

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2015.01.042

基于 Recurdyn 的新型剪叉式液压升降台的动力学仿真及分析

郭松¹, 姚丁琦², 朱玉川², 顾亚军¹

(1. 泰州海陵液压机械有限公司泰州市液压机械工程技术研究中心, 江苏泰州 225300;

2. 南京航空航天大学机电学院, 江苏南京 210016)

摘要: 基于多体动力学分析软件 Recurdyn 建立了新型剪叉式液压升降平台的虚拟样机模型, 并在不同载荷下进行了动力学仿真, 通过仿真得出了液压缸的受力情况和浮动平台的位移、速度等相关运动特性。仿真分析结果表明, 随作业平台高度增加, 机构的稳定性变差, 同时液压缸输出力波动加剧, 分析结果对该升降平台的机械结构改进和液压系统设计优化提供了参考。

关键词: 液压升降平台; 虚拟样机; 动力学仿真

中图分类号: TH137 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-3881 (2015) 1-172-3

Dynamic Simulation and Analysis of a New Type of Hydraulic Fork Lifting Platform Based on Recurdyn

GUO Song¹, YAO Dingqi¹, ZHU Yuchuan¹, GU Yajun²

(1. Taizhou City Mechanical Engineering Technology Research Center, Taizhou Jiangsu 225300, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing Jiangsu 210016, China)

Abstract: By using Recurdyn, Multi-body dynamics analysis software, a virtual prototype was established for a new type of hydraulic fork lifting platform, and the dynamic simulation was made in the case of different loads. Through the simulation, the force of hydraulic cylinder and the motion characteristics of the floating platform were studied, such as displacement, velocity and so on. Simulation results show that the stability of scissors mechanism becomes poor and the output force of hydraulic cylinder fluctuates increasingly with the height of platform increasing. And analysis results provide references for the structural optimization design and control scheme of the mechanism system.

Keywords: Hydraulic lifting platform; Virtual prototype; Dynamic simulation

0 前言

液压升降平台广泛应用于汽车、集装箱、模具制造, 木材加工, 化工灌装等各类工业企业及生产流水线^[1-2], 在研发高精度液压升降平台时需要对机械结构及控制方法进行反复调整及验证, 传统的物理样机开发模式存在开发周期长、成本高、修改困难等问题, 因此计算机仿真成为液压工程机械研究的一个重要方向^[3-4]。

本文作者采用 Pro/E 软件对液压升降平台进行三维建模, 并在动力学软件 Recurdyn 中对模型进行动力学仿真与分析。

1 三维实体建模

1.1 浮动平台建模

如图 1 所示, 浮动平台由工作平板和内部结构组成, 其内部结构分为上、中、下三层, 分别由纵移、

横移液压缸推动下层与中层框架的纵向、横向移动; 由旋转液压缸驱动齿条使大齿轮旋转, 即实现浮动平台 $\pm 10^\circ$ 的旋转运动^[5]。

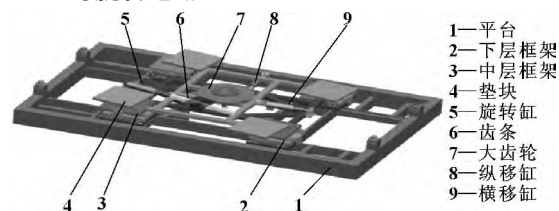


图 1 浮动平台模型

1.2 升降机构建模

如图 2 所示, 升降机构为二组呈“X”形排列的臂架叠加而成, 在两臂架间安装有举升液压缸, 举升液压缸伸缩运动的同时其缸体绕铰点转动, 从而实现剪叉臂的升降, 并驱动浮动平台升降运动。

