参赛密码 ____________

（由组委会填写）

第十一届华为杯全国研究生数学建模竞赛

学　　校	西南交通大学
参赛队号	10613031
队员姓名	1.吴 胜
	2.杨 艺
	3.丁 恒

参赛密码 ____________

（由组委会填写）

第十一届华为杯全国研究生数学建模竞赛

题 目： 乘用车物流运输计划问题

摘 要：

本文针对中国乘用车物流运输计划问题进行了研究，建立了相应的整车物流运输数学模型，并给出相应的求解方案。

针对问题 1-3，通过分析题设要求，建立了以各种饱和运载方案的选择数量为决策变量，以最小轿运车使用量为主要目标的整数优化模型，并给出了模型应满足的发车量约束,运载方案约束，运载量约束。最后使用 Lingo 软件运行分支定界法得到问题 1-3 模型相应模型的全局最优解，相应的最优装载方案如下表所示(详细装运方案请看表 4、5 和 6)：

问题 1、2、3 的最优装载方案

	1-1 型轿运车	1-2 型轿运车	完成任务
问题 1	16	2	100 辆 I 型乘用车和 68 辆 II 型乘用车
问题 2	12	1	72 辆 II 型乘用车和 52 辆III型乘用车
问题 3	25	5	156 辆 I 型乘用车，102 辆 II 型乘用车和 39 辆III型乘用车

问题 4 要求在具有多个需求点情况下对乘用车装运方案进行优化，针对不同地点，将问题 1-3 中的决策变量饱和运载方案的选择数变量细化为到某个终点的某类型轿运车的饱和运载方案选择数。同时，针对一辆车可以在多个地点卸货的情况，引入了到某个终点的某类型轿运车在某地的卸货量为中间变量，并依此给出了卸货需求约束以及运载需求约束。最后结合发车量以及运载方案约束，建立了以轿运车使用量最小为主要目标的整数规划模型，并由 Lingo 软

件运行分支定界法求得到全局最优解，相应的最优装运方案为，需要使用 21 辆 1-1 型轿运车和 4 辆 1-2 型轿运车去完成 166 辆Ⅰ车型的乘用车运往目的地 A、B、C、D 的数量分别为 42、50、33、41 辆和 78 辆Ⅱ车型的乘用车运往目的地是 A、C 的数量分别为 31、47 辆（详细装运方案请看表 9、10 和图 3）。

问题 5 是问题 4 问题规模上的拓展，乘用车类型、轿运车类型和目的地的数量增加给问题 5 的精确求解带来障碍。因此，本文仅给出了问题 5 在问题 4 基础上的推广理论模型，而考虑尺寸因素和轿运车剩余空间设计了一种基于大尺寸车优先兼顾充分利用运载空间的局部回溯算法，以计算轿运车每个运载车道的装载方案。并结合问题 5 的地理数据特征，确定了首先满足到达途中具有更多途经需求的点的远处需求点，或终端需求点，优先分配轿运车的顺序，具体为 A，C，E，B，D；以及在使用最少轿运车使用量的目标下确定了以运输能力强的轿运车优先分配的车辆分配顺序。综合基于尺寸优先的局部回溯法，需求点满足顺序，轿运车辆优先配顺序，结合 Matlab 软件对问题 5 进行了逐地逐车地对全局轿运车运载方案设计，最终得到的设计方案使用了 118 辆轿运车，各类型车辆数目据如下表。

轿运车类型	1-1 型	1-2 型	2-2 型
使用量（辆）	95	18	5

关键字：分支定界法；整数规划；局部回溯；　尺寸优先原则

一 问题重述

1.1 问题背景

近十年来，随着中国经济的高速发展，人们对汽车的需求呈喷井式增长。伴随而来的是中国汽车工业的高速发展，整车物流业，特别是乘用车的整车物流[1]量迅速增长。整车物流指的是按照客户订单对整车快速配送的全过程。乘用车生产厂家销售乘用车业务流程如图 1 所示。在这个过程中，购车订单和物流订单都比较简单，可以在网上完成，而配送乘用车却比较麻烦，在这中间主要考虑车辆的优化装载、路径的选择等问题。然而，物流公司在确保完成物流订单的前提下，还要追求降低运输成本。但由于轿运车、乘用车有多种规格等原因，当前很多物流公司在制定运输计划时主要依赖调度人员的经验，在面对复杂的运输任务时，往往效率低下，而且运输成本不尽理想。因此，解决物流运输[2]过程中的车辆装载、路线优化问题变得非常迫切。

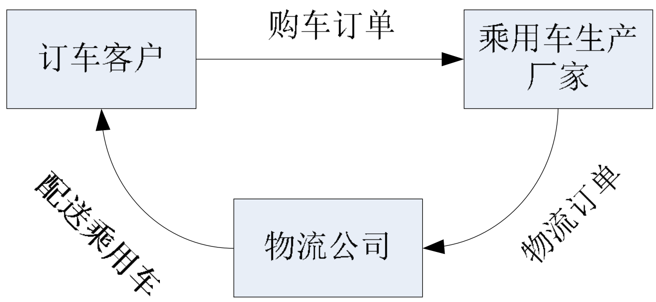


图 1：乘用车销售业务流程图

1.2 问题提出

在实际的车辆配送过程中，物流公司首先要从他们当时可以调用的“轿运车”中选择出若干辆轿运车，进而给出其中每一辆轿运车上乘用车的装载方案和目的地，以保证运输任务的完成。“轿运车”是通过公路来运输乘用车整车的专用运输车，根据型号的不同有单层和双层两种类型，“由于单层轿运车实际中很少使用,本文仅考虑双层轿运车。双层轿运车又分为三种子型：上下层各装载 1 列乘用车，故记为 1-1 型；下、上层分别装载 1、2 列，记为 1-2 型；上、下层各装载 2 列，记为 2-2 型，每辆轿运车可以装载乘用车的最大数量在 6 到 27 辆之间。

在可调用的“轿运车”和需要配送的乘用车数量给定的情况下，怎样制定一个详细的计划(其包括使用各类型轿运车的数量、每辆轿运车的装载方案、行车路线等)，以便建立一个通用的数学模型？同时，对于装载、运输方案比较复杂的问题，寻找最优解可能不切实际，怎样结合调度人员的经验，洞察问题的主要矛盾和关键，并使用启发式算法建立一个通用的数学模型？

1.3 要解决的问题

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
III	4.63	1.785	1.77

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 型	19	2.7	2.7
1-2 型	24.3	3.5	2.7

问题 1： 物流公司要运输 I 车型的乘用车 100 辆及 II 车型的乘用车 68 辆。制定详细计划，含所需要各种类型轿运车的数量、每辆轿运车的乘用车装载方案？

问题 2：物流公司要运输 II 车型的乘用车 72 辆及 III 车型的乘用车 52 辆。制定详细计划，含所需要各种类型轿运车的数量、每辆轿运车的乘用车装载方案？制定详细计划，含所需要各种类型轿运车的数量、每辆轿运车的乘用车装载方案？

问题 3：物流公司要运输 I 车型的乘用车 156 辆、II 车型的乘用车 102 辆及 III 车型的乘用车 39 辆。制定详细计划，含所需要各种类型轿运车的数量、每辆轿运车的乘用车装载方案？

问题 4：物流公司要运输 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），具体路线见图 4，各段长度：OD=160，DC=76，DA=200，DB=120，BE=104，AE=60。请提供一个通用程序，给出启发式算法的程序，优化模型则更佳。

问题 5：附件的表 1 给出了物流公司需要运输的乘用车类型（含序号)、尺寸大小、数量和目的地，附件的表 2 给出可以调用的轿运车类型（含序号)、数量和装载区域大小（表里数据是下层装载区域的长和宽，1-1 型及 2-2 型轿运车上、下层装载区域相同；1-2 型轿运车上、下层装载区域长度相同，但上层比下层宽 0.8 米。此外 2-2 型轿运车因为层高较低，上、下层均不能装载高度超过 1.7 米的乘用车。请提供一个通用程序，给出启发式算法的程序，优化模型则更佳。

二 符号说明和基本假设

2.1 符号说明

$C1$	使用轿运车 1-1 型的数量
$C2$	使用轿运车 1-2 型的数量
D_1	需要运输的Ⅰ型乘用车的数量
D_2	需要运输的Ⅱ型乘用车的数量
D_3	需要运输的Ⅲ型乘用车的数量
$p(i,j)$	轿运车的上层最多可以装运i辆Ⅱ型乘用车和j辆Ⅰ型乘用车
$d(i,j,k)$	轿运车的下层最多可以装运i辆Ⅱ型乘用车，j辆Ⅰ型乘用车和k辆Ⅲ型乘用车
$C1p$	轿运车 1-1 型的上层装载所有车辆的所有饱和方案的集合
$C1d$	轿运车 1-1 型的下层装载所有车辆的所有饱和方案的集合
$C2p$	轿运车 1-2 型的上层装载所有车辆的所有饱和方案的集合
$C2d$	轿运车 1-2 型的下层层装载所有车辆的所有饱和方案的集合
$C1^X$	到目的地X的 1-1 型轿运车的数量
$C2^X$	到目的地X的 1-2 型轿运车的数量
X	需要运送乘用车的目的地
S	目的地的集合

2.2 基本假设

对于所研究的方法和建立的模型，本文根据题设要求考虑如下思想和假设：

(1)本文假设轿运车中途可以卸货，但是不能装货，并且不计卸货成本。

(2)所有轿运车在需求点之间不相互折返。

三 问题 1-3 分析与建模

3.1 问题 1-3 分析

3.1.1 饱和运载方案

饱和运载方案是指一辆轿运车所能装载的所有类型的乘用车的最多数量组合。由所有饱和运载方案组成的集合称为饱和运载方案集。例如,根据表 1 和表 2 可以知道 1-1 型轿运车的长度是 19m,上下层宽都是 2.7m，而Ⅰ型乘用车的长度是 4.61m，宽和高分别为 1.7m 和 1.51m，Ⅱ型车乘用车的长度是 3.615m，宽和高分别是 1.605m 和 1.394m，Ⅲ型乘用车的长度是 4.63m，宽和高分别是 1.785m 和 1.77m。为了保证相邻乘用车之间纵向及横向的安全车距均至少为 0.1 米，并且，受层高限制，高度超过 1.7 米的乘用车只能装在 1-1、1-2 型下层，所以，轿运车上层只能装载Ⅰ型和Ⅱ型乘用车。如，一辆轿运车上层最多可以装载 1 辆Ⅰ型车和 3 辆Ⅱ型车，用符号记为$p(3,1)$；一辆轿运车下层最多可以装载 1 辆Ⅰ型车和，2 辆Ⅱ型车和 1 辆Ⅲ型车，用符号记为$d(2,1,1)$，此分别为轿运

车上层和下层关于乘用车Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ型的一个饱和运载方案。轿运车类型的不同、上下层的不同都会导致装载量的不同，从而导致下层的饱和运载方案多，上层的饱和运载方案少，具体饱和运载方案如表 3 所示。

表 3：饱和运载方案

轿运车类型	饱和集	饱和运载方案
1-1 型	$C1p$	$p(5,0),p(3,1),p(2,2),p(1,3),p(0,4)$
	$C1d$	$d(5,0,0),d(3,1,0),d(3,0,1),d(2,2,0),d(2,1,1),d(2,0,2)$ $d(1,3,0),d(1,2,1),d(1,1,2),d(1,0,3),d(0,4,0),d(0,3,1)$ $d(0,2,2),d(0,1,3),d(0,0,4)$
1-2 型	$C2p$	$p(6,0),p(5,1),p(4,2),p(2,3),p(1,4),p(0,5)$
	$C2d$	$d(6,0,0),d(5,1,0),d(5,0,1),d(4,2,0),d(4,1,1),d(4,0,2)$ $d(2,3,0),d(2,2,1),d(2,1,2),d(2,0,3),d(1,4,0),d(1,3,1)$ $d(1,2,2),d(1,1,3),d(1,0,4),d(0,5,0),d(0,4,1),d(0,3,2)$ $d(0,2,3),d(0,1,4),d(0,0,5)$

基于饱和运载方案对本文问题 1-4 求解的重要作用，这里给出如下定理

命题 1 使用饱和方案完成运输需求量的最小用车辆数等于使用任意方案完成运输需求量的最小用车辆数。

证明：完成一个运输需求的最少用车辆方案如果不是饱和方案，则其一定可以扩展成一个饱和方案，并且使用车数量不变。不饱和方案能完成的载运辆，饱和方案一定可以完成，但是饱和方案完成的载运量，不饱和方案不一定能完成。所以，一定存在一个饱和方案的使用车数是最少的。

3.1.2 目标分析

由题设知，运输成本考虑以下四个方面

（1）轿运车的使用量。

（2）考虑轿运车的使用类型（1-1 型轿运车的使用成本较低，2-2 型较高，1-2 型略低于前两者的平均值）。

（3）每次 1-2 型轿运车使用量不超过 1-1 型轿运车使用量的 20%。

（4）轿运车的行驶里程。

前三题并没有涉及路程，则主要考虑前三方面。

设$C1$为 1-1 型轿运车的使用数量，$C2$为 1-2 型轿运车的使用数量，那么可以得到如下目标函数:

$$\min Z_1 = C1 + C2 \tag{3.1}$$

$$\min Z_2 = C2 \tag{3.2}$$

因为本文假设使用的轿运车的辆数最少为主要目标，所以，可以引入略大于 1 的敏感系数 γ 将上述目标转化为如下单一目标函数：

$$\min \mathrm{Z} = C1 + \gamma C2 \tag{3.3}$$

在该目标下，可以保证首先优化轿运车的使用辆数的情况，然后再优化轿运车的使用的类型，从而满足假设要求。

3.1.3 约束分析

（1）发车量约束：

由题设“为方便后续任务安排，每次 1-2 型轿运车使用量不超过 1-1 型轿运车使用量的 20%”可知，1-1 型轿运车和 1-2 型轿运车的使用量有如下约束：

$$C2 \le \frac{1}{5} C1 \tag{3.4}$$

（2）运载方案数约束：

容易知道，可以选择的车道（1-1 型轿运车的上、下层，1-2 型轿运车的上、下层）方案数，决定了发车的数量。因为高度大于 1.7m 的乘用车不能装在上层车道，所以只能装载 I 型车和 II 型车，可以选择的装运饱和方案记为 $p(i,j)$（即，上层最多可以装载 i 辆 I 型车和 j 辆 II 型车），使用饱和方案 $p(i,j)$ 的 1-1 型轿运车上层车道的数量记为 $C1_{p(i,j)}$。轿运车的下层可以装运三种类型的车，可以选择的饱和方案记为 $d(i,j,k)$（即，下层最多可以装载 i 辆 I 型车，j 辆 II 型车，和 k 辆 III 型车），使用饱和方案 $d(i,j,k)$ 的 1-1 型轿运车下层车道的数量记为 $C1_{d(i,j,k)}$。1-1 型轿运车的的上下层车道要相等，所以，约束条件为：

$$C1 = \sum_{p(i,j)\in C1p} C1_{p(i,j)} = \sum_{d(i,j,k)\in C1d} C1_{d(i,j,k)} \tag{3.5}$$

对于 1-2 型轿运车，由于上层有左右两个车道，所以记 $C2^{a}_{p(i,j)}$ 为上层左车道使用饱和方案 $p(i,j)$ 的 1-2 型轿运车的数量，记 $C2^{b}_{p(i,j)}$ 为上层右车道使用饱和方案 $p(i,j)$ 的 1-2 型轿运车的数量。1-2 型轿运车的上下层车道和上层的左右车道都要相等，所以约束条件为：

$$C2 = \sum_{p(i,j)\in C2p} C2^{a}_{p(i,j)} = \sum_{p(i,j)\in C2p} C2^{b}_{p(i,j)} = \sum_{d(i,j,k)\in C1d} C2_{d(i,j,k)} \tag{3.6}$$

（3）运载需求约束：

因为每种类型的轿运车的上下层饱和方案所能提供的各个类型乘用车的装载量要大于各个乘用车型的需求（确保完成运输任务，其中轿运车 I 型的需求量

为D_1，Ⅱ型的需求量为D_2，Ⅲ型的需求量为D_3）。例如，对于Ⅰ型乘用车，1-1型和 1-2 型轿运车所有车辆上下层车道所提供的运载方案所能装载Ⅰ型乘用车的辆数之和要等于或大于客户对轿运车Ⅰ型的需求量D_1，即

$$\begin{aligned}\sum_{p(i,j)\in C1p} j\times C1_{p(i,j)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} j\times C1_{d(i,j,k)} + \sum_{p(i,j)\in C2p} j\times C2^a_{p(i,j)} \\ + \sum_{p(i,j)\in C2p} j\times C2^b_{p(i,j)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} j\times C2_{d(i,j,k)} \ge D_1\end{aligned} \tag{3.7}$$

对于 II 型乘用车同理有如下的约束：

$$\begin{aligned}\sum_{p(i,j)\in C1p} i\times C1_{p(i,j)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} i\times C1_{d(i,j,k)} + \sum_{p(i,j)\in C2p} i\times C2^a_{p(i,j)} \\ + \sum_{p(i,j)\in C2p} i\times C2^b_{p(i,j)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} i\times C2_{d(i,j,k)} \ge D_2\end{aligned} \tag{3.8}$$

由于 III 型车的高度大于 1.7m，只能安排在轿运车下层，所以其供应量为 1-1 和 1-2 轿运车所有车辆下层运载方案所能提供的 III 载运量，其总量应大于 III 型乘用车的需求D_3，即

$$\sum_{d(i,j,k)\in C1d} k\times C1_{d(i,j,k)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} k\times C2_{d(i,j,k)} \ge D_3 \tag{3.9}$$

3.2 问题 1-3 模型的建立

由 3.1 的分析，综合（3.4）-（3.9），可建立如下乘用车物流运输优化模型：

目标函数： $\min \mathrm{Z} = C1 + \gamma C2$

$$
s.t.\begin{cases}
C2 \le \dfrac{1}{5}C1 \\
C1 = \sum_{p(i,j)\in C1p} C1_{p(i,j)} = \sum_{d(i,j,k)\in C1d} C1_{d(i,j,k)} \\
C2 = \sum_{p(i,j)\in C2p} C2^{a}_{p(i,j)} = \sum_{p(i,j)\in C2p} C2^{b}_{p(i,j)} = \sum_{d(i,j,k)\in C1d} C2_{d(i,j,k)} \\
\sum_{p(i,j)\in C1p} j\times C1_{p(i,j)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} j\times C1_{d(i,j,k)} + \sum_{p(i,j)\in C2p} j\times C2^{a}_{p(i,j)} \\
\qquad + \sum_{p(i,j)\in C2p} j\times C2^{b}_{p(i,j)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} j\times C2_{d(i,j,k)} \ge D_1 \\
\sum_{p(i,j)\in C1p} i\times C1_{p(i,j)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} i\times C1_{d(i,j,k)} + \sum_{p(i,j)\in C2p} i\times C2^{a}_{p(i,j)} \\
\qquad + \sum_{p(i,j)\in C2p} i\times C2^{b}_{p(i,j)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} i\times C2_{d(i,j,k)} \ge D_2 \\
\sum_{d(i,j,k)\in C1d} k\times C1_{d(i,j,k)} + \sum_{d(i,j,k)\in C1d} k\times C2_{d(i,j,k)} \ge D_3
\end{cases} \tag{3.10}
$$

其中，i 表示Ⅱ型乘用车数量，j 表示Ⅰ型乘用车数量，k 表示Ⅲ型乘用车数量，$C1$ 表示 1-1 型轿用车的数量，$C2$ 表示 1-2 型轿用车的数量，$C1_{p(i,j)}$ 表示使用方案 $p(i,j)$ 的 1-1 型轿运车上层车道的数量，$C1_{d(i,j,k)}$ 表示使用方案 $d(i,j,k)$ 的 1-1 型轿运车下层车道的数量，$C2^{a}_{p(i,j)}$ 表示使用方案 $p(i,j)$ 的 1-2 型轿运车的上层左车道的数量，$C2^{b}_{p(i,j)}$ 表示使用方案 $p(i,j)$ 的 1-2 型轿运车的上层左车道的数量，$C2_{d(i,j,k)}$ 表示使用方案 $d(i,j,k)$ 的 1-2 型轿运车的下层车道的数量，D_1 为轿运车Ⅰ型的需求量，D_2 为轿运车Ⅱ型的需求量和 D_3 为轿运车Ⅲ型的需求量，他们都取大于等于零的正整数。模型详解如下：

