

制造业信息化工程丛书之 **CAXA**



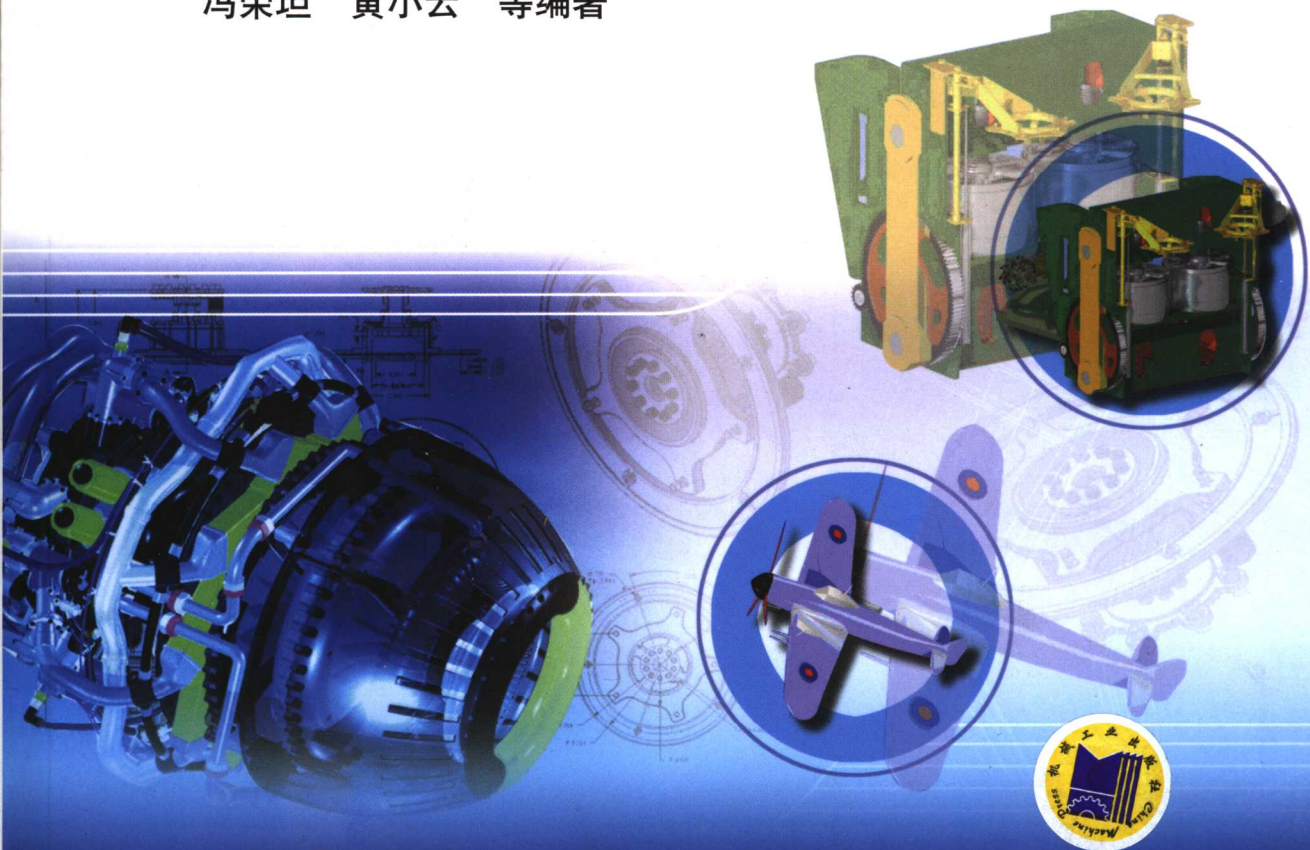
CAXA 公司与众多高校联袂打造

免费赠 CAXA 试用版软件
真正体现实战演练

CAXA

实体设计 2005 基础教程

冯荣坦 黄小云 等编著



机械工业出版社
China Machine Press

制造业信息化工程丛书之 CAXA

CAXA 实体设计 2005 基础教程

冯荣坦 黄小云 等编著



机械工业出版社

本书介绍了 CAXA 最新的创新设计软件——“CAXA 实体设计 2005”。书中全面介绍了 CAXA 实体设计的主要特色、功能及应用。主要内容包括 CAXA 实体设计软件特点、设计环境、设计过程、各种智能图素的生成和使用方法、零件和装配件生成方法、零件定位、钣金件设计、二维工程图生成、曲线和曲面设计、智能渲染、智能动画以及与其他软件共享等。

