

# 基于 VB 和 AGW 的渐开线直齿圆柱齿轮 PROE 模型二次开发

骆海涛<sup>1,2</sup>, 王洪光<sup>2</sup>

(1. 中国科学院大学, 北京 100049; 2. 中国科学院 沈阳自动化研究所, 沈阳 110016)

**摘要:** 利用 Pro/Engineer (PROE) 建立了渐开线直齿圆柱齿轮的参数化模型, 并通过 Visual Basic (VB) 和 Automation Gateway (AGW) 来对其进行二次开发, 设计了专门的程序界面用以驱动 PROE 来建立不同参数的齿轮模型。该种开发方法具有普遍适用性, 它为个人标准件库的定制创造了条件, 并且为后续产品的结构参数优化以及系列化生产提供了技术支持。

**关键词:** 渐开线直齿圆柱齿轮; 二次开发; 参数化模型

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## PROE Re-development for Involute Spur Gear Based on VB and AGW

LUO Hai-*tao*<sup>1,2</sup>, WANG Hong-*guang*<sup>2</sup>

(1. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 2. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** This Paper mainly establish involute spur gear parametric model using PROE and carry out re-development based on Visual Basic (VB) and Automation Gateway (AGW). In Pro/Engineer (PROE), it is to design the special program interface for creating gear model with different parameters. The re-development method has general application ranges. It creates the conditions for personal standard parts library custom, and provides technical support for parameter optimization and serialized production of subsequent products.

**Key words:** involute spur gear; re-development; parametric model

## 0 引言

PROE 是当今世界上应用最为广泛的 CAD 软件之一, 具有单一数据库、参数化建模、基于特征和数据全相关等特点<sup>[1]</sup>。它改变了机械设计的传统观念, 并成为了当今世界机械设计领域的新标准。与此同时, 我们所遇到的问题是想要建立出某些复杂产品或是同类样式产品的三维模型可能会需要大量的时间。因此, 如果能在软件自身环境中开发出适合本单位产品的应用程序, 无疑会大大提高产品的设计效率, 加快产品的更新速度, 从而提高企业市场的竞争力。

PROE 具有强大的二次开发功能, 其二次开发工具 Pro/Toolkit 是以 C 语言为依托, 向用户提供了大量针对 PROE 底层资源调用的库函数和头文件<sup>[2-3]</sup>。但是, 用 Pro/Toolkit 进行二次开发需要具有 Visual C++ 或 C 语言的编程功底。相对于 VB 来说 C 语言是一种比较难学的语言, 这令许多想从事二次开发的人望而却步。

AGW 是 RAND 公司开发的针对 PROE 软件的二次开发工具, 它与 PROE 系统自带的二次开发工具 Pro/Toolkit 相比, 具有简单易用的优点。AGW 是用 VB 语言来建立内部应用程序并控制 PROE 中三维模型的建立, 从而更加方便地建立起适合本单位使用的二次开发产品库<sup>[4-5]</sup>。在产品的开发设计过程中, AGW 在二者之间起到了桥梁和连接纽带的作用, 如图 1 所示。

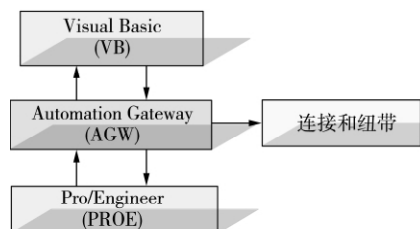


图 1 VB、PROE 和 AGW 三者之间的关系

除此之外, AGW 还可以访问 PROE 大部分的底层资源文件, 而这些资源文件正是我们经常用到的, 并且 VB 语言容易掌握, 使用起来非常方便。所以对

于初学者来说,特别是对那些C语言一窍不通的用户,利用VB在AWG的帮助下对PROE进行二次开发是一项比较简单的过程,极大便利了用户的需求和产品的推广。

### 1 渐开线直齿圆柱齿轮的建立

渐开线直齿圆柱齿轮的三维模型不是由程序创建的,而是利用交互方式生成的。在已创建的齿轮模型基础上,进一步根据设计要求和可选变量建立一组可完全控制齿轮形状和大小设计参数<sup>[6]</sup>。参数化程序针对齿轮的设计参数进行编程,从而实现设计参数的检索、修改和更新功能,其具体的实现过程如图2所示<sup>[7-10]</sup>。



