

Dismantling a vehicle to developing a Finite vehicle model used to test roadside safety facility

GAO Shuide¹, ZHANG Ying², ZHANG Shaoli¹, ZHANG Fan³, ZHOU Qing³

¹ *Beijing Shenhua Traffic Engineering Technological Co., Ltd.*

² *Beijing Zhonglu'an Traffic Technological Co. Ltd, Beijing, 100071*

³ *State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Tsinghua University, Beijing, 100084*

Abstract – The Finite vehicle model used to test roadside safety facility had been developed by dismantling a vehicle, which vehicle is primary in the road. The geometry of hard wares, distribution of mass and the location of the center of gravity of vehicle are measured on spot site. The property of material, mechanical property of the steer system, pressure of wheels and the vibration absorber are tested and relative parameters are gotten. The Finite vehicle model is validated by correlating the simulate result with full-scale testing. All works refer to the European criterion CEN.

Keywords: Road restraint systems, Finite element vehicle model, Dismantling the vehicle, Full-scale testing

1 引言

为了改善道路的安全状况，国内外采用试验的方法对于道路安全设施的有效性开展了深入的研究，并取得了很好的成效。随着计算机技术和工程计算方法的高速发展，计算机模拟技术在道路安全设施汽车碰撞检测中发展起来了，这种方法可减少碰撞试验的次数，从而降低成本，提高效率。但是，由于现有的主流车型一般开发较早，当时模拟计算技术没有发展起来，同时也缺少车辆建模用的技术资料，因此，计算模拟所需要的车辆模型难以建立。本文从国外对道路安全设施检测用的车辆模型的标准要求及大客车的拆卸与测量方法两方面，对于车辆模型的建立方法进行了介绍，经验证，应用该方法建立的车辆模型可以满足道路安全设施检测模拟计算用车辆模型的要求。

2 国外相关标准车辆模型的要求

2.1 道路安全防护系统计算机模拟标准草案的有关规定

瑞典国家公路局提交给欧洲标准委员会（CEN）道路设施分会（TC226）的“道路安全防护系统计算机模拟的术语、方法、标准”草案对道路安全设施检测用车辆模型作了如下要求：

1) 车辆的技术参数必须满足“道路安全防护系统测试术语和总体标准（EN1317-1）”中有关的规定；

2) 车辆模型必须能够正确的反映出碰撞区域的局部翘曲变形，并且能够在碰撞中反映车辆的整体变形。有关模型的细节参见“有效的道路安全防护系统碰撞分析有限元模型研究报告（文件号：OD-2000-0024）”。

2.2 EN1317-1 中有关车辆技术参数的规定

欧洲标准委员会（CEN）的“道路安全防护系统测试术语和总体标准（EN1317-1）”中有关

车辆技术参数部分对试验车辆的：1) 车型；2) 车辆质量及其分布、重心位置；3) 几何形状及尺寸；4) 车轮的位置（轴距、轮距等）做出了规定。

2.3 道路安全防护系统碰撞分析有限元模型研究报告中有关车辆模型的要求

瑞典国家公路局的“有效的道路安全防护系统碰撞分析有限元模型研究报告（文件号：OD-2000-0024）”规定，车辆模型除了要满足 EN1317-1 之外，还要进行：

- 1) 模型的检查和调整，如增加部件、增加质量、改变材料属性、改变网格的划分等；
- 2) 对有限元模型的参数，如有限单元类型（梁单元、壳单元等）、网格密度、材料属性等进行检查，如果这些参数不符合要求则要对模型进行修改。

经检查合格后，就可以进行车辆模型的验证工作（具体的验证方法在本文第 4 部分进行阐述），只有当数值模拟的结果与实车试验的结果基本吻合的时候，所建立的车辆模型才可以称为最终有效的车辆模型。

3 大客车的拆卸与测量方法

本文第 2 部分主要论述了用于道路安全设施检测用车辆模型必须满足的要求，本部分主要论述简化和规范拆车的步骤和方法，以便建立既满足标准要求又简化车辆拆卸测量工作的车辆模型，车辆的拆卸测量工作可按以下步骤进行：

- 1) 拆车前对车辆总质量及重心位置进行测量；
- 2) 拆车前转向轮转向力与位移的关系测量；
- 3) 拆车前对整车内外几何尺寸测量及 CAD 图的绘制工作；
- 4) 对车辆内外蒙皮进行拆卸；
- 5) 车身骨架及底盘 CAD 图的绘制，碰撞区域细部零件图绘制；
- 6) 大质量块的拆卸和轮廓尺寸测量；
- 7) 轮胎压缩力与位移关系测量，悬架压缩力与位移关系测量；
- 8) 关键零部件材料特性试验。

