

MSC SOFTWARE
SIMULATING REALITY

数码工程师系列丛书

MSC.Patran/Marc

培训教程和实例

陈火红 祁鹏 编著



 科学出版社
www.sciencep.com

数码工程师系列丛书

MSC.Patran/Marc 培训教程和实例

陈火红 祁鹏 编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了 MSC.Patran/Marc 软件在各个领域的基本理论和使用方法。包括 MSC.Patran/Marc 的概况, 载荷工况和时间部的处理方式和策略, MSC.Patran/Marc 支持的各种单元类型及其特点, 以及分析过程中的网格自适应与重划分, 非线性分析中的求解控制、收敛判断方法及加载与增量步策略, 各种材料本构关系及材料非线性分析的处理, 大位移与屈曲等几何非线性问题的分析, 接触分析中涉及的问题及接触流程, 热-结构耦合分析, 各类动力学分析等。书中还提供了多种例题, 涉及各种不同的分析类型, 在例题中详细介绍了问题的定义、分析及后处理过程, 便于用户学习和练习。

本书可作为广大工程技术人员使用 MSC.Patran/Marc 的参考用书, 也可作为理工院校相关专业的高年级本科生、研究生及教师学习 MSC.Patran/Marc 软件的教材和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

MSC Patran/Marc 培训教程和实例/陈火红, 祁鹏编著. —北京: 科学出版社, 2004

(数码工程师系列丛书)

ISBN 7-03-012686-6

I. M... II. ①陈...②祁... III. 有限元分析—应用软件, Patran/Marc
IV. 0241.82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 122978 号

策划编辑: 吕建忠/责任编辑: 陈砺川
责任印制: 吕春珉/封面设计: 飞天创意

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年1月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2004年1月第 一 次印刷 印张: 31 1/4

印数: 1—4000 字数: 723 000

定价: 50.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈双青〉)

前 言

MSC.Patran/Marc 是 MSC.Software 公司近几年推出的工程分析软件包,它实质上是将有限元分析的前后处理软件 MSC.Patran 与强大的非线性有限元分析软件——MSC.Marc 的求解器结合在一起,即具有强大的线性和非线性有限元分析求解能力,也具有更为方便、灵活的前后处理能力。

MSC.Patran 是目前公认的最强大的有限元分析前后处理软件。在有限元分析的前处理中, MSC.Patran 具有无与伦比的几何集成能力,它可以直接从各种 CAD 软件中读取几何模型,并拥有与多种世界著名的有限元分析程序的接口,如 MSC.Nastran, MSC.Marc, MSC.Dytran, Anasys, Fluent, Abaqus 等。另一方面, MSC.Patran 集成了可靠的网格自动划分算法,可以根据用户要求对各种复杂模型进行处理,而其丰富的结果后处理手段则可以让用户以多种形式输出分析结果。

作为国际上第一个通用非线性商用有限元软件, MSC.Marc 软件从 20 世纪 70 年代初诞生至今的 30 多年中,一直紧跟有限元方法的理论和计算机硬、软件发展的最新进展,已发展成为功能强大的有限元软件系统,并被公认为非线性有限元分析的业界标准。它拥有丰富和完善的单元库、材料模型库和求解器,保证了它能够高效地求解各类结构的静力和动力中的线性、高度非线性问题,瞬态和稳态热分析,热-结构耦合问题以及其他多物理场问题。

MSC.Patran 和 MSC.Marc 的结合使这两个强大的软件相得益彰。从书中所列的实例可见,利用 MSC.Patran/MSC.Marc 可以方便地解决各种线性问题,例如由于材料、接触或和大变形引起的非线性问题、稳态或瞬态热分析,热-结构耦合问题及动力问题等。但是, MSC.Patran 和 MSC.Marc 都是功能齐全的高级工程软件,所要解决的通常是具有很深科学和工程背景的问题,需要对问题本身进行合理的描述。对于一些对这两个软件不是很熟悉的用户来说,非常需要一本简明实用的书。本书正是为满足这一需要而编写的。

