



天津科技大学学报

Journal of Tianjin University of Science & Technology

ISSN 1672-6510, CN 12-1355/N

## 《天津科技大学学报》网络首发论文

题目：高得率浆在厨房用纸中的应用  
作者：董奎斌，安兴业，曹海兵，鲁宾，程正柏，刘洪斌  
DOI：10.13364/j.issn.1672-6510.20240045  
收稿日期：2024-03-11  
网络首发日期：2024-07-13  
引用格式：董奎斌，安兴业，曹海兵，鲁宾，程正柏，刘洪斌. 高得率浆在厨房用纸中的应用[J/OL]. 天津科技大学学报.  
<https://doi.org/10.13364/j.issn.1672-6510.20240045>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。



DOI: 10.13364/j.issn.1672-6510.20240045

## 高得率浆在厨房用纸中的应用

董奎斌<sup>1,3,4</sup>, 安兴业<sup>1,3,4</sup>, 曹海兵<sup>2</sup>, 鲁宾<sup>2</sup>, 程正柏<sup>2</sup>, 刘洪斌<sup>1,3,4</sup>

(1. 天津科技大学生物源纤维制造技术国家重点实验室, 天津 300457; 2. 浙江景兴纸业股份有限公司, 平湖 314214; 3. 天津科技大学轻工科学与工程学院, 天津市制浆造纸重点实验室, 天津 300457; 4. 天津科技大学中国轻工业造纸与生物质精炼重点实验室, 天津 300457)

**摘要:** 为改善传统厨房用纸成本较高、吸水性能较差等问题, 本文研究了在厨房用纸原料中添加高得率浆及压花工艺对厨房用纸性能的影响。研究表明, 添加高得率浆对厨房用纸原纸的松厚度和吸水性能等均有较大幅度的提升。另外, 压花也能小幅改善厨房用纸原纸的吸水性能, 对加有高得率浆的厨房用纸原纸压花后, 吸水速率出现小幅提升。增加压花层数也可提高纸张吸水性能, 双层压花后厨房用纸原纸的吸水量相对单层厨房用纸提升了3%~10%, 吸水速率提升了2%~16%。

**关键词:** 高得率浆; 生活用纸; 厨房用纸; 压花; 松厚度; 吸水性能

中图分类号: TS761.6

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2024)00-0000-00

### Application of High Yield Pulp in Kitchen Paper Towels

DONG Kuibin<sup>1,3,4</sup>, AN Xingye<sup>1,3,4</sup>, CAO Haibing<sup>2</sup>, LU Bin<sup>2</sup>, CHENG Zhengbai<sup>2</sup>,  
LIU Hongbin<sup>1,3,4</sup>

(1. State Key Laboratory of Biobased Fiber Manufacturing Technology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China; 2. Zhejiang Jingxing Paper Co., Ltd., Pinghu 314214, China; 3. Tianjin Key Laboratory of Pulp and Paper, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China; 4. China Light Industry Key Laboratory of Papermaking and Biorefinery, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** In order to improve the problems of high cost and poor water absorption of traditional kitchen paper towels, in this article we explore the effects of adding high yield pulp (HYP) and embossing process to kitchen paper towels raw materials on the performance of kitchen paper towels. The results showed that the addition of HYP greatly improved the bulk thickness and water absorption performance of kitchen towel base paper. Moreover, embossing can also slightly improve the water absorption performance of kitchen towel base paper, and the water absorption rate of kitchen towel base paper with HYP was slightly increased after embossing. Increasing the number of embossing layers can also improve the water absorption performance of the paper, and the water absorption of the kitchen towel base paper after two-layer embossing was increased by 3%~10% compared with the one-layer kitchen towels, and the water absorption rate was increased by 2%~16%.

**Key words:** high yield pulp; tissue paper; kitchen paper towel; embossing; bulk thickness; water absorption

随着经济的快速发展和人民生活水平的迅速提高, 人们对生活用纸的要求越来越高。随着厨房用

纸的普及, 人们开始重视厨房用纸的使用体验。厨房用纸具有方便、清洁以及多用途等优点, 已受到

收稿日期: 2024-03-11; 修回日期: 2024-05-30

基金项目: 浙江景兴纸业股份有限公司校企合作项目

作者简介: 董奎斌(1998—), 男, 甘肃人, 硕士研究生; 通信作者: 刘洪斌, 研究员, hongbin@tust.edu.cn

发达国家和地区用户的青睐<sup>[1]</sup>, 厨房用纸代替传统抹布成为大势所趋。厨房用纸可用于擦拭食物表面水、油等, 可有效避免传统抹布带来的细菌滋生问题。相较传统抹布, 厨房用纸具有更为广泛的使用场景。

