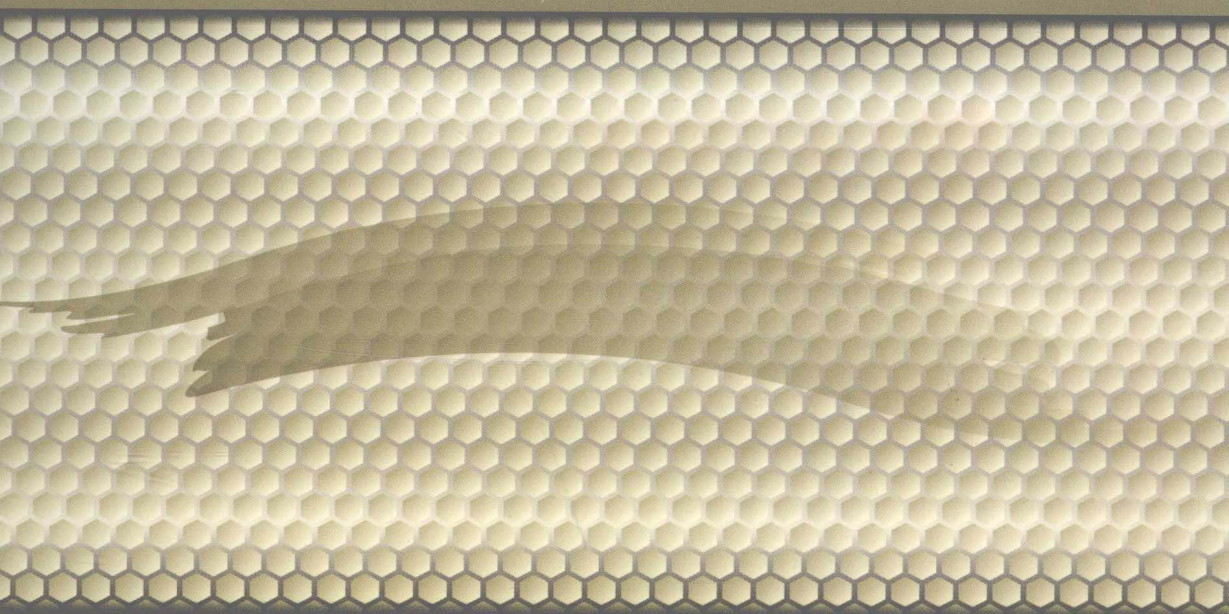


胶粘剂及其应用

黄世强 孙争光 吴 军 编著



掌握胶粘剂的种类——选好胶粘剂
熟知胶粘剂的应用——用好胶粘剂



胶粘剂及其应用

黄世强 孙争光 吴 军 编著

机械工业出版社

本书系统地介绍了各种胶粘剂的组成结构与性能、合成方法、实际应用配方及使用操作技术。其主要内容包括：胶粘剂及其粘接技术概述、环氧树脂胶粘剂、不饱和聚酯胶粘剂、聚氨酯胶粘剂、酚醛树脂胶粘剂、丙烯酸酯胶粘剂、有机硅胶粘剂、聚酰亚胺及杂环类胶粘剂、橡胶胶粘剂、热熔胶和密封胶。本书内容新颖、翔实，层次清晰，并配有丰富的应用实例和多种配方，具有很强的实用性和针对性。

本书适合于从事胶粘剂研发、生产与应用的技术人员使用，也可供相关专业的在校师生和研究人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

胶粘剂及其应用/黄世强，孙争光，吴军编著. —北京：机械工业出版社，2011.12
ISBN 978-7-111-36098-8

I. ①胶… II. ①黄…②孙…③吴… III. ①胶粘剂 IV. ①TQ43

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 207535 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：陈保华 责任编辑：陈保华

版式设计：张世琴 责任校对：任秀丽

责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·19.25 印张·374 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-36098-8

定价：39.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

策划编辑：(010)88379734

社服务中心：(010)88361066

网络服务

销售一部：(010)68326294

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着社会经济的持续发展和科学技术的不断进步，胶粘剂在国民经济建设的各个重要领域的应用越来越广泛和深入。从高新技术到工农业生产再到日常生活，胶粘剂已成为不可缺少、无法替代、使用简单方便的常用材料，在国民经济建设的各个领域都起着重要的作用。

近年来，人们对胶粘剂相关知识与技术的了解和认识不断提高，需要更多、更好的有关胶粘剂内容的技术图书，以满足不同读者的需求。在机械工业出版社的支持下，我们组织编写了这本《胶粘剂及其应用》。

本书系统地介绍了各种胶粘剂的组成结构与性能、合成方法、实际应用配方及使用操作技术，从而将原理和具体应用有机地结合起来，突出应用，通俗易懂，随学即用。书中重点介绍了胶粘剂合成与应用配方、使用操作方法、常见问题的解释及处理，列举有大量具体应用实例，针对性和实用性强，可使读者方便了解、掌握常见胶粘剂的应用知识、应用方法与操作技术。

本书由黄世强、孙争光、吴军编著，朱杰、高风、库斌、陈超、陈明、王志政参加了书稿的整理工作。本书最后由黄世强审定统编全稿。

在编写过程中，我们参阅并引用大量国内外专家的文献和资料，在此表示诚挚的感谢。

胶粘剂生产和应用领域所涉及的内容丰富，涉及多学科、多领域，新技术、新方法、新品种不断涌现，再加上编著者时间、水平及经历所限，书中不妥之处在所难免，敬请同行专家和广大读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第1章 胶粘剂及其粘接技术

