

钢管下料问题

1. 问题

某钢管零售商从钢管厂进货,将钢管按照顾客的要求切割后售出,从钢管厂进货时得到的原料钢管都是19m。

(1) 现有一客户需要50根4m、20根6m和15根8m的钢管应如何下料最节省?

(2) 零售商如果采用的不同切割模式太多,将会导致生产过程的复杂化,从而增加生产和管理成本,所以该零售商规定采用的不同切割模式不能超过3种.

(3) 该客户除需要(1)中的三种钢管外,还需要10根5m的钢管.应如何下料最节省?

问题1

原料钢管:每根19米

客户需求:

4米50根

6米20根

8米15根

问题2 客户增加需求:

5米10根

2. 模型的建立与求解I (不限制切割模式)

(1) 合理的切割模式

原料钢管: 每根19米

客户需求:

4米50根

6米20根

8米15根

切割模式要求: 切割模式不能超过3种.

切割模式:



(有多少种模式? 有多少种合理的切割模式?)

合理切割模式：余料应小于客户需要钢管的最小尺寸(4米)

原料钢管：每根19米

客户需求：

4米50根

6米20根

8米15根

每根钢管切为4米的最大数为：4

每根钢管切为6米的最大数为：3

每根钢管切为8米的最大数为：2

设每根钢管切割为4米、6米和8米的根数分别为： n_1, n_2, n_3 .

合理的切割模式 $[n_1, n_2, n_3]$ 应满足：

$$(1) \quad 0 \leq n_1 \leq 4, 0 \leq n_2 \leq 3, 0 \leq n_3 \leq 2;$$

$$(2) \quad 16 \leq 4n_1 + 6n_2 + 8n_3 \leq 19.$$

算法：(A) 求满足(1)的所有组合： $[n_1, n_2, n_3]$

(B) 从(A)中求满足(2)合理组合.

%钢管下料问题 问题1求解（按余料最小和根数最少两种方式）

%求合理的切割模式

clear,clc

[a,b,c]=ndgrid([0:4],[0:3],[0:2]); %ndgrid: N 维空间中的矩形网格

MS=[a(:),b(:),c(:)]; %MS为满足条件 $0 < n_1 < 4, 0 < n_2 < 3, 0 < n_3 < 2$ 的所有模式

g=[4;6;8]; %切割要求

n=find((MS*g>=16)&(MS*g<=19)); %合理的切割模式号

HLMS=MS(n,:); %HLMS合理的切割模式

HLMS=sortrows(HLMS,-1); %HLMS按第一列降序排列

f=19-HLMS*g; %每种切割的余料

模式	4米钢管根数	6米钢管根数	8米钢管数	余料(米)
1	4	0	0	3
2	3	1	0	1
3	2	0	1	3
4	1	2	0	3
5	1	1	1	1
6	0	3	0	1
7	0	0	2	3
需求	50	20	15	

(2) 模型的建立与求解

如何下料最节省？节省的两种标准：

- 满足用户需求的前提下,原料钢管**剩余总余量最小**.
- 满足用户需求的前提下,原料钢管**总根数最少**.

按第1种标准(钢管剩余总余量最小)建模

决策变量：设 x_i 为按第 i 种模式切割的原料钢管根数 ($i=1, 2, \dots, 7$)

目标函数(总余量最小)：

$$\text{Min } Z_1 = 3x_1 + x_2 + 3x_3 + 3x_4 + x_5 + x_6 + 3x_7$$

模式	4米根数	6米根数	8米根数	余料(米)
1	4	0	0	3
2	3	1	0	1
3	2	0	1	3
4	1	2	0	3
5	1	1	1	1
6	0	3	0	1
7	0	0	2	3
需求	50	20	15	

约束条件：

(1) 满足用户需求

$$4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4 + x_5 \geq 50$$

$$x_2 + 2x_4 + x_5 + 3x_6 \geq 20$$

$$x_3 + x_5 + 2x_7 \geq 15$$

(2) x_i 为非负整数 ($i=1, 2, \dots, 7$)

