

Technical Design and Implementation of Occupant Airbag in a Passenger Car

Xianjing Zeng
Pan Asia Technical Automotive Center

Abstract: The content of airbag design include adjusting airbag volume, determine the vent hole size and fabric leakage. Based on the key technical data of airbag, combined with passenger airbag development procedure of a vehicle type, this paper studys the engineering development method of the passenger airbag by way of LS-DYNA simulation.

Key Word: airbag, inflator, restraint system

轿车副驾驶安全气囊的关键技术与工程实现方法

曾宪菁

泛亚汽车技术中心有限公司

[摘要] 安全气囊的设计包括调整气囊的的充气体积、织袋泄气孔的面积和确定织袋的材料特性、定义保持带的尺寸等。本文在阐述安全气囊关键技术参数的基础上，利用 LS-DYNA 计算机软件的模拟技术，结合某车型副驾驶安全气囊开发的流程，研究了安全气囊的工程实现方法。

关键词：安全气囊 气体发生器 约束系统

1 引言

作为辅助的乘员保护设施，安全气囊在汽车碰撞事故中可使乘员头部受伤率减少25%，面部受伤率减少80%左右^[1]。近20年来，随着安全气囊对人体保护效果的显著提高以及碰撞试验和仿真技术的发展，在北美、欧洲、日本等工业发达国家安全气囊已得到迅速普及。因此，如何提高安全气囊在汽车碰撞事故中的使用性能是当前汽车碰撞被动安全性研究的一个重要方面。

安全气囊的设计包括调整气囊的的充气体积、织袋泄气孔的面积、确定织袋的材料特性以及定义保持带的尺寸。本文在阐述安全气囊关键技术参数的基础上，利用LS-DYNA计算机软件的模拟技术，结合某车型副驾驶安全气囊开发的流程，研究了安全气囊的工程实现方法。

2 安全气囊的关键技术参数

如图1、2所示,安全气囊的充气过程即是气体发生器产生的气体充满容器(织袋)，随后通过织袋的泄气孔和织袋缝隙泄气的过程。

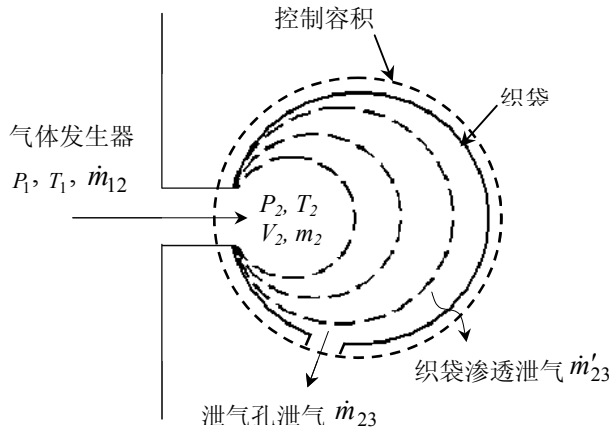


图 1 安全气囊的充气过程简图

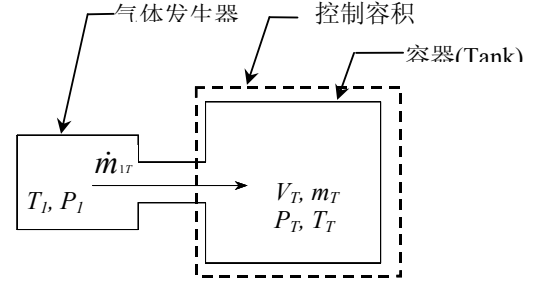


图 2 气体发生器-容器系统简图

在均压假设^[2]的前提下引入能量守恒定律, 有

$$\frac{d(em)}{dt} = \sum h_{in} \dot{m}_{in} - \sum h_{out} \dot{m}_{out} \quad (1)$$

