

文章编号: 1002-7602(2010)03-0037-03

# 25T 型软卧车振动异常问题探讨

周 兴 建

( 长春轨道客车股份有限公司 技术中心, 吉林 长春 130062 )

摘 要: 针对 25T 型软卧车出现的振动异常问题, 排查了影响车辆振动的各种可能因素, 并通过理论与实际的分析, 最终确定了导致车辆振动的几种主要因素及产生的原因, 为消除这种异常振动提供了必要的理论依据。

关键词: 25T 型客车; 转向架; 振动; 频率

中图分类号: U 270.331 文献标识码: B

## 1 25T 型客车异常振动概述

25T 型铁路客车是 2004 年第 5 次铁路大提速时首次推出的新型直达旅客列车, 主要运行于国内各主要城市至北京区间, 运行速度多在 140 km/h~160 km/h 之间, 采用 CW-200K 型转向架。

近几年, 运用部门反映有些 25T 型软卧车在运行过程中偶有振动异常的现象, 主要表现在当车辆运行速度超过 130 km/h 以上时, 车辆的横向和垂向平稳性指标明显下降。从图 1、图 2 可见, 横向平稳性指标散点很大部分超过了 2.5, 垂向平稳性指标散点超过 2.5 的相对少一些。该问题集中表现在软卧车。这种异常的振动不仅严重影响旅客乘坐的舒适性, 也会造成车辆零部件发生松动, 引起过早疲劳, 对车辆的运行安全构成潜在的威胁。

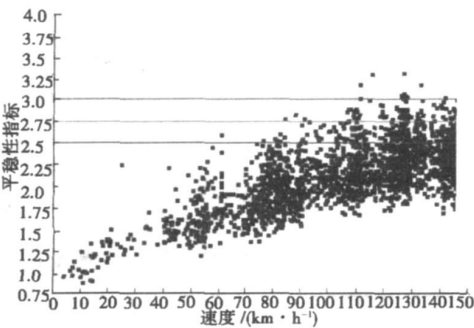


图 1 车体横向平稳性散点图

针对上述振动异常情况, 相关技术人员多次赴现场分析、处理和解决问题。本文综合分析了各次的处理情况, 通过对影响振动原因的排查, 找出了引起振动的真正原因。

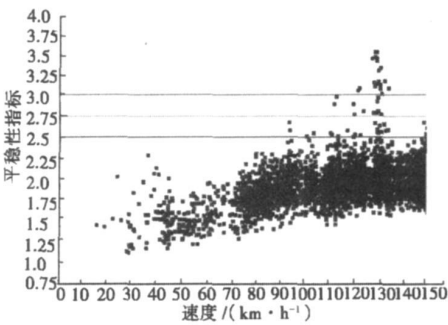


图 2 车体垂向平稳性散点图

## 2 振动原因分析

### 2.1 引起车辆振动的机理

车辆在轨道上运行时, 轨道、转向架、车体三者构成一振动耦合体。轨道不平顺激励源引起车辆系统强迫振动, 是车辆系统产生各种振动响应的主要根源。轨道、转向架、车体三者有各自不同的激励频率和固有自振频率, 当轨道激励频率、转向架运动频率与车辆系统相关的固有振动频率接近时, 可能因为共振而加剧车辆振动, 严重影响乘坐舒适性。

由于轨道的激励是随机的, 包含着较宽的频域, 并随着车速的变化而改变, 因而在某一速度区间发生与转向架和车体自振频率重合的概率是很大的, 这在车辆和转向架设计过程中是难以控制的。但将转向架和车体自振频率限制在各自范围内, 避免车辆运行中两者发生共振在设计中是可控制的。通常的方法是通过优选一系、二系悬挂的参数以有效避开车辆在常用速度范围内出现转向架和车体的共振点。如果设计中车体和转向架各自的固有自振频率比较接近, 一旦车辆运行过程中悬挂部件或轮轨的匹配关系发生轻微的变化, 很容易引发共振现象。

收稿日期: 2009-06-05; 修订日期: 2010-01-06  
作者简介: 周兴建(1958), 男, 高级工程师。

在车辆设计时通常要求转向架与车体的自振频率比值不小于 1.4。在车体和转向架振动模式计算分析时,车体的振动模式(下心滚摆、上心滚摆、车体摇头、车体浮沉和点头)及转向架的振动模式(构架横摆、构架点头和沉浮)各自所对应的频率应满足上述比值要求。车体的摇头、下心滚摆、上心滚摆及构架的横摆主要影响车辆的横向平稳性;车体和构架的浮沉和点头主要影响车辆的垂向平稳性;同时车体的下心滚摆和上心滚摆也对车辆垂向平稳性有一定的影响。