模型求解

●模型矩阵化

$$\text{Min } Z_1 = 3x_1 + x_2 + 3x_3 + 3x_4 + x_5 + x_6 + 3x_7$$

$$\text{s.t. } 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4 + x_5 \geq 50$$

$$x_2 + 2x_4 + x_5 + 3x_6 \geq 20$$

$$x_3 + x_5 + 2x_7 \geq 15$$

$x_i (i = 1, 2, \dots, 7)$ 为非负整数.

模式		1	2	3	4	5	6	7	需求
4米	4米根数	4	3	2	1	1	0	0	50
6米	6米根数	0	1	0	2	1	3	0	20
8米	8米根数	0	0	1	0	1	0	2	15
余料		3	1	3	3	1	1	3	

$$f = [3, 1, 3, 3, 1, 1, 3]$$
$$A = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 2 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 2 & 1 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 2 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 50 \\ 20 \\ 15 \end{bmatrix}$$

●matlab编程求解

`[x fval] = linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,ub,options)`

`[x fval]= intlinprog(f,intcon,A,b,Aeq,beq,lb,ub,x0,options)`

(求线性规划整数解)

intcon: 整数变量列表

%钢管下料问题 问题1求解（按余料最小和根数最少两种方式）

%求合理的切割模式

clear,clc

[a,b,c]=ndgrid([0:4],[0:3],[0:2]); %ndgrid: N 维空间中的矩形网格

MS=[a(:),b(:),c(:)]; %MS为满足条件 $0 < n_1 < 4, 0 < n_2 < 3, 0 < n_3 < 2$ 的所有模式

g=[4;6;8]; %切割要求

n=find((MS*g>=16)&(MS*g<=19)); %合理的切割模式号

HLMS=MS(n,:); %HLMS合理的切割模式

HLMS=sortrows(HLMS,-1); %HLMS按第一列降序排列

%模型求解

A=HLMS'; %不等条件矩阵

b=[50;20;15]; %不等条件约束向量

k=size(A,2); %决策变量数

f=19-HLMS*g; %目标函数向量（按余料最小）

%按一般线性规划和整数线性规划两种方式求解

[x,y]=linprog(f,-A,-b,[],[],zeros(1,k));

[x1,y1]=intlinprog(f,[1:k],-A,-b,[],[],zeros(1,k));

结果:

按一般线性规划解:

$x_2 = 11.67, x_5 = 15$, 其余为0.

最优值: 26.67

按线性规划整数解:

$x_2 = 12, x_5 = 15$, 其余为0.

最优值: 27

按模式2切割12根, 按模式5切割15根, 余料27米.

切割结果: 4米51根(超50根要求)

6米27根(超20根要求)

8米15根(刚好满足要求)

以最小余料为目标函数的模型:

$$\text{Min } Z_1 = 3x_1 + x_2 + 3x_3 + 3x_4 + x_5 + x_6 + 3x_7$$

$$\text{s.t. } 4x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4 + x_5 \geq 50$$

$$x_2 + 2x_4 + x_5 + 3x_6 \geq 20$$

$$x_3 + x_5 + 2x_7 \geq 15$$

$$x_i (i = 1, 2, \dots, 7) \text{ 为非负整数.}$$

若以最少根数为目标函数, 只需把目标函数改为:

$$\text{Min } Z_1 = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7$$

%钢管下料问题 问题1求解（按余料最小和根数最少两种方式）

%求合理的切割模式

clear,clc

[a,b,c]=ndgrid([0:4],[0:3],[0:2]); %ndgrid: N 维空间中的矩形网格

MS=[a(:),b(:),c(:)]; %MS为满足条件 $0 < n_1 < 4, 0 < n_2 < 3, 0 < n_3 < 2$ 的所有模式

g=[4;6;8]; %切割要求

n=find((MS*g>=16)&(MS*g<=19)); %合理的切割模式号

HLMS=MS(n,:); %HLMS合理的切割模式

HLMS=sortrows(HLMS,-1); %HLMS按第一列降序排列

%模型求解

A=HLMS'; %不等条件矩阵

b=[50;20;15]; %不等条件约束向量

k=size(A,2); %决策变量数

%f=19-HLMS*g; %目标函数向量（按余料最小）

f=ones(1,k); %目标函数向量（按根数最少）

%按一般线性规划和整数线性规划两种方式求解

[x,y]=linprog(f,-A,-b,[],[],zeros(1,k));

[x1,y1]=intlinprog(f,[1:k],-A,-b,[],[],zeros(1,k));

两种标准建模结果比较

按标准1(余料最小)建模:

模式2切割12根,

模式5切割15根.

共27根,余料27米.

切割结果:

4米51根(超50根要求)

6米27根(超20根要求)

8米15根(刚好满足要求)

按标准2(根数最少)建模:

模式2切割15根,

模式5切割5根,

模式7切割5根.

共25根,余料35米.

切割结果:

4米50根(刚好满足50根要求)

6米20根(刚好满足20根要求)

8米15根(刚好满足15根要求)

当余料没有用处时,通常以总根数最少为目标.

问题2 客户增加需求:



5米10根

客户增加需求:5米10根

●求合理的切割模式

%求合理的切割模式

clear,clc

[a,b,c,d]=ndgrid([0:4], [0:3],[0:3],[0:2]); %ndgrid: N 维空间中的矩形网格

MS=[a(:),b(:),c(:),d(:)]; %满足 $0 < n_1 < 4, 0 < n_2 < 3, 0 < n_3 < 3, 0 < n_4 < 2$ 的所有模式

g=[4;5;6;8]; %切割要求

n=find((MS*g>=16)&(MS*g<=19)); %合理的切割模式号

HLMS=MS(n,:); %HLMS合理的切割模式

HLMS=sortrows(HLMS,-1); %HLMS按第一列降序排列

f=19-HLMS*g; %每种切割的余料

模式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	需求
4米根数	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	50
5米根数	0	1	0	2	1	0	3	1	0	0	2	2	1	1	0	0	10
6米根数	0	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0	2	1	3	0	20
8米根数	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	15
余料	3	2	1	1	0	3	0	2	3	1	3	1	2	0	1	3	

模式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	需求
4米根数	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	50
5米根数	0	1	0	2	1	0	3	1	0	0	2	2	1	1	0	0	10
6米根数	0	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0	2	1	3	0	20
8米根数	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	15
余料	3	2	1	1	0	3	0	2	3	1	3	1	2	0	1	3	

●模型建立(以余料总和最小为优化目标)

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_1 = & 3x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 + 3x_6 + 2x_8 + 3x_9 \\ & + x_{10} + 3x_{11} + x_{12} + 2x_{13} + x_{15} + 3x_{16} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad & 4x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 2x_4 + 2x_5 + 2x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} \geq 50 \\ & x_2 + 2x_4 + x_5 + 3x_7 + x_8 + 2x_{11} + 2x_{12} + x_{13} + x_{14} \geq 10 \\ & x_3 + x_5 + 2x_9 + x_{10} + x_{11} + 2x_{13} + x_{14} + 3x_{15} \geq 20 \\ & x_6 + x_8 + x_{10} + x_{12} + x_{14} + 2x_{16} \geq 15 \end{aligned}$$

●编程求解

%钢管下料问题 问题2求解（按余料最小和根数最少两种方式）

%求合理的切割模式

clear,clc

[a,b,c,d]=ndgrid([0:4],[0:3],[0:3],[0:2]); %ndgrid: N 维空间中的矩形网格

MS=[a(:),b(:),c(:),d(:)];

