齿轮减速器主要零部件模型参数化设计方法研究

师晓宁 闫学娜 * 彭 婧

廊坊燕京职业技术学院，河北 廊坊 065200

摘 要：随着科技的发展，参数化设计方法已经运用到各个领域，其中在机械设计领域，参数化设计方法不仅可以实现产品设计过程自动化，还可对机械参数化模型的功能结构等进行优化处理，从而提高机械产品的质量、精度及缩短设计周期与成本等。因此，本文以圆柱齿轮减速器为例，基于 SolidWorks 软件，以 Visual Studio 为开发平台，使用 VB.net 作为开发语言，对圆柱齿轮减速器主要零部件模型参数化设计进行了二次开发，并总结了自动生成和改进三维模型的二次开发方法。同时通过人机交互窗口设计实现对模型主要尺寸汇总分类及初始数据的输入，从而实现三维模型的自动生成。

关键词：减速器；SolidWorks；二次开发；参数化设计

DOI：10.64649/yh.shygl.2025020009

0 引言

减速器常用于传动运动和动力的机构中，其应用极为广泛，领域涵盖了船舶、水利、建材、冶金、煤炭、建筑机械等各个行业。近些年随着我国经济和科学技术的发展，减速器的设计制造技术也在不断的提升，但是国内减速器与国外老牌企业相比，仍然存在一定的不足，除了在考虑设计制造过程中传递功率大、传动比大、体积小、重量轻、机械效率高等这些基本要求之外，设计生产减速器的效率同样至关重要。

借助 CAD 技术进行参数化设计方法可以使得设计人员通过更改参数，能够达到快速修改三维模型的目的，大大减少产品设计时间，同时还可通过参数化设计优化产品结构、提升产品质量，进一步进行集成产品模块化设计等。而对机械产品的参数化设计不仅需要设计人员具备专业的机械专业知识及机械产品设计经验，同时需要设计人员在熟练掌握 CAD 软件的基础上，熟悉 CAD 软件二次开发方法及相关的系统编程语言，因此，本文以圆柱齿轮减速器的主要零部件为主进行参数化设计开发，开发了相应的应用程序。

参数化设计这一概念最早诞生于 20 世纪 60 年，兴起于 80 年代，最早被应用于 Pro/Engineer 系统中，其后伴随应用于 SolidWorks、UG 等计算机设计软件中。

E.Jayakiran Reddy[1] 等人对 SolidWorks 进行二次开发，完成了直齿圆柱齿轮设计系统的开发，其开发的系统操作简单、建模速度快、结果较准确；韩国学者 Sehyun Myung[2] 等针对于专用设计系统机床装备提出并设计了参数化建模框架及具有功能特征的参数化建模概念。

国内对于参数化技术及设计方法的研究也有显著的发展，学者们在参数化建模方法研究方面主要集中在基于主流三维 CAD 软件平台，通过二次开发接口开发专用机械产品快速设计系统等。其中，季建华 [3] 等基于 Solidworks 平台，通过采用 VBA 向 VB 的代码转换，借助 VB 语言并选用 Acess 作为数据库，建立人机交互界面和标准推力球轴承数，实现了对推力球轴承进行二次开发实现了三维参数化建模；郭书英 [4] 等基于 Solidworks 和 Excel 二次开发对零部件参数化的方法进行了研究；杜虎之 [5] 等基于 Solidworks 软件，采用 VB.net 编程实现了对通用型圆柱斜齿轮、弧齿锥齿轮减速器进行了模块化参数化设计 .

由此可见，数字化设计方法及技术在不断地进行了发展与提升，而在对实现标准及非标准机械产品的开发设计、优化及生产上也有显而易见的改进与帮助。本文以 visual studio2022 为平台创建窗体应用项目，进行了基于 solidworks 的二次开发，为减速器零部件模型设计提供可视化便于交互的参数输入界面，并通过程序编制与开发实现了模型的自动生成，为下一步的装配及运动分析提供了模型准备。

1 基于 SolidWorks 二次开发的减速器零部件的参数化设计方法

本文以一级直齿圆柱齿轮减速器为例，对减速器的箱座、主动轴、传动轴为例进行了参数化设计，其设计流程如下图 2-1 所示。运行参数化设计应用程序，通过输入模型主要设计参数，采用编程方法自动生成模型，并通过可视化的人机交互设计界面，进行参数修改，实现了模型的一键生成可视，同时设计者也可通过自动生成模型，进行个性化模型修改，满足实际需求，大大节省了设计建模时间。除此之外，主动轴上的齿轮部分采用渐开线方程式实现渐开线轮廓的生成，提升了渐开线轮廓曲线精度。

