

聚乙烯醇增强纤维提高美纹纸原纸物理性能的研究



作者简介：姚志伟先生，工程师；主要从事特种纸的生产和市场开发等方面的研究。

姚志伟¹ 张小龙¹ 白秋美¹ 楚守兴² 王阳^{2,*} 杨仁党²

(1. 浙江晶鑫特种纸业有限公司, 浙江衢州, 324022;

2. 华南理工大学, 广东广州, 510640)

摘要：本研究主要探讨了聚乙烯醇(PVA)增强纤维对美纹纸原纸物理性能改善效果的影响。结果表明，当PVA增强纤维用量为1.5%时，美纹纸原纸的层间结合强度和抗张强度分别达到了337 J/m²和7.35 kN/m，相比于空白样（未添加PVA增强纤维的美纹纸原纸）其增幅分别为40.4%和53.1%，同时对美纹纸原纸的其他物理性能并无明显负面影响。在对比实验中，加入1.5%增强剂500时，美纹纸原纸的层间结合强度和抗张强度分别提高了12.2%和6.5%，其增强效果并不显著。

关键词：PVA增强纤维；美纹纸原纸；层间结合强度；物理强度

中图分类号：TS761.2 文献标识码：A DOI: 10.11980/j.issn.0254-508X.2021.08.017

Study on the Improvement Physical Properties of Textured Base Paper by PVA Reinforced Fiber

YAO Zhiwei¹ ZHANG Xiaolong¹ BAI Qiumei¹ CHU Shouxing² WANG Yang^{2,*} YANG Rendang²

(1. Zhejiang Smith Special Paper Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang Province, 324022; 2. South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong Province, 510640)

(*E-mail: misteryang@163.com)

Abstract: In this paper, the effect of polyvinyl alcohol (PVA) reinforced fiber on the improvement of physical properties of textured base paper was studied. The results showed that the interlayer bonding strength and tensile strength of the textured base paper contented 1.5% PVA reinforced fiber were 337 J/m² and 7.35 kN/m, which were 40.4% and 53.1% higher than that of blank sample (without PVA reinforced fiber). Meanwhile, there was no obvious negative effect on other physical properties of the textured base paper. In the comparative experiment, when the 1.5% enhancer 500 was added, the interlayer bonding strength and tensile strength of the textured base paper were increased by 12.2% and 6.5%, respectively, and the enhancement effect was not significant.

Key words: PVA reinforced fiber; textured base paper; interlayer bonding strength; physical strength

美纹纸原纸是制作美纹胶带的主要基材，经含浸、离型、上胶等工序加工成美纹胶带^[1-2]。美纹纸原纸具有强度高、伸长率大、透气性及柔软度较好等特点，属于高技术含量、高附加值的特种纸产品^[3]，主要应用范围包括：生产清洁胶带、装潢胶带、汽车喷漆胶带等。

高档美纹纸原纸要求具有较高的干湿强度、防渗透性、耐温性（120~180℃）、透气度以及柔软度，此外还应具有适中的胶液吸收性以便后续加工^[4]。国内美纹纸原纸生产企业已实现完全产业化、国产化，且年产量可达4万多t，但其产品性能仅局限于普通级别，导致我国每年仍需从国外进口大量高档美纹纸原纸。实际应用表明，国内外美纹纸原纸性能的差距

主要体现在原纸的层间剥离强度，同规格的国产美纹纸原纸层间剥离强度较进口美纹纸原纸约低35%。因此，急需探寻出可有效改善国产美纹纸原纸性能的措施。目前，改善美纹纸原纸层间结合强度的常规措施包括：纤维原料的筛选、浆料配比的优化、打浆工艺的调整、化学助剂的添加以及抄造工艺的改进等。李鸿凯等人^[5]通过调整打浆工艺的方法发现重刀打浆比轻刀打浆更有利于提升美纹纸的剥离强度。左建波等人^[6]研究发现添加湿部化学助剂——羧甲基纤维素可以提高美纹纸原纸的层间结合强度。

