

33-38

第18卷第2期

上海铁道大学学报(自然科学版)

Vol. 18, No. 2

1997年6月

JOURNAL OF SHANGHAI TIEDAO UNIVERSITY (Natural Science)

Jun., 1997

# U271.011 209HS 准高速双层客车动力学 试验研究与分析\*

顾才康 沈培德

(上海铁道大学轮轨研究所)

**摘要:**通过对 209HS 准高速转向架一系列动力学试验的分析与理论研究的比较,证实了轴箱定位器由 I 型改为 III 型的有效性和部分旁承支重对抑制转向架蛇行运动的可行性。对该客车车体结构及转向架参数设计的合理性作一评价,并分析了在 180 km/h 运行时平稳指标上升较快的原因,最后提出改进意见,为准高速客车设计提供参考。

**关键词:**机车车辆,准高速列车,动力学,测试

**分类号:**U270.11

铁路客车试验

\*

\*

\*

## 1 引言

209 系列转向架是铁道部浦镇车辆工厂联合国内高等院校和科研单位完全依靠国内自己的技术力量研制出来的系列产品,其中包括 209C-D, 209-T, 209-P, 209PK 型和最新研制的 209HS 型。209HS 的研制成功使 209 系列走上了一个更新更高的台阶,它是在 209PK 型转向架基础上改进设计而成的。其主要特点是:轴箱定位改为无磨耗的 III 型橡胶堆定位器,吊杆加长;采用无磨耗的碗形橡胶堆关节;采用旁承支重。除以上改进外,209HS 转向架还采取了取消空气弹簧阻尼孔、加装二系垂向减振器、减小一系轴箱弹簧刚度、加装一系垂向减振器以及增加轴箱弹簧垫的柔性等措施。其目的是为了抑制轮对的蛇行运动,降低车辆的自振频率,减少转向架与车体的振动耦合。209HS 转向架轴箱定位刚度从 8 种方案(见表 1)中经计算机仿真计算后,筛选出 A、B、C 三类定位刚度。图 1 为 8 种轴箱定位刚度及不同踏面等效锥度( $\lambda$ )下的临界速度( $V_{cr}$ )计算机仿真结果。表 2 给出了 209HS 和 209PK 转向架参数。

表 1 209 HS 转向架 8 种轴箱定位刚度

MN/m

方 案	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_{px}$	8.858	10.615	13.860	14.708	17.338	22.785	26.739	34.358
$K_{py}$	3.797	4.590	5.298	6.626	8.198	10.014	12.173	14.212
$K_{pz}$	1.072	1.226	1.386	1.598	1.788	2.058	2.316	2.614

注:  $K_{px}$  为每轴箱一系纵向刚度;  $K_{py}$  为每轴箱一系横向刚度;  $K_{pz}$  为每轴箱一系垂向刚度。

\* 国家“八五”攻关项目

收稿日期:1996-09-10

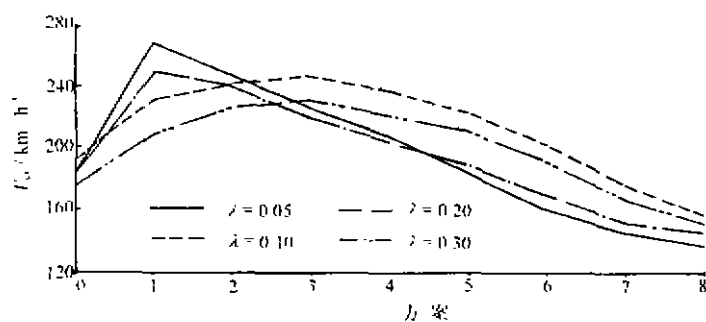
图 1 不同  $\lambda$  值时 209HS 型转向架 8 种轴箱定位刚度的蛇行运动临界速度

