

Marc 2001从入门到精通

郑岩 顾松东 吴斌 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

Marc 2001 从入门到精通

郑岩 顾松东 吴斌 编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书以丰富的内容和详尽的实例,深入系统地介绍了 MSC.Marc 软件的使用。具体内容包
括: Marc 2001 软件入门、Mentat2001 图形界面基础、几何建模、Mentat2001 的网格
生成功能、MSC.Marc 软件的边界条件的定义、初始条件的定义、材料特性的定义、几何
特性的定义、接触条件的定义、连接和载荷工况的定义、定义作业(JOBS)方法、后处理
以及具体的 Marc 2001 软件应用实例。

本书内容丰富、翔实、实例典型,对涉及的基础知识和理论表述简捷清晰。

本书可作为广大工程技术人员了解使用 MSC.Marc 软件的参考书,也可作为理工科院
校相关专业的师生学习 MSC.Marc 软件的教材。

图书在版编目(CIP)数据

Marc 2001 从入门到精通/郑岩,顾松东,吴斌编著. —北京:中国水利水电出版社,2003

ISBN 7-5084-1507-8

I. M… II. ①郑… ②顾… ③吴… III. 有限元分析—应用软件, MARC 2001 IV. TB115

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 035509 号

书 名	Marc 2001 从入门到精通
作 者	郑岩 顾松东 吴斌 编著
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@public3.bta.net.cn (万水) sale@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787×1000 毫米 16 开本 28.75 印张 625 千字
版 次	2003 年 8 月第一版 2003 年 8 月北京第一次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	46.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

MSC.Software Corporation (简称 MSC.Software) 创建于 1963 年, 总部设在美国洛杉矶, 是享誉全球的最大的工程校验、有限元分析和计算机仿真预测应用软件 (CAE) 供应商, 也是世界最著名最权威最可靠的大型通用结构有限元分析软件 MSC.Nastran 的开发者。MSC.Nastran 软件始终作为美国联邦航空管理局 (FAA) 飞行器适航证领取的惟一验证软件。1999 年收购顶尖高度非线性 CAE 软件公司 MARC, 2001 年收购了美国 AES 公司等。并购之后重新整合的 MSC.Software 产品线从低端桌面级设计工具向上延伸到中端专业级仿真软件, 再到最顶层的高端企业级分析平台。

MSC.Marc 是 MSC.Software 产品线中的一个重要产品, 也是国际上第一个通用非线性商用有限元软件。有限元方法诞生于 20 世纪中叶, 随着计算机技术和计算方法的发展, 已成为计算力学和计算工程科学领域里最有效的计算方法。经过 40 年的发展, 不仅使有限元方法的理论日趋完善, 而且已经开发了一批通用和专用有限元软件, 使用这些软件已经成功地解决了众多领域的大型科学和工程计算难题, 并且取得了巨大的经济效益和社会效益。

MSC.Marc 是功能齐全的高级非线性有限元软件的求解器, 体现了 30 多年来有限元分析的理论方法和软件实践的完美结合。它具有极强的结构分析能力。可以处理各种线性和非线性结构分析, 包括: 线性/非线性静力分析、模态分析、简谐响应分析、频谱分析、随机振动分析、动力响应分析、自动的静/动力接触、屈曲/失稳、失效和破坏分析等。它提供了丰富的结构单元、连续单元和特殊单元的单元库, 几乎每种单元都具有处理大变形几何非线性、材料非线性和包括接触在内的边界条件非线性以及组合的高度非线性的超强能力。

MSC.Marc 的结构分析材料库提供了模拟金属、非金属、聚合物、岩土、复合材料等多种线性和非线性复杂材料行为的材料模型。分析采用具有高数值稳定性、高精度和快速收敛的高度非线性问题求解技术。为了进一步提高计算精度和分析效率, MSC.Marc 软件提供了多种功能强大的加载步长自适应控制技术, 自动确定分析屈曲、蠕变、热弹塑性和动力响应的加载步长。

