

山东省与江苏省造纸行业的生态效率比较研究

王丹丹 苏世伟

(南京林业大学 经济管理学院, 南京, 210037)

摘 要 基于 2008—2017 年山东省和江苏省造纸行业的面板数据, 运用非期望产出的 SBM-DEA 模型静态分析了两省的生态效率, 利用 ML 指数动态分析了造纸行业全要素生产率增长的驱动因素。结果表明: 2008—2017 年山东省造纸行业在平衡环境 and 经济绩效上远优于江苏省; 山东省造纸生态效率高的主要原因是造纸行业执行高标准的淡水消耗和污水排放, 化学需氧量和氨氮排放导致了江苏省造纸行业生态效率长期低位; 山东省造纸行业全要素生产率增长源于技术进步的提高, 江苏省造纸行业全要素生产率低下源于技术效率的下降。因此, 江苏省应通过调节产业结构, 提升造纸行业的规模效应和控制污染排放技术等来提高其生态效率。

关键词 SBM-DEA 模型; ML 指数; 造纸行业; 生态效率

中国是世界上最大的纸及纸板生产和消费国, 2017 年中国纸及纸板生产量约 1.11 亿 t, 占世界产量的 27%^[1]。与此同时, 造纸行业生产过程需要消耗大量的淡水资源且容易污染环境, 其淡水消耗约占全国工业耗水的 8.6%~8.9%, 污水排放量约占全国工业废水总量的 13%~14%^[1]。环境污染和资源消耗日益严重问题受到国内外学者广泛关注, 德国学者 Schaltegeer 和 Sturns 于 1990 年提出“生态效率”概念, 研究了经济产出和环境影响的关系^[2]。此后, 世界可持续发展工商理事会(WBCSD)、联合国贸易和发展会议组织(UNCTAD)和工业企业沿用并拓展此概念, 生态效率评价成为衡量经济与环境协调发展的重要工具^[3-4]。生态效率评价相关研究主要从以下 3 个视角展开。一是评价的指标研究。经济产出指标包括生产总量或销售净额、销售收入与生产成本差额、国内生产总值等; 环境影响指标包括能源消耗、物质消耗和水资源消耗等^[5-8]。其中, 对于污染物排放指标有两种处理方式, 第一种是将其作为环境投入指标对待间接求得投入最小化即污染排放最小化, 第二种是改变原有公式设定将其作为非期望产出指标对待直接求得非期望产出最小化^[9-12]。二是生态效率的测算方法研究。比值法依据生态效率的定义, 将经济价值和环境影响最终化

为单一数据指标比值^[13-14]; 指标评价法综合考虑经济、社会和环境等因素, 利用消耗指标、投入指标和排放指标并设定指标权重等来衡量生态效率^[15-16]; 以数据包络分析法(DEA)为典型代表的模型法, 通过构造有效生产前沿面来计算决策单元的相对效率, 能够有效解决投入冗余和产出亏空的问题^[17-20]。三是生态效率评价的应用研究。国内外学者已将其应用于产品、企业、行业和区域等不同领域, 选择了高污染高排放的钢铁、煤炭、电力和造纸行业为研究对象^[21-27]。在制浆造纸领域方面, 将造纸污染物排放指标作为环境投入指标处理; 运用非期望产出的 DEA 模型, 引入了投入产出指标的松弛变量并探究其影响因素^[5, 28-30]; 分别研究北欧(芬兰 31 家和瑞典 37 家)和缅甸 23 家造纸企业, 建立包含原材料消耗、CO₂ 排放和水资源消耗的生态效率评价指标, 发现造纸企业加强水资源利用可以显著提高企业生态效率^[31-33]; 对淮河流域 32 家和山东省 15 家造纸企业的生态效率评价结果表明, 严格的

基金项目: 江苏省社会科学基金项目(17GLD010)

作者简介: 王丹丹, 女, 硕士研究生, 从事农林企业管理方面的研究, (E-mail) 1772649358@qq.com。

通讯作者: 苏世伟, 男, 教授, 管理学博士, 从事农林企业管理方面的研究, (E-mail) ssw5096@126.com。

环境规制促进造纸企业的可持续增长而不是阻碍经济发展^[34-36]。截至 2017 年 12 月,虽然学者们对造纸行业生态效率的研究已较为深入,但是在数据可比性和处理方式等方面仍存在以下几个不足:一是多数学者将造纸污染物排放指标作为环境投入指标处理,而在实际生产过程中污染物排放属于经济产出中的非期望产出;二是现有研究大多以根据时间截面的静态生态效率评价为主,对于生态效率的动态变化及其影响因素方面的研究较少;三是造纸行业生态效率研究大多利用上市公司数据,但是造纸行业除具有规模经济效应外行业集中度偏高,有显著的区域性,且每个省市具体污染排放标准不统一。鉴于此,将结合非期望产出的 DEA 模型和 ML (Malmquist-Luenberger) 指数法,探究 2008—2017 年省级层面造纸行业生态效率的静态和动态变化(即全要素生产率)及其影响因素,为省级政府调整政策措施提供一定建议。

1 数据与方法

1.1 研究对象概况

造纸行业区域集中度高,规模经济效应明显,各省造纸行业差异明显。从经济产出指标来看,2017 年山东省纸及纸板总产量 1875 万 t,销售收入 1405 亿元,占全国造纸行业销售收入的 15%,排名全国第一,山东省晨鸣纸业、太阳纸业、华泰纸业和博汇纸业 4 家企业已位于世界造纸 100 强之列;江苏省 2017 年纸及纸板总产量 1253 万 t,为山东省总产量的 67%,销售收入为 674 亿元,占全国造纸行业的 7%,排全国第四位,但仅为山东省的 48%,小规模造纸企业所占比例较大,已被列入江苏省重点淘汰的落后产能行业之一^[1]。从环境影响指标来看,根据《2017 年中国水资源公报》显示,山东省和江苏省都处于“极度缺水”区间,人均水资源占有量分别为 225 和 489m³(按照国际公认的标准,人均水资源低于 500 m³为极度缺水),也是产能千万 t 以上的省份中仅有的两个省份;山东省废水排放总量约为 2.21 亿 t,占该省工业废水排放总量的 15%,江苏省废水排放总量约为 3.10 亿 t,占工业废水排放总量的

17%。与山东省相比,江苏省造纸行业发展面临两大困难:一是 2008—2017 年山东省纸及纸板总产量逐年增加,而江苏省 2013 年以来纸及纸板生产量陷于停滞甚至出现负增长^[1]。二是山东省在实现造纸行业经济产出持续增加的同时能够有效控制污染排放,而江苏省造纸行业纸及纸板总产量远低于山东省造纸行业,污染排放情况却更严重。

1.2 数据来源

数据来源于国家统计局编制的中国统计出版社 2009—2018 年出版的《山东统计年鉴》《江苏统计年鉴》和中国造纸学会编制的中国轻工业出版社 2009—2018 年出版的《中国造纸年鉴》。

1.3 指标选取

制浆造纸工艺过程中水资源消耗量大,且此过程中蒸煮废液、洗涤废水和漂白废水等属于较难处理的工业废水,是中国主要工业污染源之一^[37]。借鉴文献^[8,38-40],选择用水量作为投入指标,造纸工业总产值(IOV)作为期望产出。在造纸废水的化学成分中,由于化学需氧量(COD)和氨氮(AN)占绝大比例,故选择废水排放、COD 排放和 AN 排放总量作为非期望产出(表 1)。

表 1 生态效率投入和产出指标的总结			
类别	指标	符号	描述
投入	用水量	X	淡水总消耗量(亿 t)
	废水排放	Y ₁	废水总排放量(亿 t)
非期望产出	COD 排放	Y ₂	化学需氧量排放总量(万 t)
	AN 排放	Y ₃	氨氮排放总量(万 t)
期望产出	IOV	Y ₄	工业总产值(亿元)

1.4 研究方法

1.4.1 SBM-DEA 模型

DEA 是一种非参数方法,用于评估以多投入多产出为决策单元(DMU, decision making unit)的相对效率,经典的 DEA 模型包括规模收益不变模型(CCR)和规模收益可变模型(BCC),已广泛用于分析区域和行业生态效率^[41-42]。然而,经典 DEA 模型存在两大缺陷:一是仅从投入或产出的单方面考虑投入过度或产出不足^[43];二是难以处理期望产出(经济增长)过程中伴随的非期望产出(环境污染)。为克服上述不足, Tone 提出基于松弛变量测度

(Slacks-based Measure, SBM) 的 SBM-DEA 模型,用以解决 DMU 投入过度或产出不足和非期望产出的问题^[44-45]。因此,将采用 SBM-DEA 模型来探讨山东省和江苏省造纸行业的生态效率。决策单元选择的不同构造出的有效生产前沿面也不同,因此运行 SBM-DEA 模型得出的生态效率结果仅是相对效率而不是绝对效率。考虑到造纸行业的特征,假设以生产规模收益可变(VRS)来评价 2008—2017 年山东省和江苏省造纸行业 10 年共 20 个决策单元 DMU 的生态效率^[8]。则生态效率(ρ^*)表达式为:

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{m=1}^M \frac{S_m}{x_{m0}}}{1 + \frac{1}{N+I} \left(\sum_{n=1}^N \frac{S_n^g}{y_{n0}^g} + \sum_{i=1}^I \frac{S_i^b}{y_{i0}^b} \right)} \quad (1)$$

$$s.t. \quad x_{m0} = \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{mk} + S_m^-$$

$$y_{n0}^g = \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{nk}^g - S_n^g$$

$$y_{i0}^b = \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{ik}^b + S_i^b$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = 1$$

$$M_t^{t+1} = \left[\frac{(1 + \vec{D}_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}; y^{t+1}))}{(1 + \vec{D}_0^t(x^t, y^t; y^t))} \times \frac{(1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}; y^{t+1}))}{(1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^t, y^t; y^t))} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$ML_t^{t+1} = \left[\frac{(1 + \vec{D}_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1}))}{(1 + \vec{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t))} \times \frac{(1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1}))}{(1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t))} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$MLEFFCH_t^{t+1} = \frac{(1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1}))}{(1 + \vec{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t))} \quad \text{分母 } b^t \text{ 前有负号} \quad (4)$$

$$MLTECH_t^{t+1} = \left[\frac{(1 + \vec{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t))}{(1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t))} \times \frac{(1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1}))}{(1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1}))} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

式中 $\vec{D}_0(x, y; y)$ 和 $\vec{D}_0(x, y, b; y, -b)$ 是生产距离函数,分别表示为两省造纸行业的期望产出 y 的扩张比例和非期望产出 b 的收缩比例。

1.5 数据处理方法

通过 MaxDEA 软件计算出基于非期望产出的 SBM-DEA 模型和 ML 指数评价 2008—2017 年山东省和江苏省造纸行业的静态生态效率和全要素生产率。

在 SBM-DEA 模型中,一般认为当 $0 \leq \rho^* \leq 1$,

$$S_m^- \geq 0, S_n^g \geq 0, S_i^b \geq 0, \lambda_k \geq 0$$

式中 ρ^* 代表两省造纸行业的生态效率值; $(x_{m0}, y_{n0}^g, y_{i0}^b)$ 分别为两省造纸行业的投入值、期望产出值和非期望产出值; (S_m^-, S_n^g, S_i^b) 分别为与 x_{m0}, y_{n0}^g 和 y_{i0}^b 对应的松弛值,分别表示过度投入、期望产出不足和过度非期望产出; λ_k 是权重向量; $m = 1, 2, \dots, M; n = 1, 2, \dots, N; i = 1, 2, \dots, I; k = 1, 2, \dots, K$ 。

1.4.2 M 指数与 ML 指数

Malmquist(M) 指数通常被用来计算全要素生产率(TFP)以衡量 DMU 在一个周期内的变化^[46]。但是, M 指数并不能揭示 TFP 受非期望产出的影响,因此创建了 Malmquist - Luenberger (ML) 指数^[47],将 M 指数的产出分为期望产出和非期望产出,计算 TFP 的 M 指数与 ML 指数的表达式分别为式(2)和式(3)。可通过 ML 指数得到的 TFP 分解为技术效率(MLEFFCH)和技术进步(MLTECH),其表达式分别为式(4)和式(5)。

当且仅当 $\rho^* = 1$, 即 $S_m^- = S_n^g = S_i^b = 0$ 时是有效的;若 $\rho^* < 1$, 则说明 DMU 效率低下,甚至是无效率,存在投入产出上改进的必要性。

使用投入产出松弛变量值和原始投入产出值之间的比率来表示各指标的改善潜力,从而得到山东省和江苏省造纸行业静态生态效率变化的影响因素。

在使用 ML 指数时,以 M 指数为对照组,将其得到的 TFP 分解为 MLEFFCH 和 MLTECH,以此探究

影响全要素生产率变化的原因。

2 结果与分析

从 2008 年到 2017 年山东省和江苏省造纸行业生态效率指标值如表 2 所示。山东省造纸行业期望产出的工业总产值增幅为 38.67%，江苏省为 59.34%；山东省造纸行业的 IOV (Y_4) 均值 1014 亿元，是江苏省 456 亿元的 2.2 倍。相应的淡水总消耗投入指标，山东省和江苏省造纸行业的用水量的变化趋势一致，但是山东省造纸行业平均用水量 1.92 亿 t 为江苏省 1.36 亿 t 的 1.4 倍。在非期望产出方面，山东省造纸行业废水排放 (Y_1) 总量增长，但 2013 年后出现持续减少的趋势；年均废水排放总量 2.55 亿 t 远低于江苏省的 3.65 亿 t。原因可能

是：自 2010 年 1 月 1 日起，山东省严格执行《山东省海河流域水污染物综合排放标准》，造纸企业为达到环境标准加大科技投资先后突破制浆工艺和废水深度处理回用等技术瓶颈，于 2013 年初见成效。山东省和江苏省造纸行业 COD 排放 (Y_2) 总量大致相同，差距不大，但 AN 排放总量都在逐年下降，但是山东省造纸行业的 AN 排放 (Y_3) 总量 1173 t 仅是江苏省 1513 t 的 0.78 倍。原因可能是：山东省造纸行业在 2003 年率先发布了全国第一个地方行业标准《山东省造纸工业水污染排放标准》，对 COD 排放进行严格把控，相比而言，江苏省造纸行业的环境标准较为落后。整个造纸行业于“十一五规划”起淘汰落后产能，部分造纸企业转移或关闭，在一定程度上造成山东省和江苏省造纸行业 AN 排放总量的下降。

表 2 山东省和江苏省造纸行业的生态效率指标值

年份	X/亿 t		Y_1 /亿 t		Y_2 /万 t		Y_3 /万 t		Y_4 /亿元	
	山东省	江苏省	山东省	江苏省	山东省	江苏省	山东省	江苏省	山东省	江苏省
2008	1.508	1.181	2.633	3.857	1.232	1.421	0.140	0.426	887.00	423.00
2011	2.138	1.453	2.782	3.713	1.553	1.573	0.092	0.127	1090.00	537.00
2014	2.308	1.670	2.417	3.048	1.728	1.643	0.102	0.104	1210.00	504.00
2017	2.869	1.654	2.212	3.093	1.745	1.591	0.094	0.102	1230.00	674.00
AVE	1.920	1.361	2.551	3.648	1.455	1.452	0.117	0.151	1013.74	456.40

2.1 江苏省造纸行业的平均生态效率远远低于山东省

从 2008 年到 2017 年山东省和江苏省造纸行业的静态生态效率值如图 1 所示。江苏省造纸行业的平均生态效率 ($\rho^* = 0.41$) 远远低于山东省造纸行业的平均生态效率 ($\rho^* = 0.91$)。自 2010 年以来，山东省造纸行业的生态效率逐步提高，并且在 2010、2011、2012、2015 和 2017 年达到最优状态 ($\rho^* = 1.0$)，表明从 2008 年到 2017 年山东省造纸行业在投入少、经济产出多的同时实现了低污染排放。而江苏省造纸行业的生态效率 (ρ^*) 最高只有 0.46，与山东省造纸行业的差距较大。原因可能是：造纸行业具有显著的规模经济效应，山东省造纸行业企业规模较大且资金充足。此外，山东省造纸行业因地域因素缺乏造纸原材料及水资源等，一直致力于调

整原材料结构、寻找新原料及开发清洁生产技术，并率先在“十二五”规划中淘汰落后产能，而江苏省造纸行业的小规模造纸企业较多、布局分散、治污设施不完善，其管理制度的滞后性较强，实施效果见效慢^[48]。

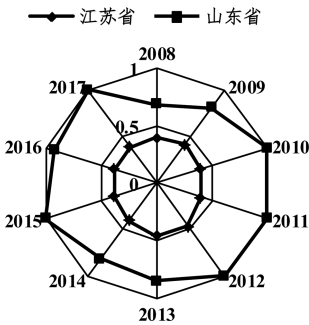


图 1 山东省和江苏省造纸行业的静态生态效率

2.1.1 山东省造纸行业制定了严格的环境规划标准

SBM-DEA 模型的静态生态效率投入产出指标优化结果如表 3 所示。山东省造纸行业 5 个指标的改善潜力都小于 1%,改善潜力最大的废水排放也仅为 0.707%,改善潜力最小的 IOV 为 0,说明山东省造纸行业污染排放已经得到较好控制,进一步改善的空间较小。山东省造纸行业无论是在减少环境污染方面,还是在提高经济产出方面都做的十分突出。山东省是中国造纸行业规模最大的省份,过去由于草浆产量大、造纸厂规模小和环境管理不到位

表 3 静态生态效率投入产出指标的优化

省份	X		Y ₁		Y ₂		Y ₃		Y ₄	
	松弛变量	改善潜力	松弛变量	改善潜力	松弛变量	改善潜力	松弛变量	改善潜力	松弛变量	改善潜力
	/万 t	/%	/万 t	/%	/t	/%	/t	/%	/亿元	/%
山东省	-82.873	-0.432	-180.460	-0.707	-12.413	-0.085	-5.206	-0.444	0	0
江苏省	-902.914	-6.634	-442.894	-1.214	-1 628.270	-11.217	-253.107	-16.727	72.977	15.989

2.1.2 COD 和 AN 排放量大导致江苏省造纸行业静态生态效率低下

江苏造纸行业所有指标的改善潜力都远大于山东省(表 3)。从 IOV 来看,江苏省造纸工业纸及纸板生产量还有很大的上升空间。相较而言,江苏省造纸行业 COD 排放的改善潜力是山东省的 125 倍,AN 排放的改善潜力是山东省的 38 倍,淡水消耗总量的改善潜力是山东省的 15 倍,废水排放的改善潜力是山东省的 1.7 倍。这意味着江苏省造纸行业能够通过采取措施有效提高造纸用水利用率并减少污染排放,从而进一步提高行业整体生态效率。SBM-DEA 模型分析表明,COD 排放是影响江苏省造纸行业的生态效率的主要因素,江苏省造纸行业需要进一步努力,以减少 COD 排放量。中国造纸行业主要通过安装环保标准更高的废水处理设备、关闭小型造纸厂、控制制浆项目扩张等方案对 COD 排放进行总量控制。虽然这些措施取得了一定的成效,但是仅仅依靠管道末端的解决方案是不够的,需要进一步改进技术实行清洁生产以减少制浆等(尤其是非木材制浆)的污染。

2.2 山东省造纸行业的全要素生产率高于江苏省

以上一年为基期,计算全要素生产率(TFP)的

等问题,废水污染情况严重。为了治理污染,山东省政府颁布了比国家标准更严格的造纸行业废水排放标准,如三阶段废水 COD 浓度排放标准等。这些条例敦促造纸公司实施清洁生产,并开发生态技术。除了颁布严格的标准,山东省还勒令关闭一些小造纸和纸浆公司,这些企业生产能力低未达国家产能标准且严重污染环境,特别是草浆公司。山东省属于严重缺水地区,因此,山东省大力推进循环经济,在造纸生产过程中改善工业用水和黑液回收。资源禀赋的劣势促使其充分利用水资源,提高工业生产中水回用率。

均值如表 4 所示。全要素生态效率体现两省造纸行业生态效率的动态变化。山东省造纸行业全要素生产率(TFP)、技术效率(MLEFFCH)和技术进步(MLTECH)均略高于江苏省。两省用 ML 指数计算得到的全要素生产率均高于用 M 指数计算的,表明当忽略非期望产出时,造纸行业的全要素生产率(TFP)会被低估。由于传统的 M 指数不能包含非期望产出,ML 指数对造纸行业生态效率变化提供更客观准确的结果,这也可以通过企业在生产活动中对法规的积极效应来解释。

表 4 ML 指数和 M 指数(均值)

项目	TFP		MLTECH		MLEFFCH	
	山东省	江苏省	山东省	江苏省	山东省	江苏省
ML 指数	1.050	1.000	1.050	1.028	1.000	0.976
M 指数	1.010	0.986	1.010	1.010	1.000	0.975

2.2.1 山东省造纸行业全要素生产率增长源于技术进步的提高

ML 指数所计算的两省造纸行业全要素生产率(TFP)的动态变化如表 5 所示。从 2008 年到 2017 年山东省造纸行业由于技术进步(MLTECH)的提高导致全要素生产率提高了 45.2%。山东省造纸行业全要素生产率的增长全部来源于技术进步,技术效

率(MLEFFCH)维持不变。山东省造纸企业(尤其是大型骨干企业)加大技术研发和科技创新的投入,将科研成果在企业迅速投产并获得效益。如晨鸣纸业集团股份有限公司和南京林业大学共同合作“造纸节水与清洁生产关键技术及应用”项目,成功减少吨纸清水补充量 50%;华泰集团有限公司、太阳纸业股份有限公司和亚太森博(山东)浆纸有限公司等都加大了对清洁生产技术、污水治理技术的投资,从生产的源头和末端共同减少环境污染。因此,实施清洁生产审核和投资污染治理技术能有效提高造纸行业的全要素生产率。

表 5 ML 指数的动态变化及其分解

年份	TFP		MLTECH		MLEFFCH	
	山东省	江苏省	山东省	江苏省	山东省	江苏省
2008—2009	1.174	1.061	1.174	1.146	1.000	0.926
2009—2010	1.236	0.955	1.236	1.099	1.000	0.869
2010—2011	1.000	1.001	1.000	0.982	1.000	1.020
2011—2012	1.000	1.161	1.000	0.983	1.000	1.181
2012—2013	0.857	0.991	0.857	0.951	1.000	1.042
2013—2014	0.957	0.877	0.957	0.952	1.000	0.921
2014—2015	1.218	0.947	1.218	1.057	1.000	0.896
2015—2016	0.922	0.990	0.922	1.035	1.000	0.957
2016—2017	1.085	1.108	1.085	1.047	1.000	0.973
2008—2017	1.452	0.976	1.452	1.259	1.000	0.775

2.2.2 江苏省造纸行业全要素生产率低下源于技术效率的下降

江苏省造纸行业的全要素生产率(TFP)下降了 2.38%,技术进步(MLTECH)提高 25.91%,技术效率(MLEFFCH)下降了 22.47%,技术效率的下降减缓了江苏省造纸行业全要素生产率的增长(表 5)。作为一个资金密集型的行业,造纸企业应当努力提高规模效应来降低生产设备的固定成本和污染处理导致的成本增加。此外,大型造纸公司具有较高的管理效率和技术效率来实施环境管理和清洁生产。国家正在通过淘汰落后生产能力以加速造纸公司的合并和增加大型公司的市场份额,降低生产设备和污染治理的单位产品成本,从而促进全要素生产率的增长。江苏省造纸行业正处于“十三五规划”的动态调整期,主要体现在两点:第一,受到长江经济带环境保护的约束,造纸企业形成从沿江向沿海、从苏

南向苏北转移的趋势;第二,苏北、苏中正在关停一批布局分散、尚未实现污染集中排放中小造纸企业,新建中大型造纸企业。造纸工业是典型的具有规模经济的行业,过去江苏造纸行业的规模企业主要集中在苏南,苏中和苏北地区造纸行业规模偏小,难以充分发挥规模效益经济。例如 2016 年 4 月到 2019 年 5 月,江苏地区的小型造纸企业普遍减产停产,该地区正在新建、投产项目:如东洋口港建设 400 万 t 高档生活用纸项目;盐城滨海港建设 450 万 t 卡纸生产线和 250 万 t 箱纸板及石膏纸板生产线;和灌云燕尾港利民纸业 200 万 t 项目已部分投产等。

3 结论与建议

3.1 结论

山东省造纸行业的生态效率明显高于江苏省,严格的环境规制可以有效改善造纸行业的生态效率。SBM-DEA 模型分析显示,江苏省造纸行业生态效率低下的原因不仅是资源的过度消耗和污染物的排放,还包括经济产出的不足,其中 COD、AN 排放过量是首要影响因素。山东省造纸行业的全要素生产率明显高于江苏省,前者的全要素生产率增长源于技术进步的提高,后者的全要素生产率低下源于技术效率的下降。