图2 渐开线直齿圆柱齿轮参数化过程

这种设计过程是要建立一个正确的齿轮三维基础模型,所谓正确要包括以下三点。

- (1) 齿轮在造型设计时,各特征的创建要有正确的顺序和参照,以免在修改、压缩和删除某些特征时会影响到齿轮的其他特征而发生错误,从而导致整个模型更新失败。
- (2) 利用关系表达式和设计变量来对齿轮模型各尺寸参数和约束函数进行完全控制。
- (3) 齿轮各设计变量的取值范围要符合机械设计或机械原理中的主要关系式,以其保证所生成的齿轮模型具有可加工和可实现性。

这里,选取了渐开线直齿圆柱齿轮在建模过程中所需的一组基本参数来作为齿轮基础模型的设计变量,如表1所示。

表1 渐开线直齿圆柱齿轮设计变量定义

参数名称	设计变量
齿数	$z$
模数	$m$
压力角	$alpha$
齿顶高系数	$hax$
顶隙系数	$cx$
齿宽	$b$
变位系数	$x$

在此基础上,我们还需要定义渐开线直齿圆柱齿轮的其他导出变量,如下表2所示。

表2 渐开线直齿圆柱齿轮导出变量定义

参数名称	导出变量
齿顶高	$ha = (hax + x) * m$
齿根高	$hf = (hax + cx - x) * m$
分度圆直径	$d = m * z$
基圆直径	$db = d * cos(alpha)$
齿顶圆直径	$da = d + 2 * ha$
齿根圆直径	$df = d - 2 * hf$

渐开线直齿圆柱齿轮齿廓渐开线方程如下:

$$\begin{cases} x = r * \cos\theta + r * \sin\theta * \theta * pi/180 \\ y = r * \sin\theta - r * \cos\theta * \theta * pi/180 \\ z = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中  $r$ —基圆半径且  $r = db/2$ ;  $\theta$ —角度变量且  $\theta = t * 45$ ;  
在PROE软件中建立好的渐开线直齿圆柱齿轮基础三维模型,如图3所示。



图3 渐开线直齿圆柱齿轮三维模型

为了保证基础模型的正确,避免模型更新失败,需要添加一组齿根圆角的约束关系式。

$$\begin{cases} sd0 = 0.38 * m & (hax \geq 1) \\ sd0 = 0.38 * m & (hax < 1) \end{cases} \quad (2)$$

式中  $sd0$ —齿根圆角半径。

### 2 参数化用户交互界面的建立

打开已经创建的渐开线直齿圆柱齿轮三维基础模型(G:\PROE\EXCISE\gear.prt)。查看齿轮的基本特征尺寸、主要设计变量符号和相关参数的关系式,具体步骤为:

- (1) 启动Pro/Engineer Wildfire 3.0软件;
- (2) 启动Automation Gateway 4.2软件,并确保连接成功。只有当出现连接成功界面时,才可以进行接下来的工作。否则,要找到连接错误的原因,再次进行连接。
- (3) 启动微软Visual Basic 6.0,在新建项目对话框里选择工程类型为“Standard EXE”(标准EXE工程)。
- (4) 向此项目中添加Automation Gateway ActiveX控件。添加此控件的作用是向工程中添加AGW各种函数和类的定义<sup>[11]</sup>。在Project菜单下选择Reference选项,在弹出的对话框中找到GWAX RAND Automation Gateway V2.0-Type Library并添加,操作过程如图4所示。

