

苘麻/聚乙烯复合材料的性能研究

唐伟, 张晨夕, 王伟宏*, 郭丽敏 (东北林业大学生物质材料科学与技术教育部重点实验室, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 我国的麻类资源非常丰富, 将麻纤维用于复合材料的制备能扩大麻纤维的应用范围, 有效提高麻纤维的使用价值。将苘麻纤维(AF)作为增强材料, 通过热压工艺制备了苘麻/聚乙烯(PE)复合材料, 并探讨了该复合材料的各项性能。通过热重分析确定了苘麻纤维的加工温度为 180 ℃, 对比分析 AF/PE 复合材料的力学性能, 确定制备复合材料时 AF 含量控制在 60% 范围内能得到性能优异的复合材料, AF 与 PE 的最佳质量比为 55:45。苘麻纤维经硅烷偶联剂处理后, AF/PE 复合材料的弯曲性能和拉伸性能都有明显提高, 吸水厚度膨胀率明显降低。由红外光谱分析发现, 硅烷偶联剂与苘麻纤维表面的羟基发生化学反应生成了硅-氧-碳共价键, 硅烷偶联剂使麻纤维表层与 PE 基质层之间产生分子结合, 因此提高了 PE 基质与苘麻纤维的结合强度。

关键词 苘麻纤维; 聚乙烯; 复合材料; 性能; 硅烷偶联剂

中图分类号 S563 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)27-09509-04

Study on the Properties of Abutilon theophrasti Fiber/Polyethylene Composites

TANG Wei, ZHANG Chen-xi, WANG Wei-hong* et al (Key Lab of Biomass Material Science and Technology, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract There are very abundant resources of bast fiber in China. Introducing AF to composite area can enlarge its application and increase its economic value. In this paper, AF was used to reinforce polyethylene (PE) to produce AF/PE composites by hot-pressing process, and explored various properties of this composites. Hot pressing temperature for producing the composite was finally determined at 180 ℃ by Thermogravimetric analysis. By analysing AF/PE composites mechanical properties and microstructure, these conclusions were obtained: the composite presented good properties when AF content was limited within 60% in the composites; the best performance was obtained when the content of AF was 55%. When AF was treated with silane coupling agent, the bending property and tensile property of the AF/PE composites were improved obviously, thickness swelling caused by water absorption were decreased obviously. Based on FTIR spectra we know that silane coupling agent could react with the hydroxyl groups on the surface of AF and improve the compatibility between the AF and PE.

Key words Abutilon theophrasti fiber; Polyethylene; Composite; Property; Silane coupling agent

我国是一个农业大国, 有超过 100 种麻类产品的种植, 形成了南有剑麻、北有亚麻、东有大麻、西有罗布麻、中有苕麻、大部分地区有苘麻、洋麻、黄麻的格局^[1]。麻的韧皮纤维、茎秆、麻子都是用途广泛的生物质资源, 综合高效地利用这些麻类可以实现农作物产品产值的最大化。

麻纤维具有较大的长径比以及较高的强度和模量, 经常被用在复合材料中用作天然增强材料^[2-3]。为了得到能用于实际的高性能的麻纤维/热塑性树脂复合材料, 国内外学者做了大量研究。用不同添加量的亚麻、苕麻、黄麻、剑麻、洋麻及漂白亚麻纤维增强聚丙烯树脂, 能够得到可与玻璃钢材料性能相媲美的复合材料^[4-9]; 麻纤维的不同填充形式也对复合材料性能产生影响^[10-13], 把亚麻纤维编织成麻布再增强 PP 树脂能有效提高复合材料的静曲强度和硬度; 增强麻纤维本体的强度直接影响到复合材料的强度, 碱处理能使黄麻纤维结构收缩, 增加纤维的结晶区比例和聚合度, 提高纤维的强度和硬度。因此, 把处理后的黄麻纤维加入树脂中, 能很好地提高复合材料的强度^[14-15]。通过改善麻纤维与基体之间的界面相容性来制得高性能复合材料一直是麻纤维研究的热点^[16-17]。剑麻表面处理或甲基丙烯酸甲酯接枝聚合改性能有效改善剑麻与 PP 的界面相容性, 提高复合材料的热稳定性、韧性和各项力学性能, 降低复合材料的吸水率^[18-23]; 对洋麻表面进行碱处理、偶联剂处理和碱-偶联剂

