

圆柱螺旋压缩弹簧参数化建模

张信群

(滁州职业技术学院,安徽 滁州 239000)

摘要:针对复杂零件三维模型的更新过程非常繁琐的问题,研究了在 SolidWorks 环境下圆柱螺旋压缩弹簧参数化建模的方法。首先建立了圆柱螺旋压缩弹簧三维模型,将控制弹簧模型结构的特征尺寸定义为变量参数,选用 Visual Basic 6.0 作为编程工具,与 Access 2003 数据库技术相结合,开发出 VB 应用程序。在 VB 界面中通过人机对话窗口,对变量参数赋予不同的数值,自动生成圆柱螺旋压缩弹簧的系列零件。研究表明,采用参数化建模的方法,可以显著提高复杂零件三维建模的自动化程度。

关键词: SolidWorks; 圆柱螺旋压缩弹簧; 参数化建模; 特征尺寸

中图分类号: TH135.1; TP391.72

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)03-0305-05

Parametric modeling of cylindroid helical-coil compression spring

ZHANG Xin-qun

(Chuzhou Vocational Technology College, Chuzhou 239000, China)

Abstract: Aiming at solving the problem of complicated upgrading in the process of three-dimensional modeling of complex parts, the method of parametric modeling of cylindroid helical-coil compression springs in SolidWorks has been explored. The three-dimensional model of cylindroid helical-coil compression springs was firstly established and the characteristic dimensions controlling the spring structures was set as the variant parameters, the VB applications were developed by Visual Basic 6.0, combined with the technology of Access 2003 database. A series of cylindroid helical-coil compression springs can be generated automatically by assigning different values to the variant parameters through the man-machine dialogue window in the VB interface. The results indicate that the automaticity of three-dimensional modeling of complex parts can be improved significantly by means of parametric modeling.

Key words: SolidWorks; cylindroid helical-coil compression spring; parametric modeling; characteristic dimension

0 引言

弹簧是机械产品中广泛使用的通用零件,具有夹紧、减振、复位、调节等多种功能,其中圆柱螺旋压缩弹簧是最为常见的一种。

随着 CAD 技术由二维绘图发展为三维实体建模,在机械设计中,对零件进行三维实体建模已经成为必不可少的设计手段。目前我国企业中所采用的三维 CAD 软件有 SolidWorks、UG、Pro/E、SolidEdge 等,这些 CAD 软件都具有尺寸驱动功能,只要建立了零件模型,就可以通过修改某些特定的尺寸,来实现整个模型的更新,以达到调用同一系列零件的目的^[1-2]。但是这

种修改过程往往是非常繁琐的,对于弹簧这样结构复杂的零件更是如此,不仅耗费了设计人员大量的重复性劳动,造成机械产品设计的周期长、效率低,也直接影响了企业的市场竞争力。所以,有必要对所应用的三维 CAD 软件进行二次开发,建立起参数化模型库,以提高设计的自动化程度^[3-8]。

