

## 研究報告

# 綁鈔紙帶之製造

郭蘭生<sup>1</sup> 何建緻<sup>2</sup> 盧俊嘉<sup>3</sup> 林詩翎<sup>4</sup>

**【摘要】** 流行我國金融界之綁鈔紙帶為一種網綁鈔票用之特種紙張。紙性不僅要求高至 6 kg/15 mm 以上之拉力，且要求有著與拉力幾乎成相反關係之高扭力，因而使其製造之難度提高。作者應本省某紙廠之託，欲尋找符合綁鈔紙帶高紙力要求之抄紙配方，經試驗結果得知，添加 2% CMC 於鳳梨葉纖維漿中抄造 60 g/m<sup>2</sup> 之乾紙，再含浸於 5 % 丙三醇（塑性劑）水溶液後所製得之手抄紙樣符合綁鈔紙帶之高紙力及扭力要求。

**【關鍵詞】** 綁鈔紙、拉力、扭力、塑性劑

### Research paper

## Preparation of Paper Slip for Bank Note Tying

Lan-sheng Kuo<sup>1</sup> Chung-chien Ho<sup>2</sup> Chun-chia Lu<sup>3</sup> Shi-ling Lin<sup>4</sup>

**【Abstract】** We carried out this study at the request of a Taiwan paper mill. For preparing a high strength properties of paper slip to tie a bunch of bank note in a commercial bank of Taiwan, a tensile strength > 6.0 kg/15mm and no failure occurred during twisting both ends of paper slip abruptly must be attained. Some of the high strength properties of commercial pulps such as flax, pineapple leaf fiber and imported NBKPs were investigated. Because the reversal of paper strength in tensile and twisting strength, it seems not easy to prepare a high strength paper slip for bank note tying. One of the available approaches to prepare a high tensile and twisting strength paper slip involves using a 2% CMC-containing beaten pineapple leaf pulp fibers and then dipping it into a 5% glycerin solution for improving the flexibility of fibers, of which accounts for the concomitant high twisting strength.

**【Key words】** Paper slip for bank note tying, tensile strength, twisting strength, plasticizer .

- 
1. 國立中興大學森林系教授，通訊作者  
Professor, Department of Forestry, NCHU. Correspondent author.
  2. 國立中興大學森林系研究生  
Graduate student, Department of Forestry, NCHU.
  3. 國立中興大學森林系研究生  
Graduate student, Department of Forestry, NCHU.
  4. 國立中興大學森林系大四學生  
Senior, Department of Forestry, NCHU.

## 一、前言

綁鈔紙帶為在台灣及中國大陸金融界慣用之捆綁成束鈔票之一種特種高強度紙。其紙性要求為在受到高度拉力 (high tensile) 之情形下，仍需保有極為良好之扭力 (twisting)。

打漿及鍊漿之目的在改變纖維之性質，使得抄出來的紙張性質更適合客戶的要求。打漿對紙漿之性質影響如下 (蔡茂松, 1986; Cote, 1954; Forgacs, 1961)：

1. 由於適度之切斷作用使纖維長度變小。
2. 由於帚化作用使纖維比表面積變大，利於紙纖維之交織。
3. 由於帚化作用使水分進入纖維內部，可增加纖維之柔性。
4. 由於帚化作用使纖維間之氫鍵作用更明顯，益增紙力。

由此可知，吾人可藉由打漿降低游離度之方式大幅提升紙之拉力，但與紙扭力相關之撕力 (tear) 大致上與打漿程度成反比。在打漿初期，紙漿纖維相當長及紙漿片十分膨鬆，故紙之撕力隨打漿程度之升高而升至最高值。隨後因纖維長度被切斷，故撕力隨之下降。對促進所有紙之強度而言，較好之打漿及鍊漿為使纖維內外部之帚化作用達最大值，而纖維切斷達最小值 (Clark, 1976)。紙之拉力受紙纖維間結合度之程度影響，紙纖維間之結合程度越高，其拉力自然較佳。

綁鈔紙帶性質之要求為 (台灣銀行, 2002)：

1. 紙之基重介於 50~60 g/m<sup>2</sup> 間。
2. 紙縱向 (machine direction) 之拉力大於 8kgf / 15 mm 以上。
3. 以手對緊綁一疊紙鈔時之綁鈔紙快速扭轉後，紙受力處不會有裂痕出現。
4. 紙之白度不計。

