

CATIA V5R15

机械设计



高级应用实例

● 邓志党 李科 胡仁喜 等编著



CATIA V5R15

COMPUTER AID DESIGN FOR MECHANISM

全面完整的知识体系
深入浅出的理论阐述
循序渐进的分析讲解
丰富典型的实例引导



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

计算机辅助机械设计高级应用实例

COMPUTER AID DESIGN FOR MECHANISM

系列



计算机辅助机械设计高级应用实例系列

CATIA V5R15 机械设计高级应用实例

邓志党 李科 胡仁喜 等编著



机械工业出版社

CATIA 软件是一种功能强大的计算机辅助设计软件,主要用于航空航天工业和汽车工业,其强大的造型功能模块和曲面造型模块为现代工业无纸化设计提供了强大的工具。

本书系统介绍了 CATIA V5R15 的基本功能,以及和其他 CAE 软件联合进行动力学分析、二次开发、应力分析等高级内容。本书共分 10 章,分别介绍了 CATIA V5R15 概述、草图设计、零件设计基本特征、零件设计高级特征、装配设计、工程图样设计、曲面设计、钣金设计、齿轮泵设计实例、结构分析与动力学仿真等内容。

本书适用于高等院校机电类或者其他类似专业的师生使用,也可以作为普通设计人员以及 CATIA 爱好者的自学参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

CATIA V5R15 机械设计高级应用实例 / 邓志党等编著. —北京:
机械工业出版社, 2006. 6
(计算机辅助机械设计高级应用实例系列)
ISBN 7-111-19223-0

I. C… II. 邓… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件,
CATIA V5R15 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 053930 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

2006 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.75 印张·435 千字

0001—5000 册

定价: 38.00 元(含 1CD)

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

编辑热线(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前言

法国达索飞机设计公司在 20 世纪 70 年代首先创建了达索设计系统,并且以此为基础开发出 CATIA 计算机辅助设计软件, CATIA 起源于航空工业,其最大的标志客户即美国波音公司,波音公司通过 CATIA 建立起了一整套无纸飞机生产系统,取得了成功。围绕数字化产品和电子商务集成概念进行系统结构设计的 CATIA V5R15 版本,可为数字化企业建立一个针对产品整个开发过程的工作环境。在这个环境中,可以对产品开发过程的各个方面进行仿真,并能够实现工程人员和非工程人员之间的电子通信。产品整个开发过程包括概念设计、详细设计、工程分析、成品定义和制造乃至成品在整个生命周期中的使用和维护。作为世界领先的 CAD/CAM 软件, CATIA 可以帮助用户完成大到飞机小到螺钉旋具的设计及制造,它提供了完备的设计能力:从 2D 到 3D 到技术指标化建模,同时,作为一个完全集成化的软件系统, CATIA 将机械设计、工程分析及仿真和加工等功能有机地结合,为用户提供严密的无纸工作环境,从而达到缩短设计生产时间,提高加工质量及降低费用效果。

本书以设计实例为主线,同时兼顾基础知识,图文并茂地介绍了 CATIA V5R15 的功能、使用方法以及进行零件设计、部件装配、创建二维工程图等基础内容,同时为高级用户提供了 CATIA V5R15 的运动学/动力学仿真以及利用 CATIA V5R15 进行零件的应力分析等更加深入的内容。所以本书即适用于初、中级用户的快速入门,也满足高级用户对 CATIA V5R15 进行深入研究的需要。本书系统介绍了 CATIA V5R15 的基本功能,以及和其他 CAE 软件联合进行动力学分析、二次开发、应力分析等高级内容。本书共分 10 章,分别介绍了 CATIA V5R15 概述、草图设计、零件设计基本特征、零件设计高级特征、装配设计、工程图样设计、曲面设计、钣金设计、齿轮泵设计实例、结构分析与动力学仿真等内容。