综上所述,引起振动的直接原因是某局部的振动频率发生了改变,导致轨道激励频率、转向架自振频率和车体固有自振频率发生共振。诱发频率改变的因素很多也很复杂,轮轨的相互作用、各种悬挂参数的变化等均对车辆的振动及振频的变化产生影响,但各自的影响程度不同,要想彻底弄清楚需要做大量的相关分析和试验工作。

之所以软卧车发生振动的情况比较多,从理论上分析其原因为车体和转向架之间的固有自振频率比其他车型要更为接近,以致在相同的外界条件下,其他车型没有反映出振动异常而在软卧车上却反映出来。由于诸多原因和条件所限,在此前的车辆设计过程中对车体和转向架的模式分析和试验方面的工作均没有开展,缺乏相关的技术支持,给分析和解决问题带来一定的难度。

## 2.2 影响振动的原因

### 2.2.1 轮轨间相互作用的影响

车辆在轨道上运行时,车轮直接与轨道接触,由于两者均为刚体,车轮在形状和尺寸上的任何微小变化均会对转向架的振动频率产生影响,且随车辆运行速度的提高变得更为明显。这一观点用下面的数学方程可以解析:

$$F_1 = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{\lambda}{aR_0 \left( \frac{a^2}{L_1^2} + 1 \right)}} \quad (1)$$

式中:  $F_1$  ——转向架蛇形运动频率, Hz;

$\lambda$  ——车轮踏面的等效锥度;

$a$  ——轮对左右滚动圆横向跨距之半, m;

$R_0$  ——轮对标称滚动圆半径, m;

$L_1$  ——转向架的固定轴距之半, m;

$v$  ——车辆运行速度, m/s。

由上式可知,  $v$  对频率的影响是显而易见的,而  $\lambda$  和  $R_0$  均与车轮有关。当车轮的形状和尺寸变化时,改变了原有的轮轨作用频率,导致在某一速度段与转向架、车体的自振频率吻合,产生共振。

对哈尔滨、长春、沈阳几起振动异常车辆的分析处理结果也验证了上述观点。近几年相继接到哈尔滨、

长春和沈阳等车辆段 25T 型软卧车振动异常的报告,反映个别软卧车运行到一定时期后出现横向和垂向平稳性指标超标的情况,当速度达到 140 km/h 以上时表现得比较明显。

为了查明原因,对影响车辆平稳性的所有因素(轮对、一系悬挂中的轴箱弹簧、橡胶定位节点、轴箱减振器,二系悬挂中的空气弹簧、横向减振器、抗蛇行减振器、抗侧滚扭杆、牵引拉杆橡胶节点,影响车轮轴距的构架上“V”形槽的横向和纵向尺寸)均进行了一一排查。最终结果为除了车轮和减振器超出标准要求外,其他均满足标准要求。车轮存在的问题:一是同一轮对滚动圆直径差过大(实测在 2 mm~4 mm 之间);二是车轮滚动圆圆度超标(实测在 1.2 mm~1.8 mm 之间)。减振器存在的问题主要是个别垂向减振器泄漏,部分垂向、横向和抗蛇行减振器不同程度地存在阻尼力下降或拉、压阻尼力严重不对称问题,其中以垂向相对较多,横向和抗蛇行偶有发生。找出原因后,通过重新旋修轮对、更换合格减振器,车辆重新上线运行后振动异常情况消失。综上所述可以得出如下结论:

(1) 车轮同一轮对轮径差超差,两车轮的滚动圆直径不同,使车轮不是沿直线方向滚动,而是以蛇行方式滚动,这是造成车辆横向平稳性指标下降的主要原因。

(2) 车轮滚动圆圆度超差,使车轮呈现椭圆或车轮某局部圆周上存在缺陷,这是造成车辆垂向平稳性指标下降的主要原因。

(3) 减振器失效并非引起车辆异常振动的主要原因。理论分析和相关的试验表明,当车辆运行速度不超过 160 km/h 时,个别垂向和抗蛇行减振器失效对车辆运行的平稳性影响并不大,而横向减振器对横向平稳性的影响相对大一些,但并不十分明显。通过现场观察,失效的减振器多数位于车轮出现问题的部位。因此,可以认为是车轮问题引发车辆振动,加速了减振器的失效。

