



# 农作物秸秆人造板研究

**RESEARCHES ON STRAW-BASED PANEL**

周定国 张洋 徐咏兰 等 主编

# 机理与工艺

**MECHANISM AND  
MANUFACTURE  
TECHNOLOGY**



# 农作物秸秆人造板研究 机理与工艺

周定国 张 洋 徐咏兰 周晓燕  
梅长彤 徐信武 王 欣 主编

华毓坤 主审



**图书在版编目 (CIP) 数据**

农作物秸秆人造板研究：机理与工艺/周定国等主编. —北京：中国林业出版社，2008. 10  
ISBN 978-7-5038-5333-3

I. 农… II. 周… III. 秸秆-木质板-基本知识 IV. TS653

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第152641号

责任编辑：纪 亮 许 琳

装帧设计：曹 来

---

出 版 中国林业出版社

(100009 北京西城区德内大街刘海胡同7号)

网 址：www.cfph.com.cn

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话：(010) 66184477

发 行：新华书店

印 刷：北京燕化印刷工贸有限公司

版 次：2008年10月第1版

印 次：2008年10月第1次

开 本：889mm × 1194mm 1/16

印 张：27.5

字 数：920千字

印 数：1~2500册

---

定 价：68.00元

# 前 言

我国是世界上最大的人造板生产国和消费国，据2007年的资料统计，全国人造板总产量达8838.58万 $m^3$ ，其中胶合板3561.56万 $m^3$ ，纤维板2729.84万 $m^3$ ，刨花板829.07万 $m^3$ ，其他人造板1718.09万 $m^3$ 。由于我国森林资源短缺，木材供应紧张，一些人造板厂面临减产、停产或转产的威胁。

我国是农业大国，年产农作物秸秆7亿吨，其中4亿吨为稻麦秸秆。由于传统的利用方式不断弱化，已经使秸秆的利用进入了一个新的时代。如何科学合理地解决秸秆的利用问题，是摆在我们面前的一项重要任务。每到收获季节，农民常常在田间焚烧秸秆，污染环境、影响交通，造成了社会公害，迫切需要得到迅速解决。

为了节省森林资源，缓解木材原料供不应求的矛盾，同时也为了推动农民增收，促进农村和谐社会的建设。基于利用农作物秸秆制造人造板在技术上的成熟性，故而在二十世纪九十年代，我国开始了秸秆人造板的工业化生产的研究试验，取得了秸秆人造板生产的自主知识产权，形成了具有我国特色的秸秆人造板产业。

近十年来，在农作物秸秆人造板研发方面，取得了突出的成绩，该课题先后被列入国家“863”计划项目、国家林业局“948”计划项目、国家林业公益项目、江苏省重大成果转化基金项目，鉴定了多项科技成果，申报或授权了40多项专利，发表了100多篇学术论文，起草了3项国家标准，召开了3次国际研讨会，培养了20多位研究生。江苏省科技厅批准组建了全国第一家省级专门从事农作物秸秆人造板研究的工程技术研究中心，在全国建成或在建一批秸秆人造板生产线，总产能达到40余万 $m^3$ 。我国目前已成为世界上生产和消费秸秆人造板的大国。

为了加强秸秆人造板产业的科技支撑力度，在秸秆人造板科研学术团队取得重大科研成果，并发表了大量论文的基础上，我们遴选了近百篇论文，分综述、机理和工艺三个方面编成了本书，对农作物秸秆人造板的理论和实践进行了阶段性总结，以促进我国农作物秸秆人造板的生产、销售和应用踏上一个新的台阶。

收入本书的论文成果均系在国内外专业期刊上发表的文章，部分被SCI和EI期刊收录。令人可喜的是，不少论文出自于年青的教师和研究生之手，反映了我国农作物秸秆人造板研究队伍兴旺发达，后继有人。

本书由周定国、张洋、徐咏兰、周晓燕、梅长彤、徐信武和王欣等主编，华毓坤教授主审。其中王欣同志承担了本书的文字整理工作，为本书尽早与读者见面付出了辛勤的劳动。本书可以供从事秸秆人造板教学、科研、生产、销售和管理的技术人员和管理人员阅读，也可以供从事木材科学与技术学科学术深造的本科生和研究生参考。

农作物秸秆人造板的课题研究和本书的出版得到了全国木材节约发展中心的悉心指导和大力支持。

由于水平有限，本书肯定存在着诸多不妥之处，诚请读者批评指正。



2008年10月20日

# 目 录

## 前 言

## 综 述

面向21世纪的农作物秸秆材料工业.....	2
我国农作物秸秆材料产业的形成与发展.....	6
农作物秸秆人造板开发现状、难点、风险和建议.....	10
农作物秸秆碎料板生产的关键技术.....	14
关于稻秸秆人造板的几个问题.....	18
Agri-Based Composites in China: Opportunities and Challenges.....	23
秸秆人造板的产业化问题.....	31
The Review and Prospect of Straw -based Wallboard in China.....	37
挤压法生产刨花板的现状和发展前景.....	43
我国紫茎泽兰的危害及其利用研究现状.....	47

