

精通

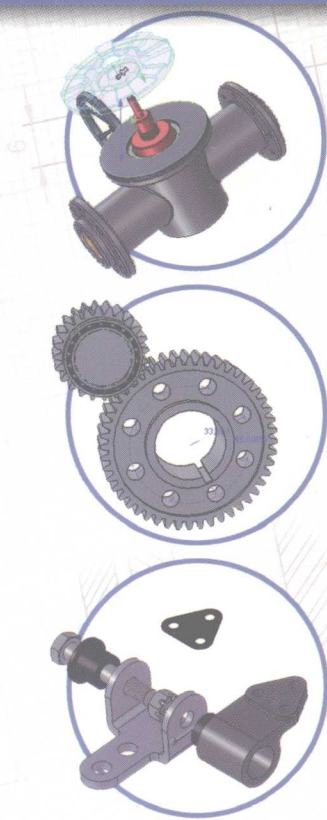
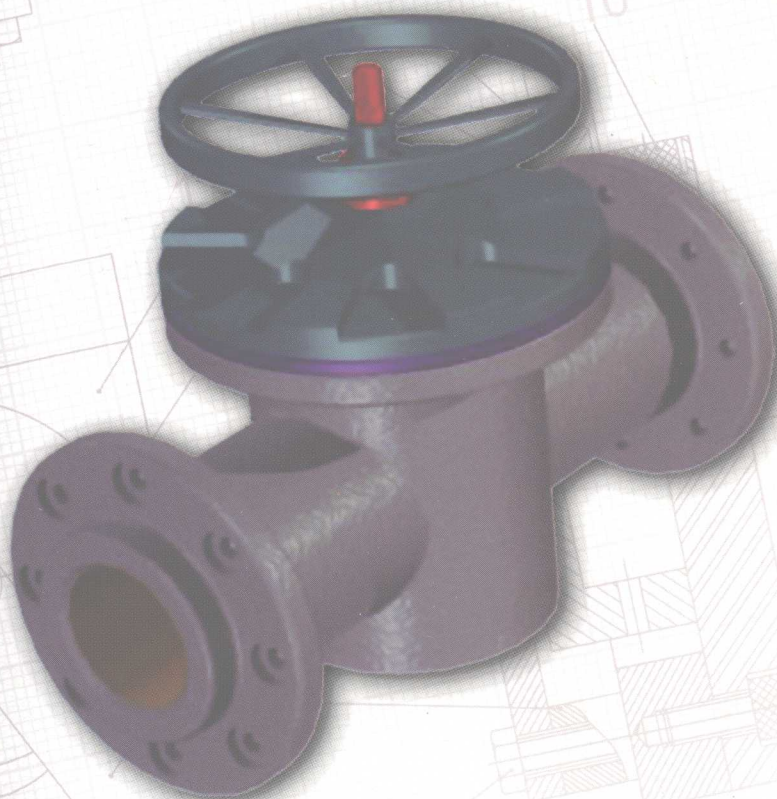
精通
专业人士
权威经典

CAXA产品设计与制造



陈祝平
飞思数码产品研发中心

著
监制



超值光盘赠送

- 作者亲自录制的、长达10小时的书中案例操作视频录像
- 书中案例源文件及素材

汇聚多位一线专业教学专家多年教学心得

▶ 就像老师在身边一样方便！

知识点 + 小案例 + 实战案例 + 巩固练习 + 视频录像

▶ 帮助读者快速上手，融会贯通，从入门到精通。



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

精通

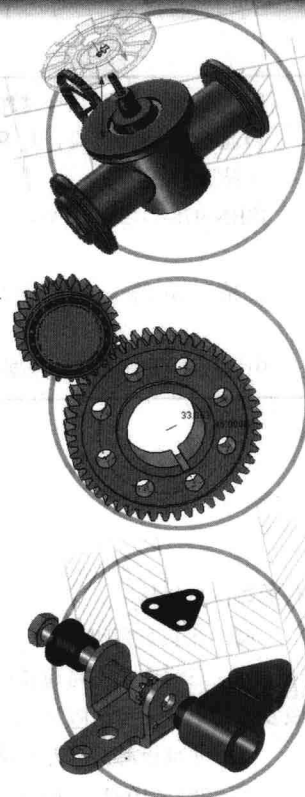
精通

专业人士
权威经典

CAXA产品设计与制造

陈祝平
飞思数码产品研发中心

著
监制



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内容简介 CAXA

本书为 CAXA 软件的精通教材,从注重教学和工程需要的角度出发,循序渐进地进行讲解,使读者在较好地了解软件特点和设计环境的基础上,重点掌握智能操作、特征造型、装配设计、工程图绘制,以及渲染设计、动画设计、虚拟设计等从入门到高级的设计方法和技巧。

本书详细阐述了三维建模、工程图生成、数控车铣线切割加工工艺编程、装配与新产品开发等内容,是关于 CAXA 实体设计、CAXA 电子图板、CAXA 制造工程师、CAXA 数控车和 CAXA 数控线切割五大软件的专著。随书光盘内容为书中范例源文件、赠送的学习素材及视频教学。

本书适合工业设计人员参考学习,同时也可作为相关院校的专业教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

精通 CAXA 产品设计与制造 / 陈祝平著. —北京: 电子工业出版社, 2008.9

(精通)

