

UG 二次开发在波纹管设计中的应用

何志勇, 周云端

(西安航天动力研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 波纹管是液体火箭发动机摇摆环节的一个重要部件, 各型号发动机的波纹管尺寸参数不尽相同, 为便于快速进行波纹管建模, 提出了一种利用 UG 二次开发技术的参数化建模方法。通过对波纹管几何参数进行分析, 确定出波纹管三维建模的思路, 再利用 UG 二次开发工具, 实现波纹管参数化建模。着重研究了 UG 二次开发中利用 VC 的 MFC 方法和步骤、菜单定制与设计技术。开发的交互式波纹管设计程序可有效地实现波纹管的参数化三维建模, 节省设计人员的大量时间。

关键词: 波纹管; 三维建模; UG/Open; 二次开发

中图分类号: V434

文献标识码: A

文章编号: (2010) 03-0033-06

Design of bellows based on UG secondary development technique

He Zhiyong, Zhou Yunduan

(Xi'an Aerospace Propulsion Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: Bellows are important parts used for liquid rocket engine gimbaling. The geometric parameters of the bellows are different for various engines. In order to model the bellows in short time, the technique based on secondary development of the UG software is proposed. The geometric parameters of the bellows are analyzed to obtain the modeling process. The secondary development tool using UG is used to build the model of the bellows. The method using MFC to develop the program is discussed in detail. The program developed in this paper can model the bellows effectively in short time.

Key words: bellows; 3D modeling; UG/Open; secondary development

收稿日期: 2009-09-13; 修回日期: 2009-10-20。

作者简介: 何志勇 (1978—), 男, 工程师, 研究领域为液体火箭发动机试验数据分析研究。

0 引言

波纹管广泛应用于航天、航空、机械等工业部门,到本世纪初,波纹管的作用和重要性愈来愈大。波纹管有许多形式,就波的形式而言,波纹管有 U、 Ω 、C 形等。波纹管是火箭发动机摇摆环节的一个重要部件,用于发动机的摇摆部分与不摇摆部分之间连接,连接部件主要是多层 U 形波纹管。U 形波纹管尺寸结构参数包括单层壁厚、层数、波高、波距、波数和层数等。

UG 是目前最流行的 CAD/CAE/CAM 一体化软件系统,广泛应用于航空航天、汽车等领域。此软件不仅具有强大的实体造型、曲面造型、参数化造型、装配和工程图创建等功能,还提供了强大的二次开发工具 UG/Open。UG/Open 是 UG 二次开发的工具集,是 UG 软件为用户或第三方开发人员提供的最主要的开发工具。此工具随 UG 一起发布,是开放性架构,为不同软件平台的二次开发提供了灵活的支持,UG/Open 应用程序大多数是在 Microsoft Visual C++ 环境下编译生成的。UG/Open 开发工具主要包括:UG/Open API、UIStyler、MenuScript 及 UG/Open GRIP。本文对波纹管 CAD 几何形式进行分析后,建立波纹管几何三维建模思路,根据此建模思路,创建波纹管建模菜单。以 VC6.0++ 作为平台,UG/Open 作为工具开发波纹管几何三维建模程序,并利用面向对象和窗体建立功能创建方便快捷的波纹管三维建模窗口。该方法能辅助进行液体火箭发动机波纹管设计,并快速实现波纹管三维建模。

1 UG 二次开发工具简介

UG/Open 开发工具主要包括:UG/Open MenuScript、UG/Open UIStyler、UG/Open API 及 UG/Open GRIP。

UG/Open MenuScript 开发工具主要用来对 UG 软件的操作界面进行用户化开发,无须编程即可对 UG 标准菜单进行添加、重组、裁减或集成用户自己开发的软件功能;利用 UG/Open

MenuScript 定义 UG 中的菜单是通过编辑纯文本的菜单脚本文件 (*.men) 来实现的。开发人员可以通过添加自己定义的菜单脚本文件或修改 UG 标准菜单文件来添加自定义的用户菜单。