本书介绍了软件在各个领域的基本理论和使用方法。全书共分 10 章,第 1 章介绍了这两种软件的概况;第 2 章介绍了载荷工况和时间步的处理方式和策略;第 3 章介绍支持的各种单元类型及其特点,以及分析过程中的网格自适应与重划分;第 4 章介绍了非线性分析中的求解控制、收敛判断方法及加载与增量步策略;第 5 章介绍了各种材料本构关系及材料非线性分析的处理;第 6 章介绍了大位移与屈曲等几何非线性问题的分析;第 7 章详细介绍了接触分析中涉及的问题及接触流程;第 9 章介绍了热-结构耦合分析;第 10 章介绍了各种类型的动力学分析。书中还提供了 14 个例题,涉及各种不同的分析类型,在例题中详细介绍了问题的定义、分析及后处理过程,便于用户练习。

本书可作为广大工程技术人员使用 MSC.Patran/Marc 的参考书,也可作为理工科院

校相关专业的高年级本科生、研究生及教师学习 MSC.Patran/Marc 软件的教材和参考书。

本书的编写得到了 MSC.Software 公司中国首席代表李军毅先生的大力支持和指导，还得到了 MSC.Software 公司中国多个部门的许多帮助，科学出版社的有关工作人员也对本书的出版做了大量的工作。编者在此向他们表示衷心的感谢！

由于大部分编写工作都是在业余时间完成，时间仓促，书中存在缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正，也欢迎用户和读者来信来函共同探讨。

第一编者的 E-mail: huohong.chen@mscsoftware.com.cn 或

huohong.chen@mscsoftware.com

编 者

目 录

第 1 章 概述.....	1
1.1 MSC.Software 公司简介.....	1
1.2 MSC.Marc 概况.....	2
1.3 MSC.Patran 概况.....	4
1.4 MSC.Marc Preference	5
1.5 正向转换和执行分析作业.....	6
1.6 反向转换.....	7
1.7 导入输入文件.....	7
1.8 模板数据库.....	8
1.9 MSC.Patran/Marc 的基本操作.....	8
1.10 分析类型.....	10
1.11 文件类型.....	11
第 2 章 工况与时间步.....	14
2.1 综述.....	14
2.2 时间.....	18
2.3 多工况的用法.....	22
2.3.1 多工况分析.....	22
2.3.2 轴对称-3D 分析与温度载入.....	26
2.4 重新启动.....	28
第 3 章 单元类型的选择.....	31
3.1 综述.....	31
3.1.1 单元的拓扑结构.....	31
3.1.2 MSC.Patran/Marc 中单元的其他特点.....	31
3.1.3 单元的选定.....	33
3.2 实体单元.....	34
3.2.1 完全积分单元与剪力自锁.....	36
3.2.2 减缩积分单元与沙漏问题.....	37
3.2.3 假定应变单元与网格扭曲.....	38
3.2.4 二阶减缩积分单元.....	39
3.2.5 HERRMANN 单元.....	40
3.2.6 实体单元选择的基本原则.....	40

3.3	壳单元.....	41
3.3.1	壳单元的结果.....	42
3.3.2	壳单元的应力方向.....	43
3.3.3	MSC.Patran/Marc 中壳单元及其属性的定义.....	43
3.4	梁单元.....	44
3.5	多点约束.....	47
3.6	特殊单元.....	49
3.6.1	GAP 单元.....	49
3.6.2	CABLE 单元.....	50
3.6.3	REBAR 单元.....	51
3.7	网格自适应与重划分.....	53
3.7.1	误差准则.....	54
3.7.2	网格重划分的控制准则.....	55
3.7.3	MSC.Patran/Marc 中网格自适应与重划分的实现.....	55
3.8	循环对称.....	57
第 4 章	非线性分析.....	59
4.1	非线性分析分类.....	59
4.1.1	材料非线性.....	60
4.1.2	几何非线性.....	60
4.1.3	边界非线性.....	61
4.2	求解控制.....	62
4.3	收敛测试.....	64
4.3.1	残差准则.....	64
4.3.2	位移准则.....	65
4.3.3	应变能测试准则.....	66
4.3.4	MSC.Patran/Marc 中收敛测试的定义.....	67
4.4	加载与增量步策略.....	70
4.4.1	载荷增量.....	70
4.4.2	固定步长载荷增量大小的选择.....	71
4.4.3	自动载荷步长.....	72
4.4.4	弧长法.....	74
4.4.5	弧长法在 MSC.Patran/Marc 中的使用.....	79
4.5	实例：集中力作用下的悬臂梁.....	81
4.5.1	问题描述.....	81
4.5.2	基于小变形理论的线性分析过程.....	81
4.5.3	基于大变形理论的分析过程.....	93

