

空中客车及麦道飞机 复合材料结构修理

主 编 黄传奇
副主编 沈 俭 张忠华 郭开斌



中国民航出版社

空中客车及麦道飞机 复合材料结构修理

主编 黄传奇
副主编 沈俭 张忠华 郭开斌
主审 乔新
副主审 沈荣仁 杨旭 李念春

中国民航出版社

图书在版编目(CIP)数据

空中客车及麦道飞机复合材料结构修理/黄传奇主编。
北京:中国民航出版社, 1996.9
ISBN 7-80110-113-8

I. 空... II. 黄... III. 旅客机, 空中客车及麦道-飞机构件, 复合材料-维修
IV · V267

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 14367 号

空中客车及麦道飞机复合材料结构修理

主编 黄传奇
副主编 沈俭 张忠华 郭开斌
主审 乔新
副主审 沈荣仁 杨旭 李念春

*

中国民航出版社出版发行
(北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼)
— 邮政编码 100028 —
南京东航印刷厂印装

*

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 15.75 字数: 380 千字
1996 年 9 月第 1 版 1996 年 9 月第 1 次印刷 印数 1-1000 册

ISBN 7-80110-113-8/V · 055 定价: 38.00 元

前 言

随着大量现代运输飞机投入我国民航使用，飞机的维修量越来越大。复合材料结构由于其重量轻、强度好、不易腐蚀等特点，在现代民用运输机中得到大量采用，如波音 777 占到结构总重的 11%（9900 公斤）、空中客车 A300-600 有 6600 公斤。因此，涉及复合材料结构损伤的维修便日益重要，特别是由于复合材料结构抗冲击能力差，在使用中极易受到外来因素引起损坏，如不及时修复，将会使整个复合材料部件失效，要花巨额费用进行更换。目前一些航空公司尚不具备典型复合材料结构损伤的维修能力，人员亟待培训，因此本书的出版，可以给广大工程技术人员提供一本很好的参考资料。本书内容涉及我国民航运输机的两大机种（空中客车及麦道飞机），这些飞机的复合材料结构损伤修理方法为许多航空公司之急需，本书将为这些公司的维修人员提供复合材料修理的基础知识及必要的材料及设备信息。本书既提供了一般损伤的修理方法，也对一些特定部件的典型损伤的修理方法进行了介绍，具有很强的实用性。

本书的编者特别提醒读者注意以下信息：

本书仅作为技术人员的参考书籍，修理时的实际操作步骤，应严格按照结构修理手册 (SRM) 进行，遇有结构修理手册与本书内容冲突的地方，应以结构修理手册为准。

在本书的编写过程中，谢宗蕙、沈玉国等人做了一定的校对工作，在此表示感谢。本书虽经编者做了最大努力，但由于时间及水平所限，错误及不当之处在所难免，敬请专家、读者批评指正，在此表示诚挚的谢意。

编者

目 录

前 言

上篇 空中客车飞机复合材料结构损伤修理方法

第一章 标准复合材料修理介绍.....	(3)
第一节 概论.....	(3)
第二节 材料及工具.....	(3)
第三节 安全防护措施.....	(6)
第四节 飞机上非金属材料的部位.....	(7)
第二章 许可损伤.....	(12)
第一节 概论.....	(12)
第二节 许可损伤的类型.....	(12)
第三节 复合材料部件检查.....	(12)
第四节 损伤评估.....	(13)
第五节 修理分类.....	(15)
第三章 修理材料及修理区域的准备.....	(17)
第一节 概论.....	(17)
第二节 工艺过程.....	(17)
第三节 材料铺设.....	(26)
第四节 紧固件拆卸及安装.....	(29)
第四章 复合材料蒙皮损伤的修理.....	(34)
第一节 概论.....	(34)
第二节 蒙皮损伤的暂时性修理.....	(34)
第三节 蒙皮损伤的永久性修理.....	(35)
第五章 蜂窝夹芯结构损伤的修理.....	(41)
第一节 概论.....	(41)
第二节 永久性修理方法.....	(41)
第三节 碳纤维增强塑料壁板损伤的永久性室温固化修理方法.....	(49)
第四节 带金属蒙皮的蜂窝夹芯结构的修理.....	(57)
第六章 整体复合材料结构损伤的修理.....	(66)
第一节 概论.....	(66)

