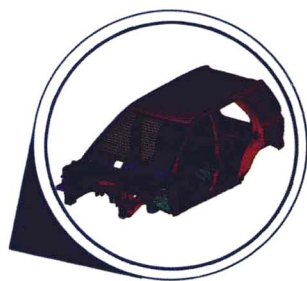
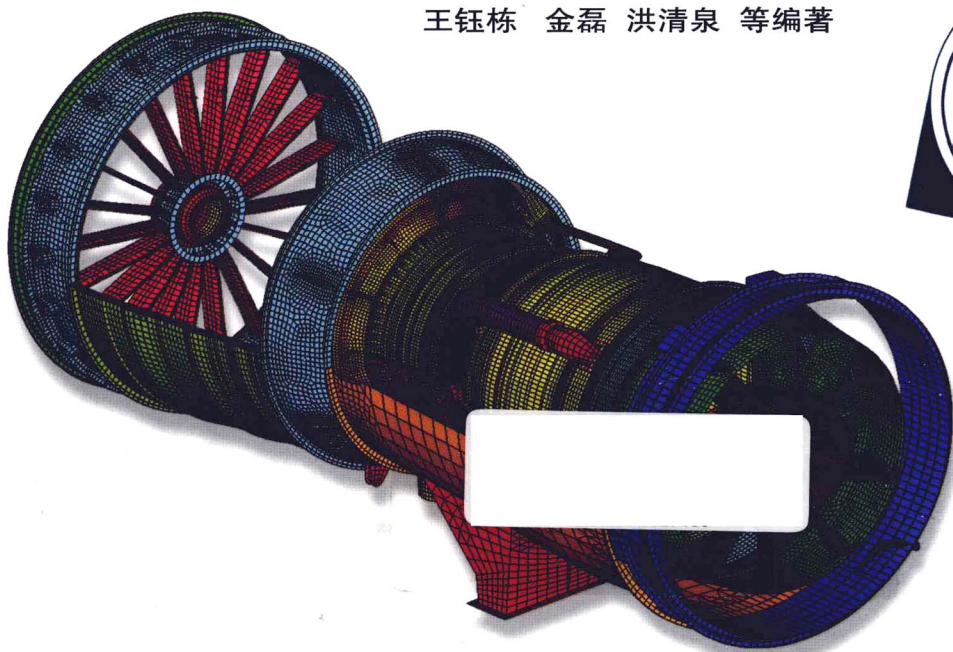


HyperWorks进阶教程系列

HyperMesh & HyperView

应用技巧与 高级实例

王钰栋 金磊 洪清泉 等编著



附赠超值 DVD 光盘

- 全书练习实例模型文件+视频讲解
- Altair中国HyperWorks技术大会论文集



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

HyperWorks 进阶教程系列

HyperMesh & HyperView 应用技巧与高级实例

王钰栋 金磊 洪清泉 等编著



机械工业出版社

本书主要介绍 HyperMesh、HyperView、HyperGraph 等有限元前后处理软件的应用技巧。

全书分两部分,前一部分主要介绍 HyperMesh 有限元前处理软件,包括 HyperMesh 的基础知识、几何清理、2D 网格划分、3D 网格划分、1D 单元创建、航空应用和主流求解器接口介绍,如 RADIOSS、OptiStruct、Nastran、LS-DYNA、ABAQUS 和 ANSYS 等,还包括关于 HyperMesh 的用户二次开发功能。后一部分主要介绍 HyperView、HyperGraph 等有限元后处理软件,包括用 HyperView 查看结果云图、变形图、结果数据、创建截面、创建测量点、报告模板等,用 HyperGraph 建立数据曲线、曲线的数据处理和三维曲线曲面的创建、处理等。

本书中实例所涉及的模型文件可在随书附赠的光盘中找到。

本书是 Altair 中国公司认可的 HyperWorks 软件培训用书,适合机械、汽车、航空、航天、重型装备、国防、消费品和力学等相关领域工程技术人员自学或参考,也可作为理工院校相关专业师生学习或教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

HyperMesh & HyperView 应用技巧与高级实例 / 王钰栋等编著. —北京:机械工业出版社, 2012.8

(HyperWorks 进阶教程系列)

ISBN 978-7-111-39535-5

I. ①H… II. ①王… III. ①有限元分析—应用软件, 教材

IV. ①O241.82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 199005 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:丁 诚 张淑谦

责任编辑:张淑谦

责任印制:乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012 年 9 月·第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·34.75 印张·861 千字

0001—3500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-39535-5

ISBN 978-7-89433-636-1 (光盘)

定价:99.00 元(含 1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社 服 务 中 心:(010) 88361066

