

# 一类整车物流问题优化模型的研究

杨树国, 李春霞 \*

(青岛科技大学 数理学院, 山东 青岛 266061)

**摘要:** 从整车物流的具体实例出发, 首先, 根据给定的轿运车和乘用车的规格, 以轿运车运能最大化为目标, 求得轿运车的最佳配载方案; 其次, 以多目的地不同订单需求等为约束, 以轿运车使用数量最少和成本最低为目标函数, 建立整车配载运送优化模型; 最后, 利用整单和零单的思想和方法, 对优化模型求解, 得出轿运车的最佳配载运送方案. 所提出的求解方法能大大缩小解的搜索空间, 提高运算效率, 对解决类似问题有一定的参考价值.

**关键词:** 整车物流; 优化模型; 整车配载

## 1 引言

近年来, 随着经济的不断发展和生活水平的不断提高, 人们对轿车等乘用车的需求也越来越旺盛, 绝对购买量的不断攀升推动了汽车行业的迅猛发展. 但由于市场竞争的日趋加剧和成本的不断增加, 汽车的生产利润日益下降, 因此降低整车物流成本便成为汽车行业利润的一个新的增长点.

整车物流优化问题必须综合考虑车辆配载、路径规划、运输规模效应等诸多决策因素, 力求在满足目标需求的条件下使整车物流网络运营成本最小, 这种大规模的物流网络的多决策目标问题是典型的 NP-Hard 问题. 近年来, 选址、库存、运输的联合决策问题引起了众多学者的研究兴趣. Nozick 等研究了需求为独立同分布的泊松流, 采用 (S-1,S) 库存策略、单位运费固定的二级库存 - 选址系统, 研究库存、运输、设施成本之间的均衡关系<sup>[1-2]</sup>. Mark 等分析了工厂与分销中心之间的运输规模效应对分销中心数量和分布的影响<sup>[3]</sup>. Miranda 等将连续检查 (S,Q) 库存控制策略嵌入有能力约束的选址 - 分配模型, 给出求解复杂非线性混合整数模型的拉格朗日启发式算法<sup>[4]</sup>. Hall 针对由货源、集货中心和需求点构成的运输规模效应的基本物流网络, 提出了适用于规模较大的实际问题的启发式算法<sup>[5]</sup>. 田青等提出了求解这种基本物流网络的组合遗传算法<sup>[6]</sup>.

如何实现整车配送网络的优化是摆在整车物流行业面前的非常重要和紧迫的研究课题. 本文以具体的整车物流配送问题出发, 建立了整车物流配送优化模型, 并提出了整单和零单思想和求解方法, 在保证结果最优的同时大大提高了运算效率.

**收稿日期:** 2015-04-30

**资助项目:** 山东省教育科学“十二五”规划课题 (YBS15014); 山东省重点研发计划项目 (2015GGX101020); 山东省研究生教育创新计划项目 (SDYY16010); 山东省研究生导师指导能力提升项目 (SDYY17042); 山东省本科高校教学改革研究项目 (Z2016Z005)

\* 通信作者

## 2 整车物流网络配送问题

整车物流是乘用车生产厂家根据客户的购车订单,向物流公司下达乘用车的运输任务,物流公司则根据任务制定运输计划并完成配送.物流配送网络优化及送货线路选择是非常复杂的问题,涉及诸多理论和方法,合理制定配载运输优化方案,可提高物流管理服务水平,有效降低物流成本.

配送网络优化及配送线路选择问题涉及运筹学、交通运输规划、数学优化等诸多学科.国内在九十年代初开始对这一问题进行研究,秦绪伟等建立了整车物流网络规划集成优化模型,提出了用于运输路径优化的流预测算法,并给出了基于流预测的遗传算法求解框架<sup>[7]</sup>;后又综合考虑了运输规模效应、库存策略等决策要素,提出整车物流网络规划集成优化模型,给出了一种流预测算法和粒子群算法相结合的求解方法,分析了上述决策要素对整车物流网络结构设计的影响<sup>[8]</sup>.孙玉杰等提出了汽车整车物流模式的选择原则及模型,利用层次分析法对整车物流模式的选择进行量化分析,为整车物流模式的合理选择提供了指导<sup>[9]</sup>.Salman等提出了PSO应用于任务分配问题的合适的编码表达方法<sup>[10]</sup>,李宁等在此基础上提出解决车辆路径问题的PSO算法<sup>[11]</sup>.

