

通訊與資訊主機板組裝業 資源化應用技術手冊

經 濟 部 工 業 局 編 著
財團法人台灣綠色生產力基金會

出版機關：  經濟部工業局

出版日期：中華民國 96 年 8 月

序

通訊及資訊產業為我國目前全力扶持之主要產業，且於全球主機板製造之占有率已高達 90% 以上，其主機板製造亦成為國內重要之製造業。由於通訊與電腦資訊產品更新快速、汰換率高，為節省企業成本，廠商所使用之原物料或相關材料亦隨時間而有所改變，而其主機板產製過程所產生之廢棄物種類及特性亦隨之變化，因此如何妥善解決廢棄物問題，以因應全球永續發展的趨勢，對於通訊及資訊產業而言，推動污染防治與廢棄物資源化是邁向國際化與永續經營的重要措施之一。

有鑑於此，本局特委託財團法人台灣綠色生產力基金會廣泛蒐集國內外相關資源化技術資料，並彙整編印成冊。本手冊內容共分七章，分別針對「產業概況」、「廢棄物特性與處理現況」、「清潔生產」、「廢棄物資源化技術」、「技術評估與設備選用程序」等面向進行探討說明，並將各類廢棄物資源化之實際執行情形彙整成「廢棄物資源化案例」，冀能提供相關業者從中汲取經驗，並作為學術研究單位及相關工程業界研究開發之參考，俾利共同促進該產業廢棄物資源化技術之落實與應用，進而開創資源永續利用。

本手冊編撰過程，感謝朝陽科技大學環境工程與管理系王文裕助理教授與晶淨科技公司蔡永興副總經理參與資料蒐集及編撰；台北科技大學材料及資源工程研究所陳志恆教授、環境工程與管理研究所張添晉教授以及台灣環境管理協會黃孝信顧問之審訂，使本手冊得以付梓。由於時間匆促，且實務資料之蒐集彙整不易，內容如有錯誤漏植之處，尚祈各界不吝指正。

經濟部工業局 謹識

中華民國 96 年 8 月

目 錄

	頁碼
第一章 前言.....	1
1.1 緣起.....	1
1.2 技術手冊內容說明.....	1
第二章 產業概況.....	3
2.1 產業現況.....	3
2.2 製程概述.....	7
第三章 廢棄物特性與處理現況.....	11
3.1 廢棄物來源及特性.....	11
3.2 廢棄物產生量及清理現況.....	14
3.3 廢棄物減量及再利用.....	16
第四章 清潔生產.....	20
4.1 環境化設計.....	20
4.2 廠內管理.....	35
第五章 廢棄物資源化技術.....	50
5.1 廢電子零組件資源化技術.....	50
5.2 廢錫渣資源化技術.....	62
5.3 廢溶劑資源化技術.....	68
5.4 零組件塑膠盤資源化技術.....	83
第六章 廢棄物資源化案例.....	85
6.1 廢電子零組件資源化案例.....	85
6.2 廢錫渣資源化案例.....	95
6.3 廢溶劑資源化案例.....	100
6.4 零組件塑膠盤資源化技術案例.....	107

第七章 技術評估與設備選用程序.....	109
7.1 資源化技術評估流程.....	109
7.2 資源化設備選用程序.....	110
參考文獻.....	117

圖 目 錄

圖 2.1-1	2005 年我國通訊產品產值比例	3
圖 2.2-1	電腦資訊主機板生產流程圖	8
圖 2.2-2	通訊主機板生產流程圖	10
圖 3.1-1	防靜電金屬隔離袋	11
圖 3.1-2	IC 可塑性方盤(PEAK 盤)及 IC 顆粒之紙帶邊條	12
圖 3.3-1	主機板主要生產流程	17
圖 3.3-2	主機板製造業主要廢棄物	17
圖 4.1-1	WEEE 及 RoHS 與製造商責任關聯圖	21
圖 4.1-2	生產/進口業者針對歐盟環保指令之因應	22
圖 4.1-3	電子產品的生產流程及衍生的環境問題與可能的解決方案	25
圖 4.1-4	印刷電路板及電子元件錫-鉛製程的替代技術	27
圖 4.2-1	主機板製程污染源	36
圖 5.1-1	廢電子零組件物理分離流程圖	51
圖 5.1-2	靜電分選機各型式之示意圖	55
圖 5.1-3	火煉法處理廢電子零組件流程圖	56
圖 5.1-4	化學回收法處理流程圖	59
圖 5.1-5	廢電子零組件資源化處理流程圖	61
圖 5.2-1	廢錫渣資源化程序	62
圖 5.3-1	布雷登有機溶劑回收流程圖	69
圖 5.3-2	溶劑吸收法流程圖	70
圖 5.3-3	利用活性碳吸附再生溶劑流程圖	70
圖 5.3-4	催化燃燒法流程圖	71
圖 5.3-5	有機混合廢溶劑蒸餾回收流程圖	73
圖 5.3-6	廢溶劑簡單蒸餾回收裝置	74

圖 5.3-7	萃取精餾裝置簡圖	75
圖 5.3-8	滲透蒸發分離	76
圖 5.3-9	透析原理示意圖	78
圖 5.3-10	液體噴注式焚化爐示意圖	81
圖 5.3-11	旋轉窯焚化爐示意圖	82
圖 5.4-1	廢熱固性塑膠製成再生料再利用流程圖	83
圖 5.4-2	磨粉再生處理 FRP 塑膠流程示意圖	83
圖 5.4-3	熱固性塑膠熱裂解再生處理流程圖	84
圖 5.4-4	可塑性方盤廢料回收流程示意圖	84
圖 6.1-1	廢電子零組件物理分離處理流程圖	86
圖 6.1-2	廢電子零組件中混合金屬資源化處理流程圖	87
圖 6.1-3	廢電子零組件中非金屬成分資源化處理流程圖	87
圖 6.1-4	黃金精煉資源化處理流程圖	88
圖 6.1-5	廢電子零組件裸露鍍金層資源化處理流程圖	89
圖 6.1-6	廢電子零組件中貴金屬鈀資源化處理流程圖	90
圖 6.1-7	廢電子零組件中貴金屬鈀資源化處理示意圖	91
圖 6.1-8	B 廠人工拆解處理流程	91
圖 6.1-9	B 廠之粉碎／分選處理流程	92
圖 6.1-10	B 廠之溶蝕處理流程圖	92
圖 6.1-11	B 廠密閉式粉碎／分選處理流程圖	93
圖 6.1-12	B 廠之電析回收處理流程圖	94
圖 6.2-1	廢錫鉛渣再利用流程製程	96
圖 6.2-2	錫鉛合金錠成品	97
圖 6.2-3	廢錫渣再利用流程之廢氣流向圖	98
圖 6.3-1	D 廠廢溶劑資源化處理流程圖	100

圖 6.3-2	D 廠廢異丙醇資源化處理流程	101
圖 6.3-3	E 廠廢溶劑資源化處理流程圖	104
圖 6.4-1	廢塑膠回收再利用之流程	107
圖 6.4-2	廢塑膠熱裂解流程圖	108
圖 7.1-1	資源化系統規劃評估實驗流程	110
圖 7.2-1	資源化設備評估流程	112

表 目 錄

表 2.1-1	2001 年至 2005 年我國主機板產業之全球占有率	6
表 3.1-1	電腦資訊主機板業廢棄物種類	13
表 3.2-1	2005 年通訊及電腦主機板業廢棄物產出情形及清理現況	15
表 3.3-1	可回收再使用之可塑性方盤型號	19
表 4.1-1	印刷電路板無鉛表面處理技術比較	28
表 4.1-2	無鉛電鍍技術之比較	30
表 4.1-3	電子產品用非鹵素樹脂材料	34
表 4.2-1	主機板製程污染物之種類及產生源	37
表 4.2-2	主機板組裝業適用之放流水標準	39
表 4.2-3	粒狀污染物排放標準	41
表 4.2-4	噪音管制標準	42
表 4.2-5	工廠環境目標、標的、管理方案對照表（參考例）	49
表 5.1-1	破碎分類及相關設備型式	51
表 5.1-2	設備特性及適用範圍彙整表	52
表 5.1-3	分選方式及其特點	54
表 5.1-4	廢電子零組件資源化處理技術優缺點比較表	60
表 5.2-1	以鉛錫合金為主之一般用焊錫之種類、級別	63
表 5.2-2	焊錫 S 級之化學成分	64
表 5.2-3	焊錫 A 級之化學成分	64
表 5.2-4	焊錫 B 級之化學成分	65
表 5.3-1	常見之有機溶劑	69
表 5.3-2	氣態廢溶劑回收處理技術之優缺點比較	71
表 5.3-3	可由滲透蒸發技術分離或純化之產物	77
表 5.3-4	水泥窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則	80

表 6.2-1	廢錫鉛渣再利用流程之空氣污染物產生原因及種類	98
表 6.3-1	異丙醇之工業規格	103

第一章 前言

1.1 緣起

自 1980 年起，全球之資訊及通訊產業發生了巨大變化，包括「個人電腦(Personal Computer, PC)及其週邊產品(PC Peripheral)」的發展與無線通訊之普及，為我國之通訊與資訊產業帶來蓬勃之發展，而通訊及資訊產業也成為我國目前全力扶持之主要產業，而此二類產品之主機板製造亦成為我國重要之製造業。根據 MIC(Market Intelligence Center, MIC)的資料，台灣於全球主機板之製造上佔有率高達 90%以上。且我國為全球主要通訊及資訊大廠尋求 OEM/ODM 代工夥伴，而在通路組裝(Clone)市場，更是台灣主機板廠商的天下。

主機板組裝業之製造流程，主要是將印刷電路板依據不同的功能設計，將其與相關之 IC 元件焊接在一起，再經組裝後形成一般消費者使用之商品，而主機板依不同之商品用途之主要可區分為電腦資訊用主機板、手機通訊器材用主機板及家用電器主機板等三大類別，其中通訊與電腦資訊產品更新快速、汰換率高，為節省企業成本，廠商所使用之原物料或相關材料亦隨時間而有所改變，使得產製過程產生之廢棄物種類及特性亦隨之變化，且隨著全球環保意識高漲及資源日益缺乏，永續利用及環境保護工作已為產業發展必要之趨勢，故該產業之廢棄物減量及廢棄物之資源回收與再利用等，實為該產業發展之重要課題。

經濟部工業局基於維護產業及環境保護之平衡發展，針對通訊及電腦資訊主機板組裝業進行廢棄物資源化技術手冊編撰工作，希望能提升通訊及電腦資訊主機板組裝業業者對清潔生產與廢棄物資源化專業技術之認知，並提高再利用業者對通訊及電腦資訊主機板組裝業廢棄物回收再利用意願，進而增進產業整體之環境績效，達到經濟與環保相輔相成之目的。

1.2 技術手冊內容說明

本手冊將針對國內外通訊與資訊主機板組裝業製程廢棄物資源化技術及案例進行彙集，以推廣資源化技術。手冊共分七章，概要說明如下：

第一章：說明本手冊編撰緣由，以及內容中所涉及之通訊與資訊主機板產業

範圍及各章節內容。

第二章：介紹通訊與資訊主機板組裝業範圍及其分類，以及該產業發展現況，並針對其製程進行詳述。

第三章：針對通訊與資訊主機板組裝業製程之廢棄物來源、特性及產生量，以及主要廢棄物之清理現況進行介紹。

第四章：以廠內管理及環境化設計觀點，敘述該產業於產品設計及生產活動過程之污染預防策略。

第五章：針對適用於該產業之國內外較成熟且較具效益之資源化技術進行探討說明。

第六章：彙集實際執行之各項廢棄物資源化案例，提供各資源化技術運作情形，以達推廣執行資源化工作之概念。

第七章：提供資源化技術評估流程及購置資源化設備之選用程序，供業者選用資源化技術與設備之參考。

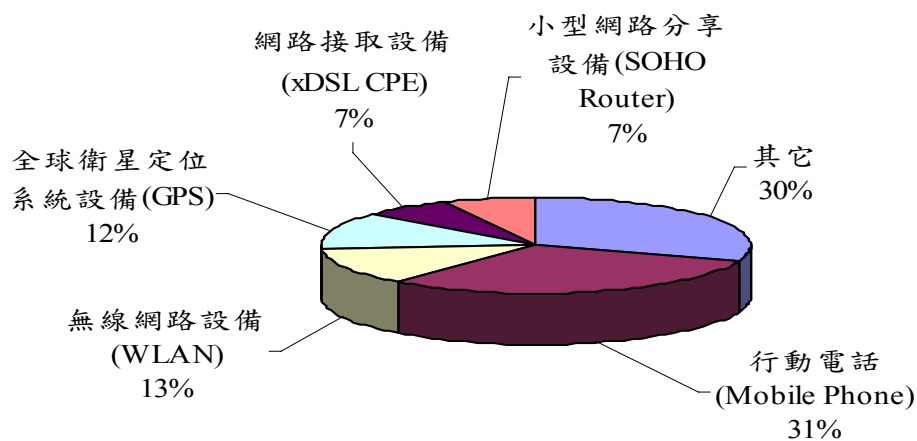
第二章 產業概況

2.1 產業現況

主機板業為印刷電路板業之下游，其主要是將印刷電路板依據不同的功能設計，將其與相關之 IC 元件焊接在一起，再經組裝後形成一般消費者使用之商品。主機板依不同之商品用途，主要區分為電腦資訊用主機板、手機通訊器材用主機板及家用電器主機板等三大類別，有鑑於通訊與電腦資訊產品日新月異、汰換率高，為節省企業成本，其所使用之原物料或相關材料亦有所改變，故本手冊內容則以通訊與電腦主機板業為主，以下將分別介紹通訊及電腦主機板業目前之產業狀況。

2.1.1 通訊主機板業

台灣通訊產品依 2005 年之產值來看，前五大產品主要包括行動電話(Mobile Phone)、無線網路設備(WLAN)、全球衛星定位系統設備(GPS)、網路接取設備(xDSL CPE)及小型網路分享設備(SOHO Router)等，此五大商品約佔所有通訊產品產值之 70%(如圖 2.1-1 所示)。



資料來源：工研院 IEK，2006。

圖 2.1-1 2005 年我國通訊產品產值比例

以通訊商品最大宗之行動電話來看，我國在 1990 年代初期包括明基、華冠、華寶等公司皆已開始投入類比式行動電話之生產，至 90 年代末期台灣廠商已獲得國際大廠之代工訂單，不僅使行動電話製造產業之基礎逐漸穩固，同時對於其它通訊設備之製造亦逐漸能與國際接軌。而隨著台灣代工客戶之增加，從 2000 年台灣行動電話產量佔全球行動電話之 2.3%，至 2005 年我國全年行動電話生產約 8,098.4 萬支，佔全球手機生產量之 9.87%，成長十分迅速，而相對的其主機板使用量亦大幅增加。

台灣通訊主機板業的興起與電腦產業極為類似，以國際大廠代工生產為切入點，歷經初期的學習階段後，自 2000 年起台灣行動電話不論是製造技術與產量均呈現大幅提昇情形。截至目前為止，台灣廠商承接過訂單的客戶，除少數尚未對外釋出代工訂單的韓國三星集團（Samsung）之外，幾乎已涵蓋全球主要之通訊大廠。而目前我國通訊主機板業除了原本以代工業務為主外，正逐漸轉向投入自有品牌業務發展，且部分電腦機板業之業者，由於生產設備雷同，亦有跨足通訊主機板業之情形。

2.1.2 電腦主機板業

電腦主機板主要溝通中央處理器（CPU）與其它電腦零件間之運作，協助電腦運算及週邊設備的控制，電腦主機板之產品依不同時期之中央處理器(CPU) 連接器（Connector）有不同之產品，以目前市場可見之中央處理器(CPU)型式區分，包括 Socket A、Socket478、Socket939/754、LGA775 等類型，分別適用於美商超微半導體股份有限公司（Advanced Micro Devices, Inc.; AMD）或英代爾公司（Intel Corporation; Intel）之 32 或 64 位元之中央處理器(CPU)，而主機板之世代更換亦隨著中央處理器(CPU)變動而變動，故中央處理器(CPU)之更換頻率影響著主機板之生產量。

以 2003 年美商超微半導體股份有限公司(AMD)及英代爾公司(Intel)分別推出新一代之中央處理器(CPU)，造成一波換機潮，使全球主機板市場規模在 2003 年出現大幅之成長，而 2004 年我國主機板業因歐美市場需求回溫及企業用戶市場之持續長成，出貨量較 2003 年小幅成長。2005 年由於許多新產品密集上市，提昇市場買氣以及平均產品之單價，故較 2004 年成長 8%以上，但由於 OEM 代工毛利低於一成，且許多客戶要求在中國大陸生產，我國主機板廠商為降低成本，在中國大陸生產的比重持續加大。

我國主機板廠約可依產量區分為一線、二線廠商，一線大廠月產能大致在近百萬片以上，如精英、華碩、技嘉、微星等，這些公司生產規模較大，知名度也較高，是主導市場的大廠；二線廠包括陞技、浩鑫、梅捷、映泰、承啟、鑫明及中凌科技等，月產能多在 50 萬片以下，各家產品除電腦資訊主機板外，尚包括汽車電子、工業電腦等多項產品，但主要產品仍以電腦資訊主機板為大宗。

主機板產業中的廠商大致來說有兩種趨勢：一種是生產高階主機板，功能較多，能跟隨英代爾公司(Intel)、美商超微半導體股份有限公司(AMD)之腳步領先同業，即時推出新產品並量產，且同時能保持品質穩定，掌握每次升級或改版時創造的市場機會，因此以提升技術能力為首要目標，以提升技術為導向，重視製程技術與檢驗。另外一種廠商是以降低成本為目標，將較費人工製程的產品移往海外生產，減少人工短缺與降低生產成本，而此市場中主要都是中、低階主機板。其中第一類廠商因為高階主機板需要不斷的研發革新，以確保品質，因而無法離開台灣移到海外生產，而第二類廠商則考慮人工費用，僅留研發中心於國內，將部分人工生產轉移至海外人力較便宜之地區生產，因此台灣主機板廠商生產基地亦分佈各地，並不侷限於台灣。

台灣主機板業自 2001 年起其產量已成為全球之龍頭(包括海外生產部分)，全球市場佔有率超過八成以上，並一直維持市場主導地位。且隨著國際大廠逐漸將訂單從國際專業電子代工廠商(EMS)轉移至台灣主機板廠商，及韓國生產主機板之大廠三寶電腦(Trigem)在 2005 年宣布退出主機板業後，我國主機板出貨在 2005 年在全球之比重亦達到 98.4% 之高峰。我國自 2001 年至 2005 年主機板業佔全球產量自 86.3% 持續穩定成長(如表 2.1-1)，至 2005 年已超過 98%，超過全球主機板生產量之九成。全球主機板在 2005 年市場規模達一億四千多萬片，較 2004 年成長超過 6%，主要成長之原因來自中歐、東歐、中南美及亞太等新興市場興起，加上主機板廠商與這些新興市場通路業者合作，加大低階產品需求成長甚多，也是全球主機板產業成長之原因，2006 年預估台灣主機板受新興市場利多影響，將較 2005 年同期成長約 8%。

表 2.1-1 2001 年至 2005 年我國主機板產業之全球占有率

	2001	2002	2003	2004	2005
年產量(千片)	98,748	100,725	121,640	132,615	144,259
全球佔有率	86.3%	86.3%	94.4%	96.5%	98.4%
海外生產比重	52.4%	62.4%	74.5%	86.7%	92.0%

資料來源：資策會 MIC 經濟部 IT IS 計畫，2006

整體而言，未來主機板市場仍處於成長之局面，2007 年預估受到 Microsoft Windows 推出 Vista 家用版作業系統影響，主機板市場可穩定成長，而 2008 至 2009 年間，除中東、北非等可能之新興市場需求影響，歐美等成熟之市場也將進入取代舊有 2003 年前之主機板換機週期，預估成長表現將不比 2007 年差，約可達到 4% 以上之成長率，而 2010 年如無新中央處理器(CPU)硬體或作業系統之推出，則主機板之出貨於 2010 年可能較為持平，年成長率可能陷入低潮。

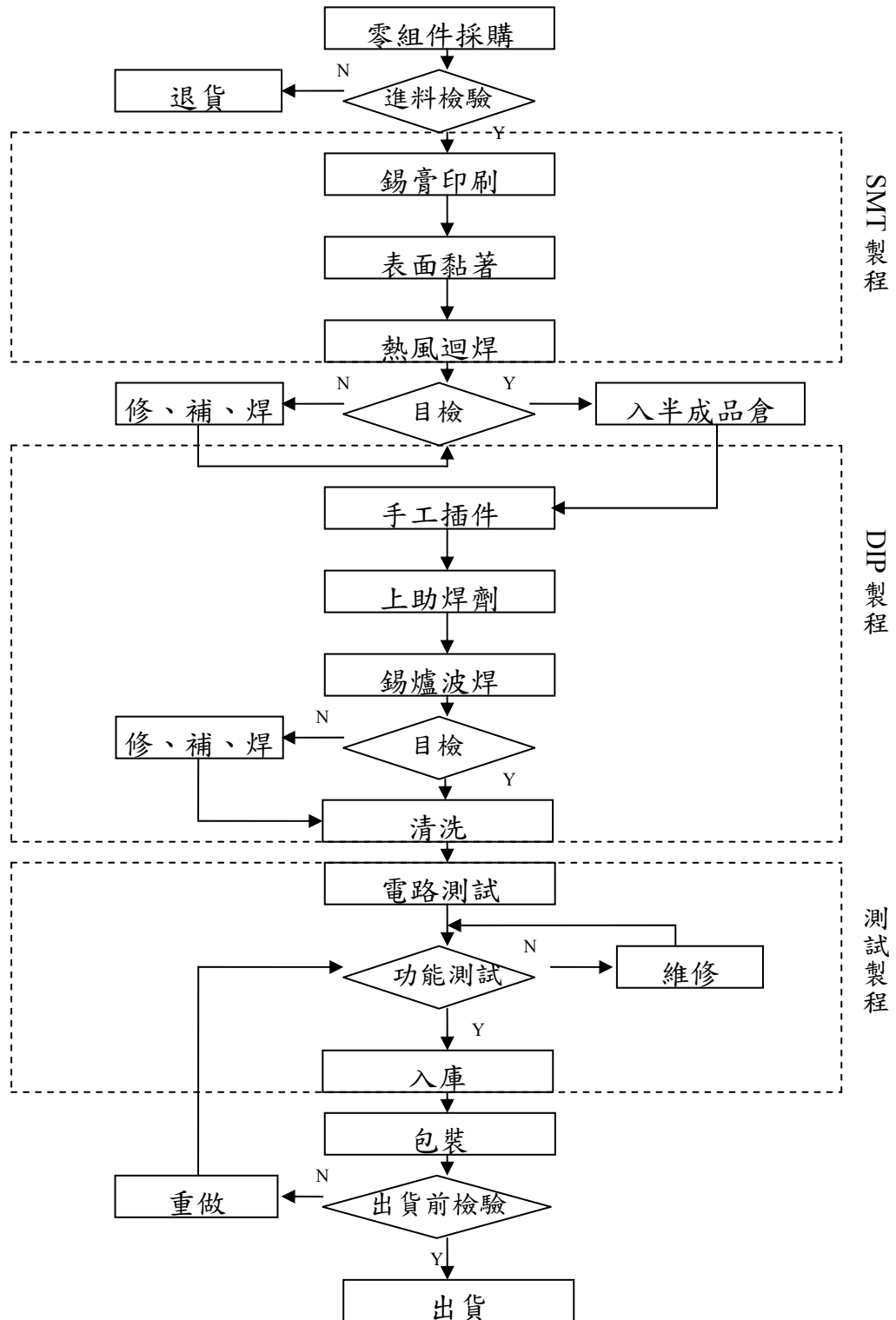
2.2 製程概述

隨著科技進步、電子產品多元化，電子業生產之電子零件大都為精密且細緻的元件，故在整體生產製造供應鏈中，上游製造之元件供給其他廠商進行後續製造生產，而通訊與電腦資訊主機板業即為印刷電路板業之下游產業，以目前台灣最重要的高科技產業而言，主機板產業係為組裝電腦之關鍵零組件之一，由印刷電路板(Printed Circuit Board, PCB)、中央處理器(CPU)晶片組、SRAM、DRAM等主要零組件和連接器等其他次要 IC 零組件經設計、製造後而成，不論是低階個人電腦、高階工作站、網路伺服器等系統產品，主機板都是不可缺少的基本零組件。

目前國內電腦資訊機板業主要產品包括主機板、顯示卡與網路卡等多種產品，其製程主要包括為主機板(M/B Main Board)利用表面黏著技術(SMT)及利用人工插件(MI)等雙排標準封裝(Dual In -line Package; DIP)製程將零件透過針腳穿過印刷電路板(PCB)安裝在線路上，最後再經過錫爐進行波焊將零件裝配在印刷電路板(PCB)上。SMT 技術主要應用於印刷電路板上的主動、被動元件黏著過程。這些元件依外型包裝方式又可區分為成穿孔元件(Through-Hole Component; THC)以及表面黏著元件(Surface Mount Component; SMC)兩大類，外觀差別在元件黏結電路板的接腳，THC 接腳明顯凸出，而 SMC 呈現平面。製程中，當 THC 放置在電路板正面時，會有對應的插孔允許接腳穿過，一旦經過錫爐時，電路板背面會將 THC 接腳上錫固定於後；至於 SMC，則是在平面接腳處塗上錫膏，配合電路板上電路大小位置，經加熱錫膏溶化後，接腳即固定於電路板上。

以電腦主機板為例，主機板主要是以四層板的印刷電路板為承主體，經過波焊將許多零件裝配在印刷電路板(PCB)上。主機板主要構造：中央處理器(CPU)插座、快取記憶體插座、記憶體插座、PCI/ISA 插槽、滑鼠接頭、鍵盤接頭、並列埠接頭、軟碟接頭、電源供應器接頭等，當接上彼此相容的中央處理器(CPU)、晶片組，記憶體、電源供應器、介面卡，再加上週邊設備如硬碟、監視器等，即可成為一部完整之電腦。

主機板的製造過程並不複雜，從原物料進貨將電子元件與印刷電路板(PCB)錫焊、插件(Insert)或黏著(Mount)，再經測試步驟即可包裝出貨，整體主機板製造流程如圖 2.2-1 所示，詳細製程及設備說明如下：



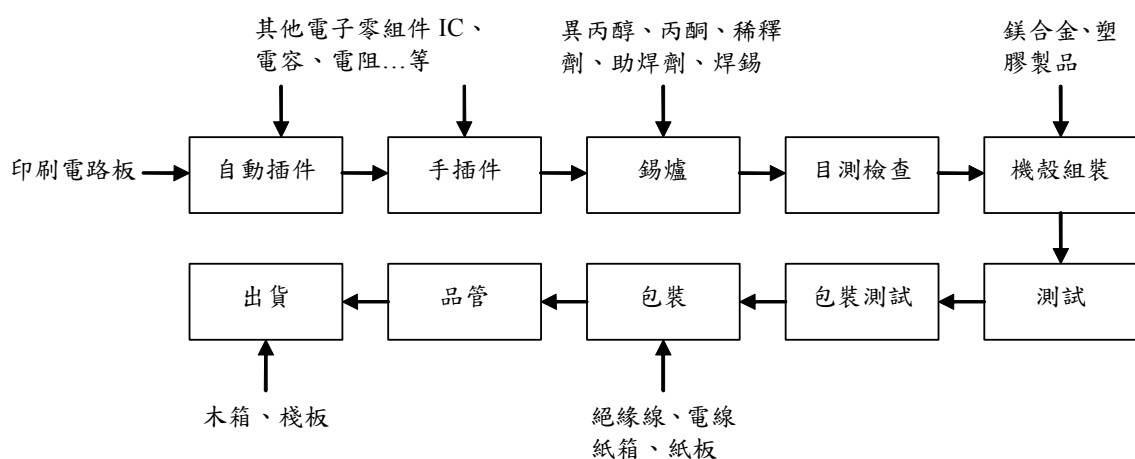
資料來源：技嘉科技股份有限公司，劉宗信，2006。

圖 2.2-1 電腦資訊主機板生產流程圖

- 1.領料及確認：由供應商提供所需之材料，經品管確認材料批號及品質後，將所需材料依序置於機器上，並確認所上之零件及機器設定之程式無誤。
- 2.吸板機：由 SMT 生產線人員將印刷電路板(PCB)置於吸板機上，須確認所放之方向正確，等待啟動。
- 3.錫膏機：吸板機將印刷電路板吸上輸送帶送入自動錫膏機，將印刷電路板浸入熔解的熱錫爐中，再將多餘錫鉛以高壓空氣將之吹除。
- 4.迴焊爐：當印刷電路板通過迴焊爐時，高溫融解印刷電路板(PCB)焊墊上所印之錫膏，而使 SMT 零件能夠緊黏在印刷電路板(PCB)上。
- 5.高速機：主要用於置放小零件，如電阻、電容、電晶體、二極體等小型 SMT 零件。
- 6.泛用機：主要用於置放 IC、BGA、QFP、SOP、SOJ 等大型 SMT 零件。
- 7.目視檢驗：SMT 目視檢驗人員使用放大鏡檢視印刷電路板(PCB)，如果發現不良則將不良品和良品分別放置，並於不良點上貼不良標籤，並掛上不良品吊牌，一般將累積至一定數量時送至 SMT 維修站維修。
- 8.電路測試機：電路測試機測試主機板的電路是否有不良的狀況，若有不良則將測試出的報告撕下貼於主機板上，將不良品和良品分別放置，不良品一般累積至一定數量時將送至 SMT 維修站維修。
- 9.QA：品管人員依照檢驗標準抽樣檢驗半成品，並判定“通過”或是“驗退”，並於架子上掛上檢驗吊牌。驗退之半成品須拉回生產線做重做(Rework)的動作，重做完再通知 QA 檢驗，直到 QA 檢驗通過主機板才能流到下一製程站。
- 10.烤箱：主要用於去除印刷電路板(PCB)的溼氣，以提高印刷電路板(PCB)過焊錫爐之吃錫性，烤箱設定溫度為 100℃，時間為 40 分鐘。完成烘烤步驟後，再將印刷電路板(PCB)送至人工插件線生產。
- 11.人工插件：插件人員須依據作業指導書，將自己所負責的零件插入主機板。
- 12.錫爐：主要用於黏合手插件零件與印刷電路板(PCB)。錫爐的重要構造有：助焊劑槽、預熱器及焊錫爐。
- 13.補焊檢驗：補焊作業人員使用放大鏡，檢視主機板的零件面與焊點面，並修補主機板不良的部分。若無法馬上修補完成則貼不良標籤於主機板之不良點上，送至維修站待修。

- 14.量測中央處理器(CPU)電壓：為避免中央處理器(CPU)在測試過程中燒壞，因此須先測電壓。
- 15.功能測試：依照製造工程部門提供之測試軟體及程序，測試主機板之功能。測試不通過之不良品則將不良吊牌寫明原因後掛在主機板上，流到目視總檢站輸入不良原因條碼，等不良品累積至一定數量送至維修站維修。測試通過之主機板則直接流到目視總檢站刷條碼。
- 16.目視總檢：目視總檢人員檢視主機板上的零件，是否有缺件、錯件、浮件、反向等錯誤及主機板之吃錫狀況，如果發現不良則於不良點上貼不良標籤，累積至一定數量送至維修站維修。
- 17.包裝：將主機板放入防靜電袋中，依照廠商要求之出貨方式包裝。
- 18.出貨品質保證(Out-going Quality Assurance；O.Q.A.)：出貨前品管人員依照檢驗標準抽樣檢驗成品，並判定“通過“或是“驗退“並驗退之成品，須拉回生產線做重做的動作，重做完再通知出貨品管檢驗，直到出貨品管檢驗通過成品才能出貨。

而其它主機板製程與電腦主機板類似，以目前國內通訊業主要產品行動電話之封裝生產來看，其製程簡敘如下：將電容、電阻及其他電子零組件 IC 等依零組件之大小、精密程度等以自動化或人工進行插件，再經錫爐銲接後，形成可用之板件，經目測等方式檢查後，將其與外殼進行組裝後，經良品檢驗後，即成為電話產品，最後再經由包裝、品管等程序後即可出貨，其流程如圖 2.2-2 所示。



