

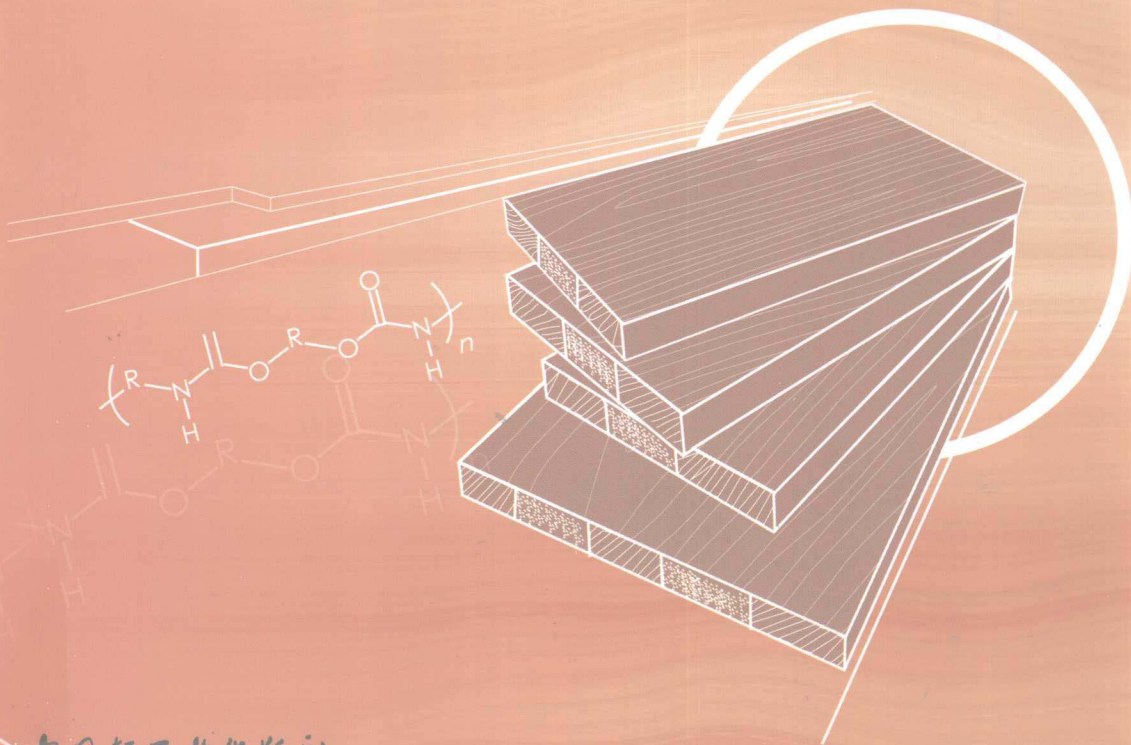
# 木材胶黏剂与胶合技术



**WOOD**

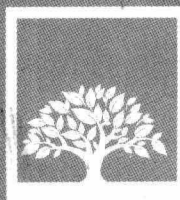
**ADHESIVES AND  
GLUING TECHNOLOGY**

余先纯 孙德林 李湘苏 编著



中国轻工业出版社

# 木材胶黏剂与胶合技术



**WOOD**

**ADHESIVES AND  
GLUING TECHNOLOGY**

余先纯 孙德林 李湘苏 编著

## 图书在版编目 (CIP) 数据

木材胶黏剂与胶合技术/余先纯, 孙德林, 李湘苏编著. —北京:  
中国轻工业出版社, 2011. 3  
ISBN 978-7-5019-7917-2

I. ①木… II. ①余… ②孙… ③李… III. ①木材接合—胶黏剂  
IV. ①TQ433

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 216738 号

责任编辑: 古 倩

策划编辑: 林 媛 责任终审: 滕炎福 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 晋 洁 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 航远印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 12

字 数: 290 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7917-2 定价: 32.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

100331K4X101ZBW

## 前 言

木材是一种既古老而又重要的高分子材料，早在数千年前我们的祖先就开始使用木材制造各种生产工具和生活用具。在现代社会中，木材工业在国民经济中发挥着重要的作用。由于木材加工工业的不断进步以及世界经济由工业化社会向生态化社会的转变，使得与之相配套的胶黏剂也得到了长足的发展。

目前，木材加工工业是应用胶黏剂数量最多的工业部门之一，在胶黏剂产业中占有举足轻重的地位。胶合板、刨花板、纤维板、装饰板、家具及木器等部门所使用的木材胶黏剂约占全球胶黏剂总产量的3/4。

木材工业用胶黏剂通常为脲醛树脂、酚醛树脂、三聚氰胺甲醛树脂等“三醛胶”，以及乳白胶和少量的动植物蛋白胶等，这些胶黏剂具有悠久的历史。在“三醛胶”中，脲醛树脂价格低廉，酚醛树脂胶合性能优异，但其游离甲醛的释放一直是广大科研工作者和消费者所关注的焦点，在室内用产品的使用中已经开始受到限制。虽然三聚氰胺-甲醛树脂胶黏剂中所含的游离甲醛量较低，但其高成本却又让消费者难以接受。木材胶黏剂的一个重要发展趋势就是无醛化。在发达的国家，“三醛胶”在木材胶黏剂中的使用比例正在逐年下降，已经开始有无毒、环保型的木材胶黏剂及“三醛胶”的替代品。同时，除了减少甲醛的使用之外，并采用其它的工艺副产品来制造胶黏剂，如近年来出现了一些关于工业木素与交联剂制成无醛胶黏剂的报道。