第 5 章 材料本构关系	98
5.1 综述	98
5.2 弹性与弹塑性	99
5.2.1 弹性	99
5.2.2 弹塑性	102
5.2.3 理想塑性与刚塑性	112
5.3 蠕变	113
5.3.1 概述	113
5.3.2 蠕变现象	113
5.3.3 本构方程	114
5.3.4 在 MSC.Patran/Marc 中进行蠕变分析	115
5.4 超弹性	117
5.4.1 概述	117
5.4.2 体积不可压缩性及 Herrmann 单元	117
5.4.3 弹性体的宏观行为	118
5.4.4 常用超弹性材料的本构关系	119
5.4.5 在应力函数中采用 Lagrange 乘子	122
5.4.6 MSC.Patran/Marc 中超弹性材料参数的定义	122
5.5 粘弹性	125
5.5.1 概述	125
5.5.2 粘弹性本构关系	126
5.5.3 MSC.Patran/Marc 中粘弹性本构关系的定义	128
5.6 材料的失效	129
5.6.1 失效准则	129
5.6.2 MSC.Patran/Marc 失效准则的定义	130
5.7 材料的各向异性行为与复合材料	131
5.7.1 概述	131
5.7.2 层合复合材料	131
5.7.3 MSC.Patran/Marc 中定义复合材料模型	132
5.8 材料参数拟合	133
5.8.1 概述	133
5.8.2 材料试验	134
5.8.3 MSC.Patran/Marc 中的材料参数拟合	135
5.9 实例：单向拉伸过程分析	140
5.9.1 问题描述	140
5.9.2 分析过程	140

第 6 章 大位移和屈曲	153
6.1 综述	153
6.2 大位移与大变形问题的有限元法	154
6.3 屈曲分析	159
6.4 材料非线性与屈曲/失稳分析	166
6.5 其他几何非线性问题	166
6.6 实例：盒形梁的屈曲分析	168
6.6.1 问题描述	168
6.6.2 分析过程	169
6.7 实例：复合材料套管的屈曲分析	195
6.7.1 问题描述	195
6.7.2 分析过程	195
第 7 章 接触分析	218
7.1 综述	218
7.1.1 表面间的相互作用	218
7.1.2 接触问题的描述方法	219
7.1.3 MSC.Patran/Marc 软件提供的接触算法	220
7.1.4 接触算法的基本流程	221
7.2 接触体的定义和运动描述	222
7.2.1 可变形接触体的定义	222
7.2.2 刚性接触体的定义	223
7.2.3 允许传热分析的刚性接触体的定义	225
7.2.4 刚体运动描述	225
7.2.5 描述刚体运动的初始条件	226
7.2.6 MSC.Patran/Marc 中接触体的定义	226
7.3 接触探测	231
7.3.1 接触容限	231
7.3.2 偏斜系数	233
7.3.3 接触检查顺序	233
7.3.4 MSC.Patran/Marc 中接触探测的定义	234
7.4 模拟摩擦	236
7.4.1 滑动库仑摩擦模型	236
7.4.2 剪切摩擦	238
7.4.3 粘-滑摩擦模型	239
7.4.4 其他摩擦模型	240
7.4.5 关于摩擦的其他说明	240
7.4.6 MSC.Patran/Marc 中摩擦参数的定义	240

