



“十三五”国家重点图书出版规划项目
先进复合材料技术丛书

CARE AND REPAIR
OF ADVANCED COMPOSITES, SECOND EDITION

先进复合材料的 保养和维修

第2版

基思·B.阿姆斯特朗 (Keith B. Armstrong)
[美] L.格雷厄姆·贝文 (L. Graham Bevan) 著
威廉·F.科尔 II (William F. Cole II)
陈晨 郑晓然 译

航空工业出版社



“十三五”国家重点图书出版规划项目
先进复合材料技术丛书

先进复合材料的保养和维修

(第2版)

Care and Repair of Advanced Composites, Second Edition

基思·B. 阿姆斯特朗 (Keith B. Armstrong)

[美] L. 格雷厄姆·贝文 (L. Graham Bevan) 著

威廉·F. 科尔 II (William F. Cole II)

陈 晨 郑晓然 译

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

《先进复合材料保养和维修（第2版）》系统介绍了先进复合材料飞机构件设计、制造、储运、安装、检测及修理中所涉及的主要材料、工艺及生产安全和环境安全。本书大纲由民用飞机复合材料维修委员会（CACRC）批准通过，提供了进行复合材料构件实际维修所需的必要知识。可供从事先进复合材料的制造、检测及修理人员学习和参考。

图书在版编目（C I P）数据

先进复合材料的保养和维修：第2版 /（英）基思·B. 阿姆斯特朗（Keith B. Armstrong），（英）L. 格雷厄姆·贝文（Grahama Bevan），（英）威廉·F. 科尔 II（Willam Cole）著；陈晨，郑晓然译. --北京：航空工业出版社，2017.7

（先进复合材料技术丛书）

书名原文：Care and Repair of Advanced Composites, Second Edition

ISBN 978 - 7 - 5165 - 1235 - 7

I. ①先… II. ①基…②L…③威…④陈…⑤郑…
III. ①复合材料—保养②复合材料—维修 IV. ①TB33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 150715 号

北京市版权局著作权合同登记

图字：01—2014—2185

Originally published in the English Language by SAE International, Warrendale, Pennsylvania, USA, as “Care and Repair of Advanced Composites, Second Edition” by Keith B. Armstrong, William Cole, and Graham Bevan. Copyright © 2005 SAE International.

先进复合材料的保养和维修（第2版）

Xianjin Fuhe Cailliao de Baoyang he Weixiu (Di 2 Ban)

航空工业出版社出版发行

（北京市朝阳区北苑2号院 100012）

发行部电话：010 - 84936597 010 - 84936343

三河市华骏印务包装有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2017年7月第1版

2017年7月第1次印刷

开本：787 × 1092 1/16

印张：30.25

字数：771千字

印数：1—2000

定价：158.00元

丛 书 前 言

先进材料是科学技术发展和国民经济建设的重要支柱。先进复合材料作为一类轻质高效、节能环保的新型材料，在先进材料领域具有极其重要的地位。自 20 世纪 60 年代问世以来，先进复合材料始终是世界各国重点研究开发的关键材料之一，近年来更是备受青睐与重视，在世界各国的军民用领域，尤其是航空领域起到了至关重要的作用。先进复合材料的用量已经成为航空结构先进性的重要标志，大型飞机波音 787、空客 A350 的先进复合材料用量达到 50% 以上，展示了其令人鼓舞的发展前景。此外，先进复合材料在基础设施、沿海油气田、风力发电、汽车和体育用品等民用工业领域的广泛应用，向人们昭示了其蓬勃发展的未来。

国内先进复合材料的发展应用已有 30 多年的历史，在此过程中获取了大量的性能数据，也积累了大量的设计使用经验。目前先进复合材料继续向高性能化、多功能化和尖端化发展，并向民用领域快速渗透和规模扩张，产业进入应用扩张带动成本持续降低的新阶段。为了适应这一发展需求，我们组织国内先进复合材料领域有实际经验的专家，吸取了国外的先进经验，汇总了国内外最新的研发成果，旨在为国内提供一套全面、系统并具有工程应用