本研究探讨在 SolidWorks 环境下实现圆柱螺旋压缩弹簧的参数化建模。

1 参数化建模的过程

1.1 参数化建模的概念

参数化建模就是将控制零件模型结构形状的尺寸

参数定义为变量参数,通过对变量参数赋予不同的数值来驱动整个模型的完全更新。这种控制零件模型结构形状的尺寸称为特征尺寸。

1.2 圆柱螺旋压缩弹簧的结构分析

圆柱螺旋压缩弹簧分为有效圈和左、右支承圈,如图 1 所示。

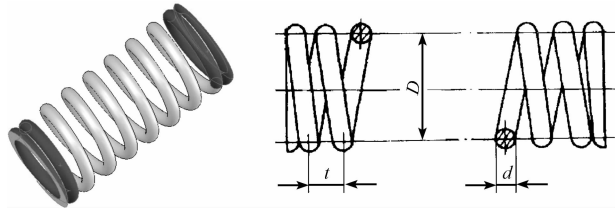


图 1 圆柱螺旋压缩弹簧的结构

有效圈是弹簧受力的主体部分,根据 GB/T2089-1994,圆柱螺旋压缩弹簧的有效圈圈数的尾数推荐用 $1/2$ 圈,只有在极个别的情况下才采用整数圈。

支承圈的两端并紧且磨平,作用是使压缩弹簧工作时受力均匀,保证轴线垂直于支承端面。支承圈数通常有 1.5 圈、2 圈和 2.5 圈三种。

影响圆柱螺旋压缩弹簧结构的主要特征尺寸是弹簧钢丝直径 d 、弹簧的中径 D_1 、弹簧有效圈的节距 t 、弹簧有效圈的圈数 n ^[9]。由于圆柱螺旋压缩弹簧是一种标准件,因而这几项特征尺寸国家标准均做了统一规定。只要它们选取不同的数值,弹簧零件结构就会随之改变。

1.3 参数化建模的过程

圆柱螺旋压缩弹簧参数化建模的过程是首先建立弹簧的初始几何模型,然后将其特征尺寸参数用相应的变量参数代替,并将国家标准规定的标准规格尺寸数值集合在一起建立变量的参数库,最后通过编写相应的程序调用参数库中的数据,对变量参数赋予不同的数值,再由 SolidWorks 软件进行模型重构。

实现参数化建模以后,在调用不同的规格圆柱螺旋压缩弹簧零件模型时,就彻底摒弃了在 SolidWorks 界面手工反复修改尺寸数值的模式,有效地减少了弹簧设计中的重复性工作。

2 圆柱螺旋压缩弹簧参数化建模的方法和步骤

2.1 建立圆柱螺旋压缩弹簧的初始零件模型

在 SolidWorks 环境下,圆柱螺旋压缩弹簧的建模可以采用将圆作为特征平面沿螺旋线扫描运算的方式而得到^[10]。

(1) 创建圆柱螺旋线。

由于弹簧有效圈和左、右支承圈的螺距和圈数不相同,在建模时应该分别画出 3 条半径相同、螺距和圈数不同的螺旋线,要注意 3 段螺旋线的起始角度和旋向设置一致,并使其首尾相接;然后将这 3 段螺旋线组合为一段曲线。

(2) 创建弹簧钢丝截面。

建立新基准面,在新建基准面内以螺旋线端点为圆心作出表示弹簧钢丝直径的圆。

(3) 创建沿螺旋线扫描特征。

以圆截面为母线,以组合螺旋线为导线,扫描后得到圆柱螺旋实体。

(4) 磨平弹簧左、右支承圈两端。

支承圈两端的磨平,则通过设置两次“切除—拉伸”特征,对弹簧左、右端支承圈两端各切除半圈来实现。

最后得到圆柱螺旋压缩弹簧零件模型,保存为“圆柱螺旋压缩弹簧.sldpet”,如图 2 所示。

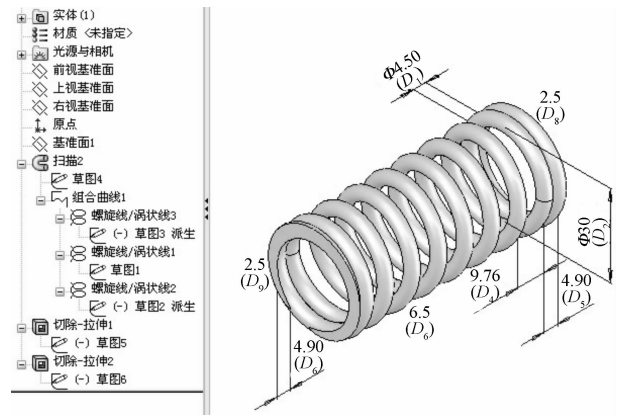


图 2 圆柱螺旋压缩弹簧零件模型

在本初始模型中,弹簧的中径 D_1 、钢丝直径 d 、弹簧有效圈节距 t 、弹簧有效圈圈数 n 均根据 GB/T2089-1994 选取: $D_1 = 30 \text{ mm}$, $d = 4.5 \text{ mm}$, $t = 9.76 \text{ mm}$, $n = 6.5$ 。