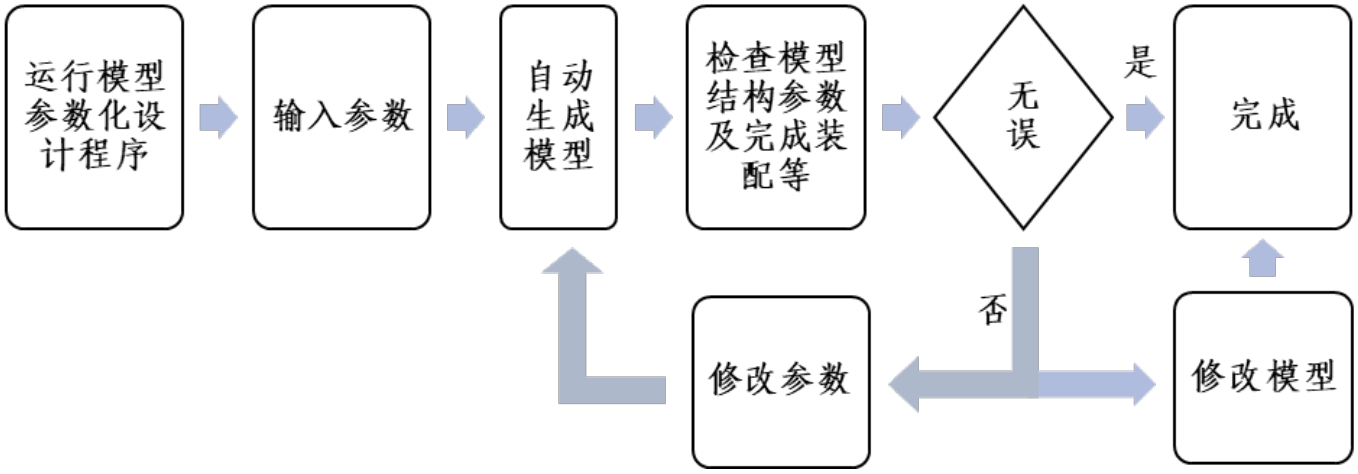


图 2-1 模型参数化设计流程

1.1 减速器主要零部件参数化窗体设计

1.1.1 箱座主要技术参数输入窗口设计

减速器的箱体可对轴系零件进行支持和固定，同时对保证传动、润滑、及密封的稳定性和可靠性有重要的作用。而箱体结构在进行设计时必须要进行充分和全面考虑，以确保能够达成减速器的工作性能，满足加工工艺需求，以及保证生产质量及减少成本等。

剖分式箱体设计使得轴系零件的装配较为简单，其箱体通常由箱座和箱盖两部分组成，通过螺栓连接。剖分式箱体结构设计时，为保证传动及安装时的稳定性和刚度，通常剖分面、箱体底座及箱体壁厚等相关尺寸具有一定的尺寸要求，以及需要设置相应的加强肋等，因此设计减速器箱体结构时不可避免的需要考虑较多的尺寸要求[6]。本文整合了减速器箱体结构的相关设计尺寸数据，开发了可视化可交互的参数输入窗口，使得设计者可一次性直接输入相关尺寸参数，完成模型生成。其齿轮减速器箱座参数输入界面设计，如图 2-2 至图 2-5 所示，该界面通过在 TabControl 控件中设置的 4 个选项卡，将箱座参数分为外形尺寸、螺栓及安装尺寸、轴承座孔尺寸，及放油螺塞座及油标座等四部分，设计者可根据机械传动系统运动和动力设计参数获取箱座中相应要求尺寸，通过切换不同选项卡在相应尺寸的 TextBox 控件文本框中输入设计尺寸值；同时该界面左侧为箱座结构示意图，可通过示意图中尺寸标注获取尺寸符号所对应的具体位置。