收稿日期：2021-03-30（修改稿）

*通信作者：王阳，博士；主要从事特种纸基复合材料的研究。

以上方法虽可以在一定程度上提高美纹纸原纸的层间结合强度,但实际效果却十分有限。而添加化学增强纤维是一种十分有效且经济的措施^[7],但有关生产实践的研究却鲜有报道。添加聚乙烯醇(PVA)增强纤维是其中较为常用的一种方法。PVA增强纤维平均长度分布很宽,常见约为1~30 mm,具有强度高、韧性好、抗腐蚀性好及价格低等优点。其增强机理是添加到纸张中的PVA增强纤维在干燥部加热后发生玻璃化转变,与植物纤维产生交联、黏附^[8],从而大幅度提高纸张的强度。本研究通过在浆内添加PVA增强纤维,研究其用量对美纹纸原纸增强效果的影响,并以企业实际生产中常用的增强剂作为对比,以期为国内高强度美纹纸原纸的生产实践提供一定的指导思路。

1 实 验

1.1 实验原料与仪器

国产美纹纸原纸(浙江晶鑫特种纸业有限公司);增强剂500(日本荒川化学工业株式会社);芬兰进口美纹纸原纸;PVA增强纤维(东莞思耐特化工科技有限公司);纸浆原料,由浙江晶鑫特种纸业有限公司提供。

实验所用主要仪器设备见表1。

表1 主要仪器设备
Table 1 Main experimental equipments

仪器	型号	生产厂家
凯塞法纸页成型器	RK3AKWT	奥地利PTI公司
纸浆打浆度测定仪	YO-2-18	长江造纸仪器有限公司
PFI磨浆机	HAMJERN MASKIN 621	挪威Hamjern Maskin
抗张强度测定仪	L&W CE062	瑞典L&W公司
耐破度测定仪	L&W CE180	瑞典L&W公司
撕裂度测定仪	L&W 009	瑞典L&W公司
电脑柔软度仪	LB-R1000	蓝博检测仪器有限公司
层间结合强度测定仪	TMI 80-01-01-0002	美国TMI公司

1.2 美纹纸原纸的制备

1.2.1 浆料打浆

采用PFI磨浆机按照QB/T 1463—1992标准进行打浆,在标准线压力3.33 N/mm、标准速差800 m/s、浆浓10%的条件下,将阔叶木浆和针叶木浆分别磨至30°SR和34°SR。

1.2.2 原纸抄造

在质量比85:15的针叶木浆与阔叶木浆的混合

浆中,分别加入0(空白组)、1%、1.5%、3%(相比于混合浆的绝干质量)的PVA增强纤维,疏解后采用凯塞法纸页成型器进行抄片,定量(80±1) g/m²。湿纸幅经105℃辊式干燥后制备得到美纹纸原纸。此外,按照同样的方法制备了加入等量增强剂500的对照组。具体流程如图1所示。

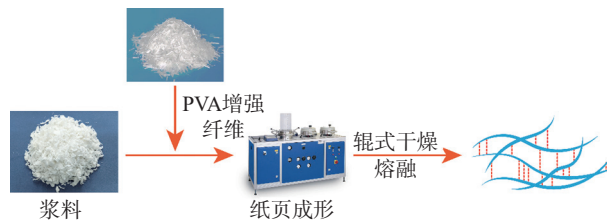


图1 纸页成形流程图

Fig. 1 Paper forming flow chart

1.2.3 物理性能的测定

层间结合强度按GB/T 31110—2014进行测定;抗张强度按GB/T 24323—2009进行测定;耐破度按GB/T 1539—2007进行测定;撕裂度按GB/T 455—2002测定;柔软度按GB/T 8942—2016进行测定。

2 结果与讨论

2.1 不同美纹纸原纸物理性能比较

表2为美纹纸原纸物理性能的检测结果。由表2可以看出,国产美纹纸原纸在总体上物理性能与进口美纹纸原纸无明显差距。定量40 g/m²时,国产美纹纸原纸纵向抗张指数略高于进口美纹纸原纸,分别为48.1 N·m/g和44.1 N·m/g;而国产美纹纸原纸的横向抗张指数却略低于进口美纹纸原纸,分别为22.1 N·m/g和33.1 N·m/g;国产美纹纸原纸纵向伸长率略高于进口美纹纸,这主要是由于国产美纹纸原纸多采用湿法起纹工艺,可伸长性较好。值得关注的是,国产美纹纸原纸的层间结合力强度明显低于进口美纹纸。其中,在定量40 g/m²左右时,相差达102%;定量50 g/m²左右时相差约为56%。在柔软度等方面,国产美纹纸原纸与进口美纹纸原纸相比无明显差距。

