

水泥刨花板生产与研究进展

白雪松

(中国林科院情报研究所)

一、引言

水泥刨花板是以木质刨花或纤维与水泥为主要原料制成的一种人造板。它兼有木材和水泥的双重性能,与普通的建筑材料相比,具有重量轻、强度大、安装组合方便以及耐候、耐潮湿、耐火、耐菌虫、绝缘和机械加工性能好等特点,是良好的工程建筑材料。

水泥与木质碎料复合板的起源很早,到30年代中期,工业界开始应用加压方法制造轻质水泥木丝板和木材-水泥模板,使生产工艺趋于完善,产品在建筑领域内的应用情况良好。目前,国外水泥刨花板生产工艺主要是在美国 Elmendorf Research, Inc. (ERI) 公司60年代发明的干法成型工艺基础上^[1, 2],经瑞士Durisol公司和西德Bison公司于70年代中期改进后,用平压法生产的高密度水泥刨花板工艺,通常称 Elmendorf-Durisol-Bison工艺或Bison系统(图1)。

目前,世界上至少有20多个国家、40多条水泥刨花板生产线,其中大部分采用Bison系统。1987年全世界产量达40万立方米,估计90年代初产量可达100万立方米。

水泥刨花板的生产设备和技术大部分由西德、瑞士、荷兰、芬兰和意大利等国提供。水泥刨花板的生产主要集中在苏联,其次是日本和东欧等国,东南亚地区也在大力开发和生产。

长时期的研究和生产实践表明,木材中某些可溶性物质对水泥的水化过程具有阻凝作用,能全部或部分破坏水泥晶体的形成。50年代起,人们深入地研究了不同树种木材(包括生材和非生材)及农业剩余物对水泥刨花板性能的影响,提出了许多选择树种的标准、改进方法和工艺条件等^[2, 3]。

本文于1990年8月16日收到。

本文承北京林业大学刘正添教授审阅,并提出修改意见,特此致谢。

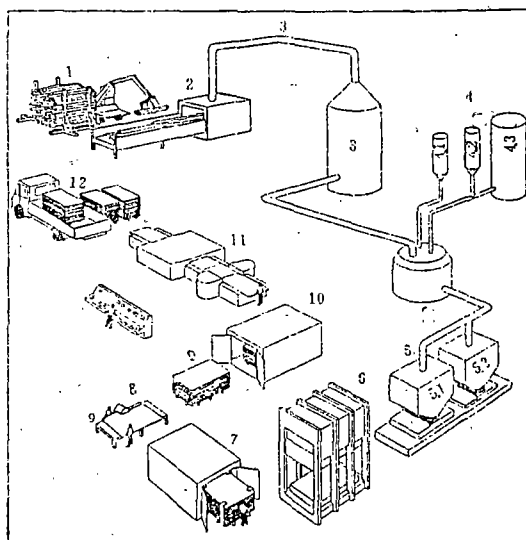


图1 DuriPanel 水泥刨花板生产线示意图

1-贮存站, 2-刨片机, 3-料仓, 4-混合罐, 4.1-化学助剂, 4.2-水, 4.3-水泥, 5-铺装机, 6-压机, 7-固化, 8-预裁截, 9-养护, 10-干燥, 11-最终检测和机械加工, 12-存放和出厂

本文将在概述国内外水泥刨花板的开发、研究、生产和应用现状的基础上结合我国未来10年人造板工业发展战略,探讨和分析我国水泥刨花板的发展潜力。

二、影响水泥刨花板性能的因素

木材原料对水泥刨花板生产工艺和产品性能有非常重要的影响。木材中的某些酚和糖、半纤维素等碳水化合物是水泥固化的主要阻凝物质,而树脂并不影响水泥的水化过程。西德曾采用含树脂丰富的非洲 Tala Branca 树种材制造出优质的水泥刨花板。因此,生产水泥刨花板时必须优先考虑适用

