

文章编号:1671-251X(2017)07-0018-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017.07.004

采煤机零件参数化 CAE 分析系统

张立涛^{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:为了避免采煤机零件有限元分析繁琐的前处理设置和降低有限元分析的门槛,提高采煤机零件有限元分析效率,对采煤机零件的参数化 CAE 分析方法进行研究,综合利用 UG(Unigraphics NX)二次开发工具和 VS2012 编程软件开发了基于 UG 的采煤机零件参数化 CAE 分析系统。该系统可在 UG 软件中直接进行零件参数化 CAE 分析,可直接调用前处理对话框进行有限元分析前处理的设置,通过程序直接调用解算求解器完成分析过程,实现了采煤机关键零件参数化 CAE 分析全过程,避免了以往不同软件转换造成的数据丢失问题,提高了分析效率。实例验证了该系统的有效性。

关键词:采煤机;零件参数化;CAE 分析;有限元分析;UG/Open;解算求解器

中图分类号:TD402 文献标志码:A 网络出版时间:2017-06-27 16:00

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20170627.1600.004.html>

Parameterized CAE analysis system of shearer parts

ZHANG Litao^{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 avoid complicated pretreatment setting of finite element analysis of shearer parts, reduce threshold of the finite element analysis and improve efficiency of finite element analysis of shearer parts, a parameterized CAE analysis method of shearer parts was studied and developed by use of UG secondary development tool and VS2012 programming software. The system can directly make the parameterized CAE analysis of the shearer parts in UG software, directly call pretreatment dialog box to set before finite element analysis, and directly call calculating solver by program to complete analysis process, so as to realize the parametric CAE analysis of key parts of shearer, avoids data loss in data conversion by different softwares, and improves analysis efficiency. The effectiveness of the system is verified by an example.

Key words: shearer; parameterized parts; CAE analysis; finite element analysis; UG/Open; calculating solver

0 引言

近年来,随着制造业自动化和智能化的发展及

中国制造 2025 行动纲领的提出,CAD(Computer Aided Design,计算机辅助设计)/CAE(Computer Aided Engineering,计算机辅助工程)/CAM

收稿日期:2017-01-12;修回日期:2017-04-25;责任编辑:张强。

基金项目:山西省煤机重点科技攻关项目(MJ2014-05-02);山西省自然科学基金项目(201601D011050);山西省研究生联合培养基地人才培养项目(2016JD13);太原理工大学校基金项目(1205-04020202)。

作者简介:张立涛(1991—),男,山西平遥人,硕士研究生,主要研究方向为现代机械设计、智能设计,E-mail:978103167@qq.com。

引用格式: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.

(Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造) 技术已成为新一代工业生产技术发展的核心技术,正朝着集成化的方向发展。所谓的集成是指把 CAD、CAE、CAM 软件有机结合起来并用统一的执行控制程序组织内部各种信息的交换、共享和处理^[1]。信息化和 CAD/CAE 技术的应用在不断地深入各个制造业公司。三维参数化 CAD 系统在产品设计中已得到广泛应用,同时基于 CAE 系统的工程分析也成为产品设计的一个重要环节^[2]。参数化 CAD/CAE 技术主要应用在系列化产品中。系列化产品具有同功能、同原理、同结构和不同尺寸的特点^[3],容易实现参数化控制。

为提高系列化产品的分析效率,近年来,国内很多学者对参数化 CAE 设计技术和 UG(Unigraphics NX)二次开发技术进行了研究。文献[4-5]对网络环境下的采煤机参数化 CAD/CAE 系统进行了研究。文献[6-7]对 UG 二次开发技术在掘进机和刮板输送机的智能快速选型方面进行了研究。文献[8]在参数化数据库设计方面提出了基于 Internet 的数据共享系统。文献[9]基于 Pro/E 对装载机工作装置动臂进行了有限元分析与参数化设计。文献[10]实现了麻花钻的参数化设计,达到了对麻花钻进行参数控制和自动造型的目标。文献[11]以 UG 和 ANSYS 软件分别作为 CAD 和 CAE 软件平台,开发了机械零件设计和有限元分析集成系统。文献[12]开发了基于 UG 的采煤机零件参数化设计系统。但是,有关基于 UG 的采煤机 CAE 参数化分析方面的文章仍未见相关研究报道。目前,采煤机零件参数化分析主流的做法都是在 UG、Pro/E 等建模软件中完成零件的建模,然后将模型导入 ANSYS 等有限元分析软件中进行分析。然而,由于软件之间的独立性,往往容易造成数据传输不完整,导致出现数据丢失的现象^[13],同时,一般的有限元分析软件操作复杂,需要比较专业的技术人员才能完成复杂的分析。鉴此,本文开发了基于 UG 的采煤机零件参数化 CAE 分析系统,可直接在 UG 平台进行有限元分析,不存在不同软件之间转换数据造成的数据丢失问题。简单的操作界面简化了分析的繁琐步骤,降低了有限元分析的门槛。

