

第3章

Creo Elements典型零件设计

本章将通过各类常用机械零件设计的实例,来展示 Creo Parametric 特征和参数化建模的各种先进和强大的功能。

3.1 轴类零件设计

3.1.1 轴类零件的设计特点

轴类零件是机械产品中最常用的零件之一,根据其功能和主形状的不同,轴类零件可分为直轴和曲轴两大类。直轴主要以阶梯轴为主,用于各类机电产品的传动、转动部位,承载其他传动部件(如轴承、齿轮、蜗轮、凸轮等)或功能部件(如蜗轮转子、电枢转子等)。光轴主要用作芯轴、芯棒等,相对比较简单。曲轴常用于发动机的曲柄连杆机构和凸轮轴配汽机构中,形状往往比较复杂。不论是直轴还是曲轴,其结构基本相似,主形状大都由圆柱、圆台或空心圆柱组成,另外再根据功能的需求增加一些具体的工艺特征,如中心孔、沟槽、键槽、倒角、圆角、螺纹等。

直轴类零件基本是以其中心线为对称的回转结构,因此不少三维设计教程中都采用回转操作来创建其主体模型,即首先采用草绘功能绘制出轴的半个封闭剖面,然后令该剖面绕中心线旋转 360° 生成主模型。这种建模方法固然建模效率较高,但并不符合直轴类零件的实际加工工艺过程。本书强调的是 CAD/CAPP/CAM 的一体化,即在设计阶段(CAD)就应该充分考虑到该零件的工艺性(CAPP)和加工制造(CAM)方法,这样设计参数或设计信息才能有效地传递到产品开发的后续环节,使设计资源在工艺和制造环节得以共享和充分利用。这种设计思想符合现代设计制造中“产品全生命周期的管理”(PLM)理论和方法,应该大力提倡。

可以设想,一个阶梯轴的加工制造过程和工艺路线大体是:棒状毛坯(棒料或锻料)→在车床上进行体积切削→生成一端的多个台阶→掉头夹持→继续进行体积切削→生成另一端台阶→车槽→倒角→圆角→在铣床上铣削键槽→(热处理)磨削。如果在设计阶段就能充分地考虑这一工艺流程进行建模,那么在创建各个特征时所用到的(或者说所隐含的)参数和信息都能为后续的工艺、加工制造和装配环节所共享,这些设计信息甚至可以传递到数控加工程序之中而得到最充分的利用,从而最大限度地减少了信息的重复输入和冗余。这样,才真正地实现 CAD/CAM 的一体化,有效地提高设计质量和效率。

3.1.2 阶梯轴的创建

本小节将通过使用 Creo Parametric 进行若干种轴类零件设计的实例来说明和实现上述设计思想。

(1) 单击工具栏上的“拉伸”命令 , 以 FRONT 基准面作为草绘平面, 绘制直径 $\phi 30\text{mm}$ 的圆, 退出草绘, 将其拉伸为如图 3-1(a) 所示长度为 154mm 的圆柱, 作为阶梯轴棒料毛坯。

(2) 以 TOP 基准面为草绘平面, 绘制长度为 92mm 的矩形 (这个矩形的长边就是将来车削时车刀轴向进给的有效长度, 短边则为车刀径向进给的有效长度), 并使矩形的上边至中心线的距离为 11mm。退出草绘, 单击工具栏上的旋转命令 , 以 z 轴为旋转轴进行旋转减料操作, 即可获得第一个阶梯。

(3) 继续采用类似上一步的操作方法, 分别绘制边长 59mm, 43mm 及 12mm 的矩形, 各个矩形的上边至中心线的距离分别为 10mm, 9mm, 及 7.5mm, 进行三次旋转操作, 即可获得阶梯轴右侧 4 个阶梯的创建。创建过程分别参见图 3-1(b) 和 3-1(c)。

