

人造板后处理对甲醛释放的影响—— 文献综述(1960—1984)

陈绪和摘译

本文是六篇关于讨论木质人造板游离甲醛释放问题的文献总结之五。这六篇文章从不同的方面总结了下列因子对人造板产品甲醛释放的影响:甲醛对尿素的摩尔比(F/U),通风速度和板材数量,温度和湿度,木材原料或单板的添加剂,板的后处理和树脂的水解。

本文对1960—1984年间发表的关于刨花板和硬阔叶材胶合板的后处理对甲醛释放的影响的文献作一综评。

总 论

化学和物理原理

原理A: 甲醛与氨反应。将人造板直接置于氨气之中或用铵盐处理,即用氨作为甲醛的捕捉剂。一般氨与甲醛反应生成稳定的六次甲基四胺。在碱性溶液中,六次甲基四胺的形成速度快并有较高的稳定性。这就说明了一组经铵盐处理的胶合板,其甲醛释放量随着铵盐溶液pH值的增加而减少的原因。

原理B: 甲醛与硫的含氧化物反应。用多种硫的含氧酸的碱性盐。其基本原理是使甲醛与碱性亚硫酸盐或酸式亚硫酸盐反应以生成较稳定的羟甲基磺酸盐。采用气态的二氧化硫处理,在碱性溶液中预计可生成同样的化合物。

原理C: 将甲醛与有机—NH基团反应。到目前为止,主要是将甲醛与尿素反应,至少在初期是生成羟甲基脲。也有使用酰胺或胺的。羟甲基脲在高温下要离解,但它在酸性条件下可与多余的尿素反应生成较稳定的亚甲基脲。目前对板在后处理中的实

际机理还不很清楚。

原理D: 调节pH值。在pH值接近中性时,脲醛树脂水解降解时释放出的甲醛最少。因此,对酸固化的板,任何中和固化剂的后处理,除了能提高捕捉甲醛的活性之外,还有利于提高板材的耐久性能。

原理E: 物理阻挡层。在人造板表面涂不渗透的涂层或贴面可阻挡甲醛的释放。有时还将捕醛剂加在涂料中。

板的处理方法

从板的处理和最终用途考虑,将处理方法分为五组(见表1—4):

处理的结果

方法1 使用固态或水溶液型的捕醛剂

所使用的化学药剂和处理方法很多(表1),固体粉末可用撒布,溶液则用喷、浸、涂刷等法处理。虽然具体细节不详,但多数情况下,在处理后将板作热堆积(序号2c、2d、3a、3b、3e—i、18h)或作短时加热(序号1b、1c、16c、18d、21)。另一种是在施以捕醛剂后将板用塑料包封1周(序号8)。

方法1中包括了五种原理中的四种:

原理A 用铵盐产生的氨作捕醛剂(序号1—6, 8及9、10)。瑞典的两家公司Swedspan(序号3b、3e)和ASSI(序号2d、3a、3f—i)使用碳酸氢铵和碳酸铵。

原理B 用硫的含氧化物作捕醛剂(序号7, 9—17)。

原理C 用有机—NH基团作捕醛剂(序号18—22)。有时与原理A结合使用(序号1b, 2c, 2d)。

原理D 用各种铵盐和碱性盐作pH调节剂。有时在铵盐中加些碱(序号1a、3d、4a)。

使用方法1所取得的效果如下:

1. 甲醛释放量减少了2倍到10倍。

2. 硫的含氧化合物的效果要比简单铵盐的效果好得多。有机-NH化合物的效果也较好。在硫化物中以铵盐和碱性硫酸盐最好。表5所列的药物按其效果自强而弱序列。从表5也可看出,铵盐和碱性硫酸盐的效果最好。

3. 虽然数据不多,但可看出增加捕醛剂的用量可提高处理的效果(表1,序号2c,3f,3g)。注意报道的捕醛剂用量为10—200克/米²,是指在板中游离甲醛含量相当高的时候,按穿孔法测量值为50毫克/100克时,仅需2g/m²的盐或尿素即可完全反应。

4. 处理效果是否明显与板的原始游离甲醛释放量无关。此外,用尿素处理时,人造板原来所用的脲醛树脂的甲醛与尿素的摩尔比为1.6或1.4,差别不大(序号18h)。

5. 只是用铵盐处理的板,有有限的老化试验数据,说明了在环境温度下11个月,处理的效力没有降低(序号1b、3a、3b、3e)。没有快速老化试验数据和在高温高湿下残留板中捕醛剂的效力的试验数据。铵盐的长期效力与用氨气处理的板相反(见方法2之讨论)。这种差异可能是因为一般生产者习惯于使用过量的氨生成较稳定的盐,而且这些盐有中和树脂中酸性固化剂的倾向。

