

## 209HS 转向架客车高速动力学仿真计算

于卫东 曾宇清

**摘要** 应用美国 AAR 的 NUCARS 程序, 对 209HS 转向架客车在半径为 1 432 m、超高 190 mm 的环形试验线的高速试验进行了动力学模拟计算。计算中分析了高速 (210 km/h)、低速 (5 km/h) 时在各种不平顺条件下系统的响应, 明确了 209HS 转向架客车在速度达 210 km/h 时的欠超高及低速时过超高对行车安全的影响。

**关键词** 不平顺 高速动力学 仿真计算 209HS 转向架

## 1 引言

在 SS8 型电力机车牵引的速度达 210 km/h 的试验即将在半径为 1 432 m、超高 190 mm 的环形试验线运行前, 为明确试验编组中 209HS 转向架客车当速度达 210 km/h 时的曲线欠超高及低速时曲线过超高对行车安全的影响, 对 209HS 转向架客车用美国 AAR 的 NUCARS 程序进行了动力学计算。主要分析了低速 (5 km/h) 时车辆在不平顺、方向不平顺与水平不平顺组合条件下圆曲线上的动力学性能, 以及高速 (210 km/h) 时在高低不平顺、方向不平顺、水平不平顺及组合不平顺等条件下, 车辆在环形试验线上的动态响应。

## 2 模型及主要参数

计算中为使模型能充分反映 209HS 转向架的结构特点, 如摇动台结构、抗侧滚扭杆、全旁承支重等, 将研究对象分成车体、构架、摇枕、摇动台装置、抗侧滚扭杆装

置、轮对等 29 个刚体。除轮对只考虑浮沉、横摆、侧滚及摇头 4 个自由度外, 其余刚体还考虑点头或伸缩自由度, 模型的总自由度达到 136 个。各刚体之间连接单元数达 80 个。

通过对本模型的分析, 不但能得到车辆整体动力学性能, 还能仔细研究转向架局部结构参数对整车性能的影响。如抗侧滚扭杆在车辆通过曲线时的动作及其参数对车辆通过曲线性能的影响, 牵引拉杆位置、摇动台吊杆的长度、角度以及其橡胶节点的参数对车辆性能的影响等, 均能通过模型中对应的刚体及连接单元参数、类型的调整加以分析, 从而为转向架结构的改进、车辆动力学性能的提高提供有力的支持。

## 主要参数

转向架轴距	2.4 m;
轮径	915 mm;
一系悬挂纵向刚度/轮对	17.576 MN/m;

于卫东 铁道部科学研究院机辆所副研究员 北京 100081 (收稿日期: 1997-3-24)

## 4 结论

(1) 高速动力车车体铝合金顶盖焊接选用  $\phi 0.8$  Al 5% Mg 焊丝 (S331) 的 MIG 焊, 焊接速度快, 变形小, 未发现裂纹和气孔。

(2) 采取分阶段组焊工艺, 即蒙皮拼接→骨架组焊→蒙皮与骨架组焊, 减少了最后顶

盖组装焊缝数量, 达到了控制和减少焊接变形目的, 效果良好。

通过高速车铝合金顶盖的制作积累了一些经验, 为今后制作大型铝合金结构时, 能保证焊接接头质量、控制焊接变形奠定了基础。

一系悬挂横向刚度/轮对 5.976 MN/m;  
 轴箱垂直减振器阻尼系数 60 kNs/m;  
 二系悬挂垂向刚度/转向架 1.693 MN/m;  
 二系悬挂横向刚度/转向架 0.356 MN/m;  
 摇枕垂直减振器阻尼系数 80 kNs/m;  
 摇枕横向减振器阻尼系数 30 kNs/m。

