

竹材二段蒸煮試驗

張登吉¹⁾

杜明宏²⁾

[摘要]

本實驗嘗試以二段法蒸煮竹材，以期提高紙漿品質、增進紙漿收率。實驗結果顯示：以黑液為前處理之二段法，不僅能節省藥品且可減少廢水污染問題。在相同K價下(14)，紙漿收率達41.1%，比起傳統蘇打法之38.9%，收率提高2%左右。ALCAPER法蒸煮之未漂竹漿裂斷長可達8.0，較傳統蘇打法之5.1高出甚多，且節省NaOH用量約5%，又無空氣污染問題。然而由於使用過氧化氫，需增加處理設備及設備的腐蝕問題，均需另加考慮。總括言之，利用二段法蒸煮竹材生產高級紙漿，應是可行之道。

Two-Stage Pulping of Bamboo

Feng-Jyi Chang ¹⁾ Ming-Horng Duh ²⁾

[Abstract]

Two-stage pulping of bamboo was carried out on a laboratory scale with a view to achieving improved yield and pulp quality.

Two-stage pulping method uses black liquors in the first stage, with the resulting saving in chemical costs and solution of water pollution problems. Comparing the two-stage performance with single-stage soda process, it has been found that an increase in the yield from 38.9 to 41.1% with one more stage treatment at the same permanganate number of 14. It was observed that unbleached ALCAPER bamboo pulps possessed a breaking length of 8.0 Km, whereas the soda bamboo pulp had a breaking length of 5.1, a significant increase. A breaking length is one of the advantages of ALCAPER process. However, the adverse effects of hydrogen peroxide's corrosion on pulping equipments should be carefully controlled.

High-grade bamboo pulp can be anticipated based on two-stage pulping process.

一、前言

本省纖維原料缺乏由來已久，近年來，更由於民生富庶，工業的長足進展，在在都需要紙漿的

1) 現任國立中興大學教授

Professor, National Chung Hsing University

2) 現任國立嘉義農專講師

Instructor, National Chia Yi Institute of Agriculture.

供應，纖維原料缺乏問題更形重要。

其實不止台灣如此，世界各國也都面臨了這項危機。目前對於此一問題，一些工業先進國家採取了各種方案，如：開發新的纖維資源；尤以非木植物為然，廢紙的再回收利用、提高紙漿收率及品質等項目。

關於開發新原料方面，目前國內外學者均有許多研究。例如：以鳳梨葉、鐘麻、香蕉莖造紙等等，研究雖已獲初步的成功，然尚難達大量生產階段。至於廢紙的再回收利用，雖然可解決部分之紙漿原料不足，但廢紙的脫墨技術、紙力問題、抄造問題，有待解決者尚多，況對於整個紙漿業而言，仍不足應付全世界長期的大量需求。故，如何在可能範圍內，儘量提高紙漿品質及收率，為當前台灣紙業界的首要課題。又，公害問題，近年來屢為社會人士所廣泛討論；台灣未來製漿造紙業所應走的道路，亦應以「無公害」為目標而發展。

竹材纖維細長，自古即為重要造紙原料。由於竹材之化學組成特殊，含有較高之半纖維素，故蒸煮時應特別注意碳水化物的流失。過去本省製造竹漿，大多採蘇打法單段蒸煮，由於對於纖維破壞強烈，故產品品質差、收率也低。亦有人使用冷碱法或長遠數月之久的石灰浸漬法等，不但消耗藥品多且紙質低劣，只能做為質紙等低級紙品之原料⁽¹⁾，不適合高級紙的製造。

二段蒸煮，早年實行是為了改善傳統單段蒸煮的缺失或用以製造特種紙；一般多應用於木材方面。其實竹材含可溶性低分子較多^(2,3)，實行二段蒸煮，似乎比木材更為有利。台灣最早研究竹材二段蒸煮的當推陳紹慶氏⁽⁴⁾，據陳氏之研究指出：竹材以高溫沸水—碱液二段蒸煮或稀碱液—濃碱液二段蒸煮所得紙漿強度好，近似中華獨葉樹牛皮紙漿，且用碱量低，可以製造高級紙張用。但是由於二段蒸煮操作較不方便，且工廠人員觀念未能改善，竹材二段蒸煮一直未見實施，堪稱可惜。

