

CATIA

有限元分析命令 详解与实例

盛选禹 唐守琴 等编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



CATIA 有限元分析命令详解与实例

盛选禹 唐守琴 等编著



机械工业出版社

CATIA 软件在机械设计方面功能强大,但机械设计只是软件功能的一部分。对于机械设计工程师来说,CATIA 的自动网格划分和有限元分析,也有很大的吸引力。在设计完成产品后,对于产品能否满足强度要求,能否满足各种行业标准和规范的要求,就需要对设计的产品进行应力和应变分析。CATIA 软件这方面的功能特别有助于新产品的开发。对于新的设计模型,设计者可以方便地了解结构的应力分布情况,随时修改结构。

图书在版编目(CIP)数据

CATIA 有限元分析命令详解与实例/盛选禹等编著. —北京:机械工业出版社, 2005.3

ISBN 7-111-16346-X

I. C… II. 盛… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, CATIA IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 023712 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:曲彩云 责任印制:杨曦

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·20.25 印张·498 千字

0001—4000 册

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

CATIA 并不是一个新的软件，但是一直是基于 UNIX 操作系统上，所以很多个人机的用户对 CATIA 并不了解。从 V5 版开始，其开发公司采用 Windows 操作系统，使更多的用户能够接受它，能方便地在个人机上应用，并且已经大规模进入中国。

在作者推出 CATIA 有关机械设计的两本图书（《CATIA 三维模型入门与提高》，机械工业出版社，2003 年 1 月，北京；《CATIA 三维机械设计实例》，机械工业出版社，2003 年 2 月，北京），以后，深感 CATIA 软件在机械设计方面功能的强大。但机械设计只是软件功能的一部分。对于机械设计工程师来说，CATIA 的自动网格划分和有限元分析，也有很大的吸引力。在设计完成产品后，对于产品能否满足强度要求，能否满足各种行业标准和规范的要求，就需要对设计的产品进行应力和应变分析。CATIA 软件这方面的功能特别有助于新产品的开发。对于新的设计模型，设计者可以方便地了解结构的应力分布情况，随时修改结构。

由于 CATIA 软件网格的划分是自动进行的，因此，有时候设计者并不需要完全了解有限元分析的相关内涵，对于侧重设计的工程技术人员来说，这是非常有吸引力的。作者在实际工作中，曾经需要对泵的抗震强度进行校核计算，使用 CATIA 可以方便地计算出结构的强度和应力集中情况。当把模型转到其它专门的有限元模型进行计算时，作者的同事，为了划分网格，就花费了 2 周的时间，而在 CATIA 软件中，只要设计者转到有限元计算工作台，程序就自动划分网格，无需设计者进行手动划分。只有对特别复杂的曲面模型，有时候为了得到某个区域的精确计算结果，才手动对局部网格进行划分。

感谢我的家人，他们给了我很大的支持，使我能抽出时间完成此书。感谢我单位清华大学核能技术设计研究院的领导对作者工作的支持，特别是反应堆结构室的领导和各位同仁，他们的鼓励和帮助，使作者受益匪浅。感谢本书责任编辑，对本书提出了很多宝贵意见。

大庆石油学院秦皇岛分校的刘声同志参加了本书前 3 章的编写工作。

参加本书编写工作的还有陈永鹏、于伟谦、张继革、付瑜、侯险峰、张宏伟、李克勤、曹京文、许宁、关静、秦怀豹、仝令建、蔡薇、陈树青、李旭、王兆举、朱绍玉、王国丽、陈琳。

















