

试
验
检
测

机车车辆轨道扭曲抗脱轨能力评价

丁雪萍, 罗 赞

(西南交通大学 牵引动力国家重点实验室, 四川 成都 610031)



摘 要: 介绍了澳大利亚于2009年颁布的AS 7509.1《铁路机车车辆—动力学性能—第1部分: 机车车辆》中机车车辆在扭曲测试轨上脱轨安全性测量方法, 在SIMPACK软件中模拟AS 7509.1标准中的实验扭曲轨道条件, 进行车辆脱轨安全性计算方法。与欧洲在2005年颁布的BS EN 14363《铁路设施—铁路车辆运行特性的验收试验—运行性能试验和稳定性试验》中计算机仿真评价机车车辆低速抗爬轨能力方法进行比较分析得出, AS 7509.1标准比BS EN 14363标准验证车辆适应轨道扭曲能力的计算方法更可靠, 适用性更广。

关键词: 机车车辆; 评定标准; 脱轨; 轨道扭曲; AS 7509.1; BS EN 14363

中图分类号: U213.2⁺14; U211.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2012)06-0081-03

作者简介: 丁雪萍(1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向为机车车辆机械设计与动力学分析。

Resistance of Railway Vehicles to Derailment on Twisted Track

DING Xue-ping, LUO Yun

(Traction Power State Key Laboratory, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: Method of measuring the safety against derailment by running through a twisted test track in AS 7509.1 "Railway Rolling Stock-Dynamic Behavior-Part 1: Locomotive Rolling Stock", which published in 2009 in Australia, was briefly introduced in this thesis. The safety against derailment was calculated based on the standard testing track condition in AS 7509.1 reappeared in the SIMPACK software. Compared with methods of computer simulation of vehicle resistance to flange climbing derailment at low speed in BS EN 14363 "Railway applications-Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles -Testing of running behavior and stationary tests" published in 2005 in Europe, the AS 7509.1 standard is more reliable and applicable in the evaluation methods of railway vehicle resistance to derailment on twisted track.

Key words: railway vehicle; evaluated standard; derailment; twisted track; AS7509.1; BS EN 1436

0 引言

脱轨事故在我国铁路运输重大事故中所占比率高达70%左右^[1], 所以对其进行研究具有很重要的意义。影响机车车辆脱轨的因素有很多, 线路状况是重要因素之一。轨道扭曲也会引起车轮的增减载。为了保证机车车辆在轨道扭曲线路上安全运行, 不同国家和地区制定了相应的校核机车车辆脱轨安全的轨道扭曲条件和试验计算方法^[2]。

澳大利亚铁路行业安全标准委员会(RISSB)于2009年3月颁布了AS 7509.1《铁路机车车辆—动力学性能—第1部分: 机车车辆》^[3], 欧洲于2005年3月颁布了BS EN 14363《铁路设施—铁路车辆运行特性的验收试

验—运行性能试验和稳定性试验》^[4], 本文介绍2个标准中包含的机车车辆扭曲轨道测试方法, 以此来评估某一车辆适应轨道扭曲的能力, 并对两标准的计算机仿真结果进行比较分析。

1 澳大利亚AS 7509.1标准中轨道扭曲测试相关内容

1.1 基本内容

澳大利亚AS 7509.1—2009《铁路机车车辆—动力学性能—第1部分: 机车车辆》中包含了铁道车辆静态扭曲轨道测试方法, 该试验旨在评估车辆适应轨道扭曲的能力。机车车辆承受最大的轨道扭曲可能出现在进出圆曲线的缓和和曲线上, 但也可能出现在轨道的其他地方, 缓和曲线的超高变化使车辆转向架产生扭曲, 以致轮对产生减载, 且缓和曲线上可能出现的轨道沉

收稿日期: 2012-05-04; 收修修改稿日期: 2012-09-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(51075339)

