

ICS 47.020.01
CCS U 07

T/CANSI

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 192—2025

船舶结构有限元分析模型数据交换格式
第2部分：前处理数据

Data interchange formats for the finite element analysis model of ship
structures—Part 2:preprocessing data



2025-09-11 发布

2025-10-01 实施

中国船舶工业行业协会发布



目 次

| | |
|-------------------------------|-----|
| 前言 | II |
| 引言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 缩略语 | 3 |
| 5 基本要求 | 3 |
| 5.1 交换格式的语法规则 | 3 |
| 5.2 交换格式的文件结构 | 5 |
| 5.3 交换格式的扩展 | 7 |
| 附录 A (规范性) 前处理模型数据的格式要求 | 8 |
| 附录 B (规范性) 历程数据的格式要求 | 29 |
| 附录 C (资料性) 前处理数据交换格式示例 | 39 |
| 参考文献 | 42 |

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是《船舶结构有限元分析模型数据交换格式》的第2部分，该系列标准已经发布了以下部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第2部分：前处理数据；
- 第3部分：求解结果数据；
- 第4部分：规范校核数据。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：中国船舶科学研究中心、中国船级社、深海技术科学太湖实验室、中船奥蓝托无锡软件技术有限公司、水上载运装备安全研究院（宁波）有限公司、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、招商局工业科技（上海）有限公司。

本文件主要起草人：李敏、李淳芳、丁军、顾宇杰、金建海、王丽荣、孟凡冲、刘玉川、李云骥、王裕飞、胡涛、孙川、王瑾、老铁佳、胡杰鑫、王明皓、王靖瑶、李倩倩、殷星杰、李巧平。



引言

伴随着数字化、网络化和智能化的深入发展，数据共享和全生命周期管理已经成为船舶行业工程软件的发展方向。建立一套船舶结构有限元分析模型数据标准和交换格式，促进不同软件对于船舶结构有限元分析模型数据的统一描述和共享，有利于减少重复建模的资源浪费。

本文件的目的在于确立面向船舶结构有限元分析模型数据共享活动的、结构化和预定义的数据交换结构和格式，从而推动和促进船舶结构有限元分析模型数据的高度共享。

《船舶结构有限元分析模型数据交换格式》由 4 个部分组成。

- 第 1 部分：通用要求。目的在于规定船舶结构有限元分析中相关的术语和定义，统一相关概念，避免由于概念和术语不明确而造成的交流困难、歧义和误解；规定船舶结构有限元分析模型数据交换格式的组成部分、使用环节和单位制，给出相关技术要求。
- 第 2 部分：前处理数据。目的在于规定船舶结构有限元分析中前处理数据的交换格式，为船舶结构有限元分析软件之间前处理数据交换提供技术支持。
- 第 3 部分：求解结果数据。目的在于规定船舶结构有限元分析中求解结果数据的交换格式，为船舶结构有限元分析软件之间求解结果数据交换提供技术支持。
- 第 4 部分：规范校核数据。目的在于规定基于船舶结构有限元分析软件的求解结果进行船舶入级规范校核时数据的交换格式，为船舶结构有限元分析软件之间入级规范校核数据交换提供技术支持。





船舶结构有限元分析模型数据交换格式 第2部分：前处理数据

1 范围

本文件规定了船舶结构有限元分析软件前处理数据交换格式的基本要求，包括交换格式的语法规则、文件结构、扩展等。

本文件适用于船舶结构有限元分析软件之间前处理数据的交换。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

T/CANSI 190 船舶结构有限元分析模型数据要求

3 术语和定义

T/CANSI 190 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

前处理数据 preprocessing data

结构有限元计算前所有输入数据和模型准备的统称，将实际船舶结构转化为可计算的有限元模型，包括几何、材料、载荷、边界条件等参数的规范化表达，形成符合求解格式的完整有限元模型。

注：包含前处理模型数据及历程数据两部分内容。

3.2

前处理模型数据 preprocessing model data

定义船舶结构有限元模型的静态基础数据，包括几何、材料、网格、部件、装配等，定义与求解过程无关的有限元前处理模型数据。

注：在分析步关键字之前，不随分析步改变。

3.3

历程数据 history data

定义模拟分析计算所需的分析过程，连续加载的过程或要求结构做出的反应。由一系列分析步组成，每个分析步定义一个结构加载的不同阶段。包括求解过程控制数据（分析步类型、时间增量参数等），工况施加数据（载荷类型、边界条件等），结果输出控制数据（输出频率控制、数据类型等）。

3.4

部件 part

一个结构对象的有限元模型。

注：部件是装配的组成部分。部件可重复使用，它们可以在装配中实例化多次。每一个部件都创建在自己的坐标系中，在模型中彼此独立。

3.5

装配 assembly

定位部件实例的集合。

注：通过创建各个部件的实例并在整体坐标系中将它们相互定位。一个模型中可能包含多个部件，但只能包含一个装配。

3. 6

实例 instance

部件在装配中的应用。

注：每个实例对应一个部件，实例将继承部件的所有特征。多个实例可以引用同一个部件。每个实例在装配中独立定位。

3. 7

材料属性 material properties

为模型中的每个单元指定材料属性，包括弹性模量、剪切模量、泊松比、密度、屈服强度等。

3. 8

单元类型 element type

有限元模型中用于离散实际结构的几何与力学行为的基本单元形式

注：一般可分为零维单元、一维单元、二维单元、三维单元，零维单元属性主要指只有一个点的单元；一维单元又称为线单元，通常模拟杆或梁的受力情况，梁单元分为简单梁单元和复杂梁单元；二维单元主要指船舶结构中的壳单元，包括三角形单元、四边形单元，还分为均质单元、非均质单元；三维单元指体单元。

3. 9

单元属性 section

有限元模型中各类单元赋予的物理、几何及数值特性参数的集合。

注：根据单元类型的不同而不同。零维单元属性定义质量属性；一维单元根据截面类型的不同参数定义不同；二维单元括单元厚度参数；三维单元属性包括厚度、偏置参数。

3. 10

边界条件 boundary conditions

定义模型的约束条件和外部载荷。

注：约束条件可以是固定支撑、滑动支撑等。

3. 11

耦合约束 coupling

将两个或多个不同的模型进行耦合，使它们之间产生相互作用的一种方法，可以用来模拟多种物理现象，如热传导、流体力学、结构力学等。

3. 12

运动耦合约束 kinematic coupling

约束区域内的耦合节点相对于控制点的刚体运动。

3. 13

分布耦合约束 distributing coupling

通过控制点给约束区域内的耦合节点传递力或力矩。

3. 14

幅值 amplitude

指某一物理量在一个周期内的最大振幅与最小振幅之间的差值。

3.15

分析步 step

为模拟过程设置特定的分析步骤，定义模拟中要执行的分析类型、设置增量步和迭代策略、载荷、边界条件和输出要求等。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ASCII：美国信息交换标准代码（American Standard Code for Information Interchange）

ELSET：单元集合（Element Set）

INP：输入文件（Input File）

NSET：节点集合（Node Set）

5 基本要求

5.1 交换格式的语法规则

5.1.1 前处理数据文件的规则

船舶结构有限元分析模型数据交换格式中前处理数据应采用INP文本交换格式（INP文件，扩展名为.inp），INP文件应符合下列规定：

- a) 由一系列数据块构成，每个数据块描述模型的某部分特定信息。数据块以带*的关键字开始，带有相应的参数，以及一个或者多个数据行构成，INP文件的数据块示例见图1，其中省略号表示此处略去INP文件中的具体数据；
- b) 数据块使用三种类型的输入行：关键字行、数据行和注释行，详细描述见表1；
- c) 只支持7位ASCII字符，并且在INP文件的每行末尾需要一个回车符；
- d) 允许有空行。

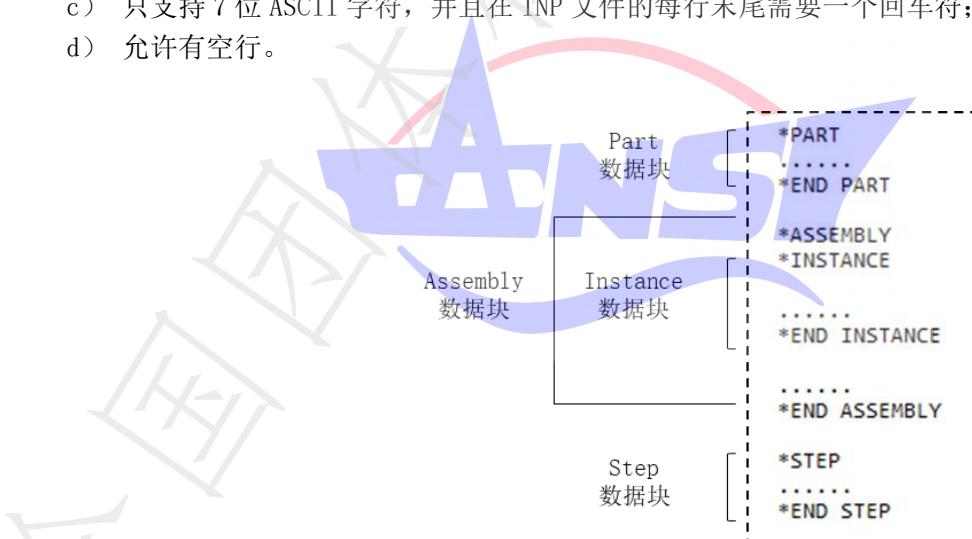


图1 INP文件的数据块示例

表 1 INP 文件中数据块输入行类型及关系

| INP文件中数据块输入行 | 描述 |
|--------------|---|
| 关键字行 | 选项，并且通常具有参数，这些参数以单词或短语的形式出现，在关键字行中以英文逗号分隔。参数用于定义选项的行为。参数可以单独存在，也可以有一个值，它们可以是必需的，也可以是可选的 |
| 数据行 | 用于提供数字或字母数字项，在大多数关键字行之后 |
| 注释行 | 以**开始的行，其内容在分析过程中不起作用，可以放在 INP 文件中的任何地方 |

5.1.2 关键字行的语法规则

关键字行应遵循下列规则：

- a) 一个数据块以带有*号的关键词开始，其后带有相应的参数，以及一个或多个数据行。
- b) 如果给定任何参数，关键字后面应跟一个逗号(,)。
- c) 参数之间用英文逗号分隔。
- d) 关键字行的空格将被忽略。
- e) 每行最多包含 256 个字符(包括空格)。
- f) 关键字和参数不区分大小写。
- g) 参数值通常也不区分大小写，唯一例外的是文件名要区分大小写。
- h) 如果关键字行中的参数有参数值，要使用赋值符号(=)定义，且各参数之间要用英文逗号分隔。根据实际情况，参数值可以是整数、浮点数或字符串。
- i) 当参数值是表示名字的字符串时，除非值被括在引号内，否则不应使用大小写作为区分值的方法。

示例：*MATERIAL, NAME = STEEL 和*MATERIAL, NAME = Steel 两种定义是等效的。

- j) 同一个参数不应在同一关键字行中出现多次。
- k) 如果一行没有结束而需要换行时，应在此行的结尾加上逗号，表明下一行将是这行的延续。
- l) 某些关键字应与其他关键字结合使用。这些相关的关键字应同时出现在输入文件中的一个块中，不能在此块中指定不相关的关键字。

示例：*ELASTIC 和*DENSITY 关键字应与*MATERIAL 关键字结合使用。

- m) INP 文件的每一行不应超过 256 个字符(包括空格)，有些关键字对此还有进一步的规定。

示例 1：*ELEMENT 要求在每个数据行中包含的节点数不超过 15 个，总共最多 80 个字符；

示例 2：*ELSET 和*NSET 要求在每个数据行中包含的数据不超过 16 个，如果超出 16 个，超出的部分会被忽略。

5.1.3 数据行的语法规则

数据行应遵循下列规则：

- a) 一个数据行的长度不超过 256 个字符(包括空格)。
- b) 所有数据项之间用英文逗号分隔。通过省略逗号之间的数据来指定空数据字段。
- c) 一行只包含指定的项数。
- d) 行尾的空数据字段将被忽略。
- e) 浮点数最多可以占用 20 个字符，包括符号、小数点和任何指数表示法。浮点数可以带指数也可以不带指数。任何指数，如果是输入，应在 E 或 D 之前加上可选的(-)或(+)。

示例：输入相同浮点数的四种可接受的方法：-12.345、-1234.5E-2、-1234.5D-2、-1.2345E1

- f) 整型数据项最多可以占用 9 位数字。
- g) 字符串长度不超过 80 个字符，不区分大小写。
- h) 如果关键字行的最后一个字符是逗号，则下一行将被解释为该行的延续。如果一个数据行中只

包含一个数据项，也应在结尾处加上一个逗号。

5.1.4 注释行的语法规则

注释行应遵循下列规则：

- a) 如果一行以**开始，则为注释行，其内容在分析过程中不起作用。
- b) 整个 INP 文件中不应有空行。如果希望使用空行来分割开两部分内容，应在此行的开头输入**，表明这行是注释行。

5.2 交换格式的文件结构

5.2.1 前处理数据文件的结构

一个完整的前处理数据文件应包含两部分数据：前处理模型数据（Preprocessing Model Data）和历程数据（History Data）。前处理数据采用INP文件结构，见图2。