表 2 209PK 和 209HS 轴箱定位刚度					MN/m
轴箱定位刚度	209HS (1994 年)			209PK	209HS (1992 年)
	A	B	C		
$K_{px}$	9.40	12.10	14.00	20.00	9.34
$K_{py}$	3.20	4.80	5.70	20.00	3.86
$K_{pz}$	1.196	1.386	1.516	1.426	1.02
二系横向刚度 (车体一侧)	0.352	0.352	0.352	1.074	0.352

注: 209HS(1992 年)试验时实测值为:  $K_{px} = 3.6 \text{ MN/m}$ ,  $k_{py} = 2.8 \text{ MN/m}$ 。

1994 年 4 月, 209HS 转向架在铁道部科学研究院的环形线上作初步动力学试验。在此以前, 即 1992 年 7 月, 209HS 转向架在环形线上已进行过动力学试验, 当时安装的是 I 型橡胶堆定位器, 尺寸较大; 实际测定时, 发现轴箱转动而降低了定位刚度 ( $K_{px} = 3.6 \text{ MN/m}$ ,  $K_{py} = 2.8 \text{ MN/m}$ )。后经尺寸改小、定位点提高到车轴线高度上的定位器称为 III 型。III 型定位器消除了轴箱转动, 故其实际定位刚度较 I 型要高。在一定的定位刚度范围内, 定位刚度较大时, 转向架稳定性较好, 但曲线运行阻力会增加, 车轮磨耗亦会增大。

## 2 动力学试验的目的及概况

1994 年 4 月在环形线上进行的动力学试验的目的是为了验证以下问题: ①定位器 I 型改为 III 型后的效果; ②定位刚度 A、B、C 的优选; ③部分旁承支重的可行性; ④理论仿真结果的实践验证; ⑤ 180 km/h 速度运行时暴露的问题。

试验线路为大环, 曲线半径为 1432 m, 超高 130 mm ~ 135 mm, 60 kg/m 长钢轨。列车为 7 节双层客车编组, 由东风<sub>11</sub>型内燃机车牵引, 最高试验速度为 183 km/h。平稳性指标采用英国进口的 MK II 型旅客乘坐舒适度指标仪测量; 车体加速度测量使用日本进口的共和加速度传感器和动态应变仪, 用 TEAC-14 型磁带仪记录。试验方法、测量点的布置及试验车辆随机采样等按中华人民共和国国家标准 GB5599-85<sup>[1]</sup> 执行。被试验车辆轴箱定位器刚度及旁承支重情况如下表 3 所示。

表3 被试车辆轴箱定位器刚度及旁承支重情况

车 辆	92053	10606	10607	10604	10611
	餐车	一等软座	一等软座	一等软座	高级包间车
轴箱定位刚度方案	A	B	C	A	A
旁承支重情况	100%	30%	100%	100%	100%

### 3 试验结果分析

209HS 型转向架研制成功后,共进行了四次动力学试验:

1.1992 年第一辆装有 209HS 型转向架的双层客车 SRZ25B10434 在沪宁线上进行了试验,最高试验速度为 100 km/h。其平稳性试验结果见图 2、3。

2.1992 年 7 月在北京环形线上,装有 I 型橡胶堆定位器的 209HS 型转向架的双层客车 SRZ25B10434 进行试验,最高试验速度 160 km/h。平稳性试验结果见图 4。

