

复合材料自动铺带 技术应用及方案示例

Application and Proposal Sample of Composite Automatic Tape-Laying
Technology

中航工业哈尔滨飞机工业(集团)有限责任公司 徐福泉 高大伟 杨楠楠



徐福泉

高级工程师,毕业于北京航空航天大学飞行器制造专业。现为中航工业哈飞复合材料厂副主任。从事过工装设计、先进复合材料结构制造等工作,曾参与多个型号复合材料结构件制造以及波音、空客产品转包生产。

大飞机复合材料的应用

国外大型军用、民用飞机中复合材料构件的比重迅速增加,波音787的复合材料构件已占结构重量的50%以上, A350复合材料构件将占结构重量的52%,俄罗斯开发

具有高效率、高质量和低成本优点的自动铺带铺放技术已经成为发达国家航空复合材料构件的成熟制造技术,这一制造技术在国内的引进和发展,也必将在国产大飞机的研制和生产中占有重要的地位,为国产大飞机的顺利升空提供强有力的技术支持。

中的MC21,复合材料用量也将占结构重量的40%~45%,A400M军用运输机上复合材料用量已达结构重量的35%。

国内ARJ21复合材料用量不多,大型结构件仅在方向舵上采用了复合材料。大飞机正在研发过程中,考虑到当前和飞机生产出来后(至少7~8年后)的国际水平,参照国外的A380、波音787、A350、A400M、MC21等大型飞机,以及国内设计能力、试验能力、生产设备条件和工艺水平等,大飞机上复合材料构件占结构重量至少应不低于25%,达到舵面或机翼采用复合材料结构的水平。而对舵面或机翼复合材料结构件的制造,当前最有优势的制造方法就是自动铺带技术。

自动铺带技术的发展

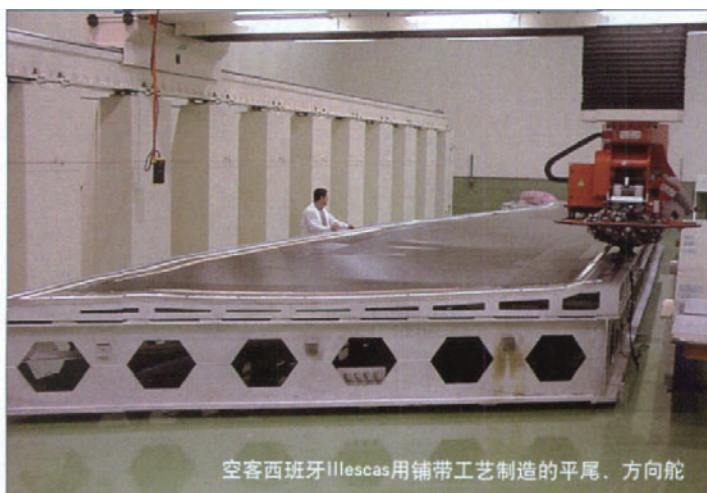
所谓自动铺带技术,就是采用数控铺层设备,通过数字化、自动化的手段实现复合材料预浸布、带的连续自动切割和自动铺放。主要工作过程为:将复合材料预浸料卷安装在铺放头中,预浸材料由一组滚轮导出,并由压紧滚轮或可随形机构压紧在工装或上一层已铺好的材料上,切割刀将材料按设定好的方向切断,能保证铺放的材料与工装的外形相一致。铺放的同时,回料滚轮将背衬材料回收。

自动铺带作为典型的增料加工成型技术,其成型设备的制造技术涉及机电装备技术、CAD/CAM软件技术和材料工艺技术等多个研究领

域,可实现:

(1) 最大限度地利用单向预浸带(优于手工铺层采用的预浸布),并可减轻结构重量;

(2) 可更自由地设计铺层,发挥复合材料可设计性优势,在应力梯度和应力异常的区域选择性铺放补强,实现了整个结构的零剩余强度;



(3) 提高工作质量和铺放效率。

采用该技术,可提高复合材料裁片外形、纤维方向等几何参数的精确度和铺叠位置、方向、角度的准确性,从而避免了人为铺放产生的偏差,如产品出现缺陷的几率大、零件制造质量重复性差、质量分散性大,以及尺寸精度和铺放位置准确度不能满足大尺寸、高精度零件制造的要求等问题。采用复合材料自动铺带技术可在提高质量的同时,大幅度地节省原材料,降低制造成本。同时,由于可以实现整个结构的零剩余强度设计,结构重量大大减轻。

自动铺带技术于20世纪70年代由Boeing、Cincinnati Milacron、Hercules等公司联合开发,已经经历近40年的发展。目前,世界上复合材料制造技术较先进的公司(如Boeing公司、AIRBUS公司、ECF公司等)在飞机复合材料构件的制造中均已广泛采用复合材料自动铺带成型技术。采用该技术制造的复合材料零、部件已安装于现今生产的

