

# 皮革污泥資源化 應用技術手冊



## 誌 謝

本「皮革污泥资源化應用技術手冊」之印行，首先要感謝工業局永續發展組施組長延熙、黃副組長孝信及潘技士建成從手冊編輯開始，至草稿討論、審核及定稿期間，親自參與、指導，並給予支持與鼓勵。此外，亦感謝所有編審委員(名單如附表)於編輯期間不辭勞苦的協助審查文稿，提供寶貴的經驗，以作為本手冊初稿之修改及補充的依據，使其更切合業者的實用需求。最後對於參與編輯工作之本公司人員盡心盡力的工作態度，表達感謝與敬佩之意。

中興工程顧問股份有限公司 謹識

附表 皮革污泥资源化應用技術手冊編審委員名單

姓 名	職 稱	單 位
王念劬	總幹事	皮革工業同業公會
高世錦	副組長	工業局永續發展組
張添晉	副教授	台北科技大學土木系
歐陽嶠輝	教 授	中央大學環工所
顧聖賢	經 理	德昌皮革製品(股)有限公司

(依姓名筆劃排列)

# 目 錄

頁次

第一章	前言.....	-1-
第二章	產業概況.....	-2-
	2.1 產業結構.....	-2-
	2.2 產業現況.....	-2-
第三章	製程概述及廢水處理.....	-8-
	3.1 皮革製程概述.....	-8-
	3.2 皮革廢水處理流程.....	-18-
第四章	皮革污泥特性與處理現況.....	-25-
	4.1 皮革污泥來源、組成及性質特性.....	-25-
	4.2 皮革污泥產生量及處理現況.....	-30-
第五章	皮革污泥資源化技術評析及案例彙編.....	-31-
	5.1 國內外皮革污泥資源化利用概況.....	-31-
	5.2 皮革污泥資源化技術及案例.....	-35-
	5.2.1 熔融法.....	-35-
	5.2.2 電解回收法.....	-35-
	5.2.3 堆肥法.....	-37-
	5.2.4 焚化法.....	-40-
	5.2.5 厭氧消化法.....	-42-
	5.3 皮革污泥資源化技術評析.....	-45-
第六章	皮革污泥資源化技術效益評估範例.....	-47-
	6.1 皮革污泥堆肥資源化廠之先期規劃.....	-47-
	6.1.1 皮革污泥堆肥基本原理.....	-47-
	6.1.2 皮革污泥堆肥資源化廠規劃評估.....	-48-
	6.1.3 處理容量規劃.....	-49-
	6.1.4 整廠設備規劃.....	-50-
	6.2 資源化廠效益評估範例.....	-53-
	6.2.1 資源化廠設置經費概算.....	-53-

6.2.2	不同設廠規模之投資方案方析 .....	-56-
6.3	提高皮革污泥資源化應用業者應配合注意事項 .....	-58-
	參考文獻 .....	-61-

## 表目錄

	<u>頁次</u>
表 3.2-1 製革過程不同製程廢棄物產生情形 .....	-20-
表 3.2-2 鹽溼牛皮製造廠廢水污染來源及污染特性 .....	-21-
表 3.2-3 鹽溼豬皮製造廠廢水污染來源及污染特性 .....	-22-
表 4.1-1 皮革製造廠廢棄物分析資料表(溼藍皮).....	-28-
表 4.1-2 皮革製造廠廢棄物分析資料表(豬皮廠).....	-28-
表 4.1-3 皮革製造廠廢棄物分析資料表(牛皮廠).....	-29-
表 4.1-4 皮革製造廠污泥採樣分析資料表 .....	-29-
表 4.2-1 國內皮革污泥產生量推估表 .....	-30-
表 5.1-1 國內都市污水處理廠污泥處置現況 .....	-32-
表 5.1-2 國內各處理廠污泥處理及處置規劃統計表 .....	-32-
表 5.2.3-1 有機肥料配方 .....	-38-
表 5.2.3-2 污泥資源化經濟效益分析 .....	-39-
表 5.2.3-3 污泥肥料原料成本分析 .....	-40-
表 5.2.5-1 氣體燃料之成份及發熱量 .....	-44-
表 5.3-1 污泥資源化再利用技術評析表 .....	-46-
表 6.1.3-1 系統貯槽容量規劃一覽表 .....	-50-
表 6.1.4-1 皮革污泥堆肥資源化廠設備清單 .....	-52-
表 6.2.1-1 資源化廠之投資效益評估 .....	-54-
表 6.2.2-1 不同設廠規模資源化廠之投資效益分析 .....	-57-
表 6.2.2-2 不同設廠方案之經濟效益比較一覽表 .....	-58-

## 圖目錄

	<u>頁次</u>
圖 2.1-1 皮革製造廠產業關連圖 .....	-3-
圖 2.1-2 皮革製造廠不同製程之關係流程 .....	-4-
圖 2.2-1 各縣市皮革製造業分佈情形 .....	-5-
圖 2.2-2 歷年皮革產量銷售額分佈情形 .....	-7-
圖 3.1-1 皮革製造廠基本製造流程 .....	-9-
圖 3.1-2 國內皮革不同製程之流程說明 .....	-16-
圖 3.1-3 國內皮革公會不同製程主要廠商分佈情形 .....	-17-
圖 3.2-1 製革過程不同製程廢水及污染物排出機制 .....	-19-
圖 3.2-2 皮革製造廠廢水分流處理流程圖 .....	-24-
圖 4.1-1 皮革製造廠不同製程單元廢棄物性質及來源 .....	-26-
圖 5.1-1 污泥資源化再利用技術途徑 .....	-34-
圖 5.2.1-1 污泥熔融處理流程 .....	-35-
圖 5.2.2-1 污泥電解回收處理流程(Recontek).....	-36-
圖 5.2.3-1 堆肥製造流程 .....	-37-
圖 5.2.3-2 污泥製作有機粒肥流程 .....	-38-
圖 5.2.4-1 污泥焚化處理系統流程圖 .....	-41-
圖 5.2.5-1 污泥厭氧消化流程 .....	-42-
圖 6.1.1-1 皮革污泥堆肥處理流程 .....	-47-

# 第一章 前言

工業製程廢棄物之資源化，係以資源回收再利用之技術，將廢棄物轉換成有用之物質，以減少對環境生態之衝擊，達到自然資源保育之目的，並提昇工業經營之效率。在現今環保意識日愈提昇及全球資源日益匱乏之趨勢下，廢棄物資源化再利用之推廣，應可營造工業良好潔淨之形象，並使環境保護與經濟發展得以相輔相成。

皮革製造廠在國內已有相當悠久的歷史，也是相關皮革、毛皮及皮鞋製造業之重要原料來源，對國內工業及經濟之發展有相當大的貢獻。因國內皮革製造廠多為中小型規模，製程所排放之廢水經物化及生物處理後，仍會產生大量之皮革污泥，造成後續清運處置問題，業者除了必須負擔龐大的污染防治費用外亦需負擔昂貴的清運處理成本，為了有效提昇產業競爭力，故從製程減廢及資源回收再利用方面著手解決方為治本之道。

鑑於皮革廠對於資源回收與再生利用之需求日漸殷切，但對相關技術觀念仍有所欠缺，經濟部工業局爰委託中興工程顧問公司編製「皮革污泥資源化應用技術手冊」(以下簡稱本手冊)，旨在調查皮革製造廠之皮革污泥資源化處理現況，並彙整國內外皮革污泥資源化技術資料，俾供業界未來進一步於廠內自行或結合同業聯合籌組共同清除處理機構推動皮革污泥資源化時之應用參考，以解決皮革污泥污染問題，進而提昇皮革製造廠競爭能力，達到環境保護與經濟發展兼籌並重的目標。

本手冊共計包含六章，第一章前言，首先說明編輯本手冊之緣由及目的；第二章產業概況及第三章製程概述及廢水處理則就皮革製造業之背景敘述，並介紹產業製程之分類結構以及其未來發展之趨勢；第四章皮革污泥特性與處理現況則針對皮革污泥之來源、組成及性質特性做一說明，並調查評估其產生量及處理現況；第五章皮革污泥資源化技術評析及案例彙編則針對國內外較成熟且較具效益之資源化技術及案例做一探討說明；第六章皮革污泥資源化技術效益評估範例試就成熟之資源化技術中挑選一資源化技術為例，進行設廠先期規劃及效益評估，俾作為業界推動資源化之參考範例，此外，並列述為提高資源化成效，業者於廠內管理上應配合注意之事項，供業界參照應用。



## 第二章 產業概況

### 2.1 產業結構

皮革製造廠係以屠宰業、生皮進口商等產業所提供之動物皮為原料之加工製造業，其產生之皮革則提供下游皮製品製造業、汽車製造業、傢俱製造業及機械設備業等工業之原料。環顧生活週遭，皮革製品與人的生活有著密切的關聯，其產業關聯圖詳圖 2.1-1 所示。

台灣地區皮革製造廠主要產品有牛面皮、豬面皮、榔皮及其他動物皮革，不論是牛皮、豬皮、袋鼠皮……等皮革製造廠皆是整個皮革相關產業結構之基礎。將鹽溼原皮(wet salted)經初步處理成為溼藍皮(wet blue)，予以剖層後，即有面皮(upper leather)與榔皮(split)之分，再經不同加工處理過程至胚皮或成品皮，而其間之連貫關係是脈絡可尋；各式工廠初設之時即依其技術能力、設備規模、投資金額，設立不同製程之皮革製造廠，根據皮革公會資料，相關皮革製造廠商其不同製程間關係如圖 2.1-2 所示。

### 2.2 產業現況

根據皮革公會資料顯示，目前加入公會僅有 48 家皮革製造廠，其於各縣市分佈情形則如圖 2.2-1 所示。而中南部之皮革製造廠家數約佔全部皮革製造廠家數之 87%左右，其中又以牛皮皮革製造廠主要集中於台南地區，豬皮皮革製造廠集中於高雄縣、屏東縣；另根據經濟部統計處 88 年經濟統計年報資料顯示，國內皮革、毛皮及其下游相關皮革製造廠多為中小型規模。根據皮革公會表示，仍有部份地下工廠分佈於中南部地區，惟其相關廠商數等資料無法獲知。依 88 年 7 月 13 日行政院環保署召開之「皮革業 87 年放流水標準合理性探討」審查討論會，環保署資料顯示當時列管皮革製造廠，共有 209 家，顯見仍有大部份的皮革製造廠未加入公會，故仍有多數皮革製造廠之基本資料尚無法獲知。



上游產業

中游產業

下游產業

典型產品

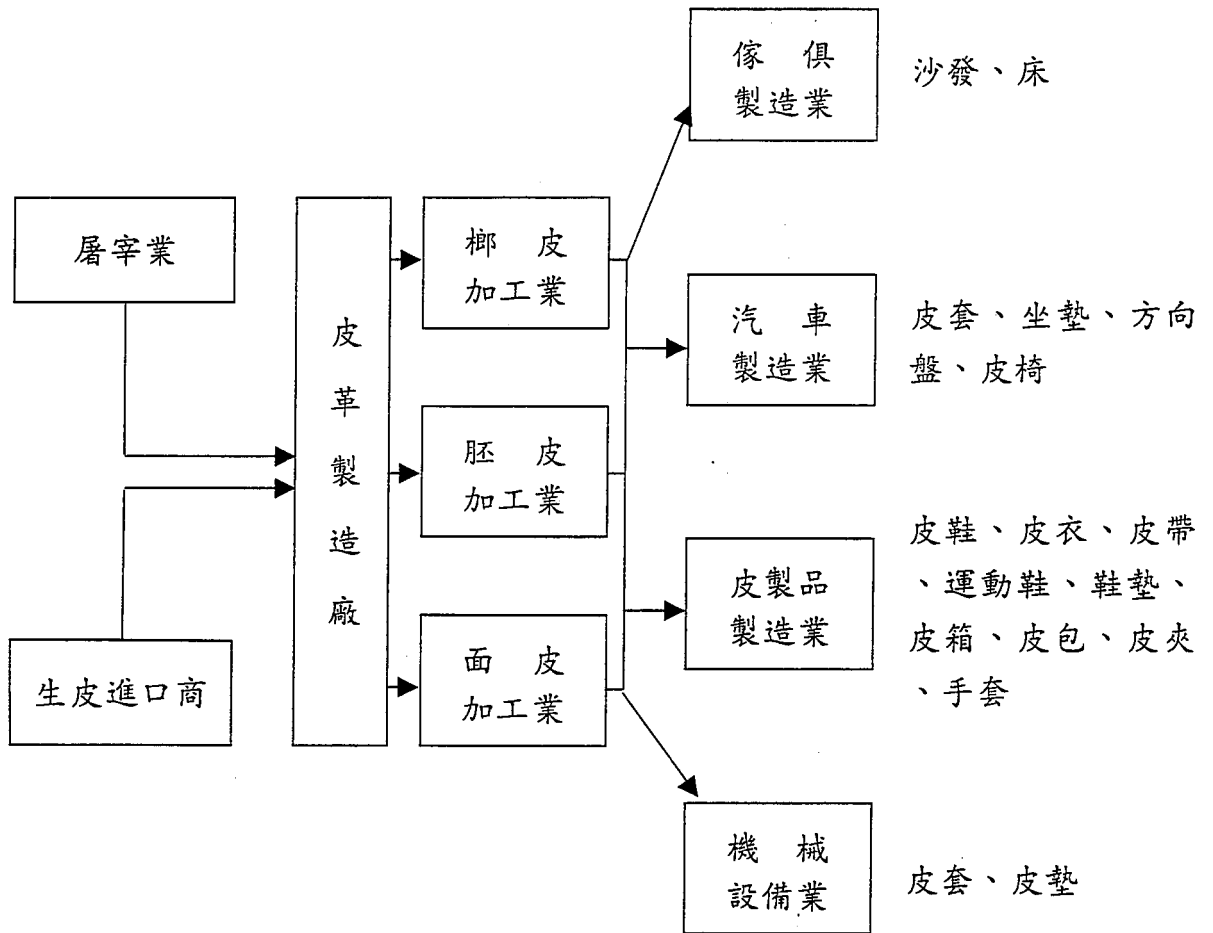
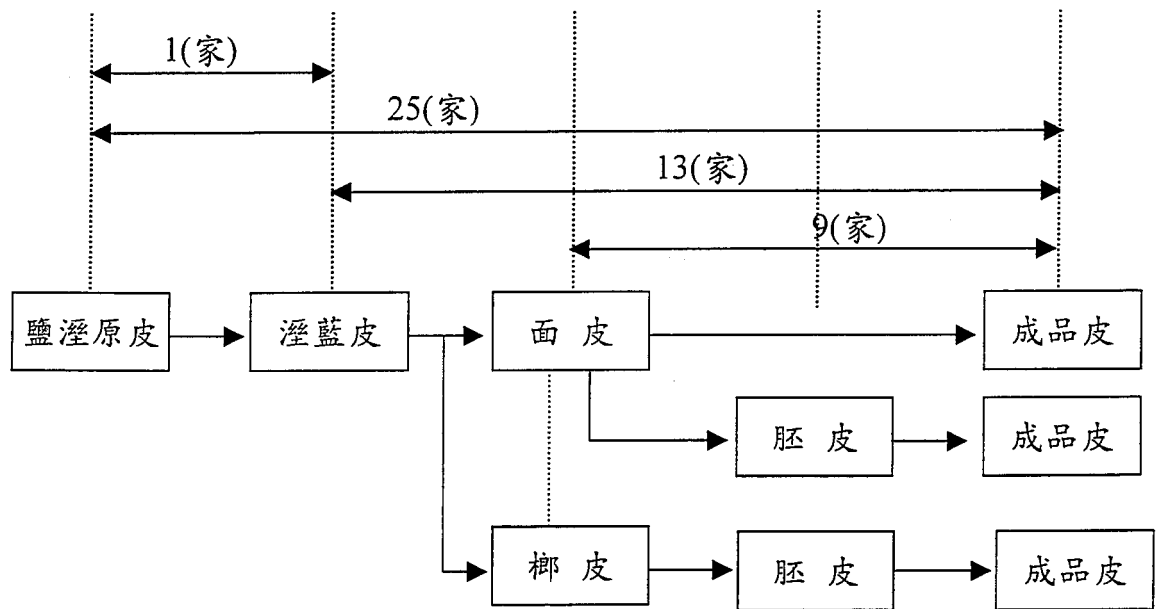