本书具有较强的系统性,简明扼要地讲述了 CATIA V5R15 中大部分最常用的功能,以及这些功能在具体的造型实例中(齿轮泵)的具体应用,使得读者在完成了基础部分的学习外,还能够在实际的设计中应用这些基础技能,从而加深对所学知识的理解。除了本书所主要讲述的齿轮泵部件以外,还列举了较多的十分典型的实例,并且书中附有大量的插图,光盘中也附有实例的三维模型和详细的操作过程动画,以方便读者的学习。读者在学习的过程中不仅可以开阔视野,还可以从中学习到更多的 CATIA V5R15 的使用技巧,巩固所学习到的知识和技能。随书光盘包含全书所有实例的操作过程动画文件,可以帮助读者更加形象生动地学习本书。

本书主要由邓志党、李科、胡仁喜编写,同时参加本书编写的还有陈树勇、张俊生、阳平华、周冰、董伟、王兵学、王渊峰、郑长松、孟清华、王敏、杨立辉、李瑞、周广芬、李鹏、陈丽芹、李世强、谷德桥、王佩楷、袁涛等。

由于编者水平有限,时间仓促,所以本书难免在内容选材和叙述上有欠缺之处。竭诚欢迎广大读者在阅读过程中对本书提出批评和建议。可以发电子邮件到编者的电子信箱:hurenxi2000j@163.com,以方便做进一步的交流。

编者

2006 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 CATIA 软件介绍	1
1.1 CATIA V5R15 软件的特点	1
1.2 CATIA 用户界面	2
1.2.1 顶部菜单区	3
1.2.2 产品/部件/零件树形结构图	4
1.2.3 图形工作区	7
1.2.4 功能菜单区	8
1.2.5 工具菜单区	9
1.2.6 命令提示区	13
1.3 CATIA 模型存取及显示设置	14
1.3.1 产品结构、文档及 CATIA 元素的选取	14
1.3.2 物体的显示特性及显示模式	15
1.3.3 视图模式	16
1.4 打印输出和 V5 与 V4 的数据互操作	18
1.4.1 打印输出	18
1.4.2 V5 与 V4 数据的互操作	18
1.5 视图	19
1.5.1 标准视图	19
1.5.2 自定义视图	20
1.6 CATIA 层定义和宏定义	20
1.6.1 层定义	21
1.6.2 宏定义	22
1.6.3 CATIA 的 OLE 功能	24
1.7 CATIA 的快捷键	26
1.8 本章小节	26
1.9 本章习题	26
第 2 章 草图设计	28
2.1 进入草图工作台	28
2.2 草图功能介绍	29
2.2.1 草图环境控制工具栏	29
2.2.2 草图创建工具栏	32
2.2.3 草图编辑工具栏	49
2.2.4 约束工具栏	64
2.2.5 标准元素与构造元素	70

2.3 本章小结	71
2.4 本章习题	71
第3章 零件设计基本特征	72
3.1 进入零件设计工作台	72
3.2 零件的拉伸与旋转成形	74
3.2.1 拉伸成形	74
3.2.2 减重槽	80
3.2.3 旋转成形	83
3.2.4 旋转沟槽	84
3.3 范例实作	85
3.3.1 六角螺钉	85
3.3.2 灯泡	90
3.4 本章小节	98
3.5 本章习题	98
第4章 零件设计高级特征	99
4.1 零件的修饰特征	99
4.1.1 圆角	99
4.1.2 倒角	103
4.1.3 拔模	104
4.1.4 抽壳	106
4.1.5 厚度	107
4.1.6 螺纹	107
4.2 范例实作	108
4.2.1 垃圾桶的实体造型	108
4.2.2 针管	114
4.3 零件的扫掠和阵列	117
4.3.1 扫掠功能	117
4.3.2 阵列功能	120
4.4 范例实作	123
4.4.1 茶壶	123
4.4.2 轮胎	135
4.5 本章小节	144
4.6 本章习题	145
第5章 装配设计	145
5.1 装配功能按钮介绍	145
5.2 装配环境参数设定	148
5.2.1 一般环境参数设定	148

