

回收廢紙製造瓦楞芯紙之研究 (I)

木材之半化學紙漿與廢紙漿物理性質 之比較

張豐吉¹⁾ 陳鴻財²⁾

【摘要】

由於全世界森林資源之短缺及環境污染問題之日趨嚴重，未來造紙業界將以速生闊葉樹材及廢紙回收漿作為造紙之主要原料，本試驗以中性亞硫酸鹽半化學製漿法，探討不同比重之材種對紙漿收率、打漿性及紙張性質之影響，並與四種廢紙漿性質作比較，由試驗結果得知，在不同比重之材種之中性亞硫酸鹽製漿性中，以低比重木材之紙力最優，其次為中比重及高比重木材。尤其低比重之山黃麻及中比重之銀合歡在10%Na₂SO₃用藥量下可獲得約84%之高收率紙漿，比進口紅木約高出10%，並可獲得較高的環壓強度，極適合於製造瓦楞芯紙之原料。材種之比重愈高者，愈不容易打漿，但印尼紅木之 NSSCP者例外。在四種廢紙漿中，各種物理強度皆以美國廢牛皮紙板最高，其次分別為舊雜誌紙漂白脫墨漿、省產舊瓦楞紙箱及美國舊瓦楞紙箱。中性亞硫酸鹽半化學漿皆較四種廢紙漿具有較高的環壓強度。

中興大學實驗林研究報告 第十四卷，第二期：147~157 (民國81年9月)

【關鍵詞】

樹材比重，中性亞硫酸鹽半化學漿，廢紙漿，環壓強度

國立中興大學 

1),2) 國立中興大學森林系教授及研究生 Chung Hsing University
1),2) Professor, Graduate student, Dept. of Forestry, National Chung Hsing University.

Studies on the Manufacturing of Corrugating Medium from Recycled Waste Paper

(1) Property Comparisons between Semichemical Wood Pulp and Waste Pulps

*Feng-Jyi Chang*¹⁾ *Horng-Tsai Chen*²⁾

【Abstract】

Due to the world-wide shortage of forest resources and the ever-increasing pollution problems, in the future the paper industry will use the combination of fast growing hardwood pulp and recycled waste paper as the main raw materials for papermaking purpose. The effects of the specific gravity of different tree species on the pulp yield, beatability and paper properties of NSSC pulps were also studied. Tree species with low specific gravity is most suitable for pulping and papermaking purposes.

Under the chemical charge of 10% Na_2SO_3 , *Trema Orientalis* with low specific gravity and *Leucaena leucocephala* with medium specific gravity have about 84% in pulp yield, which is about 10% higher than that of *Rhizophora* spp.; in addition to higher yield, the former two species have higher ring crush strength, which makes them suitable for the manufacturing of Corrugating medium. Generally speaking, the beating operation becomes more difficult when wood species increases its specific gravity-except the Neutral Sulfite Semichemical Pulp (NSSCP) of *Rhizophora* spp.

The properties of paper made from American waste kraft board (AWKB) are

the best, followed by deinked pulp (DIP), Taiwan old corrugated container (TOCC) and American old corrugated container (AOCC). The NSSCP is stronger in ring crush than four types of waste papers.

