

目录

一、序列	4
1.1 序列定义	4
二、材料	5
2.1 材料定义	5
2.2 材料行为定义	5
2.3 材料通用行为	5
2.3.1 材料密度 DENS	6
2.3.2 材料阻尼 RDMP	6
2.4 材料弹塑性行为	6
2.4.1 线弹性材料 LE	8
2.4.2 线弹性材料（工程常数）LEEC	8
2.4.3 双线性混合强化材料 BLIH	9
2.4.4 混凝土损失塑性 CDP	10
2.4.5 Drucker-Prager 材料 DP	11
2.4.6 线性受拉软化的约束混凝土单轴本构 CONCRETE02	12
2.4.7 超弹性 HE	14
2.4.8 多线性等向强化本构 MISO	14
2.4.9 多线性随动强化本构 MKIN	15
2.4.10 Giuffre-Menegotto-Pinto 钢材本构 SGMP	16
2.4.11 热轧钢材本构 SHCM01	16
2.4.12 肖氏钢材本构 SHCM02	18
2.4.13 蔡氏钢材本构 SHCM03	18
2.4.14 BoucWen 滞回本构 BOUCWEN	18
2.4.15 DAMAGEMAXS 粘聚最大应力损伤本构 DAMAGEMAXS	19
2.4.16 修正剑桥本构 MCCM	19
2.5 Fatigue 材料疲劳行为	20
2.5.1 PARKANG	20
2.6 Failure 材料失效行为	21
2.6.1 CSM 临界应变模型	21
2.6.2 VGM 空洞增长模型	21
2.7 材料库定义示例	22
三、截面	23
3.1 截面定义	23
3.2 截面区域定义	23
3.2.1 面积 AREA	24
3.2.2 管形截面 TUBE	24
3.2.3 圆形截面 ROUND	25
3.2.4 矩形截面 RECT	26
3.2.5 箱形截面 BOX	27
3.2.6 H 型截面 HSHAPE	28

3.2.7 纤维截面 FIBER	28
3.2.8 自定义截面 CUSTOM	29
3.2.9 厚形截面 THICKNESS	31
3.2.10 无厚度平面截面 PLANEREGION	31
3.2.11 实体截面 SOLIDREGION	31
3.2.12 粘聚区截面 COHESIVEREGION	32
四、单元类型（包含单元行为）	33
4.1 单元类型定义	33
4.1.1 梁单元：BEAM_THEORY（FIBERBEAM2 没有该单元行为）	34
4.1.2 面单元：PLANE_THEORY	34
4.1.3 壳单元：BULK_VISCOSITY	35
4.1.4 实体单元：BULK_VISCOSITY	35
4.1.5 实体单元：SOLID_BBAR	35
4.1.6 实体单元：ANTI_HOURLGLASSING (SOLIDBRICKR8 专属)	35
4.1.7 所有单元 ERASED	36
五、组件	37
5.1 组件定义	37
5.1.1 质点定义	37
5.1.2 单元定义	38
5.1.3 点集/单元集定义	38
5.1.4 截面赋予	39
5.1.5 方向赋予	39
六、拼装	40
6.1 拼装定义	40
6.1.1 组件拼装位置	40
6.1.2 网格点集/单元集定义	40
七、求解步	41
7.1 时间步定义	41
7.2 求解步参数定义	41
7.2.1 时间步控制 Time_Step_Control	42
7.2.2 迭代控制 Iteration_Step_Control	42
7.2.3 阻尼控制 Damping_Control	42
7.2.4 输出控制 Output_Control	43
7.2.5 找形控制	44
八、自定义坐标系	45
8.1 VCS	45
8.2 PCS	46
8.3 ECS / 未启用	47
九、边界	48
9.1 边界定义	48
9.1.1 Displacement D	49

9.1.2 Velocity V	-----	49
9.1.3 Acceleration A	-----	49
十、载荷	-----	50
10.1 载荷定义	-----	50
10.1.1 Concentrate Force & Moment CF	-----	51
10.1.2 Inertia force IF	-----	51
10.1.3 Line Force LF	-----	51
10.1.4 Surface Pressure SP	-----	52
10.1.5 Body Force BF	-----	52
10.1.6 Gravity G	-----	52
十一、约束	-----	53
11.1 自由度耦合 DOF	-----	53
11.2 刚体约束 RIGID	-----	53
11.3 嵌入约束 EMBD	-----	53
十二、质点附加属性	-----	54
12.1 质点附加质量惯性矩	-----	54
十三、工程单元	-----	55
13.1 工程单元定义	-----	55
13.2 工程单元包括:	-----	55
13.2.1 单轴弹簧 UNIAXIAL_COMBIN	-----	55
13.2.2 防屈曲支撑 BUCKL_RES_BRACE	-----	56
13.2.3 橡胶支座 RUBBER_BEARING	-----	56
13.2.4 摩擦摆 FRIC_PEN_BEARING	-----	57
13.2.5 滑轮 PULLY_FOR_SLIDINGCABLE	-----	57

一、序列

模型内所有序列定义统一在序列库定义区段内完成，区段命令关键词为*SEQUENCES。库中每一个单元对象通过关键词*SEQUENCE进行定义。每个序列区域可以设定各自的树形结构为例如：

```
// block for defining sequences
*SEQUENCES
  // block for defining sequence
  *SEQUENCE, ...
  // ...
```

1.1 序列定义

序列定义关键词为*SEQUENCE，需要通过 name属性明确序列名称，需要通过 type属性明确序列类型，**序列不可以重名**。对应的格式为：

```
*SEQUENCE, name=[sequence_name], type=[sequence_type]
// points
```

默认时间序列可选添加，不添加也存在。

```
*SEQUENCES
  *SEQUENCE, name=CONSTANT, type=CONSTANT
  *SEQUENCE, name=RAMP_STEP, type=RAMP_STEP
  *SEQUENCE, name=RAMP, type=RAMP
```

二、材料

模型内所有材料定义统一在材料库定义区段内完成，区段命令关键词为：`*MATERIALS`。库中每一个材料对象通过关键词`*MATERIAL`进行定义。每一个材料对象内部通过关键词`*BEHAVIOR`定义材料行为。材料定义的树形结构为例如：

```
// block for defining materials
*MATERIALS
  // block for defining material
  *MATERIAL, ...
    // block for defining material
    *BEHAVIOR, ...
      // behavior parameters
```

2.1 材料定义

材料定义关键词为`*MATERIAL`，需要通过 `name` 属性明确材料名称，材料不可以重名。对应的格式为：

```
*MATERIAL, name=[material_name]
  // material behaviors
```

2.2 材料行为定义

材料行为定义关键词为`*BEHAVIOR`，需要通过 `type`属性明确行为类型，对应的格式为：

```
*BEHAVIOR, type=[behavior_type]
  // behavior parameters
```

材料行为分为三种类型，包括：

- 通用行为
- 弹塑性行为
- 失效行为 (optional)

弹塑性行为和断裂行为最多只允许定义一种；通用行为允许同时定义多种。失效行为的定义是可选的。

2.3 材料通用行为

材料通用行为类型见下表。

type	说明	是否可选
DENS	材料质量密度	必须设置
RDMP	材料Rayleigh 阻尼	可选设置

2.3.1 材料密度 DENS

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=DENS  
  [rho]
```

参数说明

参数	说明
[rho]	材料质量密度

示例

```
*BEHAVIOR, type=DENS  
  7850.00
```

2.3.2 材料阻尼 RDMP

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=RDMP  
  [alpha], [beta]
```

参数说明

参数	说明
[alpha]	材料质量阻尼系数
[beta]	材料刚度阻尼系数

注意：材料刚度阻尼系数的引入会显著减小模型的临界步长

示例

```
*BEHAVIOR, type=RDMP  
  5.0, 0.01
```

2.4 材料弹塑性行为

一个材料对象必须定义一种弹塑性行为，且仅能定义一种。下表列出了平台目前支持的材料类型：

TYPE	说明	支持的应力状态
LE	线弹性/Linear Elastic Model	单轴& 多轴
LEEC	线弹性(工程常数)/Linear Elastic Model	单轴& 多轴
BILH	双线性强化塑性本构/Bilinear Hardening Plastic Model	单轴& 多轴
CDP	混凝土损伤塑性 (Optional)	单轴& 多轴

