

文章编号:1001—7380(2023)01—0018—07

竹木混合纤维绒毛浆的制备与性能研究

施宇斐^{1,2}, 江国华^{1,2*}

(1. 浙江理工大学材料科学与工程学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江省智能生物材料与功能纤维国际科技合作基地, 浙江 杭州 310018)

摘要:该研究以白竹炭纤维和针叶木纤维为原料制备绒毛浆,探究原料比、助剂添加含量及抄造工艺对绒毛浆浆板和绒毛浆纤维的性能影响。结果表明,制备绒毛浆的最佳工艺条件为白竹炭纤维与针叶木纤维干质量比3:1,脱粘剂(氨基硅烷 HD-M8252)用量2%,膨松剂(轻质碳酸钙粉末)用量1.5%,压榨压力1.5 MPa,压榨时间分别为4, 1, 1 min,烘干温度105 ℃,烘干时间12 min。该工艺条件下制备的绒毛浆浆板紧度为0.413 g/cm³,耐破指数为0.647 kPa m²/g,绒毛浆纤维吸水时间为4.51 s/g,吸水率为14.1 g/g,干蓬松度为25.7 cm³/g,各方面性能均能满足国家标准 GB/T 21331-2021 要求。

关键词:绒毛浆;原料比;脱粘剂;氢键;抄造工艺

中图分类号:TS104.5;TS727;TS74;TS749⁺.3

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2023.01.004

Study on preparation and properties of bamboo and wood mixed fiber fluff pulp

Shi Yufei^{1,2}, Jiang Guohua^{1,2*}

(1. College of Materials Science and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, Zhejiang, China;

2. International Scientific and Technological Cooperation Base of Intelligent Biomaterials and Functional Fibers, Hangzhou, 310018, China)

Abstract:In this study, white bamboo carbon fiber and bleached softwood pulp were used as raw materials to prepare fluff pulp, and the effects of raw material ratio, additive content, and manufacturing technology on the performance of fluff pulp board and fluff pulp fiber were investigated. The results of the optimum preparation conditions for bamboo fluff pulp were showed as follows: the weight ratio of white bamboo charcoal cotton to coniferous wood at 3:1, deboning loading at 2%, fluffing agent loading at 1.5% and the pulp press at 1.5 MPa. The pressing time was 4, 1 and 1 min respectively, the drying temperature was 105 ℃ and the drying time was 12 min. The tightness, bursting index, water absorption speed, amount of water absorption and bulk degree of the fluff pulp board prepared with above process were 0.413 g/cm³, 0.647 kPa m²/g, 5.0 s/g, 14.1 g/g, and 25.7 cm³/g, respectively. In summary, all physical parameters met the requirements of the national standard GB/T 21331-2021.

Key words:Fluff pulp;Raw material ratio;Debonder;Hydrogen bond;Paper making technology

绒毛浆作为具有高蓬松性和高吸湿性的纤维素纤维,被广泛应用于生产私人卫生用品,如婴儿尿不湿、卫生巾^[1-2]。自2000年开始,我国卫生用品市场在国内迅速扩张,国内市场对绒毛浆需求日益

增加,至2022年全球绒毛浆消费量达到700万t^[3],国内绒毛浆进口量85万—100万t,国内绒毛浆市场具有庞大且稳定的需求量。

目前市场上的漂白绒毛浆主要以长纤维细胞

收稿日期:2022-12-03;修回日期:2022-12-28

基金项目:浙江省自然科学基金项目“胰岛素微针透皮给药的系统调控与载运机制研究”(LY18E030006)

