

国产碳纤维在某型号复合材料壁板的应用情况分析

Analysis of Application of Domestic Carbon Fiber in Certain Models Composite Panels

中航复合材料有限责任公司 万喜伟 王海青 彭公秋 徐洪波
中国人民解放军驻沈飞公司军事代表室 李 察

[摘要] 利用质量工具 Minitab 软件对比了应用在某型号上的国产碳纤维与进口碳纤维 T300 的性能,发现二者线密度存在统计上的显著差异,拉伸模量与弹性模量没有显著差异。结合批产的数据,从结构、工艺角度对比,分析了国产碳纤维与 T300 两种纤维体系的产品质量差异。

关键词: 质量工具 国产碳纤维 线密度

[ABSTRACT] In this paper, the use of quality tools Minitab software applications on a comparison of the models of domestic and imported carbon fiber performance, find the significant differences statistically in linear density, but the tensile modulus and modulus of elasticity are no significant difference between them. Combining with batch production data, comparison of structure, process, this paper analyzes the quality differences between T300 and domestic fiber system products.

Keywords: Quality tools Carbon fiber made in China Linear density

高性能碳纤维 / 树脂基复合材料在我国多个重点型号飞机及发动机中大量使用。但由于国外禁售或限售进口碳纤维,加大了复合材料在我国飞机上的应用成本及难度。

随着各方面对碳纤维在国民经济中重要性的认知越来越深入,国内发展碳纤维的热情极高,很多企业和机构投入巨资研究和开发碳纤维,多条千吨级以上碳纤维产业化生产线正在筹建和建设之中,有几家公司的碳纤维已经应用到了重点型号飞机上。

某型复合材料壁板前期一直使用的是进口 T300 型碳纤维增强材料,基体材料为 QY8911。随着国产碳纤维制造技术日趋成熟,自 2012 年,国产碳纤维开始批量地应用在某型号复合材料壁板上,截止到目前交付了几十架份。从交付的壁板质量状况来看,未出现大的质量问题,但与进口碳纤维产品的质量相比,存在一定的差异。

本文利用 Minitab 软件对比了国产碳纤维和进口碳纤维的性能差异,并从工艺角度分析了缺陷产生的机理。

1 国产纤维与进口纤维基本性能对比

利用 Minitab 软件对应用在某型号并符合技术条件要求的两个批次的国产碳纤维与使用过的随机某个批次的进口碳纤维 T300 的几项重要性能数据进行计算和比较,得到下面的结果。

1.1 线密度

通过对进口纤维(纤维类型 1)与国产纤维(纤维类型 2)线密度做等方差检验(见图 1),发现两种纤维的线密度在统计上有不同($P=0.002 < 0.05$)。使用 Minitab 软件进行等方差检验,计算结果 Levene 检验值 $P < 0.05$,说明不同的样本在统计上来说有显著差异,反之,如果 Levene 检验值 $P > 0.05$,说明不同的样板在统计上没有显著差异。

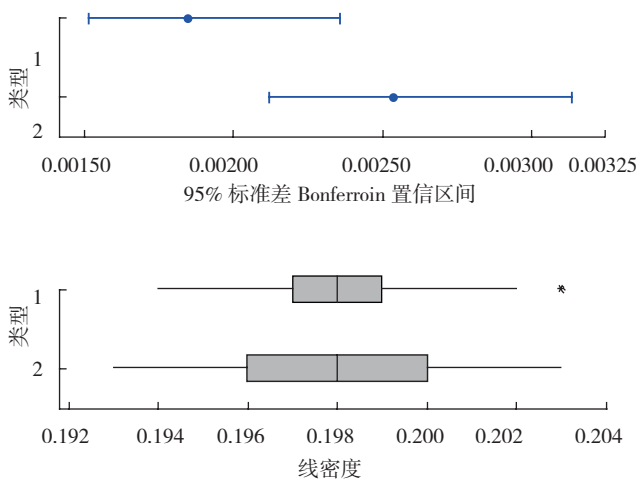


图1 线密度等方差检验

Fig.1 Variance test of linear density

进一步做两种纤维线密度的概率图(图 2),发现进口碳纤维 T300 的线密度比较集中,国产碳纤维的线密度相比比较离散(类型 1 均值 0.1982, $P < 0.005$; 类型 2 均值 0.1981, $P = 0.008$)。

1.2 拉伸强度与弹性模量

通过对进口纤维(纤维类型 1)与国产纤维(纤维类型 2)拉伸强度与弹性模量做等方差检验(见图 3、图 4), P 值分别为:0.106 和 0.326 均大于 0.05,说明两种纤维

