

工 人 技 术 读 物

JIAOJIE JISHU

胶接技术

四川人民出版社

胶 接 技 术

四川省农业机械管理局
成都科学技术大学^编

四川人民出版社

封面设计：邹小工

胶 接 技 术

四川人民出版社出版

(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行

渡口新华印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 9.25 字数 182 千

1980 年 7 月第 1 版

1981 年 2 月第 2 次印刷

印数：2,901—6,900 册

书号：15118·38

定价：0.76 元



前 言

近几年来，粘胶剂的应用发展很快，它已广泛用于工业、农业、交通、国防各个部门，特别是用于农机修理，具有方便及时，费省效宏的优点，普遍受到群众的欢迎。为了满足广大群众对胶接工艺和应用技术知识的需要，四川省农业机械管理局委托成都科技大学高分子研究所粘合组，编写了本书。

本书由邹明国、李坤福、朱如瑾、代模栏等同志编写，初稿完成后，我局和四川人民出版社邀请中国科学院四川分院化学研究所、成都农机学院、重庆市科委及有关工厂的专家、教授、技术人员和经验丰富的工人同志，对初稿进行了审订，使本书得到了进一步的充实和提高。在此，特向为本书撰稿、提供资料和参加审稿的单位及同志致以诚挚的感谢。

本书以应用技术为主，同时编入了有关无机化学、有机化学、高分子化学及物理学方面的基础理论知识，介绍了国内外有关资料，内容比较丰富，既有理论知识，也有实践经验，适应面较广。由于我们水平不高，经验不足，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

四川省农机管理局

一九八〇年元月

目 录

绪 论.....	1
第一章 化学基础知识	6
第一节 物质的组成与结构	6
原子结构与性质 分子结构与性质 分子类型	
和分子间的作用力	
第二节 有机化合物	17
有机化合物的特性 碳原子及其结构	
有机化合物的分类及官能团 几类重要的有机反应	
第三节 高分子化合物	26
高聚物的特点与结构特性 高聚物的分类及命名	
线型非晶相高聚物的物理状态 合成高聚物的反应	
高聚物的改性 高聚物的老化与防老	
第二章 胶接的产生与破坏机理	48
第一节 固体表面以及胶粘剂的作用	48
固体表面的组成、状态和性能 胶粘剂的作用	
第二节 胶接界面产生粘合作用的力	52
机械力 主价力——化学力 次价力——物理	
力 静电力	
第三节 粘合的吸附理论	55
粘合作用的产生 胶粘剂的润湿作用 粘合作	

用的最佳条件	
第四节 有关粘合的其它理论	63
机械理论	静电理论
扩散理论	
第五节 胶接的破坏与改进机理	67
胶粘连接的破坏类型	影响胶接强度的有关因素
产生粘合破坏的弱界面层理论	水分的影响
胶粘接头性能的改进	
第三章 常用胶粘剂的配方与性能	79
第一节 环氧树脂胶粘剂	79
环氧树脂	环氧树脂的固化及固化剂
环氧胶	
胶粘剂的其它成分与性能	改性的环氧树脂胶粘剂(环
氧-酚醛胶、环氧-有机硅胶、环氧-橡胶类、环氧-缩醛胶、	
环氧-尼龙胶、环氧-聚砒胶)	
第二节 酚醛树脂胶粘剂	115
酚醛树脂	酚醛-丁腈胶
酚醛-缩醛胶	
酚醛-尼龙胶	酚醛-氯丁橡胶胶粘剂
第三节 聚酯树脂胶粘剂	122
第四节 聚氨酯胶粘剂	123
第五节 脲醛树脂胶粘剂	127
第六节 其它类型的胶粘剂	132
丙烯酸类胶粘剂(氰基丙烯酸酯胶粘剂、厌氧胶)	热熔胶
第七节 无机胶粘剂	137
第四章 胶接工艺	141
第一节 表面处理	142

表面处理的重要性	表面处理的程序与方法	
第二节 胶粘剂的配制		157
第三节 涂胶与晾置		160
第四节 装配和固化		165
第五节 安全技术		173
第五章 粘合接头的设计和机械强度测试		175
第一节 粘合接头的设计		175
第二节 粘合接头的强度测试		192
第六章 各种材料的胶接		198
第一节 各种金属材料的表面处理		198
铝及其合金的表面处理	钢铁及其合金的表面制备	
铜及其合金的表面处理	其它金属的表面制备	
第二节 非金属材料的表面处理		217
各种塑料、橡胶的表面处理	其它非金属材料的表面 处理	
第三节 胶粘剂的选择		227
基底材料与可选用的胶粘剂	胶接件的受力情况	
固化工艺	抗环境性能（高温环境、低温环境、潮湿环境和 水的浸泡、户外环境、化学药物和溶剂、真空环境、辐照环境）	
第四节 各种材料的胶接方法		251
金属的胶接	非金属材料的胶接（塑料的胶接、弹性 体的胶接、玻璃和陶瓷的胶接、木材的胶接）	
第七章 胶接技术的应用		263
第一节 胶接修复中的补强措施		263