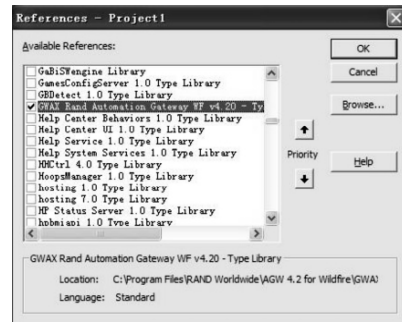


图4 在References对话框中添加AGW控件

- (5) 在新建工程的Form1面板中建立一个框架控件,将其Caption属性改名为“直齿圆柱齿轮参数”。

化建模”。接着,在该框架控件内部放置 7 个标签控件( Label1-Label7) 和 7 个文本框控件( Text1-Text7)。最后,将每个标签控件的 Caption 属性依次更改为“齿数”、“模数”、“压力角”、“齿宽”、“齿顶高系数”、“顶隙系数”和“变位系数”,并将所有文本框控件的 Caption 属性设置为无。

为了更加形象化的表达所设计的用户界面,在其内部添加一个 Picture 控件,并将事先绘制好的齿轮模型链接到图片控件中。最后,在框架控件的下方添加一命令按钮( CommandButton) 并将其 Caption 属性更改为“建立齿轮模型”。至此,渐开线直齿圆柱齿轮参数化用户交互界面建立完毕,如图 5 所示。



图 5 渐开线直齿圆柱齿轮参数化用户交互界面

### 3 参数化应用程序的建立

#### 3.1 编写程序代码

(1) 首先,要声明一个 Automation Gateway 对象。具体的声明方法为:在 Project1-Form1 (Code) 窗口内左上方选择 General,右上方选择 Declaration。然后添加如下代码:

```
Public gateway1 AS New GwayAX
```

(2) 建立按钮双击事件。双击“建立齿轮模型”该命令按钮并在随后打开的代码窗口里面左上方选择 Command1,右上方选择 Click 事件,如图 6 所示。代码窗口添加如下语句:

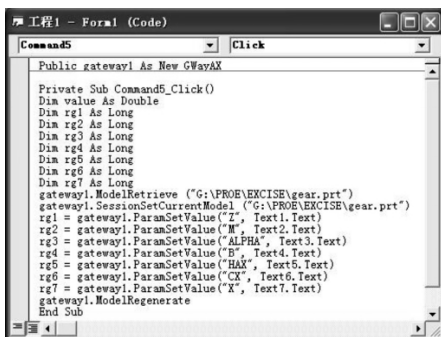


图 6 命令按钮的程序代码窗口

```
Private Sub Command1_Click()
Dim value As Double
Dim rg1 to rg7 As Long
gateway1. ModelRetrieve (" G: \PROE\EXCISE\gear. prt")
gateway1. SessionSetCurrentModel (" G: \PROE\EXCISE\
gear. prt")
rg1 = gateway1. ParamSetValue(" Z" ,Text1. Text)
rg2 = gateway1. ParamSetValue(" M" , Text2. Text)
```

```
rg3 = gateway1. ParamSetValue(" ALP - " ,Text3. Text)
rg4 = gateway1. ParamSetValue(" B" ,Text4. Text)
rg5 = gateway1. ParamSetValue(" HAX" ,Text5. Text)
rg6 = gateway1. ParamSetValue(" CX" ,Text6. Text)
rg7 = gateway1. ParamSetValue(" X" ,Text7. Text)
gateway1. ModelRegenerate
End Sub
```

上段代码解释为:首先,将 G 盘根目录下的齿轮模型“gear. prt”调入内存;接下来,将其设为激活状态并在 PROE 窗口内显示;然后,对该三维基础模型的 7 个设计变量( Z、M、ALPHA、B、HAX、CX 和 X) 分别赋以它们所对应的文本框内的初值。最后,将模型再生即可生成该组参数下齿轮的三维模型,主要函数解释如下:

- ModelRetrieve( ): 将齿轮基础模型(. prt 文件) 调入 PROE 内存,但并不在软件的屏幕中显示。它的函数原型为:

```
Object. ModelRetrieve( string expression)
```

