



Fibersim

复合材料设计与 工艺技术应用



洪清泉
吕长招
王招

编著

清华大学出版社

Fibersim

复合材料设计与 工艺技术应用

洪清泉
吕长招
王招

编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

《Fibersim复合材料设计与工艺技术应用》一书根据西门子Fibersim的英文版官方教材和用户指南最新大纲编写，重点介绍了Fibersim 15.0的新功能及各种基本操作方法和技巧。其最大的特点是，在大量利用图解方法进行知识点讲解的同时，巧妙地融入了航空、汽车等多个领域的复合材料工程应用案例，使读者能够在复合材料工程实践中掌握Fibersim的操作方法和技巧。

本书分为7章，分别介绍了Fibersim 15.0的软件理念、基础界面、基于实体创建几何要素、基于铺层设计理论、影响铺层铺覆性的因素、铺覆方法论对铺覆性的影响、优化铺覆性问题的措施、坐标系类型、层压板对称、夹芯类型、多铺层设计理论、基于区域设计理论、过渡区高级处理、设计铺层高级定义、高级设计技术、制造数据高级定义、3D数据文档创建、2D数据文档创建、体积填充设计理论、自动铺覆设计理论、导入接口、导出接口、导出选项、民品、汽车、地铁、无人机以及航空的应用案例。

本书内容翔实，图文并茂，语言简洁，实例丰富，既可以作为初学者的入门与提高教材，也可作为复合材料产品研发工程的辅导与自学教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

Fibersim复合材料设计与工艺技术应用 / 洪清泉, 吕长, 王招编著. —北京: 清华大学出版社, 2019

ISBN 978-7-302-52843-2

I. ①F… II. ①洪… ②吕… ③王… III. ①复合材料—工业设计 IV. ①TB33

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第082681号

责任编辑: 贾小红

封面设计: 闰江文化

版式设计: 楠竹文化

责任校对: 马军令

责任印制: 杨 艳

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦A座

邮 编: 100084

社总机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者: 小森印刷(北京)有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 203mm × 260mm

印 张: 17

字 数: 643千字

版 次: 2019年5月第1版

印 次: 2019年5月第1次印刷

定 价: 118.00元

产品编号: 083267-01

推荐序

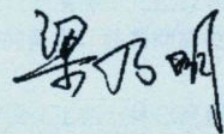
一

先进的复合材料作为《中国制造2025》的十大重点发展领域之一，在民用飞机、军用飞机、船舶、汽车和风电等行业逐步广泛应用。但由于复合材料设计与制造的高度复杂性，很多企业未能完全发挥复合材料的巨大性能优势，对企业的生存与发展带来较大挑战。全球很多成功的企业都在采用Siemens Industry Software解决方案来实现创新和增长。在当今的数字化世界中，企业面临着来自现有竞争者和新进入市场的竞争者所带来的冲击。为了保持市场竞争力，企业必须通过数字化对传统复合材料研制实施转型。

在过去的30年里，全球主要的航空、汽车等制造公司都在采用Fibersim软件进行他们的复合材料产品设计、工艺规划和数字化加工制造。如波音公司，他们利用Fibersim的技术，使最新的787客机的复合材料零件占比达到了全机的51%，让新设计的飞机在航油经济性方面获得了极大的提升，替波音公司赢得了巨大的市场优势。

Fibersim是集复合材料设计、分析、制造于一体的完整流程的专业解决方案，通过基于模型的设计与制造方式创建数字化双胞胎，然后通过数字化主线将详细的数字信息与整个组织的人员相互关联，帮助建立复合材料数字化企业，激发数字化潜能。

作为业内第一本复合材料软件应用的中文书籍，打破了广大技术人员没有自学工具书的窘境，我们相信，随着这本复合材料专业书籍的出版，必将帮助广大专业人员提升技术技能，推动中国复合材料技术在教育、航空航天、汽车交通、能源电力等制造业的全面深入应用，帮助中国的智能制造在复合材料领域尽早落地。



梁乃明

全球高级副总裁兼大中华区董事总经理

Siemens Industry Software

推荐序 二

碳纤维复合材料以其比强度高、比模量高，耐腐蚀、抗疲劳等优点，在工业界得到越来越多的应用，波音787复合材料机体和宝马i3复合材料车身更是开创了复合材料航空和汽车领域应用的新时代。在国内，随着碳纤维产业化和大型复杂复合材料结构件制备的成功，碳纤维复合材料在航空航天、汽车、轨道交通、风电等行业的应用方兴未艾，成为最具潜力的下一代轻量化材料。

复合材料的性能是由工艺过程决定的，结构又是通过不同的铺层设计得到的，因此复合材料结构件的性能是由材料、设计、工艺决定的，这在提高其可设计性的同时，也大大增加了产品开发的难度和工作量。国际上公认复合材料结构的设计难度和工作量是金属结构的3~4倍。传统的逆向设计方法（测绘仿制或等代设计），无法做出好的复合材料产品，只有采用正向研发流程，遵循从顶层设计到部件分解再到整机集成的过程，将最适合的材料、设计和工艺一体化考虑，才能做出好的复合材料产品。

复合材料产品正向研发离不开数字化技术。西门子Fibersim软件是业界历史最悠久、技术最先进、应用最广泛的复合材料设计和工艺软件，在国外航空航天和汽车行业得到广泛应用，是复合材料产品数字化设计的利器，帮助用户在计算机上建立可视化的精细设计模型并评估其工艺性。Fibersim已在中国商飞、中航工业、中国航天、中车集团等多个院所的复材部件，上汽、长安、北汽等车企的碳纤维零部件的设计和工艺流程中得到应用。

波客公司专注于提供复合材料在各行业的设计咨询、新品开发和软件解决方案。自2015年推出碳纤维复合材料产品正向研发技术和服务以来，波客公司已累计帮助客户完成几十个复合材料产品研发项目，率先建立了成熟的复合材料产品方案—材料—设计—分析—优化—工艺—样件—试验一体化技术体系和服务能力。有感于希望系统学习Fibersim、深入使用Fibersim的工程师越来越多，也为了帮助应用单位实现专业化、规范化的Fibersim设计和工艺流程，在西门子工业软件公司Fibersim专家吕长和Paul Mouland的支持下，我们组织王招、涂尚平、钱攀、范伟、赵小斌、杨远登、刘刚等十几位波客工程师，共同编写了《Fibersim复合材料设计与工艺技术应用》一书，以满足广大复合材料应用工程师的需求，并帮助高校学子更快掌握Fibersim软件应用。

无论您是复合材料行业的新兵，还是从业多年的专家，Fibersim的数字化设计技术和设计工艺一体化流程，都能帮助您正向研发性能更好、材料更省、周期更短、工艺可行、质量可控的复合材料产品。西门子工业软件公司“决不让客户失败”的理念，波客公司“超越客户期望”的服务，也将共助您在技术成长和职场发展中更上一层楼！

