

复合材料数据转换接口开发

Interface Development of Composite Material Data Conversion

金航数码科技有限责任公司 吕文军
中航工业沈阳飞机设计研究所结构部 刘涛

[摘要] 由于复合材料的各向异性、耦合效应、层间剪切等特殊性质,复合材料结构的精确分析仿真已成为现代产品结构设计的迫切需求。基于 CATIA 和 PATRAN 二次开发,使复合材料结构模型相关数据精确地转换到有限元软件 PATRAN 中,将几何图形、铺层的力学性能、铺层方向、铺层形式直接体现在分析仿真中。

关键词: 复合材料 数据转换 CATIA 二次开发 PATRAN 二次开发

[ABSTRACT] Due to the special characteristics of the composite material, such as anisotropy, coupling effects, interlaminar shear, etc., accurate analysis and simulation of composite structures have become the urgent needs of the modern product structure design. Based on CATIA and PATRAN secondary development, composite design model data are accurately converted in PATRAN finite element software, and the geometry and mechanical properties of plies, ply orientation are embodied directly in analysis simulation.

Keywords: Composite material Data conversion Secondary development of CATIA Secondary development of PATRAN

复合材料设计中的每一个铺层的材料属性和纤维走向必须是可以通过某种工艺过程实际生产出来的,因此复合材料设计模型数据的完整性决定仿真分析中前处理的分析精度和后期的优化结果^[1]。

复合材料层合结构的设计,就是对铺层层数、铺层厚度及铺层角的设计。因此,在进行复合材料设计前,必须在使用结构设计软件(如 CATIA)进行的曲面设计(GSD)和零件设计(PDG)中,准备相关的曲面、轮廓线和实体,然后再进入到 CATIA CPD 模块中进行复合材料设计。在复合材料设计完成后,需要对复合材料进行分析仿真,调用有限元分析软件进行复合材料结构分析仿真,其中前处理工作包括划分复合材料区域、建立材料库、添加铺层和将复合材料赋到不同的区域上。

本文通过应用 CATIA 二次开发(CAA C++)和有

限元软件 PCL 语言二次开发的技术读取复合材料结构模型的相关数据,并将相关参数精确导入到有限元软件 PATRAN 中,节省了在分析软件中重新构建几何图形、复合材料数据输入和铺层设计的工作,有效地辅助设计人员进行辅助选材、飞机构件的铺层设计分析等工作,从而大大提高设计效率,简化设计流程,使设计工作的自动化水平有了显著的提高。本程序的设计流程如图 1 所示。

1 CATIA CPD 模块和 CAA 开发接口

根据复合材料结构设计的一般流程,可以将复合材料数字化建模分为 3 个阶段:初步设计阶段、详细设计阶段和制造准备阶段。复合材料专用设计制造软件是进行复合材料构件数字化建模不可缺少的工具。目前常用的主要有 CATIA CPD 模块,即 Composite Design。从复合材料初步设计到制造准备, CATIA CPD 模块根据设计对象的不同阶段提供了很多实用的建模工具,如区域建模、铺层设计、可制造性分析、实体生成和铺层展开等。

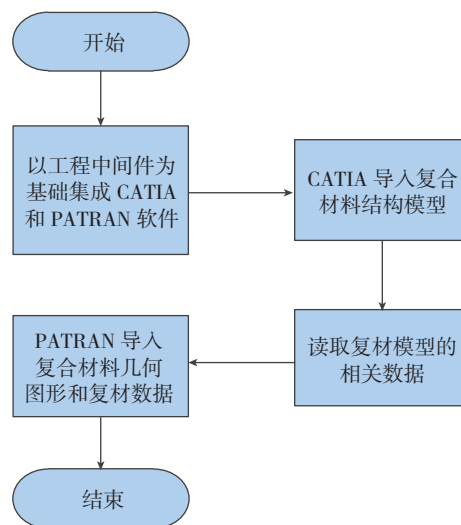


图1 程序设计流程

Fig.1 Flow of program design

CAA C++ 是基于组件的定制开发,是对其组件对象

的组合和扩展,采用了标准接口(COM)技术和对象连接与嵌入(OLE)技术。标准接口技术作为一种软件架构具备了更好的模块独立性和可扩展性,使 CAA 的程序更加容易且趋于标准化。