6. 用盐处理并辅以涂饰(方法3)能使甲醛释放量降到很低。例如,板用盐处理后再涂以聚氨基甲酸乙酯(表1),则用干燥器法测得的甲醛残留量为 0.5×10^{-3} 毫克/毫升,而不涂饰处理的板则达 13.2×10^{-3} 毫克/毫升。

方法2 将板用气态捕醛剂处理

在发表的研究报告中,只有一例按原理B(表2,序号1)用二氧化硫气体处理板

材。经80小时的处理后,甲醛释放量降低到原来的 $\frac{1}{2}$ 。属于方法2的其它的研究均采用原理A用氨气处理。处理的具体工艺条件也各不相同:处理时间从数秒(序号2)到数小时(序号4、9);温度从20℃(序号2)到80℃(序号14)。所用的氨气的浓度也不同。除有两例研究(序号4、12)采用氨熏蒸处理人造板房屋外,其他均为对板材进行处理。已被生产采用的处理方法有:1)RYAB法(序号5、6)。将板通过氨气处理室,板的一侧充氨气,另一侧真空;2)Verkor FD-EX法(序号7)。将板先通过氨气处理室,尔后通过一甲酸气体室以中和板中过剩的氨气。

板材处理后游离甲醛释放量一般下降到原来的 $\frac{1}{10}$ 到 $\frac{1}{15}$ 。有研究表明,处理的效果随时间的流逝而有所下降。例如,在常温下放置3个月(序号10)或湿度循环变化试验5个月后,板的甲醛释放量至少增加一倍。其原因可能是板中过剩的氨气逐渐流失及原来用氨气处理时形成的六次甲基四胺(或亚甲基亚胺)经水解释放甲醛。

酸固化树脂人造板在吸收氨气后会使得板中树脂的pH值升高,从而减轻树脂的水解和甲醛的释放(原理D)。但通常板在吸收氨气后其pH值不会高于中性值,故可能达不到形成高度稳定的六次甲基四胺(或亚甲基亚胺)所需的状态。此外,甲醛与二氧化硫(甲磺酸)在酸状态下的反应也是不稳定的,但在碱性溶液中能生成稳定的盐。

总之,在实验室条件下或在生产实践中,均可用氨气处理板材使其甲醛释放量为降低(可降低到原来的 $\frac{1}{10}$ 到 $\frac{1}{15}$)。如将本法与涂饰法(方法3)结合使用,可大大降低板的甲醛释放(序号6)。关于处理效果的持久性及其改进尚需进一步开展研究。

方法3 涂饰法

用涂饰法(表3)也包括原理E(物理阻挡层)降低甲醛释放量。原理E法也常与甲醛捕捉剂配合使用。但目前因对涂饰法的研

究细节报道不够,如对板材是采用一道或多道涂饰、板材是单面涂饰或双面涂饰及板边是否涂饰等尚未作明确说明,故尚难以对方法3作肯定的评价。

双涂层比单涂层的效果好得多(序号6、11),双面涂饰也比单面涂饰好(序号2、13、19)。需指出的是,当试件尺寸较小、板边未作涂饰者,用干燥器法测定板的残留甲醛释放量的百分数会显著增高。因此,某些研究报道在降低甲醛释放取得很大进展(如降低到原来的 $\frac{1}{5}$ 到 $\frac{1}{6}$)时,很可能也包含了减轻或消除了这种“板边效应”。

Mcvey指出,各种涂饰均有助于降低甲醛释放,表3给出了各种涂饰处理后板的甲醛残留值($<1\sim 80\%$ 残留量)。西德标准所规定的某些涂料(序号20)可将E2或E3级板(房间测试法,大于1ppm)变为E1级板(房间测试法,0.1ppm)。

不同涂料有效性的比较如下($>$ 为更有效):

1. 聚氨基甲酸酯 $\geq$ 硝化纤维(序号6);
2. 醇酸树脂分散体 $\approx$ 乳胶墙漆 $\approx$ 溶剂型乙烯基漆(序号8);
3. 环氧树脂 $>$ 清漆或硝化纤维(序号12);
4. 醇酸漆 $>$ 室内用丙烯酸漆(序号20);

