

胶黏剂与 粘接技术基础

孙德林 余先纯 编著

JIAONIANJI YU
ZHANJIE
JISHU JICHU



化学工业出版社

胶黏剂与 粘接技术基础

孙德林 余先纯 编著



化学工业出版社

·北京·

该书首先对粘接理论、粘接结构设计、胶黏剂的配方设计、胶黏剂的理化性能测试、粘接工艺与安全技术等进行了介绍,然后对酚醛树脂胶黏剂、脲醛树脂胶黏剂、聚醋酸乙烯酯胶黏剂、环氧树脂胶黏剂、聚氨酯胶黏剂、有机硅树脂胶黏剂、不饱和聚酯胶黏剂、丙烯酸酯胶黏剂、生物质胶黏剂等的合成、配方设计及改性技术等进行了论述。

该书可供从事胶黏剂配方设计、生产和应用的技术人员参考,也可作为高分子材料和木材加工专业师生的教学参考书。



图书在版编目(CIP)数据 www.ahu.edu.cn

胶黏剂与粘接技术基础/孙德林,余先纯编著.北京:化学工业出版社,2014.8

ISBN 978-7-122-20889-7

I. ①胶… II. ①孙…②余… III. ①胶黏剂 IV. ①TQ43

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第122052号

责任编辑:赵卫娟

责任校对:边涛

装帧设计:孙远博

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张17½ 字数338千字 2014年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:58.00元

版权所有 违者必究

前 言

胶黏剂与人们的生活息息相关，随着社会经济的发展和人民生活水平的提高，胶黏剂在工业生产和人们的日常生活中发挥着越来越重要的作用。无论是在航空航天、国防军工、电子电器、交通运输行业，还是在机械制造、建筑建材等领域都得到了广泛的应用，并在一些方面具有独特的优势，有着巨大的潜力。

随着回归自然、崇尚环保观念的日渐盛行，使得低毒、无毒、高固含量、无溶剂和水性胶黏剂生产技术和产品成为胶黏剂研究与发展的新趋势。本着“夯实基础理论知识、发挥传统产品优势、提高现有产品性能、开发绿色新功能产品”的宗旨，在其他学者研究的基础上对粘接基础理论、粘接结构设计及粘接强度、组成与配方设计、粘接性能的检测等方面进行了介绍与总结，希望在粘接技术理论基础的指导下，在强化粘接性能的同时，为胶黏剂的日趋环保化的发展有所贡献。

本书还对常用的酚醛树脂、脲醛树脂、聚酯酸乙烯酯、环氧树脂、聚氨酯、有机硅树脂、不饱和聚酯、丙烯酸酯和生物质等材料制备的胶黏剂的原料、典型配方、制备工艺、改性方法和关键技术，以及产品的性能和应用进行了详细的分析和探讨。同时，还通过具体的实例分析和制备工艺举例，从选料、配比、设备优化、工艺参数控制等方面着手，讨论了常用胶黏剂的基本制备方法，并对一些先进的合成原理和制备方法进行了重点介绍。