洪清泉
上海波客实业有限公司总经理
2019年1月于上海



前言

Preface

复合材料的性能是由工艺过程决定的，结构又是通过不同的铺层设计得到的，因此复合材料结构件的性能是由材料、设计、工艺决定的，这在提高其可设计性的同时，也大大增加了产品开发的难度和工作量。国际上公认复合材料结构的设计难度和工作量是金属结构的3~4倍。传统的逆向设计方法（测绘仿制或等代设计），无法做出好的复合材料产品，只有采用正向研发流程，遵循从顶层设计到部件分解再到整机集成的过程，将最适合的材料、设计和工艺一体化考虑，才能做出好的复合材料产品。

复合材料产品正向研发离不开数字化技术。西门子Fibersim软件是业界历史最悠久、技术最先进，应用最广泛的复合材料设计和工艺软件，在国外航空航天和汽车行业得到广泛应用，是复合材料产品数字化设计的利器，帮助用户在计算机上建立可视化的精细设计模型并评估其工艺性。Fibersim已在中国商飞、中航工业、中国航天、中车集团等的多个院所的复材部件，上汽、长安、北汽等车企的碳纤维零部件的设计和工艺流程中得到应用。

本书根据西门子Fibersim软件的英文版官方教材和用户指南最新大纲进行编写，重点介绍了Fibersim 15.0的新功能及各种基本操作方法和技巧。其最大的特点是，在大量利用图解方法进行知识点讲解的同时，巧妙地融入了航空、汽车等多个领域的复合材料工程应用案例，使读者能够在复合材料工程实践中掌握Fibersim的操作方法和技巧。

本书分为7章，每章的内容简介如下。

第1章 Fibersim简介：主要对Fibersim软件的特点和界面进行了介绍。

第2章 Pro（专业模块）：主要介绍了Fibersim基于实体创建几何要素、基于铺层设计理论、影响铺层铺覆性的因素、铺覆方法论对铺覆性的影响、优化铺覆性问题的措施、坐标系类型、夹芯类型、实用辅助工具、多铺层设计理论。

第3章 Elite（高级模块）：主要介绍了Fibersim基于区域设计理论、过渡区高级处理、设计铺层高级定义、高级设计技术、制造数据高级定义。

第4章 3D和2D数据：主要介绍了Fibersim的3D数据文档创建、2D数据文档创建。

第5章 Fibersim其余模块简介：主要介绍了Fibersim的体积填充设计理论、自动铺覆设计理论。

第6章 导入/导出：主要介绍了Fibersim的导入接口、导出接口。

第7章 应用案例：主要是应用案例的讲解，内容涉及了民品、汽车、地铁、无人机以及民用客机等方面。

在西门子工业软件公司Fibersim专家吕长和Paul Mouland的支持下，由波客公司洪清泉总经理组织王招、涂尚平、钱攀、范伟、赵小斌、杨远登、刘刚等十几位工程师，共同编写了本书，以满足广大复合材料应用工程师的需求，并帮助高校学子更快掌握Fibersim软件应用。

在本书的写作过程中，编辑贾小红女士和柴东先生给予了很大的帮助和支持，提出了很多中肯的建议，在此表示感谢。同时，还要感谢清华大学出版社的所有编审人员为本书的出版所付出的辛勤劳动。本书的成功出版是大家共同努力的结果，谢谢所有给予支持和帮助的人们。

目录

Contents

第1章 Fibersim简介 1

1.1 概述.....	2
1.1.1 Fibersim专业性.....	2
1.1.2 Fibersim独特性.....	3
1.1.3 Fibersim平台性.....	3
1.2 界面简介.....	8
1.2.1 Fibersim的模块列表.....	8
1.2.2 关于Fibersim的图标.....	8
1.2.3 如何启动Fibersim.....	8
1.2.4 用户界面.....	9
1.2.5 排序、添加、移除和移动“列”.....	10
1.2.6 排序、分组和查找工具.....	11
1.2.7 激活层压板.....	12
1.2.8 在Fibersim中的高亮环境.....	12
1.2.9 选项.....	12
1.2.10 设计检查器.....	13
1.2.11 操作：铺层信息表的HTML和CSV格式.....	13
1.2.12 创建材料卡片.....	14

第2章 Pro (专业模块) 17

2.1 基于实体创建基本几何要素.....	18
2.1.1 创建层压板的几何要素.....	18
2.1.2 创建坐标系的几何要素.....	20
2.2 Fibersim 基于铺层设计.....	21
2.2.1 基于零件创建8层整层铺层.....	21
2.2.2 添加加强层、铺层排序、开孔.....	24
2.2.3 创建投放平面和生成平面展开图.....	27
2.2.4 面向制造设计.....	29
2.2.5 创建缠绕层.....	31

2.3 探索影响铺覆可行性的因素.....	32
2.3.1 铺层原点.....	32
2.3.2 铺层角度.....	33
2.3.3 铺层拼接.....	33
2.3.4 铺层优化.....	35
2.3.5 线型剪口.....	36
2.3.6 V型剪口.....	36
2.4 探索仿真选项对铺覆可行性的影响.....	39
2.4.1 仿真铺覆面.....	40
2.4.2 Cutout与Hole的区别.....	40
2.5 优化解决铺覆性问题.....	41
2.5.1 调整铺层的铺覆理论.....	41
2.5.2 第一铺覆区域.....	42
2.5.3 应用剪口优化铺覆性.....	42
2.6 坐标系类型简介.....	42
2.6.1 平移坐标系.....	43
2.6.2 放射状坐标系.....	47
2.6.3 基于脊柱坐标系.....	49
2.7 层压板对称.....	51
2.7.1 几何要素对称.....	51
2.7.2 对称层压板创建.....	52
2.7.3 对称坐标系创建.....	52
2.7.4 生成对称组件对象.....	53
2.8 夹芯类型.....	54
2.8.1 虚拟台阶夹芯.....	54
2.8.2 虚拟变值夹芯.....	55
2.8.3 虚拟夹芯.....	56
2.8.4 实体夹芯.....	58
2.9 Fibersim 多铺层设计.....	61
2.9.1 基础的多铺层设计.....	61

