

Pro/E野火5.0

产品造型设计 与机构运动仿真

齐从谦 甘 屹 王士兰 编著

39



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

Pro/E野火5.0

产品造型设计 与机构运动仿真

齐从谦 甘 屹 王士兰 编著

TB472-39
Q025



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书以美国PTC公司最新推出的Pro/E野火5.0为蓝本,按照该软件各功能模块的逻辑关系对其主要功能进行系统化的组织,以PLM的思想及特征和参数化技术引领并贯穿各章内容,针对具体的特征、零件和产品的创建过程,进行深入细致的介绍。内容由浅入深,由简到繁,强调系统性、直观性和实践性,特别是对Pro/E 5.0软件使用过程中容易造成失误的很多细节做了细致入微的阐述。各章节均附有大量的来自实践的工程设计案例,以帮助读者理清思路,掌握诀窍,举一反三,熟练应用。

全书共6章,分别为Pro/E野火特征与参数化建模基础、Pro/E野火5.0典型零件设计、Pro/E野火5.0曲面设计、Pro/E野火5.0工业民用产品造型设计、Pro/E野火5.0产品装配设计、Pro/E野火5.0机构运动仿真分析。内容充实,重点突出,特色鲜明,书中具体内容和实例特为高等学校工科类机械设计制造及其自动化、机电一体化、模具设计与制造、汽车工程、工业工程、工业设计、动力工程、电力电子、航空航天等专业及艺术类数码艺术设计、工艺美术设计、产品外形设计等专业的广大学生和教师度身定做。可以作为上述各类专业的教学用书,也可以作为机电类、艺术类职业技术培训教材、“灰领”职业技术培训用书以及机电行业广大工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/E野火5.0产品造型设计与机构运动仿真 / 齐从谦, 甘屹, 王士兰编著.
—北京: 中国电力出版社, 2010
ISBN 978-7-5123-0185-6

I. ①P… II. ①齐…②甘…③王… III. ①工业产品—造型设计: 计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 5.0②机构运动分析—计算机仿真—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 IV. ①TB472-39②TH112-39

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第037604号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

策 划: 周 娟

责任编辑: 杨淑玲 责任印制: 甄 茁 责任校对: 常燕昆

北京博图彩色印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2010年6月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·17.25印张·422千字

定价: 58.00元 (1DVD)

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话 (010-88386685)

前 言

美国PTC公司的“Pro/ENGINEER Wildfire”（其中文版以下简称为Pro/E野火）是国际上最著名的CAD/CAE/CAM软件之一，在机械、汽车、模具、航空、航天和消费类电子产品等设计、制造企业中得到了极为广泛的应用，极大地提高了用户的设计、制造能力和水平。Pro/E野火在中国的高端CAD/CAM市场占有很大的份额，是中国应用最为广泛的高端CAD/CAM产品之一。

Pro/E野火基于特征技术和参数化技术，支持三维建模、零部件设计、装配设计、结构分析、动态仿真和零件数控加工，是产品设计师、机械工程师和高校师生的最好帮手，熟练掌握Pro/E野火的应用，必将给设计者带来极大的便利，帮助设计人员创造更丰厚的业绩。

2009年7月20日PTC公司在全球发布了该软件的最新版本——Pro/E野火5.0，其在操作界面上完全采用Windows风格，在操作过程中更符合设计者的逻辑思维过程，在操作命令方面更突显其“集成、简捷、直观、灵活、方便”的特色，从而有利于提高设计效率和设计质量。

然而，毕竟Pro/E野火5.0是一个相当复杂的、专业化的软件系统，功能模块和操作命令众多，界面层次跌宕，数据量庞大，初学者无人指点，往往不知如何下手，甚至显得十分神秘。

本书以Pro/E野火5.0中文版为蓝本，结合编著者30余年来从事CAD/CAE/CAM教学与研究的经验进行编写，书中包含了编著者近年来的多项科研成果，其中部分研究成果获得国家自然科学基金（No.50505030）、上海市“曙光”计划项目（No.07SG51）及上海市重点学科建设项目（No.J50503）的支持和资助。全书内容按照Pro/E野火5.0软件各功能模块的逻辑关系进行系统化的组织；以PLM的思想引领并贯穿于始终；注重机械原理、机械设计、机制工艺及机械加工等多方面知识的融合，比较全面地论述了Pro/E野火5.0的强大功能，并针对具体的特征、零件和产品的创建和分析过程，进行深入细致的介绍。全书内容由浅入深，由简到繁，强调系统性和直观性；对Pro/E野火5.0软件使用过程中容易造成失误的很多细节做了细致入微的阐述。各章节均列举了大量来自机械、汽车、发动机设计制造行业及民用产品的工程设计实践案例，特别在解决问题的方式方法上注重对学生能力的培养，以帮助读者明确设计意图，理清设计思路，掌握设计诀窍，举一反三，灵活应用。

全书共分为6章，各章的主要内容如下：

第1章Pro/E野火特征与参数化建模基础，介绍Pro/E野火中文版的工作环境、用户界面及主要功能模块，软件操作的要领和技巧。

第2章Pro/E野火5.0典型零件设计，讲解Pro/E野火5.0的最新功能和基于三维特征和参数化建模理论的零件设计方法和技巧。这是利用Pro/E野火5.0软件进行CAD的核心，是开展数字化设计的基本手段。

第3章Pro/E野火5.0曲面设计，重点介绍Pro/E野火5.0关于曲面建模的各种方法，如何创建自由特征数字化模型，对于产品外形设计、复杂型面的设计具有重要的指导意义。

第4章Pro/E野火5.0工业民用产品造型设计，通过大量的来自实践的工业和民用产品设计实例展示Pro/E野火5.0的巨大功能。

第5章Pro/E野火5.0产品装配设计，介绍产品整机装配设计的方法。系统地论述了自底向上（Bottom-Up）和自顶向下（Top-Down）两种不同的装配设计过程。并在自顶向下的装配设计过程中引入了编著者的最新研究成果——基于TBS模型的产品装配及其变型设计方法。