資料來源：技嘉科技股份有限公司，劉宗信，2006。

圖 2.2-2 通訊主機板生產流程圖

第三章 廢棄物特性與處理現況

3.1 廢棄物來源及特性

主機板之製造流程主要可包括：進貨、表面黏著(SMT)、插件(MI)、測試及包裝等製程單元，而不同製程由於使用之原物料及設備不同，故有不同之廢棄物產出，以下即針對各製程單元所產生之廢棄物及其特性進行說明。

1.進貨階段

主要為主機板業於製造前向供應商購買 IC、電子零件、印刷電路板(PCB)、助焊劑、稀釋劑、清洗劑、異丙醇、錫棒等原物料作為生產前備料之準備。此階段主要之廢棄物種類包括廢紙箱、緩衝用防撞碎紙、緩衝用泡棉或保麗龍、防靜電金屬隔離袋(如圖 3.1-1 所示)、廢 PE 桶、廢鐵桶、廢棧板等，此單元之廢棄物大多屬包裝材料，除少數承裝有害物質(如清洗劑、異丙醇等)尚未清洗之廢桶外，皆屬於一般事業廢棄物。

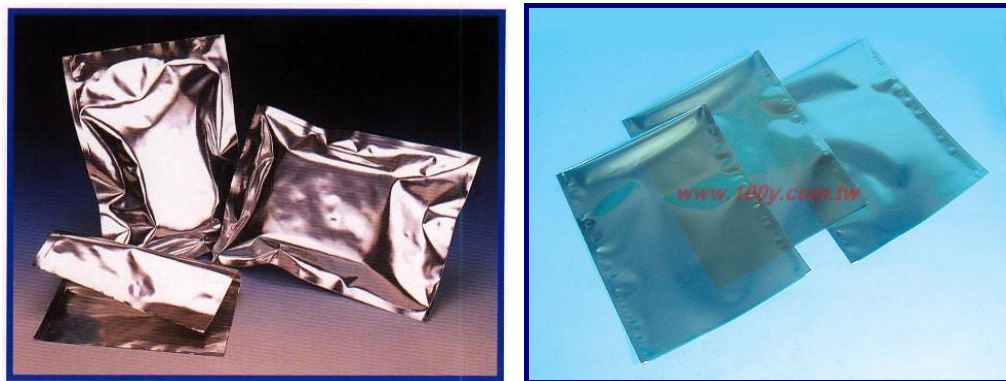
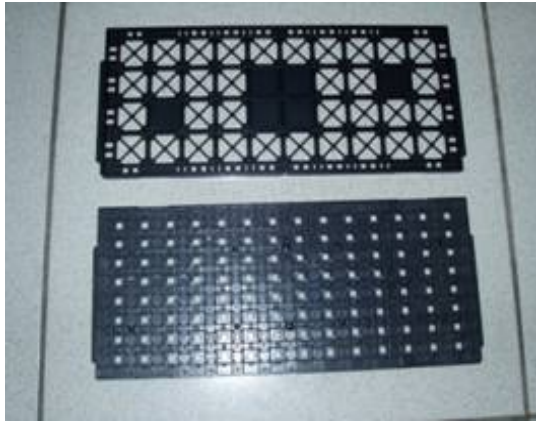


圖 3.1-1 防靜電金屬隔離袋

2.表面黏著技術(SMT)階段

表面黏著技術是先將印刷電路板(PCB)上一層錫膏，再將 IC 元件放上去後，送進迴焊爐內加熱熔解 PC 板上的錫膏，使元件緊密地黏著於印刷電路板上。此階段之廢棄物種類除原物料使用包裝材外，主要包括承裝 IC 晶片之 IC 可塑性方盤(簡稱 PEAK 盤，如圖 3.2 所示)、承裝 IC 顆粒之塑膠或紙帶邊條(如圖 3.1-2 所示)外，尚有焊接過程產生之廢錫(鉛)

渣及製程不良產生之廢電子零組件，其中可塑性方盤及紙帶邊條屬一般事業廢棄物外，廢錫(鉛)渣為有害事業廢棄物，及廢電子零組件於貯存時屬一般事業廢棄物，但再利用時亦屬有害事業廢棄物。



IC 可塑性方盤(PEAK 盤)



C 顆粒之紙帶邊條

圖 3.1-2 IC 可塑性方盤(PEAK 盤)及 IC 顆粒之紙帶邊條

3.DIP 插件製程階段

DIP 插件製程主要是利用人工手插件將 IC 零件插於主機板上，再經過焊爐將零件固定於主機板上。此階段主要之廢棄物種類與 SMT 階段接近，除原物料之包裝材，主要包括承裝 IC 晶片之可塑性方盤、焊接過程產生之廢錫(鉛)渣及製程不良產生之廢電子零組件外，尚包括清洗主機板所產生之廢清洗劑及廢異丙醇等溶劑。其中廢錫(鉛)渣、廢清洗劑及廢異丙醇屬有害事業廢棄物；可塑性方盤屬一般事業廢棄物；廢電子零組件於貯存時屬一般事業廢棄物，但再利用時則屬有害事業廢棄物。

4.測試及包裝階段

於測試及包裝階段，其產生之廢棄物主要為電路測試機測試主機板後產生之不良品及包裝過程剩餘之邊料及不良包裝材等，其中包裝材屬一般事業廢棄物而不良之主機板於貯存時屬一般事業廢棄物，但再利用時則屬有害事業廢棄物。

由上述主機板製程廢棄物來源介紹可知，於主機板製造過程主要產生之廢棄物包括：廢木材混合物、廢塑膠混合物、廢紙混合物、廢電子零組件、廢錫渣、廢溶劑及生活垃圾等七大類，其相關之原物料及廢棄物來源如表 3.1-1 所示。

表 3.1-1 電腦資訊主機板業廢棄物種類

製程名稱	單元	原物料	廢棄物名稱	產品
主機板製造程序	進貨	1.IC 2.其他電子零組件 3.PCB 4.助焊劑 5.稀釋劑 6.清洗劑 7.異丙醇 8.錫棒、錫絲	1.包裝材料(廢塑膠、廢紙、廢鐵、廢塑膠混合物及廢紙混合物) 2.廢棧板	主機板
	表面黏著	1.IC 2.其他電子零組件 3.PCB 4.錫絲、錫膏 5.清洗劑	1.廢塑膠混合物 2.廢紙混合物 3.廢電子零組件 4.廢錫渣	
	插件	1.其他電子零組件 2.PCB 3.錫棒、錫絲 4.稀釋劑 5.助焊劑 6.清洗劑	1.廢塑膠混合物 2.廢紙混合物 3.廢電子零組件 4.廢錫渣 5.廢溶劑	
	測試	N/A	1.廢塑膠混合物 2.廢紙混合物 3.廢電子零組件	
	包裝	包裝材料	1.廢塑膠混合物 2.廢紙混合物	
	其他	N/A	生活垃圾	

資料來源：資策會 MIC 經濟部 IT IS 計畫，2006

3.2 廢棄物產生量及清理現況

通訊及電腦主機板製造業因其製程主要為組裝、焊接等單純製程，無較為複雜之化學反應製程，故其廢棄物種類亦十分單純，其所產生之主要事業廢棄物來自包裝材料、製程不良品、邊料、廢溶劑及其他相關廢棄物。以下則針對各廢棄物種類之清理現況進行說明。

1. 廢木材(棧板)及廢木材混合物

廢棧板為大部分製造業者皆會產生之廢棄物，目前國內廢木材之處理方式主要有：A.回收再製為再生棧板、B.回收作為合成甲板之原料、C.經碳化後作為活性碳原料、D.與塑膠原料合成作為木質塑料等建材原料、E.作為堆肥原料、F.作為鍋爐或熔爐之燃料等。

2. 廢塑膠及廢塑膠混合物

主機板業之廢塑膠及塑膠混合物主要來自於承裝 IC 元件之可塑性方盤(PEAK 盤)、承裝 IC 顆粒元件塑膠邊條及承裝溶劑所使用之廢 PE 桶等，其中可塑性方盤因不同之材質而有不同之清理方式，其中部分為純塑膠材料之可塑性方盤，可直接作為再生塑膠之原料，而部分因塑料純度不純，目前廠商大多以焚化處理為主；塑膠邊條目前大多與紙帶邊條混合貯存，以委託焚化處理為主；而廢 PE 桶則經清洗後回收再使用或作為塑膠原料進行回收。

3. 廢紙及廢紙混合物

主機板業之廢紙及廢紙混合物主要來自包裝之紙箱及承裝 IC 顆粒元件之紙帶邊條，除紙帶邊條因大部分與塑膠邊條合併貯存，委託處理廠商進行焚化處理外，目前紙箱大多已回收作為再生紙之材料。

4. 廢電子零組件

主機板業之廢電子零組件主要包含廢印刷電路板(PCB)、廢 IC 零件等，由於電子零組件上含有高回收價值之貴金屬，目前國內大部分廠家皆已進行回收再利用。其再利用方式主要將電子零組件經破碎、分選或以溶劑浸泡以回收其中之貴金屬。

5. 廢溶劑

主機板業所使用之溶劑主要有異丙醇及清洗劑等，由於主機板製程中溶劑主要作為清洗或乾燥用途，其廢溶劑成分較為單純，故目前國內主機板業之廢溶劑亦回收經蒸餾後再利用。

6.廢錫(鉛)渣

主機板業之廢錫(鉛)渣主要為焊接過程產生之少量廢棄物，由於錫(鉛)屬有價金屬，可經由高溫融熔進行錫、鉛之回收，故目前國內主機板業之廢錫(鉛)渣亦大部分皆回收再利用。

7.生活垃圾

目前國內主機板廠商之生活垃圾大部分以委託進行焚化處理為主。

通訊及電腦主機板製造業於 2005 年生產之主機板數已達 22,525 萬片，其中通訊機板約 8,100 萬片，而電腦主機板約 14,425 萬片，推估其廢棄物產生總量每年約為 19,000 公噸，各廢棄物之產生量推估與清理現況，如表 3.2-1 所示。

表 3.2-1 2005 年通訊及電腦主機板業廢棄物產出情形及清理現況

項目名稱	處理方式	產量（公噸/年）	資源化率（%）
木材(棧板)及廢木材混合物	回收再利用	248	20
	焚化處理	994	
廢塑膠及廢塑膠混合物	回收再利用	776	59
	焚化處理	535	
廢紙及廢紙混合物	回收再利用	12,110	90
	焚化處理	1,346	
廢電子零組件、下腳品及不良品	回收再利用	1,052	100
廢溶劑	回收再利用	24	100
廢錫(鉛)渣	回收再利用	466	100
生活垃圾	焚化處理	1,449	0
合計	-	19,000	-

資料來源：資策會 MIC 經濟部 IT IS 計畫，2006

3.3 廢棄物減量及再利用

解決污染問題的對策，不外乎預防污染物的產生、減少污染物的排放及進行污染物的處理，也就是所謂製程減廢及管末處理，前者的基本精神在於「治本」，與後者的「治標」有極大的差異，但對解決污染問題，著實有重大的效益，不僅可有效率地使用原物料。更可預防及減少污染物的產生，進而降低管末處理成本。

為達成產業永續經營目標，主機板廠於廠內製造及廠內管理的各個環節，需注重節能、減廢與廢棄物再利用等，以降低生產成本，進而增加利潤。對於主機板製造業而言，由於其製程較為單純，所使用之原物料如能藉由良好的製程管理措施、適合之廢棄物分類措施，即可達到廢棄物之減量及再利用之目的，逐步改善廢棄物產生之問題，持續提升環境績效。

主機板製造業於進行廢棄物減量及再利用前，主要準備工作包括下列2項：

1. 基線資料調查

於廢棄物減量及再利用工作進行之初，首先收集工廠相關資料，其內容包括：廢棄物基本資料、工廠製程、目前廠內操作管理、廢棄物分類、貯存、清理方式及管理方式等相關資料並進行污染源清查，以便進行完整之工廠診斷工作。

2. 工廠診斷

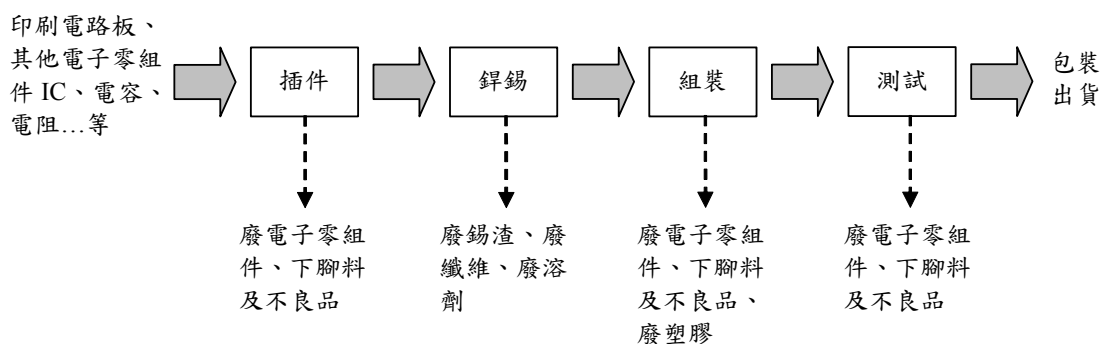
工廠基線資料收集彙整後，依據工廠製程及廢棄物管理運作現況進行初步分析檢討，以作為後續規劃相關廢棄物減量及再利用方式之技術及經濟等可行性分析，並作為建立減量、分類及清理等守規性管理制度之依據。

廢棄物減量及再利用重點包括可資源化廢棄物種類及數量鑑別、製程減廢及廠內回收、協助廢棄物妥善分類、貯存、清理及回收、再利用設施規劃或再利用合法管道建立等工作。

廢棄物減量及再利用工作首先於可資源化廢棄物種類及數量鑑別部分，在工廠現場勘查後針對工廠廢棄物種類及數量進行清查，評析各類廢棄物資源回收再利用之可行性。接著在製程減廢及廠內回收部分，則依據工廠製程現況，提供相關製程減廢及廠內回收改善建議方案，以落實資源回收再利用之精神。最後在廢棄物妥善分類、貯存、清理及回收部分則需依相關法令修訂規定，進行廢棄物妥善分類、貯存、清理及回

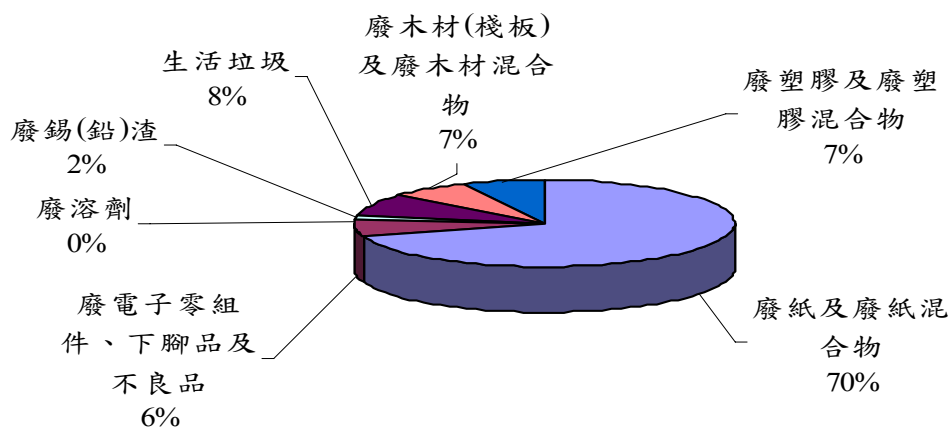
收等之守規性工作，進而規劃廢棄物管理制度。

以主機板業最主要之製程流程(如圖 3.3-1 所示)進行分析，於生產過程中所產生之廢棄物主要包括廢電子零組件、下腳品及不良品、閃火點小於 60°C 之廢液（不包含乙醇體積濃度小於 24% 之酒類廢棄物）、鉛及其化合物(總鉛)、廢木材、廢紙、廢塑膠等包裝材及一般生活垃圾(如圖 3.3-2 所示)，其中又以廢紙及廢紙混合物所佔之比例最大，約達所有廢棄物之百分之七十，其次則為生活垃圾、廢木材及廢塑膠等。



資料來源：資策會 MIC 經濟部 IT IS 計畫，2006

圖 3.3-1 主機板主要生產流程



資料來源：資策會 MIC 經濟部 IT IS 計畫，2006

圖 3.3-2 主機板製造業主要廢棄物

由上述分析可知主機板業之包裝材，如廢紙及廢塑膠，如能於源頭管理上對於原物料、供應商使用的包裝材料進行適當的控制，可以大幅降低廢棄物之產出。而於再利用部分，經分析及現勘後發現承裝 IC 元件之可塑性方盤(PEAK 盤)，於生產過程後大部分皆能仍能保存相當完好，故可回收至原廠重新作為承裝 IC 元件使用，且大部分之 IC 生產廠商表示可將大部分之可塑性方盤回收再使用，但少數可塑性方盤由於製程變動，承裝之 IC 零件已無生產或已改變 IC 尺寸大小，無法直接再使用，經統計後目前可回收再使用之可塑性方盤約佔 6 成左右(如表 3.3-1 所示)。

表 3.3-1 可回收再使用之可塑性方盤型號

No.	可塑性方盤型號	料號	是否可回收
1	PEAK NHBG11111.508226 150°C MAX	473786-005-69	否
2	PEAK NHBG27272.004107 140°C MAX	513734-001-69	否
3	PEAK NHBG35351.003086REV.B 150°C MAX	404488-005-69	否
4	PEAK NHBG35351.003087REV.BTEMP140°C	473786.012-69	否
5	PEAK TXQFN06061.0143513REV.B 140°C MAX	513735-001-69	否
6	PEAK TXQFN07071.010266REV.B 150°C MAX	520967-001-69	否
7	PEAK ND1414.40615-18 125°CBAKE/130°C MAX	420061-006-69	否
8	PEAK/NH14142.20614-18/125°CBAKE/130°C MAX	420061-006-69	否
9	PEAK NHBG27272.004101 75°C MAX	468911-001-69	否
10	PEAK ND14201.406126REV.G 150°C MAX	466236-009-69	是
11	PEAK ND24241.404106REV.B 150°C MAX	479016-001-69	是
12	PEAK NXBG37.537.52.303076 MAX150°C	510887-002-69	是
13	JAPAN/MS-B001/BGA27*27 MAX150°C	466236-008-69	是
14	KOSTAT MQFP 32*32 BAKE TEMP140°C	475998-004-69	是
15	JHB-TS1-1420-FL TSOP(1)14*20	472410-007-69	是
16	KOSTAT KS-8823 BAKE TEMP 150°C	519504-001-69	是
17	DAEWON/125-2727-011/150°CBAKE/180°C MAX	518033-001-69	是
18	3M 21002-392 REV.B 150°C MAX	519442-001-69	是
19	DAEWON 12B-1013-G19 500036708	472410-009-69	是
20	DAEWON/124-1420-E19 THIN TSOP	472410-009-69	是
21	DAEWON 123-1010-119A TQFP 150°C MAX	462729-013-69	是
22	NEC MQFP28*28*3.2 HEAT PROOF 150°C MAX	461814-006-69	是
23	NEC TQFP14*14*1.4 150°C MAX	518161-001-69	是
24	e N BG15151.6 0718 4205697-001PATENTED 150°C	513172-001-69	是

資料來源：資策會 MIC 經濟部 IT IS 計畫，2006，部分經本手冊修改。

第四章 清潔生產

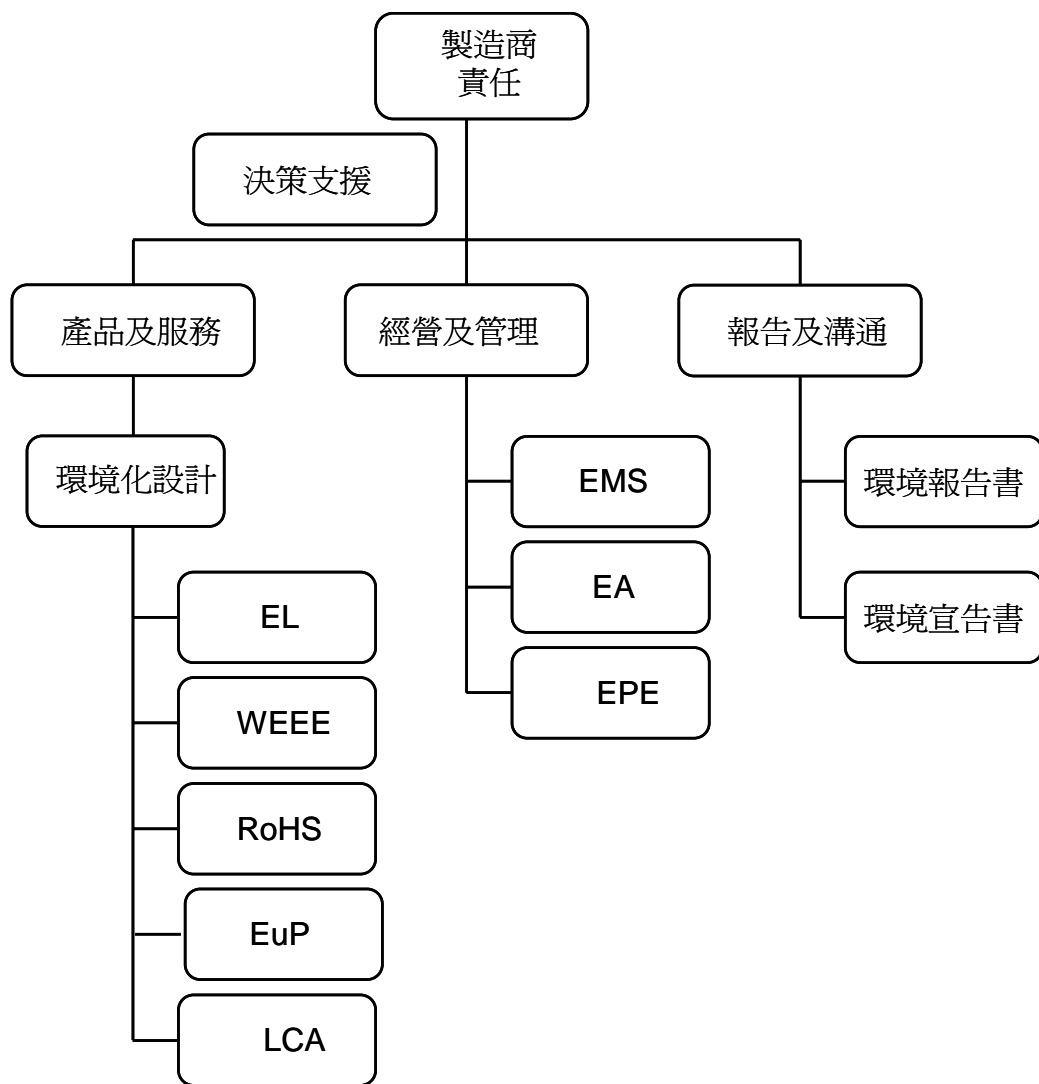
「清潔生產」這一理念是 1989 年由聯合國環境規劃署 (United Nations Environment Programme, UNEP) 所提出。由於，此觀念較為新穎且具有動態，所以其定義與作法可能會隨不同國家、地區而異，或是其發展可能會隨時間而變。因此，1997 年 UNEP 遂將清潔生產 (Cleaner Production, CP) 定義為：「持續地應用整合性污染防治理念於製程和產品之開發，以及服務之提供；期能增加生態效率，減少製程、產品和服務對人類及環境之有害影響。」

1. 對製程而言，其所需之原料和能源需儘可能地節約，儘可能不用有毒性之原料，並減少排放物之危害性和毒性。
2. 對產品之生產而言，由最原始之原料到產品棄置整個產品生命週期，皆要儘可能減少對環境之影響。
3. 對服務而言，由系統設計，到提供服務所需之資源消耗，乃至整個服務生命週期，皆要儘可能減少對環境之影響。

因此本章節以環境化設計及廠內管理的觀點，敘述主機板組裝業於產品設計及生產活動過程之污染預防策略。

4.1 環境化設計

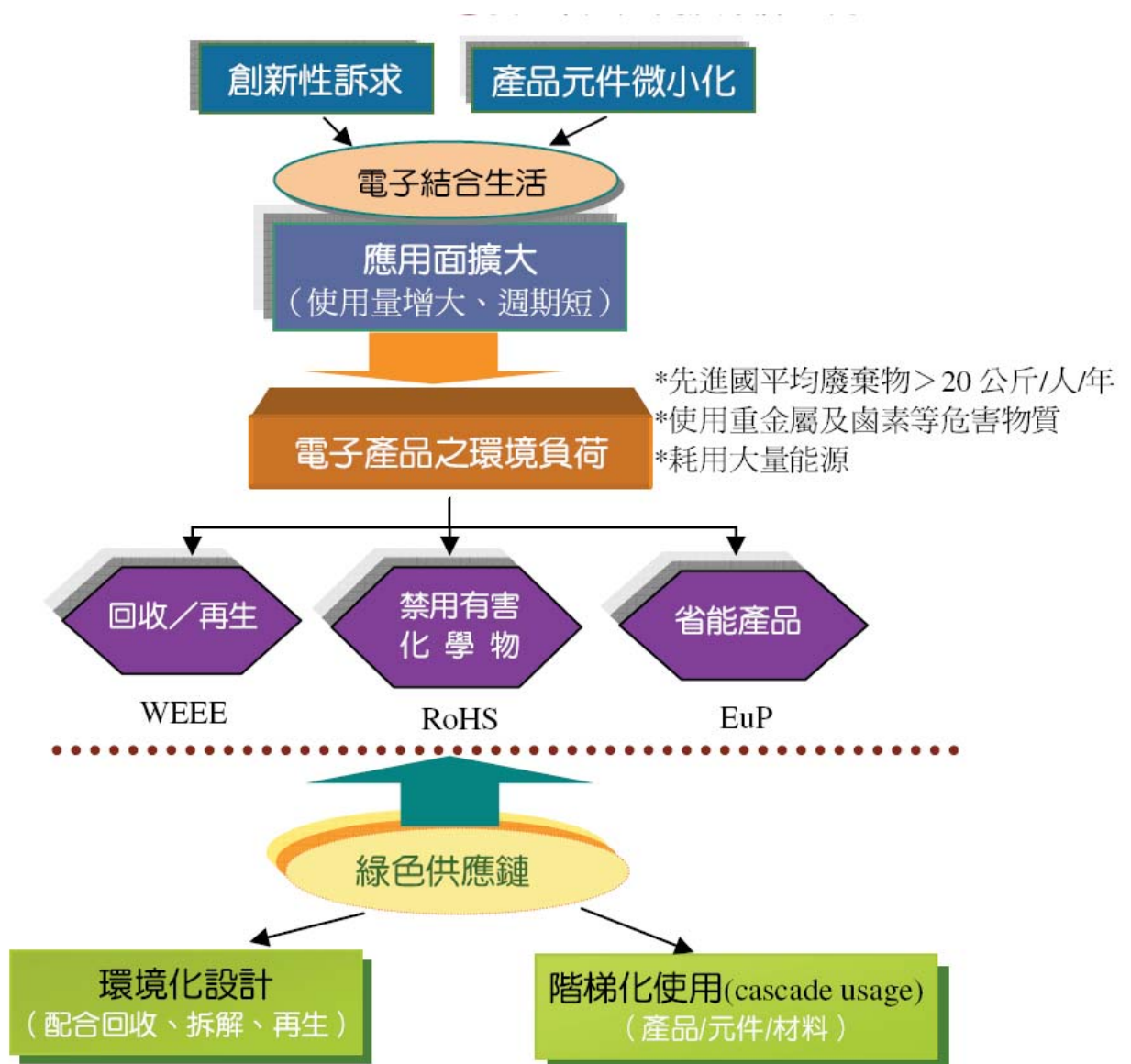
隨著電子廢棄物污染問題越來越嚴重，各國政府和相關組織開始進行和關注電子污染防治的立法和標準工作。在這一背景下，歐盟的廢電機電子設備指令 (Waste Electrical Electronic Equipment, WEEE)、有害物質限用指令 (Restriction of Hazardous Substance, RoHS) 及使用能源產品生態化設計指令草案 (Eco-design Requirement for Energy using Products, EuP)，不僅成為國內電子及相關行業中的熱門話題，同時也是永續發展的重要議題之一 (如圖 4.1-1 所示)。



資料來源：楊致行，歐盟電機電子環保指令及其對我國產業的衝擊與因應，永續產業發展雙月刊，2004。

圖 4.1-1 WEEE 及 RoHS 與製造廠責任關聯圖

歐洲早於 1992 年即提出「整合性產品政策」(Integrated Product Policy, IPP) 以延長生產者責任 (Extended Producer Responsibility, EPR) 的原則，透過產品生命週期之觀點，提升產品環境績效，藉以發展更環保之綠色產品。之後，歐盟陸續推行了多項廢棄物回收指令。其中，又以 EuP、RoHS 及 WEEE 等三項指令具有明確的管制標的與實施目標，其與產品貿易之行為亦息息相關，因而已成為歐盟目前最具實質影響力之指令，圖 4.1-2 說明了電機電子產業的發展趨勢及其環保壓力。



資料來源：楊致行，歐盟電機電子環保指令及其對我國產業的衝擊與因應，永續產業發展雙月刊，2004。

圖 4.1-2 生產/進口業者針對歐盟環保指令之因應

WEEE 指令已於 2003 年 2 月正式通過，成為歐盟 EU 2002/96/EC 指令，該指令主要內容包括：電機電子物品分類收集、回收、處理行為及使用者資訊提供的規定，其涵蓋範圍計有 10 大類，超過百項產品。而其主要宗旨係藉由 EEE（電機電子設備）產品回收率的提升，來達成以下目的：1. 削減 EEE 廢棄物的產量；2. 避免過多的 EEE 廢棄物進入掩埋場；3. 提升資源再利用之比率，以降低產品對環境之衝擊。依照 WEEE 的規定，所有生產與進口業者（品牌廠商）必需配合各國的回收系統，分別依照回收指標、財

務壓力及作業原則而達成 WEEE 的要求條件。RoHS 指令的目的在于減少廢舊電子電器產品中有毒物質對環境的影響。RoHS 指令的影響範圍和 WEEE 基本一致，涵蓋十大類電子電器產品。從 2006 年 7 月 1 日開始，進入歐盟市場的電子電器產品含有的 6 種有害物質不得超出指定標準，即在任何均勻材料(Homogeneous Material)中鎘的重量百分比不得超過 0.01%；鉛、汞、六價鉻與阻燃劑：多溴聯苯（Polybrominated Biphenyls，PBBs）和溴二苯醚（Polybrominated Diphenyl Ethers，PBDEs）的重量百分比不得超過 0.1%。

WEEE 及 RoHS 兩個指令都要求製造商對電子污染問題承擔責任，並規定產品進入歐盟市場必須達到 RoHS 指令要求，已經進入歐盟市場的企業則須履行 WEEE 指令的回收責任。根據歐盟委員會的要求，其各成員國必須在 2004 年 8 月 13 日之前依據 WEEE 指令和 RoHS 指令制定本國的相關法律，並在 2006 年 7 月 1 日正式實施；未能遵守此規範之電子電機設備產品將禁止於歐盟各國銷售。各國政府在指令的要求之下，需訂立本國的法規以確立對限用物質的監督作業，並執行相關的查核措施和管理制度。「危害物質限用指令」的最重要關鍵，乃在於管制作業必需配合對供應鏈體系的管理，逐層管制與查核這些限用物質的使用。





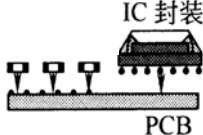

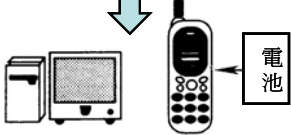
由於歐盟議會於 2003 年已通過了 WEEE 指令，如前所述，雖然該指令有明確的產品回收率規範，但卻未將相關的設計理念或設計規範納入該指令當中，有鑑於此，歐盟地區成員國於 2002 年 10 月推出「最終使用設備生態化設計」(Eco-Design of End Use Equipment) 指令的草案。並於 2005 年 8 月 11 日公告「使用能源產品生態化設計指令」(Directive of Eco-design Requirements of Energy-using Products, EuP)生效，預定 2007 年 8 月實施。經濟部工業局指出，這項新環保指令，將衝擊家電用品、消費電子等 14 類電器產品，對台灣輸歐產品的產值影響，估計將達 2,127 億元以上。

EuP 主要是針對生產能源產品的廠商，提出可以有效降低溫室氣體排放的生態化設計。由於涉及使用能源產品範圍相當廣，除了熟悉的家庭產品，如電視、冰箱外，一般電源供應器、照明設備等，都會面臨歐盟要求說明這些產品所使用的能源對生態產出的影響。依據該指令，製造商必須評估產品於整體生命週期中的環境考量，並將與產品相關的環保特性，以量化的方式建置成產品的生態說明書 (Ecological Profile)。此外，該指令明文規定產品製造商(Manufacturers)必須採用生命週期的思考方式，將生態化設計的要求(Requirement of Eco-Design)融入產品設計開發之中，尋求環境友善 (Environmental Friendly) 的可能替代技術，藉以提升產品的環境績效，開

發出更佳環境友善之產品。

從歷史上來看，在電子系統及元件上的貴重金屬和常用金屬，如金、鈹、銅和鉛，以及在產品所用的基材，或在印刷電路板(PCB)上的零件，從成本上考慮，都回收使用。然而，隨著技術的發展，貴重金屬和常用金屬越用越少，塑膠越來越多地替代產品中所用的基材，使用越來越便宜的元件縮短了產品的壽命，所以回收越來越不具有利潤上的吸引力。在另一方面，電子產品的產量以空前的速度在發展，但它們的使用壽命卻在縮短，加速了淘汰率。因此，在歐洲和日本，電子產品的回收面臨越來越大的壓力。在系統製造時，電子產品的設計就考慮到可回收性及環境問題。如圖 4.1-3 所示之電子產品生產時最常用的過程，考慮電子產品中的環境危害成分，從一塊積體電路開始，直到最終產品，如個人電腦或行動電話，圖中列出了需考慮的相關環境危害材料和可能的解決方案。而主機板位於電子產品生產的中下游，主機板業者對整個電子產品的供應鏈綠化及產品環保化設計也就佔了舉足輕重的地位。

目前，對主機板業者而言，最迫切需要的是符合 RoHS 對鉛及阻燃劑的要求，因此以下從整個電子元件及產品的供應鏈，即主機板組裝業的上、中、下游來考慮整體材料使用上的環境化設計，考量的供應鏈範圍包括積體電路製造、積體電路封裝、印刷電路板製造，尤其著重無鉛的替代技術及非鹵素阻燃劑的技術加以說明。

製造流程	環境相關的問題	可能的解決方案
 矽晶和積體電路	<ul style="list-style-type: none"> • 溶液 • 化學試劑 	<ul style="list-style-type: none"> • 使用無毒的溶液和化學試劑
  積體電路封裝和裝配	<ul style="list-style-type: none"> • 鉛(焊料) • 焊料清潔劑 	<ul style="list-style-type: none"> • 無鉛焊料 • 導電膠 • 減少焊料的使用
  IC 封裝 PCB 系統級電路板裝配	<ul style="list-style-type: none"> • 含鉛的焊料 • 焊料清潔劑 • PCB的鹵素阻燃劑 • 在裝配中溶劑溢出 	<ul style="list-style-type: none"> • 無鉛焊料 • 導電膠 • 不含鹵素的阻燃劑 • 無須溶液的印刷電路板製程
  系統級裝配	<ul style="list-style-type: none"> • 電池中的鎘 • 機殼的鹵素阻燃劑 	<ul style="list-style-type: none"> • 使用不含鹵素的阻燃劑

資料來源：John H. Lau, C. P. Wong, Ning Cheng Lee and S. W. Ricky Lee, Electronics Manufacturing with Lead-free, Halogen-free & Conductive-Adhesive Materials, McGraw-Hill company, USA, 2003.

