



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 38928—2020

---

## 民用飞机复合材料设计模型制造数据定义

Manufacturing data definition of civil aircraft composite part design model

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国航空器标准化技术委员会(SAC/TC 435)提出并归口。

本标准起草单位:中国航空综合技术研究所、哈尔滨飞机工业集团有限责任公司、合肥江航飞机装备有限公司、中国航空工业沈阳飞机设计研究所。

本标准主要起草人:李学常、刘忠超、张永凯、夏晓理、夏冰、杨报、吴灿辉、张明、刘畅、赵文涛。

# 民用飞机复合材料设计模型制造数据定义

## 1 范围

本标准规定了民用飞机复合材料设计模型定义制造数据的基本流程、技术要求(包括制造模型生成、制造模型分析和制造数据存储)。

本标准适用于民用飞机自动下料手工铺叠工艺复合材料零部件生产制造前的数据准备工作。

## 2 术语、定义和缩略语

### 2.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 2.1.1

**制造数据定义 manufacturing data definition**

由设计数据派生出的用于模拟验证制造可行性的数据集合。

注：对于复合材料件，主要指的是制造铺层数据、铺层分析数据、铺层平整数据等。

### 2.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CATIA:计算机辅助三维应用交互(computer aided tri-dimensional application interface)

PDM:产品数据管理(product data management)

EEOP:零件工程边界,又称净边界(engineering edge of part)

MEOP:零件制造边界,又称制造边界(manufacturing edge of part)

MDM:制造数据管理(manufacturing data management)

## 3 基本流程

基于设计部门创建的包含有铺层定义信息的复合材料设计模型,通过生成复合材料制造模型,可为复合材料的制造工艺性进行验证,并为后续制造执行工作提供指导。

民用飞机复合材料制造数据定义流程见图 1,基于 CATIA V5 的复合材料设计模型制造数据定义的示例参见附录 A。

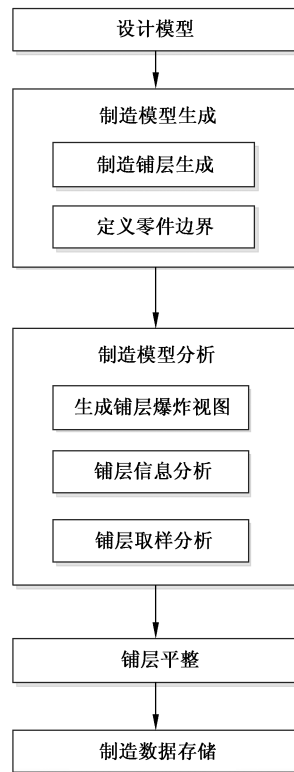


图 1 民用飞机复合材料设计模型制造数据定义流程

## 4 技术要求

### 4.1 制造模型生成

民用飞机复合材料制造模型的生成过程应包括：

- a) 制造铺层生成：考虑到制造约束(如回弹效应、切边等)，可通过曲面转换将制造铺层转换到另一曲面。根据最终曲面和制造流程，曲面转换有以下 4 种方式：
- 1) 投影转换——相对于制造曲面进行正交投影，如图 2 所示；
  - 2) 平移转换——相对于工程曲面进行正交平移，如图 3 所示；
  - 3) 展开转换——转换到特定的展开曲面，展开曲面可由其他功能模块创建，如图 4 所示；
  - 4) 包络曲线转换——基于选定的包络曲线，将铺层曲面转换到考虑到变形的目标曲面(从参考面到目标面)，如图 5 所示。