ISBN 978-7-121-06732-7

I. 精… II. 陈… III. 工业产品—造型设计: 计算机辅助设计—软件包, CAXA—教材 IV. TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 072367 号

责任编辑: 王树伟

印刷: 北京东光印刷厂

装订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开本: 787×1092 1/16 印张: 27.75 字数: 806.4 千字 彩插: 2

印次: 2008 年 9 月第 1 次印刷

印数: 5 000 册 定价: 49.50 元 (含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn。盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

CAXA 序 言

CAXA 作为中国领先的 PLM（全生命周期的解决）方案和服务提供商，始终坚持以“软件服务制造业”为理念，开发出了拥有自主知识产权的 CAD、CAPP、CAM、DNC、PDM、MPM 等 PLM 软件产品和解决方案，覆盖了制造业信息化设计、工艺、制造和管理四大领域。截至 2006 年已累计销售正版软件超过 20 万套，广泛应用于航空、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。CAXA 先后荣获中国软件行业协会 20 年“金软件奖”、“中国制造业信息化工程十大优秀供应商”、“中国产品生命周期管理（PLM）领域五强软件商”等荣誉，是中国制造业成长的最佳服务伙伴。

制造业信息化，人才是基础，应用是关键，掌握 CAD/CAM 信息化设计制造技术的大量的应用型人才是关键的关键。自 2000 年初起，CAXA 就启动了推动工程教育与职业技术教育改革、加强应用人才培训的“CAXA 教育培训计划”，并成立“CAXA 大学”，以师资培训和课程支持为主要方式，以遍布全国的“CAXA 教育培训中心”为基本依托，面向社会开展针对各类工程技术人才和在校学生的职业技能培训。截止 2006 年底，全国已有 1 800 多所院校使用 CAXA 软件进行教学或培训，已累计培训师资近 8 000 人次，培养/培训学生/学员 80 万人，出版教材 300 多套。同时，CAXA 软件是国家劳动部、科技部、教育部指定考试认证软件。如 CAXA 电子图板（二维 CAD）是全国制图员职业资格考试/技工考级指定考试软件，CAXA 制造工程师（CAM）是 CETTIC 全国现代制造技术应用软件课程远程培训“数控工艺员”指定培训软件、全国数控技能大赛指定比赛软件等。CAXA 实体设计（三维 CAD）是科技部国家制造业信息化培训中心三维 CAD 认证培训的指定软件。

中国正在大力鼓励自主创新，建设创新型国家。中国的制造业也将发展成为拥有自主品牌、拥有自主知识产权的创新产品的制造业。此套系列 CAXA 图书内容由浅入深，可读性强，既是响应市场对学习掌握 CAXA 软件的强烈要求，又是 CAXA 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。相信通过此套系列 CAXA 图书的编写出版，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！

CAXA

北京数码大方科技有限公司

前言

制造业是国民经济发展的基石,我国在新世纪发展成为世界制造强国的进程中,离不开以制造业信息化为基础的集成化制造,同样也离不开国产软件品牌的打造。

在企业围绕产品生产的所有活动中,设计、制造和管理是缺一不可的三大要素,这三者之间并非是彼此孤立的。设计是制造的先导,没有设计就没有制造,也没有管理对象。制造是设计的物质体现,没有制造的设计是一纸束之高阁的空文,还管理什么呢?没有管理,企业各部门间将自行其事,各唱其调,整个生产活动如同一盘散沙,何谈国际竞争?

在相当程度上,集成制造就是将企业活动看为一个整体,借助于现代计算机技术,将设计、制造和管理三大基本要素有机地整合起来,形成有限集中与有限分享。事实上,集成制造概念的核心思想,是以用户为中心,以计算机技术为平台,利用资源集成技术,使其产品——包含产品背后的技术资源及技术资源背后的人力资源,在产品全寿命周期内为人民服务。

CAXA 是我国 PLM 解决方案的领先供应商和服务商,PLM (Product Life-cycle Management, 产品全生命周期管理)是在 CAD 广泛应用基础上,集成 CAD、CAPP、CAM 等软件,对产品数据实施安全管理与数据共享的解决方案。CAXA 庞大软件家族内的 CAXA 实体创新设计、CAXA 电子图板、CAXA 制造工程师等 CAD/CAM 软件是我国拥有自主知识产权的,立足国内且面向世界的国产品牌软件中的佼佼者,大力支持装配制造、通用机械、行业机械、家电企业、电子电器、汽车零配件制造、模具、建材、卫浴与健身环保器材等制造类型企业,目前已广泛应用于机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、军工、轻工、纺织、建筑等领域。

本书从 CAXA 实体设计软件 2008 入门开始,详细阐述了 3D 建模、工程图生成、数控车铣线切割加工工艺编程、装配与新产品开发等内容,是关于 CAXA 实体设计、CAXA 电子图板、CAXA 制造工程师、CAXA 数控车和 CAXA 数控线切割五大软件的专著。本书努力面向 DFM (Design For Manufacturing, 面向制造的设计),强调接口技术、资源善用,在有限的篇幅中有机地集成 CAXA 的 CAD/CAM,面向中国的 PLM。最后一章简述了 CAXA 实体设计与国际标准 VRML 97 和 X3D 虚拟现实程序语言之间的数据交换与应用实例,面向现代企业生产活动中的现实制造与多媒体技术/网络技术的紧密连接之所需。

本书分入门篇、提高篇和高级篇,每篇都富含实战案例,旨在帮助初识 CAXA 读者以最短时间走过从新手到高手的过程,也可以帮助有一定基础的读者提高自己的设计水平。

在此诚挚感谢促成本书或提供任何相关帮助的所有同事和朋友,因篇幅所限,在此恕不一一列名。

由于作者水平所限,加上时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评和指正。如有疑问请发送邮件到:zooparkchen@126.com。