1 参数化 CAE 分析方法

参数化 CAE 分析方法是将参数化的思想引进到有限元分析过程中,通过对现有软件的二次开发实现有限元分析参数化的方法。该方法可以减少系

列产品有限元分析的工作量,缩短设计周期,提高设计效率^[14]。有限元分析包括前处理、求解和后处理。前处理参数化包括几何模型参数化、有限元网格划分参数化、约束条件及载荷参数化和材料性能参数化等^[15]。

参数化 CAE 分析方法将参数化设计和有限元分析有效结合起来,其优点主要体现在将分析过程前处理的繁杂步骤有机结合起来,使用户在一个操作界面通过修改参数即可完成前处理的设置。UG 软件中零件的有限元分析是在高级仿真模块中进行的。根据零件的功能和实际受力情况,在设计工程中对每个零件的约束和载荷位置进行分析。分析的主要过程包括对解算方案的选择、材料的添加、网格的划分和载荷约束的设置。通过遍历的方式获取添加载荷和约束的位置。分析人员通过更改参数来控制载荷大小、网格类型、网格单元大小和材料属性。系统利用 VS2012 编程开发软件,以 UG9.0 为平台,采用最新的 Block UI Styler 进行采煤机零件参数化 CAE 分析界面的设计开发。系统主要利用 UG Open API 实现采煤机零件参数化建模和参数化 CAE 分析。UG/Open API 又称 User Function,它是一个允许程序访问并改变 UG 对象模型的程序集,是 UG 与外部应用程序的接口,利用 UG Open API 开发的应用程序以动态链接库的形式集成到 UG 软件中。参数化有限元分析流程如图 1 所示。

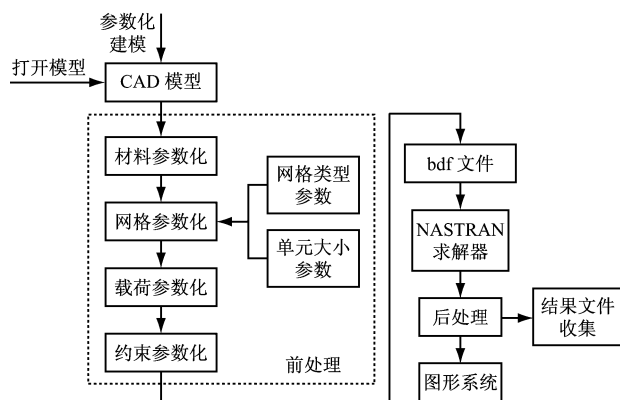


图 1 参数化有限元分析流程

Fig. 1 Process of parameterized finite element analysis

2 基于 UG 的参数化 CAE 分析流程

基于 UG 平台对采煤机零件进行参数化分析,UG 中内嵌了 NX NASTRAN 有限元分析软件,避免了以往 CAD 软件与 CAE 软件模型转换造成的数据丢失。通过 UG/Open API 对零件进行分析。通过 UG Open C++ 和 UF 函数混合模式编程,形

成 NASTRAN 命令流文件,通过更改 NASTRAN 数据卡参数实现参数化分析,从而实现快速分析。

零件的材料通过 NASTRAN 提供的 MAT1 数据卡来完成定义,包括材料的弹性模量、泊松比和随温度变化的属性;GRID 卡用于管理有限元模型节点数据;CTETRA 数据卡用于定义单元模型;SPC 数据卡和 FORCE 数据卡用于定义零件的约束和受到的载荷。

程序生成 .Dat 文件为 NASTRAN 的输入文件,输入文件包含节点、单元、载荷、约束和执行控制等信息。调用求解器生成输出文件,主要包括 .f06 文件、.f04 文件、.log 文件、.DBALL 文件、.MASTER 文件和 .op2 文件等结果文件。 .f06 文件包含求解信息、输入文件信息及应力和位移等信息; .op2 文件是二进制文件,是计算结果文件,用于后处理。后处理通过读取 .op2 文件将分析结果以图片、曲线、动画等形式显示出来。参数化分析 NASTRAN 工作流程如图 2 所示。

