

# 天然肠衣问题

天然肠衣制作加工是我国的一个传统产业，出口量占世界首位。肠衣经过清洗整理后被分割成长度不等的小段（原料），进入组装工序。传统的生产方式依靠人工，边丈量原料长度边心算，将原材料按指定根数和总长度组装出成品（捆）。

原料按长度分档，通常以0.5米为一档，如：14-14.4米按14米计算，14.5米-14.9米按14.5米计算，其余的依此类推。为了提高生产效率，公司计划改变组装工艺，先丈量所有原料，建立一个原料表。表1某批次原料描述。

表1 原料描述表

长度	14-14.4	14.5-14.9	15-15.4	15.5-15.9	16-16.4	16.5-16.9	17-17.4	17.5-17.9
根数	35	29	30	42	28	42	45	49
长度	18-18.4	18.5-18.9	19-19.4	19.5-19.9	20-20.4	20.5-20.9	21-21.4	21.5-21.9
根数	50	64	52	63	49	35	27	16
长度	22-22.4	22.5-22.9	23-23.4	23.5-23.9	24-24.4	24.5-24.9	25-25.4	25.5-25.9
根数	12	2	0	6	0	0	0	1

根据以上成品和原料描述，设计一个原料搭配方案，工人根据这个方案“照方抓药”进行生产。每捆标准长度为89米，根数为5根。

公司对搭配方案有以下具体要求：

- (1) 对于给定的一批原料，装出的成品捆数越多越好；
- (2) 对于成品捆数相同的方案，最短长度最长的成品越多，方案越好；
- (3) 为提高原料使用率，总长度允许有± 0.5米的误差，总根数允许比标准少1根；
- (4) 为减少组装的复杂性，要求组装的模式尽可能最少。这里一种模式表示各种长度的肠衣构成情况相同。

请建立上述问题的数学模型，给出求解方法，并对表1给出的实际数据进行求解，给出搭配方案。（该题根据全国数模竞赛2011D改编）

问题求解：

首先求出 20 种肠衣根据原料可搭配成捆的所有模式，然后建立线性规划模型求解。

利用编制 Matlab 程序求出 20 种肠衣根据原料可搭配成捆的所有模式，然后在模式中选择最佳的搭配。

先对问题进行分析：

## 1) 最大捆数分析：

将材料根数为 0 的去掉，这样总共有 20 种原材料。设第  $i$  种原材料的长度为  $l_i$ ，根数为  $a_i$ ， $i=1,2,...,20$ 。

其中  $l = 14, 14.5, 15, 15.5, 16, 16.5, 17, 17.5, 18, 18.5, 19, 19.5, 20, 20.5, 21, 21.5, 22, 22.5, 23.5, 25.5$   
 $a = 35, 29, 30, 42, 28, 42, 45, 49, 50, 64, 52, 63, 49, 35, 27, 16, 12, 2, 6, 1$ 。

则 20 种原材料中长度为  $L = \sum_{i=1}^{20} a_i l_i = 12159.5$  米

每捆长度最少为 88.5 米，因此捆数最多为：  $K \leq [12159.5 / 88.5] = [137.4] = 137$

其中  $[.]$  表示取整。

20 种原材料的总根数为  $T = \sum_{i=1}^{20} a_i = 677$  根

每捆最少为 4 根，因此捆数最多为  $K \leq [677 / 4] = [169.25] = 169$  根。

二者取最小值，因此  $K \leq 137$ 。

## 2) 每捆成品的组成模式分析

每捆成品可以有不同构成模式，每种模式由一个向量  $(x_1, x_2, \dots, x_{20})$  构成。 $x_i$  代表第  $i$

种材料的根数。则各  $x_i$  取值的最大整数值为：

$$M_i = \min \left\{ a_i, \left\lceil \frac{89.5}{l_i} \right\rceil, 5 \right\} \quad i = 1, 2, \dots, 20$$

计算得到各  $x_i (i = 1, 2, \dots, 20)$  的最大取值  $M_i$  为：

5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 2, 3, 1。

如果直接对各  $x_i$  从 0 到  $M_i$  进行完全枚举所有符合条件的模式，计算量为：

$$T = \prod_{i=1}^{20} (M_i + 1) = (5+1)^8 (4+1)^9 (2+1)(3+1)(1+1) \approx 7.87 \times 10^{13}$$

