# 基于 matlab 的起重机桁架结构有限元分析

#### 1.研究背景

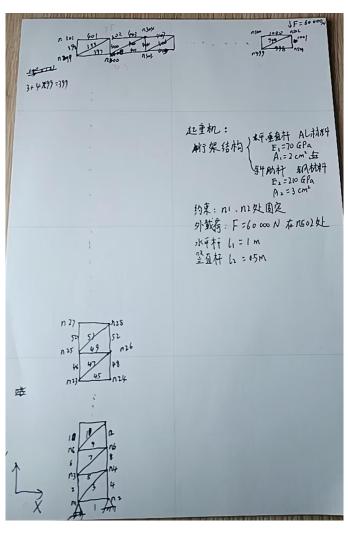
随着国民经济的发展和施工方式的改变,起重机械被广泛应用于各个领域。桁架结构不仅自重轻、刚度好、抗弯性能好,受力也更合理,所以被广泛应用于各类起重机的臂架系统。

为了满足各种使用要求,桁架臂结构向着大型、高耸、轻柔的方向发展,变得越来越"细长",使得臂架在强度破坏前往往会由于变形过大发生失稳,其稳定性问题变的日益严峻。且由于臂架的失稳往往发生的更突然,也更隐蔽,所以造成的破坏程度也更大。因此,对起重机桁架臂的稳定性进行分析,可以为设计提供依据,具有重要的实际意义。

#### 2.有限元模型建模

# 2.1 模型基本参数

起重机的桁架结构的垂直和水平部分由铝制成(杨氏模量 E=70 GPa,横截面为 2 cm²),水平杆长 1m,竖直杆长 0.5m。对角桁架构件由钢制成(杨氏模量 E=210 GPa,横截面为 3 cm²),如图所示,结构承受荷载 P=60000 N,作用在 n502 处。假设两个支撑节点固定(即 x 和 y 位移为 0)。求解各杆的所受应力。



