

文章编号: 1001-1498(2002)06-0712-07

竹木复合材料的研究及发展

江泽慧¹, 王戈², 费本华¹, 于文吉²

(1. 中国林业科学研究院, 北京 100091; 2. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 本文综述了国内外各类竹木复合材料的研究和发展状况, 特别介绍了我国竹木复合材料的工业化情况, 阐述了我国具有的竹材和人工林速生材的资源优势以及开发竹木复合材料的有利条件, 最后指出我国竹木复合材料生产中存在的问题以及今后研究和发展的方向。

关键词: 竹木复合材料; 分类; 竹类资源; 人工林; 复合板

中图分类号: S785

文献标识码: A

竹类植物广泛分布在世界上许多国家。我国森林资源虽然贫乏, 但竹类资源相对十分丰富, 其面积和产量均居世界首位^[1]。竹木复合材料的研究和开发促进了竹类资源的优化利用和竹产品性能的提高及用途的扩大, 在一定程度上缓解了木材供应的短缺。竹材具有强度高、硬度大、韧性好、耐磨等特点, 但它也有径级小、出材率低、加工效率低等缺点。而人工速生林树种, 如杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)、杨木(*Populus* spp.)等, 具有加工容易, 生产效率高优点, 但同时也存在机械强度差, 表面硬度低, 残余应力大, 不宜做工程结构用材等缺点。因此, 竹木复合可有效地发挥竹材和木材各自的优良特性。通过科学地确定组合形式和胶合工艺, 能够获得既降低成本, 又保证产品内在和外观质量的双重效果^[2]。竹木复合材料的开发对促进人工速生林的加工利用, 扩大其使用范围也是十分有利的。正是基于上述原因, 多年来科研人员对竹木复合材料进行了大量的探索, 取得了宝贵的经验, 为进一步研究提供了借鉴。

1 竹木复合材料研究和开发

1.1 竹木复合材料的形式及分类

竹木复合材料是指竹材与木材以相同或不同的结构单元形式进行组合及胶接而成的复合板材或方材, 产品具有多种形式, 目前主要有以下几种: 竹木复合胶合板; 竹木复合刨花板及中密度纤维板(MDF); 竹木复合层积材; 竹贴面装饰板; 竹木条定向成材; 竹木复合空心板; 竹木复合竹管蜂窝板等^[3-6]。从材料分类的角度, 可以分为: (1) 结构用竹木复合材料, 主要用作工程结构件使用, 如竹木复合层积材, 竹木复合结构用胶合板, 竹木条定向成材等, 可以用来生产水泥模板, 集装箱底板; (2) 功能性竹木复合材料, 主要用于装饰和家具材料, 如竹木复合空心板, 竹木复合刨花板, 竹贴面装饰板等。从竹种资源利用的角度来看, 结构用竹木复合材料主要利用大径级的竹材作为原料, 目的是依靠竹材本身的实体强度, 发挥其出材率高的特点, 一

收稿日期: 2002-06-03

基金项目: “十五”国家科技攻关项目“竹藤资源培育及高效利用产业化关键技术研究及示范”之“竹材高效利用技术”(2001BA506B02)

作者简介: 江泽慧(1938-), 女, 江苏扬州人, 教授, 博士生导师。

般采用竹条和木质单板或木条进行复合。而功能性竹木复合材料主要利用小径级竹材,有效地利用资源,提高附加值,一般采用竹刨花(或纤维)与木材或木刨花复合的形式。

1.2 国外竹木复合材料研究状况

在国外,竹材加工及竹木复合材料的研究主要集中于亚洲一些国家,但总的来说对竹木复合材料的研究还比较少。印度和泰国是世界上生产商品竹较多的国家,其竹子主要是用来造纸,另一个用途是将竹子与混凝土复合制成竹筋混凝土构件用于建筑,但更深入的研究并没有进行^[7,8]。

