

ADAMS、Pro/E 和 ANSYS 间数据的自动传输技术*

汤修映 肖 丹 刘 岭 刘 川 毛恩荣

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

【摘要】 采用插件程序设计、顺序和循环流程控制方法,以机械系统动力学分析软件 ADAMS、三维参数化造型软件 Pro/E 和有限元分析软件 ANSYS 为平台,提出了一种以动力学分析软件 ADAMS 为核心的自动化接口数据转换方法。利用软件的二次开发技术以及 VC++ 语言开发了一套专用接口软件。最后通过东方红-1604 型拖拉机转向机构的设计分析进行了仿真试验验证。试验证明,拖拉机轮胎的侧滑特性可用于描述拖拉机的转向性能,分析过程中所涉及的相关数据信息可以在 ADAMS、Pro/E 和 ANSYS 软件间自动无损传输。该方法可有效解决大型工程设计软件协同仿真过程中的数据信息自动传输问题,为复杂机械系统的设计分析提供了一种自动、高效而可靠的解决方案。

关键词: 数据传输 自动化接口 ADAMS Pro/E ANSYS

中图分类号: TP391.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)06-0193-05

Data Automatic Transmission Technology Based on ADAMS, Pro/E and ANSYS

Tang Xiuying Xiao Dan Liu Ling Liu Chuan Mao Enrong

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

An automatic interface method for data transmission based on ADAMS was proposed by using the idea of plug-in program design and sequence and loop process control. The interface software was developed on the platform of dynamics analysis of mechanical system software ADAMS, 3-D parametric modeling software Pro/E and finite element analysis software ANSYS, utilized the respective secondary development technology of the platform software as well as VC++. Finally, the Dongfanghong-1604 tractor steering mechanism was used as experimental verification. The results showed that the sideslip characteristics of tractor tire could be used to describe the steering performance of tractor, and the relevant data information involved in the analyzing process was transmitted automatically and losslessly among ADAMS, Pro/E and ANSYS.

Key words Data transmission, Automatic interface, ADAMS, Pro/E, ANSYS

引言

在应用 CAD/CAE 现代工程软件求解实际工程问题时,不可避免要涉及不同软件的数据自动传输,其核心内容就是从其中一个(或多个)软件系统读出信息,再写入另一个(或多个)软件系统,从而可靠、高效地求解集成性和复杂性越来越强的实际工程问题^[1-2]。目前的 CAD/CAE 大型工程软件不

少,适用于不同的专业技术领域(如造型设计、动力学分析、有限元分析),即使属于同一领域(如高端造型软件 Pro/E、UG、CATIA,分析软件 ANSYS、ADAMS、NASTRAN),也各具特色和优势,充分利用这些功能强大的现代工程设计软件进行复杂机械系统的联合设计和分析,能够极大地改进产品设计质量,提高产品设计效率。但目前这些软件系统往往自成体系、各具特点,很难真正实现软件之间数据信

收稿日期: 2010-07-27 修回日期: 2010-12-03

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A01)和中国农业大学基本科研业务费专项资金资助项目(2009JS16)

作者简介: 汤修映,副教授,主要从事农业智能装备和农业机器人技术、数字化设计制造技术研究,E-mail: txying@cau.edu.cn

息的无缝自动化传输和集成,这就导致在利用大型工程设计软件进行复杂机械系统的联合设计及协同仿真时,为获得更好性能而开展的虚拟试验、优化设计等复杂反复的自动化计算过程无法实现^[2~4]。

本文以三维建模软件 Pro/E、动力学分析软件 ADAMS、有限元分析软件 ANSYS 为平台,研究三者间数据自动传输技术及实现方法,开发适合特定领域的专用数据接口来实现模型数据自动化传输。

