客车前轮摆振的故障分析

金懿凡，陈 啸
（金龙联合汽车工业(苏州)有限公司，江苏 苏州 215026）

摘 要：介绍某大型客车行驶时前轮摆振的故障因素及诊断过程，并通过调整前轮前束值有效地解决了车辆摆振问题。

关键词：客车；前轮；摆振故障；定位参数
中图分类号：U461.6+1 **文献标志码**：A **文章编号**：1006-3331(2022)05-0036-03

Fault Analysis of Front Wheel Shimmy of a Coach

JIN Yifan, CHEN Xiao
(Higer Bus Co., Ltd., Suzhou 215026, China)

Abstract: This paper introduces the fault factors and diagnosis processes for the front wheel shimmy for a large coach when running. The vehicle shimmy problem is solved effectively by adjusting the toe value of the front wheel.

Key words: coach; front wheel; shimmy fault; position parameter

前轮摆振是车辆常见的行驶振动问题，是指车辆前轮与转向机构及拉杆组成的系统绕主销的摆动、前桥绕汽车纵轴的振动的合成运动[1]。具体表现为客车在干燥平整路面上直线行驶时方向盘频繁摆动。影响前轮摆振的因素很多，其中前轮定位参数是最重要的因素之一[2-3]。某 11 m 大型客车在干燥、平整路面上以 80 km/h 及以上车速直线行驶时，出现方向盘小幅度低频摆动故障。本文对此故障进行因素分析和具体诊断。

1 前轮摆振故障因素分析

该车前轮摆振发生在车速 80~100 km/h，摆振的幅值随着车速的提高而增大。因此可确认该摆振是由外界周期变化的激振力作用于系统产生的受迫振动。

周期变化的激振力和力矩会导致前轮发生摆振，主要有 4 个影响因素：① 由车轮的不平衡质量产生的离心惯性力的水平分力对主销中心的力矩[4]；② 车轮的陀螺力矩；③ 悬架与转向杆系的运动干涉；④ 前轮定位参数不正确导致的轮胎侧向力不平衡[5]。其中前两项因素导致的前轮摆振会随着车速的升高而增大，因而这两项因素引起的摆振常常出现在车辆高速行驶过程中。另外，由于车辆在高速行驶时的侧向附着力相对于低速行驶时会减小，使得轮胎在相同的侧向力作用下，轮胎侧偏角相比低速行驶时偏大。因此，当前轮定位参数设置不当时，更容易产生前轮摆振，且摆振的幅值会随着车速的提高而增大。

2 前轮摆振故障具体因素诊断

本文采用排除法进行具体因素诊断。

2.1 排除车轮动不平衡因素

采用德国 HOFMANN 980L 型动平衡机对车辆前轴的两个轮胎重新进行动平衡测试。根据企业相关标准要求，动不平衡量应小于等于 50 g。将重新做完

收稿日期：2022-07-14。

第一作者：金懿凡(1996—)，男，助理工程师；主要从事客车 NVH 问题分析工作。E-mail：jinyf@higer.com。
通讯作者：陈 啸(1987—)，男，工程师；主要从事客车底盘总布置设计及行驶系统零部件设计工作。E-mail：345743720@qq.com。

满足动平衡要求的两个轮胎安装到车辆前轴上。经路试，故障依然存在。因此，排除由于车轮不平衡质量过大引起前轮摆振。

2.2　排除车轮的陀螺力矩因素

汽车行驶时，可把转动的车轮看成是一个转子，而绕主销转动的转向节视为该转子的框架，从而构成一个二自由度的陀螺。如果车轮行驶在波形路面上（如搓板路），则车轮持续上下跳动，其陀螺力矩将使其持续不停地摆振[6]。故障车辆是在平整路面行驶时出现前轮摆振故障，故可排除由于车轮的陀螺力矩引起前轮摆振。

2.3　排除悬架与转向杆系运动干涉的因素

该车型为板簧悬架，对板簧悬架导向机构的运动轨迹与转向纵拉杆的运动轨迹进行复核，校核结果为前轴上跳时转向系统与悬架系统运动干涉量最大值为 3 mm，前轴下跳时转向系统与悬架系统运动干涉量最大值为 4.6 mm，干涉量符合设计要求。同时，由于该车型摆振故障发生在平整路面上中高速直线行驶时，此时转向和悬架的相对运动量较小，故可以排除悬架与转向杆系运动干涉导致前轮摆振。

2.4　初步判定为前轮定位参数不正确的因素

该车的前轮定位参数的设计值为：主销内倾角 7°、主销后倾角 3°、车轮外倾角 1°、前轮前束值 1～3 mm。在对该车辆进行前轮定位参数检测中发现前轮前束值为 0，与设计要求不符，其他参数都相符。

对该车进行前轮摆振测试，加速度传感器布置在方向盘上，如图 1 所示。试验工况为车辆在干燥平整路面上 40～100 km/h 的匀加速行驶，记录测试点加速度值。试验结果如图 2 和表 1 中第 2 列所示。