2.2 PVA增强纤维对美纹纸原纸层间结合强度的影响

图2为PVA增强纤维用量对美纹纸原纸层间结合强度的影响。从图2可以看出,美纹纸原纸的层间结合强度随着PVA增强纤维用量的增加表现出先上升后趋于平稳的趋势。当PVA增强纤维用量提高至1.5%时,纸张的层间结合强度由240 J/m²提高至337 J/m²,

表2 国产与进口美纹纸原纸物理性能比较

Table 2 Comparison of physical properties between domestic and imported textured base paper

编号	定量/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	灰分/%	层间结合强度/ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$	抗张指数/ $\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$		伸长率/%		撕裂度/ mN		柔软度/ mN		吸水性/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$
				纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	
a	40.7	1.6	473.0	48.1	22.1	14.1	4.6	458	750	1024	482	42.4
b	48.0	1.6	463.8	64.7	37.2	13.5	4.1	455	890	1890	845	48.9
c	39.2	3.6	954.8	44.1	33.1	10.4	4.2	337	484	879	593	36.3
d	51.0	0.5	724.5	52.3	43.0	12.0	4.0	598.4	725.3	2043	1234	65.2

注 a、b为不同定量的国产美纹纸原纸;c、d为不同定量的进口美纹纸原纸。

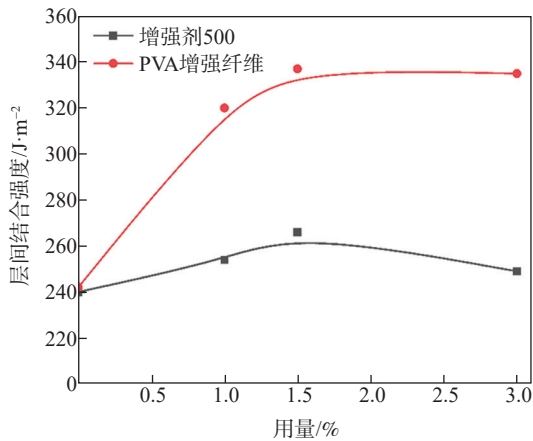


图2 PVA增强纤维用量对美纹纸原纸层间结合强度的影响
Fig. 2 Influence of PVA reinforced fiber amount on the interlayer bonding strength

提高了40.4%，此时层间结合强度达到最高值。当PVA增强纤维用量从1.5%提高至3.0%时，纸张的层间结合强度又呈现略微下降的趋势。其主要原因可能是PVA增强纤维的热固化作用有利于促进纤维表面氢键的形成，从而提高纤维之间的内部结合力^[1]；当其使用过量时又对氢键的形成产生负面影响，进而导致纸张层间结合强度略微下降。因此，当PVA增强纤维用量大于1.5%时，纸张物理性能提升效果较差，出于对成本的考虑，其最佳用量约为1.5%。此外，由图2可知，加入1.5%增强剂500时，美纹纸原纸的层间结合强度为266 J/m²，相对于空白样提高了约12.2%，其增强效果并不明显。

综上所述显示，浙江晶鑫特种纸业有限公司生产的美纹纸原纸主要是由于层间结合力较差导致纸张分层，其主要原因可能是美纹纸原纸受到剥离作用力时，纤维层间氢键结合力不够^[10]，其受力示意图和分层图如图3所示。

2.3 PVA增强纤维对美纹纸原纸抗张强度的影响

图4为PVA增强纤维用量对美纹纸原纸抗张强度

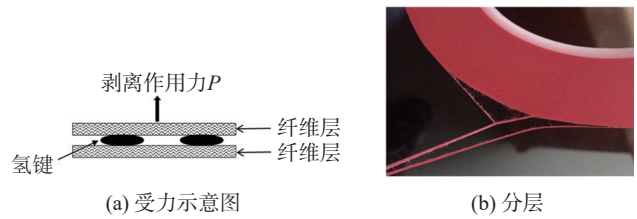


图3 国产美纹纸原纸受力图和分层示意图

Fig. 3 Force and domestic textured schematic diagram of domestic textured base paper

