

# Effectiveness and structural design of side air curtain

RongJie MAO<sup>1,2</sup>, Taiqing WANG<sup>1,2</sup>, Cheng HUANG<sup>1,2</sup>,

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Vehicle NVH and Safety Technology, Chongqing, 401120,

<sup>2</sup>Chongqing Changan Automobile Co. Ltd, Chongqing, 401120,

Email:maorj@changan.com.cn

**Abstract:** This paper mainly analyzes the lining design of automobile side air curtain and the evaluation of the effectiveness of exhibition ugliness. Combined with the practical application of engineering, the structural design of the side air curtain itself is more comprehensively analyzed to realize the robustness of the side air curtain system.

**Key Word:** side air curtain; laws; arrange, design, layout

## 侧气帘展开有效性及结构设计分析

毛溶洁<sup>1,2</sup>, 王太清<sup>1,2</sup>, 黄成<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>汽车噪声振动和安全技术国家重点实验室, 重庆, 中国, 401120

<sup>2</sup>重庆长安汽车股份有限公司, 重庆, 中国, 401120

Email:maorj@changan.com.cn

**摘要:** 本文深入分析了侧气帘在实车碰撞中的作用, 结合其工作的环境提出了侧气帘展开性能的要求。具体介绍了涉及的展开系统并在文章中详细介绍了侧气帘自身的有效性分析及结构设计方法。侧气帘的有效性重点关注了该产品的覆盖区域、气帘的充气厚度, 展开过程中对其它零部件的要求进行了剖析。同时结合工程的实际应用, 在侧气帘的结构设计中重点关注了该产品的结构布局、折叠方法、材料选择, 缝纫方式等详细结构的设计, 有效的将展开性能的要求转换为了理论可复制的设计方法以实现侧气帘子系统的稳健性。

**关键词:** 侧气帘; 法规; 布置; 设计; 展开。

## 1 引言

侧气帘是安全气囊系统的一个重要部分, 作为被动安全系统装置, 日渐受到人们的重视。其作用在于当汽车碰撞发生后, 乘员与车内构建尚未发生“二次碰撞前”迅速在两者之间打开一个充满气的垫子, 降低乘员与车内坚硬部件发生碰撞而造成二次伤害。而汽车市场销售数据表明当前用户对装配有侧气帘配置的车型需求日益上涨, 而随着汽车造型和结构的个性化, 侧气帘如何展开, 产品如何设计才能更有效的保护乘员越来越重要, 本论文主要探讨针对不同汽车结构如何进行侧气帘结构设计及实现保护的有效性。

2 侧气帘展开系统分析  
根据汽车碰撞数据整理发现, 在汽车发生侧面碰撞或侧翻时, 立柱、侧窗玻璃、安全带高调器等都可能造成车祸中的杀手, 因此侧气帘成为了被动约束系统的一员。它通常安装在车顶弧形钢梁内, 贯穿在 A 立柱及 C 立柱之间的顶棚上端区域。当发生碰撞时, 安全气囊控制器发出点爆信号后, 侧气帘会在短时间内充气, 侧气帘会突破 A 立柱、B 立柱、C 立柱及顶棚的约束向下展开, 在乘员与车窗之间形成像窗帘一样的气袋, 避免乘员的头部与车内其它零件发生碰撞, 降低乘员伤害。

由于侧气帘的充气过程是一个向下展开气袋的过程, 整个过程需要冲击到 A 立柱、B 立柱、C 立柱、顶棚

甚至于顶灯、安全拉手、遮阳板等零件,根据《GB 20071 汽车侧面碰撞的乘员保护》规定“在气囊展开过程中,所有内部构件在脱落时均不得产生锋利的凸出物或锯齿边,以防止增加乘员伤害的可能”,而在《C-NCAP 管理规则》中进行了安全性升级,其要求为“不应出现钩挂、破裂及卡位等现象;内饰件发生脱落或断裂后,不应产生锐边、尖角及毛刺等会伤及乘员的特征;不应出现硬质飞溅物(如硬塑料碎片,金属碎片等);软质飞溅物(如立柱间隔泡沫块等)单片最大允许重量为 3g,最大允许总量为 5g。”因此,侧气帘的展开过程是一个多零件的系统工程,具体见图 1 示意:



Figure 1. Side air curtain expansion system

图 1.侧气帘展开系统

侧气帘展开有效性及结构的设计是一个复杂性工程。而本文将着重介绍侧气帘自身的有效性分析及结构设计方法。

### 3 侧气帘展开有效性分析

侧气帘的展开有效性取决于两个方面: 1、展开的后的充气区域能够有效的覆盖乘员不同坐姿下的头部位置; 2、展开后的气囊充气区域能够对乘员的头部起到撑托作用,避免头部将气袋砸透后收到伤害。接下来将从这两个方面进行详细的分析:

#### 3.1 展开充气区域有效性分析

首先,侧气帘的保护区域应能覆盖成年人的头部,高度至少能达到肩部。考虑到不同人体的体征,不同座椅的运动位置,那么气帘的展开区域至少满足如图 2、图 3 所示,在头部覆盖区域内也就是吸能区内,气袋必须能充气且保证一定的厚度和充气时间的要求,在头部非覆盖区域内也就是非吸能区内,气袋可充气也可不充气,取决于气袋展开的稳定性(具体见后面章节)。

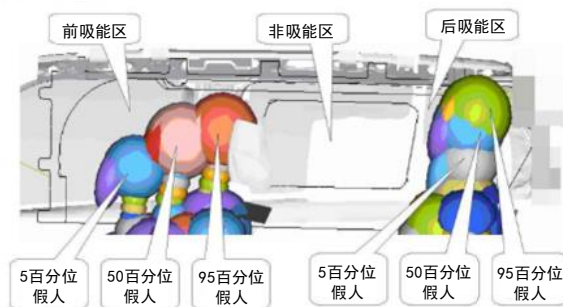


Figure 2. Side air curtain expansion area

图 2.侧气帘展开区域

其次，如何实现侧气帘吸能区域的工程化转换，将采取如下方法：

- (1) 吸能区域为圆角四边形，其四个圆角的圆心，通过假人头部重心（CoG）坐标来确定，如图 3 所示：
- (2) 头部 CoG 位置是相对 HybridIII 型 50 百分位假人 H 点来定义，如图 4 所示：

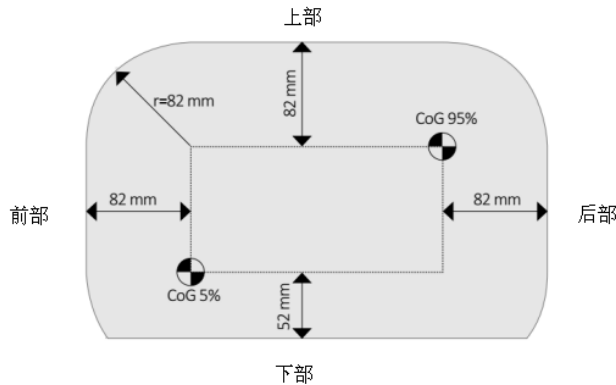


Figure 3. Side air curtain expansion area

图 3.侧气帘展开区域

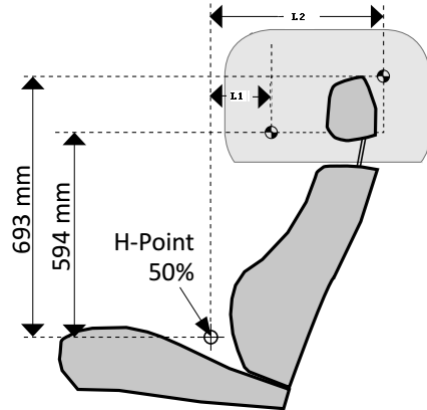


Figure 4. Definiton of point H

图 4.H 点定义

- (3) 对于前排座椅：

A、5 百分位女性头部 CoG：

$X_{CoG,5th} = H\text{-point}(X) + 126\text{mm} - \text{座椅水平方向行程(座椅 5\%人体设计位置至座椅行程中间偏后 20mm 的位置)}$