蒽醌 (Anthraquinone) 的發現和利用，是製漿業的一大突破，蘇打蒸煮中加入少量的蒽醌，除可提高收率、減少藥品用量及縮短蒸煮時間外，更可避免硫酸塩法空氣污染問題^(5,6,7)。據汪淮等人研究，竹材加工廢料以蘇打蒽醌法製漿時，可改善蘇打法之紙漿性質⁽⁸⁾。蒽醌雖有許多優點，但也有一些缺點；如：紙力較硫酸塩法低，不易漂白等。因此乃有所謂 ALCAPER 二段法的發展。ALCAPER 法乃是二段蒸煮法之一種改良法；於第一段蒸煮時使用蘇打及蒽醌，第二段再以過氧化氫在稀碱液中處理，可得收率高、機械性、漂白性好的紙漿，且無空氣污染問題，工程設備簡單，兼具蘇打蒽醌法及硫酸塩法的優點^(9,10,11)。

本試驗乃針對提高紙漿品質、收率及公害防治諸問題，以竹材加工廢料為試料，進行各種二段蒸煮試驗，研究其應用於竹材製漿之可行性。

二、試驗材料

本試驗所用試材取自竹山竹材加工區之桂竹 (*Phyllostachys makinoi*; makino bamboo) 廢料，試料以切片機切成長 2~3 公分之短切片，俟氣乾測定水分後，保存在塑膠袋中備用。

(一) 蒸煮方法及條件

1. 蘇打法：

- (1) 用碱量：14~20% (as Na_2O)
- (2) 液比：45:1
- (3) 升溫時間：1.5 小時
- (4) 最高溫度 (160°C) 保持時間：2.5 小時

2. 蘇打蔥醒法：

- (1) 用碱量：14~20% (as Na_2O)
- (2) 蔥醒添加量：0.05%
- (3) 液比：4.5 : 1
- (4) 升溫時間：1.5 小時
- (5) 最高溫度 (160°C) 保持時間：25 小時

3. 水前處理蘇打法：

- (1) 第一段：水前處理
 - a、液比：5.5 : 1
 - b、最高溫度：100~150°C
 - c、最高溫度保持時間：1 小時
- (2) 第二段：蘇打法蒸養
 - a、用碱量：14~18% (as Na_2O)
 - b、液比：4.5 : 1
 - c、升溫時間：1.5 小時
 - d、最高溫度 (160°C) 保持時間：25 小時

4. 碱液前處理蘇打法：

以工廠生產之初級冥紙為試料，處理方式如以下之第一段條件行之。

- (1) 第一段：碱液前處理
 - a、浸 NaOH：

NaOH 用量 7.8%，加熱至 100°C 維持 4~5 小時。
 - b、浸石灰：

石灰用量 12%，常溫下浸漬六個月。
- (2) 第二段：蘇打法蒸養
 - a、用碱量：10~14% (as Na_2O)
 - b、液比：4.5 : 1
 - c、升溫時間：1.5 小時
 - d、最高溫度 (160°C) 保持時間 25 小時

5. 黑夜前處理蘇打法：

(1) 第一段：黑夜前處理 (黑夜取自蘇打 14% 蒸養者)

- a、液比：8 : 1
- b、最高溫度 (100°C) 保持時間：1 小時
- (2) 第二段：蘇打法蒸養
 - a、用碱量：14~16% (as Na_2O)
 - b、液比：4.5 : 1
 - c、升溫時間：1.5 小時
 - d、最高溫度 (160°C) 保持時間 25 小時

6. ALCAPER 法

- (1) 第一段：蘇打蔥醒法
 - a、用碱量：10~14% (as Na_2O)

- b、惠醒添加量：0.05%
- C、液比：4.5 : 1
- d、升溫時間：1.5小時
- e、最高溫度（160°C）保持時間：2.5小時
- f、蒸美後竹片以盤磨機（disc refiner）處理

