

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 进阶与案例教程

喻天翔 张玉刚 万晓峰 王钰龙 等 编著



西北工业大学出版社

LMS Virtual. Lab Motion JinJie Yü AnLi JiaoCheng

LMS Virtual. Lab Motion 进阶与案例教程

喻天翔 张玉刚 万晓锋 王钰龙 等 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书共分为7章,第1章介绍了虚拟样机技术、多体系统动力学以及软件;第2章介绍了LMS Virtual. Lab Motion的高级功能,包括控制、液压、轮胎等15个高级功能;第3章介绍了LMS Virtual. Lab Motion中的刚柔耦合多体动力学建模,包括多种柔性化建模方式;第4章介绍了机构的灵敏度分析和优化;第5章介绍了机电液一体化分析,将LMS Virtual. Lab Motion与AMESim相结合,实现1D-3D仿真;第6章介绍了系统级疲劳分析;第7章介绍了系统级振动噪声分析。

本书主要面向机械类及相关专业的LMS Virtual. Lab Motion用户,可供从事航空航天、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研发的工程技术人员使用LMS Virtual. Lab Motion参考。

图书在版编目(CIP)数据

LMS Virtual. Lab Motion 进阶与案例教程/喻天翔等编著. —西安:西北工业大学出版社,2017.2

ISBN 978-7-5612-5224-6

I. ①L… II. ①喻… III. ①多体动力学—系统动态学—计算机仿真—应用软件—教材 IV. ①O313.7-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第022611号

策划编辑:华一瑾

责任编辑:华一瑾

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