本书依照实体设计的功能进行章节划分，并通过实例介绍实体设计的使用方法。对功能的讲解全面、浅显、清晰。本书适用于初学者，也可作为专业技术人员的参考用书，还适合各类院校作为培训教材。本书所配光盘中对复杂零件的造型过程进行了详细演示，能帮助读者快速掌握软件的使用，提高软件使用技能，同时读者可以用光盘中提供的 CAXA 试用版进行实战演练。

图书在版编目 (CIP) 数据

CAXA 实体设计 2005 基础教程/冯荣坦, 黄小云等编著.

-北京: 机械工业出版社, 2005.3

(制造业信息化工程丛书之 CAXA)

ISBN 7-111-16224-2

I. C… II. ①冯… ②黄… III. 自动绘图-软件包, CAXA-技术培训-教材 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 016765 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: 王 平 责任编辑: 王金航 版式设计: 杨 洋

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 1/16·19 印张·495 千字

0001-5000 册

定价: 32.00 元 (含 1CD)

凡购本图书, 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

编委会名单

顾问 (按姓氏笔画排序)

- 朱心雄 北京航空航天大学教授
刘占山 教育部职业教育与成人教育司副司长
陈贤杰 科技部高新科技产业司副司长/全国 CAD 应用工程办公室主任
周正寅 全国 CAD 应用办公室专家
唐荣锡 中国工程图学学会理事长
黄永友 《CAD/CAM 与制造业信息化》杂志总编
韩新民 机械科学院系统分析研究所所长
雷毅 北京数码大方科技有限公司/CAXA 总裁

编委 (按姓氏笔画排序)

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 马金盛 | 王洪 | 王朝峰 | 冯荣坦 | 刘鸿君 |
| 冯孝文 | 宋扬 | 安加权 | 沈宝丽 | 李秀 |
| 李长凯 | 李万军 | 邹小慧 | 张自强 | 张一鹏 |
| 张美媛 | 佟宇清 | 苗挺好 | 赵炜 | 赵宝录 |
| 徐嵘峰 | 黄小云 | 谢小星 | 潘玉环 | 薄建元 |

序

进入新的世纪以来，信息化、网络化、智能化、全球化，以及产品创新更快，品质更优，成本更低，服务更好等已经成为当代全球制造业发展的基本特征。随着我国综合国力的进一步增强和加入世界贸易组织（WTO），我国经济全面与国际接轨，并正在成为全球最重要的制造业基地；中国制造业正在迎来历史上最好的、空前蓬勃发展的崭新时期。中国制造业的大发展，必然要求快速形成与之适应的中国 CAD/CAX 产业；立足自主开发与引进国际先进技术相结合，通过联盟与整合，努力打造面向制造业信息化服务的 CAD/CAX “中国军团”，已经成为我国制造业大发展的迫切要求。

CAXA 作为我国自主知识产权软件的优秀代表和知名品牌，十多年来从“制造工程师”起步，以“电子图板”驰名，先后推出“实体设计”、“三维图板”、“网络 DNC”、“协同管理”等近 20 个系列软件产品，覆盖了制造业信息化设计、工艺、制造和管理四大领域，形成“易学、实用”的鲜明国产软件特色，赢得了广大工程技术人员的信任和好评；已成功销售正版软件 100 000 套（其中 3D 软件 15 000 套，CAM 软件 12 000 套），正在航空、航天、核工业、船舶、石油、化工、汽车、铁路、电力、电子、家电、通信等众多制造业行业被广泛应用，在国内 CAD/CAX 市场占有率稳居第一；荣获国家“八五”、“九五”多项科技攻关项目和奖项，并成功于 2001 年和 2002 年两度牵头组织国内有实力的 CAD/CAM 研究机构和软件厂商，负责承担“十五”国家制造业信息化工程重中之重的“制造过程管理系统”和“三维 CAD 系统”重大课题，是我国 CAD/CAX 技术与市场的领导者和先锋军。

