

文章编号: 1671-0444(2007)03-0324-04

液压支架虚拟设计

程志红¹, 王保明², 闫海峰¹, 魏连河², 贾洪现²

(1. 中国矿业大学机电工程学院, 江苏徐州 221116; 2. 郑州四维机电设备有限公司, 河南郑州 450001)

摘要: 通过建立液压支架虚拟样机及满足并行设计要求的变型样机, 模拟了液压支架的运动过程, 分析液压支架在运动过程中的受力情况, 并按照 MT 312-2000 试验规范的加载方式, 分析了整机及关键零部件的强度, 从而帮助设计人员优化设计参数。

关键词: 液压支架; 虚拟设计; 建模; 运动仿真; 压架试验

中图分类号: TH 122 **文献标志码:** A

Virtual Design of Hydraulic Supports

CHENG Zhi-hong¹, WANG Bao-ming², YAN Hai-feng¹, WEI Lian-he², JIA Hong-xian²

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221116, China;

2. Zhengzhou Siwi Mining Machinery Ltd, Zhengzhou Henan 450001, China)

Abstract: By establishing the virtual prototyping of hydraulic supports and their variant prototyping which meets for concurrent design demand, their motion process has been simulated and the forces between the components of hydraulic supports have been analyzed. According to the test criterion of MT 312-2000, intensity test of hydraulic support and its key components has been done, which will help designer to optimize the structure parameters of hydraulic supports.

Key words: hydraulic support; virtual design; modelling; kinematic simulation; intensity test

液压支架在综合机械化采煤过程中扮演着极为重要的角色, 液压支架的质量直接影响到综采的效率^[1]. 在液压支架的设计和生产过程中, 遇到下面几个问题: (1) 在样机生产出来后, 出现部件间干涉问题, 在传统的设计方法中, 这一点很难克服; (2) 在装配过程中出现死点, 某些部件根本无法进行装配; (3) 只有到压架试验中才能发现样机的强度薄弱环节; (4) 新架型的研发设计周期太长, 不利于企业的发展。

随着计算机技术的发展, 出现了一种新的设计技术——虚拟样机技术. 它通过建立产品的数字化仿真模型, 可以完成任意次物理样机无法进行的虚拟试验. 虚拟样机技术基于并行工程, 使产品在概念设计阶段就可以迅速地分析和比较多种设计方案, 确定影响产品总体性能的关键参数, 并通过可视化技术设计产品, 预测产品在真实工况下的行为特征以及所具有的行为响应, 从而获得最优工作性能。

收稿日期: 2007-01-28

基金项目: 中国矿业大学科技基金项目(2005B008)

作者简介: 程志红(1967-), 女, 安徽歙县人, 教授, 博士, 研究方向为虚拟样机仿真分析、现代机械设计理论及方法、机构分析与综合。
E-mail: czhcutmt@163.com

转载

本文通过建立液压支架虚拟样机,模拟了液压支架的运动过程,分析液压支架在运动过程中的受力情况,并按照 MT 312 - 2000 试验规范的加载方式,分析了整机及关键零部件的强度.

1 三维参数化整机造型

1.1 液压支架虚拟样机精确造型

液压支架的三维精确造型,是对已经设计好的架型进行部件间干涉检查、装配干涉检查、运动过程中部件间干涉检查以及整机和部件强度分析的基础. 液压支架虚拟样机模型建立得越精确,后期的干涉检查,特别是整机和部件的强度分析越准确,越能帮助设计人员找到设计的薄弱环节.

现有的常用三维 CAD 设计软件,如 PRO/E, UG, SolidWorks 等都能完成复杂产品的造型设计^[2-4]. 液压支架是有许多结构件组成的具有箱型结构的产品,其部件基本上都是由焊接件焊接而成,在整个支架的三维模型建立过程中需要添加数以千计的焊缝. 而焊缝的处理对于支架干涉检查以及部件强度分析具有非常重要的意义. 图 1 显示 ZY 320 液压支架虚拟样机的整机精确造型,图 2 给出添加了实体焊缝的顶梁体造型.