高得率浆(HYP)是指木材或其他植物纤维组织经适当物理或化学预处理, 依赖机盘或盘磨机的机械作用分离制成的纸浆<sup>[2-3]</sup>。与化学制浆工艺相比, 高得率制浆具有高得率(90%~95%)、高松厚度等性能特征以及低生产成本等优势<sup>[4]</sup>。目前, 高得率浆已经广泛应用于新闻纸、高级轻型纸、低定量涂布纸、超级压光纸和液体包装纸等各类纸种, 可以降低生产成本, 并有效改善纸张松厚度、不透明度和印刷适性, 赋予纸张独特的性能和优异的品质。高游离度的针叶木高得率浆因具有生产成本低廉及松厚度高等特性, 被广泛应用于纸巾类产品中。

对卫生纸类产品来说, 吸水性能和柔软性能是最重要的使用性能。高得率浆具有独特的高松厚度。高松厚度可赋予纸张多孔结构, 有利于改善纸张吸水性能, 同时也赋予产品一定的松厚柔软的感觉。高得率浆纤维挺硬且细小纤维含量高, 对成纸耐破度及耐折度有负面影响, 也会引起纸张掉毛、掉粉, 抑制了高得率浆在纸张产品中的应用。随着近年来高得率浆纤维质量的不断改进和优化, 其在生活用纸产品中的应用潜力仍值得深入研究<sup>[5-6]</sup>。

压花工艺的发展对厨房用纸等生活用纸类产品也有积极影响。压花是指在一定压力下将压花辊上的图案压刻在原纸上的过程<sup>[7]</sup>。随着压花工艺的发展, 如今生活用纸类产品的压花已不单单是为了美观, 更重要的是压花可以改变纸张微观结构, 通过压花点的局部压力将纸张内部纤维部分压溃, 并在纸张表面形成图案, 增大纸张的储水空间, 改善纤维的毛细管效应, 从而改善纸张的吸收性能(但对某些特性如抗张强度等有负面影响)。

对厨房用纸类产品而言, 吸水性和松厚度是其重要的性能<sup>[8]</sup>, 高得率浆的加入以及单、双层压花工艺对厨房用纸的吸水性能和松厚度性能的影响目前还在探索阶段。本文通过部分配抄高得率浆(漂白杨木高得率浆)代替部分针叶木硫酸盐浆抄造厨房用纸工艺, 以及单层、双层压花工艺, 探索高得率浆的加入和压花工艺对厨房用纸物理性能的影响, 为进一步扩大高得率浆纤维在生活用纸中的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料与仪器

漂白硫酸盐针叶木浆(打浆度 30 °SR, 干度 28.56%)、漂白硫酸盐阔叶木浆(打浆度 30 °SR, 干度 27.75%), 浙江景兴纸业股份有限公司; 漂白杨木高得率浆(打浆度 30 °SR, 干度 27.64%), 加拿大天柏公司。

CAV4101 型电子天平, 上海精科大平仪器厂; No.2025 型 Vally 打浆机, 日本 KRK 公司; HS153 型快速水分测定仪, 瑞士梅特勒-托利多公司; 73-18 型标准疏解机、B0660005 型抗张强度仪、Fiber Tester912 型纤维测试分析仪, 瑞典 L&W 公司; RK-3A 型快速纸页成型器, 德国 PTI 公司; PN-PT12E 型厚度测定仪, 杭州品享科技有限公司; XSL-200 A 克列姆吸收性测定仪, 济南三泉中实实验仪器有限公司; S135050000 型肖波尔双头耐折度测试仪, 德国 FRANK 公司; TSA 型柔软度测定仪, 德国 Emtec 公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 浆料处理

针叶木浆与阔叶木浆: 分别将绝干漂白硫酸盐针叶木浆板和绝干漂白硫酸盐阔叶木浆板在室温下用 5 L 水彻底浸泡 4 h 以上; 将浸泡过的试样撕成约 25 mm×25 mm 的小片, 泡好的纸浆在打浆机中进行疏解、打浆, 浆料浓度为 1.57%; 打浆完成后用浆袋过滤收集浆料, 甩干后打散备用。

高得率浆: 绝干的高得率浆板用消潜仪进行消潜、分散, 然后甩干打散备用。

#### 1.2.2 纸张抄造

漂白硫酸盐针叶木浆和漂白硫酸盐阔叶木浆按一定比例配抄。首先将 2 种浆料用疏解机分别疏解至 10000 r, 然后将疏解后的浆料混合并加入适量水, 用搅拌器打散, 转移至 5 L 的浆杯中加水稀释至浆料浓度为 0.3%(相对绝干浆), 在快速纸页成型器上抄片, 设定纸张定量为 30 g/m<sup>2</sup>。