2.9.2 过渡区基础处理	64	5.2 ADD (自动铺覆设计)	155
2.9.3 设计铺层基础定义	68	5.2.1 简介	155
2.9.4 参数偏置曲面	72	5.2.2 扩展斜面	155
2.9.5 制造数据基础定义	74	5.2.3 最小扩展路径	156
第3章 Elite (高级模块)	81	5.2.4 最小扩展路径工具	157
3.1 Fibersim 基于区域设计	82	5.2.5 最小路径节点	158
3.1.1 基于区域的铺层设计	82	5.2.6 最小路径节点工具	159
3.1.2 基于网格的铺层设计	89	5.2.7 交错原点	160
3.1.3 多铺层与基于区域的联合设计	93	第6章 导入/导出	161
3.2 过渡区高级处理	96	6.1 简介	162
3.2.1 基础偏移规范操作	96	6.2 导入选项	162
3.2.2 高级偏移规范操作	99	6.2.1 分析-铺层	162
3.3 设计铺层高级定义	111	6.2.2 分析-区域	167
3.3.1 结合材料规范进行层序排列	111	6.2.3 Fibersim端CAE数据处理	168
3.3.2 铺层的丢层秩序排列设计	114	6.2.4 激光投影	170
3.4 高级设计技术	118	6.2.5 纤维铺放	171
3.4.1 回转区的处理	118	6.2.6 初始设计接口(导入)	173
3.4.2 过渡区分割器	122	6.2.7 从Excel导入铺层	174
3.4.3 拐角的高级处理	125	6.2.8 复材零件XML导入	174
3.4.4 参数偏置曲面高级处理	129	6.2.9 风力叶片设计导入	175
3.5 制造数据高级定义	133	6.2.10 复材零件Step	176
3.5.1 合并模型设计	133	6.3 导出选项	176
3.5.2 含回弹选项的制造层压板设计	138	6.3.1 分析-铺层	176
第4章 3D和2D数据	141	6.3.2 分析-区域	178
4.1 3D 数据文档创建	142	6.3.3 分析-夹芯取样	180
4.1.1 3D 横截面	142	6.3.4 CAE端Fibersim数据处理	180
4.1.2 3D 取样注释	144	6.3.5 平面展开图导出	183
4.1.3 3D 铺层信息表	145	6.3.6 激光投影	188
4.1.4 3D 铺层编号	145	6.3.7 纤维铺放接口	191
4.1.5 3D 材料信息表	145	6.3.8 自动铺丝接口	194
4.2 2D 数据文档创建	145	6.3.9 初始设计接口(导出)	196
4.2.1 布局铺层展开图	146	6.3.10 铺层导出至XML	196
4.2.2 创建2D铺层工程图	147	6.3.11 复材零件XML	197
4.2.3 创建2D铺层信息表	149	6.3.12 复材零件Step	198
第5章 Fibersim其余模块简介	151	第7章 应用案例	199
5.1 Volume Fill (体积填充)	152	7.1 民品——支臂	200
5.1.1 创建体积填充对象	152	7.1.1 本案例技术要点	200
5.1.2 生成Layer和Layer曲面	154	7.1.2 支臂基于Fibersim建模步骤	200
		7.2 汽车	203
		7.2.1 概述	203

7.2.2 B柱加强板.....	203	7.4.2 结构尺寸及铺层定义.....	224
7.2.3 汽车翼子板.....	209	7.4.3 基于CATIA和Fibersim建模步骤.....	225
7.2.4 汽车前机盖.....	212	7.4.4 结论.....	229
7.2.5 汽车车门.....	216	7.5 民用客机.....	230
7.3 地铁——车头.....	220	7.5.1 蒙皮壁板.....	230
7.3.1 本案例技术要点.....	220	7.5.2 舱门蒙皮及纵梁.....	236
7.3.2 车头蒙皮基于Fibersim建模步骤.....	220	7.5.3 发动机短舱风扇罩.....	244
7.3.3 总结.....	222	7.5.4 发动机风扇叶片.....	252
7.4 无人机——机身筒段.....	223	附录 A	257
7.4.1 本案例技术要点.....	223		

第 1 章

Fibersim 简介

Fibersim 是复合材料设计及工艺仿真的专业工程软件，是复合材料产品研发过程中所需软件的关键成员之一，其具有精确的工艺仿真能力、高效的导入导出接口、自动化的数据创建模块以及非几何信息储存模式，实现整个研发流程“逻辑更加严谨、影响因素可追究、成型风险可规避、工艺质量可控制”。

复合材料设计是根据非结构化的信息（包括规格、标准、属性和要求）开发的。一个复合材料零件由数十乃至数千个独特对象（包括夹芯、铺层和嵌件）构成，这些对象在迭代式的（从设计到制造）流程中必须准确反映上述信息。为定义和分享这些信息而需执行的任务既烦琐又复杂，此类任务往往不是自动完成的，商用三维 CAD 系统往往也无法为它们提供完善的支持，因此容易出错。

Fibersim 可以完全集成于用户已有的三维 CAD 系统中，使 CAD 系统成为高性能的设计/制造复合材料构件的软件工具。该软件可以提供专业的工程设计环境，高效地处理复合材料及其结构的复杂性问题，能够捕捉 CAD 系统中复合材料构件的完整定义。Fibersim 软件独有的铺层仿真技术，能够预测复合材料如何与复杂的表面贴合，支持整个复合材料的工程过程，该软件使工程师在构件几何、材料、结构要求以及工艺过程约束之间能够并行进行权衡。使用 Fibersim 软件，工程师能快速可视化铺层形状和纤维方向，在设计阶段即发现制造问题，并采取相应的纠正措施，实现面向制造的设计（DFM）流程。从初步设计、详细设计直至制造车间，设计师借助该软件很容易创建和转换设计、工程图以及相关的数据，并使零件数据在 Fibersim 软件、设计、分析、制造以及商业应用之间进行交换和传递。

Fibersim 支持的三维 CAD 软件包括 UG/NX, CATIA V5 以及 Creo/ProE, Fibersim 在不同的三维 CAD 系统中提供相同的用户界面和设计方法论，本书仅以 Fibersim 在 CATIA V5 系统中的应用为例。

Fibersim 由以下两个主要模块组成。

- **Pro:** 这个级别允许用户基于 Layer 和 Ply 建模。用户可以在含有 Layer、Ovrelay Zone 和 Ply 数据的零件工作，且可以打开含有 Zone 数据的对象，但不能编辑或者修改任何 Zone 对象。用户拥有此级别的许可证，可以创建和编辑 Overlay Zone。
- **Elite:** 除具有 Pro 模块的全部功能外，可以访问 Fibersim 中创建复合材料模型的所有建模模块，包括打开和使用基于结构的设计（SBD）建模、Zone、Layer、Overlay Zone 和 Ply 数据，以及体积填充（Volume Fill）模块和风力叶片设计（Wind Blade Design）模块。

Fibersim 还包含一系列可选产品，增强其功能，如展开图导出、激光投影和纤维铺放接口，这些产品配合使用能确保复合材料零件从 3D 模型到工艺制造车间无缝接轨。正因为分析和制造所需的所有信息都是由一个 CAD 主模型生成的，所以 Fibersim 可确保所有驱动下游进程的数据都是完成的和最新状态的。

1.1.1 Fibersim 专业性

专业的问题需要专业的工具。复合材料设计、分析和制造是复杂、专业的工作，工程师如果掌握可帮助他们使用各种参数（包括材料类型、纤维走向、铺叠秩序、均衡、对称、丢层、拼接和剪口）将构思付诸设计的工具，便可以最出色地完成这项工作。为使这些非几何信息能在产品开发过程中派上用场，必须创建它们的几何图形或者将它们与几何图形关联起来，以使用户可以同时查看和编辑它们。为获得竞争优势，用户应该摒弃手动为数十乃至数千材料层创建和管理各项属性或规范这种煞费苦心的做法，以能够快速交付高性能产品。

