

序

資源回收與再生利用是未來人類社會的一個導向。資源回收與再生利用可使廢棄物中 useful 資源循環再利用，達到廢棄物減量與節省蘊藏資源開採之目的，也是人類想獲得更豐富的生活物資與更完善的生活環境所必須要建立的科技。正如二百年前發生的工業革命，人類發展製程建立消費流程（動脈工業），在即將來臨的二十一世紀，我們必須再建立一相對應的回收再生流程（靜脈工業），以維持人類社會與自然環境的調合。

木材是一種從森林所產生之生物資源，自古以來即與人類生活息息相關。台灣地區之林產工業分布廣、家數多、勞力密集，數十年來對國內經濟發展的貢獻佔有重要地位。因此，工業污染防治技術服務團曾於民國 79 年開始進行多項輔導專案，以深入輔導木業工廠改善污染問題，並且已將輔導經驗及蒐集資料彙整完成「木業污染防治技術」手冊出版，以利業界參考應用。

而木材加工製造程序中產生之廢棄木材，其實是利用價值頗高之資源，本團為推廣資源回收及再利用，乃配合行政院推動之「工業廢棄物五年處理計畫」，成立專案進行木業廢棄物資源化處理現況調查評估，並廣泛收集國內外相關資源化技術資料，予以整理並編印成冊。除提供業者從中汲取資源化技術經驗外，並供為政府機關研擬政策、學術研究單位及相關工程業界研究開發參考，並能協助業者解決廢棄物污染問題，善用可貴的木材資源，提昇產業競爭能力，達到環境保護及經濟發展兼籌並重的目標。

感謝參與本書編寫之陳萬財、黃順明等諸位工程師，從事資料之蒐集、整理及撰寫，以及黃孝信、陳載永、張章堂及孫國憲等委員之審訂，盡心盡力使本彙編得以完成，但由於時間匆促，且實務資料蒐集彙整不易，內容如有疏漏之處，尚祈不吝指正為幸。

工業污染防治技術服務團

楊萬發

中華民國八十五年六月

第一章 前言

隨著人類文明的持續進步及科技的高度發展，人類不斷地使用各項天然資源來滿足生活之所需，對於地球上有限資源之使用速度不斷地增加，早已超過地球所能負荷的程度，資源的大量使用之另一效應即廢棄物的大量產生，如此情形不僅消耗資源，更造成廢棄物處理之問題。其實「資源」與「廢棄物」僅一線之隔，如何化腐朽為神奇，資源回收與再生利用實是未來人類文明努力的方向。

木材主要是一種從森林所生產之生物資源，是自古以來就和人類生活最具有密切關係的一種物質。在近代生活中，木材不但為建築用資材、家具用材或紙漿原料等之重要資源，亦是家庭燃料及其他能源的重要資源。1989年世界木材消費量為35億立方公尺，預計至2010年為止，將達到1.5倍之51億立方公尺。

台灣地區林產工業分布廣、家數多、勞力密集，數十年來對國內經濟發展的貢獻佔有重要地位，目前國內木材加工業約有4,000家，從業人員約70,000人。由於木材加工製造程序中產生之廢棄木材，若不能有效利用或任意燃燒，則將造成掩埋困難及空氣污染等問題。其實廢材為利用價值頗高之資源，尤其在台灣森林資源99%依賴進口之狀況下，善加利用木材資源，將成為木業工廠經營管理之重要課題。

工業污染防治技術服務團〔以下簡稱服務團〕累積多年來執行經濟部工業局委辦之工廠輔導經驗，有感於木業對於廢棄物處理之困境，乃配合行政院推動之「工業廢棄物五年處理計畫」成立「工業廢棄物資源化輔導成效推估」專案，旨在調查推估木業廢棄物資源化處理現況，並彙整國內外木業廢棄物資源化技術，供進一步推廣廢棄物資源化處理應用參考，以輔導業者解決廢棄物污染問題，並提昇產業競爭能力，達到環境保護與經濟發展兼籌並重的目標。

本彙編首先以產業概況及製程概述兩章作為木業之背景描述，說明該產業之現況、困難及未來之發展方向。第四章則針對廢棄物之來源、特性、產生量及目前處理現況做一說明，廢棄物資源化回收技術一章則針對目前之資源化技術加以探討說明。最後一章廢棄物資源化案例則蒐集國內已實際執行之各項資源化措施，並評估其資源化執行成效。

第二章 產業概況

2.1 產業結構

木材為國民生活必要材料與產業發展之必須原料，被廣泛使用於建築、家具、運動器材、紙張及其他日用品。台灣地區木材工業分布廣、家數多、勞力密集。數十年來對台灣地區經濟發展的貢獻佔有重要地位，82年木材工業之生產值為69,786百萬元，佔當年製造業總生產值之1.38%，近年來本工業景氣正持續衰退中。

木業工廠依其製造及產品之不同，而分成下列三類^(1,2)：

1. 製材業：含木材半成品、木板及角材等產品製造工廠。
2. 合板業：含普通合板、木心合板、粒片版、纖維板及二次加工木質板材等複合材製造工廠。
3. 家具業：含木製家具及木製飾品等製造工廠。

依據台灣地區各類木業公會最新之調查資料，木材工業同業公會之會員合計187家、家具工業同業公會298家及合板製造業公會69家，共計554家；其中多數之木業工廠會員為木製家具工廠，各縣市的分布情形如表2.1所示。除合法登記設立並加入公會之工廠外，尚有許多合法工廠並未加入公會。另外也有一些規模較小之家具及製材地下工廠。根據林產工業調查估算，台灣區木業工廠總計有4,000家左右，其中以家具工廠佔多數（約2,500家），而木業工廠之家數正逐年減少中。

2.2 產業現況

各類主要木材工業現況分項說明：

1. 製材業

製材工業在國內所有木材工業中，屬於發展最早的加工業，所需資金不大，工廠遍佈全省，製材工廠總數曾達1,000餘家之多。近年來我國製材工業變遷甚多，呈萎縮之現象。由於原木出口國相繼採取限制原木出口政策，國內自71年後原木進口量逐年遞減，在原木來源受輸出國政策所限下，目前製材業之發展型態，已由以往之原木製材，逐漸演替為進口製材二次加工之產業。

表 2.1 台灣區木業工廠分布狀況^(3,4,5)

縣市 \ 行業 家數	製材業 ¹	家具業 ²	合板業 ³	合計
台北縣	14	51	4	61
桃園縣	2	29	—	32
新竹縣	12	14	—	25
苗栗縣	5	4	—	11
台中縣	15	39	1	68
彰化縣	2	15	—	23
南投縣	13	17	—	27
雲林縣	1	4	—	8
嘉義縣	—	13	9	16
台南縣	2	12	2	16
高雄縣	12	20	27	59
屏東縣	23	12	8	44
宜蘭縣	14	3	4	21
花蓮縣	15	—	—	15
台東縣	13	—	—	13
澎湖縣	—	—	—	—
基隆市	—	—	—	1
台北市	16	31	—	58
新竹市	2	—	—	12
台中市	5	24	—	31
嘉義市	14	—	6	25
台南市	—	2	—	1
高雄市	7	8	8	22
合計	187	298	69	591

註：¹台灣區木材工業同業公會會員名冊，民國 78 年。

²台灣區合板製造輸出業同業公會會員名錄，民國 83 年。

³台灣區家具工業同業公會會員名冊，民國 83 年。

2. 合板業

國內複合材之合板工業曾一度成為僅次於紡織、電子之後第三大外銷工業，唯自民國 78 年起已連續多年產銷衰退，且已逐漸轉向為附加價值較高的二次加工合板，佔 88%，只有 12%是素面合板。目前合板工業已由早期之外傳銷導向，轉變成供應內銷為主。

此外，複合材(composite wood)之木質板材(wood based panels)尚有粒片板(particle board)及纖維板(fiber board)兩種，為二次世界大戰中新興的工業。國內這兩項工業歷史甚短，為時約 20 年，目前僅存 2 家粒片板(又稱塑合板)工廠分別位於豐原及彰化，其生產產品主要供應木製家具使用。其全盛時期為 75~77 年，目前亦呈現衰退現象。

3. 家具業

國內家具自傳統家庭式手工製作型態進入企業式機器化生產的時代已歷經 20 多年，經多年來的努力經營，成績斐然，於民國 76 年達到頂點，享有「家具輸出王國」的美譽。國內家具製造廠商眾多，根據資料顯示，79 年家具工廠家數約為 2,500 家，從業人員 55,000 人，約 72%屬於小型企業，大小廠商間規模差距甚大，且家數有漸減的趨向。外移和投資海外設廠的家數日多，據點大多在中國大陸及東南亞國家。

近年來台灣家具界變化快速，呈現嚴重衰退趨勢，業界普遍，面臨的問題如下：

- (1)缺乏專業人才。
- (2)設計能力不足。
- (3)行銷企劃能力不足、同業惡性競爭。
- (4)產業外移，以致技術人才流失，外移廠商所生產之產品與國內產品在國際市場上相互競爭。
- (5)原料輸出國禁止原料出口，並發展該國之家具工業，生產廉價家具產品。
- (6)過於迷戀大訂單。
- (7)勞資雙方間之摩擦問題。
- (8)環保問題。
- (9)貿易自由化下，進口家具對國內家具內銷市場之衝擊。

為使我國木業能持續經營，必須針對問題調查營運方針，未來可行的發展方向計有：

1. 製材業方面

(1) 改變製材廠型態

台灣的製材工業僅是將原木鋸裁成各種規格之板材、角材或盤木，此種單元性之生產方式已趨減少，對木材利用價值而言，亦是一種浪費。因此製材廠須與其他加工廠如鉋板、防腐、乾燥、紙漿等工廠，組成一完整之木材加工廠，以便充分利用木材，並可提高產品品質。

(2) 製品規格統一化

一般製材業大都以購買之原木鋸裁成各種規格製品，再出售獲利，此與歐美各國木材工業初期之發展情況相似，無法達到同品等、同價值之目標，故欲發展我國製材工業，首先應使製品規格統一化、單純化。

2. 合板業方面

(1) 提高利用率

合板業原木成本佔生產成本的比例甚高，原木的利用率約為 55%：故木材利用是生產合板控制成本重要的一環。提高利用率所涉及的問題包括：進貨、原木管理保存、製程設備條件、品管、木材特性研究等。尤其是截邊之下腳料，尚可加工製成各種器物，提高邊際效益。

(2) 提昇品質

目前各廠利用率及單板保存等仍有待研究改進，如防裂、防腐、防變色等。柳安木合板由於受到國外進口貨品影響，導致柳安木素面合板利薄而產量銳減，必須儘速提高加工層次，以保有國際市場之佔有率。