1 开发平台

Pro/E 软件是目前世界上应用最为广泛的高端三维造型设计软件之一,有强大的参数化建模功能;ADAMS 软件是目前世界上最先进、占有市场份额最大(70%)的动力学分析软件;ANSYS 软件则是世界上最为通用的有限元分析软件。其中,ADAMS 主要用于机械系统动力学仿真,分析对象主要是多刚体,但与 ANSYS 结合则可以考虑零部件的弹性特性,从而提高机械系统运动学动力学的仿真精度。此外,ADAMS 和 ANSYS 的三维建模能力都较弱,进行复杂机械系统模型的研究需要借助 Pro/E 等高级 CAD 软件。因此,利用软件的二次开发技术,结合各软件特点,首先需要解决 Pro/E、ADAMS 及 ANSYS 软件间的数据自动转换和传输问题。本文以 ADAMS 为核心,利用 Pro/E 的二次开发方法 Pro/TOOLKIT(异步模式)^[5],ADAMS 的二次开发方法宏命令、系统 CMD 命令、参数化、条件和循环流程控制语言,ANSYS 的二次开发方法 APDL,结合 VC++ 以及 Windows 系统批处理命令^[6],研究开发 3 种软件针对具体虚拟样机模型的专用数据接口,实现 Pro/E 三维建模、ANSYS 有限元分析和 ADAMS 运动学动力学分析的自动化接口。该接口可进行设计研究、试验设计和优化设计,进行机械系统刚体运动学动力学仿真和刚柔混合仿真,根据设定的目标函数输出结论、保存数据。

2 开发流程

以动力学分析软件 ADAMS 为核心,利用插件程序、顺序和循环流程控制的思想将 Pro/E 和 ANSYS 的功能集成到 ADAMS 环境中,实现三者的数据自动传输和仿真优化,其技术方案流程图如图 1 所示。

首先启动 ADAMS 软件,然后初始化环境,包括设计变量和数据元素的创建,菜单和对话框的定制,菜单的加载和对话框的加载;用户在使用时可以在该对话框中输入相应的数据,对话框自动将输入的数据保存在独立数据文件中,以供插件程序调用和

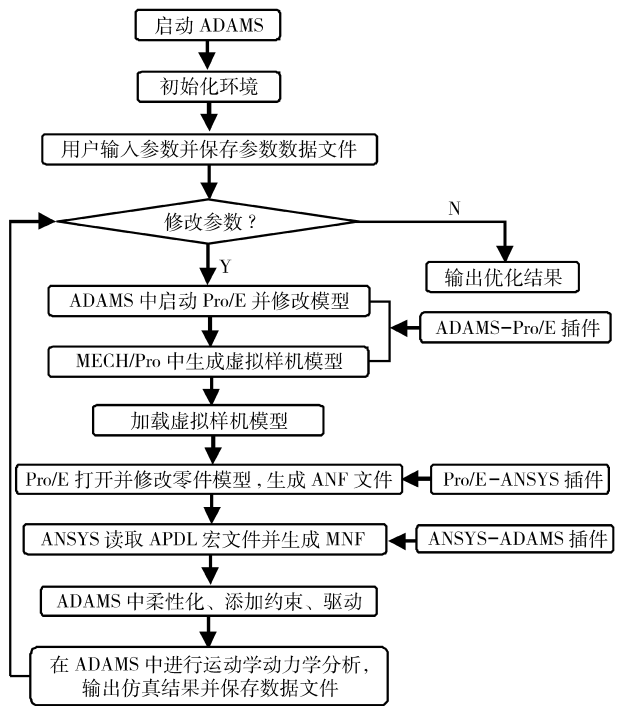


图 1 以 ADAMS 为核心的自动化接口技术方案流程图

Fig. 1 Flow chart of technology scheme for automatic interface based on ADAMS

读取;然后程序判断是否需要修改参数,若需修改,流程控制 ADAMS 并将依次调用 ADAMS-Pro/E 插件程序、Pro/E-ANSYS 插件程序和 ANSYS-ADAMS 插件程序,随着完成虚拟样机模型的柔性化虚拟装配、添加约束与驱动,并进行运动学动力学仿真,得出相关结论与数据,输出显示并保存在独立的数据文件中,供用户进一步分析;当无需修改参数时,系统输出本次虚拟试验结果。