如此巨大的计算量很难进行枚举。

我们通过剪枝计算，可大大减少计算量，采用 Matlab 编程，可在不到 1 秒钟内计算出所有模式，其总数为 2783 种。实现的 Matlab 程序见附录 1 程序 changyi.m

14	14.5	15	15.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	22.5	23.5	25.5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1
<hr/>																			
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

图 1 部分模式向量示意图

### 3) 模型建立

设共有  $n$  种模式(这里  $n = 2783$ ), 每种模式为一个 20 维的列向量, 代表一种符合条件的模式。即根数满足 4 或 5 根, 长度为 88.5 米、或 89 米、或 89.5 米的一捆。所有些模式用矩阵  $B_{2073 \times 20}$  表示。 $b_{ij}$  表示第  $i$  种模式中第  $j$  种长度的肠衣的根数。 $i = 1, 2, \dots, 2783$ ;  $j = 1, 2, \dots, 20$ 。所有模式向量由前面计算得到。

决策变量为第  $i$  种模式  $x_i$  捆, 则成品捆数最多的目标函数为:

$$\max Z_1 = \sum_{i=1}^{2783} x_i$$

现设法找到所有模式中最短长度最长的模式。在 Matlab 中通过编程, 进行剪枝计算, 得到在所有的 2783 种模式中, 每捆最短长度最长的有 3 种模式, 第一种是模式 1, 为 2 根 22 米和 2 根 22.5 米构成; 第二种是模式 2, 为 3 根 22 米和 1 根 22.5 米构成; 第三种是模式 3, 为 3 根 22 米和 1 根 23.5 米构成。

则第二目标要求最短长度最长的捆数最大, 有:

$$\max Z_2 = x_1 + x_2 + x_3$$

满足的约束为各种长度的原料的数量，则有：

$$\sum_{i=1}^{2783} x_i b_{ij} \leq a_j \quad j = 1, 2, \dots, 20$$

$a_j$  第  $j$  种长度的原料的根数。

更进一步，从实际问题出发，当模式数比较多时，会增加搭配操作的复杂性，导致花费更多的搭配组装时间，因此我们尽量使搭配的模式尽量少。因此我们在前面两个目标情况下，考虑使搭配模式最少的方案。

$$\text{建立决策变量 } y_i = \begin{cases} 1 & \text{第 } i \text{ 种模式选中} \\ 0 & \text{第 } i \text{ 种模式未选中} \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, 2783)$$

我们建立的第三目标为总模式数最小，即

$$\min Z_3 = \sum_{i=1}^{2783} y_i$$

需要满足的约束有：

当第  $i$  种模式未被选中时，则不能选取该种模式，且选中时不影响  $x_i$  的取值，则有：

$$x_i \leq M \cdot y_i \quad (i = 1, 2, \dots, 2783)$$

其中  $M$  为一个足够大整数，如可取  $M = 200$

当第  $i$  种模式被选中时，则该种模式下一定有成品，因此有：

$$x_i \geq y_i \quad (i = 1, 2, \dots, 2783)$$

则总的模型为：

$$\max Z_1 = \sum_{i=1}^{2783} x_i$$

$$\max Z_2 = x_1 + x_2 + x_3$$

$$\min Z_3 = \sum_{i=1}^{2783} y_i$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^{2783} x_i b_{ij} \leq a_j & j = 1, 2, \dots, 20 \\ x_i \leq M \cdot y_i & i = 1, 2, \dots, 2783 \\ x_i \geq y_i & i = 1, 2, \dots, 2783 \\ x_i \text{ 为整数}, y_i = 0 \text{ 或 } 1; & i = 1, 2, \dots, 2783 \end{cases}$$

其中  $a = 35, 29, 30, 42, 28, 42, 45, 49, 50, 64, 52, 63, 49, 35, 27, 16, 12, 2, 6, 1$