教 材 网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

序 一

Altair 公司于 1985 年从工程咨询起家，在 1989 年发布了 HyperMesh 软件，并很快在汽车业得到广泛认同，从此激发了 Altair 在软件上投入的热情。1994 年，Altair 推出了 OptiStruct 模块，当年即获得《工业周刊》(Industry Week) 年度技术奖。随后的几年，Altair 通过收购和开发，扩展了一系列模块，并于 1999 年整合成 HyperWorks 软件包。在 2006 年收购 RADIOSS 软件后，Altair 终于在结构仿真和优化方面形成了完整的产品系列。

2012 是 Altair 进入中国的第 11 个年头，在这 11 年中，在 Altair 中国同仁的不懈努力下，Altair 中国业务有了长足的发展，HyperWorks 用户群也逐渐壮大。为此，2007 年开始，我们每年举办 HyperWorks 技术大会 (HTC) 暨 Altair 用户年会。在会上，不仅有大会主题发言，还有大量的用户论文交流。2007 年，上海的第一届 HTC 大会就收到了 70 多篇论文，大部分是关于 HyperMesh 的应用。2008 年，在北京的第二届 HTC 大会上开始有一些制造仿真技术 (HyperXtrude/HyperForm) 方面的论文。2009~2010 年，在上海的第三、四届 HTC 大会上论文数都超过了 120 篇，内容涵盖的行业更广，应用的模块更多，涌现了大量的有限元求解、多体动力学仿真 (MotionSolve)、优化设计及二次开发的成功案例。

Altair 早些年成功基本上得益于好的产品以及技术人员的口口相传。Altair 的业务模式也为 HyperWorks 的普及提供了强有力的支持，使得高端 CAE 的进入门槛大大降低。随着业务的飞速发展，要求使用 HyperWorks 的技术人员也越来越多，大家迫切希望有一些更好的教程，能帮助他们更快地上手、更系统地学习、更深入地应用。在这样的背景下，我们组织编写了 HyperWorks 进阶教程系列：《HyperMesh & HyperView 应用技巧与高级实例》、《OptiStruct & HyperStudy 理论基础与工程应用》、《RADIOSS 理论基础与工程应用》，以满足广大 CAE 工程师及爱好者的要求，并帮助高校学子更快掌握 HyperWorks 的软件应用。

无论您是新入行，还是已在这一行工作多年，您一定会为 CAE 工具的多样化伤透脑筋。HyperWorks 在高端 CAE 技术上提供了一站式解决方案，不仅使系统精简，同时又可同其他系统共享 CAE 模型，更进一步将目前的主流 CAE 求解器集成在统一的环境上，组成一个高效的产品研发平台，从而将创新、成本、效率有机结合起来，构造最有效的产品创新设计平台解决方案。Altair “以用户的成功衡量我们的业绩”的服务理念、不断创新的技术和业务模式、全球工程咨询经验的导入，会助您更上一层楼！

戚国焕
Altair 大中华区总经理

序 二

Altair 公司最初是一个产品设计咨询公司，主要承担美国三大汽车公司的很多结构有限元分析工作。当时市场上的有限元前后处理软件效率都很低，这激发了 Altair 开发新的前后处理软件——HyperMesh 的想法。HyperMesh 可以在个人计算机上运行，且只占用极少的内存，因此运行速度非常快，图形刷新速度最快可达竞争对手的 15 倍。在图形处理上的专注使得 HyperMesh 在处理大模型时表现优秀。大模型是指有 1000~15000 个单元的模型。相对今天的标准来说，这并不算多，可在当时，这是革命性的。

早期 HyperMesh 的创新之处还有程序与用户的交互模式。当其他软件还要求用户输入一大堆命令的时候，HyperMesh 已经使用鼠标和屏幕操作与用户交互了。从 V2.0 开始，HyperMesh 可以导入多种几何曲面，并形成了与现在的软件相似的面板和菜单系统。同时，许多公司对 HyperMesh 漂亮的图形显示和快速的动画功能赞赏有加，开始选择 HyperMesh 进行碰撞仿真后处理等应用。20 世纪 90 年代后期，Altair 开始研发独立的有限元后处理器——HyperView，以及工程图表和数据分析模块——HyperGraph。

一直以来，Altair 都致力于 HyperMesh 和 HyperView 的研发。它们作为市场领导者一直保持着创新。从 V8.0 起，用户界面开始向 Windows 风格转变，增加了浏览器、工具栏和下拉菜单等。在最新的 V11.0 中，HyperMesh 和 HyperView 开始被整合到同一个构架中，并保持了它们独特的数据结构及其他优势。

在有限元前后处理领域，高质量的网格划分和图形表现能力仍然是关注的重点，现在的模型规模已经是以前的上千倍，用户期望处理这样的模型时能与软件流畅地交互，HyperMesh 和 HyperView 在这方面仍然优势明显，被广泛地接受为标准的有限元前后处理平台。

