

客车内饰件对侧翻仿真结果的研究

卢琳兆 吴晓明

(厦门大学物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要:为研究内饰件在客车侧翻运动过程中能量吸收的比例,常规做法往往是先建立完整的整车有限元模型,运用LS-DYNA软件进行计算,再用LS-PREPOST前后处理器来统计内饰件吸收的能量。这种正向做法会导致计算时间过长或由于材料参数、变形体预变形、连接方式等与实际不一致,使仿真结果与试验不符。文章依据试验结果,利用反求法来求出整车内饰件吸收的能量比例,在进行侧翻仿真分析的时候只需考虑车身骨架及外部蒙皮吸收的能量即可。验证结果表明,采用此方法会减少有限元模型数量、节省建模和计算时间,达到事半功倍的效果,且仿真结果与试验也较吻合。

关键词:反求法;客车内饰件;LS-DYNA;能量吸收比例

中图分类号:U461.91 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-4801(2015)02-116-04

公安部交通管理局的《道路交通事故统计年报》显示,在2008年我国发生的29起特大事故中,客车侧翻的事故高达83%,其结果造成群死群伤,损失惨重^[1]。因此,研究客车侧翻安全对于保护乘员生命安全具有重要的意义。文献[2]通过建立整车纯骨架的有限元模型来研究侧翻安全性,忽略了蒙皮、内饰件等重要的部件,这样容易造成整车骨架重量偏重;文献[3]在研究客车侧翻时,发现蒙皮对仿真结果有重要的影响;文献[4]证实了客车座椅及约束系统等在客车侧翻时能起到重要的支撑作用及吸收一部分能量。虽然这些文献在研究侧翻时均发现除骨架之外,一些重要的内外饰件在侧翻时能增加上部结构的刚度且具有吸能作用,但均无给出这些部件吸收的能量占总能量有多大比例。

1 问题探讨

当物体上作用有随时间 t 而变化的动载荷时,物体将产生随时间 t 变化而变化的位移、速度和加速度。由达朗贝尔原理可知,对任何系统,其所有作用力(激振力、弹性力、阻尼力)以及惯性力之和必为零^[5]。因此,在对整车进行侧翻仿真分析时,如果外界条件不变但忽略某部分的重量时,则应相应的降低总结构的刚度及总阻尼才能使力平衡。由于侧翻试验就是通过检查侧围立柱有无侵入生存空间,即验证客车上部结构的刚度,故在整车侧翻仿真分析时忽略内饰件的作用就是人为的降低整车的刚度。根据达朗贝尔原理可知,整车

的重量也要相应的降低(即减小其触地动能)才能保证力的平衡。那么问题难点就在于忽略内饰件做仿真分析时,到底应该减少多少重量才与实车侧翻的结果一样?仅减少内饰件的重量就行了吗?

由于内饰件结构复杂、零件多,连接方式多样化及弹性部件预变形等原因,如果直接进行有限元建模及分析,其一会造成工作量大,计算时间过长;其二即使材料的参数等均完全准确,由于连接方式及连接位置不同、预变形等因素没考虑时,造成的结果也不尽相同,势必造成事倍功半的结果。如果采用反求法来确定所有内饰件在侧翻时所吸收的能量比值,就可以通过建立整车骨架、外饰件等有限元模型,在与实车同重心、同翻转速度的情况下,利用减少配重的方式来进行仿真分析,可以做到事半功倍的效果。

本文利用某公司9 m中巴车的整车结构作为研究对象,建立2个有限元模型进行分析比较。模型一即整车无内饰件,保证仿真模型与整车实际重量及重心位置一致;模型二即整车也无内饰,仿真模型的重心位置与原整车一致,但需保证配重后其触地动能约为实车触地动能的80%,即重量为原整车重量的80%。在外界条件及约束、材料参数等完全一样的情况下进行比较分析。

