收集起来进行储存、交换、处理。另外还可以进行车辆定位,帮助货运企业的工作人员在安排短期取货和到货时间方面作好车辆调度。

国内汽车供应链体系中信息交互的障碍制约着汽车供应链的发展。现在一些先进的汽车制造企业已经不满足系统对接,订单直接生成,更需要了解供应厂商在生产制造等方面的更多信息,如关键零件的库存信息,以安排生产计划。而另一方面,汽车供应链中存在着信息化基础相当薄弱的众多厂商,信息的交互容易出现断层。

总体而言,我国各汽车制造企业都已经认识到信息化管理的重要性,并不同程度地引进与开发了信息化的管理技术与工具。但与先进国家相比,中国汽车物流制造业的信息化管理水平仍然很低。由于物流的理念在我国的出现相对较晚,现在我国汽车制造企业物流多处于传统模式向现代模式转变的阶段。很多集团公司内部有多个部门具有物流职能,下属的各个子公司一般都有自己的物流管理网络,从层次上看,尚没有形成资源共享。多数整车厂还没有建立起完善的管

理信息系统,大量数据需人工录入。有的企业在引进计算机管理系统时流于形式,而不是根据企业的实际情况,有效利用的程度比较低,这不仅表现在对相关功能如物料采购计划、物料筹措、物流跟踪、仓库管理的开发上比较有限,也表现在相关管理人员对信息工具的利用意识不强。

### 2.3.5 采购量分配方法主观因素大

#### (1) 采购量分配问题的提出

根据零部件对整车特性的影响度可以将汽车零部件划分为核心部件,功能性部件,标准件3类<sup>[40]</sup>:

核心部件指的是决定一个车型成败的关键部件,如悬架,发动机和变速器等。通常汽车制造企业总是自制这些部件或者从关联公司购买。如一汽大众的 JETTA 车,一汽大众公司自制的部分有发动机、变速箱、车身冲压、车身焊接、油漆、装配和检测等<sup>[41]</sup>。该类部件一般也不希望与其他整车厂供应商共享技术,整车厂商会更加关注与核心部件供应商之间的关系。

功能性零部件是那些会对汽车性能有非决定性影响的零部件,如汽车内饰件、保险杠和空调等。一般采用“认可图”方式设计和制造,由整车厂提供大致的产品思路和要求,具体的细节设计、测试和试制都由零部件供应商进行,途中所有的数据要不断与整车厂交流。最后,整车厂确定设计方案,形成采购订单,所以称为“认可图”式的设计与采购(也称为提前采购)。这种采购模式需要多家供应商的参与,对安全性有一定要求,但相对于核心零部件的要求要低。其主要要求在系统具备一定的开放性,能有多家供应商参与,而且数据要在整车厂和供应商之间不断传送,需要传输三维的设计信息,对数据传送的效率要求比较高。

标准件主要包括汽车紧固件、玻璃、轮胎、座椅和蓄电池等部件。这些部件标准化程度高,对汽车制造商来说,更换一个供应商只有很低的转换成本。通常是以市场竞标的方式来决定产品的价格。

一种部件其来自开发和组装的贡献越高,供应商的平均利润越高。汽车制造企业采用自产,还是外购策略,主要取决于该部件的上述特征,对于低利润,低技术含量的产品,汽车制造商是没有兴趣自制的。同时,由于采用单一供应源会产生一定的风险,比如供应商有可能因意外原因中断交货,另外,采取单一供应源使汽车制造企业不能得到竞争性的采购价格,会对零部件供应商的依赖性过大等。因此,对于功能性部件和标准件,汽车制造企业会采取2家或2家以上的供应商进行采购,然后再根据实际情况动态的在这些供应商之间分配采购量。吴保宁通过考察发现,有很多整车厂商的7成左右零部件从第一家配套厂采购,3成左右从第二家配套厂采购,以此来促使这两家配套厂之间相互竞争<sup>[42]</sup>。吴静<sup>[43]</sup>分析了一汽大众在多家供货(multi-suppliers)的情况下实行JIT的解决方案,分

别就一种产品有 2 个或 3 个供货厂（如果生产厂是多个，通过大众储运供货，按独家供货处理）的供货流程及时间安排做了详细的介绍。丰田的供应商管理采用了一套独特的方法，一般将每个零部件的生产都分配给 2 个以上的生产厂商，它通过调整这 2 个厂家的供货比例来推动供应商不断提高产品质量，降低成本<sup>[44]</sup>。

## (2) 现行的采购量分配方法

当前，汽车制造企业一般通过专家打分确定每个供应商的供货系数，根据供货系数进行采购量的分配。北京福田长沙分公司的采购部门，根据各部门提供的数据，从质量，价格，供应时效（是否按时供货），售后服务水平等方面进行打分，确定各个供应商的供货系数，然后根据供货系数分配每次采购量。这种方法简单易行，但受专家的主观因素影响，很难保证采购量分配结果的客观性。

## 2.4 小结

通过对汽车行业供应链的分析，可以看出汽车制造企业是这一供应链的核心企业，而汽车行业的供应物流系统也是围绕汽车制造企业构建的。本章对当前我国汽车制造企业供应物流的方式和供应物流体系进行了分析，阐述了汽车制造企业供应物流的难点和现行供应模式的特征，总结了我国汽车制造企业供应物流中存在的问题，迫切需要引入第三方物流和采购量分配方法进行优化。

## 第三章 汽车制造企业供应物流发展途径研究

### 3.1 我国第三方物流的发展概况

现代物流作为第三利润源泉,新的经济增长点,倍受各界人士的广泛关注,而第三方物流(TPL)代表着现代物流发展趋势和水平。第三方物流自 20 世纪 80 年代起源以来,经过 20 年的发展,在发达国家已经形成了具有一定规模的产业。欧洲目前使用第三方物流服务的比例为 76%,九成以上的企业对第三方物流持肯定态度;美国的使用比例约为 58%,而且其需求仍在增长。有研究表明,欧洲 24%和美国 35%的非第三方物流服务用户正在积极考虑使用第三方物流服务。据一些行业观察家对市场规模的估计,整个美国第三方物流业的收入 1994 年和 1996 年分别为 150 亿美元和 250 亿美元,1998 年和 2000 年又分别增长到 400 亿美元和 500 亿美元。预计,2005 年美国第三方物流的收入将突破 1000 亿美元大关<sup>[45]</sup>。

在我国,第三方物流的发展已经初具规模。近年来,我国第三方物流业发展迅速,物流市场以每年 30%的速度递增<sup>[46]</sup>。“十一五规划建议”第一次把发展现代物流业放在重要的位置上,明确提出要大力发展物流业,坚持市场化、产业化、社会化的方向。物流作为一个新兴产业,第一次写进了国家的政府工作报告。政府的高度重视为我国物流业的发展增加了信心、指明了方向。政府对物流业的规范、推动作用日益明显,我国第三方物流的市场前景十分广阔。

我国加入 WTO 之后,国外大企业纷纷进入中国市场,这些跨国企业不仅规模庞大,物流运作十分频繁,而且它们比较注重物流成本的控制。所以,它们到来的同时带来了巨大的物流市场需求。随着我国关税水平的逐年降低,我国对外贸易量逐年上升,这也为国内物流市场增加了大量的需求。

与此同时,随着我国汽车工业的蓬勃发展,为了降低整个汽车制造企业的成本,汽车制造企业正考虑把非核心的汽车物流业务外包给社会上的第三方汽车物流服务商,汽车物流市场的前景格外诱人,下面的这组新闻报道说明了这点<sup>[47]</sup>:

2002 年 6 月 12 日,上汽工业销售总公司与荷兰 TNT 公司投资组建国内首家汽车物流合资企业;

2003 年 12 月 10 日,中远集团下属的中远航运公司与全球 500 强企业之一、全球最大的汽车船物流公司日本邮船株式会社(NYK)合资组建中远日邮汽车运输有限公司,新公司旨在进军国内整车物流市场;

2004 年 12 月 10 日,欧洲最大的汽车物流服务商捷富凯在北京与中国大田集

团签署合资意向书，开始组建中国最大的汽车物流企业；

2004年5月，奔驰在德国的配套物流企业BLG集团来京为奔驰轿车的零部件运输寻找合作伙伴；

2004年底，日本邮船和商船三井公司同中国最大的海运公司中国远洋运输集团三方携手，投资几十亿日元将在广州建设装运汽车的港口；

2005年1月初，安吉汽车物流公司与国际航运业巨头——日本邮船株式会社(NYK)签订合资协议，投资近4000万元人民币成立安吉日邮汽车物流有限公司，这也是国内首家专业汽车物流合资企业。

目前，全球排位前列的几大汽车制造商已纷纷涌入中国市场，中国汽车物流市场即将发生深刻的变化。预计今后的10到15年，中国将成为世界最大的汽车消费国和汽车制造国，汽车物流市场需求越来越大。而在全球采购物流配送的大潮中，我国汽车物流业正在进入快速发展的新阶段。

### 3.2 外包是汽车制造企业供应物流的发展趋势

经过近几年的发展，中国汽车物流业有了长足的进步，汽车物流业务外包也在迅速兴起，如上汽、一汽、东风、北汽等都将物流积极外包，一些传统的汽车制造企业也对其内部物流实体进行剥离，同时服务内外部客户，这都将导致专注于汽车物流的大型第三方物流服务商出现并占据主要市场份额。比如安吉天地，长安民生等。这些专业的汽车物流公司逐渐打破了汽车制造企业自营物流业务的落后模式。目前，活跃在我国汽车物流市场上的知名企业主要有：安吉天地、长安民生、吉林长久、福田物流、武汉中原、中远日邮、中铁伊通、北京中信、中外运集团、吉林华航、天津通商、广州风神等。

这些汽车物流企业均有强大战略合作伙伴，例如，安吉天地是上汽集团的子公司；长安汽车（集团）有限责任公司是长安民生的股东；吉林长久的股东为深圳长航实业，是一汽大众的子公司；福田物流的主要股东是福田公司；武汉中原，其主要合作伙伴为神龙公司。在资产规模方面，这些汽车物流公司的资产全部在千万级别以上，有几家达到了亿级的资产量。各个公司都形成了自己的独立的配送网络，有自己的配送中心，运营自己的仓库和运输车辆，在全国的各个枢纽城市布有中转库。他们不断致力于为汽车行业客户提供涵盖整个供应链的一体化物流服务，包括从国内外的零部件集货、入厂运输、厂内配送、商品车库存及发运、售后零部件仓储运输等全方位的服务，这些公司在竞争激烈的汽车物流市场立足并逐步壮大。

这些汽车物流企业的物流服务主要还是集中在整车物流这一块，就算是行业内比较领先的安吉天地物流公司，其业务中整车物流占到了90%，零部件物流还

只是很少的一部分。因为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，一般由企业自营，外包给第三方物流在国内尚处于起步阶段，是安吉天地规划中重点发展的项目。目前，安吉天地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，安吉天地量身定做，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、生产线直送等。

但随着汽车物流企业的蓬勃发展，已有越来越多的汽车制造企业开始把供应物流外包。以上海通用为例，他们的物料有三种进货方式：一种是供货商按照计划送过来的；第二种是按及时供货的原则根据工序的需要而送到；第三种方式就是从物料再分配中心拉到生产现场。所有这些物料的运输都是通过第三方来实现的。而上海大众则通过物流总包方式，大大降低了物流运作的成本和风险，并且其仓库和仓库工作人员也由物流公司接管，这样减少了上海大众在物流上所占用的资本，外包将是今后汽车制造企业供应物流发展的主要模式。

### 3.3 第三方物流在汽车制造企业供应物流中的应用研究

#### 3.3.1 基于第三方物流的供应物流运作方式重构

对于第三方物流企业介入供应物流，最主要的是要解决物流资源整合的问题。也就是说整合原先存在的多种物流资源，理顺纷繁复杂的供货途径，通过分析我国汽车制造企业现有的供应物流体系，提出配送中心模式和循环取货相结合的供应物流解决方案：

