

# 剩餘竹材以清潔生產之常壓蒸煮技術製備竹漿

何振隆<sup>1</sup>、徐光平<sup>1</sup>、魏良佑<sup>2</sup>

竹，又稱竹子，單子葉禾本科多年生植物，屬禾本目(Poales)禾本科(Poaceae)竹亞科(Bambusoideae)，主要分布於熱帶、亞熱帶至暖溫帶地區。根據2017年《World Checklist of Bamboo and Rattan》之統計，全球竹類植物有88屬，1,642種，面積約有3,200萬公頃之多，為一資源極為豐富之物種。竹子中之竹桿形態挺拔修長、終年青翠俊秀，深受人們喜愛。蘇東坡曰：「食者竹筍，居者竹瓦，載者竹筏，炊者竹薪，衣者竹皮，書者竹紙，履者竹鞋，真可謂不可一日無此君也。」故從古至今，竹製品已在人們生活中占著舉足輕重的地位。明朝科學家宋應星所著之「天工開物」記載著以竹子經過斬竹漂塘、煮槎足火、蕩料入簾、覆簾壓紙、透火烘乾等五道程序，製備成竹紙之方法。由此可知，竹紙在古代被廣泛使用。然而，現今於竹漿製備法，大都為以化學法為主，但此等方法易產生汙染、漿收率偏低及耗能大等問題。林業試驗所研發團隊為解決問題，研發以清潔生產之常壓蒸煮技術製備竹漿，因此本文即為以闡述竹子之特性、竹紙製漿法及常壓蒸煮製備竹漿技術等三大部分，供讀者瞭解。

## 竹子之特性

於竹類原料細胞中，其主要組成包括：纖維細胞、薄壁細胞、石細胞、導管、表皮細胞等。根據許學者所發表之文獻顯示，其

纖維形態、化學組成和紙漿性質等與針葉樹、闊葉樹及草本植物均有所不同：

### 1. 纖維形態

竹類纖維細胞占細胞總切面的60%~70%，為低於針、闊葉樹，而高於草本植物。其形態經電子顯微鏡觀察得知，為呈現圓柱管狀形、壁厚腔小、細長近似紡錘狀。纖維平均長度約為2 mm，纖維寬度約為15 μm，纖維長寬比為150~200，於細胞壁厚度約為5 μm。綜合以上，整體數據顯示竹類纖維形態和長度較闊葉樹和草本植物為佳，但與針葉樹相較則較差。

### 2. 化學組成

於竹類之化學組成分，包括：主要組成分為纖維素、半纖維素和木質素等，副成分為抽出成分、灰分等組成。

#### (1) 主成分：

竹類纖維素含量為介於40~60%，半纖維素含量為17~25%，木質素含量為19~30%。以上數據，與針、闊葉樹及草本植物相較，於纖維素及木質素含量為低於針葉樹，但高於草本植物。半纖維素方面，竹類含量較高，高於針葉樹，與闊葉樹及草類原料相近。

#### (2) 副成分：

竹類中之抽出成分及灰分含量較高，均高於針闊葉樹，但低於草本植物。

<sup>1</sup> 林業試驗所·木材纖維組

<sup>2</sup> 財團法人農業科技研究院·農業政策研究中心



竹材原料(上)、竹纖未漂紙漿(下右)、竹纖漂白紙漿(下左)。(徐光平 攝)

## 竹紙製漿法

竹子纖維屬於中長纖維，其長度介於針葉樹木漿和闊葉樹木漿之間，具極佳之製漿造紙特性，屬於較佳之非木造紙纖維原料之一。竹漿不僅可生產優質生活用紙，配以部分木漿亦可以生產優質高檔文化用紙。