3. 家具業方面

(1) 提高原料利用率

家具原料方面，目前絕大部分從美國、東南亞地區進口。木製家具產品原物料成本佔總成本 50% 以上，如何提高原料利用率，是降低產品製造成本必須考量的。

(2) 引進新型機械作業

製造家具所需之原料，如木材、木質板材(如纖維板、粒片板等)及塗料等均仰賴進口。目前國內製程尚無法完全達到自動化機械作業，為降低生產

成本，必須進一步改善現有設備週邊設施，加強機器連線生產作業，採用數值控制機械來提高生產力。

(3)提高生產與品質

隨著生活水準之提高、人工費之高漲，今後國內工廠已無法以低廉勞工取勝，因此，唯有加強生產管理提高生產效率，加強設計能力開發新產品，以及加強生產技術提高產品品質，方能開創產業的第二春。此外，分散市場比集中於某些特定國家市場更值得重視。

(4)強調無公害家具

目前德國、荷蘭、丹麥等國對於甲醛含量之限制相當嚴格，宜予以重視。

為使我國木材工業得以存續與發展，除生產業者必須自立自強外，政府相關單位及學術研究機構宜站在輔導的立場，對該行業加以不同層面的協助，以解決產業困難，並避免產業遭受不公平傾銷之危害。

第三章 產業概述

3.1 製材業

在我國木材工業中，製材業屬於發展最早且耗用原料最多之加工業。此類工廠所需資金不大，為小規模經營，大部份集中於木材集散市鎮。

製材作業方式隨原木大小、機械配置、工廠規模大小而異，並隨製品規格、市場之需求情況而不同，其主要之製造程序如圖 3.1。台灣地區亦有一些規模較大之製材廠，設有加工製材部門，將切割所成之木料，再進行乾燥、鉋光及拼接等作業。

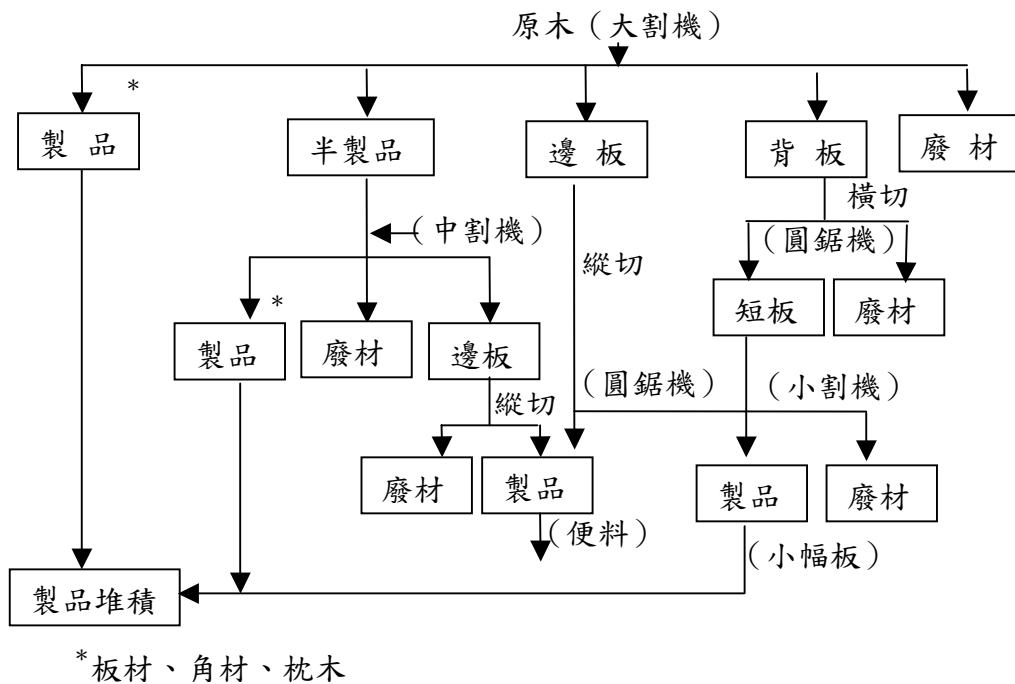


圖 3.1 製材作業流程圖⁽¹⁾

製材廠之原木一般皆貯存堆積於戶外空地或貯木池，作業時使用吊材車將原木吊至切割機剖開，然後再經中割機或小割機鋸成所需製品如板材、角材及枕木；至於邊板及背板則以縱切及橫切機予以修邊及端切等程序，而製成小幅板及便料。這些製品主要作為建築用材或經過加工製成其他用品。

木材經裁切後，若製材在高含水率狀態下加工使用時，因為乾燥而發生乾裂或歪曲。所以在使用前須乾燥至氣乾燥狀態。通常木材乾燥係由一種或兩種方式

完成，即氣乾與窯乾，有時須兩種方式同時進行。氣乾就是將木材製品以正確之疊材方法堆積成堆，置於空氣中，由其自然通風乾燥，使其含水量蒸發至與大氣濕度平衡為止。氣乾最大缺點為甚受氣候因素之影響，對於溫度、相對濕度與風力等均無法控制。窯乾法就是將木材製品堆置於乾燥窯內，因窯內之溫度、相對溼度與空氣流通較大氣容易控制，所以可以加速乾燥而減少瑕疵之發生。各地區所需木製品含水率都不相同，依日本 JIS 規格，各木製品含水率如表 3.1 所示。

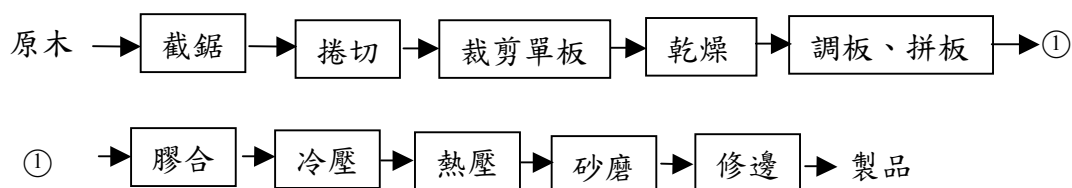
表 3.1 日本 JIS 規格木製品之含水率⁽⁶⁾

品名	含水率 (%)	品名	含水率 (%)
木箱、黑板	18 以下	簾	14 以下
木製加工品	15 以下	地板	13 以下
工作 台	15 以下	合 板	13 以下
農 機 具	15 以下		

木材乾燥後，因水分減少，鉋光時摩擦阻力也隨著減少，且製品不易變形，很容易便可製成表面光滑、尺寸精確之各種板材。目前，一般工廠都採用自動化，高速迴轉之鉋板機進行作業。經過鉋板後之板材，依所需要製成之用品來進行拼接或加工。有些木材用品則需依其製程之方便，先進行拼接而後鉋光，然後再進行修補製成產品。

3.2 合板業

台灣地區之合板工廠主要以生產普通素面合板為主。其他之複合板包括粒片板、纖維板、木心合板及其他經加工製成之化粧合板、印刷合板、貼面合板等。合板工廠使用之原木主要為南洋柳安木。一般合板之主要製程如下：



1. 截鋸

由於砍伐後之原木長度不均，且兩端會稍微裂開。在合板廠，一般使用鏈鋸將原木截鋸成所需要之長度。當截鋸時，兩端將有或長或短之木料留存，此木料稱為端材，無法供製單板。較長之端材可製木心板、空心板或家具。較短之端材僅能供作鍋爐燃料使用。

2.捲切

原木通常使用鏈鋸截鋸成所需要長度之捲切材。原木捲切時，捲切機鉋台主軸摺住原木旋轉，對於能利用之原木盡可能的加以切削，大直徑原木於捲切初期需使用較大的主軸插刀，其後再改成較小的插刀。原木於捲切初期，往往因兩端直徑大小不對稱或表皮附近有各種的損傷，致使無法得到完整的連續單板，因此捲切所得單板，經選片作業，截切成適當大小，並選切成可用之單板。其廢料部份可作為單板修補材料外，大部份供作為鍋爐燃料。

3.乾燥

單板乾燥之目的為去除單板內多餘之水分，使其達到利於膠合及製品品質之含水率狀態。乾燥方法有很多方式，目前較常使用的方法為以機械式輸送單板、熱風進行乾燥之乾燥法。其他較特殊的方法，如接觸加熱法、輻射加熱法、高週波加熱法及微波加熱法等。

乾燥單板之含水率和乾燥時間、單板收縮率及翹曲有密切的關係。若單板之含水率不適當，經膠合後不只無法達到充分之膠合強度，並且在使用時造成合板膠合性能低或翹曲及面裂。實用上之膠合力，以尿素膠為例，若構成合板之單板含水率相同時，含水率在7~8%時膠合最佳。

4.調板

乾燥後之單板，經自動剪切機截切成所需要的寬度，再移至調板程序，分別選出面、背、中板及祛除單板上可能影響成品之各種缺點（如蟲孔、節及裂痕等）。並進行拼板，即單板之邊膠合，使小尺寸單板成為一定大小的單板及對單板缺點部位修補。

5.膠合

目前，應用於製造合板之膠合劑主要為尿素膠、三聚氰胺尿素共縮合膠合劑、酚膠及熱熔膠，其中以尿素膠為最常用。佈膠作業通常使用佈膠機將膠液塗佈在單板上，常用者為滾筒式佈膠機，由兩支直徑較大之塗佈滾筒及兩支較小的調節滾筒所組成。塗佈滾筒表面包以一層厚的合成橡膠，並有微小細溝，目的在調節滾筒正確的塗佈量，其與塗佈滾筒間之距離及兩滾筒之轉速差異，可正確調整塗佈量，使一定量膠合均勻的塗佈在單板表面。

6.堆積

單板佈膠後堆放至一定數量後送入冷壓機，這段時間稱為堆積時間。一次堆積的數量乃視冷壓機所能容納之高度而定。

7.冷壓

佈好膠的單板堆積至一定數量後即送入冷壓機冷壓。冷壓期間，膠液仍未硬化，僅使單板與單板相互間保持假接著（膠合）狀態，在未送入熱壓機前不致剝落。冷壓時間之長短可隨需要而有相當大之調整，只要不在冷壓期間有硬化之現象，隨時可解壓送進熱壓機，短時間冷壓為 10~20 分鐘，長時間亦可達 1 小時以上。

8.熱壓

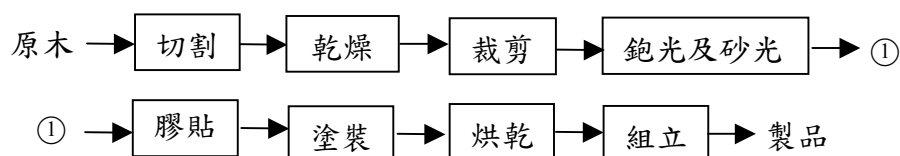
單板經冷壓後移至熱壓機以完成膠合作業。此時，佈膠的單板相互間在加壓密接狀態下，由於加熱而促使膠合劑硬化以製成合板。所施加壓力之大小因樹種而異，比重大的可用較大壓力，一般柳安木約 8~12kgf/cm²。熱壓溫度則隨膠合劑種類而改變，尿素膠為 110~115°C，三聚氰胺尿素共縮合膠為 115~120°C，酚膠為 135~140°C。熱壓時間也因膠合劑種類、合板厚度而有所差異，一般使用尿素膠時，厚度 1mm 約需 20~30 秒即可。