圖 2.1-1 皮革製造廠產業關連圖



資料來源：台灣區皮革工業同業公會

圖 2.1-2 皮革製造廠不同製程之關係流程

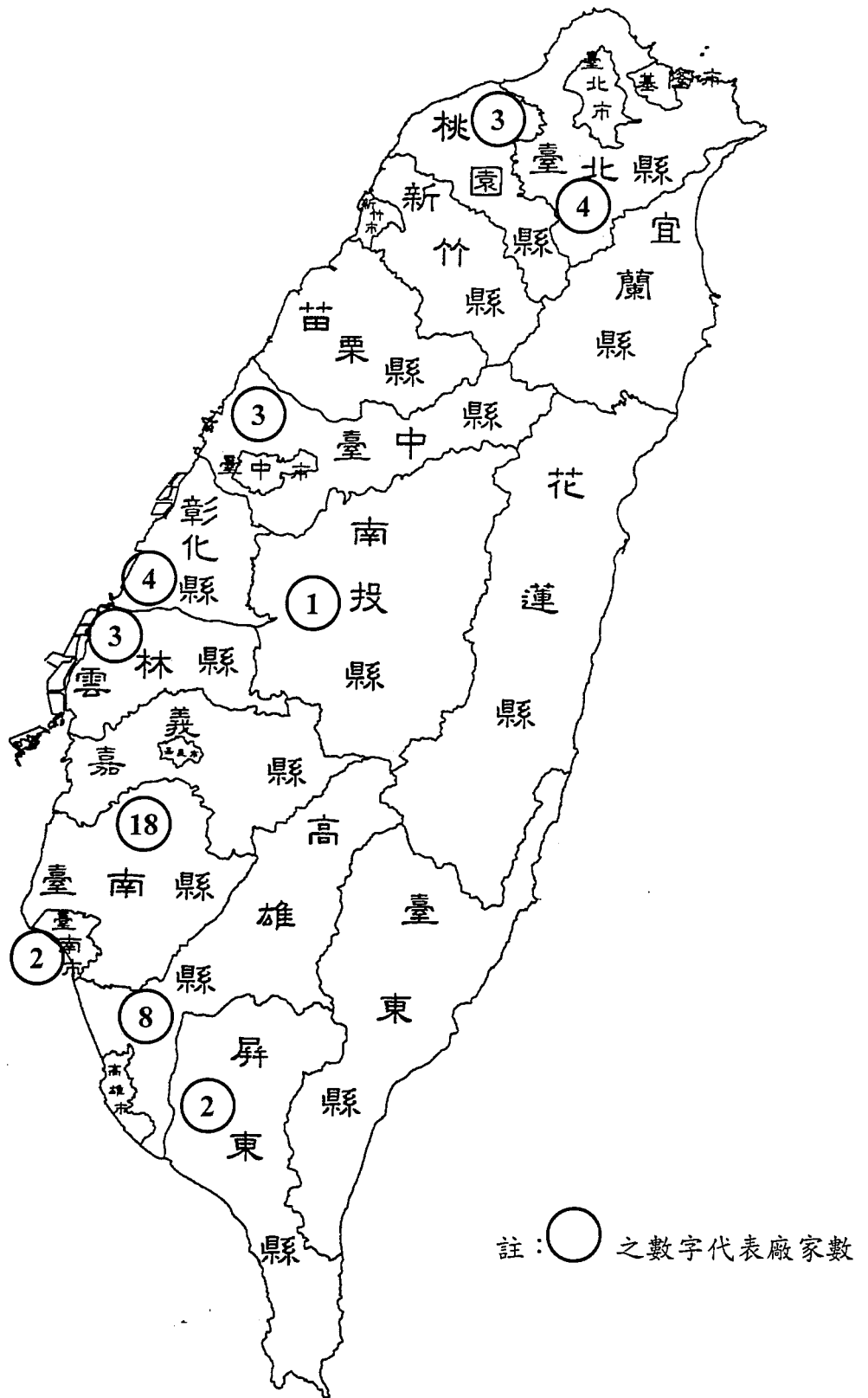
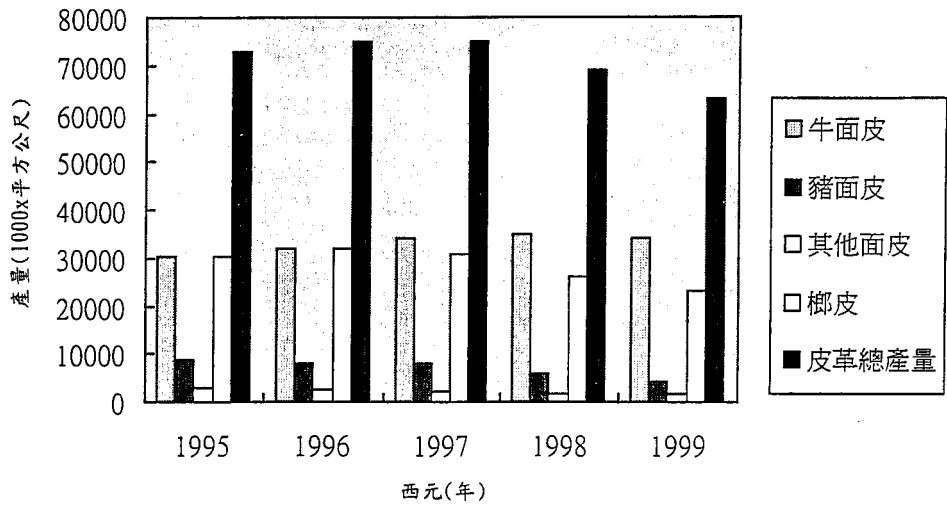


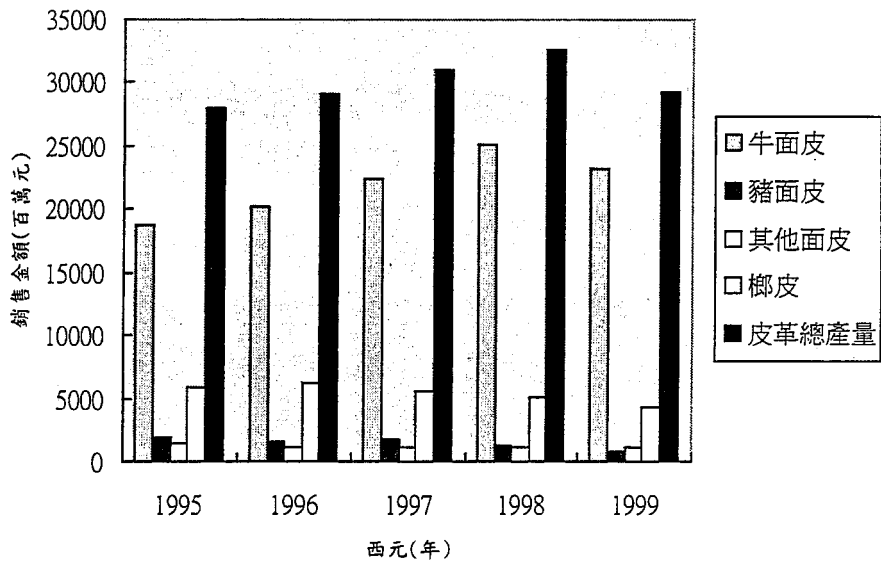
圖 2.2-1 各縣市皮革製造業分佈情形

皮革製造廠近年來受進口原料單價上揚、勞工短缺，以及世界經濟不景氣等因素影響，產量、銷售量成長趨於和緩，總年產量由 84 年 7,281 萬平方公尺增加至 86 年 7,492 萬平方公尺後即呈現逐年衰退現象，在總銷售金額方面，則由 84 年約新台幣 279 億元增加至 87 年約新台幣 326 億元後即趨於下滑，詳如圖 2.2-2 所示。

皮革製造廠為國內傳統產業之一，但近幾年來，由於世界經濟景氣低迷，勞工缺乏，以及中國大陸與東南亞地區之競爭等因素，致使皮革製造廠面臨相當大之衝擊，如何持續引進國外新技術，增加生產效率，減少污染物之排放並推動廢棄物資源化再利用之工作，尋求產業永續經營發展，成了當前皮革製造廠之努力方向。



歷年皮革產量狀況圖



歷年皮革銷售額狀況圖

圖 2.2-2 歷年皮革產量銷售額分佈情形<sup>(17)</sup>

## 第三章 製程概述及廢水處理

### 3.1 皮革製程概述

國內皮革製造廠鞣製皮革所需之原皮主要仰賴進口，其中以牛皮為最大宗、豬皮次之、羊皮又次之。

一般稱較大動物如牛、馬、鹿之皮為獸皮(hides)，綿羊、山羊等較小動物之皮為獸膚(skins)。兩者在組織結構上大致相同，共可分為三層：

- 一、表皮層：由角質素(keratin)所構成。
- 二、真皮層：由蛋白性膠質(protein collagen)及彈力素(elasin)所構成。
- 三、皮下組織：主要為肌肉及脂肪。

製革的目的就是除去表皮層及皮下組織。通常在鞣革之前(毛皮製品除外)，先行用化學或酵素催化處理，把表皮層連毛一起除去，並用機械法把皮下組織刮除(削肉)。台灣地區鞣革方式主要採鉻鞣法，其基本的製造流程如圖 3.1-1 所示，茲將其中重要之單元操作方法、目的及其與環境污染之關係概述如下<sup>(1)</sup>：

- 一、浸水(Soaking)：恢復生皮失去的水份。

生皮在鹽醃漬的時候會失去本身所含大部份的水份，皮廠必須將鹽漬皮恢復到生鮮時含水的狀態，以利將來加入化學藥劑時被皮充份吸收與與滲透。浸水的方法是將鹽漬皮放入水中、加入回濕劑(Wetting Agent [一種像家用清潔劑一類的東西])，通常也加入殺菌劑在內。浸水完成後即可將生皮多餘的鹽水、污血、污物等洗淨。

- 二、削肉(Fleshing)：削除多餘的殘肉及油脂。

削肉是用機械的方法將生皮的肉面層(Flesh Side)多餘的肉及油去除，此時生皮的毛附在皮上。

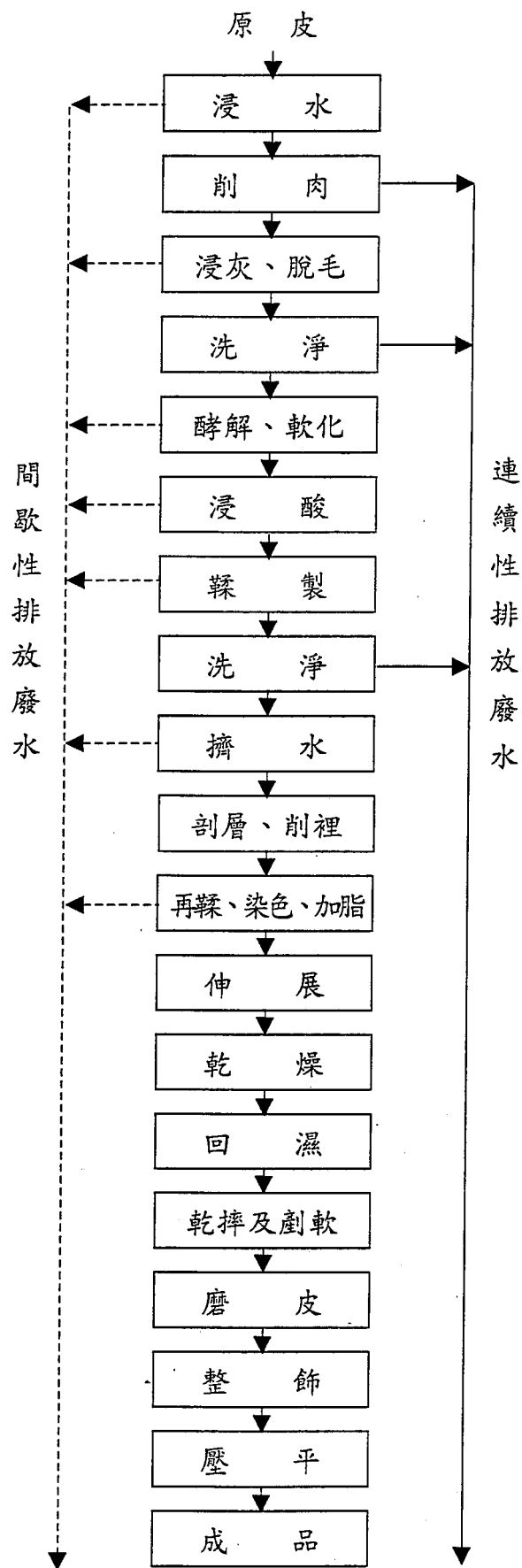


圖 3.1-1 皮革製造廠基本製造流程



三、浸灰脫毛(Liming & Dehairing)：除去毛髮(Hair)、角質層(Epidermis)及一些可溶性蛋白質(Soluble Protein)。

脫毛主要是一個化學性的操作，有時機械性的輔助脫毛也會使用，以求徹底脫毛乾淨。脫毛程序最重要的關鍵是在除毛的同時，使這些脫毛劑對生皮的成份不要有任何的影響。

傳統的脫毛劑是利用硫化鈉及石灰將毛髮加以溶解脫毛，一般稱為溶毛法(Hair-Burn Process)；其所產生的廢水污染濃度很高，目前幾個大的製革藥劑廠，如 TFL、BASF 等均有研發污染產生較少的存毛法(Hair-Save Process)藥劑。

四、酵解軟化(Batting)：除去脫毛時仍殘留在皮身內的脫毛劑及非製革所需要的雜質。

酵解的第一個工作就是脫灰(Deliming)，使石灰及強鹼的化學藥劑不再存於皮之中，脫灰的工序是將皮放入圓筒狀的大鼓(Drum)中，用清水洗去石灰及纖維間質來完成。由於皮纖維組織有糾結的特色，殘留的脫毛用石灰經常很容易固著在上面，為加速脫灰的進行，在此階段可以加些化學藥劑使用。鹽類如氯化銨、硫酸銨等加入使其和殘留的石灰轉化成為可溶性的化合物，以利水洗時將這些化合物洗淨。當脫灰進行時，鹼膨脹的現象會消失，皮會回復到比較正常的厚度。脫灰使用的藥劑同時有另一種很重要的功用，它可以調整皮的酸鹼值到適合的狀態以利吸收酵素。

第二個工作就是酵解，酵素的作用是溶解摧毀一切不必要的非皮質纖維，例如皮外層的毛根(Hair Roots)、銀面上的色素細胞(Pigment)等，去掉這些東西後的皮會更柔軟更細緻，銀面會更明顯。此外，酵素也溶解皮質纖維中的膠質蛋凝質，假如不去掉這些膠質的話，皮質纖維很容易黏一起，成品會形成硬殼一樣而且容易龜裂。

酵解的過程中，酵素的多少、溶液的溫度以及酵解時間的長短都非常重要。酵解的時間主要是依皮的天然特性而定。現在的酵解方法是酵素和脫灰劑的混合使用，使脫灰和酵解同時連續的進行。當酵解完成後，皮要徹底的清洗乾淨，目的是讓在脫灰及酵解過程中溶解的物質能完全從皮中除去。

五、浸酸(Pickling)：使皮呈酸性狀態。

前面幾項製程已經將所有不須要的东西從皮中去除了(油、肉、毛、非製皮之雜質等)，接下來進入浸酸之程序。浸酸是使皮呈酸性狀態(低 pH 值)以利吸收鞣革劑。之所以需要這個步驟就是鉻鞣時，鉻鞣劑在鹼性的狀態下不會溶解的緣故；假如鉻鞣劑放進未浸酸的皮的話，鉻鞣劑會在溶液中沈澱下來，無法達成鉻鞣的目的。浸酸可以用各種的酸性藥劑，最常用的是硫酸。浸酸首先須加入一般的鹽類在溶液裡頭，假使先加入酸劑的話，皮會馬上膨脹起來，稱之為酸膨脹(Acid Swelling)，這和鹼膨脹很相像。這種狀態下鞣皮，皮的品質會很差，加鹽的目的是吸收並固定皮纖維的含水量，避免皮纖維膨脹。浸酸作業是先加鹽後就加酸劑，通常在酵解完後即在同一鼓中進行，只須幾小時就可完全達到浸酸的目的。浸酸作業本身就是一項保鮮防腐的技術，浸酸後的皮可以保持一段很長的時間而不虞皮會腐壞。本單元之廢水量少，但 pH 值可低至 3.4 左右，鹽分含量很高。

#### 六、鞣製(Tanning)：把生皮轉化成穩定不會腐敗的物質。

鞣革劑(Tanning Agent)最主要的作用是將生皮的皮質纖維(Collagen)轉化為穩定的產品，長期不會腐敗。此外，鞣革劑也很明顯的改善了皮的物理性質。例如面積尺寸的穩定性、抗磨擦損耗、耐化學藥劑、高度的耐曲折性及耐重複的乾燥及潮濕等特性。

目前皮革業最廣泛採用的鞣革方法稱為鉻鞣法(Chrom Tanning)，皮革業界之所以喜愛採用這種方法，主要有兩個理由：1.所須鞣製時間比傳統法所須時間縮短許多，只須 4~6 小時；2.它所生產出來的皮具有主要商業用途皮革所追求的最好物理及化學性質。鞣革作業是在前述的大鼓中進行，當酵解與浸酸完成後，鞣革隨即在同一大鼓中進行。有時浸酸後的裸皮會從大鼓中取出來做品級分類或做為半成品貯藏一段時間，然後這些鞣製的裸皮就再送回到大鼓中，把裸皮放入大鼓中的時候同時要加入鹽水，以避免在前述浸酸時形成的酸膨脹問題。適量的鉻鞣劑置於混合槽中，再注入轉動的大鼓中。

鉻鞣劑使用前準備工作必須相當注意，裸皮的化學狀態、大鼓中的狀況都要能使鉻鞣劑能很均勻地滲透進厚厚的皮中。舉例來說，鉻鞣要是對蛋白質纖維具有太強的親和性，則大部份的鉻鞣劑就會固著在皮的表層，內層就會顯得鉻鞣不夠，如此將形成鞣革不均的皮(死鞣)。

鉻鞣劑對皮會產生一種青藍色的作用(Bluish Green)，我們可以用這種特

質來判斷鉻的滲透是否完全。當鉻鞣劑的滲透被認為足夠的時候，鼓中的pH值慢慢的轉變使鉻和皮中的蛋白質固合，這是利用加上弱鹼類的東西，如小蘇打等來降低溶液的酸度，並加強鉻和皮蛋白質的親和力。整個鞣革時間約要4~6小時，主要是依皮的厚薄來決定。鞣好的皮被倒進鼓下方的一個容器中，容器的下方有許多洞可以瀝乾水份。皮的鉻鞣程度可以用收縮時的溫度(Shrinkage Temperature)來追查，鉻鞣劑能使皮對熱有抗熱的物理特性，假如一塊未鞣的裸皮放在盛水的燒杯中，當水溫達60°C時，皮會很明顯的捲曲收縮。皮鉻鞣的程度和在水中的耐熱度成正比例的增加，當一塊鉻鞣完全的皮放在沸騰的熱水中(100°C)也不會有收縮的情形。因此，收縮溫度可以做為鉻鞣程度的指標；除了溫度法外，還可以用化學的方法算出皮中鉻含量之濃度。本階段所產生之廢水通常具有高濃度之鉻及鹽類。

#### 七、擠水(Samming)：擠出多餘的水份，以利下一步的剖層。

擠水機由兩支轆輪組成，當皮經過時，兩支轆輪就將皮多餘的水份擠出去。這種擠壓的工作，多少會使皮的厚度變薄一些，但是因皮纖維特有的彈性，很快就會恢復到原來的厚度。

#### 八、剖層及削裡(Splitting and Shaving)：調整皮的厚度，以符合使用上的需要。

所有的大件皮或小件皮在厚度上都有很大差異，有些甚至與動物的年齡有關，即使在同一張皮上，皮各部位的厚度也不盡相同。但這些差異要避免，否則使用皮的皮革製品工廠生產時會有很大的問題和麻煩；也由於各種最終用途需要各種不同的厚度，這時可用剖層機來達到一致的厚度。剖層後，面皮這一層可以得到一致的厚度，剖層後的肉面層稱為榔皮(Split Leather)，一般牛皮可剖層為一層面皮及兩層榔皮。雖然榔皮不再有面皮這一層，但仍然是製作反毛皮(Suede)的有價值的原料。皮廠可以再加工製造這些榔皮，也可以銷售給下游工廠。

再下一個步驟為削裡，常見的情況下，皮會有一、二個最薄的地方，由於厚度不夠，往往不能碰到剖層機的帶型刀。削裡的作用就是清除這些內質狀不雅觀的物質，如果必要，削裡機也可以做為進一步修正厚度的作業，校正厚度誤差，使厚度更平均，以符合規格的要求。

#### 九、再鞣、染色與加脂(Retanning、Dyeing and Fat Liquoring)：賦予皮鞣革劑的特色、用苯胺染料染色、潤滑皮革纖維使其更有柔韌性。

雖然這三個工序的目的有很大的不同，但皮廠卻將其看做是一體的，因為這些作業是連續不斷的，總共需時約4~6小時。再鞣的目的是使皮能含有兩種以上鞣劑的皮性特色，這是靠第二種鞣製功用，為了達到此目的有許多種原料可以使用。較常用的是植物丹寧(Vegetable Extracts)及合成鞣劑(Syntans)。植物鞣劑可使鉻鞣再鞣後的皮有飽滿感(Body Feeling)及鋼性感(Solidity)。Syntans 則是人造的原料，使用在柔軟皮的再鞣過程，所形成的青藍色皮有顯著的漂白作用。再鞣比初鞣需要的時間短了很多，首先將皮洗淨，然後用弱鹼中和，調整 pH 值、溫度，以適應再鞣劑的操作條件，將再鞣劑注入鼓中與皮混合，約1~2小時即可完成。