树种的选择和治疗方法。确定树种适用性的主要依据是木材与水泥混合物的水化温度、水化热、达到最高水化温度的时间和板材的强度性能等。但生产实践还表明,即使是同一树种原料对水泥的“毒化”作用还受采伐季节、贮存时间、心材或边材、树皮含量、腐朽程度和加压、加热条件等因素的综合影响。

西德的Sandermann^[3]于1964年首先提出了“按一定比例的木质刨花与水泥混合物的水化温度作为衡量木材与水泥相容性的标准”。此法可简单而有效地判断树种对生产水泥刨花板的适用程度,通常划分三类:①在木材原料未预处理或不添加化学助剂的条件下,木材-水泥混合物的水化温度高于50℃者属优质适用材,这类树种很少,如云杉、冷杉和日本扁柏等。②水化温度介于30-50℃,如经热水处理或适当的化学改性后可显著提高水化温度者为适用材。这类树种比较多,大部分属于常见树种,如山毛榉、白杨、山杨和桦木等。③水化温度低于30℃,经改性处理后仍提高不大者属不适用树种。然而有些不适用树种木材若进行特殊处理,仍可制造水泥刨花板,如落叶松。后来, Moslemi等人^[4]采纳和改进了Sandermann法,于1984提出了水、水泥和木材混合物与水化过程的数学模型(图2),即:

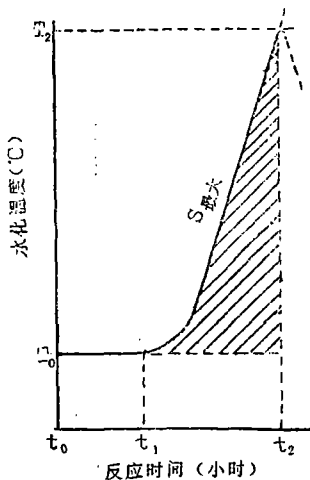


图2 木材-水泥反应过程示意图

t_0 -混合时间, t_1 -反应开始时间, t_2 -达到温度 T_2 的时间, T_0 -初期混合温度, T_2 -最大温度, $S_{\text{最大}}$ -最大斜率

$$I = 100 \left[\left(\frac{t_2 - t_1}{t_2} \right) \left(\frac{T_2 - T_0}{T_2} \right) \left(\frac{S_{\text{最大}}}{S_2} \right) \right]$$

..... (1)

式中: I 为迟滞指数; t_2 为木材-水-水泥混合物反应时间(小时); t_1 为水-水泥混合物反应时间(小时); T_2 为木材-水-水泥混合物的水化温度(℃); T_0 为水-水泥混合物的水化温度(℃); S_2 为木材-水-水泥反应曲线的最大斜率(℃/时); $S_{\text{最大}}$ 为水-水泥反应曲线的最大斜率(℃/时)。 I 值越低,木材的适用性越好。最近, Hachmi^[5]等又报道了一种判断木材抽提物影响水泥相容性的新方法,即相容变量函数:

$$C_A = \frac{\text{木材-水泥水化热比率曲线下的面积}}{\text{水-水泥水化热比率曲线下的面积}} \quad \text{..... (2)}$$

若 $C_A > 68\%$ 为可相容树材; C_A 介于 28-68% 者属中等相容树材; $C_A < 28\%$ 者为不相容树材(见图3)。在我国,刘正添等(1989年)也参考 Sandermann 法和其它方法,选用木材-水泥最大水化温度和所需时间为基准,试验和研究了国产35种针、阔叶树材制造水泥刨花板的适用情况。