【Keywords】

Tree specific gravity, NSSCP, Waste paper pulp, Ring crush

一、前言

台灣近年來瓦楞芯紙生產量有逐年增加，據統計(8)民國77年全年瓦楞芯紙生產量為565,840噸，較前年增加10%，民國78年全年瓦楞芯紙生產量為679,674噸，較前年增加20%。瓦楞芯紙之製造原料在過去主要為闊葉樹中性亞硫酸鹽半化學漿。低成本之闊葉樹材雖其纖維長度較針葉樹材短許多，但聚戊糖含量平均為針葉樹材之2~3倍，因係在中性的條件下蒸煮，故此種半纖維素成分將大部分被保留下來，對於瓦楞芯紙所要求之壓縮強度極有幫助。Back及Salmen二氏(10)以NSSCP及廢紙作為製造瓦楞芯紙之材料，比較二者在瓦楞操作性及高含水率下瓦楞紙箱的性能差異，結果顯示雖然以NSSCP製造之瓦楞芯紙成本較以廢紙來得高，但保留較多的引張性質及在高含水率環境之壓縮強度，因此對瓦楞紙箱之製造尤其面對高相對濕度之環境中特別有利。木材為製漿造紙最重要的原料，但世界森林面積正逐年的在退減之中，各國為保護森林資源，紛紛降低原生紙漿比例，逐漸擴增廢紙用量於紙張及紙板製造上。就環境保護及經濟效益而言，廢紙回收不但緩和森林資源的急速下降，亦可減少能源消耗及環境污染問題。Ince及Klungne-ss氏(12)曾就原料成本、製造成本及投資成本作綜合分析，認為增加使用回收廢紙製造紙板所獲得之經濟效益較使用原生牛皮漿來得高。

除纖維形態、化學成分對製漿造紙過程甚為重要外，材種之比重(1)對運輸儲存費用、製漿工程、紙漿產量及製造成本之影響亦不可忽視其重要性。因此本試驗之目的在於選擇低比重、中比重及高比重樹種各二種，以中性亞硫酸鹽半化學法製漿(Neutral sulfite semi-chemical pulping, NSSCP)，探討不同樹種之比重對紙漿收率、打漿動力消耗及紙張物理性質之影響，在不太損及強度性質之原則下，儘可能提高紙漿收率以增加生產量及節省生產成本，進而與四種目前最常使用之廢紙漿作一品質比較，以明瞭各漿料物理性質之差異，供業者參考之用。

二、試驗材料及方法

(一)試驗材料

- 1.樹種：山黃麻 (*Trema orientalis*) 絕乾比重 0.28~0.42(6)
麻六甲合歡 (*Albizia falcata*) 絕乾比重 0.29~0.35(6)
台灣赤楊 (*Alnus formosana*) 絕乾比重 0.46~0.49(7)
銀合歡 (*Leucaena leucocephala*) 絕乾比重 0.51~0.62(5)
木麻黃 (*Casuarina equisetifolia*) 絕乾比重 0.86~0.93(7)
印尼紅木 (*Rhizophora* spp.) 絕乾比重 0.67(4)
- 2.紙漿：美國廢牛皮紙板 (AWKB)
美國舊瓦楞紙箱 (AOCC)
省產舊瓦楞紙箱 (TOCC)
舊雜誌紙漂白脫墨漿 (DIP)
中性亞硫酸鹽半化學漿 (NSSCP)

(二)試驗方法

1.製漿

秤取絕乾重 200克之木片，置於2升容積之迴轉式電熱蒸解罐內進行蒸解，液比均為 4:1， $\text{Na}_2\text{SO}_3:\text{Na}_2\text{CO}_3=4:1$ ， Na_2SO_3 用量10%，14%，18%，20%，90分鐘升溫至最高蒸解溫度，爲了擴大紙漿收率的差距及蒸解效應，將最高溫度區分爲160°C，165°C及 170°C，並改變最高溫度保持時間爲60分鐘及90分鐘兩種。

2.磨漿

蒸解完畢冷卻後，倒出蒸解罐內之木片並充分洗淨蒸解液，以盤磨機 (disc refiner) 進行二次磨漿，使其完全解纖。漿料脫水後以乾式散漿機分散，由漿料總重及含水率計算出紙漿收率，並依照CNS 總號5470標準方法測定卡巴價。

3.打漿

由六種樹種蒸解出之各種紙漿，分別秤取絕乾漿重30克在10%紙漿濃度下以PFI mill依照CNS總號12496標準方法打漿至游離度400mL，並記錄下轉數以比較各樹種及不同紙漿收率與打漿動力消耗之相互關係。

4.手抄紙及物理性質

手抄紙依CNS總號11212以手抄紙機抄造絕乾基重100g/m²紙樣，經冷風乾燥後，置於溫度20±2°C及相對濕度65±2%之恆溫恆濕室內調濕24小時以上。再依照CNS標準方法測試紙樣各項物理性質。