作者简介:施宇斐(1997—),浙江杭州人,硕士研究生。从事功能纤维复合材料及应用研究。E-mail:285662104@qq.com

*通信作者:江国华(1975—),浙江建德人,教授,博士。从事功能纤维复合材料及应用研究。E-mail:ghjiang_cn@zstu.edu.cn

壁厚的针叶木浆为原料,但受生长条件和气候条件等因素影响,亚洲大陆针叶木资源的匮乏严重制约我国绒毛浆产业发展。为解决原料制约问题,科研工作者将目光投向非木材纤维竹子^[4]。中国竹资源丰富,有 40 余属^[5],竹纤维形态和长度有特殊性,细胞壁厚度为 5.46—8.05 μm ^[6],抗压能力强,使浆板具有较好蓬松性。但是传统竹纤维存在半纤维和杂细胞含量多等缺点,制成的绒毛浆浆板单根纤维之间结合强度高^[7],解离后绒毛浆纤维单根纤维强度弱,绒毛浆纤维吸水性能差。针对传统竹纤维制备绒毛浆的缺陷,研究人员就竹炭纤维制备绒毛浆进行尝试,竹炭纤维是竹资源利用的一个全新方向,竹炭纤维具有蜂窝状微孔结构^[8],独特的内部结构使其具有多种优良性能:单根纤维强度高;吸湿速干性能优异,对水分子吸附能力极强^[9]等,与绒毛浆纤维特殊性能要求完美贴合。但绒毛浆纤维对白度要求苛刻,竹炭纤维常呈黑色,绒毛浆纤维漂白难度大。白竹炭纤维是竹炭纤维的一种,其纤维色泽鲜亮,色牢度优良,选用白竹炭纤维制备绒毛浆可解决绒毛浆纤维漂白难的问题。同时,绒毛浆的吸收能力受纤维长度和形态(例如粗度、卷曲和扭结程度)影响^[10-12],更长和更粗的纤维具有更好的吸水性,因此寻找长纤维和白竹炭纤维组合以提升其纤维强度和吸收性能十分必要^[13]。由于绒毛浆性能的特殊性,仍需添加助剂改善绒毛浆性能,传统竹纤维绒毛浆制备中常用脱粘剂改性制备绒毛浆,脱粘剂阻止氢键形成提高纤维吸水性和降低纤维间结合强度^[14],但是脱粘剂加入会对绒毛浆纤维自身强度造成一定损害。因此,如何使用脱粘剂或添加其他辅助助剂共同改善绒毛浆性能应

慎重考虑。

本研究基于竹炭纤维单纤维强度较弱和竹炭纤维绒毛浆浆板结合强度高的缺点,设计了一种竹木绒毛浆纤维的制备工艺,在竹炭纤维的基础上加入针叶木纤维,探究了针叶木纤维的加入对纤维强度的改善效果,并添加助剂(脱粘剂氨基硅烷 HD-M8252 与膨松剂轻质碳酸钙粉末)进行改性,将改性浆料进行抄造成浆片,干解离成绒毛浆纤维,研究抄造工艺对绒毛浆浆板以及绒毛浆纤维性能的影响,确定最佳抄造工艺基本参数。将所制得的绒毛浆纤维与国家毛浆纤维标准进行对比分析。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

试验材料:白竹炭纤维(南昌竹生富纳米科技有限公司),纤维重均长 1.8 mm,白度 82.5;漂白硫酸盐针叶木商品浆(智利银星),纤维重均长 3.5 mm,白度 89.4;氨基硅烷类脱粘剂 HD-M8252(青岛恒达众城科技有限公司);1 250 目轻质碳酸钙(武汉恒冠新材料科技有限公司)。

试验仪器:Ultra 55 FE-SEM 扫描电子显微镜(Carl Zeiss SMT);AT-PL6-200 水循环抄纸机(济南安尼麦特仪器有限公司);纸页快速干燥机(Emerson);MD200 耐破度仪(Kumagairikikogyo);400-1 型纸页压榨机(Finland);Nicolet is50 傅里叶红外光谱仪(Thermo Scientific);Z-Span1000 零距离抗张强度仪(Pulmac International)。

1.2 试验方法

纤维预处理主要工艺流程分为粉碎—浸渍—压榨—烘干(见图 1)。

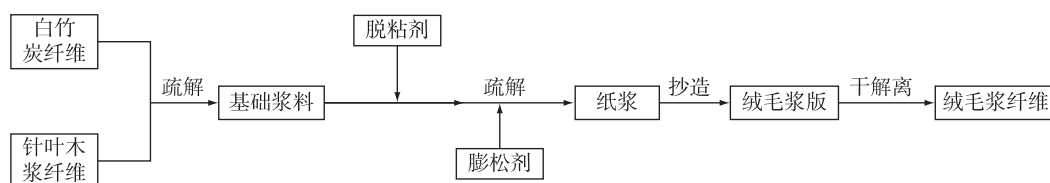


图 1 绒毛浆的制备工艺流程

粉碎:将针叶木浆板和白竹炭纤维粉碎处理,白竹炭纤维和针叶木浆干质量占比分别为 100%+0,85%+15%,80%+20%,75%+25%,70%+30%,65%+35%,浸泡 12 h 并备用。

浸渍:加入相应用量氨基硅烷 HD-M8252 与轻质碳酸钙粉末,并将其混合溶液放入标准纤维疏解

器中疏解 10 min,HD-M8252 的用量分别为原料干质量的 0,0.5%,1%,1.5%,2%,2.5%,轻质碳酸钙粉末的用量同上。

压榨:浆料经分散均匀后转移至抄纸机中,压榨至浆片状,在纸页压榨机下压榨 3 次,每次压榨后将浆片翻转 1 次,并置换新毛毯,其中压榨压力分别为 0,1,

1.5 MPa,压榨时间分别为 4,(4+1),(4+1+1) min。

烘干:将相同湿浆片分别放置于纸页快速干燥器和烘箱中烘干,保证所制得浆片的水分在 6%—10%之间,其中烘干温度为 105 ℃,用干燥器烘干时间分别为 8, 12 min,烘箱烘干时间分别为 15, 30 min。

