

基于 ADAMS 的弹药运输车辆钢板 弹簧建模与刚度测试*

李二华¹, 郭朝勇¹, 黄海英¹, 胡明枢², 李建华³

(1. 军械工程学院 基础部, 石家庄 050003; 2. 75120 部队, 广西 桂林 541005; 3. 75150 部队, 湖南 衡阳 421000)

摘要:板弹簧是弹药运输车辆的重要部件,其建模质量直接影响着弹药运输车振动仿真的正确性.本文中基于 ADAMS 软件,采用离散梁单元法和 AutoFlex 模块对车辆的前后板簧进行了建模.建模过程中,在保证精度的同时对 2 种建模方法进行了适当的改进.对建立的前后板簧模型进行了刚度仿真测试和拟合.结果表明,采用本文中提出的改进建模方法,既能模拟出簧片之间的接触摩擦力模型,又减少了板簧结构的自由度个数,提高了运算效率,且板簧模型拟合的刚度值与实际刚度值基本一致.

关键词:弹药运输车;钢板弹簧;ADAMS;弹簧建模;仿真

中图分类号:U410.89;U812+.4;TP271

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2009)07-0070-03

弹药在运输过程中受到剧烈振动和冲击等作用,不仅其发射性和稳定性可能受到影响,而且存在发生爆炸的危险.弹药的特殊社会属性和技术特性决定了必须对弹药在运输振动环境中进行检测和试验.弹药运输车的整体建模是建立弹药运输模拟振动系统的主体之一.钢板弹簧是汽车车桥与车架(或车身)之间的弹性连接件^[1],它主要缓冲并吸收来自车辆运行中的冲击和振动能量,是车辆重要的减震装置和高负荷安全部件.钢板弹簧建模质量的好坏,对弹药运输车的整体建模和运输振动仿真分析有着极其重要的作用.

1 汽车钢板弹簧建模

MSC ADAMS 是美国原 MDI 公司开发的著名虚拟样机开发、仿真、分析软件,目前已成业界最优秀的多体系统动力学分析软件之一^[2-3].本文中采用基于该软件的离散梁单元法和 AutoFlex 法分别建立前、后板簧的模型.

1.1 基于离散梁单元法的前板簧参数化建模

为得到足够精度的计算结果,需要将各片钢板弹簧离散为足够多的段,这将导致建模复杂,自由度增多,计算工作量增加.弹药运输车前板簧有 8 片,因此对离散梁单元建模进行了改进,选取主簧片和第 2 簧片作为整个板簧的简化模型,以期达到建模方便且精度较高的目的.为保证板簧模型建立后的刚度能与实际的刚度值一致,最终建立的两簧片模型与实车的主簧片、第 2 簧片略有差别.

在 ADAMS 中,Beam 力定义了连接 2 个物体之间的轴

向力、剪切力、弯矩和扭矩,其理论服从离散梁理论.当输入梁单元的物理特性参数后,ADAMS 可自动求解出 Beam 力的大小.按照离散梁模型,将板簧离散成 16 段小刚体单元,单元之间通过手动加 Beam 力实现连接.定义约束之后的纵置前钢板弹簧模型如图 1 所示,建模所依据的物理参数见文献[4-5].

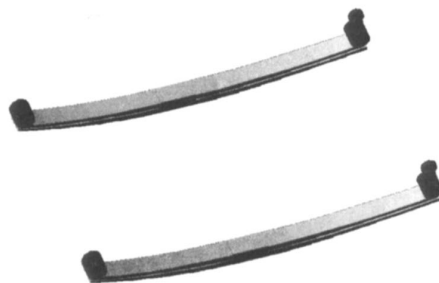


图 1 前钢板弹簧模型

1.2 基于 ADAMS/ Autoflex 的后板簧参数化建模

在 ADAMS/ Car 环境下装配虚拟样车系统时只支持一个板簧子系统,而弹药运输车是前后纵置钢板弹簧非独立悬架结构,因此,在建立后钢板弹簧模型时采用内嵌于 ADAMS/ AutoFlex 模块的 Leafspring 工具,该方法能将板簧嵌于整个悬架系统,在与悬架和车架装配时较为准确且操作方便,而装配后的模型能在 ADAMS/ Car 模块内无缝地兼容使用.同时,如果按照实际情况建立 12 片板簧模型,再加上吊耳、衬套等构件,最终的自由度总数将达到数千个.另一

* 收稿日期:2009-04-20

作者简介:李二华(1978—),男,河北涞水人,硕士研究生,主要从事机械设计研究.

方面,采用该方法建立每一簧片时需设置较多的参数.基于以上考虑,有必要对板簧进行简化.

