

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等教育机电类规划教材

三维造型与数控加工实践

◎ 唐通鸣 倪红军 主 编
◎ 廖 萍 黄明宇 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等教育机电类规划教材

三维造型与数控加工实践

主 编 唐通鸣 倪红军
副主编 廖 萍 黄明宇
参 编 朱 昱 周 旭 张福豹
主 审 汤文成



机械工业出版社

本书依据“机械工程”“机械设计制造及其自动化”宽口径专业培养方案,突破传统教程单纯介绍三维造型软件、数控理论或数控加工方法的模式,涵盖了产品设计和制造两大部分,以实例为引导,有针对性地介绍了三维软件的相关功能和模块,并且根据实例进行了详细的讲解。

本书共分四章,内容以介绍三维造型软件和数控实用技术为主,较为详尽地阐述了零件三维造型方法、造型过程、数控加工方法、数控装备等内容,通过实例详细阐述了零件从三维造型到加工的全过程,并介绍了数控加工新技术及其发展方向。

本书可作为普通高等学校或独立学院机械工程类、自动化类及相关专业的本科教材,也可作为工程技术人员继续教育的培训教材,还可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

三维造型与数控加工实践/唐通鸣,倪红军主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 11

普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-44303-2

I. ①三… II. ①唐…②倪… III. ①三维-工业产品-造型设计-高等学校-教材②数控机床-加工-高等学校-教材 IV. ①TB472②TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第239035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:刘小慧 责任编辑:刘小慧 陈建平 冯 铤

版式设计:常天培 责任校对:杜雨霏

封面设计:张 静 责任印制:李 洋

北京华正印刷有限公司印刷

2014年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.25印张·454千字

标准书号:ISBN 978-7-111-44303-2

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主	任	邱坤荣			
副	主	左健民	周骥平	林松	戴国洪
		王晓天	丁坤		
秘	书	秦永法			
委	员	(排名不分先后)			
		秦永法	朱龙英	丁坤	余皞
		叶鸿蔚	李纪明	左晓明	郭兰中
		乔斌	刘春节	王辉	高成冲
		侯志伟	杨龙兴	张杰	舒恬
		赵占西	黄明宇		

前 言

数控技术及装备是发展新兴高新技术产业和尖端工业的使能技术和基本装备。世界各国航空、航天、信息产业、生物产业等重要领域广泛采用数控技术及装备,提高了制造能力和水平,提高了对市场的适应能力和竞争能力。工业发达国家还将数控技术及装备列为国家的重要战略物资并大力发展,在“高精尖”数控关键技术和装备方面,对其他国家实行技术封锁和限制政策。因此,大力发展以数控技术为核心的先进制造技术,已成为世界各国加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。

数控加工是将零件的加工工艺路线、工艺参数、刀具运动轨迹、切削参数以及辅助操作(换刀,主轴正转、反转,切削液开、关等),按照数控机床规定的指令代码及程序格式编写成加工程序单,再把程序单中的内容记录在数控机床的存储介质(如穿孔纸带、磁带、磁盘等)上,数控机床按照事先编制好的加工程序,自动地对被加工零件进行加工。这种从零件工艺分析到生成数控程序的全部过程叫做数控程序的编制。

数控加工技术由于具有加工精度高、加工效率高、自动化程度高、对工人技术和熟练程度依赖小等优点,特别适用于加工批量小、形状复杂、精度要求高的零件。应用数控加工技术不仅能提高加工质量和生产效率,而且能解决若干普通机械加工所解决不了的加工难题,扩大加工范围,降低加工成本,提高综合经济效益,极大改善工人的劳动条件。

数控技术及装备的应用不但给传统制造业带来了革命性的变化,使制造业成为工业化的象征,而且随着数控技术的不断发展和应用领域的扩大,对关系国计民生的一些重要行业的发展起着越来越重要的作用,装备数字化也成为现代制造业发展的趋势,如桥式三、五坐标高速数控龙门铣床,龙门移动式五坐标 AC 摆角数控龙门铣床,龙门移动式三坐标数控龙门铣床等。