印度尼西亚国家科学院(LIPI)的有关人员对竹木复合胶合板和刨花板进行过初步的探索^[9],认为其制造工艺是可行的,板子的性能可以达到和超过木材同种人造板的要求。另外,印尼与日本的研究人员合作,对柳木(*Salix* spp.)与竹条复合制造高强材料进行过研究^[10],结果表明:竹材除去竹青和竹黄,将其与柳木条复合,使用酚醛树脂胶或异氰酸酯胶,可以制造具有很高力学强度的板材。

日本是比较喜爱竹子的国家,它的研究人员对以竹子和木材为主要原料制造胶合板和刨花板进行过许多研究。川井等人对高性能竹木复合板进行了深入细致的探讨^[11,12],复合板表层采用竹材,芯层为木刨花,通过对板材的配坯形式、干状和湿状强度的研究表明,该材料与同比重的木材板材相比具有更高的静曲强度和较好的尺寸稳定性。Matsuda 等人还利用竹材与速生树种的木材混合来制造 MDF,探讨竹木混合比与 MDF 性能之间的关系,认为采用恰当的竹木纤维混合比制造出的 MDF 的性能优于纯木材 MDF^[13]。日本京都大学木质科学研究所的科研人员对竹木纤维复合材料的性能以及加工设备进行了研究^[14]。研究采用异氰酸酯胶粘剂,探讨竹纤维和木纤维的不同混合比对复合材料板材的物理力学性能的影响。结果表明:随着竹纤维比例的提高,板材的静曲强度、弹性模量和线性膨胀率都有所改善。他们还研制了竹纤维和木纤维的干燥、施胶和板坯铺装的实验室设备。另外,该所研究人员还利用有限元法对 3 层竹木复合板的应力状态进行分析,结果发现:板材的应力及其分布与竹木纤维的表、芯层分布比率有密切的关系。日本 Shimane 大学研究人员对利用竹子和黄麻增强木材胶合板的机械性能进行了研究^[15]。研究系用毛竹(*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Lebaie)条和黄麻布夹在黄婆罗(*Phellodendron amurense* Rupr.)胶合板的上下层之间,并按不同角度配置组坯胶合。结果显示:竹条长度方向与胶合板单板的纹理成 45°胶合时,其各项力学性能都有很大提高,尤其是剪切强度提高最为显著,认为这种方法可以扩大到其它竹木复合材料中。

美国 Clemson 大学的 Andy W. C. Lee 等人对竹材增强南方松(*Pinus* spp.)定向刨花板(OSB)的力学性能进行了深入的研究^[16]。研究结果表明:利用毛竹片增强 OSB 柱材表面,使其静曲强度和弹性模量均得到提高。研究还给出了预测材料静曲强度和弹性模量的计算公式。他们还应用有限元法对毛竹增强南方松 OSB 柱材的性能进行了分析。

1.3 我国竹木复合材料研究状况

无论竹木复合材料研究的内容和范围,还是深度,我国一直都处于世界的领先地位。从以往的研究来看,以南京林业大学张齐生院士为代表的科研人员在竹材胶合板研究的基础上成功地研制开发了竹木复合集装箱底板^[17,18]。该研究是以毛竹和速生材马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)为原料,应用正交异性复合层板的弯曲理论,对竹木复合集装箱底板的结构和性能进行了理论设计和试验验证,系统地研究了压缩率和成型工艺对竹木复合集装箱底板性能的

影响,并与传统热带阔叶树材地板的性能进行了对比分析。研究结果证明:采用合理的结构和工艺制造的竹木复合板,其综合性能不低于阿必东胶合板地板。另外,湖南的鲍逸培等人也曾撰文对竹木复合集装箱底板的生产工艺及设备、产品质量、原材料消耗、成本及其经济效益进行了详细介绍,并同时指出目前竹木复合集装箱底板生产中存在热压时易产生鼓泡等问题^[19]。南京林业大学竹材工程研究中心对竹木复合层积材横纹静摩擦系数进行过研究^[20],通过测定竹木复合层积材与钢材及橡胶间的横纹静摩擦系数,并与红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)相对应的横纹摩擦系数对比,得出竹木复合层积材的横纹摩擦系数大于红松的结论,认为可以将其作为火车平车底板使用。上述研究成果为竹木复合材料用于工程建筑领域开辟了一个新途径。南京林业大学还研制了一种竹木复合空心板。该板是采用木椽条作框,上下覆以细竹刨花,中间采用粗竹刨花形成空心结构制成的板材,厚度一般为40 mm,具有轻质、隔音、隔热等特点,可广泛用作门板和隔墙板^[5]。