我国木材加工使用胶黏剂主要是人造板制造和木制品生产两大领域，以脲醛树脂为主，其次是酚醛树脂和三聚氰胺甲醛树脂胶黏剂。这几年改性聚醋酸乙烯酯乳液胶黏剂的用量正在上升，但“三醛胶”仍占整个木材及人造板工业用胶黏剂的80%以上。自从2002年1月1日我国政府强制执行GB 18580—2001国家标准以来，低毒和无醛系列胶黏剂的研究已成为热点，并取得了较大的进展。

我们参考了国内外大量有关的文献资料，对木材加工工业中常用的胶黏剂进行了概述，并着重介绍了降低“三醛胶”中游离甲醛的配方及其生产工艺，并对新型、低毒、环保型胶黏剂，如木质素改性酚醛树脂胶黏剂、异氰酸酯改性聚醋酸乙烯酯乳液胶黏剂、淀粉改性脲醛树脂胶黏剂等进行了描述，希望能将“绿色、环保”的观念进一步推广。同时，本书也重点介绍了木制品生产中的各种胶合技术，旨在将胶合技术能在木材加工业中得到推广与更合理的应用。

本书既可以作为高分子胶黏剂研究者的工具书，也能够作为林业院校高分子材料专业、木材加工与工程专业学生的参考书，还可以作为木材加工和家具制造行业工程技术人员的工具书。

由于专业知识的局限性，加之编者水平有限，经验不足，书中不妥与错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编著者  
2011年1月

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第 1 章 木材胶黏剂与胶合技术概论</b> ..... | 1  |
| 1.1 木材胶黏剂与胶合技术的发展 .....         | 1  |
| 1.2 木材胶黏剂的发展趋势 .....            | 2  |
| 1.2.1 低毒、低游离甲醛 .....            | 2  |
| 1.2.2 可降解胶黏剂 .....              | 3  |
| 1.2.3 新型胶黏剂的开发与应用 .....         | 3  |
| 1.3 木材胶黏剂的组成、分类与性能评价 .....      | 4  |
| 1.3.1 胶黏剂的组成 .....              | 4  |
| 1.3.2 胶黏剂的分类 .....              | 7  |
| 1.3.3 木材胶黏剂的性能评价 .....          | 10 |
| 1.4 木材的胶合 .....                 | 11 |
| 1.4.1 木材胶合的优缺点 .....            | 11 |
| 1.4.2 木材胶黏剂的选用 .....            | 11 |
| 1.4.3 木材及制品的胶合 .....            | 13 |
| <b>第 2 章 木材胶合技术基础</b> .....     | 15 |
| 2.1 木材的胶合理论与机理 .....            | 15 |
| 2.1.1 胶合的物理化学过程 .....           | 15 |
| 2.1.2 浸润与胶合 .....               | 15 |
| 2.1.3 胶合机理 .....                | 17 |
| 2.2 胶合质量的影响因素 .....             | 22 |
| 2.2.1 胶黏剂的影响 .....              | 22 |
| 2.2.2 木材的影响 .....               | 24 |
| 2.2.3 接头结构与胶合表面的影响 .....        | 26 |
| 2.2.4 胶合工艺的影响 .....             | 26 |
| <b>第 3 章 酚醛树脂胶黏剂</b> .....      | 28 |
| 3.1 酚醛树脂胶黏剂的合成原理 .....          | 28 |
| 3.1.1 加成反应 .....                | 28 |
| 3.1.2 缩合及缩聚反应 .....             | 29 |
| 3.2 酚醛树脂胶黏剂合成原料 .....           | 29 |
| 3.3 生产工艺 .....                  | 30 |
| 3.3.1 生产工艺流程 .....              | 30 |
| 3.3.2 合成工艺类型的选择 .....           | 31 |
| 3.3.3 生产工艺过程 .....              | 32 |

|            |                |           |
|------------|----------------|-----------|
| 3.3.4      | 常用酚醛树脂生产工艺简介   | 33        |
| 3.4        | 影响酚醛树脂胶合成的因素   | 35        |
| 3.4.1      | 酚类官能度的影响       | 35        |
| 3.4.2      | 酚类取代基的影响       | 35        |
| 3.4.3      | 苯酚与甲醛摩尔比的影响    | 36        |
| 3.4.4      | 反应介质 pH 的影响    | 36        |
| 3.4.5      | 催化剂与反应产物的关系    | 37        |
| 3.4.6      | 反应温度和反应时间的影响   | 38        |
| 3.5        | 酚醛树脂胶黏剂的改性     | 38        |
| 3.5.1      | 三聚氰胺改性         | 39        |
| 3.5.2      | 尿素改性           | 40        |
| 3.5.3      | 木质素改性          | 41        |
| 3.5.4      | 间苯二酚改性         | 42        |
| 3.5.5      | 聚乙烯醇缩醛改性       | 43        |
| 3.5.6      | 其它方法改性酚醛树脂     | 46        |
| 3.6        | 在木材加工中的应用      | 47        |
| 3.6.1      | 在木质胶合板中的应用     | 47        |
| 3.6.2      | 在竹质胶合板方面的应用    | 48        |
| <b>第4章</b> | <b>脲醛树脂胶黏剂</b> | <b>50</b> |
| 4.1        | 脲醛树脂合成原理       | 50        |
| 4.2        | 脲醛树脂合成原料       | 51        |
| 4.3        | 脲醛树脂的生产工艺      | 52        |
| 4.3.1      | 生产工艺流程         | 52        |
| 4.3.2      | 工艺类型的选择        | 52        |
| 4.3.3      | 生产工艺           | 53        |
| 4.3.4      | 配方与工艺          | 57        |
| 4.4        | 影响脲醛树脂合成的因素    | 58        |
| 4.4.1      | 摩尔比的影响         | 58        |
| 4.4.2      | pH 的影响         | 59        |
| 4.4.3      | 原料质量的影响        | 60        |
| 4.4.4      | 反应温度的影响        | 60        |
| 4.4.5      | 反应时间的影响        | 60        |
| 4.5        | 脲醛树脂胶的改性       | 61        |
| 4.5.1      | 改进耐水性          | 61        |
| 4.5.2      | 降低游离甲醛含量       | 68        |
| 4.5.3      | 提高稳定性          | 71        |
| 4.5.4      | 改善耐老化性         | 71        |
| 4.6        | 在木材工业中的应用      | 72        |

