

对某款微型卡车的二胎车型在进行坏路试验过程中车架开裂的研究

张向千

北京福田国际贸易有限公司 北京 102200

摘要: 某款微型卡车的二胎车型在进行坏路试验的过程中, 出现车架开裂严重故障, 对开裂部位进行力学性能的测量和分析, 同时对开裂部位的二保焊焊缝进行分析研究, 查找开裂原因, 并提出相应的改进措施。

结果表明: 通过CAE分析以及实际测量, 开裂部位的最大应力值均小于纵梁材料的屈服极限。

二保焊焊缝的存在导致了开裂部位的应力集中, 在1.5倍超载的交变载荷下, 微裂纹在应力集中位置产生并扩展, 最终导致纵梁发生疲劳断裂。

取消此部位的二保焊, 应力集中区域消失, 此款微型卡车顺利完成坏路试验。

关键词: 车架; 开裂; 二保焊; 应力集中; 坏路试验; 超载

引言

新华社北京1月11日电(记者 高亢、王悦阳)记者11日从中国汽车工业协会获悉, 2023年, 我国汽车产销量分别达3016.1万辆和3009.4万辆, 同比分别增长11.6%和12%, 年产销量双双创历史新高。据中汽协副秘书长陈士华介绍, 2023年, 我国乘用车产销量分别达2612.4万辆和2606.3万辆, 同比分别增长9.6%和10.6%; 商用车产销量分别达403.7万辆和403.1万辆, 同比分别增长26.8%和22.1%。中汽协数据显示, 2023年, 我国新能源汽车产销量分别达958.7万辆和949.5万辆, 同比分别增长35.8%和37.9%, 市场占有率达31.6%。在新能源汽车主要品种中, 与上一年度相比, 三大类新能源汽车品种产销量均呈现明显增长。陈士华表示, 宏观经济持续回升向好, 有助于汽车行业稳定增长。随着国家促消费、稳增长政策的持续推进, 促进新能源汽车产业高质量发展系列政策实施, 将进一步激发市场活力和消费潜能, 2024年我国汽车市场有望继续保持稳中向好发展态势^[1]。

本文中所述的某款微型卡车就是在这种国内、外的大形势下, 基于国内微型卡车平台打造的面向欧盟货运汽车市场的产品。

众所周知, 欧盟汽车市场技术壁垒森严, 针对国内研发的汽车平台产品如果想要进入欧盟市场, 必须进行适应性改进。再者就是欧洲市场的消费者对汽车的理解较国内消费者也不太一样, 其更看重的是产品的耐用性, 和可靠程度, 当然中国汽车消费者也看重这两点, 但是较欧洲消费者的重视程度还是弱一些。

本文所说的某款微型卡车, 就是在适应性改进后,

在1.5倍载荷的情况下进行坏路试验过程中出现了纵梁开裂问题。

坏路试验:

试验过程中, 车辆需在环形试验跑道上以25-30km/h的速度正反方向交替行驶, 直至在有效试验车道上的行驶距离达到600km。

试验分两阶段进行:

第1阶段: 第1阶段中, 车辆需在有效载荷负载状态下, 在有效试验车道上行驶300km, 正反方向交替进行。

第2阶段: 第1阶段顺利结束后, 车辆需在超出有效载荷50%的超载状态下, 在有效试验车道上行驶300km, 正反方向交替进行。

车辆在完成70%的试验里程时, 出现了纵梁开裂情况, 如下图所示:



图1 车架开裂位置

注: 开裂纵梁的材料性能如下:

表1 纵梁材料性能清单

材料	泊松比	弹性模量 (Gpa)	屈服极 (Mpa)	拉伸极限 (MPa)
B510L	0.25-0.28	200-210	≥ 355	510-630

1 原因分析

1.1 坏路试验应力数据采集及分析

1.1.1 开裂部位坏路试验应力采集

将应变片贴在纵梁上，使应变片随纵梁受力弯曲变形一起伸缩，促使应变片的金属合金因伸缩变形改变电阻，通过测量电阻的变化实现对应变的测定。常见的应变片敏感栅使用铜铬合金，其电阻变化率为常数，与应变呈正比例关系。即： $\Delta R/R = K \times \epsilon$ 式中： R 为应变片的原电阻值； ΔR 为伸缩引起的电阻变化； K 为比例常数（应变常数）； ϵ 为应变。由于应变是相当微小的变化，所以产生的电阻变化也极其微小。为了便于测量，需要使用惠斯通电桥将应变的电阻变化转换成电压信号，并放大

电压信号^[1]。



图2 应力采集传感器粘贴位置示意

1.1.2 开裂部位坏路试验应力采集结果

表2 开裂部位坏路试验应力采集结果

	左后轴 头Z向 加速度 (g)	右后车架 纵梁左侧 最大应力 值 (MPa)	右后轴 头Z向 加速度 (g)		左后轴 头Z向 加速度 (g)	右后车架 纵梁上侧 最大应力 值 (MPa)	右后轴 头Z向 加速度 (g)		左后轴 头Z向 加速度 (g)	右后车架 纵梁右侧 最大应力 值 (MPa)	右后轴 头Z向 加速度 (g)
空载	2.64	45.43	-3.84	空载	-2.18	66.21	-5.86	空载	-2.65	49.50	-8.09
满载	-8.20	141.90	-20.48	满载	-11.73	157.20	-23.83	满载	-5.32	128.60	-18.86
超载	10.39	148.20	-20.95	超载	-1.90	171.30	-4.74	超载	-8.30	133.10	-27.73