著 者

联系方式

咨询电话: (010) 88254160 88254161 - 67

电子邮件: support@fecit.com.cn

服务网址: <http://www.fecit.com.cn> <http://www.fecit.net>

通用网址: 计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

入 门 篇

第 1 章 产品设计与制造概论.....	3
1.1 产品设计历史的简单回顾.....	3
1.2 现代产品设计.....	4
1.2.1 计算机辅助设计.....	4
1.2.2 先进设计技术.....	5
1.3 现代产品制造.....	11
1.3.1 计算机辅助制造.....	11
1.3.2 计算机集成制造简介.....	14
第 2 章 CAXA 实体设计入门.....	17
2.1 运行环境与安装.....	19
2.1.1 软件的安装与卸载.....	19
2.1.2 软件的启动与退出.....	22
2.2 界面简介.....	25
2.2.1 设计界面.....	25
2.2.2 菜单栏.....	27
2.2.3 工具栏.....	27
2.2.4 向导与属性表.....	31
2.2.5 设计元素库.....	32
2.2.6 设计树.....	34
2.2.7 管理栏.....	37
第 3 章 智能造型.....	39
3.1 智能设计基础.....	39
3.1.1 图素拖放与堆砌.....	39
3.1.2 尺寸编辑.....	40
3.1.3 齿轮轴设计——定位锚与 三维球应用.....	42
3.1.4 设计树与零件组合.....	50
3.1.5 对齐、对称与阵列的应用.....	53
3.2 智能动画.....	59
3.2.1 智能动画图素.....	59
3.2.2 智能动画向导.....	62
3.2.3 智能动画编辑器.....	66
3.3 智能渲染.....	67
3.3.1 智能渲染图素.....	67
3.3.2 智能渲染工具条.....	68
3.3.3 智能渲染向导.....	70
3.3.4 智能渲染属性表.....	71
3.3.5 环境渲染技术.....	72

3.4 智能钣金.....	77
3.4.1 板料添加的基本操作.....	77
3.4.2 钣金设计实例.....	81
第 4 章 特征造型.....	85
4.1 拉伸造型.....	85
4.1.1 在空白设计环境拉伸.....	85
4.1.2 切入二维设计环境拉伸.....	88
4.1.3 增/除料拉伸.....	89
4.2 放样造型.....	93
4.2.1 放样造型向导.....	93
4.2.2 烟嘴设计——空白环境的 实体放样.....	94
4.2.3 天圆地方设计——增料 放样造型.....	96
4.2.4 公园艺术造型——多截面 放样示例.....	98
4.2.5 型腔设计——除料放样.....	98
4.3 扫描造型.....	100
4.4 旋转造型.....	105
4.4.1 实体旋转特征造型.....	105
4.4.2 增料旋转特征造型——花瓶 制作示例.....	108
4.5 文字造型.....	109
4.6 面/边编辑.....	111
4.6.1 圆角过渡与倒角.....	111
4.6.2 面操作.....	113
4.6.3 零件级编辑.....	120
4.7 截面编辑.....	125
第 5 章 曲面造型.....	129
5.1 三维曲线生成.....	129
5.1.1 通过实体棱边生成.....	129
5.1.2 由二维曲线转化.....	130
5.1.3 【3D 曲线】工具条的应用.....	132
5.2 曲面生成.....	138
5.2.1 曲面工具条.....	138
5.2.2 网格面生成.....	139
5.2.3 放样面生成.....	140
5.2.4 直纹面生成.....	141
5.2.5 旋转面生成.....	144
5.2.6 边界面生成.....	146
5.2.7 导动面生成.....	146

5.3 曲面编辑	151
5.3.1 曲面偏移	151
5.3.2 曲面过渡	152
5.3.3 曲面补洞	154
5.3.4 曲面合并	155
5.3.5 曲面延伸	155
5.3.6 曲面裁剪与还原	156
5.3.7 其他曲面编辑操作简介	156
5.4 曲面设计实例	157
5.4.1 天圆地方	157
5.4.2 拉伸曲面	158
第6章 实战案例	161
6.1 底座设计——智能造型案例	161
6.1.1 底板初造型	161
6.1.2 箱体初造型	162
6.1.3 箱体局部结构设计	163
6.1.4 底板局部设计	165
6.1.5 完整底座设计	166
6.1.6 保存与输出文件	168
6.2 九足暗纹龙鼎设计——特征造型案例	169
6.2.1 旋转/抽壳生成鼎身	169
6.2.2 鼎座设计	170
6.2.3 鼎脚设计	171
6.2.4 九足暗纹龙鼎的渲染设计	172
6.3 鼠标设计——曲面造型案例	173

提 高 篇

第7章 二维工程图	179
7.1 三维到二维的转化	179
7.2 在CAXA电子图板界面读取三维图形	181
7.2.1 CAXA电子图板2007操作界面简介	181
7.2.2 在CAXA电子图板2007界面读取	182
7.2.3 CAXA电子图板2007的基本操作	184
7.2.4 幅面设置	185
7.3 图形绘制	187
7.3.1 基本曲线绘制	187
7.3.2 高级曲线绘制	197
7.4 图形编辑与几何变换	199
7.4.1 图形编辑	199