$Z_{CoG,5th} = H\text{-point}(Z) + 594\text{mm}$

B、95 百分位男性头部 CoG：

$X_{CoG,95th} = H\text{-point}(X) + 147\text{mm} + \text{座椅水平方向行程(座椅行程中间偏后 20mm 的位置至座椅 95\%人体设计位置)}$

$Z_{CoG,95th} = H\text{-point}(Z) + 693\text{mm}$

- (4) 对于二、三排座椅：

A、最前座椅位置时 5 百分位女性头部 CoG：

$X_{CoG,5th} = H\text{-point}(X) + 126\text{mm} - \text{座椅水平方向行程 (座椅行程最前至中间位置)}$

$Z_{CoG,5th} = H\text{-point}(Z) + 594\text{mm}$

B、最后座椅位置时 95 百分位男性头部 CoG：

$X_{CoG,95th} = H\text{-point}(X) + 147\text{mm} + \text{座椅水平方向行程(座椅中间至最后位置)}$

$Z_{CoG,95th} = H\text{-point}(Z) + 693\text{mm}$

最后、根据气体发生器的压力在确保上述区域的同时进行工程化参数设计。

## 2.2 展开及充气结果有效性分析

如何确认侧气帘展开及充气效果呢？顾名思义在其展开及充气过程中要能实现对乘员的保护，具体体现在当乘员头部接触气帘时要能够有效的支撑作用，实质的起到避免头部与内饰的接触。如图 5 所示：



Figure 5. The occupant makes contact with the side air curtain

图 5.乘员与侧气帘接触示意

何为结果有效呢？体现在如下几个方面：

- （1）内饰变形或脱落及飞溅物达标（不作为本文的重点）；
- （2）侧气帘的充气气袋具备一定的储气作用，当气体发生器对其充气时，能够实现一定的充气厚度和维持一定的时间，具体厚度和维持时间根据不同的车型标定结果确认；
- （3）气袋在充气过程中，随着体积的变化，气袋充气区域有一定的收缩，但当气袋充气量最大时仍能满足文章中 2.1 的区域要求；
- （4）缝纫区域需满足：非充气区域间的接缝宽度不超过 15mm；，非充气区域的直径（或等效面积）不大于 50mm。

### 3 侧气帘结构设计

#### 3.1 侧气帘结构

侧气帘通常由以下几个部分构成：1、气体发生器；2、导气袋；3、气袋；4、拉带；5、耳片；6、防尘罩\胶带\绕线。其中，气体发生器主要用于为气帘充气过程提供持续不断的气体；导气袋用于对气体发生器的产气进行疏导和引流；拉带主要用于稳定气袋充气过程的形状和位置；耳片用于气帘的装配；防尘罩\胶带\绕线用于气袋的固形。整体拆分结构见图 6 示意：

