

工程材料应用技术丛书

胶粘剂及其 工程应用

黄世强 彭慧 孙争光 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书系统地介绍了环氧树脂、不饱和聚酯、聚氨酯、酚醛树脂、聚丙烯酸酯、橡胶类、有机硅及杂环类、无机类、热熔胶等常见胶粘剂的种类、性能及其工程应用。此外,还对胶粘剂的分类及组成、粘接技术等内容进行了简单介绍。本书叙述简明,层次清晰,内容丰富翔实,并配有丰富的应用实例和多种配方。

本书可供机械、电子、石油、化工、建筑等领域的工程技术人员、管理人员及购销人员使用,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

胶粘剂及其工程应用/黄世强等编著. —北京:机械工业出版社, 2006.5

(工程材料应用技术丛书)

ISBN 7-111-18890-X

I. 胶... II. 黄... III. 胶粘剂 IV. TQ43

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第032664号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:陈保华 版式设计:张世琴 责任校对:王欣

封面设计:马精明 责任印制:李妍

北京地质印刷厂印刷

2006年7月第1版第1次印刷

169mm×239mm·9印张·347千字

0001-4000册

定价:26.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

胶粘剂在国民经济建设的各个重要领域都有广泛的应用，并发挥了重要作用。从神州六号载人宇宙飞船及航空航天、国防尖端技术，到工农业生产和日常生活都离不开胶粘剂的生产与应用。随着国民经济和科技的发展、社会的进步，胶粘剂的应用将更加广泛。在经济与环境协调发展中，胶粘剂新产品、新技术不断涌现，对胶粘剂相关知识和应用技术的了解更加迫切。为适应机械、电子、化工、石油、建筑等领域从事工程技术、管理与购销人员及使用胶粘剂的单位和个人的需要，在机械工业出版社的积极支持下，组织编写了此书。

本书系统地介绍了环氧树脂、不饱和聚酯、聚氨酯、酚醛树脂、聚丙烯酸酯、橡胶类、有机硅及杂环类、无机类、热熔胶等常见胶粘剂的种类、性能及其工程应用。此外，还对胶粘剂的分类及组成、粘接技术等内容进行了简单介绍。本书叙述简明，层次清晰，内容丰富翔实，并配有丰富的应用实例和多种配方；本书力求理论与实践的统一，重在应用，普及与提高相结合，通俗实用。希望本书对读者有所帮助。

参加本书编写的有黄世强、彭慧、孙争光、朱杰、陈雪娟、喻颖、张小燕，最后由黄世强教授审阅统编全稿。

在编写过程中，查阅、参考并引用了国内外同行专家的大量文献资料，在此表示真挚的感谢！

胶粘剂的生产和应用涉及多学科多领域，内容丰富，而且新理论、新技术、新品种层出不穷。编著者水平所限，书中错误和不妥之处在所难免，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 概论	1
1.1 胶粘剂的分类	1
1.2 胶粘剂的组成	1
1.3 胶粘剂的应用	4
第2章 粘接技术	11
2.1 粘接技术简介	11
2.2 粘接接头	14
2.3 粘接接头的设计	16
2.3.1 粘接接头设计的基本原则	16
2.3.2 常见粘接接头的设计	17
2.3.3 接头基材和接头尺寸的选择	21
2.4 粘接表面的处理	23
2.4.1 表面处理的步骤和方法	23
2.4.2 特殊的表面处理方法	25
2.5 胶粘剂的使用	26
2.5.1 胶粘剂的选用原则	26
2.5.2 胶粘剂的配制及使用	29
第3章 环氧树脂胶粘剂	35
3.1 环氧树脂胶粘剂的组成	35
3.1.1 环氧树脂	35
3.1.2 固化剂	38
3.1.3 促进剂	44
3.1.4 增韧剂	44
3.1.5 稀释剂	45
3.1.6 填料	46
3.1.7 偶联剂	46
3.2 环氧树脂胶粘剂的性能及典型种类	47
3.2.1 环氧树脂胶粘剂的性能特点	47