圖 4.1-3 電子產品的生產流程及衍生的環境問題與可能的解決方案

1. 積體電路製造

絕大多數積體電路是在晶片上製造的，晶片的直徑可達 12 吋。一般來說，積體電路製造工廠非常乾淨，基本沒有環境的問題。但是，這種工廠消耗了太多的水、能源和自然氣體，並且產生了相當多的固體廢棄物，它們反過來影響了環境。這主要是由於積體電路的製造技術引起的，例如：(1)在尺寸減小到 0.13 μm 時，沉積超薄層和蝕刻電路圖形會導致能源高度密集和含氟化合物擴散；(2)晶片表面(超)淨化，需要使用大量的水；(3)化學機械拋光，需要大量的水，產生污泥。因此，積體電路製造廠家應該與生產儀器和材料的公司多多合作，創造出新的材料和製程來減少能源和水的消耗，並控制廢棄物和含氟化合物。

2. 積體電路封裝

當晶片加工好之後，需要晶片及接腳的連接。在晶片上的焊料是這些互連材料中的一種。目前已報導製作微細錫-鉛焊料的方法達 12 種之多。目前能提供不同種類焊料的公司有 Advanced Interconnect Solutions、Amkor Technology Inc.、Apack Technologies Inc.、Aptos Corp.、ASE Inc.、Carsem、Chipbond Technology Corp.、Fujitsu Ltd.、IC Interconnect、Kulicservices Ke & Soffa Flip Chip Division、Megic Corp.、Pac Tech Gmbh、SPIL Group、ST Assembly Test Ltd.、STECO 和 Advanced Semiconductor Packaging。

在晶片直接焊接封裝的應用中，帶焊料的晶片先直接放到印刷電路板(PCB)上；但是對於覆晶式封裝(Flip Chip in Package, FCIP)，倒裝芯片應先安裝在 FCIP 的襯底表面上，然後再將 FCIP 用焊料安裝在印刷電路板(PCB)表面上。由於一般都先焊接 FCIP，然後再焊接在印刷電路板(PCB)上，所以在 FCIP 上的焊料的熔點要高於在印刷電路板(PCB)上焊料的熔點。但是，如果密封劑使用得比較合適，也可以不用考慮這些問題。在 FCIP 封裝中，純錫(其熔點為 232°C)可用來充當焊料。然而，對很細的焊點，錫鬚可能使電路短路失效。

需要注意的是，目前有很多不同的無焊料的晶片級連接材料，如金鈕凸點、金凸點、銅凸點、鎳-金凸點、銅線和金微彈簧線等，這些都是無鉛的替代製程方法。此外，對絕大多數 FCIP，其封裝外殼一般由含阻燃劑的成型化合物製成，這也帶來了環保問題。

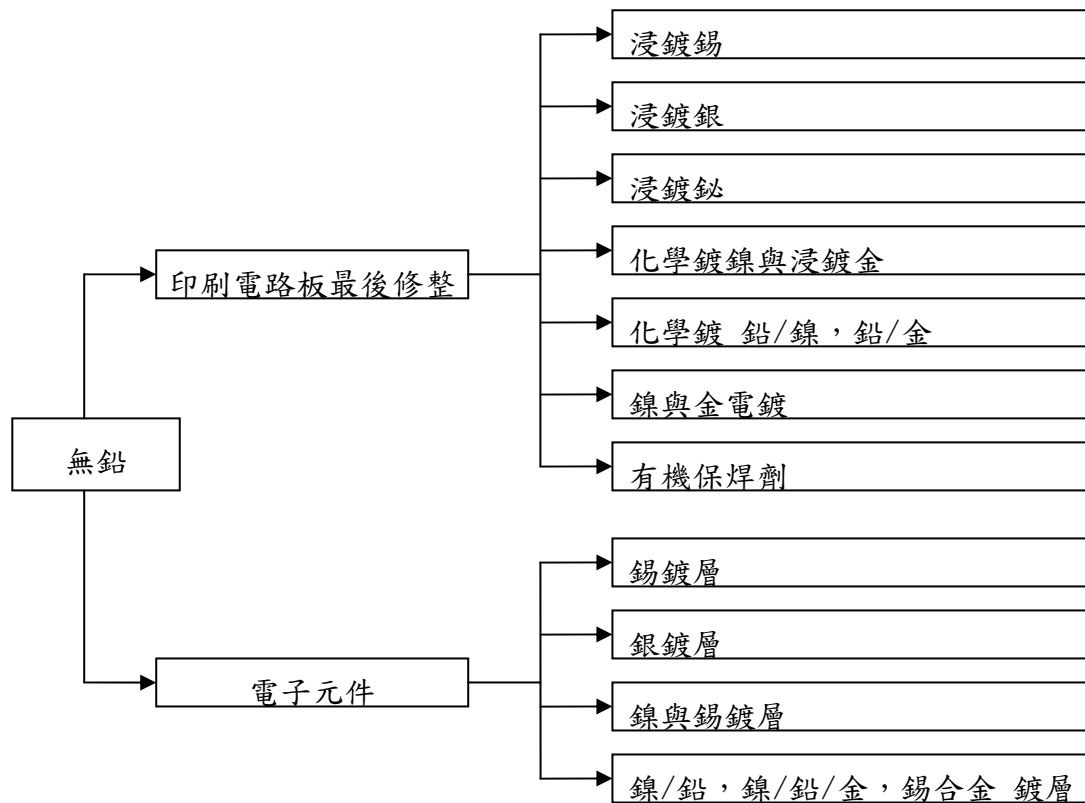
3. 印刷電路板製造

印刷電路板(PCB)是用來支持和連接電子產品的元件。與有機 FCIP 封裝中所用的雙馬來醯亞胺三氮雜苯(Bismaleimide Triazine BT)襯底材料不同(玻璃體相變溫度 $>180^{\circ}\text{C}$)，大多數印刷電路板(PCB)材料玻璃轉移溫度為 125°C ，這與無鉛表面組裝技術的要求相矛盾，在無鉛化組裝時，需要的溫度較高，可能會導致印刷電路板(PCB)材料的相變化。所以，對印刷電路板(PCB)要求無鉛焊接的話，就需要研究新的材料或新的製程方法。另外，一個關於印刷電路板(PCB)較嚴重的問題是印刷電路板(PCB)生產時使用溴化阻燃劑(BFR)，WEEE/RoHS 提議中禁用了很多材料，其中包含一些溴化阻燃劑。

印刷電路板(PCB)生產廠家不但消耗了水、能源和化學物質，而且產生了廢棄物。這些都是印刷電路板(PCB)的生產過程直接帶來的，包

括：1.鑽孔(耗能大而且產生了廢棄物)；2.電鍍製程(用了大量的水和有機、無機化學物質)；3.化學蝕刻(消耗了大量的水、能源和化學藥品等)。而通過微孔使內建層連接的多層印刷電路板(PCB)相對來說對環境的影響要少很多，這主要是因為所需要的孔比較小，同樣功能下，所佔面積比較小，而且由於使用了更高精度的儀器，對準的效果也會好一些。這樣一來，生產這樣的印刷電路板(PCB)所產生廢棄物就會少，而且原材料和能源的消耗也會少。

以下則就主機板組裝及電子元件的系統組裝，分別說明印刷電路板墊片無鉛表面處理、導線架無鉛電鍍、無鉛焊料、導電膠及非鹵素阻燃劑的技術。其中，無鉛替代技術是最主要的課題，如圖 4.1-4 所示，從印刷電路板墊片、導線架、元件等都需要焊料或其替代材料作為連接材料之用。



資料來源：鉛及六價鉻之替代材料及化學品，工研院材料所精密金屬材料化學實驗室研究報告，2004。

圖 4.1-4 印刷電路板及電子元件錫-鉛製程的替代技術

1. 印刷電路板墊片無鉛表面處理

占有傳統含鉛產品 25%含鉛量之印刷電路板的銅墊片表面處理方法中，電鍍鎳與金或無電鍍鎳化金的處理方式，在印刷電路板工業已經使用多年。然近幾年由於成本考量及無鉛焊料之焊接性問題，許多新興的表面處理方式，如：有機保焊劑(Organic Solderability Preservatives, OSPs)、浸鍍銀 (Immersion Silver)、以及浸鍍錫 (Immersion Tin) 等都快速發展之中(表 4.1-1 列出其優缺點)。據美國 Circatex 公司在 2003 年所做的預估，有機保焊劑(OSPs)技術在印刷電路板的市場占有率，在北美地區預計將由 2003 年的 19%增加到 2005 年的 22%；歐洲地區則由 2003 年的 5%快速增加到 2005 年的 10%。在北美洲，則以浸鍍銀的方式成長最快，其占有率達 7%，約為該方法在 2003 年之倍數；浸鍍錫的方式，成長率則約為 3%。

表 4.1-1 印刷電路板無鉛表面處理技術比較

技術 \ 項目	優點	缺點
噴錫HASL	製程簡單、成本低	不平整、高溫、線寬越細效果越差
有機保焊劑 OSP	製程簡單、成本低、均勻、可用於細線寬之PCB板	不可多次迴焊、對環境耐受性不佳
浸鍍錫 Immersion Tin	平整、均勻、可用於細線寬之PCB板、可多次迴焊、對環境耐受性佳，成本低	目前製程驗證中
Ni/Au	平整、均勻、可用於細線寬之PCB板、可多次迴焊、對環境耐受性佳	成本高、氰化物污染
Ni/Pd	平整、均勻、可用於細線寬之PCB板、可多次迴焊、對環境耐受性佳	成本高
浸鍍銀 Immersion Ag	可於空氣氛圍焊接，成本中等	銀有電致遷移之傾向，易有硫化銀產生

HASL：Hot Air Solder Leveling；噴錫

OSP：Organic Solderability Preservatives；有機保焊劑

資料來源：鉛及六價鉻之替代材料及化學品，工研院材料所精密金屬材料化學實驗室研究報告，2004。

有機保焊劑(OSPS)墊片處理技術，早在 1960 年代就有 Enthone 公司開發「Entek 處理法」，利用苯基連三連唑 (Benzotriazole, BTA) 材料在銅墊片加一層有機保護膜，到第四代有機保焊劑(OSPS)材料—衍生式苯基咪唑 (SBA) 在 1997 年開始量產，並在市場上占有相當之比例。2002 年時，日本四國化學更針對無鉛焊接開發第五代有機保焊劑(OSPS)產品系列，以 Aryl Phonylimidazole 類材料，達到更佳之耐熱性，裂解溫度可達 355°C，大幅增加其對銅墊片的抗氧化能力。

浸鍍銀與浸鍍錫的技術，其製造流程相對較為簡單，主要含銅表面的預清洗、微蝕、表面前處理、以及浸鍍等步驟。其中，浸鍍銀的鍍液以硝酸銀為主配方，焊接性良好且焊點強度也十分可靠。但純銀表面在空氣中易產生硫化及氧化的現象，所以需在浸鍍槽中添加有機抑制劑，來防止表面變色的情況。此外，為避免有機銀產生遷移現象 (Silver Migration)，浸鍍液中還需添加表面潤濕劑與緩衝劑等。而新興的浸鍍錫技術則是以硫脲 (Thiourea) 為主劑，鍍液穩定，焊錫性也較佳。不過浸鍍錫過程易造成綠漆變色或側蝕的問題，焊接後機板墊片與焊點間快速成長之脆性的介金屬層(IMC)，焊接性將受到影響。對於純錫電鍍層表面易產生錫鬚 (Tin Whisker) 的問題，也是浸鍍錫技術的一大隱憂。

2. 導線架元件無鉛電鍍

針對覆晶元件導線架之無鉛電鍍技術，較具潛力的幾種元件電鍍方式，包括有錫鈹、錫銀、錫銅、及純錫電鍍等。表 4.1-2 列出這幾種電鍍方式的比較，其中錫鈹電鍍雖然熔點較低，但由於鈹是鉛礦開發所衍生的副產品，其價格勢必因鉛的減產而提高，且錫鈹焊點的脫層問題也是不可被忽視的。錫銀電鍍之價格稍高，且因含有銀，在廢液回收時程序較為複雜。錫銅電鍍的焊接性好且性質穩定，但因銅的含量少 (0.7%)，故製程控制不易，且亦有錫鬚的問題產生。而純錫電鍍其焊接性優良且價位低，製程技術穩定是歷史最久的電鍍方式。

電鍍方式可分為熱浸泡 (Hot Dip) 及電解沉積法 (Electro Deposited) 兩大類；前者價格便宜，而且電鍍後之表面色澤光亮，一般稱之為亮錫 (Bright Tin)，但此技術極易產生錫鬚的問題，給業者帶來極大的困擾。但近年來，技術的重點發展較著重電解沉積法，這類的電鍍技術，又稱為霧錫 (Matte Tin) 電鍍。由於霧面的外觀較不吸引人，工業界又常在鍍液中添加有機亮光劑，使表面呈現光澤，並改善表面錫的樹狀突組織 (Tin Dendrites)，及期待改善錫鬚的問題。

表 4.1-2 無鉛電鍍技術之比較

比較項目	錫鉛	錫鈹	錫銀	錫銅	純錫
熔點 (°C)	183	138	221	227	232
焊接性	優良	可	不良	可	優良
焊點強度	可	可	可	可	可
材料特性	高信賴度	低熔點	高熱阻性	穩定鍍液	穩定鍍液
價格 (相對於錫鉛)	1	1.2~1.5	1.2~1.5	1.0~1.2	1
技術現況	現有成熟技術	已有部分應用產品，但以日本公司為主	仍在驗證中，以 DIP 元件之導線架預鍍方式為主	驗證中	已有部分應用產品，針對錫鬚的問題仍在驗證中
其他議題	鉛成分有環保議題的問題	有鉛污染時，以產生脫層的現象。鈹的來源為鉛礦開採支副產品，未來將受簽的禁用限制	合金含貴金屬成分，回收階段將面臨困難	有變色及錫鬚的問題，製程參數控制較難	有錫鬚的問題，但目前部分技術可有效抑制錫鬚的成長

資料來源：咎世蓉，環保型電子產品的材料趨勢，工安環保報導，第 12 期，2004 年 8 月。

3. 無鉛焊料

成本較低的錫-鉛焊料作為連接材料在電子工業已經使用很多年了，其獨特的物理特性(相對較低的熔點)和機械特性(較好的熱疲勞可靠性)，促成了印刷電路板(PCB)成為主要的組裝選擇，提供了具創意的先進封裝技術發展的機會，如覆晶式封裝、球陣列封裝、晶片級 IC 尺寸封裝等。在這些封裝技術中，錫-鉛焊料是印刷電路板(PCB)安裝的電子和機械「膠水」。目前的電子產品中，含鉛成分的分佈以鉅錫接點為主，約占全部的 70%含量，其次為印刷電路板所使用的表面處理材料約占 25%，另外有 5%則是存在於元件導線架之電鍍層上。其實，既然鉛-錫焊料較容易回收，如果生產過程能夠很好的控制，並且產品能夠回收的話，使用它應該對環境沒有多大危害。在每年所生產的 500 萬噸鉛中，只有 0.5%用在電子產品的焊料中。然而，人們在考慮人體健康時，

這很小一部分的鉛焊料比蓄電池中的鉛所帶來的影響仍然不可忽視。蓄電池中的鉛幾乎是百分之百回收的，雖然在電子產品中，如電視機、冰箱、計算機和電話中含鉛量非常低，但當這些電子產品被廢棄後，往往採用垃圾掩埋法，容易造成環保問題。

現在有兩種材料，分別是導電膠和無鉛焊料，可能可以取代無鉛焊料。關於無鉛焊料，早期美國國家製造科學中心（National Center for Manufacturing Sciences, NCMS）在 1997 年，曾建議錫鉍（Sn-5.8Bi）、錫銀鉍（Sn-2.5Ag-4.8Bi）、以及錫銀（Sn-3.5Ag）等合金為 3 種最具潛力之無鉛焊料。2000 年之後，在美國國家電子製造業創進會（National Electronics Manufacturing Initiative, NEMI）與英國 Soldertec Ltd. 等單位分別提出以錫銀銅（Sn - [3.4-4.1] %Ag - [0.45-0.9] %Cu）合金來替代錫鉛合金之建議後，錫銀銅合金已成為無鉛焊料的主流產品。大多數無鉛焊料，尤其是最有應用前景的錫-銀-銅-其他（Sn-Au-Cu-X）這一族，其熔點為 213°C，高於錫-鉛熔點的 183°C，顯然，這種焊料熔點高，製作印刷電路板(PCB)時的製程溫度就要相應提高。對錫-鉛焊料，最高迴流焊接溫度為 220°C，而 Sn-Au-Cu 的迴流焊接溫度為 260°C，因此，為了應用無鉛焊料，印刷電路板(PCB)及其上所有元件都必須能承受這麼高的溫度，這樣不但需要材料、設備、元件和印刷電路板(PCB)等方面的支持，而且增加了成本，降低了可靠性。同時，需要消耗更多的能量，也存在相對應的環保問題。

錫-鉛焊料有豐富的可靠性實驗和模型數據，與之相比，無鉛焊料出現時間相對較短，可靠的和令人信服的數據並不多。因此，在運輸及使用含無鉛焊料的電子產品時，在可靠性方面就有一定的風險存在。錫-鉛焊料作為二族材料，其成分比較容易控制，而絕大多數無鉛焊料都至少由三種材料構成(J. H. Lau 列出了上百種無鉛焊料)，在成分和含量上很難保持一致，在製程開發的初期，給生產控制過程帶來了難度，增加了相應的廢品率。由於無鉛焊料的較高熔點，給更換元件帶來了困難，導致了更高的產品失效率。並且，拆卸也變得比較困難，限制了電子產品的維修保養的便利。

如表 4.1-2 所示，有很多的錫-鉛合金焊料的取代技術持續在研究中，製程參數(如迴流溫度、預熱溫度、焊劑類型、爐中氣體或產品烘乾時間和溫度等)有需要加以調整。雖然已經有了應用無鉛焊料裝配的電子產品，但對很多電子產品來說，產率仍然是一個限制其應用的瓶頸，目前仍在努力尋找合適的替代材料。所有提出的替代錫-鉛合金的

方法都繼續保留錫，做為焊料中的主要成分，這是因為錫成本低、熔化溫度低，氧化電阻高，焊接性能也較好，如吸濕性等。最近的研究主要集中在如何形成一個合適的元素，能夠和錫進行合金。研究範圍集中在十幾種元素中。接受或否定的標準包括毒性、成本、性能和可利用程度。

4. 導電膠

除了無鉛焊料之外，另外一種可能替代錫鉛焊料的材料是導電膠。最近，從環保方面的考慮，使得非焊接材料，如膠、黏合劑等，正被考慮用來在印刷電路板(PCB)上或基材上組裝元件。目前有很多種不同的膠(黏合劑)，包括等向性導電膠(Isotropic Conductive Adhesives, ICAs)、非等向性導電膠(Anisotropic Conductive Adhesives, ACAs)和非導電膠(Non-Conductive Adhesives, NCAs)。詳細說明如下。

(1) 等向性導電膠(ICAs)

等向性導電膠(ICAs)被研究用來替代合金焊料 (63%Sn, 37%Pb)，等向性導電膠通常由帶 Ag-Pd 顆粒填充料的環氧材料製成。使用這種聚合物材料的主要優勢在於它具有低的基材應力和低的製程溫度。大多數導電膠是填銀的環氧樹脂，帶有重量 65%以上的填料。為了得到高的導電率而採用銀片。應用 ICAs 最常用的方法是在 ICAs 材料浸上金、銅或鎳-金凸點，通過絲網印刷或絲網轉印技術，把 ICAs 應用到印刷電路板(PCB)或基材材料的焊點上。

雖然等向性導電膠所提供的電子導電率接近於焊料所能達到的 ($<5\text{m}\Omega/4\text{mil}\times4\text{mil}$ 凸點)，但仍局限於小量應用，例如應用在低溫下裝配的光學元件中。在 SMT 裝配中，用導電膠替代傳統焊料就呈現出特性不足的問題，可能會帶來可靠性和裝配效率等方面的下降。從經濟觀點來考慮，填銀環氧成本較高，這些材料價格在 \$2.50/cc~\$7.00/cc 之間，而焊料價格只有 \$0.55/cc。另外，由於填料含量過高，填銀環氧較易脆裂，與含鉛焊料不同，由於它們的表面能低，不具備自對準(Self-alignment)能力。還有其他缺點，包括不能重複使用以及可能發生銀遷移，造成電子零件失效等問題。

(2) 非等向性導電膠(ACAs)

非等向性導電膠(ACAs)是非等向性導電的，只在垂直方向導電，因此也把 ACAs 稱為 Z 軸導電材料。目前有兩組非等向性材料，分別是非等向性導電薄膜(ACFs)和非等向性導電膠(ACPs)。非等向性導電薄膜(ACFs)看上去像一張紙，由熱硬化膠、導電微粒(固態或鍍的球型塑膠)和釋放層所組成；非等向性導電膠(ACPs)則看上去像膠帶，由熱硬化膠和導電微粒組成。對於以上兩種膠，其中所用的固體材料都是金、鎳和焊料。

非等向性導電膠應用在需要低溫組裝的環境中。因為高的焊料迴流溫度可能損壞元件，它們主要用在 LCD 顯示驅動器上。非等向性導電膠可能永遠不能取代連接用的焊料，這是因為在它們組裝時需要大的壓力，並且在產率和可靠性方面也有待提高。同時，由於濕度吸附、裂縫和膨脹等，使彎曲的 ACAs 環氧樹脂容易失效。

(3) 非導電膠(NCAs)

非導電膠(NCAs)則以平常方式填裝，沒有導電能力，由熱硬化膠和不導電的填料組成，一般來說，應用在覆晶焊接的擴散黏結(金屬在真空中加壓。相互擴散而黏結)和焊料連接可靠性方面。在使用 NCA 之後，膠將收縮，使凸點和焊點呈被壓縮狀態，並可提高長期的可靠性。

5. 非鹵素阻燃劑

對大多數電子產品來說，聚合物是一種非常重要的材料，它可應用在 IC 封裝的成型化合物上，也可應用在基板材料(環氧樹脂)上。既然許多聚合物易燃，它們在電子產品中充當著熱源，所以 IC 封裝和印刷電路板(PCB)中，需要使用含阻燃劑的材料。另外，由於聚合物對環境貢獻較小，而且處理廢棄電子產品時，普遍採用掩埋法，輿論總認為聚合物不利環保。

長久以來，電子產品中一直使用鹵素阻燃劑。鹵族元素，包括氟、氯、溴、碘、砷等，是一族非金屬元素。直到現在，鹵素仍被做為滅火材料。它們通常以在印刷電路板(PCB)上作為覆蓋層的方式參與到整個電子系統中來。雖然鹵素是非常有效的阻燃劑，它們對人體和環境的負面影響非常大。所有這些鹵素阻燃劑對人體和環境都是有害的，雖然其中溴阻燃劑(BFR)被認為是較安全的，但將鹵素元素替換掉的議題一直被討論。應用在印刷電路板(PCB)上的，主要是含有四溴雙酚 A(TBBPA

或 TBBA)的酚醛塑料(BFR 中的一種)。

然而，根據 WEEE/RoHS，電子產業，尤其是日本和歐洲，做了很大的努力來尋找 BFR 的替代品。縱使合適的替代物相當缺乏，最近幾年，美國的一些公司和協會提出了不少的建議(如表 4.1-3 所示)，包括含磷或氮的環氧樹脂、水合氧化鋁、氫氧化鎂、其他高密度聚合物，但每一種都有自身的缺點。例如，磷成本比較高，在濕度較高的時候具有較大的漏電流，而水合氧化鋁和氫氧化鎂，則呈現出流變學方面的問題。

表 4.1-3 電子產品用非鹵素樹脂材料

可替代的非鹵素技術	需要考慮的問題
磷和氮調整過的環氧樹脂	在燃燒時，磷也是有毒的，這樣的技術使成本提高了 30%，而且會導致潮濕條件下漏電
水合氧化鋁 氫氧化鎂	由於阻燃劑能力相對較低，因此需要非常高的填料率。由於高的黏滯係數，當聚合物的含量較高時，會造成應用的困難；而且這些阻燃劑在相對低溫的情況下會釋放水分，導致熱阻下降
高碳環密度的聚合物 (天然的阻燃劑)	完全不同的聚合物化學物質，與現有的技術不容易兼容

資料來源：John H. Lau, C. P. Wong, Ning Cheng Lee and S. W. Ricky Lee, Electronics Manufacturing with Lead-free, Halogen-free & Conductive-Adhesive Materials, McGraw-Hill company, USA, 2003.

