

制动抖动测试误区和解决方向

朱亚伟, 李虎本, 黄巨成

(奇瑞商用车(安徽)有限公司, 芜湖 241000)

摘要: 随着汽车动力性能的提升和道路建设的发展, 制动抖动尤其是高速制动抖动问题凸显, 客户越来越关注。目前设计初期模拟试验主要为 DTV 和 BTV 评价, 因设计变更周期和变更成本问题, 一般出现 DTV 增生和 BTV 超差都会选择刹车片制造商解决, 但是在长期试验积累中发现, 刹车片对于抖动的贡献不大。我们的 DTV 和 BTV 评价出现了方向性错误。

关键词: 制动抖动; DTV; BTV

1 引言

随着客户对舒适性要求的提高, 噪音和抖动问题成为各个汽车厂关注的焦点问题。随着高速公路网的发展和车辆动力性能的提高, 制动效能也在提高, 制动抖动问题引起了越来越多的关注。

现阶段下对于抖动的前期评价主要是通过台架试验的 DTV 和 BTV 程序进行。目前该实验程序都是作为刹车片的开发试验。

在抖动问题处理中经常出现思维定式, 将问题交由刹车片制造商解决, 导致验证周期拉长, 问题却得不到很好的解决, 导致了解决抖动问题的时间跨度大, 降低了客户满意度。其主要原因就是在解决问题的过程中出现了方向性错误。

2 制动抖动概述

2.1 制动踏板抖动

制动时的制动踏板反馈“顶脚感”, 类似于紧急制动时 ABS 触发后工作时对踏板的反馈, 但是幅度一般较小, 且为稳态频率, 随着车速降低频率逐渐降低, 降低到某个频率区间后消失。

制动抖动主要发生在一定车速以上, 中低或中等强度制动条件下发生。

2.2 方向盘抖动

制动时导致方向盘发摆现象, 俗称方向盘“打手”, 一般是通过转向羊角传递到转向器产生一定频率的方向盘振动, 此现象一般在制动速度为 80~120 km/h 时产生

的较多。

转向盘振动形式以摆振为主 (nibble), 同时可伴随有纵向、横向平动 (shake)。

2.3 车身系统抖动

制动减速度的波动, 即在恒定力制动条件下, 预期得到一个稳态恒定的制动减速度 (ABS 未触发条件下), 而车身在行驶方向产生了窜动或耸动, 导致了制动舒适性降低。

3 制动抖动分类

(1) 制动温度大于 200℃ 的制动热抖动。热抖动通常指车辆在冷车制动时, 不出现抖动问题, 当连续多次制动时, 导致制动系统发热和升温, 才出现的制动抖动现象, 并伴随着制动次数的增加而剧烈, 在制动系统冷却后, 热抖动现象消失。

热抖动主要发生在高速制动或中速循环制动 (不停车) 工况下, 通常在车速 60 km/h 以上的轻或中度制动。

(2) 制动温度小于 200℃ 的制动冷抖动。

(3) 异常因素引起的制动抖动。通常的异常因素包括: 制动盘破损或夹杂有杂质, 过水时候的抖动, 拖曳磨损、腐蚀、锈蚀和电化学腐蚀等引起的抖动。

通常情况下, 制动抖动由冷抖动与热抖动组合而成, 二者相互耦合、共同作用。

4 制动抖动分析

因异常抖动成因复杂, 现只对制动抖动分类 1 和分类 2 原因进行分析。

4.1 制动的热抖动

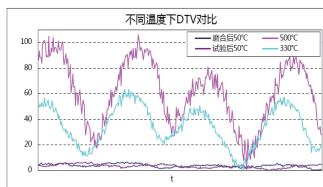


图1 某国产制动盘在不同温度下的DTV数据

图1所示为某国产制动盘在不同温度下的DTV数据。

50℃工况下的DTV为 $6\mu\text{m}$ ；330℃工况下的DTV为 $64\mu\text{m}$ ；500℃工况下的DTV为 $106\mu\text{m}$ ；冷却50℃工况下的DTV为 $6\mu\text{m}$ 。