(1) 当零部件供应商具有区域集中的特性且某一群体零部件供应商离汽车制造企业厂区都较远时，可采用配送中心模式。

由于汽车零部件的种类达到了好几千种，而且零部件供应商离汽车制造企业厂区距离很远，有些还是进口的，运输路线过长，运输过程中的不可控因素过多，这时就无法保证这些零部件供应商能准时地直接供货到装配线，因此配送中心就是必不可少的了。这时，汽车制造企业要求第三方物流服务商设计配送路线，然后到不同的供应商处取货存于配送中心，再将零部件从配送中心直接送到车间，确保汽车生产的正常进行。这样，既可以保证汽车总装厂提货的连续性，进一步地减少仓储，也可以在配送中心进行简单的、必要的局部装配，将汽车的局部装配和总体装配结合在一起，另外还可以在配送中心对零部件进行拼装，以便车辆达到满载，同时可以充分发挥第三方物流企业运输网络的优势，有效地降低成本。

采用配送中心模式，通过第三方物流企业的参与可以大大减少汽车制造企

业配套供应管理的工作量,生产计划部门通过企业自身的 ERP 系统直接与第三方物流的管理信息系统对接,无需面对众多的零配件供应商,即第三方物流企业通过物流管理信息系统在汽车整车生产厂和零部件供应商之间建立起一个信息直通道,使零部件供应商可以及时地了解整车生产厂的生产需求和发展规划,避免由于信息滞后所造成的零部件产品的积压和盲目生产,同时可以为汽车制造企业提供有效的 JIT 配送,保障汽车制造企业生产的高效性和连续性。汽车制造企业通过将物流业务委托给第三方物流企业,可以得到包括干线运输、接发货、储存、组配、流通加工、配送等全方位的服务,最大限度地减少了物流设施、设备的投入和物流人员的占用,从而将其资源集中在核心业务上。第三方物流企业能够通过合理调度运输工具和仓库的使用,减少供应物流成本。

(2) 当零部件供应商距离汽车制造企业厂区较近时,在小范围的运输网络中可采用循环取货(Milk-Run)运输模式。

循环取货也称为牛奶取货(Milk-Run),起源于英国北部的牧场,是为解决牛奶运输问题而发明的一种运输方式。卡车按照预先设计好的路线依次将装满牛奶的奶瓶运送到各家门口,待原路返回牛奶场时再将空奶瓶收集回去<sup>[48]</sup>。之后逐渐发展为制造商用同一货运车辆从多个供应商处收取零配件的操作模式,具体运作方式是:每天固定的时刻,卡车从制造企业工厂或者集货、配送中心出发,到第一个供应商处装上准备发运的原材料,然后按事先设计好的路线到第二家、第三家,以此类推,直到装完所有安排好的材料再返回。如图3-1所示,货车从整车厂或第三方物流服务商管理的配送中心出发,按照预订的路线到各零部件供应商处取货,货物装满后直送生产线或返回配送中心。其中,虚箭头表示信息流,即零部件供应商,整车厂,第三方物流间的信息沟通,确定取货的时间和数量,宽箭头表示货车取货的流程。这样做的好处是省去了所有供应商空车返回的浪费,同时使物料能够及时供应,发运货物少的零部件供应商不必等到货物积满一卡车再发运,可保持较低的库存,最大程度地实现JIT供应。

国际上,循环取货模式最早是在汽车制造行业中得到应用,这跟汽车行业供应链的特点有关,汽车制造企业一般要面对上百家供应商,采购上万种零部件,其入厂物流的重要性和复杂性可想而知,因此对科学先进的物流运作模式的探求也最积极。国内率先引入循环取货运作模式的同样也是汽车制造企业,其中包括上海通用、上海大众、北京吉普等<sup>[49]</sup>。

上海通用从建厂之初就遵循精益理念,设定了柔性生产方式以及 JIT 送货计划。然而一开始国产零部件的运输都是由各供应商自行负责发送至零部件分配中心(RDC)或厂内零件暂存区,当库存由“按班次计算”降到“以小时计算”时,生产线旁的库存已被大幅度降低,缓冲时间变得非常有限,供应商送货延误

和错误导致的生产停线风险随着库存的降低而加大。另一方面，库存降低后，供应商为满足生产的用料需求必须一天一次或几次运输，造成了运输资源的严重浪

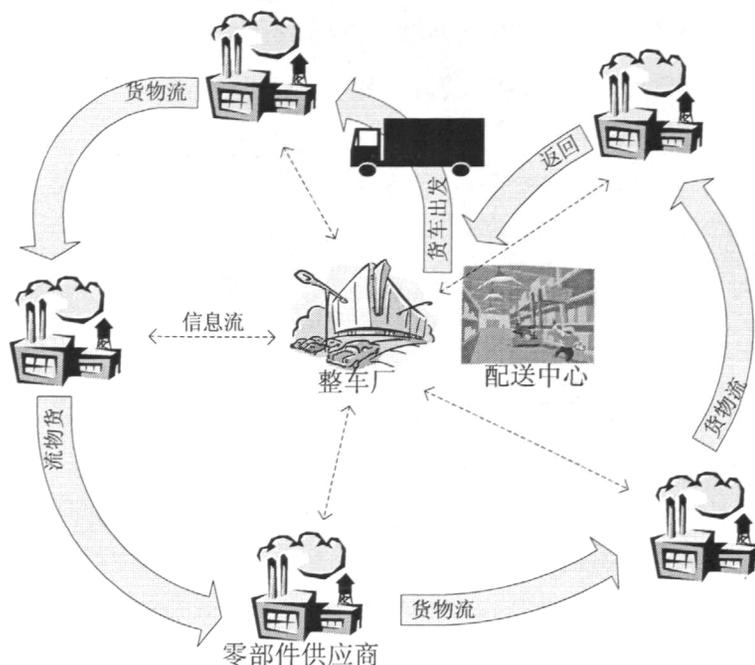


图3-1 循环取货流程图

费，物料接收站拥挤，接受效率低下，准时率差。为了突破这个瓶颈，上海通用汽车与汽车物流服务商安吉天地(Anji-TNT)合作，引入并实施循环取货项目。在对供应商、零部件需求、生产计划以及交通条件综合分析的基础上，上海通用最终确定了循环取货的具体方案，并在2001年9月底开始试运行两条路线，涉及7家国内供应商，一年半开始全面运行。安吉天地作为第三方物流服务商，根据预定的路线，在预定的窗口时间内完成向各供应商的取货，同时按照计划提取空料箱、料架，再次抵达供应商处将其返还。采用循环取货模式后，节约了运输公里数，提高了装载率，据上海通用的财务分析显示，每年可节约零部件运输成本30%以上，同时可视化管理和定位系统的运用，提高了对日常运作的实施控管能力和预测能力。

循环取货特别适用于以订单拉动生产的多品种小批量运输，在具体的线路规划上可以与每个零部件供应商供应量的多少及距离的远近相配合。循环取货是一种非常优化的物流系统，是闭环拉动式取货，其特点是多频次、小批量、及时拉动式的取货模式。它把原先这些供应商的直接送货一推动方式，转变为汽车制造企业委托的第三方物流企业的取货一拉动方式。其优点是：

- ① 有利于空箱周转；

② 有利于标准化作业，同一种零件、同一条路线、同一时间可以按小时取货；

③ 有利于运输效率及车辆容积率的提高。在相同产量下，运输总里程将大大下降，容积率可以事先计划和在实施中尽量提高，从而能大大降低运输成本；

④ 循环取货有利于准时化，使取货、到货时间计划更合理，零件库存更少、更合理。

这是供应物流外包发展的主要模式，但循环取货模式要真正发挥出效率性，需要有先进的高水平的第三方物流公司去承担，否则效率不明显甚至会出现不经济性。

广州风神物流公司成功地结合了配送中心和循环取货模式，提高了所服务的汽车制造企业的物流管理水平。广州风神物流公司主要服务于东风日产，东风日产拥有广州花都工厂和湖北襄樊工厂，其零部件供应商覆盖了以广州、上海、襄樊为支点的华东、华中、华南地区。为了更好的服务于客户，2005年广州风神物流公司在国内汽车制造企业推行非核心业务（物流作业）整体外包模式，通过对汽车制造企业供应物流和生产物流专业外包，重新优化汽车供应链的资源配置，以项目为导向建点布网，分别在广州、上海、襄樊建立了营业部，在东风日产广州花都和湖北襄樊两个工厂附近建立了区域集配中心（即配送中心），形成一个以广州、上海、襄樊为支点的“金三角”物流运输信息网，负责到华东、华中、华南地区零部件供应商处取货于区域集配中心。

同时，广州风神物流公司还导入并试运行的零部件调达物流（调达物流就是通过给供应商发订单，供应商按交货期和数量提前备好货，由第三方物流公司上门取货，并按交货期运输至购买者指定地点。通俗地说，调达物流就是取货制物流，运输费用不计入产品采购价中，运费费用由购买者支付，通过委托第三方物流公司运输，采用循环取货的形式，降低运输成本和降低采购者的库存量，可以有效地降低物流成本和降低库存资金积压），根据需要设置了线旁仓库，由广州风神物流公司统一管理，为东风日产提供 JIT 的服务，对整车厂物流效率提高奠定坚实基础。所服务的东风日产花都工厂、东风有限发动机分公司分别在 2005 年被日本日产总部授予海外制造样板工厂，在东风日产 2006 年调达物流 QCD(Q(Quality)是指质量，含产品质量、工作质量、服务质量、开发质量、维修质量、管理质量等，就是让用户买到耐用的、无故障的、美观的、高品质的产品(服务)；C(Cost)是指成本，含采购成本，内制成本、销售成本、物流成本、服务成本等，用最少的资金生产出具有优良品质的产品(服务)，使其在市场上具有很高的性价比，具有很强的竞争力；D(Delivery)是指同期生产或交货期，按用户要求的时间和数量交货，及时准确地为用户服务，让用户能随时随地买得到满意的、

品质优良、价格实惠的产品(服务))综合评比中排名第 1。

### 3.3.2 第三方物流对汽车供应链的优化

通过以上基于第三方物流的汽车制造企业供应物流运作方式重构的分析,得出第三方物流对于汽车制造企业改善物流环境,降低物流成本、提高物流效率和客户服务质量等方面具有显著效果,具体表现在:

#### (1) 有利于提高物流效率

第三方物流服务商通过物流管理信息系统在汽车制造企业和零部件供应商之间建立起一个信息直通道,以自己雄厚的物流基础设施和先进的信息平台,丰富的物流管理和运作经验以及运营网络提高了汽车制造企业物流效率。在零部件采购供应的环节中,通过第三方物流服务商的协调功能取消和减少供需双方的库存,改善汽车供应链的服务水平,提高敏捷性、协调性和运作效率。

#### (2) 有利于降低企业物流成本

长期以来,我国汽车制造企业习惯于独立完成物流业务,成本偏高。以轿车为例,我国平均整车物流成本约在 1.0 元/(辆·千米)~2.8 元/(辆·千米)之间,国外汽车企业则仅为国内汽车企业物流成本的二分之一至三分之一<sup>[9]</sup>。以通用汽车公司为例,通用公司 1991 年开始将零部件运输业务外包给 Lease way Logistics 公司,由该公司负责将通用汽车公司的零部件送到 31 个北美组装厂的运输工作,使通用汽车公司大约节约了 10% 的运输成本。又如 3.3.1 节中上海通用汽车与汽车物流服务商安吉天地合作,引入并实施循环取货项目,每年可节约零部件运输成本 30% 以上,降低了企业的物流成本。

