

版本号 V2.01

工程与科学计算软件集成系统

SiPESC

开放式结构有限元子系统 (FEMS) 数据手册

SiPESC 开发小组

大连集创信息技术有限公司
工业装备结构分析国家重点实验室
大连理工大学 运载工程与力学学部 工程力学系

前 言

SiPESC (Software Integration Platform for Engineering and Scientific Computation, 工程与科学计算集成化软件平台) 由大连理工大学运载工程与力学学部/工业装备结构分析国家重点实验室研发的面向工程与科学计算的集成软件系统, 目的是构建适用于计算力学的科学研究和工程应用的公共服务软件平台。软件平台将以共享/开源的形式向研究单位及人员提供技术支持。软件平台的研发项目获得了国家自然科学基金、973 项目、863 项目、国家重点实验室专项经费资助。

SiPESC 平台目前具备的主要子系统有:

- ★ SiPESC.IDE (集成开发环境)
- ★ SiPESC.VISAIT (面向系统集成的活动流程图定制工具)
- ★ SiPESC.ENGDBS (工程数据库管理系统)
- ★ SiPESC.FEMS (开放式结构有限元分析系统)
- ★ SiPESC.OPT (集成优化计算系统)
- ★ SiPESC.PIMCSD (控制系统设计模块)
- ★ SiPESC.TOPO (结构拓扑优化计算系统)
- ★ SiPESC.THERMAL (热传导计算系统)
- ★ SiPESC.EMsFEM (扩展多尺度有限元计算系统)
- ★ SiPESC.HiPEM (结构虚拟激励法计算系统)

研发团队与联系方式:

SiPESC 研发团队以大连理工大学运载工程与力学学部工程力学系力学一级国家重点学科长期以来在计算力学领域所取得的丰硕成果为基础, 钟万勰院士、程耿东院士等是团队研发顾问, 目前的主要成员有张洪武、陈飙松、李云鹏、张盛等。

联系人: 陈飙松、张盛

电话/传真: 0411-84706574/84458797

Email: chenbs@dlut.edu.cn, zhangs@dlut.edu.cn

通信地址: 辽宁 大连 大连理工大学工程力学系, 邮编: 116024

辽宁 大连 大连集创信息技术有限公司, 邮编: 116023

目 录

1	bdf 数据格式总则	2
1.1	自由域格式	3
1.2	小域格式	3
1.3	大域格式	4
1.4	继续卡	4
2	结构有限元分析数据	6
2.1	节点数据 (GRID)	6
2.2	单元数据概述	6
2.3	线单元	8
2.3.1	杆单元 (CROD)	8
2.3.2	梁单元 (CBAR)	8
2.4	面单元	8
2.4.1	三角形膜单元 (MTRIA3)	8
2.4.2	旋转三角形膜单元 (MTRIAR)	9
2.4.3	四边形膜单元 (MQUAD4)	9
2.4.4	四边形平面应变膜单元 (BQUAD4)	9
2.4.5	旋转四边形膜单元 (MQUADR)	10
2.4.6	四边形 8 节点膜单元 (MQUAD8)	10
2.4.7	四边形广义多尺度膜单元 (GQUAD4)	10
2.4.8	三角形非协调板单元 (CTRIAN)	11
2.4.9	三角形 DKT 板单元 (CTRIA3)	11
2.4.10	三角形精化板单元 (RTRIA3)	11
2.4.11	三角形改进 DKT 板单元 (ITRIA3)	12
2.4.12	矩形四边形板单元 (RQUAD4)	12
2.4.13	四边形 DKQ 板单元 (CQUAD4)	12
2.4.14	三角形 6 自由度平面壳单元 (CTRIAR)	13
2.4.15	三角形 6 自由度平面壳单元 (RTRIAR)	13
2.4.16	三角形 6 自由度平面壳单元 (ITRIAR)	13
2.4.17	四边形 6 自由度平面壳单元 (CQUADR)	14

2.5 体单元	14
2.5.1 四面体单元 (CTETRA)	14
2.5.2 五面体单元 (CPENTA)	14
2.5.3 六面体单元 (CHEXA)	15
2.6 单元性质数据	15
2.6.1 杆单元性质卡 (PROD)	15
2.6.2 梁单元截面性质卡 (PBARL)	15
2.6.3 薄板、壳单元性质卡 (PSHELL)	16
2.6.4 2.6.4 体单元性质卡 (PSOLID)	16
2.7 材料数据	16
2.7.1 各向同性材料 (MAT1)	16
2.7.2 二维各向异性材料 (MAT2)	17
2.7.3 二维正交异性材料 (MAT8)	17
2.7.4 三维各向异性材料 (MAT9)	17
2.8 单点约束数据	18
2.8.1 单点约束 (SPC)	18
2.8.2 单点约束 (SPC1)	18
2.8.3 强迫位移 (SPCD)	19
2.8.4 单点约束集 (SPCADD)	19
2.9 多点约束数据	19
2.9.1 多点约束方程 (MPC)	19
2.9.2 刚臂主从 (RBE2)	20
3 静力分析	21
3.1 静力分析荷载	21
3.1.1 荷载工况 (LOAD)	21
3.1.2 集中荷载 (FORCE)	21
3.1.3 分布荷载 (PLOAD4)	21
3.1.4 重力 (GRAV)	22
4 自振分析	23
4.1 解法指定卡 (EIGRL)	23