漂白硫酸盐针叶木浆和高得率浆按一定比例配抄。首先将 2 种浆料用疏解机分别疏解 10000 r, 然后将疏解后的浆料混合并加入适量水, 用搅拌器打散, 转移至 5 L 的浆杯中加水稀释至浆料浓度为 0.3%(相对绝干浆), 在快速纸页成型器上抄片, 设定纸张定量为 30 g/m<sup>2</sup>。

#### 1.2.3 纸张性能检测

分别按照国家标准 GB/T 24328.6—2020《卫生纸及其制品 第 6 部分: 吸水时间和吸水能力的测定 篮筐浸没法》、GB/T 461.1—2002《纸和纸板毛细液高度的测定(克列姆法)》、GB/T 24328.3—2020《卫

生纸及其制品 第3部分:抗张强度、最大力值时伸长率和抗张能量吸收的测定》、GB/T 24328.2—2020《卫生纸及其制品 第2部分:厚度、层积厚度、表面层积紧度和松厚度的测定》、GB/T 8942—2016《纸柔软度的测定》测定纸张的吸水量、吸水速率、抗张强度、松厚度和柔软度。

#### 1.2.4 纤维长度分析

为了更好地了解漂白硫酸盐针叶木浆和高得率浆纤维微观形态差异,利用纤维测试分析仪对漂白硫酸盐针叶木浆和高得率浆的长度、宽度进行分析检测,测量纤维的数量不少于15000根。

## 2 结果与分析

### 2.1 纤维长度分析

3种浆料的纤维长度分布见表1。

表1 不同浆料的纤维长度分布

Tab. 1 Fiber length distribution of different pulps

| 浆料种类 | 纤维含量/%             |                          |                     |
|------|--------------------|--------------------------|---------------------|
|      | ≤0.45 mm<br>(细小组分) | 0.45~1.00 mm<br>(中等纤维组分) | >1.00 mm<br>(长纤维组分) |
| 针叶木浆 | 9.4                | 13.5                     | 77.1                |
| 阔叶木浆 | 15.7               | 47.1                     | 37.2                |
| 高得率浆 | 32.1               | 52.3                     | 15.6                |

由表1可知:针叶木浆中长纤维较多,中等纤维组分较少,细小组分含量更少,仅占9.4%,和中等纤维组分相加仅占22.9%,大部分纤维长度都维持在1mm以上。阔叶木浆纤维组分主要集中在中等纤维组分和长纤维组分,但其长纤维组分含量不如针叶木浆高,仅占37.2%。高得率浆以阔叶木杨木为原料,经一定程度的化学预处理,并经过强烈的机械磨浆,物理剪切作用导致纤维出现不同程度的分丝帚化现象,纤维长度整体变短,长纤维组分含量仅有15.6%,因此成纸强度性能不及上述两类化学浆。

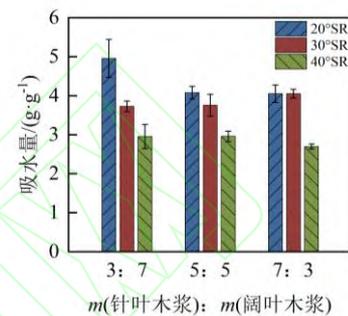
### 2.2 不同比例针叶木浆和阔叶木浆对厨房用纸原纸的影响

目前市面上大多数生活用纸类产品由阔叶木化学浆抄造,但阔叶木化学浆的成纸强度不及针叶木化学浆的。针叶木浆和阔叶木浆纤维形态不同,针叶木浆纤维细长、纯净、杂质少,用针叶木浆抄纸,成纸强度高、柔韧性好;阔叶木浆纤维粗短、含杂质多,用阔叶木浆抄纸,成纸强度低,松厚度较高。