第二节	零部件裂纹、断裂、破碎、孔洞的胶接修复	265
第三节	零部件磨损尺寸的修复	275
第四节	辐射接枝聚四氟乙烯用于机床导轨磨损的修复	282
第五节	其它应用	285

离合器及刹车带的胶接

刀具胶接

砂轮胶接

绪 论

借助一种物质在固体表面上产生的粘合力，将同种或不同种材料牢固地连接在一起的方法称胶接或粘接。所用的这种物质称胶粘剂、粘合剂或胶。被粘接的材料称为被粘物。

胶粘剂和胶接技术，很早就为人们所利用。但是，早期使用的胶粘剂都来源于自然界的天然有机物和无机物，如淀粉、树胶、血胶、骨胶、石灰、硅酸盐等。这些胶粘剂的胶接对象仅限于木材、纸张、织物和陶瓷等非金属材料。我国是应用这些胶粘剂最早的国家之一，已有二千多年的历史。据现有文字记载和考古证实，远在秦汉时代这些胶粘剂就已获得广泛应用。

在合成胶粘剂出现以前，这些天然胶粘剂在国民经济中并不占重要地位。于本世纪初出现的酚醛树脂是最早应用的合成胶粘剂，以后相继出现了脲醛胶和环氧胶。由于环氧树脂对各种材料（特别是金属材料）均具有优异的粘合性能，它的出现促使胶粘剂工业获得了迅速的发展。

在工业上，连接各种金属和非金属材料的方法有焊接、铆接和螺栓连接。在一些实际应用中，这些连接方法常不能满足使用的要求。例如，两种不同金属的焊接，焊缝易产生脆性和电化腐蚀；同时，焊接时的高温还会改变金属材料的

晶相结构，降低产品质量。铆接和螺栓连接不仅由于钻孔会降低结构强度，而且连接处既不密封又不平整，产生的应力集中还会加速疲劳破坏。对于金属箔的连接，例如蜂窝结构，这三种方法都不适用。

胶接不仅能克服以上缺点，具有高的强度性能(表 1)，而且还具有以下优点：

表 1 酚醛——缩醛胶粘接硬铝与点焊、铆接时的剪切强度性能比较

硬铝板材 厚度(毫米)	搭接长度 * (毫米)	铆孔直径 (毫米)	最大破坏负荷 (公斤)			胶接强度与 铆接或点焊强度 比较(%)
			铆接时	点焊时	胶接时	
0.5	12.7			117	635	543
1.0	12.7			278	816	294
1.6	12.7			453	930	205
2.0	25.4			729	1315	181
0.9	12.7	3.2	207		794	283
1.2	12.7	3.2	214		839	392
2.0	25.4	6.4	789		1270	161

* 硬铝试样宽度为 25.4 毫米

1. 胶接可以看成是通过胶粘剂在整个胶接面上的有效连接，承受的负荷均匀分布于胶接面上。因此，胶接不会产生象点焊、铆接和螺栓连接那样的局部应力集中。在受振动的情况下，胶接也能表现出优异的耐疲劳强度(如图 1)。

2. 更具有重要意义的是，在胶接构件中疲劳裂纹扩展比较慢。因此，在飞机结构中采用胶接，有可能使产生的疲劳

裂纹不致于在采取挽救措施前引起毁灭性的破坏。

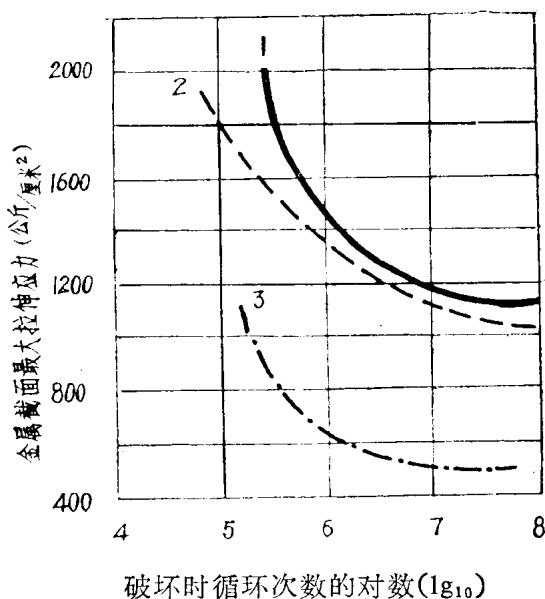


图 1 胶接与铆接疲劳强度比较

1. 铝合金板材 2. 胶接接头 3. 铆接接头 (铝合金板厚0.8毫米, 搭接和铆接长度38毫米)