图 1　前轮摆振测试

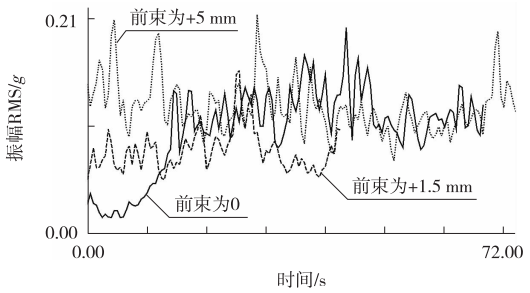

图 2　三种不同前束值的方向盘振动时域图

表 1　车速 100 km/h 时方向盘测点的振动最大加速度 *g*

测点方向	前束为 0	前束为+1.5 mm	前束为+5 mm
X	0.279	0.104	0.146
Y	0.192	0.152	0.181
Z	0.463	0.198	0.187

根据图 2 方向盘振动时域图可以看出，高速行驶时方向盘振动加速度随着车速的提高明显增大，在车速达到 100 km/h 时方向盘的振动加速度最大，高速稳定性较差。因此，初步判定前轮摆振是由于定位参数设置不正确导致的。

2.5　故障因素的确认及消除

将该车的前轮前束调整为+1.5 mm，再次进行前轮摆振测试，试验方法与前次相同，试验结果如图 2 及表 1 中第 3 列所示。结果显示，前束值调整为+1.5 mm 后，高速行驶时方向盘振动明显降低。

为进一步了解前轮不同前束值对于前轮摆振的影响，再将该车辆的前轮前束调整为+5 mm（由于该车设计的理论前束值范围为+1 mm 至+3 mm，且过大的前束值会导致前轮胎异常磨损，故+5 mm 的前束值仅用作测试研究，不作为正常车辆设置使用），再次进行前轮摆振传递测试。试验方法与前两次相同，试验结果如图 2 和表 1 中第 4 列所示。

与 0 前束对比可以发现，+5 mm 前束在高速下振动明显更小，原因是更大的束角带来更大的车轮侧向力矩，使得车辆高速稳定性更好。但是更大的车轮侧向力矩使得任意车速下车轮的陀螺力矩都更大，使得车辆在中低速时的表现与+1.5 mm 前束相比有明显差距，方向盘振动反而更大。

2.6　前轮前束的影响机理

前轮前束对于转向轮和转向机构及转向拉杆绕主销摆动的振动系统的影响体现为改变了作用于轮

胎上的侧向力。由于车轮外倾角和前轮前束的存在，轮胎胎面与地面并不是完全平行的，故车辆未受到外界侧向力作用且在平整路面直线行驶时轮胎上一直存在一个由外倾角和前束角产生的常侧向力。因此，前轮前束值设置不当会改变车轮外倾角与前束角的匹配关系，使得作用于轮胎上的常侧向力大小发生变化，最终体现为摆振系统的刚度和阻尼的变化，从而导致摆振系统的振动特性发生变化，在某些工况下便会出现前轮摆振。所以，车辆前轮摆振对于前轮前束值的设置较为敏感[2]。

3 结束语

本文主要介绍了某大型客车前轮摆振故障的排除过程。通过前轮摆振测试确认了前轮前束值设置不正确是导致前轮摆振故障发生的原因，为前轮摆振故障的排除提供了一种解决思路。

参考文献：

[1] 孙乐. 考虑主销间隙的转向轮摆振的非线性特性研究[D]. 长沙：湖南大学，2011.

[2] 闵永军，陈晔，陈宁. 前轮定位参数对汽车前轮摆振的影响[J]. 南京林业大学学报（自然科学版），2001，25(6)：38-40.

[3] 郭孔辉. 轮胎动态侧偏特性对汽车摆振的影响[J]. 汽车技术，1995(4)：1-6.

[4] 顾缺. 考虑转向系间隙的汽车前轮摆振系统研究[D]. 合肥：合肥工业大学，2007.

[5] 宋健，管迪华. 前轮定位参数与轮胎特性对前轮摆振影响的研究[J]. 汽车工程，1990(4)：13-25.

[6] 张洪欣. 汽车系统动力学[M]. 上海：同济大学出版社，1996：85-90.

（上接第 24 页）

[2] 冯骁，上官文斌，邓建向，等. 发动机前端附件驱动系统布局分析与计算[J]. 内燃机学报，2016(1)：87-95.

[3] 方新亮. 发动机前端轮系弹性皮带系统振动噪声的研究[D]. 镇江：江苏大学，2018.

[4] 岳小平. 柴油机前端附件驱动系统的优化设计[J]. 柴油机设计与制造，2012(3)：21-24.

[5] 谢有路，刘彤，罗俊，等. 基于 Simdrive 的发动机前端轮系分析及优化[J]. 汽车实用技术，2016(6)：69-71.

[6] 程市，曾超，于超，等. 基于某发动机 FEAD 张紧臂摆角大的原因分析及优化[J]. 农业装备与车辆工程，2019(7)：83-87.

[7] 王景新，曾超，程市. 发动机前端附件驱动系统试验研究及影响因素分析[J]. 柴油机设计与制造，2020(2)：4-9.

[8] 陈志龙. 发动机前端附件驱动系统的设计与实测分析[D]. 广州：华南理工大学，2013.