第二节	暂时性修理方法.....	(66)
第三节	永久性修理方法.....	(67)

下篇 麦道飞机复合材料结构损伤修理方法

第七章	实心层合板及蜂窝夹芯结构的一般性修理.....	(77)
第一节	总则.....	(77)
第二节	结构识别.....	(77)
第三节	损伤评估.....	(79)
第四节	修理流程图.....	(79)
第五节	损伤的清除.....	(79)
第六节	材料及加工.....	(86)
第七节	修理后的要求.....	(100)
第八节	典型损伤的修理.....	(101)
第九节	热塑性复合材料零件的修理.....	(113)
第八章	复合材料扰流片典型损伤的修理.....	(117)
第一节	复合材料扰流片介绍.....	(117)
第二节	复合材料扰流片典型损伤的修理.....	(117)
第三节	材料信息.....	(149)
第九章	复合材料方向舵及副翼典型损伤的修理.....	(159)
第一节	复合材料方向舵及副翼的介绍.....	(159)
第二节	修理的一般准则.....	(165)
第三节	碳/环氧复合材料方向舵及副翼典型损伤的修理.....	(170)
第四节	材料信息.....	(238)
附录 A	常用单位换算表.....	(239)
附录 B	复合材料结构维修常用名词解释.....	(241)

上篇

air bus
空中客车飞机复合材料结构损伤修理方法

第一章 标准复合材料修理介绍

第一节 概论

本书的上篇介绍了空中客车飞机的复合材料结构的标准修理程序，所涉及的内容具有通用性，并不特指空中客车飞机的某一专门部件。修理一个损伤时，要沿着“检验/修理流程图”（参见图 1.8）中所给出的步骤进行，否则，将导致一个不满足适航要求的修理。

A. 复合材料

复合材料结构制造中所采用的材料为玻璃纤维增强塑料(GFRP)、碳纤维增强塑料(CFRP)以及芳纶纤维增强塑料(AFRP)。这些材料用于夹芯结构以及整体结构的制造。在进行永久修理时，修理材料一般必须按下列准则与原制造材料相配合：

- 只用碳纤维材料修理碳纤维结构。
- 只用玻璃纤维材料修理玻璃纤维或芳纶纤维结构。

B. 蜂窝夹芯部件

玻璃纤维增强塑料、碳纤维增强塑料以及芳纶纤维增强塑料构成了这类部件的蒙皮，然后将蒙皮与金属或非金属的芯子胶接在一起，芯子通常采用蜂窝结构。

C. 整体结构部件

整体结构部件由带内部桁条、肋及翼梁的复合材料蒙皮构成。它提供刚度及强度。

D. 混合结构部件

这类部件由混合结构制成，包括部分整体结构及部分夹芯结构。

第二节 材料及工具

表 1.1 中给出了进行本书中所介绍的标准修理而需要的修理材料、消耗材料以及修理工具等等。

A. 预固化加强片及型材

复合材料修理加强片通常从预固化的板材或型材上切下，其上面一般有一保护性的可剥层。保护性可剥层通常是尼龙编织布，必须仅在修理前一刻方可除去。在施加粘结剂时，应确保修理加强片的表面必须足够的粗糙。如果修理材料没有可剥层保护，则在使用之前，应

彻底检查、打磨粗糙并进行清洗。

B. 碳纤维增强塑料预固化材料的组成 (参见图 1.1 及图 1.2)

碳纤维增强塑料预固化板材由碳纤维增强塑料预浸带或碳纤维增强塑料预浸布制成。碳纤维增强塑料预浸带是一个单向的纤维构造，这与用纤维织成的碳纤维增强塑料织布不同。固化后，纤维的主刚度位于带向。这是由于它们的单向构造。图 1.1 中所示的角度指明了预固化材料每个铺层的带纤维方向。为了确保材料的最大强度及刚度，当从带上制取预固化材料时，必须遵守纤维方向。对于预固化板材的保管，参阅制造商的说明文件。另外，还需注意下面两点：

- (1) 用预固化带材料制成的加强片是各向同性的，使用时，可不考虑部件的纤维方向。
- (2) 用预固化织布材料制成的加强片是各向异性的，所有的铺层都有同样的经线方向。在部件上的修理加强片的角度方向会在有关章节中给出。