9.砂磨及修邊

合板經熱壓膠合後，為修整成適當規格大小之成品，長度或寬度均須裁鋸一部份。如其表面不良時，須加以修補，然後再進行砂光，即成光滑表面。然後再經過分等後就可出售。

3.3 家具業

家具業之製品繁多，如餐桌椅、廚櫃、沙發、床具等。其製程繁多，需要大量之人力，屬於勞力密集之產業。此產業之製程依各工廠之加工性質來決定，有些工廠只加工某個階段之製程如砂光或塗裝。從原木開始加工至家具產品之主要製程如下：



由於家具業所製造之產品繁多，為了配合作業方便，組立與塗裝程序依各工廠之需要，可稍微調整，如先組立後塗裝或先塗裝後組立。從前，家具工廠直接進口原木，加工製成家具，而目前由於一些原木供應地區禁止原木直接出口，需

要經過切割及乾燥程序後才准予出口，所以現在台灣地區之家具工廠偏向於裁剪、塗裝及組立加工。

家具工廠之作業主要偏重於裁剪成形、砂光、塗裝及組立。前面幾項製材程序，如切割及乾燥為製材廠之作業。家具工廠之主要原料大都為已經乾燥過之製材，以下就家具工廠之主要幾項製程提出說明。

1. 裁剪

乾燥後之板材，依照所需要之形狀加工成形，一般作業係採用機械設備如圓切機鋸切。

2. 鉋光及砂光

經過鋸切後之木料，因表面粗糙，須經過鉋光及砂光程序，將表面磨光，以得到光滑之表面。目前，工廠均採用砂光機進行作業，快速且效果良好。

3. 塗裝

家具業所採用之塗料主要為透明塗料，因經過透明塗料塗裝後，才可以直接看到木材紋理。常用之透明塗料可以區分為兩大類，一為非轉換型塗料，又可稱為非反應型塗料或熱可塑性（thermoplastic）塗料，如常用的硝化纖維素塗料（nitrocellulose lacquer）俗稱拉卡。另一為轉換型塗料，又可稱為反應型塗料或熱硬化性（thermosetting）塗料，如常用的聚脲酯（polyurethane）塗料、聚酯（polyester）塗料、胺基醇酸（aminoalkyd）塗料等。

家具的塗裝作業由從前的毛刷塗裝法改變成現在的自動化機械作業。由於科技的發展及環境的保護，木器家具的塗裝已經朝向自動化大量生產、減少環境污染及更良好的塗裝品質發展。目前較常用的塗裝方法，包括空氣式噴塗法、無氣式噴塗法、混氣式噴塗法、靜電式噴塗法、浸漬式噴塗法、滾筒式塗裝法、流幕式塗裝法及自動式塗裝法。

4. 烘乾及組立

家具組件經塗裝後就進行塗膜乾燥。常用方式可分為兩種，自然風乾及熱氣烘乾。自然風乾須較長的作業時間，而使用溫度 50°C 熱氣烘乾則可縮短作業時間。組件經過組立機器組立後，就可包裝出售。

第四章 廢棄物特性與現況

4.1 廢棄物來源

1. 製材業

製材廠的主要作業是將原木採用切割機及圓鋸機鋸切成板材及角材製品。一些規模較大之製材廠則設有木材乾燥及鉋光程序。通常，乾燥程序採用乾燥窯進行乾燥，乾燥所需時間則視木材所需要之含水率來決定。一般乾燥至含水率10%時，約需乾燥7天左右。一些工廠將乾燥後之木材提供下游工廠加工，如家具廠及其他木器加工廠。而有些工廠則繼續進行木材鉋光程序，製成地板、樓板及其他板材。製材廠作業程序廢棄物產生源及種類如圖4.1所示。

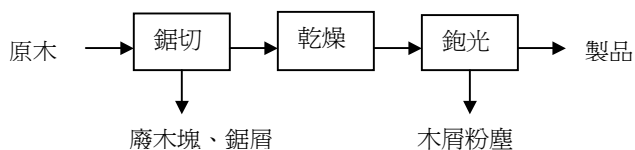


圖 4.1 製材廠廢棄物產生源及種類⁽⁷⁾

(1) 鋸切作業之廢料量視作業之多寡而定，一般製材工廠之鋸切作業共有大割機鋸切原木、中割機切割半製品、圓鋸機縱切邊材、圓鋸機橫切背板、小割機切割短板等五處作業，其主要廢料為木塊及鋸屑。

(2) 工業若設有鉋光作業亦有木屑粉塵之污染。

2. 合板業

合板種類繁多，較常見的有普通合板、木心合板及其他集成合板。一般而言，合板工廠以生產素面合板為主，有些工廠則設有加工程序，製成化粧合板及其他加工合板。合板廠作業程序中廢棄物產生源及廢棄物種類如圖4.2所示。

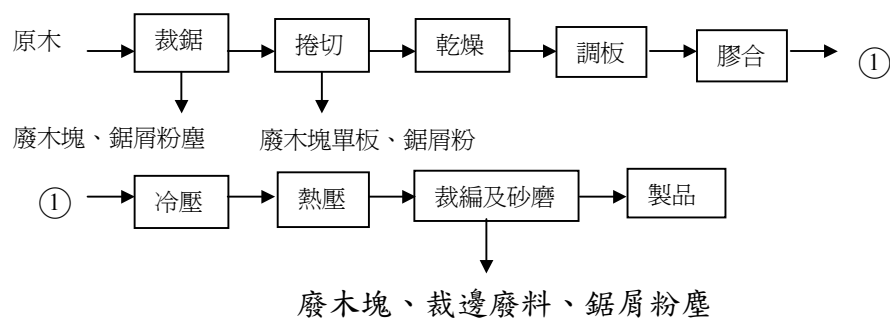


圖 4.2 合板廠廢棄物產生源及種類⁽⁷⁾

3. 家具業

木製家具種類繁多，近年來因木材之取得不易，木製家具具有逐漸減少之現象。然而，一些木製家具還是無法被金屬或其他材料家具所取代，如餐桌椅、櫥櫃、床及其他器材等製品。較典型之木製家具工廠為製造餐桌椅及櫥櫃工廠。家具廠作業程序中廢棄物產生源及廢棄物種類如圖 4.3 所示。

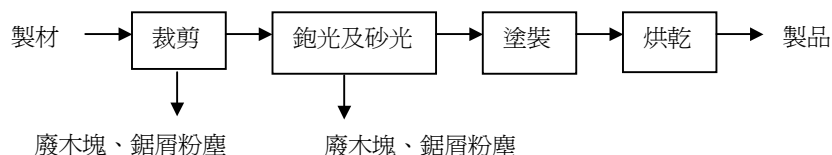


圖 4.3 家具廠廢棄物產生源及種類⁽⁷⁾

由於木製家具工廠所生產之產品種類不同，所造成之廢料也會不一樣。有些工廠只有加工部分程序，如砂光及塗裝。一般木製家具工廠之廢料來源為裁切木材成形程序、砂光程序及產生之木屑粉塵。

4.2 廢棄物產生量及特性

1. 廢材產生量

木業工廠中所謂之「廢材」，包含樹皮，製材廠之邊材、鋸屑，合板廠之端材、剝心材、單板屑、裁邊及砂磨屑，家具廠之木塊、鋸屑等。

原木於製成木材時，所產生的邊材、鋸屑及樹皮約佔原木體積的 29~38%。表 4.1 表示製材廠作業程序廢材量。若製材進一步製成地板材及家具材時，將會產生更多量的鉋屑及切端材。

表 4.1 製材作業產生的廢棄量⁽⁷⁾

廢材種類	廢材產量(%)
邊材	17~20
鋸屑	7~10
樹皮	5~8
合計	29~38

合板工廠所產生的廢材量約佔原木體積的 40%左右。目前國內合板原料主要以柳安木為主，於製成 2.7mm 厚度合板時，製品利用率為 58.5%，合板厚度增加，製品利用率亦相對增加。廢材的形狀不定，從大體積的邊材、樹皮、剝心及切端材到微細的裁邊及砂磨屑均有，一般以大體積的廢材佔多數。未經過

乾燥處理的生材所含有的水份比較，約 40~80%（有時會超過 100%），經過乾燥後所產生的裁邊及砂磨屑之含水率較低，如表 4.2 所示。

表 4.2 合板工廠廢材性質及產量⁽⁷⁾

廢材種類	廢材產量(%)	含水率(%)	容積重(kg/m ³)
端材	6.0	60	760
剝心材	6.2	60	760
單板屑	12.8	42	680
合板屑	6.2	42	680
鋸屑	1.5	25	620
裁邊及砂磨屑	0.7	25	620
合計	33.4	42(平均值)	700(平均值)

根據合板公會提供資料顯示，國內 83 年進口原木 2,090,905m³ 及製材 1,935,647m³。另根據針對業者及相關公會之調查，評估國內原木之使用率約為 55%，即廢材率約 45%，而製材之使用率約為 80%，即廢材率約為 20%，因此，原木及製材將分別產生 940,907m³ 及 387,129m³ 之木業廢棄物，合計 1,328,036m³，若以容積密度 0.82 噸/m³ 估算，則相當於 109 萬噸之廢材。

2. 木屑粉塵排放特性

木業工廠可能產生木屑粉塵的製程與場所相當多。鋸切作業產生之木屑粉塵粒徑隨鋸路寬窄而異，一般切鋸原木使用大鋸齒圓鋸或鏈鋸，產生之鋸屑粒徑較大且潮濕，故不會輕易飛揚於大氣，污染程度較輕微，鋸屑通常在 200 μ m 以上；如合板業，原木於截鋸成旋切材時，所使用之鏈鋸鋸路約 15mm，故鋸屑粒徑大，容易收集。對於製材工廠鋸切板材或角材及合板廠之裁邊作業使用小鋸齒鋸，產生較細粒徑粉塵約 10 μ m。此外，由於家具業使用之木材較為乾燥，使用之切割機器鋸齒都很小，產生之鋸屑粉塵均很微細，約在 3~10 μ m 之間，極易造成飛揚而污染作業環境。

木業工廠所產生之木屑粉塵量會因製程之不同而有差異。製材廠產生之木屑主要為原木裁鋸及木板鋸切之鋸屑，亦有部分製程如鉋光及砂光等而產生微細之木屑粉塵。於原木裁鋸到製成木板所產生之鋸屑約佔原木總體積之 10~15%。

由於木業工廠之製程繁多，各製程如鋸切、鉋光及砂光等所產生之木屑粉塵量因作業狀況而定。以合板廠為例，木屑粉塵量單位污染負荷，即產生單位重量或單位面積所產生之木屑粉塵量如表 4.3 所示。由表中顯示，合板製造程序中木屑粉塵之排放量以原木裁鋸為最多；然由於合板鋸切及磨光產生之木屑粉塵較為乾燥，粒徑亦較為微細，因此造成之環境衝擊較大。

