



面向21世纪课程教材

# 人造板工艺学

华毓坤 主编

中国林业出版社

面向 21 世纪课程教材

# 人造板工艺学

华毓坤 主编

中国林业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

人造板工艺学/华毓坤主编. -北京: 中国林业出版社, 2002. 10 (2006. 2 重印)  
面向 21 世纪课程教材  
ISBN 7-5038-2582-0

I. 人… II. 华… III. 木质板 - 木材加工 - 高等学校 - 教材 IV. TS653

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 059358 号

中国林业出版社·教材建设与出版管理中心  
电话: 66170109 传真: 66170109

---

出版 中国林业出版社 (100009 北京市西城区刘海胡同 7 号)  
E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: 66184477  
发行 新华书店北京发行所  
印刷 北京昌平百善印刷厂印刷  
版次 2002 年 10 月第 1 版  
印次 2006 年 2 月第 2 次  
开本 850mm × 1168mm 1/16  
印张 24.75  
字数 509 千字  
定价 36.00 元

---

凡本书出现缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向出版社发行部调换。

**版权所有 侵权必究**

# 前 言

本教材为普通高等教育“九五”国家级重点教材。

木材具有天然的立体、动态的纹理，有吸湿和解吸作用具调湿功能，导热系数小有良好的表面冷暖感，因而是一种优良的室内用材料；木材的比强度（强度与密度之比值）较大（例如云南松纵向抗拉强度的比强度为  $27 \times 10^5 \text{cm}$ ，而45°钢为  $7.96 \times 10^5 \text{cm}$ ，尼龙66为  $5.99 \times 10^5 \text{cm}$ ），易加工，因而是一种良好的工程材料，用途极广。但木材也是一种非均质材料，具有方向性，顺纹方向同横纹方向的物理力学性能差异极大（达10倍以上）；树木在生长过程中会形成各种缺陷（节子、斜纹等），使木材的力学性能变异较大；树木天然生成的形状，使木材直接制成的产品宽度较窄，因而使用上受到一定的限制。为了克服上述不足，采用各种加工单元（单板、刨花、纤维等）重要组合和复合技术制成成千上万种人造产品来满足人们的需求。木材是一种可再生的资源，这一点是其他材料无法比拟的，更受人类的关注和开发应用。

人造板是由各种形状的单元通过胶粘剂胶合成一整体的板材，属复合材料之一。当今国际社会公认材料、能源和信息技术是现代文明的三大支柱。《人造板工艺学》是一门研究保存木（竹）材自身的优点，通过同其他材料的复合技术而成为一种新型材料的应用科学。这种新型材料既保留了原组成材料的主要特色，又能通过复合效应获得原组分所不具备的性能；还可以通过材料设计使各组分的性能互相补充并彼此关联，获得新的优越性能，为开发比强度大于  $4 \times 10^6 \text{cm}$  和比模量大于  $4 \times 10^8 \text{cm}$  先进复合材料开辟一条新途径。书内重点论述高效、综合利用木材的基本理论和应用技术；各种单元的制备原理；单元、胶粘剂和其他材料的复合技术和理论；人造板深度加工和环境保护等。

本教材主编为华毓坤教授。第1章、第12章的作者是华毓坤教授，第2章、第6章、第7章、第11章和第13章的作者是徐咏兰教授，第3章、第8章的作者是卢晓宁教授，第4章、第5章、第9章、第10章和第14章的作者是周定国教授。本教材经张贵麟、谭守侠两位教授审阅，特此感谢。

由于编者水平所限，第一次把胶合板工艺学、刨花板工艺学和纤维板工艺学合为一本人造板工艺学，错误在所难免。谨请读者提出宝贵意见。

编 者

2002.8

# 目 录

---

## 1 绪 论

- 1.1 人造板生产的发展 ..... (1)
- 1.2 人造板的分类 ..... (4)
- 1.3 人造板的基本性质和应用 ..... (8)
- 1.4 人造板的生产方法 ..... (11)
- 1.5 人造板的标准 ..... (13)
- 1.6 人造板的构成原则 ..... (16)

