

多品种货物混装配载模型 及启发式算法研究

■文/宿伟伟 胡松筠

配送是物流活动中的一个重要的直接与客户相连的环节,是货物从物流一个节点送达收货人或另一个节点的过程。随着物流系统的集约化和一体化发展,物流配送的各环节需要整合,其基本业务活动是配送运输设施的集货、货物配载及送货过程,货物配载是物流配送的基础环节,配载质量的好坏直接关系到配送的效率,进而影响到整个物流中心运作效益。

在我国货物运输配载中的零担货物的发送量虽然只占总量的百分之几,由于零担货物具有运量零星、批数较多、流向分散、品类繁多、性质复杂、包装各异等特点,导致零担货物的配装工作显得十分繁琐。整装零担车内装有多个客户的货物,要分别在一站或多站卸货,一些外观相近的货物很容易混淆,更容易造成差错,而且一些不宜混装的危险物品混装,甚至会出现危险。这些货物的配装问题虽然更加复杂,但是做好量小批多的零担货物的混合配装工作,既是保证运输安全之必要,又是运输有序生产中重要的环节。

对于易混货物或有危险货物的整零车,其配装计划既需要满足各种运输规章制度之要求、保证货物运输安全,又要充分利用车辆的装载能力。因而,多品种货物的混装问题是一个非常复杂且生产实际中急需解决的应用性研究问题。本文将多品种混装货物的重量、体积、配装限制作为约束条件,同时兼顾了装载能力利用率最大化原则,建立了多品种货物混装的配载问题的数学模型,并运用了一种新的相对实用的启发式算法,能够较快地获得满意解。

1. 数学模型

多品种零担货物配装问题其目标是使货车的载重量和载货容积的利用率最大,同时必须考虑货物的配装

限制,属于背包问题与装箱问题的混合问题。

配装问题一般描述如下:已知给定一批多品种货物组成的待装货物集 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$, 其对应的各批货物重量和体积分别记为 $G_s = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ 和 $V_s = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$; 运输货车其最大载重量是 G_0 最大容积为 V_0 。要求合理选择、分配待装货物,在充分考虑货物配装限制的条件下,充分利用车辆的容积和载重。

各约束条件如下

① 车辆载重的约束

$$\text{s. t.} \quad \sum_{i=1}^n g_i x_i \leq G_0$$

式中 $x_i = 0$ 或 1 ($i = 1, 2, \dots, n$), 当且仅当第 i 批货装入车中时, 记 $x_i = 1$, 否则 $x_i = 0$ (下同)

② 车辆体积的约束

$$\sum_{i=1}^n v_i x_i \leq V_0$$

③ 一批货物不可分装的约束

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

④ 多品种货物混装带来的限制

在同一货车内混装的货物,必须满足零担货物运输的条件,一般地,尽量把外观相近,容易混淆的货物分开装卸;把货物性质相抵触(反应)的分开装卸;有毒、易污染物品与食品分开装卸;易燃、易爆货物分开装卸(详细请参见《危规》中关于不可混装货物的规定)。

2. 模型的求解

根据多品种货物混装问题的特殊性,将问题的求解分为以下两个阶段:

2.1 对待装货物的预处理

把待装货物进行分类,按品种、形状、颜色、规格和性质等类别把货物分为若干配装集(如图1)。

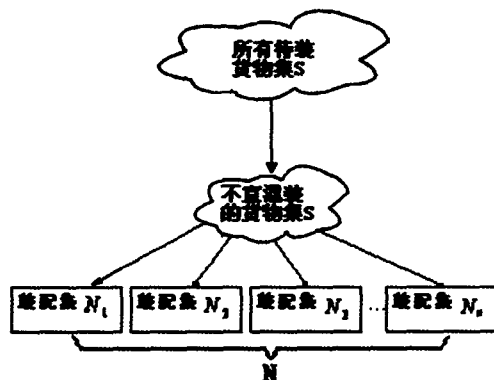


图1 混装货物划分示意图

每个配装集

$N_1\{N_{11}, N_{12}, \dots, N_{1n}\}, N_2\{N_{21}, N_{22}, \dots, N_{2n}\}, \dots, N_n\{N_{n1}, N_{n2}, \dots, N_{nn}\}$ 中的货物都不能相互混装,但是两两配装集之间的货物都可以任意混装,那么配装的问题可以通过网络图来表示(如图2)。

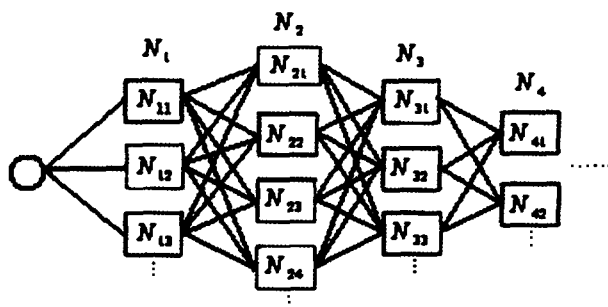


图2 混装货物搭配的网络图

在图2中同一列的方框表示不可相互混装的货物,上述混装问题就是在网络中自左向右寻找一条路线,使路线所经过的方框中货物的重量之和、体积之和达到极大,但又不得超过货车载重量和体积上限。