此外，本书还就胶黏剂生产中降低生产成本、减少环境污染、保障安全生产等方面作了一些阐述，旨在为读者提供一份比较完整的、有实用价值的介绍胶黏剂技术的资料。

本书既可以作为高分子胶黏剂研究者的工具书，也能够作为高等院校高分子材料专业、木材加工与工程专业学生的学习与参考书。

由于编者受到水平、经验、时间等的限制，书中难免会有不当、疏漏、欠佳之处，望读者指正。

编者

2014年5月

目录 CONTENTS

第 1 章 胶黏剂与粘接技术概论	1
1.1 胶黏剂与粘接技术的基本概念	1
1.1.1 胶黏剂	1
1.1.2 粘接技术	1
1.2 粘接技术的特点	1
1.2.1 粘接技术的优势	1
1.2.2 粘接技术的缺点	2
1.3 胶黏剂的分类	3
1.4 胶黏剂与粘接技术的应用	4
1.4.1 航空与航天工业	4
1.4.2 舰船与汽车工业	5
1.4.3 机械制造与电子技术	6
1.4.4 建筑建材与轻工行业	7
1.4.5 医疗卫生与日常生活	8
第 2 章 粘接基础理论与界面性能表征	9
2.1 基本原理	9
2.1.1 浸润与粘接	9
2.1.2 粘接张力	10
2.1.3 临界表面张力	11
2.1.4 黏附功	12
2.2 基本粘接理论	13
2.2.1 吸附理论	13
2.2.2 扩散理论	14
2.2.3 静电（电子）理论	15
2.2.4 机械互锁理论	17
2.2.5 弱边界层理论	17
2.2.6 化学键理论	18
2.3 粘接界面表征	20
2.3.1 显微技术	20
2.3.2 X 射线光电子能谱	21
2.3.3 X 射线能谱	22

2.3.4	微观力学测试技术	23
第3章 胶黏剂的组成与配方设计 25		
3.1	胶黏剂的组成	25
3.1.1	主料	25
3.1.2	辅料与助剂	26
3.2	设计原则与影响因素	28
3.2.1	基本原则	28
3.2.2	影响因素	30
3.2.3	设计程序	32
3.3	基本设计内容	33
3.3.1	主链结构设计	33
3.3.2	侧链基团设计	35
3.3.3	分子键能设计	35
3.3.4	分子极性、相对分子质量及其分布设计	36
3.3.5	结晶度设计	37
3.3.6	交联度设计	38
3.4	常用设计方法	38
3.4.1	单因素配方设计法	38
3.4.2	正交试验设计法	43
3.4.3	响应面试验设计法	48
第4章 粘接强度及粘接结构设计 57		
4.1	粘接强度及破坏类型	57
4.1.1	粘接强度	57
4.1.2	受力分析	58
4.1.3	粘接接头的破坏类型	60
4.1.4	粘接接头的破坏机理	62
4.2	影响粘接强度的因素	62
4.2.1	胶黏剂的影响	62
4.2.2	被粘接材料表面性能的影响	65
4.2.3	粘接接头的影响	66
4.2.4	粘接工艺的影响	67
4.3	粘接接头设计基础	68
4.3.1	粘接接头	69
4.3.2	接头设计的影响因素	69
4.3.3	粘接接头的设计形式及特征	70
4.4	粘接强度的检测	72

4.4.1	拉伸强度的检测方法	72
4.4.2	剪切冲击强度的测试方法	73
4.4.3	压敏胶黏带初黏性测试	75
4.4.4	剥离强度的测试方法	77
4.4.5	无损检测	82
第5章	粘接工艺、安全防护与贮存	84
5.1	粘接的基本操作技术	84
5.1.1	粘接前的准备	84
5.1.2	表面处理	84
5.1.3	配胶	87
5.1.4	施胶	88
5.1.5	晾置和陈放	90
5.1.6	粘接	91
5.1.7	固化	91
5.1.8	检验	94
5.1.9	修整和后加工	95
5.1.10	粘接质量缺陷及处理	95
5.2	安全防护	97
5.2.1	有毒物质及毒性的评定	97
5.2.2	各种胶黏剂的毒性	97
5.3	胶黏剂的贮存	101
第6章	理化性能检测	103
6.1	基本理化性能及检测	103
6.1.1	外观	103
6.1.2	密度	103
6.1.3	固体含量	105
6.1.4	黏度	105
6.1.5	pH值	108
6.1.6	适用期	109
6.1.7	固化速率	111
6.1.8	贮存期	112
6.1.9	热熔胶软化点的测定	113
6.1.10	不挥发物含量	114
6.1.11	耐化学试剂性能	114
6.1.12	水混合性	116
6.2	游离醛含量的测定	116