|            |                    |           |
|------------|--------------------|-----------|
| 4.6.1      | 在胶合板生产中的应用         | 72        |
| 4.6.2      | 在刨花板生产中的应用         | 74        |
| 4.6.3      | 在中密度纤维板生产中的应用      | 76        |
| 4.6.4      | 在细木工板生产中的应用        | 78        |
| 4.6.5      | 在家具工业中的应用          | 79        |
| <b>第5章</b> | <b>三聚氰胺甲醛树脂胶黏剂</b> | <b>81</b> |
| 5.1        | 合成原理               | 81        |
| 5.1.1      | 加成反应               | 81        |
| 5.1.2      | 缩聚反应               | 82        |
| 5.2        | 合成原料               | 82        |
| 5.3        | 合成工艺               | 83        |
| 5.4        | 影响三聚氰胺树脂胶合成的因素     | 85        |
| 5.4.1      | 原料摩尔比的影响           | 85        |
| 5.4.2      | 反应体系的 pH 的影响       | 86        |
| 5.4.3      | 反应温度               | 86        |
| 5.5        | 三聚氰胺甲醛树脂胶黏剂的改性     | 87        |
| 5.5.1      | 提高柔韧性              | 87        |
| 5.5.2      | 增加稳定性              | 89        |
| 5.5.3      | 降低成本               | 89        |
| 5.6        | 在木材工业中的应用          | 90        |
| 5.6.1      | 浸渍用树脂              | 91        |
| 5.6.2      | 木材胶合用胶黏剂           | 92        |
| 5.6.3      | 刨花板用胶黏剂            | 93        |
| <b>第6章</b> | <b>聚醋酸乙烯酯胶黏剂</b>   | <b>94</b> |
| 6.1        | 聚醋酸乙烯酯胶黏剂的合成原理     | 94        |
| 6.2        | 聚醋酸乙烯酯胶黏剂的合成原料     | 96        |
| 6.2.1      | 主要原料               | 97        |
| 6.2.2      | 辅助原料               | 99        |
| 6.3        | 聚醋酸乙烯酯胶黏剂的生产工艺     | 100       |
| 6.3.1      | 工艺流程               | 100       |
| 6.3.2      | 合成工艺特点             | 100       |
| 6.3.3      | 配方及工艺              | 102       |
| 6.4        | 影响聚醋酸乙烯酯胶黏剂合成的因素   | 103       |
| 6.4.1      | 乳化剂的影响             | 103       |
| 6.4.2      | 引发剂用量的影响           | 103       |
| 6.4.3      | 搅拌强度的影响            | 104       |
| 6.4.4      | 反应温度的影响            | 104       |
| 6.4.5      | pH 的影响             | 104       |

|            |                |            |
|------------|----------------|------------|
| 6.4.6      | 其它影响因素         | 105        |
| 6.5        | 聚醋酸乙烯酯胶黏剂的改性   | 105        |
| 6.5.1      | 共混改性           | 105        |
| 6.5.2      | 单体共聚改性         | 106        |
| 6.5.3      | 复合聚合改性         | 106        |
| 6.5.4      | 保护胶体改性         | 107        |
| 6.6        | 在木材加工中的应用      | 107        |
| 6.6.1      | 表面装饰材料粘贴       | 107        |
| 6.6.2      | 实木拼板           | 109        |
| 6.6.3      | 家具构件           | 112        |
| 6.6.4      | 防水构件           | 114        |
| 6.6.5      | 人造板工业          | 116        |
| <b>第7章</b> | <b>聚氨酯胶黏剂</b>  | <b>120</b> |
| 7.1        | 聚氨酯胶黏剂的合成原理    | 120        |
| 7.2        | 聚氨酯胶黏剂的合成原料    | 121        |
| 7.2.1      | 主要原料           | 121        |
| 7.2.2      | 辅助原材料          | 122        |
| 7.3        | 聚氨酯胶黏剂的生产工艺    | 122        |
| 7.3.1      | 制备方法           | 122        |
| 7.3.2      | 配方及工艺          | 123        |
| 7.4        | 影响聚氨酯合成的因素     | 124        |
| 7.4.1      | 结构对性能的影响       | 124        |
| 7.4.2      | 相对分子质量、交联度的影响  | 126        |
| 7.4.3      | 助剂的影响          | 126        |
| 7.5        | 聚氨酯胶黏剂的改性      | 126        |
| 7.5.1      | 改善耐温性能         | 126        |
| 7.5.2      | 提高耐水性能         | 127        |
| 7.5.3      | 加快固化速度         | 127        |
| 7.6        | 在木材工业中的应用      | 128        |
| 7.6.1      | 湿固型木材胶黏剂       | 128        |
| 7.6.2      | 刨花板用聚氨酯胶黏剂     | 129        |
| <b>第8章</b> | <b>热熔树脂胶黏剂</b> | <b>133</b> |
| 8.1        | 热熔胶的基本特性       | 133        |
| 8.2        | 热熔树脂胶黏剂的合成原料   | 134        |
| 8.2.1      | 基本聚合物          | 134        |
| 8.2.2      | 增黏树脂           | 135        |
| 8.2.3      | 辅助原料           | 135        |
| 8.3        | 热熔树脂胶黏剂的制备工艺   | 136        |



