

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.02.002

MUF / 橡实果壳复合轻型材料的制备与增强改性 *

李守海¹,王春鹏^{1,2},夏建陵^{1,2},许玉芝^{1,2},储富祥^{1,2}

(1. 中国林业科学研究院林产化学工业研究所,江苏省生物质能源与材料重点实验室,国家林业局林产化学工程重点开放性实验室,生物质化学利用国家工程实验室,南京 210042; 2. 中国林业科学研究院林业新技术研究所,北京 100091)

摘要:以可发性三聚氰胺改性脲醛树脂(MUF)为基体原料,采用共发泡技术制备了 MUF / 橡实果壳复合轻型材料,并对其力学性能、阻燃性能和易碎性能进行了分析。结果表明,随着橡实果壳质量分数的增加,复合轻型材料的阻燃性能略微提高,但其力学性能和易碎性能大大降低。为改善复合轻型材料的综合性能,研究了 J-100 型交联改性剂对其综合性能的影响。研究发现,加入 J-100 型交联改性剂能大大改善复合轻型材料的力学性能和易碎性能,当加入纯 MUF 固含量 1% 的 J-100 型交联改性剂时,与未加入时相比,复合轻型材料的压缩强度提高 10 倍多,弯曲强度提高 6 倍,其易碎性能亦大大降低,阻燃性能亦略微有所提高。改性 MUF / 橡实果壳复合轻型材料具有优异的综合性能并可取代传统的轻质化材料。

关键词:橡实果壳;三聚氰胺改性脲醛树脂;共发泡技术;轻型材料;增强改性

中图分类号:TQ328 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2013)02-0010-06

Preparation and Reinforced Modification of MUF / Acorn-Hull Light-Weighted Composites

Li Shouhai¹, Wang Chunpeng^{1,2}, Xia Jianling^{1,2}, Xu Yuzhi^{1,2}, Chu Fuxiang^{1,2}

(1. Institute of Chemical Industry of Forestry Products, CAF; Key Lab. of Biomass Energy and Material, Jiangsu Province; National Engineering Lab. for Biomass Chemical Utilization; Key and Lab. on Forest Chemical Engineering, SFA, Nanjing 210042, China; 2. Institute of Forest New Technology, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: Melamine-urea-formaldehyde(MUF) / acorn-hull light-weighted composites were prepared via a co-foaming technique using MUF resin as matrix material. The mechanical, flame-retardant properties and friability of light-weighted composites were investigated. The results show that their flame-retardant properties slightly increase with mass fraction of acorn-hull increasing, while the mechanical properties and friability decrease greatly. Thus J-100 crosslinking modifying agent is added into pre-foaming system in order to improve their comprehensive properties, the results display that it can significantly improve the mechanical properties and friability, and compressive strength of the composite enhance more than 10 times and bending strength enhance 6 times comparing with that of the composite without modification when J-100 crosslinking modifying agent content is 1% of the pure MUF solids mass, their friability also decreased greatly, moreover, the flame-retardant properties slightly improve. The MUF / acorn-hull light-weighted composites have excellent properties enough to replace the conventional light-weighted materials.

Keywords: acorn-hull; melamine-urea-formaldehyde; co-foaming technique; light-weighted material; reinforced modification

我国每年可利用的橡实总量在 600 ~ 700 万 t, 每年可利用的橡实果壳总量在 200 万 t 以上^[1]。随着近年来对非粮淀粉资源的研究开发,橡实果仁的开发研究已引起科研人员的广泛重视^[2-3],但丰富的橡实果壳资源仍被大量废弃,橡实果壳具有优良的刚性、疏水性和耐腐烂性,为实现橡实资源的全质化利用,一些初步的应用性研究正在开展,例如将橡实果壳与聚乳酸等生物可降解热塑性材料进行复合,制备生物全降解复合材料^[4]。

笔者旨在以橡实果壳为基本填充原料,开发一

种新型阻燃复合轻型材料。新型阻燃复合轻型材料的研发对推动我国节能环保战略和维护广大人民生命财产安全有着重大意义,传统聚氨酯基轻型材料由于其易燃,其发展前景已不容乐观^[5-6],阻燃型三聚氰胺甲醛基轻型材料的高昂价格使其未能得到广