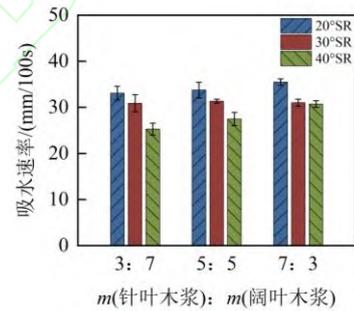
不同比例针叶木浆和阔叶木浆对厨房用纸原纸吸水量和吸水速率的影响如图1所示。

由图1可知:随着打浆度的提高,同一浆料配

比下,原纸吸水量和吸水速率均呈现较为明显的下降趋势。而随着针叶木浆纤维比例增大,当打浆度为20°SR时,吸水速率出现小幅提升;当打浆度上升为30°SR时,吸水速率基本保持不变;当打浆度为40°SR时,吸水速率出现了较为明显的提升。针叶木浆纤维比例提高,混合浆中细小纤维含量降低、纤维平均长度增大,成纸孔隙度降低,储水空间减小,导致吸水量下降。随着针叶木浆比例的提高,细长纤维含量提升,毛细管效应增强,吸水速率增大。



(a)吸水量



(b)吸水速率

图1 不同比例针叶木浆和阔叶木浆对厨房用纸原纸吸水量和吸水速率的影响

Fig. 1 Effects of different ratios of softwood pulp and hardwood pulp on the water adsorption amount/ rate of kitchen paper towel

不同比例针叶木浆和阔叶木浆对厨房用纸原纸抗张强度和松厚度的影响如图2所示。

由图2(a)可知,在打浆度为20°SR和30°SR的条件下,随着针叶木浆纤维在纸浆中的比例逐渐提高,成纸的抗张指数也呈现出稳步上升的趋势,这表明针叶木浆纤维对增强纸张的物理强度具有积极作用。在打浆度为40°SR时,针叶木浆与阔叶木浆的比例从3:7增加至5:5,成纸的抗张指数仍有小幅提升,但进一步将针叶木浆与阔叶木浆的比例提高至7:3时,抗张指数甚至出现了小幅度的下降。这可能是由于在高打浆度下,纤维的细纤维化程度

更高，导致纤维间的结合力变化，进而影响了成纸的抗张性能。综上所述，针叶木浆纤维的比例在提高成纸物理强度方面起着重要作用。因此为避免成纸物理强度低于市面阔叶木化学浆产品，本实验选择以针叶木浆为主原料，辅以添加高得率浆进行配抄，以保证实验对比效果。在此之前，首先研究不同比例针叶木浆和阔叶木浆对厨房用纸原纸性能的影响。由图 2 (a)可知随着打浆度的提高，厨房用纸原纸的抗张强度随之增大，这种增长归因于打浆度的提升促进了纸浆纤维的进一步分丝帚化，增强了纤维间的结合力，从而提高了成纸的抗张强度。特别是在打浆度为 40° SR 的条件下，原纸的抗张强度远高于 20° SR 时的抗张强度。随着针叶木浆纤维比例增大，原纸抗张强度也随之增大。这是因为针叶木浆纤维比例的提高导致浆料平均纤维长度增加，使成纸时纤维结合更为紧密，进而提高了成纸的抗张强度。

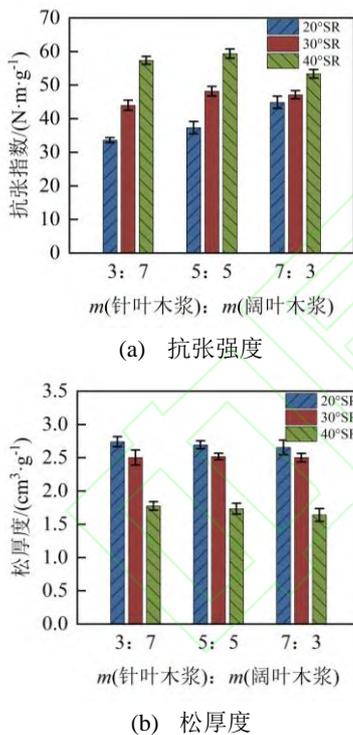


图 2 不同比例针叶木浆和阔叶木浆对厨房用纸原纸抗张强度和松厚度的影响

Fig. 2 Effects of different ratios of softwood pulp and hardwood pulp on the tensile strength and bulk of kitchen paper towel

由图 2 (b)可知，原纸松厚度随着打浆度的增大而降低，这是由于打浆会破坏纤维形态，加强纤维的分丝帚化。打浆度越高，分丝帚化越严重，细小纤维含量越多，成纸之后纤维之间的接触点越多，且细小纤维会填补纤维之间的空隙部分，因此成纸

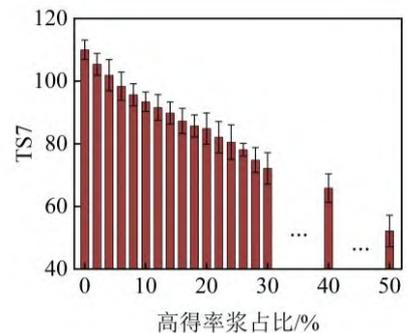
紧度高，松厚度低。随着针叶木浆比例提高，原纸松厚度有小幅下降的趋势，这是由于针叶木纤维细长，其含量增加能提高纸张内部的纤维结合强度，从而提高纸页的紧度和结合强度，降低其松厚度。