由于时间比较仓促，认识水平有限等，不能避免有错误出现，读者在阅读时发现错误后，请通知编者，不胜感激。也希望就 CATIA 的问题和广大读者继续探讨。


















编者联系电子邮件：xuanyu@tsinghua.edu.cn。



















盛选禹

















2005 年 3 月 27


















目 录
















第1章 Generative Structural Analysis (GPS and EST)生成结构分析工作台.....	1
1.1 Model Manager 模型管理工具栏图标.....	1
1.1.1 Tetrahedron 四面体图标 	1
1.1.2 Octree Triangle Mesher 三角形网格图标 	4
1.1.3 Beam Mesher 梁网格图标 	5
1.1.4 Adaptivity Box 自适应盒子图标 	6
1.1.5 Local Mesh Size 局部网格大小图标 	7
1.1.6 Element Type 单元类型图标 	8
1.1.7 Local Mesh Sag 局部网格垂度图标 	10
1.1.8 Solid Property 实体属性图标 	10
1.1.9 Shell Property 壳单元属性图标 	12
1.1.10 Beam Property 梁单元属性图标 	14
1.1.11 Model Check 模型检查图标 	19
1.2 Property Connections 属性连接图标.....	25
1.2.1 Slider Connection 滑动连接图标 	26
1.2.2 Contact Connection 接触连接图标 	27
1.2.3 Fastened Connection 固紧连接图标 	28
1.2.4 Pressure Fitting Connection 压力匹配连接图标 	29
1.2.5 Bolt Tightening Connection 螺纹紧固连接图标 	31











1.2.6	Rigid Connection 刚性连接图标 	33
1.2.7	Smooth Connection 平滑连接 	35
1.2.8	Virtual Bolt Tightening Connection 虚拟螺纹紧固连接图标 	37
1.2.9	Virtual Spring Bolt Tightening Connections 虚拟弹性螺纹紧固连接图标 	38
1.2.10	User-Defined Distant Connection 用户定义距离连接图标 	40
1.2.11	Spot Welding Connection 点焊连接图标 	44
1.2.12	Seam Weld Connection 连续焊接连接图标 	46
1.3	Equipment Toolbar 设备工具栏	47
1.3.1	Distributed Mass 分布质量图标 	47
1.3.2	Line Mass Density 线质量密度图标 	50
1.3.3	Surface Mass Density 面质量密度图标 	51
1.4	Virtual Part 虚拟零件工具栏	52
1.4.1	Rigid Virtual Part 刚性虚拟零件图标 	52
1.4.2	Smooth Virtual Part 平滑虚拟零件图标 	54
1.4.3	Rigid Spring Virtual Part 刚弹性虚拟零件图标 	56
1.4.4	Smooth Spring Virtual Part 平滑弹性虚拟零件图标 	58
1.4.5	Periodicity Conditions 周期条件图标 	60
1.5	Restraint Toolbar 边界条件图标工具栏	61
1.5.1	Clamp 夹紧图标 	62
1.5.2	Surface Slider 表面滑动图标 	63

1.5.3	Ball Join 球铰图标 	65
1.5.4	Slider 滑动约束图标 	66
1.5.5	Pivot 旋转轴约束图标 	68
1.5.6	Sliding Pivot 滑动旋转轴约束图标 	70
1.5.7	Advanced Restraint 高级约束图标 	72
1.5.8	Isostatic Restraint 等静态约束图标 	74
1.6	Load Toolbar 载荷工具栏图标	75
1.6.1	Pressure 压强图标 	75
1.6.2	Enforced Displacement 强制位移图标 	78
1.6.3	Distributed Force 分布力图标 	80
1.6.4	Moment 力矩图标 	83
1.6.5	Bearing Load 轴承载荷图标 	84
1.6.6	Imported Force 导入力图标 	87
1.6.7	Imported Moment 导入力矩图标 	90
1.6.8	Line Force Density 线分布力图标 	92
1.6.9	Surface Force Density 面分布力图标 	94
1.6.10	Body Force 体积力图标 	96
1.6.11	Acceleration 加速度图标 	98
1.6.12	Rotation 旋转力 (离心力) 图标 	100
1.7	Groups Toolbar 组工具栏图标	102