3.2 建议

3.2.1 加强造纸废水排放环境监管

严格监督造纸企业的污染排放问题,江苏省环保部门应当对排污不达标或者不能稳定排污的企业及时责令整改或者关停;即使达标排放,但是对于重点流域、饮用水源地等敏感水域造成污染的企业,需及时命令转移或搬迁;江苏省造纸企业必须听从环保部 2017 年颁布《控制污染物排放许可制实施方案》的要求,持有排污许可证的造纸企业方可进行生产,实施排污许可管理制度;对污染程度不同的纸浆及纸板种类规定相应的排放标准,像草浆这种产能低、碱回收低的纸浆,建议将其外排废水 COD 浓度标准控制在 100 mg/L。

3.2.2 加快产业结构调整实现规模效应

江苏省造纸企业应当重视造纸工业原料问题,

减少排污严重的原料的使用,开发新原料,提高废纸回收利用率并合理配用非木材纤维,逐步降低非木浆比例,改善原有原材料结构。提高行业准入门槛,工商环保部门应当严格把关国家规定的各类造纸企业的最低限值,谨慎审批新建或改建的项目。江苏省政府应当对已具有规模效应的造纸企业拥有的环保项目给予经济上和政策上的支持,如对相关项目给予补贴或优惠贴息贷款和对废物重改的纸及纸板减免相关税费等,并支持其对规模较小以及治污能力有限的企业实行收购兼并或进行资产重组。

3.2.3 推行清洁生产技术提高生态效率

江苏省政府应当鼓励已有一定规模效益的造纸企业革新工艺流程的同时加大环保投入;加快淘汰造纸行业落后产能和工艺设备,及时引进国内外先进造纸设备和技术;支持大型造纸企业加快清洁生产技术研发与创新,持续推进技术与装备现代化;推动制浆造纸生产技术向低消耗、高质量和低污染方向发展,推动造纸相关机器向低耗能、宽幅、和高效方向发展;督促造纸企业大力推广节水技术,同时减少用水量和污染排放量;进一步寻找清洁能源以降低能耗,开发废物资源化利用和废水处理循环使用,实现可持续发展。

参 考 文 献

- [1] 中国造纸协会.中国造纸工业 2017 年度报告[J].中国造纸,2018,37(5):77-84.
- [2] SCHALTEGGER S, STURN A. Ökologische rationalität ansatzpunkte zur ausgestaltung von Ökologieorientierten managementinstrumenten[J]. Die Unternehmung, 1990, 44(4): 273-290.
- [3] VERFAILLIE H A, BIDWELL R. Measuring eco-efficiency: A guide to reporting company performance[M]. Conches - Geneva: World Business Council for Sustainable Development, 2000: 2-30.
- [4] 林春恋, 陈秋华, 陈黄亦铎, 等. 区域森林公园生态效率实证分析: 以华东地区为例[J]. 林业经济问题, 2019, 39(1): 98-104.
- [5] HUPPES G, ISHIKAWA M. A framework for quantified eco-efficiency analysis[J]. Journal of Industrial Ecology, 2005, 9(4): 25-41.
- [6] KUOSMANEN T K, KORTELAINE M. Measuring eco-efficiency of production with data envelopment analysis[J]. Journal of Industrial Ecology, 2005, 9(4): 59-72.
- [7] 姜文磊, 李晖. FDI 对林业生态经济效益的影响效应分析[J]. 林业经济问题, 2020, 40(1): 29-36.
- [8] 郑松青, 余建辉. 金融危机后造纸产业技术创新效率变动实证研究: 基于 DEA-Malmquist 指数法[J]. 林业经济问题, 2012, 32(4): 329-332.
- [9] YU C, SHI L, WANG Y T, et al. The eco-efficiency of pulp and paper industry in China: An assessment based on slacks-based measure and Malmquist - Luenberger Index[J]. Journal of Cleaner Production. 2016, 127(8): 511-521.
- [10] 关海玲, 武祯妮. 地方环境规制与绿色全要素生产率提升: 是技术进步还是技术效率变动[J]. 经济问题, 2020(2): 118-129.
- [11] 许华, 刘佳华. 环境规制对我国造纸行业绿色技术创新的影响研究[J]. 中国造纸, 2017, 36(12): 67-73.
- [12] 肖靛, 孙大琦, 石燕, 等. 废纸造纸废水处理技术的研究进展[J]. 水处理技术, 2016, 42(1): 20-25.
- [13] FIGGE F, HAHN T. Sustainable value added - measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency[J]. Ecological Economics, 2004, 48(2): 173-187.
- [14] 王微, 林剑艺, 崔胜辉, 等. 基于生态效率的城市可持续性评价及应用研究[J]. 环境科学, 2010, 31(4): 1108-1113.
- [15] VAN C J, BLOCK C, CRAMM P, et al. Improving eco-efficiency in the steel industry: The ArcelorMittal gent case[J]. Journal of Cleaner Production, 2010, 18(8): 807-814.
- [16] 田炯, 王翠然, 陆根法. 层次分析法在生态效率评价中的应用研究[J]. 环境保护科学 2009, 35(1): 118-120.
- [17] 李丁, 汪云林, 付允, 等. 基于物质流核算的数据包络分析: 国内 19 个主要城市的实证研究[J]. 资源科学, 2007(6): 176-181.
- [18] 黄晶, 马蓓蓓, 薛东前. 基于 SE-DEA 模型的西安市土地利用效率及优化对策[J]. 干旱区研究, 2015, 32(3): 630-636.
- [19] 李莉, 张华. 基于 DEA 的区域环境绩效研究综述[J]. 生态经济, 2016, 32(9): 167-172.
- [20] 杜军, 寇佳丽, 赵培阳. 海洋环境规制、海洋科技创新与海洋经济绿色全要素生产率: 基于 DEA-Malmquist 指数与 PVAR 模型分析[J]. 生态经济, 2020, 36(1): 144-153+97.

- [21] 黄万华, 卢盈. 资源环境约束下煤炭产业生态效率测评及其影响因素分析[J]. 资源开发与市场, 2018, 34(1): 28-34.
- [22] 王艳红, 叶文明. 计及碳排放的电力工业与火电行业生态效率实证分析(2001-2011)[J]. 科技管理研究, 2015, 35(3): 215-219.
- [23] 孔海宁. 中国钢铁企业生态效率研究[J]. 经济与管理研究, 2016, 37(9): 88-95.
- [24] 徐杰芳, 田淑英. 绿色发展下煤炭资源型城市煤炭产量优化研究: 基于生态效率的分析[J]. 华东经济管理, 2018, 32(5): 165-171.
- [25] 王飞儿, 史铁锤. 基于物质代谢的中国纺织业生态效率评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(6): 116-120.
- [26] 戴铁军, 陆钟武. 钢铁企业生态效率分析[J]. 东北大学学报, 2005(12): 1168-1173.
- [27] 李媛恒, 石凌雁, 李钰. 中国制造业全要素生产率增长的测度与比较[J]. 经济问题, 2020(3): 83-91.
- [28] 苏世伟, 杨咏明, 聂影. 基于 ISBM-DEA 模型的造纸上市公司环境效率评价[J]. 林业经济, 2014, 36(7): 85-88+128.
- [29] 郭思源, 张敏, 吴国春. 黑龙江垦区农业生产效率及其影响因素研究[J]. 东北农业大学学报, 2019, 50(12): 68-75.
- [30] 熊鸿斌, 王玉芳, 夏晓宇. 基于松弛变量度量模型的生态工业园低碳发展路径下的环境效率评价[J]. 环境污染与防治, 2013, 35(7): 95-100.
- [31] HELMINEN R R. Developing tangible measures for eco-efficiency: The case of the Finnish and Swedish pulp and paper industry[J]. Business Strategy and the environment, 2000, 9(3): 196-210.
- [32] THANT M M, KITIKORN C. Eco-efficiency assessment of pulp and paper industry in Myanmar [J]. Clean Technologies and Environmental Policy, 2010, 12(4): 427-439.
- [33] 李凌超, 陶晨璐, 程宝栋. 中国造纸业空间集聚水平实证研究[J]. 林业经济, 2017, 39(11): 40-44.
- [34] HUA Z H, BIAN Y W, LIANG L. Eco-efficiency analysis of paper mills along the huai river: An extended DEA approach[J]. Omega, 2007, 35(5): 578-587.
- [35] WANG Y T, LIU J, HANSSON L, et al. Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: A case study of Shandong provinces pulp and paper industry, China [J]. Journal of Cleaner Production, 2011, 19(4): 303-310.
- [36] 李凌超, 程宝栋, 陶晨璐. 中国造纸业的空间集聚及对出口的影响[J]. 世界林业研究, 2017, 30(4): 52-57.
- [37] 王珊珊, 张寒, 杨红强. 中国人造板行业的生命周期碳足迹和能源耗用评估[J]. 资源科学, 2019, 41(3): 521-531.
- [38] 徐士莹, 杨加猛, 刘梅娟. 中国造纸及纸制品业碳排放因素分解与减排潜力分析[J]. 资源开发与市场, 2018, 34(5): 638-643.
- [39] 董洁, 刘航. 中国传统产业 R&D 效率测度及其影响因素研究[J]. 科技管理研究, 2015, 35(23): 64-68.
- [40] 王海刚, 王永强, 周一瑄. 新常态下对造纸工业发展的认识和思考[J]. 中国造纸学报, 2015, 30(3): 57-62.
- [41] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978(2): 429-444.
- [42] OLESEN O B. Some unsolved problems in data envelopment analysis: A survey [J]. International Journal of Production Economics, 1995, 39(1-2): 5-36.
- [43] JOE Z. Further discussion on linear production functions and DEA [J]. European Journal of Operational Research, 2000, 127(3): 611-618.
- [44] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [45] 吕洁华, 付思琦, 张滨. 黑龙江省国有重点林区林业经济投入产出效率研究[J]. 林业经济问题, 2019, 39(3): 300-306.
- [46] ROLF F, SHAWNA G, MARY N, et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries [J]. American Economic Review, 1994, 87(5): 1033-1039.
- [47] CHUNG Y H, FARE R, GROSSKOP S. Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach[J]. Microeconomics, 1995, 51(3): 229-240.
- [48] 夏永红, 沈文星. 木材加工产业集聚、共聚与劳动生产率效应[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(3): 131-136.

挤压预处理对杨木 APMP 浆纤维形态及制浆性能的影响

魏录录^{1,2} 严振宇¹ 邓拥军¹ 韩善明¹ 梁龙^{1,3} 房桂干^{1,2,3*}

(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,江苏 南京,210042;
2. 南京林业大学,江苏 南京,210037;3. 中国林业科学研究院林业新技术所,北京,10001)

摘 要 通过对纸浆纤维形态及制浆性能等因子的研究,探索了不同机械挤压预处理对杨木化学机械法制浆带来的影响。在相同制浆工艺下,挤压程度越好,纸浆的长纤维及纤维束含量越低。加拿大游离度为 250mL 时,通过双螺杆挤压(Twin screw extruder, TSE)技术所得纸浆的纤维束含量为 1.78%,相对单螺旋挤压(Model screw device, MSD)降低了 76.67%。此外,经 TSE 挤压所得纸浆的耐破强度和抗张强度均高于未挤压木片和 MSD 挤压所得纸浆;而 TSE 挤压所得纸浆因长纤维含量较低,其撕裂强度则低于未挤压木片和 MSD 挤压所得纸浆。在加拿大游离度为 250mL 时,TSE 挤压所得纸浆白度为 65.48% ISO,较 MSD 挤压技术提高了 9.14%ISO,较未挤压木片提高 12.94%ISO。因 TSE 挤压后木片浸渍时反应更充分,有更多的物质溶出,其所得纸浆得率较低,废水的污染负荷指标较高。

关键词 螺旋挤压;APMP;纤维形态;纸浆性能;杨木

化学预浸渍是生产化机浆的主要特征,也是生产化机浆的关键工艺^[1-3]。在制浆过程中,浸渍效果的好坏对浆的品质有着重要影响。由于木片厚薄不均匀,在预汽蒸时排除的空气也不均匀,会影响木片对药液的均匀吸收^[4-6]。对木片进行挤压后再进行浸渍,有利于提高原料的吸液能力^[7]。木片在挤压过程中受到挤压和撕裂作用,产生许多龟裂,木片变薄,堆积密度变小,结构变得疏松,形成类似于网状结构的木丝团^[8]。对木片的机械挤压程度很大程度上影响药液的渗透情况^[9-11]。目前大型木材制浆生产线普遍使用的是安德里兹公司的单螺旋挤压机(MSD)。利用单螺旋挤压机进行挤压时容易出现挤压螺旋被“抱死”,挤压不均匀、效果差等问题,影响后续化学药品的浸渍。双螺杆磨浆机是从塑料橡胶工业中同向双螺杆挤压机变形而来。1983 年 6 月,美国 C-Ebauer 公司以松木和杨木为原料,利用双螺杆磨浆机,在较低能耗下生产了类似于热磨机械浆的浆料;Kurdin 等人利用双螺杆磨浆机生产与 TMP 具有相同纸张强度和纤维性能的机械浆时发

现该工艺可以降低能耗 30% 左右^[12-13]。近年来国内学者也对双螺杆挤压机在挤压疏解和磨浆方面进行了研究^[8,14]。本文对 APMP 制浆工艺的机械挤压段进行分析,旨在探究不同挤压方式处理对纸浆纤维形态及制浆性能的影响。

1 材料和方法

1.1 原料

杨木取自山东某造纸厂,对木片筛选,备用。其主要化学组成见表 1:

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFD0601005);江苏省生物质能源与材料重点实验室基金项目(JSBEM-S-201809)。

作者简介:魏录录,女,在读研究生,研究方向为制浆造纸清洁生产。

*** 通讯作者:**房桂干,男,国际木材科学院院士,博士生导师,研究领域:制浆造纸清洁生产、环保和生物质利用研究;E-mail: fangguigan@icifp.cn。

表 1 杨木主要化学成分/%

抽出物				综纤维素	酸不溶木素	聚戊糖
冷水	热水	1%NaOH	苯醇			
1.327	2.802	2.090	1.688	82.448	22.318	12.472

1.2 实验设备

采用江苏金沃机械有限公司生产的双螺杆挤压机,安德里茨公司单螺杆挤压机及吉林造纸厂机械制造分厂生产的磨浆设备进行化学机械法制浆研究。

1.3 工艺流程

本实验主要采用双螺杆挤压(TSE)和单螺旋挤压(MSD)对杨木片化学机械法制浆进行研究,并以未经挤压木片所得纸浆作为对照样。选取一种适宜的浸渍条件采用 Andritz 公司进口的高得率浆中试装置进行常规的 APMP 流程制浆,旨在对比不同挤压方式制化机浆的制浆性能差异。

制浆工艺流程如下:木片经水洗后送入汽蒸仓,常压汽蒸 20min,温度 105℃,之后进行挤压,包括不挤压(对照样),MSD 挤压(压缩比 1:4)、TSE 挤压(开口 20mm、18mm)三种方式。挤压后进行一段化学预浸渍 30min,然后进行二段加药浸渍,浸渍条件见表 2。两段浸渍后进行常压磨浆(因对照样及 MSD 挤压后物料尺寸太大,无法直接进磨浆机,因此先用双螺杆挤压机进行了初磨),制取不同加拿大游离度的纸浆,过程中记录下磨浆能耗。并对纸浆进行洗涤、消潜、净化,抄片,纸张物理性能指标检测,并检测废水指标。

表 2 化学浸渍工艺条件

生产阶段	用量/%				浆料质量分数/%	温度/℃	时间/min
	H ₂ O ₂	NaOH	Na ₂ SiO ₃	DTPA			
一段预浸渍	2.0	2.5	0.8	0.3	35	90	30
二段浸渍	3.0	3.5	1.2	0.3	23	90	30

1.4 其他实验仪器及方法

筛分:采用航空航天部成都航空仪表公司制造的 BZF-1 型鲍尔式纸浆纤维筛分仪。

纤维束含量的测定:采用德国 PTI 原装进口德国纤维长度测试仪 P40170,筛缝宽 0.15mm。

变短,纤维的长宽对制浆的性能会产生影响^[15-18]。不同挤压方式所得纸浆纤维长度及宽度差异较大。选取游离度为 250mL 的纸浆进行纤维筛分分析,表 3 为利用鲍尔式纸浆纤维筛分仪所测定的纸浆纤维筛分结果。可以看出在同一游离度下,经双螺杆挤压所得纸浆小于 14 目的长纤维含量明显减少,纤维长度在 28 目到 100 目之间的纤维含量为 57.38%,较 MSD 挤压及对照样所得纸浆此范围内纤维含量(分别为 53.52%、51.20%)提高。

2 结果与讨论

2.1 挤压对纸浆纤维筛分及纤维束含量的影响

经挤压后纤维细胞壁受到一定损伤,纤维也会

表 3 纸浆纤维筛分结果/%

筛分尺寸	≤14 目	14—28 目	28—50 目	50—100 目	100—200 目	≥200 目
TSE	1.29	4.33	24.78	32.60	6.77	30.23
MSD	7.35	6.86	20.80	32.72	6.16	26.11
对照样	10.05	8.69	21.22	28.98	6.59	24.47

图 1 为纸浆纤维束含量分析结果。木片经双螺杆挤压所得纸浆纤维束含量明显低于 MSD 挤压及对照样所得纸浆,MSD 挤压所得纸浆纤维束含量低于

对照样所得纸浆。在游离度为 250mL 处,双螺杆挤压、MSD 挤压、对照样所得纸浆纤维束含量分别为 1.78%、7.63%、10.62%,双螺杆挤压所得纤维束含量

比 MSD 挤压所得纤维束含量降低 76.67%。TSE 挤压后浆料堆积密度变小,结构变得非常疏松,因此在浸渍段反应程度更高,在磨浆过程中纤维容易解离,纸浆中纤维束含量也就越低。

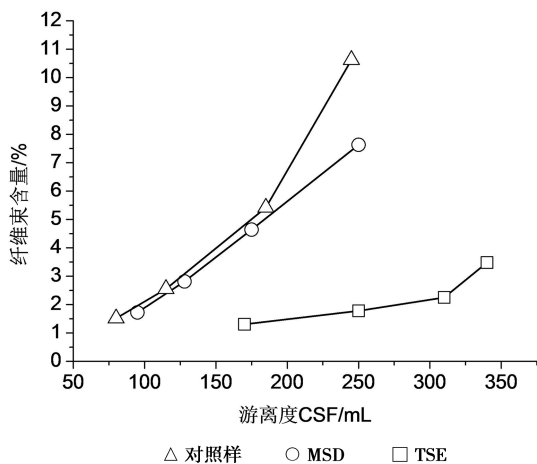


图 1 不同挤压预处理所得纸浆纤维束含量分析

2.2 杨木化学机械浆制浆性能的比较

2.2.1 制浆得率

表 4 所示为杨木片经不同挤压预处理后,按照相同 APMP 制浆工艺所得纸浆得率情况。MSD 挤压与对照样制浆所得纸浆得率基本相等,经 TSE 挤压所得纸浆得率较低,但仍保持在较高水平。在相同的加药量及反应时间下,双螺杆挤压处理所得浆料在浸渍过程中更有利于药液的吸收,由于与药液的充分反应,导致浸渍过程中有较多的木质素等溶出,因此双螺杆挤压所得纸浆得率低于 MSD 挤压及对照样组所得纸浆得率^[19-20]。

表 4 不同挤压预处理制浆得率比较

预处理方式	TSE	MSD	对照样
得率/%	84.54	87.20	87.00

2.2.2 磨浆能耗

图 2 所示为在其他制浆工艺相同情况下,经不同挤压预处理制化机浆的磨浆能耗随加拿大游离度变化情况,图 3 所示为纸浆抗张强度随磨浆能耗的变化情况。据报道,能耗随着化学预处理阶段化学品用量的增加而降低^[21]。图 2 显示经不同挤压方式预处理所得物料制得相同加拿大游离度纸浆时,磨浆过程中能耗大体相同,此结果与梁芳敏等^[22]对比不同挤压方式对竹浆磨浆能耗的影响结果相一致,相同游离度条件下磨浆能耗相差不大。由图 3

可以看出,制取相同抗张强度的纸浆时,双螺杆挤压所得物料磨浆段消耗能量最少,MSD 次之,对照样所需磨浆能耗最高。在消耗相同的磨浆能耗时,双螺杆挤压所得浆料的结合力更强。

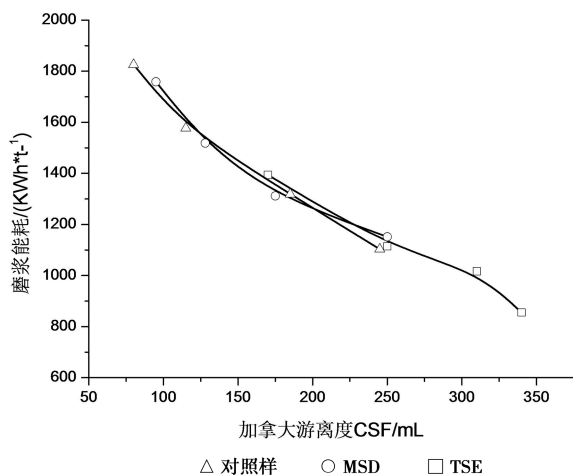


图 2 不同挤压预处理制化机浆磨浆电耗比较

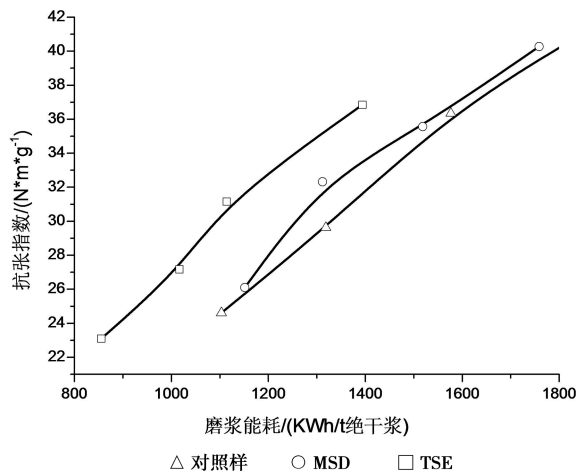


图 3 不同挤压预处理制化机浆抗张强度与磨浆电耗的关系

2.2.3 强度性能

图 4(a~c) 为在其他制浆工艺相同情况下,经不同挤压预处理所得化机浆的强度性能。经双螺杆挤压所得纸浆的耐破强度、抗张强度均高于单螺旋挤压及对照样所得纸浆,而撕裂强度上却低于单螺旋挤压及对照样所得纸浆^[23-24]。单螺旋挤压所得纸浆三大强度上均略高于对照样。在 APMP 制浆工艺中,浸渍效果好,有利于促进磨浆过程纤维细化,羟基暴露更多,提高了纤维间结合力,从而提升纸浆的强度性能。双螺杆挤压所得纸浆纤维间结合力增强,因此纸浆的耐破强度、抗张强度明显提高^[25]。由于撕裂强度不仅受纤维间结合力的影响,

纤维长度也对其有很大影响,单螺旋挤压及对照样所得纸浆中长纤维含量较多,因此撕裂指数上高于双螺杆挤压所得纸浆。

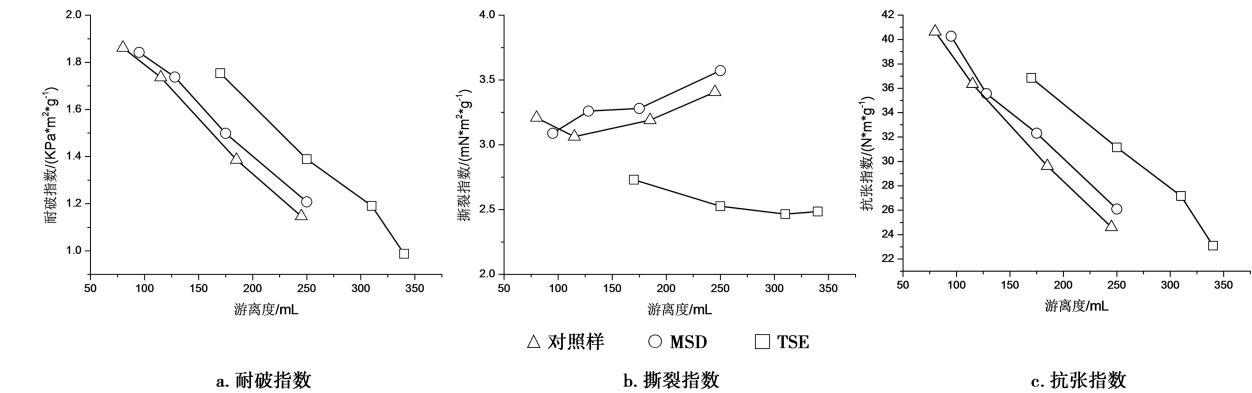


图 4 不同挤压预处理制化机浆所得纸浆强度性能的比较

2.2.4 纸浆白度

图 5 所示为在其他制浆工艺相同情况下,经不同挤压预处理所得化机浆的白度性能。由图可以看出,在其他制浆工艺相同时,双螺杆挤压所得纸浆白度远高于单螺旋挤压及对照样所得纸浆白度。在游离度均为 250mL 时,双螺杆挤压所得纸浆白度为 65.48%ISO,单螺旋挤压纸浆白度为 56.34%ISO,对照样白度为 52.54%ISO,双螺旋挤压所得纸浆白度较单螺旋提高 9.14%ISO,较对照样白度提高 12.94%ISO。在 APMP 制浆工艺中,浸渍效果越好,越有利于充分发挥 H_2O_2 漂白效果,双螺杆挤压很大程度上促进了木片浸渍效果。