处理后, 制得的聚丙烯基复合材料的弯曲强度、弯曲弹性模量和层间剪切强度均得到提高, 碱-偶联剂双重处理使复合材料弯曲性能、弯曲弹性模量和层间剪切强度提高了 26%、18% 和 572%^[24]。在黄麻/PP 复合材料制备时, 加入一定量的马来酸酐接枝聚丙烯可使复合材料力学性能明显提高^[25-26]。

除上述的亚麻、黄麻、洋麻外, 我国苘麻产量巨大, 居世界第 1 位, 除青藏高原外, 其他各省区均有种植。但是, 苘麻纤维中木质素含量高达 16.4%, 限制了其在纺织领域的应用^[27]。苘麻主要用于制备麻绳、麻袋及其他形式的包装材料等低附加值产品, 其使用价值未被重视。但苘麻纤维的粗糙、坚韧等特性却是增强各类树脂的优势。因此, 该研究的目的是利用价格低廉的苘麻作为增强材料制备苘麻/聚乙烯复合材料, 考察麻纤维含量和偶联剂处理对复合材料性能的影响, 为提高苘麻的利用价值提供新的途径。

1 材料与方法

1.1 材料 聚乙烯纤维(PE), 采用市购 PE 撕裂膜, 根据试验要求将其裁割成不同长度的 PE 纤维; 苘麻(AF)以麻布(图 1)的形式用来增强聚乙烯, 从当地市场采购。乙烯基三甲氧基硅烷偶联剂 A-171, 分子式为 $\text{CH}_2 = \text{CHSi}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_3$, 无色液体, 有刺激性气味, 购于哈尔滨市化工研究所; 过氧化二异苯丙(DCP), 用做引发剂, 为无色或白色颗粒晶体, 活性氧含量 5.92%, 化学纯, 购于沈阳市新西化学试剂厂。

1.2 复合材料的制备

1.2.1 偶联剂对苘麻纤维布的处理。①将无水乙醇与水配制成 95% 的乙醇水溶液, 用冰醋酸调节 pH 至 3, 边搅拌边加

基金项目 国家林业公益性行业科研专项经费项目(201204802)。

作者简介 唐伟(1989-), 男, 湖南常德人, 硕士研究生, 研究方向: 木塑复合材料。*通讯作者, 教授, 博士生导师, 从事生物质复合材料研究。

收稿日期 2014-08-14



图1 苧麻麻布

入硅烷偶联剂 A-171, 偶联剂用量为苧麻纤维布质量的 4%, 溶液浓度控制在 5% 左右, 水解数小时。②将配制好的硅烷溶液均匀喷淋到麻纤维布表面, 室温晾置 12 h 以上, 直至乙醇和醋酸完全挥发。③将 DCP 溶于丙酮, 用量为 PE 纤维的 0.13%, 对 PE 纤维进行喷淋, 之后晾置 24 h 以上至丙酮全部挥发。④将苧麻纤维布与 PE 纤维在 50 °C 烘箱进行干燥处理, 备用。

1.2.2 AF/PE 复合材的制备。分别对 AF 和 PE 进行热重分析, 确定复合材的最佳制备温度为 180 °C。将聚酯膜铺覆在钢板上以利于脱模, 将“1.2.1”中硅烷偶联剂处理过的苧麻布或未处理的苧麻布与 PE 纤维按照预设质量比逐层铺装成板坯, 盖上聚酯膜和钢板, 放入烘箱中预热, 使板芯温度达到 110 °C; 之后迅速放入热压机内热压, 热压温度为 180 °C, 压力为 5 MPa。12 min 后取出, 在保持压力条件下冷却定型, 制成板材的尺寸为 350 mm × 350 mm × 6 mm。AF 和 PE 质量比分别为 50:50, 55:45, 60:40, 65:35, 70:30, 75:25。

1.3 性能检测

1.3.1 力学性能测试。抗弯性能: 按照 ASTM D790-03 塑料弯曲试验标准制备试件, 尺寸为 120 mm × 24 mm × 6 mm, 跨距为 96 mm, 每组重复试验 8 个。拉伸性能: 按照 ASTM D638-03 塑料拉伸试验标准制备试件, 长度为 165 mm, 两端宽度为 19 mm, 中间测试部分宽度为 13 mm, 试样厚度为 6 mm, 标距为 50 mm, 每组重复试验 6 个。抗冲击性能: 按照 GB/T 16420-1996 国家冲击试验标准制备试件, 尺寸为 80 mm × 10 mm × 6 mm, 跨距为 60 mm, 每组重复试验 10 个。