1.3 纤维表征

1.3.1 纤维形貌观察 将所制得的浆片和纤维原料取一定用量,并用电子显微镜和扫描电镜进行观察。

1.3.2 浆料性能测试 参照国家标准测定浆片的定量偏差(GB/T 451.2-2002)、浆片的紧度(GB/T 451.3-2002)、浆片的耐破指数(GB/T1539-2007)、浆片的零抗张强度(GB/T 2678.4-1994)。参考绒毛浆国家标准 GB/T 21331-2021《绒毛浆》检测绒毛浆的干蓬松度、吸水性、吸水速度。

1.3.3 红外谱图分析 取纤维原料与绒毛浆样品 2 mg,烘干后与 KBr 混合,研磨压片,在红外光谱仪上测定得到红外光谱图,分析物理方法改性后对纤维之间的氢键变化。

2 结果与分析

2.1 纤维形貌表征

图 2A 和图 2D 为不同放大倍数下白竹炭纤维的 SEM 图,展示了白竹炭纤维的形态与直径。竹炭纤维呈管束状,形态细长,纤维表面光滑,纤维宽度约为 12 μm,没有明显皮芯结。

图 2B 和图 2E 为不同放大倍数下针叶木纤维的 SEM 图,可看出,针叶木浆纤维表面纹理粗糙,呈现深浅不一的沟纹,针叶木纤维的宽度为 22.10 μm。纤维截面形态的不规整,也是由于纵向分布深浅不一的沟槽所致。这些沟槽为纤维提供较好吸湿透气性,使纤维毛细作用明显,具有良好导湿和吸放湿能力。图 2C 和图 2F 为最佳工艺条件下经助剂处理所制绒毛浆纤维的 SEM 图,白竹炭纤维和针叶木纤维组合在绒毛浆中是明显的。图 2F 中显示白竹炭纤维表面有颗粒附着,可知固态膨松剂碳酸钙纳米粒子成功填补在纤维表面。膨松剂粒子附着在纤维的外部细纤维化位置,有效地减弱了纤维之间的结合强度。

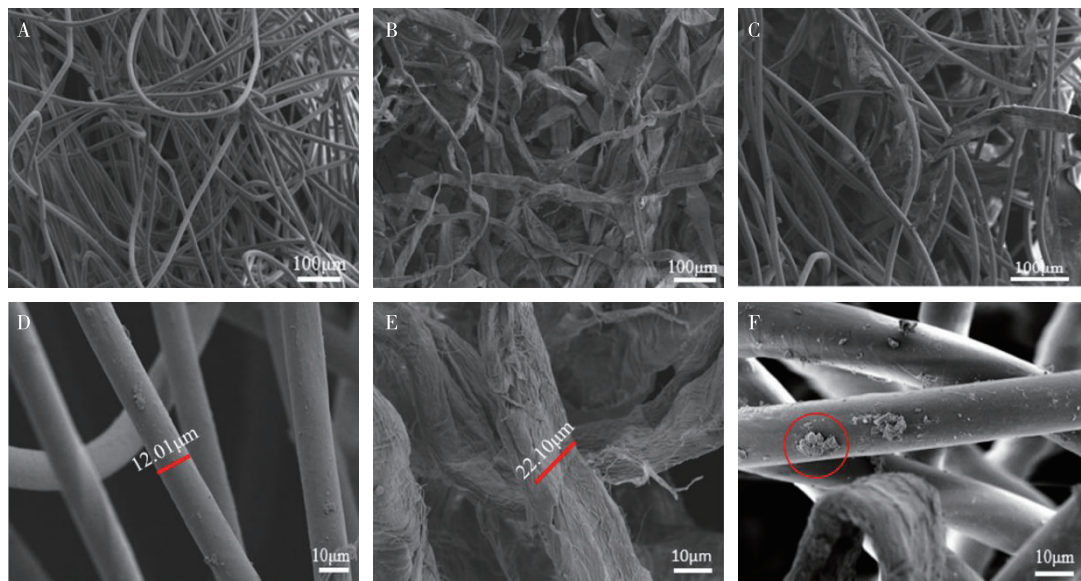


图 2 白竹炭纤维、针叶木纤维、绒毛浆的扫描图

2.2 纤维原料比对纸浆纤维强度的影响

对不同纤维原料比所制备的竹木混合绒毛浆进行零距离抗张强度和紧度测试,探究加入适量针叶木纤维对绒毛浆纤维单根强度和浆片结合强度影响,纤维单根强度用浆片的零距离抗张强度表示,浆片结合强度通过紧度来表示,结果如表 1。