* 国家科技支撑计划课题“林木资源化学深加工关键技术研究及示范”(2012BAD24B04)

联系人: 储富祥,研究员,博士,博士生导师,主要从事乳液聚合、胶黏剂及生物质材料的研究

收稿日期: 2012-12-03

泛应用^[7-8],阻燃型酚醛基轻型材料由于其过高的游离酚和游离醛释放亦大大限制其应用范围^[9-10]。三聚氰胺改性脲醛树脂(MUF)是一种新型阻燃热固性树脂,目前针对MUF的研究和利用仅限于木材粘合剂、模塑料等领域^[11-12]。

笔者开发了一种新型阻燃可发性MUF,并以它为基体材料,橡实果壳为填充材料,开发了一种新型阻燃复合轻型材料,此材料的开发可实现橡实资源的高值化利用,并为其它果壳基复合材料的开发提供借鉴。

1 实验部分

1.1 主要原材料

橡实果壳:粒径为270~550 μm,吉林桦甸市龙翔橡果开发有限责任公司;

三聚氰胺、苯酚、磷酸、氢氧化钠、尿素:分析纯,南京化学试剂有限公司;

甲醛:分析纯,上海凌峰化学试剂有限公司;

有机酸固化剂:C-30,国药集团化学试剂有限公司;

正戊烷:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

表面活性剂:B-20,上海申宇医药化工有限公司;

交联改性剂:J-100型,自制。

1.2 主要仪器与设备

电子万能试验机:CMT4303型,深圳新三思计量技术有限公司;

微型硬质泡沫易碎性能测试仪:HB72型,江苏省化工研究所;

氧指数测定仪:JF-3型,南京市江宁区分析仪器厂。

1.3 可发性MUF的制备

首先将500 g甲醛溶液(质量分数为37%)、88 g尿素和40 g三聚氰胺加入四口烧瓶反应器中,用30%的氢氧化钠溶液调节pH值至8.0~9.0,升温至90℃,反应30 min;用20%的NH₄Cl溶液调节pH值至5.4~6.2,于90℃反应至浊点,并继续反应15~20 min;再用30%的氢氧化钠溶液调节pH值至6.5~6.9,加入88 g尿素和40 g三聚氰胺,90℃反应40 min后,用30%的氢氧化钠溶液调节pH值至8.0~9.0,加入40 g三聚氰胺,于90℃再反应40 min;然后降温至70℃,加入88 g尿素,于50~60℃反应20 min,冷却出料;将产物于60℃真空蒸馏脱水至固含量为75%,冷却收料即制得可发

