

虚拟样机技术在小型农用装载机设计中的应用

李 勇¹, 曾志新¹, 叶 茂², 马学梅², 李 航², 丘晓彦²

(1 华南理工大学机械工程学院现代制造技术研究所, 广州 510640; 2 海南金鹿实业有限公司, 海口 571100)

摘 要: 文章分析了虚拟样机技术的主要特点及其对小型装载机设计的重要性, 阐述了小型农用装载机的设计原理, 详细介绍了利用 SolidWorks 设计装载机虚拟样机的过程, 其中包括虚拟样机的三维建模、虚拟装配、图形渲染、运动仿真、干涉检测、二维工程图的转换等, 并展示了根据虚拟样机技术制造的物理样机图像。结果表明, 应用虚拟样机技术可以提高小型装载机的设计效率及质量。

关键词: 虚拟样机技术; 装载机; 农业机械; 运动仿真

中图分类号: TP391.72

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0134-04

0 引言

传统的机械产品开发过程一般要经过对产品各方面性能要求的分析、拟定设计方案、按选定方案进行零件图与装配图绘制, 然后对已设计好的机械产品进行试制, 经过反复的试验及对设计图的不断修改和完善后正式投入生产。这种设计方法使设计者的大部分时间和精力都耗费在装配图和零件图的绘制, 而且方案的拟定在很大程度上取决于设计者的经验, 难以获得最优方案, 设计消耗大、成本高、效率低。

虚拟样机技术是一种计算机模型^[1,2], 设计师可以在计算机上建立机械系统的三维可视化模型, 模拟在真实环境下系统的特性, 包括外观、空间关系以及运动学和动力学特性, 并根据仿真结果进一步优化系统, 它以 CAD 模型为基础, 结合虚拟技术与仿真技术, 为产品的设计开发提供一个全新的方法。利用虚拟样机代替物理样机对产品进行创新设计、测试、评估和人员训练, 正成为各类制造企业缩短产品开发周期, 降低成本, 改进产品设计质量, 提高面向客户与市场需求能力的重要手段^[3-5]。

虚拟样机技术在国外已广泛应用到: 汽车制造业、航天航空业、国防工业及通用机械制造业等领域。但在中国农机产品的设计中还未得到广泛应用。本文结合小型农用装载机的设计, 阐述利用 SolidWorks 进行虚拟样机开发的过程^[6], 重点介绍小型农用装载机的三维设计及运动仿真。

装载机是一种作业效率高, 用途广泛的工程机械^[7]。但工程装载机的昂贵价格、庞大体积是限制其在农村使用的根本原因。

据此, 华南理工大学与海南金鹿集团根据可重构性原则联合开发了 JL Z03 小型农用装载机, 以减少车间的设备及工装夹具的调整时间, 使装载机与原有产品形成可重组产品链, 最大限度降低生产成本, 提高公司产品零部件的通用性。比如: JL Z03 与原有 16K2 型农用

拖拉机拥有照明系统、悬架系统、制动系统、驾驶室、车轮、柴油机、离合器、变速箱等部分的可重构件, 但重构件的具体结构及安装位置在两款产品中稍有调整, 如: 二者在驱动方式和换向系统上做了改变, 前者采用前轮驱动、后轮转向, 后者采用前轮转向、后轮驱动; 为了缩短总机长度及增强稳定性, 方向盘与水平面的夹角设计为 60°, 把柴油机的安装孔位下沉到底盘下以降低重心和便于驱动轴安装。

1 基于 SolidWorks 的装载机虚拟样机设计及运动仿真

SolidWorks 是基于 Windows 的三维 CAD/CAM/CAE 集成化机械设计软件。它具有全面的零件实体建模功能和变量化的草图轮廓绘制功能, 能够自动进行动态约束检查。它的基本设计思想是: 实体造型-虚拟装配-二维图纸, 是工业界最优秀的三维设计软件之一。故而在本次产品开发中选用了 SolidWorks。

装载机一般由发动机、变矩器、作业液压泵、前后车架铰接点、转斗液压缸、动臂、连杆、铲斗、车架、驱动桥、动臂液压缸、传动轴、转向液压缸、变速箱、驾驶室等几大部分组成, 其工作装置是由铲斗、动臂、液压缸、连杆机构等组成, 设计时应满足下列要求:

- (1) 铲斗的运动轨迹符合作业要求, 能铲掘、装载; 铲掘力要大, 斗易于装满料, 并要求动臂在提升过程中, 铲斗作平移运动, 以免斗中物料撒落;
- (2) 要满足卸载高度和卸载距离要求, 保证动臂在任何位置都能卸净铲斗中的物料;
- (3) 在满足作业要求的前提下, 工作装置结构简单、自重轻、受力合理、强度高;
- (4) 应保证驾驶员具有良好的工作条件, 确保工作安全、视野良好、操作简单和维修方便。