自 2000 年初 CAXA 与北京航空航天大学共同启动“CAXA 教育培训计划”以来，CAXA 就在 CAD/CAX 应用人才的培训/培养方面迈出了可喜的一步，得到了社会各界的广泛欢迎和积极参与。到目前使用 CAXA 软件开展教学和培训的院校与培训机构已超过 800 家，先后培训师资 3000 多人次，编写出版教材/图书 200 多套，连续 3 年直接培训学生/学员超过 10 万人次；同时 CAXA 软件先后成为劳动和社会保障部“现代制造技术应用软件课程培训/国家高技能人才职业资格”培训考试软件、劳动和社会保障部“制图员”职业资格考试软件、教育部 NIT（全国计算机应用技术证书考试）“计算机绘图”考试软件、教育部“优秀职业教育软件”等。

这套 CAXA 系列教程的编写出版，既是应市场对学习掌握 CAXA 的强烈要求，又是 CAXA 公司与众多院校及培训机构在应用人才培养方面广泛合作的结晶。相信通过这套 CAXA 系列教程的编写出版，必将会为我国 CAD/CAM 应用人才的培养、为我国制造业信息化的发展做出新的贡献。

我国的制造业将是未来全球制造业的中心；中国的 CAD/CAX 产业已开始走向成熟，CAD/CAX “中国军团”已开始形成，并正在成为服务于信息化“中国制造”的主力军。CAXA 愿与各界朋友一起共同为此而努力。

CAXA 总裁：雷毅 博士

前 言

CAXA 是一家为制造业提供“产品和协同管理解决方案”的供应商，其宗旨是帮助制造业企业对市场作出快速响应，提升企业的竞争力，为制造业提供从需求、订单、设计、工艺、制造直至维护等产品全生命周期的信息化解决方案（PLM）。CAXA 拥有自己的核心技术，开发具有自主知识产权的软件产品，广泛联盟国内外合作伙伴，贴近用户，始终坚持“以用户的需求为目标，以用户的满意为标准，为用户创造价值”的原则，服务于中国制造业。

CAXA 实体设计 2005 是由 CAXA 公司基于其在 CAD/CAM 领域 20 年的经验积累及对国内 120 000 多家用户的深刻了解，融合了美国最新 6 项专利技术，适应 CAD 技术的发展趋势，最新推出的软件产品。

CAXA 实体设计 2005 是真正的创新设计工具，其领先的智能图素功能、独特的“拖放”操作和“三维球”技术、多样化的装配定位方法、专业级渲染与动画制作、强大的“双内核”结构（ACIS 及 Parasolid 内核）以及可视化与精确化两种设计方法，使 CAXA 实体设计真正体现出操作简单直观，修改灵活快捷，设计表现丰富，协同共享性好等创新设计特征。不需要预先构思好设计结果，只要有一个概念，就可以通过使用智能化图素像搭积木一样逐步把构思表达出来，再通过可视化的拖放技术或精确化编辑方法进行修改，以达到满意的设计。

CAXA 实体设计 2005 以完全可视化的三维设计、二维图生成、渲染和动画制作等功能，以及易学、易用及兼容等显著特色，能为设计人员和企业带来很多收益：

- 以三维设计完成以前二维设计无法表达清楚的零件设计，同时为后续的分析、仿真与数控加工提供三维数字模型。
- 通过装配三维虚拟样机，节省企业制造真实样机和不断修改的费用。
- 真实感的三维照片为企业提供多种宣传、演示手段，能够为销售部门争取更多的客户订单。
- 真实的动画效果可以清楚地表现产品结构和机构的动作，为生产和维修服务提供第一手的资料。
- 完整的产品三维数据能够为企业整体信息化建设提供牢固的基础。

本书是在 CAXA 培训教材编委会的指导和帮助下，由 CAXA 公司技术工程师冯荣坦和深圳技师学院光机电系机械设计教研室黄小云老师编著，CAXA 公司技术工程师马金盛、王洪、宋扬、安加权、邹小慧、赵炜、赵宝录参与了书中实例的编写工作。本书的编写得到了 CAXA 培训部鲁君尚经理、CAXA 咨询服务部张自强经理的支持，以及 CAXA 领导和技术人员的大量帮助和具体指导，在此表示衷心的感谢。