MSC.Marc 中卓越的网格自适应技术能以多种误差准则自动调节网格疏密, 不仅可以提高大型线性结构分析精度, 而且能对局部非线性应变集中、移动边界或接触分析提供优化的网格密度, 既保证计算精度, 同时也使非线性分析的计算效率大大提高。此外, MSC.Marc 还支持全自动二维网格和三维网格重划, 用以纠正过度变形后产生的网格畸变, 确保大变形分析的继续进行。对非结构的场问题如包含对流、辐射、相变潜热等复杂边界条件的非线性传热问题的温度场, 以及流场、电场、磁场, 也提供了相应的分析求解能力; 并具有模拟流-热-固、土壤渗流、声-结构、耦合电-磁、电-热、电-热-结构以及热-结构等多种耦合场的分析

能力。

MSC.Marc 软件于 20 世纪 90 年代开始在我国航空航天、核工业、铁道、石油化工、机械制造、汽车、电子、土木工程、造船、生物医学、轻工、地矿、水利等领域得到广泛的应用，为各领域产品设计、研究开发做出了很大贡献。

本书介绍了 MSC.Marc 软件的基本理论、安装、操作、针对具体应用的简单实例等内容。全书共分 14 章：第 1 章为 Marc 2001 软件入门；第 2 章介绍 Mentat2001 图形界面基础；第 3 章介绍了几何建模；第 4 章介绍了 Mentat2001 的网格生成功能；第 5 章～第 11 章分别介绍了 MSC.Marc 软件的边界条件的定义、初始条件的定义、材料特性的定义、几何特性的定义、接触条件的定义、连接和载荷工况的定义；第 12 章介绍定义作业（JOBS）方法；第 13 章介绍了后处理；第 14 章是具体的 Marc 2001 软件应用实例。本书内容全面、翔实、由浅入深、循序渐进、理论与实践相结合。读者可根据自己的需要进行选择性阅读。

本书除封面署名的作者外，参加编写的还有王英凡、顾超、辛晓仪、宋希云、刘建华、孙伟、王恺君、王磊、尚淑萍、曹显科。特别感谢程显峰在本书编写过程中给予的协助和支持。

由于时间仓促及编者水平有限，书中疏漏和错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

作者
2003 年 2 月

读者调查表

读者朋友您好！感谢您购买本书。为了便于和您交流，我们制作了这张调查表，以便于我们了解您的需求。您宝贵的建议，将使我们在以后的工作中不断改进工作方法，提高书稿质量，继续出版内容好、质量精的图书。“万水读者俱乐部”目前正在筹建中，我们将为每位回信的读者建立档案，并不定期给您发送万水公司最新的图书资讯，同时俱乐部也会在适当的时候评选出一批优秀读者，参加俱乐部举办的活动，希望其中有您，赶紧动笔吧！