6.2.1	酚醛树脂中游离甲醛的测定	117
6.2.2	氨基树脂游离甲醛的测定	117
6.3	游离酚含量的测定	118
6.3.1	游离酚含量在1%以上时的测定方法	118
6.3.2	游离酚含量在1%以下时的测定方法	119
6.4	可被溴化物含量的测定	120
6.5	含水率的测定	121
6.6	耐热及阻燃性能检测	122
第7章 酚醛树脂胶黏剂		123
7.1	分类与应用	123
7.1.1	分类	123
7.1.2	应用	123
7.2	基本性能	124
7.3	合成原料与合成原理	126
7.3.1	合成原料	126
7.3.2	合成原理	126
7.4	生产工艺	127
7.4.1	生产工艺流程	127
7.4.2	合成工艺类型	128
7.4.3	生产工艺过程	130
7.4.4	常用酚醛树脂生产工艺	131
7.5	影响质量的因素	133
7.5.1	酚类官能度的影响	133
7.5.2	酚类取代基的影响	133
7.5.3	苯酚与甲醛物质的量比的影响	133
7.5.4	pH值的影响	134
7.5.5	催化剂与反应产物的关系	134
7.5.6	反应温度和反应时间的影响	135
7.6	酚醛树脂胶黏剂的改性	135
7.6.1	酚醛-丁腈橡胶胶黏剂	135
7.6.2	酚醛-氯丁橡胶胶黏剂	137
7.6.3	酚醛-缩醛胶黏剂	137
7.6.4	酚醛-环氧胶黏剂	139
7.6.5	间苯二酚-甲醛树脂胶黏剂	139
第8章 脲醛树脂胶黏剂		141
8.1	合成原理	141

8.1.1	加成反应	142
8.1.2	缩聚反应	142
8.2	合成原料	143
8.3	生产工艺	143
8.3.1	基本生产流程	143
8.3.2	关键工艺程序	143
8.3.3	典型工艺类型	145
8.3.4	常用配方与工艺	148
8.4	性能影响因素	149
8.4.1	摩尔比的影响	149
8.4.2	pH值的影响	150
8.4.3	原料质量的影响	151
8.4.4	反应温度的影响	152
8.4.5	反应时间的影响	152
8.5	改性方法	152
8.5.1	改进耐水性	152
8.5.2	降低游离甲醛	159
8.5.3	提高稳定性	161
8.5.4	改善耐老化性	162
第9章 聚醋酸乙烯酯胶黏剂		163
9.1	基本性能与应用	163
9.1.1	基本性能	163
9.1.2	应用	164
9.2	合成原理与主要原料	166
9.2.1	合成原理	166
9.2.2	主要原料	168
9.3	合成工艺与典型配方	172
9.3.1	合成工艺特点	172
9.3.2	典型配方及工艺	173
9.4	产品质量影响因素	174
9.4.1	乳化剂的影响	174
9.4.2	引发剂用量的影响	175
9.4.3	搅拌强度的影响	175
9.4.4	反应温度的影响	176
9.4.5	pH值的影响	176
9.4.6	其他影响因素	177

9.5	聚醋酸乙烯酯胶黏剂的改性	177
9.5.1	共混改性	177
9.5.2	单体共聚改性	178
9.5.3	复合聚合改性	181
9.5.4	保护胶体改性	182
第10章	环氧树脂胶黏剂	183
10.1	基本性能与应用	183
10.1.1	基本性能	183
10.1.2	应用	184
10.2	分类	186
10.2.1	通用环氧树脂胶黏剂	186
10.2.2	室温固化环氧树脂胶黏剂	186
10.2.3	耐高温环氧树脂胶黏剂	188
10.2.4	环氧树脂结构胶黏剂	189
10.2.5	水性环氧树脂胶黏剂	190
10.3	环氧树脂胶黏剂的合成	191
10.3.1	合成原理	191
10.3.2	合成原料	192
10.3.3	配方设计	194
10.4	环氧树脂胶黏剂的改性	196
10.4.1	液体聚硫橡胶改性	196
10.4.2	丁腈橡胶改性	196
10.4.3	聚乙烯醇缩醛改性	196
10.4.4	聚酰胺改性	196
10.4.5	聚砜改性	197
10.4.6	酚醛树脂改性	197
10.4.7	有机硅树脂改性	197
第11章	聚氨酯胶黏剂	198
11.1	基本性能与应用	198
11.1.1	基本性能	198
11.1.2	应用	199
11.2	分类方法	199
11.2.1	按照固化方式分	199
11.2.2	按照成分分	201
11.3	合成原理与配方设计	202
11.3.1	合成原理	202