MISO	多线性等向强化塑性本构 (Optional)	单轴
MKIN	多线性随动强化塑性本构 (Optional)	单轴
DP	Drucker-Prager 塑性本构	多轴
CONCRETE02	线性受拉软化的约束混凝土单轴本构	单轴
HE	超弹性 (Optional)	单轴 & 多轴
SGMP	Giuffre-Menegotto-Pinto 钢材本构	单轴
SHCM01	热轧钢材本构/Hot-rolled Steel Model	单轴
SHCM02	肖氏钢材本构/Xiao's Steel Model (Optional)	单轴
SHCM03	蔡氏钢材本构/Cai's Steel Model (Optional)	单轴
BOUCWEN	BoucWen 滞回本构 (Optional)	单轴
DAMAGEMAXS	粘聚区: 二次最大应力损伤本构	
MCCM	修正剑桥本构	

2.4.1 线弹性材料 LE

各向同性的线弹性材料。

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=LE  
[E], [nu]
```

参数说明

参数	说明
E	材料弹性模量
nu	材料泊松比

示例

```
*BEHAVIOR, type=LE  
2.06e+11, 0.3
```

2.4.2 线弹性材料（工程常数） LEEC

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=LE_EC  
EN, [E1], [E2], [E3]  
NU, [Nu12], [Nu13], [Nu23]  
G, [G12], [G13] [G23]
```

参数说明

参数	说明
E1	方向 1 材料弹性模量
E2	方向 2 材料弹性模量
E3	方向 3 材料弹性模量
Nu12	方向 1 材料泊松比
Nu13	方向 2 材料泊松比
Nu23	方向 3 材料泊松比
G12	方向 1 剪切模量
G13	方向 2 剪切模量
G23	方向 3 剪切模量

2.4.3 双线性混合强化材料 BILH

基于J2 塑性理论，融合双线性等向强化、双线性随动强化的双线性混合强化材料。

- 通过关键词 LE定义弹性段参数
- 通过关键词 NONH、ISOH、KINH或 COMH
设置塑性强化的类型，每个材料对象仅能设置四种强化类型中的一种。

1) 塑性强化类型：无强化 NONH

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=BILH  
LE, [E], [nu]  
NONH, [Sig_Cr]
```

参数说明

参数	说明
Sig_Cr	材料屈服应力

示例

```
*BEHAVIOR, type=BILH  
LE, 2.06e+11, 0.3  
NONH, 235E9
```

2) 强化段参数：等向强化 ISOH

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=BILH  
LE, [E], [nu]  
ISOH, [Sig_Cr], [H_iso]
```

参数说明

参数	说明
Sig_Cr	材料屈服应力
H_iso	等向强化模量

示例

```
*BEHAVIOR, type=BILH  
LE, 2.06e+11, 0.3  
ISOH, 235E9, 2E9
```

3) 强化段参数：随动强化 KINH

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=BILH
  LE, [E], [nu]
  KINH, [Sig_Cr], [H_kin]
```

参数说明

参数	说明
Sig_Cr	材料屈服应力
H_kin	随动强化模量

示例

```
*BEHAVIOR, type=BILH
  LE, 2.06e+11, 0.3
  KINH, 235E9, 2E9
```

4) 强化段参数：混合强化 COMH

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=BILH
  LE, [E], [nu]
  COMH, [Sig_Cr], [H_iso], [H_kin]
```

参数说明

参数	说明
Sig_Cr	材料屈服应力
H_iso	等向强化模量
H_kin	随动强化模量

示例

```
*BEHAVIOR, type=BILH
  LE, 2.06e+11, 0.3
  COMH, 235E9, 1E9, 1E9
```

2.4.4 混凝土损失塑性 CDP

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=CDPML
  LE, [E], [nu]
  GEN, [DA], [HR], [Wt], [Wc], [u]
  ADT, [EC], [IS]
  *CURVE, type=[yeildcurve_type]
    [Es], [f]
  *CURVE, type=[damagecurve_type]
    [Es], [d]
```

参数说明

参数	说明
DA	膨胀角
HR	HardeningRatio
wt, wc	拉\受压刚度回复系数
u	粘度系数
EC	偏心率
[IS]	拉压屈服应力比
yeildcurve_type	屈服行为曲线类型: TY: 受拉行为; CY: 受压行为
damagecurve_type	损伤因子曲线类型: TD: 受拉损伤; CD: 受压损伤
Es	开裂应变

示例

```

*BEHAVIOR, type=CDPML
  LE, 30000, 0.2
  GEN, 30, 1.16, 0, 1, 0
  ADT, 0.1, 0.6667
*CURVE, type=TY
  0, 2.56825
  3.81557E-05, 2.50394
  5.27525E-05, 2.38574
  .....
*CURVE, type=TD
  0, 0
  3.81557e-05, 0.0452122
  5.27525e-05, 0.0642943
  .....
*CURVE, type=CY
  0, 12.4321
  7.93649e-05, 14.137
  0.000104364, 15.7313
  .....
*CURVE, type=CD
  0, 0
  7.93649e-05, 0.0497339
  0.000104364, 0.0582449
  
```

2.4.5 Drucker-Prager 材料 DP

采用非关联流动法则的线性 Drucker-Prager 材料。

- 通过关键词 LE 设置弹性参数

- 通过关键词 **LDP**设置塑性参数。

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=DP
  LE, [E], [nu]
  LDP, [cohesion], [phi], [phi_f]
```

参数说明

参数	说明
cohesion	材料粘聚力
phi	摩擦角，角度制
phi_f	剪胀角，角度制

示例

```
*BEHAVIOR, type=DP
  LE, 3e9, 0.25
  LDP, 3e6, 12.0, 0.0
```

2.4.6 线性受拉软化的约束混凝土单轴本构 CONCRETE02

基于修正 Kent-Park 受压区骨架曲线、Yassin

滞回准则，并考虑线性软化的受拉性能的一维混凝土本构。需要通过关键词 **COMP**和 **TENS**同时设置受压区和受拉区的本构曲线参数。

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=CONCRETE02
  COMP, [fc0], [ec0], [fcu], [ecu], [lambda] TENS,
  [ft], [Ets]
```

参数说明

参数	说明
fc0	混凝土受压强度（取负值）
ec0	混凝土受压强度对应受压应变（取负值）
fcu	混凝土受压极限强度（取负值）
ecu	混凝土受压极限强度对应受压应变（取负值）
lambda	
ft	混凝土受拉强度
Ets	混凝土受压软化模量

示例

```
*BEHAVIOR, type=CONCRETE02  
  COMP, -36.05E6, -0.00173, -18.03E6, -0.00365, 0.5  
  TENS, 3.22E6, 3250E6
```

2.4.7 超弹性 HE

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=HE
  TYPE, [type], [N]
  C10, [value_C10_N]
  C01, [value_C01_N]
  NU, [value_NU]
  D, [value_D_N]
```

参数说明

参数	说明
type	种类
N	整列参数个数
[value_C10_N]	C10 的参数, 参数数为 N
[value_C01_N]	C01 的参数, 参数数为 N
[bool_NU]	是否使用 Poisson's Ratio, 0-否, 1-是
[value_NU]	Poisson's Ratio
[value_D_N]	D 的参数, 参数数为 N

type 和 N 的关系

value_type	value_N
0-Neo_Hookean	1
1-Mooney_Rivlin	1
2-Arruda_Boyce	1
3-Ogden	N
4-Polynomial	4
5-Reduced_Polynomial	N
6-Van_der_Waals	1
7-Yeoh	4
8-Marlow	1

2.4.8 多线性等向强化本构 MISO

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=MISO
  [E], [nu], [Sig_Cr]
  *CURVE, type=[curve_type]
    [x0], [y0]
    [x1], [y1]
    [x2], [y2]
```

参数说明

参数	说明
E	材料弹性模量
nu	材料泊松比
Sig_Cr	材料屈服应力
curve_type	曲线类型 SVPE-Stress_vs_Plastic_Strain; SVE-Stress_vs_Strain
[x0], [y0]...	曲线拟合坐标

示例

```
*BEHAVIOR, type=MISO
  2.06e+11, 0.3, 3.45e+11
  *CURVE, type=SVPE
    1e-06, 3.45e+11
    2e-06, 3.45e+11
```

2.4.9 多线性随动强化本构 MKIN

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=MKIN
  [E], [nu], [Sig_Cr]
  *CURVE, type=[curve_type]
    [x0], [y0]
    [x1], [y1]
    [x2], [y2]
```