三、結果與討論

(一)紙漿收率與卡巴價

中性亞硫酸鹽半化學製漿 (NSSC) 其主要目的為增高收率使其纖維原料得以充分利用及減少半纖維素損失 (3)。由NSSC法所製得之紙漿，因採用較溫和鹼性蒸解條件，故可獲得纖維損傷程度較低、半纖維素含量多及收率較高之紙漿 (13)。針對瓦楞芯紙製造而言，此種製漿法比其它製漿方法更具有較高度的經濟效益，並可充分利用經濟性較低之闊葉樹原料。本實驗擬藉著改變化學用藥量及蒸解條件，製得不同範圍之紙漿收率及卡巴價。由表一得知，在相同的製漿條件下，紙漿收率隨樹種而異，如在10%Na₂SO₃的添加量下，山黃麻及銀合歡的紙漿收率約為84%，而印尼紅木則僅為74.8%。各樹種之紙漿收率雖均隨用藥量增加而降低，但卡巴價之下降並不顯著。尤其銀合歡，木麻黃及印尼紅木，Na₂SO₃之添加量由10%增加至18%，蒸解溫度由160°C提高至170°C，紙漿之卡巴價幾乎沒有下降，甚至在某階段用藥量蒸煮下，卡巴價反而有微些升高趨勢，其原因被認為於高溫高藥液濃度下，碳水化合物受分解而溶出之速度高於脫木質素之速度所致 (2)。由以上之結果顯示出，為了顧及紙漿收率及卡巴價，即使採用中性亞硫酸鹽法，亦不宜採用較強烈的製漿條件。

(二)打漿性

木質素本身為一疏水性物質，與水較不起膨潤作用，且木質素包圍在纖維表面，妨礙內部碳水化合物水膨潤作用。故一般而言，木質素含量愈多的紙漿愈不利於打漿。高收率紙漿由於較低程度的脫木質素作用，故於打漿作業時自然須消耗更多動力。表二則為紙漿收率對打漿性之關係。結果顯示，在同樣游離度下PFI 打漿機之迴轉數愈高表示打漿消耗更多的動力，每一樹種均隨紙漿收率增高而增加打漿能源消耗。但銀合歡則對打漿效應較不明顯，可能原因為銀合歡在每種紙漿收率下，其卡巴價並無多大差異所致。

木材比重表示每單位容積之木材實質重量。一般由高比重木材所製得之紙漿因細胞壁較厚，對打漿效應較遲緩，而低比重木材因細胞壁薄，柔軟性及可塑性較佳，故較容易打漿。但由本實驗結果得知，中比重之銀合歡卻較低比重之麻六甲合歡容易打漿，推測可能原因為表一所示麻六甲合歡本身與台灣赤楊及銀合歡具有相當量的卡巴價。高比重之印尼紅木，理論上應較不易打漿，但由表二中顯示出，在六種樹種中最容易打漿，可能與紙漿收率較低或與細胞壁構造有關，有待更進一步探討。

表一、中性亞硫酸鹽法半化學漿用藥量對紙漿收率及卡巴價之影響

Table 1. Effect of chemical charge on NSSC pulp yield and Kappa number of six different species.

樹種 Species	蒸解溫 °C Temp	蒸解保持 時間,Min Time	用藥量 Chemical charge,%		收率(%) Yield	卡巴價 Kappa No.
			Na ₂ SO ₃	Na ₂ CO ₃		
山黃麻	160	60	10	2.5	83.26	120
	165	60	14	3.5	79.54	116
	170	60	18	4.5	78.16	109
	170	90	20	5.0	72.67	102
麻六甲 合歡	160	60	10	2.5	81.13	141
	165	60	14	3.5	77.34	131
	170	60	18	4.5	74.67	129
	170	90	20	5.0	67.57	103
台灣赤楊	160	60	10	2.5	81.51	141
	165	60	14	3.5	77.99	144
	170	60	18	4.5	75.38	136
	170	90	20	5.0	71.29	128
銀合歡	160	60	10	2.5	84.06	136
	165	60	14	3.5	81.31	136
	170	60	18	4.5	78.69	137
	170	90	20	5.0	74.96	133
木麻黃	160	60	10	2.5	77.47	127
	165	60	14	3.5	76.31	125
	170	60	18	4.5	72.61	126
	170	90	20	5.0	69.13	115
印尼紅木	160	60	10	2.5	74.84	122
	165	60	14	3.5	70.68	123
	170	60	18	4.5	69.41	121
	170	90	20	5.0	62.68	106