目标函数：

$$\min \mathrm{Z} = C1 + 1.001 * C2$$

发车量约束：

$$C2 \le \frac{1}{5} C1$$

运载方案约束

$$\begin{aligned}
C1 = {} & C1_{p(5,0)} + C1_{p(3,1)} + C1_{p(2,2)} + C1_{p(1,3)} + C1_{p(0,4)} \\
= {} & C1_{d(5,0,0)} + \\
& C1_{d(3,1,0)} + C1_{d(3,0,1)} + \\
& C1_{d(2,2,0)} + C1_{d(2,1,1)} + C1_{d(2,0,2)} + \\
& C1_{d(1,3,0)} + C1_{d(1,2,1)} + C1_{d(1,1,2)} + C1_{d(1,0,3)} + \\
& C1_{d(0,4,0)} + C1_{d(0,3,1)} + C1_{d(0,2,2)} + C1_{d(0,1,3)} + C1_{d(0,0,4)};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C2 = {} & C2^{a}_{p(6,0)} + C2^{a}_{p(5,1)} + C2^{a}_{p(4,2)} + C2^{a}_{p(2,3)} + C2^{a}_{p(1,4)} + C2^{a}_{p(0,5)} \\
= {} & C2^{b}_{p(6,0)} + C2^{b}_{p(5,1)} + C2^{b}_{p(4,2)} + C2^{b}_{p(2,3)} + C2^{b}_{p(1,4)} + C2^{b}_{p(0,5)} \\
= {} & C2_{d(6,0,0)} + \\
& C2_{d(5,1,0)} + C2_{d(5,0,1)} + \\
& C2_{d(4,2,0)} + C2_{d(4,1,1)} + C2_{d(4,0,2)} + \\
& C2_{d(2,3,0)} + C2_{d(2,2,1)} + C2_{d(2,1,2)} + C2_{d(2,0,3)} + \\
& C2_{d(1,4,0)} + C2_{d(1,3,1)} + C2_{d(1,2,2)} + C2_{d(1,1,3)} + C2_{d(1,0,4)} + \\
& C2_{d(0,5,0)} + C2_{d(0,4,1)} + C2_{d(0,3,2)} + C2_{d(0,2,3)} + C2_{d(0,1,4)} + C2_{d(0,0,5)};
\end{aligned}$$

需求量约束：

$$\begin{aligned}
& 0 * C1_{p(5,0)} + 1 * C1_{p(3,1)} + 2 * C1_{p(2,2)} + 3 * C1_{p(1,3)} + 4 * C1_{p(0,4)} + \\
& 0 * C1_{d(5,0,0)} + \\
& 1 * C1_{d(3,1,0)} + 0 * C1_{d(3,0,1)} + \\
& 2 * C1_{d(2,2,0)} + 1 * C1_{d(2,1,1)} + 0 * C1_{d(2,0,2)} + \\
& 3 * C1_{d(1,3,0)} + 2 * C1_{d(1,2,1)} + 1 * C1_{d(1,1,2)} + 0 * C1_{d(1,0,3)} + \\
& 4 * C1_{d(0,4,0)} + 3 * C1_{d(0,3,1)} + 2 * C1_{d(0,2,2)} + 1 * C1_{d(0,1,3)} + 0 * C1_{d(0,0,4)} + \\
& 0 * C2^{a}_{p(6,0)} + 1 * C2^{a}_{p(5,1)} + 2 * C2^{a}_{p(4,2)} + 3 * C2^{a}_{p(2,3)} + 4 * C2^{a}_{p(1,4)} + 5 * C2^{a}_{p(0,5)} \\
& 0 * C2^{b}_{p(6,0)} + 1 * C2^{b}_{p(5,1)} + 2 * C2^{b}_{p(4,2)} + 3 * C2^{b}_{p(2,3)} + 4 * C2^{b}_{p(1,4)} + 5 * C2^{b}_{p(0,5)} \\
& 0 * C2_{d(6,0,0)} + \\
& 1 * C2_{d(5,1,0)} + 0 * C2_{d(5,0,1)} + \\
& 2 * C2_{d(4,2,0)} + 1 * C2_{d(4,1,1)} + 0 * C2_{d(4,0,2)} + \\
& 3 * C2_{d(2,3,0)} + 2 * C2_{d(2,2,1)} + 1 * C2_{d(2,1,2)} + 0 * C2_{d(2,0,3)} + \\
& 4 * C2_{d(1,4,0)} + 3 * C2_{d(1,3,1)} + 2 * C2_{d(1,2,2)} + 1 * C2_{d(1,1,3)} + 0 * C2_{d(1,0,4)} + \\
& 5 * C2_{d(0,5,0)} + 4 * C2_{d(0,4,1)} + 3 * C2_{d(0,3,2)} + 2 * C2_{d(0,2,3)} + 1 * C2_{d(0,1,4)} + 0 * C2_{d(0,0,5)} \ge D_1
\end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
&5*C1_{p(5,0)}+3*C1_{p(3,1)}+2*C1_{p(2,2)}+1*C1_{p(1,3)}+0*C1_{p(0,4)}+\\
&5*C1_{d(5,0,0)}+\\
&3*(C1_{d(3,1,0)}+C1_{d(3,0,1)})+\\
&2*(C1_{d(2,2,0)}+C1_{d(2,1,1)}+C1_{d(2,0,2)})+\\
&1*(C1_{d(1,3,0)}+C1_{d(1,2,1)}+C1_{d(1,1,2)}+C1_{d(1,0,3)})+\\
&0*(C1_{d(0,4,0)}+C1_{d(0,3,1)}+C1_{d(0,2,2)}+C1_{d(0,1,3)}+C1_{d(0,0,4)})+\\
&6*C2^{a}_{p(6,0)}+5*C2^{a}_{p(5,1)}+4*C2^{a}_{p(4,2)}+2*C2^{a}_{p(2,3)}+1*C2^{a}_{p(1,4)}+0*C2^{a}_{p(0,5)}\\
&6*C2^{b}_{p(6,0)}+5*C2^{b}_{p(5,1)}+4*C2^{b}_{p(4,2)}+2*C2^{b}_{p(2,3)}+1*C2^{b}_{p(1,4)}+0*C2^{b}_{p(0,5)}\\
&6*C2_{d(6,0,0)}+\\
&5*(C2_{d(5,1,0)}+C2_{d(5,0,1)})+\\
&4*(C2_{d(4,2,0)}+C2_{d(4,1,1)}+C2_{d(4,0,2)})+\\
&2*(C2_{d(2,3,0)}+C2_{d(2,2,1)}+C2_{d(2,1,2)}+C2_{d(2,0,3)})+\\
&1*(C2_{d(1,4,0)}+C2_{d(1,3,1)}+C2_{d(1,2,2)}+C2_{d(1,1,3)}+C2_{d(1,0,4)})+\\
&0*(C2_{d(0,5,0)}+C2_{d(0,4,1)}+C2_{d(0,3,2)}+C2_{d(0,2,3)}+C2_{d(0,1,4)}+C2_{d(0,0,5)})\geq D_2;
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
&0*C1_{d(5,0,0)}+\\
&0*C1_{d(3,1,0)}+1*C1_{d(3,0,1)}+\\
&0*C1_{d(2,2,0)}+1*C1_{d(2,1,1)}+0*C1_{d(2,0,2)}+\\
&0*C1_{d(1,3,0)}+1*C1_{d(1,2,1)}+1*C1_{d(1,1,2)}+0*C1_{d(1,0,3)}+\\
&0*C1_{d(0,4,0)}+1*C1_{d(0,3,1)}+2*C1_{d(0,2,2)}+1*C1_{d(0,1,3)}+0*C1_{d(0,0,4)}+\\
&0*C2_{d(6,0,0)}+\\
&0*C2_{d(5,1,0)}+1*C2_{d(5,0,1)}+\\
&0*C2_{d(4,2,0)}+1*C2_{d(4,1,1)}+2*C2_{d(4,0,2)}+\\
&0*C2_{d(2,3,0)}+1*C2_{d(2,2,1)}+2*C2_{d(2,1,2)}+3*C2_{d(2,0,3)}+\\
&0*C2_{d(1,4,0)}+1*C2_{d(1,3,1)}+2*C2_{d(1,2,2)}+3*C2_{d(1,1,3)}+4*C2_{d(1,0,4)}+\\
&0*C2_{d(0,5,0)}+1*C2_{d(0,4,1)}+2*C2_{d(0,3,2)}+3*C2_{d(0,2,3)}+4*C2_{d(0,1,4)}+5*C2_{d(0,0,5)}\geq D_3;
\end{aligned}
$$

3.3 问题 1-3 的实施方案

（1）问题 1 实施方案

使用通用模型（3.10），并借助数学软件 Lingo 可以计算，当使用 16 辆 1-1 型轿运车和 1 辆 1-2 型轿运车时，最多可以装运 104 辆Ⅰ型乘用车和 69 辆Ⅱ型乘用车，而客户需求Ⅰ型乘用车 100 辆和Ⅱ型乘用车 68（如表 3 所示）， 即 $104>100, 69>68$，所以表 4 的装载方案可以满足顾客需求，并且由定理 1 可知，此方案使用的轿运车数量最少（18 辆），使用的轿运车类型合理（每次 1-2 型轿运车使用量不超过 1-1 型轿运车使用量的 20%），是最优饱和方案。

表 4：问题 1 的轿运车饱和装载方案

Ⅰ	轿运车 1-1(辆)						轿运车 1-2(辆)			总计	需求
总计	16						2			18	
辆数	1		7		8		2				
结构	上层	下层	上层	下层	上层	下层	上层(左)	上层(右)	下层		
乘用车Ⅰ	0	0	4	0	4	4	2	2	2	104	100
乘用车Ⅱ	5	5	0	5	0	0	4	4	4	69	68

通过表 4 知道，饱和装载方案下的乘用车装载量比起客户需求量可以多装载 4 辆Ⅰ型车和 1 辆Ⅱ型车，因此，可以根据实际情况，在满足“下层力争装满，上层两列力求对称，以保证轿运车行驶平稳”的前提下，可以给出多个满足客户需求的最优方案。例如：

方案 1：

1 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅱ型车，下层装 5 辆Ⅱ型车；
4 辆 1-1 型轿运车上层装 3 辆Ⅰ型车，下层装 5 辆Ⅱ型车；
3 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 5 辆Ⅱ型车；
8 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 4 辆Ⅰ型车；
2 辆 1-2 型轿运车上层（左），上层（右）和下层都装 2 辆Ⅰ型车和 4 辆Ⅱ型车；

方案 2：

1 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅱ型车，下层装 5 辆Ⅱ型车；
1 辆 1-1 型轿运车上层装 0 辆Ⅰ型车，下层装 5 辆Ⅱ型车；
6 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 5 辆Ⅱ型车；
8 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 4 辆Ⅰ型车；
2 辆 1-2 型轿运车上层（左），上层（右）和下层都装 2 辆Ⅰ型车和 4 辆Ⅱ型车；

方案 3：

1 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅱ型车，下层装 5 辆Ⅱ型车；
7 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 5 辆Ⅱ型车；
8 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 4 辆Ⅰ型车；
1 辆 1-2 型轿运车上层（左）和上层（右）都装 4 辆Ⅱ型车，下层装 2 辆Ⅰ型车和 4 辆Ⅱ型车；
1 辆 1-2 型轿运车上层（左），上层（右）和下层都装装 2 辆Ⅰ型车和 4 辆Ⅱ型车；

（2）问题 2 实施方案

同样使用通用模型（3.10），可以计算，当使用 12 辆 1-1 型轿运车和 1 辆 1-2 型轿运车时，最多可以装运 72 辆Ⅰ型乘用车和 53 辆Ⅱ型乘用车，而客户需求Ⅰ型乘用车 72 辆和Ⅱ型乘用车 52（如表 5 所示）， 即 $72 \geq 71, 53 > 52$，所以表 5 的装载方案可以满足顾客需求，并且由定理 1 可知，此方案使用的轿运车数量最少（13 辆），使用的轿运车类型合理（每次 1-2 型轿运车使用量不超过

1-1 型轿运车使用量的 20%），是最优饱和方案。

表 5：问题 2 的轿运车饱和装载方案

Ⅱ	轿运车 1-1		轿运车 1-2			总计	需求
总计	12		1			13	
辆数	12		1				
结构	上层	下层	上层(左)	上层(右)	下层		
乘用车Ⅱ	5	0	6	6	0	72	72
乘用车Ⅲ	0	4	0	0	5	53	52

通过表 5 可知，饱和装载方案下的乘用车装载量比起客户需求量可以多装载 1 辆Ⅱ型车，因此，可以根据实际情况，在满足“下层力争装满，上层两列力求对称，以保证轿运车行驶平稳”的前提下，可以给出满足客户需求的如下最优方案：

方案 1：

1 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅱ型车，下层装 1 辆Ⅱ型车和 3 辆Ⅲ型车；

11 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅱ型车，下层装 4 辆Ⅲ型车；

1 辆 1-2 型轿运车上层（左），上层（右）和下层都装 2 辆Ⅰ型车和 4 辆Ⅱ型车；

（3）问题 3 实施方案

继续使用通用模型（3.10），可以计算，当使用 25 辆 1-1 型轿运车和 5 辆 1-2 型轿运车时，最多可以装运 156 辆Ⅰ型乘用车和 102 辆Ⅱ型乘用车，这正好和客户需求的Ⅰ型乘用车和Ⅱ型乘用车相等（如表 6 所示），即 156=156,102=102，所以表 6 的装载方案可以满足顾客需求，并且由定理 1 可知，此方案使用的轿运车数量最少（30 辆），使用的轿运车类型合理（每次 1-2 型轿运车使用量不超过 1-1 型轿运车使用量的 20%），是最优方案。

表 6：问题 3 的轿运车饱和装载方案

Ⅲ	轿运车 1-1(辆)								轿运车 1-2(辆)			总计	需求
总计	25								5			30	
辆数	7		7		4		7		5				
结构	上层	下层	上层	下层	上层	下层	上层	下层	上层(左)	上层(右)	下层		
乘用车Ⅰ	4	0	4	1	4	3	4	1	2	2	2	156	156
乘用车Ⅱ	0	5	0	1	0	0	0	0	4	4	4	102	102
乘用车Ⅲ	0	0	0	2	0	1	0	3	0	0	0	39	39

通过表 6 可知，此饱和装载方案即为所需要的最优方案：

7 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 5 辆Ⅱ型车；

7 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 1 辆Ⅰ型车，1 辆Ⅱ型车和 2 辆Ⅲ型车；

4 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 3 辆Ⅰ型车和 1 辆Ⅲ型车；

7 辆 1-1 型轿运车上层装 4 辆Ⅰ型车，下层装 1 辆Ⅰ型车和 3 辆Ⅲ型车；

5 辆 1-2 型轿运车上层（左），上层（右）和下层都装 2 辆Ⅰ型车和 4 辆Ⅱ型车。

四 问题 4 分析与建模

4.1 问题 4 分析

物流公司要运输 166 辆Ⅰ车型的乘用车到目的地 A、B、C、D 和 78 辆Ⅱ车型的乘用车到目的地 A、C，其里程和路线如图 2 所示。经过分析可知到达最终目的地 A 的轿运车要途经 D、B 需求点，到达最终目的地 B 的轿运车途经 D 需求点，到达最终目的地 C 的轿运车也途经 D 需求点，而到达最终目的地 D 的轿运车则没有中间停靠站。所以，在求解问题 4 的最优载运方案时，我们要首先考虑到达最远目的地(A、B、C) 的轿运车的载运方案，最后考虑到达目的地 D 的轿运车的装运方案。经统计可知各目的的需求量如下表：

表 7：各目的地乘用车的需求量

目的地	A 地需求	B 地需求	C 地需求	D 地需求
Ⅰ型乘用车	42	50	33	41
Ⅱ型乘用车	31	0	47	0

因此，可由上述各目的地的需求量来分析最优载运方案。

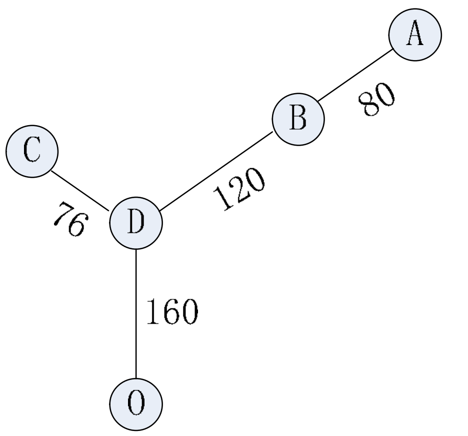


图 2：乘用车路线图

4.1.1 载运方案

与问题 1-3 不同，问题 4 不考虑 III 型乘用车（其高度大于 1.7m），所以同一类轿运车的每个装载车道能够执行的饱和运载方案相同:即 1-1 型轿运车上下两层车道饱和方案相同，1-2 型上层左右车道和下层车道相同。因此，可以简化计算问题，用 $f(i,j)$ 表示饱和装载方案，其中 i 和 j 分别表示该饱和装载方案载运 II 型车和 I 型车的数量。为了表示某一车道可以执行的运载方案，记 F_1 和

F_2 分别表示 1-1 型轿运车和 1-2 型轿运车可执行的饱和方案集，具体如下表所示：

表 8：轿运车可执行的饱和方案

轿运车类型	饱和集	可执行的全部饱和方案
1-1 型	F_1	$f(5,0), f(3,1), f(2,2), f(1,3), f(0,4)$
1-2 型	F_2	$f(6,0), f(5,1), f(4,2), f(2,3), f(1,4), f(0,5)$

4.1.2 卸货量

由问题 4 可知，多个目的地(A、B、C、D)需求乘用车辆，而一趟轿运车在到达当次行车任务的最终需求点前可能经过其他需求点（如，当次行车任务的最终需求点是 A，它必定经过中间需求点 B），并且在途经其他需求点时，在满足最终需求点的需求量的情况下，也可以卸货，并满足所驻停需求点的需求。也就是说一辆车可以在多个地点卸货，本问题中，不需要关心具体哪辆车在哪个点放了多少量，而只关注同目的地同类型的载运车在某个地点卸下某个类型乘用车的总量。这里分别设

$JC1\left(X',\mathrm{X}\right)$：表示所有开往 X' 的 1-1 型轿运车在 X 需求点卸下 I 型乘用车的总辆数；

$IC1\left(X',\mathrm{X}\right)$：表示所有开往 X' 的 1-1 型轿运车在 X 需求点卸下 II 型乘用车的总辆数；

$JC2\left(X',\mathrm{X}\right)$：表示所有开往 X' 的 1-2 型轿运车在 X 需求点卸下 I 型乘用车的总辆数；

$IC2\left(X',\mathrm{X}\right)$：表示所有开往 X' 的 1-2 型轿运车在 X 需求点卸下 II 型乘用车的总辆数。

其中 $X',X\in S$，$\mathrm{S}=\{\mathrm{A,B,C,D}\}$ 为所有需求点集。

4.1.3 目标函数分析

问题 4 在考虑问题 1-3 关注的轿运车辆数最少，轿运车的类型最合理（1-1 型轿运车的使用成本较低，2-2 型较高，1-2 型略低于前两者的平均值，但物流公司 1-2 型轿运车拥有量小，为方便后续任务安排，每次 1-2 型轿运车使用量不超过 1-1 型轿运车使用量的 20%；）外，还要在上面两个目标函数的基础上，再考虑行驶总里程数最少这个目标函数，具体表示如下：

$$\min \mathrm{Z}_1=\sum_{X\in S}C1^X+\sum_{X\in S}C2^X \qquad (4.1)$$

$$\min \mathrm{Z}_2=\sum_{X\in S}C2^X \qquad (4.2)$$

$$\min \mathrm{Z}_3=\sum_{X\in S}\alpha_X C1^X+\sum_{X\in S}\alpha_X C2^X \qquad (4.3)$$

其中$X \in S$，$C1^X$和$C2^X$，分别表示到目的地X的 1-1 型和 1-2 型轿运车的数量；$\alpha_X, X \in S$为前往目的地X车辆的里程系数。

同理 3.1.2，考虑主要目标为车辆数最少，1-2 型轿运车的数最少为次要目标，引入略比 1 大的敏感系数γ后将前两个目标（4.1）和（4.2）转化为如下单目标函数：

$$\min Z_4 = \sum_{X \in S} C1^X + \gamma \sum_{X \in S} C2^X \tag{4.4}$$

然而，总里程数最少是较第二个目标（1-2 型轿运车辆数最少）更次之的目标，因此将总里程系数α_X表示为与路程相关，略大于 1 但小于γ，并且数量变动不引起γ所在数量级变动的次级敏感系数α_X(不引起混淆情况下仍用记号α_X)，那么综合（4.1）-（4.4）最终转为下式单一目标函数:

$$\min Z = \sum_{X \in S} \alpha_X C1^X + \gamma \sum_{X \in S} \alpha_X C2^X \tag{4.4}$$