表 4.3 合板廠各污染源之木屑粉塵單位污染負荷⁽⁸⁾

污染源	產品單位污染負荷
原木去皮	0.012 kg/公噸
原木裁鋸	0.175 kg/公噸
合板鋸切、磨光	0.05 kg/m ²

3. 木材特性

(1) 組成元素

一般木業工廠所採用的木材原料主要係由纖維素、半纖維素及木質素等三種主成分所構成，部分為揮發性物質，灰色較少，如表 4.4 所示。木材的元素組成幾乎沒有多大的差異，針葉樹及闊葉樹的碳元素介於 45~55% 左右。

表 4.4 典型乾木材之成分及熱值分析⁽⁹⁾

木材種類	木材質量成分分析(%)						發熱值(kcal/kg)		燃燒需氧量 (kg/1,000kcal)	無過量空氣之 CO ₂ 量(%)
	C	H	S	O	N	灰	高	低		
楠 木	48.8	6.4	—	44.4	0.1	0.4	4,667	4,322	1.27	20.2
檜 木	55.0	6.5	—	38.1	—	0.4	5,483	5,135	1.28	19.5
杉 木	52.3	6.3	—	40.5	0.1	0.8	5,028	4,691	1.29	19.9
鐵 杉	50.4	5.8	0.1	41.4	0.1	2.2	4,789	4,476	1.26	20.4
松 木	52.6	7.0	—	40.1	—	1.3	5,339	4,460	1.27	19.2
樺 木	49.8	6.5	—	43.4	—	0.3	4,805	4,455	1.28	20.0
山毛櫸	51.6	6.3	—	41.4	—	0.7	4,867	4,528	1.31	20.1
榆 木	50.4	6.6	—	42.3	—	0.7	4,894	4,540	1.29	19.8
紅 橡 木	49.5	6.6	—	43.7	—	0.2	4,828	4,465	1.28	19.9
柳 安 木	48.8	6.4	—	39.4	4	1.4	4,207	3,852	—	—

(2)發熱值

木材的發熱值為燃燒時的重要參數之一。目前一般鍋爐燃燒氣體均在高溫下排放，適合採用低發熱值來計算。一般木材於絕乾狀態的高發熱值在4,500~5,000kcal/kg，如表 4.4 所示，針葉樹材的發熱值會比闊葉樹材稍為大一些，樹種變化時，其發熱值大約只變動6~8%。當木材含水率增大時，它的燃燒值亦會呈直線狀的減低，含水率增至20~30%時，其高發熱值會減至3,700~4,400kcal/kg。

4.3 處理現況

國內林產工業之原料有99%仰賴進口，因原木生產國禁止出口而影響原木來源，故而各項廢棄物之產出亦有減少之趨勢。我國林產工業在各項經營成本提高狀態下，更應朝著加工利用層次多角化，提高原木利用率，並減少廢料量產生的方向發展。

表 4.5 及表 4.6 所示為日本依廢材特性加以利用的方法。國內木業廢棄物目前除鋸屑有較多樣利用外，廢材之再利用仍缺乏出路。部分大型之工廠設置鍋爐或焚化設備燃燒廢材，但常有空氣污染問題無法改善；部分廠商甚至有露天燃燒之狀況發生。其實林產工廠的廢材是一種再利用可能性頗大之廢棄物，有待我們積極開發使之資源化。

表 4.5 林產廢棄物的利用情形⁽¹⁰⁾

廢材	場所	利用形態	用 途
殘材木屑	林場	直接利用	燃料、投棄、焚化
		加工利用	木片(紙漿、粒片板)、木炭、乾燥原料、小型製品、菇類栽培
	工廠	直接利用	燃料、投棄
		加工利用	木片、木箱隔板、小物、複合材料、木炭、木醋液
鋸屑	直接利用	燃料、投棄、焚化、家畜墊料、清掃、過濾	
	加工利用	粒片板、原子炭、土壤改良劑、菇類、培養基、磚、燻製煙材料、精油、檜木油等	
樹皮	直接利用	燃料、焚化、投棄、家畜墊料、過濾材料	
	加工利用	樹皮炭、土壤改良劑、堆肥、樹皮粉(殺蟲劑、肥料固化防止劑、成形物)、膠合板、複合材料、軟木、紙原料、單寧、蠟、醫療品原料(黃蓮素等)、天然膠合劑	

表 4.6 木材工業廢材利用方法分類⁽¹⁰⁾

利用方法	利用形態	用途
物理利用	直接加工	土壤覆蓋 防熱、保溫材料(建築物、冷藏庫等) 填充用 包裝材料 研磨用(金屬拋光、皮革洗滌) 清掃用(研磨併用) 吸收用(家畜、尿尿等) 墊材(兼吸收用) 殺蟲劑基材
	機械加工	粒片板 成型品 石膏板 水泥製品(粒片水泥板、鋸屑空心磚) 纖維壁材 小型製品(衛生筷、小盒、芯材等) 木質粉(合成樹脂成形粉基材、合成樹脂接著劑、充填劑、蚊香充填劑、油毛氈填充劑、爆藥充填劑、鑄造用、過濾用) 窯業用(硅藻土烘爐、磚) 軟木(栓木櫟)
燃料利用	原形利用	燃料(家庭用、產業用)
	化學處理	燃燒(成型木炭) 瓦斯化
纖維利用	機械加工 (化學處理)	木材切片(紙漿、粒片板、纖維板)
	化學處理	紙漿 纖維膠合板
化學利用	化學處理	加水分解(糖化物) 炭化(活性炭) 木醋液 萃取成分(黃蓮素、蠟質物、單寧等)
生化利用	生化處理	堆肥及土壤改良劑 飼料 食用菇類等微生物培養

註：表中的蚊香、軟木、腊、單寧、藥劑是特種樹木的利用法，而非一般性樹木。

第五章 廢棄物資源化回收技術

5.1 燃燒處理技術

部份木業工廠設置鍋爐燃燒廢材，除了可處理廠內的廢棄物，更可產生蒸氣供廠內製程使用。但以燃燒方式處理，易造成粒狀物空氣污染，由於國內木業工廠對於鍋爐大都疏於管理，應提升木業鍋爐操作維護，使排放廢氣較為穩定及減少污染物排放，有關影響鍋爐燃燒因子如表 5.1 所示。

表 5.1 影響鍋爐燃燒因子⁽¹⁾

燃料因子	燃燒空氣因子	操作維護因子
<ul style="list-style-type: none">• 種類• 形狀大小• 含水率• 發熱值• 燃料投入方式• 燃料爐內分佈• 燃料燃燒速率• 燃料分開投入• 其他輔助燃料	<ul style="list-style-type: none">• 過量燃燒空氣• 燃燒空氣溫度• 爐上方與爐底進氣比率• 燃燒空氣之擾流• 抽引及股風系統	<ul style="list-style-type: none">• 燃燒系統之清潔• 基本鍋爐設計• 零件維護• 蒸汽產率• 蒸汽槽水位

鍋爐燃燒廢氣之處理設備主要為旋風集塵機及袋濾集塵機，少數工廠則以文氏洗滌塔處理。有關廢材鍋爐及廢氣處理等資料，可參考服務團技術手冊「木業污染防治技術」。

5.2 樹皮的有效利用

國內木業原料大部份仰賴國外進口，原木在進口前就預先有進行去皮的預處理過程。因此原木運到工廠時，並沒有樹皮，只有表層皮而已。而國內木材目前的供應量已不到全國需求的百分之一，所以樹皮廢棄物量並不多。

表 5.2 為各種樹皮的成分組成，從中可知樹皮的灰分、纖維素量比內材少，木質素、半纖維素則較多，水分、鹼溶劑溶出量亦多；對針葉樹和闊葉樹的比較上，前者的木質素較多，而半纖維素和可溶性糖類較使少。

表 5.2 各種樹皮的成分組成⁽¹⁰⁾

成份組成 (%)	針葉樹	紅松內材	闊葉樹 櫟內材
	紅檜樹皮 (蘇俄材、落葉松)		
灰分	1.1~1.3	0.1~0.4	0.1~0.6
熱水溶出部份	8.6~13.8	1.6~3.6	3.3~8.0
1%NaOH 溶出部份	50.4~54.3	10.7~24.5	15~24
酒精、苯溶出部份	8.5~15.1	1.9~3.9	0.6~1.0
木質素	55.8~65.3	28~35	21~23
全纖維素		43~48	50~62
半纖維素	36.9	14~24	19~26
纖維素	23.4		
氮	(0.2)		
P ₂ O ₃	(0.03)		
K ₂ O	(0.13)		

從樹皮萃取的成份包括有高級脂酸、醇、臘、植物鹼、單寧、酚酸（如肉桂酸、對位羥安息香酸）等。因此，用萃取法取得這些成份才可資源化。

此外，樹皮也可以處理成其他用途：

1. 家畜舍墊料：粉碎後即可做成家畜舍墊料。
2. 土壤改良劑：樹皮分解後，營養份多，適合做堆肥。
3. 燃料：樹皮的灰分樹芯木部多十倍，但其含炭量多，發熱量不遜於木部，可做鍋爐燃料。
4. 成型燃料：粉碎後直接或與鋸屑混合可製成鋸屑灰，火力強，但灰分多。

5.3 碎片屑和木屑有效利用

木業工廠產生之碎片屑及木屑較常用途分項說明如下：

1. 粒片板 (particle board) 及纖維板 (fiber board)

粒片板乃將木材切成細小片狀或塊狀如膠合劑熱壓而成板狀，粒片板有塑合板、均質木材、人造木材、削片板等稱呼。國內原有振昌、中日梧桐、中華

塑合板、統迪及勇達等廠家，目前僅存振昌及中日梧桐兩家繼續生產。而纖維板有硬質纖維板、中密度纖維板（密迪板）及低密度纖維板（絕緣板、軟質纖維板）之分，乃木片經解纖、蒸煮再膠合熱壓而成，國內原有振昌興業生產硬質纖維板及復興木業生產中密度纖維板，但均已停產。在用途上，略可分二類：一類屬建材類，如模板、屋面板、木項板等；另一類屬家具木器之中間原料，如室內裝飾材、桌面、喇叭箱等。該項產業因原料不足、品質不甚理想及進口品競爭等因素而面臨生存危機。但該行業協助處理大量廢材及提供家具原料，對於環境保護及民生工業皆有明顯貢獻，值得政府加以輔導。

目前國內僅存之兩家粒片板製造廠，每年約處理 4.5 萬噸之廢材。

2. 成型棧板

又稱塑合棧板，其製造與粒片板原理相同，將廢材切成片狀，混膠於棧板模型中熱壓成型。成型棧板值得大力推廣以取代傳統棧板，未來更可能進一步回收大量的廢棧板處理再生為塑合棧板。

3. 食用菇類培養基

香菇等食用菇類的栽培，由於不易獲得細木，目前已改為利用木屑來栽培。木屑的原木樹種來源僅在闊葉樹，如果樹種適合的話，在日本可賣出二倍以上的價格。栽培菇類用的木屑如果要摻以碎片屑，那麼摻入在木屑內的量以 10% 以下為限。但若碎片屑經過粉碎，則其混合在鋸屑內的量將不受限制。