概述 1

1.1 胶粘剂的分类 1

1.2 胶粘剂的组成 5

1.3 胶粘剂的应用 7

1.4 粘接技术简介 14

1.5 粘接接头 17

1.6 粘接接头的设计 19

1.6.1 粘接接头设计的基本

原则 19

1.6.2 常见粘接接头的设计 20

1.6.3 接头基材和接头尺寸

的选择 24

1.7 粘接表面的处理 27

1.7.1 表面处理的步骤和

方法 27

1.7.2 特殊的表面处理方法 29

1.8 胶粘剂的使用 29

1.8.1 胶粘剂的选用原则 29

1.8.2 胶粘剂的配制及使用 33

第2章 环氧树脂胶粘剂 39

2.1 环氧树脂胶粘剂的组成 39

2.1.1 环氧树脂 39

2.1.2 固化剂 43

2.1.3 促进剂 50

2.1.4 增韧剂 51

2.1.5 稀释剂 52

2.1.6 填料 55

2.1.7 偶联剂 56

2.2 环氧树脂胶粘剂的性能及

典型种类 56

2.2.1 环氧树脂胶粘剂的性能

特点 56

2.2.2 环氧树脂胶粘剂的分类 57

2.2.3 环氧树脂胶粘剂的典型

种类 57

2.3 环氧树脂胶粘剂的应用 61

2.3.1 应用概况 61

2.3.2 环氧树脂胶粘剂在机械

工业中的应用 63

2.3.3 环氧树脂胶粘剂在汽车

工业中的应用 64

2.3.4 环氧树脂胶粘剂在船舶

工业上的应用 66

2.3.5 环氧树脂点焊胶在飞机

上的应用 69

2.3.6 环氧树脂胶粘剂在光学仪

器制造中的应用 70

2.3.7 环氧树脂导电胶在电子电

器上的应用 72

2.3.8 环氧树脂胶粘剂在土木

建筑上的应用 73

2.3.9 环氧树脂胶粘剂在火工品

中的应用 76

第3章 不饱和聚酯胶粘剂 77

3.1 不饱和聚酯胶粘剂的组成

及制备 77

3.1.1 配方组成 77

3.1.2 不饱和聚酯胶粘剂

的制备 83

3.2 不饱和聚酯胶粘剂的性能 84

3.2.1 不饱和聚酯胶粘剂的

性能特点 84

3.2.2 不饱和聚酯胶粘剂粘接

工艺特点	84	4.3.7 机械用聚氨酯胶粘剂	110
3.2.3 不饱和聚酯树脂胶粘剂		4.3.8 水性聚氨酯胶粘剂	111
改性	84	4.3.9 汽车工业用聚氨酯	
3.3 不饱和聚酯胶粘剂的应用	87	胶粘剂	115
3.3.1 应用概述	87	第5章 酚醛树脂胶粘剂	117
3.3.2 不饱和聚酯密封胶的配制		5.1 酚醛树脂胶粘剂的分类	117
与应用	88	5.1.1 酚醛树脂胶粘剂	
3.3.3 不饱和聚酯树脂胶粘剂在		的种类	118
油田固砂中的应用	91	5.1.2 改性酚醛树脂胶粘剂	119
3.3.4 不饱和聚酯树脂胶粘剂在		5.2 酚醛树脂胶粘剂的性能	129
路面修补中的应用	91	5.3 酚醛树脂胶粘剂的配方设计	
3.3.5 不饱和聚酯胶粘剂在装饰		及配胶工艺	130
材料上的应用	92	5.4 酚醛树脂胶粘剂的应用	135
3.3.6 不饱和聚酯胶粘剂在石材		第6章 丙烯酸酯胶粘剂	138
加工方面的应用	93	6.1 丙烯酸酯胶粘剂的分类	138
第4章 聚氨酯胶粘剂	94	6.1.1 反应型丙烯酸酯胶	
4.1 聚氨酯胶粘剂的分类	94	粘剂	138
4.1.1 多异氰酸酯胶粘剂	94	6.1.2 氰基丙烯酸酯胶粘剂	141
4.1.2 双组分聚氨酯胶粘剂	95	6.1.3 丙烯酸酯厌氧胶粘剂	143
4.1.3 单组分聚氨酯胶粘剂	96	6.1.4 丙烯酸酯压敏胶粘剂	147
4.1.4 改性聚氨酯胶粘剂	98	6.2 丙烯酸酯胶粘剂的性能	148
4.2 聚氨酯胶粘剂的性能	99	6.2.1 反应型丙烯酸酯胶粘剂	
4.2.1 聚氨酯胶粘剂的特点	99	的性能	148
4.2.2 影响聚氨酯胶粘剂性能		6.2.2 氰基丙烯酸酯胶粘剂	
的因素	99	的性能	150
4.3 聚氨酯胶粘剂的主要品种		6.2.3 丙烯酸酯厌氧胶粘剂	
及应用	102	的性能	150
4.3.1 通用型双组分聚氨酯		6.2.4 丙烯酸酯压敏胶粘剂	
胶粘剂	102	的性能	150
4.3.2 水利工程用聚氨酯胶		6.3 丙烯酸酯胶粘剂的发展	
粘剂	103	趋势	151
4.3.3 结构型聚氨酯胶粘剂	105	6.4 丙烯酸酯胶粘剂的应用	153
4.3.4 聚氨酯树脂类建筑锚		6.4.1 丙烯酸酯胶粘剂的	
固胶粘剂	107	应用范围	153
4.3.5 铺装材料用聚氨酯		6.4.2 丙烯酸酯乳液胶粘剂在	
胶粘剂	108	纺织行业的应用	154
4.3.6 电子工业用聚氨酯		6.4.3 汽车车面用压敏胶	
胶粘剂	109	粘剂	157