路径分析和配送中心选择一样,是整车物流中的重要环节,当配送中心一定时,根据客户需求(本文称之为订单),制定合理的轿运车分配和配送线路选择方案是本问题的关键环节,可采用数学建模的方法来解决.在大型的配送网络中,运输规模效应对模型的影响是非常显著的,有很多的学者对配送路径选择问题作了相应的研究.如Mar分析了规模效应产生的不同折扣率对分销中心的数量和分布的影响络设计方案重要因素<sup>[12]</sup>.谭凌等分析了需求变化和运输距离变化对系统的总成本以及方案选择的影响<sup>[13]</sup>.

在实际生活中,常常遇到这样一类问题:配送中心及其拥有的乘用车已知,在满足不同客户不同订单需求的条件下,使运输成本最小.这实际上就是要尽可能使所用的轿运车数量和总运输里程最少.针对该问题,提出了整车物流配送优化建模和求解方法——整单和零单法,是解决该问题的一种创新.以2014年全国研究生数学建模竞赛E题为例进行具体说明<sup>[14]</sup>.

某物流公司现拥有两种轿运车:下上层各装载1列乘用车(记为1-1型)、下上层分别装载1列和2列(记为1-2型),如图1、2所示,且每辆轿运车可装载乘用车的最大数量在6到27辆之间.

物流公司的运输任务如下:运输166辆I车型的乘用车(其中目的地是A、B、C、D的分别为42、50、33、41辆)和78辆II车型的乘用车(其中目的地是A、C的分别为31、47辆),具体线路如图3所示(各段长度:OD=160,DC=76,DA=200,DB=120).

各轿运车的装载要求如下:每种轿运车上、下层装载区域均可看成长方形,各乘用车均纵向摆放,相邻乘用车之间纵向及横向的安全车距均至少为0.1米,下层力争装满,上层两列力求对称,以保证轿运车行驶平稳.给定轿运车和乘用车规格如下:

整车物流的运输成本简化为:首先,影响成本高低的是轿运车使用数量;其次,在轿运车使用数量相同情况下,1-1型轿运车的使用成本较低,1-2型的略高,且要求1-2型轿运车使用量不超过1-1型轿运车使用量的20%;再次,在轿运车使用数量及型号均相同情况下,行驶里程短的成本低,注意轿运车到达目的地后原地待命,无须放空返回;最后,每次卸车成本几乎可以忽略.

要求根据上述条件, 制定一个包含所需要各种轿运车的数量、每辆轿运车的乘用车装载方式和行车路线的配送优化方案.



图 1 1-1 型轿运车



图 2 1-2 型轿运车

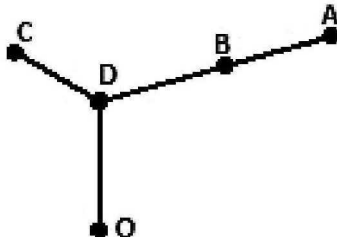


图 3 运输网络

表 1 乘用车规格

乘用车型号	长度 (米)	宽度 (米)	高度 (米)
I	4.61	1.7	1.51
II	3.615	1.605	1.394

表 2 轿运车规格

轿运车类型	上下层长度 (米)	上层宽度 (米)	下层宽度 (米)
1-1	19	2.7	2.7
1-2	24.3	3.5	2.7

### 3 整车物流网络配送模型建立

#### 3.1 问题分析

本题要求在一定条件下, 制定满足各点乘用车需求的轿运车配载和运输方案, 显然是一个多目标的配载运输优化问题. 首先, 应考虑轿运车最大运能的配载模式, 在满足安全车距、下层力争装满、上层两列力求对称等条件下, 确保各轿运车的空间利用率尽可能大, 以达到其最大运载能力, 这一步可通过穷举法来实现; 然后在保证轿运车使用数量最小的同时, 兼顾运输成本, 求出满足各点运输任务所需轿运车的数量、配载模式和运输方案.