原天津胶合板厂与中国包装科研测试中心的有关人员合作对竹木复合胶合板进行过试制,认为采用现有胶合板的工艺和设备,可以生产出竹木复合胶合板,产品强度能够达到日本JAS构造用胶合板的要求^[21]。浙江林学院的科研人员进行过速生杉木板与竹黄篾片生产复合板的试验,探索了热压三要素对复合板力学性能的影响^[22]。

南京林业大学的科研人员研究了竹木胶合板以及竹材与杨木复合定向刨花板的强度性能,就胶种、刨花厚度、竹材所占的比例、板密度、板坯结构和施胶量等因子对板材强度的性能的影响进行了探讨^[23,24]。该校研究人员还曾用竹席和竹帘对杨木定向刨花板(OSB)基材进行覆面处理,并分析了覆面材料、组坯方式和施胶方法对覆面定向刨花板性能的影响^[25]。

西南林学院的研究人员对竹木复合中密度纤维板的生产工艺条件进行了研究^[26]。他们得出了以下结论:竹木复合中密度纤维板的静曲强度、弹性模量和吸水厚度膨胀率随着竹木混合比的增大而增大,而内结合强度在一定范围内随竹木纤维混合比的加大而降低,混合比为1:1时,内结合强度最低。福建林学院的科研人员在实验室利用马尾松单板条与毛竹竹黄篾片复合研制了平行定向成材^[27]。该研究采用二次回归正交设计数学模型,系统研究热压三要素和浸渍量对碎单板-竹片平行定向成材的物理力学性能的非线性影响。福建省一些企业对木质单板贴面竹编竹材层积材的生产工艺进行试验,并进行了经济效益的分析,认为此产品制造工艺可行,能创造较好的经济效益^[28]。

1.4 我国竹木复合材料的产业化情况

从20世纪50年代末到60年代初,我国就开始研究竹材的加工利用,特别是20世纪80年代以后,研究开发的多种竹材产品大批量投入工业化生产^[3]。据不完全统计,我国各种竹类人造板加工企业已近千家,产品达数十种,年产各种竹材人造板约28万m³。产品大部分用于载重汽车和客车车厢底板,集装箱底板和建筑水泥模板等^[5]。但主要从事竹木复合材料的生产厂以及产品的使用数量还比较少,只是近些年才发展起来。

我国开发最成功的竹木复合材料是以毛竹和马尾松为主要原料的竹木复合集装箱底板。南京林业大学竹材工程中心研制的竹木复合集装箱底板经上海太平国际货柜有限公司试验,其模拟装载试验、加速老化试验、疲劳破坏试验和滚压破坏性试验的各项性能指标均达到要求,并得到法国船级社的认可,已在美国Ganstar和台湾长荣等大型租箱公司投入使用^[18,19]。毛竹和马尾松复合的层积材也有小批量生产,主要用于铁路平车的车厢底板和一些包装箱板,

其性能完全满足使用要求^[20,21]。

另外,竹木复合材料用于制造地板已在国内许多工厂得以实现,一般采用表层为竹条或竹单板,芯层为木条或MDF的组合方式,针对竹材的加工形式,产品主要有径切复合地板,弦切复合地板,素色复合地板和炭化复合地板等^[29,30]。目前我国竹木复合地板的生产规模较小,在地板市场中占有的份额很少。

