

文章编号:1000-582x(2001)05-0011-03

虚拟原型实验仿真技术及应用

唐倩¹, 易树平¹, 詹捷²

(1. 重庆大学机械工程学院, 重庆 400044; 2. 重庆工学院模具制造中心, 重庆 400050)

摘要:论述了虚拟原型实验仿真的研究意义,综合归纳了VPES技术的研究内容,并对VPES的关键技术进行了分析研究,提出了VPES系统实现的技术方案,并以一汽车产品为例,建立了一套“轻型卡车备用胎架疲劳强度的载荷预测”虚拟原型实验仿真系统。

关键词:虚拟原型;虚拟实验环境;仿真技术;并行工程

中图分类号:TH 114

文献标识码:A

虚拟原型实验仿真(Virtual Prototyping Experiment Simulation, 简称 VPES)是基于并行工程(Concurrent Engineering, 简称 CE)哲理,将虚拟现实(Virtual Reality, 简称 VR)技术应用于传统的产品开发过程中而在近年迅速发展起来的一种新的实验理论和工程应用技术。

VPES是以高性能计算机系统为支撑平台,根据产品总体或某一部分结构的设计信息建立其符合相应物理实验要求的“虚拟原型”,同时根据物理实验条件建立相应的实验装置或系统的“虚拟实验环境”,并将“虚拟原型”“安装”于“虚拟实验环境”之上,对该“虚拟实验环境”施加以与物理实验相同的激励信号,通过仿真计算可获得“虚拟原型”的各种响应。从理论上讲,VPES技术可运用于任何典型的物理原型实验,特别是耗时、耗财的振动、疲劳实验等,它可在物理原型生产出来之前,多次、反复、低成本地进行,一方面为设计评价提供依据,或者为进一步的分析计算提供“输入预测”(Input Evaluation),另一方面为最终的物理原型实验提供指导。该技术特别适合于在产品开发过程中需要做大量物理原型实验的场合,如汽车、摩托车、一般工程机械等的开发过程中,可为企业的产品创新工程提供强有力的手段。

1 VPES 研究内容

由于VPES技术的极强的工程应用性,在理论研究方面,VPES技术的概念、基本思想、实现途径等方面已获解决^[1-3]。图1为虚拟原型实验仿真技术路线,在

技术研究上,解决了“面向实验”的“虚拟原型”建模、部分典型实验装置的建模,受试对象与实验台的“耦合”等一系列问题。特别是在虚拟原型的建模中引入“有限单元法”,使以前“面向加工”的建模(主要基于几何信息)成功地转换到“面向实验”的建模(基于几何、材料特性,边界条件等),并开发出了用于振动实验仿真的直接矩阵信息抽取算法(Direct Matrix Abstract Process, 简称 DMAP)接口和用于弹性体实验仿真的软件 ADAMD/FLEX。

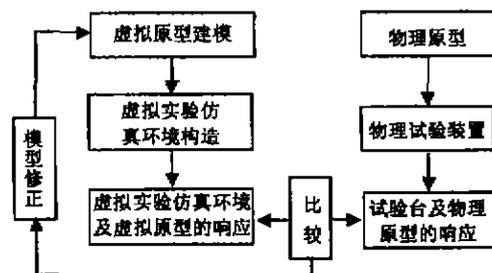


图1 虚拟原型实验仿真技术路线

目前VPES技术在机械产品方面的发展趋势主要体现在以下几个方面^[3,4]：

1) 新的建模方法研究 VPES技术中的“虚拟原型”建模方法从开始的刚体系统建模发展到现在的弹性体系统建模,但随之而带来的是模型数据的海量化,使仿真模型的规模受到限制。因此急需研究新的建模方法,既能满足仿真实验的精度要求,又可大大减少数据量,以推动VPES的建模方法发展到一个新的水平。

2) 虚拟实验仿真环境与物理实验装置的比较研

• 收稿日期:2001-02-24

基金项目:重庆市应用基础研究资助项目(2000-6061)

作者简介:唐倩(1969-),女,四川宜宾人,重庆大学副教授,博士,主要从事虚拟设计、仿真方面的研究。

究 VPES 技术成功应用的一个关键性问题是物理实验装置的虚拟模型化。由于各种实验装置千差万别,在虚拟模型中,如何很好地处理输入环节,驱动环节,联接环节以及如何处理“虚拟原型”与“虚拟实验环境”的“装配”问题,都有待进一步深入研究。

3) VPES 技术在较大型或较复杂机械系统中的应用研究,目前 VPES 技术的应用还局限于部分较简单的零部件和较简单的实验类型。对于大型的,复杂的结构或系统的实验,如汽车的车体结构的强度实验(应力推定及寿命预测),整体动力特性实验、转向系统运动特性实验等,如何应用 VPES 技术,仍需大力研究。

2 VPES 关键技术

在并行工程思想的指导下,运用虚拟现实方法,着重对 VPES 技术的以下几个关键技术问题进行了研究:

1) 对于机械结构而言,现有的虚拟原型一般多以弹性体形式建模,弹性体部分多以有限元方法作离散化处理,并应用 DMAP 对模型信息进行提取。但物理原型规模较大或有限网格划分较密时建造出的虚拟原型往往数据量庞大,为仿真计算带来困难。本课题的研究提出一种新的建模方法,将物理原型中的非主要研究部分处理为刚体,而将主要关心的实验部分处理为弹性体,并正确解决它们之间的耦合问题,这种“弹性体—刚体”组合建模方法将是一种适用于大中型复杂系统和结构且保证精度的建模方法。