1.3.2 吸水厚度膨胀率测试。按照 GB/T 17657-1999 人造板及饰面人造板理化性能试验方法进行试验, 试件尺寸为 50 mm × 50 mm × 6 mm, 每组至少测试 6 个试件。水温度为 20 °C, 完成浸泡后, 擦去表面附着水, 在原测量点测其厚度, 测量工作在 30 min 内完成。试件的吸水厚度膨胀率按式(1)计算。

$$T = (h_2 - h_1) / h_1 \times 100 \quad (1)$$

式中, T 为吸水厚度膨胀率(%); h_1 为浸水前试件厚度(mm); h_2 为浸水后试件厚度(mm)。

1.3.3 红外吸收光谱(FTIR)分析。利用 Magna-IR 560 E. S. P 型傅立叶交换红外光谱仪对复合材进行红外吸收光谱分析(美国 Nicolet 公司生产)。采用溴化钾做稀释剂, 将

AF/PE 复合材样品放在研钵里研磨成细小、均匀的粉末, 压片成型, 用于红外光谱分析, 分辨率设置为 4 cm^{-1} , 扫描次数为 40 次/min。

1.3.4 热重分析(TG)。利用 NETZSCH-209 F3 型热重分析仪对苧麻纤维和 PE 树脂进行热重分析(德国耐驰仪器公司生产)。炉膛气氛为 N_2 , 温度范围控制为苧麻纤维 30 ~ 600 °C, PE 树脂 30 ~ 800 °C; 升温速度为 10 °C/min。

1.3.5 扫描电子显微镜。用荷兰公司生产的 FEI QUNG-TA200 型扫描电子显微镜观察复合材的微观形态。将试样放入液氮中充分冷冻, 然后快速脆断, 截取横断面。用导电胶将其固定在样品托上, 对其表面进行喷金处理, 然后在加速电压为 12.5 ~ 15.0 kV 条件下对复合材断面进行观察。

2 结果与分析

2.1 热压温度的确定 AF 及 PE 热失重微分 DTG 曲线如图 2 所示。在 30 ~ 400 °C 之间时, PE 纤维没有失重表现, 当温度大于 400 °C 以后 PE 开始热解, 热解温度在 465 °C。苧麻纤维从起始阶段就开始少量失重, 应该为水分的蒸发; 从 160 °C 开始逐渐明显, 在 275 °C 出现第一个下降小峰, 应该包括分子中吸附水和结合水的脱除, 以及纤维素单元中的糖苷键断裂产生的一些低分子量的挥发物质; 当温度大于 350 °C, 麻纤维开始逐步分解并碳化。结合聚乙烯的加工温度, 以 180 °C 作为复合材的热压温度时, 苧麻纤维性能不会受到影响。

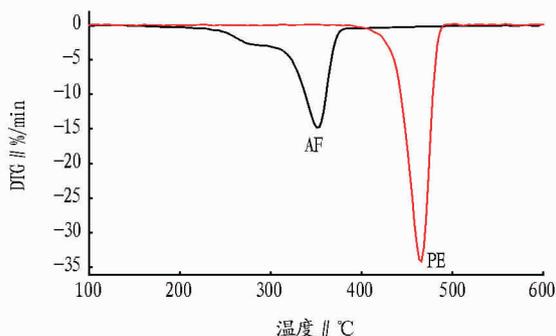


图2 PE 及 AF 的 DTG 曲线

2.2 质量比对 AF/PE 复合材弯曲性能影响 随着 AF 与 PE 质量比的增加, 即苧麻纤维用量的增多, 复合板材的弯曲强度逐渐下降(图 3)。AF 与 PE 质量比为 50:50 时弯曲强度为 34.28 MPa, 50:50 ~ 60:40 期间弯曲强度相差不大; 当 AF 与 PE 质量比上升为 75:25 时弯曲强度下降到 13.36 MPa, 降低了 61%。麻纤维含量少于 60% 时, PE 树脂对麻纤维的包覆作用较好, 因此复合材的弯曲强度下降不明显; 当麻纤维含量过高时缺少足够的 PE 对麻纤维进行包覆, 麻纤维与 PE 之间粘结性变差, 容易产生裂纹和孔洞, 造成弯曲强度降低。

麻纤维含量在 50% ~ 60% 含量范围内 AF/PE 复合材的弯曲模量变化明显大于其他比例的复合材。这是因为当麻纤维含量大于 60% 时, PE 树脂对麻纤维的粘结作用减弱, 导致麻纤维的刚度没有发挥作用。

