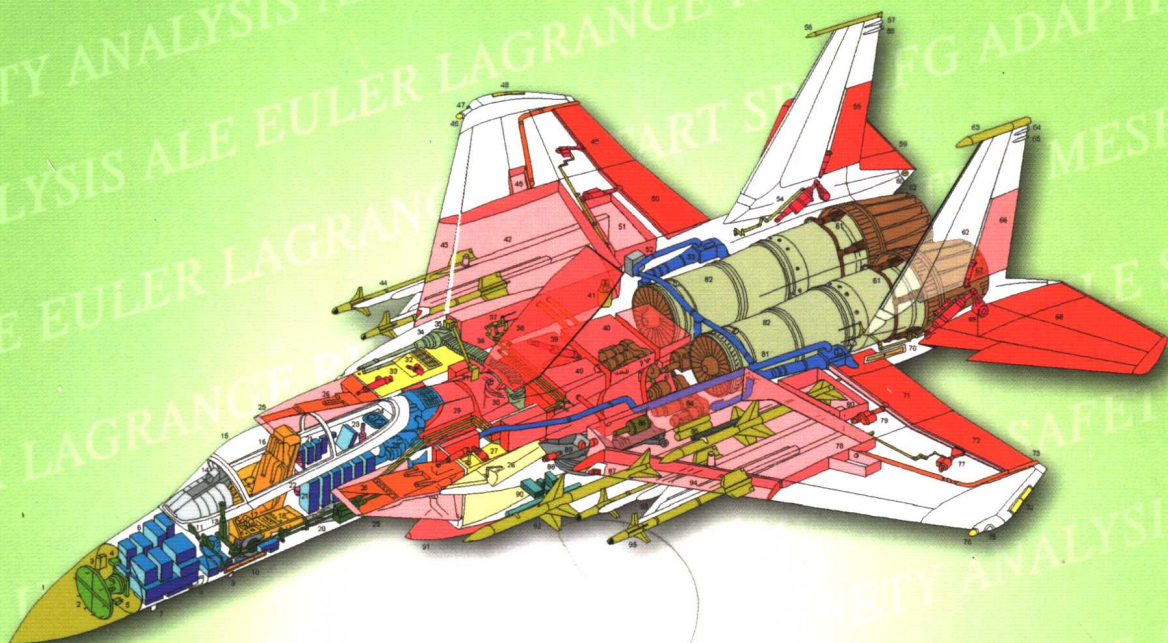


万水

ANSYS技术丛书



李裕春 时党勇 赵 远 编著

ANSYS 11.0

LS-DYNA

基础理论与工程实践



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TB115/72

2008

万水 ANSYS 技术丛书

ANSYS 11.0/LS-DYNA 基础理论与工程实践

李裕春 时党勇 赵 远 编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书全面介绍了大型非线性有限元程序 LS-DYNA 的接触碰撞、隐式分析、热传递、流固耦合、不可压缩流场、自适应网格、重启动、SPH 及 EFG 方法等功能的基本理论,详细解释了相关关键字的含义和使用方法及注意事项,并对 ANSYS/LS-DYNA 在诸多工程领域的应用给出了相应的分析实例,内容涉及电路板受力分析、手机壳体振动分析、水下爆炸分析、汽车碰撞分析、气囊展开分析、水箱跌落分析、弹丸侵彻分析、摩擦生热分析、振动模态分析、金属成形、薄板冲压等。本书算例模型准确,步骤简明扼要,可操作性强,读者可以参照书中实例举一反三。

本书可以作为理工院校、科研院所相关专业高年级学生、研究生及教师学习使用 ANSYS/LS-DYNA 的教材或参考用书,也可以作为汽车、国防军工、电子、航空航天、土木、机械等行业的工程技术人员学习 ANSYS/LS-DYNA 的参考资料。该书不仅可以为 LS-DYNA 新用户大量帮助,也可作为 LS-DYNA 中高级用户的参考用书。

本书实例的建模文件可直接到中国水利水电出版社网站 (<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>) 免费下载。

图书在版编目 (CIP) 数据

ANSYS 11.0/LS-DYNA 基础理论与工程实践 / 李裕春等
编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

(万水 ANSYS 技术丛书)

ISBN 978-7-5084-5103-9

I. A… II. 李… III. 有限元分析—应用程序, ANSYS
11.0 IV. O241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 175973 号

书 名	ANSYS 11.0/LS-DYNA 基础理论与工程实践
作 者	李裕春 时党勇 赵 远 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@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	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	787mm×1092mm 16 开本 30.5 印张 752 千字
版 次	2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	68.00 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