3.2.2 环氧树脂胶粘剂的分类	48
3.2.3 环氧树脂胶粘剂的典型类型	48
3.3 环氧树脂胶粘剂的应用	52
3.3.1 应用概况	52
3.3.2 在机械工业中的应用	53
3.3.3 在汽车工业中的应用	55
3.3.4 在船舶工业上的应用	56
3.3.5 环氧树脂点焊胶在飞机上的应用	59
3.3.6 在光学仪器制造中的应用	60
3.3.7 环氧树脂导电胶在电子电器上的应用	62
3.3.8 在其他方面的应用	63
第4章 不饱和聚酯胶粘剂	65
4.1 不饱和聚酯胶粘剂的组成及制备	65
4.1.1 配方组成	65
4.1.2 不饱和聚酯胶粘剂的制备	70
4.2 不饱和聚酯胶粘剂的性能	71
4.2.1 不饱和聚酯胶粘剂的性能特点	71
4.2.2 不饱和聚酯胶粘剂粘接工艺特点	71
4.2.3 不饱和聚酯树脂胶粘剂改性	74
4.3 不饱和聚酯胶粘剂的应用	74
4.3.1 应用概述	74
4.3.2 不饱和聚酯密封胶的配制与应用	74
4.3.3 不饱和聚酯树脂胶粘剂在油田固砂中的应用	77
4.3.4 不饱和聚酯树脂胶粘剂在路面修补中的应用	78
4.3.5 不饱和聚酯胶粘剂在装饰材料上的应用	79
4.3.6 不饱和聚酯胶粘剂在石材加工方面的应用	79
第5章 聚氨酯胶粘剂	81
5.1 聚氨酯胶粘剂的分类	81
5.1.1 多异氰酸酯胶粘剂	81
5.1.2 双组分聚氨酯胶粘剂	82
5.1.3 单组分聚氨酯胶粘剂	83
5.2 聚氨酯胶粘剂的性能	85
5.2.1 聚氨酯胶粘剂的性能特点	85
5.2.2 影响聚氨酯胶粘剂性能的因素	85
5.3 聚氨酯胶粘剂的主要品种及应用	87

5.3.1 通用型双组分聚氨酯胶粘剂	87
5.3.2 水利工程用聚氨酯胶粘剂	90
5.3.3 结构型聚氨酯胶粘剂	92
5.3.4 聚氨酯树脂类建筑锚固胶粘剂	94
5.3.5 铺装材料用聚氨酯胶粘剂	95
5.3.6 电子工业用聚氨酯胶粘剂	96
5.3.7 机械用聚氨酯胶粘剂	97
5.3.8 水性聚氨酯胶粘剂	98
5.4 聚氨酯密封胶	102
5.4.1 聚氨酯密封胶的分类	102
5.4.2 聚氨酯密封胶的性能	102
5.4.3 影响聚氨酯密封胶性能的因素	103
5.4.4 聚氨酯密封胶的主要品种及应用	104
第6章 酚醛树脂胶粘剂	115
6.1 酚醛树脂胶粘剂的分类	115
6.1.1 酚醛树脂胶粘剂	116
6.1.2 改性酚醛树脂胶粘剂	117
6.2 酚醛树脂胶粘剂的性能	126
6.3 酚醛树脂胶粘剂的配方设计及配胶工艺	128
6.4 酚醛树脂胶粘剂的应用	133
第7章 聚丙烯酸酯胶粘剂	136
7.1 聚丙烯酸酯胶粘剂的分类	136
7.1.1 反应型丙烯酸酯胶粘剂	136
7.1.2 氰基丙烯酸酯胶粘剂	139
7.1.3 丙烯酸酯厌氧胶粘剂	141
7.1.4 丙烯酸酯压敏胶粘剂	144
7.2 聚丙烯酸酯胶粘剂的性能	145
7.2.1 反应型丙烯酸酯胶粘剂的性能	145
7.2.2 氰基丙烯酸酯胶粘剂的性能	147
7.2.3 丙烯酸酯厌氧胶粘剂的性能	147
7.2.4 丙烯酸酯压敏胶粘剂的性能	148
7.3 丙烯酸酯胶粘剂的发展趋势	148
7.4 聚丙烯酸酯胶粘剂的应用	150
7.4.1 丙烯酸酯胶粘剂的应用范围	150
7.4.2 聚丙烯酸酯乳液胶粘剂在纺织行业的应用	151