研究的后钢板弹簧为主副簧结构,在 ADAMS/ AutoFlex 模块里是不能直接实现的.故而建模时拟建两套结构:一套是将后板簧简化为一片簧模型,模拟样车在空载情况下只有主簧起作用的工况;一套是将后板簧建立为两片簧结构,模拟样车在运输弹药时主副簧同时起作用的工况.根据弹药运输振动试验要求,弹药运输装载的重量在汽车载重的 $1/2 \sim 2/3$ 为宜^[6],因此两片簧结构符合模拟样车进行重载运输的工况.

最后得到的后板簧的两套模型如图 2 所示.

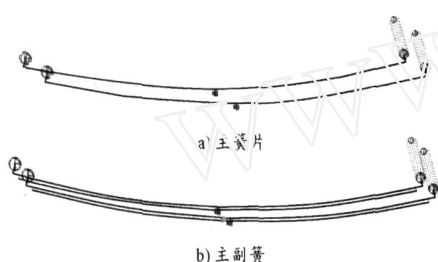


图 2 后板簧模型

2 某型汽车钢板弹簧的测试与修正

由于建模中存在假设、等效、简化等处理以及由其他原因所带来的误差,需要对板簧进行刚度特性的测试与修正.前板簧和后板簧是在两种不同方法基础上建立起来的模型,因而进行刚度测试的方法亦有所不同.

2.1 前板簧刚度的测试与修正

前板簧刚度测试需要在 ADAMS/ View 环境下进行,测试仿真模型如图 3 所示.其基本方法为:将前板簧模型导入到 ADAMS/ View 模块中,去掉一侧板簧,只保留一侧板簧进行仿真试验.在板簧两端添加与大地相连的旋转铰约束以模拟实际中板簧两端吊耳的运动,在板簧中间添加移动副.给板簧设定移动驱动,驱动类型设置为位移,其函数表达式为 $\text{FUNCTION} = 10 * \text{time}$.最后设置仿真参数时间、步长等.

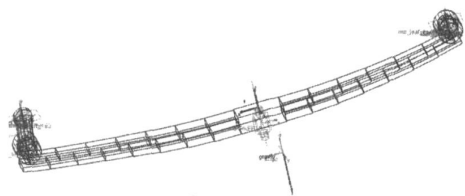


图 3 前板簧刚度测试模型

仿真测试的结果如图 4 所示.根据变形位移和时间的换算关系,可以得到板簧的刚度特性值.由变化关系图可以看出,除刚开始板簧受到冲击载荷有一突变外,受载与变形基本成正比,即变形量在 50 mm 之内,板簧的刚度值

约为 117.1 N/mm ,与实际值 120 N/mm 基本吻合.需要说明的是,调整板簧的刚度值需要修改 Bean 力中的弹性模量参数和接触力模型中的函数参变量.

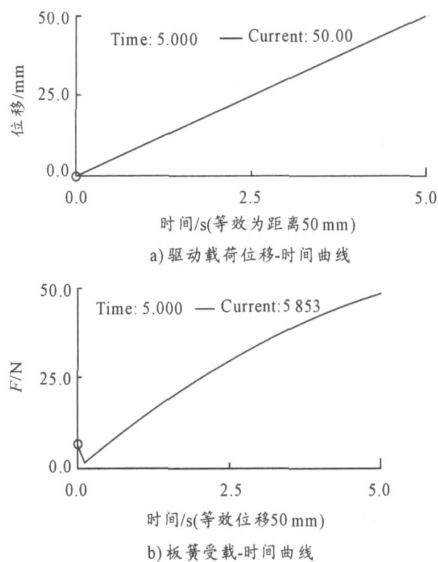


图 4 前板簧受载—变形曲线

2.2 后板簧台架试验与分析

基于 ADAMS/ AutoFlex 方法建立的板簧具备完整的信息,能与 ADAMS/ Car 其他子系统进行通讯连接,而 ADAMS/ Car 提供了专门进行悬架系统的台架试验工具,因此后板簧的刚度仿真测试可方便地在 ADAMS/ Car 环境中进行.

后板簧台架试验首先需要将后板簧装配在后悬架系统中.台架试验是一个总成系统,除了建好带有板簧的后悬架系统,还需要设置一个试验台,仿真是通过试验台来进行驱动的.整个台架试验系统如图 5 所示.在左、右轮心处施加 z 轴正向力,模拟前钢板弹簧受垂直载荷时的刚度和受力变化. ADAMS/ Car 中以轮心刚度表示左右车轮在同时受力的情况下车轮轮心处的刚度值,在非独立悬挂中,此刚度值正为钢板弹簧的刚度.

