

基于UG的膨胀套管螺纹接头参数化建模^①



杜 聪¹, 张建兵¹, 蒋成银²

¹(西安石油大学 机械工程学院, 西安 710065)

²(长庆油田公司 第三采气厂, 鄂尔多斯 017000)

通信作者: 杜 聪, E-mail: 1815136079@qq.com

摘 要: 膨胀套管螺纹接头优化设计分析时需要反复修改接头参数, 高效快速建立接头三维模型, 本文提出了两种利用UG软件进行膨胀套管螺纹接头参数化建模的方法. 在UG中完成接头模型样板后, 第一种方法通过Visual Studio开发平台编写程序得到一个可改变结构参数的可执行程序, 实现膨胀套管接头二次开发建模; 另一种方法是基于PTS模块完成对话框设计, 通过重用库实现参数化建模. 文章给出了膨胀套管接头三维参数化建模实例. 通过本文的参数化建模方法能有效减少膨胀套管螺纹接头数值分析时的重复建模时间, 提高工作效率.

关键词: 膨胀套管接头; 参数化设计; 二次开发

引用格式: 杜聪, 张建兵, 蒋成银. 基于UG的膨胀套管螺纹接头参数化建模. 计算机系统应用, 2022, 31(2): 311-315. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/8337.html>

Parametric Modeling of Expandable Casing Joint Based on UG

DU Cong¹, ZHANG Jian-Bing¹, JIANG Cheng-Yin²

¹(Mechanical Engineering College, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

²(No. 3 Gas Production Plant, PetroChina Changqing Oilfield Company, Ordos 017000, China)

Abstract: In the optimization design and analysis of expandable casing joints, it is necessary to modify the joint parameters repeatedly and establish the 3D model of the joint efficiently and quickly. This paper presents two parametric modeling methods of expandable casing joints with Unigraphics (UG). After the joint model template is completed in UG, one of the two methods uses the development platform Visual Studio to write an executable program with modifiable structure parameters and thereby achieve the secondary development and modeling of the expandable casing joint. In the other method, a dialog box is designed on the basis of the PTS module and parametric modeling is performed through the reuse library. An example of 3D parametric modeling of expansion casing joints is also provided in this paper. The proposed parametric modeling method can effectively reduce the repeated modeling time in the numerical analysis of expandable casing joints and improve work efficiency.

Key words: expandable casing joint; parametric design; secondary development

膨胀套管技术极大的促进了石油天然气工程技术的发展^[1]. 膨胀套管螺纹接头作为膨胀套管技术中的关键, 决定着套管膨胀过程的可靠性. 当前对于膨胀套管螺纹接头的优化分析多采用二维模型, 该方法相对三维实体模型并不能完全反映接头的信息^[2-4]. 为得到更

为真实的仿真结果, 同时适应现代化设计要求, 很有必要建立膨胀套管螺纹接头的三维模型.

现有三维建模过程繁琐, 即使进行微小的改动, 也需要从头开始进行建模^[5]. 引入参数化后只需修改接头相关参数就能直接生成所需模型, 在节省了重复建模

① 基金项目: 国家自然科学基金 (51974251); 陕西省重点研发计划 (2020KW-015); 中国石油科技创新基金 (2019D-5007-0305)

收稿时间: 2021-04-23; 修改时间: 2021-05-19; 采用时间: 2021-06-08; csa 在线出版时间: 2022-01-17

时间的基础上,同时还减少了建模出错的几率.本文以UG软件作为膨胀套管螺纹接头的建模平台,分析膨胀套管螺纹接头的参数化建模方法.