以上工作可以分为几何尺寸测量、质量测量、材料特性试验和机械物理特性试验等几个方面，下面分别进行论述。

3.1 几何尺寸测量

整车及各零部件的几何尺寸是建立 CAD 模型的基础，这里所说的几何尺寸包括几何形状（尺寸）、安装位置及各零部件的连接方式等。在拆车前要测量整车的外形尺寸（长、宽、高）、轮距、轴距、车轮半径、离地间隙等数据，这些数据必须要满足 EN1317-1 中针对车辆的几何形状及尺寸的要求。在拆车过程中还要记录部件之间的几何拓补关系和连接方式（焊接和螺栓连接等），在获取以上相关的信息后就可以绘制 CAD 图了。



图 1 车身骨架侧面照片



图 2 整车重心的测定

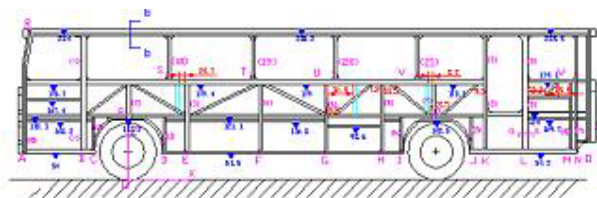


图 3 车身骨架 CAD 图

3.2 质量分布

客车的质量分布、重心、各部件的所有主方向上的转动惯量等决定了客车与护栏碰撞过程中和碰撞后的运行轨迹,因此这部分信息在计算机建模中是很重要的。整车质量和重心的测量在拆车前进行。发动机、油箱和传动装置等主要质量部件的质量(部分部件还需要进行转动惯量的测定)的测定在拆车后进行,其它部件包括内饰板、座椅、玻璃等在内的一切的质量信息在拆车的过程中测量。

3.3 材料特性

材料特性(主要指材料力学参数)的测量对于关键部件(发生碰撞区域内产生大变形的部件)在碰撞过程中将起到很大的作用,为了能真实的模拟碰撞的过程,必须要对这些部件进行材料特性的测量。最后形成的实验报告中应包含以下几点内容:完整的材料应力—应变曲线(计算机数据)、材料屈服极限、强度极限、材料弹性模量。

需要进行材料特性实验的部件包括:前后保险杠、车架前横梁、主纵梁前端、车前脸蒙皮、车身侧面外蒙皮、车身侧面骨架、车门台阶、地板以及顶部骨架等。

3.4 机械物理特性

在护栏检测碰撞试验中,车辆的转向特性,在承载情况下车轮及悬架的变形情况对实验车辆用于检测过程中的运动形态影响较大,所以在建模前要对实验车辆的转向特性、减震特性、轮胎特性进行测量。

3.4.1 转向特性

汽车转向轮的转向力与位移的关系的测量在拆车前进行,方法如下:将车架起(悬架不受力),在前轮胎侧面如图中位置取一点A,测量点A到轮心距离 d 。用千斤顶或者其它加载装置在A点水平方向向里(沿Y轴方向)推,从轮的中性位置开始一直推到底。在此过程中记录加载力与位移的关系。在A点的对称位置B点上重复上述测量。

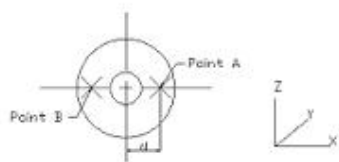


图 4 转向特性测量示意图



图 5 转向特性的测量

3.4.2 减震特性

拆卸底盘前要进行减震特性,即减震器所受的力与伸长量的关系的测量,首先拆下主纵梁,但不拆下板簧,保留板簧与主梁的连接关系,然后将主梁支撑好后,用千斤顶或者其他加载装置由板簧中点向下(取决于悬架的功能方式,也可能向上)加力,测量力与位移的关系。板簧

的最大位移需要事先估计，以实际工作中的最大限为界。有的客车的悬架可能使用空气弹簧，但悬架刚度的测量方法不变。

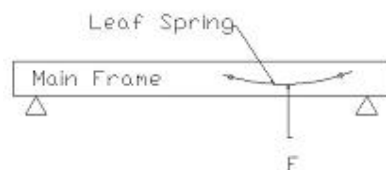


图 6 减震特性的测量示意图

3.4.3 轮胎特性

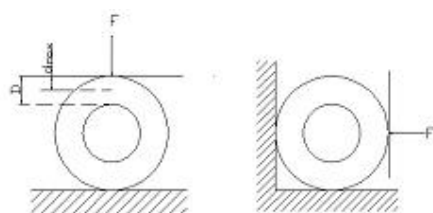


图 7 轮胎特性的测量示意图



图 8 轮胎特性的测量

轮胎压缩力与位移的关系的测量可以按照如下方法进行：取整个车轮和轮胎，将轮胎充气到标定压力（可查厂家要求）。将车轮竖立在刚性地面上，上方置一块刚性平板。在刚性平板上施加载荷，测力与位移关系，最大位移估计为轮胎直径 D 的一半左右。此实验也可以水平方向加载，更易于操作。如有必要，车轮两侧需要一定的约束以保证车轮测试时不会倾倒。

