

汽车板簧导向座失效分析及 感应热处理工艺开发

汽车板簧导向座的主要功能是起限位作用，限制板簧的侧向移动，同时保证板簧和车架在同一平面内，与汽车板簧共同组成汽车悬架系统，提高汽车的舒适性和稳定性。通常板簧和导向座之间由于汽车承载变化而发生相对运动，致使板簧导向座磨损比较严重，尤其是在汽车转弯或在盘山公路行驶时，板簧的侧向移动较为频繁，由此导致板簧导向座侧壁的磨损较为严重，或者因路况差异板簧对导向座侧壁有一定的冲击，导致侧壁磨损严重甚至断裂。本文从汽车板簧导向座的失效形式出发，探究板簧导向座的失效原因，并提出相应的措施加以解决。

失效分析

公司某车型在进行道路试验过程中，行驶一定里程后，发现导向座底面或者侧面与钢板弹簧接触的工作面出现不同程度的磨损，因此对失效件进行初步分类整理：一类是板簧导向座底面磨损严重，另一类是板簧导向座侧面及底面磨损严重，侧面甚至出现断裂现象。

从失效样件可以看出，导向座与板簧的支撑接触底面及侧面均已发生严重磨损。从残留的未磨损表面测量，导向座底面磨损量为1~10mm，侧面磨损最严重的板簧导向座其支撑面已经完全磨穿直至断裂。

1. 材质分析

对失效件取样，做化学成分检测，检测结果见表1。

表1 失效件化学成分检测结果

W_C	W_{Si}	W_{Mn}	W_{Cu}	W_P	W_{Mg}
3.35	2.50	0.35	0.20	0.08	0.04

由表中结果分析可知，材料的化学成分无异常，符合材料牌号QT500-7的要求。

2. 力学性能试验

对失效件底座基体及侧面基体进行解剖，取样进行硬度试验，试验结果见表2。

表2 失效件板簧导向座基体硬度试验结果

试样编号	底面硬度值 (HBW)	侧面硬度值 (HBW)
1#	201	198
2#	195	194
3#	207	197

失效件基体硬度值在200HBW左右，力学性能合格，满足GB/T1348-2009《球墨铸铁件》关于QT500-7的力学性能要求。

3. 金相显微组织分析

对失效件进行取样（取样部位为导向座基体底面及其侧面）进行金相显微组织检验，检验结果如



图1~图4所示。

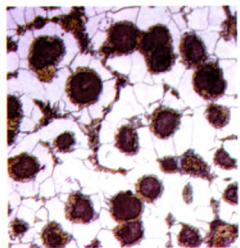


图1 基体金相显微组织 400X

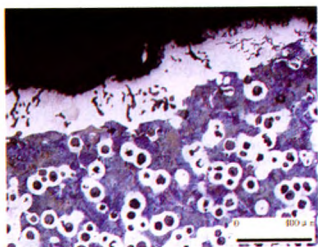


图2 基体组织局部脱碳

失效样件金相显微组织为石墨球化3级，石墨大小5~6级，珠光体含量为45%~55%，金相组织为石墨+珠光体+铁素体，底面及侧面金相分析中未见异常组织，试样表层局部存在脱碳层，脱碳层深为0.15~0.2mm，如图4所示。

4.讨论及结果

通过对失效件导向座的材质、力学性能和金相组织分析，板簧导向座的性能达到国标相关技术要求，失效件局部存在脱碳层可能是导致其磨损失效的原因，但由于脱碳层较薄，不会使其耐磨性严重降低而失效。

经过分析，与板簧导向座底面与侧面接触形成“摩擦副”的对象为钢板弹簧悬架，钢板弹簧经过调质处理后，具有良好的塑韧性，而硬度至少在40HRC（380HBW）以上，当车辆重载行驶在工况比较复杂的路面上时，板簧承受一定载荷变形后与导向座接触而形成摩擦副，致使相对硬度较低的板簧导向座耐磨性差而发生磨损直至断裂失效。当形成摩擦副的两构件硬度比值 H_0 介于0.7~1.3时，摩擦性能达到最佳。因此建议对板簧导向座进行热处理，提高其硬度达到提高其耐磨性的目的。

鉴于板簧导向座两类失效形式及其实际工作中的服役条件，对磨损部位进行淬火硬化提高耐磨性是解

决磨损问题的有效途径，本文采用感应热处理的方法对其进行强化，使其表层具有一定的耐磨性而不改变零件基体的性能。

工艺试验

由以上失效分析可知，板簧导向座的底面及其侧面为主要失效部位，因此在本工艺试验中探索利用感应热处理技术对板簧导向座的底面和侧面同时淬火强化，以达到提高强度及耐磨性目的。