|             |                            |            |
|-------------|----------------------------|------------|
| 8.3.1       | 釜式生产法 .....                | 137        |
| 8.3.2       | 挤出生产法 .....                | 137        |
| 8.4         | 木材工业常用热熔胶 .....            | 138        |
| 8.4.1       | 乙烯-乙酸乙烯酯共聚热熔胶 (EVA) .....  | 138        |
| 8.4.2       | 乙烯-丙烯酸乙酯共聚热熔胶 .....        | 142        |
| 8.4.3       | 聚酰胺树脂热熔胶 .....             | 143        |
| 8.4.4       | 聚酯树脂热熔胶 .....              | 144        |
| <b>第9章</b>  | <b>生物质胶黏剂</b> .....        | <b>146</b> |
| 9.1         | 蛋白质胶黏剂 .....               | 146        |
| 9.1.1       | 豆蛋白胶黏剂 .....               | 147        |
| 9.1.2       | 骨胶胶黏剂 .....                | 148        |
| 9.1.3       | 血朊胶黏剂 .....                | 149        |
| 9.1.4       | 酪素胶 .....                  | 149        |
| 9.1.5       | 蛋白混合胶 .....                | 150        |
| 9.2         | 碳水化合物胶黏剂 .....             | 150        |
| 9.2.1       | 淀粉胶黏剂 .....                | 150        |
| 9.2.2       | 糊精胶黏剂 .....                | 152        |
| 9.2.3       | 纤维素胶黏剂 .....               | 153        |
| 9.3         | 天然树脂胶黏剂 .....              | 154        |
| 9.3.1       | 单宁胶黏剂 .....                | 154        |
| 9.3.2       | 木质素胶黏剂 .....               | 154        |
| 9.4         | 生物质胶黏剂在木材工业中的应用 .....      | 156        |
| 9.4.1       | 木材用木质素改性胶黏剂 .....          | 156        |
| 9.4.2       | 人造板用单宁胶黏剂 .....            | 157        |
| 9.4.3       | 木材用耐水性淀粉胶黏剂 .....          | 159        |
| <b>第10章</b> | <b>木材胶合结构设计及胶合技术</b> ..... | <b>161</b> |
| 10.1        | 胶合接头设计基础 .....             | 161        |
| 10.1.1      | 胶合接头 .....                 | 161        |
| 10.1.2      | 木制品胶合接头设计的原则 .....         | 161        |
| 10.1.3      | 木制品胶合接头的设计形式及特征 .....      | 162        |
| 10.2        | 胶合强度及接头破坏机理 .....          | 165        |
| 10.2.1      | 胶合强度的基本概念 .....            | 165        |
| 10.2.2      | 木制品胶合接头的受力分析 .....         | 166        |
| 10.2.3      | 木制品胶合接头破坏的类型 .....         | 168        |
| 10.2.4      | 木制品胶合接头的破坏机理 .....         | 169        |
| 10.3        | 胶合的基本操作技术 .....            | 169        |
| 10.3.1      | 胶合前的准备 .....               | 169        |
| 10.3.2      | 木制品的表面处理 .....             | 170        |

|        |       |     |
|--------|-------|-----|
| 10.3.3 | 配胶    | 171 |
| 10.3.4 | 施胶    | 172 |
| 10.3.5 | 晾置和陈放 | 174 |
| 10.3.6 | 胶合    | 175 |
| 10.3.7 | 固化    | 175 |
|        | 参考文献  | 178 |

# 第 1 章 木材胶黏剂与胶合技术概论

## 1.1 木材胶黏剂与胶合技术的发展

胶合是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。人类使用木材胶黏剂有着悠久的历史，从考古发掘中发现，在 3000 年前的周朝已开始使用动物胶作为木船的嵌缝密封胶；公元前 200 年，用糯米浆糊制成的棺木密封剂，再配用防腐剂及其它措施，即使是在 2000 多年后棺木出土时尸体不但没有腐烂，而且肌肉及关节仍有弹性，从而轰动了世界。在国外，圣经的创世纪中就有 2000 年前用木材的树脂嵌填航行于地中海船只的记载，而四大文明古国之一的古埃及人则从金合欢树中提取阿拉伯胶，从松树中收集松脂制成天然胶黏剂，从动物骨骼中提取骨胶，还用白土与骨胶混合，再加上颜料，用于棺木的密封及饰涂。

在我国和日本都使用骨胶胶合铠甲、刀鞘，并且用来制造弓这类兼具韧性与弹性的复合木质材料制品，这在我国的文化发展史上起过不小的作用。至于人们从狩猎活动中发现血液的胶合性也有很长的历史，即使是在今天，猪血、老粉（碳酸钙粉）在我国家具制造的粘合中仍占有重要地位。

胶合技术在装饰器物和镶饰家具制造上的应用也已有数千年历史。早在 4000 年前，我们的祖先就利用生漆作胶黏剂和涂料制成既实用又有工艺价值的器具，而目前人们能在博物馆中见到许多出自古埃及和罗马时代具有镶饰的家具。

