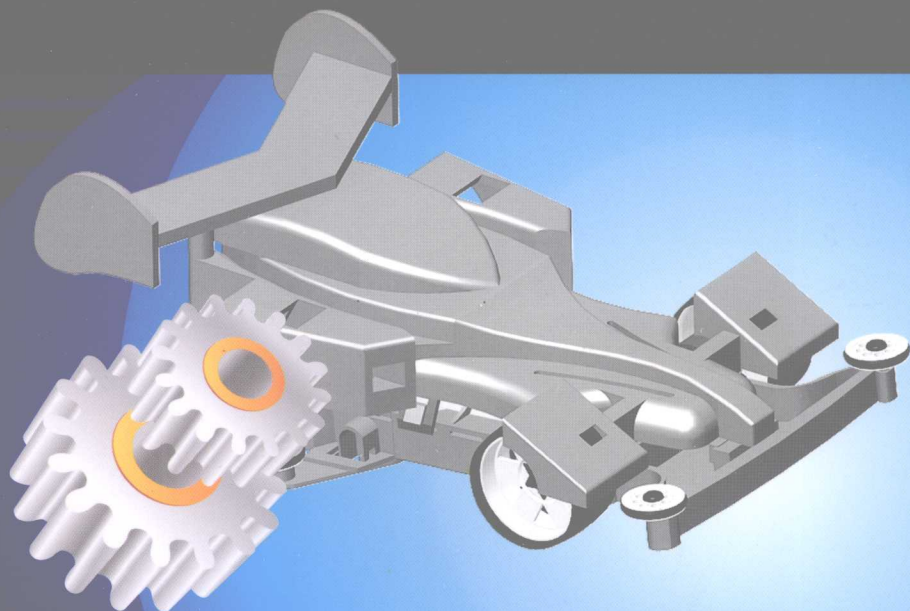


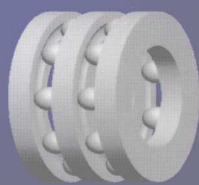


Pro/E

参数化设计

高级应用

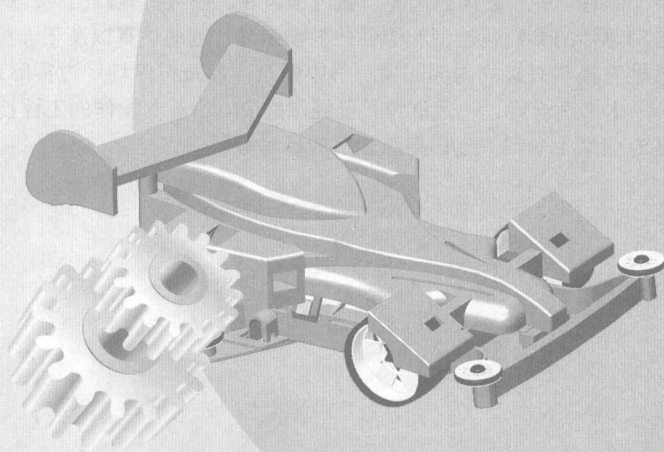
教程



黄恺 李雷 刘杰 等编著



化学工业出版社

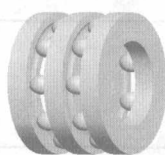


Pro/E

参数化设计

高级应用

教程



黄恺 李雷 刘杰 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要从工程应用角度出发,充分利用 Pro/E 丰富的造型、变参、装配、运动分析功能,完成轴类件、圆柱齿轮、直齿锥齿轮、弧齿锥齿轮、摆线针轮、凸轮、蜗杆蜗轮、轴承以及二级圆柱齿轮减速器等各种零件的参数化造型和组件的变参装配、运动仿真以及干涉检查等。各章内容基本独立,读者可有针对性地选择感兴趣的内容阅读。书中所有实例及程序均经过实际运行,读者可直接参照使用。

本书适合经过一定训练,已经掌握 Pro/E 基本操作的工程技术人员使用,亦可作为普通高等院校机械类专业学生学习 Pro/E 高级应用的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/E 参数化设计高级应用教程 / 黄恺等编著. —北京: 化学工业出版社, 2008.1

ISBN 978-7-122-01779-6

I. P… II. 黄… III. 机械设计: 计算机辅助设计-应用软件, Pro/ENGINEER-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 203997 号

责任编辑: 李玉晖 宋薇

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 洪雅姝

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

787mm × 1092mm 1/16 印张 18½ 字数 460 千字 2008 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