(4) 左侧的三个台阶也均采取类似的操作, 最后得到的阶梯轴如图 3-1(d) 所示。

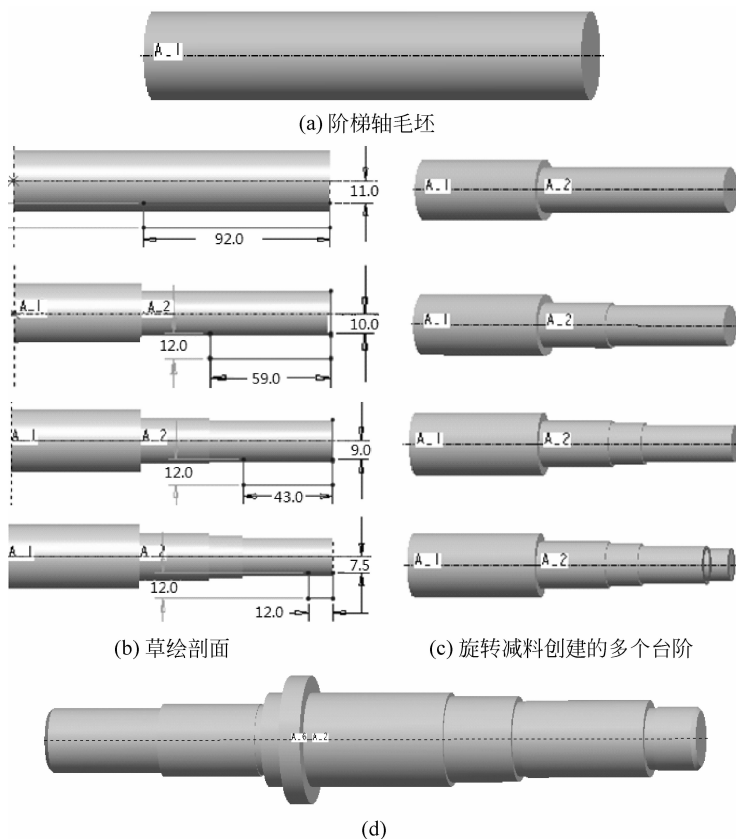


图 3-1 阶梯轴的创建过程

(5) 创建三个“退刀槽”。

① 首先创建左侧的退刀槽。

- 以 FRONT 面为草绘面进入草绘环境,使用投影工具 ,单击退刀槽所在位置的右侧边,得到其投影;如图 3-2 所示的截面,完成后,单击  按钮退出草绘。
- 再使用偏移工具 ,单击退刀槽所在圆柱面的边线,弹出如图 3-2(a)所示的数据框及向内黄色箭头,在数据框内输入 0.5,单击  按钮,得到一条偏移线。
- 再单击前面的步骤生成的投影线,弹出如图 3-2(b)所示的数据框及向右黄色箭头,在数据框内输入 -2,单击  按钮,得到另一条偏移线及图 3-2(c)所示的旋转截面。退出草绘环境。
- 单击工具栏上的旋转工具按钮 ,以轴的中心线为旋转轴,进行减料操作,即可创建左侧的退刀槽。

② 仿照步骤①的操作,可创建轴右侧的另外两个退刀槽。

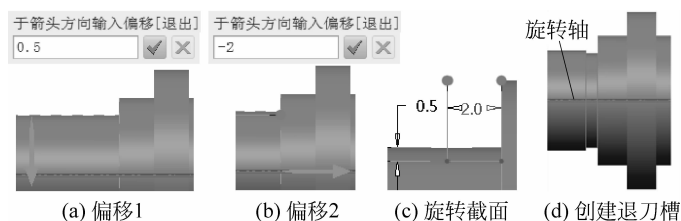


图 3-2 创建退刀槽

(6) 单击工具条上的“倒斜角”命令,输入倒角尺寸 1mm(系统默认为 45° 倒角)单击需要倒角的边,即获得 $1 \times 45^\circ$ 的倒角。完成轴的创建(图 3-3),以 axis.prt 作为文件名存盘。

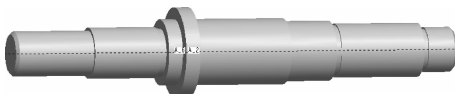


图 3-3 完成阶梯轴的创建

3.1.3 蜗杆轴设计

蜗杆、蜗轮传动是常见的机械传动和变速机构之一,在工程中应用十分广泛。其特点是传动比大、机构紧凑、传动平稳。蜗杆、蜗轮副常用于垂直交叉轴之间的降速传动,蜗杆为主动件,蜗轮为被动件。当蜗杆为单头时,蜗杆转一圈蜗轮转过一个齿(见图 3-4)。最常见的蜗杆是圆柱形阿基米德蜗杆,由一个齿廓截面沿圆柱面上一条阿基米德螺旋线运动形成单头蜗杆。