7.4.2 几何变换	203
7.5 工程标注	206
7.5.1 尺寸标注	206
7.5.2 文字标注	207
7.5.3 符号标注	209
7.5.4 标注风格编辑与尺寸驱动	211
7.6 高级绘图技术	212
7.6.1 块技术	212
7.6.2 层技术	216
7.6.3 库技术	221
第8章 CAXA数控铣加工	229
8.1 数控铣与CAXA制造工程师概述	229
8.1.1 主菜单	230
8.1.2 快捷菜单	231
8.1.3 工具栏	231
8.1.4 管理栏	232
8.2 CAXA制造工程师运作流程	232
8.2.1 实体造型	232
8.2.2 生成加工轨迹	234
8.2.3 生成G代码	237
8.2.4 生成加工工艺单	238
8.3 CAXA制造工程师2006接口技术	239
8.3.1 与CAXA实体设计的接口	240
8.3.2 与CAXA电子图板的接口	240
8.3.3 与其他软件的数据交换	242
8.4 加工管理栏的基本设置	243
8.4.1 模型、毛坯与起始点	243
8.4.2 机床后置	244
8.4.3 刀具库	247
8.4.4 刀具轨迹	248
8.5 轨迹生成中的公共参数设定	248
8.6 CAXA数控铣加工案例分析	254
8.6.1 等高线粗加工	254
8.6.2 等高线精加工	257
8.6.3 轨迹仿真与代码生成	258
第9章 CAXA数控车加工	259
9.1 数控车床及其加工工艺概述	259
9.1.1 数控车床的基本构成	259
9.1.2 车削工序设计与编程的联系	260
9.2 CAXA数控车XP界面与基本操作	261
9.2.1 文件读入与数据接口	262
9.2.2 轮廓拾取	262
9.2.3 系统查询	263
9.3 机床设置、后置设置与刀具库管理	264

9.3.1 机床设置	264	12.2.2 无约束装配	306
9.3.2 后置设置	265	12.2.3 智能装配	308
9.3.3 刀具库管理	265	12.3 约束装配	310
9.4 轮廓车削工艺编程	265	12.4 干涉检查	313
9.5 其他车削加工简介	270	12.5 装配动画	313
9.5.1 切槽加工	270	12.5.1 运动层次	313
9.5.2 螺纹加工	270	12.5.2 装配仿真	314
9.5.3 钻孔加工	271	12.5.3 爆炸动画	318
第 10 章 CAXA 数控线切割加工	273	12.6 约束运动	321
10.1 电火花线切割技术概论	273	12.6.1 约束与运动的关系	321
10.1.1 电火花线切割装备	273	12.6.2 运动仿真设计	322
10.1.2 电火花线切割工艺	275	12.7 装配工程图	325
10.1.3 3B 格式编程	276	12.7.1 装配件实体模型的转化	325
10.2 CAXA 数控线切割界面与 数据接口	277	12.7.2 拼画装配图的基本方法	329
10.2.1 CAXA 数控线切割 界面简介	278	12.7.3 【并入文件】法拼画 装配图实例	331
10.2.2 CAXA 数控线切割 数据接口	279	12.7.4 零件图预处理	332
10.3 CAXA 线切割编程概论	279	第 13 章 产品创新设计	345
10.3.1 轮廓生成与拾取	279	13.1 自上而下设计	345
10.3.2 轨迹生成、跳步与仿真	280	13.2 造型装配一体化与链状设计	348
10.3.3 代码生成与传输	281	13.3 结构链造型设计	350
10.4 CAXA 数控线切割加工编程实例	282	13.3.1 结构链设计方法	350
10.4.1 轮廓获取	282	13.3.2 结构链设计实例	351
10.4.2 参数表编制	283	13.4 传动链造型设计	355
10.4.3 轨迹生成	283	13.4.1 无级调速实验机设计实例	356
10.4.4 轨迹仿真	284	13.4.2 多功能 AC 电动跑步机 设计实例	357
10.4.5 生成加工代码	284	13.5 混合链设计实例	359
10.4.6 代码传输	285	第 14 章 CAXA 虚拟设计	363
第 11 章 实战案例	287	14.1 虚拟现实技术的运行环境	364
11.1 实战案例一：耦合凸轮工程图绘制	287	14.2 CAXA 实体设计与 VRML 97 的 数据交换	367
11.2 实战案例二：连杆数控铣加工	292	14.2.1 CAXA 实体造型的 简单输出	368
11.3 实战案例三：接头数控车加工	293	14.2.2 输出文件中的简化处理	370
11.4 实战案例四：齿条数控线切割	297	14.3 在虚拟现实空间营造氛围	373
		14.3.1 坐标变换	374
		14.3.2 动画处理	380
		14.3.3 音响处理	383
		14.3.4 背景变换	383
		14.4 虚拟装配实例	383
		14.5 虚拟样机实例	386
		14.6 在 X3D 空间观察	388
		第 15 章 实战案例	391

高 级 篇

第 12 章 装配设计	303
12.1 装配文件管理	303
12.1.1 装配文件的调入	303
12.1.2 装配关系的确定	304
12.2 自由装配	305
12.2.1 三维球装配	305

15.1 案例一：千斤顶拼画装配图	391
15.1.1 定义零件图符	394
15.1.2 创建装配文件	396
15.1.3 设置绘图环境	396
15.1.4 提取各零件的图符	397
15.1.5 提取标准件	401
15.1.6 完善装配图	402
15.1.7 标注尺寸及配合公差	403
15.1.8 生成零件序号及 填写明细表	403
15.1.9 标注技术要求及 填写标题栏	404