4.1.3 约束条件分析

(1)发车量约束

由题意，此时所有的 1-1 型轿运车和 1-2 型轿运车的发车量总数分别为$\sum_{X \in S} C1^X$和$\sum_{X \in S} C2^X$，那么有如下发车量约束：

$$\sum_{X \in S} C2^X \le 0.2 \times \sum_{X \in S} C1^X \tag{4.4}$$

(2)载运方案数约束

对于问题 4，由于各轿运车型的上下层车道可执行的饱和方案是相同的，那么可以得出 1-1 型轿运车上下层车道执行各饱和方案的总数为其发车量的两倍，而 1-2 型轿运车上（左）、上（右）和下层车道执行各饱和方案的总数为其发车量的三倍。故有如下约束：

$$2C1^X = \sum_{f(i,j) \in F1} C1^X_{f(i,j)}, X \in S \tag{4.5}$$

$$3C2^X = \sum_{f(i,j) \in F2} C2^X_{f(i,j)}, X \in S \tag{4.6}$$

(3)卸货需求约束

根据 4.1.2 中对卸货量的描述，在问题 4 中只要所有到达各个目的需求点的各型轿运车在 X 需求点对 Y 型乘用车的卸货量总量之和大于 X 地对 Y 型乘用车的需求量，即可满足了所有需求，约束表示如下

$$\sum_{X'\in S} JC1\left(X',\mathrm{X}\right)+\sum_{X'\in S} JC2\left(X',\mathrm{X}\right)\geq D_1^X, X\in S \tag{4.7}$$

$$\sum_{X'\in S} IC1\left(X',\mathrm{X}\right)+\sum_{X'\in S} IC2\left(X',\mathrm{X}\right)\geq D_2^X, X\in S \tag{4.8}$$

上述约束也说明了，一个目的地对某类型乘用车的需求不仅仅来源于以该目的车为终点的轿运车提供的乘用车，也可以由其他经过该目的地的载运车提供，这为进一步优化问题提供了更多可能。

(4)运载需求约束

对于开往同一目的地的同一类型的轿运车而言，例如开往 X 地的 $C1^X$ 辆 1-1 型轿运车，其 $2C1^X$ 个载运车道可选择的饱和方案共有 $2C1^X$ 种，这 $2C1^X$ 种载运方案能提供的 I 型乘用车和 II 型乘用车的载运量总数分别为：

$$\sum_{f(i,j)\in F1} j\times C1_{f(i,j)}^X \text{ 和 } \sum_{f(i,j)\in F1} i\times C1_{f(i,j)}^X,$$

而开往 X 地的 $C1^X$ 辆 1-1 型轿运车可在其任意经过的地点卸车（如最终目的地是 A 点的轿运车可以在 B，D 需求点卸车），那么所有卸下的 I 型乘用车和 II 型乘用车的总数为在各地卸下的 I 型乘用车和 II 型乘用车之和，即所有卸下的 I 型乘用车和 II 型乘用车总数分别为

$$\sum_{X'\in S} JC1\left(X,X'\right), X\in S \text{ 和} \sum_{X'\in S} IC1\left(X,X'\right), X\in S,$$

显然 $2C1^X$ 种轿运车载运方案所提供的 I 型乘用车和 II 型乘用车的载运量总数必须大于其在各目的地卸下的 I 型乘用车和 II 型乘用车的数量之和，即载运量要大于或等于卸货量，约束描述如下：

$$\sum_{f(i,j)\in F1} j\times C1_{f(i,j)}^X \geq \sum_{X'\in S} JC1\left(X,X'\right), X\in S \tag{4.9}$$

$$\sum_{f(i,j)\in F1} i\times C1_{f(i,j)}^X \geq \sum_{X'\in S} IC1\left(X,X'\right), X\in S \tag{4.10}$$

同理 $C2^X$ 辆 1-2 型轿运车的载运量与卸货量要满足如下约束：

$$\sum_{f(i,j)\in F2} j\times C2_{f(i,j)}^X \geq \sum_{X'\in S} JC2\left(X,X'\right), X\in S \tag{4.11}$$

$$\sum_{f(i,j)\in F2} i\times C2_{f(i,j)}^X \geq \sum_{X'\in S} IC2\left(X,X'\right), X\in S \tag{4.12}$$

4.2 问题 4 模型建立

由 4.1 的分析，并综合公式（4.1）-(4.12)，可对问题 4 建立如下的优化模型：

目标函数：$\min \mathrm{Z} = \sum_{X\in S}\alpha_X C1^X + \gamma\sum_{X\in S}\alpha_X C2^X$

$$s.t.\begin{cases}\sum_{X\in S}C2^X \le 0.2\times\sum_{X\in S}C1^X \\ 2C1^X = \sum_{f(i,j)\in F1} C1^X_{f(i,j)}, X\in S \\ 3C2^X = \sum_{f(i,j)\in F2} C2^X_{f(i,j)}, X\in S \\ \\ \sum_{X'\in S}JC1(X',\mathrm{X}) + \sum_{X'\in S}JC2(X',\mathrm{X}) \ge D_1^X, X\in S \\ \sum_{X'\in S}IC1(X',\mathrm{X}) + \sum_{X'\in S}IC2(X',\mathrm{X}) \ge D_2^X, X\in S \\ \\ \sum_{f(i,j)\in F1} j\times C1^X_{f(i,j)} \ge \sum_{X'\in S}JC1(X,X'), X\in S \\ \sum_{f(i,j)\in F1} i\times C1^X_{f(i,j)} \ge \sum_{X'\in S}IC1(X,X'), X\in S \\ \sum_{f(i,j)\in F2} j\times C2^X_{f(i,j)} \ge \sum_{X'\in S}JC2(X,X'), X\in S \\ \sum_{f(i,j)\in F2} i\times C2^X_{f(i,j)} \ge \sum_{X'\in S}IC2(X,X'), X\in S \end{cases} \qquad (4.13)$$

其中，i，j 和k分别是II型乘用车，I型乘用车和III型乘用车的数量，都为大于等于零的正整数，$S=\{A,B,\mathrm{C},\mathrm{D}\}$表示四个目的地的集合，$JC1(X',\mathrm{X})$表示所有开往$X'$的 1-1 型轿运车在X需求点卸下 I 型乘用车的总辆数，$IC1(X',\mathrm{X})$表示所有开往X'的 1-1 型轿运车在X需求点卸下 II 型乘用车的总辆数，$JC2(X',\mathrm{X})$表示所有开往X'的 1-2 型轿运车在X需求点卸下 I 型乘用车的总辆数，$IC2(X',\mathrm{X})$表示所有开往X'的 1-2 型轿运车在X需求点卸下 II 型乘用车的总辆数，F_1和F_2分别表示 1-1 型轿运车和 1-2 型轿运车可执行的饱和方案集(如表 7)，$\sum_{X\in S}C1^X$ 和$\sum_{X\in S}C2^X$ 分别表示所有的 1-1 型轿运车和 1-2 型轿运车的发车量总数。

根据第 4 问假设，可取敏感参数，饱和方案集F_1和F_2如表 7，那么第 4 问代入相应参数后的具体规划模型为：

$$\begin{aligned}\min \mathrm{Z} = {}& 1.000036 * C1^A + 1.000028 * C1^B \\ & + 1.0000236 * C1^C + 1.000016 * C1^D + 1.01 * (1.000036 * C2^A \\ & + 1.000028 * C2^B + 1.0000236 * C2^C + 1.000016 * C2^D);\end{aligned}$$

$s.t.$

发车量约束：

$(C2^A + C2^B + C2^C + C2^D) \le (C1^A + C1^B + C1^C + C1^D) * 0.2;$

运载方案数约束：

$2*C1^{A}=C1^{A}_{f(5,0)}+C1^{A}_{f(3,1)}+C1^{A}_{f(2,2)}+C1^{A}_{f(1,3)}+C1^{A}_{f(0,4)};$

$3*C2^{A}=C2^{A}_{f(6,0)}+C2^{A}_{f(5,1)}+C2^{A}_{f(4,2)}+C2^{A}_{f(2,3)}+C2^{A}_{f(1,4)}+C2^{A}_{f(0,5)};$

$2*C1^{B}=C1^{B}_{f(5,0)}+C1^{B}_{f(3,1)}+C1^{B}_{f(2,2)}+C1^{B}_{f(1,3)}+C1^{B}_{f(0,4)};$

$3*C2^{B}=C2^{B}_{f(6,0)}+C2^{B}_{f(5,1)}+C2^{B}_{f(4,2)}+C2^{B}_{f(2,3)}+C2^{B}_{f(1,4)}+C2^{B}_{f(0,5)};$

$2*C1^{C}=C1^{C}_{f(5,0)}+C1^{C}_{f(3,1)}+C1^{C}_{f(2,2)}+C1^{C}_{f(1,3)}+C1^{C}_{f(0,4)};$

$3*C2^{C}=C2^{C}_{f(6,0)}+C2^{C}_{f(5,1)}+C2^{C}_{f(4,2)}+C2^{C}_{f(2,3)}+C2^{C}_{f(1,4)}+C2^{C}_{f(0,5)};$

$2*C1^{D}=C1^{D}_{f(5,0)}+C1^{D}_{f(3,1)}+C1^{D}_{f(2,2)}+C1^{D}_{f(1,3)}+C1^{D}_{f(0,4)};$

$3*C2^{D}=C2^{D}_{f(6,0)}+C2^{D}_{f(5,1)}+C2^{D}_{f(4,2)}+C2^{D}_{f(2,3)}+C2^{D}_{f(1,4)}+C2^{D}_{f(0,5)};$

车辆需求约束：

$JC1(\mathrm{A},\mathrm{A})+JC2(\mathrm{A},\mathrm{A})\geq 42;$

$IC1(\mathrm{A},\mathrm{A})+IC2(\mathrm{A},\mathrm{A})\geq 31;$

$JC1(\mathrm{A},\mathrm{B})+JC2(\mathrm{A},\mathrm{B})+JC1(\mathrm{B},\mathrm{B})+JC2(\mathrm{B},\mathrm{B})\geq 50;$

$JC1(\mathrm{C},C)+JC2(C,C)\geq 33;$

$IC1(C,C)+IC2(C,C)\geq 47;$

$JC1(\mathrm{A},\mathrm{D})+JC2(\mathrm{A},\mathrm{D})+JC1(B,D)+JC2(B,D)+$
$JC1(C,\mathrm{D})+JC2(C,\mathrm{D})+JC1(D,D)+JC2(D,D)\geq 41;$

载运量约束：

$0*C1^{A}_{f(5,0)}+1*C1^{A}_{f(3,1)}+2*C1^{A}_{f(2,2)}+3*C1^{A}_{f(1,3)}+4*C1^{A}_{f(0,4)}$
$\geq JC1(\mathrm{A},\mathrm{A})+JC1(\mathrm{A},\mathrm{B})+JC1(\mathrm{A},\mathrm{D});$

$5*C1^{A}_{f(5,0)}+3*C1^{A}_{f(3,1)}+2*C1^{A}_{f(2,2)}+1*C1^{A}_{f(1,3)}+0*C1^{A}_{f(0,4)}\geq IC1(\mathrm{A},\mathrm{A});$

$0*C2^{A}_{f(6,0)}+1*C2^{A}_{f(5,1)}+2*C2^{A}_{f(4,2)}+3*C2^{A}_{f(2,3)}+4*C2^{A}_{f(1,4)}+5*C2^{A}_{f(0,5)}$
$\geq JC2(\mathrm{A},\mathrm{A})+JC2(\mathrm{A},\mathrm{B})+JC2(\mathrm{A},\mathrm{D});$

$6*C2^{A}_{f(6,0)}+5*C2^{A}_{f(5,1)}+4*C2^{A}_{f(4,2)}+2*C2^{A}_{f(2,3)}+1*C2^{A}_{f(1,4)}+0*C2^{A}_{f(0,5)}\geq IC2(\mathrm{A},\mathrm{A});$

$0*C1^{B}_{f(5,0)}+1*C1^{B}_{f(3,1)}+2*C1^{B}_{f(2,2)}+3*C1^{B}_{f(1,3)}+4*C1^{B}_{f(0,4)}\geq JC1(\mathrm{B},\mathrm{B})+JC1(B,D);$

$0*C2^{B}_{f(6,0)}+1*C2^{B}_{f(5,1)}+2*C2^{B}_{f(4,2)}+3*C2^{B}_{f(2,3)}+4*C2^{B}_{f(1,4)}+5*C2^{B}_{f(0,5)}$
$\geq JC2(\mathrm{B},\mathrm{B})+JC2(B,D);$

$0*C1^{C}_{f(5,0)}+1*C1^{C}_{f(3,1)}+2*C1^{C}_{f(2,2)}+3*C1^{C}_{f(1,3)}+4*C1^{C}_{f(0,4)}\geq JC1(\mathrm{C},C)+JC1(C,\mathrm{D});$

$5*C1^{C}_{f(5,0)}+3*C1^{C}_{f(3,1)}+2*C1^{C}_{f(2,2)}+1*C1^{C}_{f(1,3)}+0*C1^{C}_{f(0,4)}\geq IC1(C,C);$

$0*C2^{C}_{f(6,0)}+1*C2^{C}_{f(5,1)}+2*C2^{C}_{f(4,2)}+3*C2^{C}_{f(2,3)}+4*C2^{C}_{f(1,4)}+5*C2^{C}_{f(0,5)}$
$\geq JC2(C,C)+JC2(C,\mathrm{D});$

$$6*C2^{C}_{f(6,0)}+5*C2^{C}_{f(5,1)}+4*C2^{C}_{f(4,2)}+2*C2^{C}_{f(2,3)}+1*C2^{C}_{f(1,4)}+0*C2^{C}_{f(0,5)}\geq IC2(C,C);$$
$$0*C1^{D}_{f(5,0)}+1*C1^{D}_{f(3,1)}+2*C1^{D}_{f(2,2)}+3*C1^{D}_{f(1,3)}+4*C1^{D}_{f(0,4)}\geq JC1(D,D);$$
$$0*C2^{D}_{f(6,0)}+1*C2^{D}_{f(5,1)}+2*C2^{D}_{f(4,2)}+3*C2^{D}_{f(2,3)}+4*C2^{D}_{f(1,4)}+5*C2^{D}_{f(0,5)}\geq JC2(D,D);$$

4.3 问题 4 的实施方案

使用模型（4.13），借助于数学软件 Lingo，可以计算出 1-1 型和 1-2 型轿运车分别在 A、B、C、D 四个目的地关于 I 型乘用车和 II 型乘用车的卸货情况（如表 9）。同时，表 10 反应了 1-1 型轿运车和 1-2 型轿运车分别在 A、B、C、D 四个目的地最终停放量。

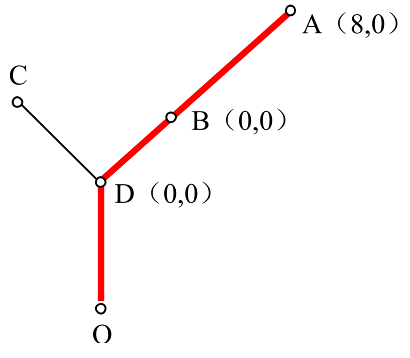
表 9：两型轿运车在各目的地的卸货情况（单位：辆）

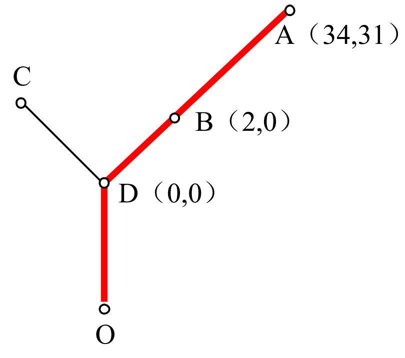
目的地	A		B		C		D	
	I 型乘用车	II 型乘用车	I 型乘用车	II 型乘用车	I 型乘用车	II 型乘用车	I 型乘用车	II 型乘用车
1-1 型轿运车	8	0	48	0	33	47	1	0
1-2 型轿运车	34	31	2	0	0	0	40	0

表 10：各目的地最终停放轿运车辆情况

轿运车类型	总数量(辆)	目的地			
		A	B	C	D
1-1 型	21	1	6	9	5
1-2 型	4	4	0	0	0
总计（辆）	25	5	6	9	5
总里程	6404	1800	1680	2124	800

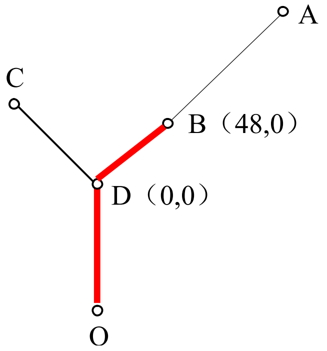
由表 9 可知有 1-1 型轿运车在 A、B 、C、D 四个目的地最终停放量分别为 1、6、9 和 5 辆；1-2 型轿运车在最终只在目的地 A 停放。因此，在实际应用中可以根据各轿运车的最终目的地安排相应的运载方案。具体车辆装载方案、行车路线和相应的在各目的地的卸货辆如图 3 所示。



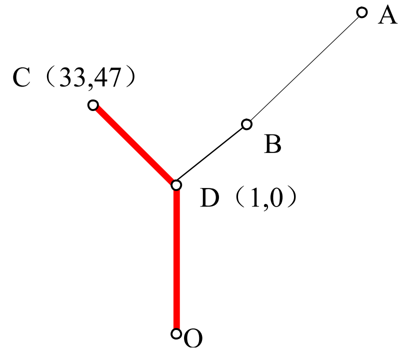


1-1 型轿运车（1 辆）在 D、B、A 目的 1-2 型轿运车（4 辆）在 D、B、A 目的

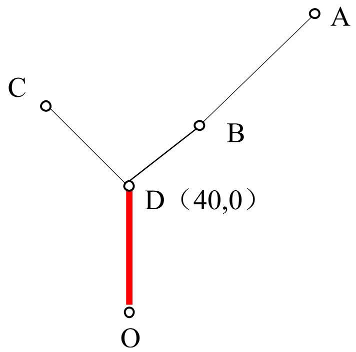
地的卸货量　　　　　　　　地的卸货量



1-1 型轿运车(6 辆)在 D、B 目的地的卸货量



1-1 型轿运车(9 辆)在 D、C 目的地的卸货量



1-1 型轿运车（5 辆）在 D 目的地的卸货量

图 3：轿运车终点与卸货路线图（红色终止点为终点）横坐标代表 I 型乘用车，纵坐标代表 II 型乘用车.