为了保证蜗杆、蜗轮传动机构的紧凑,蜗杆的齿形部分大都布置在一根阶梯轴上,所以称之为蜗杆轴。蜗杆的齿形是用一把成型车刀在车床上进行车削加工而形成的阿基米德蜗杆螺旋面,成型车刀两侧边间的夹角为 $2\alpha = 40^\circ$,刀具切削刃的平面应通过蜗杆轴的轴线,所切成的轴向齿廓侧边为直线,因此,用螺纹扫描方法生成阿基米德蜗杆螺旋面所用到的截面为夹角 40° 的等腰梯形。

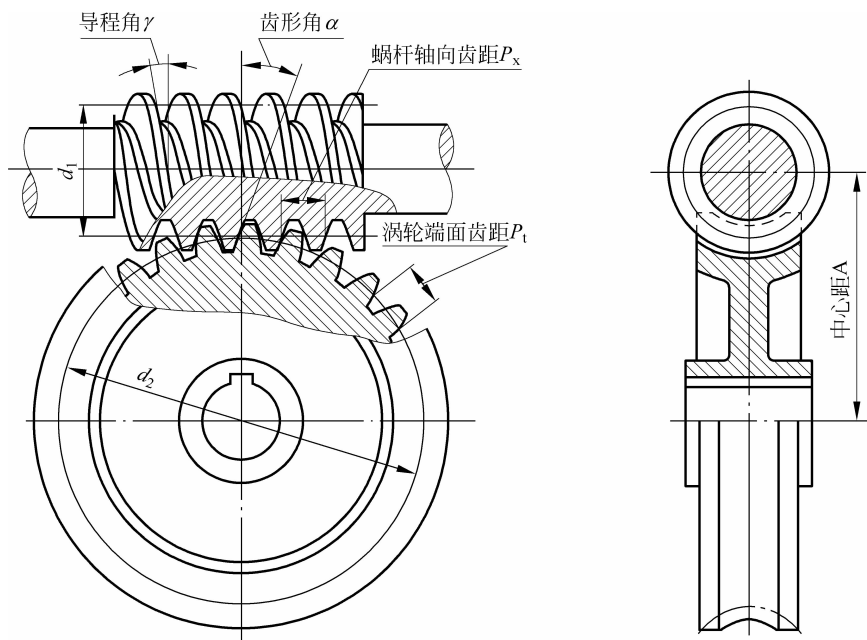


图 3-4 蜗杆、蜗轮的传动原理

蜗杆轴的阶梯轴主体(蜗杆轴毛坯)的创建与上述阶梯轴的创建方法类似,为节省篇幅,这里就不再赘述。

本例的任务是在图 3-5 所示的阶梯轴(文件名 worm_shaft.prt)上创建蜗杆轮齿特征。

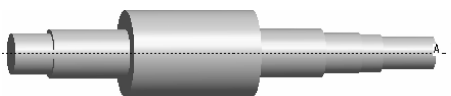


图 3-5 用于蜗杆的阶梯轴

蜗杆的主要设计参数如下。

- 轴向模数: $m_x = 2\text{mm}$ //即蜗轮的端面模数。
- 头数: $Z_1 = 1$ 。
- 分度圆压力角: $\alpha = 20^\circ$ 。
- 蜗杆导程角: $\gamma = 4^\circ 05' 08'' = 4.0856^\circ$ //与蜗轮的螺旋角 β 相等。
- 分度圆直径: $d = 28\text{mm}$ 。
- 齿根圆直径: $d_b = 22.1\text{mm}$ 。
- 齿顶圆直径: $d_t = 32\text{mm}$ 。
- 螺距: $p = 28 \times 3.1416 \times \tan(\gamma) = 6.2831$ 。
- 分度圆齿厚: $L = P/2 = 3.1416\text{mm}$ 。
- 螺旋方向: 右旋。
- 中心距: $A = 40\text{mm}$ //蜗杆轴线与蜗轮中心线之间的距离。