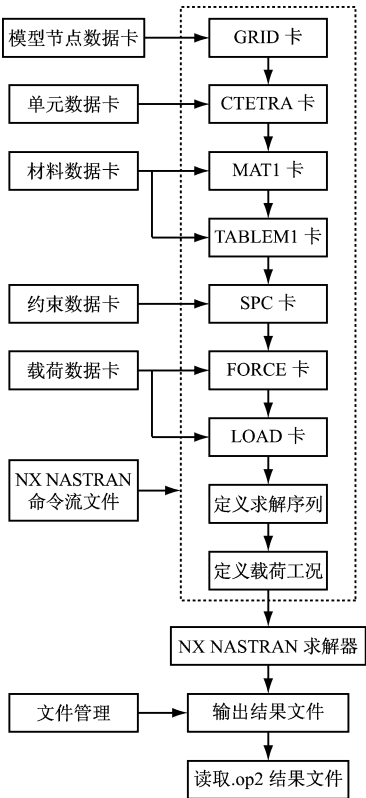


图 2 参数化分析 NASTRAN 工作流程
Fig. 2 Working process of parameterized analysis NASTRAN

3 基于 UG 的采煤机零件参数化 CAE 分析系统设计

3.1 采煤机关键零件

采煤机关键零件主要包括截割部、内外牵引部

和调高油缸,如图 3 所示。

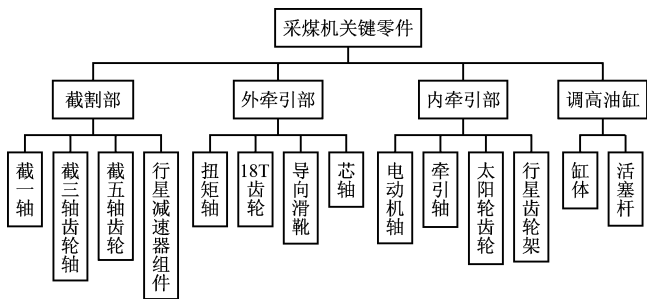


图 3 采煤机关键零件
Fig. 3 Key parts of shearer

3.2 系统设计

以采煤机截割部截一轴为例,详细介绍基于 UG 的采煤机零件参数化 CAE 分析系统的设计过程。

(1) 开发环境设置。在环境变量界面新增变量名为 UGII _ USER _ DIR,变量值为 D:\UG Open\caimeijisystem。其中 D:\UG Open\caimeijisystem 为用户定义工程路径。UG 系统规定的工程目录 startup 和 application 就建立在该路径之下。

(2) 定制参数化菜单。UG/Open MenuScript 提供了一套定义 UG 菜单的脚语言,可使用户编写的菜单与 UG 菜单无缝集合在一起。可用记事本来编辑添加菜单代码,另存为菜单文件 caidan. men。将菜单放在工程目录 startup 中。启动 UG,定制的参数化菜单自动加载。系统编译的菜单如图 4 所示。

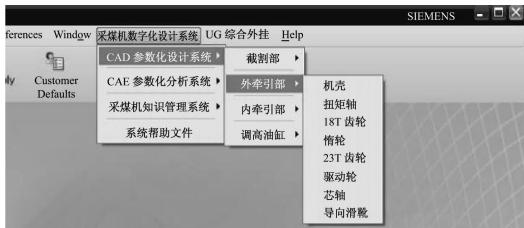


图 4 系统编译的菜单
Fig. 4 Menu interface

(3) 创建人机交互界面。UG/Open Block UI 是 UG 官方发布的最新的对话框编辑操作界面,相对于旧版本的 UG/Open UI Styler,新版本的操作更加方便,更加简单,可快速地制作出风格与 UG 系统对话框相同的操作界面,编写的对话框可被菜单直接调用。

在 UG 界面下,点击 File→All Application→Block UI Styler 就可以进入对话框设计的界面。运用各种控件创建参数化分析对话框,保存对话框。

系统生成.dlx,.hpp 和.cpp 三个文件。

(4) 编写程序并编译和链接。UG 对话框文件必须经过编译、链接生成.dll 文件才能被系统运行。UG/Open API 程序可以运行在 Internal 与 External 两种不同的环境中。系统采用 VS2012 对其进行编译、链接,生成动态链接库文件,将其复制在 UG 工程目录下,完成系统设计。