2 侧翻仿真模型的建立

本文规定:外部件包含整车骨架、玻璃、蒙皮、乘客门等;内部件包含包层柱、仪表台、前后成型

作者简介:卢琳兆(1982-)男,研究方向:车辆结构强度及被动安全技术。

吴晓明(1963-)男,副教授,研究方向:结构力学、机构设计优化和仿真分析算法研究与应用。

顶、中部成型顶、行李架、座椅、护栏、卫生间等除外部件之外的所有部件。

2.1 有限元模型前处理

为了更真实地反映整车模型,采用壳单元来建立其车身骨架、车架、外部蒙皮、玻璃等结构,而前后空气弹簧悬架和整体桥结构的导向杆系分别采用梁单元和刚性单元来模拟。这种建模方式经过多次试验验证能较好的与实车试验相吻合。最后,所建立的客车有限元模型如图1所示,共有1D单元947732个,2D单元903389个,结点904026个。其中三角形单元数为19267个,约占2.13%,满足小于5%的要求。配重前其模型总重约5.2t,最后整车半载总重约为11.65t,重心离地高度为1350mm。

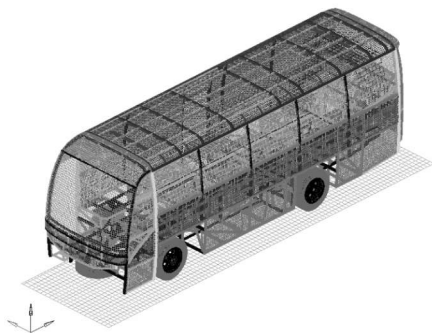


图1 整车有限元模型

2.2 材料参数设置

本有限元模型主要用到4种材料本构模型:MATL1主要用于轮胎等易变形的部位;MATL3、MATL32主要用于乘客区玻璃和前后挡风玻璃等易破裂的部位;MATL20主要用于不参与变形的零部件,如配重块、生存空间等;MATL24主要用于车身骨架各部分,包括车架、前后围、顶盖、侧围和地板骨架等。本车主要使用的材料有20#碳素钢、Q235、Q345、ABS、玻璃、玻璃钢等,其材料特性如表1所述。

表1 材料特性表

材料	密度 (t/mm ³)	弹性模量 (MPa)	泊松比	屈服极限 (MPa)	强度极限 (MPa)
20#碳素钢	7.83e-9	206 000	0.3	240	420
Q235	7.83e-9	206 000	0.3	235	410
Q345	7.5e-9	206 000	0.3	345	490
ABS	1.14e-9	2 300	0.394	34	47
玻璃	2.5e-9	72 000	0.25	30	
玻璃钢	1.8e-9	21 000	0.37	317	460

2.3 加载及约束设置

采用LS_DYNA中的关键字*BOUNDARY_SP C_SET来定义翻转平台绕X轴旋转和关键字*BOUNDARY_PRECRIBED_MOTION_RIGID来定义翻转平台的初始转动角速度为0.086 rad/s。

2.4 接触设置

在仿真分析中,为了防止某些部件产生大变形时发生自身穿透的现象或各部件间发生相互穿透,通常采用单面接触类型的做法,以提高数值计算的稳定性和计算效率。同时碰撞分析时,由于人工很难判断壳单元发生接触的方向,故采用自动接触方式,即程序自动从壳单元的法线两侧检测其接触状况,减少了工作量^[6]。

2.5 地面及摩擦系数的设置

采用关键字*RIGIDWALL_PLANAR来定义混凝土地面,并使其法向为Z向,同时定义车身与地面间的摩擦数为0.7。

3 仿真结果分析

客车侧翻分析的运动过程如图2所示。客车的顶边梁是最先的着地点,反作用力传递到顶盖、两侧侧围骨架及蒙皮、玻璃等各功能件,发生挤压或破裂变形。在侧翻碰撞过程中,其变形部分主要集中在侧窗立柱、顶边梁、顶盖弧杆、蒙皮、玻璃等。

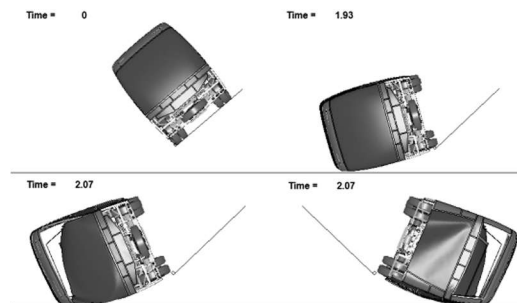


图2 客车侧翻运动过程

3.1 变形量仿真分析对比

从侧翻碰撞过程中可以看出生存空间上的点与侧窗立柱上对应的某点开始时相差某一距离,随着侧翻进行两点间的距离逐渐变小,即生存空间上此点与侧窗立柱间的余量越来越小了。前端生存空间与侧围立柱的最小距离,模型一约为50mm,模型二约为91mm;后端的最小距离模型一约为96mm,模型二约为105mm,如图3、4