3 实现方法与步骤

按照系统功能要求开发如下插件程序。

3.1 ADAMS-Pro/E 插件程序

首先利用三维造型软件 Pro/E 构建机械系统三维模型,将影响机械性能的结构因素参数化,即在 Pro/E 中建立参变量和关系式。此插件程序包括两部分的内容:一是在 ADAMS 中启动 Pro/E 软件并修改模型尺寸;二是利用 MECH/Pro 生成虚拟样机模型^[7]。然后利用 Pro/E 的二次开发工具 Pro/TOOLKIT 以及 VC++ 开发平台开发一个异步可执行程序,该程序流程图如图 2 所示。

3.2 Pro/E-ANSYS 插件程序

该插件的主要内容是 Pro/E 自动打开、修改并重构三维机械系统模型,利用 Pro/E 和 ANSYS 的内嵌接口将数据传递至 ANSYS 软件,并生成 ANF 文件。利用 Pro/E 的二次开发工具 Pro/TOOLKIT 以

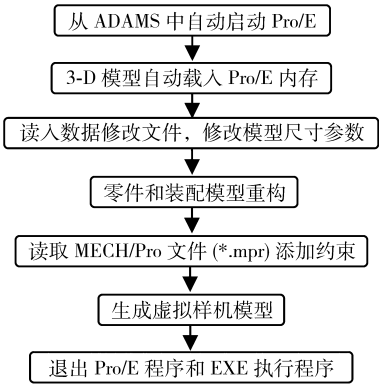


图 2 ADAMS-Pro/E 插件程序流程图

Fig. 2 Flow chart of ADAMS-Pro/E plug-in program

及 VC++ 开发平台, 开发出一个异步可执行程序, 该程序流程图如图 3 所示。

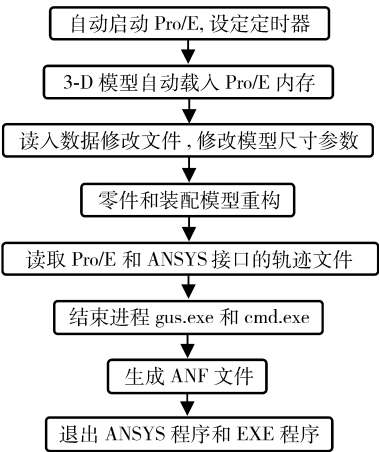


图 3 Pro/E-ANSYS 插件程序流程图

Fig. 3 Flow chart of Pro/E-ANSYS plug-in program

3.3 ANSYS-ADAMS 插件程序

该插件程序的主要内容是在 ANSYS 自动读取 APDL 宏文件并生成模态中性文件 MNF。利用 VC 开发平台开发的一个可执行文件, 后台启动 ANSYS, 并读取 APDL 宏文件, 生成模态中性文件, 保存数据文件, 退出 ANSYS 程序。在程序编制之初, 应该先编写好 APDL 宏文件的内容以便程序读取。该程序流程图如图 4 所示。

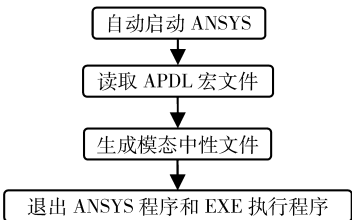


图 4 ANSYS-ADAMS 插件程序流程图

Fig. 4 Flow chart of ANSYS-ADAMS plug-in program

3.4 插件集成

利用 CMD 命令, ADAMS 软件在初始化环境后依次调用上述 ADAMS-Pro/E、Pro/E-ANSYS 和

ANSYS-ADAMS 插件程序, 完成虚拟样机模型的柔性化虚拟装配、添加约束和驱动, 并进行刚体运动学动力学仿真及刚柔混合仿真分析, 输出仿真结果并保存数据文件。利用 ADAMS 软件的循环控制语言, 循环执行上述过程, 通过后处理将最优结果输出。

4 实例验证

全液压式拖拉机转向机构包括方向盘、转向器、转向轴、液压系统和一系列传动杆件, 传动杆件又包括转向梯形臂、横臂等, 利用三维造型软件 Pro/E 建立三维模型, 如图 5 所示。