2.3 质量比对 AF/PE 复合材拉伸性能影响 如图 4 所示, 复合材的拉伸强度在 AF 与 PE 质量比为 55:45 的时候达到

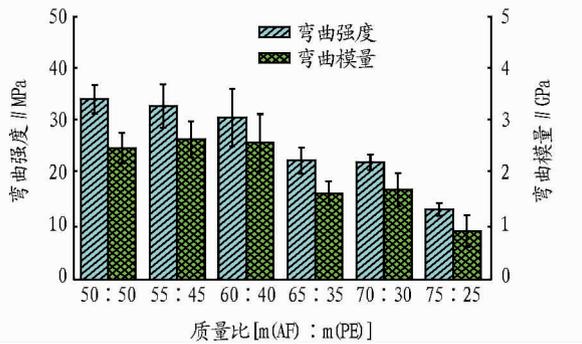


图3 AF/PE 质量比对复合材弯曲性能的影响

最大值,为 29.95 MPa,随后强度开始下降。当 AF 与 PE 质量比为 75:25 时,比最大值时下降了 29%,但下降幅度小于弯曲强度。在 AF/PE 复合材受拉伸时,如果 PE 基质对麻纤维形成很好的包覆、结合效果较好,则麻纤维的加入对复合材拉伸强度有一定的增强效果。但当麻纤维不能充分地被 PE 包覆、结合强度较弱时,则麻纤维容易与 PE 基质分离,使复合材的拉伸强度下降;但连续麻纤维仍能发挥一定的抗拉伸作用,因此复合材的拉伸强度下降没有抗弯强度那样快速。

在拉伸过程中,苘麻纤维大分子链不断伸展和破坏,纤维显著变形,拉伸模量在这个过程中迅速减小。麻纤维的含量越多,PE 基体对麻纤维伸展和拔出的抵抗作用越弱,复合材的变形越严重,拉伸模量越小。与 50:50 的比例相对照,AF 与 PE 质量比为 75:25 时拉伸模量下降了 75%。

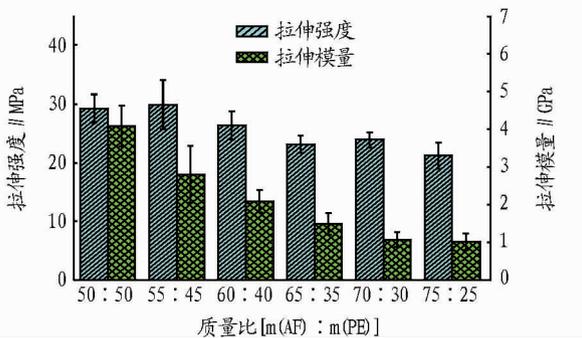


图4 AF/PE 质量比复合材拉伸性能的影响

2.4 质量比对 AF/PE 复合材冲击强度的影响 如图 5 所示,随着苘麻用量的增加,板材的冲击强度呈缓慢上升趋势,在 AF 与 PE 质量比为 75:25 时达到最大,为 57.70 kJ/m²,比质量比为 50:50 时提高了 69%。冲击强度与板材的韧性有直接关系,麻纤维含量越高,带给板材的韧性越好,抗冲击力也越强;另一方面,随着麻纤维含量的增加,PE 用量相应减少,麻纤维未被包覆的位置形成孔隙,也利于对能量的吸收,使冲击强度变大。但这些孔隙对抗弯和拉伸性能具有不利影响。

2.5 质量比对 AF/PE 复合材吸水厚度膨胀率的影响 由图 6 可知,AF 与 PE 质量比为 50:50 时复合材的 2 h 吸水厚度膨胀率为 2.3%,当 AF 与 PE 质量比为 75:25 时增加到 7.8%;在相同质量比变化范围内,复合材的 24 h 吸水厚度膨

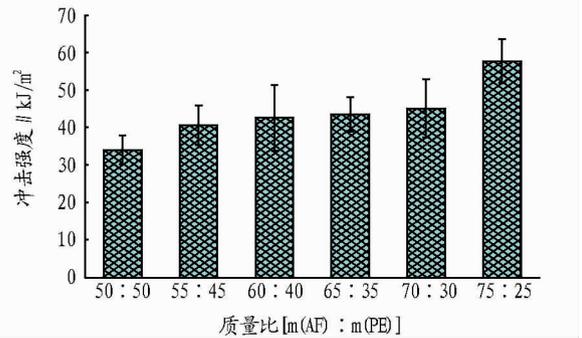


图5 AF/PE 质量比对复合材冲击强度的影响

胀率则从 4.15% 增加到 12.47%。麻纤维用量的增加助长了水分吸收。这是因为随着麻纤维含量增加,麻纤维上暴露在外面的亲水基团增多,从而导致板材的吸水性能增加、吸水厚度膨胀率变大。将麻纤维含量控制在 60% 以下,AF/PE 复合材具有非常优异的耐水性。