价值的“先进复合材料技术丛书”。考虑到目前先进复合材料的规模和成熟程度,“先进复合材料技术丛书”的内容主要针对先进树脂基复合材料,涵盖先进树脂基复合材料技术基础、制造技术、性能表征、使用维护以及适航审定等最新成果。

对于21世纪的企业,其成功不仅仅是利用企业所拥有的知识为企业创造竞争优势,而利用拥有的知识带动和促进产业的跨越更是一种挑战和责任。把拥有的知识用书面文字的形式呈现出来,构建一个公共资料库和交流平台,让更多的人从中受益,为产业的跨越提供支撑——这就是中航复合材料有限责任公司、中国复合材料学会和航空工业出版社出版这套“先进复合材料技术丛书”的初衷。

相信这套丛书的出版,会使更多的复合材料科技工作者从中获益,也希望在一定程度上能助力我国复合材料产业的自主创新,对复合材料产业的科技进步产生积极影响。

中国工程院院士
中国复合材料学会理事长 陈祥宝
“先进复合材料技术丛书”主编

译 者 的 话

《先进复合材料的保养和维修（第2版）》系统介绍了先进复合材料飞机构件制造、检测及修理中所涉及的主要材料及工艺，其作者具有多年从事先进复合材料飞机构件研制工作的经历并享誉业内，曾主持了国际航空运输协会复合材料维修标准化和民用飞机复合材料维修委员会的培训工作。本书大纲由民用飞机复合材料维修委员会（CACRC）批准通过，提供了进行复合材料构件实际维修所需的必要知识，对于从事先进复合材料制造、检测及修理的工作人员非常具有指导意义。

国内先进复合材料技术经过30年的发展，积累了大量的设计使用经验，开始得到广泛的应用。先进复合材料进入产业应用扩张带动成本持续降低的新阶段。然而有关复合材料构件在使用过程中的维护和修理技术严重缺乏，而这又直接影响了复合材料的可靠应用和产业持续成长。我们希望通过将《先进复合材料的保养和维修（第2版）》一书介绍给国内复合材料工作者，为大家提供关于复合材料构件维护和修理的知识和经验，以促进先进复合材料实现可靠应用。

本书第1章和第2章由陈晨翻译，第3章和第4章由陈晨和许新光翻译，第5章由常为翻译，第6~第9章由陈晨翻译，第10~第17章由郑晓然翻译。由于译者水平有限，不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

译者

2014年11月21日

致 谢

本书的第一作者由衷地感谢杜邦公司的支持,尤其是日内瓦办公室的雷内·宾泽理(Rene Pinzelli)博士以及威尔明顿办公室的金杰·古普顿(Ginger Gupto)对于民用飞机复合材料维修委员会(CACRC)早期培训工作组的大力支持。金杰目前在她丈夫吉姆·加德纳(Jim Gardiner)的迈阿密统一游艇公司(Consolidated Yacht Corporation)工作。英国国防评价研究局(DERA),(在英国的法恩伯勒,2001年7月1日更名为国防科学技术实验室),以及英国航空系统和设备公司(现为Chelton Radomes有限公司)的支持使得近期的会议得以成形。没有他们的兴趣及支持,这本书以及复合材料及金属胶结名词汇编(SAE AIR 4884)都不可能完成及出版。

我们还希望感谢阿布雷克斯(Abaris)培训公司的麦克·赫克(Mike Hoke)帮助完成图表制作,以及宇航胶结(Aerobond)公司的马特·沃特森(Matt Waterson)为第12章制作了表格。英国航空公司(BA)的戴夫·邦特(Dave Bunt)对此书进行了审阅并提出了很多有益的建议。英国航空公司的伊恩·菲德勒(Ian Fidler)为本书提供了很多图表。第一作者还希望感谢英国航空公司提供的24年的经验,这些宝贵的经验成为了本书的基础。许多公司为本书贡献了图片和图表,在此对他们一并致谢。