性MUF。

制备可发性MUF可能的反应机理如图1所示。

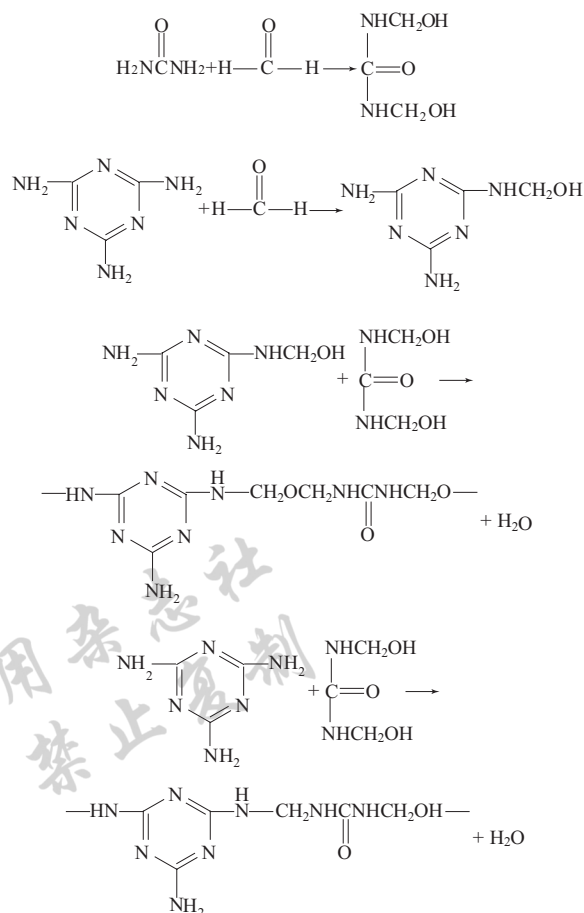


图1 制备可发性MUF的可能反应原理

1.4 MUF/ 橡实果壳复合轻型材料的制备

(1) 混合酸固化剂的制备。

按一定比例准确称取一定质量的有机酸固化剂C-30、磷酸和水,混合并搅拌均匀,各组分质量比为:有机酸固化剂C-30/磷酸/水=30/21/12。

(2) 预发泡体系的制备。

准确称取100 g可发性MUF,依次加入表面活性剂(为可发性MUF固含量的12%)、10%的混合酸固化剂和一定量的发泡剂,并搅拌至混合均匀。

(3) 未改性MUF/ 橡实果壳复合轻型材料的制备。

按一定比例准确称取一定质量的橡实果壳,加入到预发泡体系中,搅拌均匀,然后将混合体系迅速放入70℃恒温烘箱中,入烘箱前准确控制发泡剂的添加量,在恒温烘箱中发泡固化60 min后取出,即制得未改性MUF/ 橡实果壳复合轻型材料。

(4) 改性MUF/ 橡实果壳复合轻型材料的制备。

将一定质量的 J-100 型交联改性剂和橡实果壳按一定比例加入预发泡体系中,搅拌均匀,然后将混合体系迅速放入 70℃ 恒温烘箱中,入烘箱前准确控制发泡剂的添加量,在恒温烘箱中发泡固化 60 min 后取出,即制得改性 MUF/ 橡实果壳复合轻型材料。

1.5 性能测试与表征

(1) 力学性能测试。

分别按照 GB/T 8812.1-2007 和 GB/T 8813-2008 制备试样并测试其弯曲性能和压缩性能,弯曲性能测试速度为 10 mm/min,压缩性能测试速度为 10 mm/min,测试温度为 25℃。

(2) 易碎性能测试。

按照 GB/T 12812-2006 制备试样并测试易碎

性能,测定时间 1 min,以相对掉渣率来表征材料的易碎性能。

(3) 阻燃性能测试。

按照 GB/T 2406.2-2009 制备试样并测试氧指数,表征其阻燃性能。

(4) 表观密度测试。

将制备的 MUF/ 橡实果壳复合轻型材料切割成 $(40 \pm 0.5) \text{ mm} \times (40 \pm 0.5) \text{ mm} \times (25 \pm 0.5) \text{ mm}$ 的试样,准确称取其质量,精确至 0.000 1 g,计算其表观密度。

2 结果与讨论

2.1 未改性 MUF/ 橡实果壳复合轻型材料的性能

未改性 MUF/ 橡实果壳复合轻型材料的物理、力学及阻燃性能如表 1 所示。

表 1 未改性 MUF/ 橡实果壳复合轻型材料的物理、力学及阻燃性能

橡实果壳质量分数 / %	表观密度 / $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	压缩强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模量 / MPa	极限氧指数 / %	相对掉渣率 / %
0	0.083	0.059	0.110	3.58	33.2	65.05
10	0.093	0.056	0.115	1.66	34.3	67.71
20	0.104	0.088	0.129	2.34	34.7	61.47
30	0.124	0.077	0.125	3.21	35.7	59.88
40	0.139	0.043	0.070	4.53	36.8	70.86
50	0.154	0.014	0.030	4.31	37.9	98.10

注:发泡剂用量均为可发性 MUF 固含量的 3.548%。

由表 1 可知,随着橡实果壳质量分数的增加,复合轻型材料的密度逐渐增加。造成材料密度上升的原因有两个方面,一是加入橡实果壳增加了材料的质量,二是可发性 MUF 中加入橡实果壳,使得 MUF 基体在泡孔成型时,泡孔中发泡气体所承受的质量增加,大大限制了泡孔的成长和增大,这在一定程度上增加了材料的密度。

由表 1 可知,当复合轻型材料中橡实果壳的质量分数从 0 增加至 50% 时,其压缩强度和弯曲强度均呈现先增大后减小的趋势。表明随着橡实果壳的加入,当橡实果壳的用量比较小时,橡实果壳在可发性 MUF 基体中起一定的支撑作用,故复合轻型材料的压缩和弯曲强度会略微有所提高;随着橡实果壳用量的持续增加,可发性 MUF 基体的连接程度开始大幅降低,基体泡孔孔壁的侧面和正面的支撑强度明显下降,造成压缩强度和弯曲强度大幅下降。