由上所述知綁鈔紙之二種紙力—高拉力及與扭力有關之纖維柔順性 (conformability) 係一物之二面，互為拮抗作用，使得找出適宜綁

鈔紙帶之配方十分困難。有著良好纖維鍵結之紙結構對紙拉力雖有正面貢獻，但遇到呈圓周運動之扭力時，顯然會使拉力隨之下降。如何尋找有著高拉力及良好柔順性之紙漿？於高強度漿料中添加乾強劑，是否會同時收增加紙拉力及扭力之效？如否，如何找出不損及拉力太多之前提下，添加可增加紙扭力之吸濕劑？是為本研究之目的。

## 二、實驗方法

### (一) 實驗材料

#### 1. 紙漿：

市售之高強度 NBKP 漿、高紙力無元素氯硫酸鹽漂白漿 (NBKP, ECF)、漂白馬尼拉麻漿及實驗室中自行以蘇打法單段次氯酸鹽漂白之高強度漂白鳳梨葉纖維漿。

#### 2. 化學藥品：

##### 乾強劑：

(1) Sodium Carboxymethylcellulose (CMC)，日本林純藥工業社。

(2) Polyvinyl alcohol (PVA)：長春化工有限公司，型號：BF-17H。

(3) Latex 乳膠：久聯化工，型號 TA-618。

##### 塑性劑 (扭力增強劑)：

5% 丙三醇 (聯工化工) 水溶液。

### (二) 手抄紙樣之抄造

將上述各種不同漿料，依 CNS 11212 物理試驗用手抄紙抄造法，按添加或不添加紙力增強劑之方式抄造基重 60 g/m<sup>2</sup> (游離度為 500 ml CSF) 之手抄紙，以 105 °C 之烘箱乾燥手抄紙 20 分鐘，俟乾後放入 20 °C，相對溼度 65 % 之恆溫恆溼室中調濕 24 小時後，將紙樣切成寬度 15 mm 之紙帶進行各種性質測試。

### (三) 添加塑性劑對紙扭力之影響

將各種基重 60 g/m<sup>2</sup> 之紙片含浸於 5 % 丙三醇液內 10 秒鐘後，以 3.5 kgf/cm<sup>2</sup> 之壓力壓水 5 分鐘。再將濕紙片置入 105 °C 烘箱中乾燥 15 分鐘，俟乾燥後，再移至 65 % R.H. 及 20 °C

恆溫恆濕室內調濕 24 小時，以供紙性測定。

(四) 壓水部壓力大小對紙拉力之影響

將游離度 500 ml 之鳳梨葉纖維漿抄造基重 60 g/m<sup>2</sup> 之紙，再以 20 kgf/cm<sup>2</sup> 之壓力壓水 5 分鐘後置入 105 °C 烘箱中乾燥 15 分鐘。再含浸於 5 % 丙三醇液內 10 秒後以 20 kgf 之壓力加壓 5 分鐘後置入 105 °C 烘箱中乾燥之。紙樣經調濕後裁切成寬度 15 mm 之紙條測試其拉力及扭力，並與 (三) 項中使用手抄紙壓水壓力 (3.5kg/cm<sup>2</sup>) 所製得之紙樣紙力比較之，以了解壓水部之施壓對紙力之影響。

(五) 紙性測試法

1. 拉力測試：

依 CNS 11291 手抄紙物理性質試驗法，以拉力試驗機進行紙樣拉力強度測試。強度以 kgf 單位示之。

2. 扭力測試：

查諸文獻，由於並無良法與儀器測試綁鈔紙帶之扭力，因此吾人按台灣金融界建議法進行扭力試驗。測試方法為以綁鈔紙帶緊緊綑綁 50 張一疊 100 元台幣紙綑後，以手快速 (2 秒鐘內) 轉動紙頭尾二端交叉處，觀察受力紙面之破裂情形。若有撕裂則記為“不良 poor”，或以“良好 good，中等 fair”字樣

描述之。

三、結果與討論

(一) 不同種類紙漿抄造之綁鈔紙帶之拉力及扭力

將高強度 NBKP，高紙力不含氯元素漂白之硫酸鹽漿，漂白馬尼拉麻漿及鳳梨葉纖維漿，以 PFI 鍊漿機將各種紙漿鍊漿至 500 ml CSF 游離度。按實驗方法 (二) 項所述，抄造基重 60 g/m<sup>2</sup>，寬 15 mm 之供試紙條，並依實驗方法 (三) 項所述，測定各種手抄紙之拉力及扭力並與市售之綁鈔紙樣本之紙力比較之，所得結果如表 1 所示。