#### (3) 有利于缩减固定资产投资,提高核心业务的竞争力

资源的稀缺性要求汽车制造企业必须将有限的资源投入到核心业务中。如果自建物流,则需要投入巨资兴建基础设施、购买物流设备(如运输车辆)、支付维护费用和人员开支等。而通过第三方物流,汽车制造企业则可以减少上述投资,用节省下来的资源提高核心业务的竞争力。例如,一汽大众采用第三方物流备件供应模式进行备件供应,依靠 7 个第三方物流备件中心库向国内数百家服务站提供原装备件,大大缩短了服务网点的订货周期(正常的 1 周,紧急的可以控制在 48 小时),安全库存量也相应降低,从而提高了物流效率,增强竞争力。

#### (4) 有利于提高客户服务水平

客户在购买企业产品时,最关心的是企业交货的及时性和维修保养等的方便快捷。汽车本身由上千种零配件组成,面对的是上万的客户,如果自建物流去完成零部件的配送和整车运输、仓储等功能,需要企业耗费大量的人力、物力和财力,而且也有可能无法满足客户需求。而第三方物流服务商在汽车包装、运输、控制和分配货物等事务上具有较强的专业能力,同时还拥有便捷、畅通的运营网

络,丰富的物流管理经验,能够根据企业的要求向最终客户提供多样性、个性化的服务,缩短了交货期,可以向最终客户提供超过汽车制造企业所能提供更多的服务品种,提高企业客户服务水平和顾客满意度,树立品牌形象。

#### (5) 第三方物流带来了社会效益

如 3.3.1 节中的第三方物流在循环取货中的优点所述,第三方物流把社会上闲散的资源进行整合调度,进行合理的利用。通过第三方物流服务商对产品和零部件等的协调配送,大大减少运输车辆,提高配送效率,同时还可以缓解交通压力,减少车辆行进中排放的尾气对空气造成的污染。因此,在资源日益紧张的社会经济发展中,第三方物流可以很明显的体现出社会效益。

### 3.4 小结

通过对我国第三方物流及汽车物流市场的分析,我们可以看出,外包是汽车制造企业供应物流发展的必然趋势,第三方物流通过对供应物流运作方式的重构,增强整个供应链的竞争力,可以降低汽车制造企业供应物流的成本,提高物流效率,因此,引入第三方物流是促进我国汽车制造企业供应物流现代化的一条有效途径。

## 第四章 第三方物流服务商的选择研究

上一章我们讨论了第三方物流在汽车制造企业供应物流中的应用，但第三方物流要想真正发挥作用，必须以汽车制造企业正确合理地选择第三方物流服务商为前提。目前我国的第三方物流企业鱼龙混杂，很多是由传统的仓储、运输企业转型而来，真正实力超群、竞争力强的物流企业为数不多。“多、小、少、弱、散、慢”是目前我国多数第三方物流企业存在的主要问题。在这种状况下，如果对第三方物流服务商的选择不当，汽车制造企业的物流外包策略不仅不能实现，反而会给企业带来战略机密泄露、客户关系管理失控、解除合作关系等风险。因此，正确地选择第三方物流服务商是我国汽车制造企业物流外包优势得以实现的一个关键问题。

### 4.1 第三方物流服务商评价指标体系分析

#### 4.1.1 建立评价指标体系的原则

物流服务商评价的指标体系是能否进行公正、正确选择物流服务商的前提。无论评价方法如何的科学和先进，如果没有一个完整合理的供应商评价指标体系，这些方法也只是华而不实的道具罢了。所以，在确定物流服务商的评价指标体系时，为了设立可以有效地评价第三方物流企业的指标体系，一般应该遵循以下原则<sup>[50]</sup>：

##### (1) 系统全面性原则

评价指标体系必须全面反映物流服务商目前的综合水平，并包括企业发展前景的各方面指标。必须把影响物流服务商真实的经营效益和经营业绩的各种因素都作为评价范围，同时还应充分考虑那些能够影响供应链中企业合作的因素，设计出合理的物流服务商评价指标体系和指标内容。

##### (2) 简明科学性原则

评价指标体系的大小也必须适宜，即指标体系设置应有一定的科学性。如果指标体系过大，层次过多、指标过细、势必将评价者的注意吸引到细小的问题上；而指标体系过小、指标层次过少、指标过粗，又不能充分反映物流服务商的水平。

##### (3) 客观可比性原则

指标筛选过程中应尽可能不受主观因素的影响，定性指标受主观影响较大，易产生理解偏差，而定量指标易于量化和度量，所以应尽可能选用可量化的指标。指标体系中的数据来源要真实可靠，以保证评价结果的真实性和可比性。

##### (4) 灵活可操作性原则

评价指标体系应具有足够的灵活性,以使企业能根据自己的特点以及实际情况,对指标灵活运用。无论多么完美的评价体系,如果操作繁杂,就不能被广泛接受,即便是勉强使用,在实施过程中也容易出现操作失误。因此应该确保评价的操作简便,以提高工作效率,使决策者更加方便和容易得做出决策。

#### 4.1.2 评价指标体系的建立

确定评价指标是整个评判体系的关键,是获得客观真实评价结果的前提,已有众多学者对此作了深入探讨,文献[51]从物流能力评价、企业服务质量、合作关系评价、信息服务能力和发展潜力等五个层面,文献[52]则从准确性、准时性、安全性、合理性、经济性以及环保性等六个层面,构建了第三方物流服务商的评价指标体系。Ken Ackerman<sup>[53]</sup>在阐述如何选择第三方物流时,提出了十四个评价标准,其中包括库存管理与控制能力、定单处理能力、增值服务能力、信息交互能力和采集能力、预测能力、货物跟踪、财务状况、组织战略方向等。Penny. M. simpson<sup>[54]</sup>认为有 19 个因素作为评价合作伙伴的标准,其中包括环境设施、客户关系、运输、仓储与库存、财务状况、客户服务、领导管理、技术、教育与培训、增值服务、员工素质状况等。

根据评价指标选取的原则及前人对于第三方物流选择和绩效评价指标的整理和分析,本文针对现代第三方物流的特征,并结合汽车制造业日益强调通过“及时配送”降低库存水平的特点,建立了一套第三方物流服务商选择和评价指标体系。具体结构见图 4-1:

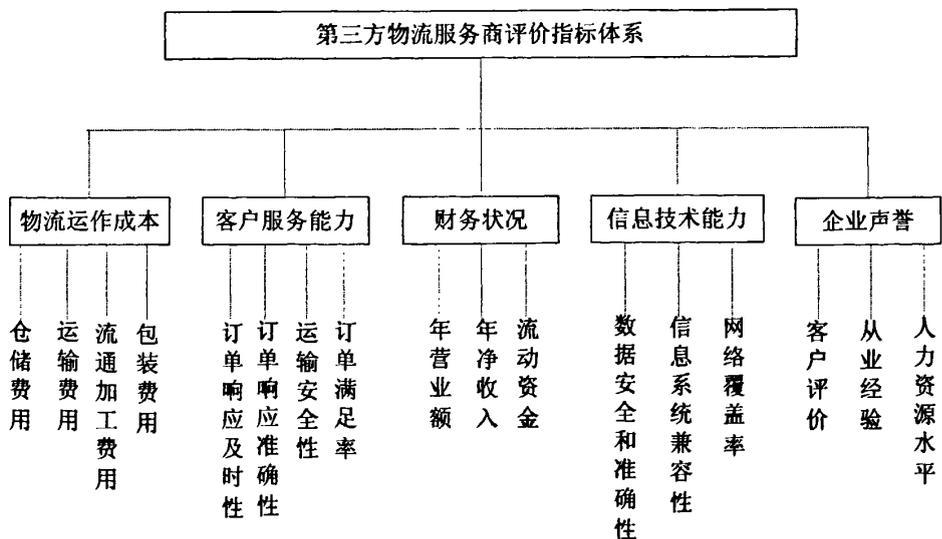


图 4-1 第三方物流服务商选择和评价指标体系

该指标体系有 2 层, 第一层包括财务状况, 物流运作成本, 客户服务能力, 财务状况, 信息技术能力, 企业声誉等 5 项指标, 第二层是第一层下属的子指标共 17 项。指标体系的详细说明如下:

财务状况: 年营业额, 年净收入, 流动资金;

物流运作成本: 仓储费用, 运输费用, 流通加工费用, 包装费用;

客户服务能力: 订单响应及时性, 订单响应准确性, 运输安全性, 单据传递准确率, 订单满足率;

信息技术能力: 数据安全和准确性, 信息系统兼容性, 网络覆盖率;

企业声誉: 客户评价, 从业经验, 人力资源水平。

其中各指标的具体含义如下:

(1) 年营业额, 年净收入, 流动资金反映了第三方物流服务商的资产情况, 第三方物流服务商的规模可以在一定意义上体现其生存和发展的现有资源基础。

(2) 仓储费用, 运输费用, 流通加工费用, 包装费用指提供该物流服务所耗费的成本。

(3) 订单响应及时性: 反映了一定时期内第三方物流服务商按时交货的情况, 侧重于时间及时性。该指标可以从一定程度上反映出第三方物流服务商运作效率的高低。

(4) 订单响应准确性: 指第三方物流服务商履行的订单全部良好的情况, 包括准时、无破损、数量准确等, 目的是衡量第三方物流服务商对订单的执行能力。

(5) 运输安全性: 指货物在运输过程中的货损货差, 该指标可以从一定程度上反映出第三方物流服务商运作效率的高低。

(6) 订单满足率: 指一定时期内满足订单的数量与订单总数的比率。

(7) 数据安全和准确性, 信息系统兼容性, 网络覆盖率反映了第三方物流服务商的信息技术能力, 第三方物流服务商的服务是以现代信息技术为基础的物流服务。第三方物流服务商的最大的特点是依托信息化网络技术, 对物流资源进行优化组合, 以较少的投入取得较大的经济效益。第三方物流服务商依靠信息技术实现了数据的快速、准确传递, 提高了物流作业的自动化水平, 使各项物流的功能实现一体化, 客户与物流服务商之间利用信息技术进行沟通, 使他们的协调和合作能在短时间内迅速完成。因此, 对于第三方物流服务商的信息系统的利用情况进行评价也是不可缺少的。

(8) 客户评价: 此指标衡量物流服务商在业界的名声和信誉情况。在供应链环境下, 第三方物流服务商可能同时掌握到多家供需方的一些重要的客户及产品信息, 若这种信息处理不当, 或不慎流失, 就很可能被其他方利用, 从而导致对原持有方不利的后果。可见在选择第三方物流服务商时决不能忽略此项指标。

(9) 从业经验：指第三方物流服务商先前的相同行业或类似行业的经验，这些经验可以使第三方物流服务商能够快速准确地为客户提供相似的服务。

(10) 人力资源水平：包括员工受教育程度、员工观念素质、员工信息水平(反映了第三方物流服务商员工对现代信息技术的运用以及掌握程度)。

## 4.2 基于主成分和系统聚类分析法的评价模型

### 4.2.1 主成分和系统聚类分析法

主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)也称主分量分析,最早是由美国统计学家皮尔逊(Pearson)<sup>[55]</sup>在1901年的生物学理论研究中提出的。主成分分析是研究如何将多指标问题转化为较少的综合指标的一种重要统计方法,它可将高维空间的问题转化到低维空间去处理,使问题变得比较简单、直观,而且这些较少的综合指标之间互不相关,又能提供原有指标的绝大部分信息。

主成分分析除了降低多变量数据系统的维度以外,同时还简化了变量系统的统计数字特征。主成分分析在对多变量数据系统进行最佳简化的同时,还可以提供许多重要的系统信息,例如数据点的重心位置(或称为平均水平),数据变异的最大方向,群点的散布范围等。主成分分析作为最重要的多元统计方法之一,在社会经济、企业管理及地质、生化等各领域都有其用武之地,如在综合评价、过程控制与诊断、数据压缩、信号处理、模式识别等方向获得广泛的应用。