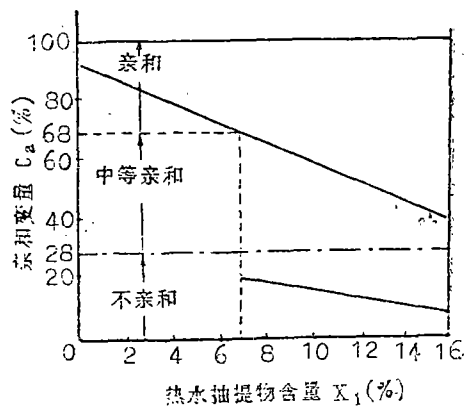


图3 抽提物含量对木材-水泥亲和性的影响

综上所述,木材-水泥的最大水化温度越高,混合物的相容性越好,则生产的水泥刨花板强度越高。但从水化温度和水化时间获得的木材-水泥混合物的相容性有时仍不能正确反映树种的适用性。Lee (1986年)^[7]研究指出,水泥刨花板抗压强度与水化温度成线性关系,但与水化时间无关;在不添加助剂条件下,不同树种木材与水泥的相容性可用抗压强度和水化温度表示,但添加氯化钙等化学助剂或高的水泥与木材比率(13:1)又使各种树材之间的相容性很难区分。因此,生产水泥刨花

板时必须对树种进行特殊的研究和选择。

从对树种的研究结果看,针叶树材(落叶松属例外)优于阔叶树材,软阔叶树材优于硬阔叶树材。由于阔叶树材含有较多的糖、酚和可水解半纤维素,所以,大多数需进行水浸泡处理,以降低对水泥的阻凝作用。热带阔叶树材的情况更复杂,因该地区缺乏足够的住房,但木材资源丰富,因此印度、菲律宾、泰国、马来西亚、巴西等国都非常重视发展水泥刨花板,并对热带树种材的适用性进行了许多研究^[8,9]。常用的适宜树种包括柚木、四数木、芒果木、西印度轻木、桤木、团花、合欢属和云南石梓等。

目前,国外消除木材对水泥阻凝作用的方法主要有:①露天堆放法。木材以高于地面0.5m堆垛存放2—3个月或更长。目的是平衡含水率、降低抽提物和半纤维素含量,或在化学及生物分解作用下改变原性质。②水贮存或水浸提法。③矿化。添加化学助剂(主要是盐类)能显著提高木材-水泥混合物的水化温度、缩短水化时间。④蒸煮法。⑤混合法。在难相容原料中添加一些相容性好的树种材,如栎木等难相容树种材中,添加40%松木后,可不经预处理直接加工产品。

落叶松属木材中含有丰富的阿拉伯半乳聚糖,被认为是乔木中含水抽提物最多、对水泥水化阻凝作用最强的树种,但落叶松属在全球范围内分布广,数量大,生长较快,如果能在工艺和技术上解决该树种木材制造水泥刨花板的问题,则其它树种材几乎都能适用。这对推动和发展水泥刨花板生产、缓解世界上住房危机和保护地区经济等均具有深远的意义。

日本山岸宏一等研究的结果表明,日本落叶松经适当改性处理,如添加1—10%(重量)尿素-三聚氰胺-甲醛树脂、1—5%液态石蜡或废机油等方法后可以在木刨花、水泥和水混合的初期抑制抽提物的渗出,达到促进水泥水化的目的。在苏联,以西伯利亚落叶松树材为原料生产水泥刨花板的比重日益增大。Moslemi和刘正添等曾研究用添加剂改进美国落叶松树材刨花-水泥混合物的水合特性^[12],以及美国落叶松提取物对水泥固化的影响因素等^[13]。

我国拥有丰富的兴安落叶松资源,可以在东北、内蒙古地区建立使用兴安落叶松劣质材或采伐和加工剩余物为原料的中、小型水泥刨花板企业,充分利用我国森林资源,增加我国建材产品种类。

水泥是水泥刨花板生产中另一个关键成分,也显著影响着板材的性能和企业的经济效益。

水泥、木材和水三者之间的比率也是影响刨花板性能的重要因素。国外对此研究很多^[2,14,15]。为使板坯铺装均匀,对高强度板的适宜配比为:

水泥/木材	水/木材
2.5	1.6
3	1.8
4	2

三、生产工艺和特点

生产水泥刨花板的典型粘结剂是硅酸盐水泥,次则(硫酸)镁氧水泥和鼓风炉矿渣等。理想的刨花规格是在长35毫米、厚0.35毫米和宽5毫米以内,含水率为6—8%。常用的化学助剂有:氯化钙、(结晶)硫酸铝、水玻璃、硫酸铁、熟石灰、石英砂,增强材料有金属丝、麻线或织物等。通常,水泥刨花板厚度为8—40mm(基本厚度为16mm);水泥刨花板的物理力学性能和普通树脂胶刨花板性能的比较如表1。

图1为Bison系统的典型工艺流程。原木剥皮后经刨片机或其它形式粉碎设备被加工成需要的尺寸;气流或筛网分选粗细刨花,刨花、水泥、水和化学助剂按工艺要求计量后搅拌均匀;将混合物料铺装事先涂过油的钢垫板上,要求板坯厚度和密度尽可能均匀;板坯码垛后送入冷压机(单层或多层),工作压力2.5MPa,时间4—6分钟,视板的厚度而定;达到预定厚度时,用夹紧装置紧固并放入80℃水中养护6—8小时,使水泥初步硬化;将板坯回送到压机中,加压并打开紧固装置,分离板与垫板,并清理和涂油;成板裁边和预砂光后堆放在板院内干燥18—20天;板材规格加工。有时,产品还需进行精砂光、压花、饰面或开槽等二次加工。板子出厂时的含水率为9—12%^[17,18]。

目前,水泥刨花板的生产规模相对较小,年生产能力约为15~110×10⁶平方英尺(以板厚3/4英寸为基准)。而一般的树脂胶刨花板工厂的年生产能力达140~550×10⁶平方英尺(板厚3/4英寸)。这种小规模生产能力主要是由于水泥水化和硬化时间长,因而生产周期长。在欧洲,最新发展的工艺是使用二氧化碳气体处理板子。据报道,该项工艺有许多优点,如可缩短加压时间(4.5分钟)、

表1 水泥刨花板与普通树脂胶刨花板的性能比较^[16]

性 能	水泥刨花板		普通刨花板
	国 外	国 产	
密度 (kg/m^3)	1100—1300	1100—1200	650—750
静曲强度 (N/mm^2)	9—15	9—12	12—24
弹性模量 (N/mm^2)	3000—6000	未测	2000—3500
平面抗拉强度 (N/mm^2)	0.4—0.7	0.4—0.6	0.5—1.0
吸水厚度膨胀率 (%)	1 (2小时)	<10 (气干, 24小时)	8 (2小时)
吸水线膨胀率 (%)	0.3—0.5	0.3—0.4	0.3—0.5
导热系数 ($\text{kcal}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$)	0.22	0.15—0.16	—

* 北京市单店砖厂产品

厚度更加均匀、可生产厚4毫米的薄板以及无需夹紧装置而大大简化了工艺流程。最近的报道指出,加压时间还能进一步降低到1分钟左右。这项工艺的成功将能扩大水泥刨花板厂的生产能力,并使之与大规模生产能力的树脂胶刨花板相媲美。另外,快速固化技术也为一些使水泥水化时间延长的阔叶木材或其它树种木材提供了新的利用机会^[8]。