C. 消耗材料

本篇中的复合材料结构修理所使用的消耗材料列在表 1.2 中。

D. 工具及设备

本篇中的复合材料结构修理所使用的工具及设备列在表 1.3 中。

材料	碳纤维增强复合材料预浸带			
固化	180°C (356°F)-7 Bar (101.57 Psi)			
单层厚度	0.13 mm (0.005 in.)			
铺设顺序	加强片—8 铺层	加强片—12 铺层, 角材	加强片—16 铺层	角材—9 铺层
	⊕	⊕	⊕	⊕
	/	/	/	/
	—	—	—	—
	\	\	\	\
	\	—	—	—
	—	/	/	\
	/	\	⊕	—
	⊕	⊕	\	/
		\	\	⊕
		—	⊕	
		/	/	
		⊕	—	
			\	
			—	
		/		
		⊕		

注：图中符号含义为： ⊕ : 90°铺层; / : +45°铺层; \ : -45°铺层; — : 0°铺层

图 1.1 预固化材料的组成

表 1.1 修理材料

编号	名称	材料	用途	供货商	SRM 参考
2	碳纤维增强塑料预浸带 (180°C) 预固化加强片 (板材) A 8 铺层 B 12 铺层 C 16 铺层 预固化加强片 (型材) D 9 铺层 E 12 铺层	T300-5208 或者 T3T-190-12-F263-7	用于制造预浸料板材, 以加工 碳纤维增强塑料加强片及型材	NARMCO HEXCEL AIRSPARES AIRSPARES AIRSPARES AIRSPARES AIRSPARES	51-33-00 67 款 64A 款
3	碳纤维增强塑料预浸织 布 (180°C) 预固化加强片 (板材) 2 铺层 3 铺层 5 铺层	W3T-282-42- F593-1	用于制造预浸料板材, 以加工 碳纤维增强塑料加强片	HEXCEL AIRSPARES AIRSPARES AIRSPARES	51-33-00 73 款
9	粘接胶膜 (120°C)	FM73M. 06 或者 AF 163-2K. 06 或者 EA9628NW. 06 或者 REDUX312. 06	用于金属对金属、复合材料对 复合材料的结构粘接	CYANAMID 3M HYSOL CIBA-GEIGY	51-35-00 08-042
10	拼接胶膜 (120°C)	FM41 或者 BSL212 或者 AF3024	蜂窝修理	CYANAMID CIBA-GEIGY 3M COMP.	
15	空隙填充剂 (120°C)	EC3500B/A 或者 EC3439HT	用于蜂窝修理的热胶接及边缘 封合	3M 3M	
16	稠密剂	MICROBAL-LOONS 1G101 或者 ECCOSPHERES R	室温粘接剂的粘性控制以及空 隙填充	SAHIO CHEM CORP. EMERSON AND CUMING	

(续表 1.1)

编号	名称	材料	用途	供货商	SRM 参考
19	高速胶带	自粘接铝带	暂时保护性覆盖	3M	51-35-00 08-052
20	耐腐蚀钢板	Z10 CNT18-11 ASN A3106 8622 1.5 mm ASN A3106 8652 2.0 mm	用于临时修理的耐腐蚀钢加强片		51-31-00
21	耐腐蚀钢板 (角材)	Z10 CNT18-11 ASN A3106 8605 1.25 mm	耐腐蚀钢加强片		51-31-00
	铆钉 (盲)	HUCK UNIV HEAD, NAS 1919 M04, SXXW	用于分层、脱胶及加强片修理 ——材料不超过 1.0 mm		51-40-00 51-77-00
	铆钉 (盲)	HUCK CSK HEAD, NAS 1921, M04 SXXW	用于分层、脱胶及加强片修理 ——材料等于或超过 1.0 mm		51-40-00 51-77-00

材料	碳纤维增强复合材料预浸织布		
固化	180°C (356°F) - 7 Bar (101.57 Psi)		
单层厚度	0.25 mm (0.01 in.)		
铺设顺序	加强片—2 铺层	加强片—3 铺层	加强片—5 铺层
	●	●	●
	●	●	●
	●	●	●
	●	●	●


注: 图中符号含义为:  : 90°铺层

图 1.2 预固化材料的组成

第三节 安全防护措施

修理中使用的复合材料及相关化学物品带有危险性。下列注意事项帮助操作者将危险降低到最小:

A. 溶液、粘结剂、树脂及密封胶

当使用溶液、粘结剂、树脂及密封胶时, 应遵循制造商的规定, 这些材料都是危险的。

B. 打磨玻璃纤维增强、碳纤维增强及芳纶纤维增强塑料

当切割、打磨纤维增强塑料或在其上面钻孔时，必须戴上手套及佩戴面罩。灰尘可能会进入肺中或落到皮肤上，从而造成伤害或皮肤过敏。及时除去灰尘，因为它们是有导电的。

C. 动力装置

当在飞机上使用电网电力时，要用一个独立的变压器。只能使用防爆的工具及设备。

表 1.2 消耗材料

编号	名称	材料	用途	供货商	SRM 参考资料
4	塑料板	丙烯酸	制造模板	当地	
5	透明膜	聚乙烯膜	分离膜	当地	
6	带孔透明膜	带孔聚乙烯膜	带孔分离膜	当地	
7	软化水	软化水	水破裂试验	当地	
8	挤压密封胶带		真空袋密封	AERO CONSULTANTS RICHMOND	51-35-00 09-033
9	表面泄流层	透气布、或者 玻璃纤维织布、 或者 碳纤维织布	真空过程中的泄流布	AERO CONSULTANTS RICHMOND	51-33-00 56 款 74 款
10	可剥层布	尼龙布	分离层以及用于预固化加强片	INTERGLASS	
11	表面泄流层 (黑色织布)	碳纤维织布 (干燥的)	热辐射反射层	AERO CONSULTANTS RICHMOND	51-33-00 74 款

第四节 飞机上非金属材料的部位

空中客车飞机上由复合材料制造的部件一般包括:

1. 雷达罩, 2. 襟翼导轨整流包皮, 3. 挡板, 4. 附件舱舱门, 5. 主起落架杆整流包皮及铰链门, 6. 主起落架舱门槽, 7. 风扇推力反转器罩, 8. 风扇罩, 9. 发动机头罩, 10. 冷却空气入口整流包皮, 11. 液压及气压系统壁板, 12. 背鳍, 13. 垂直安定面前缘, 14. 垂直安定面尖部, 15. 舵, 16. 垂直安定面后缘接近壁板, 17. 升降舵尖部及内侧端盖, 18. 升降舵后缘, 19. 升降舵前缘, 20. 可调水平安定面尖部, 21. 后缘, 22. 后缘接近壁板, 23. 侧整流包皮, 24. 扰流器 1 及 2, 25. 扰流器 3、4 及 5, 26. 扰流器 6 及 7, 27. 固定前缘, 28. 后缘蒙皮, 29. 吊架, 30. 克鲁格盒, 31. 主起落架舱上方后缘壁板, 32. 机翼机身连接整流包皮, 33. 窄过道地板壁板, 34. 窄过道地板壁板, 35. 大货舱段地板壁板, 36. 后货舱段地板壁板, 37. 后客舱段地板壁板, 38. 空调舱地板壁板, 39. 前货舱段地板壁板, 40. 前客舱段地板壁板, 41. 航空电子舱地板壁板, 42. 客舱地板壁板, 43. 飞行舱地板壁板, 44. 大货舱段分隔板, 45. 后舱地下舱舱门, 46. 后货舱段分隔板, 47. 前