中国的制造业在全球占有重要地位，CAE 技术应用具有广阔前景，Altair 在中国有很多重要客户和大量潜在客户。希望本书的出版能够帮助中国用户提高 HyperWorks 的应用水平，以设计出更好的产品。

Dr. Uwe Schramm
CTO HyperWorks

前 言

技术支持和服务是 Altair 公司的核心竞争力之一。从 2001 年来到中国, Altair 公司就开始建立技术团队, 为客户提供快速而全面的软件售前、售后技术支持, 把 Altair 全球产品创新技术和工程咨询经验带给中国市场。过去的 10 年, 正是 CAE 技术引领国内广大制造业企业进行产品创新设计, 提升产品竞争力的 10 年。Altair 中国恰逢其时, 以其企业级 CAE 驱动创新平台 HyperWorks 助力中国制造业自主创新, Altair 公司见证了许多国内汽车 OEM 厂家的 CAE 队伍从几人到几十人、再到上百人的发展历程; 参与了 HyperWorks 在国内航空航天、电子、船舶、轨道交通、重型机械、军工等行业众多型号和产品上的成功应用; 与各企业、科研院所、高校的 CAE 工程师和学生相互学习, 共同为提高中国 CAE 技术应用水平而努力。

十年弹指一挥间, Altair HyperWorks 软件已从 V5.0 发展到 V11.0, 中国技术团队也已发展到 50 多人。Altair 公司在为客户服务的过程中, 积累了大量的软件技巧和工程经验, 同时也发现许多工程师和学生苦于目前市场上关于 HyperWorks 的中文书籍很少, 只能通过一些有限的渠道进行学习和交流, 因此深感同广大 HyperWorks 使用者和爱好者分享技术和经验的重要性。

2011 年 6 月, Altair HyperWorks V11.0 正式发布, 它包含了众多的新技术和新功能, 为广大用户带来超值的 CAE 技术体验。在 Altair 大中华区总经理戚国焕先生的支持下, 我们决定以 V11.0 为基础, 编写 HyperWorks 进阶教程系列丛书。本书以 HyperWorks 11.0 版本为平台, 介绍了 HyperMesh、HyperView、HyperGraph 这三个模块的使用技巧。全书分两部分, 共 13 章。

前一部分主要介绍 HyperMesh 有限元前处理软件, 包括 12 章。第 1 章总体介绍了有限元前处理软件; 第 2 章介绍了 HyperMesh 的基础知识; 第 3 章介绍了 HyperMesh 中的几何清理方法; 第 4 章介绍了 2D 板壳单元的网格划分; 第 5 章介绍了 3D 单元网格划分, 包括四面体、六面体和混合网格, CFD 网格划分也在这一章做了介绍, 并且还介绍了一个基于几何特征的参数化实体网格建模工具 Simlab; 第 6 章介绍了 1D 梁杆单元的创建方法, 并且介绍了 HyperMesh 中快速创建、修改梁杆单元的方法 connector; 第 7 章通过 3 个实例介绍了用 HyperMesh 进行航空全机建模和建立细节模型的方法; 第 8 章以实例介绍了 HyperMesh 和 RADIOSS, OptiStruct 及 Nastran 的接口; 第 9~11 章分别以实例介绍了 HyperMesh 和 LS-DYNA、ABAQUS, ANSYS 的接口; 第 12 章介绍了如何使用 Tcl 语言进行 HyperMesh 的二次开发。

后一部分主要介绍 HyperView、HyperGraph 有限元后处理软件, 包括第 13 章, 本章通过实例介绍了用 HyperView 查看结果云图、变形图、结果数据, 创建截面、创建测量点等, 用 HyperGraph 建立数据曲线、曲线的数据处理和三维曲线曲面的创建及处理等。

本书主要由王钰栋、金磊、洪清泉编写。此外参与编写的还有 Altair 中国公司技术团队成员章胜冬、周益俊、蔡庆荣、张攀、方献军、王晨、李修峰、魏凯、吴桐, 在此深表感谢。

由于编者水平有限, 虽然已经多次校对, 但书中错误及不足之处仍在所难免, 敬请广大读者不吝指正, 也欢迎大家共同探讨, 可发邮件至 info@altair.com.cn 进一步联系。

目 录

序一
序二
前言

第 1 章 有限元前处理概述..... 1

1.1 有限元分析流程	2	1.4 HyperMesh 的优势	6
1.2 Altair 公司简介	2	小结	6
1.3 HyperMesh 简介	4		

第 2 章 HyperMesh 基础知识

2.1 HyperMesh 入门	8	2.2.4 HyperMesh 标签页	23
2.1.1 概述	8	2.2.5 HyperMesh 计算器	23
2.1.2 打开 HyperMesh	9	2.3 文件的打开和保存	24
2.1.3 默认目录	9	2.4 面板菜单的使用	27
2.1.4 HyperMesh 帮助	10	2.5 模型的组织管理	32
2.2 HyperMesh 用户界面	10	2.6 显示控制	39
2.2.1 HyperMesh 颜色选项对话框	10	小结	46
2.2.2 HyperMesh 菜单栏	13		
2.2.3 HyperMesh 工具栏	15		