收稿日期: 2013-11-26

作者简介: 郭松 (1974—), 男, 工程师, 研究方向为机电一体化技术。

通信作者: 朱玉川, E-mail: meeyczhu@nuaa.edu.cn。

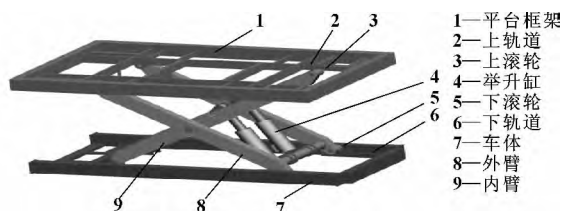


图2 升降机构模型

1.3 转向及行走机构建模

如图3所示, 转向由液压缸驱动齿条与齿轮啮合, 带动行走轮实现 $\pm 90^\circ$ 的转向动作; 行走由液压马达直接驱动。

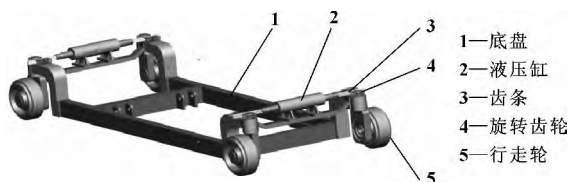


图3 转向及驱动装置模型

1.4 升降平台整体建模

将上述结构进行装配得到升降平台整体样机模型, 如图4所示。

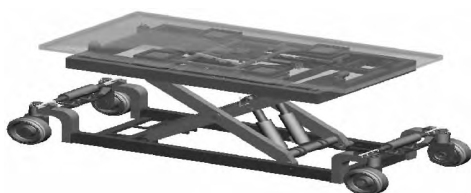


图4 新型剪叉式液压升降平台模型

2 Recurdyn 仿真模型

为减少仿真计算量及运行时间, 在保证不影响机构运动性能的前提下需要对上述所建 Pro/E 三维实体模型进行简化。然后把简化实体模型转化为 Parasolid 格式, 并导入 Recurdyn 环境中得到仿真模型。

依据液压升降平台各部件间的实际运动关系, 对导入的模型施加所需的运动学及动力学约束, 并设置合理的参数, 得到的仿真模型如图5所示。

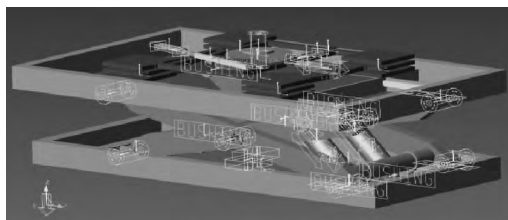


图5 升降平台动力学仿真模型

该模型所施加的主要约束如下:

转动副约束: 内剪叉臂与车体, 外剪叉臂与浮动平台, 内、外剪叉臂, 跑道滚轮分别与内、外剪叉臂;

平动副约束: 液压缸活塞杆与缸体; 下层框架与

平台; 中层框架与下层框架;

接触约束: 滚轮与跑道之间以及下、中、上三层框架间建立实体接触约束, 并设置摩擦因数、弹性系数、相互渗透量;

碰撞约束: 跑道滚轮与跑道之间存在碰撞约束, 该约束依据已设定的接触参数由软件自动完成;

驱动约束: 在液压缸活塞杆与液压缸缸体之间的平动副上创建一个速度驱动, 以驱动升降平台动作;

衬套力: 在液压缸与连接柄之间创建沿 Z 轴方向旋转的衬套力, 以解决系统的过约束问题。

3 动力学仿真与分析

3.1 仿真模型驱动函数定义

为完成该升降平台的上升和下降的完整工况, 选择 STEP 函数和 IF 函数的复合函数速度驱动。此函数定义活塞杆运动分为 3 个阶段, 即 0 ~ 25 s 活塞杆伸长运动, 25 ~ 49 s 活塞杆收缩运动, 49 s 以后活塞杆停止运动; 图6为仿真模型中在两个活塞杆上分别施加的速度曲线。

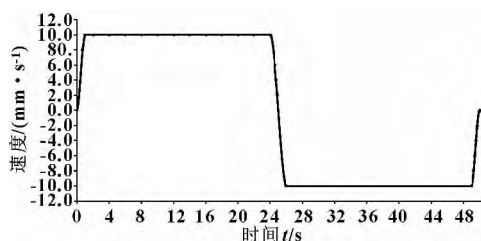


图6 两活塞杆上施加的速度约束

3.2 升降平台运动特性仿真与分析

图7、8分别为仿真得到的浮动平台的位移、速度曲线。0 ~ 25 s, 浮动平台处于上升阶段, 25 ~ 50 s, 浮动平台处于下降阶段, 其中平台最低位置 980 mm, 最高位置 1 740 mm, 最大升降 760 mm; 浮动平台分别在 1 s 和 26 s 时刻达到正向和反向最大速度 34 mm/s, 且在 1 ~ 49 s 过程中, 浮动平台速度波动呈现先增大后减小的趋势。

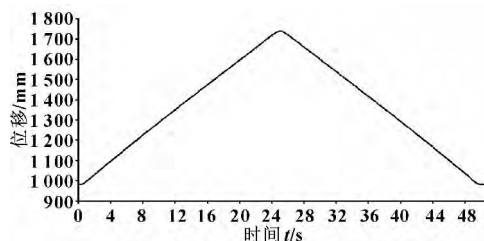


图7 浮动平台升降位移曲线

基于上述仿真结果可知, 升降平台在作业过程中, 位置越高, 其浮动平台速度波动越大, 这是由于在仿真过程中加入了衬套力的作用, 其定义接触体不再是理想的刚体, 而是具有很大大刚度的近似柔性体,

这与实际情况相符,进一步验证了模型的准确性。此外,浮动平台高位作业时其速度波动增大,说明机构的稳定性欠佳,这势必影响升降平台作业精度。为此,在进一步对此升降平台进行改进时,需对此方面因素予以考虑。

