

## Key Function Components of Airbag Module in Vehicle-Airbag Cushion

Hu Feixia<sup>1</sup>, Ji Ying<sup>1</sup>, Wang Weiwei<sup>1</sup>, Hu Guowei<sup>2</sup>, Xu Tao<sup>1</sup>

(1. Shanghai EastJoylong Motor Airbag Co., LTD, Shanghai, 201201, China; 2. Shanghai Changning District Bureau of Quality and Technical Supervision, Shanghai, 200052, China)

**Abstract:** Airbag module and belt have already become the most important Passive Security Equipments in Vehicle. The airbag system protects the occupant by igniting the gas inflator, which can release gas and then deploy the airbag to separate the body from all the vehicle parts which could probably hurt occupant during a traffic accident. This article illuminates and concludes the importance, function, general technical requirements, materials and localization of the airbag cushion which performing the finally protection function to the occupant, to provide the relative engineers for reference.

**Keywords:** airbag module, airbag, fabric, sewing thread, silicone rubber

## 车载安全气囊的关键功能部件——气袋

胡飞侠<sup>1</sup>, 季莹<sup>1</sup>, 王为为<sup>1</sup>, 胡国伟<sup>2</sup>, 徐涛<sup>1</sup>

(1. 上海东方久乐汽车安全气囊有限公司, 上海, 201201; 2. 上海市长宁区质量技术监督局, 上海, 200052)

**摘要:** 车载安全气囊和安全带已经成为乘用车中最重要的被动安全装备。安全气囊系统在交通事故中点爆气体发生器向气袋充气并从安全气囊模块中弹出而隔开人体和可能与之碰撞的车内构件来达到保护乘员的目的。本文对气囊系统作为最后执行保护功能的气袋部件的重要性、功能、基本技术要求、原材料和国产化等问题进行了讨论和归纳, 提供相关技术人员参考。

**关键词:** 气囊, 气袋, 气袋布, 缝线, 硅酮(胶)

### 1 气袋是气囊系统中占有特殊重要地位的关键部件

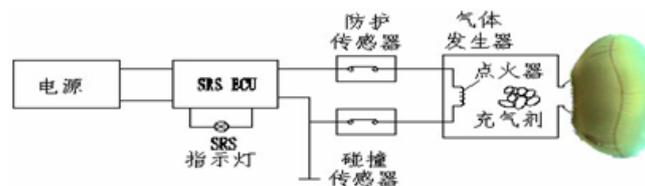


图1 安全气囊系统基本工作原理

车载安全气囊系统(以下简称气囊)以驾驶员气囊(DAB)为例由中央控制器(ECU)、指示灯(Pilot lamp)、时钟弹簧(Clock spring)、气囊模块(Module)和线束(Wire harness)组成, 工作电路由汽车电源供电。每当汽车发动后装在中央控制器(ECU)中的传感器就开始工作, 采集汽车行驶时加速度、速度、位移的变化, 当行驶中的汽车突遇车祸时, 其加速度、速度、位移会发生剧烈的变化, 中央控制器(ECU)对采集到的数据进行计算并按设计的程序边界条件进行判断确认是否发生碰撞车祸并发出点火指令, 点火信号经过线束→时钟弹簧传至气囊模块中气体发生器, 先点燃气体发生器中的电点火具→点燃传火药→点燃产气药, 产气药迅速燃烧产生大量高温高压的气体充入气袋, 充气的气袋从气囊模块中弹出在乘员和即将与之碰撞的车身刚性构件之间成一个柔性气垫, 来吸收车内乘员在车祸中仍然保持碰撞前车速的惯性运动机械能量, 避免或显著减轻车内乘员在车祸后的二次碰撞中(车内乘员与车身刚性构件的碰撞)所受到的伤害, 努力做到“车毁人不亡”或“车伤人不伤”。

从上述气囊系统的工作原理可以得知, 方向盘、仪表台支架是安装驾驶员气囊(DAB)、乘员气囊(PAB)的支撑装置, 中央控制器(ECU)和其中的传感器是采集汽车运动状态变化数据并进行运算、判断的指挥机构, 当判断发生碰撞并发出的点火指令通过线束、时钟弹簧部件传递到气体发生器, 所以线束、时钟弹簧是电信号传递连接器。点燃产气药后的气体发生器向气袋内充气, 使气袋弹出并迅速展开来等待乘员的惯性运动碰撞。所以气袋是整个气囊系统的最终体现保护功能的执行元件。就象武器系统的发射装置、发动机(或药筒装药)、制导系统是把战斗部(弹丸)瞄准、推进、调整飞行误差而最终把战斗部(弹丸)输送到既定目标处来杀伤/消灭目标一样, 战斗部(弹丸)才是武器系统的最终执行元件, 所有其他机构都是为了使用设定的方法、在设定的时间, 将战斗部(弹丸)输送到设定的目标的辅助(保障)机构, 而执行机构是战斗部(弹丸), 由该机构来实施对目标的摧毁/杀伤。

