

文章编号:1002-7602(2005)01-0005-03

转8A型转向架在弹性轨道结构上的动力学性能研究

王开云¹, 陈果²

(1.西南交通大学 列车与线路研究所,四川 成都 610031;2.南京航空航天大学 民航学院,江苏 南京 210016)

摘要:基于系统工程和车辆-轨道耦合动力学理论,建立了装用转8A型转向架的货车在弹性轨道结构上的动力学仿真计算模型,并详细地考虑了转向架结构非线性特性。对理论仿真计算结果进行试验验证之后,仿真计算了传统货车在弹性轨道上的运动稳定性及直线运行平稳性。

关键词:货车转向架;动力学性能;计算机仿真;数学模型

中图分类号:U270.331 **文献标识码:**A

转8A系列转向架^[1]具有结构简单、制造检修方便、对线路载荷均衡性好等优点,但同时也存在斜楔在各方力作用下容易形成旋转力矩、三大件式结构抗菱性能差、簧下质量大等不尽人意之处。尽管如此,该型转向架在我国铁路货车上的装用量仍是最多的,因此有必要对其性能进行多方位的研究,以找出改善其性能的方法。

本文的研究工作是基于系统工程和车辆-轨道耦合动力学理论进行的。首先,根据系统工程和车辆-轨道耦合动力学理论^[9],建立装用转8A型转向架的货车非线性系统在弹性轨道结构上的动力学计算模型,然后对该仿真模型进行试验验证,最后再运用该模型计算和分析装用三大件式货车转向架的货车在弹性轨道结构上的动力学性能(蛇行运动稳定性和直线运行平稳性),以期为我国铁路传统货车车辆的改进设计及新型提速货车车辆的研制提供动力学理论分析工具和指导。

1 车辆-轨道耦合动力学理论及模型介绍

车辆-轨道耦合动力学理论的基本思想是将车辆系统和轨道系统视为一个相互作用、相互耦合的总体大系统,而将轮轨关系作为连接这2个子系统的纽带,综合考察车辆系统和轨道系统的动力学行为及轮轨相互作用特性。

转8A型转向架为2个侧架和1个摇枕组成的三大件式结构,采用一系中央悬挂,弹簧减振装置包括弹

簧和摩擦楔块减振器,轴箱悬挂采用导框式定位。货车-轨道耦合系统相互作用力学模型见图1。在摇枕和车体间只考虑了一个心盘回转摩擦副,将垂向和横向悬挂直接等效到车体和侧架之间,故对摇枕仅考虑了摇头自由度,其余自由度和车体一起考虑;在侧架和摇枕之间考虑了摇枕弹簧的垂向、横向与纵向刚度以及楔块摩擦阻尼特性;轴箱悬挂不再采用传统的等效成一个大刚度的做法,而是在横向和纵向考虑了轴箱间隙,在轴箱间隙范围内用一个摩擦副来模拟;当轴箱与侧架相碰后,则用一个摩擦副与一个线性弹簧止挡并联来模拟。定义侧架的点头和沉浮运动完全由轮对的振动形式决定。据此,货车模型共有47个自由度。