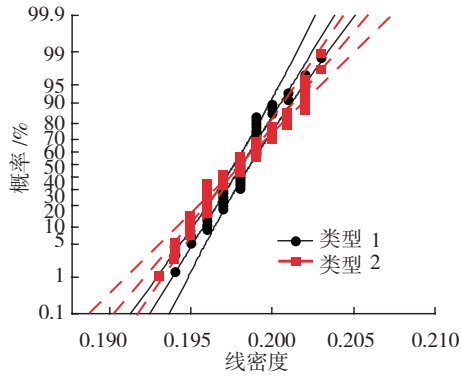


图2 线密度概率图
Fig.2 Probability map of linear density

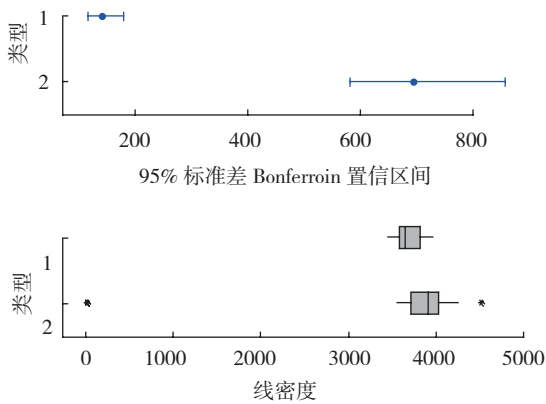


图3 拉伸强度等方差检验
Fig.3 Variance test of tensile strength

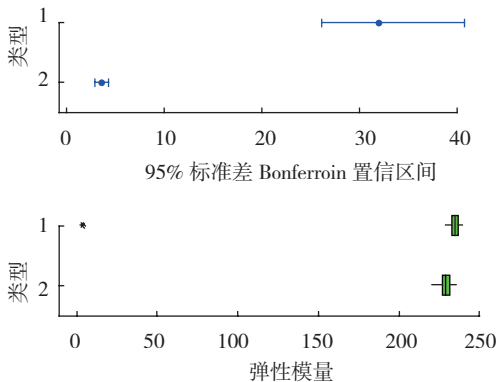


图4 弹性模量等方差检验
Fig.4 Variance test of elastic modulus

的拉伸强度与弹性模量在统计上未有显著差异。

2 线密度的影响

2.1 预浸料排布的影响

国产碳纤维的线密度离散是普遍存在的^[1],但这种离散性除了对预浸料排布的难易有影响,对产品的最终质量也是有影响的。

纤维的线密度不均匀,在浸渍上浆剂的时候会出现上浆剂上浆量不均,导致上浆量分布不均匀。对预浸料

的制备过程有影响。

某型号使用的国产碳纤维是国内某厂生产的,纤维使用的上浆剂为国产上浆剂,耐热性能偏好,纤维的集束性好,预浸料排布时不容易断丝,但集束性好会影响纤维排布时的展开效果,如果局部位置的纤维上浆量过大,这种影响就更大了。从预浸料个别卷的外观可以看出,展开不好的预浸料表面(见图5)不均匀,有的区域纤维松散,有的区域树脂集中。纤维松散甚至出现间隙的位置有引起空洞或积聚气体的风险,树脂集中的区域会引起局部富树脂,壁板固化后外观没有什么不同,但内部应力实际上是不均匀的。

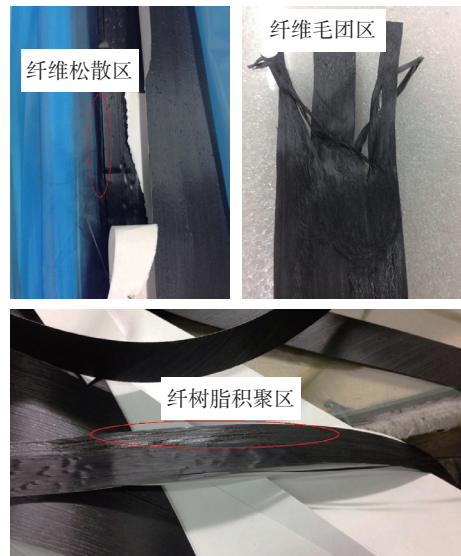


图5 预浸料表面状态
Fig.5 Prepreg surface state

2.2 不同结构的影响

某型号壁板的存在3种结构形式:蒙皮、T形(对称)筋条、L形(多插层)筋条。在进行国产碳纤维体系壁板的生产结束后,对这3种结构形式进行分类,发现蒙皮、T形(对称)筋条的质量均与进口碳纤维体系壁板质量相当,而L形(多插层)筋条在插层边缘区域缺陷明显增多,分析原因如下。(1)蒙皮:蒙皮区域面积大,QY8911体系树脂流动性非常好,在蒙皮进行预吸胶的时候,树脂通过自身的流动对预浸料排布时产生的局部富树脂和局部纤维松散进行调节,保证蒙皮内部树脂与纤维填充均匀,减少了应力集中区域。(2)T形(对称)筋条:由于筋条结构对称,插层极少,筋条内部无明显应力突变的区域,树脂与纤维在筋条内部可以自我调整,与蒙皮类似,也无大的影响。(3)L形(多插层)筋条:筋条本身结构非对称,成型过程中层与层之间应力分布不均匀,筋条根部插层较多,在插层区域形成空洞三角

(下转第55页)