印 刷 者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:26 插页4页

字 数:637千字

版 次:2017年2月第1版 2017年2月第1次印刷

定 价:65.00元

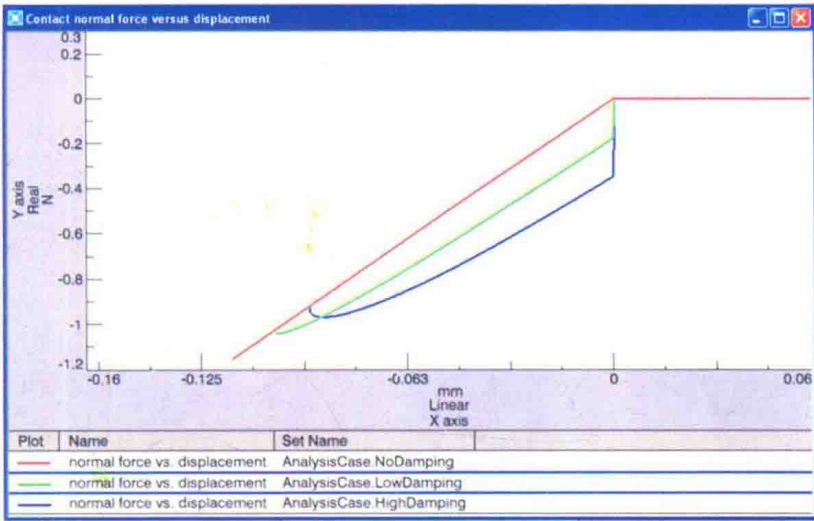


图2.33 线性弹簧-阻尼力类型下的法向力vs位移曲线图

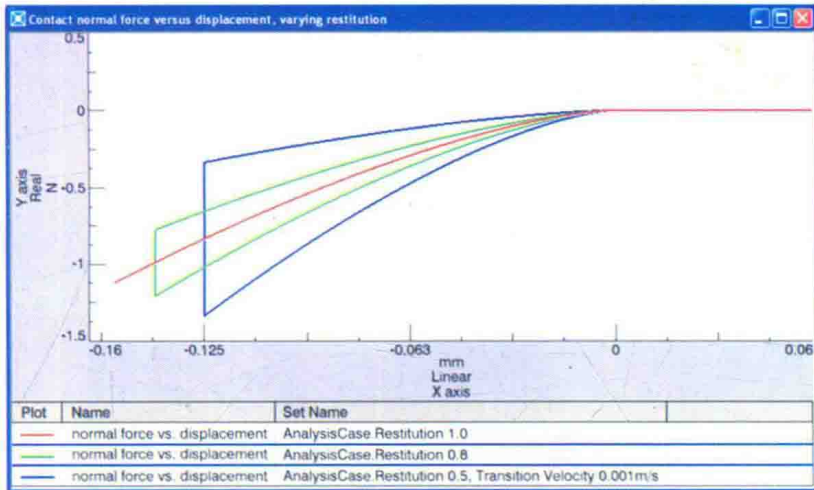


图2.34 赫兹力类型下的法向力vs位移曲线图

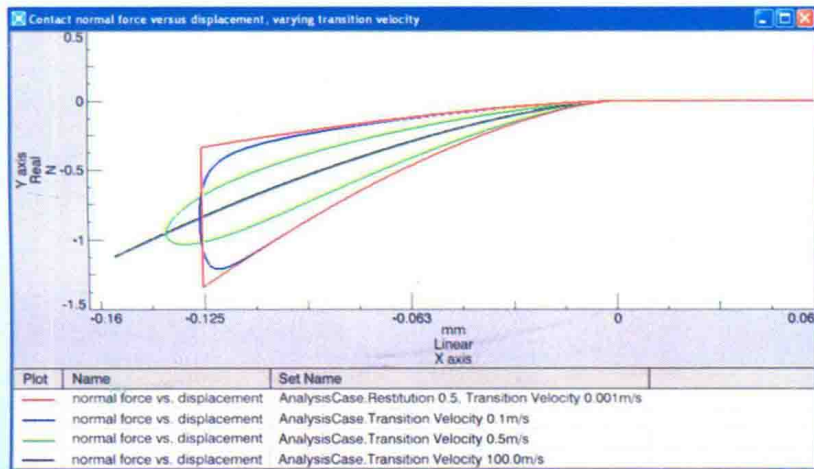


图2.35 平移速度对曲线的影响

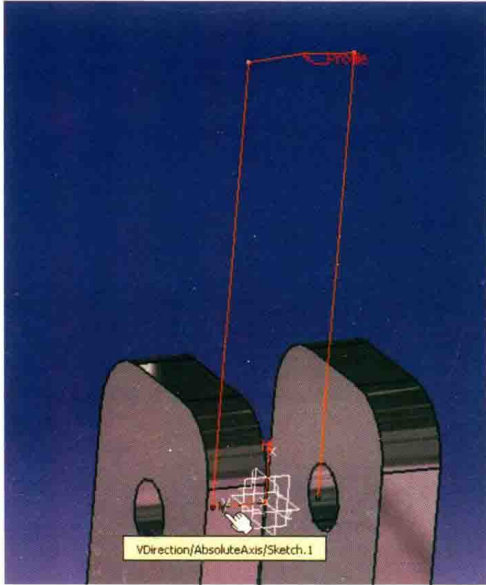


图2.45 选择旋转轴

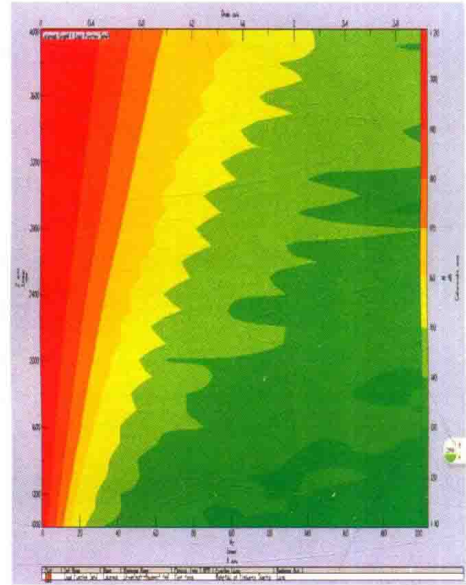


图2.138 db图

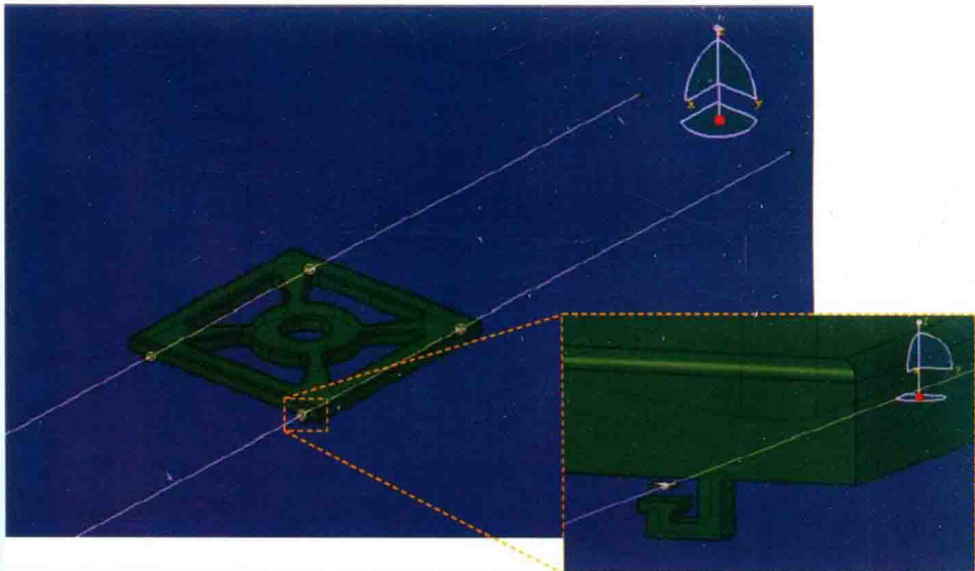