5.2.2 装配拘束环境参数设定	149
5.3 装配设计相关功能介绍	150
5.3.1 产品结构工具	150
5.3.2 移动工具	153
5.3.3 拘束工具	156
5.3.4 装配特征工具	161
5.4 装配分析	163
5.5 装配实例	166
5.5.1 灯泡的装配	166
5.5.2 生成爆炸效果图	169
5.5.3 装配垃圾桶	169
5.5.4 装配针管	170
5.5.5 装配轮胎	171
5.5.6 齿轮泵的装配	173
5.6 本章小结	180
5.7 本章习题	180
第6章 工程图样绘制	180
6.1 工程图样的定义	180
6.2 零件图样的视图	181
6.2.1 零件图样的初步绘制	181
6.2.2 创建剖视图	184
6.2.3 局部视图	185
6.2.4 创建局部剖视图	186
6.3 零件图样的标注	186
6.3.1 标注格式的设定	187
6.3.2 图形属性设置	188
6.3.3 注释设置	188
6.4 工程图样的绘制	189
6.4.1 创建视图区域	190
6.4.2 图样几何元素绘制	190
6.4.3 几何标注和注释	192
6.5 文件的导入与导出	192
6.5.1 导入 DXF/DWG 文件	192
6.5.2 导出 DXF/DWG 文件	193
6.6 本章小节	193
6.7 本章习题	194
第7章 曲面设计初步	195

7.1 CATIA V5R15 曲面工作台	195
7.2 线框与曲面功能	196
7.2.1 线框	196
7.2.2 曲面	198
7.3 范例实作	204
7.3.1 机翼造型	204
7.3.2 翼尖小翼造型	209
7.4 本章小节	211
7.5 本章习题	212
第8章 钣金件设计	213
8.1 钣金件设计相关知识介绍	213
8.1.1 进入钣金件设计工作台	213
8.1.2 钣金零件的参数设置	213
8.2 计算机电源外罩实例	215
8.2.1 参数设置	215
8.2.2 绘制钣金零件	216
8.2.3 创建钣金零件的弯边	217
8.2.4 创建安装孔	218
8.2.5 创建通气孔	219
8.2.6 创建限位压印	221
8.2.7 展开钣金零件并生成工程图样	222
8.3 本章小结	224
8.4 本章习题	224
第9章 齿轮泵实例	225
9.1 齿轮泵泵体造型	225
9.2 齿轮泵端盖造型	235
9.2.1 左端盖	235
9.2.2 右端盖	238
9.3 齿轮轴造型	242
9.3.1 长齿轮轴	242
9.3.2 短齿轮轴	246
9.3.3 锥齿轮	250
9.4 键	251
9.5 本章小结	251
9.6 本章习题	252
第10章 结构分析及动力学仿真	253
10.1 定义约束条件	253

10.1.1 进入应力分析工作台	253
10.1.2 滑动约束的创建	254
10.1.3 分布载荷的创建	255
10.2 计算应力和应变	256
10.2.1 静态计算	256
10.2.2 频率计算分析	258
10.2.3 添加静态约束	259
10.2.4 添加表面应力	259
10.2.5 计算频率约束	260
10.2.6 查看计算结果	260
10.3 网格的划分	262
10.3.1 有限元工作台	263
10.3.2 网格数据的保存	269
10.4 网格的干涉检查	270
10.5 动力学仿真	271
10.6 本章小结	273
10.7 本章习题	273

第 1 章 CATIA 软件介绍

内容 提要

CATIA 是一种功能强大的计算机辅助设计软件，主要用于航空航天工业和汽车工业，其强大的造型功能模块和曲面造型模块为现代工业无纸化设计提供了强大的工具。

本章将简要介绍 CATIA 的基础知识和基本操作方法。

★本章重点

- CATIA V5R15 软件的特点和操作界面
- 软件的显示环境和文件存储以及打印设置
- 数据转换和设定用户自定义视图
- CATIA 层定义和宏定义

1.1 CATIA V5R15 软件的特点

法国达索飞机设计公司在 20 世纪 70 年代首先创建了达索设计系统，并且以此为基础开发出 CATIA 计算机辅助设计软件，CATIA 起源于航空工业，其最大的标志客户即美国波音公司，波音公司通过 CATIA 建立起了一整套无纸飞机生产系统，取得了巨大的成功。围绕数字化产品和电子商务集成概念进行系统结构设计的 CATIA V5R15 版本，可为数字化企业建立一个针对产品整个开发过程的工作环境。在这个环境中，可以对产品开发过程的各个方面进行仿真，并能够实现工程人员和非工程人员之间的电子通信。产品整个开发过程包括概念设计、详细设计、工程分析、成品定义和制造乃至成品在整个生命周期中的使用和维护。

