

ADAMS在机械系统分析中的研究现状及发展

惠学芹, 陈西府

(盐城工学院 机械工程学院, 江苏 盐城 224051)

摘要: 通过对 ADAMS 在机械系统分析中的应用现状和研究现状进行研究, 结合 ADAMS 自身的特点和笔者的应用经验, 提出了 ADAMS 在机械系统分析中急需解决的三个创新性的研究方向——建模功能的拓展、参数识别和多柔体系统的仿真。
关键词: ADAMS; 机械系统; 建模; 参数识别; 多柔体系统
中图分类号: TH 164 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671- 5322(2010) 03- 0044- 03

机械系统动力学仿真分析软件 ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Systems) 最初由美国公司 MDI 公司开发, 是目前最著名的虚拟样机分析软件。ADAMS 是以多体系统动力学理论为基础开发出的大型机械系统仿真分析软件, 使用交互式的图形环境和零件库、约束库、力库等, 能够创建完全参数化的机械系统动力学模型^[1, 2]。ADAMS 软件的组成示意图如图 1 所示。

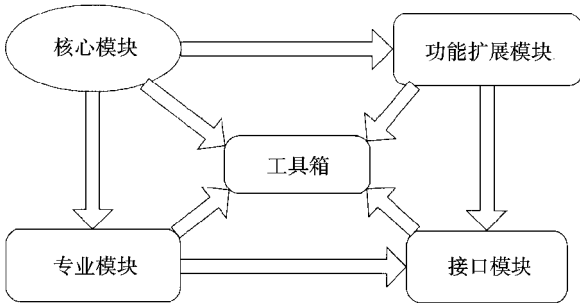


图 1 ADAMS 软件的模块框图
Fig 1 Block diagram of ADAMS module

通过 ADAMS 以上模块, 可以建立包括机-电-液一体化在内的任意复杂系统的多体动力学数字化虚拟样机模型, 并能对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析。ADAMS 软件的仿真可用于预测机械系统的性能、运动范围、碰撞检测、峰值载荷以及计算有限元的输入载荷等, 当前 ADAMS 已经广泛应用于多个工业领域, 但在利用 ADAMS 对机械系统分析时也存在很多不尽人意

之处。本文将结合 ADAMS 在机械系统分析中的研究现状, 着重论述 ADAMS 在机械系统分析中急需解决的三个研究方向。

1 ADAMS 在机械系统分析中的应用现状和研究现状

目前, ADAMS 广泛应用于航空航天^[3]、汽车制造^[4, 5]、造船^[6]、机器人^[7, 8]及其它多种工业机械^[9, 10], 并取得了很好的社会效益^[11]。世界最先进的包装机械制造商 Pure-Pak 的工程师们利用 ADAMS 成功的设计并试验饮料加注系统的单向阀; 美国航空航天局 (NASA) 的喷气推进实验室 (JPL) 成功地实现了火星探测器“探路号”在火星上的软着陆, JPL 工程师利用 ADAMS 等虚拟样机技术仿真研究了宇宙飞船在不同阶段的工作过程^[12]; 我国航天部上海航天局第 805 研究所利用 ADAMS, 完成了国家高技术项目“空间站两自由度大面积柔性太阳池阵”动力学仿真研究。

在我国, 自从北京吉普汽车公司曾经利用 ADAMS 成功开发了 BJ2022 二代车型。ADAMS 软件更广泛的应用于复杂机构或复杂机械系统的研究, 比如汽车的几乎所有总成、多级轮系、并联机床、电梯、起重机械、农业机械等复杂机械系统。这些研究采用的方法大多是在建立了系统模型的基础上利用 ADAMS 的仿真分析功能对系统的动力学进行分析, 绝大部分是利用 ADAMS 对某一具体机械系统进行分析, 而对 ADAMS 进行创新