图2.185 磁悬浮模型

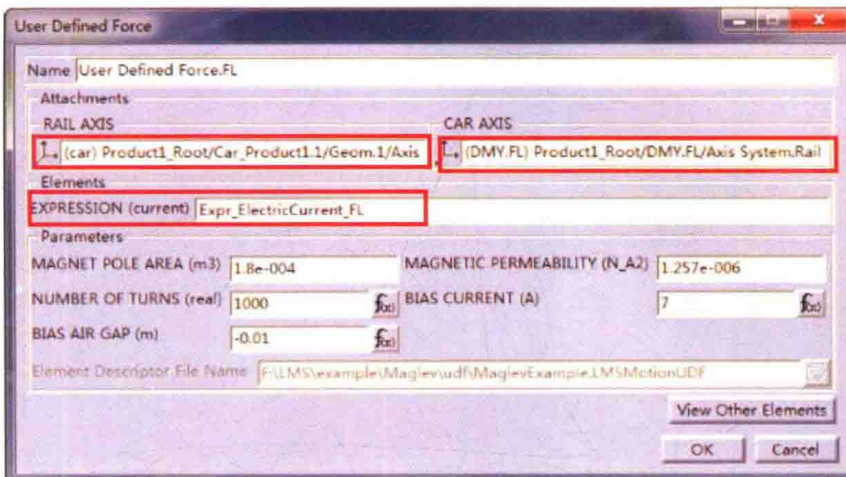


图2.192 “User Defined Force” 对话框2

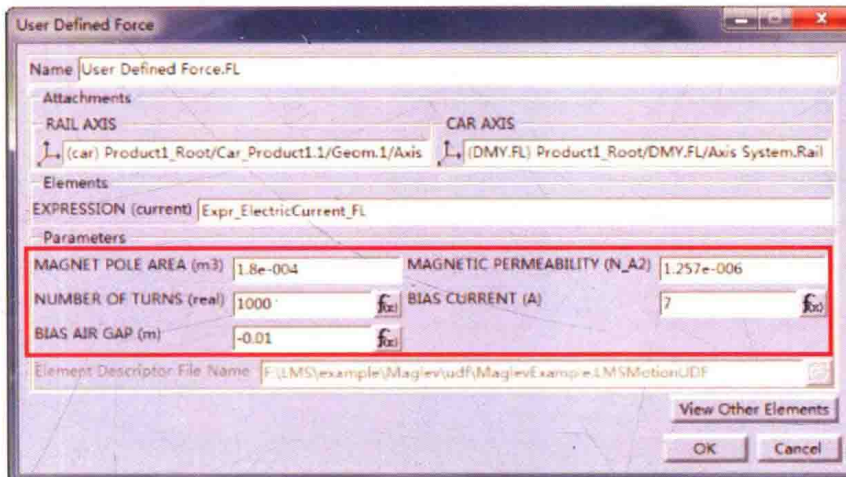


图2.194 “User Defined Force” 对话框3

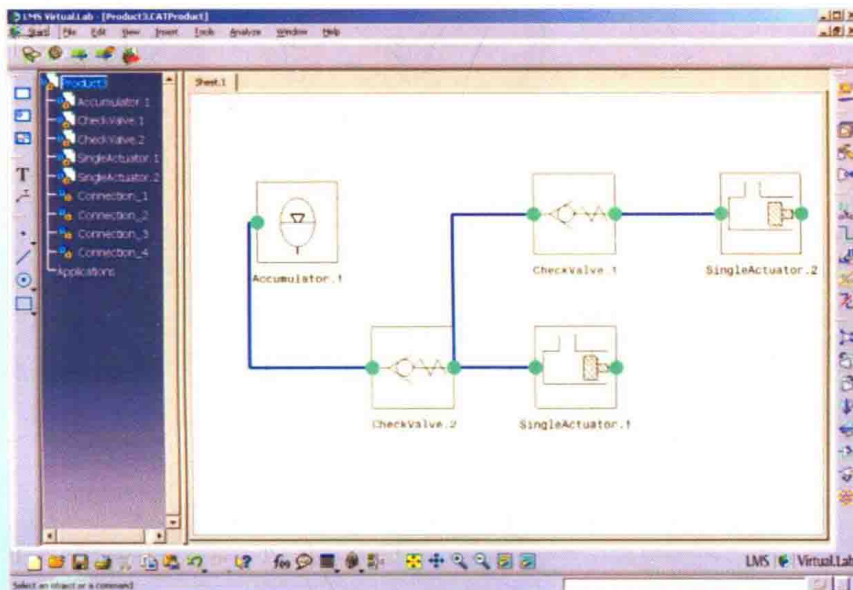


图2.262 连接后的框图

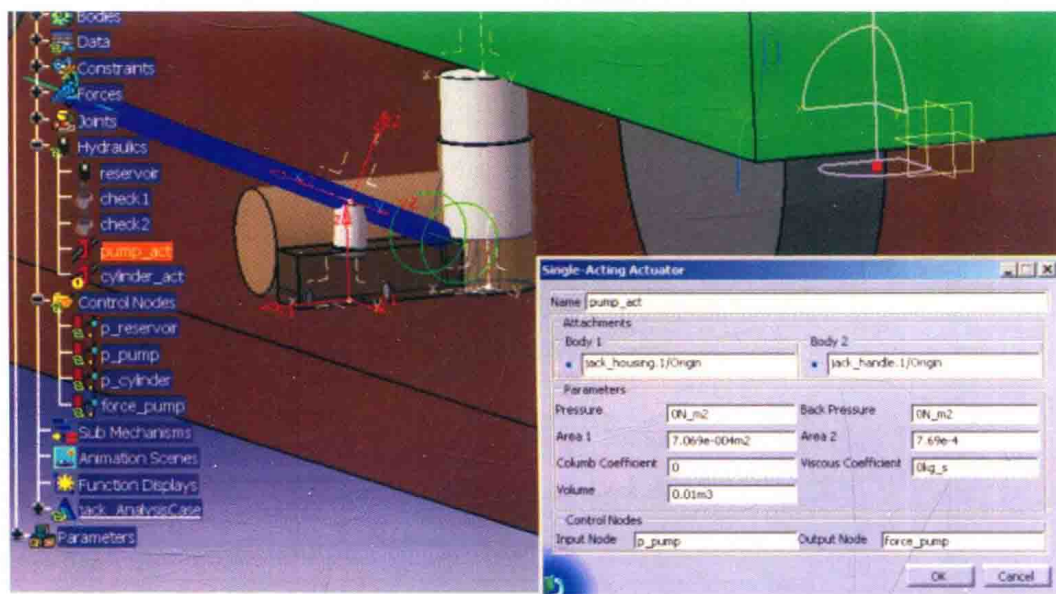


图2.268 定义Pump Actuator的值

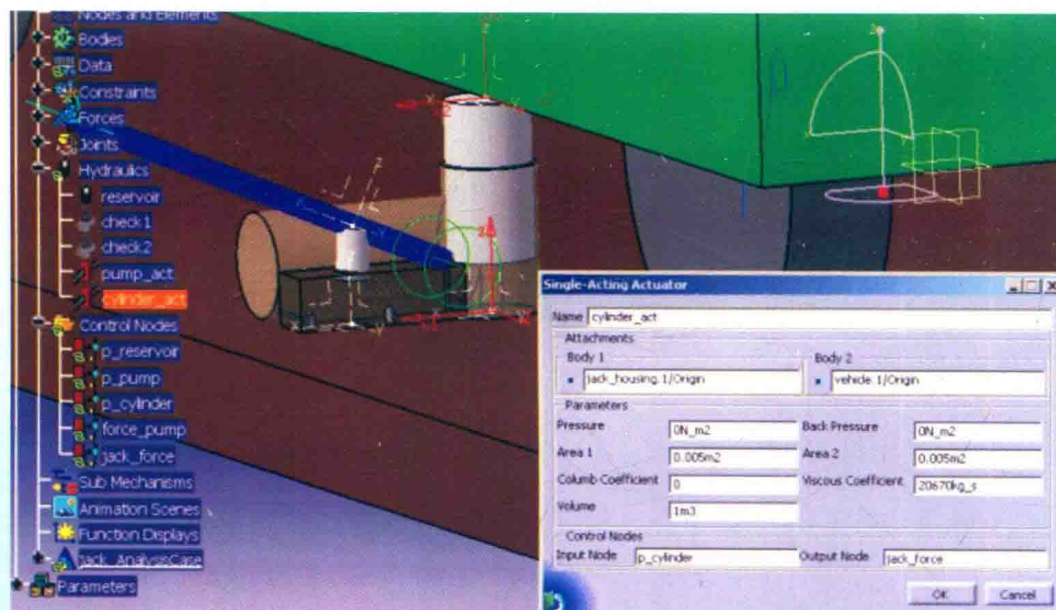


图2.269 Attachment选项设置

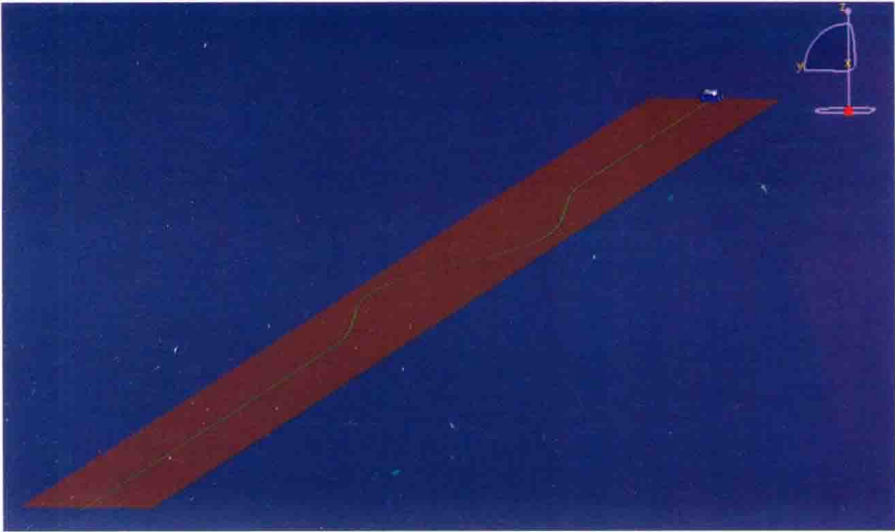


图2.315 创建平坦光滑的路面

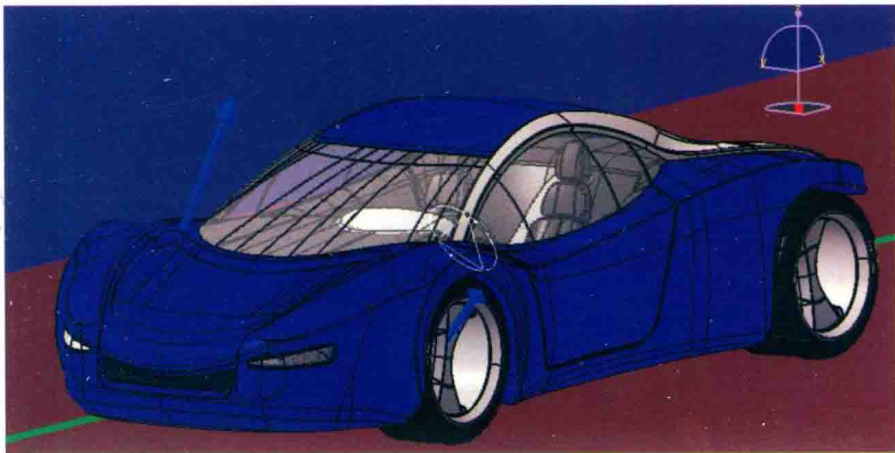


图2.330 显示轮胎矢量