本书光盘特色：精彩的实例演示多媒体光盘+CAXA 试用版。读者可以在观看实例演示的同时，在安装的 CAXA 试用版上进行实战演练。

由于时间仓促、经验不足，书中错误和遗漏难以避免，敬请广大读者、教师及学员批评指正。

电话：010-82321350

E-mail:support@caxa.com

http://www.caxa.com

目 录

序 前言

第 1 章 CAXA 实体设计的特点	1
1.1 设计界面	1
1.2 设计元素库	2
1.3 拖放式操作	2
1.4 三维球	2
1.5 尺寸修改	3
1.6 定位锚	4
1.7 多视窗显示	4
1.8 不同的零件编辑状态	5
1.9 显示工具	5
1.10 双内核	6
1.11 属性表	6
1.12 二维、三维相关联	7
第 2 章 设计环境	8
2.1 CAXA 实体设计环境的特点	8
2.2 选择设计环境模板	8
2.3 基准面	9
2.3.1 显示基准面	9
2.3.2 基准面的作用	10
2.4 设计环境设置	11
2.5 设计环境菜单	11
2.6 设计环境工具栏	13
2.6.1 标准工具	13
2.6.2 选择工具	14
2.6.3 文字格式工具	14
2.6.4 智能图素生成工具	14
2.6.5 智能渲染工具	15
2.6.6 智能动画工具	15
2.6.7 智能标注工具	16
2.6.8 二维绘图工具	16
2.6.9 二维约束工具	17
2.6.10 二维辅助线工具	17

2.6.11	二维编辑工具	18
2.6.12	面/边编辑工具	18
2.6.13	装配工具	19
2.7	向导	19
第3章	CAXA 实体设计的设计过程	21
3.1	CAXA 实体设计简介	21
3.2	进入设计环境	21
3.3	创建零件	22
3.3.1	创建零件的基本方法	22
3.3.2	实体造型内核	25
3.3.3	智能捕捉点的绿色反馈特征	26
3.4	零件的装配	27
3.5	生成零件的二维图	28
3.6	零件渲染	30
3.7	零件的动画制作	31
3.8	零件共享交流	31
第4章	智能图素	32
4.1	智能图素的分类	32
4.2	智能图素的使用方法	33
4.2.1	在设计环境中生成智能图素	33
4.2.2	定位锚	33
4.2.3	智能图素的选定	33
4.2.4	图素的尺寸调整	34
4.2.5	包围盒操作柄	34
4.2.6	图素操作柄	35
4.2.7	图素的删除	38
4.2.8	图素的重新定位	38
4.3	图素的应用实例	39
4.4	高级图素应用实例	41
4.5	工具图素应用实例	42
4.6	自定义智能图素的生成	42
4.6.1	二维截面生成	42
4.6.2	拉伸	50
4.6.3	旋转	53
4.6.4	扫描	54
4.6.5	放样	56
4.6.6	结构检查	57
4.6.7	修复失败的截面	57

第 5 章 零件设计	59
5.1 零件设计技术	59
5.1.1 零件的组成	59
5.1.2 零件生成方法	59
5.2 编辑零件	60
5.2.1 利用“选择”工具条编辑	60
5.2.2 采用单击选择法编辑	60
5.3 零件设计工具及技术	61
5.3.1 从设计元素库中拖放标准智能图素	61
5.3.2 零件设计中的智能捕捉功能	61
5.3.3 智能尺寸	63
5.3.4 移动、复制和链接零件中的图素	63
5.3.5 边过渡	65
5.3.6 为零件上色	66
5.4 零件设计中的设计树	66
5.4.1 打开设计树	67
5.4.2 利用“设计树”改变零件历史信息	68
5.5 装配零件	69
5.6 组合零件	70
5.6.1 布尔运算	70
5.6.2 组合图素	73
5.6.3 组合图素应用	74
5.7 修改零件的面和边	75
5.7.1 零件的边修改	75
5.7.2 零件表面修改的内容	77
5.7.3 表面修改实例	77
5.7.4 零件抽壳	82
5.7.5 分裂零件	82
5.7.6 截面剖视	84
5.7.7 生成表面图素	86
5.7.8 隐藏设计环境中的零部件	88
5.8 保存零件和设计环境	88
5.8.1 将零件保存到设计元素库中	88
5.8.2 将零件保存在文件中	89
5.8.3 把整个设计环境保存在设计元素库中	89
5.8.4 将设计环境保存到文件中	90
5.9 参数	91
5.9.1 参数表	91
5.9.2 参数类型	92

