

## 三维织物及复合材料的发展与应用

杨小利 王 钧

(武汉工业大学 430070)

摘要: 本文介绍了三维织物及其复合材料的发展现状及应用研究情况。

关键词: 三维织物 复合材料 发展 应用

### 1 前 言

随着科学技术的飞速发展, 纺织结构复合材料在改善其层内及层间强度和抗损坏性能方面有了新的突破, 其主要表现为增强材料体结构从零维, 一维, 二维, 发展到三维, 即产生了用于制造先进复合材料增强体的三维纺织技术, 从而为制造具有整体性和仿形性的高性能复合材料提供了可靠的保证。

所谓三维织物, 就是在厚度方向至少有三根以上的纤维<sup>[7]</sup>。

从复合材料增强体的纤维构型的观点来看有四个层次, 一个是非连续式的即零维增强, 如短切纤维; 二是线性的, 即一维的, 如缠绕; 三是平面的, 即二维的, 如层合材料; 四是整体的即三维的, 如许多三维织物。

从织物成型工艺来看, 主要有机织, 非纺织, 针织和编织等, 如图 1 所示。



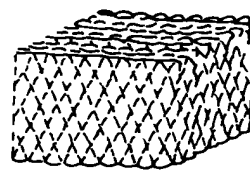
三维针织物



三维 ON 织物



三维机织物



三维编织物

图 1 三维织物图

### 2 三维织物及其在复合材料中的应用

三维织物可通过手工和机织制造, 对于传统的三维机织物整体织造技术历史悠久, 其产品早已为人们所熟知, 使传统的三维机织物具有一个共同特点, 即在上下两层织物之间可以有连线(如用双层制织法获得的长毛绒)但没有出现经纬交织物, 可以有孔洞(如管状织物)但没有出现连续分布的多个孔洞。有三维机织空芯织物要在上下两层织物之间出现一些连续的孔洞, 上下两层织物靠经纬交织物即将二者连接为一整体又将两者撑开一定的距离, 图 2(a)、(b)、(c) 所示分别为圆形中空形, “V”形中空形, “X”形中空形织物的纵截面图。

制作三维织物离不开机械化程度较高的编织机, 只有编织机械化才有可能大规模生产, 而传统的手工

编织已不能适应需要。法国的编织技术处于世界领先地位。1986 年美国从法国购进了两台大型的编织机, 准备用法国先进的编织技术开发出较低廉的宇航复合材料<sup>[5]</sup>。

三维复合材料的概念形成于 60 年代末, 是基于二维复合材料的发展而来的。二维复合材料是只在平面内含有纤维, 无论在平面内有几个方向的纤维束都是属于二维复合材料。而三维复合材料含有不在平面内的第三个方向的纤维束, 第三个方向不一定要与平面垂直, 从整体结构上来考虑, 三个方向的纤维束可随单元体的不同而不同。目前认为比较合理的单元体为以下结构方式, 即四方体的四个对角用纤维来相连, 见图 3<sup>[2]</sup>。由于三维复合材料含有三个方向上的纤维束, 而第三个方向上的纤维束可限制层间的相对运动, 因此增强了层间剪切强度和刚度, 同时也使得第三个方