主成分分析的基本思路可概述如下:借助一个正交变换,将分量相关的原随机变量转换成分量不相关的新变量,从代数角度,即将原变量的协方差阵转换成对角阵,从几何角度,将原变量系统变换成新的正交系统,使之指向样本点散布最开的正交方向,进而对多维变量系统进行降维处理。按照特征提取的观点,主成分分析相当于一种基于最小均方误差的提取方法<sup>[56]</sup>。

系统聚类(Hierarchical Clustering)是聚类分析中的一种。聚类分析是一种新兴的多元统计方法,是当代分类学与多元分析的结合。聚类分析根据事物彼此不同的属性进行辨认,将具有相似属性的事物聚为一类,使得同一类的事物具有高度的相似性。聚类就是将数据对象分组成为多个类或簇,使得在同一个簇中的对象之间具有较高的相似度,而不同簇中的对象差别较大,在聚类过程中,类群不是预先指定,而是在分析过程中得到。聚类与分类不同,在机器学习领域,前者是一种无指导的学习,而后者是一种有指导的学习。在分类时,对于目标数据中存在哪些类,事先是知道的,只需将每个数据点属于哪一类识别出来;而聚类是在事先不知道到底有多少类的情况下,以某种度量为标准(是由聚类分析工具及其算法决定的),将具有相似特征的数据对象划为一类,同时分离具有不同特征

的数据对象。基本思想是：先将 $n$ 个样品各自看成一类，然后规定样品之间的距离和类与类之间的距离。开始，因每个样品自成一类，类与类之间的距离与样品之间的距离是相等的，选择距离最小的一对并成一个新的类，计算新类和其它类的距离，再将距离最近的两类合并，这样每次减少一类，直至所有的样品都成一类为止<sup>[57]</sup>。聚类分析包括多种方法，如系统聚类法、有序样品聚类法、模糊聚类法、图论聚类法、动态聚类法等。

其中，系统聚类法是目前应用最为多的一类方法。其主要原因是由于系统聚类法本身比较直观简单，计算量相对小，所以常用于分析各种聚类分析的问题。在生物学中，它可以被用来辅助研究动、植物的分类，可以用来分类具有相似功能的基因，还可以用来发现人群中的一些潜在的结构等等；聚类还可以用来从地理数据库中识别出具有相似土地用途的区域；可以从保险公司的数据库中发现汽车保险中具有较高索赔概率的群体；还可以从一个城市的房地产信息数据库中，根据房型、房价及地理位置分成不同的类；还可以用来从万维网上分类不同类型的文档等<sup>[58]</sup>。系统聚类法又可细分为系统合并聚类法(Hierarchical Agglomeration Clustering method)和系统分离聚类法(Hierarchical Division Clustering method)。通常两个群组间的相似性测度用两个类间的距离来定义，所以距离最近的两个类看作是最相似的两个聚类。类与类之间的距离有许多定义方法，本文采用最短距离法，设 $d_{ij}$ 表示第 $i$ 个样本与第 $j$ 个样本的距离，用 $G_1, G_2, \dots$ 表示类，定义两类之间的距离用两类间所有样本中最近的两个样本的距离表示，类 $G_u$ 和类 $G_v$ 的距离用 $D_{uv}$ 表示，则

$$D_{uv} = \min \{d_{ij}\}, \text{ 其中, } x_i \in G_u, x_j \in G_v$$

式中： $x_i \in G_u$ 表示第 $i$ 个样本属于 $G_u$ 类中， $x_j \in G_v$ 表示第 $j$ 个样本在 $G_v$ 类内， $D_{uv}$ 为两类中所有样本间最小的距离。

主成分和聚类分析结合使用的应用非常广泛，主成分分析能够剔除多指标间存在相关性及信息重叠的特点，可将多项相关的指标简化为较少的独立且功能明确的主成分，在此基础上进行聚类分析，以各主成分得分系数来代替原来较多的评价指标进行聚类，该方法不但能够使原来复杂的问题简单化，避免了因原始指标间存在相关性所造成的聚类偏差，而且所得结论客观准确、可信、较有说服力。在国民经济领域，可以用它进行区域的划分，区域经济实力的评价等<sup>[59]-[64]</sup>，在生物学领域，王丽，何鹰<sup>[65]</sup>利用主成分和聚类分析判别海面溢油种类，陈军辉，谢明勇<sup>[66]</sup>把主成分和聚类分析方法用于西洋参无机元素分析。主成分和聚类分析还被用于和其他方法结合使用，如近红外光谱技术，紫外光谱结合化学计量分析方法<sup>[67]</sup>，神经网络模型<sup>[68]</sup>等。

在物流服务商评价方面，韩锐<sup>[69]</sup>利用主成分分析法把众多的评价指标转化

为少数几个主成分指标,对物流服务商综合实力进行了排名,但如果备选物流服务商较多,汽车制造企业只能按照排名选择物流服务商,只清楚前几名物流服务商的特点。而主成分和系统聚类分析法不仅对物流服务商进行了综合评价,而且进行了分类,使汽车制造企业对整个备选物流服务商的情况一目了然。同时主成分和系统聚类分析法克服了模糊聚类和 AHP 的不足,首先利用主成分分析法对备选物流企业的综合实力进行了排名,然后利用系统聚类法对其进行了分类,为汽车制造企业选择物流服务商提供了重要参考和依据,汽车制造企业根据分类结果并结合物流服务商的主成分指标信息做出科学合理的选择。

#### 4.2.2 主成分和系统聚类分析的具体步骤

设有  $n$  个备选的第三方物流服务商,每个物流服务商有  $p$  个指标,原始变量矩阵  $X=(x_{ij})_{n \times p}$ ,  $i=1,2,\dots,n$ ,  $j=1,2,\dots,p$ 。

(1) 将原始数据进行标准化处理:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,p。$$

其中  $\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{kj}$ ,  $s_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{kj})^2}$ , 分别为第  $j$  个指标的样本均值和样本标准差。

(2) 计算样本的相关矩阵  $R_{p \times p}$ , 然后由特征方程  $|R - \lambda I| = 0$ , 求出  $p$  个实根, 并按值从大到小进行排列:  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ , 将  $\lambda_i$  代入下列方程组求出单位特征向量  $a_i$ ,  $(R - \lambda_i I)a_i = 0$ ,  $i=1,2,\dots,p$ 。

(3) 选择主成分:

若取前  $r$  个特征值所对应的因子作为主成分, 则一般来说当

$$\frac{\sum_{i=1}^r \lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \geq 85\%,$$

即  $r$  个主成分的累计贡献率大于 85%, 这  $r$  个主成分可以反映原始变量的大部分信息, 即选择这前  $r$  个主成分即可。

(4) 计算并比较各类间距离, 将距离最小者合并为新的一类。

(5) 反复重复步骤 4, 每次减少一个类, 直到最后  $n$  个样品都归为一个总类为止。

(6) 用最短距离法进行聚类, 画出聚类图, 得到分类结果, 并进行分析。  
主成分和系统聚类分析基本流程图见图 4-2:

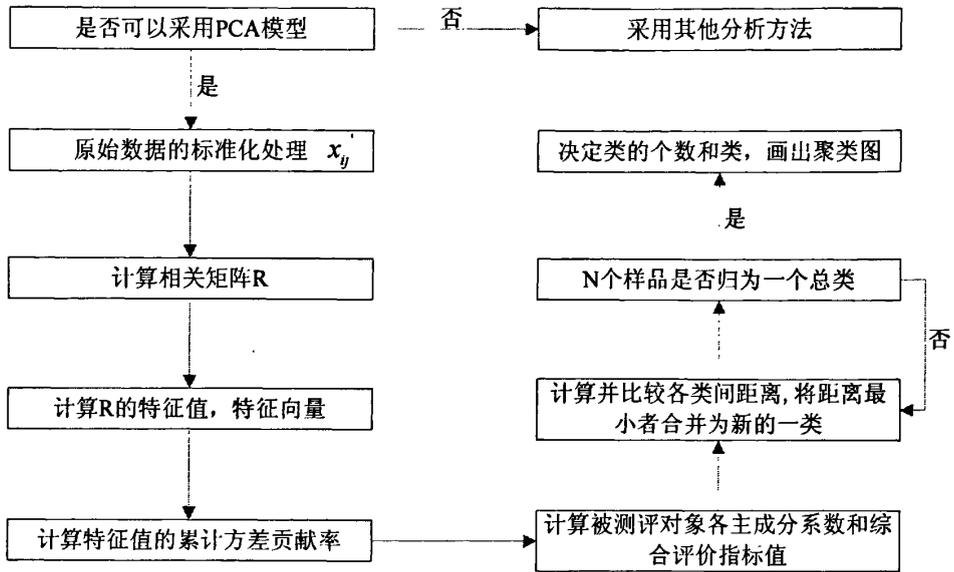


图 4-2 主成分和系统聚类分析基本流程图

### 4.3 案例

为了进一步说明主成分和系统聚类分析方法在第三方物流服务商评价选择中的有效性, 我们选取了 12 个第三方汽车物流服务商作为备选企业, 原始数据如表 4-1 所示。根据主成分系统聚类分析的步骤, 利用软件 SPSS12.0 对这 12 个物流企业进行评价。

首先进行主成分分析, 为下一步的系统聚类分析做数据处理的准备。如 4.2.2 节所述, 将原始的年营业额、年净收入、流动资金等 17 个指标数据进行标准化处理, 得到标准化数据矩阵  $Z$ , 计算各变量的相关系数, 得到相关系数矩阵  $R$ , 计算  $R$  的所有特征根、方差贡献率及累积方差贡献率, 见表 4-2 主成分特征值及累积贡献率。根据提取主成分的个数一般要求其累积方差贡献率超过 85% 的原则, 提取前 5 个主成分, 其累积方差贡献率为 89.427%。前 5 个主成分代表了全部原始指标 89.427% 的信息, 表明主成分分析对原始指标分类作用是有效和客观的。然后计算各主成分的特征向量, 如表 4-3 所示:

(1) 第一主成分表示年营业额, 年净收入, 流动资金的系数是 0.44, 绝对值比较大, 所以第一主成分主要反映了备选企业的财务状况;

表 4-1 第三方汽车物流服务商各指标信息

物流企业	营业额(万元)	年净收入(万元)	流动资金(万元)	仓储费用(万元)	运输费用(万元)	流通加工费用(万元)	包装费用(万元)	订单响应及时性(10分制)	订单响应准确性(10分制)	运输安全性(万公里)	订单满足率(%)	数据安全和准确性(10分制)	信息系统兼容性(10分制)	网络覆盖率(10分制)	客户评价(10分制)	从业经验(10分制)	人力资源水平(10分制)
1	1000	200	100	15	100	2	3.5	7	6	19	99	8	9	8	10	7	9
2	10000	1500	500	14	120	1.8	4.5	10	9	23	98	9	8	10	8	8	8
3	500	100	90	20	80	1	5	8	8	25	100	6	5	4	8	6	7
4	20000	2500	600	15	125	0.3	4.2	4	5	17	98	5	10	8	6	5	6
5	3000	500	120	16	110	0.6	3	6	7	25	100	6	9	9	8	8	9
6	3500	500	130	18	150	0.5	3.2	6	8	20	99	8	7	8	9	10	8
7	4000	200	200	12	160	0.8	3.5	7	6	22	99	7	9	5	9	9	10
8	14000	1800	650	13	115	1.6	4.7	9	8	28	97	9	6	7	7	8	6
9	1500	180	100	17	80	0.9	5	7	7	21	100	8	8	8	8	6	7
10	800	120	80	16	125	2	4.2	4	5	18	99	6	7	5	7	6	5
11	7000	850	400	16	110	0.3	4	9	9	28	100	6	9	9	8	9	10
12	6000	800	350	19	130	0.4	3.8	9	10	30	100	8	10	8	9	9	8