7.4.3 汽车车面用压敏胶粘剂	154
7.4.4 丙烯酸胶粘剂配方实例	156
第8章 橡胶胶粘剂	169
8.1 氯丁橡胶胶粘剂	169
8.1.1 简介	169
8.1.2 氯丁橡胶胶粘剂的组成	171
8.1.3 氯丁橡胶胶粘剂的性能及应用	173
8.2 丁腈橡胶胶粘剂	176
8.2.1 简介	176
8.2.2 丁腈橡胶胶粘剂的组成	177
8.2.3 丁腈橡胶胶粘剂的性能及应用	178
8.3 丁苯橡胶胶粘剂	180
8.3.1 简介	180
8.3.2 丁苯橡胶胶粘剂的组成	181
8.3.3 丁苯橡胶胶粘剂的性能及应用	182
8.4 丁基橡胶胶粘剂	182
8.4.1 简介	182
8.4.2 丁基橡胶胶粘剂的组成	183
8.4.3 丁基橡胶胶粘剂的性能及应用	185
8.5 天然橡胶胶粘剂	185
8.5.1 简介	185
8.5.2 天然橡胶胶粘剂的组成	186
8.5.3 天然橡胶胶粘剂的性能及应用	187
8.6 聚硫橡胶胶粘剂	187
8.6.1 简介	187
8.6.2 聚硫橡胶胶粘剂的组成	188
8.6.3 聚硫橡胶胶粘剂的性能及应用	189
8.7 硅橡胶胶粘剂	190
8.7.1 简介	190
8.7.2 硅橡胶胶粘剂的组成	191
8.7.3 硅橡胶胶粘剂的性能及应用	193
8.8 氟橡胶胶粘剂	194
8.8.1 简介	194
8.8.2 氟橡胶胶粘剂的组成	194
8.8.3 氟橡胶胶粘剂的性能及应用	196

第9章 有机硅及杂环类胶粘剂	197
9.1 有机硅胶粘剂的特点	197
9.2 有机硅胶粘剂的分类及组成	197
9.2.1 有机硅胶粘剂的分类	197
9.2.2 有机硅胶粘剂的组成	199
9.3 有机硅胶粘剂的配方及工艺	200
9.4 有机硅胶粘剂的应用	202
9.4.1 有机硅密封胶粘剂	202
9.4.2 有机硅真空胶粘剂	202
9.4.3 有机硅压敏胶粘剂	205
9.4.4 高透明性有机硅胶粘剂	206
9.4.5 导电性有机硅胶粘剂	206
9.4.6 散热性有机硅胶粘剂	207
9.4.7 其他有机硅胶粘剂	208
9.5 杂环类胶粘剂	209
9.5.1 聚酰亚胺胶粘剂	209
9.5.2 聚苯并咪唑胶粘剂	210
9.5.3 聚噻恶唑胶粘剂	211
9.5.4 聚苯并咪唑吡咯酮胶粘剂	212
9.5.5 聚苯并噻唑胶粘剂	213
9.5.6 聚苯并恶唑胶粘剂	213
9.5.7 聚苯基不对称三嗪胶粘剂	214
9.5.8 聚芳砜胶粘剂	215
9.5.9 聚苯硫醚胶粘剂	216
第10章 无机胶粘剂	217
10.1 无机胶粘剂的分类	217
10.1.1 气干型无机胶粘剂	217
10.1.2 水固型无机胶粘剂	219
10.1.3 熔融型无机胶粘剂	221
10.1.4 反应型无机胶粘剂	222
10.2 无机胶粘剂的应用	226
10.2.1 在金属切削刀具方面的应用	227
10.2.2 在专用精密量具方面的应用	233
10.2.3 在辅具方面的应用	236
10.2.4 在模具方面的应用	237