关键字*STEP 是前处理模型数据和历程数据的分界点，第一个*STEP 之前的所有内容均属于前处理模型数据，其后的所有内容则都属于历程数据。

前处理模型数据应位于历程数据之前，但是在前处理模型数据和历程数据内部，数据块的顺序和位置一般是任意的，下列情况除外：

- a) 如有关键字*HEADING，则应放在 INP 文件的第一行；
- b) 关键字*ELASTIC、*DENSITY 和*PLASTIC 是*MATERIAL 的子选项，它们应直接跟在*MATERIAL 之后；
- c) 关键字*STATIC、*DYNAMIC 和*FREQUENCY 应跟在*STEP 之后，用来指定分析步对应的分析类型；
- d) 部件（PART）定义在装配（ASSEMBLY）定义之外，而实例（INSTANCE）应在装配（ASSEMBLY）中定义。

```

1 *Heading
2 *Preprint, echo=YES, model=YES, history=NO, contact=NO
3 *Part, name=Part-1
4  *Node
5   1,          0.,          0.,          0.
6   2,         100.,         0.,          0.
7   3,         200.,         0.,          0.
8   4,         300.,         0.,          0.
9   5,         400.,         0.,          0.
10  *Element, type=B31
11   1, 1, 2
12   2, 2, 3
13   3, 3, 4
14   4, 4, 5
15  *Orientation, name=Ori-1
16  1., 0., 0., 0., 1., 0.
17  1., 0.
18  *Beam Section, elset=Set-2, material=steel, temperature=GRADIENTS, section= 模型数据
19  90., 200., 24., 12.
20  0.,1.,0.
21  *End Part
22  *Assembly, name=Assembly
23  *Instance, name=Part-1-1, part=Part-1
24  *End Instance
25  *Nset, nset=Set-1, Instance=Part-1-1
26  5,
27  *Nset, nset=Set-2, Instance=Part-1-1
28  1,
29  *Surface, type=ELEMENT, name=Surf-1
30  _Surf-1-END2, END2
31  *End Assembly
32  *Material, name=steel
33  *Density
34  7.85e-09,
35  *Elastic
36  206000., 0.3
37  ** -
38  *Step, name=Static, nlgeom=NO
39  *Static
40  1., 1., 1e-05, 1.
41  *Boundary
42  Set-2, 1, 1
43  Set-2, 2, 2
44  Set-2, 3, 3
45  Set-2, 4, 4
46  Set-2, 5, 5
47  Set-2, 6, 6
48  *Cload
49  Set-1, 3, 1000.
50  *Restart, write, frequency=0
51  *Output, field
52  *Node Output
53  U, UR, UT, V, VR, VT
54  *Element Output, directions=YES
55  S
56  *End Step

```

图 2 前数据数据文件的结构

5.2.2 前处理模型数据

前处理模型数据满足下列要求:

- a) 前处理模型数据应包括下列数据:
 - 1) 单元和节点数据;
 - 2) 材料、单元属性等数据。
- b) 前处理模型数据可以但不是必须包括下列数据:
 - 1) 部件和装配件;
 - 2) 初始条件;
 - 3) 边界条件、互相作用、幅值、输出控制等。
- c) 前处理模型数据的具体格式应按附录 A 的要求。

5.2.3 历程数据

历程数据满足下列要求：

- 历程数据必须包含分析步，且可包含多个分析步，每个分析步都以*STEP 开始、以*END STEP 结束；
- 在历程数据中下列内容是可选的：
 - 载荷（定义载荷的类型、大小和方向）；
 - 边界条件；
 - 输出控制选项。
- 历程数据的具体格式应按附录 B 的要求。

5.2.4 引用外部文件的方法

在前处理数据文件中使用关键字*INCLUDE引用外部文件¹⁾，相当于把外部文件的内容直接写入INP文件中。关键字*INCLUDE的数据格式见表2。被引用的外部文件应满足下列要求：

- 外部文件的格式应满足 INP 文件格式要求；
- 被引入的外部文件内容上应与主体文件相协调；
- 外部文件本身还能进一步引用其他的数据文件(最多可以嵌套 5 层引用)，这些文件的格式应保持与 INP 文件格式一致；
- 如遇相同数据时，采用“后覆盖前”的原则。

表 2 *INCLUDE 数据格式

| 关键字 | *INCLUDE | |
|------|-----------------------|----------|
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 该选项用于引用外部文件作为INP文件的数据 | |
| 必要参数 | INPUT | 指定外部文件名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 无 | — |
| 格式要求 | 无 | |

示例：

在主体文件中引用外部文件的表示方法如下：

*INCLUDE, INPUT=file_name

5.3 交换格式的扩展

本文件中未涉及的数据可自行扩展，对数据的扩展应遵循4.1和4.2的要求。

1) 在 INP 文件中用外部件的好处是：对于复杂模型，可以把前处理模型和历程数据保存为数据文件，以便让 INP 文件变得简短；可以用其他前处理软件生成节点和单元，然后以上述方式导入 INP 文件中；对于复杂模型，可以由多人分工协作，每人各自负责一部分建模工作；同一个外部文件可以被多个 INP 文件多次引用，可以减小输入文件的工作量；便于对同一个网格模型进行不同类型的分析，或施加不同的载荷和边界条件。

附录 A
(规范性)
前处理模型数据的格式要求

A.1 基本要求

前处理模型数据包含的内容、所使用的关键字及其含义应采用表A.1定义。

表 A.1 前处理模型数据内容及关键字

| 序号 | 内容 | 关键字 | 含义 |
|----------|----------|-----------------------|-------------|
| 1 | 文件头 | *HEADING | 文件头定义 |
| 2 | 部件 | *PART | 开始部件定义 |
| | | *END PART | 结束部件定义 |
| 3 | 装配 | *ASSEMBLY | 开始装配定义 |
| | | *END ASSEMBLY | 结束装配定义 |
| 4 | 实例 | *INSTANCE | 开始实例定义 |
| | | *END INSTANCE | 结束实例定义 |
| 5 | 子模型 | *SUBMODEL | 子模型定义 |
| 6 | 节点及局部坐标系 | *NODE | 节点定义 |
| | | *SYSTEM | 节点坐标的局部坐标系 |
| | | *TRANSFORM | 节点自由度的局部坐标系 |
| 7 | 单元及局部坐标系 | *ELEMENT | 单元定义 |
| | | *ORIENTATION | 单元局部坐标系 |
| 8 | 面域 | *SURFACE | 面域定义 |
| 9 | 集合 | *NSET | 节点集合 |
| | | *ELSET | 单元集合 |
| 10 11 | 梁截面属性 | *BEAM SECTION | 梁截面属性 |
| | | *BEAM GENERAL SECTION | 通用梁截面属性 |
| | | *CENTROID | 参数梁截面质心 |
| | | *SHEAR CENTER | 参数梁截面剪切中心 |
| 12 | 壳截面属性 | *SHELL SECTION | 壳截面属性 |
| 13 | 体截面属性 | *SOLID SECTION | 体截面属性 |
| 14 | 质量 | *MASS | 质量单元定义 |
| | | *NONSTRUCTURAL MASS | 非结构质量定义 |
| 15 | 特殊单元属性 | *SPRING | 弹簧单元属性 |
| | | *DASHPOT | 阻尼器单元属性 |
| | | *GAP | 间隙单元属性 |

表 A. 1 前处理数据内容及关键字 (续)

| 序号 | 内容 | 关键字 | 含义 |
|----|------|---------------|---------|
| 16 | 材料 | *MATERIAL | 材料定义 |
| | | *ELASTIC | 线弹性材料属性 |
| | | *DENSITY | 材料密度 |
| | | *PLASTIC | 塑性材料属性 |
| 17 | 耦合约束 | *COUPLING | 耦合约束 |
| | | *KINEMATIC | 运动耦合约束 |
| | | *DISTRIBUTING | 分布耦合约束 |
| 18 | 幅值 | *AMPLITUDE | 幅值 |
| 19 | 空间场 | *DISTRIBUTION | 空间场 |

A. 2 文件头

文件头数据块使用关键字*HEADING定义，为独立行，无参数。关键字*HEADING为可选。

A. 3 部件

部件数据块使用关键字*PART和*END PART定义，关键字*PART的数据格式应采用表A. 2定义。

表A. 2 *PART数据格式

| | | |
|------|---|---------------------|
| 关键字 | *PART | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 开始部件的定义 | |
| 必要参数 | NAME | 将此参数设置为将用于引用部件的名称标识 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 无 | — |
| 格式要求 | a) 必须与*ASSEMBLY, *END PART 和*INSTANCE 选项一起使用 b) 一个模型中可以定义多个部件，但部件名称必须唯一 c) 部件(PART)定义在装配(ASSEMBLY)定义之外 d) 部件中定义的节点(NODE)、单元(ELEMENT)为必要数据，其他均为非必要数据 e) 部件中的节点、单元、截面、集合、面域等允许多次定义。如定义了截面，则至少定义一个单元集合 f) 在部件定义的任何对象都是局部对象，其名称或编号在其定义的部件中都应是唯一的，在整个模型中可以不唯一 | |

示例：

部件数据块的基本表示方法如下：

```
*PART, NAME= <部件名称>
(节点定义)
(单元定义)
(截面定义)
(集合定义)
(面域定义)
*END PART
```

A. 4 装配

装配数据块使用关键字*ASSEMBLY和*END ASSEMBLY定义，关键字*ASSEMBLY的数据格式要求应采用表A. 3定义。

表 A. 3 *ASSEMBLY 数据格式

| | | |
|------|--|---------------------|
| 关键字 | *ASSEMBLY | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 开始装配的定义 | |
| 必要参数 | NAME | 将此参数设置为将用于引用装配的名称标识 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 无 | — |
| 格式要求 | a) 必须与*END ASSEMBLY, * PART 和*INSTANCE 选项一起使用 b) ASSEMBLY 中不能定义 PART, 实例 (INSTANCE) 只能在 ASSEMBLY 中定义 c) 一个模型仅能定义一个装配 (ASSEMBLY) d) 在装配中定义的任何对象都是局部对象, 其名称或编号在其定义的装配中都应是唯一的, 在整个模型中可以不唯一 | |

示例:

装配数据块的基本表示方法如下:

```
*ASSEMBLY, NAME= <装配件名称>
  (实例定义)
  (集合和面域定义)
  (连接器和约束定义)
*END ASSEMBLY
```

A. 5 实例

实例数据块使用关键字*INSTANCE和*END INSTANCE定义, 关键字*INSTANCE的数据格式要求应采用表A. 4定义。

表 A. 4 *INSTANCE 数据格式

| | | |
|------|--|---|
| 关键字 | *INSTANCE | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 开始实例的定义 | |
| 必要参数 | NAME | 将此参数设置为将用于引用实例的名称标识 |
| | PART | 将此参数设置为被实例化的部件的名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行 | <x方向的平移值>, <y方向的平移值>, <z方向的平移值> |
| | 第二行 | <点a在旋转轴上的x坐标>, <点a在旋转轴上的y坐标>, <点a在旋转轴上的z坐标>, <点b在旋转轴上的x坐标>, <点b在旋转轴上的y坐标>, <点b在旋转轴上的z坐标>, <绕a-b轴的转角, 以度为单位> |
| 格式要求 | a) 必须与*END INSTANCE, * ASSEMBLY 选项一起使用 b) 如果同时指定了平移和旋转, 则在旋转之前应用平移 c) 实例 (INSTANCE) 必须关联一个部件 (PART), 多个实例可以关联同一个部件 (PART) d) 实例 (INSTANCE) 名称不可重复 e) 实例 (INSTANCE) 必须在装配 (ASSEMBLY) 中定义, 且不允许与装配同名 f) 定义多个实例 (INSTANCE) 时, 如果不指定关联的部件 (PART) 则表示与前一个实例关联同一个部件 g) 实例中 (INSTANCE) 中无需定义节点和单元信息, 仅需定义装配位置信息、集合和面域等 h) 关联部件实例和单元集合、节点集合、单元局部坐标系、空间场的名称时, 不能用下划线连接 | |

表 A. 4 *INSTANCE 数据格式 (续)

| | |
|------|---|
| 关键字 | *INSTANCE |
| 格式要求 | i) 在实例中定义的任何对象都是局部对象，其名称或编号在其定义的实例中都应是唯一的，在整个模型中可以不唯一 |

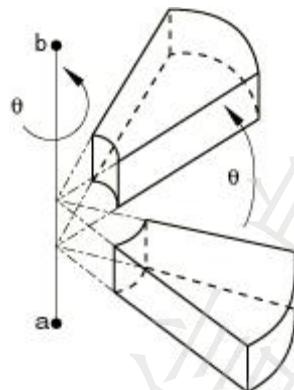


图 A. 1 实例的旋转

示例：

实例数据块的基本表示方法如下：

```
*INSTANCE, NAME= <实例名称>, PART = <部件名称>
    (定位数据)
    (集合和面域定义) (可选)
*END INSTANCE
```

A. 6 子模型

子模型数据块使用关键字*SUBMODEL定义，其数据格式要求应采用表A. 5定义。

表 A. 5 *SUBMODEL 数据格式

| | | |
|------|-----------------------------|---|
| 关键字 | *SUBMODEL | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 定义子模型映射关系 | |
| 必要参数 | 无 | |
| 可选参数 | ACOUSTIC TO STRUCTURE | 用于声学-结构模型分析中声学网格向结构网格传递数据，与SHELL TO SOLID互斥，只有参数没有值 |
| | SHELL TO SOLID | 用于壳单元向体单元传递数据，与ACOUSTIC TO STRUCTURE互斥，只有参数没有值 |
| | SHELL THICKNESS | 当SHELL SECTION或者SHELL GENERAL SECTION中不设置offset时，该值取为最大板厚，当SHELL SECTION或者SHELL GENERAL SECTION中设置了offset时，该值取为2倍最大板厚，作为参考面到壳单元顶面或底面的距离。取值为数字 |
| | ABSOLUTE EXTERIOR TOLERANCE | 指定容差值，浮点数，将此参数设置为绝对值(以模型中使用的单位给出)，根据该绝对值，子模型的驱动节点可能位于全局模型元素的区域之外 |
| | GLOBAL ELSET | 全局模型中单元集合(源单元集合)的名称 |
| 数据行 | 第一行 | <映射目标对象> |

表 A.5 *SUBMODEL 数据格式（续）

| | |
|------|--|
| 关键字 | *SUBMODEL |
| 格式要求 | <p>a) ACOUSTIC TO STRUCTURE 与 SHELL TO SOLID 互斥</p> <p>b) 仅当设置 SHELL TO SOLID 时，才需要输入 SHELL THICKNESS</p> <p>c) 当子模型用于一般情况或者 SHELL TO SOLID 时，“映射目标对象”为节点集合名称；当子模型用于 ACOUSTIC TO STRUCTURE 时，“映射目标对象”为结构单元曲面</p> |