五 问题 5 分析与建模

5.1 问题 5 分析与模型建立

相对问题 4，问题 5 具有更多种类的轿运车和乘用车，以及更多的载运方案，并且载运限制也更多，因此装载、运输方案繁多，但其实质和问题 4 是一样的。首先，设 C_{1-1} 表示 1-1 型轿运车的种类，C_{1-2} 为 1-2 型轿运车的种类，C_{2-2} 为 2-2 型轿运车的种类，并令 $C^{(i,X)}$ 表示第 i 种轿运车（$i \in C_{1-1}, i \in C_{1-2}, i \in C_{2-2}$ 分别表示第 i 辆车属于 1-1 型，1-2 型和 2-2 型轿运车）到达目的地 $X \in S$ 的车辆数，并令 γ 为敏感系数，α_X 为次级敏感系数，可得与问题 4 类似的目标如下：

$$\min Z = \sum_{X \in S} \sum_{i \in C_{1-1}} \alpha_X C^{(i,X)} + \gamma \sum_{X \in S} \sum_{i \in C_{1-2}} \alpha_X C^{(i,X)} + \sum_{X \in S} \sum_{i \in C_{2-2}} \alpha_X C^{(i,X)} \tag{5.1}$$

且有如下发车量约束

$$\sum_{X\in S}\sum_{i\in C_{1-2}} C^{(i,X)} \le 0.2\sum_{X\in S}\sum_{i\in C_{1-1}} C^{(i,X)} \tag{5.2}$$

对 1-1 型轿运车，令

p_i 表示序号为 i 的 1-1 型轿运车的一个上层饱和方案，

P_i 表示序号为 i 的 1-1 型轿运车的上层的所有饱和方案集；

d_i 表示序号为 i 的 1-1 型的一个下层饱和方案，

D_i 表示序号为 i 的 1-1 型轿运车的下层的所有饱和方案集。

对于 1-2 型轿运车，令

p_i^a 和 p_i^b 分别表示序号为 i 的 1-2 型轿运车上层左车道和右车道的一个饱和运载方案，

P_i 表示序号为 i 的 1-2 型的轿运车上层的所有饱和方案集；

d_i 表示序号 i 的 1-2 型的一个下层饱和方案，

D_i 为序号 i 的 1-1 型的上层所有饱和方案集。

对于 2-2 型轿运车，由于其 4 个车道（上下层各两个车道）限制一样，所以不区分上下层，令

f_i 表示序号为 i 的 2-2 型轿运车的一个车道的一个饱和运载方案，

F_i 表示序号为 i 的 2-2 型的轿运车的所有饱和方案集。

类似问题 4，问题 5 有如下的车辆方案约束：

$$\begin{aligned}
&C^{(i,X)} = \sum_{p_i\in P_i} C_{p_i}^{(i,X)} = \sum_{d_i\in D_i} C_{d_i}^{(i,X)} && ,X\in S, i\in C_{1-1}\\
&C^{(i,X)} = \sum_{p_i^a\in P_i} C_{p_i^a}^{(i,X)} = \sum_{p_i^b\in P_i} C_{p_i^b}^{(i,X)} = \sum_{d_i\in D_i} C_{d_i}^{(i,X)} && ,X\in S, i\in C_{1-2}\\
&4C^{(i,X)} = \sum_{f_i\in F_i} C_{f_i}^{(i,X)} && ,X\in S, i\in C_{2-2}
\end{aligned} \tag{5.3}$$

令 $L_i\left(X,X',\mathrm{t}\right)$ 表示序号为 i 的目的地为 X 的轿运车在需求点 X' 卸载序号为 t 的乘用车的卸载量，其中 $X,X'\in S, t\in C_t, i\in C_{1-1}\cup C_{1-2}\cup C_{2-2}$，且令 D_t^X 为 X 地点对序号为 t 的乘用车需求量，那么类似问题 4 有如下车辆需求约束：

$$\sum_{X'\in S}\sum_{i\in C_{1-1}\cup C_{1-2}\cup C_{1-3}} L_i\left(X',X,\mathrm{t}\right) \ge D_t^X, X\in S, t\in C_t. \tag{5.4}$$

令 $n_t\left(x_i\right)$ 表示序号为 i 的轿运车的一个车道的饱和运载方案中序号为 t 的乘用车的运载数量，$x_i\in P_i\cup D_i\cup F_i$，因此，类似问题 4 有如下运载量约束：

$$\sum_{p_i\in Pi} n_t\left(p_i\right) C_{p_i}^{(i,X)} + \sum_{d_i\in Di} n_t\left(d_i\right) C_{d_i}^{(i,X)} \ge \sum_{X'\in S} L_i\left(X,X',\mathrm{t}\right), \quad X\in S, i\in C_{1-1}, t\in C \tag{5.5}$$

$$\sum_{p_i^a\in Pi} n_t\left(p_i^a\right)C_{p_i^a}^{(i,X)} + \sum_{p_i^b\in Pi} n_t\left(p_i^b\right)C_{p_i^b}^{(i,X)} + \sum_{d_i\in Di} n_t\left(d_i\right)C_{d_i}^{(i,X)} \ge \sum_{X'\in S} L_i\left(X,X',\mathrm{t}\right) \quad X\in S, i\in C_{1-2}, t\in C_t \tag{5.6}$$

$$\sum_{f_i\in F_i} n_t\left(f_i\right)C_{f_i}^{(i,X)} \ge \sum_{X'\in S} L_i\left(X,X',\mathrm{t}\right) \quad X\in S, i\in C_{2-2}, t\in C_t \tag{5.7}$$

结合（5.1）-（5.7），可以建立如下理论模型：

目标函数：$\min Z = \sum_{X\in S}\sum_{i\in C_{1-1}} \alpha_X C^{(i,X)} + \gamma \sum_{X\in S}\sum_{i\in C_{1-2}} \alpha_X C^{(i,X)} + \sum_{X\in S}\sum_{i\in C_{2-2}} \alpha_X C^{(i,X)}$

$$s.t.\begin{cases} \sum_{X\in S}\sum_{i\in C_{1-2}} C^{(i,X)} \le 0.2 \sum_{X\in S}\sum_{i\in C_{1-1}} C^{(i,X)} \\ C^{(i,X)} = \sum_{p_i\in P_i} C_{p_i}^{(i,X)} = \sum_{d_i\in D_i} C_{d_i}^{(i,X)} & ,X\in S, i\in C_{1-1} \\ C^{(i,X)} = \sum_{p_i^a\in P_i} C_{p_i^a}^{(i,X)} = \sum_{p_i^b\in P_i} C_{p_i^b}^{(i,X)} = \sum_{d_i\in D_i} C_{d_i}^{(i,X)} & ,X\in S, i\in C_{1-2} \\ 4C^{(i,X)} = \sum_{f_i\in F_i} C_{f_i}^{(i,X)} & ,X\in S, i\in C_{2-2} \\ \sum_{X'\in S}\sum_{i\in C_{1-1}\cup C_{1-2}\cup C_{1-3}} L_i\left(X',X,\mathrm{t}\right) \ge D_t^X, X\in S, t=1,2,\ldots,45. \\ \sum_{p_i\in Pi} n_t\left(p_i\right)C_{p_i}^{(i,X)} + \sum_{d_i\in Di} n_t\left(d_i\right)C_{d_i}^{(i,X)} \ge \sum_{X'\in S} L_i\left(X,X',\mathrm{t}\right) \\ \qquad X\in S, i\in C_{1-1}, t\in C_t \\ \sum_{p_i^a\in Pi} n_t\left(p_i^a\right)C_{p_i^a}^{(i,X)} + \sum_{p_i^b\in Pi} n_t\left(p_i^b\right)C_{p_i^b}^{(i,X)} + \sum_{d_i\in Di} n_t\left(d_i\right)C_{d_i}^{(i,X)} \ge \sum_{X'\in S} L_i\left(X,X',\mathrm{t}\right) \\ \qquad X\in S, i\in C_{1-2}, t\in C_t \\ \sum_{f_i\in F_i} n_t\left(f_i\right)C_{f_i}^{(i,X)} \ge \sum_{X'\in S} L_i\left(X,X',\mathrm{t}\right), \qquad X\in S, i\in C_{2-2}, t\in C_t \end{cases} \tag{5.8}$$

其中$C^{(i,X)}$，$C_{p_i}^{(i,X)}$，$C_{d_i}^{(i,X)}$，$C_{p_i^a}^{(i,X)}$，$C_{p_i^b}^{(i,X)}$，$C_{f_i}^{(i,X)}$，$L_i\left(X,X',\mathrm{t}\right)$，$n_t\left(x_i\right)$和$D_t^X$均为大于等于零的整数，并且有

$C_{1-1} = \left\{1,2,3,4,6,7,8\right\}, C_{1\_2} = \left\{5,10\right\}, C_{2\_2} = \left\{9\right\}, t = \left\{1,2,3,\ldots 45\right\}, S = \left\{A,B,C,D\right\}.$

$P_i\ D_i$，$i\in C_{1-1}\cup C_{1-2}$，$F_i\ i\in C_{2-2}$这些集合中具体的饱和装载方案需要依据轿运车和乘用车的型号，尺寸等信息逐一确定，鉴于比赛时限，此处不列出具体内容。

由于轿运车辆数目的增加，使得饱和运载方案集合$P_i\ D_i$，$i\in C_{1-1}\cup C_{1-2}$，

$F_i, i \in C_{2-2}$的元素数量变得非常巨大，导致该问题规模急剧加大，以致难以对该问题直接求解。一种求解的思路是对乘用车和载运车按照尺寸进行分类，然后给出规模较小的近似饱和方案集合$\tilde{P}_i\ \tilde{D}_i, i \in C_{1-1} \cup C_{1-2}$， $\tilde{F}_i\ i \in C_{2-2}$，然后求解近似解，这种方法规划效果难以保证，下文 5.2 中将给出一种新的近似优化方法。

5.2 基于局部回溯规划方法的近似最优车流配送方案

由于直接求解本问的最优规划方案是极其困难的，本文采用一种基于局部回溯规划的方法，并根据目标配送地点的地理位置关系，对问题 5 的乘用车配送设计配送方案。

5.2.1 各需求点轿运车辆分配顺序

由于每辆车到目的地点之前都可以给途径的需求点卸运车辆，所以在设计载运方案的过程中，如果计划某辆车到达其目的点之后，该地点的需求恰好被满足，而最后到达的这辆轿运车还有足够的位置可以载运其他乘用车，那么可以在这辆车上的空位上放置其他车辆，用以满足这辆车到达终点之前途径需求点的车辆需求，并且在这辆车到达途径的需求点时卸下相应的车辆，那么就使得这辆车的运输能力被充分利用，从而达到优化效果。

基于上述分析，本文采取以 A，C，E，B，D 这个顺序对各个需求点进行轿运车辆分配，即首先对 A 地分配轿运车，继而是 C，E，B，D。因为 A 和 C 之后没有其他运载点，而到达 A 之前途径的需求点最多，所以 A 最前，C 其次，而后依据到达终点前途径需求点的数量多少依次为 E，B，D 分配轿运车。因为后来安排车辆的需求点都是次序在前的需求点的途径驻点，按这个顺序分配车辆，先满足车辆需求的需求点产生的运载能力盈余能够补充到后续分配车辆的需求点，进而达到较好的车辆使用效果。

5.2.2 轿运车分配顺序

由题设知，使用的轿运车辆数量是影响物流成本的最主要因素，而在给定的 10 种型号三种类型的轿运车中，尽量使用运载能力强的车可以使得轿运车辆的数量减少。

(1)2-2 型轿运车的分配

2-2 型轿运车是运载能力最强的轿运车型，所以首先分配。但由于 2-2 型轿运车的车型限制，能够载运的车辆种类较少，高度超过 1700mm 以及宽度超过 1700mm 均不能载运。各种类型的车辆的按长度降序排列如下表 11，其中 2-2 型可以运载的车辆在下表中用的汽车编号里用#标出，总共为 12 种，多为小尺寸的车辆。

而小尺寸的车辆对充分利用轿运车的运载能力往往起到很好的调节作用，如果所有 2-2 型轿运车都发往同一个需求点,那么该需求点的小尺寸车辆的需求明显减少，对其后续的轿运车辆充分使用运载能力会有产生影响，从而降低其运载效率，所以本文设定直接对五个需求地点各分配一辆 2-2 型的轿运车辆。

表 11:各型乘用车规格

车型编号	主机厂名称	长(mm)	宽(mm)	高度(mm)
44	一汽轿车	6831	***1980***	1478
24	华翔富奇	5160	***1895***	*1870/1930
43	一汽大众	5035	***1855***	1485
2	北京奔驰-戴克	5015	***1880***	1475
17	东南汽车	4945	1695	*1970
19	广州本田	4945	***1845***	1480
15	东风日产	4930	***1795***	1475
23	华晨汽车	4880	***1800***	1450
28	江淮汽车	4865	***1805***	1450
41	天津一汽丰田	4855	***1780***	1480
25	黄海汽车	4800	***1770***	*1880
33	上海大众	4789	***1765***	1470
4	北京现代	4747	***1820***	1440
34	上海大众	4687	***1700***	1450
45	一汽轿车	4670	***1780***	1435
1	北京奔驰-戴克	4610	***1826***	*1763
32	上海大众	4608	***1743***	1465
36	上海通用	4603	***1780***	1480
11	长安汽车	4600	***1800***	1475
26	吉奥汽车	4590	***1766***	*1767
35	上海通用	4580	***1725***	1460/1500
12	长城汽车	4574	***1704***	*1845
42	一汽大众	4544	***1760***	1464
22	华晨宝马	4531	***1817***	1421
13	东风本田	4500	***1755***	1450
6	比亚迪	4490	***1780***	1405
9	长安福特	4480	***1840***	1500
21	海马汽车	4466	***1705***	1410
#14	东风日产	4420	1690	1590
#18	广州本田	4400	1695	1470
16	东风悦达起亚	4350	***1735***	1470
#3	北京现代	4310	1695	1480
31	奇瑞汽车	4285	***1765***	*1715
#8	长安福特	4270	1695	1480
#39	天津一汽	4245	1680	1500
#7	昌河铃木	4230	1690	1550
38	神龙汽车	4212	***1762***	1531
#27	吉利汽车	4194	1680	1440
10	长安铃木	4135	***1755***	1605
#30	奇瑞汽车	3998	1640	1535

37	上汽通用五菱	3820	1495	*1860
#29	南京菲亚特	3763	1615	1440
#40	天津一汽	3745	1615	1385
#20	哈飞汽车	3588	1563	1533
#5	比亚迪	3460	1618	1465

(2)1-1 型，1-2 型轿运车的分配

由题可知，1-2 型轿运车的运输能力强于 1-1 型轿运车，故应先分配 1-2 型轿运车，但是对 1-2 型轿运车的使用总数具有一定的限制（必须不超过使用的 1-1 型轿运车数量的 20%的限制），所以本文采取每分配 5 辆 1-1 型轿运车，就分配一辆 1-2 型轿运车的方式来进行 1-1 型与 1-2 型轿运车分配的计划。

(3)同型轿运车分配

对于相同类型的轿运车，总是优先使用运载能力更强的，也就是长度更长的轿运车,例如使用 1-1 型车，最先使用长度为 24.3 米的 3 号 1-1 型轿运车，而 3 号 1-1 型轿运车用完了之后，在需要使用 1-1 型轿运车时就使用剩下的 1-1 型轿运车中最长的车型，也就是长度为 22 米的 4 号 1-1 型轿运车。

5.2.3 基于尺寸优先原则的部分回溯车辆装载算法

5.2.1 及 5.2.2 分别给出了车辆分配顺序，以及按需求点位置关系的需求点车辆分配顺序，而本节将介绍对于对一个具体的需求点分配某一型号轿运车时，轿运车上各个车道运输各类型乘用车的装载方案。

(1) 尺寸优先原则:尽早运输尺寸较大的车辆

尺寸较大如宽度超过 1700mm 或高度超过宽 1700mm，够载运尺寸过大的车辆的轿运车车道相对较少，如表 10 所示，较多车辆都是高度或宽度超过 1700mm。在设计载运计划时优先安排这类车型的运送，能够缓解后续的车辆运载计划压力与难度，符合实际情况，防止在车辆运载计划设计后期出现剩余大量这类车型，使得为这类乘用车安排轿运车时出现其他车道因为无法运载这类乘用车而空载。

例如，出现多辆高度超过 1.7 米的乘用车，只能装载在轿运车的下层，而上层由于不能装载这类车，此时有没有其他车辆可运，就造成轿运车的上层车道空载，使得运输能力浪费。所以尽早运输此存交大的车辆，能够为后续灵活安排乘用车装载计划提供保障。

(2)尽量使得载运车的剩余空间最小

当轿运车的每个车道装载至不能够装载任何车辆后所剩的长度越少，说明这个车道被充分利用的越好。一个好的车辆配送方案总是使得所有的车辆装载完成后剩余的装载空间最小，其他条件相同的情况下，所有车辆剩余装载空间

更少的装载方案也是使用总车辆数更少的方案。所以本文从使得装载车辆剩余空间最少的角度出发去优化每辆车的剩余装载空间，进而达到使用轿运车辆数减少的优化效果。

(3)算法思想及流程

为了尽早运输尺寸较大的车辆，本文采取对一个车道进行初步装填方案设计时，总是选择能够装载的剩余车辆中长度最大的车辆，直至车道不能装载任何其他车辆。但尺寸优先往往造成较大轿运车的剩余空间。

如果采取使用处理一维装箱问题的思路对车道进行填充，前期安排运载计划会得到较小的轿运车剩余空间，而后期安排运载安排遍会遇到较多大尺寸车导致剩余空间反而增多的情况。

所以综合大尺寸车辆优先和最少剩余空间两个因素下，本文考虑首先基于在大尺寸车辆优先原则安排装载计划，而后使用局部回溯的方法对装载计划进行优化。局部回溯主要通过将在大尺寸车辆优先情况下得出的装车方案中此寸最大的辆车抽出,并在需求向量中遍历所有剩下的 2 辆车组合，找到使得能够用两辆车填补装载方案抽出此最大的车之后使得轿运车剩余空间最小的组合，并记该剩余空间为L_{r1};然后将大尺寸车辆优先情况下得出的装车方案中次大的车抽出，并遍历需求向量中所有剩下的 2 辆车组合，找到使得能够用两辆车填补装载方案抽出此次大的车之后并使得轿运车剩余空间最小的组合，并记该剩余空间为L_{r2},依次玩下找知道找出L_{ri}，而在取出装载方案中第$i+1$大的车辆后无论如何不能用剩余两辆车填补，那么比较之前的L_{r1}，L_{r2}到L_{ri}，选择其中最小的余长，然后用相应的 2 辆车组合替换走的相应的车。

基于尺寸优先的部分回溯算法的具体如下分为如下两阶段:

Stage1:基于尺寸优先装入剩余车辆中可以装入且尺寸最大的车辆至饱和

Step1:首先输入需求向量$Q=\{Q_1,Q_2...Q_N\}$，待装填车道的类型及长度 l,令$i=1,j=1$ $L_{r0}=l$，最后置装载向量L为空(注意：$Len(Q_i)$表示Q_i的长度，需求向量总是按照车辆长度降序排列，即$Len(Q_1)\ge Len(Q_2)\ge...\ge Len(Q_N)$；

Step2:若 i=N+1 或者$L_{r0}<Len(Q_N)$则进入 Step6 否则进入 Step2；

Step3:若$L_{r0}-Len(Q_i)>0$，则进入 Step4，否则$i=i+1$进入 Step2；

Step4:若Q_i车能被装入当前类型的车道则，进入 Step5，否则$i=i+1$进入 Step2；

Step5:令$L_j=Q_i, j=j+1$，$L_{r0}=L_{r0}-Len(Q_i)-0.1$，$i=i+1$进入 Step2；

Step6:输出$L_{r0}=L_{r0}+0.1$, $L=\{L_1,L_2,...L_{j-1}\}$ $Q'=Q-L$

Stage2:局部回溯优化车道剩余长度

Step7:输入 stage1 中得到的剩余需求Q',装载向量$L=\{L_1,L_2,...L_M\}$与余长L_{r0},并令 i 等于 1;

Step8:如果不能从Q'中找出辆车使得其长度之和小于$L_{r0}+Len(L_i)$，那么进入 Step9；否则找到Q'中两辆车使得L_{i1}与L_{i2}的长度之和小于$L_{r0}+Len(L_i)$并

且使得Q'中其余任意两辆长度之和小于$L_{r0}+Len\left(L_i\right)$的两辆车的长度之和小于$Len\left(L_{i1}\right)+Len\left(L_{i2}\right)$，即$L_{i1}$与$L_{i2}$是使得装载向量$L=\left\{L_1,L_2,...L_M\right\}$用$L_{i1}$ L_{i2}替换L_i之后余长最短的两辆车，记这个余长为L_{ri}。并令$i=i+1$重新进入Step8；