向上的性能得到很大改善,而使整体性大大增强。

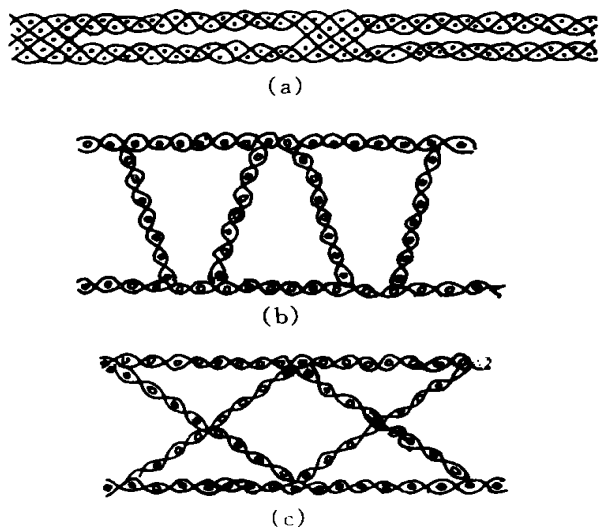


图2 中空形织物的纵截面图

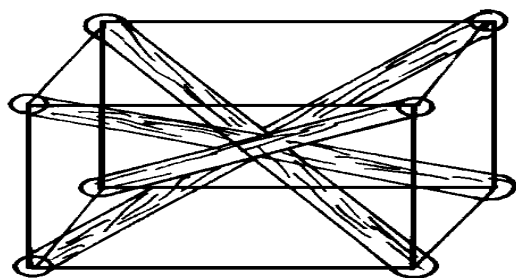


图3 纤维束单元体结构示意图

本世纪60年代末,制造多向织物结构如方形体,空心体,圆柱体及锥台等技术得到了发展。从此以后,编织多向织物的技术得到了飞速发展<sup>[3]</sup>。最初研究的目标是宇航上,常用的三向C-C复合材料,但随后转向了通常的纤维增强树脂基复合材料。1972年,美国费城的A. L. Ross基于三维复合材料的原理设计出了机械化程度较高的编织机<sup>[4]</sup>,使得制作三维复合材料的工作方便多了。至此有关三维复合材料的研究才得到展开。在制作三维复合材料的步骤是分两步进行,首先用纤维束编织出所要制作物体的轮廓,我们称之为预制体,然后再通过RTM或手工浸渍树脂固化而形成成品,这在制造上有许多优点,首先它可以编织比较复杂的形状如圆管工字梁,T字梁,其次方便地形成孔洞而不用破坏纤维的连续性,而层合复合材料在这方面几乎不可能实现。

进行三维复合材料性能研究的国家主要是美国,其它如日本、法国等。特别是80年代以后,美国Delaware大学的Z. W. Chou和Drexel大学的FranK, K. Ko等,广泛地开展了三维复合材料性能的研究。他们曾多次与宇航部门合作,开发宇航用的三维复合材料。而国内对于三维织物主要还是处于编织机的研

究以及试制阶段,天津纺织工学院的杨桂教授等一批科技人员致力于编织机的研究,并取得了一定的进展。

目前国内已有几家进行三维编织复合材料的研究单位,如南京玻璃纤维研究院就成立了一个三维编织技术开发部,已能生产出小型的三维织物,同时他们也与航天部门合作进行三维复合材料的研究<sup>[6]</sup>。

三维编织由于是整体编织,减少了许多中间过程,纤维是连续的使得这种结构的复合材料在许多性能都有较大的提高。美国的Fran K. K. Ko博士用实验证明<sup>[4]</sup>:在其它条件相同的情况下,编织出来的复合材料在直接钻孔后还能保持90%的拉伸强度,而普通层合复合材料只能保持50%的拉伸强度。用玻纤/环氧和C/PEEK作了冲击试验,结果发现层合复合材料在冲击力作用下,其损伤面积要比三维复合材料的损伤面积大四倍左右。这说明三维复合材料能有效地限制受冲击损伤的面积。由于三维复合材料的这些优点使得其在许多领域如航空、航天、建筑、汽车工业以及复合材料穿甲的抗冲击部件等方面都非常有用。三向C-C材料作为一种烧蚀材料广泛用于导弹,飞机等关键部位,美国先进的B-2隐形轰炸机采用了非圆形特殊C纤维与玻璃纤维混杂的三维复合材料,法国的M4潜地导弹以及美国的民兵II地-地导弹在关键部位也都采用了超细编织的三维C-C材料。目前我国还主要以手工制作多功能三维复合材料防护罩以及航天飞行器部件<sup>[5]</sup>。