## 机 理

稻草原料表面特性FTIR和XPS分析.....	52
蓖麻秆化学组成及纤维形态研究.....	56
海蓬子秸秆材性的研究.....	60
麦秸秆成分剖析及其胶合性能的研究.....	66
新陈稻草性能的差异研究.....	70
用电子自旋共振波谱仪研究麦秸中的自由基.....	74
Study on Surface Wettability of Wheat Straw.....	79
稻草原料酸碱性及稻草中密度纤维板的性能.....	83
麦秸表面的润湿性研究.....	86
微波处理对稻草表面特性的影响.....	89

机械粉碎处理对稻麦秸秆界面特征的影响	94
水热处理对麦秸化学构成的影响	101
热磨处理对秸秆原料酸碱性和表面自由基的影响	105
酶处理对麦秸表面胶合性能的影响	108
酶制剂对麦秸的特性影响	113
生物酶处理对麦秸及其制板的影响研究	118
生物预处理对麦秸纤维板性能的影响机理	123
生物酶预处理对秸秆中密度纤维板性能的影响	129
麦秸的酶处理研究	134
漆酶/碳源系统预处理对稻草碎料板性能的影响	138
不同预处理方法对稻秸纤维表面化学特性 及稻秸纤维板性能的影响	144
不同预处理方法对稻秸纤维表面性质的影响	148
Effects of thermomechanical refining conditions on the morphology and thermal properties of wheat straw fibre	152
麦秸与胶粘剂之间的热反应研究	160
麦秸人造板胶合机理的研究	164
用DSC法研究麦秸人造板用胶的热反应特征	168
麦秸与塑料复合间的热反应分析	172
麦秸/塑料复合材料的热反应特征及复合工艺	177
异氰酸酯在麦秸刨花板制造中的作用研究	181
挤压法生产稻草空芯刨花板的原理探析	184

## 工 艺

高中密度稻秸人造板制造技术与产业化 ——技术基础研究	188
Wheat straw particleboard bonding improvements by enzyme pretreatment	194
Study on homogeneous particleboard of wheat straw	200
麦秸刨花板的生产工艺研究	206
麦秸刨花板的吸水厚度变化模型	209
改性UF麦秸均质刨花板的工艺研究	213
麦秸刨花板热压工艺对成品基本特性影响的研究	219
聚氨酯—麦秸复合材料的研究	222

麦秸/聚氨酯复合人造板的工艺	
对其吸声系数的影响研究	225
麦秸刨花板的耐水性能研究	229
麦秸刨花板热压工艺对成品基本特性影响的研究	233
MDI—UF复合胶黏剂生产稻草碎料板的研究	236
改性异氰酸酯稻草刨花板的吸湿特性	242
改性异氰酸酯胶黏剂稻草刨花板的研究	248
稻草刨花板基材表面润湿性能的研究	254
双氧水和固化剂对稻草碎料板性能影响的比较	257
麦秸刨花形态对麦秸板成品基本性能的影响研究	261
在异氰酸酯麦秸刨花板制造中粘板问题的研究	263
木纤维与麦秸刨花制造纤维刨花板的工艺研究	265
原料混合比对木草复合板性能的影响	271
稻草—木纤维复合材料制造工艺研究	275
稻草碎料—木纤维比对复合板性能的影响	282
麦秸/硬石膏板复合墙体的研究	286
轻质麦秸板吸声性能的测定	290
农业剩余物纤维复合板作为屋顶覆盖材料的	
可行性研究	292
秸秆瓦热挤压设备自动控制系统的的设计	295
利用单螺杆挤出机制造复合秸秆瓦的研究	299
屋面覆盖秸秆空芯瓦安装结构的设计	302
分层剪切理论用于分析杨木	
—秸秆层合梁弯曲问题的研究	305
轻质麦秸复合墙体传热特性模拟评价	309
Thermal Transfer Properties of Low Density	
Wheat Straw board	318
杨木/棉秆复合无胶纤维板制备工艺初探	323
脲醛树脂胶稻草中密度纤维板的性能	326
稻秸/木材中密度纤维板的复合工艺及其性能	330
稻草中密度纤维板用改性脲醛树脂的研究	334
草木复合中密度纤维板的制造与产业化	339
A Laboratory Trial of Manufacturing Kenaf	
Core Particleboard	343



洋麻秆刨花板的实验室研究(I)	
——板坯结构对板性的影响	349
洋麻秆刨花板的实验室研究(II)	
——胶黏剂体系和原料配比对板性的影响	354
轻质豆秸刨花板工艺的研究	358
豆秸刨花板工艺的研究	362
豆秸作为刨花板生产原料的可行性分析	366
防霉稻草碎料板的初步研究	370
麦秸/塑料复合材料的初步研究	374
水泥麦秸板的工艺研究	377
稻草包装垫块的试制	380
稻木粉屑燃料棒制造工艺及产品性能的研究	384
秸秆板砂光粉制作花盆的工艺技术研究	389
水泥对稻草碎料板性能影响的分析研究	393
秸秆人造板切碎机性能的试验研究	396
利用普通刨花板设备生产稻草碎料板的尝试	398
人造板挥发性有机物(VOCs)的研究	401
预处理方法对稻草中纤维性能的影响	405
温度对稻草部分理化性能的影响	410
热磨条件对麦秸中密度纤维板性能的影响	415
杨木和稻草微米纤维素表面官能团研究	419

## 附 录

国家标准 (GB/T 21723—2008 )