15.2 案例二：阀门装配建模、 爆炸与虚拟设计	404
15.2.1 阀门装配设计	405
15.2.2 阀门装配爆炸图	408
15.2.3 虚拟装配	409
附录 A 准备功能 G 代码 (JB 3208-83)	415
附录 B 辅助功能 M 代码 (JB 3208-83)	417
附录 C VRML 97 参考节点	419
参考文献	433

CAXA

入门篇

第1章

产品设计与制造概论

制造业是国民经济的柱石，是经济发展的引擎。21世纪，人类进入了知识经济时代，我国成为世界制造中心，可以说，制造业信息化是振兴与扩展制造业的重要途径。

一般来说，制造具有广义和狭义的双重含义，广义的制造指围绕产品所展开的一切生产实践活动，包括市场调查分析、开发决策、产品设计、生产组织管理、成型与加工、装配、检验、销售、售后服务乃至报废和再生等一系列环节。狭义的制造一般指工艺生产过程，例如成型与加工、装配等。本书中如不特别加以说明，均指狭义制造。

产品是利用某些材料经过设计和制造，形成具有一定外观和尺寸、一定使用功能的价值物品。设计和制造是产品形成的两个基本要素。换句话说，产品是设计与制造的对象，也是通过设计与制造要达到的产物。

1.1 产品设计历史的简单回顾

产品设计是产品制造的前提，也是产品制造的必要条件。设计之所以至关重要，是因为它不仅关系到产品能否实现预定功能，即使用价值，也在很大程度上决定了制造成本的高低。

首先对近代设计方法做一个简单回顾。传统产品设计一般由总体设计、部件设计和零件设计等步骤构成，其中总体设计是关键，它以实现产品预定功能为主要目标，展开概念设计、布局设计和方案设计。

经典机器主要由动力、传动和执行三大部分构成，其中动力装置以采用电动机，尤其是交流电动机最为普遍。由于交流电动机转速一般高达上千转/分(rpm)，而执行装置通常并不需要那么高的速度，有时工况要求执行装置还应当在一定范围可以调速，于是，动力装置与执行装置之间可实现减速和调速的传动链设计，往往成为方案设计中的核心内容。

部件设计是总体设计的次级设计，构筑好总体设计后，设计者开始将注意力集中在构成产品总体的部件上，考虑部件的主要结构和轮廓尺寸、部件内部和外部的连接与支撑、零件间的相对位置与装配关系等。完成部件设计后就可以进入零件设计，包括零件几何结构与尺寸的确定，公差、粗糙度与技术要求的制定等。设计的最终结果以工程图的形式给出。

工程图，即著名的“三视图”，是人类历史上最伟大的技术发明之一，这是一个被沿用至今，并仍将在一个相当长的历史阶段内扮演一个不可被全面替代的工程语言。基于投影学原理，人们将客观世界的三维造型抽象为二维图像，从而借助于简单的铅笔和橡皮擦，在平面图纸上表达出自己的设计意图。凭借着工程图，人类跨越过三维交流困难的障碍，造就出形形色色的产品来满足自己的需要。

事物总有正反两面性,人们渐渐发现,要成为一个设计师,需要花相当长的时间来掌握绘制工程图的本领;要成为一个制造师,也需要花相当长的时间来学会看懂工程图。能不能直接用三维图而不是三视图进行工程交流呢?在计算机技术出现以前,得到肯定答案是困难的。在平面上表达立体事物本非易事,而且所面对的工程事物往往又很复杂。

产品制造是实现所设计产品的必然途径,没有制造,再精确的设计图纸也只能成为一纸空文而束之高阁。传统的产品制造是一个串行模式的生产过程。在完成工程图、经过描图并晒成所谓的蓝图后,生产部门以之为技术依据,开始组织生产,包括加工设备和生产人员的调配、原材料和外购件的订购等。工艺师则根据零件图安排加工路线,进行工序设计、编制工艺规程,然后下达达到车间安排制造。

在传统的制造概念中,成型和加工是有区别的。成型一般指采用铸造、锻造、焊接等工艺技术形成毛坯,然后经过常规车铣磨刨等切削加工,使零件达到所需的尺寸、精度和表面粗糙度。从成型毛坯到切削加工成最终实物的经典制造路线期间,根据需要安排热处理工艺,或是为了改善材料内部组织,提高力学性能;或是为了降低硬度以便切削。如果常规加工难以或无法完成某个加工过程,就需要考虑采用特种加工,例如电火花线切割、电解磨削等。

在传统制造中,由于常规成型技术的限制,毛坯精度与表面质量和产品的技术要求相差较大,主要靠切削加工达到最终要求,以切削加工为主的冷加工或金工部门往往是产品制造链的主导环节。常规切削加工借助于普通机床,包括各种普通车床、铣床、钻床、镗床、刨床、磨床、插床等。这种以人工操作与控制性质为主的切削过程,产品质量与数量在很大程度上依赖于操作者的操作技艺和熟练程度。

为了提高生产率,降低劳动强度,人们一直在尝试机床自动化的实现,包括电控、液压、气动等技术的采用,以及发展组合机床等。

1.2 现代产品设计

计算机及其技术的发明与发展,促使产品设计与制造技术产生了质的飞跃。借助于计算机技术,CAD、CAM、CAPP、CAE 技术在制造业中飞快地发展起来,成为现代设计与制造的技术支撑,也促使了许多先进设计方法与先进制造技术的诞生。