随着机电一体化技术的迅猛发展,数控机床的应用已日趋普及;机械制造业正在越来越多地采用数控技术来改善其生产加工方式,对相应技术人才的要求也越来越高,需求越来越大,特别是既掌握数控技术理论知识,又能够熟练应用数控机床的复合型人才缺口非常大。因此,数控技术的教学和人才培养,更应强调其先进性和实用性。本书编者在 20 世纪 80 年代初即开始从事机床数控技术研究,有着丰富的机床数控理论和实践经验,并自编讲义用于教学,经多年应用和不断丰富、修改,终成此书。本书以介绍数控实用技术为主,紧跟当今世界先进技术的发展,较为详尽地阐述了零件三维造型方法、造型过程、数控加工方法、数控装备等内容,通过实例详细阐述了零件从三维造型到加工的全过程,并介绍了数控加工新技术及其发展方向。

本书依据“机械工程”“机械设计制造及其自动化”宽口径专业培养方案,突破传统教程单纯介绍三维造型软件、数控理论或数控加工方法的模式,涵盖了产品的设计和产品的制造两大部分,以实例为引导,有针对性地介绍三维软件的相关功能和模块,并且根据实例进行了详细的讲解。其主要方法如下:

- 1) 从课堂理论到实践操作。
- 2) 从创作概念到实物制造。

3) 从基础理论到实用技术。

本书共分四章。第一章主要介绍了常见三维软件,介绍了软件的基本环境和各常用选项的设置、常用模块的基本操作,以及工作环境设置、文件管理等基本操作和实例,第二章主要介绍了数控加工工艺和数控加工编程,介绍了常用控制系统;第三章主要对常见数控机床的基本操作方法进行讲解,使读者对数控加工有较为直观的了解;第四章通过实例对数控加工程序编制与仿真系统进行了详细的讲解。附录部分主要介绍了数控车工、数控铣工、加工中心操作工的国家职业标准,给出了切削用量表以及模拟试题。

本书第一章由唐通鸣、朱昱编写,第二章由周旭编写,第三章由廖萍编写,第四章由黄明宇、倪红军编写,附录由张福豹编写。全书由倪红军、唐通鸣统稿,由汤文成主审。

由于编者水平有限,欠妥之处在所难免,竭诚欢迎广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 常见三维软件简介及举例 1

- 1.1 Pro/E 简介及举例 1
- 1.2 UG 简介及举例 10
- 1.3 SolidWorks 简介及举例 18
- 1.4 AutoCAD 简介及举例 25
- 1.5 CAXA 简介及举例 31
- 1.6 CATIA 简介及举例 39
- 1.7 Cimatron 简介及举例 49
- 1.8 Mastercam 简介及举例 61

第二章 数控加工基础 71

- 2.1 数控加工零件工序设计 71
- 2.2 工艺装备的设计 73
- 2.3 数控加工编程基础 75
- 2.4 常用控制系统简介 82

第三章 常见数控机床的

基本操作方法 86

- 3.1 数控车床的基本操作方法 86
- 3.2 数控铣床的基本操作方法 101
- 3.3 数控雕铣机的基本操作方法 115
- 3.4 数控电火花线切割机床的

基本操作方法 132

- 3.5 电火花成形机床的基本操作方法 140
- 3.6 数控磨床的基本操作方法 151
- 3.7 数控加工中心的基本操作方法 162

第四章 数控加工程序编制与

仿真系统 177

- 4.1 数控编程简介 177
- 4.2 Mastercam 简介及仿真加工实例 179
- 4.3 Pro/E 仿真加工 194
- 4.4 UG NX CAM 模块简介及
仿真加工实例 201
- 4.5 斯沃数控仿真软件 208

附录 232

- 附录 A 数控车工国家职业标准 232
- 附录 B 数控铣工国家职业标准 242
- 附录 C 加工中心操作工国家职业标准 254
- 附录 D 切削用量表 265
- 附录 E 模拟试题（理论） 267
- 附录 F 模拟试题（实践） 278

参考文献 285

第一章 常见三维软件简介及举例

1.1 Pro/E 简介及举例

1.1.1 Pro/E 系统概述

Pro/E 是美国 PTC 公司旗下的产品 Pro/Engineer 软件的简称,它是一款集 CAD/CAE/CAM 功能为一体的综合性三维软件,在目前的三维造型软件领域中占有着重要地位,并作为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准而得到业界的认可和应用推广,是现今最成功的 CAD/CAE/CAM 软件之一。

它于 1988 年推出后历经十多年的发展和完善,已经有了 20 多个升级版本,并广泛应用于机械、电子、航空航天、产品设计、模具设计等多个领域。Pro/E 现已被 PTC 公司整合于新型 CAD 设计软件包 Creo 中,目前最新版本为 Creo 2.0。