根据以上约束条件, 结合装载机的照明系统、悬架系统、制动系统等其他设计要求, 利用 SolidWorks 即可进行装载机的设计。

1.1 主要机构设计及三维建模

铲斗的斗型与结构是否合理, 直接影响装载机的工作效率。斗的断面形状由斗的圆弧半径 r 、张开角 α 后

收稿日期: 2004-01-06 修订日期: 2004-04-05

作者简介: 李 勇(1974-), 男, 河南淮滨人, 助教, 广州市 华南理工大学机械工程学院现代制造技术研究所, 510640, Email: meliyong@scut.edu.cn

壁高 h 和底壁长 L 等 4 个参数确定。首先在草图中画出它的断面形状,如图 1 所示。

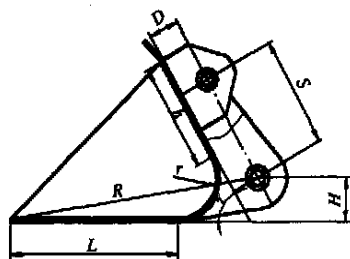


图 1 铲斗断面参数图

Fig 1 Diagram of bucket-section parameters

绘制完草图之后对断面进行两侧对称拉伸和抽壳,产生三维立体图,并可用旋转工具从不同视角观察效果,见图 2 所示。



图 2 铲斗模型图

Fig 2 Bucket model

1.2 虚拟装载机的装配

各零部件三维建模后,利用计算机可进行虚拟装配。虚拟装配能以可视化的方式展示并改进装载机的装配关系,同时对装载机各零部件的静态干涉进行检验分析,及时修改设计中不合理的部分,初步评价设计是否合理,避免实际装配阶段因为零件的设计错误而需要重新设计。也可利用虚拟装载机的装配关系指导实际装配工作^[8,9]。

1.2.1 装配中的关键技术

1) 确定装配关系

在三维设计平台上,各零部件之间的装配关系通过装配约束来确定。装配约束确定不同零部件点、线、面之间的相对位置关系,设计者通过这些关系的组合来确定零部件的位置。在添加装配约束时应当采用与实际装配相一致的装配关系,避免采用装配关系传递方式来确定零部件之间的位置。当模型上现有的点、线、面不足以或不便于确定零部件之间的相对位置关系时,可以考虑在零部件模型上创建辅助特征来确定零部件之间的装配关系。

2) 提高装配效率

在装配时,由于同时调入的部件数目较多,计算时间会较长,但可根据实际情况,采用以下几种方法来减少装配数据量,提高装配效率:

(1) 利用设计系统的轻量化零件功能:是指系统在生成装配体将零件模型调入计算机内存时,只将部分零件模型数据装入内存,其余的则根据需要装入。使用轻量化零件装入装配体比使用完全还原的零件装入同一装配体速度更快,重建的速度也更快。

(2) 简化装配的零部件模型:对于标准零部件,在设计过程中只需其外形尺寸和主要参数即可,其内部构成则不必进行分析和讨论。模拟装配时,可将其简化成为一个实体零件,无需将其分解组装成为部件模型,以减少装配体的数据量,提高计算机的效率^[10]。

(3) 减少装配体中的零件数量:装配的目的是为了检验设计的装配可行性及性能模拟仿真,了解零部件之间的干涉情况等。若某零件的装配不影响模拟仿真,在装配过程中可以考虑省略,以减少装配设计的工作量和复杂度。