麦(稻)秸秆刨花板	423
-----------	-----

# 综 述



# 面向21世纪的农作物秸秆材料工业

周定国 梅长彤

**摘要：**围绕贯彻天然林保护政策和木材资源短缺的实际，提出了用农作物秸秆替代木材原料发展材料工业的构想。从农作物秸秆贮量、特性和加工方法等方面探讨了开发农作物秸秆材料工业的可能性，介绍了几种农作物秸秆材料产品，如秸秆板材料、秸秆建筑材料、秸秆包装材料、秸秆模压材料等，讨论了21世纪中国农作物秸秆材料工业的发展前景。

**关键词：**农作物秸秆；人造板；建筑材料

## Development of Agricultural Straw Material Industry in the 21st Century

Zhou Dingguo Mei Changtong

**Abstract :** Environment and Development are the two main subjects in the 21st Century. In view of practical situation of wood shortage and the China Forest Protection Policy, an idea of developing agricultural straw material industry, using rice and wheat straw to substitute for wood, has been advanced in this paper. The possibility of developing agricultural straw material industry has been discussed, in terms of straw storage, straw properties and process technology. Some straw products, such as straw board material, straw construction material, straw packing material and straw mould material, have been introduced, and also, the prospect of developing agricultural straw material industry in the 21st Century has been discussed.

**Key words :** Agricultural straw; Wood based panel; Construction material

环境和发展是21世纪全球范围内的两大主题，为了保护生态环境、造福子孙后代，国家启动了天然林保护工程，许多地区实行了禁伐。但是，国民经济建设和人民群众生活对木材的需求量却不断上升。解决这一矛盾途径有三条：大力发展人工速生林；适度增加木材进口；寻找木材替代原料。不少科技人员认为，第三条途径对缓解我国木材供不应求的矛盾更具现实意义。大量的试验表明，农作物秸秆（主要指麦秸和稻草）是理想的木材原料替代品<sup>[1]</sup>。

农作物秸秆是1年生植物茎秆，在我国广大产粮区均有丰富的贮量。过去，秸秆主要供农民盖房、饲养家畜、作燃料以及用于造纸，随着社会发展和科技进步，这些用途已纷纷弱化，农作物秸秆的出路已严峻地摆在广大农民的面前。

目前，提出了几种处理办法，如秸秆还田，用秸秆发生燃气等，但这些方式所消耗的秸秆量有限，尚不能有效解决秸秆的工业化利用问题。在收获季节，有些农民常常就地焚烧秸秆，污染环境，影响交通，造成社会公害。探索一种既可以大量消耗农作物秸秆又可以获得良好经济效益和社会效益的应用模式，已成为一个热门课题。

笔者在广泛收集国内外有关秸秆利用资料的基础上，经过分析对比和试验研究认为，以农作物秸秆为原料，通过特殊加工工艺，发展各种新材料（如家具材料、建筑材料、包装材料等），形成一个新型的农作物秸秆材料工业，对于合理解决我国农作物秸秆的利用问题，具有重要的现实意义。

## 1 农作物秸秆材料工业的发展可能性

### 1.1 秸秆贮量

全国大部分省份均种植小麦和水稻,麦秸和稻草属1年生农作物的副产物,全国贮量极为丰富。据统计,1998年,水稻种植面积为3130万 $\text{hm}^2$ ,总产量2.0亿t,产量6400 $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。全国小麦种植面积约为2970万 $\text{hm}^2$ ,总产量1.1亿t,产量3700 $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,按吨粮吨草推算,全年产秸秆总量3.1亿t,考虑到收集难度和其他用途,以0.1系数计算,则每年可供秸秆原料量为3100万t,如果按每个厂消耗10万t秸秆计,在全国可建310个工厂,生产的板材相当于11500万 $\text{m}^3$ 木材人造板。只要不遭受严重的自然灾害,秸秆的供应基本是可以保证的,这为发展农作物秸秆材料工业奠定了稳定的基础。

### 1.2 秸秆特性

麦秸纤维平均长度为1.32mm,宽度为12.9 $\mu\text{m}$ ,稻草纤维平均长度为0.92mm,宽度为8.1 $\mu\text{m}$ ,与山杨纤维形态相似。麦秸纤维含量为62.1%,稻草纤维含量为46%,均低于木材的纤维含量,麦秸的灰分为6.04%,稻草的灰分为15.5%,比木材高得多。此外,麦秸和稻草的溶液抽提物含量也比木材高。从总体上讲,农作物秸秆具备用作材料工业原料的一些基本特性,其存在的一些不足之处,可以通过工艺手段加以弥补<sup>[2]</sup>。

### 1.3 加工方法

根据农作物秸秆的特点,一般可用三种方式加工:①破碎重组法,将秸秆加工成碎料状或束状原料,通过胶黏剂将其重组(挤压、平压或模压)成各种板材或型材。②单元重组法,将秸秆加工成一定长度的秆状单元,施加胶黏剂后,将其重组成各种轻质板材。③整株重组法,将秸秆直接送入挤压机,通过高温挤压,借助秸秆本身的胶结作用重组成建筑材料,也可以施加胶黏剂后,按一定的规则组坯,再加热平压成各种材料。