从表 1 可知,当抄造工艺相同时,仅改变针叶木

浆含量,随针叶木浆比例逐渐增加,所制纸浆纤维的零距离抗张强度从 35 N/cm 上升至 65 N/cm,紧度从 0.735 g/cm³降至 0.585 g/cm³。研究表明,适当加入针叶木纤维降低了所制浆板的结合力度和增强了绒毛浆纤维的单根强度。较少含量(<25% (质量分数))针叶木纤维对于纸浆纤维结合力度的改变显著,随着含量的增加,其所起的作用逐渐

减少。

分析可知, 纯竹炭纤维绒毛浆纤维单根强度弱, 纤维间结合强度高, 木纤维比例的增加, 降低竹木混合绒毛浆结合强度, 然而过多加入针叶木浆会增加制备成本, 综合考虑, 所选用的纤维原料干质量占比为 75%+25%。

表 1 纤维原料比对纸浆纤维强度的影响			
编号	原料(白竹炭纤维+针叶木)占比/(%+%)	零距离抗张强度/(N/cm)	紧度/(g/cm ³)
1	100+0	35	0.735
2	85+15	43	0.715
3	80+20	53	0.662
4	75+25	65	0.624
5	70+30	68	0.613
6	65+35	70	0.585

2.3 助剂对绒毛浆纤维的影响

本研究使用一种硅烷类活性剂^[15], 并加入少量膨松剂作为辅助助剂, 助剂在纤维表面发生物理变化, 不改变其本身性能^[16]。在纤维原料比为 75%+25%的基础上, 研究了脱粘剂用量对绒毛浆的影响,

如图 3 所示。

由图 3 可知, 随脱粘剂用量增加, 绒毛浆浆片耐破指数和紧度逐渐降低, 其中, 耐破指数降低 14.1%, 紧度降低 36.1%, 均为降幅最大值。当用量超过 2% 时, 紧度和耐破指数则呈相反变化趋势。当脱粘剂用量为 2% 时, 干蓬松度达到最高 27.01 cm³/g, 但当超过 2% 的脱粘剂用量时干蓬松度会降低。研究结果表明, 脱粘剂用量低于 1.5% 时, 该脱粘剂有助于改善绒毛浆的吸水量, 超出此范围时吸水性能受损。当脱粘剂用量 1.5% 时, 吸水量达最高 15.4 g/g。脱粘剂对吸水速度影响较小, 吸水速度最大可达 4.82 s/g。其中, 脱粘剂的用量对纤维内的零距离抗张强度影响较小, 表明该脱粘剂几乎不改变纤维的强度。

分析可知, 该脱粘剂降低了浆板结合强度, 使绒毛浆纤维间空隙增大, 纤维间紧度随之降低^[17]。脱粘剂中在绒毛浆纤维表面形成较薄的隔离层, 使纤维卷曲程度减小, 提高了纤维蓬松度。综上考虑脱粘剂的用量为 2%, 该用量所制绒毛浆耐破指数、纤维干蓬松度、吸水性能都能满足国家标准。