然而，竹材作為造紙原料有下列問題：

### (1)原料儲存不易

因竹類纖維中，脂肪、蛋白質及醣類物質含量較高，若伐採後儲存不當，易有蟲蛀和腐朽等問題。

### (2)竹節不易蒸煮

竹節因纖維素含量低且石細胞多，於蒸煮時藥液不易滲透，故不易成漿。

### (3)漂白性

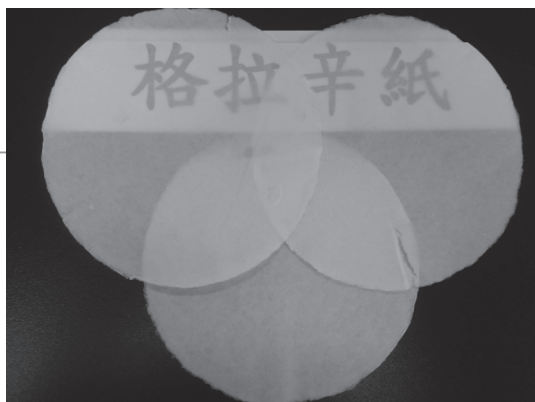
竹漿經漂白後，易有返黃之現象。

### 3.紙漿性質

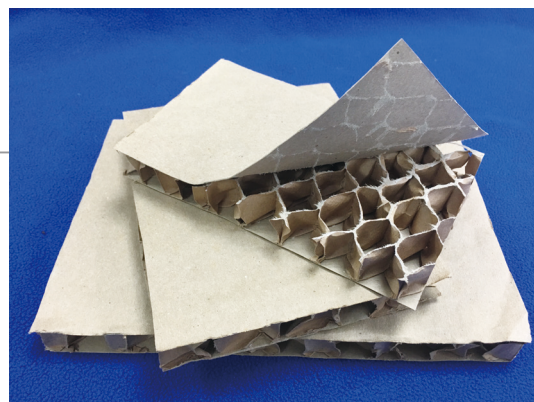
- (1)竹類纖維長為介於針葉樹與闊葉樹間，因此於闊葉樹漿料添加一定比例竹漿，可提高竹紙之物理性質，如：抗張強度。
- (2)竹類纖維具有長寬比高、壁腔比高等性質，纖維細長硬挺，故竹紙纖維結合緊密，且壁腔比高，會影響竹紙之柔軟度。



竹纖本色生活用紙。(徐光平 攝)



竹纖格拉辛紙原紙。(徐光平 攝)



竹纖瓦楞紙箱之芯紙及裱紙。(徐光平 攝)

因此，現今於竹漿製備法，一般為以化學法(即硫酸鹽法)為主，少數為以半化學法(即化學法再加機械法)處理。但此等方法之缺點：蒸煮藥劑中有硫化物，易產生汙染、蒸煮藥劑回收率低、漿收率偏低、製程中需高溫高壓蒸煮及盤磨設備，造成耗能大，成本高等問題。

### 清潔生產之常壓蒸煮製備竹漿技術

因此，林業試驗所研發團隊為解決上述問題，研發出利用清潔生產之常壓蒸煮方式，並選取最適蒸煮製程之各種條件，包括：蒸煮時之液比、蒸煮藥劑種類、蒸煮藥劑添加量、蒸煮溫度及蒸煮時間等，以較為簡易、藥劑成本較低的製程製備竹漿，且製備之紙漿物理性質與化學法製漿所得漿料的物理性質可以比擬。同時本技術為以清潔生產方式，進行常壓蒸煮製備竹漿，具有無硫化物，汙染少；藥劑可回收再用，且紙張性質可比擬KP法所得漿料強度；漂白性佳；於常壓即可進行蒸煮等特點。因此，利用此法所得之竹漿再加工，可依其本身竹漿漿料之特性，應用於多元化之產品：

- (1) 本色生活用紙，透氣性好、色調柔和自然，易為消費者接受。

- (2) 食品包裝用紙，即格拉辛紙。
- (3) 書畫用紙，具有悠久歷史底蘊，市場接受度高。
- (4) 作為瓦楞紙箱之芯紙或裱紙原料。以達適材適用之目標。

### 促進竹產業循環利用

根據2015年林務局公布最新的森林資源調查結果，統計全臺竹林面積約18.3萬公頃，占總林地面積8.3%，可見臺灣之竹種非常豐富且多樣化。因此，本技術除了可促進臺灣竹產業循環利用，亦可提供因高溫、高壓等設備限制規範而致無法設廠之業者參考及應用。⊗

註：根據聯合國環境規劃署工業與環境規劃中心定義，清潔生產(cleaner production)是一種新的創造性的思想，該思想將整體預防的環境戰略持續應用於生產過程、產品和服務中，以增加生態效率和減少人類及環境的風險。其方法如下：

- 對生產過程，要求節約原材料與能源，淘汰有毒原材料，減降所有廢棄物的數量與毒性。
- 對產品，要求減少從原材料提煉到產品最終處置的全生命週期的不利影響。
- 對服務，要求將環境因素納入設計與所提供的服務中。

(資料來源：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B8%85%E6%BD%94%E7%94%9F%E7%94%A2>)