根据以上各设计参数,创建蜗杆齿形轮廓的步骤如下:

(1) 绘制螺纹扫描轨迹。进入草绘环境,绘制如图 3-6(a)所示的螺纹扫描轨迹,注意将

扫描轨迹的起始点设置在蜗杆分度圆周上且偏离右端面 10mm 处(请读者考虑:为什么?)。完成后退出草绘环境。

(2) 选取工具栏上的“扫描”|“螺纹扫描”,弹出螺旋扫描操控板,选择减料方式,接受操控板上的“使用右手定则”选项。展开“参考”下拉设置菜单。

(3) 单击模型树上步骤(1)绘制的直线(草绘 1)作为扫引轨迹;“旋转轴”下方的“选择项”自动激活,选取图形区内蜗杆的中心线作为扫描中心轴。见图 3-6(a)。

(4) 图形区出现螺距(PITCH)标识,在操控板的“螺距值”数据框内输入 6.2831mm 后按 Enter 键。

(5) 此时螺旋扫描操控板上的草绘按钮  被激活,单击 ,进入草绘环境。以引导线端点为参考,绘制如图 3-6(b)所示的蜗杆齿槽剖面,图中标注的尺寸 3.14 为蜗杆齿槽分度圆齿厚,注意此段直线须通过扫引轨迹起始点,尺寸确定后应将其转换为“构造线”;尺寸 14.0 为蜗杆分度圆半径,11.6 为蜗杆齿根圆半径。单击  退出草绘器,返回到螺旋扫描操控板。

(6) 单击螺纹扫描对话框中的  按钮,即生成如图 3-6(c)所示蜗杆螺旋齿形。完成后以 worm_shaft.prt 为文件名存盘。

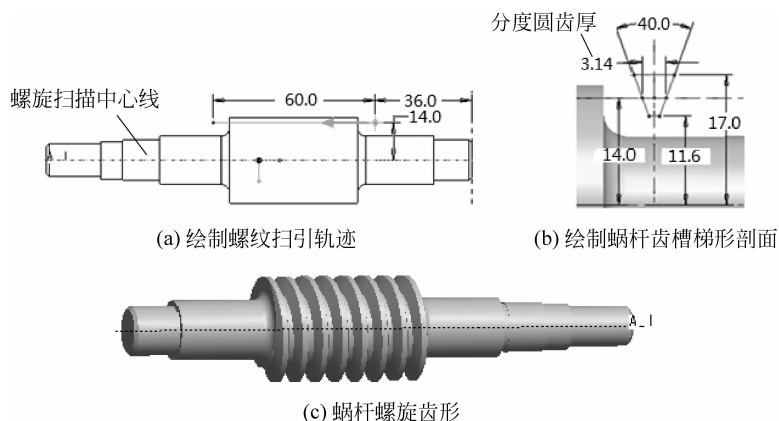


图 3-6 创建蜗杆螺旋齿形操作过程

3.1.4 花键轴的设计

有些用作驱动轴的轴径较小时,如果仍采用单键与其他零件(如齿轮、带轮、凸轮等)相连接,往往不能满足传递较大扭矩的要求。这时可以采用花键方式连接,因此需要用专用的拉刀在轴上拉制花键槽。我国对花键的标准有专门的规范:GB1144—87 和 GB3478.1—83 分别为矩形花键和圆柱直齿渐开线花键的国家标准,见图 3-7(b)。这里以汽车差速器所使用的一种花键齿轮轴为例介绍其设计过程。