%MS为满足条件 $0 < n_1 < 4, 0 < n_2 < 3, 0 < n_3 < 3, 0 < n_4 < 2$ 的所有模式:[n1,n2,n3,n4]

g=[4;5;6;8]; %切割要求

n=find((MS*g>=16)&(MS*g<=19)); %合理的切割模式号

HLMS=MS(n,:); %HLMS合理的切割模式

HLMS=sortrows(HLMS,-1); %HLMS按第一列降序排列

%模型求解

A=HLMS'; %不等条件矩阵

b=[50;10;20;15]; %不等条件约束向量

k=size(A,2); %决策变量数

f=19-HLMS*g; %目标函数向量（按余料最小）

%f=ones(1,k); %目标函数向量（按根数最少）

%按一般线性规划和整数线性规划两种方式求解

[x,y]=linprog(f,-A,-b,[],[],zeros(1,k));

[x1,y1]=intlinprog(f,[1:k],-A,-b,[],[],zeros(1,k));

结果(按余料总和最小优化):

按一般线性规划解:

$x_7 = 50, x_{14} = 20$, 其余为0.

最优值:0

按线性规划整数解:

$x_7 = 50, x_5 = 20$, 其余为0.

最优值:0

按模式7切割50根,按模式14切割20根,余料0米.

切割结果: 4米50根(刚好50根要求)

5米170根(超10根要求很多很多)

6米20根(刚好满足要求)

8米20根(超过15要求)

对结果有何感想?为何出现这种情形?

模式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	需求
4米根数	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	50
5米根数	0	1	0	2	1	0	3	1	0	0	2	2	1	1	0	0	10
6米根数	0	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0	2	1	3	0	20
8米根数	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	15
余料	3	2	1	1	0	3	0	2	3	1	3	1	2	0	1	3	

注意:模式7和模式14的余料都为0.

当以余料总和最小为优化目标时, 首选切割余料为0的模式.

当余料无作用时, 不要以余料总和最小为优化目标.

●按总根数最小优化模型

模式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	需求
4米根数	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	50
5米根数	0	1	0	2	1	0	3	1	0	0	2	2	1	1	0	0	10
6米根数	0	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0	2	1	3	0	20
8米根数	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	15
余料	3	2	1	1	0	3	0	2	3	1	3	1	2	0	1	3	

●模型建立

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{i=1}^{16} x_i$$

$$s.t. \quad 4x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 2x_4 + 2x_5 + 2x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} \geq 50$$

$$x_2 + 2x_4 + x_5 + 3x_7 + x_8 + 2x_{11} + 2x_{12} + x_{13} + x_{14} \geq 10$$

$$x_3 + x_5 + 2x_9 + x_{10} + x_{11} + 2x_{13} + x_{14} + 3x_{15} \geq 20$$

$$x_6 + x_8 + x_{10} + x_{12} + x_{14} + 2x_{16} \geq 15$$

●编程求解

%钢管下料问题 问题2求解（按余料最小和根数最少两种方式）

%求合理的切割模式

clear,clc

[a,b,c,d]=ndgrid([0:4],[0:3],[0:3],[0:2]); **%ndgrid: N 维空间中的矩形网格**

MS=[a(:),b(:),c(:),d(:)];

%MS为满足条件 $0 < n_1 < 4, 0 < n_2 < 3, 0 < n_3 < 3, 0 < n_4 < 2$ 的所有模式:[n1,n2,n3,n4]

g=[4;5;6;8]; **%切割要求**

n=find((MS*g>=16)&(MS*g<=19)); **%合理的切割模式号**

HLMS=MS(n,:); **%HLMS合理的切割模式**

HLMS=sortrows(HLMS,-1); **%HLMS按第一列降序排列**

%模型求解

A=HLMS'; **%不等条件矩阵**

b=[50;10;20;15]; **%不等条件约束向量**

k=size(A,2); **%决策变量数**

%f=19-HLMS*g; %目标函数向量（按余料最小）

f=ones(1,k); %目标函数向量（按根数最少）

%按一般线性规划和整数线性规划两种方式求解

[x,y]=linprog(f,-A,-b,[],[],zeros(1,k));

[x1,y1]=intlinprog(f,[1:k],-A,-b,[],[],zeros(1,k));

按一般线性规划解:

$x_3 = 16.67, x_{12} = 3.33, x_{14} = 3.33, x_{16} = 4.17$, 其余为0.