许多型号飞机上。

目前,美洲、欧洲、亚洲的几十家制造商在应用自动铺带技术制造复合材料结构。空客法国Nate工厂中,现有十几台铺带机在生产线上运行;空客德国Stade工厂有一条4台铺带机组生产线;空客西班牙的Illescas工厂有6台铺带机在运行;

日本三菱重工、富士重工等也已应用了此项技术。

虽然国内自动铺带技术研究起步较晚,但在技术研究和设备研究方面也已有

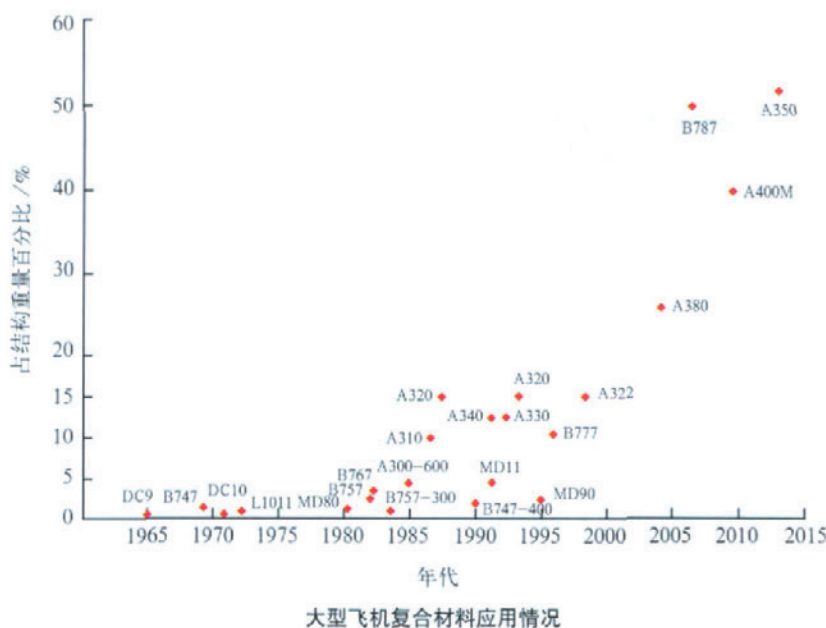
一定的成果,国内自动铺带技术也不再是空白。从2004年开始,南京航空航天大学与航空材料研究院联合开发自动铺带设备,完成了小型铺带机的研制,并应用于复合材料结构件的研制;北京航空制造工程研究所与Forest-Line公司合作研制的大型复合材料自动铺带机的调试工作

已接近尾声,有望在“十二五”实现应用,可以满足小曲率大型壁板类复合材料构件的制造;国内开展自动铺带技术研究的还有武汉理工大学、天津工业大学等多所大学,包括铺放机构、数控系统和人机交互等研究工作。

2007年,哈飞集团从西班牙M. Torres公司购买了一台复合材料自动铺带机,并已开展了复合材料自动铺带制造技术应用研究,将在2010年初与空客公司合作,进行A320方向舵前、后梁的生产。该设备采用龙门式结构,主要包括带装夹和释放(开卷)系统、衬纸带回卷系统、带缺陷检测传感系统、带对中和导向系统、切带系统、铺带和压实系统、工作区域安全系统、铺带监控系统、带卷装卸系统、工装定位及自动补偿系统等。

(1) 该设备具有自动切割与自动铺放未经固化的树脂基单向纤维带功能,能够在模具上自动铺放多层平面和曲面的复合材料零件。

(2) 该设备在铺层时能够对铺层路径进行手动和自动设置,自动功能具有最佳的铺层路径,每层带可在 $\pm 90^\circ$ 之间采取任意角度和任意方向的铺放。



(3) 能够铺放复杂切割路径的铺层和零件局部加强铺层。

(4) 铺带机构能按零件程序顺应形面,以可控制的压力将带平顺铺放和碾实、无褶皱、无气泡和具有编程规定的带与带间隙。

(5) 所铺带宽规格分为 75mm、150mm 和 300mm 三种。

舵面或机翼铺带制造方案

1 设计制造原则

设计理念: 在复合材料结构整个设计过程中始终贯穿设计与工艺制造一体化、并行工程的设计理念,使复合材料结构件在设计、分析、成型、装配、检测、使用、维护和修理等各环节找到最佳的平衡点。

设计手段: 采用数字化的设计手段,保证设计数据是唯一的产品数据源,实现复合材料构件 100% 的计算机辅助设计。适宜采用专用设计软件 FiberSIM、CPD、COVERS 等。

