

国内外多轴向经编设备的研发状况

李建利, 张新元, 张元

(陕西省纺织科学研究所, 陕西 西安 710038)

摘要: 阐述了多轴向经编技术的发展现状以及多轴向经编机的工作原理。分别介绍了国外的利巴(Liba) Copcentra MAX 3 CNC型设备和卡尔·迈耶(Karl Mayer) Malimo Multiaxial型设备, 以及国内的常州润源RCD-1型多轴向经编机和常州第八纺机GE2-M2型多轴向经编机的性能特点。指出: 多轴向编织正在朝着自动化、人性化、铺纬准确等方向发展。我国多轴向经编设备的生产企业及从业人员要积极应对, 努力开发具有高附加值、高技术含量的有自主知识产权的多轴向经编机。

关键词: 多轴向经编机; 经编技术; 工作原理; 利巴 Copcentra MAX 3 CNC型经编机; 卡尔·迈耶 Malimo Multiaxial型经编机; RCD-1型多轴向经编机; GE2M-2型多轴向经编机

中图分类号: TS 183.3

文献标志码: C

文章编号: 1000-4033(2012)08-0011-04

多轴向增强材料是当今复合材料行业中发展最快的材料之一, 产品已广泛应用于航空航天、风力发电叶片、汽车、造船、体育用品、建筑等领域。多轴向编织技术、设备、工艺是多轴向经编织物发挥多种优异性能的前提和基础, 因此对其进行研究也就显得十分重要了。

1 多轴向经编技术发展状况

过去, 复合材料成形厂商用手铺单向带的方法制造多轴向织物层合制品。但用手将多个铺层铺设到正确方向上就存在一定的人为误差, 特别是取向角的准确性。增强用机织物可提供更高的复合材料成形效率和准确性, 且层间的嵌锁有助于防止分层, 提高制品的抗冲击性。因此, 对于要求厚度和刚度的实心制品常用机织物来制造。但机织物上下交织使纤维产生屈曲, 因此织物性能不能与同样质量的两层单向布按方向铺成的产品

相比。为获得相同的性能, 必须增加织物的铺层数。在此情况下, 将两层以上不同方向的平行纤维铺叠、用聚酯纤维缝编线或聚合物黏结剂(或两者兼用)固结的多轴向布应运而生。

经编多轴向织物由多层伸直且平行排列的纱线层, 利用经编结构组织绑缚在一起而成。这类织物经树脂浸渍固化后可得到所需的复合材料。它的出现改变了以往复合材料预制件中针织物纤维含量及模量低的缺点, 并且很好地解决了机织物由于屈曲效应导致的纤维性能不能充分发挥的问题, 而且经编组织结构绑缚纱线的存在, 提高了层间性能, 另外多轴向织物纬向衬纱角度可以根据技术需要变化, 因此多轴向立体编织物与传统机织物相比具有下列优点:

a. 织物的抗拉强力、弹性模量、抗脱层强力较高;

b. 抗撕裂、抗剪切、抗弯、抗冲击性能好;

c. 织物的铺设性、悬垂性好, 可设计性强;

d. 准各向同性特点;

e. 织物形成复合材料的纤维含量较高;

f. 原料的适应性好;

g. 生产成本低, 生产效率高, 经济性高。

目前, 多轴向经编技术研究及开发应用较先进的国家有美国、德国、法国、英国、挪威等, 而我国尚处于起步阶段^[1-4]。

1981年, 世界上第一台 Copcentra 多轴向经编机在德国利巴(Liba)问世。如今它的第5代产品已经投入使用。在过去的几年里, 这项生产技术的需求量增长非常迅速, 100多台利巴多轴向经编机在世界各国运转。多轴向经编机由德国利巴首先开发并生产之后, 卡

作者简介: 李建利(1982—), 女, 助理工程师, 硕士。主要从事碳纤维多轴向经编技术的研究工作。

尔·迈耶(Karl Mayer)迅速跟上,而且在性能上有后来居上之势。

2005年,这两种型号的设备在国内都得到发展,总计国内已至少有12台多轴向经编机在运转,其中包括圣戈班技术材料(常州)公司、常州第八纺机、泰山塑料厂、浙江成如旦新能源科技有限公司、北京703所等。目前,全行业拥有双轴向和多轴向经编机300多台,涂层及其他后整理专用设备100多台。经过技术创新,我国已拥有一批成熟的技术和产品,并逐步形成一定的产业规模,为相关行业的发展作出了一定的贡献^[5]。