### 1.4 秸秆运输和贮存

农作物秸秆供应有明显的季节性,产地分散,运输成本高,贮存占地面积大,可采用以下几种方式解决:①发挥农村粮食收购部门的作用,以乡镇为集中地,在收购粮食的同时收购秸秆,保证原料供应渠道畅通;②将秸秆压缩打包,就地存放,或者将秸秆就地加工成碎料,袋装贮存;③把秸秆利用过程分为两个阶段,第一阶段将原料加工成可长期贮存的中间产品,第二阶段将中间产品加工成最终产品。不论

采用何种方式,都应切实解决好秸秆贮存过程中的防霉、防腐和防潮等问题。

## 2 农作物秸秆材料工业的发展模式

### 2.1 秸秆板材料

秸秆板是指以麦秸和稻草为原料,模拟木质刨花板和中密度纤维板生产工艺制成的性能介于刨花板和中密度板之间的一种人造板材。目前,在美国和加拿大已经建成了三条麦秸板生产线,国内借助传统的木质刨花板生产线,完成了秸秆板的工业化生产试验,通过了技术鉴定或申报了发明专利,产品性能可以达到我国刨花板标准或美国麦秸板标准的要求。以麦秸和稻草为原料,在现有的中密度纤维板生产线上试制秸秆中密度板的研究也取得了可喜的进展。采用特定工艺还可以制造出具有阻燃、防潮和抗霉抗腐功能的秸秆板材<sup>[3,4]</sup>。

与传统的木质刨花板和中密度纤维板生产方法相比,由于秸秆表面含有硅质,常用的脲醛树脂胶和酚醛树脂胶难于使其胶合,故需采用异氰酸酯胶黏剂,但由此会带来粘板问题,一般可用添加内脱膜剂、采用外脱膜剂、板坯上下表面覆上隔离纸等方法解决。为了防止热压时粘板并获得有木材感觉的外观,国内外科学家采用芯层用秸秆碎料(施加异氰酸酯胶)、表层用木碎料或木纤维(施加脲醛树脂胶)的方法,解决了上述工艺难题。研究人员还在工业性生产试验中,将木材和秸秆两种碎料按一定比例混合,制成性能理想的木草复合板,为木材原料短缺地区的人造板企业提供了一条以草代木的生产模式。目前,国内正在筹建年产15000~30000 $\text{m}^3$ 的柔性秸秆板生产线,在该生产线上可以制造几种不同结构类型的产品。秸秆板既可以直接使用,也可以通过油漆、贴单板或贴三聚氰胺浸渍纸等方式进行表面装饰。秸秆板材可用于家具制造、室内装修和包装,经过特殊处理的秸秆板材也可用作地板材料<sup>[5-7]</sup>。

### 2.2 秸秆建筑材料

秸秆建筑材料主要指以农作物秸秆为原料,通过挤压、平压或模压等方法制成的多种结构形式的墙体材料。迄今有三种工艺方法:①挤压法生产。该技术从英国引进,由上海人造板机器厂消化吸收,形成了有自己特色的成套设备和工艺。其原理是,在高温挤压作用下,使秸秆塑化、压缩,得到一定厚度和密度的实心或空心墙体材料。该产品的特点是不需添加胶黏剂,但材料的幅面受到一定限制。②平压法生产。该技术由南京林业大学研究成功并申报发明专利,通过

与苏福马有限公司和建湖轻工通用机械厂合作,形成了有自己特色的成套设备和工艺。其原理是将收割后晒干的秸秆,加工成5~8cm的秆状单元,不需干燥,直接施加胶黏剂,再铺装成板坯,在周期式或连续式平压机上热压,得到轻质秸秆材料,借助化学或机械结合方式在其表面覆上面板(石膏板、水泥板、胶合板、石膏刨花板或水泥刨花板等),便得到轻质秸秆墙体材料,用作框架结构房屋的内墙或外墙。其特点是充分利用秸秆中空保温隔热的特性,墙体幅面可以根据房屋尺寸而定,有助于墙体的工厂化预制和现场拼装。除此之外,也可以借助发泡材料将金属板或塑料板粘接在轻质秸秆材料表面,制成“三明治”复合墙板用于临时建筑。据测算,表面为水泥板,总厚度为100mm的秸秆轻质复合墙体,完工后的造价为50元/m<sup>2</sup>。在气候比较干燥的中西部地区,可直接在轻质秸秆材料表面上覆上一层金属网,然后涂抹灰浆,完工后造价仅为25元/m<sup>2</sup>左右。<sup>③</sup> 模压法生产。将秸秆加工成碎料,混合胶黏剂和其他无机材料,根据不同建筑结构的要求,模压成建筑构件,再组装成墙体。该材料具有阻燃、防潮、隔音、不易变形和强度高等优点。据报道,在四川和安徽已有此类产品面市。除此之外,秸秆建筑材料还可以用作房屋面板,也可以取代岩棉等用于墙体的内衬保温。一座面积为200m<sup>2</sup>的秸秆轻质墙体示范房即将在南京林业大学校园内建成,有关秸秆复合墙体环境特性的测试正在进行之中<sup>[8, 9]</sup>。