(1) 创建花键轴毛坯。进入草绘环境,绘制如图 3-7(a)所示的剖面,退出草绘,以 z 轴为旋转轴,用旋转方式创建如图 3-7(c)所示花键轴毛坯。

说明:该花键轴为汽车差速器的输出轴,实际长度接近车身宽度的 1/2,受本书幅面的限制,现将其轴向尺寸缩为 300mm,其他尺寸基本不变。

(2) 使用旋转减料操作对花键轴毛坯进行修剪,如图 3-8 所示。

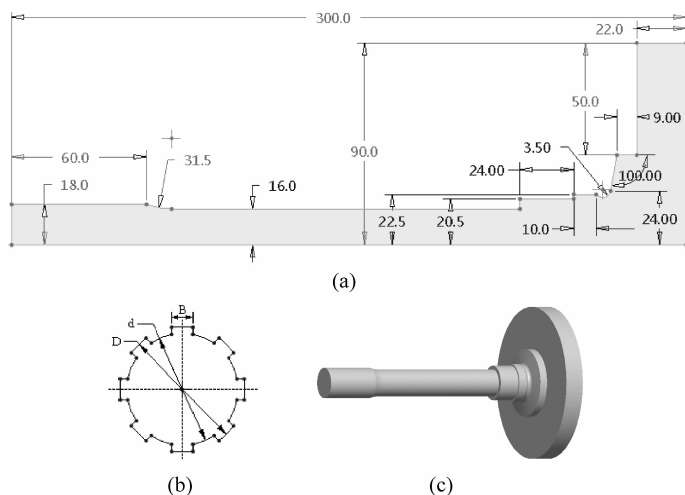


图 3-7 创建花键轴毛坯

(3) 以轮盘右侧面为草绘平面,绘制如图 3-9 所示的减重轮辐截面,通过拉伸减料生成一个轮槽;然后以花键轴中心线为阵列中心进行阵列,得到如图 3-9 所示的 10 个槽孔;然后进行 $2 \times 45^\circ$ 和 $1 \times 45^\circ$ 倒角处理。

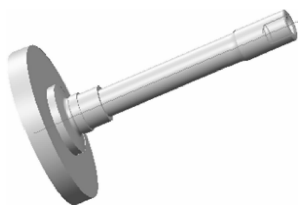


图 3-8 旋转减料

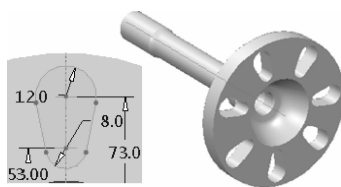
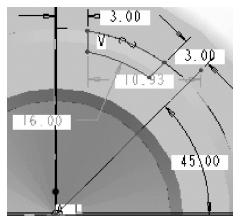


图 3-9 创建减重轮辐并阵列

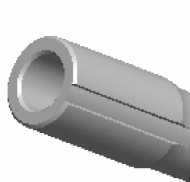
(4) 创建花键。

① 单击工具栏上的拉伸命令 , 以花键轴毛坯的左端面作为草绘平面, 利用草绘工具条上的  命令, 绘制如图 3-10(a) 所示的单个花键槽的截面, 退出草绘, 使用拉伸减料, 生成一个如图 3-10(b) 所示花键槽。

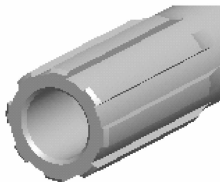
② 拉伸减料完毕, 生成的花键槽为绿色高亮显, 单击工具栏上的  命令, 选取“轴”阵列方式, 以花键轴中心线为阵列中心轴, 输入阵列个数为 8, 角度增量为 45° , 单击“确定”按钮, 即得到如图 3-10(c) 所示的花键轴。以 driver_axis.prt 为文件名存盘。



(a) 草绘键槽剖面



(b) 拉伸减料生成键槽



(c) 阵列键槽生成花键

图 3-10 创建花键的过程

3.1.5 四缸发动机曲轴设计

图 3-11 所示为一四缸发动机的曲轴,这是一个相对比较复杂的零件。但它的主特征中有很多相同部分且具有对称性,如 4 个缸的连杆轴径是完全相同的,8 个平衡重块的几何特征也基本是一致的,只不过布置在不同的部位和方位罢了:第 1,2,3,4 缸轴径的相位各相差 90° ,能确保 4 只轴颈在四冲程循环的不同工况下能够获得均等的驱动力以避免出现“死点”。