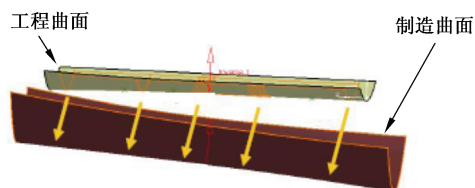


图 2 投影转换

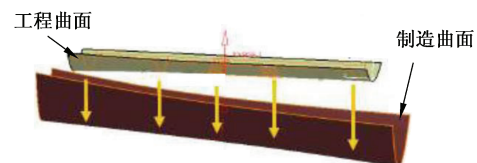


图 3 平移转换

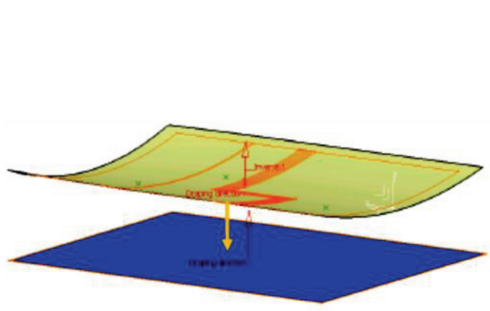


图 4 展开转换

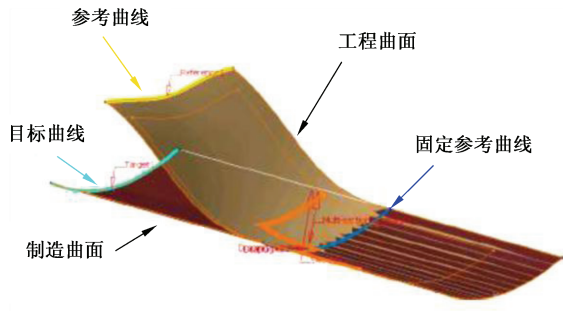


图 5 包络曲线转换

- b) 定义零件边界:将制造铺层转换到正确的曲面上后,考虑切边的影响而对其进行扩展延伸,即将铺层从 EEOP 扩展延伸到 MEOP,如图 6 所示。

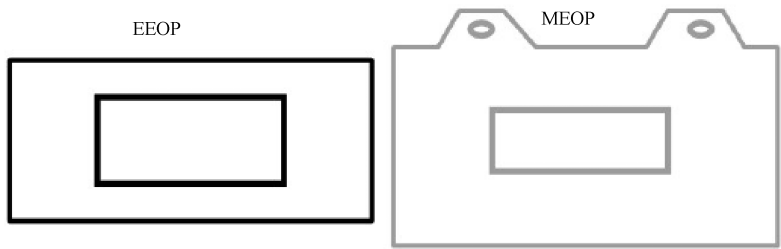


图 6 EEOP 与 MEOP 轮廓

4.2 制造模型分析

民用飞机复合材料制造模型分析应满足以下要求:

- a) 将铺层生成爆炸视图,即每一铺层以平移曲面的形式显示,以便在一定比例下以很好的视角观察铺层,也可以此创建铺层横截面文本,如图 7 所示;
- b) 对模型进行铺层数值计算,以便观察和记录每一铺层的属性;
- c) 通过对复合材料零件上任何一点进行扫描以获取铺层信息,包括铺层的数量、材料、堆栈顺序等。

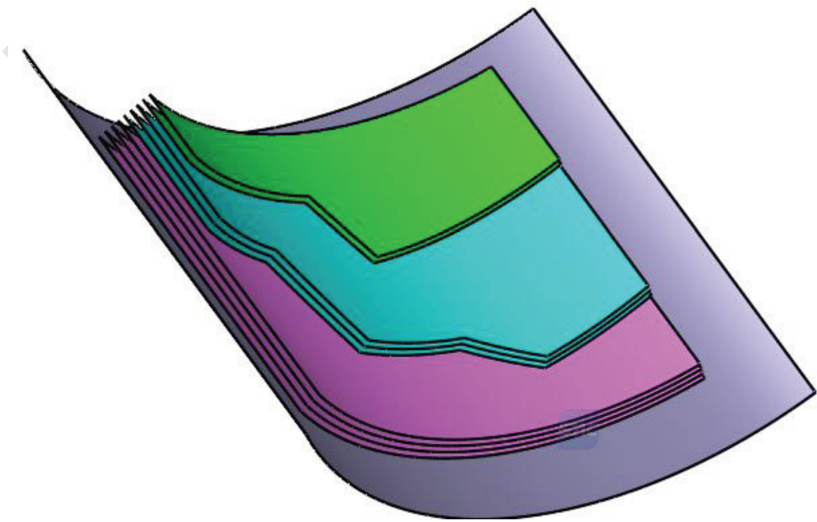


图 7 铺层爆炸视图

#### 4.3 铺层的平整化

应对复合材料制造铺层轮廓在所选取的平面上进行平整化,平整化分为两类:

- a) 材料旋转:铺层围绕其纤维方向进行旋转;
- b) 展开装配:无旋转平整铺层。

#### 4.4 制造数据存储

制造数据应以独立的模型存储,且与设计模型保有链接,相关文件应保存到 MDM 系统中,保存方法主要有两类:

- a) 设计模型副本和制造模型保存到 MDM 系统;
- b) 制造模型保存到 MDM 系统,但与 PDM 系统中的设计模型保持链接。

附录 A

(资料性附录)

基于 CATIA V5 的复合材料设计模型制造数据定义示例

A.1 设计模型

以复合材料组合件建模的某型机蒙皮为例,其设计模型和铺层信息表如图 A.1 所示。

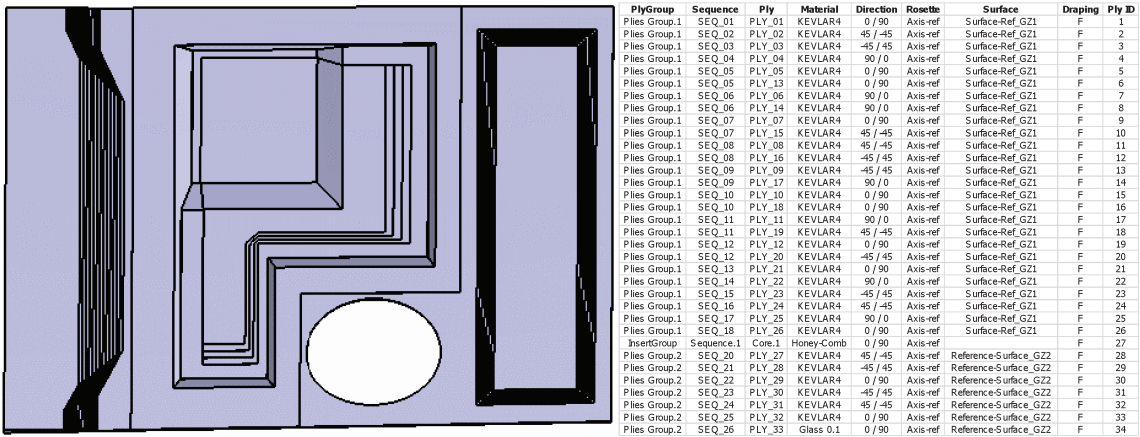


图 A.1 某型机复合材料蒙皮设计模型和铺层信息表

A.2 制造模型生成

基于设计模型铺层信息,通过投影、平移等方式生成复合材料制造铺层,如图 A.2 所示。制造模型与设计模型保持有链接,且能同步更新。

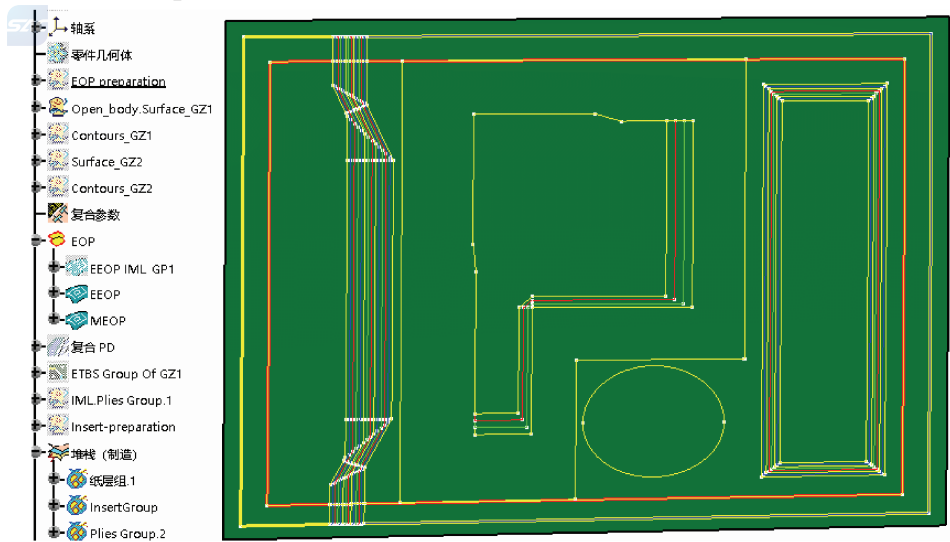


图 A.2 复合材料制造铺层

A.3 制造模型分析

将蒙皮铺层生成爆炸视图,如图 A.3 所示;对模型进行铺层信息分析生成蒙皮铺层表,如图 A.4 所示;对模型特定位置进行蒙皮铺层样本分析,如图 A.5 所示。

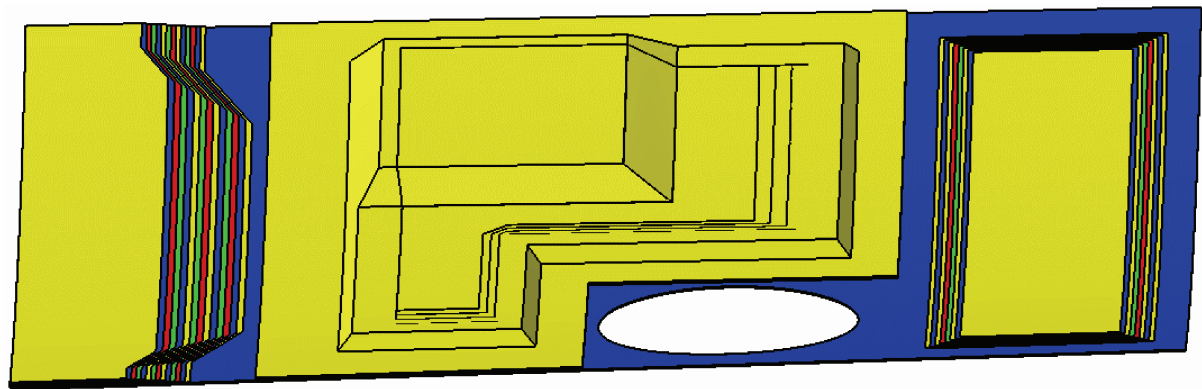


图 A.3 蒙皮铺层爆炸视图

Sequence	Ply/Insert Name	Material	Direction	Area(m2)	Volume(m3)	Volumic Mass(kg)	Aerial Mass(kg)	Center Of Gravity - X(mm)	Center Of Gravity - Y(mm)	Center Of Gravity - Z(mm)	Cost
SEQ_01	PLY_01	Carbon 0.27	0 / 90	0.402687	0.000108726	0.163088	0.114766	11939.1	-833.63	448.301	1.87552
SEQ_02	PLY_02	Carbon 0.27	45 / -45	0.402687	0.000108726	0.163088	0.114766	11939.1	-833.63	448.301	1.87552
SEQ_03	PLY_03	Carbon 0.27	-45 / 45	0.402687	0.000108726	0.163088	0.114766	11939.1	-833.63	448.301	1.87552
SEQ_04	PLY_04	Carbon 0.27	90 / 0	0.402687	0.000108726	0.163088	0.114766	11939.1	-833.63	448.301	1.87552
SEQ_05	PLY_05	Carbon 0.27	0 / 90	0.0735401	1.99E-05	0.0297837	0.0209589	11664.8	-838.657	440.057	0.342513
SEQ_05	PLY_13	Carbon 0.27	0 / 90	0.0772332	2.09E-05	0.0312795	0.0220115	12228.5	-845.375	449.438	0.359714