### 2.3 秸秆包装材料

秸秆包装材料,主要包括包装板材和包装垫枕两大类,每年国家为此要消耗大量木材。目前,国外已限制实木包装入境,但允许用人造板作为包装材料。包装板材含各种厚度规格,其特性及制造方法与秸秆板材相似。包装垫枕截面为80mm×80mm。包装板材和包装垫枕可以分别单独使用,也可以组装成包装托架或包装箱,在钢铁厂、造纸厂、港口或码头被广泛采用。南京林业大学通过反复试验,成功研制了以稻草为原料的秸秆包装垫枕,密度0.7g/cm<sup>3</sup>左右,各项性能指标符合使用要求。其原理为:将收割后晒干的稻草加工成一定长度的稻草束,添加专用胶黏剂后,铺装成板坯,预压后,热压成厚度为80mm的板块,再切割成80mm宽的垫枕条。为提高垫枕的静曲强度和弹性模量,可以在铺装时在板坯中放置木条或竹条。为达到防霉、防腐和防潮的目的,拌胶时须加入防霉剂、防腐剂和防水剂。由于稻草堆积密度低,铺装后的板坯厚度很大,为缩短传热时间和提高生产效率,需要采用带喷蒸功能的热压机。此外,还可以将秸秆与可降解塑料复合,制成各种形状的轻质包装填料。这种用纯

农作物秸秆制造的包装材料,在使用丢弃后可以较快地分解。

### 2.4 秸秆模压制品

秸秆模压制品是指以农作物秸秆为原料,用一步模压成型法直接制成的产品,如桌面、凳面、托盘、家具构件和建筑构件等。其生产工艺过程与木材刨花或纤维模压制品相似:将麦秸或稻草用专用设备加工成一定粒度的碎料,经干燥后施加专用胶黏剂,填入专用模具中,热压成最终产品。秸秆模压需要解决三个问题:碎料加工问题、脱模问题、产品结构稳定性问题。这三个问题的解决在技术上已基本成熟,目前,国内现有的以木材为原料的模压制品厂,完全可能在解决了有关工艺问题后,用原有模压设备,制造秸秆模压制品,秸秆模压制品的性能指标与木质模压制品相当。

目前,秸秆模压制品面临着一个重大的发展机遇,即国家正逐步禁止使用不可降解的塑料餐盒,以消灭白色污染。社会上已经出现了纸质餐盒和木质餐盒,但价格较贵。以农作物秸秆为原料,用干法模压制造一次性餐盒,如能成功,将会获得巨大的经济效益、社会效益和环境效益。用秸秆制造餐盒,关键需要解决原料消毒、无毒胶黏剂和表面处理等问题。

## 3 农作物秸秆材料工业的发展前景

(1)保护森林资源和开发利用秸秆资源是世界范围内的共同课题。用农作物秸秆替代木材原料和传统的墙体材料,有助于贯彻落实天然林保护政策,实现我国林业和林业工程的可持续发展,缓解我国木材原料供应不足的矛盾和控制烧砖毁田,农作物秸秆利用将成为“十五”期间的热点课题,尤其在西部开发中将会大有可为。据预测,在“十五”期间,我国木材供应缺口将达上千万立方米,不可能简单地通过增采人工速生材和扩大进口来解决,用农作物秸秆材料替代木材原料不失为一种有发展潜力的有效措施。

(2)农作物秸秆材料工业作为一个全新的领域,有着光明的前景,但同时也面临着来自各方面的挑战。农作物秸秆材料工业的发展涉及到多种学科专业,要大力应用生物技术、计算机技术、新材料技术、新能源技术等领域内的研究成果,提高农作物秸秆材料产品的科技含量,不断增强产品在市场上的竞争能力。力争在“十五”期间使我国农作物秸秆作为材料工业原料的利用率达到总量的10%~20%。

(3)农作物秸秆作为材料工业原料,自身存在着一些先天不足,通过工艺手段进行弥补虽然是一种有效的办法,但毕竟不能从根本上解决问题,笔者认为,应当通过转基因等

遗传手段,从育种环节抓起,培育出既能提供优质高产的粮食、又能提供适合作秸秆工业原料的新品种,重点要解决秸秆纤维长度偏短和秸秆表面含不易胶合物质以及抽提物含量过高等问题。

(4)秸秆材料产品能否占有市场,关键取决于产品性能和价格。就产品性能而言,重点是要提高产品的防腐、防霉以及阻燃等性能。就价格而言,关键是要降低胶黏剂成本,要科学地处理好产品性能与价格的关系,强化性能价格比,要

针对产品的不同用途,制定相应的检测标准,不提倡性能过剩,要通过科技进步来解决改善性能和压缩成本的矛盾<sup>[10]</sup>。

(5)农作物秸秆资源的利用,要通过多种可能的途径,广泛宣传开发利用秸秆资源的意义,提高人们对秸秆材料产品的认识,在关系到森林资源和环境保护等一系列重大政策问题上,政府还应当通过宏观调控手段给予引导,不断加大对农作物秸秆材料工业的投入,促进农作物秸秆资源利用的国际合作,使农作物秸秆材料工业健康稳步地向前发展。