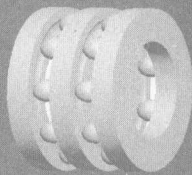
网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

前言



Pro/E 作为目前国际市场上最有影响的高级三维 CAD/CAM 工程软件之一,在业界享有极高的声誉并具有很高的市场占有率。Pro/E 的最大特点和最强优势可归纳为全参数化、全相关、基于特征的实体建模。该软件所提供的极其丰富的、符合工程师设计思维方式的造型方法,以及强大的变参功能,使工程设计人员的设计理念得以直观化,设计构思得以可视化、形象化。

将 Pro/E 的上述功能与机械工程实际相结合,可构成十分便捷、功能强大的设计及分析工作平台,解决大量原本看来可能较为棘手的工程问题。本书正是从这一角度出发,选择最为常用的机械零件与传动装置作为实例,利用 Pro/E 的参数化功能,实现其参数化设计、装配及运动分析。全书的所有实例大量运用了各种工程设计技巧,以及 Pro/E 软件的使用技巧,是作者多年工程设计与科研教学实践成果的结晶。

本书适合经过一定训练,已经掌握 Pro/E 基本操作的工程技术人员使用,亦可作为普通高等院校机械类专业学生学习 Pro/E 高级应用的参考教材。

全书共分 9 章,分别介绍各种零件及机构。第 1 章介绍如何利用 Program 以及族表功能,实现轴段、键槽、齿轮轴、倒角等各种工程特征的参数化造型方法;第 2、3、4 章分别介绍了圆柱齿轮、锥齿轮如何从渐开线生成到实体造型乃至参数化实现的全过程;第 5 章介绍了摆线针轮传动副各主要件的参数化造型,以及传动副装配、运动仿真、干涉检查的全过程;第 6 章介绍了各类典型凸轮根据从动件运动规律,进行凸轮廓形面设计的方法和步骤;第 7 章介绍蜗杆和蜗轮参数化造型的基本方法;第 8 章介绍常用轴承基于标准简化画法的参数化造型步骤;第 9 章在前述有关内容的基础上,以二级圆柱齿轮减速器为例,介绍了各部件子装配、直至整个减速器总体装配实现参数化的方法步骤。书中所有实例在 Pro/E Wild Fire 2.0 版本软件下完成。

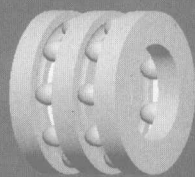
本书第 3、4、6、7 章由黄恺编写;第 1、2、8、9 章由李雷编写;第 5 章由刘杰编写。李金华参与了第 2、5 章的编写,张晓光参与了第 4、6 章的编写。姚芳萍、纪红、李红保、谷丽瑶、白国静等参与了部分图形的绘制。全书由黄恺负责统稿。

由于我们的水平所限,书中若有不妥之处,恳请读者批评指正,并及时反馈给我们(E-mail: lyh@cip.com.cn)。

编著者

2007 年 10 月

目 录



第 1 章 轴	1
第 1 节 Program 方法创建参数化轴	1
第 2 节 族表方式创建参数化轴	10
第 2 章 圆柱齿轮	17
第 1 节 外啮合直齿圆柱齿轮	17
第 2 节 内啮合直齿圆柱齿轮	29
第 3 节 标准斜齿圆柱齿轮	35
第 3 章 直齿锥齿轮	47
第 1 节 球面渐开线直齿锥齿轮	47
第 2 节 基于共轭展成法的直齿锥齿轮	64
第 3 节 齿轮装配与运动仿真	86
第 4 章 弧齿锥齿轮	95
第 1 节 弧齿锥齿轮成型原理与参数化造型基本思路	95
第 2 节 齿轮装配与运动仿真	114
第 5 章 摆线针轮	123
第 1 节 摆线针轮传动工作原理	123
第 2 节 摆线轮参数化造型	127
第 3 节 其他各件参数化造型	134
第 4 节 装配	147
第 5 节 运动仿真	156
第 6 章 凸轮	161
第 1 节 盘形凸轮	161
第 2 节 平面槽形凸轮	169
第 3 节 圆柱凸轮	173
第 4 节 圆柱槽形凸轮	178