由表 1 可知,当橡实果壳的质量分数为 30% ~ 50% 时,复合轻型材料的弯曲弹性模量在 3.21 ~ 4.53 MPa 之间,基本与纯可发性 MUF 相当。虽然橡实果壳的加入会使可发性 MUF 基体的连接程度大幅降低,但由于橡实果壳具有较强的刚性,故复合轻型材料的弯曲弹性模量并未发生明显变化。

一般认为,极限氧指数 $< 22\%$ 属于易燃材料,极限氧指数在 $22\% \sim 27\%$ 之间属于可燃材料,极限氧指数 $> 27\%$ 属于难燃材料。由表 1 可知,随着橡实果壳用量的增加,材料的极限氧指数增大,表明材料的阻燃性能提高。当橡实果壳的质量分数为 50% 时,材料的极限氧指数从纯可发性 MUF 的 33.2% 提高至 37.9%,表明复合轻型材料属于难燃材料。

由表 1 可知,随着橡实果壳用量的增加,复合轻型材料的相对掉渣率逐渐增高,当橡实果壳的质量分数为 50% 时,相对掉渣率高达 98.10%。这是由于随着橡实果壳用量的增加,可发性 MUF 基体的连接程度大幅降低,复合轻型材料的强度下降,相对掉渣率升高。纯可发性 MUF 的强度本身就较差,相对掉渣率高达 65.05%,故增强可发性 MUF 基体的性能是提高复合轻型材料性能的关键。

2.2 交联改性剂用量对改性 MUF/ 橡实果壳复合轻型材料性能的影响

为提高复合轻型材料的综合性能,笔者开发了适用于可发性 MUF 的 J-100 型交联改性剂,用于改性 MUF/ 橡实果壳复合轻型材料的综合性能。

(1) 交联改性剂用量对改性 MUF/ 橡实果壳复合轻型材料物理和力学性能的影响。

表 2 为交联改性剂用量对改性 MUF / 橡实果壳复合轻型材料物理和力学性能的影响。

表 2 交联改性剂用量对改性 MUF / 橡实果壳复合轻型材料物理和力学性能的影响

改性剂用量 / %	表观密度 / $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	压缩强度 / MPa	压缩弹性模量 / MPa	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模量 / MPa
0	0.154	0.014	0.175	0.030	4.31
1	0.153	0.151	1.972	0.180	4.19
2	0.152	0.167	2.542	0.220	6.44
3	0.154	0.167	2.578	0.221	6.38
4	0.163	0.173	3.146	0.220	7.52
5	0.176	0.179	2.240	0.222	4.31

注: 改性剂用量为可发性 MUF 固含量的百分数; 橡实果壳质量分数为 50%; 发泡剂用量为可发性 MUF 固含量的 3.548%。

由表 2 可知, 在保持橡实果壳与 MUF 配比不变的情况下, 随着 J-100 型交联改性剂用量的增加, 复合轻型材料的表观密度略微有所改变。当交联改性剂用量较低时 ($\leq 3\%$) 时, 复合轻型材料的表观密度与未改性材料相比, 基本维持在相当的水平, 均保持在 0.153 g/cm^3 左右; 随着交联改性剂用量的继续增加 ($\geq 4\%$), 复合轻型材料的表观密度逐渐增大。这可能是由于加入过多的交联改性剂, 提高了预发泡混合树脂体系的黏度, 使得泡孔成型的膨胀过程中受到较大的阻力, 泡孔难以长大, 使得在相同发泡剂用量情况下, 交联改性的复合轻型材料的密度略微有所提高。