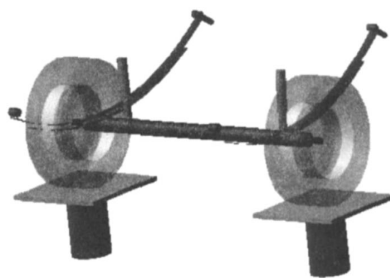


图 5 后板簧刚度台架测试系统

为保证与实际板簧刚度值相一致,需要调整板簧碰撞刚度、碰撞阻尼、弹性力指数、簧片间摩擦系数、预加载荷等参数,以使板簧刚度特性值与实际相符.

建立的后板簧有两套结构,其主簧刚度、主副簧复合刚度仿真测试结果分别如图 6~7 所示.

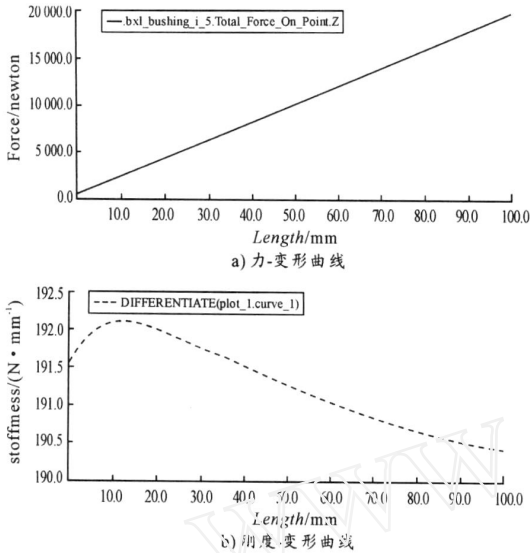


图6 主簧刚度测试结果

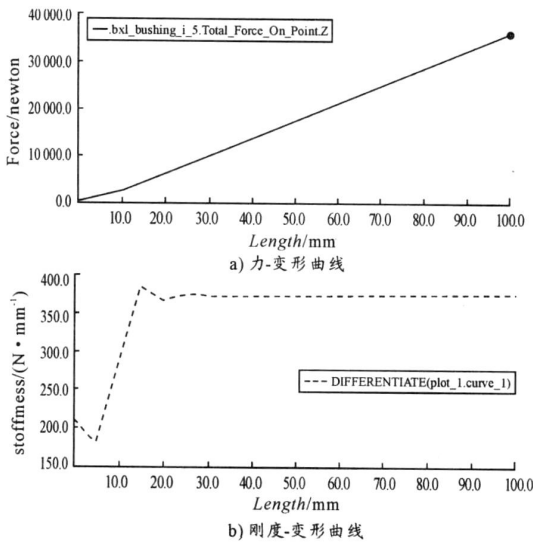


图7 主副簧复合刚度测试结果

从图6中力-变形曲线结果可以看出,钢板主簧的弹性特性是总体呈线性变化的,其刚度曲线基本平滑,数值变化不大,算术平均值为191.3 N/mm,与实际刚度值196

N/mm^[7]基本吻合.图7中主副簧复合刚度曲线有个突变,该区间反映的是模型中两簧片从刚开始接触到完全接触的过程,弹性特性也由线性到非线性再到线性变化,从力-变形图也反映了其变化前后曲线斜率的不同.从仿真测试结果可以得到主副簧复合刚度约为375 N/mm.

3 结束语

本文中对弹药运输车钢板弹簧进行了详细的建模研究和分析.钢板弹簧在ADAMS/Car中建模主要存在2个问题:软件自身只提供了一套板簧子系统模型,而研究对象是前后纵置板簧结构;板簧模型自由度能达到上千个,极大地影响了计算机仿真运算的速度.本文中提出的改进建模方法较好地解决了板簧在ADAMS/Car中建模相关问题并建立了其动力学模型.最后对建立的板簧模型分别进行了刚度测试和拟合,达到了与实际刚度值基本一致.同时,本文中提出的改进建模方法也适用于其他运输卡车的钢板弹簧的建模研究.

参考文献:

- [1] 陈家瑞.汽车构造[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [2] McConville J B,McGrath J F. Introduction to ADAMS theory [R]. USA:MDI,1997.
- [3] 石博强,申焱华,宁晓斌,等. ADAMS 基础与工程范例教程[M].北京:中国铁道出版社,2007.
- [4] 吴定才.汽车零配件通用互换实用手册[M].北京:国防工业出版社,2006.
- [5] 阿登纳 U,巴兰滋 W.汽车手册[M].陈宝仁,译.北京:机械工业出版社,1987.
- [6] 黄海英,张学宇,郭朝勇,等.弹药运输模拟试验路面谱的测试研究[R].石家庄:军械工程学院,2006.
- [7] 胡明枢,郭朝勇,黄海英.基于虚拟样机技术的模拟弹药运输振动研究[J].军械工程学院学报,2008,20(4):33-35.
- [8] 张进.汽车维修行业的现状及发展对策[J].四川兵工学报,2009,30(3):140-142.