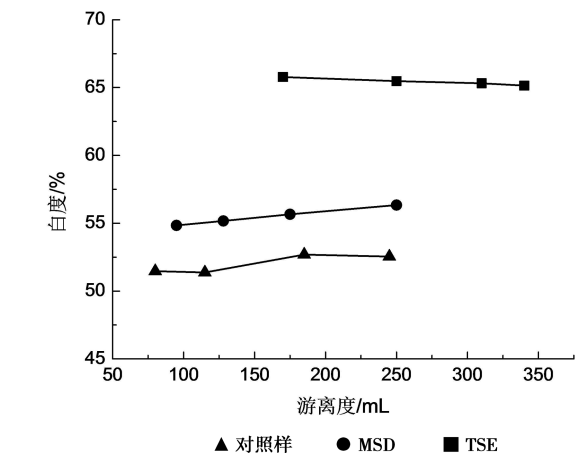


图 5 不同挤压预处理制化机浆所得纸浆白度的比较

2.2.5 废水的污染负荷和特征比较

不同挤压方式处理后经相同工艺制取化机浆过程中所产生的废水来进行废水的污染负荷及特征分析。结果见表 5,不同挤压方式经相同工艺生产化

机浆产生的废水,污染负荷有较大的差异。因双螺杆挤压反应更充分,有更多的物质溶出,双螺杆挤压所得制浆废水的污染指标高于 MSD 挤压及对照样制浆废水的指标。

表 5 不同挤压预处理制浆废水污染负荷

	废水发生量 ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ 浆)	COD ($\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$ 浆)	SS ($\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$)
TSE	6.83	55.51	43.58
MSD	7.56	29.49	28.62
对照样	7.47	34.23	33.27

3 结论

3.1 在其他制浆工艺相同时,挤压方式不同,所得纸浆纤维形态有很大变化。挤压程度越高,纸浆的长纤维含量越低,纤维束含量越低。在游离度为 250mL 处,双螺杆挤压、MSD 挤压、对照样所得纸浆纤维束含量分别为 1.78%、7.63%、10.62%,双螺杆挤压所得纤维束含量比 MSD 挤压所得纤维束含量降低 76.67%。

3.2 经双螺杆挤压所得纸浆的耐破强度、抗张强度均高于单螺旋挤压及对照样所得纸浆,而撕裂强度上却低于单螺旋挤压及对照样所得纸浆。单螺旋挤压所得纸浆抗张强度、撕裂强度、耐破强度上均略高于未挤压木片所得纸浆。在游离度均为 250mL 时,双螺杆挤压所得纸浆白度为 65.48%ISO,较单螺旋提高 9.14%ISO,较未挤压木片所得纸浆白度提高 12.94%ISO。

3.3 在其他制浆工艺相同时,挤压方式不同制得化机浆所产生的废水,污染负荷有较大的差异。因双螺杆挤压后浸渍更充分,有更多的物质溶出,双螺杆挤压所得纸浆得率低于 MSD 挤压或对照样所得纸浆得率,其废水的污染指标高于 MSD 挤压及对照样制浆废水的指标。

参 考 文 献

- [1] 雷鸣, 李建国, 姜靖毅, 等. 几种速生阔叶材的特性分析及其 CMP 的制浆性能[J]. 天津科技大学学报, 2011, 26(6): 29-33.
LEI Ming, LI Jian-guo, JIANG Jing-yi, et al. Characteristics Analysis and Chemi-Mechanical Pulping Properties of Several Fast-Growing Hardwoods[J]. Journal of Tianjing University of Science & Technology, 2011, 26(6): 29-33.
- [2] 邓拥军, 李红斌, 房桂干, 等. JXM 预浸渍系统磨浆机与 P-RC APMP 制浆技术的比较[C]. 广东省造纸学会学术年会. 2014.
Deng Yongjun, Li Hongbin, Fang Guiqian, et al. Comparison of JXM pre-impregnation system refiner and P-RC APMP pulping technology [C]. Guangdong Paper Society Academic Annual Meeting. 2014.
- [3] 张金宝. 硬杂木 P-RC APMP 制浆的研究[D]. 大连工业大学硕士学位论文, 2006.
JIN Bao. Study on P-RC APMP of mixed hard wood [D]. Master's thesis of Dalian University of Technology, 2006.
- [4] 林友峰, 房桂干, 杨淑蕙, 等. 制浆过程中木片浸渍机理及改善措施[J]. 中国造纸, 2007, 26(2): 50-55.
LIN You-feng, FANG Gui-gan, YANG Shu-zhen, et al. Impregnating Mechanism of Wood Chip and the Methods Used to Enhance Impregnation in the Pulping [J]. China Pulp & Paper, 2007, 26(2): 50-55.
- [5] 刘闰昌. 毛白杨 CTMP 浆生产过程中木片浸渍机理及抽出物溶出动力学[D]. 北京林业大学博士学位论文, 2009.
LIU Run-chang. The Mechanism of Wood Impregnation and Dissolving Kinetic of Extractives in the Pulping Process of Populus Tomentosa CTMP [D]. Ph. D. Dissertation Submitted to Beijing Forestry University, 2009.
- [6] 王永贵, 周衡欣, 岳金权. 制浆过程木材浸渍研究进展[J]. 中国造纸, 2012, 31(12): 54-60.
WANG Yong-gui, ZHOU Yi-xin, YUE Jin-guan. Research Progress in Wood Impregnation during Pulping Process[J]. China Pulp & Paper, 2012, 31(12): 54-60.
- [7] Yan T. The Important Effects of Hydropress on APMP Pulping[J]. Paper and Paper Making, 2004.
- [8] 庞志强, 陈嘉川, 杨桂花. 挤压预处理对制浆性能的影响[J]. 中国造纸, 2004, 23(7): 8-11.
PANG Zhi-qiang, CHEN Jia-chuan, YANG Gui-hua. Influence of Compressing Pretreatment on Pulping[J]. China Pulp & Paper, 2004, 23(7): 8-11.
- [9] Lachenal D, Bourne C, De C C, et al. Hardwood hydrogen peroxide chemimechanical pulps. [J]. Tappi J, 1979 (5): 53.
- [10] 孔凡功. 三倍体毛白杨碱性过氧化氢化学机械浆的研究[D]. 山东轻工业学院硕士学位论文, 2003.
KONG Fan-gong. Study on Chemical Mechanical Slurry of Triploid Populus tomentosa Alkaline Hydrogen Peroxide [D]. Master's thesis of Shandong Institute of Light Industry, 2003.
- [11] LIANG Fang-min, FANG Gui-gan, JIAO Jian, et al. The Use of Twin Screw Extruder Instead of Model Screw Device During Bamboo Chemo-mechanical Pulping [J]. Biore-sources, 2018, 13(2): 2487-2498.
- [12] Kurdin JA, Bohn WL. Mechanical Pulping by Extrusion [C]. Tappi Pulping Conference. USA: San Francisco CA, 1984: 265.
- [13] Kurdin JA. New developments in mechanical pulping. Southern Pulp and Paper, 1985(3): 45.
- [14] 胡惠仁, 曹堪洲. 双螺旋挤压法 APMP 制浆新工艺[J]. 中国造纸, 2004, 23(11): 8-12.
- [15] 吴元苓, 熊业平. 机械挤压方式对杨木片物理性能的影响[J]. 纸和造纸, 1999(1): 30-30.
WU Yuan-zhen, XIONG Ye-ping. Effect of Mechanical Extrusion on Physical Properties of Poplar Wood [J]. Paper and Paper, 1999(1): 30-30.
- [16] 肖川, 王志杰. 磨浆对 P-RC APMP 纸浆纤维特性和成纸性能的影响[J]. 纸和造纸, 2013, 32(10): 13-15.
XIAO Chuan, WANG Zhi-jie. Effect of PFI Refining on Pulp Fiber Characteristics and Paper Properties of P-RC APMP [J]. Paper and Paper Making, 2013, 32(10): 13-15.
- [17] 李荣一, 金东柱. 纤维长度和粗度对纸张结构性能的影响[J]. 中国造纸, 2018, 37(7): 49-52.
LI Rong-yi, JIN Dong-zhu. Effect of Fiber Length and Thickness on Structural Properties of Paper [J]. China Paper, 2018, 37(7): 49-52.
- [18] 杨扬, 李庆华. 基于纤维形态的纸浆抄造性能研究[J].

中国造纸学报, 2017, 32(4):11-15.

YangYang, LI Qing-hua. Study on Papermaking Performance of the Pulp Based on Fiber Morphology [J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2017, 32(4): 11-15.

[19]田庆文, 房桂干, 沈葵忠, 等. 不同预处理方法对玉米秸秆酶解性能的影响[J]. 林业工程学报, 2017, 2(2): 89-94.

TIAN QW, FANG GG, SHEN K Z, et al. Effect of different pretreatments on the enzymolysis properties of corn stalk [J]. Journal of Forestry Engineering, 2017, 2 (2): 89-94.

[20]唐成伦, 朱晨杰, 王泽刚, 等. 螺杆挤压技术在生物质预处理中的机遇与挑战[J]. 生物产业技术, 2017(3): 21-28.

TANG Cheng-lun;ZHU Chen-jie;WANG Ze-gang, et al. The opportunities and challenges of screw extrusion technology in biomass pretreatment[J]. Biotechnology & Business, 2017(3):21-28.

[21]邓拥军, 房桂干, 韩善明, 等. P-RC APMP 制浆浸渍段碱用量对制浆性能的影响[J]. 中华纸业, 2010, 31 (3):48-51.

DENG Yong-jun, FANG Gui-Gian, HAN Shan-ming, et al. Effect of alkali dosage on pulping performance of P-RC APMP pulping impregnation section [J]. China Pulp and Paper Industry, 2010, 31(3): 48-51.

[22] Liang, F., Fang, G., Jiao, J., Deng, Y., Han, S., Shen, K., ... Pan, A. (2018). The Use of Twin Screw Extruder Instead of Model Screw Device During Bamboo Chemo-mechanical Pulping. Bioresources, 13(2), 2487-2498.

[23]卫晓林, 李洪才. 细小组分和纤维之间的相互作用及其对纸张性能的影响[J]. Paper and Biomaterials, 2013, 32(1):17-23.

WEI Xiao-lin; LI Hong-cai. Interaction between Micro-fibrillar Cellulose Fines and Fibers;Influence on Pulp Qualities and Paper Sheet Properties [J]. Paper and Biomaterials, 2013, 32(1):17-23.

[24]宋俊富, 潘定如, Scott W E. 纤维长度和粗度及其对成纸性能的影响[J]. 中国造纸, 1992(4):36-43.

SONG Jun - fu, PAN Ding - ru, Scott W E. FIBER LENGTH, COARSENESS AND THEIR EFFECTS ON PAPER PROPERTIES[J]. CHINA PULP & PAPER, 1992 (4):36-43.

[25]陶文娟, 徐娜, 郭丽芳, 等. 不同松厚度 P-RC APMP 与漂白麦草 Soda-AQ 纸浆共磨浆特性[J]. 林业工程学报, 2018, 3(6):62-67.

TAO W J, XU N, GUO L F, et al. Co-refining properties between different bulk P-RC APMPs and bleached wheat strawpulp [J]. Journal of Forestry Engineering, 2018, 3 (6):62-67.

· 消息 ·

南美洲将增加近 1480 万吨纸浆产能

据外媒报道,随着巴拉圭的进入,在未来几年内,南美洲纸浆行业在建和新建的项目达 8 个,总投资额将达到 180 亿美元,新增产能将近达到 1480 万吨,报道称这个产能将相当于 Suzano 公司短纤维纸浆产量的 1.3 倍。180 亿美元新投资项目中,巴西国内的新项目将超过 100 亿美元。

在已经公布的短纤维和水溶性纸浆生产线建设项目中,从 2021 年第四季度开始,智利 Arauco 和巴西 Bracell 的年产量将分别新增 127 万吨和 280 万吨。

巴西 LD Celulose 计划从 2022 年第一季度开始,在圣保罗州启动年产 50 万吨的项目。奥地利投资商 Lenzing 集团和 Duratex 集团的合资企业 LD Celulose 公司,将从 2022 年第一季度开始在米纳斯州投产,年产水溶性纸浆 50 万吨。巴拉圭 Paracel 自 2022 年第四季度投产后,年产能达 150 万吨。UMP 自 2022 年第四季度开始,纸浆年产能将新增 210 万吨,此外,其总投资 27 亿美元建在乌拉圭的生产线将于 2022 年底投产。

从 2023 年初开始,巴西 Suzano 的年产能将新增 220 万吨。当年第四季度起,巴西 Euca Energy 年产能将新增 210 万吨。巴西 Eldorado 新的生产线投产日期尚未确定,预计短纤维纸浆年产能将新增 230 万吨。

来源:网络

不同原料纤维对纸页环压强度的影响

吴春磊 强杨健 侯贺伟 朱文远*

(南京林业大学江苏省制浆造纸科学与技术重点实验室,江苏 南京,210037)

摘 要 环压强度对于瓦楞原纸和纱管原纸来说是重要的强度指标,本文通过对木浆、草浆、废纸浆单独或复配抄片,并测定其厚度和环压指数等指标,分析不同原料纤维对环压强度的影响,以供实际生产参考。

关键词 环压强度;环压指数;配比;瓦楞原纸;纱管原纸

瓦楞原纸又称瓦楞芯纸,是构成瓦楞纸板波纹状中芯所用的原料纸;纱管原纸主要应用于内核和管道的制作,工业管,地膜管,花炮管,纺织管,螺旋管,宝塔管,平行管,各种纸护角,纸箱,蜂窝纸板等。随着社会经济的发展,瓦楞原纸和纱管原纸用量不断增加。据《中国造纸工业 2019 年度报告》报道,2019 年,我国瓦楞原纸产量为 2220 万吨,较 2018 年增长 5.46%;消费量 2374 万吨,较上年增长 7.28%。2010—2019 年生产量 年均增长率 1.92%,消费量年均增长率 2.57%。^[1] 各国的纸品市场的增长基本符合该国的经济增长率,经济发展得越快,生产的东西越多,需要的包装盒就越多,而瓦楞纸包装在包装领域里占了相当大的比例。随着我国经济的迅猛发展,瓦楞纸的需求量必将越来越大,特别是高档瓦楞原纸。而国内目前的大多企业只能生产中低档的瓦楞原纸,这与我国的抄纸纤维原料的质量差有关,当然也与我们对化学品的开发和纤维的研究不够有关。关于瓦楞纸及瓦楞纸板强度的研究很多^[2~11],而对于各类纤维和不同纤维对比对环压强度的影响的研究很少。本论文就各浆种纤维及不同浆种纤维对比对环压强度的影响进行了研究,以找出它们对原纸环压强度影响的规律,供生产瓦楞原纸或纱管原纸生产参考。

1 实验

1.1 原料和仪器

草浆,实验室蒸煮获得,打浆度 28°SR;木浆为

桉木浆,打浆度 25°SR;废纸浆,实验室自制,打浆度 20°SR。

BZF-1 型鲍尔式纸浆纤维筛分仪;H158 型纸浆疏解器;FI101 型方形抄片器;FI119 系列电热干燥仪;YQ-Z-40 型电子式压缩实验仪;ZUS-4 型纸张厚度测定仪。

1.2 木浆组分的分离

称取一定量的桉木浆(打浆度 28°SR),用 2000ml 水稀释,用纸浆疏解器疏解 5000 转,将其在 20s 内均匀倒入已调整运转良好的纸浆纤维筛分仪中,20 分钟后停止筛分仪,将各组分用网接出收好。所得组分是四份:未过 28 目网的 1#组分,过 28 未过 50 目网的 2#组分,过 50 未过 102 目网的 3#组分,过 102 未过 205 目网的 4#组分。以下用 1#,2#……表示。

1.3 抄片

将浆按不同需求的量或不同比例配比称量所需浆,用疏解器疏解充分后,在 FI101 型方形抄片器上抄片,最后用 FI119 系列电热干燥机烘干。

1.4 环压指数和厚度的测量

手抄片的瓦楞纸的环压强度的测定按照 GB/T2679.8—1995 进行。

基金项目:大学生实践创新训练项目(201810298168H)

第一作者:吴春磊,男,主要研究方向:制浆造纸化学。

通讯作者:朱文远,男,博士,副教授。研究方向:高得率制浆和二次纤维回用。E-mail:ppzhuwy12@njfu.edu.cn。

手抄片瓦楞纸的厚度按 GB/T6547—1998 进行。

2 结果与分析

2.1 同类纤维不同组分对环压强度的影响

实验对原浆和各分离浆组分分别抄片物检, 结果如表 1。可以看出, 原浆比任何单独分离出来的不同组分的纤维对环压指数的影响都大, 这可能是因为各分离纤维组分尺寸太单一, 相互间的结合不够紧密, 粗组分纤维帚化不好, 结合力太小, 纸页内部的空隙大, 因此紧度小, 导致抄片的环压指数小; 而随着纤维组分的变小, 帚化变好, 紧度也有所上升, 但组分单一, 不能够起到互补作用, 环压指数一直不能超过原浆。因此, 只有各组分纤维相互混合, 互相补充, 结合力和紧度才最好, 环压指数最佳。

表 2 不同组分的纤维的添加对环压指数的影响

	环压指数 (原浆)	环压指数 (原浆+2.5%)	环压指数 (原浆+5%)	环压指数 (原浆+7.5%)	环压指数 (原浆+10%)	环压指数 (原浆+15%)	环压指数 (原浆+20%)
添加 1#组分	6.84	6.96	7.03	7.24	7.54	7.15	6.81
添加 4#组分		7.24	7.63	7.74	7.72	7.23	7.13

2.3 抄片时纸张定量对环压强度的影响

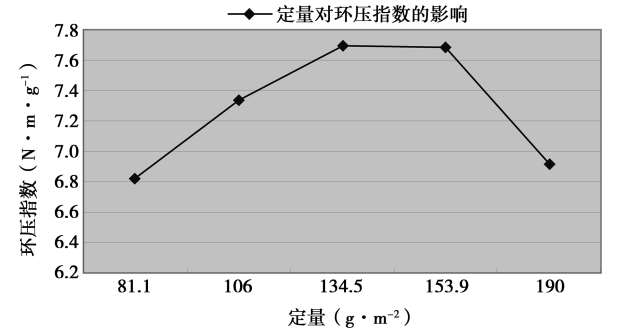


图 1 定量对环压强度的影响

影响环压强度的因素很多, 有纸的厚度、紧度、弹性模数、湿度和定量等。纸的紧度固定时, 厚度和定量基本成正比, 而用途不同所需要瓦楞原纸的定量也不一样, 因此研究定量对瓦楞原纸的环压强度影响有一定意义。图 1 是不同定量的手抄片的环压指数的变化情况, 从图中可以看出, 在纸张的紧度一定(0.50 g/cm³左右)时, 定量的变化对环压强度影响很大。当定量从 80 g/m²变化到 190 g/m²时, 环

表 1 原浆与各分离浆对环压指数的影响

	原浆	分离浆 1#	分离浆 2#	分离浆 3#	分离浆 4#
紧度	0.574	0.345	0.398	0.400	0.387
环压指数	7.34	2.06	3.82	4.5	4.64

2.2 原浆与粗细纤维组分不同对比对环压强度的影响

纤维的不同组分的添加对环压强度的影响如表 2。可以看出, 在原浆中添加一定量的长纤维组分或短纤维组分对环压强度的影响都是正面的。其中, 长纤维组分的添加量在 10%左右时效果最好, 过多的添加环压指数反而下降, 超过 20%以后反而不如原浆。这可能是由于长纤维少量添加的时候, 长纤维本身的强度对纸张的环压强度有利, 而当添加量过多时影响了各纤维之间的结合。对于短纤维来说, 添加量最佳值是 7.5%左右, 过多或过少都不好, 特别是添加量过多时, 不仅使助留困难, 而且环压指数下降。

压强度先增加后减小, 在 120 g/m²~150 g/m²时变化不大。

2.4 紧度对环压强度的影响

对于瓦楞原纸的环压强度来说, 紧度是一个重要的影响因素, 本实验在实验室条件下通过抄片时加压不同得到了不同紧度的瓦楞原纸, 通过测环压强度计算环压指数, 影响如表 3 所示。从表中可以看出, 紧度并不是越大越好, 这是因为定量一定时紧度的增加会伴随着厚度的减小。综合作用的结果是紧度和厚度在合适值的时候对环压指数影响最大。不同的浆种, 不同的打浆工艺, 两者对环压指数的影响不同。

表 3 紧度对环压指数的影响

紧度(g·cm ⁻³)	0.456	0.526	0.648
厚度(×10 ⁻² cm)	2.8	2.3	1.9
环压指数(N·m·g ⁻¹)	7.16	7.36	7.24

注:抄片的定量为 120 g/m²

2.5 不同浆种和不同浆种配比对环压强度的影响

不同浆种和不同浆种的配对手抄纸的环压强度都有影响,如表 4~表 7 所示。表 4 是按木浆和废纸浆及草浆抄片的环压指数,可以看出,废纸浆的环压指数最小,这是由于废纸中杂质太多,且纤维经过多次回用,本身的强度和结合能力等都下降造成的;木浆略好于草浆,这是因为木浆纤维的本身强度优于草浆类的纤维。

表 4 不同浆种对环压指数的影响

浆种	原木浆	废纸浆	草浆
环压指数($\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{g}^{-1}$)	7.64	6.84	7.55

木浆和草浆配用时效果更好,当木浆和草浆比为 7/3 时,环压指数超过木浆单独使用时,如表 5,但二者搭配使用成本还是很高,实际生产中很难采用。

表 5 木浆与草浆的不同配比对环压指数的影响

不同浆种配比	木浆/草浆:	木浆/草浆:	木浆/草浆:
	3/7	5/5	7/3
环压指数($\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{g}^{-1}$)	7.62	7.59	7.76

木浆和废纸浆配比使用时,效果也很明显,随着木浆所占比重的增加,环压指数明显上升,尤其是当木浆和废纸浆的配比为 7/3 时,抄片的环压指数接近单独使用木浆时的手抄片。

表 6 木浆与废纸浆的不同配比对环压指数的影响

不同浆种配比	木浆/废	木浆/废	木浆/废
	纸浆:3/7	纸浆:5/5	纸浆:7/3
环压指数($\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{g}^{-1}$)	7.06	7.36	7.56

对于瓦楞原纸来说,使用木浆成本太高,单独使用废纸浆又很难抄造符合质量的纸品,加木浆成本也挺高。而对于环压强度的影响草浆与木浆相近,表 7 是废纸浆与草浆不同配比抄片所测其对环压指数的影响。由表中数据可以看出,当废纸浆与草浆按 3/7 的比例配抄时,环压指数接近单独使用草浆或木浆所得值。因此,在实际生产中可以考虑草浆与废纸浆配比使用,必要时加少量的木浆。

表 7 废纸浆与草浆的不同配比对环压指数的影响

不同浆种配比	废纸浆/	废纸浆/	废纸浆/
	草浆:3/7	草浆:5/5	草浆:7/3
环压指数($\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{g}^{-1}$)	7.49	7.33	7.18

3 结论

3.1 各种浆的筛分单独抄片时环压强度较低,当长纤维和短纤维组分与原浆按一定比例复配时则好于单独使用原浆,但所占原浆的比例不能超过 10%。

3.2 定量和紧度对环压强度的影响明显,二者互相影响,实验表明,定量为 $120 \sim 150 \text{g/m}^2$ 、紧度为 0.5g/cm^3 时的手抄片的环压指数最高。

3.3 对于用木浆、草浆和废纸浆抄造瓦楞原纸来说,木浆最好,草浆稍次,废纸浆差别较大;木浆和草浆配比使用时甚至超过(7/3 时)单独使用木浆,使用木浆和废纸浆复配,效果也挺好,废纸浆和草浆配合使用时,效果明显优于单独使用废纸浆;实际生产中可根据不同需要选择不同配比。

参 考 文 献

[1] 中国造纸协会. 纸及纸板主要产品生产和消费情况[R]. 中国造纸工业 2019 年度报告,2020.5

[2] 张东红. 浅析瓦楞原纸及其环压强度[J]. 西南造纸, 2000,(4):20-21

[3] 劳嘉葆. 瓦楞纸和平层纸板对瓦楞纸板环压强度的影响[J]. 北方造纸,1994,(4):37

[4] 谢一明. 国产瓦楞纸箱质量提高途径及其发展方向探讨[J]. 株洲工业学院学报,1996,10(1):23-28

[5] 车大军,龙柱. 提高废纸箱纸浆抄造包装纸强度的研究[J]. 国际造纸,22(3):32-34

[6] 王洪奎. 瓦楞原纸与环压强度[J]. 纸和造纸,1999,(3):58

[7] 刘明山,沈葵忠,邓拥军. 国产废纸抄造高档箱板纸的研究[J]. 江苏造纸,2003,(2):31-34

[8] 杨利玲,王卫东. 瓦楞纸箱抗压强度的计算方法及强度提高的优化措施[J],2004,17(3):29-30

[9] 鲁红霞,赵丽红,何北海,等.几种非木材原料有机酸法分离纤维的造纸特性研究[J].造纸科学与技术,2020,39(02):22-28.