A.7 节点及局部坐标系

A.7.1 节点

节点数据块使用关键字*NODE定义，其数据格式要求应采用表A.6定义。

表 A.6 *NODE 数据格式

| | | |
|------|---|--|
| 关键字 | *NODE | |
| 必要性 | 必需 | |
| 作用 | 通过指定其坐标来直接定义节点 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | INPUT | 从文件中读取节点定义，将此参数设置输入文件的名称 |
| | NSET | 将此参数设置一个节点集合的名称，如是已有集合，则在集合中添加新建的节点，如是新的集合，则新建一个节点集合，将新建节点分配给新的节点集合 |
| | SYSTEM | 设置定义节点坐标的局部坐标系类型，如不定义，默认为总体坐标系。设置SYSTEM=R(默认)以给出直角笛卡尔坐标系中的坐标。设置SYSTEM=C给出柱面坐标系中的坐标。设置SYSTEM=S给出球面坐标系中的坐标 |
| 数据行 | 第一行 | <节点编号>,<节点坐标1>,<节点坐标2>,<节点坐标3> |
| | 后续行 | <节点编号>,<节点坐标1>,<节点坐标2>,<节点坐标3> |
| 格式要求 | <p>a) 节点编号为正整数，最大值为 999999999</p> <p>b) 不同的部件或实例可以有相同的节点编号。如果在定义载荷、边界条件或约束时需要引用这些节点编号，需要加上相应的实例名称作为前缀。例如，若部件 PART-A 和 PART-B 的相应实例分别名为 PART-A-1 和 PART-B-1，则实例 PART-A-1 的节点 5 就记作 PART-A-1.5，而实例 PART-B-1 的节点 5 记作 PART-B-1.5</p> | |

示例：

节点数据块的基本表示方法如下：

```
*NODE
<节点编号>,<节点坐标1>,<节点坐标2>,<节点坐标3>
```

A.7.2 节点局部坐标系

节点局部坐标系数据块使用关键字*SYSTEM和*TRANSFORM定义。关键字*SYSTEM的数据格式要求应采用表A.7定义，和关键字*TRANSFORM的数据格式要求应采用表A.8定义。

表 A.7 *SYSTEM 数据格式

| | | |
|------|------------------|---|
| 关键字 | *SYSTEM | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 指定用于定义节点坐标的局部坐标系 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | 无 | — |

表 A.7 *SYSTEM 数据格式 (续)

| 关键字 | *SYSTEM | |
|------|--|--|
| 数据行 | 第一行 | <a点在全局坐标系下x坐标>, <a点在全局坐标系下y坐标>, <a点在全局坐标系下z坐标>, <b点在全局坐标系下x坐标>, <b点在全局坐标系下y坐标>, <b点在全局坐标系下z坐标> |
| | 第二行(可选) | <c点在全局坐标系下x坐标>, <c点在全局坐标系下y坐标>, <c点在全局坐标系下z坐标> |
| 格式要求 | a) 第二行为可选, 如不提供, 则 z 轴为全局坐标系下的 z 轴方向 b) 与*NODE 连用 | |

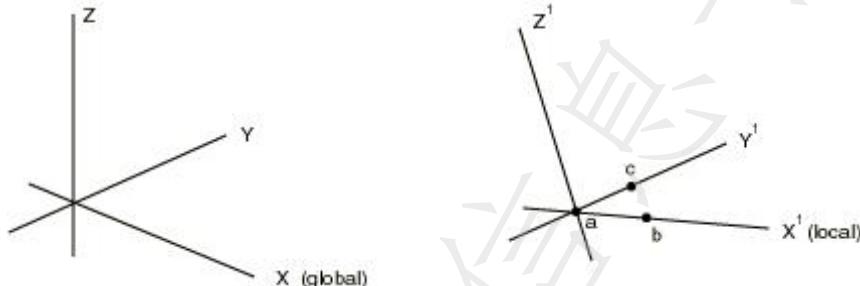


图 A.2 局部坐标系示意图

表 A.8 *TRANSFORM 数据格式

| 关键字 | *TRANSFORM | |
|------|--|--|
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 指定定义节点自由度的局部坐标系。用于边界条件、集中载荷、节点输出变量等 | |
| 必要参数 | Nset | 节点编号 |
| | Type | 坐标系类型 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行 | <a点在全局坐标系下x坐标>, <a点在全局坐标系下y坐标>, <a点在全局坐标系下z坐标>, <b点在全局坐标系下x坐标>, <b点在全局坐标系下y坐标>, <b点在全局坐标系下z坐标> |
| | 第二行(可选) | <c点在全局坐标系下x坐标>, <c点在全局坐标系下y坐标>, <c点在全局坐标系下z坐标> |
| 格式要求 | a) 第二行为可选, 如不提供, 则 z 轴为全局坐标系下的 z 轴方向 b) 一般在 Assembly 数据块中出现, 先定义 NSET, 然后对于特定的 NSET 使用局部坐标系 | |

A.8 单元及局部坐标系

A.8.1 单元

单元数据块使用关键字*ELEMENT 定义, 其数据格式要求应采用表A.9 定义。

表 A.9 *ELEMENT 数据格式

| 关键字 | *ELEMENT | |
|------|-----------------------|---|
| 必要性 | 必需 | |
| 作用 | 此选项用于通过指定单元的节点来直接定义单元 | |
| 必要参数 | TYPE | 将此参数设置为单元类型 |
| 可选参数 | ELSET | 将此参数设置为将分配给这些单元的单元集合的名称 |
| | INPUT | 从文件中读取单元定义, 将此参数设置输入文件的名称 |
| 数据行 | 第一行 | <单元编号>, <节点1编号>, <节点2编号>, <节点3编号>, ……, <节点15编号> |
| | 后续行 | <节点n编号>, <节点n+1编号>, ……, <节点n+16编号> (当前一行以逗号结尾时, 即此行为续行) |

表 A.9 *ELEMENT 数据格式 (续)

| 关键字 | *ELEMENT |
|------|--|
| 格式要求 | a) 单元类型取值见表 A.10 b) 单元编号为正整数, 最大值为 99999999 c) 只有在前一行以逗号结尾时才需要后续行 d) 后续行每行最多 16 个整数值(最多 80 个字符) |

表 A.10 单元类型

| 单元分类 | 单元类型取值 | 需指定的节点个数 | 描述 |
|------|----------|----------|-----------------------|
| 质量单元 | MASS | 1 | 质量单元 |
| 弹簧单元 | Spring1 | 1 | 接地弹簧单元 |
| | Spring2 | 2 | 作用于固定方向的两节点之间的弹簧单元 |
| | SpringA | 2 | 作用于节点连线方向的两节点之间的弹簧单元 |
| 阻尼单元 | Dashpot1 | 1 | 接地阻尼单元 |
| | Dashpot2 | 2 | 作用于固定方向的两节点之间的阻尼单元 |
| | DashpotA | 2 | 作用于节点连线方向的两节点之间的阻尼单元 |
| 间隙单元 | GAPUNI | 2 | 接触方向在空间固定的间隙单元 |
| | GAPUNIT | 2 | 模拟两个节点间的接触及热互相作用的间隙单元 |
| | GAPCYL | 2 | 接触方向垂直于某个轴的间隙单元 |
| | GAPSUPER | 2 | 接触方向在空间是任意的间隙单元 |
| | DGAP | 2 | 用于传热分析中两节点的热相互作用的间隙单元 |
| 一维单元 | T3D2 | 2 | 三维一阶杆单元 |
| | T3D3 | 2 | 三维二阶杆单元 |
| | B31 | 2 | 三维线性梁单元 |
| | B32 | 2 | 三维二次梁单元 |
| | B33 | 2 | 三维三次梁单元 |
| 二维单元 | S3 | 3 | 三节点三角形单元 |
| | S4 | 4 | 四节点四边形单元 |
| | S4R | 4 | 四节点四边形单元 (缩减积分) |
| | S4I | 4 | 四节点四边形单元 (非协调) |
| | SC6R | 3 | 六节点三角形单元 |
| | SC8R | 4 | 八节点四边形单元 |
| 三维单元 | C3D4 | 4 | 线性四面体单元 |
| | C3D5 | 5 | 线性五面体单元 |
| | C3D6 | 6 | 线性三棱柱单元 |
| | C3D8 | 8 | 线性六面体单元 |
| | C3D8R | 8 | 线性六面体单元 (缩减积分) |
| | C3D8I | 8 | 线性六面体单元 (非协调) |
| | C3D10 | 4 | 二阶四面体单元 |
| | C3D15 | 6 | 二阶三棱柱单元 |
| | C3D20 | 8 | 二阶六面体单元 |
| | C3D20R | 8 | 二阶六面体单元 (缩减积分) |

示例:

单元的基本表示方法是:

*ELEMENT, TYPE = <单元类型>
 <单元编号>, <节点1编号>, <节点2编号>, <节点3编号>,

A.8.2 单元局部坐标系

单元局部坐标系数据块使用关键字*ORIENTATION 定义, 其数据格式要求应采用表A.11定义。

表 A. 11 *ORIENTATION 数据格式

| | | |
|------|--|---|
| 关键字 | *ORIENTATION | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 指定定义单元局部坐标系。用于定义材料本构关系、用于在积分点处的材料计算、用于 单元属性定义(例如 connector 单元)、定义单元应力应变的输出方向、单元截面力的输出方向、以及用于 kinematic 和 distributing coupling constraints | |
| 必要参数 | NAME | 节点编号 |
| 可选参数 | DEFINITION | 单元局部坐标系定义的方式, 有COORDINATES(default)、NODES、OFFSET TO NODES三种 |
| | SYSTEM | 局部坐标系类型, RECTANGULAR(default)、CYLINDRICAL、SPHERICAL、Z RECTANGULAR、USER五种 |
| | LOCAL DIRECTIONS | 与各向异性材料相关的局部坐标系 |
| 数据行 | 第一行 | 根据可选参数的不同, 数据行的定义方式不同, 具体如下: <ul style="list-style-type: none">• DEFINITION= COORDINATES时, <a点在全局坐标系下x坐标>, <a点在全局坐标系下y坐标>, <a点在全局坐标系下z坐标>, <b点在全局坐标系下x坐标>, <b点在全局坐标系下y坐标>, <b点在全局坐标系下z坐标>, <c点在全局坐标系下x坐标>, <c点在全局坐标系下y坐标>, <c点在全局坐标系下z坐标>• DEFINITION= NODES 时, a点、b点、c点的节点号• DEFINITION= OFFSET TO NODES 时, a点、b点、c点的局部节点号 |
| | 第二行(可选) | <附加的转动的局部坐标系的参考方向, 默认为局部X轴方向>, <附加转角> 在大位移分析中, 此局部坐标系的方向会随着材料的旋转而旋转 |
| | 第三行 (当设定LOCAL DIRECTIONS时) | <第一局部材料方向相对于材料点处正交系统的 X 分量>, <第一局部材料方向相对于材料点处正交系统的 Y 分量>, <第一局部材料方向相对于材料点处正交系统的 Z 分量> |
| 格式要求 | <ul style="list-style-type: none">a) 可用于定义材料本构关系、用于在积分点处的材料计算、用于单元属性定义(例如 connector 单元)、定义单元应力应变的输出方向、单元截面力的输出方向、以及用于耦合约束、接触单元方向等b) 在 INP 文件中不限定* ORIENTATION 的使用位置 | |

A. 9 面域

面域数据块使用关键字*SURFACE 定义, 其数据格式要求应采用表A. 12 定义。

表 A. 12 *SURFACE 数据格式

| | | |
|------|---------------------------------|---|
| 关键字 | *SURFACE | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于在模型中定义曲面或区域 | |
| 必要参数 | NAME | 将此参数设置为将用于引用面域的名称标识, 字符串 |
| 可选参数 | TYPE | 可以取以下值: <ul style="list-style-type: none">• ELEMENT(默认): 为指定的单元自动定义一个自由表面, 或者通过使用单元表面标识符在单元上定义一个面域• NODE: 通过指定节点列表或节点集合名称来定义面域 |
| | | |
| 数据行 | 第一行 | <构成此面域的集合1>, <边界面/边名称1> |
| | 后续行 | <构成此面域的集合2>, <边界面/边名称2> |
| 格式要求 | <面域的类型>的默认值为 ELEMENT, 即由单元构成的面域 | |

示例:

面域的基本表示方法如下:

*SURFACE, TYPE=<面域的类型>, NAME=<面域的名称>

<构成此面域的集合1>, <边界面/边名称1>

.....