综上所述，当打浆度为 30° SR 且针叶木浆纤维比例较高时，厨房用纸原纸的各项性能波动较小，且最为均衡。为了降低高得率浆的加入对纸张强度性能的负面影响，选择打浆度为 30° SR 的针叶木化学浆纤维作为基础研究对象。

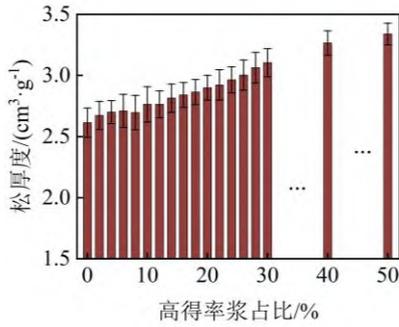
### 2.3 添加高得率浆对厨房用纸原纸吸水性能和物理强度性能的影响

与化学浆相比，高得率浆中纤维比较挺硬和粗大，成纸不易被压溃，因此高松厚度是高得率浆成纸的独有特性<sup>[9]</sup>。阔叶木高得率浆纤维中含有较少的长纤维组分和较多的细小纤维，其纤维尺寸分布在一定程度上取决于化学处理条件和成浆纤维的游离度<sup>[10]</sup>，一般具有较好的挺度和尺寸稳定性。因此，在针叶木硫酸盐化学浆中添加不同比例的杨木漂白高得率浆，研究厨房用纸原纸相关性能的变化规律。

高得率浆占比对厨房用纸原纸柔软度和松厚度的影响如图 3 所示。如图 3 (a)可知，随着高得率浆比例的增大，原纸的 TS7 值随之减小，即其柔软度提高(柔软度与 TS7 值成反比)，这可能是因为杨木漂白高得率浆的加入，带来了较多的细小纤维，细小纤维在成纸过程中填充了纤维之间的空隙，使纸张柔软度提高。如图 3 (b)可知，松厚度随着高得率浆比例的增大而提高，高得率浆纤维一般较为挺硬且在抄纸过程中不容易扁塌，原纸中高得率浆含量增大会使挺硬的纤维含量增多，因此成纸松厚度也随之增加。



(a)柔软度

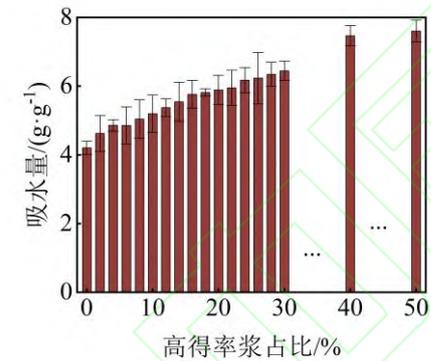


(b)松厚度

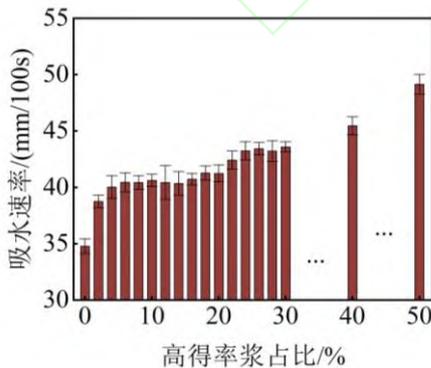
图3 高得率浆占比对厨房用纸原纸柔软度和松厚度的影响

Fig. 3 Effects of different ratios of HYP on the tensile strength and bulk of kitchen paper towel

高得率浆占比对厨房用纸原纸吸水量和吸水速率的影响如图4所示。纸张吸水量和吸水速率均随着高得率浆比例的提高而增大。吸水量的提高主要是因为加入高得率浆之后, 纤维挺硬的得率浆使成纸的孔隙增多, 松厚度增大, 纸张内部储水空间增多; 吸水速率的提高主要是因为高得率浆的加入, 纸张内部的毛细效应增大, 吸水速率提高。因此高得率浆的加入, 能够有效增加厨房用纸的吸水性能。