作为世界领先的 CAD/CAM 软件，CATIA 可以帮助用户完成大到飞机小到螺钉旋具的设计及制造，它提供了完备的设计能力：从 2D 到 3D 到技术指标化建模，同时，作为一个完全集成化的软件系统，CATIA 将机械设计、工程分析及仿真和加工等功能有机地结合，为用户提供严密的无纸工作环境，从而达到缩短设计生产时间、提高加工质量及降低费用的

效果。

● 重新构造的新一代体系结构

为确保 CATIA 产品系列的发展, CATIA V5 R15 新的体系结构突破传统的设计技术, 采用了新一代的技术和标准, 可快速地适应企业的业务发展需求, 使客户具有更大的竞争优势。

● 支持不同应用层次的可扩充性

CATIA V5 R15 对于开发过程、功能和硬件平台可以进行灵活的搭配组合, 可为产品开发链中的每个专业成员配置最合理的解决方案。允许任意配置的解决方案, 可满足从最小的供货商到最大的跨国公司的需要。

● 与 NT 和 UNIX 硬件平台的独立性

CATIA V5 R15 是在 Windows NT 平台和 UNIX 平台上开发完成的, 并在所有所支持的硬件平台上具有统一的数据、功能、版本发放日期、操作环境和应用支持。CATIA V5 R15 在 Windows 平台的应用可使设计师更加简便地同办公应用系统共享数据; 而 UNIX 平台上 NT 风格的用户界面, 可使用户在 UNIX 平台上高效地处理复杂的工作。

● 专用知识的捕捉和重复使用

CATIA V5 R15 结合了显式知识规则的优点, 可在设计过程中交互式捕捉设计意图, 定义产品的性能和变化。隐式的经验知识变成了显式的专用知识, 提高了设计的自动化程度, 降低了设计错误的风险。

● 给现存客户平稳升级

CATIA V4 和 V5 R15 具有兼容性, 两个系统可并行使用。对于现有的 CATIA V4 用户, CATIA V4 和 V5 R15 引领他们迈向 NT 世界。对于新的 CATIA V5 R15 客户, 可充分利用 CATIA V4 成熟的后续应用产品, 组成一个完整的产品开发环境。

1.2 CATIA 用户界面

CATIA 用户界面如图 1-1 所示, 可以分为 5 个区域:

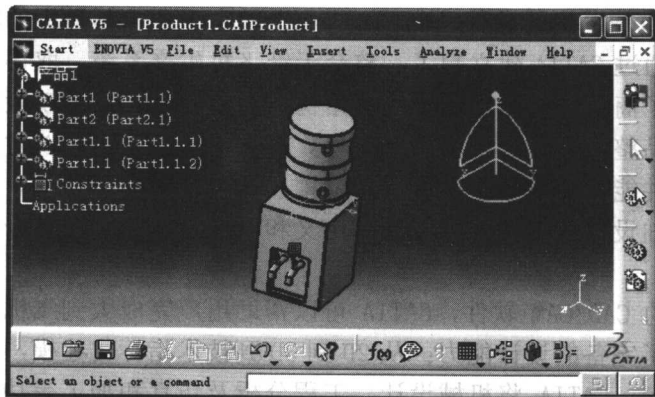


图 1-1 CATIA 用户界面

- 顶部菜单区 (Menus)
- 左部为产品/部件/零件树形结构图 (Tree & associated geometry)
- 中部图形工作区 (Graphic Zone)
- 右部为与选中的工作台相应的功能菜单区 (Active work bench toolbar)
- 下部为工具菜单区 (Standard Toolbars)
- 工具菜单下为命令提示区 (Dialog Zone)