(2)第二段：過氧化氫處理

- a、用碱量：1~3% (as Na₂O)
- b、過氧化氫用量：0.25~1.0%
- c、漿料濃度：10%
- d、最高溫度（90°C）保持時間：1.5小時

(二)漂白

本實驗使用次氯酸塩（H）單段漂白及C-E-H三段漂白，以比較漂白條件對紙漿性質之影響。條件如下：

1.次氯酸塩漂白：

- (1)藥品添加量：10% (as Cl₂)
- (2)紙漿濃度：6%
- (3)溫度：40°C
- (4)時間：3小時
- (5)漂液之pH：9~11 (以NaOH調整)

2 C-E-H三段漂白

漂 白 條 件	用 藥 量 Chemical used%	紙 漿 濃 度 Pulp cons. %	溫 度 Temp. °C	時 間 Time min.	PH	
Bleaching conditions	氯 化 Chlorination	4	3	25	40	—
	碱 萃 NaOH extraction	2	10	60	60	—
	次氯酸塩漂白 NaClO bleaching	1.5	6	40	180	9-11

(三)抄紙及測定紙漿性質

紙漿以Lampen mill打漿，再依Tappi standard抄成60 g/m²之紙張，於20°C相對濕度65%下，測定紙力。

四、結果與討論

(一)製漿試驗

1.水前處理蘇打法二段蒸美

由表一可看出：竹材原料之水前處理蘇打法二段蒸美較傳統蘇打法蒸美之紙漿K價有稍降低的趨勢，但收率均比蘇打法低。若第二段蒸美中添加惠醒，則K價呈大幅度的降低。

首段之水前處理之溫度對次段蒸美後的K價並沒有多大的影響，相反的，隨著首段水前處理溫度

的上升，紙漿收率亦隨之下降。顯示首段的水前處理，對於去木質素的作用不大，反而有破壞碳水化合物之虞。

表一 竹材廢料水前處理-蘇打法蒸養結果

Table 1 Results of bamboo residue pulps by water pretreatment-soda pulping process.

第一段 1st stage 溫度 (Temperature)	第二段 2nd stage NaOH用量 (%) NaOH used (as Na ₂ O)	紙漿收率 Pulp yield (%)			高錳酸鉀價 K. No.
		精選 Screened	殘渣 Screenings	全 Total	
100 °C	14	43.2	0.4	43.6	21.4
	16	41.8	0.4	42.2	19.6
	18	37.5	0.0	37.5	14.9
130 °C	14	42.0	0.9	42.9	21.2
	16	40.4	0.3	40.7	18.5
	18	37.9	0.0	37.9	15.3
	14	39.8	0.0	39.8	21.4
150 °C	16	38.8	0.0	38.8	18.1
	16*	38.3	0.0	38.3	12.3
	18	37.1	0.0	37.1	14.7
	14*	41.5	1.3	42.8	16.3
100 °C	16*	38.9	0.4	39.3	13.2
	18*	39.4	0.0	39.4	11.8
	14	43.0	2.0	45.0	21.1
	16	40.5	0.4	40.9	19.7
	18	38.7	0.2	38.9	16.5
	20	38.9	0.0	38.9	14.3

註：* * * 添加量 0.05%

* * * Anthraquinone used 0.05%

一般說來，二段蒸養是以提高紙漿收率品質為主要目的，但由於竹材的化學組成特殊，可溶性低分子較多，以水為前處理之蘇打法二段蒸養，其改善效果不盡理想。

2. 碱液前處理蘇打法二段蒸養

本法第一段之碱液處理即常用之製造冥紙處理條件，方法簡單但紙質低劣且耗費時日。本試驗之目的是利用此等為原料，行二次蒸養處理，希望藉以提高其品質。

表二 竹材廢料鹼前處理 - 蘇打法蒸養結果

Table 2. Results of bamboo residue pulps by alkali pretreatment-soda pulping process.