2) 在虚拟原型实验中,为了使变形、应力、应变等响应集中体现在实验对象的虚拟原型上,虚拟实验环境一般用刚体系统的形式建模,并用刚体系统运动学和动力学方程组加以描述和定义。但是在实际的物理实验装置中,液压作动器中存在的响应滞后,驱动和联接环节中(如轴承等)的间隙,使得虚拟实验环境的构造受诸多因素的影响,因此如何解决传动间隙、液压驱动环节的阻尼、滞后等问题是关键。

3) 在求解规模庞大,外部激励存在突变的情况下或结合部、联接部位的模态参数不恰当时,往往出现不收敛的情况,另外在虚拟原型刚好出现共振时,数值计算过程也往往由于数据溢出而不能进行,因此,研究对于某一类型的虚拟原型实验应采取何种恰当的数值计算方法,以及寻找可行的办法改善仿真过程的收敛性是本课题研究的重点。

3 仿真计算与实验测试

根据对上面关键技术的研究分析,将研究结果应

用 VPES 系统的构建中,应用 MTS 公司的振动试验机的虚拟仿真环境中实现了“轻型卡车备用胎架疲劳强度的载荷预测”的 VPES 系统,如图 2 所示,通过与相同条件的物理原型实验的比较,图 3 为通过 VPES 系统得出的一测试点的计算加速度值与实际实验测得加速度的比较,两者得出的结果比较吻合,取得了较满意的效果,验证了系统的正确性,并在以下方面取得了成果:

1) 实现了中小型较简单结构的虚拟原型的建模方法及系统建立;

2) 成功完成了虚拟原型与虚拟实验仿真环境的“耦合”方法;

3) 实现了实车行走载荷谱的提取及输入。

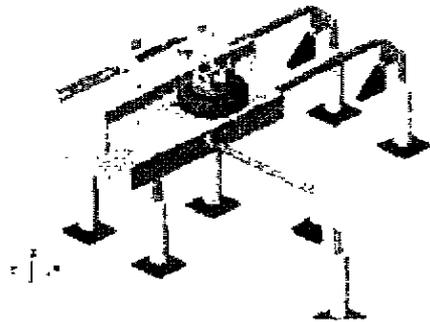


图 2 备用胎架疲劳强度的载荷预测 VPES 系统

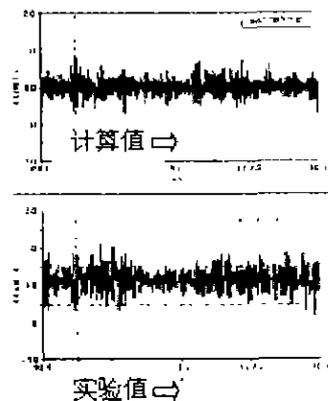


图 3 某一测试点的加速度值比较

4 结束语

作者跟踪 CE 和 VR 技术的最新发展动态,瞄准 VPES 技术的发展趋势,研究并力图解决在 VPES 技术中存在的关键技术难题,并以一个汽车部件为物理原型,以 MTS—多轴 6 自由度液压振动试验机(MAST)为物理实验装置,建立一套完整的“轻型卡车备用胎架疲劳强度的载荷预测”,通过与物理原型实验的比较,验证理论研究成果,并且为 VPES 技术在大中型复杂系

统中的应用作出示范。

参考文献:

- [1] Bennett. G. R. The application of virtual prototyping in the development of complex aerospace products. [J] *Virtual Prototyping Journal*, 1996, 1(1): 13 - 20.
- [2] Bennett. G. R. Virtual reality simulation bridges the gap between manufacturing and design. [J] *Mechanical incorporated*

Engineer, 1995, April/May: 43 - 6.

- [3] F. Dai, W. Felger, et al. *Virtual Prototyping examples for automotive industries*. [J] *Virtual Reality World'96*, Stuttgart, 1996, 1(1): 13 - 15.
- [4] A. M. Okamura, et al, Vibration feedback models for virtual environments. [J] *Pre*, IEEE Intl Conf. Robotics and Automation, 1998, 2(2): 674 - 679.

Study on the Application of Virtual Prototyping Experiment Simulation

TANG Qian¹, YI Shu-Ping¹, ZHAN Jie²

(1. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. The Center of die manufacturing, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400044, China)

Abstract: The research substance and meaning of Virtual Prototyping Experiment Simulation are discussed in this paper. At the same time, the key technology of VPES is analyzed and technical project on realizing VPES system is proposed. As a example, a set of "load forecasting system of fatigue strength for light truck spare wheel" is established successfully.

Key words: virtual prototyping virtual experiment environment simulation technique concurrent engineering

(责任编辑 成孝义)

(上接第 7 页)

Model of Integrated Management System for Product Quality

WANG Xu, WANG Gao-Lou, TAO Jun

(Chongqing University, Chongqing 400044)

Abstract: In order to improve product quality and strengthen corporation competitiveness, This paper analyzes the important aspects of quality management during new product development under market economy circumstances. The model of integrated management system for product quality is established, which is orienting to the whole process of new product development. Based on its meanings and characteristics, organization model and function model are provided.

Key words: quality integrated management system new product development

(责任编辑 成孝义)