1.7.1	Point Group 点组图标 	102
1.7.2	Line Group 线组图标 	103
1.7.3	Surface Group 面组图标 	104
1.7.4	Body Group 实体组图标 	104
1.8	Compute Toolbar 计算工具图标	105
1.8.1	计算静态问题	105
1.8.2	计算频率问题	108
1.8.3	计算翘曲问题	110
1.8.4	Adapt 适应图标 	113
1.8.5	Storage Location 存储位置图标 	114
1.8.6	Clear Storage 清除存储图标 	116
1.8.7	Temporary Data Directory 临时文件目录图标 	116
1.9	Image Toolbar 图像工具栏图标	117
1.9.1	Deformation 变形图标 	117
1.9.2	Stress von Mises 米赛斯应力图标 	119
1.9.3	Displacement 位移图标 	121
1.9.4	Principal Stress 主应力图标 	123
1.9.5	Precision 精度图标 	125
1.10	Analysis Tools And Results Toolbar 分析工具图标和结果工具图标	127
1.10.1	Animate 动画图标 	128
1.10.2	Cut Plane Analysis 剖面分析图标 	130
1.10.3	Deformation Scale Factor 变形比例系数图标 	132

1.10.4	Search Image Extrema 查找图形极值图标 	133
1.10.5	Information 信息图标 	135
1.10.6	Images Layout 图像排列图标 	136
1.10.7	Basic Analysis Report 基本分析报告图标 	148
1.10.8	Advanced Reporting 高级报告图标 	150
1.10.9	Historic of Computations 计算历史记录图标 	152
第 2 章 Generative Assembly Structural Analysis 生成装配结构分析工作台		156
2.1	Face Face Connection 面面连接图标 	156
2.2	General Connection 通用连接图标 	157
2.3	Welding Point Connection 焊接点连接图标 	158
第 3 章 Tolerance Analysis of Deformable Assembly 装配变形的公差分析工作台		160
3.1	Analysis Toolbar 分析工具图标	160
3.1.1	New Analysis 新分析图标 	160
3.1.2	Import Mesh 导入网格图标 	161
3.1.3	Import Data 导入数据图标 	163
3.2	Elements Toolbar 元素工具栏图标	164
3.2.1	Rigid Support 刚性支点图标 	164
3.2.2	Flexible Support 柔性支点图标 	166
3.2.3	Mechanical Joint 机械连接图标 	168
3.2.4	Positioning System 定位系统图标 	170
3.2.5	生成紧固元素	172
3.2.6	Contact 接触图标 	173

3.2.7	Contact Links 连接接触图标 	174
3.2.8	Deviation 误差图标 	176
3.2.9	Correlated Deviation 相关误差图标 	178
3.2.10	Distance Between Two Points 两点之间距离图标 	180
3.2.11	Analysis Geometric Variations 分析几何变化图标 	183
3.2.12	Annotation Bag 注释包图标 	184
3.3	Process Toolbar 工艺图标	185
3.3.1	Open PERT Chart 打开性能评定图表图标 	185
3.3.2	Item Assignment 指定项目图标  , Unassign an item 解除指定项目图标 	187
3.3.3	添加动作图标	189
3.4	Tools Toolbar 工具图标	190
3.4.1	Report 报告图标 	190
3.4.2	Compute 计算图标 	191
3.4.3	Visualization 可视化图标 	191
3.4.4	Analysis Data 分析数据图标 	194
3.4.5	Edit Images 编辑图像图标 	195
第 4 章	有限元参考指导工作台	197
4.1	单元类型	197
4.2	单元属性	204
第 5 章	FEM Surface 对曲面划分有限元网格	210
5.1	Surface Meshing Methods Toolbar 表面网格划分方法工具	210
5.1.1	OCTREE Triangle Mesher 三角形网格图标 	210