实现的 LINGO 程序见附录程序 changyi.lg4。

令第一目标  $Z_1$  最大化，利用 LINGO 得到  $Z_1=137$ ，最短长度为 22 米的有 2 捆，其模式为 3 根 22 米和 1 根 23.5 米构成。该结果还不是最优解。

将  $Z_1=137$  变为约束，令  $Z_2$  最大，利用 LINGO 求解。得到  $Z_2=3$  的最优解。该解情况下材料无剩余，但使用模式有 32 种。

再将  $Z_1=137, Z_2=3$  作为约束，对目标  $Z_3$  最小，利用 LINGO 得到总模式为 16 种的搭配方案。

具体搭配方案见下表 2。该结果由附录的 Matlab 程序 result.m 生成。

表 2 最优搭配方案表 (粗体为最短长度最长的方案)

序号	模式	长度 (米)	根数	捆数
<b>1</b>	<b>22.0 米 2 根, 22.5 米 2 根</b>	<b>89</b>	4	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>22.0 米 3 根, 23.5 米 1 根</b>	<b>89.5</b>	4	<b>2</b>
3	21.5 米 2 根, 22.0 米 1 根, 23.5 米 1 根	88.5	4	4
4	21.0 米 1 根, 21.5 米 2 根, 25.5 米 1 根	89.5	4	1
5	16.5 米 1 根, 17.0 米 1 根, 18.0 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.5 米 1 根	89.5	5	5
6	16.5 米 1 根, 17.0 米 1 根, 17.5 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.5 米 1 根	89	5	15
7	16.5 米 2 根, 17.0 米 2 根, 21.5 米 1 根	88.5	5	1
8	15.5 米 1 根, 17.5 米 1 根, 18.0 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.0 米 1 根	88.5	5	34
9	15.5 米 1 根, 16.5 米 1 根, 18.0 米 1 根, 19.0 米 1 根, 19.5 米 1 根	88.5	5	8
10	15.0 米 1 根, 16.0 米 1 根, 16.5 米 1 根, 19.5 米 1 根, 21.5 米 1 根	88.5	5	2
11	14.5 米 1 根, 18.0 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.0 米 1 根, 19.5 米 1 根	89.5	5	3
12	14.5 米 1 根, 16.0 米 1 根, 17.0 米 1 根, 20.0 米 1 根, 21.0 米 1 根	88.5	5	23
13	14.5 米 1 根, 16.0 米 1 根, 16.5 米 1 根, 21.0 米 1 根, 21.5 米 1 根	89.5	5	3
14	14.0 米 1 根, 16.5 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.0 米 1 根, 20.5 米 1 根	88.5	5	7
15	14.0 米 1 根, 15.0 米 1 根, 19.5 米 1 根, 20.0 米 1 根, 20.5 米 1 根	89	5	26
16	14.0 米 1 根, 15.0 米 1 根, 19.5 米 2 根, 20.5 米 1 根	88.5	5	2
总计				137

在该方案中，总捆数为 137 捆，达到最大，总共使用模式为 16 种，达到最小。

最短长度为 22 米的有 3 捆.分别为：

1 捆模式为 2 根 22 米和 2 根 22.5 米的原材料。

2 捆模式为 3 根 22 米和 1 根 23.5 米的原材料。

总共使用原材料 677 根，总长度为 12159.5 米，恰好将原材料用完无剩余。

该搭配方案达到最优。

**注意该结果中具体的方案不是唯一的。**

序号 1,模式:22.0 米 2 根, 22.5 米 2 根, 长度 89.0 米,4 根, 1 捆.

序号 2,模式:22.0 米 3 根, 23.5 米 1 根, 长度 89.5 米,4 根, 2 捆.

序号 3,模式:21.5 米 2 根, 22.0 米 1 根, 23.5 米 1 根, 长度 88.5 米,4 根, 4 捆.

序号 4,模式:21.0 米 1 根, 21.5 米 2 根, 25.5 米 1 根, 长度 89.5 米,4 根, 1 捆.

序号 5,模式:16.5 米 1 根, 17.0 米 1 根, 18.0 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.5 米 1 根, 长度 89.5 米,5 根, 5 捆.