第6章Pro/E野火5.0机构运动仿真分析，讲解Pro/E野火5.0的工程分析——CAE模块的功能。重点介绍了Pro/E野火5.0进行机构运动仿真分析方法，把CAE与CAD融合在一起。

本书内容充实、全面，组织编排合理。书中内容曾作为校内自编教材并以多媒体课堂教学形式多次在本科生教学、课程设计和职业培训中使用，反映效果很好。本书配有一张实例光盘，光盘中含有各章讲解和创建的实例及若干视频文件（AVI格式），可供教师、学生上机演练时参考和使用。

本书由博士研究生导师、上海师范大学天华学院齐从谦教授、上海理工大学甘屹副教授（博士）和同济大学王士兰副教授共同编著，第1章由甘屹完成；第4章中4.1、4.2节及第6章6.1节由王士兰完成；第2章、第3章、第5章及第4章、第6章的其他部分由齐从谦完成。齐从谦教授还编写了本书各章的习题并负责全书的统稿、定稿工作。

本书内容充实，重点突出，特色鲜明，书中具体内容和实例特为高等学校工科类机械设计制造及其自动化、机电一体化、模具设计与制造、汽车工程、工业工程、工业设计、动力工程、电力电子、航空航天等专业及艺术类数码艺术设计、工艺美术设计、产品外形设计等专业的广大学生和教师度身定做。可以作为上述各类专业的教学用书，也可以作为机电类、艺术类职业技术培训教材、“灰领”职业技术培训用书以及机电行业广大工程技术人员的参考用书。

由于编著者水平有限，加之Pro/E野火5.0本身就是一套博大精深的应用软件，书中难免有错误和疏漏之处，敬请各校师生及广大读者给予批评指正。

编著者

目 录

前言

第1章 Pro/E野火特征与参数化建模基础	1
1.1 Pro/E野火软件概况	1
1.2 Pro/E野火的主要功能模块	2
1.3 特征与参数化建模概述	5
1.3.1 特征技术	5
1.3.2 基于参数化技术的设计方法	6
1.4 Pro/E野火特征与参数化建模主要功能	7
1.4.1 草绘	7
1.4.2 拉伸特征	12
1.4.3 旋转特征	15
1.4.4 扫描特征	16
1.4.5 混合特征	21
练习1	28
第2章 Pro/E野火5.0典型零件设计	32
2.1 Pro/E野火5.0新功能简介	32
2.2 轴类零件设计	33
2.2.1 轴类零件的设计特点	33
2.2.2 阶梯轴的创建	33
2.3 杆类零件设计	41
2.3.1 发动机连杆及连杆盖设计	41
2.3.2 发动机气门驱动杠杆设计	44
2.4 盘类零件设计	47
2.4.1 盘类零件的设计特点	47
2.4.2 轴承盖的系列化设计	48
2.4.3 带轮设计	51
2.4.4 同步齿形带轮设计	53
2.4.5 凸轮设计	56
2.4.6 齿轮(含斜齿、锥齿、弧齿)和蜗轮的设计	58
2.5 箱体/壳体/腔体类零件设计	81
2.5.1 减速箱箱体设计	81
2.5.2 汽车差速器行星齿轮室(腔体)设计	84
练习2	87
第3章 Pro/E野火5.0曲面设计	89
3.1 基于基本特征操作的曲面建模	89
3.2 边界混合曲面的创建	90
3.2.1 由单向边界曲线创建混合曲面	90
3.2.2 由双向边界曲线创建混合曲面	91
3.2.3 对边界混合曲面的控制	93
3.3 高级曲面建模	97
3.3.1 圆锥过渡曲面	97
3.3.2 N-侧曲面	99
3.3.3 由截面或曲面混合到曲面	100
3.4 自由曲面造型	103
3.4.1 自由曲线的创建	104
3.4.2 自由曲线的编辑	108
3.5 自由曲面的创建与编辑	111
3.5.1 由曲线生成自由曲面	111
3.5.2 由中间过渡曲线控制的自由曲面	112
3.5.3 自由曲面的编辑	113
3.6 曲面造型应用综合实例	118
3.6.1 正十二面体与足球曲面片	118
3.6.2 用曲面片构造复式弹簧	120
3.6.3 矿泉水瓶底造型	123
3.6.4 异型管道曲面的设计	127
练习3	132

第4章 Pro/E野火5.0工业民用产品造型设计	134
4.1 光电鼠标外壳造型及主要零件设计	134
4.1.1 创建光电式鼠标的基体特征	134
4.1.2 使用曲面修剪生成底座和上盖	135
4.1.3 鼠标底座设计	136
4.1.4 鼠标上盖设计	138
4.1.5 创建鼠标按键基型	139
4.1.6 分割并创建鼠标左、右键	141
4.1.7 创建鼠标中键滚轮	141
4.2 齿轮泵主要零部件的创建	142
4.2.1 创建齿轮泵泵盖	142
4.2.2 创建齿轮泵泵体	146
4.3 汽车方向盘的设计	153
4.4 摇头电风扇主要零部件设计	161
4.4.1 风扇电机外壳设计	162
4.4.2 风扇电机座设计	166
4.4.3 风扇叶片设计	167
4.5 电吹风外壳设计	170
练习4	175
第5章 Pro/E野火5.0产品装配设计	177
5.1 装配设计综述	177
5.1.1 产品装配模型的层次结构	177
5.1.2 虚拟装配技术的优点和过程	178
5.2 自底向上的装配设计	179
5.2.1 光电鼠标外壳总装	180

5.2.2 组件装配的分解	188
5.2.3 汽车差速器总成装配设计	189
5.3 自顶向下的装配设计	201
5.3.1 创建圆锥滚子轴承的TBS模型	203
5.3.2 以TBS模型为核心的自顶向下 装配设计	206
5.4 基于TBS装配模型的产品变型设计	208
5.5 挠性件的装配	212
练习5	221