2 复合材料设计阶段

在初步设计阶段, CATIA CPD 模块中需要的工作:

(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、铺层坐标系;

(2) 选取贴膜面,进行区域划分和过渡区设置;

(3) 由定义好的区域组生成铺层表,或手动建立各个铺层以及相关的铺设角、材料和边界;

(4) 根据设计要求,调整铺层顺序。

初步设计完成后,将设计完的数据模型导入有限元软件 PATRAN 中进行详细设计。手动导入需要重复完成 CPD 设计阶段工作的大部分工作,通过 CAA C++ 对 CATIA 进行二次开发,可以自动读取 CATIA 模型中的复合材料数据信息并且转化为 PATRAN 的输入数据^[2],具体包括 Zone Group 下的曲面区域和边界线、复合材料铺设角和坐标系、Stacking 下的铺层信息、铺层顺序等。通过 PCL 语言对 PATRAN 进行二次开发完成复合材料分析的前处理工作。设计流程如图 2 所示。

2.1 Zone Group 下的数据读取

读取 Zone Group 下的区域,代码:

```
ZonesGroup->GetZones ( CATLISTV
( CATBaseUnknown_var )&oListOfZones );
```

读取每个区域的贴膜面,代码:

```
Zone->GetCompositesGeometry ( oGeometry );
```

读取区域的边界线,代码:

```
Zone->QueryInterface ( IID_ CATICciContour,
```

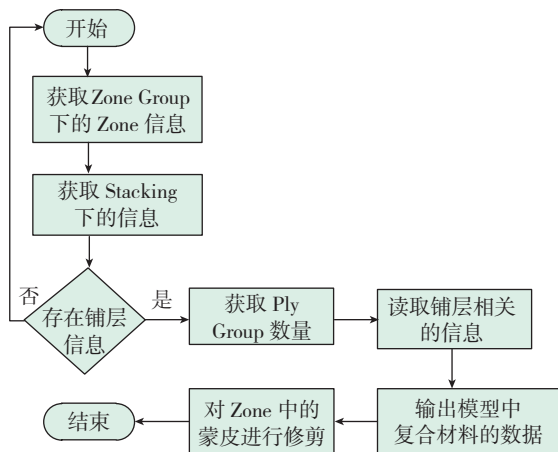


图2 复材初步设计流程

Fig.2 Preliminary design flow of composites

```
( void** )&Contourlist );
```

```
Contour->GetCurves ( oListOfCurves );
```

读取区域的坐标系,代码:

```
Zone->GetRosette ( CATMathAxis &oRosette )
```

2.2 堆叠(Stacking)铺层信息的读取

获取铺层顺序时,首先获取 Stacking 下 Ply group 的数量,之后获取每个 Ply group 下的铺层顺序,具体代码如下:

```
Stack->GetDirectChildren ( "CATICciPliesGroup",
PlyGrouplist );
```

```
PlyGrouplist[i]->GetDirectChildren ( "CATICciSequencel",Sequencelist );
```

其中, Sequencelist 为数组,数组的数量即是 Sequence 的数量,序号为铺层的顺序。

获取铺层贴膜面,代码:

```
Ply->GetCompositesGeometry ( Geom;
```

铺层边界参考 2.1 节中读取区域的边界线,获取铺层坐标,代码:

```
Ply->GetRosette ( CATIM3DAxisSystem_
var&oRosette );
```