1.2.1 顶部菜单区

CATIA V5R15 的顶部菜单区如图 1-2 所示。

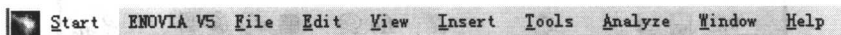


图 1-2 顶部菜单区

顶部菜单区自左往右由 10 个部分组成，其中“Start”菜单如图 1-3 所示，其为 CATIA 所有的模块操作命令的组合菜单，CATIA 模块主要包括 Infrastructure（基础构造）、Mechanical Design（机械设计）、Shape（自由曲面）、Analysis & Simulation（分析与模拟）、AEC Plant（AEC 设计）、Machining（切削加工）、Digital Mockup（数字模型）、Equipment & Systems（设备与系统）、Digital Process for Manufacturing（数字工艺与制造）、Ergonomics Design & Analysis（人机工程学设计与分析）、Knowledgeware（知识库），每个主模块下面又包含多个子模块，如 Mechanical Design（机械设计）下面包含：Part Design、Assembly Design、Sketcher、…、Drafting 等模块，当选择一个模块时，工作界面就自动调整为选择的界面，如当选择主模块“Mechanical Design”中的子模块“Drafting”时，主界面就自动换成“Drafting”模块界面，如图 1-4 所示。

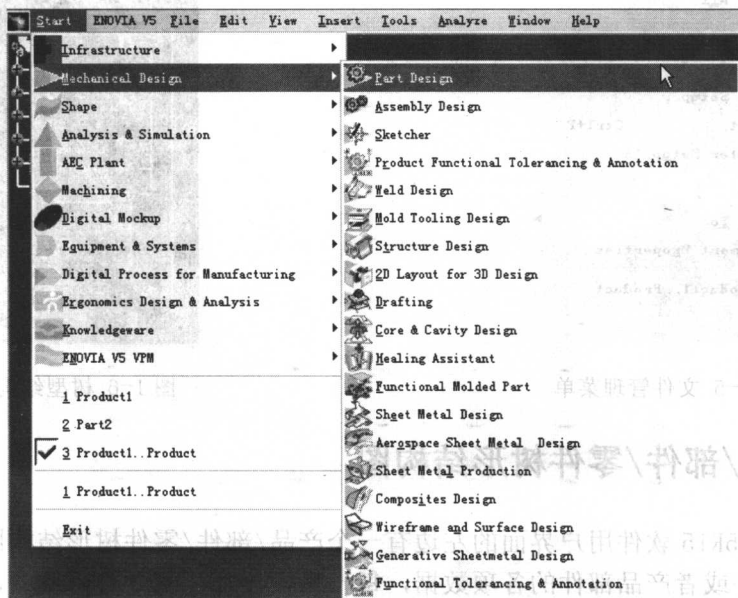


图 1-3 “Start” 下拉菜单

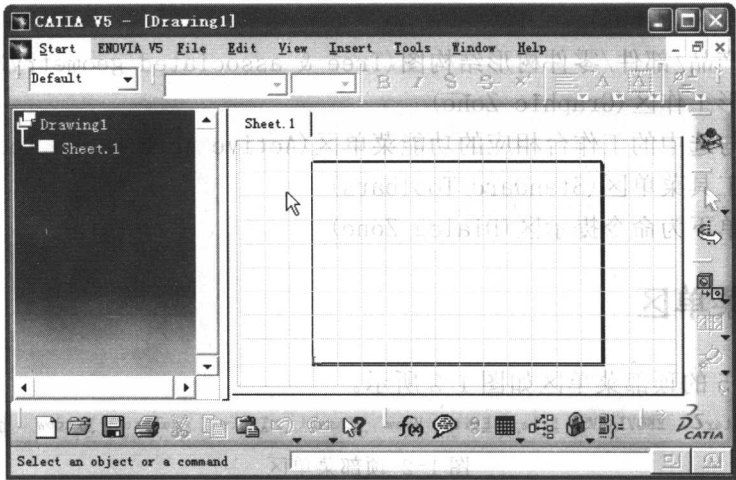


图 1-4 “Drafting” 模块界面

文件管理菜单是用以保存和开启档案文件，如图 1-5 所示。开启新的档案分为全新建立一个新档案和从一个原有的档案开启一个新的档案。在保存档案文件的时候要注意，CATIA 提供了多种文件保存格式，一般默认为 CATProduct。

