

承重木结构用胶粘剂的评估

陆熙娴 罗文士

(中国林科院木材工业研究所)

一、前言

70年代中期起以结构木代替锯材建造房屋已被普遍地接受,如用小径木指接材替代锯材作龙骨、框架及梁柱等建筑构件、发展结构刨花板、单板层积材(LVL)、重组木、华夫板、复合板等。结构材的发展离不开胶粘剂,对于结构型胶粘剂的评价除了一般胶粘剂的指标外,耐久性是其关键指标,它与结构的使用寿命、强度、安全性紧密联系在一起,也是能否将结构材推广于建筑业的关键之一。

结构用胶粘剂(以下简称结构胶)包括甲醛系列、环氧系列和异氰酸酯系列等。由于价格、使用状况等原因,目前以使用甲醛系列胶粘剂为主。

结构胶除了要求胶合强度、木破率高外,还须具备耐久性能好、室温固化、低毒、价格合理、贮存寿命长和使用方便等性能。对结构胶性能的测定已进行了大量研究,但至今尚无统一的国际标准,只有各国自行制定的国家标准或行业标准。

二、结构用胶粘剂的性能分析

1. 结构胶的耐久性试验

耐久性试验方法很多,但概括起来也不外是室外暴露天然老化及激烈条件下快速老化两种。试验方法如下:

(1) 美国Freeman^[1]等将商品脲醛树脂胶(UF)、三聚氰胺甲醛树脂胶(MF)、三聚氰胺-尿素甲醛树脂胶(MUF)、酚醛树脂胶(PF)以及间苯二酚甲醛树脂胶(RF)等5种胶分别放在表面皿中,在70℃条件下固化7小时,经Wiley磨粉机粉碎成40目胶粉。胶粉试样在带有回流装置的提取器中分别用H₂O、0.1N的NH₄OH和0.1N的H₂SO₄,

本文为1990年11月全国木材及复合材料标准技术委员会会议文件,发表时作了一些删节。

在40℃, 70℃, 和100℃条件下抽提,测定抽提液中的甲醛量以衡量水解程度。从图1可以看出UF树脂胶在H₂O、0.1N的NH₄OH和0.1N的H₂SO₄溶液中、100℃条件下均容易水解,而PF树脂胶则难水解。至于RPF树脂胶几乎不水解。由此可以推测出RPF树脂胶的耐久性最好。

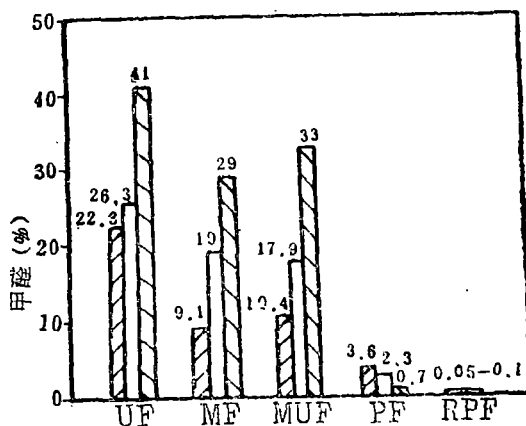


图1 五种结构胶在不同条件下水解时的
甲醛释放量

////-100℃, 水; □-0.1N, NH₄OH;
▨-0.1N, H₂SO₄

(2) 美国林产品试验室研究人员Wilkes^[2]分别对10种建筑结构胶进行室外暴露试验。经过16年的试验,结果表明,慢固化环氧树脂胶的耐久性最强,16年后胶合强度损失为30%,PF树脂胶和RPF树脂胶合强度损失40%,而UF树脂胶的剪切强度损失几乎100%。

H.J. Depepe^[3]进行人造板室外暴露试验,采取两种放置方式:一种是垂直于地面,试样尺寸为980×400mm,另一种为倾斜45°,试样尺寸为700×700mm,经10年暴露试验,结果PF树脂胶强度下降较小,垂直放置试样的强度均大于45°倾斜放置试样的强度。这一结果表明放置方式对强度变化

有一定影响,在试验时应注明放置方式。

(3) 结构胶的耐久性除室外暴露试验外,对新胶种还须进行耐久性测定。为此胶粘剂加速老化协调委员会(SCATA)提出干湿循环处理方法,尽量使加速老化处理接近暴露处理的条件;采取的措施有:①用真空加压处理,增加室温下水浸入量;②湿干循环,每一循环在条件①下处理4小时,在90℃条件下干燥20小时;③规定循环的时间,在水中连续煮沸,每个循环至少6次。H.D.Strickler^[4]采用此法对5种胶粘剂进行试验,测定结果如图2。由图2可见,经快速老化处理后的RF树脂胶的强度损失最小,而UF树脂胶损失最大。