的影响。从图4可以看出，随着PVA增强纤维用量增加，纸张抗张强度呈现先快速增长随后趋于平缓的趋势。当PVA增强纤维用量从0增加到1.5%时，抗张强度从4.80 kN/m大幅提高到7.35 kN/m，相比于空白样增加了53.1%。随后继续提高PVA增强纤维的用量对其抗张强度的改善并不明显。其原因可能是PVA增强纤维在湿纸幅干燥过程中通过热固化作用与纤维交联在一起，随着PVA增强纤维用量的增加，纸张的抗张强度逐渐增大；当PVA增强纤维用量过多时，

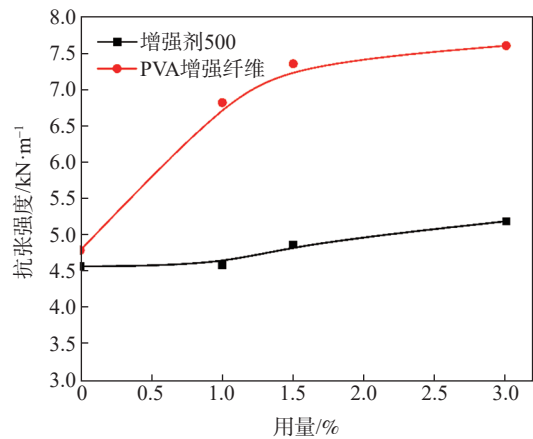


图4 PVA增强纤维对美纹纸原纸抗张强度的影响

Fig. 4 Influence of PVA reinforced fiber content on the tensile strength of textured base paper

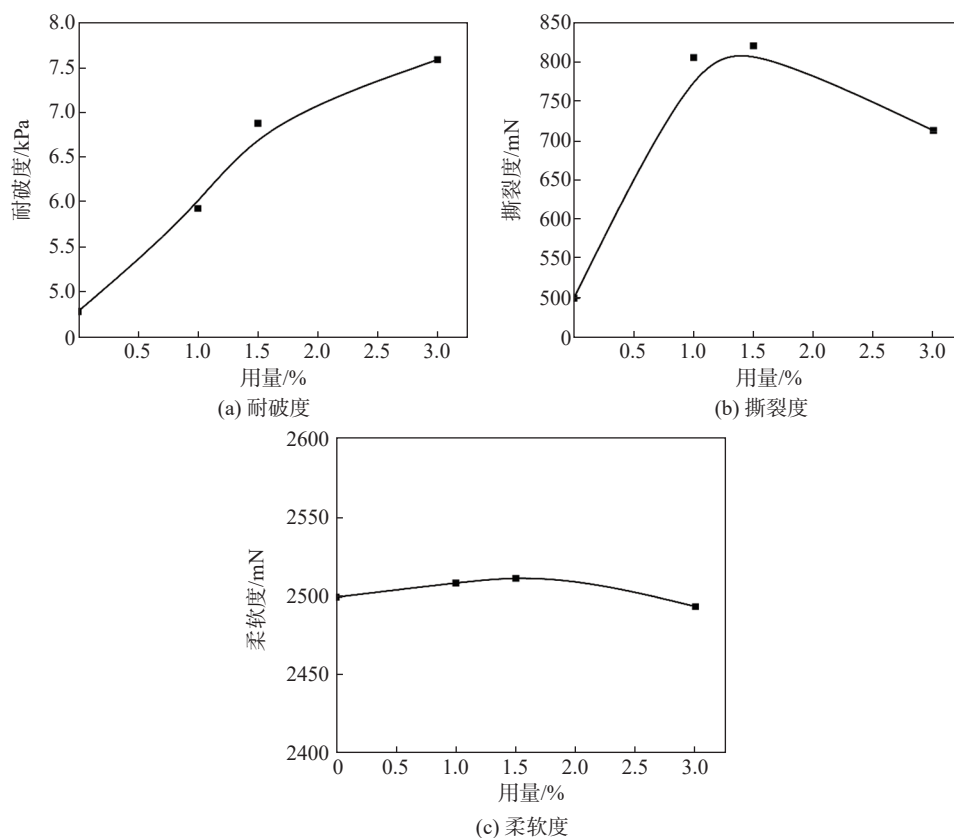


图5 PVA增强纤维用量对美纹纸原纸其他物理性能的影响

Fig. 5 Effect of PVA reinforced fiber content on physical properties of textured base paper

浆料将出现絮凝，影响纸张的均匀性，以至无法显著提升纸张的抗张强度。在对比实验中，加入1.5%的增强剂500时，美纹纸原纸的抗张强度为4.88 kN/m，相比于空白样提高了6.5%，其增强效果并不显著。