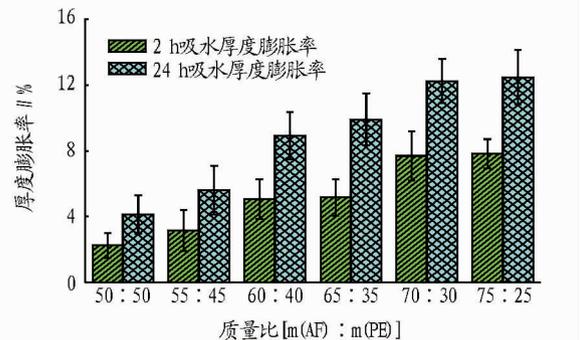


图6 AF/PE 质量比对复合材吸水厚度膨胀率的影响

2.6 不同质量比 AF/PE 复合材的微观形态 如图 7 所示,当 AF 与 PE 质量比为 55:45 时,麻纤维束在复合材中分布比较离散,麻纤维周围被大量 PE 基体包覆,此时 PE 对麻纤维包覆严密,缝隙较少;当 AF 与 PE 质量比为 65:35 时,麻纤维束聚集的情况开始明显,但 PE 对麻纤维的固定作用仍较好,只有小的裂纹出现;当 AF 与 PE 质量比增大为 70:30 时,麻纤维束大量聚集,单纤维束较少,PE 的包覆作用减弱,此时可以看见较多纤维与 PE 介质间的缝隙。这些微观结构变化对 AF/PE 复合材的物理力学性能造成了影响。

2.7 硅烷偶联剂处理对 AF/PE 复合材物理力学性能的影响 为进一步提高复合材料的性能,研究硅烷偶联剂处理苘麻布后制得的复合材性能,AF 与 PE 质量比为 55:45 复合材的物理力学性能测试结果见表 1。

苘麻经过偶联剂处理后,AF/PE 复合材的弯曲强度提高了 37%,弯曲模量提高了 49%,拉伸强度增加了 33%,拉伸模量增加了 13%,吸水厚度膨胀率降低了 24%,但冲击强度提高不大。

苘麻纤维主要是由纤维素、半纤维素、木质素等组成^[27],麻纤维表面含有大量的羟基基团(-OH),使苘麻纤维表现为亲水性^[28],当憎水性的 PE 与亲水性的麻纤维热压制复合板材时,PE 对麻纤维只是形成了简单的物理包覆。硅烷偶联剂是一类以 R-Si(OR')₃ 为代表的偶联剂,它一端

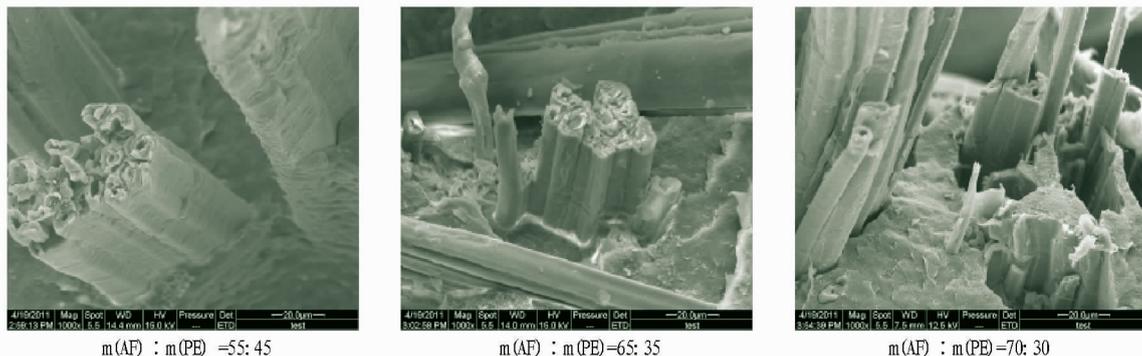


图7 AF/PE复合材的SEM图片(1 000×)