陷进一步加剧了机车车辆的扭曲。图1为车辆运行在含有轨道沉陷的曲线示意图。

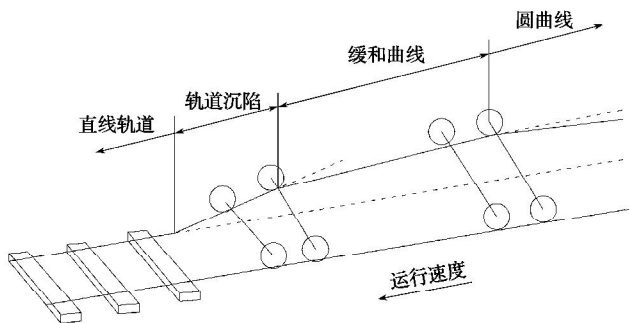


图1 轨道扭曲状况模拟示意图

AS 7509.1 标准适用范围较广,适用于二轴和三轴转向架机车车辆和有3个转向架的机车车辆。对于二轴和三轴转向架机车车辆,前转向架导向轮需进行测试,对于有3个转向架的机车车辆,中间转向架和前转向架的导向轮对必须进行测试。图2、图3和图4为传统机车进行扭曲测试时对机车特定车轮的影响,车辆亦如此。

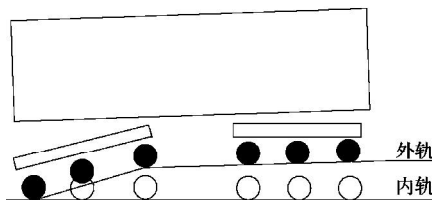


图2 轨道扭曲对 $C_0 - C_0$ 机车车轮的影响

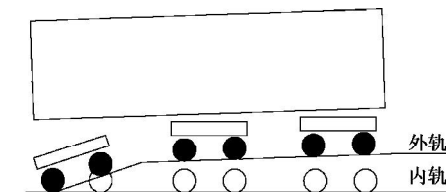


图3 轨道扭曲对 $B_0 - B_0 - B_0$ 机车前转向架转动的影响

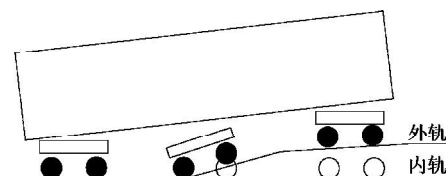
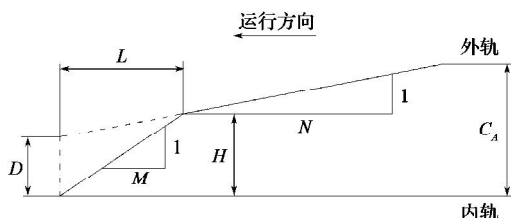


图4 轨道扭曲对 $B_0 - B_0 - B_0$ 机车中间转向架转动影响

1.2 轨道设置

AS 7509.1 标准中机车车辆静态扭曲测试轨道具体形状见图5。扭曲测试轨道应满足下列要求: 整个线路设置与曲线运行模拟线路一样,线路包括直线、缓



C_A ——最大超高; L ——局部沉陷长度; D ——局部沉陷高度; N ——缓和曲线坡度(1/坡度); H ——局部沉陷开始高度; M ——叠加沉陷坡度(1/坡度)

图5 扭曲测试轨道形状

和曲线和圆曲线。缓和曲线超高顺坡率为 $1/N$ 。在机车车辆运行驶出的缓和曲线外轨上设置沉陷坡度为 $1/M$ 。根据澳大利亚境内线路的不同,AS 7509.1 标准规定了相应的静态扭曲轨道形状参数。表1 中主要给出标准轨距、宽轨1 600 mm和窄轨1 067 mm的扭曲轨道形状参数。

表1 轨道扭曲形状参数

线路	局部沉陷			缓和曲线		
	L/mm	H/mm	D/mm	M/mm	N/mm	C_A/mm
州际标准铁路	4 000	40	24	100	250	无限制
1 600 mm 轨距	4 000	40	24	100	250	无限制
1 067 mm 轨距	2 000	15	6.6	133.3	237.3	54

1.3 验收标准

验收标准为最不利车轮在扭曲测试轨道上的轮重减载率 $\Delta P/\bar{P} \leq 0.60$,与GB 5599—85轮重减载率第二限度相同。

2 欧洲BS EN 14363 标准中轨道扭曲性能计算相关内容

2.1 基本内容

BS EN 14363 中介绍了铁道车辆在扭曲轨道上脱轨安全性测试3种试验方法,而且还规定了计算机模拟仿真方法,其沿用了英国1998年颁布的标准GM/RT 2141《铁道车辆抗爬轨和倾覆能力》中计算机仿真评价机车车辆低速抗爬轨能力的内容,文献[5]中有详细的介绍,这里只作简单叙述。