5. 乳胶底涂/醇酸面涂 $\approx$ 醇酸底涂/醇酸面涂 $>$ 醇酸底涂/乳胶面涂 $>$ 乳胶底涂/乳胶面涂(序号9)。本项对比说明了不同涂料组合时的相互作用。

Kazekevicz等人测量了甲醛对不同涂层薄膜的渗透性,并对这些材料作为甲醛释放阻挡层使用的可能性作了探讨。数据表明,100微米厚的聚氨酯薄膜可使甲醛释放速率降低到原来的 $\frac{1}{5}$,比观察到的(表3)更为有效。比较而言,醇酸漆 $>$ 聚氨酯 $>>$ 乙烯基漆。

有人认为,某些涂料如(聚氨基甲酸酯)

除能起阻挡层作用外,还会有捕醛作用。但此论点没有足够的数据证明。已有几位研究人员研究了在涂料中加入捕醛剂的问题(序号5、7—10、13—15、17、19、22、23),除少数例外,多数都取得了使甲醛降低5—10倍的效果。在涂料中加入捕醛剂的作用较明显的有三例:序号9的研究中,效果提高了5倍;序号13则为2倍;序号7,捕醛剂尿素加量3%时,使甲醛释放量降低了30%,但同时引起漆膜斑点,而如采用亚乙基脲在加量为2%时,可提高效力3倍且不破坏涂层。

总之,采用涂饰法能有效地降低甲醛释放量,此法可用于胶合板、纤维板、刨花板。加入捕醛剂可得明显的功效。但已有的研究尚不能确定最佳的涂层种类。今后特别需要开展老化试验的研究,以保证耐久的效果。

方法4和5用阻挡层材料饰面及其它参见表4。在板边和背面效应对测试效果影响不大时(序号1、2、11、12),处理后改进的效果一般为2—10倍。所使用的饰面材料范围甚大:有聚合物膜(序号1、2、10、12)、金属箔(序号8)、浸渍纸(序号3、4、5、7、10、11)。浸渍纸贴面的效果是由于尿素(序号3、5)或三聚氰胺(序号7、11、12)等捕醛剂和/或三聚氰胺树脂固化后所形成的阻挡层(序号7、11、12)。

Kazekevicz等人就甲醛对若干种聚合物膜的渗透性作了研究,结果表明,作为甲醛阻挡层的有效性顺序为:聚(对苯二甲酸乙酯) $>$ 聚(丙烯) $\approx$ 聚(苯乙烯) $>$ 聚(乙烯—乙酸乙烯酯) $>$ 聚(乙烯) $>$ 聚(氯乙烯) $>$ 尼龙6 $>$ 赛璐玢。

因而,用阻挡层材料贴面是一种防止人造板甲醛释放的有效方法。但此法的应用亦受其成本和产品性质的限制。

关于其它后处理方法的研究报告有三篇(表4)。其一是用氨基磺酸铵浸渍纸包裹胶合板(序号14),可能是利用了氨的蒸发

和吸收。序号13和15是将板进行幅射处理，序号13的效力为10倍，可能是产生了树脂的后固化的结果。

结 论

表 6 对上述四种处理方法的优缺点作了总结，并对实际生产的适用性划分了等级。总的结论是：

- 1. 四种处理方法都能有效地降低板的甲醛释放量。一般可降至处理前的 $\frac{1}{2}$ 到 $\frac{1}{10}$ 。多数情况下可用捕醛剂（方法 1 和 2）来增加涂饰（方法 3）或贴面（方法 4）阻挡层法的效果。四种方法都已有实际生产应用。
- 2. 急需开展老化试验方面的研究以验证上述处理方法的长期效果。估计用液态的捕醛剂浸渍处理板材可获得较好的长期效果，因此法可加入过量的捕醛剂控制了板的 pH 值，又可降低水解产生的甲醛释放。
- 3. 处理方法的选择应考虑：1)对降低甲醛释放程度和长期效果的要求；2)产品的

最终用途；3)经济性和加工性能。笔者认为应尽可能采用方法 1，少用方法 4。在需要采用方法 3 或 4 时，可兼用方法 1 作为辅助手段以提高处理效果。对方法 3 和部分方法 4 也可兼用捕醛剂提高处理效果。

4. 由于资料尚不充足，加之要考虑经济性和加工性方面的问题，目前对上述四种方法的具体工艺条件是否最佳，尚难作出定论。在方法 1 中，试验数据表明用含硫阴离子（如亚硫酸盐或硫代硫酸盐）的铵盐或碱金属盐降低甲醛释放的效果最好；应注意在处理后将板的 pH 值中性化是有好处的。在方法 2 中，氨是唯一被研究得较多的处理气体。在方法 3（涂饰）或方法 4（贴面法）中，有很多材料可供选用并能达到满意效果，但处理效果亦存在差异。