1 建立膨胀套管螺纹接头模板

膨胀套管螺纹接头应具备两个最基本的功能:一是连接功能,将两个套管连接在一起,使得管柱在生命周期内可以承受拉伸、压缩等载荷;二是压力承载,在井下内外压力的作用下仍能保持密封性^[6].此外,膨胀套管螺纹接头在井下还有一个扩径过程,这就要求膨胀套管螺纹接头在膨胀前、膨胀时及膨胀后都保持良好的密封性和连接性,其结构相对API螺纹接头进行了如下改变:

(1) 整体结构选用内外径和管体平齐的直连型接头,当扩径时螺纹接头和套管平滑过渡,避免了派生应力的产生;

(2) 设计有专门的密封机构,防止膨胀套管接头在扩径后密封性下降;

(3) 添加扭矩台肩机构,控制膨胀套管接头上卸扣时的扭矩,并能承受更高的扭矩负载;

(4) 采用倒勾型螺纹,提高套管接头的连接性能,同时也可防止膨胀后套管回弹导致内外螺纹脱离.

以表1中的参数为基础进行接头建模^[7,8].参数化设计使用定义的核心参数与所设计零部件各尺寸、形状、位置间关系进行参数化关联,并通过控制核心参数来控制参数化模型^[9,10].膨胀套管螺纹接头在进行建模时所有的参数都通过UG表达式进行标注,以保证全部参数都直接或间接由核心参数控制,外螺纹接头模型如图1所示.

表1 膨胀套管螺纹接头基本参数

参数名称	参数符号	参数值
直径	D	139.7 mm
壁厚	t	7.72 mm
长度	L	200 mm
导向面	α	15°
承载面	β	-5°
螺纹锥度	k	1/16
螺纹牙数	n	5
台肩角度	x	-15°
密封面锥度	$k1$	1/10
密封面宽度	$L1$	10 mm



图1 基于表达式建立的膨胀套管外螺纹接头模型

2 Visual Studio (VS) 编译二次开发方法

VS二次开发方法就是将嵌入式系统集成到UG软件中去,通过菜单响应来控制所建立的动态链接,实现特定程序功能.该方法作为目前主流的二次开发方式,具有较强的稳定性和可靠性.

2.1 环境变量设置

在UG安装目录中创建文件夹TKLTOOLS,用于存放膨胀套管螺纹接头二次开发所需文件.TKLTOOLS

包含3个子文件夹,其中application文件夹用于存放编译文件,startup文件夹用于存放菜单编辑文件,prt文件夹用于存放上文所建的膨胀套管螺纹接头模型.

UG并不能识别新创建的文件夹,需要在系统中添加新的环境变量:

变量名: UGII_VENDOR_DIR

变量值: \${UGII_BASE_DIR}\TKLTOOLS

2.2 用户界面设计

UG/Open UI Styler 是 UG 二次开发工具中的可视化编辑器, 可以制作出和 UG 软件具有相同风格的人机交互界面. 结合膨胀套管螺纹接头建模所需参数, 利用“块 UI 样式编辑器”进行编辑, 主要使用“布局”中的“组”和“编号”中的“表达式”等功能进行用户界面设计. 通过“组”block 将膨胀套管螺纹接头的参数分为接头整体参数、螺纹牙和密封结构 3 组. 再通过“表达式”block 将所需参数放在对应的分组内, 完成如图 2 所示的对话框设计. 完成膨胀套管螺纹接头用户界面设计后, 将其保存在 application 文件夹中并命名为 pengzhang_taoguan, 系统自动生成后缀为 dlx、cpp 和 hpp 的 3 个程序.



图 2 接头对话框及对话框属性

2.3 创建可执行程序

所创建的用户界面与参数化模型并没有直接关联, 还需使用 Visual Studio 编译器将编写的程序和 UGAPI 相互融合, 通过程序访问并调用 UG API 函数实现参数化建模功能, 具体过程如图 3 所示.

2.4 系统菜单设计

菜单栏的制作需要使用二次开发模块中的 UG/OPEN Menu Script 功能, 生成自定义菜单, 通过自定义菜单将编译文件与 UG 进行链接. 具体操作为在新建的 startup 文件夹中创建一个新的文本文件 (.men), 用记事本编辑如下菜单代码:

```
VERSION 120
EDIT UG_GATEWAY_MAIN_MENUBAR
```

```
AFTER UG_VIEW
CASCADE_BUTTON TKL_TOOLS_MEN
LABEL 膨胀套管螺纹接头
END_OF_AFTER
MENU TKL_TOOLS_MEN
BUTTON pengzhang_taoguan
LABEL 膨胀套管外螺纹接头
ACTIONS pengzhang_taoguan
BUTTON pengzhang_taoguan1
LABEL 膨胀套管内螺纹接头
ACTIONS pengzhang_taoguan1
END_OF_MENU
```