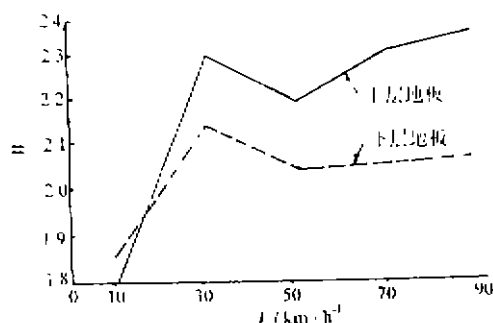


图2 在沪宁线上的垂向平稳性指标试验结果

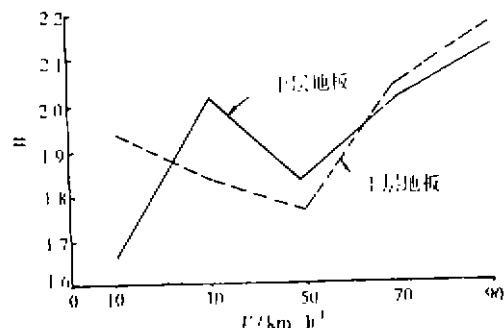


图3 在沪宁线上的横向平稳性指标试验结果

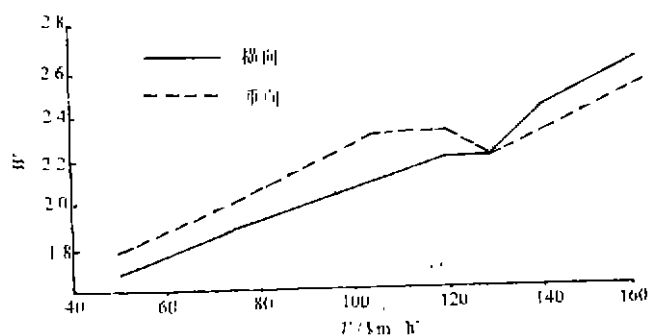


图4 209HS 转向架 1992 年在北京环形线上的平稳性试验结果

3.1994 年 4 月在北京环形线上,对装有 III 型橡胶堆定位器的 209HS 型转向架的双层列车进行了试验,最高试验速度 183 km/h,共测试了 5 辆装有 209HS 型转向架的双层客车。各型车的定位器情况见表 3。其平稳性试验结果示于图 5、6。

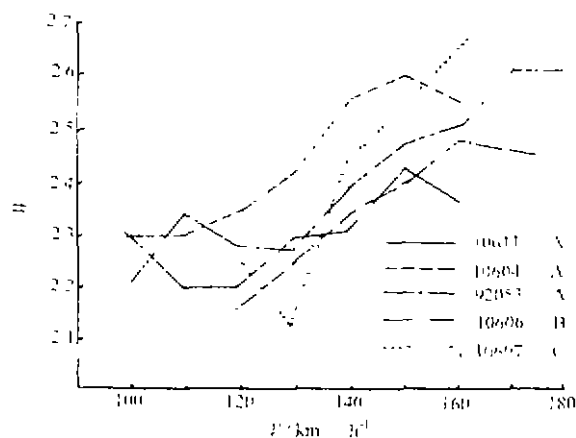


图5 209HS转向架1994年北京环形线上的垂向平稳性试验结果

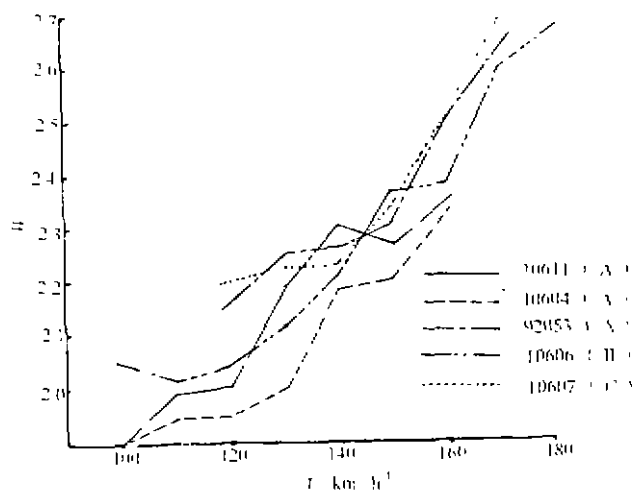


图6 209HS转向架1994年在北京环形线上的横向平稳性试验结果

4.1994年9~12月,采用209HS转向架的准高速双层客车(1列共11辆)在广深线上进行了动力学性能试验,最高速度为170 km/h。其平稳性指标试验结果见图7。

