

织物材料开口结构补强方法研究

尹凤雷, 熊伟, 李云仲

(中国特种飞行器研究所, 湖北 荆门 448035)

摘要: 对织物材料开口补强结构进行了试验分析研究,以开口处使用帆布扣连接的结构为基础,进行了直接加金属片、金属片胶接、金属片铆接3种补强结构的试验,并与未补强结构进行比较。试验结果表明直接加金属片不能提高结构强度,胶接金属片可提高强度28.5%,铆接金属片可提高强度73.1%。通过对相关数据及生产工艺上差别的分析,最终为类似开口结构补强设计的选择提供理论依据。

关键词: 织物材料; 开口; 胶接; 铆接; 补强方法

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.04.027

中图分类号: V215.9 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)04-0114-03

Opening Structure Reinforcement Method of Textile Material

YIN Feng-lei, XIONG Wei, LI Yun-zhong

(China Special Vehicle Research Institute, Jingmen 448035, China)

Abstract: Reinforcement structure of textile material opening was tested and analyzed. Three kinds of reinforcement structure, which were adding metal patch barely, cementing metal patch and riveting metal patch, were tested based on button joint structure of canvas. The result showed that the intensity is improved 28.5% using metal patch cementation, and 73.1% using metal patch riveting. The difference in manufacturing technique was analyzed. The purpose was to provide reference for reinforcement design of similar opening.

Key words: textile material; opening; cementation; riveting; reinforcement method

航空织物材料是浮空器囊体及布套结构的基础材料^[1]。在浮空器的设计中,挂架、头锥、线束等普遍通过布套进行固定,对于承力的挂架布套、头锥布套等,在受到突风等意外大载荷时布套开口处容易产生应力集中而开裂,从而导致布套整体的承力失效。在长寿命航天器研制快速发展的今天,拥有足

够剩余强度、符合损伤容限要求结构的设计变得愈加重要^[2]。布套结构设计方法是根据单个开口处的受力大小确定布套长度。对某些体积小却质量大的任务装备,强度设计必须加长布套,从而加大挂架、头锥等外形,这样就增加了质量,相对减少了可配带的有效任务载荷。提高布套开口处的强度即可有效

收稿日期: 2013-01-27

作者简介: 尹凤雷(1975—),男,湖北荆门人,工程师,主要研究方向为浮空器结构设计。

解决这个问题。

影响开口处强度的因素包括织物本身拉伸强度、打孔工艺的偏差导致部分孔边有较大初始裂纹等^[3]。不考虑织物来料及生产批次性等因素的影响,针对产品上使用的以帆布扣连接为基础的织物开口结构,在设计上使用承力材料进行补强试验研究。航空上常用的承力材料有复合材料(玻璃纤维、碳纤维等)、金属材料(铝合金、合金钢、钛合金等)、航空木板、工程塑料等。由于浮空器运行环境为长时间高空漂浮,对材料的抗光老化及抗湿热老化能力要求尤为突出,因此选用在这方面性能最优的金属材料来制作补强片进行试验。通过几种不同补强结构的试验,分析金属片补强方法的可行性及补强效率,为织物开口结构补强方法的选择提供理论依据。

1 试验方案

1.1 试验件准备

在实际使用中,先将织物开口处压合上帆布扣,然后再将绳索穿入帆布扣中。绳索上的拉力由织物上的剪力平衡,帆布扣起到了将孔边剪力均匀分布的作用,但不能整体性分散剪流到织物上。主要考虑增加金属加强件来分散孔边的剪流。

试验方法是在织物开口两边加金属补强片,金属材料选用航空飞行器上最常用的结构材料——铝合金 2A12,其主要特点是密度低,有较高的比模量和比强度值,抗腐蚀性能及制造工艺性能良好,在所有轻金属材料中成本最低^[4]。

试验件结构形式如图1所示。

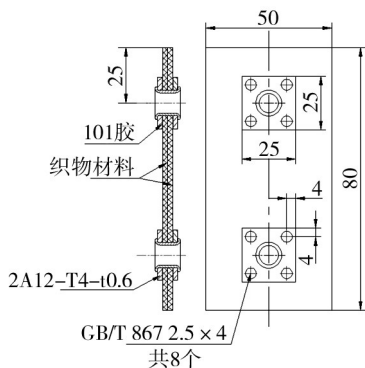


图1 试验件结构

Fig. 1 Sample structure

为验证金属片与织物的连接工艺对强度影响,分别试验3种工艺,即在织物两边直接增加金属片、金属片与织物间胶接、金属片与织物间铆接。加上普通结构试验件共分四组,每组各10件,见表1。

表1 试验件分组

Table 1 Sample group

组别	结构及工艺
A组	普通结构
B组	织物+金属片(无辅助连接)
C组	织物+金属片(胶接)
D组	织物+金属片(铆接)