随着计算机软、硬件技术的迅猛发展, CAD/CAM/CAE 技术日趋成熟, 计算机应用遍及各类工程和技术研究领域。有限元软件是数学、力学及计算机技术完美融合的结晶, 在土木、机械、电子、能源、冶金、制造、国防军工、航空航天等诸多领域均得到极为广泛的使用。LS-DYNA 是著名的非线性动力分析程序, 在世界范围内拥有广泛的用户群。自从 20 世纪 90 年代引入国内以来, LS-DYNA 在各个大学、科研院所和公司企业得到越来越广泛的应用。

目前国内 LS-DYNA 的中文参考资料较少。笔者从 20 世纪 90 年代中期开始, 一直使用 LS-DYNA 从事教学和科研实践活动, 对 LS-DYNA 有较为深入的学习和研究, 积累了相当多的学习经验和心得。考虑到广大用户的需求, 本着理论性丰富、可操作性好、实用性强、内容尽量广泛的原则, 整理编写了本书。本书内容涵盖 LS-DYNA 用户关心的诸多工程领域, 包括电路板受力分析、手机壳体振动分析、水下爆炸分析、汽车碰撞分析、气囊展开分析、水箱跌落分析、弹丸侵彻分析、自摩擦生热分析、振动模态分析、金属成形、薄板冲压等方面, 所有计算实例都经过精心选择和设计, 希望能为 LS-DYNA 有限元软件在国内工程界的应用推广起到一定的促进作用。

全书共分为 10 章, 第 1 章对 LS-DYNA 软件功能进行简明扼要的介绍, 第 2 章至第 10 章均针对 LS-DYNA 软件的特定功能进行理论介绍和实例分析, 并对相关关键字进行详细解释, 主要包括 LS-DYNA 的接触碰撞、隐式分析、热分析、流构耦合、不可压缩流体、重启动、自适应网格、SPH 和 EFG 方法等内容, 涉及到 LS-DYNA 软件的绝大部分功能。

LS-DYNA 的学习基本上可以分为三个层次:

- (1) 掌握 LS-DYNA 求解的基本过程, 能按照书中提示、求解步骤完成各计算实例的建模、求解、后处理。
- (2) 熟悉关键字含义、不同问题的求解思路、算法, 能参照书中实例完成类似问题的求解。
- (3) 能熟练阅读、理解各类 LS-DYNA 参考文献, 对各式新问题能形成自己的解题思路。

DYNA 的使用涉及多方面的知识, 过程繁复, 需具有清晰的求解思路和较深厚的力学基础才能获取有意义的计算结果。初学者习惯于通过改写别人的 K 文件来完成自己的计算, 这样极大降低了难度。这是常用的并且非常有效的一种 DYNA 学习方式, 但前提是要能看懂别人的代码, 面对具体问题知道哪些是可以利用的, 哪些应该摒弃。对基本求解过程和单元算法、关键字含义的熟练掌握是应用 DYNA 解决实际问题的前提。

对初学者而言, 不必贪多求快、贪大求全, 一定要认真揣摩实例 K 文件的含义, 学会改写 K 文件, 为自己的算例求解提供方便, “真正的 LS-DYNA 用户自己编写 K 文件, 聪明的 LS-DYNA 用户改写别人的 K 文件”。

扪心自问, 我们本着严谨务实求真的态度进行写作, 竭诚为读者服务是我们的第一目

的和唯一目的。读者从书中得到的收益是对我们最好的鼓励和回报。

不少用户反映，DYNA 极其难学。须知业精于勤荒于嬉，书山有路勤为径，学海无涯苦作舟。希望广大读者踩着我們搭建的这个简易平台，采摘自己的 DYNA 成果。如果我们的著作能对读者应用 DYNA 解决实际问题偶有裨益，吾心足矣。

术业有专攻，谬误之处恳请读者斧正，因为读者是最好的老师。用户如有对有限元资料、软件的需求可 email 至 pla414100@sina.com。

作者

2007 年 12 月

目 录

前言

第 1 章 LS-DYNA 简介	1
1.1 有限元思想	1
1.2 有限元软件概述	2
1.2.1 MSC	3
1.2.2 ANSYS	5
1.2.3 ADINA	14
1.2.4 Dynaform	15
1.2.5 其他软件	15
1.2.6 建模工具	17
1.3 LS-DYNA 发展概况	19
1.4 LS-DYNA 功能特点	20
1.5 ANSYS 11.0/LS-DYNA 计算流程	35
1.5.1 前处理	37
1.5.2 求解	59
1.5.3 后处理	71
第 2 章 电子产品分析	81
2.1 电子产品分析概述	81
2.1.1 问题种类	82
2.1.2 典型分析	83
2.2 电视机壳体跌落分析	86
2.2.1 问题描述	86
2.2.2 求解分析	87
2.2.3 计算步骤	88
2.2.4 输入文件	95
2.2.5 后处理	99
2.3 手机壳体振动分析	102
2.3.1 问题描述	102
2.3.2 求解分析	103
2.3.3 输入文件	104
2.3.4 后处理	105
2.4 电路板受力分析	109