表 4-2 主成分特征值及累计贡献率

主成分	特征值	贡献率	累计贡献率
1	4.613	27.134	27.134
2	4.167	24.51	51.644
3	3.093	18.193	69.837
4	2.127	12.513	82.350
5	1.203	7.077	89.427

表 4-3 各主成分的特征向量

物流企业 指标	第一主成分 系数	第二主成分 系数	第三主成分 系数	第四主成分 系数	第五主成分 系数
年营业额	0.44	0.01	-0.14	0.13	-0.03
年净收入	0.44	0.02	-0.11	0.13	0.04
流动资金	0.44	0.12	-0.03	0.09	-0.03
仓储费用	-0.23	-0.03	0.2	0.4	-0.08
运输费用	0.06	0.13	-0.37	-0.24	-0.5
流通加工费用	0.03	-0.12	0.23	-0.52	0.24
包装费用	0.17	-0.16	0.43	0.11	0.08
订单响应及时性	0.1	0.37	0.31	-0.02	0.07
订单响应准确性	0.1	0.38	0.29	0.13	-0.12
运输安全性	0.03	0.35	0.23	0.25	-0.18
订单满足率	-0.38	0.04	0.01	0.36	0.1
数据安全和准确性	0.08	0.28	0.22	-0.38	0.17
信息系统兼容性	0.02	0.12	-0.43	0.16	0.37
网络覆盖率	0.14	0.25	-0.16	0.11	0.56
客户评价	-0.31	0.27	-0.02	-0.23	0.15
从业经验	-0.08	0.42	-0.11	-0.12	-0.31
人力资源水平	-0.19	0.33	-0.21	0	0.15

(2) 第二主成分表示从业经验, 订单响应及时性, 订单响应准确性的系数分别是 0.42, 0.37, 0.38, 绝对值比较大, 反映了备选企业的客户服务能力;

(3) 第三主成分和第四主成分表示运输费用, 包装费用, 流通加工费用的系数分别是 -0.37, 0.43, -0.52, 绝对值比较大, 反映了备选企业的物流成本;

(4) 第五主成分表示信息系统兼容性, 网络覆盖率的系数分别是 0.37, 0.56, 绝对值比较大, 反映了备选企业的信息技术能力。

最后计算各主成分的得分, 如表 4-4 所示, 综合指标得分排在第一位的是物流企业 8, 得分为 154.543, 物流企业 8 在财务状况(第一主成分 4.064, 排名第一)和包装运输成本控制方面(第三主成分 2.22, 排名第一)优势突出。排在最后一位的是物流企业 10, 物流企业在客户服务能力(第二主成分 -3.761, 排名第十二)和

表 4-4 各物流企业主成分系数及综合指标得分

物流企业	第一主成分	排名	第二主成分	排名	第三主成分	排名	第四主成分	排名	第五主成分	排名	综合指标	排名
1	-1.75	11	-0.458	8	-0.427	8	-1.969	12	1.951	1	-77.309	10
2	2.425	3	1.587	3	0.811	4	-1.292	10	1.145	3	111.388	2
3	-1.862	12	-1.74	10	1.652	2	0.554	6	-1.273	11	-65.193	9
4	3.737	2	-2.97	11	-2.306	12	1.691	2	-0.104	6	7.075	5
5	-1.509	10	0.447	7	-1.498	10	0.997	4	0.464	4	-41.483	7
6	-1.351	9	1.084	4	-1.044	9	-0.717	7	-1.283	12	-47.134	8
7	-1.139	8	0.718	6	-2.099	11	-1.686	11	-1.272	10	-81.593	11
8	4.064	1	1.021	5	2.22	1	-1.188	9	-0.887	9	154.543	1
9	-1.104	7	-1.173	9	1.543	3	0.64	5	1.519	2	-11.876	6
10	-0.9	6	-3.761	12	0.202	5	-1.165	8	-0.748	8	-132.799	12
11	-0.09	4	2.126	2	-0.405	7	1.877	1	0.169	5	66.981	4
12	-0.509	5	2.768	1	0.143	6	1.477	3	-0.342	7	72.695	3

信息技术能力方面(第五主成分-0.748, 排名第八)较差。接下来, 本文在主成分分析的基础上进行系统聚类分析。方法是将前 6 个主成分得分系数矩阵表 4-4 进行系统聚类分析, 聚类结果如图 4-3 所示。根据第三方物流服务商综合指标计算结果见表 4-4, 及聚类分析的结果, 取类间距离  $d=5$ , 将 12 个备选企业分为五类, 结合表 4-4, 可以看出这五类都有各自的特点:

(1) 物流企业 8 为一类, 综合实力较强, 在财务状况(第一主成分得分排名第一), 和包装运输成本控制方面(第三主成分得分排名第一)优势突出;

(2) 物流企业 2, 11, 12 为一类企业, 该类企业在财务状况(第一主成分得分排名分别为第三, 第四, 第五)仅次于企业 4 和企业 8, 客户服务能力方面(第二主成分得分排名分别为第三, 第二, 第一)优势突出;

(3) 物流企业 4, 9 为一类, 企业 4 虽然在客户服务能力方面(第二主成分得分排名为第十一)不佳, 但在财务状况方面(第一主成分得分排名为第二)优势突出, 企业 9 虽然财务状况(第一主成分得分排名为第七)一般, 但在信息技术能力(第五主成分得分排名为第二)和物流运作成本方面(第三主成分得分排名为第三)表现很好, 是具有很大发展潜力的一类企业;

(4) 物流企业 1, 3, 5, 6, 7 为一类, 综合实力属于中等水平;

(5) 物流企业 10 为一类, 综合实力较弱, 管理水平较低。

利用系统聚类分析把备选的物流企业分成几类, 缩小了汽车制造企业选择第三方汽车物流服务商的范围, 降低了企业选择的难度, 提高了效率, 据此汽车制造企业可以根据自身的需求从中选择合适的第三方汽车物流服务商进行外包。

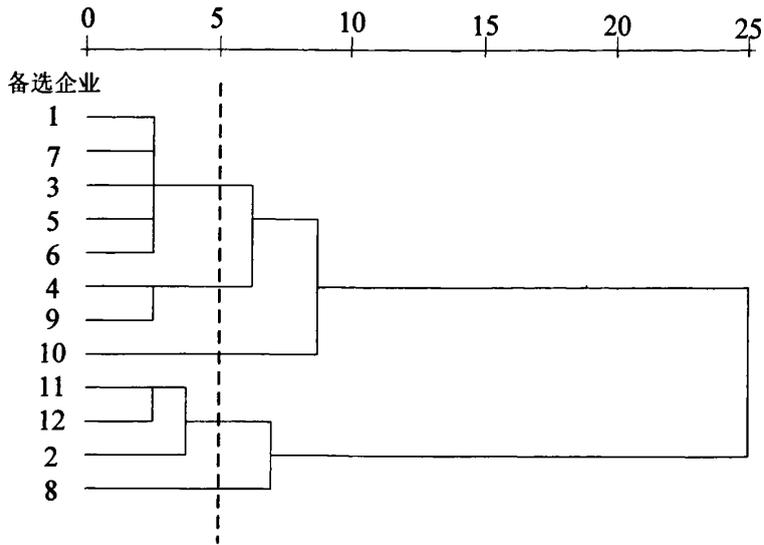


图4-3 聚类结果树形关系图

#### 4.4 小结

本章探讨了主成分和系统聚类分析法在评价选择第三方物流服务商中的应用。主成分和系统聚类分析法由于其自身的特点，克服了模糊聚类和 AHP 的不足，使原来复杂的问题简单化，避免了因原始指标间存在相关性所造成的聚类偏差，最后通过对汽车物流服务商的评价和筛选，验证了主成分聚类分析方法的适用性和有效性。

## 第五章 零部件采购量分配研究

上两章我们讨论了引入第三方物流优化汽车制造企业的供应物流及评价选择第三方物流服务商。本章提出了一个单目标混合整数随机规划模型，解决零部件采购量分配这一问题，此模型适用于在随机需求和价格折扣条件下，多阶段、多零配件的采购量分配，最后利用 LINGO9.0 软件对一个小型的算例进行了求解。

### 5.1 模型的描述

模型是在以下假设下建立的：(1) 动态随机性需求；(2) 必须满足需求，不允许缺货；(3) 每个供应商可以供应几种零部件，对不同的零部件有不同的供应上限，并且具有价格折扣水平。模型描述如下：

$$\min Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} c_{ij} x'_{ij} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n c_i y'_i + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m h_j Q'_j \quad (5-1)$$

式(5-1)表示目标函数为总成本最小化，总成本=零部件价格+采购成本+库存成本，其中各符号含义：

$i$ : 零部件供应商序号,  $i=1,2,\dots,n$ ;

$j$ : 零部件序号,  $j=1,2,\dots,m$ ;

$t$ : 阶段序号,  $t=1,2,\dots,T$ ;

$x'_{ij}$ : 第  $t$  期从零部件供应商  $i$  采购零部件  $j$  的数量;

$r_{ij}$ : 从零部件供应商  $i$  采购零部件  $j$  的数量达到相应定额要求时, 所给与的价格折扣率;

$c_{ij}$ : 从零部件供应商  $i$  处采购零部件  $j$  的单价;

$c_i$ : 从零部件供应商  $i$  处采购零部件的固定采购成本;

$h_j$ : 单期内零部件  $j$  的单位库存成本;

$Q'_j$ : 第  $t$  期内零部件  $j$  平均库存量;

$y'_i = \begin{cases} 1, & \text{在第 } t \text{ 期, 汽车制造企业向供应商 } i \text{ 发出订购需求} \\ 0, & \text{否} \end{cases}$

假定汽车制造企业在第  $t$  期内零部件  $j$  的总需求  $D'_j$  服从正态分布  $D'_j: N(u'_j, \sigma_j'^2)$ ,  $u'_j$  表示第  $t$  期内零部件  $j$  的需求期望,  $\sigma_j'^2$  表示第  $t$  期内零部件  $j$

需求方差,汽车制造企业在每一阶段初购进零部件,每一阶段的零部件消耗量是连续均匀的,如图 5-1 所示:

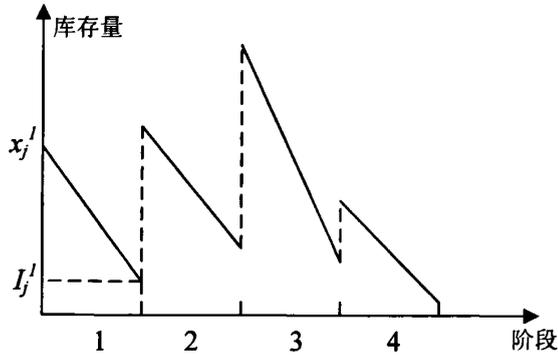


图 5-1 存贮状态图

则  $Q_j^t = \frac{1}{2}(I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x_{ij}^t + I_j^t)$ , 其中  $I_j^{t-1}$  表示零部件  $j$  在第  $t-1$  期末的库存 ( $I_j^0$  表示初始库存), 即第  $t$  期内零部件  $j$  的平均库存量等于第  $t-1$  期末零部件  $j$  的库存量, 第  $t$  期内零部件  $j$  的采购量, 第  $t$  期末零部件  $j$  的库存量的总和。

s.t.

$$x_{ij}^t \leq b_{ij}^t \tag{5-2}$$

式(5-2)表示采购量限制,对每一阶段每个零部件供应商,采购零部件  $j$  的数量不能超过供应商的供货能力,其中  $b_{ij}^t$  表示第  $t$  期内,由零部件供应商  $i$  提供零部件  $j$  的供应量上限。

$$I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x_{ij}^t \geq D_j^t \tag{5-3}$$