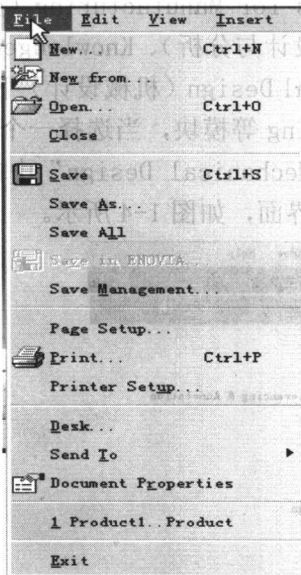


图 1-5 文件管理菜单

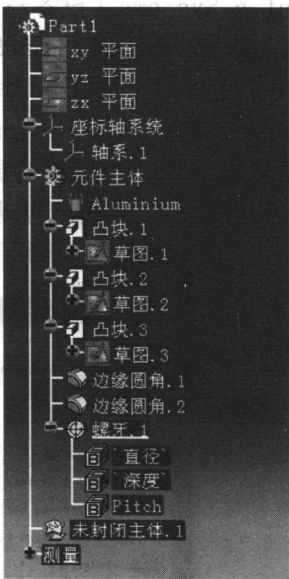


图 1-6 树型结构图

1.2.2 产品/部件/零件树形结构图

在 CATIA V5R15 软件用户界面的左边有一个产品/部件/零件树形结构图，通过它可以方便的查询零件或者产品部件的各项数据，每一步操作都在此处有所反映，当双击树形结构的某一操作按钮就可以直接进入此项操作如图 1-6 所示。

在大部分参数化的 CAD 系统中，都有表示构建历史的历史树，它可以让用户了解对象

的构建历史,从而进行修改或编辑工作。CATIA 的历史树不仅具备了上述功能,更能使用户方便的管理、存储和修改模型,这是其他 CAD 系统所不具备的功能。

1. 历史树的结构

CATIA 的历史树包含了所有的特征、约束及关系,树的最深层就好比树根,树根伸出若干个枝干,对象与对象之间通过枝干最终连到树根上。枝干两端的对象具有父子关系,从枝干上伸出的对象是原对象的“儿子”,原对象是伸出的对象的“父亲”,修改“儿子”的特征,会直接影响“父亲”的结构。

2. 历史树的操作

(1) 历史树的显示与隐藏:单击 F3 键可以切换历史树的显示与隐藏。

(2) 树上对象的拖拽:历史树支持拖拽功能,用于可以把对象从历史树的某个枝干拖拽到另一枝干,但前提是被托拽对象与拖拽到的枝干上的对象不存在父子关系,如果存在父子关系,系统会提示出现错误,造成更新失败而前功尽弃,所以如非必要,不要轻易地在历史树上移动对象的位置。

(3) 树形居中:单击历史树的任一对象,再单击右键,选择 Center graph,则历史树会改变位置,把此对象放在屏幕的中间。

(4) 图形居中:单击历史树的任一对象,再单击右键,选择 Reframe on,则视图区的对象会改变位置,把此对象放在视图区的中间。

(5) 显示与隐藏:单击历史树的任一对象,再单击右键,选择 Hide/show,可将选取的对象隐藏或显示。

(6) 开启子树:单击历史树的任一对象,再单击右键,选择 Open sub-tree,则系统开启一个子历史树,来显示该对象的子对象。

(7) 定义工作对象:这个功能用来定义目前工作中的对象。当一个历史树有许多个零件时,必须要定义目前的操作是针对哪一个零件进行的。单击历史树的任一对象,再单击右键,选择 Define in work object 命令,则历史树上的名称会出现一条下划线,这时候进行的操作系统会认为是在这个有下划线的零件上进行的,如图 1-7 所示。