参数说明

参数	说明
E	材料弹性模量
nu	材料泊松比
Sig_Cr	材料屈服应力
curve_type	曲线类型 SVPE-Stress_vs_Plastic_Strain; SVE-Stress_vs_Strain
[x0], [y0]...	曲线拟合坐标

示例

```
*BEHAVIOR, type=MKIN
    2.06e+11, 0.3, 3.45e+11
    *CURVE, type=SVPE
        0, 0
        1e-06, 3.45e+11
        2e-06, 3.45e+11
```

2.4.10 Giuffre-Menegotto-Pinto 钢材本构 SGMP

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=SGMP
    BHI, [Sig_Cr], [HardenRatio]
    R, [R0], [ChangeR1], [ChangeR2]
    COMP, [IHCCompression1], [IHCCompression2]
    TENS, [IHCTension1], [IHCTension2]
```

参数说明

参数	说明
Sig_Cr	材料屈服应力
HardenRatio	hardening ratio (Esh/E0);HardenRatio(0~1)
R	控制从弹性进入塑性时过度曲线曲率的经验参数; R0 - exp transition elastic- plastic;R0[10,20];ChangeR1[0,1];ChangeR2[0,1]
COMP	受压参数;IHCCompression1[0,1];IHCCompression2[0,1]
TENS	受拉参数;IHCTension11[0,1];IHCTension12[0,1]

示例

```
*BEHAVIOR, type=SGMP
    BHI, 1, 0.5
    R, 15, 0.925, 0.15
    COMP, 0, 1
    TENS, 0, 1
```

2.4.11 热轧钢材本构 SHCM01

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=SHCM01
    LE, [E], [nu]
    SIG, [Sig_Y], [Sig_U]
```

参数说明

参数	说明
----	----

Sig_Y	Yield Stress
Sig_U	Ultimate Stress (Sig_U > Sig_Y)

2.4.12 肖氏钢材本构 SHCM02

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=SHCM02  
SIG, [Sig_Y], [Sig_U] STEEL,  
[SteelGradeType]
```

参数说明

参数	说明
Sig_Y	Yield Stress
Sig_U	Ultimate Stress

$Sig_U > Sig_Y$

SteelGradeType | 0-Q235; 1-Q345; 2-Q460

2.4.13 蔡氏钢材本构 SHCM03

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=SHCM03  
SIG, [Sig_Y], [Sig_U] STEEL,  
[SteelGradeType] SIGB,  
[Sig_B]
```

参数说明

参数	说明
Sig_Y	Yield Stress
Sig_U	Ultimate Stress
$Sig_U > Sig_Y$	
SteelGradeType	0-Q235; 1-Q345; 2-Q460
Sig_B	Local Buckling Stress
$Sig_B \geq -Sig_U$	

2.4.14 BoucWen 滞回本构 BOUCWEN

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=SHCM03  
E, [E0]  
RATIO, [ratio]  
PARAM, [A], [Gamma], [Beta], [Exp]
```

参数说明

参数	说明
E0	Initial Elastic Stiffness
ratio	Ratio Between Post Yield Slope And Initial Slope; $0 < \text{ratio} < 1$
A	Shape of Hysteresis Loop Parameter A ; $A > 0$
Gamma	Shape of Hysteresis Loop Parameter Gamma; $-1 < \text{Gamma} < 1$
Beta	Shape of Hysteresis Loop Parameter Beta; $0 < \text{Beta} < 1$
Exp	Nonlinear Transition Parameter Exp; $\text{Exp} > 0$

2.4.15 DAMAGEMAXS 粘聚最大应力损伤本构DAMAGEMAXS

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=DAMAGEMAXS
    LE, [E0], [nu]
    COHEMS, [beta], [SMax], [FracEn]
```

参数说明

参数	说明	范围
E0	Initial Elastic Stiffness	
Nu	材料泊松比	
beta	Tension Shear ParameterBeta	$0 < \text{Beta} < 1$
SMax	断裂应力	
FracEn	断裂能	

2.4.16 修正剑桥本构MCCM

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=MCCM
    STATE, [void_init]
    PARAM, [lamda], [k_rebound], [M_critical], [posssion_ratio], [yield_confiningstress]
    COHEMS, [beta], [SMax], [FracEn]
```

参数说明

参数	说明	范围
void_init	初始孔隙比	>0
lamda	正常压缩线斜率	>0
k_rebound	回弹线斜率	0~lamda
M_critical	临界状态应力比	>0
possession_ratio	泊松比	0~0.5
yield_confiningstress	屈服围压	<0

示例

```
*BEHAVIOR, type=MCCM
STATE, 1.40085
PARAM, 0.1, 0.075, 1.0, 0.3333, -200000
```

2.5 Fatigue 材料疲劳行为

2.5.1 PARKANG

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=PARKANG
[ParkAngType], [Beta], [Alpha]
```

参数说明

参数	范围	
ParkAngType	Beta - Strength Deterioration Parameter	Alpha - Deformation Combination Parameter
0-Single Parameter Model	0<Beta<1	
1-Double Parameter Model	0<Beta<1	0<Alpha<1
	Beta + Alpha <1	Beta + Alpha <1

2.6 Failure 材料失效行为

2.6.1 CSM 临界应变模型

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=CSM  
      [eps_T], [eps_C]
```

参数说明

eps_T | Critical Tensile Strain >0

eps_C | Critical Compression

Strain <0

2.6.2 VGM 空洞增长模型

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=VGM  
      [Mu], [C1], [C2], [Lambda]
```

参数说明

Mu | Ratio of Monotonic Failure Strain to Yield

Strain C1 | Parameter Controls Rates of Void
Growth

C2 | Parameter Controls Rates of Void Shrinkage

Lambda | Material-dependent Damageability
Coefficient

2.7 材料库定义示例

```
*MATERIALS
// elastic material with damping
  *MATERIAL, name=mat_LE
    *BEHAVIOR, type=DENS
      7850.00
    *BEHAVIOR, type=RDMP
      5.0, 0.001
    *BEHAVIOR, type=LE
      2.06e+11, 0.3
// 1-d concrete material
  *MATERIAL, name=mat_CONC2
    *BEHAVIOR, type=DENS
      2500.00
    *BEHAVIOR, type=CONCRETE02
      COMP, -36.05E6, -0.00173, -18.03E6, -0.00365, 0.5
      TENS, 3.22E6, 3250E6
// material for metal
  *MATERIAL, name=mat_KINH
    *BEHAVIOR, type=DENS
      7850.00
    *BEHAVIOR, type=BILH
      LE, 2.06e+11, 0.3
      KINH, 235E9, 3E9
```

三、截面

模型内所有截面定义统一在组件库定义区段内完成，区段命令关键词为*SECTIONS。库中每一个截面对象通过关键词*SECTION进行定义。

```
// block for defining sections
*SECTIONS
  // block for defining section
  *SECTION, ...
    *REGION, ...
      // region parameters
```

3.1 截面定义

材料定义关键词为*SECTION，需要通过 name属性明确截面名称，截面不可以重名。需要通过 family属性明确截面族，需要通过 type属性明确截面类型，对应的格式为：

```
*SECTION, family=[section_family] , name=[section_name] , type=[section_type]
  // section regions
```

截面族分为 7 种，分别为：

- 杆截面 TRUSS
- 梁截面 BEAM
- 平面截面 PLANE
- 膜截面 MEMBRANE
- 壳截面 SHELL
- 实体 SOLID
- 粘聚区 COHESIVE

截面列表分为 2 种，分别为：

- 均匀截面 HOMOGENEOUS
- 复合截面 COMPOSITE

3.2 截面区域定义

截面区域定义关键词为*REGION，需要通过 type属性明确区域类型，对应的格式为：

```
*REGION, type=[region_type]
  // region parameters
```

截面区域分为 12 种类型，包括：

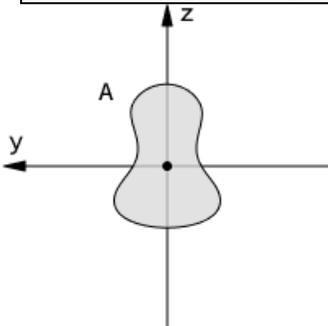
- [面积 AREA]
- [箱型截面 BOX]
- [自定义截面 CUSTOM]
- [管形截面 TUBE]
- [矩形截面 RECT]
- [圆形截面 ROUND]
- [H 型截面 HSHAPE]
- [纤维截面 FIBER]
- [厚型截面 THICKNESS]
- [平面截面 PLANEREGION]
- [实体截面 SOLIDREGION]
- [粘聚区截面 COHESIVEREGION]