1.2.2 装载机的装配分层结构

装载机是一个多结构体,需要进行分层装配,如图 3。

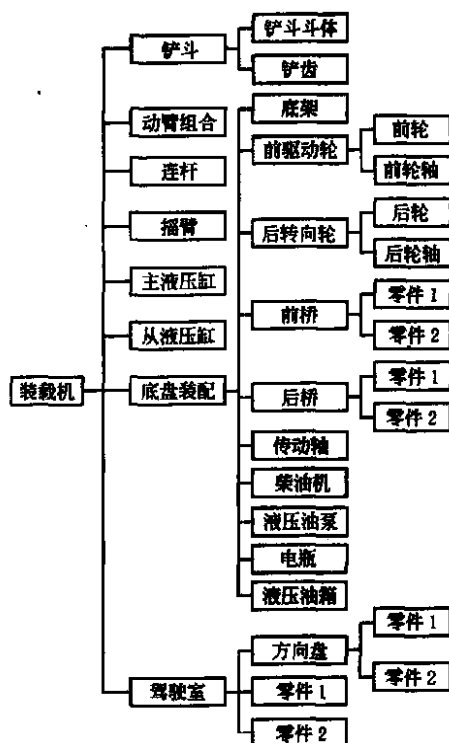


图 3 装载机装配分层结构图

Fig 3 Diagram of loader subassembly frameworks

在装配时,对相似或类型相同但尺寸不同的零件,只需对其中一个零件进行设计,经修改相应的尺寸,便可另存为新的零件。对于标准部件,可先进行设计与装配,当设计中需要已有的标准部件时,只需稍加修改部件装配体,而不需要对整个装配体进行重新设计,这可提高装配模型的重复利用率,减少设计量。本设计采取自底而上的分层装配技术完成装载机的装配。即首先生成装载机各部分零件并将其插入装配体,然后根据装载机的设计要求装配零件。使用 SolidWorks 进行装配的一般过程如下所述。

首先启动装配图。单击标准工具栏的“新建”工具,弹出新建 SolidWorks 文件对话框。选中“装配体”,然后单击“确定”按钮,进入装配图界面;接着添加待装配的零部件,添加零部件有多种方法:

(1) “插入”下拉菜单 “零部件”。

- (2) 从零件视窗中拖入到装配体视窗中。
- (3) 将资源管理器中选上的零部件拖入到装配体视窗中。
- (4) 按住 Ctrl 键, 将 FeatureM anager 设计树中的零件拖入装配体视窗中。

添加之后, 通过移动零部件工具, 旋转零部件工具等来改变零部件的位置, 使之便于装配; 再在“视图”下拉菜单选“临时轴”等装配约束, 最终所获装载机装配图见图 4 所示。



图 4 装载机装配图
Fig 4 Loader assembly drawing

1.3 装载机的渲染

SolidW orks 具有强大的渲染处理功能, 可使装配图更具真实感。使用 PhotoW orks 插件, 对装载机渲染后, 效果见图 5 所示。



图 5 装载机渲染图
Fig 5 Loader rendering image

1.4 装载机的干涉检测及运动仿真

可以利用 SolidW orks 配备的 A nimator 插件制作动画, 也可以用 V isual Basic, V isual C + + 或其他 OLE 开发语言, 对其进行二次开发以实现运动仿真, 通过虚拟样机的运动仿真可使设计者更直观的了解装置在运动过程中产生的各种现象(如是否干涉等)^[11, 12]。装载机工作装置的动作包括铲土、转斗、举升和卸料四个动作。下面给出装载机工作装置的举升动作仿真平面图, 见图 6 所示。

1.5 有限元分析

用 So lidW orks 自带的插件——CosmoW orks, 将所建模型通过标准数据接口, 调入并进行有限元分析。先划分网格, 得到关键部件的有限元网格图, 再按装载机工作时的情况, 进行受力分析, 以计算出此时与铲斗相连的各部件的受力情况, 以及强度状况。最后计算整机重量及进行整机平衡性检查, 完成整机的设计。

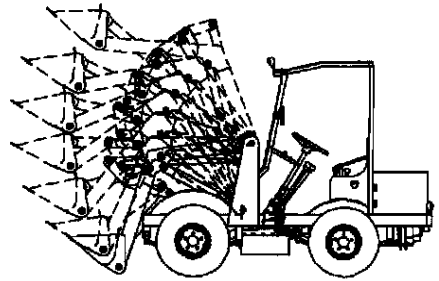


图 6 装载机举升时的运动仿真图
Fig 6 Lifting simulation of loader

2 样机制造

2.1 三维立体图与二维工程图的转换

SolidW orks 在其工程制图中引入了一个崭新的快速制图功能(即 R ap idD raft), 利用现有的三维数据, 经过数学转换, 能迅速生成与三维零件和装配体相关的二维工程图, 并保持与三维图的全关联性, 若三维图零件或装配体的尺寸、形状改变了, 二维工程图也会相应作出改变, 它可以保存为 *. SLDDRW 格式(与 SolidW orks 三维图相关联的工程图格式), 也可保存为 *. DW G 格式(为 Autocad 格式, 转换成 *. DW G 格式后的工程图不再与 SolidW orks 三维图相关联), 然后再在 Autocad 中对其进行修改就比较方便了。