四、产品性能与应用

水泥刨花板的最大特点是机械加工性能好,能进行各种复杂的截断和拼接工作,同时,还有可能在板面加工V型槽。另外,水泥刨花板具有良好的阻燃、防水、耐候、抗菌、虫危害、隔热、隔音等性能,很适宜在热带或寒带地区作建筑材料使用。如果使用特殊胶粘剂,还能制造出具有凸缘的板材,可以组成壁骨、望板等构件。近年来,马来西亚、沙特阿拉伯、菲律宾、日本和苏联均有采用水泥刨花板建造住宅和办公楼。西德Bison公司于1987年在我国安徽省合肥市承建了一座用水泥刨花板作为主要建筑材料、建筑面积2700平方米的三层结构、100多间客房的Bison-芦阳饭店。几年来,使用情况良好。水泥刨花板大都用于壁板、隔板、覆盖板、天花板、地板、阳台护板、窗台板、钢支架保护板、通风道、废物井壁、管道坑护板、花园栅栏墙等建筑构件。此外,还用于阻燃性家具、厨房设备、高温房屋内衬板、浴室贴砖基板、温室、游泳池以及全天候木质材料的代用品。在板式木屋建筑中,采用水泥刨花板可以减少优质木材和胶合板的单位消耗。工厂化生产房屋,可提高劳动生产率和产品质量。用水泥刨花板做木屋的外墙和护板,每1000 m^2 屋面积可节约25 m^3 护墙板或16 m^3 防水胶合板。水泥刨花板不含任何有害的化学物质,也不释放任何气体。因此,这种材料对环境 and 室内空气质

量无任何副作用。

水泥刨花板的另一个优点是能抵御室外的长期暴露,在快速老化试验中表明性能稳定。试件经72小时水浸泡-24小时-12 $^\circ\text{C}$ 冷冻-72小时70 $^\circ\text{C}$ 干燥的循环试验后,板材仍很容易通过英国的有关标准。4年后,水泥刨花板的内胶合强度增长了40%。在8年后,同一块板的抗弯强度增长11%,弹性模量增长12%。目前,商用水泥刨花板具有优异的厚度稳定性和可接受的线性膨胀特性。当温度为20 $^\circ\text{C}$,相对湿度从30%变为90%时,产品的线膨胀系数为0.3%,浸水24小时的厚度膨胀率低于1%,而华夫板则达20%。

生产实践表明,不同制造者生产的水泥刨花板的性能差异很大,板的线性尺寸变化也有许多不同,这主要是受生产中各工序管理人员的控制和操作水平及工艺等因素的影响。树脂胶刨花板生产中刨花几何形状与产品性能的关系,通常也适用于水泥刨花板。因此,通过控制刨花几何尺寸、材料组成和制造工艺参数等可以生产出满足特殊要求的水泥刨花板,可显著增加成品的线性稳定性。

但水泥刨花板的生产和使用仍有一定局限性,如生产中需很长的养护时间,导致成本偏高,通常为木质刨花板成本的1—2倍。此外,规模小、周期过长、原料要求严格、板坯厚度必须铺装均匀。产品尚不足以抵御周期性的或长期高温(如置于炉中)、强化化学物品的腐蚀和磨损。与普通木质刨花板相比,其重量大、性脆、搬运困难,制造工艺掌握不当会导致产品强度和尺寸稳定性不佳。

目前,国外对水泥刨花板的最简单的质量检验指标是硬度。该指标在很大程度上决定了水泥刨花板的力学性能、耐火、耐候和其它性能。另一方面,它与制板过程中原料的选择、矿化剂配方、木材填料与化学添加剂的重量比、水与水泥的比率以

及工艺条件有关。有些国家已建立起评估水泥刨花板硬化过程的数学模型和标准。

五、我国水泥刨花板生产的现状、问题和前景

1980年底,中国林科院木材工业研究所与北京市建筑材料研究所和北京市单店砖厂共同合作,研究、设计了国内首家年产1万立方米的水泥刨花板生产线^[16]。该厂总投资人民币470万元。产品规格为2850×900mm,当时成本为251元/m³,估计用于建筑材料每年可代替5000万块标准砖,建筑20万平方米的住宅。所生产的水泥刨花板主要物理力学性能接近西德和日本等国的标准(参见表1)。年原料消耗是500号硅酸盐水泥10000t、杨木和桦木刨片或加工剩余物8500m³、硫酸铝400t、水玻璃500t以及石灰300t。但因该厂缺乏木材原料、产品销路欠佳,故已在1986年被迫停产。