11.3.2	配方设计	203
11.4	合成原料与生产工艺	204
11.4.1	合成原料	204
11.4.2	基本制备方法	205
11.4.3	常用配方及工艺	206
11.5	性能影响因素	208
11.5.1	结构对性能的影响	208
11.5.2	相对分子质量、交联度的影响	209
11.5.3	助剂的影响	209
11.6	聚氨酯胶黏剂的改性	209
11.6.1	改善耐温性能	209
11.6.2	提高耐水性能	210
11.6.3	加快固化速率	210
第12章	有机硅树脂胶黏剂	211
12.1	分类与应用	211
12.1.1	分类	211
12.1.2	应用	213
12.2	基本性能	213
12.3	配方设计与合成	214
12.3.1	合成原理	214
12.3.2	合成原料	215
12.3.3	常用配方及工艺	216
12.4	改性	217
12.4.1	酚醛树脂改性聚有机硅氧烷	217
12.4.2	聚酯树脂改性聚有机硅氧烷	217
12.4.3	环氧树脂改性聚有机硅氧烷	217
12.4.4	聚氨酯改性聚有机硅氧烷	218
第13章	不饱和聚酯胶黏剂	219
13.1	不饱和聚酯胶黏剂的分类	219
13.1.1	通用型不饱和聚酯胶黏剂	219
13.1.2	气干型不饱和聚酯胶黏剂	219
13.1.3	功能型不饱和聚酯胶黏剂	220
13.2	不饱和聚酯胶黏剂的合成	223
13.2.1	合成原理	223
13.2.2	合成原料	223
13.2.3	配方及工艺	225

13.3	不饱和聚酯胶黏剂的固化	226
13.4	不饱和聚酯胶黏剂的性能	227
13.5	不饱和聚酯胶黏剂改性	227
13.6	不饱和聚酯胶黏剂的应用	228
13.6.1	在合成高性能复合材料方面的应用	228
13.6.2	在制造浸渍纸装饰材料方面的应用	228
13.6.3	在灌注与封装方面的应用	229
13.6.4	在石材粘接方面的应用	229
13.6.5	在其他方面的应用	230
第14章	丙烯酸酯胶黏剂	231
14.1	α -氰基丙烯酸酯胶黏剂	231
14.1.1	合成原理	231
14.1.2	合成原料与配方设计	232
14.1.3	配方与工艺	233
14.1.4	性能	234
14.1.5	应用	235
14.2	丙烯酸酯压敏胶	236
14.2.1	合成原料与配方设计	236
14.2.2	配方及工艺	237
14.2.3	性能	239
14.2.4	应用	239
14.3	丙烯酸酯厌氧胶	240
14.3.1	合成原料及配方设计	240
14.3.2	配方与工艺	242
14.3.3	性能	243
14.3.4	应用	243
14.4	丙烯酸酯结构胶	244
14.4.1	合成原料与配方设计	244
14.4.2	配方与工艺	245
14.4.3	性能	247
14.4.4	应用	248
第15章	生物质胶黏剂	249
15.1	蛋白质胶黏剂	249
15.1.1	豆蛋白胶黏剂	250
15.1.2	骨胶胶黏剂	251
15.1.3	血朊胶黏剂	252