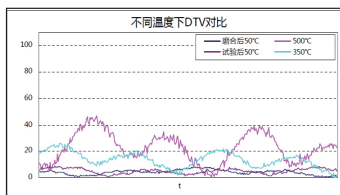


图2 某外资制动盘在不同温度下的DTV数据

图2所示为某外资制动盘在不同温度下的DTV数据。

50℃工况下的DTV为 $7\mu\text{m}$ ；350℃工况下的DTV为 $26\mu\text{m}$ ；500℃工况下的DTV为 $46\mu\text{m}$ ；冷却50℃工况下的DTV为 $8\mu\text{m}$ 。

通过以上两组数据，可以确定制动盘DTV在高温下普遍存在增长，即厚薄差在高温下存在变形，在温度恢复后该变形消失，DTV恢复。

我们再以该国产制动盘为例分析DTV和BTV的关系图（图3）是在500℃下进行的BTV监控。

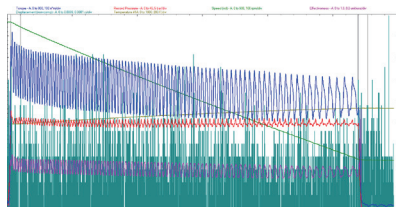


图3 某国产制动盘在500℃下的BTV监控

图3中平均力矩约为 $570\text{N}\cdot\text{m}$ ，力矩（蓝色）波动幅度约为 $240\text{N}\cdot\text{m}$ ，其力矩波动高达42.1%，已经超出小于10%的常规评价标准范围。

另外图3中还可以发现压力（红色）也出现了波动，且压力的波动和力矩的波动一致。该压力波动随着车速的降低其波动频率变小，说明压力波动与压力输出设备无关，与车速相关，车速越低压力波动频率越小。能导致这种情况产生的只有制动盘的周向运动，即每到刹车盘DTV高点管路压

力瞬时增加，DTV低点管路下压力减小。

在高温DTV和管路压力共同作用下，BTV的力矩波动加剧，导致高温高速下的制动抖动。

4.1制动的冷抖动

高温的DTV经过反复验证，DTV的高温增生转化为DTV的永久增生，形成热斑，如图4所示。



图4 DTV高温增生转化形成热斑

高温下制动盘厚薄差发生变化，形成DTV，在制动过程中DTV的高点优先跟刹车片接触并产生摩擦，从而使局部温度过高形成“热斑”，并导致低温和低速下制动抖动，热斑是比较明显的一种刹车盘DTV永久增生。

5 综合分析

已知DTV会导致BTV产生，综合分析高温下的DTV和BTV不难发现，随着温度增长DTV和BTV同步增长，可以看出在BTV增长过程中DTV因素为强相关因素。而高温下反复的DTV增生，会生成永久的DTV增生导致常温下的BTV波动产生低温低速抖动。

但目前评价DTV和BTV的试验方法和评价标准，都是针对刹车片设计的，其中不乏全球知名的车企，如通用的《GMW14985-2006》。标准的缺失和设计试验的传承，导致了整车设计前期对于制动抖动评价的不充分，只能通过后期整车路试来判定，不能有效地在开发初期规避制动抖动。

6 结语

通过对制动抖动问题的重新分析，循序渐进地剖析故障真因，发现了高温下DTV和BTV的关系，以及高温下DTV和常温下DTV关系，综合分析了制动盘在制动抖动中的影响因素。虽没有排除刹车片对抖动的影响，但确定了制动抖动的强相关因素。

通过此过程总结：针对现有问题不能以“传承”的思想去解决，应在长期的试验和验证过程中，在理论的支持下改变问题解决思路，制定合理的试验方法及评价标准。基于这种方法，才能找到有效的解决措施和方案，提高客户满意度。希望通过本文的改进思路给从业者一定的指导作用。