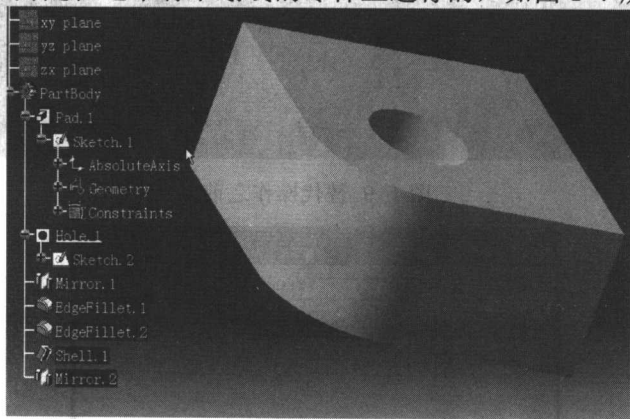


图 1-7 定义工作对象

(8) 父子关系:单击历史树的任一对象,再单击右键,选择 Parent/children,会出现新的对话框,显示此对象与其他约束、特征的关系,帮助用户了解目前的特征是建立在

哪些特征的基础上,与其他约束、特征的相对顺序关系如何,如图 1-8 所示。

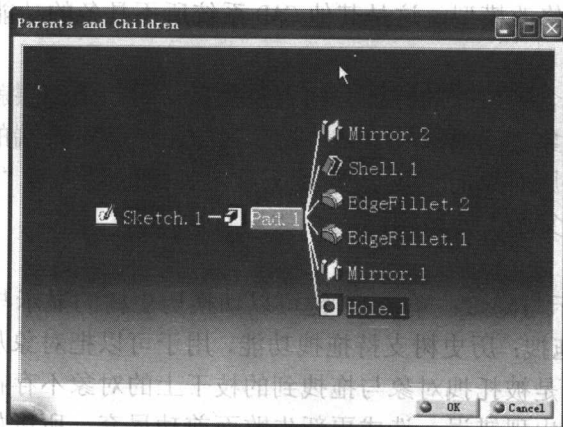


图 1-8 显示父子关系

(9) 替代:单击历史树的任一对象,再单击右键,选择 Replace,可以用其他对象来取代现在的对象,举例来说,现在有两个草图,其中一个做凸台(Pad)操作,如图 1-9 所示,右击 Sketch1,选择 Replace 命令后,会出现如图 1-10 所示的对话框,接着点 With,选取 Sketch2,结果 Pad 的对象变成了 Sketch2,如图 1-11。