4 模型验证方法

北京深华达公司与清华大学合作对现有主流大型客车进行了拆卸，测量其整车及各部件的几何形状、质量分布、车辆重心、材料性质以及转向、车轮、减震等机械特性，并利用这些技术参数建立了用于道路安全设施检测的车辆有限元模型。建立的有限元车辆模型模拟碰撞护栏，其结果与相应实车碰撞试验进行了对比（如图 9 和 10 所示），有限元车辆模型的运行形态，车辆破坏状态基本与实车碰撞试验结果一致。证明该模型符合相关标准对道路安全防护设施检测试验的车辆模型所做的规定。

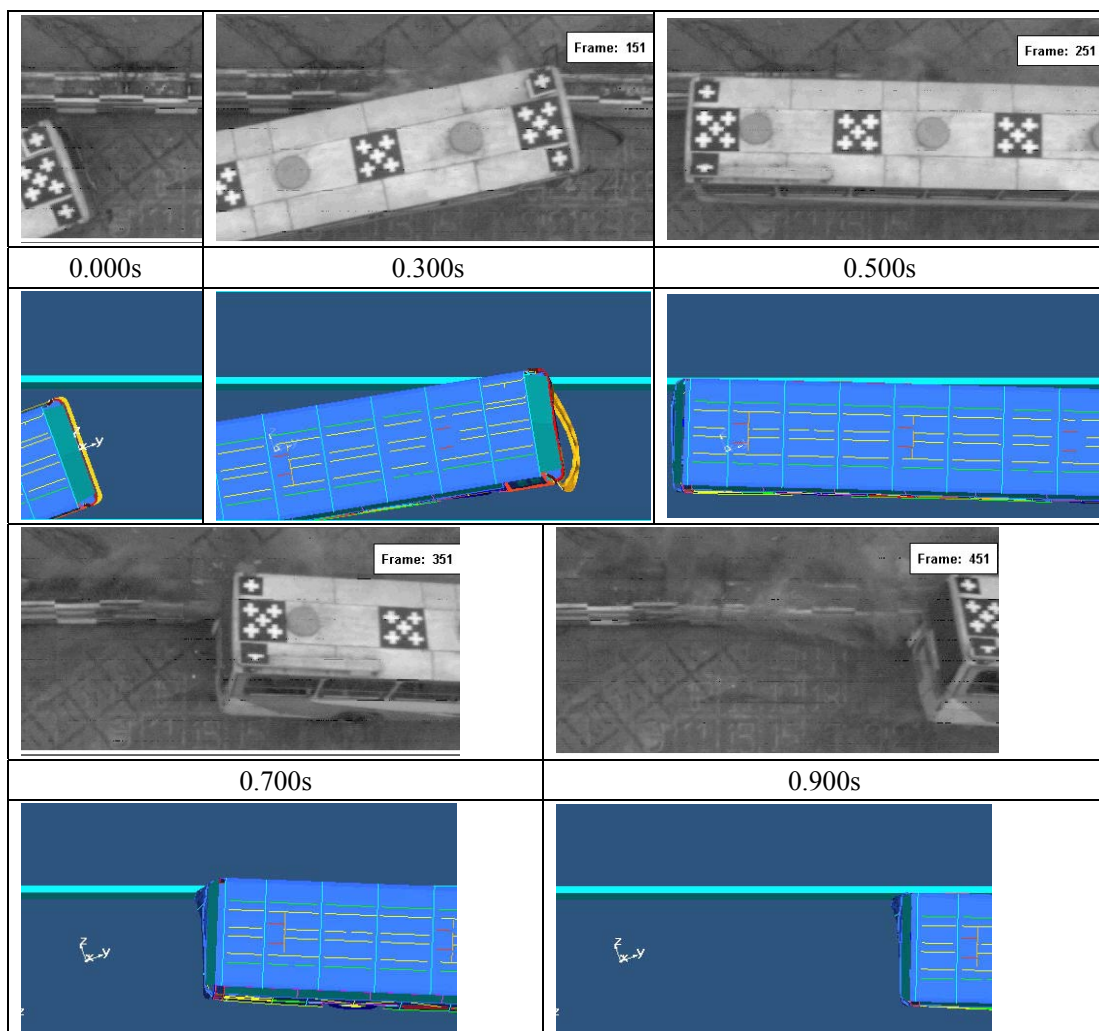


图 9 车辆碰撞护栏过程对比



图 10 车辆变形对比

5 小结

本文首先介绍了国外针对道路安全设施检测用车辆模型的标准和规定，然后结合实际拆车过程，对建立大客车有限元模型所需的各种技术参数进行了测量，并利用这些数据建立了用于道路安全设施检测的车辆模型，经试验验证，这种方法是道路安全设施检测用车辆建模的有效

方法。

6 参考文献

1. EN 1317-1 Road restraint systems-Part 1:Terminology and general criteria for test methods,CEN TC226WG1 CM/E group,1998
2. Road restraint systems Terminology,method and criteria for computer simulation of road restraint systems (Referral version) ,the Swedish national road administration (SNRA) to CEN TC226WG1 CM/E group,June 2004
3. OD-2000-0024: Crash Analysis of Road Restraint System-Validated finite element models (Main Report) ,Offshore Design AS,January 2001(rev.0)