VI 胶粘剂及其应用

6.4.4 氰基丙烯酸酯胶粘剂在 医学上的应用	158	胶粘剂	200
6.4.5 丙烯酸酯胶粘剂配方 实例	160	8.3.7 聚芳砜胶粘剂	202
第7章 有机硅胶粘剂	173	8.3.8 聚苯硫醚胶粘剂	202
7.1 有机硅胶粘剂的分类及 组成	173	第9章 橡胶胶粘剂	204
7.1.1 有机硅胶粘剂的分类	173	9.1 氯丁橡胶胶粘剂	204
7.1.2 有机硅胶粘剂的组成	176	9.1.1 简介	204
7.2 有机硅胶粘剂的配方及 工艺	177	9.1.2 氯丁橡胶胶粘剂的 组成	206
7.3 有机硅胶粘剂的应用	178	9.1.3 氯丁橡胶胶粘剂的 性能及应用	208
7.3.1 有机硅密封胶胶粘剂	179	9.2 丁腈橡胶胶粘剂	211
7.3.2 有机硅真空胶粘剂	179	9.2.1 简介	211
7.3.3 有机硅压敏胶粘剂	182	9.2.2 丁腈橡胶胶粘剂的 组成	212
7.3.4 高透明性有机硅胶 粘剂	184	9.2.3 丁腈橡胶胶粘剂的 性能及应用	213
7.3.5 导电性有机硅胶粘剂	184	9.3 丁苯橡胶胶粘剂	215
7.3.6 散热性有机硅胶粘剂	185	9.3.1 简介	215
7.3.7 有机硅耐高温胶粘剂	186	9.3.2 丁苯橡胶胶粘剂的 组成	216
7.3.8 其他有机硅胶粘剂	187	9.3.3 丁苯橡胶胶粘剂的 性能及应用	217
第8章 聚酰亚胺及杂环类 胶粘剂	189	9.4 丁基橡胶胶粘剂	217
8.1 聚酰亚胺胶粘剂简介	189	9.4.1 简介	217
8.2 聚酰亚胺胶粘剂的性能 及其应用	190	9.4.2 丁基橡胶胶粘剂的 组成	218
8.2.1 缩合型聚酰亚胺 胶粘剂	190	9.4.3 丁基橡胶胶粘剂的 性能及应用	220
8.2.2 热塑性聚酰亚胺 胶粘剂	191	9.5 天然橡胶胶粘剂	220
8.3 杂环类胶粘剂	196	9.5.1 简介	220
8.3.1 聚苯并咪唑胶粘剂	196	9.5.2 天然橡胶胶粘剂的 组成	221
8.3.2 聚喹恶啉胶粘剂	198	9.5.3 天然橡胶胶粘剂的 性能及应用	222
8.3.3 聚苯并咪唑吡咯酮 胶粘剂	198	9.6 聚硫橡胶胶粘剂	222
8.3.4 聚苯并噻唑胶粘剂	199	9.6.1 简介	222
8.3.5 聚苯并恶唑胶粘剂	200	9.6.2 聚硫橡胶胶粘剂的 组成	223
8.3.6 聚苯基不对称三嗪			

9.6.3 聚硫橡胶胶粘剂的 性能及应用	224	10.4.1 热熔胶在电缆和光缆 中的应用	252
9.7 氟橡胶胶粘剂	225	10.4.2 热熔胶在汽车上的 应用	255
9.7.1 简介	225	10.4.3 热熔胶在铝塑复合管 中的应用	257
9.7.2 氟橡胶胶粘剂的 组成	225	10.4.4 热熔胶在其他方面 的应用	258
9.7.3 氟橡胶胶粘剂的性能 及应用	227	第 11 章 密封胶	261
第 10 章 热熔胶	228	11.1 密封胶简介	261
10.1 热熔胶的组成与制备	228	11.2 密封胶的组成与性能	261
10.1.1 热熔胶的组成	228	11.2.1 有机硅密封胶	261
10.1.2 热熔胶的制备	231	11.2.2 丙烯酸酯橡胶类 密封胶	268
10.2 热熔胶的性能与用途	232	11.2.3 聚氨酯密封胶	275
10.2.1 热熔胶的性能	232	11.3 密封胶的应用	287
10.2.2 热熔胶的用途	232	11.3.1 密封胶在航空、航天 工业中的应用	287
10.3 热熔胶的主要品种	233	11.3.2 密封胶在汽车工业 上的应用	289
10.3.1 聚乙烯—醋酸乙烯 (EVA) 热熔胶	233	11.3.3 密封胶在船舶上的 应用	291
10.3.2 聚氨酯 (PU) 热 熔胶	237	11.3.4 密封胶在电子工业 中的应用	292
10.3.3 聚酰胺热熔胶	238	11.3.5 密封胶在建筑业 中的应用	294
10.3.4 聚酯热熔胶	242	参考文献	296
10.3.5 苯乙烯类 (SDS) 热熔胶	244		
10.3.6 聚烯烃热熔胶	245		
10.3.7 其他类型热熔胶	248		
10.3.8 热熔压敏胶	249		
10.4 热熔胶的应用	252		