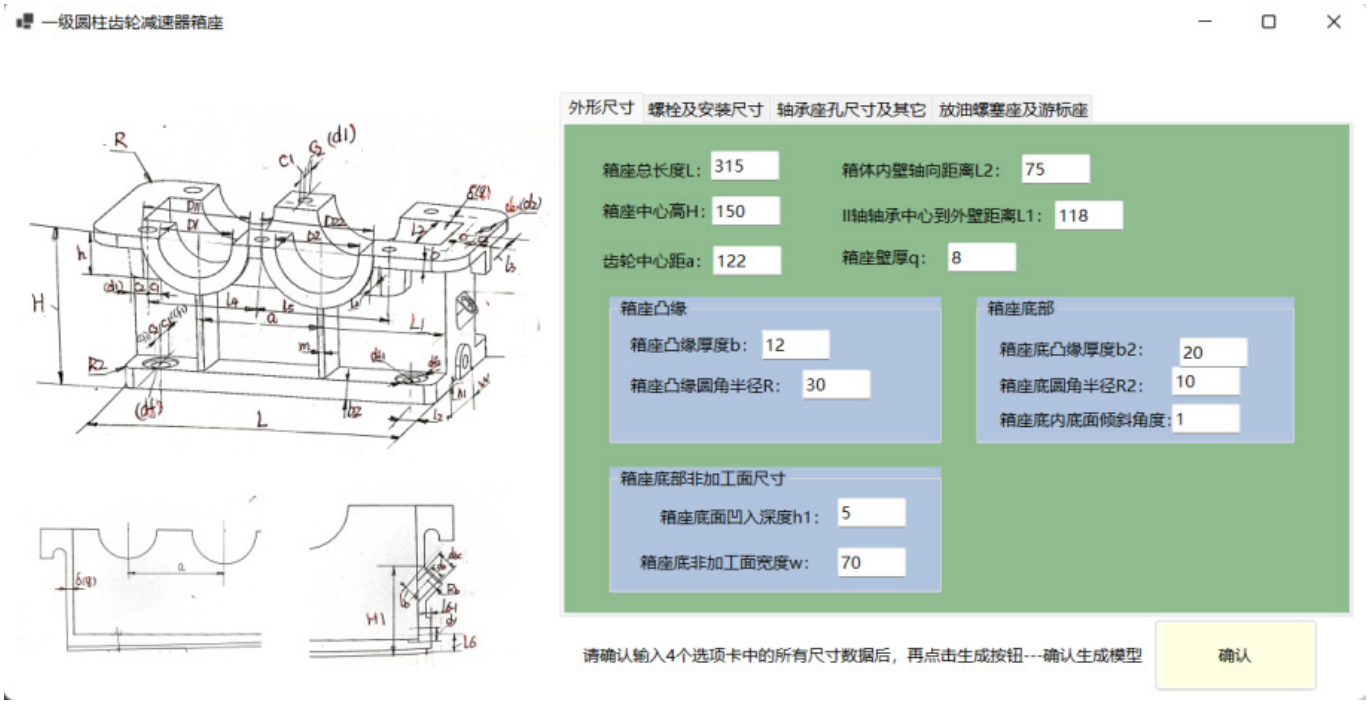


图 2-2 减速器箱座参数输入窗口设计

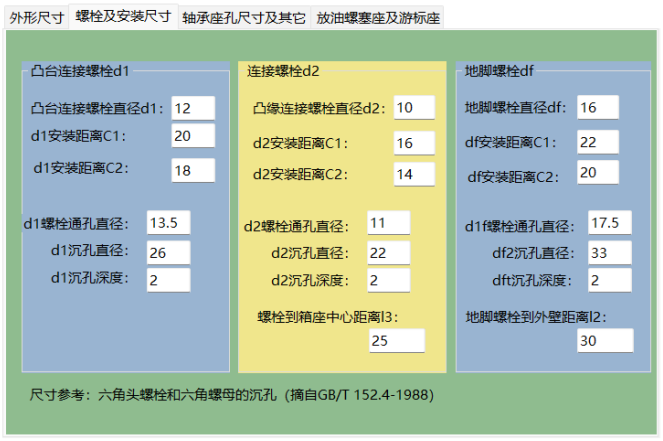


图 2-3 “螺栓及安装尺寸“选项卡窗口设计

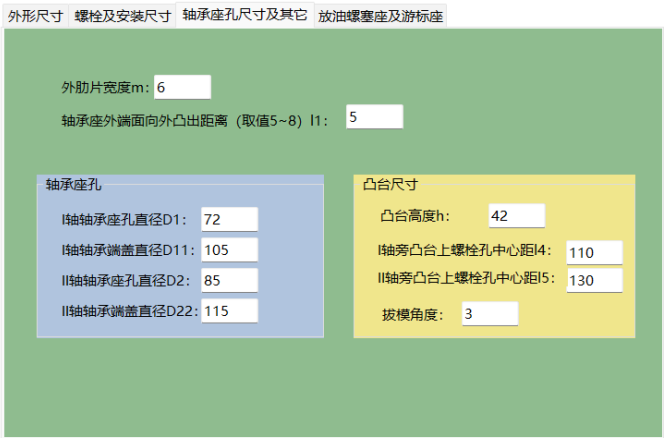


图 2-4 “轴承座孔尺寸及其它“选项卡窗口设计

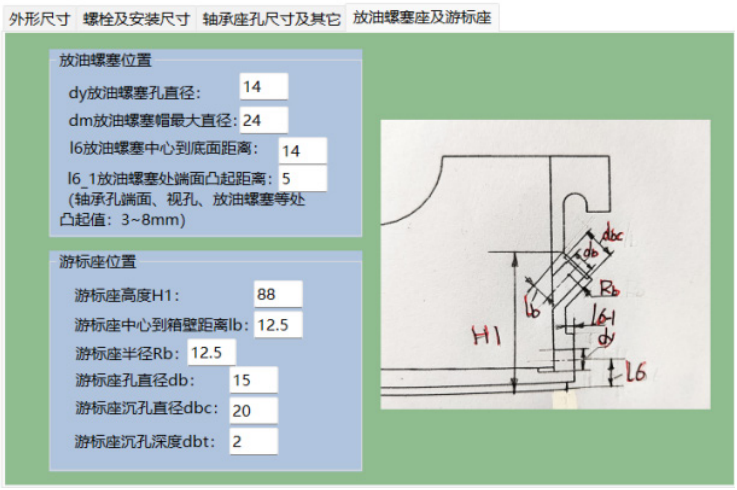


图 2-5 “放油螺塞座及油标座“选项卡窗口设计

1.1.2 轴的主要技术参数输入窗口设计

设计者需要对轴径进行初步估算的基础上对轴进行结构设计，同时为满足轴上零件的拆装、定位、固定及轴的加工的需求，轴通常设计为阶梯轴。本文中分别对小齿轮轴（即主动轴）及安装齿轮的轴（即从动轴）的结构参数进行了分析汇总，分别如图 2-6、图 2-7 所示。其中，在轴的结构中通常包括可用于安装联轴器的轴头部分，及用于安装齿轮或安装轴承的轴颈部分；轴上零部件可通过轴肩及键槽中放置键分别进行轴向或周向定位，除此之外，小齿轮轴中齿轮采用渐开直齿圆柱齿轮进行设计。因此，在轴的零件窗口设计中主要包含了齿轮参数、各轴段尺寸、键槽、倒角等四部分数据信息，尺寸输入完成后，通过点击“齿轮轴绘制确定”按钮即可自动生成模型，其中在图 2-7 所示界面中，添加了“修改键槽 - 确认”按钮，此按钮可实现在已自动生成模型中的键槽尺寸的修改。