三) 紙樣物理性質

NSSC之紙樣物理性質如破裂強度、抗張強度、撕裂強度與紙漿收率之關係，前人研究報告衆多，即紙漿收率愈低則平均強度愈好。Blair等人(11) 研究指出，木材比重對於紙張強度具有深遠之影響。由表三可知，紙樣密度於各樹種間均隨紙漿收率增高而下降，此乃因較低收率之紙漿其纖維柔軟性 (Flexibility) 及結合性較佳，故可增加破裂強度、抗張強度、撕裂強度及耐摺力。以台灣赤楊而言，紙漿收率 71.29%增加至 81.51%，其裂斷長從6.64Km下降至 3.85Km，下降了42%，即每增加 1%紙漿收率則裂斷長減少4.11%。而環壓強度對於高比重樹種之印尼紅木及木麻黃，則隨紙漿收率減低而明顯增加，此係因高比重木材纖維相互間結合性影響力遠大於纖維的堅挺性，但對低、中比重四種樹種而言較不受紙漿收率所影響，甚至隨紙漿收率的降低而使環壓強度下降，原因可能是低比重木材在高收率紙漿時纖維已具有相當的結合力，當紙漿收率下降時，纖維呈現過度柔軟，反不利於環壓強度。此現象可由表三這些數據顯示出，低比重之麻六甲合歡，中比重之台灣赤楊、銀合歡等三種樹種，其環壓強度並不隨著紙漿收率的增加而減低，即在較低的用藥量蒸解下得到較高紙漿收率，不但節省藥品花費成本及增加生產量，更獲得較高環壓強度。雖然紅木及木麻黃等高比重樹種其破裂比、裂斷長、耐摺力不如低比重樹種來得理想，但增強製漿條件下可改善其紙力，尤其環壓強度可媲美低、中比重樹種，不過將損及紙漿收率及增加製漿成本。

表二、中性亞硫酸鹽法半化學漿紙漿收率對打漿性之影響

Table.2 Effect of pulp yield on the beatability of NSSC pulps.

樹種 Species	紙漿收率 Pulp yield(%)	游離度 Freeness(mL)	PFI迴轉數 (Revolutions,x100)	打漿時間 Beating time
	83.26	404	202	14'23"
山黃麻 <i>Trema orientalis</i>	78.16 72.67	395 409	205 182	14'25" 12'48"
麻六甲合歡 <i>Albizzia falcata</i>	81.13 74.67 67.57	410 412 406	255 245 154	17'56" 17'14" 10'50"
台灣赤楊 <i>Alnus formosana</i>	81.51 75.38 71.29	414 394 416	250 214 175	17'35" 15'03" 12'18"
銀合歡 <i>Leucaena leucocephala</i>	84.06 78.69 74.96	403 406 409	207 204 204	14'34" 14'21" 14'21"
木麻黃 <i>Casuarina equisetifolia</i>	77.47 72.61 69.13	408 405 410	400 312 280	28'08" 21'57" 19'42"
印尼紅木 <i>Rhizophora spp.</i>	74.84 69.41 62.68	398 394 403	156 100 85	10'58" 07'02" 05'59"

表三、中性亞硫酸鹽法半化學漿紙漿收率對手抄紙樣性質之影響

Table.3 Effect of pulp yield on handsheet properties from neutral sulfite semichemical process.