5. 目前采用的方法——是使用摩尔比较低的树脂和/或在原料中加入捕醛剂等，上述的后处理方法原则上可作为补充处理。（参考文献 86 篇略）

表1 施加固态或溶液型捕醛剂（方法1）

研 究 者	处 理 工 艺			甲 醛 释 放 量		数据充 足 度
	处 理 剂	处 理 方 法	用 量 ^b	不处理 ^c	残留量 ^d (%)	
1a.Ohno & Furudera	乙酸铵	胶合板，喷 1 摩尔水溶液 + 1 摩尔氢氧化钠			无嗅	低
1b.Otsuka	— " —	胶合板，涂 3 %水溶液 + 10%亚乙基尿素（EU），60°C干 3 分钟	100(?)	D? 2.7 (EU 涂，初态)	6 (初态)	低
1c.Sasaki	— " —	胶合板，浸 5 %水液，压 60秒，140°C		2.4 (EU 涂，3个月)	4(3个月) 1	低
2a.Imura & Mine- mura	碳酸氢铵	胶合板，用10%水溶液浸渍，干 5 分钟105°C，涂聚氨基甲酸乙酯	30 (?)	D. 0.6(涂氨基甲酸乙酯)	64	高
2b.Minemura等	— " —	胶合板，水溶液浸渍法		D. ~50	8	高
2c.Neumann	— " —	刨花板，甲醛/尿素1.4，用粉剂处理板的一面，堆垛	96,192	P. 18	50,22	中—高
2d.Westling	— " —	刨花板，板的两面用18%的水溶液 + 0.5—1%尿素处理，堆垛，60°C, 24-48时	28—35 (总量)	C. ~1	40—37	高
3a.Anonymous	碳酸铵加/或碳酸氢铵?	刨花板，ASSI法。喷水溶液，堆垛		P. 30	33 (初态和5个月)	中
3b.Johansson	碳酸铵 (+ 其它氨离子化合物?)	刨花板，Swedspan法，喷水溶液，堆垛		C. ~1	< 1 ~15 (初态和5个月)	中

(续) 表 1

研 究 者	处 理 工 艺			甲 醛 释 放 量		数据充
	处 理 剂	处 理 方 法	用量 ^b	不处理 ^c	残留量 ^d (%)	
3c.Minemura等	碳酸铵	胶合板,用水溶液浸渍		D. ~50	40	高
3d.Ohno & Furudera	— " —	胶合板,喷1摩尔水溶液 + 1摩尔氢氧化钙			无嗅	低
3e.Swedspan	— " —	刨花板,喷水溶液,堆垛		C. 0.1—0.5 (初态) 0.1—0.3 (8个月)	13—41 (初态) 9—32 (8个月)	中
3f.Westling	— " —	刨花板,用粉剂处理一面, 40—60°C下堆48小时	10—20	P. 31	50—34	高
3g.— " —	— " —	刨花板,喷20%的水溶液, 60°C下堆48小时	10—20	P. 31	57—40	高
3h.— " —	— " —	刨花板,喷20%的水溶液, 60°C下堆24小时	20	C. 1	39	高
3i.— " —	— " —	刨花板,喷16%的水溶液 + 4%乙酸铵,60°C堆4小时	20	P. 31	43	高
4a.Ohno & Furudera	氯化铵	胶合板,喷10%的水溶液 + 碳酸氢钠			无嗅	低
4b.— " —	— " —	胶合板,喷1摩尔水溶液 + 1摩尔亚硫酸钠			无嗅	低
5.Snajder & Hosek	铵铜配合物	刨花板,喷水溶液		C.(或D?)1-3	<10 (>1年)	低
6.Minemura等	磷酸铵	胶合板,用水溶液浸渍		D. ~50	32	高
7.— " —	氨基磺酸铵	— " — " —		D. ~50	17	高
8.Goto	硫酸铵	胶合板,用聚氨基甲酸乙 酯涂一面,用20%的水溶液 涂另一面;塑料打包,存1周		D. 27	2	低
9a.Imura & Mine- mura等	亚硫酸铵	胶合板,用10%的水溶液 浸渍,105°C下干5分钟, 涂聚氨基甲酸乙酯	~30(?)	D. 0.5 (涂氨 基甲酸乙酯)	30	高
9b.Minemura等	亚硫酸铵	胶合板,用水溶液浸渍		D. ~50	3	高
10a.Imura & Minemura	硫代硫酸铵	胶合板,用10%的水溶液 浸渍,105°C下干5分钟, 涂聚氨基甲酸乙酯	~30(?)	D. 0.5 (涂氨 基甲酸乙酯)	2	高
10b.Minemura等	硫代硫酸铵	胶合板,用水溶液浸渍		D. ~50	3	高
11.— " —	焦亚硫酸钾	— " — " —		D. ~50	15	高
12.— " —	硫酸钾	— " — " —		D. ~50	6	高
13a.Imura & Minemura	亚硫酸氢钠	胶合板,用10%水溶液浸, 105°C干5分,涂聚氨基 甲酸乙酯	~30(?)	D. 0.5 (涂氨 基甲酸乙酯)	50	高
13b.Minemura等	亚硫酸氢钠	胶合板,浸水溶液		D. ~50	20	高
14a.Imura & Minemura等	连二亚硫酸钠	胶合板,用10%水溶液浸, 105°C干5分,涂聚氨基 甲酸乙酯	~30(?)	D. 0.5 (涂氨 基甲酸乙酯)	68	高
14b.Minemura等	— " —	胶合板,浸水溶液		D. ~50	21	高
15a.Imura & Minemura	焦亚硫酸钠	胶合板,用10%水溶液浸, 105°C干5分,涂聚氨基 甲酸乙酯	~30(?)	D. 0.5 (涂氨 基甲酸乙酯)	52	高
15b.Minemura等	焦亚硫酸钠	胶合板,浸水溶液		D. ~50	9	高