1.1.2 Pro/E 主要功能介绍

1. 常用功能模块

Pro/E 由众多模块组成,一些常用模块的功能简介如下:

(1) 草绘模块 用于绘制和编辑二维平面草图。在使用零件模块建立三维特征时,如需要进行二维草图绘制,系统会自动切换至草绘状态。同时,在零件模块中绘制二维平面草图时,也可以直接读取在草绘模块下绘制并存储的文件。

(2) 零件模块 用于创建三维模型。由于创建三维模型是使用 Pro/E 进行产品设计和开发的主要目的,因此零件模块也是参数化实体造型最基本的模块。Pro/E 建模方法模仿真实的机械加工过程:首先创建基础特征,这就相当于在机械加工之前生产毛坯;然后在基础特征之上创建放置特征,如创建圆孔、倒角、筋特征等,每添加一个放置特征就相当于一道机械加工工序。使用 Pro/E 进行三维模型创建的过程,实际上就是使用零件模块依次创建各种类型特征的过程。

(3) 零件装配模块 装配就是将多个零部件组装成一个部件或完整的产品。在组装过程中,用户可以添加新零件或对已有的零件进行编辑修改。在装配过程中,还可以临时修改零件的尺寸,并且可以使用爆炸图的方式来显示所有零件相互之间的位置关系,非常直观。

(4) 工程图模块 使用零件模块创建三维模块后,可以将三维模型变为产品的二维工程图,用于指导生产加工过程。使用工程图模块可以直接由三维实体模型生成二维工程图。系统提供的二维工程图包括投影视图、局部视图、剖视图和轴测图等视图类型,设计者可以根据零件的表达需要灵活选取需要的视图。

(5) Pro/E 系统的其他模块简介 Pro/E 软件是一个功能强大的大型集成软件,其内容覆盖了从产品设计到生产加工的全过程。除了上述介绍的模块以外,还有其他 20 多个模块可供选用。用户也可以自行使用 C 语言编程实现特殊功能的操作,或通过标准数据交换输

出三维和二维图形到其他类型的应用软件中，以扩展 Pro/E 系统的功能。

2. Pro/E 功能特性

(1) 单一数据库 Pro/E 是建立在统一基层的数据库上的。所谓单一数据库，就是工程中的资料全部来自一个库，使得不同部门的每一个独立用户都可为一件产品造型而工作，在整个设计过程的任何一处发生改动，都会反映在相关环节上。

(2) 全相关性 Pro/E 的所有模块都是全相关的。这就意味着在产品开发过程中某一处进行的修改，能够扩展到整个设计中，同时自动更新所有的工程文档，包括装配体、设计图样，以及制造数据。全相关性允许在开发周期的任一点进行修改，却没有任何损失，使并行工程成为可能，所以能够使开发后期的一些功能提前发挥其作用。

(3) 基于特征的参数化造型 Pro/E 使用用户熟悉的特征作为产品几何模型的构造要素。这些特征是一些普通的机械对象，并且可以很容易地按预先的设置进行修改。例如圆弧、圆角、倒角等，它们对工程人员来说是很熟悉的，易于使用。

(4) 数据管理 为在较短的时间内开发更多的产品，必须允许多个学科的工程师同时对同一产品进行开发。数据管理模块的开发研制，正是专门用于管理并行工程中同时进行的各项工作，Pro/E 独特的全相关性功能使之成为可能。

(5) 装配管理 Pro/E 的基本结构能够利用一些直观的命令（例如“啮合”“插入”“对齐”等）很容易地把零件装配起来，同时保持设计意图。高级的功能支持大型复杂装配体的构造和管理，这些装配体中零件的数量不受限制。

1.1.3 Pro/E 野火版界面介绍

Pro/E 野火版的界面与旧版本有了较大的差别，除背景颜色的改进外，它去除了原来的菜单管理器，把大部分的功能及指令操作以按钮和图标形式代替，并且增加了很多新功能，图 1-1 所示是一个已打开的零件设计窗口。