其中, Object 是所定义的 Rand Gateway Automation 对象名称,在这里为我们定义的 Gateway1。String expression 是指向 Pro/Engineer 模型的字符串表达式,因为要打开的是 G 盘根目录下的 gear. prt 文件,所以此处表达式为: "G: \PROE\EXCISE\gear. prt"。

- SessionSetCurrent( ): 将齿轮的零件模型从 PROE 内存中调出并显示。它的函数原型为:

```
Object. SessionSetCurrentModel( modelName)
```

其中, modelName 是指向 Pro/Engineer 软件中齿轮模型的字符串表达式,此处为 G: \PROE\EXCISE\ gear. prt。

- ParamSetValue( ): 用于设置 PROE 中齿轮零件的设计变量值。函数原型:

```
Object. ParamSetValue ( ParamName , ParamVal ,
[feat Name ] , [model Name ])
```

其中,这里面对相关变量的解释如下:

ParamName 是必需项,指的是合法的 PROE 参数名称,在此例中就是指 gear. prt 模型的 7 个参数: Z (齿数)、M(模数)、ALPHA(压力角)、B(齿宽)、HAX (齿顶高系数)、CX(顶隙系数)和 X(变位系数)。

ParamVal 也是必需项,指的是代表合法的 PROE 参数值的字符串变量。

feat Name 和 model Name 都是可选项。它们所代表的意思是所要设定数值的参数所属的特征和模型名称。如果不指定的话,它则是指向 PROE 软件处于当前激活状态的模型的参数。

- ModelRegenerate: 用于齿轮模型的再生。

(3) 所有代码编写完毕后,即可将其存盘,并保存成 EXE 格式的可执行文件,以备下次脱离 VB 环境可以直接执行。

#### 3.2 执行程序文件

(1) 首先,打开 PROE 软件。在其文件菜单中调用渐开线直齿圆柱齿轮的基础模型。

(2) 双击前面由 VB 生成的可执行程序文件,会在屏幕上显示所涉及的用户交互界面,如图 7 所示。在文本框中分别输入不同的齿数、模数、压力角、齿宽、齿顶高系数、顶隙系数和变位系数的数值,然后单击“建立齿轮模型”的按钮,就可以生成了所需要的齿轮模型。



图 7 生成渐开线直齿圆柱齿轮

#### 4 结论

以渐开线直齿圆柱齿轮为例,着重介绍了如何利用 VB 和 AGW 来对 PROE 进行二次开发,该种方法的优点主要有:

(1) 与采用 Pro/Toolkit 的 C 语言进行二次开发相比,VB 语言相对简单易学,不需要较深厚的编程功底。

(2) AGW 软件提供了大量与 PROE 软件进行编程接口的函数,可以方便用户的调用。而且,其函数库还在不断地扩展之中,完全可以满足绝大多数用户的需求。

(3) 该方法编程速度快、效率高,程序不易出错,极大地提升了产品设计的工作效率。

但是,我们还应该看到的是由于 AGW 在 VB 和

PROE 两款软件中起到了桥梁和连接纽带的作用。因此,其所生成的应用程序比直接应用基于 Pro/Toolkit 开发的程序在执行过程中可能要慢一些。尽管如此,它对于某些特定任务的工程需求,在不影响效率的前提下,该方法也无疑很好地实现了我们的既定目标。

