

基于 SolidWorks 系统的快速轴承设计应用研究

撰文 / 山东华泰轴承制造有限公司 耿超 李学超 苏玲霞

利用 SolidWorks 绘制深沟球轴承各个零件，创建装配体文件进行装配，并建立方程式使各零件的尺寸与轴承的外形尺寸和主参数连接。通过 XYZ 点的曲线创建 fofc 曲线，求解 fofc 值，从而求出轴承的 Cor、Cr。用模具—型腔功能求解轴承有效空间，从而求出注脂量。

SolidWorks 三维设计软件是一个基于特征、参数化和实体建模的设计工具。该软件采用 Windows 图形用户界面，易学易用，在中国市场普及率较高。利用 SolidWorks 可以创建全相关的三维实体模型，设计过程中，实体之间可以存在或不存在约束关系；同时，还可以利用自动的或用户定义的约束关系来体现设计意图。

轴承作为基础件已经系列化、标准化，同一类轴承只是尺寸大小不同，结构基本一致。现利用 SolidWorks 软件创建模板文件，以实现同类轴承不同型号的快速设计并出图，下面以深沟球轴承 6203 为例进行讲解。

深沟球轴承外形尺寸应符合 GB276 的规定，根据洛阳轴承研究所《深沟球轴承设计方法》优化设计求出球径、球中心径和球数等主参数。其它尺寸都通过设计方法中的相关公式计算求得。外形尺寸及主参数如表 1 所示。

表 1

轴承内径	d	17mm
轴承外径	D	40mm
轴承宽度	B	12mm
钢球直径	Dw	6.747mm
球中心径	Dwp	29mm
球数	Z	8 粒

一、零件建模

深沟球轴承的内、外圈都是回转件，并且轴承一般为大批量生产，在设计过程中还要充分考虑生产工艺。下面以内圈为例说明。

在前视基准面创建草图，并绘制内圈截面形状。最外层矩形为钢管毛坯形状（如果是锻造工艺可绘制成锻件形状），最里层为成品形状，中间为车件形状。尺寸标注时先标注成品的尺寸，并将其设为驱动，然后再标注磨削余量及车削余量，也设为驱动但不为工程图标注，再标注车件、钢管（锻件）尺寸并设为从动尺寸，标注要符合工程图的布局要求。绘制好的草图如图 1、2 所示。

利用旋转特征形成实体，选择草图最外层轮廓，形成钢管实体，然后用旋转切除功能选择外层局部范围切除车加工余量形成不带槽车件实体。再选中不带槽车件的磨削部分旋转切除形成不带槽成品。将上一特征压缩，实体转为不带槽车件，选择草图的防尘槽区域旋转切除形成带槽车件，使用镜像特征生产另一个防尘槽。选择磨削余量区域，旋转切除形成带槽成品。

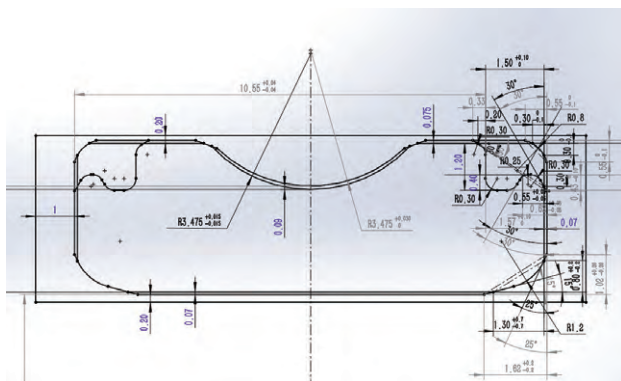


图 1 内圈草图 1

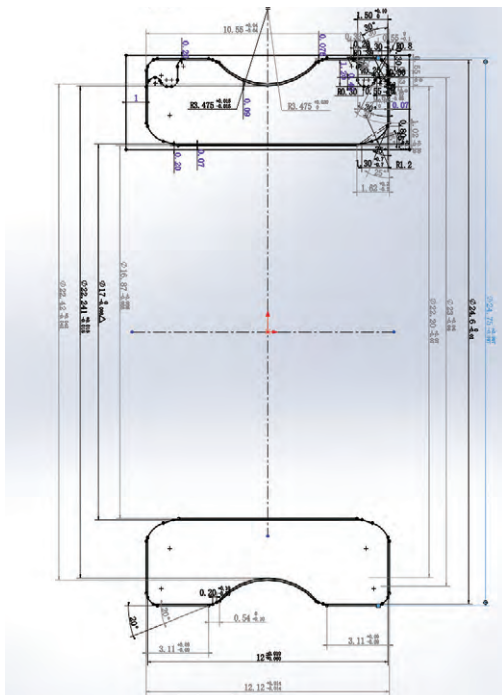


图 2 内圈草图 2

为区分各特征，可将设计树上的特征名称改为相应的工艺名称。因部分选择的区域较小，可将各特征设置为不同的颜色，以方便分辨该特征是否有漏选区域。最终设计树和实体模型如图 3 所示。