最优值:27.5

按线性整数规划解:

$x_3 = 16, x_4 = 1, x_{12} = 2, x_{14} = 4, x_{16} = 5$, 其余为0.

最优值:28

按模式3切割16根;

按模式4切割1根;

按模式14切割4根;

按模式16切割5根.

余料总和:34米.

切割结果:

4米50根(刚好满足50根要求)

5米10根(刚好满足10根要求)

6米20根(刚好满足20根要求)

8米16根(超过15根要求)

切割模式为4种(超过3种).

如何处理?

3. 模型的建立与求解II (限制切割模式, 增加需求)

(讨论“增加需求5米10根”并以总根数最少的情形)

决策变量: 设 x_i 为按第 i 种切割模式的原料钢管根数; ($i=1, 2, \dots, 16$)
 r_i 为选取第 i 种切割模式取值1, 否则取值0.

●模型建立

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{16} r_i x_i$$

$$\text{s.t.} \quad 4x_1r_1 + 3x_2r_2 + 3x_3r_3 + 2x_4r_4 + 2x_5r_5 \\ + 2x_6r_6 + x_7r_7 + x_8r_8 + x_9r_9 + x_{10}r_{10} \geq 50$$

$$x_2r_2 + 2x_4r_4 + x_5r_5 + 3x_7r_7 + x_8r_8 + 2x_{11}r_{11} + 2x_{12}r_{12} + x_{13}r_{13} + x_{14}r_{14} \geq 10$$

$$x_3r_3 + x_5r_5 + 2x_9r_9 + x_{10}r_{10} + x_{11}r_{11} + 2x_{13}r_{13} + x_{14}r_{14} + 3x_{15}r_{15} \geq 20$$

$$x_6r_6 + x_8r_8 + x_{10}r_{10} + x_{12}r_{12} + x_{14}r_{14} + 2x_{16}r_{16} \geq 15$$

非线性规划模型.

16个整数变量 $x_i(i=1,2,\dots,16)$, 16个0-1变量 $r_i(i=1,2,\dots,16)$

线性规划模型无论是理论还是算法上可以完全求解的模型.

非线性规划模型无论是理论还是算法上求解比较困难的模型.

建模时, 尽量建立线性规划模型.

对非线性规划模型, 具体求解时, 转化为线性规划模型求解.

●模型求解算法

要求:切割模式不超过3种

模式	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	需求
4米根数	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	50
5米根数	0	1	0	2	1	0	3	1	0	0	2	2	1	1	0	0	10
6米根数	0	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0	2	1	3	0	20
8米根数	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	15
余料	3	2	1	1	0	3	0	2	3	1	3	1	2	0	1	3	

算法: (1)从合理的切割模式每次取3种模式:
(2)求解相应的线性整数模型:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } Z_1 = x_1 + x_2 + x_3 \\
 & s.t. \quad r_{11}x_1 + r_{12}x_2 + r_{13}x_3 \geq 50 \\
 & \quad \quad r_{21}x_1 + r_{22}x_2 + r_{23}x_3 \geq 10 \\
 & \quad \quad r_{31}x_1 + r_{32}x_2 + r_{33}x_3 \geq 20 \\
 & \quad \quad r_{41}x_1 + r_{42}x_2 + r_{43}x_3 \geq 15
 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} \end{bmatrix}$$

其中决策变量 x_1, x_2, x_3 分别为三种模式的根数.

