

杨咸启 褚园 钱胜 著

机电产品三维造型创新 设计与仿真实例



科学出版社

机电产品三维造型创新 设计与仿真实例

杨咸启 褚园 钱胜 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了典型机电产品(零件)三维创新设计与仿真实例,主要内容
包括:机电产品计算机辅助设计基础、机械基础件的三维造型设计与运动仿
真、汽车产品(零件)的三维造型设计、家用产品(零件)的三维造型设计、机
床产品(零件)的三维造型设计、工程机电产品(零件)的三维创新设计。全
书力图从工程实际出发,介绍工程设计实例。

本书适合高等院校机电设计及相关专业的师生阅读,也可供从事产品
设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电产品三维造型创新设计与仿真实例/杨咸启,褚园,钱胜著. —北京:
科学出版社,2016

ISBN 978-7-03-046966-3

I. ①机… II. ①杨… ②褚… ③钱… III. ①机电设备-三维-造型设计-
仿真设计 IV. ①TH122-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 006722 号

责任编辑:裴 育 高慧元 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 倩 / 封面设计:蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 3 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张:19

字数:369 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

产品设计是工科机械类专业学生应具备的重要能力之一,因此相关课程不仅应包括设计知识,更要着力培养学生设计思想方法和解决问题的能力,为今后的发展打下基础。针对应用型人才培养的教学需要,从实际问题出发,运用更多新鲜的设计实例,提高学生掌握知识和应用知识解决实际问题的能力很有必要。

为了实现这一目标,作者在课程设置、课程内容、教学方法等方面进行了一系列改革探索,申报了黄山学院应用型课程开发项目“机械产品三维设计与造型(CAD)”并得到支持;而后又获得了安徽省教育厅教学改革与质量提升计划重大课程改革项目的支持,进行“以能力培养为中心的工程制图与三维造型设计系列课程改革”项目。参与这些项目的人员有:杨咸启、刘胜荣、褚园、钱胜、曹建华等老师。并且在多届学生的毕业设计中均采用了三维创新设计方法,取得了很好的效果。其中比较典型的有刘腾飞、葛小乐、江明、金浩、宋鹏、康森、郭传乐、江超一、胡庆伟、张鹏、赵杰、孙新华、张喜超、王永亮、纪亮、慕玉龙、胡志坚等同学完成的三维创新设计产品。这些老师和学生对本书的内容做出了贡献。

本书在撰写过程中力求突出以下方面:

(1) 内容简练,重点突出,注重步骤。在结构体系安排上,先介绍简单的应用实例,再说明比较复杂的产品。将比较难于掌握的内容,分散在多处介绍。

(2) 突出应用能力,使读者能够了解从工程产品到设计建模的方法。

(3) 从工程实际出发,介绍设计创新过程。读者根据书中介绍的方法步骤就可以设计出产品零件,再深入学习就可以了解和掌握三维设计方法,从而提高学习兴趣。

参加本书撰写的人员有:杨咸启(第1~3、6章)、褚园(第4章)、钱胜(第5章)。全书由杨咸启修改定稿。

本书得到了黄山学院和科学出版社的大力支持。特别是得到了安徽省教育厅教学改革与质量提升计划的有力资助。安徽冠润汽车转向系统有限公司戴朝樑总经理提供了部分产品设计样品。书中引用了所列参考文献的部分资料。在此一并表示感谢!由于作者水平所限,对于书中存在的疏漏,敬请读者批评指正。

作 者

2015年8月

目 录

前言

第 1 章 机电产品计算机辅助设计基础	1
1.1 计算机辅助设计技术发展	1
1.2 典型计算机绘图软件简介	2
1.3 参数化设计方法简介	9
1.4 产品仿真设计方法简介	10
1.5 机电产品设计工程	12
1.5.1 零件尺寸公差配合要求与图示	12
1.5.2 零件形位公差要求与图示	15
1.5.3 零件表面质量要求与图示	16
1.5.4 零件制造方法选择与表示	18
1.5.5 二维工程图样举例	20
第 2 章 机械基础件的三维造型设计与运动仿真	24
2.1 机械基础件介绍	24
2.2 螺纹零件三维造型设计	25
2.2.1 丝杆三维造型设计	25
2.2.2 螺旋机构三维造型设计	26
2.3 齿轮零件三维造型设计	35
2.3.1 渐开线齿轮参数	35
2.3.2 齿轮零件参数化设计	37
2.3.3 齿轮其他结构设计	43
2.3.4 齿轮工程图	44
2.4 齿轮组件啮合运动仿真	45
2.4.1 齿轮组组装	45
2.4.2 齿轮组运动仿真	48
2.4.3 齿轮组运动打滑分析	48
2.4.4 齿轮组运动干涉检查	49
2.5 深沟球轴承产品三维造型设计	50
2.5.1 轴承设计理论基础	50
2.5.2 轴承设计参数	50