限于篇幅,本文没有列出各车实测加速度值。图8、9为10607车车体横向和垂向振动加速度功率谱图<sup>[2]</sup>。其它各车的振动加速功率谱均与10607车相似。

从5辆装有Ⅲ型定位器的被测车在160 km/h速度下的横向平稳性指标都小于2.5这一点可以看出,转向架的稳定性得到了提高。这主要是Ⅲ型定位器避免了轴箱转动对定位刚度的影响。而1992年装有Ⅰ型定位器的被试车在160 km/h时的横向平稳性指标超过2.6;其垂向平稳性指标与1994年试验时装有Ⅲ型定位器的被试车相当,均小2.5。由此可风,Ⅲ型定位器的改进设计是有效的。

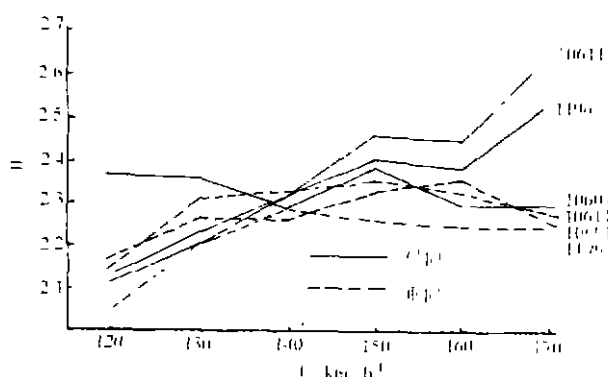


图7 209HS转向架1994年在广深线上的平稳性指标试验结果

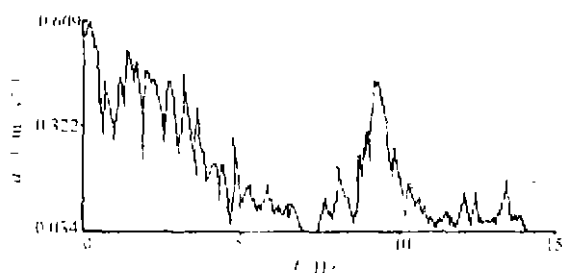


图8 10607车车体横向加速度功率谱图

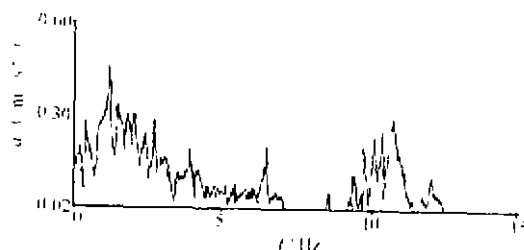


图9 10607车车体垂向加速度功率谱图

被试车的速度在160 km/h~170 km/h变化时,其横向平稳性指标上升较快,到180 km/h时达到2.68。分析其原因有两个:一是现有的定位器不论A类还是C类,定位刚度较低,不太适合用于160 km/h以上的速度;二是经计算和实测,速度在170 km/h左右时,车体的未平衡横向加速度达到了0.11 g。如吊杆长710 mm,则摇动台的横向移动量为78 mm,而横向档间隙只有50 mm左右,因此可能发生横向硬性碰撞,导致平稳性在速度超过160 km/h后急剧恶化。这在试验时能明显感觉到。这一现象估计在直线区段不一定会发生。但还是建议准高速客车横向档间隙为60 mm左右,再加15 mm的弹性压缩量,总移动量达75 mm左右。

从理论计算结果来看,在保证蛇行运行稳定性前提下,209HS转向架轴箱定位刚度不宜选大。优化结果为 $K_{px}=8.5 \text{ MN/m} \sim 12.0 \text{ MN/m}$ ,  $K_{py}=3.8 \text{ MN/m} \sim 5.3 \text{ MN/m}$ 较好。实测横向平稳性指标在160 km/h速度下的评价是装A类定位器的车辆最好,装C类定位器的车辆较差。至于装有A类定位器的餐车(92053)横向平稳性指标较差的原因,可能是由于偏重引起的。