1.2.1 计算机辅助设计

计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)是指以计算机为主要技术手段来生成和运用各种数字信息与图形信息,以进行产品设计。计算机辅助设计内涵广阔,包括了概念设计、优化设计、有限元分析、计算机仿真、计算机辅助绘图和计算机辅助设计过程管理等。

计算机辅助绘图是计算机辅助设计技术上的最早突破,借助于二维设计软件,传统趴图板、绘线条的设计工作逐渐被面对屏幕敲键盘或拖曳鼠标的人机交互行为所代替。国际上久负盛名的代表性二维设计软件有 AutoCAD,我国有自主知识产权的代表性二维设计软件 CAXA 电子图板也迅速崛起。

计算机辅助绘图大大提高了设计中的图纸绘制效率,也丰富了图形学内容,比如出现了层技术、块技术和库技术等绘图新概念。通过计算机上的图形编辑和修改功能,减小了人为的错

误几率, 在提高绘图质量的同时, 大大缩短了图纸绘制周期。

从计算机辅助绘图起步, 人们就毫不犹豫地涌进了三维造型空间, 在计算机辅助设计上开辟了广阔领域。期间, 许多三维设计软件如雨后春笋般出现, 如国际上典型的三维设计软件, 在工业造型方面有 Catia、UG、Pro/E、SolidWorks 等, 艺术造型方面有 3ds max、Maya 等。在国产的三维设计软件中, CAXA 实体创新设计软件在短短的几年时间内从开始的显露头角迅速发展至墙内独秀, 从最初的三维电子图板, 经 V2、XP、2005、2006、2007, 迅速发展至功能强大、界面崭新的 2008 当前最新版本, 并正在继续朝创新与规范并行、功能与速度齐飞的方向发展。

三维工业设计软件特有的特征造型、尺寸驱动等建模功能, 使得人们仅借助于计算机, 就能方便地构筑出各种复杂的实体或曲面, 从而越过二维和三维之间的鸿沟。它不仅能直观地表达出设计者概念中的产品概貌和内涵, 同时借助于数控技术的发展, 也可以直接采用三维造型进行数控自动加工, 即计算机辅助制造。

计算机屏幕虽然是平面的, 但如果说三视图要求人们用“三只眼”来正视、左视和俯视图一个“被合理扭曲”的抽象图像, 那么在计算机的三维世界中, 人们可以轻松通过拖曳、旋转和缩放等视向技术手段全方位观察一个立体, 至少不必跑到计算机屏幕后面观察事物的背面; 也可以借助隐藏、压缩、剖分、透视等手段得心应手地展现实体的内外部构造与各个细节。三维设计软件所配置的动画功能和渲染功能, 也使产品设计增添了生动的内容, 比如动态装配、过程仿真等。

计算机辅助设计使得现代设计师越过人的局限性, 达到创新的更高阶段。计算机辅助设计在设计活动中的信息管理、概念形成、几何建模、分析计算、绘图及工程数据管理等多方面使设计师得到很大裨益。

1.2.2 先进设计技术

计算机技术的应用极大地丰富了产品设计内涵, 直接促使了先进设计概念和技术的诞生, 如并行设计、创新设计、虚拟设计、逆向设计、全生命周期设计等。下面简要描述若干先进设计方法的内涵。

1. 全生命周期设计

所谓全生命周期设计, 就是面向产品全生命周期全过程的设计, 从产品的社会需求分析、产品概念的形成、知识及技术资源的调研、成本价格分析、详细机械设计、制造、装配、使用寿命、安全保障与维修计划, 直至产品报废与回收、再生利用的全过程通盘考虑, 全面优化产品的功能/性能 (F)、生产效率 (T)、品质/质量 (Q)、经济性 (C)、环保性 (E) 和能源/资源利用率 (R) 等目标函数, 求得其最佳平衡点。

产品寿命的传统观点, 是指产品出厂或投入使用后至产品报废或无使用价值的一段时期, 它以著名的浴缸曲线 (bath curve) 表示, 如图 1-1 所示。在经典观念中, 产品寿命包括磨合期、正常使用期和异常故障期 3 个阶

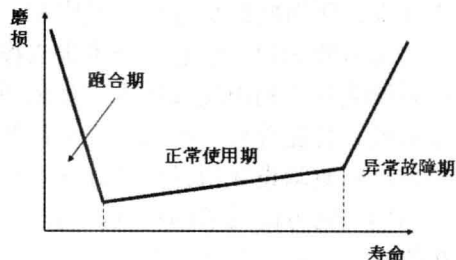


图 1-1 浴缸曲线

段。一旦达到异常故障期,产品就面临报废或淘汰,即产品寿命终结。

按现代观点,经典产品寿命指的仅是全生命周期内服役期的那一部分,虽然产品功能和性能主要实现该时期,但如果要达到环境和谐、社会和谐、全球和谐,产品寿命的实际内涵无疑要宽广得多。至少,它应当计入孕育期(产品市场需求的形成、产品规划、设计)、生产期(材料选择、产品制造、装配)、储运销售期(储运、包装、运输、销售、安装调试)、服务期(产品运行、检修、待工)和转化再生期(产品报废、零部件再用、废件的再制造、原材料回收再利用、废料降解处理),构成一个完整的产品闭环周期。