获取铺层的铺设角,代码:

```
Ply->GetDirection ( CATICkeParm_var
&oDirection );
```

获取铺层的物理材料,代码:

```
Ply->GetMaterialCache ( CATICciMaterialCache_var
&oMaterialCache );
```

将读取的复合材料信息按照一定的格式写入文本文件中,作为 PATRAN 软件的输入数据文件。

3 PATRAN 软件和 PCL 语言开发

MSC.PATRAN 是航空航天部门广泛使用的大型通用有限元软件,具有完善的几何建模、全面的有限元处理和方便的软件接口功能,并能集成各种分析软件和分析结果可视化处理,目前已广泛应用于航空航天、汽车、造船和国防等各大领域。

PCL 是 MSC.PATRAN 提供的模块化高级编程语言和用户自定义工具,其主要结构类似于 C 语言和 Fortran 语言。

4 复合材料仿真分析

复合材料仿真分析设计流程如图 3 所示。

可利用 PATRAN 与各种 CAD 的接口将几何图形其调入 PATRAN 图形区域, PCL 代码读取输入数据文件的相关数据,具体 PCL 代码如下:

```
utl_process_spawn ( patran_home/"\bin\plus_cp.exe
```

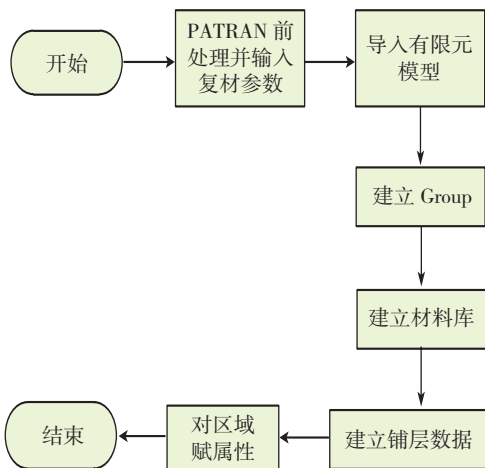


图3 复材仿真前处理流程

Fig.3 Pretreatment design flow of composites simulation

```
// "" // catia_part_name // "" // "" // MyModel/"MSC.
Patran"/"+sT+aon", TRUE )
```

导入模型如图 4 所示。

PATRAN 将所有几何放在 default 组中,在 CATIA 模型中将除了 Zone Group 中的点、曲线、曲面和实体隐藏,只显示 Zone Group 中的区域。首先用 edit-surface-refit 命令将所有面降阶,尽可能多获取简单面。然后创建若干 group,将每个 Zone 所属的贴膜面分配到不同的 group 中。具体的方法有两种:(1)用 group-create 先建一系列空 group,再利用 group-modify-add 将各零件几何加到各自组中;(2)用 group-create-add entity 一次创建一个组。

在 PATRAN 中建立材料库,具体代码如下:

```
material.create ( "Analysis code ID", 1,@ "Analysis
type ID", 1, cmatname, 0, " ", "2d@ Orthotropic", 5,
"Directionality",4, @
"Linearity", 1, "Homogeneous", 0, "Linear@ Elastic",
1, "Model Options & IDs", ["", @
"", "", "", ""], [0, 0, 0, 0, 0], "Active Flag", @
```

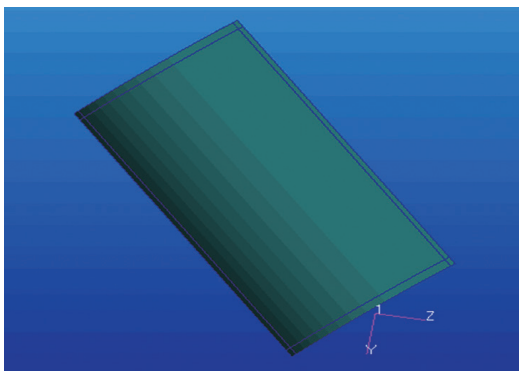


图4 导入几何图形

Fig.4 Introduction of geometry

1, "Create", 10, "External Flag", @ FALSE, "Property IDs", ["Elastic @ Modulus 11", "Elastic Modulus 22",], @ "Poisson Ratio 12", "Shear Modulus 12", @ "Shear Modulus 23", "Shear Modulus 13", @ "Density", "Thermal Expan. Coeff 11", @ "Thermal Expan. Coeff 22"], [2, 3, 5, 8, 9, @ 10,16, 24, 25, 0], "Property Values", cvecval) 构建完成,如图 5 所示。