第 3 章 几何清理..... 47

3.1 HyperWorks 几何术语	48	3.4.1 几何创建 (Creating Geometry)	53
3.2 CAD 接口	49	3.4.2 几何编辑 (Editing Geometry) ...	56
3.2.1 读入 CAD 模型	49	3.4.3 几何查询 (Querying Geometry)	59
3.2.2 节点和曲线	50	3.5 中面抽取	60
3.3 曲面及体的拓扑关系	51	3.6 几何清理及实例	65
3.4 HyperMesh 几何创建及编辑 功能	52	3.6.1 CAD 清理容差	

(CAD Cleanup Tolerance)	65
3.6.2 几何清理容差 (Geometry Cleanup Tolerance)	66
3.6.3 几何特征角	

(Geometry Feature Angle)	66
3.6.4 模型导入和几何清理	66
3.6.5 创建和编辑实体	71
小结	77

第 4 章 2D 网格划分 78

4.1 automesh 网格划分	79
4.1.1 automeshing 二级面板	79
4.1.2 实例: 二维网格划分	82
4.2 2D 单元质量检查	89
4.2.1 单元质量	89
4.2.2 HyperMesh 单元质量计算	90

4.2.3 quality index 面板	95
4.2.4 check elems 面板	96
4.3 Batch Mesher 实例	97
4.3.1 Batch Mesher 启动控制	97
4.3.2 Batch Mesher 实例	98
小结	103

第 5 章 3D 网格划分 104

5.1 实体创建编辑划分	105
5.1.1 实例: 创建、编辑实体并划分 3D 网格	105
5.1.2 实例: 通过曲面创建 3D 网格 ...	115
5.2 复杂六面体网格划分实例	123
5.2.1 实例: 接头六面体网格划分	123
5.2.2 实例: 斜齿轮轴六面体网格划分	131
5.3 四面体网格划分: Tetramesh Process Manager	143
5.3.1 几何模型导入面板	145
5.3.2 几何清理面板	146
5.3.3 小孔特征辨识及几何清理面板 ...	147
5.3.4 小孔特征二维网格划分面板	149
5.3.5 用户自定义特征面板	150
5.3.6 圆倒角辨识及几何清理面板	151

5.3.7 用户自定义特征网格划分面板 ...	151
5.3.8 非特征化曲面辨识和几何清理面板	152
5.3.9 全局非特征化曲面网格划分面板	153
5.3.10 单元清理面板	153
5.4 四面体网格划分实例	155
5.5 CFD 网格划分	162
5.5.1 CFD 用户配置	162
5.5.2 一般工作流程	163
5.5.3 网格划分	164
5.5.4 CFD Tetramesh 面板	165
5.5.5 CFD 网格划分实例	171
5.6 Simlab 网格划分实例	197
小结	209

第 6 章 1D 单元创建 211

6.1 1D 单元划分	212
--------------------------	-----

6.2 HyperBeam	212
----------------------------	-----

6.2.1	HyperBeam 用户界面	213	面属性	226
6.2.2	HyperBeam Sections 截面	217	6.4 connector	232
6.2.3	HyperBeam 计算的梁截面 属性	222	6.4.1 创建 connector.....	232
6.2.4	在 HyperMesh 界面中调用 梁截面.....	223	6.4.2 创建 Area Connectors	246
6.2.5	梁截面信息导入导出	224	6.4.3 创建 Bolt Connectors	250
6.3	使用 HyperBeam 创建和关联梁截		6.4.4 利用 connector 快速替换部件 ..	253
			小结	256

第 7 章 航空应用案例 257

7.1	全机模型建模	258	7.3	机身细节模型的连接	280
7.2	典型航空零部件建模	267	小结		297

第 8 章 RADIOSS、OptiStruct 及 Nastran 的前处理 298

8.1	RADIOSS bulk 格式实例 1: 三维 惯性释放分析	299	设计	314	
8.2	RADIOSS bulk 格式实例 2: 使用 PCOMPG 进行飞机复合材料的 结构分析	305	8.4	OptiStruct 实例 2: 脱模方向约束的 摆臂拓扑优化	325
8.3	OptiStruct 实例 1: 汽车摆臂的概念		8.5	RADIOSS block 格式实例: 汽车前 碰分析	331
			小结		339