表1 苘麻纤维经硅烷偶联剂后AF/PE复合材的物理力学性能

苘麻	弯曲强度//MPa	弯曲模量//GPa	拉伸强度//MPa	拉伸模量//GPa	冲击强度//kJ/m ²	2 h吸水厚度膨胀率//%	24 h吸水厚度膨胀率//%
未处理	34.29	2.50	29.27	4.09	34.09	2.27	4.15
处理	47.03	3.72	39.06	4.63	37.75	1.72	3.01

的烷氧基R'可以水解生成硅烷醇,硅烷醇羟基间脱水缩合成低聚硅氧烷,可以与麻纤维表面羟基反应,形成氢键,加热脱水固化后,与麻纤维形成Si-O-C共价键。引发剂过氧化二异丙苯(DCP)分解产生自由基,自由基作用于PE分子可生成新的大分子自由基;或引发剂自由基继续分解生成苯自由基,再引发PE产生大分子自由基。大分子自由基可以与硅烷的另一端反应。由红外光谱(图8)分析,苘麻纤维处理后的复合材在3 320 cm⁻¹附近的-OH伸缩振动特征峰明显小于未处理的;同时,在1 170 cm⁻¹处代表Si-O-C共价键的伸缩振动峰加强。由此说明,有部分羟基参与了化学反应,在麻纤维表面形成Si-O-C共价键。

硅烷偶联剂在麻纤维和PE树脂之间起到“桥”的作用,使两相的界面上形成共价键或者络合键,加强了纤维与树脂基体间的结合,AF/PE复合材的抗弯、拉伸等性能得到提高;但这种刚性连接对材料韧性没有积极作用,因此对AF/PE复合材的抗冲击强度改善不明显。

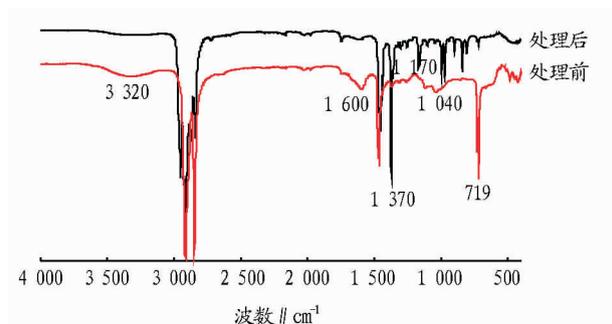


图8 硅烷偶联剂处理前后复合材红外光谱

3 结论

对麻纤维进行热加工时,为了使麻纤维本体的各性能不受高温的影响,加工温度不宜超过180℃。综合分析AF/PE复合材的抗弯性能、拉伸性能、吸水厚度膨胀率和微观形态可以得出,PE对麻纤维的包覆效果好坏影响复合材的物理力学性能,麻纤维的含量控制在60%以下复合材各项性能较优异;其中麻含量为55%时各项性能最佳。

采用硅烷偶联剂A-171处理苘麻纤维可以进一步提高复合材的各项物理力学性能,从红外光谱图可以看出,硅烷偶联剂充当了“桥”的角色,使苘麻纤维和PE树脂在分子级上形成结合,有效地改善了苘麻与PE间的界面相容性问题。