5.1.2	Mesh The Part 划分零件网格图标 	213
5.1.3	Mesh Offset 网格偏移图标 	214
5.1.4	Export Mesh 导出网格图标 	215
5.1.5	Import Mesh 导入网格图标 	216
5.1.6	Split Quads 分割四边形网格图标 	216
5.1.7	Spot Welding Connections 划分点焊连接网格图标 	217
5.2	Specification Tools Toolbar 特殊工具图标工具栏	218
5.2.1	消除孔	218
5.2.2	消除裂缝	220
5.2.3	消除面	221
5.2.4	Add/Remove Constraints 添加/消除约束图标 	222
5.2.5	Imposed Elements 强制增加元素图标 	225
5.2.6	设置全局网格参数	229
5.2.7	准备工作	231
5.2.8	返回网格零件的统计结果	234
5.3	修改工具图标	235
5.3.1	Remove Simplification 消除简化几何图形图标 	235
5.3.2	Remove Mesh 消除网格图标 	236
5.3.3	修改约束	236
5.3.4	修改强制增加节点	239
5.3.5	重新对一个区划分网格	241
5.3.6	锁定一个区域	244
5.3.7	网格编辑	245
5.4	Quality Analysis Toolbar 网格划分质量分析工具栏	249
5.4.1	显示自由棱边	249
5.4.2	检查交叉和干涉	250
5.4.3	分析单元质量	250
5.4.4	切换标准/质量分析显示模式	254
第 6 章 有限元分析实例		256

6.1	实例 1	固定支杆的应力分析.....	256
6.2	实例 2	壳的平面应力问题.....	264
6.3	实例 3	一端固定的长方体.....	272
6.4	实例 4	平端盖的应力分析.....	276
6.5	实例 5	承受扭矩和弯曲力联合作用的轴.....	281
6.6	实例 6	带有虚拟零件的应力分析.....	289
6.7	实例 7	装配零件的应力分析.....	294
6.8	实例 8	梁单元结构的变形分析.....	299
6.9	实例 9	模态分析.....	305

第1章 Generative Structural Analysis (GPS and EST)

生成结构分析工作台

工作台台标和显示界面如下：



本工作台的作用是设置有限元分析的各网格参数、模型的边界条件、载荷条件等。

1.1 Model Manager 模型管理工具栏图标



1.1.1 Tetrahedron 四面体图标



本节说明如何在零件上手动增加或者删除三维网格。

打开文件 sample39.CATAnalysis，打开零件的三维模型和模型树显示结果如图 1-1 和图 1-2。

删除模型树上的 OCTREE Tetrahedron Mesh. 2: Part1.2。在模型树 OCTREE Tetrahedron Mesh. 2: Part1.2 上点击鼠标右键，在出现的菜单中选择 Delete 删除选项，就可以将目标删除，删除 OCTREE Tetrahedron Mesh. 2: Part1.2 后的模型树如图 1-3。