近年来,国内在江西建筑人造板研究所和北京林业大学等带动下,已相继建设了许多小规模的水泥木屑(刨花)板生产厂(或车间),如福建南平建筑材料厂1984年建成一水泥木屑(刨花)板车间,其它还有福建龙岩、江西宜丰、湖南华容、湖北钟祥、浙江开化和山西榆次等地均先后兴建或改建了水泥木屑(刨花)板厂或车间。这些厂的生产能力为20—40m³/d,产品密度为750—1100kg/m³,产品质量还不够稳定、成本偏高,仅限于用在建筑物的配件或简易房屋。此外,各厂所用的设备有的是由普通刨花板生产设备改装而成,也有的是自行设计的,均较落后,也不规范。为加快我国水泥刨花板生产的系统化、规范化和现代化,建筑部门曾于1987年3月在浙江开化主持审议了“水泥木屑(刨花)板国家标准”,并待批准。北京林业大学和昆明人造板机械厂还合作制造了年产1万m³的机械化水平比较高的水泥刨花板生产设备,估计1990年左右可安装在云南省曲靖市一家建筑材料工厂^[19]。

根据苏联有关资料,通常1m³水泥刨花板约消耗木材280kg,水泥770kg,化学助剂50kg。与石棉水泥板或普通树脂胶刨花板相比,可节约大量的水泥和木材,如用它作围护墙结构,可使建筑物重量减轻50%,减少钢材消耗4kg/m²,建筑成本下降7—10%。如充分利用废木材和加工剩余物等,经济效益将更加显著。

我国发展水泥刨花板,既是一个客观的需要,又具备必要的条件。首先是我国人口众多,需要大

量的建筑材料,但我国木材资源缺乏,因此水泥刨花板将会越来越多地发挥它的优势。从物质条件看,我国是一个水泥生产大国,水泥的供应自不成问题;木质刨花原料是木材的加工和采伐剩余物或低质材(如间伐材),而且刨花的需要量也远小于普通刨花板。其它如氯化钙或硅酸钠等添加剂通常均能就地供应,即使需要进口,成本也不高。此外,芬兰的经验表明,普通刨花板生产线稍加改造后,即可制造水泥刨花板。从技术条件看,我国在水泥刨花板的理论研究方面已进行了不少工作,也有一定的生产和使用经验。按照我国人造板工业2000年的发展战略目标,并根据市场要求实现产品的多品种、多规格、多用途的方针,可以预计我国今后水泥刨花板的生产将有一个较大的进展,并且产品应用市场的潜力也很大。因此,我们似应在以下几方面进行不懈的努力:1.森工、建材、物资、轻工、外贸等部门密切合作,共同研究和探讨我国进一步开发水泥刨花板生产和利用的可行性及最佳途径。2.适当引进国外先进的成套生产设备或部分关键设备,组织国内科技人员消化、吸收以推动我国水泥刨花板生产的发展。在此基础上开发我国自己的成套或配套设备的制造技术。3.发挥水泥刨花板在建筑上应用的优势,除加强对水泥刨花板应用技术的研究外,还应组织一支实力雄厚的业务推销、成品安装施工、售后维修的服务队伍,以扩大用户对水泥刨花板的认识、兴趣和信赖。4.有关部门应尽快制订和颁布一整套有关水泥刨花板生产、产品质量和应用的标准和法规,使我国的水泥刨花板生产能健康地、正常地发展。水泥刨花板的发展,对节约木材、提高木材的综合利用水平发挥重要的作用,也能为建筑部门提供更多的质量优良、经济实惠的建筑材料。

(责任编辑 袁东岩)

参考文献

- [1] USP 3164511, 1965.
- [2] USP 3271492, 1966.
- [3] Sandermann, W. et al., 1964, Studies on mineral-bonded wood materials: 5. A short test of the aptitudes of woods for cement-bonded materials, *Holzforschung*, 18 (2): 53-59.
- [4] Hofstrand, A. D., Moslemi, A. A., 1984, Curing characteristics of wood