SEQ_06	PLY_06	Carbon 0.27	90 / 0	0.0695844	1.88E-05	0.0281817	0.0198316	11664.8	-838.747	440.205	0.324089
SEQ_06	PLY_14	Carbon 0.27	90 / 0	0.0752288	2.03E-05	0.0304677	0.0214402	12230.3	-845.391	449.459	0.350378
SEQ_07	PLY_07	Carbon 0.27	0 / 90	0.0657007	1.77E-05	0.0266088	0.0187247	11664.8	-838.837	440.351	0.306001
SEQ_07	PLY_15	Carbon 0.27	45 / -45	0.0732122	1.98E-05	0.029651	0.0208655	12232	-845.406	449.48	0.340986
SEQ_08	PLY_08	Carbon 0.27	45 / -45	0.061889	1.67E-05	0.0250651	0.0176384	11664.8	-838.926	440.495	0.288248
SEQ_08	PLY_16	Carbon 0.27	-45 / 45	0.0711835	1.92E-05	0.0288293	0.0202873	12233.8	-845.421	449.5	0.331537
SEQ_09	PLY_09	Carbon 0.27	-45 / 45	0.0581493	1.57E-05	0.0235505	0.0165726	11664.8	-839.013	440.638	0.27083
SEQ_09	PLY_17	Carbon 0.27	90 / 0	0.0691425	1.87E-05	0.0280027	0.0197056	12235.5	-845.435	449.519	0.322031
SEQ_10	PLY_10	Carbon 0.27	0 / 90	0.0544816	1.47E-05	0.022065	0.0155273	11664.8	-839.1	440.779	0.253748
SEQ_10	PLY_18	Carbon 0.27	0 / 90	0.0670893	1.81E-05	0.0271712	0.0191204	12237.3	-845.449	449.539	0.312468
SEQ_11	PLY_11	Carbon 0.27	90 / 0	0.0508859	1.37E-05	0.0206088	0.0145025	11664.7	-839.186	440.919	0.237001
SEQ_11	PLY_19	Carbon 0.27	45 / -45	0.0650239	1.76E-05	0.0263347	0.0185318	12239.1	-845.463	449.557	0.302849
SEQ_12	PLY_12	Carbon 0.27	0 / 90	0.0473622	1.28E-05	0.0191817	0.0134982	11664.7	-839.27	441.057	0.220589
SEQ_12	PLY_20	Carbon 0.27	-45 / 45	0.0629463	1.70E-05	0.0254933	0.0179397	12240.9	-845.477	449.576	0.293172
