

降低先进复合材料工程复杂性的手段

Method to Reduce Engineering Complexity of Advanced Composites

VISTAG Y. Inc Olivier Guillermin



Olivier Guillermin
VISTAG Y. Inc 产品和市场战略总监。

随着复合材料在大型的结构件 / 装配件上的应用, 需要有更综合的工程方法来应对复合材料件。这些复杂的复合材料装配件包含很多零件和连接, 并且连接要穿过多个层合板以及有不同的装配状态, 这也就需要特殊的设计以及计划编制工具。

计更改的效果, 并且在工程流程和供应链中连续地实现设计更改; 第二, 他们不仅要降低不确定性及风险, 并且要使用可靠工具来优化设计, 实现快速设计循环、消除无价值的设计行为; 最后, 工艺工程师要能够使用最先进的技术制造复合材料零件。

传统 CAD 和 PLM 的局限性

常规的 CAD 和 PLM 系统不能单独应对复合材料结构的复杂性, 不论该复杂性来源于产品还是工艺。使用这些系统来处理并且管理大型、复杂的复合材料工程问题已被证实是明显不足的。替代的方法是: 在 CAD 和 PLM 系统上创建一个特殊的环境, 通过更有效的创建、分析设计, 更好地理解跨学科设计抉择的影响, 能够降低风险和成本。

如图 1 所示, 在 CATIA V5 设计进程中, VISTAGY 的 FiberSIM[®] 软件、做应力分析的 MSC 软件 SimXpert 有限元模型、用于为自动铺丝机生成制造数据的 CGTech VERICUT 复合材料

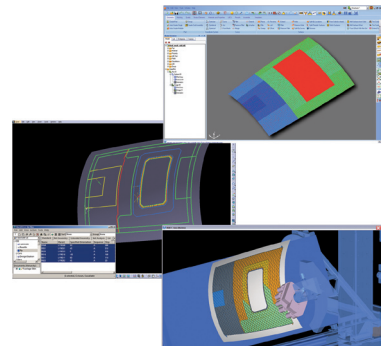


图1 FiberSIM软件(中)与CAE分析软件(上)和制造软件VERICUT(下)共享复合材料信息

随着复合材料在大型的结构件 / 装配件上的应用, 需要有更综合的工程方法来应对复合材料件。这些复杂的复合材料装配件包含很多零件和连接, 并且连接要穿过多个层合板以及有不同的装配状态, 这也就需要特殊的设计以及计划编制工具。

虽然先进复合材料行业已经成为了一个最具活力的行业, 但是复合材料设计和制造的复杂性不断地增加。设计、性能和制造的相互依赖性显著增加, 这也就使得设计制造复合材料的流程变得复杂。解决这些问题的关键分 3 部分: 首先最重要的, 工程师必须能够清楚、快速地评价设

编程及仿真软件无缝共享复合材料机身壁板的铺层信息。

当三维 CAD 帮助创建和管理基础的几何信息时, 另外需增加众多复杂的复合材料特征对应的专门功能来管理这些特征和几何的相互依赖性。举个例子, 以下是 VISTAGY 软件用于丰富表述复合材料装配件带有特定细节的 CAD 几何的一些参数: 区域、连接、铺层、紧固件规范、丢层、轮廓形式、孔规范、内型面 IML、接合

面密封、设计站、供应条件、湿装配、边缘距离和检查特征。

因此,使用复合材料工程专业术语的特殊环境,可以帮助捕捉设计意图和跟踪需求,将特征和几何关联,管理其中的关系,最后使得复合材料工程师能够按照他们的方式工作。

并行设计和分析

复合材料工程的一个特殊方面是设计和分析的循环迭代。传统的分析工程师和设计工程师的工作在一定程度上是分开,只是将注意力集中在各自的工作上而不是从全局的角度去考虑问题。

在设计过程中,做设计更改速度慢、困难而且成本高,涉及到大量连续的过程,这样也就不方便实现减少产品设计周期的目标,达不到减少返工的次数并保证在预算之内的效果。

有很多障碍阻碍了设计和分析更好地协作。分析工程师考虑材料属性、工况、应力和应变,而设计工程师考虑的是铺层边界、非几何细节以及设计规则。

为了更好地理解哪些因素可能组成复合材料设计与分析领域的一个通用的框架,一个要求是某个工具或者流程必须保留与设计、分析的联系,同时也要求能够识别什么组成设计分析的交叉领域、什么关键点可能为通用框架提供基础,允许每个学科能够并行工作而不冲突。

对复合材料而言,第一个关键点是由总体布局曲面和系统线创建的“区域”或者“分区”。通常的,“区域”由系统组提供,由分析组为其提供材料规范及尺寸数据。这些关键的元素不经常改动或者改动不剧烈,可以共享。