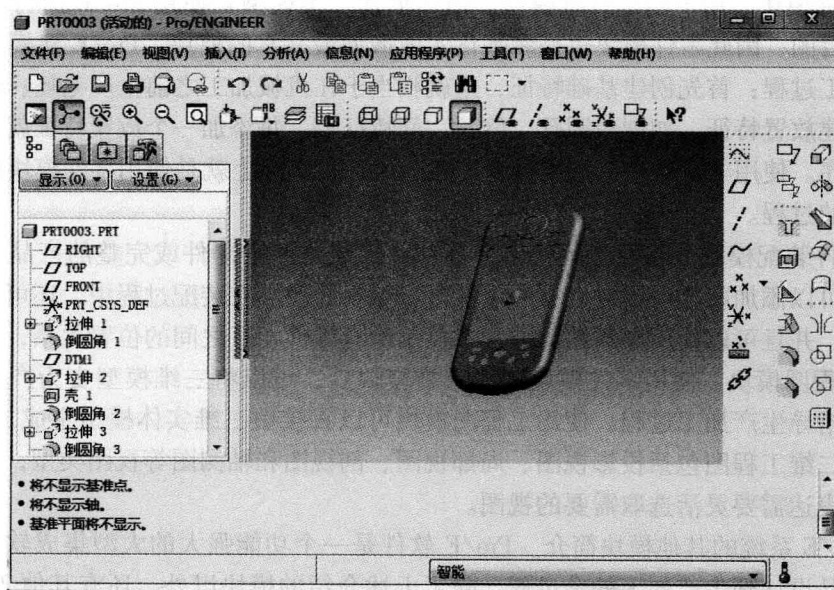


图 1-1 Pro/E 野火版界面介绍

(1) 窗口标题栏 当前用户标题栏位于界面的最上方, 功能与常用软件的标题栏基本相同。

(2) 菜单栏 Pro/E 的主菜单与一般应用软件的相同, 以下拉菜单的方式选取指令。在不同的工作模式下, 主菜单也有所不同。零件模式下的菜单形式如图 1-2 所示。



图 1-2 Pro/E 野火版菜单形式

(3) 按钮工具栏 Pro/E 野火版为了提升效率、简化操作, 用按钮替代下拉菜单中的常用指令, 若用户不满意系统默认的界面, 系统允许用户自行增减按钮, 并且选择放置的位置。

(4) 导航区 Pro/E 野火版对旧版本的“模型树”作了许多更改, 将其扩展为导航区, 通过导航区上端横排的选择卡, 可直接访问各种不同的功能。调节外框即可改变导航区区域的大小。

(5) 绘图区 这是用户界面中面积最大的一个区域, 用户可以在此区域内进行模型的显示和绘制, 并根据需要改变预定的颜色。

(6) 浏览器 浏览器与绘图区在相对应的位置, 使用“框格”进行切换。

(7) 提示信息区 提示信息区位于绘图区的正下方, 显示正在操作的相关信息, 并且为使用者提供下一步操作的提示。

(8) 过滤器 可以指定当前所要选择项目的类型, 便于快捷选中目标而避免干扰。

1.1.4 造型设计举例

实例 1: 掌上电脑前盖设计

1. 设计目的

主要是为了表现产品的完整性, 参考图 1-3 运用拉伸、抽壳、倒圆角等命令设计掌上电脑前盖零件。

2. 设计步骤

(1) 建立前盖基本特征

1) 依次单击“文件”→“新建”→“零件”→“实体”图标, 新建模板(如使用米制, 取消缺省模板命令, 重新选择)。

2) 单击  图标, 选取草绘平面, 进入草绘编辑状态, 按图 1-4 所示图样绘制。

3) 单击  图标, 完成草绘编辑。在拉伸数值框内输入 8, 完成前盖基本特征的建立, 如图 1-5 所示。

(2) 建立圆角特征 单击  图标, 在“链”状态下(对多边进行倒角时, 用链选取较方便快捷), 用鼠标选择上表面棱边, 单击确认按钮, 系统在绘图区下方弹出输入值对话框, 在框内输入 5, 单击 , 完成倒圆角功能, 圆角特征如图 1-6 所示。