[10] 余慧忠,付建生,万朝雨,等.瓦楞原纸环压增强的研究现状[J].湖北造纸,2014(02):5-9.

[11] 肖心明.瓦楞纸板边压强度影响因素分析[J].包装工程,2017,38(13):108-112.

中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液高温预处理 对稻秆纤维酶解性能的影响研究

孙锦梅 翟 睿

(浙江省废弃生物质循环利用与生态处理技术重点实验室,浙江科技学院,浙江 杭州,310023)

摘 要 本论文利用中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液在高温条件下处理稻秆纤维以求改善其纤维酶解性能,利用单因素试验探究最佳工艺条件。结果表明,在用碱量(亚硫酸钠计,下同)11%、处理温度 120℃、处理时间 60min(浸渍时间 15min,处理浓度 20%)的条件下,该复合体系对稻秆纤维酶解性能的改善效果最佳。在上述条件下,处理后纤维中酶解葡聚糖含量为 25.0%,葡聚糖转化率为 63.13%,和相同条件下经氢氧化钠-硫脲-尿素水溶液处理后纤维的相应指标相比提升约 10.1%。

关键词 中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液;高温;稻秆;纤维酶解性能

1 引言

煤和石油等化石能源为社会的进步提供了十分重要的能源支持,但化石能源属不可再生物质且在使用过程中容易造成大气污染^[1],因此在对环保以及可持续发展要求日趋严格化的今天,提高可再生绿色清洁能源的利用率并以此替代化石能源成为了社会性需求^[2],而利用生物乙醇作为替代品已成为解决上述问题的有效途径之一^[3]。

在最初的研究过程中,人们以大米和面粉等资源作为制备生物乙醇的主要原料,但世界范围内的粮食资源分布不均且较为匮乏,因此如今多以稻秆、麦秆以及甘蔗渣等廉价农业废弃物纤维作为替代,利用该类资源制备生物乙醇的过程主要包括原料的预处理(如物理法和化学法)、预处理后原料的生物酶解、酶水解液中葡萄糖的发酵以及发酵产物的提纯^[4]等步骤,其中原料预处理是最关键的操作单元。

碱脲体系是用于在低温条件下溶解纤维素纤维制备功能材料的绿色溶剂,主要包括氢氧化钠-尿素水溶液、氢氧化钠-硫脲水溶液和氢氧化钠-硫脲-尿素水溶液三类^[5-7]。经前期探索,碱脲体系可以有效改善草类纤维的酶解性能,但草类纤维中木质

素含量低,同时该体系的碱性很强,纤维中的葡聚糖在预处理过程中会发生较为显著的降解进而降低其转化率;此外经文献查阅,中性亚硫酸盐水溶液(即亚硫酸钠和碳酸钠的复合水溶液)主要用于制备半化学浆,在改善纤维酶解性能这一方向鲜有报道。鉴于上述分析,在本论文中,笔者用亚硫酸钠和碳酸钠替代氢氧化钠,在保证碱性条件的基础上适当降低反应体系的 pH 值,以求减少葡聚糖的损失以便于其转化率的提升,利用单因素试验探究最佳预处理工艺,同时和相同条件下氢氧化钠-硫脲-尿素水溶液的效果相对比,考察亚硫酸钠-碳酸钠-硫脲-尿素水溶液改善稻秆纤维酶解性能的实际效率。

2 实验

2.1 实验原料和药品

将稻秆剪成长 5cm 的秆片,在沸水浴中浸泡洗涤 5h 以除去原料中的灰尘、草屑以及部分杂细胞等杂质,完成后将秆片浓缩至 15% 的纤维浓度,随后用盘磨机将其充分磨解并得到粗浆,用缝筛将粗浆充分疏解得到细浆并全部收集,将细浆离心脱水后

作者简介: 翟睿,男,讲师;研究方向:木质纤维素纤维性能及生物质转化。E-mail:zhairui860916@sina.com。

搓散成细粒状并在室温风干后密封保存(该纤维在本论文中简称“原纤维”),待水分平衡后测定固含量备用。

将亚硫酸钠、碳酸钠、硫脲、尿素和去离子水按 6 : 2 : 6.5 : 8 : 77.5 的质量比^[7,8]混合并配制成水溶液,密封后于室温条件下静置保存以稳定浓度。

将纤维素酶、木聚糖酶和纤维二糖酶用 pH = 4.8 的醋酸-醋酸钠缓冲液溶解完全并测定各自的酶活,随后按 1 : 1.2 : 1 (比例顺序同上)的酶活比^[9]将上述酶溶液混合均匀并用同样的缓冲液调至 20 U/mL 的酶活(纤维素酶的酶活计,下同),完成后在 4℃ 的条件下冷藏并密封保存。

2.2 实验方法

取适量原纤维并将其粉碎完全,完成后用孔筛筛选并取介于 40 目至 60 目之间的纤维粉末,按标准方法检测其中有机抽提物(苯-乙醇混合液抽提物,下同)、灰分以及木质素的百分含量,取适量测定木质素含量时得到的 3% 硫酸水解液并用氢氧化钠水溶液适度中和,最后用高效液相色谱检测其中葡萄糖和木糖的质量并折算成原纤维中葡聚糖和木聚糖的质量对原纤维绝干质量的百分比。

取适量原纤维并置于反应罐中,随后加入亚硫酸钠-碳酸钠-硫脲-尿素水溶液并用清水调至 20% 的纤维浓度,将反应罐室温空转 15min 以便于纤维和药液的混合,随后以 2℃/min 的升温速率将其加热至最高温并在该温度下保温一定时间以便于预处理的充分进行,完成后将处理后纤维洗净并在离心脱水后搓散成细粒状,平衡水分后测定固含量以计算得率。

取适量处理后纤维并在室温风干后粉碎完全,完成后用孔筛筛选并取介于 40 目至 60 目之间的纤维粉末以及大于 100 目的纤维粉末,随后用同样的方法检测处理后纤维中有机抽提物、灰分、木质素、葡聚糖和木聚糖的百分含量(对处理后纤维绝干质量的百分比)并分别计算脱除率以表征亚硫酸钠-碳酸钠-硫脲-尿素水溶液对纤维化学组分的脱除情况,同时对大于 100 目的纤维粉末进行生物酶解以表征该体系对纤维酶解性能的影响情况,在综合分析后确定最佳预处理工艺。酶解过程如下:

取相当于 2 克绝干质量的纤维粉末于 100mL 碘量瓶中,按 20 U/g 底物的酶用量加入上述混合酶溶液并用同样的缓冲液调至 5% 的纤维浓度,随后加入适量四环素以防止酶解过程中的微生物污染,将碘量瓶的磨口塞旋紧,在确定无漏液现象后将其置于恒温水浴摇床中并在转速 150 r/min、酶解温度 50℃ 的条件下振荡处理 72h,随后利用沸水浴将悬浮液中的生物酶灭活,完成后用 G4 砂芯坩埚真空抽滤并用热水充分洗涤滤饼以收集全部单糖,用旋转蒸发器将抽滤液浓缩,最后用高效液相色谱检测浓缩液中葡萄糖和木糖的质量并计算相应的聚糖质量对原纤维绝干质量的百分比(即酶解葡聚糖含量和酶解木聚糖含量)以及葡聚糖转化率(即酶解葡聚糖含量对原纤维中葡聚糖含量的百分比)。

用氢氧化钠-硫脲-尿素水溶液替代亚硫酸钠-碳酸钠-硫脲-尿素水溶液并在相同的工艺条件下(用碱量需折算为氢氧化钠计)对原纤维进行预处理,随后用同样的方法检测该处理后纤维中有机抽提物、灰分、木质素以及葡聚糖和木聚糖的百分含量和脱除率以及酶解聚糖含量和葡聚糖转化率,考察中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液的处理效果。

注:(1)用葡萄糖进行发酵制备生物乙醇的效率远远高于木糖,且经前期热水和热磨处理后的纤维中阿拉伯糖的含量很低,因此本论文以处理后纤维中酶解葡聚糖含量以及葡聚糖转化率作为核心指标考察中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液的实际效果。

(2)酸水解液和酶水解液中的单糖质量均由高效液相色谱检测后得到(采用标准曲线法进行检测),检测条件为:分析柱 Bio Rad Aminex HPX-87H 20 n, 300 mm * 7.8 mm(长 * 直径);保护柱 Cation-H Refill Cartridges, 30 mm * 4.6 mm(长 * 直径);分析检测器为 RID 示差检测器;进样量 10 μ L;流动相 5 mmol/L H_2SO_4 ;流速 0.6 mL/min;柱温 55℃。

(3)原纤维中葡聚糖质量 = 硫酸水解液中葡萄糖质量 * 0.9;原纤维中葡聚糖含量 = 原纤维中葡聚糖质量/用于木质素含量检测的原纤维的绝干质量 * 100%;原纤维中木聚糖质量 = 硫酸水解液中木糖质量 * 0.88;原纤维中木聚糖含量 = 原纤维中木聚

糖质量/用于木质素含量检测的原纤维的绝干质量 * 100%;

(4)处理后纤维中酶解葡聚糖质量 = 酶解液中葡萄糖质量 * 0.9;处理后纤维中酶解葡聚糖含量 = 处理后纤维中葡聚糖质量/和用于酶解的处理后纤维绝干质量相对应的原纤维的绝干质量(该质量 = 用于酶解的处理后纤维的绝干质量/得率,本论文中,用于酶解的处理后纤维的绝干质量固定为 2g) * 100%;处理后纤维中酶解木聚糖质量 = 酶解液中木质量 * 0.88;处理后纤维中酶解木聚糖含量 = 处理后纤维中木聚糖质量/和用于酶解的处理后纤维绝干质量相对应的原纤维的绝干质量 * 100%;葡聚糖转化率 = 处理后纤维中酶解葡聚糖含量/原纤维中葡聚糖含量 * 100%。

3 结果与分析

3.1 原纤维的化学组分含量分析

原纤维的化学组分含量分析如表 1 所示:

表 1 原纤维中的有机抽提物、灰分、木质素、葡聚糖和木聚糖含量分析					
	有机抽提物	灰分	木质素	葡聚糖	木聚糖
百分含量(%)	2.98	5.66	17.42	39.6	17.3

在前期的热水洗涤和盘磨机的热磨过程中,稻

草秆片中的水溶性物质(有机抽提物和灰分中的水溶性物质以及木质素和半纤维素中的低分子量水溶性组分)得以溶出,但可以看出,原纤维中有机抽提物和灰分的含量依然很高(和同等条件下处理后木纤维中的化学组分含量对比,下同),而这两种物质对纤维酶解(在本论文中单指葡聚糖的酶解,因葡萄糖发酵制乙醇最为简单和便利)起负面影响,但由于含量相对较低的缘故,有机抽提物和灰分的影响远不如木质素和木聚糖明显。

原纤维中木质素的含量低,但木聚糖含量高(木聚糖构成稻秆半纤维素的主链,且占约 90-95%的质量比,阿拉伯低聚糖构成侧链,由于聚合度低的缘故,该侧链组分容易在前期热处理过程中降解溶出,因此其在原纤维中的含量很低,在本论文中未予检测),而木质素和木聚糖对葡聚糖酶解起十分显著的负面影响^[10],因其可屏蔽葡聚糖和生物酶的有效接触进而降低葡聚糖的酶解效率。综上,原纤维的酶解性能较差,需用化学预处理进行改善。

3.2 用碱量对纤维性能的影响

用碱量对纤维化学组分含量的影响如表 2 所示。

用碱量对纤维化学组分脱除率的影响如表 3 所示。

表 2 用碱量对纤维化学组分含量的影响

用碱量(%)	得率(%)	有机抽提物(%)	灰分(%)	木质素(%)	葡聚糖(%)	木聚糖(%)
9	75.71	2.67	5.17	16.08	40.8	16.6
10	74.06	2.24	4.75	14.47	41.3	15.8
11	71.42	1.79	4.21	12.35	42.4	14.7
12	67.95	1.35	3.57	10.16	43.6	13.5
13	64.14	0.91	2.82	7.97	44.9	12.1

表 3 用碱量对纤维化学组分脱除率的影响

用碱量(%)	有机抽提物(%)	灰分(%)	木质素(%)	葡聚糖(%)	木聚糖(%)
9	32.17	30.84	30.11	22.00	27.35
10	44.33	37.85	38.48	22.76	32.36
11	57.10	46.88	49.37	23.53	39.31
12	69.22	57.14	60.37	25.19	46.98
13	80.41	68.04	70.65	27.28	55.14

随着用碱量的增加(处理温度 110℃,处理时间 55min,浸渍时间 15min,处理浓度 20%):得率降低,

有机抽提物、灰分、木质素、葡聚糖和木聚糖的脱除率增加,同时处理后纤维中有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖的百分含量降低,但葡聚糖的百分含量增加。

有机抽提物、灰分、木质素、葡聚糖和木聚糖均可以在碱性条件下持续降解溶出,同时亚硫酸钠和碳酸钠的水解使反应体系呈碱性,随着用碱量的增加,药液的碱性逐渐增强,进而导致上述纤维化学组分脱除率的增加。

随着上述五种组分脱除率的增加,处理后纤维中有机抽提物、灰分、木质素、葡聚糖和木聚糖的绝对含量(即质量)持续降低,这会导致处理后剩余纤维质量的减小以及处理得率的降低,同时这也是处理后纤维中有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖的百分含量降低的原因;由于葡聚糖的化学反应活性远低于其它四种物质的缘故,该组分在预处理过程中的脱除率比有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖低很多,因此尽管处理后纤维中葡聚糖的绝对含量降低,但其百分含量不降反增。

用碱量对纤维酶解性能的影响如表 4 所示。

表 4 用碱量对纤维酶解性能的影响

用碱量 (%)	酶解葡聚糖含量 (%)	酶解木聚糖含量 (%)	葡聚糖转化率 (%)
9	20.6	7.5	52.02
10	22.1	8.6	55.81
11	24.3	8.2	61.36
12	23.2	7.7	58.59
13	21.7	6.9	54.80

随着用碱量的增加(处理温度 110℃,处理时间 55min,浸渍时间 15min,处理浓度 20%):酶解葡聚

糖含量和葡聚糖转化率增加,当用碱量高于 11%时降低;酶解木聚糖含量增加,当用碱量高于 10%时降低。

用碱量的增加有利于提高有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖这四种对葡聚糖酶解起阻碍作用的物质的脱除率,即上述组分的脱除有利于改善葡聚糖和生物酶的可及度,同时葡聚糖在较低用碱量条件下的脱除率较低,处理后纤维中可发生酶解反应的葡聚糖的绝对含量相对较高,这利于其酶解的进行,因此此时酶解葡聚糖含量和葡聚糖转化率增加;用碱量过高时,葡聚糖脱除率的增幅提高,这会导致处理后纤维中可发生酶解反应的葡聚糖绝对含量降幅的增加,这不利于其酶解的进行,因此此时酶解葡聚糖含量和葡聚糖转化率降低。

用碱量较低时,尽管处理后纤维中木聚糖的绝对含量持续减少,但脱除率相对较低,此外有机抽提物、灰分和木质素的脱除不仅可以改善葡聚糖和生物酶的可及度,也可以改善木聚糖和生物酶的可及度,因此此时处理后纤维中酶解木聚糖含量增加;用碱量过高时,木聚糖脱除率的增幅提高,进而导致处理后纤维中可发生酶解反应的木聚糖绝对含量降幅的增加,这不利于其酶解的进行,因此此时酶解木聚糖含量降低,而处理后纤维中木聚糖含量的降低以及酶解过程中木聚糖的降解对葡聚糖酶解起促进作用。综上,选择 11%的用碱量作为后续研究基准。

3.3 处理温度对纤维性能的影响

处理温度对纤维化学组分含量的影响如表 5 所示。

处理温度对纤维化学组分脱除率的影响如表 6 所示。

表 5 处理温度对纤维化学组分含量的影响

处理温度(℃)	得率(%)	有机抽提物(%)	灰分(%)	木质素(%)	葡聚糖(%)	木聚糖(%)
100	73.31	1.98	4.48	13.47	41.6	15.5
110	71.94	1.82	4.32	12.69	42.0	15.2
120	70.27	1.63	4.14	11.53	42.5	14.7
130	68.02	1.39	3.87	10.22	43.1	13.8
140	65.59	1.13	3.59	8.75	43.6	12.6

表 6 处理温度对纤维化学组分脱除率的影响

处理温度(℃)	有机抽提物(%)	灰分(%)	木质素(%)	葡聚糖(%)	木聚糖(%)
100	51.29	41.97	43.31	22.99	34.32
110	56.06	45.09	47.59	23.70	36.79
120	61.56	48.60	53.49	24.58	40.29
130	68.27	53.49	60.09	25.97	45.74
140	75.13	58.40	67.05	27.78	52.23

随着处理温度的增加(用碱量 11%,处理时间 55min,浸渍时间 15min,处理浓度 20%):得率降低,有机抽提物、灰分、木质素、葡聚糖和木聚糖的脱除率增加,同时处理后纤维中有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖的百分含量降低,但葡聚糖的百分含量增加。

处理温度越高,化学反应速率越大,纤维化学组分越容易脱除,进而导致有机抽提物、灰分、木质素、葡聚糖和木聚糖脱除率的增加以及得率的降低。随着脱除率的增加,处理后纤维中上述五种组分的绝对含量降低,这也是其中有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖百分含量降低的主要原因,由于葡聚糖的化学反应活性远低于其它四种物质的缘故,其在处理后纤维中的百分含量不降反增。

处理温度对纤维酶解性能的影响如表 7 所示。

表 7 处理温度对纤维酶解性能的影响

处理温度 (℃)	酶解葡聚糖含量 (%)	酶解木聚糖含量 (%)	葡聚糖转化率 (%)
100	24.1	7.6	60.86
110	24.6	8.0	62.12
120	24.9	7.7	62.88
130	24.3	7.2	61.36
140	23.5	6.4	59.34

随着处理温度的增加(用碱量 11%,处理时间 55min,浸渍时间 15min,处理浓度 20%):酶解葡聚糖含量和葡聚糖转化率增加,当处理温度高于

120℃时降低;酶解木聚糖含量增加,当处理温度高于 110℃时降低。

随着处理温度的增加,有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖的脱除率增加,同时葡聚糖在较低温度条件下的脱除率低,即处理后纤维中可发生酶解反应的葡聚糖的绝对含量相对较高,这有利于纤维酶解性能的改善,因此酶解葡聚糖含量和葡聚糖转化率增加;处理温度过高时,葡聚糖在预处理过程中脱除率的增幅提高,进而导致其在处理后纤维中绝对含量降幅的增加,这不利于其酶解的进行,因此此时酶解葡聚糖含量和葡聚糖转化率降低。

处理温度较低时,尽管处理后纤维中木聚糖的绝对含量减少,但脱除率相对较低,此外有机抽提物、灰分和木质素的脱除也可以改善木聚糖和生物酶的可及度,因此此时处理后纤维中酶解木聚糖含量增加;处理温度过高时,木聚糖脱除率的增幅提高,进而导致处理后纤维中可发生酶解反应的木聚糖绝对含量降幅的增加,这不利于其酶解的进行,因此此时酶解木聚糖含量降低,而处理后纤维中木聚糖含量的降低以及酶解过程中木聚糖的降解对葡聚糖的酶解起促进作用。综上,选择 120℃ 的处理温度作为后续研究基准。

3.4 处理时间对纤维性能的影响

处理时间对纤维化学组分含量的影响如表 8 所示。

表 8 处理时间对纤维化学组分含量的影响

处理时间(min)	得率(%)	有机抽提物(%)	灰分(%)	木质素(%)	葡聚糖(%)	木聚糖(%)
50	71.04	1.72	4.21	12.35	42.2	15.4
55	69.88	1.61	4.08	11.42	42.6	14.7
60	68.65	1.49	3.91	10.47	43.1	13.9
65	67.23	1.35	3.72	9.38	43.6	13.0
70	65.71	1.18	3.54	8.11	44.0	11.8

处理时间对纤维化学组分脱除率的影响如表 9 所示。

表 9 处理时间对纤维化学组分脱除率的影响

处理时间(min)	有机抽提物(%)	灰分(%)	木质素(%)	葡聚糖(%)	木聚糖(%)
50	59.00	47.16	49.64	24.30	36.76
55	62.25	49.63	54.19	24.83	40.62
60	65.68	52.58	58.74	25.28	44.84
65	69.54	55.81	63.80	25.98	49.48
70	73.98	58.90	69.41	26.99	55.18

随着处理时间的延长(用碱量 11%,处理温度 120℃,浸渍时间 15min,处理浓度 20%):得率降低,有机抽提物、灰分、木质素、葡聚糖和木聚糖的脱除率增加,同时处理后纤维中有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖的百分含量降低,但葡聚糖的百分含量增加。

纤维化学组分在酸性溶液或碱性溶液中的脱除或降解均非瞬间完成的过程,需要时间的积累,因此随着处理时间(反应时间)的延长,有机抽提物、灰分、木质素、葡聚糖和木聚糖逐渐被脱除,其脱除率逐渐增加,而随着脱除率的增加,处理后纤维中上述五种组分的绝对含量减少,这也导致处理得率的持续降低。随着绝对含量的降低,处理后纤维中有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖的百分含量持续降低,同时由于化学反应活性存在明显差异的缘故,葡聚糖在预处理过程中的脱除率比上述四种物质低很多,因此尽管其在处理后纤维中的绝对含量降低,但百分含量不降反增。

处理时间对纤维酶解性能的影响如表 10 所示。

表 10 处理时间对纤维酶解性能的影响

处理时间 (min)	酶解葡聚糖含量 (%)	酶解木聚糖含量 (%)	葡聚糖转化率 (%)
50	24.1	7.3	60.86
55	24.7	7.8	62.37
60	25.0	7.5	63.13
65	24.5	7.1	61.87
70	23.8	6.8	60.10

随着处理时间的延长(用碱量 11%,处理温度 120℃,浸渍时间 15min,处理浓度 20%):酶解葡聚糖含量和葡聚糖转化率增加,当处理时间长于 60min 时降低;酶解木聚糖含量增加,当处理时间长

于 55min 时降低。

随着处理时间的延长,有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖的脱除率增加,同时葡聚糖在较短处理时间条件下的脱除率低,即处理后纤维中可发生酶解反应的葡聚糖的绝对含量相对较高,这有利于纤维酶解性能的改善,因此酶解葡聚糖含量和葡聚糖转化率增加;处理时间过长时,葡聚糖在预处理过程中脱除率的增幅提高,进而导致其在处理后纤维中绝对含量降幅的增加,这不利于其酶解的进行,因此此时酶解葡聚糖含量和葡聚糖转化率降低。

处理时间较短时,尽管处理后纤维中木聚糖的绝对含量减少,但脱除率相对较低,此外有机抽提物、灰分和木质素的脱除也可以改善木聚糖和生物酶的可及度,因此此时处理后纤维中酶解木聚糖含量增加;处理时间过长时,木聚糖脱除率的增幅提高,进而导致处理后纤维中可发生酶解反应的木聚糖绝对含量降幅的增加,这不利于其酶解的进行,因此此时酶解木聚糖含量降低,而处理后纤维中木聚糖含量的降低以及酶解过程中木聚糖的降解对葡聚糖的酶解起促进作用。综上,选择 60min 的处理时间作为最佳工艺条件。

3.5 氢氧化钠-硫脲-尿素水溶液和中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液预处理对纤维性能的影响

两种处理方式对纤维化学组分含量、脱除率和酶解性能的影响如表 11 所示。

和氢氧化钠-硫脲-尿素水溶液的处理效果相比,中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液的处理得率略低,对有机抽提物、灰分、木质素和木聚糖这四种对纤维酶解起阻碍作用的物质具有更高的脱除率,但对葡聚糖的脱除率相当,这表明该体系对纤维化学组分的脱除具有更好的选择性,进而可以保证纤维

酶解性能的有效改善。

表 11 纤维组分含量、脱除率和酶解性能比较

	STURF	NSTURF
处理得率(%)	70.22	68.65
有机抽提物含量(%)	1.70	1.49
有机抽提物脱除率(%)	59.94	65.68
灰分含量(%)	4.05	3.91
灰分脱除率(%)	49.75	52.58
木质素含量(%)	11.96	10.47
木质素脱除率(%)	51.79	58.74
葡聚糖含量(%)	42.1	43.1
葡聚糖脱除率(%)	25.35	25.28
木聚糖含量(%)	15.2	13.9
木聚糖脱除率(%)	38.31	44.84
酶解葡聚糖含量(%)	22.7	25.0
酶解木聚糖含量(%)	6.6	7.5
葡聚糖转化率(%)	57.32	63.13

注:STURF 和 NSTURF 分别为原纤维在本论文中的最佳工艺条件下经氢氧化钠-硫脲-尿素和中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液处理后制得的纤维。

经前期探索发现:若将氢氧化钠-硫脲-尿素水溶液预处理时的用碱量提高至 8%(氢氧化钠计,在本论文中该体系的用碱量经折算后为 7%),其效果即可达到和同等条件下中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液大致相当的程度;若提高至 9%(氢氧化钠计),氢氧化钠-硫脲-尿素水溶液的处理效果更好;若继续提高用碱量,这两种试剂在预处理过程中对葡聚糖的脱除比例均偏高,对纤维酶解性能的改善效果均不佳。可以看出,中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液更适用于在弱碱性条件下改善纤维酶解性能,在中强或强碱性条件下的适用性不佳。

4 结论

(1)利用中性亚硫酸盐-硫脲-尿素水溶液在高温条件下改善稻秆纤维酶解性能的最佳工艺条件为:用碱量 11%、处理温度 120℃、处理时间 60min(浸渍时间 15min,处理浓度 20%);

(2)在上述条件下,处理后纤维中酶解葡聚糖含量为 25.0%,葡聚糖转化率为 63.13%,和相同条件下经氢氧化钠-硫脲-尿素水溶液处理后纤维的相应指标相比提升约 10.1%。

参 考 文 献

[1]Rajan K, Carrier DJ. Effect of dilute acid pretreatment conditions and washing on the production of inhibitors and on recovery of sugars during wheat straw enzymatic hydrolysis [J]. Biomass and Bioenergy, 2014, 62(352): 222-227.