计算机经计算后在工程图上排列出可供选择视角的三视图。根据设计要求, 修改三视图比例大小, 或用菜单上的视图工具, 生成其他视图或剖视图, 最后可打印输出图纸。

图 7 为转换后的装载机二维工程图。

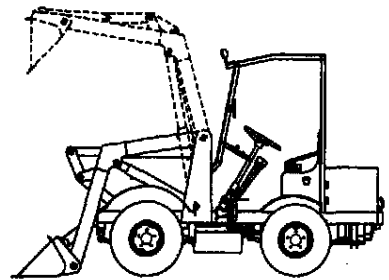


图 7 装载机二维工程图
Fig 7 Two-dimensional engineering drawing of loader

2.2 装载机的物理样机制造

经过三维建模、虚拟装配渲染、运动仿真、工程图的转换等虚拟设计过程, 确认所设计的装载机无错误后, 便可进行物理样机的制造了。制造出的实际样机见图 8 所示。



图 8 装载机物理样机
Fig 8 Real loader picture

3 结 论

本设计从需求分析到产品制造, 通过使用虚拟样机设计方法, 设计、制造

周期不足两个月。充分体现了虚拟样机在农用装载机产品设计中的重要性及以下技术特征。

1) 装载机的虚拟样机技术体现了基于并行工程的原则, 在产品的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、预测产品在真实工作情况下的特征及性能。

2) 采用装载机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(即装载机虚拟样机), 可以完成物理样机无法进行的虚拟试验(成本和时间条件不允许), 从而无需制造及试验物理样机就可获得最优方案, 降低了研发成本。

3) 虚拟装载机是一种数字化模型, 可用 Internet 网络输送产品信息。设计过程中, 通过不断与金鹿集团的网上技术交流, 缩短了研发周期, 提高了产品设计质量。体现了当前世界范围内广泛接受的动态联盟概念。

[参 考 文 献]

- [1] 邓劲莲, 李尚平, 杨家强, 等. 小型甘蔗联合收获机虚拟样机的仿真[J]. 农业机械学报, 2002, 33(5): 54- 56
- [2] 冯培恩, 潘双夏, 丁国富. 挖掘机器人虚拟样机技术的实现策略[J]. 农业机械学报, 2002, 33(3): 84- 88
- [3] Joseph S, Lombardo, Edward Mihalakscott, R. Osborne. Collaborative virtual prototyping[J]. Johns Hop-

- kings APL Technical Digest, 1996, 17(3): 295- 304
- [4] 张 旭, 毛恩荣. 机械系统虚拟样机技术的研究与开发[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(2): 94- 98
- [5] 姜士湖, 闫相桢. 虚拟样机技术及其在国内的应用前景[J]. 机械, 2003, 30(2): 4- 8
- [6] 张 卫, 吴慧中. 虚拟样机概念及体系结构研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2002, (10): 11- 14
- [7] 杨国平, 刘 忠, 龙国键, 等. 装载机新型工作装置设计理论的研究[J]. 机械科学与技术, 2002, 21(5): 692- 695
- [8] 李伯虎, 柴旭东. 复杂产品虚拟样机工程[J]. 计算机集成制造系统, 2002, 8(9): 678- 684
- [9] Li Bohu, Chai Xudong, Quan Chunlai, et al. Research on tools suit for collaborative virtual prototyping engineering [A]. Proc of EURO SM 2001 [C]. Delft, Netherlands, 2001.
- [10] 马思群, 兆文忠, 谢素明, 等. 铁路机车车辆虚拟样机数据协调关键技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2003, 9(3): 242- 247.
- [11] 陈岳坪, 罗意平, 杨 岳, 等. SolidWorks 环境下冲模 CAD 三维标准件库的开发[J]. 锻压技术, 2002, (5): 49 - 53
- [12] 郭晓宁, 诸金奎, 杨先海. 基于 SolidWorks 的平面连杆机构实体运动分析[J]. 西安理工大学学报, 2001, 17(4): 392- 396
- [13] 谢 红, 施 炜. 用 SolidWorks 计算机软件进行装配体三维设计[J]. 机械设计与制造, 2002, (1): 35- 36

Application of virtual prototyping technology to development of small-sized agricultural loader

Li Yong¹, Zeng Zhixin¹, Ye Mao², Ma Xuemei², Li Hang², Qiu Xiaoyan²

(1 Modern Manufacture Technology Institute, College of Mechanical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 2 Hainan Jinlu Group Co. Ltd., Haikou 571100, China)

Abstract Concept and key characteristics of virtual prototyping technology were described and design principle of small-sized agricultural loader was discussed in the paper. Furthermore, virtual prototype of agricultural loader based on SolidWorks was analyzed, including its three-dimensional modeling, virtual assembly, image rendering, kinematic simulation, interference detection and two-dimensional engineering-drawing conversion. And real agricultural loader image was also shown. The result shows that development efficiency and quality of small-sized loader increased with virtual prototyping technology.

Key words: virtual prototyping technology; loader; agricultural machinery; kinematic simulation