复合材料设计阶段，对行业和产品而言，复合材料设计方法是专业化的。要求所采用的特定方法能够准确地捕捉工程要求，并提供自动化的设计创建工具。不管工程要求是基于结构分析还是基于面向制造的设计，都需要准确、轻松地捕获数据，因为试图通过手动方式创建符合规范的复合材料层压板的做法枯燥无味、容易出错且十分耗时。

复合材料分析过程也是专业化的。目前，由于在产品开发和制造过程中存在二义性，零件常常是超规格构建的。工程、制造和分析环节间需进行协同，才能优化产品并超出性能、重量和成本目标。分析师必须传达和接收关于所需纤维走向和制造流程限制的无二义性反馈。

复合材料制造流程也是复杂且专业化的。只有通过制定一致且可重复的制造流程，公司才能实现降低复合材料产品成本并同时提升质量和生产率的目标。为此，制造工程师需通过一种准确且高效的方式来使用工程产品定义，这就需要在设计、分析和制造定义与生产中所用的系统间建立一种自动化的关联。

Fibersim 专用于解决这些难题：它提供了一种“从设计到制造”的智能型复合材料产品开发解决方案，该解决方案完全集成到商用三维 CAD 系统中，从而可打造出在性能、成本、质量和生产率方面都得到优化的产品。借助这款软件，可以制定出专门针对特定行业和特定零件的复合材料开发流程，从而打造从遥远的太空到幽深的海洋都会用到的创新产品。这款软件通过支持可实现优化、提升效率、减少错误且基于模型的数字化流程来做到这一点，此外，Fibersim 还有利于设计、分析和制造间的协同，利用它的开放式体系架构，工程师可以开发出专为工程师的产品和流程量身定制的一流解决方案，并可在

跨部门产品开发团队间共享重要信息。Fibersim 提供了为成功交付创新型、轻型复合材料结构而需要的各种专业工具。

1.1.2 Fibersim 独特性

Fibersim 满足协同复合材料产品开发的独特需求。对于设计工程师而言，Fibersim 可协助其编创复合材料设计数据，以创建完整的三维产品定义。这款软件在复合材料规格、要求和意图上与三维 CAD 模型中的几何体之间建立关联关系，它提供了一些工具来自动完成重复性的设计任务，例如，应用材料要求和创建铺层几何体，这有助于工程师在分析和制造环节的迭代反馈循环期间管理设计变更。此外，这款软件还可自动创建最能满足即时工程任务需要的各种级别的视觉和数据表示形式，并生成各种交付物，如设计文档、基于模型的定义格式和企业报告。

对于分析师而言，Fibersim 可实现不同专业领域间的双向沟通，从而协助其优化复合材料产品。分析师深知，要充分发挥复合材料的优势，在考虑材料和制造参数的同时他们必须定义可实现最高结构性能的纤维走向。借助这款软件，分析师可以向设计和制造工程师传达理想的纤维走向；此外，这款软件还可以向分析师提供反馈，包括根据材料和工艺可以实现的纤维走向。得益于此，产品可以实现最高级别的零件性能和优化。

对于制造工程师而言，在 Fibersim 的协助下，他们可通过使用设计数据并生成关联的制造模型来创建、管理和传达制造定义。这款软件提供了一些工具来自动完成面向制造的设计工作，例如，根据制造流程、机器特性和材料的仿真结果进行拼接、剪口和铺层边缘调整以实现自动铺覆。它通过自动创建用于排样、切削、激光投影、铺带、铺丝、检测的文档和制造数据，来确保打造出高质量的复合材料产品。它还会将设计变更的影响传送到制造定义，从而自动更新所有制造数据。最终收获到的结果将是一个经过优化可交付的复合材料产品的高效流程。

1.1.3 Fibersim 平台性

Fibersim 为复合材料的整个产品开发过程提供支持，如图 1-1 所示。

1. 初步设计

以往在初步设计流程中，设计师与分析师之间需要进行耗时的多次文档交换，才能就初始的优化零件定义达成一致。

工程师现在可以使用 Fibersim 产品组合中的 Analysis Interface（分析接口）模块快速将 CAE 模型数据直接导入到 Fibersim 中，以此方式帮助在 CAD 系统中设计零件。借助 Analysis Interface，还可以将详细的设计数据导出回 CAE 软件来进行更加准确的零件分析。

虽然 Fibersim 有其他很多工具可帮助设计师达到分析师提供的初始设计规格，但最终设计可能仍与分析的理想化零件有显著差异。例如，最终设计可能包含在原始分析中未曾考虑到的额外铺层。因此，在 Analysis Interface 问世前，从来都无法精确地知道最终零件的真正性能。

Analysis Interface 解决了这一问题。工程师借助它可以在 CAD 系统中设计复合材料零件，利用仿真技术确定制造出来的零件的状态，然后使用制造定义作为 CAE 系统的输入来进行验证分析，如图 1-2 所示。