由表 2 可知, 加入交联改性剂能明显提高复合轻型材料的力学性能。与未加交联改性剂相比, 当加入可发性 MUF 固含量 1% 的交联改性剂时, 复合轻型材料的压缩强度从 0.014 MPa 提高至 0.151 MPa, 提高了 10 倍多, 弯曲强度从 0.030 MPa 提高至 0.180 MPa, 提高了 6 倍。较未加入交联改性剂相比, 当加入一定量交联改性剂后, 复合轻型材料的压缩弹性模量和弯曲弹性模量均明显增大。这是由于交联改性剂中含有 2 个具有高度活性的异氰酸酯基团 ($\text{—N}=\text{C}=\text{O}$), 由于异氰酸酯基团是具有高度活性的不饱和基团, 当作为可发性 MUF 的改性剂时, 在调配和固化阶段会发生十分复杂的化学反应, 从机理方面分析, 异氰酸酯基团为亲电中心, 易受到可发性 MUF 中作为亲核试剂的活泼氢的进攻。在可发性 MUF 中含有大量的酰胺基团, 酰胺基团上的活泼氢原子可作为亲核试剂与异氰酸酯基团发生交联反应, 反应机理如图 2 所示。加入交联改性剂, 使 MUF 内部的分子链交联固化, 改变了其固化形态, 提高材料的力学性能。

(2) 交联改性剂用量对改性 MUF / 橡实果壳复

合轻型材料阻燃和易碎性能的影响。

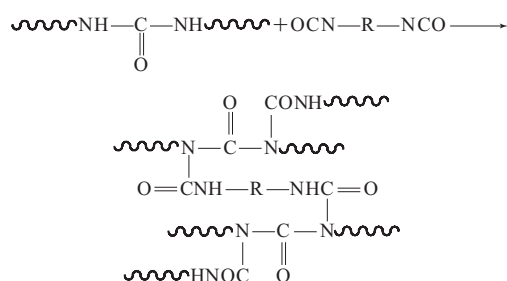


图 2 J-100 改性 MUF 反应机理示意图

当橡实果壳的质量分数为 50%, 发泡剂用量为可发性 MUF 固含量的 3.548% 时, 交联改性剂用量对改性 MUF / 橡实果壳复合轻型材料阻燃和易碎性能的影响如图 3 所示。

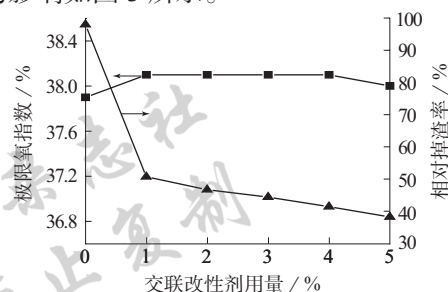


图 3 交联改性剂用量对改性 MUF / 橡实果壳复合轻型材料阻燃和易碎性能的影响

由图 3 可知, 与纯可发性 MUF 相比, 加入交联改性剂, 复合轻型材料的极限氧指数略微有所上升。这可能是由于改性剂中的异氰酸酯基团交联了可发性 MUF 基体中的活泼酰胺基团, 使基体中的活泼氢有所减少, 即在热解过程中产生的自由基数目减少, 燃烧过程中产生的自由基反应链减少, 可燃气体来源减少, 故复合轻型材料的阻燃性能有所提高。随着改性剂用量的增加, 复合轻型材料的相对掉渣率明显降低。与未加入交联改性剂相比, 加入可发性 MUF 固含量 1% 的交联改性剂, 复合轻型材料的相对掉渣率从 98.1% 下降至 50.1%。这是由于 J-100 型交联改性剂提高了复合轻型材料的力学性能, 故材料的耐碰撞性能明显增加。

2.3 发泡剂用量对改性 MUF / 橡实果壳复合轻型材料物理、力学性能的影响

(1) 发泡剂用量对改性 MUF / 橡实果壳复合轻型材料物理、力学性能的影响。

发泡剂用量对改性 MUF / 橡实果壳复合轻型材料物理、力学性能的影响如表 3 所示。由表 3 可知, 随着发泡剂用量的增加, 复合轻型材料的表观密度和力学性能均逐渐下降。当未加发泡剂时, 仅加交

联改性剂亦可制得一种发泡程度较低的轻型材料,此材料的表观密度为 0.537 g/cm^3 。这是由于当加入一定量的交联改性剂时,改性剂会与预发泡体系中的 MUF 发生交联反应,此交联反应为一明显的放热反应,反应比较复杂,并伴有水分子等易挥发性气体的生成,这些气体可以充当发泡剂的作用,故在未加物理发泡剂的情况下,仅添加改性剂也可制得一种发泡程度较低的增强轻型材料。

