

车辆扶手箱总成失效溯源解析

付祥武¹, 秦慧琳¹, 潘群¹, 姚佳人²

1. 浙江吉润汽车有限公司宁波杭州湾分公司 贵州贵阳 550081

2. 上海材料研究所 上海 200437

摘要: 市场反馈副仪表板扶手箱总成（以下简称扶手箱）失效，通过开展材料性能检测、操作耐久性试验、断口宏观和微观等系统性分析，并对不同供应商生产的扶手箱开展对比验证和分析。结果表明，供应商更换的原材料力学性能不满足标准要求，导致扶手箱本体转轴断裂；铰链弹簧定位孔壁厚设计偏下限，结构强度不足导致铰链弹簧孔损坏。介绍了调查分析思路和相关故障解析方法，通过对该问题改善和验证，以提高产品质量。

关键词: 扶手箱总成；产品质量；失效分析

副仪表板扶手箱总成包含的部件有本体、盖板、按钮、旋转轴、阻尼器和铰链弹簧，如图1所示。扶手箱开启时要求左右两侧盖板同步，开启时间为 (1 ± 0.2) s。市场反馈扶手箱问题类型主要如下：开启时左右侧盖板不同步（回弹过快无缓冲导致开

启不同步）；阻尼失效（打开时没有阻力，开启速度快）；盖板无法开启。

调查MIS数据发现，截至2022年6月，市场累积索赔113例。经查询MISMOP，故障发生区间在售后至13个月内，属于低里程失效。扶手箱失效从2020年5月开

件，其原因主要有水管与接管的尺寸超差、水管胶料性能差及环箍选型不当等。为彻底解决水管渗漏问题，应学习行业先进设计标准，整合工程师的设计经验，结合零部件台架试验及整车可靠性试验验证，针对水管与接管的匹配尺寸、水管的性能及环箍选型规则等形成专业的设计规范，标准化汽车冷却系统管路设计工作，在产品的设计开发阶段规避水管冷却液渗漏问题。

结语

本文以某款电动轻型货车为例，简述了冷却系统故障维修及维护保养。由于导致冷却系统故障的因素比较多，因此在具体的维修与保养过程中需要专业人

员根据具体的故障现象进行判断，结合工作经验，借助先进仪器提高对汽车冷却系统维修的效率。另外由于当前汽车智能技术的不断发展，只有综合掌握汽车专业技能和丰富的经验，才能满足现代化汽车的维修要求。

参考文献:

- [1] 宛东.浅谈汽车发动机冷却系统故障诊断与维修[J].内燃机与配件, 2016 (10) : 72-74.
- [2] 闫松, 赵志聪, 张蕾.汽车发动机冷却系统维修的探究[J].科技展望, 2016 (30) : 64.
- [3] 张伟旗.汽车发动机冷却系统故障诊断及维修关键技术研究[J].汽车零部件, 2017 (3) : 74-77. **AUTO1950**



图1 扶手箱拆解

始，主要集中在2021年8月—2022年4月。通过对市场返回的故障件进行解析，失效部位为铰链弹簧定位孔损坏，扶手箱本体转轴断裂，阻尼器卡接点断裂。

使用Minitab完成扶手箱寿命数据分析，通过对数据进行威布尔拟合分析， $b=1.64$ 。理论计算，当用车里程达1万km时，故障率为5%；当用车里程达2万km时，故障率为14.9%；当用车里程达到4万km，故障率为39.7%，如图2所示。

针对该扶手箱失效问题，对故障件进行了统计分析、故障解析及整改验证，改善了扶手箱失效问题。

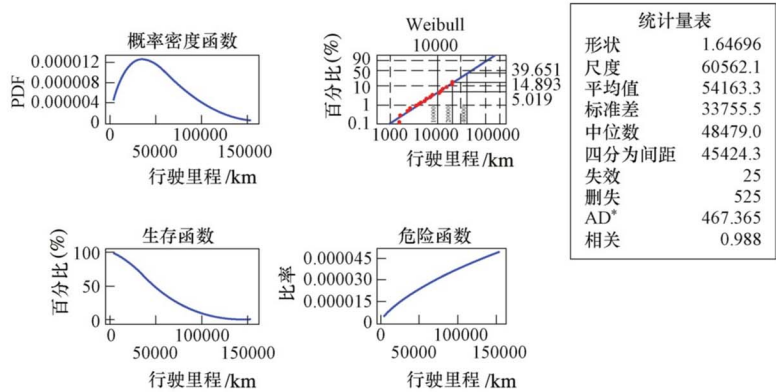


图2 扶手箱耐久寿命分析

故障件统计分析

2020年5月扶手箱一轨供应商切换原材料供应商及模具重开，原材料牌号由PC+ABS HAC8250切换为PC+ABS CA36TQ-BK，市场发生第一例索赔件。截至2021年8月，市场累计索赔28例。自2021年8月一轨供应商断供，二轨供应商切换原材料供应商，市场累计索赔113例，见表1。