2.5.3 轴承参数化设计	53
2.5.4 轴承零件装配	63
2.5.5 轴承工程图	66
2.6 深沟球轴承产品运动仿真	71
2.6.1 轴承运动仿真	71
2.6.2 钢球打滑分析	72
2.6.3 轴承零件装配干涉检查	74
2.7 圆锥滚子轴承产品三维造型设计	75
2.7.1 轴承设计参数	75
2.7.2 轴承参数化设计	76
2.7.3 轴承零件装配	84
2.8 圆锥滚子轴承产品运动仿真	87
2.8.1 轴承运动仿真	87
2.8.2 滚子打滑分析	88
第3章 汽车产品(零件)的三维造型设计	91
3.1 汽车转向机支架三维设计	91
3.1.1 支架结构	91
3.1.2 支架支撑体特征尺寸	91
3.1.3 支架支撑体三维设计	92
3.1.4 支架支撑体视图	98
3.2 液压分配阀三维设计	100
3.2.1 分配阀结构	100
3.2.2 分配阀结构特征尺寸	100
3.2.3 分配阀三维零件设计	101
3.2.4 分配阀零件视图	117
3.3 转向机传动轴系统三维设计	118
3.3.1 传动输入轴系统结构	118
3.3.2 输入轴三维造型设计	121
3.3.3 传动斜齿轮轴三维造型设计	128
3.3.4 齿条轴三维造型设计	133
3.4 转向机支座三维设计	136
3.4.1 支座零件主要尺寸	136
3.4.2 支座零件三维造型设计	136
3.5 后视镜罩壳体三维设计	152
3.5.1 后视镜罩三维形貌数据	152
3.5.2 后视镜罩三维模型设计	153

第4章 家用产品(零件)的三维造型设计	155
4.1 可拆卸DC插口的造型设计与装配	155
4.1.1 零件结构尺寸	155
4.1.2 零件三维设计	155
4.2 清洁机外壳的设计与装配	176
4.2.1 零件结构尺寸	176
4.2.2 零件三维设计	177
4.3 遥控器外壳注塑模具造型设计	186
4.3.1 零件结构尺寸	186
4.3.2 零件注塑模具设计	187
4.3.3 注塑模具模架设计	193
第5章 机床产品(零件)的三维造型设计	195
5.1 机床导轨三维设计	195
5.1.1 导轨结构特点	195
5.1.2 导轨设计	195
5.2 车床主轴三维设计	197
5.2.1 主轴结构特点	197
5.2.2 主轴设计	198
5.2.3 零件视图	205
5.3 数控机床刀柄三维设计	206
5.3.1 刀柄结构特点	207
5.3.2 刀柄设计	207
5.3.3 零件视图	212
5.4 滚珠丝杆三维设计	212
5.4.1 丝杆结构特点	213
5.4.2 丝杆设计	213
5.4.3 零件视图	223
5.5 端面齿轮盘三维设计	224
5.5.1 齿轮盘结构特点	224
5.5.2 齿轮盘设计	225
5.5.3 零件视图	232
5.6 数控铣床夹头三维设计	233
5.6.1 夹头结构特点	233
5.6.2 夹头设计	233
5.6.3 零件视图	243