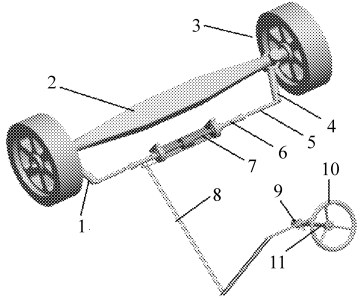


图 5 拖拉机转向机构三维模型

Fig. 5 3-D model of tractor steering system

1. 左梯形臂 2. 前桥 3. 车轮 4. 右梯形臂 5. 横臂 6. 活塞
7. 液压缸 8. 油管 9. 转向器 10. 方向盘 11. 转向轴

拖拉机的转向操纵性能是指拖拉机按照给定的转向半径实现转向, 按照驾驶员所需要的路线行驶, 以及抵御外界干扰维持原方向行驶的性能。为了减小车轮侧滑, 延长轮胎使用寿命, 可以利用拖拉机轮胎的侧滑特性来描述拖拉机的转向性能, 要求转向机构在转向过程中, 外前轮理论转角 β 和外前轮实际转角 β' 尽可能一致, 即要求最大理论转角与实际外侧转角偏差之差最小化, 而且经过分析可知转向特性与拖拉机转向梯形臂长度 m 和梯形底角 θ 密切相关, 转向特性分析可描述为求解 $\min f(m, \theta) = \max |\beta - \beta'|$, 其中外前轮理论转角^[8-9]

$$\beta = \arctan \left(\frac{L \tan \alpha}{M \tan \alpha + L} \right) \tag{1}$$

式中 L ——拖拉机轴距
 M ——左、右立轴之间的距离(轮距)
 α ——实际内侧转角

α 可在 ADAMS 软件中通过测量得到, 实际外侧转角也可在 ADAMS 软件中通过测量得到。

通过改变 m 以及 θ , 安排多组虚拟试验, 即设计研究和试验设计, 来考察研究拖拉机转向机构转向特性与转向梯形臂以及梯形底角之间的关系, 为拖拉机的实际设计提供理论指导。

东方红-1604 型拖拉机整机参数: 前轮出厂轮距 M 为 1 904 mm, 轴距 L 为 2 848 mm。

根据经验公式

$$\frac{m}{M}=0.12\sim0.18\tag{2}$$

$$\arctan\frac{1.2L}{M}\leq\theta\leq80^{\circ}\tag{3}$$

得

$$m=228\sim343\text{ mm}$$
$$60^{\circ}\leq\theta\leq80^{\circ}$$

将研究的因素设置为长度 (length), 角度设置为 70° , 长度分别设置为 250、270、280、290 mm, 进行刚柔混合仿真试验, 输入参数如图 6 所示。