3.2.1 面积 AREA

输入格式

```
*REGION, type=AREA
  OFFSET, [offset_y], [offset_z]
  NU, [nu]
  MATERIAL, [material_name]
  SHAPE, [area]
  PRESTRESS, [prestressx]
```

参数	说明
offset_y, offset_z	y,z 方向的偏移
material_name	截面的材料名
area	面积值
prestressx	预应力值



3.2.2 管形截面 TUBE

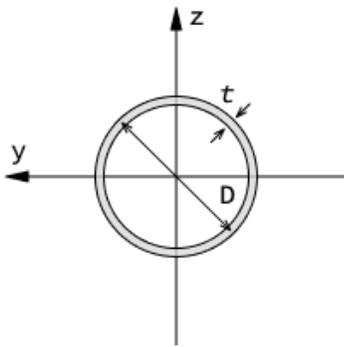
输入格式

```

*REGION, type=TUBE
  OFFSET, [offset_y], [offset_z]
  NU, [nu]
  MATERIAL, [material_name]
  SHAPE, [D], [t]
  INTPOINT, [Num_Circumferential], [Num_Radial]
  PRESTRESS, [prestressx]

```

参数	说明
offset_y, offset_z	y,z 方向的偏移
material_name	截面的材料名
D	外径
t	壁厚
Num_Circumferential	环向积分点的数量
Num_Radial	径向积分的数量
prestressx	预应力值



3.2.3 圆形截面 ROUND

输入格式

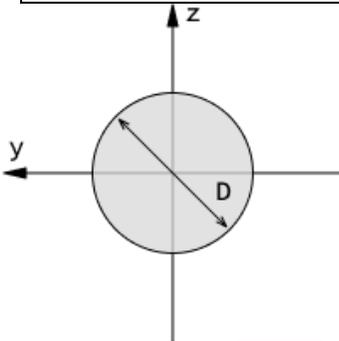
```

*REGION, type=ROUND
  OFFSET, [offset_y], [offset_z]
  NU, [nu]
  MATERIAL, [material_name]
  SHAPE, [D]
  INTPOINT, [Num_Circumferential], [Num_Radial]
  PRESTRESS, [prestressx]

```

参数	说明
offset_y, offset_z	y,z 方向的偏移
material_name	截面的材料名
D	外径
Num_Circumferential	环向积分点的数量
Num_Radial	径向积分的数量

prestressx	预应力值
------------	------

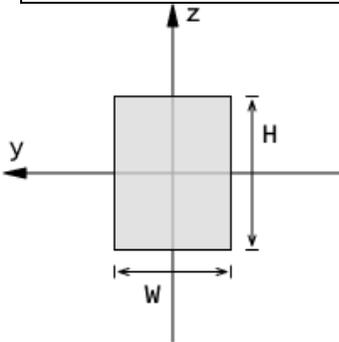


3.2.4 矩形截面 RECT

输入格式

```
*REGION, type=RECT
  OFFSET, [offset_y], [offset_z]
  NU, [nu]
  MATERIAL, [material_name]
  SHAPE, [W], [H]
  INTPOINT, [Num_Width], [Num_Height]
  PRESTRESS, [prestressx]
```

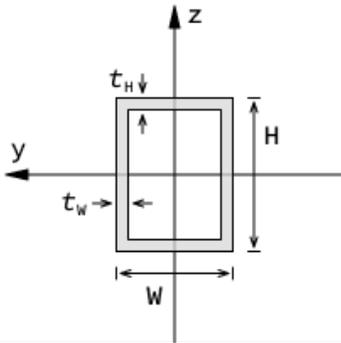
参数	说明
offset_y, offset_z	y,z 方向的偏移
material_name	截面的材料名
W/H	宽/高
Num_Width	宽度方向积分点的数量
Num_Height	高度方向积分的数量
prestressx	预应力值



3.2.5 箱形截面 BOX

输入格式

```
*REGION, type=BOX
  OFFSET, [offset_y], [offset_z]
  NU, [nu]
  MATERIAL, [material_name] SHAPE,
  [W], [H], [t_W], [t_H]
  INTPOINT, [Num_Width], [Num_Height], [Num_Thickness]
  PRESTRESS, [prestressx]
```



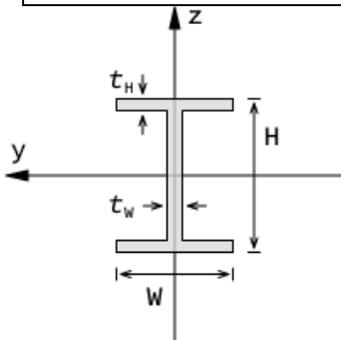
参数	说明
offset_y, offset_z	y,z 方向的偏移
material_name	截面的材料名
W	宽
t_W	宽度方向壁厚
H	高
t_H	高度方向壁厚
Num_Width	宽度方向积分点的数量
Num_Height	高度方向积分的数量
Num_Thickness	壁厚积分的数量
prestressx	预应力值

3.2.6 H 型截面 HSHAPE

输入格式

```
*REGION, type=HSHAPE
  OFFSET, [offset_y], [offset_z]
  NU, [nu]
  MATERIAL, [material_name] SHAPE,
  [W], [H], [t_H], [t_W]
  INTPOINT, [Num_Width], [Num_Height],
  [Num_FlangeThickness], [Num_MiddleThickness]
  PRESTRESS, [prestressx]
```

参数	说明
offset_y, offset_z	y,z 方向的偏移
material_name	截面的材料名
W	宽
t_W	宽度方向壁厚
H	高
t_H	高度方向壁厚
Num_Width	宽度方向积分点的数量
Num_Height	高度方向积分的数量
Num_FlangeThickness	壁厚积分的数量
Num_MiddleThickness	壁厚积分的数量
prestressx	预应力值



3.2.7 纤维截面 FIBER

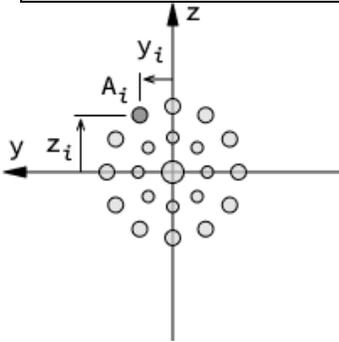
输入格式

```

*REGION, type=FIBER
  OFFSET, [offset_y], [offset_z]
  MATERIAL, [material_name]
  *FIBERA
    [y_1], [z_1], [A_1]
    [y_2], [z_2], [A_2]
    ...
    [y_i], [z_i], [A_i]

```

参数	说明
offset_y, offset_z	y,z 方向的偏移
material_name	截面的材料名
[y_i], [z_i], [A_i]	第 i 条纤维的 y,z 坐标和面积 A

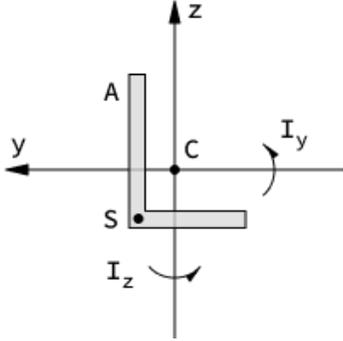


3.2.8 自定义截面 CUSTOM

输入格式

参数	说明
offset_y, offset_z	y,z 方向的偏移
material_name	截面的材料名
[A]	面积 A
[I_Y], [I_Z], [I_YZ]	Moment Of Inertia Y, Z, YZ
[Y_C], [Z_C]	Centriod Y, Z
[Y_S], [Z_S]	Shear Center Y, Z
prestresx	预应力值

```
*REGION, type=CUSTOM  
  OFFSET, [offset_y], [offset_z]  
  NU, [nu]  
  MATERIAL, [material_name]  
  AREA, [A]  
  INERTIA, [I_Y], [I_Z]  
  CENTRIOD, [Y_C], [Z_C]  
  SHEARCENTER, [Y S], [Z S]
```