当设计师和分析师使用不同的平台时,通过原始的 CAD 接口共享几何,几何可以根据设计更改自动响应,这种基于几何共享的方式使得协作得到了增强。对于复合材料蒙皮,

分析师可以直接使用系统线以及区域分割来创建和控制壳或者膜单元的网络,使用线作为梁或者杆单元以表示加筋元素。区域和层合板需求能够很快地返回到设计师。

对物理属性的指定是并行工作的另一个接触点。无缝共享详细铺层规范的能力使得设计师更有效率,提高了零件设计确认的准确性及真实性。

因此,找出基于几何的更快、更容易的循环迭代是可能的,这种方式可形成真正的并行流程,使用 VISTAGY 的 FiberSIM 复合材料软件以及 MSC 的 SimXpert 分析软件作为循环迭代就是该类例证。事实上, MSC 软件公司和 VISTAGY 已经建立起了战略伙伴关系,以让复合材料设计和分析形成更好的协作。

图 2 和表 1 显示该小机身壁板含有上千特征并且和几何关联,并

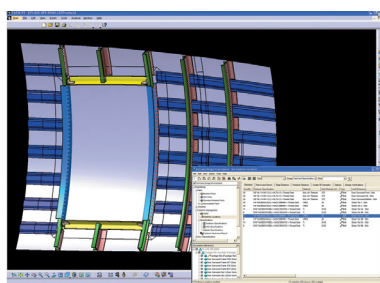


图2 机身壁板模型

表1 工程复杂性量化的程度

机身装配 6×8 岛区	复合材料 壁板	装配、紧固 件和制孔
设计关联	1360	4120
设计特征	11320	48300
详细几何	585	710
参考几何	75	84

且大部分特征没有被捕捉或者保持非几何特征,如果不使用特殊的环境(如 VISTAGY 公司的复合材料及装配设计软件),这些特征是不能被管理以及确认的。

重新定义工程模型

在高性能复合材料行业,自动化的制造工艺在所有新的商业飞机计划中变的普遍起来。面向制造的设计(Design For Manufacture)的概念已经不是新鲜事了,而复合材料制造工艺也发展很快。截止到目前,专业的复合材料设计软件被大量用于手工铺层工艺的复合材料制造过程中,因此所有这种方式对于设计的需求是基于铺层的设计方法,能够得到可靠的铺放仿真以及平面展开仿真,并且能够创建制造输出和工程图。当使用自动化的制造设备,复合材料设计软件关键功能会随之改变。设计模型的细节内容以及设计和制造的数据传递必须重新定义。制造工艺的某些方面可能影响零件或者装配件的可制造性,而这些必须集成在设计环境中。一些其他的特定工艺和特定设备的细节可独立于制造软件确定。

举个例子,自动化设备的局限性(如最短行程铺放)包含了设计局限性,该局限性影响铺层轮廓和交错形式,或者影响配合零件的脚印区以及零件的重量。这些局限性作为零件设计的主要参数不能丢给制造工艺部门在线下来处理,因为无法预料的并且昂贵的循环风险以及无法控制的重复设计使得这些变的不可能。

随着纤维铺放设备、铺带设备和复合材料 CAM 软件的紧密结合,一种新的需求已经出现,它能够增强设计环境,工程师能够完全定义并且优化复合材料零件或者装配件以适应自动铺放。

最小行程长度、铺层错开原点、最小行程宽度和最小剪断角度等制造要求是 FiberSIM 软件与制造设备接口的一部分, Fiber SIM 提供了针对自动铺放设备的接口,可以自动优化铺层设计,生成铺放数据,如图 3 所示。