10.2.5 在密封补漏方面的应用·····	238
10.2.6 在设备维修方面的应用·····	240
10.2.7 在挽回废品方面的应用·····	241
第 11 章 热熔胶 ·····	242
11.1 热熔胶的组成与制备·····	242
11.1.1 热熔胶的组成 ·····	242
11.1.2 热熔胶的制备 ·····	245
11.2 热熔胶的性能与用途·····	246
11.2.1 热熔胶的性能 ·····	246
11.2.2 热熔胶的用途 ·····	246
11.3 热熔胶主要品种·····	247
11.3.1 聚乙烯-醋酸乙烯 (EVA) 热熔胶 ·····	247
11.3.2 聚氨酯 (PU) 热熔胶 ·····	251
11.3.3 聚酰胺热熔胶 ·····	252
11.3.4 聚酯热熔胶 ·····	255
11.3.5 苯乙烯类 (SDS) 热熔胶 ·····	257
11.3.6 聚烯烃热熔胶 ·····	258
11.3.7 其他类型热熔胶 ·····	261
11.3.8 热熔压敏胶 ·····	262
11.4 热熔胶的应用·····	264
11.4.1 热熔胶在电缆和光缆中的应用 ·····	264
11.4.2 热熔胶在汽车上的应用·····	267
11.4.3 热熔胶在铝塑复合管中的应用 ·····	268
11.4.4 热熔胶在其他方面的应用 ·····	269
参考文献 ·····	273

第 1 章 概 论

胶粘剂是能把两种相同或不同的材料通过粘接作用将其连接起来，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，也称为粘合剂或粘接剂。采用胶粘剂把材料连接在一起的工艺技术称为粘接技术。

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。为更好地了解和选用胶粘剂，必须对胶粘剂进行适当的分类。经常采用的综合分类方法见图 1-1。

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。常用的有固化剂、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。胶粘剂的性能如何，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。

