

一例尿素过渡支架的设计改进

王文林¹ 王 晨² 宋 航³ 惠向维⁴ 王 豪⁵

陕西万方汽车零部件有限公司 陕西 西安 710200

摘 要：在机械零件的设计中可利用CAD/CAE软件进行强度分析计算当零件发生失效时对其进行有限元分析可以为失效分析提供依据。本文针对一例尿素系统过渡支架提出的快速降低故障索赔需求，结合收集故障信息、查找产品供货变差、以及产品受力仿真验证等综合分析过程，完成了产品结构的设计改进。达到产品故障率显著降低的目标。

关键词：故障；疲劳损伤及断裂；结构改进

引言

钣金件产品在我们生活中的应用很广，比如常见的驾驶室外壳、电力机柜、汽车油箱、电脑主机外壳等等。而由于钣金材质的特殊属性，钣金加工工艺对钣金设计的影响更大。因而，在钣金设计的过程中，要充分考虑到钣金件材质工艺所带的影响，并突显其特征和优势。

在汽车上，除特殊位置有外观要求外，多数钣金件都有加强筋设计。钣金件增加加强筋可以提升部分区域的强度、刚度还可以改善NVH性能。加强筋的正确设计及使用，可以对汽车性能，制造工艺等有好的改善效果，性能改善的成本非常低。

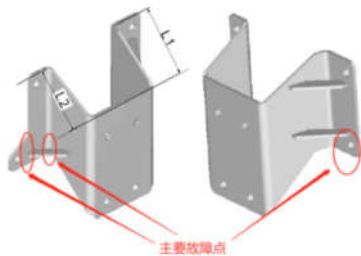


图1 过渡支架结构外形和主要故障点

1 基本概况简介

目前重卡中很多整车附件与车架均用钣金件进行连接。一种用于支承商用车尿素分装总成的过渡支架，经市场应用2年后，出现了持续上升和突增的故障趋势。期望通过设计改进优化措施，快速响应市场并有效遏制故障的突增趋势。通过故障件（如图1和图2）信息收集和统计、材料理化质量控制、故障件宏观断口形貌察看、失效模式及机理分析，并结合产品受力分析和CAE分析验证等过程，快速完成了该产品结构的设计改进优化。并根据后续产品市场验证反馈，并统计数据，再次进行产品改进，达到了月度故障率持续下降的目的。



图2 故障件（画圈区域为主要故障点）

2 产品故障信息的反馈和收集

产品故障的收集与处理，其目的是能及时地反馈产品的故障信息，通过对故障原因的分析，确定失效模式和机理以及造成失效的原因，制定并实施有效的纠正措

施，防止故障重复出现^[1]。统计连续一段时间统计该产品索赔数量和PPM，可有效判断其故障率发展趋势。

过渡支架连续6个月以来，故障信息如表1和图3。

表1 6个月以来索赔统计

月度	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月
索赔数量	4	2	5	6	8	25
PPM	1575	998	1586	2575	2937	9716

结合文献^[1]对故障章进行评价分析：前5个月的故障率可评价为偶尔发生的失效（中等），故障率并呈持续上升趋势；第6个月定义为反复发生的失效模式（高等）。

调阅半年以来材料（510L）的入厂理化检验记录，

均为合格（依据GB/T4336）；无让步接收和材料代用记录。故障件抽样的材料理化检验，也合格（如表2）。非产品材质引起的故障，故猜测产品失效为设计方案缺陷引起的失效。

表2 故障件取样材料的化学成分(质量分数)

项目	C	C	Mn	P	S
材料标准	≤ 0.20	≤ 0.50	≤ 1.60	≤ 0.025	≤ 0.015
取样数据	0.20	0.10	1.02	0.020	0.006

3 故障件调研及失效分析

通过现场察看故障件(主要为断裂和存在裂纹损伤),并初步会诊和分析的故障模式为疲劳裂纹损伤和疲劳断裂。

主要故障部位如图1和图4所示,均为疲劳损伤裂纹



图3 主要故障点



图4 断口形貌

结合该产品应用经验,和整车道路载荷谱数据分析经验;根据断口形貌特征,可以预估出该批故障件的受力形式和应力集中区域;进而给出初步的设计改进方案。主要措施为:易损(故障点)区域增加加强筋,以提升产品刚度;调整钣金件外形,以改善产品主要数荷下的应力集中^[2]。