表1 高加筋壁板典型件厚度测量值

| 测量点编号 | 实测数据 /mm | 厚度公差 /mm | 测量点编号 | 实测数据 /mm | 厚度公差 /mm |
|-------|----------|-----------|-------|----------|-----------|
| 1 | 6.18 | 5.70~6.30 | 13 | 6.7 | 6.27~6.93 |
| 2 | 6.17 | 5.70~6.30 | 14 | 6.71 | 6.27~6.93 |
| 3 | 6.16 | 5.70~6.30 | 15 | 6.72 | 6.27~6.93 |
| 4 | 6.1 | 5.70~6.30 | 16 | 6.7 | 6.27~6.93 |
| 5 | 5.84 | 5.70~6.30 | 17 | 9.36 | 8.55~9.45 |
| 6 | 6.11 | 5.70~6.30 | 18 | 9.45 | 8.55~9.45 |
| 7 | 6.15 | 5.70~6.30 | 19 | 6.69 | 6.27~6.93 |
| 8 | 6.12 | 5.70~6.30 | 20 | 6.64 | 6.27~6.93 |
| 9 | 6.04 | 5.70~6.30 | 21 | 6.72 | 6.27~6.93 |
| 10 | 5.82 | 5.70~6.30 | 22 | 6.68 | 6.27~6.93 |
| 11 | 9.43 | 8.55~9.45 | 23 | 6.64 | 6.27~6.93 |
| 12 | 6.68 | 6.27~6.93 | 24 | 9.44 | 8.55~9.45 |

度测量点 1~10 的厚度范围为 5.70~6.30mm, 11、17、18、24 的厚度范围为 8.55~9.45mm, 12~16、19~23 的厚度范围为 6.27~6.93mm, 实测数据见表 1。计算得知, 典型件的纤维体积含量达到 59.4%, 试验结果满足设计要求。

4 结束语

(1) 针对传统 RFI 工艺存在的不足, 建立了新的 RFI 工艺树脂流动模型, 打破了传统 RFI 工艺的局限, 使 RFI 工艺具有更好的结构适用性, 突破了 RFI 工艺对加筋高度的限制, 实现了任意高度复合材料加筋壁板结构的 RFI 整体成型。

(2) 新的 RFI 工艺树脂流动模型使树脂在工艺过程中以面的形式迅速渗透到预成型体的纤维中去, 大大缩短了树脂渗透时间, 不仅成型效率得以提高, 同时降低了 RFI 工艺对树脂粘度和工作时间的过分依赖, 提高了所成型复合材料零件的质量和工艺可靠性。

(3) 缝合 /RFI 整体成型技术已成功应用于飞机结构, 保持了结构完整性, 使机械连接数量降到最低, 有效减轻了结构重量。
(责编 谷雨)

(上接第 51 页)

区, 这些空洞三角区(图 6)本身就是气体与树脂的填充多发区, 如果预浸料在这些位置出现纤维松散就增加了缺陷产生的概率。

实际生产也暴露出了这一点, 国产碳纤维零件, 此类 L 形筋条缺陷多发生在筋条根部图示区域, 缺陷位置与尺寸呈规律性分布。但这种情况只出现在某些批次的纤维上。

3 结论

国产碳纤维与进口碳纤维 T300 存在一定的差异,

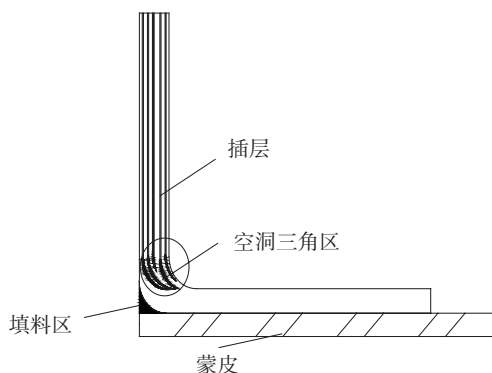


图6 空洞三角区示意图

Fig.6 Schematic empty triangle

主要表现在:(1) 纤维的基本性能。国产碳纤维与 T300 纤维的线密度统计上有显著差异, 国产碳纤维较离散, 拉伸强度与弹性模量未有显著差异, 国产碳纤维拉伸强度略优于 T300。(2) 预浸料排布。国产碳纤维由于线密度不匀, 排布时影响纤维的展开效果, 个别预浸料表面状态呈现局部纤维松散或富树脂现象, 另外, 纤维表面起毛的情况也偶有发生, 预浸料表面有纤维团。(3) 制件。国产碳纤维体系的普通简单结构的制件质量可与 T300 体系媲美, 但对于结构复杂, 对预浸料均匀性要求较高的某些制件批产后会产生一定影响。

国产碳纤维规模化应用势在必行, 国内一些优秀的纤维厂家生产的纤维也已经基本具备了满足生产的条件, 到目前为止, 生产的几十件壁板出现的缺陷进口纤维体系壁板也同样存在, 只是对于 L 形筋条出现缺陷的概率略高, 其他类型的制件合格率与进口纤维相当。

参考文献

[1] 张凤翻, 申屠年. 国产碳纤维规模化应用值得注意的工艺问题. 高科技纤维与应用, 2008, 33 (3):1-4.

(责编 深蓝)