現代的製革業能賦予皮革各式各樣的色彩，皮的染色(Dyeing)本身就是一個藝術性的工作。在鞣皮或再鞣時都是用一致的方法，儘量減少染色不均的形成因素。然而，由於皮的表皮色素(Pigmentation)及銀面的變化，染色時會產生輕微的色差(Shade Variation)，這也是人工合成產品無法輕易模仿得到的。

第二個重要的考慮因素是皮的滲透性(Penetration)，大部份的顏色須要數種染料混合使用，才能染得出所需要的色彩。目前有種類數以百計的染料及染色助劑(Auxiliary)供皮廠選擇使用。這些染料各自的性質有很大的不同，但是經過謹慎的選擇及使用，則可產生百萬種漂亮的顏色出來，同時具有良好的耐候性、耐汗水性、耐水性及耐乾拭等特性。

加脂是皮軟硬度最明顯效果的一項操作，同時也是水場作業(Wet Operation)的最後一項操作。加脂的目的是使皮革纖維潤滑，即使在乾燥後，皮革纖維間仍能夠彼此間滑動。加脂除了調整皮的柔軟度外，對於皮的拉力強度的增加也非常有幫助。

十、伸展(Setting out)：使皮更平整及壓擠掉多餘的水份。

展皮是一個多重目的的工作，將皮拉伸(Stretch)展平，同時將皮所含多餘的水份擠壓出去。此階段皮的含水量約為60%。

十一、乾燥(Drying)：除去皮所含水份到平衡濕度為止(Equilibrium Moisture)。

皮的乾燥法有四種，而選用何種乾燥法乾燥直接對皮性有影響。最簡單的乾燥方法就是吊乾法(Hanging)，就像曬衣服的方法一樣，直接風乾。第二

種方法稱為夾網法(Toggling)。這種方法皮是在張力的狀況下乾燥的，用一種夾子稱為 Toggles，將皮的周邊夾住用力張開並固定在金屬網上。當一張皮固定好以後，將金屬網翻轉過來在另一面用相同的方法固定另一張皮，最後將金屬網推進乾燥箱乾燥。第三種方法稱為貼板法(Pasting)，將待乾燥的皮固定在很大的一塊板子上，用很鈍的刮板將皮拉伸並推平，刮板稱為 Slicker。固定好的皮則用單軌輸送帶將皮送進乾燥箱，溫度設定在 50°C 到 70°C 之間，相對濕度在 40% 之間，貼板法讓每一張皮的面積跟其他任何乾燥法比較起來有較大的面積尺寸。

以上三種所需時間為 4~7 小時，不管乾燥的方法如何，重要的是皮不要太過乾燥，以手感而言，仍有 6%~12% 的水份為宜。第四種方法稱為真空乾燥法(Vacuum Drying)，是利用真空的力量將皮身內的水份抽取出來。真空乾燥法須時甚短，約 3 至 8 分鐘即可。

十二、回濕(Conditioning)：加入控制下定量的水份。

這是將乾燥的皮，進行噴水回濕，外面覆以塑膠防水布一個晚上，使水氣在皮內分佈均勻，此時皮的含濕量約 25%。

十三、乾摔及劇軟(Dry Milling & Staking)：和正確的加脂配合，使皮達到要求的柔軟度。

大部份是用自動劇軟機來進行，在皮的上方及下方有無以數計快速震盪的針狀突出物不斷的從皮的上下兩面打擊皮，使皮受到很大的機械應力。另一種機械式柔軟法稱為乾摔法(Dry Milling)，這種方法主要用在軟薄的皮料類，它是將乾燥好的皮放入大鼓中旋轉摔動，直到需要的柔軟度皮面的細紋出現為止。時間可能從半小時到 8 小時之間。

十四、磨皮(Buffering)：用機械式的方法將皮的銀面砂磨平滑。

有些皮的皮面上有蟲斑(Parasitic Damage)及刺痕(Healed of Scratches)等瑕疵，這些外觀的瑕疵並不會影響皮的功能，反而是真皮的最好證明。但是為了改進皮的外觀，通常用非常細的砂輪將銀面輕輕的磨去一層。磨皮後的工序遺留許多的皮粉須要去除，這可以用很多方法消除，例如迴轉式毛刷，壓縮空氣及真空吸塵法等。現代的磨皮機通常和吸塵裝置是一體的，使磨皮及清潔的工作簡化為一項操作。

十五、整飾(Finishing)：利用薄膜形成材料(Film Forming)披覆在皮面之上，以增加抗磨及防污損能力，同時美化顏色。

選用塗飾的方法要依皮的特性及皮的最終用途而定。銀面紋路最好的皮用薄薄的而且透明度好及含色素較淡的披覆材料來整飾，讓皮所有的自然美感都可以顯現出來，而同時仍然受到相當程度的保護作用。高級的鞋面皮的整飾和高級傢俱皮的整飾道理是一樣的，需要有相當的特色，深度感及豐富的吸引力(Depth and Appealing)。

目前塗飾所用之化學藥劑除了使用酪蛋白乳酪素(Casein)、臘類(Wax)或亞麻仁油(Linseed Oil)等傳統材料外，另外，近年來發展出來的壓克力(Acrylic)、丁二烯聚合物(Butadiene Polymers)、硝基纖維素(Nitro Cellulose)及PU等都已廣泛用在皮革的整飾之上，這對皮的抗污及抗磨擦能力有非常顯著的貢獻，使皮的顏色更經久不變，而且也更容易保養。

十六、壓平(Plating)：壓平皮的銀面，同時壓出各種不同的皮革紋路出來。

壓平是對皮外觀及手感有影響的最後一步操作。壓平的作用就如同將一支熱熨斗來回在皮上燙平的效果一樣。壓平使用極大的壓力將剛塗上的漿料壓平並吃進銀面裡牢牢的固定住。與壓平相關的另一個作業，稱之為壓花(Embossing)，它是用刻花的壓板來壓出特殊的花紋出來。皮廠利用這種方法可以創造出各種花色的皮出來，包括仿造別種動物擁有的特殊花紋在內，這也說明真皮另外一項很重要的優點：可壓花性及保持壓花不變型的持久能力。

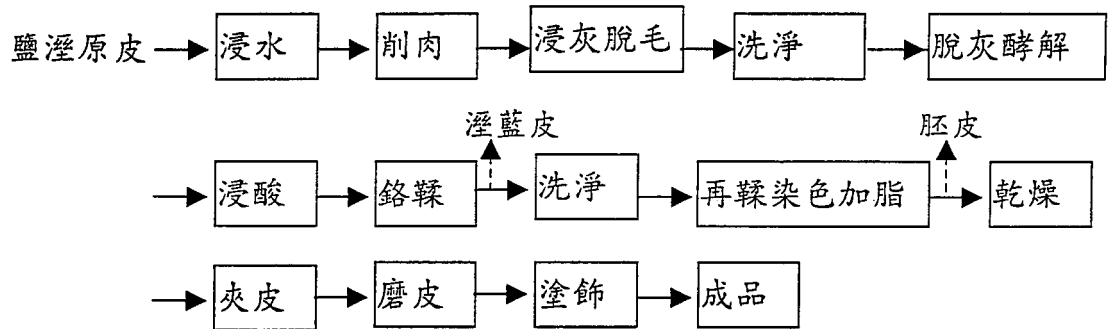
目前國內皮革製造廠製程依其使用原料為鹽溼原皮、溼藍皮或榔皮及成品為溼藍皮或成品皮之不同而有所差異，其製程說明區分如下：

- 一、鹽溼原皮到成品皮：將進口牛、豬鹽溼原皮經由浸洗、削肉、浸灰脫毛、浸酸、鉻鞣後再鞣染色加脂成為成品皮之全部製程，此為國內皮革製造廠之主要製程，亦為國內皮革污泥之主要來源。
- 二、鹽溼原皮到溼藍皮：將進口牛、豬鹽溼原皮經由浸洗、削肉、浸灰脫毛、浸酸、鉻鞣後形成之溼藍皮之製程，目前國內該製程廠商並不多，其廢水來源主要為浸水、浸灰脫毛、酵解、浸酸及鉻鞣等過程所產生之廢水，其皮革污泥 pH 值偏向酸性。
- 三、溼藍皮到成品皮：將溼藍皮洗淨、再鞣染色加脂成為成品皮之製程，其廢水來源主要為再鞣過程所產生之廢水，其成份多為高濃度有機物、鉻鹽、表面活性劑、色度及油脂等。

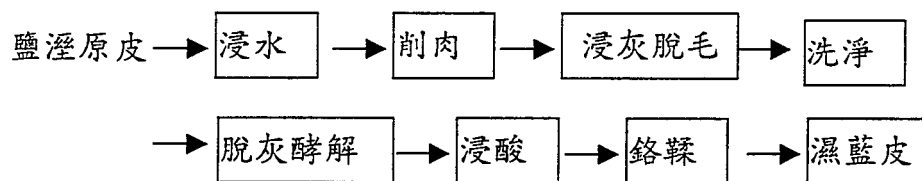
四、榔皮到成品皮：以半成品榔皮為原料，經再鞣染色加脂後成為成品皮之製程，該製程廠商多為中小型廠商，所產生之廢水來源多為再鞣染色加脂、塗飾、洗漂等過程所產生之廢水，其廢水產生量較少且成份多為表面活性劑、色度及油脂等。

其相關製程及主要廠商分佈情形詳如圖 3.1-2 及圖 3.1-3 所示。

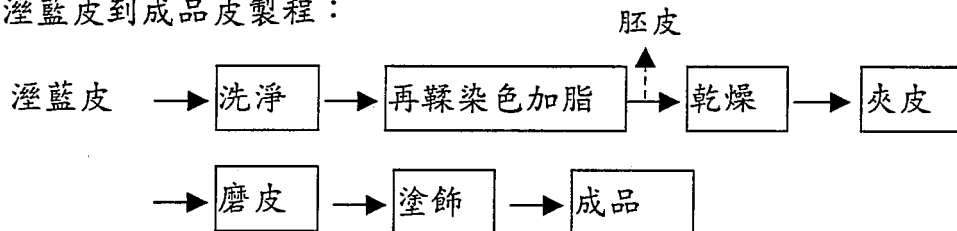
1. 鹽溼原皮到成品皮製程：



2. 鹽溼原皮到溼藍皮製程：



3. 溼藍皮到成品皮製程：



4. 榔皮到成品皮製程：

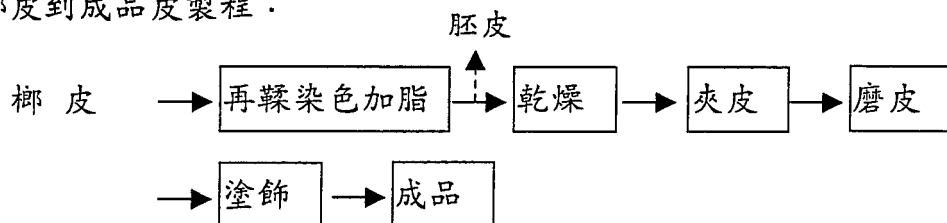
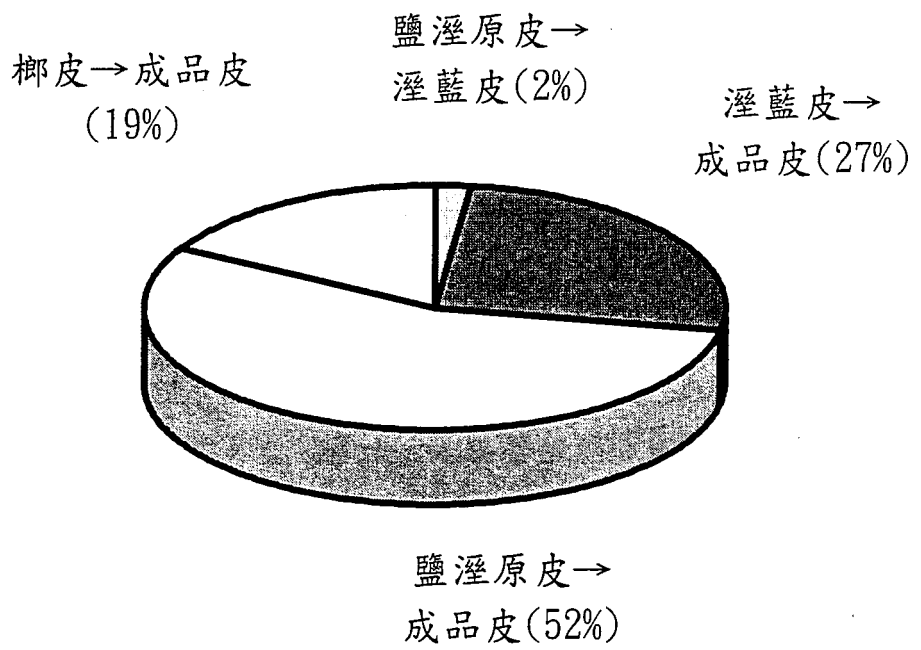


圖 3.1-2 國內皮革不同製程之流程說明





資料來源：台灣區皮革工業同業公會廠商統計表

圖 3.1-3 國內皮革公會不同製程主要廠商分佈情形

## 3.2 皮革廢水處理流程

皮革製造廠廢水之主要污染源為間歇性排放之廢水，由於廢水流量變化極大且廢水水質隨著製造流程不同而有所差異，一般主要污染物質有廢酸鹼、BOD、COD、色度、高濃度之有機物、鹽分、硫化物及鉻鹽等，製革過程中不同製程所產生之廢水及污染物排放機制與廢棄物產生情形詳如圖 3.2-1 及表 3.2-1 所示。一般而言，各個生產程序所排出的廢水中，以浸水、浸灰、脫灰、酵解、鞣革及再鞣、染色、加脂等製程單元所產生之污染最為嚴重，以國內牛皮及豬皮皮革製造廠之廢水水質中可以得知，於浸水階段因鹽溼原皮所含之高濃度氯鹽必須先行沖洗，並添加部份硫化物或界面活性劑軟化皮革，此時所排放的廢水中含有較高濃度之氯鹽、有機物、硫化物及界面活性劑等污染物質；於浸灰階段為使皮革利於脫毛及鞣革劑之使用，則會添加石灰液並加入硫化鈉( $\text{Na}_2\text{S}$ )及二甲基胺(dimethylamine)做為加速劑，故使得排放廢水中含有高濃度之懸浮石灰液及硫化物等污染物質；在鞣革階段則因經過浸酸、鞣革等程序，皮革為了增加鞣革效果會添加硫酸調整 pH 值避免添加之鉻鹽產生沉澱，達到鞣革的目的，故所產生之廢水呈酸性且含較高濃度之氯鹽、鉻鹽、有機物及硫化物等污染物質<sup>(10)(11)</sup>；在再鞣、染色及加脂階段，則使用丹寧及合成鞣劑使皮革擁有兩種以上鞣劑的特性並以弱鹼調和 pH 值使其中和，於洗淨後並添加染料及油脂，使皮革染成所需之顏色及增加柔軟度，而此階段所排放之廢水則含有較高濃度之鉻鹽、有機物、油脂及色度等污染物質；最後乾燥塗飾階段則經擠水、伸展、乾燥、回溼、打軟、磨光、塗飾等一連串整理工作，所產生之廢水則主要為含色度及油脂等成份之污染物，而有關各牛皮及豬皮製革廠其主要製程單元廢水所產生之污染物種類及特性，詳如表 3.2-2 及 3.2-3 所示。鹽溼原皮製程所產生廢水若未做好分流前處理，容易造成重金屬鉻等有害物質進入生物處理系統，導致處理效率的不穩定或整個功能的喪失。

目前國內皮革製造廠，廢水處理依鉻鞣階段導引廢水分流步驟而有所謂分流處理與合流處理之區別，分流處理係將鉻鞣相關製程所排出之廢水與其他製程廢水分開收集處理，故所產出之污泥，一種為含鉻量較高之鉻污泥，另一種則為含鉻量較少之一般污泥；在浸水、酵解等不含鉻之廢水經攔污柵、沉砂、調整、快混、膠凝槽後於沉澱槽中沉澱所產生之污泥與部份迴流污泥及浸灰、脫灰製程廢水之沉澱槽污泥，經污泥濃縮槽脫水後形成之污泥餅，即為所謂含鉻量較少之一

