

国外胶黏剂丛书

# 粘接与胶黏剂技术导论

(原著第二版)

[美] 阿方萨斯 V.波丘斯 著  
潘顺龙 赵 飞 许关利 译



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

TQ43  
3474

国外胶黏剂丛书

号 039 字 登 录 (京)

# 粘接与胶黏剂技术导论

(原著第二版)

[美] 阿方萨斯 V. 波丘斯 著  
潘顺龙 赵 飞 许关利 译



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·



中纺院图书馆Z17209

44609

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

粘接与胶黏剂技术导论: 第二版/[美]波丘斯 (Pocius, A. V.) 著; 潘顺龙, 赵飞, 许关利译, —北京: 化学工业出版社, 2004. 11

(国外胶黏剂丛书)

书名原文: Adhesion and Adhesives Technology: An Introduction

ISBN 7-5025-6255-9

I. 粘… II. ①波…②潘…③赵…④许… III. ①粘接②胶黏剂 IV. TQ43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 109833 号

Adhesion and Adhesives Technology: An Introduction, Second Edition/by Alphonsus V. Pocius  
ISBN 3-446-21731-2

Copyright © 2002 by Carl Hanser Verlag. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by Carl Hanser Verlag.

本书中文简体字版由 Carl Hanser Verlag 出版公司授权化学工业出版社独家出版发行。  
未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2003-1200

---

国外胶黏剂丛书  
粘接与胶黏剂技术导论  
(原著第二版)

[美] 阿方萨斯 V. 波丘斯 著  
潘顺龙 赵飞 许关利 译  
责任编辑: 丁尚林  
文字编辑: 冯国庆  
责任校对: 顾淑云 边涛  
封面设计: 郑小红

化学工业出版社出版发行  
材料科学与工程出版中心  
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)  
发行电话: (010) 64982530  
<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销  
北京市彩桥印刷厂印刷  
北京市彩桥印刷厂装订  
开本 787mm×960mm 1/16 印张 18¼ 字数 319 千字  
2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷  
ISBN 7-5025-6255-9/TQ·2098  
定价: 38.00 元

---

版权所有 违者必究  
该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 译者前言

粘接科学是一门古老而又年轻的学科，早在几千年前人们就已开始使用胶黏剂，但直到近代，这个领域才取得巨大的发展。随着粘接科学的进步，胶黏剂的应用已渗透到了国民经济中的各个部门，在工业、农业、国防、交通以及人们的日常生活中获得越来越广泛的应用，成为必不可少的重要材料之一。

目前，市面上有关粘接的书籍虽然种类繁多，但往往都是手册或论文集，它们都具有一个明显的缺点——缺乏连贯性和系统性，这使得人们在理解粘接科学时经常顾此失彼，无法形成统一的认识，阻碍了粘接科学的发展。同时，许多粘接科学和技术工作者，尤其是刚接触该领域的人员，要求编撰或翻译出版基本理论翔实、使人们能够深入浅出了解粘接科学的书籍的呼声日盛。在此形势下，我们欣然翻译了本书。

美国 3M 公司 Alphonsus V. Pocius 博士编写的本书原著——“Adhesion and Adhesives Technology——An Introduction”（2nd Edition）堪称粘接科学的一部力作。Alphonsus V. Pocius 博士长期从事粘接科学方面的教学和研究工作，积累了丰富的经验，取得了很多重要的研究成果，2001 年他还被 *Adhesives Age* 选为“technical person of the year”。正是这些丰富的经验，为该原著的成功打下了坚实的基础。在原著中，Alphonsus V. Pocius 博士以深邃广阔的视野，精练严谨的笔触，概述了粘接科学领域所涉及的三大学科内容：胶接件力学、胶黏剂化学和表面科学。书中还涵盖了聚合物物理化学性能、表面科学与粘接科学的关系、结构胶黏剂和弹性体基胶黏剂物理化学性能及其胶接件设计基础等多方面内容。该书内容非常连贯，论述过程中由浅入深逐步展开，语言浅显易懂，尽可能地避免了复杂而深奥的数学公式，使人们很容易对粘接科学有一个充实而全面的认识。另外，该书不但侧重于基础理论的介绍，而且还很注重理论联系实际，给出了许多实际建议。鉴此，我们认为该书不但具有理论性，也很有实用性，深信从事粘接科学的研究、教学、应用和信息咨询等工作的读者都能从中获益，既可作为大专院校开设胶黏剂技术与工程学的相关教材，也可供从事粘接科学的技术人员阅读参考。

