



文章编号:1671-251X(2018)03-0097-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017090014

采煤机关键零件参数化建模与分析系统

谢爱争^{1,2}, 丁华^{1,2}, 王义亮^{1,2}

(1. 太原理工大学 机械工程学院, 山西 太原 030024;

2. 煤矿综采装备山西省重点实验室, 山西 太原 030024)

摘要:为提高采煤机关键零件建模与有限元分析效率,降低对用户软件操作水平的要求,在 Visual Studio 2012 集成编译环境下,利用 NX 二次开发工具开发了采煤机关键零件参数化建模与分析系统。该系统将用户输入参数和应用程序中接口函数相关联,以尺寸驱动的方法,通过修改参数表达式,实现采煤机关键零件参数化建模;借助 Journal 日志工具,通过获取 NX NASTRAN 接口函数实现参数化有限元分析。实例验证了该系统的有效性。

关键词:煤炭开采;采煤机;零件参数化;有限元分析;NX 二次开发

中图分类号:TD402 文献标志码:A 网络出版时间:2018-02-08 16:49

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20180207.1715.002.html>

Parameterized modeling and analysis system of shearer key parts

XIE Aizheng^{1,2}, DING Hua^{1,2}, WANG Yiliang^{1,2}

(1. College of Mechanical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2. Shanxi Key Laboratory of Fully Mechanized Coal Mining Equipment, Taiyuan 030024, China)

Abstract: In order to improve efficiency of modeling and finite element analysis of shearer key parts and reduce requirement for software operation level of user, a parameterized modeling and analysis system of shearer key parts was developed by use of NX secondary development tool under Visual Studio 2012 integrated compilation environment. The system associates parameters entered by the user with interface functions in application programs, and uses dimension driving method to modify parameterized expressions, so as to achieve parameterized modeling of shearer key parts. Parameterization of finite element analysis is realized by acquiring NX NASTRAN interface function with Journal tool. The effectiveness of the system is verified by an example.

Key words: coal mining; shearer; parts parametrization; finite element analysis; NX secondary development

收稿日期:2017-09-05;修回日期:2018-01-29;责任编辑:盛男。

基金项目:山西省自然科学基金资助项目(201601D011050);山西省煤机重点科技攻关项目(MJ2014-05-02);山西省研究生联合培养基地人才培养项目(2016JD14)。

作者简介:谢爱争(1991—),男,河南周口人,硕士研究生,主要研究方向为动力学仿真系统开发,E-mail:994560130@qq.com。通信作者:丁华(1979—),女,山西太原人,副教授,硕士研究生导师,博士,主要研究方向为智能设计、图像处理,E-mail:dinghua2002@163.com。

引用格式:谢爱争,丁华,王义亮.采煤机关键零件参数化建模与分析系统[J].工矿自动化,2018,44(3):97-101.

XIE Aizheng, DING Hua, WANG Yiliang. Parameterized modeling and analysis system of shearer key parts[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(3): 97-101.

0 引言

随着高产高效煤矿综采设备的迅速发展,仅依靠商业软件本身提供的功能对矿用机械零件进行设计与分析,已不能满足企业对产品设计高效性和可靠性的要求,对商业软件进行企业个性化定制与开发已成为数字化制造技术研究的热点。

许多学者对参数化建模进行了研究。文献[1]综合应用 NX 二次开发工具和 Visual C++6.0 开发了采煤机零件参数化设计系统。文献[2]利用 Visual C++6.0 编写 COM 组件,建立了基于 Web 的采煤机零件参数化 CAD 系统。文献[3]通过对 Pro/E 进行二次开发,建立了与 Pro/E 软件集成的零件参数化设计系统。文献[4]基于 SolidEdge 平台开发了采煤机滚筒参数化设计系统。文献[5]基于 Matlab 软件开发了滚筒式采煤机截齿排列参数化设计系统。参数化建模极大地提高了零件建模效率,但不能通过有限元分析获取零件在实际工况受载条件下的动力学特性,无法判断零件设计是否合理。为评估零件的疲劳寿命、可靠性、振动特性等是否满足设计要求,文献[6-9]分别对采煤机不同零件进行了有限元分析,但对用户软件操作水平和专业知识储备要求较高,对于大型模型不但前处理过程繁琐且容易出错。为降低有限元分析操作门槛和提高分析效率,许多学者将参数化思想引入有限元分析过程,开发了基于不同平台的参数化有限元分析系统。文献[10]以 ADAMS/View2012 为平台,通过二次开发建立了刮板输送机参数化 CAE 分析系统。文献[11]综合利用 NX 二次开发工具和 Visual Studio 2012 集成编译软件,开发了采煤机零件参数化 CAE 分析系统。文献[12]利用 ASP.NET 技术并结合 Matlab 软件,开发了基于 Web 的采煤机扭矩轴参数化有限元分析系统。然而,将参数化建模技术和参数化有限元分析技术集成并应用于采煤机零件设计方面的文献少有报道。鉴于此,本文以 NX 为开发平台,开发了采煤机关键零件参数化建模与分析系统,可依据用户输入参数创建符合要求的零件三维模型,并自动调用 NX NASTRAN 解算器对模型进行有限元分析。