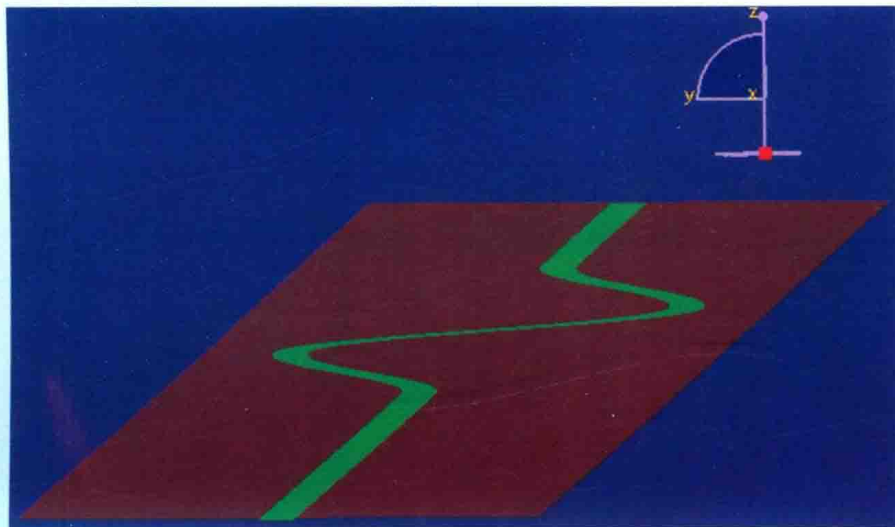


图2.331 路径元件

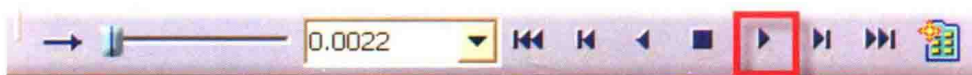


图2.365 动画播放工具条



图2-396 “Hydrodynamic Bearing”对话框中Oil Film部分

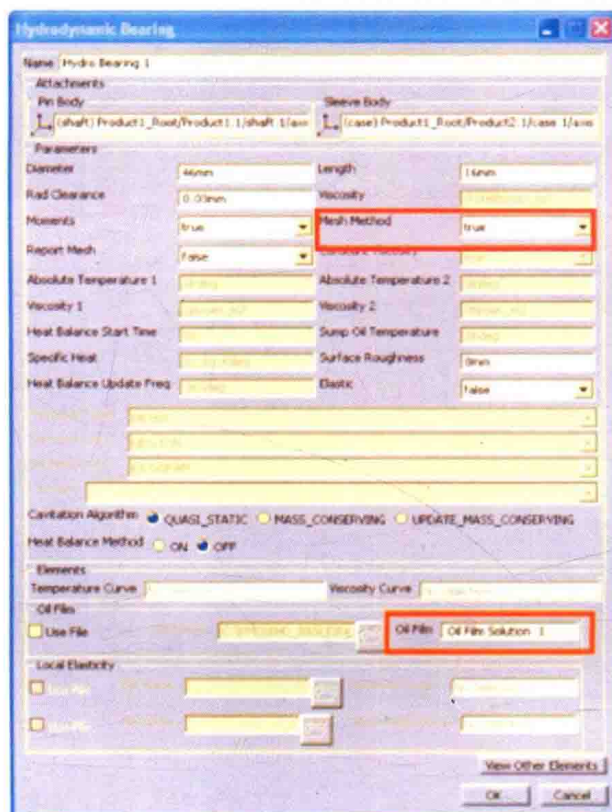


图2.398 “Hydrodynamic Bearing”对话框



图2.429 节点压强值



图3.107 选择FLEX-CONT



图4.5 “Operations” 工具条1

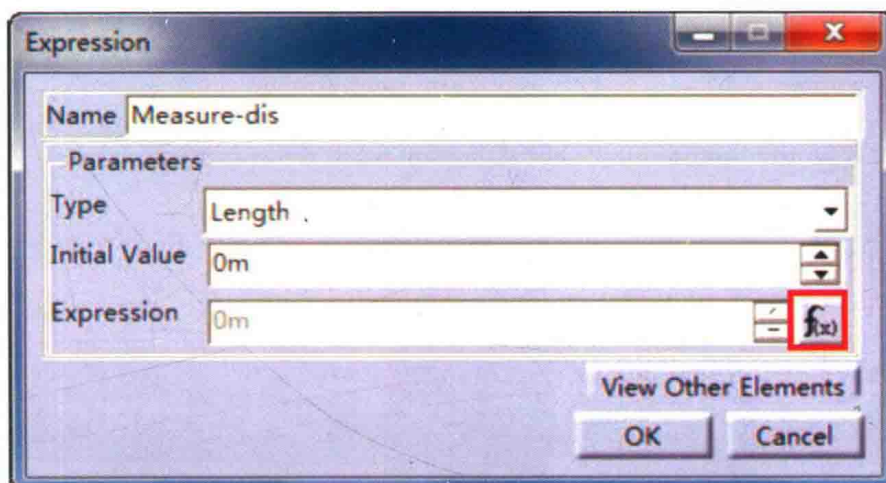


图4.7 “Expression” 对话框1

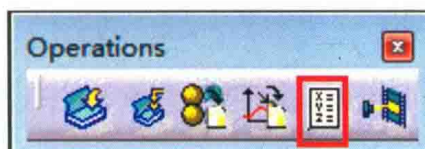


图4.17 “Operations” 工具条

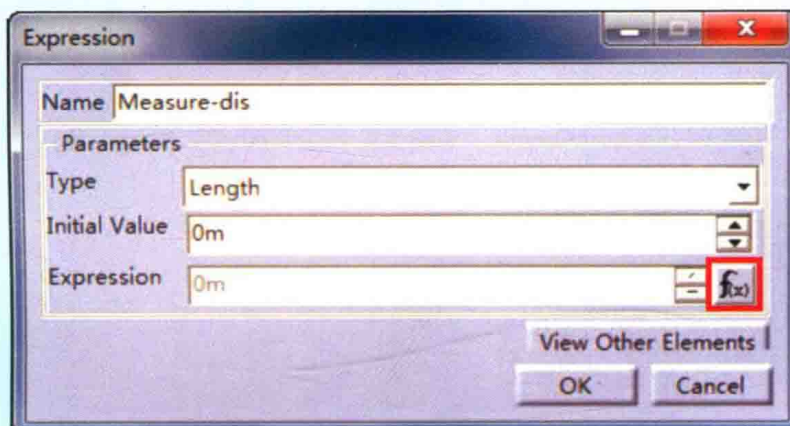


