

变截面管状机织增强材料的织造设计

郭兴峰 李晓久 王 瑞 黄 故

(天津工业大学纺织与服装学院,天津,300160)

摘 要:设计大口径薄壁厚的管道预型件,各层经纱根数可相等;而小口径高壁厚的管道织物,各层经纱数不等,以使管道的内外层结构均匀。在织造过程中,应随管道直径的增加(或减小),相应地增加(或减小)各层的经纱根数。

关键词:多层管状机织物 变截面 正交组织 经纱根数

中图分类号:TS 103.337.4 文献标识码:A 文章编号:0253-9721(2004)06-0106-02

变截面管状织物是制造高性能、整体结构复合材料的骨架材料,它的纺织加工方法包括机织、针织、编织等,其中机织法具有生产成本低、机械化程度高、产品的力学性能好等优点而受到重视。在传统的多臂或提花有梭织机上,使用管状织物的织造原理,通过在织物边部逐渐增加或减少经纱的方法,可以织造出变截面的管状立体织物^[1]。但这种预型件下机后在经纱增减处留有毛边,影响了预型件结构的整体性和稳定性。圆织机是另一种生产管状织物的织造技术^[2],其产品广泛应用于包装工业。但这种方法开口技术简单,仅能织制简单的组织如平纹。将提花或多臂开口技术应用于圆织机,扩大其控制经纱的能力,并采用模具控制织物的截面形状,在这种织机上可以织造出多层结构的整体变截面管状预型件。本文的织造设计是基于这种织造方法进行的。

1 多层管状织物的结构

根据 2 组或多组纱线交织规律的不同,多层机织物有角连锁和正交 2 种基本的结构。由于正交组织的 3 组纱线相互垂直排列,具有相对直的纱线结构,使其复合材料的承载能力高,且织物的结构简单,有利于上机织造,因而受到重视。根据接结纱穿越经纬纱层数、间距的不同以及浮长的不同,正交组织有多种不同的变化组织。P. Callus 等通过测试不同正交组织复合材料的力学性能,发现穿越整个织物厚度的整体接结结构,与穿越部分厚度的层间接结,其复合材料在刚度、强度及断裂应变等力学特性上没有明显的差异^[3]。

根据接结纱的不同,正交组织有 2 种接结方法:经纱接结和纬纱接结。在经纱接结的正交管状组织中(如图 1 所示),纬纱沿圆周方向,也称为周向纱;经纱沿轴向,也称为轴向纱,接结经纱将多层的经纱和纬纱固结成一个整体织物。由于经纱与接结经纱

的消耗率不同,须使用 2 套送经系统才能织造。在图 2 所示的纬纱接结正交组织中,纬纱既起周向纱的作用,又将多层的经纱与纬纱连接在一起。这种接结方法的经纱在织物形成时消耗率相同,可使用一个送经系统。

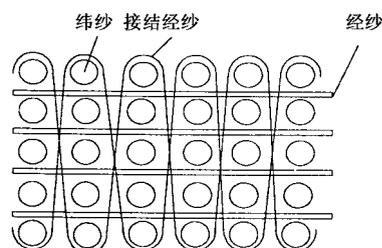


图 1 经纱接结的正交组织

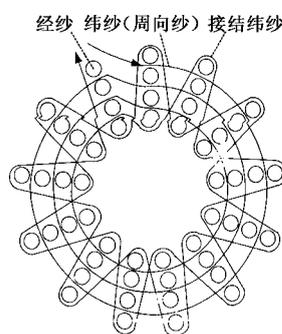


图 2 纬纱接结的正交组织

2 多层管状织物的经纱根数设计

管状织物的总经根数决定于所设计织物的直径、经纱密度以及织物的厚度,从内层到最外层,各层经纱的根数可由下面公式计算:

$$\text{第 1 层(最内层): } m_1 = 2\pi PR \quad (1)$$

$$\text{第 2 层: } m_2 = 2\pi P \left[R + \frac{\Delta R}{n-1} \right] \quad (2)$$

$$\text{第 } n \text{ 层(最外层): } m_n = 2\pi P(R + \Delta R) \quad (3)$$

式中, P 为单层经纱的密度; R 为预型件内半径; ΔR 为预型件厚度; n 为经纱层数。

2.1 等经纱根数设计

为简化设计,可使各层的经纱根数相等。由于内外层的半径不等,这种设计会使织物各层的经纱间距不相等。这种经纱密度的差异用差异率 f 表示,它是内外层经纱密度的差值与最内层经密的比值:

$$f = \Delta R / (R + \Delta R) \quad (4)$$

由式(4)可见,当管道半径增加或管道壁厚减小时,差异率会减小。若要求内外层经密的差异率小于 a ,则由式(4)可得:

$$\frac{\Delta R}{R} < \frac{a}{1 - a} \quad (5)$$

例如当要求 a 小于 5% 时,则 $\Delta R / R$ 必须小于 0.053。因此这种经纱根数相等的设计比较适合于大口径、薄壁厚管道。当管道口径小或壁厚大时,内外层经纱密度的差异会较大。