表3 发泡剂用量对改性 MUF/橡实果壳复合轻型材料物理、力学性能的影响

发泡剂用量/%	表观密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	压缩强度/MPa	压缩弹性模量/MPa	弯曲强度/MPa	弯曲弹性模量/MPa
0	0.537	4.625	89.185	1.839	199.141
0.887	0.341	1.356	24.580	0.800	53.533
1.774	0.207	0.341	3.544	0.320	10.484
3.548	0.154	0.167	2.578	0.221	6.380
5.322	0.112	0.088	1.319	0.111	3.742

注:发泡剂用量为可发性 MUF 固含量的百分数;橡实果壳的质量分数为 50%;交联改性剂用量为可发性 MUF 固含量的 1%。

(2) 发泡剂用量对改性 MUF/橡实果壳复合轻型材料阻燃和易碎性能的影响。

当橡实果壳的质量分数为 50%、交联改性剂用量为可发性 MUF 固含量的 1% 时,发泡剂用量对改性 MUF/橡实果壳复合轻型材料阻燃和易碎性能的影响如图 4 所示。

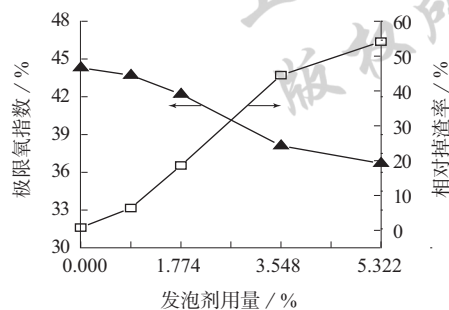


图4 发泡剂用量对改性 MUF/橡实果壳复合轻型材料阻燃和易碎性能的影响

由图 4 可知,在发泡剂用量为 0~5.322% 范围内,随着发泡剂用量的增加,复合轻型材料的阻燃性能逐渐下降。这是由于发泡剂用量增加导致复合轻型材料的表观密度下降,材料密度下降引起材料阻燃性能下降;另一方面,交联改性造成固化体系中的活性基团减少,使复合轻型材料的极限氧指数保持在相对较高的水平,故材料的极限氧指数保持在 36.7%~44.3%。随着发泡剂用量的增加,复合轻型材料的相对掉渣率逐渐增大。这是由于发泡剂用量增加导致复合轻型材料的表观密度下降,基体材料孔壁的连接和支撑强度随之下降,其相对掉渣率

亦随之增大。另外,由于加入交联改性剂改善了复合轻型材料的连接程度,使其力学性能较未加改性剂时显著增强,故材料的相对掉渣率保持在相对较低的范围内。

2.4 改性 MUF/橡实果壳复合轻型材料的应用性分析

在制备可发性 MUF 过程中,使用尿素、三聚氰胺和甲醛作为原材料,并未使用酚类制品,另外可发性 MUF 基体材料的阻燃性能较为优异,特别是其具有低毒物释放的优点并满足环保要求。由于可发性 MUF 和木质板材良好的粘结性,可在固定双层面板之间直接发泡制备 MUF/橡实果壳复合轻型材料作为夹芯板材,可像酚醛泡沫、三聚氰胺甲醛泡沫等轻型材料一样广泛用于建筑隔音、室内保温、建筑装饰、机电设备、包装减震等领域,是一种具有实际应用价值的复合轻型材料。

3 结论

制备了新型 MUF/橡实果壳复合轻型材料,随着橡实果壳用量的增加,虽然该材料的阻燃性能有所提高,但其力学性能和易碎性能大大降低。为改善其综合性能,采用 J-100 型交联改性剂对复合轻型材料进行改性,改性后的复合轻型材料的力学性能和易碎性能大大提高,其阻燃性能亦略微有所提高。制备的复合轻型材料可广泛应用于室内装饰、节能保温和吸音隔音等行业。此类新型复合阻燃轻型材料的开发可望实现橡实资源的高值化利用,并为其它果壳基复合材料的研发提供借鉴。