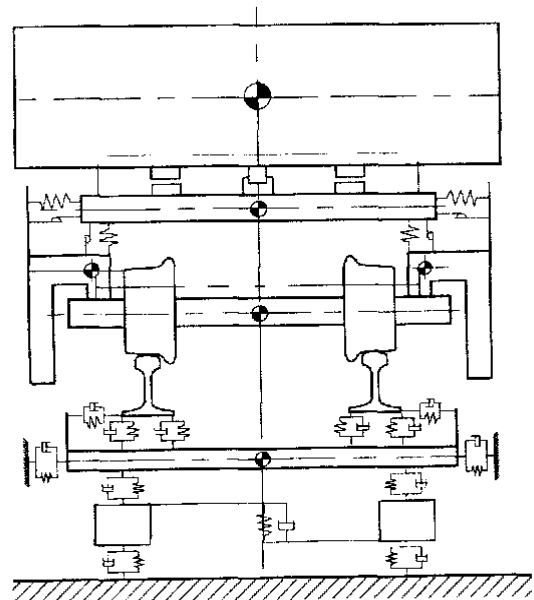


图1 货车-轨道耦合模型侧视图

轨道模型采用了文献[9]中车辆-轨道垂向统一模型中的轨道子系统模型,轨道按我国干线考虑,其动力

收稿日期:2004-02-20;修订日期:2004-07-16

基金项目:高等学校博士点基金项目(20030613011),西南交通大学博士生创新基金项目。

作者简介:王开云(1974-),男,助理研究员,博士研究生。

学参数参见文献[9]。

2 仿真计算结果及试验验证

2.1 直线脱轨理论与试验结果之对比

铁道部组织铁道科学研究院于1999年12月18日—2000年1月26日在北京环行试验线直线段进行了货车脱轨试验^[11]。试验发现,C_{62A}型敞车空车在直线试验段以78 km/h速度运行时出现了明显的蛇行运动,轮对不断地来回撞击钢轨,导致轮轨横向力 Q 变化非常大,试验数据最大值超过了50 kN,见图2(a)。

运用货车-轨道耦合动力学理论及其模型仿真计算了C_{62A}型敞车空车以78 km/h的速度在直线轨道上的运行工况,选用我国传统轨道结构,计算时采用美国AAR标准的五级线路轨道谱作为直线轨道随机不平顺的输入。图2(b)是理论仿真计算得到的轮轨横向力响应。仿真结果显示,车辆在直线轨道上运行时产生了蛇行运动,最大横向力达53 kN,与试验测量得到的最大值非常接近。

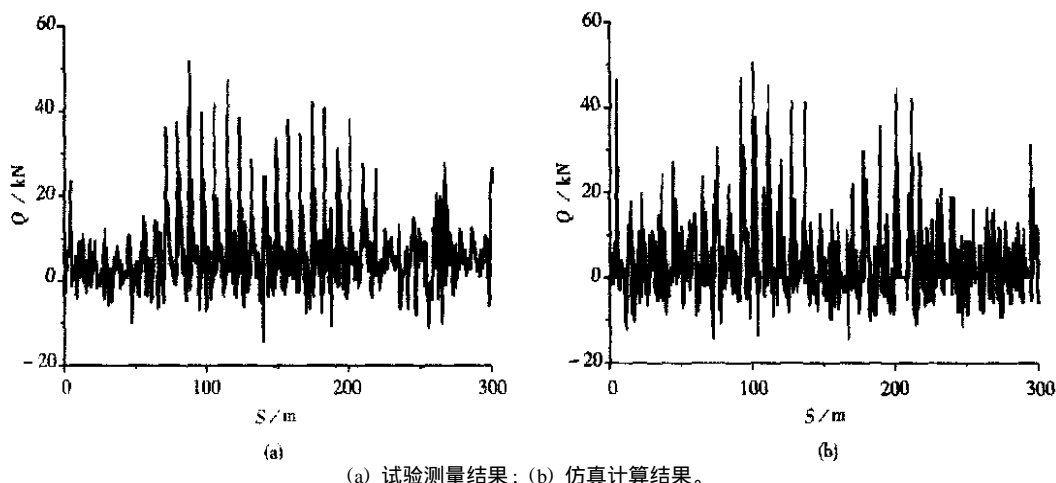


图2 环行线直线段货车轮轨横向力的试验测量与仿真计算结果之比较

由图2可以看出,理论仿真计算得到的轮轨横向力响应波形与直线段脱轨试验中所测量到的波形非常相似。需要指出的是,由于试验测量时受外界的影响因素较多,线路的轨道不平顺又不尽相同,试验车辆各部件之间存在磨损,实际参数与仿真计算的参数也存在差别,因此仿真计算结果和试验测量结果之间存在的差异是不可避免的。