本书的前言、第 5 章～第 7 章以及答案部分由潘顺龙翻译；第 8 章～第 11

章由赵飞翻译；第1章～第4章由许关利翻译。全书由宋广智教授、潘顺龙统稿及审校。本书在翻译过程中还得到刘鸣华教授的帮助，在此表示感谢。

本书涉及多个相关领域，含有大量专业术语，考虑到中英文翻译的差异，所以在处理这些术语时，不但翻译成中文，而且也保留了其英文原名，以便读者深入学习时查阅有关文献。

本书涉及的学科领域虽然较多，但绝大部分仍在译者所了解和掌握的范围之内，翻译已尽最大努力，力图给读者奉献一本忠实原著、文字流畅的中文译本。但是，由于水平有限，加上时间仓促，仍然可能存在一些错误和遗漏谬误之处，尤其是表述和选词不当之处，恳请读者提出宝贵的批评和建议。

宋广智  
2004年8月

## 序 言

粘接科学是一门交叉学科，涉及物理、有机化学及其工程学等多方面内容。因涉及范围广，所以其相关书籍很少能由一个作者单独完成，往往是多个作者共同合作编写，以手册、专题论文汇编等形式出版。针对此情况，本人则试图采用一致的风格，对该领域进行充分的阐述，使读者们能够逐步了解其内容。为了有助于巩固书中内容，在第二版中我们也加入一些习题，以供学习和深入。

本书主要是为那些只懂一点或不了解粘接科学，但具有大学有机化学和物理化学知识，并上过一些大学微积分课程的读者而写。尽管如此，对于缺乏这些相关知识的人而言，他们也能通过本书学习有关粘接科学的内容。也就是说，此书的重点是认识这门学科，而不是对书中的内容做完全而详细的阐释。因此，书中在进行描述时尽可能采用的是词语和例子，而不是详细的数学推导。当然，在某些需要详细解释的地方，也会给出相应的数学内容。书中的每章都以该部分内容的简单概述开始，起点相当于入门教科书，然后其内容再不断加深，为那些想成为（或已是）这门学科和技术的人员提供更详细的论述。书中多个地方也给出了一些有益的实际建议，例如如何进行测定，表面如何进行修饰，或者胶黏剂如何配制成有用产品等。在第二版中，我们也收入了许多有关胶黏剂化学方面的新内容。本人期望，对于粘接科学所涉及的各个领域的相关知识，无论读者是什么科技背景，该书都能为他们提供一个全面的导言性的论述。随着科学的进展，人们对自然现象的理解也在不断变化。因此，本书也相应地给出了粘接科学研究中的一些新观点，尤其是扩展了粘接的基本原理与胶接件实际粘接强度间的联系。

在此，我要感谢 3M 公司一些曾为我提供帮助的人员，他们或者是为本书作了评论，或者是对我提供支持，推动了我对粘接科学方面的研究。他们分别是：Sam Smith, Bill Schultz, Dave Wangsness, Ted Valentine, Brian Smillie, Dick Hartshorn, Don Theissen, George Allen, Tom Savereide, Morgan Tamsky, Larry Clements, Rich Newell, and Mike Engel。没有他们的帮助和支持，我很