15.1.4	酪素胶	252
15.1.5	蛋白混合胶	253
15.2	碳水化合物胶黏剂	253
15.2.1	淀粉胶黏剂	253
15.2.2	糊精胶黏剂	255
15.2.3	纤维素胶黏剂	256
15.3	天然树脂胶黏剂	257
15.3.1	单宁胶黏剂	257
15.3.2	木质素胶黏剂	258
15.4	生物质胶黏剂在木材工业中的应用	259
15.4.1	木材用木质素改性胶黏剂	259
15.4.2	人造板用单宁胶黏剂	260
15.4.3	木材用耐水性淀粉胶黏剂	262
	参考文献	265

第 1 章 胶黏剂与粘接技术概论

1.1 胶黏剂与粘接技术的基本概念

1.1.1 胶黏剂

胶黏剂 (Adhesive) 也称黏合剂, 粘接剂, 简称胶。是一种通过界面的黏附和物质的内聚等作用, 使两种或两种以上相同或不同的制件 (或材料) 强力持久地连接在一起的天然的或有机的或无机的一类物质。胶黏剂能将金属、玻璃、陶瓷、木材、纸、纤维、橡胶和塑料等同一或不同材质粘接成一体, 赋予各物体各自的应用功能。

胶黏剂是以天然或合成化合物为主体制成的, 具有强度高、种类多、适应性强的特点。按其来源可分为天然胶黏剂和合成胶黏剂: 天然胶黏剂由天然动、植物的胶黏物质制成, 如皮胶、骨胶、淀粉胶、蛋白胶、树脂胶、天然橡胶等, 特点是能充分利用天然资源, 具有较好的环保性能。天然胶黏剂价格低廉、无毒或低毒、加工简便, 但也存在着不耐潮、强度低等不足, 其应用范围在一定程度上受到限制; 合成胶黏剂以合成聚合物或预聚体、单体等为主料制成, 常用的有氨基树脂胶黏剂、酚醛树脂胶黏剂、烯类高聚物胶黏剂、聚氨酯胶黏剂及环氧树脂胶黏剂等, 除主料外, 还应根据具体情况加入固化剂、增塑剂、无机填料和溶剂等。合成胶黏剂品种繁多、性能优异, 是一种用途广泛的胶黏材料。

1.1.2 粘接技术

粘接是使用胶黏剂将两个或多个物体连接在一起的过程, 是一项古老而又实用的技术。利用胶黏剂将各种材质、形状、大小、厚薄、软硬相同或不同的制件 (或材料) 连接成为一个连续、牢固、稳定的整体的一种工艺方法, 称为粘接技术, 也称为胶接、胶合、黏合技术。

1.2 粘接技术的特点

1.2.1 粘接技术的优势

粘接技术与铆接、焊接、螺接等连接方法相比, 具有独特的优点。

(1) 适用范围广 可以连接多种多样的弹性模量和厚度不同的材料, 尤其是薄片材料, 同时具有震动吸收作用, 这是铆接、焊接、螺接等连接方法所无法相

比的。

(2) 结构寿命长 由于粘接面大, 接头处应力分布均匀, 压力承受区域大, 因此粘接件不会像点焊或螺接、铆接那样存在应力集中问题。粘接的多层板结构能够避免裂纹的迅速扩展。如将直升机旋翼改成粘接结构, 使用寿命可以从 500~600h 提高到 1500h, 甚至超过 6000h。

一般粘接的反复剪切疲劳破坏为 4×10^6 次, 而铆接只有 3×10^5 次, 疲劳寿命要高出近 10 倍。在粘接薄板时, 其耐震性要比铆接与螺接高 40%~60%。

(3) 制造成本低 复杂的结构部件, 采用粘接一次可完成, 而铆接、焊接需要多道工序, 并且焊接后, 会产生变形, 必须校正和精加工, 增加了不必要的重复劳动, 成本下降 30%~35%。