由于弥合了 Fibersim 设计师与 CAE 分析师之间的缺口，因此用户可以摒弃零件过设计的做法，从而确保使用复合材料的初衷。

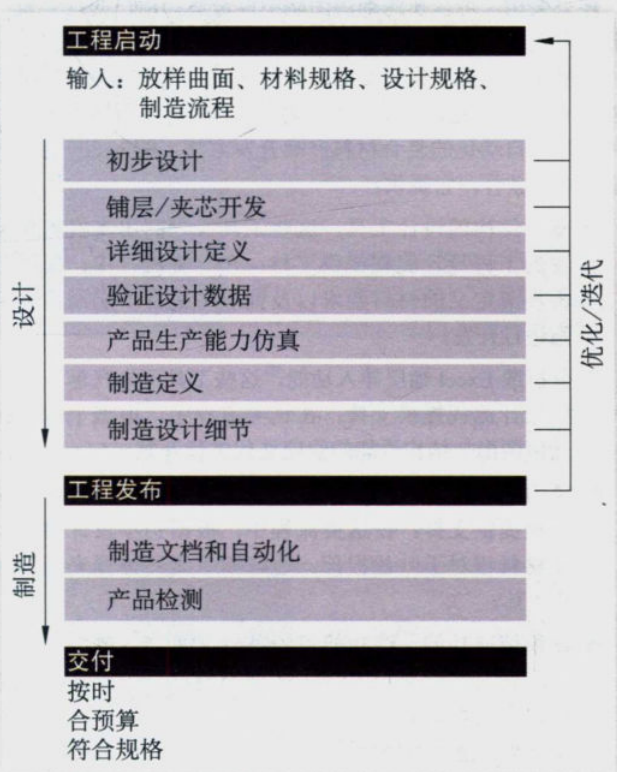


图 1-1

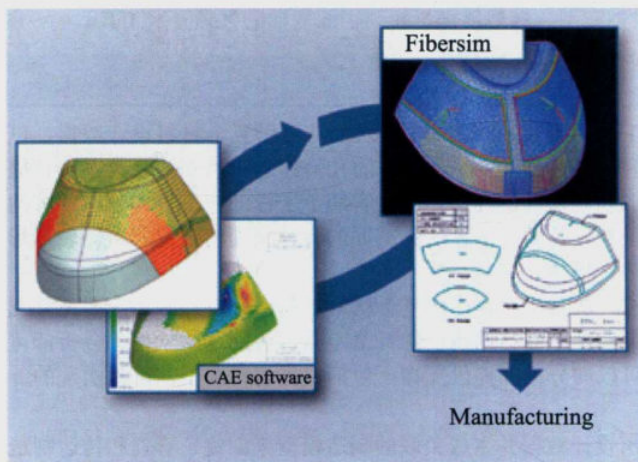


图 1-2

2. 铺层/夹芯开发

要想高效、准确地开发铺层或夹芯，需深入了解用于创建复合材料产品的协同设计流程。根据在商用航空、汽车、国防、船舶、风能及其他行业 20 多年的经验，我们深知“一刀切”方法不适用于复合材料。利用 Fibersim 的开放式体系架构，可以在跨部门团队中以最适合用户的行业及产品的方式共享数据。

例如，飞机机翼的蒙皮、汽车 B 柱、风力涡轮叶片以及喷气式发动机风扇叶片全都需要在三维 CAD 环境中采用一种高效且自动化的复合材料产品开发方法。Fibersim 为此创造了有利条件，它提供：

- 基于结构的设计工具，这些工具可为商用飞机机翼蒙皮的工程设计流程提供支持；在这类流程中，根据分析环节定义的材料要求以及铺层与配合下层结构的关系进行开发。
- 分析或 Excel 铺层导入功能，这些工具可为汽车 B 柱工程设计流程提供支持；在这类流程中，根据平衡产品几何图形与结构性能的快速迭代进行开发。
- 风力涡轮叶片设计工具，这些工具可为涡轮叶片开发流程提供支持；在这类流程中，根据初步设计数据以及材料相对于叶片根部、边缘和尖端的位置来开发叶片壳体。
- 体积填充功能，该功能可为喷气式发动机风扇叶片的产品开发过程提供支持；在这类流程中，根据分析环节定义的材料要求以及高压与低压气动表面间的体积填充需求进行开发。

要支持在设计期间快速进行变更，需要以一致的方式定义和管理多达 150 个属性，如材料类型、机械属性、角度、宽度、厚度、重量、成本和铺叠秩序等。在整个迭代开发周期内实时跟踪这些属性的变化情况不仅枯燥无味而且容易出错。Fibersim 通过在开发期间生成

属性来确保准确性，并提供了全套的组织和修改功能，管理功能和材料数据库可确保属性在整个组织范围内一致地进行分配。

Fibersim 的 Excel 导入功能可根据导入的 Excel 表格（其中包含铺层名称、材料、角度和 CAD 铺层边界名称）创建所有铺层。在 Fibersim 中突出显示的铺层将显示在 CAD 模型中。铺层用蓝（0°）、绿（45°）、黄（90°）、红（-45°）加以表示，如图 1-3 所示。

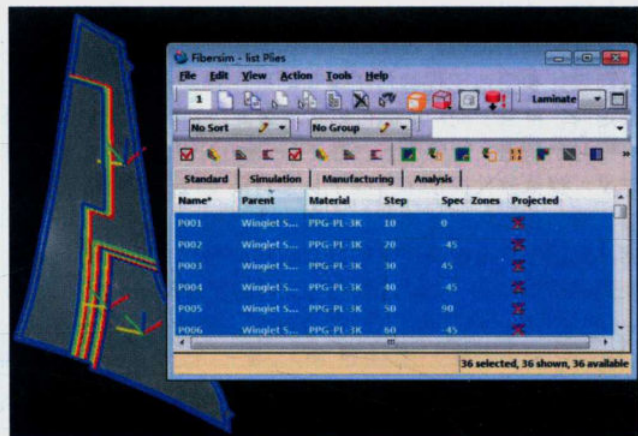


图 1-3

Fibersim 基于区域的功能可为零件的特定部位（称作“区域”）定义材料规格。在 Fibersim 中突出显示的区域将以用户定义的颜色显示在 CAD 模型中，并注有指示区域名称、区域厚度、铺层数目和规格的文本，如图 1-4 所示。

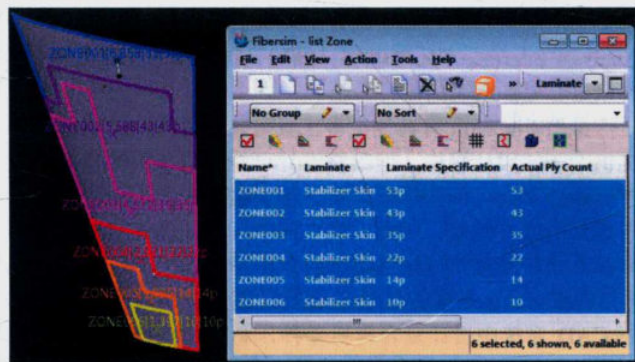


图 1-4

3. 详细设计定义

Fibersim 通过纳入工程规范和标准自动完成详细设计。各种各样的工程规范和标准都要求创建详细设计定义，包括丢层位置和轮廓、铺层拐角处理以及特征或组件关系。在整个开发过程中会反复变更，因此很难确保符合这一要求。Fibersim 通过将规范和标准（包括铺层丢层、外伸轮廓、堆叠等）纳入设计中来帮助用户符合工程要求，从而自动创建设计细节及关联的几何图形，如铺层边界和偏置曲面。

用户需要管理装配体组件和复合材料特征关系，以确保工程要求得到满足。例如，规范可能会要求铺层丢层以特定方式进行偏置。Fibersim 可直接纳入这些关系以确保符合规范。

由于复合材料特征数量庞大，因此在变更过程中很容易在不经意间违反标准和规范。Fibersim 通过识别受影响特征并修改属性或关联的几何图形，消除了出错的风险，减少了枯燥无味的工作。用户只需修改规范或标准，将受影响的复合材料特征和几何图形的修改工作留给 Fibersim 完成。