现代制造技术的发展及现代社会的发展,要求把产品设计过程视为系统工程过程,以系统的观点和方法,全面考虑产品从孕育到完结全过程所产生的效益及影响。因此,今天的设计者必须全面考虑到他所设计的产品从方案论证、设计开发、制造、装配、销售、使用、服务、环境影响、回收处理等产品各时期所应达到的要求及满足这些要求的解决方案。那么,对于整个产品的生命过程设计所面对的内容不同,如制造时期面对的是制造技术、工艺、品质、效率和成本,而用户使用时期所面对的是性能、成本、服务和环境等问题,所采取的设计方法和设计手段不同,从而需要各种现代设计方法的支撑与集合才能完成产品的最终设计。

全生命周期设计理念包含全系统、全寿命和全费用3个突出观点。全系统观点是将产品的全生命周期过程视为一个系统工程过程,全面考虑产品、制造、人、资源、环境等因素之间的联系及约束条件,通过相互作用与协调以求系统的整体优化。整个设计过程集成运用各种现代的设计方法和手段并进行综合与权衡,在反复迭代的基础上,从系统级到子系统级,甚至更低层次逐渐展开的,不断综合、分析和评价直到确定最终技术方案。

全寿命观点面向产品的全生命周期,使其各个阶段互相衔接、相辅相成,以达到“优生”、“优育”、“优用”的目的。特别是在论证和研制中要充分考虑使用、维护乃至报废处理。同时,在使用、维修中要充分利用和依靠在研制及生产中形成的特征和数据,正确地使用、维护产品,充分发挥其效能,并在使用保障中积累有关数据和反馈信息,以便通过改进来提高产品质量。最终达到在其寿命的各个阶段都有最佳的使用效果和利用价值。

全费用观点是指产品全生命周期各个阶段的全部费用,并将此作为系统权衡的主要目标。全费用中的70%以上是在设计过程中决定的。因此,在产品设计的早期阶段,就要充分考虑并解决全生命周期费用。最大程度地提高产品的整体经济性和市场竞争力。

全生命周期设计与以成品为终点的设计有本质上的不同。设计对象是一个时变系统,是面向全生命周期所有环节、所有方面的设计。如图1-2所示为全生命周期设计所面向的全过程。其中每一个面向都需要知识、信息、技术来支撑,以系统的观点利用现代技术,如采用专家系统、智能分析系统或仿真系统等方法来评判概念设计与详细设计满足全生命周期不同方面需求的程度,发现所存在的问题并提出改进方案。

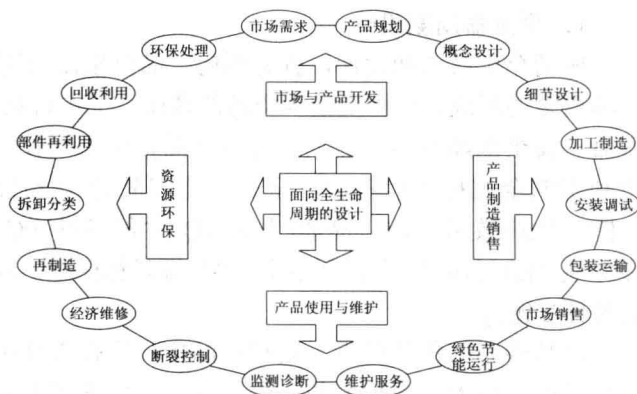


图 1-2 面向产品全生命周期的设计

面向制造设计 DFM，是全生命周期设计中的核心内容之一。首先，设计必须考虑工艺性。所谓工艺性，笼统地说，就是在现实条件下采用某种或某些工艺进行成型或加工的难易程度。其次，在产品开发的整个过程中制造占整个成本的很大一部分，由于设计阶段对成本的影响很大，所以设计成本的控制成为生产周期中的重要因素。最后，还需要考虑制造对人类资源和生态环境的负荷。

面向制造设计的主要目的是在产品的设计阶段就尽早地考虑与产品制造有关的约束（如可制造性、可装配性等），全面评价产品和工艺设计，同时提供改进设计的反馈信息，以使产品结构合理、制造简单、装配性好，并实现全局优化，从而缩短产品的开发周期。因此，面向制造与装配的设计的根本在于产品设计和工艺规划集成在一个共同的活动之中。但是，面向制造设计没有考虑企业管理，也没有考虑用户和社会，只将设计圈定在企业内部。

全生命周期优化设计是 DFM 的进一步发展，是一种系统全局的、全性能和全生命周期过程的广义优化设计。广义工程优化是结构与特征，状态与过程的综合多目标优化，考虑到产品的技术性、经济性和社会性在全生命时间内有变化甚至具有完全不同的含义，必须对技术性、经济性和社会性在生命时间内进行考察，以求全性能、全生命周期的优化。

进行全生命周期优化是一个需要多学科知识的融合的复杂决策过程。数值分析、工程预测、虚拟仿真、试样和模型试验等是优化设计常用的方法。由于涉及的因素太多，优化目标相互交织、相互制约甚至相互矛盾，对产品进行设计方案的全生命周期优化是十分困难的，严格的数学寻优很难实现。因此除了采用更为先进的优化方法或融合多种优化算法于一体外，更为重要的是对现代产品相关特征进行多约束。

例如，对于等寿命设计目标，考虑到经济维修性，只需要将不可维修和更换的部分按等寿命进行优化设计，可维修更换的部分由经济性设计目标来要求。模块化、标准化、集成化等使得产品的全局优化可以变为粗线条的子结构化。例如计算机的整机优化可以变为如何更合理地配置电源、CPU、主板、硬盘、内存等满足不同客户的个性化要求。而芯片、硬盘由国际上各专业厂家的产品提供有限选择。子结构化产品的全生命周期优化设计变得十分简洁明了，如图 1-3 所示。