2.2 山区铁路小半径曲线轨道动力性能理论与试验结果对比

2003年4月,西南交通大学列车与线路研究所在成渝线永川工务段K444山区小半径曲线轨道试验段,对过往列车通过试验测点时的轮轨相互作用力及轨道结构动力特性进行了地面对比测试^[12]。曲线轨

道的设置:曲线半径287 m、缓和曲线长70 m、曲线外轨超高125 mm、曲线加宽15 mm;另外,曲线轨道一半铺设木枕,另一半铺设b—C型混凝土枕。C_{62A}型敞车通过小半径曲线轨道时安全性指标的试验测量与理论仿真结果对比见表1。

表1 C_{62A}型敞车通过小半径曲线轨道时安全性指标的试验测量与理论仿真结果之对比

动力性能指标	木枕		b—C型	
	试验值	仿真值	试验值	仿真值
轮轨横向力/kN	79.17	79.91	91.23	85.27
轮轴横向力/kN	62.55	57.95	65.83	69.77
轮轨垂向力/kN	138.54	127.19	151.05	153.26
脱轨系数	0.66	0.64	0.76	0.69
轮重减载率	0.42	0.41	0.47	0.48

由于测试工况较多,表1仅列出了C_{62A}型敞车重车以68.5 km/h速度通过时,木枕及b—C型枕轨道

结构条件下试验测试与仿真计算得到的轮轨横向力、轮轨垂向力、轮轴横向力、脱轨系数及轮重减载率等指标值。

表中数据表明,无论是木枕还是b—C型混凝土枕,其理论仿真计算结果与试验测量得到的货车通过小半径曲线轨道时

的安全性指标吻合得均较好。由此可以证明,该模型不仅能够较真实地反映货车在实际轨道结构上运行时的安全性,而且还可以再现不同类型轨道结构条件下的车辆运行行为。

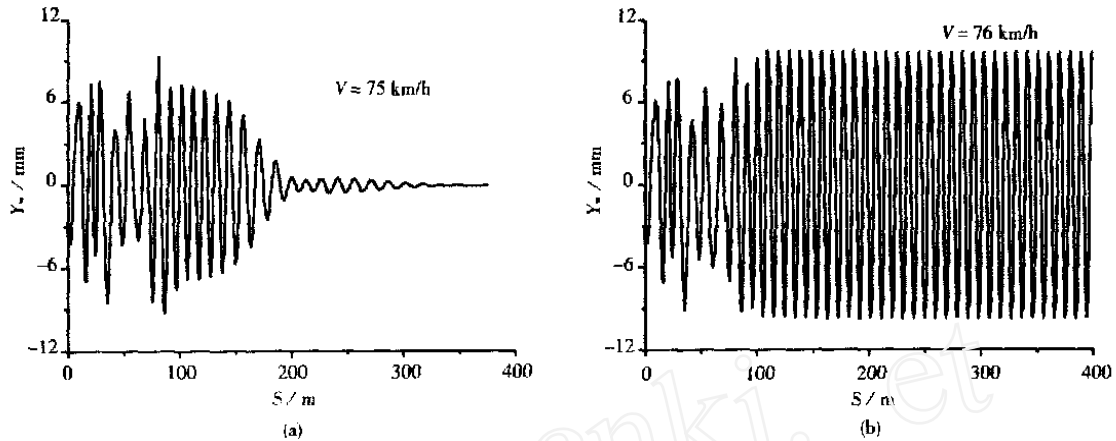
3 货车动力学性能分析

3.1 蛇行运动稳定性

仿真计算装用转8A型转向架的货车在弹性轨道上的非线性临界速度时,根据参考文献[8]在弹性轨道上加入一段我国三大干线轨道谱随机不平顺,使整个系统的振动被激发后,让其在平直无不平顺的轨道上运行,通过不断改变速度,考察轮对横向运动的情况。