第 9 章 LS-DYNA 前处理 340

9.1 总体介绍 341

9.1.1 LS-DYNA Utility Menu 341

9.1.2 在线帮助 341

9.1.3 LS-DYNA FE Output Template ... 341

9.1.4 LS-DYNA User Profile 342

9.2 实例：定义 LS-DYNA 的模型、载荷数据、控制卡片及输出 342

实例 1：定义头部和 A 柱碰撞分析模型数据 343

实例 2：为头部和 A 柱碰撞分析定义边界条件和载荷 348

实例 3：定义头部和 A 柱碰撞分析的时间和输出 351

9.3 实例：使用曲线、梁、刚体、铰链 353

实例 1：定义座椅碰撞分析模型数据 358

实例 2：定义边界条件和载荷 366

9.4 实例：模型导入、气囊输出显示及接触定义 368

小结 375

第 10 章 ABAQUS 前处理 376

10.1	在 HyperMesh 环境中建立一个 ABAQUS 分析	377
10.2	定义 ABAQUS 3D 接触	381
10.3	定义 ABAQUS*STEP	390

10.4	ABAQUS 托架支架分析前处理	396
小结		407

第 11 章 ANSYS 前处理 408

11.1	ANSYS 3D 接触定义实例	409
11.2	ANSYS 混合网格划分实例	416

小结		424
----	-------	-----

第 12 章 使用 Tcl 语言进行 HyperMesh 二次开发 425

12.1	Script 基础	426
12.1.1	Tcl/Tk	426
12.1.2	Tcl 命令	426
12.1.3	变量	426
12.1.4	Tcl list	427
12.1.5	Tcl Array	429
12.1.6	控制结构	430
12.1.7	Tcl 逻辑运算	432
12.1.8	花括号、引号与方括号	432
12.1.9	Tcl 特殊字符	433
12.1.10	Tcl 函数	433
12.1.11	名称空间	436
12.1.12	文件操作	441
12.1.13	Tcl 字符串	442
12.2	Tk 命令	443
12.3	HyperMesh 二次开发综述	444
12.3.1	二次开发资源	445

12.3.2	开发环境及工具	446
12.3.3	运行开发脚本	446

12.4 HyperMesh 二次开发基础知识

12.4.1	Command 文件	447
12.4.2	Entity 类型	448
12.4.3	Marks	448
12.4.4	向量与平面	449
12.4.5	Data Names	449
12.4.6	Utility 面板	450

12.5 创建脚本

12.5.1	使用 Command.cmf 文件	450
12.5.2	使用 Query 函数	451
12.5.3	可灵活使用的脚本	455

12.6 运行脚本

小结		459
----	-------	-----

第 13 章 HyperView 应用实例 461

13.1	HyperView 可视性与
------	----------------

视图控制	463
------------	-----

13.2	显示结果云图	468	13.13.3	改变曲线显示属性	505
13.3	查看变形	470	13.13.4	曲线编辑	509
13.4	查询结果信息	471	13.14	三维数据处理	514
13.5	使用高级查询功能	472	13.14.1	定义瀑布图	514
13.6	创建截面	475	13.14.2	编辑瀑布图	517
13.7	创建测量	477	练习: 编辑瀑布图	518	
13.8	结果提取与分析报告创建	480	13.14.3	瀑布图数据查询	521
13.9	使用 Hvtrans 进行结果文件 转换	485	13.14.4	创建曲面图	523
13.10	创建线性叠加载荷步	486	13.14.5	编辑曲面图	525
13.11	创建导出结果	490	练习: 编辑曲面图	526	
13.12	使用视频覆盖功能	494	13.14.6	数据查询	528
	练习: 使用 Image Plane 对话框	495	练习: 查询曲面图数据	529	
13.13	曲线基础知识	500	13.14.7	创建曲线图	532
13.13.1	绘制二维曲线	500	练习: 创建曲线图	533	
13.13.2	应用曲线数据	502	13.14.8	编辑曲线图	534
			练习: 编辑曲线图	535	
			小结	537	

附录 HyperMesh 映射键盘快捷键方法 538

第 1 章

有限元前处理概述



有限元法是当今工程分析中应用最广泛的数值计算方法之一，随着计算机技术的发展和商业有限元软件的推广，计算机辅助制造（CAE）已成为产品设计过程中相当重要的一环。本章将简单介绍有限元分析的流程和 Altair 公司出品的 CAE 创新平台 HyperWorks 的各个模块，并着重介绍有限元前处理工具 HyperMesh 在有限元前处理方面的优势。