参数化 CAE 分析部分代码如下:
建立分析求解类型的代码为
simSolution1 = simSimulation1 -> CreateSolution ("NX NASTRAN", "Structural", "SESTATIC 101 - Single Constraint", "Solution 1");

赋予零件材料属性的代码为
physicalMaterialAssignBuilder1 = workFemPart -> MaterialManager () -> PhysicalMaterials () -> CreateMaterialAssignBuilder();
physicalMaterial1 = workFemPart -> MaterialManager () -> PhysicalMaterials () -> LoadFromNxmatmllibrary (string);

physicalMaterial1->AssignObjects();
网格属性设置的代码为
mesh3dTetBuilder1 -> ElementType () -> SetElementTypeName("CTETRA(10)");
mesh3dTetBuilder1 -> PropertyTable () -> SetBaseScalarWithDataPropertyValue ("quad mesh overall edge size", "91.4", unit1); //设置单元格大小

meshes1 = mesh3dTetBuilder1->CommitMesh(); //划分网格

约束载荷较多,不再赘述。

4 系统应用实例

采煤机关键零件参数化 CAE 分析系统包含采煤机各关键零部件参数化程序,点击相应零件的参数化设计程序菜单和有限元分析菜单,系统弹出零件参数化和零件有限元分析人机交互界面,通过修改参数来驱动模型发生变化,完成零件的设计。在有限元分析界面,填写相关的有限元前处理参数,完成零件的前处理设置,通过程序自动完成零件的求解分析,并返回分析结果页面。

以采煤机截割部截一轴实例演示该系统的实际应用操作:启动 UG,点击用户化菜单“采煤机数字化设计系统”→“CAE 参数化分析系统”→“截割部”→“截一轴”,系统弹出“截一轴 CAE 参数化分析”对话框,如图 5 所示。根据实际情况,选择解算类型为 SOL 101 线性静力学分析,设置材料属性,

选择网格类型为四面体 10 节点单元,网格单元大小为30 mm,设置加载力大小。点击“确定”完成求解,等效应力分析结果如图 6 所示。

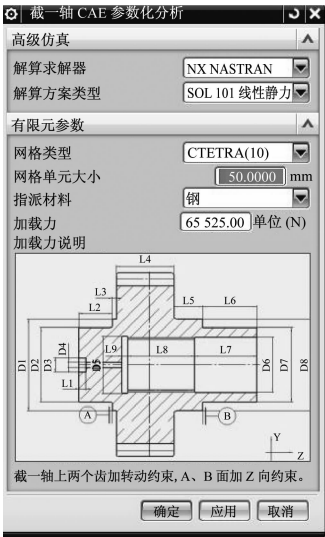


图 5 截一轴 CAE 参数化分析前处理界面
Fig. 5 Pretreatment interface of cutting bearing of CAE parametric analysis

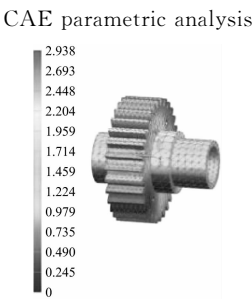


图 6 等效应力分析结果
Fig. 6 Analysis result of equivalent stress

5 结语

基于 UG 二次开发技术,采用最新的 Block UI Styler 界面设计方式和 VS2012 开发了采煤机零件参数化 CAE 分析系统。在 UG 环境下,系统可直接调用前处理对话框进行有限元分析前处理的设置,通过程序直接调用 NX NASTRAN 解算求解器完成分析过程。根据采煤机零件的特点和设计要求,实现了采煤机关键零件参数化 CAE 分析全过程。该系统零件的 CAE 分析对话框具有与 UG 软件完全一致的对话框风格,统一了用户使用 UG 软件的体验,大大提高了分析效率,系统操作简单,便于企业人员使用,降低了有限元分析的门槛,为进一步参数化 CAE 自动优化分析提供了基础。

参考文献 (References):