- 借助 Fibersim 区域过渡功能，可以通过使用外伸形状或将铺层拖放到相应铺层边界来自动创建理想的丢层轮廓，如图 1-5 所示。

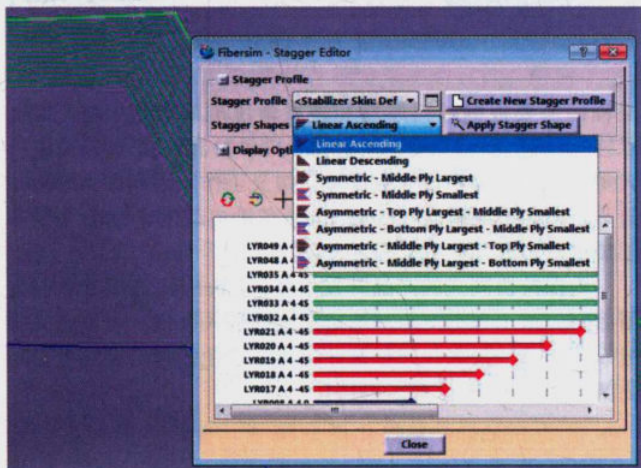


图 1-5

- 在 Fibersim 中，通过利用其可即时更新铺层边界的直观界面，修改拐角就像选择理想的倒角或形状一样简单，如图 1-6 所示。

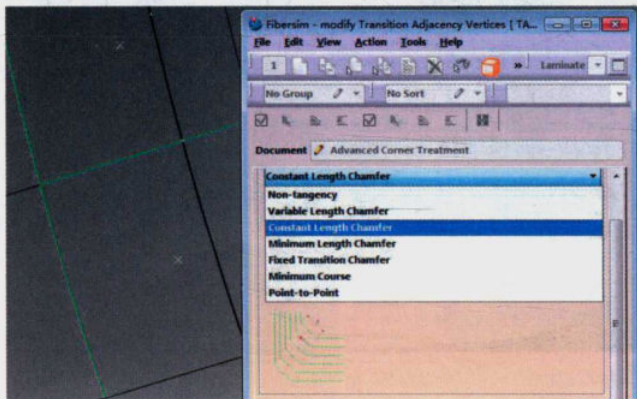


图 1-6

4. 验证设计数据

Fibersim 将对照自动生成的文档进行验证设计。设计验证在协同式产品开发过程中十分关键，标准、规范和属性的

设计变更会带来不能满足产品要求和无法达到目标的风险，需了解复合材料特征、层压板及装配体关系才能对每个方面进行评审。在验证期间，通过参照工程文档可以了解复合材料细节，包括丢层轮廓、铺层秩序及铺层材料。Fibersim 可帮助自动创建相交截面、注释和夹芯样本，在发生变更时它们可以更新，从而确保设计得到准确反映。Fibersim 的夹芯取样功能可以提供更为深入的细节（如铺层厚度变更、纤维偏差、均衡和对称性），这些细节对于确保产品质量而言弥足珍贵。

在验证期间，了解层压板的重量和成本对做出去留决定十分关键。Fibersim 可即时提供层压板的重量和成本（包括固化后的流程），从而可在评审期间提供最准确的信息。

装配体关系（如总布置和冲突检测）也是设计验证环节的一个重要方面。Fibersim 可自动创建表面和实体表示形式，工程师可通过这些表示形式检测装配体组件之间的冲突，确保满足总布置要求。

- Fibersim 相交截面是自动使用按键式操作创建的，并与设计相关联，从而无须再手动操作且可确保准确性，如图 1-7 所示。

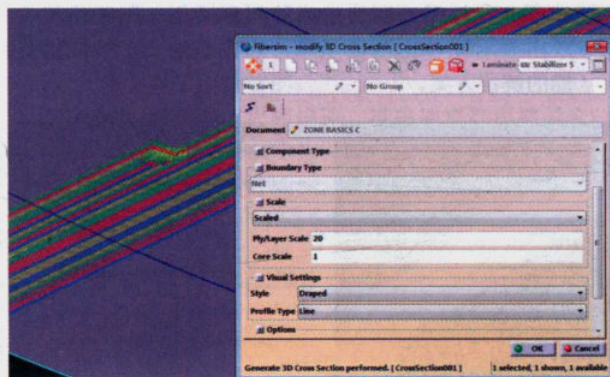


图 1-7

- 利用 Fibersim 的爆炸式层压板和注释功能，可以即时创建铺层的表面表示形式和注释，它们可以随着设计的变更而更新。铺层用蓝（0°）、绿（45°）、黄（90°）、红（-45°）加以表示，如图 1-8 所示。

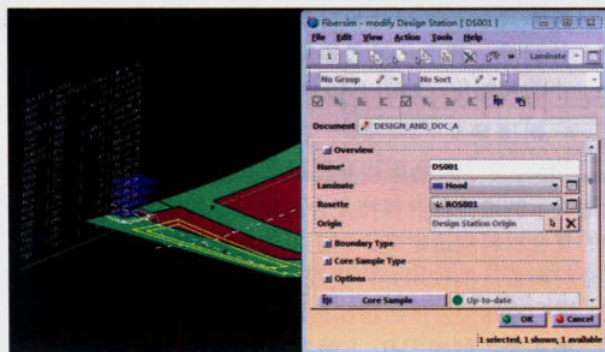


图 1-8

5. 产品生产能力仿真

Fibersim 具有无可比拟的仿真和生产优化功能。在制造期间了解材料如何顺应零件形状对于生产高质量的复合材料产品至关重要。Fibersim 提供了无可比拟的功能来帮助工程师权衡材料、形状和制造流程方面的决策,以打造优化的产品。

借助 Fibersim,可以在参照制造流程(如手工铺覆或多级铺覆、纤维控制、成形和自动铺丝或者铺带)的情况下对材料(如织物、单向带、丝束或多轴向织物)进行仿真。与众不同的是,这种仿真使用实际的三维零件几何图形来提供最准确的反馈。仿真可以按铺层逐个进行或全部同时进行,通过有颜色对应关系的可视化效果图快速提供反馈,图中显示了纤维变形或偏差、剪切和纤维屈曲超出了可接受限度的位置。可以将真实纤维走向传送到 CAE 软件,以便分析师优化零件。

进行自动铺带和自动铺丝时,需注意最小材料宽度以及最小切削长度/角/宽度等机器特征。Fibersim 中集成的机器数据库和路线质询功能可提供反馈来确保面向自动化制造的设计可交付生产。

- 利用 Fibersim 脊柱型仿真,可以找出因制造期间的零件弯曲和纤维控制而造成的局部变形(以红色和黄色突出显示),如图 1-9 所示;它也是唯一一款提供此功能的解决方案。

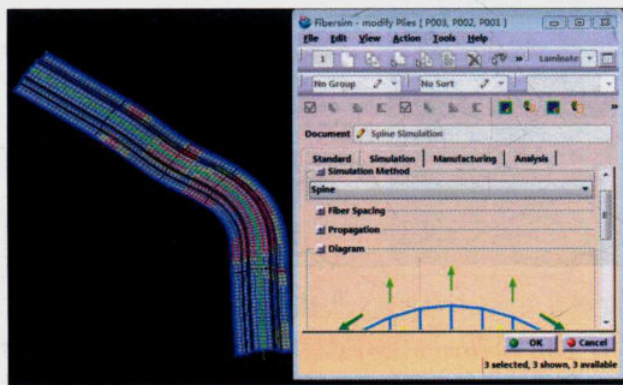


图 1-9

- 借助 Fibersim 机器数据库及其路线质询检测仿真,可以发现因自动铺丝和自动铺带机器的特征而造成的设计问题,其中包括最短路线(以红色突出显示)和较小的切削角,如图 1-10 所示。