## 2 原 料

- 2.1 人造板生产对原料的要求 ..... (19)
- 2.2 木质原料的性质 ..... (20)
- 2.3 非木质原料的特性 ..... (26)
- 2.4 胶粘剂 ..... (30)
- 2.5 其他添加剂 ..... (34)
- 2.6 贴面材料 ..... (38)
- 2.7 原料的贮存与保管 ..... (42)
- 2.8 剥皮与去皮 ..... (43)

## 3 基本单元加工

- 3.1 原料的软化处理 ..... (46)
- 3.2 单板制造 ..... (52)
- 3.3 薄木制造 ..... (74)
- 3.4 刨花制备 ..... (79)
- 3.5 纤维分离 ..... (88)
- 3.6 其他基本单元的制造与特殊加工 ..... (95)

## 4 干 燥

- 4.1 干燥的基本原理 ..... (100)
- 4.2 热量供应系统 ..... (105)

4.3	单板干燥	(109)
4.4	纤维和刨花干燥	(120)
4.5	干燥过程控制	(131)
<b>5</b>	<b>半成品加工和贮存</b>	
5.1	单板的加工和贮存	(138)
5.2	纤维的加工和贮存	(148)
5.3	刨花的加工和贮存	(152)
5.4	半成品的运输	(161)
<b>6</b>	<b>施 胶</b>	
6.1	胶粘剂的调制	(166)
6.2	大幅面材料施胶	(167)
6.3	刨花施胶	(170)
6.4	纤维施胶	(180)
<b>7</b>	<b>成型和预压</b>	
7.1	层积材组坯	(189)
7.2	刨花成型	(196)
7.3	纤维成型	(202)
7.4	定向成型	(208)
7.5	曲面成型	(212)
7.6	预压	(219)
<b>8</b>	<b>热 压</b>	
8.1	热压的基本原理	(223)
8.2	影响热压工艺的主要因素	(234)
8.3	周期式热压工艺	(237)
8.4	连续式热压工艺	(242)
8.5	特殊热压工艺	(249)
<b>9</b>	<b>后期加工</b>	
9.1	冷却	(253)
9.2	裁边	(254)
9.3	表面加工	(260)
9.4	调质处理	(266)
9.5	降低甲醛散发量处理	(267)
9.6	阻燃处理	(269)

<b>10 无机胶粘剂人造板</b>	
10.1 水泥刨花板·····	(271)
10.2 石膏刨花板·····	(279)
10.3 其他无机人造板·····	(288)
<b>11 深度加工</b>	
11.1 深度加工的分类·····	(290)
11.2 基材的准备·····	(291)
11.3 胶贴工艺·····	(293)
11.4 表面涂饰·····	(300)
11.5 特殊加工(阻燃、尺寸稳定性)·····	(303)
<b>12 质量控制</b>	
12.1 刨花板生产质量管理·····	(311)
12.2 数据处理·····	(314)
12.3 工序能力指数·····	(322)
12.4 质量管理基本方法·····	(323)
12.5 人造板生产常见缺陷及其改进措施·····	(329)
<b>13 环境保护及工业卫生</b>	
13.1 环境与环境保护·····	(336)
13.2 人造板工业环境污染及其治理·····	(343)
13.3 人造板生产劳动安全卫生·····	(369)
<b>14 生产工艺设计</b>	
14.1 设计资料·····	(373)
14.2 设计过程·····	(374)
<b>参考文献</b> ·····	(386)

# 1 绪 论

本章介绍了人造板的定义、分类以及人造板生产的发展历史，指出了当代人造板的发展趋势，对人造板的基本性质、人造板的标准化以及人造板的用途给予了详细的叙述，针对单板和纤维、刨花两大类原料，介绍了人造板的主要生产方法，着重强调了人造板的构成原则。