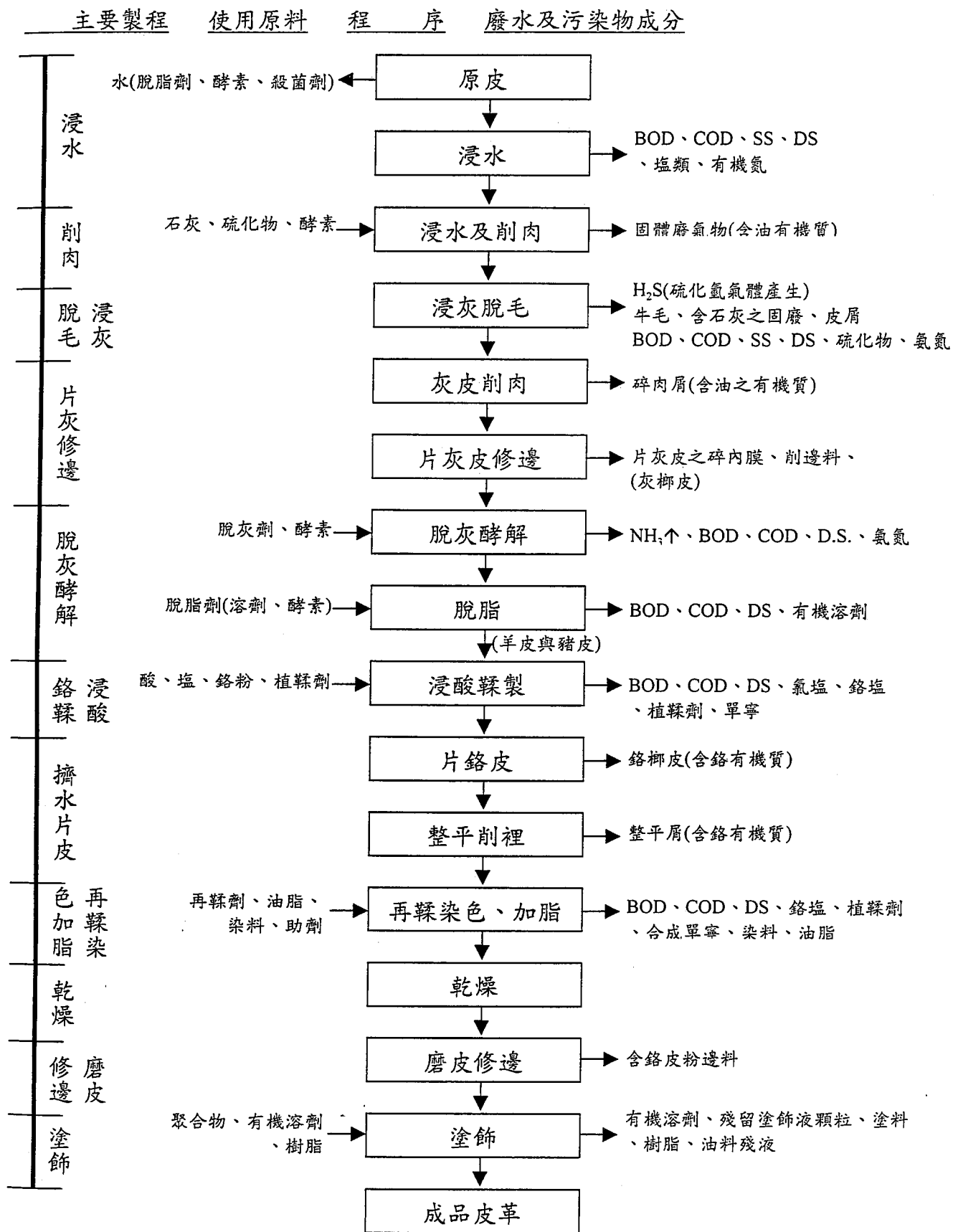


圖 3.2-1 製革過程不同製程廢水及污染物排出機制<sup>(4)(6)(13)</sup>

表 3.2-1 製革過程不同製程廢棄物產生情形

流程諸元	添加藥劑名稱	廢棄物特性	廢水特性
浸水	殺菌劑、界面活性劑、浸水劑、鹼類	毛髮、油膜、血污、泥沙、碎肉	鹽份、油脂、血污、殺菌劑、毛髮、SS、pH：8~9
削肉		碎肉、油膜、牛膠	
浸灰 脫毛 再灰	硫化物 (Na <sub>2</sub> S、NaHS)、石灰、浸灰劑、脫脂劑	毛髮等溶解之蛋白質	高鹼性廢水、pH12.5↑、硫化物、水解之毛髮、角質蛋白、毛髮、高COD、高BOD 瞬間流量大
片灰皮		碎肉、油膜、牛膠	
脫灰、酵解	硫胺、脫灰劑、重亞酵素、酸式鹽、有機酸	皮屑纖維	氮氮值高 pH：7.8~8.5 硫胺、可溶性蛋白
浸酸	工業鹽、硫酸、蟻酸、浸酸助劑、蟻酸鈉		低 pH 之酸性廢水
鉻鞣、調整鹽基度	鉻粉、醛鞣劑、亞克力酸聚合物、均鉻劑、防霉劑、氧化鎂、制酸劑、鹼類	皮屑	含酸性高濃度鉻鹽、色度、鹽分、皮屑粒(SS)、蛋白質、胺基酸、油脂 pH3.6~3.8
擠水、片皮、整平		含鉻之皮粉屑、碎皮	廢鉻液、皮屑微粒(SS)、油脂
再鞣	醛鞣劑、合成單寧、植物鞣、壓克力、樹脂、單寧、礦物單寧	皮屑	單寧殘液、皮屑蛋白、氮氮、色度
中和	中和劑、蟻酸鈉、小蘇打		中性鹽、鉻殘液、皮屑 pH：4~5
染色、加脂	酸性染料、油脂、蟻酸		廢油脂殘液 pH：3.8、染料殘液、色度及低 pH 酸液
乾燥、磨皮、品檢、修邊		含鉻之皮粉屑、碎皮	
塗飾、噴塗	樹脂、塗料、有機溶劑		溶劑殘液、塗料、廢油、樹脂殘液(清洗時產生之 COD、SS)

表 3.2-2 鹽濕牛皮製造廠廢水污染來源及污染特性<sup>(13)</sup>

製程	污染來源	主要污染物種類	廢水水質 (mg/L)
浸水 浸灰	鹽溼原皮經浸水、浸灰等程序可排放之第一鼓廢水	高濃度氯鹽、有機物、硫化物、界面活性劑及懸浮石灰液等	pH:8~10 SS:30,000~40,000 COD:60,000~70,000 BOD:15,000~25,000 氯鹽:25,000~35,000 硫化物:20~300
鞣革	經浸酸、鞣製等程序所排放之第二鼓廢水	高濃度氯鹽、有機物、硫化物、鉻鹽等	pH:4~5 SS:8,500~9,000 COD:1,500~20,000 BOD:10,000~15,000 氯鹽:25,000~35,000 總鉻:2,000~25,000 硫化物:20~25
再鞣、染色、 加脂	經再鞣、染色、加脂所排放之第三鼓廢水	高濃度鉻鹽、有機物、油脂、色度等	pH:6~7 SS:200~250 COD:15,000~20,000 BOD:2,500~3,000 油脂:2,000~2,500 總鉻:2,000~3,500
乾燥塗飾	以上三部份外之後段排放廢水	色度、油脂等	pH:7~8 SS:3,000~3,500 COD:4,500~5,000 BOD:500~900

表 3.2-3 鹽溼豬皮製造廠廢水污染來源及污染特性<sup>(13)</sup>

製程	污染來源	主要污染物種類	廢水水質 (mg/L)
浸水 浸灰	生鮮豬皮經片夾皮處理後，併鹽溼豬皮經浸水、浸灰等程序可排放之第一鼓廢水	高濃度氯鹽、有機物、硫化物、界面活性劑及懸浮石灰液等	pH:8~10 SS:7,500~73,000 COD:60,000~70,000 BOD:16,000~22,000 氯鹽：11,000~18,600 硫化物:200~45,000
鞣革	經浸酸、鞣製等程序所排放之第二鼓廢水	高濃度氯鹽、有機物、硫化物、鉻鹽等	pH:2~4 SS:5,000~33,000 COD:2,500~32,000 BOD:10,000~15,000 氯鹽：20,000~30,000 油脂：190~800 總鉻:150~5,000
再鞣、染色、 加脂	經再鞣、染色、加脂所排放之第三鼓廢水	高濃度鉻鹽、有機物、油脂、色度等	pH:5~7 SS:200~250 COD:15,000~20,000 BOD:2,500~3,000 油脂：2,000~2,500 總鉻：2000~3,500
乾燥塗飾	以上三部份外之後段排放廢水	色度、油脂等	pH:7~8 SS:3,000~3,500 COD:4,500~5,000 BOD:500~900

般污泥；另外浸酸、鉻鞣、擠水、再鞣等含鉻廢水經沉砂、調整、快混及膠凝槽後於沉澱槽中沉澱，經污泥濃縮脫水後所形成之污泥餅即為含鉻量較高之鉻污泥，其詳細相關皮革製造廠廢水分流處理流程詳如圖 3.2-2 所示。

合流處理流程，則未針對鉻鞣相關製程進行廢水分開收集處理，所有製程廢水最後經曝氣、沈澱濃縮脫水後，形成污泥餅。目前國內皮革製造廠除少數廠家採分流處理外，大多皆採合流處理。



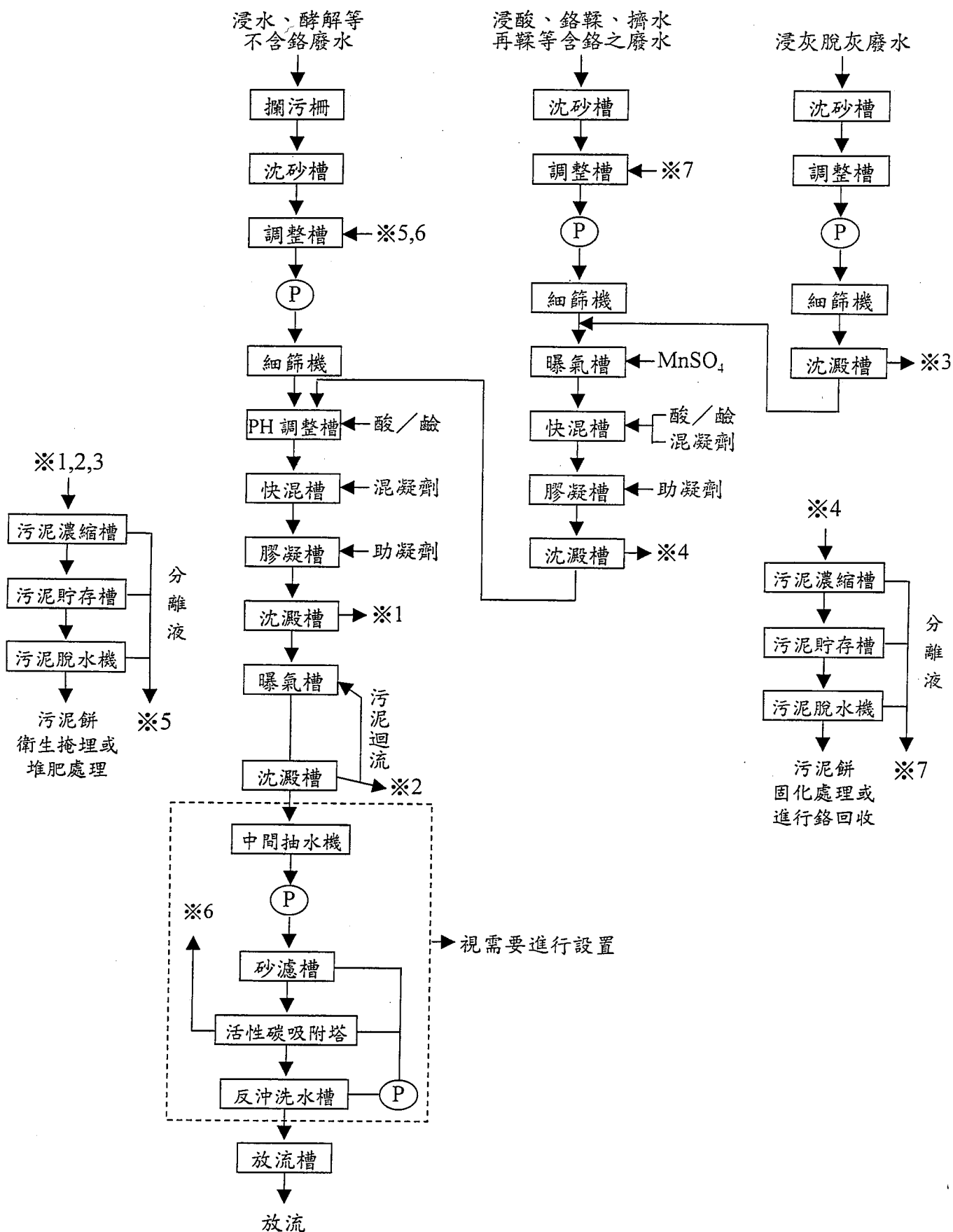


圖 3.2-2 皮革製造廠廢水分流處理流程圖<sup>(10)</sup>

## 第四章 皮革污泥特性與處理現況

### 4.1 皮革污泥來源、組成及性質特性

國內皮革製造廠因製程不同所排放之廢棄物性質亦有所不同，在浸水、浸灰過程多為高濃度鹽份、獸污、毛髮、殺菌劑及油脂等成分之廢水排出；在脫灰、酵解過程則為高鹼性含石灰懸浮物、硫化物水解之毛髮、角蛋白及獸毛等廢水排出；在鉻鞣浸酸過程，則多為含酸性高濃度鉻鹽、酵素、色度、硫酸鈣及脂肪等成份之廢水排出；而再鞣階段則多為含鉻、油脂及色度之廢水排出，而上述製程所排出之廢水經沈澱濃縮脫水後排出之皮革污泥即為皮革製造廠廢棄物之主要來源，詳圖 4.1-1 說明。皮革污泥因其是否分流處理及含鉻濃度不同而有皮革污泥及含鉻污泥之區別，在機械、乾燥及包裝製程所產生之廢棄物則為削邊皮、皮屑及皮革粉等<sup>(10)(13)</sup>。

參考 81 年經濟部工業局「皮革業污泥特性調查與輔導專案綜合報告」，針對國內 10 家不同製程之皮革製造廠廢棄物做分析，發現其廢皮屑及污泥溶出試驗鉻及其化合物皆超過 10mg/L，詳表 4.1-1、4.1-2 及 4.1-3 所示。但近年來隨著減廢觀念及環保意識之推廣，國內皮革製造廠藉由減廢觀念之製程改善、鉻液回收等方式已減少皮革污泥之溶出鉻含量，以經濟部工業局 90 年執行之「工業廢棄物共同清除處理計畫」調查國內皮革製造廠污泥特性分析得知，國內 5 家不同製程之皮革製造廠，其皮革污泥溶出試驗鉻及其化合物皆未超過現行有害事業廢棄物認定標準 5mg/L 之濃度範圍。顯示國內皮革製造廠污泥成份中鉻濃度已有明顯程度的改善，詳表 4.1-4 所示<sup>(4)</sup>。

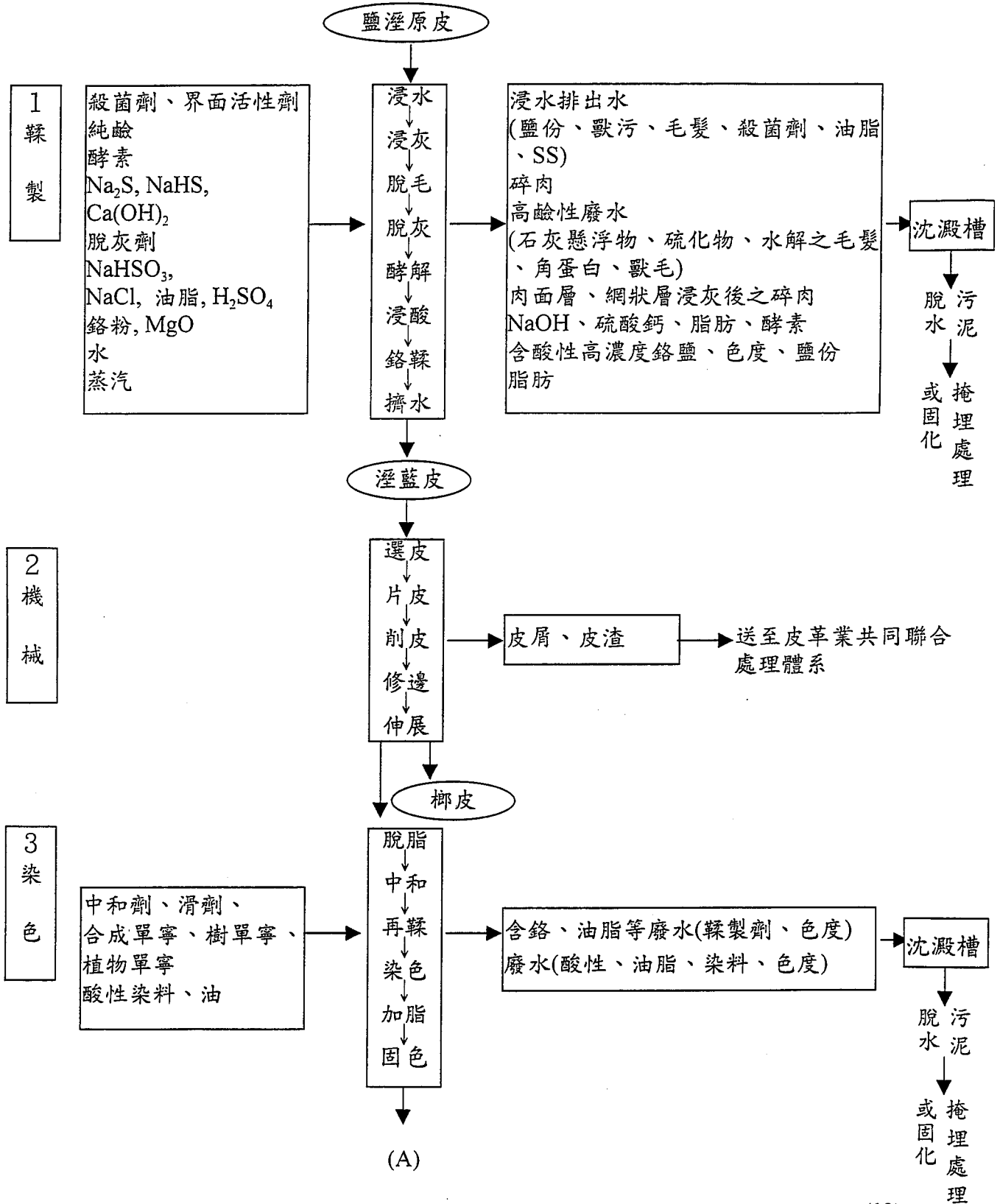


圖 4.1-1 皮革製造廠不同製程單元廢棄物性質及來源<sup>(13)</sup>

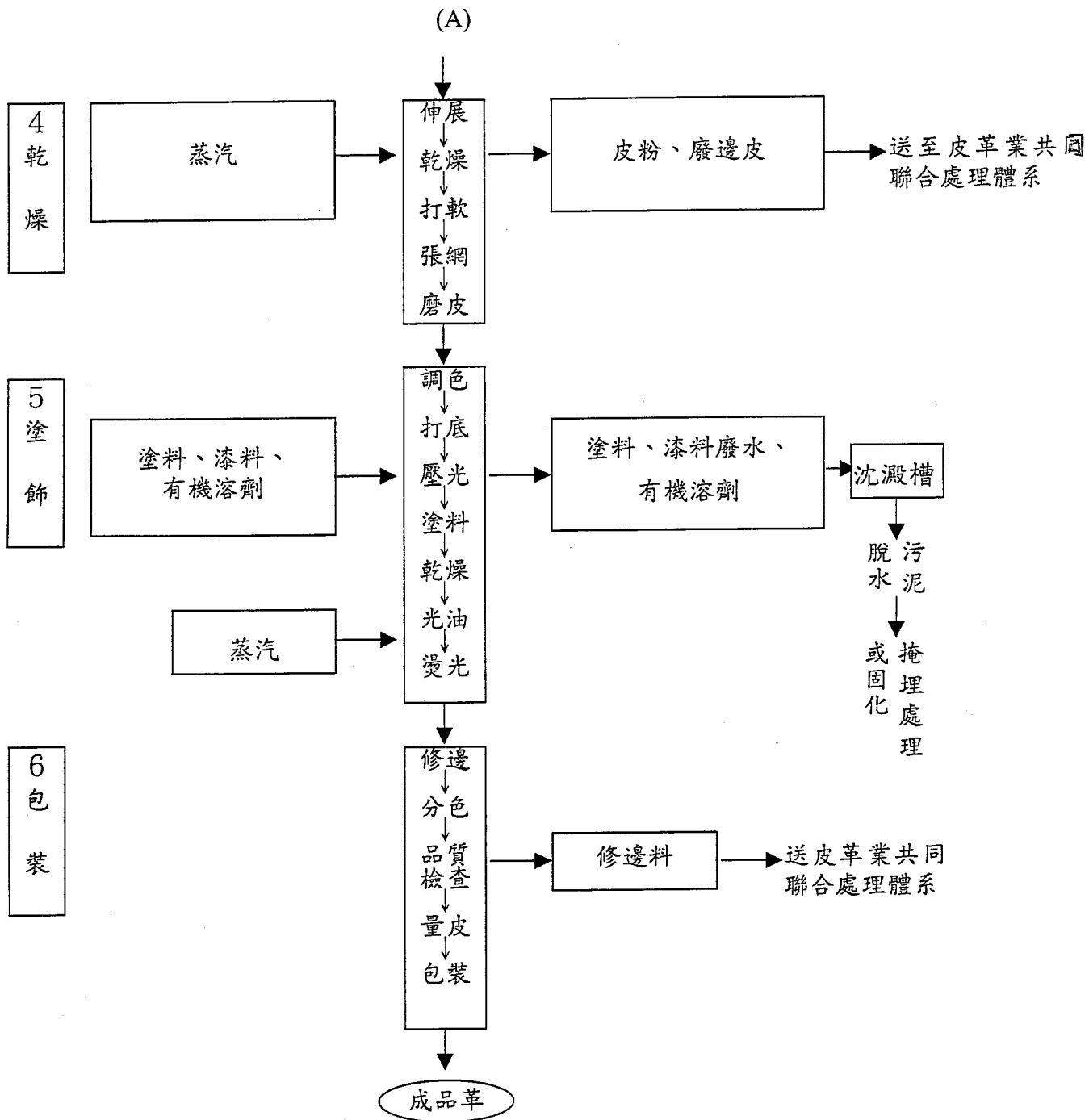


圖 4.1-1 皮革製造廠不同製程單元廢棄物性質及來源<sup>(13)</sup>(續)