请将此调查表填妥后寄至：北京市海淀区长春桥路5号新起点嘉园4号楼1707室 万水读者俱乐部（收）

邮编：100089

E-mail: mchannel@public3.bta.net.cn

姓名：_____ 性别：_____ 年龄：_____ 职业：_____ 文化程度：_____

通信地址：_____ 邮编：_____

电话：_____ 传真：_____ E-mail: _____

《Marc 2001 从入门到精通》

1. 您是如何得知本书的？

☐ 书店 ☐ 报刊广告 ☐ 图书书目 ☐ 亲朋介绍

☐ 知名作家书评 ☐ 其他_____

2. 哪些因素影响您购买本书？（可多选）

☐ 书店宣传及书架陈列 ☐ 书名 ☐ 作者

☐ 印刷质量 ☐ 封面及版式设计 ☐ 出版机构

☐ 内容简介 ☐ 定价 ☐ 其他_____

3. 您对本书的评价：

编写思路：☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差

文字方面：☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差

技术方面：☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差

封面设计：☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差

版式设计：☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差

4. 您认为本书价位：☐ 偏高 ☐ 适中 ☐ 偏低

5. 本书有无重大错误？如有，请详述。

6. 您希望本书应在哪些方面进行改进？

7. 您希望在本套丛书中应该增加哪方面的图书？

8. 您购买过本套丛书的几本：

☐ 一本 ☐ 两本 ☐ 三本 ☐ 三本以上

9. 您是否希望图书配有教学光盘或素材光盘？

☐ 希望 ☐ 不希望 ☐ 无所谓

其他建议：_____

10. 您认为中国水利水电出版社出版的书质量如何？

☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 较差 ☐ 差

11. 您认为哪些出版社的 IT 图书比较好？为什么？

12. 您对中国水利水电出版社 IT 图书印象最深的有哪几本书，为什么？

13. 您认为目前市场上的相关图书最大的不足是：

14. 您是否想看某方面或某种写作方式的 IT 图书，而在市面上却找不到，请列出：

目 录

前言

第 1 章 Marc 2001 软件入门	1
1.1 Marc 2001 软件简介	1
1.1.1 Marc 软件背景简介	1
1.1.2 Mentat 与 Marc 程序的关系	4
1.1.3 Marc 程序结构的特点	5
1.2 Marc 2001 软件的安装和卸载	9
1.2.1 Marc 2001 软件安装的软硬件要求	9
1.2.2 Marc 2001 软件的安装过程	10
1.2.3 Marc 2001 软件的启动和系统设置	15
1.2.4 Marc 2001 软件的卸载过程	17
1.3 Marc 2001 软件安装后的有关目录	18
1.4 Marc 2001 软件的文件系统	19
1.5 Marc 2001 软件的文档与帮助系统	20
1.6 Marc 2001 软件的软件接口功能	21
1.7 Marc 2001 软件的新功能简介	22
1.8 Marc 2001 软件运行的基本流程	23
1.9 本章小结	24
第 2 章 Mentat 2001 图形界面的基本操作	25
2.1 Mentat 2001 图形界面	25
2.1.1 Mentat 2001 的屏幕布局	25
2.1.2 Mentat 2001 的前处理菜单	26
2.1.3 Mentat 2001 的分析菜单	27
2.1.4 Mentat 2001 的后处理菜单	27
2.1.5 Mentat 2001 的配置菜单	28
2.1.6 Mentat 2001 的退出命令	28
2.1.7 Mentat 2001 的静态菜单	28
2.1.8 Mentat 2001 的列表命令	28
2.2 Mentat 与用户的通信	29
2.3 Mentat 2001 中菜单光钮的分类	32

2.4	Mentat 2001 的静态命令和静态菜单	33
2.4.1	静态命令	33
2.4.2	FILES (文件) 菜单	36
2.4.3	PLOT (绘图) 菜单	38
2.4.4	VIEW (视图) 菜单	45
2.4.5	UTILITES (工具) 菜单	46
2.4.6	HELP (帮助) 菜单	49
2.4.7	SHORTCUT (快捷) 菜单	50
2.5	本章小结	52
第 3 章	几何建模	53
3.1	几何建模概述	53
3.2	坐标系的定义及格栅的显示	54
3.2.1	坐标系和格栅的设置界面	54
3.2.2	设置格栅的范围	55
3.2.3	固定某一坐标轴方向的操作	56
3.2.4	坐标系的类型	56
3.2.5	格栅显示的形式	57
3.2.6	坐标轴线的显示	57
3.2.7	其他设置	60
3.3	控制点的生成	60
3.4	线的生成	61
3.4.1	直线	62
3.4.2	三次样条曲线	62
3.4.3	多折线	63
3.4.4	曲线	64
3.4.5	NURB 曲线	65
3.4.6	插值曲线	65
3.4.7	复合曲线	66
3.4.8	倒圆线	67
3.4.9	切线	68
3.4.10	圆弧	68
3.4.11	圆	72
3.5	面的生成	73
3.5.1	四边形面	74
3.5.2	BEZIER 曲面	74