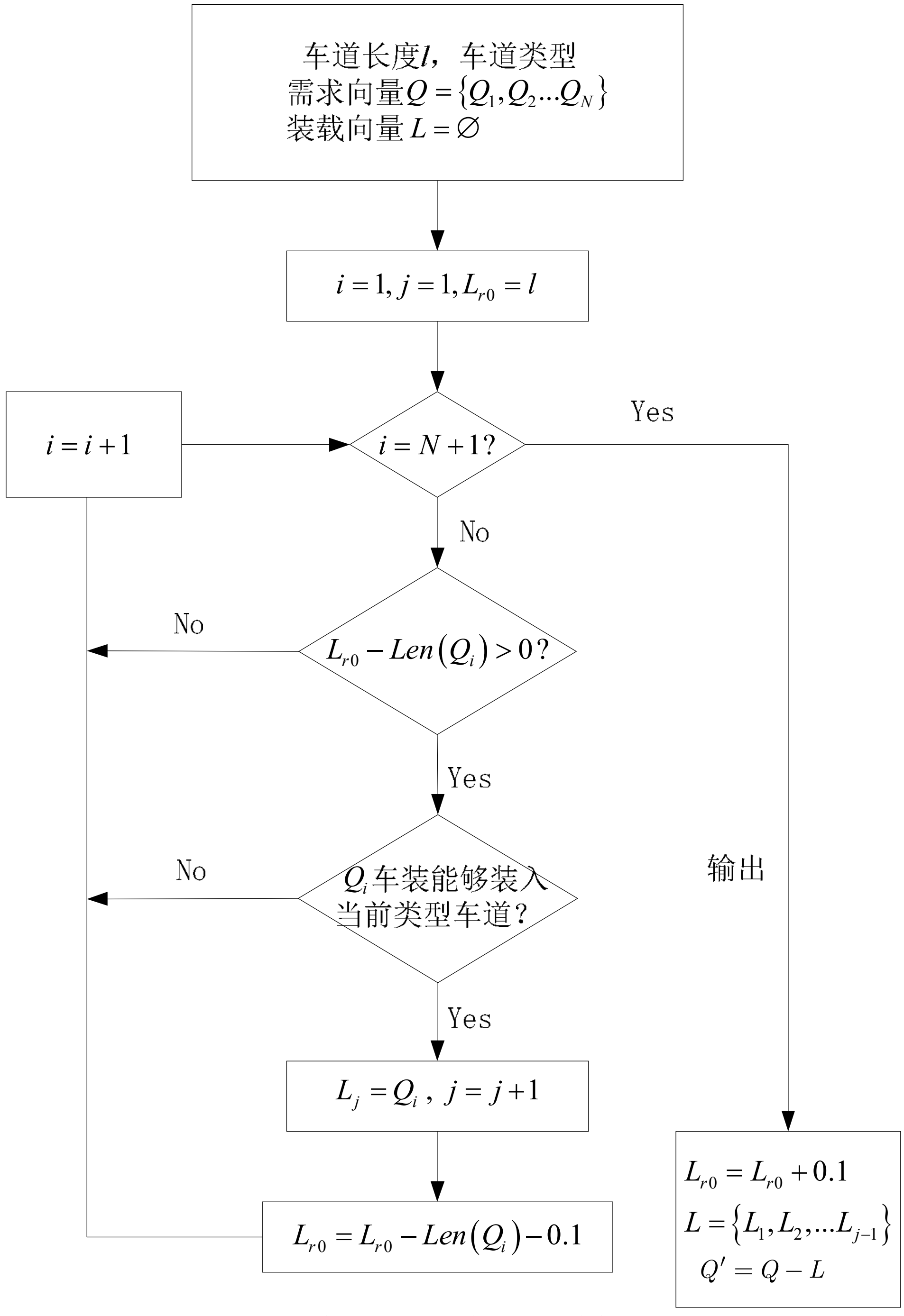


图 4：大尺寸优先装载计划流程图

Step9:求得$L_p=\min\left\{L_{r1},L_{r2},\cdots,L_{ri}\right\}$，若$Len\left(L_p\right)>L_{r0}$则输出剩余需求$Q'$，装载向量$L=\left\{L_1,L_2,...L_M\right\}$与余长$L_{r0}$，否则装载矩阵$L$中的$L_p$去掉并填入$Q'$中的$L_{i1}$与$L_{i2}$车，$Q'$中加入$L_p$车，并去除$L_{i1}$与$L_{i2}$车得到$Q''$，即输出

$L=\left(L_1,L_2,\cdots,L_p,L_{p+1}\cdots,L_m\right)$ 以及输出剩余需求 $Q''=\left(Q'-\left\{L_{i1},L_{i2}\right\}\right)\cup\left\{L_p\right\}$ 与余长 L_{rp}

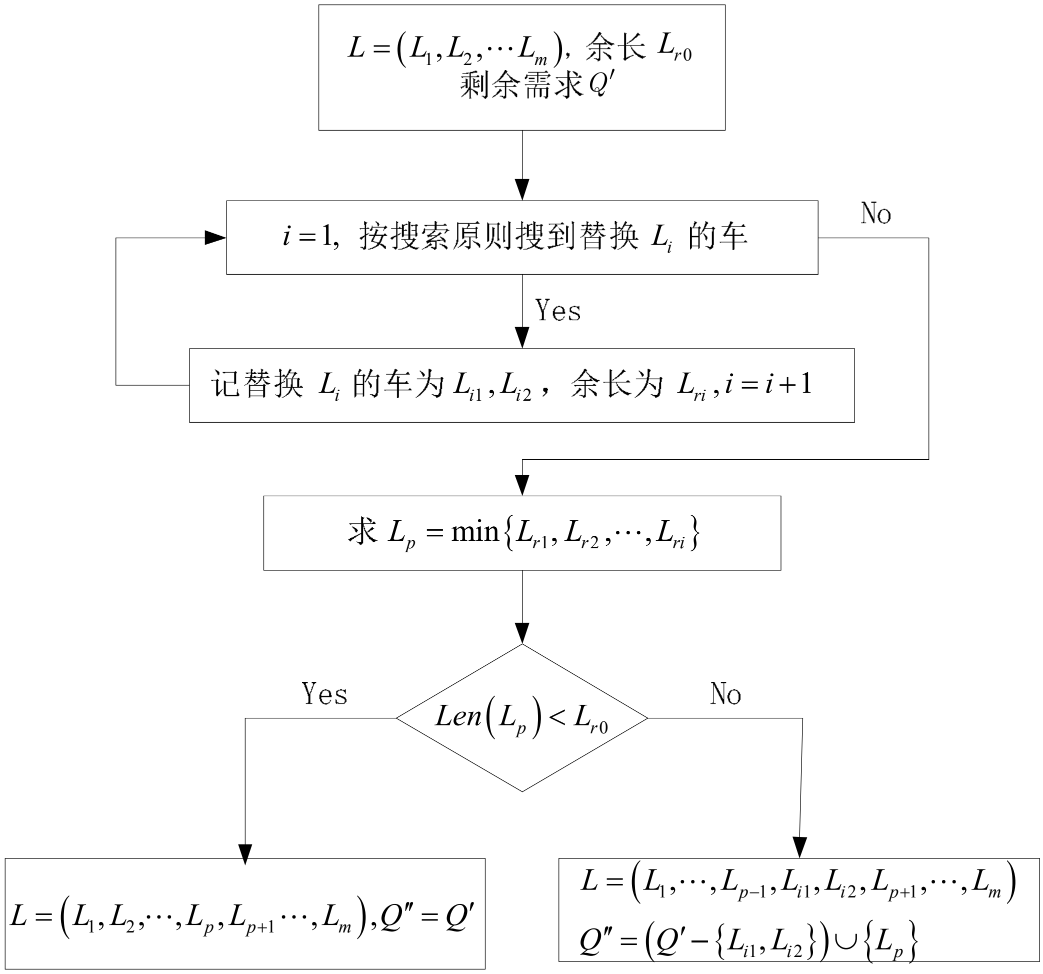


图 5：局部回溯规划算法流程

上图中第二个框所述的搜索原则即 Step8 中所描述的搜索剩余最优组合的方式，即回溯优化。Step1~Step9 就完成了依据需求向量 $Q=\left\{Q_1,Q_2...Q_N\right\}$ 对某辆载运车的某个车道的装载计划，并给出这个车道装载后剩余的需求向量 Q''。采用该算法，针对一辆车，只要对其各个车道按照先下层车道后上层车道进行每个装载车道的装载方案计算，就可以得到一辆车具体的装载方案。

5.2.4 问题 5 的求解

综合 5.2.1~5.2.3，针对问题 5 给出如下图所示的运输计划制定流程。由 Matlab 编程执行，最终得到车辆运载方案如下表 12-13。

使用基于尺寸优先的部分回溯车辆装载算法针对各地A，B，C，D，E的车辆需求，计算每地分配一辆2-2型运载车的运载方案，并得到各地分配一辆2-2型运载车后的车辆需求。

按照**A**，**C**，**E**，**B**，**D**的顺序为各个需求地点为各地分配运载车辆，按照每**5**辆**1-1**型一辆**1-2**型的运载车进行分配，每辆被分配的运载车的具体运载方案由基于尺寸优先的部分回溯车辆装载算法依据当前地点剩余需求确定。

根据各地的车辆运载配送方案，针对各地运载能力盈余，对得出的运载方案简单调整，得到最终的车辆运载方案

图 6：运输计划流程图

表 12：各终点需要不同类型轿运车的数量

序号	轿运车类型		拥有量（辆）	使用量（辆）	终点为 A	终点为 B	终点为 C	终点为 D	终点为 E
1	八位双桥边轮厢式	1-1 型	21	21	1	20			
2	十位双桥双轮厢式	1-1 型	18	17				17	
3	十二位双桥双轮厢式	1-1 型	22	22	21		1		
4	十位双桥边轮厢式	1-1 型	15	15			15		
5	十九位双桥双轮框架	1-2 型	10	10	4		3		3
6	十位单桥双轮框架	1-1 型	25	0					
7	十位单桥双轮框架	1-1 型	4	4			4		
8	十位单桥双轮框架	1-1 型	16	16					16
9	十九位双桥双轮框架	2-2 型	5	5	1	1	1	1	1
10	十七位双桥双轮框架	1-2 型	15	8		2		5	1
	总　数		151	118	27	23	24	23	21

表 14：各型轿运车使用量

轿运车	1-1 型	1-2 型	2-2 型
使用量	95	18	5

具体装运方案如下表

表 14：　问题 5 装运方案

轿运车序号	下层装载乘用车情况	上层装载乘用车情况	目的地
9 号 2-2 型轿运车	14，14，14，14，14，14，14，18，	18，18，18，18，18，18，18，18，	A

9 号 2-2 型轿运车	14， 14， 14， 14， 18， 18， 34， 34，	3， 3， 3， 18， 18， 18， 18， 18，	B
9 号 2-2 型轿运车	14， 14， 34， 34， 34， 34， 34， 34，	14， 18， 34， 34， 34， 34， 34， 34，	C
9 号 2-2 型轿运车	14， 14， 34， 34， 34， 34， 34， 34，	14， 14， 18， 18， 18， 18， 18， 18，	D
9 号 2-2 型轿运车	14， 14， 14， 34， 34， 34， 34， 34，	3， 14， 14， 18， 18， 18， 18， 18，	E
1 号 1-1 型轿运车	24， 39， 39， 43，	20， 43， 43， 43，	B
1 号 1-1 型轿运车	5， 24， 43， 43，	2， 2， 2， 20，	B
1 号 1-1 型轿运车	19， 19， 19， 37，	15， 15， 23， 29，	B
1 号 1-1 型轿运车	28， 28， 28， 30，	28， 28， 28， 30，	B
1 号 1-1 型轿运车	30， 41， 41， 41，	27， 33， 41， 41，	B
1 号 1-1 型轿运车	25， 25， 25， 31，	33， 33， 33， 39，	B
1 号 1-1 型轿运车	31， 33， 33， 33，	4， 4， 16， 33，	B
1 号 1-1 型轿运车	4， 4， 4， 16，	4， 4， 4， 16，	B
1 号 1-1 型轿运车	45， 45， 45， 45，	45， 45， 45， 45，	B
1 号 1-1 型轿运车	1， 1， 32， 32，	32， 32， 32， 32，	B
1 号 1-1 型轿运车	32， 32， 32， 32，	32， 32， 36， 36，	B
1 号 1-1 型轿运车	36， 36， 36， 36，	11， 11， 11， 35，	B
1 号 1-1 型轿运车	26， 35， 35， 35，	42， 42， 42， 42，	B
1 号 1-1 型轿运车	12， 12， 12， 12，	22， 42， 42， 42，	B
1 号 1-1 型轿运车	13， 13， 13， 22，	13， 13， 13， 13，	B
1 号 1-1 型轿运车	6， 6， 13， 13，	6， 6， 6， 6，	B
1 号 1-1 型轿运车	6， 6， 6， 6，	6， 6， 21， 21，	B
1 号 1-1 型轿运车	16， 21， 21， 21，	16， 16， 16， 16，	B
1 号 1-1 型轿运车	31， 31， 31， 31，	38， 38， 38， 38，	B
1 号 1-1 型轿运车	37， 38， 38， 38，	5， 5， 5， 5， 5，	B
1 号 1-1 型轿运车	43， 44， 44，	43， 44， 44，	A
2 号 1-1 型轿运车	2， 2， 30， 37，	2， 19， 30， 30，	D
2 号 1-1 型轿运车	10， 15， 23， 30，	10， 23， 23， 30，	D
2 号 1-1 型轿运车	10， 23， 23， 30，	23， 27， 28， 29，	D
2 号 1-1 型轿运车	27， 37， 41， 41，	5， 33， 33， 41，	D
2 号 1-1 型轿运车	20， 25， 25， 33，	20， 33， 33， 33，	D
2 号 1-1 型轿运车	4， 4， 20， 33，	4， 4， 4， 40，	D
2 号 1-1 型轿运车	4， 4， 4， 40，	4， 29， 45， 45，	D
2 号 1-1 型轿运车	37， 45， 45， 45，	29， 45， 45， 45，	D
2 号 1-1 型轿运车	32， 32， 32， 37，	5， 32， 32， 32，	D
2 号 1-1 型轿运车	26， 26， 26， 38，	35， 35， 35， 38，	D
2 号 1-1 型轿运车	26， 26， 26， 38，	5， 35， 35， 35，	D
2 号 1-1 型轿运车	26， 31， 35， 42，	16， 42， 42， 42，	D
2 号 1-1 型轿运车	16， 22， 22， 42，	5， 13， 22， 22，	D
2 号 1-1 型轿运车	6， 6， 6， 13，	6， 6， 6， 6，	D

2 号 1-1 型轿运车	31，31，31，31，	9，9，9，9，	D
2 号 1-1 型轿运车	21，37，37，37，	9，9，21，	D
2 号 1-1 型轿运车	31，31，31，31，	6，6，9，9，	D
3 号 1-1 型轿运车	24，24，24，27，38，	20，43，43，43，43，	A
3 号 1-1 型轿运车	24，24，24，27，38，	20，43，43，43，43，	A
3 号 1-1 型轿运车	2，20，24，43，43，	2，19，19，19，29，	A
3 号 1-1 型轿运车	17，17，17，19，29，	10，15，15，15，15，	A
3 号 1-1 型轿运车	16，23，23，23，23，	18，23，28，28，28，	A
3 号 1-1 型轿运车	16，28，28，28，28，	21，28，41，41，41，	A
3 号 1-1 型轿运车	21，41，41，41，41，	32，33，33，41，41，	A
3 号 1-1 型轿运车	25，25，25，25，45，	33，33，33，33，45，	A
3 号 1-1 型轿运车	33，33，33，33，45，	4，4，4，4，4，	A
3 号 1-1 型轿运车	4，4，4，4，4，	4，4，4，4，4，	A
3 号 1-1 型轿运车	45，45，45，45，45，	32，32，45，45，45，	A
3 号 1-1 型轿运车	1，1，1，32，32，	32，32，32，32，32，	A
3 号 1-1 型轿运车	32，32，32，32，32，	36，36，36，36，36，	A
3 号 1-1 型轿运车	11，11，11，11，11，	11，11，11，11，11，	A
3 号 1-1 型轿运车	11，11，35，35，35，	35，35，35，35，35，	A
3 号 1-1 型轿运车	12，12，42，42，42，	42，42，42，42，42，	A
3 号 1-1 型轿运车	13，22，22，22，22，	13，13，13，13，13，	A
3 号 1-1 型轿运车	13，13，13，13，13，	6，13，13，13，13，	A
3 号 1-1 型轿运车	6，6，6，6，6，	6，6，6，6，9，	A
3 号 1-1 型轿运车	9，9，9，21，21，	16，16，16，16，16，	A
3 号 1-1 型轿运车	10，38，38，38，38，	5，10，10，10，10，	A
3 号 1-1 型轿运车	24，24，24，27，38，	19，19，19，19，30，	C
4 号 1-1 型轿运车	15，15，15，24，	5，5，23，28，28，	C
4 号 1-1 型轿运车	5，20，25，28，28，	20，20，33，33，33，	C
4 号 1-1 型轿运车	20，20，25，25，25，	20，20，33，33，33，	C
4 号 1-1 型轿运车	4，4，4，20，40，	29，29，45，45，45，	C
4 号 1-1 型轿运车	20，25，40，45，45，	29，29，45，45，45，	C
4 号 1-1 型轿运车	32，32，37，37，45，	29，30，32，32，36，	C
4 号 1-1 型轿运车	36，36，36，37，37，	29，30，36，36，36，	C
4 号 1-1 型轿运车	11，11，36，37，37，	11，11，11，29，30，	C
4 号 1-1 型轿运车	30，35，35，35，37，	29，30，42，42，42，	C
4 号 1-1 型轿运车	12，12，26，30，37，	5，13，13，13，42，	C
4 号 1-1 型轿运车	6，6，13，13，20，	6，6，6，6，20，	C
4 号 1-1 型轿运车	6，6，6，6，20，	6，6，6，6，20，	C
4 号 1-1 型轿运车	9，9，9，9，20，	9，9，20，21，21，	C
4 号 1-1 型轿运车	16，16，16，16，27，	38，38，38，38，38，	C
4 号 1-1 型轿运车	31，31，31，31，38，	29，29，38，38，38，	C
5 号 1-2 型轿运车	28，28，28，28，29，	3，3，3，3，3，3，3，18，18，18，	A
5 号 1-2 型轿运车	1，45，45，45，45，	3，3，3，3，3，8，8，8，	A

		8，8，	
5 号 1-2 型轿运车	12，12，12，12，35，	7，7，7，7，7，39，39，39，39，39，	A
5 号 1-2 型轿运车	7，7，16，38，38，	5，5，5，5，5，5，5，5，5，5，5，27，	A
5 号 1-2 型轿运车	24，30，30，43，43，	3，3，3，3，3，3，8，8，8，8，	E
5 号 1-2 型轿运车	25，25，25，25，30，	7，39，39，39，39，39，39，39，39，39，	E
5 号 1-2 型轿运车	22，22，35，42，42，	7，7，7，7，7，7，27，27，27，27，	E
5 号 1-2 型轿运车	23，25，25，25，30，	3，3，3，3，3，8，8，18，18，18，	C
5 号 1-2 型轿运车	4，26，26，26，26，	8，8，8，8，8，8，8，8，8，8，	C
5 号 1-2 型轿运车	21，21，21，21，21，	7，7，39，39，39，39，39，39，39，39，	C
7 号 1- 1 型轿运车	37，37，37，37，37，	29，29，29，29，40，	C
7 号 1- 1 型轿运车	37，37，37，37，37，	40，40，40，40，40，	C
7 号 1- 1 型轿运车	37，37，40，40，40，	5，40，40，40，40，	C
7 号 1- 1 型轿运车	5，5，31，31，37，		C
8 号 1- 1 型轿运车	2，2，24，43，	15，15，19，19，	E
8 号 1- 1 型轿运车	17，17，23，23，	23，23，23，28，	E
8 号 1- 1 型轿运车	28，28，28，28，	28，41，41，41，	E
8 号 1- 1 型轿运车	25，41，41，41，	4，4，4，4，	E
8 号 1- 1 型轿运车	4，4，25，45，	45，45，45，45，	E
8 号 1- 1 型轿运车	1，32，32，45，	32，32，32，36，	E
8 号 1- 1 型轿运车	36，36，36，36，	36，36，36，36，	E
8 号 1- 1 型轿运车	26，26，26，26，	35，35，35，35，	E
8 号 1- 1 型轿运车	26，26，26，26，	5，5，42，42，42，	E
8 号 1- 1 型轿运车	5，13，13，13，20，	5，13，13，13，20，	E
8 号 1- 1 型轿运车	5，6，6，6，20，	5，6，6，6，20，	E
8 号 1- 1 型轿运车	6，6，6，22，	6，6，6，6，	E
8 号 1- 1 型轿运车	9，9，9，9，	16，16，16，29，29，	E
8 号 1- 1 型轿运车	16，16，29，31，37，	29，30，38，38，38，	E
8 号 1- 1 型轿运车	31，31，37，37，38，	10，10，29，38，40，	E
8 号 1- 1 型轿运车	31，37，37，37，37，	20，20，20，40，40，	E
10 号 1- 2 型轿运车	9，31，31，31，31，	20，27，27，27，29，29，30，30，30，30，30，40，	E
10 号 1- 2 型轿运车	16，23，23，28，28，	3，3，3，8，8，8，39，39，39，39，	B
10 号 1- 2 型轿运车	45，45，45，45，45，	5，5，20，20，20，27，27，27，29，29，29，29，	B

10号1- 2型轿运车	8, 8, 24, 24, 43,	3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 18, 18,	D
10号1- 2型轿运车	20, 24, 43, 43, 43,	3, 3, 7, 8, 8, 8, 39, 39, 39, 39,	D
10号1- 2型轿运车	2, 28, 31, 41, 41,	5, 7, 7, 7, 7, 27, 27, 27, 27, 27,	D
10号1- 2型轿运车	1, 1, 1, 45, 45,	5, 5, 5, 20, 27, 29, 40, 40, 40, 40, 40, 40,	D
10号1- 2型轿运车	13, 13, 13, 13, 13,	5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5,	D

其中：

第16辆8号1-1车到E点的，两台37号轿车在B点卸货，

第4辆7号1-1车到C点，其中两台31号车，一台37号车在D点卸货

六 模型的评价

在解决前三个问题中，本文首先采用饱和方案去求得所有轿运车的最大承载能力，再利用分枝定界法求得最优方案。饱和方案不仅提供了轿运车装载的所有最优方案，而且为分枝定界法作好了铺垫。本文此方案的思想主要基于常微分方程中的解的延拓性知识里的饱和解。分支定界法是一种求解整数规划问题的最常用算法。这种方法不但可以求解纯整数规划，还可以求解混合整数规划问题。其针对本文中的问题很实用，得出的结果也很乐观。不但满足了需求，而且为第四问提供了解决问题的思路。本文之所以能够采用此方法是由于前三问主要考虑的约束为轿运车使用总量，并没有量化的考虑轿运车的运费以及装载成本等问题。换言之，前三问的模型是存在局限性的。如果增大运费以及装载成本和轿运车本身的考虑权重，此类运输优化的问题将会复杂化。饱和方案和分枝定界法将不再是最优的方法。

在第四问中，主要采用算法仍然是分枝定界法和饱和方案的结合模型。只是在前三问的基础上增加了一部分的约束和目标。这个模型好处在于可以先利用前三问的通用模型针对车辆总数解出近似范围的解。利用此模型，最后的结果是很理想的，在用车方面少而且总里程数也较短。更加令人欣慰的是其优化的程度到只剩一个空位。这个结果是出乎意料的。在解决此类问题的同时，固然还是体现出模型的不足之处。在实际情况中，这种比较单一因素的情况是非常少见的，当变量和不定因素增加时，这种模型并不一定实用。在结合模型和四问中的卸货量的时候，本文中用到了很果决的方式去利用卸货量这一点，使得模型只是在原来的基础上更多的增加了约束而已。这也说明此模型的通用性和实用性。

在第五问的问题上，采用了启发式算法-部分回溯法。回溯法（探索与回溯法）是一种选优搜索法，又称为试探法，按选优条件向前搜索，以达到目标。但当探索到某一步时，发现原先选择并不优或达不到目标，就退回一步重新选择，这种走不通就退回再走的技术为回溯法，而满足回溯条件的某个状态的点称为“回溯点”。对应到题中的思想在于在使用装车原则（按长度优先装车）的情况下去考虑从最长的轿运车开始考虑替换得出是否能使得最后的轿运车的使用率更大（即使得剩余长度更短）。此模型得出的结果较为理想，但是其缺点在于并没有像前四问的饱和方案使得轿运车的利用率最高。即存在更加优化的可能性，如：在得出结果后人工的调优。

参考文献

【1】 冯益增. 中国整车物流的对策研究[D]. 大连海事大学，2006.
【2】 汪时珍，张爱国.现代物流运输管理[M]。安徽大学出版社，2008.

