

基于 Workbench 的某新能源汽车转向拉杆连接强度分析

桂 军

(青岛天赢汽车底盘研究所, 山东 青岛 266000)

摘要:为提高某新能源汽车转向系统可靠性,对其转向内拉杆球绞及螺纹连接部位强度进行了研究。在 ADAMS/CAR 中搭建虚拟试验台,得到转向拉杆受到的最大转向力;将简化后的转向拉杆连接部位模型导入 ANSYS Workbench 中,生成有限元模型,分别建立螺纹和球绞连接摩擦接触,通过仿真得到应力分布,实现球绞连接和螺纹连接的模拟效果。仿真结果表明转向拉杆连接位置的工作应力均小于许用应力,强度满足使用要求。

关键词:转向拉杆;球绞连接;螺纹连接;摩擦接触;有限元

中图分类号:U463.43 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2019)02-0007-05

随着新能源汽车产业的快速发展,新能源汽车所涉及的动力总成、底盘零部件及布置形式也发生了一定变化^[1]。在行车过程中,转向系统是驾驶员最直接且接触时间最长的系统,转向系统的可靠性和稳定性对汽车操纵性和安全性有着非常重要的影响^[2]。为了能更好地对某型新能源汽车转向系统进行研究,本文利用有限元分析软件 ANSYS 中的 Workbench 模块对转向系统中的转向器带转向拉杆总成进行强度分析。

1 转向系统结构分析

该新能源汽车转向系统选用齿轮齿条式转向器带转向拉杆总成,主要包括外拉杆带球销总成、转向内拉杆、连接座、转向齿条、转向器、壳体等部

件^[3],如图1所示。图1中转向内拉杆与连接座为球绞连接,而另一侧转向齿条与连接座通过螺纹进行连接。在汽车行驶过程中,转向拉杆的球绞连接和螺纹连接部位不断受到转向力的作用,现利用有限元分析软件 ANSYS 对该部位的强度进行分析。

2 转向系统受力分析

根据该新能源汽车转向系统及前悬架系统的硬点坐标,在 ADAMS/CAR 中建立刚体多体动力学模型,并搭建虚拟试验台模拟转向工况^[4],如图2所示。

对螺旋弹簧刚度、减震器阻尼特性文件中的参数进行调整,其特性曲线分别如图3、图4所示。

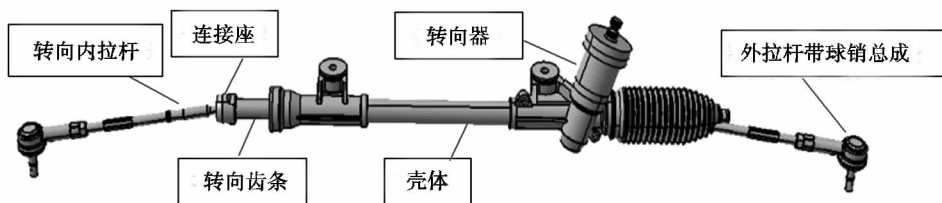


图1 转向器带转向拉杆总成

Fig.1 Steering gear with steering rod assembly

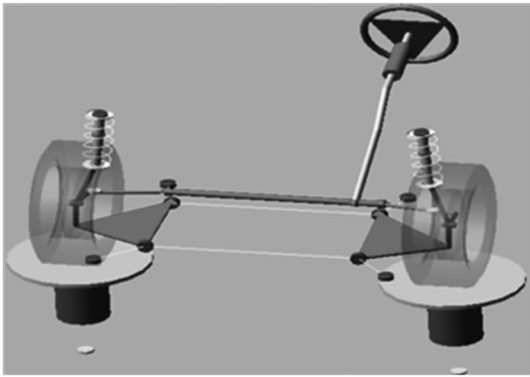


图 2 虚拟试验台

Fig. 2 Virtual test bench

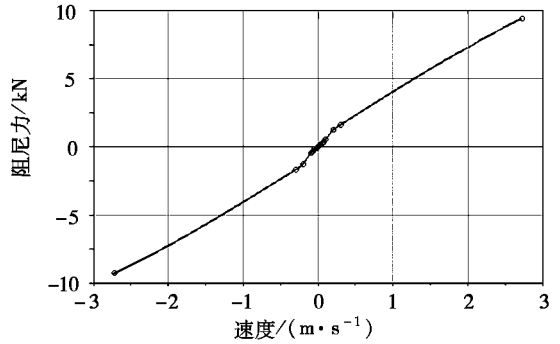


图 4 减震器阻尼特性曲线

Fig. 4 Damper damping characteristic curve

设置转向系统上、下转向极限分别为 +355°、-350°;在满载情况下,左、右转向轮固定高度分别为 +45 mm、-135 mm^[5]。经过仿真分析得到转向拉杆受到的最大转向力为 1 774.8 N,仿真结果如图 5 所示。