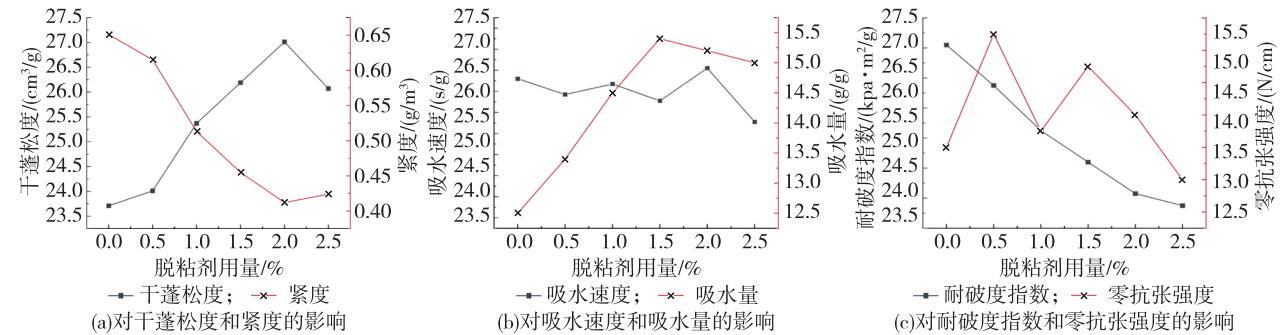


图 3 脱粘剂用量对绒毛浆性能的影响

在确定脱粘剂用量为 2% 的基础上加入膨松剂, 不同的膨松剂含量对所制得绒毛浆性能的影响结果如图 4 所示。

由图 4 可知绒毛浆的干蓬松度被所加膨松剂提高, 和膨松剂用量 0 相比, 当膨松剂含量 1.5% 时, 干蓬松度从 22.71 cm³/g 增至 26.80 cm³/g, 提高比例 15.26%。加入膨松剂对于纤维的紧度数值影响较小, 紧度均低于国家标准紧度 0.6 g/cm²。添加纳米级微米级的填料可降低纸张耐破度^[18]。虽膨松剂的用量增加, 但浆片的耐破指数一直呈下降趋势, 从 0.775 kPa·m²/g 降到 0.485 kPa·m²/g, 降幅达 37.1%。

膨松剂会抑制纤维的吸收性能, 吸水量随膨松剂用量增加一直呈减少趋势, 最大降幅为 12.2%; 吸收速度受膨松剂用量影响逐渐加快, 当用量达 2.5% 时, 吸水速度达最快 4.1 s/g。总体而言, 膨松剂的加入对绒毛浆耐破指数和吸液速度降低效果显著, 耐破指数和吸液速度分别降低 37.1% 和 10.8%。紧度和吸水量受膨松剂影响较小, 均满足国家要求。

分析可知, 固态膨松剂分布绒毛浆纤维表面, 起包裹作用, 阻碍纤维结合。但是固态膨松剂的用量过多会损耗干解离时机器的刀片, 综合考虑脱粘剂的用量为 1.5%, 此时绒毛浆的耐破指数为 0.543

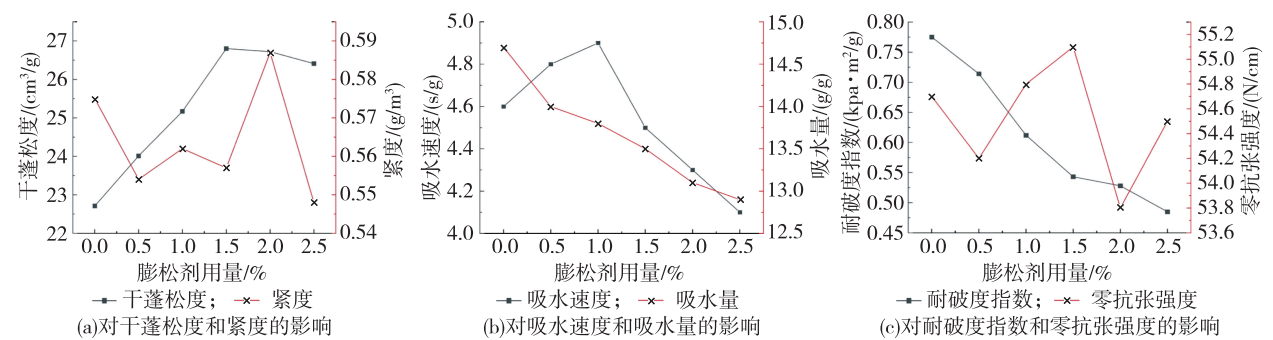


图 4 膨松剂用量对绒毛浆性能的影响

kPa·m²/g, 纤维的干蓬松度为 26.80 cm³/g, 吸水量为 13.5 g/g。

2.4 抄造工艺对绒毛浆纤维性能的影响及工艺参数确定

在上述的原料比和所加助剂的标准含量前提下,研究压榨、烘干工艺对绒毛浆纤维的影响,以确定最佳的工艺参数。

压榨工艺对绒毛浆浆板的影响如表 2,烘干工艺对绒毛浆浆板的影响如表 3。

表 2 压榨工艺对绒毛浆浆板的影响				
编号	压榨条件	紧度/ (g/cm ³)	耐破指数/ (kPa·m ² /g)	压后浆片干度 /%
1	无	0.312	0.381	15
2	1 Mpa, 4 min	0.354	0.655	25
3	1 Mpa, (4+1) min	0.415	0.727	28
4	1 Mpa, (4+1+1) min	0.457	0.752	32
5	1.5 Mpa, 4 min	0.413	0.684	31
6	1.5 Mpa, (4+1) min	0.444	0.753	35
7	1.5 Mpa, (4+1+1) min	0.485	0.785	37