5 传热分析	24
5.1 传热分析单元	24
5.1.1 二节点三维传热杆单元 (SROD)	24
5.1.2 四节点四边形传热单元 (SQUAD4)	24
5.1.3 三节点三角形传热单元 (STRIA3)	24
5.1.4 八节点六面体传热单元 (SHEXA)	25
5.1.5 四节点四面体传热单元 (STETRA)	25
5.2 单元性质	26
5.2.1 线单元性质 (PROD)	26
5.2.2 面单元性质 (PSHELL)	26
5.2.3 体单元性质 (PSOLID)	26
5.3 材料性质	27
5.3.1 各项同性传热材料 (MAT4)	27
5.4 约束数据	27
5.4.1 指定温度 (SPC)	27
5.4.2 多点约束 (MPC)	27
5.5 荷载	28
5.5.1 点热源 (SLOAD)	28
5.5.2 热流 (QBDY2、QBDY3)	28
5.5.3 对流 (CONV)	29
5.5.4 边界单元 (CHBDYG)	30
6 cdb 数据格式说明	31
6.1 注释说明数据	31
6.2 模型说明模块	31
6.3 单元类型模块	31
6.4 节点数据模块	32
6.5 单元数据模块	33
6.6 材料性质模块	35
6.7 约束模块	35
6.8 载荷模块	36
6.9 其余模块	36

概述

开放式有限元分析系统 SiPESC.FEMS 目前支持 “.bdf” 和 “.cdb” 后缀文件格式的模型数据导入，其中 bdf 为 Patran 建模的模型文件，cdb 为 Ansys 建模的模型文件。两种文件均包含模型的全部信息，包括节点、单元、材料、约束、荷载等，本文介绍 bdf 文件和 cdb 文件数据格式。

1 bdf 数据格式总则

SiPESC 有三种可能数据：整数、实数和字符，这三种类型的数据描述如下：

- 整数：不能包含小数点
- 实数：必须包含小数点
- 符号：可为字母数字，但必须以字母符号开头，其长度最多为 8 个字符

实数可以用多种形式输入，例如，实数“7”可采用如下的一些形式输入：

7.0	.7E1	0.7+1	.70+1	7.E+1	70.-1
-----	------	-------	-------	-------	-------

SiPESC 有三种不同的输入数据格式：

- 自由格式：输入数据字域是用逗号分开的
- 小域格式：共 10 个字域，每个字域有 8 个字符
- 大域格式：共 10 个字域，每个字域有 8 个字符

SiPESC 模型数据段的每一个输入数据记录（卡）包含 10 个字域。第 1 个字域填入该模型数据卡的特征名（如 GRID, CBAR, MAT1, 等等）。第 2 个字域至第 9 个字域包含模型数据记录（卡）的数据输入信息。第 10 个字域不填数据，这是为继续信息记录（卡）预备的（如果需要的话）。

考虑一个典型的 SiPESC 模型数据记录格式，GRID 记录（卡），这是用来描述结构模型节点坐标的。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRID	ID	CP	X1	X2	X3	CD	PS	SEID	

第 1 列：模型数据卡的特征名；

第 2-9 列：包含 GRID 卡输入数据的字域；

第 10 列：仅用于需要继续卡时填信息，GRID 卡无需继续信息。

例子：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRID	2		1.0	-2.0	3.0		136		

下面，我们将用自由域、小域和大域来表示这个例子。

1.1 自由域格式

在自由域中，数字字域时用逗号或空格分开的，最好采用逗号。下面用自由域格式来表示 GRID 卡：

GRID,2,,1.0,-2.0,3.0,,136

其中，两组相邻逗号表示空字域

自由域格式的规则如下：

- 自由域格式必须从第一列开始；
- 跳过一个字域，可以用两个逗号实现，跳过两个字域可以用三个逗号实现，依次类推；
- 整数和字符字域不能超过 8 个字符；
- 多余 8 个字符的实数将被舍入，并丧失精度。例如，实数 1.2345678+2 舍入为 123.4568 如果需要更多的有效数字，可以用大域格式；
- 自由域数据不能包含嵌入的空格。（例如：GRID,2,,1□.0,-2.0,3.0,,136，1.0 之间不允许有空格）

1.2 小域格式

小域格式如下所示：

← 每列 8 字符，共计 80 个字符 →									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRID	ID	CP	X1	X2	X3	CD	PS	SEID	

本例 GRID 卡的小域格式为：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRID	2		1.0	-2.0	3.0		136		

小域格式的规则如下：

- 第 1 字域和第 10 字域必须是左对齐的；
- 第 2 字域至第 9 字域无需左或右对齐，最好数据居中；
- 小域输入数据不能包含任何嵌入空格，数据外可用空格填充。错误示例如下：

← 8 字符域 →							
7	□	.	6	5	□	□	□

1.3 大域格式

在某些 SiPESC 的应用中，数字要求高精度。当小域格式不能提供足够的有效数字时，便采用大域格式（注意，负号、小数点和实数表示法中的“E”都当成字符）。

大域格式表示的每个记录至少有两行，每一行的第一个字域和最后一个字域占 8 个字符，其间的各字域均占 16 个字符。大域格式表示的输入数据记录（卡）用紧随第一行第一字域 1A 的字符串后的 (*) 和第二行第一段 1B 字符串前的 (*) 来表示的。