4. 家畜墊料

近年來以木屑代替稻草做家畜舍墊料用途漸多。根據了解，一隻牛所需的墊料每月約為 0.5m^3 ，在家畜產地，木屑常有供不應求的情形，往往還是從遠地買進。如果直接使用碎片屑時，吸水量會不足，故須粉碎至木屑的程度。

5. 土壤改良劑

木屑於家畜墊料用過之後可堆積醱酵成堆肥。此外，木屑亦可直接與雞屎和米糠混合醱酵成堆肥，碎片屑在此亦可直接使用。

6. 培養土

木屑可與建築基地田土、造紙污泥、養豬場廢渣、稻穀粗糠及製鹼污泥等共同混合製成培養土。

以宜蘭縣今日景藝公司為例，每年約使用 5,000 噸的木屑以製作培養土。

7. 成型燃料

木屑經乾燥後，加熱擠出成鋸屑炭，即俗稱「原子炭」，廣泛應用為燃料。在台灣過去有許多家小型工廠生產，目前因銷路及空氣污染之環保壓力，多數已停工。目前僅餘宜蘭地區仍有二、三家工廠持續生產。每年約處理 7,000 噸之鋸屑。

8. 製漿

國內目前有中華紙漿公司利用廢材切成之木片製漿，目前因生產紙漿品質不佳，已大幅減少使用量。目前每年約回收 3,600 噸之絕乾木片，回收之材種以材質硬、油脂少之闊葉樹種為主，收購價格約為 1,300~2,900 元/絕乾噸。

9. 活性炭

利用鋸屑炭化後活化製成粉狀活性炭，目前只有台灣炭素公司生產，惟因環保壓力及進口品競爭，已明顯影響其市場前景。據最近之情況了解，該廠目前已停止使用木屑生產活性炭之製造。

10. 電木粉

木屑研磨成木粉後混合酚醛樹脂製成電木粉，作為絕緣成型材料，目前國內有三家廠家生產，每年使用木屑約 11,000 噸。其中以長春樹脂最大，佔總產量 80% 以上。

第六章 廢棄物資源化案例

6.1 利用廢材製造粒片板

1. 前言

A 廠是國內知名木業公司，更是目前國內最大之粒片板製造廠，該廠自民國 45 年接受行政院經合會之貸款，由西德購買製板機一套，更於 74 及 78 年接受工業局輔導再增設兩套新型製板設備。該廠係以收集台中縣內及鄰近大部份製材廠、木器廠之廢棄木屑及鉋花為主要原料。目前有粒片板製造線兩條，如兩條線同時運轉，每天可將收集之木屑（約 120 噸至 150 噸）製成 9、12、15、18、25、30mm 等不同厚度之粒片板約 120 噸至 150 噸。由於該廠原料全數使用國內木業產生之廢材，不僅協助解決中部地區之廢材問題，回收有效資源，更提供價廉之粒片板供應國內家具業作為材料使用，因而於 83 年 4 月獲得環保署環保標章的使用證書。該廠更投資龐大資金於污染防制設備克服了粒片板製程中乾燥機之空氣污染問題，並獲得台中縣 83 年推動環保優良廠商獎。

2. 製程及原理

粒片板（particle board）又稱塑合板，乃將木材切成細小粒片，經乾燥後，上膠、抄板及熱壓而成板狀，粒片板有塑合板、均質木材、人造木材、削片板或鉋花板等稱呼。粒片板廣泛應用於家具製造，諸如書桌、餐桌、木椅、床板、櫥櫃、書架、酒櫃…等。

圖 6.1 為粒片板廠基本流程圖，圖 6.2 為粒片板廠製造設備流程。茲將各項程序分述如下：

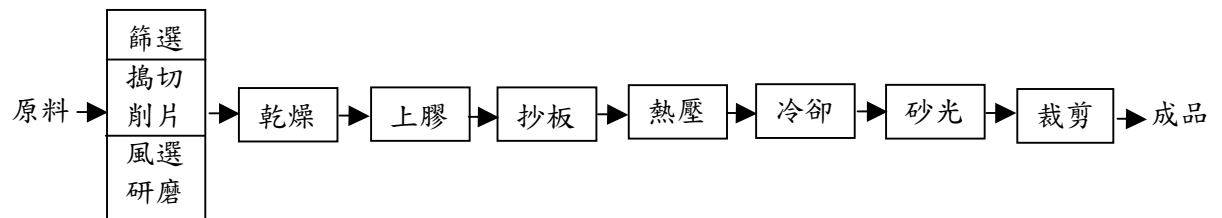


圖 6.1 粒片板廠基本流程圖

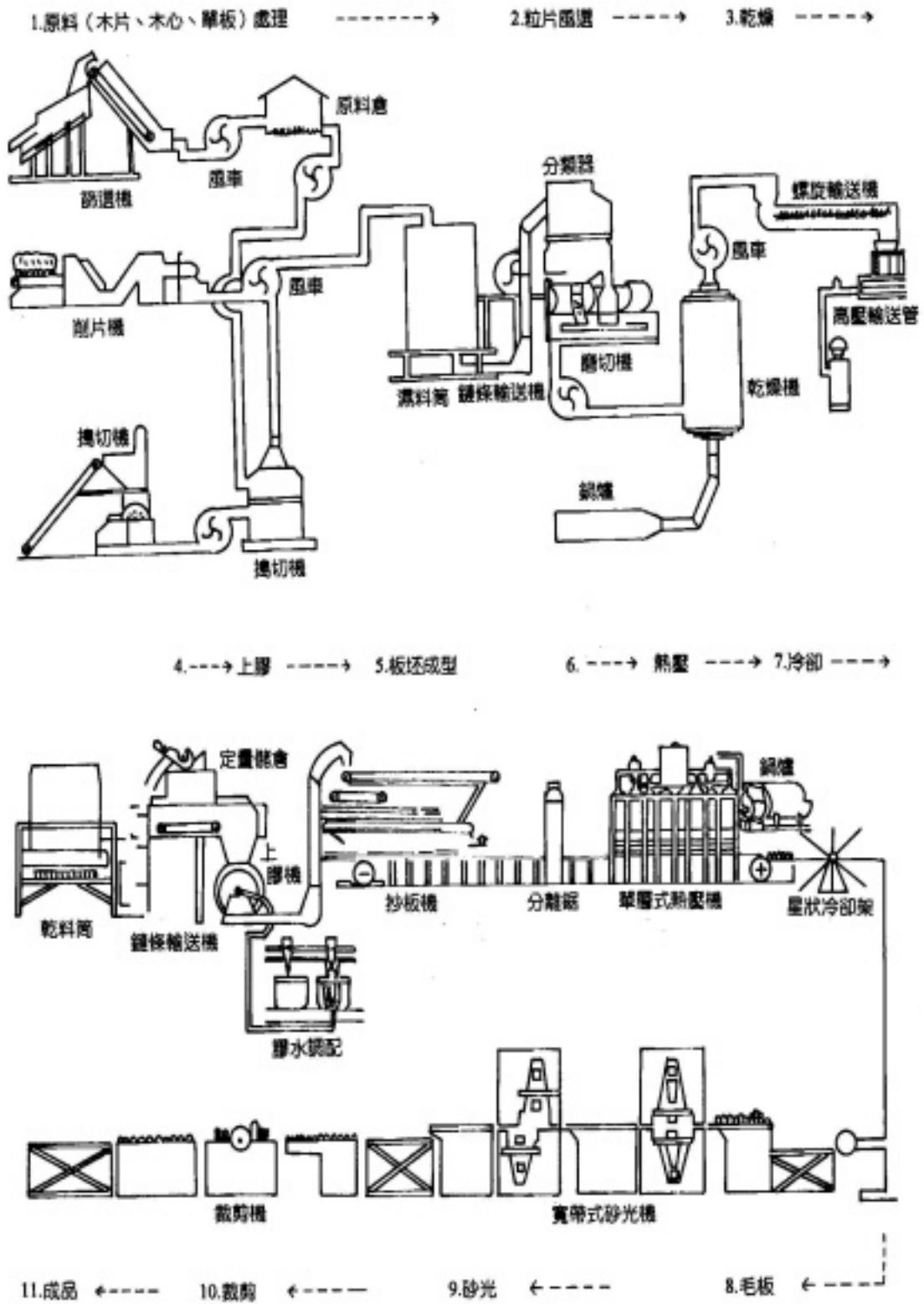


圖 6.2 粒片板廠製造設備流程圖

(1) 原理

原料品質之優劣狀況是影響粒片板品質之關鍵因素。國外生產粒片板多以小徑木處理為粒片後生產；而國內則因實際狀況限制，木質原料全數來自木業工廠之鉋花及鋸屑廢料，或者收集製材廠切割之邊皮及端材再切削處理成粒片。因原料收集自各廠，故導致原料材種複雜、性質不均且夾雜雜質，嚴重影響生產粒片板品質之提昇，增加生產之困難度⁽¹²⁾，惟對廢材之有效利用則具顯著功效。

(2) 原料處理

從木業工廠收集之鋸屑、鉋花及邊皮材等，經篩選、搗切、削片、風選及研磨等程序，製備成粒片備用。因原料來源複雜，含有許多雜質如鐵片、砂石等，可以震動篩料器除去，並以磁鐵吸除鐵片，務必將雜質減至最低限度。

(3) 乾燥

利用裁剪機之裁邊及砂光機之砂光屑收集後送至鍋爐燃燒，燃燒後之熱氣用於乾燥器乾燥粒片，利用旋風集塵器收集乾燥粒片，乾燥後部份廢氣回收至鍋爐循環，其餘廢氣則排至空氣污染防制設備處理。

(4) 上膠

將粒片及膠合劑利用上膠機按比例混合。粒片板使用之膠合劑主要是以尿素甲醛樹脂為主，只有在生產防水性粒片板才使用酚甲醛樹脂或三聚氰胺樹脂為膠合劑。由於採用低甲醛尿素膠，可降低製造過程及成品之甲醛釋放量。用膠量相當於粒片之 10%，由於使用廢材為粒片原料，故用膠量較國外產品高，導致下游加工業加工較困難及刀具磨損等問題。

(5) 抄板

國內粒片板之製造有三層構造及多層構造兩類，該廠目前製造之產品為多層構造。在抄板成型 (forming) 時，將上膠量較多之細小粒片配置於表底層，而上膠量較少之粗大粒片配置於中層，使在熱壓後，其表底層成為較緻密、密度較大，而中層較鬆弛、密度較小，即有層狀化之粒片板，粒片板密度在厚度方向之分佈是由表底層向中層遞減而為密度剖面 (density profile)，如此可充份的提高其靜曲強度及表面之貼面加工性。

(6) 熱壓、冷卻、砂光、裁剪

利用熱壓機加熱使膠合劑硬化成成型後，於星狀冷卻架上依序逐漸降溫冷卻，再經砂光及裁剪後可得形狀厚度均一之粒片板成品。砂光屑、裁邊及廢板則回收為乾燥器鍋爐之燃料；或再處理為粒片，重新做為粒片板之原料。

