

某车型售后制动抖动问题调查分析

潘 庆

海南海马汽车有限公司 海南 海口 570216

摘 要：随着人们对汽车使用的认知不断更新、提高，人们对汽车的安全性、舒适性要求越来越高，对各种的异响、抖动问题特别敏感、也特别关注，尤其是制动抖动问题造成客户严重抱怨。长期使用存在制动抖动的车辆会造成相关部件老化和疲劳破损，影响到行车安全。制动抖动是车辆制动系统故障产生的原因之一。本文阐述针对某车型售后反馈踩刹车时，前轮抖动问题展开调查的步骤及整改方向。从对更换下来的前制动盘故障件进行装车再现试验、及影响制动抖动的相关尺寸DTV(厚薄差)及SRO（制动面端跳）进行测量。对比整改前后制动盘的BTV（制动力矩波动）台架试验及热变形台架试验数据，确定整改方向及评价整改效果。本文的制动抖动调查、整改过程，对类似问题的调查解决起到一定的借鉴作用，对新品开发设计验证具有参考作用。

关键词：制动抖动；DTV（厚薄差）；BTV（制动力矩波动）

引言：客户对行车过程中的各种异常、抖动抱怨很大。在下坡长距离制动，频繁刹车时，更容易出现制动抖动问题。制动抖动问题严重影响到驾驶及行车安全，各主机厂针对制动抖动问题，也制定了制动的BTV（制动力矩波动）台架检测标准。制动盘性能成为衡量制动稳定性的重要指标之一。

1 制动抖动产生机理

1.1 盘式制动盘工作原理

驾驶员踩下制动踏板，制动液从制动主缸经ESP、制动油管、卡钳分泵推动卡钳体内活塞移动，使卡钳摩擦片与制动盘接触，当达到一定压力后，摩擦片夹紧制动盘实现制动，如图1所示。

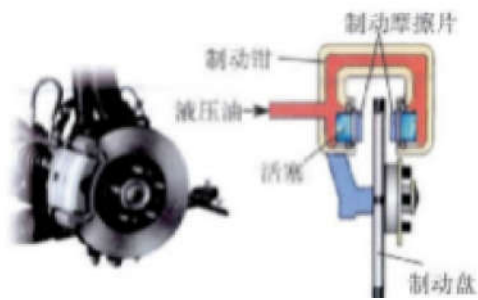


图1

1.2 制动抖动发生的机理

从源头上就是制动力矩及制动力的波动引起的^[2]，波动越大抖动程度越大，驾驶人员感受越明显。制动抖动传递的途径基本有3种，①制动油管传递给制动踏板②经底盘悬架传递给车身③经方向机、转向管柱传递给方向盘。制动盘的尺寸变化，如厚薄差、制动面跳动等都会引起制动力矩波动。

2 课题来由及分析调查

2.1 课题的来由及描述

售后市场反馈某车型制动时有抖动问题，更换制动盘后故障消除，平均故障里程在20000km左右。此制动抖动问题占售后索赔前10，公司要求进行调查整改降低售后索赔。

从售后制动抖动问题维修索赔数据来确认，大部分均是更换制动盘后故障消除，故从调查制动盘着手解决制动抖动问题。

2.2 故障现象再现及分析

对2台售后故障车更换下来的制动盘进行调查分析，具体的调查分析步骤及结果如下：

（1）制动盘故障件理赔信息确认，2台制动抖动故障车的故障里程分别为30758km、16750km属于长里程故障；

（2）制动盘外观检查，未发现外观划伤明显沟槽异常外观问题；

（3）制动盘装车故障再现及结果

①1#、2#盘装车路试确认结果：制动抖动故障在60km/h -70km/h时出现，轻踩制动踏板，车身有轻微抖动；

②3#、4#盘装车路试确认结果：制动抖动故障在60km/h 以上时出现，半踩刹车出现明显的踏板振动；

③故障制动盘（DTV）厚薄差及SRO（制动面端跳）测量结果，如图2所示；

售后制动盘标准：制动盘周向厚薄差（DTV）永久性变形量应不大于0.015mm，制动面端面跳动量（SRO）不大于0.1mm；

从制动盘故障件的检测结果确认,2台车制动盘的厚薄差(DTV)、制动面端跳(SRO)均有超差,分别为2#、3#制动盘,检测值分别为0.020,0.064;0.103,0.162。分别更换2#、3#超差的故障制动盘,再进行路试制动抖动故障消除。