第 1 章 胶粘剂及其粘接技术概述

胶粘剂是能把两种相同或不同的材料通过粘接作用连接起来，并能满足一定力学性能、物理性能和化学性能要求的一类物质，也称为粘合剂或粘结剂。采用胶粘剂把材料连接在一起的工艺技术称为粘接技术。

胶粘剂和粘接技术历史悠久，并随着人类社会和科学技术的发展而发展，有力地推动了社会的物质文明、科技进步。尤其是合成材料的出现，为胶粘剂和粘接技术提供了广阔的发展空间，无论是理论和技术还是生产和应用都为其发展创造了有利条件及充分保证，为胶粘剂的研究、生产和应用带来勃勃生机，使其已成为独立的新兴产业——胶粘剂工业。胶粘剂工业在国民经济建设中起着非常重要的作用，为社会物质和精神文明作出了重要贡献，为人们的工作、学习、生产、生活带来极大方便。目前，胶粘剂工业已成为科技含量高、经济效益好的新兴产业，并正以年平均 10% 左右的速度迅速发展。

1.1 胶粘剂的分类

胶粘剂品种繁多，其化学组成各不相同，性能、形态及外观也不尽相同，应用范围、固化方式、粘接强度也各不相同。每种胶粘剂都有各自的应用范围、使用条件和粘接效果，都不可能是万能胶。所谓“万能胶”，一般是指应用范围较宽而已。目前，国内外已有 5000 种以上胶粘剂品种牌号，随着合成胶粘剂的发展，还将继续增加。为更好地了解 and 选用胶粘剂，必须对胶粘剂进行适当的分类。

胶粘剂的分类至今尚无统一方法。为便于研究和使用的，大家通常按胶粘剂的来源、用途、组成结构或性能等来进行分类，一般以胶粘剂主要化学组成为分类基础，结合用途、性能等分类较普遍。常见的几种分类方法如下：

1. 按胶粘剂的粘接强度分类

按照粘接处受力的要求，可将胶粘剂分为结构胶粘剂和非结构胶粘剂。所谓结构胶粘剂，是指固化后能承受较高剪切负荷（15MPa）和不均匀扯离负荷在 30kN/m 以上的胶粘剂。这种胶粘剂主要用于粘接受力部件。而非结构胶粘剂的粘接强度一般，广泛用于普通受力部位的粘接。此外，还有满足某种特定性能和在某些特殊场合使用的特殊胶粘剂。按胶粘剂的粘接强度分类见图 1-1。

2 胶粘剂及其应用

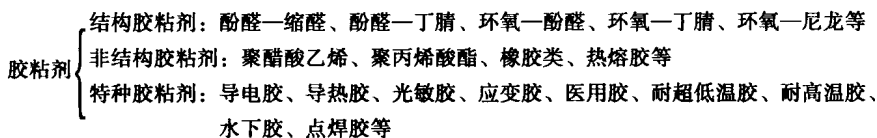


图 1-1 按胶粘剂的粘接强度分类

2. 按胶粘剂的来源分类

根据胶粘剂的来源，可将胶粘剂分为天然胶粘剂和合成胶粘剂，而合成胶粘剂又分为热固性树脂胶粘剂、热塑性树脂胶粘剂、橡胶胶粘剂及无机胶粘剂。按胶粘剂的来源分类见图 1-2。

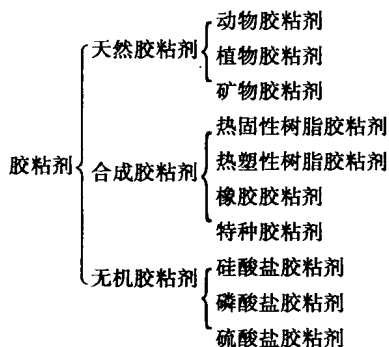


图 1-2 按胶粘剂的来源分类

3. 按胶粘剂的化学组成分类

根据胶粘剂的化学组成，可将胶粘剂分为有机胶粘剂和无机胶粘剂两大类，而有机胶粘剂又分为天然胶粘剂和合成胶粘剂，合成胶粘剂又分为树脂型、橡胶型、复合型或更细类型。按胶粘剂的化学组成分类见图 1-3。

4. 按胶粘剂固化条件分类

根据胶粘剂使用时的固化温度不同，可将胶粘剂分为室温固化胶粘剂、高温固化胶粘剂、光固化胶粘剂及辐射固化胶粘剂等。

5. 按胶粘剂的外观形态分类

根据胶粘剂的外观形态，将胶粘剂分为液态、固态和膏状、薄膜、胶带等类型。按胶粘剂的外观形态分类见图 1-4。

6. 综合分类

由于胶粘剂品种繁多，各种不同的分类方法都很难完全合理地将一大类物质进行统一的分类，实际上也不可能使用一种方法将一类体系庞大的胶粘剂进行准确的分类。所以经常采用综合分类方法，虽不尽人意，但毕竟方便、适用，相对合理、系统、完整。胶粘剂综合分类见图 1-5。