表 4.1-1 皮革製造廠廢棄物分析資料表(溼藍皮)<sup>(4)</sup>

項 目	廢棄物種類	溼 藍 皮 廠 A			溼 藍 皮 廠 B		
		鉻鞣皮	染色皮	污 泥	鉻鞣皮	染色皮	污 泥
總鉻	(mg/kg)	38576	31204	14342	22395	23422	17849
溶出試驗及鉻其化合物	(mg/L)	76.57	83.21	15.95	174.00	62.57	22.93

表 4.1-2 皮革製造廠廢棄物分析資料表(豬皮廠)<sup>(4)</sup>

項 目	廢棄物種類	豬 皮 廠 A				豬 皮 廠 B			豬 皮 廠 C			豬 皮 廠 D		
		鉻鞣皮	染色皮	污泥	廢油脂	鉻鞣皮	染色皮	污泥	鉻鞣皮	染色皮	污泥	鉻鞣皮	染色皮	污泥
總鉻	(mg/kg)	30323	22864	18315	332.5	29525	21667	46750	23447	29139	43623	12664	18321	19371
溶出試驗鉻及其化合物	(mg/L)	83.17	79.43	12.56	ND	79.32	59.27	27.06	79.31	79.83	22.04	31.82	23.96	30.12

註：豬皮廠 D 每日生產豬皮 700 張，牛皮 300 張

表 4.1-3 皮革製造廠廢棄物分析資料表(牛皮廠)<sup>(4)</sup>

廢棄物 種類 項目	牛皮廠 A			牛皮廠 B			牛皮廠 C			牛皮廠 D		
	鉻鞣皮	染色皮	污泥	鉻鞣皮	染色皮	污泥	修邊皮	皮粉	污泥	鉻鞣皮	染色皮	污泥
總鉻 (mg/kg)	35818	30606	15412	37840	24200	14876	527	346	3951	13465	18946	19542
溶出試驗鉻及其 化合物 (mg/L)	58.01	94.39	11.42	85.76	39.16	20.82	7.28	6.13	16.13	41.33	28.45	19.33

註：牛皮廠 C 為鉻鞣皮革廠。(其中面皮為鉻鞣法、榔皮為鉻鞣法)

表 4.1-4 皮革製造廠污泥採樣分析資料表

廠商 檢驗值 檢驗項目	A	B	C	D	E
	製程	鹽濕原皮至 濕藍皮	濕藍皮至成 品皮	鹽濕原皮至 成品皮	鹽濕原皮至 成品皮
pH	2.7	7.8	7.8	8.0	8.2
導電度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	46000	4160	16500	15100	2740
有機質 (%)	11.6	8.34	7.84	7.06	6.38
碳/氮比	3.97	10.08	7.63	10.05	42.09
鈣 (%)	7.07	5.34	7.08	13.1	3.03
磷 (%)	0.018	7.25	33.3	17.5	16.1
鉀 (mg/kg)	193	495	296	490	16.8
鎂 (%)	0.25	0.83	0.48	0.55	1.80
總鉻 (mg/kg)	ND	27300	31.7	16600	6590
溶出試驗鉻及其化 合物 (mg/L)	0.056	1.68	2.12	0.083	1.57
備註	樣品為合流處 理之污泥	樣品為合流處 理之污泥	樣品為分流處 理之一般污泥	樣品為分流處 理之一般污泥	樣品為合流處 理之污泥

## 4.2 皮革污泥產生量及處理現況

參考皮革公會及 90 年經濟部工業局執行之「工業廢棄物共同清除處理計畫」資料推估，每隻生牛皮約可產生 2 公斤之污泥，生豬皮每隻則可產生 2.9 公斤的污泥。而依據 88 年財政部海關總稅務司署統計處進口貿易統計月報資料，88 年國內進口鹽溼牛皮約為 130,000,000 公斤、鹽溼豬皮約為 69,000,000 公斤，參考皮革公會資料以每隻牛皮平均 30 公斤及豬皮 7.2 公斤換算，88 年度進口鹽溼牛皮約為 4,350,000 隻、鹽溼豬皮約為 9,600,000 隻，故由此資料推算，88 年國內皮革污泥產生量約在 36,700 公噸左右，故每月皮革污泥產量約為 3000 公噸左右，詳表 4.2-1 所示。

目前國內皮革製造廠對於所產生之廢棄物，除部份之皮革肉屑及廢邊料可作為下腳品再利用外，已有部份業者成立皮革業共同聯合處理體系，將產生之削邊皮及皮革粉經蒸煮後售予台肥製作為有機肥料。至於產生量較大之廢水污泥，經調查結果顯示，目前皮革製造廠大多將一般皮革污泥委託清除處理業者送至掩埋場處理，少部份含鉻有害污泥則暫存廠區或委託合格代處理業者處理。顯示國內製革廠所產生之皮革污泥目前仍缺乏回收再利用之管道。

表 4.2-1 國內皮革污泥產生量推估表

生豬皮	88 年進口數量(公斤)	每件皮革換算比(公斤/隻)	廢水污泥產生比(公斤/隻)	產生污泥量 (公噸/年)
生牛皮	130,000,000	30	2	8,700
生豬皮	69,000,000	7.2	2.9	28,000
合計	199,000,000	—	—	36,700

註：上述皮革污泥推估量含一般污泥及鉻污泥。



## 第五章 皮革污泥资源化技術評析及案例彙編

### 5.1 國內外皮革污泥资源化利用概況

目前國內皮革污泥最常見到的處理方式仍是經由代清除處理業者送至掩埋場掩埋，由於國內土地資源有限，加上皮革污泥含豐富有機質，直接送到掩埋場最終處置並不合乎經濟效益。隨著资源化利用觀念與技術的推廣，產業界所產出之各類污泥已有不少經由资源化再利用的途徑加以利用。惟在皮革污泥方面，則因部份製程之污泥含鉻量較高、资源化產品出路及現行法令規定與民眾接受等等問題存在，使得资源化技術推廣與運用亟待開發。有關國內污泥资源化之案例，除了國內冷凍食品加工廠，廢水處理場產製有機肥料之研發成功外，石材業污泥之有機肥料研發亦已商業化，其他如含重金屬污泥調製馬賽克磁磚與陶瓷品技術之研發，則尚有待推廣開發，另外國內目前也有利用氨浸法來回收污泥中的 Cu、Zn 及 Ni 等金屬，以及利用熔煉技術回收污泥中之 Co、Mn 製成觸媒溶液。而中研院利用電解法，回收鉻污泥中重金屬鉻之研發，目前仍在實驗階段<sup>(7)</sup>。

至於在都市下水道污泥方面，國內目前較具規模之都市污水處理廠，計有台北市之民生及迪化、南投縣中興新村、及高雄市中洲等四座污水處理廠，其污泥處理現況及處置方式如表 5.1-1 及 5.1-2 所示，其中中興新村廠所產生之污泥由民眾自取使用於花園或農田之土壤改良，其餘各廠則採衛生掩埋方式處置。由於中興新村所處理之廢水量極少(3240CMD)，污泥產生量亦少，不論貯存、製成肥料或產品銷售管道等問題皆相當容易解決，因此污泥以農業利用方式處理較為容易；至於民生、迪化及中洲污水廠污泥則多以衛生掩埋處置之，未有進一步资源化利用之情形。惟鑑於掩埋場開闢日漸不易，且未來掩埋場對廢棄物進場管制將要求先經中間處理之趨勢，台北市政府亦積極推動资源化處理污泥之計畫<sup>(2)</sup>。

表 5.1-1 國內都市污水處理廠污泥處置現況<sup>(2)</sup>

廠名	平均流量 CMD	處理方式	污泥處理方法	污泥處置方法
民生	16,000	二級	好氧消化→重力濃縮→加藥調理→離心式脫水→污泥餅	衛生掩埋(山豬窟)
迪化	189,000	初級	重力濃縮→厭氧消化→加藥調理→帶壓式脫水→污泥餅	衛生掩埋(山豬窟)
中興新村	3,240	二級	消化→曬乾→污泥餅	農地利用
中洲	435,000	初級	重力濃縮→厭氧消化→加藥調理→帶壓式脫水→污泥餅	衛生掩埋(西青埔)

表 5.1-2 國內各處理廠污泥處理及處置規劃統計表<sup>(2)</sup>

廠名	下水設計 處理量 (m <sup>3</sup> /d)	污泥處理方式							
		減量方式	安定方式	沼氣發電	脫水方式	污泥餅量	設計 含水率%	最終 處置方式	
北市	迪化	500,000	重力濃縮	厭氧消化	×	帶壓脫水	目前：40 最終：270	80	衛生掩埋
	民生	15,500	重力濃縮	好氧消化	×	帶壓脫水	最終：3.5	80	衛生掩埋
	八里	1,980,000	重力濃縮	厭氧消化	×	帶壓脫水	最終：461.1	75	衛生掩埋
	內湖	250,000	機械濃縮		×	帶壓脫水	初期：150 終期：250	80	衛生掩埋
高市	中區	435,000	重力濃縮	厭氧消化	×	帶壓脫水		80	衛生掩埋
台 灣 省	基隆	100,000	重力濃縮	無消化 使用焚化	×	加壓過濾	65	65	衛生掩埋
	瑞芳	23,200	重力濃縮(初沈) D.A.F.(終沈)	厭氧消化	×	帶壓脫水	max：10.3 ave：7.2	80	衛生掩埋
	板新	140,240	污泥濃縮機	厭氧消化	×	帶壓脫水	max：68 ave：49	80	衛生掩埋
	桃園	120,000	重力濃縮池(初沈) 離心濃縮機(終沈)	厭氧消化	×	離心脫水	peak：77 max：54 ave：39	75	衛生掩埋
	新竹客雅	215,087	重力濃縮池(初沈) 浮除濃縮池(終沈)	無消化 使用焚化	×	帶壓脫水	max：161 ave：114	75	衛生掩埋
	台中	87,500	重力濃縮池(初沈) 污泥濃縮機(終沈)	厭氧	×	帶壓脫水	60	80	衛生掩埋
	台南	132,000	焚化減量				97.3	80	衛生掩埋
	鳳山溪	185,000	浮除濃縮	厭氧消化	×	帶壓脫水	92.3	80	衛生掩埋
	屏東市六塊厝	130,000	污泥濃縮機	厭氧消化	×	帶壓脫水	71	75	衛生掩埋
	旗美五明	18,000	重力濃縮(初沈) 浮除濃縮(終沈)	無消化	×	帶壓脫水	18	78	衛生掩埋
金門縣	太湖	2,000	重力濃縮	厭氧消化	×	帶壓脫水	30	80	衛生掩埋
	榮湖	2,000	重力濃縮	厭氧消化	×	帶壓脫水	150	80	衛生掩埋
	擎天	500	重力濃縮	厭氧消化	×	帶壓脫水	未操作	80	衛生掩埋

在國外，污泥資源化技術近年來已受到相當程度的重視，而這些資源化技術包括做為非食用穀類的肥料、建材原料的混合添加物、表土鋪蓋物質、污泥厭氧消化轉換能源、污泥熔融、焚化等種種方式。綜合國外如歐洲、美國、日本等先進國家之污泥資源化再利用技術途徑，可以歸納為能源化、材料化與農業及土地利用等方式，詳圖 5.1-1 所示，茲分述如下：

### 一、能源化

污泥能源化技術的應用在國內外已經是相當普遍的技術，一般是將污泥處理過程中所產生的廢熱或甲烷氣加以有效的利用，已有的技術包括污泥厭氧消化收集甲烷產生能源、污泥焚化過程產生蒸汽及電力以及將污泥製成衍生燃料等，在都市下水污泥的脫水性及熱值進行改良之研究中，發現都市下水污泥本身的熱值除可提供自身焚化並產生有用的蒸汽及電力外，其他在消化或熱解過程中所產生的衍生燃料如燃油、甲烷及氫氣等，均可用來推動發電機組<sup>(12)</sup>。

### 二、材料化

污泥材料化技術對污泥而言可說是相當有效的資源化技術，污泥經焚化後的灰渣，近年來已經被視為是一種可再利用的材料，且目前多朝土木工程材料應用，以骨材、製磚為最主要的利用方向，惟上述之材料化技術多利用於無機污泥之資源化技術上。另外亦有應用下水污泥灰渣作為柏油的礦物摻料之材料化技術；在日本以 1,000°C、真空下之條件成功的將污泥製成人行磚，也已達到商業化的技術，其他如混合製磚或用於建築材料等皆有實績應用。至於利用物理化學方法回收污泥中之重金屬之研究則大多還在研發階段，因為成本較高，應用實績也較少。而皮革污泥因所含之有機質較高，是否應用於上述材料化技術過程，與皮革污泥中焚化後灰渣成份是否符合上述技術應用有關<sup>(2)</sup>。

### 三、農業及土地利用

對於含有高量有機質及肥份之廢水污泥，農業及土地利用可說是資源再利用技術中最經濟普遍的方式，污泥經過消化、減毒、堆肥及其他再處理程序後，便可作為肥料、土壤改良劑及人造土壤之應用。

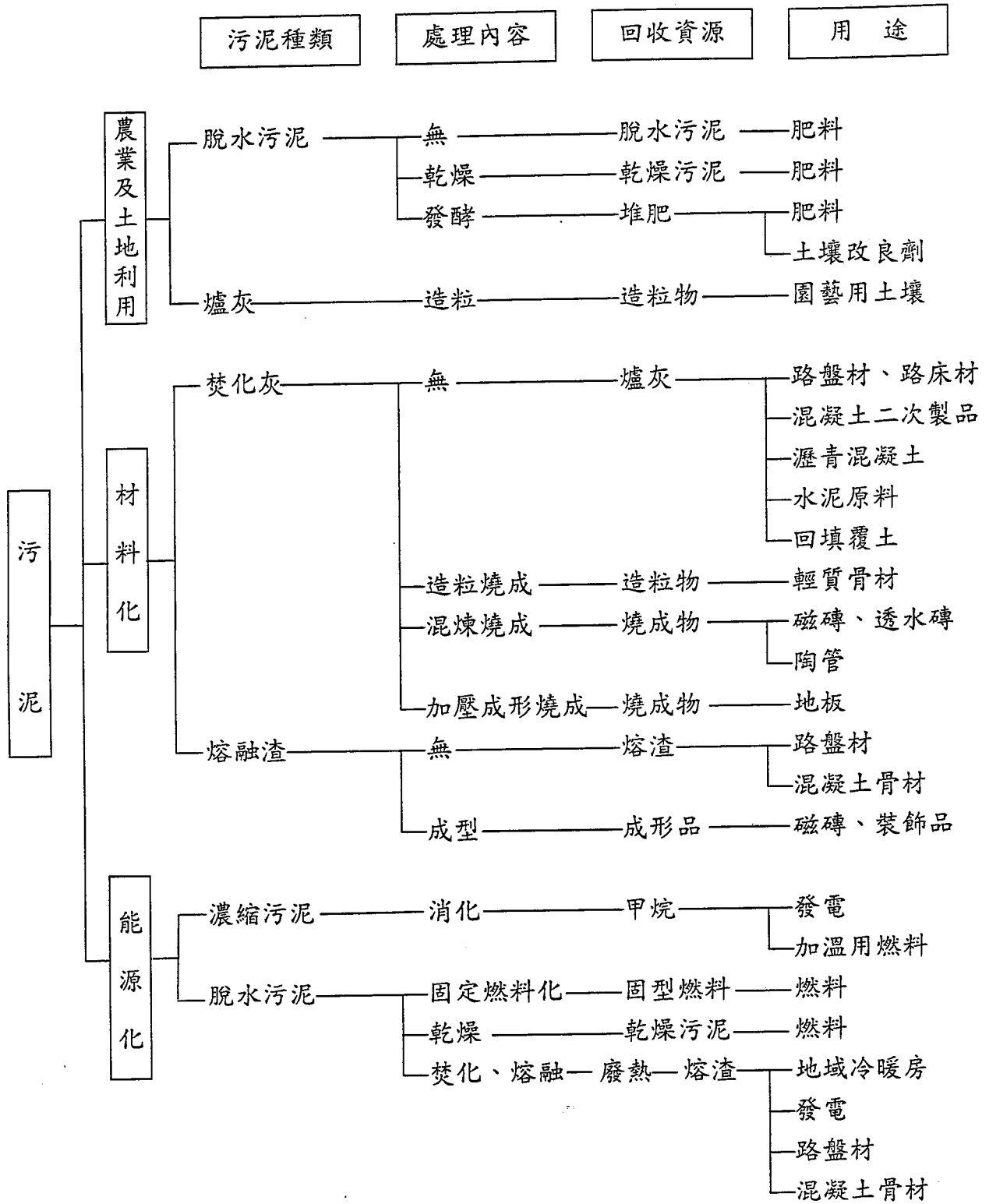


圖 5.1-1 污泥資源化再利用技術途徑<sup>(2)</sup>

## 5.2 皮革污泥資源化技術及案例

有關污泥之資源化處理技術包括有熔融、電解回收、堆肥、焚化及厭氧消化法等，其應用於皮革污泥之可行性及相關案例，茲彙整分析如下：

### 5.2.1 熔融法

熔融處理的技術最早起源於鑄造金屬或製造塑膠材料，目前亦應用在都市垃圾焚化灰渣、污泥灰渣、核能廢料，甚至受污泥土壤整治等方面。熔融處理法的應用，在歐美多半為處理有害廢棄物或放射性廢料為主，而在日本之應用，則以處理都市垃圾焚化灰渣及污泥焚化灰渣為主；近年來，亦有將垃圾或脫水污泥餅直接熔融處理之實例，目前尚無應用於有機質含量較高之皮革污泥。

所謂污泥熔融法處理技術是利用熔融爐將脫水污泥餅或污泥餘灰置於溫度 $1300\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 之爐中，加熱至熔流點以上使其變成熔漿，然後將其快速冷卻處理，使殘存之有機物氧化，而含量高的無機物變成似玻璃的粒狀熔渣，不但將污泥減量，更可以防止重金屬溶解的作用。其流程詳如圖 5.2.1-1 所示。