人造板是以木材或其他植物纤维为原料，通过专门的工艺过程加工，施加胶粘剂或不加胶粘剂，在一定的条件下压制而成的板材或型材。人造板生产是一种高效利用和节约利用木材资源的有效途径。今天，人造板工业已经成为我国木材工业的一个重要的分支。

## 1.1 人造板生产的发展

### 1.1.1 发展简史

公元前 3000 年的古埃及首先制成锯制薄木，主要用作装饰材料；第一台旋切机发明于 1818 年，19 世纪末才开始批量生产胶合板，直到 20 世纪初逐步形成胶合板工业。目前生产胶合板有三大区域：北美以针叶材生产厚单板压制结构用厚胶合板；北欧以小径木生产接长单板压制结构用横纹胶合板；东南亚以大径木热带雨林阔叶材主要生产三层胶合板。中国以生产三层胶合板为主，用进口材作面板；部分生产国产材厚胶合板。

德国首先于 1941 年开始建厂生产刨花板，1948 年发明了连续式挤压机，50 年代开始生产单层热压机，并在英国 Barteve 连续加压热压机的基础上发明了近代结构简单、技术先进的连续热压机，广泛应用于刨花板和干法中密度纤维板生产线。此后由于合成树脂胶产量增加、成本降低，更加促进了刨花板工业的发展，使其成为三板中年产量最大的一个板种。我国刨花板生产起始于建国初期，直到引进德国年产 3 万  $\text{m}^3$  成套刨花板技术后得到迅速发展，并成为一产业。1997 年我国开始生产定向刨花板 (OSB) (Oriented Structural Board, 又称定向结构板)。

纤维板制造脱胎于造纸工业中的纸板生产技术，开始生产的是软质纤维板，20 世纪初在美国等国成为一种工业。1926 年应用 Mason 爆破法开始生产硬质纤维板，1931 年发明了 Asplund 连续式木片热磨机后促进了湿法硬质纤维板的发



展, 并成为主要的生产方法。1952 年美国开始生产干法硬质纤维板; 1965 年开始正式建厂生产中密度纤维板 (MDF)。我国在 1958 年开始生产湿法硬质纤维板, 80 年代开始发展干法中密度纤维板。由于湿法生产的废水处理技术和成本等问题, 致使干法生产成为纤维板发展的趋势。

### 1.1.2 生产状况

世界人造板生产情况见表 1-1~表 1-3。

表 1-1 国外人造板产量 (万 m<sup>3</sup>)

年份	美国	加拿大	德国	法国	意大利	俄罗斯	英国	西班牙	波兰	日本	世界
1970											7000
1994											12 000
1995	3963.9	786.3	1000.3	403.3	366.8	389.0	254.3	238.5	222.3	690	
1996	4138.1	949.0	1003.6	414	361.8	298.0	257.8	244.1	254.0	—	14 939
1997	4162.2	1085.5	1010.0	437.8	360.0	167.0	276.5	244.1	263.5	—	
1998	4176.7	1137.5	1032.0	444.0	360.0	307.0	281.5	244.1	281.5	—	
2000											15 400

表 1-2 1996 年主要生产国各种人造板产量 (万 m<sup>3</sup>)

名次	总产量	胶合板	单板	刨花板	纤维板	硬质纤维板	MDF	软质纤维板
1	美国 3903	美国 1698	马来西亚 >50	美国 1556	美国 642	美国 156	美国 206	美国 280
2	中国 1535	印度尼西亚 958	加拿大 50	德国 828	中国 216	中国 134	德国 71	日本 64
3	德国 1043	中国 846	意大利 50	加拿大 676	日本 109	俄罗斯 57	中国 70	加拿大 43
4	印度尼西亚 1013	日本 442	德国 39	中国 464	德国 90	巴西 64	意大利 70	新西兰 14
5	加拿大 997	马来西亚 410	巴西 30	法国 303	加拿大 89	西班牙 55	韩国 57	瑞典 12
6	日本 705	巴西 190	日本 24	比利时/卢森堡 245	意大利 82	波兰 32	西班牙 50	中国 12
7	马来西亚 677	加拿大 181	科特迪瓦 22	意大利 221	巴西 70	日本 45	英国 42	挪威 11
8	法国 415	韩国 97	厄瓜多尔 17	英国 212	波兰 65	德国 14	新西兰 41	巴西 6
9	意大利 392	俄罗斯 93	委内瑞拉 13	西班牙 198	韩国 61	法国 12	法国 37	印度尼西亚 5
10	西班牙 274	芬兰 87	中国 9	波兰 164	俄罗斯 60	意大利 10	马来西亚 37	比利时/卢森堡 5
世界	14 939	5581	611	6652	2095	717	865	513

