

粘接式气囊接口受力及接口临界长度的研究

李玮茹, 张士俊, 俞建勇

(东华大学 纺织学院, 上海 200051)

摘要 研究粘接式气囊接口的受力分析, 在保证其接口强力的情况下, 确定气囊涂层织物接口的临界长度, 为粘接式气囊制品的研制、加工提供技术依据。

关键词 粘接式气囊; 临界接口长度; 受力分析; 涂层织物

中图分类号: TS 101.2 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)01-0092-03

Study on joint stress of adhered air bag and critical joint length

LI Wei-ru, ZHANG Shi-jun, YU Jian-yong

(College of Textile, Donghua University, Shanghai 200051, China)

Abstract The joint stress of the adhered air bag was studied, and the critical joint length of coated fabric was figured out, which could offer proper strength to make sure of the air bag's natural uses, and provided the technologic reference to the process of adhered joint of the coated fabric.

Key words adhered air bag; critical joint length; stress analysis; coated fabric

气囊织物要求在高温高压急速气流冲击的工作状态下能承受张力而不致受损破坏。气囊织物所用的涂层剂为橡胶, 由橡胶和织物复合而成, 简称胶布。气囊工作中抗张强度主要由织物(基布)及其结构所决定, 其气密性和耐老化等性能主要取决于橡胶。为保证气囊制品的气密性, 在气囊整体成型时, 其涂层织物间的连接必须采用粘接方式, 而非缝结方式。在实际应用中, 气囊的薄弱环节在接口处, 本文主要研究接口处强力的承受能力。

1 实验方法

实验选用 2 种不同性能的尼龙织物作为基布, 采用 2 种不同加工处理方法的氯丁橡胶为涂层剂, 制成实验用的胶布 A 与胶布 B, 并使用 2 种不同配方的氯丁胶粘剂进行接口粘合。由于实验条件的限制, 为模拟气囊织物的现实工作情况, 本实验根据时温等效原理, 在常温下快速拉伸气囊接口处, 以此来讨论其临界接口长度。

实验材料: 胶布 A, 胶布 B; 试样规格: $2.5\text{ cm} \times 30\text{ cm}$; 夹距: 150 mm ; 拉伸速度: 100 mm/min ; 实验温度: $20\text{ }^\circ\text{C}$; 仪器: HD026N5000 型电子强力拉伸仪(南通宏大试验仪器有限公司); 实验前样品先在恒温恒湿的室内放置 24 h , 再使用电子强力仪直接拉伸。

2 实验分析

2.1 实验结果

单层胶布 A、B 的强伸性能见表 1, 单层胶布接口长度与拉伸强力的关系见表 2。

表 1 单层胶布 A、B 的强伸性能

胶布	断裂强力/N	断裂伸长/%
单层胶布 A	1 393	26
单层胶布 B	1 647	33

表 2 单层胶布接口长度与拉伸强力的关系

接口长度/cm	拉伸强力/N	
	A 单层含接口	B 单层含接口
1	598	653
2	884	1 255
3	1 091	1 568
4	1 161	1 582
5	1 286	1 622

2.2 分析与讨论

2.2.1 实验材料接口受力分析 以单层胶布接口的受力情况为分析对象, 在胶布受到纵向拉伸时, 接口处会出现应力集中的现象, 图 1 为单层织物受力前后的受力情况。

由于作用力 F 作用的不同轴线, 接头的胶布上存在双重作用:

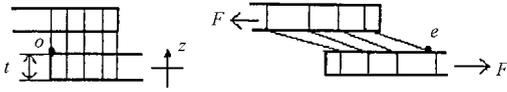


图 1 接口受力前后简化图

拉伸应力 $Q = \frac{F}{tB}$; 弯曲力矩 $M = K \cdot M_0$

设 t 、 B 、 L 、 E_s 、 σ 分别为胶布的厚度、宽度、接口长度、模量、泊松比, K 为力矩修正系数, 并与上述诸量有关, 只有当外力 F 很小时, 接头可以看作不发生弯曲变形, K 才为 1。本实验采用的是胶布, 弯曲模量很小, 这样会导致接头绕中心 O 发生几乎最大程度的旋转, 这样 K 将下降, 导致接头通过旋转可以降低弯距作用。在接头未发生任何形变时, 力矩为:

$$M_0 = tF/2$$

当负荷 F 增加时, 接头就有围绕中心 O 旋转的趋向甚至显著变形使力矩发生改变。在接口端部的纵向应力是拉伸应力和弯曲应力的总和, 即:

$$Q_{\text{总}} = \frac{F}{tB} + \frac{6KFz}{Bt^2} \quad (-t/2 \leq z \leq t/2) \quad (1)$$