第6章 Pro/E野火5.0机构运动仿真分析	223
6.1 Pro/E野火5.0运动仿真概述	223
6.1.1 机构运动仿真的作用及流程	223
6.1.2 Pro/E野火5.0机构运动仿真 环境	223
6.1.3 机构运动仿真基础知识	224
6.2 机构动态仿真与分析	235
6.2.1 运动仿真与分析流程	235
6.2.2 运动分析与仿真结果的输出	238
6.3 机构运动仿真分析实例	241
6.3.1 万向摇头风扇的运动仿真分析	242
6.3.2 四缸内燃机凸轮配汽机构动态 仿真分析	250
6.3.3 汽车差速机构运动仿真分析	257
练习6	267

参考文献	268
-------------	-----

第1章 Pro/E野火特征与参数化建模基础

1.1 Pro/E野火软件概况

1989年, PTC (Parametric Technology Corporation, 参数技术公司) 推出了一个基于参数化造型技术、面向机械工程的三维CAD/CAM/CAE集成软件——Pro/ENGINEER (以下简称Pro/E) 软件的第一个版本。

Pro/E软件是一个面向工业产品全生命周期的集设计、工艺、制造、装配、工程分析、运动仿真等于一体的PLM (产品全生命周期管理) 系统。它采用建立在统一基础上的单一数据库, 而不像一些传统的CAD/CAM系统建立在多个数据库上。所谓单一数据库, 就是工程中的资料全部来自一个库, 使得每一个独立用户都能为同一件产品的造型并行、协同地工作, 不管是哪一个部门的。换言之, 在整个设计过程的任何一处发生改动, 都可以前后反应在整个设计过程的相关环节上。例如, 一旦工程详图有改变, NC (数控) 加工刀具路径也会自动更新; 组装工程图如有任何变动, 也同样完全反应在整个三维模型上。这种独特的数据结构与工程设计的完整的结合, 使产品的设计、工艺、加工制造过程真正实现了一体化。这一优点, 使得设计更优化, 效率更高, 成品质量更高, 产品能更好地推向市场, 价格也更便宜。

Pro/E软件的问世, 是现代CAD技术发展中里程碑式的事件, 代表着CAD软件继表面建模技术和实体建模技术之后进入全新的特征建模技术时代。

Pro/E软件一经面世, 它的尺寸驱动、基于特征设计等优点深受用户欢迎, 很快就被广泛应用于自动化、机械、电子、模具、汽车、航空航天、医疗器械等多个领域。依靠先进的技术理念和成功的市场运作, 在20世纪90年代末, Pro/E软件就登上CAD软件销售额的金牌宝座。该产品在市场上的巨大成功, 使PTC公司受到极大鼓舞, 并对该软件作了进一步的完善和优化。

2000年以后, PTC公司将主要精力放在PDM (产品数据管理) 软件的开发推广方面, 力图在企业级解决方案层面上与IBM、EDS、HP等大公司进行竞争。在这一阶段, 虽然Pro/ENGINEER不断推出新版本, 包括2000i、2000i²、2001等版本, 但这些版本在功能和用户界面方面变化不大, 主要进步是拓展了一些辅助功能模块, 例如: R20版的视窗化界面和智能草绘模式; 2000i版的行为建模和大型装配功能; 2000i²版的可视化检索和意向参考; 2001版的全相关二维制图功能和同步工程功能等。而同时期的CATIA、EDS等软件则在用户界面和技术功能方面作了大量的开发工作, 因而得以确保其在汽车和飞机等高端CAD软件中的统治地位。而以Solid Works、Solid Edge为代表的中端CAD软件逐步完善其核心功能, 对Pro/E形成追赶之势。

面对这种情况, PTC公司在若干年前确定了野火 (Wildfire) 计划, 对Pro/E进行从界面到功能结构的全面改进, 力争在CAD领域中再领风骚。Pro/E野火的测试版在2002年下半年开始发布, 2003年2月发布正式版。2003年4月, PTC公司在北京正式发布了备受业界瞩目的Pro/E野火中文版。野火版改进了软件的界面, 与以前的版本相比, 更加接近于Windows风格, 使用起来让

人感到更加亲切和自然。

2004年5月, PTC公司宣布正式推出其产品设计和开发解决方案最新版本: Pro/E野火2.0。它提供的3D绘图功能符合最近颁布的ASME(美国机械工程师协会)Y14.41—2003标准和新兴的ISO 16792标准。此外, PTC在此版本中重点改善了CAD数据的互操作性。通过引入I-DEAS®导入功能, Pro/E野火2.0能够支持所有主要CAD格式, 并支持与UG18/UG NX/CATIA® V5进行关联的数据交换。为了提高软件整体性能, 在整个产品中进行了超过400项的额外改进, 其中包括将Pro/E野火用户模型扩展到钣金件、仿真以及解决方案的其他方面。

此后, PTC公司又相继推出了Pro/E野火3.0、Pro/E野火4.0版本, 每一次升级, 都大大提高了系统的功能和可操作性; 2009年7月, 又进一步升级到Pro/E野火5.0。本书的重点就是基于Pro/E野火软件的这一最新版本, 全面地阐释该系统的产品开发思想、方法和操作技巧, 为广大Pro/E野火软件的爱好者和工作在产品开发第一线的工程技术人员提供一个强有力的开发工具。

1.2 Pro/E野火的主要功能模块

Pro/E野火属于高端CAD/CAM软件, 支持复杂产品开发的多方面需求, 包括如图1-1所示的主要功能模块。

设计人员可以根据需要来调用实体造型功能中的某一个模块进行设计, 不同的功能模块创建的文件具有不同的文件扩展名。另外, 对于有更高要求的用户, 还可以调用系统工程应用模块, 如使用软件进行二次开发工作, 或者调用辅助模块进行有限元分析等。

