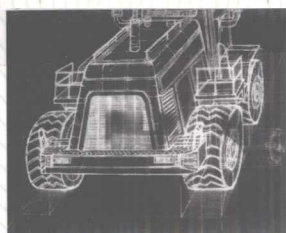


高等学校规划教材·计算机实用软件应用系列教程

LMS Virtual.Lab Motion

入门与提高

万晓峰 刘岚 编著
曹岩 主审



西北工业大学出版社

高等学校规划教材·计算机实用软件应用系列教程

【内容简介】本书主要介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的基本原理、应用及二次开发。全书共分10章，第1章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的基本原理；第2章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的安装与启动；第3章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的基本操作；第4章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的运动仿真；第5章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的动力学仿真；第6章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的热应力分析；第7章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的结构优化；第8章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的数据接口；第9章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的应用案例；第10章介绍LMS Virtual.Lab Motion软件的二次开发。

LMS Virtual.Lab Motion

入门与提高

万晓峰 刘 岚 编著

曹 岩 主审

图书在版编目(CIP)数据

LMS Virtual.Lab Motion 入门与提高 / 万晓峰、刘岚编著. —西安: 西北工业大学出版社, 2010.2
ISBN 978-7-2615-2701-6

IV. ①O313.7-39 I. ①L... II. ①万... ①刘... I. ①L... II. ①万... ①刘...
①O313.7-39 ①O313.7-39 ①O313.7-39

中国版本图书馆CIP数据核字 127127号
中国版本图书馆CIP数据核字 127127号

出版发行: 西北工业大学出版社
通信地址: 西安市友谊西路127号
电 话: (029) 88493844
网 址: www.wipub.com

电子邮箱: computer@wipub.com
印刷: 陕西向阳印务有限公司

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张: 12.2

字 数: 373千字
版 次: 2010年2月第1版

定 价: 29.00元

2010年2月第1版
西北工业大学出版社

【内容提要】本书简要介绍了虚拟样机技术和多体系统动力学理论背景,并以 LMS Virtual.Lab Motion 软件为蓝本,结合作者实际使用该软件的经验 and 体会,对软件主要功能和操作技巧进行了系统阐述。其内容包括:虚拟样机技术、理论基础、LMS Virtual.Lab Motion 界面及基本操作、多刚体建模基本模块、多体建模关键技术和模型调试技巧、设置求解参数、后处理功能以及相关应用实例。

本书主要面向机械类及相关专业的 LMS Virtual.Lab Motion 用户,可作为理工院校相关专业高年级本科生和研究生学习 LMS Virtual.Lab Motion 的参考书,也可作为从事航空航天、国防工业、工程机械、车辆、船舶、机械制造等领域科学研究及产品开发的工程技术人员使用 LMS Virtual.Lab Motion 的参考书。

高教社中人

普 联 版 社 编 者

图书在版编目(CIP)数据

审 主 崔 曹

LMS Virtual.Lab Motion 入门与提高/万晓峰,刘岚编著.——西安:西北工业大学出版社,2010.5
ISBN 978-7-5612-2791-6

I. ①L… II. ①万… ②刘… III. ①动力学—计算机仿真—应用软件, LMS Virtual.Lab Motion
IV. ①0313.7-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 083806 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029) 88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

电子邮箱:computer@nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:15.5

字 数:373 千字

版 次:2010 年 5 月第 1 版

2010 年 5 月第 1 次印刷

定 价:29.00 元

培 联 出 版 社 编 者

前 言

机械系统的虚拟样机技术 (Virtual Prototyping) 即机械系统动态仿真技术, 是一项伴随计算机技术发展起来的新技术。借助于这项技术, 工程师们可以在计算机上建立机械系统的模型, 伴之以三维可视化处理, 模拟在现实环境下系统的运动学和动力学特性, 并根据仿真结果精化和优化系统的设计与过程。这样可以大大简化机械产品的设计开发过程, 大幅度缩短产品开发周期, 大量减少产品开发费用和成本, 显著提高产品质量和系统性能。

LMS Virtual.Lab 虚拟试验室提供功能品质工程的集成解决方案, 内嵌的一整套集成软件包可用来对机械系统的品质属性进行系统级分析和优化。LMS Virtual.Lab Motion 是多体系统动力学仿真模块, 内嵌的 DADS 求解器以高效、精确著称。借助 LMS Virtual.Lab 平台优势, LMS Virtual.Lab Motion 可以帮助工程师快速评价复杂机械系统的真实性能, 为结构分析、耐久性和振动噪声研究提供精确的仿真结果, 同时还能在样机试验前分析和优化机械系统的真实性能。

本书以 LMS Virtual.Lab Motion 8B 为蓝本, 根据作者多年使用 LMS Virtual.Lab Motion 的经验和体会, 从 LMS Virtual.Lab Motion 基础知识入手, 系统阐述了该软件的主要功能和操作技巧, 并对多体系统动力学理论和虚拟样机技术进行了简要介绍。

本书共分 8 章, 第 1 章介绍了虚拟样机技术以及软件的背景和安装; 第 2 章介绍了多体系统动力学基本理论; 第 3 章介绍了 LMS Virtual.Lab Motion 的界面及基本操作; 第 4 章介绍了 LMS Virtual.Lab Motion 多刚体建模基本功能模块; 第 5 章介绍了多体建模相关技术和模型调试技巧; 第 6 章介绍了分析工况参数设置; 第 7 章介绍了后处理功能; 第 8 章介绍了 LMS Virtual.Lab Motion 应用实例, 包括多体建模实例以及 3D-1D 联合仿真和专业应用领域案例。