雖然這些鹵素替代物的實用還有很多困難，仍然有許多公司開始生產不含鹵素的印刷電路板(PCB)，而最初這些是從日本生產消費類電子的公司開始的，這些印刷電路板(PCB)使用在銷往歐洲市場的幾種消費類電子產品中。1998 年，一個日本公司宣布生產出了世界上第一台使用不含鹵素的主機板製造的 PC，其樹脂中含有氮和磷基的阻燃劑。同時他們也在尋找能夠為他們提供樹脂和印刷電路板(PCB)的公司。歐洲和美國的其他公司也計畫在行動電話中使用不含鹵素的印刷電路板(PCB)。

據估計，與一般溴化印刷電路板(PCB)相比，不含鹵素的印刷電路板(PCB)的價格要高 10%~20%，而隨著不含鹵素印刷電路板(PCB)產量的增

加，價格也將降低。其他電子設備生產商也需要考慮這個懸而未決的環境議案，這個議案對不含鹵素的電路板產生了許多要求，從而刺激了不含鹵素樹脂的需求。日本的公司相信在這方面的起步能夠贏得在歐洲足夠的重視，而這可以擴大日本的出口市場額度。例如，Toshiba、Sony 和 Nortel Networks 使用了無鹵素的印刷電路板(PCB)，Sumitomo、Nitto Denko 和 Kumgang Korea Chemical 則提供 IC 封裝中無鹵素的成型複合物材料。

4.2 廠內管理

企業擬建立良好的環境管理，必須先瞭解企業運作對環境可能產生的衝擊，因此需先瞭解產業製程及污染源。國內主機板之主要製造流程如圖 4.2-1 所示，其製程污染物之種類及產生源之內容參見表 4.2-1。

為達成清潔生產與永續經營目標，於主機板製造及廠內管理的各個環節，均需注重節能減廢、清潔生產與環境保護等要項。可藉由良好的預防及管理措施，逐步改善問題，持續提升環境績效。以產業別而言，雖然主機板組裝業不屬於高污染行業，但對有心於環境管理的業者而言，仍有許多值得關心與改善的空間，如：鉛錫廢氣、生活污水處理、廢棄物分類及管理、有機溶劑使用、管理、用水及用電減量等。以下分別就主機板組裝業之能源/資源使用管理、水污染防治、空氣污染防制、噪音污染管制、廢棄物清理、化學物質管理，以及其他相關之廠內環境管理措施說明如後：

4.2.1 能源/資源使用管理

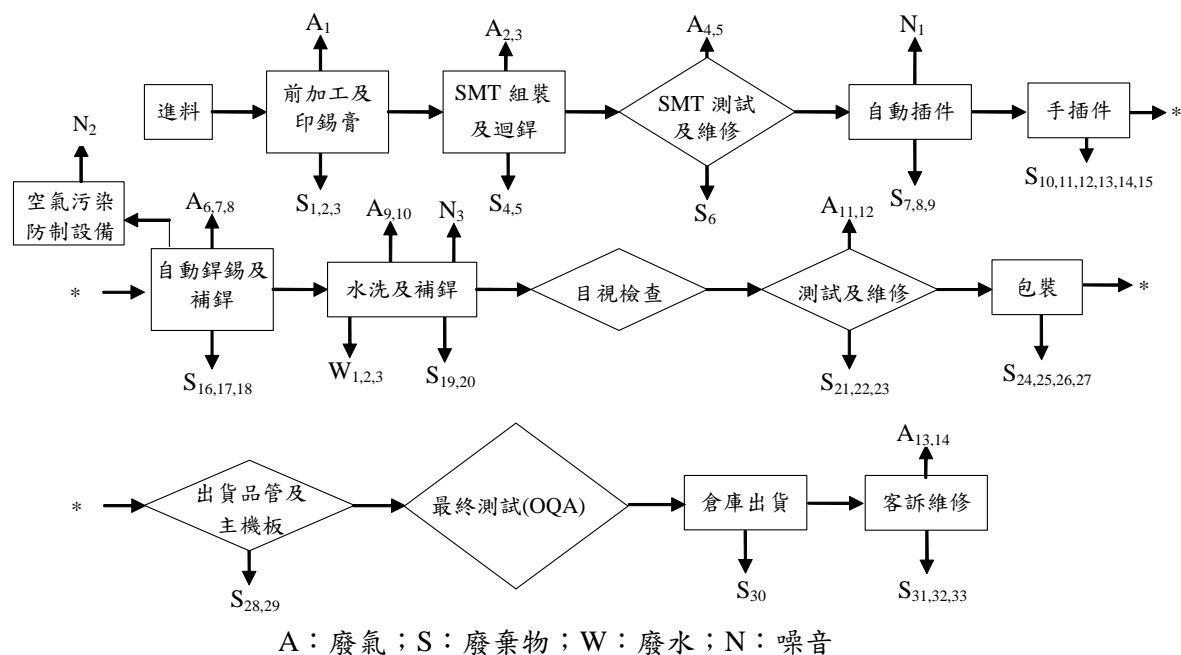
一般而言，能源/資源使用管理，可分為用水、用電及原物料管理等三大項。主機板組裝業之用水主要為生活用水，若製程中有水洗製程才會產生製程廢水；惟近年來，部分業者已改用免水洗製程，故生活用水之減量管理愈形重要。許多家庭與辦公室的節水方法皆可應用在主機板製造廠，例如水龍頭、馬桶、清掃、植栽與空調冷卻水塔等用水減量措施。

主機板組裝業的主要用電為空調設備、鉛錫爐、烘烤、製程設施與照明等。而在原物料的採購、管理與使用方面，則應考量其對環境產生的直接與間接影響。例如：

- 1.要求原物料供應商提供較具環保性的產品。
- 2.要求原物料供應商對原物料的包裝材料予以減量化。
- 3.是否採購含低毒性或更清潔之產品。

4.成品/原料貯存是否適當。

此外，須特別注意諸如因火災、盛裝容器破裂造成散落之意外事件，而造成空氣污染、水污染及財務損失等問題。有關廢棄物處理議題亦常會被忽略，因此，諸如過期、失效之成品/原料、空桶、廢包裝材等的處理及處置，更應特別注意。



資料來源：經濟部工業局，環境管理系統建制指引—資訊業，2000。

圖 4.2-1 主機板製程污染源

表 4.2-1 主機板製程污染物之種類及產生源

單元 作業	污 染 符 號	污 染 物 種 類	單元 作業	污 染 符 號	污 染 物 種 類	單元 作業	污 染 符 號	污 染 物 種 類
前加工 及印錫 膏	A1	去漬油氣體		S13	塑膠盤		A11	助銲劑氣體
	S1	錫膏		S14	塑膠袋		A12	去漬油氣體
	S2	料帶		S15	銅鐵腳		S21	擦拭布
	S3	擦拭布		A6	銲料廢氣		S22	探針
SMT 組裝及 迴銲	A2	去漬油氣體	自 動 銲 錫 補 及 銲	A7	稀釋劑氣體	測試維 修	S23	廢零件
	A3	助銲劑氣體		A8	助銲劑氣體		S25	紙箱
	S4	錫膏		S16	錫渣		S26	貼紙
	S5	齒輪機油		S17	印刷電路板邊 (不 含 重 金 屬)		S27	紙張
SMT 測試維 修	A4	去漬油氣體		S18	空桶	出貨品 管	S28	紙張
	A5	助銲劑氣體		N2	噪音 (空污設 備)		S29	貼紙
	S6	錫渣		W1	水洗機廢水	倉庫出 貨	S30	棧板
自動插 件	N1	噪音	水 洗 及 補 銲	W2	鹽酸	客訴維 修	A13	助銲劑氣體
	S7	銅鐵腳		W3	液鹼		A14	去漬油
	S8	紙箱		S19	錫渣		S31	錫渣
	S9	料帶		S20	銅鐵腳		S32	廢印刷電路 板 (內層含銅)
手插件	S10	保麗龍		N3	噪音 (水洗機)		S33	擦拭布
	S11	紙箱		A9	銲料廢氣			

資料來源：經濟部工業局，環境管理系統建制指引—資訊業，2000 年 5 月。

4.2.2 水污染防治

一般而言，由於主機板製造廠的主要廢水為生活污水，而業者常對事業廢水之定義及分類，感到困擾。因此，以下轉載「事業水污染防治措施管理辦法」中對事業廢水之規定。

第 3 條 事業廢水類別如下：

- 一、作業廢水：指事業於製造、加工、修理、處理、操作、冷卻、沖洗、逆洗、治療、提供服務、畜殖、自然資源開發過程或其他作業時所產生與人或物直接接觸之廢水。
- 二、洩放廢水：指自事業循環用水中洩放，以減低循環過程累積於用水中污染物含量之廢水。
- 三、未接觸冷卻水：指於熱交換管線內專供溫度交換之水。
- 四、逕流廢水：指因雨水沖刷戶外設施、建築物表面或戶外作業環境之地面及原物料，而產生帶有污染物之廢水。

前項第一款所稱之物，包括原料、中間產物、產品、副產品、廢棄物、廢氣、動植物或其他物品。

一般而言，水洗製程的廢水包括：水洗廢水及純水反洗廢水。其中，若純水是以陰陽離子交換樹脂製造者，則反洗廢水為酸鹼性廢水；若純水係以逆滲透方式製造者，則反洗廢水中主要的污染物為懸浮固體。對工業區內之工廠而言，生活污水多為納管至工業區廢水處理廠處理；單獨排放者，則多採化糞池處理。不論是以何種方式處理，都應符合放流水標準，其排放標準如表 4.2-2 所示。於廢水處理方面，須注意廢（污）水處理設施發生故障時，須立即向當地主管機關以電話或電傳報備，並在故障發生 24 小時內恢復正常操作，或於恢復正常操作前減少、停止生產及服務作業。

表 4.2-2 主機板組裝業適用之放流水標準

(單位：氫離子濃度指數、真色色度：無單位；大腸菌類：個/ml；其餘各項目：mg/l)

適用範圍		項目	最大限值
事業污水下水道系統 及建築物污水處理設 施之廢污水共同適用		水溫	1.放流水排放至非海洋之地面水體者： (1) 38℃以下（適用於5月至9月）。 (2) 35℃以下（適用於10月至翌年4月）。 2.放流水直接排放於海洋者，其放流水溫不得超過42℃，且距排放口500公尺處之表面水溫差不得超過4℃。
		氫離子濃度指數	6.0~9.0
		油脂（正己烷抽出物）	10.0
其他工業		生化需氧量	30
		化學需氧量	100
		懸浮固體	30
		真色色度	550
建築物	流量大於250立方公尺/日	生化需氧量	30
		化學需氧量	100
		懸浮固體	30
		大腸菌類	200,000
污水處理設施	流量介於250~500立方公尺/日	生化需氧量	50
		化學需氧量	150
		懸浮固體	50
		大腸菌類	300,000
設施	流量小於50立方公尺/日	生化需氧量	80
		化學需氧量	250
		懸浮固體	80

資料來源：行政院環境保護署，放流水標準，2003。

4.2.3 空氣污染防治

主機板組裝業會產生空氣污染的製程不多，防制重點在迴錒爐及錒錫爐製程產生之廢氣，可能的空氣污染物包括鉛以及粒狀物。根據「固定污染源空氣污染物排放標準」，鉛於排放管道的排放標準為 10 mg/Nm^3 ，在周界的排放標準為 $10 \mu\text{g/Nm}^3$ ；粒狀物的排放標準則依排放管道不同而異，如表 4.2-3 所示。一般而言，若選用適當之助錒劑，則錒錫爐的廢氣污染物濃度應會低於固定污染源空氣污染物排放標準。部分主機板製造廠設置活性碳吸附設備以處理廢氣，至於，是否需設置活性碳吸附設備，應視現場之排氣濃度檢測結果而定，而非一味設置防制設施，反而易衍生後續廢棄物（廢活性碳）的處理問題，並損耗抽風機動力。

另外，固定污染源若因突發事故，大量排放空氣污染物時，負責人應立即採取緊急應變措施，並於 1 小時內通知當地主管機關；前項情形，主管機關除命其採取必要措施之外，並得命其停止該固定污染源之操作，必要時須進行人員疏散。而其中所稱負責人係指突發事故之當日現場，對該公私場所固定污染源負有操作或管理責任層級最高之人員。

表 4.2-3 粒狀污染物排放標準

空氣污染物	排放標準			備註
	排放管道		周界	
粒狀污染物 (重量濃度)	排氣量 Q (Nm ³ /min)	濃度 C(mg/Nm ³)		標準(1)中未表列者 以下式計算之 $C=1372.6Q^{-0.297}$ 標準(2)中未表列者 以下式計算之 $C=1860.3Q^{-0.386}$
		(1)	(2)	
	30 以下	500	500	
	50	430	411	
	100	350	314	
	200	285	241	
	300	252	206	
	500	217	169	
	800	189	141	
	1,000	176	129	
	2,000	144	99	
	3,000	127	85	
	5,000	109	70	
	8,000	95	58	
	10,000	89	53	
	20,000	73	41	
	30,000	64	35	
	50,000	55	29	
	70,000 以上	50	25	

註：1.周界：指公私場所所使用或管理之界線。

2.排放管道之濃度排放標準 C(2)適用範圍：自 88.06.30 發布日起，位於全國地區之新污染源，及位於台北縣、高雄縣、屏東縣、台東縣、花蓮縣、台北市、高雄市之既存污染源。

3.排放管道之濃度排放標準 C(1)適用範圍：除 C(2)適用範圍外，其他地區皆適用。

資料來源：行政院環境保護署，固定污染源空氣污染物排放標準，2002。

4.2.4 噪音污染防治

依據噪音管制法及噪音管制標準，工廠之噪音管制標準如表 4.2-4 所示。

至於工廠屬第幾類管制區，則依直轄市及縣（市）主管機關劃分規定。依「噪音管制標準」規定，噪音測量地點除在陳情人所指定居住生活之地點外，以工廠周界外任何地點均可測定之。一般而言，主機板組裝業產生之噪音，如：空壓機房之噪音、設備運轉之噪音、鉚錫及組裝產生之間歇性噪音一般不會擴至廠外。因此，廠內可購買或商借噪音量測儀器，定期量測並記錄備查即可。

表 4.2-4 噪音管制標準

<div> <div>頻率</div> <div>音量</div> <div>時段</div> <div>管制區</div> </div>	20 Hz 至 200 Hz，自中華民國 97 年 1 月 1 日施行			20Hz 至 20kHz		
	日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間
第一類	42	42	39	50	45	40
第二類	42	42	39	60	55	50
第三類	47	47	44	70	60	55
第四類	47	47	44	80	70	65

註：日間：第一、二類指上午 6 時至晚上 8 時。

第三、四類指上午 7 時至晚上 8 時。

晚間：第一、二類指晚上 8 時至晚上 10 時。

第三、四類指晚上 8 時至晚上 11 時。

夜間：第一、二類指晚上十時至翌日上午六時。

第三、四類指晚上十一時至翌日上午七時。

資料來源：行政院環境保護署，噪音管制標準，2006。

4.2.5 廢棄物處理

1. 廢棄物分類

由於，台灣地區地狹人稠，廢棄物處理問題已成為最嚴重的環保問題，修改後的廢棄物清理法，已將廢棄物減量與處理的責任加諸於製造業者。因此，業者不僅須積極藉由工業減廢減少廢棄物產生，做好分類回收與資源化，更應藉由環境管理系統，加強對清除處理業者的監督與管理，以確保廢棄物妥善處理。

主機板業之事業廢棄物大體上可區分下列兩類：

- (1)生活廢棄物：員工生活及辦公室廢棄物（飲料罐、廢紙、保麗龍餐具與塑膠袋等）；此類廢棄物均屬一般事業廢棄物。
- (2)製程廢棄物：包括銅鐵腳、板邊、廢線材、廢錫渣、貼紙、廢電子零件、廢罐、廢探針、廢治具、廢機油、廢料帶、塑膠盤、PVC管、紙箱、保麗龍、廢包裝材、廢棧板、廢水處理污泥、廢化學物質與廢空桶等。

其中，依「有害事業廢棄物認定標準」，可能被歸類為有害事業廢棄物者，包括：含重金屬之污泥、錫渣/錫膏、廢印刷電路板(PCB)邊（含銅）與下腳料等。廠商可委託合格之檢驗業者做溶出試驗，以確定是否屬有害事業廢棄物。

2. 廢棄物之貯存、清除與處理

有關一般事業廢棄物及有害事業廢棄物之貯存、清除、處理方式整理如下：

(1) 事業廢棄物之貯存

A. 一般事業廢棄物之貯存方法，應符合下列規定：

- 應依事業廢棄物主要成分特性分類貯存。
- 貯存地點、容器、設施應保持清潔完整，不得有廢棄物飛揚、逸散、滲出、污染地面或散發惡臭情事。
- 貯存容器、設施應與所存放之廢棄物具有相容性，不具相容性之廢棄物應分別貯存。
- 貯存地點、容器及設施，應於明顯處以中文標示廢棄物名稱。

B. 一般事業廢棄物之貯存設施，應符合下列規定：

- 應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設備或措施。

- 由貯存設施產生之廢液、廢氣、惡臭等，應有收集或防止其污染地面水體、地下水體、空氣、土壤之設備或措施。
- C. 有害事業廢棄物之貯存方法(感染性事業廢棄物除外)，應符合下列規定：
- 應依有害事業廢棄物認定方式或危害特性分類貯存。
 - 應以固定包裝材料或容器密封盛裝，置於貯存設施內，分類編號，並標示產生廢棄物之事業名稱、貯存日期、數量、成分及區別有害事業廢棄物特性之標誌。
 - 貯存容器或設施應與有害事業廢棄物具有相容性，必要時應使用內襯材料或其他保護措施，以減低腐蝕、剝蝕等影響。
 - 貯存容器或包裝材料應保持良好情況，其有嚴重生鏽、損壞或洩漏之虞，應即更換。
 - 貯存以 1 年為限，其須延長者，應於期限屆滿 2 個月前向貯存設施所在地之地方主管機關申請延長，並以 1 次為限，且不得超過 1 年。
- D. 有害事業廢棄物之貯存設施(感染性事業廢棄物除外)，應符合下列規定：
- 應設置專門貯存場所，其地面應堅固，四周採用抗蝕及不透水材料襯墊或構築。
 - 應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設備或措施。
 - 由貯存設施產生之廢液、廢氣、惡臭等，應有收集或防止其污染地面水體、地下水體、空氣、土壤之設備或措施。
 - 應於明顯處，設置白底、紅字、黑框之警示標誌，並有災害防止設備。
 - 設於地下之貯存容器，應有液位檢查、防漏措施及偵漏系統。
 - 應依貯存事業廢棄物之種類，配置監測設備、警報設備、滅火、照明設備或緊急沖淋安全設備。
 - 屬有害事業廢棄物認定標準所認定之易燃性事業廢棄物、反應性事業廢棄物及毒性化學物質廢棄物，應依其危害特性種類配置所須之監測設備。其監測設備得準用毒性化學物質管理法、勞工安全衛生法之監測設備規範。

(2) 事業廢棄物之清除

- A. 一般事業廢棄物之清除，應符合下列規定：

- 清除事業廢棄物之車輛、船隻或其他運送工具於清除過程中，應防止事業廢棄物飛散、濺落、溢漏、惡臭擴散、爆炸等污染環境或危害人體健康之情事發生。污泥於清除前，應先脫水或乾燥至含水率百分之 85 以下；未進行脫水或乾燥至含水率百分之 85 以下者，應以槽車運載。
- 不具相容性之事業廢棄物不得混合清除。
- 事業機構自行或委託清除其產生之事業廢棄物至該機構以外，應記錄清除廢棄物之日期、種類、數量、車輛車號、清除機構、清除人、處理機構及保留所清除事業廢棄物之處置證明。
- 前項資料應保留 3 年，以供查核。

B. 有害事業廢棄物之清除，應符合下列規定：

- 清除有害事業廢棄物之車輛應符合以下規定：應標示機構名稱、電話號碼及區別有害事業廢棄物特性之標誌。隨車攜帶對有害事業廢棄物之緊急應變方法說明書及緊急應變處理器材。
- 清除有害事業廢棄物於運輸途中有任何洩漏情形發生時，清除人應立即採取緊急應變措施並通知相關主管機關，產生有害事業廢棄物之事業機構與清除機構應負一切清理善後責任。
- 事業自行或委託清除機構清除有害事業廢棄物至該機構以外之貯存或處理場所時，須填具一式六聯之遞送聯單。但屬依本法第三十一條第一項公告應以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出、輸入、過境或轉口情形之事業或自行向主管機關申請改以網路傳輸方式申報者不在此限。

C. 有害事業廢棄物遞送六聯單之管理

- 遞送聯單經清除機構簽收後，第一聯由事業於 7 日內送產生廢棄物所在地之主管機關以供查核，第六聯由事業存查，第二聯至第五聯由清除機構於 2 日內送交處理機構簽收，清除機構保存第五聯。處理機構應於處理後 7 日內將第三聯送回事業，第四聯送事業所在地之主管機關以供查核，並自行保存第二聯；其為採固化法、穩定法或其他經中央主管機關公告之處理方法處理有害事業廢棄物之處理機構，應同時檢附最終處置進場證明。
- 有害事業廢棄物輸出國外處理前之暫時貯存免填第二聯及第三聯，第四聯由清除機構於廢棄物運至貯存場所後簽章填送。

- 有害事業廢棄物送達處理機構時，處理機構應立即檢視有害事業廢棄物成分、特性、數量與遞送聯單及契約書是否符合，若所載不符者，應於翌日起 2 日內，請清除機構或事業補正，並向當地主管機關報備。
- 事業於有害事業廢棄物清運後 35 日內未收到第三聯者，應主動追查委託清除之有害事業廢棄物流向，並向當地主管機關報備。
- 事業自行清除、處理有害事業廢棄物者，其填具一式六聯之遞送聯單，應由執行清除、處理者簽章再經事業簽章後，依第一項至前項規定程序辦理。第一項及前項之遞送聯單，應保存三年，以供查核。遞送聯單之寄送日期，適逢假日時，得順延至次一工作日。

D. 網路傳輸方式申報應注意之事項

- 事業機構：應於每月 5 日前連線申報其前月月底廢棄物貯存於廠內之貯存情形資料。
- 清除、處理與再利用者：應於每月 5 日前連線申報其機構內接受指定公告事業前月月底廢棄物貯存情形資料。
- 運總里程數申報：廢棄物清除及清理機構申報，應於每月 10 日前依規定主動申報其許可清除機具前月份行駛之總里程數。
- 處理後產品銷售流向與庫存申報：公民營廢棄物處理及清理機構所收受之廢棄物，如經處理後可轉變成原物料、半成品或成品並有銷售行為者，應於每月 10 日前申報其產品銷售之流向、數量與前月底之庫存量等相關資料。
- 再利用機構門檻下修：再利用機構只要收受事業廢棄物進行再利用，即需申報營運紀錄。

4.2.6 化學物質管理

由於，主機板業之製程會使用溶劑、助焊劑及實驗室會使用試藥等化學物質，故化學物質之貯存及使用必須符合法規要求。相關法規之範圍甚廣，以下列出主管機關及相關法規。

1. 行政院環境保護署

- 有害事業廢棄物認定標準。
- 毒性化學物質管理法已公告列管之毒性化學物質。
- 毒性化學物質運送管理辦法。

- 環境衛生用藥管理法。

2.行政院勞工委員會

- 危險物及有害物通識規則：危險物、有害物等 189 種物質。
- 危險性工作場所審查暨檢查辦法：環氧丙烷等 38 種物質。
- 有機溶劑中毒預防規則：四氯化碳、三氯甲烷等 55 種物質。
- 特定化學物質危害預防標準：苯、氨等 62 種。
- 高壓氣體勞工安全規則：特定高壓氣體、可燃性氣體、毒性氣體等 42 種物質。
- 勞工安全衛生法施行細則第 18 條：有立即發生危險之虞者。

其中，有害事業廢棄物認定標準、危險物及有害物通識規則、有機溶劑中毒預防規則，以及毒性化學物質管理法之相關規定，必須特別注意。另外，在研發/品管檢驗實驗室內，必須特別考量的環境議題有：

- 過期藥品、化學品或失效品（含空瓶、空罐等）之處理、處置方式。
- 廢液、廢樣品之貯存、處理及處置問題。
- 毒性化學物質之使用管制問題。
- 排煙櫃之排氣、排水問題。
- 水槽之排水問題。
- 所使用的藥品或化學品之物質安全資料表(Material Safety Data Sheet, MSDS)。

4.2.7 環境及職安衛管理系統之實施

環境管理系統之規劃期，主要是為維持環境管理系統有效運作，並落實環境政策對遵守法規、持續改善的承諾。ISO 14001 條文 4.3 規劃分為「環境考量面」、「法令規章及其他要求事項」、「目標與標的」及「環境管理方案」等四項。工廠在環境管理系統之規劃建制過程，鑑別、評估其環境考量面，再依據重大環境考量面、法令及其他要求、技術、財務及營運等考量，與利害相關者的觀點，制訂出與環境政策一致，且能落實污染預防承諾的環境目標、標的，並在相關部門與階層維持其環境管理方案。表 4.2-5 說明重大環境考量面與各目標、標的、管理方案的對照。

建立職業安全衛生管理系統與建立環境管理系統，最大的不同點在於管制之標的物不同。前者所要控制的是因生產活動引起的安全衛生風險，而後者所要控制的是環境衝擊。職業安全衛生管理系統除將「安全」的考

量納入外，也將員工的「健康」問題一併考慮。以 OHSAS 18001 與 ISO 14001 為例，兩者的系統架構幾乎完全相同，都是運用 PDCA 的管理邏輯。

OHSAS 18001 與 ISO 14001 系統的整合可使事情簡化，並節省人力、物力，而後續的執行，亦較容易落實。環境管理系統與安全衛生管理系統的架構在管理邏輯上，是完全一致的。也就是由於企業提供產品或服務的過程中，會產生環境污染，即所謂的環境考量面，同時，在員工的安全衛生方面，也會造成一定程度的損失機率，即所謂的安全衛生風險。這些環境考量面或安全衛生風險，在管理系統的要求中，都必須符合相關法規的要求（或許部分的法規會互相重覆）。在鑑別出相關的考量面與安全衛生風險後，即可以適當的評估或評分方式，篩選出重大的環境考量面與重大安全衛生風險，針對這些重大的部分，應考慮建立目標、標的及管理方案的方式加以改善，或是以作業管制的方式加以控制。而其文件管理的架構，則可與 ISO 9000 及 ISO 14001 做適當的整合。部分屬於緊急狀況的事件，則應列入「緊急事件準備與應變」相關的程序書中。所有與重大環境考量面與重大安全衛生風險相關的關鍵人員，都應考量其可能的訓練需求。最後，以定期的內部稽核再確認環境管理系統與安全衛生管理系統的有效性。

表 4.2-5 工廠環境目標、標的、管理方案對照表（參考例）

重大環境考量面	環境目標	環境標的	環境管理方案
1.錫鉛廢氣/助錒劑、稀釋劑有機蒸氣	助錒劑及稀釋劑之有機蒸氣污染控制	完成手插件站抽風口採樣	助錒劑及稀釋劑有機蒸氣控制方案
2.水洗機廢水	減少廢水量及提高廢水緩衝能力	1.設 300 噸調勻池 2.部分採用免洗製程，減少 35%廢水量	廢水改善方案 免洗製程減廢方案
	純水系統逆洗廢水處理	3.純水設施逆洗廢水導入廢水處理	廢水改善方案
3.錫膏	減少錫膏使用之浪費	一廠減少廢錫膏量 10%	錫膏減量方案
4.錫渣	降低錫渣量	減少錫爐製程中產生之錫渣量 20%	錫渣減量方案
5.廢棄物管理	廢棄物分類管理	完成廢棄物分類、貯存、清理	廢棄物管理方案
6.廢紙張	文件電子化	減少用紙量	紙張使用量改善方案
7.氮氣冷能	回收氮氣冷能	1.回收為迴錒爐之冷凍水 2.回收為 SMT 空調冷能	回收氮氣冷能方案
8.照明電能	節約照明電能	1.節約現有照明度 2.新燈具改用高效省電燈具	節約能源方案
9.生活污水	處理廚房及宿舍生活污水	完成廚房及宿舍生活污水處理槽工程	生活污水處理改善方案
	化糞池維護	化糞池養護清理	
10.廠區消防安全	消防系統之維護、管理	完成一廠、二廠及發貨中心之消防系統工程	消防系統改善方案

資料來源：經濟部工業局，環境管理系統建制指引—資訊業，2000 年 5 月。

第五章 廢棄物資源化技術

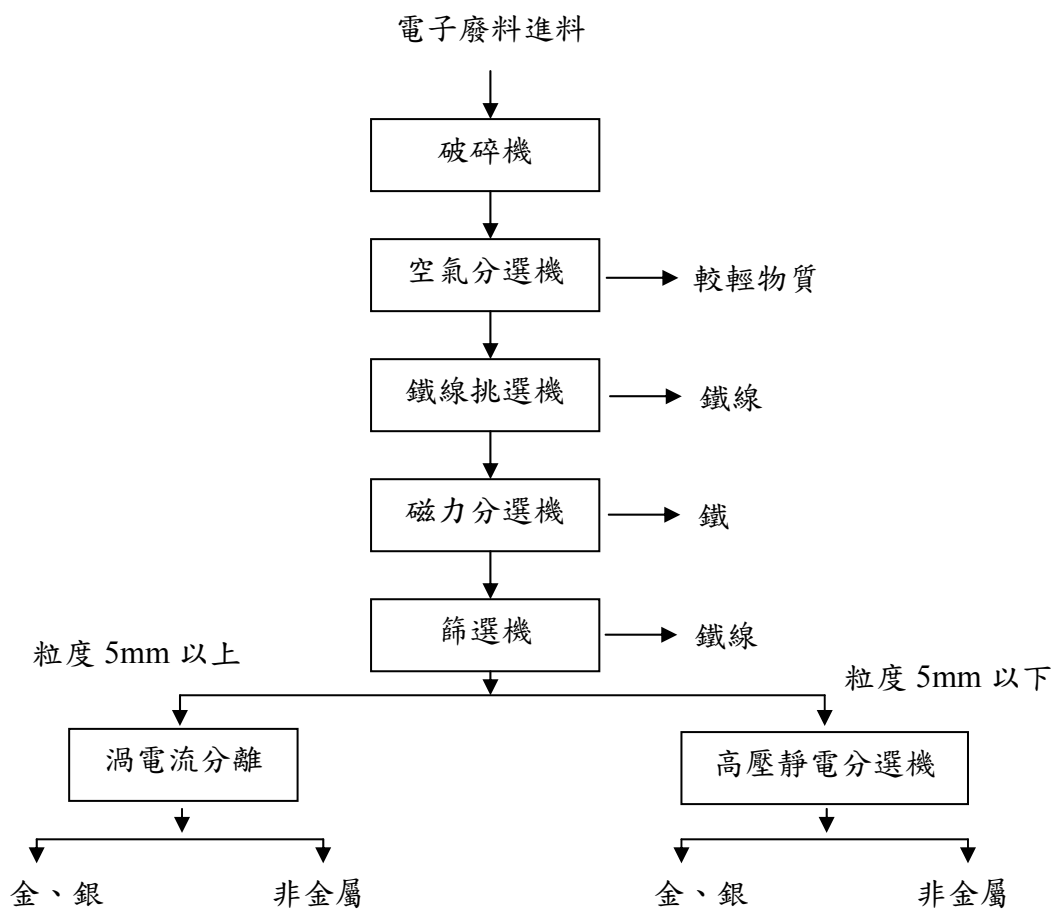
5.1 廢電子零組件資源化技術

主機板製造業所產生之廢電子零組件由於含有金、銀、鈹、鉑等有價金屬或是銅、鉛、鋅、鋁、錫、鐵等可回收金屬，深具資源化價值。因此，綜觀國內外各國（如美國、日本、臺灣、加拿大及歐洲各國）對於相關資源化技術均積極研發。彙集文獻資料顯示，目前常被採用之廢電子零組件資源化技術（金屬回收）計有：物理分離法、火煉法、焙燒／電溶精煉法與化學回收法等。由於上述技術各有其特點，因此可依需要，或可個別單元操作或組合單元整合操作。其目的乃在於獲得最佳資源化效果及最低之處理風險。現將依序分別說明物理分離法、火煉法、焙燒／電溶精煉法與化學回收法等技術特點，最後再闡述非金屬部分之資源化技術。

5.1.1 物理分離法

本方法適合於體積較大之電子零組件廢料，首先以破碎機先行予以破碎，再經風力分選程序，篩選去除破碎之電子零組件廢料中較輕部分；另外，較重之金屬部分則再以磁選機將鐵金屬與其他非鐵金屬分離，分離出之非鐵金屬中含有銅、鋁、鎳及少量金、銀等貴金屬。分離出之非鐵金屬則可再以渦電流或靜電分選等方式，再將貴金屬中金、銀之含量富集之。總之，物理分離之整體處理流程示意如圖 5.1-1 所示。

如前所述，破碎為物理分離法之第一道步驟，極為重要。因此，在設備選擇上，應考量廢棄物被破碎物性質及縮減比大小而定，如因需要欲獲得特定之尺寸大小，不妨經過多道不同破碎程序為宜。一般而言，破碎尺寸大小分類可概分為三類，亦即：粗碎、中碎與細碎，其相關設備及機械型式如表 5.1-1 所示。另外，針對一些軟性及韌性材質廢棄物，較適合使用之破碎設備，如複合切斷式破碎機、剪斷破碎機、球磨機(Ball Mill) 振動磨機(Vibration Mill)、棒磨機(Rod Mill)及攪拌磨機(Agitation Bead Mill)等。綜合以上說明，各類破碎設備之特性及適用範圍則彙整如表 5.1-2 所示：



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 5.1-1 廢電子零組件物理分離流程圖

表 5.1-1 破碎分類及相關設備型式

破碎類別	投料粒度	破碎後粒度	設備型式
粗碎	1,500~500mm 之間	400~150mm 之間	顎形破碎機或偏心破碎等
中碎	400~150mm 之間	100~50mm 之間	小型顎形破碎機或錐形破碎機等
細碎	100~50mm 之間	30mm 以下	錐形破碎機、衝擊破碎機、轉輪破碎機等

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

表 5.1-2 設備特性及適用範圍彙整表

設備名稱	設備特性	適用範圍
顎型破碎機	<ul style="list-style-type: none"> - 構造簡單 - 工作可靠 - 製造容易 - 維修方便 	應用於粗碎階段
偏心破碎機	<ul style="list-style-type: none"> - 主體由兩圓錐體組成 - 以懸軸型最為普遍 - 中碎及細碎機型又稱為錐形破碎機 	具粗碎、中碎及細碎三種機型
轉輪破碎機	<ul style="list-style-type: none"> - 構造簡單 	應用於中、細碎作業
衝擊破碎機	<ul style="list-style-type: none"> - 利用擊槌之衝擊力及物料與碎料板間的撞擊進行破碎 	應用於粗碎及中碎作業
剪斷破碎機	<ul style="list-style-type: none"> - 以少許動力即可發揮極大之破碎力 - 迴轉速率低 - 無噪音、振動、發熱等現象 	適用於軟性與韌性材料(如塑膠、橡膠、海綿、輪胎等)，不適合應用於脆性材質
複合切斷式破碎機	<ul style="list-style-type: none"> - 切斷力強 - 方便處理大型廢棄物 - 慢速切斷，不易產生火花及防止火災發生 - 刀刃使用壽命較長 - 破碎粒徑較小 - 分類效率及純度增加 	適用於大尺寸之可燃及不可燃廢棄物
球磨機/棒磨機	<ul style="list-style-type: none"> - 磨棒及磨球可配合處理之物料大小進行調整 - 可同時混裝大小不同之磨球提升粉碎效率 	適用於多數之脆性材質
振動磨機	<ul style="list-style-type: none"> - 由兩管狀磨筒組成 - 磨筒內之磨球與磨筒做反方向運動 	適用於細磨作業
攪拌磨機	<ul style="list-style-type: none"> - 可用於乾磨與濕磨 - 節省能源 - 效率高 - 沒有噪音及發熱之問題 	適用於研磨微細粉末

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

主機板業之廢電子零組件，由於部分屬已經封裝過之廢電子零組件，其中含有熱固性樹脂材料，因此在破碎過程中，建議採用較適合之剪切作用力為主之粉碎設備來操作為宜。同時為了可獲得較佳之處理效果，建議廢電子零組件在破碎前，應先將 IC 板上之電子零件予以去除，再分別將兩者分開進行資源化處理為宜。