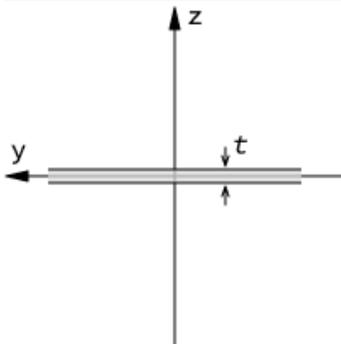


3.2.9 厚形截面 THICKNESS

输入格式

```
*REGION, type=THICKNESS
  OFFSET, [offset_z]
  MATERIAL, [material_name]
  SHAPE, [t]
  INTPOINT, [Num_t]
  PRESTRESS, [prestressx], [prestressy], [prestressxy]
```

参数	说明
offset_z, offset_y	z 方向的偏移
material_name	截面的材料名
t	厚度
Num_t	厚度方向积分点的数量
prestressx	x 向预应力值
prestressy	y 向预应力值
prestressxy	xy 向预应力值



3.2.10 无厚度平面截面 PLANEREGION

输入格式

```
*REGION, type=PLANEREGION
  MATERIAL, [material_name]
```

参数	说明
material_name	截面的材料名

3.2.11 实体截面 SOLIDREGION

输入格式

```
*REGION, type=SOLIDREGION
  MATERIAL, [material name]
```

参数	说明
material_name	截面的材料名

3.2.12 粘聚区截面 COHESIVEREGION

输入格式

```
*REGION, type=COHESIVEREGION  
MATERIAL, [material_name]
```

参数	说明
material_name	截面的材料名

四、单元类型（包含单元行为）

模型内所有单元定义统一在单元库定义区段内完成，区段命令关键词为*ELEMENTS。库中每一个单元对象通过关键词*ELEMENT进行定义。每一个单元对象内部通过关键词*BEHAVIOR定义单元区域，每个单元区域可以设定各自的单元行为的树形结构为例如：

```
// block for defining elements
*ELEMENTS
  // block for defining element
  *ELEMENT, ...
    // block for defining element
    *BEHAVIOR, ...
      // behavior parameters
```

4.1 单元类型定义

单元定义关键词为*ELEMENT，需要通过 name属性明确单元名称，需要通过 family属性明确单元族，需要通过 type属性明确单元类型，单元不可以重名。对应的格式为：

```
*ELEMENT, family=[element_family], name=[element_name], type=[element_type]
  // element behaviors
```

单元族分为 6 种，分别是：

- 杆单元 Truss
 - 梁单元 Beam
 - 面单元 Surface
 - 壳单元 Shell
 - 实体单元 Solid
 - 粘聚区单元 Cohesive
- 其对应的单元类型为：

- 杆单元 TRUSS：

1. CABLE2: A 2-particle linear tension-only cable element
2. TRUSS2: A 2-particle linear truss element
3. SLIDCABLE2: A 2-particle linear Sliding cable element

- 梁单元 BEAM

1. FIBERBEAM2: A 2-particle linear beam element with fiber-section
2. BEAM2: A 2-particle linear beam element

- 面单元 SURFACE

1. MEM4: A 4-particle quadrilateral plane-stress membrane element

2. MEM3: A 3-particle quadrilateral plane-stress membrane element

3. PLANE4: A 4-particle quadrilateral plane-strain element

4. PLANE3: A 3-particle quadrilateral plane-strain element

- 壳单元 SHELL

1. SHELL4: A 4-particle quadrilateral shell element, combining the DKQ plate and plane-stress membrane

2. SHELL3: A 3-particle triangular shell element, combining the DKT plate and plane-stress membrane

- 实体单元 SOLID

1. SOLIDBRICK8: A 8-particle linear brick element

2. SOLIDTETRA4: A 4-particle linear tetrahedron element

3. SOLIDBRICKR8: A 8-particle linear brick element with reduced integration and hourglass control

- 粘聚区单元 Cohesive

1. COHESIVETRUS2: A 2-particle cohesive element

2. COHESIVEPLANE4: A 4-particle cohesive element

3. COHESIVEHEX8: A 8-particle cohesive element

4. COHESIVETETRA6: A 6-particle cohesive element

单元行为包括:

4.1.1 梁单元: BEAM_THEORY (FIBERBEAM2 没有该单元行为)

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=BEAM_THEORY  
[type_num]
```

参数	说明
type_num	Beam Theory: 0-EulerBernoulli; 1-Timoshenko

4.1.2 面单元: PLANE_THEORY

输入格式

*BEHAVIOR, type=PLANE_THEORY
[type_num]

参数	说明
type_num	plane Behavior: 0-PlaneStrain; 1-PlaneStress

4.1.3 壳单元: BULK_VISCOSITY

输入格式

*BEHAVIOR, type=BULK_VISCOSITY
[b1], [b2]

参数	说明
b1	Bulk Viscosity: Linear
b2	Quadratic

4.1.4 实体单元: BULK_VISCOSITY

输入格式

*BEHAVIOR, type=BULK_VISCOSITY
[b1], [b2]

参数	说明
b1	Bulk Viscosity: Linear
b2	Quadratic

4.1.5 实体单元: SOLID_BBAR

输入格式

*BEHAVIOR, type=SOLID_BBAR
[type_num]

参数	说明
type_num	0-NoBBar; 1-MeanBBar; 2-CenterBBar

4.1.6 实体单元: ANTI_HOURLASSING (SOLIDBRICKR8 专属)

输入格式

*BEHAVIOR, type=ANTI_HOURLASSING
[Xi], [Kappa]

参数	说明
Xi	hourGlass Control: Xi
Kappa	hourGlass Control: Kappa

4.1.7 所有单元 ERASED

单元删除行为，根据选择的类型条件决定单元是否删除

输入格式

```
*BEHAVIOR, type=ERASED
    [type_num]
```

参数	说明
type_num	Erased Type: 0-NoErased; 1-ByAnyIntePoint, 2-ByALLIntePoints

五、组件

模型内所有组件定义统一在组件库定义区段内完成，区段命令关键词为*COMPONENTS。库中每一个组件对象通过关键词*COMPONENT进行定义。每一个组件对象内部通过关键词PARTICLE表示组件中的质点信息，ELEMENT表示组件中的单元信息，SET表示单元集和质点集信息。组件定义的树形结构为例如：

```
// block for defining components
*COMPONENTS
  // block for defining component
  *COMPONENT, ...
    *PARTICLE
      ...
    *ELEMENT
      ...
    *SET
      ...
```

5.1 组件定义

组件定义关键词为*COMPONENT，需要通过name属性明确组件名称，组件不可以重名，需要通过type属性明确组件类型。

```
*COMPONENT, name=[component_name], type=[component_type]
  // component information
```

组件信息包含以下部分：

- 质点*PARTICLE
- 单元*ELEMENT
- 质点集/单元集*SET

5.1.1 质点定义

质点定义关键词为*PARTICLE，对应的格式为：

```
*PARTICLE
  id, x, y, z
```

参数说明

1. id: 质点序号，从0开始编号，同一组件质点编号应保持连续且唯一。
2. x, y, z: 质点初始坐标

示例

```
*PARTICLE
  0, -0.015, -0.015, 0.2
  1, -0.0353553, -0.0353553, 0.2
  2, 0.0353553, -0.0353553, 0.2
  ...
```

5.1.2 单元定义

单元定义关键词为*ELEMENT，同一组件该关键字可重复，对应的格式为：

```
*ELEMENT, elemtypename=[elemtypename_1]
  id1, id_1, id_2...
*ELEMENT, elemtypename=[elemtypename_2]
  id2, id_1, id_2...
```

参数说明

1. id: 单元序号，从 0 开始编号，同一组件单元编号应保持连续且唯一
2. elemtypename: 单元类型库里具体的行为名称
3. id_1, id_2...包含的质点 id，每个单元的质点数量根据单元类型而定。

示例

```
*ELEMENT, elemtypename=CABLE2_1
  0, 1, 2
  1, 2, 3
  2, 2, 3
  ...
*ELEMENT, elemtypename=MEM3_1
  3, 1, 2, 3
  4, 2, 3, 4
  5, 3, 4, 5
  ...
*ELEMENT, elemtypename=SOLID8_1
  6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
  7, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
```

5.1.3 点集/单元集定义

单元定义关键词为*SET，对应的格式为：点集：