式(5-3)表示应满足汽车制造企业的需求量,即期末库存加上本期采购的零部件数量应满足本期零部件的需求量,其中  $D_j^t$  表示第  $t$  期内零部件  $j$  的总需求量。

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n x_{ij}^t \geq \sum_{t=1}^T D_j^t \tag{5-4}$$

式(5-4)表示  $T$  期内采购的总零部件数量应满足汽车制造企业的总需求。

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n g_{ij} x_{ij}^t \geq \sum_{t=1}^T g_j D_j^t \tag{5-5}$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n s_{ij} x'_{ij} \geq \sum_{t=1}^T s_j D'_j \quad (5-6)$$

式(5-5)表示零部件供应商应满足零部件  $j$  的最低交货及时率, 式(5-6)表示零部件供应商应满足零部件  $j$  最低评价等级, 其中各符号含义:

$g_{ij}$ : 零部件供应商  $i$  交付零部件  $j$  的及时率;

$g_j$ : 汽车制造企业要求零部件供应商交付零部件  $j$  所具备的最低及时率;

$S_{ij}$ : 第  $i$  个零部件供应商针对零部件  $j$  所获得的评价等级;

$S_j$ : 汽车制造企业要求零部件供应商针对零部件  $j$  所具备的最低评价等级。

零部件供应商的交付情况和零部件的质量直接影响到汽车制造企业的生产运作, 汽车制造企业引入第三方物流服务商, 采用配送中心和循环取货模式相结合的方式, 在实施中, 如果零部件供应商不配合, 零部件的质量不稳定或者不能按规定的时间内交货, 将会降低供应物流的效率, 尤其在循环取货条件下, 供货时间规定得较严格, 车辆配载的要求令制造商不可能派质检员去取货, 同样供应商也不会派人随车入厂交付, 货物品质检验和责任常常出现纠纷, 如果有第三方物流商参与的话这个问题就更加复杂。一旦出现质量有问题的物料, 就很可能给供应商和物流作业方互相推卸责任, 更重要的是, 由于质量问题导致交货延迟会带来生产停顿的较大损失, 同时既定的运输计划使不合格物料的回收或返修变得很难处理。因此本文选择交货及时率及零部件得到的评价等级作为约束条件。

$$I'_j = I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x'_{ij} - D'_j \quad (5-7)$$

式(5-7)表示随时间变化的库存, 即期末库存为  $t-1$  期末库存加上  $t$  期收到的数量再减去需求量。

$$x_{ij} \geq 0, \text{ 且为整数} \quad (5-8)$$

式(5-8)表示采购的零部件数必须为正整数。

综上所述, 建立的数学模型如下:

$$\min Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} c_{ij} x'_{ij} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n c_i y'_i + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m h_j (I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x'_{ij} + I'_j)$$

s.t.

$$x'_{ij} \leq b'_{ij}$$

$$I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x'_{ij} \geq D'_j$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n x_{ij}^t \geq \sum_{t=1}^T D_j^t$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n g_{ij} x_{ij}^t \geq \sum_{t=1}^T g_j D_j^t$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n s_{ij} x_{ij}^t \geq \sum_{t=1}^T s_j D_j^t$$

$$I_j^t = I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x_{ij}^t - D_j^t$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ 且为整数}$$

## 5.2 机会约束转化为确定性的等价类

### 5.2.1 机会约束规划

数学规划是运筹学的一个重要分支，并已被广泛地应用到工程技术、科学研究和经济管理等诸多领域。数学规划可以描述为在一些数学关系(如等式或不等式)表示的约束条件下，求一个(或一组)函数的极值问题的方法。常见的数学规划有线性规划、非线性规划、目标规划、多目标规划、整数规划、多层规划、动态规划、随机规划和模糊规划等等。

在现实世界中，人们制定决策时经常会碰到不确定性现象。这种不确定性现象包括我们所熟悉的两类：一类是随机现象，一类是模糊现象。描述、刻画随机现象的量称为随机变量，通常这些数据有三种可能性：或者这些数据是具有已知(联合)概率分布的随机变量；或者它们是具有未知概率分布是随机变量；或者它们不是随机变量，但它们是变量。含有随机变量的数学规划称为随机规划，又称为不确定规划。对于随机规划问题中所出现的随机变量，出于不同的管理目的和技术要求，采用的方法也不相同。

第一种处理随机规划中随机变量的方法是所谓的期望值模型，即一种在期望值约束下，使目标函数的概率期望达到最优的模型。第二种方法是由Charnes和Cooper<sup>[70]</sup>首先提出的机会约束规划(Chance Constrained Programming)，它是随机规划的一个重要分支，主要针对约束条件中含有随机变量。考虑到所做决策在不利情况发生时可能不满足约束条件，而采取一种原则：即允许所做决策在一定程度上不满足约束条件，但该决策应使约束条件成立的概率不小于某一置信水平<sup>[71]</sup>。

### 5.2.2 转化为确定性等价类

5.2 节模型中式(5-3)~式(5-7)中都含有服从正态分布的随机变量  $D'_j$ ，属于带有随机变量的规划，根据“允许所作决策在一定程度上不满足约束条件，但该决策应使约束成立的概率不小于某一置信度水平”这一原则，5.2 节随机规划问题可以转化为下述模糊机会约束问题：

$$\min Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} c_{ij} x'_{ij} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n c_i y'_i + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m h_j (I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x'_{ij} + I'_j)$$

s.t.

$$x'_{ij} \leq b'_{ij}$$

$$pr \left[ I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x'_{ij} \geq D'_j \right] \geq \alpha \tag{5-9}$$

$$pr \left[ \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n x'_{ij} \geq \sum_{t=1}^T D'_j \right] \geq \alpha \tag{5-10}$$

$$pr \left[ \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n g_{ij} x'_{ij} \geq \sum_{t=1}^T g_j D'_j \right] \geq \alpha \tag{5-11}$$

$$pr \left[ \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n s_{ij} x'_{ij} \geq \sum_{t=1}^T s_j D'_j \right] \geq \alpha \tag{5-12}$$

$$pr \left[ I'_j = I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x'_{ij} - D'_j \right] \geq \alpha \tag{5-13}$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ 且为整数}$$

其中  $\alpha$  为给定的约束条件的置信水平，式(5-9)表示期末库存加上本期采购的产品数量满足本期产品的需求量的概率大于  $\alpha$ ，以此相同的，式(5-10)~式(5-13)表示式[]中事件成立的概率大于  $\alpha$ 。考虑这样的机会约束  $Pr\{g(x, \xi) \geq 0\} \geq \alpha$ ，

定理 假设随机变量  $\xi$  的分布函数为  $\Phi$ ，函数  $g(x, \xi)$  总可以表示为  $g(x, \xi) = h(x) - \xi$ ，于是  $Pr\{g(x, \xi) \geq 0\} \geq \alpha$  当且仅当  $h(x) \geq k_\alpha$  时有解，其中  $k_\alpha = \inf \{K | K = \Phi^{-1}(1 - \alpha)\}$  [72]。

那么上述模型可以转化为如下的等价模型<sup>[11]</sup>：

$$\min Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} c_{ij} x'_{ij} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n c_i y'_i + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m h_j (I_j^{t-1} + \sum_{i=1}^n x'_{ij} + I'_j)$$

s.t.

$$x'_{ij} \leq b'_{ij}$$

$$I'_j + \sum_{i=1}^n x'_{ij} \geq u'_j + \Phi^{-1}(\alpha)\sigma'_j$$

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^n x'_{ij} \geq \sum_{j=1}^T u'_j + \Phi^{-1}(\alpha)\sum_{j=1}^T \sigma'_j$$

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^n g_{ij} x'_{ij} \geq g_j (\sum_{j=1}^T u'_j + \Phi^{-1}(\alpha)\sum_{j=1}^T \sigma'_j)$$

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^n s_{ij} x'_{ij} \geq s_j (\sum_{j=1}^T u'_j + \Phi^{-1}(\alpha)\sum_{j=1}^T \sigma'_j)$$

$$I'_j + \sum_{i=1}^n x'_{ij} - I'_j = u'_j + \Phi^{-1}(\alpha)\sigma'_j$$

$$x'_{ij} \geq 0, \text{且为整数}$$

此模型为确定性的单目标混合整数规划, 针对给定有关参数的具体零部件供应商选择及采购量分配问题, 运用上述步骤建立起相应的清晰单目标混合整数规划模型, 并通过相关软件即可求出其最优解。下一节我们采用 LINGO9.0 软件对一个应用算例进行了求解。

### 5.3 算例

假定某汽车制造企业准备采购 A, B, C, D, E, F 六种零部件, 公司提前一个月举行一个生产销售会议, 制定下个月上旬, 中旬, 下旬三阶段的产销量及此三阶段的生产预定计划, 并根据生产预定计划编制成品车基本生产计划和供货指示表, 目前可供选择的供应商有 3 个。其中, 汽车制造企业每个阶段对各零部件的需求量是随机的, 且服从正态分布; 所有零部件供应商都提供价格折扣的优惠条件。表明每个供应商供货能力与服务水平的各种参数值如表 5-1 所示, 供应商 1 供应零部件 A 的单价 136\$, 供货能力每阶段为 6000 件, 交货及时率为 95%, 所获评价等级为 94%; 反映汽车制造企业对供货能力与服务水平基本要求的参数值如表 5-2 所示, 汽车制造企业对于零部件 A 交货及时率和所获评价等级的基本要求必须大于 92%, 上旬, 中旬, 下旬零部件 A 需求数量的期望值分别是 6000 件, 4500 件, 6000 件, 标准差分别为 1000 件, 800 件, 800 件, 给定的约束条件的置信水平  $\alpha$  为 0.9, 当  $\alpha$  取 0.9 时, 正态分布函数的反函数值  $\Phi^{-1}(\alpha)$  为 1.28。

其中汽车制造企业向三个供应商订货一次的费用分别为 120 元, 200 元, 180 元, 物品的存储费与物品的价格有关, 通常是价格的  $r(0 < r < 1)$  倍, 我们取存储费是零部件价格的 20%。

表 5-1 各供应商供货能力与服务水平的参数值

零 部件	单价/\$			供货能力/件			交货及时率/%			所获评价等级/%		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	136	135	0	6000	5000	0	95	94	0	94	93	0
B	0	157	154	0	3000	4000	0	92	94	0	96	92
C	37	0	37	5000	0	3000	95	0	91	92	0	94
D	23	25	0	6000	5500	0	94	95	0	90	93	0
E	0	29	32	0	5000	4000	0	94	89	0	97	94
F	0	0	12	0	0	5000	0	0	93	0	0	97

表 5-2 对各供应商供货能力与服务水平基本要求的参数

阶段 零 部件	交货 及时 率/%	所获评 价等级 /%	期望/件			标准差/件			$\alpha$	$\Phi^{-1}(\alpha)$
			上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬		
A	92	92	6000	4500	6000	1000	800	800	0.9	1.28
B	92	93	5500	5000	6000	800	750	900	0.9	1.28
C	92	92	3000	7000	6000	1200	1200	1000	0.9	1.28
D	92	90	3000	6500	6000	1100	1100	900	0.9	1.28
E	92	95	3000	5000	4500	900	700	800	0.9	1.28
F	92	95	2800	4800	4000	800	650	800	0.9	1.28

同一零部件供应商对于不同的零部件提供不同的价格折扣水平, 折扣方式是某一阶段某一零部件全部数量的折扣, 而非累进式的, 即当采购数量属于折扣方式数量范围内时, 采购的所有同种产品都采用事先规定的同一价格; 为便于 LINGO 编程, 我们把价格折扣的区间统一为  $[0, 3000]$  和  $[3000, 6000]$ , 当处于  $[0, 3000]$  时没有价格折扣, 当处于  $[3000, 6000]$  时, 价格折扣如表 5-3:

表 5-3 价格折扣

零件 供应 商	A	B	C	D	E	F
1	0.95	0	0.95	0.9	0	0
2	0.94	0.9	0	0.97	0.95	0
3	0	0.96	0.94	0	0.96	1

### 5.3.1 LINGO 软件简介

LINGO 是一种专门用于求解数学规划的软件包, 运行在 WINDOWS 环境下。由于 LINGO 执行速度, 易于输入、求解和分析数学规划问题, 因此在教育、科研和工业界得到了广泛的应用。LINGO 主要用于求解线性规划、非线性规划、二次规划和整数规划等问题, 也可用于一些线性和非线性方程组的求解以及代数方程求根等, 同时 LINGO 也是一个矩阵生成器。所谓矩阵生成器, 实际上是提供了建立最优问题的一种语言, 有了它, 使用者只需键入一行文字就可以建立起成千条约束或目标函数项, 可以使输入较大规模问题的过程得到简化。

LINGO 中包含了一种建模语言和许多常用的数学函数, 可以供使用者建立数学规划模型时调用。使用时注意以下几个问题: (1) 尽量使用实数优化模型, 尽量减少整数约束和整数变量的个数; (2) 尽量使用光滑优化模型, 尽量避免使用非光滑函数; (3) 尽量使用线性优化模型, 尽量减小非线性约束和非线性变量的个数; (4) 合理设置变量的上下限, 优化时尽可能给出变量的初值; (5) 模型中使用单位的变量的数量级要适当<sup>[73]</sup>。

### 5.3.2 算例的求解

本文考虑的 3 阶段, 3 个供应商, 6 种零部件的问题, 采用上面几节建立的数学模型及求解方法, 利用 LINGO9.0 软件进行求解, 求解结果——采购量分配结果如表 5-4 所示: (LINGO 程序见附录)

由表 5-4 可以得出, 该汽车制造企业上旬时, 在零部件供应商 1 采购零部件 A, 零部件 C, 零部件 D 的数量分别是 2152 件, 5000 件, 6000 件 (零部件供应商 1 不生产零部件 B, 零部件 E, 零部件 F); 该汽车制造企业中旬时, 在零部件供应商 1 和零部件供应商 2 处采购零部件 A 的数量分别为 422 件, 5000 件, 零部件供应商 3 不生产零部件 A; 该汽车制造企业这个月采购零部件的总成本为

8002070 美元。汽车制造企业可以根据上述结果，再结合实际情况分配各零部件的采购量。

表 5-4 决策变量  $x(t, i, j)$  与目标函数值

阶段	供应商	零部件					
		A	B	C	D	E	F
上旬	1	2152	0	5000	6000	0	0
	2	5000	2441	0	357	5000	0
	3	0	4000	1639	0	89	4730
中旬	1	422	0	5000	6000	0	0
	2	5000	2441	0	358	5000	0
	3	0	4000	1639	0	88	4732
下旬	1	1922	0	5000	6000	0	0
	2	5000	2441	0	358	5000	0
	3	0	4000	1639	0	88	4732
目标函数值		8002070					

## 5.4 小结

采购量分配问题是汽车制造企业在采购供应中面临的重要问题，本章针对这一问题，建立了面向多阶段，多供应商，多零配件的混合整数随机规划模型，同时考虑了随机需求和价格折扣，汽车制造企业可以根据采购量分配结果，制定采购需求计划，将采购需求计划以及日生产排程计划按不同的采购滚动周期（采购计划周期）通过信息系统通知第三方物流服务商和零部件供应商，确定第三方物流服务商到各零部件供应商处取货的时间和货物数量，使上游零部件供应商即时做好准备，组织生产与备货。

## 第六章 总结和展望

### 6.1 主要研究工作总结

本文在对我国汽车制造企业供应物流进行分析的基础上,提出引入第三方物流优化汽车制造企业的供应物流体系,并提出了解决供应物流中的第三方物流服务商选择和采购量分配问题的方法,对汽车制造企业的供应物流优化具有一定的理论意义和参考价值。

本文主要做了以下工作:

(1) 通过分析我国汽车制造企业供应物流的现状和存在的问题,提出了将第三方物流引入到汽车制造企业供应物流中是优化我国汽车供应物流的关键。并结合目前我国第三方物流和汽车物流的现状和特点,提出了重构供应物流运作方式,即实行“配送中心”和“循环取货”的供应模式。说明了要实现第三方物流对汽车制造企业供应物流的优化,必须要选择合适的第三方物流服务商。

(2) 根据我国汽车供应物流的特点,建立了选择第三方物流服务商评价指标体系,并通过主成分和系统聚类分析法对第三方物流服务商进行了评价和选择,对其进行了理论分析和实证分析。

(3) 研究了汽车制造企业采购供应中的采购量分配问题,为此建立了一个基于随机需求和价格折扣的多阶段,多供应商和多零配件的单目标混合整数随机规划模型,以零部件价格、采购和库存成本的最小化为总目标,以供应商的供应能力、及时率和零部件所获评价等级等准则为约束条件,根据传统的处理机会约束的方法,将其转化为确定性的等价模型,结合采购实例找到了给定条件下各供应商采购量配额的最优方案,验证了模型的有效性与可行性。

### 6.2 需进一步研究的问题

由于各方面的原因本人对我国汽车制造企业实地调研工作做的还不够,再加上我国汽车制造企业供应物流的复杂性和目前第三方物流存在的种种问题,要解决我国汽车制造企业供应物流存在的所有问题,还有许多需要进一步研究的问题:

(1) 如何开发和建立引入第三方物流后的整个汽车物流的信息网络系统是一个很重要的问题,由于人力和物力方面的局限,本文在这方面未进行探讨。

(2) 对于“配送中心”和“循环取货”方式的具体实施条件需做进一步的研究。

(3) 第三方物流服务商的评价和选择及采购量的分配需要综合考虑多方面的因素，评价体系和方法还有待在企业的应用中不断得到改进。

(4) 本文提出的采购量分配问题，仍然属于单目标决策，对于多目标决策有待进一步的研究。

(5) 本文的采购实例是小规模问题，在实际汽车制造企业应用中，大规模的最优化问题居多，如果用 LINGO 求解，太耗费时间，可以利用现代启发式算法进行求解，这方面的工作有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] 车坛言论. 2006 年汽车及相关数据. 汽车与配件, 2007(11):17
- [2] 汽车物流盛景正当时. <http://www.zaoqiche.com/qczz/hypl/132884.asp>
- [3] 龙少良. 中国汽车物流纵横谈. 市场周刊—新物流. 2004(1):19
- [4] 韩龙士. 供应链管理下的汽车物流研究. 汽车工业研究, 2003(11):33-36
- [5] 彭燮. 安吉天地的 3.5PL 理论. [http://www.cqn.com.cn/news\\_detail.aspx?id=18829](http://www.cqn.com.cn/news_detail.aspx?id=18829)
- [6] 王国华, 唐莉华. 我国工业企业物流现代化的发展对策. 中国物流与采购, 2002(7):13-15
- [7] 秦琛. 汽车产业供应链中物流信息管理系统设计. 中国物流与采购, 2005(7):34-35
- [8] 陆薇. 神龙汽车采购供应物流实践. 物流技术与应用, 2004(9):68-73
- [9] 叶明海, 顾明毅. 国内汽车产业第三方物流研究. 汽车工程, 2003, 25(5):522-525
- [10] 王树华. 第三方物流是汽车零部件产业发展的必然选择. 汽车与配件, 2006, 38(4):20-21
- [11] 关志民, 周宝刚, 马钦海. 多产品采购条件下的供应商选择与订购量分配问题的研究[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(11):1626-1632
- [12] 段喆, 朱道立. 多阶段多产品供应量分配的综合模型. 系统工程, 2004, 22(6):21-24
- [13] 高振, 唐立新, 王梦光. 钢铁企业原材料多目标采购模型. 东北大学学报(自然科学版), 2001, 22(6):619-622
- [14] 高振, 唐立新, 陶炜. 大型钢铁企业原料采购计划模型. 系统工程学报, 2003, 18(6):566-570
- [15] 姬小利. 供应链订单任务分配模型及其混合遗传算法. 西南交通大学学报, 2005, 40(6):811-815
- [16] 张翠华, 朱宏, 马林. 基于 JIT 采购的订单分配问题模型及仿真应用. 东北大学学报, 2006, 27(11):1291-1294
- [17] 焦蕾稚. 基于模糊聚类分析的第三方物流供应商的选择. 物流科技. 2004, 27(11):34-37
- [18] 马雪芬等. 供应链管理环境下第三方物流企业的评价选择. 计算机工程与应用. 2003, 3:7-9
- [19] 赵佳妮. 对第三方物流服务供应商选择问题的研究. 物流科技.

- 2005, 29:40-43
- [20] 李大鹏 基于层次分析法的第三方运输企业的选择. 科技情报开发与经济. 2005, 3:150-151
- [21] Robert M. Monczka, Robert J. Trent, Robert B. Handfield. 采购与供应链管理, 刘秉镰, 李莉, 刘洋译. 北京: 中信出版社, 2004年1月
- [22] Pan AC. Allocation of order quantity among suppliers. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 1989, (Fall):36-39
- [23] Jayaraman V, Srivastava R, Benton WC. Supplier selection and order quantity allocation: a Comprehensive model. *The Journal of Supply Chain Management*, 1999, (Spring):50-58
- [24] Narasimhan R, Stoyhoff LK. Optimizing aggregate procurement allocation decisions. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 1986, (Spring):23-30
- [25] KASILINGAMRG. LEECP. Selection of vendors with a mixed-integer programming approach. *Computers & Industrial Engineering*, 1996, 31(10):347-350
- [26] Tempelmeier H. A simple heuristic for dynamic order sizing and supplier selection with time-varying data. *Production and Operations Management*, 2002, 11(4):499-515
- [27] KUMARM, VRATP, SHANKARR. A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 2004, 46(3):69-85
- [28] Bassok Y, Anupindi R. Analysis of supply contracts with total minimum commitment. *IIE Transactions*, 1997, 29:373-381
- [29] 盛昭瀚, 朱乔, 吴广谋. DEA理论、方法与应用. 北京: 科学技术出版社, 1996
- [30] Weber C.A., Current J.R., A Multi-Objective Approach to Vender Selection. *European Journal of Operational Research*, 1993, (68):173-187
- [31] S. H. Ghodsypour, C. O'Brien. A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear Programming. *The Journal of Supply Chain Management*, 1998, 56:199-212
- [32] Shyur, H. J. & Shih, H. S. A hybrid MCDM model for strategic vender Selection. *Management and Computer Modeling*, 2006, (44): 749-761

- [33] 陈安平. 汽车物流供应链管理研究[硕士论文]. 武汉理工大学, 2006, 3
- [34] 桑铁柱. 以产业集群促进中国汽车业发展. 上海汽车. 2007, 3:11-14
- [35] 崔宪杰. 一汽大众公司国产化外协件采购管理研究[硕士论文]. 吉林: 吉林大学, 2004, 12
- [36] 黄 辉, 浅析中国汽车物流. 汽车工程, 2006(4):410-413
- [37] 柏杰, 陆薇, 黄志, 王辉. 神龙汽车有限公司物流技术应用. 工业工程与管理, 2000(2):50-52
- [38] 陈文若. 第三方物流. 北京, 对外经济贸易大学出版社. 2004
- [39] 于晓光, 汽车制造商与供应商的关系(一)—原则及纵横捭阖. 汽车与配件. 2004(17):18-19
- [40] 崔宪杰. 一汽大众公司国产化外协件采购管理研究[硕士论文]. 吉林大学, 2004, 12
- [41] 张向东. 日本人看中国零件采购管理问题突出. <http://auto.sohu.com/20070706/n250929166.shtml>
- [42] 吴静. 一汽大众汽车有限公司采购管理研究[硕士论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2003, 4
- [43] 于晓光. 汽车制造商与供应商的关系(二)—日本汽车制造商的采购策略. 2004(18):16-18
- [44] 赵静. 试析我国现代物流业发展中存在的问题及其对策[J]. 经济问题探索, 2006(12):68-71
- [45] 汽车物流叫好不座. <http://www.qichewuliu.com/info/ShowArticle.asp?ArticleID=102>
- [46] 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”管理模式. 上海汽车, 2003(8):18-20
- [47] 张蕾. 循环取货方式的实践与应用研究[硕士学位论文]. 北京: 对外经济贸易大学, 2006, 4
- [48] 何炬. 供应链管理中的供应商选择机制. 科学学与科学技术管理. 2001. 9.
- [49] 王伟, 刘巍, 郭志强, 等. 基于可拓的第三方物流企业的评价选择. 大连海事大学学报, 2003, 29(4):84-86
- [50] ZhangHe, LI Xiu, Liuwen-Huang. An application of the AHP in 3PL vendor selection of a 4PL system. [C]//2004 IEEE SMC, 2004:1255-1259
- [51] 屈莉莉, 陈 燕, 侯振龙, 等. 基于模糊层次多目标评价决策模型的物流服务商优选[J]. 大连海事大学学报, 2003, 31(3):31-35
- [52] Ken Ackerman. How to choose a third-party logistics provider.