本书主要面向机械类及相关专业的 LMS Virtual.Lab Motion 用户, 可作为理工科院校相关专业高年级本科生和研究生学习 LMS Virtual.Lab Motion 的参考书, 也可作为从事航空航天、国防工业、工程机械、车辆、船舶、机械制造等领域科学研究及产品开发的工程技术人员使用 LMS Virtual.Lab Motion 的参考书。

本书由万晓峰、刘岚编著, 曹岩主审。

由于作者水平有限, 书中难免存在欠缺和谬误之处, 敬请读者不吝批评指正。

本书实例下载网址: www.nwpup.com。

编 者
2010 年 3 月

目 录

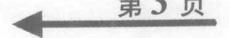
第 1 章 绪论	1
1.1 虚拟样机技术	1
1.2 LMS Virtual.Lab 简介	2
1.2.1 LMS 国际公司	2
1.2.2 LMS Virtual.Lab 虚拟仿真平台	3
1.3 LMS Virtual.Lab Motion 介绍	5
1.4 LMS Virtual.Lab 安装	10
1.4.1 安装硬件要求和注意事项	10
1.4.2 Windows 操作系统下的安装界面	10
1.4.3 一键式安装	12
1.4.4 分步式安装	12
1.4.5 LMS Virtual.Lab 的卸载	16
1.5 软件许可证配置	17
1.5.1 匹配服务器信息	17
1.5.2 匹配 FLEXID 信息	18
1.5.3 配置 License 服务	19
1.6 软件初始化设置	21
1.6.1 许可证初始化设置	21
1.6.2 界面语言初始化设置	24
第 2 章 理论基础	25
2.1 多体系统动力学简介	25
2.2 有限元方法简介	26
2.3 子结构模态综合法	28
2.3.1 固定界面模态综合法	29
2.3.2 传统的 Craig-Bampton 方法	29

2.3.3 修正的 Craig-Bampton 方法	31
2.4 多体系统动力学方程的建立	33
2.4.1 广义坐标的选择	33
2.4.2 多刚体系统动力学方程的建立	33
第 3 章 LMS Virtual.lab Motion 界面及基本操作	35
3.1 用户交互界面	35
3.1.1 主菜单	35
3.1.2 特征树	39
3.1.3 罗盘坐标系	40
3.1.4 模型显示区	41
3.1.5 鼠标视图操作	41
3.1.6 用户定制	42
3.1.7 工具栏	43
3.2 工作平台	44
3.2.1 机构建模工作平台	44
3.2.2 CAD 建模工作平台	45
3.3 文件管理	47
3.3.1 模型文件类型	47
3.3.2 创建分析模型	48
3.3.3 创建 CAD 模型	48
3.3.4 分析模型存储	50
3.3.5 打开分析模型	51
3.4 坐标系	51
3.4.1 几何坐标系	51
3.4.2 机构坐标系	53

3.5 在线帮助	58	5.2.2 创建多刚体运动学模型	125
第 4 章 LMS Virtual.lab Motion		5.2.3 创建多刚体动力学模型	127
多刚体动力学建模	61	5.2.4 多刚体动力学模型的完善	128
4.1 构件	61	5.3 模型调试技巧	129
4.1.1 构件简介	61	5.3.1 装配求解	130
4.1.2 创建构件	62	5.3.2 独立自由度	131
4.1.3 构件属性	65	5.3.3 初始速度	132
4.2 约束	66	5.3.4 冗余约束	132
4.2.1 约束简介	66	5.3.5 求解步长	133
4.2.2 运动副	67	5.3.6 采样步长	134
4.2.3 一般约束	82	5.3.7 积分步长	134
4.2.4 驱动	87	5.3.8 数值稳定性	135
4.3 力	96	第 6 章 设置求解	136
4.3.1 力简介	96	6.1 分析工况	136
4.3.2 创建力	97	6.1.1 创建分析工况	136
4.4 初始条件	104	6.1.2 修改分析工况名称	137
4.4.1 初始条件简介	104	6.1.3 更改分析工况状态	138
4.4.2 创建初始条件	106	6.2 设置求解参数	138
第 5 章 LMS Virtual.lab Motion		6.2.1 【System】选项卡	139
建模相关技术	112	6.2.2 【System (Advanced)】选项卡	141
5.1 函数	112	6.2.3 【Dynamic】选项卡	144
5.1.1 函数简介	112	6.2.4 【Inverse】选项卡	146
5.1.2 多项式	114	6.2.5 【Kinematic】选项卡	147
5.1.3 调和函数	115	6.2.6 【Static】选项卡	147
5.1.4 样条曲线	116	6.2.7 【Preload】选项卡	150
5.1.5 表达式	121	6.3 提交求解	151
5.1.6 试验时域序列数据	122	第 7 章 后处理	153
5.1.7 控制节点	123	7.1 二维曲线	153
5.2 多体建模流程	124	7.1.1 曲线图模板	153
5.2.1 建模流程概述	124	7.1.2 “Motion Graph Window” 窗口	158