5辆车在160 km/h时的垂向平稳性指标平均值为2.5左右,与1992年试验I型定位器时相当;但若去除III型中的C类定位器而只用A、B两类定位器时,其垂向平稳性指标小于2.5,较I型定位器为好。

装有弹性旁承(旁承支重30%)的10606车,其横向与垂向平稳性指标较全旁承支重的10611,10604,92053车相比处于中间地位。因此可以认为,部份旁承支重与全旁承支重的蛇行

稳定性能相当,两种方案均可采用。经理论研究,旁承摩擦力矩只要大于  $5.9 \text{ kN}\cdot\text{m}$  就有足够的摩擦力矩阻止转向架的蛇形运动,提高蛇行运动临界速度和运行平稳性(全旁承支重时,旁承摩擦力矩为  $17.2 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ,重车时为  $18.9 \text{ kN}\cdot\text{m}$ )。

从图 8、9 可以看出,10607 车其振动主要发生在低频段,约  $6 \text{ Hz}$  以内;但对于横向振动,在  $9.45 \text{ Hz}$  左右有一较大能量的振动,垂向振动在  $10.5 \text{ Hz}$  左右也有一较大能量的振动。以前对普通双层客车车体模态分析及试验结果是<sup>[3]</sup>;车体弹性振动的一阶模态横向有限元计算值为  $8.5 \text{ Hz}$ ,实测为  $8.6 \text{ Hz}$ ;垂向有限元计算值为  $11.39 \text{ Hz}$ ,实测为  $11.5 \text{ Hz}$ 。准高速用双层客车车体结构与普通双层客车车体结构基本相同,仅车门位置略有不同,故两者的一阶模态基本相同。因此,有理由认为,车体  $9.5 \text{ Hz}$  的横向振动和  $10.5 \text{ Hz}$  的垂向振动就是由转向架振动激振起来的车体一阶模态。因此在今后设计车体时,应将车体的弹性振动考虑进去。建议双层客车车体一阶模态应提高到  $13 \text{ Hz}$  以上,以提高客车的运行平稳性。

209HS 转向架轴箱定位刚度的选择原则是:应在满足蛇行稳定性前提下,采用较小值。这有利于车辆运行阻力的减小,尤其是曲线运行阻力的减小,以节约能耗<sup>[4,5]</sup>。

### 参 考 文 献

- 1 国家标准局. GB5599-85. 铁道车辆动力学性能评定和试验鉴定规范. 1985: 1~8
- 2 黄世霖. 工程信号处理. 北京: 人民交通出版社, 1986: 24~94
- 3 沈宏峻, 沈培德. 双层客车车体模态分析. 振动与冲击, 1992; 1(2): 78~81
- 4 王福天. 车辆系统动力学. 北京: 中国铁道出版社, 1984: 59~153
- 5 Vijay K Garg, Rao V Dukkipati. Dynamics of Railway Vehicle Systems. Ontario: Academic Press, Canada, 1984: 225~330

## Study and Analyses of Dynamic Tests of 209HS Quasi High Speed Double Deck

Gu Caikang Shen Peide

(Institute of Rail Wheel System, Shanghai Tiedao Univ.)

**Abstract:** By analysing and comparing a series of dynamic tests of the quasi high speed double deck with the model 209HS bogie, this paper proves that the model III axle box locator is effective for improving the ride performance of the carbody and partial load of the side snug is feasible for restraining the hunting of the bogie. It also gives an evaluation of the construction of the carbody and the parameters of the bogie, and analyses the reason that the ride index goes so rapidly when the speed of the train is up to  $180 \text{ km/h}$ . Finally, some practice proposals which can be referenced in designing high speed coaches are presented.

**Keywords:** locomotive and rolling stock, quasi high speed train, dynamics, test