考虑到建模的要求,弹簧左、右端支承圈不能完全并紧,其节距应略大于钢丝直径 d ,可以取为 $1.1 d$,左、右端支承圈的圈数均取为 2.5 圈。

2.2 修改圆柱螺旋弹簧零件模型的特征尺寸名称

在建立零件模型时,SolidWorks 系统会为标注的尺寸默认一个尺寸名称,并且对于不同特征的尺寸名称可以重复,如图 2 中的 D_1 、 D_2 、 D_4 、 D_5 、 D_6 等等,但是这种尺寸名称极不规则,也没有明确的意义,并且可以被多个特征尺寸共用。由于这些特征尺寸就是要定义的变量参数,为了在编写程序文件时方便,应该按照一

定的规则为变量参数重新命名,并且名称应尽量接近于国标中规定的尺寸名称^[11-12]。

圆柱螺旋压缩弹簧零件模型中变量参数修改后的给定名称,如图3所示。

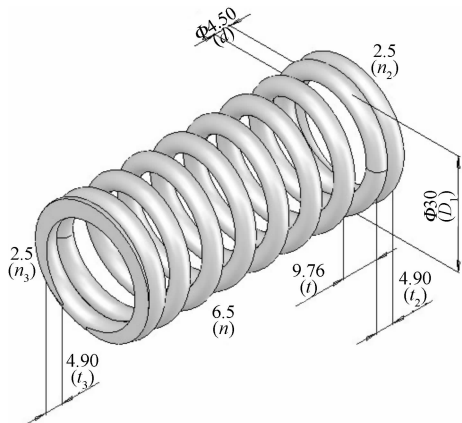


图3 圆柱螺旋压缩弹簧的尺寸名称

d —钢丝直径; D_1 —弹簧中径; n —弹簧有效圈数; t —弹簧有效圈节距; n_2 —弹簧右端支承圈圈数; t_2 —弹簧右端支承圈节距; n_3 —弹簧左端支承圈圈数; t_3 —弹簧左端支承圈节距

2.3 设计 VB 文件的窗体的界面

笔者建立了1个VB工程文件,在VB窗体上添加1个Image控件,1个Data控件,1个MSFlexGrid1控件,3个Label控件,1个Text控件和2个Combo控件,此外还要添加2个Command控件,并对各控件赋予相应的名称。窗体的界面设计如图4所示。

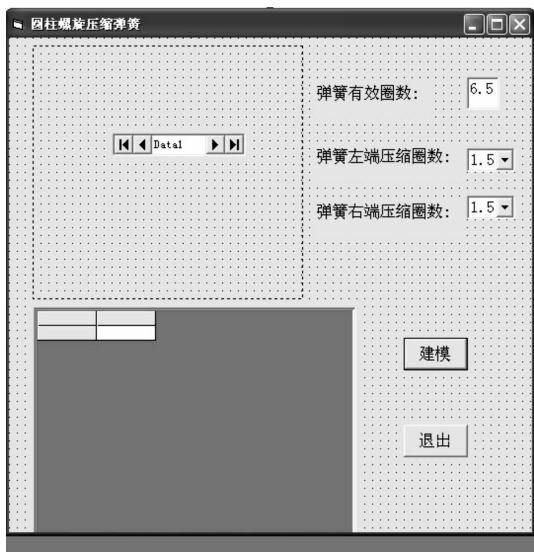


图4 圆柱螺旋压缩弹簧 VB 程序窗体的界面设计

2.4 建立弹簧零件模型变量参数的数据库文件

由于圆柱螺旋压缩弹簧是标准件,可以采用数据库技术,将特征尺寸数值按照一定数据结构形式存放

在数据库中,由数据库系统进行统一管理。

本研究选择 Microsoft Access 2003 为数据库管理系统,通过 VB 程序调用数据库中的参数数值,并且在窗体上可以看到国标规定的不同规格圆柱螺旋压缩弹簧的特征尺寸的数值,在参数化建模的同时,能够了解弹簧的各个特征尺寸,调用不但灵活,而且具有针对性。

