

数字技术在机身复合材料 上壁板制造中的应用

北京航空制造工程研究所 梁宪珠 曹正华 常海峰 戴 棣
哈尔滨广联模具制造有限公司 朱洪敏



梁宪珠

北京航空制造工程研究所研究员,北京航空航天大学学士,毕业至今一直从事复合材料的研究工作,主持完成了多项飞机复合材料结构制造技术研究项目。

近年来,先进复合材料以其比强度和比模量高、抗疲劳性好、耐腐蚀等优点成为飞机结构的重要材料,复合材料用量也成为评价飞机是否先进的指标之一。为了提高复合材料构件的制造质量,缩短制造周期,降低成本,将数字技术应用于飞机复合材料构件设计、分析成型模具的制造和检验、预浸料自动下料和各层铺敷激光投影定位、自动铺带或丝束铺放以及无损检测等过程,已成为飞机复

目前,国内飞机复合材料构件还是手工铺叠为主,无损检测基本上也是手工操作,根本不能适应我国飞机复合材料构件制造的发展,尤其是不能满足大型复合材料构件的要求,这将成为大飞机结构研制的瓶颈,必须尽快采用自动铺带、自动丝束铺放及大型自动无损检测设备,以满足我国大飞机结构研制的需求。

合材料制造业发展的主流方向。

复合材料结构的设计 / 制造 一体化技术

由于飞机外形为曲面,结构的零件数量大,装配过程中协调关系复杂,按传统的模线-样板模式完成结构设计、零件或构件的制造及部件的装配,经常发生尺寸干涉等不协调情况。基于数字化技术的并行工程设计理论在飞机复合材料结构设计领域的应用彻底改变了这一状况,这一技术被称为复合材料结构的设计/制造一体化技术。

在复合材料结构设计过程中,充分考虑结构性能的同时还要考虑结构的可制造性,即产品制造工艺方案的可实施性和产品工程化生产的周期及成本的合理性。这一过程要在结构设计人员的主持下,并行进行产

品的结构分析和优化、材料选择、制造工艺分析、装配分析及工程化生产制造工艺方案的分析和选择等工作,各个专业可实现资源共享、协同参与、并行设计。设计过程中的每一处修改都及时送达产品开发过程涉及的每一个人,这样可避免设计与制造之间的不协调,减少反复和修改次数,缩短产品的研制周期,最终达到降低成本的目的。

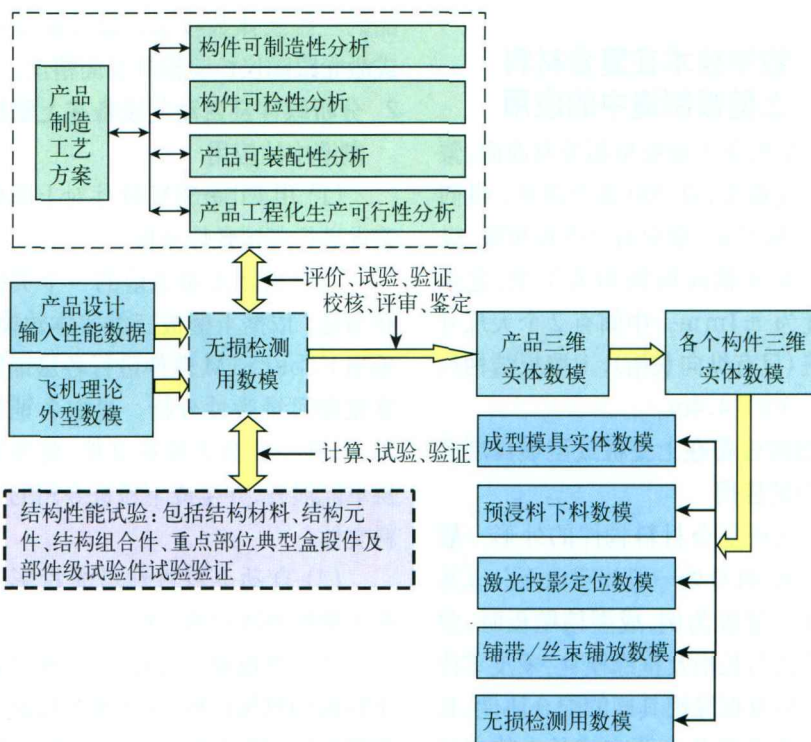
由于复合材料的应用经验积累不足,目前只能在成熟产品经验的基础上,按照复合材料结构的积木式试验验证方法,进行结构材料、结构元件、结构组合件、重点部位典型盒段件及部件级试验件的试验验证。