- particles from nine northern Rocky Mountain species mixed with portland cement, *Forest Prod. J.*, 34(2): 57-61.
- [5] Hachmi, M. H., 1989, Correlation between wood-cement compatibility and wood extractives, *Forest Prod. J.*, 39 (6) : 55-58.
- [6] 刘正添等, 1989, 38种木材对水泥水化的抑制作用, *林业科学*, 25 (6) : 529-535.
- [7] Lee, A. W. C., 1986, Compressive strength of cylindrical samples as an indicator of wood-cement compatibility, *Forest Prod. J.*, 36 (11/12) : 16-23.
- [8] Snukla, K. S. et al., 1984, Suitability of lignocellulosic materials for the manufacture of cement bonded wood-wool boards, *J. of the Timber Development Association of India*, 30 (3) : 16-23.
- [9] Pablo, A. A., 1986, Test on Philippine woods for manufacture of particleboards and cement wood-wool boards, *FPRDI J.*, 15 (1-6) : 43-50.
- [10] 山岸宏一等, 1986, 水泥刨花板制造专辑, 木研普, 33 (10) .
- [11] 山岸宏一等, 1985, 水化不良树种木材制造水泥刨花板的工艺研究, *林产试验场报*, (74), 1-48.
- [12] Liu, Zhengtai, Moslemi, A. A., 1985, Influence of chemical additives on the hydration characteristics of western larch wood-cement-water mixtures, *Forest Prod. J.*, 35 (7/8) : 37-43.
- [13] _____, _____, 1986, Effect of western larch extractives on cement setting, *Forest Prod. J.*, 36 (1):53-54.
- [14] Moslemi, A. A., et al., 1987, The influence of cement/wood ratio and cement type on bending strength and dimensional stability of wood-cement composite panels, *Wood and Fiber Science*, 19 (2) : 165-175.
- [15] Lee, A. W. C. et al., 1987, Effect of cement/wood ratio and wood storage conditions on hydration temperature, hydration time and compressive strength of wood-cement mixtures, *Wood and Fiber Science*, 19 (3) : 263-268.
- [16] 林业部科技司, 获奖科学技术成果汇编, 1980-1981, 水泥刨花板的研究, 132-135.
- [17] Moslemi, A. A. et al., 1989, Part 2: University of Idaho's conference on wood-mineral boards, *Wood Based Panels International*, 9 (3) : 37-40.
- [18] Moslemi, A. A., 1990, Mineral bonded wood composites: Emerging technologies, *IUFRO, XIX World Congress*, Canada, Division 5: 299-312.
- [19] 涂平涛, 1990, 浅析水泥木屑(刨花)板生产中存在的问题及解决途径, 《建筑人造板》, (1) : 2-5.

美国进行人工阔叶树林 木材性质的研究

木材性质的变异可使木材在加工过程中产生一系列问题,尤其是速生的人工林。围绕这一主题,美国中北部林业试验站的专家们开始了树龄和环境条件对木材性质影响的研究。初期工作主要是对针叶树材强度、加工性能受营林作业影响的研究,然后是评价营林作业对阔叶树材材质影响的研究,其中一个主要内容是造林作业对阔叶树材密度的影响,木材密度是木材加工的一个主要特性标志。

研究结果表明,剪枝之类的营林作业对阔叶树材的生长及加工特性有很大影响,对植距宽松、生产无缺陷干材的人工阔叶树林来说尤为重要。在对黑胡桃木和白橡树木材密度的评估研究中发现,由髓心向外至树皮部分,两树种的木材密度具有相似的变化模式,其自然变异与人们预期的一致。研究还表明,小径级黑胡桃木进行常规窑干时缺陷很少。目前的研究集中在木材颜色和构造上,这对单板生产来说是两个重要的特征。其中树木立地条件及土壤对木材颜色和结构影响的研究也属于该部分的研究内容之一。

摘译自“美国林产品研究协会简报”4(3): TN1