#### 3.2 模型建立

##### 1. 轿运车最大运能配载方案

对于每辆轿运车, 应尽可能地做到空间利用率最大, 即上下两层必须装满, 实现运能最大

化. 通过对所给轿运车和乘用车的规格进行对比分析可知, 轿运车的宽度都能满足要求, 只需考虑轿运车的长度限制即可, 因此本问实质等同于一维下料问题. 故轿运车运能最大化的目标函数为:

$$\text{Max } f = (l_1 * m + l_2 * n) / L \quad (1)$$

其中  $L$  表示轿运车的长度,  $l_j$  表示装载的第  $j$  种乘用车的长度 ( $j = 1$  表示 I 型,  $j = 2$  表示 II 型),  $m$  和  $n$  分别表示装载 I 型和 II 型乘用车的数量.

在制定各类型轿运车最大运能的优化方案时, 必须要考虑车辆长度限制和平稳性要求两个因素:

#### ① 长度约束

对于每辆轿运车, 每层装载的乘用车总长度不应超过轿运车的长度, 且相邻乘用车之间纵向的安全车距至少为 0.1 米; 为了使空间利用率尽可能大, 每辆轿运车上空闲的长度应小于乘用车的最小长度, 具体表达式如下:

1-1 型上层:

$$0 \leq L_1 - [(l_1 * u_{11} + l_2 * u_{12}) + d_0 * (u_{11} + u_{12} + 1)] < \min \{l_j\} \quad (2)$$

1-1 型下层:

$$0 \leq L_1 - [(l_1 * d_{11} + l_2 * d_{12}) + d_0 * (d_{11} + d_{12} + 1)] < \min \{l_j\} \quad (3)$$

1-2 型上层 (左侧):

$$0 \leq L_2 - [(l_1 * u_{21}^l + l_2 * u_{22}^l) + d_0 * (u_{21}^l + u_{22}^l + 1)] < \min \{l_j\} \quad (4)$$

1-2 型上层 (右侧):

$$0 \leq L_2 - [(l_1 * u_{21}^r + l_2 * u_{22}^r) + d_0 * (u_{21}^r + u_{22}^r + 1)] < \min \{l_j\} \quad (5)$$

1-2 型下层:

$$0 \leq L_2 - [(l_1 * d_{21} + l_2 * d_{22}) + d_0 * (d_{21} + d_{22} + 1)] < \min \{l_j\} \quad (6)$$

其中  $L_i$  表示第  $i$  种轿运车的长度 ( $i = 1$  表示 1-1 型,  $i = 2$  表示 1-2 型),  $u_{1j}$  和  $d_{1j}$  分别表示 1-1 型轿运车上层和下层装载第  $j$  种乘用车的数量,  $u_{2j}^l$  和  $u_{2j}^r$  分别表示 1-2 型轿运车上层左侧和右侧分别装载第  $j$  种乘用车的数量,  $d_{2j}$  表示 1-2 型轿运车下层装载第  $j$  种乘用车的数量,  $d_0 = 0.1$ (米).

在求解目标函数 (1) 时, 分别用  $L_1$  和  $L_2$  替代  $L$ ,  $(u_{11}, u_{12})$ 、 $(d_{11}, d_{12})$ 、 $(u_{21}^l, u_{22}^l)$ 、 $(u_{21}^r, u_{22}^r)$ 、 $(d_{21}, d_{22})$  替代  $(m, n)$  即可.

#### ② 平稳性约束

为保证轿运车运行安全, 力争先装满下层后再装上层; 对于 1-2 型轿运车, 上层两列应力求对称, 否则, 两列各装载乘用车的长度之差越小越好; 则有:

$$\left| \left[ \sum_{j=1}^2 l_j * u_{2j}^l + d_0 * \left( \sum_{j=1}^2 u_{2j}^l + 1 \right) \right] - \left[ \sum_{j=1}^2 l_j * u_{2j}^r + d_0 * \left( \sum_{j=1}^2 u_{2j}^r + 1 \right) \right] \right| < \xi \quad (7)$$

其中,  $\xi$  为安全控制量,  $\xi$  越小平稳性越好, 当轿运车左右两列分别装载不同型号的乘用车时, 两列车辆长度之差达到最大值  $4.61 * 5 - 3.615 * 6 = 1.36$ , 故可取  $\xi = 1.36$ .