表1 供应商及原材料变更统计

一级供应商	原材料供应商	供货时间	原材料牌号	索赔数
一轨	供应商1	2018年1月-2020年5月	PC+ABS HAC8250	0例
一轨 (模具重开)	供应商2	2020年5月-2021年8月	PC+ABS CA36TQ-BK	28例
二轨	供应商3	2021年8月-2022年6月	PC+ABS CA36TQ-BK	113例

故障解析

1. 铰链弹簧及底座硬度解析

对一轨和二轨的铰链弹簧及底座开展硬度测试。

二轨铰链弹簧及底座硬度较一轨低，见表2。

表2 一、二轨铰链弹簧和底座硬度分析（单位：HRC）

测试位置	供应商	测量结果	平均值	结论
铰链弹簧 (硬度HV0.1)	一轨	525、514、538	526	二轨硬度较一轨低
	二轨	384、376、374	378	
底座 (HV1压痕对角线长度μm)	一轨	372、372、372	372	压痕对角线长度与硬度成反比关系，长度越大硬度越低，二轨硬度较一轨低
	二轨	391、389、393	391	

2. 弹簧孔壁破坏强度解析

选取与故障件同批次扶手箱开展铰链弹簧孔壁破坏强度试验。扶手箱关闭状态，弹簧弹力18N，弹簧孔壁破坏强度47N。弹簧孔壁厚设计 (1 ± 0.2) mm，实际壁厚0.8mm，弹簧孔壁厚工艺控制偏下限，在长期开启、关闭工作模式下，弹簧定位孔损坏，导致弹簧弹出定位孔后下塌，在后期使用中持续对轴壁产生作用力使其断裂。

3.弹簧孔结构对比分析

经对比发现，一轨弹簧孔结构与二轨有差异。一轨弹簧孔受力方向两端各有一个孔位支撑孔，二轨弹簧孔受力方向为十字筋，无孔位支撑孔。且一轨壁厚1.0mm，二轨壁厚0.8mm，二轨壁厚较一轨小0.2mm，见表3。

表3 弹簧孔位结构差异

供应商	一轨	二轨
差异分析	弹簧孔受力方向有2个孔位支撑孔，弹簧孔壁厚1.0mm	弹簧孔受力方向为十字筋，无孔位支撑孔，弹簧孔壁厚0.8mm，偏下限
结构图片		

4.原材料性能分析

对两种原材料PC+ABS HAC8250和PC+ABS CA36TQ-BK进行塑料密度、拉伸强度、弯曲强度、悬臂梁缺口冲击（23℃）及低温缺口冲击（-40℃）性能检测。PC+ABS HAC8250均符合要求，而 PC+ABS CA36TQ-BK悬臂梁缺口冲击（23℃）及低温缺口冲击（-40℃）不满足要求，见表4。

表4 不同原材料力学性能分析

检测项目	标准要求	PC+ABS HAC8250	PC+ABS CA36TQ-BK	结论
塑料密度 (g/cm³)	1.1~1.14	1.12	1.121	符合要求
拉伸强度/MPa	≥50	53	53.4	
弯曲强度/MPa	≥70	84	73.9	
弯曲模量/MPa	≥2000	2300	2489	
悬臂梁缺口冲击 (23℃) / (kJ/m²)	≥40	55	29.8	PC+ABS CA36TQ-BK 不满足要求
低温缺口冲击 (-40℃) / (kJ/m²)	≥20	22	14.9	PC+ABS CA36TQ-BK 不满足要求

5.故障件断口分析

对故障件开展断口分析，断裂受力方向由内向外，是受到从样件内侧作用力断裂。断裂源起源处未

见异物夹杂等缺陷，有挤压痕，且断口呈明显韧性特征，导致样件断裂的载荷的速率相对不高，是冲击载荷所致，如图3所示。

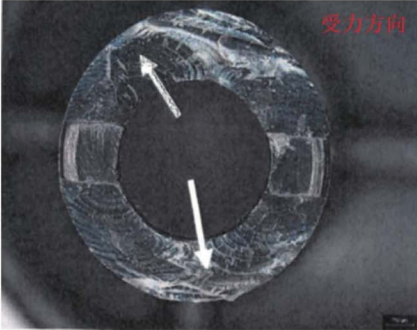


图3 故障件断口分析

6.故障件红外分析

对不同时期一、二轨故障件（一轨2020年12月批次、二轨2021年12月批次）进行红外光谱重叠分析，不同时期的PC+ABS材料光谱不一致（蓝色曲线代表一轨，红色曲线代表二轨），两者材料成分有差异，如图4所示。

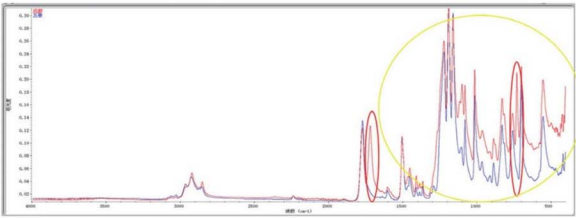


图4 一、二轨孔位图样对比分析

整改验证

抽取与故障同批次扶手箱3件开展操作耐久试验。分别在常温阶段耐久3053次、2770次、3302次后扶手箱盖板阻尼失效。结合用户使用习惯（每天操作5次），故障再现结果显示，耐久寿命平均在1.6年。扶手箱失效现象为弹簧定位孔损坏，阻尼失效，与市场失效寿命基本吻合。