5.7 机床组件设计与装配	243
5.7.1 组合机床传动轴部件	243
5.7.2 组合机床传动轴部件装配	245
第6章 工程机电产品(零件)的三维创新设计	254
6.1 薄板冲压成型机机构设计	254
6.1.1 机构工作原理	254
6.1.2 结构三维造型设计	255
6.2 散料分离与输送机机构设计	268
6.2.1 机构工作原理	268
6.2.2 结构三维造型设计	268
6.3 人体穴位刮痧按摩机机构设计	273
6.3.1 机构工作原理	273
6.3.2 结构三维造型设计	274
6.3.3 部件装配	277
6.4 自动剖面机机构设计	278
6.4.1 机构工作原理	278
6.4.2 机构运动分析	278
6.4.3 凸轮设计	280
6.4.4 结构三维造型设计	286
6.5 下水道疏通机机构设计	287
6.5.1 机构工作原理	287
6.5.2 螺旋主轴设计	288
6.5.3 疏通机外壳三维设计	290
6.5.4 疏通机组装	290
参考文献	292

第 1 章 机电产品计算机辅助设计基础

1.1 计算机辅助设计技术发展

计算机辅助设计(computer aided design,CAD)是指工程设计人员以计算机为辅助工具,完成产品的设计、分析、绘图等工作,达到提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品成本的目的。

计算机辅助技术的主要内容如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 计算机辅助技术的主要内容

计算机辅助技术	计算机辅助绘图(CAW)			
	计算机辅助设计(CAD)	几何建模(GAM)	零件建模	1) 线框模型 2) 曲面模型 3) 实体模型
			装配建模	
		装配及干涉分析(DFA)		
		制造可行分析(DFM)		
	计算机辅助分析(CAE)	优化设计(OPT)		
		有限元分析与仿真(FEA)		
		运动学、动力学分析与仿真		

CAD 技术已经经过了几次大的发展。在 CAD 技术发展初期,主要是计算机辅助绘图(computer aided drawing (or drafting)),一直持续到 20 世纪 70 年代末期,CAD 技术仍以二维绘图为主要研究对象。

CAD 技术第一次大的发展是曲面造型技术。贝塞尔算法的提出,使得人们利用计算机处理曲线及曲面问题变得可行。在二维绘图的基础上,开发出以表面模型为特点的自由曲面建模方法,并出现了三维曲面造型软件系统。它从单纯模仿工程图纸的三视图模式,发展到以计算机描述产品零件的外形信息阶段,同时也使得计算机辅助制造(CAM)技术的开发有了基础。

CAD 技术第二次大的发展是实体造型技术。通过对 CAD/CAE(计算机辅助设计与计算机辅助工程)一体化技术的探索,SDRC 公司于 1979 年发布了世界上第一个完全基于实体造型技术的大型 CAD/CAE 软件——I-deas。实体造型技术的特点是能够精确表达零件的全部属性,统一了 CAD、CAE、CAM 的模型表达,给

设计带来了方便。

CAD 技术第三次大的发展是参数化技术。其主要特点是基于产品特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改等。Pro/E 软件便是这一阶段开发出来的。随着 Pro/E 软件性能不断改进,给设计者带来了极大的方便。

CAD 技术第四次大的发展是变量化技术。变量化技术是指采用主模型技术统一数据表达,实现变量化构造草图、变量化截面整形、变量化方程、变量化扫描曲面、变量化三维特征、变量化装配等。变量化技术既保持了参数化技术原有的优点,同时又克服了其许多不足之处。它的成功应用为 CAD 技术的发展提供了更大的空间和机遇。

众所周知,CAD 技术不仅可以大幅度提高设计效率和产品质量,更为重要的是,它已成为现代工业设计中必不可少的技术手段。许多大型企业,三维设计以工作站上运行大型软件为主,如 Pro/E、Catia、I-deas、UG NX 和 Solid Works 等。这些软件系统结构庞大复杂。随着计算机三维 CAD 系统的日趋完善及 Windows 操作平台的普及和计算机性能价格比的不断提高,企业使用计算机三维 CAD 技术已经非常普及。

我国从 20 世纪 70 年代末开展 CAD 技术研究,主要是以二维 CAD 图纸设计为主体的应用技术开发。从 80 年代后,CAD 技术应用经历了探索、技术攻关、普及推广和深化应用等阶段。CAD 技术在我国机械行业应用较早,并得到迅速发展,取得一批重要的应用成果。

随着信息时代及全球经济一体化的到来,企业面临的挑战是必须具备新产品研制及创新能力,才能在激烈的市场竞争中生存下来,否则就会面临淘汰。实践证明,三维 CAD 技术对加速新产品开发、提高产品质量、降低成本起着关键作用,是支持企业增强创新设计,提高市场竞争力的强有力手段。