3. 資源化成效

該廠 83 年生產粒片板 32,110 噸，等於 45,871 立方公尺，主要收集台中縣附近之製材廠、木器廠之廢棄木屑及鉋花，全年使用 32,000 噸之廢木材，為國內單一廠商使用廢材最多者。不僅協助解決木業廢材隨處拋棄或任意燃燒所造成之污染問題，更是節省國內木材進口量，提供價廉之粒片板供應國內家具業原料。若以木材生長每年每公頃 20m^3 計算，相當於節省森林資源 2,293.5 公頃；若以每公頃 3,000 株杉木計算，則相當於杉木 6,880,650 株。由於塑合板之生產極符合環保概念，該廠亦於 83 年 4 月獲得環保署環保標章的使用證書。

4. 結語

國內粒片板製造廠原有 6 家，目前因木業萎縮及空氣污染等問題，現金僅存中部兩家，每年約處理 4.5 萬噸之廢材。由於國內塑合板製造廠所需之木質原料，來自進口木材加工後之木業廢材，從原料之觀點，粒片板製造業是一般木材加工廠之下游工廠，然其粒片板製品又為供應木工廠加工原料之上游工業，其間相輔相成，是目前國內粒片板工業所具有之獨特角色。利用廢材生產塑合板，雖然品質與採用小徑木製造之進口粒片板略有差異，但在解決國內木業廢棄物處理問題及有效利用剩餘資源上，確實有相當之貢獻及重要性，值得鼓勵及保護該產業之繼續發展空間。

6.2 利用廢材製造紙漿

1. 前言

B 廠為國內最大之紙漿廠，成立於民國 57 年，產品有闊葉樹漂白木漿、針葉樹漂白木漿、道林紙及塗布紙，其中以闊葉樹漂白木漿為主，佔總產量 99%。該廠每生產 1 噸之紙漿，需使用絕乾木片 2 噸或相當於原木 4 噸，使用之木材資源相當多，而國內因缺乏自產之木材，故對國外原木及木片原料十分依賴。然近年來基於東南亞國家對森林保護意識日漸抬頭，或為發展本國林木產業，乃相繼限制林木出口，使得木材供應價格呈逐步上揚趨勢，製漿原料取

得成本偏高。該廠目前大量自國外進口木片及原木製漿外，亦收集部分國內製材廠之廢材，經搗切 (chopping) 成木片 (chip)，合併於進口木片中製漿，如此利用方式不僅解決廢材之問題，更使木業可從廢材木片銷售中獲得部份利潤。

2. 製程及原理

該廠係以木材為原料，以硫酸鹽法 (sulfate or kraft pulp, 簡稱 K.P.) 製成紙漿。所用藥品為苛性鈉 (NaOH) 及硫化鈉 (Na₂S)，其為將木材在高溫高壓下加以蒸煮，以使可溶性木質素 (lignin) 及單寧 (tannin) 等與不溶性之纖維分離，再經洗滌及漂白等過程，製成生產造紙用之漂白木漿。因該廠係採用密閉式生產程序，其製造程序可分為紙漿製造工程及藥液回收工程兩大部份。製造流程如圖 6.3 所示，各工程之流程詳述如下：

(1) 紙漿製造工程

① 備木工程

原料木材先經剖材、剝皮、切片、篩選等程序處理後送入木片倉，將不同種類木片適度配比後送蒸解釜。

② 蒸解工程

將木片倉送入之木片與蒸煮藥液置入蒸解釜，藥液經循環泵在加熱器通入蒸氣加熱循環，經升溫、保持等溫蒸煮一段時間後 (裝料、送液、通氣、昇溫、保持、噴漿，每一循環約 4 小時)，將解離之紙漿噴入噴漿槽中。噴漿時之熱量則經熱回收系統回收製造熱水供洗漿使用。

③ 未漂漿之洗滌與篩選工程

蒸解後之紙漿尚含小部份未解離之粒渣及木節等，先經密閉篩及強生篩篩出送回蒸解再處理，篩過之紙漿則經三段逆洗洗漿機用水洗淨紙漿內所含藥液及其他雜質，分離出濾液 (即所謂黑液)，將該黑液送回收工程回收藥品，其回收率約為 96~98%。經洗滌後之紙漿尚含有小部份較粗或未解離的纖維，須經篩選機及脫水機精製，經此製程後之紙漿原質再送漂白。

④ 漂白工程

該廠之漂白工程係採用四段漂白，其漂白程序如下：

製漿一課：C-E/O-H-D

製漿二課：C-E/O-H-D

經漂白工程後之紙漿經密淨機、壓力篩精選、脫水機後即可送至抄漿工程抄造紙漿。

註：(C：氯化處理，E：鹼萃處理，H：漂液處理，D：二氧化氯處理，O：氧氣漂白)

⑤抄漿工程

漂白後之漿料送抄漿工程，經網部成形脫水，壓部壓榨脫水，再經烘缸乾燥，成型紙漿再經切紙機、整理機處理成形。整齊之漿板經包裝後，即為紙漿成品。

(2) 藥液回收工程

硫酸鹽紙漿之蒸解廢液—黑液 (black liquor, 簡稱 B.L.) 含有殘留藥品，經洗漿過程濾出後，約含 16~18% 之固體物，因濃度太低無法使廢液燃燒，須先將廢液濃縮至固體量 60% 以上。因此藥液回收過程必經下列工程：

①黑液濃縮

該廠原有二套處理系統，250T/D RBI 系統因設有直接蒸發器 (CE) 之回收鍋爐，稀黑液經氧化處理後，再經管式六效蒸發罐，其固體量已增至 45~50%，再經直接蒸發器後，通常可使廢液中所含之固體量達 60% 以上。400T/D RB3 之系統則無法直接蒸發器，故稀黑液經蒸發罐處理，可使黑液濃度由 16% 直接濃縮到 60% 以上。

②濃縮黑液之燃燒

將濃縮黑液送入回收鍋爐燃燒，其目的除可將廢液中之有機物 (如木質素) 燃燒，而供給熱能產生蒸氣 ($60\text{kg}/\text{cm}^2$) 發電外，尚可回收其中之藥品 (鹼)。

③靜電集塵器

廢液在回收鍋爐燃燒時，排氣所夾帶之化學灰經煙道排出，如任其排放將造成空氣污染，故設靜電集塵器予以捕集，捕集之化學灰再與濃縮黑液混合送至回收鍋爐處理。

④苛化工程

黑液在回收鍋爐燃燒後無機物溶解成熔渣狀態流出，鈉與硫的化合物形成碳酸鈉 (Na_2CO_3) 及硫化鈉 (Na_2S)。此熔融狀態的無機化合物以苛化之稀白液溶解稀釋而成為綠液 (green liquor, 簡稱 G.L.)。

此綠液送再苛性化 (re-causticize) 處理前，應先經澄清處理後，以澄清之綠液與石灰反應，反應後的乳狀液再經澄清後，即成為蒸解使用的白液 (white liquor, 簡稱 W.L.)，沉澱的泥渣 (lime mud) 含有很高的鹼性藥液需以溫水洗滌，再次澄清，澄清液即為稀白液，而沉澱的泥渣先經洗泥機 (lime mud filter) 脫水後送入石灰窯 (lime kiln) 燃燒為石灰後，再送苛性化循環使用。

如上述過程，苛化的白液送蒸解，洗漿後的黑液送蒸發罐 (VE) 濃縮，再送回收爐 (RB) 燃燒而成為綠液，綠液又送苛性化槽 (RC) 製成白液的這種循環系統，以及泥渣燃燒成石灰，石灰在苛性化反應又生泥渣供石灰窯 (LK) 燒的另一個循環系統，即為藥液回收的全部過程。

3. 資源化成效

該廠目前生產紙漿 20,700 噸/月，使用絕乾木片 41,400 噸/月，其中以進口木材及木片為主要原料，約佔 90% 以上，由於該廠木片原料使用量龐大，若能採用國內木業之廢材木片為部分原料，則對於木業有絕大的幫助。該廠 76 年時使用宜蘭地區廢邊皮材搗切成之木片 24,717 噸/年，雖僅佔該廠使用量之少數，卻是對於廢材之利用有很大助益。但隨著製材業逐漸萎縮導致廢材量減少，以及紙漿品質要求提高，對所收集之材種逐漸設限，導致目前廢材木片之使用量大減，僅能回收國內約 300 噸/月絕乾木片，回收之材種以材質硬、油脂少之闊葉樹種為主，收購價格為 1,300~2,900 元/絕乾噸，價格隨樹種而有所差異，但仍是協助部分工廠解決了廢木片的問題。

4. 結語

廢邊皮材若採焚化方式處理，易造成空氣污染之問題；若將廢材搗切成木屑後再使用，則所需之動力成本過高。將廢材搗切木片後製漿，則不僅有效地利用國內每年進口之木材資源，減少森林資源浪費，亦是幫助木業解決該項事業廢棄物之出路，紙漿廠在可行的情況下應儘可能收集木片製漿，不僅開拓木片原料之來源，亦可減少購買國外木片之困難。

6.3 利用廢材製造成型棧板

1. 前言

C 廠為國內目前唯一利用廢木料製造成型棧板之廠商。成型棧板 (forwood pallet) 又稱塑合棧板，商品名為「康格板」，其製作方式是以回收廢木料經加工成粒片後，與水溶性合成樹脂 (主要是尿素膠) 拌合，經高溫高壓模造為成型之載貨用棧板。由於產品製造過程完全使用回收木料，且棧板成品使用後棄置可於環境中自然分解，不會造成二次公害；且棧板回收後亦可再生使用，因而於 83 年 10 月 27 日經環保署核准取得環保標章，理由是「使用回收木料，節省森林資源」。

2. 製程及原理

該廠自德國引進成型棧板製造技術，目前是國內唯一生產廠商。成型棧板 (塑合棧板) 是介於切片板 (chip board) 與粒片板 (particle board) 間的產品，其加工流程如圖 6.4 所示，製造流程則如圖 6.5 所示。

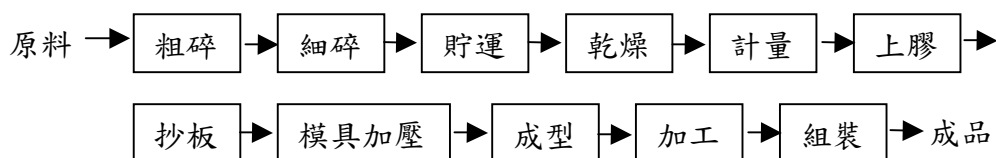


圖 6.4 成型棧板加工流程圖

(1) 原料：成型棧板使用之廢木料來源廣泛，對於各項原料並不挑剔，只要搗切成木片及磨切成粒片後製成之成型棧板能達到強度要求即可。粒片板因成品必須再加工成家具，若原料來源複雜，性質不均及夾雜雜質，將增加生產之困難性及影響品質；而成型棧板則較不受限制。成型棧板原料來源有：