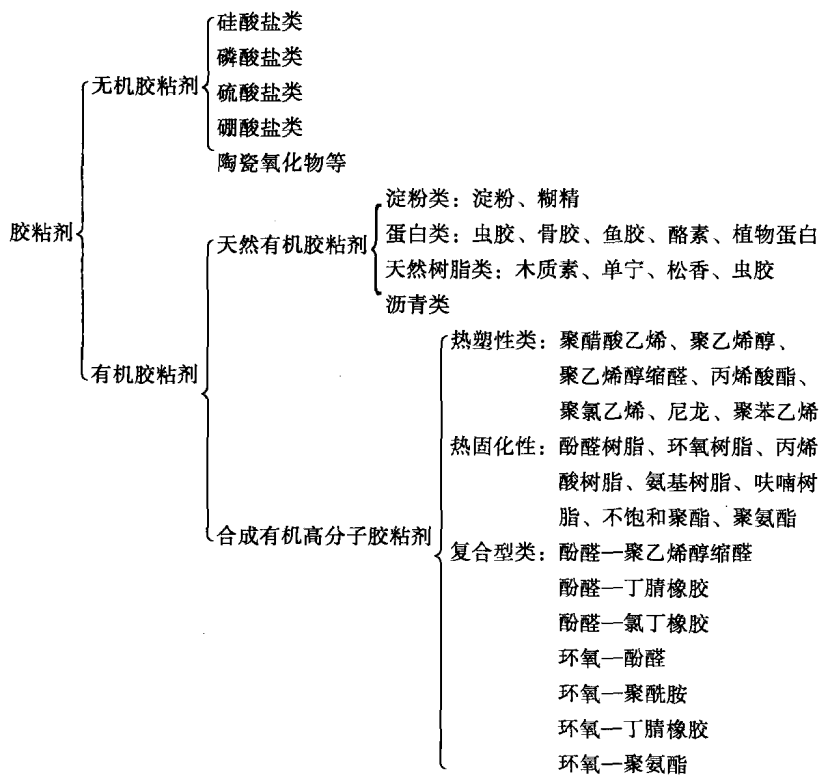


图 1-3 按胶粘剂的化学组成分类

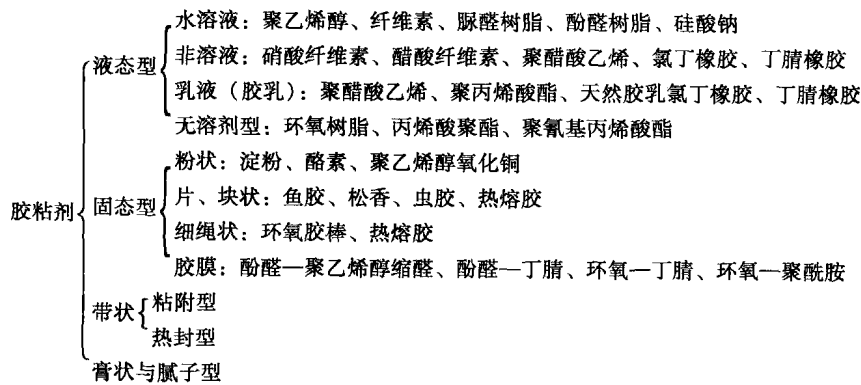


图 1-4 按胶粘剂的外观形态分类

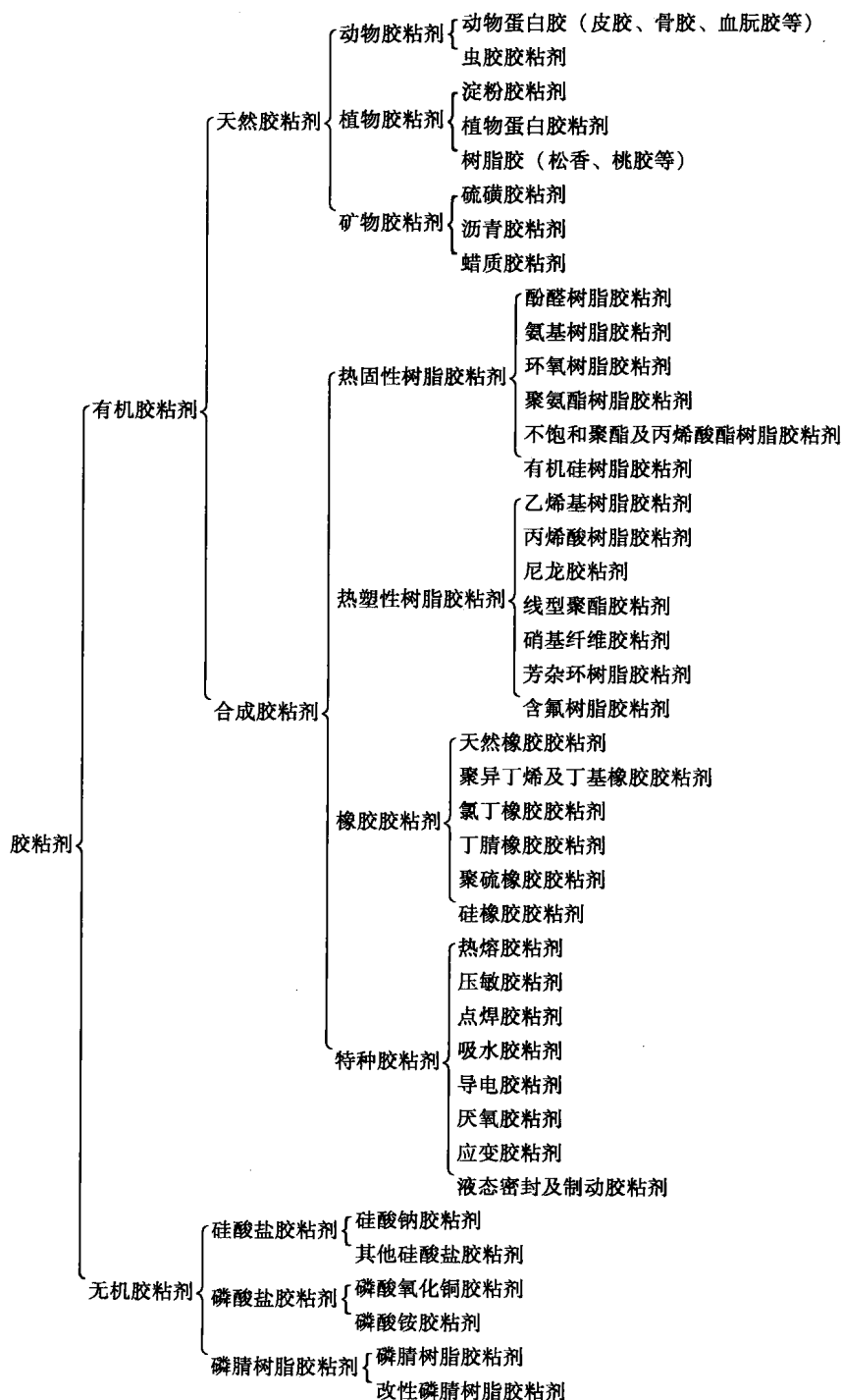


图 1-5 胶粘剂综合分类

1.2 胶粘剂的组成

胶粘剂通常由几种材料配制而成。这些材料按其作用不同,一般分为基料和辅助材料两大类。基料是在胶粘剂中起粘接作用并赋予胶层一定力学强度的物质,如各种树脂、橡胶、淀粉、蛋白质、磷酸盐、硅酸盐等。辅助材料是胶粘剂中用以改善主体材料性能或为便于施工而加入的物质,如固化剂、增塑剂和增韧剂、稀释剂和溶剂、填料、偶联剂等。

1. 基料

在胶粘剂配方中,基料是使两被粘物体结合在一起时起主要作用的成分,它是构成胶粘剂的主体材料。胶粘剂的性能主要与基料有关。

一般来讲,基料应是具有流动性的液态化合物或能在溶剂、热、压力的作用下具有流动性的化合物。实际使用中,用做基料的物质有天然高分子物质、无机化合物、合成高分子化合物。

天然高分子物中,如淀粉、蛋白质、天然树脂等均可作为基料,人类应用它们已有数千年历史。它们一般都是水溶性的,使用方便、价格便宜,且大多是低毒或无毒的;但由于它们受多种自然条件的影响,如地区、季节、气候不同,其性能不一致,因而质量不稳定,且品种单纯,粘接力较低,近几十年来大部分被合成高分子代替。

用做基料的无机化合物有硅酸盐、磷酸盐、硫酸盐、硼酸盐、氧化物等。虽然它们性脆,然而具有耐高温、不燃烧的特点,某些以无机化合物为基料的胶粘剂耐高温已达到 3000°C ,这是任何有机基料的胶粘剂所无法比拟的。

