

运用 LS-DYNA 仿真分析顶置式乘员侧安全气囊

华歆, Dave Hampson, 朱晓光, 王治家

(延锋百利得(上海)汽车安全系统有限公司, 上海 201318)

摘要: 顶置式乘员侧安全气囊(RPAB)是一种装配在顶棚与车身横梁之间的新型乘员侧气囊。与传统乘员侧气囊(PAB)相比,在形状上和展开方式上都有很大的不同,与周围环境件的相互作用也更复杂,在仿真中影响气囊模型准确度的因素相应也更多。本文运用 LS-DYNA 软件建立某款乘员侧顶置式安全气囊模型,通过线性冲击实验对标,使得仿真模型在气囊展开姿态、吸能特性等方面都和实验结果吻合较好,验证了仿真模型的准确性,并应用于正面约束系统模型,与台车实验结果进行了对比。

关键词: 顶置式安全气囊; LS-DYNA; 对标分析

1. 概述

随着汽车飞速发展,消费者对汽车各方面的要求日益提高,包括安全性、智能性以及舒适性等。乘员侧气囊作为重要安全配置,近几年在形状上和位置上有很多创新。其中,顶置式乘员侧安全气囊(RPAB)是一种装配在顶棚与车身横梁之间的新型乘员侧气囊,在正面碰撞时给乘员提供保护。顶置式安全气囊受到很多主机厂及安全系统公司的关注和研究,目前已有某些车型运用到了顶置式安全气囊。

和传统乘员侧安全气囊相比,顶置式安全气囊主要有以下两点优势:第一,由于气囊不再安装在仪表板下,使得乘员侧仪表板的设计更为灵活,包括造型、材料以及多媒体集成等,内饰的开发验证成本相应降低,且乘员空间的增大提高了乘坐舒适性。第二,气囊不会直接面向乘员展开,因此更有利于离位乘员保护,通过 FMVSS208 法规。

顶置式安全气囊是一个新型且技术含量非常高的零部件,而且开发周期较长,因此建立可靠的仿真模型能够有效降低开发费用,缩短开发时间。延锋百利得(上海)汽车安全系统有限公司开发了一款顶置式乘员侧安全气囊,专利号为 2016109528708,本文以此款顶置式安全气囊为研究对象,利用仿真软件 LS-DYNA 建立气囊的折叠模型,并结合实验数据,通过相关性分析,验证了仿真模型的准确性。

2. 气囊分析

2.1 气囊建模分析

和传统乘员侧安全气囊相比,RPAB 点爆后,在展开充满的过程中不需要 IP 的支撑,气囊直接展开在 IP 与假人之间,在气囊内拉带的作用下,气囊接触到假人大腿后向上反弹至 IP 和风挡角落处,支撑和保护假人的头颈部及胸部。

因为顶置式安全气囊特殊的展开方式,RPAB 在仿真中气囊的展开及反弹过程需要与实验保持高度一致,才能保证气囊与假人的接触位置与实际相同。仿真建模时有如下几个难点:首先,保证气囊点爆时从顶棚中展开时的初始方向与实际高度一致。其次,控制气囊展开过程及反弹的过程。另外,气囊与假人和 IP 及中控的接触设置。

本文运用 LS-DYNA 软件进行气囊建模,子部件模型包括气袋、发生器、防尘罩、安装支架及导向件。模型网格平均尺寸为 5mm,采用工程折叠,与实际气囊一致。气袋织物采用 MAT34 号材料,安装支架材

料采用 MAT24 号。气袋的预缝线在模型中通过定义 CONSTRAINT_NODAL_RIGID_BODY 实现，用时间控制其失效。图 1 为 RPAB 气囊模型。