表 1-3 各种人造板所占的比重 (%)

年份	胶合板	刨花板	定向刨花板	中密度纤维板	其他 (含湿法纤维板)
1970	48	33			18
1993	40	36	7	6	10
2000	31	37	12	14	6



表 1-6 我国人造板应用比例 (%)

板种	家具	建筑	交通运输	包装	其他
胶合板类	41.3	50.1	3	2.2	3.4
纤维板类	78.2	11.8	0.9	5.4	3.7
刨花板类	85.6	3.9	1.8	2.5	6.7
细木工板	65.6	19.4	0	0	15
总计	63.33	26.26	1.88	2.52	6.01

### 1.1.3 发展趋势

由于人类大量使用木材，导致天然林蓄积量陡减，影响了人类的生存环境；木材资源从天然林为主转向人工林，此外竹材、农业剩余物等非木材资源也引起了人们的重视。原料资源的变化对木材加工产业带来了许多技术问题，这有待我们去研究解决。

——坚持生产低污染、对生态环境破坏小的产品，即 4R 产品。

充分利用可再生资源 (Regrown)。木材和其他植物纤维材料是一种借太阳能可再生的资源，因为它是天然资源，对人类有综合性有益效应，因而深得人们关注和开发应用。

减熵原则 (Reduce Entropy)。要求用较少原材料和能源投入来达到既定的经济目的，即在产品生产过程中产生废料、废气、废水、能耗等少而低，减少对环境的污染。

再使用原则 (Reuse)。较多地体现制造产品和包装容器的重复使用中。生产者应该将制品及其包装当作一种日常生活器具来设计，使其反复使用，而不是用完就扔。饮料瓶用完后许多人把它作茶杯，就是一个符合再使用原则的实例。

再循环原则 (Recycle)。就是使木材制品完成其使用功能后，可重新变成可以利用的资源而不是当做垃圾。

——研究开发新产品。例如功能性人造板、结构用定向排列人造板、化学物理改性的复合人造板等。

——高新技术的应用。如喷蒸真空热压技术，采用新型胶粘剂，应用计算机模拟技术开发人造板生产过程中各工序的模型技术等。

——走产、学、研结合的道路，发挥各自长处，花费最低成本求得最大效益，使科研成果早日用于生产。

## 1.2 人造板的分类

由于人造板品种繁多、应用场所不同、产品性能差别极大、功能不同、形状变化大、密度变异大、制造方法有所不同、胶粘剂种类多、原料可为木质和非木质、构成单元形状差别大等原因，其分类方法至今尚未统一。现归纳介绍下列几种分类方法。