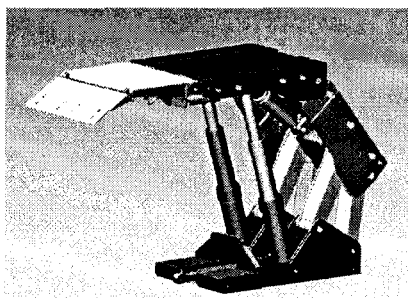


图 1 ZY320 液压支架虚拟样机
Fig. 1 Virtual prototyping of ZY320 hydraulic support

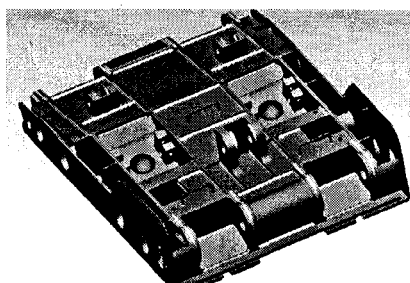


图 2 添加实体焊缝的顶梁体造型
Fig. 2 Modelling of top girder with solid weld

1.2 液压支架变型样机造型

为了满足设计人员并行设计的要求,即在方案设计时能快速得出支架的运动参数及支架的受力值,以便设计人员反复优化设计参数,可建立液压支架的变型样机.

图 3 给出了基于某三维 CAD 设计软件二次开发的液压支架变型样机设计界面,图 4 是生成的液压支架变型样机造型.

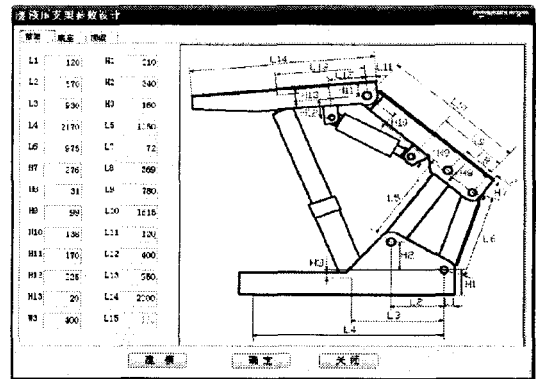


图 3 液压支架变型样机设计界面
Fig. 3 Design interface of variant prototyping

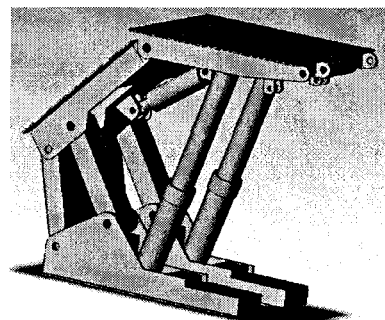


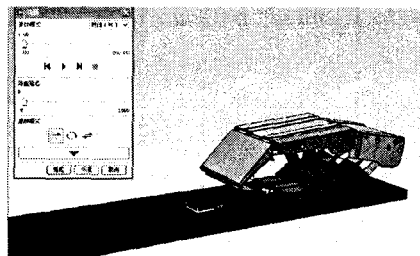
图 4 液压支架变型样机造型
Fig. 4 Modelling of variant prototyping

2 液压支架运动仿真

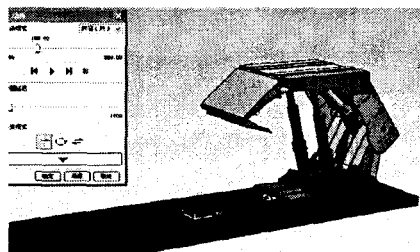
2.1 运动过程仿真

液压支架运动仿真不仅可以模拟其整个运动过程,还可以检查支架在运动过程中部件间干涉情况,以此检验虚拟样机的造型正确与否.