1.2 试验件加载方式。

用航空锦丝绳制作拉环,再将试验件固定在拉力试验台上。试验件夹持方式如图2所示。检查试验件,试验件安装情况正常,无扭曲等现象,然后开始加载,加载过程中加载匀速缓慢进行,避免冲击性破坏。

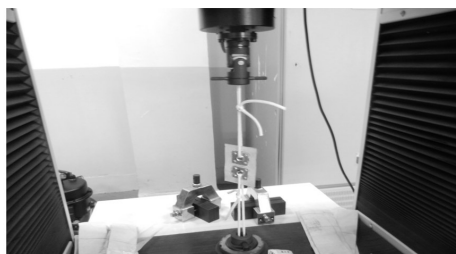


图2 试验加载方式

Fig. 2 Test-bed and load style

2 试验结果与分析

破坏形式说明见表2。试验件破坏载荷值见表

表2 试验件破坏形式

Table 2 Failure modes of sample

组别	破坏形式
A组	帆布扣处织物拉裂
B组	帆布扣处织物拉裂
C组	胶接层松脱,帆布扣处织物拉裂
D组	铆钉完好,中间织物直接拉裂

3. 试验件破坏形式如图3所示。

表3 试验件破坏载荷
Table 3 The fracture load

试验件	A组	B组	C组	D组
1	1302	1216	1726	2299
2	1295	1175	1608	2312
3	1351	1109	1842	2151
4	1288	1066	1511	2240
5	1293	1097	1621	2253
6	1296	1220	1715	2303
7	1282	1185	1722	2159
8	1300	1222	1615	2235
9	1299	1090	1740	2288
10	1320	1167	1559	2264
平均值	1299.4	1176.8	1670.2	2249.8
对比值	—	-9.4%	28.5%	73.1%

注:不考虑试验件分散性,取平均值进行对比。

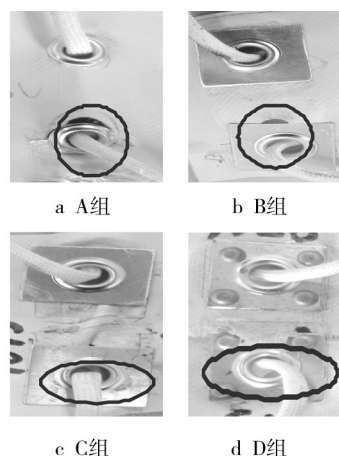


图3 试验件破坏形式

Fig. 3 Failure modes of sample

2.1 结果分析

1) B组直接加金属件结构与普通结构相比,破坏载荷反而减小9.4%,其原因可能是松动的金属片导致帆布扣夹持力松动,降低了帆布扣对裂口的支撑保护。

2) C组胶接金属片结构破坏形式为先胶接处破坏,后开口处拉裂,载荷超过胶体强度而发生接触表

面的胶体破坏^[5],破坏载荷提升28.5%,说明胶接起到了分担剪力的作用。

3) D组铆接金属片结构的破坏形式为织物中间断,破坏载荷有极大提升,达到73.1%,说明增加的金属片可完全承担开口处剪力。

2.2 试验过程对比分析

1) 为保证金属片胶接的可靠性,根据胶水的使用特性,胶接后的产品需自然状态放置24 h,因此生产周期延长了一天;铆接工序的延长时间相对较短些,与胶接相比可以忽略。

2) 为保证铆接质量,铆接对补强金属片的尺寸、铆钉孔边距等都有一定要求,因此铆接小尺寸金属补强片在工艺上相对胶接会更复杂些。铆接与胶接相比连接强度稳定可靠,失效检查和排除故障也更容易^[6]。

3) 胶接工艺和铆接工艺与原织物的热合工艺相差甚远,需要配备专门的作业人员。

2.3 结论

试验表明织物材料开口两边胶接或铆接金属片是一种有效的加强方式。由于临近空间环境复杂多变^[7],所以在实际运用中,设计人员需考虑环境对胶接或铆接质量的影响,并对工艺进行改善,以得到更佳的加强效果。设计人员还必须综合衡量对生产周期、工艺成本及人员配置的影响,才能得到适合企业的设计方案。

3 结语

本研究为浮空器织物材料开口结构的补强指出了一个方向,并提供了数据支持,同时也为类似软式结构的加强提供一个参考。

参考文献:

- [1] 董彦芝,刘芑,王国栋,等. 航天器结构用材料应用现状与未来需求[J]. 航天器环境工程,2010,27(1):41—44.
- [2] 蒋谱成,武坦然,张宇涵. 近地空间飞艇发展现状与趋势[J]. 空间电子技术,2008,5(3):5—10.
- [3] 郑晓玲,李令芳. 民机结构耐久性与损伤容限设计手册