1.专用感应器的设计

为了使板簧导向座的底面和侧面同时感应热处理，根据板簧导向座内腔尺寸、结构设计及相应淬火技术要求设计专用感应器，如图3所示。

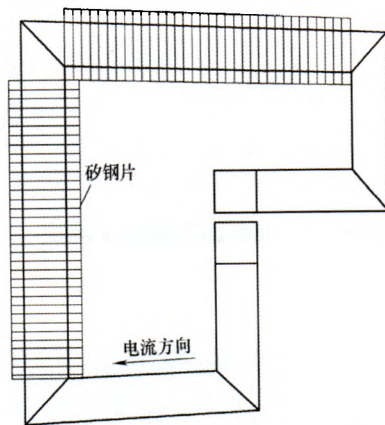


图3 专用感应器有效加热部分示意

2.感应淬火工艺参数

感应热处理所使用的设备为立式通用淬火机，电源为IGBT300kW/50kHz。感应淬火功率80~90kW，频率7kHz，连续加热扫描淬火，加热过程中，板簧导向座固定在专用夹具上面保持不动，感应器在其内腔移动，感应器移动速度160mm/s，淬火剂为清水，淬火剂压力为0.1MPa。由于板簧导向座底面带有一定的弧度，因此在淬火过程中应在垂直感应器的方向上适当调整感应器与板簧导向座底面的间隙，以保证零件淬硬层深度的一致性。

3.工艺试验检测结果

对淬火样件进行解剖分析，确定淬火区域金相组织、淬硬层深度及硬度范围。淬火区域在宏观上可根据加热淬火痕迹来判断：弧形底面全部淬硬，侧面淬

火高度达到侧面高度的2/3以上，如图4、图5所示。

对淬火样件进行金相组织检验、淬火层深度如图6和图7所示。

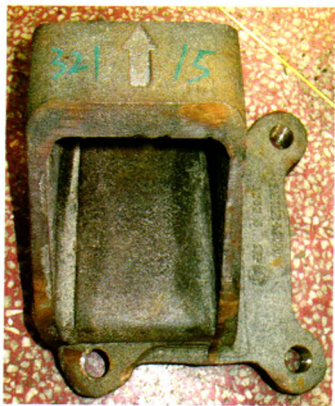


图4 样件底面淬火区域



图5 样件侧面淬火组织

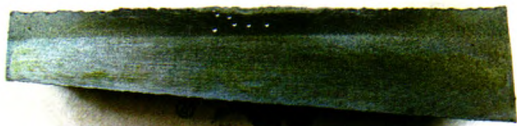


图6 样件侧面淬硬层厚度

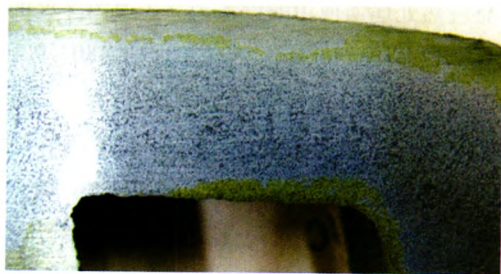


图7 样件底面淬硬层厚度

经过检测分析，板簧导向座侧面表面硬度为50~54HRC，淬硬层深为4.5mm（见图6）；底面（弧面淬火层分布）表面硬度为46~50HRC，淬硬层为4~4.5mm（见图7）；淬硬层金相组织均为马氏体和少量未溶铁素体，如图8所示。

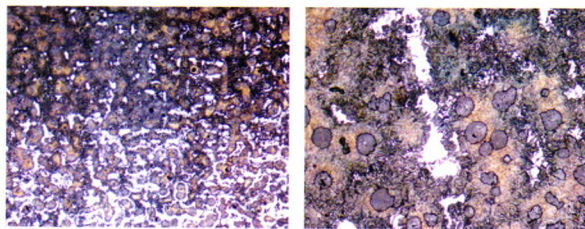


图8 样件淬硬层金相显微组织

4. 试验

将经过感应热处理强化的板簧导向座8600余件全部装车路试，没有再出现类似于本文中的两种失效形式，彻底解决了板簧导向座底面和侧面磨损或者磨损断裂失效的问题，为今后新品开发提供了技术支持。

由本次工艺试验及装车路试结果，可以验证板簧导向座底面和侧面同时感应热处理工艺的可行性，根据感应热处理技术的特点，制定了板簧导向座感应热处理技术要求：

- 1) 板簧导向座底面纵向全部淬火，底面横向靠近侧面的两边缘位置未淬硬区 $\leq 10\text{mm}$ 。
- 2) 板簧导向座侧面淬火高度大于空腔高度的2/3。
- 3) 板簧导向座的底面及侧面的淬火硬度为 $\geq 45\text{HRC}$ 。
- 4) 板簧导向座的底面及侧面的淬硬层深为3~6mm，采用金相法检查淬硬层深。

结语

板簧导向座的主要失效形式是底面或侧面或者两面磨损严重直至断裂，主要原因是相对于钢板弹簧悬架，板簧导向座硬度低、耐磨性差而发生磨损直至磨损断裂。提出用感应热处理技术强化板簧导向座，提高其耐磨性；开发了板簧导向座的底面和侧面同时感应热处理工艺。通过道路试验验证了板簧导向座的底面和侧面同时感应热处理工艺的可行性。制定了板簧导向座感应热处理技术条件：板簧导向座底面全部淬火，底面靠近侧面的两边缘位置未淬硬区 $\leq 10\text{mm}$ ；侧面淬火高度大于板簧导向座空腔高度的2/3；底面和侧面的淬火硬度 $\geq 45\text{HRC}$ ；淬硬层深度为3~6mm。

关键词：

板簧导向座 磨损失效 感应热处理

(收稿日期20130715)