1.2 典型计算机绘图软件简介

计算机绘图依靠软件才能进行。目前流行的软件有 AutoCAD、CAXA、Pro/E、UG NX、Solid Works、Catia 等。这些软件的特点已经在很多教科书中都有介绍。下面简单介绍采用这几种软件的设计实例。

1. AutoCAD 软件

AutoCAD(Auto computer aided design)是 Autodesk(欧特克)公司于 1982 年推出的计算机辅助设计软件,用于二维绘图、设计文档和三维设计,现已成为国际上广为流行的绘图工具。

AutoCAD 具有良好的用户界面,通过交互菜单或命令方式便可以进行各种操作。它的多文档设计环境,让设计人员能很快学会使用该软件。AutoCAD 具有广泛的适应性,可以在各种操作系统支持的计算机和工作站上运行。因此,它在全球广泛使用,可以用于机械产品设计、土木工程设计、装饰装潢设计、工业设计、电路设计、服装设计等多个领域。

图 1-2-1 为采用 AutoCAD 软件绘制的机械产品零件图样。

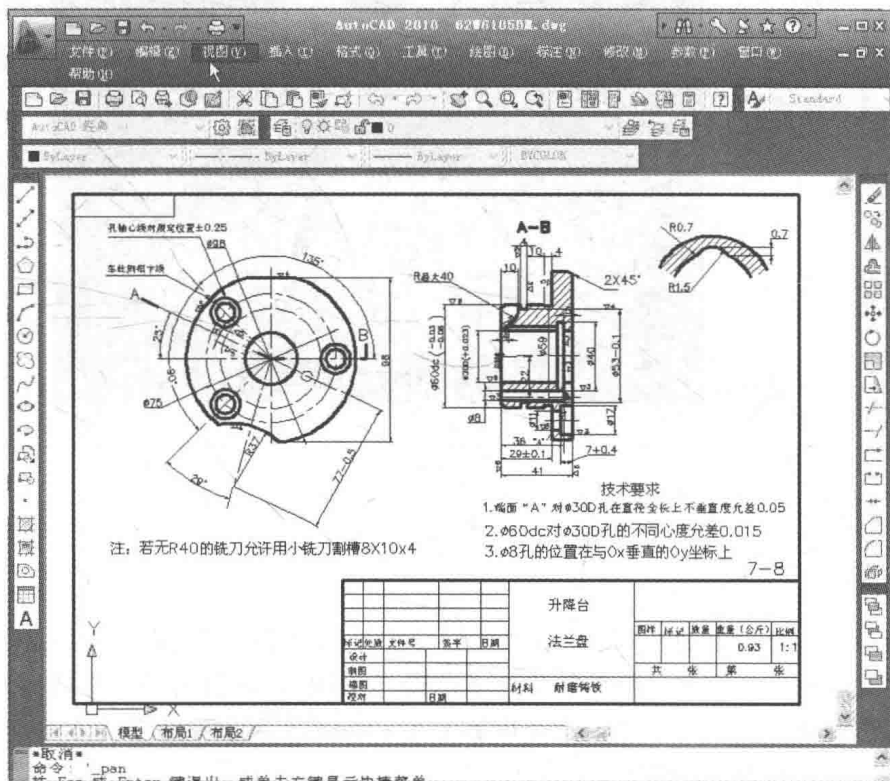


图 1-2-1 AutoCAD 软件绘图样

2. CAXA 软件

CAXA 是北京数码大方科技股份有限公司开发的 CAD 软件,其中 CAX 表示任意的、个性化的计算机辅助设计与产品,后面的 A 为英文“always a step ahead”的缩写。CAXA 包括电子图板、三维实体设计、图文档管理等,主要提供数字化设计(CAD)、数字化制造(MES)以及产品全生命周期管理(PLM)解决方案。数字化设计解决方案包括二维及三维 CAD、工艺设计(CAPP)和产品数据管理(PDM)等。数字化制造解决方案包括 CAM、网络 DNC、MES 和 MPM 等。CAXA 软件全中文操作,编辑功能齐全,桌面清晰,操作方便。