2 我国发展竹木复合材料的有利条件

2.1 我国的竹类资源

中国是世界上竹类资源最丰富的国家,约有 40 属 500 种,竹林种类、种植面积和蓄积量都居世界首位。全国共有竹林面积 420 万 hm^2 以上,其中毛竹占近 70%。近 20 a 来全国的竹林面积每年以 5 万 hm^2 的速度递增,竹林培育、竹材材性与竹材加工利用的科学研究有了突破性的进展,我国竹类资源中利用价值最高的毛竹产量约占世界的 90%,每年砍伐约 3 亿多株,相当于 600 多万 m^3 木材。为竹材的加工利用提供了资源条件^[1,31-34]。

2.2 我国短周期工业用材的资源与利用优势

据全国森林资源清查结果表明^[35],我国现有人工林面积已达 3 183.1 万 hm^2 ,占世界人工林的 46.5%,其中速生丰产林已发展到 330 万 hm^2 。目前我国人工林主要树种有杨树、桉树(*Eucalyptus* spp.)、杉木、马尾松、落叶松(*Larix olgensis* Henry)等。各种人工林树种主要被用于造纸和人造板生产^[36,37]。

以杨木和杉木为例,据不完全统计,我国杨树营造面积约为 666 万 hm^2 ,超过全世界其它各国杨树人工林面积 140 万 hm^2 的总和^[35]。速生杨树已成为我国短周期工业用材林的主要树种之一。但在杨树的利用方面也存在一些问题^[38,39]。杨木的材质性能较差,强度低,在工程材料方面的应用受到一定的限制;材性对加工利用产生的影响还需进一步研究;杨木人造板或复合材料的制造工艺还有待进一步改进。杉木是我国另一个短周期工业用材树种,目前已成为国内人工林保存率,成活率和成材比率最高的造林树种。杉木木材蓄积量丰富,木材产量约占全国商品材的 20%^[40-42]。对于杉木的小径材和间伐材,其材质较软,结构疏松,强度低,不耐磨,尺寸不稳定等,它的应用受到局限^[43-45]。合理利用其小径材和间伐材,提高它的使用价值,是我国木材工业面临的重大课题。因此,我国丰富的速生人工林为竹木复合材料提供了广阔的资源空间和发展机遇。

2.3 研究基础条件和各方的重视与支持

通过几十年的努力,我国对竹木复合材料的研究已取得丰硕的成果,获得了大量的宝贵经验,拥有一大批从事该专业领域的科研人员,竹材和竹木复合材料的加工设备以及研究仪器也在不断丰富和完善,这些为竹木复合材料的研究与开发创造了条件。国家对此领域也相当重视,竹木复合材料的研究内容已列入国家“十五”攻关项目。

总部设在中国,拥有 23 个成员国的国际竹藤组织(INBAR)为在世界范围内促进竹林的增长和包括竹木复合材料在内的竹产业的研究和发展做出了巨大的贡献。积极参与和配合国际竹藤组织的发展计划和项目,对加快我国竹木复合材料的发展也是十分有利。

3 竹木复合材料需要解决的问题及发展方向

3.1 提高竹木复合材料的加工利用率

我国各种竹类人造板,包括竹木复合板的生产过程中竹材利用率较低,附加值低。据统计,竹席、竹帘胶合板的竹利用率为45%~50%,竹材胶合板为35%~40%,竹材层积板为50%,竹地板的竹材直接利用率仅为20%~25%。竹材的利用率低,一方面是竹秆本身的结构原因,另一方面是产品结构的不合理和加工工艺不当造成的^[47]。因此,如何更有效地发挥竹子的特点,提高竹材的利用率是一个重要问题。竹木复合材料应在提高竹材及木材的利用率上发挥作用,充分利用竹材的碎小料,将其加长接宽,加工制成具有较大幅面或较大厚度的高质量高附加值的复合制品。