2.2 轨道设置

计算机仿真的轨道满足下列要求: 整个线路设置与AS 7509.1 机车车辆静态扭曲轨道一样,线路包括直线、缓和曲线和圆曲线。缓和曲线超高顺坡率为 $1/300$ 。

假设线路是理想平顺的,只是在机车车辆运行驶出的缓和曲线外轨上设置一个深度为20 mm、腰长为6 m的三角形沉陷。沉陷应设置在会产生对机车车辆最不利影响的位置,沉陷最不利位置与机车车辆全轴距有关。

图6为BS EN 14363轨道扭曲沉陷设置图。

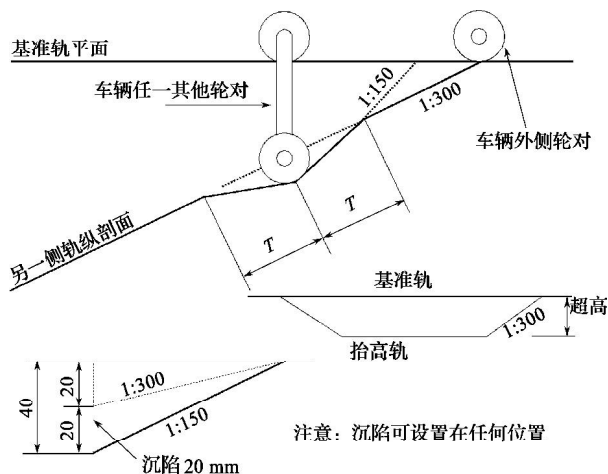


图6 BS EN 14363 轨道扭曲设置

2.3 验收标准

当车轮轮缘角等于或大于 68° 时,计算的脱轨系数 Y/Q 值不超过1.2,与GB 5599—85脱轨系数第一限度相同。 Y/Q 值要经2 m平滑处理。

3 四轴车辆轨道扭曲抗脱轨计算

3.1 计算模型

车辆由车体、构架、轮对和牵引杆组成。车体通过二系悬挂连接在构架上,二系悬挂由每侧两组高圆弹簧、2个对称布置在构架中部的横向减振器和2个垂向减振器构成;构架和轮对之间由一系悬挂装置连接,一系悬挂装置由轴箱弹簧、垂向减振器和双轴箱拉杆组成。图7为采用多刚体动力学软件SIMPACK建立的2B型车辆动力学模型,考虑了车体、2个构架、4个轮对,共7个刚体;每个刚体有纵向、横向、垂向、侧滚、点头和摇头6个自由度,总计42个自由度。计算中不考虑线路的随机不平顺。车轮踏面外形是JM3磨耗型踏面。用数值积分方法求解,可以充分考虑轮轨接触几何和蠕滑关系的非线性、轮对自由横动量和轴箱横向止挡的非线性、二系横向止挡以及各减振器卸荷特性的非线性。

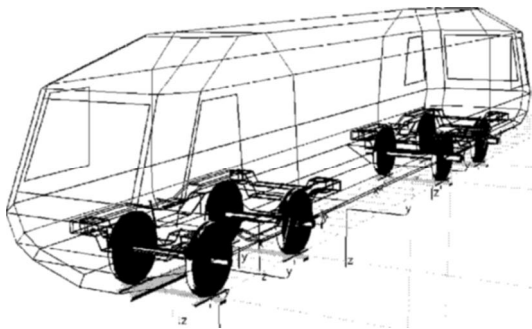


图7 车辆抗脱轨仿真模型

3.2 AS 7509.1标准轨道扭曲计算机模拟

3.2.1 轨道输入

用计算机模拟AS 7509.1标准中车辆静态扭曲轨道测试方法,轨道扭曲形状参数选取表1中的州际标准铁路参数,轨道由直线—进缓和曲线—圆曲线—出缓和曲线—直线组成的一段完整曲线。车辆以10 km/h速度通过半径为200 m、250 m的曲线,以考虑曲线半径对车辆通过轨道扭曲时的影响,轨距加宽15 mm,圆曲线长45 m,沉陷设置在车辆的前转向架后轮对正在通过沉陷时,后转向架后轮对正进入缓和曲线处,所以曲线的缓和曲线长为14.65 m,轨道超高计算为83 mm,沉陷位置在(直线段长度20 m+缓和曲线长度14.65 m+圆曲线长度45 m+转向架中心距10.65 m)90.3 m处,曲线外轨超高设置见图8。