6. 制造定义

Fibersim 可自动生成复合材料制造定义和工装。为了正确地表示制造流程并保持复合材料设计的完整性,需要有独特的复合材料制造定义。制定妥善的制造定义困难重重,从复合材料设计的使用到内模线(IML)工装的创建,莫不如此。这些难题会带来出错和延误上市时间的风险。

事实上,创建 IML 工装常常是最大的难题。由于复合材料零件外模线(OML)的工程定义通常都已完成,因此

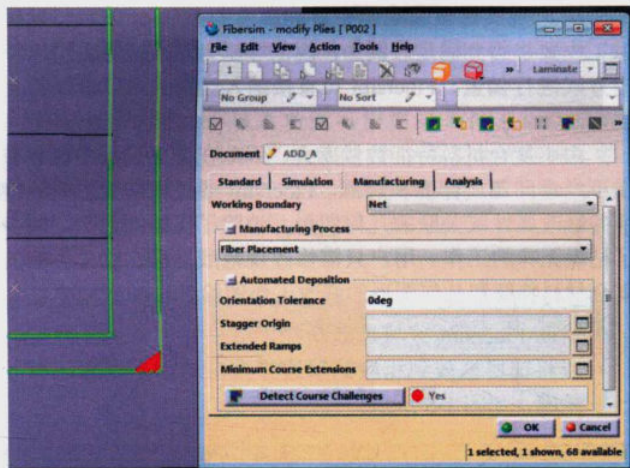


图 1-10

工程师需要根据材料厚度和丢层情况准确表示 IML 工装。以往,创建复合材料制造表示形式(如 IML 工装)需进行大量的手工计算和设计数据重新定义工作,因而常常导致工装不正确并引入错误。Fibersim 可帮助自动创建 IML 工装和工装表示形式并使用工程定义。

为保持协同式的产品开发过程,Fibersim 在设计数据使用后后会保留工程定义与制造定义之间的关联性。可以定义制造设计细节,跟踪并共享设计变更,以便任一设计都可自动更新。

- 借助 Fibersim 参数化曲面偏置功能,可以轻松创建 IML 工装(正切曲面),并随着设计变更对它进行更新。蒙皮传输功能可自动将铺层从设计定义(蓝色、黄色、绿色和红色曲线)传输到制造模型,如图 1-11 所示。

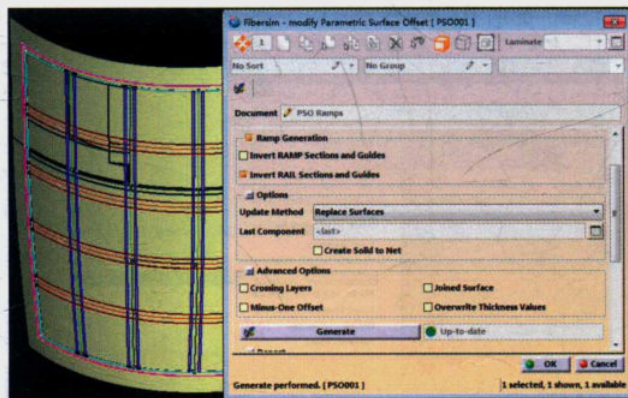


图 1-11

- 借助 Fibersim,可以通过自动生成阶形实体(灰色)表示形式来快速评估总布置和冲突,如图 1-12 所示。

7. 制造设计细节

Fibersim 成就可提高生产率的面向制造的复合材料设

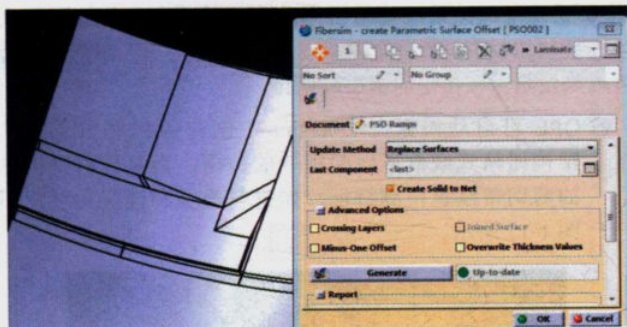


图 1-12

计。为确保产品达到规格和成本目标，在投入制造前，工程师必须解决生产问题。坐等问题解决可能会增加生产用时、人力成本和废料量，从而不能充分发挥使用复合材料的优势。Fibersim 通过用制造设计细节来更新设计，解决了这些难题并保持协同式的产品开发过程。

在铺层前解决材料的变形、偏差和纤维屈曲问题可缩短接触时间并提高产量。Fibersim 通过灵活且自动化的拼接和剪口功能来做到这一点。通过纳入规范（包括交错对接、搭接、无拼接区域和无剪口区域），有助于自动完成创建过程并确保要求得到满足。

用户需要在设计中解决自动铺覆机器特征（如最短切削路径和辊筒高度行程）所存在的问题，以确保达到最优的机器运转速度和生产率。最短切削路径限制要求向铺层边界添加材料（通常在路径规划软件中手动添加或者在制造过程中用手添加）。辊筒高度行程限制可能会导致零件的“悬崖”边缘出现材料变形，通常通过停止机器，然后手动补匀零件边缘来解决此问题。Fibersim 可自动辨别设计是否满足自动化制造要求，并实施铺层边界调整来保持准确的工程和制造定义。

- Fibersim 提供了解决制造难题的自动化方法。在查看材料变形情况时会创建在折弯中显示为两条蓝色曲线的剪口，如图 1-13 所示。

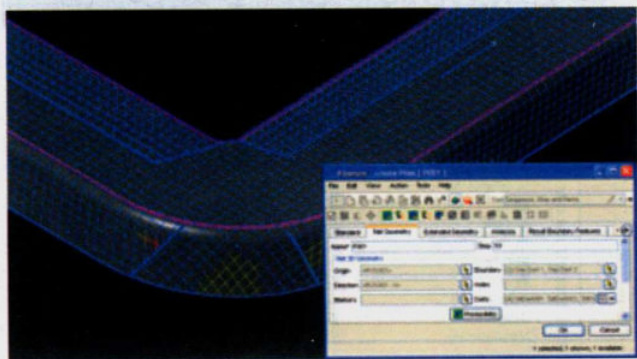


图 1-13

- Fibersim 最短路线实用程序可自动识别需要添加材料的拐角，以确保在自动铺丝期间可以铺叠最短路线，如图 1-14 所示。

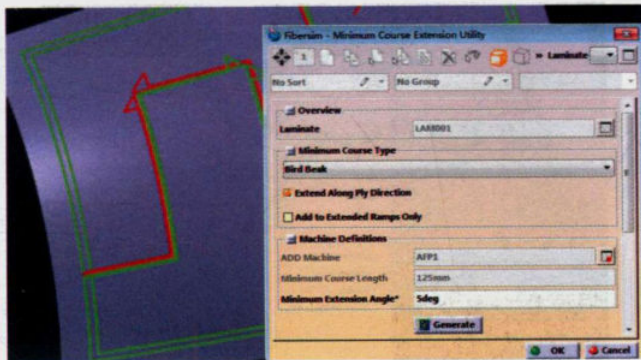


图 1-14

8. 制造文档和自动化

Fibersim 可生成准确的设计数据交付给制造车间。要以最低成本打造出品质最佳的产品，需制定可重复的制造流程，可以通过使用准确的信息、消除二义性并更多地使用流程自动化来实现这一点。