2.2 货物配装

通过上一阶段,我们得到货物配装集 $N_1\{N_{11}, N_{12}, \dots, N_{1n}\}, N_2\{N_{21}, N_{22}, \dots, N_{2n}\}, \dots, N_n\{N_{n1}, N_{n2}, \dots, N_{nn}\}$ 。配装集 N_i 中,每种货物对应的重量 $N_i(g) = \{g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{in}\}$, 体积 $N_i(v) = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}\}$, 以此类推。算法如下:

Step1

输入 $N_i(g) = \{g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{in}\}$, $N_i(v) = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}\}$ ($i=1, 2, \dots, n$), 输入货车的最大装载量 G_0 , 最大体积 V_0 ;

Step2: 计算每个货物的容重比 $R(r) = \{r_{11}, r_{12}, \dots, r_{in}\}$,

$$r_{ij} = \frac{v_{ij}}{g_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

Step3: 初始化 $V_s=0, G_s=0$, 及装车货物集合 $L = \phi$;

Step4: 计算装货车的容重比 $R_0 = \frac{V_0 - V_s}{G_0 - G_s}$

Step5: 比较 R_0 与 $R(r) = \{r_{11}, r_{12}, \dots, r_{in}\}$, 按照 $|R_0 - r_{ij}|$ 的值, 同一配装集货物的容重比按照从小到大排序, 从不同货物配装集之间找出 $\min |R_0 - r_{ij}|$, 记为货物 f_i

Step6: 比较货物 f_i 的体积、重量与货车的容积、载重的大小, 若 $V_i \leq V_0 - V_s$ 且 $G_i \leq G_0 - G_s$, 转 Step7, 否则 $N_i \setminus f_i \rightarrow N_i$, 转 Step8;

Step7: 令 $L \cup f_i \rightarrow L, V_s + v_i = V_s, G_s + g_i = G_s$;

Step8: 对总货物集合 N 进行判断, 若 $N = \phi$, 转 Step9 否则转 Step4;

Step9: 输出 L, G_s, V_s 。

3. 实例分析

例: 物流中心货车载重量 $G_0=110$, $V_0=250$, 货物分4类8件, 第一类不能混装的货物集 N_1 中有3种, 重量、体积分别为, $N_1(g) \{g_{11}=64, g_{12}=52, g_{13}=50\}$, $N_1(v) \{v_{11}=110, v_{12}=108, v_{13}=96\}$; 第二类不能混装的货物集 N_2 有2种, $N_2(g) \{g_{21}=41, g_{22}=22\}$, $N_2(v) \{v_{21}=80, v_{22}=49\}$; 第三类不能混装的货物集 N_3 有1种, $N_3(g) \{g_{31}=20\}$, $N_3(v) \{v_{31}=50\}$; 第四类不能混装的货物集 N_4 有2种, $N_4(g) \{g_{41}=14, g_{42}=2\}$, $N_4(v) \{v_{41}=40, v_{42}=7\}$, 如图:

配装集	N_1			N_2		N_3	N_4	
属性	g_{11}	g_{12}	g_{13}	g_{21}	g_{22}	g_{31}	g_{41}	g_{42}
g	64	52	50	41	22	20	14	2
v	110	108	96	80	49	50	40	7
$r = \frac{v}{g}$	$r_{11}=1.72$	$r_{12}=2.08$	$r_{13}=1.92$	$r_{21}=1.95$	$r_{22}=2.23$	$r_{31}=2.5$	$r_{41}=2.86$	$r_{42}=3.5$
r_{ij}	$r_{11}=0.55$	$r_{12}=0.19$	$r_{13}=0.35$	$r_{21}=0.32$	$r_{22}=0.04$	$r_{31}=0.23$	$r_{41}=0.59$	$r_{42}=1.23$

从小到大依次排列 $|R_0 - r_{ij}|$, 得 $\Delta r_{22}=0.04$ $\Delta r_{12}=0.19$ $\Delta r_{31}=0.23$ $\Delta r_{21}=0.32$ $\Delta r_{13}=0.35$ $\Delta r_{11}=0.55$ $\Delta r_{41}=0.59$ $\Delta r_{42}=1.23$

由于在同一货物集中的货物不能混装, 所以选择 $\Delta r_{22}=0.04$ $\Delta r_{12}=0.19$ $\Delta r_{31}=0.23$ $\Delta r_{41}=0.59$

且 $G_f = g_{22} + g_{12} + g_{31} + g_{41} = 108 < G_0 = 110$

$V_f = v_{22} + v_{12} + v_{31} + v_{41} = 247 < V_0 = 250$

因为

$$r' = 247/108 = 2.23$$

$$r = 250/110 = 2.27$$

所以 $c = r' / r = 0.98$

利用率可达到 98%

(作者单位: 大连海事大学)