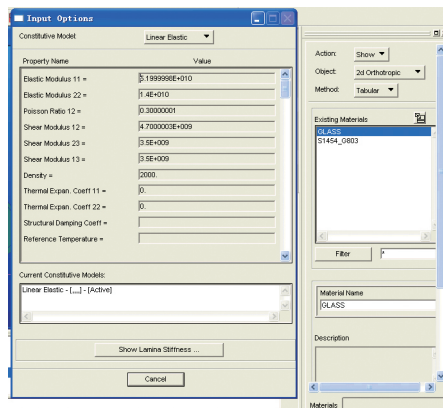


图5 导入材料属性

Fig.5 Introduction of material property

建立与 CATIA 复材模型对应的复合材料铺层数据,代码如下:

```
mat_create_lam3 ( compositenames, "LAM", 1,
composite_mat,composite_thick,composite_dirction,@
names, count, "", "Create" )
```

构建完成,如图 6 所示。将复合材料数据赋到各个 group 中的曲面上。完成复合材料分析前处理的工作。

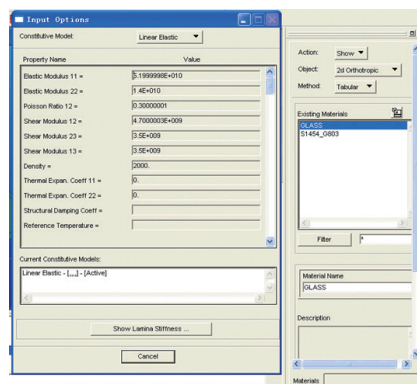


图6 铺层属性

Fig.6 Ply property

5 应用实例

以 CATIA 帮助文档中的复合材料模型为例,程序自动读取 CATIA CPD 模型的复材数据,如图 7 所示。

将读取的复合材料数据保存为 txt 格式,自动启动 PATRAN 软件并加载指定的 CATIA 复合材料模型,建立与复合材料模型相对应的材料库,如图 8 所示。建立与复合材料模型中一致的铺层数据,如图 9 所示。本程序以 Sysware 平台中间件为基础框架,在中航工业某研究所得应用。

6 结束语

本文对 CATIA 和 PATRAN 进行相应的二次开发。通过对 CATIA 复合材料模型进行数据读取,并对几何图形进行操作,为 PATRAN 提供相关的输入数据和几何图形。以输入数据为基础快速完成了复合材料分析的前处理工作。使得 CATIA 复合材料数据无缝转换到有限元软件中,将铺层的力学性能、铺层方向、铺层形式直接体现在分析仿真中,使得设计分析工作的自动化水