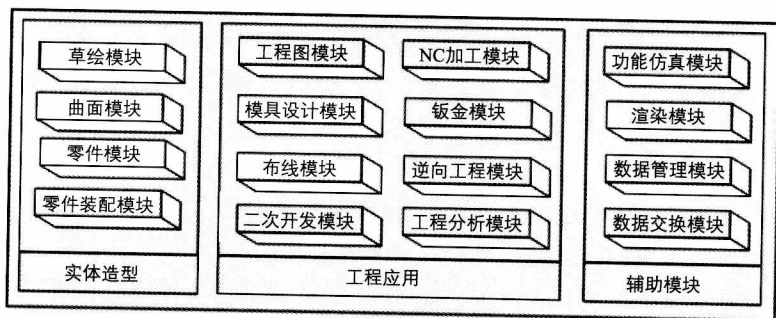


图1-1 Pro/E野火主要功能模块

以下简要介绍其中最常见的几个模块的用途:

1. 草绘模块 草绘模块的主要功能是用草绘器绘制、编辑二维平面草图。绝大部分的三维模型都是通过对二维草绘剖面的一系列操控得到的。在使用零件模块进行三维实体特征建模过程中, 需要进行二维草图绘制时, 系统会自动切换到草绘模块。

2. 曲面模块 曲面模块用于创建各种类型的曲面特征。Pro/E野火生成曲面的方法有: 拉伸、旋转、放样、扫掠、网格、点阵等。由于生成曲面的方法较多, 因此Pro/E野火可以迅速建立任何复杂曲面。曲面特征虽然不具有厚度、质量、密度、体积等物理属性, 但是通过对曲面

特征进行适当的操作可以非常方便地使用曲面来围成实体特征的表面,还可以进一步把由曲面围成的模型转化为实体模型。

3. 零件模块 零件模块用于创建和编辑三维实体模型。零件模块是参数化实体造型最基本和最核心的模块。利用Pro/E野火软件进行三维实体造型的过程,实际上就是使用零件模块依次进行创建各种类型特征的过程。这些特征之间可以相互独立,也可以相互之间存在一定的参照关系,例如各特征之间存在的父子关系等。在产品的设计过程中,特征之间的相互联系不可避免,所以对初学者来说,最好尽量减少特征之间复杂的参照关系,这样可以方便地对某一特征进行独立的编辑和修改,而不会发生意想不到的设计错误。

4. 零件装配模块 零件装配模块是一个参数化组装管理系统,能够利用一些直观的命令把零件装配起来,同时保持设计意图。高级装配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。在装配过程中,按照装配要求,用户不但可以临时修改零件的尺寸参数,而且可以使用爆炸图的方式来显示所有已组装零件相互之间的位置关系,非常直观。

5. 工程图模块 Pro/E野火软件可以通过工程图模块直接由三维实体模型生成二维工程视图。系统提供的二维工程视图包括一般视图(通常所说的三视图)、局部视图、剖视图、正投影视图等。用户可以根据零件的表达需要灵活选取所需的视图类型。由于Pro/E野火是尺寸驱动的CAD系统,在整个设计过程的任何一处发生改动,通过再生均可以前后反应在整个设计过程的相关环节中。

Pro/E野火软件的功能覆盖从产品设计到生产加工的全过程,能够让多个部门同时致力于同一种产品模型,还包括对大型项目的装配体管理、功能仿真、制造、数据管理等。除了以上介绍的几个最常用的模块外,软件包中还包括几十个其他模块供用户选用,下面选取较常见的几个模块进行简要介绍。

1. NC加工模块(制造模块) 该模块又称为Pro/MANUFACTURING模块,它把具备完整关联性的Pro/E野火产品线一直延伸至加工制造环境,其中包含数控铣、数控车、数控线切割EDM,以及轮廓加工等制造过程;生成加工零件所需的生产过程规划、加工轨迹,并显示其结果,通过精确描述加工工序提供NC代码,并能根据用户需要生成生产规划,进而作出加工时间及成本的估算。

Pro/MANUFACTURING将生产过程、生产规划与设计造型连接起来。由于系统共用一个唯一的且统一的数据库,如果在设计上发生任何变更,软件都能自动地重新生成新的生产程序和新的资料,无须用户自行修改。

用户可以采用参数化的方法定义数值,以控制数控刀具的路径,对Pro/E野火生成的模型进行加工。这些加工信息经后置处理,可产生驱动NC设备的代码。该模块还能在加工和操作开始之前,对NC操作进行仿真,帮助制造工程人员检查干涉情况和验证零件切削过程中的各种关系和参数,优化制造过程,减少废品和再加工。

该模块还允许制造工程师开发能够支持任意型号CNC设备的NC后处理器。

2. 模具设计模块 该模块又称为Pro/MOLDESIGN模块,它为模具设计师和塑料制品工程师提供方便易用的工具来创建模腔的几何外形;产生模具模芯和腔体;产生精加工的塑料零件和完整的模具装配体文件。自动生成模具基体、冷却通道、起模杆和分离面。

3. 功能仿真模块 该模块又称为CAE模块,主要进行有限元分析。对创建的实体模型和薄

壁模型自动地进行有限元网格划分,能够使用户在指定环境下创建和评价装配体的运动。对设计进行优化,决定哪些参数应该修改,以更好地满足工程和性能要求。

用户可以在图形用户界面上自定义载荷输入。能够显示高级解算器计算的有限元结果,还鼓励在产品开发早期对设计进行验证,允许用户把Pro/E野火中的装配体运动模型连接到第三方或者专有的仿真程序中。

CAE模块的主要功能如下:

(1) 能够使设计工程师评价和优化一个设计的结构性能,揭示产品在真实环境中多个载荷作用下的运行情况。灵敏度研究显示了哪些设计参数对结构的性能具有最大影响;设计优化指出哪些参数应该改变,如何改变。

(2) 能够对设计的热性能进行研究和优化,指出哪些变量对热响应的影响最为严重。

(3) 可以真实地表述车轮在各种驾驶情况和路面状况下的响应,准确地满足了汽车动力仿真的要求。

(4) 可以通过对动力学中的时间、频率以及随机颤振响应进行仿真,使工程技术人员能够评价设计以满足振动要求。基于现实世界的约束和设计,工程师指定的性能目标综合产生优化的设计。