3 转向拉杆前处理

为了方便分析转向拉杆连接部位强度,减少仿真分析计算量,在 CATIA 中将转向系统转向内拉杆、连接座、转向齿条进行简化,得到简化模型后导入 ANSYS Workbench 中,再赋予材料属性(密度 9.85 kg/m³,弹性模量 2.06 × 10⁵ MPa,泊松比 0.3),进行网格划分,得到有限元模型^[6],如图 6 所示。

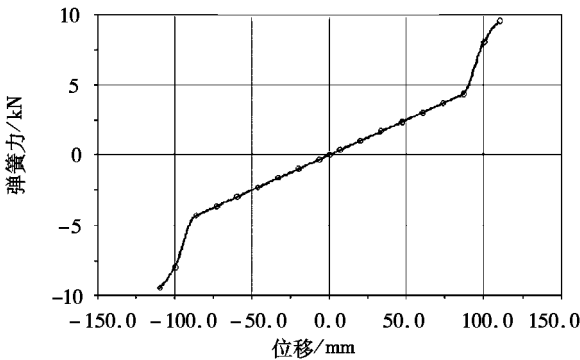


图 3 螺旋弹簧刚度特性曲线

Fig. 3 Spring stiffness characteristic curve

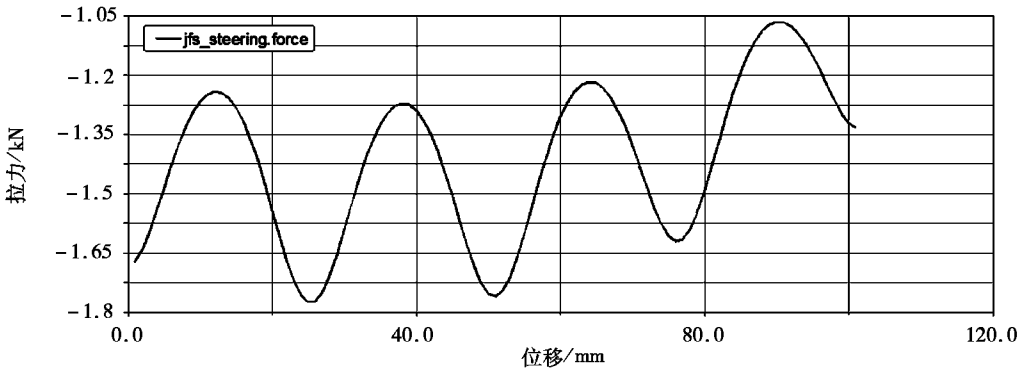


图 5 仿真结果

Fig. 5 Simulation results

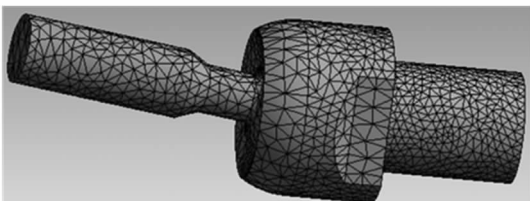


图 6 有限元模型

Fig. 6 Simplified model

在建立螺纹链接前,为了能定位螺纹方向,需要建立连接座螺柱底端和顶端的两个局部坐标系,并分别将坐标轴方向调整一致。其中 Z 轴为螺纹轴向方向^[7],如图 7 所示。