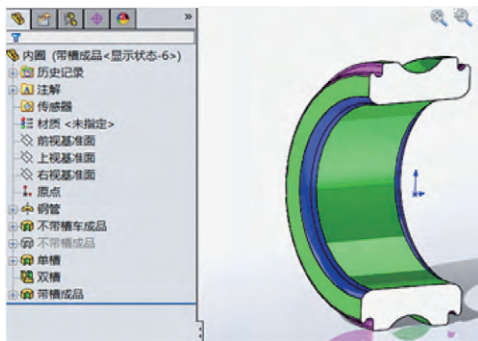


图 3 内圈设计数和实体模型

转到配置项创建子配置，并压缩相应特征，压缩状态如表 2 所示。

表 2

特征名称 配置名称	钢管	不带槽 车成品	单 槽 车成品	双 槽 车成品	带槽 成品	不带槽 成 品
钢管	解	压	压	压	压	压
不带槽车成品	解	解	压	压	压	压
带槽车成品	解	解	解	解	压	压
不带槽成品	解	解	解	解	解	压
带槽成品	解	解	解	解	解	解

冲压保持架和密封件加工过程比较复杂，一般也是由专业化厂家生产，建模时可以不考虑加工过程。保持架拉伸形成坯体再旋转切除形成球兜并圆周阵列，选三个面利用抽壳功能形成保持架的形状，再切除铆钉孔并阵列。草图中多利用几何关系定位，同一个尺寸尽量标注一次。如球兜孔中心、铆钉孔中心设置为与球中心圆重合，切除时深度设置成完全贯穿，可避免形成不必要的尺寸，如图 4 所示。



图 4 保持架实体模型

密封件与内外圈防尘槽结构尺寸相关，所以设计时，先标注最大外径与最小内径的尺寸，并设为从动，其它结构尺寸标注到最大外径或最小内径的距离。密封圈可以形成两个封闭区域，分别旋转且合并实体，以设置不同的材料属性。实体如图 5 所示。

钢球与铆钉也是旋转形成的，在这里不做详述。

二、各零件的装配

将内外圈、保持架装入装配体，通过配合关系达到实际安装状态，配合时选择基准面和草图中的旋转轴，不要选内外圈的表面，因内、外圈有多个配置，更改配置后表面会发生改变，从而造成配合错误。将两零件的草图所在

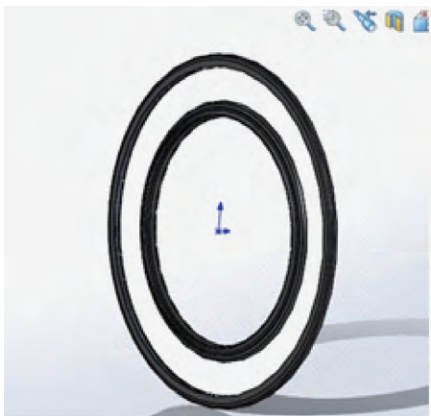


图5 密封圈实体模型

的基准面、旋转轴和对称基准面设置为重合，再装入钢球、铆钉和保持架，并将其相互间及内外圈配合好。采用特征驱动阵列形式填充所需数量，通过镜像形成另一片保持架。密封件装配时，也要选密封件和外圈草图中的线重合，而不能选内外圈实体表面，如图6所示。

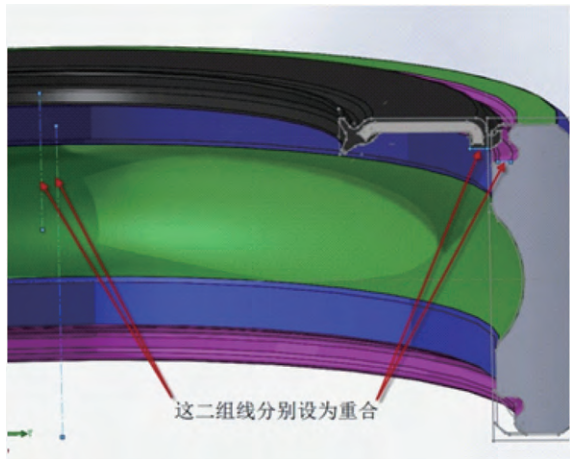


图6 密封件与外圈的装配

进入密封件的编辑状态，标注最大外径与外圈防尘槽的尺寸和最小内径与内圈防尘槽的尺寸，默认驱动并设为不为工程图标注，这样使密封件与内外圈的防尘槽相互关联。再通过镜像形成另一片密封件，同样的方法可形成其它结构的密封件。密封件一定要分别镜像。这样可以通过不同的配置压缩不同零件而生成不同的密封结构。