序号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	DTV	平均	标准差
1	24.876	24.877	24.876	24.875	24.882	24.872	24.873	24.882	24.887	24.875	0.011	24.876	0.0058
2	25	24.897	24.896	24.894	25.024	25.023	24.893	24.895	25.024	24.894	0.020	24.896	0.0078
3	24.885	24.86	24.861	25.029	25.023	24.895	24.895	24.891	25.024	24.84	0.064	24.892	0.0192
4	25.022	25.027	25.026	25.025	25.024	25.026	25.022	25.025	25.027	25.023	0.005	25.024	0.0058
序号	外圆圆跳动		内圆圆跳动		制动面端跳(SRO)		标准		合格				
1	0.02		0.02		OK				OK				
2	0.103		0.09		NG				NG				
3	0.162		0.07		NG				NG				
4	0.02		0.02		OK				OK				



图2

3 原因分析

经对售后故障制动盘装车路试确认,制动抖动故障再现,其中1#、2#盘装同一辆车有制动抖动,2#制动盘的DTV、SRO轻微超差;3#、4#盘装同一辆车,3#前制动盘的DTV、SRO严重超差,更换2#、3#制动盘路试确认,制动抖动故障消除,可以确定是由于前制动盘DTV、SRO超差,导致制动抖动。

影响到制动盘厚薄差及制动面端跳的因素主要有两个:1、制动盘几何尺寸;2、受热变形。

为确认导致制动盘厚薄差(DTV)、制动面端跳(SRO)超差的原因,需从制动盘的制造过程及台架试验进行调查。

3.1 制动盘生产过程调查

(1) 制动盘的生产过程流程:

本车型制动盘材料为HT250,主要生产工序有:造型(砂型)→熔炼→浇注→清砂→粗加工→精加工→钻孔→磨制动面→动平衡检测→喷漆→成品检验。

制动盘铸件铸造为水平砂型造型线,铁水的熔炼、浇注为自动化线,对铁水的质量有严格的炉前管控,浇注温度及浇注时间、速度均为设备设定及在线监控,浇注过程稳定。抽取制动盘铸件检测其硬度、金相组织、化学成分等机械性能参数均符合图纸要求。

化学成分检测结果见(表一)

元素	C	Si	Mn	S	P
质量分数/%	3.1-3.4	1.7-2.1	0.7-1.0	≤ 0.12	≤ 0.15
	3.31	1.91	0.85	0.075	0.021

制动盘加工过程的精加工工序为自动化较高的流水加工线,制动盘几何尺寸检测为在线设备100%检测(见图3)。现场抽检100件制动盘进行测量统计分析加工过程能力Cpk,结果均达到Cpk ≥ 1.67的要求。



图3

制动盘的厚薄差(DTV)、制动面端跳(SRO)两个关键尺寸出货前为全检项目,保证100%合格出厂。

抽检来货制动盘50件,对厚薄差(DTV)、制动面端跳(SRO)两个关键尺寸进行测量,结果符合图纸要求。

结合制动盘生产现场审核及来货检验结果,可以确认制动盘生产过程管控到位不是影响制动盘厚薄差及制动面端跳超差的因素。

3.2 制动盘热变形台架试验

在制动过程中,制动卡钳的摩擦片与制动盘摩擦产生高温热量,这些热量大部分被制动盘吸收,制动盘受高温翘曲变形,温差越大,致使制动盘的厚薄差(DTV)、制动面端跳(SRO)增加越大。

抽取在库制动盘进行热变形台架试验,评价受热变形性能。热变形台架试验结果为:永久变形量为0.015mm,刚好满足标准 ≤ 0.015 mm要求,制动面端面跳动量为0.03符合 ≤ 0.1 mm要求。

3.3 制动盘BTV(制动力矩波动)台架试验

抽取在库制动盘进行BTV(制动力矩波动)台架试验,台架试验结果见图4;

从BTV台架试验曲线确认,制动力矩波动较大,最大波动达到11%,超过某企业标准 ≤ 10%的要求。

结合在库制动盘的热变形及BTV台架试验结果来分析,制动盘的热变形性能较差是影响厚薄差(DTV)、制动面端跳(SRO)超差的主要原因。恰是热变形性能

差导致制动时制动盘变形大,使制动时的制动力矩波动大,这在BTV台架试验中体现出来。

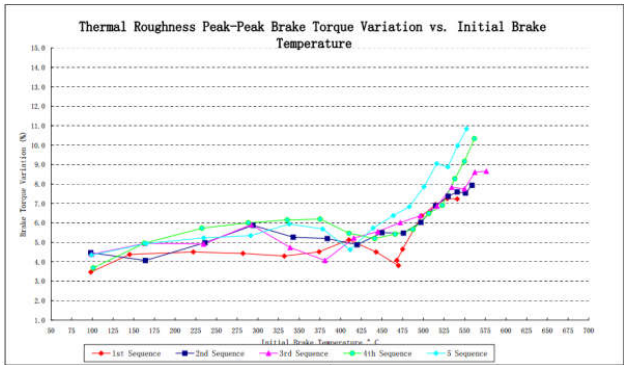


图4

4 制动盘整改对策

从制动盘的相关项目,硬度、化学成分、金相组织、热变形台架、BTV台架的试验检测结果分析,确定可以增加合金微量元素Cu、Cr、Sn优化制动盘,提高耐磨性、耐热、强度等性能来解决制动抖动问题。