怀疑我是否能获得编写此书所需的那些专业知识。另外，我还要感谢 Knox 大学的 Bob Kooser 教授，是他激励了我从事物理化学这门事业。

**Al Pocius**

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....         | 1  |
| 1.1 引言及本章目的 .....             | 1  |
| 1.2 基本定义 .....                | 1  |
| 1.3 粘接的优缺点 .....              | 2  |
| 1.4 粘接在现代工业中的应用 .....         | 5  |
| 1.5 胶黏剂技术的经济效益 .....          | 10 |
| 1.6 文献及其他信息来源 .....           | 10 |
| 1.7 小结 .....                  | 12 |
| 参考文献 .....                    | 12 |
| <b>第 2 章 粘接材料的力学性能</b> .....  | 14 |
| 2.1 引言 .....                  | 14 |
| 2.2 材料测试中力学应力的定义 .....        | 14 |
| 2.3 应力-应变曲线及材料性能参数的定义 .....   | 15 |
| 2.3.1 拉伸应力 .....              | 15 |
| 2.3.2 剪切应力 .....              | 18 |
| 2.3.3 应变能密度 .....             | 19 |
| 2.4 线性弹性体断裂力学简介 .....         | 19 |
| 2.5 液体流变学简介 .....             | 22 |
| 2.6 线性黏弹性简介 .....             | 24 |
| 2.7 材料性质及力学性能的应用：横梁弯曲 .....   | 28 |
| 2.8 小结 .....                  | 35 |
| 参考资料 .....                    | 35 |
| 难题及复习题 .....                  | 36 |
| <b>第 3 章 胶接件的力学性能测试</b> ..... | 39 |
| 3.1 引言 .....                  | 39 |
| 3.2 破坏模式与实际黏附力的定义 .....       | 39 |
| 3.3 胶接件的拉伸测试 .....            | 40 |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 3.4 胶接件的剪切载荷                     | 43        |
| 3.4.1 标准搭接剪切试样                   | 43        |
| 3.4.2 衍生的搭接剪切试样                  | 47        |
| 3.4.3 胶黏剂真实剪切性能测试试样              | 49        |
| 3.4.4 搭接剪切试样的 Goland-Reissner 分析 | 50        |
| 3.5 胶接件的劈裂载荷                     | 56        |
| 3.5.1 劈裂或断裂试样                    | 57        |
| 3.5.2 鼓泡试验                       | 60        |
| 3.5.3 小型拉伸试验                     | 61        |
| 3.5.4 楔子试验                       | 61        |
| 3.6 剥离试验                         | 62        |
| 3.7 小结                           | 67        |
| 参考资料                             | 67        |
| 参考文献                             | 67        |
| 难题及复习题                           | 68        |
| <b>第4章 分子间作用力与表面科学基础</b>         | <b>70</b> |
| 4.1 概述                           | 70        |
| 4.2 基本作用力                        | 70        |
| 4.2.1 静电作用力                      | 72        |
| 4.2.2 范德瓦尔斯作用力                   | 72        |
| 4.2.3 电子对共享作用                    | 76        |
| 4.2.4 排斥作用力                      | 76        |
| 4.3 表面作用力与表面能                    | 77        |
| 4.4 内聚功和黏附功                      | 80        |
| 4.5 表面能及相关参数的测定方法                | 82        |
| 4.5.1 表面张力                       | 82        |
| 4.5.2 固体表面能                      | 83        |
| 4.6 表面热力学及表面、界面张力的预测             | 90        |
| 4.6.1 Good-Girifalco 关系式         | 92        |
| 4.6.2 Fowkes 假定与部分极性             | 93        |
| 4.6.3 Zisman 曲线                  | 94        |
| 4.6.4 接触角测定的现代应用                 | 95        |
| 4.7 表面分析的现代方法                    | 96        |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 4.7.1 表面化学的现代分析方法        | 96         |
| 4.7.2 表面分析的拓扑方法          | 98         |
| 4.8 小结                   | 99         |
| 参考资料                     | 99         |
| 参考文献                     | 100        |
| 难题及复习题                   | 101        |
| <b>第5章 聚合物基本的物理/化学性能</b> | <b>103</b> |
| 5.1 引言                   | 103        |
| 5.2 基本术语                 | 103        |
| 5.2.1 单体与聚合物             | 103        |
| 5.2.2 聚合物材料的基本类型         | 104        |
| 5.2.3 分子量                | 105        |
| 5.3 聚合物热转变               | 107        |
| 5.4 动态力学性能测试及黏弹性         | 108        |
| 5.4.1 动态力学性能测试方法         | 108        |
| 5.4.2 聚合物动态力学性能数据举例      | 110        |
| 5.5 时温等效原理               | 112        |
| 5.6 小结                   | 114        |
| 参考资料                     | 114        |
| 参考文献                     | 114        |
| <b>第6章 表面科学与粘接科学的关系</b>  | <b>115</b> |
| 6.1 引言                   | 115        |
| 6.2 粘接现象的理化解释            | 115        |
| 6.3 粘接的静电理论              | 116        |
| 6.4 粘接的扩散理论              | 118        |
| 6.5 机械互锁和粘接              | 123        |
| 6.6 润湿和粘接                | 127        |
| 6.7 界面酸-碱相互作用            | 130        |
| 6.8 界面的共价结合              | 132        |
| 6.9 粘接的基本作用力与实际黏附力的关系    | 136        |
| 6.10 弱边界层                | 140        |
| 6.11 小结                  | 140        |
| 参考资料                     | 141        |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 参考文献                                           | 141 |
| 难题及复习题                                         | 143 |
| <b>第7章 被粘物的表面处理</b>                            | 144 |
| 7.1 引言                                         | 144 |
| 7.2 塑料的表面处理                                    | 146 |
| 7.2.1 电晕放电处理                                   | 146 |
| 7.2.2 火焰处理                                     | 153 |
| 7.2.3 等离子处理                                    | 155 |
| 7.2.4 聚合物表面其他的物理处理法                            | 158 |
| 7.2.5 聚合物表面处理的湿化学方法                            | 159 |
| 7.2.6 聚合物表面涂底胶处理                               | 161 |
| 7.3 金属的表面处理                                    | 161 |
| 7.3.1 粘接用铝材的表面处理                               | 162 |
| 7.3.2 The Forest Products Laboratory (FPL) 蚀刻法 | 163 |
| 7.4 铝粘接的阳极化处理                                  | 166 |
| 7.4.1 阳极化机理                                    | 167 |
| 7.4.2 阳极化介质                                    | 168 |
| 7.4.3 航空工业中的磷酸阳极化处理                            | 169 |
| 7.5 金属表面处理的常用技术                                | 170 |
| 7.5.1 化学涂层                                     | 170 |
| 7.5.2 摩擦法                                      | 171 |
| 7.5.3 除铝外的其他金属的电化学处理方法                         | 171 |
| 7.6 小结                                         | 172 |
| 参考资料                                           | 173 |
| 参考文献                                           | 173 |
| 难题及复习题                                         | 175 |
| <b>第8章 结构胶黏剂的化学性质和物理性能</b>                     | 176 |
| 8.1 第8章~第10章的引言                                | 176 |
| 8.2 结构胶黏剂的引言                                   | 176 |
| 8.3 结构胶黏剂基体树脂的化学性质                             | 178 |
| 8.3.1 酚醛树脂                                     | 178 |
| 8.3.2 蛋白质                                      | 181 |
| 8.3.3 环氧树脂                                     | 181 |