表 3 烘干工艺对绒毛浆浆板的影响			
编号	烘干方式	紧度/ (g/cm ³)	耐破指数/ (kPa·m ² /g)
1	烘箱 105℃ 烘 15 min	0.481	0.731
2	烘箱 105℃ 烘 30 min	0.425	0.655
3	干燥机 105℃ 干燥 8 min	0.454	0.754
4	干燥机 105℃ 干燥 12 min	0.413	0.647

由表 2 可知,压力相同时随压榨时间延长,湿浆片干度、耐破指数、紧度呈上升趋势;压榨时间一样压力越大,湿浆片干度、耐破指数、紧度随之增加。工业生产过程中,绒毛浆浆板烘干过程中所耗的能量巨大,因此在这个压榨过程中,在耐破指数达到标准的前提下尽可能地提升浆片干度。

由表 3 可知,烘箱烘干和纸页快速干燥机干燥这 2 种方式虽烘干后的耐破指数相近,紧度相差不大,但纸页快速干燥机紧贴浆片,更利于热量传递,效率更快。

综合考虑在 1.5 MPa 下用纸页压榨机分 3 段压榨,每次压榨均需换面和换干毛毯,压榨时间分别为 4,1,1 min,浆片的干度达到 37%,烘干方式为纸页快速干燥机 105℃ 烘 12 min。

2.5 纤维 IR 分析

竹木混合纤维和经 2% 脱粘剂和 1.5% 膨松剂处理竹木混合绒毛浆纤维的 FT-IR 光谱如图 5 所示。由图 5 可知,和原竹木混合纤维相比,助剂处理后的绒毛浆纤维基本无变化。由于纤维素中含有大量的-OH,因此纤维素分子之间就会形成许多分子内和分子间氢键。

假设所有振动模式遵循高斯分布,则可将氢键的 O-H 拉伸振动分解为纤维素 I 的 3 个带。解析结果如表 4 所示,在 3 375—3 340, 3 310—3 230, 3 170—3 130/cm 处出现 3 条不同的带。在纤维素 I 中,它们分别与分子间氢键 O(6)H...O(2')、分子间氢键 O(6)H...O(3')、分子内氢键 O(3)H...O(5)有关^[19-20]。由图 5 可知,与原纤维相比较,加入助剂后,带 1 强度变化不大,带 2 的相对强度明显降低。光谱响应可以转成脱粘剂与各种氢键的潜在化学相互作用,结果表明脱粘剂破坏大量的分子间氢键 O(6)H...O(3') 和少量的分子间氢键 O(6)H...O(2')。大量分子间氢键的断裂释放出较多游离状态的羟基,绒毛浆纤维更易吸水润胀^[21],纤维吸水性增强。同时,分子间氢键断裂降低绒毛浆浆板纤维间结合强度,使绒毛浆浆板更易干解离。

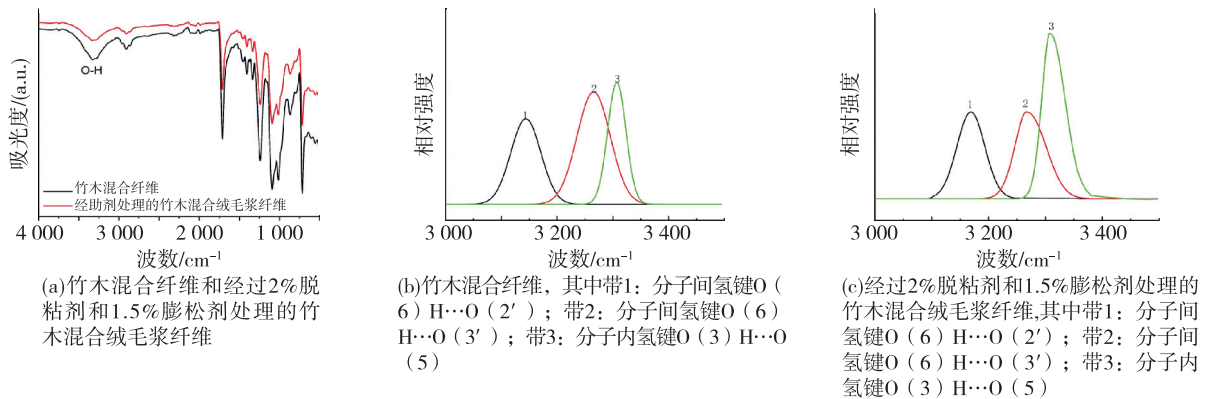


图 5 红外光谱图和氢键 O-H 拉伸分辨率

表 4 红外光谱中氢键 O-H 拉伸的解析结果

样品	分峰	氢键	波数	拟合峰面积	相对强度/%
竹木混合纤维	1	O(6)H···O(2')	3 142	236	33.4
	2	O(6)H···O(3')	3 263	238	33.8
	3	O(3)H···O(5)	3 346	229	32.5
经过助剂处理的竹木混合绒毛浆纤维	1	O(6)H···O(2')	3 167	227	36.4
	2	O(6)H···O(3')	3 241	160	25.7
	3	O(3)H···O(5)	3 341	235	37.9