### 3 5 km/h 速度级动力学计算

线路由直线+缓和曲线+圆曲线+缓和曲线+直线构成。圆曲线半径 1432 m, 超高 190 mm。5 km/h 速度级动力学计算包括无不平顺、不平顺组合计算两种情况。计算中 5 km/h 速度级不平顺为 10 m 波长、6 mm 振幅方向不平顺与 10 m 波长、6 mm 水平不平顺的组合。以下讨论无不平顺、不平顺组合的轮轨力的最大值或最小值、脱轨系数、轮重减载率、车体心盘横向 1 m 处加速度的最大值。

对于轮轨横向力, 最大值为 21.1 kN, 由于计算所采用的圆曲线为右弯曲线, 故对于 5 km/h 这样低的速度, 各轮对右侧的横向力均比左侧的大, 有不平顺作用较无不平顺时横向力大。轮对右侧为增载侧, 左侧为减载侧。增载侧最大的垂向力达 99.8 kN, 轮对减载侧最小的垂向力为 39.4 kN。由于不平顺的作用, 轮对的垂向力较无不平顺作用时大。这种作用也反映在脱轨系数、轮重减载率的数值上。在组合不平顺作用下, 脱轨系数、轮重减载率分别为 0.235 和 0.431, 均在 GB5599-85 的有关标准以内。从计算结果可以得出结论环行道 190 mm 的超高, 对 209HS 转向架客车在圆曲线上低速行驶是安全的。

### 4 210 km/h 速度级动力学计算

对 210 km/h 速度级, 首先进行了不同波长的高低不平顺、方向不平顺、水平不平顺的动力学计算, 在此基础上, 对几种不同形式的不平顺进行组合, 综合考察 209HS 转向架客车在环行试验线以 210 km/h 的速度运行时的动态响应。

#### 4.1 高低不平顺

《铁道机车车辆》1997 年第 2 期

线路高低不平顺计算考虑了以下 4 种高低不平顺的方案。

- (1) 短波长 2 m、振幅为 0.5 mm;
- (2) 10 m 波长、4 mm 振幅;
- (3) 20 m 波长、8 mm 振幅;
- (4) 30 m 波长、8 mm 振幅。

本次计算的一个主要目的是明确在速度达 210 km/h 时, 欠超高对 209HS 转向架客车行车安全的影响。故以下重点讨论轮轨力、脱轨系数、轮重减载率等参数。

高低不平顺作用下, 各轮对在圆曲线(半径 1432 m、超高 190 mm)上轮轨横向力的最大值, 20 m 波长、8 mm 振幅的高低不平顺的作用较为明显, 横向力的最大值为 22.2 kN。

各轮对左侧均为增载侧, 右侧为减载侧。增载侧垂向力最大值达 100.12 kN, 减载侧垂向力最小值为 39.5 kN。

轮对脱轨系数和轮重减载率的计算结果, 最大的脱轨系数是 0.25, 最大的轮重减载率为 0.442, 均能满足 GB5599-85 的有关要求。

从计算结果可以看出, 各波长、幅值的高低不平顺对 209HS 转向架客车的动力学性能均无太大的影响。

#### 4.2 方向不平顺

方向不平顺的计算分以下方案。

- (1) 短波长 2 m、振幅为 0.5 mm;
- (2) 10 m 波长、3 mm 振幅;
- (3) 20 m 波长、6 mm 振幅;
- (4) 30 m 波长、6 mm 振幅。

方向不平顺作用下, 各轮对在圆曲线(半径 1432 m、超高 190 mm)上轮轨横向力的最大值, 20 m 波长、6 mm 振幅的方向不平顺的作用最为明显, 横向力的最大值为 62.30 kN, 接近或已超过 GB5599-85 的要求, 应对方向不平顺加强控制。