热塑性高分子、热固性高分子、合成橡胶等高分子今天已广泛应用在胶粘剂中,是当代胶粘剂中最重要的基料。合成高分子的迅速发展为胶粘剂的研制和生产提供了丰富的物质基础,促进了粘接强度高、综合性能优良、耐久性好的胶粘剂的快速研制,新胶粘剂品种不断出现。这使胶粘剂的应用渗透到了国民经济的各个部门。

2. 固化剂

胶粘剂必须在流动状态涂布并浸润被粘物表面,然后通过适当的方法使其成为固体,才能承受各种负荷,这个过程称为固化。固化可以是物理过程,如溶剂的挥发,乳胶的凝聚,熔融体的凝固等,这些过程通常也称为硬化;也可以通过化学的方法,使胶粘剂聚合成为固体的高分子。胶粘剂中直接参与化学反应,使胶粘剂主体发生固化的成分称为固化剂。

热固性高分子化合物是具有三向交联结构的聚合物,目前,结构胶基本上是以热固性树脂为基料,它是由多官能团的单体或预聚体聚合成为三向交联结构的

树脂。环氧树脂胶粘剂性能好、品种多、应用最广，它就是这种情况。固化剂使多官能团的单体三向交联，使胶粘剂固化，它是环氧树脂类胶粘剂中最主要的辅助材料。固化剂的种类很多，要按不同基料的固化反应情况，对胶粘剂性能的要求，工艺条件等进行选择。

3. 增塑剂和增韧剂

增塑剂和增韧剂是指胶粘剂中改善胶层的脆性、提高其柔韧性的成分。它们的加入能改善胶粘剂的流动性，提高胶层的抗冲击强度和伸长率，降低其开裂程度，但用量过多反而有害，会使胶层的力学强度和耐热性能下降，应根据使用条件确定用量。

增塑剂能与基料相混溶，但它是不活泼的，不参与固化反应，在固化过程中有从体系中离析出来的倾向，如邻苯二甲酸二丁酯、磷酸三酚酯等。

增韧剂是一种单官能或多官能团的化合物，能与基料起反应，成为固化体系的一部分。它们大都是粘稠液体，常用的有不饱和聚酯树脂、聚硫橡胶、低分子聚酰胺树脂等。它们也可作为环氧树脂的固化剂。