3.2 高强轻质复合材料的研究与开发

由于竹子本身的材性特点,其密度较高,如毛竹的密度接近 0.8 g cm^{-3} ,并且随竹龄的增大而增大^[48,49]。而杉木、杨木等人工速生材种材质偏软,密度低,质量轻。因此,研究竹木复合材料,就是要充分利用竹材强度高,耐磨性好,韧性大的特点,结合木材较轻,强重比大,加工容易,效率高的特性,使产品既能满足其强度的要求,又具有较轻的质量,成为高强轻质的材料。

3.3 加强竹木复合材料的复合性能研究

竹材与木材的材质不同,它们的复合界面状况,不同竹龄的密度差别,将影响竹木复合材料的性能,需要深入细致的研究。一般竹木复合材料除制造家具外,主要用作工程材料、建筑材料及运输包装材料等,因此,除研究其基本强度指标与材料制造工艺的关系外,系统地研究复合材料的尺寸稳定性、耐久性、防虫防霉性、蠕变性、抗冲击性及振动性等与材质、胶粘剂及加工工艺的相互关系是非常必要的,可以为扩大产品用途和产业化推广提供基础的数据支持。

3.4 提高加工配套设备的能力

我国竹材加工过程自动化程度不高,并且精度较低,影响产品的质量^[50-53]。因此,如何研制配套设备,满足所开发产品的工艺要求,是非常重要的。这方面通常也是我国比较薄弱的环节。同时,在进行竹材产品的工艺研究和开发时,要充分考虑到工业生产的可行性,可操作性,并尽可能利用现有的木材和竹材加工设备,使研究成果能够尽快转化为实际产品。

3.5 注重发挥当地特色资源优势

我国竹材品种多,产量大,生长快,资源得天独厚,但与木材相比竹材的绝对拥有量还是很小的。每年的竹产量仅为我国每年木材消费量的6%~10%^[54],随着竹材工业化的发展,竹材的供需矛盾日益明显,价格也大幅提高,因而直接影响以单一竹材为原料的工业产品的竞争力。因此,发展竹加工业不能光靠增加数量,还需要开发新产品,扩大产品用途,增加附加值^[55]。我国许多地区竹子和杉木等树种混交林还有利于木材的生长^[56],为两种材质的复合开发提供了资源条件,因此,应充分利用当地这一特色资源优势,根据竹子和木材的种类和特性,开发相应的产品,为本地区竹木加工业开辟新的途径,促进当地经济的发展。

参考文献:

- [1] 雷加富. 中国竹资源和竹产业的可持续发展战略[A]. 见:竺肇华. 中国热带地区竹藤发展[M]. 北京:中国林业出版社, 2001, 3: 11
- [2] 张齐生,孙丰文. 竹木复合结构是科学合理利用竹材资源的有效途径[J]. 林产工业, 1995, 22(6): 4-6
- [3] 华毓坤. 中国竹质复合材料的发展[J]. 人造板通讯, 2001, (10): 3-5
- [4] 向士龙,蒋远舟. 非木材植物人造板[M]. 北京:中国林业出版社, 2001
- [5] 张齐生. 中国竹材工业化利用[M]. 北京:中国林业出版社, 1995
- [6] 冼杏娟,冼定国,叶颖薇. 竹纤维增强树脂复合材料及其微观形貌[M]. 北京:科学出版社, 1995
- [7] 辉朝茂,杜凡,杨宇明. 竹类培育与利用[M]. 北京:中国林业出版社, 1996
- [8] Szoolag S, Rangaraju T S. An improved and economical process for manufacture of bamboo mat board[A]. Proceedings of 4th International Bamboo Workshop[C]. Chiangmia, Thailand, 1991
- [9] Subyacto, Bambang Subiyanto, Sandra A Azis. Cultivation and utilization of bamboo in Indonesia[J]. Journal of Bamboo Research, 1997, 16(2): 1-7
- [10] Bambang Subiyanto, Atsushi Miyatake, Hayashi Tomoyuki. Production technology of superior strength timber (SST) from bamboo[A]. The 3th Pacific Rim Bio-Based Composite Symposium[C]. Kyoto, Japan, 1996
- [11] 泽田丰,川井秀一,佐佐木光. 以竹子为原料开发木质人造板(2)[J]. 见:日本林学会研发要, 1989, 39: 195-202
- [12] 川井秀一. 竹材层积高性能复合材料的开发研究[R]. 京都大学. 京都大学科学研究成果报告书(一般研究C). 1996
- [13] Matsuda T. Manufacture of medium density fiberboard from Malaysian fast growing tree species and bamboo[R]. Bulletin of FFPRI, Ibaraki, 1995. 369-373
- [14] Zhang Min, Kawai Shuichi, Sasaki Hikaru. Manufacture and properties of composite fiberboard 2——Fabrication of board manufacturing apparatus and properties of bamboo/wood composite fiberboard[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1995, 41(10): 903-910
- [15] Xu Heng, Chiaki Tanaka, Tetsuya Nakao. Mechanical properties of plywood reinforced by bamboo and jute[J]. Forest Products Journal, 1998, 48(1): 81-85
- [16] Lee A W C, Bai X S, Bangi A P. Flexural properties of bamboo-reinforced southern pine OSB beam[J]. Forest Products Journal, 1997, 47(6): 74-78
- [17] 张齐生,孙丰文. 竹木复合集装箱底板的研究[J]. 林业科学, 1997, 33(6): 546-553
- [18] 张齐生,孙丰文,李燕文. 竹木复合集装箱底板使用性能的研究[J]. 南京林业大学学报, 1997, 21(1): 27-32
- [19] 鲍逸培. 竹木复合集装箱底板开发与研究[J]. 建筑人造板, 1997, (3): 13-16
- [20] 许斌,蒋身学. 竹木复合层积材横纹静摩擦系数的研究[J]. 林业科技开发, 2000, 14(6): 22-23
- [21] 何翠花. 竹木胶合板的试制报告[J]. 木材工业, 1991, 5(4): 50-51
- [22] 钱俊,叶良明,金永明. 速生杉木与竹黄篾复合板的研究[J]. 建筑人造板, 1999, (2): 35-37
- [23] 王思群,华毓坤,董士琴. 竹木复合定向刨花板强度性能的研究[J]. 木材工业, 1991, 5(3): 6-10
- [24] 王思群,华毓坤. 改善竹木胶合的研究[J]. 林产工业, 1992, 19(6): 6-9
- [25] 殷苏州,李北冈,胡德彪. 竹材覆面定向刨花板性能的研究[J]. 木材工业, 1997, 11(4): 8-11
- [26] 吴章康,张宏健,黄素永,等. 竹木复合中密度纤维板工艺条件的研究[J]. 木材工业, 2000, 14(3): 7-10
- [27] 范毛仔,许若璇,杨爱和. 碎单板竹片平行胶合材的研究[J]. 木材工业, 1995, 9(1): 10-13
- [28] 郑忠福. 单板贴面竹编竹材层积材的生产工艺研究[J]. 建筑人造板, 1995, (1): 13-15
- [29] 刘海文,张凤华,杨书芳. 竹木复合地板的开发与前景[J]. 人造板通讯, 2001, (6): 17-18
- [30] 赵仁杰,杜春贵. 长条竹木复合地板[J]. 林业科技开发, 1999, (6): 10-11
- [31] 李世东,许传德. 中国竹业发展历程与21世纪发展战略[J]. 竹子研究汇刊, 1998, 19(1): 1-5
- [32] 周芳纯. 20世纪竹业回顾和21世纪的展望[J]. 林业科技开发, 1999, (1): 7-9
- [33] 陈双林,袁亚平,朱文胜. 竹林定向培育与综合利用技术开发——国家星火计划项目实施总结[J]. 竹子研究汇刊, 2001, 20(1): 10-13
- [34] 唐永裕. 中国竹材加工利用的现状与发展[A]. 见:竺肇华. 中国热带地区竹藤发展[M]. 北京:中国林业出版社, 2001.