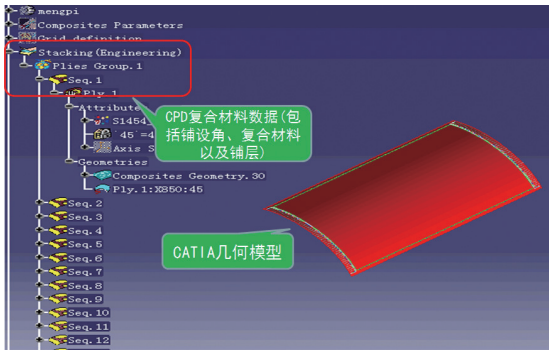


图7 CATIA复材模型

Fig.7 CATIA model of composite material

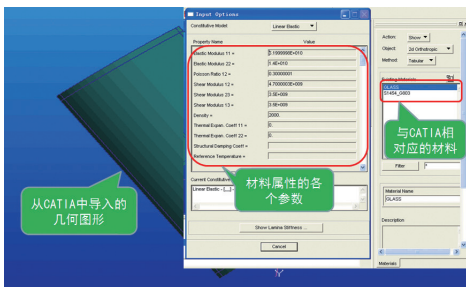


图8 建立的材料库

Fig.8 Establishment of material base

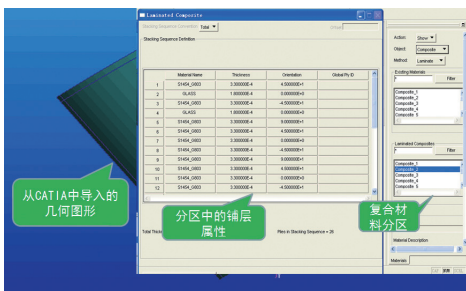


图9 建立的铺层数据

Fig.9 Establishment of ply data

平有了显著提高,有效提高了工程设计效率。

参考文献

- [1] 霍金星,齐乐华,周计明. ABAQUS 二次开发在 C_u/Mg 复合材料微观几何建模中的应用. 特种铸造及有色合金, 2011,31(4): 322-324.
- [2] 徐荣欣,张庆茂,杨军. 复合材料构件数字化建模技术研究. 航空制造技术, 2010(09):64-67.

(责编 深蓝)

(上接第 77 页)

石碾压后的截面观察,硬铬层上的气孔数 ≤ 5 个 /dm² (1dm²=100cm²),符合 HB 5041—92《硬铬、乳白铬镀层质量检验》规定,为此判定达到航标规定的要求。(2) 试验验证法:用锉刀沿与镀层成 45° 的方向由基体向镀层的方向单向运动,用粗齿锉刀对断面进行锉锯。结果表明覆盖层附着良好,镀层无起皮、剥离、脱落现象发生。

2.4 金刚石碾压后镀层气密性检查

对“金刚石碾压+超精”后的 6 件试样在规定的压力下进行了气密度试验,发现气密全部合格。选取了 3 个存在渗漏现象的活塞杆,进行了“金刚石碾压+超精”加工,再次进行气密性检查,发现渗漏现象全部消除,气密合格。后期,把“金刚石碾压+超精”这种工艺方法用在活塞杆的实际生产中,产品交付后,用户再也没有反馈过活塞杆渗漏故障,证明“金刚石碾压+超精”这种工艺方法能彻底消除活塞杆镀层气密不合格故障。

3 结论

“金刚石碾压+超精”的工艺方法可以细化镀铬层晶粒,提高镀铬层与基体之间的结合力,增加镀铬层表面的硬度,有效改善镀铬层性能,彻底解决活塞杆镀铬层的渗漏故障。该工艺方法简单、性能稳定,因此,在航空武器装备零部件加工和维修方面具有良好的应用和推广价值。

参考文献

- [1] 冯春晓,李青峰,扬萍,等. 飞机起落架作动筒活塞杆的电刷镀修复. 材料保护, 2003, 10(36): 50-51.
- [2] 闰磊,高国庆,杨川,等. 20CrNi3 活塞杆镀铬层表面网状分析. 材料热处理技术, 2011, 40(18): 131-137.
- [3] 田永良. 活塞杆镀硬铬. 电镀与环保, 2010, 30(5): 47-48.
- [4] 束德林. 工程材料力学性能. 北京:机械工业出版社, 2006.
- [5] 张允诚,胡如南,向荣. 电镀手册(上册). 北京:国防工业出版社, 1997.
- [6] 黎向锋,左敦稳,王珉. 通过过渡层改善金刚石膜和基体间的结合性能. 材料开发与应用, 2000, 1(15): 35-39.

(责编 亿霖)