A.10 集合

A.10.1 基本要求

A.10.2 节点集合

节点集合数据块使用关键字*NSET定义，其数据格式要求应采用表A.13定义。

表 A.13 *NSET 数据格式

| | | |
|--------------|---|--|
| 关键字 | *NSET | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项定义集合包含的节点 | |
| 必要参数 可选参数 | NSET | 将此参数设置为节点集合的名称 |
| | ELSET GENERATE | 将此参数设置为先前定义的单元集合的名称。在遇到此选项时，定义属于此单元集合的单元的节点将被分配给指定的节点集合 如果包含此参数，则每个数据行应表示为： <起始节点编号n1>, <结束节点编号n2>, <节点编号增量i> 所有从n1到n2之间间隔为i的节点都将被添加到集合中，i必须为整数 |
| 数据行 | 第一行 | <节点编号1>, <节点编号2>, ……, <节点编号16> |
| | 后续行 | <节点编号n>, <节点编号n+1>, ……, <节点编号n+16> |
| 格式要求 | a) ELSET 和 GENERATE 参数是互斥的 b) 指定 ELSET 参数时，没有数据行 c) 只有在前一行以逗号结尾时才需要后续行 d) 后续行每行最多 16 个整数值(最多 80 个字符) | |

示例：

节点集合有下列三种表示方法：

a) 指定节点集合中的节点编号是单元集合中单元的节点编号，则可以表示为：

*NSET, NSET = <节点集合名称>, ELSET= <单元集合名称>

b) 如果集合中的节点编号是连续的，则可以表示为：

*NSET, NSET = <节点集合名称>, GENERATE

<起始节点编号>, <结束节点编号>, <节点编号增量>

c) 如果集合中的节点编号是不连续的，则可以依次列出集合中的所有节点（每个数据行中的节点编号不得超过 16 个），其格式为：

*NSET, NSET = <节点集合名称>

<节点编号1>, <节点编号2>, ……, <节点编号16>

A.10.3 单元集合

单元集合数据块使用关键字*ELSET定义，其数据格式要求应采用表A.14定义。

表 A.14 *ELSET 数据格式

| | | |
|--------------|--|---|
| 关键字 | *ELSET | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项定义集合包含的单元 | |
| 必要参数 可选参数 | ELSET | 将此参数设置为单元集合的名称 |
| | GENERATE | 如果包含此参数，则每个数据行应表示为： <起始单元编号e1>, <结束单元编号e2>, <单元编号增量i> 所有从e1到e2之间间隔为i的单元都将被添加到集合中，i必须为整数 |
| 数据行 | 第一行 | <单元编号1>, <单元编号2>, ……, <单元编号16> |
| | 后续行 | <单元编号n>, <单元编号n+1>, ……, <单元编号n+16> |
| 格式要求 | a) 只有在前一行以逗号结尾时才需要后续行 b) 后续行每行最多 16 个整数值(最多 80 个字符) | |

示例：

单元集合有下列两种表示方法：

- a) 如果集合中的单元编号是连续的，则可以表示为：

*ELSET, ELSET= <单元集合名称>, GENERATE
<起始单元编号>, <结束单元编号>, <单元编号增量>

- b) 如果集合中的单元编号是不连续的，则可以依次列出集合中的所有单元（每个数据行中的单元编号不得超过16个），其格式为：

*ELSET, ELSET= <单元集合名称>
<单元编号1>, <单元编号2>, ……, <单元编号16>

A.11 梁截面属性

梁截面属性数据块使用关键字*BEAM SECTION或者*BEAM GENERAL SECTION定义，*BEAM SECTION的数据格式要求应采用表A.15定义，*BEAM GENERAL SECTION的数据格式要求应采用表A.16定义。
*CENTROID定义梁截面质心的位置，数据格式要求应采用表A.17定义，*SHEAR CENTER定义梁截面剪切中心的位置，数据格式要求应采用表A.18定义。

表 A.15 *BEAM SECTION 数据格式

| 关键字 | *BEAM SECTION | |
|--|---|---|
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于定义需要对截面进行数值积分时梁单元的横截面属性 | |
| 必要参数 | ELSET | 指定单元集合的名称，该集合的所有单元将使用同样的横截面属性 |
| | MATERIAL | 指定梁单元的材料名称 |
| | SECTION | 指定横截面类型 |
| 可选参数 | TEMPERATURE | 可以取以下值： <ul style="list-style-type: none"> GRADIENTS(默认值)：指定横截面原点的温度和场变量值，以及关于2-方向的梯度，对于空间梁，则为截面的1-方向 VALUES：以在梁截面描述中显示的点（见《船舶结构有限元分析模型数据要求》表A.19）上给出温度和场变量值 |
| 数据行 (SECTION=BOX, CIRC, HE X, I, L, T, PIPE, RECT, THI CKPIPE, TRAPEZOID) | 第一行 | <梁截面尺寸参数1>, <梁截面尺寸参数2>, ……, <梁截面尺寸参数n>(根据截面类型不同，数据项不同) |
| | 第二行(可选) | < n_1^1, n_1^2, n_1^3 > (n_1 为梁横截面的第一个轴，详见图A.3，分别为第1~3个方向的分量) |
| PIPE, TRAPEZOID) | 第三行(可选) | 积分点个数 |
| | 第四行(可选) | < x_{1o}, y_{1o}, z_{1o} > (梁单元端点1在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| 数据行 (SECTION=ARBITRARY) | 第五行(可选) | < x_{2o}, y_{2o}, z_{2o} > (梁单元端点2在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| | 第一行 | <组成截面的线段数量n>, <第一个点的局部坐标1>, <第一个点的局部坐标2>, <第二个点的局部坐标1>, <第二个点的局部坐标2>, <第一段厚度> |
| | 第二行(可选) | <下一个点的局部坐标1>, , <下一个点的局部坐标2>, <第n段厚度> |
| | 后续行(可选) | < n_1^1, n_1^2, n_1^3 > (梁单元截面方向向量) |
| | 后续行(可选) | < x_{1o}, y_{1o}, z_{1o} > (梁单元端点1在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| | 后续行(可选) | < x_{2o}, y_{2o}, z_{2o} > (梁单元端点2在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| 格式要求 | a) n_1 缺省值为(0, 0, -1) b) x_{1o}, y_{1o}, z_{1o} 与 x_{2o}, y_{2o}, z_{2o} 缺省值为(0, 0, 0) | |

示例：

不同截面类型的梁截面属性的基本表示方法如下：

- a) 截面类型为 BOX, CIRC, HEX, I, L, T, PIPE, RECT, THICK PIPE 和 TRAPEZOID 的梁截面属性的基本表示方法为：

*BEAM SECTION, SECTION = <截面类型>, ELSET= <单元集合名称>, MATERIAL = <材料名称>
<梁截面尺寸参数1>, <梁截面尺寸参数2>, ……, <梁截面尺寸参数n>
< n_1^1 >, < n_1^2 >, < n_1^3 >
< x_{1o} >, < y_{1o} >, < z_{1o} >

$\langle x_{2o}, y_{2o}, z_{2o} \rangle$

b) 截面类型为 ARBITRARY 的梁截面属性的基本表示方法为:

*BEAM SECTION, SECTION = ARBITRARY, ELSET = <单元集合名称>, MATERIAL = <材料名称>

<组成截面的线段数量n>, <第一个点的局部坐标1>, <第一个点的局部坐标2>, <第二个点的局部坐标1>, <第二个点的局部坐标2>, <第一段厚度>

<下一个点的局部坐标1>, , <下一个点的局部坐标2>, <第2段厚度>

.....

<下一个点的局部坐标1>, , <下一个点的局部坐标2>, <第n段厚度>

$\langle n_1^1, n_1^2, n_1^3 \rangle$

$\langle x_{1o}, y_{1o}, z_{1o} \rangle$

$\langle x_{2o}, y_{2o}, z_{2o} \rangle$

表 A. 16 *BEAM GENERAL SECTION 数据格式

| 关键字 | *BEAM GENERAL SECTION | |
|--|---|--|
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于定义不需要对截面进行数值积分时梁单元的横截面属性 | |
| 必要参数 | ELSET | 指定单元集合的名称, 该集合的所有单元将使用同样的横截面属性 |
| 可选参数 | DENSITY | 指定梁单元的材料密度, 当SECTION=MESHED时不需定义该参数 |
| | SECTION | 指定横截面的类型 |
| | TAPER | 变截面梁 |
| 数据行 (SECTION= GENERAL, NONLINEAR GENERAL) | 第一行 | <面积An ₁ ¹ >, <绕1轴弯曲的转动惯量I ₁₁ >, <交叉弯曲的转动惯量I ₁₂ n ₁ ¹ >, <绕2轴弯曲的转动惯量I ₂₂ n ₁ ¹ >, <扭力常数Jn ₁ ¹ >, <扇形惯性矩Γ ₀ >, <翘曲常数Γ _w > (端点1截面参数) |
| | 第二行(可选) | <面积An ₁ ¹ >, <绕1轴弯曲的转动惯量I ₁₁ >, <交叉弯曲的转动惯量I ₁₂ n ₁ ¹ >, <绕2轴弯曲的转动惯量I ₂₂ n ₁ ¹ >, <扭力常数Jn ₁ ¹ >, <扇形惯性矩Γ ₀ >, <翘曲常数Γ _w > (当为变截面梁TAPER时, 端点2截面参数) |
| | 第三行(可选) | $\langle n_1^1, n_1^2, n_1^3 \rangle$ |
| | 第四行 | <杨氏模量E>, <泊松比ν>, <剪切刚度G> |
| | 第五行(可选) | $\langle x_{1o}, y_{1o}, z_{1o} \rangle$ (梁单元端点1在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| | 第六行(可选) | $\langle x_{2o}, y_{2o}, z_{2o} \rangle$ (梁单元端点2在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| 数据行 (SECTION=BOX, CIRC, HEX, I, L, T, PIPE, RECT, THICK PIPE, TRAPEZOID) | 第一行 | <梁截面尺寸参数1>, <梁截面尺寸参数2>, ..., <梁截面尺寸参数n> (根据截面类型不同, 数据项不同) (端点1截面参数) |
| | 第二行(可选) | <梁截面尺寸参数1>, <梁截面尺寸参数2>, ..., <梁截面尺寸参数n> (根据截面类型不同, 数据项不同) (当为变截面梁TAPER时, 端点2截面参数) |
| | 第三行(可选) | $\langle n_1^1, n_1^2, n_1^3 \rangle$ (n_1 为梁横截面的第一个轴, 详见图A. 3, 分别为第1~3个方向的分量) |
| | 第四行 | <杨氏模量E>, <泊松比ν>, <剪切刚度G> |
| | 第五行(可选) | $\langle x_{1o}, y_{1o}, z_{1o} \rangle$ (梁单元端点1在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| | 第六行(可选) | $\langle x_{2o}, y_{2o}, z_{2o} \rangle$ (梁单元端点2在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| 数据行 (SECTION=ARBITRARY) | 第一行 | <组成截面的线段数量n>, <第一个点的局部坐标1>, <第一个点的局部坐标2>, <第二个点的局部坐标1>, <第二个点的局部坐标2>, <第一段厚度> |
| | 后续行 | <下一个点的局部坐标1>, , <下一个点的局部坐标2>, <第n段厚度> |
| | 后续行(可选) | $\langle n_1^1, n_1^2, n_1^3 \rangle$ (梁单元截面方向向量) |
| | 后续行 | <杨氏模量E>, <泊松比ν>, <剪切刚度G> |
| | 后续行(可选) | $\langle x_{1o}, y_{1o}, z_{1o} \rangle$ (梁单元端点1在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| | 后续行(可选) | $\langle x_{2o}, y_{2o}, z_{2o} \rangle$ (梁单元端点2在单元局部坐标系下的偏置向量) |
| 格式要求 | a) <扇形惯性矩Γ ₀ >和<翘曲常数Γ _w >仅适用于开口截面 b) n1 缺省值为(0, 0, -1) c) x_{1o}, y_{1o}, z_{1o} 与 x_{2o}, y_{2o}, z_{2o} 缺省值为(0, 0, 0) | |

表 A.17 *CENTROID 数据格式

| | | |
|------|---|---|
| 关键字 | *CENTROID | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 定义梁截面质心的位置 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行 (唯一) | <质心的局部坐标 $x_{1c}n_1^1$, <质心的局部坐标 $x_{2c}n_1^1$ > |
| 格式要求 | a) x_{1c} 缺省值为 0 b) x_{2c} 缺省值为 0 c) 此选项只能与*BEAM GENERAL SECTION 结合使用 | |

表 A.18 *SHEAR CENTER 数据格式

| | | |
|------|---|---|
| 关键字 | *SHEAR CENTER | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 定义梁截面剪切中心的位置 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行 (唯一) | <剪切中心的局部坐标 $x_{1c}n_1^1$, <剪切中心的局部坐标 $x_{2c}n_1^1$ > |
| 格式要求 | a) x_{1c} 缺省值为 0 b) x_{2c} 缺省值为 0 c) 此选项只能与*BEAM GENERAL SECTION 结合使用 | |

示例：

a) 截面类型为 GENERAL, NONLINEAR GENERAL 的参数梁截面属性的基本表示方法为：

*BEAM GENERAL SECTION, ELSET= <单元集合名称>, DENSITY = <材料密度>, SECTION= GENERAL (或NONLINEAR GENERAL)

<A>, < I_{11} >, < $I_{12}n_1^1$ >, < $I_{22}n_1^1$ >, < Jn_1^1 >, < Γ_0 >, < Γ_w >

< n_1^1 >, < n_1^2 >, < n_1^3 >

<E>, <v>, <G>

< x_{1o} >, < y_{1o} >, < z_{1o} >

< x_{2o} >, < y_{2o} >, < z_{2o} >

*CENTROID

< x_{1c} >, < x_{2c} >

*SHEAR CENTER

< x_{1c} >, < x_{2c} >

b) 截面类型为 MESHER 的参数梁截面属性的基本表示方法为：

*BEAM GENERAL SECTION, ELSET= <单元集合名称>, SECTION= MESHER

< n_1^1 >, < n_1^2 >, < n_1^3 >

<(EA)>, <(EI)₁₁>, <(EI)₁₂>, <(EI)₂₂>, <(GJ)>

<(ρA)>, <(ρI)₁₁>, <(ρI)₁₂>, <(ρI)₂₂>, < x_{1cm} >, < x_{2cm} >

< x_{1o} >, < y_{1o} >, < z_{1o} >

< x_{2o} >, < y_{2o} >, < z_{2o} >

*CENTROID

< x_{1c} >, < x_{2c} >

*SHEAR CENTER

< x_{1c} >, < x_{2c} >

c) 截面类型为 BOX, CIRC, HEX, I, L, T, PIPE, RECT, THICK PIPE 和 TRAPEZOID 的尺寸梁截面属性的基本表示方法为：

*BEAM GENERAL SECTION, ELSET= <单元集合名称>, DENSITY = <材料密度>, SECTION= <截面类型>

<梁截面尺寸参数1>, <梁截面尺寸参数2>, ……, <梁截面尺寸参数n>

$\langle n_1^1 \rangle, \langle n_1^2 \rangle, \langle n_1^3 \rangle$

$\langle E \rangle, \langle v \rangle, \langle G \rangle$

$\langle x_{1o} \rangle, \langle y_{1o} \rangle, \langle z_{1o} \rangle$

$\langle x_{2o} \rangle, \langle y_{2o} \rangle, \langle z_{2o} \rangle$

*CENTROID

$\langle x_{1c} \rangle, \langle x_{2c} \rangle$

*SHEAR CENTER

$\langle x_{1c} \rangle, \langle x_{2c} \rangle$

- d) 截面类型为 ARBITRARY 的尺寸梁截面属性的基本表示方法为:

*BEAM GENERAL SECTION, ELSET= <单元集合名称>, DENSITY = <材料密度>, SECTION= ARBITRARY

<组成截面的线段数量n>, <第一个点的局部坐标1>, <第一个点的局部坐标2>, <第二个点的局部坐标1>, <第二个点的局部坐标2>, <第一段厚度>

<下一个点的局部坐标1>, , <下一个点的局部坐标2>, <第2段厚度>

.....