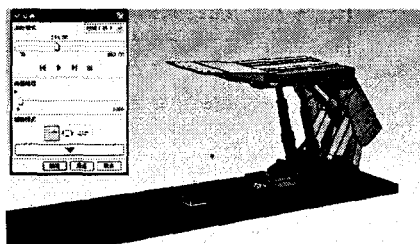
液压支架的运动过程一般包括:顶梁的升起(中缸的推出、活塞杆的推出)、前梁的升起、护帮的升起、侧护板的推出、侧护板收回、立柱收缩、推移框架推出以及移架过程. 图 5 给出了 ZY320 液压支架的典型运动动作,图 6 显示了液压支架侧护板与掩护梁运动干涉的情况.



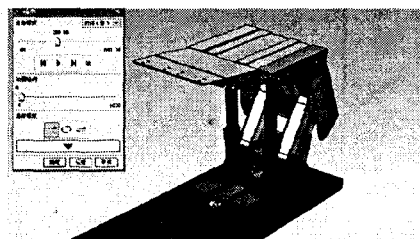
(a) 液压支架初始位置



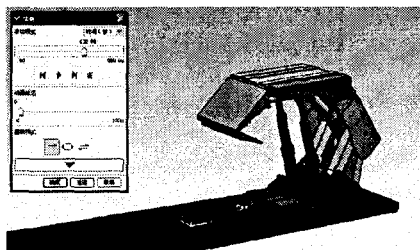
(b) 顶梁的升起



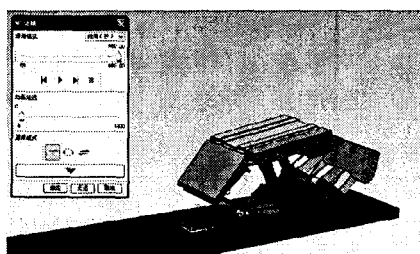
(c) 前梁及护帮的升起



(d) 侧护板的推出



(e) 推移框架推出



(f) 移架

图 5 ZY320 液压支架的典型运动动作
Fig. 5 Typical motions of ZY320 hydraulic support

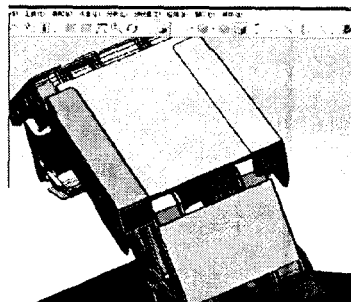


图 6 运动干涉检查
Fig. 6 Test of motion interference

2.2 运动过程中力分析

液压支架运动仿真, 不仅可检查支架的所有动作过程以及运动中部件间的干涉情况, 还可以分析出支架在运动的任一位置各铰接点处的力、力矩大小, 并以曲线图显示, 或以表格、文本文件等形式存储起来, 以便后续对支架进行强度分析时导入到有限元分析环境中. 图 7 给出了某支架运动时立柱与顶梁铰点间力的大小的部分数据.

标题: 顶梁两端加载 Z0061117			
: 60.75			
B		E	
立柱→顶梁左力(Newton)		立柱→顶梁左力(Newton)	
Time	X	Y	Z
0.000	1.0216E+06	7.4305E-08	1.2322E+06
1.125	1.0065E+06	-9.6566E-08	-1.2445E+06
2.250	-9.9121E+05	-3.7550E-08	1.2652E+06
3.375	-9.7659E+05	-1.7193E-07	1.2666E+06
4.500	-9.6243E+05	-6.0192E-08	1.2774E+06
5.625	-9.4844E+05	-8.9449E-08	1.2878E+06
6.750	-9.3471E+05	-1.0830E-07	1.2978E+06
7.875	-9.2126E+05	-1.0066E-07	1.3074E+06
9.000	-9.0807E+05	-7.8027E-08	1.3166E+06
10.125	-8.9516E+05	-8.0443E-08	1.3254E+06
11.250	-8.8253E+05	-3.6609E-09	1.3338E+06