7.1.3 快速查看	173	8.1.1 钟摆机构多体建模和仿真.....	189
7.2 三维动画	176	8.1.2 电风扇机构多体建模和仿真.....	204
7.2.1 创建动画	176	8.2 3D-1D 联合仿真实例	231
7.2.2 曲线跟踪	178	8.2.1 飞机起落架系统仿真.....	231
7.2.3 动画场景	179	8.2.2 飞机缝翼系统仿真.....	233
第 8 章 LMS Virtual.Lab Motion		8.3 专业领域应用实例——履带	237
应用实例	189		
8.1 多体建模实例	189		



第1章 绪论

1.1 虚拟样机技术

计算机技术的发展,为仿真技术提供了强有力的手段和工具。由于在计算机上建立系统的数学模型,能够迅速、灵活地进行虚拟试验,方便产品的设计和制造,可以带来巨大的社会效益与经济效益,因而计算机仿真在产品研制中占有越来越重要的地位。由于仿真分析的可重复性,大大方便了数据采集、数据分析和结果分析等工作,很大程度上提高了系统仿真结果的准确性和可靠性。仿真技术现在已经成为机械系统分析、研究、设计中不可缺少的重要手段,在降低系统的研制成本,提高试验及训练的安全性能方面起着越来越重要的作用。

机械系统的虚拟样机技术(Virtual Prototyping)即机械系统动态仿真技术,是一项伴随计算机技术发展起来的新技术。借助于这项技术,工程师们可以在计算机上建立机械系统的模型,伴之以三维可视化处理,模拟在现实环境下系统的运动学和动力学特性,并根据仿真结果精化和优化系统的设计与过程。这样可以大大简化机械产品的设计开发过程,大幅度缩短产品开发周期,大量减少产品开发费用和成本,显著提高产品质量和系统性能。

目前,这项技术已经在一些较为发达的国家,比如美国、德国、日本等广泛应用,取得了显著的成绩。1997年7月4日,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,成为轰动一时的新闻。但人们并不知道,如果不是采用了虚拟样机技术,这个计划可能要失败。在探测器发射之前,JPL的工程师们运用这项技术预测到由于制动火箭的相互作用,探测器很可能在着陆时滚翻并最后六轮朝上。工程师针对这个问题修改了技术方案,保证了火星登陆计划的成功。

在美军主力的“联合攻击战斗机”(JSF)的设计和论证过程中大量地使用了虚拟样机技术。两家公司波音和洛克希德·马丁公司除了使用这一技术设计新战机外,还利用建立的虚拟系统测试新型飞机和训练飞行员及地勤人员。利用虚拟技术可以虚拟F—16,F—15,F/A—18等大型作战飞机进行包括航空母舰、短跑道机场,甚至垂直升降在内的几乎任何形式的起降,这一方面缩短了飞行员和地勤人员的培训时间,另一方面大大降低了训练费用。因此,JSF计划从一开始就受到了美军的欢迎。正是由于JSF集中了上述诸多先进技术,才使其在保证低廉成本的同时,还拥有卓越的性能。据报道,其将在未来5年后全面取代现有的美国战斗机。目前,波音和洛克希德·马丁两家公司正在努力将JSF的这些技术扩大应用到无人战斗机F/A—18E/F及“超级大黄蜂”战斗攻击机等其他计划中,这些新技术还将在军事、航天和民用领域得到广泛的应用,它将是美国保持军事和航空航天技术领先的主要支柱。

由此看来,在机械系统中引入虚拟样机技术,可以提前预测产品的性能,大大缩短产品

的开发时间，节省开发费用。

1.2 LMS Virtual.Lab 简介

1.2.1 LMS 国际公司

LMS 国际公司，总部设在比利时鲁文，专门为机械产品开发的功能品质工程提供解决方案，是虚拟样机仿真技术公认的领先者。LMS 国际公司提供了独特的解决方案组合，包括虚拟仿真软件、试验系统和工程咨询服务。LMS 国际公司具有丰富的经验、独特的能力和卓越的产品，可以推进工程的创新性发展，进而帮助制造商在第一时间生产出新产品。这样可以大大地缩短开发和生产周期，生产出使顾客满意的卓越产品，并降低开发成本和风险。

LMS 国际公司关注重点制造业产品的关键品质属性，包括结构集成、系统动力学、平顺性、操稳安全性、可靠性、舒适性和声音品质。

(1) LMS Virtual.Lab 作为一个完整的三维虚拟仿真平台，可以对各类机械产品进行关键品质属性的仿真，包括结构完整性和安全性、车辆动力学、舒适性和声音品质、疲劳和耐久性。其提出的集成解决方案可以在实物试验之前，帮助工程师准确模拟和修改机械设计。

(2) LMS Imagine.Lab AMESim 提供了一个完整的一维仿真平台，用于对多领域智能系统进行建模和分析，并预测其多学科专业的耦合性能。模型的元件由解析模型表示，描述系统的液压、气动、电子、机械性能。要创建一个系统模型，用户只需把来自各个不同物理领域，应用库中预先定义并经验证的元件模型连接起来。LMS Imagine.Lab AMESim 通过不同的应用库创建基于物理学的系统模型，例如采用液压元件设计库 (HCD) 和 IFP 发动机库，LMS Imagine.Lab AMESim 软件可以远在给出详细有效的 CAD 几何模型之前，精确地仿真智能系统的性能。