以大域格式来表示的 GRID 卡的例子如下：

第一行：

← 8 →	← 16 →	← 16 →	← 16 →	← 16 →	← 8 →
1A	2	3	4	5	6
GRID*	2		1.0	-2.0	*GRID10

第二行：

← 8 →	← 16 →	← 16 →	← 16 →	← 16 →	← 8 →
1B	2	3	4	5	6
GRID*10	3.0		136		

1.4 继续卡

某些模型数据记录要求多于 8 个字域（72 字符）的数据，此时需要继续卡，为此，在母卡（第一行）后面一次跟随一个或多个继续卡。

例如，考虑简单梁的性质卡 PBAR：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PBAR	PID	A	I1	I2	J	NSM			
	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2	
	K1	K2	I12						

继续卡的例子:

PBAR	39	6	2.9	1.86	2.92	.48			+PB1
+PB1	0.	0.	0.	1.	1.	1.	1.	0.	+PB2
+PB2	.86	.86							

在母卡的第 10 字域的 +PB1 由用户任意定义的指向第二行第 1 字域的指针, 在第二行的 +PB2 是指向第三行的指针, 依次类推。另外, 继续行的第 1 字域和第 10 字域必须是左对齐的。

2 结构有限元分析数据

2.1 节点数据 (GRID)

节点的模型数据“卡” GRID 的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRID	ID	CP	X1	X2	X3	CD	PS	SEID	

名称	内容
ID	节点号
CP	定义节点坐标的坐标系号 (整数 ≥ 0 , 或空格)
X1, X2, X3	节点在坐标系 CP 中的位置 (坐标值) (实数, 缺省值为 0)
CD	坐标系号, 在该坐标系定义节点的位移、自由度、约束、和解向量
PS	与该节点相关的永久单点约束 (由 1 6 组成的无嵌入空格的任何整数或空格)
SEID	超单元标识号 (整数 ≥ 0 , 缺省值为 0)

每一个节点参考两个坐标系。一个坐标系用于定义节点位置 (第 3 字段 CP); 另一个用于建立节点位移 (输出) 坐标系 (第 7 字段 CD)。该位移坐标系定义位移、约束以及反力这种与节点相关量的方向。基本 (缺省) 坐标系在 CP 和 CD 字段用 0 或者空格来表示。CP 和 CD 可以不是同一个坐标系。

在字段 4 6 中的 X1, X2 和 X3 在不同坐标系中的对应量如下表:

类型	X1	X2	X3
直角	X	Y	Z
柱面	R	θ (度)	Z
球面	R	θ (度)	Φ (度)

2.2 单元数据概述

SiPESC 目前能处理的单元如下:

序号	单元名称	关键字	
杆	1	杆	CROD
梁	2	梁	CBAR
膜	3	三角形膜	MTRIA3
	4	旋转三角形膜	MTRIAR
	5	四边形膜	MQUAD4
	6	四边形平面应变膜	BQUAD4
	7	旋转四边形膜	MQUADR
	8	四边形 8 节点膜	MQUAD8
	9	四边形广义多尺度膜	GQUAD4
板	10	三角形非协调板	CTRIAN
	11	三角形 DKT 板	CTRIA3
	12	三角形精化板	RTRIA3
	13	三角形改进 DKT 板	ITRIA3
	14	矩形四边形板	RQUAD4
	15	四边形 DKQ 板	CQUAD4
壳	16	三角形 6 自由度平面壳 (三角形 DKT+ 旋转三角形膜)	CTRIAR
	17	三角形 6 自由度平面壳 (三角形精化板 + 旋转三角形膜)	RTRIAR
	18	三角形 6 自由度平面壳 (三角形改进 DKT 板 + 旋转三角形膜)	ITRIAR
	19	四边形 6 自由度平面壳 (四边形 DKT 板 + 旋转四边形膜)	CQUADR
体	20	四面体	CTETRA
	21	五面体 (三棱柱)	CPENTA
	22	六面体	CHEXA

2.3 线单元

2.3.1 杆单元 (CROD)

CROD 单元的数据格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CROD	EID	PID	G1	G2					

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PROD 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
G1, G2	节点标识号 (整数 >0, $G1 \neq G2$)

2.3.2 梁单元 (CBAR)

SiPESC 现仅处理截面是矩形的均匀梁, CBAR 单元的数据格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CBAR	EID	PID	GA	GB	X1	X2	X3		

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PROD 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
GA, GB	节点标识号 (整数 >0, $G1 \neq G2$)
X1, X2, X3	起始于 GA 的位移坐标空间的向量分量

2.4 面单元

2.4.1 三角形膜单元 (MTRIA3)

MTRIA3 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MTRIA3	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.2 旋转三角形膜单元 (MTRIAR)

MTRIAR 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MTRIAR	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.3 四边形膜单元 (MQUAD4)

MQUAD4 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MQUAD4	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.4 四边形平面应变膜单元 (BQUAD4)

BQUAD4 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BQUAD4	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.5 旋转四边形膜单元 (MQUADR)

MQUADR 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MQUADR	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.6 四边形 8 节点膜单元 (MQUAD8)

MQUAD8 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MQUAD8	EID	PID	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.7 四边形广义多尺度膜单元 (GQUAD4)

GQUAD4 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GQUAD4	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.8 三角形非协调板单元 (CTRIAN)