1 系统总体设计

采煤机关键零件参数化建模与分析系统总体设

计流程如图 1 所示。首先根据用户输入参数生成参数化三维模型。调用 NX 中自动修复几何体命令,通过设置凸台、倒角、倒圆等小特征的阈值,去除并修复对分析结果影响不大的特征,以生成简化模型。由于采用 NX NASTRAN 为解算器对模型进行有限元分析时,通过指派材料、创建物理属性表及网格收集器建立的有限元 Fem 模型和通过施加边界约束条件及载荷建立的仿真 Sim 模型是在不同环境中进行的,所以对这 2 个过程分别处理。同时要将零件的受力和约束特点与工程实际相结合,以确保在有限元分析过程中施加正确的边界条件。对于不同的零件,其约束的施加、力的作用位置和类型均由程序事先确定。

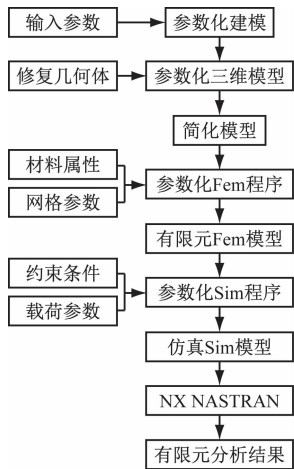


图 1 采煤机关键零件参数化建模与分析系统
总体设计流程

Fig. 1 Overall design flow of parameterized modeling and analysis system of key shearer parts

2 系统关键技术

2.1 基于三维模板模型的参数化建模

参数化建模是以约束来表达产品模型的形状特征,以一组参数来定义几何图形的尺寸数值并约定尺寸关系,从而能通过变换设计参数来实现产品模型的更改或相似产品模型的创建^[13-14]。基于三维模板模型的参数化建模的核心思想是尺寸驱动。在 NX 建模环境下通过草图、拉伸、旋转等命令建立零件三维模型,将其特征参数和参数表达式相关联。通过应用程序从 UI 界面获取用户输入参数,并判断该参数是否符合要求,若符合则通过回调函数查询、编辑、修改三维模板模型参数表达式,以尺寸驱动的方式更新模型,实现参数化建模。

2.2 NX NASTRAN 接口函数获取

Journal 日志是快速实用的 NX 二次开发工具,能够录制、编辑和回放(目前仅支持 VB、NET 和 C# 语言的回放)用户的交互操作,通过保存可生成不同语言的脚本文件。然后对生成的脚本文件进行进一步的编辑和优化,通过添加用户接口函数和编程逻辑快速进行客户化的定制开发^[15]。利用 Journal 日志获取系统开发所需 NX NASTRAN 接口函数流程如图 2 所示。

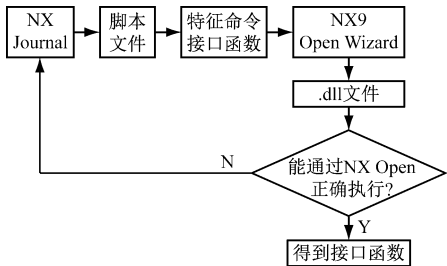


图 2 NX NASTRAN 接口函数获取流程
Fig. 2 Acquisition flow of NX NASTRAN interface function

首先利用 Journal 对零件的有限元分析过程进行录制,并对生成的源代码文件进行研究和分析,明确程序在建立仿真 Sim 模型时的逻辑思路及通过程序在不同环境下切换的函数入口点。然后对零件的有限元分析过程进行单步录制,通过查看生成的脚本文件,寻找调用某些特征命令的接口函数。接着通过 Visual Studio 2012 建立 NX9 Open Wizard 开发项目,并在项目文件中添加获取的接口函数和编程逻辑,编译、链接生成 .dll 应用程序文件。最后通过 NX“文件”菜单下的“NX Open”命令验证程序能否正确执行,若能正确执行,则得到接口函数,否则重复上述过程。