随着经济的发展，对胶黏剂的需要量逐渐增加，胶黏剂的生产由分散的手工作坊向工业化发展。1690 年荷兰首先创建了生产天然胶黏剂的工厂，英国在 1700 年建成了以生产骨胶为主的工厂。19 世纪，瑞士和德国出售了从牛乳中提炼出来的胶黏剂——酪朊。19 世纪出现了酪朊与石灰生成的盐所制成的固态胶黏剂。在大战前后除酪朊外，血纤蛋白、大豆蛋白曾一度占主要地位，同时美国曾采用了比用骨胶要经济得多的淀粉用于胶合板的生产。

实际上，早期的胶黏剂是以天然物为原料的，而且大多是水溶性的。但是，20 世纪以来，由于现代化大工业的发展，天然胶黏剂无论是产量还是品种方面都已不能满足要求，因而促使了合成胶黏剂的生产不断发展。

合成树脂胶黏剂的生产是从 1909 年 Baekeland 发明工业酚醛树脂开始的。1912 年出现了用酚醛胶黏剂胶合的胶合板，不仅大大降低了生产成本，而且提高了胶合板的耐久性和胶合强度，从此以后，胶黏剂在各个领域得到了广泛的应用。

20 世纪 30 年代，美国开始用聚醋酸乙烯酯和三聚氰胺树脂，这两种胶黏剂一问世，就被很好地用在了人造板贴面及家具装饰上。由于聚醋酸乙烯酯乳胶使用方便、成本低廉，是一种优良的水溶性胶黏剂，在绝大多数的情况下可取代传统的酪朊、骨胶等

天然胶黏剂，在木制品加工行业中逐步占有主导地位。

20世纪40年代，出现了脲醛树脂的工业化生产，在历经了几十年的技术变革后，脲醛树脂成为木材胶黏剂的主流产品，广泛用于各种木制品加工领域。

近年来，随着现代化工技术的不断发展，国内外木材用胶黏剂及其胶合技术发展迅速，木材及木质构件的胶合技术得到了长足的发展，在使用胶黏剂胶合的各种木质结构无论在工业上还是在我们的日常生活中都十分普遍，并且许多木制品已经代替了原来的钉结合与榫接合。随着胶黏剂合成技术的发展及胶合技术的不断提高，木制品行业将会有更加广阔的前景。

## 1.2 木材胶黏剂的发展趋势

目前，我国使用的木材胶黏剂大多仍是“三醛树脂”。在我国今后的10年内，脲醛胶主要向低甲醛、高耐水方向发展。现用树脂胶的改性技术将日益成熟：如利用三聚氰胺改性脲醛树脂、聚乙烯醇改性脲醛树脂来降低其游离甲醛的含量；改性酚醛树脂胶向着快速固化和降低成本方向发展；利用羧酸改性聚酯酸乙酯乳液来改进抗冻性和低温成膜性能，提高耐水性。与此同时，利用可降解胶黏剂可降低生产成本，减少环境污染，如木素胶、单宁胶、豆蛋白胶等。此外，新的产品胶不断出现，如水性异氰酸酯等。

随着木材加工行业的迅速发展，木材胶黏剂总的发展趋势是向专业化、综合性能全面化、低毒、低成本、低能耗和高效化方向发展。

### 1.2.1 低毒、低游离甲醛

脲醛树脂原料丰富，价格低廉，应用方便，具有较好的胶合强度，因而成为木材工业中用量最大的合成树脂胶，但是，脲醛树脂存在耐水性差、贮存期短、易水解不稳定；酚醛树脂具有比脲醛树脂更优异的性能，但两者均会释放游离甲醛而对环境造成污染。为提高脲醛树脂的胶合性能和耐水性，减少其制品使用过程中释放甲醛污染环境，人们进行了大量的脲醛树脂改性研究工作。国内外科技人员紧紧围绕脲醛树脂的合成工艺，积极寻求和研究降低甲醛含量和释放量的方法。为了减少游离甲醛的释放量，通常采用制造低甲醛含量的胶黏剂、使用特殊添加剂及严格控制胶接条件等方法。国外制造E<sub>1</sub>级刨花板的脲醛树脂的摩尔比一般都低于1.2。Pizzi的最新研究表明：当甲醛/尿素（F/U）摩尔比为1.0~0.9时，采用不同的工艺制备所得的刨花板甲醛释放量都可以达到E<sub>1</sub>级；国内脲醛树脂制备时添加三聚氰胺，加入脲醛量3%的三聚氰胺E<sub>1</sub>级胶合板用脲醛胶，加入脲醛量6%~10%的三聚氰胺可得到E<sub>1</sub>级脲醛胶。此外，人们对脲醛树脂的合成原理和制备工艺开始了新的研究。尤其是在Uron环理论、羟甲基化速度对pH值的依赖关系和活化能对介质pH值的依赖关系的研究结果启示下，提出了强酸—弱酸—碱（中性的）脲醛树脂合成新工艺，用新工艺合成的脲醛树脂的甲醛释放量明显低于传统碱—酸—碱工艺生产的脲醛树脂，但树脂的胶合强度不如传统方法生产的脲醛树脂。经过种种努力，胶合性能得

到增强的“准无臭”型胶黏剂已经在工厂得到使用。

目前,我国人造板生产中, E<sub>1</sub> 级的刨花板和中密度纤维板及特种无臭胶合板用低毒脲醛树脂胶的配方已经成熟,并在多条生产线上应用。所以就脲醛树脂来说,它的发展方向是进一步开发和推广低甲醛释放量的脲醛树脂,克服和减缓树脂的老化和体积收缩率,提高脲醛树脂的耐水性和耐环境老化性能。

### 1.2.2 可降解胶黏剂

可降解胶黏剂是指胶黏剂组成中含有可降解成分,如木素、单宁、蛋白质等,它们都可以制造胶黏剂。这不仅解决了木材胶黏剂原料资源,而且缓解石油化工和煤炭市场紧张状况,符合“绿色环保”生产工艺的重要发展方向。

