

JIAONIANJI
YINGYONG
ZHINAN

JIAONIANJI
YINGYONG
ZHINAN

胶粘剂应用指南

JIAONIANJI
YINGYONG
ZHINAN

南京市总工会职工技协粘接协会 编

江苏科学技术出版社

胶 粘 剂 应 用 指 南

南京市总工会职工技协粘接协会 编

江苏科学技术出版社

胶 粘 剂 应 用 指 南

南京市总工会职工技协粘接协会编

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：江苏丹阳国营练湖印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 9.5 字数 206,000

1986 年 9 月第 1 版 1988 年 5 月第 2 次印刷

印数 7,211—13,150 册

ISBN 7—5345—0336—1

TQ·2 定价：2.25 元

责任编辑 黄元森

前 言

最近几年，胶粘剂的合成与应用在国内外都获得迅速发展。据统计，目前国内有 600 多种胶粘剂，其中常用的估计在 100 种以上，使用胶粘剂的部门涉及国民经济各个领域。但由于平时宣传不够，许多单位遇到粘接问题时往往不知如何选择和使用胶粘剂。鉴于此，本书系统地介绍了各种胶粘剂的特性与使用方法，供各行业从事胶粘剂应用的同志参考。

本书是在南京市总工会职工技协的领导和组织下，由粘接协会集体编写而成的。参加本书编写的有刘成章、高德宝、李绍雄、孙秀莲、吕时铎、高锦城、朱季丰、李凤英、杜永年等同志。在编写过程中，刘成章同志根据各作者提供的资料拟定了目录，高德宝同志曾参加过修改工作，全书最后由李绍雄同志修改定稿，周光仁同志审订。

书稿交出版社以后，由出版社约请张桂秋同志进一步审核了全书，诸松渊同志仔细地作了统一、完善的工作，在此我们表示感谢。

编 者

目 录

第一章 粘接机理	(1)
一、被粘物的表面层结构和性质	(1)
二、胶粘剂对被粘物表面的浸润	(2)
三、影响粘接强度的因素	(6)
四、粘接理论	(12)
第二章 胶粘剂的分类与组成	(17)
一、分类	(17)
二、组成	(20)
第三章 粘接工艺	(28)
一、粘接面的处理	(28)
二、胶粘剂的配制	(43)
三、胶液的涂布、晾置与叠合	(44)
四、胶粘剂的固化	(45)
五、粘接接头的设计	(46)
第四章 环氧树脂胶粘剂及其应用	(49)
一、概述	(49)
二、室温固化环氧树脂胶粘剂	(59)
三、加温固化环氧树脂胶粘剂	(70)
四、环氧导电胶与导磁胶	(84)
五、环氧密封胶	(89)
第五章 橡胶胶粘剂及其应用	(93)
一、氯丁橡胶胶粘剂	(93)
二、丁腈橡胶胶粘剂	(107)
三、丁苯橡胶胶粘剂	(114)

四、丁基橡胶胶粘剂	(116)
五、环化橡胶胶粘剂	(118)
六、氯化橡胶胶粘剂	(119)
七、聚异丁烯橡胶胶粘剂	(121)
八、聚硫橡胶胶粘剂	(122)
九、天然橡胶胶粘剂	(126)
十、硅橡胶胶粘剂	(128)
十一、胶膜与胶粘带	(136)
第六章 聚氨酯胶粘剂及其应用	(143)
一、多异氰酸酯胶粘剂	(144)
二、双组分聚氨酯胶粘剂	(147)
三、单组分聚氨酯胶粘剂	(152)
四、发泡型聚氨酯胶粘剂	(154)
五、聚氨酯压敏胶粘剂	(156)
六、聚氨酯密封胶粘剂	(157)
七、聚氨酯导电胶粘剂	(160)
第七章 酚醛树脂胶粘剂及其应用	(162)
一、未改性酚醛树脂胶粘剂	(162)
二、改性酚醛树脂胶粘剂	(164)
三、酚醛-聚乙烯醇缩醛胶粘剂	(176)
第八章 丙烯酸酯胶粘剂及其应用	(182)
一、丙烯酸酯胶粘剂	(182)
二、 α -氰基丙烯酸酯胶粘剂	(195)
第九章 乙烯基树脂胶粘剂及其应用	(201)
一、醋酸乙烯及其共聚乳液胶粘剂	(201)
二、聚乙烯醇胶粘剂	(213)
三、感光胶粘剂	(214)
四、氯磺化聚乙烯胶粘剂	(215)
五、双组分氯磺化聚乙烯胶粘剂	(216)