UG/Open UIStyler 是一个可视化对话框编辑器,用于创建类似 UG 风格的交互界面。UIStyler 模块所支持的控制类丰富,且在存储对话框文件的同时,会自动生成与该对话框相对应的 .c 文件和 .h 文件,大大节省用户的开发时间。

UG/Open API 开发工具提供了 UG 软件直接编程接口,支持 C、C++ 等高级语言,是一个允许程序访问并改变 UG 对象模型的程序集。UG/Open API 封装了近 2000 个 UG 操作函数,通过它可以对 UG 的图形终端、文件管理系统和数据库进行操作,几乎所有能在 UG 界面上的操作都可以用 UG/Open API 函数实现。

UG/Open GRIP 开发工具是一种专用的图形交互编程语言,开发者可以用 GRIP 编程的方法实现在 UG 下进行的大部分操作。

2 波纹管三维几何建模

2.1 波纹管结构特点

波纹管的性能取决于它的结构,而不同的结构反映在波型上,波型是指沿轴向剖开后的波纹型式和形状。波纹管的波型基本上有 U 型、 Ω 型、C 型,为了提高承压能力和降低刚度,也有多层波纹管。火箭发动机主要用多层 U 形波纹管,本文主要是 U 形波纹管 UG 二次开发。U 形波纹管的结构特点如图 1 所示。波纹管结构参数主要有单层壁厚、层数、波高、波距和波数等。

2.2 UG/Open GRIP 程序建模

U 形波纹管几何建模方法有很多种,如首先建立圆柱,然后在圆柱中开凹槽,最后开孔。多层 U 形波纹管建模如果用这种方法,建模步骤将变得较为复杂。另外一种建模方法可首先画波纹管剖面,然后使用 UG 旋转特征便可得到多层 U 形波纹管模型。这种方法建模步骤简单,因此本文采用剖面旋转方法建模,并使用 UG/Open GRIP 工具编程。

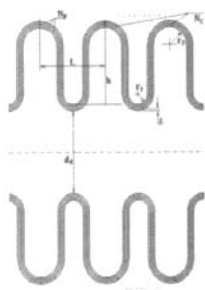


图 1 波纹管结构

Fig.1 Structure of the bellow

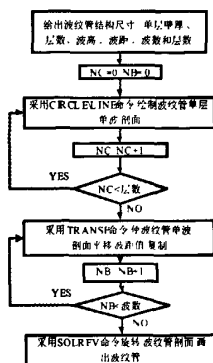


图 2 波纹管建模程序流程

Fig.2 Flow of the bellow modeling process

在 UG/Open GRIP 中, 波纹管几何建模编程流程为: 首先画波纹管轴向剖面, 然后以波纹管轴向为旋转中心, 将剖面旋转 360 度, 得多层 U 形波纹管几何模型, 程序流程如图 2 所示。在波纹管建模程序中, 要定义点、直线、圆弧、实体和数据变量, 并使用直线和圆弧命令, 取直线、圆弧始点和终点命令, 几何平移命令和几何旋转命令。

定义点、直线、圆弧、实体命令用 ENTITY 命令, 定义数据变量命令采用 NUMBER 命令。

直线命令语句为 LINE, 如: line=LINE/poc1, poc2, 式中 poc1, poc2 是几何点变量。

圆弧命令语句是 CIRCLE, 如: cr=CIRCLE/CENTER,PT,RADIUS,ro,START,j1,END,j2, 式中 PT 是圆弧中心点, ro 是半径, j1 和 j2 是初始和结束角度。

取直线、圆弧初始点语句是 &SPOINT, 如: poc=&SPOINT (cr)。

取直线、圆弧终点语句是 &EPOINT, 如: poc=&EPOINT (cr), 式中 cr 是直线或圆弧变量。

定义几何平移矩阵为 MATRIX, 如: mat=MATRIX/TRANSL,x,y,z, 式中 x、y、z 是几何在 x、y、z 轴上平移的值。

几何平移命令是 TRANSF, 如: cr11=TRANSF/mat,cr1, 式中 mat 是几何平移矩阵, cr1 是几何变量。

几何旋转命令是 SOLREV, 如: ent=SOLREV/cr1 (i1..i2),ORIGIN,0,0,0,ATANCL,360,AXIS,0,1,0, 式中 cr1 (i1..i2) 几何变量, ORIGIN,0,0,0 是定义基本点, ATANCL,360 是定义旋转角度, AXIS,0,1,0 是定义旋转轴。