4. 数据管理模块 数据管理模块又称为PDM模块,专门用于管理Pro/E野火完全关联的环境及第三方CAD数据及文档信息。Pro/PDM允许同时进行修改,识别潜在的冲突,协调集成引起的变化,来支持真正的并行产品开发。

Pro/E野火的数据管理模块将触角延伸到每一个任务模块,在计算机上对产品性能进行测试仿真,找出造成产品各种故障的原因,帮助排除产品故障,改进产品设计,并自动跟踪创建的数据,这些数据包括存储在模型文件或库中零件的数据。它通过一定的机制,保证所有数据的安全及存取方便。

它还可以帮助用户查看企业的Pro/E野火中的发布信息,例如实体模型、设计图样、装配体以及制造信息。标注功能还允许评审人员在对产品不做任何改变的情况下对模型或图样进行评审标注。

5. 几何或数据交换模块 又称为Geometry (Data) Translator模块,在工程设计和制造领域,除了Pro/E野火之外,还存在一些其他的CAD/CAM系统,如CATIA、UG、EUCLID、CIMATRON、MDT等,由于它们门户有别,所以自己的数据都难以被对方所识别。但在实际工作中,往往需要接受别的CAD数据。这时几何数据交换模块就会发挥作用。例如Pro/E野火和CATIA的数据交换,Pro/E野火和福特汽车设计软件的接口,在Pro/E野火和Dassault系统之间提供无缝集成和简洁的几何模型交换。提供一个直接的接口,用户很容易从现存的二维数据库中输入或更新设计图样。

ISO10303或者“STEP”是复杂的CAD、CAM和CAE系统之间的几何和非几何数据转换的国际标准。该模块还可以扩充Pro/E野火接受的工业标准数据交换格式的数量。能够使设计人员把产品数据按ISO10303或者“STEP”标准输入到Pro/E野火中以及从Pro/E野火中输出。

Pro/E野火支持Calcomp、Gerber、HPGL2和Verstec等标准绘图格式,并支持100多种绘图仪。

6. 二次开发模块 Pro/DEVELOP模块,该模块是软件开发的工具,通过修改用户界面,自动匹配最终用户任务。用户可利用这种软件工具将一些自己编写或第三方的应用软件结合并运

行在Pro/E野火软件环境下。

Pro/IDEVELOP包括“C”语言的副程序库,用于支持Pro/E野火的接口,以及直接存取Pro/E野火数据库。

以上这些典型功能模块,一部分属于系统的选用模块,用户在安装时可以选取使用。另一部分可能需要用户另外购买后才能使用。

1.3 特征与参数化建模概述

1.3.1 特征技术

传统的CAD系统都是基于几何造型技术的,它们都以一些低层的几何信息,如点、线、面和实体及其拓扑关系来描述产品模型。但这种模型中仅包含产品的名义几何信息,并不包括产品的功能信息及其他语义信息;也没有给出对产品不同层次的抽象描述,如回转体、箱体、或凸台、凹腔、孔、槽等,更难于描述诸如材料、公差、表面质量和技术要求等非几何工艺信息,所以是一个不完备的产品信息模型。

为了弥补单纯几何造型技术在上述几个方面的不足,现代CAD技术普遍采用了一个新的描述产品或零件信息的模型——特征。

所谓特征是指产品上具有一定语义信息,能实现特定功能的一组几何实体及其相关信息的集合。在制造业,特征的概念起源于工艺计划的需求,所以最早的特征定义是面向工艺计划的。随着特征技术从工艺计划推广到设计、检测、装配和工程分析等其他领域,特征的定义也趋于一般化,总的来说,特征应该包含以下几层含义:

(1) 特征是零件或产品上重复出现的具有特定拓扑关系的一组几何实体(体、面、边、点),这组几何实体反映工程人员习惯的思维方式,是工程人员交流信息的共同“语言”,是推理、决策的基本对象。

(2) 特征具有丰富的语义信息,以表达它能实现的功能,并隐含相应的工程知识。

(3) 特征是产品非几何信息(约束、尺寸/公差、技术要求等)的载体。例如,箱体上的定位孔具有圆柱形的几何形状,起定位作用,隐含孔的加工方法,同时还包括最小孔径约束以及制造与配合精度;又如,阶梯轴的主特征是一个回转体,轴上的键槽隐含着键的安装方式、连接功能、配合精度及其加工的方法。

特征不仅具有几何信息,还隐含工程知识。因此,特征在产品开发中具有如下优点:

1) 特征能广泛地表达设计意图,使设计者能直接通过对特征的操作来表达设计意图。

2) 特征数据库允许几何推理系统执行设计校验、可制造性分析以及启发式设计优化;能有效地满足产品设计要求、工艺计划、数控编程、自动网格生成供有限元分析以及导出STL格式的文件供快速原型制造(RP)等后续应用的信息需求,便于实现不同应用间的信息共享与系统集成。

特征建模是Pro/E野火中CAD模块的核心。除了圆柱、圆台、圆锥、六面体这些基本实体特征之外,Pro/E野火提供了基于拉伸、旋转、扫掠等操作方法而创建的基础特征,通过这些基本特征和基础特征的布尔运算以及在第3章将要介绍的曲面特征的组合,可以创建任何形状的三维实体模型。

1.3.2 基于参数化技术的设计方法

传统的CAD技术大都是用固定的尺寸值定义几何元素，输入的每一个几何元素都有确定的位置，要想修改设计内容，只有删除原有几何元素后重新设计。而设计过程中不可避免地要多次反复修改，这样给设计人员带来大量繁重而又乏味的事务性工作，也极大地影响了设计效率。因此，除了采用特征技术之外，新一代的CAD系统大都增加了参数化设计功能，使得产品设计可以随着某些结构尺寸的修改和使用环境的变化而自动修改，从而大大方便了设计过程。