另外根据运用部门反映,在没有查清车轮引起车辆振动的原因之前,以为是泄漏的垂向减振器导致车辆振动,为此更换了新的减振器后车辆重新上线运营。但结果是车辆振动不但没有消失,而且新换的减振器也出现了泄漏现象。经过实测分析,泄漏的减振器所在的部位正是轮径差超差最严重的部位,由此验证了上述结论(3)的观点。

### 2.2.2 抗侧滚扭杆的影响

在所处理的振动异常车辆中,除了车轮因素外也有抗侧滚扭杆的影响,但不是普遍现象。之所以在本文中进行剖析,目的是在排查影响车辆振动的各种因素中不能忽略抗侧滚扭杆作用。抗侧滚扭杆的主要功

能是车辆通过道岔和曲线时防止车辆发生侧滚,但与此同时在转向架和车体之间附加了不必要的约束,给车辆在直线上运行带来负面影响。

抗侧滚扭杆导致车辆振动的主要原因分析如下:

在对车辆进行 A3 修时,按规定规定要对扭杆端轴的尼龙套进行更新,该尼龙套设计要求与扭杆轴端之间为间隙配合(见图 3),但压入弹性衬套后使尼龙套内径变小,造成尼龙套与扭杆端轴之间原有的间隙配合变为过盈配合,限制了扭杆相对于构架安装座之间的转动,使构架的振动通过安装座、扭杆、扭臂和连杆直接传到了车体。

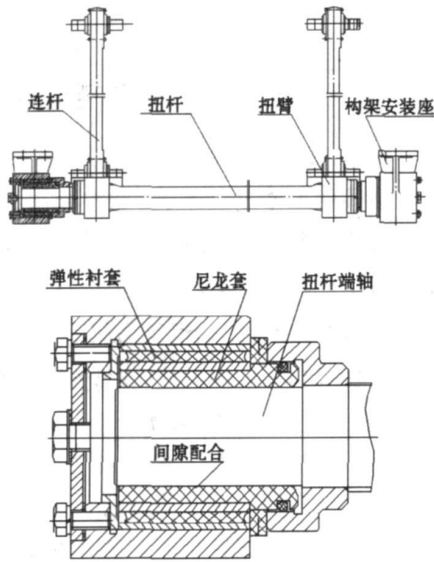


图 3 扭杆端轴尼龙套

3 车轮问题产生的原因

由于车辆运行过程中车轮始终与轨道刚性接触,工作条件相对比较恶劣,加之线路条件、车轮的制造工艺及各种综合因素的共同影响,使车轮在使用过程中出现各种问题的概率比较大,原因也比较复杂。

3.1 同一轮对轮径超差的原因

同一轮对轮径超差的原因很多,而且比较复杂,综合起来主要包括以下几点:

(1) 车辆偏重或偏载,导致车体重心偏向一侧,使两车轮承受的载荷不一致,造成载荷重一侧的车轮磨损相对载荷轻一侧的车轮要严重。

(2) 转向架落成时,两车轮内侧面与构架基准块之

间间隙差超差严重,导致车辆重心与轮对重心不重合并向一侧偏移,造成两车轮承受的载荷不一致。

(3) 同一轮对上两车轮的橡胶定位节点刚度相差过大,造成车辆运行时两车轮与轨道的作用力不平衡。

(4) 车辆频繁通过曲线,且过曲线时车辆同一侧的车轮始终处于曲线的内侧或外侧。

(5) 车辆通过不同半径曲线时,没有按各自规定的速度运行,导致外轨出现不平衡超高(过高或欠高),这种不平衡超高产生的向心力或离心力使车轮产生偏载。

3.2 车轮滚动圆度超差的原因

由于出现车轮滚动圆度超差原因的复杂性,以及影响因素的多样性,迄今为止其长期的磨损行为和导致车轮半径减小的机理还不完全清楚。目前所掌握的引起车轮滚动圆度超差的主要原因有:车轮的初始不同心和质量不平衡,车轮材料和硬度的周向不均匀特性,运行的线路条件,轮轨垂向载荷的周期性波动,轮轨纵向载荷的周期性波动,如轮轨黏滑振动、制动防滑器的动作,车轮在轻度擦伤、剥离不超标的情况下继续运用等。

4 结束语

从现象上看引起振动的主要原因是车轮问题,但实质上还是在于转向架构架和车体的自振频率是否满足规定。如果两者很接近,外界条件(如线路条件,轮轨作用,一系、二系悬挂参数)的轻微变化均会导致转向架构架的自振频率和车体的自振频率在某一速度段相吻合导致共振;反之,如果构架和车体各自的自振频率相差较大,即使外界条件发生轻微变化也不会引起共振。

基于上述考虑,首先应对车辆进行自振特性和模态试验,以确定转向架构架和车体模态及自振频率。根据测试结果,对一系、二系悬挂参数重新进行优化,同时研究客车系统的自振特性和随机振动特性,全面掌握客车系统的振动性能以及各参数的影响,并将试验研究和理论研究相结合,提出改善 25T 型客车振动性能的建议。

参考文献:

[1] 池茂儒,张卫华,曾 京,等.铁道车辆振动响应特性[J].交通运输工程学报,2007,7(5):6—11.