第5节	离散点曲线廓形凸轮	182
-----	-----------	-----

第7章 蜗杆与蜗轮 186

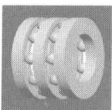
第1节	蜗杆蜗轮传动几何尺寸	186
第2节	蜗杆参数化造型	187
第3节	蜗轮参数化造型	196

第8章 滚动轴承 208

第1节	深沟球轴承	208
第2节	调心球轴承	218
第3节	角接触球轴承	223
第4节	滚子轴承	233
第5节	推力球轴承	253

第9章 减速器 261

第1节	零件的参数化设计	261
第2节	产品的参数化装配	273



第 1 章 轴

轴是机械产品中的关键零件，其结构特征为各种回转体特征的组合形式，是一种通用零件。要实现机械产品的参数化设计，轴类零件的参数化就必须予以考虑。本章以特征创建为基础，介绍利用 Pro/E 的 Program 和族表功能进行轴类零件的参数化设计方法。

第 1 节 Program 方法创建参数化轴

一、轴的结构特征

轴作为一种通用回转体零件，其基本几何形状为圆柱体，在此基础上根据产品需要，可将轴设计成具有各种不同回转体几何形状及工程特征的组合形式。所以轴的形状从几何和工程的意义上说，可包括圆柱体、圆锥体、键槽、花键、退刀槽、螺纹等，如图 1-1 所示。

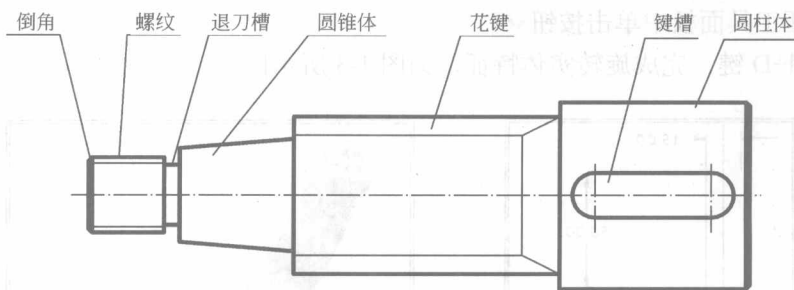


图 1-1 轴的结构特征

二、轴的参数化设计思路及步骤

1. 设计思路

由于轴是通用件，不但特征尺寸变化，而且结构也不固定，各种特征的有无，以及组合方式都是随机的。为了便于参数驱动，在轴的参数化设计时，采用控制特征显示的设计方式，建立不同结构的轴零件，利用 Program 进行参数驱动，以达到在某种产品上实现轴的参数化设计。

2. 基本步骤

- (1) 确定轴的基本结构，即可能包含哪些特征，进而确定一根典型轴。
- (2) 创建典型轴结构，包含若干特征。
- (3) 获得特征尺寸参数符号。

- (4) 在 Pro/E 【Program】 编辑器中, 设定输入参数, 并与尺寸参数符号相关联。
 (5) 利用判断语句控制特征的生成与否。

三、典型结构轴的创建

1. 创建阶梯轴

(1) 创建新文件

File/New

- [输入零件名称: shaft, 取消 Use default template 的选中记号, 然后单击 按钮]
- [选择公制单位 mmns_part_solid 后, 单击 按钮]
- [基准坐标系 PRT_CSYS_DEF 及基准面 RIGHT、TOP、FRONT 显示在画面上]

(2) 创建 Revolve 实体特征

点击按钮 .

- [在弹出的工具面板上点击 Placement/Define]
- [选择绘图平面: FRONT; 默认参考平面: RIGHT; 参照: RIGHT, 点击 Sketch]
- [绘制如图 1-2 所示的截面, 点击按钮 - [设定旋转角度选项为 $\perp$, 接受默认的 360° 值, 按 Enter 键]
- [在特征工具面板中单击按钮 ☒]
- [按 Ctrl+D 键, 完成旋转实体特征, 如图 1-3 所示]