<下一个点的局部坐标1>, , <下一个点的局部坐标2>, <第n段厚度>

$\langle n_1^1 \rangle, \langle n_1^2 \rangle, \langle n_1^3 \rangle$

$\langle E \rangle, \langle v \rangle, \langle G \rangle$

$\langle x_{1o} \rangle, \langle y_{1o} \rangle, \langle z_{1o} \rangle$

$\langle x_{2o} \rangle, \langle y_{2o} \rangle, \langle z_{2o} \rangle$

*CENTROID

$\langle x_{1c} \rangle, \langle x_{2c} \rangle$

*SHEAR CENTER

$\langle x_{1c} \rangle, \langle x_{2c} \rangle$

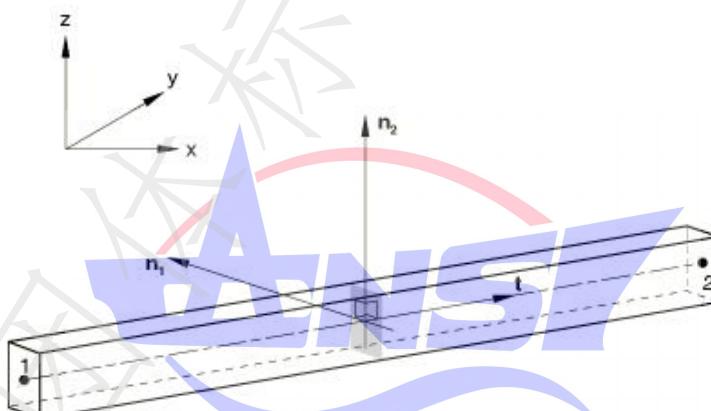


图 A.3 单元局部坐标系定义

A.12 壳截面属性

壳截面属性数据块使用关键字*SHELL SECTION 定义，其数据格式要求应采用表A.19定义。

表 A.19 *SHELL SECTION 数据格式

| | | |
|------|-------------------------------|------------------------------|
| 关键字 | *SHELL SECTION | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于定义壳单元的截面属性 | |
| 必要参数 | ELSET | 指定单元集合的名称，该集合的所有单元将使用同样的截面属性 |
| | MATERIAL | 指定壳单元的材料名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行(唯一) | <壳单元厚度>, <壳厚度方向积分点的个数> |
| 格式要求 | 材料名称不得超过80个字符，必须以字母开头，不可以是下划线 | |

示例：

壳截面属性的基本表示方法如下：

*SHELL SECTION, ELSET= <单元集合名称>, MATERIAL = <材料名称>
<壳单元厚度>, <壳厚度方向积分点的个数>

A. 13 体截面属性

体截面属性数据块使用关键字*SOLID SECTION定义，其数据格式要求见表A. 20。

表 A. 20 *SOLID SECTION 数据格式

| | | |
|------|-------------------------------|------------------------------|
| 关键字 | *SOLID SECTION | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于定义体单元的截面属性 | |
| 必要参数 | ELSET | 指定单元集合的名称，该集合的所有单元将使用同样的截面属性 |
| | MATERIAL | 指定体单元的材料名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行(唯一) | <平面应力应变厚度> |
| 格式要求 | 材料名称不得超过80个字符，必须以字母开头，不可以是下划线 | |

示例：

体截面属性的基本表示方法如下：

* SOLID SECTION, ELSET= <单元集合名称>, MATERIAL = <材料名称>
<平面应力应变厚度>

A. 14 质量

A. 14. 1 集中质量

集中质量属性数据块使用关键字*MASS定义，其数据格式要求应采用表A. 21定义。

表 A. 21 *MASS 数据格式

| | | |
|------|---------------------|-------------------|
| 关键字 | *MASS | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于定义与集中单元相关联的质量值 | |
| 必要参数 | ELSET | 指定包含MASS单元的单元集合名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行(唯一) | <集中质量数值> |
| 格式要求 | 无 | |

示例：

集中质量属性的基本表示方法如下：

*MASS, ELSET=<作用元素集合名称>
<集中质量数值>
.....

A. 14. 2 非结构质量

非结构质量属性数据块使用关键字*NONSTRUCTURAL MASS定义，其数据格式要求应采用表A. 22定义。

表 A. 22 *NONSTRUCTURAL MASS 数据格式

| | | |
|-----|---------------------|--|
| 关键字 | *NONSTRUCTURAL MASS | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于定义非结构特征的质量分布 | |

表 22 *NONSTRUCTURAL MASS 数据格式 (续)

| | | |
|------|---------------------|---|
| 关键字 | *NONSTRUCTURAL MASS | |
| 必要参数 | ELSET | 指定包含MASS单元的单元集合名称 可取下列类型: |
| | UNITS | <ul style="list-style-type: none"> • TOTAL MASS : 指定总质量 • MASS PER VOLUME: 指定单位体积质量 • MASS PER AREA: 指定单位面积质量 • MASS PER LENGTH: 指定单位长度质量 |
| 可选参数 | DISTRIBUTION | 此参数仅在UNITS=TOTAL MASS时才相关。可取以下值: <ul style="list-style-type: none"> • MASS PROPORTIONAL (默认) : 将总非结构质量按比例分布在元素集区域的成员之间。 • VOLUME PROPORTIONAL: 将总非结构质量与初始配置中的元素体积成比例地分布在元素集区域的成员之间。 |
| 数据行 | 第一行(唯一) | <质量数值> |
| 格式要求 | 无 | |

示例:

非结构质量属性的基本表示方法如下:

```
*NONSTRUCTURAL MASS, ELSET=<作用元素集合名称>, UNITS=<非结构质量类型>
<质量数值>
.....
```

A. 14.3 流体虚拟质量

流体虚拟质量用于模拟流固耦合分析时流体部分的质量，其属性数据块使用关键字*MFLUID PROPERTY定义，其数据格式要求应采用表A. 23定义。

表 A. 23 *MFLUID PROPERTY 数据格式

| | | |
|------|-------------------------------|--|
| 关键字 | *MFLUID PROPERTY | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于定义流固耦合分析时流体部分的质量分布 | |
| 必要参数 | NAME | 流体虚拟质量属性的名称 |
| | FREE SURFACE | 可取下列类型: <ul style="list-style-type: none"> • ON (默认) : 包括自由面 • OFF: 不包括自由面 |
| 数据行 | 第一行(唯一) | <局部坐标系名称>(可缺省), <液面高度>, <流体密度> |
| 格式要求 | 局部坐标系名称可缺省，缺省时液面深度方向为全局坐标系的Z轴 | |

示例:

流体虚拟质量属性的基本表示方法如下:

```
*MFLUID PROPERTY, NAME=<流体虚拟质量属性名称>, FREE SURFACE=<是否包含自由面设定值>
<局部坐标系名称>(可缺省), <液面高度>, <流体密度>
.....
```

流体虚拟质量属性分派的数据块使用关键字*SMFLUID定义，其数据格式要求应采用表A. 24定义。

表 A. 24 *SMFLUID 数据格式

| | | |
|------|---------------------------|------------|
| 关键字 | *SMFLUID | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于分派流体虚拟质量到作用的面域或者结构单元 | |
| 必要参数 | PROPERTY | 指定流体虚拟质量属性 |
| | 无 | — |
| 数据行 | 第一行(唯一) | <面域或者单元集合> |
| 格式要求 | *SMFLUID在*分析步STEP中定义 | |

示例：

流体虚拟质量属性分派的基本表示方法如下：

```
*SMFLUID, PROPERTY=<流体虚拟质量属性名称>
<面域或者单元集合>
....
```

A. 15 特殊单元属性

A. 15.1 弹簧

弹簧单元属性数据块使用关键字*SPRING定义，其数据格式要求应采用表A. 25定义。

表 A. 25 *SPRING 数据格式

| | | |
|------------------------------------|---------------|---|
| 关键字 | *SPRING | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于定义弹簧单元特性 | |
| 必要参数 | ELSET | 指定弹簧单元集合名称 |
| 可选参数 | COMPLEX | 复杂刚度，适用于动力分析。如设置该参数，则需要弹簧刚度的实部和虚部，虚部表示结构阻尼。 |
| | STIFFNESS | |
| | DEPENDENCIES | 定义弹簧刚度数据依赖的场变量个数 |
| | NONLINEAR | 定义弹簧的非线性刚度 |
| 数据行 (线性弹簧 SPRINGA) | ORIENTATION | 指定SPRING1或SPRING2弹簧作用的局部坐标系 |
| | 第一行 | 空行 |
| 数据行 (非线性弹簧 SPRINGA) | 第二行 | <弹簧刚度>，<频率>（当进行动力分析时），<温度>，<场变量1>，<场变量2>... |
| | 第一行 | 空行 |
| 数据行 (线性弹簧 SPRING1, SPRING2) | 第二行 | <力>，<相对位移>，<温度>，<场变量1>，<场变量2>... |
| | 第一行 | <在第1个节点处弹簧关联的自由度>，<在第2个节点处弹簧关联的自由度> |
| 数据行 (非线性弹簧 SPRING1, SPRING2) | 第二行 | <弹簧刚度>，<频率>（当进行动力分析时），<温度>，<场变量1>，<场变量2>... |
| | 第一行 | <在第1个节点处弹簧关联的自由度>，<在第2个节点处弹簧关联的自由度> |
| | 第二行 | <力>，<相对位移>，<温度>，<场变量1>，<场变量2>... |
| 格式要求 | 无 | |

示例：

线性弹簧单元属性的基本表示方法如下：

```
*SPRING, ELSET=<弹簧单元集合名称>
<在第1个节点处弹簧关联的自由度>（如有），<在第2个节点处弹簧关联的自由度>（如有）
<弹簧刚度>，<频率>（当进行动力分析时），<温度>，<场变量1>，<场变量2>.....
....
```

非线性弹簧单元属性的基本表示方法如下：

```
*SPRING, ELSET=<弹簧单元集合名称>, NONLINEAR
<在第1个节点处弹簧关联的自由度>（如有），<在第2个节点处弹簧关联的自由度>（如有）
<力>，<相对位移>，<温度>，<场变量1>，<场变量2>.....
....
```

A. 15.2 阻尼器

阻尼器属性数据块使用关键字*DASHPOT定义，其数据格式要求应采用表A. 26定义。

表 A. 26 *DASHPOT 数据格式

| | | |
|---------------------------------------|--------------|--|
| 关键字 | *DASHPOT | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于定义阻尼器属性 | |
| 必要参数 | ELSET | 指定阻尼器单元集合名称 |
| 可选参数 | DEPENDENCIES | 定义阻尼系数数据依赖的场变量个数 |
| | NONLINEAR | 定义非线性阻尼系数 |
| | ORIENTATION | 指定DASHPOT1和DASHPOT2单元作用的局部坐标系 |
| 数据行 (线性阻尼器 DASHPOTA) | 第一行 | 空行 |
| | 第二行 | <阻尼系数>, <频率> (当进行动力分析时), <温度>, <场变量1>, <场变量2>... |
| 数据行 (非线性阻尼器 DASHPOTA) | 第一行 | 空行 |
| | 第二行 | <力>, <相对速度>, <温度>, <场变量1>, <场变量2>... |
| 数据行 (线性阻尼器 DASHPOT1, DASHPOT2) | 第一行 | <在第1个节点处阻尼器关联的自由度>, <在第2个节点处阻尼器关联的自由度> |
| | 第二行 | <阻尼系数>, <频率> (当进行动力分析时), <温度>, <场变量1>, <场变量2>... |
| 数据行 (非线性阻尼器 DASHPOT1, DASHPOT2) | 第一行 | <在第1个节点处阻尼器关联的自由度>, <在第2个节点处阻尼器关联的自由度> |
| DASHPOT1, DASHPOT2) | 第二行 | <力>, <相对速度>, <温度>, <场变量1>, <场变量2>... |
| 格式要求 | 无 | |

示例:

线性阻尼器属性的基本表示方法如下:

```
*DASHPOT, ELSET=<阻尼器单元集合名称>
<在第1个节点处阻尼器关联的自由度> (如有), <在第2个节点处阻尼器关联的自由度> (如有)
<阻尼系数>, <频率> (当进行动力分析时), <温度>, <场变量1>, <场变量2>.....
.....
```

非线性阻尼器属性的基本表示方法如下:

```
*SPRING, ELSET=<阻尼器单元集合名称>, NONLINEAR
<在第1个节点处阻尼器关联的自由度> (如有), <在第2个节点处阻尼器关联的自由度> (如有)
<力>, <相对速度>, <温度>, <场变量1>, <场变量2>.....
.....
```

A. 15.3 间隙单元

间隙单元属性数据块使用关键字*GAP定义，其数据格式要求应采用表A. 27定义。

表 A. 27 *GAP 数据格式

| | | |
|--------------------------|-------------|--|
| 关键字 | *GAP | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于间隙单元属性 | |
| 必要参数 | ELSET | 指定间隙接触单元集合名称 |
| 可选参数 | 无 | |
| 数据行 (GAPUNI, GAPUNIT) | 第一行(唯一) | <初始间隙>, <接触方向X方向余弦值>, <接触方向Y方向余弦值>, <接触方向Z方向余弦值>, <单元截面面积> |
| 数据行 (GAPCYL) | 第一行(唯一) | <最大/最小分离距离>, <接触方向垂直的轴向向量X方向余弦值>, <接触方向垂直的轴向向量Y方向余弦值>, <接触方向垂直的轴向向量Z方向余弦值>, <单元截面面积> |
| 数据行 (GAPSPLHER) | 第一行(唯一) | <最大/最小分离距离>, , , , <单元截面面积> |
| 数据行 (DGAP) | 第一行(唯一) | <间隙>, , , <单元截面面积> |
| 格式要求 | 无 | |

示例:

间隙单元属性的基本表示方法如下：

*GAP, ELSET=<作用元素集合名称>

<间隙或者分离距离>, <接触方向X方向余弦值>(如有), <接触方向Y方向余弦值>(如有), <接触方向Z方向余弦值>(如有), <单元截面面积>

.....