3.5.3	驱动面	75
3.5.4	NURB 曲面	76
3.5.5	直纹曲面	76
3.5.6	球面	77
3.5.7	圆柱、圆锥面	78
3.5.8	扫描面	79
3.5.9	插值曲面	79
3.5.10	COONS 曲面	80
3.5.11	蒙皮面	80
3.6	实体的生成	82
3.6.1	长方体	82
3.6.2	圆柱、圆锥体	82
3.6.3	球体	83
3.6.4	多棱体	84
3.6.5	圆环体	85
3.7	本章小结	86
第 4 章	Mentat 2001 的网格生成功能	87
4.1	网格生成概述	87
4.1.1	生成网格模型的基本思路	87
4.1.2	网格划分工具和方法简介	88
4.2	单元和节点	89
4.3	网格质量的评定	92
4.4	网格直接生成技术	93
4.5	应用 AUTOMESH 功能自动分网	94
4.5.1	综述	94
4.5.2	几何修复	95
4.5.3	设置种子点	101
4.5.4	2D 平面网格划分	103
4.5.5	曲面网格划分	105
4.5.6	体网格划分	106
4.5.7	举例	109
4.6	应用 CONVERT 功能自动分网	121
4.6.1	综述	121
4.6.2	几何/几何转换	122
4.6.3	几何/网格转换	127

4.6.4	网格/几何转换.....	130
4.6.5	网格/网格转换.....	130
4.7	Mentat 2001 的其他网格处理功能.....	130
4.7.1	附着.....	130
4.7.2	改变阶次.....	136
4.7.3	检查.....	141
4.7.4	复制.....	143
4.7.5	扩展.....	146
4.7.6	移动.....	150
4.7.7	松弛.....	152
4.7.8	重排.....	153
4.7.9	旋转.....	154
4.7.10	实体.....	154
4.7.11	拉直.....	157
4.7.12	细化.....	158
4.7.13	清除.....	159
4.7.14	镜面反射.....	162
4.8	网格生成实例.....	163
4.8.1	实例 1: 螺栓模型的生成.....	163
4.8.2	实例 2: 入孔容器的网格划分.....	173
4.9	本章小结.....	185
第 5 章	边界条件的定义.....	186
5.1	边界条件定义概述.....	186
5.2	力学边界条件的定义.....	187
5.3	热传导边界条件的定义.....	198
5.4	热-电耦合分析边界条件的定义.....	204
5.5	流体分析边界条件的定义.....	209
5.6	声场分析边界条件的定义.....	214
5.7	轴承润滑分析边界条件的定义.....	217
5.8	静电场分析边界条件的定义.....	220
5.9	静磁场分析边界条件的定义.....	223
5.10	电磁场分析边界条件的定义.....	227
5.11	其他几个基本功能的介绍.....	233
5.12	本章小结.....	234
第 6 章	初始条件的定义.....	235

6.1	初始条件定义子菜单.....	235
6.2	力学分析初始条件的定义.....	236
6.3	热传导分析初始条件的定义.....	245
6.4	热-电耦合分析初始条件的定义.....	246
6.5	流体分析初始条件的定义.....	246
6.6	本章小结.....	247
第7章	材料特性的定义	248
7.1	概述.....	248
7.2	各向同性材料.....	250
7.2.1	各向同性材料特性菜单.....	250
7.2.2	各向同性阻尼.....	251
7.2.3	各向同性塑性.....	252
7.2.4	各向同性热膨胀.....	253
7.2.5	各向同性应变速率的影响.....	254
7.2.6	各向同性损伤的影响.....	254
7.3	正交各向异性材料.....	256
7.3.1	正交各向异性材料特性子菜单.....	256
7.3.2	正交各向异性塑性.....	257
7.3.3	正交各向异性热膨胀.....	258
7.3.4	正交各向异性粘弹性.....	259
7.4	各向异性材料.....	260
7.4.1	各向异性材料特性子菜单.....	260
7.4.2	各向异性塑性.....	261
7.4.3	各向异性热膨胀.....	261
7.5	亚弹性.....	262
7.5.1	亚弹性材料特性子菜单.....	262
7.5.2	亚弹性材料热膨胀.....	263
7.6	MOONEY 材料模型.....	264
7.6.1	MOONEY 材料特性子菜单.....	264
7.6.2	速率影响.....	265
7.6.3	损伤影响.....	266
7.7	OGDEN 材料模型.....	266
7.7.1	OGDEN 材料特性子菜单.....	266
7.7.2	速率影响.....	267
7.8	泡沫材料模型.....	268