(3) 在试验系统方面，LMS 国际公司提供大到大型的试验室系统，小到方便紧凑的便携式仪器等硬件产品，以及对应的数据分析软件 LMS Test.Lab。

(4) LMS Test.Lab 是一套完整的振动噪声试验解决方案，是高速多通道数据采集与试验、分析处理、电子报告工具的完美结合。LMS Test.Lab 可以使试验进行得更有效，更方便。它可以使试验部门的工作效率大大提高，并利用现有的试验设备获得更高的回报。

(5) LMS 工程咨询部门可以和用户共同合作解决其最急迫的产品问题，优化其开发流程，或共同开发其产品。LMS 的流程技术与工程经验的独特结合可以将用户产品的属性开发转化为战略竞争优势。在过去的 25 年中，LMS 工程服务部支持最主要的汽车公司和地面车辆公司在设计创新性产品以及优化其开发过程方面创造了独一无二的纪录。LMS 提供工程技巧、开发经验和应用诀窍间的完美组合。LMS 支持客户有效地优化几乎所有汽车系统的主要功能品质属性，包括声学性能、NVH、耐久性、系统动力学性能、平顺性和操稳性 (R&H) 以及结构完整性等。

如今，LMS 已经成为汽车、航空和其他先进制造业领域世界五百强企业选择的合作伙伴。LMS 国际公司已经通过 ISO 9000:2000 质量认证，并在世界各地建立了分支机构。



1.2.2 LMS Virtual.Lab 虚拟仿真平台

LMS Virtual.Lab 虚拟实验室提供功能品质工程的集成解决方案。它提供一套集成软件包用于模拟机械系统的品质属性,如结构完整性、振动噪声、耐久性、系统动力学特性、驾驶的平顺性及操纵的稳定性等等。LMS Virtual.Lab 包括所有关键过程步骤及所需的技术,可以远在进行昂贵的加工和实物试验之前对每个关键属性进行从头到尾的评价。采用 LMS Virtual.Lab,设计部门能够快速有效地分析多个设计方案,使设计方案的选择主要从关键品质属性的角度出发。LMS Virtual.Lab 基于达索公司的 PLM 开放式软件平台 CAA V5,内嵌完备的 Catia CAD 建模功能。

1. 集成任务为中心的应用

LMS Virtual.Lab 可以去除典型工程过程中大部分的非增值时间。它开放于领先的 CAD 系统,如 CATIA, I-DEAS, UniGraphics 和 ProENGINEER;消除了 CAD, CAE 和试验间的障碍;而且还使工程师可以重复使用模型,而无需每次应用时重新建模。它集成了不同属性的仿真,消除了不必要的数据库转换和翻译,从而真正做到产品的跨属性优化。LMS Virtual.Lab 是创新性突破的平台,可使开发过程缩短几个星期,甚至几个月。

2. 捕获并自动运行仿真过程

不是每个人都是专家,而且没有人喜欢乏味的重复性工作。LMS Virtual.Lab 捕获仿真过程,包括模型建立和分析过程。这样工程师即可快速准确地分析针对某些特定品质属性的多个设计方案。它将过程标准化,同时还捕获公司的工程技术和经验,支持多个设计方案的自动评价,最终生产出更安全、质量更高、性能更好的产品。LMS Virtual.Lab 是制造商生产优质产品,从而赢得市场的关键。

3. 结合试验与仿真的优点

LMS Virtual.Lab 可以进行独一无二的混合仿真,将基于试验的模型和载荷与虚拟模型及合成载荷相结合进行仿真。通过结合试验与虚拟仿真,LMS Virtual.Lab 加速了开发过程,同时随着建立起基于试验的验证,开发过程变得更加准确可靠。

采用 LMS Virtual.Lab,用户可以

- (1) 将基于试验的现有部件模型和新部件的虚拟模型结合起来。
- (2) 从虚拟仿真和已有设计的试验过程中,创建精确的载荷数据。
- (3) 通过采用试验验证的载荷及验证过的虚拟模型改进系统级仿真的速度和精度。

4. 创建可靠的开发思路

过去几十年来,CAE 主要用于部件级和“过程外”的设计验证,而不是作为具有前瞻性的设计优化工具。太长的建模时间和精度的缺乏已经阻碍了如耐久性或振动噪声等关键属性的系统级仿真。

LMS Virtual.Lab 具备以下系统级仿真功能:

- (1) 轻松装配系统级模型用于品质仿真。从 CAD 几何模型、有限元模型、多体模型或基于试验模型的大量可用的部件模型开始。

(2) 快速修改现有的系统级模型，用于设计方案的评价。

(3) 精简总成模型，用于特定属性的评价。

(4) 在实物试验进行前，准确评价整个系统的性能。

传统工程方法通常是在早期设计阶段关注有限的一些关键属性，如车身开发关注碰撞，悬架开发将整车动力学特性放在首位等。而复杂的多物理属性，如振动声学，则在后来通过试验解决。LMS Virtual.Lab 可以使工程部门远在实物试验之前即可快速准确地研究针对所有关键品质属性的设计方案。