性的应用研究或功能拓展型的研究较少。

2 ADAMS 在机械系统分析中的研究方向

目前有相当多的资料表明, 应用 ADAMS 对机械系统分析能够将复杂机械系统进行仿真, 并对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析, 效果很好。但在应用 ADAMS 分析机械系统中某一局部结构受力状况、结构复杂的机械系统以及机械系统中受力状况复杂的时候, 使用 ADAMS 进行建模或仿真分析时往往力不从心。笔者结合 ADAMS 的应用现状和实践经验从以下几个方面阐述应用 ADAMS 对机械系统分析的几个创新性的研究方向。

2.1 建模功能的强化

ADAMS 分析仿真的程序框图如图 2 所示。其中完整有效的几何建模是 ADAMS 软件仿真与分析的基础。

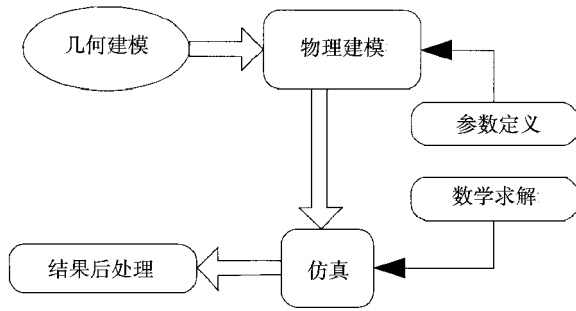


图 2 ADAMS 软件的程序框图

Fig 2 Block diagram of ADAMS procedure

与很多 CAD 软件类似, ADAMS 提供了丰富的几何建模工具库, 但与目前通用的 CAD 软件相比, ADAMS 的建模功能相对太少, 往往不能够对复杂的机械系统进行完整的几何建模, 这在很大程度上限制了 ADAMS 的应用。

目前, 解决这一类问题的方法是采用 CAD 软件对复杂的机械系统进行几何建模, 然后利用 ADAMS 图形接口模块 (ADAMS /Exchange) 实现 ADAMS 与 CAD 软件之间数据的双向传输。当用户将 CAD 软件中建立的模型向 ADAMS 传输时, ADAMS /Exchange 自动将图形文件转换成一组包含外形、标志和曲线的图形要素, 通过控制传输时的精度, 可获得较为精确的几何形状, 并获得质量、质心和转动惯量等信息。ADAMS 提供了两个常用的接口模块——CATIA 专业接口模块和 Pro/E 接口模块, 从数据转换的方便和传输精度

考虑, 采用 Pro/E 软件建立的模型要好一些, 大多数的研究都是使用 Pro/E 接口模块完成几何建模和几何模型的输入的。也有研究表明, 常用的 SolidWorks 模型和 UG 模型也能够很好地实现与 ADAMS 软件的数据传输。

强化 ADAMS 建模功能的另一个途径是结合数学建模或者物理建模理论建立机械系统的等价模型。通过数学建模理论和物理建模, 可以简化对机械系统的几何建模过程, 同时取得同样有效的虚拟样机模型。武有勤等根据实际减振器的结构和动态运动的连接关系, 建立与减振器虚拟样机相对应的系统动力学模型并用 ADAMS 进行仿真分析, 对减振器模型刚度、阻尼参数进行了优化设计和评估, 为机械设计提供了有价值的参考数据^[13]。使用这一建模方法将大大提高建模效率和仿真速度, 必能加速实现 ADAMS 的完全建模功能。

2.2 参数识别功能的强化

图 2 中在几何建模的基础上进行有效的参数定义可以实现物理建模, 参数定义功能的强大与否很大程度上取决于参数识别功能的强弱。ADAMS 仿真结果的准确与否与系统的输入参数有很大关系, 因而对机械系统输入参数的获取也就成为 ADAMS 仿真的一个基本的、关键性的问题。机械系统存在许多参数, 比如距离、质量、惯量、弹簧的刚度系数、阻尼器的阻尼系数等。这些系数获取的方法通常是通过简单试验直接测量质量、惯量、刚度系数、阻尼系数等。对于其他不能直接获得的参数, 需要通过参数识别试验来获取。系统参数识别的典型方法是利用宽带白噪声作为系统的激励, 对系统的状态变量进行采样并用数字识别算法对包含微分方程的系统模型方程处理进行识别。目前, 这一方面的研究鲜见于文献, 由于利用辨识技术进行参数识别比将系统拆开进行测量有很大的优越性, 因此参数识别技术将是研究的一个热点。这一功能的加强将大大提高仿真精度, 对实现 ADAMS 的高精度仿真分析具有重要意义。