图 1-2-2 为采用 CAXA 软件绘制的产品零件三维图样。

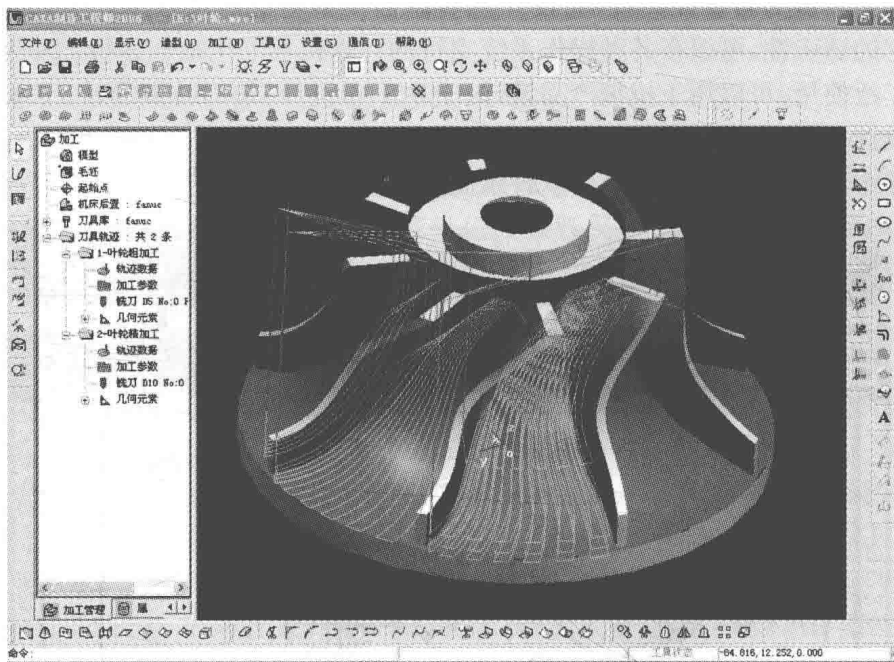


图 1-2-2 CAXA 软件绘制图样

3. Pro/E 软件

Pro/E(专业工程师)软件是美国参数技术公司(PTC)的 CAD/CAM/CAE 一体化的设计软件。该软件是参数化技术的最早应用者,在目前的三维造型软件领域有着重要地位。Pro/E 作为当今世界 CAD/CAE/CAM 领域新技术的典范,得到业界的认可和推广,是现今主流的 CAD/CAM/CAE 软件之一。

Pro/E 采用了模块方式,可以分别进行草图绘制、零件设计、装配设计、钣金设计、加工处理等。

(1) 参数化设计。

对于产品设计而言可以把它看成几何模型,而无论多么复杂的几何模型,都可以分解成有限数量的结构特征,而每一种特征,都可以用有限的参数完全约束,这就是参数化设计的基本概念。

(2) 基于特征建模。

Pro/E 基于特征的实体模型化系统,工程设计人员采用基于特征的功能来生成模型,如腔、壳、倒角及圆角等,可以先随意勾画草图,再方便地改变模型。这一功能特性给工程设计者提供了在设计上前所未有的简易和灵活。

(3) 统一数据库(全相关)。

Pro/E 建立在统一基层的数据库上,这使得每一位设计者,无论他是哪一个部门的,都可以随时对一件产品的设计进行修改工作。换言之,在整个设计过程中,任何一处发生改动,都可以反映在设计过程的相关环节上。例如,一旦工程详图有改变,NC(数控)工具路径也会自动更新;组装工程图若有任何变动,也完全同样反映在整个三维模型上。这使得设计更加优化,产品质量更高。

