

# 海带液与 PVA 组合施胶提高纸张强度技术的研究

刘雪梅, 杨福馨, 王凤仙

(上海海洋大学, 上海 201306)

**摘要:** 利用海带高强度的特性, 研究了利用海带提高纸张强度的方法。以瓦楞芯纸作为研究对象, 制备了海带液与 PVA 组合施胶剂, 并对纸张进行表面施胶, 确定了最佳施胶参数: 海带液的质量浓度为 10 g/L, PVA 质量浓度为 100 g/L, 海带液与 PVA 溶液体积比例为 3 : 1, 施胶量为 5.0 g/m<sup>2</sup>, 沿纸张纤维方向对瓦楞芯纸进行双面施胶。在此参数条件下, 瓦楞芯纸抗张强度增加 5.0%, 伸长率增加 5.4%; 表面摩擦系数明显减小, 静摩擦系数减小 20%。经过热老化处理, 施胶瓦楞芯纸的抗张强度降低 1.6%, 低于施胶前的 4.6%。

**关键词:** 海带; PVA; 表面施胶; 纸张; 强度

**中图分类号:** TB487; TB484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)21-0011-04

## Research of Paper Strengthening Technology Based on Kelp/PVA Surface Sizing

LIU Xue-mei, YANG Fun-xin, WANG Feng-xian

(Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In order to improve mechanical strength of corrugated paper, reduce its basic weight, and enhance its mechanical property, kelp/PVA combination sizing method was studied. Kelp/PVA combination sizing agent was prepared and corrugated paper was taken as research object to determine the best parameters. The result showed that the best parameters were: kelp density 10 g/L, PVA concentration 100 g/L, kelp and PVA volume ratio 3 : 1, sizing weight 5.0 g/m<sup>2</sup>, and double sizing along paper fiber direction. It was found that while the best parameters were chosen, the tensile strength increased by 5.0%, elongation increased by 5.4%; surface frictional coefficient was obviously reduced and static friction coefficient reduced by 20%. After thermal aging treatment, tensile strength of sizing corrugated core paper reduced by 1.6%, less than 4.6% of that compared paper.

**Key words:** kelp; PVA solution; surface sizing; paper strengthen

瓦楞纸板和瓦楞纸箱作为纸包装的代表, 被广泛应用于产品的运输包装中。为了实现纸包装的轻量化<sup>[1]</sup>, 表面施胶技术在高强瓦楞芯纸的生产中得到了迅速发展<sup>[2]</sup>。聚乙烯醇(PVA) 由于具有粘接强度高、成膜性能好等特性, 被广泛应用于包装纸的表面施胶<sup>[3]</sup>, 但是由于其耐水性差, 使用受到了限制, 所以现在常用于同其他天然大分子<sup>[4-5]</sup> 组合施胶。纸张作为一种天然的有机材料, 在高温干燥的环境中很容易出现干脆<sup>[6-7]</sup> 现象。作为一种成本低廉的产品, 海

带在干燥的情况下具有较高的机械强度。构成海带韧性的主要物质是海带中的褐藻酸和其钙盐<sup>[8]</sup>, 海带细胞壁及腔液中含有占海带质量 30% 左右的水不溶性褐藻酸和褐藻酸钙<sup>[9]</sup>。

利用干海带机械强度高的特性及 PVA 粘接强度高、成膜性能好的特性, 将海带液与 PVA 组合对瓦楞芯纸施胶, 不仅能够提高瓦楞芯纸的机械性能, 有利于降低芯纸的定量, 进而降低瓦楞纸板和纸箱的生产及运输成本, 而且能够拓宽海带的应用领域。

**收稿日期:** 2012-08-08

**基金项目:** 上海市科学技术委员会科研计划基金资助项目(103919n1100)

**作者简介:** 刘雪梅(1988-), 女, 山东人, 上海海洋大学硕士生, 主攻食品包装技术。

**通讯作者:** 杨福馨(1958-), 男, 侗族, 贵州人, 上海海洋大学教授、硕士生导师, 主要从事包装机械、包装工程理论与技术方面的教学与研究。

## 1 实验

### 1.1 材料

干海带:市售;PVA-1788(上海美梦佳化工科技有限公司);玖龙瓦楞芯纸:定量为  $110 \text{ g/m}^2$ , 尺寸为  $210 \text{ mm} \times 290 \text{ mm}$ , 平均厚度为  $180 \text{ }\mu\text{m}$ (玖龙纸业有限公司)。

### 1.2 仪器设备

DS-1 高速组织捣碎机(上海标本模型厂);DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器(巩义市科瑞仪器有限公司);VISCOMETER (LV/DV-II + P, BROOKFIELD, U. S. A);2000 Series 水浴锅(LABWORKS);GZX-GF101-3-S-II 电热恒温鼓风干燥箱(上海贺德实验设备有限公司);DCP-KZ300 电脑测控抗张试验机(四川长江造纸仪器有限公司);MXD-01 摩擦系数仪(Labthink)等。