表1 (续)

研 究 者	处 理 工 艺			甲 醛 释 放 量		数据充 足 度
	处 理 剂	处 理 方 法	用量 ^b	不处理 ^c	残留量 ^d (%)	
16a.Imura & Minemura	硫酸钠	胶合板, 浸10%水溶液, 105°C干5分钟, 涂聚氨 基甲酸乙酯	~30(?)	D. 0.5 (涂氨 基甲酸乙酯)	< 2	高
16b.Minemura等	— " —	胶合板, 浸水溶液		D. ~50	3	高
16c.Miwa	— " —	胶合板, 用10%水溶液 + 10%尿素涂一面, 60°C 干15分钟	40 (?)	D. 18	2	低
17.Minemura等	硫代硫酸钠	胶合板, 浸水溶液		D. ~50	34	高
18a.Hojo	尿 素	胶合板, 喷40%水溶液	50	D. 20	5	低
18b.Imura & Minemura	— " —	胶合板, 用10%水溶液浸, 105°C干5分钟, 涂聚氨 基甲酸乙酯	~30(?)	D. 0.5 (涂氨 基甲酸乙酯)	14	高
18c.Kawahara & Takashima	— " —	胶合板, 甲醛/尿素1.4, 喷20%水溶液, 双面	8		减少	低
18d.Kitakado	— " —	胶合板, 双面涂30%水溶 液, 60-150°C热压20分钟	100-200		无嗅	低
18e.— " —	— " —	胶合板, 涂30%水溶液 + 两道氨基醇酸树脂涂层	10	D. 10 (树脂 涂饰对照)	5	低
18f.Minemura等	— " —	胶合板, 浸水溶液		D. ~50	23	高
18g.Otsuka	— " —	胶合板, 涂30%水溶液 + 10%酰胺聚合物 + 5 % 胍衍生物	28 (?)	D. 12	< 1	低
18h.Roffael等	— " —	刨花板, 双面喷10%水溶 液, 热堆积1周	40	W. 甲醛/尿素 1.6 = 110 W. 甲醛/尿素 1.4 = 52	72 64	高
19a.Fahlberg-List	酰 胺	胶合板, 2.5%双氰胺水溶 液, 10%氨, 1.2%N ₂ H ₄ , 1.5%酪蛋白	20 (?)		无嗅	低
19b.Kobayashi	— " —	胶合板, 趁热用30%水溶 液处理		D. 160, 16	< 1, 1	低
20.Nishino & Shikata	氨基脲盐酸盐	建筑板, 喷水溶液			10	低
21.Otsuka	偶氮二酰胺	刨花板, 涂25%水溶液 + 10%氯化锌, 160°C加热 20分钟	100(?)	? 19ppm	< 1	低
22.Noda	乙 胺	胶合板, 涂4%水溶液 + 15%硼酸		D. (?) 19	24	低
23.Kotani & Kageyama	乙酰乙酸甲酯	胶合板, 双面涂	50 (?)	D. 30	7	低

b. 未注明者均为单面, 每平方米板用固体药剂毫克量; (?) 未注明是单面或双面处理;

c. C=房间法, 结果为ppm; D=日本干燥器法, 微克/毫升; W=WKI法, 毫克/100克;

d. 100×处理后/未老化, 未处理。

表2、用气态捕醛剂处理板材 (方法2)

