

# CATIA V5 复合材料设计

CATIA V5 Composite Design

西安安托公司 浦一飞  
中航工业第一飞机设计研究院 李金超

CATIA V5 为复合材料设计提供了一整套完整而专业的解决方案,包括复合材料本体的设计、DMU/CAE 分析、可制造性分析等。本文以蜂窝夹层复合材料为例,介绍了 CATIA V5 对复合材料从设计、分析到制造的全过程。

随着航空工业的发展,复合材料的应用显得越来越重要。CATIA V5 为复合材料设计提供了一整套完整而专业的解决方案,包括复合材料本体的设计、DMU/CAE 分析、可制造性分析等。本文以蜂窝夹层复合材料为例,介绍了 CATIA V5 对复合材料从设计、分析到制造的全过程。

## 蜂窝夹层复合材料简介

蜂窝夹层结构主要由 2 层面板(蒙皮)中间夹以蜂窝芯材(夹芯)用胶粘剂胶接构成,具有比强度和比刚度高、抗疲劳性能好和耐腐蚀等优点,同时还具有许多特殊功能,如减振、消音、吸音、吸收和透射电磁波、隔热以及导流和变流等功能。因此随着航空工业的发展,蜂窝夹层结构在飞机结构上广泛应用。蜂窝夹层结构件的构成包括面板、边缘闭合件和蜂窝夹芯。

航空蜂窝夹层结构多采用铝合金板或复合材料板材作面板,用铝、芳纶纸或玻璃布蜂窝作夹芯材料,用

热固性胶粘剂通过加热加压的方法将二者粘接成为整体。蜂窝夹层结构件可按不同的情况分为:

(1) 按面板材料分为复合材料面板和金属面板(本文针对复合材料面板);

(2) 按夹芯类型分为蜂窝夹层结构、泡沫塑料夹层结构和蜂窝/泡沫塑料混杂夹层结构;

(3) 按蜂窝材料分为金属蜂窝夹层结构和非金属蜂窝夹层结构。

## CATIA V5 复合材料设计

我们将复合材料的设计划分为初步设计阶段、详细设计阶段、加工详细设计阶段、加工输出阶段等 4 个阶段。

### 1 复合材料初步设计阶段

蜂窝夹层零件复合材料零件由支撑面、蜂窝和外表面构成;支撑面、外表面分别为复合材料铺层,蜂窝为实体。因此,在进行复合材料设计前,我们必须在 CATIA 曲面设计(GSD)和零件设计(PDG)中,准

备相关的曲面、相关轮廓线和蜂窝实体,然后再进入到 CPD 中进行复合材料设计。

在初步设计阶段, CATIA 软件 CPD 可以为用户提供以下功能:

(1) 建立复合材料库,根据用户的需求,定义复合材料属性,基本参数包括所属材料库、纤维铺设角度、复合材料有限元属性等。

(2) 选择定义好的复合材料库、复合材料属性(如纤维方向的命名和排序),并且设置 CATIA 复合材料环境参数。

(3) 根据已经有的支撑面及轮廓定义 Zones Group.1(区域组 1);在 Zones Group.1 内定义区域和过渡区,并且根据设计要求定义层压板相关属性。

(4) 分析边界状态。边界。

(5) 根据分析的结果,定义强制过渡点(ITP);重新进行边界状态分析,直到满足设计要求。

(6) 根据区域组生成顶层表面,该顶层表面为外表面的参考曲面。

(7) 曲面修剪。

(8) 定义外表面区域组。

(9) 分析边界状态。

(10) 如果满足设计要求,由定义好的区域组生成铺层表,铺层表为 Excel 或 Text 格式。

(11) 根据设计要求,调整铺层表,调整铺层顺序,并且管理层压板信息直到满足设计要求。

## 2 复合材料详细设计阶段

初步设计完成后,进行工程详细设计,CATIA CPD 能够为用户提供铺层生成、复合材料分析、爆破显示、工程制图定义等功能。

CPD 可以提供 3 种铺层的生成方法:

