

# 虚拟制造技术在高速摄影机研制中的应用

马丽华<sup>1,2</sup> 梁志毅<sup>1,3</sup> 熊仁生<sup>1</sup> 石兴春<sup>1</sup> 鲁梅<sup>1</sup>

(1 中国科学院西安光机所, 西安 710068)

(2 空军工程大学电讯工程学院, 西安 710077)

(3 西北工业大学, 西安 710072)

**摘 要** 结合 70 mm 间歇式同步高速摄影机的虚拟制造实例, 阐述了虚拟制造技术在高速摄影机研制中的应用与具体实现, 包括虚拟环境构造、数字化模型建立、装配性和适配性检查以及关重件的动力学仿真。事实证明, 将虚拟制造技术应用于高速摄影机的研制不仅可以提高高速摄影机的设计质量, 而且可以大大节约产品开发时间。

**关键词** 虚拟制造; 高速摄影机; 动力学分析; 仿真

**中图分类号** TB443.1 **文献标识码** A

## 0 引言

高速摄影机的应用日见广泛, 性能要求也越来越高, 特别是对摄影频率和画幅稳定性的要求, 带来了一系列新的研究问题<sup>[1]</sup>。

高速摄影机生产属小批量多品种生产方式, 对快速响应有较高的要求, 传统的制造模式已经不能满足商品经济环境下市场竞争的需求<sup>[1]</sup>。

虚拟制造技术作为近几年来出现的先进制造技术之一, 是制造技术与仿真技术相结合的产物<sup>[2]</sup>。与实际制造相比较, 虚拟制造系统基本上不消耗资源和能量, 产品与制造环境是虚拟模型, 在计算机上对虚拟模型进行产品设计、制造、测试<sup>[3]</sup>。

该技术突破了传统制造模式的框架, 其虚拟环境下的产品设计更加强调在产品加工前产品设计的高度可行性和可靠性, 使产品制造的方法、途径、效果、组织方式发生了重大变化, 可以把以前隔离开来的设计、生产、实验、修改设计等环节在虚拟环境的条件下联系起来, 在极短的时间内完成高速摄影机虚拟产品零件的设计与装配, 构造出高速摄影机原型, 并用虚拟原型替系统的硬件样机进行实验分析, 从而对高速摄影机性能和可制造性进行评价, 这大大缩短了高速摄影机的设计、研制周期, 降低了开发成本, 使高速摄影机一次设计制造成功成为可能。

## 1 虚拟制造技术在高速摄影机研制中的应用实例

### 1.1 实例简介

70 mm 间歇式同步高速摄影机是目前我国研制的画幅最宽的新一代高速摄影机, 它具有精度高、

速度快、机动灵活等特点和拍摄的胶片画幅大、信息量多等优点, 目前, 国内尚没有任何其他单位开展这方面的研制工作。该设备研制难度大, 特别是对制造过程中的加工和调试提出了更高的要求。因此, 对 70 mm 间歇式高速摄影机进行虚拟制造和仿真就显得尤为重要和必要。

### 1.2 虚拟制造环境构造

产品的虚拟制造需要一个对数字化模型进行集成的建模和仿真环境, 提供与现实制造过程一一对应的模型化映射和仿真。没有产品设计 CAD 软件, 就不能支撑虚拟产品设计、装配与检测; 没有管理软件平台, 就不能对虚拟产品模型及数据信息进行存储和管理; 没有仿真软件, 就无法实现虚拟原型样机运动学分析与仿真。所以, 工具软件是虚拟制造技术中最重要支撑工具。经过反复分析与比较, 选用三维参数化特征造型机械 CAD 软件——MDT (Mechanical Desktop) 支持摄影机产品的虚拟设计与装配; 选用产品数据管理软件 Supersky-Master2000 对摄影机产品模型库与产品信息库进行维护与管理, 选用仿真系统分析软件 Working Modal 4D 完成摄影机虚拟产品样机的运动特性分析与工作状态仿真。

### 1.3 70 mm 间歇式同步高速摄影机虚拟制造内容

#### 1.3.1 数字化产品建模

在以设计为中心的摄影机虚拟制造研究中, 主要通过摄影机数字化产品模型来估算其性能和功能, 所有的分析和仿真过程都是以相应的数字为基础, 以减少传统制造方式带来的周期长、成本高、集成性差等问题。摄影机产品数字化建模是摄影机虚拟制造中一个非常关键的技术。70 mm 间歇式同步高速摄影机为定向固定式高速摄影机, 该设备由摄影机、摄影物镜、检焦取景系统、十字丝投影系统、点