货舱段分隔板, 48. 航空电子舱分隔板, 49. 飞行人员舱舱门, 50. 垂直安定面翼梁盒段, 51. 前起落架舱门。

上述各部件在飞机上的位置见图 1.3 至图 1.6。

表 1.3 工具及设备

编号	名称	类型	用途
1	热胶接及真空控制装置	HEATCON II, AERO CONSULTANTS 或者 GMI-ANITA	外场及车间热胶接修理时, 用于干燥部件, 以及室温粘接剂修理时的后固化
2	热辐射	红外线, 当地	干燥部件以及室温粘接剂修理后固化
2A	热气枪	LEISTER ELECTRON	干燥部件
3	真空袋材料	ASK 或者 RICHMOND	用于干燥、室温修理的后固化, 以及 125°C 热胶接修理的固化
4	带模板铣铁机	空气驱动	用以除去损坏的材料
5	铣铁钻头	直径 3.0 及 4.0 mm (硬质合金镶刃的)	与铣铁机一起用于复合材料
6	刮孔口刀	气门杆刀具	与铣铁机或钻头一起使用
7	钻孔机	空气驱动	
8	钻头	2.5 mm 直径到 4.8 mm 直径 (硬质合金镶刃的)	用于复合材料的钻孔
9	玫瑰埋头钻	硬质合金镶刃	在复合材料结构上打埋头孔
10	旋转打磨机	2.5 mm 直径, 圆形 5.0 mm 直径, 圆形	除去漆层以及打磨
11	钻孔限制器		用于调整钻孔深度
12	剪刀	150.0 到 200.0 mm 的切割刀片	用于切割织布、粘接胶膜等等
13	剪切机	金属切割	用于金属加强片的切割
14	锉刀	各种样式, 平的或圆的, 硬质合金	用于复合材料加强片的整形等等
15	刮刀	WIDAX 21592030	广泛使用
16	剥皮刀	金属切割	用于除去损坏的金属蒙皮
17	扩孔装置	硬质合金	用于修理紧固件孔
18	块打磨机		与打磨砂纸一同使用
19	防水砂纸	100 号, 280 号, 400 号	一般打磨
20	皮下注射器及针头	直径 1.3 mm, 长度 50.0 mm	用于粘接剂注射
21	窥镜	直径 25.0 mm	用于部件内部检查
22	刀		修剪蜂窝芯子
23	腻子刀		用于刮开粘接剂等等
24	刮铲		用于混合及刮开粘接剂
25	容器	无蜡的	混合粘接剂
26	量杯	无蜡的	用于树脂及硬化剂
27	衡器		确定室温固化粘接剂的混合数量
28	挤片		在铺设及平整过程中使用
29	滚筒		在铺设中使用
30	手套	橡胶 白色无绒棉布 绝热材料	防止与粘接剂、溶液等接触 处理清洁的零件等等 热固化后接触热的零件

(续表 1.3)

编号	名称	类型	用途
31	面罩		保护呼吸系统
32	防护面罩或护目镜		眼睛保护
33	真空吸尘器		除尘
34	螺丝夹钳	能夹紧 0.0 mm 到 25.0 mm 的厚度	施加压力
35	夹钳	CLECO	施加压力
36	夹具弹簧	CLECO、直径 2.5 mm	施加压力
37	板	软木或橡胶	在修理区域分布压力
38	均压板	用金属板制造， 或者用胶合板制造	在热修理时分布压力 在室温修理时分布压力
39	重物	沙袋，重 2 到 4 kg	在加强片修理时施加压力
40	安装工具——盲铆钉	HUCK	连接暂时以及永久加强片