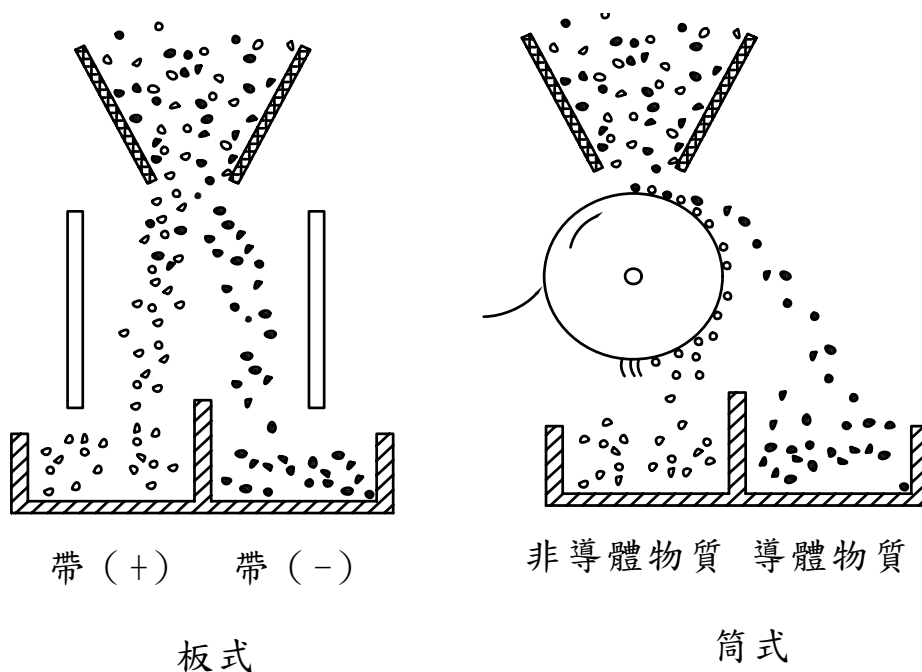
完成破碎後之物料，尚需經過分選後始達到有效利用之目的。因此，必須依各物料特性來採用適當之分選設備，現依分選特點彙集於表 5.1-3 中，供酌參。

如就金屬回收角度來看，利用物理分離法所獲得之金屬料，除非原廢電子零組件成分極為單純，否則其中金屬料部分於實際現況必仍含有其他雜質，且可能其純度尚無法達到市場需求之標準。因此，此方法只能作為廢電子零組件資源化之前處理步驟，仍需再進一步處理，才有利於有價金屬回收。

表 5.1-3 分選方式及其特點

分選方式	分選特點	備註
篩選	利用物質顆粒大小不同，選用適當篩孔徑達到分選之目的	篩網型式可分為固定篩、震動篩、曲面篩等
重力分選	利用物質不同比重在介質中運動狀態不同予以分選	一般有風選或浮沈分選，介質可為空氣、水、懸浮液等
磁選	利用物質磁性強度之不同而予以分開	非金屬物質為非磁性物質，故可利用其磁性之不同而予以分開。一般設備有磁選輪、筒型磁選機、十字帶磁選機、感應輪磁選機等類型
渦電流分選	利用物質導電度不同予以分選，當導電體通過磁場時會產生感應電流，此感應電流會產生與磁場方向相反之相斥力，而予以分離之方式	可分選出導電度不同之金屬，如：鋁、銅、鉛等，有效提升各類金屬之再利用
靜電分選	利用物質導電性不同，同性電相斥，異性電相吸之原理而將不同物質分離	一般有板式及筒式靜電分選機，其分選示意如圖 5.1-2 所示
浮選	利用氣泡將水溶液中疏水性物質予以吸附或附著，使其與氣泡一起浮上，而與親水性物質分離	一般空氣導入之方式有吹入式、機械攪拌捲入式等方式

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 5.1-2 靜電分選機各型式之示意圖

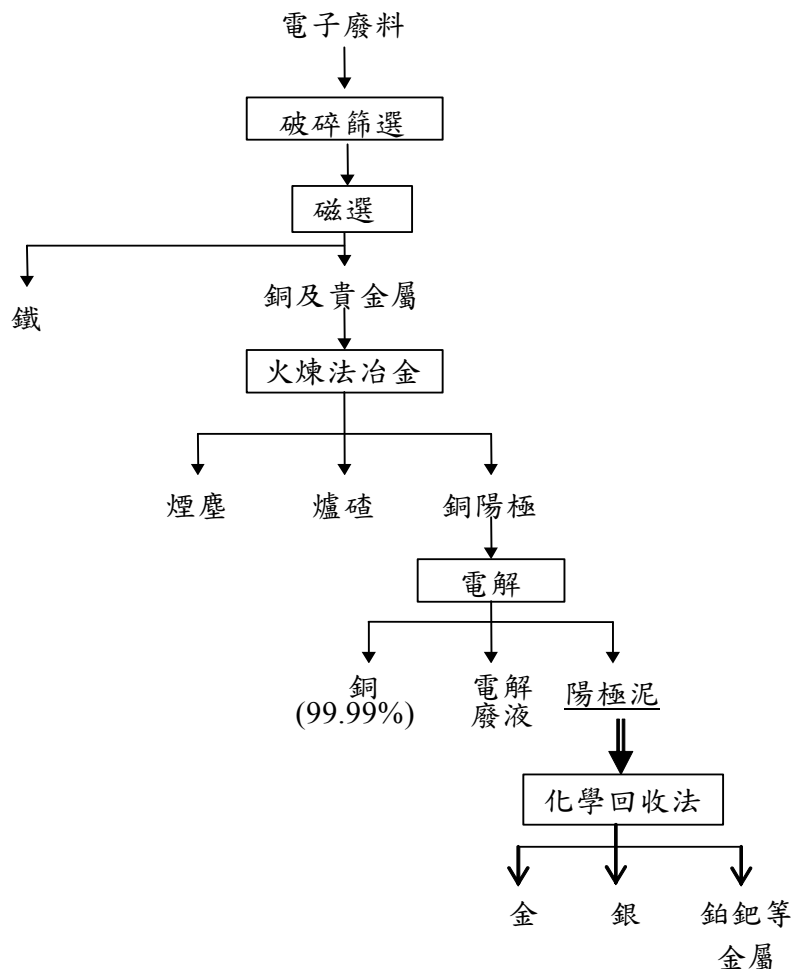
5.1.2 火煉法

廢電子零組件經破碎篩選後，若發現其金屬料中含貴金屬成分較低且存在一些不純物時，建議以熱處理方式先將不純物去除，此方法就是火煉法。採用火煉法之目的，即在於去除之不純物（如鋅、鐵、鉛、鎳、錫等），因為這些不純物均比銅更易於被氧化。於高溫及強氧化之條件下，可將其氧化並利用造渣材料作用生成爐渣，即可得銅合金、金、銀等金屬。接著，建議以電解精煉方式來回收銅，沉積於陽極泥中之金、銀等金屬，則再以化學回收法處理回收，其主要處理流程如圖 5.1-3 所示。

談及火煉法所使用之主要設備—冶煉爐，其型式有很多種，即轉爐或反射爐，而冶煉爐之燃料一般可採用重油、電熱、電弧、電漿及焦炭等。進料前冶煉爐預先加熱至 1,200℃ 以上，爐底最好留存少許液體銅或細料，以防進料衝擊而損壞襯裡。至於原料要進爐前，建議先壓成塊狀為宜，進料加滿後由於不斷加熱逐漸熔融，體積減小，因此在一段時間後，可繼續加料，直至爐內熔融液體之體積，為冶煉爐容積之 25% 為止。

於熔融期間，爐料逐漸氧化，故在全部熔化後，可加入適當之造渣材料，如矽砂、石灰石等，然後轉動爐體，將爐渣排出，再將爐體轉正，通進壓縮空氣，將銅及不純物氧化。

在除去鉛、砷、銻等物時，要在氧化期間，加入適量之造渣材料，如除砷用石灰石，並在必要時延長氧化期間，氧化時所產生之爐渣，約為進料之 15~20%，其中含有 40~50%之銅及少許貴金屬，應以小鼓風爐處理，回收有價金屬。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

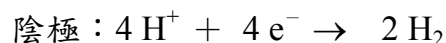
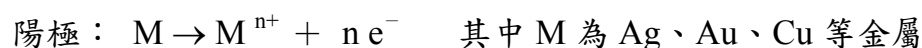
圖 5.1-3 火煉法處理廢電子零組件流程圖

5.1.3 焙燒／電溶精煉法

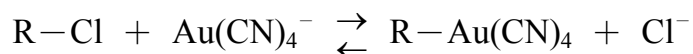
由於主機板上之矽晶片為以銀膠黏著於導線架上，再以樹脂加以封裝。因此，此類廢棄物如直接進行粉碎分選，極易因導線架與樹脂膠合，而使單離粒度下降，將導致分選處理之困難。同時，由於分選後仍夾雜部分樹脂，易造成後續金屬回收率下降。

基於以上之認知，建議可利用樹脂封裝物易於焙燒氧化之特性，先將其以 400~800°C 之高溫焙燒去除，而後所得之金屬導線架與樹脂填充物灰渣，利用金屬具延展性及韌性，於自體研磨過程中互相撞擊，使金屬部分與樹脂灰渣分離，再經過篩分離，即可將二者分離，所得之金屬物因已去除有機物質，可直接融鑄成含銅之貴金屬錠，供貴金屬精煉回收使用。

至於後續之貴金屬精煉回收則建議採用電溶精煉法，其主要設備一電解槽，其構造為陰陽極間以耐酸鹼陽離子交換膜（如：Nafion 膜）分隔，同時以 6 N 鹽酸為陽極電解液，NaOH 為陰極電解液，前述製程中所生之含銅貴金屬錠置於陽極籃內作為犧牲陽極，陰極為不鏽鋼板。其原理為通電電解後，陽極之金氧化並與鹽酸生成 AuCl_4^- ，此 AuCl_4^- 再以適當之還原劑還原為金屬態。其氧化還原反應式如下：



至於電鍍後老化液可使用氯型陰性離子交換樹脂回收金，其反應式如下：



離子交換樹脂可採用耐酸鹼及有機溶劑之材質，具有活性交換機制之不溶性高分子聚合物，粒度為 0.3~1.2 mm 之均勻球形顆粒，通常可吸附金量達 15~20% (w%)。樹脂吸附飽和後，利用熱濃硫酸將樹脂上官能基分解，藉由金元素不溶於濃硫酸且比重大之特性，將金以元素態粉末自樹脂中回收。據瞭解利用此方法所回收之金，回收率達 98% 以上，純度為 99.5% 以上。總之，廢電子零組件成分較複雜者，建議採用此整合流程。

5.1.4 化學回收法

化學回收法，顧名思義係利用鹼液、酸液、氰化液將廢電子零組件中之有價金屬溶蝕回收。廢電子零組件經過前處理如破碎、篩選、渦電流分離、高壓分選等步驟所篩選出之含貴金屬物質，其成分可能含有銅、鎳、金、銀等金屬，若其中所含之貴金屬如金、銀等濃度較高，可採化學回收濕式冶金法將各金屬分離之，其處理流程如圖 5.1-4 所示，並說明其主要步驟如下：

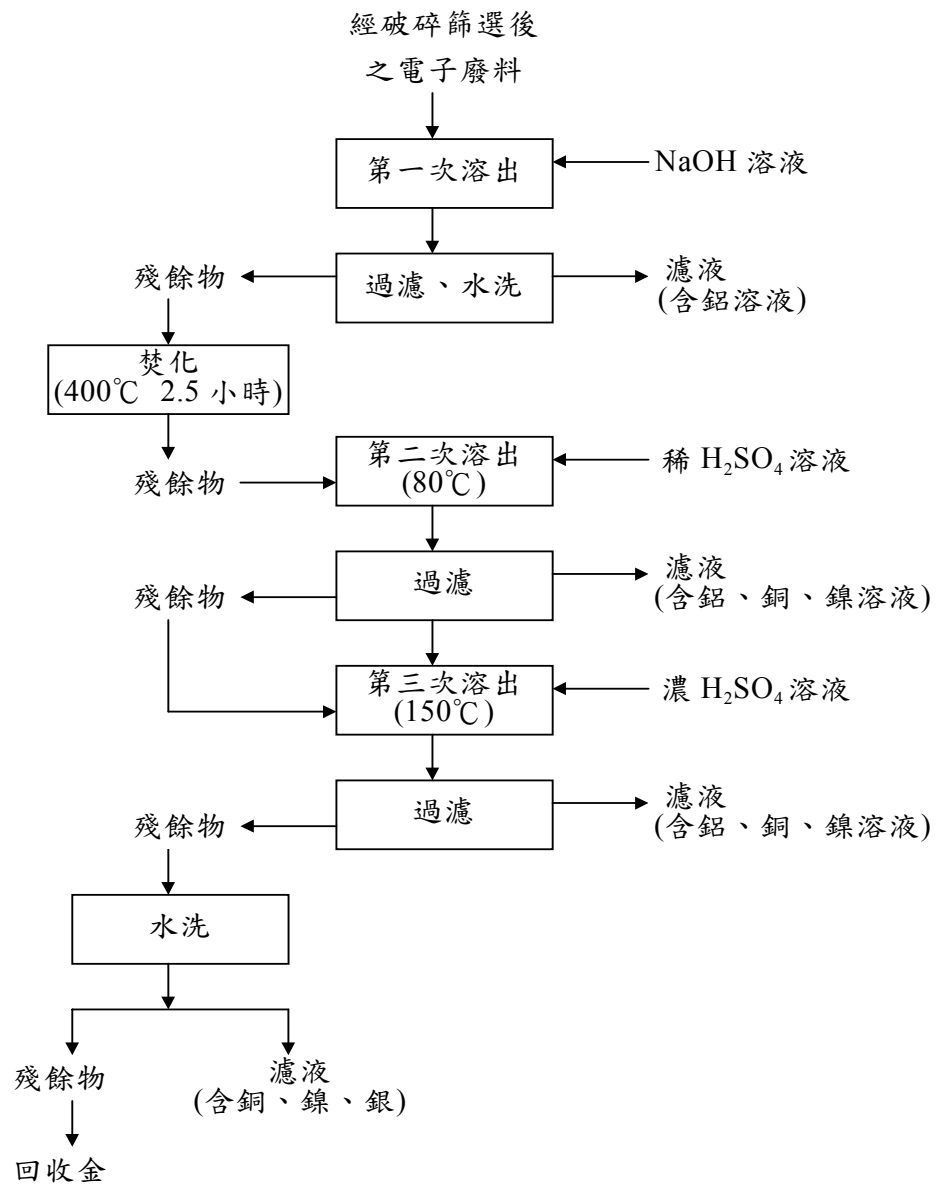
1. 以 20% NaOH 溶液與廢電子零組件反應約 4~12 小時，將鋁溶出。

2.經 NaOH 溶液溶出後之殘餘物，以煅燒法將有機成分破壞。

3.再以稀硫酸溶液溶出銅、鎳。

4.殘餘物再以濃硫酸溶出銅、銀。

廢電子零組件經溶出後可回收大部分之銅、鋁、金、銀等金屬，最後需廢棄之殘餘物約占進料量之 12~20%。據瞭解，化學回收濕式冶金法目前已廣泛應用於廢電子零組件回收貴金屬，其中以氰化液來剝離廢料中含金之成分，其回收率可達 85~95%，所得之金溶液再送至精煉廠回收純金，具有經濟效益。惟於資源化過程中，因使用大量之酸液及氰化液，會產生廢氣及水洗廢水，將造成二次污染，必需再加以防治。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 5.1-4 化學回收法處理流程圖

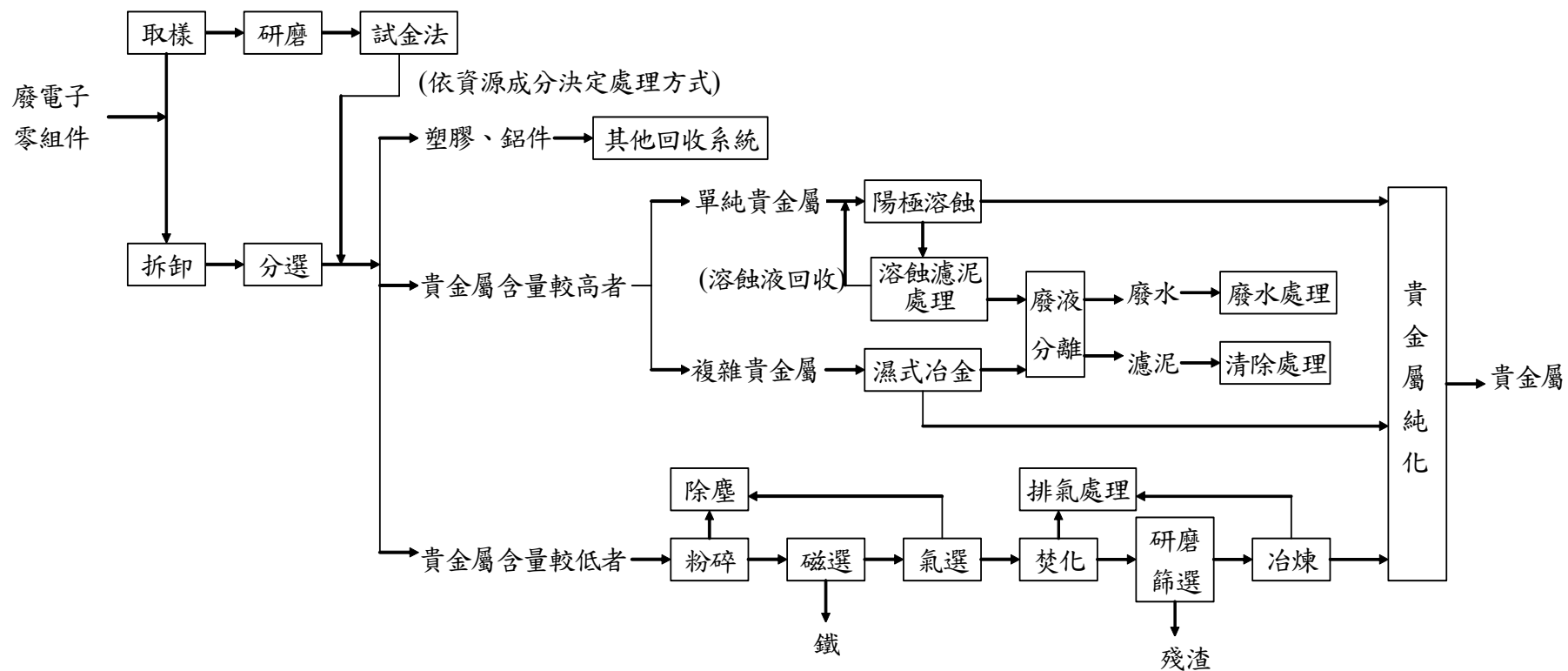
5.1.5 結論

由主機板業所產生之廢電子零組件種類及特性各不相同，且其中可供資源化之成分比例各異，故於進行廢棄物資源化處理時，應儘量依其類別分別選擇適合之處理技術。綜合前述之各種資源化技術，其優缺點整理如表 5.1-4 所示。而於規劃廢電子零組件資源化技術時，可採各種技術搭配交互應用，以獲得最佳之資源化效果，其典型之處理流程如圖 5.1-5 所示。

表 5.1-4 廢電子零組件資源化處理技術優缺點比較表

資源化技術	優點	缺點
物理分離法	• 程序簡單，粉碎後即可送至精煉廠回收金屬或進行非金屬資源化	• 僅為前處理步驟，仍須配合後續精煉步驟
化學回收法	• 技術成熟，且已有實廠運轉	• 若廢料成分複雜，須先篩選 • 無法將金屬完全萃取出 • 處理後之廢棄物不易處理 • 會產生廢水需處理
火煉法	• 減量效率高 • 基材有機物質可完全破壞，並可提供熱值 • 燃燒後之金屬殘渣可精煉回收	• 會產生廢氣，需妥善處理
焙燒／電溶精煉法	• 貴金屬回收效率高 • 成本低	• 會產生廢水需處理

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

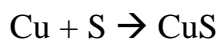
圖 5.1-5 廢電子零組件資源化處理流程圖

5.2 廢錫渣資源化技術

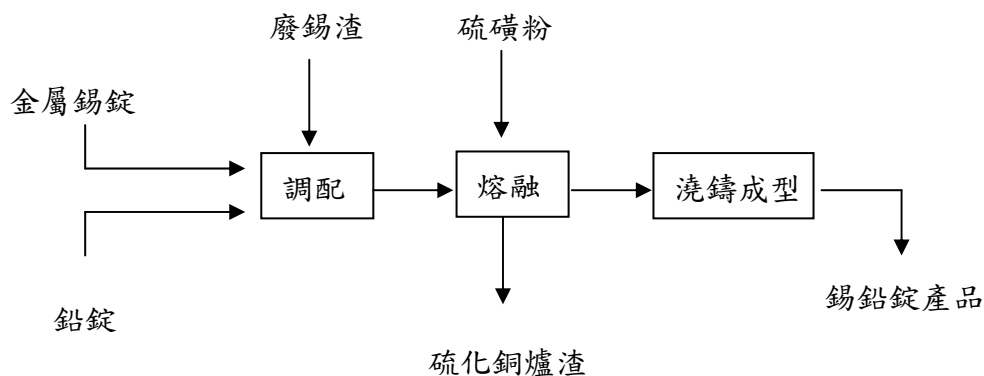
廢錫渣中之主要成分為錫、鉛及銅等，如能有效將銅等不純物質去除時，便可達成再利用而取代精製爐作業過程中所需要部分添加量。因此，目前此類廢錫渣資源化技術建議以乾式熔煉為宜。現就相關資源化程序與資源化產品規範分述如下：

5.2.1 廢錫渣資源化程序

一般處理程序係先將純金屬錫錠、鉛錠與廢錫鉛渣依定量比例調配後，待加熱至完全熔融狀態後，再添加硫磺粉，並於約 300°C 以上之溫度下操作，期使廢錫渣中所含銅成分與硫磺粉中所含之硫成分結合反應成為硫化銅爐渣，其反應式如下：



接著，過濾去除爐渣而與熔融態之錫鉛液分離，並調整錫鉛之比例，最後經澆鑄成型後，即為錫鉛錠產品，其流程如圖 5.2-1 所示。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 5.2-1 廢錫渣資源化程序

5.2.2 錫鉛錠產品 CNS 標準規範

錫鉛錠產品（如錫-鉛成分百分比：63%-37%、80%-20%及 90%-10%等）於 CNS 2475 標準規範中對銅之殘存量有一定之限制（以 S 級 Sn63 產品而言，銅之殘存量為 0.03% 以下），相關規範如表 5.2-1、表 5.2-2、表 5.2-3、表 5.2-4 所示：

表 5.2-1 以鉛錫合金為主之一般用焊錫之種類、級別

種類	級別	符號	種類	參考值		
				固態線溫度(°C)	液態線溫度(°C)	比重
Sn95	S	—	Sn95	約 183	約 224	約 7.4
	A	Sn95A				
	B	Sn95B				
Sn65	S	Sn65S	Sn65	約 183	約 186	約 8.3
	A	Sn65A				
	B	Sn65B				
Sn63	S	Sn63S	Sn63	約 183	約 184	約 8.4
	A	Sn63A				
	B	Sn63B				
Sn60	S	Sn60S	Sn60	約 183	約 190	約 8.5
	A	Sn60A				
	B	Sn60B				
Sn55	S	Sn55S	Sn55	約 183	約 203	約 8.7
	A	Sn55A				
	B	Sn55B				
Sn50	S	Sn50S	Sn50	約 183	約 215	約 8.9
	A	Sn50A				
	B	Sn50B				
Sn45	S	Sn45S	Sn45	約 183	約 227	約 9.1
	A	Sn45A				
	B	Sn45B				
Sn40	S	Sn40S	Sn40	約 183	約 238	約 9.3
	A	Sn40A				
	B	Sn40B				
Sn38	S	Sn38S	Sn38	約 183	約 242	約 9.4
	A	Sn38A				
	B	Sn38B				
Sn35	S	Sn35S	Sn35	約 183	約 248	約 9.5
	A	Sn35A				
	B	Sn35B				
Sn30	S	Sn30S	Sn30	約 183	約 258	約 9.7
	A	Sn30A				
	B	Sn30B				
Sn20	S	Sn20S	Sn20	約 183	約 279	約 10.2
	A	Sn20A				
	B	Sn20B				
Sn10	S	Sn10S	Sn10	約 268	約 301	約 10.7
	A	Sn10A				
	B	Sn10B				
Sn5	S	Sn5S	Sn5	約 300	約 314	約 11
	A	Sn5A				
	B	Sn5B				
Sn2	S	—	Sn2	約 316	約 322	約 11.2
	A	Sn2A				
	B	—				

1.適用範圍：本標準適用於以鉛錫合金為主之一般用焊錫，但不適用於其他含銀及含高錫量之焊料。

2.材料及品質：焊錫之品質需均勻，且加工良好，在使用上不得具有害之缺陷。

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

表 5.2-2 焊錫 S 級之化學成分

符號	化學成分 (%)								
	Sn	Pb	不純物						
			Sb	Cu	Bi	Zn	Fe	Al	As
Sn65S	64~65	餘量	0.10 以下	0.03 以下	0.03 以下	0.005 以下	0.02 以下	0.005 以下	0.03 以下
Sn63S	62~64								
Sn60S	59~61								
Sn55S	54~56								
Sn50S	49~51								
Sn45S	44~46								
Sn40S	39~41								

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

表 5.2-3 焊錫 A 級之化學成分

符號	化學成分 (%)								
	Sn	Pb	不純物						
			Sb	Cu	Bi	Zn	Fe	Al	As
Sn95A	94~96	餘量	0.30 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.005 以下	0.03 以下	0.005 以下	0.03 以下
Sn63A	62~64								
Sn60A	59~61								
Sn55A	54~56								
Sn50A	49~51								
Sn45A	44~46								
Sn40A	39~41								
Sn38A	37~39								
Sn35A	34~36								
Sn30A	29~31								
Sn20A	19~21								
Sn10A	9~11								
Sn5A	4~6								
Sn2A	1.5~2.5								

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

表 5.2-4 焊錫 B 級之化學成分

符號	化學成分 (%)				
	Sn	Pb	不純物		
			Sb	Cu	其他不純物合計*
Sn95B	93~97	餘量	1.0 以下	0.08 以下	0.35 以下
Sn63B	61~65				
Sn60B	58~62				
Sn55B	53~57				
Sn50B	48~52				
Sn45B	43~47				
Sn40B	38~42				
Sn35B	33~37				
Sn30B	28~32				
Sn20B	18~22				
Sn10B	8~12				
Sn5B	3~7				

*其他不純物為 Bi+Zn+Fe+Al+As

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

5.2.3 RoHS 指令於廢錫渣資源化之衝擊

國際間已經掀起了一股「綠色產品風潮」，注重各種物品的回收，同時在溫室效應、臭氧層破洞等壓力下，積極尋找有害物質的替代技術，並逐漸嚴格管制有害物質的使用。歐盟在 2002 年提出 RoHS，並預計在 2006 年 7 月 RoHS 達到六大物質禁用目標。

RoHS 指令針對各種有害物質在產品（集中在電子、資訊與通訊產品）上的使用，包括印刷電路板(PCB)上插件會使用的鎘，或是電池、顏料、玻璃中含有的鉛，或是感應器與電訊設備含有的汞，以及各式電子產品中的溴二苯醚（PBDEs）與多溴聯苯（PBBs）等含溴耐燃劑，都明確加以禁止。也因為如此，促使廠商必須加緊開發替代技術。自 2006 年 7 月 1 日起，必須全面禁止廠商在其產品或零組件當中使用含有鉛（Pb）、汞（Hg）、鎘（Cd）、六價鉻（Cr⁺⁶）、多溴聯苯（PBBs）、溴二苯醚（PBDEs）六種有害物質。RoHS 指令具備指標性作用，這樣的要求其實已經演變成全球性環保要求，也成為資訊電子產業的基本技術門檻。目前，國際間已經掀起一股「綠色產品風潮」，注重各種物品的回收，同時在溫室效應、臭氧層破洞等壓力下，積極尋找有害物質的替代技術，並逐漸嚴格管制有害物質的使用。

RoHS 指令對於電子電機外銷廠商而言，帶來的風險包括特定物質的禁用、綠色設計、替代產品與技術、客戶新的要求，以及愈趨嚴格的檢驗、驗證程序等，都將考驗廠商的經營能力。由於導入綠色產品，必須整合許多部門，因此從研發、量產到銷售的步驟，都必須符合綠色產品驗證系統，包括綠色設計技術、確保廠商零件的成分訊息、建立綠色供應鏈系統、導入產品無鉛化技術，以及第三公正單位的驗證等，這些都是繁雜的事情。

為了因應 RoHS 指令，廠商必須建立新的「綠色設計」思惟，在產品設計概念上，過去是考慮經濟、成本因素，未來將會以環保及生態考量為主軸，尤其是簡單、易拆解是最大的利基，也是未來產品的趨勢。其中，產品的無鉛製程將是廠商的首選課題。惟在無鉛開發過程中，廠商可能面臨許多課題，包括選擇標準、合金、專利、製程配合、不良點的原因分析、信賴性測試，以及無鉛驗證等問題，都必須一一解決，不論在建立與建置完成，都需要相當多的時間。另外，在各種無鉛焊錫中，以 Sn-Cu 系統的熔點最高。由於無鉛焊接的熔點提高，比原本的錫鉛焊接的熔點高約 30℃，因此，必須確認各部分設備物質的耐熱溫度、加熱爐的加溫條件最佳化、改善溫度控制等各方面問題。無鉛製程可分為三階段：導入的材料、

導入的技術與產品配合程度及如何量產無鉛產品。因此，無鉛的議題主要在於溫度，也就是將低溫的焊接改為高溫的焊接。目前，無鉛材料還有三個區塊是還沒辦法克服的問題點，包括通風的技術、手焊的技術及零件部分。雖然目前零件部分的無鉛技術沒有問題，不過在無鉛零件的製作過程中，製程的操控技巧及設備的精準備要求比較高，此外，未來若有可能產生二次無鉛材料替代時，廠商應該思考，如何在最短時間，轉換新的製程。不過目前由國外開發出無鉛的「錫-銀-銅」鉸錫，鉸錫所需製程的溫度高，對整體系統的穩定性及產品可靠度造成不良影響，且使用的廠商須修改現在生產線設備來配合此材料，但其專利權又為日本、美國所擁有，售價頗高。

面對歐盟 RoHS 的要求，廠商應在風險、成本與資訊上做有效的管理。目前大部分的廠商仍以人工作業或電子檔案來進行因應法規的資訊蒐集分類與供應商稽核，但是由於從供應商和測試實驗室蒐集來的材料組成資料繁多，需要增加人力來處理這些資料。此外，由於法規繁多，無法迅速的驗證物料總清單中所列的每個零組件及整個產品的材料組成是否符合各種要求，而各種除外條款的處理都需要人力來處理；製作物料總清單中各零組件的檢測狀態報告、製作產品材料清單的材料組成聲明報告及客戶的報告，也都十分耗費人力。這都是目前廠商在面臨 RoHS 法規要求時，企業內部即將遭遇的問題。在成本與風險的考量上，建立快速、信賴性高的品性檢驗機制已經是企業刻不容緩的工作，而導入資訊系統管理機制是有效利用整合現有資源達到快速管制及節省人力成本最有效的方法。

5.3 廢溶劑資源化技術

廢溶劑之種類複雜，其產生源大體上可分為兩類，溶劑製造商及溶劑使用商，一般而言，溶劑製造商除國外進口者，均歸屬於化學原料製造業工廠；而溶劑使用商則涵括之行業別較多，多作為製程中清洗、表面塗裝或作為添加劑之用，如電子業、半導體業、電機製造業、汽機車及自行車製造業、油漆製造業、乾洗業及印刷業等工業，均在生產過程中產生不同之廢溶劑，除了有污染環境之虞外，在作業環境中亦有安全及衛生等相關問題。

廢有機溶劑污染性高、處理不易，亦為主機板業困擾的廢棄物處理問題之一，而主機板業常見之廢溶劑為異丙醇、丙酮、甲醇及乙醇等，依據環保署事業廢棄物管制中心 95 年度相關申報資料顯示，目前仍以委託清理方式為主。一般常見之廢溶劑資源化處理方式可分為廢溶劑回收處理後再利用、焚化處理以及作為輔助燃料，以下就各資源化技術說明如下。

5.3.1 廢溶劑回收處理再利用

一般廢有機溶劑可分廢氣與廢液兩大類，且大多數的有機溶劑（常見有機溶劑物化性質詳表 5.3-1）皆屬易燃、易爆物，縱使為不燃性也具有相當程度的毒性，所以在安全性的考慮上是極為重要的，應予以正視並妥善處理之。