图 7 立柱与顶梁铰接点间力的大小
Fig. 7 Forces acting on revolute pairs connecting pillar and top girder

3 应力应变分析

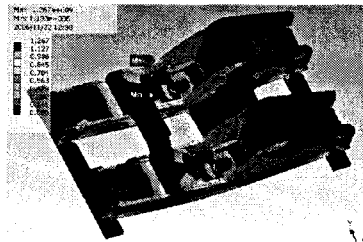
3.1 虚拟压架试验

传统的液压支架设计和生产时, 必须要做出一台物理样机, 到相关的研究检测部门按照 MT 312 - 2000 试验规范进行压架试验, 只有压架试验合格后才能进行批量生产. 由于压架试验等待周期较长, 到指定的检测部门又要托运物理样机, 加上本身制造物理样机的巨大成本, 使得传统的液压支架设计和生产既成本高, 又周期长, 给企业在市场上的竞争带来很大的不利.

利用液压支架虚拟样机三维造型, 赋予各结构件一定的材质特性, 导入各铰接点的力, 按照 MT 312 - 2000 试验规范的加载形式定义边界条件, 通过有限元分析软件的计算, 可得出支架结构各部分的应力应变和安全系数等分布情况, 既能快速找出

支架的强度薄弱环节以便采取相应措施,又能优化结构设计参数,提高压架试验的一次成功率。

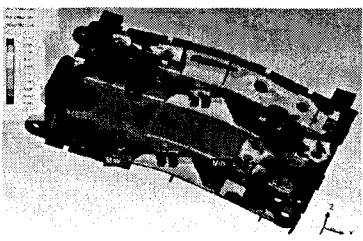
图8给出了底座两端加载、底座扭转、顶梁两端加载、顶梁偏载、顶梁扭转等5种加载方式下的虚拟压架试验结果,显示顶梁、底座等关键部件在加载后,各部位的应力应变分布结果。



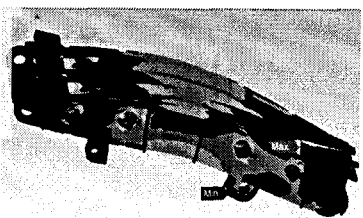
(a) 底座两端加载



(b) 底座扭转



(c) 顶梁两端加载



(d) 顶梁扭转



(e) 顶梁偏载

图8 5种加载方式下的虚拟压架试验结果
Fig.8 Virtual test results for five kinds of loads respectively on the prototyping

3.2 销轴的强度分析

液压支架工作过程中,常会因销轴强度不足而破坏,有必要针对销轴建立其强度分析模块,以研究不同销轴参数、不同材质、不同受力方向、不同接触形式对销轴强度的影响.图9显示了某一加载形式下销轴的应力分布情况。

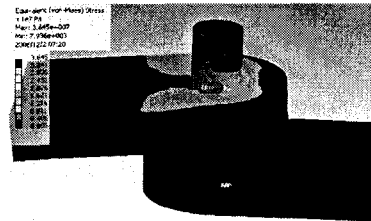


图9 销轴加载时应力分布
Fig.9 Stress distributing of pin

4 结论

液压支架等矿山机械设备常常在工况恶劣、地质条件复杂的环境下工作,可靠性要求高,设备成本很高,而物理样机试验的毁坏性非常严重.液压支架的虚拟设计,可缩短产品的设计周期,代替物理样机完成压架试验,既节约成本,又提高了产品工作可靠性,使企业快速占领市场。

参 考 文 献

- [1] 王国法. 液压支架技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1999.
- [2] 张登山,王纪生,原岩飞. ZY3200/14/28型两柱掩护式液压支架的研制[J]. 煤炭工程,2005,(10): 67-69.
- [3] 曹必德. 液压支架的虚拟样机模型研究与特性分析[D]. 郑州: 郑州大学机械工程学院,2006.
- [4] 宁桂峰. 液压支架三维动态设计与力学仿真研究[D]. 北京: 煤炭科学研究总院,2004.