(或断裂)。其宏观断口形貌,疲劳断裂特征比较显著:有明细的疲势弧形区(贝纹线扩展区),该区域的贝纹线狭长且有光亮区域;断裂源于零件表面,初始断裂源只有1个(可通过故障疲劳损伤裂纹或相关断口形貌可推断);瞬断区特征不太显著,但依稀可判别初窝等特征。

4 仿真分析验证和确认改进方案

该尿素箱过渡支架主要应用于尿素箱与车架的连接支架。分析工况主要是跳动、制动和转弯三种。

尿素箱过渡支架的材料是510L,模型中其他支架的物理特性如下表所示:

表3 各支架材料属性

构件名称	材料名称	密度(kg/mm ³)	弹性模量(GPa)	泊松比	屈服强度(MPa)
过渡支架	510L	7.9e-9	210	0.3	355
泵支架	Q345	7.8e-9	206.8	0.3	345
L板	20钢	7.9e-9	210000	0.3	245

对改进前、后的产品,结合其装配关系进行CAE仿真的建模分析。其工况按跳动、制动、转弯三种工况加载析。改进后的产品强度仿真结果满足设计要求。有限元模型及加载:在分析45L尿素箱过渡支架时,立的有限

元模型。

边界条件:泵支架承载的质量为泵的质量5kg,L板承载质量是尿素箱及支架的总重量之和66kg。分析时主要考虑跳动、制动和转的三种工况。具体分析工况如表4所示。

表4 加载工况:

	X-gravity	Y-gravity	Z-gravity
工况1:跳动			-3g
工况2:制动	-1g		
工况3:转弯		0.8g	

仿真结果表明:产品断裂和疲劳损伤点与CAE仿真结果基本吻合,断口形貌形成机理分析与仿真分析基本一致;危险工况为跳动工况,最大应力点基本分布于支架的四个安装孔区域^[3]。因此进一步在跳动工况下,对比改进前、后产品的CAE分析结果。表明:改进前安装孔附近安全系统的裕度不足,主要故障区域孔1和孔2处,改进后安全系数分别提升了128%和103%,改进后满足设

计需求;产品增加加强筋是有效的改进措施。

尿素箱过渡支架的屈服强度为355MPa,通过对比分析以上两种过渡支架,各孔处最大应力及安全系数,除以上改进措施外,本例过渡支架进行了其它因素和改进措施分析:如对图1中L1和L2尺寸分列缩短20mm;评估钣金件落料后表面质量和材料延展影响,改进零件外形等措施。

5 市场验证及产品再次改进

同步调动企业各项现有资源，确定产品设计改进方案的有效性后，迅速完成了设计改进，并投向市场进行应用。考虑到批产准备和产品库存，进行产品批量切换持续了2个月。

因改进件投放市场近9个月以来，反馈了3例故障信

息，且故障模式与之前类似。由于担心改进产品未充分验证，同时市场中的产品故障率没有表现出下降趋势（如表5），因此对产品进行了再次改进。再次改进件主要依据故障件察看，结合类似产品优化和文献^[2]经验，按文献^[2]结构形式，增加翻边。再次改进的产品，经半年左右的市场跟踪，未反馈有故障发生。

表5 改进件投放市场半年左右的故障反馈

投放后的月度	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月
32	45	23	23	86	97

注：平均月度用量1652件

结束语

“以客户为关注焦点”是汽车制造企业产品质量改进的第一推动力；产品质量提升和设计改进措施，均需在“基于事实的决策”基础上制定。本案例问题源于市场反馈，跟踪市场验证信息表明：相关产品改进措施是有效的。同时，市场反馈信息是一个不断丰富、去伪存真、共同参与、且存在“动态变化”的过程，因此改进工作中，可能有时“不完美”有时意料之外信息及工作存在。如果针对市场，抓住了问题焦点的主要矛盾，即使有批产后故障率突增未查明等“缺憾”存在，仍

然可以制定有效的技术改进措施，解决市场中的产品引用问题。

参考文献

- [1]戴姆勒克莱斯勒公司,福特汽车公司,通用汽车公司所有.失效模式与后果分FMEA.第三版[M].北京: 品士质量管理顾问有限公司, 2005,15(1):9-8.
- [2]申成振, 栗林涛, 段增旭, 等.疲劳损伤的尿素过渡支架优化分析[J].汽车实用技术, 2018 (13):13.
- [3]佚名.汽车产业中焊接自动化技术的现状以及发展研究[J].山东工业技术, 2021 (23) .56-57.