三维复合材料具有广泛的应用前景,而三维复合材料的研究关键应放在编织机的研究方面,这是因为编织水平的好坏直接影响三维复合材料的性能。应该说三维复合材料的研究应是一个多学科,多部门合作才能取得较大进展的课题,我们期待着我国的三维复合材料有一个较大的发展。

### 参考文献

- 1 王震鸣. 复合材料力学和复合材料结构力学. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 2 杨彩云等. 三维机织空芯结构复合材料的研究. 纤维复合材料, 1996; (4): 10
- 3 L. E. McAllister and W. L. Lachman, Multidirectional Carbon Composites, Fabrication of Composites, A. Kelly and S. T. Mileiko Editors, Elsevier Press, 1983
- 4 杨桂等. 具有广阔发展前途的编织结构复合材料, 九十年代我国复合材料发展展望研讨会, 中国宇航学会, 1990; 11
- 5 裴镜蓉. 编织复合材料在宇航上的应用, 宇航材料工艺, 1991; (4)
- 6 FranK. K. Ko. Advanced Textile Structural Composites. 1991年常州聚氨酯, 复合材料国际讲学交流会
- 7 陆晓华. 三维纺织技术概述. 玻璃纤维, 1997; (1): 18

(下转第31页)

# APPLICATION OF COMPOSITE SANDWICH STRUCTURE IN AUTOMOBILE

Shi Zhe

(Shen zhen Shekou FRP Ship Factory)

**Abstract:** Characteristics of composite sandwich structure and its application in automobile are introduced in this paper.

**Keywords:** composite sandwich characteristic application

收稿日期: 1997- 03- 28

(上接第 28 页)

## DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THREE- DIMENSIONAL FABRIC AND ITS COMPOSITES

Yang Xiaoli Wang Jun

(Wuhan University of Technology)

**Abstract:** In this paper, we review the development and application of three- dimensional fabric and its composites.

**Keywords:** three dimensiona fiber composite

收稿日期: 1997- 05- 04

## 几种国外新颖阻燃剂

传统矿物阻燃剂具有以下缺点: 着火时产生有毒气体, 同时使 FRP 成型困难。近年来国外研制成功一些新颖的阻燃剂。现简介如下。

1 BACO CV(粘度控制) 氢氧化铝(三水合铝), 粒子表面进行了改性, 粗粒浓缩减小, 加工过程可精密控制, 增稠速度较快, 胶凝、固化时间较短, 制品的机械性能、表面性能较好。

2 BACD ULV(超低粘度) 氢氧化铝, 表面改性, 级配, 可达到合适的混料粘度, 填料含量高, 不需任何其它阻燃剂。

3 Hymod 表面改性氢氧化铝, 有选择地进行表面改性, 提高 ATH 与树脂基材的相容性, 从而快速、完全分散、大大降低粘度、提高 ATH 含量、改善工艺性, 提高制品的物理性能、电性能和耐化学腐蚀性。

4 Mortinal ON- 921 阻燃剂与 BYK- W996 浸润分散剂和 BASF 低糙度剂相配合一起使用, 当添加到 SMC 中, 粘度不超过 60~ 89P 时, 其制品可达到法国 M I/FO 阻燃标准。

5 Kofire 膨胀剂, 添加于无纺表面毡、该毡遇高温时, 该剂膨胀, 使织物厚度增厚数倍(在无束缚条件下), 从而构成隔离火焰、热空气的保护层, 例如: FRP 门、拉挤成型 FRP 窗框可采用此剂。

## 中美合资建世界最大的对苯二甲酸厂

美国 Amoco 公司与中国合资 3 亿美元, 分别持股 80% 和 20%, 建设珠海对苯二甲酸厂, 预计 1999 年投产, 设计初始产量为 25 万吨/年, 将居世界第一, 最高产量达 100 万吨/年。

(董永祺)