[2]Egues I, Sanchez C, Mondragon I, et al. Effect of alkaline and autohydrolysis processes on the purity of obtained hemi-celluloses from corn stalks [J]. Bioresource Technology, 2012, 103(1): 239-248.

[3]Gu F, Wang XW, Jing L, et al. Effects of green liquor pre-treatment on the chemical composition and enzymatic digest-ibility of rice straw[J]. Bioresource Technology, 2013, 149(12): 375-382.

[4]Zhao X, Moates GK, Wilson DR, et al. Steam explosion pretreatment and enzymatic saccharification of duckweed (Lemna minor) biomass [J]. Biomass and Bioenergy, 2015, 72: 206-215.

[5]Mao Y, Zhou JP, Cai J, et al. Effects of coagulants on por-ous structure of membranes prepared from cellulose in NaOH/urea aqueous solution[J]. Journal of Membrane Sci-ence, 2006, 279(1-2): 246-255.

[6]Weng LH, Zhang LN, Ruan D, et al. Thermal gelation of cellulose in a NaOH/thiourea aqueous solution [J]. Lang-muir, 2004, 20(6): 2086-2093.

[7]Jin HJ, Zha CX, Gu LX. Direct dissolution of cellulose in NaOH/thiourea/urea aqueous solution[J].Carbohydrate Re-search, 2007, 342(6): 851-858.

[8]詹怀宇. 制浆原理与工程[M]. 中国轻工业出版社, 2010.

[9]黄婷. 弱碱预处理对麦草化学成分及酶水解性能的影响 [D]. 南京林业大学, 2012.

[10]陈嘉川, 刘温霞, 杨桂花, 等. 造纸植物资源化学[M]. 科学出版社, 2012.

不同松厚度 P-RC APMP 与漂白麦草 Soda-AQ 纸浆共磨浆特性

陶文娟¹ 徐 娜¹ 郭丽芳¹ Eric Xu² 翟华敏¹

(1. 南京林业大学轻工与食品学院, 江苏 南京, 210037;

2. Andritz Inc. Springfield, OH, USA, 45504)

摘 要 为合理高效利用麦草纸浆和高得率纸浆, 通过合理配浆及其共磨浆, 以获得所需纸性。以漂白麦草 Soda-AQ 纸浆为主, 添加不同比例、不同松厚度的 P-RC APMP 纸浆, 形成系列混合纸浆, 对混合浆进行共磨浆、抄造成纸; 研究不同系列配浆的共磨浆特性, 探讨了高得率浆的松厚度及配浆比例对磨浆能耗、成纸松厚度、强度以及光学性能的影响。研究结果表明: (1) 高松厚度 P-RC APMP 纸浆 (HB) 和中等松厚度 P-RC APMP 纸浆 (MB) 与麦草浆共磨浆均能显著降低磨浆能耗, 而 MB 共磨浆的能耗略低于相应配比的 HB 共磨浆的能耗; (2) HB 共磨浆与 MB 共磨浆均能明显改善共磨浆的松厚度; 与 MB 相比, HB 作用效果更为明显; (3) 高得率浆添加量在 10% 左右时, HB 共磨浆的抗张指数、耐破指数与 MB 共磨浆的相近, 并接近或高于纯麦草浆; 当配比量较高时, MB 共磨浆的抗张指数、耐破指数略高; (4) HB 共磨浆与 MB 共磨浆均能显著改善撕裂度和脆裂度, 且均明显优于三种单一纸浆的撕裂度和脆裂度; (5) 共磨浆可以显著改变光散射系数。综上可得结论: 高得率浆与麦草浆共磨浆, 二者之间有良好的协同作用; HB 与麦草浆的共磨浆能更好地改善浆料松厚度、光学性能和物理强度, 更具有应用价值。

关键词 麦草浆; P-RC APMP; 混合磨浆; 松厚度; 强度; 光学性能

磨浆是造纸的重要环节之一, 它不但对纤维的性能, 一般包括纤维形态、表面结构、柔软性、润胀与可塑性、初生壁的移去、蜷曲与扭曲、氢键再分布、微起皱收缩、纤维强度和 Zeta 电位等, 都有影响, 而且影响到生产的经济性^[1-4]。为了满足应用特性并兼顾成本的要求, 纸或纸板一般由不同浆料复配而成^[5]。与化学浆相比, 高得率纸浆具有松厚度高、不透明度高、挺度好, 纤维资源利用率高、经济性好的优点; P-RC APMP (预盘磨化学处理碱性过氧化氢机械浆) 制浆工艺比较灵活, 实际生产中可根据需要进行调整, 生产出不同松厚度等特性的纸浆^[6-7]。草浆虽在抄造运行性能和某些纸性方面存

在不足, 但其资源丰富, 成本较低, 所抄造的纸张较细腻平滑, 匀度好, 适合于生产抗张强度和耐破度要求较高、撕裂度要求不太高的纸种^[8]。研究表明^[9-11], 高松厚度 P-RC APMP 纸浆与漂白麦草浆共磨浆能发挥高得率纸浆的优势, 弥补麦草浆松厚度低, 脆性高等缺点。本文在前期研究的基础上, 比较研究麦草浆与不同松厚度 P-RC APMP 共磨浆的特性, 以期获得对共磨浆更全面的认识, 为高效利用高得率浆和麦草浆提供依据。

1 实验原料与方法

1.1 原料

漂白麦草 Soda-AQ 纸浆和杨木 P-RC APMP 纸浆分别取自河南某公司和美国安德里兹公司, 其中 P-RC APMP 的松厚度通过用碱量变化进行控制, 其纸浆基本特性和纤维长度分布分别见表 1 和

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31070524); 江苏省科技创新与成果转化专项 (BE2010689)

作者简介: 陶文娟, 女, 博士研究生, 研究方向为植物纤维物理化学特性及应用。

通讯作者: 翟华敏, 男, 教授。Email: hzhai@njfu.edu.cn。

表 2。

表 1 漂白麦草 Soda-AQ 纸浆和杨木 P-RC APMP 纸浆特性

浆样	打浆度,°SR	松厚度(cm ³ · g ⁻¹)	白度, %ISO	抗张指数(N · m · g ⁻¹)
漂白麦草 Soda-AQ 浆(WS)	26.9	1.718	77.5	53.75
高松厚度 P-RC APMP(HB)	22.5	2.848	83.5	13.78
中松厚度 P-RC APMP(MB)	23.9	2.128	72.1	26.32

表 2 漂白麦草 Soda-AQ 纸浆和杨木 P-RC APMP 纸浆纤维分级分布

浆样	>30 目	30 目-50 目	50 目-100 目	100 目-200 目	<200 目
WS, %	23.5	24.5	17.0	8.7	26.2
HB, %	17.8	34.5	18.4	6.1	23.2
MB, %	21.4	34.1	17.7	5.8	21.0

1.2 实验方法

1.2.1 配浆

漂白麦草 Soda-AQ 纸浆(WS) 分别与杨木高松厚度 P-RC APMP 浆(HB) 和中松厚度 P-RC APMP 浆(MB) 在磨浆前进行系列配比、混合均匀; 配比中以 WS 为主, 使 HB 与 MB 在混合浆中比例≤40%。为了简明起见, 文中混合浆配比比例以代号表示, 例如 HB-10-90 代表 10%高松厚度 P-RC APMP 纸浆(HB) 与 90%漂白麦草 Soda-AQ 浆(WS) 混合而成的浆料体系, 其余类推。

1.2.2 共磨浆

混合浆的共磨浆参照 TAPPI 标准(T 248 sp—00) , 用 PFI 磨浆机(20S7 - PEI, 中国) 磨浆, 控制不同磨浆转数(浆浓 10.0%, 磨浆间隙 0.20 mm, 磨浆压力 3.33 N/cm) , 以达到不同的打浆度。

1.2.3 手抄片的制备

手抄片的制备参照 TAPPI 标准(T205 sp—02) , 使用快速抄片器(RK-2A, PTI, Austria) 抄取, 控制定量为 60±0.2 g/m², 成型纸页放入恒温恒湿(温度 23±1℃, 相对湿度 50±2%) 实验室, 平衡水分 24h。

1.2.4 性能分析

按 TAPPI 标准进行纸浆或手抄片性能分析: 打浆度(T 227 om—09) 、松厚度(T 426 wd—70) 、抗张指数(T 404 wd—03) 、撕裂指数(T 414 om—98) 、耐破指数(T 403 om—02) 、比光散射系数(T 425 om—01) 。脆裂度的测定按参考文献[12] 。

2 结果与讨论

2.1 HB、MB 与 WS 共磨浆对打浆度和能耗的影响

磨浆难易程度反映了磨浆时所需能耗的高低, 它对纸浆性能也有很大的影响。图 1 表明了 WS、HB 和 MB 三种浆单独磨浆时打浆度随磨浆转数的变化趋势。由图可知, 麦草浆很易磨浆, 在 10000 转前打浆度快速上升, 10000 转时打浆度达到 65°SR 左右, 这与以前的研究结果一致^[7]; 相比麦草浆打浆, HB 和 MB 两种浆难打浆, 纯 HB 在 PFI 磨转数升至 90000 转时打浆度才达 50°SR 左右; 相比 HB, MB 打浆容易些, 同一打浆度下, MB 打浆能耗较 HB 打浆能耗小得多。这是因为, 与 HB 相比, MB 在生产过程中经历更大程度的化学处理, 纤维更加柔软, 更容易润胀水化。一般认为, 打浆的主要作用是利用机械力对纤维初生壁(P 层) 和次生壁外层(S₁ 层) 作用, 暴露出纤维素含量最高的次生壁中层(S₂ 层) , 使得纤维更易于吸水润胀和分丝帚化, 从而更易于产生氢键结合, 提高成纸强度^[4]。作为纤维素骨架间“粘合剂”和“填充剂”的木质素, 在化学浆中被大量脱除, 而在高得率浆中则被大量保留。因此, 化学浆纤维在打浆时 P 层和 S₁ 层相对更容易破除, 表现出化学浆更容易打浆。

图 2 表明了杨木 P-RC APMP 浆与麦草浆共磨浆特性。结果显示: 一方面, 通过与麦草浆共磨浆后, HB 和 MB 的磨浆效率(相同磨浆转数下的打浆度提高程度) 都得到了很大的提高; 另一方面, 在同

一打浆度下,10% MB 及 40% MB 共磨浆的能耗都低于相应的 HB 共磨浆的能耗,该结果主要是因为生产 MB 的用碱量高于生产 HB 的用碱量,使得 MB 纤维中溶出物多,纤维润胀较好,从而易于磨浆、降低了磨浆能耗。此外,当 PFI 磨转数大于 3000 时,10% HB 及 10% MB 共磨浆的打浆度与纯麦草浆接近或更高,说明 10% HB、10% MB 与麦草浆共磨浆时存在协同效应,改善了整体磨浆效率。进一步比较可知,MB 与麦草浆共磨浆时对打浆性能改善更好。

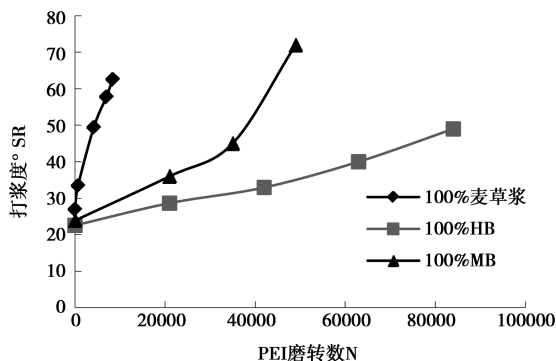


图 1 麦草浆和 P-RC APMP 浆磨浆特性

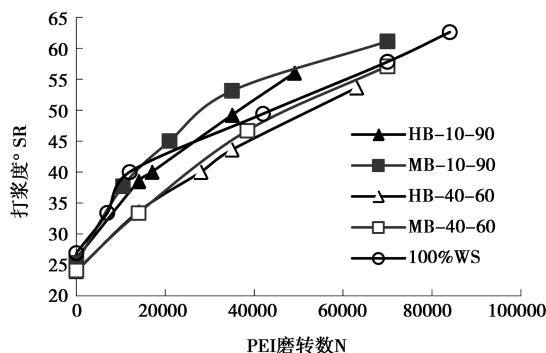


图 2 共磨浆对磨浆性能的影响

2.2 HB、MB 与 WS 共磨浆对松厚度的影响

松厚度是高得率纸浆最重要的特性之一,它直接影响到纸或纸板的性能和经济性。不同松厚度的 P-RC APMP 与麦草浆共磨浆对松厚度的影响见图 3。由图可知,单一纸浆在磨浆过程中,其松厚度随着磨浆转数的增大而下降;在同一磨浆转数下,松厚度高低的次序为:HB>MB>WS;在 25~62°SR 打浆度范围内,HB、MB 与麦草浆共磨浆的松厚度都明显高于纯麦草浆的松厚度。当 P-RC APMP 添加量比较低时,10% HB 共磨浆的松厚度高于 10% MB 共磨浆的松厚度;继续增加 P-RC APMP 配比量,40%

HB 共磨浆的松厚度仍然高于相应的 40% MB 共磨浆的松厚度,并接近纯 MB 的松厚度。这样的结果与 HB 制浆过程中保留了更多的木质素、纤维挺硬、在成纸过程中不容易扁塌有关。HB 本身的松厚度较高,添加量越多,对共磨浆松厚度的贡献越大^[13]。

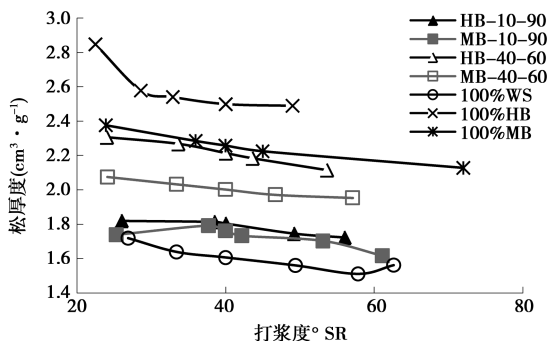


图 3 共磨浆对松厚度的影响

2.3 HB、MB 与 WS 共磨浆对强度的影响

2.3.1 抗张强度

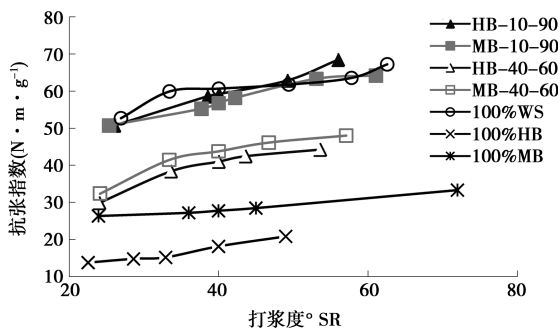


图 4 共磨浆对抗张指数的影响

抗张强度主要反映了纤维之间的结合力和纤维自身的强度,是一项重要的纸或纸板的物理强度性能指标。图 4 反映了不同松厚度 P-RC APMP 与 WS 共磨浆对抗张指数的影响。由图可知,对于单一纸浆,随着打浆进行,打浆度上升,抗张指数逐渐增加。对于 100% WS,在打浆初始,打浆度由 22.6°SR 上升至 33.4°SR,抗张指数由 52.7 N · m/g 快速增加至 59.9 N · m/g,之后增加缓慢,至打浆度为 57.8°SR 时,抗张强度为 63.6 N · m/g;随后当打浆度增加至 62.6°SR,抗张指数快速增长至 67.2 N · m/g。对于 100% MB,随着打浆度的增加,抗张指数缓慢增加,打浆度从 23.9°SR 增长至 72.0°SR,抗张指数从 26.3 N · m/g 仅增长至 33.3 N · m/g,增幅相对较小。对于 100% HB,抗张指数随着打浆度的增加而增加,打浆度从 22.5°SR 增长至 49.0°SR,抗张

指数从 $13.8 \text{ N} \cdot \text{m/g}$ 增长至 $20.8 \text{ N} \cdot \text{m/g}$, 增幅相对较小。比较三种单一纸浆抗张强度相比, $\text{WS} > \text{MB} > \text{HB}$, 纯麦草浆的抗张强度明显高于 P-RC APMP 的抗张强度。

共磨浆过程混合浆抗张强度随打浆度增加而增加的趋势总体与单一浆种的趋势类似。当 P-RC APMP 配比量为 10% 时, 共磨浆抗张指数随打浆度的增加而逐渐增加; 在同一打浆度下, HB 共磨浆抗张指数略高于 MB 共磨浆以及纯麦草浆的抗张指数。在 $27 \sim 45^\circ \text{SR}$ 范围, 10% HB 和 10% MB 共磨浆的抗张指数均低于纯麦草浆; 在打浆度高于 45°SR 时, 10% MB 共磨浆抗张强度接近纯麦草浆, 而 10% HB 共磨浆的抗张指数稍高于纯麦草浆。这表明, 在达到一定的打浆度时, P-RC APMP 和麦草浆共磨浆对纸页强度存在协同作用, 提高了强度。可能的原因是, P-RC APMP 纤维较麦草浆易分丝帚化, 其纤维表面产生的细小纤维能填充于长纤维间, 作为纤维间的连接桥梁, 促进纤维之间的结合, 提高纤维间结合力。如表 2 所示, HB 由于机械处理的程度较 MB 高, 较短纤维和细小纤维含量略高, 加入比例较低时, HB 与麦草浆协同作用更为明显。随着 P-RC APMP 加入量的增加, HB 这一优势不复存在, 40% MB 和麦草浆共磨浆的抗张指数要明显高于同等条件下的 HB 共磨浆。这是由于 MB 用碱量高, 纤维得到了更好地润胀, 切断相对较少。Clark 认为, 抗张强度与平均纤维长度的重量的平方成正比, 因而 MB 添加量较高时表现出较好地改善纸页抗张强度的优势^[14-15]。

2.3.2 撕裂度

不同松厚度 P-RC APMP 和麦草浆共磨浆对撕裂指数的影响如图 5 所示。由图可知, 随着打浆度的增加, 纯麦草浆的撕裂指数呈下降趋势; 纯 MB 的撕裂指数逐渐增加; 而纯 HB 的撕裂指数先增加后下降, 在打浆度为 40°SR 时, 达到最高; 三者相比, 纯 HB 的撕裂指数最低, 其次是 MB, 麦草浆的撕裂指数相对较高。在 P-RC APMP 添加比例为 10% 时, 随着打浆度的增加, 10% HB 和麦草浆共磨浆撕裂指数呈增加趋势, 在打浆度为 49.2°SR 后, 趋于不变; 而 10% MB 和麦草共磨浆撕裂指数先增后降, 在

打浆度为 42.2°SR 时, 达到最高; 二者相比, 在 $25 \sim 53^\circ \text{SR}$, 10% MB 和麦草浆共磨浆撕裂指数明显高于 10% HB 和麦草浆共磨浆。在 P-RC APMP 添加比例为 40% 时, 随着打浆度的增加, 共磨浆撕裂指数均呈先增后降的趋势, 40% HB 体系在打浆度为 43.6°SR 时达到最高, 为 $4.6 \text{ mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$; 40% MB 体系在打浆度为 33.4°SR 时达到最高, 为 $4.3 \text{ mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ 。HB 及 MB 共磨浆的撕裂指数均高于纯麦草浆, 出现了明显的协同效应。同一打浆度下, HB 共磨浆的撕裂指数略高于同样配比下的 MB 共磨浆, 说明 HB 细小纤维对增加纤维间接触面积的贡献比较大, 使得纤维之间的结合增加^[16], 从纸中拉出纤维的摩擦也增加, 从而撕裂度较大。

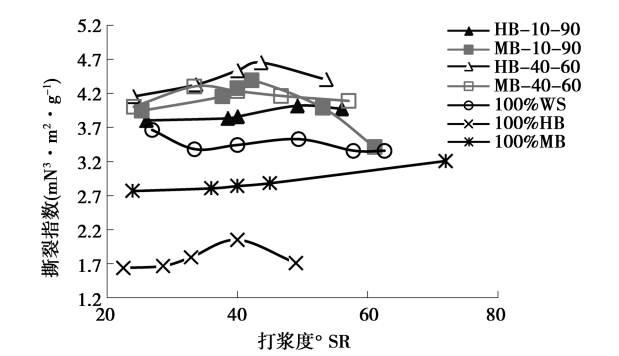


图 5 共磨浆对撕裂指数的影响

2.3.3 耐破强度

图 6 反映了不同松厚度 P-RC APMP 和麦草浆共磨浆对耐破指数的影响。由图可知, 随着打浆度的增加, 单一纸浆耐破指数逐渐增加, 麦草浆耐破指数明显高于 HB 和 MB。在 P-RC APMP 浆加入比例为 10% 时, 共磨浆耐破指数随打浆度的增加而增加, 共磨浆的耐破指数接近或稍高于纯麦草浆; 在相同打浆度下, MB 与麦草浆共磨浆耐破度更高。在 P-RC APMP 添加比例为 40% 时, 共磨浆耐破指数随着打浆度的增加逐渐增加; 在相同打浆度下, MB 与麦草浆共磨浆耐破指数更高; 共磨浆的耐破指数明显高于纯 HB 和 MB 的耐破指数, 而低于纯麦草浆和 P-RC APMP 加入比例为 10% 的共磨浆的耐破指数。同一打浆度下, MB 系列共磨浆的耐破指数均高于对应条件下的 HB 系列共磨浆的耐破指数, 是因为耐破度受纤维长度的影响^[17], HB 机械处理的

程度高,纤维平均长度下降较多(见表 2)。

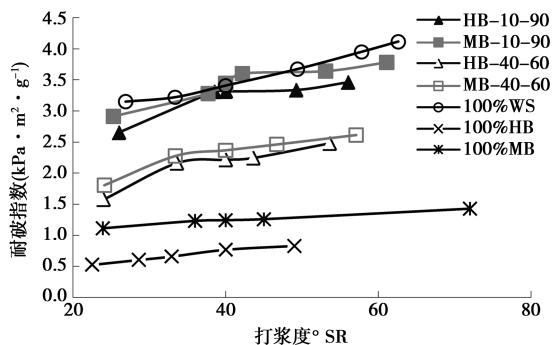


图 6 共磨浆对耐破指数的影响

2.3.4 脆裂度

图 7 所示的是不同松厚度 P-RC APMP 与麦草浆共磨浆对脆裂度的影响。由图可知,HB 和 MB 脆性相对较高,这可能是因为 P-RC APMP 浆中保留了较多的木素。随着打浆度的增加,HB 和 MB 的脆裂度逐渐降低;而麦草浆随打浆度的增加,脆裂度逐渐增加。麦草浆由于短纤维比较多,杂细胞含量高,随着打浆的进行,短纤维含量增加,导致脆性较大。10% HB 共磨浆随着打浆度的增加,脆裂度逐渐下降,且明显低于纯麦草浆和 HB;10% MB 共磨浆随着打浆度的增加,脆裂度先降低后增加,在打浆度 42°SR 左右时最低。在 P-RC APMP 添加量为 40% 时,HB 共磨浆随着打浆度的增加,脆裂度先降低后增加,在 34°SR 左右时最低;MB 共磨浆随着打浆度是增加,脆裂度反而先增加后降低,在 33°SR 左右时最高。经过共磨浆,两种 P-RC APMP 的共磨浆的脆裂度均低于纯麦草浆及纯 P-RC APMP 浆,而且 P-RC APMP 添加量越高,纸页脆性降低越明显;另外,打浆度在 35~40°SR 范围内,HB 系列共磨浆的脆裂度略低于同等条件下的 MB 共磨浆的脆裂度,尤其是配比量较高时。这说明,共磨浆显著改善了纸页脆性。虽然 100%HB 脆裂度明显高于 100%MB 脆裂度,但是 HB 共磨浆却对脆裂度的改善更为明显。这是因为,纸的脆性也与紧度,即松厚度的倒数,有密切关系^[18]。结合前面的结果,MB 共磨浆松厚度低于 HB 共磨浆,即紧度相对较高,因此脆性较大。