3 系统实现

在 Visual Studio 2012 集成编译环境下,以 NX9.0 为开发平台,利用 NX Open for C/C++ 开发语言,以尺寸驱动方法实现采煤机关键零件参数化建模,通过对类的实例化实现参数化有限元分析。

3.1 环境变量设置和系统开发框架构建

在 Windows7 环境中,右键单击“计算机”,选择“属性”,点击“高级”→“环境变量”,添加系统变量名为 UGII_USER_DIR,变量值为 E:\NX9Dev,并在系统开发目录(E:\NX9Dev)下创建名为 startup, application, prt 的文件夹。若计算机先安装 Visual

Studio 2012,后安装 NX9.0,则在 Visual Studio 2012 新建项目对话框中会自动创建 NX9 Open Wizard 开发向导;若计算机先安装 NX9.0,则只需将 UGII_BASE_DIR\UGOPEN\vs_files 目录下的文件拷贝到 Visual Studio 2012 的安装目录下即可。

3.2 UI 交互界面创建

利用 MenuScript 脚本语言不仅可对 NX 原有系统菜单进行编辑,还可通过其提供的关键字编辑 .men, .tbr, .rtb 文本文件,创建自定义菜单、工具条,以及具有 Office 风格的工具栏(NX9.0 及以上版本),将编辑好的文本文件保存在 startup 文件夹内。

UI Styler 是 NX 为用户提供的创建 NX 风格对话框的二次开发工具,提供了许多常用基本体素和布局控件,用户可通过该工具快捷地定制符合要求的对话框,并能实现其和菜单及参数化应用程序的无缝集成。对话框编辑完毕,以 C/C++ 语言形式保存可生成 .dlg/.dlx 对话框文件、.h/.hpp 头文件、.c/.cpp 模板文件,极大减少了编程工作量。

3.3 基于 NX 的三维参数化建模

通过 Visual Studio 2012 建立 NX9 Open Wizard 项目,选择 C 语言为开发语言,删除项目自动创建的 .c 文件,并将由 UI Styler 得到的头文件和模板文件添加到项目中。添加必要的头文件并编辑回调函数,编译、链接生成 .dll 文件,并将文件保存在 startup 文件夹。参数化建模流程如图 3 所示。

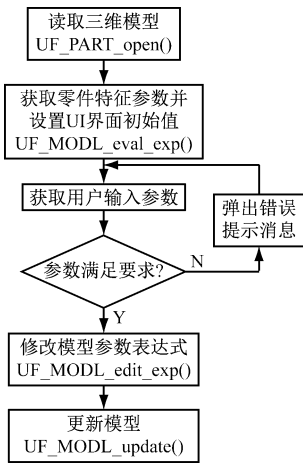


图 3 参数化建模流程
Fig. 3 Parameterized modeling flow

3.4 基于 NX NASTRAN 的参数化有限元模型建立

利用 C++ 语言创建参数化有限元分析程序

时,首先要获取 NX 的当前会话及工作和显示部件,然后创建相关类的对象,并通过指针调用类成员函数,将成员函数的输入参数和 UI 界面中用户的输入参数相关联,完成有限元分析的前处理,最后将生成的动态链接库文件保存在 application 文件夹。参数化有限元模型建立流程如图 4 所示。

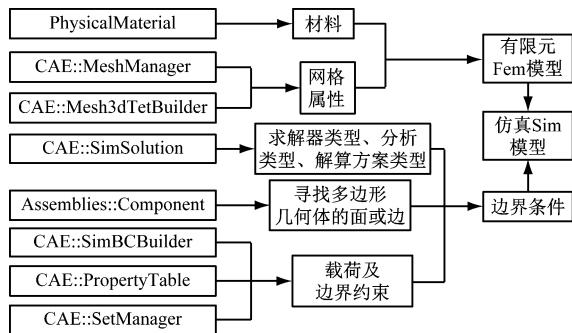


图 4 参数化有限元模型建立流程

Fig. 4 Establishment flow of parameterized finite element model

4 系统应用实例

采煤机关键零件参数化建模与分析系统包含采煤机关键零件参数化建模及有限元分析程序,用户通过点击系统菜单中相应的选项,在弹出的交互式对话框中输入相应参数,点击“确定”或“应用”按钮便可实现零件建模或有限元分析功能。