### 1.3 海带液/PVA 施胶剂的配制

(1)海带液的配制:干海带  $10 \text{ g}$ , 经过清洗, 浸泡  $30 \text{ min}$ , 加入  $1000 \text{ mL}$  蒸馏水, 经高速组织捣碎机粉碎;(2)PVA 溶液配制:将  $10 \text{ g}$  PVA-1788 和  $100 \text{ mL}$  蒸馏水加入  $100 \text{ mL}$  烧杯中, 放入集热式恒温加热磁力搅拌器, 加热搅拌, 升温至  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  保温搅拌  $1 \text{ h}$ , 然后升温至  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  保温搅拌, 直至 PVA 完全溶解;(3)海带液/PVA 胶黏剂的制备:向盛有海带液的容器中, 按比例加入 PVA 溶液, 搅拌均匀后, 得到海带液/PVA 胶黏剂。

### 1.4 涂布过程

将需要涂布的纸张边缘固定, 防止涂布过程中发生褶皱。使用涂布棒将涂布液均匀地涂布于瓦楞芯纸上, 经过涂布处理的纸张置于鼓风干燥箱中进行干燥处理, 施胶量为  $5 \text{ g/m}^2$ 。

## 2 性能测试

### 2.1 涂布纸抗拉强度和断裂伸长率的测定

根据 GB/T 12914-2008《纸和纸板抗张强度的测定》, 将待测样本切取宽  $15 \text{ mm}$ , 长  $100 \text{ mm}$ , 纵横方向的试样各  $10$  条, 调节抗张强度测定仪夹距为  $50 \text{ mm}$ , 速度为  $25 \text{ mm/min}$ , 分别把纸条夹在上下夹头之间, 开动仪器进行测量。测试条件为室温, 相对湿度为  $(65 \pm 5)\%$ 。

$$R_m = p/bd$$

式中:  $R_m$  为抗拉强度;  $p$  为平均抗张力(N);  $b$  为实验纸条的宽度(mm);  $d$  为实验纸条的长度(mm)。

$$E = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中:  $E$  为被测涂布纸的伸长率(%);  $L_0$  为涂布纸的长度(mm);  $L$  为断裂后的长度(mm)。

### 2.2 涂布纸的摩擦系数测定<sup>[10]</sup>

两试样表面平放在一起, 在一定的接触压力下, 使两表面相对移动, 记录所需的力。力的第一个峰值为静摩擦力  $F_s$ , 两试样相对移动  $6 \text{ cm}$  内的力的平均值(不包括静摩擦力)为动摩擦力  $F_d$ 。摩擦系数的计算公式如下:

$$\mu_s = F_s/F_p; \mu_d = F_d/F_p$$

式中:  $\mu_s$  为静摩擦系数;  $\mu_d$  为动摩擦系数;  $F_p$  为法向力。

### 2.3 海带液/PVA 涂布纸抗老化性能的测定

将经过海带液/PVA 涂布前后的瓦楞芯纸置于  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  的恒温烘箱中, 连续烘  $3 \text{ h}$  进行热老化处理, 然后取出冷却, 测定其抗张性能。

## 3 结果与讨论

### 3.1 海带液用量

海带液/PVA 胶黏剂的粘度与海带液的含量有很大关系, 见图 1。由图 1 可知, 海带液与 PVA 组合施

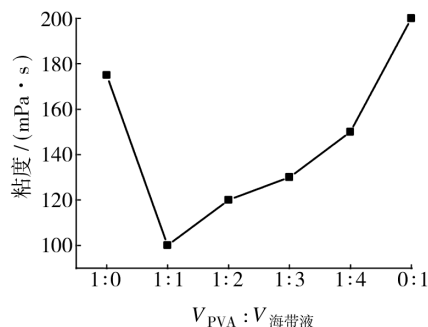


图 1 海带液与 PVA 体积比例对施胶剂粘度的影响

Fig. 1 Viscosity of kelp/PVA surface sizing agent

胶剂的粘度介于 PVA 粘度  $175 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  与海带液粘度  $190 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  中间, 原因可能在于海带与 PVA 发生了一定程度的交联作用; 而且随着海带液所占比例的增大, 胶黏剂的粘度越大, 说明海带液浓度对施胶剂的粘度影响较大。