7.5 模拟分离	242
7.5.1 设置分离力	242
7.5.2 分离后释放接触反力	242
7.5.3 控制节点分离的发生	242
7.5.4 MSC.Patran/Marc 模拟分离的定义	243
7.6 施加接触约束以及修改接触约束	244
7.6.1 刚体与变形体之间的接触约束	244
7.6.2 变形体与变形体的接触约束	244
7.6.3 接触约束的满足与接触体定义顺序的关系	245
7.7 其他接触功能	246
7.7.1 粘合	246
7.7.2 释放	246
7.7.3 过盈检查/过盈闭合量设置	247
7.7.4 对称平面	247
7.8 MSC.Patran/Marc 中定义接触问题	247
7.8.1 接触问题定义过程	247
7.8.2 定义包含接触的工况	248
7.8.3 接触表的设置	248
7.9 MSC.Patran/Marc 中接触分析的结果输出	251
7.10 接触分析中的出错处理	253
7.11 实例：橡胶密封分析	254
7.11.1 问题描述	254
7.11.2 分析过程	255
7.12 实例：销-扣的插入与拔出过程分析	274
7.12.1 问题描述	274
7.12.2 分析过程	275
7.13 实例：曲别针成形过程分析	295
7.13.1 问题描述	295
7.13.2 分析过程	296
第 8 章 热分析	315
8.1 综述	315
8.2 热分析方程及边界条件	315
8.2.1 热传导问题的数学描述	315
8.2.2 热传导问题的有限元法	316
8.3 非线性热传导分析的收敛判定	319
8.3.1 非线性热传导有限元分析	319
8.3.2 设置判定迭代收敛的控制参数	323
8.3.3 最小初始步长的确定	325

8.4	用 MSC.Patran/Marc 实施传热分析	326
8.4.1	MSC.Patran/Marc 提供的热传导单元	326
8.4.2	常规传热分析的数据定义流程	327
8.5	实例：结构的稳态热传导分析	331
8.5.1	问题描述	331
8.5.2	分析过程	332
8.6	实例：瞬态热传导分析	341
8.6.1	问题描述	341
8.6.2	分析过程	342
第 9 章	热-结构耦合分析	357
9.1	综述	357
9.2	场序热-结构耦合分析	358
9.2.1	热应力分析	358
9.2.2	热膨胀	363
9.3	完全热-结构耦合分析	364
9.3.1	边界条件的定义	365
9.3.2	材料本构关系的定义	367
9.3.3	耦合问题的求解方法	368
9.4	实例：利用瞬态热传导分析结果进行热应力分析问题描述	370
9.4.1	问题描述	370
9.4.2	分析过程	370
9.5	实例：铝压圈的热-机耦合分析	380
9.5.1	问题描述	380
9.5.2	分析过程	380
第 10 章	动力学分析	405
10.1	综述	405
10.2	特征值问题	405
10.2.1	数学列式	405
10.2.2	求解特征值的数值技术	406
10.2.3	刚体模态	408
10.3	简谐分析	409
10.3.1	复数算式	409
10.3.2	采用 MSC.Patran/Marc 进行简谐分析	409
10.4	阻尼模型	410
10.4.1	减振器及粘性阻尼	410
10.4.2	模态阻尼	413
10.4.3	瑞利阻尼	413

10.4.4	数值阻尼	414
10.5	谱响应分析	415
10.5.1	基于谱密度的大地运动	415
10.5.2	刚体基运动引起的结构激励	417
10.5.3	利用 MSC.Patran/Marc 程序进行谱响应分析	420
10.6	线性动力瞬态分析	421
10.6.1	线性动力学分析基础	421
10.6.2	直接积分方法	422
10.6.3	模态叠加法	424
10.6.4	精度和稳定性	424
10.6.5	时间步长的选择	424
10.7	非线性瞬态分析	425
10.7.1	非线性方程的直接积分	426
10.7.2	塑性的影响	427
10.7.3	几何非线性	427
10.7.4	非线性加载和边界条件	427
10.7.5	精度和稳定性	428
10.8	利用 MSC.Patran/Marc 进行瞬态分析	429
10.9	实例：传输塔的频率响应分析	429
10.9.1	问题描述	429
10.9.2	分析过程	429
10.10	实例：悬臂盒形梁线性瞬态分析	445
10.10.1	问题描述	445
10.10.2	分析过程	446
10.11	实例：传输塔的频谱响应分析	471
10.11.1	问题描述	471
10.11.2	分析过程	473
	主要参考文献	484

第 1 章 概 述

1.1 MSC.Software 公司简介

MSC.Software 公司是世界领先的仿真软件及其相关服务和系统的供应商。MSC.Software 公司可帮助用户在产品的设计、测试和制造阶段节约时间、降低成本。MSC.Software 公司 1963 年创建于美国洛杉矶, 经过 40 年的发展, 已成为全球最大的工程校验、有限元分析和计算机仿真预测应用软件 (CAE) 供应商。MSC.Software 的旗舰产品 MSC.Nastran 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。