具体来说，参数化技术是采用参数预定义的方法建立图形的几何约束集，指定一组尺寸作为参数使其与几何约束集相关联，并将所有的关联式融入应用程序中，然后以人机交互方式修改参数尺寸，通过参数化尺寸驱动实现对设计结果的修改。参数化设计过程中，参数与设计对象的控制尺寸有明显的对应关系，并具有全局相关性。参数化设计不同于传统的设计，它储存了设计的整个过程，能设计出一族而非单一的在形状和功能上具有相似性的产品模型。

参数化设计的目的是通过尺寸驱动（或图元驱动）方式在设计或绘图状态下灵活地修改图形，方便设计过程，提高设计效率。PTC公司作为参数化技术的倡导者，参数化技术在其旗舰产品Pro/E野火软件中得到了充分、完美地体现。

参数化设计的主要技术特点是：基于特征、全尺寸约束和尺寸驱动设计修改。

（1）基于特征。将某些具有代表性的几何形状定义为特征，并将其所有尺寸存为可调参数，设计时通过指定参数来生成特征实体，并以此为基础来构造更复杂的几何形体。

（2）全尺寸约束。将形状和尺寸联合起来考虑，通过尺寸的约束来实现对几何形状的控制。设计时必须以完整的尺寸参数为出发点（全约束），不能漏注尺寸（欠约束），也不能多注尺寸（过约束）。

（3）尺寸驱动设计修改。通过编辑尺寸数值来驱动几何形状的改变，尺寸驱动已经成为当今CAD系统的基本功能。

参数化设计技术彻底克服了自由建模方式的无约束状态，几何形状均以尺寸的形式而牢牢地得到控制。若打算修改零件形状时，只需编辑一下尺寸的数值即可实现形状上的改变，大大方便了设计过程；反过来，拖拽图素，尺寸数值也随之发生变化。

从应用上来看，参数化系统特别适合于那些技术已相当稳定、成熟的零配件和系列化产品行业；此外，参数化设计还能较好地支持类比设计和变形设计，即在原有的产品或零件的基础上只需改变一些关键尺寸就可以得到新的系列化设计结果。

Pro/E野火中的“建模”模块是采用特征技术和参数化技术建模的最基本和最核心的模块。利用Pro/E野火软件进行零件三维实体造型的过程，实际上就是使用“建模”模块依次创建各种类型特征，同时赋予这些特征参数并进行相关约束的过程。参数的输入可以由操作者在建模过程中直接输入；也可以以Pro/E野火系统特定的创建“表达式”和“关系”的方法来传递；还可以事先通过其他的算法生成具体的数据，在建模过程中由系统自动地读取这些数据。特征之间可以相互独立，也可以相互之间存在一定的参考关系，例如各特征之间存在的父子关系等；改变特征中的参数会导致特征和零件发生变化。

此外，Pro/E野火还提供了多种导入、导出方法来传递和交换数据，以实现与其他CAD/CAE/

CAM系统的交互。

在Pro/E野火提供的各种功能中,构建空间实体模型是最基本的应用。本书详细介绍Pro/E野火中的特征和参数化造型方法,并结合多个典型的三维建模实例说明使用Pro/E野火进行特征和参数化建模的实际操作方法和建模过程。

1.4 Pro/E野火特征与参数化建模主要功能

Pro/E野火的特征和参数化建模是进行产品开发的最基本的功能,它主要包括“拉伸”、“旋转”、“变剖面扫描”、“混合”、“混合扫描”及“螺纹扫描”等模块建立起一个个特征,并通过这些特征的有机集合构成产品的某个零件,然后再由装配功能模块把若干个零件组装在一起,构成一个完整的产品。

1.4.1 草绘

使用“拉伸”、“旋转”、“变剖面扫描”、“混合”、“混合扫描”及“螺纹扫描”等各个功能模块进行特征建模时,一般都需要一个或多个二维草绘剖面作为建模的依据,因此,“草绘”是特征和参数化建模的基础,是Pro/E野火在三维建模过程中由二维到三维的必经之路。

这里以三个草绘截面的实例简要介绍草绘的基本功能。

1. 草绘“海星形试件”截面

(1) 启动Pro/E,新建一个零件文件,指定mmns_part_solid模式。单击草绘命令,选择TOP基准面为草绘平面,接受系统默认的RIGHT和FRONT面为参照,如图1-2所示,进入草绘环境。

(2) 选择命令,绘制一条竖直中心线。

(3) 选择圆命令,绘制两个圆,其中一个圆以原点为圆

心,直径为 $\phi 50\text{mm}$,另一圆的圆心位于竖直中心线上,距离水平参照53mm,直径为 $\phi 14\text{mm}$,如图1-3(a)所示。

(4) 选择直线命令,以 $\phi 50\text{mm}$ 圆周上的一点为直线起点,另一端与 $\phi 14\text{mm}$ 圆右侧相切,并利用标注尺寸命令,设定直线起点到竖直中心线的水平距离为10mm。

(5) 选择圆角命令,在斜线与 $\phi 50\text{mm}$ 圆之间创建圆角,并将其半径修改为20mm,如图1-3(b)所示。

(6) 按住Ctrl键,选中斜线和刚创建的圆角,单击镜像命令,然后单击竖直中心线,得到对称的斜线和圆角。选择裁剪命令,逐一剪去多余的图元,得到如图1-3(c)所示图形。