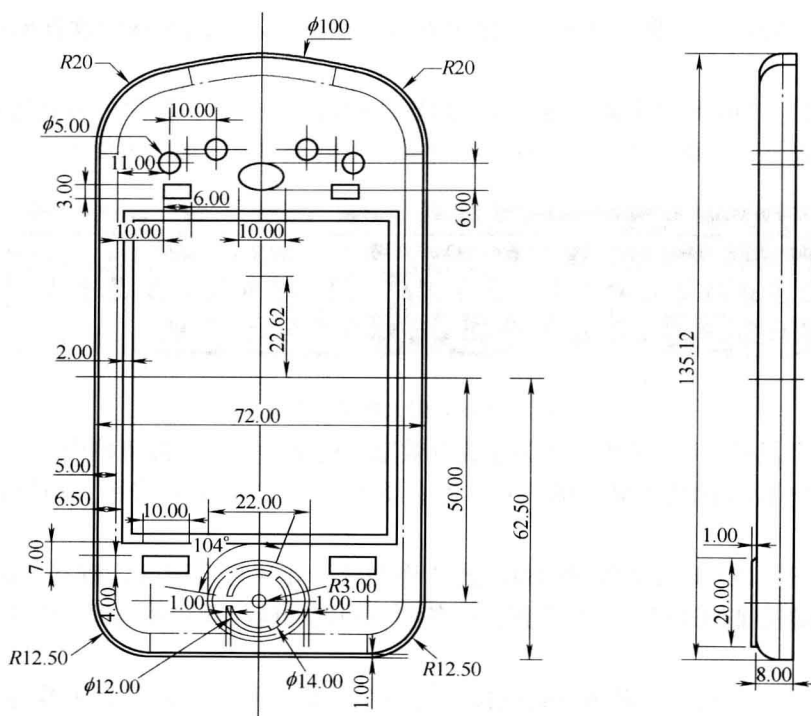


图 1-3 掌上电脑前盖设计

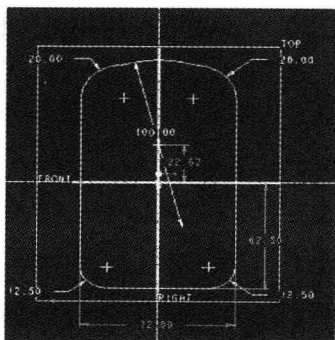


图 1-4 前盖草绘

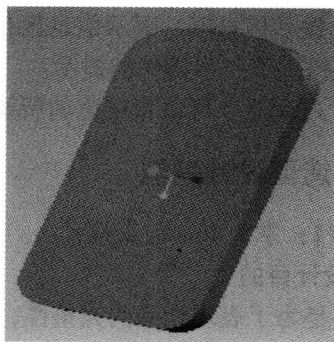


图 1-5 前盖拉伸造型

(3) 建立扬声器初步结构特征

1) 单击  图标, 选取草绘平面, 进入草绘编辑状态并绘制, 如图 1-7 所示。

2) 单击  图标, 完成草绘编辑, 如图 1-8 所示。

注意: 该结构是通过拉伸功能来完成, 由于要考虑扬声器与后盖的衔接, 故拉伸基准面由后盖向外偏移 2mm 而得到, 拉伸的方式用  表示拉伸至下一端面。

(4) 抽壳 选取要抽壳的面, 再单击  图标, 系统在绘图区下方弹出抽壳命令控制条, 在控制条的厚度

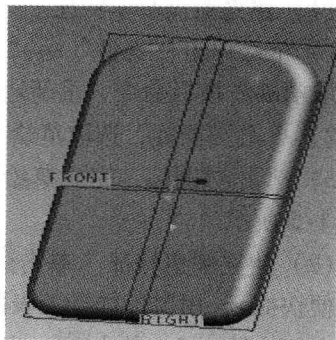


图 1-6 圆角特征

值输入1, 单击图标, 完成抽壳特征的创建(也可以先单击抽壳命令, 再在该命令下, 通过参照来选取所要抽壳的面), 如图1-9所示。

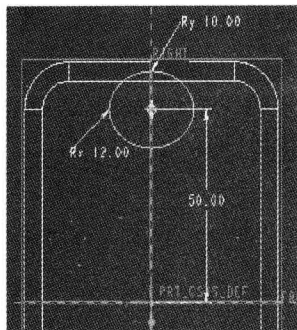


图1-7 扬声器草绘



图1-8 扬声器初步特征

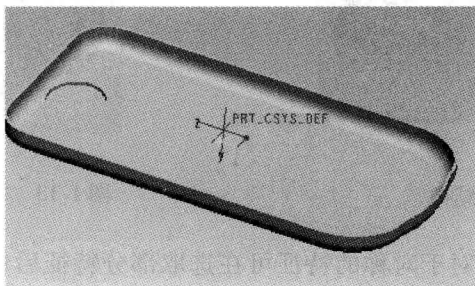


图1-9 抽壳效果

(5) 扬声器透声结构设计 单击图标, 系统进入拉伸命令状态。在草绘状态下, 绘制如图1-10所示的剖面草图, 单击, 结束剖面草图的绘制。在拉伸特征的控制条上单击深度下拉箭头, 选择图标, 单击, 完成透声结构设计, 效果如图1-11所示。