3.2 施胶剂对瓦楞芯纸的增强作用

实验首先采用海带液与 PVA 溶液分别对瓦楞芯纸进行施胶,测定了 2 种不同施胶剂对芯纸的抗张性能的影响,结果见图 2。经过 PVA 施胶后芯纸的抗张

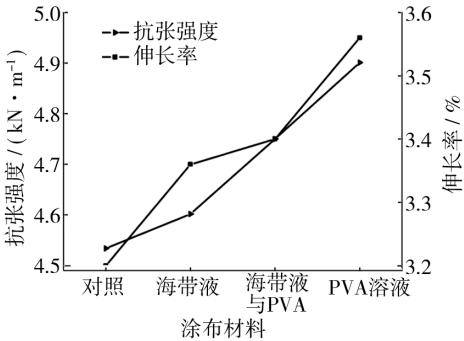


图 2 涂布材料对瓦楞芯纸抗张强度和伸长率的影响  
Fig. 2 Effect of coating materials on tensile strength and elongation rate of corrugated core paper

强度增加 7.9%,伸长率增加 9.0%;经过海带液施胶,瓦楞芯纸的抗张强度增加 1.5%,伸长率增加 5.3%。与海带液施胶比较,PVA 施胶对芯纸抗张性能影响较大。由图 2 可知,将海带液与 PVA 组合对瓦楞芯纸施胶,芯纸抗张强度与伸长率的增加值介于单独采用海带液与 PVA 溶液施胶之间。

为了进一步验证海带液与 PVA 组合对瓦楞芯纸的增强作用,改变海带液与 PVA 的比例,发现随着 PVA 含量的增加,瓦楞芯纸的抗张强度和伸长率不断增大,同样验证了 PVA 能明显改善芯纸的机械强度,见图 3。

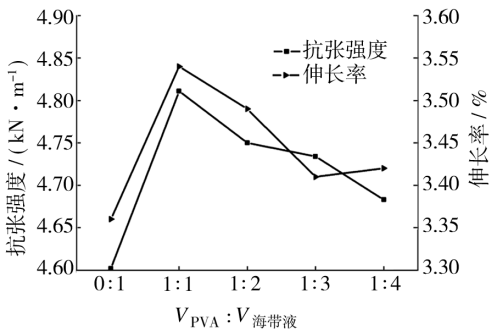


图 3 海带液与 PVA 体积比例  
对瓦楞芯纸抗张强度和伸长率的影响

Fig. 3 Effect of kelp/PVA volume ratio on tensile property of corrugated core paper

在实验选取的 5 组海带液/PVA 组合施胶剂中,海带液与 PVA 体积比为 1 : 1 时,瓦楞芯纸的抗张强

度与伸长率增加值最大,分别为 6.2%,8.3%。

3.3 施胶剂对瓦楞芯纸摩擦系数的影响

经过海带液/PVA 组合施胶剂涂布后,瓦楞芯纸的静摩擦系数明显减小,动摩擦系数有一定程度的增大,原因在于施胶后纸张发生褶皱,对实验结果产生不利影响,施胶一次后瓦楞芯纸摩擦系数的变化见表 1。涂布量一定情况下,采用二次涂布瓦楞芯纸摩擦系数的变化见表 2,海带液与 PVA 体积比为 3 : 1 时,

表 1 施胶剂对芯纸摩擦系数的影响

Tab.1 Effect of surface agent on frictional coefficient of the core paper

| 摩擦系数    | 原纸    | PVA : 海带液 (体积比) |       |       |       |       |
|---------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|         |       | 0 : 1           | 1 : 1 | 1 : 2 | 1 : 3 | 1 : 4 |
| $\mu_s$ | 0.509 | 0.484           | 0.482 | 0.489 | 0.504 | 0.479 |
| $\mu_d$ | 0.398 | 0.421           | 0.410 | 0.420 | 0.459 | 0.432 |

表 2 施胶剂二次涂布对芯纸摩擦系数的影响

Tab.2 Effect of double surface sizing on frictional coefficient of the core paper

| 摩擦系数    | 原纸    | PVA : 海带液 (体积比) |       |       |       |       |
|---------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|         |       | 0 : 1           | 1 : 1 | 1 : 2 | 1 : 3 | 1 : 4 |
| $\mu_s$ | 0.509 | 0.544           | 0.499 | 0.452 | 0.403 | 0.403 |
| $\mu_d$ | 0.398 | 0.570           | 0.463 | 0.437 | 0.401 | 0.409 |

$\mu_s$  为 0.403, $\mu_d$  为 0.401,静摩擦系数减小 20%。表明在施胶量一定的情况下,适当增加施胶次数有利于改善涂布纸张的表面性能。

3.4 施胶剂对瓦楞芯纸干脆现象的改善

实验首先采用海带液与 PVA 两种施胶剂对瓦楞芯纸进行热老化处理,测定了芯纸的抗张性能,发现 PVA 施胶不能对抗芯纸的老化现象,而海带液施胶后芯纸抗老化性能增强,并且在一定浓度范围内,海带液浓度与芯纸抗老化性能之间呈现正相关的关系。然后对海带液/PVA 组合施胶的芯纸进行热老化测试。海带液与 PVA 比例为 3 : 1 实验组的测试结果见表 3。

