

文章编号:1671-251X(2024)S2-0284-05

110 t 氢能源矿用自卸车轴箱结构性能分析及优化

张吉苗, 宋仁忠, 侯星野, 余长超, 于晓波, 马文平, 梁皓月

(国能北电胜利能源有限公司, 内蒙古 锡林浩特 026000)

摘要:后桥轴箱是矿用自卸车最重要的承载单元之一。针对 110 t 氢燃料电池无人驾驶矿用自卸车,通过 Cero 三维软件建模、Adams 仿真软件进行有限元仿真分析,分析后桥轴箱结构的力学性能,改进结构不足,使得后桥轴箱的安全系数达到 5.3,远超设计要求,且有限元分析方法缩短了设计周期,节省了试验成本。

关键词:矿用自卸车;后桥轴箱;结构设计;有限元分析

中图分类号:TD403/57 文献标志码:A

Structural performance analysis and optimization for axle box of 110 t
hydrogen energy mine dump truck

ZHANG Jimiao, SONG Renzhong, HOU Xingye, SHE Changchao,

YU Xiaobo, MA Wenping, LIANG Haoyue

(CHN Energy Beidian Shengli Energy Co., Ltd., Xilinhote 026000, China)

0 引言

矿用自卸车通常用于运输大型露天矿的煤炭、砂石,特别是在年开采量 1 000 万 t 以上的露天矿运输中占很大比例。由于其结构简单可靠、载重大、机动性能好、消耗低等优点,市场需求量日益增加,直接推动了我国自主矿用自卸车的发展。近年来,我国持续推动矿山绿色发展战略,矿用自卸车也向新能源化、智能化方向发展^[1-4]。基于此,设计了一种 110 t 氢燃料电池无人驾驶矿用自卸车,旨在实现矿用自卸车燃料清洁化、无人智能化、运输安全化。

矿区环境复杂,条件恶劣,工况多样,对矿用自卸车运行的可靠性有极高要求^[5]。无动力底盘是矿用自卸车主要的承载单元,主要包括车架、转向桥、驱动桥等。其中驱动桥是底盘最重要的传力件及承载件,主要由轴箱、电动轮、悬架装置等组成,后悬挂、横拉杆、电动轮等安装在轴箱上再与车架连接,路面传递给驱动桥的各种激励主要由轴箱承担。因此,结构合理、性能优越的轴箱对整车安全运行至关重要。

本文针对 110 t 氢燃料电池无人驾驶矿用自卸车,设计了一种轴箱结构,通过有限元分析对轴箱进

行多工况仿真分析,找出轴箱结构设计不合理之处并进行改进,使轴箱强度满足矿区运行要求。

1 轴箱有限元模型建立

1.1 三维模型

后桥轴箱受力复杂,本文设计的轴箱结构采用单纵臂式非独立悬架,悬架装置由 2 个悬挂油缸组成,连接后桥与车架,传递车辆垂直方向的载荷。在轴箱正上方,采用横拉杆连接后桥与车架,以此传递车辆的水平作用力。在前进方向上,悬架纵臂与车架纵梁相连,传递车辆纵向水平作用力。

采用 Cero 软件对 110 t 氢能源矿用自卸车后桥轴箱建模。根据 110 t 氢能源矿用自卸车相关整车参数(表 1),1:1 建立模型,如图 1 所示。

表 1 110 t 氢能源矿用自卸车相关整车参数

参数	值
整车质量/t	90
额定载质量/t	110
空载最高车速/(km·h ⁻¹)	50
重载最高车速/(km·h ⁻¹)	40
牵引电动机额定功率/kW	360
轮边减速比	33.85
电堆输出功率/kW	460