試料 Sample	第一段處理 1st stage treatment	第二段 NaOH 用量 (%) 2nd stage NaOH used (as Na ₂ O)	紙漿收率 Pulp yield (%)			高錳酸鉀價 K. No.
			精選 Screened	殘渣 Screenings	全 Total	
桂竹 Makino bamboo	浸 NaOH NaOH impregnated	10	51.8	0.0	51.8	19.1
		12	46.4	0.0	46.4	15.3
		14	42.5	0.0	42.5	12.8
刺竹 Thorng bamboo	浸石灰 Lime impregnated	10	61.8	0.1	61.9	14.1
		12	54.6	0.0	54.6	14.0
		14	54.6	0.0	54.6	8.9
麻竹 Ma bamboo	浸 NaOH NaOH impregnated	10	52.3	0.0	52.3	16.4
		12	48.3	0.0	48.3	15.1
		14	43.1	0.0	43.1	12.4

由表二可看出：利用其紙為原料之二段蒸養，欲使 K 價降至易漂的 14 以下，所需藥品量高達 12 ~ 14 %，加上首段所需之藥品，所能節省之用碱量不多。又，表二中收率一項，並未計算前處理時的損失在內，實際收率應較表列者低，且操作上又較煩，故本法之可行性不高。

3. 黑液前處理蘇打法二段蒸養

由表三可看出：黑液 - 蘇打二段蒸養之紙漿收率高於蘇打法者，而 K 價則低於蘇打法。若依相同 K 價而言，本法可節省 NaOH 用量 4 % 左右。

表三 竹材廢料黑液前處理蘇打法蒸養紙漿收率及 K 價

Table 3. Yield and K No. of bamboo residue pulps by black liquor pretreatment-soda pulping process.

第一段處理 1st stage treatment	第二段 NaOH 用量 (%) 2nd stage NaOH used (as Na ₂ O)	蒸養後 PH PH after cooking	紙漿收率 Pulp yield (%)			高錳酸鉀價 K. No.
			精選 Screened	殘渣 Screenings	全 Total	
蘇打蒸養 之黑液 Black li- quor of so- da cooking 對照 Blank	14	11.2	39.5	2.0	41.5	18.9
	16	11.4	40.3	0.8	41.1	14.7
	20	-	38.9	0.0	38.9	14.3

近年來，能源問題日受重視，一些能節省能源的辦法紛紛被提出。利用黑液為前處理的蘇打法二段蒸煮，除了不需另外添加化學藥品、節省用碱外，其最大優點就是利用工廠蒸煮後的黑液，節省能源且減少廢水污染等問題。

由此可看出，竹材二段蒸煮確能提高紙漿收率，且節省藥品用量，惟第一段處理時，仍應注意碳水化物的流失，避免在中性或酸性下處理，以在鹼性下進行為宜。

4. ALCAPER 法二段蒸煮

ALCAPER 二段蒸煮法為最新發展的製漿方法，由表四可知，若欲達到一般易漂白紙漿的K價程度，總共僅需用碱 15%，較一般蘇打法的 20%，足足可節省 5% 的用碱量，而其收率與相同 K 價之蘇打法比較，亦以本法為優。

ALCAPER 法的第一段蒸煮，其 Kappa 值須先降至某一程度，否則第二段處理即使用再多的藥品，效果亦很小。在本試驗中，第一段蒸煮用藥量以 NaOH 14%，惠醒 0.05% 為宜。第二段過氧化氫處理時碱液的用量，對於 K 價的影響較第一段為小。

由於 ALCAPER 法以較溫和的條件處理竹材，對於碳水化物作用較緩，故應可得較佳品質的紙漿。

表四 竹材廢料 ALCAPER 蒸煮結果

Table 4. ALCAPER pulping results of bamboo residue.