### 2.2 模型单元和节点编号

进行有限元分析之前,第一步就是要对单元及节点进行编号,**2.1** 节所示的图展示了对单元和节点的具体编号,顺序为"从左到右,从 上到下"。

为了方便后续程序的读取调用,需要用将上述信息录入到 Excel 表格中,并且还需要包含一些关于单元和节点的其他信息,部分信息 如下图所示。

1	节点编号	x坐标(m)	y坐标(m)	x方向	荷载(N)	y方向荷载	(N)	x方向是否固定	<u> </u>	y方向是否固定	
2	1		0 0		0		0		1		1
3	2		1 0		0		0		1		1
4	3		0 0.5		0		0		0		0
5	4		1 0.5		0		0		0		0
6	5		0 1		0		0		0		0
7	6		1 1		0		0		0		0
8	7		0 1.5		0		0		0		0
9	8		1 1.5		0		0		0		0
10 11	9		0 2		0		0		0		0
12	10		1 2 0 2.5		0		0		0		0
13	11		0 2.5 1 2.5		0		0		0		0
14	13		0 3		0		0		0		0
15	14		1 3		0		0		0		0
16	15		0 3.5		0		0		0		0
17	16		1 3.5		0		0		0		0
18	17		0 4		0		0		0		0
19	18		1 4		0		0		0		0
20	19		0 4.5		0		0		0		0
21	20		1 4.5		0		0		0		0
22	21		0 5		0		0		0		0
23	22		1 5		0		0		0		0
	23		0 5.5		0		0		0		0
24	20		0.0		•		0				-
25	24		1 5.5		0		0		0		0
	24				0			U		E	
		A				点编号		度(Pa)	0	世 截面面积(m2)	
25	24	A	1 5.5		单元终端节,	点编号	0	7.00E+10	0	2.008	0 E-04
25	24	A	1 5.5	Į.	0 单元终端节/		0	7.00E+10 7.00E+10	0	2.00E	0 E-04 E-04
25	24	A 1	1 5.5	1	单元终端节	2	0	7.00E+10	0	2.008	0 E-04 E-04
25 1 2 3	24	1 2	1 5.5	; 1 1	单元终端节,	2 3	0	7.00E+10 7.00E+10	0	2.00E	0 E-04 E-04 E-04
25 1 2 3 4	24	1 2 3	1 5.5	1 1 1 1 2	单元终端节,	2 3 4	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E	0 E-04 E-04 E-04
25 1 2 3 4 5	24	1 2 3 4	1 5.5	1 1 1	单元终端节,	2 3 4 4	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04
25 1 2 3 4 5 6	24	1 2 3 4 5	1 5.5	1 1 1 2 3 3	单元终端节	2 3 4 4 4	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04
25 1 2 3 4 5 6 7	24	1 2 3 4 5 6	1 5.5	1 1 1 2 3 3 3	单元终端节	2 3 4 4 4 5	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 3.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9	24	1 2 3 4 5 6 7 8	1 5.5	1 1 1 2 3 3 3 4	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9	24	1 2 3 4 5 6 7 8	1 5.5	1 1 1 2 3 3 3 4 5	0 単元终端节)	2 3 4 4 4 5 6 6	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 5.5	1 1 1 2 3 3 3 4 5 5	0 単元终端节)	2 3 4 4 4 5 6 6 6	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 5.5	1 1 1 2 3 3 3 4 5 5	0 単元终端节)	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 3.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 5.5	1 1 1 2 3 3 3 4 5 5 5	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 3.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	1 5.5	1 1 1 2 3 3 3 4 5 5 5 6 7	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8 8	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	1 5.5	1 1 1 2 3 3 3 4 5 5 5 6 7	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8 8 8	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	1 5.5	1 1 1 2 3 3 3 4 5 5 6 7 7	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8 8 8 9	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	1 5.5	1 1 1 1 1 1 2 2 3 3 3 3 3 3 3 4 4 5 5 5 5 6 6 7 7 7 7 8 8	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8 8 8 9	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	1 5.5	1 1 1 1 1 1 1 2 2 3 3 3 3 3 3 4 4 5 5 5 5 6 6 7 7 7 7 7 8 8 9 9	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8 8 8 9 10 10	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	1 5.5	1 1 1 1 1 1 2 2 3 3 3 3 3 3 4 4 5 5 5 6 6 7 7 7 7 8 8 9 9 9 9 9	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8 8 8 9 10 10	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	24	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	1 5.5	1 1 1 1 1 1 2 2 3 3 3 3 3 3 4 4 5 5 5 5 6 6 7 7 7 7 7 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8 8 8 9 10 10 10	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 3.00E	0 E=-04 E=-0
25 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	单元编号	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	1 5.5	1 1 1 1 1 1 2 2 3 3 3 3 3 3 4 4 5 5 5 6 6 7 7 7 7 8 8 9 9 9 9 9	单元终端节	2 3 4 4 4 5 6 6 6 7 8 8 8 9 10 10	0	7.00E+10 7.00E+10 2.10E+10 7.00E+10	0	2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 3.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E 2.00E	0 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-04 E-0

#### 2.3 桁架单元刚度矩阵的构建与全局刚度矩阵的装配

根据基础有限元知识,需要求出每一个单元对应的局部刚度矩阵 ke,通过变换矩阵,转换成全局的单元刚度矩阵,其计算公式为:

$$\left[K^{(e)}\right] = k_e \begin{bmatrix} c^2 & sc & -c^2 & -sc \\ sc & s^2 & -sc & -s^2 \\ -c^2 & -sc & c^2 & sc \\ -sc & -s^2 & sc & s^2 \end{bmatrix}$$

之后,还需要将每个全局的单元刚度矩阵装配到一个总的刚度矩阵之中,其规则为根据每个单元的起始和终端编号,找到装配矩阵的对应位置,将其填入其中。如若存在单元矩阵重叠的情况,则让其相加。

#### 2.4 求解桁架位移以及单元固定支反力

在本节中首先需要求解出节点位移,对于刚度矩阵需要分解一下, 筛选出非固定节点对应的刚度矩阵,且外载已经给出,可以反解出非 固定节点对应的位移。

$$\begin{bmatrix} K_{cc} & K_{ca} \\ K_{ac} & K_{aa} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_c \\ U_a \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_c \\ F_a \end{Bmatrix}$$

# 3. 有限元计算结果

Force ×								
1004x1 double								
	1							
1	5.1688e+03							
2	3.7410e+05							
3	0							
4	-3.8766e+05							
5	-1.6949							
6	-1.8496							
7	0.1309							
8	-4.1502							
9	0.7099							
10	2.4164							
11	1.8444							
12	13.1761							
13	0.6503							
14	-5.8294							
15	-2.0513							
16	-2.8724							
17	-5.9178							