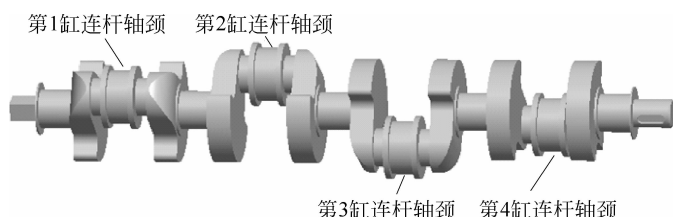


图 3-11 四缸发动机曲轴

具体操作步骤如下(读者可参看本书配套资料中的视频文件 crank_shaft.avi)。

(1) 单击“拉伸”按钮 ,选择 FRONT 基准面作为草绘平面,在草绘环境下绘制 $\phi 40\text{mm}$ 的圆,退出草绘,创建 $\phi 40\text{mm} \times 35\text{mm}$ 的圆柱,注意选择  选项,向 FRONT 基准面的两侧拉伸。然后再次执行拉伸操作,以圆柱左端面为草绘面,草绘 $\phi 55\text{mm}$ 的圆,并将其拉伸为 2mm 高的圆柱,获得图 3-12(a)所示的基础模型。

(2) 单击工具栏上的“拉伸”按钮,选择 $\phi 55\text{mm} \times 2\text{mm}$ 圆柱面的左侧端面作为草绘平面,绘制如图 3-12(b)所示的草绘截面,退出草绘环境。选择刚绘制的草绘作为拉伸截面,在“拉伸”对话框中输入拉伸值为 25mm,生成如图 3-12(c)所示的平衡重块。

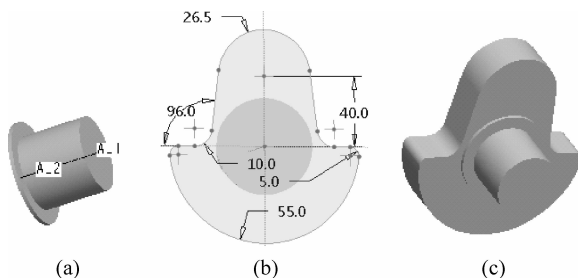


图 3-12 创建凸台和平衡重块

(3) 修剪平衡重块。

① 选取“拉伸”操作,先单击拉伸操控板上的片体按钮 ,以 RIGHT 基准面为草绘平面,在草绘环境下选取草绘工具条上的  按钮,绘制如图 3-13(a)所示的样条曲线。注意样条曲线的下端与平衡重块的右侧边相切。为保证样条曲线的光顺性,可切换到主菜单上的“分析”菜单项,单击“曲率”按钮,选中刚绘制的样条曲线,可获得如图 3-13(a)所示的曲率梳形图。如发现图中红色曲率线位于样条曲线的两侧,说明所绘制的样条曲线严重不光顺,可用鼠标左键选中相应的节点左右或上下拖动,细心地调整各节点的位置,使曲率值沿样条曲线均匀变化,最终获得较光顺的曲线。

② 两次双击鼠标中键,结束“分析”。退出草绘环境,返回拉伸状态。选择拉伸操控板中的  选项,向 RIGHT 基准面的两侧拉伸 80mm,再单击操控板上的  按钮,并选中减料方式 ,最后单击  按钮,得到如图 3-13(b)所示被修剪后的平衡重块。

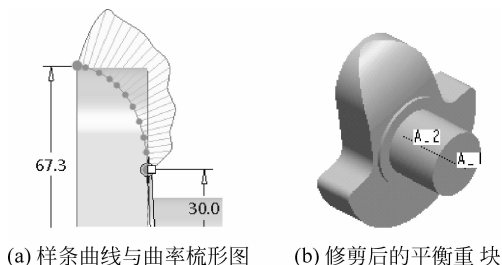


图 3-13 创建样条曲线并修剪平衡重块

(4) 以新创建的平衡重块左侧面为草绘平面,绘制 $\phi 40\text{mm}$ 的圆,退出草绘环境。单击“拉伸”按钮,创建 $\phi 40\text{mm} \times 12.5\text{mm}$ 的圆柱。继续以该圆柱的左侧面为草绘平面,绘制 $\phi 66.5\text{mm}$ 的圆,然后使用“拉伸”功能,创建 $\phi 66.5\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的圆柱;再以该圆柱的左端面为草绘剖面,绘制 $\phi 56\text{mm}$ 的圆,然后使用“拉伸”功能,创建 $\phi 56\text{mm} \times 24\text{mm}$ 的圆柱。