根据所给的轿运车和乘用车的规格, 利用上述两个约束条件, 通过穷举法可以求出轿运车运能最大化的装载模式和装载方案如下:

表 3 1-1 型轿运车运能最大化的装载模式

	I 型乘用车数量	II 型乘用车数量	余量 (米)
单层装载模式	4	0	0.260
	3	1	1.255
	2	2	2.250
	1	3	3.245
	0	5	0.525

1-1 型轿运车上下两层采用同样的装载模式, 经过不同模式的组合, 可得 1-1 型轿运车装载乘用车的方案共有 25 种, 仅从装载 I 型和 II 型乘用车的数量上看, 共有 12 种情形: (8,0)、(7,1)、(6,2)、(5,3)、(4,5)、(3,6)、(2,7)、(1,8)、(0,10)、(4,4)、(3,5)、(2,6). 后 3 种不是最大的装载模式, 故去掉, 得到 1-1 型轿运车最大运能配载数量方案有 9 种, 记为  $(a_{11}^{\lambda}, b_{12}^{\lambda}) (\lambda = 1, 2, \dots, 9)$ .

表 4 1-2 型轿运车运能最大化的装载模式

	I 型乘用车	II 型乘用车	余量 (米)
下层装载模式	5	0	0.850
	4	1	1.845
	3	2	2.840
	2	4	0.120
	1	5	1.115
	0	6	2.110

1-2 型轿运车上层左右两列与下层采用同样的装载模式, 且上层左右两列装载时未必完全对称, 故经过不同模式的组合, 可得 1-2 型轿运车装载乘用车的方案共有 216 种, 仅从数量上看, 共有 28 种情形: (15,0)、(14,1)、(13,2)、(12,4)、(11,5)、(10,6)、(9,8)、(8,9)、(7,10)、(6,12)、(5,13)、(4,14)、(3,15)、(2,16)、(1,17)、(0,18)、(12,3)、(11,4)、(10,5)、(9,7)、(9,6)、(8,8)、(7,9)、(6,11)、(6,10)、(5,12)、(4,13)、(3,14). 后 12 种不是最大的装载模式, 故去掉, 得到 1-2 型轿运车最大运能配载数量方案有 16 种, 记为  $(a_{21}^{\mu}, b_{22}^{\mu}) (\mu = 1, 2, \dots, 16)$ .

## 2) 多目的地不同订单下整车配载运送优化模型

本题要求在满足运送任务的情况下, 使运输成本最低. 根据题意, 影响整车物流的运输成本有: 轿运车使用数量、使用成本和行驶里程, 故整车物流配送的总成本等于所使用的轿运车的成本之和, 得如下目标函数:

$$\text{Min}C = \sum_{k=1}^4 \sum_{i=1}^2 N_{ik} * c_i * S_k \quad (8)$$

其中,  $k$  表示目的地编号,  $k = 1$  表示目的地 A,  $k = 2$  表示目的地 B,  $k = 3$  表示目的地 C,  $k = 4$  表示目的地 D;  $N_{ik}$  表示到达目的地  $k$  的第  $i$  种轿运车的数量;  $S_k$  表示从  $O$  点到目的地  $k$  的距离,  $c_i$  表示第  $i$  种轿运车单位里程的运输成本.

根据题中所给各轿运车装载要求, 可得如下约束条件:

### ①目的地需求约束

假设按照以上最大运能配载方案装载轿运车, 以目的地  $k$  为终点的 1-1 型和 1-2 型轿运车的数量分别为  $N_{1k}$  和  $N_{2k}$ , 若以  $n_{1k}^\lambda$  表示驶向目的地  $k$  的装载方案为  $(a_{11}^\lambda, b_{12}^\lambda)$  的 1-1 型轿运车的数量, 以  $n_{2k}^\mu$  表示驶向目的地  $k$  的装载方案为  $(a_{21}^\mu, b_{22}^\mu)$  的 1-2 型轿运车的数量, 则

$N_{1k} = \sum_{\lambda=1}^9 n_{1k}^\lambda$ ,  $N_{2k} = \sum_{\mu=1}^{16} n_{2k}^\mu$ ; 运送到目的地  $k$  的 I 型和 II 型乘用车的数量分别为:

$$\sum_{\lambda=1}^9 n_{1k}^\lambda * a_{11}^\lambda + \sum_{\mu=1}^{16} n_{2k}^\mu * a_{21}^\mu \quad (9)$$

$$\sum_{\lambda=1}^9 n_{1k}^\lambda * b_{12}^\lambda - \sum_{\mu=1}^{16} n_{2k}^\mu * b_{22}^\mu \quad (10)$$