CTRIAN 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CTRIAN	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.9 三角形 DKT 板单元 (CTRIA3)

CTRIA3 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CTRIA3	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.10 三角形精化板单元 (RTRIA3)

RTRIA3 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RTRIA3	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯

2.4.11 三角形改进 DKT 板单元 (ITRIA3)

ITRIA3 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ITRIA3	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.12 矩形四边形板单元 (RQUAD4)

RQUAD4 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RQUAD4	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.13 四边形 DKQ 板单元 (CQUAD4)

CQUAD4 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CQUAD4	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.14 三角形 6 自由度平面壳单元 (CTRIAR)

CTRIAR 单元是由三角形 DKT 和旋转三角形膜组合而成，其格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CTRIAR	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.15 三角形 6 自由度平面壳单元 (RTRIAR)

RTRIAR 单元是由三角形精化板和旋转三角形膜组合而成，其格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RTRIAR	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.16 三角形 6 自由度平面壳单元 (ITRIAR)

ITRIAR 单元是由三角形改进 DKT 板和旋转三角形膜组合而成，其格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ITRIAR	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.4.17 四边形 6 自由度平面壳单元 (CQUADR)

CQUADR 单元是由四边形 DKT 板和旋转四边形膜组合而成，其格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CQUADR	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.5 体单元

2.5.1 四面体单元 (CTETRA)

CQUADR 单元的格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CQUADR	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.5.2 五面体单元 (CPENTA)

CPENTA 单元的格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CPENTA	EID	PID	G1	G2	G3	G4	G5		

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.5.3 六面体单元 (CHEXA)

CHEXA 单元的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CHEXA	EID	PID	G1	G2	G3	G4	G5	G6	

名称	内容
EID	单元标识号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0; 缺省值为 EID)
Gi	节点标识号 (整数 >0, 都是唯一的)

2.6 单元性质数据

2.6.1 杆单元性质卡 (PROD)

PROD 为 CROD 提供性质, 它的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PORD	PID	MID	A						

名称	内容
PID	性质标识号 (整数 >0)
MID	材料标识号 (整数 >0)
A	杆的面积 (实数)

2.6.2 梁单元截面性质卡 (PBARL)

PBARL 卡定义梁单元 CBAR 的截面性质, 其格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PBARL	PID	MID		TYPE					
	L	W							

名称	内容
PID	性质标识号 (整数 >0)
MID	材料标识号 (整数 >0)
TYPE	表明是什么形状的截面
L	梁矩形截面横向的长度 (实数)
W	梁矩形截面纵向的长度 (实数)

2.6.3 薄板、壳单元性质卡 (PSHELL)

PSHELL 卡定义面单元 (膜、板和壳) 单元的材料、厚度等性质。它的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSHELL	PID	MID1	T						

名称	内容
PID	性质标识号 (整数 >0)
MID1	材料标识号 (整数 >0, 或空白)
T	面单元厚度 (实数)

2.6.4 2.6.4 体单元性质卡 (PSOLID)

PSOLID 卡定义 CHEXA、CPENTA 和 CTETRA 体单元的性质, 其格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSOLID	PID	MID	CORDM						

名称	内容
PID	性质标识号 (整数 >0)
MID	材料标识号 (整数 >0, 或空白)
CORDM	材料坐标标识号 (整数)

2.7 材料数据

2.7.1 各向同性材料 (MAT1)

线性各项同性材料定义如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAT1	MID	E	G	NU	RHO				

名称	内容
MID	材料标识号 (整数 >0)
E	杨氏模量 (实数 >0)
G	剪切模量 (实数 >0)
NU	泊松比 (实数)
RHO	质量密度 (实数)

2.7.2 二维各向异性材料 (MAT2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAT2	MID	G11	G12	G13	G22	G23	G33	RHO	

名称	内容
MID	材料标识号 (整数 >0)
Gij	材料性质矩阵
RHO	质量密度 (实数)

2.7.3 二维正交异性材料 (MAT8)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAT8	MID	E1	E2	NU12	G12	G1Z	G2Z	RHO	

名称	内容
MID	材料标识号 (整数 >0)
E1	纵向弹性模量 (实数)
E2	横向弹性模量 (实数)
MU12	泊松比
G12	面内剪切模量 (实数 >0)
G1Z	1-Z 平面受剪的剪切模量
G2Z	2-Z 平面受剪的剪切模量
RHO	质量密度 (实数)

2.7.4 三维各向异性材料 (MAT9)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAT9	MID	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G22	
	G23	G24	G25	G26	G33	G34	G35	G36	
	G44	G45	G46	G55	G56	G66	RHO		

名称	内容
MID	材料标识号 (整数 >0)
Gij	材料坐标系中的 6*6 对称材料性质矩阵元素 (实数)
RHO	质量密度 (实数)

2.8 单点约束数据

SiPESC 提供两种基本约束类型：单点约束 (SPC) 和多点约束 (MPC)，本小节介绍单点约束数据。

2.8.1 单点约束 (SPC)

在静力学分析中，用 SPC 模型数据卡来施加单点约束或强迫位移（即非零位移值）。SPC 格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SPC	SID	G1	C1	D1	G2	C2	D2		

名称	内容
SID	单点约束标识号 (整数 >0)
G _i	节点标识号 (整数 >0)
C _i	位移分量号 (1~6 整数的任意组合)
D _i	强迫位移 (实数, 缺省值为 0.0)

