

# Fatigue Test and Structure Improvement Analysis of Automobile Sub-Frame

Yongquan He<sup>1</sup>, Dongwei He<sup>2</sup>, Boming Xu<sup>2</sup>, Jianjun Hu<sup>1</sup>, Chengguo Zhu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Product R & D, Zhejiang Teenray Automotive Parts Co. LTD, Jiaxing Zhejiang

<sup>2</sup>Zhejiang College, Tongji University, Jiaxing Zhejiang

Email: [hjj@teenray.com](mailto:hjj@teenray.com), [hedw@tongji.edu.cn](mailto:hedw@tongji.edu.cn)

Received: Apr. 4<sup>th</sup>, 2018; accepted: Apr. 23<sup>rd</sup>, 2018; published: Apr. 30<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Fatigue test bench is built in this paper, and the sub-frame of a vehicle fatigue test is tested. There are local structural deficiencies, and structure optimization scheme is proposed. Through comparison analysis and experimental verification, the optimization scheme of the structure stiffness is improved, and can better meet the requirements of the automobile suspension performance. This is practical guiding significance for the development and application of front sub-frame.

## Keywords

Sub-Frame, Fatigue Test, Structural Stiffness

---

# 汽车副车架疲劳试验及结构改进分析

何涌泉<sup>1</sup>, 何东伟<sup>2</sup>, 徐博铭<sup>2</sup>, 胡建军<sup>1</sup>, 竺成国<sup>1</sup>

<sup>1</sup>浙江天瑞汽车零部件有限公司, 产品研发部, 浙江 嘉兴

<sup>2</sup>同济大学浙江学院, 浙江 嘉兴

Email: [hjj@teenray.com](mailto:hjj@teenray.com), [hedw@tongji.edu.cn](mailto:hedw@tongji.edu.cn)

收稿日期: 2018年4月4日; 录用日期: 2018年4月23日; 发布日期: 2018年4月30日

---

## 摘要

本文搭建了疲劳试验台架, 并对某款汽车副车架进行了疲劳破坏试验, 存在着局部结构不足之处, 提出了结构优化的方案。通过前后对比分析及试验验证, 优化方案提高了结构刚度, 能更好满足汽车悬架性能的要求。这对于汽车前副车架的开发及其应用具有现实的指导意义。

## 关键词

副车架, 疲劳试验, 结构刚度

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

汽车副车架是悬挂与车架之间的一个过渡构件, 悬挂系统作为一个整体安装在副车架上, 然后与车身相连, 形成一个完整的系统。副车架的存在可以消除来自车轮和发动机的振动和噪声, 使得只有少部分的振动和噪声能够传入车厢, 提升了车辆的舒适性与操控性。

近些年来各个国家对于汽车安全性的要求日益严格, 为了满足相关的法规要求, 必须对副车架的相关性能特别是疲劳及可靠性进行研究[1]。通过副车架 CAE 技术与台架试验, 对副车架研发具有重要的现实意义及应用前景[2] [3]。

本文搭建了疲劳试验台架, 针对某款汽车前副车架进行了疲劳破坏试验, 得到了局部结构不足之处, 通过前后对比分析及试验验证, 优化方案提高了结构刚度, 能更好满足汽车悬架性能的要求。

## 2. 汽车前副车架疲劳台架及试验

### 2.1. 副车架疲劳台架

疲劳试验机由激振装置(液压泵站、液压系统及测试机架)、计算机控制系统和电气控制系统等部分组成。激振装置采用电液伺服控制驱动的液压缸, 试件安装固定的试验台上, 横梁式的机架安装固定激振装置, 激振油缸通过其它连接装置固定在横梁上来给实践施加激振力。

疲劳试验机主要工作参数范围: 激振力大小为 1~35 KN, 而且连续可调; 最大振幅  $\pm 100$  mm; 频率范围 0.1~20 Hz; 如图 1 所示为汽车副车架的疲劳试验台架布置图。



Figure 1. Layout drawing of fatigue test bench for sub frame

图 1. 副车架的疲劳试验台架布置图

## 2.2. 副车架疲劳试验

根据图 1 所示疲劳试验台架布置, 对 2 号、3 号油缸进行加载试验, 2 号油缸的加载力是 3.8 kN, 频率 1 Hz; 3 号油缸的加载力是 3.9 kN, 频率 1 Hz。如图 2 所示为加载试验位移-时间曲线。

通过给定的加载, 70 万次约 195 h 时间后, 副车架无明显变形以及疲劳裂纹、断裂等现象。

## 3. 副车架成型优化及验证

### 3.1. 副车架下板原结构及疲劳验证

疲劳台架实验验证, 该副车架结构强度以及刚度上满足标准, 达到了设计要求。但疲劳试验后, 发现悬置套管一侧的平面位置有翘曲、轻微变形现象, 如图 3 所示为优化前副车架下板结构图, 如图 4 所示为优化前副车架下板原实物检测图。主要在于副车架下板存在面积较薄的平面区域, 使得刚度下降, 产生了轻微翘曲现象, 有必要进行结构的优化。