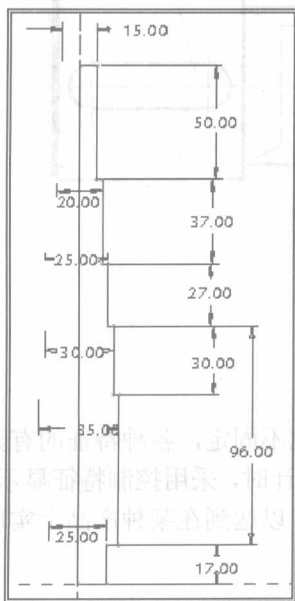


图 1-2 阶梯轴的回转截面

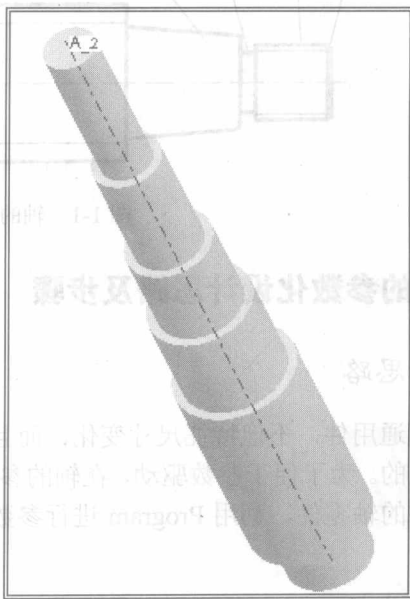


图 1-3 阶梯轴的回转体

(3) 创建键槽实体特征

- ① 创建基准 采用拉伸的办法在轴上创建键槽特征, 需要在轴的表面上创建一个绘图

基准。

点击按钮 。

→[选择基准面 FRONT 作为创建基准，设定约束为 Offset]

→[在弹出的对话框中给出偏移值，如图 1-4 所示，点击  按钮，完成的基准面 DTM1，如图 1-5 所示]



图 1-4 基准创建对话框

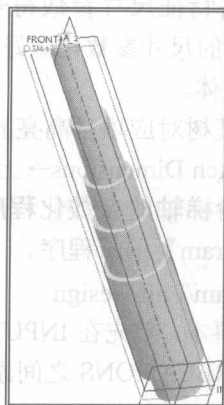


图 1-5 基准面 DTM1

② 创建键槽 1 点击按钮 。

→[在弹出的工具面板上点击 Placement/Define]

→[选择绘图平面：DTM1；默认参考平面：TOP；参照：TOP，点击 Sketch]

→[绘制如图 1-6 所示的截面，点击按钮 ]

→[设定深度值选项为 ，接受默认的深度值，按 Enter 键]

→[在特征工具面板中单击按钮 ]

→[按 Ctrl+D 键，完成旋转实体特征，如图 1-7 所示]

③ 创建键槽 2 同理，可创建另一轴段上的键槽，如图 1-7 所示。

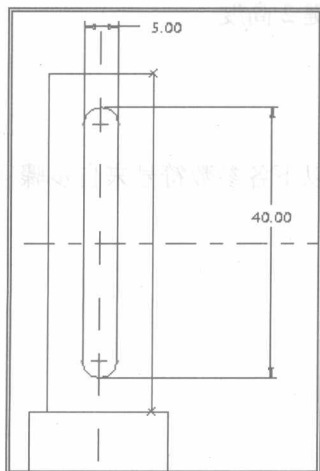


图 1-6 键槽特征截面

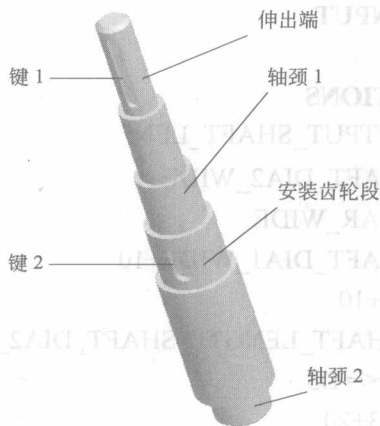


图 1-7 各特征完成

(4) 创建倒角实体特征

点击按钮 。

→[在弹出的工具面板上设定倒角参数]

→[在特征工具面板中单击按钮 ]

→[按 Ctrl+D 键, 完成倒角实体特征, 如图 1-7 所示]

(5) 获得各特征尺寸参数符号

为了给下面的尺寸参数化做好准备, 有必要获得各项特征的尺寸参数符号, 操作如下:
点击相应实体。

→[模型特征树对应项呈高亮显示→右键点击该项→Edit→图中将显示尺寸值]

→[Info/Switch Dimensions→上述尺寸值将变为参数符号]