制造方法: 应用先进的自动化设备(自动铺带机、自动下料机、热成型设备、柔性复合材料专用切钻设备和大型 C 扫查设备等)符合复合材料自动化低成本化制造趋势,由此可以保证复合材料结构产品质量稳定可靠,并能提高产品性能、设计许用值和劳动效率,减轻结构重

量。

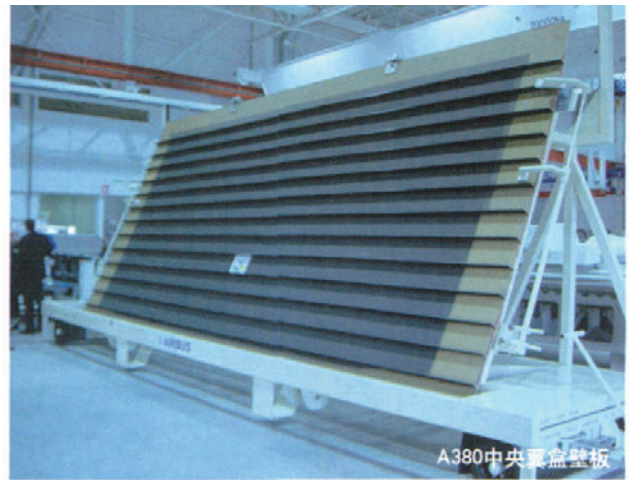
2 选材方案

材料体系选择是复合材料结构设计的基础,涉及到承载和使用功能要求、工艺性、成本、使用经验和供应渠道等多方面因素,是综合考虑的结果,国外主要的几种铺带预浸料见上表。

国产的 CCF-1 碳纤维,树脂可选择北京航空材料院或北京航空制造工程研究所生产的环氧或双马树脂,可供选用的树脂按固化温度分类,有中温固化(125℃)和高温固化(180℃)两大类。

3 机翼翼盒典型设计结构

为了便于采用复合材料自动铺带技术,在设计上最好避免使用蜂窝结构。因此在结构设计时,主要采用层板结构,但层板结构抗弯性能不好,为提高层板结构抗弯和抗扭能力,需要采用加强筋类结构来提高结



构的抗弯、抗扭能力强度。通常在翼盒段结构设计方案主要包括上整体壁板,带有开口的下整体壁板、前后梁腹板、端部密封肋、加强肋和普通肋。各梁腹板和肋上都可采用加筋方式以增加强度。各零件独立制造后,再装配成为整体盒段。各主要零部件均可采用复合材料设计。

整体壁板采用铺带的蒙皮与预固化的长桁共胶接成型技术。目前有 2 种方案可供选择:格栅式整体壁板和长桁加筋式整体壁板。在满足设计要求的情况下,前者成型难度较大,但用在油箱区密封性较好;后者成型相对简单,但与肋连接时蒙皮表面会有很多连接件,进而降低了油箱密封的可靠性。

4 制造方案

制造技术主要采用自动铺带技术、自动剪裁技术、热压实技术、共胶接或共固化技术等;而固化主要采用传统的真空袋热压罐法;切钻采

国外几种主要的铺带预浸料

材料牌号	公司	适用工艺
CYCOM 977-2-35-12KHTS-268-600	CYTEC	ATL+ 热压罐
CYCOM X850 MRZ60-12K 190/35.5 5/97"	CYTEC	ATL+ 热压罐
CYCOM X850 TRZ50-24K 190/35.5 5.97"	CYTEC	ATL+ 热压罐
MTM44-1/HTS(12K)-134-35%RW	ACG	ATL+ 热压罐
MTM44-1/E-IMS65-24K 194-32%RW	ACG	ATL+ 热压罐
M21/34%/UD268/AS7-12K	HEXCEL	ATL+ 热压罐
M21/34%/UD194/IMA-12K	HEXCEL	ATL+ 热压罐
AS4/8552/RC34%/AW194	HEXCEL	ATL+ 热压罐
AS7/8552/RC34%/AW268	HEXCEL	ATL+ 热压罐

用复合材料专用铣床及柔性装夹技术。

工装类型主要有壁板蒙皮的铺放成型工装,蒙皮壁板的共固化或共胶接成型工装,梁、肋的热成型工装、成型工装。蒙皮壁板切割可采用专用切钻夹持工装或采用柔性夹具,而梁、肋不适宜采用柔性夹具夹持,最好设计制造专用夹持工装。

上述的设计方案可最大限度地采用复合材料自动铺带技术。无论是蒙皮、加强筋,还是前后梁、肋等复合材料设计的零件,材料铺放都可以用铺带机来完成。但是由于铺带机结构上的限制,只能适宜铺放小曲率零件,而对于加强筋、梁、肋等零件,一般截面为T形、I型或U形,零件截面尺寸小,且存在大曲率R角,铺带机无法在T形或U形上模具上直接铺放。因此,对于蒙皮类零件和梁、肋等零件,在造型过程上有些不同,蒙皮类零件造型可以直接铺放完成,梁、肋等零件造型需采用其他方法间