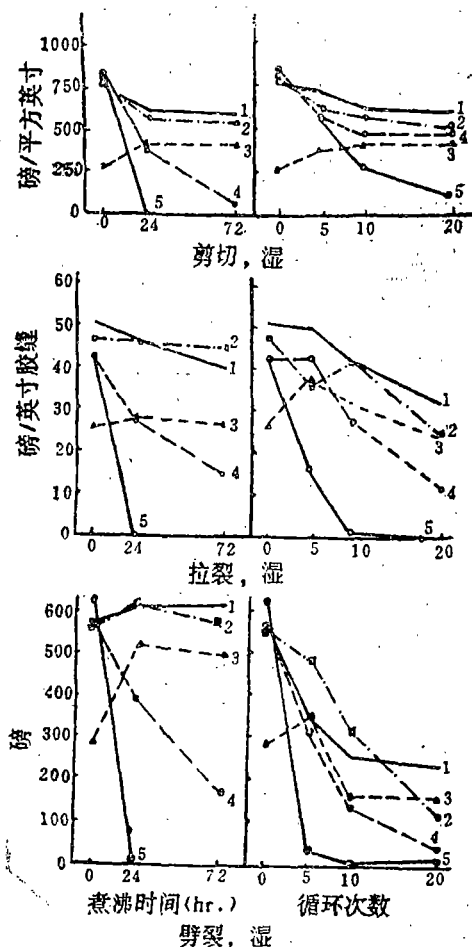


图2 五种胶粘剂的三种强度试验

1—间苯二酚-苯酚甲醛树脂, 2—聚酯酸乙酯, 3—酚素, 4—三聚氰胺-尿素-苯酚树脂, 5—脲醛树脂

(4) G.F.Baxter^[5]对快速老化的PF树脂系列胶粘剂进行了研究,认为通常情况下固化时间太长不能满足其快速胶合的要求,有些高聚物其胶合

时间短,但耐久性差。用煮沸—干燥自动循环加速老化试验对多种胶粘剂进行比较,经800次循环试验,结果见图3。结果表明,RPF树脂胶的剪切强度损失为20%,相当于美国林产品试验室7年暴露试验的结果。尽管这种对比不很严密,但可以给人们一个粗略的概念,还需进一步试验才能得出确切的结果。

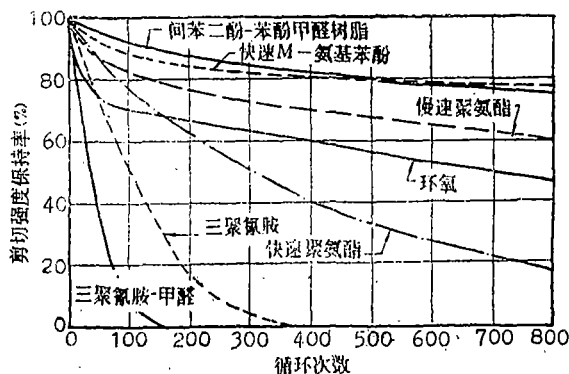


图3 自动煮沸干燥循环试验

(5) 由于室外天然暴露试验需要长期观察与测量,快速老化方法又有一定局限性,近年来Rodwell, D.F.G^[6]建议采用速度法评估木材胶合质量。依据化学动力学定律,化学键随着时间的变化而逐渐破坏,相应键的结合强度亦逐渐下降。经试验发现,强度损失为25%的时间自然对数与绝对温度呈线性关系,这样用外推法得到时间与在室温条件下强度损失25%的关系(见图4、5)。即阿伦尼乌斯曲线。对UF树脂胶和RPF树脂胶进行试验结果见表1、2。