SEQ_13	PLY_21	Carbon 0.27	0 / 90	0.0608565	1.64E-05	0.0246469	0.0173441	12242.7	-845.491	449.593	0.283439
SEQ_14	PLY_22	Carbon 0.27	90 / 0	0.0587545	1.59E-05	0.0237956	0.016745	12244.5	-845.504	449.611	0.273649
SEQ_15	PLY_23	Carbon 0.27	-45 / 45	0.0566403	1.53E-05	0.0229393	0.0161425	12246.3	-845.517	449.628	0.263802
SEQ_16	PLY_24	Carbon 0.27	45 / -45	0.0545139	1.47E-05	0.0220781	0.0155365	12248.2	-845.53	449.644	0.253899
SEQ_17	PLY_25	Carbon 0.27	90 / 0	0.0523754	1.41E-05	0.021212	0.014927	12250	-845.542	449.66	0.243938
SEQ_18	PLY_26	Carbon 0.27	0 / 90	0.0502246	1.36E-05	0.0203409	0.014314	12251.9	-845.554	449.675	0.233921
Sequence.1	Core.1	Honey-Comb	0 / 90	0.238996	0.00158058	0.075868	0	11968.9	-771.515	478.865	0.531076
SEQ_20	PLY_27	Carbon 0.27	45 / -45	0.201507	5.44E-05	0.0816102	0.0574294	11970.4	-803.355	457.321	0.938517
SEQ_21	PLY_28	Carbon 0.27	-45 / 45	0.201507	5.44E-05	0.0816102	0.0574294	11970.4	-803.355	457.321	0.938517
SEQ_22	PLY_29	Carbon 0.27	0 / 90	0.0726181	1.96E-05	0.0294103	0.0206962	11952.8	-783.886	464.324	0.338219
SEQ_23	PLY_30	Carbon 0.27	-45 / 45	0.067869	1.83E-05	0.0274869	0.0193427	11956.8	-779.881	466.39	0.3161
SEQ_24	PLY_31	Carbon 0.27	45 / -45	0.0632948	1.71E-05	0.0256344	0.018039	11960.8	-775.855	468.4	0.294796
SEQ_25	PLY_32	Carbon 0.27	0 / 90	0.0588957	1.59E-05	0.0238527	0.0167853	11964.8	-771.808	470.347	0.274307
SEQ_26	PLY_33	Glass 0.1	0 / 90	0.201507	2.02E-05	0.0251883	0.0503767	11970.4	-803.355	457.321	0.212841