(4) 粘接件质量轻 由于省去大量的铆钉、螺栓, 故没有焊缝, 不会起皱, 表面光洁, 外形美观。采用粘接可使飞机重量减轻 20%~25%。

(5) 密封性能好 可完全堵住三漏(漏气、漏水、漏油), 有较好的耐水、耐介质、耐腐蚀性能和绝缘性能, 这是铆接或螺接所不能做到的。

(6) 粘接工艺简捷 设备要求比较简单, 操作容易, 利于自动化生产, 生产效率高, 如在机械工业中每采用胶黏剂 1 吨可节省 5000~10000 个人工。

(7) 可选品种多样 针对不同的材料, 可以选用相应的胶黏剂, 甚至是选用特种胶黏剂, 这样可赋予粘接缝各种特殊性能, 如快速固化特性、耐湿性、绝缘性、导电性、导磁性等。

1.2.2 粘接技术的缺点

(1) 强度方面 与高强度的被粘物(如金属)相比, 粘接强度不够高, 容易在接头边缘首先破坏。

(2) 固化方面 粘接时一般需要一定的压力和时间, 因此需要相应的设备与环境。

(3) 环境依赖性 粘接结构与其他材料(尤其是高分子材料)一样, 在使用或存放过程中由于受环境中水、热、光、氧等因素的作用, 对粘接结构的耐久性有很大影响, 导致性能逐渐下降, 以致破坏, 这就是粘接结构的老化, 同时其耐高温、低温作用的性能也有限。一般胶黏剂仅能在 150℃ 以下使用, 即便是耐高温胶黏剂, 长期工作温度也只能在 250℃ 以下, 且在受热情况下, 粘接强度远比常温下的低。

(4) 环保性能 某些胶黏剂中含有有机溶剂, 存在一定的毒性和可燃性, 对贮存、运输、人体与环境等均有一定的影响。

(5) 无损检测 粘接区域不可见, 且迄今还缺乏准确度和可靠性都较好的无损检验粘接质量的方法。目前, 无损检测技术对于胶层中的孔洞、缺胶和微孔等缺陷

基本上能可靠地检测出来。但对胶黏剂内聚强度、接头界面黏附强度尚无可行的检测手段。而无孔洞、缺胶等宏观缺陷的粘接接头的强度，离散性高达300%。因此，对粘接接头强度的定量检测和评估成为当前无损检测的主攻方向。从粘接无损检测技术方法来看，目前研究的重点主要集中在超声波、应力波等技术上。

1.3 胶黏剂的分类

(1) 按固化方式分类 根据固化方式的不同，可将胶黏剂分为溶剂挥发型、化学反应型和冷却冷凝型（见表1-1）。具体对某个胶黏剂，它的固化方式可能是其中的一种形式，也可能同时具有两种固化形式。如湿固化反应型热熔胶，它既属于冷却冷凝型，又属于化学反应型；API类的水性高分子水乳液属于溶剂（水分）挥发型，而同时加入的异氰酸酯交联剂与体系中含羟基化合物反应，因而又属于化学反应型。

表1-1 胶黏剂按固化方式分类

固化方式	固化方法		胶黏剂品种
溶剂挥发型	溶剂型	水 有机溶剂	淀粉、CMC(羧甲基纤维素)、PVA(聚乙烯醇)、 氯丁二烯橡胶溶剂型、聚醋酸乙烯酯乳液
化学反应型	两液型	乳液型	聚醋酸乙烯酯乳液
		催化剂型 加成反应型 交联反应型	脲醛树脂、三聚氰胺树脂 环氧树脂、间苯二酚树脂 水性高分子异氰酸酯系、反应型乳液
冷却冷凝型	一液型	热固型	加热固化型酚醛树脂、三聚氰胺树脂
		抢夺反应型 其他反应型	聚氨酯树脂、 α -烷基氧基丙烯酸酯 光化学反应型树脂、厌氧型固化树脂
			骨胶、热熔胶