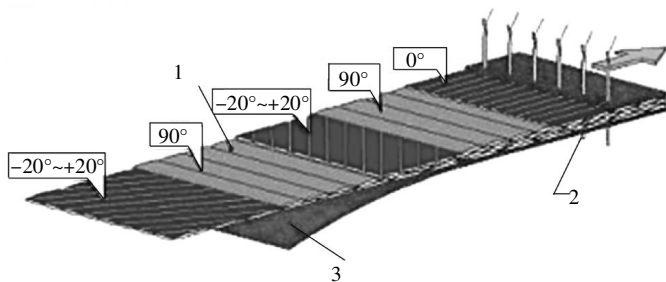
2 多轴向经编机的工作原理

多轴向经编(简称MWK)织物由经纱(0°)、纬纱(90°)和轴向纱(θ)组成,衬纱角度 θ 可按织物的用途进行变化。在编织过程中,用于编织的纱线在成圈机构的作用下,穿过整个织物,在厚度方向将所有预先铺设好的承载纱精确地束缚在一起,如图1所示。

从图1可以看出,在编织过程中可把纤网和MWK织物有效结合,纤网的加入能够改善织物很多物理性能,如强度、伸长、覆盖系数、密度、透气率、透水率等,提高了织物抗撕裂性能,减少了织物中纱线的滑移,使得MWK织物和纤网的优点得到充分体现。此外,在MWK织物的生产过程中,通过束缚纱和承载纱将纤网连结起来,而不是刚性地胶合,这就允许MWK纤网结构有许多形式,设计空间更大^[6,7]。

3 国外多轴向经编设备

多轴向编织技术是一种新型、高效的预定向编织技术,在国外已得到广泛推广和应用。多轴向增强材料因其成本低、生产能效高、设计灵活、抗撕裂性能好、层间剪切



1.增强材料;2.纤网或短切毡;3.纤网。

图1 多轴向经编织物编织原理示意图

性强等优点,在产业领域内具有巨大的发展空间。

早前,卡尔·迈耶公司曾推出RS2DS型拉舍尔多轴向衬纬经编机,但因最多铺纬4层,设备结构复杂,机速仅为400 r/min,效率低,已被淘汰。现如今,常用的多轴向经编机主要有卡尔·迈耶公司的Malimo Multiaxial系列和利巴公司的Copcentra MAX 3 CNC系列,两公司的机器在生产和设计方面各有特色,但都可以对碳纤维进行织造^[8-14]。

3.1 卡尔·迈耶公司 Malimo Multiaxial 型经编机

卡尔·迈耶作为世界上先进经编机生产商,其生产的Malimo Multiaxial型设备,主要有以下几个方面的特点:

a. 衬入装置使用双排钩针系统控制纬纱喂入,保证铺纬更平稳、更准确,推杆导轨装置保证了机器的高速稳定运转,其最高机速可达1400 r/min,相应的产量达到240 m/h,该类机型最大机号为14针/25.4 mm,工作幅宽有3种规格:101.6~157.5 cm (40"~62")、200.7~259.1 cm (79"~102")、259.1~335.3 cm (102"~132");

b. 独立的衬纬系统,三位一体的伺服机构控制铺纬机构3个方位的移动,保证铺纬精确,结构紧凑,图案清晰,斜向铺层角度(衬纬纱的角度)可在 -45° ~ 45° 之间自