自 1983 年成为上市公司以来, MSC.Software 通过并购、合作、重组得到了迅速发展:

- 1989 年收购闻名于国防、核能和汽车行业的流体 CAE 软件公司 Pisces International;
- 1993 年收购著名 CAD 供应厂商 Aries Technology 公司;
- 1994 年收购当时全球第二大 CAE 公司 PDA Engineers;
- 1998 年收购机构动力学和运动学仿真软件公司 Knowledge Revolution;
- 1999 年收购顶尖的高度非线性 CAE 软件公司 MARC;
- 2001 年与 IBM 和达索 (Dassault System) 公司结成全球性战略联盟, 共同向市场提供“产品生命周期管理”产品, 即 PLM (Product Lifecycle Management) 产品;
- 2001 年收购 IBM 和达索公司在美国最大的合作伙伴 AES 公司;
- 2002 年收购全球机构动力学仿真的权威 MDI 公司。

并购及重新集成的 MSC.Software 产品可满足多个层次的用户需求:

- 低端桌面级设计工具;
- 中端专业级仿真软件;
- 高端企业级分析平台。

利用完整的产品线、丰富的工程应用专业经验和完善的技术服务、技术咨询体系, MSC.Software 在全球 CAE 市场赢得了超过 40% 的份额, 高居 MCAE 业界榜首。2001 年以来, MSC.Software 为全球制造业及相关行业提供 CAD/CAM/CAE/PLM 软件以及服务和系统的全面解决方案, 已从单纯的 CAE 公司发展成为面向制造业的软件、服务、系统及工程咨询一体化的集团公司。

MSC.Software 的产品被广泛应用于许多行业的工程仿真分析, 包括国防、航空航天、机械制造、汽车、船舶、兵器、电子、铁路、石化、能源、材料工程、科学研究及教育等领域, 其用户遍及世界 100 多个国家和地区的主要设计制造工业公司和研究机构, 涉

及到全球 92%的机械设计制造部门、97%的汽车制造商和零部件供应商、95%的航空航天公司和 98%的国防及军事研发部门。

MSC.Software 公司在 40 年的发展历程中，始终引领着世界 CAE 领域的发展方向，不断推出面向客户最新需求的仿真工具。其产品作为世界公认的 CAE 工业标准，获得了多种权威机构的质量认证，例如 MSC.Nastran 软件获得了美国联邦航空管理局 (FAA) 认证，被指定为领取飞行器适航证的惟一验证软件；MSC.Marc 软件通过了 ISO9001 质量认证。在中国，MSC.Software 公司的产品作为与压力容器行业标准 (JB4732-95) 相适应的设计分析软件，全面通过了 (中国) 全国压力容器技术委员会认证；此外，MSC.Nastran 还成为中国船级社指定的船舶分析验证软件 (CCS.CC (1997) 118 附件)；MSC.Software 公司还与上海汽车总公司达成合作联盟，以大力推广 MSC.Software 的产品、技术及咨询服务。

1. 技术支持

MSC.Software 为帮助用户高效地使用其产品，在全球的数十个国家和地区，设立了分支机构或全职代理，为用户提供了广泛的技术服务和网络支持。服务内容主要包括基本的技术支持和热线服务、国内外高级专家指导、MSC.Software 工学院培训、定期召开的用户年会等。

在中国，MSC.Software 北京、上海、成都、深圳等办事处的开设，为 MSC.Software 产品的工程应用提供了可靠的技术保障；同时，MSC.Software 在北京、上海、成都、西安、长春等地设立了技术培训中心，为广大中国用户提供全方位、深层次的技术服务。MSC.Software 还通过定期召开的中国用户年会为用户提供横向交流的机会。

2. 咨询服务

MSC.Software 中国研发中心 (简称 CSC) 是专门从事国内外专业工程咨询项目的部门，它拥有工程经验丰富的专业人员，至今已完成数十项工程咨询项目，得到了国内外客户的广泛好评。CSC 可为客户提供的专业化咨询服务项目包括以下两个方面。

- 产品开发和工程咨询服务：凭借专业人员丰富的工程经验和项目咨询的积累，并利用 MSC.Software 分布全球的技术专家，为客户提供专业级的产品设计和工程分析服务，解决客户遇到的各种纷繁复杂的工程问题；
- 产品开发流程的自动化服务：为产品开发流程提供咨询服务，并帮助实施产品开发流程的自动化，开发出既有企业自身特点又符合国际标准的 CAD/CAE 自动化专家分析系统。