在复合材料构件制造方面,实现了基于数字化技术的复合材料构件成型模具的设计/制造/检验、构件各层铺敷宽度和可行性分析、预浸

料自动下料、各层铺敷激光投影定位及自动铺带和丝束铺放,并完成产品装配分析和工装方案选择等,即:以数字量形式对产品进行全面描述和数据传递;构建复合材料构件的设计/制造一体化雏形,初步实现结构设计/材料/工艺的互动,实现复合材料构件成型模具的无图纸设计/制造,构件的部分制造工序采用数控设备完成;模拟产品装配过程,并保证各个零件或构件之间的协调。

三维实体数模的建立

对于工艺人员来说,由设计人员最终确定的复合材料构件三维实体数模是制造的唯一依据。要完成复合材料构件的铺敷可行性、制造工艺方案可行性及工程化生产的周期和成本的合理性分析,复合材料专用设计/制造软件是不可缺少的工具。目前世界领先的复合材料专用设计/制造软件有:与CATIA系统全



复合材料构件三维实体数模的建立过程

面集成的CATIA CPD (CATIA-Composite Design) 模块和VISTAGY公司开发的FiberSIM软件。这两种设计/制造软件与数控设备具有很好的集成效果,为数控设备的应用提供了坚实的基础。



德国SPRENGER机械、电动式装配/推削用压机

Maschinenbau
Entwicklungen

德国SPRENGER机械、电动式装配/推削用压机经40多年专业设计和不断改进,现已广泛应用于各类机械的装配,如压进、推出轴筒、套类零件等。

同时也可使用推进型拉刀来洁净高效地制作各类花键槽。

特点

★ 高压力	★ 操作简单
★ 长行程	★ 可靠安全
★ 坚固设计	★ 节省空间
★ 高效装配	



T5-M01
电动式压机



T3、T5
机械式压机

广告索引号 08-070

中国总代理 上海德物机械有限公司

地址: 上海市中山北路2130号万千大厦2001室 电话: 021-52914389 52919640 传真: 021-52917086
电邮: sales@dimoral.com 网址: http://www.dimoral.com/

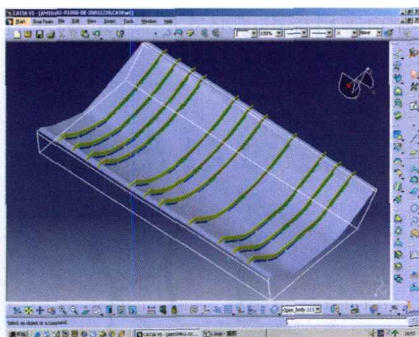


数字技术在复合材料上壁板制造中的应用

某机身上壁板型面为双曲面,蒙皮为变截面,有 200 多个凹坑;纵向有 80 根长桁,横向有 235 根框缘,纵向长桁和横向框缘均为 T 型,定位精度为 $\pm 1\text{mm}$;中间有 2 个大尺寸口盖(只有纵向长桁),上壁板结构尺寸为 $3\text{m} \times 4.4\text{m}$ 。

1 数控设备在上壁板成型模具制造中的应用

飞机复合材料构件的外形一般为曲面,机身处一般为双曲面。以某机身上壁板为例,成型该壁板时,蒙皮模具与长桁及框缘模具、蒙皮零件与长桁及框缘模具间的配合协调,长桁和框缘模具在蒙皮模具上的定位精度以及模具本身的加工精度是保证壁板成型质量的关键。只有依据壁板三维实体数模设计全套壁板成