2.4.1	问题描述	109
2.4.2	求解分析	110
2.4.3	输入文件	111
2.4.4	后处理	115
第 3 章	接触碰撞分析	118
3.1	接触碰撞分析概述	118
3.1.1	接触碰撞的类型	118
3.1.2	接触碰撞的基本算法	119
3.1.3	接触界面定义及控制	124
3.1.4	接触分析注意事项	133
3.1.5	接触分析相关关键字	134
3.2	长杆弹体侵彻靶板分析	158
3.2.1	问题描述	158
3.2.2	求解分析	158
3.2.3	输入文件	159
3.2.4	后处理	162
3.3	简易汽车碰撞分析	165
3.3.1	问题描述	165
3.3.2	求解分析	166
3.3.3	输入文件	166
3.3.4	后处理	171
3.4	气囊展开分析	174
3.4.1	问题描述	174
3.4.2	求解分析	175
3.4.3	输入文件	175
3.4.4	后处理	182
第 4 章	隐式分析	186
4.1	LS-DYNA 隐式分析概述	186
4.1.1	隐式分析的特点和功能	186
4.1.2	隐式分析理论基础	188
4.1.3	隐式分析相关关键字	197
4.1.4	隐式分析相关概念	209
4.2	汽车保险杠受撞分析	217
4.2.1	问题描述	217
4.2.2	求解分析	217
4.2.3	输入文件	219
4.2.4	后处理	223

4.3	手机壳体的特征值分析	227
4.3.1	问题描述	227
4.3.2	求解分析	228
4.3.3	输入文件	229
4.3.4	后处理	231
第 5 章	流构耦合分析	234
5.1	流构耦合分析概述	234
5.1.1	ALE 方法简介	234
5.1.2	ALE 方法理论基础	236
5.1.3	ALE 方法相关关键字	246
5.2	金属挤压成形分析	273
5.2.1	问题描述	273
5.2.2	求解分析	273
5.2.3	输入文件	274
5.2.4	后处理	279
5.3	近水面爆炸效应分析	280
5.3.1	问题描述	280
5.3.2	求解分析	281
5.3.3	输入文件	282
5.3.4	后处理	288
5.4	水箱跌落分析	290
5.4.1	问题描述	290
5.4.2	求解分析	291
5.4.3	输入文件	291
5.4.4	后处理	294
第 6 章	热分析	297
6.1	热传导分析概述	297
6.1.1	如何应用 LS-DYNA 进行热传导分析	297
6.1.2	热传导基本理论	299
6.1.3	热传导分析相关的关键字	302
6.1.4	典型的热相关问题	315
6.2	热固耦合分析	318
6.2.1	问题描述	318
6.2.2	建模分析	318
6.2.3	求解步骤	319
6.2.4	输入文件	329
6.2.5	后处理	335

6.3	摩擦生热问题	339
6.3.1	问题描述	339
6.3.2	求解分析	340
6.3.3	输入文件	341
6.3.4	后处理	345
6.4	薄板冲压的热问题分析	348
6.4.1	问题描述	348
6.4.2	求解分析	348
6.4.3	输入文件	349
6.4.4	后处理	354
第 7 章	不可压缩流场分析	359
7.1	不可压缩流场分析概述	359
7.1.1	不可压缩流场分析特点	359
7.1.2	不可压缩流场分析理论基础	360
7.1.3	不可压缩流场分析相关关键字	369
7.2	不可压缩流场实例分析	380
7.2.1	问题描述	380
7.2.2	求解分析	381
7.2.3	输入文件	381
7.2.4	后处理	388
7.3	管鞘流动分析	391
7.3.1	问题描述	391
7.3.2	求解分析	392
7.3.3	输入文件	392
7.3.4	后处理	396
第 8 章	重启动分析	398
8.1	重启动分析简介	398
8.2	简单重启动	399
8.3	小型重启动	399
8.4	完全重启动	400
8.5	重启动分析关键字	401
8.6	重启动分析实例	403
8.6.1	改变载荷	403
8.6.2	改变速度	406
8.6.3	增加新的材料	411
第 9 章	自适应网格方法	416
9.1	自适应网格方法简介	416