式中

$$e = cT, \quad dh = d\left(e + \frac{P}{\rho}\right) = cp^* dT$$

根据理想气体状态方程 (EOS), 有

$$P = R\rho T \quad (2)$$

c : 热系数, e : 气袋内部能量, P : 气体压力, ρ : 气体密度

根据质量守恒定律, 有

$$\frac{dm}{dt} = \sum \dot{m}_{in} - \sum \dot{m}_{out} \quad (3)$$

式中

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{12}, \quad \dot{m}_{out} = \dot{m}_{23} + \dot{m}'_{23}$$

$\dot{m}_{12}$: 气体发生器中气体的质量流动率;

$\dot{m}_{23}$: 通过泄气孔的泄气率;

$\dot{m}'_{23}$: 通过织袋缝隙的泄气率。

根据 Wang-Nefske 的定义^[3]

$$\dot{m}_{12} = c_{12} A_{12} \frac{P_1}{R\sqrt{T_1}} \left(\frac{P_e}{P_1}\right)^{\frac{1}{k}} \sqrt{2g_c \left(\frac{kR}{k-1}\right) \left[1 - \left(\frac{P_e}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} = f_{12}(c_{12}, A_{12}, P_1, T_1)$$

c_{12} 与 A_{12} 分别为气体发生器与织袋之间充气系数与充气的横截面面积。

P_1 与 T_1 分别为气体发生器的气压与温度。

$$\dot{m}_{23} = c_{23} A_{23} \frac{P_2}{R\sqrt{T_2}} \left(\frac{P_c}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} \sqrt{2g_c \left(\frac{kR}{k-1} \right) \left[1 - \left(\frac{P_e}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} = f_{23}(c_{23}, A_{23}, P_2, T_2)$$

$$\dot{m}'_{23} = c'_{23} A'_{23} \frac{P_2}{R\sqrt{T_2}} \left(\frac{P_c}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} \sqrt{2g_c \left(\frac{kR}{k-1} \right) \left[1 - \left(\frac{P_e}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} = f_{23}(c'_{23}, A'_{23}, P_2, T_2)$$

c_{23} 与 A_{23} 分别为织袋泄气孔的泄气系数与织袋面积。

P_2 与 T_2 分别为织袋压力与温度。

c'_{23} 与 A'_{23} 分别为通过织袋渗透的泄气系数与织袋渗透面积。

式(1)、(2)、(3)构成的微分方程组确定了安全气囊展开过程的有限元模型。由此可见，模型中安全气囊的关键技术参数为织袋的泄气孔尺寸与决定织袋渗透特性的织袋材料。

3 轿车副驾驶安全气囊的设计方法

3.1 气袋形状的确定和有限元模型的建立

安全气囊形状的确定是在分析与约束系统动静态实验的基础上进行的。安全气囊形状的确定遵循两个原则，首先，气囊的形状应使气袋的展开方向与车体前挡风玻璃平行；其次，考虑到气体发生器约在30ms内将气袋充满，巨大的冲击力可能造成离气囊很近并面向膨胀方向的乘员颈部负荷超过限值，因此气囊的形状应有利于保护乘员，而不对乘员的致命部位构成威胁，如图3所示。