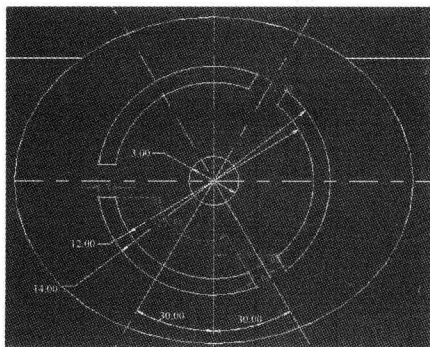


图1-10 透声结构草绘

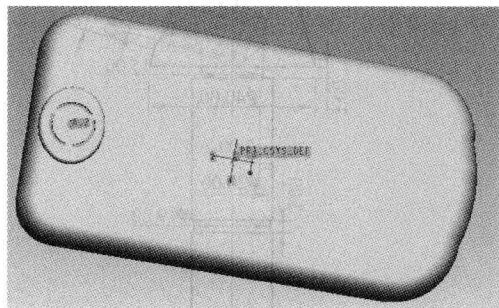


图1-11 透声结构

(6) 液晶显示器安装结构设计 单击图标, 系统进入拉伸命令状态。在草绘状态下, 绘制内框, 单击, 结束内框的绘制。在拉伸特征的控制条上选择图标, 单击, 完成内框设计。

注意, 在草绘编辑器下, 对边框的选取用图标比较方便。该步骤先选取内框, 偏

移内框得到封闭的拉伸草绘特征, 定义 1mm 的拉伸量, 结构如图 1-12 所示。

(7) 按键位置设计 按键主要通过拉伸功能来绘制, 在草绘器下一定要注意各个图形的尺寸定位, 保证绘图准确性, 在拉伸预览状态下观察拉伸的方向是否合理。掌上电脑前盖造型如图 1-13 所示。