(6) 创建阶梯轴的参数化程序

启动【Program】编辑程序。

Tools/Program/Edit Design

→[打开记事本, 首先在 INPUT 和 END INPUT 之间添加输入参数, 然后在 RELATIONS 与 END RELATIONS 之间添加轴的参数化设计关系式, 存盘并退出记事本]

INPUT

SHAFT_DIA1 NUMBER	; 轴颈 1 直径
SHAFT_DIA2 NUMBER	; 轴颈 2 直径
SHAFT_DIA2_WIDE NUMBER	; 轴颈 2 长度
SHAFT_DIA1_WIDE NUMBER	; 轴颈 1 长度
OUTPUT_SHAFT_LEN NUMBER	; 伸出端长度
GEAR_WIDE NUMBER	; 安装齿轮段宽度
SHAFT_LENGTH NUMBER	; 含轴颈 1 到轴颈 2 各段总长
KEY1_WIDE NUMBER	; 键 1 宽度
KEY1_HEIGH NUMBER	; 键 1 高度
KEY2_WIDE NUMBER	; 键 2 宽度
KEY2_HEIGH NUMBER	; 键 2 高度

END INPUT

RELATIONS

```

D1=OUTPUT_SHAFT_LEN
D2=SHAFT_DIA2_WIDE
D3=GEAR_WIDE
D5=SHAFT_DIA1_WIDE+10
D6=D5+10
D34=SHAFT_LENGTH-SHAFT_DIA2_WIDE-D5
IF D34 <= D3
D34=D3+20
ENDIF
D12=SHAFT_DIA1

```

; 以下各参数符号来自步骤 (5)

D15=SHAFT_DIA2
D11=SHAFT_DIA1-5
D13=D12+5
D10=D11-5

D14=D15+5
IF D14 == D13
D14=D13+5
ENDIF

D19=D10/2
D16=KEY1_HEIGH/2
D30=KEY1_WIDE

D29=D1-10
D23=D13/2
D32=KEY2_WIDE
D31=D3-10

D20=KEY2_HEIGH/2
D24=2
D26=D24
D27=D1/2
D28=D3/2

END RELATIONS

→[信息窗口出现“Do you want to incorporate your changes into the model: [Yes]”, 选 Yes, 以将程序并入模型中]

→[Enter, 输入轴设计的已知条件]

2. 创建齿轮轴

在前面创建的轴结构的基础上, 通过控制特征的出现与否, 可将一个简单的阶梯轴更新成一个齿轮轴。

(1) 打开文件

File/Open

→[将 shaft.prt 文件调入到当前屏幕]

(2) 创建齿轮轴段实体特征

① 创建坐标系 为了在阶梯轴上添加齿轮轴段, 首先需要在相应位置上设计齿轮渐开线曲线绘制所需要的基准坐标系。基准坐标系的创建办法如下。

点击按钮 .

→[在弹出的对话框中添加基准面 RIGHT、FRONT 及齿轮轴段端面作为创建基准, 如图 1-8 所示]

→[在弹出的对话框中设定坐标轴的方向, 如图 1-9 所示, 点击  按钮, 完成的基

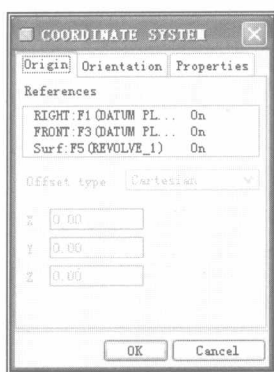


图 1-8 坐标系创建对话框

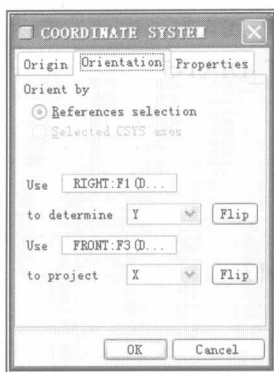


图 1-9 标方向设定对话框

准坐标系 CS0 的创建, 如图 1-10 所示]

② 创建渐开线及齿形 齿轮轴段的创建是在光滑的圆柱轴段上, 添加渐开线齿形特征, 此特征的创建方法是通过渐开线曲线及齿顶、齿根圆弧曲线围成的截面沿轴段拉伸而成。详见第 2 章齿轮的有关论述, 这里只给出最终结果, 如图 1-11 所示。