[1] 秦闯,刘战强,叶洪涛,等. 基于 UG 二次开发技术的

- CAD/CAE/CAM 软件集成方法研究[J]. 机床与液压, 2015, 43(9): 141-144.
- QIN Chuang, LIU Zhanqiang, YE Hongtao, et al. Research on integration methods of CAD/CAE/CAM software based on redevelopment of UG technology [J]. Machine Tool & Hydraulics, 2015, 43(9): 141-144.
- [2] 韩玲莉, 黄俊. 基于特征建模技术的 CAD/CAE 集成方法研究[J]. 机械设计与研究, 2006, 22(6): 81-83.
- HANG Lingli, HUANG Jun. Research on CAD/CAE integrated approach by feature-based modeling techniques[J]. Machine Design and Research, 2006, 22(6): 81-83.
- [3] 马军, 李阳帆, 侯俊剑, 等. 系列产品有限元快速优化设计方法与系统开发研究[J]. 机械设计, 2015, 32(12): 78-82.
- MA Jun, LI Yangfan, HOU Junjian, et al. Research of finite element rapid optimization design method and systematic development of serialized products [J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(12): 78-82.
- [4] 丁志勇, 丁华, 王学文. 基于网络的采煤机 CAD/CAE 集成设计[J]. 煤矿机械, 2011, 32(1): 23-25.
- DING Zhiyong, DING Hua, WANG Xuewen. Web-based shearer CAD/CAE integrated design[J]. Coal Mine Machinery, 2011, 32(1): 23-25.
- [5] 郇峰, 王学文, 杨兆建, 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, YANG Zhaojian, et al. Shearer parts network parametric CAD system design [J]. Machinery Design & Manufacture, 2015(2): 194-197.
- [6] 何小新, 吴庆鸣. 全断面岩石掘进机智能选型方案生成系统[J]. 中国机械工程, 2007, 18(6): 681-686.
- HE Xiaoxin, WU Qingming. Intelligent type selection system of full face rock tunnel boring machine[J]. China Mechanical Engineering, 2007, 18(6): 681-686.
- [7] 郎建伟, 杨兆建, 王学文. 基于 UG 二次开发的刮板输送机选型计算[J]. 煤矿机械, 2011, 32(3): 18-20.
- LANG Jianwei, YANG Zhaojian, WANG Xuewen. Selection and calculation of scraper conveyor based on further development of UG software [J]. Coal Mine Machinery, 2011, 32(3): 18-20.
- [8] 姚辉学, 侯永涛, 王国林, 等. 车辆制动器参数化数据库设计[J]. 机械工程学报, 2008, 44(10): 255-259.
- YAO Huixue, HOU Yongtao, WANG Guolin, et al. Parameterized database design of vehicle brakes [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2008, 44(10): 255-259.
- [9] 戴雪芬. 基于 Pro/E 的装载机工作装置动臂的有限元分析及优化设计[J]. 工矿自动化, 2010, 36(4): 50-52.
- DAI Xuefen. Finite element analysis and optimization design of movable arm of loaders working equipment based on Pro/E [J]. Industry and Mine Automation, 2010, 36(4): 50-52.
- [10] 荆浩旗, 白海清, 王春月, 等. 基于 VC++ 和 UG 二次开发技术的麻花钻参数化设计[J]. 现代制造工程, 2014(7): 51-55.
- JING Haoqi, BAI Haiqing, WANG Chunyue, et al. Parameter design of twist drills based on VC++ and UG secondary development technology [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2014(7): 51-55.
- [11] 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.
- [12] 刘卫校, 丁华, 杨兆建. 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, DING Hua, YANG Zhaojian. Study on parts parameterization design system of coal shearer based on UG [J]. Coal Science and Technology, 2011, 39(3): 80-82.
- [13] 李春通, 任芳, 杨兆建, 等. 矿井提升机主轴 CAD/CAE 集成系统研究[J]. 制造业自动化, 2014, 36(5): 131-133.
- LI Chuntong, REN Fang, YANG Zhaojian, et al. Research on CAD/CAE integration system of mine hoist shaft [J]. Manufacturing Automation, 2014, 36(5): 131-133.
- [14] 陶蕾, 贺小华, 管凌峰. 基于 ANSYS 的薄膜蒸发器筒节夹套参数化有限元分析[J]. 机械设计与制造, 2008(7): 25-26.
- TAO Lei, HE Xiaohua, GUAN Lingfeng. Parametric finite element analysis for cylindrical shell with jacket of thin film evaporator based on ANSYS [J]. Machinery Design & Manufacture, 2008(7): 25-26.
- [15] 谢世坤, 黄菊花, 杨国泰, 等. 复杂空间曲面的参数化网格划分方法研究[J]. 塑性工程学报, 2005, 12(1): 29-33.
- XIE Shikun, HUANG Juhua, YANG Guotai, et al. The study of parametric grid generation on the complicated special surface [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2005, 12(1): 29-33.