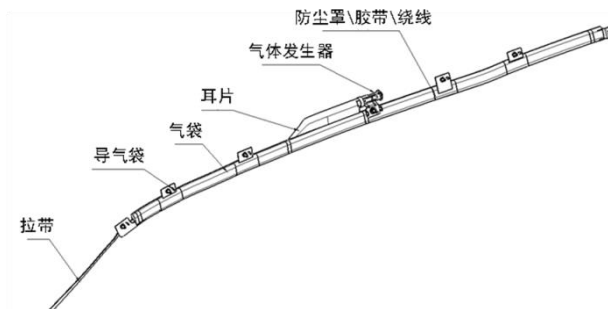


Figure 6. Composition of side air curtain

图 6.侧气帘组成

#### 3.2 侧气帘充气性设计

侧气帘的充气过程通常需经过以下几个步骤，见图 7 示意：

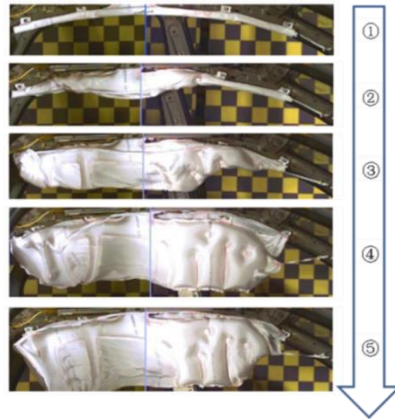


Figure 7. . Side air curtain expansion process

图 7.侧气帘展开

步骤一：气体发生器被点火；

步骤二：导气袋膨胀，开始导气；

步骤三：气体随导气袋的布置开始对气袋进行充气；

步骤四：气袋充气过程，由于气袋的膨胀，导致拉带绷劲，促使气袋在逐渐充满的过程中，始终保持气袋结构及位置的需求；

步骤五：气袋逐渐泄气，完成使命。

那么如何使气帘的充气过程按理想的步骤逐一实现，这是一个难题，其中困难点在于：如何气体能够安装需要的方向进行充气？如何实现前后吸能区能同时充满？充气后气袋长度缩短后，如何还能保证充气区域的要求？经过上百次的实验验证，得出以下设计规则：

气袋的充气过程，只要没有阻碍，类似于气球吹气，气体是在相应的气室内乱串的，其气袋的充满是通过源源不断的气体的充入，最终实现鼓气，因此，要想让气体按需求方向充气，在气帘上只能通过导气线进行缝纫，把气室进行分割，促使充气过程中，只有把先充气的区域充满后有多余的气体在沿预留通道进行流动和充气，从而实现气体的引流；例如图 8 所示，可见其差异；

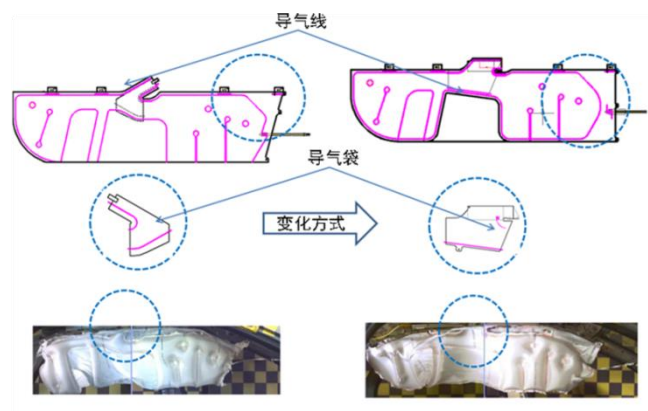


Figure 8. Side air curtain internal structure

图 8.侧气帘内部结构

(1) 在空间允许的情况下尽量让气体发生器布置于整个气帘的中间或更靠近于大的吸能区,主要通过导气袋的尺寸大小及导气袋进行控制,例如图 8 中所示的导气袋对气体进行了引流,促使气袋充满过程的路径不是空旷畅通的通道,而必须通过绕过导气线才能实现充满,通过这样的结构设计实现前后吸能区同时充满。当然,由于空间的原因,某些时候,气体发生器只能布置于气帘末端,其处理方式和图 8 示意的导气线类似,对先到达的吸能区进行节气设计。

(2) 当然在匹配过程中,对于侧面气帘的需求一直都是要越快充满越好,因此根据匹配需求可适当调节导气袋尺寸,越宽导气越快,反之会降低导气速度。

(3) 由于气袋为非弹性材料,在气袋充气过程中,往往会出现气袋长度方向的尺寸收缩,因此在设计时,有一个基本经验值,对于大吸能区在区域满足的基础上,我们通常在长度方向上延长(100~160) mm,在高度方向上延长(40~60) mm;对于小吸能区在区域满足的基础上,我们通常在长度方向上延长(40~60) mm,在高度方向上延长(40~60) mm,具体示意如图 9:

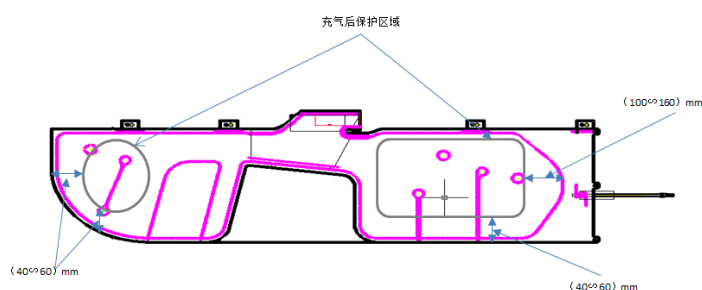


Figure 9. Side air curtain extension design

图 9.侧气帘延展设计

### 3.3 侧气帘保气性设计

侧气帘展开后需要有一定的保气要求,确保乘员头部接触时是一个有气体的气袋,其目的在于对乘员头部进行支撑,如何实现保气性能,通常采用如下办法:

(1) 气体发生器在碰撞过程中持续输出气体(输出过程需和系统匹配);

(2) 采用不易泄气的气袋材质,通常有增加气袋的纺织密度,或者在气袋表面增加涂层以增加气袋整体的气密性;

(3) 由于气体发生器的输出量是一定的,因此在满足头部保护性能需求的同时,控制气袋体积以减小气袋的厚度而实现保气,常见的气袋厚度控制方法为增加气袋花形,例图 10 所示为常用不同花形。



Figure 10. Side air curtain sewing shape

图 10.侧气帘花形

### 3.4 侧气帘展开性设计

侧气帘的展开过程是一个系统工程，其在自充气过程需要将内饰撑开后还需研车身地板方向展开，如何实现该功能，通常是通过气帘的折叠实现，常见的折叠方法如下图 11。

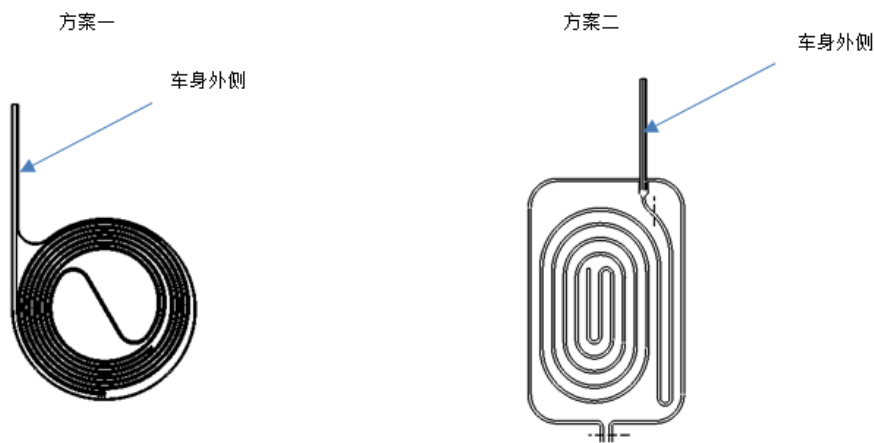


Figure 11. Side air curtain folding mode

图 11.侧气帘折叠方式

其中方案一和方案二的差异在于方案二在气帘折叠的最后一圈进行了回折，其主要作用在于让气袋鼓气时先沿车内方向运动，便于将内饰件撑开。其应用方式为：方案一多应用于如图 12 示意结构：该结构气袋折叠后在内饰顶棚正上方，其展开时可以推动顶棚；