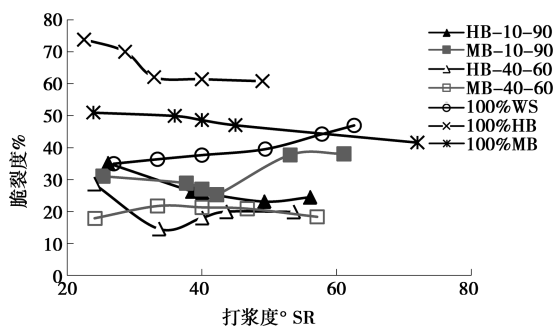


图 7 共磨浆对脆裂度的影响

2.4 HB、MB 与 WS 共磨浆对光散射性能的影响

光散射系数影响纸和纸板的印刷性能^[19]。一般来说,在一定范围内,光散射系数越低,印刷性能越好,但过低的光散射系数会降低纸的不透明度。图 8 展示了不同松厚度 P-RC APMP 与麦草浆共磨浆对光散射系数的影响。由图可知,三种单一纸浆随打浆度的增加,光散射系数呈现了完全不同的规律,纯麦草浆的光散系数很低,且随着打浆度的增加逐渐降低;HB 光散射系数相对较高,且随着打浆度的增加逐渐增加;MB 光散射系数随打浆度的增加而下降,但变化幅度较小。P-RC APMP 与麦草浆共磨浆后,共磨浆光散射系数随着打浆度的增加而逐渐降低,在添加量为 10% 时,稍高于纯麦草浆,明显低于纯 HB 和 MB。在添加量为 40% 时,共磨浆光散射系数均明显高于麦草浆,低于对应的纯 P-RC APMP;40% HB 共磨浆的光散射系数明显高于 40% MB 共磨浆。这说明,可以通过共磨浆来显著改善或调控光散射性能。

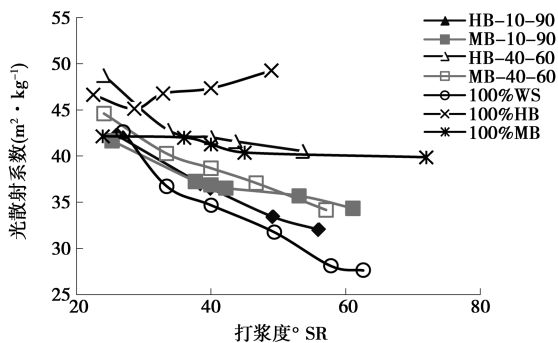


图 8 共磨浆对光散系数的影响

3 结论

1) 杨木 P-RC APMP 纸浆与漂白麦草 Soda-AQ

纸浆共磨浆,能显著降低磨浆能耗;在达到相同打浆度时,MB 与麦草浆共磨浆的能耗低于 HB 与麦草浆共磨浆的能耗。

2)P-RC APMP 浆添加量在 10%左右时,共磨浆对抗张强度及耐破度影响不大,接近或略高于纯麦草浆的抗张强度、耐破度,而此时共磨浆可较明显改善复配浆的松厚度、光学性能、脆性、撕裂强度等性能。

3)相对于麦草浆与 MB 共磨浆,麦草浆与 HB 共磨浆对松厚度、光学性能、脆性、撕裂强度的改善更好。

参考文献

- [1] CASEY J P. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology, Third Edition, Volume II, Awiley - Interscience Publication, 1980.
- [2] SANDBERG C, BERG J-E, and Engstrand P. Low consistency refining of mechanical pulp - system design [J], TAPPI Journal, 2017, 16(7):419-429.
- [3] RADHUBER C, ERNET, C and BRAUER, P. International Mechanical Pulping Conference, TAPPI Press, 2016, pp. 732-739.
- [4] 何北海, 主编. 造纸原理与工程[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2010.
- [5] Kuang S. The current status of China's paper industry[C]. The 2nd International Symposium on Technologies of Pulping Papermaking and Biotechnology on Fiber Plants, Nanjing, China. 2004.
- [6] 周亚军, 张栋基, 李甘霖. 漂白高得率化学机械浆综述[J]. 中国造纸, 2005, 24(5):51-60.
- [7] XU E C. P-RC alkaline peroxide mechanical pulping of hardwoods. Part 3 - South American Eucalyptus [J]. Lancet, 2002, 1(8591): 946-947.
- [8] 刘秀荣, 黎莲芳, 秦予, 等. 关于降低麦草浆纸页脆性的研究[J]. 中国造纸, 1984(5):44-49.
- [9] XU E C, ZHOU Y. Synergistic effects between chemical mechanical pulps and chemical pulps from hardwoods [J]. Tappi Journal, 2007, 6(11):4-9.
- [10] XU E C, ZHAI H M, LENG J. Synergistic effects between hardwood chemical mechanical pulp and non-wood fiber chemical pulp for printing/writing papers[C]. The 2nd International Symposium on Technologies of Pulping Papermaking and Environment, Tianjing, China, 2008.
- [11] 徐娜, 翟华敏, XU E C. 漂白麦草化学浆与高松厚度 P-RC APMP 共磨浆特性[J]. 中华纸业, 2010, 31(4): 47-50.
- [12] 刘毅, 刘建平. 纸张脆裂度测定方法小结, 1974-1978 年研究报告汇编(下册)[M]. 轻工业部造纸工业科学研究所
- [13] YAN D, LI K, ZHOU Y. Measurement of wet fibre flexibility of mechanical pulp fibres by confocal laser scanning microscopy[C]. Proceedings of International Paper Physics Conference, Australia, 2007.
- [14] 王志杰, 王旻, 王彬彬. APMP 浆细小纤维与纸张性能的关系[J]. 纸和造纸, 2007, 26(2):33-36.
- [15] LUUKKO K. On the characterization of mechanical pulp fines: A review[J]. Paperi Ja Puu, 1998, 80(6): 441-448.
- [16] PAGE, D. H. The beating of chemical pulps - the action and the effects, 9th Fundamental Research Symposium on Fundamentals of Papermaking, Mechan. Eng. Publ. Ltd., Cambridge, London, 1989, pp.1-37.
- [17] KERKES, R. J. Characterizing refining action in PFI mills, TAPPI Journal, 2005, 4(3): 9-13.
- [18] 卢煊初. 用红外光谱法研究纤维素结晶度—II. 苇浆打浆过程中脆性和结晶度的关系[J]. 中国造纸, 1984, (2):15-20.
- [19] 李人劼, Marius Walter, Philipp Urban, 等. 基于纸张各向异性光散射性能测量建立光学网点增大数学模型[J]. 中国印刷与包装研究, 2012, 04(1):67-72. hilip Urban. 纸张光散射测量对光学网点扩大模型的影响[J]. 中国印刷与包装研究, 2010, 02(s1):13-17.

打浆对废弃棉织物用于制浆造纸的影响

陈 满

(江苏理文造纸有限公司,常熟,215500)

摘 要 将废棉织物再循环,然后分级,然后用捣碎的制浆方法获得造纸用纸浆,并将得到的棉浆用于造纸。结果表明,废棉织物经打浆后可制成优质纸,制浆浓度为 1%。打浆度为 45°SR 通过左右实验条件制备的棉浆制备的纸的物理性质更好。废棉织物纸浆的纸张紧密度,拉伸指数和抗折性随着打浆度的增加而增加;撕裂指数随着打浆初期打浆程度的增加而增加,打浆程度的增加呈下降趋势。

关键词 废弃棉织物;打浆度;棉浆;制浆造纸

1 实验

1.1 实验原料

选用被丢弃的棉质衣服为原料,优先选择春秋季节的长袖和 T 恤,以浅色和白色的作为实验原料。

1.2 制浆抄纸实验

原料预处理:先对选取的废气棉衣物进行清洗,主要是去除衣物表面上容易洗涤的污渍,如污垢,然后去除衣服上的纽扣和拉链等硬物,并取下印刷部分。剩下的部分被加工成 2x5 厘米的小块。如果条件允许,尽量选用抹布来处理织物,以降低对衣物纤维的损伤程度,不仅能够更好的保存衣物的长纤维,还能处理的更加彻底。

打浆:在预处理后,浸湿原料,再用打浆机疏解打浆。打浆过程先取棉织物 100±5g,放入 Velley 打浆机,再加水 20±0.5L,搅拌器搅拌,待搅拌器平稳运行后,将布浸泡,挤压,并分批加入水流的上游。尽可能地分散布条,以防止大量布块在通过刀刃时卡在机器中,并将布放在 20-30 分钟内。全部加入搅拌器并用轻刀消散 2h,在此期间的浮雕主要是为了使布料充分吸水并将其大部分分解成纱线形状,这破坏了布料的经纱和纬纱。2 小时后,开始时间,分段加入刀,30 分钟后重量增加,打浆 20 分钟后重

量增加,每 20 分钟加一次重量。每 20 分钟取浆液一次,共 5 次。

打浆度测定:再打浆完成后,需要对棉织物的打浆度进行测定。用 2g 干纸浆加入 800±50ml 水中,在纤维标准解离器中完全解离,再移入 1000ml 量筒,用 100ml 水冲洗解离器,清洗的水一并加入量筒,再加入到 1000ml。将 1000ml 悬浮液加入打浆度测试仪,记录打浆度。

纤维筛分:取出 10g 干纸浆,用标准纤维分离器解离,安装纤维筛,用水填充水箱,启动仪器保持水的流动,待稳定后浆料被解离。在第一个插槽中计时筛分 20min,然后关闭水源,拔下底部的塞子,将每个过滤器中的砂浆留入滤纸中,过滤后,取下滤纸。在(105±50)℃下烘干,称重直到没有水分,并从干燥后过滤器的质量中减去结果,即浆料的质量,并计算罐中样品的百分比。

抄纸:以 55 g/m² 为定量标准,按此要求称取浆料,再用解离器解离 3 万转,确保解离彻底。最后用 ZQJ1-B-II 纸样抄取器抄纸。

2 结果与讨论

2.1 打浆对废弃棉织物浆纸张紧度的影响

实验的结果是纸张的紧密度随着打浆程度而升高,增加打浆程度会提高纸张的紧密度。影响纸张

紧密度的因素有很多,包括纸浆类型、纤维分裂程度、脱水、压力、半纤维素含量等等。之所以得到这样的结果,是因为纸浆打浆程度增加的情况下,会提高棉浆纤维的丝纤维化程度,提高半纤维素的含量,从而使得纸张纤维更加紧密的结合在一起。

具体来讲,在打浆度 $25\sim 45^{\circ}\text{SR}$ 区间时,打浆度的增加会显著提高纸张紧密度。原因是这一期间主要是纤维长度和粘合强度在起作用,考虑到纤维长度不明确,因此主要受纤维的粘合强度影响。在打浆的早期阶段,大多数棉花是块状或长丝状。只有一小部分被分解成单根纤维,因此单根纤维的剪切强度相对较小,力基本上是压力,并且各纤维的变化基本上是分开的,这基本上是粘合强度的增加,因此上升趋势的张力不是很大。

而当打浆度处于 $45\sim 53^{\circ}\text{SR}$ 区间时,打浆度的增加不会明显的提高纸张的紧密度。这是由于纤维的切削力增加,因为棉织物基本上是单根纤维,切割力明显增加,纤维缩短。在此期间,筛选的棉浆具有长纤维和短纤维。纤维,当纸张形成时,由于水的不均匀过滤导致纸张成分不均匀,并且每个部分的紧密度不一致,导致遇险率的轻微变化。 53°SR 后,打浆程度再次增加,这主要是因为随着制浆的继续,纤维继续吸收水分并膨胀,切割作用变得更加明显,从而增强了纤维的原纤化,从而增加了密封性。

2.2 打浆对废弃棉织物浆纸张抗张指数的影响

实验的结果是打浆度的增加会提高纸张抗张指数,提高纸张的拉伸强度。影响纸张拉伸强度的因素主要有纤维粘合力、纤维强度、纤维长度和纤维的交织等,相对作用最大的是纤维间的粘合力,因此只要能够增加纤维间的粘合力,就能够显著提高纸张的拉伸强度。如果破坏了纸浆纤维结构,会影响纤维的粘合紧密性,从而降低拉伸强度。

具体来讲,当打浆度在 $25\sim 45^{\circ}\text{SR}$ 区间时,纸张拉伸强度随着打浆度的增加而明显提高。在打浆过程中,对棉织物的影响不在单纤维上,主要是棉织物的粉碎和崩解,而单一纤维的崩解主要是在其中加

压。棉纤维具有一定程度的分裂作用,因此纸张形成后纸张中纤维之间的粘合力增加,因此拉伸指数增加。

当打浆度达到 $45\sim 53^{\circ}\text{SR}$ 后,纱线状棉织物基本上分解成单根棉纤维,并且保险杠边缘的切割强度增加,因此平均纤维长度减小。尽管在此期间纤维粘合的强度继续增加,然而提高的程度不够明显,没有纤维切割的效果显著,因此可以通过纤维切割的方式控制纤维长度来提高拉伸强度。

2.3 打浆对废弃棉织物浆纸张撕裂指数的影响

实验结果是纸张撕裂指数随着打浆程度增加显示出先增加后下降的规律。影响纸张撕裂指数的因素主要有纤维长度、硬度和厚度以及纤维粘合强度和粘合数量。纸张撕裂需要的力包括拉出纤维的力和撕裂纤维的力两个方面,如果纤维很长、很软、很薄,纤维间的摩擦阻力越大,粘合强度越高,从而撕裂所需的力越大,抗撕裂指数越高。当打浆程度增加时,纤维撕裂程度会随之提高,而随着打浆的进一步进行会逐渐降低撕裂程度。

3 结论

废弃棉织物的重复利用具有很好的环保价值和经济价值,能够起到化废为宝的效果。本文的实验结果表明,对废弃棉织物进行打浆处理,能够抄造优质纸张。在打浆浓度 1%、打浆度 45°SR 情况下,纸张的紧密度、拉伸强度、抗撕裂强度等综合性能表现最好。其中,废弃棉织物纸浆的紧密度、拉伸强度随着打浆度增加而提高,而撕裂指数随着打浆早期打浆程度的增加而增加,打浆程度的增加呈下降趋势。

参 考 文 献

- [1] 韩丽,高雁,李静,等.废弃纺织纤维的再加工与再加工纤维的质量安全控制[J].中国纤检,2010(2):7.
- [2] 胡雪敏,张海燕.废弃纺织品的回收再利用现状[J].纺织导报,2006(4):25.

生态环境部建设项目环境影响报告书(表) 审批程序规定

《生态环境部建设项目环境影响报告书(表)审批程序规定》已于 2020 年 11 月 5 日由生态环境部部务会议审议通过,现予公布,自 2021 年 1 月 1 日起施行。

生态环境部部长 黄润秋 2020 年 11 月 23 日

第 1 章 总 则

第一条 为了规范生态环境部建设项目环境影响报告书、环境影响报告表(以下简称环境影响报告书(表))审批程序,提高审批效率和服务水平,落实深化“放管服”改革、优化营商环境要求,保障公民、法人和其他组织的合法权益,根据《中华人民共和国行政许可法》《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》,以及海洋环境保护、放射性污染防治、大气污染防治、水污染防治等生态环境法律法规,制定本规定。

第二条 本规定适用于生态环境部负责审批的建设项目环境影响报告书(表)的审批。

第三条 生态环境部审批建设项目环境影响报告书(表),坚持依法依规、科学决策、公开公正、便民高效的原则。

第四条 依法应当编制环境影响报告书(表)的建设项目,建设单位应当在开工建设前将环境影响报告书(表)报生态环境部审批。

建设项目的环境影响报告书(表)经批准后,建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的,建设单位应当在发生重大变动的建设内容开工建设前重新将环境影响报告书(表)报生态环境部审批。

第五条 对国家确定的重大基础设施、民生工程和国防科研生产项目,生态环境部可以根据建设单位、环境影响报告书(表)编制单位或者有关部门

提供的信息,提前指导,主动服务,加快审批。

第二章 申请与受理

第六条 建设单位向生态环境部申请报批环境影响报告书(表)的,除国家规定需要保密的情形外,应当在全国一体化在线政务服务平台生态环境部政务服务大厅(网址:<http://zwfw.mee.gov.cn>,以下简称政务服务大厅)提交下列材料,并对材料的真实性负责:

(一)建设项目环境影响报告书(表)报批申请书;

(二)建设项目环境影响报告书(表)。环境影响报告书(表)涉及国家秘密、商业秘密和个人隐私的,建设单位应当自行作出删除、遮盖等区分处理;

(三)编制环境影响报告书的建设项目的公众参与说明。

除前款规定材料外,建设单位还应当通过邮寄或者现场递交等方式,向生态环境部提交下列材料纸质版,以及光盘等移动电子存储设备一份:(一)建设项目环境影响报告书(表)全本,一式三份;

(二)编制环境影响报告书的建设项目的公众参与说明,一式三份;

(三)通过政务服务大厅线上提交的建设项目环境影响报告书(表)对全本中不宜公开内容作了删除、遮盖等区分处理的,还应当提交有关说明材料一份。

国家规定需要保密的建设项目应当通过现场递交方式提交申请材料。

第七条 生态环境部对建设单位提交的申请材料,根据下列情况分别作出处理:

(一)依法不需要编制环境影响报告书(表)的,应当即时告知建设单位不予受理;

(二)对不属于生态环境部审批的环境影响报告书(表),不予受理,并告知建设单位向有关机关申请;

(三)环境影响报告书(表)由列入《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》规定的限期整改名单或者“黑名单”的编制单位、编制人员编制的,应当告知建设单位不予受理;

(四)申请材料不齐全或者不符合法定形式的,应当当场或者在五个工作日内一次性告知建设单位需要补正的内容,逾期不告知的,自收到申请材料之日起即视为受理。可以当场补正的,应当允许建设单位当场补正;

(五)申请材料齐全、符合法定形式,或者建设单位按要求提交全部补正申请材料的,予以受理,并出具电子受理通知单;国家规定需要保密的或者其他不适宜网上受理的,出具纸质受理通知单。

第八条 生态环境部受理报批的建设项目环境影响报告书(表)后,应当按照《环境影响评价公众参与办法》的规定,公开环境影响报告书(表)、公众参与说明、公众提出意见的方式和途径。环境影响报告书的公开期限不得少于十个工作日,环境影响报告表的公开期限不得少于五个工作日。

第三章 技术评估与审查

第九条 生态环境部负责审批的建设项目环境影响报告书(表)需要进行技术评估的,生态环境部应当在受理申请后一个工作日内出具委托函,委托技术评估机构开展技术评估。对符合本规定第五条规定情形的,技术评估机构应当根据生态环境部的要求做好提前指导。

第十条 受委托的技术评估机构应当在委托函确定的期限内提交技术评估报告,并对技术评估结论负责。

技术评估报告应当包括下列内容:

(一)明确的技术评估结论;

(二)环境影响报告书(表)存在的质量问题及处理建议;

(三)审批时需重点关注的问题。

环境影响报告书(表)的技术评估期限不超过三十个工作日;情况特别复杂的,生态环境部可以根据实际情况适当延长技术评估期限。第十一条 生态环境部主要从下列方面对建设项目环境影响报告书(表)进行审查:

(一)建设项目类型及其选址、布局、规模等是否符合生态环境保护法律法规和相关法定规划、区划,是否符合规划环境影响报告书及审查意见,是否符合区域生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单管控要求;

(二)建设项目所在区域生态环境质量是否满足相应环境功能区划要求、区域环境质量改善目标管理要求、区域重点污染物排放总量控制要求;

(三)拟采取的污染防治措施能否确保污染物排放达到国家和地方排放标准;拟采取的生态保护措施能否有效预防和控制生态破坏;可能产生放射性污染的,拟采取的防治措施能否有效预防和控制放射性污染;

(四)改建、扩建和技术改造项目,是否针对项目原有环境污染和生态破坏提出有效防治措施;

(五)环境影响报告书(表)编制内容、编制质量是否符合有关要求。

对区域生态环境质量现状符合环境功能区划要求的,生态环境部应当重点审查拟采取的污染防治措施能否确保建设项目投入运行后,该区域的生态环境质量仍然符合相应环境功能区划要求;对区域生态环境质量现状不符合环境功能区划要求的,生态环境部应当重点审查拟采取的措施能否确保建设项目投入运行后,该区域的生态环境质量符合区域环境质量改善目标管理要求。

第十二条 生态环境部对环境影响报告书(表)作出审批决定前,应当按照《环境影响评价公众参与办法》规定,向社会公开建设项目和环境影响报告书(表)基本情况等信息,并同步告知建设单位和利害关系人享有要求听证的权利。

生态环境部召开听证会的,依照环境保护行政许可听证有关规定执行。

第十三条 建设项目环境影响报告书(表)审查过程中,建设单位申请撤回环境影响报告书(表)

审批申请的,生态环境部可以终止该建设项目环境影响评价审批程序,并退回建设单位提交的所有申请材料。

第十四条 生态环境部审批建设项目环境影响报告书(表),技术评估机构对建设项目环境影响报告书(表)进行技术评估,不得向建设单位、环境影响报告书(表)编制单位收取或者转嫁任何费用。

第十五条 建设项目环境影响报告书(表)审查过程中,发现建设单位存在擅自开工建设、环境影响报告书(表)存在质量问题等违反环境影响评价有关法律法规行为的,应当依法依规予以处理;建设单位有关责任人员属于公职人员的,应当按照国家有关规定将案件移送有管辖权的监察机关,依纪依规依法给予处分。

第四章 批准与公告

第十六条 对经审查通过的建设项目环境影响报告书(表),生态环境部依法作出予以批准的决定,并书面通知建设单位。

对属于《建设项目环境保护管理条例》规定不予批准情形的建设项目环境影响报告书(表),生态环境部依法作出不予批准的决定,通知建设单位,并说明理由。

第十七条 生态环境部应当自作出环境影响报告书(表)审批决定之日起七个工作日内,在生态环境部网站向社会公告审批决定全文,并依法告知建

设单位提起行政复议和行政诉讼的权利和期限。国家规定需要保密的除外。

第十八条 生态环境部审批环境影响报告书的期限,依法不超过六十日;审批环境影响报告表的期限,依法不超过三十日。依法需要进行听证、专家评审、技术评估的,所需时间不计算在审批期限内。

第五章 附 则

第十九条 依法应当由生态环境部负责审批环境影响报告书(表)的建设项目,生态环境部可以委托建设项目所在的流域(海域)生态环境监管机构或者省级生态环境主管部门审批该建设项目的环境影响报告书(表),并将受委托的行政机关和受委托实施审批的内容向社会公告。

受委托行政机关在委托范围内以生态环境部的名义实施审批,不得再次委托其他机构审批建设项目环境影响报告书(表)。生态环境部对所委托事项的批准决定负责。

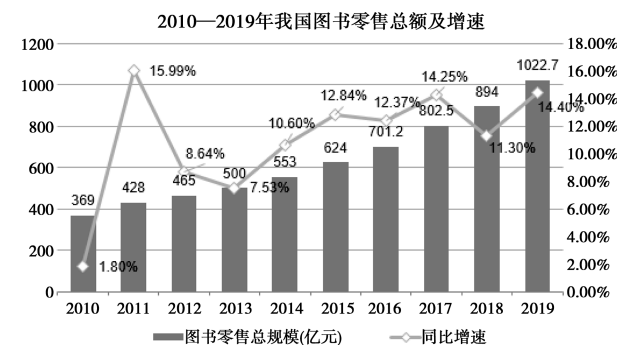
第二十条 实行告知承诺审批制审批建设项目环境影响报告书(表)的有关办法,由生态环境部另行制定。