2.2 等密度结构设计

为了获得内外结构均匀的管道织物,外层的经纱根数应随管道半径的增加而增加,最外层的经纱根数增加量可按下式确定:

$$\Delta m = 2\pi P \Delta R \quad (6)$$

为保证织物组织的连续性, Δm 取整为 $2(n - 1)$ 的倍数。中间各层经纱的根数也按比例相应确定,结果见表 1, 织物总经纱数 M 等于各层经纱根数之和。

$$M = n(m_1 + \Delta m / 2) \quad (7)$$

各层增加的经纱应均匀地分散在整个圆周上,以使织物的结构均匀,经纬纱的交织情况如图 3 所示。

表 1 各层经纱的根数

经纱层	1	2	3	...	n
经纱根数	m_1	$m_1 + \Delta m / (n - 1)$	$m_1 + 2\Delta m / (n - 1)$...	$m_1 + \Delta m$

3 变截面管状织物的织造设计

变截面管状织物(如锥形、哑铃形等)在织造过程中,依靠具有同样外廓形状的模具控制预型件的内表面形状,经纱与纬纱在模具上交织形成织物。但随着截面直径的变化,织物的经纱密度会发生变化,使织物的厚度和结构也发生变化。例如在织造

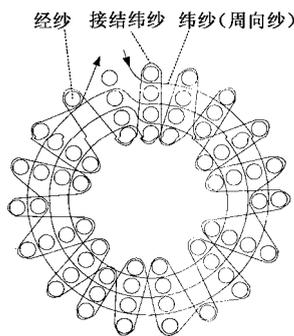


图 3 改进的正交接结组织

锥形管道预型件时,随着管道直径的增加,经纱密度将减小,织物变薄,因此,应随管道直径的增加,逐渐增加参与交织的经纱根数,以使织物的密度和厚度保持不变。从小半径到大半径,需要增加的经纱数为:

$$\Delta m = 2\pi P n (R_2 - R_1) \quad (8)$$

式中, R_2 、 R_1 分别为变截面管道织物内层的大、小端半径。

Δm 应圆整到 $2n$ 的倍数,以保证组织点的连续。对于母线为直线,即半径呈线性变化的预型件,可采用等间隔加入的方法增加经纱。将全部需要加入的经纱分成若干组,每组的经纱数为 $2n$ 的倍数,每次加入一组经纱且将其分散在各层的圆周上,等织入一定根数的纬纱后,再加入下一组经纱。可见,每次加入的根数越少,加入的次数越多,所得织物的结构越均匀。不影响织物组织连续的最小加入根数为 $2n$,因此最大的加入次数为 $\Delta m / 2n$ 。

对于母线为曲线的预型件,经纱的加入频率与半径的变化速度有关。在半径变化缓慢的区间,经纱的加入次数少;而在半径变化迅速的区间,经纱加入频繁。若每次加入的经纱数为 $2n$ 根,则相邻 2 次加入间半径的最小变化量 Δr 为:

$$\Delta r = 1 / (\pi P) \quad (9)$$

4 结 论

1. 织造正交组织的多层管状织物时,接结纱可以是经纱,也可以是纬纱。由于经纱消耗率的不同,经纱接结组织需采用 2 组送经系统才能织造;而纬纱接结组织只需采用 1 组送经系统。
2. 多层管状织物的各层经纱可以相等,但内外层的经纱密度会有差异,适用于大管径薄壁厚的管道织物;当管径小壁厚大时,可采用各层经纱不等的设计方法,以使织物的结构内外均匀。
3. 在织造变截面管道时,应随管道半径的增加(或减小)逐渐增加(或减少)各层的经纱根数。
4. 增加或减少经纱根数应保证组织点的连续。

参 考 文 献

- 1 黄 故主编.现代纺织复合材料.北京:中国纺织出版社,2000:90~91.
- 2 杜方潮等.塑料织物及制品.北京:中国石化出版社,1998:129~136.
- 3 P.Callus et al. Damage Visualisation during the Tensile Testing of Multi-layer Woven Glass/vinyl Ester Composites. Sydney, Australia. The International Aerospace Congress.1997:25~27.