3. 就飞机制造工业而言, 用胶接代替铆接不仅表面平滑, 还可减轻飞机制件重量 25—30%, 这对航空工业具有十分重要的意义。据有关资料报导, 在宇航器中减轻一千克重量可节省开支达 3 万元之多。

由于胶接在很多方面优于焊、铆连接, 克服了焊、铆不能解决的问题, 因此首先在航空工业中受到重视。自二次世

界大战以来，胶接技术在飞机制造和宇航工业中获得了广泛的应用。

随着具有各种优异性能的合成高聚物的出现，胶接技术和有关理论的研究也相继获得了发展。提出了阐明胶接机理的机械理论、静电理论、吸附理论、扩散理论和弱界面层理论等。为了克服胶接的某些弱点，对各种胶粘接头的受力分析和接头设计也进行了大量的研究。这些都为胶接技术的推广和应用打下了良好的基础。

合成胶粘剂不仅能胶接各种各样的金属和非金属材料，甚至人体断骨也能进行粘接，可以说，现在已没有不能进行胶接的材料。

现代科学技术的发展，对胶粘剂不仅要求能粘接各种材料，而且对胶接性能和工艺也提出了各式各样的特殊要求。为此国内外已研制成功了具有各种特性的胶粘剂。如室温固化胶、低温固化胶、室温快速固化胶、室温固化耐热胶、耐高温胶、耐超低温胶、医用胶、密封胶、光学玻璃胶、导电胶、热熔胶、压敏胶、热熔压敏胶、胶粘带等。这些胶粘剂获得了广泛的应用，成为工农业生产和国防科研不可缺少的重要材料之一。

近几年来，胶接技术在国内已广泛应用于农机具的修理，取得了明显的经济效益。据我省的统计，仅1979年就胶接修复45.5万件，为国家节约了钢材5460吨，为社队节省开支达800多万元。

尽管胶接具有很多突出的优点，但不应该设想它能完全

取代现在广泛采用的焊、铆和其他机械连接方法。胶接同样也具有一定的局限性。现有的合成胶粘剂大多是有机高分子物，其使用温度不能过高。通常所说的耐高温胶，其工作温度仅为 250°C 左右，短期工作温度可达 300°C ，若在更高温度下使用，胶接强度会迅速下降。

其次，在环境(光、热、空气、水分等)作用下，胶粘剂会产生老化现象，影响使用寿命。加入防老剂虽可降低环境对胶粘剂的破坏作用，但长期耐老化问题仍未获得根本解决。此外，胶接质量至今没有可靠的检验和控制方法，这也是胶接应用受到限制的重要原因之一。

随着现代科学技术的发展，这些问题将会逐步获得解决。可以预料，在实现“四化”的过程中，胶接技术的研究和应用必将获得更大的发展。

第一章 化学基础知识

有关原子、分子、有机化合物及高聚物方面的基本知识是学习和掌握胶接技术与有关理论不可缺少的基础。为了适应非化学专业人员学习这项技术，本章对物质的组成与结构、有机化学和高分子化学方面的基础知识，作了必要的介绍。

第一节

物质的组成与结构

自然界的一切物质均属有机化合物和无机化合物两大类。有机化合物主要是元素周期表中以碳为主的少数几种元素，如碳、氢、氧、氮、硫和磷组成的化合物，至今已有一百万种以上（如蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素、石油、塑料、橡胶、纤维等）。无机化合物则可由周期表中的各种元素组成，但其总数未超过五万种（如金属、水泥、石灰、食盐、烧碱等）。

一 原子结构与性质

自然界大约有一百种不同的元素。它们以各种不同的方

式结合形成自然界的一切物质。这些元素的最小微粒叫原子。原子是很小的，直径大约为 2.5×10^{-8} 厘米。

所有元素的原子都是由带正电荷的原子核和在核周围空间带负电荷的电子构成的。电子围绕原子核高速运动。原子通常具有等量的正电荷(质子数目)和负电荷(电子数目)，所以显中性。原子核体积极小，它的半径仅为原子半径的十万分之一左右。图1—1是典型的原子结构示意图。