一个 SPC 卡可定义两个约束值。

2.8.2 单点约束 (SPC1)

单点约束的另一种形式，可以给一组节点定义相同的约束（强迫位移为 0）。SPC1 的格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SPC1	SID	C	G1	G2	G3	G4	G5	G6	
	G7	G8	G9	-etc.-					

名称	内容
SID	单点约束标识号 (整数 >0)
C	位移分量号 (1~6 整数的任意组合)
G _i	节点标识号 (整数 >0)

SPC1 的另一种形式，处理连续节点。格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SPC1	SID	C	G1	THRU	G2				

名称	内容
SID	单点约束标识号 (整数 >0)
C	位移分量号 (1~6 整数的任意组合)
Gi	节点标识号 (整数 >0)
THRU	标明取到 G1~G2 间的所有节点

2.8.3 强迫位移 (SPCD)

强迫位移约束，指定具有强迫位移的单点约束。格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SPCD	SID	G1	C1	D1	G2	G2	G2		

名称	内容
SID	单点约束标识号 (整数 >0)
Gi	节点标识号 (整数 >0)
Ci	位移分量号 (1~6 整数的任意组合)
Di	强迫位移 (实数)

一个 SPCD 卡可定义两个约束值。

2.8.4 单点约束集 (SPCADD)

单点约束集，定义一组单点约束。格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SPCADD	SID	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	
	S8	S9	-etc.-						

名称	内容
SID	单点约束集标识号 (整数 >0)
Si	通过 SPC\SPC1 定义的单点约束标识号 (整数 >0, 唯一)

2.9 多点约束数据

2.9.1 多点约束方程 (MPC)

SiPESC 中，多点约束 (MPC) 用来描述两个或多个自由度之间的线性关系，如下式所示：

$$\sum_j A_j u_j = 0$$

式中 u_j 为某自由度上的位移, A_j 为用户定义的比例系数。

MPC 卡的格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MPCADD	SID	G1	C1	A1	G2	C2	A2		
		G3	C3	A3	-etc.-				

名称	内容
SID	单点约束集标识号 (整数 >0)
Gi	节点标识号 (整数 >0)
Ci	位移分量号 (1~6 整数的任意组合)
Ai	比例系数 (实数)

2.9.2 刚臂主从 (RBE2)

刚性主从约束约束, RBE2 单元将一个节点定义成主节点, 多个节点定义为从节点, 主节点具有独立自由度, 从节点在相应自由度上服从主节点。格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RBE2	EID	GN	CM	GM1	GM2	GM3	GM4	GM5	
	GM6	GM7	GM8	-etc.-					

名称	内容
EID	RBE2 标识号 (整数 >0)
GN	主节点标识号 (整数 >0)
CM	从节点服从主节点的自由度分量标识号 (1~6 整数的任意组合)
GMi	从节点标识号

3 静力分析

3.1 静力分析荷载

静力分析荷载分荷载工况、集中荷载、分布荷载、重力四部分介绍。

3.1.1 荷载工况 (LOAD)

由 LOAD 词条对荷载的标识号进行引用，并通过缩放因子调节荷载施加大小。LOAD 词条定义如下。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LOAD	SID	S	S1	L1	S2	L2	S3	L3	
	S4	L4	etc.						

名称	内容
SID	工况标识号 (整数 >0)
S	整体缩放因子 (实数)
Si	Li 的缩放因子
Li	荷载标识号

3.1.2 集中荷载 (FORCE)

集中荷载定义如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FORCE	SID	G	CID	F	N1	N2	N3		

名称	内容
SID	FORCE 标识号 (整数 >0)
G	网格节点标识号 (整数 >0)
CID	坐标系标识号
F	荷载值缩放因子
Ni	荷载分量

3.1.3 分布荷载 (PLOAD4)

分布荷载通过 PLOAD4 词条定义如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PLOAD4	SID	EID	P1	P2	P3	P4	G1	G3orG4	

另外, 还可以定义如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PLOAD4	SID	EID1	P1	P2	P3	P4	THRU	EID2	

名称	内容
SID	PLOAD4 标识号 (整数 >0)
EID EID1 EID2	单元标识号 (整数 >0、EID1<EID2)
Pi	表面单元各节点荷载值 (实数)
Gi	节点标识号 (整数 >0)
Ni	荷载分量 (实数)

分布荷载作用在单元表面上, 对于三维实体单元, 需要通过节点标识号 G_i 确定施加在三维实体的哪个表面 (A), 对于二维面单元, 则不需要 G_i , 可以通过 THRU 在一个词条中定义多个单元。

确定荷载施加表面的方法: 对六面体单元, G_1 和 G_3 定义表面 A 的两个对角; 对四面体单元, G_1 在 A 表面上, G_4 不在 A 表面上, 以此来定位 A 表面。

荷载方向: 对于三维实体单元, 垂直表面向里为正; 对于二维面单元, 以节点编号顺序为右手螺旋系的正向为负。

3.1.4 重力 (GRAV)

重力荷载数据通过 GRAV 词条来定义:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRAV	SID	CID	G	N1	N2	N3			

名称	内容
SID	GRAV 标识号 (整数 >0)
CID	坐标系标识号
G	重力加速度向量比例系数
Ni	在坐标系 CID 中定义的荷载向量分量 (实数)