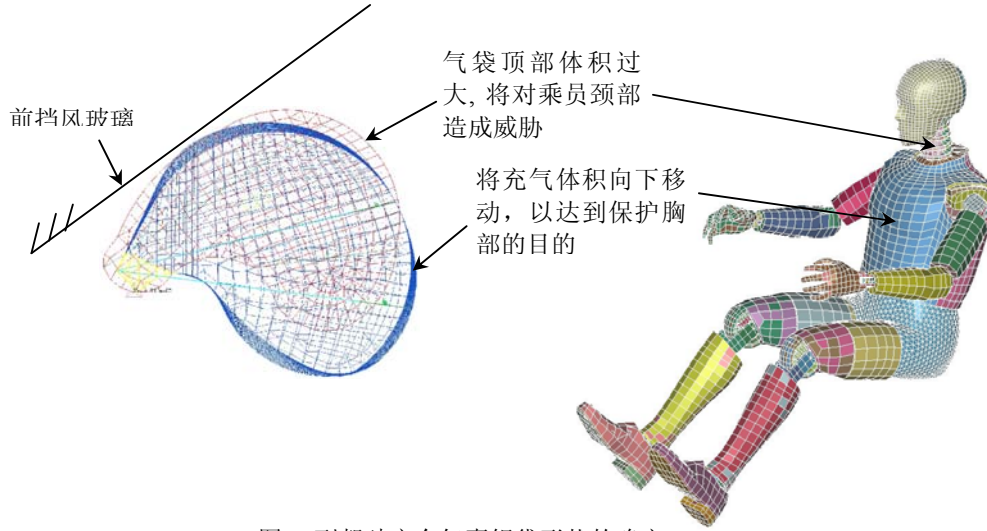


图3 副驾驶安全气囊织袋形状的确定

考虑到在正常坐姿研究中气囊的展开过程对乘员与气囊的交互运动影响较小，因此采用未折叠的气囊进行计算。气囊的外表织袋与内部保持带分别采用4节点弹性壳单元与2节点弹性梁单元模拟。在建立气囊有限元模型时，首先按照气袋展开后的最终几何模型建立相应的有限元参考模型，然后按一定比例压缩参考模型，直到与实际的气囊模块尺寸基本吻合为止。图4为压缩后的气囊模块。模型中假设压力、密度、温度等均匀。