|            |                                  |            |
|------------|----------------------------------|------------|
| 8.3.4      | 氨基树脂 .....                       | 187        |
| 8.3.5      | 丙烯酸类树脂 .....                     | 188        |
| 8.3.6      | 耐高温结构胶黏剂 .....                   | 190        |
| 8.4        | 结构胶黏剂性能的优化设计 .....               | 193        |
| 8.4.1      | 酚醛树脂的配方设计 .....                  | 194        |
| 8.4.2      | 环氧树脂的配方设计 .....                  | 196        |
| 8.4.3      | 丙烯酸树脂 .....                      | 202        |
| 8.4.4      | 耐高温结构胶黏剂的配方设计 .....              | 204        |
| 8.5        | 小结 .....                         | 205        |
|            | 参考资料 .....                       | 206        |
|            | 参考文献 .....                       | 206        |
|            | 难题及复习题 .....                     | 207        |
| <b>第9章</b> | <b>弹性体基胶黏剂的化学性质及物理性能 .....</b>   | <b>209</b> |
| 9.1        | 引言 .....                         | 209        |
| 9.2        | 压敏胶黏剂 .....                      | 209        |
| 9.2.1      | PSAs 基体树脂的化学性质 .....             | 210        |
| 9.2.2      | 增黏剂的化学性质 .....                   | 213        |
| 9.2.3      | 压敏胶黏剂的测试 .....                   | 215        |
| 9.2.4      | 各项性能的均衡 .....                    | 220        |
| 9.2.5      | 黏弹性响应时间范围内的 PSA 性能 .....         | 221        |
| 9.2.6      | PSA 的初黏性与黏弹性 .....               | 221        |
| 9.2.7      | PSA 的剥离特性与黏弹性 .....              | 225        |
| 9.2.8      | PSA 的剪切特性与蠕变行为 .....             | 228        |
| 9.2.9      | 小结 .....                         | 229        |
| 9.3        | 橡胶基、触压类和其他弹性体基胶黏剂 .....          | 230        |
| 9.3.1      | RBAs 的配方设计 .....                 | 230        |
| 9.3.2      | 聚合物基体 .....                      | 230        |
| 9.3.3      | 增黏剂 .....                        | 232        |
| 9.3.4      | 颜料和填料 .....                      | 232        |
| 9.3.5      | RBAs 的交联/硫化 .....                | 233        |
| 9.3.6      | 溶剂 .....                         | 234        |
| 9.3.7      | 基于硅氧烷化学性质的弹性体基胶黏剂、密封胶和隔离涂层 ..... | 235        |
| 9.4        | 小结 .....                         | 237        |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 参考资料                           | 238 |
| 参考文献                           | 238 |
| 难题及复习题                         | 238 |
| <b>第 10 章 热塑性、假热塑性及其他类型胶黏剂</b> | 240 |
| 10.1 引言                        | 240 |
| 10.2 热熔胶黏剂                     | 240 |
| 10.2.1 引言                      | 240 |
| 10.2.2 聚合物的物理特性和热熔胶黏剂          | 241 |
| 10.2.3 热熔胶黏剂的配方设计              | 243 |
| 10.2.4 热熔胶黏剂的合成设计              | 246 |
| 10.2.5 固化型热熔胶黏剂                | 249 |
| 10.3 聚醋酸乙烯酯类胶黏剂                | 250 |
| 10.4 聚乙烯醇缩醛胶黏剂                 | 251 |
| 10.5 基于天然产物的热塑性或假热塑性胶黏剂        | 251 |
| 10.5.1 淀粉类                     | 251 |
| 10.5.2 纤维素类                    | 252 |
| 10.6 小结                        | 253 |
| 参考资料                           | 253 |
| 参考文献                           | 253 |
| <b>第 11 章 胶接件设计基础</b>          | 255 |
| 11.1 引言                        | 255 |
| 11.2 胶黏剂的化学性质与力学性能             | 255 |
| 11.3 使用准则                      | 257 |
| 11.4 界面和表面处理                   | 260 |
| 11.5 其他问题                      | 261 |
| 11.6 胶接件设计的基本准则                | 262 |
| 11.7 小结                        | 266 |
| 参考文献                           | 267 |
| 难题及复习题                         | 267 |
| <b>答案</b>                      | 268 |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 引言及本章目的