5.10 技术工具及技巧.....	97
5.10.1 链接零件文件的一致性.....	97
5.10.2 干涉检查.....	98
5.10.3 零件/装配件物性计算.....	99
5.10.4 零件统计.....	100
第6章 零件定位.....	101
6.1 利用智能捕捉反馈定位.....	101
6.2 无约束装配工具.....	102
6.3 约束装配工具.....	104
6.4 利用智能尺寸定位.....	106
6.4.1 采用智能尺寸定位实体造型.....	107
6.4.2 利用智能尺寸定位的非对称除料设计.....	108
6.4.3 在孔类圆柱体的中心位置添加一个智能尺寸.....	109
6.4.4 编辑智能尺寸的值.....	110
6.4.5 利用智能尺寸锁定图素的位置.....	110
6.4.6 智能尺寸的其他应用和属性.....	111
6.4.7 删除智能尺寸.....	112
6.5 三维球工具的应用.....	112
6.5.1 三维球的结构与功能概述.....	112
6.5.2 移动和线性阵列.....	113
6.5.3 矩形阵列.....	114
6.5.4 旋转和圆形阵列.....	115
6.5.5 三维球的重新定位.....	115
6.5.6 阵列的尺寸驱动.....	115
6.5.7 三维球的中心点的定位方法.....	116
6.5.8 三维球定向控制手柄.....	116
6.5.9 修改三维球配置选项.....	117
6.6 利用背景栅格定位.....	118
6.7 “位置”选项卡.....	120
6.8 附着点.....	120
6.8.1 利用附着点组合图素和零件.....	121
6.8.2 附着点的重定位和复制.....	121
6.8.3 删除附着点.....	121
6.8.4 附着点属性.....	121
6.9 重定位定位锚.....	122
6.9.1 利用三维球重定位零件的定位锚.....	122
6.9.2 利用“定位锚”属性表重定位图素的定位锚.....	123
6.9.3 利用“移动定位锚”功能选项重定位图素的定位锚.....	123
6.9.4 利用智能尺寸和智能捕捉功能重定位图素的定位锚.....	123

第 7 章 钣金件设计	124
7.1 钣金件设计工具和技术.....	124
7.1.1 钣金件设计元素库.....	124
7.1.2 设置钣金件默认参数.....	125
7.2 钣金件的编辑手柄或按钮.....	127
7.2.1 零件编辑状态的编辑手柄.....	127
7.2.2 智能图素编辑状态的编辑工具.....	128
7.3 钣金件设计实例.....	131
7.3.1 板料图素.....	132
7.3.2 添加弯曲图素.....	132
7.3.3 添加型孔图素.....	133
7.3.4 自定义轮廓.....	134
7.3.5 切割钣金件.....	136
7.3.6 添加成型图素.....	137
7.3.7 生成钣金展开图.....	138
7.4 钣金件板料材料型号的修改和添加.....	139
第 8 章 二维工程图生成	140
8.1 绘图环境.....	140
8.1.1 进入绘图环境.....	140
8.1.2 绘图模板.....	141
8.1.3 主菜单栏.....	143
8.1.4 绘图工具.....	144
8.1.5 二维图库.....	147
8.2 视图生成.....	148
8.2.1 生成工程图基本步骤.....	148
8.2.2 生成标准视图.....	149
8.2.3 生成各种剖视图.....	149
8.2.4 编辑剖视图.....	152
8.2.5 生成局部放大图.....	154
8.2.6 生成向视图.....	155
8.2.7 生成轴测图.....	156
8.2.8 生成折断视图.....	157
8.2.9 生成局部视图.....	158
8.3 视图编辑.....	158
8.3.1 视图右键菜单.....	158
8.3.2 选择多个视图.....	159
8.3.3 视图属性.....	160
8.3.4 编辑视图曲线的风格和层.....	161