- Material Handling Management. Cleveland, 2000, 55:95-100
- [53] Penny M Simpson. Measuring the performance of suppliers: An analysis of evaluation processes. Journal of Supply Chain Management. 2002, 38:29-43
- [54] Pearson K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space, Philos Mag, 1901, 2(6):559-572
- [55] 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论. 北京: 科学出版社, 1999:393-426
- [56] 李双杰, 顾六宝. 用聚类分析法评估区域经济. 中国农村观察, 2001(1):2-8
- [57] 戈华. 客户关系管理中的聚类分析研究[硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2003, 2
- [59] 李硕, 许萌芽. 主成分聚类分析法在宁夏水文分区中的应用. 水文. 2002, 22(2):44-50
- [60] 李玉民, 李旭宏, 毛海军, 顾志康. 主成分聚类分析在省域物流规划中的应用. 东南大学学报. 2004, 34(4):549-552
- [61] 张 妍, 尚金城, 于相毅. 主成分-聚类复合模型在水环境管理中的应用——以松花江吉林段为例. 水科学进展. 2005, 16(4):592-595
- [62] 王晓龙, 刘笑明, 李同升. 主成分分析法、聚类分析法在旅游观光农业空间分区中的应用——以西安市为例的研究. 数理统计与管理. 2005, 25(4):6-13
- [63] 吕晋, 邬红娟等. 主成分及聚类分析在水生态系统区划中的应用. 武汉大学学报(理学版). 2005, 51(4):461-466
- [64] 赵东娟, 齐伟, 杨芬. 主成分聚类分析在县域生态经济分区中的应用——以东营市河口区为例. 安徽农业科学. 2007, 35(6):1775-1777
- [65] 王丽, 何鹰等. 近红外光谱技术结合主成分聚类分析——判别海面溢油种类. 海洋环境科学. 2004, 23(2):58-60
- [66] 陈军辉, 谢明勇等. 西洋参中无机元素的主成分分析和聚类分析. 光谱学与光谱分析. 2006, 26(7):1326-1329
- [67] 褚小立, 袁洪福, 陆婉珍. 光谱结合主成分分析和模糊聚类方法的样品聚类与识别. 分析化学研究报告. 2000, 28(4):421-427
- [68] 林树宽, 张冬岩等. 基于聚类和主成分分析的神经网络预测模型. 小型微型计算机系统. 2005, 26(12):2160-2163
- [69] 韩锐. 主成分分析法在供应链管理中物流供应商的评价应用[硕士学位论文]. 呼和浩特市: 内蒙古工业大学, 2005, 4
- [70] Charnes A, Cooper W. Chance-constrained programming. Management Science, 1959, 6(1):73-79

- [71] Liu B, Iwamura K. Chance constrained programming with fuzzy parameters. *Fuzzy Sets & Systems*, 1998, 94(2):227-237
- [72] 刘宝碁, 赵瑞清. 随机规划与模糊规划. 北京:清华大学出版社, 1998
- [73] 谢金星, 薛毅. 优化建模与 LINDO/LINGO 软件. 北京:清华大学出版社, 2005

## 附录

LINGO 的主要程序及运行结果如下:

(1) 主要程序:

```

model:
sets:
    supply/1,2,3/:c;
    product/1..6/:g,s,h;
    time/1,2,3/;;
    link1(supply,product):b,r,r0,r1,p,g1,s1;
    link2(time,supply):y;
    link3(time,product):I,u,v;
    link(time,supply,product):x;
endsets
data:
enddata
[obj]min=@sum(link1(i,j):r(i,j)*p(i,j)*x(1,i,j))+@sum(link1(i,j):r(i,
j)*p(i,j)*x(2,i,j))+@sum(link1(i,j):r(i,j)*p(i,j)*x(3,i,j))+@sum(link
2(t,i):c(i)*y(t,i))+0.5*@sum(product(j):h(j)*(@sum(supply(i):x(1,i,j)
)+I(1,j)))+0.5*@sum(product(j):h(j)*(I(1,j)+@sum(supply(i):x(2,i,j))+
I(2,j)))+0.5*@sum(product(j):h(j)*(I(2,j)+@sum(supply(i):x(3,i,j))+I(
3,j)));
@for(link1(i,j):x(1,i,j)<=b(i,j));
@for(link1(i,j):x(2,i,j)<=b(i,j));
@for(link1(i,j):x(3,i,j)<=b(i,j));
@for(product(j):I(1,j)=@sum(supply(i):x(1,i,j))-u(1,j)-1.152*v(1,j));
@for(product(j):I(2,j)=I(1,j)+@sum(supply(i):x(1,i,j))-u(2,j)-1.152*v
(2,j));
@for(product(j):I(3,j)=I(2,j)+@sum(supply(i):x(2,i,j))-u(3,j)-1.152*v
(3,j));
@for(link(t,i,j)|t#le#@size(time):r=@if(x#GT#3000#AND#x#LE#6000,r1,r0));
@for(link3(t,j)|t#GT#1:I(t-1,j)+@sum(supply(i):x(t,i,j))>=u(t,j)+1.152
*v(t,j));

```

```

@for(product(j):@sum(link2(t,i):x(t,i,j))>=@sum(time(t):u(t,j))+@sum(
time(t):1.152*v(t,j)));
@for(product(j):(@sum(supply(i):g1(i,j)*x(1,i,j))+@sum(supply(i):g1(i
,j)*x(2,i,j))+@sum(supply(i):g1(i,j)*x(3,i,j)))>=g(j)*@sum(time(t):u(
t,j))+g(j)*@sum(time(t):1.152*v(t,j)));

@for(product(j):(@sum(supply(i):s1(i,j)*x(1,i,j))+@sum(supply(i):s1(i
,j)*x(2,i,j))+@sum(supply(i):s1(i,j)*x(3,i,j)))>=s(j)*@sum(time(t):u(
t,j))+s(j)*@sum(time(t):1.152*v(t,j)));
@for(link2(t,i):@bin(y(t,i)));
@for(link(t,i,j):x(t,i,j)>=0);
@for(link:@gin(x));

End

```

## (2) 运行结果:

Local optimal solution found.

Objective value: 8002070.  
 Extended solver steps: 0  
 Total solver iterations: 3

Variable	Value	Reduced Cost
X( 1, 1, 1)	2152.000	190.0000
X( 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 1, 1, 3)	5000.000	68.90000
X( 1, 1, 4)	6000.000	43.20000
X( 1, 1, 5)	0.000000	0.000000
X( 1, 1, 6)	0.000000	8.400000
X( 1, 2, 1)	5000.000	180.9000
X( 1, 2, 2)	2441.000	296.5000
X( 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
X( 1, 2, 4)	357.0000	47.50000
X( 1, 2, 5)	5000.000	54.55000
X( 1, 2, 6)	0.000000	8.400000
X( 1, 3, 1)	0.000000	0.000000
X( 1, 3, 2)	4000.000	287.3400
X( 1, 3, 3)	1639.000	70.75000
X( 1, 3, 4)	0.000000	0.000000
X( 1, 3, 5)	89.00000	59.00000
X( 1, 3, 6)	4730.000	20.40000
X( 2, 1, 1)	422.0000	163.0000

X( 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 2, 1, 3)	5000.000	42.65000
X( 2, 1, 4)	6000.000	25.70000
X( 2, 1, 5)	0.000000	6.000000
X( 2, 1, 6)	0.000000	0.000000
X( 2, 2, 1)	5000.000	153.9000
X( 2, 2, 2)	2441.000	188.0000
X( 2, 2, 3)	0.000000	7.500000
X( 2, 2, 4)	358.0000	30.00000
X( 2, 2, 5)	5000.000	33.55000
X( 2, 2, 6)	0.000000	0.000000
X( 2, 3, 1)	0.000000	0.000000
X( 2, 3, 2)	4000.000	178.8400
X( 2, 3, 3)	1639.000	44.50000
X( 2, 3, 4)	0.000000	0.000000
X( 2, 3, 5)	88.00000	38.00000
X( 2, 3, 6)	4732.000	13.20000
X( 3, 1, 1)	1922.000	149.5000
X( 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 3, 1, 3)	5000.000	38.90000
X( 3, 1, 4)	6000.000	23.20000
X( 3, 1, 5)	0.000000	0.000000
X( 3, 1, 6)	0.000000	0.000000
X( 3, 2, 1)	5000.000	140.4000
X( 3, 2, 2)	2441.000	172.5000
X( 3, 2, 3)	0.000000	3.750000
X( 3, 2, 4)	358.0000	27.50000
X( 3, 2, 5)	5000.000	30.55000
X( 3, 2, 6)	0.000000	1.200000
X( 3, 3, 1)	0.000000	13.50000
X( 3, 3, 2)	4000.000	163.3400
X( 3, 3, 3)	1639.000	40.75000
X( 3, 3, 4)	0.000000	0.000000
X( 3, 3, 5)	88.00000	35.00000
X( 3, 3, 6)	4732.000	13.20000

## 致 谢

在此文完成之时，我首先要感谢我的导师符卓教授，正是他的精心指导和悉心关怀，才有了我每一点的进步和成长，我的论文才得以顺利完成。每次遇到困惑，符老师总是耐心的帮我分析，给与我鼓励，他在人生的很多方面给我以启迪。符老师深厚的专业学识、宽广的知识面、严谨求实的治学态度、潜心修学的钻研精神使我在学习、研究工作中深受教育，他谦和温婉的处世风范也让我感触良深、受益匪浅。再次对符老师致以崇高的敬意和深深的感激之情！

在研究生学习期间，非常感谢交通运输工程学院诸位老师对我的指导和帮助，另外，感谢熊坚、陆丽花、左武等师兄妹以及各位同窗好友，感谢他们在学习和生活上给予我的热心帮助和支持！

最后向我的家人献上我最衷心的感谢，正是他们自始至终无微不至的支持和鼓励，才使得我能够顺利完成学业。在今后的工作中我一定不会辜负他们的期望，再接再厉！

## 攻读学位期间主要的研究成果

### 已发表的论文

杜丽茶, 符卓. 基于主成分和系统聚类分析的第三方物流企业选择. 中小企业科技, 2006,(11): 39-40.

### 待发表的论文

《基于 LINGO 软件的采购量分配问题的研究》