2.4 PVA增强纤维对美纹纸原纸其他物理性能的影响

图5为PVA增强纤维用量对美纹纸原纸其他物理性能的影响。由图5(a)可知，纸张耐破度随PVA增强纤维用量的增加而增加，且增加速率逐渐放缓。当PVA增强纤维用量为1.0%，纸张耐破度上升至5.94 kPa，相比于空白样提升了24.0%；而PVA增强纤维用量提高到1.5%时，纸张耐破度为6.89 kPa，提高了约43.8%。从图5(b)可以看出，纸张的撕裂度随PVA增强纤维用量的增加而先升高后下降。当PVA增强纤维用量为1.5%时，纸张的撕裂强度达到最高，为822 mN，相对于空白样提高了64.4%；当PVA增强纤维用量为3.0%时，纸张的撕裂强度反而出现下降的趋势。图5(c)表明，PVA增强纤维用量从0增加到3.0%的过程中，纸张柔软度变化并不明显，即纸张的柔软度几乎不受PVA增强纤维用量的影响。

综上所述，PVA增强纤维用量的较优值约为1.5%，此时美纹纸原纸的层间结合度、抗张强度都有明显的改善，而柔软度等无显著变化。

3 结论

本研究主要通过单因素实验探讨了PVA增强纤维用量对美纹纸原纸物理性能的影响。

3.1 当PVA增强纤维用量为1.5%时，美纹纸原纸的层间结合强度、抗张强度、耐破度、撕裂度分别达到337 J/m²、7.35 kN/m、6.89 kPa和822 mN，相比于未添加PVA增强纤维的空白样，增幅分别为40.4%、53.1%、43.8%和64.4%，即PVA增强纤维对美纹纸原纸的物理性能具有积极作用。

3.2 在对比实验中，加入1.5%增强剂500时，美纹纸原纸的层间结合强度和抗张强度分别为266 J/m²和4.88 kN/m，与空白样相比，分别提高了12.2%和6.5%，其增强效果并不明显。

参 考 文 献

[1] 王小平, 陈 港, 唐爱民, 等. 美纹胶带的特性及其生产工艺[J]. 中国造纸, 2004, 23(4): 63-64.

- WANG X P, CHEN G, TANG A M, et al. Characteristics and Production Technology of Meiwen Adhesive Tape[J]. China Pulp & Paper, 2004, 23(4): 63-64.
- [2] 李建国. 浸渍美纹原纸及生产工艺: CN1793510[P]. 2006-06-28. LI J M. Impregnated Texture Base Paper and Its Production Process: CN1793510[P]. 2006-06-28.
- [3] 李鸿凯, 刘文, 史贺, 等. 国内外美纹纸产品主要性能对比分析[J]. 造纸科学与技术, 2016, 35(3): 65-70. LI H K, LIU W, SHI H, et al. Comparative Analysis of Main Properties of Textured Paper Products at Home and Abroad[J]. Paper Science and Technology, 2016, 35(3): 65-70.
- [4] 陈慧文. 谈谈胶布涂布用的美纹纸及选择[J]. 造纸科学与技术, 2009, 28(6): 88-91. CHEN H W. Discussion on Masking Paper for Adhesive Tape Coating and its Selection[J]. Paper Science and Technology, 2009, 28(6): 88-91.
- [5] 李鸿凯, 刘文, 路崇斌, 等. 打浆工艺对高档美纹纸剥离强度的影响[J]. 中华纸业, 2017, 38(14): 37-40. LI H K, LIU W, LU C B, et al. Effect of Beating Process on Peel Strength of High-grade Textured Paper[J]. China Pulp & Paper Industry, 2017, 38(14): 37-40.
- [6] 左建波, 李鸿凯, 刘洪斌, 等. 高档美纹纸层间剥离强度的研究[J]. 中国造纸, 2017, 36(5): 30-35. ZUO J B, LI H K, LIU H B, et al. Study on Interlaminar Peel Strength of High-grade Textured Paper[J]. China Pulp & Paper, 2017, 36(5): 30-35.
- [7] 康硕, 唐爱民, 张宏伟, 等. 水溶性PVA纤维对包装纸增强作用的研究[J]. 中国造纸学报, 2004, 19(1): 120-124. KANG S, TANG A M, ZHANG H W, et al. Study on the Strengthening Effect of Water-soluble PVA Fiber on Packaging Paper[J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2004, 19(1): 120-124.
- [8] 张莉莉, 司玉丹, 王志国, 等. 溶解纤维素-PVA复合凝胶的制备及其性能研究[J]. 中国造纸学报, 2019, 34(1): 31-35. ZHANG L L, SI Y D, WANG Z G, et al. Preparation and Properties of Dissolved Cellulose -PVA Composite gel[J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2019, 34(1): 31-35.
- [9] 王欣, 安帅, 于品育, 等. 木质纤维表面特性与纤维间结合性能的响应关系[J]. 造纸科学与技术, 2018, 37(3): 13-18. WANG X, AN S, YU P Y, et al. The response relationship between the surface characteristics of wood fiber and the binding property between fibers[J]. Papermaking Science and Technology, 2018, 37(3): 13-18.
- [10] 巫山, 唐艳军, 赵宇, 等. 多次回用对OCC浆料强度及纤维表面性能的影响[J]. 中国造纸学报, 2010, 25(3): 38-41. WU S, TANG Y J, ZHAO Y, et al. Effect of repeated reuse on strength of OCC slurry and surface properties of fiber[J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2010, 25(3): 38-41. [CPP]