### 1.2.1 依生产过程类型分类

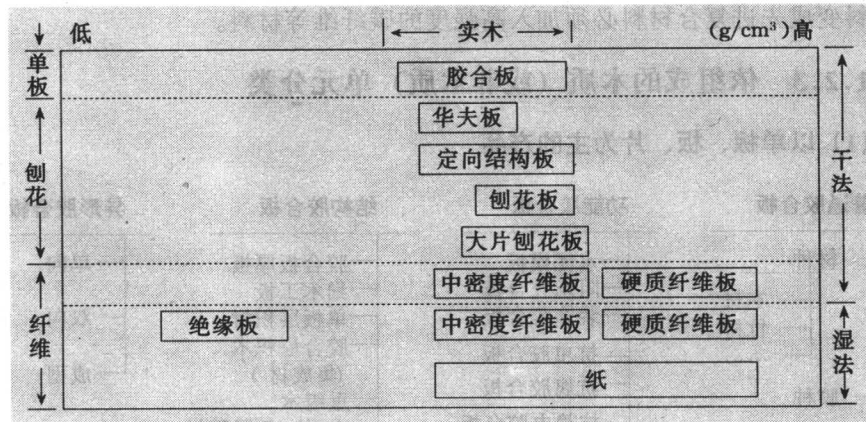


图 1-1 人造板依生产过程类型分类

根据产品成型时板坯的含水率大小，分成干法、湿法和半干法（图 1-1）。由于湿法产生的废水处理难度大、成本高，因而当前生产主要以干法为主。

### 1.2.2 依使用性能分类

人造板属于材料学科中复合材料类，依其使用性能，可分成结构材料与功能材料两大类（表 1-7）。结构材料的使用性能主要是力学性能和耐老化性；功能材料的使用性能主要是装饰性、阻燃性、抗虫性、抗腐蚀性，对电、光、磁、热、声等的性能。

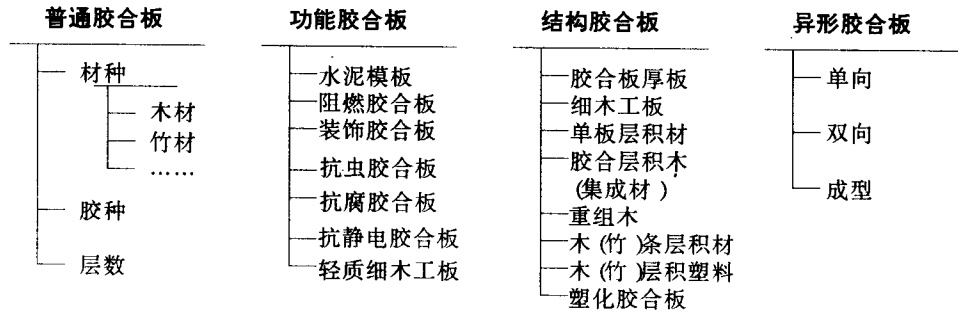
表 1-7 人造板依性能分类

依性能分	依特性再分	产品名称
结构人造板	定向结构材	胶合层积木（又称集成材） 单板层积材（LVL） 木（竹）条层积材（PSL） 重组木（Scrimber） 胶合板 定向结构大片板（OSB） 定向结构华夫板（OWP） 细木工板
	高密度板	木材层积塑料 塑化胶合板 高密度纤维板（HDF） 高密度刨花板（HDP）
功能人造板	装饰 阻燃 抗虫 抗腐 抗静电 曲面	贴面的各种人造板 阻燃人造板 抗虫人造板 抗腐人造板 抗静电人造板 曲面（弯曲、成型）人造板

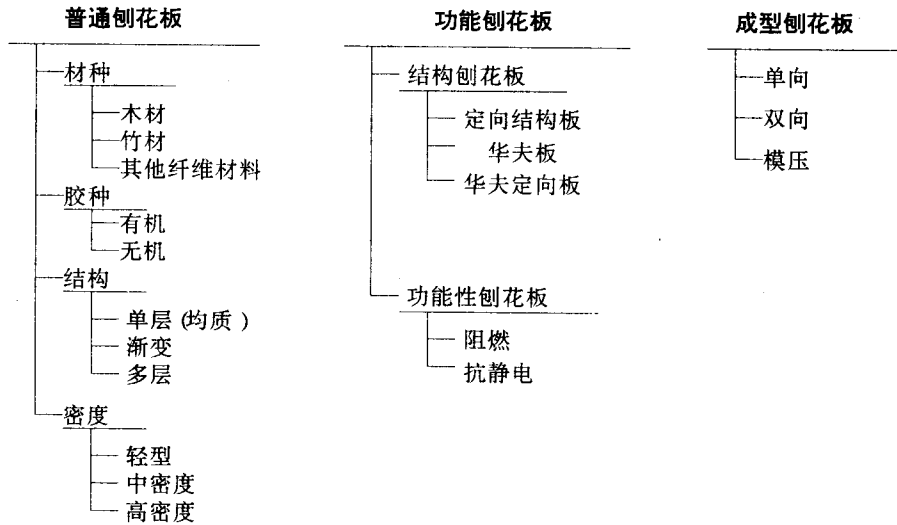
当今先进复合材料，是指比强度应大于  $4 \times 10^6 \text{cm}$  和比模量大于  $4 \times 10^8 \text{cm}$  的结构复合材料，目前木质为主复合材料其相应值为  $10^5 \text{cm}$  和  $10^7 \text{cm}$ 。要使木质复合材料变成先进复合材料必须加入高强度的碳纤维等材料。