序号 6,模式:16.5 米 1 根, 17.0 米 1 根, 17.5 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.5 米 1 根, 长度 89.0 米,5 根,15 捆.  
 序号 7,模式:16.5 米 2 根, 17.0 米 2 根, 21.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 1 捆.  
 序号 8,模式:15.5 米 1 根, 17.5 米 1 根, 18.0 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.0 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根,34 捆.  
 序号 9,模式:15.5 米 1 根, 16.5 米 1 根, 18.0 米 1 根, 19.0 米 1 根, 19.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 8 捆.  
 序号 10,模式:15.0 米 1 根, 16.0 米 1 根, 16.5 米 1 根, 19.5 米 1 根, 21.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 2 捆.  
 序号 11,模式:14.5 米 1 根, 18.0 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.0 米 1 根, 19.5 米 1 根, 长度 89.5 米,5 根, 3 捆.  
 序号 12,模式:14.5 米 1 根, 16.0 米 1 根, 17.0 米 1 根, 20.0 米 1 根, 21.0 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根,23 捆.  
 序号 13,模式:14.5 米 1 根, 16.0 米 1 根, 16.5 米 1 根, 21.0 米 1 根, 21.5 米 1 根, 长度 89.5 米,5 根, 3 捆.  
 序号 14,模式:14.0 米 1 根, 16.5 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.0 米 1 根, 20.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 7 捆.  
 序号 15,模式:14.0 米 1 根, 15.0 米 1 根, 19.5 米 1 根, 20.0 米 1 根, 20.5 米 1 根, 长度 89.0 米,5 根,26 捆.  
 序号 16,模式:14.0 米 1 根, 15.0 米 1 根, 19.5 米 2 根, 20.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 2 捆.

附录 1 程序: changyi.m

输出所有模式的 Matlab 程序, 该程序采用剪枝法进行枚举所有模式。输出文件为 changyi.txt, 该文件按行存储所有模式。方便后面的 LINGO 程序调用该数据文件。

%20 种长度

l=[14,14.5,15,15.5,16,16.5,17,17.5,18,18.5,19,19.5,20,20.5,21,21.5,22,22.5,23.5,25.5];

a=[35,29,30,42,28,42,45,49,50,64,52,63,49,35,27,16,12,2,6,1];%20 种原料的根数

L=l\*a'; %总长度

Total=floor(L/88.5); %最多根数

fprintf('最大捆数:%2d\n',Total);

n=length(l);

g=zeros(1,n);

for i=1:n

t=min(5,floor(89.5/l(i)));

g(i)=min(t,a(i)); %获得各种长度的类型肠衣的最多根数

end

Model=zeros(1,20); %记录模式

L=zeros(1,300); %记录每种模式的最短长度

Total=0;

fid=fopen('d:\lingo12\dat\changyi.txt','w'); %指定输出所有模式的文件名,即模型中的矩阵 B

for i1=0:g(1)

Len=i1\*l(1);

Gen=i1;

if Len>89.5 || Gen>5 break; end %若长度或根数超过限制则跳出该循环, 以下同.

for i2=0:g(2)

Len=i1\*l(1)+i2\*l(2);

Gen=i1+i2;

[illegible]

```

        for i11=0:g(11)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);
            Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11);
            Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11;
            if Len>89.5 ||Gen>5 break; end

        for i12=0:g(12)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);
            Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11)+i12*l(12);
            Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11+i12;
            if Len>89.5 ||Gen>5 break; end

        for i13=0:g(13)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);
            Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11)+i12*l(12)+i13*l(13);
            Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11+i12+i13;
            if Len>89.5 ||Gen>5 break; end

        for i14=0:g(14)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);
            Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11)+i12*l(12)+i13*l(13);
            Len=Len+i14*l(14);
            Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11+i12+i13+i14;
            if Len>89.5 ||Gen>5 break; end

        for i15=0:g(15)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);
            Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11)+i12*l(12)+i13*l(13);
            Len=Len+i14*l(14)+i15*l(15);
            Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11+i12+i13+i14+i15;
            if Len>89.5 ||Gen>5 break; end

        for i16=0:g(16)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);
            Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11)+i12*l(12)+i13*l(13);
            Len=Len+i14*l(14)+i15*l(15)+i16*l(16);
            Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11+i12+i13+i14+i15+i16;
            if Len>89.5 ||Gen>5 break; end

        for i17=0:g(17)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);
            Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11)+i12*l(12)+i13*l(13);
            Len=Len+i14*l(14)+i15*l(15)+i16*l(16)+i17*l(17);
            Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11+i12+i13+i14+i15+i16+i17;
            if Len>89.5 ||Gen>5 break; end