第一段 1st stage			第二段 2nd stage			收率 Yield (%)	Kappa No.	K No.
NaOH 用量 (%) NaOH used	收率 Yield (%)	Kappa No.	NaOH 用量 (%) NaOH used	H ₂ O ₂ 用量 (%) H ₂ O ₂ used	時間 (hr.) Time			
10	57.1	101.5	1	0.25	1.5	45.3	75.9	—
			2	0.50	1.5	45.3	72.3	23.6
				0.15	1.5	43.1	42.4	22.2
			1	0.25	1.5	42.6	41.1	21.7
				0.50	1.5	42.0	41.1	21.7
				0.00	1.5	42.7	46.4	23.3
12	52.0	54.1	1.5	0.25	1.5	42.6	43.9	22.8
				0.25	3.0	40.3	40.8	22.5
			2	0.50	1.5	42.0	38.6	21.2
				0.00	1.5	42.6	42.4	22.2
			3	0.50	1.5	41.9	37.9	21.1
				1.00	1.5	41.5	32.4	19.0
14	45.3	27.2	1	0.25	1.5	38.5	20.1	13.9
				0.50	1.5	37.3	18.1	12.6
			2	0.25	1.5	37.4	19.6	13.1
				0.50	1.5	37.0	18.1	12.5

(二) 力學性質測定

1. 未漂漿

由表五看來，兩段蒸煮的紙力均優於傳統的蘇打法蒸煮，尤以 ALCAPER 法二段蒸煮紙力較佳，可能是用碱量較少及過氧化氫在鹼性下，對脫木質素效果好而較少破壞碳水化物所致。

表五 未漂竹漿物理性質

Table 5. Physical properties of unbleached bamboo pulps.

試料 Sample	蒸煮條件 Cocking condition		高錳酸鉀價 K No.	游離度 Freeness (c.c.CSF)	乾基重 Dry basis wt. (g/m ²)	裂斷長 Breaking length (cm)	撕力比 Tear factor	破裂比 Burst factor	耐摺力 Folding endurance	白度 Bright- ness (%GE)	
	第一段 1st stage	第二段 2nd stage									
桂竹 Making bamboo	Soda 20%	—	14.3	390	58.80	5.1	91.3	38.0	38	33.5	
	Soda+AQ 18%	—	12.4	390	59.82	7.5	102.6	60.0	178	30.5	
	浸黑液 Black liquor impregnated 12%	Soda 14%	H ₂ O: /	18.9	379	59.39	6.9	108.8	49.5	95	24.5
		Soda 16%		14.7	393	59.41	6.7	104.5	40.9	77	29.5
	Soda+AQ 14%	/	21.1	385	59.09	7.8	107.2	56.7	222	22.5	
	14%		13.9	380	59.94	8.0	109.4	58.6	469	30	
刺竹 Thorn bamboo	浸 NaOH NaOH impregnated	Soda 12%	12.6	428	59.74	7.3	112.5	56.7	279	32	
			N+OH	15.3	372	59.27	6.0	81.0	36.1	36	28.5
	浸石灰 Lime impregnated	Soda 12%	14.0	401	58.98	7.0	129.1	50.4	117	30.5	
麻竹 Ma bamboo	浸 NaOH NaOH impregnated	Soda 12%	15.1	407	62.93	6.5	106.8	44.3	84	29.5	

浸石灰—蘇打法及蘇打蒸餾法之紙力亦不錯。

ALCAPER 法雖有多項優點，不過目前過氧化氫之價格較貴，添加量不宜過多，以免增加成本負擔。

表六 漂白竹漿物理性質

Table 6. Physical properties of bleached bamboo pulps

製漿條件 Pulping condition		漂白法 Bleaching process	漂白前高錳酸鉀價 Before Bleaching K No.	游離度 Freeness (c.c.CSF)	乾基重 Dry basis wt. (g/m ²)	裂斷長 Breaking length (cm)	撕力比 Tear factor	破裂比 Burst factor	耐摺力 Folding endurance	白度 Brightness (%GE)
第一段 1st stage	第二段 2nd stage									
Soda 20%	—	H	14.3	429	59.75	5.8	56.2	32.6	16	69.5
Soda+AQ 18%	—	H	12.4	402	59.61	6.6	51.0	39.1	44	71
Soda+AQ 14%	H ₂ O: 0.25%	H	13.9	395	59.88	8.0	63.6	52.4	120	66.5
	NaOH 1%									
Soda 20%	—	C-E-H	14.3	385	59.56	6.6	80.6	43.5	61	68
Soda+AQ 18%	—	C-E-H	12.4	380	59.05	7.8	88.3	55.0	212	68.5
Soda+AQ 14%	H ₂ O: 0.25%	C-E-H	13.9	380	59.20	9.1	97.3	64.9	382	56
	NaOH 1%									