可以通过消除铺层模板的手动创建和数字化环节、纳入激光辅助铺层方法以及编制可消除二义性的流程文档来确保手工铺覆制造流程的可重复性。自动铺带和自动铺丝可确保可重复性并消除二义性，但用于路径规划和后期生成的复合材料定义常常是手动创建的。

Fibersim 可帮助工程师快速、准确地直接根据复合材料制造表示形式创建文档和数据，从而确保文档和自动化生产系统数据始终是最新且准确的。

- Fibersim 可生成手工铺覆所需的铺层指导书，这种文档通过显示铺层流程来确保可重复性和零件质量，如图 1-15 所示。

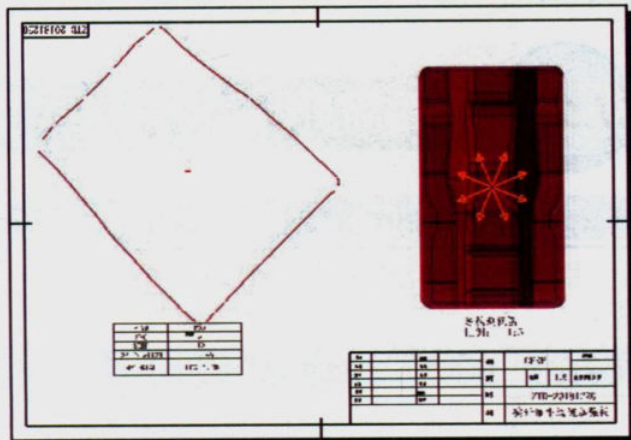


图 1-15

- Fibersim 制造接口支持各种制造流程，包括自动化切削、自动铺丝、自动铺带和激光投影，如图 1-16 所示。

9. 产品检测

Fibersim 可验证复合材料零件是否符合规范。检测是

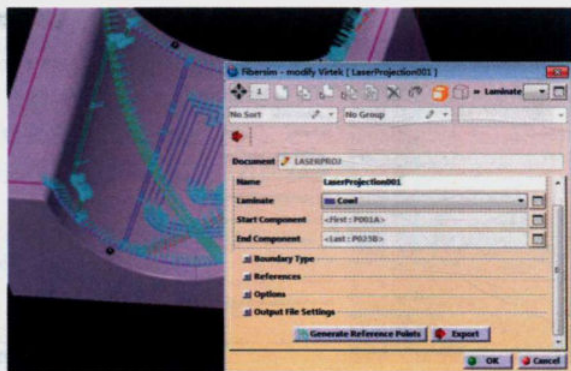


图 1-16

复合材料产品认证流程中的一个关键环节。首件产品检测计划和自动化检测可确保准确执行检测流程。Fibersim 可与 Siemens PLM Software 出品的用来制定飞机结构质量评估计划的 Quality Planning Environment (QPE) 软件搭配使用时, 用来生成质量规划并推进用来执行检测的自动化铺层验证系统。

工程师可以将 Fibersim 复合材料数据导入到 QPE 中, 然后用标准的检测格式来排列这些数据。QPE 随后便会完成质量规划的其他部分, 如待检查项的尺寸、注释和标识。QPE 将检测计划存储在关联的质量模型中, 需要时工程师可以用标准检测计划格式将其导出。另外, 工程师也可以将 XML 格式的导出内容导入到计算机辅助流程规划 (CAPP) 系统中。

要生产出最佳质量的复合材料产品, 在制造流程中材料、角度、位置和顺序都必须正确无误。所需的检测是一个耗时且成本高昂的手动过程。Fibersim 通过在检测期间直接使用设计数据, 为打造高效的自动化铺层验证 (APV) 系统提供支持。工程师可以将 Fibersim 复合材料定义导入到

APV 系统中, 该系统使用极为准确、手动定位的检测器来验证铺层边界、位置、材料类型和纤维走向是否在指定的公差内以及是否按指定的铺层顺序排列。

- QPE 可自动根据在 Fibersim 中创建的铺层信息或从结构树格式或数据库中提取的数据, 为复合材料机身的剪切带创建检测特征, 如材料类型和铺层角度, 如图 1-17 所示。

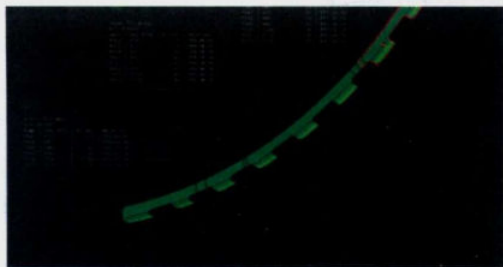


图 1-17

- 定义层压板设计特征的尺寸、公差和注释纳入到 QPE 中加以使用, 从而提供一整套固化前和固化后检测要求, 如图 1-18 所示。



图 1-18

1.2

界面简介


1.2.1 Fibersim 的模块列表

主界面将由一种特定的形式组成, 这取决于当前许可的模块, 如图 1-19 所示。

1.2.2 关于 Fibersim 的图标

本节介绍一下用户将使用到的作为 Fibersim 产品一部分的图标, 如表 1-1 所示。

1.2.3 如何启动 Fibersim

单击  (Fibersim) 启动 Fibersim。如果在屏幕中找不到 Fibersim 图标, 先确保 SES 应用程序工具条为显示状态。

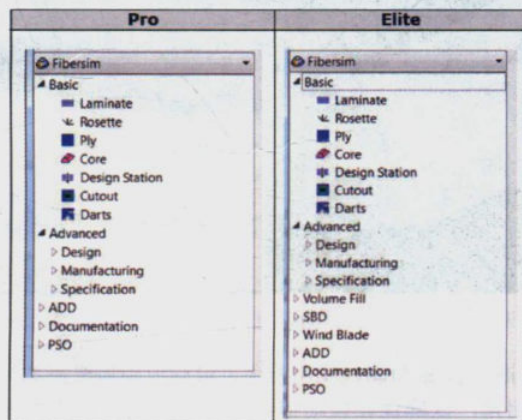


图 1-19