收稿日期:2024-10-09;责任编辑:李明。

作者简介:张吉苗(1969—),男,安徽怀宁人,高级工程师,长期从事煤矿企业安全管理工作,E-mail:cssg_zgs@163.com。

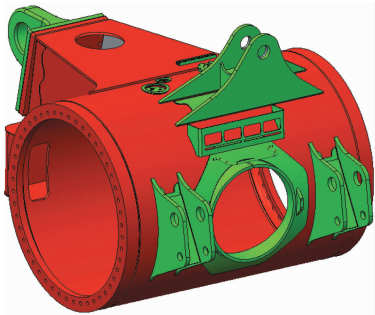


图1 110 t 氢能源矿用自卸车轴箱模型

1.2 有限元模型

Adams 是目前应用最广泛的机械系统仿真软件,其用户界面简洁直观高效,具有强大的网格处理能力、高效的求解器及强大的后处理能力^[6-9]。在 Adams View 平台导入 110 t 氢能源矿用自卸车轴箱模型。假设轴箱材料是均质的,遵守各向同性,不考虑轴箱各连接处材料特性的变化,对轴箱进行简化后划分网格,如图 2 所示。该轴箱由 Q550E 钢板焊接而成,Q550E 钢板屈服强度为 440~540 MPa,抗拉强度为 550~690 MPa,延长率不小于 17%。

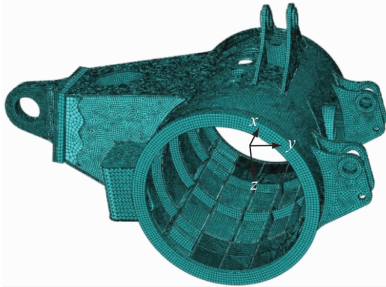
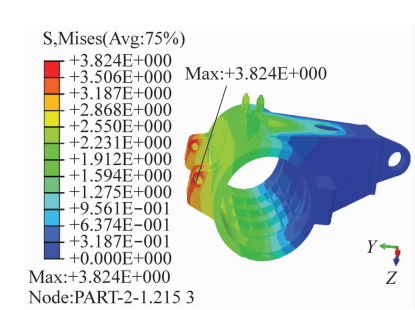
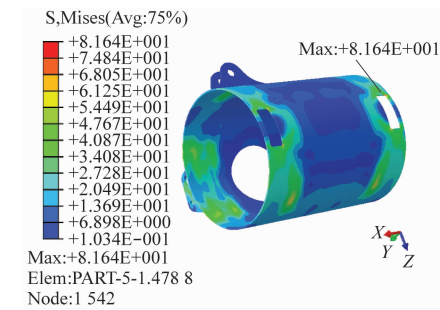
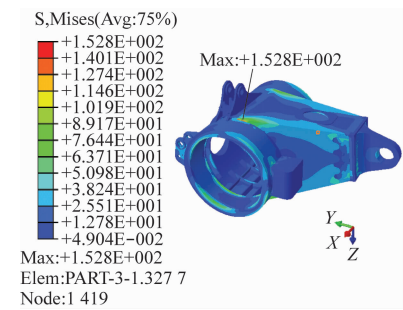


图2 轴箱网格模型

1.3 约束与载荷

针对车辆运行情况,主要进行 3 种工况的仿真分析:满载匀速、满载 0.5g(g 为重力加速度)刹车、满载 0.4g 转向。



(a) 后桥应力云图 (b) 后桥应变云图

图3 满载匀速工况下仿真结果

3 轴箱结构性能优化分析

根据仿真结果,安全系数满足设计要求,但还可进一步优化结构,进而提高安全系数。结构强度足够处可以进行桥壳厚度轻量化设计,结构强度不足之处需进行结构优化。优化后再次仿真,结果如

轴箱纵臂支撑座与车架铰接,对支撑座区域约束其 X,Y,Z 3 个方向的位移自由度。 X 为左右方向,右侧为正; Y 为前后方向,后方为正; Z 为上下方向,向下为正。各工况加载载荷见表 2。

表 2 各工况加载载荷

结构	方向	t		
		满载匀速	满载 0.5g 刹车	满载 0.4g 左转向
轮载(左)	X	—	—	—32
	Y	—	31.75	—
	Z	—68.5	—63.5	—80
轮载(右)	X	—	—	—18
	Y	—	31.75	—
	Z	—68.5	—63.5	—45
油缸(左)	X	—	—	—
	Y	—	—	—
	Z	45	40	55
油缸(右)	X	—	—	—
	Y	—	—	—
	Z	45	40	32
横拉杆	X	—	—	54.8