2.3 增强对多柔体系统的仿真功能

图 3 为机械系统分类及其仿真软件。其中 ADAMS 是利用拉格朗日第一类方程建立系统最大量坐标动力学微分方程, 求解算法稳定, 对刚性问题十分有效。ADAMS 的仿真可用于预测机械系统的性能、运动范围、碰撞检测、峰值载荷等, 但

对大型复杂结构的强度、刚度、屈曲、模态、热力学、超单元等弹性系统的解决有一定的局限性。目前解决弹性动力学的软件有 MSC/NASTRAN 和 ANSYS 有限元分析软件, 这些软件能够较好地解决弹性动力学问题。而实际中绝对的刚体运动并不存在, 绝对的弹性动力学问题在工程实践中也不多见, 实际的工程问题严格地说都是多柔体动力学问题, 因此增强对多柔体系统的仿真功能将是 ADAMS 发展的重要方向。

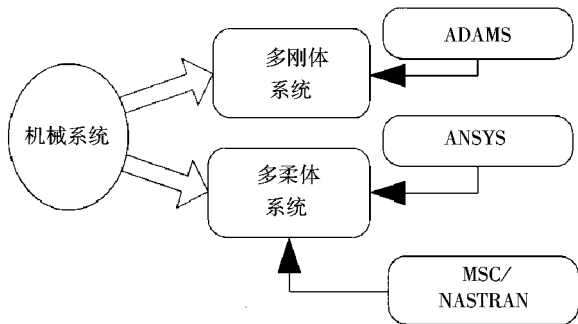


图 3 机械系统分类及相应仿真软件

Fig 3 The type of mechanism systems and simulation software

由于 ADAMS 和有限元分析具有各自独特的优势, 一个对刚体的研究非常有效, 而另一个对弹性问题非常有效。因此, 在研究工程实际中的多柔性系统时, 把 ADAMS 和有限元分析软件结合起来应该能够得到更准确的结果。目前, 用的较多的方法是利用 ADAMS 的精确仿真结果作为有限元分析的输入载荷, 然后再利用有限元分析软件对弹性动力学的解决优势求解。另外有研究表明, 联合使用 Pro/E、ADAMS 和 ANSYS 软件应用于机械设计中是一种切实可靠的方法。侯红玲等对 ADAMS 和 ANSYS 的接口技术和 ANSYS/

ADAMS 结合仿真步骤进行了研究, 认为 ADAMS 和 ANSYS 结合应用对柔性体进行动力学和运动学分析, 克服了两单独使用时的缺陷, 更加真实地反应机构运动时的应力应变情况^[14]。

这些研究对拓展 ADAMS 的应用范围和增强仿真效果都有一定的借鉴作用, 但仍然没有很好地解决多柔体动力学问题。解决这一重大课题对拓宽 ADAMS 解决工程实际问题具有重大意义。

3 ADAMS 软件的应用实践总结

在利用 ADAMS 对齿轮减速器进行仿真分析中, 我们会发现 ADAMS 软件的不足之处也正是在于建模功能较差, 只能进行刚体的动力学分析。在建模阶段, 利用 ADAMS 对齿轮建模非常麻烦, 因此采用了 PROE 三维软件进行建模; 再利用 PROE 和 ADAMS 的接口技术把 PROE 模型导入 ADAMS 软件中。在仿真分析阶段, 利用 ADAMS 软件对减速器进行运动学分析和刚体动力学分析, 实验结果与理论结果吻合度很好; 但如果考虑到接触变形等因素, 对齿轮传动过程中的应力、应变、摩擦等因素进行分析时, ADAMS 软件就显得无能为力了。在长期的 ADAMS 软件应用实践中, 我们认为 ADAMS 软件确实应该在建模、柔性系统分析等方面强化功能。

