

基于虚拟样机技术的地下矿用自卸车结构与仿真分析

Structure Design and Simulation Analysis of Underground Mining Dump Truck Based on Virtual Prototype Technology

马德¹ 姜智² 杨支海³ 姜勇⁴

De Ma¹ Zhi Jiang² Zhihai Yang³ Yong Jiang⁴

1. 鑫联环保科技股份有限公司 中国·云南 红河 661400
2. 青岛港湾职业技术学院 中国·山东 青岛 266404
3. 云南驰宏锌锗股份有限公司会泽冶炼分公司 中国·云南 曲靖 654299
4. 矿冶科技集团有限公司 中国·北京 100160

1. Xinlian Environmental Protection Technology Co., Ltd., Honghe, Yunnan, 661400, China
2. Qingdao Harbour Vocational & Technical College, Qingdao, Shandong, 266404, China
3. Huize Smelter of Yunnan Chihong Zinc & Germanium Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 654299, China
4. BGRIMM Technology Group, Beijing, 100160, China

摘要: 论文以某大型地下矿用自卸车为研究对象, 基于虚拟样机技术, 建立了地下矿用自卸车 3D 模型, 并应用有限元分析软件进行了强度分析, 获取了自卸车应力云图, 验证了设计的合理性和安全性, 为自卸车的优化设计提供了理论参考。该方法可为后续产品升级和新产品的开发提供技术支持, 可有效缩短开发时间, 降低开发成本, 提高产品性能, 具有一定的工程应用价值和广阔的发展前景。

Abstract: This paper takes a large underground mining dump truck as the research object, based on the virtual prototype technology, establishes the 3D model of the underground mining dump truck, and uses the finite element analysis software for strength analysis, the stress cloud map of dump truck was obtained, verifies the rationality and safety of the design, and provides a theoretical reference for the optimal design of the dump truck. This method can provide technical support for subsequent product upgrading and new product development, effectively shorten the development time, reduce the development cost, and improve product performance. It has a certain engineering application value and broad development prospects.

关键词: 虚拟样机技术; 地下矿用自卸车; 仿真分析

Keywords: virtual prototyping technology; underground mining dump truck; simulation analysis

DOI: 10.12346/etr.v3i7.3975

1 引言

有限元分析 (FEA, Finite Element Analysis) 是当前工程研发领域常见的一种数学方法, 用于解决在产品开发阶段对各种物理系统的仿真、模拟甚至优化, 该方法尤其适合对结构件进行强度计算^[1,2]。在对结构件进行强度、刚度分析时, 计算机应用材料力学、弹塑性力学等相关知识通过对设计人员输入的初始限制条件或是实际工作中遇到的真实数据进

行分析计算, 最终得到一个拥有充分理论依据的结论, 并以此指导设计人员对原始方案进行优化修改。

2 地下矿用自卸车总体设计

大型地下自卸汽车整车结构由前车体、后车体、中央铰接摆动架及料箱组成 (如图 1 所示)。其中前车体与后车体通过中央铰接摆动架连接, 料箱与后车架通过底座支承连

【作者简介】马德 (1976-), 男, 中国云南金平人, 工程师, 从事机械工程、冶金机械研究。

接。通过后车体纵梁变截面上翘形式，实现后桥在后车体下方布置，承载能力和可靠性得到提高^[3,4]。

对于铰接式车身的设计方案而言，在进行力学分析时，铰接点通常是出现危险的主要位置之一。由于铰接点在车辆运行过程中同时要承担传递运动和载荷的双重作用，其设计方案需要进行反复的设计优化，一方面要满足车辆运动和车身系统布置的零部件位置不能干涉的要求，另一方面还要达到必要的强度、刚度水平，以求车辆能够安全、正常地实现预期工作要求。

3 基于 ANSYS 的有限元强度分析

对强度、刚度进行有限元分析的过程中最重要的部分包括两个内容：有限元的合理划分，初始条件的正确设置。现代有限元分析软件通常基于传统的材料力学知识，在划分网格时推荐选择最基本的四面体三棱锥，或是六面体正方体两种形式。一般认为后者的准确性更高，但是前者耗费的计算资源较少，在低精度或不太重要的截面分析时可以选用。另一方面，初始条件的设置通常指设备本身的尺寸数据以及工作环境的相关参数，对于特殊工况，还应包括对应运动的加