运往目的地  $k$  的轿运车上各型乘用车的数量之和应满足目的地  $k$  的需求, 则有:

$$\sum_{\lambda=1}^9 n_{1k}^\lambda * a_{11}^\lambda + \sum_{\mu=1}^{16} n_{2k}^\mu * a_{21}^\mu \geq Q_{1k} \quad (11)$$

$$\sum_{\lambda=1}^9 n_{1k}^\lambda * b_{12}^\lambda + \sum_{\mu=1}^{16} n_{2k}^\mu * b_{22}^\mu \geq Q_{2k} \quad (12)$$

其中,  $Q_{jk}$  表示目的地  $k$  需要第  $j$  型乘用车的数量,  $k = 1 \sim 4$ ,  $j = 1, 2$ .

### ②轿运车比例约束

1-2 型轿运车使用数量不能超过 1-1 型轿运车使用数量的 20%, 即:

$$\sum_{k=1}^4 N_{2k} \leq 0.2 * \sum_{k=1}^4 N_{1k} \quad (13)$$

③每辆轿运车可以装载乘用车的最大数量在 6 到 27 辆之间, 即:

对于 1-1 型轿运车:

$$6 \leq a_{11}^\lambda + b_{12}^\lambda \leq 27 (\lambda = 1, 2, \dots, 9) \quad (14)$$

对于 1-2 型轿运车:

$$6 \leq a_{21}^\mu + b_{22}^\mu \leq 27 (\mu = 1, 2, \dots, 16) \quad (15)$$

④整数约束:

本题涉及的  $a_{11}^\lambda, b_{12}^\lambda, a_{21}^\mu, b_{22}^\mu, n_{1k}^\lambda, n_{2k}^\mu$  以及  $N_{ik}$  均为非负整数.

这样由式 (10)-(15) 就构成了此问题的整车物流网络配送模型.

## 4 基于整单和零单运输思想的模型求解方法

在求解该模型时, 将四个目的地的需求看成是四个订单, 引入了整单和零单的概念, 在此基础上给出了模型的算法.

定义: 在一个目的地的订单中, 能够利用若干辆轿运车以最大运能装载方案满载完成的部分称作整单, 剩余的不足一辆轿运车最大运载能力的部分称为零单.

基于上述定义, 可将运输任务分为两个步骤: (一) 对于每一个目的地, 均先完成整单部分的运输; (二) 对于各个目的地剩余的零单部分, 统一设计, 制定合理的运输方案来完成. 根据该思想可对各目的地的需求约束进行修改, 原则如下:

1) 由于驶向 D 点的轿运车即使无法满足该点的需求, 也可以通过驶向其他点的轿运车来补充, 故去 D 点的轿运车可以少装一些 I 型乘用车, 能够完成整单即可, 但零单部分的乘用车数量应小于一辆 1-1 型轿运车最大运载 I 型乘用车的数量, 1-1 型轿运车最多能配载 8 辆 I 型乘用车, 所以 D 的约束条件可以改为:

$$34 \leq \sum_{\lambda=1}^9 n_{14}^{\lambda} * a_{11}^{\lambda} - \sum_{\mu=1}^{16} n_{24}^{\mu} * a_{21}^{\mu} \leq 41 \quad (16)$$

2) 由于驶向 B 点的轿运车即使无法满足该点的需求, 也可以通过驶向 A 点的轿运车来补充, 故去 B 点的轿运车可以少装一些 I 型乘用车, 能够完成整单即可; 同理 B 的约束条件可以改为:

$$43 \leq \sum_{\lambda=1}^9 n_{12}^{\lambda} * a_{11}^{\lambda} - \sum_{\mu=1}^{16} n_{22}^{\mu} * a_{21}^{\mu} \leq 50 \quad (17)$$

3) 由于向 C 点运送时途径 D 点, D 点的零单部分只需要 I 型乘用车, 故去 C 点的轿运车可以多装一些 I 型乘用车, 但多装的总数应小于一辆 1-1 型轿运车最大运载 I 型乘用车的数量; 且为了节省成本, C 点需要的 II 型乘用车不能通过驶向 A 点的轿运车来满足, 而只能由驶向该点的轿运车来完成, 所以 C 的约束条件可以改为:

$$33 \leq \sum_{\lambda=1}^9 n_{13}^{\lambda} * a_{11}^{\lambda} - \sum_{\mu=1}^{16} n_{23}^{\mu} * a_{21}^{\mu} \leq 40 \quad (18)$$

$$47 \leq \sum_{\lambda=1}^9 n_{13}^{\lambda} * b_{12}^{\lambda} + \sum_{\mu=1}^{16} n_{23}^{\mu} * b_{22}^{\mu} \quad (19)$$