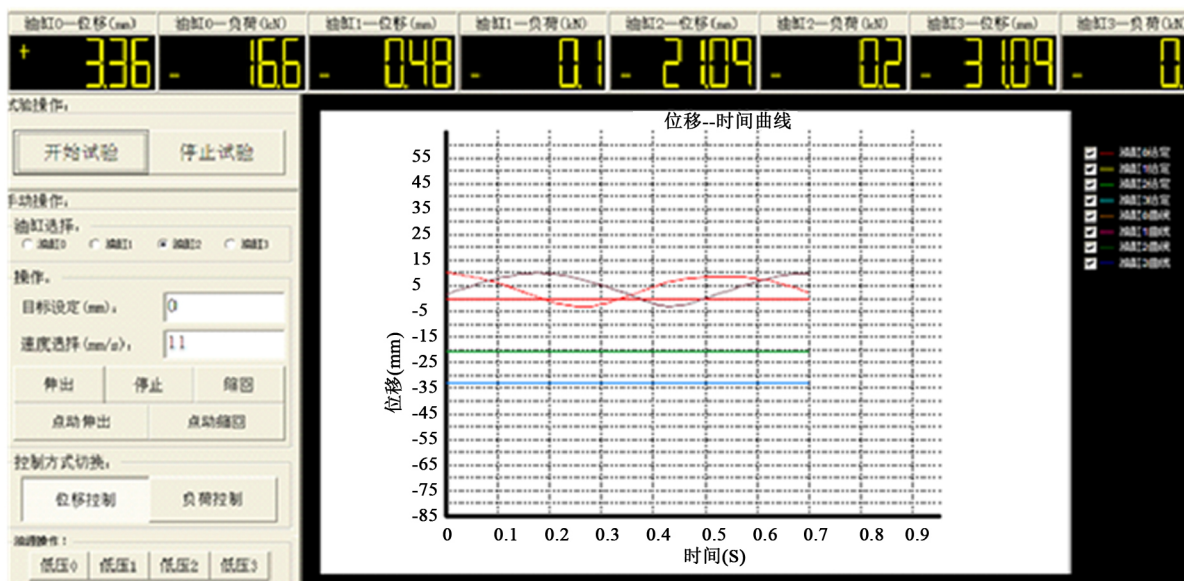


Figure 2. Displacement-time curve of loading test

图 2. 加载试验位移-时间曲线

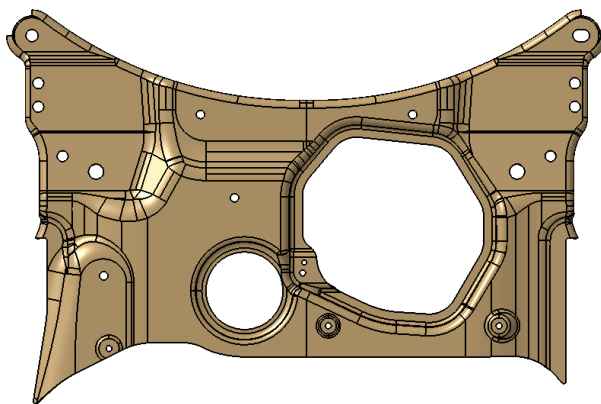


Figure 3. The structure of sub-frame lower plate before optimization

图 3. 优化前副车架下板结构图

### 3.2. 副车架下板优化结构后及疲劳验证

如图 5 所示为优化后副车架下板结构图，主要结构改进在于小圆孔左上侧增加了一条冲压槽，由此增加构件刚度，减小变形。改进后的副车架，再次在疲劳试验机上进行疲劳试验，如图 6 所示为优化后副车架下板实物检测图，检测结果表明，构件没有发生较大翘曲变形，平面度满足了工程要求，由此提高了副车架的成型质量。

### 3.3. 副车架下板优化结构前后有限元应变对比分析

通过对副车架下板优化结构前后有限元应变对比分析，如图 7 所示为优化前副车架下板应变图，图中表明，优化前副车架下板存在回弹过大，导致尺寸不可控等现象；如图 8 所示为优化后副车架下板应变图，图中表明，下板尖角位置一侧的回弹有所下降，最大应变量由近 4 mm 减少到 3 mm 左右，提高了副车架整体结构刚度。