(a)吸水量



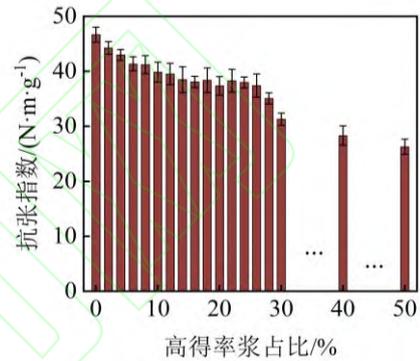
(b)吸水速率

图4 高得率浆占比对厨房用纸原纸吸水量和吸水速率的影响

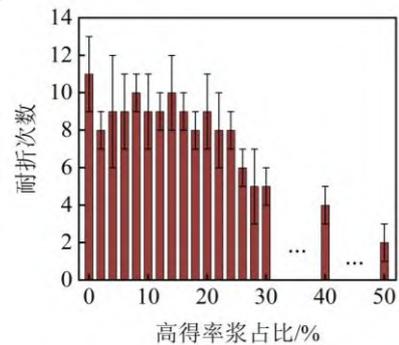
Fig. 4 Effects of different ratios of HYP on the water

adsorption amount/rate of kitchen paper towel

高得率浆占比对厨房用纸原纸抗张指数和耐折度的影响如图5所示。由图5(a)可知: 在不含高得率浆时, 原纸抗张强度最大, 这与针叶木化学浆具有较长的纤维和更加柔软的纤维的特性相吻合; 随着高得率浆含量的提升, 纸张抗张强度会随之下降, 尤其当高得率浆占比超过26%之后, 纸张抗张强度会出现大幅度下降, 这是由于高得率浆纤维挺硬, 成纸过程中纤维之间结合点减少、结合强度降低, 因此原纸抗张强度降低。综上所述, 本文确定在抄纸过程中高得率浆的占比应不超过30%, 以保证厨房用纸原纸最基本的强度性能。



(a)抗张指数



(b)耐折次数

图5 高得率浆占比对厨房用纸原纸抗张指数和耐折度的影响

Fig. 5 Effects of different ratios of HYP on the folding endurance and burst strength of kitchen paper towel

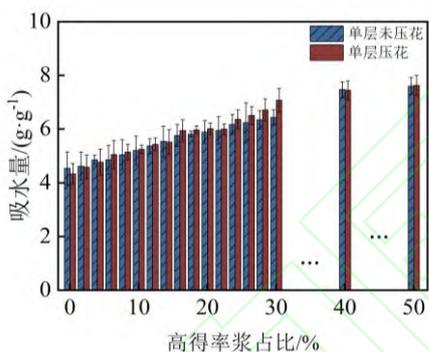
随着高得率浆比例的提高, 原纸耐折度也出现了较大幅度的下降趋势。高得率浆的加入使浆料纤维平均长度变短, 纤维成纸过程中结合点减少, 使成纸结合强度和紧度降低。高得率浆纤维挺硬、长度短, 细小纤维含量高, 虽然细小纤维可以填补纸张内部的孔隙, 可以小幅度提升纸张的结合强度, 但是高得率浆纤维挺硬对纸张抗张强度带来的负面影响远大于细小纤维所带来的正面影响。因此, 随着高得率浆纤维含量的提升, 原纸耐破度和耐折度

均出现了不同程度的下降趋势。尤其是高得率浆占比超过 30%之后,原纸抗张强度和耐折度均出现了较大幅度的下降,因此本实验确定高得率浆的添加比例不能超过 30%。

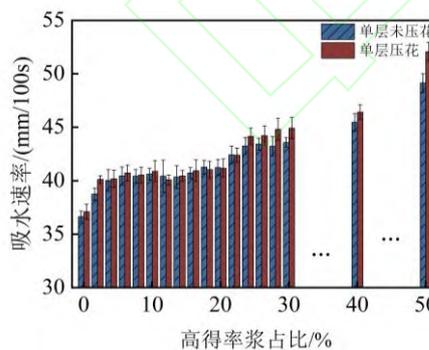
### 2.4 压花工艺对厨房用纸原纸吸水性能的影响

不同高得率浆比例下压花对单层厨房用纸原纸吸水性能的影响如图 6 所示。

由图 6 (a)可知,在高得率浆添加比例小于 6%时,压花工艺对原纸吸水量有较小的负面影响,这可能是由于原纸在经过压花板压花后,压花板的压力会对纸张产生压合作用,导致纸张的紧度提高,松厚度降低,纸张内部孔隙减少,吸水量也减少。即高得率浆添加量小于 6%时,压花对原纸吸水量带来的负面影响大于高得率浆对原纸吸水量带来的正面影响。当高得率浆含量在 6%~40%时,压花后的原纸吸水量均高于未压花的原纸。说明在这个范围内,压花对原纸吸水量的正面作用开始显现。而当高得率浆占比达到 40%之后,压花对原纸吸水量的促进作用几乎消失,压花前后原纸吸水量非常接近。