图 1-2-3 为采用 Pro/E 软件绘制的壳体三维造型图。

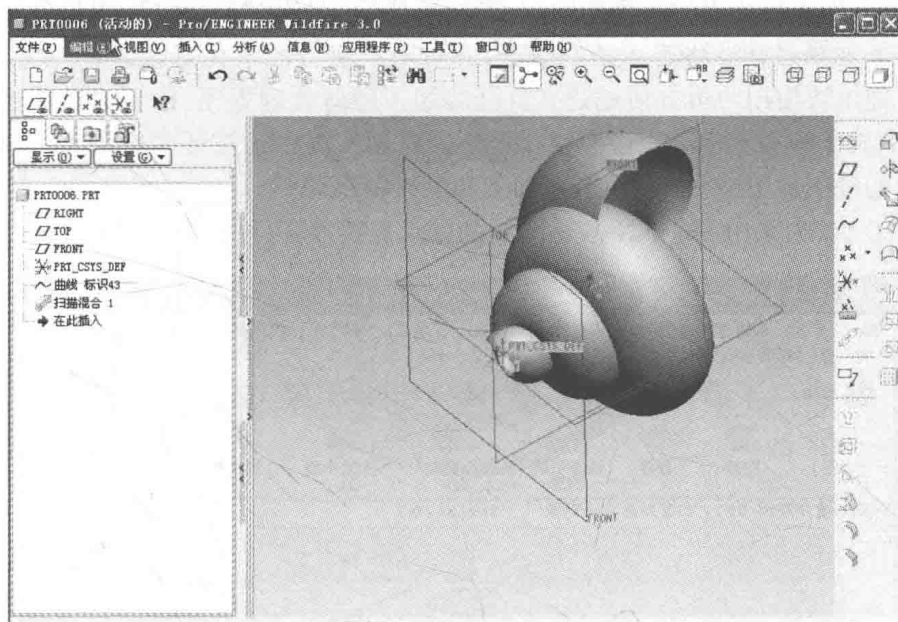


图 1-2-3 Pro/E 软件绘制三维造型图

4. UG 软件

UG NX(Unigraphics NX)是 Siemens PLM Software 公司开发的软件,它为用户的产品设计及加工过程提供数字化造型和验证手段。UG NX 针对用户的虚拟产品设计和工艺设计的需求,提供了经过实践验证的解决方案。UG NX 是一个交互式 CAD/CAM 系统,它功能强大,可以轻松实现各种复杂实体及造型的建构。

UG NX 具有三个设计层次,即结构设计(architectural design)、子系统设计(subsystem design)和组件设计(component design)。它可以开展以下工作。

(1) 工业设计。为了产品技术革新和创造性的工业设计,UG NX 提供了强有力的解决方案。利用 UG NX 建模,工业设计师能够迅速地建立和改进复杂的产品形状,使用先进的渲染和可视化工具来最大限度地满足设计概念的审美要求。

(2) 产品设计。UG NX 包括了强大、广泛的产品设计应用模块。具有专业的

管路和线路设计系统、钣金模块、专用塑料件设计模块和其他行业设计所需的专业应用程序。它具有高性能的机械设计和制图功能,为制造设计者提供了高性能和灵活性,以满足设计任何复杂产品的需要。

(3) 仿真和优化。UG NX 提供数字化的仿真方法,可以确认和优化产品及其开发过程。通过在开发周期中较早地运用数字化仿真性能,可以改善产品质量,同时减少或消除对于物理样机昂贵且耗时的设计、构建,以及变更周期的影响。

(4) CNC 加工。UG NX 加工基础模块提供连接 UG 所有加工模块的基础框架,为所有加工模块提供一个相同的、界面友好的图形化窗口环境,用户可以在图形方式下观测刀具沿轨迹运动的情况,并可对其进行图形化修改。UG NX 加工后置处理模块使用户可方便地建立自己的加工后置处理程序,该模块适用于主流的 CNC 机床和加工中心。该模块在多年的应用实践中已被证明适用于2~5轴或更多轴的铣削加工、2~4 轴的车削加工和电火花线切割。