由调节,成卷直径为1170 mm,标准配置是6层, -45° 、 0° 、 45° 、 90° ,一层短切毡(机后喂入),一层非织造布(机前喂入),在生产克质量较小,铺纬角度为 45° 方向的织物时,卡尔·迈耶机器生产的织物布面效果比利巴的好,然而在生产克质量较大的织物时,卡尔·迈耶机器对针的损伤较大,布面质量稍差,在铺纬方式上,卡尔·迈耶机器是通过传输链运动和铺纬小车运动的合成来形成所需的角度的,在角度变换时需对导轨进行机械操作;

c. 在生产过程中,衬经纱和成圈纱一起经正向传动的送经系统喂给成圈机件,如图2所示,采用ST导纱片(针),有利于拉紧布面,也有利于梳理和分开衬经纱,防止编织时刺伤纤维层;

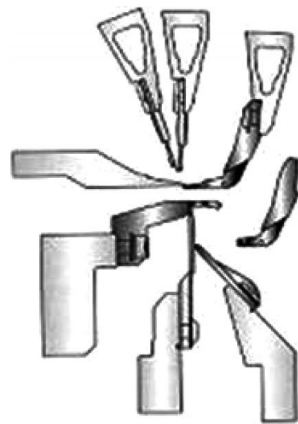


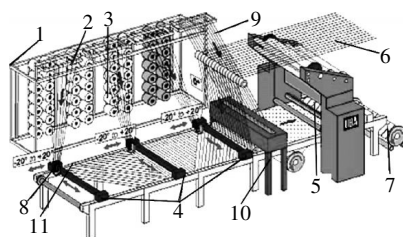
图2 卡尔·迈耶的Malitronic成圈系统

d. 该机导纱部分配备激光自停装置,由EBA控制送纱系统;

e. 生产碳纤维多层增强织物时使用特殊的筒子架,采取了单纱张力补偿装置,幅宽 127 cm(50")的碳纤维经编机还配有专利纬纱展平装置,纬纱引入织物时保证纱线平行且几乎无损伤,张力均匀,保证了布面质量,另外,织造薄层碳纤维布技术优越,在该经编机上用 800 tex(12 K)纱线编织的织物,最小质量达到单层 75 g;

3.2 利巴公司 Copcentra MAX 3 CNC 型经编机

目前,使用较为广泛的一种机型是利巴公司的 Copcentra MAX 3 CNC 系列经编机,如图 3 所示。技术特点如下^[15]:



1. 纱架; 2. 纬纱; 3. 纱筒; 4. 铺纬滑轨; 5. 成圈机件; 6. 经纱; 7. 卷取装置; 8. 铺纬系统; 9. 纤维网; 10. 衬纤维网装置; 11. 传送链。

图 3 利巴公司 Copcentra MAX 3 CNC 型经编机

a. 利巴经编机的机速最高可达到 1 200 r/min, 工作门幅有 127.0 cm(50")、256.6 cm(101")及 386.1 cm(152"),其中 386.1 cm 可以根据需求改变工作门幅,它的工作门幅范围是 228.7~386.1 cm(90"~152"),多轴向经编机可以配备短切毡装置,短切毡可以配置于织物的各层结构中;

b. 利巴多轴向经编机可以编织克质量在 300~2 000 g/m² 范围内的织物。采用 3 个数字伺服驱动的衬纬系统,各个衬纬系统可以独立由程序控制,通过 X 和 Y 轴方向的伺服电动机,可以在 -20°~20° 之间调整,该机标准传送架可生产

两个 45°衬纬和一个 90°衬纬,也可按需要延伸长度,延伸后的传送架可供 7 个衬纬使用,且衬纬铺层的上下都配有纤维网传送装置,可按需选择,织物品种丰富,利巴机器的铺纬由铺纬滑轨运动、传输链运动、铺纬小车运动 3 方面组成,只需改变它们的速度就能改变铺纬角度,方便快捷,由于铺纬运动的不同,在对织物进行剪边时,利巴机器的布边损失量相对较少,约为卡尔·迈耶的 70%;

c. 利巴成圈机件(如图 4 所示)和卡尔·迈耶一样,都采用 ST 导纱针,但利巴采用了独特的移动复合针(Walking Needle)系统,移动复合针系统使复合针除了在垂直上下运动外,还在水平方向(即织物喂入方向)运动,在一定程度上减少了织针对纬纱进入编织区域的干扰,降低了穿刺造成孔洞的可能性,提高了织物质量。此外,由于在编织过程中针与布一起运动,织针所受的阻力减少,织针使用寿命延长,织物生产效率提高,经济效益好;