粘接就是指把材料连接在一起而形成组件的一种方法，它可以作为钉子连接、铆接、螺栓连接等传统机械连接方法的一种补充。粘接并不是一种新的连接技术，早在古埃及<sup>[1]</sup>和古巴比伦<sup>[2]</sup>时期就有了使用胶黏剂的记载。中世纪的 Bommarito<sup>[3]</sup>还记载了胶黏剂的配方，表明中世纪的人们已认识到制备复合材料及其使用干性油的重要性：

### “坚固、好用的胶水”

“用磨粉器将黏土砖瓦研磨成粉末，加入同等质量的铁锈粉，然后再加入质量等于黏土砖瓦和铁锈粉质量之和的熟石灰，最后再加入亚麻油混合均匀。需立即使用这种胶水粘接所需的物体，因其配好后立即使用效果最好。”

20 世纪初，随着合成胶黏剂的出现，粘接技术才取得巨大的进展，所以胶黏剂作为连接介质直到近代才得到广泛使用。

所有的连接方法都有其优缺点，粘接技术也不例外。本绪论只是简单介绍粘接技术的一些优缺点，后面的章节将会对其逐步进行详细的叙述。本章的目的在于：

- ① 使读者熟悉粘接科学中使用的基本术语；
- ② 为读者提供一些有关粘接技术的基本原理，以理解其优缺点；
- ③ 讨论粘接技术在国民经济中的地位，并给出一些胶黏剂使用时的实例；
- ④ 为从事粘接技术和科学的工作者描述粘接及其胶黏剂的信息来源。

## 1.2 基本定义

通过胶黏剂而得到的组件叫作胶接接头 (adhesive joint) 或胶接件 (adhesive bond)，接头中除胶黏剂外的固体材料叫被粘物 (adherends)，胶黏剂把被粘物所受的载荷传递到胶接接头的现象叫粘接 (adhesion)。还有这样一种脱黏 (abhesion) 现象，它能减弱粘接，当人们需要从粘接中除去胶黏剂时，这种性