4. 稀释剂和溶剂

用来降低胶粘剂粘度的液体物质称为稀释剂。分子中含有活性基团的能参与固化反应的稀释剂称为活性稀释剂；分子中不含有活性基团，在稀释过程中仅只达到降低粘度的目的，不参加反应的稀释剂称为非活性稀释剂。活性稀释剂多用于环氧型胶粘剂，加入此种稀释剂，固化剂的用量应增大；非活性稀释剂多用于橡胶、聚酯、酚醛、环氧等类型的胶粘剂。一般来说，粘接强度随稀释剂的用量增加而下降。

能溶解其他物质的成分称为溶剂。溶剂在橡胶型胶粘剂中用得较多，在其他型的胶粘剂中用得较少。它与非活性稀释剂的作用相同，主要是降低胶粘剂的粘度，便于施工。

5. 填料

为了改善胶粘剂的加工性、耐久性、强度及其他性能或降低成本等而加入的一种非粘性的固体物质称为填料。

填料的种类很多，常用的主要是无机物，金属、金属氧化物、矿物的粉末都可以用做填料。要根据具体要求进行选择，并要考虑到填料的粒度、形状和填加量等因素。

6. 偶联剂

在粘接过程中，为了使原来直接不粘或难粘的材料之间提高粘接力，在胶粘剂和被粘物表面之间形成一层牢固的界面层，这一界面层的成分称为偶联剂。偶联剂也有许多种，如硅烷、松香树脂及其衍生物等。

有助于提高被粘物（如玻璃、陶瓷、金属等）与胶粘剂粘接能力的有机硅

烷（通式有 RSiX_3 ）是硅烷偶联剂。从化学结构看，硅烷偶联剂的分子一般都含有两部分性质不同的基团：一部分基团（X）经水解能与无机物的表面很好的亲和；而另一部分基团（R）能与有机树脂结合，从而使两种不同性质的材料“偶联”起来。有机硅烷偶联剂用来对被粘物表面进行处理，或者加到胶粘剂中，都能提高粘接强度。

随着基团（R）和（X）的不同，硅烷偶联剂的种类不同，使用范围也不相同，例如当 R 基为氨基时，能在酚醛、脲醛中使用，也可在环氧与聚氨酯中使用，但不宜在聚酯中使用。硅烷偶联剂虽然应用时间不长，但已成为胶粘剂的重要组成部分。

7. 其他助剂

为了满足某些特殊要求，改善胶粘剂的某一性能，在胶粘剂中还加入一些其他助剂。例如增稠剂增加胶粘剂的粘度；阻聚剂防止胶粘剂在贮藏运输过程中自行交联而变质失效，提高其贮存性；防老剂提高胶层耐环境老化特性；防霉剂防止胶层霉变；阻燃剂使胶层不易燃烧等。

1.3 胶粘剂的应用

随着科学技术的迅速发展，胶粘剂的应用领域不断扩大，品种和用量急剧增加。我国胶粘剂品种在 3000 种以上，产量达 300 多万 t。从普通儿童玩具、工艺美术品制造，到机械、电子、车船、飞机制造、火箭、人造卫星、宇宙飞船制造等，处处都有胶粘剂的应用。

1. 在航空航天工业中的应用

胶粘剂和粘接技术应用最多最主要的部门是航空工业。由于飞行器的结构采用了粘接工艺，明显地减轻了结构的重量，提高了疲劳寿命，简化了工艺过程，因此许多国家都把粘接技术作为飞机制造的新工艺。在现代飞机上，几乎没有不采用粘接工艺的。大约在 20 世纪 40 年代就开始在飞机制造工业中使用合成胶粘剂了，现在已经普及到世界各国。对于某些飞机，粘接已经成为整个飞机设计的基础。全世界采用粘接结构的飞机有 100 多种。B-58 重型超声速轰炸机中，粘接板达到 380m^2 ，粘接板占全机总面积的 85%，其中，蜂窝夹层结构占 90%。每架飞机用胶量超过 400kg，可取代约 50 万件铆钉。每架波音 747 喷气客机用胶膜 2500m^2 ，密封胶 450kg。三叉戟飞机的粘接面积占总连接面积的 67%。航空工业中常用的胶粘剂有酚醛—缩醛、酚醛环氧树脂胶粘剂等。新近开发的第二代丙烯酸酯胶粘剂已经实用化并用于飞机的制造中。

各种轻质合金材料和先进复合材料是航天、航空飞行器上使用的主要材料，此外还有许多其他材料，它们的性能各异，且差别悬殊。由这些不同材料构成的

结构件，它们之间的连接往往不能采用传统的连接方法，而只能采用粘接工艺。由于这些结构件在各种不同的特殊环境下使用，要求所采用的胶粘剂必须具备相应的特性。例如，导弹头和返回式航天飞行器将经历严酷的再入热环境，所采用的胶粘剂必须具备优良的耐烧蚀性能；而在空间轨道上运行的航天飞行器处于大温差频繁交变的温度环境，则所采用的胶粘剂不仅需具有优良的耐高、低温交变特性，还要求具有优良的耐空间辐射（如紫外线辐射、耐质子辐射、耐电子辐射等）及在高真空空间环境下，没有或极少释放挥发性物质等特性。