安全气囊系统也是这样, 不管是支持机构、传感器采集系统、计算控制系统还是电器连接机构等, 其安装和工作的最终目的是在设定的时间、设定的部位、使气袋按设定的方式展开来吸收车内乘员二次碰撞动能来达到保护乘员的目的。所以, 整个安全气囊系统的工作效果是由最终的执行元件——气袋的工作结果来实现的。气袋是车载安全气囊系统的关键功能部件, 对其作深入的技术研究是非常必要的。

## 2 气袋的分类

### 2.1 按乘员乘坐在车内位置的方位

前面气袋——驾驶员气袋、乘员气袋、膝部气袋等

侧面气袋——座椅侧面气袋、侧气帘气袋

后面气袋——头枕气袋、座椅靠背气袋

### 2.2 按气袋缝制和展开后的状态

平面气袋——驾驶员气袋、座椅侧面、侧气帘气袋等

立体气袋——乘员气袋等

### 2.3 按气袋布是否涂复了涂层

有涂层气袋

无涂层气袋

(气袋布涂覆硅胶涂层会显著改变气密性, 也会影响气袋充气展开速度)

### 2.4 按气袋制作工艺

缝制气袋

织造成型气袋

### 2.5 按保护人体部位

面部气袋

面胸部气袋

膝部气袋

侧面头胸气袋

侧气帘气袋(防翻滚气袋)...

## 3 对气袋产品的技术上的基本要求

### 3.1 气袋必须有足够的断裂强度

在气体发生器瞬间向气袋充气和乘员因惯性运动撞击到气袋上时, 对气袋的冲击作用力很大, 瞬间可达数百公斤, 气袋断裂强度不够将会导致气袋撕破而失效;

### 3.2 气袋必须能阻止灼热的固体粒子熔穿面料

固体药剂气体发生器工作时虽经过几层过滤网的过滤, 仍然会有少量灼热的固体粒子喷出。气袋工作面料不能被该粒子烧穿导致漏气和灼伤乘员人体;

### 3.3 气袋必须具有良好的展开功能和摩擦通过性能

气体发生器向气袋充气后, 气袋要能够迅速按预设方式分层先后充气鼓起, 并从挤开的模块门盖(cover)预制撕裂缝中钻出并继续充气形成饱满成型状态待保护乘员。展开性能不好可能导致气袋不能从模块中钻出而将模块炸裂, 摩擦通过性能不好可能导致气袋从模块门盖(cover)中钻出时刮伤或把门盖上的塑料盖等刮落飞出伤人;

### 3.4 气袋必须能约束住乘员的惯性运动并吸收乘员与之碰撞时产生的机械能量

充气的气袋在遭受惯性运动的乘员撞击时的力是非常大的(800kg 甚至更大), 这就要求气袋具有高强度和高延伸率, 由于高延伸率可以在惯性运动的乘员撞击气袋时使之容易变形并使袋内气体从泄气孔流出吸收能量, 所以高延伸率是气袋非常重要的参数;

### 3.5 良好的折叠工艺性和物理、化学稳定性

气袋加工成成品后必须有良好的折叠工艺性, 这要求气袋布不能太厚(使用较多为  $0.35\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ ), 不能太硬(按不同气袋硬度在 12—25 之间选择)。折叠好的气袋装入模块后要在  $-35^{\circ}\text{C}$  到  $+85^{\circ}\text{C}$  环境条件下压缩保存 15 年性能完好, 这就要求气袋的物理、化学稳定性良好, 尤其是涂层气袋, 不能因为高温、高压、储存年限长而发生硅胶变质粘连而失效;

### 3.6 可以折叠成很小的体积以便装入很小的空间

现代的汽车为了车身内部宽敞、美观，往往要求气袋打开时具有设定的容积和保护性能但在折叠后安装时只有很小的体积，以便在很小的空间中进行安装。目前侧气帘所使用的 210D 70×70 的硅胶涂层气囊布已经做到厚度 0.20mm，布重 162g/m<sup>2</sup>，柔软易于折叠；