```



```

        for i18=0:g(18)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);

Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11)+i12*l(12)+i13*l(13);
Len=Len+i14*l(14)+i15*l(15)+i16*l(16)+i17*l(17)+i18*l(18);
Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11+i12+i13+i14+i15+i16+i17+i18;
        if Len>89.5 ||Gen>5 break; end
        for i19=0:g(19)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);

Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11)+i12*l(12)+i13*l(13);
Len=Len+i14*l(14)+i15*l(15)+i16*l(16)+i17*l(17)+i18*l(18)+i19*l(19);
Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11+i12+i13+i14+i15+i16+i17+i18+i19;
        if Len>89.5 ||Gen>5 break; end
        for i20=0:g(20)
            Len=i1*l(1)+i2*l(2)+i3*l(3)+i4*l(4)+i5*l(5)+i6*l(6)+i7*l(7);

Len=Len+i8*l(8)+i9*l(9)+i10*l(10)+i11*l(11)+i12*l(12)+i13*l(13)+i14*l(14);
Len=Len+i15*l(15)+i16*l(16)+i17*l(17)+i18*l(18)+i19*l(19)+i20*l(20);
Gen=i1+i2+i3+i4+i5+i6+i7+i8+i9+i10+i11+i12+i13+i14+i15+i16+i17+i18+i19+i20;

        if Len>=88.5&&Len<=89.5&&Gen>=4&&Gen<=5
            Total=Total+1; %统计总模式
            Model(1)=i1; Model(2)=i2; Model(3)=i3; Model(4)=i4;
            Model(5)=i5; Model(6)=i6; Model(7)=i7; Model(8)=i8;
            Model(9)=i9; Model(10)=i10; Model(11)=i11;
            Model(12)=i12; Model(13)=i13; Model(14)=i14;
            Model(15)=i15; Model(16)=i16; Model(17)=i17;
            Model(18)=i18; Model(19)=i19; Model(20)=i20;

s1=0; s2=0;
for j=1:20
s1=s1+l(j)*Model(j); %计算该模式的长度
s2=s2+Model(j); %统计该模式的根数，再一次检查是否符合要求.注意不是必须。
end

for j=1:20
if Model(j)>0 L(Total)=l(j); break; end %获得该种模式的最短长度.
end
for j=1:20
fprintf(fid,'%2d ',Model(j)); %输出该模式到指定文件中
end
fprintf (fid,'\n');

end
end

```



```

z3=@sum(kind(i):y(i)); !目标函数 3;
@for(type(j):@sum(kind(i):x(i)*model(i,j))<=a(j)); !原料约束;
@for(type(j):R(j)=a(j)-@sum(kind(i):x(i)*model(i,j)));
@for(kind(i):x(i)<=200*y(i));
@for(kind(i):x(i)>=y(i));
@for(kind(i):@gin(x(i)));
@for(kind(i):@bin(y(i)));
end