3.2.2 计算结果及分析

计算结果中,第一、四轴外轮对的轮重减载率明显大于其他轮对,在此仅给出第一、四轴轮对轮重减载率经过2 m平滑处理的计算结果,见图9。对于脱轨系

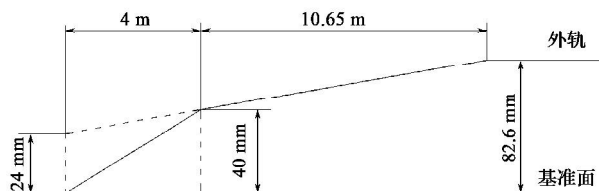


图8 曲线外轨设置

数,第一、三轴外轮对明显大于其他轮对,在此仅给出第一、三轴外轮对脱轨系数经过2 m平滑处理的计算结果,见图10。由图9和图10可知,车辆在R200 m和R250 m扭曲轨道上轮重减载率和脱轨系数的变化曲线相差无几,轮重减载率和脱轨系数的最大值出现在车辆刚运行驶出圆曲线、进入缓和曲线处,并非在轨道沉陷处,轮重减载率最大值为0.6,脱轨系数最大值为1.15,都在安全范围内。由此可以得出,曲线半径对车辆通过轨道扭曲的影响甚微。

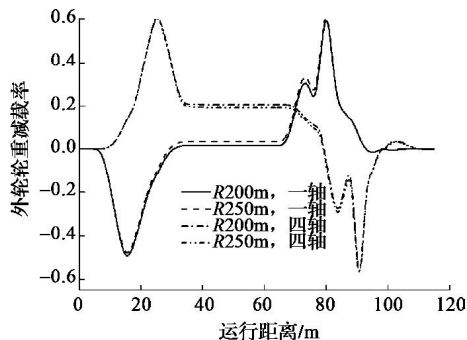


图9 轮重减载率的变化曲线

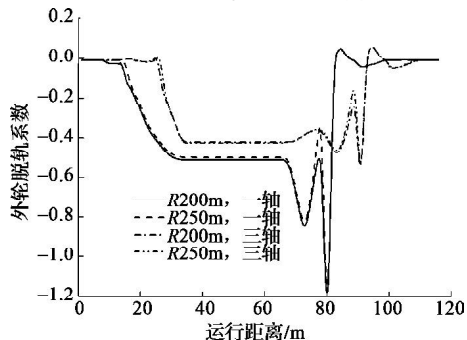


图10 脱轨系数的变化曲线

3.3 BS EN 14363标准轨道扭曲计算机模拟

3.3.1 轨道输入

车辆以10 km/h速度通过超高150 mm、半径250 m的曲线,取缓和曲线长45 m,圆曲线长45 m,这样可以充分反映出超高的影响。由于缓和曲线长度比转向架全轴距长,按BS EN 14363标准三角沉陷最不利的位置设置在运输车的前转向架前轮对正在通过沉陷时,后转向架后轮对正进入缓和曲线(直线段长度20 m+缓和曲线长度45 m+圆曲线长度45 m+转向架全轴距13.55 m)123.55 m处,此时车辆受到最大的过超高和轨道扭曲。

3.3.2 计算结果及与AS 7509.1计算结果比较分析

选取AS 7509.1标准中车辆在R250 m扭曲轨道工况下的轮重减载率和脱轨系数与BS EN 14363标准轨道扭曲计算结果相比较分析。如图11、图12所示,BS EN 14363标准计算的轮重减载率和脱轨系数的最大值出现在轨道沉陷处,轮重减载率的最大值为0.53,脱轨系数最大值0.94,两者都小于AS 7509.1标准的计算值。

(下转第87页)

器故障输出是瞬时突变还是传感器本身故障。

3 结语

本文采用基于径向基(RBF)神经网络来构建机车测速传感器系统的预测模型,比较传感器的实际输出与预测器的输出值,以此来检测测速传感器是否发生故障,并对故障信号进行数据重构和故障类型辨识。通过MATLAB仿真实现诊断功能,仿真结果表明此模型能够高精度地模拟测速传感器的故障模式和实现故障检测,为提高机车测速传感器的自诊断功能和自动化水平具有极其重要的现实意义。