- ①各鋸木製材廠之裁片、碎片及角料等廢木料
- ②合板工廠之木心、下腳及裁片
- ③回收可用之木質棧板、包裝箱、家具及雜木等

(2) 粗碎、細碎：廢木料經粗碎、細碎處理後形成粒片。

(3) 乾燥：加熱將粒片含水量減少。

(4) 計量、上膠：依配比將粒片及膠合劑加入上膠機中，適度攪拌混合至均勻。

成形棧板所使用之膠合劑主要是尿素膠為主，再添加部份三聚氰胺 (melamine) 以改良其性質。

- (5) 抄板、成型及熱壓：將混合均勻之粒片料連續定量供給至成型模具中，以高溫加壓至棧板硬化成型為止。
- (6) 加工、組裝：定型後之棧板經去除毛邊及整修加工後，依客戶所需規格組裝出貨。

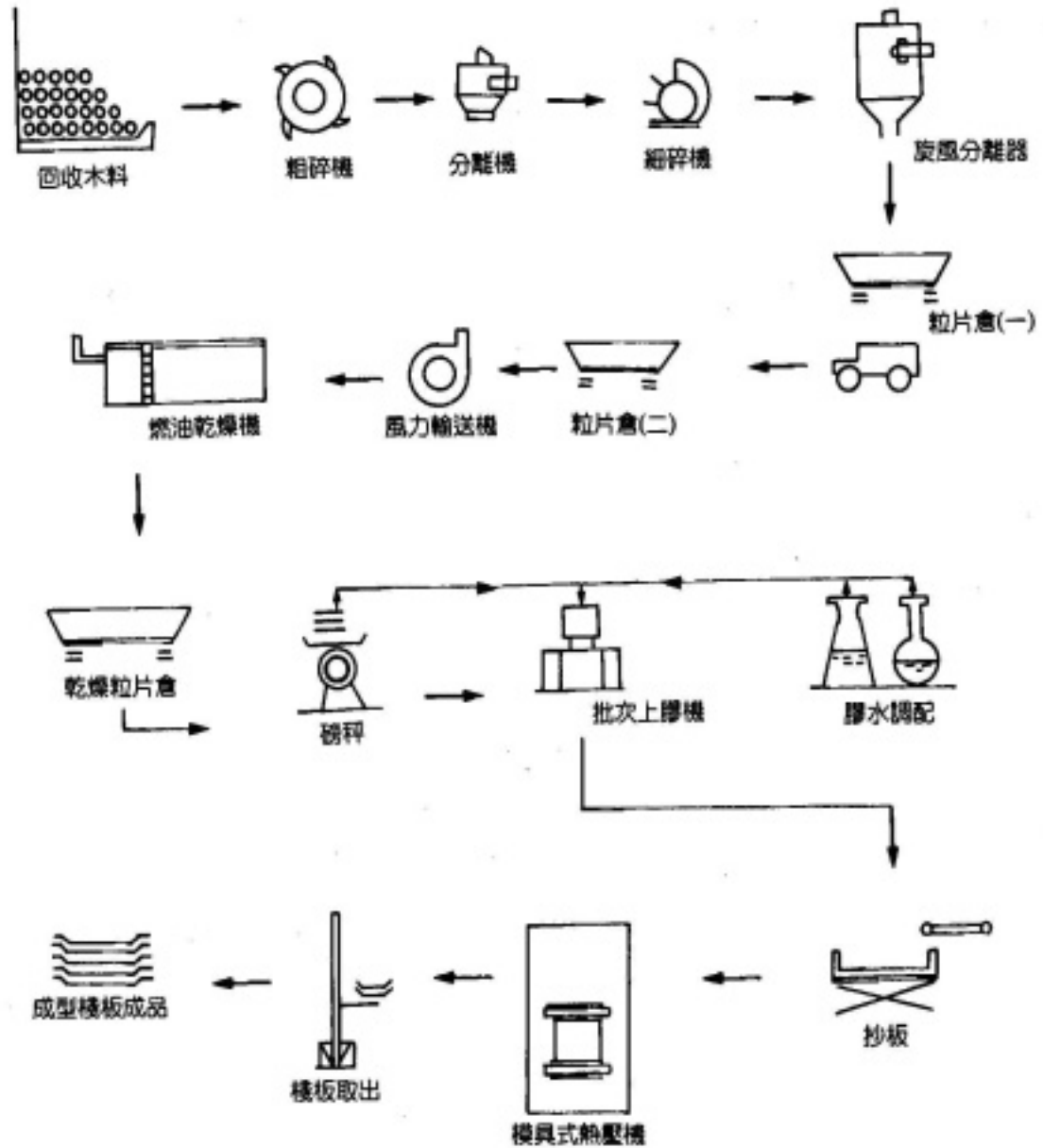


圖 6.5 成型棧板製造流程圖

成型棧板與傳統木製棧板比較，具有以下之優點：

- (1) 規格均一：由於係連續定量模造成型，所以規格統一。
- (2) 價格經濟實惠：相較於木製棧板受國際木材價格上漲及國內工資攀升之影響，長期而言，以回收木料及自動化作業的成型棧板應具競爭力。
- (3) 來自買方之限制：由於歐美國家禁止使用熱帶雨林樹種之木製產品，及嚴格限制運輸包裝具可回收循環使用及不能造成二次污染之前提，類似成型棧板之回收產品被廣泛採用。
- (4) 抗壓强度高、抗化學腐蝕性及耐水性均佳。
- (5) 藉膠合劑將木材粒片經高溫高壓而一次成型之產品，兼具防蟲防腐效果，適於裝載外銷產品使用。

3. 資源化成效

該廠目前成型棧板生產量約 10,000~12,000 片/月，估計每年使用乾燥後廢木料約 2,400~3,000 噸，主要是收集台南地區製材廠及合板廠之廢木料，或者木質棧板、包裝箱等木質原料。目前雖然對廢木料的使用量不大，隨著環保意識抬頭、木材價格上漲、國內工資攀升及使用習慣調整等因素，目前已較傳統木質棧板便宜 10%，未來可能逐漸取代傳統木質棧板。隨著使用愈來愈普及，將回收使用較多的廢木料，該廠目前亦有擴廠以因應未來需求之意願。

4. 結語

利用廢材製造粒片板時，因粒片板因須進一步加工製成家具，故對於粒片板品質及加工性要求較嚴格，使得利用廢木料加工製造粒片板困難度較高，投資金額龐大，且對於廢木料只能選擇性利用。而塑合棧板因要求重點在於棧板強度及防水性，對於原料並不挑剔，幾乎所有木質原料皆可加以利用，甚至廢棄之傳統木質棧板亦可破碎後再製成成型棧板，未來市場可能逐漸成長，成為解決國內廢木料重要出路之一。

6.4 利用木屑製造電木粉

1. 前言

D 廠為國內熱硬化性樹脂 (thermosetting resin) 的生產大廠，主要生產項目有電木粉、尿素粉、環氧樹脂酚醛、樹脂、三聚氰胺甲醛樹脂、環氧樹脂封裝材、銅箔積層板等，其中電木粉的產量佔國內產量 80% 以上。由於電木粉的生產過程中使用大量廢木屑為填充材，對於木業廢棄物資源化成效顯著。

2. 製成及原理

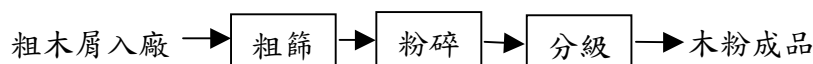
酚醛樹脂成型材料（phenolic resin molding compound）又稱電木粉，其製造基本流程如圖 6.6 所示。

其基本原料為從粗木屑開始，須經粗篩去除異物後，進入粉碎機打碎，然後經過篩選分級即得所需粒徑之木粉成品。以此木粉成品再與該廠自產的酚醛樹脂，以及硬化劑、添加劑等，經過加熱混練使其分子量逐漸增大至一定程度後，再將它冷卻固化，並經粉碎及篩選出所定粒度之顆粒狀成品後包裝，然後提供給下游客戶成型加工做成各種物件，如：手把、電器開關、電子零件、機械零件、日常用品、容器、機殼等。各項製造程序分述如下：

(1) 原料（配方）

電木粉配方所使用原料有酚醛樹脂、硬化劑（六甲基四胺）、木粉、無機填充性及其他添加劑如耐燃劑、離型劑、色料等。其中影響電木粉成品特性較大者除樹脂外，木粉亦扮演極重要角色。一般而言，木粉品質除須注意其粒度、水份之外，木材種類的選擇亦相當重要，因此，該廠從粗木屑開始一連串的处理工程都是在廠內進行的。

一、木粉的處理方法



二、酚醛樹脂成型材料的製造方法

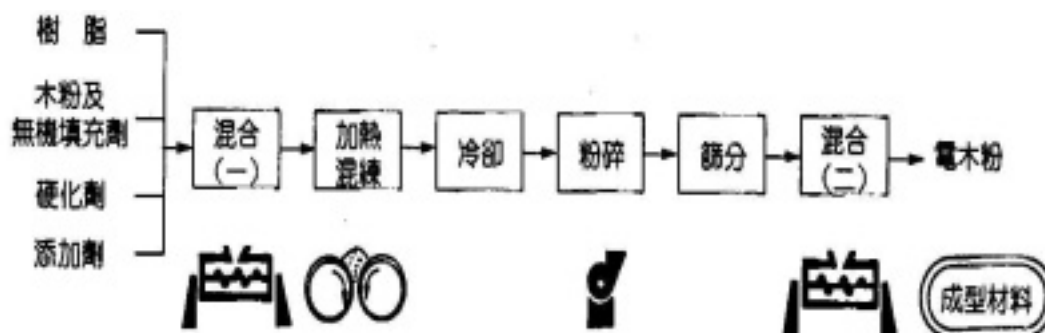


圖 6.6 電木粉製造基本流程圖

(2) 混合（一）

此工程的作用有二，其一為藉配方中各原粒混合過程中相互的撞擊，讓部份粗顆粒的原料粒子可進一步的細化；其二為使各配方成份原料間能均勻分散，以使隨後之混練階段能維持均一狀態下進行反應。

(3) 混練

此工程是於加熱狀態下進行，藉由熔融使樹脂與硬化劑更均勻的熔合在一起，此時酚醛樹脂一方面與硬化劑進行化學反應形成鏈結，使分子量逐漸增大；一方面藉由熔融成半液體狀，使樹脂能均勻分散於充填材之粒子表面，甚至也進行反應形成鏈結。其反應終點是以反應物料在定溫及定壓下之流動特性做為管制指標。