廢溶劑回收處理方式可分為氣態回收及液態回收處理，其處理方式分別說明如下。

1. 氣態廢溶劑回收處理方式

依據國內外文獻資料，有關氣態廢溶劑回收處理方式彙整如下。

(1) 低溫冷凝法

此法適合有一定溫度沸點之有機高濃度廢氣，將其導入冷凝管低溫冷凍，使溶劑冷凝析出，所得之溶劑可回收再利用，但設備較複雜。但當廢氣中溶劑濃度過低時，冷凍能源消耗大於回收溶劑之利益，並不符合經濟效益。低溫冷凝法亦可搭配其他控制技術，如焚化、吸附及洗滌等前處理步驟，處理流程將依有機高濃度廢氣特性而定。

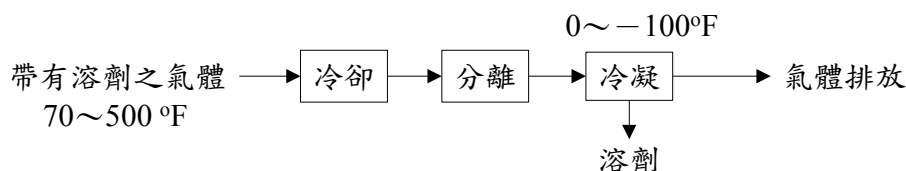
具代表之有機氣體回收系統為布雷登循環溶劑回收流程（詳如圖 5.3-1 所示），該系統是以具冷卻與加熱能力之布雷登熱泵為基礎所設計出之一種具經濟及高能源效率之系統。此用於冷凝回收溶劑的系統，極具市場發展潛力。

表 5.3-1 常見之有機溶劑

名 稱	沸點 (°C)	密度 (g/cm ³)	特 性	名 稱	沸點 (°C)	密度 (g/cm ³)	特 性
二氯甲烷	40.1	1.335	醚香、不燃	醋酸丁酯	116.5	0.869	水果香、易燃
三氯甲烷	61.2	1.485	特臭、不燃	醋酸戊酯	134.0	0.864	芳香、易燃
三氯乙烷	75.0	1.325	芳香、不燃	甲基乙基酮 (MEK)	79.6	0.0826	丁酮香、易燃
四氯化碳	76.74	1.585	不燃、有毒	丙酮	56.1	0.797	芳香、易燃
三氯乙烯	86.7	1.459	醚香、不燃	丁酮	79.6	0.826	丙酮香、易燃
四氯乙烯	121.00	1.625	醚香、不燃	甲基異丁基 酮(MIBK)	115.8	0.804	芳香、易燃
甲醇	64.5	0.792	易燃	苯	80.1	0.879	芳香、易燃
乙醇	78.0	0.816	葡萄酒香、易燃	甲苯	110.70	0.860	苯味、易燃
異丙醇(IPA)	82	0.785	橡膠酒精味	二甲苯	137.20	0.860	淡苯味、易燃
丁醇	99.5	0.805	強烈香、可燃	己烷	68.742	0.660	芳香、易燃
戊醇	137.80	0.824	特臭、可燃	二甲基甲醯 胺(DMF)	152.8	0.953	可燃
醋酸甲酯	54.05	0.924	芳香、易燃				
醋酸乙酯	78-80	0.886	芳香、易燃				
醋酸丙酯	96-102	0.887	芳香、易燃				

註：粗體字為主機板業常使用之有機溶劑。

資料來源：國內廢溶劑回收處理及處置現況，中國工程師學會會刊第 74 卷第 3 期。

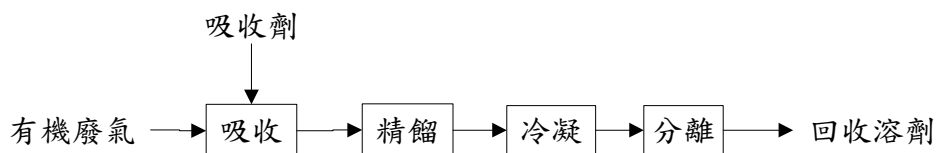


資料來源：本手冊整理，2006。

圖 5.3-1 布雷登有機溶劑回收流程圖

(2) 溶劑吸收法

溶劑吸收法適用於連續產生低濃度廢氣之作業場合，當吸收劑之溶劑達到飽和（即二分壓相等），趨於平衡時吸收終止，之後對飽和之吸附劑或吸收劑加溫，被吸收之成分依沸點不同，依序自吸收劑中逸出，經冷凝後分離之。再生後之吸收劑可重複使用，惟應注意吸收劑之選擇。此法亦可與自動化系統同時規劃，使製程連續化，藉吸收、蒸餾、分離以達淨化廢氣之目的，吸收法回收流程如圖 5.3-2 所示。



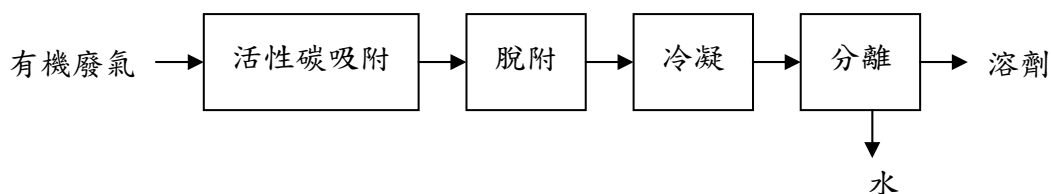
資料來源：本手冊整理，2006。

圖 5.3-2 溶劑吸收法流程圖

(3) 活性碳吸附法

吸附法是固體吸附介質與廢氣分子相互接觸，藉固/氣兩相間之吸引力，氣體分子被固體表面捕捉，而達到淨化的目的。常用的吸附介質是具有大量毛細孔，且比表面積高達 $1,100 \text{ m}^2/\text{g}$ 的活性碳，藉分子間凡得瓦力作用吸附大量廢氣分子。若吸附飽和後可加溫再生，使被吸附的分子釋放出來，吸附劑可再生利用。

再生劑通常使用水蒸汽，然要注意灰塵、雜質等，常會堵塞有效毛細孔並使碳床結垢，影響吸附效果。另外亦可將此法結合催化劑燃燒系統，將固定床改為流動床式，吸附過程改為流動狀態，可有效提高介質吸附效率。傳統的吸附及再生過程如圖 5.3-3 所示。



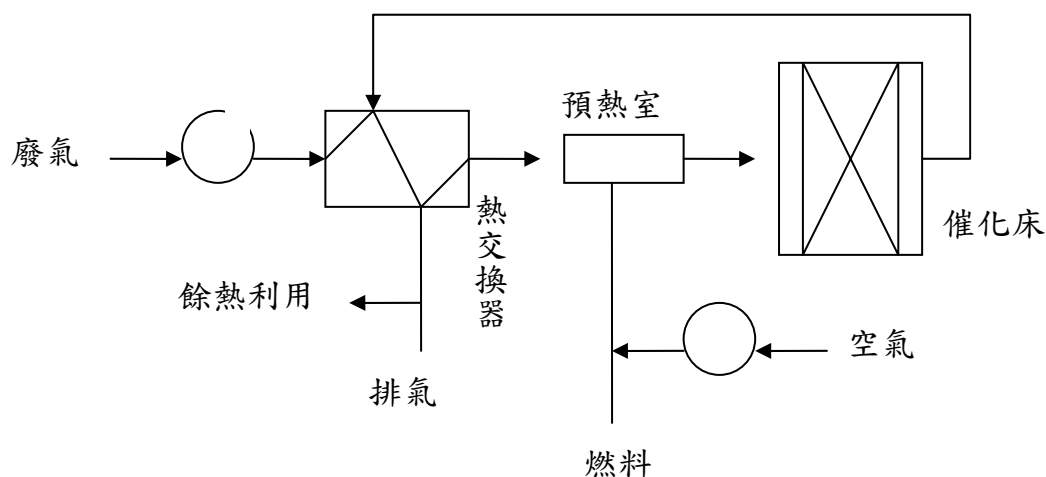
資料來源：本手冊整理，2006。

圖 5.3-3 利用活性碳吸附再生溶劑流程圖

(4) 催化燃燒法

此法適合於連續產生高濃度廢氣之情形，可降低起燃溫度，從直接燃燒之 900°C 降到 300°C 左右，因溶劑轉換為熱能可大量節省能源。催化燃燒法中載體及催化劑的選擇尤其重要，載體需自由空間大、本身磨損小、氣流阻力小、比表面積大且不易產生粉塵與堵塞物者，常用之載體有矽酸鹽類、陶瓷類及高溫合金類等製品。催化劑則用於載體表面上以增加負載活性，常見之催化劑有貴金屬及硝酸鹽類

或氯化物等。催化燃燒法流程如圖 5.3-4。



資料來源：本手冊整理，2006。

圖 5.3-4 催化燃燒法流程圖

綜合上述各類氣態廢溶劑回收處理技術之優缺點比較彙整如表 5.3-2。

表 5.3-2 氣態廢溶劑回收處理技術之優缺點比較

技術名稱	優點	缺點
低溫冷凝法	經濃縮後之回收率高。	1.能源消耗大。 2.對低濃度而言，須配合其他方法。
溶劑吸收法	1.效率穩定。 2.不須蒸汽，無腐蝕及廢水問題。 3.可自動化操作。	對濃度低或流量小於 1,698.9 m ³ /hr 之廢氣而言，不符合經濟效益。
活性炭吸附法	1.可批式操作。 2.對低濃度仍具經濟效益。 3.以氯氣脫附，可回收含氯化合物。	1.有碳床阻塞及著火之虞。 2.效率較低，活性炭需再生。 3.部分有遲滯作用，而不易洗出。
催化燃燒法	1.可連續操作。 2.廢熱可再利用。	1.需額外提供能源。 2.無法回收再利用。 3.操作溫度雖可降低，但須更換觸媒。

資料來源：本手冊整理，2006。

2.液態廢溶劑回收處理方式

廢溶劑之妥善處理方式當以資源化為最佳策略，但究竟是物質回收或是熱能回收處理(Thermal Treatment)，因前者係以化學物品之回收再利用

用為主要用途，因此其純度等級乃為首要考慮之要項，故必須著重於蒸餾(Distillation)、萃取(Extraction)、滲透蒸發、擴散透析、超臨界流體萃取(Supercritical Fluid Extraction)等各種化學分離程序；而後者則主要進行熱能之回收，而如何維持混合均勻之廢溶劑摻配技術及建立穩定之操作及控制參數乃為重點。廢溶劑以物質回收方式應是最佳之途徑，至於回收過程之殘渣，則須再以熱處理方式進行。

(1)循環再利用

以廢溶劑作為第一度清洗脫脂、剝離舊塗膜、清洗機具或簡單過濾後，直接用於塗料之稀釋添加上。

(2)蒸餾回收法

有機溶劑具有低沸點及高揮發性之特點，而在常溫下即具有較高之蒸氣壓，因此可藉由沸點不同之差異，將混合廢溶劑中各不同之成分分離乃為最簡易之方式，其優點為操作簡單，可將廢溶劑回收再利用，且適合大量處理。

依據勞特定律(Raoult's Law)，混合液中各成分之蒸氣分壓依其在水中之莫耳分率而定：

$$P_i = P_{0i} \times X_i$$

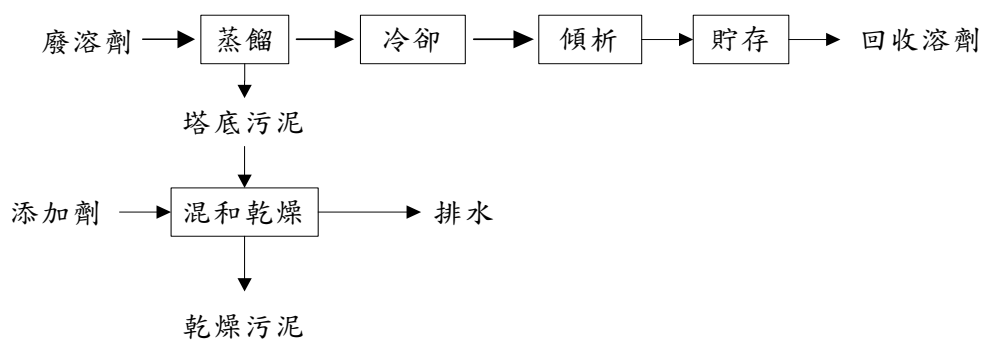
其中， P_i 為成分*i*在氣相中之蒸氣分壓， P_{0i} 為純成分*i*之飽合蒸氣壓（依溫度而定）， X_i 為*i*成分在液相中之莫耳分率，一般廢溶劑除主成分外，其餘多以水為主，對水而言，則為 $P_w = P_{0w} \times X_w$ ，因此任何溫度之氣相總蒸氣壓(P_T)皆為該溶劑與水之組成($P_T = P_i + P_w$)。

若以異丙醇之蒸餾回收為例，假設原廢溶劑中含異丙醇90%，其餘為水，則廢溶劑中異丙醇與水之莫耳分率比約為1.5：0.5（即異丙醇之 X_i 為0.75）。在一大氣壓下異丙醇之沸點為82.4℃，亦即該溫度時異丙醇之飽和蒸氣壓為760mmHg，但相對之該溫度時，水之飽合蒸氣壓僅為385mmHg，因此初始氣相中之成分絕大部分為異丙醇，蒸餾前段所得到之餾出物，可謂純度極高之異丙醇。然而，隨著氣相中異丙醇被蒸出之比例愈來愈高，液相中異丙醇相對於水之莫耳分率即逐漸降低，所蒸出之氣體中水之比例（ P_w 愈大）乃愈來愈高，亦即蒸餾回收之異丙醇純度愈來愈低。因此，單階段之蒸餾操作所回收之溶劑純度有一定之限制乃屬必然，化工廠之操作其實是藉由多段式之分餾塔反覆調整氣—液相中成分之組成比例，以獲得單一成分組成較

高之回收液。但是對於廢溶劑回收處理業者而言，每批次所取得之廢溶劑不僅組成百分比變化不定，連成分亦為大幅度波動，因此操作條件永遠無法固定，換言之，回收之成分難以控制維持一定，這是廢溶劑不可能藉由蒸餾法回收原化學品之主要原因。此外，若除水分外，尚另含二種以上其他成分，則共沸現象更是在所難免，在共沸點(Azeotropic Point)時所獲得之餾出物永遠維持一定之組成比例，故回收高純度溶劑極為困難。

採取蒸餾法時，應針對廢溶劑成分之組成，考慮最佳之經濟效益，操作於最適合之蒸餾條件。一般而言，欲回收主成分中之 80% 是極易經由蒸餾獲得，但欲再回收殘存之 20%，則所花費之成本將更遠高於前者。由此可知，蒸餾回收所面臨之基本技術問題，在於回收率低則殘留量高，後續處理成本也偏高；但若欲提高蒸餾回收率，則多次蒸餾之成本卻更將巨幅增加。

有關廢溶劑之蒸餾流程如圖 5.3-5 所示。



資料來源：國內廢溶劑回收處理及處置現況，工程雙月刊第 74 期第 3 卷。

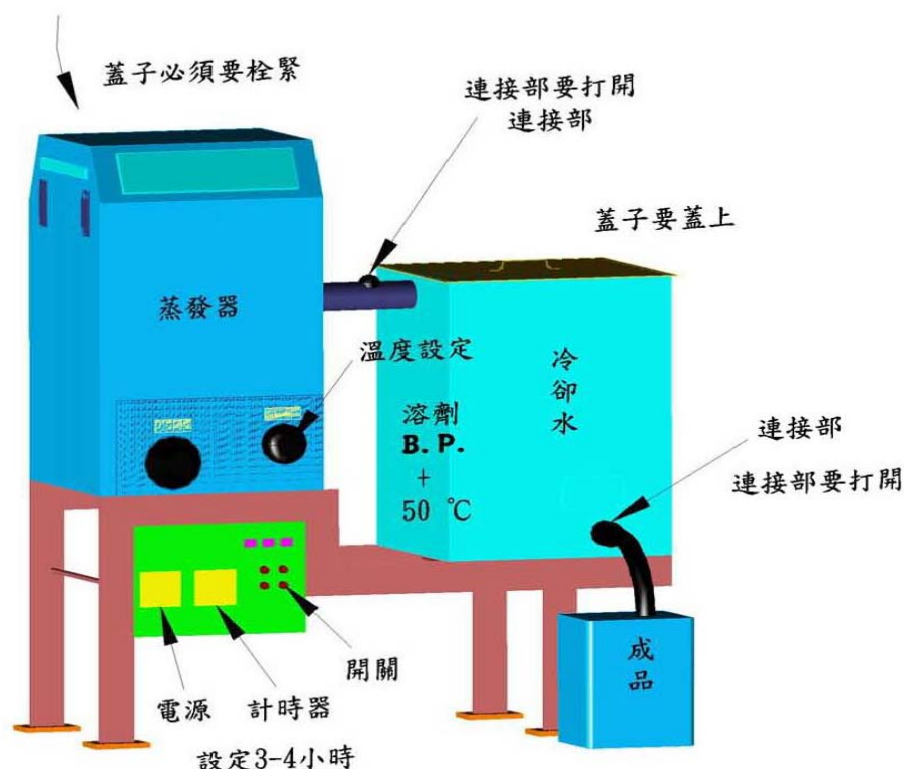
圖 5.3-5 有機混合廢溶劑蒸餾回收流程圖

A. 整體回收

本法適合量大且可做全廠的工廠自動化回收系統規劃，並非各廠都適用，要考慮經濟性與合理化。常用於電子業之清洗劑回收以及 PU 合成皮之二甲基甲醯胺(DMF)或膠帶上膠塗布等之自動化作業系統中。其回收原理和有機溶劑廢氣部分之相關處理方法類似(如圖 5.3-3 及 5.3-4)；若設計規劃得當，可節省鉅額費用，降低製造成本，提高企業競爭能力，值得採行，惟初期投資額較大，並非一些小型廠所能承受。

B. 簡易回收裝置

此法為最簡單的現場回收裝置，乃將廢溶劑收集後，在現場以簡易型的溶劑回收裝置（如圖 5.3-6 所示）加溫簡單蒸餾回收，所需設備投資少，操作簡易，回收之溶劑可再利用，目前國內有不少廠家使用，但回收量限於設備容量，無法大量操作，且在特定狀況下，需考慮防爆需求。



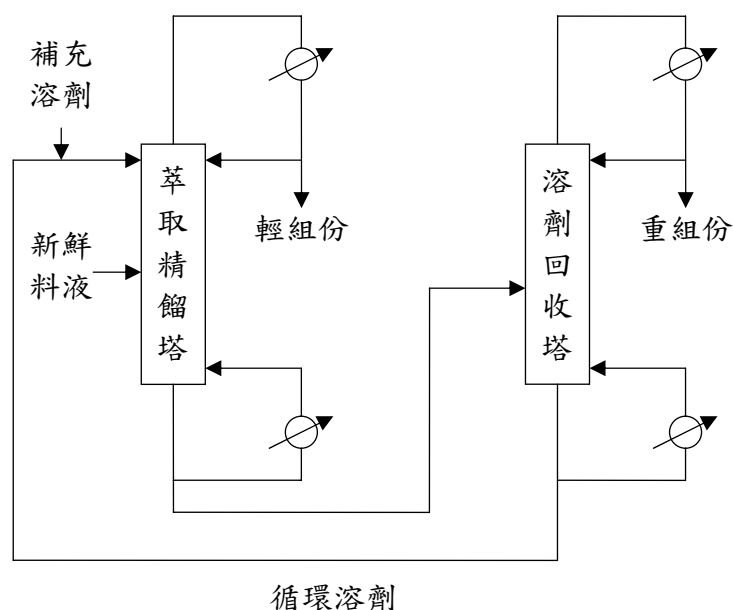
資料來源：國內廢溶劑回收處理及處置現況，工程雙月刊第 74 期第 3 卷。

圖 5.3-6 廢溶劑簡單蒸餾回收裝置

(3) 萃取精餾法

含水之廢溶劑常會形成共沸物，而須藉由加入新鮮溶劑，利用其與水分及有機成分間之作用力不同，而改變原成分間之相對揮發度，如此即可用一般之精餾方法予以分離。而新鮮溶劑之沸點又較原有之任一成分為高，將隨底流離開精餾塔，此即萃取精餾。萃取精餾之主要設備為萃取精餾塔，而為了在絕大部分之塔板上能維持較高溶劑濃度，新鮮溶劑之加入口一定要在進料口上端，但又不能從塔頂引入，因為其加入口以上須還有若干塊塔板，以組成溶劑再生段。新鮮溶劑與重成分一起自塔底引出後，送入溶劑回收裝置。一般此裝置皆使用蒸餾塔將重組份自新鮮溶劑中蒸出，再重新返回萃取蒸餾塔使用。整

個流程中新鮮溶劑係循環再生利用，故損失不大，只需添加少量補償即可。萃取精餾裝置如圖 5.3-7 所示。



資料來源：廢有機溶劑回收之清潔生產—純化方法，清潔生產雙月刊，第 25 期，1999 年 8 月。

圖 5.3-7 萃取精餾裝置簡圖

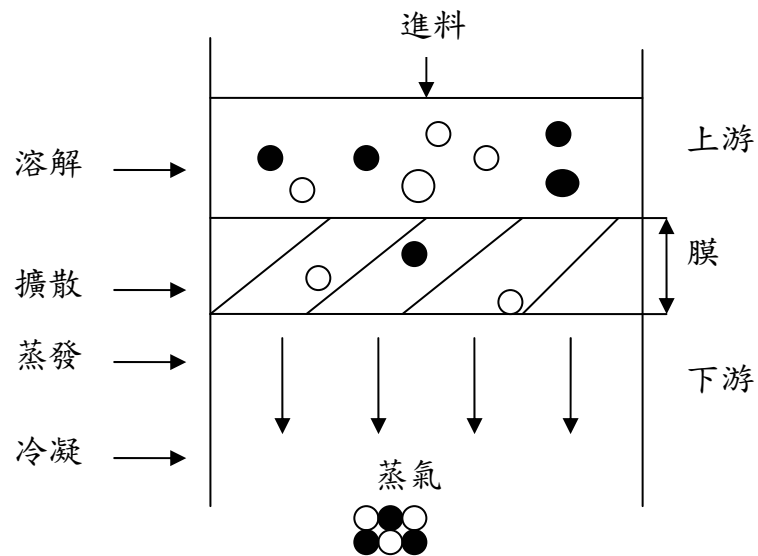
(4) 薄膜(Membrane)分離法

薄膜分離係指分子混合狀態之氣體或液體，經過特定薄膜之滲透作用，改變其分子混合物組成，從而達到使某一種分子與混合物分離之目的。其作用機制是由於分子間之作用力而引起，即所謂之驅動力(Driving force)，來自於薄膜兩側化學勢之差，如壓力差、電位差和濃度差等。在多種薄膜分離法中，較可能用於廢溶劑回收之操作方法，當屬滲透蒸發及擴散透析兩種。以下即其概要說明：

A. 滲透蒸發

滲透蒸發是液體混合物在膜的一側與膜接觸，其較容易滲透成分溶解在膜上並擴散通過薄膜，在膜的另一側氣化，而達到分離(其原理如圖 5.3-8 所示)。基於省能源及設備簡單之特點，滲透蒸發程序在分離共沸物、熱敏感混合物和沸點相近溶液方面被廣泛應用。其分離程序主要分成三步驟，包括某一成分溶解而進入薄膜中；於薄膜中傳送；在薄膜之下游界面揮發，同時被帶離薄膜。其優點為：

- a. 操作簡單，且節省能源，又不占空間。
- b. 易於分離共沸物，可應用於多成分含水混合物之分離。
- c. 可處理多重廢溶劑，且不致造成二次污染問題。目前國外經由滲透蒸發技術分離或純化之產物參表 5.3-3。



資料來源：田民波，劉德全，薄膜科學與技術手冊，機械工業，1991 年。

圖 5.3-8 滲透蒸發分離

表 5.3-3 可由滲透蒸發技術分離或純化之產物

種類	化學式	種類	化學式
醇類(Alcohols)	—	酯類(Esters)	—
甲醇(Methanol)	CH ₄ O	醋酸甲酯(Methyl acetate(MeAc))	C ₃ H ₆ O ₂
乙醇(Ethanol)	C ₂ H ₆ O	醋酸乙酯(Ethyl acetate(EtAc))	C ₄ H ₈ O ₂
丙醇 (Propanol(both Isomers))	C ₃ H ₈ O	醋酸丁酯(Butyl acetate(BuAc))	C ₆ H ₁₂ O ₂
丁醇(Butanol(all Isomers))	C ₄ H ₁₀ O	醚類(Ethers)	—
戊醇 (Pentanol(all Isomers))	C ₅ H ₁₂ O	3 丁基甲醚 (Methyl tert-butyl ether(MTBE))	C ₅ H ₁₂ O
環己醇(Cyclohexanol)	C ₆ H ₁₂ O	3 丁基乙醚 (Ethyl tert-butyl ether(MTBE))	C ₆ H ₁₄ O
苯甲醇(Benzyl alcohol)	C ₇ H ₈ O	異丙醚(Di-isopropyl ether(DIPE))	C ₆ H ₁₄ O
酮類(Ketones)	—	四氫呋喃(Tetrahydro furan(THF))	C ₄ H ₈ O
丙酮(Acetone)	C ₃ H ₆ O	二氧陸園(Dioxane)	C ₄ H ₈ O ₂
甲基乙基酮 (Butanone(MEK))	C ₄ H ₈ O		
甲基異丁基酮 (Methyl isobutyl ketone(MIBK))	C ₆ H ₁₂ O	有機酸類(Organic Acids)	—
芳香族類(Aromatics)	—	醋酸(Acetic acid)	C ₂ H ₄ O ₂
苯(Benzene)	C ₆ H ₆	腈類(Nitriles)	—
甲苯(Toluene)	C ₇ H ₈	乙腈(氰化甲烷)(Acetonitrile)	C ₂ H ₃ N
酚(Phenol)	C ₅ H ₆ O		
胺類(Amines)	—	脂肪族化合物類(Aliphatics)	C ₃ to C ₈
三乙基胺(Triethylamine)	C ₆ H ₁₅ N	鹵化碳氫化合物類 (Chlorinated hydrocarbons)	—
吡啶(Pyridine)	C ₆ H ₅ N	二氯甲烷(Dichloro methane)	CH ₂ Cl ₂
苯胺(Aniline)	C ₆ H ₇ N	四氯乙烯(Perchloroethylene)	C ₂ Cl ₄

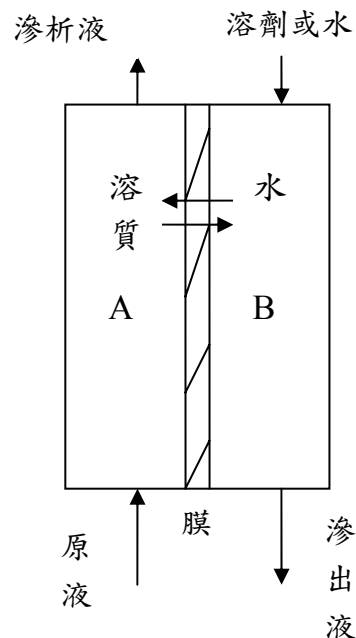
資料來源：本手冊整理，2007。

B. 擴散透析

擴散透析是由於液體相中之小分子，因濃度差而穩定通過多孔隙薄膜並擴散至另一液相，大分子通過薄膜比較困難。如圖 5.3-9 所示，中間以膜相隔，A 側通入原液，B 側通入溶劑，溶質及溶劑相互進行移動，低分子比高分子擴散速度快。

擴散透析中之擴散，本質上是一種熱力學平衡效應，其現象為溶質由高濃度區移向低濃度區；而透析則是溶液中溶質穿透薄膜之現象。各種不同溶質可藉由其擴散性差異而被分離，使溶質由高濃度區穿透薄膜移向低濃度區。

基於電中性原理，離子交換薄膜兩側均保持離子電位中性。因此，兩側之陰離子必須以等速率方式穿透薄膜而互相交換，或每一陰離子擴散須伴隨一陽離子。由於氫離子之物理尺寸相當小，所以極容易伴隨與其連結之陰離子（如 Cl^- 、 F^- 、 NO_3^- 或 SO_4^{2-} 等）而遷移穿透選擇性離子交換薄膜；相對地金屬離子之物理尺寸較大，所以較不易與其連結之陰離子穿透，但金屬離子滲流(Leakage)仍會發生。



資料來源：田民波，劉德全，薄膜科學與技術手冊，機械工業，1991。

圖 5.3-9 透析原理示意圖

(5)超臨界流體萃取法

超臨界流體萃取技術是利用一維持在高於廢溶劑臨界點之溫度及壓力作萃取操作，而分離出所欲萃取之物質。超臨界流體之優異萃取性能很早就應用於天然物萃取之研究，1978 年更由德國將其商業運轉於萃取咖啡因，因其成效極佳，可提供傳統分離程序所無法達成之效能。一般而言，利用超臨界流體作為萃取廢溶劑有下述幾項特點：

- A.以 CO₂ 為萃取劑時，無毒且不殘餘，安全性極高。
- B.選擇低臨界溫度流體，製程可在低溫操作，適合熱敏感性物質。
- C.萃取劑分離容易，產品品質佳。
- D.在溶解力或分離效率不佳時，可添加少量共溶劑(co-solvent)調整物性，以提高萃取性能。
- E.可與吸附、層析等分離法並用，以達到高度分離之效果。
- F.質傳速度快，適合高黏度或低濃度物質之處理。

但超臨界流體萃取在實際應用上，仍侷限於特定用途，其缺點為：

- A.須高壓裝置，設備製作困難，投資成本大。
- B.高壓狀態下之物性、相平衡資料不足，萃取機制尚不清楚。
- C.目前實廠放大之營運操作等經濟性資料不足。
- D.分離精密度不足，產品差別化困難，因此在處理對象成分複雜時，選擇率偏低。
- E.共溶劑之選擇須用試誤法，目前尚無理論基礎可預測。

5.3.2 廢溶劑作為水泥窯輔助燃料

以廢溶劑作為水泥窯之輔助燃料，除可節省燃料外，亦因其具有達 1,200~1,450°C 高溫、5~10 秒廢氣滯留時間等操作條件，而能有效破壞具毒性之有害廢溶劑。是以國內已有水泥業者利用現有之水泥窯，經過設備擴充後，進行以廢溶劑作為輔助燃料之實廠操作。然而應注意的是，水泥窯仍有其限制，即其不適用於處理鹼性金屬（如鈉、鉀等）或鹽類含量高之廢溶劑，因鈉、鉀等鹽類之沸點及熔點較低，將因窯內高溫而揮發後，混入水泥熟料中，導致水泥品質之劣化。除此之外，以水泥窯處理廢溶劑亦具有下列優點：

- 1.一般水泥窯長度約為 50~200 公尺，因溫度區間高、熱負荷率大，不易

受廢溶劑之影響。

2. 僅需增加貯槽、混合槽、進料管路、噴霧器等基本設備，即可進行處理，因而投資成本不高及施工期短，且不中斷其生產製程。
3. 只須將鹵素、硫分及重金屬等成分之濃度控制於適當範圍內，即不致增加空氣污染。
4. 水泥原料中之碳酸鈣，可中和燃燒後產生之酸性氣體，以減少 HCl 、 SO_x 之排放。

在採用廢有機溶劑以取代燃煤或其他燃料時，應就水泥窯本身之操作條件及限制加以考量，而生產之產品品質是否受廢棄物之內容物影響，亦是重要考慮因子。根據國內外實際處理資料，環保署於 2000 年 11 月 7 日函各環保局，凡符合經濟部工業局所訂「水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則」處理廢溶劑之方式，為中央主管機關許可之廢溶劑之處理方式，作為各界再利用之參考依循。其認定原則如表 5.3-4 所示。

表 5.3-4 水泥窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則

廢溶劑特性	認定原則
熱值(Kcal/kg)	大於 2,000
灰分(%)	小於 12
含氯量(ppm)	小於 1000，芳香氯不得檢出
含硫量(%)	小於 2
Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg 等重金屬含量(ppm)	小於 50
pH	介於 4~12.5 之間

資料來源：本手冊彙整，2007。

此認定原則自 2000 年執行迄今，廢溶劑再利用之技術及用途日趨成熟，其再利用之用途已非僅限作為水泥窯或旋轉窯之輔助燃料，因此環保署考量實際情況，遂於 2004 年 1 月 2 日公告自 2004 年 9 月 1 日起停止適用前述之認定原則，使以廢溶劑作為水泥窯或旋轉窯輔助燃料之階段性任務暫告完成，經濟部工業局於 2006 年 3 月 24 日公告修正「經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式」，使混合廢溶劑（半導體製造業、光電材料及元件製造業所產出者）可逕行再利用作為水泥廠之水泥窯輔助燃料，並應依照相關之再利用規定辦理。