图 4 副驾驶安全气囊有限元模型

3.2 气体发生器技术参数的确定

根据气体发生器的容器试验，测量容器的压力和温度，并按照相应的企业标准推算出气体发生器的参数，将推算结果与试验数据对比，直到对比误差小于7%。如图5所示。

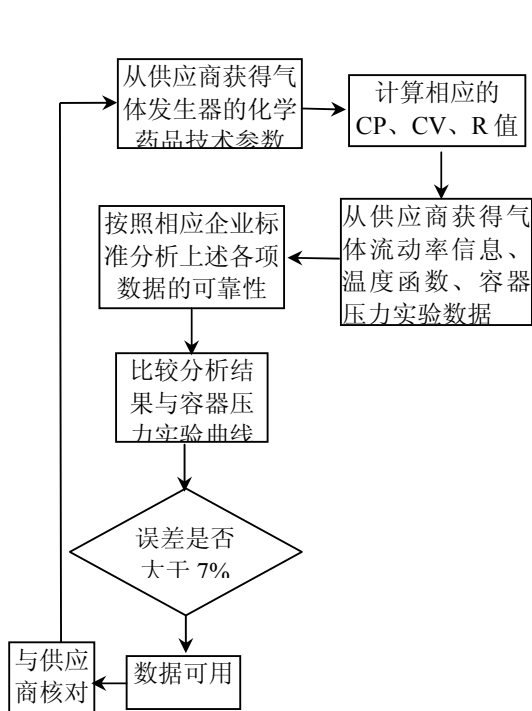


图 5 气体发生器技术参数的确定流程

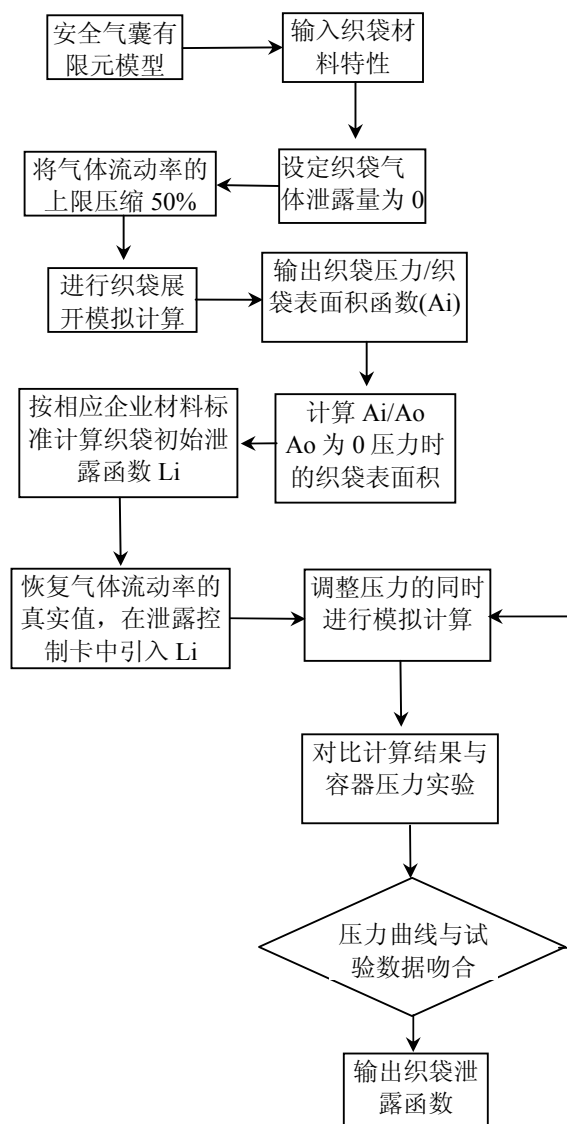
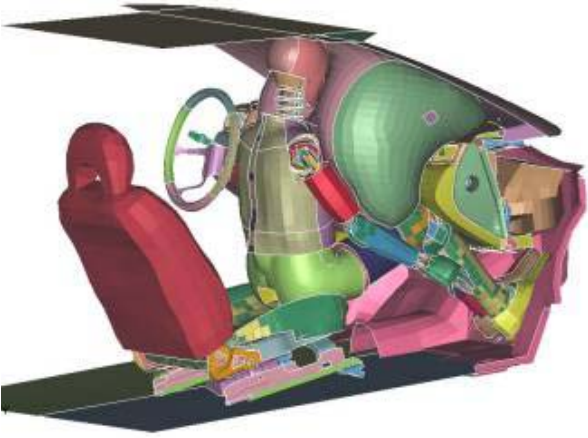


图 6 织袋泄露函数的确定流程

织袋材料特性直接决定了其渗透性，因此在气囊的展开分析模拟中以织袋的泄露函数定义其渗透性。织袋泄露函数的确定过程见图6。

4 算例

带有混合III型50百分位男性假人的内饰系统有限元模型如图8所示。该模型由前挡风玻璃、仪表板、转向系统、膝部衬垫、脚踏板、前围、副驾驶侧安全气囊、座椅、地板等组成。通过DYNA3D的面-面接触算法定义展开的气囊与乘员之间的接触。按照FMVSS208试验的规定在整车以25英里/小时运动时对约束系统进行动态模拟分析。表1为假人的伤害指标。



头部加速度		胸部变形量 时间(ms)
最大值 (G) 时间(ms)	HIC 持续时间(ms)	
64.7	791.4	41.3
74.1	50.3~86.3	60.5

表 1 假人伤害指标

图 7 T=100ms 时约束系统的状态

5 结论

安全气囊能够提高约束系统对乘员的保护效果是毋庸置疑的。美国通过FMVSS208法规的强制实施使1997年9月1日后出厂的轿车前排乘员的气囊装车率达到100%。随着世界范围内对碰撞事故中乘员保护意识的加强，配有安全气囊的约束系统已经成为必然的发展趋势。安全气囊在实车上的匹配技术非常复杂，因此仿真技术与试验已成为系统开发过程中必不可少的手段。

参考文献

1. 汪立亮等. 现代汽车安全气囊系统(SRS)原理与检修.北京：电子工业出版社，2000
2. Khalil Tawfik B, et al. Development of a 3-Dimensional Finite Element Model of Air Bag and Interactions with an Occupant Using Dyna3D. SAE 912906
3. Wang, J.T. and O.J. Nefske, “A New CAL3D Airbag Inflation Model,” SAE paper 880654,1988.