表 3 老化处理对瓦楞芯纸抗张强度的影响

Tab.3 Effect of aging on tensile strength of corrugated core paper

| 样品                                       | 原纸    | 原纸热老化 | 施胶纸   | 施胶纸热老化 |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| 抗张强度/( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ ) | 4.534 | 4.312 | 4.602 | 4.526  |

由表 3 可以看出,经过热老化处理后,施胶前后

瓦楞芯纸抗张强度都低于老化处理前,原因在于经过热处理纸纤维发生断裂,从而导致纸的抗张强度降低。原纸热老化前的抗张强度为 4.534 kN/m,热处理后为 4.312 kN/m,抗张强度下降 4.6%;施胶纸热处理后抗张强度下降 1.6%,表明经过施胶瓦楞芯纸的抗老化能力明显增强。原因可能在于经过施胶处理,涂布材料与纸纤维发生交联,对纸纤维形成了有效的保护,从而减小了高温干燥对于纸纤维的破坏作用。

## 4 结论

采用海带液/PVA 施胶能够明显提高瓦楞芯纸的机械强度,增强纸张的抗老化能力,并能够明显减小瓦楞芯纸的摩擦系数,有利于改善芯纸的表面性能。经过热老化处理,施胶后瓦楞芯纸的抗老化能力增强,原因是否在于施胶剂与纸纤维发生交联作用,需要通过扫描电镜做进一步观察,从微观结构方面进行研究。实验制备的海带液/PVA 施胶剂由于不是均一溶液,放置一段时间后容易出现分层现象,对于结果的稳定性有一定影响,施胶剂的稳定性有待进一步提高。

### 参考文献:

- [1] 杨福馨. 包装技术的低碳理论研究[J]. 上海包装, 2010, (12): 10-11.  
YANG Fu-xin. The Research of Low Carbon Theory in Packaging Technology[J]. Shanghai Packaging, 2010(12): 10-11.
- [2] 张培. 表面施胶对高强瓦楞芯纸强度和防潮性的影响[J]. 纸科学与技术, 2010, 29(4): 28-32.  
ZHANG Pei. Effect of Surface Sizing on Strength and Moisture-proof of High-strength Corrugating Medium[J]. Paper Science and Technology, 2010, 29(4): 28-32.
- [3] 张新荔, 吴义强, 胡云楚, 等. 高耐水 PVA/淀粉木材胶黏剂的制备与性能表征[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(1): 104-108.  
ZHANG Xin-li, WU Yi-qiang, HU Yun-chu, et al. Preparation and Characterization of High-strength and Water-proof PVA/starch Wood Adhesive[J]. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2012, 32(1): 104-108.
- [4] RHIM Jong-whan, LEE Jun-ho, HONG Seok-in. Water Resistance and Mechanical Properties of Biopolymer (Alginate and Soy Protein) Coated Paperboards[J]. Swiss Society of Food Science and Technology, 2006(39): 806-813.
- [5] SOTHORNVIT R. Effect of Hydroxypropyl Methylcellulose and Lipid on Mechanical Properties and Water Vapor Permeability of Coated Paper[J]. Food Research International, 2009(42): 307-311.
- [6] 王博. 影响纸质文物的五大环境因素[J]. 中国文物科学研究, 2011(2): 62-66.  
WANG Bo. Five Environmental Factors Effect on Paper Cultural Property[J]. Scientific Research of China Cultural Property, 2011(2): 62-66.
- [7] 杨福馨, 瞿建武. 瓦楞纸板抗水保湿性能的实现[J]. 农业机械学报, 2006, 37(3): 56-59.  
YANG Fu-xin, QU Jan-wu. Investigation on Packing Technique of Corrugated Board with Waterproof and Moisture-holding[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2006, 37(3): 56-59.
- [8] 孙秀菊. 海带的不同软化方法及其对碘的影响[J]. 中国食物与营养, 2010(6): 28-32.  
SUN Xiu-ju. Different Ways to Soften Kelp and Its Effects on Iodine[J]. Food and Nutrition in China, 2010(6): 28-32.
- [9] 沈开惠, 于福增. 海带脯研制[J]. 食品工业, 2000(2): 44.  
SHEN Kai-hui, YU Fu-zeng. Research on Preserved Kelp[J]. Food Industry, 2000(2): 44.
- [10] 唐翔, 李大纲, 章育骏, 等. 纸/铝/塑复合软包装材料摩擦系数的分析[J]. 包装工程, 2006, 27(1): 7-9.  
TANG Xiang, LI Da-gang, ZHANG Yu-jun. Analysis of Frictional Coefficient of PAPER/AL/PE Film[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(1): 7-9.