木素是木材组织结构中自有的物质,它们大都是作燃料消耗。近半个世纪来,国内外学者广泛对木素进行探索,知道木素属芳香族化合物,合成时可取代苯酚制木材胶黏剂,与苯酚相互并用效果更佳。目前,该成果用于刨花板的胶接中,效果斐然。木素的另一个重要来源,可由废纸浆中提炼而得。李建章等利用造纸废液中提取的硫酸盐木素和磺酸盐木素(含量 10%~30%)与尿素(分三次加入)、甲醛及添加剂,制备出低甲醛含量的木素-UF 胶黏剂。

人们很早就开始研究和利用木材树皮中存在的单宁和木素等多元酚作为胶黏剂的原料。叶松栲胶的主要成分是缩合类单宁(多聚原花色素),其单体黄烷醇单元 A 环具有很强的亲核性,在催化剂的作用下,能与甲醛反应,最终形成不溶不熔的体型高聚物。自投产以来,根据目前生产检验,游离苯酚技术指标从未超过 0.3%,游离甲醛也未超过 0.2%,且胶合性能和耐老化性能好,是一种低毒环保型木材胶黏剂。最近在南非,由于金合欢树皮单宁制备技术的进步,已在室外刨花板的制造中得到应用。南非 Pizzi 在针叶树单宁的应用研究中取得了可喜的成果,他先后进行了单宁与脲醛树脂混合使用方法、单宁与间位羧基苯胺共缩合的速固化型单宁树脂及用乙酸锌做催化剂的刨花板胶黏剂低温胶接法等项研究开发工作。蛋白胶与单宁复合制备高胶合强度和耐水性蛋白胶也取得了喜人的成绩,该项成果已成功地应用到了木制品行业。

### 1.2.3 新型胶黏剂的开发与应用

随着人类环保意识的不断增强和新材料、新工艺的需求,新型胶黏剂不断涌现。近年来,无甲醛释放的异氰酸酯胶黏剂发展较快,并且使用量在不断增加。异氰酸酯树脂属于新型环保类木材加工用合成树脂胶,胶合性能优良,以聚异氰酸酯化合物做刨花的黏合剂,在用量不到脲醛树脂一半的条件下,制成的刨花板仍具有良好的物理力学性能,其强度可以与酚醛树脂刨花板相比。用于人造板生产的异氰酸酯胶黏剂由溶剂型向乳液型发展,脱膜技术日臻完善。加入少量的二苯甲烷二异氰酸酯聚合物于氨基树脂中,刨花板的内胶合强度可大幅度提高。

PMDI 胶黏剂作为人造板加工业的胶黏剂,其胶合强度高,耐水性强,储存期长,更重要的是因 PMDI 胶黏剂不散发甲醛等有毒气体而受到国内外瞩目。此外,新开发的水性高分子异氰酸酯(API)胶黏剂以出色的胶合性能和价格优势以及不含甲醛有毒物

等而受到欢迎，目前在市场上广泛应用，特别是在集成材、拼接材中使用量迅速增加。

总之，胶黏剂工业正逐步趋于成熟，胶合理论将会不断创新，胶合工艺也会不断更新，胶合品种也会随着生产需求而出现飞跃。木材胶黏剂也会随着科技进步、生产发展取得突破。但是，寻求价格便宜、性能优良、低毒甚至无毒的木材胶黏剂，走环境友好型道路才是根本途径。

### 1.3 木材胶黏剂的组成、分类与性能评价

木材胶黏剂是由多种物质所组成，不是单一的化合物，它的组成因其原料的来源和用途不同而存在很大差异。天然胶黏剂的组成比较简单，多为单组分；而合成胶黏剂则较为复杂，除了起基本胶合作用的物质之外，为了满足特定的使用功能还需要加入各种配合剂。例如，加入填料不仅可以增加强度，还可以降低成本；而增塑剂或增韧剂的加入则能够降低胶层刚性，增加韧性；而稀释剂的加入则可以降低黏度、改善施工性能。

胶黏剂的组成和被粘合物的性质有关。有的胶黏剂的组成比较简单，有的则比较复杂。一般来说，胶黏料（主胶着物质）是胶黏剂不可缺少的成分，如皮骨胶，它的胶黏料就是皮骨胶，水是皮骨胶的溶剂。有的胶黏剂还必须有固化剂，有的胶黏剂中还有有机溶剂（如甲苯、二甲苯、醋酸乙酯等）或水，有的胶黏剂在使用时还要添加一定比例的填料（如面粉、滑石粉、豆粉等）。溶剂（或水）、固化剂这些组成和胶料的性质有关，在使用中是否加适量填料和胶合工艺及被粘合物的性质有关。

一般来讲，胶黏剂包括黏料、固化剂、促进剂、增韧剂、增塑剂、增稠剂、稀释剂、溶剂、填料、偶联剂等。除胶料是必不可少的外，其余的组分要视具体要求而定。

#### 1.3.1 胶黏剂的组成

##### （1）胶料

胶料也称为基料或黏料，是使两个被粘物结合在一起时起主要作用的组分，它决定着胶黏剂的基本性能。可用作木材胶黏剂的胶料的有天然高分子化合物、改性天然高分子化合物、合成高分子化合物等。胶黏剂在大部分情况下只有一种胶料，但有时为了满足胶合性能的要求，常使用两种或多种胶料。