7.9	土壤材料.....	269
7.10	粉末材料.....	270
7.11	传热材料.....	271
7.11.1	传热材料特性子菜单.....	271
7.11.2	潜热.....	272
7.12	热-电耦合.....	273
7.13	流体.....	274
7.14	声学.....	275
7.15	液压轴承.....	275
7.16	静电场.....	276
7.17	静磁场.....	277
7.18	电磁场.....	278
7.19	复合材料.....	279
7.20	加强筋.....	280
7.21	衬垫.....	281
7.22	试验数据应用.....	282
7.23	方向.....	283
7.24	材料特性定义举例.....	286
7.25	本章小结.....	287
第 8 章	几何特性的定义.....	288
8.1	概述.....	288
8.2	3D 单元几何特性.....	289
8.2.1	3D 单元几何特性子菜单.....	289
8.2.2	杆单元.....	290
8.2.3	缆索单元.....	290
8.2.4	弹性梁单元.....	291
8.2.5	一般梁元.....	291
8.2.6	弯管单元.....	292
8.2.7	膜单元.....	293
8.2.8	剪切板单元.....	293
8.2.9	壳单元.....	293
8.2.10	实体单元.....	294
8.2.11	实体复合材料/衬垫单元.....	294
8.3	轴对称单元几何特性的定义.....	295
8.3.1	轴对称单元几何特性子菜单.....	295

8.3.2	轴对称壳单元.....	296
8.3.3	轴对称实体单元.....	296
8.3.4	轴对称实体复合材料/衬垫单元.....	296
8.4	平面单元几何特性的定义.....	297
8.4.1	平面单元几何特性子菜单.....	297
8.4.2	二维直梁单元.....	298
8.4.3	二维曲梁单元.....	298
8.4.4	平面应力单元.....	299
8.4.5	平面应变单元.....	299
8.4.6	平面应变复合材料/衬垫单元.....	300
8.5	间隙/摩擦单元几何特性的定义.....	300
8.6	热传导单元几何特性定义.....	301
8.6.1	热传导单元几何特性定义子菜单.....	301
8.6.2	三维杆单元.....	302
8.6.3	三维壳单元.....	303
8.6.4	三维实体单元.....	303
8.6.5	轴对称壳单元.....	303
8.6.6	轴对称实体单元.....	304
8.6.7	板单元.....	304
8.7	静磁场单元几何特性定义.....	305
8.8	几何特性定义举例(应力分析).....	306
8.9	本章小结.....	306
第9章	接触条件的定义.....	307
9.1	接触条件定义的基本方法.....	307
9.2	接触体的定义.....	308
9.2.1	接触体定义子菜单简介.....	308
9.2.2	可变形接触体.....	309
9.2.3	刚性接触体.....	309
9.2.4	对称接触体.....	313
9.2.5	刚性与热传导接触体.....	313
9.3	接触表的定义.....	314
9.4	接触区的定义.....	315
9.5	排除片段的定义.....	315
9.6	本章小结.....	316
第10章	连接.....	317