## 参考文献

- [1] 郑宏奎,王树林.发展农业剩余物人造板工业是解决木材供需矛盾的有效途径[J].林产工业,1998,25(3):15~17.
- [2] 张冬梅.麦秸特性与麦秸刨花板制板工艺的研究[J].林业科技(哈尔滨),1998,(4):45~47.
- [3] Schmidt & Co GmbH. Neue brandschutzplatte auf Strohbasis[J]. HK, 1998, 33(7/8): 43.
- [4] 滕云天.麦秸刨花板生产技术[J].林业科技开发,1999,(4),36~37.
- [5] 南京林业大学人造板研究室.中密度麦秸板的生产性试验研究[J].林业科技开发,1999,(3):28~29.
- [6] Bill Keil. It's all a matter of straw [J]. Wood Based Panels International, 1998, 18(2): 48~49.
- [7] 陆仁书.异氰酸酯胶稻草刨花板制造工艺[J].东北林业大学学报,1997,(3):14~17.
- [8] 杨一飞,汪锦星.真正的生态(绿色)建筑材料——斯强板[J].林产工业,1999,26(5):20~22.
- [9] 吴德茂.稻草板——一种值得重视的生态建材[J].建筑人造板,1998,(4):3~7.
- [10] 花军,濮安彬,陆仁书.异氰酸酯麦秸刨花板生产成本分析[J].木材工业,2000,14(1):27~28.

原载于《南京林业大学学报》2000年9月第24卷第5期

中图分类号:TS653 文献标识码:A

文章编号:1000-2006(2000)05-0001-04

# 我国农作物秸秆材料产业的形成与发展

周定国 张 洋

**摘 要:** 为了保护森林资源和人类环境,解决我国木材原料供应不足的矛盾,发展农作物秸秆材料产业具有重要的现实意义。通过介绍国内外秸秆资源利用的现状,列举了目前国内开发的主要秸秆材料产品,并分析了其工艺特点,阐述了产品的用途,提出了影响秸秆材料产业发展的几个问题。

**关键词:** 农作物秸秆;材料;产业;发展

## The Development of Straw-based Composites Industry in China

Zhou Dingguo Zhang Yang

**Abstract:** The development of straw-based composites industry in China would help solve the shortage of timber supply and contribute to the protection of forest resources and the environment. The authors first presented the current status of agri-residue straw resource utilization at home and abroad, then listed the primary straw-based products, analysed the characteristics of the manufacturing technology of these panels as well as the panel application in different fields. Finally, some suggestions were made for further development for the straw-based composites industry in China.

**Key words:** agri-fiber straw; straw-based composites; industry; development

我国森林资源短缺,木材供应紧张。要以不足世界5%的森林资源,满足占世界22%人口的木材需求,同时还要保障世界7%耕地的生态安全,任务十分艰巨。解决我国森林资源短缺矛盾的途径有4条:大力发展人工速生林;适度扩大木材进口;通过科技进步提高木材加工水平,包括废旧木材回收利用;寻找木材原料的替代品。大量研究试验已证明,农作物秸秆是一种理想的木材原料替代品。

### 1 农作物秸秆资源的利用现状

农作物秸秆分两大类:粮食作物秸秆(麦秸、稻秸、玉米秸秆和高粱秸秆等)和经济作物秸秆(棉秆、麻秆、蓖麻秆、芦苇秆、豆秸和油菜籽秆等)。我国每年产生的秸秆总量约7亿t,其中60%为稻/麦秸秆。目前已有的利用途径有:秸秆还田(约占20%);能源(沼气、发电、固体燃料棒,约占15%~20%);建筑材料、造纸原料和各种添加剂等(约占

15%)。尚有占总量一半的秸秆未找到出路。每到收获季节,秸秆的焚烧或推入河塘,均构成了对社会和环境的危害。

对麦/稻秸秆的细胞结构和化学组成的分析发现,麦/稻秸秆与木材的组分相似,只是各组份所占比例有所差异,表明农作物秸秆具备用作人造板原料的条件。上个世纪60年代,国外就开始探讨用农作物秸秆制造人造板。

我国秸秆人造板的研究起步较晚,但进展迅速,已成功开发出麦秸刨花板、稻草MDF、麦秸纤维板、草/木复合MDF、软质秸秆板、轻质复合墙体材料、秸秆炭、秸秆/塑料复合材料等多种秸秆产品。20世纪90年代末期开始进行麦/稻秸秆人造板的工业化生产<sup>[1-2]</sup>,已经取得多项成果。

截至目前,全世界拥有秸秆人造板的产能达240万m<sup>3</sup>/a;美国约为150万m<sup>3</sup>/a,加拿大约50万m<sup>3</sup>/a,品种主要为麦秸刨花板。我国秸秆板产能约40万m<sup>3</sup>/a,品种还包含稻草MDF、草/木复合MDF、秸秆/塑料复合材料等<sup>[3-4]</sup>。我国的稻草板产能在

世界上居先,德国的秸秆人造板设备制造处于领先地位<sup>[5-6]</sup>。

目前,我国已建有1.5万m<sup>3</sup>/a的秸秆板生产线6条,5万m<sup>3</sup>/a的秸秆板生产线4条,秸秆建筑材料生产线10余条,初步形成了农作物秸秆材料产业。

我国秸秆板生产能力的主要分布:湖北基立5万m<sup>3</sup>,江苏鼎元5万m<sup>3</sup>,黑龙江晨光5万m<sup>3</sup>,山东同森1.5万m<sup>3</sup>,四川国栋5万m<sup>3</sup>,江苏大盛3万m<sup>3</sup>,上海康拜1.5万m<sup>3</sup>,内蒙古通辽10万m<sup>3</sup>,安徽滁州1.5万m<sup>3</sup>,其他2.5万m<sup>3</sup>。