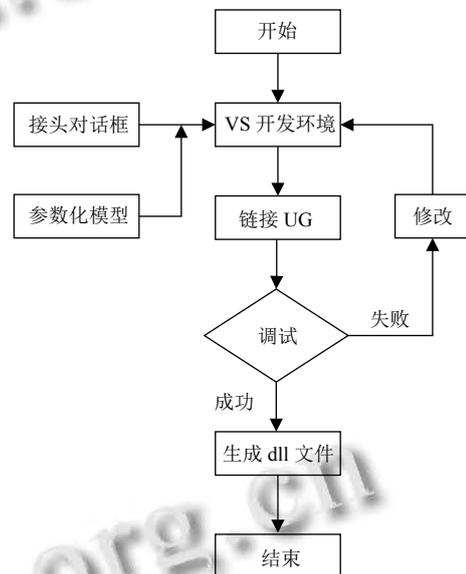


图 3 VS 创建可执行程序流程

完成菜单栏编辑后, 再次启动 UG 时即可在视图菜单后面看到自定义的膨胀套管接头菜单, 如图 4 所示. 选择相应模块即可打开对应螺纹接头的对话框, 同时调用 VS 编译的链接文件, 对话框中初始数据为螺纹接头参数化建模时所使用数据, 用户根据自身需求输入所需参数, 点击确定按钮即可生成对应膨胀套管螺纹接头模型.



图 4 膨胀套管接头菜单

3 UG PLM 二次开发方法

UG 产品生命周期管理系统 (product lifecycle management, PLM) 是包含产品创意、产品设计、工艺规划、工艺仿真、制造执行、数据管理等整个生命周期的管理系统. 使用 PLM 功能可直接完成螺纹接头的人机交互设计, 与常规二次开发方法相比完全不用编程, 可以极大地降低二次开发的难度, 是 UG 参数化模型建立人机交互界面最简单、最便捷的方式. 使用 UG 产品模板工作室 (product template studio author, PTS) 及重用库两个模块就可实现膨胀套管螺纹接头的参数化设计.

3.1 基于 PTS 的用户界面设计

UG 在完成模型样板后直接进入 PTS author 模块, 该模块以 UG/OPEN UI Styler 开发工具为基础, 由 PTS 浏览器、产品模板工作室和用户界面 3 部分组成. 产品模板工作室是输入和嵌入式验证工具, 与膨胀套管螺纹接头建模过程中所使用的草图、体特征、核心参数、表达式等都直接相关联, 因此无需编程即可实

现用户界面设计.

首先根据膨胀套管螺纹接头主要结构在用户界面划分接头整体参数、螺纹牙和密封结构 3 个分组. 随后在表达式界面将相应的核心参数如外径、壁厚、长度、密封面宽度、密封面锥度等添加到对应的分组内, 逐步完成用户界面设计, 如图 5 所示.

3.2 重用库编辑

机械产品在设计研发过程中需要使用大量的标准零件, 如螺母、螺栓、轴承等以及企业自己所设计的大量自定义特征. 为了便于管理这些可重用数据, UG 软件提供了重用库模块.

将重用库、模型样板以及 PTS 相结合就可得到参数化系统. 在重用库模块创建一个新的自定义库“膨胀套管螺纹接头重用库”, 将在产品模板工作室制作完成的膨胀套管螺纹接头添加到自定义库中, 可直接完成相关二次开发. 在重用库点击相应位置即可在建模或装配模块中创建所需膨胀套管螺纹接头模型, 如图 6 所示.