## 4 气袋的折叠直接影响展开效果

要达到在设定的时间、设定的部位、按设定的方式展开气袋，气袋的折叠方式是关键的因素。不同的折叠方式会导致气袋的不同部位首先钻出模块门盖的撕裂缝，然后分层次先后向不同方位展开。安装在车身内部不同部位对乘员进行保护的气囊，如驾驶员气囊、乘员气囊、侧气囊、侧气帘的气袋折叠各不相同。即便是同一类型的驾驶员气囊、乘员气囊其折叠方法在换一种车型后也会调整，这是因为车型变换会引起气囊模块门盖撕裂条件的变化，方向盘、仪表板、挡风玻璃、座椅、安全带、转向柱的变化也会要求气袋通过折叠方法和排气孔的调整来与车身技术状态变化进行匹配，达到最佳保护乘员的效果。

折叠方法分解成基本动作分四类：

- a. 平面折叠：如先沿着 X 轴进行依次折叠，再沿着 Y 轴依次进行折叠成成品，最终装入气囊支架。这是一种传统式的折叠，大都用在平面型式的驾驶员气囊上。
- b. 卷筒折叠：是先把气袋平面折叠成一定宽度形状，然后某部分牵引一端头紧紧卷绕折叠。立体型的气袋往往采取这种折叠。该折叠方式可以明显改变气袋展开方向和层次先后的状态。
- c. 圆周收紧折叠（星型折叠）：该折叠方法是先把气袋充满空气，然后用两块平行夹板将气袋压扁至规定厚度，同时在气袋圆周方向用数十条插片分批次沿半径方向插入、收紧形成最终包型。因为每批插片均匀沿气袋圆周向圆心方向插入时，气袋的变形就象多边花样变换的星型，所以称之为“星型折叠”。该折叠方法常用于驾驶员气囊折叠，优点是展开速度快，且展开方向是从圆心向圆周方向，避免了传统折叠气袋展开时向乘员面胸部方向弹出的不利方式。该折叠方式只适用于对称的平面型气袋，折叠设备较昂贵。
- d. 吸收折叠：该折叠方法是将气袋不经预先折叠而直接安装在气囊支架或吸气折叠设备上，经充气—抽气程序在气袋内部形成负压将气袋按设定要求收缩成团状，然后装入气囊模块。该折叠方法常用于驾驶员气囊折叠，优点是展开速度快，且展开方向也是从圆心向圆周方向，避免了传统折叠气袋展开时向乘员面胸部方向弹出的不利方式。该折叠方式只适用于对称的平面型气袋，折叠设备较昂贵。

为了达到气袋迅速展开成设计的形状，其折叠方法经常是将以上各种折叠方法联合使用较为多见。

## 5 气袋在试验中常见的问题和对原材料的要求

### 5.1 气袋（布）必须具有足够的拉伸强度和撕裂强度

由于气袋在气体发生器瞬间向其中充气膨胀和乘员因惯性运动撞击气袋时，都会对气袋（布）施加巨大的拉应力和剪切应力，强度不足将导致气袋（布）撕裂，见图 2；典型气袋(布)的拉伸强度范围如图 3。



图 2 气袋（布）撕裂

Nominal Decitex	construction ends/inch	construction ends/cm	Tenacity cN/dtex	Breaking force N	Theoretical Fabric tensile strength N/5cm
235	70	28	72.7	17.1	2354
235	70	28	84.1	19.8	2722
350	60	24	81.1	28.4	3354
350	60	24	81.1	28.4	3354
470	49	19	72.7	34.2	3295
470	49	19	72.7	34.2	3295
470	49	19	81.4	38.3	3692
470	46	18	84.9	39.9	3615
585	45	18	81.8	47.8	4239
700	41	16	83.8	58.7	4734
700	38	15	75.0	52.5	3926
940	32	13	77.9	73.3	4615