(3)从上述解中求出最优解. (并不是每种组合都有解)

●模型求解程序

%按每次取3种切割方式做优化，求出最优的组合方式

clear,clc %求合理的切割模式

[a,b,c,d]=ndgrid([0:4],[0:3],[0:3],[0:2]);

%ndgrid: N 维空间中的矩形网格

MS=[a(:),b(:),c(:),d(:)];

%MS为满足条件 $0 < n_1 < 4, 0 < n_2 < 3, 0 < n_3 < 2$ 的所有模式:[n1,n2,n3]

g=[4;5;6;8]; %切割要求

n=find((MS*g>=16)&(MS*g<=19)); %合理的切割模式编号

HLMS=MS(n,:); %HLMS合理的切割模式

HLMS=sortrows(HLMS,-1); %HLMS按第一列降序排列

b=-[50;10;20;15]; %客户需求

m=nchoosek(1:length(n),3); %组合方式

```

for i=1:size(m,1)
    A=-HLMS(m(i,:),:);
    [x1,y1]=intlinprog([1,1,1],[1,2,3],A,b,[],[],zeros(1,3));
    if length(y1)==0           %对应的组合无解时y1为空向量，长度为0
        x(i,:)=zeros(1,3);    %无解时，令此的解为[0,0,0]
        y(i)=100;             %无解时，对应的最优值为100（足够大）
    else
        x(i,:)=x1';           %有解时，用x记下此次
        y(i)=y1;              %把此次解的最优值记在y
    end
end
end

```

```

[fval,n1]=min(y);           %fval为最优解， n1为对应的编号
zyzh=m(n1,:);              %最优组合编号
gs=x(n1,:);                %最优组合每一种切割模式对应的根数
jtms=HLMS(zyzh,:);         %具体的切割模式
jtms(:,end+1)=gs'          %把每种切割模式的根数放在最后一列

```

运行结果:

最优组合编号: $\text{zyzh} = [3 \quad 5 \quad 16]$

对应的根数: $\text{gs} = [10 \quad 10 \quad 8]$

具体模式及根数: $\text{jtms} =$

3	0	1	0	10
2	1	1	0	10
0	0	0	2	8

具体模式及根数: $\text{fval} = 28$

%钢管下料问题 问题2求解（按每次取3种切割方式做优化，求出最优的组合方式）

clear,clc %求合理的切割模式

[a,b,c,d]=ndgrid([0:4],[0:3],[0:3],[0:2]); %ndgrid: N 维空间中的矩形网格

MS=[a(:),b(:),c(:),d(:)]; %MS为满足条件 $0 < n_1 < 4, 0 < n_2 < 3, 0 < n_3 < 2$ 的所有模式:[n1,n2,n3]

g=[4;5;6;8]; %切割要求

n=find((MS*g>=16)&(MS*g<=19)); %合理的切割模式编号

HLMS=MS(n,:); %HLMS合理的切割模式

HLMS=sortrows(HLMS,-1); %HLMS按第一列降序排列

b=[50;10;20;15]; %客户需求

m=nchoosek(1:length(n),3);

for i=1:size(m,1)

A=-HLMS(m(i,:),:);

[x1,y1]=intlinprog([1,1,1],[1,2,3],A,b,[],[],zeros(1,3));

if length(y1)==0 %对应的组合无解时y1为空向量，长度为0

x(i,:)=zeros(1,3); %无解时，令此的解为[0,0,0]

y(i)=100; %无解时，对应的最优值为100（足够大）

else

x(i,:)=x1'; %有解时，用x记下此次

y(i)=y1; %把此次解的最优值记在y

end

end

[fval,n1]=min(y); %fval为最优解，n1为对应的编号

zyzh=m(n1,:); %最优组合编号

gs=x(n1,:); %最优组合每一种切割模式对应的根数

jtms=HLMS(zyzh,:); %具体的切割模式

jtms(:,end+1)=gs' %把每种切割模式的根数放在最后一列