所示。

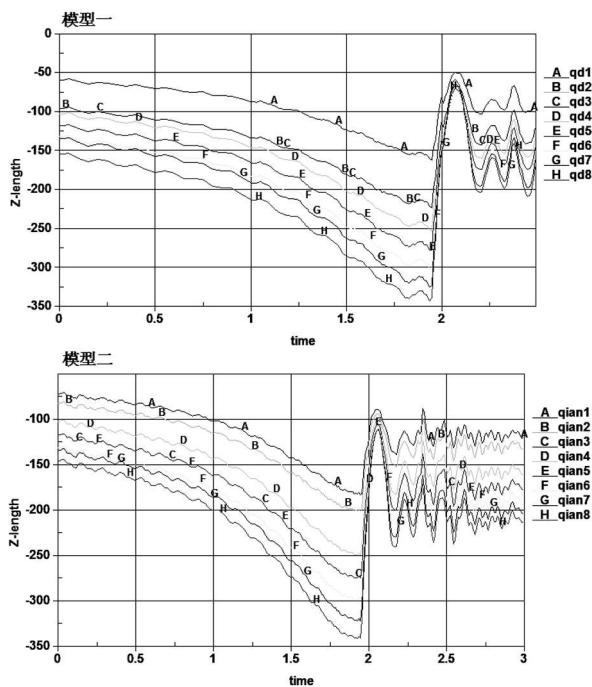


图3 前端生存空间余量对比

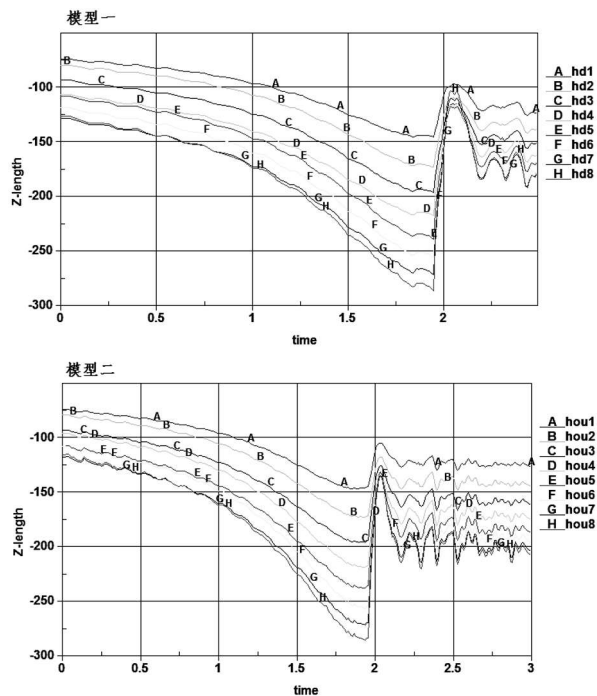


图4 后端生存空间余量对比

3.2 能量分析

由于检验侧翻碰撞仿真精度的重要考量指标就是能量守恒,故要求非物理能量如沙漏能等不能超过总能量的5%^[7]。侧翻分析过程的能量变化曲线如图5所示。

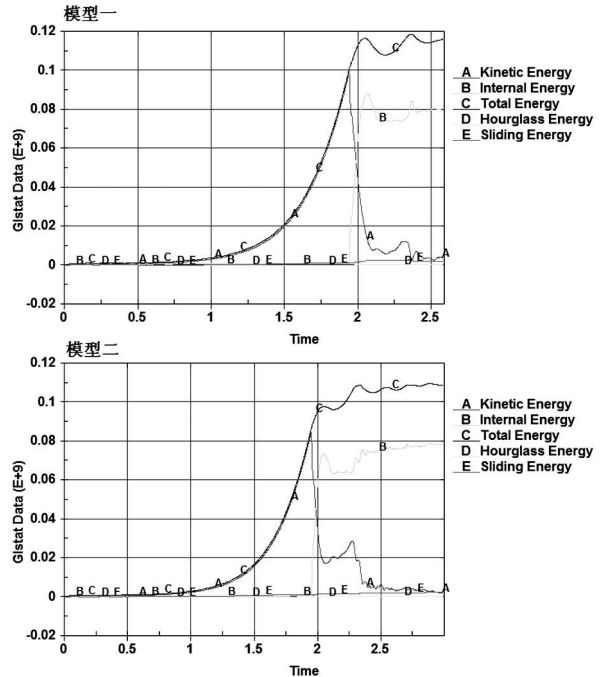


图5 整车侧翻各能量曲线对比

从图5中可以看到:模型一侧翻触地动能为107 kJ,模型二侧翻触地动能为85.7 kJ;在侧翻运动过程中,逐渐把动能转换为内能和小部分热能及滑移能,其中沙漏能很小(约为0.05 kJ),滑移能也很小(模型一约3.5 kJ,模型二约2.8 kJ,均占总能量的3.27%),可以忽略不计。从能量曲线看其能量最终保持不变,满足能量守恒定律,故本次分析有效。

4 试验验证

根据ECE R66法规,在实车的每个座位上加人的一半的重量后,固定前后悬架,保证其在侧翻运动中不发生变形,在试验台上进行侧翻试验,如图6所示。



图6 整车侧翻试验前后对比

4.1 变形量验证

从图7、8中可以看出,钢针几乎没动,变形量最大出现在前端,其前后端余量如表2所示,其中余量最小都有95 mm(试验前钢针伸出泡沫的距离为100 mm),这说明在侧翻运动过程中,立柱距



图7 前端生存空间余量

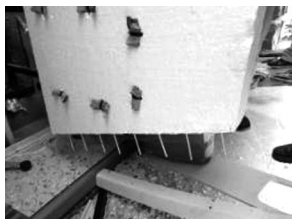


图8 后端生存空间余量

表2 前后端钢针伸出生存空间的长度 mm

前端				后端			
序号	模型一	模型二	试验结果	序号	模型一	模型二	试验结果
1	58	112	>100	1	96	105	>100
2	64	112	>100	2	108	118	>100
3	68	108	>100	3	104	125	>100
4	70	105	>100	4	115	132	>100
5	70	100	>100	5	118	135	>100
6	66	105	>100	6	115	137	>100
7	66	97	100	7	111	135	>100
8	50	91	95	8	103	131	>100