UG/Open GRIP 的波纹管几何建模程序编完, 要 UG/Open API 程序调用, 这两种程序要有波纹管几何参数变量传递, 在 UG/Open GRIP 程序要用 ufargs 定义变量, 如: ufargs/dd, bg,bh,ro,ri,cs,bs。

波纹管几何建模 UG/Open GRIP 程序:

NUMBER/dd,bg,bh,ro,ri,cs,bs

ENTITY/PT (3),cr1 (800),cr2 (800),cr3 (800),.....

NUMBER/poc1 (3),poc2 (3),mat (12)

ufargs/dd,bg,bh,ro,ri,cs,bs //定义 UG/Open API 程序接口变量

.....

cr1 ((i-1)*bs+1)=CIRCLE/CENTER,PT (1),RADIUS, (ro+ (i-1)*bh),START,90,END,180 //圆弧命令

.....

poc1=&SPOINT (cr1 ((i-1)*bs+1))

poc2=&SPOINT (cr2 ((i-1)*bs+1))

//取圆弧初始点命令

lin1 ((i-1)*bs+1)=LINE/poc1,poc2

//直线命令

.....

mat=MATRIX/TRANSL,0,y,0

//平移矩阵命令

```
cr1 (jj+i) =TRANSF/mat,cr1 (jj)
//几何平移命令
lin1 (jj+i) =TRANSF/mat,lin1 (jj)
.....
ent (ia) =SOLREV/cr1 (i1..i2) ,cr2 (i1..i2) ,
cr3 (i1..i2) ,cr4 (i1..i2) ,lin1 (i1..i2) ,lin2 (i1..i2) ,
lin (2*ia) ,lin (2*ia-1) ,ORIGIN,0,0,0,ATANGL,
360,AXIS,0,1,0 //几何旋转命令得出波纹管
HALT
该程序要生成.grx 格式的文件 UG 软件才能
调用。
```

3 基于 UG/Open 的波纹管建模系统开发

3.1 配置开发环境

UG 二次开发要创建 startup 和 application 两个文件夹，分别存放具体的二次开发内容，UIStyler 对话框文件放在 application 文件夹中，startup 文件夹主要存放静态库 DLL 文件和菜单文件。用记事本打开 UG 软件中的 custom_dirs.dat 文件，在最后一行输入 startup 和 application 两个文件夹的路径。以 VC6.0 提供的 MFA AppWizard (dll) 建立工程项目，创建一个静态链接 MFC 方式的 DLL 文件。在菜单命令 Project/Setting/Object/library modules 文本框中输入 UG 库文件 libufun.lib 和 libugopenint.lib。配置路径设置：在 Tools 的 Options 中选择 Directoris 选项卡，分别在 Library files 和 Includefiles 中添加 UG 根目录 U-GOPEN 文件夹的路径。

3.2 使用 UG/Open MenuScript 编写菜单

UG/Open MenuScript 为用户提供了一种无缝集成的方式开发创建应用程序菜单。UG 的菜单文件扩展名为 .men，可以使用 Windows 的记事本进行编辑，菜单文件要放在 startup 文件夹中。实际上，UG 系统的菜单文件也是用该脚本语言编写的。本文菜单程序如下：

```
VERSION 120
//菜单脚本文件的版本信息
EDIT UG_GATEWAY_MAIN_MENUBAR
```

```
//编辑 UG 系统菜单
BEFORE UG_HELP //位于“帮助”菜单之前
CASCADE_BUTTON MODEL_PROJECT_ME-
NU1// 定义 CASCADE 按钮菜单
LABEL 航天发动机产品 //菜单标题
END_OF_BEFORE //结束定义菜单
MENU MODEL_PROJECT_MENU1 //声明
CASCADE 按钮
BUTTON MODEL_BELLOW //定义一般按钮
LABEL 创建波纹管 //菜单按钮标题
ACTIONS MODEL_BELLA_ACTION //定义
按钮行为
END_OF_MENU //结束
```