4) 由于向 A 点运送时途径 D 和 B 点, D、B 两点的零单部分只需要 I 型乘用车, 故去 A 点的轿运车可以多装一些 I 型乘用车, 但多装的总数应小于一辆 1-1 型轿运车最大运载 I 型乘用车的数量; 同样为了节省成本, A 点需要的 II 型乘用车只能由驶向该点的轿运车来完成, 故 A 的约束条件可以改为:

$$42 \leq \sum_{\lambda=1}^9 n_{11}^{\lambda} * a_{11}^{\lambda} - \sum_{\mu=1}^{16} n_{21}^{\mu} * a_{21}^{\mu} \leq 49 \quad (20)$$

$$31 \leq \sum_{\lambda=1}^9 n_{11}^{\lambda} * b_{12}^{\lambda} + \sum_{\mu=1}^{16} n_{21}^{\mu} * b_{22}^{\mu} \quad (21)$$

本题中,  $S_1 = 360$ ,  $S_2 = 280$ ,  $S_3 = 236$ ,  $S_4 = 160$ .

这样由式 (10)、(16)-(21) 构成了该题的具体求解模型. 本题未给定各种轿运车单位里程的运输成本,  $c_1$  和  $c_2$  的取值未定, 故可设  $c_1 = 1$ , 根据不同的  $c_2$  取值, 利用 Lingo 软件对模型求解, 得到驶向各目的地轿运车的数量和配载方案如下:

根据表 5 可知:  $c_2 > c_1$  时, 由于 A 点距离远, 1-2 型轿运车的运输成本大, 所以驶向 A 的 1 辆 1-2 型轿运车改到了点 C, 而为了保证 A 点的需求, 驶向该点的 1-1 型轿运车数量增加了, 总里程也增加了. 但是  $c_2$  取其他值时, 各点轿运车的数量并未发生改变, 说明模型对  $c_2$  敏感性较小. 根据 1-2 型与 1-1 型轿运车的配载量比较分析, 取  $c_2 = 1.4$  较为合适. 此时得到各目的地轿运车具体的配载方案如下:

表 5 驶向各目的地的轿运车数量及运输成本

目的地	$c_1 = 1 \quad c_2 = 1$				$c_1 = 1 \quad c_2 = 1.1$				$c_1 = 1 \quad c_2 = 1.2$				$c_1 = 1 \quad c_2 = 1.3$				$c_1 = 1 \quad c_2 = 1.4$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1-1 型轿运车	1	6	9	5	3	6	7	5	3	6	7	5	3	6	7	5	3	6	7	5
1-2 型轿运车	4	0	0	0	3	0	1	0	3	0	1	0	3	0	1	0	3	0	1	0
总里程	6404				6528				6528				6528				6528			
总成本	6404				6659				6791				6922				7054			

表 6 驶向各目的地的轿运车的配载方案

A		B		C		D	
1-1 型	1-2 型	1-1 型	1-2 型	1-1 型	1-2 型	1-1 型	1-2 型
数量	配载方案	数量	配载方案	数量	配载方案	数量	配载方案
1	(8,0)	1	(12,4)	6	(8,0)	3	(8,0)
1	(7,1)	1	(9,8)			1	(4,5)
1	(4,5)	1	(5,13)			3	(0,10)
(45,31)		(48,0)		(34,47)		(40,0)	

从上表可以看出：驶向 A 点的轿运车可装载 45 辆 I 型乘用车、31 辆 II 型乘用车，比需求可多载 3 辆 I 型乘用车；驶向 B 点的轿运车可装载 48 辆 I 型乘用车，比需求少载 2 辆 I 型乘用车；驶向 C 点的轿运车可装载 34 辆 I 型乘用车、47 辆 II 型乘用车，比需求可多载 1 辆 I 型乘用车；驶向 D 点的轿运车可装载 40 辆 I 型乘用车，比需求少载 1 辆 I 型乘用车；这样可将 C 点多载的 1 辆在 D 点卸下，驶向 A 点的轿运车多载 2 辆在 D 点卸下，A 点还空一个 I 型乘用车的位置，符合题目要求。