阵信息记录系统、自动调光系统、调焦系统、精密支架、精密调整系统、同步控制系统、GPS 与 B 码终端、角编码器处理系统、仪器保护罩和活动式地底座组成。利用 MDT 软件,可以完成上述系统的全部光机设计工作,实现全部数字化产品建模。

### 1.3.2 数字化产品装配建模与适配性检查

机械产品的配合性和可装配性是设计人员常易出现错误的地方,以往要到产品最后装配时才能发现,导致零件的报废和工期的延误,造成巨大的经济损失和信誉损失。采用虚拟制造技术可以在设计阶段就进行验证,确保设计的正确性,避免损失。可以对设计好的零件模型进行装配,并对其进行装配分析(包括适配性检查和材料特性分析)。装配好的模

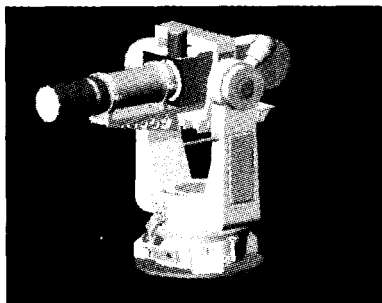


图 1 70 mm 同步高速摄影机数字化模型  
Fig. 1 Digital model of 70 mm HSPC

型可以实现进一步的分析;通过适配性检查可及时修正设计中的失误;准确的材料特性分析有助于设计者在构思阶段做出关键的设计抉择。图 1 为采用 MDT 三维造型软件建立起的 70 mm 高速摄影机系统的数字化模型,该模型已装配全部零部件。

### 1.3.3 关重件数字化产品动力学分析与优化

将关重部件模型置于虚拟环境中控制、仿真和分析,可以在设计阶段就对设计的方案、结构等进行仿真,解决大多数问题,提高一次试验成功率。

70 mm 同步高速摄影机采用的是双联曲柄摇杆式抓片机构。采用了三维实体机构模型的动力学仿真软件 Working Modal 4D 对虚拟样机的关键部件——抓片机构进行了运动特性的分析,其中包括抓片爪组件的动平衡计算,抓片爪抓取胶片的加速度、速度计算,胶片受力分析以及整个输片机构运动仿真等。通过仿真,可以对一些关键部件进行优化。

图 2 为对抓片机构进行动平衡分析的一组曲线图。图中,左上位置为抓片机构的数字化模型,左下曲线为抓片过程中的总不平衡量,右边曲线从上至下分别为抓片偏心轴、抓片爪和平衡块所造成的不平衡量。通过改变平衡块的位置和尺寸,比较产生总不平衡量的大小,可对抓片机构进行优化设计,得到最佳的动平衡性能。