图 1-2-4 为采用 UG NX 软件绘制的轴承保持器零件三维造型图。

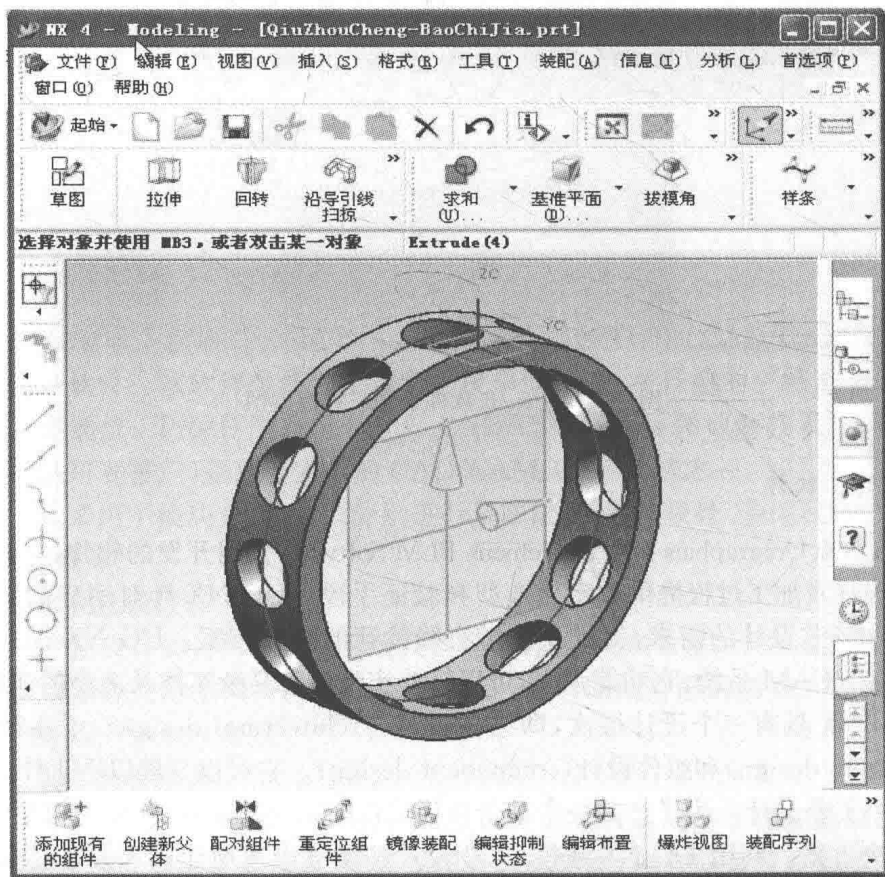


图 1-2-4 UG NX 软件绘制三维造型图

图 1-2-5 为采用 UG NX 软件绘制的轴承产品装配图。

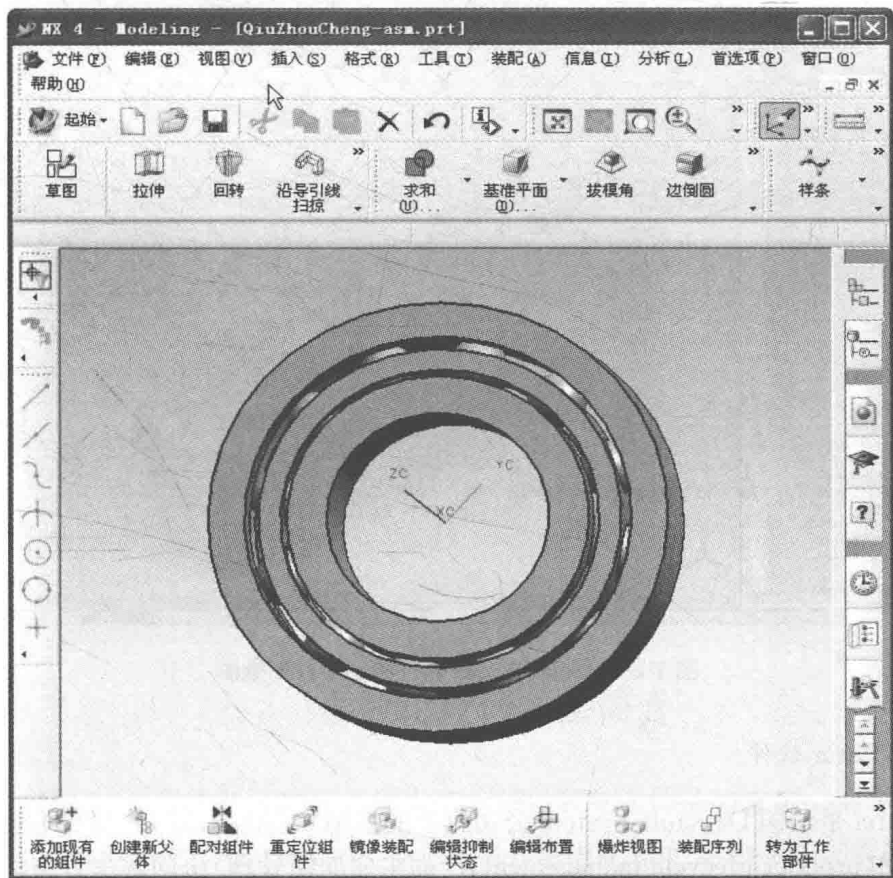


图 1-2-5 UG NX 软件绘制三维装配图

5. Solid Works 软件

Solid Works 公司于 1995 年推出第一套 Solid Works 三维机械设计软件。Solid Works 软件是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统。由于使用了 Windows OLE 技术、直观式设计技术、先进的 Parasolid 内核以及良好的与第三方软件的集成技术, Solid Works 成为最好用的软件之一。它用于航空航天、食品、机械、国防、交通、模具、电子通信、医疗器械、娱乐工业、日用品/消费品、离散制造等领域。Solid Works 具有功能强大、易学易用和技术创新等特点, 能够进行用户界面管理、协同工作、装配设计、工程图管理等。Solid Works 能够提供不同的设计方案、减少设计过程中的错误以及提高产品质量。图 1-2-6 为采用 Solid Works 软件绘制的电话零件三维图。