通过自主创新以及对国外技术的消化吸收,我国已取得了1.5万m<sup>3</sup>/a和5万m<sup>3</sup>/a秸秆板成套生产线(包括工艺和设备)的自主知识产权,正在组织8万m<sup>3</sup>/a秸秆板生产线的技术攻关。可提供的成套设备有:1.5万m<sup>3</sup>/a麦秸秆刨花板成套设备(辽宁沈重模式),5万m<sup>3</sup>/a稻草MAD成套设备(河南信阳模式),8万m<sup>3</sup>/a稻/麦秸秆刨花板成套设备(江苏苏福马模式)。

北美森林资源丰富,利用秸秆制造人造板,主要从资源再生利用和环境保护的角度出发。我国国情不同,概括我国发展农作物秸秆材料产业的意义:

(1)节省森林资源。据测算,0.134hm<sup>2</sup>(2亩)农田产生的秸秆相当于0.067hm<sup>2</sup>(1亩)林地1年的木材生长量。按每年秸秆总量(7亿t)的5%用于制造人造板计,可制成人造板约3000万m<sup>3</sup>,相当于造林116.7万hm<sup>2</sup>(1750万亩),可有效促进资源的循环利用、综合利用和节约代用;

(2)农业废弃物用作工业生产原料,为秸秆找到了出路,从根本上杜绝秸秆焚烧,有利于保护环境;

(3)促进农村经济的发展,推动“三农”问题的解决。据测算,0.067hm<sup>2</sup>的农田可产生秸秆600kg,以200元/t计,农民可增收120元,相当于多产粮90kg。有鉴于此,我国的秸秆利用呈现出发展速度比国外快、产品品种比国外多、应用市场比国外广的特色。预计到2015年,我国农作物秸秆材料产业的产量和产品种类将超过欧美,位居世界第一,成为世界上秸秆材料产业的大国和强国。

## 2 农作物秸秆材料产业的产品

### 2.1 稻/麦秸秆刨花板

目前的秸秆人造板几乎都属于刨花板类产品,即以麦/稻秸秆为原料、以异氰酸酯为胶黏剂、参照类似木质刨花板的生产工艺制造板材,产品不含甲醛,性能可以达到木材刨花板的国家标准要求。

麦/稻秸秆刨花板生产的技术难点主要为:

(1)秸秆表面富含蜡状物和有机硅,需要采用物理、化学、生物以及机械的方法去除,以调控物料的界面特性,改

善界面的胶合性能;

(2)秸秆板生产需使用异氰酸酯胶,由于施胶量低,而秸秆单元的表面积大,要实现均匀拌胶,存在一定难度。需采用雾化和摩擦的原理,结合滚筒和环式拌胶机各自的优点,进行组合式拌胶。此外,还必须采用有效的脱模技术,解决热压时的粘板问题;

(3)稻/麦秸秆板的铺装一般采用分级式铺装机,需使用有垫板铺装传送装置,解决秸秆板坯初强度低的问题。

### 2.2 稻/麦秸秆MDF

由于秸秆板生产用异氰酸酯胶的价格昂贵,是普通UF树脂胶的8倍左右,导致生产成本上升。为此,人们探寻使用UF树脂胶制板的可能性。大量试验表明<sup>[7]</sup>,参照MDF的制造工艺,以麦/稻秸秆为原料、以改性UF树脂为胶黏剂,可以生产出E<sub>1</sub>级的秸秆MDF,其物理力学性能可达到木材MDF的要求,此项技术已获得专利。加拿大Alberta省研究院(ARC)亦掌握了这种产品的工业化生产技术,拟在非洲和中东地区建立工业化生产线。南京林业大学和连云港某木业公司合作,用50%的秸秆与50%的木材(杨树为主)为原料,制成了草/木复合MDF,性能亦达到我国MDF国家标准的要求。

试验还发现,添加了30%的稻草后,可以使稻草MDF的甲醛释放量达到E<sub>1</sub>级,其主要原理是稻草中的SiO<sub>2</sub>或其他化学成分对游离甲醛具有吸附作用。麦/稻秸秆MDF以及草木复合MDF生产成本可比木材MDF低5%左右,为解决日益紧张的MDF原料短缺矛盾提供了途径。

### 2.3 秸秆建筑墙体材料

我国自古就有应用秸秆作为墙体材料,在秸秆现代利用的进程中,仍体现出秸秆在建筑和室内装修方面的优势。近年来,随着国家禁止使用实心砖和重视室内环境质量,使得新型墙体材料有了新的发展契机。据调查,全国以秸秆为原料的建筑材料工厂已达数十家,新型秸秆墙体材料有望成为建筑材料中的一支重要方面军。常见的秸秆建筑墙体材料有:

(1)组合式轻质空心墙体。由秸秆、无机材料和添加剂等材料经冷压、养护而成,具有防火、防水、防朽等功能,可用作高层建筑的非承重墙体。产品由国内企业发明,拥有自主知识产权,在国内已广泛推广。