由此可知, 在 $z = t/2$ 处即接口端部胶布的内表面处, 应力最大, 此处的纵向应力为:

$$Q_{\text{max}} = (1 + 3K) \frac{F}{tB} \quad (2)$$

由图 1 可见, 在胶接的内表面即 e 处, 应力最大, 它是平均拉伸应力的 $(1 + 3K)$ 倍。因此接口处尤其端部成为整个材料体系的弱节所在, 在未达到胶布本体最大强力之前而断裂。双层材料受力尽管较为复杂, 但其主要原因与单层材料类似。

2.2.2 材料接口断裂的影响因素分析 整个接口体系的构成元素为胶布、胶粘剂、胶布—胶粘剂界面和接口结构。由实验现象分析, 可排除胶粘剂、胶布—胶粘剂界面对断裂造成的影响, 所以影响因素仅为胶布和接口结构, 这里主要讨论接口结构。接口结构涉及接口长度和接口方式。

1) 接口长度对接口强力的影响

根据式(2)可知, 影响单层材料断裂强力的主要因子是力矩修正系数 K , 图 2 是 K 的变化情况^[1], W 为变量。

$$W = \frac{L}{t} \sqrt{\frac{F}{BtE_s}} \quad (3)$$

在一个稳定的被粘物—胶粘剂体系中, K 是 F 、 L 的函数, 而本实验中, F 采用接口断裂时的强力值, 因此 K 仅是 L 的函数。随着接口长度 L 的增大, W 也随着增大, 根据图 2 所示, K 就越来越小,

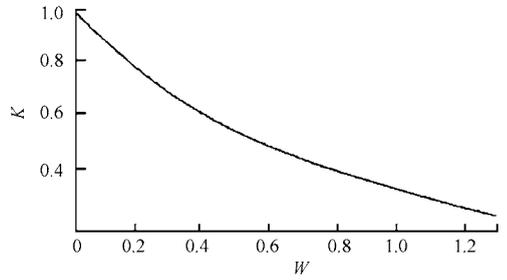


图 2 力矩修正系数变化图

即弯距对接口处力学性能的影响随着接口长度的增加而逐渐减小, 直到最后含有接口的胶布断裂强力接近于没有接口的胶布本体强力。

虽然使用接口长度越长, 接口就越安全, 但实际中要求在保证安全的情况下接口长度越小越好, 可使折叠操作方便可行。所以存在临界接口强力(保证使用中不因接口脱胶而破坏, 即接口处强力取决于胶布而不是胶粘剂)和最佳接口长度(即接口断裂强力对接口长度的敏感性不显著)的问题。

2) 临界接口长度

就胶布接口长度对接口处力学性能的影响进行如下分析, 根据实验所得的数据制成图 3、4。

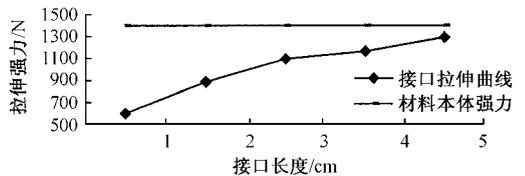


图 3 A 胶布接口长度与拉伸强力关系图

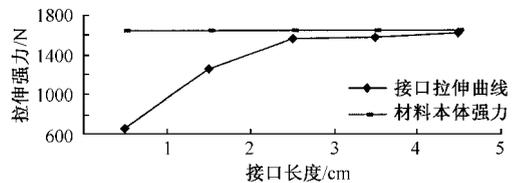


图 4 B 胶布接口长度与拉伸强力关系图

2 种胶布在拉伸时都是当接口为 1~2 cm 时材料表现为脱胶, 而当接口为 3~5 cm 时为胶布材料本体断裂, 由此断定材料存在一个临界长度, 它介于 2~3 cm 之间。