```

附录 3 程序：result.m

输出便于查看的表达形式的 Matlab 程序，该程序利用 changyi.lg4 计算得到的结果，调用 changyi.m 生成的文件 changyi.txt，生成便于查看的表达形式。

```

clear;
load d:\lingo12\dat\changyi.txt %注意修改路径
Model=d2011_3;
Len=length(Model);
x=zeros(1,Len);
%将 LINGO 程序计算结果拷贝在下面,便于输出便于查看的结果形式.
x(1)=1;x(2)=2;x(8)=4;x(14)=1;x(156)=5;x(165)=15;x(230)=1;x(496)=34;x(574)=8;
x(1089)=2;x(1357)=3;x(1605)=23;x(1615)=3;x(2154)=7;x(2437)=26;x(2441)=2;
%20 种长度
l=[14,14.5,15,15.5,16,16.5,17,17.5,18,18.5,19,19.5,20,20.5,21,21.5,22,22.5,23.5,25.5];
a=[35,29,30,42,28,42,45,49,50,64,52,63,49,35,27,16,12,2,6,1];%20 种原料的根数
n=length(l);
% 输出 LINGO 结果对应的模式
%对根数和长度的限制
number=0;
S=[];
G=[];
P=[];
Gen=0; %总计总根数
Kun=0; %总捆数
TotalLen=0;%计算总长度
for i=1:Len
if x(i)>0
s1=0;
g1=0;
number=number+1;
for j=1:n
s1=s1+Model(i,j)*l(j); %计算长度
g1=g1+Model(i,j); %计算根数
end
S=[S,s1];
G=[G,g1];

```

```

P=[P,x(i)];
fprintf('序号%2d,模式:',number);
for j=1:n
    if Model(i,j)>0 fprintf('%3.1f 米%1d 根, ',l(j),Model(i,j)); end
end
fprintf('长度%3.1f 米,%1d 根,%2d 捆.',s1,g1,x(i));
fprintf('\n');
Gen=Gen+g1*x(i); %计算总根数
Kun=Kun+x(i); %计算总捆数
TotalLen=TotalLen+s1*x(i); %计算总长度
end % end if x(i)>0
end
fprintf('总长度%6.1f 总根数%6d 总捆数%5d\n',TotalLen,Gen,Kun);

```

程序运行结果为:

序号 1,模式:22.0 米 2 根, 22.5 米 2 根, 长度 89.0 米,4 根, 1 捆.

序号 2,模式:22.0 米 3 根, 23.5 米 1 根, 长度 89.5 米,4 根, 2 捆.

序号 3,模式:21.5 米 2 根, 22.0 米 1 根, 23.5 米 1 根, 长度 88.5 米,4 根, 4 捆.

序号 4,模式:21.0 米 1 根, 21.5 米 2 根, 25.5 米 1 根, 长度 89.5 米,4 根, 1 捆.

序号 5,模式:16.5 米 1 根, 17.0 米 1 根, 18.0 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.5 米 1 根, 长度 89.5 米,5 根, 5 捆.

序号 6,模式:16.5 米 1 根, 17.0 米 1 根, 17.5 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.5 米 1 根, 长度 89.0 米,5 根,15 捆.

序号 7,模式:16.5 米 2 根, 17.0 米 2 根, 21.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 1 捆.

序号 8,模式:15.5 米 1 根, 17.5 米 1 根, 18.0 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.0 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根,34 捆.

序号 9,模式:15.5 米 1 根, 16.5 米 1 根, 18.0 米 1 根, 19.0 米 1 根, 19.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 8 捆.

序号 10,模式:15.0 米 1 根, 16.0 米 1 根, 16.5 米 1 根, 19.5 米 1 根, 21.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 2 捆.

序号 11,模式:14.5 米 1 根, 18.0 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.0 米 1 根, 19.5 米 1 根, 长度 89.5 米,5 根, 3 捆.

序号 12,模式:14.5 米 1 根, 16.0 米 1 根, 17.0 米 1 根, 20.0 米 1 根, 21.0 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根,23 捆.

序号 13,模式:14.5 米 1 根, 16.0 米 1 根, 16.5 米 1 根, 21.0 米 1 根, 21.5 米 1 根, 长度 89.5 米,5 根, 3 捆.

序号 14,模式:14.0 米 1 根, 16.5 米 1 根, 18.5 米 1 根, 19.0 米 1 根, 20.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 7 捆.

序号 15,模式:14.0 米 1 根, 15.0 米 1 根, 19.5 米 1 根, 20.0 米 1 根, 20.5 米 1 根, 长度 89.0 米,5 根,26 捆.

序号 16,模式:14.0 米 1 根, 15.0 米 1 根, 19.5 米 2 根, 20.5 米 1 根, 长度 88.5 米,5 根, 2 捆.

总长度 12159.5 总根数 677 总捆数 137

该结果在表 2 中体现。