在日本 kawasaki 市，早在 1984 年即建造完成第一座污泥熔融爐，迄今已有多年的操作經驗，目前已有許多城市已計畫建造熔融爐來處理污泥。對於熔融法所產生之污泥熔渣可做為砂的替代品，惟其材料強度較砂為弱，國外一些研究機構亦有研究做為建築材料及路基材料之替代品，此種技術目前仍多在模廠試驗階段有待進一步推廣運用<sup>(12)</sup>。

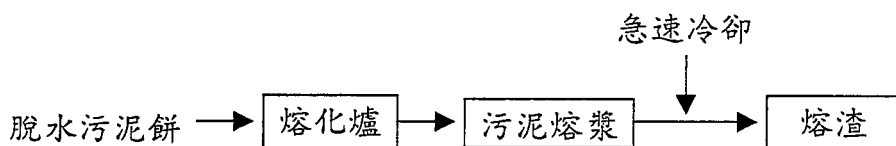


圖 5.2.1-1 污泥熔融處理流程

### 5.2.2 電解回收法

電解回收法處理技術，是利用污泥中重金屬多以氫氧化物形式存在之特性，其中鋅、鉛及鎘可以利用鹼性消化來溶解，而銅、鎳、鐵與鉻則不溶，當反應完成後，污泥經過濾後其濾液送至置換系統，加入足量鋅粉，任何陰電性較鋅高之金屬則被沈澱出來，溶液中僅剩鋅酸鈉( $\text{Na}_2\text{ZnO}_2$ )形式存在，再以電解法處理即可

回收鋅。而濾渣部份則以硫酸浸洗，將污泥中之銅、鎳、鉻等其他金屬溶解，過濾後硫酸鈣、鉛、銀則沈澱出來，剩餘的含鐵、鉻、鎳、銅之濾液，其中鐵可轉化成硫酸亞鐵( $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )形態回收，鉻則以  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  形態回收，銅則利用電解法回收，最後鎳液則以蒸發結晶法回收，其電解回收流程詳如圖 5.2.2-1 所示<sup>(7)</sup>。目前電解回收法多用於印刷電路板業及電鍍業等含重金屬成份濃度較高之製造業所產生之污泥來進行回收，較具經濟價值，且污泥中所含之重金屬濃度亦須達一定濃度標準方有其效能，若國內皮革製造業將廢水處理系統改採分流處理，提高污泥含鉻濃度，則或可採用本法，以利回收其中之鉻重金屬。

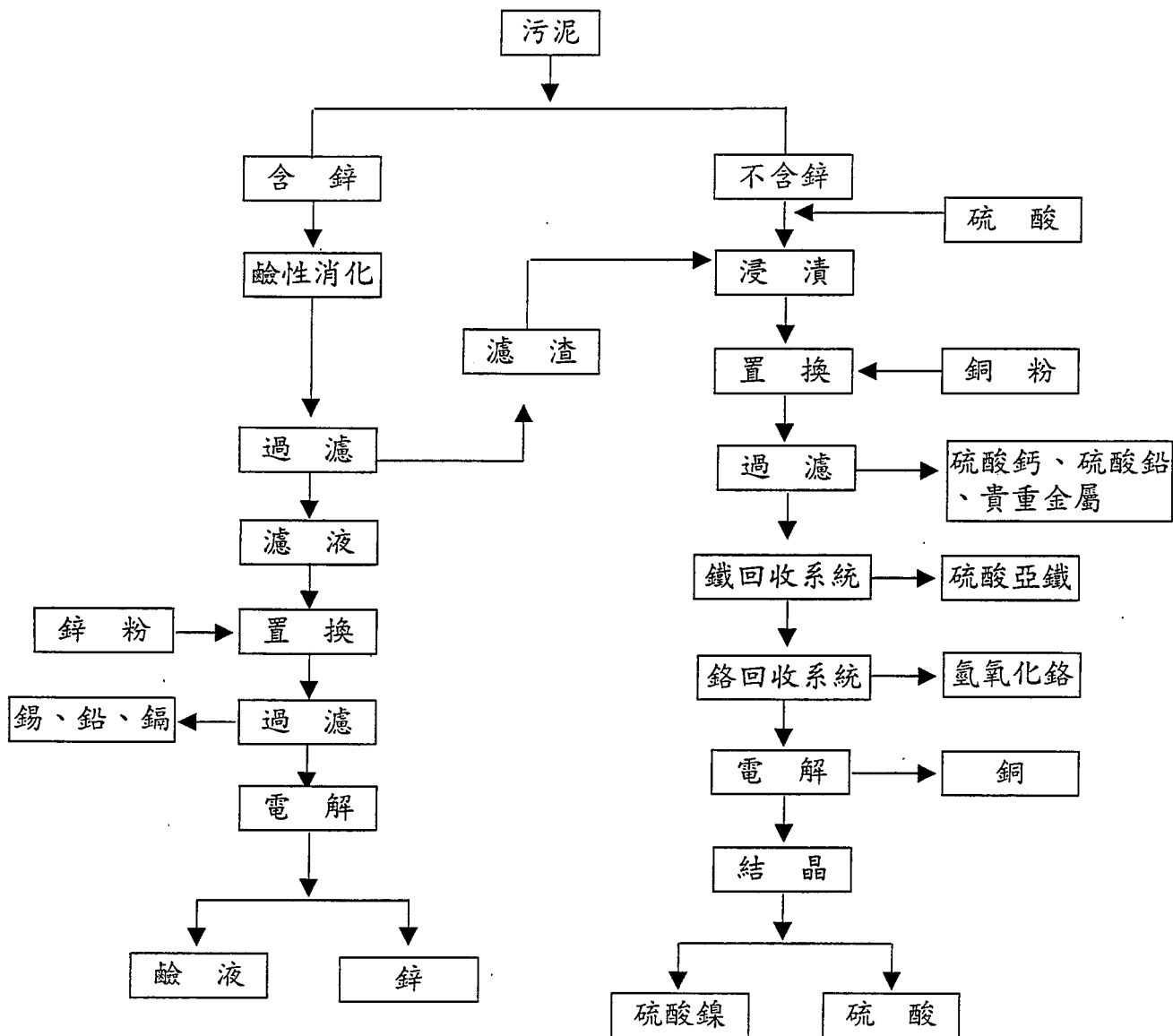
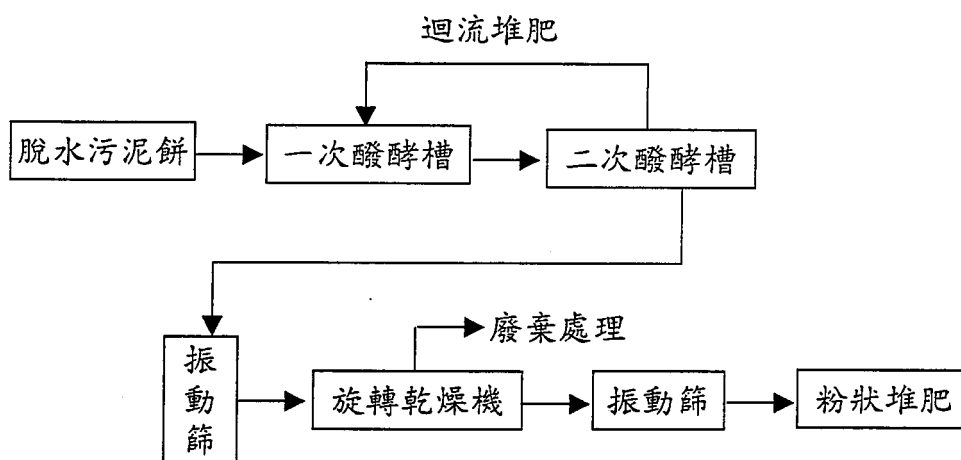


圖 5.2.2-1 污泥電解回收處理流程(Recontek)<sup>(7)</sup>

### 5.2.3 堆肥法

堆肥法原理係利用好氧性微生物分解污泥中有機質成份，藉由適當的有機質、碳氮比、水份、溫度、pH、足夠的空氣及營養成份，使好氧性微生物快速分解污泥中有機質，使其形成腐植質而達安定化之作用機制，污泥有機質堆肥化過程及堆肥製造流程，詳如圖 5.2.3-12 所示。



\*製品含水率 20%以下

圖 5.2.3-1 堆肥製造流程<sup>(2)</sup>

案例分析：

#### 一、前言

A 工廠為國內冷凍水產加工處理廠，該廠主要生產冷凍水產加工產品之魚粉、魚溶漿等。該廠將其含魚頭、魚骨、蝦殼等水產廢棄物之污泥經脫水處理後，自行研製成為有機粒肥，不但節省污染防治費用之支出，更可達到資源回收利用及解決水產加工業者污泥處置問題。

#### 二、製程及原理

A 工廠乃是將廢水污泥經濃縮乾燥後，依其研發之配分比混合粉碎後製成有機質肥料，其相關製程及肥料配比如圖 5.2.3-2 及表 5.2.3-1 所示。

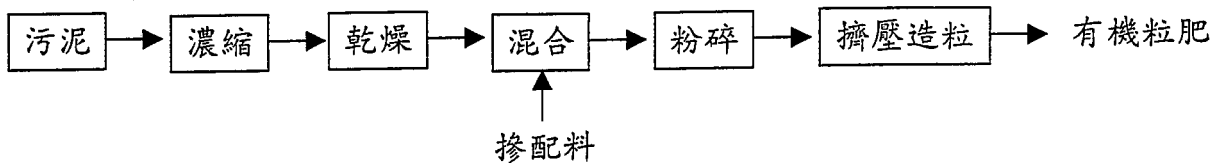


圖 5.2.3-2 污泥製作有機粒肥流程<sup>(12)</sup>

表 5.2.3-1 有機肥料配方<sup>(12)</sup>

	成份 配 方 含 量 (%)										
	蟹殼粉	魚粉	蝦殼粉	海草粉	木屑	苦土 灰石	菜籽粕	尿素	糖蜜與 麵粉	米糠	污泥
配方一	84	—	—	10	—	—	—	1	5	—	—
配方二	40	30	—	—	—	10	15	—	5	—	—
配方三	—	30	30	—	5	10	—	—	5	20	—
配方四	40	—	—	—	—	10	15	—	5	—	30

註：配方二之魚粉以污泥取代，形成配方四之有機肥料配方。

### 三、效益評估

目前 A 工廠，有機粒肥之年產量為 3,600 噸，其工廠土地面積為 200 坪，每坪地價為 12,000 元，則其土地投資成本為 2,400,000 元。廠房建築以 150 坪計，每坪建造費為 20,000 元，則廠房建築費用 3,000,000 元。機器設備方面，濃縮設備兩套計 300,000 元；乾燥機一部 1,300,000 元；造粒機(含粉碎、混合單元)3,000,000 元；污染防治設備 5,000,000 元。依上述各項投資金額總計得到固定投資成本為 15,000,000 元。

在操作維護方面，人事費用以 10,000,000 元/年估計，公用物料(水、電、燃料)費用為 5,040,000 元/年，維護保養費 1,000,000 元，其他費用 3,600,000 元/年，則操作維護費用總計為 19,640,000 元/年。

表 5.2.3-2 中，推算每噸產品所需投資之成本是以年產量 3,600 公噸有機粒肥成品來計算，固定成本部份以 5 年折舊平均分攤來估算。故由表中可知每生產 1 噸成品之固定投資成本為 833.3 元，而每生產 1 噸成品所需之操作



維護成本為 4,067 元。

不過表 5.2.3-2 中並未將原料成本列入，表 5.2.3-3 特別將製造有機粒肥成品所需之原料用量及成本加以列出，因為在製程中原料耗損不大，所以並未考慮耗損部分，而污泥原料則以原(溼)污泥來考慮，假設原污泥之含水率為 80%。理論上污泥是免費的，甚至可以向產源工廠收取代處理費，不過在此還是暫時以免費來計算。根據各種原料成份之用量及價格(成本)，推算得到生產每公噸有機粒肥所需之原料成本為 5,675 元。

表 5.2.3-2 污泥資源化經濟效益分析<sup>(12)</sup>

單位：新台幣

投資項目		投資金額	每生產一噸成品所需成本 (元/噸成品)
固定投資成本	土地	12,000 元/坪×200 坪=2,400,000 元	133.3
	廠房建築	12,000 元/坪×200 坪=2,400,000 元	166.7
	濃縮設備(2 套)	300,000 元	16.67
	乾燥機	1,300,000 元	72.22
	造粒機	3,000,000 元	166.7
	污染防治設備	5,000,000 元	277.8
	合計	15,000,000 元	833.3
操作維護成本	人事費	10,000,000 元/年	2,778
	公用物料(水、電、燃料費等)	5,040,000 元/年	1,400
	維護、保養	1,000,000 元/年	277.8
	其他	3,600,000 元/年	1,000
	合計	19,640,000 元/年	4,067
合計	註：1.固定投資成本以 5 年平均分攤折舊計算 2.每噸生產成本以年產量 3,600 公噸估算		

表 5.2.3-3 污泥肥料原料成本分析<sup>(12)</sup>

原料成份	蟹殼粉	苦土石灰	菜仔粕	糖蜜與麵粉	(原)污泥	合計
成份含量(%)	40	10	15	5	30	—
每公噸成品所需成份用量(kg) (註 1)	400	100	150	50	1500	—
原料成本(元/kg)	9	3.5	6.5	15	0 (註 2)	—
每公噸成品所需原料費(元)	3600	350	975	750	0	5675

註 1：假設製造過程中無原料損失，而原污泥含水率為 80%。

註 2：假設污泥為免費。

如果將生產一噸有機粒肥所需之原料成本(5,675 元)，固定投資成本(833.3 元)及操作維護成本(4,067 元)加起來，得到生產總成本為 11,964 元/公噸成品。而產品(有機粒肥)售價為 13,500 元/公噸，稅前利潤為(13,500-11,964)元/公噸×3,600 公噸=5,529,600 元。如果再扣除 25%之所得稅，及考慮利息成本等因素，3,600 公噸/年之年產能恰已具經濟規模<sup>(12)</sup>。

#### 四、結語

由於水產加工廠廢水污泥屬一般事業廢棄物，並含有大量有機質成份，可以做為肥料原料，其資源化頗具經濟效益，值得加以推廣。惟有關產品之出路推廣仍需有賴相關單位鼓勵應用資源化產品，讓更多的該類廢棄物得以資源化，以有效解決國內該類廢棄物處理問題。

#### 5.2.4 焚化法

以焚化法處理污泥，由於污泥含水率較高，目前大都採流體化床焚化爐，主要是利用流體化床焚化爐之高溫焚化減少污泥體積及破壞有害物質使之形成污泥殘渣，並可以利用其廢熱來乾燥污泥或回收廢熱。其相關流程如圖 5.2.4-1 所示，其處理技術國內外皆已相當成熟且商業化，原理為於爐內通入適量的高壓空氣，使爐內細砂懸浮成流體狀態，以天然氣或油做燃料，使污泥和砂在高溫下，均勻混合、乾燥、燃燒達到其污泥減量去害之目的。

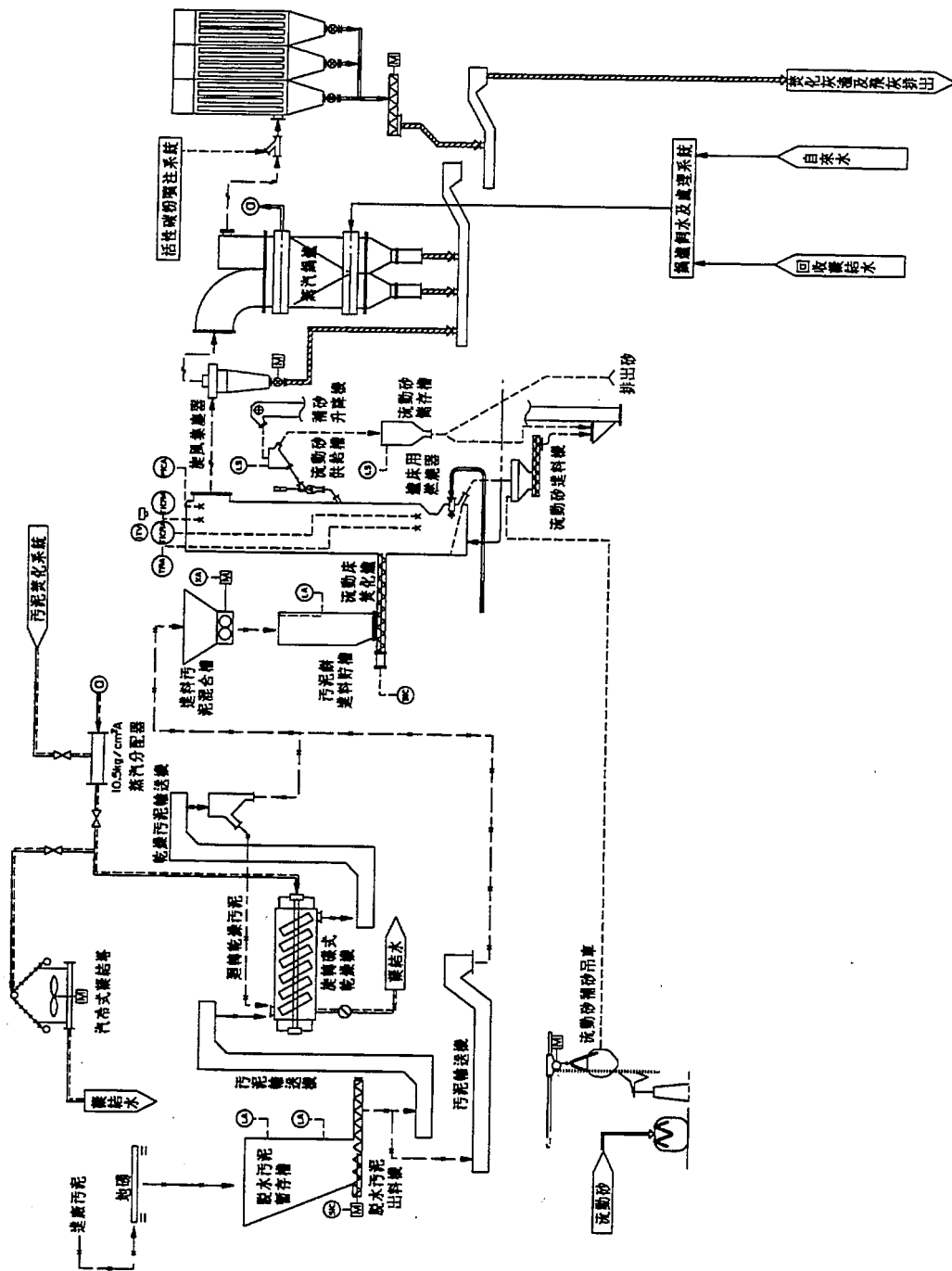


圖 5.2.4-1 污泥焚化處理系統流程圖

### 5.2.5 厭氧消化法

厭氧消化法是將污泥投入消化槽後，藉由外部的熱交換器加熱以促成厭氧反應。由於消化槽為一封閉系統且不與外界空氣接觸，污泥在溫度 30~38°C 間經由細菌作用進行厭氧消化。消化過程中所產生之甲烷氣則可以提供用於加熱或發電等用途，惟消化後之污泥殘渣仍需進行最終處置，其流程如圖 5.2.5-1 所示。