质就显得比较重要。具有脱黏性质的材料就叫做脱黏物 (release materials), 它们主要用于制造一些压敏胶黏剂结构 (在第 9 章进行论述)。

胶接接头的实际强度主要由被粘物和胶黏剂的力学性能决定, 人们一般用实际黏附力 (practical adhesion) 这一词来表征胶接接头的物理强度。本书的目的主要是介绍粘接技术、胶黏剂的化学性质及其性能, 探讨人们当前对实际黏附力、粘接及胶接接头中能量耗散机理间的关系的认识。

### 1.3 粘接的优缺点

为获得组件, 机械紧固件必须穿过被粘物, 这是胶接接头与机械紧固接头的一个主要区别。当机械紧固件穿过被粘物, 或者是被粘物在安装固件前被穿透, 就会在被粘物上留下孔洞。

在图 1.1 中, 可见到两种被粘物的受力情形。图 1.1 (a) 中, 被粘物完整, 当外力作用于此被粘物时, 穿过的应力线连续。但如果被粘物体上有孔洞存在时

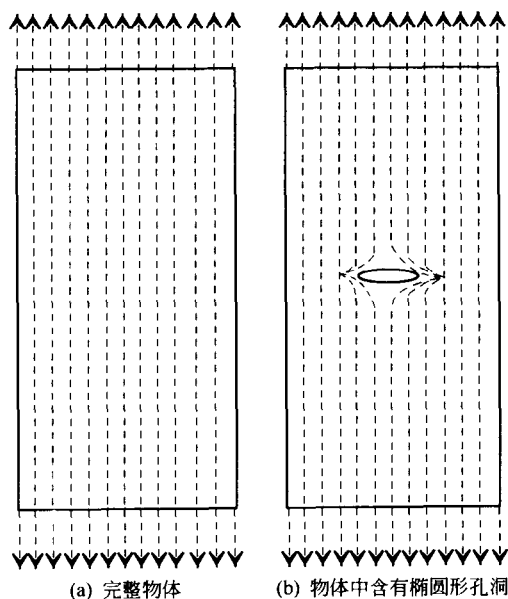


图 1.1 应力线穿过物体示意图  
应力线能连续穿过 (a), 但不能连续穿过 (b),  
这是因椭圆形孔洞边缘产生应力集中的结果

[如图 1.1 (b) 所示], 应力线将不再连续, 而是绕过孔洞。因此, 孔洞边缘的被粘物所受的应力将会远大于远离孔洞处所受的应力。孔洞边缘不仅要承受施加到其上的应力, 还要承受施加到孔洞中的物质上的应力, 这种现象就叫做应力集中 (stress concentration), 其内容将在 2.4 和 3.5.1 中的断裂力学部分涉及到。应力集中会恶化被粘物及机械接头的许多物理性能, 而使用胶黏剂制造组件, 就不需要在被粘物上开孔, 从而在组件形成后被粘物仍保持其原有的物理性能。

在接头中使用机械紧固件会产生许多问题, 而这些问题在使用胶黏剂时都可避免。首先, 机械接头会使接头整体强度降低; 其次, 接头会提前疲劳失效; 再者, 如果被粘物对冲击敏感, 使用机械紧固件将会导致整个组件破坏。

按正确的胶接接头设计而制备出的组件不会产生很高的应力集中现象, 因此可以充分利用被粘物的各种性能。但是, 为使胶接接头与机械紧固件承受同等大小的应力, 要求被粘物与胶黏剂间要有更大的接触面积。有关胶接接头设计的内容将在第 3 章和第 11 章进行描述。

绝大多数的胶黏剂都是聚合物材料, 具有黏弹性, 即同时具有黏性和弹性 (黏弹性内容将在第 2 章和第 5 章进行详细的论述)。聚合物基胶黏剂能够吸收作用于接头的机械能, 并以热能形式而耗散, 因此与机械紧固相比, 粘接能提高接头的疲劳寿命。例如, Schliekelmann<sup>[4]</sup>通过粘接与机械紧固的复合作用延长了接头的疲劳寿命, 表 1.1 是其获得的数据, 从中可见复合连接明显提高了接头的疲劳寿命。胶黏剂的黏弹性及其他在胶接接头和剥离过程中所起的作用将在第 2 章、第 5 章、第 6 章、第 9 章讨论。