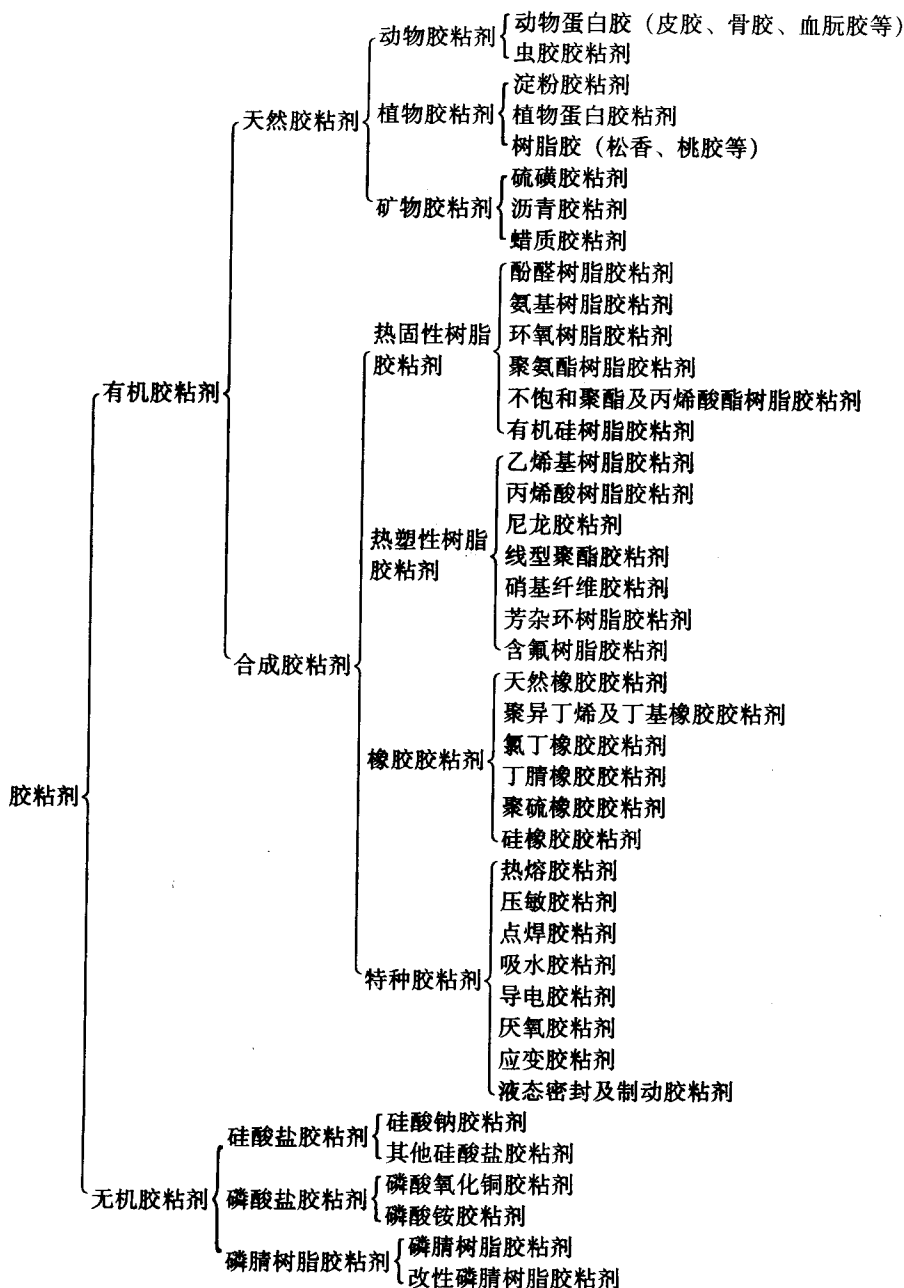


图 1-1 胶粘剂综合分类

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、乳液的凝聚、熔融体的凝固,以上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，主要的作用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，为了使在胶粘剂和被粘物表面之间形成一层牢固的界面层，使原来直接不粘或难粘的材料之间通过这一界面层使其粘接力提高，这一界面层的成分称之为偶联剂。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,因而许多国家都把粘接技术作为飞机制造的新工艺。在所有现代飞机上,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业中使用合成胶粘剂了,现在已经普及到世界各国,有些飞机,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重型超音速轰炸机中,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,此外还有品种繁多的许多其他材料,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”形密封圈受到损坏情况下,由于上述低温密封胶粘剂的作用,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 在汽车行业中,胶粘剂用作车身、内衬材料、隔声隔热材料、座椅及刹车片等粘接。在兰鸟牌(“Bluebird” CN7)汽车中,主梁采用粘接铝蜂窝夹层结构,具有优越的吸收冲击性能,足以保证在高速行驶中受到冲击时乘员的生命安全。

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,用于刹车片的粘接、绝热层的粘接和点焊密封、卷边密封及门窗的密封。刹车片的粘接要在苛刻条件下使用,要求刹车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1949~1975年间共粘接2.5亿个刹车片无一失效。我国解放牌汽车刹车片原用几十个铆钉,改用胶粘剂粘接后,使用寿命提高了3倍以上。用粘接方法生产的刹车片抗剪强度达 $48 \sim 70\text{MPa}$,而铆接闸片的抗剪强度仅为 10MPa ,可见,采用胶粘剂粘接生产的刹车闸片,无论是强度还是安全性大大优于铆接闸片。

按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,如引擎罩、保险杆、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,必须减轻车体质量,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 100~120kg,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,胶粘剂应用也十分普遍。采用粘接的蜂窝夹板制造船身,质量轻,浮力大,刚性好,船身可减轻质量 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。船舶有大小及类型不同的多样性,且船舶中使用金属及非金属材料品种繁多,装配着诸多的各种机械设备。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、海水侵蚀,波浪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多种多样胶粘剂,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,如船壳、甲板及隔热材料用胶粘剂,后者是指舱室内的天花板、地板及家具用胶粘剂。

在各种大小不同类型的船舶上所用的胶粘剂是不同的。在气垫船上使用胶粘剂,主要达到使船整体质量轻、强度高、不透水的作用,船上高强度承载结构实际上全是粘接起来的。军用小舰艇主要用胶粘剂粘接玻璃钢或复合材料,减轻船体质量,提高艇体强度。油轮主要用胶粘剂解决其绝热层、保温材料与支架或壳体的粘接,要求使用具有很好的耐压、保温、绝热的特种胶粘剂。