```
*SET, name=[set_name], type=MESH_PARTICLE
  ids...
```

单元集：

```
*SET, name=[set_name], type=MESH_ELEMENT
  ids...
```

参数说明

1. `set_name`: 点集/单元集名。
2. `ids`: 单元或质点编号。

5.1.4 截面赋予

```
*SETSECTION
  SET, [set_name_1], [sectypename_1]
  SET, [set_name_2], [sectypename_2]
  ...
  SET, [set_name_n], [sectypename_n]
```

参数说明

1. `sectypename`: 截面类型名
2. `set_name`: 对象名

5.1.5 方向赋予

```
*SETORIENTATION
  SET, [set_name_1], Y' x, Y' y, Y' z
  ...
  SET, [set_name_n], Y' x, Y' y, Y' z
```

参数说明

1. `set_name`: 对象名
2. 本地坐标系 y' 的方向，方向不和线平行。

六、拼装

```
*ASSEMBLY
  *COMPONENTINSTANCE, component=[component_name], name=[COMPONENTINSTANCE_name]
  *TRANSFORM
    1, 0, 0, [t_x]
    0, 1, 0, [t_y]
    0, 0, 1, [t_z]
  *SET
  ...
```

6.1 拼装定义

拼装定义关键词为*COMPONENTINSTANCE，需要通过 component属性明确组件名称，name属性明确拼装名称，组件不可以重名。

```
*COMPONENTINSTANCE, component=[component_name], name=[COMPONENTINSTANCE_name]
  // component information
```

6.1.1 组件拼装位置

组件拼装位置关键词为*TRANSFORM。

参数说明			
1	0	0	[t_x]
0	1	0	[t_y]
0	0	1	[t_z]

1.t_x/t_y/t_z表示偏移的x/y/z坐标。

6.1.2 网格点集/单元集定义

单元定义关键词为*SET，对应的格式为：

点集：

```
*SET, name=[set_name], type=MESH_PARTICLE
  [COMPONENTINSTANCE_name], ids...
```

单元集：

```
*SET, name=[set_name], type=MESH_ELEMENT
  [COMPONENTINSTANCE_name], ids...
```

参数说明

1. set_name: 点集/单元集名。
2. ids: 单元或质点编号。

七、求解步

模型内所有求解步定义统一在求解步定义区段内完成，区段命令关键词为*STEPS。库中每一个求解步对象通过关键词*STEP进行定义。每一个求解步对象内部通过关键词*PARAM定义求解步参数，每个求解步参数可以设定各自的时间步控制、阻尼控制和输出控制。求解步定义的树形结构如下：

```
// block for defining steps
*STEPS
  // block for defining step
  *STEP, ...
    // step parameters
    *PARAM, ...
```

7.1 时间步定义

材料定义关键词为*STEP，需要通过 name属性明确时间步名称，时间步不可以重名。需要通过 type属性明确时间步类型，对应的格式为：

```
*STEP, name=[step_name], type=[step_type]
  // step parameters
```

时间步分为三类，分别为：

- 初始求解步 INITIAL
- 常规求解步 GENERAL
- 平衡态求解步 EQUILIBRIUM

7.2 求解步参数定义

求解步参数定义关键词为*PARAM，需要通过 type属性明确区域类型，对应的格式为：

```
*PARAM, type=[region_type]
  // param parameters
```

对于 GENERAL，求解步参数包含以下四种：

- 时间步控制 Time_Step_Control
- 阻尼控制 Damping_Control
- 输出控制 Output_Control
- 质量控制 MassScaling_Control

对于 EQUILIBRIUM，求解步参数包含以下五种：

- 迭代控制 Iteration_Step_Control

- 阻尼控制Damping_Control
- 输出控制Output_Control
- 质量控制MassScaling_Control
- 找形控制FormFinding_Control

7.2.1 时间步控制 Time_Step_Control

输入格式

```
*PARAM, type=Time_Step_Control
TIME, [t_total], [ON/OFF], [dt]
CHECK, [ON/OFF], [dn]
```

参数	说明
t_total	总时长
dt	时间增量
CHECK	收敛检查
dn	收敛检查的迭代步

7.2.2 迭代控制 Iteration_Step_Control

```
*PARAM, type=Iteration_Step_Control
SUBSTEP, [s_total], [ON/OFF], [dt]
CHECK, [ON/OFF], [dn]
```

参数	说明
s_total	总步数
dt	时间增量
CHECK	收敛检查
dn	收敛检查的迭代步

7.2.3 阻尼控制 Damping_Control

输入格式

```
*PARAM, type=Damping_Control
DAMP, [OFF]

*PARAM, type=Damping_Control
DAMP, [ON], [D_MASS], [D_STIFFNESS]
```

参数	说明
OFF/ON	是否添加全局阻尼控制，OFF-否，ON-是

D_MASS	质量阻尼
D_STIFFNESS	刚度阻尼

7.2.4 输出控制 Output_Control

分为 BYFRAME 和 BYTIME，分别根据总输出帧数均匀输出、根据设定时间间隔均匀输出。

输入格式

```
*PARAM, type=Output_Control
  BYFRAME, [f_total]
  OUTPUT, [content]
```

```
*PARAM, type=Output_Control
  BYTIME, [dt]
  OUTPUT, [content]
```

参数	说明
f_total	总帧数
dt	时间增量
content	输出内容

输出内容包含下表：

内容	说明	描述
UT	disp_trans	Translational displacement
UR	disp_rot	Rotational displacement
VT	vel_trans	Translational velocity
VR	vel_rot	Rotational velocity
AT	accel_trans	Translational acceleration
AR	accel_rot	Rotational acceleration
SIP	stress_ip	Stress tensor at integration point
EIP	strain_ip	Strain tensor at integration point
TF	fm_total_force	Total force at particle
TM	fm_total_moment	Total moment at particle
EILF	fm_elem_int_force	Equivalent internal force (in LCS) at element particle
EILM	fm_elem_int_moment	Equivalent internal moment (in LCS) at element particle
EIGF	fm_elem_int_force	Equivalent internal force (in GCS) at element particle
EIGM	fm_elem_int_moment	Equivalent internal moment (in GCS) at element particle
RF	fm_reaction_force	Reaction force at particle
RM	fm_reaction_moment	Reaction moment at particle

7.2.5 找形控制

输入格式

```
*PARAM, type=FormFinding_Control  
STIFFNESS, [SF_OFF],[ratio]  
DYNAMICDAMP, [DD_ON]  
SECTIONSTRESS, [SS_ON], [ramp]
```

参数	说明	范围
ratio	刚度缩放比例	$0 < \& < 1$
[SF_OFF]	是否启动刚度缩放	ON/OFF
[DD_ON]	是否启动动态阻尼	ON/OFF
[SS_ON]	是否启动截面预应力	ON/OFF
[ramp]	截面预应力加载比例	$0 < \& < 1$

八、自定义坐标系

主要用于施加基于非全局坐标系的荷载与约束。

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=[]
  // ...
```

type 包含 VCS、PCS、ECS 三种：

表 type 对应的局部坐标系种类名

局部坐标系 种类名	备注
VCS/ 矢量坐标系	根据主/次两个方向的矢量确定坐标系，若矢量采用 MP 定义时，会根据下一时刻质点位置更新矢量方向
PCS/ 质点坐标系	会根据下一时刻的主质点的转角增量更新坐标系
ECS/ 单元坐标系	坐标系主方向为单元法向，会根据单元下一时刻的情况变化

8.1 VCS

推荐

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=VCS
  MPS, [nset_0], [nset_1]
  SPS, [nset_0], [nset_1]
```

或者

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=VCS
  MPV, [e_x], [e_y], [e_z]
  SPV, [e_x], [e_y], [e_z]
```

参数说明

1. MPS: [nset_0],[nset_1]: 第一个点的开始点集名和结束点集名
2. MPV: [e_x],[e_y],[e_z]: 第一个点的向量
3. SPS: [nset_0],[nset_1]: 第二个点的开始点集名和结束点集名
4. SPV: [e_x],[e_y],[e_z]: 第二个点的向量

不推荐

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=VCS
    MV, [e_x], [e_y], [e_z]
    SV, [e_x], [e_y], [e_z]
```

参数说明

1. MV\SV: 先后输入主方向和次方向矢量的三个坐标分量。

8.2 PCS

推荐

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=PCS
    MP, [SET]
    MPS, [nset_0], [nset_1]
    SPS, [nset_0], [nset_1]
```