4 自振分析

SiPESC 中的自由振动频率分析采用 Lanczos 算法，适用于大型结构的自振分析。

4.1 解法指定卡 (EIGRL)

解法指定卡 EIGRL 定义 Lanczos 算法的模型数据，格式如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EIGRL	SID	V1	V2	ND					

名称	内容
SID	集标识号 (整数 >0)
V1、V2	设定模态分析时的频率范围 (实数或空白 V1<V2)
ND	所需特征解的数量 (整数 >0)

5 传热分析

5.1 传热分析单元

已实现的传热分析单元包括二节点杆、四节点四边形、三节点三角形、八节点六面体和四节点四面体单元。

5.1.1 二节点三维传热杆单元 (SROD)

2 节点三维传热杆单元 (SROD) 的数据格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SROD	EID	PID	G1	G2					

名称	内容
EID	单元标志号 (整数 >0)
PID	PROD 的性质识别号 (整数 >0)
G1, G2	节点标识号 (整数 >0)

5.1.2 四节点四边形传热单元 (SQUAD4)

四节点四边形传热单元 (SQUAD4) 的数据格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SQUAD4	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标志号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0)
Gi	节点标识号 (整数 >0) 其中节点 G1 至 G4 须沿单元周边依次编号。

5.1.3 三节点三角形传热单元 (STRIA3)

三节点三角形传热单元 STRIA3 的数据格式如下:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
STRIA3	EID	PID	G1	G2	G3				

名称	内容
EID	单元标志号 (整数 >0)
PID	PSHELL 的性质识别号 (整数 >0)
Gi	节点标识号 (整数 >0)

其中 PSHELL 数据为该三角形传热单元提供性质，格式在上一小节中已经介绍。

5.1.4 八节点六面体传热单元 (SHEXA)

八节点六面体传热单元 SHEXA 的格式如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SHEXA	EID	PID	G1	G2	G3	G4	G5	G6	
	G7	G8							

名称	内容
EID	单元标志号 (整数 >0)
PID	PSOLID 的性质识别号 (整数 >0)
Gi	节点标识号 (整数 >0)

节点 G1 至 G4 须在六面体同一个面上，以连续顺序号给出，G5 至 G8 必须在 G1-G4 的对面上，按 G5 对 G1，G6 对 G2，.....的顺序给出。

5.1.5 四节点四面体传热单元 (STETRA)

四节点四面体传热单元 STETRA 的格式如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
STETRA	EID	PID	G1	G2	G3	G4			

名称	内容
EID	单元标志号 (整数 >0)
PID	PSOLID 的性质识别号 (整数 >0)
Gi	节点标识号 (整数 >0)

其中 G4 在以 G1 至 G3 确定的右手系的正方向。PSOLID 格式已在上一小节中介绍。

5.2 单元性质

5.2.1 线单元性质 (PROD)

PROD 为 SROD 单元提供性质，它的格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROD	PID	MID	A						

名称	内容
PID	性质标识号 (整数 >0)
MID	材料标识号 (整数 >0)
A	杆的面积 (实数 >0)

5.2.2 面单元性质 (PSHELL)

PSHELL 为 SQUAD4 单元提供性质，它的格式如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSHELL	PID	MID	T						

名称	内容
PID	性质标识号 (整数 >0)
MID	薄膜材料标识号 (整数 >0)
T	薄膜的厚度 (实数 >0)

5.2.3 体单元性质 (PSOLID)

材料坐标系在 PSOLID 性质卡上定义，格式如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PSOLID	PID	MID							

名称	内容
PID	性质标识号 (整数 >0)
MID	材料标识号 (整数 >0)

5.3 材料性质

5.3.1 各项同性传热材料 (MAT4)

各向同性传热材料 (MAT4) 的格式如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAT4	MID	K	CP	ROU	H				

名称	内容
MID	材料标识号 (整数 >0)
K	热热传导率 (实数 >0)
CP	单位质量热容 (比热, 实数 >0)
ROU	密度 (实数 >0)
H	自由对流换热系数 (实数 >0)

可以作为所有热传导单元的各向同性材料性质, 并且可以为自由对流定义换热系数。

5.4 约束数据

5.4.1 指定温度 (SPC)

指定温度采用单点约束 (SPC) 的定义方法, 数据格式定义如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SPC	SID	G1	C1	D1	G2	C2	D2		

名称	内容
SID	单点约束标识号 (整数 >0)
Gi	节点标识号 (整数 >0)
Ci	分量号 (对温度场, Ci=1)
Di	指定值大小 (实数)

5.4.2 多点约束 (MPC)

节点温度的多点约束采用 MPC 的定义方法, 对于多点约束方程

$$\sum_j A_j u_j = 0$$

数据格式定义如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MPC	SID	G1	C1	A1	G2	C2	A2		
		G3	C3	A3	etc.				

名称	内容
SID	多点约束标识号 (整数 >0)
Gi	节点标识号 (整数 >0)
Ci	分量号 (对温度场, Ci=1)
Di	约束方程系数

5.5 荷载

温度场分析中可以处理点热源、热流和对流荷载条件。

5.5.1 点热源 (SLOAD)

点热源的定义如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SLOAD	SID	S1	F1	S2	F2	S3	F3		

名称	内容
SID	荷载标识号 (整数 >0)
Si	网格节点标识号 (整数 >0)
Fi	荷载值 (实数)

5.5.2 热流 (QBDY2、QBDY3)

可以计算施加在三角形面边界和四边形面边界的空间均匀分布热流和空间不均匀分布热流。其中均匀热流格式如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
QBDY3	SID	Q0		EID1	EID2	EID3	EID4	EID5	
	EID6	etc.							