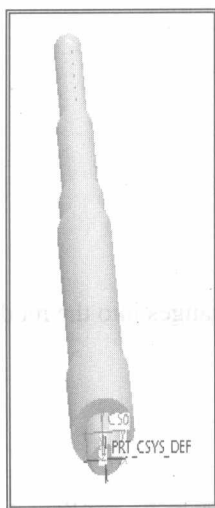


图 1-10 坐标系 CS0

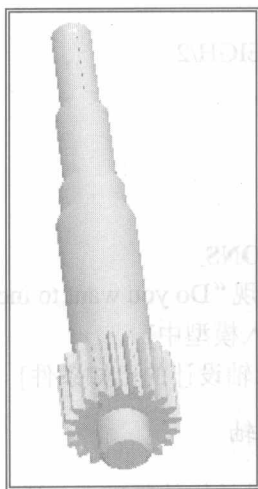


图 1-11 齿轮轴

3. 控制特征的显示

利用 Program 功能, 可在一套程序中, 通过控制特征的显示与否, 而得到不同结构的轴。具体操作如下:

启动【Program】编辑程序。

Tools/Program/Edit Design

→[打开记事本, 首先修改在 INPUT 和 END INPUT 之间添加的输入参数, 然后修改在 RELATIONS 与 END RELATIONS 之间添加轴的参数化设计关系式, 最后通过 IF 语句控制特征是否出现, 存盘并退出记事本]

INPUT

INPUT_SHAFT_LEN NUMBER ; 伸出端长度
 GEAR_SHAFT_M2 NUMBER ; 齿轮轴 2 模数
 GEAR_SHAFT_Z2 NUMBER ; 齿轮轴 2 齿数
 GEAR_WIDE NUMBER ; 齿轮宽度 (安装齿轮段宽度)
 GEAR1_WIDE NUMBER ; 齿轮轴 1 宽度
 BEAR1_N_DIA NUMBER ; 轴承 1 内径 (对应轴颈 1 直径)
 BEAR1_WIDE NUMBER ; 轴承 1 宽度 (与轴颈 1 相关)
 BEAR2_N_DIA NUMBER ; 轴承 2 内径 (对应轴颈 2 直径)
 BEAR2_WIDE NUMBER ; 轴承 2 宽度 (与轴颈 2 相关)
 SHAFT_LENGTH NUMBER ; 含轴颈 1 到轴颈 2 各段总长
 KEY1_WIDE NUMBER ; 键 1 宽度
 KEY1_HEIGH NUMBER ; 键 1 高度
 KEY2_WIDE NUMBER ; 键 2 宽度
 KEY2_HEIGH NUMBER ; 键 2 高度
 HA NUMBER ; 齿顶高系数
 C NUMBER ; 顶隙系数
 BEAR_COVER_WIDE NUMBER ; 轴承盖宽度
 ANG NUMBER ; 齿轮压力角
 GEAR_I NUMBER ; 齿轮轴选项, 该参数为 1 则生成齿轮轴, 为 0 则不生成
 KEY_I NUMBER ; 键槽段选项, 该参数为 1 则生成键槽段, 为 0 则不生成