以采煤机牵引部导向滑靴为例,设置约束为沿导轨两侧及顶端固定约束,在连接耳处内圆面承受采煤机自身重力和运行时的行走阻力。在建模环境下,依次点击“采煤机关键零件参数化建模与分析系统”→“采煤机外牵引部”→“导向滑靴”,在弹出的子菜单中依次执行“导向滑靴参数化”、“创建有限元 Fem 模型”、“创建仿真 Sim 模型”命令,并在弹出的“导向滑靴仿真 Sim 模型参数设置”对话框中选择解算方案类型为线性静力学,系统界面如图 5 所示。单击“有限元模型检查及解算”,在弹出的解算监视器中可看到解算方案信息及稀疏矩阵求解器等信息,待作业完成后通过 NX NASTRAN 后处理功能即可查看相应的位移、应变、应力等云图,其中导向滑靴位移云图如图 6 所示。

5 结语

在 Visual Studio 2012 集成编译环境下,通过集成参数化建模技术和参数化有限元分析技术,开发

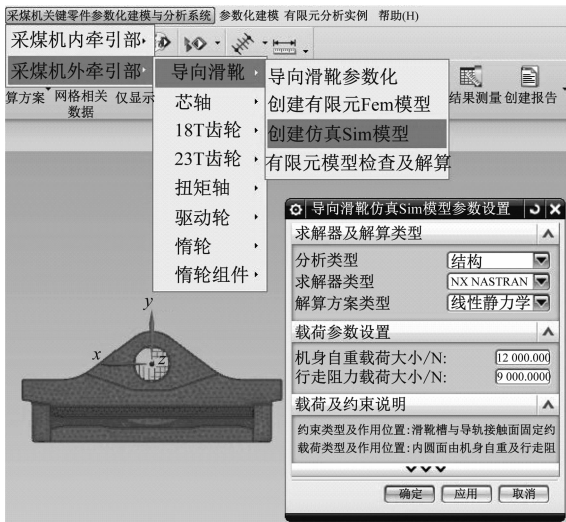


图 5 系统界面

Fig. 5 System interface

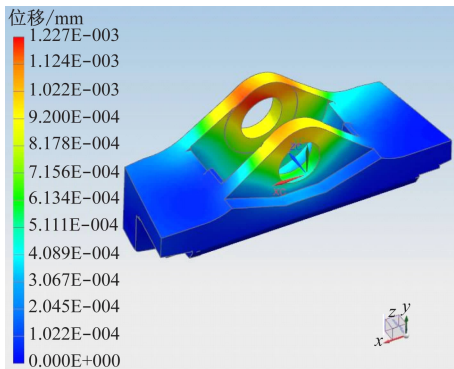


图 6 位移云图

Fig. 6 Displacement nephogram

了采煤机关键零件参数化建模与分析系统。以尺寸驱动的方法实现采煤机关键零件参数化建模,借助 NX 二次开发工具 Journal 日志,可快速、正确地获取 NX 二次开发所需的类库和接口函数,从而实现在 NX 环境下参数化有限元分析。该系统操作简单,用户只需通过友好的交互界面输入或选择少量参数便可快速实现参数化建模和有限元分析,减少了设计耗时,降低了对用户软件操作水平的要求。

参考文献 (References):

[1] 刘卫校,杨兆建,丁华. 基于 UG 的采煤机零件参数化设计系统研究[J]. 煤炭科学技术, 2011, 39(3): 80-82.
LIU Weixiao, YANG Zhaojian, DING Hua. Study on parts parameterization design system of coal shearer based on UG[J]. Coal Science and Technology, 2011, 39(3): 80-82.
[2] 郇峰,王学文,丁华,等. 采煤机零件网络参数化 CAD

