

基于VI-Rail的横向减振器阻尼系数对车辆运行平稳性能的影响分析

侯少春

重庆公共运输职业学院

[摘要] 本文基于车辆动力学软件VI-Rail,建立了某型动车组整车模型。将二系横向减振器的阻尼系数进行线性化处理,通过改变二系横向减振器阻尼系数的方法对车辆运行平稳性能进行仿真。研究表明:合理的二系横向减振器的阻尼系数可以使高速列车获得较好的运行平稳性能指标。

[关键词] 铁道车辆; 横向减振器; VI-Rail; 运行平稳性

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.1053

引言

列车在高速运行的情况下,作用于列车和线路之间的作用力增大,各部分的振动加剧,列车良好的运行平稳性能越来越受到关注,对列车运行平稳性能进行研究是开发和研制高性能高速列车的重要环节。二系横向减振器是影响车辆运行平稳性的一个重要部件。研究它的阻尼参数对车辆运行平稳性能的影响非常必要。本文的主要研究内容有以下几点:1.对某型动车组模型进行仿真分析,研究二系横向减振器的阻尼参数对车辆运行平稳性能的影响;2.利用不同动力学评价指标对阻尼参数对车辆运行平稳性能的影响进行评判并分析得出最佳阻尼参数值。

一、车辆模型的建立

打开VI-Rail软件点击“Template Builder”,进入模板编辑界面。本次仿真研究所用的模板是在系统原子系统模板的基础上根据参数表(如表1)进行参数的调整。

序号	项目名称	项目数据	
1	车体质量	33.2	t
2	车体侧滚转动惯量	107.568	t·m ²
3	构架质量	2.6	t
4	构架侧滚转动惯量	2.106	t·m ²
5	构架宽度	2 246	mm
6	构架长度	3 220	mm

表1 动车组模型参数表(简表)

(一) 转向架及车体模板的建立

进入系统的模板子系统文件夹,选择_Erri_Bogie.tpl文件,点击“打开”按钮。再点击“OK”按钮,导入模板文件。根据表1转向架相关参数对模板数据进行修正,得到本试验所需车辆的转向架模板。

车体模板的建模过程与转向架比较类似,同样打开并导入一个系统自带的车体模板。根据表1模型参数表设置车体的各部位的参数,通过应点坐标来修改其相对位置。通过上述的参数设置,得到仿真研究所用的动车组车体模型。

(二) 子系统及整车模型的建立

进入“Standard Interface”界面,导入已建立的转向

架模板,设置相对位置和研究数量参数,点击“OK”按钮创建好前转向架子系统。建立后转向架子系统的与前转向架类似,在设置抗蛇行转向架位置时要注意位置对称带来的参数符号的变化。车体子系统的建立过程与前转向架相同。

二、评价指标的介绍

列车运行平稳性的评价指标是车体的振动加速度。但为了更好地评价列车的乘坐舒适度,同时还要将加速度振动频率加以考虑。对于列车乘坐舒适度的评定,各个国家或组织有各自不同的评价指标,例如欧洲的E.Sperling指标、美国的Janeway指标、法国的疲劳时间、日本的舒适度系数等。我国铁路对机车车辆/动车组运行平稳性分别按平稳性指标(Sperling指标)和车体振动加速度来评定。

(一) Sperling指标

Sperling基于大量实验而制定了一套平稳性指标。平稳性指标W由下式表示:

$$W = 0.896 \sqrt[10]{\frac{a^3}{f}}$$

式中,a——振动加速度(cm/s²); f——是振动频率(Hz)。

Sperling平稳性指标等级一班分为五级,根据W值来评定平稳性的等级见表2。

W值	运行品质	乘坐舒适性
1	很好	刚能感觉
2	好	明显感觉
3	满意	更明显,但无不快
4	可以运行	不正常
5	危险	极可厌

表2 车辆运行平稳性及舒适度指标与等级

(二) 车体振动加速度

我国《高速试验列车强度及动力学性能规范》(95J 01-L)及《铁道机车动力学性能试验鉴定方法及评定标准》

(TB/T2360-93), 均采用最大振动加速度 a_{max} 来评定, 标准如表3所示。

评价等级	A_{max} (cm/s ²)	
	垂向	横向
优	2.45	1.47
良好	2.95	1.96
合格	3.63	2.45

表3 我国机车振动加速度平稳性评定等级

三、仿真条件的设置

仿真轨道采用Germhigh轨道

轨道长度: 10 000 m

轮轨接触计算文件: mdi_contact_tab.ccf

仿真步长: 1/256 (0.003 9) s

根据仿真速度、仿真轨道长度和试仿真结果综合考虑, 仿真时间定为40 s。

四、仿真结果

(一) 车辆运行平稳性指标 (Sperling指标) 如表4所示

阻尼系数(kN·s/m)	横向Sperling值	垂向Sperling值
14.700	2.258 2	1.761 7
18.375	2.318 2	1.787 8
20.212	2.505 7	1.709 6
21.360	2.371 3	1.706 4
21.820	2.406 5	1.859 2
29.400	2.644 4	1.853 7

表4 车辆运行平稳性指标 (Sperling指标)

(二) 车辆运行平稳性指标 (最大加速度指标) 如表5所示

阻尼系数(kN·s/m)	横向最大加速度值	垂向最大加速度值
14.700	1.079 5	0.637 2
18.375	1.095 8	0.568 2
20.212	1.538 0	0.530 1
21.360	1.761 4	0.464 7
21.820	1.190 7	0.547 3
29.400	1.642 2	0.526 5

表5 车辆运行平稳性指标 (最大加速度指标)

(三) 车辆运行平稳性指标 (均方根加速度指标) 如表6所示

阻尼系数(kN·s/m)	横向均方根加速度值	垂向均方根加速度值
14.700	0.280 6	0.158 8
18.375	0.340 5	0.165 5

20.212	0.405 7	0.137 3
21.360	0.462 4	0.136 2
21.820	0.352 9	0.174 6
29.400	0.458 9	0.186 9

表6 车辆运行平稳性指标 (均方根加速度指标)

五、小结

本文研究了二系横向减振器阻尼系数对车辆运行稳定性的影响, 阻尼系数取值为: 14.700 kN·s/m, 18.375 kN·s/m, 20.212 kN·s/m, 21.360kN·s/m, 21.820 kN·s/m, 29.400 kN·s/m, 车辆运行稳定性的评价指标取为: Sperling指标、最大加速度指标、均方根加速度指标。

从综合结果来看: 1. 系统的Sperling指标走势大体上成线性变化, 但在中间部分出现震荡。当阻尼系数取值为14.700 kN·s/m时, 横向Sperling值最小, 为2.258 2。当阻尼系数取值为21.647 kN·s/m时, 垂向Sperling值最小, 为1.702 1。2. 系统的最大加速度指标走势大体上成线性变化, 但在中间部分出现震荡。当阻尼系数取值为14.700 kN·s/m时, 横向最大加速度值最小, 为1.079 5 cm/s²。当阻尼系数取值为21.360 kN·s/m时, 垂向最大加速度值最小, 为0.464 7 cm/s²。3. 系统的均方根加速度指标走势大体上成线性变化, 但在中间部分出现震荡。当阻尼系数取值为14.700 kN·s/m时, 横向均方根加速度值最小, 为0.280 6 cm/s²。当阻尼系数取值为21.360 kN·s/m时, 垂向均方根加速度值最小, 为0.136 2 cm/s²。

通过综合分析平稳性三种指标, 可以得出: 当阻尼系数为21.820 kN·s/m, 横向Sperling值为2.406 5, 垂向Sperling值为1.859 2, 横向最大加速度值为1.190 7 cm/s², 垂向最大加速度值为0.547 3 cm/s², 横向均方根加速度值为0.3529cm/s², 垂向均方根加速度值为0.174 6 cm/s²。其综合指标是所有阻尼参数中最好的。因此, 对于本文所建模型而言, 最佳二系横向阻尼系数为21.820 kN·s/m。

参考文献:

- [1] 刘建新, 王开云, 封全保, 等. 横向减振器对机车平稳性能的影响[J]. 交通运输学报, 2006, 6(3): 1-4.
- [2] 孙昊天, 杨新文, 石广田, 等. 高速列车二系横向减振器参数对其乘坐舒适性的影响分析[J]. 中国科技论文在线, 2013.
- [3] 95J 01-L, 高速试验列车动力车强度及动力学性能规范[S].
- [4] GB 5599-1895, 铁道车辆动力学性能评定和试验鉴定规范[S].

作者简介: 侯少春(1994-), 男, 河北邢台人, 助理工程师, 大学本科, 工学学士, 研究方向: 铁道车辆、动车组检修。