(7) 选择命令,绘制一条与Y轴成 60° 的中心线。然后按住Ctrl键,依次选中图1-3

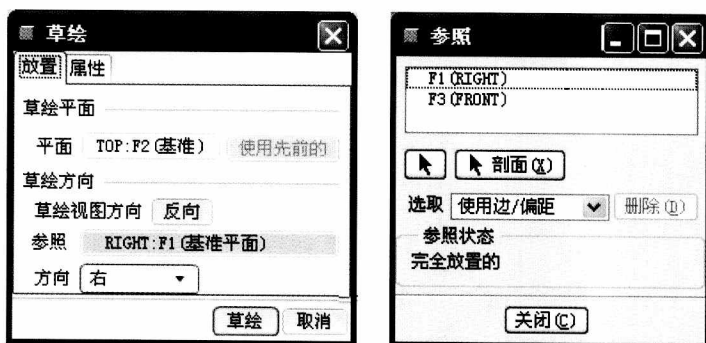


图1-2 设置草绘平面和草绘参照

(c) 上方的5个图元，单击镜像命令 ，单击60°中心线，得到对称的图元如图1-3(d)所示。

(8) 此时，刚生成的镜像图元为红色高亮显，继续选择镜像命令 ，然后以Y轴为镜像中心线，又得到对称的图元。

(9) 最后，使用修剪命令 ，把多余的图元删去。完成后，单击结束命令 ，停止修剪，以免不小心剪去需要保留的图元。最后得到的海星形剖面图形如图1-3(e)所示。

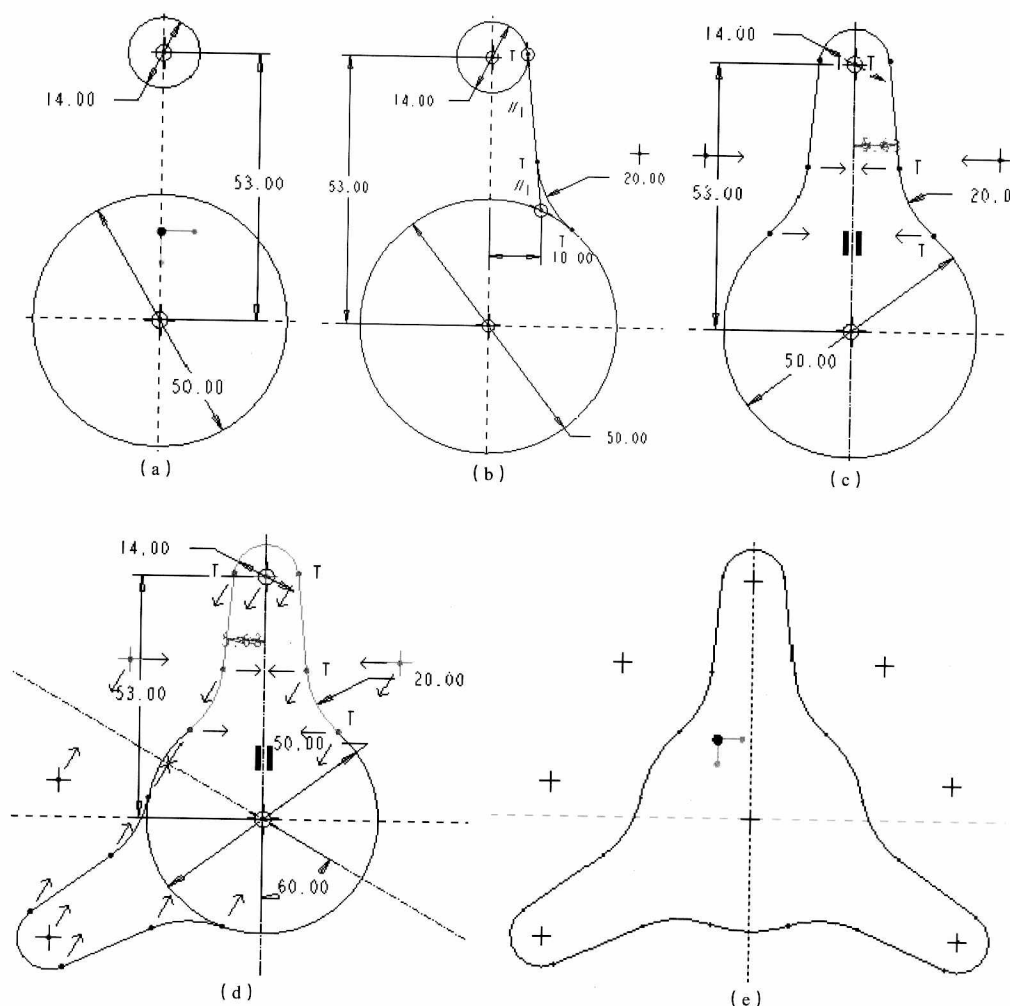


图1-3 海星形剖面草绘过程

特别注意：

在修剪过程中，可能会遗留下一些微小的“毛刺”，而在草图中任何微小的毛刺或图形不封闭，都无法用它在后续的操作中创建基础特征。

从Pro/E野火4.0起，在草绘模块中增加了一组对草绘截面进行检查的子模块，图1-4对该子模块的功能作了说明。例如：我们在图1-3(d)的基础上完成步骤(9)的操作之后，紧接着使用

修剪命令 ✂ 对多余的图元进行修剪,位于水平轴上方还存留有微小的“毛刺”,人眼往往很难发现。这时可利用该子模块中的“加亮开放端点”功能(单击 ⬢ 按钮),就很容易发现图1-4(b)中有四处红色高亮显的端点,能够帮助操作者非常方便地发现这两处微小的毛刺。将其局部放大剪除后,再单击 ⬢ 按钮,系统将草绘闭合的截面灰色高亮显,这恰恰是“着色封闭环”功能在起作用,从而大大地提高草绘的效率。

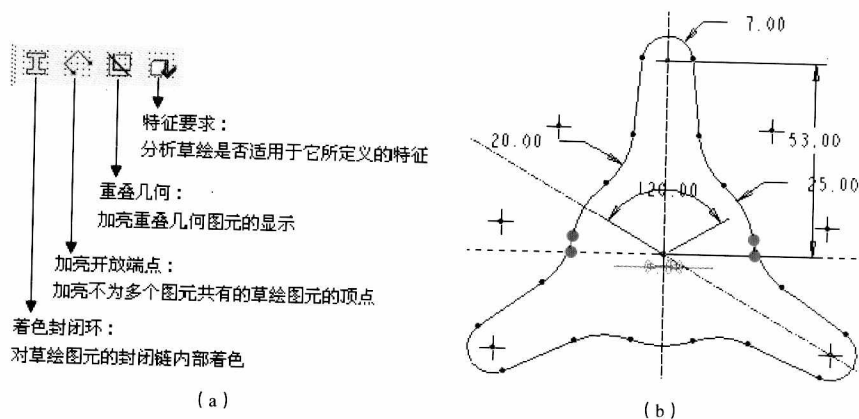


图1-4 草绘截面检查子模块及其功能

2. 草绘凹模刀口截面

(1) 新建一个零件文件,指定mmns_part_solid模式。单击草绘基准曲线命令 ✍ ,选择TOP基准面为草绘平面,接受系统默认的RIGHT和FRONT面为参照,进入草绘环境。