①天然高分子化合物 可用于配制胶黏剂的天然高分子化合物有淀粉、糊精、骨胶、皮胶、植物蛋白、酪素等。

②改性天然高分子化合物 一些天然高分子化合物，经过适当的化学改性，可以用作胶黏剂的胶料，如硝酸纤维素、醋酸纤维素、改性淀粉等。

③合成高分子化合物 合成高分子化合物是胶黏剂当中性能最好、用量最多的胶料，包括热固性树脂、热塑性树脂等。

黏料根据种类的不同可分别以固体、液体或胶体等形态供给用户，用户再根据使用要求加入其它组分配制成胶黏剂。

##### （2）固化剂与促进剂

①固化剂 对胶黏剂的性能有着重要的影响，固化剂是加速或促进胶黏剂固化的物

质,该物质可以直接参与主胶着物质的化学反应,也可以不参与主胶着物质的化学反应,仅仅起催化作用。加入固化剂的作用就是使胶黏剂由液态转变为固态,完成胶合作用。因此,应根据胶黏剂中黏料的类型、胶合件的性能要求、具体的工艺方法、环保问题、健康危害和价格等选择较为理想的固化剂。

固化剂非常重要,固化剂的种类和用量直接关系到胶黏剂的活性期、固化条件及固化后的机械性能等。固化剂分子的引入使分子间距离、形态、热稳定性、化学稳定性等都发生了显著变化,所以,大多数固化剂都要求有严格的用量配比,用量过多或过少都会影响胶合质量。

按照 pH 值的大小,固化剂有中性、碱性和酸性之分。木材胶黏剂最好是选用中性或微碱性固化剂。酸性固化剂,在胶黏剂固化后的残存酸分,会使木材产生慢性水解破坏,因而耐久性差。按固化条件,固化剂又分为常温固化用、中温固化用和高温固化用三类。但也并不是所有的胶黏剂都要加固化剂后才能固化的。一般来说,某些热固性树脂胶黏剂在胶合时需要加固化剂,如脲醛树脂胶和酚醛树脂胶都是热固性树脂胶,脲醛树脂胶在胶合时需要加固化剂,而酚醛树脂胶则在热胶合时不需要加固剂,只要加温加压即可完成胶合作用。同时,不同的胶黏剂和它配合的固化剂是不同的。同一种胶黏剂往往可以有几种固化剂与之配合。根据胶合工艺不同,可以有常温固化的固化剂,也可以根据不同的胶合温度配制成适合各温度固化的固化剂。

②促进剂 凡能加快胶黏剂固化反应速度的物质均可称为促进剂,促进剂在胶黏剂中的使用也比较普遍。促进剂的加入能加速胶黏剂中主体聚合物与固化剂反应、缩短固化时间、降低固化温度、减少固化剂用量,以及调节胶黏剂中树脂固化速度的一种配合剂。同时,促进剂的加入还可改善物理机械性能。

### (3) 增塑剂与增韧剂

①增塑剂 增塑剂是一类能增加胶黏剂的流动性,并使胶膜具有柔韧性的高沸点难挥发性液体或低熔点的固体。增塑剂的黏度低、沸点高,因而能增加树脂的流动性,有利于浸润、扩散和吸附。增塑剂一般不与胶黏剂的主体成分发生化学反应,可以认为它是一个惰性的树脂状或单体状的“填料”,在固化过程中有从体系中离析的现象,靠削弱聚合物分子间力的物理作用来减低脆性,增加韧性,但胶黏剂胶膜的刚性、强度、热变形温度都会出现下降。增塑剂与胶黏剂的组分必须有良好的相容性,以保证胶黏剂性能稳定耐久。

②增韧剂 增韧剂是一种含有活性基团、能与树脂发生作用的化合物,它能与胶料起反应成为固化体系结构的一部分,但固化后又不完全相容,有时甚至还要分相。增韧剂能改进胶的剪切强度、剥离强度、低温性能和柔韧性。增韧剂的活性基团直接参加胶料反应,既能改进胶黏剂的脆性、开裂等缺陷,又不影响胶黏剂的主要性能,同时还能提高胶的冲击强度和伸长率。

### (4) 稀释剂与溶剂

①稀释剂 稀释剂是一种能降低胶黏剂黏度的易流动的液体。加入稀释剂可以使胶黏剂具有良好的浸透力,能提高湿润性、改善胶黏剂的工艺性、降低胶黏剂的活性,从

而延长胶黏剂的使用期。稀释剂大致分为两类，即能参与固化反应的活性稀释剂和只发生物理混合的挥发或不挥发的非活性稀释剂。加入稀释剂后可以加入更多的填料，以改变胶黏剂性能，也能降低成本。

②溶剂 胶黏剂可分溶剂型和无溶剂型两种。溶剂能够降低胶黏剂中某些固体或液体分子间力而使被溶物质分散为分子或离子的液体，是溶剂型胶黏剂不可缺少的组分。它的作用与非活性稀释剂的作用基本相同，只是在稀释的程度上有所差别。在胶黏剂中加入不同的溶剂，胶黏剂的黏度不同，物理性能也不同。木材工业一般常用的胶黏剂中大部分是水作溶剂的。用水作溶剂价格便宜，来源广，无毒，对人体无害，不污染环境，不易发生火灾，洗涤也方便。使用有机溶剂时应考虑它的挥发速度和溶解能力及其毒性。溶解力大，则消耗的溶剂少，胶黏剂的固含量高。溶剂的挥发速度应和胶合工艺相配合，挥发速度过快或过慢都会影响胶合质量，溶剂挥发速度过快，胶层表面迅速干燥，形成封闭的表而，阻止了胶层内部溶剂排发，造成胶层内有气孔；挥发速度太慢，胶层内部含残留溶剂，影响胶合强度。