9.2	h-adaptive 方法和 r-adaptive 方法	417
9.3	自适应网格划分实例	419
9.3.1	圆管碰撞	419
9.3.2	泰勒杆冲击	424
9.3.3	弹体侵彻	429
第 10 章	SPH 和 EFG 方法	434
10.1	无网格方法简介	434
10.2	SPH 方法的特点和基本理论	437
10.3	SPH 方法实例分析	439
10.3.1	弹体侵彻靶板的 FE/SPH 耦合计算	439
10.3.2	两梁碰撞	461
10.4	EFG 方法的特点和基本理论	465
10.5	EFG 方法实例分析	467
附录 1	单位制	471
附录 2	LS-DYNA 材料模型应力—应变数据类型	472
附录 3	LS-DYNA ver.971 接触类型一览	475
附录 4	金属在大变形、高应变率和高温条件下的本构模型和数据	477
参考文献		478

第 1 章 LS-DYNA 简介

LS-DYNA 作为世界上最著名的以显式为主、隐式为辅的通用非线性动力分析有限元程序,能够模拟真实世界的各种复杂问题,特别适合求解各种二维、三维非线性结构的高速碰撞、爆炸和金属成形等非线性动力冲击问题,同时可以求解传热、流体及流固耦合问题,是显式有限元理论和程序的鼻祖,在工程应用如汽车安全性设计、武器系统设计、金属成形、跌落仿真等领域被广泛认可为最佳的分析软件包。

本章具体介绍 LS-DYNA 的产生背景、基本操作过程、具体应用领域、理论概要,方便读者阅读后续章节中 DYNA 求解过程的阐述以及各种实例的讲解。同时,笔者在多年的教学过程中注意到绝大部分初学者对目前诸多有限元软件的整体把握甚少,在软件的选择上无所适从,因而特对有限元思想予以概述,对主流有限元软件予以评点,用以强化读者的意识。

1.1 有限元思想

有限元分析是一种模拟设计载荷条件,并且确定在载荷条件下各类响应的方法。它用称为“单元”的离散块体来模拟实物。模型中所有单元响应的“和”给出了设计的总体响应。单元中未知量的个数是有限的,因此称为“有限单元”。

有限元法建立在固体流动变分原理基础之上。被分析物体离散成为许多小单元后,给定边界条件、载荷和材料特性,求解线性或非线性方程组,就可以得到分析对象的位移、应力、应变、内力等结果。借助现代的计算机技术,这些步骤都可以较快完成,并可使用图形技术显示计算结果。

这种包含有限个未知量的有限单元模型,只能近似反映具有无限未知量的实际系统的响应,但即便是这样,实际计算中往往只要求满足一定的精度要求就足够了,所以有限元法这种近似方法目前得到了极为广泛的使用,因为绝大多数实际问题都是非常难于获得解析解的。怎样做到最好的“近似”,依赖于所模拟的对象和模拟所采用的方式,例如图 1-1 (a) 所示实物,可近似简化为图 1-1 (b) 所示结构系统来进行有限元建模。