感谢克里斯·迈克恩(Chris Mekern)完成了很多图表改进及扫描的工作,感谢伯特·格勒内伍德(Bert Groenewoud)对图表周围的文字进行编排。非常感谢荷兰皇家航空公司(KLM)为支持本书的完成花费了大量时间。由于克里斯·迈克恩家中遇到偷窃,他的很多存储已完成工作的硬盘和电脑都丢失了。因此,很多扫描的工作都是由克里斯·邦德(Chris Bond)在得到临时的通知后,使用我们本地的打印机重新完成的。

我们要感谢菲利普·吉里格斯(Philip Griggs),拉尔夫·爱德华(Ralph Edwards),以及帕逊莎·莫若嵩(Patricia Morrison)对本书第1版出版前进行审阅并提出了宝贵意见。

特别感谢英国空客公司的L.格雷厄姆·贝文(L. Graham Bevan)(现为第2版共同作者)对本书终稿的审阅,帮助改正了第1版中的很多错误,并且增加了很多有益的内容,使得第2版较第1版更好。我们一并感谢格雷厄姆任职的空客(英国)公司客户支持部、测试实验室、材料及过程部门,以及菲尔顿空客复合材料机翼部同事的协助及对本书再版的鼓励。格雷厄姆还希望感谢空客管理层对他参与本书写作的许可。

最后,感谢威廉·F.科尔II.(第2版另外一位共同作者)完成了新的一章(第17章),使本书的范围扩展到了维修设计工程。

序

本书对全球范围内多个工业领域的资料进行了详细的总结，全面深入地介绍了先进复合材料飞机构件制造、检测及修理中所涉及的主要材料及工艺。本书对于其他非航空领域用复合材料的制造、检测及修理也将非常有用。

若考虑本书作者的专业背景，本书则拥有更高的价值。凯斯·阿姆斯特朗（Keith Armstrong）博士具有多年从事先进复合材料飞机构件的研制工作经验并享誉业内。他曾经与前劳斯莱斯公司复合材料部门的 L. 格雷厄姆·贝文（L. Graham Bevan），现与空客（英国）公司共同参与研发了 VC-10 大型客机的碳纤维/Nomex[®] 蜂窝地板。这是碳纤维复合材料首次在民用飞机上的应用，而今天几乎所有民用飞机的地板仍然都使用这些早期复合材料地板的衍生产品。阿姆斯特朗博士在复合材料工业发展初期在英国空客研发了许多新方法。他在 1988—1991 年间作为国际航空运输协会（IATA）复合材料维修工作组主席领导了复合材料修理标准化的工作。他持续参与国际自动机工程师学会（SAE）/国际航空运输协会 IATA/航空运输协会 ATA 民用飞机复合材料维修委员会 CACRC 培训工作组的工作，在推进复合材料教育的努力中扮演了重要角色。

阿姆斯特朗博士具有丰富的理论知识与实践经验，他获得了英国伦敦城市大学黏结科学与技术专业的硕士（1978 年）和博士（1991 年）学位。他还花费了多年时间从事简单但是有价值的试验，例如进行复合材料以及铝合金材料试样浸水多年后的楔垫测试，这些工作成果目前已经发表并在本书中的参考文献中列出。

本书第 2 版是由 L. 格雷厄姆·贝文（L. Graham Bevan）以及威廉·F. 科尔 II（William F. Cole II）共同完成。阿姆斯特朗博士与贝文先生在轻量化地板材料及很多其他项目中合作了 30 年以上。贝文先生始终从事航空工业及其相关产业的工作。他从 1969 年加入劳斯莱斯复合材料部门（后更名为英国飞机公司）即开始参与复合材料方面的工作。他在过去的这 35 年内一直不间断地致力于复合材料制造和维护等相关工作。贝文先生现在空客（英国）的客户支持部参与所有空客飞机复合材料构件的维修工作，也曾经是空客复合材料维修工作组以及 CACRC 维修技术工作组的重要成员。

比尔·科尔，现 AAR 公司工程部经理，出色地担任了 CACRC 分析维修技术工作组主席的职务。本书第 1 版的共同作者瑞克·巴雷特（Rick Barrett）已经离开了航空工业。他在 1992—1994 年期间担任 CACRC 培训工作组的主席时，以其超凡的领导力帮助构建了本书的提纲，并且贡献了非常有价值的维修工作实践经验。