1.2 MSC.Marc 概况

通常所说的 MSC.Marc 软件包括两部分：高度非线性有限元分析模块和作为 MSC.Marc 的前后处理图形对话界面的 MSC.Mentat。两者严密集成后成为解决复杂工程问题及完成学术研究的高级通用有限元软件。另外，MSC.Marc 可以采用 MSC.Patran 作

为它的前后处理图形对话界面，完成绝大部分的工程分析和学术研究。

1. MSC.Mentat

MSC.Mentat 是新一代非线性有限元分析的前后处理的图形交互界面，与 MSC.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, C-MOLD, IGES, MSC.Nastran, MSC.Patran, IDEAS, VDAFS 及 STL 等。

2. MSC.Marc

MSC.Marc 是功能齐全的高级非线性有限元软件的求解器，是 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。它提供了丰富的结构单元、连续单元和特殊单元的单元库。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特性的材料模型，分析采用了具有高数值稳定性、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 提供了多种功能强大的加载步长自适应控制技术，自动确定分析加载步长。MSC.Marc 卓越的网格自适应技术，由多种误差准则自动调节网格疏密，既可保证计算精度，同时也使非线性结构的计算效率大大提高。此外，MSC.Marc 支持全自动网格重划分，用以纠正过度变形后产生的网格畸变，确保大变形分析的顺利进行。

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，MSC.Marc 也提供了相应的分析求解能力；MSC.Marc 还具有模拟流-热-固、土壤渗流、声-结构、耦合电-磁、电-热以及热-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。这些用户子程序接口几乎覆盖了 MSC.Marc 有限元分析的所有环节，从几何建模、网格划分、边界条件定义、材料选择到分析求解、结果输出，用户都能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 MSC.Marc 有限元软件的分析能力。

MSC.Marc 除了支持单 CPU 分析外，还支持 Windows NT 或 UNIX 平台上的多 CPU 分析和多网络节点环境下大规模并行处理。MSC.Marc 基于区域分解法的并行有限元算法，能够最大限度地实现有限元分析过程中的并行化，并行效率可达准线性甚至线性或超线性。MSC.Marc 并行处理的强大计算能力可为虚拟产品运行过程和加工过程提供更快、更细、更准确的仿真结构。

1.3 MSC.Patran 概况

1. MSC.Patran 及其主要特点

MSC.Patran 软件是有限元分析前后处理软件,它可使用户通过图形交互界面方便地完成网格划分、模型描述等工作,以把工程分析人员从繁重的数据准备工作中解脱出来;并且能将计算结果以多种方式提供给用户,以使用户在方便时获取信息并完成处理后。目前,该软件已广泛应用于航空航天、汽车、造船及国防等各大领域。

作为目前应用最广泛的有限元分析前后处理系统, MSC.Patran 具有以下特点。

1) 开放的工程分析框架结构:如图 1-1 所示,通过 DGA (Direct Geometry Access, 直接几何访问) 技术, MSC.Patran 可以直接从各 CAD 软件中抓取几何模型,也可以利用其自身工具建立几何模型;然后, MSC.Patran 可以最大限度地创建一个模型供多个程序进行分析。例如,直接从 Pro/E, CATIA, Unigraphics, SolidWorks, Euclid 等软件中读取几何模型,创建分析模型分别供 MSC.Marc, MSC.Nastran, MSC.Dytran, Abaqus 等进行分析。另外, MSC.Patran 还可以直接访问 MVISION 材料信息系统,方便地将子分析模型合并,实现数据的充分共享。可见, MSC.Patran 是连接 CAD 软件与分析求解器、材料和边界等模型的桥梁。

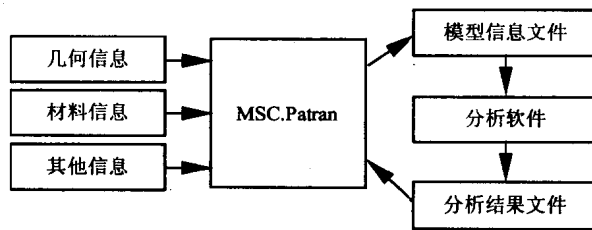


图 1-1 工程分析框架结构

2) 实用性: 用户界面易于使用且方便记忆。

3) CAD 模型的直接访问和几何建模: 采用直接几何访问技术, 从目前使用的各种 CAD/CAM 系统中读取几何模型以及参数和特征。MSC.Patran 还提供基于 Parasolid 的完善的独立几何建模和编辑工具。