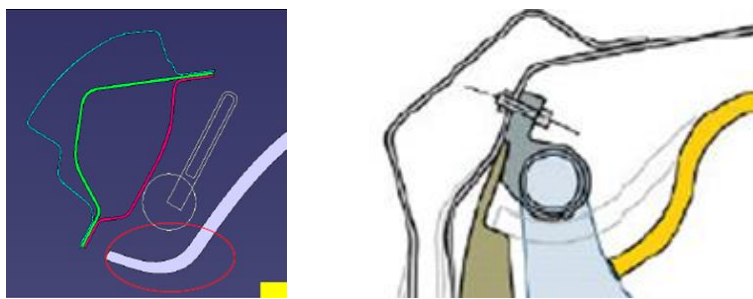


Figure 12. Side air curtain layout section

图 12.侧气帘布置断面

方案二多应用于如图 13 示意结构:该类结构如果气帘直接向下展开则会被立柱勾住，必须在横向上绕过立柱实现展开功能。

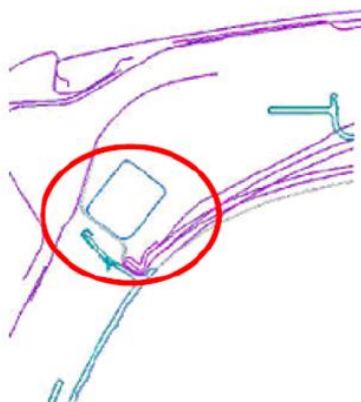


Figure 13. Side air curtain layout section

图 13.侧气帘布置断面

## 4 结束语

通过上述的分析基本可以实现一个全新车辆侧气帘的设计及性能目标的达成,当然在开发过程中会遇到各种各样的问题,比如钩挂、划破、未能保护乘员等,这些均是系统的问题,在处理时需综合考虑,但是只要涉及气帘的优化均可参照上述理念进行设计。

## 参考文献

- [1] Occupant protection for side impact GB 20071-2006.  
《GB 20071-2006 汽车侧面碰撞的乘员保护》。
- [2] C-NCAP management rules,2018.  
《C-NCAP 管理规则》,2018 版。
- [3] GB/T 19949.1-2005 road vehicle airbag parts part 1: terminology.  
《GB/T 19949.1-2005 道路车辆 安全气囊部件 第 1 部分: 术语》。
- [4] GB/T 19949.2-2005 road vehicle airbag parts part 2:airbag modules.  
《GB/T 19949.2-2005 道路车辆 安全气囊部件 第 2 部分: 安全气囊模块试验》。
- [5] GB/T 19949.3-2005 road vehicle airbag parts part 3: total gas generator.  
《GB/T 19949.3-2005 道路车辆 安全气囊部件 第 3 部分: 气体发生器总成试验》。
- [6] GB/T 7258-2017 technical conditions for safe operation of motor vehicles.  
《GB/T 7258-2017 机动车安全运行技术条件》。
- [7] SAE J2238 Airbag Inflator Ballistic Tank Test Procedure.
- [8] ASTM D 6476 Standard Test Method for Determining Dynamic Air Permeability of Inflatable Restraint Fabrics.
- [9] Wang xinhou , textile journal of air permeability and mechanical properties of airbag fabrics,2015, 26 6, 13-14.  
王新厚.安全气囊织物的透气和力学性能.纺织学报, 2015, 26, 6, 13-14。
- [10] Liu chunna , wang xinhou , test study on dynamic permeability of airbag fabric ,journal of test technology,2007,21,5,396-399.  
刘春娜, 王新厚.安全气囊织物动态透气性的测试研究.测试技术学报, 2007, 21, 5, 396-399。
- [11] Chin-Hsu Lin,Yi-Pen Cheng. Evaluation of LS-NYNA Corpuscular Particle Method for Side Impact Airbag Deployment Applications. 13th International LS-DYNA Users Conference.

- [12] SAE J2238 Airbag Inflator Ballistic Tank Test Procedure.
- [13] ASTM D 6476 Standard Test Method for Determining Dynamic Air Permeability of Inflatable Restraint Fabrics.
- [14] Zhong zhihua, zhang Weigang, cao libo, hewen automobile crash safety technology [M] Beijing: mechanical industry press,2003.  
钟志华, 张维刚, 曹立波, 何文.汽车碰撞安全技术 [M].北京: 机械工业出版社, 2003。
- [15] European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) Version 7.0 2014.