本章重点知识

- 1.1 有限元分析流程
- 1.2 Altair 公司简介
- 1.3 HyperMesh 简介
- 1.4 HyperMesh 的优势
- 小结

1.1 有限元分析流程

有限元方法基本思想是在 1943 年由 R. Courant 提出的,但由于当时没有求解大型联立方程的计算工具,这种方法在长期内没有得到实际应用。到 20 世纪 60 年代,随着计算机的广泛使用,有限元法开始得到快速发展。有限元法到现在经过 40 多年的发展,应用领域也从航空拓展到了航天、汽车、船舶、核能、兵器、电子等各个行业,从弹性材料问题拓展到了塑性、粘弹性、粘塑性、复合材料等问题。有限元方法的数值模拟已经成为现代重要工程设计必需的环节。

有限元法的应用分为三个阶段:前处理、求解和后处理。其中前处理阶段通常是整个过程中最耗时的阶段,尤其是进行分析模型的网格离散,常常占用整个仿真过程 80%~90%的时间。这三个阶段概述如下。

1. 前处理

前处理是创建分析模型的阶段,也是将连续的求解域离散为一组单元的组合体,用在每个单元内假设的近似函数来分片地表示求解域上待求的未知场函数的过程。在正确地建立单元类型、施加载荷及边界条件的材料模型、定义求解器所需的控制卡片等各类满足求解所需的必要信息后,即可得到求解器可以识别的模型文件,然后提交求解器进行解算。

2. 求解

求解过程可由任意一款商用有限元求解器(如 RADIOSS、Nastran、LS-DYNA、ABAQUS 和 ANSYS 等)完成。这些求解器读入前处理中 HyperMesh 创建的模型文件然后计算结构对输入载荷的响应。常见的结果输出有位移、应变、应力以及加速度等结果,它们存储在结果文件中,在后处理阶段可通过 HyperView 查看。

3. 后处理

后处理是查看求解结果的过程,可以对仿真结果进行确认,给出仿真分析报告,并根据仿真结果提出改进意见等。HyperView 可为任意所需结果提供高质量的彩色云图以及动画,指定信息可以在多个窗口中查询、显示或是根据查询信息绘制曲线图。针对不同用户还可提供定制界面功能。

1.2 Altair 公司简介

Altair 公司是世界领先的工程设计技术的开发者之一,也是一家具有全球深厚工程技术底蕴的优秀 CAE 工程公司。Altair 公司拥有多元化的业务主线,其技术涵盖高端 CAE 仿真和优化技术、数据管理及流程自动化技术、高性能计算与网络计算技术,同时具备一流的产品设计、流程定制、二次开发等咨询服务能力。Altair 公司的主要软件产品线有:

- **HyperWorks:** 完整的 CAE 建模、可视化、有限元分析、结构优化和过程自动化等领域的软件产品,始终站在技术前沿,为全球客户提供了先进的产品工程方案。其丰富的产品模块如下:

- **HyperMesh**: CAE 前处理工具, 可以快速建立高质量的 CAE 分析模型。
- **Hyperview**: 目前全球图形驱动速度最快的 CAE 仿真和试验数据的后处理可视化环境之一。
- **HyperCrash**: 碰撞安全性分析的 CAE 前处理工具。
- **HyperGraph2D/HyperGraph3D**: 海量仿真或试验数据处理工具。
- **OptiStruct**: 面向产品设计、分析和优化的有限元和结构优化求解器, 拥有先进的优化技术, 提供全面的优化方法。
- **HyperStudy**: 开放的多学科优化平台, 以其强大的优化引擎调用各类求解器, 实现多参数的多学科全面优化。
- **RADIOSS**: 快速、精确和稳健的有限元结构分析软件, 能够进行多种线性和非线性分析, 广泛用于汽车, 航空、航天等机械设计领域。
- **AcuSolve**: 技术先进的、通用的、基于有限元的计算流体动力学软件。AcuSolve 无需求解过程的迭代, 也不用担心网格质量和拓扑关系, 可以快速得到高质量仿真结果。流固耦合功能可以提供有效的复杂问题多物理场分析能力。
- **MotionView**: 通用的机械系统仿真前后处理软件, 同时也是图形可视化工具, 它拥有业界领先的柔体技术。
- **MotionSolve**: 多体机械系统动态运动求解器, MotionSolve 支持运动学求解、静力求解、准静态求解、结构动力求解、线性化、特征值分析和状态矩阵输出。
- **HyperForm**: 金属钣金冲压成型和液压成型的仿真工具。
- **HyperXtrude**: 三维金属挤压成型仿真软件。
- **SolidThinking**: 工业设计三维造型解决方案。拥有自由三维建模功能、完整历史进程、可视化界面及快速的实时渲染功能, 可以应用于建筑、汽车、电子设备、珠宝、产品包装及游艇等多种领域。能够帮助设计师轻松、快速、低成本地发明、探讨和评估新的设计想法。
- **Inspired**: 利用物理学原理, 模拟自然规律和过程获得基于特定环境而形成的形态与结构。可以帮助设计师和建筑师进一步激发创意, 完成同时满足结构与美学需求的设计。