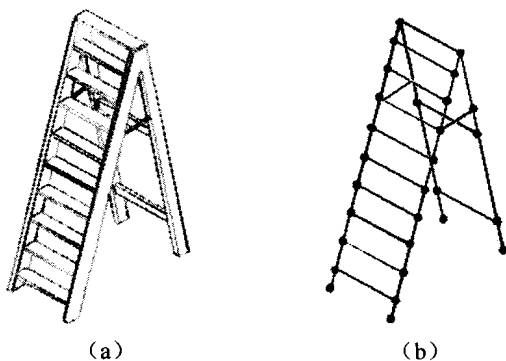


图 1-1 实物简化

有限元求解一般分为隐式分析、显式—隐式分析、显式分析三种。如图 1-2 所示结构分析为典型的静力分析， $\Sigma F=0$ ，采用隐式求解。

如图 1-3 所示为金属成形分析，是典型的准静态问题， $\Sigma F \approx 0$ ，采用显式—隐式求解。

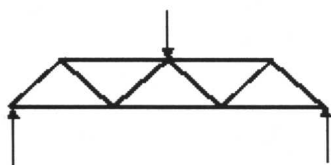


图 1-2 静力分析

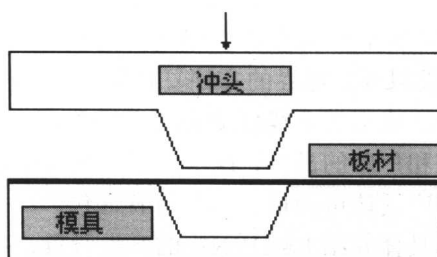


图 1-3 准静态分析

如图 1-4 所示碰撞分析是典型的动力分析， $\Sigma F=ma$ ，采用显式求解。

进行有限元分析的主要原因基本上可以概括如下：

- 无法或不必要获得精确解。
- 缩减试验次数。
- 进行不适合原型试验的设计，如图 1-5 所示的汽车碰撞分析。
- 节省费用和时间，缩短产品开发周期。

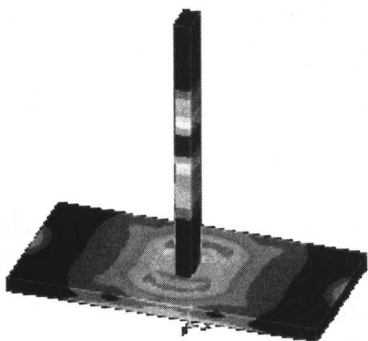


图 1-4 动力分析

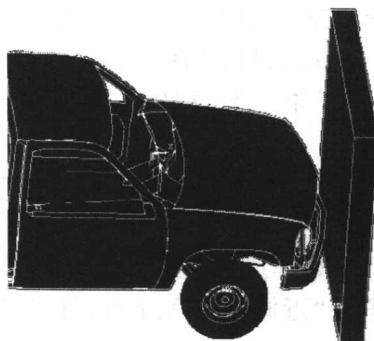


图 1-5 汽车碰撞分析

1.2 有限元软件概述

大型通用有限元软件以功能强、使用方便、计算结果可靠和效率高等特点而逐渐形成新的技术商品，成为工程分析强有力的工具。目前，有限元法在现代结构力学、热力学、流体力学和电磁学等许多领域都发挥着重要作用。我国科研院所、工程界比较流行、广泛使用的大型有限元软件主要有 MSC、ANSYS、Abaqus、Adina、Dynaform 和 Algor 等。总之，目前的商业软件不但功能几乎覆盖所有工程领域，使用也非常方便，具有一定理论基础的技术人员都可以在较短时间内具备实际分析能力，这也是有限元商业软件能被迅速推广的主要原因之一。

主流 CAE 软件的特点、功能综述如下。

1.2.1 MSC

MSC、ANSYS 是目前用户最多的两类有限元软件。MSC 软件的产品系列较多,不同的软件模块执行不同的分析功能,除了在 CFD 领域没有特别突出的模块外(通用有限元软件的 CFD 模块普遍不如专业 CFD 软件),在其他分析领域, MSC 的相应分析模块基本上都是最好的软件之一。

MSC 公司的主要产品及其功能简述如下。

MSC.PATRAN 是世界公认最佳的集几何访问、有限元建模、分析求解及数据可视化于一体的新一代框架式软件系统,通过其全新的“并行工程概念”和无与伦比的工程应用模块,将世界所有著名的 CAD/CAE/CAM/CAT(测试)软件系统及用户自编程序自然地融为一体。MSC.PATRAN 独有的 SGM(单一几何模型)技术可直接在几何模型一级访问各类 CAD 软件数据库系统,包括 UG、Pro/E、CATIA、CADDSS5、Euclid、Solid Edge、SolidWorks、MDT 及 I-DEAS 等任意 CAD/CAM 软件数据库。其主要功能是作为 MSC.NASTRAN 及其他 MSC 软件的前后处理软件,界面如图 1-6 所示。

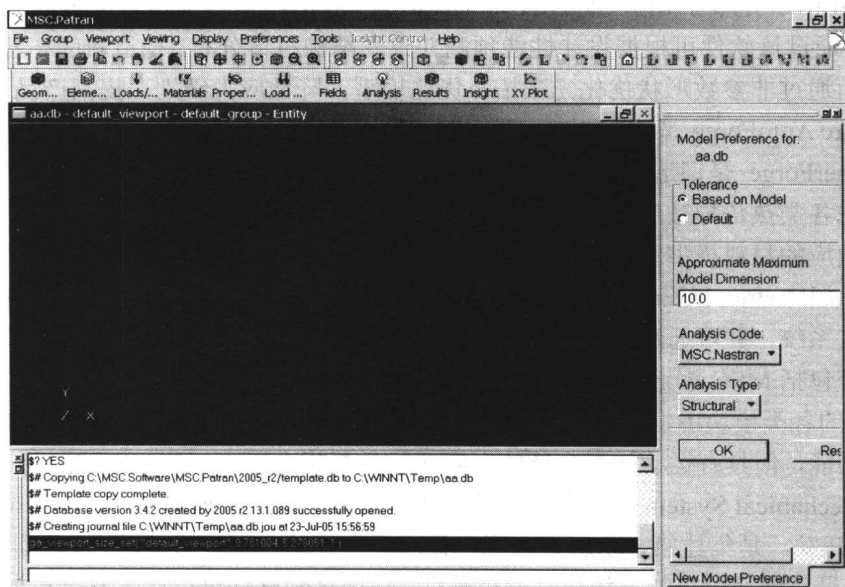


图 1-6 PATRAN 界面

MSC.NASTRAN 是世界上功能最全面、应用最广泛的大型通用结构有限元分析软件,同时也是工业标准的 FEA 源代码程序及国际合作和国际招标中工程分析和校验的首选工具,可以解决各类结构的强度、刚度、屈曲、模态、动力学、热力学、非线性、(噪)声学、流体—结构耦合、气动弹性、超单元、惯性释放及结构优化等问题。