4 结论

ADAMS 在机械系统分析中取得了广泛的应用, 许多学者对此也进行了卓有成效的研究。目前 ADAMS 在复杂机械系统建模、受力分析以及柔性体的分析中仍有许多不足, 在建模功能的强化、参数识别的强化、多柔体系统建模等方面进行创新性的研究显得日益迫切。这些研究能够提高 ADAMS 的仿真速度和仿真精度, 同时也将大大拓宽 ADAMS 在机械系统分析的应用。

参考文献:

- [1] McDonah S. Three dimensional surface contact[A]. International ADAMS User's Conference 1998
- [2] Keirouz W. Integrating parametric geometry, features, and variational modeling for conceptual design[A]. Design Theory and Methodology[C]. American Society of Mechanical Engineers New York, 1999.
- [3] 晋萍. 基于 ADAMS 软件的飞机滑行动力响应仿真分析[J]. 机械工程与自动化, 2007, (2): 1-3
- [4] 姜攀, 王贵槐, 李青. 基于 ADAMS 的汽车前悬架的研究[J]. 公路与汽运, 2010, (3): 7-11.
- [5] 邹海峰. 基于 ADAMS/Car 的汽车悬架分析和优化设计[J]. 制造业自动化, 2010, 32(4): 40-44.

(下转第 53 页)

Design and Development of Power Quality Detection Device

LV Shu-dong

(Department of Experiment Teaching, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract The paper designs the overall structure of power quality detector device, the hardware architecture and software architecture of the test equipment, introduces the circuit component of each part in power quality measurement device, at last various implementation methods of power quality parameter algorithms on DSP is illustrated.

Keywords test equipment; circuit DSP; anti-jamming

(责任编辑: 沈建新; 校对: 张英健)

(上接第 46 页)

[6] 李海方, 徐长生. 基于 ADAMS 的船用起重机金属结构动力学仿真 [J]. 起重运输机械, 2009(6): 19- 21

[7] 李伟光, 刘建华. 基于 ADAMS 的工业机器人大臂关节运动学分析 [J]. 机械与电子, 2010(5): 67- 69

[8] 梁青, 宋宪玺, 周烽, 等. 基于 ADAMS 的双足机器人建模与仿真 [J]. 计算机仿真, 2010 27(5): 162- 165 238

[9] 霍鹏飞, 杨洁明, 任锡义, 等. 基于 Pro/E 和 ADAMS 的直线振动筛动力学仿真 [J]. 煤矿机电, 2010 (3): 14- 17

[10] 王国有, 陈新响, 李文华, 等. 基于 ADAMS/Hydraulics 模块的液压离合器液压系统仿真 [J]. 机床与液压, 2010 38 (9): 69- 70

[11] 武有勤, 李建华. 基于 ADAMS 的织机阻尼弹簧减振器的开发 [J]. 四川纺织科技, 2005(3): 77- 79.

[12] 宋健. 基于 ADAMS 的虚拟样机技术研究综述 [J]. 潍坊学院学报, 2006 6(6): 72- 75.

[13] 丁寿滨. ADAMS 与常用 CAD 软件之间的接口 [J]. 微计算机信息, 2005 21(3): 202- 204

[14] 侯红玲. 基于 ADAMS 和 ANSYS 的动力学仿真分析 [J]. 现代机械, 2005(4): 75- 77.

The Research Status and Development of ADAMS in the Analysis of Mechanism System

HU IXue-qin, CHEN Xi-fu

(School of Mechanical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract The applying application and research status of ADAMS in the analysis of mechanism system were introduced. According to the characteristic of ADAMS and the experience of using ADAMS software, three attractive research objectives were provided for ADAMS in the use of mechanism system which includes the aggrandizement of modeling function, parameter identification and the simulation of flexible multibody system.

Keywords ADAMS; mechanism system; modeling; parameter identification; flexible multibody system

(责任编辑: 沈建新; 校对: 张英健)