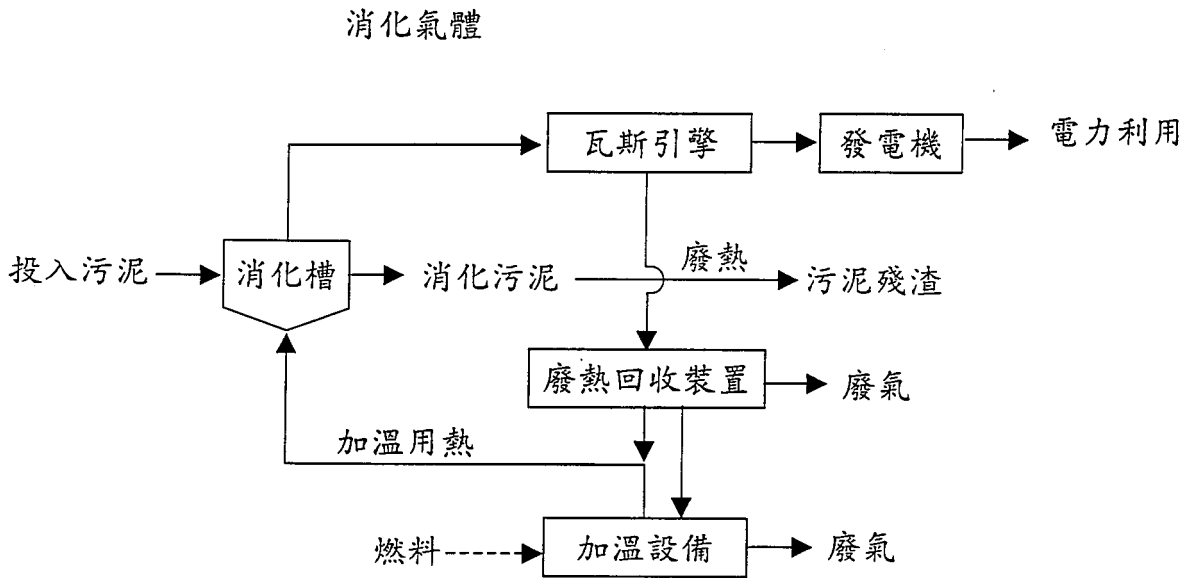


圖 5.2.5-1 污泥厭氧消化流程<sup>(2)</sup>

在國外有關厭氧消化處理技術亦是相當成熟且商業化之技術。例如：加拿大於 1992 年所進行的下水道污泥厭氧消化轉換能源、英國於泰晤士河水利局以厭氧消化法處理下水道污泥，每日約可處理 167 立方公尺生污泥，其約消化 1kg 揮發性物質可產生約 1 立方公尺之有機瓦斯，其中約有 65% 為甲烷，除了可以用來加熱消化槽外，剩餘瓦斯則提供做為能源使用。而日本 Yokohama 市的 Nokubu 污泥中心的厭氧消化槽，為日本第一座卵形消化槽，其消化產生之瓦斯則提供作為能源使用<sup>(12)</sup>。

目前台灣地區在屏東現代農場已有大型厭氧消化槽處理家畜糞尿，並收集沼氣以供發電，並在新化、善化、竹南等地亦有多處較小型厭氧消化槽處理豬糞尿及利用沼氣之實例<sup>(2)</sup>。

而消化沼氣之發熱量一般約在 5,000~6,000kcal/m<sup>3</sup>，和其他氣體燃料比較，雖不如天然煤氣之低位發熱量高(>8000kcal/m<sup>3</sup>)，但較都市煤氣、水煤氣之低位發熱

量則高出許多，如表 5.2.5-1 所示，故可為一熱源之來源，產生熱量以供使用。通常在規模較大之污水處理廠，其污泥厭氧消化槽頂部都設有氣體收集管，將消化沼氣收集貯存，利用這些氣體可作為燃料，直接供應消化槽所需之熱量，或轉換成動力以用來發電，產生電量供應廠內各處理設備所需之電力。

表 5.2.5-1 氣體燃料之成份及發熱量<sup>(2)</sup>

名	稱	CO %	H <sub>2</sub> %	CH <sub>4</sub> %	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> %	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> %	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> %	發熱量 Cal/N.I		最低空 氣量(標 準 m <sup>3</sup> /標 準 m <sup>3</sup> )	最小煙 氣體積/ 最小空 氣體積	煙氣中 最高 CO <sub>2</sub>
									高位	低位			
天然煤氣	美國	—	—	30	0	—	0	0-9	9,000	8,000			
	第一型	—	—	..99	..97	—	..6.5	—	..14,000	..15,000			
	第二型	—	—	90.5	2.5	—	0.4	6.6	9,030	8,120	9.036	0.903	11.78
除氣煤氣	煉焦爐煤氣	—	—	75.0	24.0	—	—	1.0	11,177	10,101	11.143	0.901	12.28
	市煤氣(混合氣)	5.4	56.8	23.9	0.4	1.6	2.2	9.7	4,555	4,029	4.110	0.929	10.03
	市煤氣(消毒)	21.5	51.5	17.0	—	2.0	4.0	4.0	4,144	3,713	3.643	0.900	13.77
汽水氣	水蒸氣	1.0	65.6	17.6	—	1.9	13.2	2.7	3,936	3,442	3.486	0.020	11.38
	焦炭發煤氣	40.0	50.0	0.3	—	—	5.0	4.7	2,762	2,519	2.171	0.020	20.49
	鼓風爐氣	29.0	11.0	0.3	—	—	5.0	54.7	1,240	1,184	0.981	0.697	20.60
		31.0	2.3	0.3	—	—	9.0	57.4	1,035	1,021	0.821	0.979	24.78

### 5.3 皮革污泥資源化技術評析

綜合前述污泥資源化技術案例說明，除了考量其資源化技術之成熟度外，是否符合經濟效益亦是評析重點。依目前國內外污泥處置之經驗顯示，主要之污泥資源化技術可比較如表 5.3-1 所示，其中電解回收及熔融處理因建設及操作成本較高及市場規模尚未形成，尚待未來發展及推廣。厭氧消化所形成之污泥殘渣仍需做進一步之最終處置且厭氧消化所產生之  $H_2S$  具有腐蝕性，產生之回收能源熱值效果並不佳。故目前皮革污泥資源化再利用之方式仍以堆肥及焚化較具可行性，值得進一步開發與推廣應用。

表 5.3-1 污泥資源化再利用技術評析表

技術	安定化	減量化 (污泥含水率)	資源化	用地面積	技術成熟度	綜合比較
熔融	<p>熔融處理過程之溫度較高，水分已除去，除有機物、重金屬外，玻璃化熔渣中，不溶出，極為安定。</p>	<p>污泥含水率約至脫水污泥之 1/15。 (熔渣)</p>	<p>1. 熔渣過程產生之高溫廢熱，可考慮回收。 2. 熔渣渣建設資材為主。</p>	較小	<p>技術可行，已有商業化實績。</p>	<p>1. 熔融熔渣產品種類、再利用技術、品質控制等，在日本尚屬起步階段，其應用多為小規模利用。 2. 目前國內並無熔渣之品質標準規定，亦無使用規範。 3. 雖熔渣可作路基材料用，惟效益偏低。如欲為較效益之飾品、磁磚等產品，則需增加成型設備，增加投資成本。 4. 熔融處理之減量效果比焚化處理更高，且熔渣之安定性良好，惟其建設及操作成本最高。 5. 熔融處理多應用於無機污泥之應用。</p>
電解回收	<p>污泥中濃度高，重金屬含量較重，可以回收。</p>	無	<p>可以回收污泥中之重金屬。</p>	較小	<p>技術可行，已有商業化實績。</p>	<p>1. 電解回收因污泥所含重金屬濃度及數量需達一定程度市場經濟規模方為可行。 2. 目前國內尚無商業化實績，多為實驗樣廠階段。 3. 惟其建設及操作成本相當高。</p>
堆肥	<p>1. 污泥經堆肥處理後，較易安定，但為避免臭味問題，需貯存於通風良好場所。 2. 有重金屬之隱憂。</p>	<p>容積約減至脫水污泥之 1/3。 容積約減至脫水污泥之 25% (污泥含水率)</p>	<p>作為有機肥料或土壤改良材。</p>	較大	<p>技術成熟，已有商業化實績。</p>	<p>1. 政府現正推廣有機農業，但對污泥堆肥產品未有保證收購政策，貯存用地及銷售管道需與地方農會配合。 2. 目前國內並無污泥堆肥之品質標準規定，就使用者而言較無信心。 3. 依現行廢棄物清理法之規定，污泥堆肥之再利用需提再利計畫書，並經核准後才能應用。 4. 堆肥成本較一般化學肥料為高，難與之競爭，需有政府輔導政策配合。 5. 污泥堆肥對農作物之效益或影響，除需符合肥料法規之管制標準外，仍需實際藉田間試驗予以證明。 6. 目前市場對污泥堆肥之需求量仍不確定，甚或規模小，若堆肥產品生產過剩或品質不良，將造成二次廢棄物處理問題。</p>
焚化	<p>1. 污泥中有機物、水、灰、重金屬等，焚化後，全部安定。 2. 焚化灰有重金屬之隱憂。</p>	<p>容積約減至脫水污泥之 1/8~1/10。 (焚化灰)</p>	<p>1. 焚化過程產生之高溫廢熱，可考慮回收作為廠內加熱熱源。 2. 焚化之熔渣可作為建材利用。</p>	較小	<p>技術成熟，已有商業化實績。</p>	<p>1. 焚化灰可直接利用為路基材料、混凝土原料、掩埋場覆土等，惟目前仍無相關使用標準進行規範。 2. 焚化灰再利利用，尚需另外投資設備而增加建設費用。 3. 焚化灰再利利用產品之處理成本偏高，初期仍有待政策之推廣或獎勵。 4. 目前市場對焚化灰再利利用產品之需求仍不確定。 5. 雖焚化法之維持管理需專門人員，但其具所需處理用地較小優點，符合安定、減量目的，並具資源再利用市場潛力。</p>
厭氧消化法	<p>1. 厭氧消化過程有有機物、重金屬等之隱憂。</p>	<p>容積可以減量為消化污泥</p>	<p>厭氧消化過程產生之甲烷氣可以回收作為能源。</p>	較小	<p>技術可行，已有商業化實績。</p>	<p>1. 厭氧消化法所產生之甲烷氣可以回收作為能源使用。 2. 惟消化後之消化污泥最終處置仍需考量。 3. 厭氧消化所產生之 <math>H_2S</math> 具有腐蝕性，需對設備做好防蝕措施。 4. 甲烷氣產生之能源熱值較低，較不具有經濟效益。</p>



## 第六章 皮革污泥资源化技術效益評估範例

皮革污泥资源化的方式，隨著污泥性質、所含重金屬濃度及技術經濟規模而有極大的差異。在第五章已介紹五項资源化技術，目前以堆肥及焚化為較具可行性之资源化方式，鑑於焚化在國內有相當多之設備供應商推介使用，評估選用所需之參考資料及分析數據可自設備供應商之處取得，本章節乃以皮革污泥堆肥资源化廠為範例，介紹說明該技術之評估要素、設備容量規劃及應如何進行經濟效益評估，提供擬投入皮革污泥资源化廠業者參考比較之用。

### 6.1 皮革污泥堆肥资源化廠之先期規劃

#### 6.1.1 皮革污泥堆肥基本原理

皮革污泥堆肥法係將皮革污泥加入副資材，利用好氧性微生物在適當有機質、碳氮比、水份、溫度及 pH 下，分解污泥有機物質，使其形成腐植質而達安化之方法。根據不同污泥進料條件而有不同的堆肥成品產生；參考國內堆肥廠資料，採連續式進出料，在投料皮革污泥量為每日 20 公噸、含水率 80%、C/N 約 30、乾基有機物含量 8%、副資材每日進料 15 公噸、含水率 30% 及 C/N 約 30 之條件下，經過 35 天二階段醱酵腐熟後，可以產生每日約 20 公噸、含水率 30% 及 C/N 約 18 之堆肥成品，其相關堆肥處理流程及操作條件，詳如圖 6.1.1-1 所示。

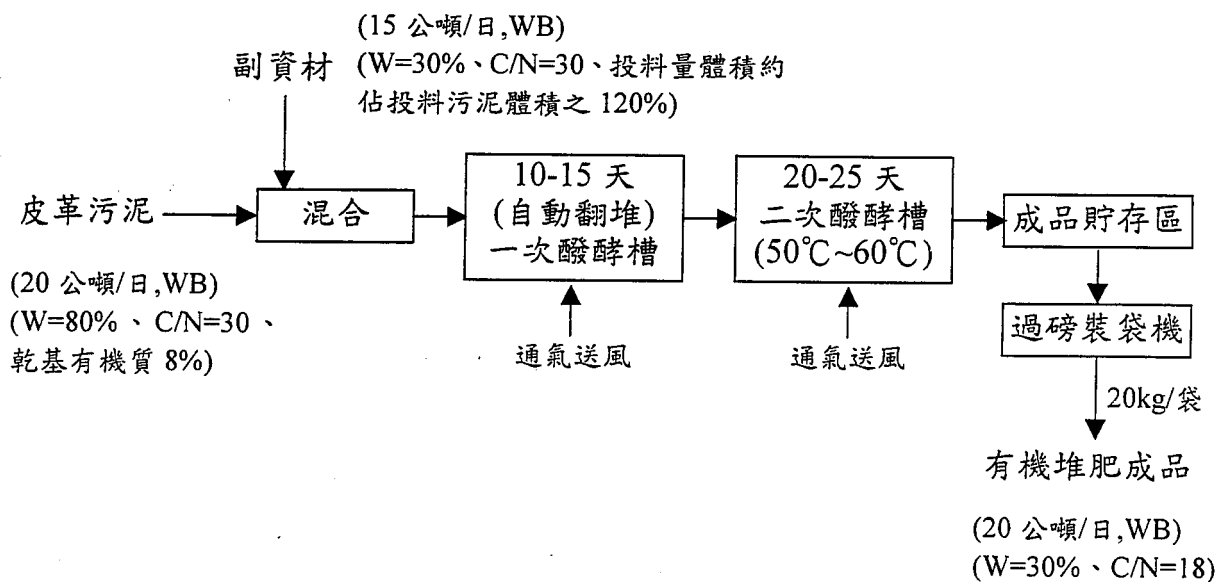


圖 6.1.1-1 皮革污泥堆肥處理流程

## 6.1.2 皮革污泥堆肥资源化廠規劃評估

若擬建立皮革污泥堆肥资源化廠，需針對以下重點進行評估：

### 一、皮革污泥之來源、數量及成份穩定性

建立皮革污泥堆肥资源化廠，首先需考慮的重點為皮革污泥之來源及產生數量；此外，其來源穩定性亦為一重要考量因子，就成份而言，應注意重點在於皮革污泥中含鉻金屬濃度及有機質含量；有機質含量愈高，則所需添加的副資材如木炭粉愈少，但每批次進廠成份範圍應儘量一致，必要時可適度混合調整，以降低资源化廠操作控制之變異性，而溶出試驗鉻及其化合物濃度則不得超過現行有害事業廢棄物認定標準 5mg/L 之濃度範圍。

### 二、處理規模

由於目前國內皮革製造廠每月約產生 3000 公噸左右之皮革污泥，且皮革製造廠大多分佈於中南部地區，初步建議资源化廠之處理量，若採分散處理，初期可設計為每月 500 公噸之處理量，經過一定時期運轉後，視市場需求及资源化產品效益，再進一步評估擴大處理量能之必要性；若採集中處理方式設置，則建議設計量在 1500 公噸/月左右，惟採何種處理規模將視市場規模及需求做修正及選擇。

### 三、物料運輸成本

皮革污泥堆肥资源化廠之設置，需要考慮皮革污泥之運輸成本是否經濟，建議以 20 公里之範圍為服務區域，而每公噸皮革污泥之平均運費應在 600 元左右，且此運輸費用需列入资源化廠處理成本計算。

### 四、投資模式

皮革污泥堆肥资源化廠投資模式，依法令規範、成立要件及資金來源可區分為公民營清除處理機構、共同清除處理機構或成立第二類代處理機構。

以公民營清除處理機構而言，係專以清除處理皮革污泥為營業目的，並取得合理利潤。而共同清除處理機構，顧名思義係由產生皮革污泥之業者共同投資，或聯合有意願投資者(技術供應者為最佳)合作投資，其優點為未來較無皮革污泥來源匱乏之困擾；缺點則為投資者眾多，經營政策較易產生歧見。至於第二類代處理機構係指由個別產生源自行投資建廠，主要處理本廠之皮革污泥，並利用設備尚有之處理容量餘裕，協助其它業者處理。其優點為藉由協助其它業者處理之皮革污泥所得之收費效益，提升處理廠之經濟效益；缺點則為其它業者將考慮委託處理費用是否合乎其經營成本，進而決定

是否委託處理，如此可能導致皮革污泥來源不穩定。

## 五、資源化產品市場

皮革污泥堆肥資源化廠可產出之有機堆肥產品，將以供應給農民應用於非食用農地及改良土壤性質或有需求之民眾使用，就市場需求而言需配合政府相關單位推廣促銷其資源化產品出路，始能有效推行皮革污泥資源再利用之應用。

### 6.1.3 處理容量規劃

#### 一、基本資料說明

##### (一) 皮革污泥處理量

以皮革污泥堆肥處理量初步設計在 500 公噸/月左右進行規劃，每月工作 25 日，則每日處理量約為 20 公噸。

##### (二) 人員編制

本資源化廠業務單純，因此規劃設置總經理兼廠長 1 人，會計 1 人，品管 1 人，操作人員每班 4 人，每日分 2 班操作，整廠人員編制共計 11 人。

##### (三) 反應操作條件

參考國內堆肥工廠資料建立皮革污泥堆肥反應最佳操作條件並設定如下：

1. C/N 比：20~30 左右。
2. 水份：50~60%。
3. pH：6.5~7.5
4. 溫度：55°C 左右。
5. 翻堆：採自動翻堆控制。

#### 二、槽體體積規劃

系統各桶槽體積建議如表 6.1.3-1 所示，並分述如下：

##### (一) 污泥貯槽

初步建議採二槽設計，可以同時進廠貯存與進料處理，每槽體積至少 40m<sup>3</sup>，貯坑或貯槽設計採負壓設計避免臭氣外洩。

##### (二) 副資材貯存槽

主要做為調整 C/N 比及有機質含量，初步建議貯槽容量設計約 1,000m<sup>3</sup>，惟可視其污泥有機質性質，做適當修正。

### (三) 滲出水收集槽

作為堆肥滲出水之收集，初步規劃體積為  $20\text{m}^3$ 。

### (四) 有機肥貯存區

有機肥成品貯存區初步規劃面積為  $1,700\text{m}^2$ ，惟可依實際堆肥產品之市場銷售情形做適當修正。

### (五) 堆肥發酵槽

初步規劃為三槽，二槽為一次發酵槽，另一槽為二次發酵槽，一次發酵槽體積設計約為  $1,575\text{m}^3(70\text{m} \times 15\text{m} \times 1.5)$ ，二次發酵槽體積為  $75\text{m}^3(5\text{m} \times 5\text{m} \times 3\text{m})$ ，惟可依其堆肥及發酵時間做部份修正。