点击对话框中的“RUN”按钮即按照用户输入的数据自动开始运动学动力学仿真试验, 图 7 是各

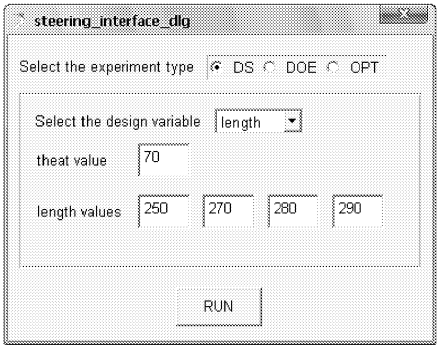


图 6 转向机构仿真分析参数输入对话框

Fig. 6 Input dialog box of simulation parameters for steering system

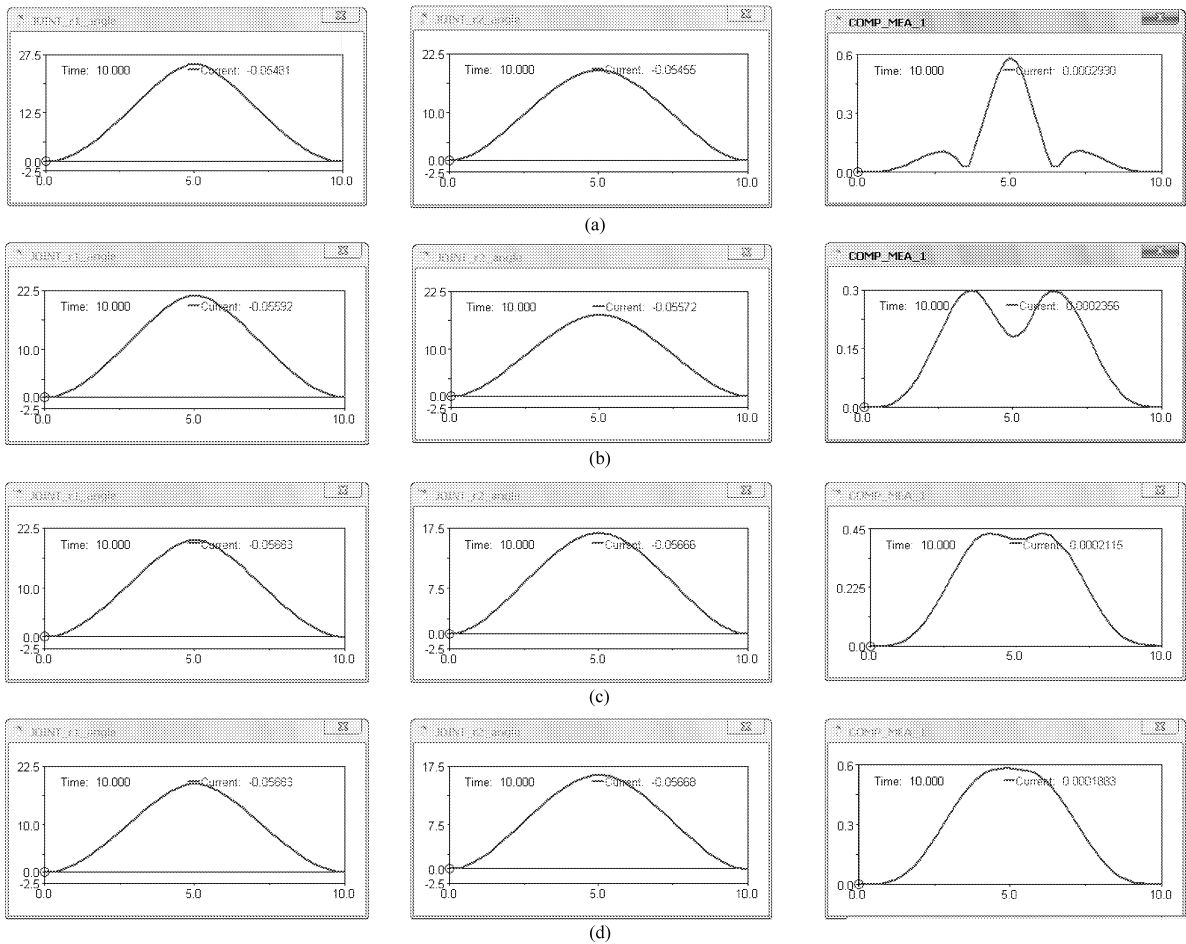


图 7 仿真结果

Fig. 7 Simulation curves

(a) $m=250\text{ mm}$ (b) $m=270\text{ mm}$ (c) $m=280\text{ mm}$ (d) $m=290\text{ mm}$

次试验的仿真结果界面, 共分为 4 组, 分别测量了不同 m 时转向机构的 α 、 β' 和理论转角与实际外侧转角偏差之差 $|\beta-\beta'|$ 。图中横坐标均为时间 (s), 纵坐标分别为 α 、 β' 和 $|\beta-\beta'|$ 。

试验完成后, 查看结果数据文件, 如图 8 所示。针对该转向机构的无侧滑性能而言, 需要 $|\beta-\beta'|$ 最大值最小, 显然第 2 组数据 0.299 4 小于其他组数据, 即当转向梯形底角 θ 为 70° 、转向梯形臂长度 m