3.3 使用 UG/Open UIStyler 编辑对话框

UG/Open UIStyler 模块为用户提供了强大的可视化制作 UG 风格对话框的功能。在 UG 中，单击下拉菜单【应用】→【用户界面编辑器】，即可进入 UIStyler 模块。火箭发动机波纹管三维几何建模的对话框及其控件的设置如图 3 所示。



图 3 对话框及其控件

Fig.3 Dialog box and the control

在对话框及其控件设置好之后，单击【保存】，系统会直接生成一个 *.dlg 文件（对话框文件），一个 *.c 文件和一个 *.h 文件，*.dlg 文件要复制到 application 文件夹中，*.c 和 *.h 文件之后程序将直接调用。

3.4 使用 UG/Open API 编辑主程序

在 VC6.0 中，使用 MFC 应用向导创建 UG/Open API 应用程序。打开 VC6.0，新建 MFA AppWizard (dll) 工程项目，开发环境设置完成后，再添加对话框生成的.c 和.h 文件到工程中。利用消息映射机制，实现人机界面交互，程序的主入口函数是 ufsta ()，当启动 UG 后，会自动执

行这个入口函数中的内容。入口函数如下:

```
extern DllExport void ufsta ( char *param, int
*returnCode, int rlen )
{
    static UF_MB_cb_status_t Project_Model_bellow
    ( UF_MB_widget_t, UF_MB_data_t,UF_MB_activated
    _button_p_t ) ;
    static UF_MB_action_t actionTable [] =
    {
        {" MODEL_BELLA_ACTION" ,
        Project_Model_bellow,NULL} , {NULL,NULL,NULL}
    } ;
    int errorCode = UF_initialize () ;
    if ( 0 == errorCode )
    {
        UF_MB_add_actions (actionTable) ;
        errorCode = UF_terminate () ;
    }
    PrintErrorMessage ( errorCode ) ;
}
```

static UF_MB_action_t actionTable () 函数是定义菜单按钮行为" MODEL_BELLA_ACTION" 运行 Project_Model_bellow () 函数。Project _Model_bellow () 函数作用是打开波纹管对话框和运行波纹管几何建模 UG/OPEN GRIP 程序。打开波纹管对话框程序如下:

```
if ( ( error_code = UF_STYLER_create
_dialog ( " Project_Model_Bellow_Dialog.dlg" ,
PROJECT_MODEL_SPRING_cbs, /* Callbacks
from dialog */
PROJECT_MODEL_SPRING_CB_COUNT,
/* number of callbacks*/
p_bellow_para, /* This is your client
data */
response ) ) != 0 )
{
    char fail_message [133] ;
    UF_get_fail_message (error_code,
fail_message) ;
    UF_UI_set_status (fail_message) ;
```

```
printf ( " %s\n" , fail_message ) ;
}
```

response、p_bellow_para 是输出变量。response 是输出界面的 OK、BACK、CANCEL.按钮值 (整数)。p_bellow_para 变量输出界面文本框中的数值, 用 OK 按钮事件使 p_bellow_para 变量获取文本框中的数值。p_bellow_para 变量赋值程序为:

```
UF_STYLER_item_value_type_t data;
data.item_attr=UF_STYLER_VALUE;
//指定获取控件的值
data.item_id=PROJECT_MODEL_SPRING_
REAL_MD; /*控件标识
UF_STYLER_ask_value (dialog_id,&data) ;
//data 变量得控件的值
p_ bellow _para->MD=data.value.real;
//p_bellow_para 变量值获取 data 变量值
UG/OPEN API 运行波纹管几何建模的 UG/
OPEN GRIP 程序如:
int grip_arg_count=7;
UF_args_t grip_arg_list [7] ;
.....
grip_arg_list [3] .type=UF_TYPE_DOUBLE;
grip_arg_list [3] .length=0;
grip_arg_list [3] .address=&m_ bellow _para.
R1;
.....
UF_call_grip ( " bellows.grx" ,grip_arg_count,
grip_arg_list) ;
```