Decitex 是指每 10000 米织布的细纱的重量 (g)  
Construction ends/inch 是指织布时每英寸宽度容纳细纱的根数

图 3 典型气袋 (布) 的拉伸强度范围

### 5.2 气袋 (布) 必须有足够的断裂强度和断裂延伸率

由于气体发生器向气袋充气时和乘员因惯性运动撞击气袋时的冲击强度非常大, 所以气袋 (布) 必须由足够的断裂强度纱线来织造, 该气袋布要有高断裂延伸率来缓冲机械冲击和吸收能量。织气袋布的纱线必须是 >80cN/dex 的高强度纱, 如表 1 所示; 气袋布的断裂延伸率必须 >20% 才有使用价值, 如表 2 及图 4 所示。

表 1 纱线的强度

低强度纱	中强度纱	高强度纱
<65cN/dex	65—80cN/dex	>80cN/dex

表 2 汽车主要安全件 (织物) 的断裂延伸率

低伸长率 (轮胎布)	中伸长率 (安全带)	高伸长率 (安全气囊)
<12%	12—18%	>20%

如图4的纤维能量图, 只有当延伸率 >20% 时, 所能承受的力才大幅上升

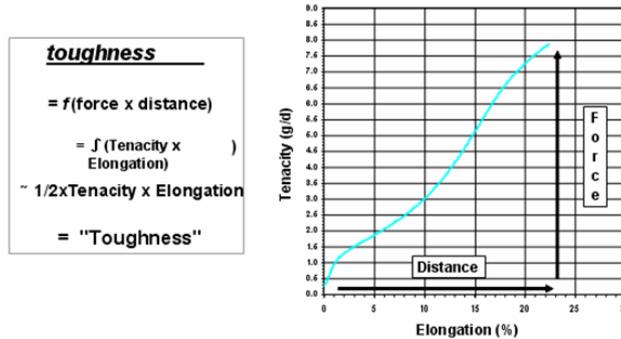


图 4 延伸率与力关系

### 5.3 气袋 (布) 必须具有良好的缝接强度

除了在织布时直接织造成型的气袋外 (一般侧气囊、侧气帘平面型气袋可以在专用织机上编程直接织成成品气袋), 大部分的气袋都是先把气囊布料裁剪成裁片, 然后在专用缝纫机上缝制成成品口袋。此种气袋边缘的缝接强度 (seam strength) 将直接影响气囊袋的工作安全系数。图 5 及图 6 为气袋 (布) 缝接处强度不够被拉开的情况。

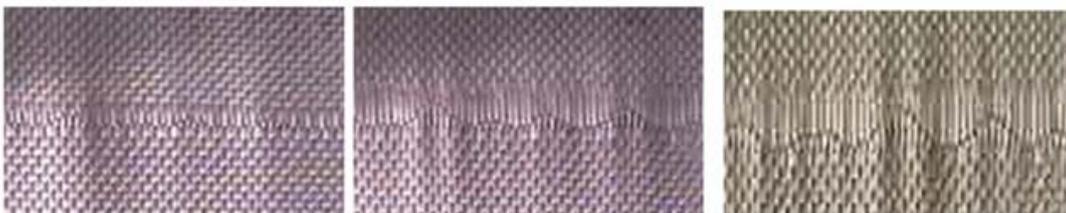


图 5 气袋 (布) 缝接处强度不够被拉开的情况



图6 气袋（布）缝接处强度不够被拉脱失效的情况

一般来说，粗纱（Higher denier）织成的布料缝制的气袋边缝强度较低；纱线密度大（Denser fabric）的布料缝制的气袋边缝强度较高；纱线之间的摩擦力小（Lower yarn to yarn friction）的布料缝制的气袋边缝强度较低；此外要注意两片待缝制气袋裁片的经纬纱不能与线缝成平行状态，两缝制气袋裁片的经纬纱呈平行状态的边缝强度较低而易于拉脱失效。在设计气袋时要把待缝制气袋裁片的经纬纱方向与缝制边缝方向成一定角度，有利于提高气袋边缝的拉脱强度。

气袋布料的缝接强度可以按照 ASTM D6479 标准规定的方法间接进行测量，使用 12 针夹板将气囊布夹在两板之间，通过拉力测试设备（instron）测试得出结论，如图 7。测试结果称作边缝强度（Edge combing），表示为（expressed） in N/5cm。