END INPUT

RELATIONS

INV_ANG=TAN(ANG)-ANG*PI/180 ; 以下各参数与齿轮造型相关, 详见第 2 章
 D_DIA=GEAR_SHAFT_M2*GEAR_SHAFT_Z2
 DA_DIA=GEAR_SHAFT_M2*(GEAR_SHAFT_Z2+2*HA)
 DF_DIA=GEAR_SHAFT_M2*(GEAR_SHAFT_Z2-2*HA-2*C)
 S_TP=PI*GEAR_SHAFT_M2/2
 RB_RAD=D_DIA/2*COS(ANG)
 ANG_A=ACOS(RB_RAD/(DA_DIA/2))
 ANG_F=ACOS(RB_RAD/(DF_DIA/2))
 INV_ANG_A=TAN(ANG_A)-ANG_A*PI/180
 INV_ANG_F=TAN(ANG_F)-ANG_F*PI/180
 TP_A=S_TP*DA_DIA/D_DIA-2*DA_DIA/2*(INV_ANG_A-INV_ANG)
 TP_F=S_TP*DF_DIA/D_DIA-2*DF_DIA/2*(INV_ANG_F-INV_ANG)
 TP_B=RB_RAD*(2*S_TP/D_DIA+2*INV_ANG)
 D1=INPUT_SHAFT_LEN ; 以下各参数获得方法如前所述
 D56=SHAFT_LENGTH
 D9=BEAR1_N_DIA

```

D7=BEAR_COVER_WIDE+20
D8=D9-5
D6=D8-5
D12=BEAR2_N_DIA
D14=D6/2
D15=KEY1_HEIGH/2
D21=2
TP_B_ANG=TP_B/RB_RAD*180/PI
D25=TP_B_ANG/2
IF DF_DIA < (RB_RAD*2) ; 如果齿轮轴根径小于基圆直径, 采用一种造型方法
I=1
D44=GEAR_WIDE
D48=360/GEAR_SHAFT_Z2
P51=GEAR_SHAFT_Z2
ENDIF
IF DF_DIA >= (RB_RAD*2) ; 如果齿轮轴根径大于基圆直径, 采用另一种造型方法
I=0
D35=GEAR_WIDE
D39=360/GEAR_SHAFT_Z2
P42=GEAR_SHAFT_Z2
ENDIF
D53=D1/2
D54=INPUT_SHAFT_LEN-10
D55=KEY1_WIDE
D59=D10/2
IF KEY_I == 1 ; 要生成键槽段
D60=KEY2_HEIGH/2
D61=KEY2_WIDE
D65=GEAR1_WIDE
D62=GEAR1_WIDE-10
D64=BEAR2_WIDE
D3=D56-D65-D64-(BEAR1_WIDE+10)
D10=D9+5
D11=D10+5
ENDIF
IF GEAR_I == 1 ; 要生成齿轮轴段
D3=GEAR_WIDE
D64=BEAR2_WIDE
D65=D56-D3-D64-BEAR1_WIDE
D64=BEAR2_WIDE

```



```

D10=D9+5
D11=DF_DIA
ENDIF
END RELATIONS

```

在齿形特征添加的位置上, 添加如下语句以控制齿形特征是否出现。

```

IF GEAR_I=1 ; 新增语句
ADD FEATURE (initial number 14)
INTERNAL FEATURE ID 3443
PARENTS = 39(#5)
.....
ADD FEATURE (initial number 15)
INTERNAL FEATURE ID 3384
PARENTS = 39(#5) 292(#10) 299(#13) 1(#1)
PROTRUSION: Extrude
.....
END IF ; 新增语句

```

在键槽特征添加的位置上, 添加如下语句以控制键槽特征是否出现。

```

IF KEY_I=1 ; 新增语句
ADD FEATURE
INTERNAL FEATURE ID 4680
PARENTS = 1(#1) 39(#5) 4678(#36)
CUT: Extrude
.....
END IF ; 新增语句

```

运行程序后, 分别输入 **KEY_I=0**、**GEAR_I=1** 或 **KEY_I=1**、**GEAR_I=0** 可得到两种不同的轴结构, 如图 1-12、图 1-13 所示。

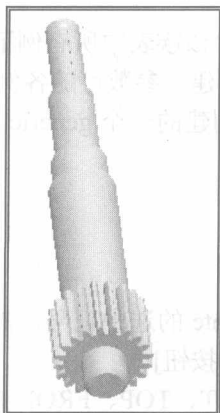


图 1-12 齿轮轴

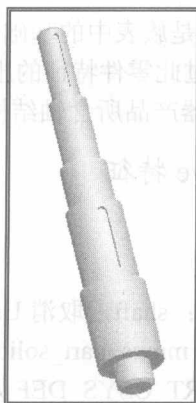


图 1-13 阶梯轴

运行程序, 改变各项参数可得到不同形状和尺寸的轴, 如图 1-14、图 1-15 所示。

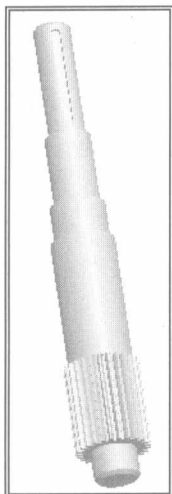


图 1-14 齿轮轴的变参图

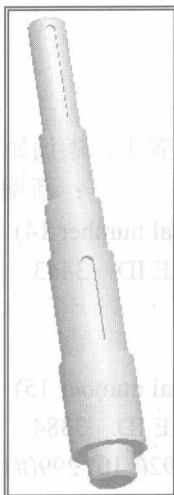
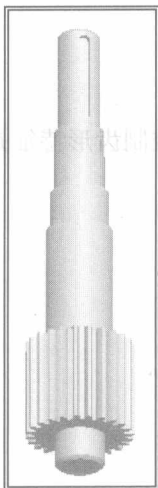
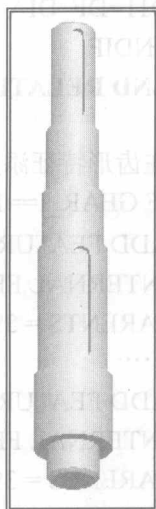