图 A.4 蒙皮铺层表



Reference Geometry	Ply Group	Sequence	Ply/Insert	Material	CS.1	CS.2	CS.3
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_01	PLY_01	Carbon 0.27	0 / 90	0 / 90	0 / 90
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_02	PLY_02	Carbon 0.27	45 / -45	45 / -45	45 / -45
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_03	PLY_03	Carbon 0.27	-45 / 45	-45 / 45	-45 / 45
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_04	PLY_04	Carbon 0.27	90 / 0	90 / 0	90 / 0
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_05	PLY_05	Carbon 0.27	0 / 90		
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_05	PLY_13	Carbon 0.27		0 / 90	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_06	PLY_06	Carbon 0.27	90 / 0		
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_06	PLY_14	Carbon 0.27		90 / 0	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_07	PLY_07	Carbon 0.27	0 / 90		
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_07	PLY_15	Carbon 0.27		45 / -45	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_08	PLY_08	Carbon 0.27	45 / -45		
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_08	PLY_16	Carbon 0.27		-45 / 45	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_09	PLY_09	Carbon 0.27	-45 / 45		
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_09	PLY_17	Carbon 0.27		90 / 0	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_10	PLY_10	Carbon 0.27	0 / 90		
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_10	PLY_18	Carbon 0.27		0 / 90	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_11	PLY_11	Carbon 0.27	90 / 0		
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_11	PLY_19	Carbon 0.27		45 / -45	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_12	PLY_12	Carbon 0.27	0 / 90		
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_12	PLY_20	Carbon 0.27		-45 / 45	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_13	PLY_21	Carbon 0.27		0 / 90	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_14	PLY_22	Carbon 0.27		90 / 0	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_15	PLY_23	Carbon 0.27		-45 / 45	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_16	PLY_24	Carbon 0.27		45 / -45	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_17	PLY_25	Carbon 0.27		90 / 0	
Surface-Ref_GZ1	Plies Group.1	SEQ_18	PLY_26	Carbon 0.27		0 / 90	
Body_Insert	InsertGroup	Sequence.1	Core.1	Honey-Comb			0 / 90
Reference-Surface_GZ2	Plies Group.2	SEQ_20	PLY_27	Carbon 0.27			45 / -45
Reference-Surface_GZ2	Plies Group.2	SEQ_21	PLY_28	Carbon 0.27			-45 / 45
Reference-Surface_GZ2	Plies Group.2	SEQ_22	PLY_29	Carbon 0.27			0 / 90
Reference-Surface_GZ2	Plies Group.2	SEQ_23	PLY_30	Carbon 0.27			-45 / 45
Reference-Surface_GZ2	Plies Group.2	SEQ_24	PLY_31	Carbon 0.27			45 / -45
Reference-Surface_GZ2	Plies Group.2	SEQ_25	PLY_32	Carbon 0.27			0 / 90
Reference-Surface_GZ2	Plies Group.2	SEQ_26	PLY_33	Glass 0.1			0 / 90
		DIR	0 / 90	0	5	5	5
		DIR	45 / -45	45	2	4	3
		DIR	-45 / 45	-45	2	4	3
		DIR	90 / 0	90	3	5	1
				Total crossed entities:	12	18	12
				Thickness (mm):	3.24	4.86	27.8
Core Sample Points	X	Y	Z				
CS.1	11 668.6 mm	-769.966 mm	488.617 mm				
CS.2	12 255.7 mm	-771.573 mm	500.485 mm				
CS.3	11 988.5 mm	-731.754 mm	515.351 mm				