复合材料制造企业倾向于设备

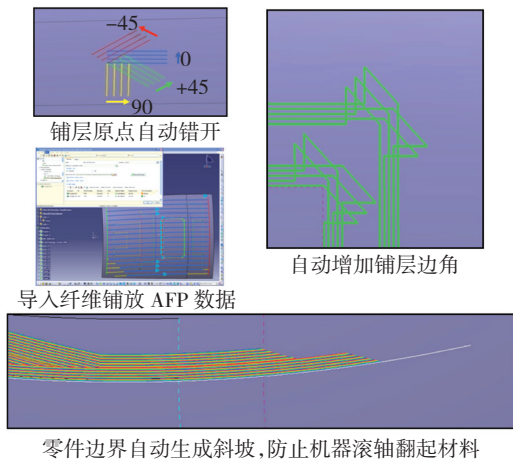


图3 FiberSIM自动优化铺层设计功能

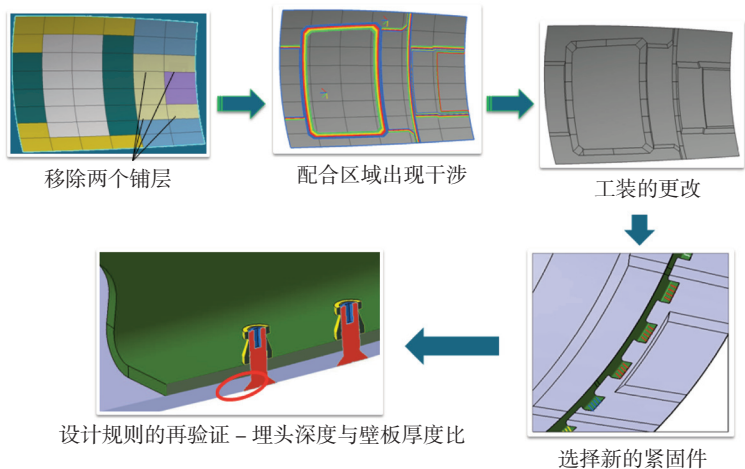


图4 设计更改的级联式影响

独立的复合材料零件定义,另外的功能可能成为设计环境的一部分,同时特定设备参数仍是离线的设备编程软件的一部分。

量化工程的复杂性

在设计中,“工程复杂性”一定程度上可以归结于特定含义并且可以在一定程度上进行量化。

事实上,我们尝试着量化大型航空结构复合材料壁板的复杂性。举个例子,对于一个由桁条和框分割的包含6×8个岛区的典型商用飞机的航空壁板,得到如表1所示的一组统计数字。创建了几何参考并且保留在CAD环境中。细节的几何元素手动创建但没有在三维CAD环境中提交并确认。

除了几何数据,对于复合材料蒙皮有11320个非几何特征,对于装配件、紧固件、孔等有48300个非几何特征。这些特征不属于三维CAD或者PLM的一部分。另外,这些关系没有在三维CAD或者PLM中捕获,也没有在设计意图中体现。在CAD和PLM软件中有超过90%的数据没有捕获并且没有有效管理。

使用VISTAGY的软件作为复合材料飞机开发工具,可以100%的捕获产品定义并且有效管理,85%的几何可以自动创建并且100%的关键特

征可以自动的验证。

设计更改带来的连续影响

对于设计流程,设计更改是无处不在的,并且是一定会做设计更改的。那么设计更改的影响是什么呢?考虑机身壁板中蒙皮厚度变化和基础结构位置移动的连锁影响。图4说明的是由于简单的铺层的变化带来的一系列的设计更改。

在工程设计中,这样的改变可能影响层合板的堆叠、丢层的位置和形状、内模面的表面、基础结构配合表面、紧固件规范,最终影响重量和平衡。在制造中,设计更改可能影响铺层列表、BOM材料列表、给供应商的需求包BTP以及维护和服务文档。

在制造中,设计更改可能会影响纤维铺层程序、复合材料平面展开、自动钻铆和紧固件程序、激光投影文件和工艺计划。在模具制造过程中,IML内型面模具以及基础结构的模具也可能改变。最终,首件的质量检验计划和其他QA文档也可能随之变化。关联更改的关键问题不是其要更改的项目多,而是在进行更改的过程中容易带来一些矛盾或者失误而与整个研发计划相背离,对研发计划造成不好的后果。要使设计更改完全正确需要有设计、分析、制造和工艺计划各方面专家的合作,并且在复

合材料环境中完成这种协同更改的工作。

从一开始,VISTAGY紧紧围绕着智能自动化识别和自动化设计更改管理的需求,已经成功开发出了几代复合材料设计和制造软件。

新技术应对挑战

在经济全球化、新兴市场涌现以及经济低迷的情况下,航空复合材料行业迅速发展。特别是生产大型和更复杂的复合材料航空结构时,航空复合材料自动化制造技术变得越来越普遍。

航空企业在设计和制造复合材料零件和装配件时采用了更加全面综合的方法。围绕复合材料设计、工艺以及产品细节的特殊性,除了CAD、PDM、CAE之外,还要应用许多有效的复合材料工程工具。设计工程师和制造工程师所要面对的首要问题是他们必须能够认识并有能力快速适应研发计划中不可避免的设计更改,在更改设计的同时还要保证没有错误并且计划不会推迟,而计划推迟的耗费是昂贵的。

随着复合材料的不断发展,VISTAGY及其伙伴正努力创建一个可以使航空企业及其供应商实现连续无缝的数据传递、规范设计和制造流程的标准。(责编 小颖)