MSC.DYTRAN 主要用于求解高度非线性、瞬态动力学、流体及流—固耦合等问题,与本书将重点介绍的 LS-DYNA 软件的基本功能类似。但 MSC.DYTRAN 是 LS-DYNA3D 与 PISCES 软件的集成产品,材料模型不丰富,对于岩土类问题的处理尤其如此;同时没有二维计算功能,

所有问题均按三维考虑,使计算量大幅度增加,在处理冲击问题的接触算法上远不如当前版的 LS-DYNA3D 全面。但 MSC.DYTRAN 对流—固耦合问题的求解功能非常强大。

MSC.FATIGUE 是专用的耐久性疲劳寿命分析软件系统,可用于零部件的初始裂纹分析、裂纹扩展分析、应力寿命分析、焊接寿命分析、随机振动寿命分析、整体寿命预估分析、疲劳优化设计等各种分析。同时该软件还拥有丰富的与疲劳断裂有关的材料库、疲劳载荷和时间历程库等,对分析的最终结果具有可视化特点。

MSC.MARC 是处理高度组合非线性结构、热及其他物理场和耦合场问题的利器,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。

MSC.MVISION 是现阶段国内外唯一全面的商品化材料数据信息系统。通过 MSC.MVISION,用户可得到最丰富、最广泛的材料数据信息,如材料的构成图像(含金相)、材料的成分含量、材料的各种特性数据、材料数据的测试环境信息、生产厂家及材料出厂牌号数据等,并可将材料特性作为设计变量用于设计、分析阶段的整个过程。MSC.MVISION 不是一个独立运行的软件,需要挂靠在 PATRAN 环境里使用。材料参数的准确程度对有限元分析结果的准确度影响极大,因此, MSC.MVISION 材料库给使用该软件的用户提供了一个有力的参考。

MSC.Construct 是基于 MSC.PATRAN 和 MSC.NASTRAN 用于拓扑及形状优化的概念化设计软件系统。通过该软件可根据设计性能预测并改变结构材料分布,构造新的拓扑关系和几何特征,并进而通过非参数形状优化光顺拓扑优化模型,降低应力级别,提高产品设计寿命。

MSC.Marc AutoForge 是 2D 和 3D 成形过程仿真的专用软件。

MSC.SuperForge 是锻造工艺过程数值仿真系统,适用于模拟冷锻、热锻及多道次加工,同时可以考虑各类热传导效应、塑性摩擦和库仑摩擦的影响,提供描述材料硬化、应变率敏感特性和温度效应的材料模型和材料库。

MSC.VisualNastran Desktop 是集有限元分析优化、机构运动学与动力学和可视化技术为一体的虚拟仿真系统,并可通过与 SolidWorks、SolidEdge、Pro/E 的无缝集成完成整个产品设计过程。该系统包括 MSC.Working Model Motion 全三维样机机构运动学及动力学仿真软件。

在 MSC 的各类模块中,需要特别介绍的是 MSC.ADAMS。有限元软件一般都具备结构分析这类常规功能,但具有运动仿真功能的有限元软件屈指可数。ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical System) 软件由美国 MDI (Mechanical Dynamics Inc) 公司(现已并入 MSC 公司)开发,是集建模、求解、可视化技术于一体的虚拟样机软件,也是世界上目前使用范围最广、最负盛名的机械系统仿真分析软件。使用这套软件可以产生复杂机械系统的虚拟样机,真实地仿真其运动过程,并且可以迅速分析和比较多种参数方案,直至获得优化的工作性能,从而大大减少了昂贵的物理样机制造及试验次数,提高了产品设计质量,大幅度地缩短产品研制周期和费用。

MSC.ADAMS 将强大的分析求解功能与使用方便的用户界面相结合,使该软件使用起来直观、方便,其主要特点包括:

- 利用交互式图形环境和零件库、约束库、力库建立机械系统三维参数化模型。
- 分析类型包括运动学、静力学和准静力学分析以及线性和非线性动力学分析,包含刚体和柔性体分析。
- 具有先进的数值分析技术和强有力的求解器,使求解快速、准确。

- 具有组装、分析和动态显示不同模型或同一个模型在某一个过程变化的能力, 提供多种“虚拟样机”方案。
- 具有一个强大的函数库供用户自定义力和运动发生器。具有开放式结构, 允许用户集成自己的子程序。
- 自动输出位移、速度、加速度和反作用力曲线, 仿真结果显示为动画和曲线图形。
- 可预测机械系统的性能、运动范围、碰撞、包装、峰值载荷以及计算有限元的输入载荷。
- 支持同大多数 CAD、FEA 和控制设计软件包之间的双向通信。