当货车以 75 km/h 和 76 km/h 2 种不同速度在直线轨道上运行时,其轮对横向位移 Y_w 随货车运行距

离 S 的变化情况见图 3。



(a) 运行速度为 75 km/h 时轮对横向位移 Y_w 的时间历程; (b) 运行速度为 76 km/h 时轮对横向位移 Y_w 的时间历程。

图 3 装用转 8A 型转向架的货车非线性临界速度的理论计算结果

图 3 表明,当车速为 75 km/h 时,被激发起来的轮对位移随着时间的延续逐渐地衰减到平衡位置(0 位置);当车速增加到 76 km/h 时,被激发起来的轮对位移随着时间的延续不会衰减或收敛到平衡位置,而是做等幅的周期运动。因此,根据轮对横向运动的收敛情况可以判定货车在弹性轨道结构上的非线性临界速度为 76 km/h。

3.2 直线运行平稳性

作为算例,本文以我国三大干线轨道随机不平顺为轨道的激励源,仿真计算了货车以 70 km/h 速度在弹性直线轨道上运行时的平稳性指标。车体横向和垂向振动加速度及相应的平稳性指标仿真计算结果见表 2。

表 2 货车直线运行时平稳性指标的仿真计算结果

运行指标	车体横向 加速度/ g	横向平稳 性指标	车体垂向 加速度/ g	垂向平稳 性指标
仿真结果	0.34	2.84	0.32	2.64

根据 GB/T 5599—1985《铁道车辆动力学性能评定和试验鉴定规范》,在本计算工况下,车体的横向、垂向平稳性指标均属优级。

4 结束语

通过对仿真计算结果进行试验验证,其对比结果表明,无论是最大值还是时间历程中整个波形的理论仿真计算结果均与试验结果取得良好的吻合。运用货车-轨道耦合动力学模型仿真计算装用转 8A 型转向架

的 C_{62A} 型敞车(空车)在弹性轨道结构上的动力学性能,其蛇行失稳临界速度为 76 km/h;以 70 km/h 及其以下速度在直线轨道上运行时的平稳性指标均属优级。

参考文献:

- [1] 林江. 我国货车转向架现状与发展[J]. 铁道车辆, 2003, 41(8): 11—13.
- [2] 傅茂海, 李 芾, 于 明, 等. 160 km/h 高速货车转向架方案及其动力学性能分析[J]. 铁道车辆, 2003, 41(11): 1—6.
- [3] H. True. On the Theory of Nonlinear Dynamics and its Application in Vehicle Systems Dynamics[J]. Vehicle System Dynamics, 1999, (31): 393—421.
- [4] Extensive Summaries of 18th IAVSD Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks[Z]. Kanagawa institute of technology, Japan, 2003.
- [5] F. Xia. Modeling of Wedge Dampers in the Presence of Two-Dimensional Dry Friction [J]. Vehicle System Dynamics (Supplement), 2001(37): 565—578.
- [6] 吕可维. 货车三大件式转向架菱形变形及货车蛇行运动稳定性研究[D]. 成都: 西南交通大学, 1995.
- [7] 王 勇. 三大件转向架货车非线性稳定性研究[D]. 成都: 西南交通大学, 1998.
- [8] 王开云, 翟婉明, 蔡成标. 车辆在弹性轨道结构上的横向稳定性分析[J]. 铁道车辆, 2001, 39(7): 1—4.
- [9] 翟婉明. 车辆-轨道耦合动力学(第二版)[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
- [10] 严隽襄. 车辆工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.
- [11] 铁道科学研究院. 环行线货物列车直线段脱轨试验研究报告[R]. 2000.
- [12] 西南交通大学列车与线路研究所. 山区小半径曲线轨道强化技术的试验研究报告之分报告一——动力试验[R]. 2003.