为 270 mm 时, 拖拉机转向机构的无侧滑特性最好。

5 结束语

采用插件程序设计与顺序和循环流程控制思想, 以机械系统动力学分析软件 ADAMS、三维参数化造型软件 Pro/E 和有限元分析软件 ANSYS 为平台, 提出了一种基于动力学分析软件 ADAMS 的自动化接口数据传输方法。该方法首先启动 ADAMS



图 8 仿真结果数据文件
Fig. 8 Data file of simulation results

软件,加载虚拟样机模型进行运动学动力学分析;若要修改模型几何参数并进行刚柔混合仿真,则从 ADAMS 软件中直接启动 Pro/E 软件,完成三维模型参数的自动修改、模型重构和装配;然后将 Pro/E 软件中修改后的模型数据自动传递至 ANSYS 软件;再

利用 ANSYS 软件生成可供 ADAMS 软件使用的模态中性文件并自动传回 ADAMS 软件中,再次进行运动学动力学分析,如此循环往复,直至获得最佳结果。讨论了该方法的开发平台、系统功能、开发流程以及实现步骤,并利用各软件的二次开发技术和 VC++ 编程语言,开发了一套专用接口软件。最后通过东方红-1604 型拖拉机转向机构的转向操纵性能分析进行了仿真试验验证。试验结果表明,拖拉机轮胎的侧滑特性可用于描述拖拉机的转向性能,且当转向梯形底角为 70°、转向梯形臂长为 270 mm 时,拖拉机转向机构的无侧滑特性最好。该方法可以解决大型工程设计软件协同仿真过程中的数据信息自动传输问题,为复杂机械系统的设计分析提供了一种自动、高效而可靠的解决方案。

参 考 文 献

- 1 Tiago Martinuzzi Buriol, Sergio Scheer. CAD and CAE integration through scientific visualization techniques for illumination design [J]. Tsinghua Science and Technology, 2008, 13 (Supp. 1): 26 ~ 33.
- 2 鲍旭清,陈剑,王建楠,等. 常用 CAD 与 CAE 软件及其数据接口技术[J]. 机械设计与制造, 2008(8): 82 ~ 84.
Bao Xuqing, Chen Jian, Wang Jiannan, et al. The technology of data interface between CAD and CAE softwares [J]. Machinery Design & Manufacture, 2008(8): 82 ~ 84. (in Chinese)
- 3 Bhandarkar M P, Downie B, Hardwick M, et al. Migrating from IGES to STEP: one to one translation of IGES drawing to STEP drafting data [J]. Computers in Industry, 2000, 41(3): 261 ~ 277.
- 4 Michael J P, Bill D A, Tony R. A shape modeling applications programming interface for the STEP standard [J]. Computer-Aided Design, 2001, 33(7): 531 ~ 543.
- 5 徐伟. 大型港机结构 CAD/CAE 一体化关键技术研究及实现[D]. 上海:上海海事大学, 2005.
- 6 刘洁,张和平,王丽娟. 基于 Visual C++ 的 ANSYS 参数化设计[J]. 机电工程技术, 2003, 32(3): 83 ~ 84.
Liu Jie, Zhang Heping, Wang Lijuan. ANSYS parameterization design based on Visual C++ [J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2003, 32(3): 83 ~ 84. (in Chinese)
- 7 李慎龙,闫清东,姚寿文. 车辆传动系统虚拟样机建模与验证[J]. 农业机械学报, 2009, 40(10): 8 ~ 13.
Li Shenlong, Yan Qingdong, Yao Shouwen. Virtual prototyping modeling and validation of vehicle transmission system [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(10): 8 ~ 13. (in Chinese)
- 8 机械电子工业部洛阳拖拉机研究所. 拖拉机设计手册(下)[M]. 北京:机械工业出版社, 1994.
- 9 周一鸣. 汽车拖拉机学-汽车拖拉机理论[M]. 北京:中国农业大学出版社, 2000.