综上所述,对原料比、助剂用量、抄造工艺各影响因素的探讨得到竹木混合绒毛浆制备的最佳工艺条件,在此条件下,纯竹炭纤维绒毛浆和竹木混合绒毛浆性能以及与国家标准绒毛浆的对比结果如表 5。

由表 5 可知,竹木混合绒毛浆相较于纯竹炭绒毛浆,抄造所得的浆板紧度下降 43.8%,耐破指数下降 17.7%,吸水速度加快 13.7%,同时吸水量及干蓬松度分别增加 15.6%,8.4%。所制得竹木混合绒毛浆的各项数据均符合绒毛浆国家标准 GB/T21331-2021 的要求。

表 5 竹炭绒毛浆和竹木混合绒毛浆性能以及国家标准对比

浆样	干蓬松度/ (cm ³ /g)	紧度/ (g/cm ³)	吸水量/ (g/g)	吸水速度 /(s/g)	耐破指数/ (kPa·m ² /g)
纯竹炭绒毛浆	23.71	0.735	12.2	5.23	0.787
竹木混合绒毛浆	25.70	0.413	14.1	4.51	0.647
国家标准	17.0	0.65	8.0	8.0	1.23

3 结论

本文以白竹炭纤维和针叶木纤维为原料、硅烷类脱粘剂 HD-M8252 和轻质碳酸钙为助剂,通过制浆工艺制备具有高蓬松性和高吸水性的竹木混合

绒毛浆纤维,着重研究了制备工艺中原料比、助剂用量、抄造工艺对绒毛浆浆板和绒毛浆纤维的性能影响,从而得出最佳的制备工艺,主要结论如下:

a) 针叶木纤维的加入显著改善绒毛浆的纤维强度和结合强度,随针叶木浆含量增加,所制绒毛浆纤维的零距离抗张强度显著加强,紧度逐渐下降。

b) 通过扫描电镜以及红外线可知,加入脱粘剂让部分纤维变得更加光滑,且固态膨松剂颗粒成功分布在纤维束的粗糙处,膨松剂粒子的覆盖让纤维之间的氢键结合变少,降低了绒毛浆纤维的结合强度。

c) 最佳的制备工艺条件为:白竹炭纤维与针叶木纤维的占比为 75%+25%,脱粘剂用量 2%,膨松剂用量 1.5%,压榨压力 1.5 MPa,压榨时间分别为 4,1,1 min,干燥温度 105 ℃,干燥时间 12 min。

d) 经上述工艺制得竹木混合绒毛浆纤维,绒毛浆浆板紧度 0.413 g/cm³,与未处理相比降低 43.8%;耐破指数为 0.647 kPa·m²/g,降低 17.7%;绒毛浆纤维的吸水时间为 4.51 s/g,加快 13.7%;吸水量和干蓬松度分别为 14.1 g/g,25.70 cm³/g,分别增加 15.6%,8.4%。竹木混合绒毛浆的各方面性能均能满足国家标准,是优异的绒毛浆制备工艺。

参考文献:

- [1] PARHAM R, HERGERT H. Fluff pulp: a review of its development and current technology [J]. Pulp paper, 1980, 54(3): 110-115, 121.
- [2] SEALEY J E, FIELDS B A. Fluff pulp and high sap loaded core; US11041272B2[P]. 2021-06-22.
- [3] SMITHER S. Market Reports and Trends. The future of fluff pulp to 2027[M/OL]. English; Smithers, 2022[2022-5-27]. <https://www.smithers.com/services/market-reports/nonwovens/the-future-of-fluff->
- [4] ALIREZA A. Nonwood Fibers—A potential source of raw material in papermaking [J]. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2006, 45(10): 1133-1136.
- [5] 丁雨龙. 我国竹浆生产现状及发展前景[J]. 国土绿化, 2019(11): 2.
- [6] 王梦迪, 雷以超. 温和碱预处理制备慈竹绒毛浆的工艺研究[J]. 中国造纸, 2022(4): 22-29.
- [7] 周仕强. 非木材纤维绒毛浆[J]. 四川造纸, 1994, 23(3): 107-114.
- [8] 东旭, 于明娇, 赵宏宇, 等. 竹炭纤维及其纺织品的开发现状和应用发展[J]. 辽宁丝绸, 2020(2): 41-42.
- [9] 邓燕群, 金颖, 于丹妮, 等. 负离子纤维/竹炭纤维混纺纱及面料开发[J]. 纺织科学与工程学报, 2022, 39(1): 13-16, 21.
- [10] ASKLING C, WAGBERG L, RIGDAHL M. Effects of the process conditions during dry-defibration on the properties of cellulosic networks [J]. Journal of Materials Science, 1998, 33(8): 2005-2012.
- [11] LUND K, SJOSTROM K, BRELID H. Alkali extraction of kraft pulp fibers: Influence on fiber and fluff pulp properties [J]. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2012, 7(2): 63-69.
- [12] SEALEY J E, FIELDS B A, FROASS P M. Fluff pulp and high sap loaded core; U. S Patents, EP2882900B1[P]. 2014-2-13.
- [13] 苟立异, 杨桓柏, 韩成辉, 等. 竹材纤维绒毛浆及其制造方法; CN1103124 A[P]. 1994-06-17.
- [14] XU Y J, NING Y Z, ZUO L, et al. Effects of silane debonder on the properties of fluff pulp and the study of relevant mechanism [J]. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2016, 11(2): 32-39.
- [15] 江国华, 施宇斐, 孙延芳, 等. 一种竹纤维绒毛浆及其制备方法和应用; CN202210333279X[P]. 2022-03-31.
- [16] 徐永建, 王倩, 王皎. 膨松剂对绒毛浆性能的影响及其作用机理[J]. 中国造纸, 2013, 32(11): 14-19.
- [17] 徐永建, 敬玲梅. 马尾松绒毛浆板耐破度及其吸水性的研究[J]. 纸和造纸, 2010(10): 4.
- [18] 宋宝祥. 造纸碳酸钙品质特性与应用现状及前景[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2006(3): 9-15.
- [19] OH S Y, YOO D I, SHIN Y, et al. Crystalline structure analysis of cellulose treated with sodium hydroxide and carbon dioxide by means of X-ray diffraction and FTIR spectroscopy [J]. Carbohydrate Research, 2005, 340(15): 2376-2391.
- [20] FENGEL D. Characterization of cellulose by deconvoluting the OH valency range in FTIR spectra[J]. Holzforschung, 1992, 46(4): 283-288.
- [21] 徐永健, 闫瑛. 用 Origin 软件辅助 FT-IR 分析纤维素纤维氢键模式[J]. 纸和造纸, 2013, 32(7): 36-39.
- (上接第 17 页)
- [11] 孟庆林, 李明玉, 任春颖, 等. 基于 HSI 模型的吉林省东部地区生境质量动态评价[J]. 国土资源遥感, 2019, 31(3): 140-147.
- [12] 任胤铭, 刘小平, 许晓聪, 等. 基于 FLUS-InVEST 模型的京津冀多情景土地利用变化模拟及其对生态系统服务功能的影响研究[J/OL]. 生态学报: 1-15[2023-02-13]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2031.Q.20230207.1115.037.html>.
- [13] 马良, 金陶陶, 文一惠, 等. InVEST 模型研究进展[J]. 生态经济, 2015, 31(10): 126-131, 179.
- [14] 钟莉娜, 王军. 基于 InVEST 模型评估土地整治对生境质量的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(1): 250-255.
- [15] ANESEYEE A B, NOSZCZYK T, SOROMESSA T, et al. The InVEST habitat quality model associated with land use/cover changes: A qualitative case study of the Winike watershed in the Omo-Gibe Basin, Southwest Ethiopia[J]. Remote Sensing, 2020, 12: 1103.
- [16] SHARP R, DOUGLASS J, WOLNY S, et al. InVEST 3.10.2. User's Guide[M]. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, the Nature Conservancy, World Wildlife Fund, 2020: 307.
- [17] LI Q, ZHOU Y, MARRY A C, et al. Spatio-temporal changes in wildlife habitat quality in the middle and lower reaches of the Yangtze River from 1980 to 2100 based on the InVEST model[J]. Journal of Resources and Ecology, 2021, 12(1): 43-55.
- [18] 岳文泽, 夏皓轩, 吴桐, 等. 浙江省生境质量时空演变与生态红线评估[J]. 生态学报, 2022, 42(15): 6406-6417.
- [19] 黄宇斌. 基于生境质量评估的厦门市绿色空间格局优化研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2022.
- [20] 赵智源, 武国胜, 林惠花. 基于 LUCC 和 InVEST 模型的长汀县生境质量研究[J]. 亚热带资源与环境学报, 2022, 17(4): 37-45.