参考文献:

[1] TB/T 2760.3—2010, 机车转速传感器[S]

- [2] 胡昌华,许化龙. 控制系统故障诊断与容错控制的分析和设计[M] 北京:国防工业出版社,2008.
- [3] Gou T H, Nrrre J. Sensor Failure Detection and Recovery by Neural Network[C] IEEE IJCNN,1991: 221-226.
- [4] WANG Yujia, ZHANG Mingjun. Study of model of fuzzy neural networks applied to system condition monitoring[J] Journal of Marine Science and Application, 2002(2): 42-45.
- [5] 韩逸飞,何 琳. RBF神经网络在传感器故障诊断中的应用研究[J] 舰船电子工程,2008,28(9): 16-18.
- [6] 曹正红,沈继红. 基于RBF时间序列预测器的传感器故障诊断方法研究[J] 传感器与微系统,2012(5): 63-65.
- [7] 周桂法,王 坚. 基于神经网络的机车速度传感器故障诊断方法研究[J] 机车电传动,2010(1): 36-38.
- [8] 郭 晶,孙伟娟. 神经网络理论与MATLAB实现[M] 北京:电子工业出版社2005.

(上接第83页)

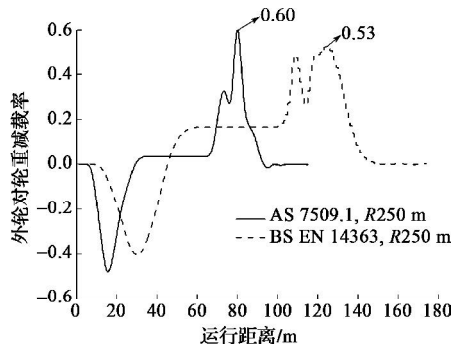


图 11 轮重减载率的变化曲

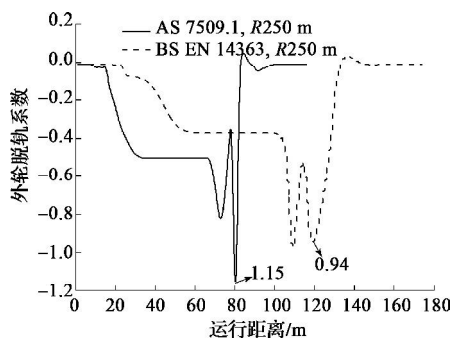


图 12 脱轨系数的变化曲线

计算结果与轨道扭曲的设置相关,AS 7509.1标准扭曲测试轨道与BS EN 14363标准计算机仿真的轨道设置内容基本相同,但AS 7509.1标准中扭曲轨道的缓和曲线坡度和沉陷坡度都比BS EN 14363标准计算机仿真的轨道更大,AS 7509.1标准扭曲测试轨道设置更为苛

刻。且标准的适用范围也不一样,AS 7509.1标准适用于各种轴数、类型转向架,BS EN 14363计算机仿真只适用四轴机车车辆。所以,AS 7509.1标准比BS EN 14363标准验证车辆适应轨道扭曲能力计算方法更可靠,适用性更广。

4 结语

轨道扭曲是造成机车车辆脱轨的重要因素,软件仿真计算中AS 7509.1标准比BS EN 14363标准验证车辆适应轨道扭曲能力的计算方法更可靠,适用性更广,但我国尚未对轨道扭曲制定出相应的计算标准,可根据我国铁路的实际情况,参照澳大利亚和欧洲标准制定出符合我国铁路的轨道扭曲评判标准。

参考文献:

- [1] 李洪涛. 货车动力学性能仿真及脱轨原因分析[D] 大连:大连铁道学院,2003.
- [2] 陆冠东,徐荣华. 线路扭曲与脱轨安全性分析方法介绍[J] 铁道车辆,2008,46(7): 1-4.
- [3] AS 7509.1—2009, Railway Rolling Stock-Dynamic Behavior-Part 1: Locomotive Rolling Stock[S]
- [4] BS EN 14363—2005, Railway applications—Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles—Testing of running behaviour and stationary tests[S]
- [5] 罗 赞,陈 康,罗世辉. 计算机仿真评价机车车辆低速抗爬轨能力[J] 机车电传动,2002(5): 13-15.