第十章 无机胶粘剂	(218)
一、机理	(218)
二、性能	(219)
三、粘接工艺	(221)
四、应用实例	(222)
五、其它无机胶粘剂	(223)
第十一章 胶粘剂的选用	(225)
一、选用胶粘剂的原则	(225)
二、粘接金属材料的胶粘剂	(229)
三、粘接金属与非金属材料的胶粘剂	(229)
四、粘接非金属材料的胶粘剂	(230)
第十二章 安全技术	(235)
一、中毒的途径及防护	(235)
二、燃烧事故及预防	(239)
三、胶液的贮存	(239)
附录	(241)
附录一 粘接各种材料的胶粘剂选用	(241)
附录二 常用热塑性塑料粘接的溶液配方	(260)
附录三 国内主要胶粘剂牌号表	(264)
附录四 部分胶粘剂术语及其定义	(289)

第一章 粘接机理

两块同类或不同类的固体，由介于两表面间的另一种物质的作用而牢固地结合起来，这种过程称为粘接。介于两固体表面间的物质称为胶粘剂；两边的固体则称为被粘物，见图1-1。

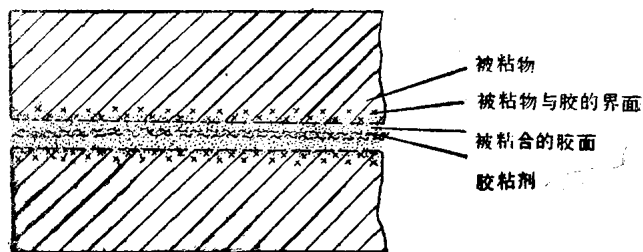


图 1-1 粘接剖面结构示意图

如何使被粘物和胶粘剂形成良好的粘接接头，必须研究胶粘剂与被粘物之间发生的物理和化学变化，从理论上进行解释，以指导粘接实践。

一、被粘物的表面层结构和性质

粘接工艺涉及的被粘物都是固体，被粘物的表面层结构和性质影响粘接接头的强度和老化性能。

材料表面层的结构和性质与材料的加工成型条件有密切关系。例如，金属材料的表面一般带有一层氧化膜，但氧化层的性质各不相同：铁锈的结构疏松，强度很差；铝的天然氧化膜比较紧密，但其粘接活性较低。另外，聚乙烯、聚四氟乙烯是难粘接的材料，而经过化学处理的铝表面上结晶的聚乙烯和聚四氟乙烯，其表面粘接强度则很高。

材料表面层的结构和性质与材料的存放条件亦有密切关系。工业材料表面加工时难免沾有油污；材料吸附周围环境中的气体、尘埃等物质，亦影响材料的表面性质。

任何材料表面层的结构和性质与其内部是不同的。材料的表面层通常是污染层、尘埃、气体吸附层、氧化层以及氧化物-基体过渡层的结构体。在粘接接头中，表面层常因被破坏而导致强度降低，这种表面层称为“薄弱表面层”，在粘接前必须清除掉。

二、胶粘剂对被粘物表面的浸润

胶粘剂要与被粘物表面牢固地结合，必须在粘接过程中使胶粘剂呈液态，并且完全浸润固体表面。完全浸润是获得高强度粘接接头的必要条件。如果浸润不完全，就会有许多气泡出现在界面中，在应力的作用下，气泡周围就会产生应力集中现象，使强度大大下降。

1. 理论浸润 ●

液体对于固体表面浸润情况可用接触角来判别。由热力学分析得知，液体在固体表面上的接触角越小，越容易浸润。换句话说，液体的表面张力越小，越容易在固体表面铺开。例如，在没有油污的清洁金属表面，小水滴可以很均匀