用于火箭、导弹和卫星等航天器上的粘接材料，除需要满足一般工业用胶粘剂的性能要求外，还需满足它们处于发射状态、在轨道上运行及重返大气层等所经历的各种特殊环境要求。例如，卫星、飞船及其他航天器在轨道上运行，其环境交变温度的范围达几百摄氏度（如在地球同步轨道上运行的航天器，其环境交变温度为 $-157 \sim 120^{\circ}\text{C}$ ）。用于有关部位的胶粘剂不仅需具有适应严酷的交变温度特性，还必须具有耐高能粒子及电磁波辐射的特性，并且在高真空环境下没有或极少有挥发物及可凝性挥发物释放出来，以免污染航天器上的高精度光学仪器和有关部位。

航天飞行器在轨道运行期间，飞行器舱内必须保持一定的压力，以保证各种仪器仪表正常工作。而航天飞行器的运行轨道环境处于高真空、低温及大温差高低温交变状态，需要密封的部位多。单纯采用耐低温的橡胶，以通常的静密封形式如O形密封圈进行密封，当温度低于 -67°C 以下，会出现微小泄漏，已不能满足飞行器舱内的工作压力要求。而采用耐低温性好的硅橡胶为主要成分，加入环氧树脂改性的胶粘剂，室温固化，并与上述O形密封圈结合使用，低温下密封性能良好；甚至在O形密封圈受到损坏的情况下，由于上述低温密封胶剂的作用，仍保证了飞行器舱的密封性要求。

2. 在机械、汽车、船舶工业中的应用

机械制造工业的需要，对合成胶粘剂和粘接技术的发展产生了巨大的推动作用。

(1) 在机械工业中的应用 在机床配件安装零件加工中，胶粘剂有广泛的应用，例如，机床的托板、导向装置、铸铁基座的粘接，液压缸、油路元件的堵漏密封，机床导轨的修补等。在零件机械加工中，胶粘剂用于刀具与刀杆的粘接。在模具制造中，胶粘剂的应用更普遍。

(2) 在汽车工业中的应用 在汽车工业中，胶粘剂用作车身、内衬材料、隔声隔热材料、座椅及制动片等粘接。

现代汽车要求小型化、轻量化、节能、安全、美观、舒适，而需要采用各种铝合金、塑料、橡胶等轻质材料。这些材料的连接，只能使用胶粘剂才能达到一定要求和相应的效果。胶粘剂已成为汽车工业不可缺少的主要原材料。汽车用胶

主要是特种胶粘剂,用于制动片的粘接、绝热层的粘接和点焊密封、卷边密封及门窗的密封。制动片的粘接要在苛刻条件下使用,要求制动时因摩擦热使温度达 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$ 时仍具有很强的粘接力,并要耐热老化,耐剧烈冲击和振动,耐润滑油的腐蚀。美国克莱斯勒汽车公司于1949~1975年间共粘接2.5亿个制动片,无一失效。我国解放牌汽车制动片原用几十个铆钉,改用胶粘剂粘接后,使用寿命提高了3倍以上。用粘接方法生产的制动片剪切强度达 $48\sim 70\text{MPa}$,而铆接闸片的剪切强度仅为 10MPa 。可见,采用胶粘剂粘接生产的制动片,无论是强度还是安全性都大大优于铆接闸片。

用粘接相似的方法先后制成纤维复合材料,再制造汽车零部件,这是胶粘剂及其粘接技术在汽车工业间接应用的进展。近年来,在汽车工业中逐步采用粘接装配汽车零部件,如发动机罩、保险杠、法兰件、玻璃钢车身部件之间的连接等。

在机车车辆制造中,为了使车辆在行驶中具有绝热、电绝缘、减少噪声、密封防漏等性能,需要对其中的结构件和非结构件采用粘接与密封材料。为了使车辆高速行驶又节约能耗,必须减轻车体重量,故逐步采用一次性粘接的纤维复合材料代替钢铁材料制造零部件。

特种胶粘剂在车辆制造中的应用,主要是在车厢、车体、动力系统和运行系统方面。结构胶粘剂主要用于动力系统和运行系统,密封胶在各方面均有使用。据统计,一辆现代化机车平均用密封胶 250kg ,酚醛、环氧等热固性树脂胶粘剂约 $100\sim 120\text{kg}$,乙烯基胶粘剂约 30kg 。火车的客车厢、冷藏室等制造中均大量使用各种胶粘剂。

(3) 在船舶工业中的应用 在船舶工业中,胶粘剂的应用也十分普遍。采用粘接的蜂窝夹板制造船身,重量轻、浮力大、刚性好,船身可减轻重量40%。当船体外侧撞伤时,互不连通的蜂窝芯使船身整体不漏水,提高了轮船的防撞安全特性。

随着船舶工业的发展,高分子胶粘剂与密封材料在船舶上的应用越来越广泛。船舶有很多类型不同的多样性,且船舶中使用金属及非金属材料品种繁多,装配着各种机械设备。这些多样性对胶粘剂与密封胶材料的品种和性能也提出了多种多样的特殊要求。船舶经常处于锅炉的烘烤,河水、海水的侵蚀,波浪的冲击摇动以及日晒雨淋等恶劣条件下,因此又从另一个角度对胶粘剂与密封材料提出了特殊要求。

与上述飞机、汽车、车辆用粘接材料相比,船用粘接材料有特殊要求。船的某些部位应使用耐水性,特别是耐海水性好的胶粘剂,有时甚至需要在水中能固化的胶粘剂。尽管船舶的多样性要求使用的胶粘剂也多种多样,但是按用途分,也可分为结构胶粘剂和非结构胶粘剂两大类。前者主要指船体结构件,