(编辑:任 海)

欢迎订阅《铁道车辆》! 欢迎在《铁道车辆》上发布广告!

Technology Center of Tangshan Railway Vehicle Co., Ltd., Tangshan 063035, China)

**Abstract:** Through the analysis of the characteristics and difficult points of the manufacture technology in the project of DMUs exported to Ghana, a lot of technological and technical equipment are designed, many technological tests are carried out, in the mean time, the technological scheme of the main manufacture procedures is determined.

**Key words:** Ghana; DMUs; overall technology; design

**Development of SYS640G Air Springs Exported to India**  
DU Shang

(male, born in 1980, engineer, Vibration Absorption Department of Qingdao Sifang Rolling Stock Research Institute Co., Ltd., Qingdao 266031, China)

**Abstract:** Described are the main technical requirements, structure design, finite element analysis, type test results of the SYS640G air springs and the operation of low quantity on vehicles.

**Key words:** CK406 bogie; SYS640G air spring; loading capacity; belt type air bag; stiffness

**Development of Meter Gauge Bogies Exported to Madagascar**  
YANG Zhi-meng, et al.

(male, born in 1970, senior engineer, Technical Center of Ji'nan Rail Traffic Equipment Co., Ltd., Ji'nan 250022, China)

**Abstract:** Described are the main technical parameters, structure features, relevant calculation and testing of meter gauge bogies exported to Madagascar.

**Key words:** freight car bogie; technical parameter; structure; test

**Design of Ground Power Supply Monitoring and Data Collection System for Passenger Cars**  
YAO Chuang

(female, born in 1974, engineer, Lanzhou Depot of Lanzhou Railway Bureau, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The composition and working principles of the ground power supply monitoring and data collection system for passenger cars are described, and the system benefit is estimated.

**Key words:** inspection and repair; ground power supply; monitor; data collection

**Discussion of Defects existing in Wheelset Flaw Detector**  
ZHEN G Guo-sheng

(male, born in 1960, engineer, MOR Acceptance Office for Rolling Stock in Harbin, Harbin 150056, China)

**Abstract:** The uneven distribution of UV Irradiance on the full axle in the course of the UV Irradiance detection by the CJW-3000III fluorescent magnetic powder flaw detector for wheelsets as well as the fairly high error rate of the computer-controlled supersonic automatic flaw detector for wheelsets is analyzed. And relevant measures are put forward.

**Key words:** axle; magnetic powder flaw detector; UV Irradiance; supersonic flaw detector; error rate

**Discussion of Abnormal Vibration of 25T Cushioned Berth Vehicles Cars**  
ZHOU Xing-jian

(male, born in 1958, senior engineer, Technical Center of Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., Changchun 130062, China)

**Abstract:** In view of the abnormal vibration appeared in 25T cushioned berth passenger cars, various possible factors affecting the vehicle vibration are investigated, through theoretical and practical analysis, several main causes to vehicle vibration as well as reasons for avoiding the causes are finally determined. Necessary theoretical basis is provided for avoiding the abnormal vibration.

**Key words:** 25T passenger car; bogie; vibration; frequency

**Analysis of Effect of Air Spring Performance Conditions on Operation Quality of Vehicles**  
BAO Chong yuan

(male, born in 1983, engineer, Kunming Depot of Kunming Railway Bureau, Kunming 650010, China)

**Abstract:** The effect of air spring performance conditions on operation quality of vehicles is analyzed. The suggestion and measures for improvement are given.

**Key words:** air spring device; trouble; operation quality; ride comfort

下 期 要 目

基于 IIW 标准的 C<sub>80</sub> 型敞车上心盘座疲劳失效  
研究及改进验证  
城市轨道交通列车故障运行模拟计算研究  
GS<sub>70</sub> 型浓硫酸罐车的研制  
三层运输汽车专用车的研制

CL242 型客车转向架  
上海 A 型地铁铝合金车体结构设计  
装用 CW—200 型转向架的 25K 型客车加  
装架车提吊装置方案  
AM96 型转向架落车工艺介绍