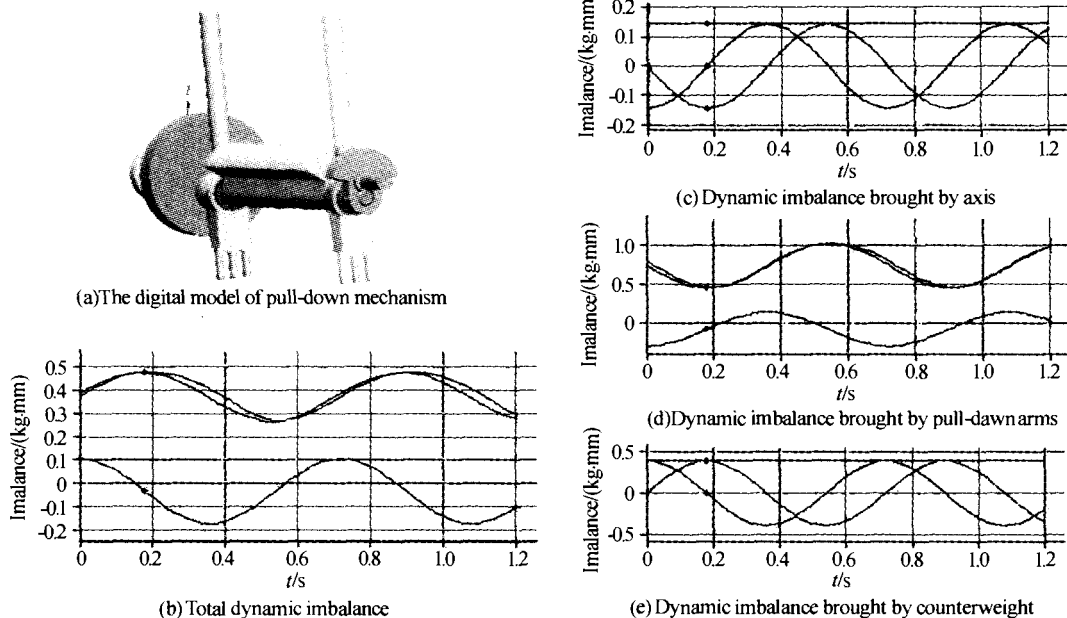


图 2 抓片爪组件及其动平衡分析曲线

Fig. 2 The digital model and dynamic balance graph of pull-down mechanism

### 1.3.4 实际制造与装配

根据优化后的数字化模型进行加工、装配的摄影机如图 3。在加工和实际装配过程没有发现设计上的错误。与以前总是不断的有零件报废、修改尺

寸等相比较,不但节约了时间,更节约了经费。经过严格的检测,认为该摄影机能够很好地完成各项功能,达到了各项性能指标的要求。

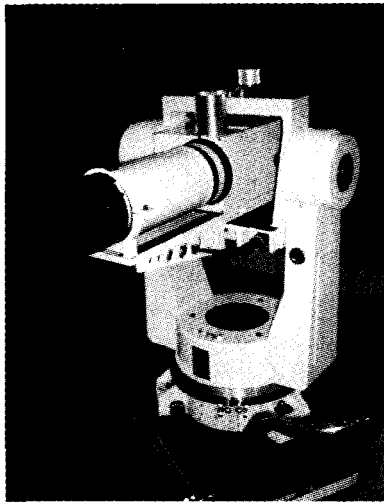


图3 70 mm 间歇式同步高速摄影机实体照片  
Fig. 3 Photo of 70 mm HSPC

## 2 结论

70 mm 间歇式同步高速摄影机现已成功地通过了外场试验,反映良好. 事实验证了上述的虚拟制造技术应用是成功的,所采用的方法是可行且可靠的. 总的来看,我国虚拟制造技术的研究还刚刚

起步,在高速摄影机制造方面的应用也是不全面的,相信随科技的进步以及人们传统观念的转变,虚拟制造技术将会在各个领域得到更全面的应用.

### 参考文献

- 1 刘波. 高速摄影机虚拟制造的研究. 西安电子科技大学, 博士论文, 2001. 21~22  
Liu B. Study on Virtual Manufacturing of High-speed Photograph Camera. Xidian University, Paper for Degree of Doctor, 2001. 21~22
- 2 宋天虎. 积极发展适合我国国情的虚拟制造技术. 中国机械工程, 1998, 9(11): P50~51  
Song T H. *Chinese Mechanics Engineering*, 1998, 9(11): 50~51
- 3 严隽琪, 范秀敏, 姚健. 虚拟制造的理论与技术基础研究. 中国机械工程, 1999, 10(9): 1068~1071  
Yan J Q, Fan X M, Yao J. *Chinese Mechanics Engineering*, 1999, 10(9): 1068~1071
- 4 陈晓川, 张暴暴, 刘晓冰, 等. 虚拟制造技术研究概况综述. 机械制造, 1998, 12(10): 8~10  
Chen X C, Zhang B B, Liu X B, et al. *Mechanics Manufacturing*, 1998, 12(10): 8~10

## Virtual Manufacturing and the Application on the Development of High-Speed Photograph Camera

Ma lihua<sup>1,2</sup>, Liang Zhiyi<sup>1</sup>, Xiong Rensheng<sup>1</sup>, Shi Xingchun<sup>1</sup>, Lu Mei<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica, Xi'an 710068

<sup>2</sup> The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077

<sup>3</sup> Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072

Received date: 2004-06-18

**Abstract** Virtual Manufacturing (VM) is a concept of executing manufacturing process in computers as well as in the real world, where virtual modes allow for prediction of potential problems for product functionality and manufacturability before real manufacturing occurs. As a new manufacturing technology, VM affects the whole manufacturing industry including the manufacture of high-speed photograph camera (HSPC). The application of VM successfully resolves a series of technical difficulties caused by increasing photograph frequency of HSPC. These efforts of VM can not only increase the level and overall design quality of HSPC manufacturing, but also decrease the development cycle. At the same time, a new tool for key technology analysis and design solution in the field of HSPC manufacture is provided. For an example, a kind of HSPC is listed as follows. It has been studied in a virtual environment through the design, assembling, dynamic analysis and movement simulation procedures.

**Keywords** Virtual Manufacturing; HSPC; Dynamic analysis; Simulation



**Ma Lihua** was born on August 8, 1974. She received her B. S. degree from North West University in 1996 and her M. S. degree from Xi'an Institute of Optics and Mechanics, Academia Sinica in 2001. Because of excellent grade, she earned the Peng Yingang Science scholarship and a chance to study for Ph. D. degree directly. Now she works in the Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University. Her research areas include optical fiber communication, structure design, engineering analysis and digital image processing.