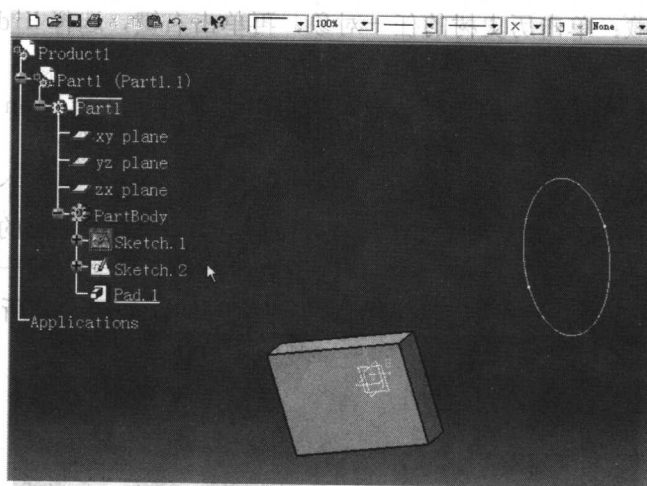


图 1-9 替代操作之前

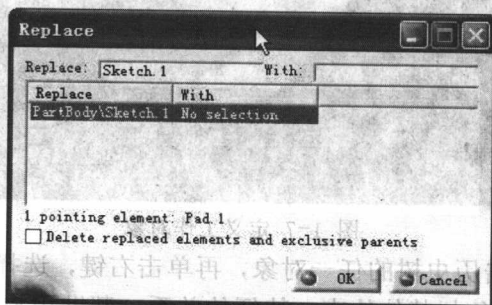


图 1-10 替代对话框

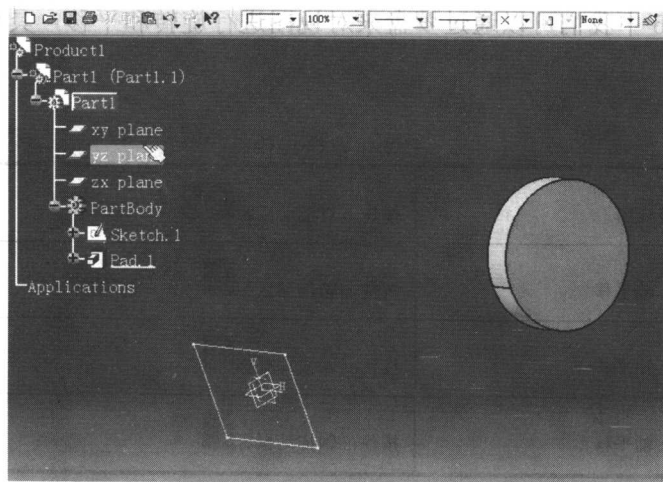


图 1-11 替代操作后

(10) 升级：单击历史树的任一对象，再单击右键，选择 Local Update，可更新所选取的对象。

说明：在顶部菜单区中的视图菜单下的树状格式选项是控制产品/部件/零件树形结构图，当选择了树状格式选项后树形结构图才会在用户界面上出现。

1.2.3 图形工作区

图形工作区是 CATIA 主要的绘图区域，其左边是树形结构，右边是罗盘，如图 1-12 所示。



图 1-12 图形工作区

在 CATIA V5R15 中我们可以通过罗盘来对视图进行旋转和平移，具体的操作方法如表 1-1。

表 1-1 罗盘操作

旋转视图	按住 z 点拖动鼠标 
沿 x 轴平移	按住 x 轴拖动鼠标 
沿 y 轴平移	按住 y 轴拖动鼠标 
沿 z 轴平移	按住 z 轴拖动鼠标 

另外，在 catia 中，我们可以通过鼠标对视图进行操作，具体方法如表 1-2：

表 1-2 鼠标操作

图形平移(PAN)	按住鼠标中键移动
图形旋转(ROTATE)	按住鼠标中键不放，然后按住左键
图形缩放(ZOOM)	按住鼠标中键不放，然后按左键，再放开左键
以某处为中心缩放	鼠标移到所需位置，当该处边缘发亮后，用鼠标中键点击该处一次，该处即变为屏幕中心，然后按住鼠标中键不放，按左键，再放开左键
以某处为中心旋转	鼠标移到所需位置，当该处边缘发亮后，用鼠标中键点击该处一次，该处即变为屏幕中心，然后按住鼠标中键不放，再按住左键
充满整屏(FIT ALL)	按下部视图菜单 (View Tool bars) 中的 Fit All In 图标: 

在对绘图区域进行视图转换的时候，可以通过鼠标滚轮或者中键进行快捷键操作，具体方法如下：在进行窗口缩放的时候按住滚轮或者鼠标中键单击左键或者右键后上下拖动鼠标即可实现窗口的缩放；在进行窗口移动的时候按住滚轮或者鼠标中键拖动鼠标即可；在进行窗口旋转的时候按住滚轮或者鼠标中键再按住左键或者右键移动鼠标即可。

1.2.4 功能菜单区

在图形工作区右边的是与选中的工作台相应的功能菜单区，以机械设计中的零件设计为例，在顶部菜单区中的开始菜单中选择机械设计中的零件设计分菜单，这时在功能菜单区出现了与零件设计相应的功能菜单，如图 1-13 所示。