由表六可看出，三段漂白的紙力大於單段漂白者。三種漂白漿中，以ALCAPER法之紙力最佳，蘇打意醱法次之，而以蘇打法最差，此與未漂漿情形相似。

三種紙漿之白度，以蘇打意醱法最高，蘇打法次之，而ALCAPER法較低。然據Lachenal等氏之報告指出，ALCAPER法可得漂白性好的紙漿，此與本試驗之結果不盡相同，有待進一步的探討。

利用ALCAPER二段法蒸煮竹材，紙力較優且節省NaOH用量，惟過氧化氫價格較貴，且設備腐蝕問題亦應考慮。不過，竹材紙漿若用於高級紙漿，例如作為製造宣紙等原料時，即使ALCAPER法有某種程度之不便，亦值得一試。

五、結 論

(一)幾種兩段蒸煮法中，以黑液前處理蘇打法及ALCAPER法較為有利。

(二)水前處理之二段蒸煮，雖然在操作上較其他二段蒸煮法簡單，但對於去木質素之效果不佳，反而紙漿之收率有較低之趨勢。

(三)利用蒸煮黑液為前處理，不僅可節省藥品且節省熱源，減少廢水污染問題，值得加以進一步研究。

(四)ALCAPER二段蒸煮具紙力高、省藥品、增加收率等優點，依本實驗結果看，應很適合於竹材廢料之蒸煮。不過，由於過氧化氫之價格較高，添加量不宜過多，又係二段蒸煮，操作較不方便為其缺點。

(五)解決台灣纖維缺乏問題，應從多方面著手；除了可尋求新的纖維原料外，利用二段蒸煮以提高收率、品質，亦不失為一捷徑。雖然二段蒸煮操作較不方便，但如以生產特種高價紙著眼，應是值得嘗試的。

六、參考文獻

- (1)張豐吉，(1982) 竹材加工廢料製造高級紙漿之研究，中興大學森林學系研究報告第192號
- (2)張豐吉，郭蘭生，(1976) 竹林溶解紙漿製造之研究，中華林學季刊16(1):97~106
- (3)張豐吉，杜明宏，(1978) 竹材加工廢料之製漿造紙試驗，中華林學季刊16(3):51~68
- (4)陳紹慶，林勝傑，(1973) 台灣竹材分段蒸煮製漿之研究，林試所報告第242號
- (5)Risto Sjöholm and peter Wikblad, Some effects of anthraquinone on sodium hydroxide pulping, *Paperija Puu-Papper och Trä*, 62(1980):4, 289~296
- (6)D. Lachenal, C. de Choudens, and P. Monzie, Chemical pulping without sulfur Alkali-peroxide pulping, *Tappi* 63(1980):11, 59~62
- (7)G. J. Kubes, B. I. Fleming, J. M. Macleod, and H. I. Bolker, Alkali pulping with additives, *Areview, Wood Sci. Technol.*, 14:207~228(1980)
- (8)汪淮、梁溫慶，(1980) 竹材加工廢料意醱法製漿之研究，台灣大學森林研究所碩士論文
- (9)Fossum, G., Hägglund, S., Lindqvist, B.: Alkali pulping of pine and birch with anthraquinone as additive, *Part 2. Soda pulping*, *SVPA* 83(16)455~460 (1980)
- (10)D. Lachenal, C. de Choudens, P. Monzie, Hydrogen peroxide delignification of soda anthraquinone pulp-ALCAPER process, *Paperija Puu-Papper och Trä*, 63(1981):4a, 301~308
- (11)R. Thermet, C. de Choudens; D. Lachenal; P. Monzie. Hydrogen peroxide/alkali delignification at medium consistency-ALCAPER processes, *Japan Tappi*, 37(2) 137~144(1983)