A. 16 材料

材料数据块使用关键字*MATERIAL、*ELASTIC、*DENSITY和*PLASTIC定义，*MATERIAL的数据格式要求见表A. 28,*ELASTIC的数据格式要求见表A. 29,*DENSITY的数据格式要求应采用表A. 30定义,*PLASTIC的数据格式要求应采用表A. 31定义。

表 A. 28 *MATERIAL 数据格式

| | | |
|------|--|--------------|
| 关键字 | *MATERIAL | |
| 必要性 | 必需 | |
| 作用 | 此选项用于指示材料定义的开始 | |
| 必要参数 | NAME | 将此参数设置为材料的名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 无 | — |
| 格式要求 | a) 同一输入文件中的材料名称必须是唯一的 b) 此关键字需与其它材料相关的关键字配合使用 | |

表 A. 29 *ELASTIC 数据格式

| | | |
|------|-------------------------|--|
| 关键字 | *ELASTIC | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于指定线弹性材料属性 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | TYPE | 可以取以下值： • ISOTROPIC(默认): 定义各向同性的材料属性 • ANISOTROPIC: 定义各项异性材料属性 • LAMINA: 定义平面应力中的正交各向异性材料属性 • ORTHOTROPIC: 通过直接给出弹性刚度矩阵来定义正交各向异性行为 |
| 数据行 | 第一行(唯一) | <杨氏模量E>, <泊松比v>, <剪切模量G> |
| 格式要求 | 此关键字需与*MATERIAL 关键字配合使用 | |

表 A. 30 *DENSITY 数据格式

| | | |
|------|-------------------------|-------|
| 关键字 | *DENSITY | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于指定材料的密度 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行(唯一) | <密度值> |
| 格式要求 | 此关键字需与*MATERIAL 关键字配合使用 | |

示例：

线弹性材料的基本表示方法如下：

* MATERIAL, NAME =<材料名称>

*ELASTIC

<弹性模量>, <泊松比>

*DENSITY

<密度值>

表 A. 31 *PLASTIC 数据格式

| | | |
|------|-------------------------|--|
| 关键字 | *PLASTIC | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项用于指定塑性材料属性 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | HARDENING | 可取下列类型： • ISOTROPIC(默认)：指定各项同性硬化 • KINEMATIC：指定线性运动硬化 • MULTILINEAR KINEMATIC：指定多线性硬化 • COMBINED：非线性各向同性/运动硬化 • JOHNSON COOK：指定Johnson-Cook 硬化 • USER：用户指定各向同性硬化 |
| | SCALESTRESS | 与HARDENING互斥，设置为屈服应力的尺度系数 |
| 数据行 | 第一行 | <屈服应力><塑性应变><温度><第一个场变量><第二个场变量>...<第五个场变量> |
| | 第二行 | <第六个场变量><第七个场变量>...<第十三个场变量>(每行8个) |
| 格式要求 | 此关键字需与*MATERIAL 关键字配合使用 | |

A. 17 耦合约束

耦合约束数据块使用关键字*COUPLING、*KINEMATIC和*DISTRIBUTING定义，*COUPLING的数据格式要求应采用表A. 32定义，*KINEMATIC的数据格式要求应采用表A. 33定义，*DISTRIBUTING的数据格式要求应采用表A. 34定义。

表 A. 32 *COUPLING 数据格式

| | | |
|------|--------------------------------------|---------------------------|
| 关键字 | *COUPLING | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 该选项用于在参考节点和位于曲面上的一组节点之间施加运动学或分布耦合约束 | |
| 必要参数 | CONSTRAINT NAME | 将此参数设置为将用于引用此约束的标签 |
| | REF NODE | 指定参考节点的节点号或包含参考节点的节点集合的名称 |
| | SURFACE | 将此参数设置为耦合节点所在的面域名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 无 | — |
| 格式要求 | 此选项必须与*KINEMATIC或*DISTRIBUTING选项一起使用 | |

表 A. 33 *KINEMATIC 数据格式

| | | |
|------|---------------|--|
| 关键字 | *KINEMATIC | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 该选项用于定义运动耦合约束 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行 | <起始受限自由度编号>, <结束受限自由度编号> |
| | 后续行 | <起始受限自由度编号>, <结束受限自由度编号> |
| 格式要求 | a) | 此选项必须与* COUPLING 选项一起使用 |
| | b) | 如果<起始受限自由度编号>为空，则所有自由度都将受到约束 |
| | c) | 如果<结束受限自由度编号>为空，则<起始受限自由度编号>中指定的自由度将是唯一受约束的自由度 |

示例：

运动耦合约束的基本表示方法如下：

*COUPLING, CONSTRAINT NAME=<约束名称>, REF NODE=<节点编号或节点集合名称>, SURFACE=<面域的名称>

*KINEMATIC

<起始受限自由度编号>, <结束受限自由度编号>

表 A. 34 *DISTRIBUTING 数据格式

| | | |
|------|--|--------------------------|
| 关键字 | *DISTRIBUTING | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于定义分布耦合约束 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行 | <起始受限自由度编号>, <结束受限自由度编号> |
| | 后续行 | <起始受限自由度编号>, <结束受限自由度编号> |
| 格式要求 | a) 此选项必须与* COUPLING 选项一起使用, 以定义引用节点和耦合节点 b) 如果<起始受限自由度编号>为空, 则所有自由度都将受到约束 c) 如果<结束受限自由度编号>为空, 则<起始受限自由度编号>中指定的自由度将是唯一受约束的自由度 | |

示例:

分布耦合约束的基本表示方法如下:

```
*COUPLING, CONSTRAINT NAME=<约束名称>, REF NODE=<节点编号或节点集合名称>, SURFACE=<面域的名称>
*DISTRIBUTING
<起始受限自由度编号>, <结束受限自由度编号>
```

A. 18 幅值

幅值数据块使用关键字*AMPLITUDE定义, 其数据格式要求应采用表A. 35定义。

表 A. 35 *AMPLITUDE 数据格式

| | | |
|------|-----------------------------------|--------------------|
| 关键字 | *AMPLITUDE | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 此选项允许在整个分析步中设定载荷、位移等随时间或频率变化的幅值曲线 | |
| 必要参数 | NAME | 指定振幅曲线的名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行 | <时间或频率>, <第一个点的幅值> |
| | 后续行 | <时间或频率>, <后续点的幅值> |
| 格式要求 | 无 | |

示例:

幅值的基本表示方法如下:

```
* AMPLITUDE, NAME =<振幅曲线名称>
<时间或频率>, <第一个点幅值>
.....
<时间或频率>, <第n个点幅值>
```

A. 19 空间场

空间场数据块使用关键字*DISTRIBUTION定义, 其数据格式要求应采用表A. 36定义。

表 A. 36 *DISTRIBUTION 数据格式

| | | |
|------|----------------|---|
| 关键字 | *DISTRIBUTIONS | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于定义空间场分布 | |
| 必要参数 | LOCATION | <ul style="list-style-type: none"> • 空间场作用位置, 可取下列值: • ELEMENT: 定义一个作用在单元上的场 • NODE: 定义一个作用在节点上的场 • FACE: 定义一个作用在单元面上的场 |

表 A. 36 *DISTRIBUTION 数据格式（续）

| 关键字 | *DISTRIBUTIONS | |
|-------------------|--|--|
| | NAME | 空间场的名称 |
| | TABLE | 设置此参数即分布的数据格式取自分布表*DISTRIBUTION TABLE，见表A. 37。 |
| 可选参数 | 无 | |
| 数据行 (作用在单元上的场) | 第一行 | <空白>, <场数据> |
| | 后续行 | <单元号或单元集合>, <场数据> |
| 数据行 (作用在节点上的场) | 第一行 | <空白>, <场数据> |
| | 后续行 | <节点号或节点集合>, <场数据> |
| 格式要求 | 每个分布定义都必须通过TABLE参数引用一个分布表*DISTRIBUTION TABLE | |

表 A. 37 *DISTRIBUTION TABLE 数据格式

| 关键字 | *DISTRIBUTION TABLE | |
|------|-------------------------------------|--|
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 定义分布中每个单元或节点所需的字段数据项的数量和每个数据值的物理维度。 | |
| 必要参数 | NAME | 分布表名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行 (唯一) | <分布数据项预定义标签>(见表A. 38), <分布数据项预定义标签>..... |
| 格式要求 | 无 | |

表 A. 38 空间场分布数据预定义格式

| 分布数据项预定义标签 | 单位 | 场数据项数量 |
|-------------|------------------|--------|
| ANGLE | Rad | 1 |
| COORD3D | (L, L, L) | 3 |
| DENSITY | ML ⁻³ | 1 |
| EXPANSION | θ ⁻¹ | 1 |
| LENGTH | L | 1 |
| MODULUS | FL ⁻² | 1 |
| RATIO | — | 1 |
| SHELLSTIFF1 | FL ⁻¹ | 1 |
| SHELLSTIFF2 | F | 1 |
| SHELLSTIFF3 | FL | 1 |
| ORIENTS | — | 6 |

示例：

空间场的基本表示方法如下：

```
*DISTRIBUTION TABLE, NAME=<分布表名称>
<分布数据项预定义标签>, <分布数据项预定义标签>.....
DISTRIBUTION, NAME=<空间场名称>, LOCATION=<空间场作用位置>, TABLE=<分布表名称>
<空白>, <场数据>
<空间场作用对象>, <场数据>
<空间场作用对象>, <场数据>
.....
```

附录 B
(规范性)
历程数据的格式要求

B. 1 基本要求

历程数据包含的内容、所使用的关键字及其含义应采用表B. 1定义。

表 B. 1 历程数据内容及关键字

| 序号 | 内容 | 关键字 | 含义 |
|----|--------|------------------------|------------------------|
| 1 | 分析步 | *STEP | 开始分析步定义 |
| | | *END STEP | 结束分析步定义 |
| 2 | 静力分析 | *STATIC | 作为静态负载分析步进行分析 |
| 3 | 模态分析 | *FREQUENCY | 作为模态负载分析步进行分析 |
| 4 | 频域动力分析 | *STEADY STATE DYNAMICS | 模拟频域动力分析 |
| 5 | 边界条件 | *BOUNDARY | 描述节点的边界条件 |
| 6 | 载荷状态 | *LOAD CASE | 开始一个载荷状态定义 |
| | | *END LOAD CASE | 开结束一个载荷状态定义 |
| 7 | 载荷 | *CLOAD | 模型的节点上施加集中力和力矩 |
| | | *DLOAD | 模型的单元上施加分布载荷 |
| | | *DSLOAD | 模型单元表面上施加分布力和力矩 |
| 8 | 输出设置 | *OUTPUT | 输出到模型文件 |
| | | *ELEMENT OUTPUT | 定义输出单元数据类型 |
| | | *NODE OUTPUT | 定义输出节点数据类型 |
| | | *TIME POINTS | 定义输出结果的时间节点列表 |
| | | *PREPRINT | 设置输出分析输入文件中的内容到结果外部文件中 |
| | | *EL PRINT | 定义输出单元数据到文件中 |
| | | *NODE PRINT | 定义输出节点数据到文件中 |

B. 2 分析步

分析步数据块使用关键字*STEP和*END STEP定义，*STEP的数据格式要求应采用表B. 2定义。

表 B. 2 *STEP 数据格式

| | | |
|------|----------------------|----------|
| 关键字 | *STEP | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于开始每个分析步定义 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | NAME | 指定分析步的名称 |
| 数据行 | 无 | — |
| 格式要求 | 同一INP文件中的分析步名称必须是唯一的 | |

示例：

分析步的基本表示方法如下：

*STEP, NAME =<分析步名称>

.....