➤ Altair 企业级解决方案

- **HyperWorks Enterprise (HWE)**: 产品性能数据管理, 通过 HWE 系统的实施建立一个以数据管理为中心的综合系统。实现企业仿真资源的管理, 包括模型资源、流程模版资源, 数据权限分级管理, 数据使用的电子监控, 企业的知识管理, 分析项目管理。通过数据管理系统和应用软件以及流程自动化软件的集成, 可以实现数据的无缝流转。
- **Process Manager (PM)**: 流程自动化工具的开发平台, 该平台具有与 HWE 数据管理系统进行无缝接口的能力。PM 将使用各种 CAX 的 API 与 CAX 软件进行集成, 设计及分析所需要及产生的数据将由 ADM 系统提供和存储。
- **PBSWorks**: 全球市场占有率最大的高性能网格计算和资源管理平台, 可以帮助制造业用户在实现 CAE 仿真的同时按照需求有效管理和利用企业的计算资源和网络环境。

1.3 HyperMesh 简介

在现代机械装备研发过程中，有限元模型的规模越来越大、网格也越来越精细、模型管理越来越复杂，而激烈的市场竞争又要求研发周期不断缩短、投放市场时间不断提前，因此，传统的有限元前后处理器已经远远不能满足这些新的需求。

HyperMesh 是一个高质量高效率的有限元前处理器，它提供了高度交互的可视化环境帮助用户建立产品的有限元模型。其开放的架构提供了最广泛的 CAD、CAE 和 CFD 软件接口，并且支持用户自定义，从而可以与任何仿真环境无缝集成。HyperMesh 强大的几何清理功能可以用于修正几何模型中的错误，修改几何模型，从而提升建模效率；高质量高效率的网格划分技术可以完成全面的杆梁、板壳、四面体和六面体网格的自动和半自动划分，大大简化了对复杂几何进行仿真建模的过程；先进的网格变形技术允许用户直接更改现有网格，实现新的设计，无需重构几何模型，提高设计开发效率；功能强大的模型树视图能轻松应对各种大模型的要素显示和分级管理需要，特别适合复杂机械装备的整体精细化建模。HyperMesh 的这些特点，大大提高了 CAE 建模的效率和质量，允许工程师把主要精力放在后续的对产品本身性能的研究和改进上，从而大大缩短整个设计周期。

HyperMesh 直接支持目前全球通用的各类主流的三维 CAD 平台，用户可以直接读取 CAD 模型文件而不需要任何其他数据转换，从而尽可能避免数据丢失或者几何缺陷。支持的 CAD 文件格式如表 1-1 所示。

表 1-1 HyperMesh 支持的 CAD 文件格式

CATIA	UG	Pro/E	Parasolid	SolidWorks
IGES	STEP	STL	PDGS	Tribon
VDAFS	DXF	ACIS	JT	

HyperMesh 与主流的有限元计算软件都有接口，如 Nastran、Fluent、ANSYS 和 ABAQUS 等，可以在高质量的网格模型基础上为各种有限元求解器生成输入文件，或者读取不同求解器的结果文件，如表 1-2 所示。

表 1-2 HyperMesh 支持的 CAE 软件

OptiStruct	Nastran	Dytran	ANSYS
ABAQUS	HyperForm	HyperXtrude	LS-DYNA
Madymo	PamCrash	MARC	Ideas
Permas	Moldflow	Fluent	StarCD
RADIOSS	N-Code	MotionSolve	其他

工程师还可以在 HyprMesh 中采用 User Profiles 为不同的求解器制定相应的建模环境，也可以采用 Tcl/Tk 或命令行语言为 HyperMesh 添加更多的接口，以满足工程师二次开发软件和程序的需要。