(2)挤压法秸秆墙体材料。该产品直接以秸秆为原料,不添加胶黏剂,通过加热、加压便可制成,墙体两面一般贴有面纸,又称为“斯强板”。该项技术来源于英国,经国内消化吸收,由上海某公司研制开发出成套生产线。由于一些配



套措施未跟上,在我国未能普遍推广。

(3)秸秆轻质墙体保温材料。利用秸秆单元中空、导热性差的特点,将秸秆按一定长度加工,添加少量的异氰酸酯胶,经铺装、加压制成低密度的轻质板,作为隔热保温材料,用于龙骨结构的墙体。安装时两面可覆水泥板、石膏板和木质人造板,并已在建筑行业悄然兴起。根据类似原理,也可用于秸秆刨花板的生产,通过降低热压压力,制成密度在 $0.45\text{g}/\text{cm}^3$ 左右的秸秆刨花板,作为轻质墙体材料使用。

(4)秸秆保温纤维材料。用爆破法等把秸秆单元膨化成纤维,代替传统的岩棉或玻璃纤维,用作墙体衬内材料,两面用硬质石膏板和木质板材夹持。采用保温纤维作内衬的墙体结构,在技术上已经成熟,目前,在建筑上已有扩大使用该材料的趋势。

## 2.4 草/塑复合材料

各类木质人造板在防水性能方面都存在着遗憾,而以木材和塑料复合制成的产品,可大大改善其防水性能,被广泛用于室外设施的建造。稻草纤维的添加比例可以达到 $60\% \sim 70\%$ ,可以用废旧塑料复合,也可以废旧塑料和新鲜塑料混合复合。生产多采用挤压工艺,产品多作为建筑材料。目前,江苏的木塑复合材料生产企业已普遍看好稻草纤维的使用。

## 2.5 秸秆制炭和秸秆醋液

通过高温处理,进行秸秆热解反应,再经干燥、预炭化、炭化、煅烧等工序制成秸秆炭,可用作土壤改良剂、化肥及农药缓释剂等;热解气体经气液分离,得到秸秆醋液和可燃气体。可燃气体可为热解反应提供热源;秸秆醋通过加工可制成叶面肥。

## 3 农作物秸秆材料的应用

目前农作物秸秆材料已在家具制造、建筑装修和包装等行业找到了用武之地,根据已经付诸实践的用途,可以归纳为:

(1)家具制造。家具行业是我国人造板的消耗大户,目前的板式家具基本都是用含醛类板材制造,产品在制造和使用中均存在一定的甲醛释放问题。

采用家具厂现有的工艺和设备,无醛的秸秆人造板完全可以通过贴面、开料、加工、组装等工序,生产出厨房家具、办公家具、儿童家具、卧房家具等系列产品(图1)。尽管无醛家具的售价比市场上现有的板式家具高出 $20\%$ ,但因其

不含甲醛的特点,很受用户的青睐,有些地方已在酝酿开设无醛家具专卖店。

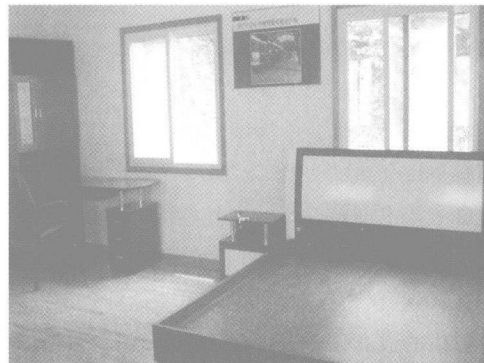


图1 无醛秸秆人造板制造的家具

Fig1 Formaldehyde emission-free furniture made by straw-based panel

(2)建筑和装修材料。构建无醛室内环境,是营造健康居室所追求的目标,以无醛麦/稻秸秆板为基材,可以制成各类建筑材料。如用轻质秸秆板等制成非承重的墙体(图2);以秸秆板为芯板,用单板或三聚氰胺浸渍纸贴面,制成复合地板或强化地板;以轻质秸秆板为芯板制成门板。此外,还可以用秸秆制成屋面瓦,用草/塑复合材料制作窗扇。

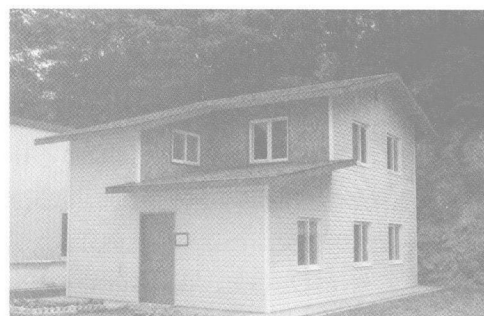


图2 秸秆墙体材料建筑的示范房

Fig2 Building using straw based wall panel

随着木结构建筑日益受到关注,以农作物秸秆为主要材料的生态建筑将迎来日益扩大的市场。

(3)包装。我国是出口大国,每年仅全国机械工业出口包装就消耗木材达 $1200\text{万m}^3$ 。近年来,国外禁止实木包装箱出口,否则需进行熏蒸处理,给秸秆人造板包装材料的发展带来了机遇。秸秆人造板可以直接制造成包装托盘(图3),或者以单板层积材作结构支撑,以秸秆板作为围护材料,制成新一代出口包装箱。为降低生产成本,建议首选UF树脂胶秸秆MDF作包装箱围板。