地铺开，接触角就很小。

液体与固体表面接触角的关系如图 1-2 所示。接触角 θ 是液滴、固体、气体接触的三相界面点，作液滴曲面的切线与固体表面的夹角。

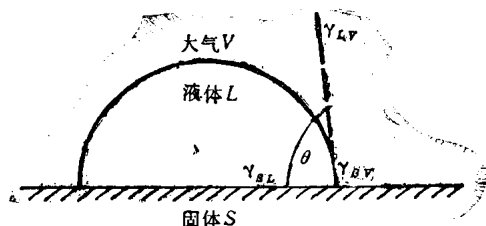


图 1-2 液体与固体表面接触角的关系

在图 1-2 中 γ_{SL} 为固体-液体间的界面张力， γ_{LV} 为液体-大气间的界面张力（液体的表面张力）， γ_{SV} 为固体-大气间的界面张力（固体的表面张力）。根据简单的矢量概念，可以得出液、固界面上平衡状态的接触角 θ 与界面张力的关系式：

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cdot \cos \theta \quad (1-1)$$

如果用 W_A 表示使固体与液体拉开 1cm^2 时所需要的功，则粘附功为：

$$W_A = \gamma_{SV} + \gamma_{LV} - \gamma_{SL} \quad (1-2)$$

将式 (1-1) 代入式 (1-2)：

$$\begin{aligned} W_A &= \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta + \gamma_{LV} - \gamma_{SL} \\ &= \gamma_{LV} (1 + \cos \theta) \end{aligned} \quad (1-3)$$

在实际粘接中，粘接面积与理论面积总有一个相应的比例，用系数 R 表示，则式 (1-3) 应为

$$W_A = \gamma_{LV} (1 + R \cos \theta) \quad (1-4)$$

因为接触角 θ 与 γ_{LV} 都是可以测定的，所以粘附功 W_A 也可以计算出来。

由式 (1-4) 得知，液体表面张力 γ_{LV} 一定时，接触角越小，则粘附功 W_A 越大，也就是液态胶粘剂对被粘物固体表面的浸润越好，粘接效果也好。

为了使液态胶粘剂与固体被粘物的表面张力有一个相对比较，引入一个固体临界表面张力的概念。即当液体浸润固体表面时，若接触角趋近于零，则定义该液体的表面张力为固体的临界表面张力，以 γ_C 表示。由式 (1-1) 得知

$$\gamma_C = \gamma_{SV} - \gamma_{SL}$$

γ_{SL} 越小， γ_C 值就越大。 γ_C 的极限值就是固体的表面张力 γ_{SV} 的数值。

根据固体临界表面张力的概念，就可容易理解为什么有些塑料要比金属难于粘接。表 1-1 为水与一些常用胶粘剂的表面张力 γ_{LV} 。首先列出水，是因为在实际使用中它常被用来比较被粘物表面浸润的程度。

表 1-1 常用胶粘剂的表面张力 (20°C)

胶 粘 剂	表面张力 γ_{LV} (10^{-3} N/m)
水	72.8
酚醛树脂(酸固化)	78
间苯二酚-甲醛树脂	71
脲醛树脂	48
脲胺胶粘剂	47
环氧树脂(通用环氧)	47 (25°C)
动物胶	43
聚丙烯酸乙烯酯乳液	38
硝酸纤维素	26

表 1-2 为一些线型高聚物的临界表面张力 γ_C 。由式

(1-1)可得出如下结论: 表面张力小的物质能够很好地浸润表面张力大的物质。将表 1-1 与表 1-2 对比, 可以看出用环氧树脂难以粘接临界表面张力比它小的聚乙烯、聚四氟乙烯等高聚物。

表 1-2 线型高聚物的临界表面张力 (20°C)

高聚物名称	γ_c (10^{-3}N/m)	高聚物名称	γ_c (10^{-3}N/m)
聚甲基丙烯酸全氟辛酯	10.6	聚乙烯醇	37
聚全氟丙烯	16.2	聚甲基丙烯酸甲酯	39
聚四氟乙烯	18.5	聚偏氯乙烯	40
聚三氟乙烯	22	聚氯乙烯	39
聚偏二氯乙烯	25	聚对苯二甲酸乙二醇酯	43
聚氟乙烯	28	纤维素	45
聚乙烯	31	尼龙-66	46
聚苯乙烯	33		

在实际应用中, 经过特殊处理, 这些表面张力小的材料也能很好地被粘接, 其原因仍基于胶粘剂对被粘物的充分浸润。

2. 实际浸润

实际上, 任何被粘物表面都存在着不平整现象, 有些材料如织物、纸张、木材、混凝土结构件等多孔性材料, 还存在着毛细管与胶粘剂的渗透现象。此外, 尚有内应力与胶粘剂界面层的关系等问题, 因而在两界面接触时还应考虑浸润、散开的实际速度。在未实现浸润角的平衡值时 (实际条件往往如此), 液态胶粘剂与被粘固体表面的浸润、散开、吸液和浸胶现象中, 粘度是重要参数之一。