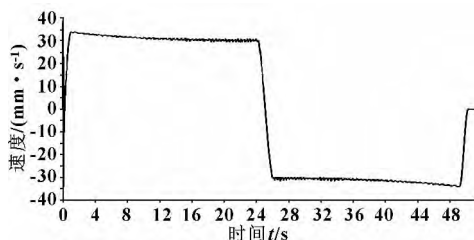


图 8 浮动平台升降速度曲线

3.3 升降平台动力学特性仿真与分析

为较全面地分析该升降平台的动力学性能,分别对该平台在空载和 1.0×10^5 N 满载荷工况下进行仿真分析。

如图 9、10 仿真结果可知,随着工作平台的升降,举升液压缸活塞杆上的驱动力呈现先增大后减小的趋势,这是由于在升降平台的上升和下降过程中,活塞杆与竖直方向夹角是先减小后增大,这使得其驱动力的竖直方向上的有效作用力成分增大的原因;受上文所分析的该机构结构稳定性的影响,在平台运动到较高位置时,活塞杆的驱动力波动明显,这将对液压缸容许最大载荷产生一定的影响,在进行液压系统设计时,应予以充分考虑;通过图 9 与图 10 的对比,当载荷由 0 增加到 1.0×10^5 N 时,举升液压缸活塞杆的驱动力由约 65 000 N 增加到约 210 000 N,与理论值基本一致,进一步验证了模型的有效性。

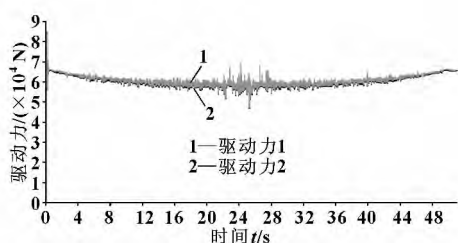


图 9 空载工况下,举升液压缸活塞杆驱动力

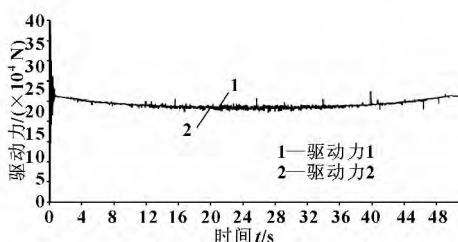


图 10 1.0×10^5 N 满载荷工况下,举升液压缸活塞杆驱动力

4 结束语

文中基于多体动力学软件 Recurdyn 建立了新型剪叉式液压升降平台机械系统的数字化虚拟样机模型,并对其升降作业过程进行了动力学仿真与分析。得出在工作台处于高位作业时,机构的稳定性变差及对液压缸输出力波动加剧的重要结论,这对该升降平台的机械结构改进和液压系统设计优化提供了重要的技术支持。

参考文献:

- [1] 李曙生,顾亚军.多自由度移动式液压升降台的设计[J].机床与液压,2011,39(20):61-64.
- [2] 丁克芳,顾亚军,王布林,等.剪叉式液压升降平台:中国,N 101712445 A.8[P].2010-05-26.
- [3] 骆清国.基于 Recurdyn 的履带车辆动力学仿真[J].车辆与动力技术,2011,33(4):26-28.
- [4] 张卧波,杨俊峰,王建明,等.挖掘机工作及运动状态的仿真与应用研究[J].农业机械学报,2008,24(2):149-151.

(上接第 171 页)

田沙很感慨“我们和交大合作,核心是秦川内部的发展需求和西安交大走在一起,西安交大的团队非常了解秦川的技术短板,秦川也非常熟悉了解西安交大的技术优势。秦川机床战略发展规划要请交大的教授专家,交大的学科发展规划也请企业的高工参加。”

创新驱动打造制造业高地

在世界制造装备领域拥有领头羊地位的德国,不久前提出了工业 4.0 的概念,旨在支持工业领域新一代革命性技术的研发与创新。

“这次我们不能再掉队了!”协同创新团队的组建以国家重大需求任务为牵引,每个团队由 1 名特聘教授负责、配备 3 名基础研究和应用研究人才、6 名工程技术人员和博士后,以及国际访问学者、硕士博士研究生,这种“1+3+6+n”科研创新模式,将国家的战略需求、企业的经济效益、高校的学科建设融为一体。

从 2009 年开始筹建至今,协同创新中心聚焦高速、精密、3D 打印、两机工程等高端制造装备,完成和凝练了一批重大任务。研发了 2.5 m 齿轮高速高效加工装备,打破了禁运和垄断,获得国际博览会金奖;研制了神光计划非球面镜加工装备、神舟飞船与嫦娥对接机构加工精密机床;3D 打印装备用户已达 400 多家。

突破各自为战壁垒,解决科技经济两张皮。随着协同创新中心在机制和体制上不断完善,企业和高校之间不仅从“人才引进”升级到“交叉兼职”,更从“技术合作”升级到“资本合作”。这种水乳交融的合作,能够为国家重大需求,为陕西发展做些“大事情”。

(内容来源:陕西日报)