本书将成为判断未来工作的标准。所有在这个发展领域工作的我们都欠本书的作者们一份感激，不仅仅为了这本书本身，还为了阿姆斯特朗博士对复合材料技术的很多贡献，格雷厄姆·贝文对复合材料制造维护的 35 年奉献，贝尔·科文极具价值的数学能力，以及瑞克·巴雷特使本书成为可能的想法和热情。

麦克·赫克（Mike Hoke）

阿布雷斯培训公司（Abaris Training Inc.）主席

雷诺，美国内华达州

第2版前言

本书第2版旨在改进并补充第1版内容使得本书保持其时效性。第1版中的一些小错误借此机会得以改正，我们对一些图表进行了改进、删除或添补。

保持和公司的接管、合并，及更名的步伐同步在现今是很难的。本书已经包括了直至文稿提交打印之前的公司名称变化，但是在将来还可能有进一步更多的变化。

此版还添加了一些新的无损检测（NDI）方法、一些新的复合材料紧固件、一些新的金属胶结表面预处理方法，以及数种水溶性底漆。参考文献中列出了新出版的书目和文章。

很多实际从事维修工作的人评价本书第1版非常值得一读，这使我们很受鼓励。

本书第2版的共同作者包括空客（英国）公司的 L. 格雷厄姆·贝文（L. Graham Bevan）以及 AAR 公司的威廉·F. 科尔 II（William F. Cole II），因为第1版共同作者瑞克·巴雷特（Rick Barrett）已经不再在航空工业工作。格雷厄姆一直致力于复合材料方面的工作并且是业内公认的专家。比尔·科尔（Bill Cole），CACRC 分析维修技术工作组主席，为第2版完成了维修设计的新章节（第17章），我们尤其希望这一章会对实际有帮助。

第1版前言

本书旨在提供复合材料维修技工在维修飞机复合材料构件所需的背景知识，也是对为达到完成这些维修所必需的技能等级的实际工作的很好补充。本书大纲由培训工作组起草并经民用飞机复合材料维修委员会（CACRC）批准通过，由自动机工程师协会（SAE）出版为《SAE AIR 4938 复合材料及其胶结构件技师培训文件》，其内容涵盖了材料、运输和贮存、设计理念、损伤评估、维修技术、厂家文件、连结系统、工具和设备、健康和安全管理以及复合材料构件维护保养。第15章包括了金属胶结的部分原因是一些复合材料构件包含金属加强部分和配件，另一部分原因是“复合材料”这个词本身有时可使用于任何两种材料的组合情况下，例如蒙皮以及蜂窝芯材。本书对于维修设计工程师也应该是有益的。

本书主要设计为航空领域使用，但对于任何复合材料维修技师而言都是适用的，不论他们所维修的复合材料构件属于哪种运输工具。虽然这些行业使用不同形式的材料，或者在管理上较航空工业略微宽松，我们仍然希望此书对于海事、汽车、火车、风力发电、运动器材，以及其他使用复合材料的行业都能有帮助。与最终应用无关，复合材料的基本原理是相似的。

限于本书的篇幅和选题范围，很多项目的细节内容并没有包括在内。因此，需要时应详细研读相关文献说明。详细的维修步骤请参照原始设计制造商（OEM）的结构维修手册（SRM）、翻修手册（OHM）等。SAE（CACRC）出版的航空推荐流程（ARPs）将会在完成后作为另外一种可供选择执行的方法，在手册进行正常修订时纳入进去。

金属胶结包含在第15章中，因为有时金属部件是和复合材料结合在一起的。第16章的设计指导记录表明了很小的设计改进就可以延长复合材料部件的使用寿命。非常感谢SAE对CACRC所有工作的支持。本书在撰写过程中满足了CACRC的大纲并且由CACRC的部分成员审阅完成。但本书并不是CACRC批准的，因此本书的观点仅代表作者的观点，而并不一定反映了委员会整体的意见以及支持委员会的各单位组织意见。