速度、动载荷系数等数值。在论文对地下矿用自卸车的分析中，尤其需要注意各轮悬挂对整车的影响。

结构强度分析的过程主要包括四个步骤：建立 3D 结构模型，并且选用设计要求的材料；导入 ANSYS 分析软件中，并进行有限元网格划分；依据实际工作条件，建立合理的约束、加载项目；计算分析模型受力情况，并推断机构的应力、应变弱点，适当调整优化，以满足设计要求^[5-8]。

①虚拟样机三维建模。采用专业三维建模软件 PRO-Engineer（简称 PRO/E）对地下矿用自卸车进行三维建模。建模过程中主要处理了安装动力总成的前车架、中央铰接回转支撑、用于安装货箱的后车架，对于其他的如液压系统等元部件简化分析，以节约计算时间。建立的 3D 模型如图 2 所示。

②有限元网格划分。使用 ansys workbench 自带的有限元划分模块对模型进行解析，如图 3 所示。这里系统默认使用四面体三棱锥作为最小单元，而默认条件中对结构的处理使用智能计算方法，即结构突变的位置使用较小单元提高计算精度，大平面及良好过渡的位置使用较大单元，节约计算时间。

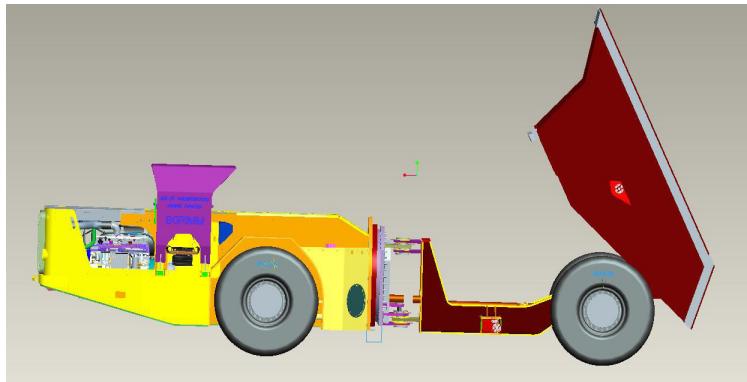


图 1 地下矿用自卸车基本结构

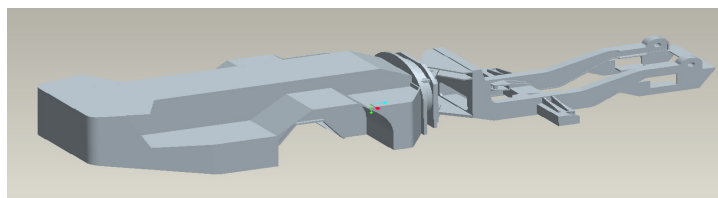


图 2 地下矿用自卸车 3D 建模

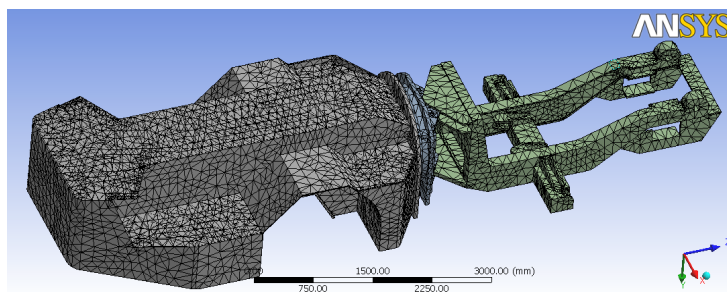


图 3 自卸卡车的有限元划分

③建立合理的约束和加载项目。对于约束和载荷的定义,在自卸卡车的计算过程中,主要分析了其重载匀速行驶状态下的受力情况,如图4所示,认为前后轴连接处是相对固定的,载荷主要集中在货箱与后车架的接触面上。

④应力计算分析。对模型的受力情况分析计算,加载后获得自卸卡车的应力云图,如图5所示。

从应力云图中可以看出,地下自卸车最大应力为88.247MPa,符合材料的应力强度要求。由于自卸车架的受力形式近似于简支梁的情况,所以其应力分布情况也存在前后两支撑位置之间应力最大的特点,而且为了满足自卸车和运动性能,在前后轴之间设计了一套铰接回转支撑的结构,这样会使最大应力的值进一步升高,造成安全隐患。从上图可以看出,当车架受力集中在后半部分时,后车架的应力分