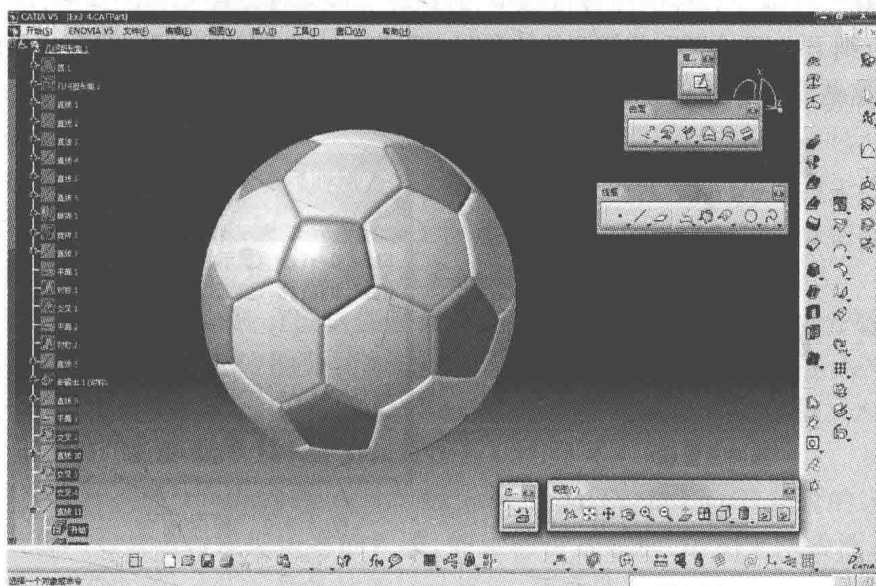


图 1-2-7 Catia 软件绘制三维模型

1.3 参数化设计方法简介

20 世纪 80 年代中期, CV 公司提出了一种参数化实体造型方法。到 80 年代末, PTC (Parametric Technology Corp.) 开发了 Pro/Engineer (Pro/E) 的参数化软件。参数化软件的主要特点是基于产品特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改等。参数化技术使得设计者可以通过设计参数来驱动产品零件的几何模型及装配体的建模等。与传统的建模方式相比, 参数化设计将设计者从琐碎的拼凑几何元素的操作中解放出来, 以少数的几个主要参数来控制产品的设计, 大大简化了生成和修改零件模型的操作, 提高了设计效率, 从而可以更加直观地分析零件的特性, 降低了设计者的工作强度。

参数化实体造型方法是使用程序完成设计。程序是自动化零件与组合件设计的一项重要工具, 使用者可以通过高级的程序语言来控制零件特征、尺寸的大小、零件的个数等。当零件与组合件的程序设计完成后, 读取此零件或组合件时, 即可以利用问答式的方式得到各种变化情况下不同的几何形状, 以实现产品参数化设计的要求。

以 Pro/E Wildfire 2.0 为例, 利用其窗口功能可以方便地实现参数化设计。图 1-3-1 为在工具窗口中选择程序功能。图 1-3-2 为程序编辑、连接等窗口和选项