(2) 按胶料的主要化学成分分类 胶黏剂可分天然胶黏剂和合成胶黏剂两类，见表1-2。

表1-2 胶黏剂按化学成分分类

天然胶黏剂	淀粉系列：淀粉、糊精 蛋白系列：大豆蛋白、酪素、鱼胶、骨胶、虫胶 天然树脂系列：松香、阿拉伯树胶、单宁、木质素 天然橡胶系列：胶乳、橡胶溶液 沥青系列：建筑石油沥青
合成胶黏剂	热固型：环氧树脂、酚醛树脂、脲醛树脂、有机硅树脂、聚丙烯酸酯、聚酰亚胺、聚苯并咪唑等 热塑型：聚醋酸乙烯酯、乙烯-醋酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚丙烯酸酯、聚氨酯、聚酰胺等 橡胶型：氯丁橡胶、丁腈橡胶、丁苯橡胶、有机硅橡胶、聚硫橡胶等 混合型：酚醛-环氧、酚醛-丁腈、环氧-尼龙、环氧-聚酰胺、环氧-氯丁、聚乙烯醇缩醛等 无机型：磷酸盐、硅酸盐等

(3) 按外观形态分类

- ① 水溶液型：主要有聚乙烯醇、纤维素、脲醛树脂、酚醛树脂。
- ② 溶液型：主要成分是树脂和橡胶，在适当的有机溶液中溶解成为黏稠的溶液。主要有聚醋酸纤维、聚醋酸乙烯酯、氯丁橡胶、丁腈橡胶。
- ③ 乳液型：属于分散型，树脂在水中分散称乳液，橡胶的分散体系称为乳胶。主要有聚醋酸乙烯酯、聚丙烯酸酯、天然胶乳、氯丁胶乳、丁腈胶乳。
- ④ 膏糊型：膏糊型胶黏剂是一种充填良好的高黏度胶黏剂。
- ⑤ 粉末型：属于水溶性胶黏剂，使用前先加溶液（主要是水）调成糊状或溶液状。主要有淀粉、聚乙烯醇。
- ⑥ 薄膜型：以纸、布、玻璃纤维织物等为基料，涂覆或吸附胶黏剂后，干燥成胶膜状。主要有酚醛-聚乙烯醇缩醛、酚醛-丁腈、环氧-丁腈、环氧-聚酰胺。
- ⑦ 固体型：热熔型胶黏剂等属于此类。

(4) 按粘接强度分类

- ① 结构型：这种胶黏剂必须具有足够的粘接强度，能长期承受较大的载荷，具有良好的耐热性、耐油性和耐候性。主要有酚醛-缩醛、酚醛-丁腈、环氧-丁腈、环氧-尼龙等。
- ② 次结构型：这是一种特殊的胶黏剂，能承受中等程度的载荷。
- ③ 非结构型：这种胶黏剂具有一定的粘接强度，在较低的温度下，剪切强度、拉伸强度和刚性都比较高，但在一般情况下，随着温度上升黏合力迅速下降。主要有聚醋酸乙烯酯、聚丙烯酸酯、橡胶类等。

1.4 胶黏剂与粘接技术的应用

1.4.1 航空与航天工业

航空工业和空间技术发展极其迅速，航天器和空间站的制造与装配都离不开胶黏剂。在航空工业中，胶黏剂最早是用于粘接金属结构、金属与塑料、金属与橡胶、蜂窝夹层结构与壁板等，采用粘接技术制备的构件具有质量轻、结构强、表面光滑、应力集中小、密封性好等优点，已逐步代替部分铆钉、螺栓和焊接。

例如，在飞机主体承力结构上采用粘接技术不仅能改善飞机的耐疲劳性能、减轻重量 10%~15%，而且还可以将制造成本降低 20%~25%。目前，粘接技术已成为飞机设计的基础，粘接结构已在 100 多种飞机上得到了应用，大部分的机身、机翼、发动机室等重要部位都部分地使用了粘接技术，机舱内很多零部件的固定更是离不开粘接技术。又如，飞机的机身、地板和顶部就是通过一种叫作 Nomex 的蜂窝夹芯与玻璃纤维板粘接而成的特殊结构，与用铆接、焊接工艺相比，该结构