弹簧定位孔图样未标注尺寸公差，依据国标GB/T 14486—2008《塑料模塑件尺寸公差》执行。产品原材料为PC+ABS，收缩特性值为0.5%±0.1%。根据模塑材料收缩特性值选用公差等级MT3（标注公差尺寸为一般精度）。GB/T 14486—2008要求，基本尺寸的上、下偏差可根据工程的实际需要分配。

（下转第51页）

输出的转矩百分比增大。

5. 过热保护模块

缓速器的过热保护激活模块，用于防止变速器因油温超限或传感器故障引起的变速器损坏。

过热保护激活包括传感器故障导致的过热保护激活和温度超限导致的过热保护激活。若温度超限引起过热保护激活，过热保护退出的条件为变速器油温小于温度限值；若传感器故障则不会激活过热保护功能。因变速器油温和油底壳油温可以互相校验，因此这里只列出了变速器油温的过热保护，油底壳油温同理。其中过热保护最低油温110℃，过热保护最高油温118℃。

过热保护功能激活后，会计算出过热保护的目标转矩百分比作为实际输出转矩百分比。若温度超过最大设定温度，制动效果为实际制动效果的27%，若变速器油温和油底壳油温同时过热保护，实际制动效果取小。如图3所示，温度每超过1℃，缓速器制动效果减弱3.84%。

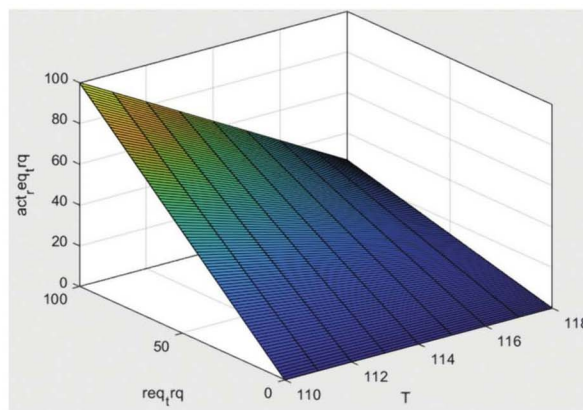


图3 缓速器过热保护输出转矩

结语

缓速器作为一种辅助制动装置，输出制动转矩作用在输出轴用以降低车速，能够加强车辆的制动性和驾驶安全性，提高车辆制动的柔和性，降低了制动器的磨损消耗。文中缓速器控制策略的设计与研究是建立缓速器软件的体系结构和软件功能模块的基础，指导后续编码的实现，为进行后续的试验和测试做准备。AUTO1950

(上接第48页)

针对该故障问题的改善方案为：

- 1) 将弹簧孔壁厚尺寸公差由 (1 ± 0.2) mm 调整为 $(1^{+0.4}_{-0})$ mm，弹簧孔壁厚由0.8mm调整到设计上限1.4mm。
- 2) 原材料由PC+ABS CA36TQ-BK切换为PC+ABS HAC8250。

抽取改善后的扶手箱进行弹簧弹力和弹簧孔壁破坏强度测试，弹簧弹力为18N，弹簧孔壁破坏强度为113N，弹簧孔的强度显著提升。

抽取3件改善后扶手箱开展操作耐久试验19 000次（结合用户使用习惯，每天操作5次，耐久寿命10年共计19 000次）。试验时，将扶手箱完全打开，停止0.5s，每分钟进行5~10次循环，以此作为一个循环，共进行19 000次循环：14000次循环 (23 ± 5) ℃；500次循环 (85 ± 5) ℃；500次循环 (-30 ± 5) ℃；4000次循环 (40 ± 5) ℃，相对湿度95%。

试验后样品无明显变形，无功能失效，操作时无异响，无零部件脱落，打开操作力平均衰减17.9%，关闭操作力平均衰减15%，操作力的衰减均控制在20%以内，满

足要求。同时，监控断点后6个月市场上无故障发生。

结语

故障件材料为PC+ABS，转轴的挤压痕为受冲击载荷所致。光谱分析不同生产日期的材料，显示光谱不一致，材料成分不一样。供应商2020年5月变更的原材料力学性能不足，导致扶手箱弹簧孔和轴壁断裂。铰链弹簧孔壁厚0.8mm，设计尺寸偏下限 (1 ± 0.2) mm，对比一轨结构设计上无孔位支撑孔。产品结构强度不足导致弹簧孔损坏，在后期使用中持续对轴壁产生作用力使轴壁断裂。

原材料切换为PC+ABS HAC8250，弹簧孔壁厚由0.8mm调整到1.4mm，弹簧孔破坏强度显著提升，通过操作耐久性验证可靠性满足标准要求。

在产品阶段试验评审中，应组织多方评估耐久试验的充分性，确保耐久试验覆盖整车工况。产品变化点管理中，根据一轨、二轨设计及原材料性能差异分析，通过研究、验证、广泛对标等方法，系统性总结产品技术条件并开展可靠性耐久试验。AUTO1950