本研究采用 Access 2003,将钢丝直径 d 、弹簧中径 D_1 、弹簧有效圈节距 t 作为变量参数,建立的数据表如图5所示。

$d \times D_1$	d	D_1	t
1×8	1	8	3.53
1×10	1	10	4.31
1.6×10	1.6	10	3.55
1.6×12	1.6	12	4.41
1.6×16	1.6	16	6.59
2×12	2	12	4.11
2×18	2	18	6.74
2×20	2	20	7.55
2.5×16	2.5	16	5.4
2.5×22	2.5	22	7.98
3×16	3	16	5.33
3×18	3	18	5.94
3.5×18	3.5	18	5.94
3.5×20	3.5	20	6.51
3.5×22	3.5	22	7.14
4×20	4	20	6.63
4×22	4	22	7.18
4×25	4	25	8.11
4×30	4	30	9.92
4.5×25	4.5	25	8.16
4.5×30	4.5	30	9.76
5×25	5	25	8.29
5×30	5	30	9.74
*	0	0	0

图5 圆柱螺旋压缩弹簧数据表

因为弹簧左、右端支承圈节距 t_3 、 t_2 与钢丝直径 d 满足一定关系,即 $t_3 = t_2 = 1.1 d$,为了使数据表简化,变量参数 t_3 、 t_2 的数值不再单独列入数据表中,而是由钢丝直径 d 的数值驱动。

2.5 编写 VB 程序代码

主要程序段如下:

(1) 设置弹簧两端支承圈的圈数:

```
Private Sub Form_Load()
    Data1.DatabaseName = App.Path & "\压缩弹簧.mdb"
    Data1.RecordSource = "表1"
    Combo1.AddItem "1"
    Combo1.AddItem "1.5"
    Combo1.AddItem "2"
    Combo1.AddItem "2.5" '设置弹簧左端支承圈的圈数以
    供选择
    Combo2.AddItem "1"
    Combo2.AddItem "1.5"
    Combo2.AddItem "2"
    Combo2.AddItem "2.5" '设置弹簧右端支承圈的圈数以
    供选择
End Sub
```

(2) 建立变量参数与数据库的连接:

```
Private Sub MSFlexGrid1_SelChange()
MSFlexGrid1.Col = 2; d = Cdbl(MSFlexGrid1.Text)
MSFlexGrid1.Col = 3; D1 = Cdbl(MSFlexGrid1.Text)
MSFlexGrid1.Col = 4; t = Cdbl(MSFlexGrid1.Text)
End Sub
```

(3) 对变量参数赋予不同的数值:

```
Private Sub Command1_Click()
Set swApp = GetObject(, "SldWorks.Application")
Set swPart = swApp.OpenDoc(App.Path & "\圆柱螺旋压缩
弹簧.SLDPRT", 1) '打开圆柱螺旋压缩零件文件
swPart.Parameter("d@草图4").SystemValue = d/1000 '
选中弹簧零件中"d"尺寸参数变量,对其进行参数化修改(注:以下
类似)
swPart.Parameter("D1@草图1").SystemValue = D1/1000
swPart.Parameter("t@螺旋线/涡状线1").SystemValue =
t/1000
swPart.Parameter("n@螺旋线/涡状线1").SystemValue =
Text1.Text
swPart.Parameter("t2@螺旋线/涡状线2").SystemValue
= 1.1 * d/1000
swPart.Parameter("t3@螺旋线/涡状线3").SystemValue
= 1.1 * d/1000
swPart.Parameter("n3@螺旋线/涡状线3").SystemValue
= Combo1.Text
swPart.Parameter("n2@螺旋线/涡状线2").SystemValue
= Combo2.Text
num1 = Combo1.Text
num2 = Combo2.Text
num3 = 1.1 * d/1000
swPart.Parameter("L2@草图5").SystemValue = (num2 -
0.5) * num3 '实现对弹簧右端支承圈的磨平
swPart.Parameter("L1@草图6").SystemValue = (num1 -
0.5) * num3 '实现对弹簧左端支承圈的磨平
End Sub
```

编制以上程序应注意的问题是:在 VB 程序中尺寸参数的数值都是以米作为单位,所以钢丝直径 d 、弹簧中径 D_1 、弹簧有效圈节距 t 和弹簧左、右端支承圈节距 t_3 、 t_2 , 均应该除以 1 000 才能转换为毫米单位。而表示弹簧有效圈圈数的变量参数 n 不是以长度单位来计量,所以应将它与长度单位的参数区别对待,不将其列入数据库中,而是在 VB 程序中另外设置一个供用户自由选择有效圈圈数的语句:

```
swPart.Parameter("n@螺旋线/涡状线1").SystemValue =
Text1.Text
```