图4.24 “Expression” 对话框3

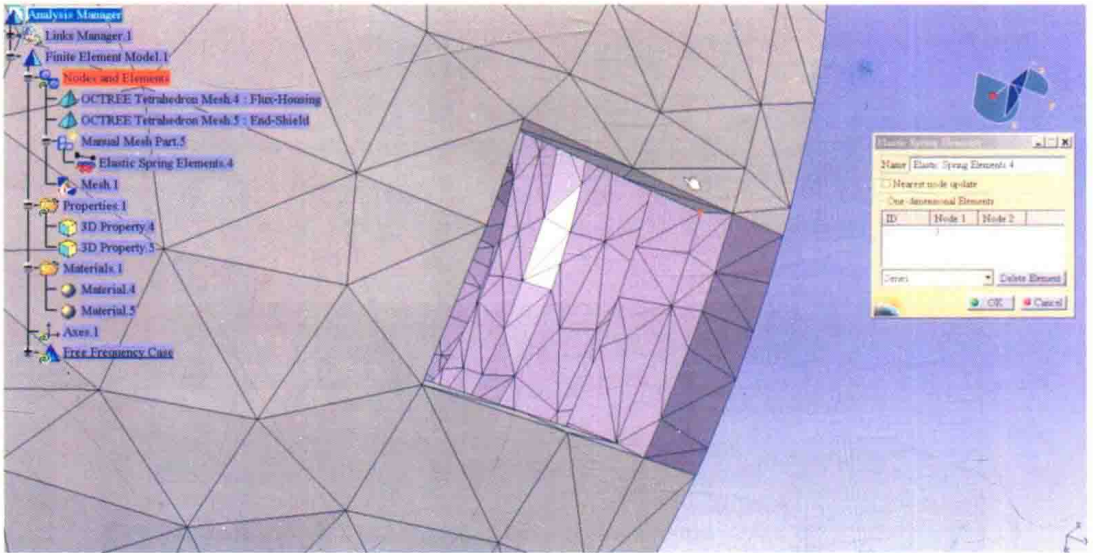


图7.30 旋转视图

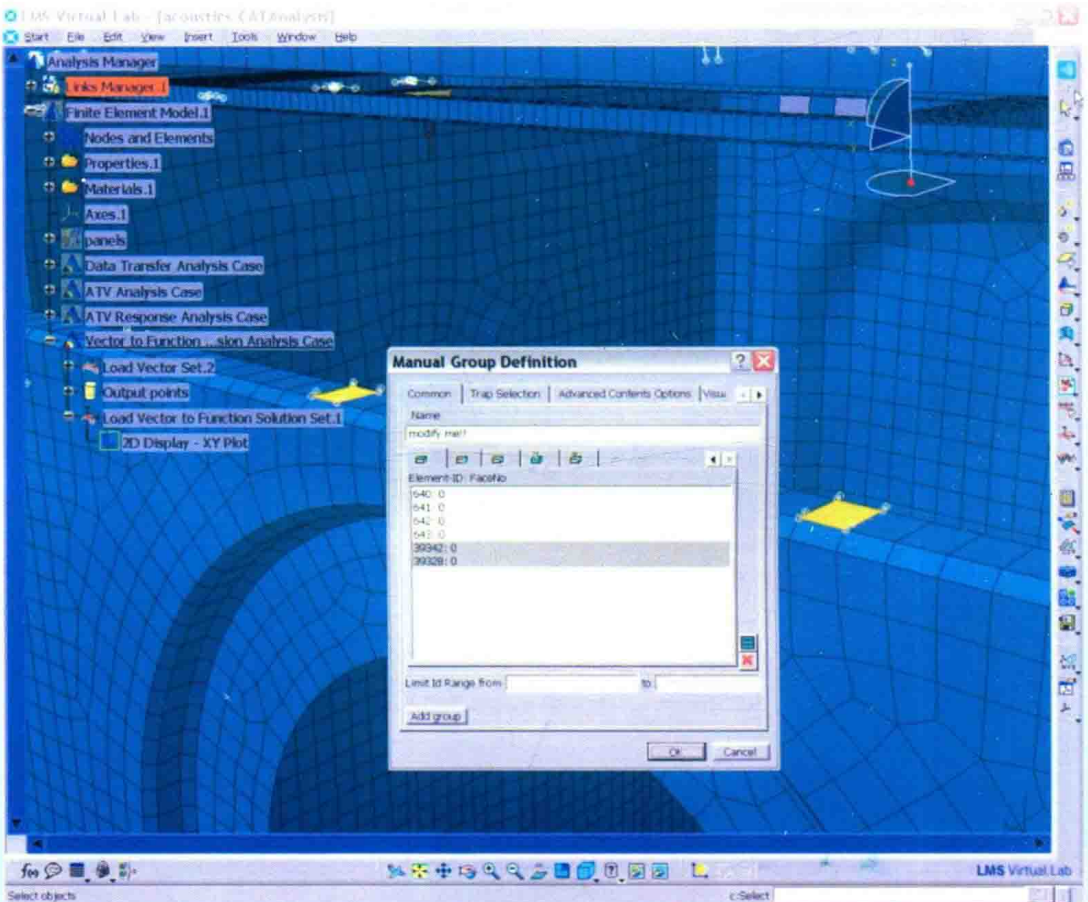


图7.88 移除最后两个元素

前 言

随着经济全球化的发展,产品的市场竞争日趋激烈,客户对产品多样化和个性化的要求愈加迫切。市场竞争的核心是产品创新,而产品创新主要体现在对客户需求的响应速度和响应品质上。传统的物理样机设计流程在产品研发中已经越来越无法满足多变的、持续发展的市场需求,要想在市场竞争中获胜就需要缩短产品开发周期,快速响应市场,降低产品的生命周期成本,提高产品质量,这些都成为企业追求的目标。在持续性发展战略下,为提高核心竞争力,制造企业必须解决其新产品的“T(上市时间)”“Q(质量)”“C(成本)”“S(服务)”“E(环境)”“F(柔性)”等难题。虚拟样机技术(Virtual Prototyping Technology,简称VPT)正是在这种市场背景下产生的。