LMS Virtual.Lab 可以提供：

(1) 针对结构完整性及安全性、整车动力学特性、舒适性及声音品质、疲劳及耐久性等特定属性的改进优化技术。

(2) 建模工具。分析不同属性时，工程师可以再次重复使用仿真模型，这样既省时又准确。

(3) 集成环境。用以评价包括多个关键属性的不同设计方案。

5. LMS Virtual.Lab 功能平台

(1) LMS Virtual.Lab Desktop 桌面。LMS Virtual.Lab 桌面提供功能品质工程的通用环境。通过 LMS Virtual.Lab 桌面，用户除了可以无缝读取各种 CAD 和 CAE 软件的模型和数据，还可以读取试验数据。桌面还可以提供完整的显示环境、显示部件和总成的几何模型、功能品质工程数据、时间和频率函数等。

(2) LMS Virtual.Lab Motion 多体动力学。LMS Virtual.Lab 多体动力学模块提供完整的集成解决方案，用于模拟机械系统的实际运动和载荷。它使工程师可以快速地分析和优化其机械设计的实际运动，并保证在进行实物试验前，设计方案和预期的结果一样。专门应用模板和仿真能力进一步为虚拟样机设计提高效率。

(3) LMS Virtual.Lab Structural 结构分析。LMS Virtual.Lab 可以为 ABAQUS, ANSYS, CATIA CAE 和 MSC.NASTRAN 的用户提供 Virtual.Lab 和其结构有限元求解器之间的接口和驱动，用于线性和非线性结构分析。Virtual.Lab 可以容易地访问到模型及结果数据，从而使结构求解器成为 Virtual.Lab 集成仿真过程的一部分。

(4) LMS Virtual.Lab Modeling and Assembly 建模和装配。建模和装配特定属性仿真模型是精确进行虚拟品质仿真的关键。因此，LMS Virtual.Lab 包括所有必要的网格编辑、模拟和装配功能，以便快速地从 CAD 几何模型或有限元模型中得到特定属性的虚拟模型。Virtual.Lab 可以使用户将基于试验的模型和虚拟部件模型相结合，组合成系统级虚拟仿真模型，还可以对现有虚拟模型进行快速修改，进而评价多个不同设计方案的性能。

(5) LMS Virtual.Lab Optimization 优化。LMS Virtual.Lab 可以提供一整套强大的优化功能，用于单属性和多属性优化。通过试验设计 (Design of Experiments) 和响应表面建模 (Response Surface Modeling) 技术，工程师能够快速检测出所有满足需要的设计方案。采用先进的优化算法，包括 6 Sigma 方法等，LMS Virtual.Lab 可以自动选择最佳设计，考虑了对现实中公差灵敏度问题，并满足严格的鲁棒性、可靠性和质量标准。

(6) LMS Virtual.Lab Noise and Vibration 振动噪声。LMS Virtual.Lab 振动噪声模块可以进行无与伦比的整车级或整机级的振动噪声分析。它可以加速建立整个系统的模型,提高仿真运行的速度;还可以查出振动噪声问题的根源;在几分钟内评价、修改设计,并快速检查多个选择方案。该模块是 LMS 公司 20 多年来世界级领先技术的结晶。

(7) LMS Virtual.Lab Acoustics 声学。LMS Virtual.Lab 声学模块提供集成解决方案,可在进行实物试验之前减小辐射噪声或优化新设计的声音品质。方便的模拟功能与拥有专利权的求解器技术以及易于解释的显示工具相结合,将整个仿真过程从几天、几个星期缩短到只要几个小时。声学仿真现在能够被有效地应用,并作为主流开发过程的一部分。

(8) LMS Virtual.Lab Durability 耐久性。LMS Virtual.Lab 耐久性模块可以帮助工程师预测疲劳热点和相关部件及子系统的疲劳寿命。它将动态部件载荷与从结构有限元网格和疲劳材料参数中自动得到的应力结果相结合。专门的耐久性后处理模块帮助工程师获得危险区域的反馈,了解疲劳问题的根源,从而快速评价多个设计方案。LMS 公司使系统级耐久性分析成为可能,并付诸实践。

1.3 LMS Virtual.Lab Motion 介绍

LMS Virtual.Lab Motion 基于计算多体系统动力学建模理论及计算方法研究,是专门为模拟机械系统的真实运动和载荷而设计的,可作为力学教学辅助工具。它提供了有效的方法可以快速创建和改进多体模型,有效地重复使用 CAD 和有限元模型,并能快速反复模拟评价多种设计方案的性能。工程师可以在早期的开发阶段利用灵活可调的模型进行概念上的运动学和动力学研究,并在后续阶段中结合试验数据进行更具体的评估。

用户通过软件用户交互界面输入描述机械系统的最基本数据,建立复杂机械系统运动学和动力学程式化的数学模型,并利用内嵌的处理数学模型的计算方法和数值积分方法自动进行程式化处理,得到运动学规律和动力学响应。同时能实现有效的数据后处理,采用动画显示、图表或其他方式提供数据处理结果。

总之,LMS Virtual.Lab Motion 可以帮助工程师评价复杂机械系统的真实性能,为结构分析、耐久性和振动噪声研究提供精确的载荷,同时还能在样机试验前分析和优化机械系统的真实性能。总的来说,LMS Virtual.Lab Motion 有以下突出特点:

1. 系统级建模流程

当在 LMS Virtual.Lab Motion 中建立模型时,工程师可以直接导入或建立不同零件的细节化 CAD 模型或几何框架,创建构件之间的约束和连接关系,确保能正确描述整个系统运动学性能。之后工程师通过考虑机构的动力学特性对模型及其边界环境进一步进行定义,以准确预测系统中的时域载荷。此时除定义刚度、阻尼、接触和摩擦等部件间作用力之外,还要给定重力、质量及惯量等。作用力的施加可以通过一系列数学模型实现,例如弹簧力、阻尼力、衬套力以及和周围环境密切相关的接触力。简单的力单元如基本弹簧,复杂的如精细轮胎等。系统级建模流程如图 1-1 所示。



图 1-1 系统级建模流程

2. 深入精细的建模

基本多体模型建立后，可以通过更为详细的受力描述对其细化。例如，当一个结构的刚度不足以将其视为刚体时，工程师可以用柔性体来描述该结构，如图 1-2 所示。通过预先计算好的模态振型，可以得到结构在大的外载荷作用下产生的变形。模态数据可以由结构本身仿真得到，或导入外部的试验数据。起媒介作用的长柔性体如悬架稳定杆或风力涡轮机叶片等，可自动分解为多个梁的组合结构，用于计算结构受载时总的非线性变形。LMS Virtual.Lab Motion 多体动力学软件中有对轮胎力、衬套力、弹性体接触、齿轮接触、梁、发动机、燃烧载荷、液力轴承、空气动力等多种复杂力学模型的详细建模模板。

3. 稳定快速的求解及丰富的后处理功能

模型建立后，工程师可进行求解并同时用动画和图表等方式查看结果，从而更好地理解模型行为，如图 1-3 所示。工程师可以方便地改进原有设计使结构满足目标性能要求，包括载荷和应力指标等。

4. 机-电-液联合仿真

LMS Virtual.Lab Motion 与主流的控制软件 AMESim, Matlab, DS Plus 等均有很好的接口，能进行 1D 与 3D 相结合的仿真。特别是与 AMESim 的接口，非常完善。当模型包含液压、作动器、电磁等非常明确且详细的控制和力的作用时，工程师可利用包含在 LMS Virtual.Lab

和 LMS Imagine.Lab (AMESim) 中完备的机电分析功能进行联合仿真, 如图 1-4 所示。

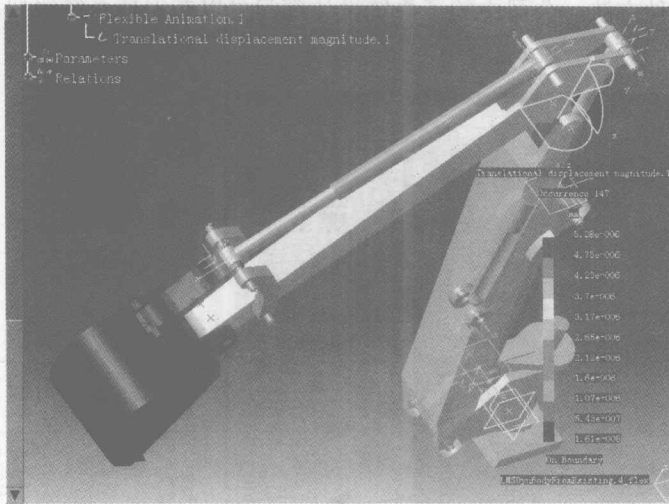


图 1-2 构件柔性化实现深入精细建模

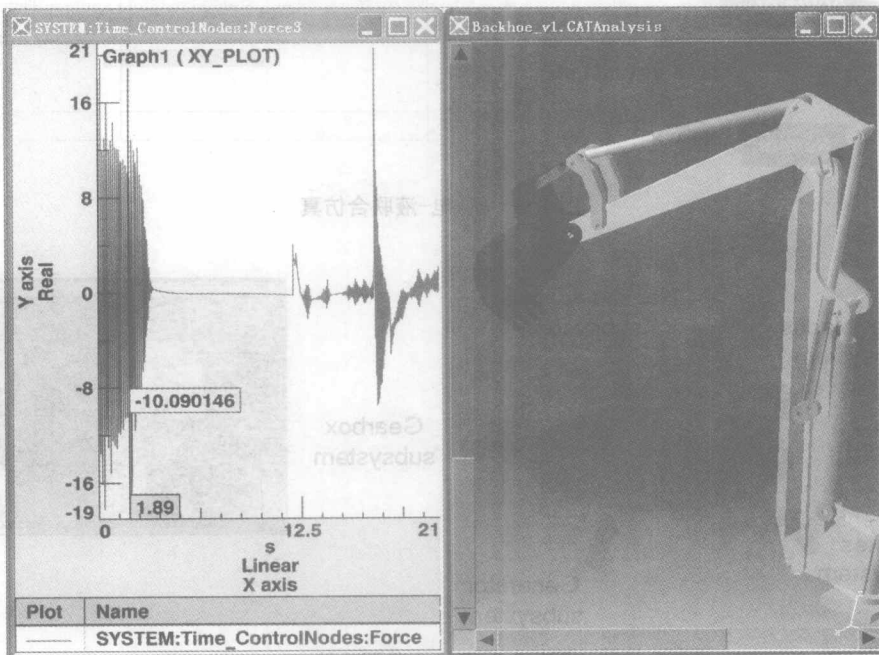


图 1-3 丰富的后处理功能

5. 专业的应用模块和子机构装配功能

LMS Virtual.Lab Motion 拥有专用设计模块, 这些模块能够帮助使用者提高效率, 快速建立所需的专业详细模型, 这大大缩短了手工建模的时间。专用设计模块界面位于 LMS Virtual.Lab Motion 用户交互界面之上, 工程师可用其进行专业模型建模以及分析工况的设置。