## 4. 结论

通过汽车前副车架进行了疲劳破坏试验，得到了局部结构不足之处，前后对比分析及试验验证，优



Figure 4. Physical examination of sub-frame lower plate before optimization

图 4. 优化前副车架下板原实物检测图

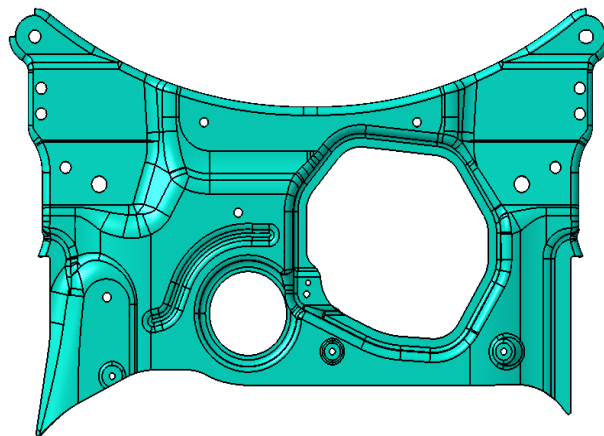


Figure 5. The structure of sub-frame lower plate optimized

图 5. 优化后副车架下板结构图



Figure 6. Physical examination of sub-frame lower plate optimized

图 6. 优化后副车架下板实物检测图

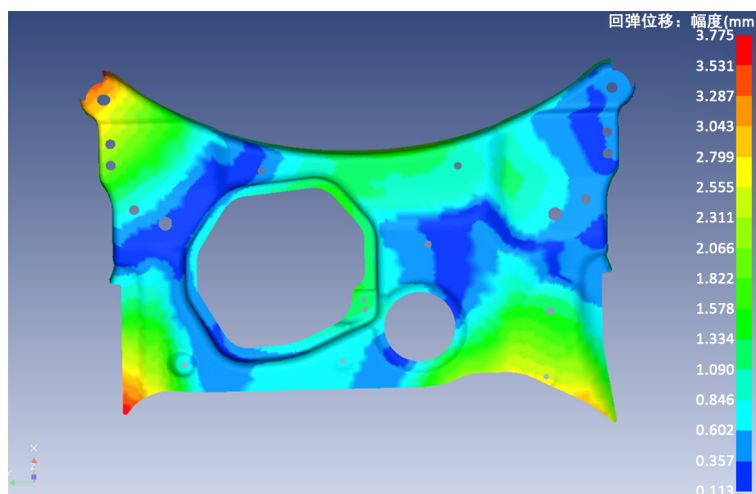


Figure 7. Strain diagram of sub-frame lower plate before optimization

图 7. 优化前副车架下板应变图

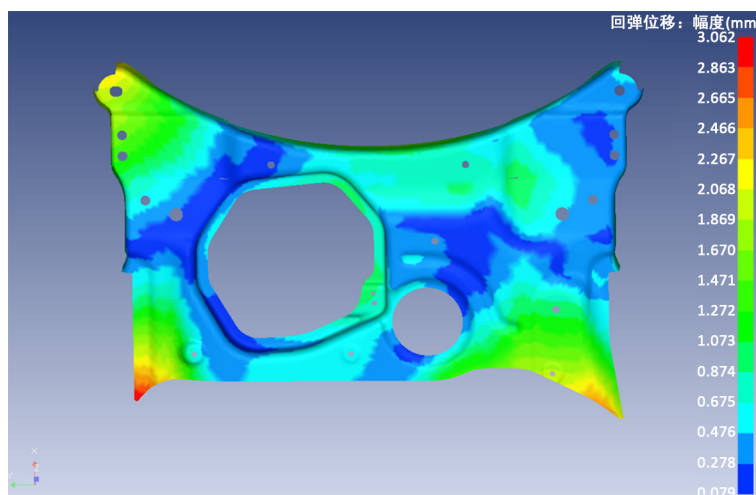


Figure 8. Strain diagram of sub-frame lower plate optimized

图 8. 优化后副车架下板应变图

化方案提高了结构刚度，能更好满足汽车悬架性能的要求。

结构改进及优化后，副车架下板的回弹有所下降，结构安全性以及工艺满足要求，疲劳实验表明，经过相同条件的加载疲劳试验，没有发生疲劳破坏。

### 参考文献

- [1] 郭岩峰. 基于虚拟试验台的轿车底盘零部件的疲劳寿命预测[D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [2] 邹伯宏, 詹军, 王建新. ANSYS 在专用底盘副车架刚度分析中的应用[J]. 专用汽车, 2010, 9(15): 14-19.
- [3] 朱春侠, 黄庆波. 基于 CAD/CAE 的汽车车架仿真分析[J]. 拖拉机与农用运输车, 2011, 16(2): 61-65..

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2167-6631, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [met@hanspub.org](mailto:met@hanspub.org)