LMS Virtual. Lab 是一体化多学科 3D 仿真平台,它提供集成的仿真环境,包含完整的结构、振动、声学、多体动力学、疲劳、混合仿真分析、优化设计等分析能力,是全球第一个能够将多学科分析完全集成在统一环境下的仿真平台。LMS Virtual. Lab 与 CAD 系统如 CATIA V5 完全无缝集成并自动链接,从 CAD 建模环境可以直接切换到 Virtual. Lab 分析界面,而无需进行任何文件转换和数据传递。此外,Virtual. Lab 与 LMS 试验系统完全集成,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样机结合起来进行仿真分析,并可以进行模型验证和修正。

本书从 LMS Virtual. Lab Motion 的高级功能与应用出发,结合工程实际,系统阐述了该软件的高级功能和操作技巧,对每个功能都辅以相应的案例进行介绍,为了方便读者进行学习,本书的案例均收录于配书的免费资源库文件中,可通过电子邮箱 tianxiangyu@nwpu.edu.cn 联系作者免费索取。

本书第 1 章由喻天翔、王钰龙等编写,第 2 章由喻天翔、庄新臣等编写,第 3 章由张玉刚、于新水等编写,第 4 章由张伟、简正新编写,第 5 章由王慧编写,第 6 章由万晓峰、庞欢编写,第 7 章由王钰龙编写,全书由喻天翔统稿。

本书从策划到成稿历时 3 年多,在此期间,感谢西门子工业软件(北京)有限公司的支持和资助,特别感谢西北工业大学与 LMS 机械与可靠性科教联合实验室各位同事的帮助,他们的支持和有益的建议使得本书得以进一步的完善。

编写本书曾参阅了相关文献资料,在此谨向其作者深表谢意。

由于水平有限,书中难免存在欠缺之处,敬请读者不吝批评指正。

编 者
2016 年 10 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 虚拟样机技术	1
1.2 LMS Virtual. Lab 仿真平台简介	3
1.3 LMS Virtual. Lab Motion 介绍	5
1.4 计算多体系统动力学理论背景	13
1.4.1 常见的多体系统动力学问题	13
1.4.2 多体系统动力学方程的原理与方法	14
第2章 LMS Virtual. Lab Motion 高级功能	17
2.1 子结构装配	17
2.1.1 概念	17
2.1.2 案例	18
2.2 表达式	22
2.2.1 概念	22
2.2.2 案例	25
2.3 判断	31
2.3.1 概念	31
2.3.2 案例	31
2.4 接触	36
2.4.1 刚刚接触	36
2.4.2 刚柔接触	58
2.4.3 柔柔接触	65
2.5 交互式求解	71
2.5.1 概念	71
2.5.2 案例	75
2.6 硬点、Motion 坐标系	80
2.7 Restart 功能	83
2.7.1 概念	83
2.7.2 案例	86

2.8	齿轮传动系统动力分析	89
2.8.1	概念	89
2.8.2	案例	93
2.9	参数化设计表格	109
2.9.1	概念	109
2.9.2	案例	112
2.9.3	求解管理器	116
2.10	用户自定义子程序	119
2.10.1	概念	119
2.10.2	案例	123
2.11	控制	141
2.11.1	概念	141
2.11.2	案例	142
2.12	液压	156
2.12.1	概念	156
2.12.2	案例	168
2.13	轮胎	175
2.13.1	概念	175
2.13.2	案例	189
2.14	数据处理	201
2.14.1	快速傅里叶变换	201
2.14.2	Waterfall of Frequency Spectra and Ordercuts 的计算	205
2.15	液动轴承	213
第3章	刚柔耦合多体动力学分析及案例	242
3.1	刚柔耦合多体动力学理论背景	242
3.2	自动柔性化	242
3.3	一般柔性化	249
3.3.1	一般柔性化的方式	249
3.3.2	一般柔性化案例	252
3.4	ERFEM	255
3.4.1	ExperimentalFEM	255
3.4.2	ReducedFEM	263
3.5	柔性点线约束	271
3.6	柔柔接触	284
3.7	Spline Beam	292
第4章	机构灵敏度分析和优化	301
4.1	灵敏度分析和优化技术背景	301

4.2 设计灵敏度分析	304
4.2.1 设计灵敏度分析的基本步骤	304
4.2.2 Cost Function	306
4.2.3 灵敏度分析案例	309
4.3 优化	314
4.3.1 优化分析的基本步骤	314
4.3.2 优化案例	315
第5章 机电液一体化分析及案例	324
5.1 机电液一体化技术背景	324
5.2 安装设置	326
5.3 案例	329
5.3.1 Cosim 方式	330
5.3.2 Coupled 方式	336
第6章 系统级疲劳分析及案例	345
6.1 系统级疲劳分析特点及分析流程	345
6.1.1 LMS Virtual. Lab Durability 特点介绍	346
6.1.2 系统级疲劳分析流程	349
6.2 案例	349
第7章 系统级振动噪声分析及案例	363
7.1 系统级振动噪声分析特点及分析流程	363
7.1.1 LMS Virtual. Lab NVM 概述	363
7.1.2 系统级振动噪声分析流程	364
7.2 发动机案例	366
7.2.1 向刚体模型中添加 CATIA 零件	367
7.2.2 通过非几何节点和单元连接构件	373
7.2.3 动态性能快速分析	382
7.2.4 疲劳计算	386
7.3 洗衣机案例	392
参考文献	408

第1章 绪论

1.1 虚拟样机技术

随着经济全球化的发展,产品的市场竞争日趋激烈,客户对产品多样化和个性化的要求愈加迫切。市场竞争的核心是产品创新,而产品创新主要体现在对客户需求的响应速度和响应品质上。传统的物理样机设计流程在产品研发中已经越来越无法满足多变的、持续发展的市场需求,要想在市场竞争中获胜就需要缩短产品开发周期、快速响应市场、降低产品的生命周期成本、提高产品质量,这些都成为企业追求的目标。在持续性发展战略下,为提高核心竞争力,制造企业必须解决其新产品的“T(上市时间)”“Q(质量)”“C(成本)”“S(服务)”“E(环境)”“F(柔性)”等难题。虚拟样机技术(Virtual Prototyping Technology,简称VPT)正是在这种市场背景下产生的。