2 仿真结果分析

3 种工况下仿真结果分别如图 3—图 5 所示。可看出满载匀速时,最大应力为 152 MPa,位于纵臂与桥壳焊接处;0.5g 刹车时,最大应力为 186 MPa,位于纵臂支耳处;0.4g 转向时,最大应力为 214 MPa,位于纵臂与桥壳焊接处。纵臂及桥壳的材质选用 Q690E,其屈服强度为 690 Pa,其安全系数为 3.2。

图 6—图 8 所示。可看出轴箱最大应力出现在满载 0.4g 转向工况下,最大应力点位于纵臂上端面与桥壳本体焊接倒角圆弧处,最大应力为 130.4 MPa,桥壳所用材料为 Q690E,屈服强度 690 MPa,则优化后的轴箱工作安全系数为 5.3。优化前轴箱质量为 3 876 kg,优化后为 3 711 kg,减少 4.4%。

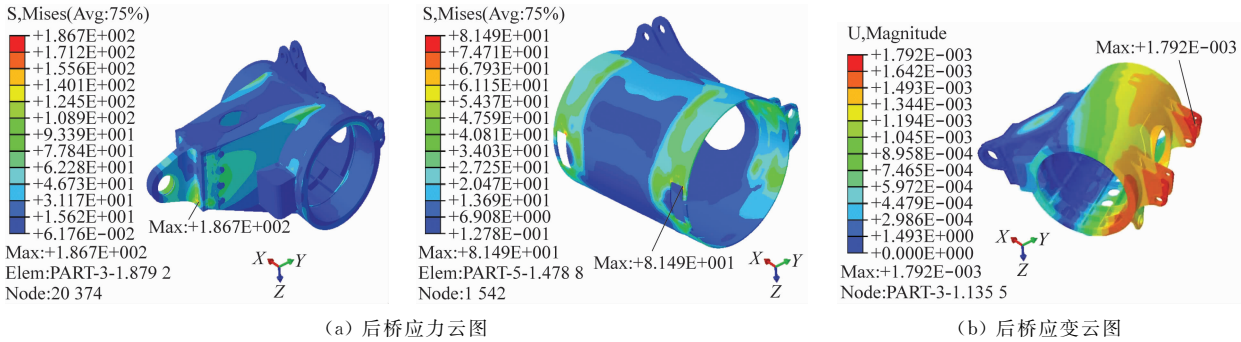


图 4 满载 0.5g 刹车工况下仿真结果

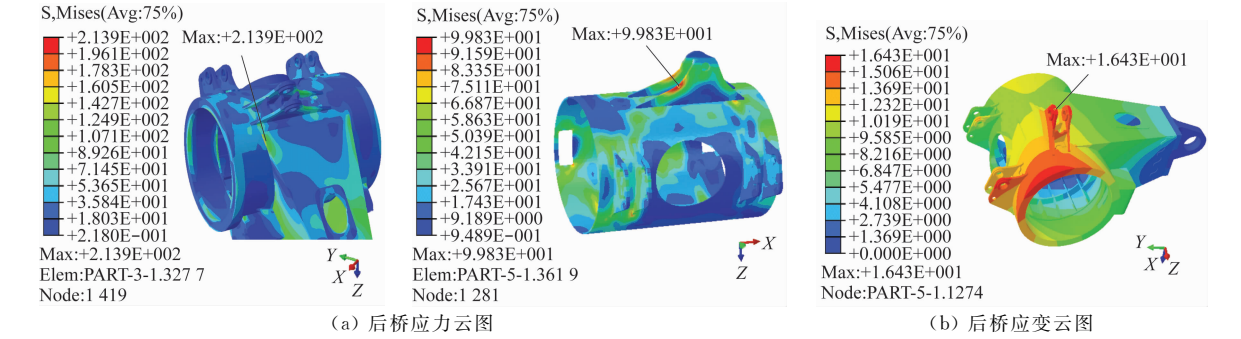


图 5 满载 0.4g 转向工况下仿真结果

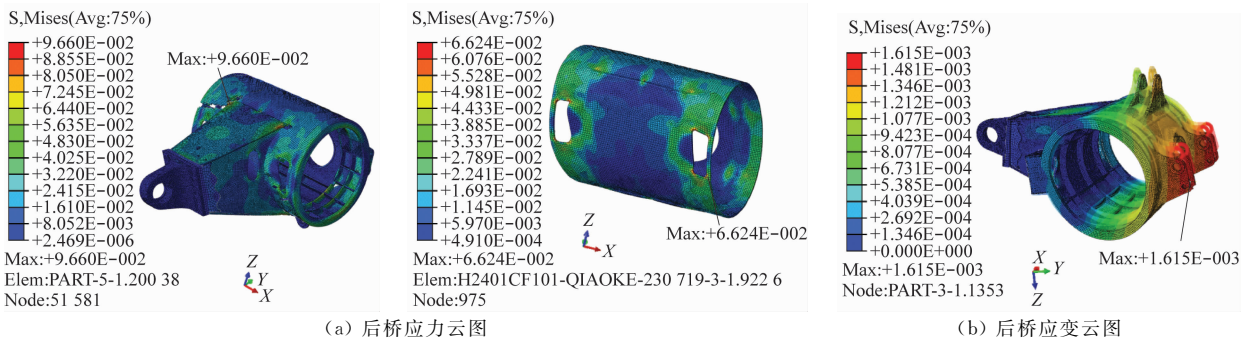


图 6 优化后满载匀速工况下仿真结果

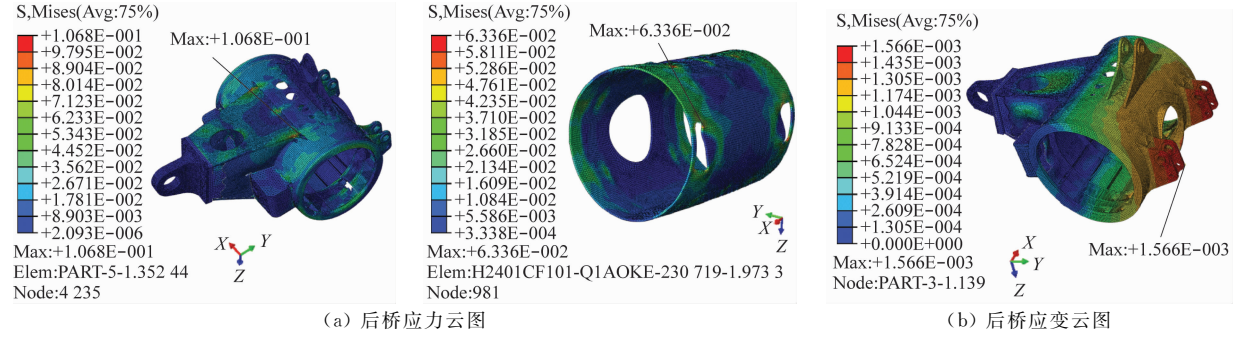


图 7 优化后满载 0.5g 刹车工况下仿真结果

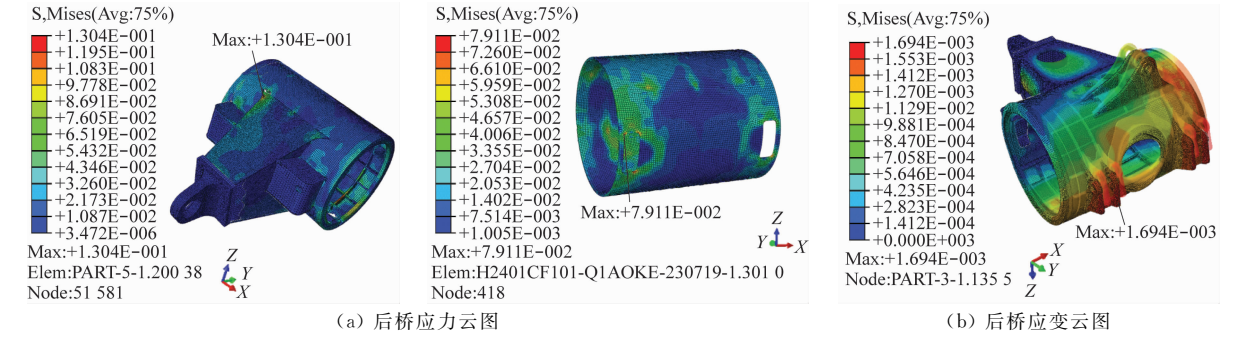


图 8 优化后满载 0.4g 转向工况下仿真结果

4 结语