3. 在电子工业中的应用

在电子工业中,胶粘剂的应用起着重要作用。除了一般性的粘接外,还使用了许多具有特殊性能的胶粘剂。例如,导电胶代替了焊锡,在真空系统中用真空密封胶来密封和堵漏是很常见的。印制电路板的出现为发展电子工业创造了良好的条件。在光学仪器中,透镜元件之间的组合用一定折射率的透明胶粘接,可以使折射率匹配,降低因界面反射而引起的能量损失。据报道,国外有些国家的 10%~20% 胶粘剂用于电子、电器工业,主要用于绝缘材料,浸渍、灌封材料,印制电路板,磁带,箔式电容及集成电路的制造生产,以及片状元件的表面安装等。胶粘剂所用的材料主要是改性环氧树脂、酚醛-缩醛和有机硅等聚合物。

随着电子设备轻量化、小型化的发展,出现了各种小型化、超小型化的电阻器、电容器、晶体管和集成电路等电子元件。与此相适应的印制电路(PCB)也得到了发展。常见的印制电路板是由覆金属箔的绝缘基板经感光腐蚀制得图形而

成的。绝缘基板分别由纸、玻璃纤维布或聚苯乙烯、聚四氟乙烯等基材构成，纸和玻璃纤维则需浸渍环氧树脂、酚醛树脂或三聚氰胺树脂、有机硅树脂等，再复合（单面或双面）电解铜箔压制而成各种覆铜箔板，即是单面板、双面板。近年来，集成电路和大规模集成电路中大量采用表面贴装技术（SMT），而 SMT 用 PCB 多系多层板（以四层板为主流），其层间是用环氧树脂或聚酰亚胺的半固化（预固化）片热合粘接的。

胶粘剂在集成电路生产中主要是用于晶片的粘接、电路元件与基片粘接以及外壳密封 3 个方面。

（1）晶片的粘接 晶片的粘接定位是借助于自动（手动）点胶设备的针头，挤出（注射）一滴直径约 $\phi 0.076\text{mm}$ 这样微小的胶液，精确地涂于基片上规定的位置，然后再将晶片正确地放在该胶粘剂上，既不能漂移，也不允许悬浮。因而要求胶粘剂必须有很好的特性。

（2）电路元件与基片的粘接 电路元件、基片间可用导电胶粘接，以代替低共熔焊接，从而可避免高热的不良影响，大大地提高集成电路的成品合格率。此外，导电胶还常用于芯片和发光二极管的安装和大功率电阻与铝散热片的粘接。对有抗电磁干扰（射频干扰）要求屏蔽的金属管壳，亦可采用导电胶粘接接地。

（3）外壳的粘接 集成电路的外壳常采用金属或陶瓷材料成型用环氧胶封装，但目前硅酮树脂发展的塑料封装已完全取代了半导体器件、集成电路管芯的金属、陶瓷外壳封装。硅酮树脂封装具有工艺简单、成本低廉、体积小、质量轻、防振、抗冲击性能好等优点，而且易于实现机械化和自动化生产。以 GZ-610 或 GZ-620 硅酮树脂为基料，加入补强填料、催化剂、脱模剂、染色剂等辅料经混炼制得的硅酮模料，具有流动性好、固化快的特点，能在 $160 \sim 180^\circ\text{C}$ 的温度内，在 $1 \sim 10\text{MPa}$ 的压力下，递模注入膜腔并在 $2 \sim 5\text{min}$ 内固化成型。

微电子技术不断发展，电子产品也向高功能、高密度、高可靠性和小型化发展，电子元件向集成电路化和微型化发展，电子产品中大量应用小型和微型片状元件，因此，电子工业的整机装配技术发生重大变革。突出地反映在贴装元件和表面贴装技术上。在整个表面安装过程中，粘接贴装是比较关键的技术，除精确点胶和定位外，胶粘剂的质量是贴装高质量产品的保证。

导电胶是随电子工业发展需要而产生的胶粘剂品种。电器及电子设备在装配过程中需接通电路处，采用焊接，焊接温度高，易损伤元件、器件，同时又难以精确实施焊接，而以粘代焊，不仅比焊接更理想，而且比焊接更好地连接各种不同材料，有良好的粘接性能。导电胶浆可制成不同材质印制电路板。

4. 在轻工、石油化学工业中的应用

密封在不少机械设备、运输工具和管道施工中，始终是一个重要问题，一不当心，不是这里跑气，就是那里漏油。设备方面的“跑、冒、滴、漏”不但造成