(a)吸水量



(b)吸水速率

图 6 不同高得率浆比例下压花对单层厨房用纸原纸吸水性能的影响

Fig. 6 Effects of embossing on the water adsorption properties of single layer kitchen paper with different HYP ratios

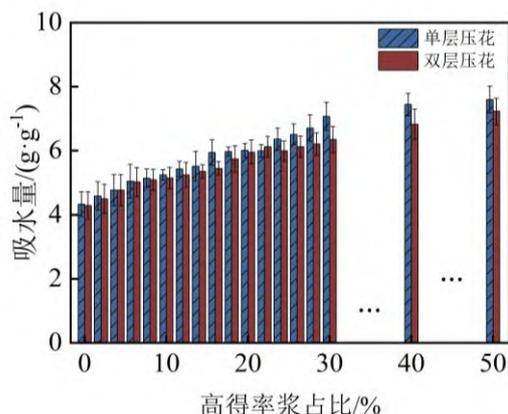
由图 6 (b)可知, 当高得率浆含量低于 26%时,

压花前后原纸吸水速率近乎相同, 只有当高得率浆占比在 26%以上时, 压花对原纸吸水速率的正面促进作用才较为明显地显现出来。纸张的孔隙结构是影响吸水性能的关键因素之一<sup>[11]</sup>, 孔隙的存在形式和结构性能直接关联纸张的吸水性能。压花过程中, 通过对纸张表面施压, 缩短了纸张内部纤维之间的距离, 导致孔隙体积和纤维排列发生变化, 影响了孔径分布, 改变了纸张的孔隙结构和松厚度, 毛细效应增强<sup>[12]</sup>, 这种结构的改变有助于提高纸张的渗透性能<sup>[13]</sup>, 使液态水或其他流体能够更快速地通过纸张, 对提高纸张吸水速率有积极作用。

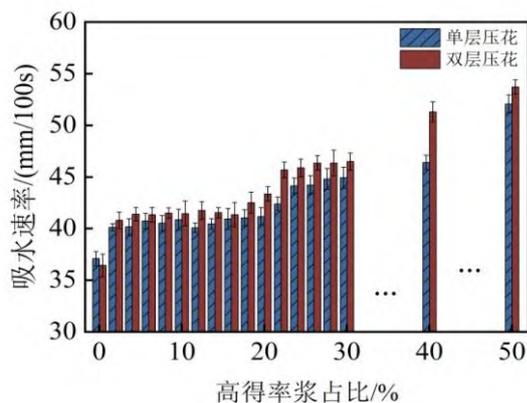
综上所述, 压花工艺对厨房用纸原纸吸水性能有促进作用, 单层纸张压花后比压花前吸水速率提升 2%~6%; 只有当高得率浆占比超过 24%时, 压花对原纸吸水性能的促进效果才较为明显, 因此高得率浆的较佳占比应在 24%~30%之间。

### 2.5 压花层数对厨房用纸原纸吸水性能的影响

压花层数是影响厨房用纸性能的重要因素之一。压花层数的不同, 其吸水性能和使用体验也有很大差别。压花层数对厨房用纸原纸吸水性能的影响如图 7 所示。由图 7 (a)可知, 不论高得率浆的添加比例如何变化, 单层压花原纸的单位吸水量总是高于双层压花原纸。然而, 这一观察结果并不意味着单层压花原纸在性能上一定优于双层压花原纸。尽管双层压花原纸的单位吸水量略逊于单层压花原纸, 但其总吸水量却远超单层压花原纸(几乎为 2 倍关系)。因此, 在处理积水量较大的情况时, 双层压花原纸在实用性方面表现出显著优势, 为用户提供了更好的使用体验。



(a)吸水量



(b)吸水速率

图7 压花层数对厨房用纸原纸吸水性能的影响

Fig. 7 Effects of embossed layers on the water adsorption properties of kitchen paper towel