针对 110 t 氢能源矿用自卸车后桥轴箱结构,通过 Cero 建立三维模型,利用 adams 软件进行不同工况下的仿真分析,计算后桥轴箱的应力分布,并从仿真结果中得出轴箱最大应力点,以此计算轴箱的安全系数,为轴箱结构设计优化提供依据。仿真结果表明,优化前的轴箱最大应力出现在 0.4g 转向工况时,最大应力为 214 MPa,位于纵臂与桥壳焊接处,安全系数为 3.2。优化后的轴箱最大应力出现在满载 0.4g 转向工况下,最大应力点位于纵臂上端面与桥壳本体焊接倒角圆弧处,最大应力为 130.4 MPa,安全系数为 5.3,较优化前提高了 65.6%,且优化后质量减少 4.4%。

参考文献:

[1] 王国法,范京道,徐亚军,等.煤炭智能化开采关键技术

创新进展与展望[J].工矿自动化,2018,44(2):5-12.
[2] 王忠鑫,辛凤阳,陈洪亮,等.我国露天矿智能运输技术现状及发展趋势[J].工矿自动化,2022,48(6):15-26.
[3] 田臣,丁震,李镇江,等.矿区无人运输系统总体设计[J].工矿自动化,2022,48(9):109-115.
[4] 孙继平,江赢.矿井车辆无人驾驶关键技术研究[J].工矿自动化,2022,48(5):1-5,31.
[5] 丁炜琦,苏武,郑小艳,等.基于有限元的某矿用车桥桥壳结构优化设计[J].汽车实用技术,2018,273(18):95-97.
[6] 杨彦超.重型自卸车驱动桥壳优化设计[D].太原:太原理工大学,2013.
[7] 叶明.卡车驱动桥桥壳疲劳寿命研究[D].青岛:青岛理工大学,2014.
[8] 蒋捷峰,胡瑞飞,殷国富.微型车驱动桥壳不同工况下强度有限元分析[J].机械研究与应用,2017,3(6):4-6.
[9] 刘为,薛克敏,李萍,等.汽车驱动桥壳的有限元分析和优化[J].汽车工程,2012,34(6):523-527.

(上接第 283 页)