为了达到基本的粘接条件, 必须满足下列要求:

(1) 液态胶粘剂与被粘物表面的接触角要尽可能地小;

(2) 被粘物表面应尽可能清除“薄弱表面层”，使其净化；

(3) 对粗糙或具有孔隙的表面，应选择粘度低、流动性好的胶粘剂，以利胶粘剂渗入。

三、影响粘接强度的因素

粘接强度的评定有剪切强度、剥离强度、疲劳强度、冲击强度等，一般采用拉伸剪切强度（单面搭接）作为粘接强度大小的主要评定指标。

粘接接头破坏形式（见图1-3）可分为下列几种：

- (1) 界面破坏，胶粘剂完全从被粘物上脱落；
- (2) 内聚破坏，沿胶粘剂或被粘物发生破坏；
- (3) 混合破坏，原来接触处部分脱落，同时胶粘剂或被粘物又有部分受到破坏。

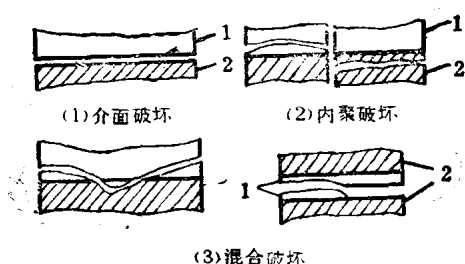


图 1-3 粘接接头破坏形式

1—胶粘剂 2—被粘物

影响粘接强度的各种因素：

1. 分子量

一般聚合物的分子量（或以聚合度表示）低、粘度小、

流动性好，作为胶粘剂有利于浸润。它粘附性虽好，但内聚力低，最终胶接强度不高。分子量高的胶层内聚力大，但粘度增大不利于浸润，也得不到最佳的粘接强度。以聚异丁烯粘接玻璃纸为例，当聚异丁烯分子量为 7000 时，剥离强度实际上等于零，显然这是由于低分子量聚异丁烯的机械强度很低之故；当聚异丁烯分子量增加到 20000 时，剥离强度急剧增加达 361.9N/m ，其剥离已带有混合的性质，这时内聚强度约等于胶粘剂对被粘物的剥离强度；当聚异丁烯分子量增加到 100000 时，剥离强度降低到 65.7N/m ，其剥离带有纯粹的粘接性质；继续增大胶粘剂的分子量，既不能改变剥离的性质，也不能改变粘接强度的数值。显然只有分子量在一定范围内的聚合物才能既有良好的粘附性，又有较大的内聚力，以保证粘接接头具有较高的强度。

表 1-3 聚合物具较好粘接强度的聚合度范围

高 聚 物 名 称	聚 合 度
聚醋酸乙烯酯	60~120
醋酸乙烯与氯乙烯共聚物	100~150
聚丙烯酸乙酯	80~150
聚酰胺	50~100

2. 分子结构

聚合物分子主链上常带有侧链。由于空间位阻增大，妨碍分子链节运动，不利于浸润和粘附，对聚合物胶粘剂的粘接力有不良的影响。如果侧链足够长时，它们已能起单独的分子链作用，由于空间几何效应，这些长侧链比大分子的中间段易于扩散到被粘物内。

**表 1-4 各种非极性或弱极性胶粘剂粘接
玻璃纸的剥离强度**

胶粘剂名称和特征	接头破坏方式	剥离强度 (0.98N/m)
聚丁二烯 (1,4 位和 1,2 位的链节各占50%)	界面性	1445
聚丁二烯 (分子量同上, 1,4 位链节为20%, 1,2 位链节为80%)	混合性	550
70%丁二烯与 30%苯乙烯共聚物	内聚性	1368
50%丁二烯与 50%苯乙烯共聚物	界面性	14
70%丁二烯与 30%甲基苯乙烯共聚物	混合性	771