MSC.ADAMS 主要模块包括:

- MSC.ADAMS/View (界面模块): 图形界面的交互式设计环境, 包括建模和机构设计、分析等。
- MSC.ADAMS/Solver (求解器): 提供静力学、运动学和动力学的求解计算。
- MSC.ADAMS/Controls: 控制模块。
- MSC.ADAMS/Linear: 系统模态分析模块。
- MSC.ADAMS/Flex: 柔性分析模块。
- MSC.ADAMS/Pro: 与 Pro/E 的接口。
- MSC.ADAMS/Car: 轿车模块。
- MSC.ADAMS/Driver: 驾驶员模块。
- MSC.ADAMS/Rail: 铁道模块。
- MSC.ADAMS/Postprocessor: 后处理器。

MSC.ADAMS 的机构分析核心被广泛集成到 CAX 软件中 (以二次开发或插件形式), 如 UG、I-DEAS、Pro/E、SolidWorks 等, 从而使得这些软件也具有一定的运动仿真能力。

1.2.2 ANSYS

ANSYS 公司是世界上最大的有限元分析软件公司之一, ANSYS 是融结构、流体、电场、磁场、声场分析于一体的大型通用有限元分析软件, 具有独一无二的多场耦合分析功能, 对自然界四大场——力场、流场、热场、磁场实现全面分析。ANSYS 最突出的优势为多物理场分析技术, 所谓多物理场指热场、流场、结构应力场的多场耦合。在前处理方面, ANSYS 的实体建模功能比较完善, 提供了完整的布尔运算, 也可导入 Pro/E、UG 所生成的 CAD 模型。大多数 LS-DYNA 用户采用 ANSYS 作为构建有限元模型的工具。与 MSC 不同的是, ANSYS 将各功能模块集中到同一软件中, 如图 1-7 和图 1-8 所示。

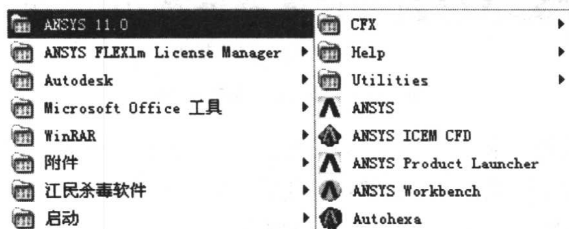
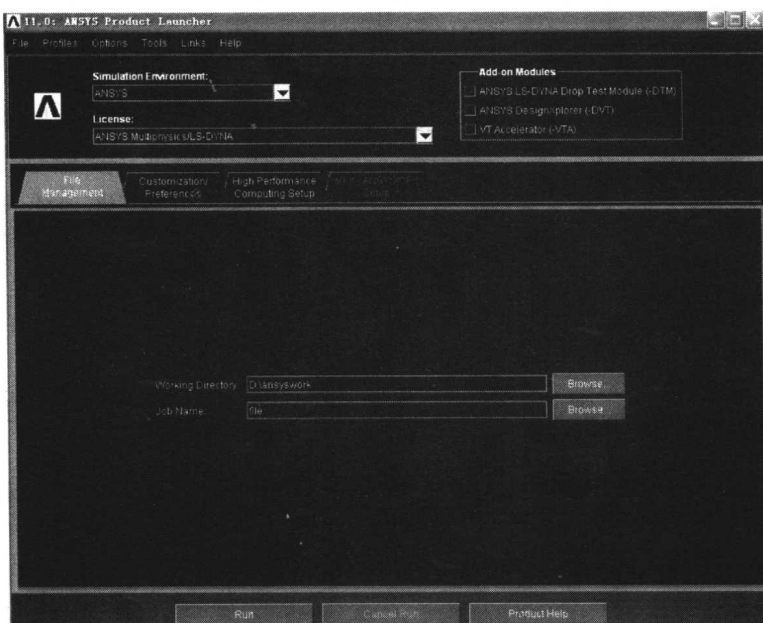
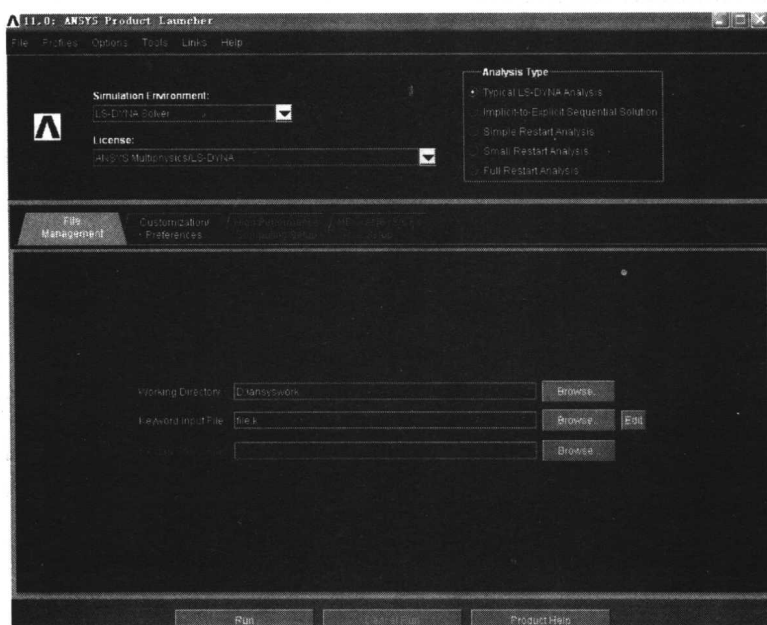