1. 虚拟样机技术的定义及优势

机械系统的虚拟样机技术(VPT)即机械系统动态仿真技术,是伴随着计算机技术而发展起来的。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,并根据仿真结果量化和优化系统的设计与过程。

同传统的基于物理样机的设计研发方法相比,虚拟样机设计方法具有以下特点。

(1)全新的研发模式。传统的研发方法从设计到生产是一个串行过程,这种方法存在很多的弊端。而虚拟样机技术真正地实现了系统角度的产品优化,它基于并行工程(Concurrent Engineering),使产品在概念设计阶段就可以迅速地分析、比较多种设计方案,确定影响性能的敏感参数,并通过可视化技术设计产品、预测产品在真实工况下的特征以及所具有的响应,直至获得最优工作性能。

(2)更低的研发成本、更短的研发周期、更高的产品质量。采用虚拟样机设计方法有助于摆脱对物理样机的依赖。通过计算机技术建立产品的数字化模型(即虚拟样机),可以完成无数次物理样机无法进行的虚拟试验,从而无需制造及试验物理样机即可获得最优方案,因此不但减少了物理样机的数量,而且缩短了研发周期、提高了产品质量。

(3)实现动态联盟的重要手段。目前,世界范围内广泛地接受了动态联盟(Virtual Company)的概念,即为了适应快速变化的全球市场,克服单个企业资源的局限性,出现了在一定时间内,通过Internet(或Intranet)临时缔结成的一种虚拟企业。为实现并行设计和制造,企业之间产品信息的敏捷交流尤显重要,而虚拟样机是一种数字化模型,通过网络输送产品信息,具

有传递快速、反馈及时的特点,进而使动态联盟的活动具有高度的并行性。

2. 虚拟样机技术的典型应用

虚拟样机技术在一些发达国家,如美国、德国、日本等已得到广泛应用,应用领域涵盖了汽车制造业、工程机械、航空航天业、造船业、机械电子工业、国防工业、通用机械到人机工程学、生物力学、医学以及工程咨询等多个方面。所涉及产品从庞大的卡车到照相机的快门,上天的火箭到轮船的锚链。在各领域针对各种产品,虚拟样机技术都能够为用户节约开支、节省时间并提供满意的设计方案。

美国戴姆勒-克莱斯勒(DAIMLERCHRYSLER)汽车公司开发的93LH系列汽车,采用虚拟样机技术后,开发周期由48个月缩短到39个月。美国波音(BOEING)公司设计的VS-X虚拟飞机,可用头盔显示器和数据手套进行观察与控制,使飞机设计人员身临其境地观察飞机设计的结果,并对其外观、内部结构及使用性能进行考察;波音777型客机从整机设计、部件测试到整机装配以及各种环境下的试飞,均采用了虚拟样机技术,该机型的开发周期由8年缩短为5年。美国航空航天局(NASA)的喷气推进实验室(JPL)由于采用了虚拟样机技术,成功实现了火星探测器“探路号”在火星上的软着陆。日本Matsushita公司开发的虚拟厨房设备系统,允许消费者在购买商品前,在虚拟的厨房环境中体验不同设备的功能,按自己的喜好评价、选择和重组这些设备,选择结果将被存储,并通过网络发送至生产部门进行生产。国外虚拟样机技术相关软件已经基本实现了商业化生产。

Caterpillar公司是世界上最大的拖拉机、装载机和工程机械制造商之一,由于制造一台大型设备的物理样机需要数月时间,并耗资数百万美元,所以为了提高竞争力,必须大幅度削减产品的设计、制造成本。Caterpillar公司采用了虚拟样机技术,从根本上改进了设计和试验步骤,实现了快速虚拟试验多种设计方案,从而使其产品成本降低、性能却更加优越。同样,作为生产工程机械的著名厂商John Deere公司,为了解决工程机械在高速行驶时的蛇行现象及在重载下的自激振动问题,该公司的工程师利用虚拟样机技术,不仅找到了原因,而且提出了改进方案,并且在虚拟样机上得到了验证,从而大大提高了产品的高速行驶性能与重载作业性能。

3. 国内虚拟样机技术的应用与发展

目前,虚拟样机技术已在我国汽车、航天航空、武器制造、机械工程等方面得到了应用与推广。从我国目前的情况来看,虚拟样机技术主要在汽车制造业和武器装备制造业中应用较为广泛,在其他行业应用较少,只停留在初步应用阶段,且主要在专业研究机构 and 高校研究机构中应用。清华大学国家CIMS工程技术研究中心和山西经纬纺机股份有限公司合作,对高速剑杆织机产品开展了虚拟样机技术的研究工作,进行了产品关键件的虚拟设计、虚拟加工,整机的虚拟装配等,大大缩短了产品开发周期。航天机电集团第二研究院、清华大学和北京航空航天大学合作开展了复杂系统虚拟样机技术的研究、应用与实践。中航第一飞机研究院成功推出了国内首架飞机全机规模电子样机。863项目“月球表面探测机器人方案研究”则运用虚拟样机技术构造虚拟月球表面计算仿真环境,并对涉及的多项关键技术进行了深入研究,取得了很好的成果。可见虽然目前我国对于虚拟样机技术的应用领域和技术水平还较低,但是却有很大的提升空间。

围绕产品从概念设计到定型生产的整个研发周期,再从设计师、决策层、制造商、销售商到用户群等全方位地观察和研究产品,虚拟样机技术显示了其强大的优势和发展潜力。面向21