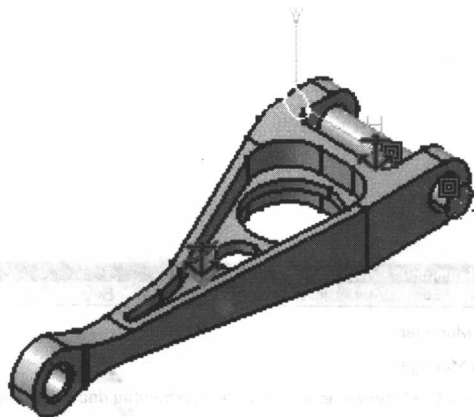


图 1-1 示例零件的三维模型

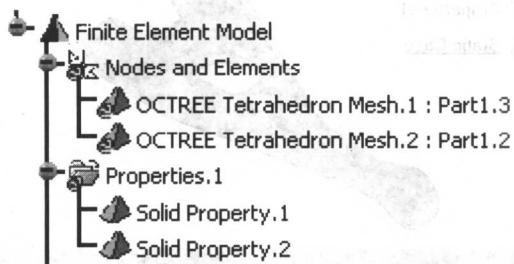


图 1-2 示例零件的模型树

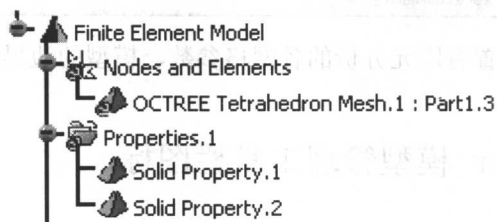


图 1-3 删除 OCTREE Tetrahedron Mesh. 2: Part1.2 后的模型树

点击 Tetrahedron 四面体图标 ，选择要生成新网格的零件，在本例中，选择实体 PartBody，如图 1-4。选择后，出现 OCTREE Tetrahedron Mesh（OCTREE 四面体网格）对话框，如图 1-5。

在 Global 全局制表栏，可以改变全局参数：

- Size 网格大小。
- Sag 网格垂度。
- Element type 单元类型：
 - Linear 线性单元。
 - Parabolic 抛物线性单元。

在 Local 局部制表栏，可以设置局部参数：

- Size 网格大小。
- Sag 网格垂度。
- Local distribution 局部分布。
- Local imposed nodes 局部强加节点。

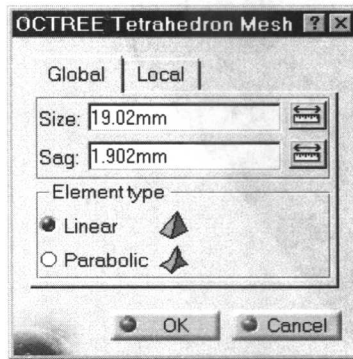
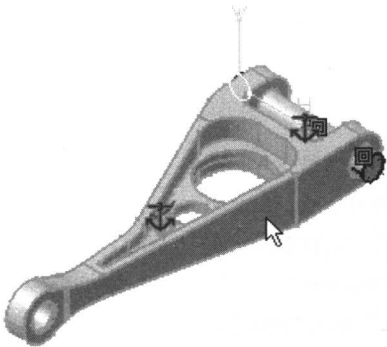


图 1-4 选择实体 PartBody 图 1-5 OCTREE Tetrahedron Mesh (OCTREE 四面体网格) 对话框

在对话框内填上合适的参数，在本例中，将 Size 大小参数更改为 24mm，如图 1-6。

点击 OCTREE Tetrahedron Mesh (OCTREE 四面体网格) 对话框内的 OK 按钮，生成新的网格。同时左侧的模型树自动更新，出现新的网格元素 OCTREE Tetrahedron Mesh.2: Part1.3，如图 1-7。

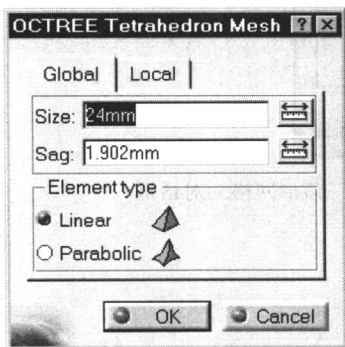


图 1-6 Size 大小参数更改为 24mm

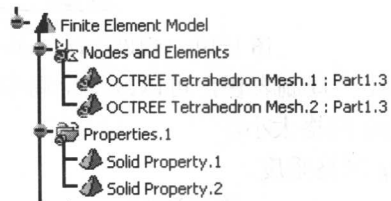



图 1-7 模型树出现新的网格元素
OCTREE Tetrahedron Mesh.2: Part1.3

1.1.2 Octree Triangle Mesher 三角形网格图标

本节说明如何在零件上手动增加或者删除二维网格。

打开文件 sample40.CATAnalysis。打开零件的三维模型和模型树显示结果如图 1-8 和图 1-9。

点击 Octree Triangle Mesher 三角形网格图标 ，选择二维元素，出现 OCTREE Triangle Mesh (OCTREE 三角形网格) 对话框，如图 1-10。