培训的目的是提高绩效并且能够指导其他人。我们希望下述想法可以启发大家未来的工作。

“教育扩展我们已知和无知的界限快于教育扩展我们知识的界限”。

如果我们想要成为好的领导者，我们需要进行大量的学习和研究。

就像一首英格兰古诗所说：

知之且知其知之者睿智，跟随之；

不知且知其不知者好学，教导之；

不知但知其不知者愚昧，远离之。

让我们都至少成为第二种人，并且努力成为第一种人。

目 录

第1章 复合材料与复合材料保养导论	(1)
1.1 复合材料定义	(1)
1.2 复合材料的历史	(1)
1.3 复合材料的优缺点	(2)
1.3.1 复合材料的优点	(2)
1.3.2 复合材料的缺点	(2)
1.3.3 热固性树脂基复合材料的优点	(3)
1.3.4 热固性树脂基复合材料的缺点	(3)
1.3.5 热塑性树脂基复合材料的优点	(3)
1.3.6 热塑性树脂基复合材料的缺点	(3)
1.4 复合材料在飞机、游艇、汽车和高速列车的应用	(4)
1.4.1 早期飞机结构	(4)
1.4.2 现代飞机结构和其他应用	(4)
1.5 复合材料结构的维护	(8)
1.5.1 复合材料构件损伤源	(8)
1.5.2 使用过程中损伤的避免和性能劣化的改善	(9)
参考文献	(11)
第2章 材料	(12)
2.1 纤维增强材料	(12)
2.1.1 高性能纤维和常用金属材料的比较	(12)
2.1.2 玻璃纤维	(12)
2.1.3 碳纤维	(18)
2.1.4 芳纶纤维	(23)
2.1.5 硼纤维	(25)
2.1.6 其他新型纤维	(25)
2.2 增强体形式	(28)
2.2.1 带	(28)
2.2.2 织物	(28)
2.3 纤维油剂和浸润剂	(36)
2.3.1 玻璃纤维浸润剂	(36)
2.3.2 碳纤维表面处理	(38)
2.3.3 芳纶纤维表面处理	(38)
2.3.4 新型纤维的上浆剂和表面处理	(39)

2.4	树脂基体	(39)
2.4.1	热塑性树脂	(39)
2.4.2	热固性树脂	(40)
2.4.3	树脂基体和胶黏剂性能要求	(43)
2.4.4	环氧和酚醛预浸料与胶膜——固化阶段	(45)
2.4.5	环氧湿铺贴树脂的混合和混合速率	(47)
2.4.6	聚酯树脂	(49)
2.5	胶黏剂	(49)
2.5.1	液体和糊状胶黏剂	(49)
2.5.2	发泡胶黏剂	(51)
2.5.3	胶膜	(51)
2.5.4	胶层厚度控制	(54)
2.5.5	使用环境对树脂体系的影响	(55)
2.6	芯材	(58)
2.6.1	木材	(59)
2.6.2	泡沫芯材	(59)
2.6.3	蜂窝芯材	(60)
2.6.4	槽式芯材	(66)
2.6.5	合成芯材	(66)
2.7	人工泡沫和封装化合物	(67)
2.7.1	封装化合物、树脂体系和胶黏剂的填料	(68)
2.7.2	另外一些填料	(69)
2.8	保护涂层	(69)
2.8.1	密封剂	(69)
2.8.2	底漆	(72)
2.8.3	面漆	(73)
2.8.4	导电涂层	(74)
2.8.5	抗冲刷涂层	(75)
2.8.6	其他保护涂层	(75)
	参考文献	(76)
第3章	运输和贮存	(79)
3.1	运输及接受货物	(79)
3.2	温度要求	(79)
3.3	贮存具体要求	(79)
3.3.1	温度要求	(79)
3.3.2	清洁和损伤预防	(81)
3.3.3	吸湿损伤的防护	(83)
3.3.4	标识	(83)