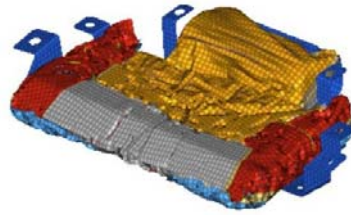


图 1 RPAB 气囊模型

在 RPAB 仿真建模过程中，有以下几点设置对 RPAB 的最终展开结果影响较大，但对传统 PAB 的影响相对较小。首先，模型中粒子法转化为均压法的时刻将影响气囊接触假人大腿后的反弹效果，过早或过晚以及纯均压法或纯粒子法都不能得到较好的气囊展开仿真结果，此模型中转换时刻设置为气囊点爆后 30ms；其次，气囊与 IP、中控以及假人的接触摩擦系数对气囊的展开过程有较大影响；最后，发生器前 10ms 的输出需要保证较高的精度，本文运用 MTA 的方法对质量流和温度曲线进行了反求。

2.2 气囊对标分析

气囊模型对标通常采用跌落塔实验的方法。因顶置式安全气囊展开的特殊性，本文采用线性冲击实验的方法进行气囊吸能的评估以及仿真模型的对标。与跌落塔实验原理相同，冲头在一定的速度后自由释放，冲击点爆展开的气囊，实验记录冲头的加速度数据。

仿真模型设置与实验一致，图 2 为仿真与实验的动画对比，图 3 为仿真与实验的加速度曲线和速度曲线对比。结果表明：在仿真中，气囊的展开过程与实验基本一致，且加速度与速度曲线吻合良好，证明此气囊仿真模型可靠。

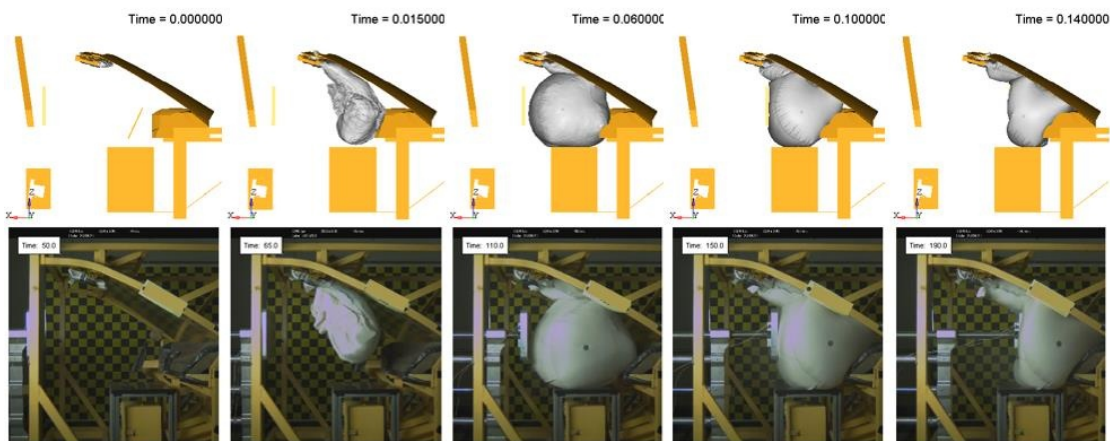


图 2 仿真与实验气囊展开过程对比

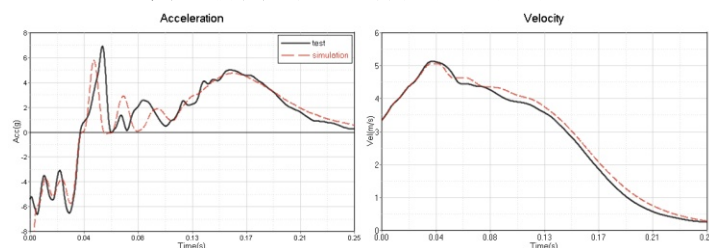


图 3 仿真与实验加速度和速度曲线对比

2.3 约束系统仿真

本文将 RPAB 模型作为子部件用于正面约束系统仿真。图 4 与图 5 分别显示了在 50km/h FRB（完全刚性墙碰撞）和 64km/h ODB（可变形偏置碰撞）两种工况下仿真与台车试验结果的对比。结果表明仿真与试验的假人主要伤害值基本一致，进一步证明了 RPAB 子模型的可靠性。