安全系数是工程结构设计中反映结构安全程度的指标,是结构能承受的最大外力和实际外力之比。安全系数越高,结构越安全,但过高的安全系数会造成材料和成本增加,安全系数过低则会带来风险。对于大型电动轮矿用自卸车结构设计,通常进行设计前的仿真分析,将材质的屈服强度作为结构所能承受的极限应力,其与实际应力的比值即为车架的安全系数。从表 1 可看出,在常用工况下,车架的安全系数达到 3 以上,而单轮过坎工况属于特殊工况,安全系数达到 2.4。因此,设计的铸焊一体式车架结构符合电动轮矿用自卸车运行需求。

4 结语

对电动轮矿用自卸车铸焊一体式车架结构进行设计。按照等强度设计原理,纵梁采用变截面结构,横梁采用圆形截面结构,在关键受力部位采用铸钢件,其余采用钢板焊接件。设计的车架结构简洁,整

体质量小,兼顾了车架强度和轻量化,提高了车架的抗疲劳特性,为矿用自卸车车架设计提供了理论依据。

参考文献:

[1] 王忠鑫,辛凤阳,陈洪亮,等.我国露天矿智能运输技术现状及发展趋势[J].工矿自动化,2022,48(6):15-26.
[2] 马新民.矿山机械[M].徐州:中国矿业大学出版社,2005.
[3] 徐煦,包玮玮,王晗,等.大型电动轮矿用卡车电传动系统控制方案[J].工矿自动化,2021,47(4):30-38.
[4] 王军,马若丁,王继新,等.矿用自卸车车架强度有限元分析[J].工程机械,2008(11):29-32,88.
[5] 杨坤.矿井无轨胶轮车智能化管理系统研究[J].工矿自动化,2023,49(1):162-170.
[6] 吴畏,唐丽均,田国正.矿用机车调度管理系统设计[J].工矿自动化,2018,44(7):17-21.
[7] 关文达.汽车构造[M].北京:清华大学出版社,2007.