从表 1-4 可以看出, 聚丁二烯分子中, 1, 2 位结合的丁二烯链节增加, 使粘接强度下降; 从丁二烯和苯乙烯共聚物百分比不同, 可看出侧链 (或侧基) 对粘接力的影响。共聚物中少量苯乙烯链节导致粘接强度增加, 而大量苯乙烯链节将导致粘接强度降低。以甲基苯乙烯代替苯乙烯的共聚物也会得到同样的结果。

3. 分子的极性

丁二烯-丙烯腈共聚物对玻璃纸的粘接, 随着共聚物中丙烯腈含量的增加 (极性增大), 粘接强度降低。而氯化聚乙烯对玻璃纸的粘接却是另一种情况, 随着氯化聚乙烯内含氯量的增加, 聚合物对玻璃纸的粘接强度在初始时增大, 以后又下降, 这说明分子极性影响极性被粘物的粘接强度。

对于非极性被粘物采用极性胶粘剂, 一般来说, 粘接强度不高。常用的经验规则是: 极性胶粘剂适用于粘接极性材料, 非极性胶粘剂适用于粘接非极性材料。如果表面采用化学处理, 使非极性材料表面产生极性 (如采用蔡钠处理聚四氟乙烯), 就可采用极性胶粘剂进行粘接, 并获得较好的粘接强度。

4. 粘接表面的糙度

两个粘接的固体表面的接触如图1-4所示，表面粗糙时，胶粘剂注入到表面的细孔和裂缝中，由于楔头的作用，固化后的胶粘剂保留在细孔中，因而使粘接强度提高。

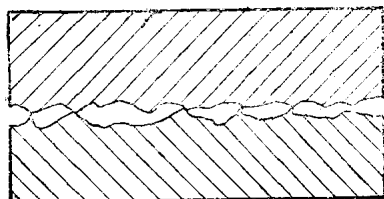


图 1-4 两个固体接触剖面图

固体表面，即使经过研磨加工，也不是真正平滑，而是由峰谷组成的起伏不平的表面。通常用糙度表示表面不平滑的程度，即以长度单位微米（ μm ）来表示表面峰高或谷深的平均值。表 1-5 是金属表面糙度与粘结后的强度关系。

表 1-5 金属表面糙度与粘接后强度

被粘物	表面糙度（铬酸腐蚀）	粘接后拉伸强度（ $10^6 \times \text{Pa}$ ）
铝	磨 光	32.2 ± 7
	127 μm 槽纹	43.9 ± 3.5
	127 μm 槽纹，喷砂	48.2 ± 7.5
	喷砂（40~50号砂）	54.3 ± 3.5
	喷砂（10~20号砂）	52.7 ± 2.5
钢	磨 光	27.6 ± 5.6
	254 μm 槽纹	35.1 ± 7
	254 μm 槽纹，喷砂	37.8 ± 5.3
	喷砂（40~50号砂）	52.9 ± 5.8
	喷砂（10~20号砂）	62.4 ± 3.2

过于粗糙的表面，反而会使粘接强度下降，见图 1-5。这是因为胶粘剂在被粘物表面的浸润受到影响，凹处容易残留气泡，表面尖峰能切断胶层，如图1-6所示。

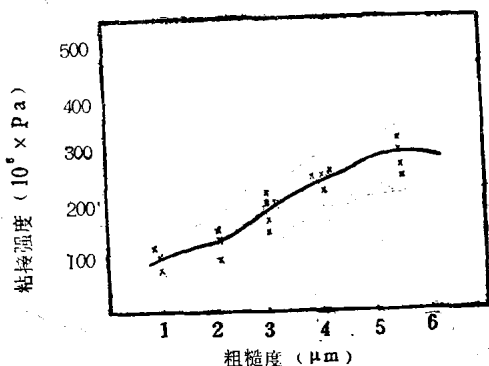


图 1-5 表面糙度对粘接强度的影响



图 1-6 切断的胶粘层

不同类型的胶粘剂对被粘物表面糙度有不同的要求，一般仍采用光洁度来衡量。使用有机胶粘剂，一般以 $\nabla 3 \sim \nabla 5$ 为宜；使用无机胶粘剂，则以 $\nabla 1 \sim \nabla 3$ 为宜。

5. 粘接表面的处理

一般进行粘接时都要对被粘物的表面进行净化处理，例如擦洗、水冲、干燥以除去机械杂质和油污，使润湿性得到改善。但这种处理方法有时效果不佳，例如对聚乙烯的粘接就