结果表明,采用60~100℃水浸法,相应应在20℃条件下RPF树脂胶合强度损失25%需要70年。

综上所述,老化试验方法有下列几种:一是室外

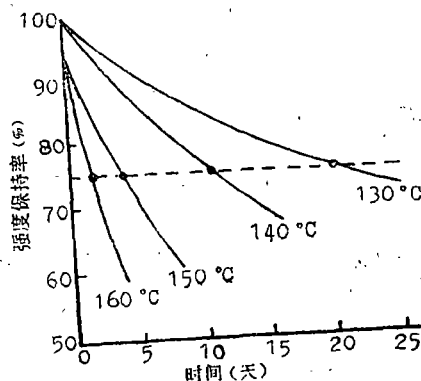


图4 干热循环与UF胶强度变化

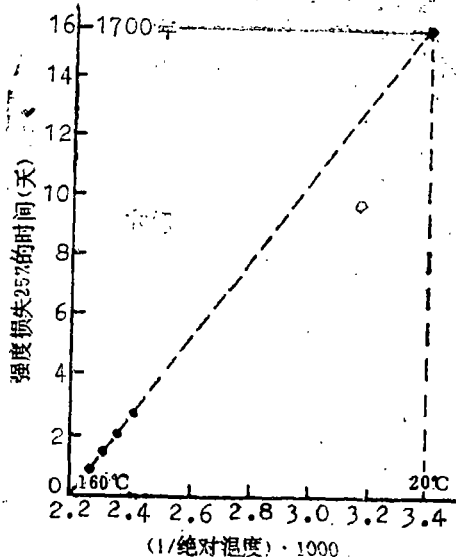


图5 阿伦尼乌斯曲线

表1 不同加速老化条件下强度损失25%所需的时间

加速老化条件			强度损失25%所需时间(天)	
温度(℃)	湿度(%)	老化条件	UF树脂胶	RPF树脂胶
60		水浸	—	160*
70		水浸	—	60
80		水浸	—	15
90		水浸	—	9
100		水浸	—	3
130		干热	20	130*
140		干热	9	55
150		干热	4	16.5
160		干热	2	9
170		干热	—	3.5
60	75	空气	30	—
70	75	空气	16	—
80	75	空气	7	—
90	75	空气	4	—
130		密封循环	—	165*
140		密封循环	—	70
150		密封循环	—	22
160		密封循环	—	12

*从90天开始测量。

表3 加速老化试验结果

材 料	0		10		15		30		50	
强度指标	剪切强度(MPa)	木破率(%)	剪切强度(MPa)	木破率(%)	剪切强度(MPa)	木破率(%)	剪切强度(MPa)	木破率(%)	剪切强度(MPa)	木破率(%)
木 材	11.79	—	3.71	—	3.20	—	2.41	—	2.12	—
RPF树脂胶合木	10.35	85.3	4.96	98.3	4.22	93.8	2.45	88.6	2.21	85
室温固化PF树脂胶合木	9.91	85.2	1.2	97.6	1.14	95.8	0.81	73	0.82	85

试验条件：以水煮沸4小时，60℃干燥20小时为一个循环，试材为浸注CCA的花旗松。

表2 UF、RPF树脂胶胶合件在20℃下剪切强度损失25%所需时间

老化条件	20℃时强度损失25%所需时间(年)	
	UF树脂胶	RPF树脂胶
干热, 130—170℃	17,000	>1,000,000
水浸, 60~100℃	—	70
60~90℃, 75%RH	3	—
130~160℃, 密封循环	—	>1,000,000

暴露天然老化法，时间需10年以上甚至16年。二是加速老化法，该法又分为：a) 六步骤六循环法 (ASTM D-1037)，每个循环的步骤为：49±2℃水浸1小时，93±3℃水蒸汽中放置3小时；在-12±3℃冰冻存放20小时；99±2℃干热空气中放置3小时；93±3℃的水蒸汽中放置3小时；99±2℃干热空气放18小时，每一个循环12天。因6个循环持续时间长，中途因故中断时，需按规定将试样冰冻保存；b) 煮沸-干燥法，步骤：先把试件浸入水中并抽真空，然后煮沸，并保持10分钟，取出试样放在107℃循环热空气中，使试样含水率为6—8%。该方法实施简单，在美国被广泛采用；c) 真空一加热一浸泡一干燥法，即美国结构胶合板用的标准PS 1—88。三是速度法，按测定强度损失25%的时间推测在室温条件下的耐久性。西德H.J. Deppe^[7]综合比较了各种快速老化方法，提供了大量对比数据。尽管他们着重研究刨花板耐久性，但有些方法也适用于其它结构材。

我国对木结构用胶的研究开始不久，但对胶合板老化性质已有较多研究。南京林业大学对PF胶合板的研究已证明我国胶合板测试条件与ASTM D-1037六循环加速老化方法剧烈程度大致相同。