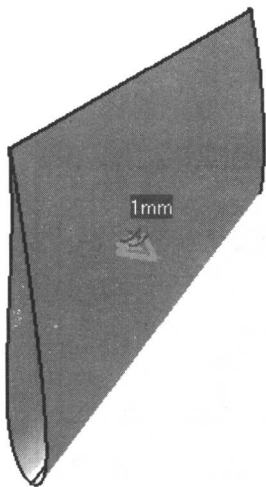


图 1-8 示例零件的三维模型

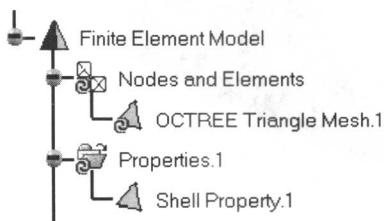


图 1-9 示例零件的模型树

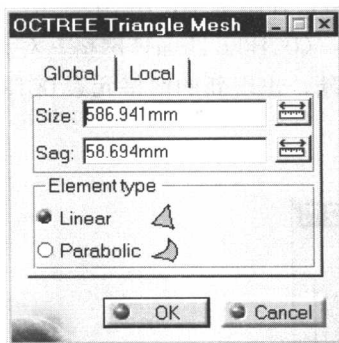


图 1-10 OCTREE Triangle Mesh (OCTREE 三角形网格) 对话框

在 Global 全局制表栏，可以改变全局参数：

- Size 网格大小。
- Sag 网格垂度。
- Element type 单元类型：
 - Linear 线性单元。
 - Parabolic 抛物线性单元。

在 Local 局部制表栏，可以设置局部参数：

- Size 网格大小。
- Sag 网格垂度。
- Local distribution 局部分布。
- Local imposed nodes 局部强加节点。

根据需要，可以改变 OCTREE Triangle Mesh (OCTREE 三角形网格) 对话框内各参数的值，在本例中，保留默认的设置。点击 OCTREE Triangle Mesh (OCTREE 三角形网格) 对话框内的 OK 按钮，生成新的网格。同时左侧的模型树自动更新，出现新的网格元素 OCTREE Triangle Mesh.2，如图 1-11。

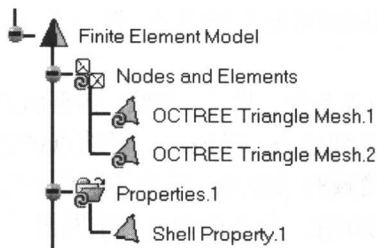


图 1-11 模型树出现新的网格元素 OCTREE Triangle Mesh.2

1.1.3 Beam Mesher 梁网格图标

本节说明如何在零件上手动增加或者删除一维梁单元网格。

打开文件 sample47.CATAnalysis。点击 Beam Mesher 梁网格图标，选择要划分网格的梁，如图 1-12。出现 Beam Meshing 梁单元网格对话框，如图 1-13。在 Element size 单元大小栏内输入梁单元的大小 3mm。激活 Sag control 垂度控制选项，出现新的选项，如图 1-14。

- Min size: 设置最小单元大小。
- Sag: 设置网格垂度。

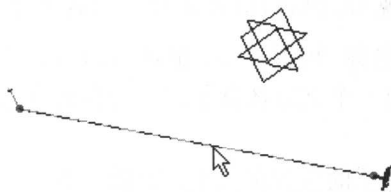


图 1-12 选择要划分网格的梁

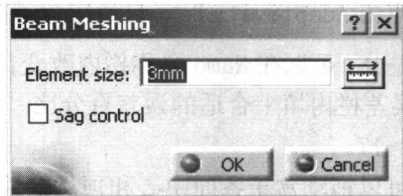


图 1-13 Beam Meshing 梁单元网格对话框