在螺纹连接设置中,建立有摩擦的接触,选取连接座螺柱外螺纹为接触面、转向齿条内螺纹为目标面,摩擦系数选择 0.15,螺纹方向由底端局

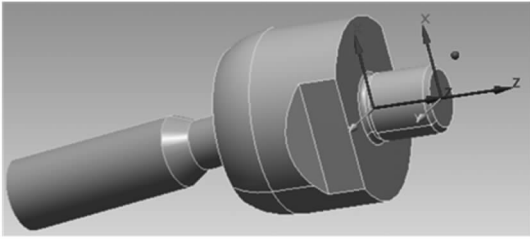


图 7 局部坐标系

Fig. 7 Local coordinate system

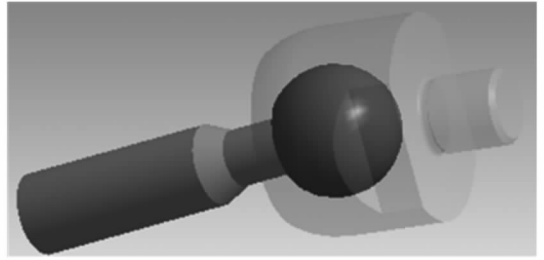


图 9 球绞连接

Fig. 9 Ball joint

部坐标系指向顶端局部坐标系;设定螺纹中径为 14 mm,螺纹升角为 30° ^[8],齿距为 1.25 mm。设定后的螺纹连接如图 8 所示。

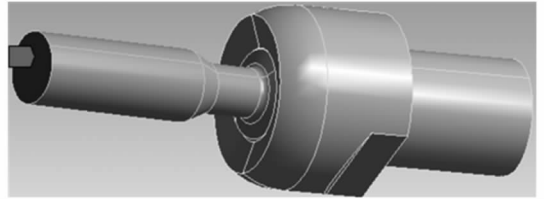


图 10 约束设置

Fig. 10 Constraint setting

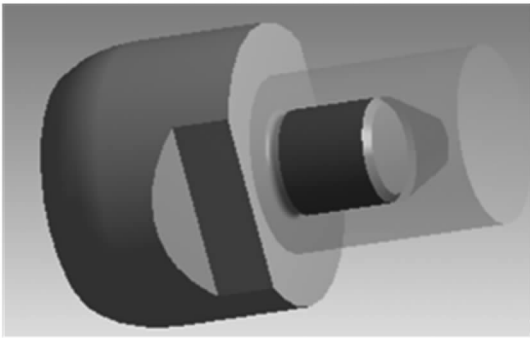


图 8 螺纹连接

Fig. 8 Threaded connection

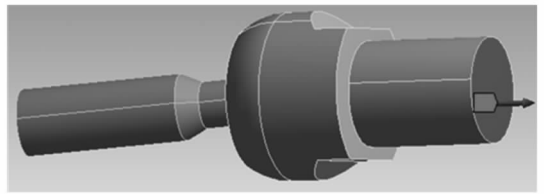


图 11 载荷设置

Fig. 11 Load setting

在球绞连接设置中,建立有摩擦的接触,选择接触为非对称接触,选取转向内拉杆球头为接触面、连接座本体内球面为目标面,设定摩擦系数为 0.15、法相刚度系数为 0.1^[9]。设定后的球绞连接如图 9 所示。

在约束设置中,选取转向内拉杆横截面为约束面,如图 10 所示;在载荷设置中,选取转向齿条横截面为受力面,受力方向为横截面法向^[10],载荷大小为 1 774.8 N,如图 11 所示。

4 后处理分析

对有限元模型进行后处理求解,得到等效应力分布图,由图 12 可知,转向拉杆最大工作应力值为 97.3 MPa,位于转向内拉杆颈部。由于内拉杆材质为 45#钢,屈服强度为 355 MPa^[11],取安全系数为 1.5,许用应力为 236.7 MPa,远大于受到的最大工作应力值,因此,该转向拉杆满足使用要求。如图 12 所示。

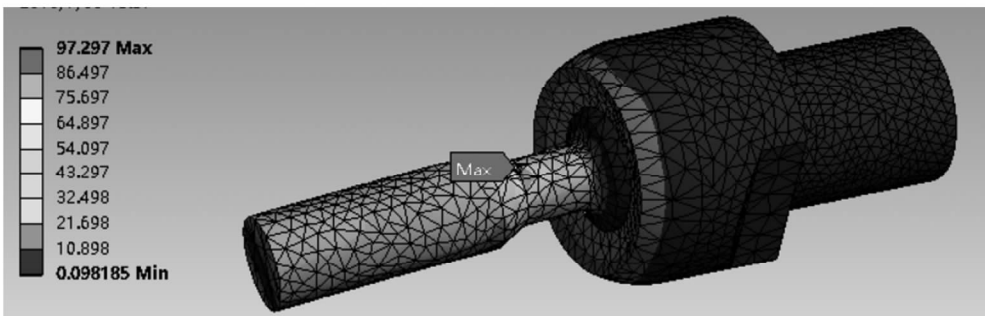


图 12 应力分布图(单位:MPa)

Fig. 12 Stress distribution map

对连接座取横截面,如图 13 所示,可以看到连接座内球面最大应力分布在球绞连接处,螺柱最大应力分布在螺纹连接处,仿真过程实现了球绞连接和螺纹连接的模拟效果。连接座材质为