(2) 选择 ✂ 命令,绘制一条水平中心线。

(3) 选择圆命令 ○ ,绘制两个圆:大圆半径为R60mm,小圆半径R12mm;两圆圆心都位于水平中心线上,两个圆心的距离为164mm。

(4) 选择直线命令,绘制一条切于小圆上方,与水平中心线成 3° 的直线。完成后如图1-5(a)所示。

(5) 选择圆命令 ○ ,并利用自动约束和捕捉功能,绘制一个半径为R24mm的圆,使该圆与半径R60mm的圆相内切,使用标注尺寸命令 Ⓜ ,把该圆圆心到水平中心线的距离设定为21mm,如图1-5(b)所示。

(6) 使用圆命令 ○ ,绘制一个半径为R60mm的圆,并单击草绘工具栏中的 Ⓜ 按钮,利用自动约束和捕捉功能,令该圆与 3° 斜线相切,然后使用标注尺寸命令 Ⓜ ,把该圆圆心到水平中心线的距离设定为67mm。

(7) 绘制一个圆,使之与刚绘制的半径为R60mm的圆相切,使用标注尺寸命令 Ⓜ ,设定该圆半径为R24.00mm。然后单击工具栏上的约束命令按钮 Ⓜ ,打开“约束选项框”,选择其中的相切命令 Ⓜ ,依次选择半径R24.00mm的圆和半径R24mm的圆,使两圆相切。

以上操作过程和所得结果如图1-5(c)所示。

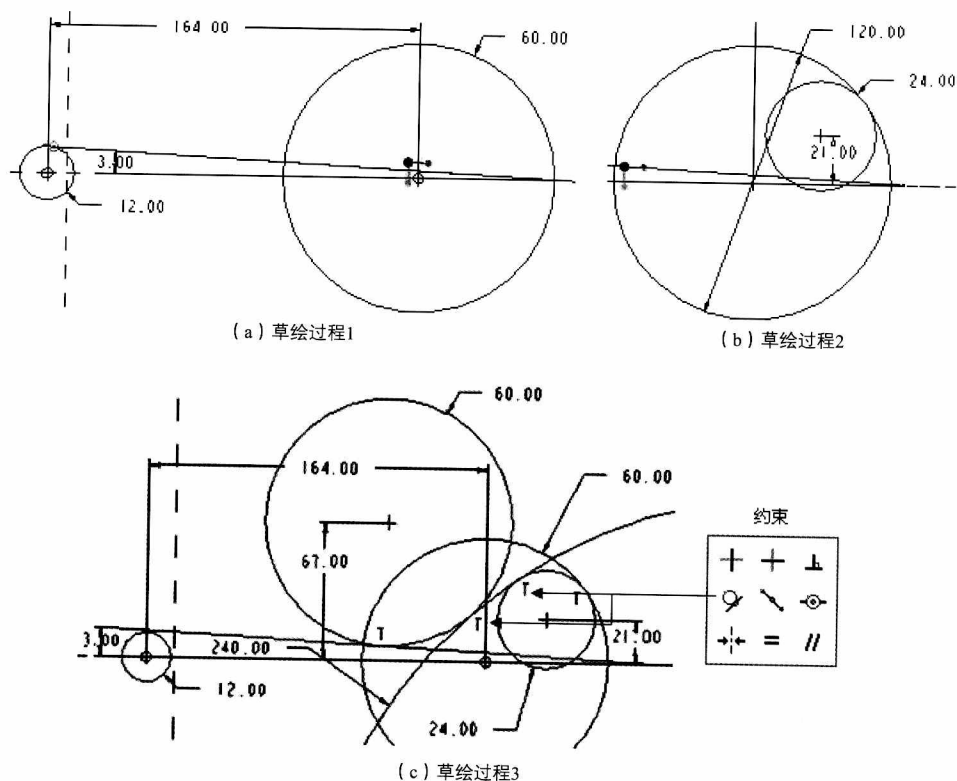


图1-5 草绘凹模刀口剖面的过程

(8) 选择修剪命令 ，仔细将图形中多余的图元剪除。

注意：要特别仔细地修剪任何微小的毛刺，否则无法使用该草图进行拉伸操作。对于那些难以发现的微小毛刺，如修剪掉 3° 斜线多余部分之后，在R60的圆右侧仍存在一个微小的毛刺，是很难发现的[见图1-6(a)]。这时，可以使用草绘新功能 ：加亮开放端点。就会在草绘中出现两个高亮显的红色端点，即提示操作者：这里还遗留微小毛刺！[见图1-6(b)]把此区域放大后，将该毛刺删除即可。修剪完毕后，保留的图形如图1-7(a)所示。

(9) 按住Ctrl键，选中水平中心线上方所有的图元，使用镜像命令 ，接受系统的提示，单击水平中心线，得到对称的图形。

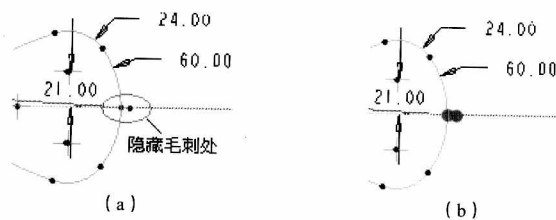


图1-6 使用“加亮开放端点”发现微小毛刺

(10) 选择修剪命令 ，将多余的图元剪除，此时单击草绘新增功能中的“着色封闭环”按钮 ，所得到的草绘图形如图1-7(b)所示：封闭环内被完全着色。