LMS Virtual.Lab Motion 入门与提高

除专用设计模块外，使用 LMS Virtual.Lab Motion 可以将现有子机构装配成一个系统，如图 1-5 所示。通过这种方法，公司中的子系统设计部门可以在保持系统级协同的同时进行独立工作。

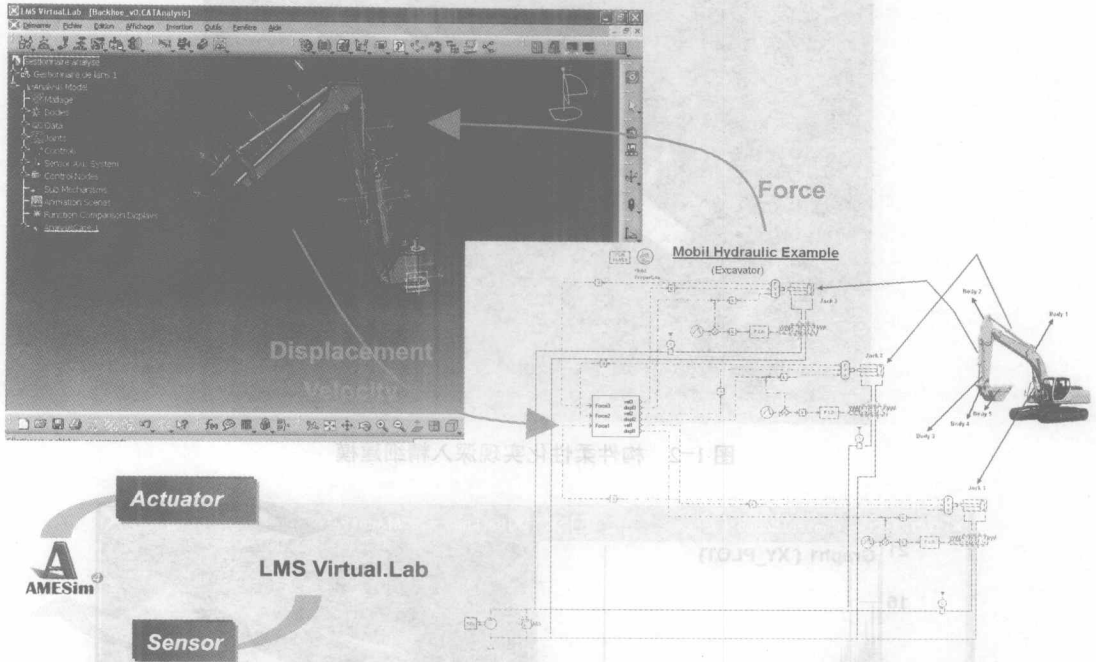


图 1-4 机-电-液联合仿真

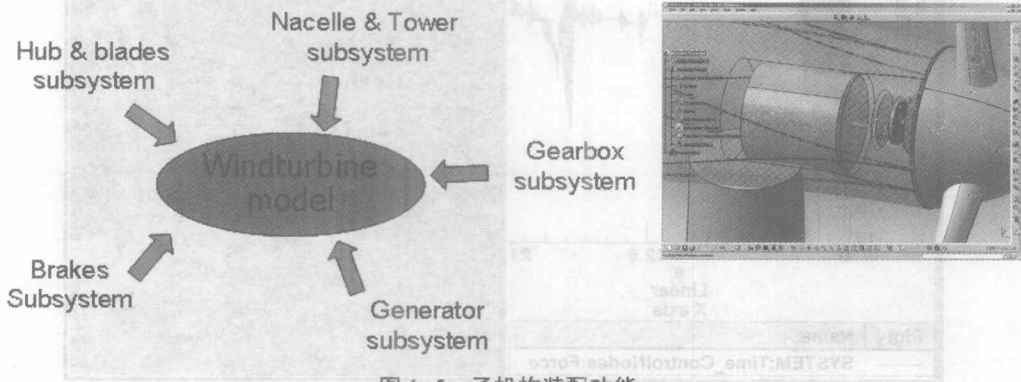


图 1-5 子机构装配功能

6. 集成性

LMS Virtual.Lab 提供进行多属性仿真的无缝集成环境。结合 LMS Virtual.Lab Motion 和 LMS Virtual.Lab Optimization，可对多体动力学模型进行优化。优化设计变量涵盖 CAD 模型设计尺寸参数到 CAE 模型中的各种力学参数；结合 LMS Virtual.Lab Motion 和 LMS Virtual.Lab Durability 可进行系统级疲劳分析，多体仿真得到的载荷数据程序自动匹配并导入

疲劳分析模块中。使用者可直接利用匹配好的载荷数据进行结构的疲劳分析；LMS Virtual.Lab Motion 创建的模型可以直接导入 LMS Virtual.Lab NVM 中进行机构的振动分析，分析结构进而可作为边界条件在 LMS Virtual.Lab Acoustic 中进一步对结构进行噪声分析。