研究者	处理方法	甲 醛 释 放 量		数 据 充足度
		未处理 ^c	残留量 ^d	
1.Andersen等	刨花板, 二氧化硫, 空气中 浓度 50ppm, 相对湿度 30%, 22°C, 80小时	C. 0.6	55 (60小时)	高
2.Eidai	刨花板, 氨气, 处理10秒, 20°C	D. 4.2	5	低
3.Goto	胶合板, 氨气处理后用塑料 打包放1周	D. 3	3	低
4.Jewell	活动房, 氨, 将28%的氨水 置于浅盘中, 每194米 ³ 用 3.8升, 27°C 熏12小时	R. 12个平均为0.74	12个平均为26(初态) 4个平均为32 (13— 20周)	高
5.Johansson	刨花板, 氨气, RYAB 法, 板的一侧通氨气, 另一侧 加真空	C. ~1.3 (初态) ~0.8 (5月)	8—25 (初态) 12—37 (5个月)	高
6.Liiri等	氨, RYAB 法, 板的一侧通 氨气, 另一侧加真空 刨花板 1 刨花板 1, 加乳胶涂层 刨花板 2 刨花板 3	C. 1.8(初态) 1.6(7 个月, 相对湿度循环) 0.25(涂后) 0.29(7月 相对湿度循环, 涂后) 2.7(初态) 2.3(7月, 相对湿度循环) 3.5(初态) 2.7(7月, 相对湿度循环)	~0 (初态) ~0 (7 个月, 相对湿度循环) 20 (初态) 44 (7个 月, 相对湿度循环) 13 (初态) 17 (7月, 相对湿度循环) 6 (初态) 15 (7月, 相对湿度循环)	高
7.Maderthaner等	刨花板, 氨, Verkor FD- EX 法, 氨气处理 1~2 分钟+蚁酸	P. 174 32	3 (初态); ~4 (2年) 14 (初态); ~20 (3年)	中
8.Mikhailova等	木塑板, 甲醛/尿素1.3, 氨		可供建房用	低
9.Myers	胶合板, 氨, 用 0.5 摩尔氨 水熏16小时	C. ~3(30日, 35°C) ~0.3(30日, 75°C + 30日 35°C)	< 1 (30日, 35°C); 2 (30日, 75°C + 12日, 35°C)	高
10.Roffael等	刨花板, 氨, 用浓度25%氨 水熏蒸	W. ~20—30	14 (初态); ~40 (3月)	高
11.Shvartsman等	刨花板, 氨, 置于热空气中		减 小	低
12.Verbestel	刨花板, 氨, 处理2.5分钟, 置于气流2分钟, 蚁酸2.5分 钟房间, 氨, 熏	P. 30	23	中
13.Werner	胶合板, 氨, 在密室中用碳 酸铵蒸气熏	R. 1	30~40 5	低 低
15.Yoshimitsu等	胶合板, 氨, 在空气中浓度 0.5—2%熏, 7—30分, 80°C		除 嗅	低

c、d注释见表1。

表 3 涂 层 法 (方法 3)