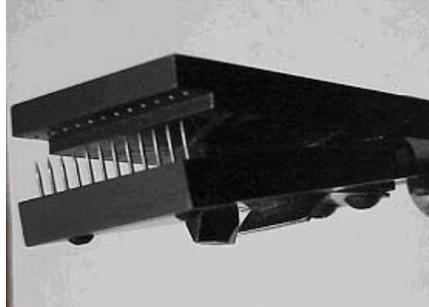


图7 气囊布 12 针夹板

#### 5.4 气袋（布）必须具有良好的气密性（air permeability）

气体发生器产生的气体充入气袋后要求不能透过气袋布层迅速流走，必须存储在气袋内待乘员惯性运动撞击气袋时从设计的排气孔流出来吸收机械能。气密性（air permeability）是由气体透过布层的难易程度决定的（mm/s），图 8 为不同 detex 气袋布的动态气密性分布图。

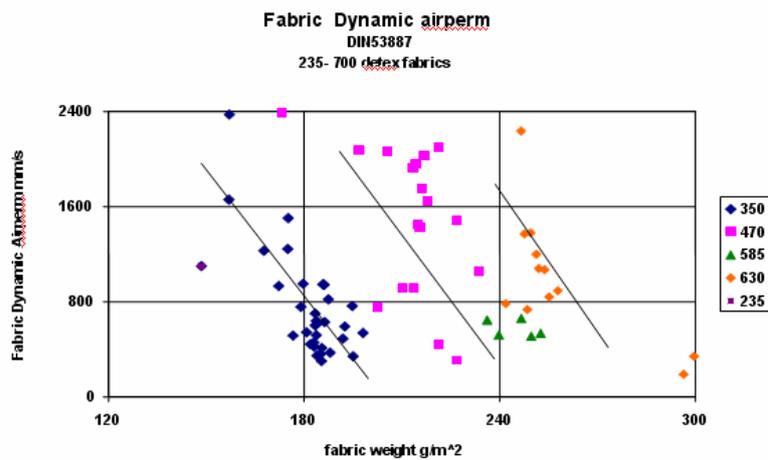


图8 235—700detex 气袋布的动态气密性的分布图

- (1) 气体流动阻力（Friction coefficient） $\mu$ ，如图 9
- (2) 布料厚度（Thickness）H
- (3) 气袋内外压力差（Pressure）P

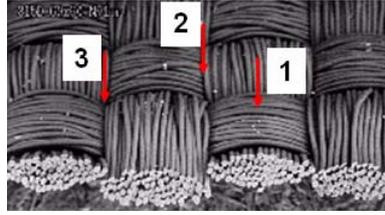


图9 气流流动阻力区

- 1 区：气体流动高阻力区，在经丝束和纬丝束的重叠处（High friction region at two layers of yarn bundles）；
- 2 区：气体流动中阻力区，在经丝束与经丝束交界处（Medium friction region at the bundle interface）；
- 3 区：气体流动低阻力区，在经丝束和纬丝束互相穿越的边角处（Lowest friction at the interstices）；

气体易从气袋的气体流动低阻力区流出对外部覆盖物形成强烈冲击。气袋布料的气密性是很重要的性能，当气袋展开时，低气密性由于气体在低阻力区流出对外部覆盖层冲击将促使气袋更迅速、更均匀地展开。气密性的测量方法欧洲和美国有所不同，同时还分为静态和动态测量方法测量。图 10 是对气袋布气密性进行动态测量的测试设备。



图 10 气袋布气密性动态测试设备

气袋布可以单面进行硅酮（胶）涂覆使用，这种涂胶布透气率非常低，可以对影响气密性的原料纤维状态和织造工艺的要求降低。这种涂覆布的瞬时抗热性能显著提高，可以配装在使用烟火式气体发生器的气囊模块中。

### 5.5 气袋（布）必须具有耐热能力

由于现在使用的大多是热气技术的气体发生器，不管是固体燃药气体发生器还是混合压缩气体气体发生器，从气体发生器喷出的都是高温高压的热气体，瞬间温度可达数百度，其中偶而还会存有没有过滤干净的灼热固体粒子。这就需要气袋布具有相当的耐热能力。气袋布的耐热能力不够会导致气袋熔穿漏气并可能灼伤乘员体肤。尼龙 6.6 相对其他尼龙聚合物具有最高的耐热能力，当前的气袋布丝基本都应用尼龙 6.6 聚合物。

图 11 的图线是表示尼龙（Nylon）6，尼龙（Nylon）6.6，聚酯（Polyester）作为原材料都用 470dtex 丝织成气袋布耐热熔化的情况，图 12 表示尼龙（Nylon）6.6 和涤纶（Terylene）分别与热盘接触 2 秒后的破坏情况