8.3.5	视图的移动	162
8.3.6	视图的旋转	162
8.3.7	改变主视图方向	163
8.4	工程图标注	163
8.4.1	图纸标注参数的设置	164
8.4.2	直接由设计环境输出的尺寸	164
8.4.3	利用尺寸标注工具添加尺寸	166
8.4.4	单个尺寸标注的编辑修改	169
8.4.5	添加特殊字符集	172
8.5	添加其他工程标注	173
8.5.1	添加中心线	173
8.5.2	添加形位公差代号	174
8.5.3	为工程图添加零件序号	176
8.5.4	添加引出说明	177
8.5.5	添加表面粗糙度符号	178
8.5.6	添加焊接符号	178
8.5.7	添加参考曲线	178
8.5.8	添加其他几何图形	179
8.5.9	编辑工程标注	179
8.5.10	截断视图的工程标注和尺寸标注	180
8.6	视图更新	180
8.6.1	激活设计环境	180
8.6.2	更新工程图	181
8.7	从二维工程图到三维设计的修改	181
8.8	保存工程图文件	182
8.9	生成明细表	182
8.9.1	定义零件相关属性	182
8.9.2	生成明细表	183
8.9.3	编辑明细表	184
8.9.4	关联零件序号	186
8.9.5	生成明细表模板	187
8.10	绘图模板的定义	187
8.10.1	打开工程图模板	187
8.10.2	图层的操作	189
8.10.3	修改默认属性	189
8.10.4	保存模板	189
8.11	生成钣金件的工程图	190
8.12	生成孔的列表	191
8.13	工程图共享交流	192

第 9 章 曲线	193
9.1 三维曲线	193
9.1.1 “三维曲线”工具	193
9.1.2 生成三维曲线	194
9.1.3 三维曲线的编辑	196
9.2 曲面等参数线	198
9.3 曲面交线	199
9.4 曲面投影线	199
9.5 公式曲线	200
9.5.1 生成公式曲线	200
9.5.2 公式曲线可用的数学函数	201
第 10 章 曲面设计	202
10.1 附加曲面造型工具	202
10.2 网格面	202
10.3 放样面	205
10.4 直纹面	207
10.5 旋转面	208
10.6 边界面	209
10.7 导动面	210
10.8 曲面过渡	215
10.9 曲面延伸	216
第 11 章 颜色、纹理及表面光泽的应用	217
11.1 零件的智能渲染属性	217
11.1.1 智能渲染设计元素库	217
11.1.2 智能渲染向导	217
11.1.3 “智能渲染属性”对话框	218
11.2 智能渲染属性	219
11.2.1 颜色	219
11.2.2 纹理	221
11.2.3 表面光泽	224
11.2.4 透明度	225
11.2.5 凸痕	225
11.2.6 反射	226
11.2.7 贴图	227
11.2.8 散射	229
11.3 转换智能渲染属性	229

第 12 章 设计环境的光源、背景和真实感	231
12.1 渲染	231
12.1.1 智能渲染属性	231
12.1.2 修改渲染属性	233
12.1.3 零件和装配图渲染属性	234
12.1.4 选择最佳渲染风格	235
12.2 光源	236
12.2.1 光的种类	236
12.2.2 使用光源向导在设计环境中插入光源	237
12.2.3 显示光源	239
12.2.4 改变光源的位置	239
12.2.5 复制和链接聚光源及点光源	240
12.2.6 修改光源的颜色和亮度	240
12.2.7 关闭或删除光源	241
12.2.8 投射阴影	241
12.2.9 修改光源的衰减	242
12.2.10 高级聚光源设置	243
12.3 设计环境的背景	245
12.4 对设计环境添加雾化效果	246
12.5 设计环境曝光度设置	247
12.6 打印	247
第 13 章 动画	250
13.1 从设计元素库添加动画	250
13.2 使用智能动画向导创建动画	251
13.3 智能动画编辑器	252
13.3.1 添加多个智能动画	252
13.3.2 使用智能动画编辑器编辑动画	253
13.3.3 智能动画播放次序调整	254
13.4 修改智能动画属性	255
13.5 创建并修改自定义动画轨迹	256
13.5.1 创建动画轨迹	257
13.5.2 修改动画轨迹	257
13.6 制作光源动画	260
13.7 制作视向动画	261
13.8 输出动画文件	263
13.8.1 输出 Windows 视频文件	263
13.8.2 输出其他动画文件类型	264