以下通过一些实例显示 HyperMesh 的前后处理能力，具体实例如图 1-1~图 1-3 所示。

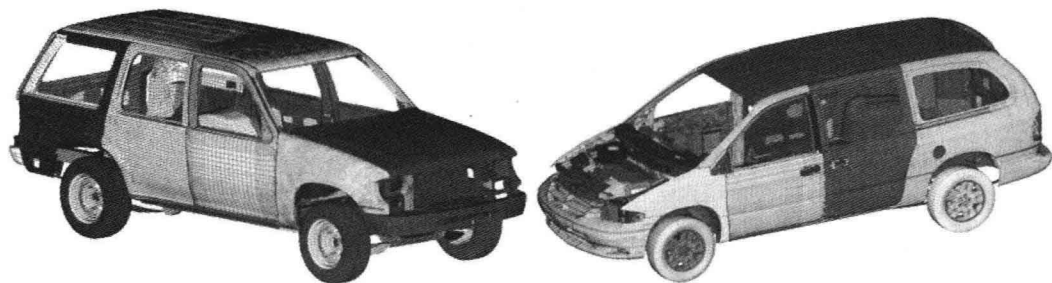


图 1-1 利用 HyperMesh 建立的汽车整车模型

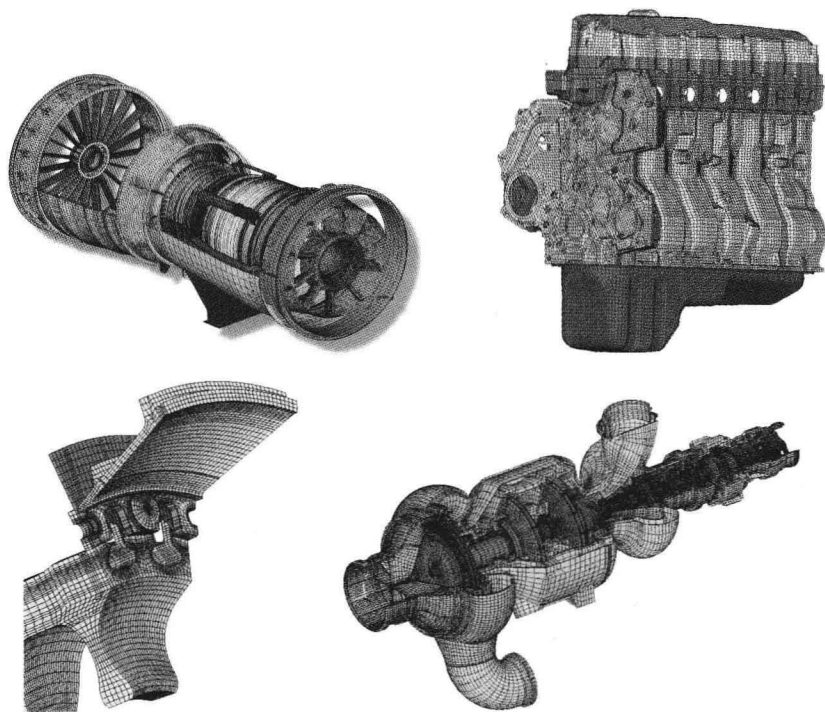


图 1-2 复杂的高质量六面体网格

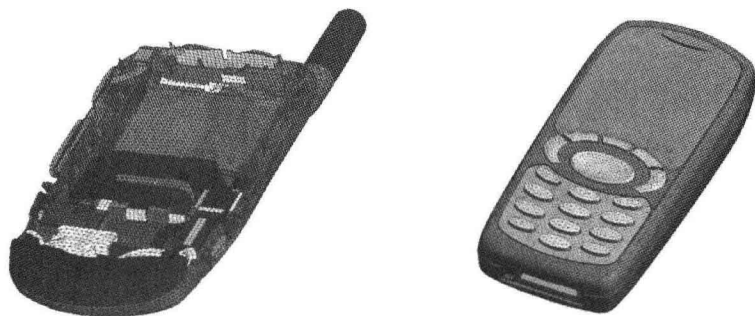


图 1-3 快速划分高质量四面体网格

1.4 HyperMesh 的优势

1. 强大的有限元分析建模企业级解决方案

- 通过其广泛的 CAD/CAE 接口能力以及可编程、开放式构架的用户定制接口能力，HyperMesh 可以在任意工作领域与其他工程软件进行无缝连接工作。
- HyperMesh 为用户提供了一个强大的、通用的企业级有限元分析建模平台，帮助用户降低在建模工具上的投资及培训费用。

2. 无与伦比的网格划分技术——质量与效率导向

- 依靠全面的梁杆、板壳单元、四面体或六面体单元的自动网格划分或半自动网格划分能力，HyperMesh 大大降低了复杂有限元模型前处理的工作量。

3. 通过批处理网格划分（Batch Mesher）及自动化组装功能提高用户效率

- 批处理网格生成技术无需用户进行常规的手工几何清理及网格划分工作，从而加速了模型的处理工作。
- 高度自动化的模型管理能力，包括模型快速组装以及针对螺栓、定位焊、粘接和缝焊的连接管理。

4. 交互式的网格变形、自定义设计变量定义功能

- HyperMesh 提供的网格变形工具可以帮助用户无需重新修改原有网格即可自动生成新的有限元模型。

5. 提供了由 CAE 向 CAD 的逆向接口

- HyperMesh 为用户提供了由有限元模型生成几何模型的功能。

小结

通过对有限元分析过程和有限元软件 HyperWorks 的功能简介，读者应该对有限元分析流程有了大致的了解。前处理过程占用了有限元分析大部分的时间，所以用户应该选择一个高效、界面友好、功能强大的前处理器。本书是 HyperWorks 系列丛书的第一本，内容是有限元分析的前处理，下一章将开始学习如何使用前处理软件 HyperMesh。