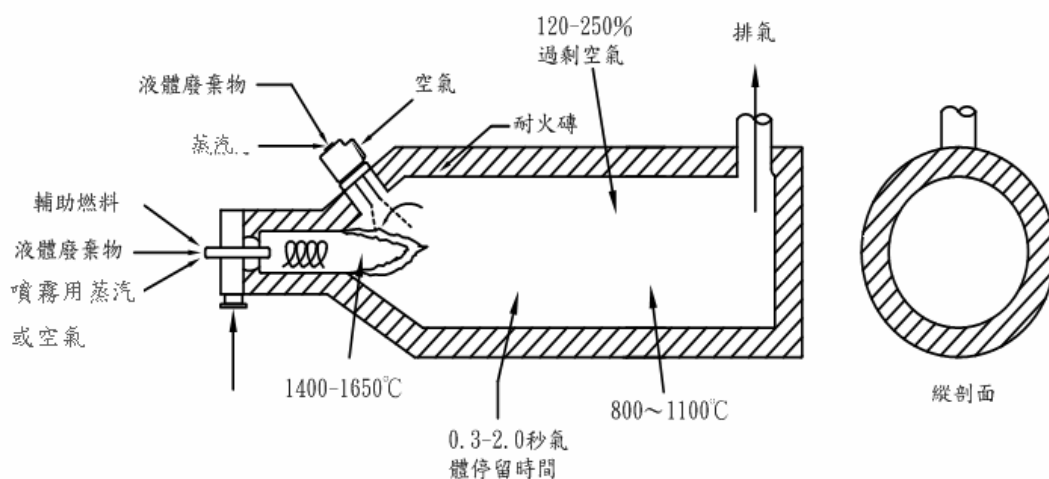
5.3.3 廢溶劑焚化處理

由於廢溶劑在回收溶劑次級品有其應用限制，因此當發現廢溶劑無法回收應用時，除考慮回收資源化方式之外，亦應考慮其它之處理方式。目前較常使用處理方式為焚化處理。其優點為有效減量、完全破壞分解有害成分；就焚化處理廢溶劑之爐型選擇，一般常使用液體噴注式焚化爐及旋轉窯式焚化爐。另外，由於其含高熱值(8,000~15,000 Kcal/Kg)亦可作水泥窯之輔助燃料。

1. 液體噴注式焚化爐

液體噴注式焚化爐（如圖 5.3-10）用於處理可以泵(Pump)輸送的液體廢棄物，其結構簡單，通常為內襯耐火材料的圓筒，可裝置一個或多個燃燒噴嘴，廢溶劑通過噴嘴霧化為細小液滴，在高溫火燄區域內以懸浮態燃燒。可採用旋流或直流方式燃燒，以使廢液霧滴與助燃空氣良好混合，增加停留時間（一般燃燒時室停留時間為 0.3~2.0 秒），使廢溶劑在高溫內（溫度 1,100~1,600°C）充分燃燒。

通常廢溶劑混合液之熱值需大於 4,450 kcal/kg，如此可減少補助燃料之供應，降低處理成本。避免使用水分含量超過 60% 廢溶劑，因容易發生火燄中斷及不穩定現象。而含有懸浮顆粒的廢液，需要過濾去除以避免堵塞噴嘴或霧化器。另外為需嚴格管制進料之氯含量，一般控制含氯廢溶劑中氯的重量百分比 < 30%，以限制煙氣中有害氣體氯的含量。



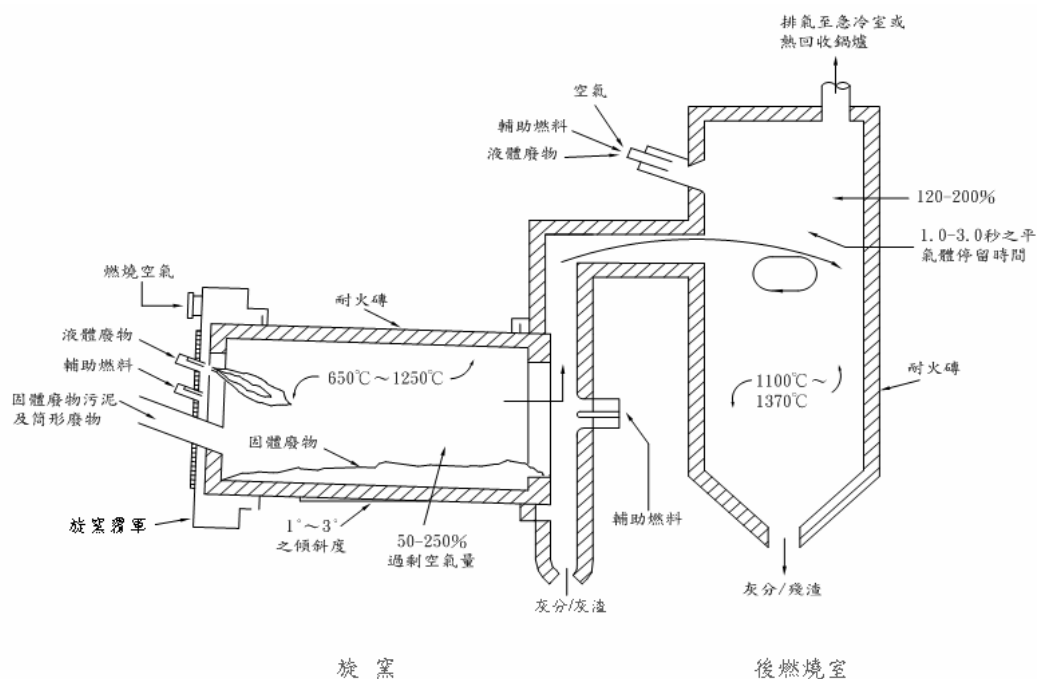
資料來源：張一岑，有害廢棄物焚化技術，1991。

圖 5.3-10 液體噴注式焚化爐示意圖

2. 旋轉窯焚化爐

旋轉窯焚化爐（如圖 5.3-11）因爐內操作溫度可高達 $1,600^{\circ}\text{C}$ ，可充分破壞含有機鹵素類可燃性有害事業廢棄物，並且適合處理高含水分之廢水污泥，屬多功能之混燒式焚化爐；旋轉窯焚化爐的轉動除了可造成廢棄物的輸送外，更可使廢棄物得到良好的混合，提高其焚化效率。廢棄物在窯內的停留時間通常為一至數小時。

旋轉窯燃燒爐通常稍微傾斜放置，並配以後置燃燒器，旋轉窯一般長徑比 2~10，轉速 1~5rpm，安裝傾角為 1° ~ 3° ，操作溫度上限為 $1,600^{\circ}\text{C}$ 。旋轉窯的轉動將廢棄物與燃氣混合，經過預燃和揮發將廢液轉化為氣態和殘灰，轉化後氣體通過後燃燒器的高溫區 ($1,100^{\circ}\text{C}$ ~ $1,370^{\circ}\text{C}$) 進行完全燃燒，氣體在後燃燒器中平均停留時間為 1.0~3.0 秒。旋轉窯之焚化底灰以重力方式自然掉落底部的濕式或乾式灰渣處置系統，然後裝進移動式槽車中或以輸送帶送至灰渣堆置區，等待運輸至固化處理單元或掩埋場。



資料來源：張一岑，有害廢棄物焚化技術，1991。

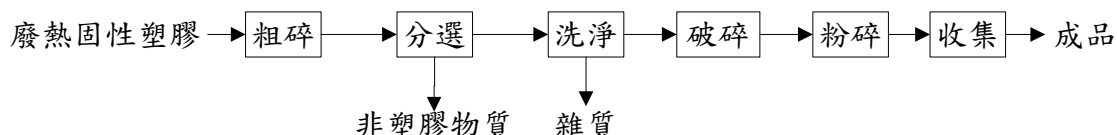
圖 5.3-11 旋轉窯焚化爐示意圖

5.4 零組件塑膠盤資源化技術

主機板製造業於製造過程中，依不同功能需求將印刷電路板與各種 IC 晶片進行黏著作業，而其中承裝 IC 晶片之 IC 可塑性方盤(簡稱 PEAK 盤)，為避免於製程中變形，故其材質多屬熱固性塑膠，熱固性塑膠除不易產生形變外，所適用之回收技術大多與熱塑性塑膠雷同，主要之資源回收技術包括：

1. 製成再生塑膠粒

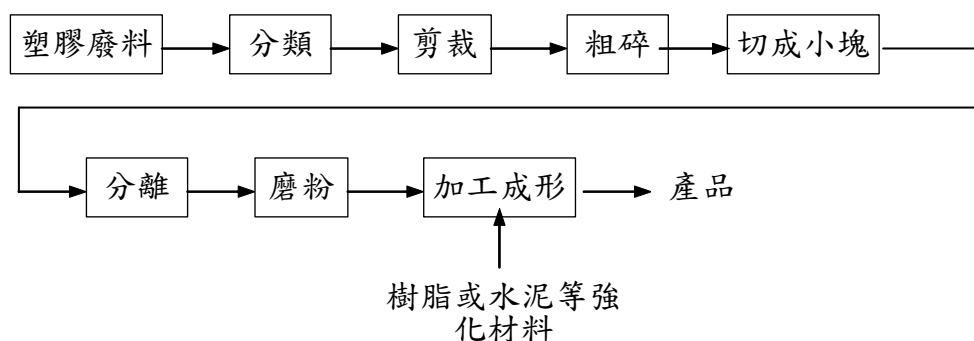
本方法之處理程序與熱塑性塑膠之回收相似，但因體積較大，故於回收過程中採用適當破碎程序以減少體積亦相當重要，再利用製程如圖 5.4-1 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，1999。

圖 5.4-1 廢熱固性塑膠製成再生料再利用流程圖

以熱固性塑膠用於製作纖維強化塑膠（FRP）產品為例，於分類程序後，廢料藉機械方式先切為條狀，使其體積能符合粗碎機之餵料大小。粗碎產物再細碎或切碎，細碎產物最後經過磨粉，成為 300~450mesh 細粉，做為製作 FRP 產品時的填充料。其流程如圖 5.4-2 所示。

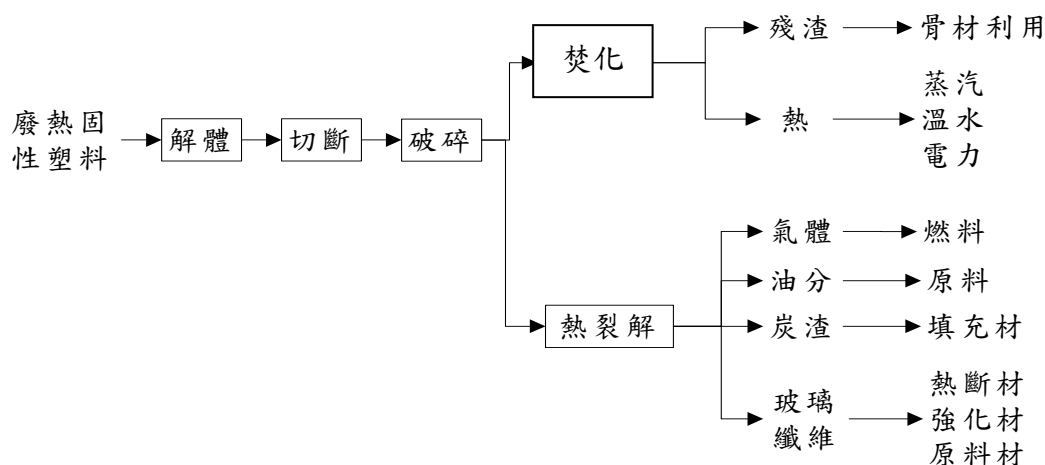


資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，1999。

圖 5.4-2 磨粉再生處理 FRP 塑膠流程示意圖

2.熱裂解法

熱固性塑膠之熱裂解再生處理流程如圖 5.4-3 所示，經處理後，不論是殘渣、回收熱、氣體與油分等，皆有進一步再利用之價值。

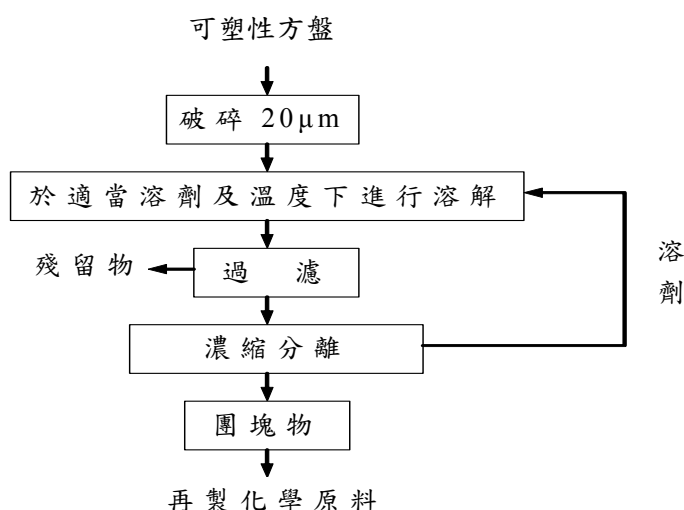


資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，1999。

圖 5.4-3 熱固性塑膠熱裂解再生處理流程圖

3.溶劑萃取法

熱固形塑膠之溶劑萃取法與一般之熱塑性塑膠之溶劑萃取法雷同。以下為回收丙烯腈丁二烯苯乙烯（Acrylonitrile Butadiene Styrene, ABS）廢料之溶劑萃取法流程示意圖(如圖 5.4-4 所示)。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，1999。

圖 5.4-4 可塑性方盤廢料回收流程示意圖

第六章 廢棄物資源化案例

6.1 廢電子零組件資源化案例

6.1.1 廢電子零組件資源化（一）

1.前言

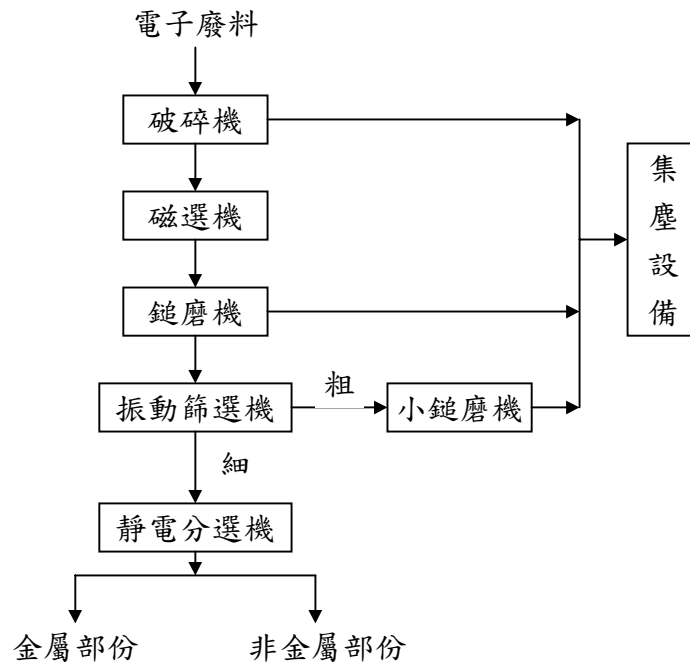
本案例之再利用機構為國內廢電子零組件資源化處理工廠，廠內廢棄物主要包括主機板業之電子廢料、下腳料。目前該再利用機構現有之製程可處理或資源化廢棄物種類，如廢 IC、廢晶片、廢電阻、廢電容器、廢印刷電路板及邊料、廢電線、廢電纜、鍍貴金屬廢端材、下腳料、渣屑、老化液、含貴金屬廢觸媒與廢電信交換機等。

2.處理流程

本案例處理流程主要有六大單元，亦即「金屬與非金屬分離」、「混合金屬分離及資源化」、「非金屬物質資源化」、「黃金精煉資源化」、「鍍金層資源化處理」、「鈹精煉資源化」等，現分述如下：

(1)金屬與非金屬分離

由於廢電子零組件成分精密而複雜（如金屬及非金屬膠合問題），因此如何適當分離成為首要步驟。首先可利用人工拆解方式先將體積較大廢棄物依照金屬類及非金屬類作初步分離，其後再利用各種物理分離設施（如破碎機、磁選機、鉗磨機、振動篩選機、靜電分選機等）搭配使用進行細部分離金屬類及非金屬類，其處理流程如圖 6.1-1 所示。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

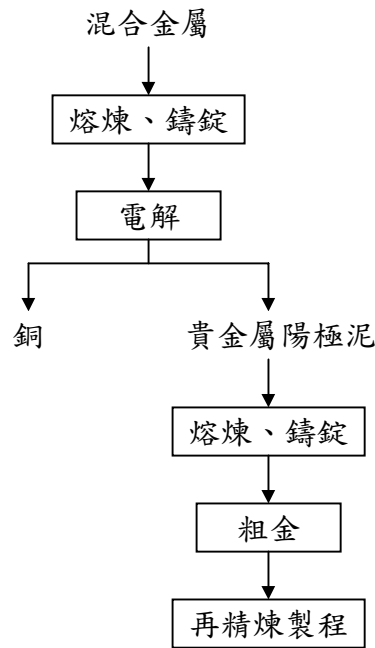
圖 6.1-1 廢電子零組件物理分離處理流程圖

(2)混合金屬分離及資源化

經過分離粉碎後之物質包括兩部分，亦即「混合金屬部分」及「非金屬部分」。其中「混合金屬部分」可採用貴金屬精煉技術進行資源化工作，就如第五章所述：將此混合金屬先經過高溫熔煉鑄錠後，以此粗銅錠為陽極，純銅片為陰極，進行電解，陽極之粗銅錠逐漸溶解，並於陰極析出純銅回收，而當陽極完全溶解後收集陽極泥，此陽極泥再經熔煉鑄錠後成貴金屬錠，以供後續精煉純化。其處理流程如圖 6.1-2 所示。

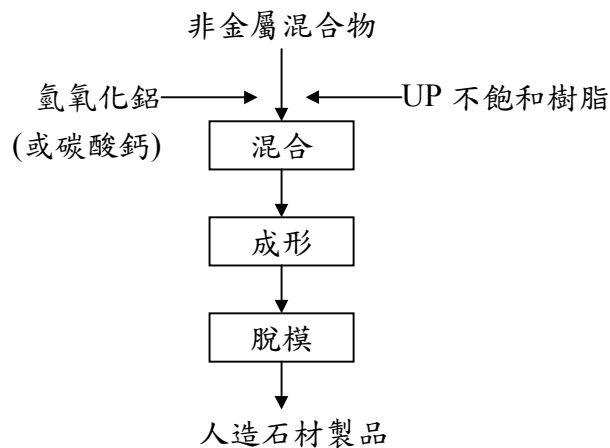
(3)非金屬物質資源化

至於經分離破碎後之「非金屬部分」則包括玻璃纖維、樹脂等碎渣，一般而言其量大於「金屬部分」甚多，如未善加利用誠屬可惜。本案之再利用機構即以添加氫氧化鋁（或碳酸鈣）、UP 不飽和樹脂等原物料，再加以混合均勻後，壓延成型即製成所謂「人造大理石板」、「圍牆磚」、「文化石」、「人造大理石地磚」等資源化產品，而此資源化產品最後再經過廢棄物毒性特性溶出試驗（TCLP）後，均低於認定溶出標準值，其資源化處理流程如圖 6.1-3 所示。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 6.1-2 廢電子零組件中混合金屬資源化處理流程圖



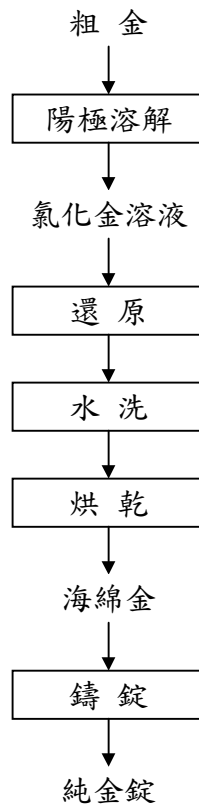
資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 6.1-3 廢電子零組件中非金屬成分資源化處理流程圖

(4) 黃金精煉資源化

如前所述，經物理分離後所得「混合金屬」，再以熔煉、鑄錠、電解等程序後，可將銅與其他貴金屬分離。後者之貴金屬中可能含有金、銀等金屬，可再予以精煉，即獲得純度具經濟價值之貴金屬。因

此，再利用機構利用電溶精煉法選擇性還原方式將黃金再予以資源化，以此方式所獲得之黃金純度可高達 99.99%。其處理流程如圖 6.1-4 所示。



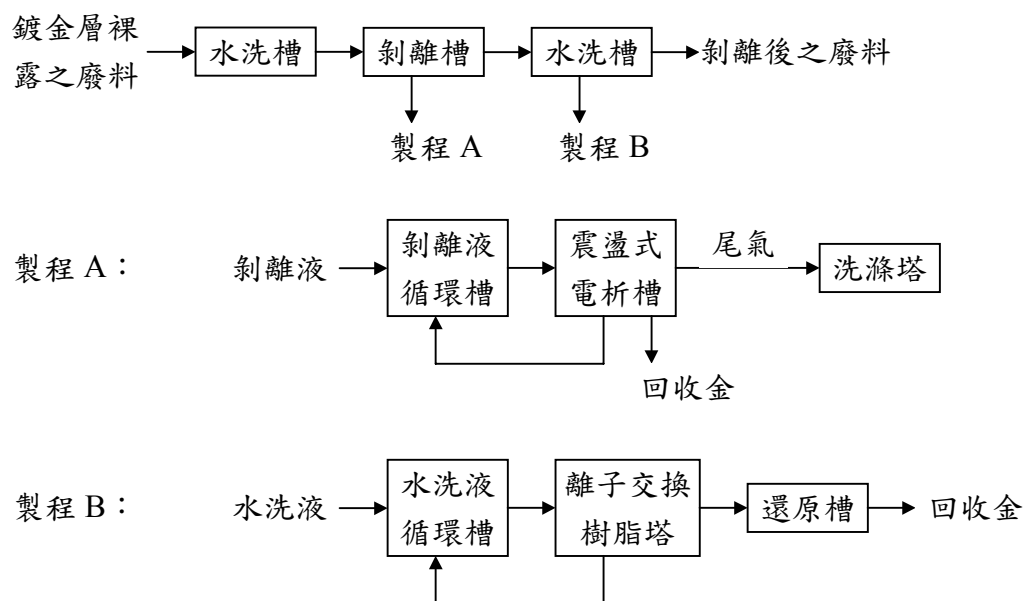
資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 6.1-4 黃金精煉資源化處理流程圖

(5)鍍金層資源化處理

一般廢電子零組件中有些貴金屬部分是裸露於表層，此類廢電子零組件僅需將貴金屬部分剝離或溶蝕即可，而不需經過粉碎等步驟，是屬較易資源化者，其處理流程如圖 6.5 所示，亦即將已分類裸露鍍金層廢棄物經水洗後，再以氰化鈉剝離液剝離，繼續經電析或離子交換樹脂將貴金屬予以回收之。

值得一提的是，關於電析槽部分，係以不鏽鋼為陰極，石墨為陽極，再配合電子式振盪器，來藉由流體化現象而提升電解效率。換言之，利用電析槽中陽極分解來破壞 CN^- ，陰極回收金，如此可達到貴金屬回收並破壞氰化物之雙重目的。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

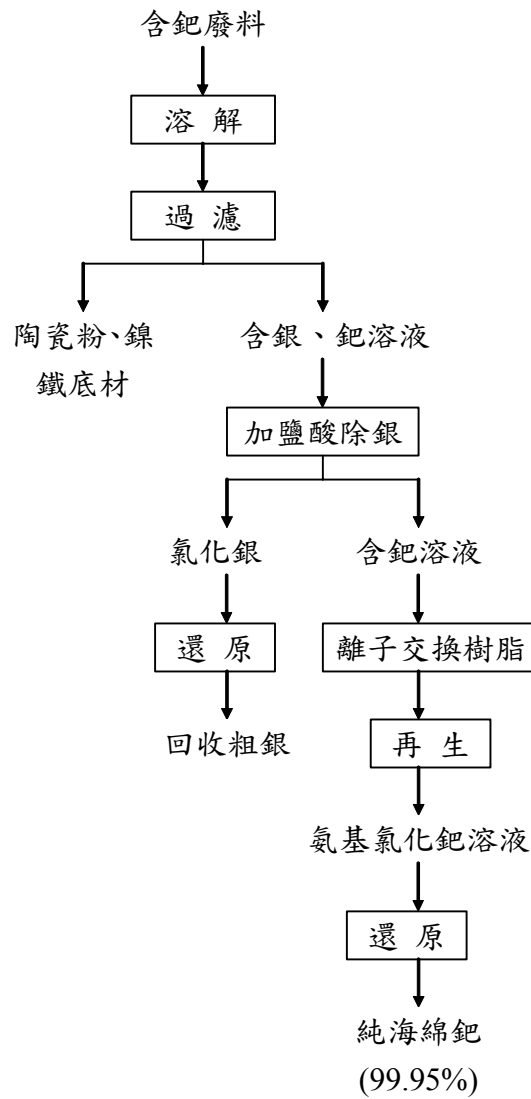
圖 6.1-5 廢電子零組件裸露鍍金層資源化處理流程圖

(6) 鈰精煉資源化

關於此部分工作，不一定需要，但若廢電子零組件中含有貴金屬鈰 (Pd) 者，本案再利用機構則利用溶解、沈澱、離子交換樹脂等方式進行資源化工作。其資源化處理流程及示意圖如圖 6.1-6 及圖 6.1-7 所示。

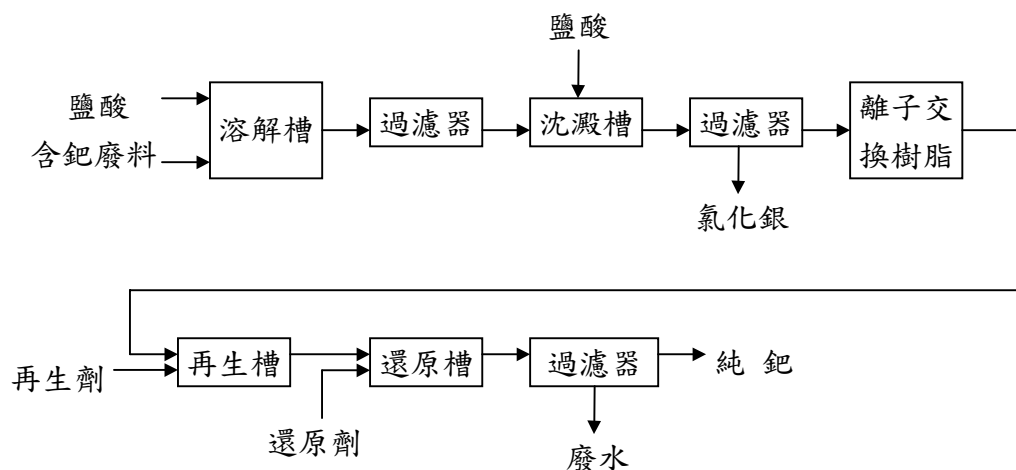
3. 結語

本案例之再利用機構為國內少數具備廢電子零組件資源化處理製程之工廠，其業務除回收主機板業之廢電子零組件外，尚協助環保署處理基金會回收之資訊類廢棄物及其它廢電子零組件，經過廠內製程處理後，其資源回收率達 99% 以上。其成果不僅協助政府機關及半導體業者解決廢棄物之問題，同時也建立國內自行回收及資源化處理有害廢棄物之能力。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 6.1-6 廢電子零組件中貴金屬鈀資源化處理流程圖



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 6.1-7 廢電子零組件中貴金屬鈀資源化處理示意圖

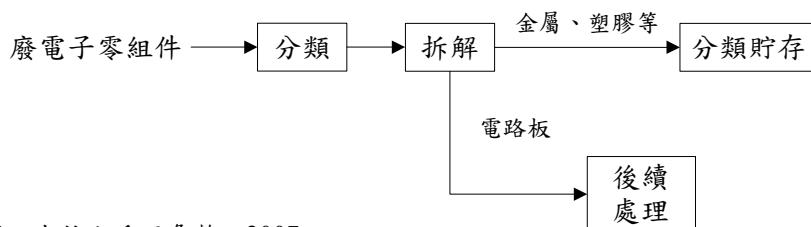
6.1.2 廢電子零組件資源化（二）

1.前言

本案例 B 為國內另一廢電子零組件資源化處理工廠，目前廠內現有製程可處理主機板產業資源化廢棄物種類包括：廢 IC、廢晶片、廢主機板、下腳料、混和渣屑等廢電子零組件。

2 製程及原理

B 廠為接收較大型、完整之電子廢料，首先進行人工拆解、整理並完成分類回收部分，需進一步處理之物料則集中由廠內其他製程處理。操作流程如圖 6.1-8 所示。

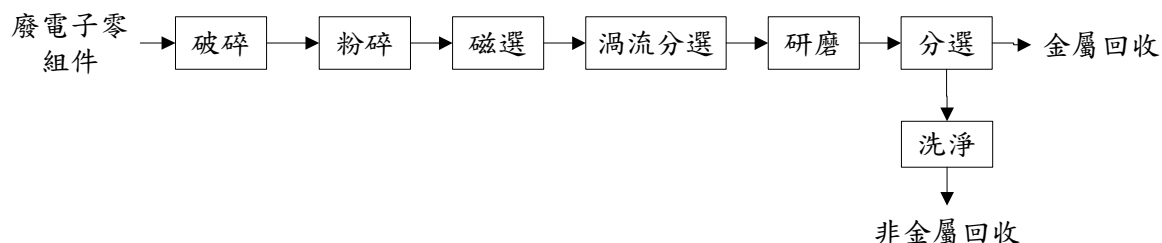


資料來源：本技術手冊彙整，2007。

圖 6.1-8 B 廠人工拆解處理流程

2. 粉碎／分選處理

粉碎／分選流程包含粗碎、細碎、磁選、渦流分選、搖洗、殘渣洗淨、銅離子交換、電析回收等步驟，處理料件經過粉碎使金屬與非金屬單離後，以磁選回收其中所含磁性金屬、渦電流分選回收鋁金屬，最後再以重力分選回收銅金屬。B 廠之處理操作流程如圖 6.1-9 所示。

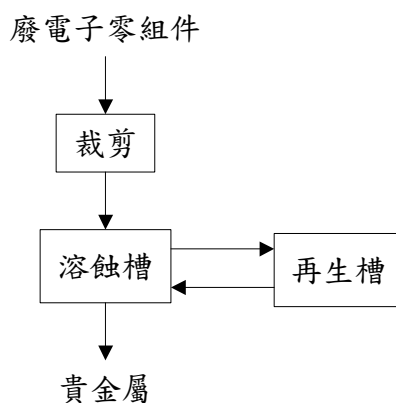


資料來源：本技術手冊彙整，2007。

圖 6.1-9 B 廠之粉碎／分選處理流程

3. 溶蝕處理

溶蝕處理是利用溶蝕液來處理含有貴金屬之電子零組件及廢棄物，其操作流程如圖 6.1-10 所示，整個處理流程包括溶蝕、溶蝕液再生、回收及磁化處理等步驟。



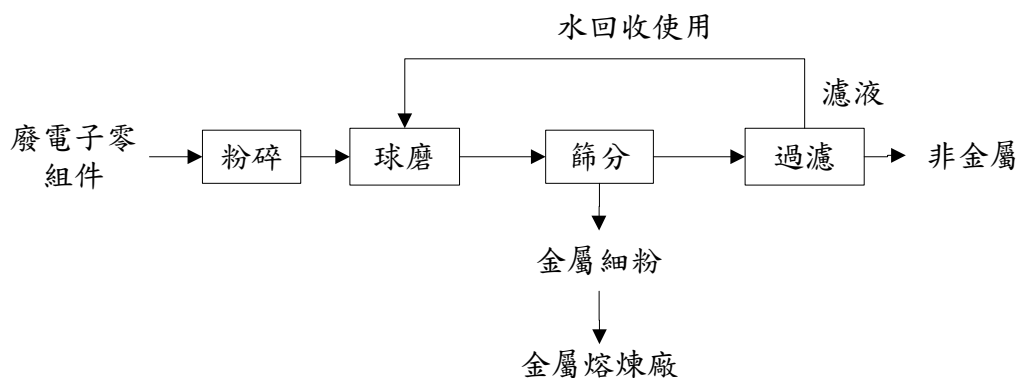
資料來源：本技術手冊彙整，2007。

圖 6.1-10 B 廠之溶蝕處理流程圖

4. 密閉式粉碎／分選處理

處理流程是以粉碎方法使廢積體電路破碎成為細小顆粒，接著利用金屬與非金屬延展性之差異，以球磨機將已破碎成細小顆粒之積體電路

研磨成粉末以振動篩分選出金屬與非金屬，其流程如圖 6.1-11 所示。



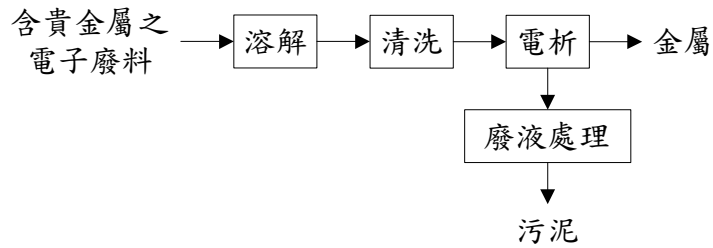
資料來源：本技術手冊彙整，2007。

圖 6.1-11 B 廠密閉式粉碎／分選處理流程圖

5. 電析回收處理

處理對象主要為含貴金屬之電子廢料，處理流程是利用電析來處理鍍貴金屬之廢棄物，先將廢料上之貴金屬鍍層溶解，所得之含貴金屬溶液則以電析方式回收貴金屬；處理後之廢料經二道清水洗淨後再由廠內其他製程處理。