根据上述算法，同时可求出总的运行里程为 6528，运输成本为 7054。

## 5 方法推广与应用

本文先以轿运车运能最大化为目标求出相应的配载模式，以此为整车物流配送优化模型的可行域，符合实际；利用整单和零单的思想，将最优解的搜索空间大大缩小，整个求解过程仅用 15 秒，比直接求解节省 50 分钟以上，不但结果最优，而且极大地提高了运算效率。

本文提出的思想和方法符合人的思维模式，是人工智能的体现，可从两个方面对其进行推广和应用：1) 当配送中心多于一个时，仍然可以采用本文的方法进行模型的建立，仍然可以按照整单零单的思想和方法求解；2) 当客户数量和需求量大时，这种思想方法的作用更加明显，求解效率高、速度快。当然对解决其他类似的问题，本文的方法也有一定的借鉴和参考价值。

## 参考文献

- [1] Nozick L K, Turnquist M A. A Two-echelon Inventory Allocation and Distribution Center Location Analysis[J]. Transportation Research: Part E. 2001, 37(6): 425-441.
- [2] Nozick L K, Turnquist M A. Inventory, transportation, service quality and the location of distribu-

- tion centers [J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 129(2): 362-371.
- [3] Mark W H, Morton E O. Embedding economies of scale concepts for hub network design[J]. *Journal of Transport Geography*, 2001,9(4): 255-265.
- [4] Miranda P A, Garrido R A. Incorporating inventory control decision into a strategic distribution network design model with stochastic demand [J]. *Transportation Research: Part E*. 2004, 40(2): 183-207.
- [5] Hall R W. Direct versus terminal freight routing on a network with concave costs[J]. *Transportation Research: Part B*. 1987, 21(4): 287-298.
- [6] 田青, 缪立新, 郑力. 基于运输规划和组合 GA 的基本物流网络设计 [J]. *清华大学学报*, 2004, 44(11): 1441-1444.
- [7] 秦绪伟, 范玉顺, 尹朝万. 集成整车物流系统的网络规划问题研究 [J]. *控制与决策*, 2006, 21(2): 129-134.
- [8] 秦绪伟, 范玉顺, 尹朝万. 整车物流网络规划问题的混合粒子群算法研究 [J]. *系统工程理论与实践*, 2006, 26(7): 47-53.
- [9] 孙玉杰, 田聿新. 汽车整车物流模式的决策方法研究 [J]. *物流技术*, 2005, 8: 54-57
- [10] Salman A, Ahmad I, Sabah A M. Particle swarm optimization for task assignment problem[J]. *Microprocessors and Microsystems*, 2002, 26: 363-371.
- [11] 李宁, 刘飞, 孙德宝. 基于带变异算子粒子群优化算法的约束布局优化研究 [J]. *计算机学报*, 2004, 27(7), 897-903.
- [12] M ARK W H, MORTONE O. Embedding economies of scale concepts f or hub network design[J]. *Journal of Transport Geography*, 2001, 9(4): 255-265.
- [13] 谭凌, 高峻峻, 王迎军. 基于库存成本优化的配送中心选址问题研究 [J]. *系统工程学报*. 2004, 19(1): 59-66.
- [14] <http://www.shumo.com/home/html/2396.html>.

## Research on a Kind of Optimization Model of Vehicle Logistics Problem

YANG Shu-guo, LI Chun-xia

(School of Mathematics and Physics, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061 China)

**Abstract:** The paper begins from the concrete instance of Vehicle Logistics. Firstly, it regards the maximal transport capacity of car transporters as objective and obtains the optimal stowage scheme of car transporters based on the given car transporters and car. Secondly, it builds the optimization stowage model of Vehicle Logistics whose object functions are the minimum of car transporters and the lowest cost and constraint conditions are different orders of multi-destinations. Finally, it solves the optimization model by adopting the idea and method of the entire and broken orders and obtains the optimal stowage scheme of car transporters. The proposed method can decrease the search scope of solutions, improve operation efficiency and has a certain reference value to similar problems.

**Keywords:** Vehicle Logistics; optimization model; stowage of Vehicle