在程序中, 使用 UF_call_grip 函数调用波纹管建模的 UG/Open GRIP 程序, 第一参数是 UG/ Open GRIP 程序文件名, 第二参数是输入变量值个数, 第三参数是输入变量。UG/Open API 程序编译完成后, 生成静态库 DLL 文件, 将 DLL 文件复制到 startup 文件夹下。

波纹管三维建模: 打开 UG 软件, 单击下拉菜单【航天发动机产品】→【创建波纹管】, 如图 4 所示。单击后, 自动显示波纹管几何建模尺寸参数输入界面, 输入尺寸参数, 单击【OK】按钮, UG 软件便可画出波纹管模型, 如图 5 所

示。改变不同的尺寸设计参数,可迅速画出该设计参数下的波纹管三维模型。

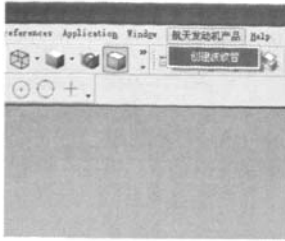


图4 波纹管建模菜单

Fig.4 Menu for the bellows modeling

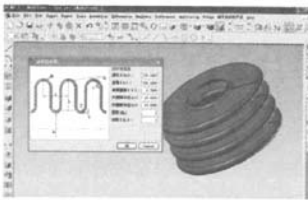


图5 波纹管建模界面

Fig.5 Interface for the bellows modeling

4 结论

提出了在UG中利用UG/Open工具和VC6.0进行液体火箭发动机波纹管设计的方法,并开发

了相应的交互式人机界面程序。设计人员可方便的利用该程序进行波纹管的快速建模,大大节省了波纹管的几何建模时间。

参考文献:

- [1] 董正卫,田立中,付宜利. UG/OPEN API编程基础[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [2] 赵韩,朱可,张炳力,等. 基于UG二次开发的参数化零件族系统[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2006,29(8): 929-932.
- [3] 黄勇. UG/Open API、MFC和COM开发实例精解[M]. 北京:国防工业出版社,2009.
- [4] 刘雅博,陈拂晓,郭俊卿. MFC在UG二次开发CAD系统中的应用[J]. 金属成形工艺,2004,(3): 39-41.
- [5] 李如忠. UG二次开发中利用MFC的方法[J]. 机械工程与自动化,2008,(6): 166-168.
- [6] 徐开先. 波纹管类组件的制造及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
- [7] 范元勋,庄亚红,王华坤. UG二次开发工具的使用[J]. 机械制造与自动化,2002,(6): 70-72.
- [8] 毛炳秋,林莉. 基于UG的皮带轮参数化结构设计[J]. 煤矿机械,2006,27(7): 15-18.
- [9] 索小娟,孙恒五. UG二次开发中菜单定制与设计技术的应用研究[J]. 机械管理开发,2009,24(3): 150-151.

(编辑:陈红霞)

(上接第14页)

(2) 在 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 位置处,低能量离子占多数,而在大于 50° 的位置处,高能量源离子分布占据绝大多数。

(3) 随着霍尔推力器阳极放电电压的增加,羽流源离子能量分布会相应向高能量方向偏移。

参考文献:

- [1] Azziz Y. Instrument Development and Plasma Measurements on a 200 - Watt Hall Thruster Plume [D]. Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- [2] Hutchinson, I H. Principles of Plasma Diagnostics [M]. Cambridge University Press, Cambridge, 2002.
- [3] King L B. Transport -Property and Mass Spectral Measurements in the Plasma Exhaust Plume of Hall - Effect Space Propulsion System[D]. University of Michigan, 1998.

(编辑:王建喜)