第二十一条 本规定自 2021 年 1 月 1 日起实施。《国家环境保护总局建设项目环境影响评价文件审批程序规定》(国家环境保护总局令第 29 号)同时废止。

文化纸市场分析,现状及未来

一、文化纸概况

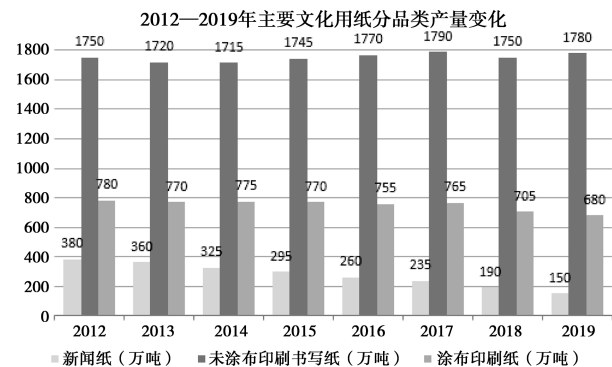
文化纸是指用于传播文化知识的书写、印刷纸张,适用于印刷书刊、教材、杂志、笔记本、彩色图片等。主要包括:铜版纸、书写纸、双胶纸、轻涂纸和新闻纸等等。根据中国造纸协会的数据显示,2019年文化纸占全国纸及纸板类消费量比重的23.22%。相比于包装纸,特种用纸而言,文化纸刚需属性较强,受到外部经济环境以及下游制造业的影响较低。例如我国图书市场规模不断扩大,是我国文化纸市场行情最大的压舱石,2010—2019年我国图书零售总额从369亿元一路上升至1022.7亿元,零售市场规模扩大两倍有余。尤其二胎政策放开后,2016—2017年新生儿人口数量明显增加,未来几年入学人数呈增长趋势,对教材教辅的需求有良好支撑;另一方面,近年来党政期刊的消费量明显增加,尤其2021年是建党100周年,宣传类用纸有增长趋势。这些因素都将推动文化纸市场稳定上行。



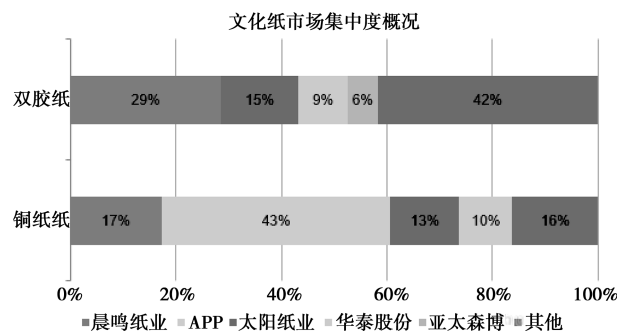
二、市场竞争格局

近年来由于网络媒体的快速发展以及传统媒体的相对衰落,导致文化纸市场逐步出现两极分化情况。其中新闻纸产量随着报纸的衰落而逐步减少,2019年新闻纸产量为150万吨,不到2012年产量的一半。相比之下印刷书写纸作为出版印刷品的主力,其产量一直保持在1700—1800万吨之间。而涂布印刷纸往往用于商务印刷,如展会、房地产、餐饮等领域,这些下游领域与商业活动的活跃度密切相

关,因此由于2018—2019年经济下行压力较大的背景下需求有所减少。



从企业之间的竞争来看,无论是双胶纸还是铜版纸市场都处在集中度快速提升的阶段。根据产能统计,目前双胶纸CR4占比达到58.2%,晨鸣、太阳、华泰、亚太森博的产能占比分别达到28.6%、14.6%、9.4%、5.6%,文化纸的进入门槛比包装纸更高,原材料优势和制造优势都更为突出。特别是大厂的原材料供给和制造能力逐渐与小厂拉开差距,大厂扩产步伐不停,小产能出清将成为行业未来发展的趋势之一。



三、原料价格变动情况

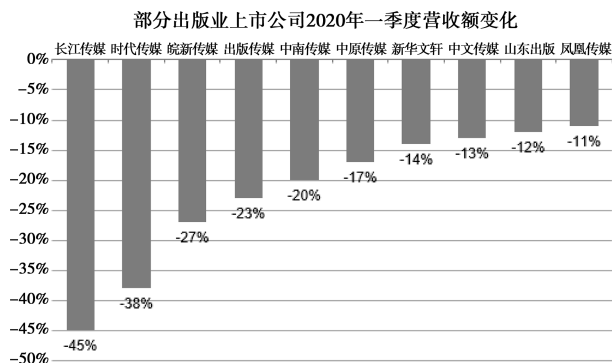
纸浆是造纸行业最重要的原料,纸浆价格一方面受到废纸等原料价格的波动影响,同时也被下游需求所影响。对于文化纸需求而言,2020年的新冠肺炎疫情实际上导致中小学开学延迟,往年3月左右的市场需求被延后,同时由于纸浆生产复工进度相比于下游行业相对滞后,因此多因素叠加下4—5月纸浆价格出现小幅度上涨。另一方面,2019年秋

季开始,全国中小学所有年 级教材统一使用部编版教材,涉及的科目有语文、历史及道德与法治。教材的改版使得整体的印量有所提升,同时相关的教辅材料也需要重新印制,使得整体纸张需求有所增加,这又使得 9 月初的纸浆价格一路上涨,这对于文化纸企业而言都是不利影响。

四、疫情给文化纸行业带来的影响

2020 年新冠肺炎疫情使得多数文化出版企业营收大幅度减少,特别是居家时间增加不利于实体书销售。而文化纸出口市场受阻使得部分出口订单转内销,也是导致国内市场压力增大的一个原因。由于西方国家疫情的影响,我国铜版纸进口反而有所增加,主要是因为疫情在全球蔓延,各个国家和地区自身需求及港口物流等方面都受到了较大冲击,出口到其他国家难度较大,而出口到中国相对来说是比较好的选择。国外疫情发展速度较快,对物流及需求产生影响,进而影响到我国的出口。出口市

场受阻,迫使纸厂出口转内销,也是国内市场压力增大的一个主要原因。



长期来看,文化纸市场仍将处于供需紧平衡的状态。铜版纸受宏观经济压力、电子媒体等的冲击较大,整体需求减少。不过,受益于文化纸市场集中度非常高,需求减少时,上游企业通常会及时调整方向,转产其他纸种来保持文化纸市场的供需平衡。

来源:网络

环保纸包装行业创新联盟正式启动

2020 年的最后一天,筹备已久的环保纸包装行业创新联盟启动会议,在海南博鳌顺利召开。

首届一次会议是以座谈会的形式举行,会议邀请了纸包装行业上下游相关企业参加,从造纸企业到功能化学品供应商、设备企业和纸加工企业,与会企业和代表针对当前产业链存在的一些问题和关心的方向做了深入交流,同时相互学习,最后就创新联盟今后发展的主要工作达成基本共识,为下一步环保纸包装行业创新联盟的正式运作打下重要基础。

联盟发起人周永平表示,大家创立这个沟通平台,主要是鉴于目前环保纸包装产业链上下游直接互动缺少,新产品、新方案的推进存在沟通壁垒等问题,为了加强交流和相互学习,也为了促进产业链的升级和相关产品之创新,希望会同各主要协会、论坛、委员会和平台等,组织产业链主要造纸企业、纸加工企业、品牌商和设备供应商,争取从多维度深入探讨行业内目前关心的热点和痛点问题,结合各方

经验和建议总结思路 and 方案,寻找新的发展理念和方向,争取成立环保纸包装产业创新联盟。希望借这个联盟平台,有助于行业环保新材料、新产品、新技术的推广和应用,把造纸企业、设备商、功能助剂商、环保纸加工企业、终端品牌商紧密结合起来,共同寻找以纸代塑的好方案。期待这个平台可以和行业相关人士一起,定期线上、线下互动。

此次会议恰逢海南禁塑满一月、同时全国限塑禁塑全面开始之际,对于纸包装行业今后的发展具有非常重要意义。与会企业有:珠海红塔仁恒包装股份有限公司、凯米拉化学品(上海)有限公司、牡丹江恒丰纸业股份有限公司、可乐丽国际贸易(上海)有限公司、帝斯曼(中国)有限公司、广东辉煌环保科技有限公司、东莞锐泽创艺新材料有限公司、东莞百绿环保材料有限公司、广东旭川材料有限公司、东莞桑旺环保新材料有限公司等,相关企业领导和代表均做了精彩发言和交流。另外博鳌禁塑国际产

业论坛吴建华主任也作为特邀嘉宾出席了本次会议,并做重要讲话。

由于疫情原因和年末关系,许多企业和协会、平台无法与会,不过也通过在线表达了对环保纸包装行业创新联盟启动的祝贺和支持。

叶柏彰,中国包装联合会电子工业包装技术委员会秘书长

各位领导、各位专家、企业家:大家好!

由于种种原因,不能前来参加你们的座谈会,失去了一次学习和交流的机会,深感遗憾。电子信息产业作为当今全球创新最活跃,带动性最强,渗透性最广泛的行业之一,连续多年保持平稳快速增长,已成为世界经济社会发展的重要驱动力,必将拉动包装产业的新增长点和发展空间。

展望“十四五”电子信息产品包装工作:紧扣包装创新一体化,压实创新主体责任,重塑空间布局,精心施策,凝聚共识,立足“精致包装”理念,实施“节能、低碳、环保、智能、安全”五大要素,以节木、代木、以纸代塑等新材料研发为重点,展现更大担当作为和独特魅力,对资源和环境保护彰显担当社会责任。为此,我衷心希望“环保纸包装行业创新联盟”,着力培育和铸就创新的产业群,打造一支思维活跃、意识超前、富有创意,立足“精致包装”理念,既有力度,又有成效的过硬“联盟”,发扬无私奉献的工匠精神,传递正能量,激发包装材料创新潜在市场活力,为我国电子信息产品包装及其他产品包装贡献力量!祝座谈会圆满成功!祝大家新年快乐、

吉祥如意

赵凯,中国循环经济协会常务副会长

祝贺环保纸包装行业创新联盟成立。希望该联盟在推进绿色包装,提高包装物的重复利用率和资源化率,建立健全绿色循环低碳发展的经济体系中发挥积极的作用。

路连峰,中国产学研合作促进会生物降解产业协同创新平台中国生物降解联盟秘书长

祝贺环保纸包装行业创新联盟首届会议在海南博鳌成功召开。习近平总书记高度重视塑料污染治理工作,多次作出重要指示批示,李克强总理、韩正副总理提出明确要求。经国务院同意,国家发改委行文总结海南禁塑五条经验在全国推广复制。明年全国塑料污染治理正式启动,到 2025 年正是禁塑替代产业高速发展的风口期,让我们携手同行,为全国乃至全球塑料污染治理提供完整的解决方案。

此次创新联盟会议,就下一步具体工作和联盟运作达成了许多共识。第二次会议计划在 2021 年春节后择期举行,届时会邀请相关协会和平台领导参加,同时请业内著名学者和企业做专业报告与分享,争取通过创新联盟把环保纸包装行业上下游紧密团结起来,成为今后行业创新进步的重要平台,为促进循环经济理念、促进可持续发展和环保事业做出贡献。

(作者:菲利普周)

纸张中填料的鉴别及测定方法

为了分析纸张中填料的种类及其含量,可以根据每种填料的晶体形态及其主要化学组成不同来判定。由于滑石粉和高岭土化学及物理性质均比较相似,把两者作为一类填料来进行分析。通过把纸张进行预处理,纸中填料特有的成分会与不同的化学试剂产生相应的化学反应,从而鉴别出填料种类,有需要的情况下也可以测定其相应的含量。有条件的

实验室也可以用扫描电子显微镜辅助分析纸中填料的形态分布,用能谱仪辅助分析填料的化学元素。

滑石粉是以水合硅酸盐的形态存在的非金属矿物质,在国内贮存量大且价格低廉,其主要成分为硅酸镁($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$),具有质地细腻、平滑、白度高、覆盖力强等特点。常作为印刷类与书写类等文化类用纸的填料,由于其折射率不高,很少用于

薄页纸中。

高岭土主要化学成分为硅酸铝($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),作为造纸填料能提高纸页的书写性和印刷性,增加纸页的匀度、平滑度和光泽度。高岭土性能与滑石粉相近,差别主要体现于白度上,滑石粉的白度为 90%~96.8%,高岭土的白度为 80%~86%。

碳酸钙有轻质(PCC)和重质(GCC)之分。轻质碳酸钙即沉淀碳酸钙,主要以石灰石为原料,经过石灰窑煅烧、消化,在特定的条件下碳化反应而成;重质碳酸钙即研磨碳酸钙,是研磨石灰石制得的天然碳酸钙。一般来说轻质碳酸钙常作为造纸填料用,重质碳酸钙作为涂布用颜料,也有少数造纸工艺会选用重质碳酸钙做填料。碳酸钙作为造纸填料具有可以提高纸张的白度、不透明度、松厚度、透气性、柔软度、油墨吸收性等优点。其次碳酸钙作为一种碱性填料,具有 pH 值缓冲作用,可以使湿部的 pH 值自然地稳定在 7.5~8.5,正是碱性施胶的最佳 pH 值。

二氧化钛是由钛矿石经硫酸法或者氯化法加工精制而成,白度高、密度大,对光的折射率高达 2.55~2.70。散射系数大,对提高纸张的不透明度和覆盖性能在所有填料中居首位,但价格较高。主要应用于薄页纸、装饰纸、涂布纸等高档纸的生产中。

1 纸中滑石粉和高岭土的鉴别及测定

1.1 仪器与试剂

扫描电子显微镜(蔡司 EVO10),离子溅射仪(BRIGHT K570),卤素水分测定仪(感量 0.001g),智能箱式高温炉(DC-B8/11),瓷坩埚(30~50ml);浓硫酸(H_2SO_4):1.84g/ml,硫酸铵($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$):分析纯,氢氧化钠,试镁灵。

1.2 样品预处理

参照 GB/T 742—2018《造纸原料、纸浆、纸和纸板 灼烧残余物(灰分)的测定(575℃和 900℃)》,称取一定量的试样于已恒重的坩埚中,将纸样低温炭化后,移入高温炉中经 900℃灼烧,所得到的灼烧灰分留样备用。

1.3 纸中滑石粉和高岭土的鉴别

取灼烧灰样约 0.05g,加入 10g 硫酸铵和 20ml 浓硫酸于 250ml 的烧杯中,盖上玻璃表面皿,于通风橱中用电炉煮沸至少 3min,出现白色的烟雾系硫酸分解的三氧化硫。观察溶液,如果热的溶液是浑浊的,说明钙、镁或铝的硅酸盐可能存在;若溶液澄清,向滤液中加入 1~2 滴试镁灵,并用氢氧化钠溶液碱化,产生一种天蓝色沉淀,表明有镁的存在,即填料中含有滑石粉。其他的无机物则显示紫色。注意不要加入过量的试剂,试剂过量可能造成蓝色被掩盖。

1.4 纸中滑石粉和高岭土的测定

由于滑石粉和高岭土的主要成分都为硅酸盐类,测定镁元素或者铝元素的成本会相对大一些,难度也较大,因此如果填料仅为滑石粉或者高岭土这一硅酸盐类填料,可将 1.2 中灼烧灰分粗略视为纸中填料的含量。

取具有代表性纸样剪成(0.5×0.5) cm^2 小块,混合均匀后用水分测定仪称取约 1g 并完全转移到已恒重的坩埚中,进行炭化,炭化后将盛装试样坩埚移入高温炉,在(900±25)℃灼烧 1h。然后取出坩埚,在空气中冷却 10min 后移入干燥器中冷却 20min 后称量。

纸样灼烧灰分按式(1)计算:

$$\text{纸样灼烧灰分}\% = [(m_1 - m_2) / m_0] \times 100 \quad (1)$$

式中:

m_1 —灼烧后灰分与坩埚总质量,g;

m_2 —空坩埚质量,g;

m_0 —称取试样的绝干质量,g。

1.5 扫描电子显微镜法观察纸面

滑石粉属于单斜晶系,常成片状或致密块状集结体;高岭土亦属于单斜晶系,呈极微细的片状或弯曲柱状晶体。将纸样用离子溅射仪喷金处理,然后放入扫描电镜样品仓内观察,可见其形态即可以判定填料为硅酸盐类填料。

2 纸中碳酸钙的鉴别及测定

2.1 仪器与试剂

扫描电子显微镜(蔡司 EVO10),离子溅射仪

(BRIGHT K570); 饱和石灰水溶液, 1+3 (V/V) 盐酸; $c(\text{HCl}) = 0.5000\text{mol/l}$, 氢氧化钠; $c(\text{NaOH}) = 0.5000\text{mol/l}$, 甲基橙指示剂: 1g/l。

2.2 纸中碳酸钙的鉴别

取小块纸样, 用纯水润湿, 浸入 1+3 盐酸中, 若有大量气泡产生并浮到液面, 在其上方用玻璃棒蘸一滴饱和石灰水, 如果石灰水变浑浊, 则可以判断纸中加添了碳酸钙; 若没有气泡产生或仅有几个气泡产生贴在浸到盐酸中的纸面上不上浮, 则可以判断纸中不含碳酸钙。

2.3 纸中碳酸钙的测定

称取有代表性混合均匀的试样约 1g (称准至 0.001g) 于 250ml 三角瓶中, 加入 50ml 纯水, 再加入 20ml 盐酸标准溶液, 摇动 3min 后, 加入 2~3 滴甲基橙指示剂, 再用氢氧化钠标准溶液滴定, 直到溶液显橙黄色即为滴定终点。

纸中碳酸钙含量按式(2)计算:

$$\text{纸中碳酸钙含量}\% = [(c_1V_1 - c_2V_2) \times 0.05 / m] \times 100 \quad (2)$$

式中:

c_1 —盐酸标准溶液的浓度, mol/l;

V_1 —盐酸标准溶液的体积, ml;

c_2 —氢氧化钠标准溶液的浓度, mol/l;

V_2 —氢氧化钠标准溶液的体积, ml;

m —纸样的绝干重量, g;

0.05—与 1mmol 盐酸标准溶液相当的碳酸钙的质量, g。

3 纸中二氧化钛的鉴别及测定

3.1 仪器与试剂

扫描电子显微镜(蔡司 EVO10), 离子溅射仪(BRIGHT K570), 智能箱式高温炉(DC-B8/11), 瓷坩埚(50ml), 紫外可见分光光度计(T6); 浓硫酸(1.84g/ml), 硫酸铵(分析纯), 二氧化钛(分析纯), 过氧化氢(H_2O_2)溶液(30g/l)。

3.2 样品预处理

与 1.2 中纸样的处理方法相同, 称取 2g 绝干纸样(称准至 0.001g)放入 50ml 瓷坩埚中, 在电炉上

炭化后放入高温炉内, 在 $(900 \pm 25)^\circ\text{C}$ 的条件下灼烧灰化, 灼烧两份备用。

3.3 纸中二氧化钛的鉴别

取 3.2 中的一份灼烧灰样约 0.05g, 加入 10g 硫酸铵和 20ml 浓硫酸于 250ml 的烧杯中, 盖上玻璃表面皿, 于通风橱中用电炉煮沸至少 3min。冷却后, 过滤或倾倒入上层清液, 用水稀释至 50ml, 加入 1ml 30% H_2O_2 。若清液呈黄色或橙红色, 则说明纸样中添加了钛白粉; 若清液呈无色或微黄色, 则说明纸样中未添加钛白粉。

3.4 纸中二氧化钛的测定

3.4.1 灰样的处理

将 3.2 中的另一份灰样转移到 500ml 的鱼口瓶中, 加入硫酸铵 20g 和浓硫酸 50ml, 用浓硫酸分次淋洗坩埚, 将淋洗液一同倒入 500ml 鱼口瓶中并盖上表面皿, 摇匀后放入通风橱内用电陶炉加热, 逸出三氧化硫烟雾并沸腾后保持 30min。然后将试样自然冷却至室温再缓慢转移至一个 500ml 烧杯(先加入 200ml 纯水)中, 用纯水淋洗鱼口瓶, 冷却后再将液体转移到 500ml 容量瓶中用纯水定容, 摇匀。

3.4.2 标准曲线绘制

准确称取 0.2500g 二氧化钛装入 500ml 鱼口瓶中, 加入 20g 硫酸铵和 50ml 浓硫酸, 混合均匀后盖上表面皿, 在通风橱中加热至沸腾并维持 5~8min。冷却至室温, 然后转移到 500ml 容量瓶内用纯水稀释至刻度作为标准溶液。

称取 4g 硫酸铵加入 250ml 鱼口瓶中, 再向其中加入 10ml 浓硫酸, 混合均匀后盖上表面皿, 在通风橱中加热至沸腾并保持 5~8min。冷却至室温后将液体小心转移至 100ml 容量瓶中, 用纯水稀释至刻度作为空白标准溶液。

按表 1 所示分别向容量瓶(50ml)中加入二氧化钛标准溶液, 再分别加入 5ml 的过氧化氢溶液, 最后用纯水定容并摇匀。

倾出一定量的标准溶液于 10mm 比色皿中, 以空白液做参比, 选择波长 410nm 处进行吸光度测量。以二氧化钛标准溶液的浓度(mg/l)作为横坐标, 以测定的吸光度值作为纵坐标, 绘制标准曲线可得到浓度 c 与吸光度 A 的关系($c = y + xA$)。

3.4.3 样品的测定

如果 3.4.1 处理后的试样液体浑浊,用无灰滤纸过滤;如果溶液澄清,则不需要过滤。移取 10ml 样液于 50ml 容量瓶中,加入 5ml 过氧化氢溶液,用纯水稀释定容,摇匀。配置的样液浓度所测定的吸光度值一定要在绘制标准曲线时制备的溶液相应的吸光度值范围内,否则需要根据吸光度值的大小改变移取试样的体积。倾倒入一定量的溶液于 10mm 比色皿中,在波长 410nm 处测定吸光度。

3.4.4 结果计算

试样中的二氧化钛含量按式(3)计算得出。
$$X = [(c \times V_2 \times V_1 \times 10^{-6}) / (V_3 \times M)] \times 100 \quad (3)$$

式中:
X—试样中二氧化钛的浓度, %
c—标准曲线测量得到的二氧化钛浓度($c = y + xA$), mg/l;
M—称取试样的绝干质量, g;
 V_1 —配制最终比色溶液的体积(50ml), ml;
 V_2 —灰分处理样液的总体积(500ml), ml;
 V_3 —配制最终比色溶液所移取试样液体的体

积(可变), ml。

3.5 扫描电子显微镜法观察纸面

钛白粉粒径小,呈颗粒细小而均匀的球形,在纸面中分布相对均匀,可将纸备样放入扫描电镜中观察。

4 总结

纸中填料的添加量对纸张的物理性质影响很大,不同填料又有着不同的功能,根据测定纸中填料含量大小和纸张的物理性能变化可以为工艺设计最优的添加量提供数据支持。有需要时可以添加两种或者多种填料来组合使用,以达到纸张最佳的使用性能,要想知道每种填料的添加量,可以先根据各填料的鉴别方法得知纸中填料种类,然后逐一测定。纸中滑石粉和高岭土的含量可以用总灼烧灰分含量减去其他填料的含量而求得。

来源:《浆纸技术》



· 消息 ·

南京林业大学牵手运达,校企合作诚朴树人

冬日的阳光温暖中原大地,南京林大牵手郑州运达。
正值中国造纸学会第十九届学术年会期间,南京林业大学-大学生就业创业社会实践-实训基地揭牌仪式在郑州运达造纸设备有限公司隆重举行。
中国造纸学会曹振雷、中国造纸学会副理事长兼秘书长曹春昱隆重出席此次活动。南林大轻工与食品学院金永灿院长和制浆造纸工程系戴红旗主任携团队来到运达共商校企合作的未来。
揭牌仪式上,运达公司董事长许超峰和南林大轻工与食品学院院长金永灿分别发表了热情洋溢的致辞。
南京林业大学拥有百余年校史,是国家“双一流”建设高校,以“诚朴雄伟,树木树人”为校训,以“团结朴实、勤奋进取”为校风,充分发挥其学科优势,坚持自主创新,积极推动产学研结合,在科学研究、科技创新、科技成果转化等方面取得了显著成绩。
运达公司以“精诚专业,服务造纸”为宗旨。自成立至今,一直十分注重创新和研发工作,拥有数个创新平台。公司的研发成果转化也都取得了优异的成绩。
此次揭牌仪式,意味着双方在制浆设备的基础理论研究、设备技术创新、人才培养等方面加深合作,携手同行,为行业绿色发展贡献更多的力量!