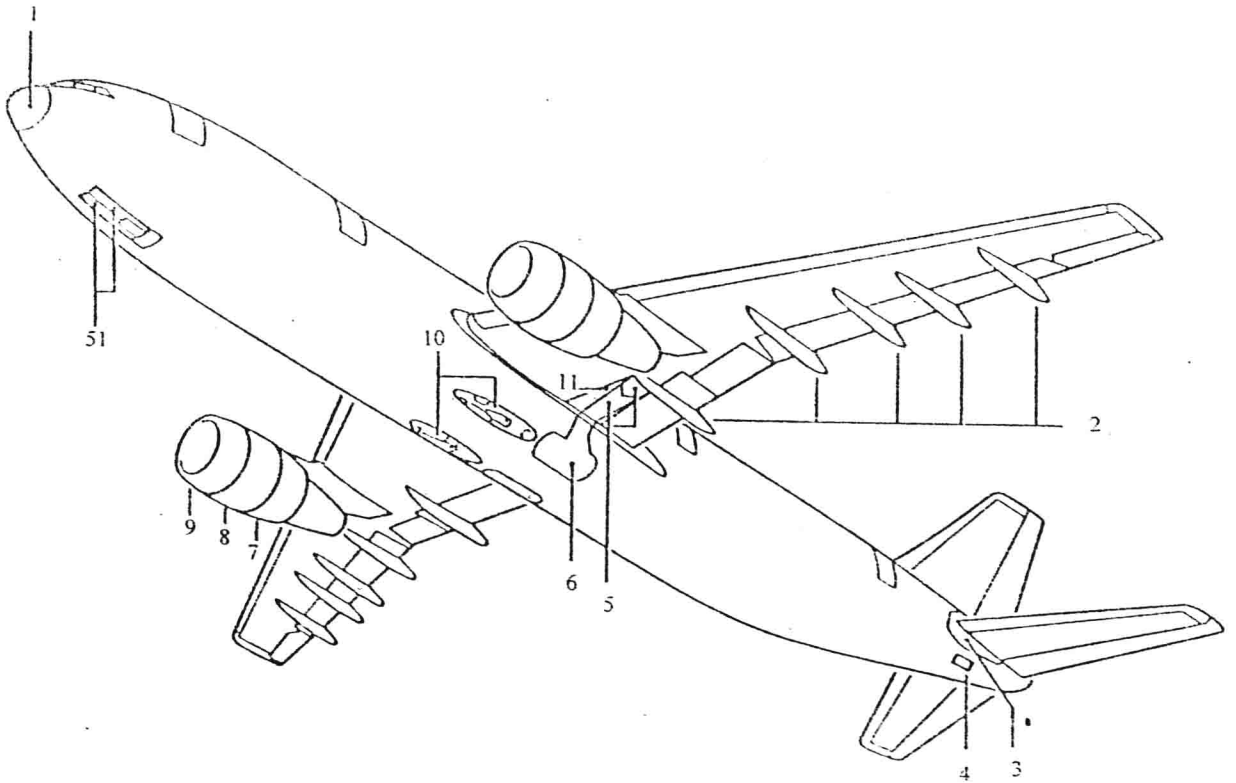


图 1.3 飞机上非金属材料部件的位置

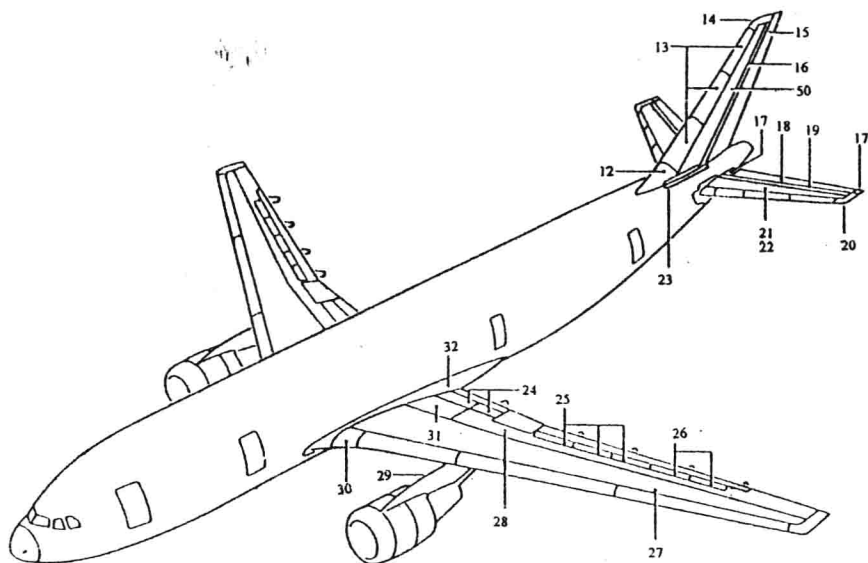


图 1.4 飞机上非金属材料部件的位置