蒙皮和部分横向框缘模具数模

型模具,并在数控机床上完成数控加工,才能确保模具间的协调关系。

数控机床是加工成型模具的必备设备。加工模具时一般按具体情况选用三坐标或五坐标数控机床,模具的加工精度与数控机床的精度、模具制造的工艺规范以及过程控制有关。在上壁板成型模具制造过程中,蒙皮模具加工选择三坐标数控卧式镗铣床,纵向长桁和横向框缘模具加工采用三坐标数控龙门铣床。

由于模具型面为曲面,可以依据产品的三维实体数模设计检验样板,并在数控设备上加工样板,用样板检验模具的型面精度;也可以依据产

品的三维实体数模采用数控测量机或激光跟踪仪检验模具型面精度。

2 分析软件及自动化设备在上壁板制造中的应用

(1) 用 FiberSIM 软件对上壁板蒙皮进行可铺敷性分析。

上壁板蒙皮制造前的一个关键环节是:依据上壁板三维实体数模,采用 FiberSIM 软件进行各层铺敷宽度和可铺敷性分析。提取各铺层单元,并生成激光投影文件,将各铺层单元展开,并生成下料机专用的下料文件。

(2) 自动下料机和激光投影仪在上壁板制造中的应用。

在上壁板制造过程中,采用自动下料机切割预浸料,并用激光投影仪做蒙皮的铺敷定位。只有这样,才能保证蒙皮上各个下陷位置与纵向长桁和横向框缘模具的协调关系。同时在上壁板加筋的成型胶接过程中,需要应用激光投影仪进行定位,保证加筋的轴线精度。数控 C-扫描设备的应用实现了复合材料构件的自动无损检测。

上壁板数字化制造效果分析

采用数控技术制造的上壁板全套模具精度高,采用同一数模建立上壁板蒙皮的下料数模和每一层各铺层单元的激光投影定位数模,使上壁板蒙皮下陷区与长桁和横向框缘模具间的配合可靠。成型结果表明:上壁板的长桁和横向框缘形位和尺寸精度都很高,内部质量满足设计要求。一般而言,飞机复合材料构件的价格都很昂贵,虽然采用数控设备加工模具成本较高,但是从保证构件成型质量和提高构件制造工艺方案可靠性的角度考虑,采用数控设备加工模具是更合理的选择。

上壁板蒙皮预浸料采用自动下料方式,提高了预浸料的下料质量和速度;每一层的铺敷采用激光投影定位,提高了定位的准确性和铺敷效率。

总之,在上壁板的研制中,以产品数模为唯一依据,实现了基于数字化技术的机身上壁板成型模具的设计/制造/检验、上壁板蒙皮各层铺敷可行性分析、预浸料自动下料、各层铺敷激光投影定位,达到了提高上壁板质量、缩短研制周期、降低成本的目的。

数字技术在我国飞机复合材料制造业的应用展望

近年来,先进复合材料在国外第 4 代机上的用量已占结构重量的 24%~40%,在新研制的大型客机上的用量已占结构重量的 22%~52%。制造的大型复合材料构件和承力较大的双曲面构件都无一例外地使用了自动铺带和自动丝束铺放设备。例如,波音 787 的机翼和尾翼壁板采用自动铺带设备进行铺敷,整体机身筒形段采用自动丝束铺放设备进行铺敷;美国 JSF 联合攻击战斗机的进气道形状非常复杂,也是采用丝束铺放设备完成铺敷的。

目前,国内飞机复合材料构件还是手工铺叠为主,无损检测基本上也是手工操作,根本不能适应我国飞机复合材料构件制造的发展,尤其是不能满足大型复合材料构件的要求,这将成为大飞机结构研制的瓶颈,必须尽快采用自动铺带、自动丝束铺放及大型自动无损检测设备,以满足我国大飞机结构研制的需求。

数字技术在我国复合材料构件制造中的应用前景主要呈现以下特征:第一,自动铺带、自动丝束铺放及大型自动无损检测设备的开发和应用是主要的发展方向;第二,自动下料机和激光投影仪在尺寸较小的复合材料构件制造中继续占主导地位;第三,采用数控机床加工复合材料构件成型模具成为必然选择;第四,将数字技术全面应用于复合材料构件的制造是工艺人员的重要任务之一。(责编 晓霖)