研究者	处 理 方 法	用量 ^b	甲 醛 释 放 量		数 据 充 足 度
			未处理 ^d	残留量 ^e (%)	
1. Anderson	刨花板, 水基涂层 1, 板边和板面	2-3密尔, 湿	C. 0.76	20	中
2. Anonymous	刨花板, 底涂 1, 水性漆 2, 印刷 1, 尿 素-醇酸 1, 涂板的一面和板边, 板的两面, 板边		D. 0.72	100	中-高
3. Barghoorn	刨花板, 单板贴面用脲醛, 涂聚氨酯 丙烯, 封边	~200	P. 52(不贴单 板)	25 <10	低
4. Boatwright	刨花板, 用 CP-216 在板的曝置面涂 二道		C ₁ 1.1 (初态) 0.8 (~30天, 温湿循环)	19 (初态) 14 (~30天, 温 湿循环)	高
5. Casco	刨花板, 用含氨丙烯酸酯涂布板的一面	100~150		~50 (涂一道) ~30 (涂二道)	低
6. Imura & Minemura	胶合板, 硝基清漆, 对板面和板边涂 一道 胶合板, 硝基清漆, 涂板面及边二道 " 胶合板, 聚氨酯甲酸乙酯, 涂板面及 板边二道 刨花板, 硝基清漆, 涂板面及边两道	100	D. 40 40 ~75 ~35	12 2 ~1 ~25 ~33	高
7. Jernstrom等	刨花板, 聚(乙酸乙烯酯)乳漆(PVLA) PVLA + 3% 尿素 PVLA + 2% 亚乙基脲 PVLA + 4% 亚乙基脲	350 350 175 175	C ₁ 1.2	17 11 5 1	高
8. Kettenis	刨花板, 溶剂基乙烯系共聚物漆 水性涂墙乳胶漆 水性醇酸涂料 水性乙烯涂料 + 捕醛剂	580 (?) 620 (?) 825 (?) 505 (?)	Cs 0.24	7 7 9 15	中-高
9. Liiri等	刨花板, 醇酸底 + 乳胶面 醇酸底 + 醇酸面 乳胶底 + 醇酸面 乳胶底 + 乳胶面 芬兰反应漆底 1* + 乳胶面 芬兰反应漆底 2* + 乳胶面	138 + 163 (?) 133 + 138 (?) 175 + 133 (?) 175 + 158 (?) 213 + 158 (?) 208 + 163 (?)	Cs-(初态, 5个月 相对湿度循环)	13.7 (初态, 5 个月相对湿度循 环) 6.1 (" ") 15.1 (" ") 17.21 (" ") 3.1 (" ") <1 (" ")	高
10. — " —	刨花板, 芬兰反应漆底 + 乳胶面, 处 理房间墙板		R.	<0.12	高
11. McVey	刨花板, 初涂 底涂填充 常规填充或 UV 填充 底涂 + 常规或 UV 填充 UV 填充 + 丙烯面漆		D.	70 80 50 25 10	低

(续) 表3

研究者	处 理 方 法	用量 ^b	甲 醛 释 放 量		数 据 充 足 度
			未处理 ^d	残留量 ^e (%)	
12.Minemura 等	胶合板, 清漆 聚氨酯 环氧		D. 1.3—22.3	~54 ~45 5-21	中
13.Mohl	5块刨花板, 标准零售漆, 涂一面 —“—”, 涂两面 皮胶漆, 涂一面 皮胶漆+4%尿素, 涂一面		S	24-52 9-52 32-54(32日) 17-30(32日)	中
14.Molhave	刨花板, Falima 271+捕醛剂, 双面	68	Cs 0.46	58	高
15.Myers	胶合板, Valspar 50100+尿素, 所有 板面及板边	63	Cs 3(26天, 35°C) 0.3(30天, 75°C +35天, 35°C)	10(12天, 35°C) 1(30天, 75°C +21天, 35°C)	高
16.Noda	胶合板, 聚酰胺衍生物	10(?)	D(?) 19	10	低
17.Roffael	刨花板, Falima F(含氨、酪素、 N ₂ H ₄ 漆)	200(?)	W. 64	5	中-高
18.Rundle	刨花板, 石蜡基热融	88(?)	Cs	1	高
19.Seymour	胶合板, 丙烯乳+5%尿素, 涂背面 及板边	1.5密尔	Cs 23	9	中
20.Spedding等	刨花板, 丙烯乳+5%尿素, 所有表面	1.5密尔	Cs 31	4	中
	刨花板, 水性腻子, 涂一道漆		Cs 0.57	0	
	醇酸漆, 二道 室内用丙烯酸漆, 二道			0 9	
21.Sundin	刨花板, 聚酯清漆	>250(?)	C ₁ >1ppm, 即 E ₂ 或E ₃ 级	0.1ppm, 即 E ₁ 级	中-高
Skiest	聚氨基甲酸酯清漆	>250(?)	C ₁ >1ppm, 即	0.1ppm即	高
	底漆上加酸固化清漆	>100(?)	E ₂ 或E ₃ 级	E ₁ 级	
22.Sundin	刨花板, 丙烯酸漆, 双面, 封边	200(?)	C ₁ 3.2	56	
	甲醛吸收漆, 双面, 封边	100(?)	1.2	20	高
23.Valspar	刨花板和胶合板, 含捕醛剂的丙烯酸漆	1.5密尔		~5	

b.无注明者均为每个表面, 克/米²; 1密尔=0.001吋

d.C=房间法, 结果为ppm, 注脚S、I分别表示较小空间或较大空间; D=日本或美国干燥器法, 微克/毫升; P=穿孔法, 毫克/100克; S=吸收法, 毫克/米²; R=住房值, ppm; W=48小时WKI法, 毫克/100克。

e.100×处理后/未老化, 未处理。

表4 贴面法及其它方法 (方法4和5)