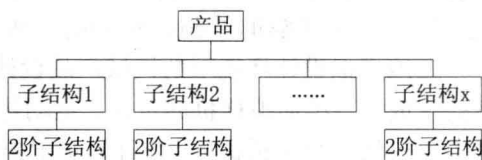


图 1-3 产品子结构分级优化设计

采用知识共享、分工合作、子结构化的产品设计还可以促进快速的产品创新。在子结构化产品设计中，下一级子结构是上一级结构的组件，其性能、价格等指标可以作为上一级结构优化设计的初始变量。相应地，上一级结构优化的结果就是下一级子结构的优化目标。依次形成层层关联的优化分层优化决策。子结构的划分应依据产品功能、生产工艺和相关子领域产品的模块化、标准化、集成化情况，基于相关知识和丰富的信息进行。

2. 虚拟设计

虚拟设计是以虚拟现实（Virtual Reality）技术为基础，以产品设计为对象的先进设计手段。所谓虚拟现实技术是指利用计算机系统和虚拟现实硬件及软件所构成的虚拟现实环境，并通过多种虚拟现实交互设备使参与者投身于虚拟现实环境中，直接与场景中的事物交互，产生身临其境的感受。

虚拟设计是在虚拟环境中进行产品设计的，产品结构、功能、操作性能、生产工艺、装配

性能,甚至维护性能等多方面问题在设计过程中都能够及时发现与排除。人机协同交互设计使各层面的相关人员可协同参与设计过程,并使传统采用计算机外部观察与鼠标键盘的产品数据的一维处理方式,改变为能够用更直接的操纵杆或数据手套、头盔、跟踪器等方式进行多维数据的输入与输出,既能实现定量设计,又能实现定性设计。

虚拟设计技术充分利用各种先进技术,如模拟仿真技术、虚拟现实技术、计算机辅助设计技术、多媒体技术和网络技术等。在虚拟设计中,产品开发是基于数字化的虚拟产品开发方式,以用户的需求为第一驱动,并将用户需求转化为最终产品的各种功能特征。保证了产品开发的效率和质量,提高了企业的快速响应和市场开拓能力。如图 1-4 所示,产品设计的演变过程的高端为虚拟产品设计。

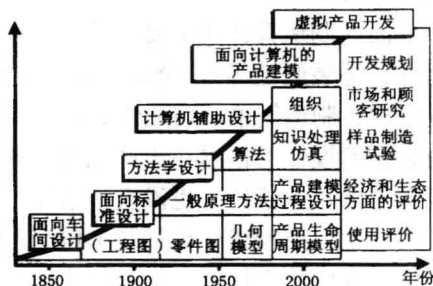


图 1-4 产品设计的演变过程

虚拟设计技术的主要内涵包括:虚拟概念设计技术、虚拟样机设计技术、虚拟装配设计技术及虚拟设计的系统结构。

虚拟概念设计是指基于计算机的概念设计,虚拟设计环境下的机械产品概念设计特点,是开始概念设计之前,需要借助设计任务分解智能平台或人类专家,将市场需求分解为设计规则。图形和符号是机械系统原理概念结构的最佳表现形式。图形和符号本身具有非同构性,可以用数学方法对其进行描述和运算。

计算机功能组合创新设计方法是机械产品创新设计的一种可行的设计方法,直观性强,在问题求解的驱动下,可以得到满足设计需求的解。该方法的优点是方案的创新性突出,易于实现。同时,由于解的结构是预知的,所以能很方便地得到解的三维虚拟设计方案。

三维虚拟设计环境下的机械产品设计自动化平台,主要包括设计任务的分解、原理符号方案的生成、三维虚拟样机的生成、运动仿真和工业美学设计等过程。对于每一环节,平台为操作人员提供一个对话窗口,设计人员根据辅助提示,输入相应的参数,系统自动进行环节操作。

概念设计方案本身是三维虚拟实体的,并以虚拟样机的形式出现在设计人员面前。如果不考虑加工制造因素,概念设计方案完全能够满足设计需求。因此,在机械系统原理性设计可行方案→计算机识别的抽象辅导方案→生成以后,其运动分析、虚拟装配、运动仿真、有限元分析、方案修改等过程都是基于三维虚拟实体构件或虚拟样机进行的。

在三维虚拟设计环境下,概念设计的内涵得到拓宽,概念设计不仅包括了传统的原理图形符号方案的概念设计内容,而且还要解决三维设计所带来的技术问题,如零件的三维结构设计、可装配性设计、可靠性设计、虚拟装配、三维实体仿真、运动干涉检验、空间布局、工业美学设计等。上述这些技术问题都属于问题求解范畴,需要根据具体的设计规则进行子方案的构思和规划,在面向对象的环境下,使每一技术环节具体化、三维化,逐步形成完善的能够满足设计需求的概念设计方案。概念设计的结果便是一种虚拟样机。

虚拟样机技术就是在建造第一台物理样机之前,利用计算机技术建立机械系统的数字化模型,进行仿真分析并以图形方式显示该系统在真实工程条件下的各种特性,从而修改并得到最优设计方案的技术。虚拟样机是一种计算机模型,它能够反映实际产品的特性,包括外观、空间关系,以及运动学和动力学的特性。借助于这项技术,可以在计算机上建立机械系统模型,