图 A.5 蒙皮铺层样本分析

A.4 铺层平整

通过材料旋转和展开装配等方式将制造蒙皮铺层在所选取平面上进行平整,如图 A.6 所示。

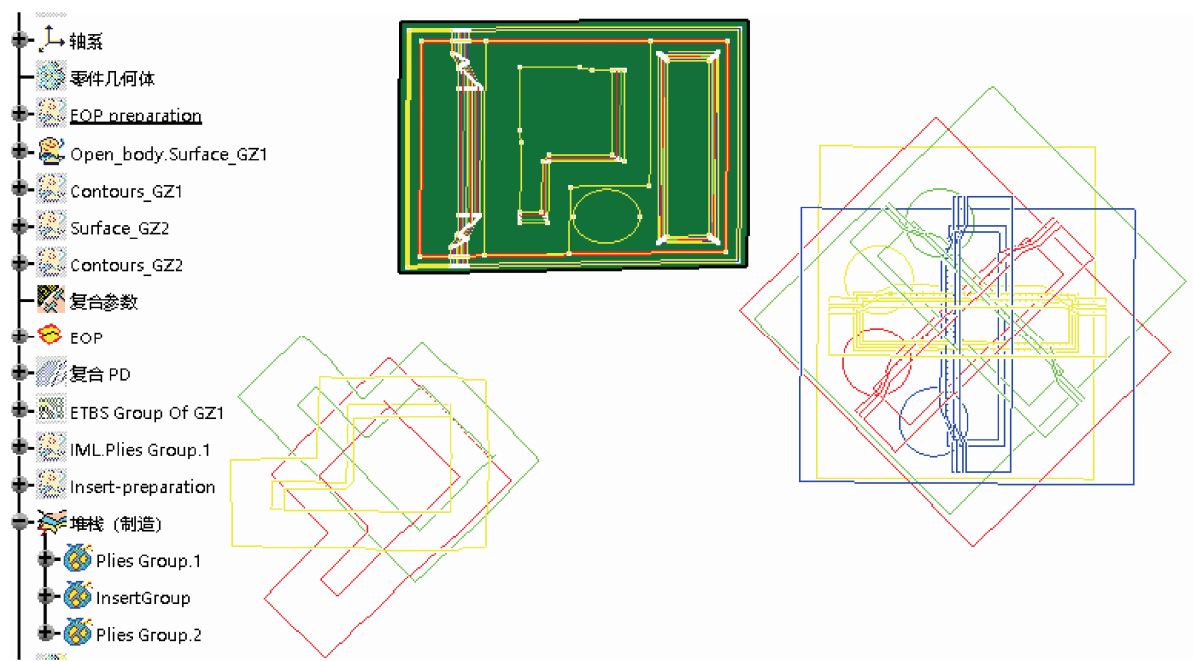


图 A.6 蒙皮铺层平整结果

\_\_\_\_\_