10.1	连接条件定义概述	317
10.2	节点连接	317
10.3	伺服连接	319
10.4	弹簧/阻尼	321
10.5	本章小结	322
第 11 章	载荷工况的定义	323
11.1	载荷工况定义概述	323
11.1.1	什么是载荷工况	323
11.1.2	载荷工况定义主菜单	323
11.1.3	载荷工况定义的基本方法	324
11.2	力学分析载荷工况的定义	324
11.2.1	力学分析载荷工况主菜单	324
11.2.2	静力学分析	325
11.2.3	屈曲分析	337
11.2.4	蠕变分析	337
11.2.5	动力模态分析	338
11.2.6	瞬态动力响应分析	339
11.2.7	动态谐振分析	339
11.2.8	频谱分析	340
11.2.9	实体逼近	340
11.3	传热分析	341
11.4	耦合分析	345
11.5	热-电耦合分析	349
11.6	流体分析	352
11.7	流-热耦合分析	353
11.8	流-固耦合分析	355
11.9	流-热-固耦合分析	356
11.10	声学分析	358
11.11	轴承润滑分析	360
11.12	静电场分析	360
11.13	静磁场分析	361
11.14	电磁场分析	361
11.15	本章小结	363
第 12 章	定义作业	364
12.1	定义作业概述	364

12.2	应力分析类别.....	366
12.2.1	载荷工况.....	366
12.2.2	分析选项.....	366
12.2.3	作业结果.....	370
12.2.4	初始载荷.....	371
12.2.5	作业参数.....	372
12.2.6	接触控制.....	375
12.2.7	自适应网格.....	378
12.2.8	土壤控制.....	379
12.2.9	分析维数.....	379
12.3	单元类型.....	380
12.4	域分析.....	382
12.5	运行.....	382
12.6	JOBS 操作举例.....	384
12.7	本章小结.....	385
第 13 章	后处理.....	386
13.1	概述.....	386
13.2	后处理文件的管理.....	387
13.3	变形图的显示.....	388
13.4	标量的显示方式.....	390
13.5	PATH PLOT 与 HISTORY PLOT	394
13.6	矢量的显示.....	395
13.7	张量的显示.....	396
13.8	线单元的图表显示.....	397
13.9	动画.....	398
13.10	后处理实例.....	399
第 14 章	Marc 2001 软件应用实例	402
14.1	弹性分析实例.....	402
14.2	热传导问题分析实例.....	419
14.3	塑性问题分析实例.....	427

第 1 章 Marc 2001 软件入门

1.1 Marc 2001 软件简介

1.1.1 Marc 软件背景简介

1. MARC 公司及其软件

Analysis Research Corporation (简称 MARC) 始创于 1967 年, 总部设在美国加州的 Palo Alto, 是全球第一家非线性有限元软件公司。创始人是美国著名大学布朗大学应用力学系教授, 有限元分析的先驱 Pedro Marcel。MARC 公司在创立之初便独具慧眼, 瞄准非线性分析这一未来分析发展的必然, 致力于非线性有限元技术的研究、非线性有限元软件的开发、销售和售后服务。对于学术研究机构, MARC 公司的一贯宗旨是提供高水准的 CAE 分析软件及其超强灵活的二次开发环境, 支持大学和研究机构完成前沿课题研究。对于广阔的工业领域, Marc 软件提供先进的虚拟产品加工过程和运行过程的仿真功能, 帮助市场决策者和工程设计人员进行产品优化和设计, 解决从简单到复杂的工程应用问题。经过三十余年的不懈努力, Marc 软件得到学术界和工业界的大力推崇和广泛应用, 建立了它在全球非线性有限元软件行业的领导者地位。

MSC 公司于 1999 年收购顶尖高度非线性 CAE 软件公司 MARC, 自此, MSC. Marc 软件成为 MSC.Software 公司麾下的一员。

MSC. Marc 是功能齐全的高级非线性有限元软件, 具有极强的结构分析能力。可以处理各种线性和非线性结构分析, 包括: 线性/非线性静力分析、模态分析、简谐响应分析、频谱分析、随机振动分析、动力响应分析、自动的静/动力接触、屈曲/失稳、失效和破坏分析等。为满足工业界和学术界的各种需求, 提供了层次丰富、适应性强、能够在多种硬件平台上运行的系列产品。MSC.Marc 包括如下模块:

- **MSC.Marc/Mentat.** MSC.Marc 是高级非线性有限元分析模块, Mentat 是 Marc 的前后处理图形对话界面。两者严密整合的 MSC.Marc/Mentat 成为解决复杂工程问题, 完成学术研究的高级通用有限元软件。Mentat 是新一代非线性有限元分析的前后处理图形交互界面, 与 Marc 求解器无缝连接。它具有以 ACIS 为内核的一流实体造型功能: 全自动二维三角形和四边形、三维四面体和六面体网格自动划分建模能力; 直观灵活的多种材料模型定义和边界条件的定义功能; 分析过程控制定义和递交分析、自动检查分析模型完整性的功能; 实时监控分析功能; 方便的可视化处理计算

结果能力；先进的光照、渲染、动画和电影制作等图形功能，并可直接访问常用的 CAD/CAE 系统，如：ACIS、AutoCAD、IGES、MSC.NASTRAN、MSC.PATRAN、Unigraphics、Catia、Solid work、Solid Edge、IDEAS、VDAFS、Pro/ENGINEER、ABAQUS、ANSYS、PSTEP 等。

- **MSC.Marc**。MSC.Marc 是功能齐全的高级非线性有限元软件的求解器，体现了 30 年来有限元分析的理论方法和软件实践的完美结合。它具有极强的结构分析能力。可以处理各种线性和非线性结构分析，包括：线性/非线性静力分析、模态分析、简谐响应分析、频谱分析、随机振动分析、动力响应分析、自动的静/动力接触、屈曲/失稳、失效和破坏分析等。它提供了丰富的结构单元、连续单元和特殊单元的单元库，几乎每种单元都具有处理大变形几何非线性、材料非线性和包括接触在内的边界条件非线性以及组合的高度非线性的超强能力。MARC 的结构分析材料库提供了模拟金属、非金属、聚合物、岩土、复合材料等多种线性和非线性复杂材料行为的材料模型。分析采用具有高数值稳定性、高精度和快速收敛的高度非线性问题求解技术。为了进一步提高计算精度和分析效率，MARC 软件提供了多种功能强大的加载步长自适应控制技术，自动确定分析屈曲、蠕变、热弹塑性和动力响应的加载步长。MARC 卓越的网格自适应技术，以多种误差准则自动调节网格疏密，不仅可提高大型线性结构分析精度，而且能对局部非线性应变集中、移动边界或接触分析提供优化的网格密度，既保证计算精度，同时也使非线性分析的计算效率大大提高。此外，MARC 支持全自动二维网格和三维网格重划，用以纠正过度变形后产生的网格畸变，确保大变形分析的继续进行。对非结构的场问题，如包含对流、辐射、相变潜热等复杂边界条件的非线性传热问题的温度场，以及流场、电场、磁场，也提供了相应的分析求解能力，并具有模拟流-热-固、土壤渗流、声-结构、耦合电-磁、电-热、电-热-结构以及热-结构等多种耦合场的分析能力。为了满足高级用户的特殊需要和进行二次开发，MSC.Marc 提供了方便的开放式用户环境。这些用户子程序入口几乎覆盖了 MARC 有限元分析的所有环节，从几何建模、网格划分、边界定义、材料选择到分析求解、结果输出，用户都能够访问并修改程序的默认设置。在 MSC.Marc 软件的原有功能的框架下，用户能够极大地扩展 MARC 有限元软件的分析能力。
- **MSC.Marc Parallel**。MSC.Marc/Mentat 除了支持单 CPU 分析外，还具有在 NT 或 UNIX 平台上的多 CPU 或多网络节点环境下实现大规模并行处理的功能。Marc 基于区域分解法的并行有限元算法能够最大限度实现有限元分析过程中的并行化，并行效率可以达到准线性甚至线性或超线性。Marc 并行处理的超强计算能力为虚拟产品运行过程和加工过程提供更快、更细、更准的仿真结果。
- **MSC.Marc/HEXMESH**。MSC 公司新近推出的六面体网格自动划分模块 MSC.Marc/HEXMESH 代表了网格划分技术的最新突破。可将任意三维块状实体几何快速准确地自动划分出几何形态良好的六面体单元。通过实施内部稀疏网格向表