有研究表明,在质量分数控制上,采用较高的碳当量($CE = 3.9\% - 4.1\%$),以保证铸铁有良好的铸造性能。质量

分数中绝大部分的 $w(Cr)$ 为0.15%-0.40%, $w(Cu)$ 为0.2%-0.8%,有的则还含有Mo、Ni和Sn等元素,以提高铸件本体强度、硬度及其均匀性,加入合金元素的另一个重要作用是可以使灰铸铁件的抗热疲劳能力增加。^[1]

Cu元素的作用:铜可以促进珠光体形成并细化晶粒,提高强度和硬度的作用可。

Cr的作用:铬促进珠光体生成的作用很强,加入铬主要是为了提升耐磨度以及耐热度。

Sn的作用:锡是很好的稳定珠光体的元素,锡的加入量过多时就会使铸件脆化,冲击韧度下降。锡的加入量一般控制在0.02%-0.1%。

具体增加微量合金元素标准为,Cu: 0.3%-0.5%、Cr: 0.2%-0.3%、Sn: 0.02%-0.08%。

5 对策效果验证

增加微量合金元素改进后的制动盘热变形台架试验,永久变形量为0.007mm,较改进前的0.015 mm有较大的改善。制动面端面跳动量为0.02符合 ≤ 0.1 mm要求。

制动盘增加微量合金元素改进前后的BTV台架试验结果对比,见图5:

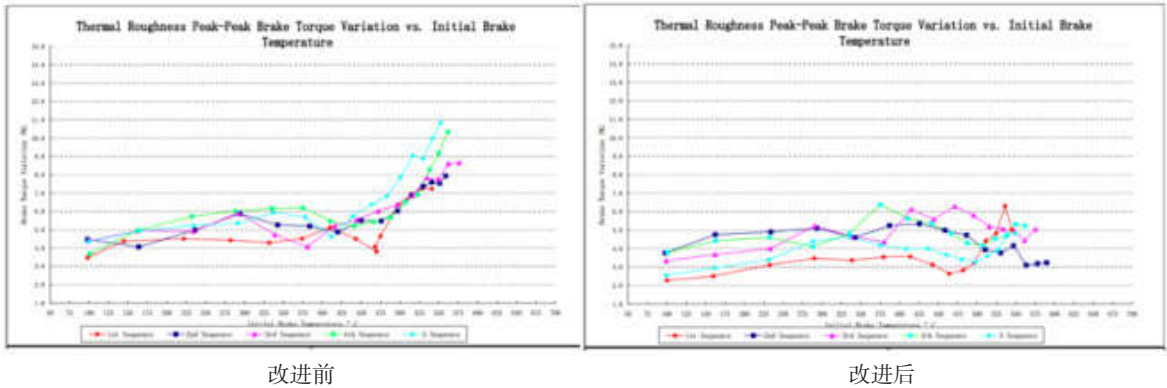


图5

增加合金元素Cu、Cr、Sn改进后的制动盘,制动力矩波动较平缓,在5个试验循环制动15次过程中,BTV(制动力矩波动)在7%以下,明显小于改进前的11%。

增加合金元素改进后的制动盘分别装于4辆车,通过了100%PH1+100%PH2的67000km整车耐久道路试验验证,制动抖动问题得到解决。

结束语

BTV(制动力矩波动)台架试验是评价制动系统的制动性能指标之一,对开发前期的制动评价有参考作用。

制动盘厚薄差(DTV)、制动面端跳(SRO)两个

参数对制动性能有较大的影响,因此管控制动盘厚薄差(DTV)、制动面端跳(SRO)的影响因素对解决制动抖动问题至关重要。

参考文献

- [1]刘德友,曾炜,撒韶峰.汽车典型零部件的铸造工艺设计探索——评《汽车典型零部件的铸造工艺》[J].铸造,2021,70(9):1137.
- [2]姚怀新.工程车辆牵引动力学概述及其研究回顾(9)[J].筑路机械与施工机械化,2005,22(11):63-64.