表 1 顯示在游離度較高 (500 ml CSF) 之情形，馬尼拉麻漿及鳳梨葉纖維漿之拉力均較 NBKP 漿及漂白漿為差，但扭力則明顯較好些。由於馬尼拉麻漿及鳳梨葉纖維漿對扭力之表現較佳，故選擇此二種紙漿抄造綁鈔紙。

又就扭力而言，高紙力不含氯元素漂白之針葉樹硫酸鹽漿 (NBKP, ECF) 之扭力較傳統漂白之高紙力硫酸鹽紙漿 (NBKP) 為低些。其因為何？可能與漂白方法有關。

又表 1 所示市售綁鈔紙之拉力與扭力遠

表 1. 各種漿料抄造之綁鈔紙的拉力及扭力

Table 1. Tensile and twisting strengths of paper slips made from various pulps for bank note tying.

Pulps	Tensile (kgf/15mm)	Twisting
NBKP	8.4	Poor
NBKP,ECF	8.3	Very poor
Manila flax	6.2	Fair
Pineapple leaf fiber	7.0	Good
CONTROL <sup>a</sup>	11.5	Excellent

a: Machine-made control paper has apparent directionality, in which shows higher tensile in its machine direction when compared to handsheets formed in handsheet mould.

較手抄紙為高，作者請教提供此問題之 GF 公司負責人 L 君得知圓網紙機所抄造之綁鈔紙由於有著明顯之方向性（即紙機方向之紙力大於橫向）。若手抄紙之拉力大於 6 kgf/15 mm 時，相較同一漿料抄造之機器紙時，無方向性之手抄紙之拉力 6~8 kgf 應與市售綁鈔紙之 11 kgf 接近。若欲與市售紙樣之拉力相當，則手抄紙之拉力至少應大於 6 kgf/15 mm 以上為妥。

### (二) 紙力增強劑對紙張拉力及扭力之影響

雖然馬尼拉麻漿與鳳梨葉纖維漿之拉力勉強符合吾人之要求（見表 1，拉力 > 6.0 kgf/15mm），並可藉由降低游離度之方式來提升拉力，但會造成纖維之可撓性大幅下降（Britt, 1970）而使扭力未能達成客戶之需求。因而吾人嘗試以添加紙力增強劑：乳膠、CMC 及 PVA 各 2% 於紙漿中之方式來提升其拉力。表 2 為添加各種不同紙力增強劑對馬尼拉麻漿及鳳梨葉纖維漿（游離度為 500 ml CSF，基重為 60 g/m<sup>2</sup>）紙力之提升程度。

由表 2 知乳膠及聚乙烯醇高分子物添加於紙中後所製得之紙其可撓性不佳，故對紙之扭力之貢獻反不及未添加任何高分子物者。基於此，吾人認為需高拉力及扭力之綁鈔紙紙力增強劑，可選用 CMC 乾強劑為宜。

比較三種紙力增強劑 -PVA、Latex 及 CMC 對紙之拉力影響得知 CMC 不僅具有最高之拉力提昇，且對扭力之下降程度最低（增加拉力有損扭力），因此本實驗均添加 2% CMC 以為紙力增強劑。

### (三) 塑性劑對紙張扭力之影響

由於所抄之高拉力紙，其扭力會呈些微下降，不盡符客戶之需求。基於此，吾人考慮添加可增紙柔軟性之塑性劑（plasticizer）來增進紙張之扭力。紙中添加塑性劑使紙具可撓性；此外，塑性劑尚可局部破壞纖維間之鍵結，當紙纖維受外力時，不僅使纖維具可撓性，尚可使纖維之粘性下降，具流動性（Hall, 1963），此時紙不易受外力而扭斷矣。

丙三醇（glycerin）為一良好之保水劑及軟化劑，添加於紙張，可增加紙張之扭力，但因會妨礙纖維間之鍵結，故紙之剛挺性及拉力則會下降。

表 3 為基重 60 g/m<sup>2</sup> 之紙樣含浸於 5% 丙三醇後之馬尼拉麻紙條與鳳梨葉纖維紙之拉力及扭力。由表 3 可知，添加丙三醇後，其扭力明顯上升，但拉力則大幅下降，綜合考量拉力及扭力，吾人發現鳳梨葉纖維紙之紙力較適合製造高紙力綁鈔紙，因而本實驗採鳳梨纖維葉麻漿做為材料。

表 2. 添加增強劑對綁鈔紙紙帶拉力及扭力之影響

Table 2. Effect of strength agents on the tensile and twisting strengths of paper slip for bank note tying.