建模时设计人员可以手动输入有效圈圈数 n 的数值。

同理,弹簧左、右端支承圈圈数 n_3 、 n_2 也不以长度单位来计量,但是它们仅能在几个有限的数值中选择,所以在 VB 窗体上添加两个 Combo 控件,由用户在下拉列表框中选择支承圈圈数,如图 6 所示。

2.6 生成“圆柱螺旋压缩弹簧.exe”文件

“圆柱螺旋压缩弹簧.exe”文件,如图 7 所示。



图 6 圆柱螺旋压缩弹簧有效圈和支承圈圈数的选择

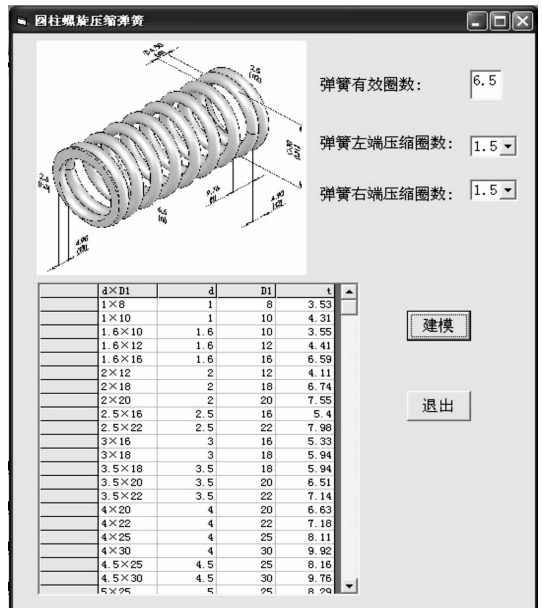


图 7 “圆柱螺旋压缩弹簧.exe”文件

EXE 文件实际上提供了一个人机对话窗口,并且可以在 Windows 环境中直接运行,非常方便。

执行 EXE 文件时,先在数据表中选择需要创建的圆柱螺旋压缩弹簧代号,然后再手动输入有效圈的圈数和选择左、右端支承圈的圈数,最后单击“建模”按钮,就可以得到相应的圆柱螺旋压缩弹簧零件模型。

3 结束语

本研究开发的程序采用人机对话的方式进行操作,可以自动生成圆柱螺旋压缩弹簧的系列零件,为广大弹簧设计人员提供较大的方便。

本程序在建立初始模型时,选择有效圈的圈数是 6.5 圈(即尾数为 0.5 圈),运行程序时,只要输入任何尾数为 0.5 的数字作为有效圈的圈数,都可以立即实现模型重构。但是如果输入的有效圈的圈数为整数,则必须调整有效圈和支承圈所在螺旋线的起始角度,使两者相适应,才能实现建模。

对圆柱螺旋压缩弹簧进行参数化建模,实际上就是建立圆柱螺旋压缩弹簧标准件库,可以为机械产品设计

提供共享资源,因而在企业中具有较大的推广价值。

参考文献(References):

- [1] 魏 铮,牟 林. SolidWorks 2004 冷冲模设计实训教程 [M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [2] GRABOWSKI H, KUNIE H, LOSSACK R, et al. Interpretation of low-level CAD data for knowledge extraction in early design stages[J]. **Lecture Notes in Computer Science**, 2002(2390):13-24.
- [3] 季 忠,王晓丽,刘 韧. 冲压模具设计自动化—SolidWorks 应用[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [4] 池 勇,辛选荣,葛中新,等. SolidWorks 二次开发研究[J]. 机械,2003,30(3):38-40.
- [5] NAHM Y E, ISHIKAWA H. A new 3D-CAD system for set-based parametric[J]. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2006, 29(1-2):137-150.