(5) 选中模型树上的拉伸 2 特征,以 FRONT 为镜像平面,获得拉伸 2 的镜像特征,如图 3-14(a)所示。

(6) 单击工具栏上的“基准平面”按钮 ,选取 FRONT 基准平面作为参考面,在弹出的“基准平面”对话框的“距离”文本框中输入 75mm,然后单击“确定”按钮,创建基准平面 DTM1。

(7) 接着在按 Ctrl 键的同时,先后选取图 3-14(b)中虚线框内的 7 个特征(其中包括修剪特征)作为镜像对象,单击工具栏上的镜像按钮 ,以 DTM1 基准面作为镜像平面,单击操控板上的  按钮,从而得到第 1 缸连杆轴径如图 3-14(c)所示。

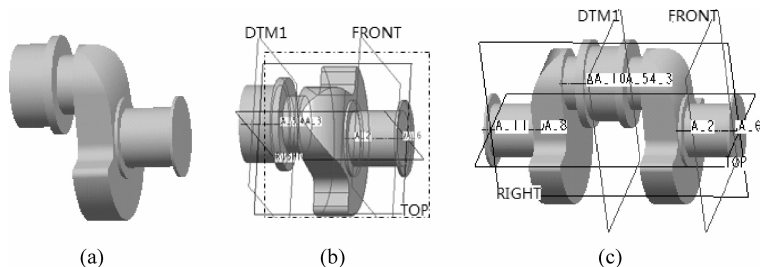


图 3-14 生成第 1 缸连杆轴径

(8) 接下来,可采取与上述各项操作类似的方法,获得如图 3-15 所示的第 2 缸轴径及平衡重块。

应注意:为了保证平衡重块修剪的一致性,可以对步骤(3)所绘制的样条曲线进行“投影”,具体操作如下:

① 以 RIGHT 基准面为草绘平面,进入草绘环境,单击草绘工具条上的  命令,然后选取步骤(3)所绘制的样条曲线,进行投影。

② 使用  命令,绘制一条镜像线,并设定该线与第1轴径平衡重块右端面的距离为130.5mm。选取刚抽取得到的样条曲线,使用镜像命令获得图3-15(a)所示的黄色样条曲线。退出草绘。

③ 创建基准面 DTM4,使其通过曲轴中心线且与 TOP 面的夹角为 45° 。选取工具栏上的“镜像”命令按钮 ,以 DTM4 为镜像面,得到图3-15(b)中的绿色样条曲线。

④ 将刚得到的样条曲线进行拉伸减料操作,获得修剪面,再以 DTM3 为镜像平面,获得另一侧的修剪面。

这样即可创建如图3-15(c)所示的第2缸连杆轴径及平衡重块。

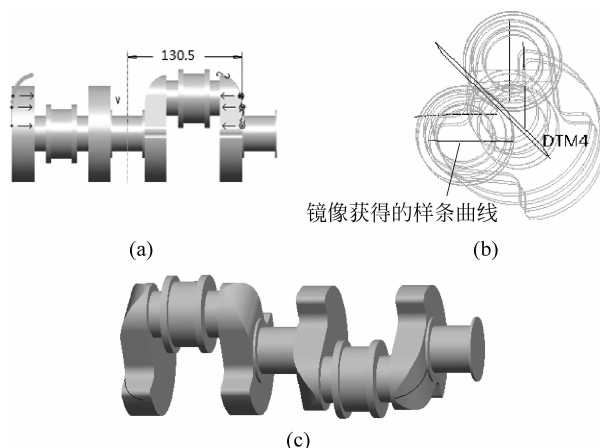


图 3-15 生成第2缸连杆轴径及平衡重块

(9) 同样采取类似的方法,可创建第3缸和第4缸轴径及平衡重块的各个特征。

(10) 选择发动机曲轴最左侧端面作为草绘平面,绘制一个 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 的矩形,经拉伸操作获得图中曲轴最左侧的正四面体特征。