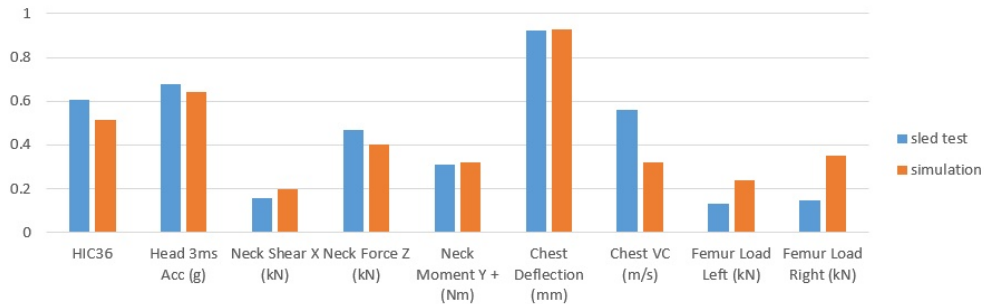


图 4 50FRB 仿真与试验结果对比

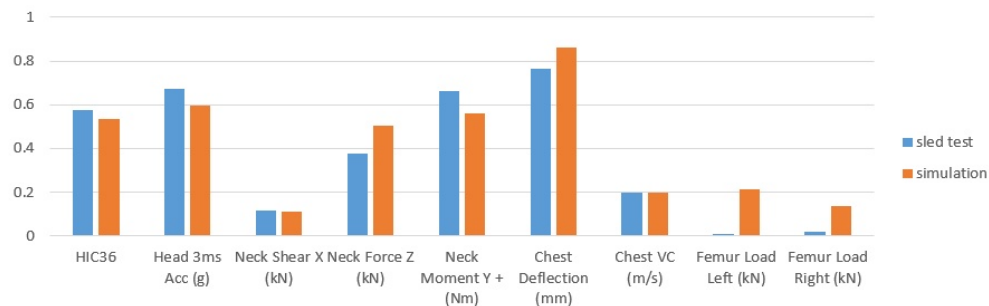


图 5 64ODB 仿真与试验结果对比

3. 结论

本文以某款顶置式乘员侧安全气囊为研究对象，建立其折叠仿真模型，并对气囊仿真模型进行了线性冲击实验对标分析和约束系统模型应用。有如下结论：

- 1) 运用 LS-DYNA 软件能够较好模拟顶置式乘员侧安全气囊，气囊仿真模型与实验结果一致，能真实反映气囊展开过程和力学性能。
- 2) 与传统乘员侧气囊相比，顶置式安全气囊仿真模型对某些参数设置更加敏感，需要灵活运用。

LS-DYNA Analysis of Roof-mounted Passenger Airbag

Hua Xin, Dave Hampson, Zhu Xiaoguang, Wang Zhijia

(Yanfeng Key (Shanghai) Automotive Safety Systems Co., Ltd. ShangHai 201318)

Abstract: Roof-mounted passenger airbag (RPAB) is an alternative type of passenger airbag mounted at the roof of vehicle instead of the conventional location of the IP. Consequently, there are many differences in shape and deployment mode between conventional PAB and RPAB. Also the RPAB interacts in a different way with the surrounding components. The alternative nature of this deployment provides a challenge to simulate accurately the airbag model in LS-DYNA software. This paper documents the additional considerations required when modelling roof mounted passenger airbag. By combining linear impact test correlation and sled test data, the simulation model is in good agreement with the experimental results in airbag deployment and energy absorption, verifying the accuracy of the simulation model.

Keywords: Roof-mounted airbag; LS-DYNA; correlation