3.3.5 发货单和质量证明	(85)
3.4 贮存期/适用期	(86)
3.5 配套分装	(87)
3.6 再确认	(88)
3.7 在机库或车间的材料维护	(88)
第4章 制造技术	(90)
4.1 纤维缠绕	(90)
4.2 织物和预浸带的铺贴方法	(91)
4.2.1 手工铺贴 (湿铺贴和预浸料铺贴)	(91)
4.2.2 自动铺带技术	(93)
4.3 拉挤技术	(93)
4.4 树脂传递模塑成形	(94)
4.5 注射模压成形	(95)
4.6 丝束铺放	(97)
4.7 压机模压成形	(97)
4.8 真空胶结	(97)
4.9 热压罐胶结	(97)
4.10 烘箱固化	(101)
参考文献	(101)
第5章 原始设计准则	(102)
5.1 主结构, 一级结构和二级结构	(102)
5.1.1 复合材料机身部件的损伤源	(104)
5.1.2 故障后果	(105)
5.2 复合材料结构类型	(105)
5.2.1 层合结构 (层合板)	(105)
5.2.2 夹层结构	(106)
5.3 铺层方向	(110)
5.3.1 经向纤维排列	(112)
5.3.2 平衡与对称	(113)
5.3.3 嵌套和堆栈	(114)
5.4 芯材取向	(115)
5.5 操作环境	(115)
5.5.1 温度	(115)
5.5.2 湿度	(115)
5.5.3 污染物	(116)
5.5.4 侵蚀	(116)
5.5.5 热应力	(117)
5.5.6 湿热效应	(117)

5.5.7 阻燃性	(117)
5.6 电学要求	(118)
5.6.1 电偶腐蚀	(118)
5.6.2 电磁界面	(121)
5.6.3 静电放电	(121)
5.6.4 雷击防护	(122)
5.6.5 雷达波透过率	(122)
5.7 力学要求	(123)
5.7.1 拉伸和弯曲强度	(123)
5.7.2 刚度	(124)
5.7.3 疲劳	(124)
5.7.4 抗冲击性 (损伤容限)	(125)
5.7.5 蠕变	(126)
5.8 连接/接头	(126)
5.8.1 胶结接头	(127)
5.8.2 机械紧固/铆接接头	(130)
5.9 其他设计要求	(131)
5.9.1 气动光滑性	(131)
5.9.2 重量和平衡	(131)
参考文献	(131)
第6章 安全与环境	(134)
6.1 引言	(134)
6.2 胶结车间的条件	(136)
6.3 可吸入的纤维和粉尘	(138)
6.3.1 玻璃纤维	(138)
6.3.2 碳纤维和石墨纤维	(138)
6.3.3 芳纶纤维	(138)
6.3.4 砂纸打磨灰尘	(139)
6.4 烟雾和蒸气	(139)
6.4.1 树脂烟雾	(139)
6.4.2 溶剂蒸气	(140)
6.4.3 密封剂蒸气	(140)
6.4.4 涂料	(140)
6.4.5 燃料	(141)
6.4.6 酸烟气和酸飞溅	(141)
6.4.7 曝露极限	(141)
6.5 皮肤接触	(142)
6.5.1 与皮肤接触的纤维	(142)

6.5.2 与皮肤接触的树脂	(142)
6.5.3 与皮肤接触的溶剂	(143)
6.5.4 挑选合适的手套	(143)
6.5.5 用于个人保护的润肤霜	(144)
6.6 材料安全性数据表	(144)
6.7 放热反应	(145)
6.8 废物处理	(145)
6.9 安全规程	(146)
6.9.1 紧急情况急救程序	(146)
6.9.2 一般的安全程序	(146)
6.9.3 个人安全措施	(147)
6.9.4 皮炎	(147)
6.10 当发生化学品溢出时需要采取的行动	(149)
6.11 爆炸危险	(149)
6.12 静电放电和防火	(150)
6.12.1 预防静电放电	(150)
6.12.2 防火	(150)
6.13 使用电气设备需要注意的安全问题	(151)
6.14 国际标准化环境管理组织标准	(152)
参考文献	(152)
第7章 损伤和修理评估	(154)
7.1 目视检测	(154)
7.2 敲击试验	(156)
7.3 超声检测	(158)
7.4 X射线检测	(161)
7.5 涡流检测	(162)
7.6 热成像	(163)
7.7 胶结试验仪	(163)
7.8 湿度仪	(164)
7.9 干涉测量法/剪切成像	(165)
7.10 损伤类型	(167)
7.11 机械损伤的根源	(169)
7.12 损伤绘图 (Mapping)	(170)
7.13 损伤信号的评估	(171)
参考文献	(175)
第8章 源文件	(177)
8.1 修改系统	(177)
8.2 有效性	(177)