4) 智能化模型处理: MSC.Patran 允许用户直接在几何模型上设定载荷、边界条件、材料和单元特性, 并将这些信息自动地转换成相关的有限元信息。所有的分析结果均实现可视化。

5) 自动有限元建模: 除很多智能化工具外, 还提供了自动网格及工业界最先进的映射网格划分功能。

6) 完全的分析集成: 将现有的各种分析软件和技术集成到 MSC.Patran 一个公共的环境中, 共用一个模型。

7) 数据库不同平台相互兼容: MSC.Patran 的统一数据库可使用户实现不同工作平台间的数据相互传递和资源共享。

8) 用户化技术: 用户可将 MSC.Patran 作为自己的前后处理工具, 并利用其强大的 PCL 语言和编程函数库, 在 MSC.Patran 的框架系统中直接嵌入自行开发的应用程序和功能, 也可嵌入针对特殊要求开发的内容。

9) 结果可视化处理: MSC.Patran 丰富的结果后处理功能可使用户直观的显示所有的分析结果, 在产品投放市场前对产品性能进行认定, 并可通过图表文件等方式进行文档整理。

10) 开放的软件开发环境: MSC.Patran 为用户提供了一种全功能的计算机编程语言——PCL 语言。PCL 程序的结构类似于 C 程序, 几乎具有标准 C 的全部功能。此外, 借助于 PCL 语言还能方便地编制 MSC.Patran 风格的 Motif 界面, 允许用户读写 MSC.Patran 数据库中的全部信息。所以, MSC.Patran 是结合不同领域的用户特点进行专用软件二次开发的强有力的软件平台。

2. MSC.Patran 进行前后处理的一般流程

使用 MSC.Patran 进行工程分析的前后处理, 一般流程如图 1-2 所示。

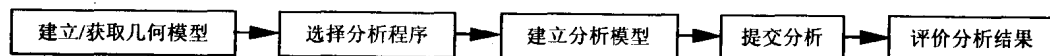


图 1-2 MSC.Patran 进行前后处理的一般流程

1.4 MSC.Marc Preference

MSC.Patran/Marc 包括一个将 MSC.Patran 与 MSC.Marc 连接起来的模块——MSC.Marc Preference。通过在 MSC.Patran 中设定 MSC.Marc 为求解器, MSC.Marc Preference 可以定制 MSC.Patran 的特定属性, 包括多点约束、材料和单元属性, 载荷与边界条件 (包括接触) 以及分析参数的设置。

MSC.Marc Preference 包括以下组件:

1) 一个包含在 PCL 库 p3patran.plb 中的 PCL 函数, 该函数将 MSC.Marc 所需的特定内容随时添加到还未包含此定义内容的 MSC.Patran 数据库中;

MSC.Patran/Marc 安装目录下, 即环境变量中 “\$P3_HOME” 设置的 P3_HOME 目录下, 名为 mscmarc.plb 的 PCL 库, MSC.Patran 使用该库显示求解器特定的作业参数、求解参数等, Analysis Preference 被设置为 MSC.Marc 时该库会被自动调用;

2) 包含在 \$P3_HOME/bin/exe 目录下的 3 个可执行程序 marcp3, marpat3 和 pat3mar, 这些程序将 MSC.Marc 文件中的信息转换成 MSC.Patran 数据库文件中的信息, 或将 MSC.Patran 数据库转换成 MSC.Marc 输入文件, 这些程序可独立于 MSC.Patran 运行, 且通常对用户是透明的;

3) 包含在 \$P3_HOME/bin/exe 目录或 \$P3_HOME/lib 目录下的脚本文件、可执行和/或共享库, 它们控制上述可执行程序的执行及 MSC.Marc 分析作业的提交;

4) MSC.Marc Preference 指南。

如上所述, MSC.Patran/Marc 中除包含 MSC.Patran 和 MSC.Marc 外, 还包含