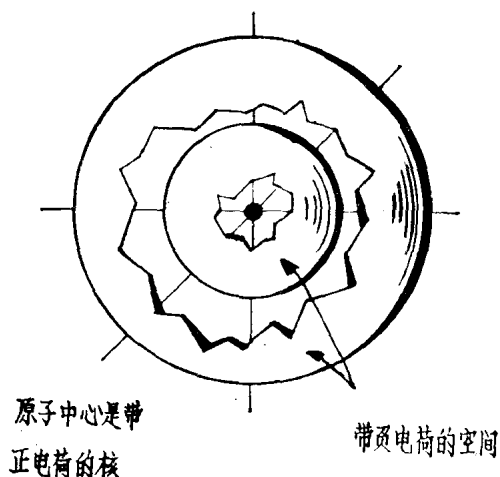


图 1—1 原子结构示意图

原子之间的差别主要是它的电子数目和电子所占的最外层的空间不同。实验证明，核外电子在离核远近不同的空间有规律的并以极大的速度绕核运动。由于各个电子具有不同的能量，它们的运动状态也就不完全相同。能量较低电子在离核较近的空间出现的机会多，能量较高的电子在离核较

远的空间出现的机会多。因此，核外电子是处于不同能量等级的空间。此等级叫做能级。离核最近的能级能量最低，称第一能级；离核稍远的称第二能级，余此类推。

通常情况下，核外电子尽可能占据能量最低即离核最近的能级。第一能级最多容纳 2 个电子，第二能级最多容纳 8 个电子，第三能级最多容纳 18 个电子。每个能级可容纳的电子数用 $2n^2$ 表示，其中 n 表示能级数。但是，各元素的原子，除了第一个能级不能超过 2 个电子外，其余最高能级的最外层所容纳的电子最多不能超过 8 个。为了简便起见，可用图 1—2 表示元素的原子结构。但应注意，这样的简图只列出了原子中各个能级电子层上的电子数目，是一种非常粗略的表示方法，它并不反映电子在原子内排布的确切情况。

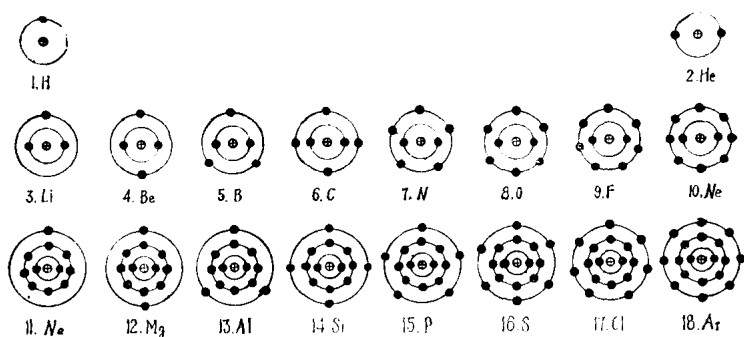


图 1—2 第1—3周期中各元素的原子结构

原子虽然很小，但都具有一定的重量。例如：一个氢原子重 1.67×10^{-24} 克，一个氧原子重 2.657×10^{-23} 克，一个碳原子重 1.993×10^{-23} 克。

这样小的数字，记忆和计算都很不方便，所以在化学上用一种特殊单位——“碳单位”来表示原子重量。一个“碳单位”等于碳原子重量的 $1/12$ 。我们把用“碳单位”来表示的一个原子的重量叫原子量。氢原子量为 1 个“碳单位”、碳原子量为 12 个“碳单位”、氧原子量为 16 个“碳单位”。使用时常将“碳单位”省略。

在化学上通常用符号来表示各种元素，如碳用“C”表示，氢用“H”表示。这种元素符号除表示元素以外，同时也表示这种元素的一个原子和它的原子重量。

近代物理学的发展揭示了原子结构的复杂性。原子虽然很小，但原子实际上是由更微小的粒子（电子、中子、质子等）组成。这些粒子还可再分。在化学反应中，原子是物质进行化学反应的不能再分的基本微粒。因此，化学反应是参加反应的物质，在一定的条件下，通过原子间的重新结合而组成新物质的过程。

二 分子结构与性质

分子是由一种或几种元素的原子按一定的数目和方式结合而成的。它是自然界物质能够独立存在并保持该物质一切化学性质的最小粒子。单质分子是由同种元素原子组成的，如氢(H_2)、氧(O_2)等。化合物分子是由几种元素原子组成的，如水(H_2O)、氨(NH_3)等。

分子也是体积和重量都非常小的粒子，如水分子的直径是 2.8×10^{-8} 厘米，重量大约是 3×10^{-23} 克。

分子虽然很小，但在化学反应中可再分成更小的微粒