图 1-15 阶梯轴的变参图



第 2 节 族表方式创建参数化轴

一、族表方式参数化设计基本思路

考虑到轴的结构变化情况, 以族表方式进行轴的参数化设计时, 首先构建一个包含各种特征的概念轴, 作为族表中的 generic 件。然后依据此 generic 控制不同特征的出现, 给出不同参数, 建立一个不同结构、不同参数的轴零件库, 以达到在某种产品上实现轴的参数化设计的目的。

二、generic 的创建

一个 generic 零件是族表中的基础件, 此件可包含该族表中所有例证零件的特征。族表中的所有例证, 皆可通过此零件特征的出现与否进行创建, 参数可随各例证的情况构建。下面的例子是依据某减速器产品所含轴结构的实际情况创建的一个 generic。

1. 创建 Revolve 特征

(1) 创建新文件

File/New

→[输入零件名称: shaft, 取消 Use default template 的选中记号, 然后单击 按钮]

→[选择公制单位 mmns_part_solid 后, 单击 OK 按钮]

→[基准坐标系 PRT_CSYS_DEF 及基准面 RIGHT、TOP、FRONT 显示在画面上]

(2) 创建 Revolve 实体特征

该特征是该族表中所有零件都具备的特征, 是其他特征的父特征, 创建方法如下。

点击按钮 。

→[在弹出的工具面板上点击 Placememt/Define]

→[选择绘图平面: FRONT; 默认参考平面: RIGHT; 参照: RIGHT, 点击 Sketch]

→[绘制截面, 点击按钮 

→[设定旋转角度选项为  , 接受默认的 360° 值, 按 Enter 键]

→[在特征工具面板中单击按钮 

→[按 Ctrl+D 键, 完成旋转实体特征, 如图 1-16 所示]

采用同样方法, 创建其他旋转特征。注意为方便例证零件的创建, 此处特征须按轴段完成, 结果如图 1-17 所示。

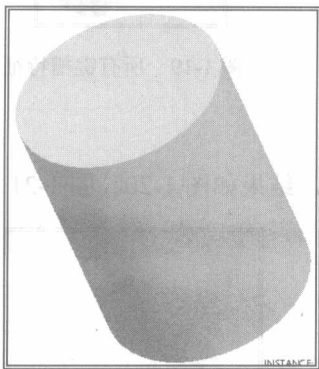


图 1-16 generic 中的第一个旋转特征

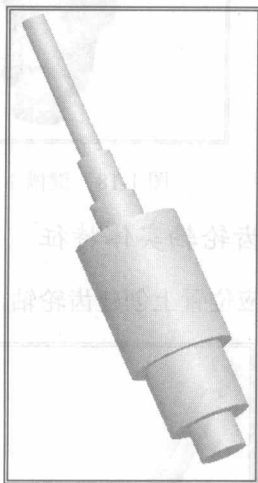


图 1-17 其他旋转特征

2. 创建键槽实体特征

(1) 创建基准

采用拉伸的方法, 在轴上创建键槽特征, 需要在轴的表面上创建一个绘图基准。

点击按钮 。

→[选择基准面 FRONT 作为创建基准, 设定约束为 Offset]

→[在弹出的对话框中给出偏移值, 点击  按钮, 完成基准面 DTM1 的创建]

(2) 创建键槽 1

点击按钮 。

→[在弹出的工具面板上点击 Placememt/Define]

→[选择绘图平面: DTM1; 默认参考平面: TOP; 参照: TOP, 点击 Sketch]

→[绘制截面, 点击按钮 

→[设定深度值选项为  , 接受默认的深度值, 按 Enter 键]

→[在特征工具面板中单击按钮 

→[按 Ctrl+D 键, 完成旋转实体特征, 如图 1-18 所示]

(3) 创建其他键槽

同理, 可在其他轴段上创建键槽, 如图 1-19 所示。