此外，通过设计桌面和配置功能来实现模型参数的设置和修改，既节省时间，又防止在文件调用和更新中出错，使工程师可以将更多的时间花在实际分析阶段而非建模阶段。

7. 基于 VBA 的二次开发功能

利用 LMS Virtual.Lab Motion 中基于 VBA 的日志和脚本功能，可对任意操作过程进行记录和复现。基于 VBA 的二次开发功能是 LMS Virtual.Lab Motion 的另一个突出优点。通过该功能，工程师在 LMS Virtual.Lab Motion 框架内部或上层建立专用的功能菜单或操作界面和模板。从而实现对某一特定功能的操作流程进行定制，并集成到特有的操作界面和模板上。通过基于 VBA 的二次开发功能，不仅可以避免大量重复性工作，缩短产品开发时间；同时使得建模仿真过程的重心由当前设计的性能分析转移到总体设计的性能优化上来。

LMS Virtual.Lab Motion 二次开发功能包括三部分功能：记录、编辑和运行宏；VBA 用户定制界面；与其他软件集成。

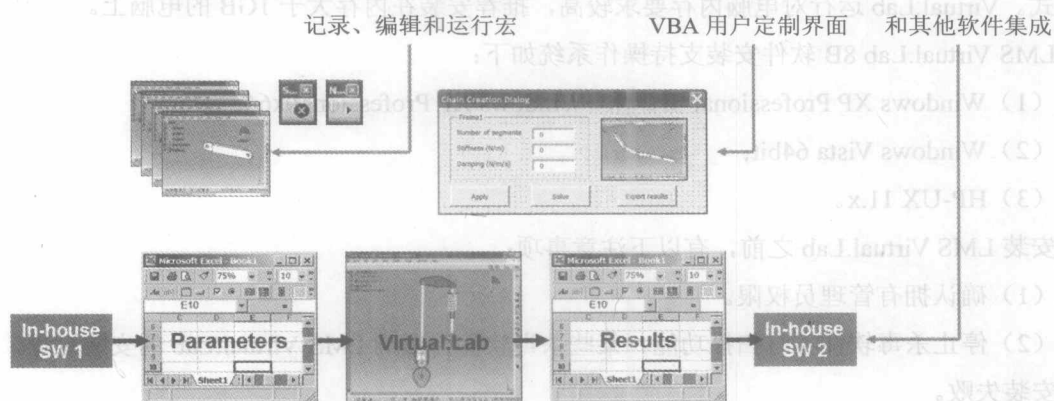


图 1-6 LMS Virtual.Lab Motion 二次开发功能

8. 结合测试数据进行更真实的仿真

LMS Virtual.Lab Motion 与测试结果相结合，能将模态测试的模型直接用于多体仿真。测试数据是积累的宝贵财富，在仿真中充分利用测试的模态模型，测试的力，测试的连接刚度等均可用于多体仿真。

综上所述，LMS Virtual.Lab Motion 突出的特点如下：

(1) 基于 DADS 高效、稳定的求解器，与基于相对坐标的递归算法（方程形式复杂、数量小）相结合。

(2) 宽频段的柔性体处理技术，出色的刚柔混合多体动力学分析。可直接读入试验的模态信息，进行多体动力学和试验的混合计算仿真。

(3) 基于 Catia 的建模环境，使 CAD 数据与多体动力学数据集于同一个操作环境中，

省却了数据转换的过程，同时在操作上继承了 CAD 的操作风格和思维习惯。

(4) 多学科仿真分析的高度集成，与有限元分析、疲劳、声学、NVH 和优化集成于同一界面、同一数据文件中，真正意义上实现了多学科的集成。

(5) 强大的接触计算功能（包含柔性体间的接触分析）。

(6) 出色的模型参数化功能。

(7) 高效全面的建模工具箱，如履带、齿轮、链条、皮带和发动机等。

(8) 强大的客户订制功能，支持二次开发。

1.4 LMS Virtual.Lab 安装

1.4.1 安装硬件要求和注意事项

在 Windows 操作系统下安装 LMS Virtual.Lab 时，可以选择一键式安装或分步式安装两种方式。Virtual.Lab 运行对电脑内存要求较高，推荐安装在内存大于 1GB 的电脑上。

LMS Virtual.Lab 8B 软件安装支持操作系统如下：

(1) Windows XP Professional SP2 和 Windows XP Professional x64;

(2) Windows Vista 64bit;

(3) HP-UX 11.x。

安装 LMS Virtual.Lab 之前，有以下注意事项：

(1) 确认拥有管理员权限。

(2) 停止杀毒软件实时扫描功能。某些杀毒软件会影响 LMS Virtual.Lab 的安装过程，造成安装失败。

(3) 选择分步式安装方式进行安装时，必须安装所有程序和补丁包，不能选择安装。

(4) 安装 LMS Virtual.Lab 7B 版本时，Windows XP Professional SP2 操作系统要求安装微软补丁 KB926255，否则安装过程中会出现电脑重启或蓝屏现象。

1.4.2 Windows 操作系统下的安装界面

将 DVD 安装光盘插入光驱后，光盘自动运行出现以下安装界面，如图 1-7 所示。默认显示为【Main】面板，在【Main】面板里包含有一键式安装功能。

在【LMS Virtual.Lab】面板中有分步式安装的链接，可分步进行 LMS Virtual.Lab 的安装，如图 1-8 所示。例如安装 LMS Virtual.Lab 8A 时，首先安装【Step1A】，【Step1B】和【Step1C】，然后安装【Step2】，最后安装【Step3】。