(编辑:方曼利)

ABSTRACT

The Running Safety and Longitudinal Force of Heavy Haul Trains on Downhill Slope of Daqin Line

MA Da-wei

(male, born in 1946, researcher, Research and Development Center of Railway Science Academy, Beijing 100081, China)

Abstract: According to the requirements on operation of 20 000 t heavy haul trains on Daqin Line, on the basis of the test, research and theoretical calculation, the safety and longitudinal force of heavy haul trains on downhill slope of Daqin Line are put forward. The relevant affecting factors are analyzed, and the corresponding ways for solution are discussed.

Key words: Daqin Line; heavy haul train; longitudinal force

The Dynamics Performance Research on Zhuan 8A Bogies on the Resilient Track Structure

WANG Kai-yun, et al.

(male, born in 1974, assistant researcher, graduate student for doctor degree, Train and Track Research Institute of Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: On the basis of the systematic engineering and vehicle-track coupling dynamics theory, the dynamics simulation model of the freight car with the Zhuan 8A bogies on the resilient track structure is set up, and the non-linear characteristics of the bogie structure are considered in detail. After the testing and verification of the theoretical simulation results, the motion stability of the traditional freight cars on the resilient track and the running comfort on straight line are simulated and calculated.

Key words: freight car bogie; dynamics performance; computer simulation; mathematical model

Development and Application of the Quasi-Static Wheel Unloading Simulation Program for Rail Cars

ZHANG Rui, et al.

(male, born in 1979, graduate student for master degree, Locomotive & Rolling Stock Research Institute of Tongji University, Shanghai 200331, China)

Abstract: On the basis of the dynamic characteristics of the wheel unloading rate of rail cars, the computer calculation program on the basis of the vertical model of a general vehicle is developed, the simulation of the quasi-static wheel unloading rate of the vehicle under different fixed track inputs is realized. By use of the program, the changing pattern of the quasi-static wheel unloading of the vehicle passing the transition curve and the triangular pit is calculated, and the effect of the primary suspension parameter on the quasi-static wheel unloading rate of the vehicle is analyzed.

Key words: wheel unloading; simulation; calculation; rail cars

Analysis of the Metro Gauge Calculation Method and Its Realization Software

CHEN Liang-long, et al.

(male, born in 1980, graduate student for master degree of engineering, Mechanical and Electronic Control Engineering Institute of Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The calculation method of metro gauge is analyzed. The calculation software for metro gauge is described. With the A type vehicle of the national metro as the calculation example, the software is verified.

Key words: metro; gauge; calculation software

The Newest Development and Key Technology of Long and Big Cargo Freight Cars in Our Country

TIAN Bao-shuan

(male, born in 1966, senior engineer (professorial), Research and Test Department of Sifang Rolling Stock Research Institute of China Beiche Group, Qingdao 266031, China)

Abstract: The newest development of technology of long and big cargo freight cars in our country since the 21th century is described. The design and technical features of the long and big cargo freight cars are expounded. The key problems that are urgently needed to solve in the present stage are analyzed. The improvement suggestions and development direction are put forward.

Key words: long and big cargo freight car; key technology; review

Development of the Vacuum Pressure Type Dejectas Collection Equipment

CHEN Si-guo, et al.

(male, born in 1979, graduate student for master degree, Systematic Engineering Research Institute of Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The present conditions of domestic demand and development abroad of the dejectas collection equipment are analyzed. The design scheme of the vacuum pressure type dejectas collection equipment on railway passenger cars is given. And the structure features, working principle, key technology and testing of the equipment are described.

Key words: railway passenger car; vacuum pressure type; dejectas collection equipment

Brief Description of the Air Braking System for Passenger Cars Exported to Iran

LI Hong

(male, born in 1970, engineer, Passenger Car Product Development Department of Nanche Sifang Locomotives & Rolling Stock Co., Ltd., Qingdao 266111, China)