基于有限元法的特种汽车车架受力分析

贺帅，巩丽琴

泰安航天特种车有限公司　山东泰安　271000

摘要：以Ansys 软件为分析工具对某特种汽车车架进行了有限元分析，通过三维建模建立计算模型，分别对车辆调平和运输工况下车辆进行分析计算，了解该车架的受力情况，校核调车架的强度及刚度是否满足要求。

关键词：特种汽车；车架；有限元分析

某型号特种汽车作为大型修井设备，主要具备以下功能：

（1）整机移运功能　能够在四级及以上公路自由行走，能够实现设备搬迁。

（2）作业功能　具备3600～5800m不同型号钻杆的钻井作业功能，并具备最大7000m的修井作业功能。

针对某特种汽车项目进行方案设计，进行本次仿真试验计算，校核调平及运输工况下车架的强度及刚度是否满足要求。

有限元分析模型的建立

车架采用工字梁式焊接结构，横梁为槽钢截面，材料HG60，车架纵梁中心距820mm，断面高460mm，翼板宽180mm。车架前部装有保险杠，前后部装有牵引钩，并安装各类上装接口。车架材料为HG60高强度焊接钢板，屈服强度为480MPa，弹性模量206 000 MPa，泊松比0.3，密度7.85×103kg/m3。

对车架各部件经过适当简化后，进行布尔操作得到几何模型用于计算。为确保足够的计算精度，采用网格尺寸1～24mm，使用ANSYS自适应网格划分为带中间节点的十节点四面体网格。总计257 422个节点，127 010个单元，单元质量满足计算要求。网格划分后的局部模型如图1所示。

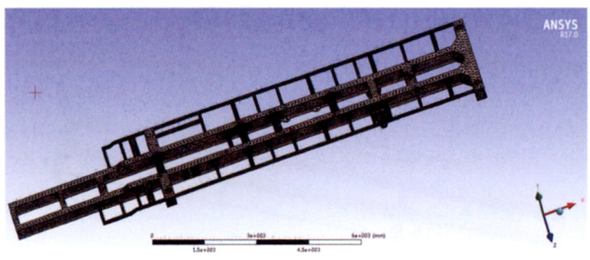


图1　车架有限元模型

调平工况车架强度与刚度计算结果

1.载荷及约束加载情况

（1）载荷条件　底盘本身各零部件总成分别以集中力施加在其相应受力位置上，并增加簧载质量，总计约55t。

（2）约束　在四个支腿处均约束*X/Y/Z*方向的平移自由度，释放全部旋转自由度[1]。

根据数据，车架加载受力情况如图2所示。

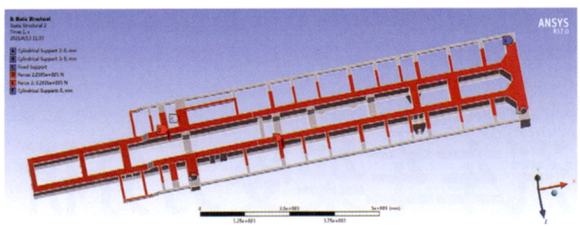


图2　车架受力情况

2.最终计算结果

车架计算结果如下：

1）车架Von-Mises等效应力云图如图3所示。通过观察发现，整车应力基本均在200MPa以下，安全系数大于1.5。为确保车架的正常工作，现取应力较大点，车架弯曲失效载荷用车架应力值达到材料的屈服应力对应的载荷代替。材料屈服应力355MPa，应力值293MPa，355/293=1.51，安全系数大于1.5，满足使用要求。

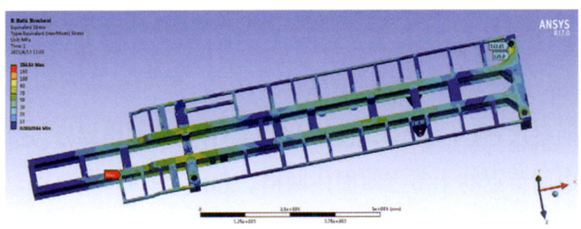


图3　车架Von-Mises等效应力云图

2）车架整体变形云图如图4所示。车架整体最大变形量为11.3mm，位于车架前端。

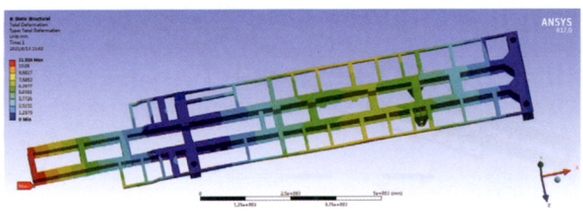


图4　车架整体变形云图

运输工况车架强度及刚度计算

1.载荷及约束加载情况

（1）载荷处理　底盘本身各零部件总成分别以集中力施加在其相应受力位置；上装载荷（根据甲方提供的载荷布置图）分别以均布力和集中力主要施加在车架纵梁上。主要承载物包括发动机、燃油系统、变速器、分动箱、驾驶室及上装等。不同的质量点用集中力或分布力加载。

（2）约束　整个车架结构是通过一、二桥板簧与车桥连接，三桥是通过空气弹簧与车桥连接，四、五桥通过刚性平衡梁与车架连接。因此，在静力分析时，将一、二桥之间板簧支架和三桥的空气弹簧支架，四、五桥之间的约束*X/Y/Z*方向的平移自由度，释放全部旋转自由度。