三、建立方程式将各个零件的尺寸与轴承外形尺寸和主参数连接

在装配体中插入方程式，在其全局变量项输入外形尺寸、主参数及系数，在方程式的零部件项添加方程式，展开设计树中外圈零件的草图，双击草图显示尺寸。双击相

应尺寸将其输入方程式中，并在后面输入与全局变量的关系式，以同样的方法完成其他零件，这样内外圈、保持架、铆钉、钢球通过方程式与外形尺寸和主参数驱动。密封件通过与内外圈防尘槽的间隙或过盈量驱动。方程式如图7所示。

轴承出图时还要标注额定负荷和注脂量，可利用SolidWorks的模具功能求出轴承的内部空间，以开式轴承为例。

创建一个新零件，点插入—曲线—通过XYZ点的曲线，根据GB/T 63911中表2向心球轴承的fc值，将 $\frac{D_w \times \cos\alpha}{D_{wp}}$ 的值输入表格的X列中（为显示方便将其扩大100倍），fc值输入Y列中，Z列全部输入0，这样就在X—Y平面（前视基准面）形成一条fc曲线；同样根据GB/T4662表1向心球轴承的fo值，形成fo曲线。在前视基准面X—Y平面创建草图，先通过原点沿水平、垂直方向各绘制一条构造线，在两条曲线上分别绘制2个点，并使两点竖直，定义其到原点的X方向的距离为驱动尺寸，这就是 $\frac{D_w \times \cos\alpha}{D_{wp}}$ 的值，再标注两点到原点的Y方向距离（从动尺寸），这就求得相应的fc和fo值，通过做图法完成插值法求解。

再在上方绘制一个矩形，定义为Y轴对称，尺寸定义如图7所示，旋转形成实体保存，命名为深沟球轴承fofc表，将其装入轴承装配体并拖动深沟球轴承特征树顺序到最顶层。在装配体零件树中选中深沟球轴承fofc表，进入编辑状态，点插入—模具—型腔，选中装配体中的其他零件，形成型腔。更改材料属性将密度改为润滑脂的密度，插入方程式，在全局变量添加参数如图，并在自定义属性添加参数使其等于方程式中的全局变量，退出编辑状态。打开装配体方程式，在零件变量添加fofo表中各尺寸及曲线上两点的X方向距离 $\frac{D_w \times \cos\alpha}{D_{wp}}$ 。在装配体方程式全局变量中添加Cr和Cor、填球角、fo和fc值，选择深沟球轴承fofc表零件中曲线上两点标注的Y方向距离。装配体最终的方程式如图7所示。

在装配体自定义属性添加min径向游隙、max径向游隙、Cr、Cor，完成装配体。可进行干涉检查，查看是否有不恰当的干涉。除密封圈外应没有干涉。压缩fofc表再进行间隙验证，验证轴承的游隙设计是否合理，若没有问题就可以生成工程图了。