研究者	处 理 方 法	甲 醛 释 放 量		数 据 充足度
		未 处 理 ^a	残留量 ^d (%)	
1. Anonymous	贴 面 法 中密度纤维板, 一面用 2 密耳聚酯 薄膜, 一面用酚醛牛皮纸 不封边	D. 5.5	94	中-高
	封边	4.7	15	
2. Croah等	胶合板, 一面用2密耳乙烯膜, 封边, 仅将未处理之背面外露	D. 3.0		高
	两面均外露		70	
	仅将乙烯表面外露		4	
3. Kawahara & Takashima	胶合板, 聚(乙烯基乙酸酯)+ 尿素 作装饰纸贴面用胶粘剂, 双面贴	D. 30	50	低-中
4. Kawashima 等	胶合板, 将装饰纸用氯化铵、尿素、 草酰胺浸渍并用脲醛树脂贴面		无嗅	低
5. Matsushita	胶合板, 将尿素浸渍纸用聚丙烯贴 于胶合板的背面		无嗅	低
6. Minemura等	胶合板, 聚氯乙烯纸	D. 0.9-22	69-100	
	纤维素纸	D. 0.9-22	75-89	中
7. Mohl	刨花板, 各种板用多种三 聚氰胺树脂纸贴面	S	2-42	低-中
8. Mozisek	刨花板, 用聚乙烯或乙烯 贴铝板		减小	低
9. Rapoport等	刨花板, 装饰纸		~85	低
10. Spedding等	刨花板, 印刷纤维素护墙纸, 乙烯墙纸	Cs 0.57	100 0	中
11. Sundin, Skies	刨花板, 三聚氰胺浸渍纸	C ₁ > 1ppm, 即 E ₂ 、E ₃ 级	0.1ppm即 E ₁ 级	中-高
12. Sundin	刨花板, 聚乙烯薄膜, 双面, 封边, 乙烯纸, 双面, 封边 三聚氰胺-甲醛浸渍纸, 封边, 双面	C ₁ 3.2 3.2 3.2	34 25 50	高
	其它方法			
13. Meyer & Carlson	刨花板, 用 4 MHz 高频处理, 0.2 — 4 千伏/厘米, ~ 2 分钟	D. ~1.3	~ 6	高
14. Miwa & Tomokawa	胶合板, 用20%氨基磺酸铵水溶液 浸渍, 纸干燥后, 包装胶合板存 10天。	D. 30	12	低
15. Santar等	刨花板, γ射线照射0.5—100千戈瑞		80-85	低

注释同表 3.

表 5 用捕醛剂处理胶合板的效果 (方法1)

盐	甲醛残留释放 (干燥器法) %	
	Minemura等	Imura & Minemura
硫酸钠	3	< 2
硫代硫酸铵	3	2
硫酸铵	3	30
硫酸钾	6	
焦亚硫酸钠	9	52
碳酸氢铵	8	64
焦亚硫酸钾	15	
亚硫酸氢钠	20	50
连二亚硫酸钠	21	68
尿素	23	14
磷酸铵	32	
碳酸铵	40	

表 6 处 理 方 法 摘 要

处理方法	甲醛释放减轻情况		产品 范围	长期可靠性 ^a	工艺改变情况	相对成本 估 计
	初 态	老 化				
1.固态或 水溶液	2 x - 10x (~ ¹ / ₃ > 10x)	缺数据, 某些处理 方法的效力预计要下 降, 需补充数据	1	1 可过量使用, 可调 pH	1-2 喷、刷、 浸、干、热堆 积	1-2 与材料、 加热方式有 关
2.用气体 处理	2 x - 10x (~ ¹ / ₃ > 10x)	有效性有明显损 失, 需补充数据	1	3 可能有老化问题?	3 处理室, 处 理气体装置	2-3
3.涂	2 x - 10x (~ ¹ / ₃ > 10x)	需补充数据	2	2 薄膜的完整性极为 关键	2 喷、刷、干	2
4.贴面	2 x - 10x (极少 > 10x)	需补充数据	4	2 薄膜的完整性极为 关键	3-4 贴面工序	3-4

a.主观判断, 数字越小越好。

本文节译自Forest products journal 36, NO.6