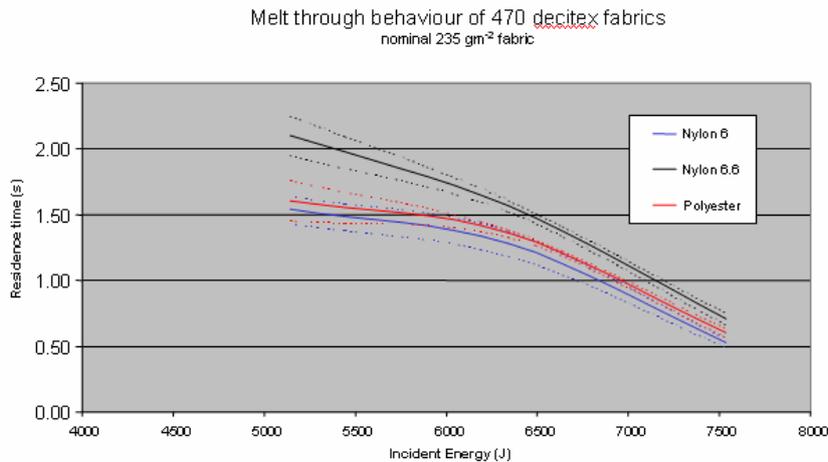


图 11 气袋布不同原材料的耐热性

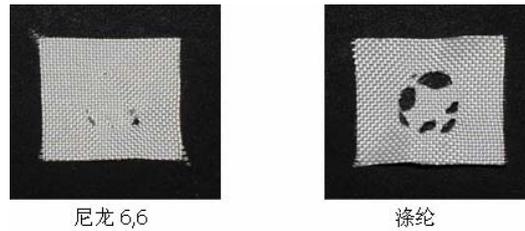


图 12 气袋布不同原材料织物与热盘接触 2 秒后破坏情况

## 5.6 气袋必须具有良好的可折叠性 (foldability)

气袋良好的折叠性能和包捆成本低有利于提高生产效率 (一个 DAB 气袋传统方法折叠时间约 70 秒), 也有利于汽车内饰易实现造型的变化。气袋布的可折叠性能的影响因素有纤维的粗细 (Denier)、每根细纱中含纤维数的多少 (Filament count)、织造工艺 (Construction)。

图 13 是 420Denier 气袋布的可折叠性图表, 显然, 3dpf (每根细纱中纤维数多) 的气袋布产生的包捆力较小, 折叠性能好。

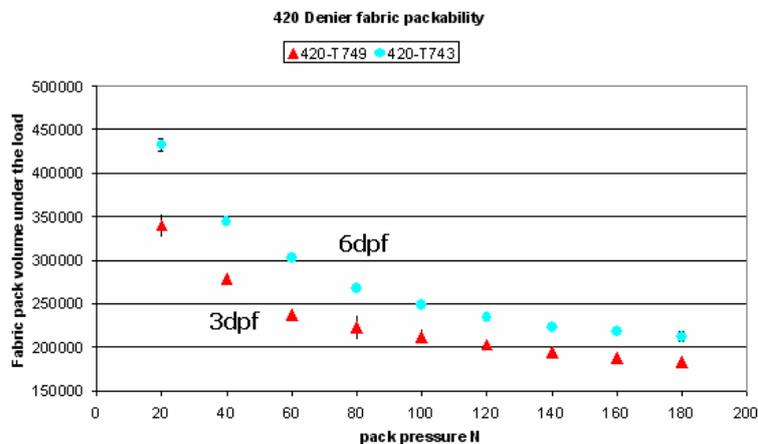


图 13 气袋布的折叠性

汽车在整个生命周期中的使用条件可能是非常恶劣的, 在高温、严寒和潮湿条件下都要使用。安装在汽车方向盘中的驾驶员气囊, 仪表板下的乘员气囊, 座椅侧边的侧气囊, 在车门上侧从 A 柱一直延续到 C 柱的侧气帘等也都要经受高温、低温、潮湿环境的考验。由于汽车是耐用产品, 安装在车上的气囊 (袋) 也必须能 15 年保持完好状态。换言之, 气袋布必须具有出色的耐老化性能。在实验室是使用加速老化试验来模拟气囊在真实使用寿命周期中所遇到环境后的性能变化接受程度。如机械冲击试验、粉尘试验、温度-振动试验、湿热循环试验、盐雾试验等。