- [6] KIM S, KWEON I S. Automatic model-based 3D object recognition by combining feature matching with tracking[J]. **Machine Vision and Applications**, 2009, 16(5):67-72.
- [7] 徐宏海,华利敏,詹 宁. 基于 VB 和 Solidworks 的调弯阀参数化设计[J]. 机电工程技术,2009,38(4):30-32.
- [8] 黄永宁,姜玲莲,李化杰,等. 基于 Solidworks 的时效炉送料车参数模块化设计[J]. 机电工程技术,2009,38(9):36-38.
- [9] 刘春义,杨胜强. 圆柱压缩弹簧参数化建模[J]. 机械管理开发,2007(8):71-72.
- [10] 王秀凤. SolidWorks 冷冲压模具设计教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [11] 张信群. 基于 SolidWorks 配置功能建立和调用冲模标准件库[J]. 模具工业,2009,35(8):6-11.
- [12] TAI Li-gang, LI Dian-qi. Research on integrating customization design for mechanical product [J]. **Frontiers of Mechanical Engineering in China**, 2007, 2(1):89-93.

[编辑:柴福莉]

(上接第 268 页)

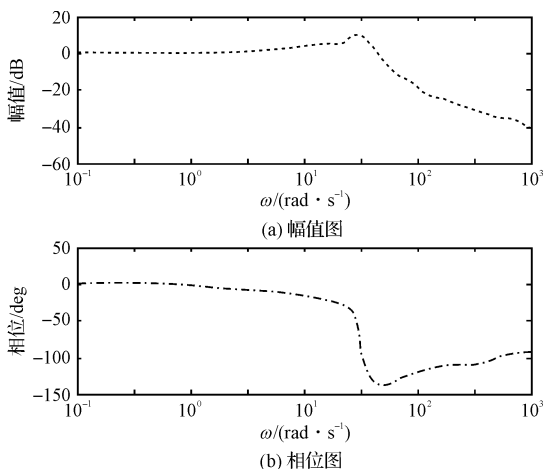


图 12 系统 Bode 图

由对系统的 Bode 图的分析,可得系统的相位裕度大于 45° ,幅值裕度足够大,系统的稳定性能很好^[11]。

4 结束语

本研究设计的基于液压转角伺服液压关节响应频率高,工作平稳性好,控制精度高,带负载能力强,可以在提供大力矩的前提下减小机器人关节尺寸,应用前景广阔。

参考文献(References):

- [1] 卢菊仙,李树立,焦宗夏. 一种有限角度旋转式电液伺服阀[J]. 液压气动与密封,2005(4):40-42.

- [2] DUBUSA G, DAVIDA O, NOZAISA F, et al. Assessment of a water hydraulic joint for remote handling operations in the divertor region[J]. **Fusion Engineering and Design**, 2008(83):1845-1849.
- [3] MEASSON Y, DAVID O, LOUVEAU F, et al. Technology and control for hydraulic manipulators[J]. **Fusion Engineering and Design**, 2003(69):129-134.
- [4] NIEMINENA P, ESQUEA S, MUHAMMAD A, et al. Water hydraulic manipulator for fail safe and fault tolerant remote handling operations at ITER[J]. **Fusion Engineering and Design**, 2009(84):1420-1424.
- [5] 朱兴龙,周骥平,周建华. 三自由度液压伺服关节动力学模型简化[J]. 扬州大学学报:自然科学版,2005,8(1):46-49.
- [6] 朱兴龙,周骥平,颜景平. 一种新型的三自由度垂直相交运动解耦液压伺服关节的设计[J]. 中国机械工程,2002,13(21):1824-1826.
- [7] 梁锡昌,王光建,郑小光. 基于螺旋机构的旋转作动器研究[J]. 航空学报,2003,24(3):282-285.
- [8] 朱兴龙,周骥平. 一种液压伺服关节稳定性及其稳态误差分析[J]. 控制工程,2006,13(1):87-90.
- [9] 杨 勇. 液压伺服系统自适应模糊变结构控制[J]. 电子学报,2008,36(1):86-89.
- [10] 田源道. 电液伺服阀技术[M]. 北京:航空工业出版社,2008.
- [11] 吴丽华,高红俐,齐子诚. 基于虚拟仪器的径向柱塞液压泵测试系统[J]. 轻工机械,2009,27(6):59-61.

[编辑:张 翔]