*END STEP

B. 3 静力分析

静力分析数据块使用关键字*STATIC定义，其数据格式要求应采用表B. 3定义。

表 B. 3 *STATIC 数据格式

| | | |
|------|-------------------------|------------------------------------|
| 关键字 | *STATIC | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于指示应将该分析步作为静态负载分析步进行分析 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行（唯一） | <初始增量步>, <分析步时间>, <最小增量步>, <最大增量步> |
| 格式要求 | 无 | |

示例：

静力分析的基本表示方法如下：

```
*STATIC
<初始增量步>, <分析步时间>, <最小增量步>, <最大增量步>
```

B. 4 模态分析

模态分析数据块使用关键字*FREQUENCY定义，其数据格式要求应采用表B. 4定义。

表 B. 4 *FREQUENCY 数据格式

| | | |
|------|-----------------------|-----------------------------------|
| 关键字 | *FREQUENCY | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于指示应将该分析步作为模态分析步进行分析 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 第一行（唯一） | <特征值求解算法>, <频率个数>, <最大频率>, <最小频率> |
| 格式要求 | 无 | |

示例：

模态分析的基本表示方法如下：

```
*FREQUENCY
<特征值求解算法>, <频率个数>, <最大频率>, <最小频率>
```

B. 5 稳态动力分析

稳态动力分析数据块使用关键字*STEADY STATE DYNAMICS定义，其数据格式要求应采用表B. 5定义。

表 B. 5 *STEADY STATE DYNAMICS 数据格式

| | | |
|------|------------------------------|---|
| 关键字 | *STEADY STATE DYNAMICS | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于模拟稳态动力分析 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | DIRECT FREQUENCY SCALE | 应用直接法进行稳态响应的计算 频率间隔类型，取以下值之一： • Logarithmic：对数间隔 • Linear：线性间隔 |

表 B.5 *STEADY STATE DYNAMICS 数据格式（续）

| 关键字 | *STEADY STATE DYNAMICS | |
|----------------------------------|------------------------|--|
| 可选参数 | INTERVAL | 频率点间隔类型，取以下值之一： <ul style="list-style-type: none"> • EIGENFREQUENCY：通过特征频率确定频率点间隔，需要先进行模态分析 • RANGE：直接根据指定的范围确定频率点间隔 • SPREAD：在特征频率周围通过频率扩展系数确定频率点间隔，需要先进行模态分析 |
| 数据行 (INTERVAL=EIGENFREQUENCY) | 第一行（唯一） | <起始频率值>,<终止频率值>,<计算的频率点数>,<设置偏置参数>,<频率比例因子> |
| 数据行 (INTERVAL=RANGE) | 第一行（唯一） | <起始频率值>,<终止频率值>,<计算的频率点数>,<设置偏置参数> |
| 数据行 (INTERVAL=SPREAD) | 第一行（唯一） | <起始频率值>,<终止频率值>,<计算的频率点数>,<设置偏置参数>,<频率比例因子>,<频率扩展系数> |
| 格式要求 | 无 | |

示例：

稳态动力分析的基本表示方法如下：

* STEADY STATE DYNAMICS, FREQUENCY SCALE=<频率间隔类型>, INTERVAL=<频率点间隔类型>
<起始频率值>,<终止频率值>,<计算的频率数>,<设置偏置参数>,<频率比例因子>（如有）,<频率扩展系数>（如有）

B. 6 瞬态动力分析

瞬态动力分析数据块使用关键字*MODEL DYNAMICS定义，其数据格式要求应采用表B. 6定义。

表 B.6 *MODEL DYNAMICS 数据格式

| 关键字 | *MODEL DYNAMICS | |
|------|-----------------|---|
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于模拟瞬态动力响应分析 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | CONTINUE | 初始条件设置，取以下值之一： <ul style="list-style-type: none"> • NO（默认）：此步骤不继承前一步结果的初始条件。在这种情况下，初始位移为零，如果已经定义了速度初始条件，则速度取自己定义的初始速度，如果使用TYPE=VELOCITY选项；否则，它们都为零。分析时间从零开始 • YES：此步骤的初始条件延续前一个瞬态响应分析或者静态扰动分析步。如果前一个分析步是瞬态动力响应分析，则位移和速度的初始值均延续前一个分析步；如果前一步是静态扰动，位移初始值取自前一个分析步，速度取自己定义的初始速度或为零。分析时间延续前一个瞬态响应分析或者静态扰动分析步 |
| 数据行 | 第一行（唯一） | <时间步长>,<总分析时长> |
| 格式要求 | 无 | |

示例：

瞬态动力分析的基本表示方法如下：

* MODEL DYNAMICS, CONTINUE=<初始条件设置>
<时间步长>,<总分析时长>

B. 7 边界条件

边界条件数据块使用关键字*BOUNDARY定义，其数据格式要求应采用表B. 7定义。

表 B. 7 *BOUNDARY 数据格式

| | | |
|------|---|---|
| 关键字 | *BOUNDARY | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于描述节点的边界条件，可以定义节点的约束和指定被约束的自由度 | |
| 必要参数 | 无 | |
| 可选参数 | FIXED | 与TYPE互斥，用于定义所有自由度全部固定（位移/速度/加速度为0）的边界条件。定义了该参数则忽略数据行的所有数据。 |
| | TYPE | 分为三个选项，DISPLACEMENT、VELOCITY、ACCELERATION |
| | AMPLITUDE | 用于定义一个随时间变化的边界条件，需配合*AMPLITUDE使用，先定义一个振幅曲线。此处取值为已经定义的一个振幅曲线（AMPLITUDE）的名称的名称，参数格式为AMPLITUDE=xx |
| | OP | 修改边界条件选项，可取以下值： <ul style="list-style-type: none"> • MOD：修改原有边界条件，或者对原有未约束自由度增加约束 • NEW：移除原有边界条件 |
| 数据行 | 第一行 | 对于定义零值的前处理数据边界条件： <ul style="list-style-type: none"> • 直接定义：〈节点编号或节点集合〉，〈第一个自由度〉，〈最后一个自由度〉（可选） • 通过类型定义：〈节点编号或节点集合〉，〈边界条件类型〉 |
| | | 对于定义非零的历程数据边界条件： <ul style="list-style-type: none"> • 直接定义：〈节点编号或节点集合〉，〈第一个自由度〉，〈最后一个自由度〉（可选），〈边界约束量值〉（可选） • 通过类型定义：〈节点编号或节点集合〉，〈边界条件类型〉 |
| | 后续行 | 同第一行 |
| 格式要求 | a) 对于零值的边界条件，可在前处理数据中定义，无需必要参数和可选参数 b) 如果在数据行上没有指定位移的量值，则默认为零 c) 如果只约束节点的一个自由度，数据行中的第3项可以是空白或等于第2项 d) 边界条件的定义有两种方式：直接定义和通过类型定义。直接定义即直接选择约束的数值，而对于一些常用的组合约束，可以通过类型定义，且每个数据行只能使用一种边界条件类型的标签。如〈节点编号或节点集合〉，〈指定要应用的边界条件类型的标签〉，边界条件类型见表 B. 8 e) *BOUNDARY 可以与 STEP 连用，也可以单独使用 | |

表 B. 8 边界条件类型（常用的组合约束）

| 边界条件类型 | 说明 |
|----------|---|
| XSYMM | 对称边界条件，对称面为与坐标轴1垂直的平面，即U1=UR2=UR3=0 |
| YSYMM | 对称边界条件，对称面为与坐标轴2垂直的平面，即U2=UR1=UR3=0 |
| ZSYMM | 对称边界条件，对称面为与坐标轴3垂直的平面，即U3=UR1=UR2=0 |
| XASYMM | 反对称边界条件，对称面为与坐标轴1垂直的平面，即U2=U3=UR1=0 |
| YASYMM | 反对称边界条件，对称面为与坐标轴2垂直的平面，即U1=U3=UR2=0 |
| ZASYMM | 反对称边界条件，对称面为与坐标轴3垂直的平面，即U1=U2=UR3=0 |
| PINNED | 约束所有平移自由度，即U1=U2=U3=0 |
| ENCASTRE | 约束所有自由度（固支边界条件），即U1=U2=U3=UR1=UR2=UR3=0 |

B. 8 载荷状态

载荷状态数据块使用关键字*LOAD CASE和*END LOAD CASE定义，*LOAD CASE数据格式要求应采用表B. 9定义。

表 B. 9 *LOAD CASE 数据格式

| | | |
|------|-------------------------|-----------|
| 关键字 | *LOAD CASE | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于开始一个载荷状态定义 | |
| 必要参数 | NAME | 指定载荷状态的名称 |
| 可选参数 | 无 | — |
| 数据行 | 无 | — |
| 格式要求 | 必须与*END LOAD CASE选项一起使用 | |

B. 9 载荷

B. 9. 1 集中载荷

集中载荷²⁾数据块使用关键字*CLOAD定义，其数据格式要求应采用表B. 10定义。

表 B. 10 *CLOAD 数据格式

| | | |
|------|--------------------|---|
| 关键字 | *CLOAD | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于在模型的节点上施加集中的力和力矩 | |
| 必要参数 | 无 | 将此参数设置为分析步中负载大小的幅值曲线的名称 修改 CLOAD 选项，可取以下值： <ul style="list-style-type: none">• MOD: 修改原有集中载荷，或者施加额外的集中载荷• NEW: 移除原有集中载荷，定义新的集中载荷 |
| 可选参数 | AMPLITUDE | |
| 数据行 | 第一行 | <节点编号或节点集合>, <自由度编号>, <载荷值> |
| | 后续行 | <节点编号或节点集合>, <自由度编号>, <载荷值> |
| 格式要求 | 无 | |

示例：

集中载荷的基本表示方法如下：

```
*CLOAD
<节点编号或节点集合>, <自由度编号>, <载荷值>
```

B. 9. 2 分布载荷

分布载荷数据块使用关键字*DLOAD和*DSLOAD定义，*DLOAD的数据格式要求应采用表B. 11定义，*DSLOAD的数据格式要求应采用表B. 12定义。

表 B. 11 *DLOAD 数据格式

| | | |
|------|-----------------|---|
| 关键字 | *DLOAD | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于在模型的单元上施加分布载荷 | |
| 必要参数 | 无 | — |

2) 不可以在圆柱坐标系的原点施加力矩载荷；集中力跟随节点旋转；用指定的文件加载集中力，则需要保证两个文件的节点编号一致。

表 B. 11 *DLOAD 数据格式 (续)

| 关键字 | *DLOAD | |
|------|-------------|---|
| 可选参数 | AMPLITUDE | 将此参数设置为分析步中负载大小的幅值曲线的名称 |
| | OP | 修改 DLOAD 选项, 可取以下值: <ul style="list-style-type: none"> MOD: 修改原有分布载荷, 或者施加额外的分布载荷 NEW: 移除原有分布载荷, 定义新的分布载荷 |
| | ORIENTATION | 此选项定义加载载荷方向 |
| 数据行 | 第一行 | <单元编号或单元集合>, <载荷类型的代码>, <载荷值>, <方向> |
| | 后续行 | <单元编号或单元集合>, <载荷类型的代码>, <载荷值>, <方向> |
| 格式要求 | 无 | |

表 B. 12 *DSLOAD 数据格式

| 关键字 | *DSLOAD | |
|------|----------------------|---|
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 用于在模型的单元表面上施加分布的力和力矩 | |
| 必要参数 | 无 | |
| 可选参数 | AMPLITUDE | 将此参数设置为分析步中负载大小的幅值曲线的名称 |
| | OP | 修改 DLOAD 选项, 可取以下值: <ul style="list-style-type: none"> MOD: 修改原有分布载荷, 或者施加额外的分布载荷 NEW: 移除原有分布载荷, 定义新的分布载荷 |
| | ORIENTATION | 此选项定义加载载荷方向 |
| 数据行 | 第一行 | <面编号或面集合>, <载荷类型的代码>, <载荷值> |
| | 后续行 | <面编号或面集合>, <载荷类型的代码>, <载荷值> |
| 格式要求 | 无 | |

船舶结构分析中的分布载荷分为体积分布载荷、面分布载荷、线分布载荷。体积分布载荷是指作用在物体体积内的分布载荷, 如重力, 惯性力, 离心力等, 其常用类型应采用表B. 13定义。面载荷是指作用在单元面或者面域上的分布载荷, 其常用类型应采用表B. 14定义。线载荷是指作用在单元边或者单元面上的分布载荷, 其常用类型应采用表B. 15定义。

表 B. 13 体积分布载荷类型

| 载荷类型代码 | 说明 |
|------------|------------|
| BX, BY, BZ | X、Y、Z方向体积力 |
| GRAV | 重力加速度 |
| INERTIA | 惯性加速度 |

表 B. 14 面分布载荷标签类型

| 载荷类型代码 | 说明 |
|--------|-------|
| P | 压力 |
| PNU | 不均匀压力 |

表 B. 15 线分布载荷标签类型

| 载荷类型代码 | 说明 |
|------------------|--------------------|
| PX, PY, PZ | 在x/y/z方向上单位长度的力 |
| PXNU, PYNU, PZNU | 在x/y/z方向上单位长度的非均匀力 |
| P1, P2 | 梁局部两个方向上的力 |
| P1NU, P2NU | 梁局部两个方向上的非均匀力 |

示例：

体积分布载荷的表示方法如下：

*DLOAD

<单元编号或单元集合>, <载荷类型的代码>, <载荷值>, <方向>

面分布载荷的表示方法如下：

*DSLOAD

<单元编号或单元集合、面域名称>, <载荷类型的代码>, <载荷值>

线分布载荷的表示方法如下：

*DLOAD

<单元边或曲面边编号>, <载荷类型的代码>, <载荷值>

B. 10 输出设置

B. 10. 1 输出到模型文件

输出到模型文件数据块使用关键字*OUTPUT、*ELEMENT OUTPUT、*NODE OUTPUT和*TIME POINTS定义，*OUTPUT的数据格式要求应采用表B. 16定义，*ELEMENT OUTPUT的数据格式要求应采用表B. 17定义，*NODE OUTPUT的数据格式要求应采用表B. 18定义，*TIME POINTS的数据格式要求应采用表B. 19定义。