1.1.3 开裂部位坏路试验应力采集结论

材料为B510L，屈服极限为355MPa，最大应力值为171.30MPa，未到达屈服极限；

小结：材料B510L，可用于此款微型卡车的纵梁上。

1.2 二保焊焊缝强度分析

1.2.2 焊缝金相检验

金相技术在金属材料及相关专业实验教学中占有非常重要的地位，通过磨光、抛光使金属磨面呈现镜面，通过腐蚀和显微镜显现并表征晶粒和夹杂物的形貌、数量、大小、分布和空间取向。金相技术的难点是金相制样，容易出现假象、划痕、麻点，难以判断是制样缺陷还是材料本身的缺陷。金相实验技能是本科生需要掌握的重要的实验技能之一，但在课内有限的学时学生只能掌握基本的实验方法，实验技能还有很大的提高空间。随着金相技能大赛的开展，培养掌握高超金相技能已经成为可能和必须^[2]。

如下图所示，依据金相检验结果，判断焊缝合格。

1.3 车架CAE静强度分析

车架是车辆承重的关键部分，其结构性能的好坏决定着车辆的承载能力和使用寿命的高低。因此在车辆的设计过程中，往往会把车架的结构作为重要的部分进行研发。车辆的研发设计过程中，有限元分析是必要的手段，它能缩短研发周期，提高设计效率^[3]。

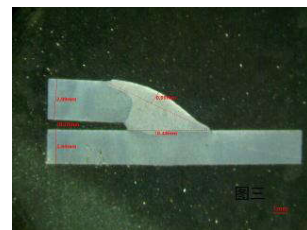


图3 二保焊拆解强度分析图片

工况：满载状态下，车身受到3.5g垂向冲击。车型配置如下：

- ①卡车货箱版本保留顶部焊点；
- ②卡车货箱版本取消顶部焊点；
- ③自卸车货箱版本保留顶部焊点（本次开裂车型配置）；
- ④自卸车货箱版本取消顶部焊点；

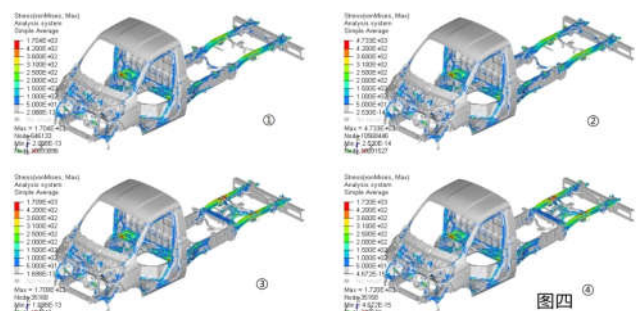


图4 白车身不同版本载荷下整体CAE分析结果展示

工况：满载状态下，车身受到3.5g垂向冲击。车型配置如下：

- ①的货箱版本保留顶部焊点，应力值约160MPa；
- ②卡车货箱版本取消顶部焊点，应力值约120MPa；
- ③自卸车货箱版本保留顶部焊点（本次开裂车型配置），应力值约310MPa（接近屈服极限355MPa）；
- ④自卸车货箱版本取消顶部焊点，应力值约200MPa；

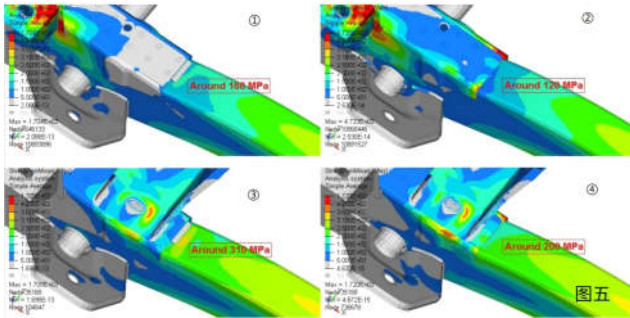


图5 开裂部位不同状态下的CAE结果展示

小结：顶部焊点的存在，导致自卸车版本车型，在焊点位置的应力值接近材料的屈服极限占比达到87.3%，安全余量低，存在开裂隐患。

2 结果分析及改善措施

2.1 结果分析

顶部焊点的增加，对车架结构不但没有起到强化的作用，反而向相反的方向发展。

2.2 改善措施

2.2.1 改善措施一，直接取消此位置处的二保焊点，以消除应力集中；

2.2.2 改善措施二，由二保焊调整为铜焊降低焊缝强度，减弱此位置的应力集中；

2.2.3 采用改善措施一，直接取消此位置处的二保焊，此款微型卡车顺利完成了坏路试验。

结束语

汽车在使用过程中，会遇到多种工况，超载情况也经常发生，在车架设计阶段考虑到这一情况是十分必要的。

CAE分析应力结果和道路试验实测应力结果，趋势相同，本次的CAE分析结果可作为设计参考。

针对车架等关键零部件，在进行道路试验时，安排关键部位的应力检测十分必要，可以做到对设计阶段的一个验证，也可以为纵梁材料的选取，提供参考。

关于焊点的布置，事实证明，不是焊点越多越好，而且，焊点位置也不能想当然的随意布置，每一个焊点的摆放都应该是有依据的。

本文就是佐证，一个多余的焊点，就可能引起整个车架开裂的严重设计问题。

参考文献

- [1]陈宇,申娟.某乘用车前悬摆臂多工况道路载荷谱采集技术研究.DOI:10.19466/j.cnki.1674-1986.2016.08.003
- [2]彭成红、朱伟恒、陈灵、黄润泽、王伟旬.钢铁金相试样制备问题研究.中国冶金教育,1007-0958(2024)(03)-077-06. DOI:10.16312/j.cnki.cn11-3775/g4.2024.03.012
- [3]韩立杰,杨真,裴进,苏红,聂光玮,宋作玮,冯兵.基于CAE的车架强度和扭转刚度分析,汽车零部件,DOI:10.19466/j.cnki.cn 1674-1986.2023.02.006