表 1.1 接头疲劳寿命比较 (铝质被粘物, 搭接 4cm, 被粘物厚度 1mm)

| 样 品            | 疲劳寿命(循环次数) | 样 品          | 疲劳寿命(循环次数) |
|----------------|------------|--------------|------------|
| 铆接             | 211000     | 铆接并用两份环氧树脂粘接 | >1500000   |
| 铆接并密封(使用弹性密封胶) | 42000      |              |            |

另外, 许多胶黏剂在粘接时不需要外部机械能的介入来影响组件, 因此对冲击敏感的材料也可用于制备组件。例如, 不能用钉子连接炸药棒, 但可以用背涂压敏胶的胶带将其粘接起来。

粘接的主要缺点在于, 穿过接头的应力依靠粘接进行传递, 而粘接是一种表面物理-化学现象 (此部分内容在第 4 章、第 6 章讨论), 所以接头的物理性能在很大程度上取决于被粘物的表面状态及其胶黏剂与物体表面间的作用。因此, 如果被粘物的表面状况不好, 那么胶黏剂与其形成的接头强度就会比预期的低, 低于根据被粘物和胶黏剂物理性能所预测的强度。当胶接接头经常使用于恶劣环境

时，其表面问题甚至显得更加重要。粘接要求被粘物有适当的表面状况，但实际情况并不总能满足这种要求，所以它与不受接头组分表面状况影响的机械紧固相比，这是其一个缺点。将在第 7 章讨论制备适于粘接用的物体表面的有效方法。

与机械紧固相比，胶黏剂还有其他几个优点。其中之一是，胶黏剂在起粘接作用的同时还起到密封作用，这也是胶黏剂广泛应用于航空工业的原因，而机械紧固需要单独的密封工艺来制备抗压接头。胶黏剂还可将电势不同的材料粘接在一起，不会加速材料的腐蚀，例如，钢和铝的机械连接就是一个致命错误，在腐蚀性环境中，铝会作为钢的阳极而很快被腐蚀掉。因为大多数的聚合物胶黏剂都是非离子的电绝缘体，所以适当的有效粘接不仅能结构性地将电势对材料连接在一起，而且还能将它们电绝缘性地分开。

但是，与粘接相比，机械紧固也有许多优点。机械紧固件一旦使用，就可确定其存在。对于胶黏剂，由于它们的性质的原因，因此它们位于接头内部，多数情况下（不使用破坏性测试）很难判断胶黏剂的使用是否恰当。由于缺乏非破坏性质量检验方法，也导致人们专门针对粘接的非破坏性测试方法进行研究。另外，与粘接相比，机械紧固的另一个优势在于，机械紧固工程技术已是许多学校的教学内容，但关于粘接工程学的课程却很少，所以工程设计人员在使用胶黏剂时会缺少信心。希望本书能为人们增强使用胶黏剂的信心，并为本领域的工程课打下基础。

表 1.2 和表 1.3 展示了由 Lee<sup>[5]</sup>所编辑的关于焊接与粘接方法的比较，所列举的特征进一步说明了它们的优缺点。

表 1.2 焊接与粘接产品特征比较

| 焊 接             | 粘 接                      |
|-----------------|--------------------------|
| 很少或不需要表面处理      | 被粘物一般需要表面处理              |
| 焊接后有时需要热处理      | 后固化经常是有益的                |
| 焊接设备昂贵、笨重、能耗高   | 有时需要设备，但都是如烘箱一样的简单设备     |
| 焊线、焊条、焊块便宜（铝除外） | 有些胶黏剂价格高，但与其种类有关         |
| 焊接速度快           | 粘接速度也能很快，但严重地依赖于胶黏剂      |
| 可进行非破坏性检验，但费用高  | 可进行非破坏性检验，但粘接强度不可预测      |
| 焊接操作时必须除去热敏和易燃物 | 不需要除去粘接区域的热敏物质，但这取决于固化条件 |

表 1.3 焊接接头与胶接接头的比较

| 焊 接 接 头     | 胶 接 接 头       |
|-------------|---------------|
| 耐久          | 耐久（要求适当的表面处理） |
| 存在局部应力集中    | 应力分布均匀        |
| 接头需要修整以使其美观 | 表面无斑痕         |
| 仅用于同质材料连接   | 可用于异质材料连接     |
| 耐高温         | 耐中、低温         |
| 抗疲劳性差       | 抗疲劳性良好        |