根据数据，受力加载情况如图5所示。

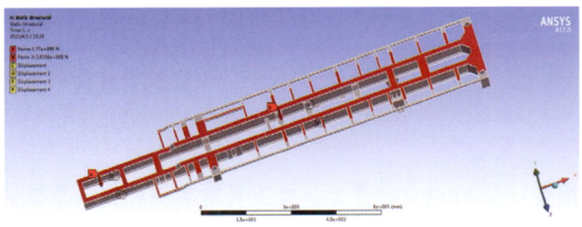


图5　受力加载情况

2.计算结果

1）Von-Mises等效应力云图如图6所示。通过观察发现，车架各点应力计算结果主要在约束点部位出现应力集中，这与理论计算的趋势一致，为确保车架的正常工作，现取应力较大点。车架弯曲失效载荷的确定，用车架应力值达到材料的屈服应力对应的载荷代替。根据材料屈服应力达到355MPa，可得到如下结论：355/210=1.69.

由上述计算结果得知两种计算工况的安全系数均大于1.69，满足设计要求。

2）整体变形云图如图7所示。由图7可知，运输工况下，车架变形较大处在车架尾部，为4.8mm。

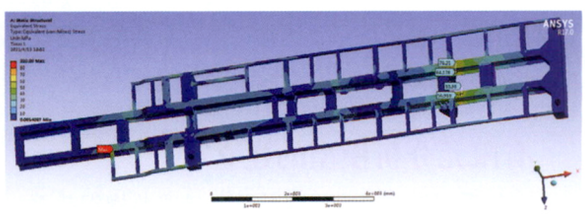


图6　Von-Mises等效应力云图

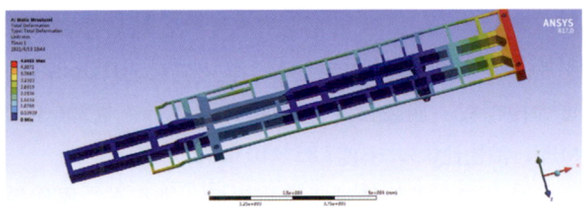


图7　整体变形云图

结语

本文通过有限元分析的方法，对特种汽车车架结构进行强度及刚度计算分析，了解其结构性能，达到自主创新设计的目的，该特种汽车的纵梁工字梁结构及其焊接方式已成功运用于特种汽车的设计开发当中。车架在两种工况下的变形量都不算大[2]，说明车架的强度及刚度均能满足设计要求。

参考文献：

[1] 宁磊.基于最小分割车架结构的设计[D].西安：建筑科技大学，2014.

[2] 李高尚.汽车前副车架结构拓扑优化设计及试制[D].长春：吉林大学，2020.

[3] 顾方秋，苏小平，缪小冬.某半挂车车架性能分析及结构优化设计[J].重庆理工大学学报，2022，36（7）：94-101.

（上接第52页）

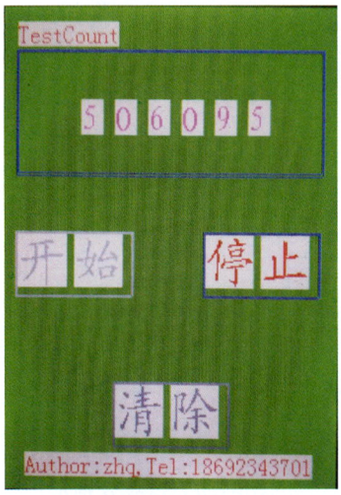


图9　换挡次数记录设备记录的换挡次数

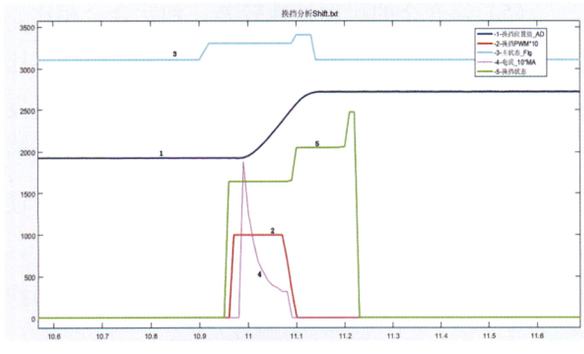


图10　50万次换挡后实际采集的数据

结语

通过上述验证过程来看，制定的策略是可行且可靠的。虽然AMT为手动变速器改装而来，其设计加工精度并不能达到自动变速器的要求，但是通过制定相应的自学习控制策略，使AMT控制系统具有自适应的功能，能够克服这个先天的缺陷，提高了整个系统的鲁棒性。同时自学习控制策略也可以用于其他需要克服设计装配误差带来的失效以及长时间使用后带来的系统崩溃，因此，此策略成功设计具有很强的应用价值和实际意义。

参考文献：

[1]Luigi Glielmo，Luigi Iannelli，Vladimiro Vacca，et al. Gearshift control for automated manual transmissions[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronic，2006，11（1）：17-26.

[2]李勇，常思勤，魏英俊.AMT选换挡机构自学习控制策略研究[J].汽车工程，2010，32（10）：878-882.

[3]夏斌.计及驾驶行为的两挡AMT纯电动汽车自适应换挡策略[D].福州大学，2020.

[4]MathWork Inc. Embedded MATLAB User's Guide[Z]，2010-09.

[5]鄢挺，杨林，陈亮. AMT换挡执行机构自适应智能控制策略[J]. 吉林大学学报（工学版），2019，49（5）.

[6]李晓艺.纯电动汽车驱动电动机损耗计算及温度特性分析[D].合肥工业大学，2023.