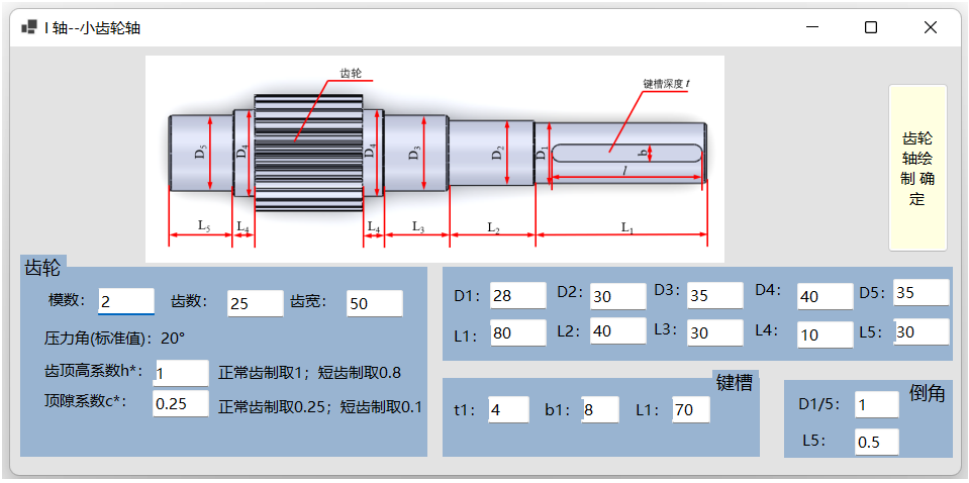


图 2-6 小齿轮轴参数输入窗口设计

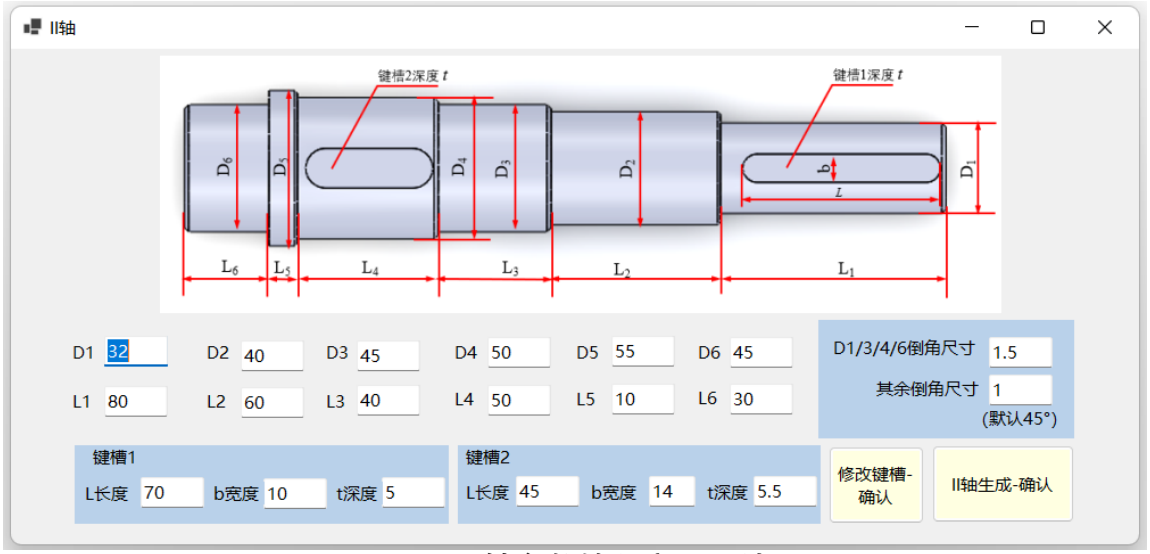


图 2-7 轴参数输入窗口设计

通过参数化设计窗口输入数据后，生成的零件模型可供后续装配后进行分析应用，同时也可通过装配模型进行模型参数验证，可同时返回零件模型或调用开发的应用程序，来修改模型参数达到最优化配合效果，模型装配结果如图 2-8 所示。

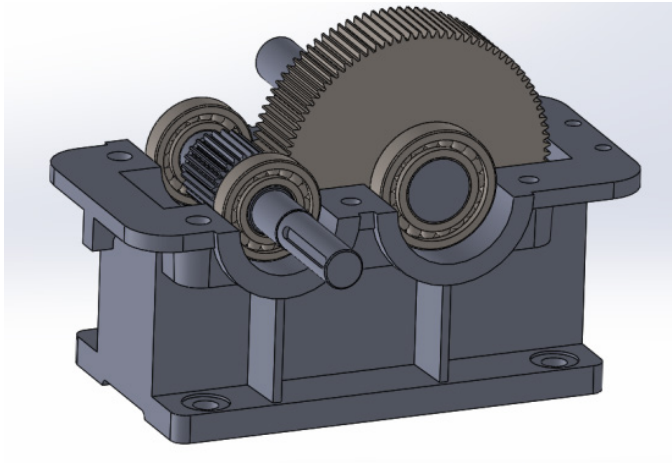


图 2-8 参数化设计模型装配验证

1.2 参数化模型程序开发

减速器参数化建模程序开发，使用了 SolidWorks 的应用程序编程接口 API(Application Programming Interface)。同时，本文以编程软件 Visual Studio 为开发平台，创建 Windows 窗体应用项目进行零件模型参数输入窗口设计，并采用 VB.net 为开发语言进行编程，最终生成相应的应用程序（*.EXE）文件，从而实现随时设计调用。在进行程序二次开发中主要涉及到关键方法问题如下。

1.2.1 模型零件的创建

通过 ISldWorks 接口获得 Solidworks 二次开发中的对象引用 [7]，其中包括对 SldWorks、ModelDoc2、SketchManager、FeatureManager 等对象的引用，可实现对零件图的新建、打开、草图绘制、及创建特征等相关程序开发。其中通过 NewDocument ( ) 方法创建零件图，主要实现程序如下：

```
Imports SldWorks
Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim swModel As ModelDoc2
Dim sketchmgr As SketchManager
Dim featmgr As FeatureManager
swApp = CreateObject("SldWorks.Application")
swApp.NewDocument("D:\零件图\齿轮减速器零件图.prtdot", 0, 0, 0)
swModel= swApp.ActiveDoc '引用当前打开文件
sketchmgr = swModel.SketchManager
featmgr = swModel.FeatureManager
```