- 系统设计[J]. 机械设计与制造, 2015(2):194-197.
- HUAN Feng, WANG Xuewen, DING Hua, et al. Shearer parts network parametric CAD system design [J]. Machinery Design and Manufacture, 2015(2): 194-197.
- [3] 沈斌, 麻连荣, 宫大. 基于 Pro/E 二次开发的零件参数化设计技术[J]. 机械设计与制造, 2007(1):40-42.
- SHEN Bin, MA Lianrong, GONG Da. Parametric design of part based on customized development of Pro/E[J]. Machinery Design and Manufacture, 2007(1):40-42.
- [4] 孙燎原, 陶嵘. 采煤机滚筒参数化 CAD 软件的开发及应用[J]. 煤炭技术, 2014, 33(4):193-195.
- SUN Liaoyuan, TAO Rong. Exploitation and application of cutting drum parametric CAD software [J]. Coal Technology, 2014, 33(4):193-195.
- [5] 李晓豁, 周洋, 刘士君, 等. 滚筒式采煤机截齿排列参数化设计系统的研究[J]. 工程设计学报, 2014, 21(6):550-554.
- LI Xiaohuo, ZHOU Yang, LIU Shijun, et al. Research on parametric design system for pick arrangement on drum shearer [J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2014, 21(6):550-554.
- [6] 赵丽娟, 马联伟. 薄煤层采煤机可靠性分析与疲劳寿命预测[J]. 煤炭学报, 2013, 38(7):1287-1292.
- ZHAO Lijuan, MA Lianwei. Thin seam shearer reliability analysis and fatigue life prediction [J]. Journal of China Coal Society, 2013, 38(7): 1287-1292.
- [7] 廉自生, 李铁军. 采煤机牵引部传动系统扭振分析[J]. 太原理工大学学报, 2005, 36(3):323-325.
- LIAN Zisheng, LI Tiejun. Analysis of torsional vibration of shearer hauled-part drive system [J]. Journal of Taiyuan University of Technology, 2005, 36(3):323-325.
- [8] 周笛, 张旭方, 杨周, 等. 采煤机牵引部传动系统动态可靠性分析[J]. 煤炭学报, 2015, 40(11):2546-2551.
- ZHOU Di, ZHANG Xufang, YANG Zhou, et al. Vibration reliability analysis on tractive transmission system of shearer[J]. Journal of China Coal Society, 2015, 40(11):2546-2551.
- [9] 张义民, 黄婧, 朱丽莎, 等. 采煤机摇臂传动系统可靠性稳健优化设计[J]. 煤炭学报, 2015, 40(11): 2540-2545.
- ZHANG Yimin, HUANG Jing, ZHU Lisha, et al. Reliability-based robust optimization design of the transmission system of a shearer ranging arm [J]. Journal of China Coal Society, 2015, 40(11): 2540-2545.
- [10] 岳武涛, 王学文, 丁华, 等. 刮板输送机参数化 CAE 系统设计[J]. 机械设计与制造, 2016(3):179-181.
- YUE Wutao, WANG Xuewen, DING Hua, et al. Design of parameterized CAE system of scraper conveyor [J]. Machinery Design and Manufacture, 2016(3):179-181.
- [11] 张立涛, 丁华, 王义亮. 采煤机零件参数化 CAE 分析系统[J]. 工矿自动化, 2017, 43(7):18-22.
- ZHANG Litao, DING Hua, WANG Yiliang. Parameterized CAE analysis system of shearer parts [J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(7): 18-22.
- [12] 郝晓东, 杨兆建. 基于 Web 的采煤机扭矩轴参数化分析系统[J]. 煤炭技术, 2016, 35(4):231-233.
- HAO Xiaodong, YANG Zhaojian. Parametric analysis system for coal winning machine torque axis based on Web[J]. Coal Technology, 2016, 35(4):231-233.
- [13] 罗斌, 丁水汀, 李果. 一种参数化轻量化涡轮盘结构的 CAD/CAE 集成方法[J]. 航空动力学报, 2013, 28(9):2083-2089.
- LUO Bin, DING Shuiting, LI Guo. A parametric lightweight turbine disk structure CAD/CAE integration method[J]. Journal of Aerospace Power, 2013, 28(9):2083-2089.
- [14] 纪爱敏, 黄继承, 朱坤. 机械零部件 CAD/CAE 集成系统研究[J]. 现代制造工程, 2011(11):66-71.
- JI Aimin, HUANG Jicheng, ZHU Kun. CAD/CAE integration system of mechanical parts [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2011(11):66-71.
- [15] 周临震, 李青祝, 秦珂. 基于 UG NX 系统的二次开发 [M]. 镇江:江苏大学出版社, 2012.