(责任编辑:董凤霞)

· 消息 ·

2021中国国际造纸科技展览会及会议将于11月9—11日在上海举办

由中国造纸协会、中国造纸学会和中国制浆造纸研究院有限公司共同主办, 中国造纸杂志社承办的2021中国国际造纸科技展览会及会议将于2021年11月9—11日在上海世博展览馆举办, 同期还将举办2021中国国际造纸创新发展论坛、2021国际造纸技术报告会、企业技术交流活动。

展览内容涵盖造纸装备、造纸化学品、高性能功能材料、环保及综合利用技术和设备、废纸打包分拣与质量检测等设备、纸浆模塑等加工产品及生产设备、生物质能源综合利用技术及装备等众多领域。本届展会已有200余家造纸装备制造、造纸化学品及造纸相关的国内外知名企业参展。目前, 展位即将售罄, 尚余最后数席, 认购从速。

名企汇聚: 维美德造纸机械技术(中国)有限公司, 福伊特造纸(中国)有限公司, 浙江华章科技有限公司, 西门子能源有限公司, 安德里茨(中国)有限公司, 凯登制浆设备(中国)有限公司, 凯登约翰逊(无锡)技术有限公司, 长沙长泰智能装备有限公司, 郑州磊展科技造纸机械有限公司, 山东欧佩德昌华林造纸机械有限公司, 山东杰锋机械制造有限公司, 淄博泰鼎机械科技有限公司, 昆山陆联力华胶辊有限公司, 四川高达科技有限公司, 迪嵩姆国际贸易(上海)有限公司, 山东信和造纸工程股份有限公司, 威海市金贝壳新材料有限公司, 郑州运达造纸设备有限公司, 嘉兴市欧博特造纸设备科技有限公司, 河北亚圣实业股份有限公司, 河南中亚智能科技股份有限公

司, 福建省轻工机械设备有限公司, 四川成发造纸机械有限公司, 山东丰信科技发展有限公司, 沙市轻工机械有限公司, 洛阳市太学染化有限公司, 山东深蓝机器股份有限公司, 汶瑞机械(山东)有限公司, 山东中力高压阀门股份有限公司, 浙江杭化新材料科技有限公司, 杭州纸友科技有限公司, 东莞市华星胶辊有限公司, 丹东鸭绿江磨片有限公司, 浙江省诸暨市中太造纸机械有限公司, 淄博国信轻工机械股份有限公司等。

为助力制浆造纸企业向下游产业链延伸, 本届展会特开设“纸基绿色包装材料与制品、纸浆模塑及设备展区”, 欢迎相关企业参与展示。

一、时间

布展时间: 2021年11月7—8日

展览时间: 2021年11月9—11日

二、地点

展出地点: 上海世博展览馆

地址: 上海市浦东新区国展路1099号 邮编: 200126

电话: 021-20893600 传真: 021-20893615

三、联系方式

张景雯 010-64778167 13521035679 QQ: 810158510

龚凌 010-64778166 13520123792 QQ: 757159546

金合意 010-64778168 13581723915 QQ: 1004915965

邮箱: zhilinzhan@sina.com