1.2.2 圆柱齿轮渐开线的生成

齿轮轮廓曲线应用中，由于渐开线齿廓良好的传动性能，并便于制造安装、测量及互换性，而应用最为广泛。在 SolidWorks 软件中可通过渐开线的性质获得渐开线上的若干个点，继而借助样条曲线连接各点创建渐开线，但此方法建立的曲线轮廓存在一定的误差；本文采用方程式驱动创建渐开线，通过采用渐开线方程则可获得更准确的渐开线曲线。其实现程序如下：

```
involute = sketchmgr.CreateEquationSpline2(radius_b & "*(sin(t)-t*cos(t))", radius_b & "*(cos(t)+t*sin(t))","",ta,tb,False,0,0,0,True, True);
```

其中 radius_b 为基圆半径，t 为渐开线中心角的取值，其取值范围为 ta，tb。

1.2.3 对自动生成模型参数的修改与重建

在本文设计开发的项目中，可通过在参数输入窗口输入模型的参数后，点击“确认”按钮即可一键自动生成零件模型。但往往零件设计过程中一些参数需要在后续应用过程中进行反复的修改与修正，设计者可通过自动生成的模型文件中进行相应参数修改，同时也可通过重新输入修正数据后，生成零件模型，但反复重新生成模型会给计算机内存造成压力，同

时也使得设计者反复删除丢弃的文件造成重复操作，因此可在程序开发中通过零件模型EditRebuild3( ) 的方法在已生成的模型中进行参数修改与重建。本文通过此方法对“轴参数输入窗口设计”中的“修改键槽－确认”按钮进行了程序开发，即可在已自动生成模型中实现对键槽尺寸的修改，其实现程序如下：

```
Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim swModel As SldWorks.ModelDoc2
Dim sketchmgr As SldWorks.SketchManager
Dim featmgr As SldWorks.FeatureManager
swapp = CreateObject("sldworks.application")
swModel = swapp.ActiveDoc
sketchmgr = swModel.SketchManager
featmgr = swModel.FeatureManager
… …（中间省略部分为模型需要修改的尺寸程序）
swModel.EditRebuild3()
```

2 总结

本文主要以VS实现平台，使用VB编程语言，对SolidWorks软件中提供的API函数的应用完成了对典型减速器主要传动零部件模型的参数化设计开发，其中包括通过对直齿圆柱齿轮减速器主要设计数据的分析汇总设计参数化窗体，完成对主要零部件的二次开发程序编制，最终生成参数化设计应用程序供调用使用；通过设计数据输入与修改，可快速生成实体模型，缩减设计者对于减速器模型的设计周期及工作量，也可作为企业应用设计或机械类专业教学资源进行使用与参考。

参考文献：

[1] E. Jayakiran Reddy，V.Pandu. Development of knowleage based parametric CAD modeling system for spur gear: An approach[J]. Alexandria Engineering Jouraul,2018:31(9):31−49.

[2] Sehyun Myung, Soonhung Han. Knowledge−based parametric design of mechanical products based on configuration design method[J]. Expert Systems With Applications，2001，21(2)：99−107

[3] 季建华，管殿柱，李森茂等 . 基于 Solidworks 的推力球轴承二次开发 [J]. 青岛大学学报（工程技术版）.2021.36（4）：62−65

[4] 郭书英，赵立胜，李世杰等 . 基于 Solidworks 和 Excel 二次开发对零部件参数化设计研究 [J]. 河北省科学院学报 .2022.39（3）：21−24

[5] 杜虎之 . 新系列通用减速器模块化设计系统研究 [D]. 哈尔滨工业大学 .2022

[6] 王志伟，孟玲琴 . 机械设计基础课程设计 [M]. 高等教育出版社 .2009

[7] 李之圆 , 吴群彪 , 梁涛 , 陈涛 , 方海峰 . 减速器箱体的参数化建模与界面化实现 [J]. 机械设计与制造工程 ,2020,49(10):16−20.

作者简介：师晓宁 (1986.01—)，女，汉，河北省石家庄，硕士研究生，讲师，研究方向：机械设计制造。

项目信息：廊坊市科技计划项目，基于SolidWorks运动分析虚拟实验室的研究与开发（项目编码：2025011006）。