四、生成工程图

出工程图较简单，在此不做详细阐述，但有几点要注

名称	数值/方程式	估算到	评论
全局变量			
"内径d"	= 17	17	轴承内径
"外径D"	= 40	40	轴承外径
"高度B"	= 12 * 0.0285	11.9715	轴承高度
"DW"	= 6.747	6.747	钢球直径
"Z"	= 8	8	球数
"Dwp"	= 29	29	球中心径
"径向游隙min"	= 0.005	0.005	最小径向游隙
"径向游隙max"	= 0.02	0.02	最大径向游隙
"Ke"	= 0.35	0.35	外圈挡边系数
"Ki"	= 0.35	0.35	内圈挡边系数
"fe"	= 0.525	0.525	外沟曲率系数
"fi"	= 0.515	0.515	内沟曲率系数
"S"	= 0.7	0.7	保持架厚度
"Kc"	= 0.445	0.445	保持架宽度系数
"dm"	= 1	1	轴径直径
"Cr"	= 1.3 * "D3@草图3@深沟球轴承f0fc表(1).Part" * 9.6mm	9.6mm	额定动负荷
"Cor"	= "D2@草图2@深沟球轴承f0fc表(1).Part" * "Z" * 4.8mm	4.8mm	额定静负荷
"a"	= arcsin ("DW" / "Dwp") / pi * 180 * 2 * ("Z" - 1)	188.348	填球角
局部变量			
特征			
方程式 - 顶层			
方程式 - 零部件			
"D4@草图3@深沟球轴承f0fc表-1.Part"	= "Dwp"	29mm	
"D5@草图3@深沟球轴承f0fc表-1.Part"	= "DW" + 1	7.7mm	
"D6@草图3@深沟球轴承f0fc表-1.Part"	= "高度B" - 0.5	11.5mm	
"D1@草图3@深沟球轴承f0fc表-1.Part"	= "DW" / "Dwp" * 100	23.3mm	
"D13@草图1@外圈-1.Part"	= "外径D"	40mm	
"D14@草图1@外圈-1.Part"	= "高度B"	11.97mm	
"Re@草图1@外圈-1.Part"	= "fe" * "DW"	3.54mm	外沟曲率半径
"De@草图1@外圈-1.Part"	= "Dwp" + "DW" + ("径向游隙min" + "径向游隙max")	35.76mm	外沟直径
"D2@草图1@外圈-1.Part"	= "Dwp" + "DW" + ("径向游隙min" + "径向游隙max")	33.4mm	外圈内径
"D12@草图1@内圈-1.Part"	= "内径d"	17mm	
"Ri@草图1@内圈-1.Part"	= "fi" * "DW"	3.47mm	外沟曲率半径
"di@草图1@内圈-1.Part"	= "Dwp" - "DW" - ("径向游隙min" + "径向游隙max")	22.24mm	内沟直径
"d2@草图1@内圈-1.Part"	= "Dwp" - "DW" - ("径向游隙min" + "径向游隙max")	24.6mm	内圈外径
"B@草图1@内圈-1.Part"	= "高度B"	11.97mm	
"D1@草图1@保持架-1.Part"	= "DW"	6.75mm	
"Dc@草图1@保持架-1.Part"	= "Dwp" + "Kc" * "DW"	32mm	保持架外径
"Dc1@草图1@保持架-1.Part"	= "Dwp" + "Kc" * "DW"	26mm	保持架内径
"Dcp@草图1@保持架-1.Part"	= "Dwp"	29mm	保持架中心径
"Rc@草图2@保持架-1.Part"	= "DW" * 0.5 + 0.1	3.47mm	兜孔内球面半径
"K@草图2@保持架-1.Part"	= "DW" * 0.5 + 0.05	3.42mm	兜孔深度
"D1@阵列(圆周)3@保持架-1.Part"	= "Z"	8	
"S@轴套1@保持架-1.Part"	= "S"	0.7mm	
"rc+S@圆角1@保持架-1.Part"	= "S" + 0.5	1.2mm	
"D1@特征1@保持架-1.Part"	= "DW"	6.75mm	
"tc@草图3@保持架-1.Part"	= "dm"	1mm	
"D3@草图1@螺钉-1.Part"	= "dm"	1mm	
"D1@草图1@螺钉-1.Part"	= "S" * 2	1.4mm	
"D2@草图1@螺钉-1.Part"	= "dm" * 0.8	0.8mm	
"D1@草图3@保持架-1.Part"	= 180 / "Z"	22.5度	
"D1@阵列(圆周)4@保持架-1.Part"	= "Z"	8	

图 7 装配体方程式

意：（1）建立剖视图时，以实体模型草图所在基准面剖开；
（2）内外圈工程图会有局部放大图，要在实体的草图中绘制构造线，并定义局部放大图的草图与其几何关系，防止更改后局部放大图的位置变动；（3）在装配体工程图中可以将 Cr、Cor 与装配体中自定义属性的 Cr、Cor 连接。

五、打包形成新的型号

检查所有文件没有问题后，就可以将这套模型和工程图作为模板使用。当需要设计新的型号时，打开装配体使用打包命令，勾选工程图并添加前缀，在添加前缀项填写轴承型号，如 6205，选择相应的文件夹保存，打开 6205 深沟球轴承装配体，更改外形尺寸和主参数重新建模并检查，对工程图更改图样比例并整理各元素的位置，就形成了一套新型号轴承的图样。

六、结语

- （1）将所有的计算公式放在软件中计算可有效防止手工计算出错并提高效率。利用模具型腔求解注脂量方便快捷。
- （2）提高出图效率，模板完成后，可在两小时内完成全套的图样。
- （3）内外圈按加工过程设计，在设计过程中分配加工余量。
- （4）该方法全部利用现有软件，不需要学习二次开发，易于学习。
- （5）形成三维模型可进一步进行有限元分析，优化轴承结构。

以上方法是我们在 SolidWorks 使用过程中的一点经验积累，利用其它软件也能实现。也存在着一定问题，需进一步改进和完善。