(4) 冷卻

混練工程中反應已達終點之物料，經迅速冷卻並使其固化，以中止進一步之化學反應進行，同時物料冷卻固化後，亦較方便粉碎工程之進行。

(5) 粉碎

為方便下游客戶成型操作，冷卻固化後之片狀或塊狀酚醛樹脂成型材料必須打碎成固定細小之顆粒狀粒子，下游客戶使用成型時，其加熱熔融性方可一致。

(6) 篩分

利用固化之網目將粉碎工程中過粗或過細之粒子過濾去除，使得成品顆粒粒徑一致。

(7) 混合（二）

為保證生產中批次內之成品，其物性能夠均勻一致，對於批次內最終之顆粒狀成品，再進行一次混合，讓各生產階段之所有成品粒子都能很均勻分散，下游客戶使用成型時，其使用成型參數才能一致。

3. 資源化成效

該廠目前每年生產酚醛樹脂成型材料（電木粉）約 3 萬噸，需使用乾燥木屑約 9,000 噸／年。其使用之木屑來源為收集國內製材廠、木器廠之廢棄木屑及鉋光，經過乾燥處理後之木屑，該廠收購價格可達 3,600 元／噸，木屑經該廠加工製成電木粉，售價約 30~50 元／公斤。由此可知，該廠將木屑生產製成電木粉，已確實協助解決木屑出路之問題，有效地將木材加工後之剩餘資源完全加以利用，極具資源化成效。

4.結語

廢木屑經乾燥後粉碎成木粉，再利用為製造電木粉之填充劑，不僅有效地利用國內進口之有限木材資源，減少廢木屑棄置或焚燒造成之環保問題，更進一步生產成具經濟價值之電木粉，供應內外銷市場。國內目前每年約有 1 萬噸之乾燥木屑再利用於電木粉製造，對於解決木業廢棄物處理問題有相當的助益。

6.5 利用木屑製作植栽培養土

1.前言

E 廠為一容器苗植栽供應商，為供應該公司自營農場在卉、苗木及果樹等之植栽需要，以及供應社區、風景區、公園及公共工程等之育苗植栽工程需要，該廠必須調配各種適用之植栽培養土，以供應該公司每年約 20 萬立方公尺以上的需求。該廠利用木屑混合建築基地田土、造紙污泥、製鹼污泥、養豬場廢渣及稻穀粗糠等多項廢棄物調配成培養土產品，不僅供應該公司之植栽需求，更將各項廢棄物確實加以資源化再利用。

2.製程及原理

(1) 培養土分類

該廠為配合不同用途，須調配各種適用之植栽培養土，植栽培養土可分為如下四類：

- ①花卉苗木栽培用培養土
- ②成苗樹、果樹、草皮種植用培養土
- ③容器苗使用培養土
- ④植栽穴使用培養土

(2) 原料

該廠製作培養土所使用之原料有木屑、建築基地田土、造紙污泥、製鹼污泥、稻穀粗糠、養豬場廢渣及其他有機肥料等多種廢棄物，其中部份原料之來源分項說明如下：

- ①木屑：宜蘭地區之製材廠於鋸切及鉋光過程中所產生之鋸屑及木屑粉塵（如圖 4.1 所示），其含水率約 40~60%。
- ②造紙污泥：以紙漿為原料，經散漿、練漿、配料、抄紙等製程，產製各種不同之紙製品。而造紙污泥係來自抄紙廢水經分離、沉澱、脫水處理後產生，其含水率約 80~85%。

③製鹼污泥：以工業鹽及石灰石（CaCO₃）為原料，採用索耳未法（Solway process）製造純鹼。而製鹼污泥係來自純鹼母液蒸餾回收（NH₃）製程所製生之廢液，經分離、沉澱處理所產生之污泥，其含水率約40~60%。

(3) 製程

培養土的製作流程如圖 6.7 所示，將各項入廠原料根據各類培養土不同之配料比例，經粗碎、細碎、混合及篩分各項程序後即可獲得所需之培養土，各類培養土之配料比例如表 6.1 所示。調配好之培養土堆置於室內，堆置時間約 1~2 天，堆置期間並以帆布覆蓋。

精花卉、苗木田間試驗得知，C/N 比（有機物碳／氮比）維持在 40 左右對植物生長有幫助，而該廠之培養土經分析其 C/N 比在 30~40 之間，對植物生長頗為適用。

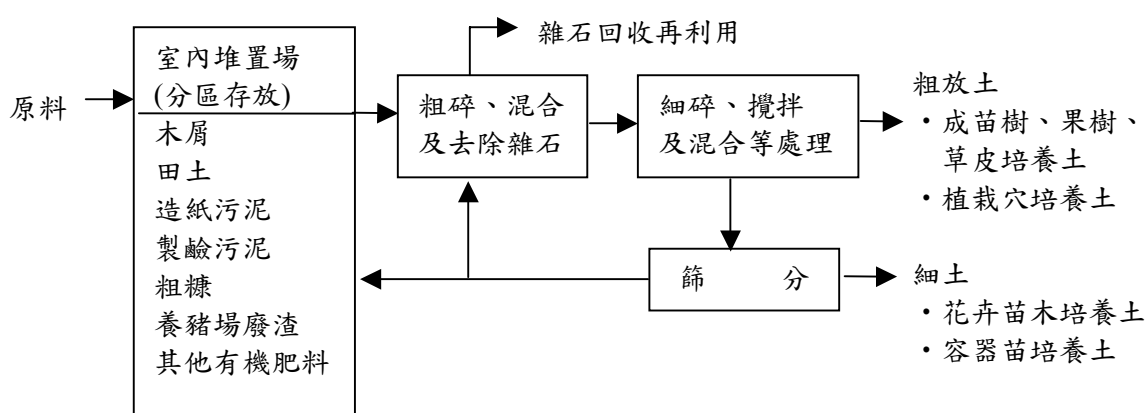


圖 6.7 培養土製造流程圖

表 6.1 各類培養土之配料比例 重量百分比 (%)

培養土類別 原料名稱	花卉苗木培養土		成苗樹、果樹、 草皮培養土		容器苗培養土		植栽穴培養土	
	濕基	乾基	濕基	乾基	濕基	乾基	濕基	乾基
建築基地田土	35	45	35	44	15	21	25	34
造紙污泥	20	7	20	9	20	7	20	7
養豬場廢渣	5	3	5	3	15	9	10	6
木屑	10	11	10	11	10	13	10	12
稻穀粗糠	10	14	10	14	10	17	10	16
製鹼污泥	10	9	10	9	10	10	15	14
其他有機肥料	10	11	10	10	20	23	10	11
合計	100	100	100	100	100	100	100	100

3. 資源化成效

該廠每年約需 20 萬噸以上之培養土，主要皆為使用宜蘭地區之各項廢棄物，其每年廢棄物製作培養土之使用量統計表如圖 6.2 所示。其中使用量較大者為建築基地田土、造紙污泥及製鹼污泥。由於木屑並非培養土之主要原料，該廠每年約使用 5,000 噸之木屑，此數量雖非十分龐大，但已確實協助解決宜蘭地區製材廠之木屑大量堆積之困境，並且亦同時將 20 萬噸／年之廢土及廢棄物加以資源化再利用。

表 6.2 廢棄物製作培養土之使用量統計表 單位：公噸／年

廢棄物名稱	年再利用量(濕基)	年再利用量(乾基)	重量百分比(乾基)
建築基地田土	102,000	74,300~78,300	65.3
造紙污泥	45,000	9,000	7.9
養豬場廢渣	3,000	1,050	0.9
木屑	5,000	3,650	3.2
稻穀粗糠	5,000	4,500	3.9
製鹼污泥	40,000	22,000	18.8
合計	2,000,000	114,500~118,500	100

4. 結語

除了上述利用木屑製作培養土外，木屑亦可作為堆肥（有機肥）之副資材。透過培養土或堆肥之製作過程，可將多項無害之有機性及無機性廢棄物予以資源化再利用，使其回歸農地及大自然，並有效改良土壤、提高地力，使農業經營達到永續性的生產。在未來可預見的是結合工業及農業技術，把各項廢棄物資源化再利用並回歸土地之方式，將是廢棄物處理之重要方向。

參考文獻

- 1.中華技術服務社工業污染防治技術服務團，木業污染防治技術，經濟部工業局，81年6月。
- 2.中國技術服務社工業污染防治技術服務團，木業污染防制輔導專案綜合報告，經濟部工業局，80年6月。
- 3.台灣區木材工業同業公會會員名冊，1989。
- 4.台灣區合板製造輸出業同業公會會員名錄，1994。
- 5.台灣區家具工業同業公會會員名冊，1994。
- 6.陳陵援譯，木材的乾燥，徐氏基金會，1988。
- 7.木業空氣污染管制規範研討計畫，行政院環境保護署，81年12月。
- 8.U.S. Environmental Protection Agency, Combustion of Wood Residue in Conical (Wigwam) Burners, Emission Controls and Alternatives, PEDCo Environmental Specialists Inc.,1975.
- 9.Johnson and Auth, Fuel and Combustion Handbook, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1951.
- 10.中小企業振興事業團，公害防止事業指導(製材及“木製家具裝備品製造業”)，昭和54年。
- 11.Control of Particulate Emission from Wood Fired Boilers, PEDCo Environmental, Inc., Cincinnati, Ohio,1977.
- 12.唐讓雷，粒片板之木質原料，粒片板工廠輔導成果報告，中華民國林產事業協會，經濟部工業局，73年。
- 13.中華民國林產事業協會，合板工廠輔導成果報告，經濟部工業局，74年12月。
- 14.中華民國林產事業協會，粒片板工廠輔導成果報告，經濟部工業局，73年7月。
- 15.王松永等，合板製造技術及管理，中華民國林產事業協會，77年8月。

16. 中華民國林產事業協會，粒片板工廠加工技術與利用研討會講義，76年6月。
17. 連錦漳，家具工業現況，台灣林業，20(10)，pp.31~35，83年10月。
18. 連錦漳等，家具工業現況及未來發展趨勢，台灣林業，19(5)，82年5月。
19. 唐讓雷，我國合板工業調查與展望，林產工業，9(3)，pp.92~104，1990。
20. 蔡崇文，台灣木材工業的展望，林產工業，5(2)，pp.98~99，1986。
21. 李國忠等，台灣木材供需－產業需求，台大實驗林研究報告，7(1)，pp.91~126，1993。
22. 彭武財，加拿大安大利奧省之廢棄木料營管實際－I.廢棄物木料之產出及其利用，林產工業，12(1)，pp.106~114，1993。
23. 連錦漳，木材工業，中華民國82年工業發展年鑑，經濟部工業局，pp.740~746，83年6月。
24. 台灣家具工業之現況與展望，台灣企銀，83年。

木業廢棄物資源化案例彙編

出版日期：中華民國八十五年六月出版

編 著：工業污染防治技術服務團

發行人：尹啟銘

總編輯：楊萬發

編輯企劃：余騰耀、翁志聖、林坤讓

執行編輯：黃勉善、蘇雪華、徐家玫

發行所：經濟部工業局

台北市信義路三段 41-3 號

(02) 754-1255

出版所：工業污染防治技術服務團

台北市敦化南路二段 97 號 6 樓

(02) 325-5486

打字排版：星光電腦科技有限公司

印刷承製：集思創意設計印刷股份有限公司