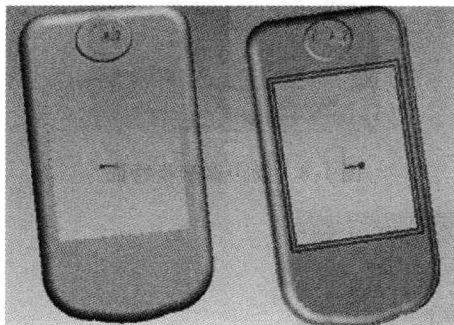


图 1-12 显示器结构

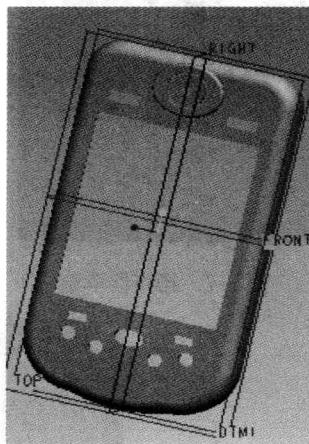


图 1-13 掌上电脑前盖造型

注意: 在三维造型时, 对于对称的特征可在选取部分特征后单击“镜像”图标, 再选取对称参照, 即可完成, 给设计带来诸多便捷。

实例 2: CA6140 车床手柄轴设计

1. 设计目的

主要是为了表现产品的完整性, 参考图 1-14 运用拉伸、抽壳、倒圆角等命令设计零件。

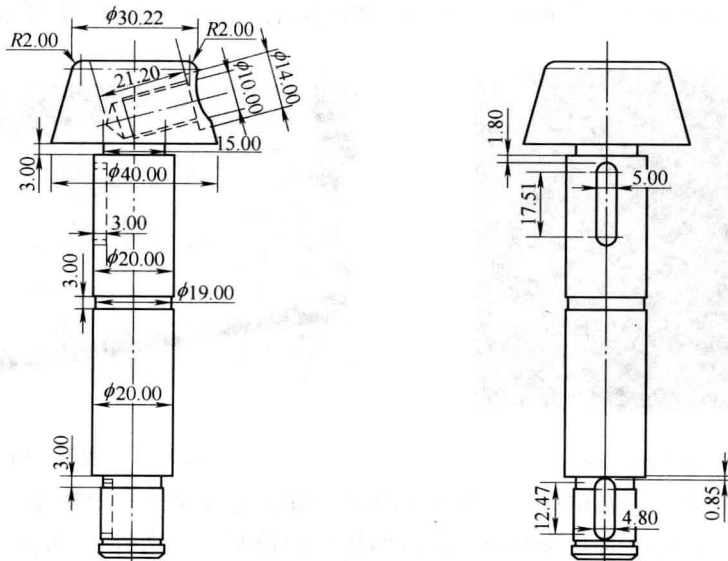


图 1-14 CA6140 车床手柄轴设计

3) 单击“确定”按钮,在旋转状态栏可对是否切除材料、旋转角度大小等作相应调整。预览无误后单击“确定”按钮完成造型设计,如图1-17所示。

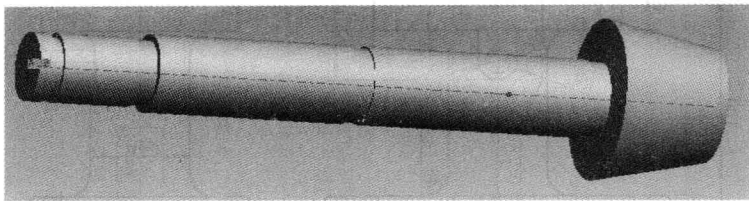


图1-17 旋转造型

(2) 倒圆角 单击倒圆角命令,在命令状态栏(图1-18)下选取倒圆角的边(若圆角半径相同且是多边倒角,可用<Shift>键复选)输入半径值,点击“确定”按钮即可完成。

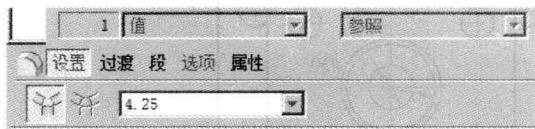


图1-18 倒圆角命令状态栏

(3) 键槽 键槽是在零件上去除一段材料,通过拉伸命令来完成造型的。

1) 单击 $\square$ 拉伸,由于键槽是在圆周上切除材料,故基准面应重新定义。单击 $\square$ 基准平面工具,选取穿过轴线的平面,在系统弹出的命令框(图1-19)里输入偏移的位移量,即可完成基准平面的绘制。

2) 选取新的基准面后进入草绘编辑器,绘制如图1-20所示的图样。草绘时,如果需要已定义的图形作尺寸参照,可依次单击菜单栏“草绘”→“参照”,再选取适当的边作参照。草绘完成后在拉伸状态栏下单击“去除材料”,并输入拉伸的深度,得到的键槽特征造型如图1-21所示。

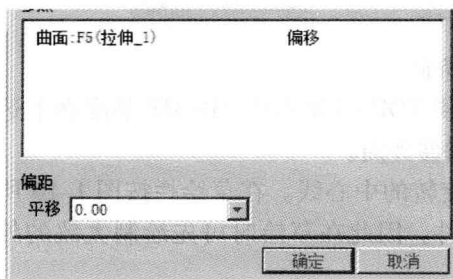


图1-19 基准平面命令栏

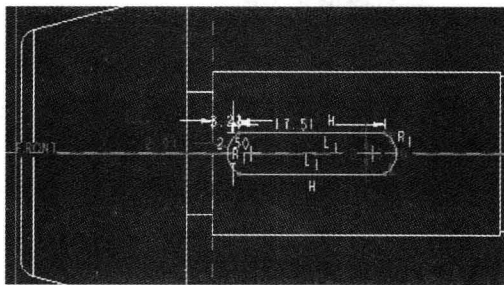


图1-20 键槽草绘

(4) 钻标准孔

1) 单击 $\square$ 孔工具,系统弹出加工孔工具框(图1-22),默认状态为直孔。

2) 单击“标准孔”,如图1-23所示。

3) 选取孔的位置放置,在“形状”一栏里设置孔的标准。由于Pro/E会自动提示各工具的功能(鼠标移至工具图标上),在设置时按提示步骤操作即可。值得注意的是,放置类