中国林科院木材所在研制RPF树脂胶时采用胶合板胶合强度检验方法，经多次循环后测定其胶合强度，结果见表3。

上述结果表明RPF树脂的耐久性能优于酸固化PF树脂胶。

中国林科院木材工业研究所研究人员已用RPF树脂胶合的试样进行室外天然暴露试验,以积累快速老化与天然老化试验的对应值,为今后制定标准提供科学依据。

2. 用CCA浸注结构材对胶合强度的影响

作为结构材防腐处理必不可少。至于CCA浸注后对胶合强度有无影响已引起人们的关注。美国Stephen M.S.^[8]用RPF树脂对CCA处理与未处理的南方松材进行指接胶合的研究。结果表明,未经CCA处理的试样剪切强度与木破率均高于经CCA处理过的试样,但相差不大。日本研究人员用RPF树脂胶合的、经CCA处理与已未处理的胶合木在不同地区进行室外暴露10年的试验,结果表明,经CCA处理的试样10年后的胶合强度仍保持90%,而未经CCA处理的试样只保持约40%。

用中国林科院木材工业研究所研制的RPF树脂对CCA处理材进行胶合的试验结果表明,木材浸注CCA后再用RPF树脂胶合,对胶合强度、木破率影响不大。

3. 胶合强度的测定

无论是室外暴露的天然老化方法还是快速老化法,试样都需要进行胶合强度的测定。通常主要测定剪切强度,有时还要考虑拉裂和劈裂强度。剪切强度又分为压剪强度和拉剪强度两种,实体木块试样一般测定压剪强度。加压部位也有所不同,ASTM D 905为无间隙加压^[9]。而其前身ASTM D 143则有1/8英寸间隙,ASTM D 905对试块尺寸又分为正常尺寸与缩小尺寸两种,中国林科院木材工业研究所采用的试件尺寸仅一种,见图6。

试样制做时要考虑试样的纹理(径、弦向)方向。

4. 不同树种对胶合强度的影响

许多研究者对不同树种胶合强度进行比较,由于不同树种含抽出物成分不同,其pH值、结合酸以及缓冲容量都有差别,胶合性能也随之有影响。

三、结束语

1. 以上所介绍的结构胶的耐久试验、胶合强度测定方法、防腐剂处理与否以及试样尺寸、树种等因素的影响,为全面评估结构材用胶的性能提供了科学依据,也为制定标准检测方法奠定了基础。

2. 实践证明,RPF树脂为甲醛系胶粘剂中最好的木结构用胶粘剂。(责任编辑 袁东岩)

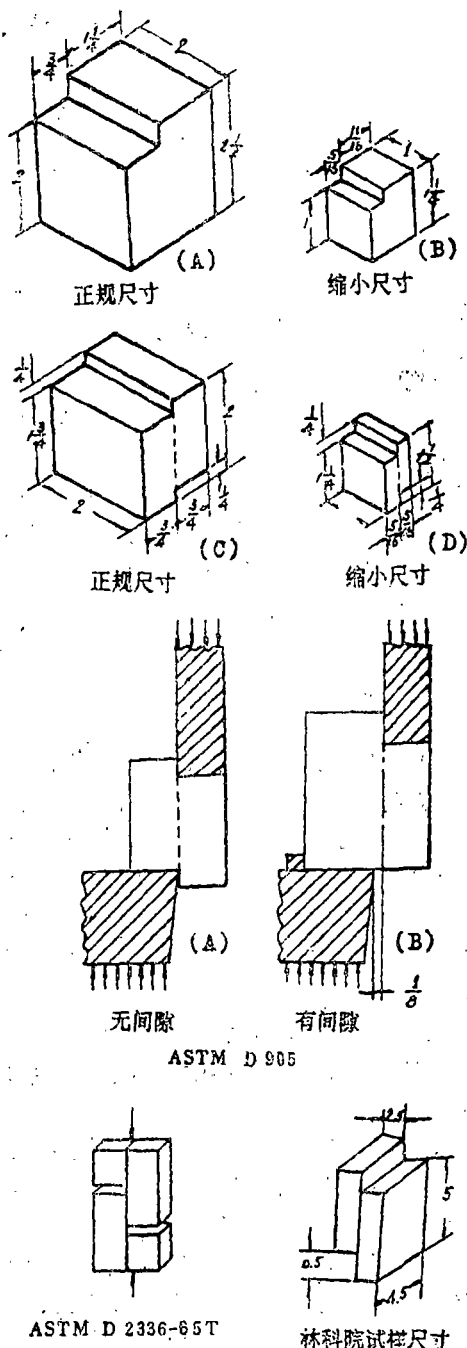


图6 试样尺寸

参考文献

- [1] Freeman, H.G. and Kreibich R.E., 1968, Estimating Durability of wood Adhesives in Vitro, F.P.J., 18 (7), 39-43.
- [2] Wilkes, J.A., Packard, R.L., eds, 1988, (下转第27页)