或者

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=PCS
    MP, [SET]
    MPV, [e_x], [e_y], [e_z]
    SPV, [e_x], [e_y], [e_z]
```

参数说明

1. MP: 主质点对象组名称
2. MPS: [nset_0],[nset_1]: 第一个点的开始点集名和结束点集名
3. MPV: [e_x],[e_y],[e_z]: 第一个点的向量
4. SPS: [nset_0],[nset_1]: 第二个点的开始点集名和结束点集名
5. SPV: [nset_0],[nset_1]: 第二个点的向量

不推荐

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=PCS
    MP, [SET]
    MV, [e_x], [e_y], [e_z]
    SV, [e_x], [e_y], [e_z]
```

参数说明

1. MP: 主质点对象组名称
2. MV\SV: 先后输入主方向和次方向矢量的三个坐标分量。

8.3 ECS / 未启用

推荐

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=ECS
    ME, [m_el_set]
    MPS, [nset_0], [nset_1]
    SPS, [nset_0], [nset_1]
```

或者

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=ECS
    ME, [m_el_set]
    MPV, [e_x], [e_y], [e_z]
    SPV, [e_x], [e_y], [e_z]
```

参数说明

1. EP: 单元对象组名称,
2. MPS: [nset_0],[nset_1]: 第一个点的开始点集名和结束点集名
3. MPV: [e_x],[e_y],[e_z]: 第一个点的向量
4. SPS: [nset_0],[nset_1]: 第二个点的开始点集名和结束点集名
5. SPV: [nset_0],[nset_1]: 第二个点的向量

不推荐

```
*COORDINATES
  *COORDINATE, name=[name], type=ECS
    ME, [m_el_set]
    SP, [nd_start_set], [nd_end_set]
    SL, [e_x], [e_y], [e_z]
```

参数说明

1. EP: 单元对象组名称,
2. SP: 为局部坐标系的次方向, 先后输入矢量的起始节点对象组名称和终止节点对象组名称。
3. SL: 输入次方向矢量的三个坐标分量。
4. 局部坐标系创建时根据主次两个方向确定, 第三方向通过叉乘计算, 并叉乘第三方向 and 主方向获得修正的次方向。

九、边界

模型内所有边界定义统一在边界库定义区段内完成，区段命令关键词为*BOUNDARYS。库中每一个单元对象通过关键词*BOUNDARY进行定义。每个边界区域可以设定各自的树形结构为例如：

```
// block for defining boundarys
*BOUNDARYS
  // block for defining boundary
  *BOUNDARY, ...
  // ...
```

9.1 边界定义

边界定义关键词为*BOUNDARY，需要通过 name 属性明确边界名称，通过 start_step 指定时间步，end_step 指定结束时间步，需要通过 type 属性明确边界类型，边界不可以重名。对应的格式为：

```
*BOUNDARY, name=[boundary_name], start_step=[start_step_name],
end_step=[end_step_name], type=[boundary_type]
// boundary
```

参数	说明
step_name	起始时间步，一直继承
start_step_name	起始时间步，继承至[end_step_name]
end_step_name	结束时间步，若无则为 NULL

边界内容包括：

- 所属对象组 SET
- 边界对应的分量
- 序列 AMPLITUDE

边界种类 type 包含以下几种：

- Displacement D
- Velocity V
- Acceleration A

9.1.1 Displacement D

输入格式

```
*BOUNDARY, name=[boundary_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=D
SET, [set_name]
VALUE, [U1], [U2], [U3], [UR1], [UR2], [UR3]
AMPLITUDE, [amplitude_name]
COR, [coordinate name]
```

参数	说明
set_name	所属对象组名（见备注）
[U1], [U2], [U3], [UR1], [UR2], [UR3]	分量
[amplitude_name]	序列名

9.1.2 Velocity V

输入格式

```
*BOUNDARY, name=[boundary_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=V
SET, [set_name]
VALUE, [V1], [V2], [V3], [VR1], [VR2], [VR3]
AMPLITUDE, [amplitude_name]
COR, [coordinate name]
```

参数	说明
[V1], [V2], [V3], [VR1], [VR2], [VR3]	分量
[amplitude_name]	序列名

9.1.3 Acceleration A

输入格式

```
*BOUNDARY, name=[boundary_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=A
SET, [set_name]
VALUE, [A1], [A2], [A3], [AR1], [AR2], [AR3]
AMPLITUDE, [amplitude_name]
COR, [coordinate name]
```

参数	说明
[A1], [A2], [A3], [AR1], [AR2], [AR3]	分量
[amplitude_name]	序列名

十、载荷

模型内所有载荷定义统一在载荷库定义区段内完成，区段命令关键词为*LOADS。库中每一个单元对象通过关键词*LOAD进行定义。每个载荷区域可以设定各自的树形结构为例如：

```
// block for defining loads
*LOADS
  // block for defining load
  *LOAD, ...
  //
```

10.1 载荷定义

载荷定义关键词为*LOAD，需要通过 name属性明确载荷名称，通过 start_step指定开始时间步，end_step指定结束时间步，需要通过 type属性明确载荷类型，**载荷不可以重名**。对应的格式为：

```
*LOAD, name=[load_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=[load_type]
// load
```

参数	说明
start_step_name	起始时间步，继承至[end_step_name]
end_step_name	结束时间步，若无则为 NULL

只有type=LF、SP和BF，才考虑以下参数

参数	说明
flag_value	0，基于默认构形；1，未变形状态；2，投影
directionflag_value	0，基于默认方向；1，法向修正
func_name	分布力函数名，若无则为均布

LOAD

载荷内容包括：

- 所属对象组 SET（规则见文后备注*）
- 载荷对应的分量
- 序列 AMPLITUDE
- 坐标系 COR

载荷种类 type包含以下几种：

- Concentrate Force & Moment CF
- Inertia force IF
- Line Force LF
- Surface Pressure SP
- Body Force BF

- Gravity G

10.1.1 Concentrate Force & Moment CF

输入格式

```
*LOAD, name=[load_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=CF
SET, [set_name]
VALUE, [cf_x], [cf_y], [cf_z], [cm_x], [cm_y], [cm_z]
AMPLITUDE, [amplitude_name]
COR, [coordinate_name]
```

参数	说明
[cf_x], [cf_y], [cf_z]	分量
[cm_x], [cm_y], [cm_z]	分量
[amplitude_name]	序列名
SET	CF 作用对象为网格顶点或者几何点

10.1.2 Inertia force IF

输入格式

```
*LOAD, name=[load_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=IF
SET, [set_name]
VALUE, [if_x], [if_y], [if_z], [im_x], [im_y], [im_z]
AMPLITUDE, [amplitude_name]
COR, [coordinate_name]
```

参数	说明
[if_x], [if_y], [if_z]	分量
[im_x], [im_y], [im_z]	分量
[amplitude_name]	序列名
SET	IF 作用对象为网格顶点或者几何点

10.1.3 Line Force LF

输入格式

```
*LOAD, name=[load_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=LF,
flag=[flag_value], directionflag=[directionflag_value], func=[func_name]
SET_EDGE, [edge_name]
VALUE, [lf_x], [lf_y], [lf_z]
AMPLITUDE, [amplitude_name]
COR, [coordinate_name]
```

参数	说明
[lf_x], [lf_y], [lf_z]	分量
[amplitude_name]	序列名
SET_EDGE	LF 作用对象为网格边

10.1.4 Surface Pressure SP

输入格式

```
*LOAD, name=[load_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=SP,
flag=[flag_value], directionflag=[directionflag_value], func=[func_name]
    SET_SURF, [surf_name]
    VALUE, [sp_x], [sp_y], [sp_z]
    AMPLITUDE, [amplitude_name]
    COR, [coordinate_name]
```

参数	说明
[sp_x], [sp_y], [sp_z]	分量
[amplitude_name]	序列名
SET_SURF	SP 作用对象为网格面

10.1.5 Body Force BF

输入格式

```
*LOAD, name=[load_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=BF
    SET, [set_name]
    BF, [bf_x], [bf_y], [bf_z]
    AMPLITUDE, [amplitude_name]
    COR, [coordinate name]
```

参数	说明
[bf_x], [bf_y], [bf_z]	分量
[amplitude_name]	序列名
SET	BF 作用对象为网格顶点或者几何线、几何面和几何体