设临界接口长度为 L_0 , 此时接口处应力集中系数为 A_0 , 单位面积上的粘接力为 H (在没有应力集中的影响下), 此时的力矩修正系数为 K_0 , 胶布本体断裂强度为 F_0 , 则此时接头处的粘接力 M 等于胶布的断裂强度 F 。由式(2)得:

$$F = \frac{Q_{\text{max}} \cdot t \cdot B}{1 + 3K} \quad (4)$$

当材料在接口处断裂时, $Q_{\text{max}} \cdot t \cdot B = F_0$, 则

$$F = F_0 / (1 + 3K)$$

而接口处的粘接力为 $M = \frac{H \cdot L_0 \cdot B}{A_0}$, 由此可求得

$$\frac{H \cdot L_0 \cdot B}{A_0} = \frac{F_0}{1 + 3 K_0} \quad (5)$$

式(5)为临界接口长度 L_0 的求解公式, 对临界接口长度求取可按以下顺序。

设胶布本体断裂强度为 F_0 , F_i 表示接口长度为 i 时材料的断裂强度, 于是有:

$$F_0 = F_i(1 + 3 K_0)$$

先看胶布 A 的情况, 根据实验结果有: $F_0 = 1392.50$, 则 $(F_3, F_4, F_5) = (1091.33, 1160.83, 1286)$, 可得 $(K_3, K_4, K_5) = (0.0920, 0.0665, 0.0276)$

由此导出

$$K(L) = -0.0067L^2 + 0.0214L + 0.0881$$

$$R^2 = 0.9987$$

由于存在应力集中的影响(经过计算分析此时的破坏是剪切破坏, 而非剥离破坏), 设应力集中系数为 A , L 、 B 分别为接口长度和宽度, 根据实验数据有:

$$\frac{H \cdot L_1 \cdot B}{A_1} = 598; \quad \frac{H \cdot L_2 \cdot B}{A_2} = 884; \quad \frac{A_1}{A_2} = 0.7391$$

胶粘剂层中的最大剪切应力 τ_{\max} 与平均剪切应力 τ 的比称为剪切应力集中系数 A_s , 根据 Goland 方程^[1], 可列出 A_s 公式。

$$A_s = \frac{\tau_{\max}}{\tau} = (1 + 3K) \frac{UL}{2t} \cot \left[h \cdot \frac{UL}{8t} \right] + \frac{3}{4}(1 - K) \quad (6)$$

其中, $U = \sqrt{\frac{8tGa}{Ex}}$ 。令 $D = UL(2t)$, 于是有

$$A_1/A_2 = [(1 + 3K_1) D \cdot L_1 \cdot \cot(h(D \cdot L_1)) + 3(1 - K_1)] / [(1 + 3K_2) D \cdot L_2 \cdot \cot(h(D \cdot L_2)) + 3(1 - K_2)] = 0.7391 \quad (7)$$

若 $D = 1.1171$, 则 $A_1 = 1.0383$, $H = 248 \text{ N/cm}^2$,
 $-L^3 + 4L^2 - 52L + 122 = 0$

于是可求得材料的临界接口长度: $L_0 = 2.49 \text{ cm}$ 。

同样, 可以根据上述过程求取胶布 B 相应的单位面积粘接力 and 临界接口长度:

$$H = 263.16 \text{ N/cm}^2; L_0 = 2.65 \text{ cm}$$

该结果与实验结果十分吻合, 为此在实际工作中可以忽略胶布材料和胶粘剂自身性能参数情况下, 根据力学性能取得对临界接口长度的近似解。

3 结 论

1) 粘接式气囊制品接口的内表面边缘处在拉伸过程中承受的拉伸应力最大, 因此接口处尤其端部成为整个材料体系的弱节所在。

2) 粘接式气囊制品接口长度越长越安全, 但实际中要求在保证安全的情况下接口长度越小越好, 所以存在临界接口强度和最佳接口长度。且最佳接口长度可根据公式进行较好程度的近似求解。

参考文献:

[1] 金士九, 金晟娟. 合成胶粘剂的性质和性能[M]. 北京: 科学出版社, 1992.