#### [参考文献]

- [1] 肖黎明. Pro/ENGINEER 野火版零件设计完全解析[M]. 北京:中国铁道出版社,2011.
- [2] 张继春. Pro/ENGINEER 二次开发实用教程[M]. 北京:北京大学出版社,2003.
- [3] 吴立军,陈波. Pro/ENGINEER 二次开发技术基础[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [4] 刘龙. 基于 VB 和 Automation Gateway 的 Pro/E 二次开发探讨[J]. 金属加工,2008,19:65-67.
- [5] 岳震,张奉禄. 基于 VB 的 AUTOCAD 二次开发[J]. 机械设计与制造,2002(1):25-26.
- [6] 周建刚,张伟,薛森. 基于 Pro/E Wildfire 渐开线圆柱齿轮几何模型的建立[J]. 煤矿机械,2010,31(1):225-226.
- [7] 王志奎,赵军. VB 环境下应用 Pro/E 与 AGW 进行搓齿模具参数化设计[J]. 锻压技术,2009,34(4):102-105.
- [8] 刘庆立,曹巨江. 基于 AGW 和 Pro/E 的平面凸轮参数化三维建模技术的研究[J]. 陕西科技大学学报,2008,26(5):122-125.
- [9] 崔彦彬,姚志岗. 采用 Automation GATEWAY 实现蜗杆的参数化建模[J]. 仪器仪表与分析监测,2008(4):22-23.
- [10] 王跃进,陶良云. 基于 Automation Gateway 的塔机套架参数化设计[J]. 建筑机械,2005:186-87.
- [11] 王勇,王维. 基于 Pro/E 和 AGW 的腔体式滤波器参数化设计[J]. 机械工程师,2011(1):98-99.

(编辑 李秀敏)

(上接第 39 页)

#### 5 总结

本文根据机床的动力学特性求解奇异域大小,并以此作为判断标准,提出一种几何算法,可以根据起始刀轴矢量和终止刀轴矢量,在未经插补的时候,预知五轴加工是否会经过奇异域,并且对加工处于的奇异域状态进行了分类,在后续处理的过程中针对不同的奇异域类型采用不同的插补方法,能够有效的解决奇异问题,避免加工中出现各轴变化量突变和造成机床的损坏,同时也可以减小非线性误差,具有实用性。

表 3 原始刀位点

	$px$	$py$	$pz$	$i$	$j$	$k$
1	-60.62	53.0655	36.024	0.0279	0.0918	0.9954
2	-58.15	55.4104	36.924	0.0241	0.0695	0.9973
3	-55.53	57.7527	37.792	0.0189	0.0387	0.9991
4	-51.36	61.2659	39.034	0.0140	0.0066	0.9999
5	-49.93	63.4344	39.441	0.0000	0.0000	1
6	-48.50	65.6029	39.848	-0.0140	-0.0066	0.9999
7	-44.33	69.1161	41.090	-0.0189	-0.0387	0.9991
8	-41.71	71.4584	41.958	-0.0241	-0.0695	0.9973
9	-39.24	73.8033	42.858	-0.0279	-0.0918	0.9954

#### [参考文献]

- [1] AFFOUARD. A, DUC. E, LARTIGUE. C, et al. Avoiding 5-axis singularities using tool path deformation[J]. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2004, 44(4):415-425.
- [2] MUNLIN. M, MAKHONOV. S. S, BOHEZE. L. J. Optimization of rotations of five axis milling machine near stationary points[J]. Computer Aided Design, 2004, 36(12):1117-1128.
- [3] MAKHONOV. S. S, MUNLIN. M. Optimal sequencing of rotation angles for five-axis machining. International Journal of Advanced Manufacture Technology, 2007, 35:41-54.
- [4] KNUT. S. Inverse kinematics of five-axis machines near singular configurations[J]. International Journal of Machine Tools&Manufacture, 2007, 47(2):299-306.
- [5] 王丹,陈志同,陈五一. 五轴加工中非线性误差的检测和处理方法[J]. 北京航空航天大学学报,2008,34:1003-1006,1091.
- [6] 王峰,林浒,郑颢默,等. 五轴加工奇异区域的检测和处理[J]. 计算机集成制造系统,2011,17(7):1435-1440.
- [7] 王峰,林浒,刘峰,等. 五轴加工奇异区域内的刀具路径优化[J]. 机械工程学报,2011,47(19):174-180.
- [8] Shen Bin, Qi Dangjin, Fan Liuqun etc. Singular problem and improved plane interpolation algorithm[C]. 2011 International Conference on Advanced Engineering Materials and Technology, AEMT 2011.

(编辑 赵蓉)