第 14 章 与其他软件共享	266
14.1 将 CAXA 实体设计文档插入到其他应用程序中	266
14.2 将其他应用程序中的对象嵌入 CAXA 实体设计	269
14.3 将 CAXA 实体设计零件链接到 Microsoft Excel 中	271
14.4 从 CAXA 实体设计中输出零件与其他项	272
14.4.1 输出零件的文件格式和步骤	272
14.4.2 输出 POV-Ray 2.x 文件	274
14.4.3 输出 IGES 文件	275
14.4.4 输出 3D Studio 文件	275
14.4.5 输出 AutoCAD DXF 文件	277
14.4.6 输出 VRML 2.0 文件	277
14.4.7 输出 STL 立体扫描文件	278
14.5 将零件输入 CAXA 实体设计	278
14.5.1 输入格式及其性能	278
14.5.2 输入零件的一般步骤	280
14.5.3 输入 ACIS、Parasolid、STEP、Pro/ENGINEER 和 Catia 文件	281
14.5.4 输入 IGES 文件	281
14.5.5 输入 3D Studio 文件	282
14.5.6 输入 AutoCAD DXF 文件	282
14.5.7 输入 Raw Triangle 和立体扫描文件	282
14.5.8 输入 Wavefront OBJ 文件	283
14.5.9 输入 VRML 2.0 文件	283
14.5.10 转换成实体选项	283
14.6 将 DXF/DWG 文件输入 CAXA 实体设计	284
14.6.1 将 DXF/DWG 文件输入到 CAXA 实体设计 2D 截面图中	284
14.6.2 将 DXF/DWG 文件输入 2D 布局图	285
附录	286

1.2 设计元素库

CAXA 实体设计所独有的设计元素库可以用于设计和资源的管理。设计元素库包含了诸如形状、颜色、纹理等设计资源，如图 1-2 所示。同时可以创建自己的元素库，积累自己设计成果并与其他人分享。设计元素库的存在，清晰直观，而且只需拖放即可造型，大大加快了设计速度，提高了工作效率。

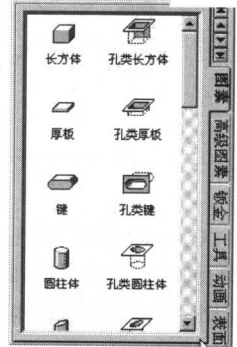


图 1-2 设计元素库


1.3 拖放式操作

利用设计元素库提供的智能图素并结合简单的拖放操作是 CAXA 实体设计易学、易用的集中体现。要拖入一个设计元素，只需进行如下简单操作：

- (1) 打开一个设计元素库。
- (2) 找到所需要的设计元素或智能图素。
- (3) 用鼠标选取它，按住鼠标左键把它拖到设计环境当中，然后松开鼠标左键。

1.4 三维球

三维球是一个非常杰出和直观的三维图素操作工具。作为强大而灵活的三维空间定位工具，它可以通过平移、旋转和其他复杂的三维空间变换精确定位任何一个三维物体；同时三维球还可以完成对智能图素、零件或组合件生成副本、直线阵列、矩形阵列和圆形阵列的操作功能。

三维球可以附着在多种三维物体之上。在选中零件、智能图素、锚点、表面、视向、光源、动画路径、关键帧等三维物体后，可通过单击三维球工具按钮  打开三维球，使三维球附着在这些三维物体之上，从而方便地对它们进行移动、相对定位和距离测量。

三维球形状如图 1-3 所示，它在空间有 3 个轴，内外分别有 3 个控制柄，因此可以沿任意一个方向移动物体，也可以约束物体在某个固定方向移动，绕某固定轴旋转。

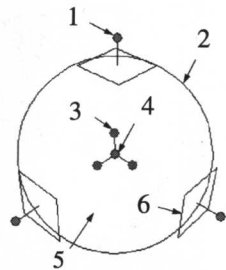


图 1-3 三维球

- 外控制柄。用鼠标左键单击它可用来对轴线进行暂时的约束，使三维物体只能沿此轴线上的线性平移，或绕此轴线进行旋转。
- 圆周。拖动此处，可以围绕一条从视点延伸到三维球中心的虚拟轴线旋转。
- 定向控制柄。用来将三维球中心作为一个固定的支点，进行对象的定向。主要有两种使用方法：1) 拖动控制柄，使轴线对准另一个位置；2) 用鼠标右键单击，然后从弹出的菜单中选择一个项目进行移动和定位。
- 中心控制柄。主要用来进行点到点的移动。使用的方法是将它直接拖至另一个目标位