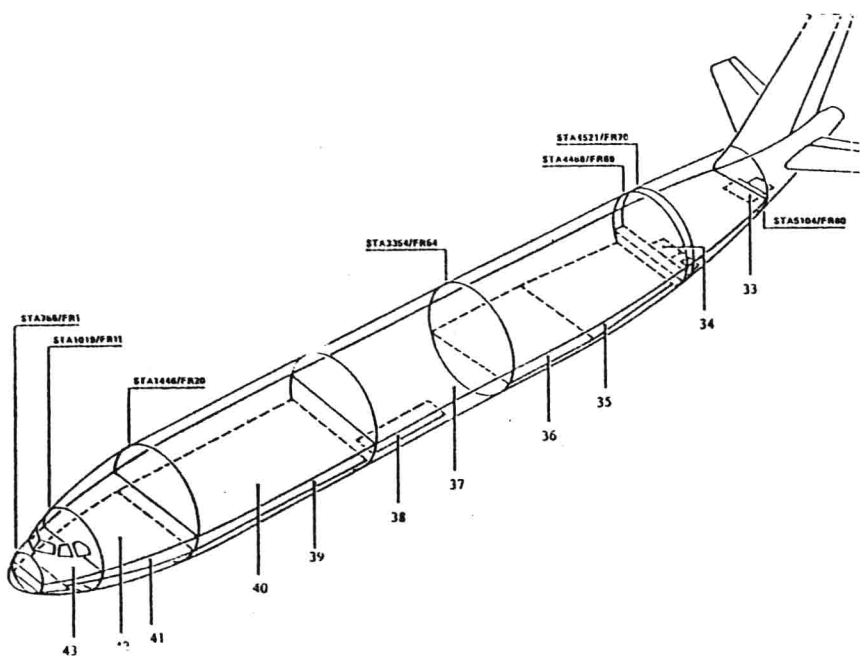


图 1.5 飞机上非金属材料部件的位置

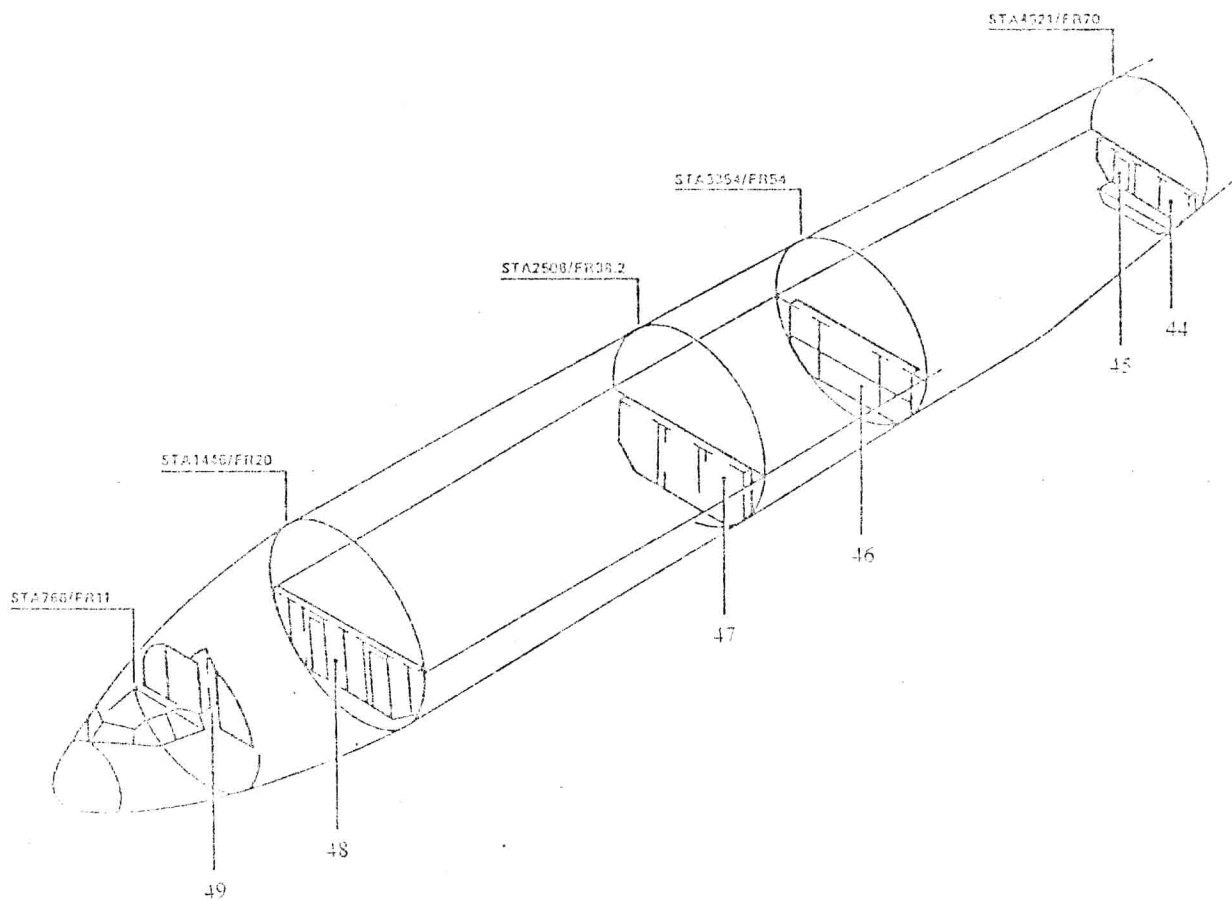


图 1.6 飞机上非金属材料部件的位置