附录

第一、二、三问 Lingo 程序

```
min = C1 + 1.001*C2;
C1 =   C1_p50 + C1_p31 + C1_p22 + C1_p13 + C1_p04;
C1 =   C1_d500 +
       C1_d310 + C1_d301 +
       C1_d220 + C1_d211 + C1_d202 +
       C1_d130 + C1_d121 + C1_d112 + C1_d103 +
       C1_d040 + C1_d031 + C1_d022 + C1_d013 +
C1_d004;
C2 =   C2_p60_A + C2_p51_A + C2_p42_A + C2_p23_A +
C2_p14_A + C2_p05_A;
C2 =   C2_p60_B + C2_p51_B + C2_p42_B + C2_p23_B +
C2_p14_B + C2_p05_B;
C2 =   C2_d600 +
       C2_d510 + C2_d501 +
       C2_d420 + C2_d411 + C2_d402 +
       C2_d230 + C2_d221 + C2_d212 + C2_d203 +
       C2_d140 + C2_d131 + C2_d122 + C2_d113 + C2_d104
+
       C2_d050 + C2_d041 + C2_d032 + C2_d023 + C2_d014
+ C2_d005;
C2<=0.2*C1;
0*C1_p50 + 1*C1_p31 + 2*C1_p22 + 3*C1_p13 + 4*C1_p04
+
0*C1_d500 +
1*C1_d310 + 0*C1_d301 +
2*C1_d220 + 1*C1_d211 + 0*C1_d202 +
3*C1_d130 + 2*C1_d121 + 1*C1_d112 + 0*C1_d103 +
4*C1_d040 + 3*C1_d031 + 2*C1_d022 + 1*C1_d013 +
0*C1_d004+
0*C2_p60_A + 1*C2_p51_A + 2*C2_p42_A + 3*C2_p23_A +
4*C2_p14_A + 5*C2_p05_A+
0*C2_p60_B + 1*C2_p51_B + 2*C2_p42_B + 3*C2_p23_B +
4*C2_p14_B + 5*C2_p05_B+
0*C2_d600 +
1*C2_d510 + 0*C2_d501 +
2*C2_d420 + 1*C2_d411 + 0*C2_d402 +
3*C2_d230 + 2*C2_d221 + 1*C2_d212 + 0*C2_d203 +
4*C2_d140 + 3*C2_d131 + 2*C2_d122 + 1*C2_d113 +
0*C2_d104 +
5*C2_d050 + 4*C2_d041 + 3*C2_d032 + 2*C2_d023 +
1*C2_d014 + 0*C2_d005 >= 156;
5*C1_p50 + 3*C1_p31 + 2*C1_p22 + 1*C1_p13 + 0*C1_p04
+
5*C1_d500 +
3*(C1_d310 + C1_d301) +
2*(C1_d220 + C1_d211 + C1_d202) +
1*(C1_d130 + C1_d121 + C1_d112 + C1_d103) +
0*(C1_d040 + C1_d031 + C1_d022 + C1_d013 + C1_d004)+
6*C2_p60_A + 5*C2_p51_A + 4*C2_p42_A + 2*C2_p23_A +
1*C2_p14_A + 0*C2_p05_A+
6*C2_p60_B + 5*C2_p51_B + 4*C2_p42_B + 2*C2_p23_B +
1*C2_p14_B + 0*C2_p05_B+
6*C2_d600 +
5*(C2_d510 + C2_d501) +
4*(C2_d420 + C2_d411 + C2_d402) +
2*(C2_d230 + C2_d221 + C2_d212 + C2_d203) +
1*(C2_d140 + C2_d131 + C2_d122 + C2_d113 + C2_d104) +
0*(C2_d050 + C2_d041 + C2_d032 + C2_d023 + C2_d014 +
C2_d005) >= 102;
0*C1_d500 +
0*C1_d310 + 1*C1_d301 +
0*C1_d220 + 1*C1_d211 + 2*C1_d202 +
0*C1_d130 + 1*C1_d121 + 2*C1_d112 + 3*C1_d103 +
0*C1_d040 + 1*C1_d031 + 2*C1_d022 + 3*C1_d013 +
4*C1_d004+
0*C2_d510 + 1*C2_d501 +
0*C2_d420 + 1*C2_d411 + 2*C2_d402 +
0*C2_d230 + 1*C2_d221 + 2*C2_d212 + 3*C2_d203 +
0*C2_d140 + 1*C2_d131 + 2*C2_d122 + 3*C2_d113 +
4*C2_d104 +
0*C2_d050 + 1*C2_d041 + 2*C2_d032 + 3*C2_d023 +
4*C2_d014 + 5*C2_d005 >= 39;

@gin(C1);@gin(C2);

@gin(C1_p50);@gin(C1_p31);@gin(C1_p22);@gin(C1_p13);
@gin(C1_p04);
@gin(C1_d500);
@gin(C1_d310);@gin(C1_d301);
@gin(C1_d220);@gin(C1_d211);@gin(C1_d202);
@gin(C1_d130);@gin(C1_d121);@gin(C1_d112);@gin(C1_d
103);
@gin(C1_d040);@gin(C1_d031);@gin(C1_d022);@gin(C1_d
013);@gin(C1_d004);

@gin(C2_p60_A);@gin(C2_p51_A);@gin(C2_p42_A);@gin(
C2_p23_A);@gin(C2_p14_A);@gin(C2_p05_A);
@gin(C2_p60_B);@gin(C2_p51_B);@gin(C2_p42_B);@gin(
C2_p23_B);@gin(C2_p14_B);@gin(C2_p05_B);
@gin(C2_d600);
@gin(C2_d510);@gin(C2_d501);
@gin(C2_d420);@gin(C2_d411);@gin(C2_d402);
@gin(C2_d230);@gin(C2_d221);@gin(C2_d212);@gin(C2_d
203);
@gin(C2_d140);@gin(C2_d131);@gin(C2_d122);@gin(C2_d
113);@gin(C2_d104);
@gin(C2_d050);@gin(C2_d041);@gin(C2_d032);@gin(C2_d
023);@gin(C2_d014);@gin(C2_d005);
```

第四问 Lingo 程序

```
min = (1.000036*c1a + 1.000028*c1b + 1.0000236*c1c +
1.000016*c1d) +
  1.01*(1.000036*c2a + 1.000028*c2b + 1.0000236*c2c +
1.000016*c2d) ;
(c2a+c2b+c2c+c2d)<=(c1a+c1b+c1c+c1d)*0.2;
2*c1a = c1a50 + c1a31 + c1a22 + c1a13 + c1a04;
3*c2a = c2a60 + c2a51 + c2a42 + c2a23 + c2a14 + c2a05;
2*c1b = c1b50 + c1b31 + c1b22 + c1b13 + c1b04;
3*c2b = c2b60 + c2b51 + c2b42 + c2b23 + c2b14 + c2b05;
2*c1c = c1c50 + c1c31 + c1c22 + c1c13 + c1c04;
3*c2c = c2c60 + c2c51 + c2c42 + c2c23 + c2c14 + c2c05;
2*c1d = c1d50 + c1d31 + c1d22 + c1d13 + c1d04;
3*c2d = c2d60 + c2d51 + c2d42 + c2d23 + c2d14 + c2d05;
!C1A，C2A到A地的卸货量;
c1a_a1 + c2a_a1 >= 42;
c1a_a2 + c2a_a2 >= 31;
!C1B，C2B，C1A，C2A到B地的卸货量;
c1a_b1 + c2a_b1 + c1b_b1 + c2b_b1 >=50;
!C1C，C2C到C地的卸货量;
c1c_c1 + c2c_c1 >= 33;
c1c_c2 + c2c_c2 >= 47;
!所有车到D地的卸货量;
c1a_d1+c2a_d1 + c1b_d1+c2b_d1 + c1c_d1+c2c_d1 +
c1d_d1+c2d_d1 >= 41;
!到A地车的供应;
0*c1a50 + 1*c1a31 + 2*c1a22 + 3*c1a13 + 4*c1a04 >= c1a_a1
+ c1a_b1 + c1a_d1;
5*c1a50 + 3*c1a31 + 2*c1a22 + 1*c1a13 + 0*c1a04 >=
c1a_a2;
0*c2a60 + 1*c2a51 + 2*c2a42 + 3*c2a23 + 4*c2a14 +
5*c2a05 >= c2a_a1 + c2a_b1 + c2a_d1;
6*c2a60 + 5*c2a51 + 4*c2a42 + 2*c2a23 + 1*c2a14 +
0*c2a05 >= c2a_a2;
!到B地车的供应;
0*c1b50 + 1*c1b31 + 2*c1b22 + 3*c1b13 + 4*c1b04 >=
c1b_b1 + c1b_d1;
0*c2b60 + 1*c2b51 + 2*c2b42 + 3*c2b23 + 4*c2b14 +
5*c2b05 >= c2b_b1 + c2b_d1;
```

!到C地车的供应;
0*c1c50 + 1*c1c31 + 2*c1c22 + 3*c1c13 + 4*c1c04 >= c1c_c1 + c1c_d1 ;
5*c1c50 + 3*c1c31 + 2*c1c22 + 1*c1c13 + 0*c1c04 >= c1c_c2;
0*c2c60 + 1*c2c51 + 2*c2c42 + 3*c2c23 + 4*c2c14 + 5*c2c05 >= c2c_c1 + c2c_d1;
6*c2c60 + 5*c2c51 + 4*c2c42 + 2*c2c23 + 1*c2c14 + 0*c2c05 >= c2c_c2;
!到D地车的供应;
0*c1d50 + 1*c1d31 + 2*c1d22 + 3*c1d13 + 4*c1d04 >= c1d_d1;
0*c2d60 + 1*c2d51 + 2*c2d42 + 3*c2d23 + 4*c2d14 + 5*c2d05 >= c2d_d1;
@gin(c1a_a1);@gin(c2a_a1);
@gin(c1a_a2);@gin(c2a_a2);
@gin(c1a_b1);@gin(c2a_b1);
@gin(c1a_d1);@gin(c2a_d1);
@gin(c1b_b1);@gin(c2b_b1);
@gin(c1b_d1);@gin(c2b_d1);
@gin(c1c_c1);@gin(c2c_c1);
@gin(c1c_c2);@gin(c2c_c2);
@gin(c1c_d1);@gin(c2c_d1);
@gin(c1d_d1);@gin(c2d_d1);
@gin(c1a);@gin(c1b);@gin(c1c);@gin(c1d);
@gin(c2a);@gin(c2b);@gin(c2c);@gin(c2d);
@gin(c1a50);@gin(c1a31);@gin(c1a22);@gin(c1a13);@gin(c1a04);
@gin(c2a60);@gin(c2a51);@gin(c2a42);@gin(c2a23);@gin(c2a14);@gin(c2a05);
@gin(c1b50);@gin(c1b31);@gin(c1b22);@gin(c1b13);@gin(c1b04);
@gin(c2b60);@gin(c2b51);@gin(c2b42);@gin(c2b23);@gin(c2b14);@gin(c2b05);
@gin(c1c50);@gin(c1c31);@gin(c1c22);@gin(c1c13);@gin(c1c04);
@gin(c2c60);@gin(c2c51);@gin(c2c42);@gin(c2c23);@gin(c2c14);@gin(c2c05);
@gin(c1d50);@gin(c1d31);@gin(c1d22);@gin(c1d13);@gin(c1d04);
@gin(c2d60);@gin(c2d51);@gin(c2d42);@gin(c2d23);@gin(c2d14);@gin(c2d05);