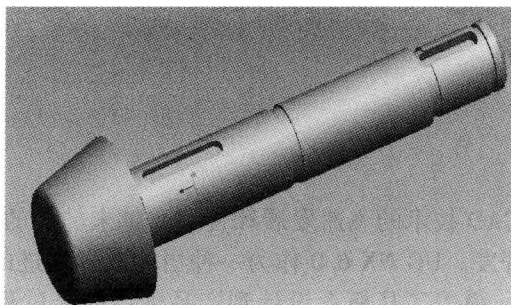


图 1-21 键槽特征造型

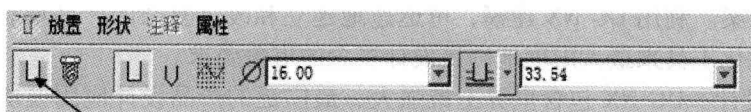


图 1-22 加工孔工具框

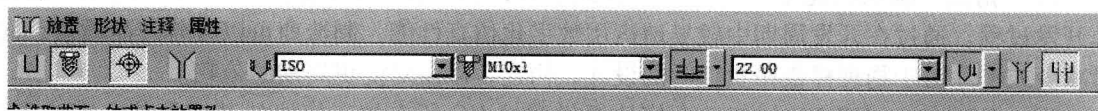


图 1-23 加工标准孔工具框

型分径向、直径和线性三类，根据提示准确定义孔的位置。孔的造型如图 1-24 所示。

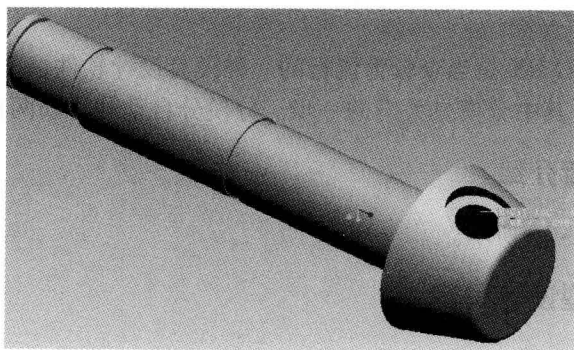


图 1-24 手柄轴孔的造型

1.2 UG 简介及举例

1.2.1 UG 概述

随着计算机辅助设计 CAD 技术的飞速发展和普及,越来越多的工程设计人员开始利用计算机进行产品的设计和开发。UG NX 6.0 作为一种当前世界先进的计算机辅助设计软件,集 CAD/CAM/CAE 于一体,覆盖了从概念设计到产品生产的全过程,被广泛应用于汽车、航空、造船、医疗器械、模具加工和电子等工业领域,越来越受到工程技术人员的青睐。

1.2.2 UG NX 主要功能介绍

(1) 工业设计和风格造型 UG NX 为创造性的培养和产品技术革新的工业设计提供了强有力的解决方案。利用 UG NX 建模,可迅速地建立和改进复杂的产品形状,并且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 包含世界上最强大、最广泛的产品设计应用模块。UG NX 具有强大的机械设计和制图功能,在设计制造过程中具有高效性和灵活性,以满足客户设计复杂产品的需要。UG NX 优于通用的设计工具,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。

(3) 仿真、确认和优化 UG NX 允许制造商以数字化的方式仿真、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,制造商可以改善产品质量,同时减少或消除对于物理样机昂贵耗时的设计、构建,以及对变更周期的依赖。

(4) NC 加工 UG NX 加工基础模块提供联接 UG 所有加工模块的基础框架,它为 UG NX 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,如对刀具轨迹进行延伸、缩短或修改等。该模块同时提供通用的点位加工编程功能,可供钻孔、攻螺纹和镗孔等时使用。该模块交互界面可按用户需求进行灵活的用户化修改和剪裁,并可定义标准化刀具库、加工工艺参数样板库,使粗加工、半精加工、精加工等操作常用参数标准化,以减少使用培训时间,优化加工工艺。UG 软件所有模块都可在实体模型上直接生成加工程序,并保持与实体模型全相关。

(5) 模具设计 UG NX 是当今较为流行的一种模具设计软件,主要是因为其功能强大。模具设计的流程很多,其中分模是关键的一步。分模分自动和手动两种。

1.2.3 UG NX 界面介绍

UG NX 界面如图 1-25 所示。

1.2.4 UG NX 造型设计举例

实例 1: 基座设计

1. 基座设计学习目的

本例介绍了基座的设计过程。通过练习,读者可以掌握拉伸、旋转、孔、倒圆角、倒斜