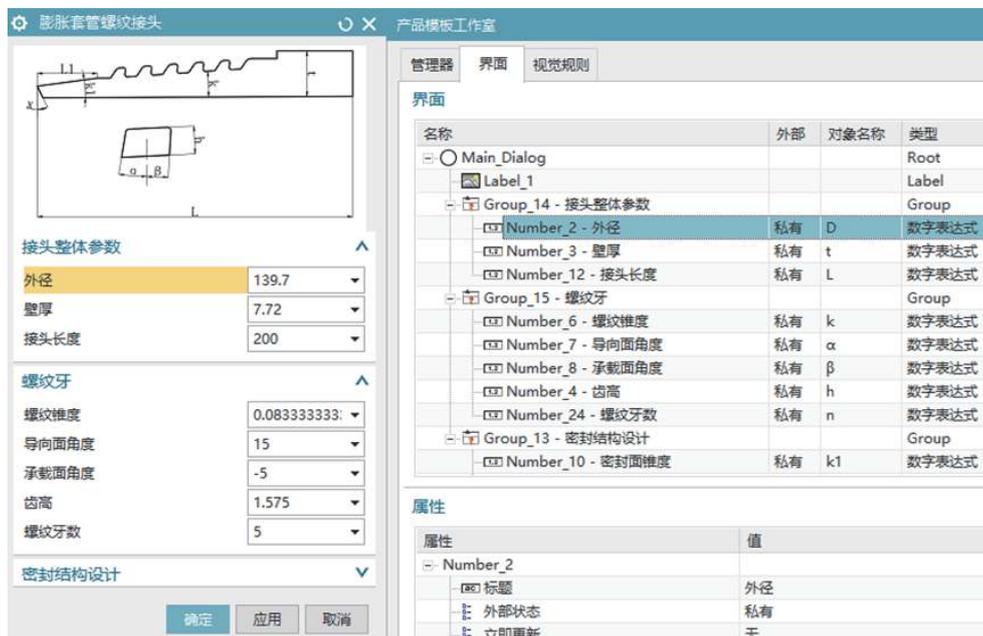


图 5 PTS 模块建立的用户界面对话框

4 结论

本文基于 UG 软件提出了两种二次开发方法, 两种二次开发方法互有优劣, 总体来说基于 PLM 的方法更加便利. 使用 Visual Studio 开发环境是目前应用最广泛的二次开发方式, 该方法除了 UG 外还可对 CAD、

SolidWorks 等建模软件进行二次开发, 具有良好的适用性. UG PLM 方法将接头模型和用户界面的工具栏直接关联, 免去了编程操作, 适合没有编程基础的人员使用, 是目前最简单、高效的 UG 参数化建模方法之一.



图6 膨胀套管螺纹接头重用库界面

参考文献

1 徐丙贵, 贾涛, 黄翠英, 等. 膨胀管技术在钻井过程中的研究与应用. 石油机械, 2013, 41(4): 11-15. [doi: 10.3969/

j.issn.1001-4578.2013.04.003]

- 2 王宇. 膨胀套管螺纹力学性能研究及特殊螺纹设计 [博士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2017.
- 3 唐明. 等井径膨胀套管螺纹接头的应力分析. 石油机械, 2015, 43(6): 11-15.
- 4 王冲, 徐书根, 李阳阳. 不同材料套管螺纹接头可膨胀性有限元分析. 塑性工程学报, 2016, 23(4): 164-169.
- 5 董永祥, 司东宏, 薛玉君, 等. 高速重载轴承座多变量参数化设计方法研究. 现代制造工程, 2018, (12): 82-88.
- 6 张建兵, 赵海洋. 油气井膨胀套管技术. 北京: 石油工业出版社, 2015.
- 7 American Petroleum Institute. Specification for Threading, Gauging and Thread Inspection of Casing, Tubing and Line Pipe Threads. 15th ed. Washington, DC: API, 2008.
- 8 全国螺纹标准化技术委员会. GB/T 193-2003 普通螺纹直径与螺距系列. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- 9 董永祥. 高速轴系的参数化设计及优化 [硕士学位论文]. 洛阳: 河南科技大学, 2019.
- 10 梅菊. 基于 SolidWorks 的凸轮连杆参数化设计及 CAD 系统开发 [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2017.