(11) 以发动机曲轴最右侧端面为基础平面,绘制 $\phi 30\text{mm}$ 的圆,将其拉伸为 $\phi 30\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的圆柱并倒角及创建 $10\text{mm} \times 40\text{mm} \times 4.4\text{mm}$ 的键槽,最后得到如图3-11所示的四缸发动机曲轴的完整模型。以 crank_shaft.prt 为文件名存盘。

3.2 杆类零件设计

3.2.1 发动机连杆及连杆盖设计

1. 发动机连杆

(1) 选取工具栏上的拉伸命令 ,以 TOP 基准平面为草绘平面,进入草绘环境。绘制如图3-16所示的草绘截面,完成后退出草绘环境。

(2) 选择双向拉伸命令,输入拉伸量 23mm,单击  按钮,创建如图3-16所示的连杆毛坯。

(3) 创建减重凹槽腔。选取拉伸减料方式,以连杆的上端面为草绘平面,进入草绘环

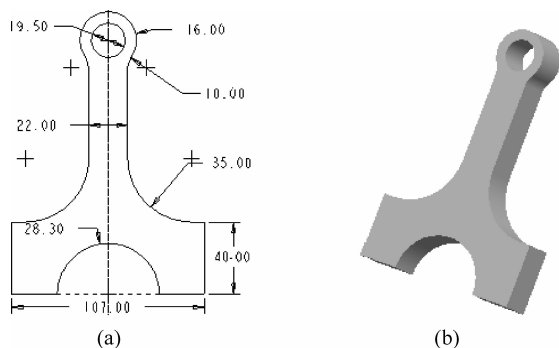


图 3-16 创建连杆毛坯

境。使用草绘工具条上的“偏移”命令,设定偏移量为 3mm,绘制如图 3-17 所示的减重凹槽草绘截面,完成后退出草绘环境。选择拉伸减料命令,输入拉伸深度为 8,单击按钮,创建如图 3-17 所示的减重凹槽。

(4) 拔模和修圆角。单击工具条上的“拔模”命令,选取连杆顶面为“拔模枢轴”,选择减重凹槽周边面作为拔模面,在拔模角度栏中输入拔模角 5° ,单击“确定”按钮,获得拔模特征。

(5) 创建另一侧减重凹槽。在模型树上选择减重槽拉伸项、拔模项两个特征,右击,在弹出的快捷菜单中选取“组”命令,将两个特征合并为“组”,单击工具栏上的“镜像”命令按钮,以 TOP 基准面为镜像平面,单击镜像特征对话框上的按钮,即可获得连杆另一侧的减重凹槽及拔模项。

(6) 对减重槽底部进行倒圆角。单击工具栏上的“倒圆角”命令按钮,以两侧减重槽底部周边曲线作为修圆对象,输入圆角半径 R3mm,单击按钮,得到拔模及倒圆角后的减重凹槽如图 3-17 所示。

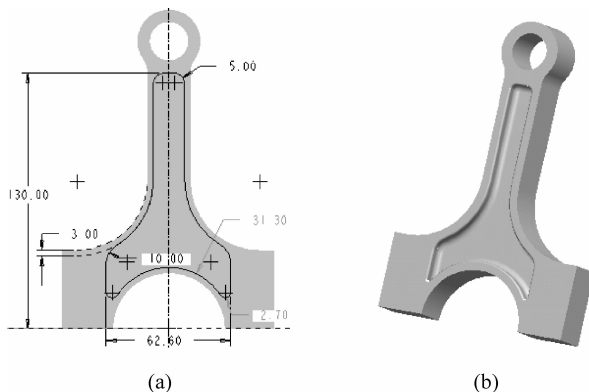


图 3-17 创建连杆减重凹槽

(7) 修剪安装螺栓平台。以 TOP 基准平面作为草绘平面,绘制如图 3-18 所示的草绘。进行拉伸减料操作,生成如图 3-18 所示安装螺栓平台。隐藏草绘截面。

(8) 对连杆两侧进行“完全倒圆角”。单击工具栏上的“倒圆角”命令按钮,打开倒圆