名称	内容
SID	荷载标识号 (整数 >0)
Q0	热流荷载值
EIDi	CHBDYj 单元标识号

其中 EID_i 支持“THRU”和“BY”对有规律编号的单元循环。如

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
QBDY3	SID	Q0		EID1	THRU	EID3	BY	EID5	

不均匀热流格式如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
QBDY2	SID	EID	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	
	Q07	Q08							

名称	内容
SID	荷载标识号 (整数 >0)
EID _i	CHBDY _j 单元标识号
Q0 _i	CHBDY _j 单元第 i 个节点上的热流荷载值, 单元内部热流幅值通过单元形函数插值

5.5.3 对流 (CONV)

支持自然对流边界条件, 数据格式定义如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CONV	EID	PCONID			TA1	TA2	TA3	TA4	
	TA5	TA6	TA7	TA8					

名称	内容
EID	CHBDY _j 单元标识号 (整数 >0)
PCONID	对流性质数据 PCONV 标识号 (整数 >0)
TA _i	环境点标识号 (整数 >0)

其中对流性质数据 PCONV 定义如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PCONV	PCONIDMID								

名称	内容
PCONID	对流性质数据 PCONV 标识号 (整数 >0)
MID	材料性质标识号 (整数 >0)

5.5.4 边界单元 (CHBDYG)

边界单元不定义材料，只用以施加边界热流和对流荷载，又叫几何面片单元。

数据格式定义如下

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CHBDYG	EID		TYPE						
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	

名称	内容
EID	单元标识号 (不能和其他单元号冲突, 整数 >0)
TYPE	边界单元类型
Gi	单元的各个节点标识号

其中 TYPE 是单元类型, AREA3 是三节点三角形面片, AREA4 是四节点四边形面片。若面片是体单元的一个表面, 则 G1、G2、G3 和 G4 的定义顺序符合右手法则, 且正方向指向单元的外法向。

6 cdb 数据格式说明

6.1 注释说明数据

.cdb 文件中存在很多说明注释语句（现在暂时认为没有用处），暂不做处理。这些语句以 ‘/’、‘’、‘_’、‘!’ 等字符开头，在数据读取处理时直接跳过。例如：

```
/PREP7
*SET,_BUTTON , 1.000000000000
_CDRDOFF=
!if solid model was read in
```

6.2 模型说明模块

本数据模块用来说明模型中所用到的节点、单元、材料种类、单元种类、坐标系等数据个数。格式如下：

```
1      2      3      4      5
NUMOFF ,      KEY      ,      N
```

名称	内容
NUMOFF	此数据模块标识
KEY	数据名称
N	数据数目

数据之间用逗号隔开，例如：

```
NUMOFF,NODE, 27
NUMOFF,ELEM, 8
NUMOFF,MAT , 2
NUMOFF,TYPE, 1
```

6.3 单元类型模块

本模块用来说明模型中所用到的单元类型，以及相应的标识号。格式如下：

```
1      2      3      4      5
ET      ,      ETID      ,      PID
```

名称	内容
ET	此数据模块标识
ETID	单元类型标识号
PID	ansys 中单元类型号

数据之间用逗号隔开，例如：

```
ET, 1, 45
```

其中，45 指的是 ansys 中的 SOLID45 单元。

6.4 节点数据模块

格式：

第一行：提供本据模块标识，及数据整体说明。

```
1      2      3      4      5
NBLOCK , DOFNUM , ETYPE
```

名称	内容
NBLOCK	此数据模块标识
DOFNUM	节点自由度数
ETYPE	单元类型 (固体、板、膜、壳)

第二行：节点数据输出格式

```
1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 11
( N1 i N2 , N3 e N4 . N5 )
```

节点数据输出格式的控制语句。例如，(3i8,6e16.9) 是指：共有 9 个数据，前 3 个是整数型，每个占 8 个字符，后 6 个是浮点型，每个占 16 个字符，并有 9 位精度。

第三行：节点数据

```
1  2  3  4  5  6  7  8  9
NID CID X  Y  Z  THXYTHYZTHZX
```


名称	内容
NID	节点号
CID	坐标系号 (一般是总体坐标系, 0)
X	X 方向移动分量
Y	Y 方向移动分量
Z	Z 方向移动分量
THXY	Z 方向转动分量
THYZ	X 方向转动分量
THZX	Y 方向转动分量

最后结束行:

N,R5.3,LOC, -1,

具体什么意思不清楚, 程序中的判断标准是: 取每行行首 8 个字符, 判断是不是数字, 不是停止, 是则继续读取。

```
NBLOCK, 6, SOLID
(3i8, 6e16.9)
1 0 0-0.100000000 0.100000000
2 0 0-0.100000000 -0.100000000
3 0 0-0.100000000
4 0 0 0.100000000 0.100000000
5 0 0 0.000000000 0.100000000
6 0 0 0.100000000 -0.100000000
7 0 0 0.100000000
8 0 0 0.000000000 -0.100000000
9 0 0 0.000000000
10 0 0-0.100000000 -0.100000000 0.200000000
11 0 0 0.100000000 -0.100000000 0.200000000
12 0 0 0.000000000 -0.100000000 0.200000000
13 0 0 0.100000000 0.100000000 0.200000000
14 0 0 0.100000000 0.000000000 0.200000000
15 0 0-0.100000000 0.100000000 0.200000000
16 0 0 0.000000000 0.100000000 0.200000000
17 0 0-0.100000000 0.000000000 0.200000000
18 0 0 0.000000000 0.000000000 0.200000000
19 0 0-0.100000000 -0.100000000 0.100000000
20 0 0 0.100000000 -0.100000000 0.100000000
21 0 0 0.000000000 -0.100000000 0.100000000
22 0 0 0.100000000 0.100000000 0.100000000
23 0 0-0.100000000 0.100000000 0.100000000
24 0 0 0.000000000 0.100000000 0.100000000
25 0 0-0.100000000 0.000000000 0.100000000
26 0 0 0.100000000 0.000000000 0.100000000
27 0 0 0.000000000 0.000000000 0.100000000
N, R5.3, LOC, -1,
```

结尾处的 0.000000000 省略, 用空格表示。

6.5 单元数据模块

第一行: 提供本据模块标识, 及数据整体说明。

1 2 3 4 5 6
EBLOCK , DATENUM , ETYPE NNUM

名称	内容
EBLOCK	此数据模块标识
DATENUM	每行最大数据个数
ETYPE	单元类型 (固体、板、膜、壳)
NNUM	单元总数目

第二行：单元数据输出格式

```

1      2      3      4      5
(      N1      i      N2      )
    
```

单元数据输出格式的控制语句。例如, (19i8) 是指: 共有 19 个数据, 都是整数型且每个占 8 个字符。

第三行：单元数据

```

1      2      3 4 5 6 7 8      9      10      11      12      13      14      15      16      17      18      19
MID  ETID                                NNUM  CID  EID  G1  G2  G3  G4  G5  G6  G7  G8
    
```

名称	内容
MID	单元材料类型号
ETID	单元类型号
NNUM	单元节点数目
CID	坐标系号
EID	单元号
Gi	节点号

结束行:

-1

结束的标志是: -1

说明: 如果单元的数据数超过 19 个, 另起一行续行, 如下:

```

1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19
1  1  1  1  0  0  0  0  20  0  1  2  15  19  4  44  51  78  67
14 17 18 5 50 76 75 65 45 53 77 68
    
```

```
N,R5.3,LOC,      -1,
EBLOCK,19,SOLID,      8
(19i8)
  1  1  1  1  0  0  0  0  8  0  1  2  8  9  3  19  21  27  25
  1  1  1  1  0  0  0  0  8  0  2  8  6  7  9  21  20  26  27
  1  1  1  1  0  0  0  0  8  0  3  3  9  5  1  25  27  24  23
  1  1  1  1  0  0  0  0  8  0  4  9  7  4  5  27  26  22  24
  1  1  1  1  0  0  0  0  8  0  5  19  21  27  25  10  12  18  17
  1  1  1  1  0  0  0  0  8  0  6  21  20  26  27  12  11  14  18
  1  1  1  1  0  0  0  0  8  0  7  25  27  24  23  17  18  16  15
  1  1  1  1  0  0  0  0  8  0  8  27  26  22  24  18  14  13  16
-1
```

6.6 材料性质模块

格式:

```
      1      2      3      4  5  6      7      8      9      10  11  12      13      14
MPDATA , R5.0 , 1 , KEY , MID , 1 , VALUE ,
```

名称	内容
MPDATA	此数据模块标识
KEY	材料性质名称
MID	单元材料类型号
VALUE	材料性质值

说明: 第 3、5、11 个数据, 不清楚其含义, 暂不处理。

例:

```
MPDATA,R5.0, 1,EX , 1, 1, 2.100000000E+10,
MPDATA,R5.0, 1,NUXY, 1, 1, 0.300000000 ,
MPDATA,R5.0, 1,DENS, 1, 1, 3000.00000 ,
MPDATA,R5.0, 1,PRXY, 1, 1, 0.300000000 ,
MPDATA,R5.0, 1,EX , 2, 1, 1.000000000E+11,
MPDATA,R5.0, 1,NUXY, 2, 1, 0.200000000 ,
MPDATA,R5.0, 1,DENS, 2, 1, 1000.00000 ,
MPDATA,R5.0, 1,PRXY, 2, 1, 0.200000000 ,
```

6.7 约束模块

格式:

```
      1      2      3      4      5      6      7      8      9
D      , NID , KEY , VALUE1 VALUE2
```

名称	内容
D	此数据模块标识
NID	约束所在节点号
KEY	约束种类
VALUEi	约束值

例:

```
D, 5,UX , 0.00000000 , 0.00000000
D, 5,UY , 0.00000000 , 0.00000000
D, 5,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 9,UX , 0.00000000 , 0.00000000
D, 9,UY , 0.00000000 , 0.00000000
D, 9,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
```

6.8 载荷模块

格式:

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9
F , NID , KEY , VALUE1 VALUE2
```

名称	内容
F	此数据模块标识
NID	载荷所在节点号
KEY	载荷种类
VALUEi	载荷值

例:

```
F, 1,FY , 1000.00000 , 0.00000000
F, 2,FY , 1000.00000 , 0.00000000
```

6.9 其余模块

其余模块, 只存储, 暂不处理。