各轮对左侧增载侧垂向力最大值达 94.73 kN, 右侧减载侧垂向力最小值为 34.48 kN, 均发生在 20 m 波长、6 mm 振

幅的方向不平顺的作用时。

轮对脱轨系数和轮重减载率的计算结果,最大的脱轨系数是 0.58,最大的轮重减载率为 0.502,均能满足 GB5599-85 的有关要求。

综上所述,209HS 转向架对方向不平顺较为敏感,特别是 20 m 波长的方向不平顺。

#### 4.3 水平不平顺

水平不平顺的计算方案如下。

- (1) 短波长 2 m、振幅为 0.5 mm;
- (2) 10 m 波长、3 mm 振幅;
- (3) 20 m 波长、6 mm 振幅;
- (4) 30 m 波长、6 mm 振幅。

水平不平顺作用下,各轮对在圆曲线(半径 1 432 m、超高 190 mm)上,水平不平顺对横向力的作用不太明显,横向力的最大值仅为 21.27 kN。

各轮对左侧增载侧垂向力最大值达 95.67 kN,发生在 20 m 波长、6 mm 振幅的水平不平顺的作用时。右侧减载侧垂向力最小值 40.04 kN,为短波不平顺作用的结果。

轮对脱轨系数和轮重减载率的计算结果,最大的脱轨系数是 0.28,而最大的轮重减载率为 0.38,均能满足 GB5599-85 的有关要求。通过计算发现 209HS 转向架对水平不平顺也不太敏感

#### 4.4 组合不平顺

根据 4.1~4.3 节对高低不平顺、方向不平顺、水平不平顺分别进行计算分析,发现 209HS 转向架对高低不平顺和水平不平顺不太敏感,但方向不平顺对其动力学性能作用明显,所以将各波长方向不平顺分别与高低不平顺及水平不平顺进行搭配,方案如下,

- (1) 10 m 波长、3 mm 振幅方向不平顺 + 10 m 波长、6 mm 振幅的水平不平顺;
- (2) 10 m 波长、3 mm 振幅方向不平顺 + 10 m 波长、6 mm 振幅的水平不平顺;

(3) 20 m 波长、6 mm 振幅方向不平顺 + 10 m 波长、6 mm 振幅的水平不平顺;

(4) 20 m 波长、6 mm 振幅方向不平顺 + 10 m 波长、6 mm 振幅的高低不平顺;

(5) 30 m 波长、6 mm 振幅方向不平顺 + 10 m 波长、6 mm 振幅的水平不平顺。

各不平顺的搭配方案,均对轮轨横向力产生较大的影响。最大的横向力为 57.84 kN,为 20 m 波长、6 mm 振幅的方向不平顺与 10 m 波长、6 mm 振幅的高低不平顺联合作用的结果。20 m 波长、6 mm 振幅的方向不平顺与其它不平顺组合的方案,其轮轨横向力数值也很大。

轮轨垂向力计算结果也说明了 20 m 波长、6 mm 振幅的方向不平顺与其它不平顺组合的方案会对 209HS 转向架的动力学性能有明显的影响。在 (3)、(4) 两种不平顺组合方案中,最大的轮轨垂向力达到了 109 kN 左右。而减载侧最小的轮轨垂向力仅为 28.47 kN,同样是 20 m 波长、6 mm 振幅的方向不平顺与其它不平顺组合方案作用的结果。

各组合方案的脱轨系数及轮重减载率,较各个不平顺单独作用时的结果有明显增大的趋势。最大脱轨系数达 0.82;而轮重减载率最大值也为 0.57。上述结果在 GB5599-85 的允许范围内,但仍应引起足够的重视。

#### 5 结论

(1) 环行试验线半径 1 432 m、超高 190 mm 的圆曲线可以允许装用 209HS 转向架的车辆低速运行,过超高不会危及上述车辆的运行安全。

(2) 209HS 转向架对某些波长的方向不平顺较为敏感,应对方向不平顺单独作用及方向不平顺与其它不平顺联合作用加强控制。由于没有环行试验线路谱,计算中假定的不平顺幅值取值较大。如环行道线路不平顺情况不坏于计算中假定不平顺,209HS 转向架客车可以在环行试验线以 210 km/h 的速度安全运行。