布平均值更高,所以需要选用更厚的板材,而车架中部铰接部位出现了应力极大值,需要适当添加肋板结构,以保证局部的安全。

4 结语

①基于虚拟样机技术,建立了地下矿用自卸车3D模型,并应用有限元分析软件进行了强度分析,获取了自卸车应力云图,为自卸车的优化设计提供了理论参考。

②提出了一种基于虚拟样机技术的产品开发新方法,可有效缩短开发时间,降低开发成本,提高产品性能。

③该方法可为后续产品升级和新产品的开发提供技术支持,具有一定的工程应用价值和广阔的发展前景。

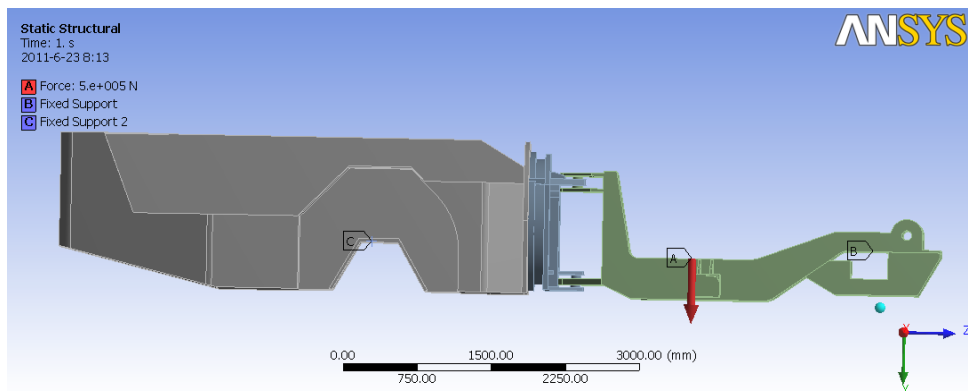


图4 自卸卡车的约束和加载

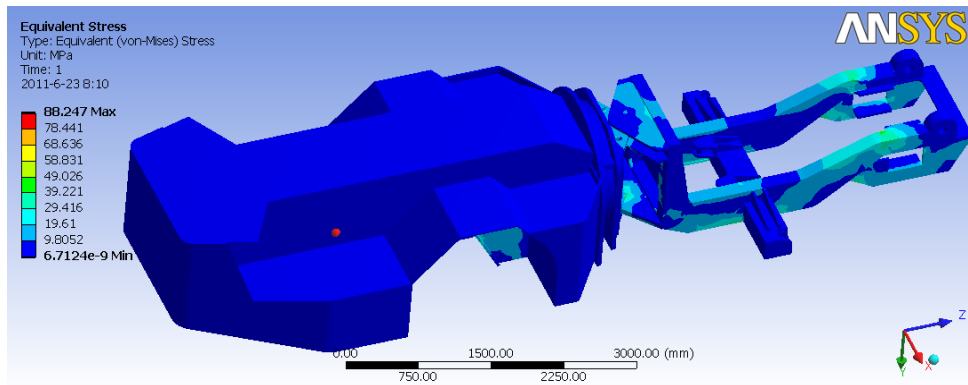


图5 应力分布图

参考文献

- [1] 张朝晖,王富耻,王鲁,等.ANSYS工程应用范例入门与提高[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [2] 谭继锦.汽车有限元法[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [3] 王国彪.国外矿用汽车的现状与发展(II)——铰接式自卸汽车[J].矿山机械,2000(2):6-11.
- [4] 王国彪,刘丹.国外铰接式自卸汽车的发展与技术现状[J].国外金属矿山,2001(2):54-61.
- [5] 张婧.HY360J铰接式自卸车车架的设计与研究[D].北京:北京科技大学,2011.
- [6] Kang Y, Lin J, Yang J, et al. Closed-loop Handling Performance Evaluations for Heavy-duty Vehicles using Driver-in-the-loop Simulations [J]. Electrotehnica, Electronica, Automatica,2016, 64(1):70-78.
- [7] 姜勇,成凯.铰接式自卸车车架力学建模及有限元强度分析[J].机械制造,2014,52(8):50-53.
- [8] 李正网.基于ANSYS的重型货车车架结构分析和优化研究[D].重庆:重庆交通大学,2009.