樹種	紙漿收率	游離度	乾基重	厚度	密度	破裂比	裂斷長	撕裂比	耐折力	環壓強度
Species	Pulp yield (%)	Freeness (mL)	Dry basis weight(g/m ²)	Caliper (1/100mm)	Density (g/cm ³)	Burst factor	Breaking length(Km)	Tear factor	Folding(次) endurance	Ring crush
山黃麻 <i>Trema orientalis</i>	83.26	394	105.12	16.89	0.70	44.52	6.88	89.90	103	15.08
	78.16	383	107.77	15.28	0.79	57.34	7.80	97.24	208	16.05
	72.67	394	110.05	14.90	0.82	62.88	8.12	98.86	269	16.13
麻六甲合歡 <i>Albizia falcata</i>	81.13	416	104.85	16.93	0.69	36.34	6.13	73.25	26	14.28
	74.67	427	107.79	15.47	0.78	50.56	7.47	87.95	95	14.88
	67.57	421	103.39	14.40	0.80	63.26	8.52	94.79	214	12.79
台灣赤楊 <i>Alnus formosana</i>	81.51	402	104.82	19.79	0.59	21.94	3.85	56.48	8	13.73
	75.38	390	106.70	17.19	0.69	33.74	5.61	60.73	21	14.89
	71.29	409	105.66	16.12	0.73	39.84	6.64	67.39	40	14.68
銀合歡 <i>Leucaena leucocephala</i>	84.06	408	108.14	20.67	0.58	22.01	4.05	72.50	12	16.12
	78.69	408	107.36	18.81	0.64	29.15	4.92	85.69	21	15.52
	74.96	415	106.77	18.24	0.65	35.12	5.59	79.16	37	14.85
木麻黃 <i>Casuarina equisetifolia</i>	77.47	404	104.25	23.77	0.49	16.98	3.02	56.59	3	13.45
	72.61	414	104.64	22.59	0.52	20.74	3.45	64.22	5	15.14
	69.13	391	104.50	21.56	0.54	25.84	4.03	74.26	8	16.49
印尼紅木 <i>Rhizophora spp.</i>	74.84	389	104.97	26.89	0.44	13.05	2.53	61.28	3	12.17
	69.41	419	105.62	24.79	0.48	16.95	3.02	71.58	4	13.70
	62.68	384	105.71	23.30	0.50	21.57	3.63	84.19	7	15.00

綜合以上試驗結果，各種紙力皆以低比重木材最爲理想，其次爲中比重及高比重木材。雖然低比重木材因細胞壁薄，在同等量紙基重比較下纖維數量多可增加接觸面積及氫鍵結合機會，致所得之紙樣密度較高而提高紙力。但爲考量經濟成本效益，由本試驗結果就紙漿收率、打漿性能及強度性質來作一評估，中比重之台灣赤楊、銀合歡及高比重之印尼紅木，皆適宜採用低蒸解用藥量、溫度及時間，以獲得高收率紙漿增加產量並節省打漿動力消耗能源。

四、中性亞硫酸鹽半化學漿與廢紙漿性質之比較

表四、中性亞硫酸鹽半化學漿與廢紙漿性質之比較

Table.4 Property comparisons between neutral sulfite semi-chemical pulp and waste pulps.

紙漿別 Pulps	中性亞硫酸鹽半化學漿*			美國廢牛皮 紙板	美國舊瓦楞 紙箱	省產舊瓦楞 紙箱	舊雜誌紙漿 白脫墨漿
	84.06	78.69	74.96	AWKB	AOCC	TOCC	DIP
游離度(mL) Freeness	408	408	415	407	388	402	399
乾基重(g/m ²) Dry basis weight	108.14	107.36	106.77	107.15	109.50	106.59	104.85
密度(g/cm ³) Density	0.58	0.64	0.65	0.69	0.62	0.59	0.73
破裂比 Burst factor	22.01	29.15	35.12	50.97	24.67	28.22	0.17
裂斷長(Km) Breaking length	4.05	4.92	5.59	7.32	3.49	4.28	6.41
撕裂比 Tear factor	72.05	85.69	89.16	130.18	105.05	116.85	121.66
耐摺力(Double folds,MIT) Folding endurance	12	21	37	312	25	47	255
環壓強度(kg) Ring crush	16.12	15.52	14.85	14.77	12.71	12.08	11.45