20Cr,屈服强度 540 MPa,取安全系数为 1.5,许用应力为 360 MPa,远大于受到的工作应力值,满足使用要求。

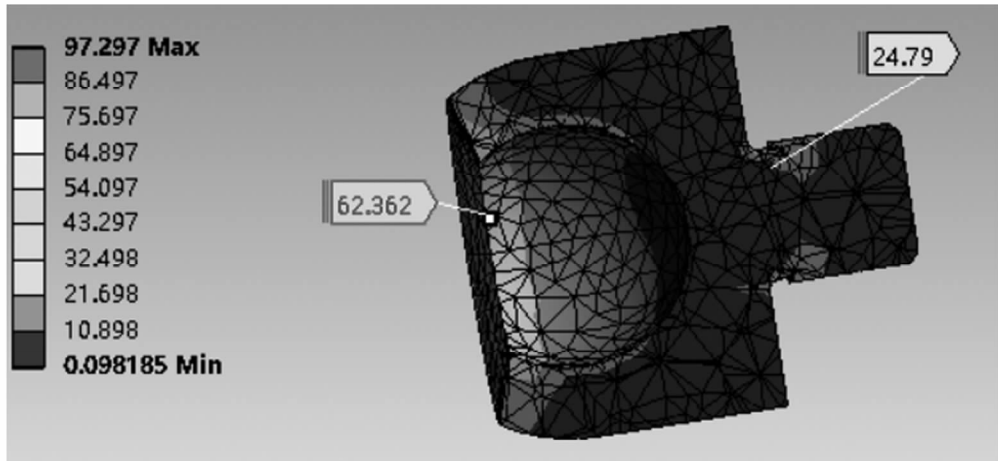


图 13 应力截面图(单位:MPa)

Fig. 13 Stress section map

5 总结

本文对某新能源汽车转向系统转向器带转向拉杆总成进行了研究,并重点对转向内拉杆球绞及螺纹连接部位进行了分析。在 ADAMS/CAR 中建立转向系统刚体多体动力学模型,搭建虚拟试验台进行仿真,得到转向拉杆受到的最大转向

力;将简化的转向拉杆连接部位模型导入 ANSYS Workbench 中,生成有限元模型,分别建立螺纹和球绞连接摩擦接触,通过仿真求解得到应力分布,该过程实现了球绞连接和螺纹连接的模拟效果。仿真结果表明连接位置的工作应力均小于许用应力,强度满足使用要求。

参考文献:

- [1] 陈家瑞. 吉林大学汽车工程系. 汽车构造:下册[M]. 5 版. 北京:人民交通出版社,2006.
- [2] 余志生. 汽车理论[M]. 5 版. 北京:机械工业出版社,2011.
- [3] 王霄锋. 汽车底盘设计[M]. 北京:清华大学出版社,2010.
- [4] 桂军. 基于 ADAMS 的汽车行驶平顺性仿真分析及优化[D]. 锦州:辽宁工业大学,2014.
- [5] 陈军. MSC. ADAMS 技术与工程分析实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [6] 王国军,李栓成. 车辆结构有限元分析[M]. 北京:机械工业出版社,2013.
- [7] 高耀东. ANSYS Workbench 机械工程应用精华 30 例[M]. 北京:电子工业出版社,2013.
- [8] 黄志新,刘成柱. ANSYS Workbench 14.0 超级学习手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2013.
- [9] 李晏,王瑾,徐皓,等. 汽车转向器齿轮齿条的建模与仿真研究[J]. 现代制造工程,2010(12):73-76.
- [10] 谭继锦. 汽车有限元法[M]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [11] 成大先. 机械设计手册[M]. 5 版. 北京:化学工业出版社,2008.

Analysis and Research on Connection Strength of Steering Rods of a New Energy Vehicle Based on Workbench

GUI Jun

(Qingdao Madison Automobile Chassis Research Institute, Qingdao Shandong 266000, China)

Abstract: In order to improve the reliability of the steering system of a new energy vehicle, the strength of the ball joint and the threaded joint of the steering inner rod was studied. A virtual test rig was built in ADAMS/CAR, and the maximum steering force of the steering rod was obtained. The model of the connection point of the simplified steering rod was introduced into ANSYS Workbench to generate a finite element model. Thread and ball joint frictional contact were established respectively. The stress distribution was obtained by simulation, the simulation effect of the connection of the ball joint and the connection of the thread was realized. The result showed that the working stress at the joint position was less than the allowable stress, and the strength met the requirements for use.

Keywords: steering rod; ball joint; threaded connection; frictional contact; CAE

(责任编辑:李华云)

(上接第 6 页)

Thermal Shock Failure Behavior of $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7/\text{YSZ}$ Gradient Thermal Barrier Coatings

LI Shuxin, LÜ Zhe, ZHOU Yanwen

(School of Materials and Metallurgy, University of Science and Technology Liaoning, Anshan Liaoning 114051, China)

Abstract: Thermal insulation performance is the most direct measure of thermal protection function of thermal barrier coating to substrate. $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ (LZO)/YSZ gradient thermal barrier coatings (DCL-TBCs) were prepared, and thermal gradient cycling tests were carried out with YSZ TBC 500 micron thick at 1300 C top coating surface temperature to evaluate their life. Analytical test results show that when YSZ coatings with thicknesses of 100 and 200 microns are replaced by LZO coatings, the lifetime of DCL-TBCs is more than double that of 500 micron thick YSZ TBC. It is proved that DCL-TBCs technology can effectively prolong the service life of coatings at higher temperatures.

Keywords: thermal barrier coating; equivalent insulation; coating failure

(责任编辑:熊璐璐)