### 1.2.3 依组成的木质（或非木质）单元分类

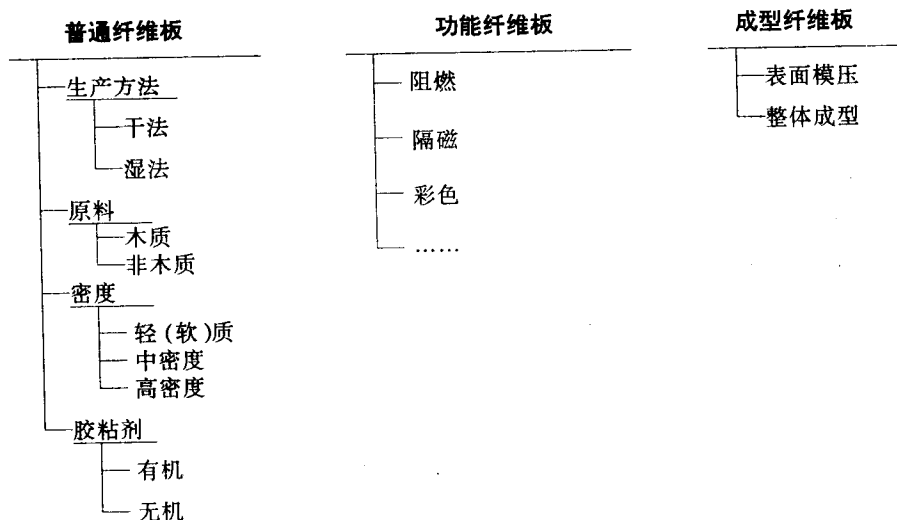
#### (1) 以单板、板、片为主的产品



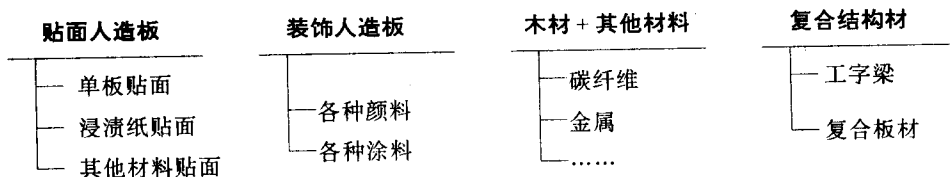
#### (2) 以刨花为主的产品



### (3) 以纤维为主的产品



### (4) 复合人造板



#### 1.2.4 综合式分类法

依人造板组成的木质(或非木质)的单元、胶粘剂和添加剂,以及产品形状的组合进行分类。

单元(A) × 胶粘剂(B<sub>1</sub>) × 添加剂(B<sub>2</sub>) × 产品形状(C) = 人造板

单元(A): 单板、竹片、板材、木条、大片刨花、刨花、纤维等。

胶粘剂(B<sub>1</sub>): 合成树脂胶——脲醛树脂胶、酚醛树脂胶、三聚氰胺树脂、异氰酸酯树脂等。

无机胶粘剂——水泥、石膏、粉煤灰、矿渣等。

添加剂(B<sub>2</sub>): 阻燃剂、防虫剂、防水剂、防腐剂等。

产品形状(C): 平面状、异状(曲面、弯曲)表面模压等。

例如:

- (A) 单板 × (B<sub>1</sub>) 脲醛树脂胶 × (C) 平面状 = 脲醛树脂胶合板
- 单板、木条 × 脲醛树脂胶 × 平面状 = 细木工板
- 刨花 × 脲醛树脂胶 × 防水剂 = 普通刨花板

## 1.3 人造板的基本性质和应用

人造板的基本性质决定于人造板最终应用的场所。例如用于室外结构材，对人造板的要求不仅力学性能要好，而且耐久性要高；作为装饰用材料，表面必须有美丽的木纹图案；在高层建筑中应用，不但要有装饰或其他功能，而且要有阻燃性能。

基本性质可分为外观性能和内在性能。

### 1.3.1 外观性能

主要包括产品的外形尺寸及偏差、翘曲度、材质缺陷（活节、死节、腐朽、变形等）、加工缺陷（叠离芯、鼓泡、分层、压痕等）、边缘不直度、两对角线差等等。具体规定参见相应产品标准。

### 1.3.2 内在性能

主要包括人造板的物理性能、力学性能、耐久性（老化性能）、表面特性和特殊性能等。

#### (1) 物理性能

人造板的含水率、密度、吸水率、吸水厚度膨胀率、游离甲醛释放量等均属于物理性能，见表 1-8。

#### (2) 力学性能

人造板各种产品主要藉胶粘剂把木质（非木质）单元胶合起来，因而最终成品的胶合质量极为重要。其主要表征为：胶合质量、静曲强度、弹性模量、顺纹抗拉强度、横纹抗拉强度、冲击韧性、顺纹胶层剪切强度、顺纹抗压强度、端面硬度、内接合强度、表面结合强度、握螺钉力等，见表 1-9。

#### (3) 耐久性

人造板产品在使用中由于受到气候的变化，如吸湿受潮、解湿干燥、加热冷冻等，使得木材单元和胶粘剂变形，但相互受到胶粘剂的胶合作用，不能自由变形，形成内应力，久而久之促使胶层变弱而破坏，最终使产品的物理力学性能降低直至产品破坏。产品受太阳光、紫外线等照射，促进胶粘剂老化而降低产品性能。这一过程需要很长时间，才能测出产品性能随使用时间变化的降解规律。因而人们根据影响产品性能变化的主要气候因素设计了许多快速老化试验方法，目前主要采用使人造板的含水率、温度差异大的方法来测定残存的力学性能，以确定其抗老化性能。国内的加速老化方法见表 1-10。笔者曾用美国加速老化方法：ASTM 和 APAD-5 对酚醛胶胶合板进行了耐老化试验，其结果如图 1-2。据有关研究初步认为，通过 ASTM D1037 老化试验，即可认为其代表室外暴露 5~10 年后的状况。

表 1-8 人造板主要物理性能

指 标	产 品 名 称	普 通 胶 合 板	混 凝 土 模 板 用 胶 合 板	航 空 用 桦 木 胶 合 板	细 木 工 板	木 质 层 积 塑 料	刨 花 板	中 密 度 纤 维 板	硬 质 纤 维 板	定 向 结 构 板	竹 编 胶 合 板
含 水 率 (%)		6~14	<14	4~10	10±3	<7	5~11	4~13	3~10	5~12	≤12
密 度 (g/cm <sup>3</sup> )						>1.3	0.50~0.85	0.50~0.85	>0.8	偏差±10%	
吸 水 厚 度 膨 胀 率 TS (%)							≤8.0	≤12	特 级 <15	<15	
24h 吸 水 率 (%)						<5					
极 限 体 积 膨 胀 率 (%)						<22					
极 限 吸 水 率 (%)						<20					
游 离 甲 醛 释 放 量 (mg/100g)							≤30	≤70		≤30	≤50