第五问 Matlab程序:

```
%%%%% 11 12 ³µÔËÊä¼Æ»®



clear all
load Need_ALL.mat
load Car_22_list.mat
load Car_CAR22_R.mat
%%% ¿Û³ýÊ£ÓàÐèÇó
Need_ALL(1,9) = 1930;
Need_ALL(20,9) = 1500;
Need_ALL_r = Need_ALL;

fori = 1:4
for j = 1:length( Car22_A{i,1} )
      index = find(  Need_ALL_r(:,7) == Car22_A{i,1}(j,2) );
Need_ALL_r(index,1) = Need_ALL_r(index,1)-1;
end
end

fori = 1:4
for j = 1:length( Car22_B{i,1} )
      index = find(  Need_ALL_r(:,7) == Car22_B{i,1}(j,2) );
Need_ALL_r(index,2) = Need_ALL_r(index,2)-1;
end
end

fori = 1:4
for j = 1:length( Car22_C{i,1} )
      index = find(  Need_ALL_r(:,7) == Car22_C{i,1}(j,2) );
Need_ALL_r(index,3) = Need_ALL_r(index,3)-1;
end
end

fori = 1:4
for j = 1:length( Car22_D{i,1} )
      index = find(  Need_ALL_r(:,7) == Car22_D{i,1}(j,2) );
Need_ALL_r(index,4) = Need_ALL_r(index,4)-1;
end
end

fori = 1:4
for j = 1:length( Car22_E{i,1} )
      index = find(  Need_ALL_r(:,7) == Car22_E{i,1}(j,2) );
Need_ALL_r(index,5) = Need_ALL_r(index,5)-1;
end
end

%%% ÑéËã sum( Need_ALL(:,1:5)) - sum( Need_ALL_r(:,1:5))
%%%%
fori = 1:length( Need_ALL_r )
ifNeed_ALL_r(i,8)<=1700
Need_ALL_r(i,8) = 0;
else
Need_ALL_r(i,8) = 1;
end

ifNeed_ALL_r(i,9)<=1700
Need_ALL_r(i,9) = 0;
else
Need_ALL_r(i,9) = 1;
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% ³µÁ¾Í³¼Æ
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

CarTA_list_1_11 = [];index_1_11 = 1;L_1_11 = 19000;
CarTA_list_2_11 = [];index_2_11 = 1;L_2_11 = 18300;
CarTA_list_3_11 = [];index_3_11 = 1;L_3_11 = 24300;
CarTA_list_4_11 = [];index_4_11 = 1;L_4_11 = 22000;
CarTA_list_5_12 = [];index_5_12 = 1;L_5_12 = 23700;
CarTA_list_6_11 = [];index_6_11 = 1;L_6_11 = 18200;
CarTA_list_7_11 = [];index_7_11 = 1;L_7_11 = 21000;
CarTA_list_8_11 = [];index_8_11 = 1;L_8_11 = 21000;
CarTA_list_9_22 = [];index_9_22 = 1;L_9_22 = 24300;
CarTA_list_10_12 = [];index_10_12 = 1;L_10_12 = 24300;

QA = Need_ALL_r(:,[1,6,7,8,9 ]);
FA = Needchange2( QA );
FA_I = FA;

QE = Need_ALL_r(:,[5,6,7,8,9 ]);
FE = Needchange2( QE );
FE_I = FE;

QB = Need_ALL_r(:,[2,6,7,8,9 ]);
FB = Needchange2( QB );
FB_I = FB;

QC = Need_ALL_r(:,[3,6,7,8,9 ]);
FC = Needchange2( QC );
FC_I = FC;

QD = Need_ALL_r(:,[4,6,7,8,9 ]);
FD = Needchange2( QD );
FD_I = FD;


%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% B ÐèÇó½â¾ö Ê£Óà¸øÔØÁ¿Ð-Öú D
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%


%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% D ÐèÇó½â¾ö ×î°ó´¦Àí
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%



A_loading
E_loading
C_loading
B_loading
D_loading

%%%%%%%%%%% µ÷Õû
CarTA_list_1_11{21,1} =
[6831,44,1,0;6831,44,1,0;5035,43,1,0];
CarTA_list_1_11{21,2} = 19000 - 6831*2 - 5035
- 300;
CarTA_list_1_11{21,3} = 'd' ;
CarTA_list_1_11{21,4} =
[6831,44,1,0;6831,44,1,0;5035,43,1,0];
CarTA_list_1_11{21,5} = 19000 - 6831*2 - 5035
- 300;
CarTA_list_1_11{21,6} = 'p' ;
CarTA_list_1_11{21,7} = 'A' ;

%%%% Car_8_11 16µ÷Õû
temp = CarTA_list_8_11{16,1}([4,5],:) ;
CarTA_list_8_11{16,1}([4,5],:) = [];
CarTA_list_8_11{16,4} =
[ CarTA_list_8_11{16,4};temp ];
 CarTA_list_8_11{16,1} =
[CarTA_list_8_11{16,1};FB_I]; FB_I = [];
CarTA_list_8_11{16,2} = L_8_11 -
sum( CarTA_list_8_11{16,1}(:,1) ) - 100*
length( CarTA_list_8_11{16,1}(:,1) );
CarTA_list_8_11{16,5} = L_8_11 -
sum( CarTA_list_8_11{16,4}(:,1) ) - 100*
length( CarTA_list_8_11{16,4}(:,1) );

%%%%%%%%%%%  Car_2_11 16µ÷Õû
temp = CarTA_list_2_11{16,1}([1,2,3],:) ;
CarTA_list_2_11{16,1}([1,2,3],:) = [];
CarTA_list_2_11{16,4} =
[ CarTA_list_2_11{16,4};temp ];
CarTA_list_2_11{16,1} =
[CarTA_list_2_11{16,1};FD_I([4,5,6],:) ];
FD_I([4,5,6],:) = [];
CarTA_list_2_11{16,2} = L_2_11 -
sum( CarTA_list_2_11{16,1}(:,1) ) - 100*
length( CarTA_list_2_11{16,1}(:,1) );
CarTA_list_2_11{16,5} = L_2_11 -
sum( CarTA_list_2_11{16,4}(:,1) ) - 100*
length( CarTA_list_2_11{16,4}(:,1) );

%%%%%%%%%%%  Car_7_11 16µ÷Õû
CarTA_list_7_11{4,1} =
[CarTA_list_7_11{4,1};FD_I];FD_I =[];
CarTA_list_7_11{4,2} = L_7_11 -
sum( CarTA_list_7_11{4,1}(:,1) ) - 100*
length( CarTA_list_7_11{4,1}(:,1) );

%%%%%%%%%%% 2_11 15 17 18 ³µµ÷Õû
CarTA_list_2_11{17,4} =
CarTA_list_2_11{15,1};CarTA_list_2_11{17,5}
= CarTA_list_2_11{15,2};
CarTA_list_2_11{17,4} =
CarTA_list_2_11{15,1};CarTA_list_2_11{17,5}
= CarTA_list_2_11{15,2};

CarTA_list_2_11{15,1} =
CarTA_list_2_11{18,1};
CarTA_list_2_11{15,2} =
CarTA_list_2_11{18,2};

CarTA_list_2_11{18,1}
=[];CarTA_list_2_11{18,2}=
CarTA_list_2_11{18,5};


clear all

%%%%
%%%%
%%%% ÐèÇóÏòÁ¿×ª»¯º¯Êý

QA = Need_2_2(:,[1,6,7]);
QB = Need_2_2(:,[2,6,7]);
QC = Need_2_2(:,[3,6,7]);
QD = Need_2_2(:,[4,6,7]);
QE = Need_2_2(:,[5,6,7]);

FA = Needchange( QA );
FB = Needchange( QB );
FC = Needchange( QC );
FD = Needchange( QD );
FE = Needchange( QE );

%%%%
%%%%% 22³µÔËÊä¼Æ»®
FA_I = FA;
Car22_A = cell(4,1);
fori = 1:4
    [ F_r, Car22_A{i,1},L_r] =
CarLoading_2_2( FA_I, 19000 );
    FA_I = F_r;
end

FB_I = FB;
Car22_B = cell(4,1);
fori = 1:4
    [ F_r, Car22_B{i,1},L_r] =
CarLoading_2_2( FB_I, 19000 );
    FB_I = F_r;
end

FC_I = FC;
Car22_C = cell(4,1);
fori = 1:4
    [ F_r, Car22_C{i,1},L_r] =
CarLoading_2_2( FC_I, 19000 );
    FC_I = F_r;
end

FD_I = FD;
Car22_D = cell(4,1);
fori = 1:4
    [ F_r, Car22_D{i,1},L_r] =
CarLoading_2_2( FD_I, 19000 );
    FD_I = F_r;
end

FE_I = FE;
Car22_E = cell(4,1);
fori = 1:4
    [ F_r, Car22_E{i,1},L_r] =
CarLoading_2_2( FE_I, 19000 );
    FE_I = F_r;
end
 function [ F_r, C ] = CarLoading_1_1( FA, L )

C = cell(2,2);

C{1,1} = []; %%ÉÏ²ãÐÐ³µ·½°¸
C{2,1} = []; %%ÏÂ²ãÐÐ³µ·½°¸
C{1,2} = L;  %%ÉÏ²ãÊ£Óà³¤¶È
C{2,2} = L;  %%ÏÂ²ãÊ£Óà³¤¶È

%%%%% ÏÂÔØ²ã×°ÔØ ÎÞÏÞÖÆ×°ÔØ

[ N ,~ ] = size(FA);
F_r = FA;   %% Ê£ÓàÐèÇó
index = []; %% È¥³ý²¿·ÖÔÝË÷

fori = 1:N
if C{1,2} - FA(i,1) > 0
       C{1,2} = C{1,2} - FA(i,1) - 100;
       C{1,1} = [ C{1,1};FA(i,:) ];
```

```
        index = [index;i];
end
end

F_r(index,:) = [];
[ N2 ,~ ] = size(F_r);
ifisempty(F_r)
return
end

if  C{1,1}(1,1) + C{1,2} + 100 >=
sum( F_r([N2,N2-1] ,1) )+100
fori = N2:-1:2
if sum( F_r([i,i-1] ,1) )+100<=  C{1,1}(1,1) +
C{1,2} + 100
continue
else
            C{1,2} = C{1,2} + C{1,1}(1,1) + 100
- sum( ( F_r([i+1,i] ,1) ) ) - 200;
            temp = C{1,1}(1,:);
            C{1,1}(1,:) = [];
            C{1,1} = [ C{1,1}; F_r([i+1,i] ,:)];
F_r([i+1,i],:) = [];
F_r = [temp;F_r];
break
end
end
end

%%%%% ÉÏ²ãÔØ²ã×°ÔØ ÏÞ¸ß1700Ò»ÏÂ
¼´µÚÐèÇóµÚËÄÁÐ²»Îª1

%%%  ÏÂ²ã×ªÔØÍê³É ÐèÇóFA±ä¶¯
FA =  F_r;
[ N ,~ ] = size(FA);
F_r = FA;   %% Ê£ÓàÐèÇó
index = []; %% È¥³ý²¿·ÖÒýË÷

fori = 1:N
if FA(i,4) == 1
continue
end
if C{2,2} - FA(i,1) > 0
        C{2,2} = C{2,2} - FA(i,1) - 100;
        C{2,1} = [ C{2,1};FA(i,:) ];
        index = [index;i];
end
end

F_r(index,:) = [];
[ N2 ,~ ] = size(F_r);
ifisempty(F_r)
return
end

p = [];
q = [];

for j = N2:-1:2
ifF_r(j,4) == 0
        p = j;
break
end
end

ifisempty(p)
return
end

for j = p-1:-1:2
ifF_r(j,4) == 0
        q = j;
break
end
end

ifisempty(q)
return
end
if C{2,1}(1,1) + C{2,2} + 100 >=
sum( F_r([p,q] ,1) )+100
% if  C{1,1}(1,1) + C{1,2} + 100 >=
sum( F_r([N2,N2-1] ,1) )+100
fori = N2:-1:2
pre_p = p; %%
pre_q = q; %%

for j = i:-1:2
ifF_r(j,4) == 0
                p = j;
break
end
end
for j = p-1:-1:2
ifF_r(j,4) == 0
                q = j;
break
end
end

if sum( F_r([p,q] ,1) )+100<=  C{2,1}(1,1) +
C{2,2} + 100
% if sum( F_r([i,i-1] ,1) )+100<=  C{1,1}(1,1)
+ C{1,2} + 100
continue
else
            C{2,2} = C{2,2} + C{2,1}(1,1) + 100
- sum( ( F_r([pre_p,pre_q] ,1) ) ) - 200;
            temp = C{2,1}(1,:);
            C{2,1}(1,:) = [];
            C{2,1} = [ C{2,1};
F_r([pre_p,pre_q] ,:)];
F_r([pre_p,pre_q],:) = [];
F_r = [temp;F_r];
break
end
end
end

end
 function [ F_r, C ] = CarLoading_1_2( FA, L )

C = cell(3,2);

C{1,1} = []; %%ÉÏ²ãÐÐ³µ·½°¸
C{2,1} = []; %%ÏÂ²ãÓÒÐÐ³µ·½°¸
C{3,1} = []; %%ÏÂ²ã×óÐÐ³µ·½°¸
C{1,2} = L;  %%ÉÏ²ãÊ£Óà³¤¶È
C{2,2} = L;  %%ÏÂ²ãÓÒÊ£Óà³¤¶È
C{3,2} = L;  %%ÏÂ²ã×óÊ£Óà³¤¶È

%%%%% ÏÂÔØ²ã×°ÔØ ÎÞÏÞÖÆ×°ÔØ

[ N ,~ ] = size(FA);
F_r = FA;   %% Ê£ÓàÐèÇó
index = []; %% È¥³ý²¿·ÖÒýË÷

fori = 1:N
if C{1,2} - FA(i,1) > 0
        C{1,2} = C{1,2} - FA(i,1) - 100;
        C{1,1} = [ C{1,1};FA(i,:) ];
        index = [index;i];
end
end

F_r(index,:) = [];
[ N2 ,~ ] = size(F_r);
ifisempty(F_r)
return
end

if  C{1,1}(1,1) + C{1,2} + 100 >=
sum( F_r([N2,N2-1] ,1) )+100
fori = N2:-1:2
if sum( F_r([i,i-1] ,1) )+100<=  C{1,1}(1,1) +
C{1,2} + 100
continue
else
            C{1,2} = C{1,2} + C{1,1}(1,1) + 100
- sum( ( F_r([i+1,i] ,1) ) ) - 200;
            temp = C{1,1}(1,:);
```

```
          C{1,1}(1,:) = [];
          C{1,1} = [ C{1,1}; F_r([i+1,i] ,:)];
F_r([i+1,i],:) = [];
F_r = [temp;F_r];
break
end
end
end

%%%%% ÉÏ²ãÔØ²ã×°ÔØ ÏÞ¸ß1700Ò»ÏÂ
²¢ÇÒÏÞ¿íÐ¡ÓÚµÈÓÚ1700
¼´µÚÐèÇóµÚËÄÁÐ²»Îª1µÚÈýÁÐ¶¼²»Îª1
%%%  ÏÂ²ã×ªÔØÍê³É ÐèÇóFA±ä¶¯
%%% Ê×ÏÈ×°ÉÏ²ãÓÒ³µµÀ

FA =  F_r;
[ N ,~ ] = size(FA);
F_r = FA;   %% Ê£ÓàÐèÇó
index = []; %% È¥³ý²¿·ÖÒýË÷

fori = 1:N
if FA(i,4) == 1 || FA(i,3) == 1
continue
end
if C{2,2} - FA(i,1) > 0
       C{2,2} = C{2,2} - FA(i,1) - 100;
       C{2,1} = [ C{2,1};FA(i,:) ];
       index = [index;i];
end
end

F_r(index,:) = [];
[ N2 ,~ ] = size(F_r);
ifisempty(F_r)
return
end
p = [];
q = [];

for j = N2:-1:2
ifF_r(j,4) == 0 &&F_r(j,3) == 0
       p = j;
break
end
end
ifisempty(p)
return
end

for j = p-1:-1:2
ifF_r(j,4) == 0 &&F_r(j,3) == 0
       q = j;
break
end
end
ifisempty(q)
return
end

if C{2,1}(1,1) + C{2,2} + 100 >=
sum( F_r([p,q] ,1) )+100
% if  C{1,1}(1,1) + C{1,2} + 100 >=
sum( F_r([N2,N2-1] ,1) )+100
fori = N2:-1:2
pre_p = p; %%
pre_q = q; %%

for j = i:-1:2
ifF_r(j,4) == 0 &&F_r(j,3) == 0
             p = j;
break
end
end

for j = p-1:-1:2
ifF_r(j,4) == 0 &&F_r(j,3) == 0
             q = j;
break
end
end

if sum( F_r([p,q] ,1) )+100<=  C{2,1}(1,1) +
C{2,2} + 100
% if sum( F_r([i,i-1] ,1) )+100<=  C{1,1}(1,1)
+ C{1,2} + 100
continue
else
          C{2,2} = C{2,2} + C{2,1}(1,1) + 100
- sum( ( F_r([pre_p,pre_q] ,1) ) ) - 200;
          temp = C{2,1}(1,:);
          C{2,1}(1,:) = [];
          C{2,1} = [ C{2,1};
F_r([pre_p,pre_q] ,:)];
F_r([pre_p,pre_q],:) = [];
F_r = [temp;F_r];
break
end
end
end


%%%%% ÉÏ²ãÔØ²ã×°ÔØ ÏÞ¸ß1700Ò»ÏÂ
²¢ÇÒÏÞ¿íÐ¡ÓÚµÈÓÚ1700
¼´µÚÐèÇóµÚËÄÁÐ²»Îª1µÚÈýÁÐ¶¼²»Îª1=
%%%  ÏÂ²ã×ªÔØÍê³É ÉÏ²ãÓÒ×°ÔØÍê³É ÐèÇóFA±ä¶¯

FA =  F_r;
[ N ,~ ] = size(FA);
F_r = FA;   %% Ê£ÓàÐèÇó
index = []; %% È¥³ý²¿·ÖÒýË÷

fori = 1:N
if FA(i,4) == 1 || FA(i,3) == 1
continue
end
if C{3,2} - FA(i,1) > 0
       C{3,2} = C{3,2} - FA(i,1) - 100;
       C{3,1} = [ C{3,1};FA(i,:) ];
       index = [index;i];
end
end

F_r(index,:) = [];
[ N2 ,~ ] = size(F_r);
ifisempty(F_r)
return
end
p = [];
q = [];

for j = N2:-1:2
ifF_r(j,4) == 0 &&F_r(j,3) == 0
       p = j;
break
end
end
ifisempty(p)
return
end
for j = p-1:-1:2
ifF_r(j,4) == 0 &&F_r(j,3) == 0
       q = j;
break
end
end
ifisempty(q)
return
end


if C{3,1}(1,1) + C{3,2} + 100 >=
sum( F_r([p,q] ,1) )+100
% if  C{1,1}(1,1) + C{1,2} + 100 >=
sum( F_r([N2,N2-1] ,1) )+100
% ifC{2,1}(1,1) + C{2,2} + 100 >=
sum( F_r([p,q] ,1) )+100
fori = N2:-1:2
pre_p = p; %%
pre_q = q; %%

for j = i:-1:2
ifF_r(j,4) == 0 &&F_r(j,3) == 0
             p = j;
```

```
break
end
end

for j = p-1:-1:2
ifF_r(j,4) == 0 &&F_r(j,3) == 0
            q = j;
break
end
end

if sum( F_r([p,q] ,1) )+100<=  C{3,1}(1,1) +
C{3,2} + 100
% if sum( F_r([i,i-1] ,1) )+100<=  C{1,1}(1,1)
+ C{1,2} + 100
% if sum( F_r([p,q] ,1) )+100<=  C{2,1}(1,1) +
C{2,2} + 100
continue
else
          C{3,2} = C{3,2} + C{3,1}(1,1) + 100
- sum( ( F_r([pre_p,pre_q] ,1) ) ) - 200;
          temp = C{3,1}(1,:);
          C{3,1}(1,:) = [];
          C{3,1} = [ C{3,1};
F_r([pre_p,pre_q] ,:)];
F_r([pre_p,pre_q],:) = [];
F_r = [temp;F_r];
break
end

end
end

end
 function [ F_r, C, L_r ] = CarLoading_2_2( FA,
L )

C = [];  %%Ò»µÀ×°ÔØ·½°¸
L_r = L; %%Ê£Óà³¤¶È
[ N ,~ ] = size(FA);

F_r = FA;   %% Ê£ÓàÐèÇó
index = []; %% È¥³ý²¿·ÖÒýË÷

fori = 1:N
ifL_r - FA(i,1) > 0
L_r = L_r - FA(i,1) - 100;
      C = [C;FA(i,:)];
      index =
[index;i]; %%ÐèÒªÈ¥³ýµÄ²¿·Ö£¬Î´×îÖÕÈ·¶¨£¡
end
end

F_r(index,:) = [];
[ N2 ,~ ] = size(F_r);
ifisempty(F_r)
return
end

if C(1,1) + L_r + 100 >=
sum( F_r([N2,N2-1] ,1) )+100

fori =  N2:-1:2
if sum( F_r([i,i-1] ,1) )+100<= C(1,1)+ L_r
+100
continue
else
L_r = L_r + C(1,1) + 100 -
sum( ( F_r([i+1,i] ,1) ) ) - 200;
          temp = C(1,:);
          C(1,:) = [];
          C = [C;F_r([i+1,i] ,:)];
F_r([i+1,i],:) = [];
F_r = [temp;F_r];
break
end
end
end
end
```

```
List = zeros(118,92);
List_index = 6;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  22A
[N ,~] = size( Car22_A{1,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_A{1,1}(i,2);
  List(1,Index+1) = List(1,Index+1)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_A{2,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_A{2,1}(i,2);
  List(1,Index+1) = List(1,Index+1)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_A{3,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_A{3,1}(i,2);
  List(1,Index+46) = List(1,Index+46)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_A{4,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_A{4,1}(i,2);
  List(1,Index+46) = List(1,Index+46)+1;
end
List(1,end) = 1;
List(1:5,1) = 9;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  22B
[N ,~] = size( Car22_B{1,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_B{1,1}(i,2);
  List(2,Index+1) = List(2,Index+1)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_B{2,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_B{2,1}(i,2);
  List(2,Index+1) = List(2,Index+1)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_B{3,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_B{3,1}(i,2);
  List(2,Index+46) = List(2,Index+46)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_B{4,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_B{4,1}(i,2);
  List(2,Index+46) = List(2,Index+46)+1;
end
List(2,end) = 2;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  22C
[N ,~] = size( Car22_C{1,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_C{1,1}(i,2);
  List(3,Index+1) = List(3,Index+1)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_C{2,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_C{2,1}(i,2);
  List(3,Index+1) = List(3,Index+1)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_C{3,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_C{3,1}(i,2);
  List(3,Index+46) = List(3,Index+46)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_C{4,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_C{4,1}(i,2);
  List(3,Index+46) = List(3,Index+46)+1;
end
List(3,end) = 3;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  22A
[N ,~] = size( Car22_D{1,1});
for i = 1:N
  Index = Car22_D{1,1}(i,2);
  List(4,Index+1) = List(4,Index+1)+1;
```

```
end
[N ,~] = size( Car22_D{2,1});
for i = 1:N
   Index = Car22_D{2,1}(i,2);
   List(4,Index+1) = List(4,Index+1)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_D{3,1});
for i = 1:N
   Index = Car22_D{3,1}(i,2);
   List(4,Index+46) = List(4,Index+46)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_D{4,1});
for i = 1:N
   Index = Car22_D{4,1}(i,2);
   List(4,Index+46) = List(4,Index+46)+1;
end
List(4,end) = 4;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  22A
[N ,~] = size( Car22_E{1,1});
for i = 1:N
   Index = Car22_E{1,1}(i,2);
   List(5,Index+1) = List(5,Index+1)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_E{2,1});
for i = 1:N
   Index = Car22_E{2,1}(i,2);
   List(5,Index+1) = List(5,Index+1)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_E{3,1});
for i = 1:N
   Index = Car22_E{3,1}(i,2);
   List(5,Index+46) = List(5,Index+46)+1;
end
[N ,~] = size( Car22_E{4,1});
for i = 1:N
   Index = Car22_E{4,1}(i,2);
   List(5,Index+46) = List(5,Index+46)+1;
end
List(5,end) = 5;



%%%%%%%%%%% 1_11 21
for I = 1:21


    [ N,~ ]= size( CarTA_list_1_11{I,1} );
    List(List_index,1) = 1;

    for i = 1:N
       Index = CarTA_list_1_11{I,1}(i,2);
       List(List_index,Index+1) =
List(List_index,Index+1)+1;
    end

    [ M,~ ]= size( CarTA_list_1_11{I,4} );
    for i = 1:M
       Index = CarTA_list_1_11{I,4}(i,2)
       List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
    end

    if CarTA_list_1_11{I,7} == 'A'
       List(List_index,end) = 1;
    end
    if CarTA_list_1_11{I,7} == 'B'
       List(List_index,end) = 2;
    end
    if CarTA_list_1_11{I,7} == 'C'
       List(List_index,end) = 3;
    end
    if CarTA_list_1_11{I,7} == 'D'
       List(List_index,end) = 4;
    end
    if CarTA_list_1_11{I,7} == 'E'
       List(List_index,end) = 5;
    end

List_index = List_index +1 ;

end
```

```
%%%%%%%%%%% 2_11 17
for I = 1:17

    [ N,~ ]= size( CarTA_list_2_11{I,1} );
    List(List_index,1) = 2;
    for i = 1:N
       Index = CarTA_list_2_11{I,1}(i,2);
       List(List_index,Index+1) =
List(List_index,Index+1)+1;
    end

    [ M,~ ]= size( CarTA_list_2_11{I,4} );
    for i = 1:M
       Index = CarTA_list_2_11{I,4}(i,2);
       List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
    end

    if CarTA_list_2_11{I,7} == 'A'
       List(List_index,end) = 1;
    end
    if CarTA_list_2_11{I,7} == 'B'
       List(List_index,end) = 2;
    end
    if CarTA_list_2_11{I,7} == 'C'
       List(List_index,end) = 3;
    end
    if CarTA_list_2_11{I,7} == 'D'
       List(List_index,end) = 4;
    end
    if CarTA_list_2_11{I,7} == 'E'
       List(List_index,end) = 5;
    end


List_index = List_index +1 ;

end


%%%%%%%%%%% 3_11 22

for I = 1:22


    [ N,~ ]= size( CarTA_list_3_11{I,1} );
    List(List_index,1) = 3;

    for i = 1:N
       Index = CarTA_list_3_11{I,1}(i,2);
       List(List_index,Index+1) =
List(List_index,Index+1)+1;
    end

    [ M,~ ]= size( CarTA_list_3_11{I,4} );
    for i = 1:M
       Index = CarTA_list_3_11{I,4}(i,2);
       List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
    end

    if CarTA_list_3_11{I,7} == 'A'
       List(List_index,end) = 1;
    end
    if CarTA_list_3_11{I,7} == 'B'
       List(List_index,end) = 2;