10.1.6 Gravity G

输入格式

```
*LOAD, name=[load_name], start_step=[start_step_name], end_step=[end_step_name], type=G
    SET, [set_name]
    VALUE, [g_x], [g_y], [g_z]
    AMPLITUDE, [amplitude_name]
    COR, [coordinate_name]
```

参数	说明
[g_x], [g_y], [g_z]	分量
[amplitude_name]	序列名
SET	G 作用对象为网格顶点、网格单元或者几何线、几何面和几何体

*备注：SET 对象组若采用组件中的对象组需要在名字前加上实例名，如“实例.对象组”，“[componentinstance_name].[set_name]”

十一、约束

约束种类名

[DOF\ 自由度耦合](自由度耦合-DOF)

[RIGID\ 刚体约束](刚体约束-RIGID)

[EMBD\ 嵌入约束](嵌入约束-EMBD)

示例

```
*CONSTRAINTS
  *CONSTRAINT, name=[name], type=[type], activated=[true or false]
  // ...
```

11.1 自由度耦合 DOF

```
*CONSTRAINTS
  *CONSTRAINT, name=[name], type=DOF, activated=[true or false]
  COR, [cor_name]
  SET, [set_name]
  DOF, 1, 1, 1, 0, 0, 0
```

11.2 刚体约束 RIGID

```
*CONSTRAINTS
  *CONSTRAINT, name=[name], type=RIGID, activated=[true or false]
  MAJOR, [major_particle_set_name] //不一定需要
  SECONDARY, [set_name]
  DOF, [ON/OFF] // ON-考虑转动自由度
```

11.3 嵌入约束 EMBD

```
*CONSTRAINTS
  *CONSTRAINT, name=[name], type=EMBD, activated=[true or false]
  MAJOR, [target_element_set_name]
  SECONDARY, [embedded_element_set_name]
```

*备注: [set_name]对象组若采用组件中的对象组需要在名字前加上实例名, 如“实例.对象组”, “[componentinstance_name].[set_name]”

十二、质点附加属性

用于设置质点上额外附加的属性

质点附加属性种类名
[PARTI_MI\ 质点质量惯性矩]

输入格式

```
*PARTIADDPROPS
  *PARTIADDPROP, name=[name] , type=[type]
  // ...
```

12.1 质点附加质量惯性矩

输入格式

```
*PARTIADDPROPS
  *PARTIADDPROP, name=[name], type=PARTI_MI
  COR, [cor_name]
  SET, [set_name]
  MASS, [massiso_flag], [mass_value]
  INERTIA, [I11], [I22], [I33]
```

参数	说明
set_name	质点集对象名称*（见备注）
cor_name	局部坐标系名称
massiso_flag	质量各向同性标志，1 或 0
mass_value	质量具体值，当 massiso_flag=1，唯一值[M]。当 massiso_flag=0，需输入三个值[M11], [M22], [M33]

*备注：[set_name]对象组若采用组件中的对象组需要在名字前加上实例名，如“实例.对象组”，“[componentinstance_name].[set_name]”

十三、工程单元

模型内所有工程单元定义统一在定义区段内完成，区段命令关键词为 *ENGELEMENTS。库中相同类型参数的单元对象通过关键词 *ENGELEMENT 进行定义。每个具体的单元通过对象集*OBJECTSET 来定义。每个单元区域可以设定各自的单元行为的树形结构为例如：

输入格式

```
// block for defining elements
*ENGELEMENTS
  // block for defining element
  *ENGELEMENT, ...
    // block for defining element
    *OBJECTSET
      // block for objectset
```

13.1 工程单元定义

工程单元定义关键词为 *ENGELEMENT，需要通过 name 属性明确单元名称，需要通过 type 属性明确工程单元类型，单元不可以重名。对应的格式为：

输入格式

```
*ENGELEMENT, name=[element_name], type=[element_type]
```

工程单元共有5种，分别是：

- 单轴弹簧UNIAXIAL_COMBIN
- 防屈曲支撑BUCKL_RES_BRACE
- 橡胶支座RUBBER_BEARING
- 摩擦摆FRIC_PEN_BEARING
- 滑轮PULLY_FOR_SLIDINGCABLE

13.2 工程单元包括：

13.2.1 单轴弹簧 UNIAXIAL_COMBIN

输入格式

```
*ENGELEMENT, name= [elements_name], type=UNIAXIAL_COMBIN
  *OBJECTSET
    SET, [particle_setname], [particle_setname]
  PARAM, [M], [K], [C], [Alpha]
  COR, [cor_name]
```

```
*ENGELEMENT, name= [elements_name], type=RUBBER_BEARING
  *OBJECTSET
    SET, [particle_setname], [particle_setname]
  PARAM, [M], [K0], [ratio], [Fy], [Beta], [Gamma], [Lamda], [v], [c1], [c2], [c3],
[Damage_growth_rate], [Damage_force]
  COR, [cor_name]
```

参数	说明	范围
[elements_name]	工程单元集名	>0
[M]	质量	>0
[K]	刚度	>0
[C]	刚度阻尼系数	>0
[Alpha]	质量阻尼系数	>0
[cor_name]	自定义坐标系名称	

示例

```
*ENGELEMENTS
  *ENGELEMENT, name=UNIAXIAL_COMBIN_1, type=UNIAXIAL_COMBIN
  *OBJECTSET
    SET, particle_set1, particle_set2
    SET, particle_set3, particle_set4
    SET, particle_set5, particle_set6
  PARAM, 2, 1, 1, 1
  COR, Global
```

13.2.2 防屈曲支撑 BUCKL_RES_BRACE

输入格式

```
*ENGELEMENT, name= [elements_name], type=BUCKL_RES_BRACE
  *OBJECTSET
    id, [particle_setname], [particle_setname]
  PARAM, [M], [K0], [ratio], [Fy], [Beta], [Gamma], [Lamda], [v], [c1], [c2], [c3],
[Damage_growth_rate], [Damage_force]
  COR, [cor_name]
```

参数	说明	范围
[elements_name]	工程单元集名	>0
[M]	质量	>0
[cor_name]	自定义坐标系名称	

13.2.3 橡胶支座 RUBBER_BEARING

输入格式

参数	说明	范围
[elements_name]	工程单元集名	>0
[M]	质量	>0
[cor_name]	自定义坐标系名称	

13.2.4 摩擦摆 FRIC_PEN_BEARING

输入格式

```
*ENGELEMENT, name= [elements_name], type=FRIC_PEN_BEARING
  *OBJECTSET
    SET, [particle_setname], [particle_setname]
    PARAM, [Mass], [R_up], [R_down], [H_ball], [D_up], [D_down], [D_ball_up],
[D_ball_down], [Horizontal stiffness], [Vertical stiffness], [Coefficient of sliding
friction], [Coefficient of static friction], [Velocity coefficient], [Alpha], [Beta]
    COR, [cor_name]
```

参数	说明	范围
[elements_name]	工程单元集名	>0
[M]	质量	>0
[cor_name]	自定义坐标系名称	

13.2.5 滑轮 PULLY_FOR_SLIDINGCABLE

输入格式

```
*ENGELEMENT, name= [elements_name], type=PULLY_FOR_SLIDINGCABLE
  *OBJECTSET
    SET, [particle_setname], [all_ele_setname], [connect_ele_setname]
    PARAM, [M], [fricoff], [detectratio], [outflag], [outdetectratio]
  AJELEMENT, [elemtype_name]
```

参数	说明	范围
[elements_name]	工程单元集名	>0
[particle_setname]	质点集集名，仅允许单个点	
[all_element_setname]	与该滑轮接触的单元集名，多个单元	
[connect_ele_setname]	与当前滑轮接触单元集名，仅允许单个单元，且单元编号应包含在[all_ele_setname]集中	
[M]	质量	>0
[fricoff]	滑轮摩擦系数	0~1
[elemtype_name]	单元库中与该滑轮绑定的滑移索单元类型名	

示例

```
*ENGELEMENTS
  *ENGELEMENT, name=pully1, type=PULLY_FOR_SLIDINGCABLE
    PARAM, 100, 0, 0.3, false, 0
    AJELEMENT, SLIDCABLE2_1
  *OBJECTSET
    SET, objectsetmass1, 组件-1.AssignmentLINE0, objectsetcel
```