由图7(b)可知,双层压花原纸吸水速率均高于单层压花原纸的吸水速率。随着层数的增加,压花后厨房用纸吸水速率出现小幅度上升趋势。Chang等<sup>[14]</sup>研究发现纤维内部空腔对液体渗透速率具有显著影响。Lehmann等<sup>[15]</sup>发现在纸张或其他多孔材料中,纤维内部空腔的大小和分布直接影响到液体渗透的路径和速度,较小的孔径会造成更高的毛细管压力,从而影响液体的渗透深度和速度。此外,Rascón等<sup>[16]</sup>发现纤维内部空腔形态(如是否为规则形状或具有特定几何结构)也会影响液体的渗透行为,具有特定几何结构的空腔可能会导致液体在某些区域形成涡流,从而影响渗透深度和速度。双层层合压花之后,由于压花板的压力作用,纸张压花点处产生应力集中,应力可能会改变纸张内部的纤维分布、孔隙分布及纤维空腔形态,从而影响了厨房用纸原纸的吸水速率。在吸水过程中,双层压花纸幅层间存在狭缝,这个狭缝在吸水时会产生类毛细管效应,加快纸张的吸水速率,双层原纸复合压花后吸水速率提升2%~16%。因此双层甚至多层的压花厨房用纸,其吸水速率、总吸水量以及使用体验均要好于单层压花厨房用纸。

### 3 结论

(1)针叶木浆的成纸强度高于阔叶木浆的,为降低高得率浆的加入造成原纸强度降低的影响,选择在针叶木化学浆中加入高得率浆,探究高得率浆的加入对厨房用纸吸水性能和强度性能的影响。打浆度的不同会影响厨房用纸原纸的吸水性能和物理强度,综合考虑较合理的打浆度为30°SR。

(2)高得率浆的加入能够有效提高厨房用纸原纸的吸水性能和松厚度,但当高得率浆含量超过30%时,原纸的抗张强度和耐折度会大打折扣。综合考虑后,确定高得率浆的添加比例不能超过30%。

(3)压花工艺对厨房用纸原纸吸水性能有促进作用,单层原纸压花后比压花前吸水速率提升2%~6%。

(4)压花层数对厨房用纸吸水性能以及使用体验有很大影响,双层原纸复合之后压花,比单层原纸压花后吸水性能更强,双层原纸复合压花后吸水速率提升2%~16%。

### 参考文献:

- [1] 张雪,张红杰,程芸,等. 高得率浆的发展现状及高值化应用研究进展[J]. 中国造纸,2021,40(7):24-32.
- [2] 李亚琳,邵喜泽,赵鹏. 高得率浆的应用及发展研究[J]. 造纸装备及材料,2020,49(2):72-73.
- [3] 沈葵忠,房桂干. 机械浆漂白技术现状及最新进展[C]//中国造纸学会. 中国造纸学会第十六届学术年会论文集. 北京: 中国造纸学会,2014: 22-29.
- [4] 刘洪斌. 高得率浆在纸、纸板和生活用纸中的应用[C]//中国造纸学会. 中国造纸学会第十七届学术年会论文集. 西安: 中国造纸学会, 2016: 231-235.
- [5] 房桂干,沈葵忠,李晓亮. 中国化学机械法制浆的生产现状、存在问题及发展趋势[J]. 中国造纸,2020,39(5):55-62.
- [6] 王强,陈嘉川. 高得率制浆技术的发展及装备[J]. 天津造纸,2009,31(1):5-8.
- [7] SPINA R, CAVALCANTE B. Characterizing materials and processes used on paper tissue converting lines[J]. Materials today communications, 2018, 17: 427-437.
- [8] 管敏. 提高厨房用纸原纸吸水性的研究[D]. 天津:天津科技大学,2019.
- [9] 张灿灿,王金泉,马邕文,等. 再生纸浆与高得率浆纤维形态和强度性能的差异分析[J]. 中国造纸,2023,42(2):43-49.
- [10] NISSAN A H. From smokestack to high-tech: the changing face of paper science and technology during the last 50 years[J]. Tappi journal, 1990(3): 79-84.
- [11] 吕晓慧,阳路,刘文波. 纸张的孔隙及其结构性能[J]. 中国造纸,2016,35(3):64-70.
- [12] 张志鹏,董奎斌,李晨曦,等. 影响生活用纸吸收性能的因素[J]. 中国造纸,2022,41(6):89-94.
- [13] HE J H, BATCHELOR W J, JOHNSTON R E. The behavior of fibers in wet pressing[J]. Tappi journal, 2003(12): 27-31.

- [14] CHANG S, SEO J, HONG S, et al. Dynamics of liquid imbibition through paper with intra-fibre pores[J]. Journal of fluid mechanics, 2018, 845: 36-50.
- [15] LEHMANN M, PANZER H, KOLB C G, et al. Influence of the pore radius on the penetration depth of inks in binder jetting: a modification of the Washburn equation[J]. Journal of manufacturing and materials processing, 2022, 6(5): 101.
- [16] RASCÓN C, PARRY A O, AARTS D G A L. Geometry-induced capillary emptying[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2016, 113(45): 12633-12636.