第一种方法是将在初步设计阶段中定义好的铺层表或者区域组,导入到 CPD 中直接生成铺层,过渡区铺层的台阶系统将自动生成。

第二种方法是根据初步设计阶段定义好的区域组,生成整张铺层和台阶边界(ETBS),并且生成带 ETBS 的铺层表文件(格式为 Excel 或者 Text)。

第三种方法是根据铺层轮廓,手工生成单一铺层,这种方法经常用于复合材料蜂窝夹层单一外表面的铺层。

## 3 复合材料加工详细设计阶段

在工程详细设计完成后,进入制造详细设计阶段。复合材料设计(CPD) 为用户提供的功能包括:制造模型定义、制造曲面转换、毛坯尺寸定义、可制造性分析、皱褶裁剪、平面样图展开。

具体步骤如下:

(1) 定义制造模型。

制造工程师根据实际使用的需要,在原始模型上定义制造模型或者定义新的制造模型。在 CATIA 结构树上,工程更换为制造。

(2) 制造曲面转换。

考虑到模具曲面和复合材料回弹因素等加工因素,制造工程师将原

有的设计曲面转换为制造曲面。

(3) 定义毛坯尺寸。

制造工程师在定义好制造曲面上,定义 2 个边界:工程边界(The Engineering Edge Of Part, EEOP) 和制造边界(The Manufacturing Edge Of Part, MEOP)。然后根据制造边界 MEOP 定义复合材料零件的毛坯尺寸。

(4) 可制造性评估和皱褶修剪。

制造工程师将定义好的制造模型,选择铺层,选择种子点,并且指定纤维的径向和纬向的半径,进行可制造性评估,分析纤维铺层在铺设过程中是否会产生皱褶,并且将分析的结果保存在结构树上。

(5) 平面样图展开。

制造工程师将每一个铺层在平面上展开,并且可以生成展开的铺层表,供制造商使用。

## 4 复合材料加工输出

制造工程师将有效的制造信息输出,Dassault Systemes 公司强大的合作伙伴能够确保所有复合材料零件的制造。

制造信息输出的外部文件为 DXF 格式的 2D 展开图、IGES 形式的 3D 铺层和 2D 展开图。

DS 的合作伙伴为 CATIA V5 CPD 提供了完整的生产制造系统。如 Laser Projection 提高生产效率和缩短铺层时间,还有以下的复合材料制造方法:纤维网格的裁剪和划分,树脂传递成型,铺带设计与编程,光纤铺放自动化。

### CATIA V5

#### 复合材料设计的价值

CATIA V5 CPD 复合材料设计以流程为中心,能满足以上各个阶段的用户使用需求。设计工程师在初步设计阶段,也能考虑到产品的可制造性。比如在初步设计阶段,设计工程师通过的可制造性检查,及时地预测采用什么样的复合材料才能满

足复杂的曲面特性;通过可视化的纤维方向,预测在制造过程可能出现的起皱或凸起;从而使设计工程师在设计阶段就及时地考虑到产品的可制造性。强大的工程同步功能,能够使工程设计与制造同步,使制造工程师更紧密地与设计工程师合作。

CATIA V5 CPD 与其他的 V5 产品相结合,在保持数据格式唯一性的前提下进行多学科的协同设计,从而为复合材料设计提供了全面的设计手段,加速产品的创新。

(1) 通过 CATIA 的有限元分析模块,如 GPS、FMS 对复合材料零件进行有限元分析,无须数据转换和重构;

(2) 通过 CATIA 的 DMU 模块,在电子样机下进行协同设计;

(3) 通过 CATIA 的 NC 模块,进行加工分析和验证;

(4) 通过 CATIA 的知识工程模块,进行知识的捕获和重用,并建立企业标准的知识库,提高设计效率。CATIA V5 CPD 可以满足不同的复合材料工艺设计要求,这些工艺包括:

- 手糊成型工艺;
- 铺带工艺(手工和自动);
- 树脂传递成型;
- 光纤铺放工艺;
- 缠绕成型工艺。

综上所述,CATIA V5 CPD 复合材料设计为用户提供如下价值:

(1) 紧密集成从概念设计到加工准备的全部流程,减少设计误差,提高设计、生产效率;

(2) 与传统设计相比,减少 50% 的设计和更改时间;

(3) 支持复杂的结构件设计;

(4) 复合材料制造文档与设计数据紧密关联,使生产定义更方便、操作更简单;

(5) 与专业分析软件的集成,使设计结果更接近于真实,加工变形控制更精确,确保在第一时间制造出正确的产品。  
(责编 倬然)