接来完成。

上下壁板制造过程一般包括长桁造型、蒙皮铺放、蒙皮长桁组装、固化、切钻、外形尺寸检测、无损检测等。上下壁板的成型过程分3步进行:

第一步,制作长桁。可用大型通用平台,在平台上铺带,形成具有一定厚度的平板铺层,用自动裁床按长桁尺寸剪裁,一次可剪裁多条长桁,再用热成型工艺分别造型;

第二步,蒙皮铺放。由于蒙皮曲率较小,可直接采用自动铺带机铺放在成型工装上;

第三步,蒙皮长桁组合成壁板。长桁定位放置在蒙皮壁板的共固化或共胶接成型工装上,无论格栅式整体壁板还是长桁加筋式整体壁板都可通过共胶接或共固化技术成型。

然后,将组合后的壁板和工装一起送入大型热压罐加热加压固化成型。脱模之后,需去除无用的产品余量,一般采用五轴铣床和柔性夹具系

统(或硬夹持工装)切边和钻孔。然后进行外形、尺寸的无损检测;合格后,即可进行下一步的装配。经过这一个复杂的过程,即完成了自动铺带复合材料壁板的制造。

结束语

自动铺带技术的成功应用,不仅体现复合材料成型自动化相对于传统成型方法的绝对优势,而且预示着复合材料成型自动化是未来几十年复合材料制造技术发展的必然趋势。目前,自动铺带技术大多用于铺叠强度要求高的大型构件,如机翼蒙皮、舵面等,经过了几十年的发展,具有高效率、高质量和低成本优点的自动铺带铺放技术已经成为发达国家航空复合材料构件的成熟制造技术,这一制造技术在国内的引进和发展,也必将在国产大飞机的研制和生产中占有重要的地位,为国产大飞机的顺利升空提供强有力的技术支撑。

(责编 淡蓝)



慧都科技
WWW.EVGET.COM

XGANTT 中国独家代理与技术支持提供商

提供航空制造软件全程解决方案

航空制造软件解决方案



3D ACIS Modeler (ACIS) 是 Spatial 久负盛名的3D造型引擎,为超过 350 种客户应用程序所采用,全球应用量超过 150 万套。ACIS 采用面向对象的开放 C++ 架构,拥有强大的 3D 造型能力。ACIS 集成了线框、曲面和实体造型的功能,支持流形和非流形拓扑,具备非常丰富的几何运算集,因此非常适用于构建具有混合造型功能的 3D 应用程序。

甘特图权威解决方案



VARCHART XGANTT 软件可以快速、简单地集成到您的应用程序中,帮助您识别性能瓶颈、避免延迟以及高效地利用资源,使复杂数据变得更加容易掌控。

使用 VARCHART XGANTT, 您便具有一个生成清晰、灵活的甘特图开发工具。使您实现“从概念到部署”的时间大大缩短。VARCHART XGANTT 完美支持中文,并提供了: ActiveX, .NET WinForms, ASP.NET WebForms 三个版本。

3D ACIS Modeling 技术优势



兼具容错与精确性



多线程机制的引入



强大的造型功能

XGANTT 优势

- ▶ 丰富的可视化选择
- ▶ 完美的支持64位系统
- ▶ 灵活的资源规划和调度
- ▶ 清晰的任务与链接视图
- ▶ 可靠的运行时体验
- ▶ 丰富的成功案例和完善的技术支持服务

3D SPATIAL 其他组件功能

去除隐藏线功能

3D ACIS PHL V5为ACIS模型生成高质量的二维投影图。使用PHL V5应用程序可以选择只显示从某个视角可见的模型局部信息。删除3D模型表示中通常包含的隐藏(或遮挡)边,或用指定线型绘制来表示被遮挡的位置。

广泛的接口支持

Spatial的3D InterOp组件为主要的MCAD文件格式提供及时和可信的数据转换接口。InterOp组件转换产品结构、3D几何和通用非几何数据(名称、颜色、层和坐标系等)。

全球众多知名企业均选择 XGANTT

- British Airways (英国航空公司)
- Boeing (美国波音公司)
- 空中客车公司
- 深圳航空 (中国)
- 中国三峡电力 (中国)
- 泰山核电 (中国)
- 用友软件 (中国)
- 深圳明源 (中国)
- 好孩子儿童用品 (中国)

专业控件解决方案提供商 慧都控件网 <http://www.evget.com>

免费咨询电话: 400-700-1020

广告索引号 09-111