注:表中序号表示按生存空间从上到下顺序排列。生存空间的距离至少有95 mm,与模型一仿真的

结果相差很大,与模型二的仿真结果较为吻合。可见,内饰件对侧翻的影响很大。

4.2 整车外部件的能量吸收比例

通过对近几年来进行的各类型整车侧翻试验与仿真分析结果进行拟合分析,发现如果按照整车骨架及外饰件进行仿真分析时,减去整车侧翻过程中的触地动能的20%(即重量为原整车重量的80%),则仿真分析的变形量与试验结果较为吻合。

5 结论

通过对整车侧翻试验与仿真结果进行对比,发现有无考虑内饰件的吸能作用对客车整体的变形量、车身立柱上各测量点与生存空间的距离等有重要的影响。故利用LS-PREPOST软件对各类型的车辆的外饰件吸收的能量进行总结,反求得仪表台、木地板、包层柱、座椅、行李架、护栏、顶部内饰件及前后成型顶等内部结构件吸收的能量大约占20%,而不是简单的减去内饰件的重量。故以后利用有限元法来评价整车侧翻安全性时,不应忽略内饰件及主要功能件的影响。

参考文献:

[1] 中华人民共和国公安部交通管理局.道路交通事故统计年报[R].南京:公安部交通管理科学研究所,2008.

[2] 何汉桥,张维刚.高床大客车侧翻结构安全性仿真研究[J].机械科学与技术,2007,26(7):922-930.

[3] 李强,申福林,于宏伟,等.客车蒙皮对侧翻碰撞仿真结果的影响[J].公路交通科技,2011,28(2):149-153.

[4] Giovanni Belingardi, Paolo Martella, and Lorenzo Peroni. Coach passenger injury risk during rollover: influence of the seat and the restraint system[C]. 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles - ESV, 2005.

[5] 高云凯.汽车车身结构分析[M].北京:北京理工大学出版社,2006:116-117.

[6] 方锡邦,周革,尹鸿飞.客车侧翻试验仿真研究[J].客车技术,2006,25(6):10-13.

[7] 邓兆祥,胡玉梅,王攀,等.客车耐撞性结构优化设计[J].机械工程学报,2005,41(11):217-220.