图 1-7 ANSYS 模块选择栏



(a) ANSYS 登录界面



(b) DYNA 求解界面

图 1-8 ANSYS 功能界面

ANSYS 是国内目前使用最为广泛、用户群最多的有限元软件（正因为此，LSTC 公司将 LS-DYNA 集成于 ANSYS 中拓展 LS-DYNA 的用户和应用领域）。除图 1-7 所示 ANSYS 模块外，ANSYS 公司提供许多专业模块，以期实现更多、更专业的功能。常见的专业模块如表 1-1 所示。

表 1-1 ANSYS 专业模块

名称	功能	名称	功能
FE-Safe	高级疲劳分析	RecurDYN	多刚体动力学分析
Emag LF	低频电磁分析	Emag HF	高频电磁分析
CFX	流体动力学分析	CART3D	飞行器外流分析
BladeGen	交互式涡轮机械叶片设计	TurboGrid	涡轮机械叶栅通道网格划分
AUTODYN	冲击穿甲爆轰模拟	AutoReaGas	气体燃爆模拟
ASAS	水中结构分析	AQWA	多体水力学分析
CivilFEM	土木工程专用	VPG	汽车虚拟实验场
DropTest	跌落仿真分析	Workbench	ANSYS 协同仿真环境

这些模块与 ANSYS 的关系,好比天正系列软件、AutoCAD Mechanical、AutoCAD Electrical 与 AutoCAD 的关系。在建筑制图、机械制图、电气工程制图领域,拥有天正建筑、天正电气、AutoCAD Mechanical、AutoCAD Electrical 等软件,比单独使用 AutoCAD 绘图的效率要高得多。同样,基于 ANSYS 的这些专业模块,在对应的专业领域,求解问题的规模、能力上可以得到进一步加强。这里需要向读者重点介绍的是 ANSYS/CivilFEM 模块。单从土木工程领域比较,ANSYS 的求解能力不及 ADINA 软件,而土木工程是有限元软件应用的主流领域(有限元方法中“刚度”的概念即源自土木工程),ANSYS 公司开发出 CivilFEM 模块,使得 ANSYS 的土木工程功能极大增强。

1. ANSYS/CivilFEM

ANSYS/CivilFEM 的应用范围遍及建筑结构、海洋工程、桥梁与隧道工程、基础工程、大坝工程、索膜结构以及地震计算、预应力分析、非线性混凝土研究、土力学分析等诸多领域,它的优越特性可简述如下:

包含近 200 种土木工程材料,包括混凝土、钢筋、结构钢、土壤、岩石等,用户可获得所需岩土材料参数。

拥有超过 4000 种的型材截面,用户可自行定义、编辑热轧型材库、钢截面或混凝土截面等。

在后处理阶段,可直接列表或绘制梁、壳内力(弯矩、轴力、剪力等)、梁、壳截面结果分布(应力、应变等),方便地计算和显示实体单元模型的截面内力(弯矩、轴力、剪力等)及应力、应变等。

实现载荷组合智能化,用户只需指定组合规则和组合目标,程序会自动选择满足目标的载荷组合。

融入多国规范(含中国规范),可按各国规范进行验算与设计,自动验算安全系数,生成结果包络图。

提供方便的地震谱分析工具,自动按照规范定义地震谱,自动按照规范进行模态合并。

在土压力计算方面,定义土层分布以及地下水位,自动计算主动土压力或自重土压力,并可将土压力施加于梁、壳或其他实体上。

定义 FLAC3D 的材料特性,可输出 ANSYS/CivilFEM 模型到 FLAC3D 求解,也可导入 FLAC3D 计算结果进行后处理、验算或设计,对于习惯使用 FLAC3D 进行岩土分析的用户非常有用。