* 銀合歡之紙漿收率(%)

近年來，本省及木材資料較不足的先進國家，瓦楞芯紙的原料已逐漸由中性亞硫酸鹽半化學紙漿改用廢紙原料。本實驗針對此兩種紙漿之性質做比較。由表四顯示，中性亞硫酸鹽半化學漿所抄成的紙樣密度與美國舊瓦楞紙箱及省產舊瓦楞紙箱相近，但較美國廢牛皮紙板及舊雜

誌紙漂白脫墨漿來得低。高收率紙漿與化學紙漿相形比較下，因木質素含量多，纖維柔軟性較差，以致難形成足夠的纖維間鍵結，強度較低（9）。中性亞硫酸鹽半化學漿強度性質之破裂比、裂斷長、撕裂比及耐摺均遠較美國廢牛皮紙板及舊雜誌紙漂白脫墨漿為低，但中性亞硫酸鹽半化學漿在所有漿料中具有最高的環壓強度，非常適合於製造瓦楞芯紙之材料。

四、結論

- (一)六種樹材之中性亞硫酸鹽半化學紙漿收率以銀合歡最高，印尼紅木最低，兩者間相差約10%。
- (二)每一樹種均隨紙漿收率增高而增加打漿時間，銀合歡對打漿效應較不明顯。中比重之銀合歡較低比重之麻六甲合歡易打漿。中性亞硫酸鹽半化學製漿其紙漿強度如破裂比、裂斷長、撕裂比及耐摺力均隨紙漿收率減低而增加，但環壓強度則與紙漿收率較無關。各種紙力皆以低比重木材較高，其次為中比重及高比重木材。
- (三)在四種廢紙漿中，各種物理強度皆以美國廢牛皮紙板最高，其次分別為舊雜誌紙漂白脫墨漿、省產舊瓦楞紙箱及美國舊瓦楞紙箱。中性亞硫酸鹽半化學漿（NSSCP）較四種廢紙漿之物理性質具有最高的環壓強度。

四、參考文獻

1. 谷雲川，陳信泰 速生相思樹製漿之研究 林業試驗所試驗報告第416號
2. 張豐吉，盧慶雄（1975）整體樹紙漿製造之研究 中華林學季刊vol.8,NO.4 pp.108-121
3. 郭蘭生，張豐吉（1979）山黃麻製漿試驗 興大實驗林研究報告第一號
4. 張豐吉（1988）紙張與印刷適性 台北國際印刷機材展研討會
5. 張豐吉，杜明宏（1988）台灣產重要樹種化學性質之研究（II）十樹種之化學性質 中華林學季刊 21(4):101~109
6. 張豐吉，杜明宏（1989）台灣產重要樹種化學性質之研究（III）十三樹種之化學性質 中華林學季刊 22(1):43~51
7. 張豐吉，杜明宏（1990）台灣產重要樹種化學性質之研究（IV）十樹種之化學性質 中華林學季刊 23(1):19~27
8. 紙業新聞，第1368，1371，1407，1410，1419，1420，1423期
9. 大井洋，飯塚堯介，中野準三（1986）高步留パルプの改質に關する研究木材學會誌 Vol.32, NO 7,P.557~561 National Chung Hsing University
10. Back,E.L.and Salmen,L.(1989)* The properties of NSSC-based and waste based corrugating * Paper Technology October P.16~23

11. Blair et al.(1975)* Predictions of gain in pulp yield and tear strength in young loblolly pine through genetic increases in wood density* Tappi Vol.58,NO1 P.89~91
12. Ince,P.J.and Klungness,J.H.(1984)* Economics of increasing the use of recycled fiber in linerboard* Tappi Journal Vol.67,NO.8 P.62~65
13. Isotalo,I.(1983)* Neutral sulphite anthraquinone (NS-AQ)pulp as raw material for kraftliner board* Paperi ja Puu-Pap-per och Tra NO.9,P.526~535

國立中興大學 

National Chung Hsing University