(下转第125页)

- York: John Wiley & Sons, 1994: 56—84.
- [3] 李丽霞. 插入扰流元件换热器换热特性数值模拟研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2009: 6—7.
- [4] WATSON R N, PROULX G F. A New Thermal Vacuum Facility for Hughes Space and Communications at El Segundo California[C]// The 20th Space Simulation Conference of the Changing Testing Paradigm. 1998: 113—130. (余不详)
- [5] GOVINDAN P, SATYANARAYANA M, DEVIPRASAD Karnik, et al. Design and Performance of Φ 0.6 m Thermal Vacuum Chamber[C]// Proceedings of the 18th International Cryogenic Engineering Conference. 2000: 679—682. (余不详)
- [6] 杨建斌, 张文瑞, 柏树, 等. ZM4300 光学遥感器空间环境模拟试验设备新技术[J]. 真空与低温, 2010, 16(1): 25—29.
- [7] 张磊, 刘敏, 刘波涛. 流速及进出液口形式对板式热沉换热性能影响[J]. 航天器环境工程, 2012, 29(5): 566—570.
- [8] 姬长发, 王跃勇, 刘晓兵. 酒窝状换热板强化换热效果分析[J]. 西安科技大学学报, 2010, 30(3): 330—335.
- [9] 袁修干, 刘国青, 刘敏, 等. 大型液氮热沉中流动与传热均匀性数学模拟与分析[J]. 低温工程, 2008(2): 18—21.
- [10] 丁文静, 单巍巍, 刘敏, 等. 大型空间环境模拟设备热沉管网系统仿真计算[J]. 航天器环境工程, 2008, 25(6): 584—586.

(上接第89页)

1) FGB传感器中心波长随应变增加而增加, 其拟合结果见式(2)。

$$\lambda = \lambda_0 + \alpha \varepsilon = 1562.415 + 2.497 \times 10^{-4} \varepsilon \quad (2)$$

式中: λ_0 为初始中心波长, nm。

2) FGB传感器测量范围超过 5000 $\mu\varepsilon$ 。

3) FGB传感器在其测量范围内, 线性度很好, 标准偏差 $S=0.005\ 56$, 复相关系数 $R=0.999\ 95$ 。

4 结语

通过设计大应变试验加载平台, 并通过 FGB 传感器对大应变试验加载平台标定, 求得了平台的载荷与应变之间的比例系数 K , 最终等比加载实现了对 FGB 传感器超过 5000 $\mu\varepsilon$ 的大应变标定。通过设计、有限元分析、试验分析, 得到以下结论。

1) 文中设计的大应变试验加载平台可有效产生线性大应变。

2) 通过试验、标定, FGB 传感器测量范围可达到 5000 $\mu\varepsilon$, 且线性度较好。

3) 文中设计的试验、标定方法合理、可行。

4) 由于文中大应变试验加载平台的加载方式与飞机实际使用时的加载方式相似, 因此 FGB 传感器由钢管封装、等强度梁加载所引起的误差^[7]可有效地补偿抵消。

参考文献:

- [1] 常飞, 韩庆, 尚柏林. 光纤技术在军用飞机结构健康监测中的研究[J]. 科学技术与工程, 2008, 8(10): 2641—2646.
- [2] 尚柏林, 宋笔锋, 万方义. 光纤传感器在飞行器结构健康监测中的应用[J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2008(3): 7—10.
- [3] 张泰峰, 孙文胜, 杨晓华, 等. 飞机结构单机寿命监控的几个关键问题的研究[J]. 装备环境工程, 2011, 8(6): 6—9.
- [4] 李宏男, 任亮. 结构健康监测光纤光栅传感技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008: 56—64.
- [5] 高绍武. 一种新型位移传感器的研究[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2001(3): 264—268.
- [6] 刘钦朋, 乔学光, 贾振安, 等. 光纤 Bragg 光栅传感原理及增敏技术[J]. 光电子技术与信息, 2006, 19(3): 18—22.
- [7] 孙丽. 光纤光栅传感应用问题解析[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 72—76.

(上接第116页)

- [K]. 北京: 航空工业出版社, 2003: 18—21.
- [4] 高峰, 杨宝宁, 马海全, 等. 航天器复合材料结构的渐进损伤分析[J]. 航天器工程, 2009, 5: 12.
- [5] 赵伶丰, 白光明. 复合材料胶接接头分析研究[J]. 航空器

环境工程, 2007, 24(6): 393—396.

- [6] 王宝忠. 飞机设计手册: 结构设计 第10册[M]. 北京: 航空工业出版社, 2000: 1028—1030.
- [7] 童靖宇, 向树红. 临近空间环境及环境试验[J]. 装备环境工程, 2012, 9(3): 1—4.