(苏 讯)

· 消息 ·

维美德与南京林业大学构建深度合作

2020 年 10 月 28 日,维美德(中国)有限公司(以下简称为维美德中国)和南京林业大学轻工与食品学院(以下简称为南林轻工院)在南京林业大学图书馆报告厅举行了校企合作签约及维美德制浆课程开课仪式。这是双方历经十多年合作后的再一次深度合作。

出席签约仪式的院方有南京林业大学轻工与食品学院党委书记吴勇先生、院长金永灿先生、副院长苏二正先生、王志国先生、制浆造纸工程系副主任刘鸿斌先生、卞辉洋先生、尉慰奇先生以及教师代表兼主持人吴文娟女士、朱文远和程金兰老师,学院学工办主任兼团委书记夏夏先生,以及 2021 届辅导员尹红梅老师。维美德中国区市场与传播副总裁刘靖伟先生、中国区人力资源总监高丽君女士,中国区招聘经理王晓波女士和受聘讲师信明清女士。全体 2017 级造纸专业本科生及部分 2018 级本科生出席仪式并聆听了维美德带来维美德化机浆 BCTMP 的第一节课。本次签约仪式涵盖两方面合作事宜:

1)从 2020 秋季学期开始,维美德中国在南林轻工院开设专业课程,包括“化学浆技术”和“化机浆 BCTMP 技术”两门课程,纳入学分考核,帮助学生对全球制浆、造纸先进技术和设备知识有深入和直观的理解和学习,从而为中国制浆造纸产业的可持续发展培养高潜力的专业人才。

2)在维美德中国建立“南京林业大学大学生就业创业、社会实践实训基地”,旨在加强企业与学校校企合作、产教融合,进一步提升大学生的就业创业能力,为企业储备人才和南林学子实习实践搭建平台,促进大学生更高质量和更充分就业创业。

在签约仪式上,金永灿院长对双方合作给予高度评价,希望双方合作能够引导学生正确认识产业现状,以及传统产业所蕴含的发展机遇。

刘靖伟在发言中,就三个方面与广大同学们进行了分享:在讲述“我和造纸行业的故事”中,他给同学们分享了自己对造纸产业从惊讶、迷茫到喜欢,再到热爱的行业情怀。在讲述中国造纸行业发展历程和未来展望时,他分享了中国造纸行业近百年来四个发展阶段,给同学们讲述了现代造纸产业的绿色环保性和可持续发展,以及未来的智能化趋势;在谈到维美德在南林开课的背景和目标时,他特别希望通过维美德的“送课上门”,在当下中国造纸产业进入提质创新的阶段,可以给同学们带来维美德最新的浆纸技术。

高丽君女士随后向同学们介绍了维美德公司,并展示了在维美德工作的南林优秀学子。她说道:“自 2009 年起,维美德公司在中国教育发展基金会的合作下,在南林等多所高校设立了维美德奖学金。过去 10 年,获得维美德奖学金的南林学生超过 140 名,另外,近几年维美德也为南林的师生安排了游学活动等;本次校企合作对助力中国制浆造纸和能源产业的人才培养起到了进一步推动作用。”

企业社会责任是维美德可持续发展的重点领域之一,维美德中国在科研、教育、环保以及与青少年活动相关的领域不断开展公益活动。本次校企合作进一步体现了维美德不断加强与产业内各高校的全方位合作,为中国制浆造纸和能源行业的可持续发展贡献力量!

(苏讯)

聚焦形形色色的多功能食品包装纸异军突起俏走市场

刘道春

随着世界各国对环境保护问题的日益关注,纸张的价值引起了人们的高度重视。由于纸与PVC、EPC、铝箔复合等材料相比,不但廉价,而且在柔性加工方面比较优秀,因此,纸在取代传统的对环境有污染的原材料方面能发挥出有效作用。近年来,随着科学技术的快速发展,科研人员加大了对包装纸品的开发力度,已研究成功多种高科技功能性食品包装纸,一批功能独特的包装纸新品脱颖而出,广受市场的欢迎。

纸质包装的效用功能化。当下形形色色的纸包装正朝着效用功能化的方向发展。比如:食品保温包装纸,像太阳能聚热器一样,将光能转化为热能,人们只需将保温纸所包装的食物放在阳光照射的地方,就会不断有热能补充进去,从而保护纸内食物有一定的热度和鲜香味,为人们食用提供方便。以蔬菜或淀粉为主要原料,加入其他食品添加剂,采用类似造纸的工艺,生产可食性包装,是解决食品包装废弃物与环保这一矛盾的有效途径。纸质易拉罐的诞生则克服了铝质易拉罐价格昂贵、污染环境的弊端。纸包装主要有瓦楞纸、蜂窝纸、凹凸纸,由这三大门类派生出来的纸包装,经常用于烘焙食品包装。例如:纸箱、纸盒、纸袋、纸罐、纸浆模塑、纸饭桶、纸管、纸角、纸托盘、纸板衬垫、纸餐具、纸盘、纸杯等等。瓦楞纸箱,产量大,使用范围广,是当今世界所采用的最重要的包装制品。蜂窝纸板独特的蜂窝结构使其具有良好的缓冲、减震性能,而且成本低,易回收,可再生,是一种节能环保的包装材料。蜂窝纸板广泛用作缓冲衬垫、托盘、包装箱、角撑、护棱,还可以替代出口烘焙食品的木质包装。凹凸纸,以瓦楞纸不可替代的独特优势,迅猛发展,具有广阔的市场

前景。

豆渣可食包装纸。与各种可食性包装材料相比,以豆渣为原料开发的可食性包装纸因原材料丰富且价格低廉,加工工艺简单,具有较高经济效益,较高的营养保健价值和社会效益,近几年已引起了一些食品厂家的注意,正准备将其用于食品工业包装,从而实现将豆渣变废为宝。可食包装纸不仅在日本,在全球范围内都是研发热点,其产品主要用于方便休闲食品包装、可食性包装等领域,可以预见这种可食性包装用纸必将有广阔市场。

豆渣是生产豆奶或豆腐过程中的副产品,每年全球豆渣的产量都很大,是一种新型保健食品原料,其营养价值与豆乳或豆腐不相上下。豆渣中约含有18%的固体成份,其中含蛋白质27%,脂肪12%,碳水化合物58%,纤维约20%,灰分约12%。长期食用豆渣类食品,能降低体内胆固醇含量,减少糖尿病患者对胰岛素的消耗。这将有利于防止心血管疾病的发生和缓解糖尿病患者的临床症状。又因豆渣中富含纤维素,故具有预防肠癌、降血压和减肥等特殊功效。这对于肥胖病和高血压等患者来说,豆渣纤维素是一种十分理想的膳食保健纤维素源。日本采用特殊工艺从豆渣中制取出食用纤维素,用于各种保健食品的生产。

日本有人将废弃的豆腐渣制成可溶于水的“纸”,可广泛用于方便面、调味品、烤肉、蛋糕、水果的包装。它的制法是:向豆腐渣内加入脂酸和蛋白酸,让其分解,然后经温水洗涤干燥成干品纤维,再添加山药、芋头、糊精、低聚糖、聚丙二醇等粘接剂而

作者简介:刘道春,男,湖北十堰市神风食品包装材料公司工程师。

制成。果渣纸是日本高崎造纸公司用食品工业废弃的苹果渣生产出果渣纸。其制法是:除去果渣中的籽粒,将其捣成浆,加入适量的木质纤维即可造纸。这种纸使用后容易分解,可焚烧或做堆肥,亦可回收重新造纸,不易污染环境,可用于食品包装。日本酒井农业食品工程公司研究出一种用豆渣生产可食用纸的方法,是将榨汁或提取豆制品以后的豆粕(豆渣)加入适量的水和植物性蛋白酶,过滤出经酶处理后的这种豆渣液,即为含食物纤维素 23%~25%的可食纸浆;然后用生产普通纸的方法和设备制成各种大小的干燥纸膜即可食纸。这种可食纸在食品工业中的用途非常广泛,例如作快餐面的调料包装纸,糖果、饼干、粉状食品和饮品内包装纸等,由于这种纸在水中或唾液下可溶化,因而不必撕碎可直接食用,并且有较高的营养价值;又因为这种纸是食物纤维且不含热能,所以也可作保健食品的载体。可食性豆渣纸因其较其他同类产品的优点:原材料(豆渣)丰富且廉价,加工工艺简单,合理充分的解决了食品包装废弃物与环保之间矛盾和大豆食品加工工业中的副产品(豆渣)的处理与利用问题。具有较高经济效益和社会效益,较高的营养保健价值以及广阔的发展前景。

可食性纸型食品包装。可食性包装是世界食品工业新科技发展的主要趋势,它已涉及广泛的应用领域,如肠衣、果蜡、糖衣、糯米纸、冰衣和药片包衣等等。它是一种由可食用原料加工制成的像纸一样的包装材料,可分为两大类:一类是把常用食品原料如淀粉、糖糊,再加入一些调味物质以后再进行纸型化处理,从而制造出像纸那样薄的可以食用的纸型食品包装;另一类是把可食用的无毒纤维进行改性,然后加入一些食品添加剂,制成一种可食用的“纸片”,用它来做食品包装。由于可食性包装功能多样,无害环境,取材方便,可供食用,因此近年来发达国家食品业竞相研制开发,新产品、新技术不断涌现。据介绍,目前市场上已经出现标有牛肉味、鸡肉味、苹果味等各种味道的“食品纸”包装的食品,很受消费者的喜爱,非凡是可食性纸型食品包装在冷饮包装中的运用,起到了保冷、卫生的作用。英国开发的这种包装纸是以胡萝卜为基材,添加适当的增

稠剂、增塑剂、抗水剂,利用胡萝卜的天然色泽,制成价廉物美的可食性彩色菜纸。这种菜纸可用作盒装食品的个体(内)包装或直接当作方便食品食用,既能减少环境污染,又能增强食品美感,增加消费者的食欲。胡萝卜纸是一种可食性的彩色纸,具有较强的柔韧性和一定的防水性,又具有包装功能和食用功能。

蔬菜包装纸。它最早是由日本研制开发的也称纸菜。蔬菜食品的共有特点是富含膳食纤维、多种维生素及矿物质其中膳食纤维在加工生产中相当稳定故加工出的纸菜产品营养损失很小并且产品含水量小约 10% 便于运输和贮藏。它不仅提高了蔬菜的附加值更重要的是解决了蔬菜易腐烂、不易贮藏的问题。就生产工艺而言主要有两种方法:一是压模成型法,这种方法将浆料平铺在成型板上经两次烘烤成型;二是辊压成型法,即浆料经由两个反向旋转的压辊直接压成纸状切片成型后干燥得到成品。这些方法都是采用加热干燥,会破坏蔬菜中的维生素和天然色素等热敏性营养素,成品还会出现干缩及褐变现象。而冷冻干燥技术则可以避免上述工艺的不足。冷冻干燥技术是将物料被冻结后在高真空中($\leq 611\text{Pa}$),物料的水分由固态直接升华至汽态,整个干燥过程都是在低温下进行,成品有效地保持了蔬菜原有的营养成分和天然色泽。可食性“蔬菜纸”食品,很受消费者的欢迎。把蔬菜洗净、剥皮、切细、煮熟、冷却、烘干,然后加工制成的“蔬菜纸”,外观鲜亮,极易诱发顾客的购买欲。人们用这种“纸”包装的食品,不用撕开“包装纸”就可直接食用。目前,以蔬菜为主要原料制成的绿色可食性包装产品由于其营养价值高,便于储藏保鲜和运输,且是一种很好的休闲食品与高级食品包装材料,因此有很大的市场需求与开发前景。

蛋白质涂层包装纸。涂层纸是将无机颜料、有机颜料、相对量的粘合剂以及水组合而成一种涂料组合物,该组合物应用于低重量的纸幅。然后,该涂层的纸幅经过干燥并在相对低的压光强度下进行压光。生产出的涂层纸产品松密度高、轻质或者超轻质,并且显示出与较重的涂层纸产品可比的光学和印刷特性。涂层纸产品特征在于它含有:含有磨木

浆的每令重 16~36 磅的未涂层纸幅;其中,纸幅的两面均用一种水性涂料组合物进行涂层,该涂料组合物包含按每 100 份干的总颜料计,0~45 份无机颜料,按每 100 份干的总颜料计,55~100 份具孔隙聚合颜料颗粒,其中孔隙颗粒的直径为 0.2~5 μm ,而孔隙体积占 20%~80%,按每 100 份干的总颜料计,10~50 份淀粉基或蛋白质基的聚合粘合剂,其中,每令干燥并压光的涂层纸产品的每一面有 1~3 磅干燥的涂料组合物,每令纸产品的重量为 18~40 磅。日本一食品公司研制出一种蛋白质涂层包装纸,它是用蛋白质作为涂料涂在纸上面,经特殊工艺而制成的包装纸膜,可承受一定温度,防止侵蚀,无毒,方便食品加工,不污染环境。耐水加工包装纸这种包装纸的耐水性、透气性好,因为浸透率比别的材料高,其表面强度和层间强度高,有抗菌性,还能吸收氨气等。这些特征并非靠添加剂、树脂和化学药品来获得,因而安全无害。因 MWS 具有这些特征,可应用于食品包装材料、结露吸水薄膜(片)及其他领域。目前,MWS 已应用于酒糟渍制食品的真空包装,与其他材料复合,作为多水分半成品食品的包装纸,充分发挥其防霉、吸水和耐水性的优点。

食品保温包装纸。最近,美国研制出一种可以将太阳能转化为热能的纸,它们的作用就象太阳能集热器一样。如果用它包装食品,并且放在阳光照射的地方,包装内的食品就会被加热,只有将包装打开热量才会散去。英国伦敦 Sainspurys 超级市场有限公司与英格兰 DSsmith 包装公司联手研制开发出一种创新型便携式隔热保温冷藏瓦楞纸质包装容器,专供大型超级市场、大型自选商场冷冻食品低温冷藏包装之用。使用该容器包装低温冷冻食品,如冰激凌、雪糕等,常温条件下在一段时间内容器内能保持足够的低温、保证所包装的冷冻食品在超市内付账之前以及返家途中不致融化,为消费者提供了极大的方便。这种创新型便携式隔热保温冷藏包装容器的设计意图是提高商品的品牌效应,为消费者提供一个良好的低温冷藏包装环境。设计这款包装,一方面要全面考虑消费者所需要的功能要求,又要考虑包装成本降至最低,还要保证最佳低温保持效果。经过多方修改和反复试验,终于研制成功这

款既方便、经济、实用,又具有良好隔热保温效果的现代化包装。另外,在该款包装选材上,由于百分之百采用纯纸浆纸板制作,所以当容器用过废弃后还可循环再造,不会对环境造成任何污染。此款容器用后可折叠存放以备再用,经实际使用可实际重复使用 10 次以上。

食品包装防腐纸。食品包装防腐纸能在一定时期内防止食品腐烂的一种专用包装纸。纸面涂有植物杀菌剂,杀菌力较强,药效持久。无毒、无色、无异味,不致影响食用者的健康和食品原有风味。植物杀菌剂是挥发油,不同的食品用不同的杀菌剂,如桔子应用桉树油,桃子用桂皮油,苹果及生梨用八角茴香油等,都有相当效果。据报道,日本 Nippon 纸业公司成功开发出防腐可食的食品包装纸新产品。它的制法是:先将原纸浸入含有 20%的琥珀酸、33%的琥珀酸钠和 0.07%的山梨酸的乙醇溶液中,然后对其进行干燥即成。用这种纸包装带卤汁的食品,可以在 38℃ 高温下存放 3 周不变质。

脱水功能包装纸。日本开发出一种不用加热或添加剂而具有脱水功能的包装纸,选择能透过水的半透膜为表面材料内侧放置高渗透压物质和高分子吸水剂。由于食品中水分以液体状态的渗透压差可通过半透膜向高渗透压物质移动所以这些水分子就被高分子吸水剂固定。该包装纸不会使食品组织细胞被破坏它是沿细胞间隙吸水不仅能吸收食品表面的水分而且可吸收内部深入的水分还具有低温下吸水等功能。这种包装纸能抑制酶的活性防止蛋白质分解减少微生物繁殖从而达到保持食品新鲜度、浓缩鲜味成分、去掉水气、提高韧性的效果。

水果套袋包装纸。用套袋技术培育的水果作为绿色果品投放市场比未套袋的同类产品贵一倍,同时套袋水果解决了未套袋水果农药残留较高的难题促进了水果出口。近年国内苹果套袋纸及纸袋已形成了一个产业,并带动了套袋设备的研制开发。梨袋、葡萄袋及蔬菜果袋等都相继进入了市场。水果套袋纸分为内袋和外袋外,袋纸又分为内层和外层;内层为黑色,外层一般为本色内袋纸为黑色。为防止室外风雨环境的破坏水果套袋纸要求较高的湿抗张强度很高的透气度。由于这些特殊的要求,纤维

原料配比和选择合适的助剂是其技术要点。

卷烟纸。卷烟纸作为一个特殊纸种,在薄页纸中占有较高的地位,同时作为卷烟材料又在烟草工业中占有一席之地。全球仅有少数国家能够生产。卷烟纸的作用主要包括:包裹烟丝,调节烟支燃烧速度,通过透气度减少烟气中对人体有害的成分。因此,卷烟纸对卷烟的吸味、外观及烟气的化学成分有重要影响。卷烟纸承担着调节烟支燃烧速度的任务。因此,与燃烧性有关的如静燃速度和自燃透气度指标,卷烟纸的包灰性能、燃烧时有无异味、纸质均匀与否等,都成了衡量卷烟纸性能的重要指标。卷烟纸点燃后,必须具有一定的持续阴燃的能力,不应熄火,为此可通过添加助燃剂来实现这一目的,当然加入的这些助燃剂是对人体无任何损害的。卷烟纸有直罗纹卷烟纸、横罗纹卷烟纸和防伪卷烟纸等卷烟纸几类。根据质量分为 A、B、C 三级。卷烟纸的原料以麻类纤维为主,麻类其纤维长、拉力强、燃烧性好、灰分少、无不良气味。卷烟纸对烟支的阴燃性、燃烧速度、烟支主流烟气和侧流烟气的释放量和卷烟吸味有很大影响。随着人们生活水平的提高,各种价位的机制卷烟让众多卷烟消费者逐渐告别了“自制卷烟”,也告别了各种不卫生的卷烟纸。卷烟纸的科技含量非常高,非普通造纸工艺所能比拟。除了要确保包裹住烟丝,卷烟纸还承担着多方面“职责”。在造纸工艺中,卷烟纸被制成卷筒状后分切成盘状,因此卷烟纸也称盘纸。卷烟纸通常是白色的,表面有罗纹和平面两种,其实性能基本一致,只是外观有差别。在卷烟生产过程中,除了烟丝,使用最多的材料就是纸,纸质的好坏,与烟支的质量有密切关系。卷烟纸透气度越高,透过卷烟纸上肉眼看不到的细孔进入卷烟内的空气就越多,烟气被稀释的程度也就越大;同时,大量进入的空气使烟草燃烧得更加充分,因不完全燃烧而产生的焦油也就越少。因此,吸食卷烟的安全性也就相应提高。卷烟纸要求无毒、无异味具有一定的厚度、白度、透气度和抗张强度纸质均匀、紧密具有一定的不透明性制成卷烟后不得有露底现象能持续阴烧卷成烟支燃吸时不熄灭灰色白能紧密包灰。其外观盘面要求必须平整光洁纸张罗纹清晰手感柔软。随着卷烟工业向高档化发展对卷烟纸的质量有了更高、更严格的

要求。

中草药果蔬保鲜纸。中草药不仅能治病救人也可以作为造纸的原料。目前正在研制、开发的中草药果蔬保鲜纸其保鲜保质性能远远超过现有的果蔬保鲜包装纸可起到良好的杀虫、灭菌作用。这种纸是将多种天然植物、中草药粉液涂布在专用果品包装上制成的。原料多采用百部、甜茶、虎仗、甘草和良姜等十几种中草药将其筛选、粉碎调成粉末液即可用于涂布。这种纸张制造方法简单、取材方便、成本低廉特别适合于中小型企业生产。另外这种纸易自然降解、不污染环境其经济效益和社会效益十分明显。

食品包装特种纸包装容器。日本研制成功一种全部采用木材和纸浆为原料不添加任何合成树脂可直接压制成包装容器的伸缩纸。这种纸伸缩性比普通纸大 5~10 倍。该纸质包装容器的强度与塑料包装容器相当可用来包装生活用品和食品等,不仅生产成本相当低廉而且还能回收利用有望取代塑料包装容器。日本纸业公司研制开发出完全以天然纤维为原料、品名为“Npimold Paper”的深度冲压纸其伸缩性是普通纸的 5~10 倍。这种冲压纸模压成形时可压制文字、图案和三组曲面类似塑料制品的加工将其凸像加工平滑可实现更好的密封。

高克重食品包装鸡皮纸。鸡皮纸是一种单面光的平板薄型包装纸,定量为 $40\text{g}/\text{m}^2$,不如牛皮纸强韧,故戏称“鸡皮纸”。鸡皮纸纸质坚韧,有较高的耐破度、耐折度和耐水性,有良好的光泽。可供包装食品、日用百货等,也可印刷商标。传统的面粉包装袋在强度、防湿性能等诸方面还不尽如人意。目前用于制作面粉的大小包装袋袋的高克重鸡皮纸基本试验成功。这种利用进口漂白针叶木浆生产的白鸡皮纸白度高、无荧光、拉力强符合卫生要求。用它制作的糊底袋采用梯形粘接法每层独立粘接层与层之间则采用点糊粘在一起从而使其更加牢固。与普通纸袋相比这种新型纸袋强度高 1.5 倍。一袋装满 25 公斤重的四层纸袋在 1.5 米高处自由落下 15 次仍不破包。这种纸袋本身具有吸湿性相同条件下用纸袋包装面粉比用布袋的保质期要长 2~3 月。另一特点是无毒、无味、无污染、符合粮食卫生标准。

吸水机能包装纸。这种包装纸品的最大特点是

吸水能力强,它能保持本材料自重 10 倍的吸水量,且安全无害。吸水机能纸与无纺布物的吸水能力和保水量有显著差别,吸水机能纸明显占优。这是因为无纺布物只能在原材料纤维间的细孔中保持水分,而该纸不仅具有以上能力,而且其纤维本身也能吸水,待吸水机能纸吸水后就变得非常柔软。由于具有这些特征,吸水机能纸可用作吸收火腿、香肠等结露的薄膜(片),吸收生鲜食品滴水的薄膜(片)以及化妆用品和卫生材料的薄膜包装。

热封性包装纸。该包装纸具有热封性、通气性,并且耐油、耐水性好,安全无害等特点。为了使包装纸具有热封性,要在热封树脂纸的表面覆以涂层或用聚乙烯黏合,使其具有热封性,无需进行二次加工以获得通气性。用这种具有通气性的包装纸包装的食品,可用电磁波加热,包装内无蒸汽,这样可以保持食品表面的清爽。其特点需要有热封性能,一定的干强度,同时需要在浸水过程中不容易破包,因此也需要一定的湿强度,为了很好的使袋内的物质溶解析出,因此需要具备很好的透气性能,以防止浮包或影响相关物质的析出。由于它具有上述特征,热封性包装纸可作为用电磁波加热的冷冻食品的包装材料,目前热封性纸主要用于袋泡茶、药品、食品、保

健品、干燥剂等的包装,以及用它来包装汉堡包等。
保温包装纸。国外市场推出的这种纸所具备的功能,是能将熟食包装后保持香、鲜、热度,供人们在不同的场合方便食用,以适应当今人们生活快节奏的需求。这种保温纸的原理是像太阳能集热器一样,能够将光能转化为热能。通常人们只需把这种特制的纸放在阳光能照射的地方,该纸包围的空间就会不断有热量补充进去,从而使纸内的食物保持一定的热度,以便人们随时吃到香热可口的美食。

结束语。综上所述,在消费者普遍重视食品安全的今天,包装材料是否绿色、安全往往影响到食品质量。食品不仅要有质量合格的馅,而且一定要裹上质量合格的皮,这样才能使消费者食用到质量合格的安全产品,营造健康放心的食品环境,才能促进我国食品包装质量迈上新的台阶。随着我国经济的快速发展,形形色色的多功能食品包装纸异军突起俏走市场,应用领域不断扩展,一些产品替代了进口,一些产品已经出口,其产量规模、质量都得到很大提升;品种不断丰富,特别是一些新产品填补了国内空白。我国仍然有诸多的食品包装纸依赖进口,使得我国食品包装纸仍然有一定的发展空间。



· 消息 ·

国企混改赋能岳阳纸业发展

根据国务院国资委关于国企改革“双百行动”工作方案,岳阳林纸于 2018 年 8 月被纳入国企改革“双百企业”名单。两年多来,岳阳纸业充分抓住改革契机,坚定按照“五突破一加强”的重要思路,着重聚焦改革重点难点,19 项改革举措逐一落到实处,混合所有制改革 2 项按照既定规划进度取得突破,释放了企业发展新动能。目前,岳阳林纸已完成“双百行动”2021—2022 年规划的编制。随着由中国诚通牵头设立的“中国国有企业混合所有制改革基金有限公司”正式注册成立,岳阳林纸将借助国企混改基金,整合和组织市场资源,纵深推进“双百企业”综合改革,促进企业转型升级,进而提升企业活力,实现公司长远高质量发展。

“中国国有企业混合所有制改革基金有限公司”由中国诚通牵头,注册资本为 707 亿元、推动国企混合所有制改革的又一个重磅基金。基金依托国务院国资委、发改委、财政部等各部委的大力支持、多家中央企业和地方重点国有企业的共同参与,具有丰富的项目储备和灵活的退出渠道,预期能够产生积极的社会影响以及良好的经济效益。

国企混改基金投资方式为主要通过股权投资和创设、参股子基金投资相结合的方式开展投资活动,投资领域为重点投向国有企业混合所有制改革及反向混改项目。