目前所知使用 Nylon 6.6 原材料可织造出具有出色耐老化性能的气袋布。

## 6 气袋的涂层和缝纫线

涂层 (Coatings) 在气囊布的单面涂覆层以前是使用氯丁橡胶, 但在气囊应用于货车等载重车型后, 振动、磨损、腐蚀等都对其耐用度提出了挑战。现在常用的涂层材料是硅酮 (胶)。硅酮 (胶) 涂覆层一般朝向气体发生器喷入气体的那面, 因为驾驶员和乘员侧等气囊许多都安装了固体燃药气体发生器, 该发生器喷出的气体温度高且会含有未过滤干净的灼热固体微粒, 该微粒会熔穿气袋布导致漏气和灼伤车内乘员。涂层可以显著提高气袋布的抗热能力和抗熔穿能力。常规织造的气袋布往往气密性 (Air permeability) 差, 但成本低。如果在布上增加了涂层, 就可以显著改善气密性性能。此外, 防翻滚车祸的侧气帘有一项要求是气体发生器向该气帘充满气体后必须保持最低 85kPa 气压在 5 秒钟以上。这就要求不但气袋布要涂覆硅胶, 而且在缝纫线缝处也要涂覆硅胶以达到良好的密封效果。

缝纫线 缝纫线也是一种关键零件 (材料), 因为缝纫线把气袋裁片联接组成了气袋总成。气袋缝纫线一般分两类: 结构用线—这类线是通过缝纫把气袋裁片连接成总成部件, 在气囊的工作全过程中不允许线缝撕裂断开的。撕裂用线—这类线一般用在把一个气袋分隔成多腔或缝制包覆套把气袋总成包裹在其中。在气袋的展开工作过程中这类线必须在设定的时刻按设定的方式断裂, 以便使气袋逐腔充气或使包覆套打开让气袋按设定方式展开。这类撕裂线的拉伸断裂强度是严格控制的。

气袋缝纫线的必须要考虑的要求是：要耐高温（瞬时），在汽车使用期的高低温、潮湿环境下具有良好的耐老化性能，优良的强度性能，优良的抗磨损性能（经过缝纫工序后线的性能不降低），优良的延伸率（可以随着缝纫部位的布料一同弹性拉伸伸长以保持缝制部位的牢固），适合气袋尼龙布型号的缝合和缝纫机走针迹型号走线。

从熔点、强度、线圈强度、耐磨损性和抗老化性能来比较，尼龙（Nylon）6.6 缝纫线最符合要求。在某些公司产品也有使用涤纶缝线的。

## 7 气袋国产化

据测算 2009 年全国可销售乘用车 780 万辆，估算至少配装安全气囊（气袋）1200 万个，需耗气袋布 2000 万米。这其中相当大部分仍是进口的。随着汽车销量的大幅递增和安全气囊配装率的迅速提高，对气袋（布）的需求也将迅速提升。气袋的国产化涉及到纤维（丝）的国产化，布的国产化和气袋产品的国产化。全球气袋纤维（丝）的主要供应商是英威达公司（Invista）和德国高性能聚酰胺有限公司（PHPA）。他们在气袋纤维丝的技术和市场份额上都在全球处于远远领先的地位。目前德国高性能聚酰胺有限公司（PHPA）在河南、英威达公司（Invista）在上海都建立了气囊丝公司。各国的织布厂都用高性能气囊丝织造出品质良好的气袋布料，目前国内华懋（厦门）织造染整有限公司和可隆（KOLON）（南京）都已经批产气袋布供货各气囊（袋）公司。气囊袋的制造是劳动密集型工业，它涉及裁、缝、检、折叠等工序，前期投入有限但见效较快，可消化一定的劳动力，是投入产出比收益明显的项目。所以气袋的国产化应沿循气袋制造——气袋布织造——气囊丝的制造的顺序投资建厂比较稳妥。目前国内已经有气袋生产能力和正计划建设生产能力的气袋制造公司有近 10 家，江苏苏州的织布大鳄们也在研究气囊布开发的可行性。我们相信，随着中国汽车工业的迅猛发展和被动安全装备装车量的攀升，气（囊）袋工业的发展和国产化也将日益繁荣。

## 参考文献

- [1] Invista. 安全气囊布料基本知识. Textiles for Airbag cushion[M]. June 4th 2004.
- [2] 钟志华, 张维刚, 曹立波, 何文. 汽车碰撞安全技术[M]. 机械工业出版社. 2003.7.