- [35] 王世绩. 杨树研究进展[M]. 北京:中国林业出版社,1995
- [36] 鲍甫成,江泽慧. 国家八五科技攻关项目短周期工业材材性的研究[J]. 世界林业研究,1994.7,(专集):1-340
- [37] 王培元,施建平. 国家八五科技攻关项目短周期工业材制造刨花板适应性研究[J]. 世界林业研究,1996.9(专集):1-104
- [38] 赵立. 中国杨树木材加工利用科学技术的进展[A]. 中国林业科学研究院. 第六届全国杨树会议资料汇编[C]. 北京,1999
- [39] 刘盛全,鲍甫成. 我国杨树人工林材性与加工利用研究现状及发展趋势[J]. 木材工业,1999,13(3):14-16
- [40] 余新妥. 中国杉木九十年代的研究进展 2——杉木造林和经营综述[J]. 福建林学院学报,2000,20(2):12-16
- [41] 彭镇华. 中国杉树[M]. 北京:中国林业出版社,1999
- [42] 吴中伦. 杉木[M]. 北京:中国林业出版社,1984
- [43] 宋孝金. 杉木间伐材的材性和工业化利用[J]. 木材工业,2000,14(2):27-29
- [44] 李坚,刘一星,崔永志,等. 人工林杉木幼龄材与成熟材的界定及材质早期预测[J]. 东北林业大学学报,1999,27(4):24-28
- [45] 陈瑞英,吴初纯. 福建杉木间伐材的物理力学性质[J]. 东北林业大学学报,2000,28(4):41-43
- [46] 张齐生,孙丰文. 我国竹材工业的发展展望[A]. 见:中国林学会木材工业委员会. 面向二十一世纪中国木材工业发展问题研讨会论文集[C]. 福建,1995
- [47] 赵仁杰,喻云水. 我国竹材加工利用的现状与发展建议[A]. 见:中国林学会木材工业委员会. 面向二十一世纪我国人造板工业发展问题研讨会论文集[C]. 1995,北京
- [48] Chapman G P. The Bamboo [M]. Academic Press, Inc. California, U. S. A., 1997
- [49] 马灵飞,马乃训. 毛竹材材性变异的研究[J]. 林业科学,1997,33(4):356-364
- [50] 张宏健. 世界竹材工业利用的现状和思考[J]. 世界林业研究,1994,(6):24-29
- [51] 钟懋功. 我国竹产业的发展回顾与几点建议[J]. 竹子研究汇刊,2000,19(3):26-29
- [52] Ganapathy P M, Zhu Huanming, Zoologad S S. Bamboo panel board: A state of the art review[A]. In: International Network for bamboo and Rattan. Report of INBAR[C], New Deli, 1996
- [53] 鲍逸培. 我国竹材人造板与配套设备现状及其发展建议[J]. 木材加工机械,2002,(1):31-33
- [54] 张齐生. 中国的竹材人造板工业[A]. 见:竺肇华. 中国热带地区竹藤发展[M]. 北京:中国林业出版社,2001,74-81
- [55] 郑睿贤. 毛竹工业利用分析[J]. 竹子研究汇刊,1998,17(3):1-9
- [56] 陈礼光,连进能,洪伟,等. 杉木毛竹混交林造林效果评价[J]. 福建林学院学报,2000,20(4):309-312

The Research and Development on Bamboo/ Wood Composite Materials

JIANG Ze-hui¹, WANG Ge², FEI Ber-hua¹, YU Wei-ji²

(1. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstracts: The research and development of various bamboo/wood composite materials in China and some other countries are reviewed, and especially the industrialization situation of bamboo/wood composite materials in China is introduced. It also expatiates Chinese resource superiority of bamboo and plantation, and expounds advantages of developing bamboo/wood composite materials. The trends and problems of research and production on bamboo/wood composite materials are pointed out.

Key words: bamboo/wood composite materials; classification; bamboo resource; plantation; composite board