参考文献

- [1] 谢碧霞,谢涛. 我国橡实资源的开发利用[J]. 中南林学院学报, 2002, 22(3):36-41.
Xie Bixia, Xie Tao. Exploitation study of acorn resources in china[J]. Journal of Central South Forestry University, 2002, 22(3):36-41.
- [2] Lee J W, Ha M G, Yi Y B, et al. Chromium halides mediated production of hydroxymethylfurfural from starch-rich acorn biomass in an acidic ionic liquid[J]. Carbohydrate Research, 2011, 346(2):177-182.
- [3] Lu Zhengdong, He Feng, Shi Yue, et al. Fermentative production of L(+)-lactic acid using hydrolyzed acorn starch, persimmon juice and wheat bran hydrolysate as nutrients[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(10):3 642-3 648.
- [4] Li Shouhai, Wang Chunpeng, Zhuang Xiaowei, et al. Renewable resource-based composites of acorn powder and polylactide bioplastic: preparation and properties evaluation[J]. Journal of Polymer

- and Environment, 2011, 19(1):301-311.
- [5] Burteau A, N' Guyen F, Bartout J D, et al. Impact of material processing and deformation on cell morphology and mechanical behavior of polyurethane and nickel foams[J]. International Journal of Solids and Structures, 2012, 49(19-20):2 714-2 732.
- [6] Pires-Cabral P, Da Fonseca M M R, Ferreira-Dias S. Esterification activity and operational stability of *Candida rugosa* lipase immobilized in polyurethane foams in the production of ethyl butyrate[J]. Biochemical Engineering Journal, 2010, 48(2):246-252.
- [7] Armin A, Klaus H, Christof M, et al. Antimicrobially modified melamine / formaldehyde foam: EP, 20080717323[P]. 2008-03-03.
- [8] Wang Yanbing, Sotzing G A, Weiss R A. Sorption of iodine by polyurethane and melamine-formaldehyde foams using iodine sublimation and iodine solutions[J]. Polymer, 2006, 47(8):2 728-2 740.
- [9] Kim J, Lee J H, Song T H. Vacuum insulation properties of phenolic foam[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2012, 55(19-20):5 343-5 349.
- [10] Del Saz-Orozco B, Oliet M, Alonso M V, et al. Formulation optimization of unreinforced and lignin nanoparticle-reinforced phenolic foams using an analysis of variance approach[J]. Composites Science and Technology, 2012, 72(6):667-674.
- [11] Bono A, Krishnaiah D, Rajin M, et al. Variation of reaction stages and mole composition effect on melamine-urea-formaldehyde (MUF) resin properties[J]. Studies in Surface Science and Catalysis, 2006, 159:713-716.
- [12] Likozar B, Korošec R C, Poljanšek I, et al. Curing kinetics study of melamine-urea-formaldehyde resin[J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2012, 109(3):1 413-1 422.

优惠销售 2000 ~ 2012 年中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国合成树脂供销协会加工与应用分会为了配合 2000 ~ 2012 年先后召开的中国工程塑料加工应用技术研讨会共编辑、出版了 13 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术,以及文献综述、评论等,突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析。现尚有部分《论文集》,以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘,以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订阅。

1. 《论文集》, 优惠价为 330 元 / 套, 单册价格如下:

《2012 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 75 篇, 正文 290 页, 50 元 / 册;
 《2011 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 369 页, 50 元 / 册;
 《2010 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 371 页, 45 元 / 册;
 《2009 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 40 元 / 册;
 《2008 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 35 元 / 册;
 《2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 343 页, 30 元 / 册;
 《2006 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 346 页, 25 元 / 册;
 《2005 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 338 页, 20 元 / 册;
 《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 337 页, 20 元 / 册;
 《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 105 篇, 正文 373 页, 20 元 / 册;
 《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 20 元 / 册;
 《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》, 论文 80 篇, 正文 270 页, 20 元 / 册;
 《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 339 页, 20 元 / 册。

2. 论文集光盘, 优惠价为 230 元 / 盘。

本光盘除收录上述 13 本《论文集》的全部内容外, 还包括约 2 500 人次的会议代表通讯录。

凡需购买《论文集》或论文集光盘的读者, 请尽快办理邮购手续。汇款时请注明“论文集”或“论文集光盘”。

邮编汇款

收款单位: 山东济南市田庄东路 3 号杂志社 邮编: 250031
 电 话: (0531) 85878223 85878057
 85878278
 传 真: (0531) 85947355

银行汇款

户 名: 中国兵器工业集团第五三研究所
 开户银行: 济南市工商银行经十一路支行
 帐 号: 1602001229014425546
 网上订购: <http://www.epa1973.com>