研究证明,利用苘麻纤维可以获得性能优异的复合材料,对苘麻的利用可以拓展到更广阔的范围,提高农产品附加值。

参考文献

- [1] 曲丽君. 麻纤维在汽车用装饰材料中的应用[J]. 产业用纺织品, 2002, 20(8): 36-39.
- [2] 刘丽妍, 黄故. 亚麻增强热塑性树脂基复合材料的开发[J]. 天津工业大学学报, 2005, 24(4): 5-7.
- [3] VAN DE VELDE K, KIEKENS P. Thermoplastic pultrusion of natural fibre reinforced composites[J]. Composite Structures, 2001, 54(2/3): 355-360.
- [4] 肖加余, 曾竟成, 王春奇, 等. 高性能天然纤维复合材料及其制品研究与开发现状[J]. 玻璃钢/复合材料, 2000(2): 38-43.
- [5] WAMBUA P, IVENS J, VERPOEST I. Natural fibres: Can they replace glass in fibre reinforced plastics[J]. Composites Science and Technology, 2003, 63(9): 1259-1264.
- [6] 崔萍, 楚晓, 艾宏玲, 等. 亚麻/聚丙烯复合材料的成型工艺和拉伸性能研究[J]. 玻璃钢/复合材料, 2010(2): 41-43.
- [7] 王瑞, 王春红. 亚麻落麻纤维增强可降解复合材料的拉伸强度预测[J]. 复合材料学报, 2009, 26(1): 43-47.
- [8] 曹勇, 吴义强, 合田公一. 麻纤维增强复合材料的研究进展[J]. 材料研究学报, 2008, 22(1): 10-17.
- [9] 韩宋佳, 王柯, 张琴, 等. 剑麻纤维增强聚丙烯复合材料的制备与性能研究[J]. 塑料工业, 2013, 41(6): 35-38.
- [10] BOS H L, MUSSIG J, VAN DEN OEVER M J A. Mechanical properties of short-flax-fibre reinforced compounds[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2006, 37(10): 1591-1604.
- [11] 刘丽妍, 黄故, 王瑞. 亚麻/聚丙烯机织复合材料薄板的制备与研究[J]. 玻璃钢/复合材料, 2005(5): 17-19.
- [12] 刘丽妍, 黄故, 王瑞. 亚麻增强聚丙烯复合材料薄板的冲击性能[J]. 纺织学报, 2007, 28(3): 38-41.
- [13] 房昆. 剑麻纤维及其复合材料研究进展[J]. 工程塑料应用, 2012, 40(4): 100-103.
- [14] GASSAN J, BLEZDKI A K. Alkali treatment of jute fibers: Relationship between structure and mechanical properties[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1999, 71(4): 623-629.
- [15] GASSAN J, BLEZDKI A K. Possibilities for improving the mechanical properties of jute/epoxy composites by alkali treatment of fibres[J]. Composites Science and Technology, 1999, 59(9): 1303-1309.
- [16] GASSAN J, DIETZ T, BLEZDKI A K. Effect of silicone interphase on the mechanical properties of flax-polyurethane composites[J]. Composite Interfaces, 2000, 7(13): 103-115.

表2 第20次迭代分类精度

类别	混交林 针叶林 阔叶林 水体 非林地					制图精度
	个	个	个	个	个	%
混交林	15	1	3	1	2	75
针叶林	2	18	0	0	1	90
阔叶林	3	0	17	0	1	85
水体	0	0	0	19	0	95
非林地	0	1	0	0	16	80
总数	20	20	20	20	20	

注:总体精度=85%;Kappa系数=0.8125。

区,3个落在针叶林分类区,分类精度为55%;水体与非林地分类精度分别为90%和75%。

从表2可以看出,经过20次迭代,100个样本中85个样本被正确聚类,总体分类精度为85%。其中,混交林验证样本中,15个落在混交林分类区,2个样本落在针叶林分类区,3个被错分成阔叶林,分类精度为75%;针叶林的20个样本中,有18个样本落在针叶林分类区,1个落在混交林分类区,1个落在非林地分类区,分类精度为90%;阔叶林的20个样本中,有17个样本落在阔叶林分类区,3个落在混交林分类区,精度85%;水体的20个验证样本中,有19个分类正确,1个落在混交林分类区,精度为95%;非林地16个落在非林地分类区,2个落在混交林分类区,1个落在针叶林分类区,1个落在阔叶林分类区,分类精度为80%。

混交林、针叶林、阔叶林、水体、非林地的制图精度在迭代20次后比迭代初级阶段第5次时分别有所提高。

研究发现,水体的反射率值与森林区别较大,混淆程度较低,容易区分,精度相对很高。野外调研多数选在9、10月份,针叶林与阔叶林及混交林差异较大,较容易区分。阔叶林与混交林灰度值相差不大,它们各自均有一些样本混淆,影响了精度。随着迭代次数的增加,适应度收敛,越来越接近最优聚类结果。HIS高光谱数据的质量也影响了精度的提升。但改进的粒子群与蚁群结合的算法进行聚类为森林类型识别提供了一种新思路。

4 结论

该研究在对粒子群引入加速系数、改进惯性系数的基础

上,采用蚁群生化特性,分多阶段将粒子群与蚁群智能算法结合,并设计出了适合于高光谱图像聚类的蚁群和粒子群编码规则及个体结构,将其应用到林业遥感的聚类方法中,将高光谱影像的聚类过程映射为群智能算法的寻优过程,利用不同地物的光谱特征,从HJ/1A遥感影像的115个波段中挑选出类内距离较小的集合,验证样本验证结果表明,其能较好地区分阔叶林、针叶林和混交林等样地类型。该优化算法拥有自学习性、鲁棒性强等特点,可为遥感应用问题提出新的解决思想。