表 B. 16 *OUTPUT 数据格式

| | | |
|---------------|-----------------|--|
| 关键字 | *OUTPUT | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 设置输出的数据和格式要求 | |
| 必要参数 (三选一) | DIAGNOSTICS | 定义是否输出详细结果数据, 当DIAGNOSTICS=YES (默认) 时, 诊断信息输出到详细结果中; 当DIAGNOSTICS=NO时, 不输出详细结果 |
| | FIELD | 定义是否输出场结果数据 |
| | HISTORY | 定义是否输出实时结果数据 |
| 可选参数 | FREQUENCY | 定义输出频率间隔, 与NUMBER INTERVAL、TIME INTERVAL、TIME POINTS互斥。如不设置该参数, 则默认输出每个分析步最后一个步长的结果 |
| | MODE LIST | 当输出参数设置为FREQUENCY时, 列出期望输出的特征模式列表 |
| | NUMBER INTERVAL | 定义一个分析步内的输出间隔数量, 与FREQUENCY、TIME INTERVAL、TIME POINTS互斥。如不设置该参数, 则默认输出分析过程中每一步的结果 |
| | TIME INTERVAL | 定义一个分析步内的输出时间间隔, 与FREQUENCY、NUMBER INTERVAL、TIME POINTS互斥。如不设置该参数, 则默认输出分析过程中每一步的结果 |
| | TIME POINTS | 定义输出时间节点, 与FREQUENCY、NUMBER INTERVAL、TIME INTERVAL互斥。如不设置该参数, 则默认输出分析过程中每一步的结果 |
| | TIME MARKS | 定义数据输出时间, 当TIME MARKS=YES, 则在NUMBER INTERVAL, TIME INTERVAL, 或者TIME POINTS定义的时刻写出结果数据; 当TIME MARKS=NO, 则在NUMBER INTERVAL, TIME INTERVAL, 或者TIME POINTS定义时间步结束后即刻写出结果数据 |
| | OP | 当必选参数为FIELD或者HISTORY时, 可取以下值: <ul style="list-style-type: none"> • NEW: 移除前一个分析步的结果数据, 开始输出新的输出数据 • ADD: 在前一个分析步的基础上追加输出 • REPLACE: 替换前一个同类型分析部的结果数据 |
| | VARIABLE | 当必选参数为FIELD或者HISTORY时, 可取以下值: <ul style="list-style-type: none"> • ALL: 表示所有适用于此分析过程和材料类型的结果变量都应写入输出数据库 • PRESELECT: 表示应该将当前过程类型的默认输出变量写入输出数据库。与OUTPUT输出选项一起使用 |

表 B. 16 *OUTPUT 数据格式（续）

| | | |
|------|---|---------------------------------|
| 关键字 | *OUTPUT | |
| 数据行 | 第一行 | <期望输出的特征模式列表>, 仅当设置参数MODE LIST时 |
| 格式要求 | 此选项必须与*ELEMENT OUTPUT和*NODE OUTPUT选项一起使用, 以输出数据类型 | |

表 B. 17 *ELEMENT OUTPUT 数据格式

| | | |
|------|-------------------------------|--|
| 关键字 | *ELEMENT OUTPUT | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 定义输出单元数据类型 | |
| 必要参数 | 无 | |
| 可选参数 | ELSET POSITION VARIABLE | <p>ELSET: 输出单元集合名称, 仅当输出OUTPUT, HISTORY时</p> <p>POSITION: 定义单元结果输出位置, 可取以下值:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AVERAGED AT NODES: 输出的结果值是外推到集合中元素节点的值的平均值。平均只发生在对具有相同元素类型和属性的节点 • CENTROIDAL: 输出的结果值是在单元型心上 • INTEGRATION POINTS: 输出的结果值为积分点的结果值 • NODES: 输出结果为每个单元的节点上的值, 不平均 <p>VARIABLE: 可取以下值:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ALL: 表示所有适用于此分析过程和材料类型的单元结果变量都应写入输出数据库 • PRESELECT: 表示应该将当前过程类型的默认单元输出变量写入输出数据库。与OUTPUT输出选项一起使用 |
| 数据行 | 第一行 后续行 | (可选) <截面积分点1><截面积分点2>... <输出单元数据变量1>,<输出单元数据变量2>... |
| 格式要求 | 此选项必须与*OUTPUT选项一起使用, 以输出数据类型 | |

表 B. 18 *NODE OUTPUT 数据格式

| | | |
|------|------------------------------|--|
| 关键字 | *NODE OUTPUT | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 定义输出节点数据类型 | |
| 必要参数 | NSET | 输出节点集合名称, 仅当输出OUTPUT, HISTORY时 |
| 可选参数 | NSET VARIABLE | <p>NSET: 输出节点集合名称, 仅当输出OUTPUT, FIELD时</p> <p>VARIABLE: 可取以下值:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ALL: 表示所有适用于此分析过程和材料类型的节点结果变量都应写入输出数据库 • PRESELECT: 表示应该将当前过程类型的默认节点输出变量写入输出数据库。与OUTPUT输出选项一起使用 |
| 数据行 | 第一行 | <输出节点数据变量1>,<输出节点数据变量2>... |
| 格式要求 | 此选项必须与*OUTPUT选项一起使用, 以输出数据类型 | |

表 B. 19 *TIME POINTS 数据格式

| | | |
|-----|---------------|--|
| 关键字 | *TIME POINTS | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 定义输出结果的时间节点列表 | |

表 B.19 *TIME POINTS 数据格式 (续)

| 关键字 | *TIME POINTS | |
|------|---|--|
| 必要参数 | NAME | 输出结果的时间节点列表名称 |
| 可选参数 | GENERATE | 指定起始和终止时间节点, 以及时间间隔, 自动生成时间节点列表 |
| | INPUT | 通过输入文件, 或者文件中的时间节点列表 |
| 数据行 | 第一行 | <输出时间节点1>,<输出时间节点2>... (当忽略GENERATE时) <起始输出时间节点>,<终止输出时间节点>,<时间间隔> (当设置GENERATE时) |
| 格式要求 | 此选项必须与*OUTPUT中*TIME POINTS选项一起使用, 以输出数据类型 | |

B. 10.2 输出到外部文件

输出到外部文件数据块使用关键字*PREPRINT定义, 其数据格式要求应采用表B. 20定义。

表 B. 20 *PREPRINT 数据格式

| 关键字 | *PREPRINT | |
|------|---|--|
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 设置输出分析输入文件中的内容到结果外部文件中 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | CONTACT | 定义是否输出接触约束信息, CONTACT=YES, 则输出, CONTACT=NO, 则不输出 |
| | ECHO | 定义是否回显输入信息, ECHO =YES, 则输出, ECHO =NO, 则不输出 |
| | HISTORY | 定义是否输出, HISTORY =YES, 则输出, HISTORY =NO, 则不输出 |
| | MODEL | 定义是否输出模型数据, MODEL =YES, 则输出, MODEL =NO, 则不输出 |
| 数据行 | 第一行 | <期望输出的特征模式列表>, 仅当设置参数MODE LIST时 |
| 格式要求 | a) 此选项一般与*EL PRINT 和*NODE PRINT 连用 b) 仅当需要输出结果到 DAT 文件时, 才需要通过*PREPRINT 来控制是否输出输入文件信息到结果 DAT 文件中 | |

表 B. 21 *EL PRINT 数据格式

| 关键字 | *EL PRINT | |
|------|--------------|--|
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 定义输出单元数据到文件中 | |
| 必要参数 | 无 | — |
| 可选参数 | ELSET | 输出单元集合名称 |
| | FREQUENCY | 定义输出频率间隔 |
| | POSITION | 定义单元结果输出位置, 可取以下值: • AVERAGED AT NODES: 输出的结果值是外推到集合中元素节点的值的平均值。平均只发生在对具有相同元素类型和属性的节点 • CENTROIDAL: 输出的结果值是在单元型心上 • INTEGRATION POINTS: 输出的结果值为积分点的结果值 • NODES: 输出结果为每个单元的节点上的值, 不平均 |
| | SUMMARY | 可取以下值: • YES: 输出每一列结果数据的最大值、最小值、合计值 • NO: 不输出汇总结果 |
| 数据行 | 第一行 | (可选) <截面积分点1><截面积分点2>... |
| | 后续行 | <输出单元数据类型1>,<输出单元数据类型2>... |

| | |
|------|---|
| 格式要求 | a) 此选项一般与*EL PRINT 和*NODE PRINT 连用 b) 仅当需要输出结果到 DAT 文件时, 才需要通过*PREPRINT 来控制是否输出输入文件信息到结果 DAT 文件中 |
|------|---|

表 B. 22 *NODE PRINT 数据格式

| | | |
|------|--------------|---|
| 关键字 | *NODE PRINT | |
| 必要性 | 可选 | |
| 作用 | 定义输出节点数据到文件中 | |
| 必要参数 | NSET | 输出节点集合名称, 仅当输出OUTPUT, HISTORY时 |
| 可选参数 | NSET | 输出节点集合名称, 仅当输出OUTPUT, FIELD时 |
| | FREQUENCY | 定义输出频率间隔 |
| | SUMMARY | 可取以下值: <ul style="list-style-type: none">• YES: 输出每一列结果数据的最大值、最小值、合计值• NO: 不输出汇总结果 |
| 数据行 | 第一行 | <输出节点数据变量1>, <输出节点数据变量2>... |
| 格式要求 | 无 | |

附录 C
(资料性)
前处理数据交换格式示例

```

*Heading
*Part, name=Part-1
*Node
    1,      0.,      0.,      0.
    2,     100.,      0.,      0.
    3,     200.,      0.,      0.
    4,     300.,      0.,      0.
    5,     400.,      0.,      0.
    6,     500.,      0.,      0.
    7,     600.,      0.,      0.
    8,     700.,      0.,      0.
    9,     800.,      0.,      0.
   10,    900.,      0.,      0.
   11,   1000.,      0.,      0.
   12,      0.,     100.,      0.
   13,     100.,     100.,      0.
   14,     200.,     100.,      0.
   15,     300.,     100.,      0.
   16,     400.,     100.,      0.
   17,     500.,     100.,      0.
   18,     600.,     100.,      0.
   19,     700.,     100.,      0.
   20,     800.,     100.,      0.
   21,     900.,     100.,      0.
   22,   1000.,     100.,      0.
   23,      0.,     200.,      0.
   24,     100.,     200.,      0.
   25,     200.,     200.,      0.
   26,     300.,     200.,      0.
   27,     400.,     200.,      0.
   28,     500.,     200.,      0.
   29,     600.,     200.,      0.
   30,     700.,     200.,      0.
   31,     800.,     200.,      0.
   32,     900.,     200.,      0.
   33,   1000.,     200.,      0.
   34,      0.,     300.,      0.
   35,     100.,     300.,      0.
   36,     200.,     300.,      0.
   37,     300.,     300.,      0.
   38,     400.,     300.,      0.
   39,     500.,     300.,      0.
   40,     600.,     300.,      0.
   41,     700.,     300.,      0.
   42,     800.,     300.,      0.
   43,     900.,     300.,      0.
   44,   1000.,     300.,      0.

*Element, type=S4R
  1,  1,  2, 13, 12
  2,  2,  3, 14, 13
  3,  3,  4, 15, 14

```

4, 4, 5, 16, 15
5, 5, 6, 17, 16
6, 6, 7, 18, 17
7, 7, 8, 19, 18
8, 8, 9, 20, 19
9, 9, 10, 21, 20
10, 10, 11, 22, 21
11, 12, 13, 24, 23
12, 13, 14, 25, 24
13, 14, 15, 26, 25
14, 15, 16, 27, 26
15, 16, 17, 28, 27
16, 17, 18, 29, 28
17, 18, 19, 30, 29
18, 19, 20, 31, 30
19, 20, 21, 32, 31
20, 21, 22, 33, 32
21, 23, 24, 35, 34
22, 24, 25, 36, 35
23, 25, 26, 37, 36
24, 26, 27, 38, 37
25, 27, 28, 39, 38
26, 28, 29, 40, 39
27, 29, 30, 41, 40
28, 30, 31, 42, 41
29, 31, 32, 43, 42
30, 32, 33, 44, 43
*Shell Section, elset=Set-1, material=steel
22., 5
*Nset, nset=Set-1, generate
1, 44, 1
*Elset, elset=Set-1, generate
1, 30, 1
*End Part
*Assembly, name=Assembly
*Instance, name=Part-1-1, part=Part-1
*End Instance
*Nset, nset=Set-1, instance=Part-1-1, generate
1, 34, 11
*Elset, elset=Set-1, instance=Part-1-1, generate
1, 21, 10
*Nset, nset=Set-2, instance=Part-1-1, generate
11, 44, 11
*Elset, elset=Set-2, instance=Part-1-1, generate
10, 30, 10
*Nset, nset=Set-3, instance=Part-1-1, generate
34, 44, 1
*Elset, elset=Set-3, instance=Part-1-1, generate
21, 30, 1
*Nset, nset=Set-4, instance=Part-1-1, generate
1, 11, 1
*Elset, elset=Set-4, instance=Part-1-1, generate
1, 10, 1
*Nset, nset=Set-5, instance=Part-1-1
17, 28
*Elset, elset=_Surf-1_SPOS, internal, instance=Part-1-1, generate

```
    1, 30, 1
*Surface, type=ELEMENT, name=Surf-1
    _ Surf-1_SPOS, SPOS
*End Assembly
*Material, name=steel
*Density
    7.85e-09,
*Elastic
206000., 0.3
** -----
*Step, name=Static, nlgeom=NO
*Static
1., 1., 1e-05, 1.
*Boundary
Set-1, 1, 1
Set-1, 2, 2
Set-1, 3, 3
Set-1, 4, 4
Set-1, 5, 5
Set-1, 6, 6
*Boundary
Set-2, 1, 1
Set-2, 2, 2
Set-2, 3, 3
Set-2, 4, 4
Set-2, 5, 5
Set-2, 6, 6
*Boundary
Set-3, 1, 1
Set-3, 2, 2
Set-3, 3, 3
*Boundary
Set-4, 1, 1
Set-4, 2, 2
Set-4, 3, 3
*Dsload
Surf-1, P, 0.3
*Cload
Set-5, 3, 5.
*Output, field, variable=PRESELECT
*Output, history, variable=PRESELECT
*End Step
```

参 考 文 献

- [1] GB 3102(所有部分) 量和单位[ISO 31(所有部分)]
- [2] GB/T 5271.1—2000 信息技术 词汇 第一部分: 基本术语
- [3] GB/T 7408—2005 数据元和交换格式 信息交换 日期和时间表示法(ISO 8601:2000, IDT)
- [4] GB/T 7727.2—1987 船舶通用术语 总体设计
- [5] GB/T 7727.3—1987 船舶通用术语 性能
- [6] GB/T 7727.4—1987 船舶通用术语 船体结构、强度及振动
- [7] GB/T 10853—2008 机构与机器科学词汇
- [8] GB/T 31054—2014 机械产品计算机辅助工程 有限元数值计算 术语
- [9] GB/T 33582—2017 机械产品结构有限元力学分析通用规则