8.3	图样编号体系	(178)
8.4	内部文件	(179)
8.5	材料和工艺标准	(180)
8.6	原始设备生厂商文件	(182)
8.7	管理文件	(183)
8.8	美国空中运输协会 ATA 100 体系	(183)
8.9	飞机维护手册	(184)
8.10	零件维护手册	(184)
8.11	大修手册	(184)
8.12	图示零件目录	(184)
8.13	结构修理手册	(185)
8.14	发动机手册	(186)
第9章	结构修理手册修理方法选择	(187)
9.1	零件定义	(187)
9.2	损伤分类	(187)
9.2.1	损伤专用术语	(187)
9.2.2	关键区域	(188)
9.2.3	允许/可忽略损伤	(188)
9.2.4	可修复损伤	(189)
9.2.5	大修或替换	(190)
9.2.6	其他考虑	(190)
9.3	修理方法	(191)
9.3.1	快速修复带	(191)
9.3.2	树脂密封	(191)
9.3.3	灌封修理	(192)
9.3.4	双面螺接(金属板)和双面胶结(复合材料补片)	(192)
9.3.5	预固化/共固化贴补处理	(192)
9.3.6	室温湿铺贴	(193)
9.3.7	高温湿铺贴	(193)
9.3.8	预浸料修理	(194)
9.3.9	斜嵌搭接和阶梯搭接修理	(194)
9.3.10	复合材料修理金属	(196)
参考文献		(196)
第10章	修理技术	(198)
10.1	准备	(198)
10.1.1	漆膜去除	(200)
10.1.2	脱胶方法	(200)
10.1.3	损伤去除	(203)

10.1.4	除湿和去污	(207)
10.1.5	复合材料表面准备——修理打磨和确定铺层	(207)
10.1.6	水膜破坏测试	(210)
10.1.7	金属表面准备	(211)
10.2	典型修理	(211)
10.2.1	封边的修理	(211)
10.2.2	芯材和单侧蒙皮损伤的修理	(213)
10.2.3	芯材和上下蒙皮损伤的修理	(213)
10.2.4	混杂复合材料的修理	(214)
10.2.5	盲修	(215)
10.2.6	注胶修理	(216)
10.2.7	实心层合板的修理	(217)
10.2.8	灌注填充修理	(218)
10.2.9	金属—金属胶结	(219)
10.2.10	塑料焊接(用溶剂或热)	(219)
10.3	胶黏剂的使用	(219)
10.4	封装材料、分离膜、分离织物、剥离铺层、透气布、吸胶布、吸胶织物 和应用工艺技术	(219)
10.4.1	术语	(219)
10.4.2	选择准则	(221)
10.4.3	表面封装与整体封装	(223)
10.4.4	打褶	(224)
10.4.5	封装顺序	(224)
10.4.6	真空要求和原理	(225)
10.4.7	盖板和坝的应用	(232)
10.4.8	垂直渗胶方法	(233)
10.4.9	挤出(边缘渗出)方法	(233)
10.4.10	零渗胶方法	(234)
10.4.11	铺层压紧和压实	(234)
10.4.12	去除封装的注意事项和典型问题	(235)
10.5	固化阶段和温度——加热工艺技术	(235)
10.5.1	固化阶段的定义	(235)
10.5.2	低温固化	(236)
10.5.3	高温固化	(236)
10.5.4	直接和间接加热的比较	(236)
10.5.5	温变率和保温时间	(237)
10.5.6	温度控制和监控	(238)
10.5.7	热电偶的放置	(238)