参考文献

- [1] TONG Q X, ZHANG B, ZHENG L F. Hyperspectral remote sensing[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [2] FAZAKAS Z, NILSSON M, OLSSON H. Regional forest biomass and wood volume estimation using satellite data and ancillary data[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1999, 98/99: 417-425.
- [3] 舒清志, 唐守正. 国际森林资源监测的现状与发展趋势[J]. 世界林业研究, 2005, 18(3): 33-37.
- [4] 仲青青. 基于粒子群优化的遥感图像聚类研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2011: 4-8.
- [5] 王志辉, 丁丽霞. 基于叶片高光谱特性分析的树种识别[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(7): 1826-1830.
- [6] TIMOTHY M K, TALAAT M R. Structural controls on Neoproterozoic mineralization in the South Eastern Desert, Egypt: An integrated field, Landsat-TM, and SIR-C/X SAR approach[J]. Journal of African Earth Sciences, 2002, 35: 107-112.
- [7] 李俊明. 基于森林类型光谱特征的最佳波段选择研究[J]. 森林工程, 2013, 29(4): 4-5.
- [8] 韩瑞梅. 环境星HSI影像处理关键技术的研究山[D]. 长沙: 中南大学, 2010.
- [9] 李俊明, 邢艳秋, 杨超, 等. 基于环境与灾害监测预报小卫星的树种识别[J]. 东北林业大学学报, 2013(11): 42-43.
- [10] FEMANDES C, RAMOS V, ROSA A C. Self-regulated artificial ant colonies on digital image habitats[J]. International Journal of Lateral Computing, 2005, 2(1): 1-8.
- [11] 王东. 基于粒子群智能的遥感找矿方法研究[D]. 长沙: 中南大学, 2008: 24-28.
- [12] LOAN CHRISTIAN T I. The particle swarm optimization algorithm: Convergence analysis and parameter selection[J]. Information Processing Letters, 2003, 85: 317-325.
- [13] 周丽娟. 改进粒子群算法和蚁群算法[J]. 长春工业大学学报: 自然科学版, 2009, 30(3): 342-345.
- [14] 周爽. 蚁群算法在高光谱图像降维和分类中的[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010: 76-82.
- [15] 科学报, 2012, 29(4): 69-74.
- [16] 李津, 王春红, 贺文婷, 等. 洋麻纤维的表面改性及其在聚丙烯基复合材料中的应用[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(2): 6-10.
- [17] GASSAN J. A study of fibre and interface parameters affecting the fatigue behaviour of natural fibre composites[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2002, 33(3): 369-374.
- [18] 周兴平, 解孝林, LI R K Y. PP/PMMA接枝剑麻纤维复合材料的结构和性能[J]. 材料研究学报, 2002, 16(5): 551-556.
- [19] 周兴平, 解孝林, LI R K Y. PP/PMMA接枝剑麻纤维复合材料-(II) SF表面处理对PP/SF复合材料结构和性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2004, 20(4): 138-145.
- [20] 王璐琳, 何莉萍, 田永, 等. 表面处理对剑麻纤维增强聚丙烯复合材料力学性能的影响[J]. 机械工程材料, 2008, 32(5): 58-61.
- [21] 汤芬, 甘厚磊, 邹汉涛, 等. 碱处理对剑麻连续长纤维增强聚丙烯复合材料力学性能的影响[J]. 武汉纺织大学学报, 2011, 24(3): 11-15.
- [22] 席建岭, 吴宏武. 剑麻纤维的改性方法对其形态结构和力学性能的影响[J]. 塑料, 2010, 39(1): 42-57.
- [23] 王娟, 李敏, 顾轶卓, 等. 剑麻纤维表面特性及其浸润行为[J]. 复合材料学报, 2012, 29(4): 69-74.
- [24] 李津, 王春红, 贺文婷, 等. 洋麻纤维的表面改性及其在聚丙烯基复合材料中的应用[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(2): 6-10.
- [25] GASSAN J, BLEZDKI A K. The influence of fibre-surface treatment on the mechanical properties of jute-polypropylene composites[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 1997, 28(12): 1001-1005.
- [26] DOAN T T L, GAO S L, MADER E. Jute/polypropylene composites I: Effect of matrix modification[J]. Composites Science and Technology, 2006, 66(7/8): 952-963.
- [27] 管映亭, 董政娥, 温桂清, 等. 苘麻切皮纤维研究[J]. 纺织学报, 2003, 24(6): 572-573.
- [28] JOHN M J, ANANDJIWALA R D. Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites[J]. Polymer Composites, 2008, 29: 187-207.

(上接第9512页)