表 6.1.3-1 系統貯槽容量規劃一覽表

區域	項目	數量	容量
物料貯槽區	污泥貯槽	2	$40\text{m}^3$
	副資材貯槽	2	$1,000\text{m}^3$
	有機肥貯存區	1	$1,700\text{m}^2$
反應槽區	一次發酵槽	2	$1,575\text{m}^3$
	二次發酵槽	1	$75\text{m}^3$
	滲出水收集槽	1	$20\text{m}^3$

## 6.1.4 整廠設備規劃

### 一、設備單元

皮革污泥資源化廠製程設備單元包括進料系統、反應系統、卸料系統、電力供應系統及整廠儀錶監控系統等。各系統所含之主要設備單元如下：

#### (一) 進料系統

包括進料混合機、進料輸送帶、皮革污泥進料泵、副資材進料泵等。

#### (二) 反應系統

包括自動翻堆機、曝氣機、溫度控制、脫臭抽風機、溫度監控、滲出水液位監控。

#### (三) 卸料系統

包括自動計量包裝機、堆肥排出機、裝袋輸送帶。

#### (四) 電力供應系統

包括柴油發電機組、不斷電系統。

#### (五) 整廠儀錶監控系統

包括溫度、壓力、液位及閥件等控制元件。

### 二、設備清單

皮革污泥堆肥資源化廠之設備規格規劃，主要有貯槽、輸送泵、管件、儀錶控制、供應系統等，規劃考量重點說明如下：

#### (一) 貯槽

各貯槽體積主要根據每日處理 20 公噸皮革污泥來計算，規劃體積大小如表 6.1.3-1 所示。

#### (二) 輸送泵

依據輸送揚程及輸送量選用輸送泵。

#### (三) 管件

管件之管徑大小是以輸送量作依據。

#### (四) 儀錶

儀錶控制係以操作方便為主要考慮。

#### (五) 反應系統

主要包括自動翻堆機、曝氣機、抽風機等，其大小必須依據處理量來設計。

其各設備單元清單如表 6.1.4-1 所示。

表 6.1.4-1 皮革污泥堆肥資源化廠設備清單

項次	設備名稱	數量
<b>1</b>	貯槽設備	
1.1	污泥貯槽	2
1.2	副資材貯槽	1
1.3	有機肥貯存區	1
1.4	一次發酵槽	2
1.5	二次發酵槽	1
1.6	滲出水收集槽	3
<b>2</b>	泵輸設備	
2.1	皮革污泥進料泵	1
2.2	副資材進料泵	1
2.3	有機肥出料泵	1
2.4	有機肥進料泵	1
2.5	滲出水收集泵	1
<b>3</b>	反應系統設備	
3.1	自動翻堆機	2
3.2	曝氣機	3
3.3	自動計量包裝機	1
3.4	抽風機	3
<b>4</b>	儀錶控制設備	
4.1	滲出水液位計	1
4.2	發酵槽溫度指示器	3

## 6.2 資源化廠效益評估範例

### 6.2.1 資源化廠設置經費概算

以每日處理皮革污泥量 20 公噸，每月工作 25 天，亦即每月處理量 500 公噸為計算基準，其經濟效益分析考量項目包括初設成本、每年操作維護成本、設備折舊費、有機肥收益、皮革污泥代處理費收入及設備折舊等，而各項工程概算說明如下，詳表 6.2.1-1 所示：

一、初設成本：18,000,000 元

(一) 土建工程：7,000,000 元

(二) 機電設備：10,000,000 元

(三) 工程管理費：1,000,000 元

二、每年操作維護成本：14,250,000 元/年

包括人事及管銷費、維護保養費、水電費及化學藥品費。

(一) 人事及管銷費：5,082,000 元/年

1. 人事費單價：30,000 元/人月  $\times$  14 月/年 = 420,000 元/人年

2. 管銷費單價：以人事費的 10% 估算為 42,000 元/人年

3. 人事及管銷費合計

$(420,000 + 42,000)$  元/人年  $\times$  11 人 = 462,000 元/人年  $\times$  11 人 =  
5,082,000 元/年

(二) 維護保養費：1,800,000 元/年

以初設成本之 10% 估算，為 1,800,000 元/年

(三) 水電費：768,000 元/年

1. 電費：約 600 度/日  $\times$  4 元/度  $\times$  25 日/月  $\times$  12 月/年 = 720,000 元/年

2. 水費：約 4,000 元/月  $\times$  12 月/年 = 48,000 元/年

(四) 化學藥品費(副資材費)：250,000 元/月  $\times$  12 月/年 = 3,000,000 元/年

(五) 污泥運費：600 元/噸  $\times$  500 噸/月  $\times$  12 月/年 = 3,600,000 元/年

三、每年節省回收費用：23,400,000 元/年

(一) 有機肥收益：500 公噸/月  $\times$  1,000 元/公噸  $\times$  12 月/年 = 6,000,000 元/年

(二) 皮革污泥代處理費：500 公噸/月  $\times$  2,900 元/公噸  $\times$  12 月/年 = 17,400,000  
元/年

四、設備折舊費：2,682,000 元/年

(一) 設備投資還原因子(CRF) =  $i(1+i)^n / (1+i)^n - 1 = 0.149$

i(年利率) = 8% , n(設備使用年限) = 10 年

(二) 設備折舊費 = 初設成本 × 設備投資還原因子  
 = 18,000,000 元 × 0.149 = 2,682,000 元

表 6.2.1-1 資源化廠之投資效益分析

項次	項 目	費 用	說 明
初設成本	1. 土建工程	7,000,000	設計量以 500 公噸/月
	2. 機電設備	10,000,000	
	3. 工程管理費	1,000,000	
	小計	18,000,000	
每年操作維護成本	1. 人事及管銷費	5,082,000	以初設成本 10% 來估算
	2. 維護保養費	1,800,000	
	3. 水電費	768,000	
	4. 化學藥品費	3,000,000	
	5. 污泥運費	3,600,000	
	小計	14,250,000	
回收費用	1. 有機肥收益	6,000,000	每年節省
	2. 皮革污泥代處理費	17,400,000	
	小計	23,400,000	
折舊	設備投資還原因子(CRF)	0.149	以初設成本 × CRF
	設備折舊費	2,682,000	
均化值	均化係數	1.1712	
	均化年操作維護費	16,689,600	
	均化年節省回收費	27,406,080	
	均化年淨效益	10,716,480	
投資效益	益本比	1.4	
	現值因子	1.7	
	投資報酬率	59%	
	投資回收年限	1.9	
處理成本	每年有機肥收益	6,000,000	
	固定成本	2,682,000	
	營運成本	8,250,000	
	小計	10,932,000	
	每公噸處理成本	1,822	



## 五、均化值估算

(一) 均化係數 =  $i[(1+i)^n - (1+e)^n] / (i-e)[(1+i)^n - 1] = 1.1712$

i(年利率)=8%，e(物價上漲率)=4%，n(設備使用年限)=10年

(二) 均化年操作維護費 = 操作維護費 × 均化係數

= 14,250,000 元 × 1.1712 = 16,689,600 元

(三) 均化年節省回收費 = 節省回收費 × 均化係數

= 27,000,000 元 × 1.1712 = 27,406,080 元

(四) 均化年淨效益 = 均化年節省回收費 - 均化年操作維護費

= 27,406,080 元 - 16,689,600 元 = 10,716,480 元

## 六、投資效益

(一) 益本比 = 均化年節省回收費 ÷ (設備折舊費 + 均化年操作維護費)

= 27,406,080 元 ÷ (2,682,000 元 + 16,689,600 元) = 1.4

(二) 現值因子 = 初設成本 ÷ 均化年淨效益

= 25,000,000 元 ÷ 10,716,480 元 = 1.7

(三) 投資報酬率 F

現值因子 =  $(1+F)^n - 1 / F(1+F)^n$ ，n(設備使用年限)=10年

投資報酬率 F = 59%

(四) 投資回收年限 N =  $\ln[A / (A - P \times i)] / \ln(1+i)$

A = 均化年淨效益，P = 初設成本，i(年利率)=8%

投資回收年限 N = 1.9

在進行投資效率分析前，必須將初設成本於一假設之設備使用年限內分年攤提，即考量年利率計算設備折舊費；此外，每年操作維護費及每年節省回收費，則於考量年利率、物價上漲率及設備使用年限等因子加以均化。

各方案之益本比為「均化年節省回收費 ÷ (設備折舊費 + 均化年操作維護費)」，計算所得之資源化廠之益本比為 1.4 大於 1，顯示年節省回收大於年成本，就整體效益而言，資源化廠是符合經濟效益的。

計算資源化廠之投資報酬率為 59%，大於本分析所假設之綜合年利率，投資回收年限為 1.9 年。

## 七、處理成本計算

處理成本計算項目包括固定成本及營運成本，固定成本即為考量綜合年

利率，將初設成本於預計使用年限內計算分年攤提之設備折舊費，營運成本則為每年操作維護費支出扣除有機肥收益淨值；詳細計算結果得知，資源化廠每公噸之處理成本為 1,822 元。

計算說明如下：

(一) 每年有機肥收益 = 6,000,000 元

(二) 固定成本 = 設備折舊費 = 2,682,000 元

(三) 營運成本 = 每年操作維護費 - 每年有機肥收益  
= 14,250,000 元 - 6,000,000 元 = 8,250,000 元

(四) 每公噸處理成本 = (固定成本 + 營運成本) ÷ 設計處理容量

設計處理容量 = 500 公噸/月 × 12 月/年 = 6,000 公噸/年

處理成本 = 1,822 元/公噸

### 6.2.2 不同設廠規模之投資方案分析

本小節另採用月處理量 1500 公噸之設廠方案，以相同方式來分析估算其單位處理成本、投資報酬率及設備回收期限等，提供於達一定市場規模後，相關業者評估是否進一步擴廠計畫之參考比較。

與 6.2.1 小節採用之月處理量 500 公噸之設廠方案相比，主要差異在於本方案有較高之初設成本，此外，與處理量相關之參數：如水電、資材費等亦隨之變更；至於計算所用之綜合作利率、物價上漲率與設備使用年限等假設條件則維持不變，其相關分析結果如表 6.2.2-1 所示。

表 6.2.2-1 不同設廠規模資源化廠之投資效益分析

項次	項 目	費 用	說 明
初設成本	1. 土建工程	20,000,000	月處理量 1,500 公噸
	2. 機電設備	25,000,000	
	3. 工程管理費	3,000,000	
	小計	48,000,000	
每年操作維護成本	1. 人事及管銷費	9,240,000	以初設成本 10% 來估算
	2. 維護保養費	4,800,000	
	3. 水電費	1,584,000	
	4. 化學藥品費	9,000,000	
	5. 污泥運費	10,800,000	
	小計	35,424,000	
每年節省回收費用	1. 有機肥收益	18,000,000	
	2. 皮革污泥代處理費	52,200,000	
	小計	70,200,000	
設備折舊	設備投資還原因子 (CRF)	0.149	
	設備折舊費	7,152,000	以初設成本 × CRF
均化值	均化係數	1.1712	
	均化年操作維護費	41,488,589	
	均化年節省回收費	82,218,240	
	均化年淨效益	40,729,651	
投資效益	益本比	1.7	
	現值因子	1.2	
	投資報酬率	85%	
	投資回收年限	1.3	
處理成本	每年有機肥收益	18,000,000	
	固定成本	7,152,000	
	營運成本	17,424,000	
	小計	24,576,000	
	每公噸處理成本	1,365	

為便於將估算結果進行比較，彙整兩案之益本比、投資報酬率、投資回收年限及每公噸處理成本如表 6.2.2-2；兩種設廠規模計算所得之益本比分別為 1.4 及 1.7，均大於 1，顯示年節省回收大於年成本，就整體效益而言，兩種方案均值得開發投資。

至於投資報酬率分別為 59% 及 85%，均大於本分析所假設之綜合年利率(8%)，設備回收年限分別為 1.3 年及 1.0 年，在處理成本計算上，月處理量 500 公噸規模之單位處理成本為 1,822 元，將處理量提昇至每月 1500 公噸，則可使單位處理成本降為 1,365 元，降低了 25%，。

綜合而論，處理規模越大，單位處理成本越低，但並非一味增大處理容量即可獲得較高利潤；若回收方案之有機肥收益，及節省代清除處理費用有所改變時，將會影響資源化廠之投資報酬率及回收年限，故資源化產品之市場通路及代清除處理費用，在設廠規劃時均需廣泛蒐集背景資料審慎評估，以使投資方案可落於最佳經濟效益之處。

表 6.2.2-2 不同設廠方案之經濟效益比較一覽表

項 目	甲方案	乙方案
處理容量(公噸/月)	500	1,500
益本比	1.4	1.7
投資報酬率	59%	85%
投資回收年限	1.9	1.3
每公噸處理成本	1,822	1,365

### 6.3 提高皮革污泥資源化應用業者應配合注意事項

皮革污泥於國外已有運用於農地利用及土壤改良使用之實例，而堆肥處理技術之成熟度亦已高度商業化。惟國內皮革製造廠所排放之皮革污泥性質，因製程及加藥濃度不同均有相當程度之差異，如何減少後續處理處置問題及避免過量含鉻重金屬及有害物質影響其資源化廠堆肥處理之操作，以下則就皮革製造廠說明提高皮革污泥資源化效益，業者應配合注意事項。

#### 一、瞭解皮革污泥性質及組成

皮革污泥有機質含量及含鉻金屬濃度，與堆肥資源化產品效益具有高度

的相關性，以一般中小型皮革製造廠之皮革污泥處理模式而言，多將含鉻廢水與其他製程廢水一併納入廢水處理設備，故往往缺乏廢水產量、性質等基線資料及數據之建立，若擬朝資源化處理方式規劃，首要步驟皮革製造廠需瞭解製程廢水之來源及特性；清查、建立之資料項目至少需包含皮革污泥廢棄量、廢棄頻率，pH 值，BOD、COD、SS、氯鹽、含鉻重金屬濃度、化學成份分析及肥份要素等。

## 二、維持皮革污泥產源及性質衡定

若皮革污泥之產生數量、頻率不定，或其性質及組成歧異度過高，對於資源化廠之利用上往往造成極大的困擾，因此皮革製造廠應以導入全面品質管理方式及觀念符合 ISO 14000 系列之品質保證制度，建立標準化加藥程序及紀錄表單，控制並維持皮革污泥產源及性質衡定，可以將影響堆肥效果之不確定因素降至最低，以利資源化廠之後續處理，並符合資源化廠進廠品質要求之規定。以下就皮革污泥資源利用之品質管理與檢驗，說明如下：

### (一) 品質管理

皮革污泥之性質，受製程不同而有所影響，應以全面品質管理方式，建立皮革污泥出廠前處理程序及相關管制措施，以確保其污泥性質之穩定，以符合資源化廠進廠品質要求，相關管制措施如下：

#### 1. 加藥管制

皮革製程中所加入之藥品需建立記錄及管制。

#### 2. 廢水排放

定期查驗或抽檢並做成記錄。

#### 3. 倉儲管制

(1) 一般污泥與含鉻污泥應分區貯存。

(2) 定期查驗及抽檢，確保污泥性質一致。

(3) 應建立庫存進出管制記錄。

### (二) 品質檢驗

各皮革製造廠應定期對製程中所產生之皮革污泥自行品質檢驗並作成紀錄，提供資源化廠使用之參考，並確保其符合進廠品質要求。相關品質檢驗項目如下：

#### 1. 採樣法

以合理之抽樣方法採取需要量之試樣。

## 2. 化學成份含量分析

分析有機質、碳氮比(C/N)、pH 及總氮含量做為污泥品質建立之參考依據。

## 3. 肥份要素含量分析

分析污泥中 Ca、P、K、Mg 之含量分析，提供資源化廠堆肥產品分類之參考。

## 參考文獻

1. 林慶文、周繼發、蘇和平，皮革製造技術，華香園出版社。
2. 都市污水處理廠之污泥處理與資源化再利用之研究一期中報告，內政部營建署，民國 87 年 1 月。
3. 火力發電廠廢水處理污泥資源化利用研究一期末報告，台灣電力股份有限公司八十九年度研究計畫 048-4517-05，民國 90 年 8 月。
4. 皮革業污泥特性調查與輔導專案綜合報告，經濟部工業局，81 年 6 月。
5. 工業污染防治技術手冊一有害污泥固化處理，經濟部工業局，90 年 6 月。
6. 黃振隆、黃孟義、劉崑山、蔡聰敏，皮革業廢棄物資源化示範計畫，行政院環保署，民國 82 年。
7. 印刷電路板製造業廢棄物資源化案例彙編，經濟部工業局，民國 85 年 5 月。
8. 第四屆(1994)工業減廢技術與策略研討會論文集，行政院環保署，經濟部工業局，民國 83 年 6 月。
9. 1998 工業減廢暨永續發展研討會論文集，行政院環保署，經濟部工業局，民國 87 年 12 月。
10. 製革業廢水污染防治資料彙編，經濟部工業局，民國 84 年 6 月。
11. 工業污染防治技術手冊之四一皮革工廠廢水污染防治，經濟部工業局，民國 79 年 4 月。
12. 污泥資源化回收再利用技術研討會，經濟部工業局，民國 82 年 6 月。
13. 皮革業污染防治技術講習會，經濟部工業局，民國 90 年 8 月。
14. 皮革工業廢料之再利用與處理方法之研究，經濟部工業局，民國 81 年。
15. 廖文彬，有害廢棄物處理之固化技術，民國 80 年 5 月。
16. Kerry Senior, Chromium in the leather industry, BLC Leather Technology Centre, November 2000.

17. 經濟部統計處，中華民國台灣地區工業生產統計月報，民國 90 年 3 月。

18. 經濟部統計處，中華民國台灣地區經濟統計年報，民國 89 年 6 月。



**皮革污泥資源化應用技術手冊**

出版日期：中華民國九十年十二月

發行人：施顏祥

總編輯：林鴻祺

編輯企劃：江東法、吳幸娟、蕭志清、吳文龍、劉建民

發行所：經濟部工業局

台北市信義路三段41-3號

TEL：(02)2754-1255

FAX：(02)2704-3753

<http://www.moeaidb.gov.tw>

出版所：中興工程顧問股份有限公司

台北市南京東路五段171號

TEL：(02)2769-8388

FAX：(02)2763-4555

<http://www.sinotech.com.tw>

美工排版：中興工程顧問有限公司

印刷承製：信懋印刷

版權所有 翻印必究

工本費：新台幣貳佰五十元整