#### (5) 填料

填料是胶黏剂重要的配合剂之一，胶黏剂中的填料有如下作用：增加胶黏剂的固体含量和稠度，防止在胶压时产生透胶等不良现象，有的填料还可以提高胶的预压性能，降低固化后胶层的内应力，提高了胶合制品的耐久性，改善了胶层的韧性，提高了胶合制品的抗冲击性能。在胶黏剂中加了填料后，还可以延长胶的适用期，改善胶的作业性能，同时还可以降低成本。

木材胶黏剂所用的填料主要是有机物的粉末，如果壳粉、木粉、豆粉、面粉及短纤维等。在配制脲醛等木材胶黏剂时，常以大豆粉和面粉作填料。采用此类填料的主要目的是提高胶黏剂的黏度、增加数量，以节省树脂和降低成本。所以有时也把豆粉和面粉叫做“增量剂”。填料用量要适当，既要提供相应的功能，又要保证胶黏剂配方的整体优越性。填料过多，会使胶黏剂的黏度增大，操作困难，胶液混合不匀，胶黏剂与被胶合物的浸润性变差，导致胶合强度降低。

#### (6) 偶联剂

在胶合过程中，为了使胶黏剂和被胶合物表面之间形成一层牢固的界面层，使原来直接不能胶合或难胶合的材料之间通过这一界面层使其胶合力提高，能够形成这一界面层的成分称之为偶联剂。偶联剂分子一般都含有两类不同性质的基团：一部分基团，如烷氧基与无机物（如玻璃）表面上的极性基团起化学反应形成化学键；另一部分基团，如乙烯基能与树脂起化学反应形成化学键。这样，通过偶联剂的作用，无机物与合成树脂这两类性质差别很大的材料，以化学键桥而“偶联”起来，获得良好的粘结，并有效地抵抗了水等有害物质的侵蚀。

#### (7) 其它助剂

为满足某些特殊要求，改善胶黏剂的某一特性，有时还加入一些特定的添加剂。加入防老剂以提高耐大气老化性；加防霉剂以防止细菌霉变；增黏剂以增加胶液的黏附性和黏度；阻聚剂以提高胶液的储存性；阻燃剂以使胶层不易燃烧，提高胶合制品的耐燃性。它们不是必备的组分，依据配方主成分的特性和胶黏剂的要求而定。



### 1.3.2 胶黏剂的分类

胶黏剂的分类方法很多,可以从不同角度对胶黏剂进行分类,以突出其不同的特征。常用的主要有按胶黏剂胶料的固化方式、主要原料来源成分、外观形态、胶液调整类型、胶合强度特性等对胶黏剂进行分类。

#### (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蒸(挥)发型、化学反应型和冷却固化型。对于某个具体胶黏剂来说,它的固化方式可能是其中的一种,也可能同时具有几种固化形式。

**溶剂蒸发型:**在胶合时由于溶剂蒸发而固化的胶黏剂,称为“溶剂蒸发型胶黏剂”。这类胶黏剂适于胶合诸如木材等容易吸收胶黏剂中溶剂的材料。像常用的骨胶、酪素胶、聚醋酸乙烯乳液及橡胶类胶黏剂等就属于此类。

**化学反应型:**通过加热或加入固化剂,使其内部产生化学反应而固化的胶黏剂,称为“化学反应型胶黏剂”。化学反应型胶黏剂一般都具有良好的胶合性能,这一类胶黏剂大部分可以用作结构型胶黏剂。如常用的此类木用胶黏剂有:酚醛、脲醛、间苯二酚甲醛树脂等。

**冷却固化型即热熔型胶黏剂:**加热时熔化,冷却时固化,一般可以反复使用。如家具封边用的EVA热熔胶就属于此类。

#### (2) 按主要原料来源分类

按胶料的主要化学成分分类,胶黏剂可分天然高分子胶黏剂和合成高分子胶黏剂两类,见表1-1所示。

表1-1 合成高分子与天然高分子胶黏剂

|        | 合成高分子类    |        | 天然高分子类           |
|--------|-----------|--------|------------------|
| 热固性胶黏剂 | 环氧树脂胶黏剂   | 碳水化合物类 | 纤维素类:硝酸纤维素、醋酸纤维素 |
|        | 酚醛树脂胶黏剂   |        | 淀粉及其衍生物          |
|        | 脲醛树脂胶黏剂   | 蛋白质类   | 动物胶:皮胶、骨胶、鱼胶     |
|        | 三聚氰胺树脂胶黏剂 |        | 酪素胶:耐水、非耐水       |
| 热塑性胶黏剂 | 聚醋酸乙烯酯乳液  |        | 血胶               |
|        | 其它树脂胶黏剂   |        | 植物蛋白质:豆胶         |
| 橡胶类胶黏剂 | 氯丁橡胶胶黏剂等  | 天然树脂   | 单宁胶黏剂、木素胶黏剂      |

①**合成高分子类胶黏剂** 以合成聚合物或预聚体、单体为主体材料制成的胶黏剂。这类胶黏剂可按要求设计,品种繁多,性能优异。按照基本性能可以分为热固性(树脂)胶黏剂、热塑性(树脂)胶黏剂、橡胶类胶黏剂和复合型胶黏剂。

**热固性胶黏剂:**以热固性树脂(如酚醛树脂、环氧树脂等)为黏料,在加热的条件下固化,也可以在常温条件下用固化剂进行固化成不溶、不熔的固态胶接层。热固性胶黏剂固化后形成内聚强度很高的固体胶合层,具有耐热、耐化学介质等性能,多用于胶接结构部件。热固型胶黏剂多属于“化学反应型”和“结构性”胶黏剂,可用于木