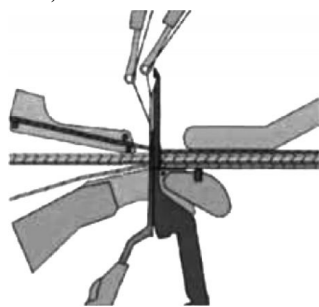


图 4 利巴移动复合针系统

d. 经纱输入罗拉有两种导入方式,即 S 和 Z,客户可以根据原料自由选择导入方式;

e. 在每层的铺纬系统中的耙子横移机构保证了在铺覆各种角度时每根纬纱平行地铺入钩子。纬纱的传送钩链采用了单排钩,减少了纬纱的浪费,同时也保证了每根

纬纱不会脱钩;

f. 在铺纬架周围安装了红外安全装置,当有异物进入生产区域时,机器就会自动停止,从而避免发生意外。

据报道,利巴公司已成功推出了用于碳纤维产品生产的第 5 代 Copcentra MAX 5 CNC Carbon 新型多轴向经编机。由于碳纤维在织造过程中易产生具有导电性的碳粉,导致机器及生产环境中的带电设备爆炸产生危险,因此该类多轴向经编机带有特殊的密封装置。在生产过程中,碳纤维增强纱线的铺纬角度可以在 -45°、90°、45°、0° 之间变化,铺纬层数和原料规格也可以自由选择,织物品种较丰富。

4 国内多轴向经编设备

我国多轴向经编技术起步于 20 世纪 90 年代初,1997 年由天津工业大学(原天津纺织工学院)与武进纺织机械厂协作,研制成功国内第一台圆型多轴向经编机,类似于卡尔·迈耶的 RS2DS 型经编机,因铺纬层数少、结构复杂、效率低而被淘汰。2008 年,我国常州润源经编机械有限公司成功研发了第一台国产智能化控制的 RCD-1 型多轴向经编机,它的诞生极大地推动了我国对多轴向生产设备的研发。2010 年,常州市第八纺织机械有限公司研发了 GE2-M2 型多轴向经编机。但是,这两种设备还不能用于生产碳纤维多轴向经编织物。

4.1 RCD-1 型多轴向经编机

常州润源 RCD-1 型多轴向经编机,工作幅宽:1 270 mm(50")、2 540 mm(100"),有 5 针/25.4 mm、6 针/25.4 mm、10 针/25.4 mm、12 针/25.4 mm 等多种机号,最高机速可达 1 000 r/min。该设备集计算机控制的多轴向铺纬技术、多连杆式可移动(织针坯布随动)成圈技术、

织物恒张力收卷技术、多速电子送经技术等于一体。铺纬角度在 -20° ~ 20° 之间,铺纬方式接近国外先进水平。在铺纬角度的合成方面,与利巴机器相似,是铺纬滑轨运动、传输链运动、铺纬小车运动3方面的合成,铺纬角度改变方便。但生产过程中的动程较卡尔·迈耶大,使得纬纱损伤较大,布面质量稍差。润源多轴向经编机的诞生极大地推动了我国对多轴向生产设备的研发,同时也为多轴向经编织物的生产和研究提供了先进的手段。

4.2 GE2M-2型多轴向经编机

GE2M-2型多轴向经编机是常州市第八纺织机械有限公司开发的高性能经编设备,采用了独特的复合针,减少了织针对纬纱的阻力;纬纱的传送钩链采用了单排钩,可同时铺设2~5层纬纱,采用实时双总线分布式控制。可配备短切毡装置,短切毡可以铺设于织物的各层结构中。主要应用于风力发电叶片、体育用品、航天航空、游艇、建筑材料等领域。

GE2M-2型多轴向经编机的机器幅宽2565 mm (101"),机号有6针/25.4 mm、12针/25.4 mm,正常工作速度800~1000 r/min,3个铺纬纬轴,铺纬宽度101.6~203.2 mm (4"~8"),铺层角度可分别设定为 40° ~ 90° 。主要特点如下:

- a. 高效率的短动程曲轴连杆的成圈运动机构;
- b. 电子控制, 20° ~ 60° 可调的铺纬机构;
- c. 自动扩幅技术;
- d. 具备自动刃口磨削机构的切边、剖幅机构;
- e. 槽针和针芯的自动摆动机构;
- f. 大功率伺服控制的电子送经、电子牵拉机构;

g. 摩擦卷绕和新型的中心卷绕两种卷绕系统;

h. 实时双总线13轴联动控制技术,确保了13根轴与主轴同步运行。

5 多轴向编织发展趋势及发展策略

随着高性能材料的层出不穷,多轴向经编技术将被不断地应用于多轴向经编织物中,来提高多轴向织物的性能。在产品的适用性上,根据多轴向经编织物的特性和应用的不同要求,它必然会适用于更多的领域来弥补其他织物的缺陷。随着自动化技术不断提高,多轴向经编设备的自动化程度也必将提高,设计更加人性化,铺纬更加准确、角度范围更大,织物可塑性提高,复合材料性能得以改善。

我国多轴向经编技术基础薄弱。一方面需要科研机构和企业统筹兼顾,制定合理规划。近年航空、航天对各种新型增强材料的需求日益增多,尤其碳纤维低密度、高强度、高模量、耐高温的性能特点使其成为制造航空、航天器材的理想材料之一。我国应加强对碳纤维多轴向经编增强复合材料的研究,推动我国多轴向经编技术在航空、航天领域的应用。

另一方面要加强技术交流,积极参加国内外各种展会,收集更多的信息。同时要积极引进国外先进的多轴向设备,消化、吸收国外一流的机械设计和制造技术,尤其是研发具有高附加值、高技术含量的具有自主知识产权的碳纤维多轴向经编机,填补国内碳纤维多轴向织物生产设备的空白。

参考文献

[1]魏光群,蒋高明,缪旭红.多轴向经编针织物的应用现状与发展展望[J].纺织导报,2008(3):70-72.

[2]董韵,李伟.经编多轴向织物[J].玻璃钢/复合材料,2006(1):56-57.

[3]吕青,胡红,王文祖.新型产业用针织结构的特点及其应用[J].产业用纺织品,2006(6):41-44.

[4]邱冠雄,崔慧杰,施鸿才.多轴向经编复合材料研究[J].纺织学报,1997,18(4):204-206.

[5]刘洪政,陈南梁.多轴向经编增强柔性复合材料的发展及应用[J].山东纺织科技,2007(1):53-56.

[6]魏光群,蒋高明.多轴向经编机铺纬运动对纬纱张力的影响[J].纺织科技进展,2008(3):19-20.

[7]王洪燕,张守斌,潘福奎.多轴向经编织物的性能及应用[J].现代纺织技术,2008(4):58-60.

[8]蒋高明,顾璐英.多轴向经编技术的现状与发展[J].纺织导报,2009(8):53-56.

[9]周荣星.多轴向经编针织结构增强材料低速冲击能量吸收特性研究[D].上海:东华大学,2008:12-13.

[10]顾璐英,蒋高明.多轴向经编织物编织工艺探讨[J].玻璃钢/复合材料,2010(3):76-80.

[11]魏光群.多轴向经编机铺纬运动的研究[D].无锡:江南大学,2008:5-6.

[12]周荣星,陈明珍.经编多轴向技术及其在复合材料中的应用[J].武汉纺织工学院学报,1999,12(3):81-85.

[13]JEON S Y, YU W R, MIN S K. Mechanical analysis of geocomposites consisting of multi-axial warp knitted fabric and nonwoven mat[J]. Fibers and Polymers, 2012, 13(5): 658-663.

[14]YANG Y Q, NAKAI A, SUGIHARA S, et al. Energy-absorption capability of multi-axial warp-knitted FRP tubes[J]. International Journal of Crashworthiness, 2009, 14(5): 407-418.

[15]中国利巴有限公司.利巴的多轴向技术及多轴向经编机[EB/OL]. [2011-6-27]. <http://www.chinaliba.com.cn/liba%20multiaxial%20tech.htm>.

收稿日期 2012年1月5日