    end
    if CarTA_list_3_11{I,7} == 'C'
       List(List_index,end) = 3;
    end
    if CarTA_list_3_11{I,7} == 'D'
       List(List_index,end) = 4;
    end
    if CarTA_list_3_11{I,7} == 'E'
       List(List_index,end) = 5;
    end

List_index = List_index +1 ;

end
```

```
%%%%%%%%%%% 4_11 15

for I = 1:15


   [ N,~ ]= size( CarTA_list_4_11{I,1} );
   List(List_index,1) = 4;

   for i = 1:N
      Index = CarTA_list_4_11{I,1}(i,2);
      List(List_index,Index+1) =
List(List_index,Index+1)+1;
   end

   [ M,~ ]= size( CarTA_list_4_11{I,4} );
   for i = 1:M
      Index = CarTA_list_4_11{I,4}(i,2);
      List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
   end

   if CarTA_list_4_11{I,7} == 'A'
      List(List_index,end) = 1;
   end
   if CarTA_list_4_11{I,7} == 'B'
      List(List_index,end) = 2;
   end
   if CarTA_list_4_11{I,7} == 'C'
      List(List_index,end) = 3;
   end
   if CarTA_list_4_11{I,7} == 'D'
      List(List_index,end) = 4;
   end
   if CarTA_list_4_11{I,7} == 'E'
      List(List_index,end) = 5;
   end

List_index = List_index +1 ;

end

%%%%%%%%%%%%%%%% 5_12  10
for I = 1:10


    List(List_index,1) = 5;

   [ N,~ ]= size( CarTA_list_5_12{I,1} );
   for i = 1:N
      Index = CarTA_list_5_12{I,1}(i,2);
      List(List_index,Index+1) =
List(List_index,Index+1)+1;
   end

   [ M,~ ]= size( CarTA_list_5_12{I,4} );
   for i = 1:M
      Index = CarTA_list_5_12{I,4}(i,2);
      List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
   end
   [ Q,~ ]= size( CarTA_list_5_12{I,7} );
   for i = 1:M
      Index = CarTA_list_5_12{I,7}(i,2);
      List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
   end



   if CarTA_list_5_12{I,10} == 'A'
      List(List_index,end) = 1;
   end
   if CarTA_list_5_12{I,10} == 'B'
      List(List_index,end) = 2;
   end
   if CarTA_list_5_12{I,10} == 'C'
      List(List_index,end) = 3;
   end
   if CarTA_list_5_12{I,10} == 'D'
      List(List_index,end) = 4;
   end
   if CarTA_list_5_12{I,10} == 'E'
      List(List_index,end) = 5;
   end

List_index = List_index +1 ;

end



%%%%%%%%%%% 7_11 4

for I = 1:4


   [ N,~ ]= size( CarTA_list_7_11{I,1} );
   List(List_index,1) = 7;

   for i = 1:N
      Index = CarTA_list_7_11{I,1}(i,2);
      List(List_index,Index+1) =
List(List_index,Index+1)+1;
   end

   [ M,~ ]= size( CarTA_list_7_11{I,4} );
   for i = 1:M
      Index = CarTA_list_7_11{I,4}(i,2);
      List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
   end

   if CarTA_list_7_11{I,7} == 'A'
      List(List_index,end) = 1;
   end
   if CarTA_list_7_11{I,7} == 'B'
      List(List_index,end) = 2;
   end
   if CarTA_list_7_11{I,7} == 'C'
      List(List_index,end) = 3;
   end
   if CarTA_list_7_11{I,7} == 'D'
      List(List_index,end) = 4;
   end
   if CarTA_list_7_11{I,7} == 'E'
      List(List_index,end) = 5;
   end

List_index = List_index +1 ;

end


%%%%%%%%%%% 8_11 16

for I = 1:16


   [ N,~ ]= size( CarTA_list_8_11{I,1} );
   List(List_index,1) = 8;

   for i = 1:N
      Index = CarTA_list_8_11{I,1}(i,2);
      List(List_index,Index+1) =
List(List_index,Index+1)+1;
   end

   [ M,~ ]= size( CarTA_list_8_11{I,4} );
   for i = 1:M
      Index = CarTA_list_8_11{I,4}(i,2);
      List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
   end

   if CarTA_list_8_11{I,7} == 'A'
      List(List_index,end) = 1;
   end
   if CarTA_list_8_11{I,7} == 'B'
      List(List_index,end) = 2;
   end
   if CarTA_list_8_11{I,7} == 'C'
      List(List_index,end) = 3;
   end
```

```
    if CarTA_list_8_11{I,7} == 'D'
        List(List_index,end) = 4;
    end
    if CarTA_list_8_11{I,7} == 'E'
        List(List_index,end) = 5;
    end

List_index = List_index +1 ;

end


%%%%%%%%%%%%%%%% 10_12 8
for I = 1:8

     List(List_index,1) = 10;

    [ N,~ ]= size( CarTA_list_10_12{I,1} );
    for i = 1:N
        Index = CarTA_list_10_12{I,1}(i,2);
        List(List_index,Index+1) =
List(List_index,Index+1)+1;
    end

    [ M,~ ]= size( CarTA_list_10_12{I,4} );
    for i = 1:M
        Index = CarTA_list_10_12{I,4}(i,2);
        List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
    end
    [ Q,~ ]= size( CarTA_list_10_12{I,7} );
    for i = 1:M
        Index = CarTA_list_10_12{I,7}(i,2);
        List(List_index,Index+46) =
List(List_index,Index+46)+1;
    end



    if CarTA_list_10_12{I,10} == 'A'
        List(List_index,end) = 1;
    end
    if CarTA_list_10_12{I,10} == 'B'
        List(List_index,end) = 2;
    end
    if CarTA_list_10_12{I,10} == 'C'
        List(List_index,end) = 3;
    end
    if CarTA_list_10_12{I,10} == 'D'
        List(List_index,end) = 4;
    end
    if CarTA_list_10_12{I,10} == 'E'
        List(List_index,end) = 5;
    end

List_index = List_index +1 ;

end



Table_list = cell(118,94);
for i = 1:118
Table_list{i,1} =  List(i,1);
Table_list{i,2} = 1;
    if List(i,end) == 1
Table_list{i,end} = 'A';
Table_list{i,end-1} = 'D,B,A';
    end
    if List(i,end) == 2
Table_list{i,end} = 'B';
Table_list{i,end-1} = 'D,B';
    end
    if List(i,end) == 3
Table_list{i,end} = 'C';
Table_list{i,end-1} = 'D,C';
    end
    if List(i,end) == 4
Table_list{i,end} = 'D';
Table_list{i,end-1} = 'D';
    end
    if List(i,end) == 5
Table_list{i,end} = 'E';
Table_list{i,end-1} = 'D,B';
    end
end
for i = 1:118
    for j = 2:91
Table_list{i,j+1} = List(i,j);
    end
end

Table_list2 =  cell(119,94);
Table_list2{1,1} = '轿用车类型';
Table_list2{1,2} = '相同类型、相同装载方式的车辆
数';
for i = 1:45
    Table_list2{1,2+i} = ['装在下层序号为
',num2str(i),'乘用车数量'];
    Table_list2{1,45+2+i} = ['装在上层序号为
',num2str(i),'乘用车数量'];
end
Table_list2{1,end} = '目的地';
Table_list2{1,end-1} = '中间停靠地';

for i = 1:118
    for j = 1:94
        Table_list2{i+1,j} = Table_list{i,j};
    end
end
xlswrite('最终方案.xls',Table_list2  );

Table_list3 = cell(118,4);
for i = 1:118
    Table_list3{i,1} = Table_list{i,1};
    Table_list3{i,4} = Table_list{i,end};

    temp = ' ';
    for j = 3:47
        if Table_list{i,j}~=0
            N = Table_list{i,j};
            for q = 1:N
                temp = [temp,num2str(j-2),', '];
            end
        end
    end
    Table_list3{i,2} = temp;

    temp = ' ';
    for j = 48:92
        if Table_list{i,j}~=0
            N = Table_list{i,j};
            for q = 1:N
                temp = [temp,num2str(j-2-45),',
'];
            end
        end
    end
    Table_list3{i,3} = temp;

end

xlswrite('第五问结果.xls',Table_list3  );

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% A ÐèÇó½â¾ö
Ê£Óà¸øÔËØÁ¿ÐÖú B D

%%%% ÎåÁ¾ 3_11
fori = 1:5
[ FA_I, C ] = CarLoading_1_1( FA_I, L_3_11 );
CarTA_list_3_11{index_3_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,7} = 'A' ;
index_3_11 = index_3_11+1;
end
%%%% Ò»Á¾ 5_12
[ FA_I, C ] = CarLoading_1_2( FA_I, L_5_12 );
CarTA_list_5_12{index_5_12,1} = C{1,1};
```

```
CarTA_list_5_12{index_5_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,10} = 'A' ;
index_5_12 = index_5_12 + 1;

%%%% ÎåÁ¾ 3_11
fori = 1:5
[ FA_I, C ] = CarLoading_1_1( FA_I, L_3_11 );
CarTA_list_3_11{index_3_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,7} = 'A' ;
index_3_11 = index_3_11+1;
end
%%%% Ò»Á¾ 5_12
[ FA_I, C ] = CarLoading_1_2( FA_I, L_5_12 );
CarTA_list_5_12{index_5_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,10} = 'A' ;
index_5_12 = index_5_12 + 1;

%%%% ÎåÁ¾ 3_11
fori = 1:5
[ FA_I, C ] = CarLoading_1_1( FA_I, L_3_11 );
CarTA_list_3_11{index_3_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,7} = 'A' ;
index_3_11 = index_3_11+1;
end
%%%% Ò»Á¾ 5_12
[ FA_I, C ] = CarLoading_1_2( FA_I, L_5_12 );
CarTA_list_5_12{index_5_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,10} = 'A' ;
index_5_12 = index_5_12 + 1;


%%%% ÎåÁ¾ 3_11
fori = 1:5
[ FA_I, C ] = CarLoading_1_1( FA_I, L_3_11 );
CarTA_list_3_11{index_3_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,7} = 'A' ;
index_3_11 = index_3_11+1;
end

%%%% Ò»Á¾ 5_12
[ FA_I, C ] = CarLoading_1_2( FA_I, L_5_12 );
CarTA_list_5_12{index_5_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,10} = 'A' ;
index_5_12 = index_5_12 + 1;

%%%% 1Á¾ 3_11
fori = 1:1
[ FA_I, C ] = CarLoading_1_1( FA_I, L_3_11 );
CarTA_list_3_11{index_3_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,7} = 'A' ;
index_3_11 = index_3_11+1;
end


%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% B ÐèÇó½â¾ö
Ê£Óà¸øÔËÔØÁ¿Ð¬Öú D
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%

%%% 3car 111
fori = 1:3
[ FB_I, C ] = CarLoading_1_1( FB_I, L_1_11 );
CarTA_list_1_11{index_1_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,7} = 'B' ;
index_1_11 = index_1_11+1;
end

%%%% Ò»Á¾ 10_12 %%%% Á¾Êý£¬µØµã£¬±ê¼Ç£¬³µºÅ
[ FB_I, C ] = CarLoading_1_2( FB_I, L_10_12 );
CarTA_list_10_12{index_10_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,10} = 'B' ;
index_10_12 = index_10_12 + 1;

%%% 5car 111
fori = 1:5
[ FB_I, C ] = CarLoading_1_1( FB_I, L_1_11 );
CarTA_list_1_11{index_1_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,7} = 'B' ;
index_1_11 = index_1_11+1;
end

%%%% Ò»Á¾ 10_12 %%%% Á¾Êý£¬µØµã£¬±ê¼Ç£¬³µºÅ
[ FB_I, C ] = CarLoading_1_2( FB_I, L_10_12 );
CarTA_list_10_12{index_10_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,8} = C{3,2};
```

```
CarTA_list_10_12{index_10_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,10} = 'B' ;
index_10_12 = index_10_12 + 1;

%%% 5car 111
fori = 1:5
[ FB_I, C ] = CarLoading_1_1( FB_I, L_1_11 );
CarTA_list_1_11{index_1_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,7} = 'B' ;
index_1_11 = index_1_11+1;
end

%%%% ¿¼ÂÇµ½ BµãµÄÔËÊä×´¿ö£¬ÕâÀï´æÆðÒ»Á¾
1_2ÐÍ£¬Ê£Óà¶¼ÓÉ1_1ÐÍ·¢³µ....

%%% 5car 111
fori = 1:5
[ FB_I, C ] = CarLoading_1_1( FB_I, L_1_11 );
CarTA_list_1_11{index_1_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,7} = 'B' ;
index_1_11 = index_1_11+1;
end

%%%% ¿¼ÂÇµ½ BµãµÄÔËÊä×´¿ö£¬ÕâÀï´æÆðµÚ¶þÁ¾
1_2ÐÍ£¬

%%% 2car 111
fori = 1:2
[ FB_I, C ] = CarLoading_1_1( FB_I, L_1_11 );
CarTA_list_1_11{index_1_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_1_11{index_1_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_1_11{index_1_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_1_11{index_1_11,7} = 'B' ;
index_1_11 = index_1_11+1;
end

%%%
²îµÄÁ½Á¾¿Ï¶¨¿ÉÒÔ±»ÔËµô¡£¡£¡£ÔÝÊ±²»¼õÐèÇó¡£¡
£¡£
 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%% C ÐèÇó½â¾ö
Ê£Óà¸øÔËÔØÁ¿ÐÖú D
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%

%%% 1 car 311  %%%% Á¾Êý£¬µØµã£¬±ê¼Ç£¬³µºÅ
fori = 1:1
[ FC_I, C ] = CarLoading_1_1( FC_I, L_3_11 );
CarTA_list_3_11{index_3_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_3_11{index_3_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_3_11{index_3_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_3_11{index_3_11,7} = 'C' ;
index_3_11 = index_3_11+1;
end
%%% 311 done

%%% 3 car 411
fori = 1:3
[ FC_I, C ] = CarLoading_1_1( FC_I, L_4_11 );
CarTA_list_4_11{index_4_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_4_11{index_4_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_4_11{index_4_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_4_11{index_4_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_4_11{index_4_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_4_11{index_4_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_4_11{index_4_11,7} = 'C' ;
index_4_11 = index_4_11+1;
end

%%%% Ò»Á¾ 5_12
[ FC_I, C ] = CarLoading_1_2( FC_I, L_5_12 );
CarTA_list_5_12{index_5_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,10} = 'C' ;
index_5_12 = index_5_12 + 1;

%%% 5 car 411
fori = 1:5
[ FC_I, C ] = CarLoading_1_1( FC_I, L_4_11 );
CarTA_list_4_11{index_4_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_4_11{index_4_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_4_11{index_4_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_4_11{index_4_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_4_11{index_4_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_4_11{index_4_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_4_11{index_4_11,7} = 'C' ;
index_4_11 = index_4_11+1;
end

%%%% Ò»Á¾ 5_12
[ FC_I, C ] = CarLoading_1_2( FC_I, L_5_12 );
CarTA_list_5_12{index_5_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,10} = 'C' ;
index_5_12 = index_5_12 + 1;

%%% 5 car 411
fori = 1:5
[ FC_I, C ] = CarLoading_1_1( FC_I, L_4_11 );
CarTA_list_4_11{index_4_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_4_11{index_4_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_4_11{index_4_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_4_11{index_4_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_4_11{index_4_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_4_11{index_4_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_4_11{index_4_11,7} = 'C' ;
index_4_11 = index_4_11+1;
end

%%%% Ò»Á¾ 5_12
[ FC_I, C ] = CarLoading_1_2( FC_I, L_5_12 );
CarTA_list_5_12{index_5_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_5_12{index_5_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_5_12{index_5_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_5_12{index_5_12,10} = 'C' ;
index_5_12 = index_5_12 + 1;

%%% 2 car 411
fori = 1:2
[ FC_I, C ] = CarLoading_1_1( FC_I, L_4_11 );
CarTA_list_4_11{index_4_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_4_11{index_4_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_4_11{index_4_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_4_11{index_4_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_4_11{index_4_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_4_11{index_4_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_4_11{index_4_11,7} = 'C' ;
```

```
index_4_11 = index_4_11+1;
end
%%%% 411 done
%%% 3car 711
fori = 1:4
[ FC_I, C ] = CarLoading_1_1( FC_I, L_7_11 );
CarTA_list_7_11{index_7_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_7_11{index_7_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_7_11{index_7_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_7_11{index_7_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_7_11{index_7_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_7_11{index_7_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_7_11{index_7_11,7} = 'C' ;
index_7_11 = index_7_11+1;
end


%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% B ÐèÇó½â¾ö
Ê£Óà¸øÔËÔØÁ¿ÐÖú D
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%

%%%%%%%%ÔÚ£âµã´æÆðµÄÁ½Á¾12
%%%% Ò»Á¾ 10_12 %%%% Á¾Êý£¬µØµã£¬±ê¼Ç£¬³µ°Å
[ FD_I, C ] = CarLoading_1_2( FD_I, L_10_12 );
CarTA_list_10_12{index_10_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,10} = 'D' ;
index_10_12 = index_10_12 + 1;

%%%% Ò»Á¾ 10_12 %%%% Á¾Êý£¬µØµã£¬±ê¼Ç£¬³µ°Å
[ FD_I, C ] = CarLoading_1_2( FD_I, L_10_12 );
CarTA_list_10_12{index_10_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,10} = 'D' ;
index_10_12 = index_10_12 + 1;

%%%% 3 car 211
fori = 1:3
[ FD_I, C ] = CarLoading_1_1( FD_I, L_2_11 );
CarTA_list_2_11{index_2_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_2_11{index_2_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_2_11{index_2_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_2_11{index_2_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_2_11{index_2_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_2_11{index_2_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_2_11{index_2_11,7} = 'D' ;
index_2_11 = index_2_11+1;
end


%%%% Ò»Á¾ 10_12 %%%% Á¾Êý£¬µØµã£¬±ê¼Ç£¬³µ°Å
[ FD_I, C ] = CarLoading_1_2( FD_I, L_10_12 );
CarTA_list_10_12{index_10_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,10} = 'D' ;
index_10_12 = index_10_12 + 1;


%%%% 5 car 211
fori = 1:5
[ FD_I, C ] = CarLoading_1_1( FD_I, L_2_11 );
CarTA_list_2_11{index_2_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_2_11{index_2_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_2_11{index_2_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_2_11{index_2_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_2_11{index_2_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_2_11{index_2_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_2_11{index_2_11,7} = 'D' ;
index_2_11 = index_2_11+1;
end

%%%% Ò»Á¾ 10_12 %%%% Á¾Êý£¬µØµã£¬±ê¼Ç£¬³µ°Å
[ FD_I, C ] = CarLoading_1_2( FD_I, L_10_12 );
CarTA_list_10_12{index_10_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,10} = 'D' ;
index_10_12 = index_10_12 + 1;


%%%% 5 car 211
fori = 1:5
[ FD_I, C ] = CarLoading_1_1( FD_I, L_2_11 );
CarTA_list_2_11{index_2_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_2_11{index_2_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_2_11{index_2_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_2_11{index_2_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_2_11{index_2_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_2_11{index_2_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_2_11{index_2_11,7} = 'D' ;
index_2_11 = index_2_11+1;
end

%%%% Ò»Á¾ 10_12 %%%% Á¾Êý£¬µØµã£¬±ê¼Ç£¬³µ°Å
[ FD_I, C ] = CarLoading_1_2( FD_I, L_10_12 );
CarTA_list_10_12{index_10_12,1} = C{1,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,2} = C{1,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,3} = 'd'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,4} = C{2,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,5} = C{2,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,6} = 'pr'  ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,7} = C{3,1};
CarTA_list_10_12{index_10_12,8} = C{3,2};
CarTA_list_10_12{index_10_12,9} = 'pl' ;
CarTA_list_10_12{index_10_12,10} = 'D' ;
index_10_12 = index_10_12 + 1;


%%%% 5 car 211
fori = 1:5
[ FD_I, C ] = CarLoading_1_1( FD_I, L_2_11 );
CarTA_list_2_11{index_2_11,1} = C{1,1};
CarTA_list_2_11{index_2_11,2} = C{1,2};
CarTA_list_2_11{index_2_11,3} = 'd' ;
CarTA_list_2_11{index_2_11,4} = C{2,1};
CarTA_list_2_11{index_2_11,5} = C{2,2};
CarTA_list_2_11{index_2_11,6} = 'p' ;
CarTA_list_2_11{index_2_11,7} = 'D' ;
index_2_11 = index_2_11+1;
end
```