表 1-9 人造板主要力学性能

指 标	产 品 名 称	普 通 胶 合 板 (IV)	混 凝 土 模 板 用 胶 合 板	航 空 用 桦 木 胶 合 板	细 木 工 板	木 质 层 积 塑 料	刨 花 板	中 密 度 纤 维 板	硬 质 纤 维 板	定 向 结 构 板	竹 编 胶 合 板
胶 合 强 度 (MPa)		≥0.7		≥2.2	>1	>274.0	≥16	≥29.4	>49	30/16*	≥60
静 曲 强 度 (MPa)			>25					>2070		4800/1900*	6×10 <sup>3</sup>
弹 性 模 量 (MPa)			>3.5×10 <sup>3</sup>			>255.0					
顺 纹 抗 拉 强 度 (MPa)				>63.7	>12						
横 向 静 曲 强 度 (MPa)											
冲 击 韧 性 (kJ/m <sup>2</sup> )						>78.0					
顺 纹 胶 层 剪 切 强 度 (MPa)						>15.0					
顺 纹 抗 压 强 度 (MPa)						>157.0					
端 面 硬 度 (布 氏) (MPa)						>196	≥0.40	≥0.62		≥0.40	
内 结 合 强 度 (MPa)							≥0.90				
表 面 结 合 强 度 (MPa)							≥1100	≥1450			
握 螺 钉 力 (N)							≥800	≥900			

\* 分子表示顺纹方向值,分母表示横纹方向值。



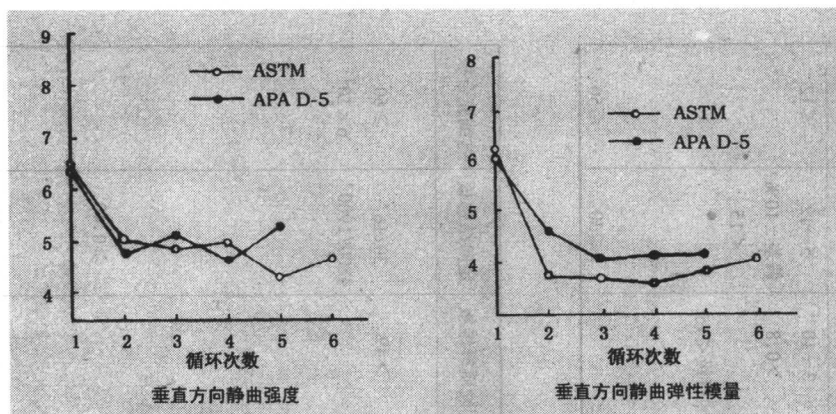


图 1-2 九层胶合板老化试验结果

表 1-10 人造板老化试验后的力学性能

序号	产品合格 指标	胶合板		混凝土 模板用 胶合板	航空用 桦木 胶合板	定向结 构板	欧洲耐潮 MOF	竹编 胶合板
		I类	II类					
1	试件在水中煮 4h, 干 20h (63±3℃) 煮 4h 后 胶合强度 (MPa)	≥0.7		≥0.7				
2	63±3℃ 水中浸 3h 胶合 强度 (MPa)		≥0.7					
3	试件在沸水中煮 1h 胶合 强度 (MPa)				≥1.6			
4	煮 2h 后 MOR (MPa)					≥1.2		
	IB (MPa)					≥0.12	≥0.10	
5	煮 3h, 冰冻 (-20℃) 24h, 干燥 (103℃) 3h 后 MOR (MPa)							≥50

(4) 功能性

在使用时有特殊要求的一类人造板, 例如防火、防虫、低游离甲醛等。基本要求见表 1-11。

表 1-11 功能性基本要求

功能要求	标准
防火	GB50222—95 建筑内部装修设计防火规范 GB8624—88 燃烧性能分级方法 GB8625—88 建筑材料难燃性试验方法等
低游离甲醛	GB 18580—2001 室内装饰材料——人造板及其制品甲醛释放限量