Chemicals <sup>a</sup>	Tensile(kgf/15mm)	Twisting
0	6.2 / 6.7 <sup>b</sup>	Good
Latex	7.2 / 7.6	Poor
CMC	8.5 / 8.6	Fair
PVA	7.0 / 7.2	Very poor

a: The addition of all chemicals is 2% (on o.d. pulp).

b: Manila flax / Pineapple leaf flax

表 3. 添加塑性劑對綁鈔紙帶拉力及扭力之影響

Table 3. Effect of plasticizer on the tensile and twisting strengths of paper slip for bank note tying.

Pulps <sup>a</sup>	Tensile (kgf/15mm)	Twisting strength
Pineapple leaf fiber	6.4	Good
Manila flax	6.2	Good
Manila flax <sup>b</sup>	5.8	Fair to good

a: All pulps were added by 2 % CMC before dipping into 2 % glycerin.

b: Freeness: 600 mL CSF

(四) 壓水部壓力對綁鈔紙拉力之影響

查文獻（楊宗時，1988）得知，抄紙時增加壓水部之施壓，可增進紙纖維間之接觸面，進而使紙之密度及紙力增加。基於此，吾人以增加壓水部壓力之方式，嘗試在不大幅下降紙之扭力前提下，提升鳳梨纖維紙片之拉力。結果如表 4 所示，增加壓水部壓力可大幅提升紙張之拉力（6.4→8.3 kgf），但會使紙之扭力少許下降，下降之程度仍可在可接受範圍。因此使用游離度 500 ml 之鳳梨葉纖維漿抄造基重 60 g/m<sup>2</sup> 之濕紙，再以 20 kgf 之壓力壓水 5 分鐘後，送入 105 °C 烘箱中乾燥 15 分鐘，俟乾後，再含浸於 5 % 丙三醇水溶液中 10 秒後再以 20 kgf 之壓力加壓 5 分鐘後，並經乾燥後所得之紙片，其紙性符合綁鈔紙帶之要求。有趣者為經高壓處理者之綁鈔紙密度 0.67 g/cm<sup>3</sup> 並不亞於市售綁鈔紙之 0.65 g/cm<sup>3</sup>。

四、結論

1. 比較添加 CMC、Latex 及 PVA 等乾強劑於高強紙漿後之拉力及扭力，吾人發現添加 2 % CMC 較適合做為綁鈔紙帶之紙力增強劑。
2. 添加 2 % CMC 乾強劑於鳳梨葉纖維及馬尼拉麻中並抄造基重 60 g/m<sup>2</sup> 之紙，可提升紙之拉力。再含浸於 5 % 丙三醇液中，因可改善纖維之可撓性，故可明顯改善紙張之扭力。
3. 壓水時之高壓對紙綁鈔紙之拉力有明顯之提升。

以游離度 500 ml CSF 之鳳梨葉纖維漿抄造基重 60 g/m<sup>2</sup> 手抄紙，再含浸於 5 % 丙三醇液所製得之綁鈔紙符合金融界對綁鈔紙之要求。此外，由於手抄紙機抄出之紙樣無方向性，因此本試驗所得之拉力遠不及在圓網紙機上抄出之有方向性之綁鈔紙帶之拉力。

表 4. 壓水部壓力對紙帶拉力及扭力之影響

Table 4. Effect of press pressure on the tensile and twisting strengths of paper slip for bank note tying.

Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile (kgf/15mm)	Twisting strength
3.5	0.55	6.4	Good
20	0.67	8.3	Fair to good

## 五、參考文獻

- 台灣銀行 (2002) “私人通訊”。
- 蔡茂松 (1986) 紙漿鍊漿淨漿學。7~8頁。
- 楊宗時 (1988) 打漿與造紙，正色公司 (台北市)。269~272頁。
- Britt, Kenneth W. (1970) Pulp and Paper Technology, Van Nostrand Reinhold Company, USA. pp. 672-673.
- Clark, James d' A , (1976) Pulp technology and treatment for paper, Miller Freeman Publications, Inc. San Francisco, USA. pp. 392.
- Corte, H. (1954) Das Papier, 8(9/10):p.163.
- Forgacs, O.L. (1961) Tappi 44(2):p.112.
- Hall, Ray (1963) Paper coating additives, TAPPI monograph series No.25. pp. 92.