貴金屬回收製程主要是一個溶解及電解析出的反應，其製程所用的化學用品只有貴金屬溶解時所用的溶解液(1% KCN，pH 11~12)、廢液處理時所用的次氯酸鈉（漂白水）及調整 pH 所用的硫酸(10%)。處理過程中所產生之廢液，為清洗過程中排放之低濃度含氰離子廢液，其經過氰離子氧化槽處理，經取樣檢測氰離子濃度低於 1ppm 後，再經離子交換樹脂吸附水中金屬離子，最後排至廠區內廢水處理槽處理。電析後產生高濃度氰離子溶液則循環使用並不排放。其操作流程如圖 6.1-12 所示。整個處理流程包括溶解、清洗、電析、廢液處理等步驟。



資料來源：本技術手冊彙整，2007。

圖 6.1-12 B 廠之電析回收處理流程圖

6.結語

對於國內相關事業而言，目前廢電子零組件許多皆為境外處理，而本案例為少數國內再利用機構，且具有多年歷史，無論在廢棄物收集清運及處理技術上，均自成一套完整之體系，利用物理化學方式依廢棄物之特性分別資源化處理，可提升資源化效率，回收更多可用之資源，創造更高的產值。

6.2 廢錫渣資源化案例

6.2.1 廢錫渣資源化錫鉛錠替代原料

1. 前言

事業產生之廢錫渣依再利用廢棄物成分分析，廢錫渣中之主要成分為錫、鉛及銅等，故如能有效將銅等不純物質去除時，便可達成再利用而取代精製爐作業過程製造錫鉛錠所需要部分添加原料量（如純錫錠及純鉛錠等）。本案例乃參考國內專業產製錫鉛合金錠工廠之技術水準與能力評估其再利用可行性，建議產生本案例廢棄物之事業與相關可行之再利用機構可參考以下規劃為之。

2. 工廠介紹

該公司成立於民國 84 年，資本額壹仟萬元，目前員工人數目前約 25 人，為專業金屬錫冶煉回收製造業。該公司具有回收廢剝錫液、氧化錫泥、廢錫鉛渣等多項回收技術，該廠廢錫鉛渣、廢剝錫液、廢鍍錫液、廢剝錫鉛液及鍍錫槽陽極底泥實際再利用數量約 300 公噸/月，再利用用途為錫鉛製品之原料，資源化產品為錫鉛合金錠，平均月產量為 80 公噸，其月產值為 1,200~2,000 萬元。

3. 處理流程

該公司從事廢剝錫液、氧化錫泥、廢錫鉛渣等廢棄物之資源化工作，廠內之資源化製造流程分為兩類，一為針對廢錫鉛渣回收再製成錫鉛合金錠之製造流程，另一為將廢剝錫液、廢鍍錫液、廢剝錫鉛液及鍍錫槽陽極底泥回收再製成錫鉛合金錠之製造流程。此處針對其收受主機板組裝業所產出之廢錫鉛渣再利用製程說明之。

一般而言，廢錫渣資源化錫鉛錠替代原料之處理流程可分為四個主要處理單元，亦即「廢棄物進廠分析」、「進料調配」、「再利用處理」、「污染防治」等，現分述如下：

(1) 「廢棄物進廠分析」

建議每批次進廠之廢錫渣應先進行成分分析，同時將分析結果標示於該批廢錫渣並做好貯存工作。

(2) 「進料調配」

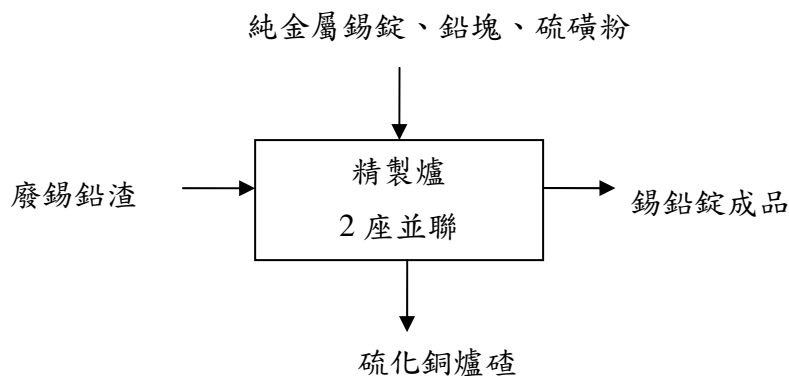
根據錫鉛錠產品之規格需求（63%錫-37%鉛、80%錫-20%鉛或 90%錫-10%鉛等）進行原料（如純金屬錫錠、鉛錠）及廢錫渣之

理論需求重量計算，並秤重調配。

(3)「再利用處理」

該公司以乾式熔煉方式進行廢錫鉛渣之資源化工作，其再利用流程如圖 6.2-1 所示，先將精製爐內溫度升至 300℃ 左右，再將純金屬錫錠、鉛錠與廢錫鉛渣依所需產品規格定量比例調配（如進料調配所述），待加熱至完全熔融狀態後，再添加硫磺粉，並於 380～500℃ 之溫度下操作，期使廢錫渣中所含銅成分與硫磺粉中所含之硫成分結合反應成為硫化銅爐渣。

接著，過濾去除爐渣而與熔融態之錫鉛液分離，反覆操作至爐內不再有上浮。此時可取金屬液待其靜置冷卻之後，以分光儀進行金屬成分之分析，其目的在於確認銅殘存量是否符合 CNS 2475 國家標準規範；同時利用錫鉛比重測定天平進行測量，並與錫鉛錠比重表進行比對，如未能符合規格時，依測量結果補出添加純錫錠或純鉛錠，以調整錫鉛之比例。反覆操作以上步驟至產品之品質規格符合要求為止，經澆鑄成型後，即為錫鉛錠產品如圖 6.2-2 所示。



資料來源：本技術手冊彙整，2007。

圖 6.2-1 廢錫鉛渣再利用流程製程



圖 6.2-2 錫鉛合金錠成品

(4) 「污染防治」

再利用處理過程可能衍生污染型態為空氣污染與廢棄物，其相關污染防治設施及建議，茲分述如下：

A. 空氣污染防治

空氣污染物產生原因及種類，如表 6.2-1。至於再利用過程中之廢氣流向，則如圖 6.2-3 所示。總之，精製爐所產生之粒狀物、硫氧化物及氮氧化物可利用氣罩收集，直接再利用密閉管道導入填充床式洗滌塔及煙霧消除器串聯之處理設備進行污染物之減量後，再由排放管道排放至大氣中。至於人工混合配料區於作業時所產生之粒狀污染物，則利用氣罩收集後，直接導入袋式集塵器之處理設備進行污染物之減量後，再由排放管道排放至大氣中。另外，重油儲槽產生之揮發性有機物量甚少，且經儲槽周圍之大氣稀釋後濃度極低，故可忽略不予進行廢氣收集，僅需設置相關之監測設施即可。

B. 廢棄物處理

再利用過程中主要之廢棄物產生來源如下：

a. 袋式集塵器收集之集塵灰：

主要為袋式集塵器去除廢氣中所含之粒狀污染物所產生之粉體，而以集塵灰之型態排出。

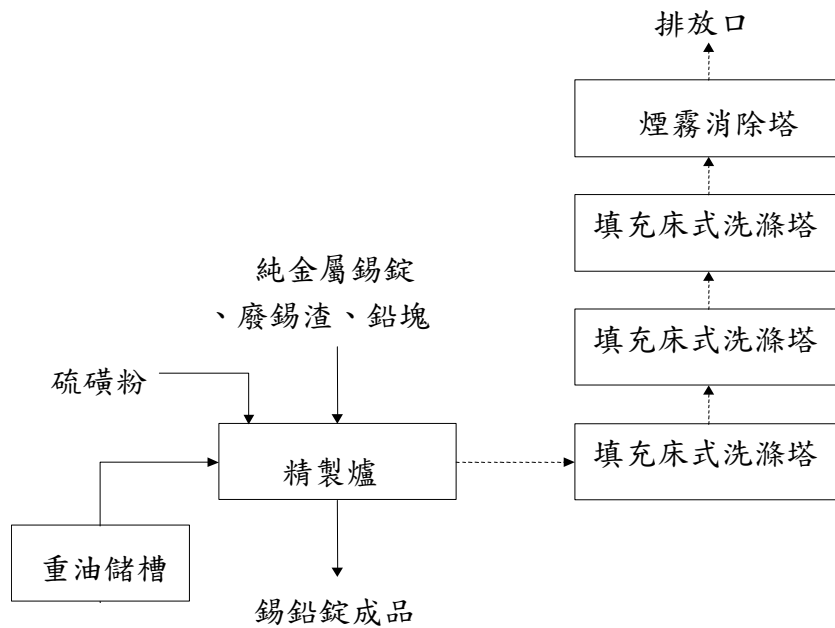
b. 精製爐作業區產生之爐渣(再利用製程產生)：

精製爐作業區於再利用製程中，因於熔煉過程中需添加硫磺粉以去除錫鉛錠中所含之金屬銅，故會形成硫化銅之黑色爐渣排出，屬有害事業廢棄物，建議應定期檢測分析。

表 6.2-1 廢錫鉛渣再利用流程之空氣污染物產生原因及種類

空氣污染物產源	產生原因及種類
精製爐	精製爐利用重油加熱，由於操作溫度低於各類金屬之氣化溫度，故無金屬物揮發之虞，其主要之污染物為燃燒重油所產生之粒狀物、硫氧化物、氮氧化物。 精製爐中雖有添加硫磺粉，然而由於精製爐之操作溫度尚未達到硫磺粉之燃燒溫度，故硫磺粉可視為完全與銅反應為硫化銅爐渣，而忽略對排放廢氣所產生之影響。
人工混合配料區	主要為原料混合作業時所產生之粒狀污染物。
重油儲槽	重油儲存時，因儲槽之呼吸閥所洩漏之少量重油蒸氣，以揮發性有機物表示。

資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 2001 年 12 月。

圖 6.2-3 廢錫渣再利用流程之廢氣流向圖

6.2.2 結語

整個再利用方式乃採用批次作業，如衡量本案廢錫渣成分特性，再來評估其相關設備處理量與廢錫渣再利用量關係，大致分析如下：

由於精製爐為主要設備，如以每只精製爐之有效容積 300 公升且錫鉛熔解液體（扣除爐內之殘存量）比重 8.0 為例，每只精製爐之錫鉛錠產量約為 2 噸/批（操作時間為 24 小時/批），每個月以 25 個工作日計算時，每只精製爐之最大產能為約 50 公噸/月。

至於廢錫渣再利用量則需依欲生產之產品規格（如 63%-37%錫鉛錠、80%-20%錫鉛錠、90%-10%錫鉛錠或其他符合 CNS 2475 錫條中國國家標準規格之製品等）及主要原料（如純金屬錫錠與鉛塊等）而定。以生產 63%-37%規格之錫鉛錠成品為例：

如前所述，專供廢錫鉛渣再利用處理之一座精製爐，其每月之最大產能為 50 公噸（每月以 25 個工作天計算），產製 63%-37%錫鉛錠產品為主，故廠內原各類原料每月最大之需求狀況如下：

錫錠需求量： $50 \text{ 公噸/月} \times 63\% = 31.5 \text{ 公噸/月}$

鉛錠需求量： $50 \text{ 公噸/月} \times 37\% = 18.5 \text{ 公噸/月}$

如利用廢錫鉛渣取代廠內使用之原料，於產能不變之條件下，每月可降低純金屬錫錠與鉛塊使用量。

6.3 廢溶劑資源化案例

6.3.1 前言

主機板產業產生之廢溶劑種類常見有異丙醇、丙酮、甲醇及乙醇等，主要用於焊錫及清洗等製程所產生，目前國內主機板廠商因其廠內廢溶劑產量較不具廠內回收經濟價值，一般皆委託廠外合格清除處理回收處理。以下介紹兩案例，一為國內一廢溶劑之再利用工廠，一為國內電子業進行廠內回收之案例。

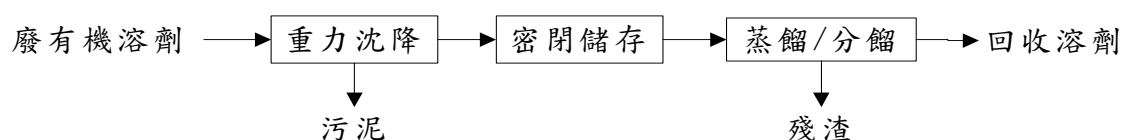
6.3.2 案例一

D 廠為國內一廢溶劑之再利用工廠，並回收溶劑進行純化，提供其他工業製程使用。本案例以廢異丙醇回收說明如下。

1. 製程及原理

(1) 製程

D 廠於有機廢溶劑回收處理前，先採用重力沉降、過濾、浮除等方式進行前處理，以利後續流程順利進行，之後以蒸餾/分餾方式予以回收，而蒸餾後之殘渣則交由合法清理廠商以焚化方式減量處理。其廢溶劑處理流程如圖 6.3-1 所示。



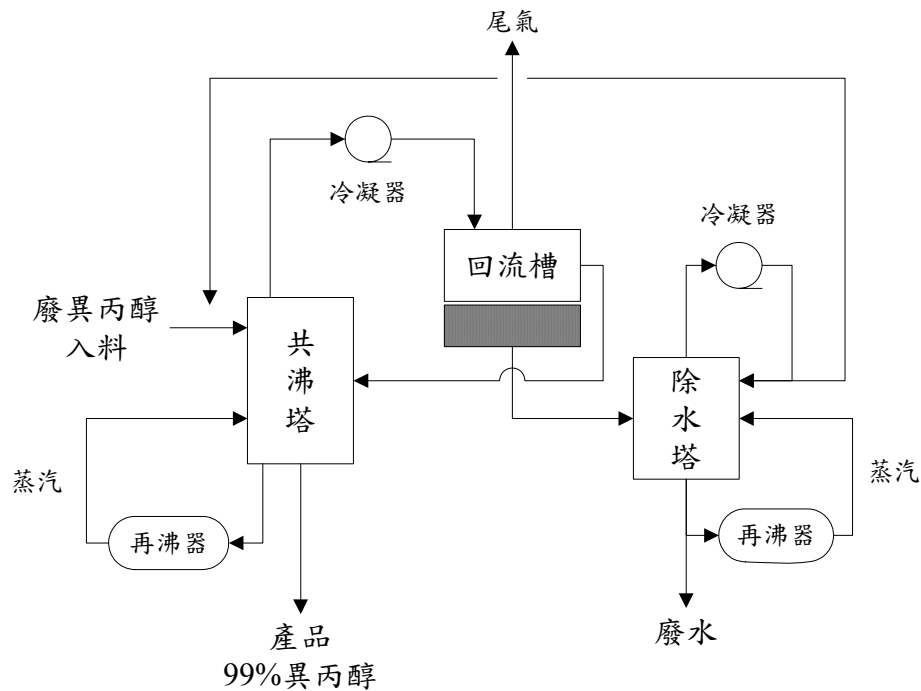
資料來源：本技術手冊彙整，2007

圖 6.3-1 D 廠廢溶劑資源化處理流程圖

異丙醇(Isopropyl Alcohol, IPA)為無色液體，沸點為 82.4℃，閃火點 11.7℃，具可燃性，可溶於水，用於製造丙酮及其衍生物、甘油等；常用於作為溶劑、脫水劑、洗劑等。由於具有易揮發性，因此其純化時可利用與其它溶劑沸點之不同而分離。

由於 D 廠所收集來自國內電子及相關產業之廢溶劑，其均含有水分，於純化時是以共沸蒸餾方式將水與異丙醇予以分離，其中使用之共沸劑為非含苯之飽和溶劑，於製程中可不斷循環使用。廠內設有

二座蒸餾塔，一座為共沸塔，塔底餾出物即為純化後之異丙醇產品；第二座為除水塔，廢水自塔底直接排出。整個製程採常壓連續密閉式操作，其中離開回流槽之尾氣(Vent Gases)則再經過尾氣冷凝器(Trim Cooler) 後排至大氣。由於 D 廠之原料可為 82~98 wt%之異丙醇廢液，因此一般電子及相關產業所產生之廢異丙醇水溶液均可直接進入製程純化。其資源化處理流程如圖 6.3-2 所示。



資料來源：本技術手冊彙整，2007。

圖 6.3-2 D 廠廢異丙醇資源化處理流程

(2)原理

由於有機溶劑具有低沸點及高揮發性之特點，而在常溫下即具有較高之蒸氣壓，因此可藉由沸點不同之差異，將混合廢溶劑中各不同之成分分離乃為最簡易之方式，其優點為操作簡單，可將廢溶劑回收再利用，且適合大量處理。

依據勞特定律(Raoult's Law)，混合液中各成分之蒸氣分壓依其在水中之莫耳分率而定：

$$P_i = P_{0i} \times X_i$$

其中， P_i 為成分 i 在氣相中之蒸氣分壓， P_{0i} 為純成分 i 之飽和蒸氣壓（依溫度而定）， X_i 為 i 成分在液相中之莫耳分率，一般廢溶劑

除主成分外，其餘多以水為主，對水而言，則為 $P_w = P_{0w} \times X_w$ ，因此任何溫度之氣相總蒸氣壓(P_T)皆為該溶劑與水之和($P_T = P_i + P_w$)。

若以異丙醇(IPA)之蒸餾回收為例，假設原廢溶劑中含異丙醇90%，其餘為水，則廢溶劑中異丙醇與水之莫耳分率比約為 1.5 : 0.5 (即異丙醇之 X_i 為 0.75)。在一大氣壓下異丙醇之沸點為 82.4°C，亦即該溫度時異丙醇之飽和蒸氣壓為 760 mmHg，但相對之該溫度時，水之飽和蒸氣壓僅為 385 mmHg，因此初始氣相中之成分絕大部分為異丙醇，蒸餾前段所得到之餾出物，可謂純度極高之異丙醇。然而，隨著氣相中異丙醇被蒸出之比例愈來愈高，液相中異丙醇相對於水之莫耳分率即逐漸降低，所蒸出之氣體中水之比例 (P_w 愈大) 乃愈來愈高，亦即蒸餾回收之異丙醇純度愈來愈低。因此，單段式之蒸餾所回收之溶劑純度有一定之範圍限制，一般進行溶劑蒸餾回收之操作大多藉由多段式之分餾塔反覆調整氣—液相中成分之組成比例，以獲得單一成分組成較高之回收液。

2. 資源化成效

本案例 D 廠基於經濟效益考量，所收集之異丙醇廢液以純度 85% 以上者，申請處理量每日可達 25 公噸以上，其所再製之異丙醇純度亦可達 99% 以上，資源化產品並提供其他工業製程使用，工業級異丙醇 (規格如表 6.3-1) 可作為工業原料、溶劑、液體燃料之防凍劑、脫水劑、清潔劑及防腐劑等用途。此外由於工廠為處理揮發性之廢溶劑，且為避免造成空氣污染，物料之輸送均採槽車作業，原料及產品之貯存槽亦採常壓密閉式，貯槽頂端設有呼吸閥，呼吸閥之尾氣則經活性炭吸附後才排至大氣，因此目前廠內並無二次污染之虞。

D 廠主要以回收蒸餾方式處理廢溶劑之處理機構，若廢溶劑摻雜多種溶劑時回收之溶劑較不具經濟價值；基於此，事業單位應妥善做好廢溶劑之分類工作，以及再利用機構適當之前處理步驟，將有利於廢溶劑回收與再利用。

表 6.3-1 異丙醇之工業規格

工業級產品規格	一般規格	特殊規格
純度 (wt%)	99.8	99.9
水分 (wt%) ASTM (D1364-90)	最大 0.15	最大 0.10
酸度 (wt%) as Acetic acid ASTM (D1613-91)	最大 0.001	最大 0.001
色度 APHA ASTM (D1209-93)	最大 10	最大 10
比重 20/20 (°C) ASTM (D268-90)	0.785~0.787	0.785~0.787
蒸餾範圍 (°C) ASTM (D1078-93)	82.2~82.4	82.2~82.4
不揮發物 (mg/100mL) ASTM (D1353-92)	5.0	5.0
味道測試 ASTM (D1296-93)	無異味	無異味
水溶解度 ASTM (D1722-90)	符合標準	符合標準

資料來源：廢棄物資源回收及處理設備技術手冊及案例彙編，經濟部工業局，2004 年 7 月。

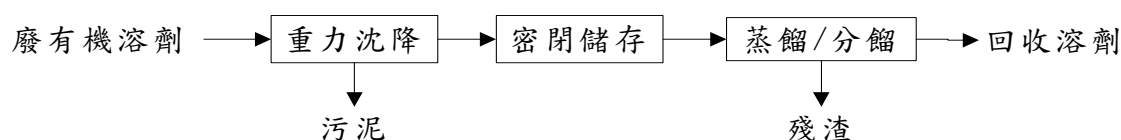
6.3.3 案例二

E 廠為國內電子工廠，於廠內設置簡易回收設備進行溶劑回收，以提供其他製程清洗使用。本案例以廢丙酮回收說明如下。

1. 製程及原理

(1) 製程

E 廠於有機廢溶劑回收處理前，先於製程中分類收集至貯存容器，後續採用重力沈降方式進行前處理，再以簡易回收設備進行蒸餾/分餾方式予以回收，而蒸餾後之殘渣則交由合法清理廠商以焚化方式減量處理。其廢溶劑處理流程如圖 6.3-3 所示。



資料來源：本技術手冊彙整，2007。

圖 6.3-3 E 廠廢溶劑資源化處理流程圖

(2) 原理

採蒸餾方法回收廢溶劑，其基本原理是利用各物質之沸點不同及物質特有的氣液平衡關係來達到分離之目的。當混合有機溶劑被加熱時，沸點較低的物質先沸騰而變成蒸氣，此有機蒸氣經過冷凝器之後冷凝成有機溶劑，再直接流至產品貯槽，成為成品。沸點高之物質則由蒸餾器底部送出，視其性質決定再處理方案，或直接當產品，無法利用之高燃點殘留物，則送往焚化處理或委外代清理業處理。本案例使用簡易回收設備（如圖 5.3-6），其特點如下：

- A. 生產工廠作業，回收率達 80~95% 左右。
- B. 安全性高，採密封防爆型設計，無火災之顧慮。
- C. 加溫方式採電熱管油浴或其它安全之加熱方式，並可配合增加溫度、時間控制設備。
- D. 可由已知種類之廢溶劑沸點來設定加溫溫度，節省電能。
- E. 具無熔絲開關、漏電斷路器等裝置，無漏觸電危險之虞。

F.裝置主要部分均採強固材質，連接管路為密閉型，溶劑之擴散及洩漏均不易發生，安全性高。

G.占用空間極小，安裝容易，移動方便。

H.電源為一般 110V 或 220V，且功率不高，不需專門特殊配線。

I.廢溶劑處理後之殘渣可輕易取出處理。

J.不必專業技術人員，只要按照步驟即能勝任操作。

其適用回收溶劑之種類：

A.酮系：丙酮(Acetone)、甲基乙基酮(MEK)、甲基異丁酮(MIBK)等。

B.酯系：乙酸乙酯(EAc)、乙酸丁酯(BAc)等。

C.醇系：異丙醇(IPA)、異丁醇(IBA)、丁醇(BA)等。

D.芳香烴：甲苯(Toluene)、二甲苯(Xylene)等。

E.鹵化烴：三氯乙烯、三氯乙烷等氟氯碳化物。

F.溶纖劑：乙基溶纖劑(ECS)、丁基溶纖劑(BCS)等。

G.其它：幾乎各種添加用溶劑都可進行回收，但不宜超過三種。

2.資源化成效

E 廠某一生產線收集之廢溶劑（廢丙酮）平均每日約 50 公斤，每月平均工作天數 26 天，溶劑（丙酮）新品每公斤平均 50 元，由於產品製程要求，故不能直接用於添加，需先做分離回收再利用。

由以上背景資料得知：

該生產線每月產生之廢溶劑價值為

$$50 \text{ 元} \times 50 \text{ 公斤/日} \times 26 \text{ 日/月} = 65,000 \text{ 元/月}$$

每年產生之廢溶劑價值為

$$65,000 \text{ 元/月} \times 12 \text{ 月/年} = 780,000 \text{ 元/年}$$

假設，溶劑簡易回收裝置回收率分別以 80%、85%、90%，分別得之：

$$780,000 \times 80\% = 624,000 \text{ 元}$$

$$780,000 \times 85\% = 663,000 \text{ 元}$$

$$780,000 \times 90\% = 702,000 \text{ 元}$$

回收廢溶劑支出部分：

(1)電費

每次用電為 4 kwh(度)，每日上下午各處理一次，電費每 kwh

以 5 元計，每月工作 26 天，則每月電費為：

$$5 \text{ 元/kwh} \times 4 \text{ kwh/次} \times 2 \text{ 次/日} \times 26 \text{ 日/月} = 1,040 \text{ 元/月}$$

$$\text{全年電費為 } 1,040 \text{ 元/月} \times 12 \text{ 月/年} = 12,480 \text{ 元/年}$$

(2)人工處理費：

假設每次作業時間為 10 分鐘，每日二次，計時共 20 分。則每月處理時間為：

$$20 \text{ 分/日} \times 26 \text{ 日/月} = 520 \text{ 分/月}$$

每年處理時間為

$$520 \text{ 分/月} \times 12 \text{ 月/年} = 6,240 \text{ 分/年}$$

以 6,240 分/年折合工作天數為 13 工作天（每工作天以 8 小時計）。據瞭解該廠本項工作由領班兼任，其待遇每天 1,500 元，折合 13 日之工資為

$$1,500 \text{ 元/日} \times 13 \text{ 日/年} = 19,500 \text{ 元/年}$$

(3)其它支出甚少，除折舊編列外，維護費極少，忽略不計。

故支出總費用：

$$\text{電費} + \text{人工費} = 12,480 \text{ 元/年} + 19,500 \text{ 元/年} = 31,980 \text{ 元/年}$$

年效益：

該生產線回收率為 85%（最低計）時，總值為 663,000 元/年，減去全年支出總經費（電費及人工費用）31,980 元/年，該生產線每年廢溶劑回收 85%時之實際利益為 631,020 元/年，若每年廢溶劑回收 90%，實際利益為 670,020 元/年。

6.4 零組件塑膠盤資源化技術案例

6.4.1 廢塑膠回收作為塑膠原料

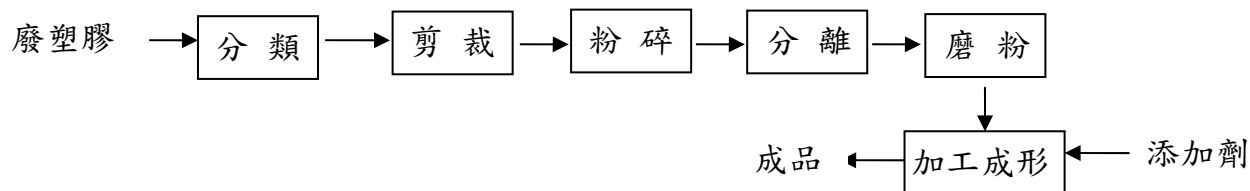
1. 前言

廢塑膠回收再利用可用於許多方面，以主機板業所用之廢塑膠盤而言，其材質屬熱固性塑膠，而因各家廠牌所使用之塑膠材質不同而有不同之再利用方式，本案例回收之塑膠盤其組成成分包括玻璃纖維補強不飽和聚酯樹脂、環氧樹脂、酚樹脂等基材之複合材料，可回收作為 FRP 複合材料之填充材。

2. 製程及原理

廢塑膠回收再利用為塑膠板材之流程如圖 6.4-1 所示。技術重點為：

- (1)前處理單元：再利用機構設計一套回收專用設備進行前處理，首先將塑膠盤經人工分選後進行剪裁，再將剪裁後之固定大小之廢塑膠經粉碎及分離等過程後獲得塑膠碎料，再經磨粉後作為 FRP 產品之填充料。
- (2)成型單元：前處理後之再生料其物性約為新料之 80%以上，經適當之添加劑與加工條件至押出機押出成型胚，經去毛邊後，即可獲得成品。過程中所產生之毛邊，可再打碎回收重新成型。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 6.4-1 廢塑膠回收再利用之流程

3. 結語

廢塑膠回收再利用為其製程簡易，二次污染較低，但不易處理混合廢塑膠，若廢塑膠為混合狀態，應考量廢塑膠之收集與分類。

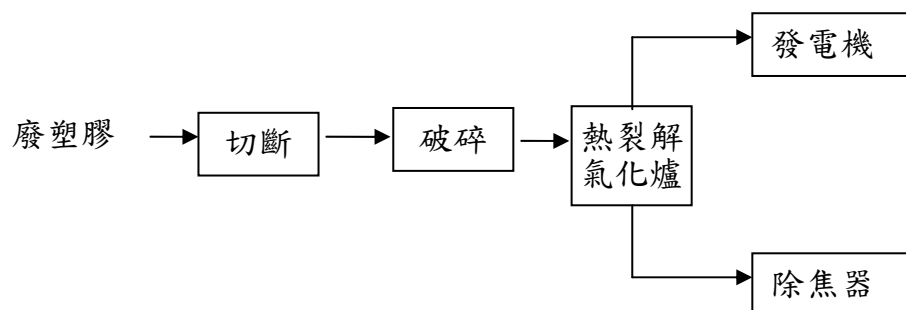
6.4.2 廢塑膠熱裂解回收

1.前言

廢塑膠在所有類型的工業生產皆會產生，在進料、生產過程、出料、產品維護時都有可能產生。與其他廢塑膠回收技術不同的是，熱裂解法可同時回收混合的工業廢塑膠及一般都市廢棄物中的混合廢塑膠。

2.製程及原理

廢塑膠熱裂解為於厭氧或無氧狀態下，將長鏈狀有機化合物加熱而使其分子鍵斷裂，最後分解成較小分子結構之副產物（如燃料氣等）及焦炭。其處理流程如圖 6.4-2 所示。



資料來源：半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。

圖 6.4-2 廢塑膠熱裂解流程圖

3.結語

熱裂解為廢塑膠資源化技術之一，且可同時適用於熱塑性塑膠及熱固性塑膠，幾乎所有類型的高分子皆能同時回收，但其仍然是熱處理法之一，應考量產生酸性廢氣之收集與處理。

第七章 技術評估與設備選用程序

本章節係針對通訊與資訊主機板組裝業產生各類廢棄物欲進行資源化工作時，如何評估與選用設備之程序，列舉相關基本原則及注意事項。

7.1 資源化技術評估流程

工廠在規劃設置回收系統時，一般必須藉由系統化的程序指導，才能建立確實符合工廠需求的設備，進而達到廢棄物減量及原物料回收之預期目標。各廠可依本身製程特性，規劃完整的設備選用系統之作業程序及預定進度。在先期的系統評估方面有以下三個步驟：

- 1.第一階段：清查製程污染源。
- 2.第二階段：資源化系統實驗規劃評估流程。
- 3.第三階段：評估資源化設備。

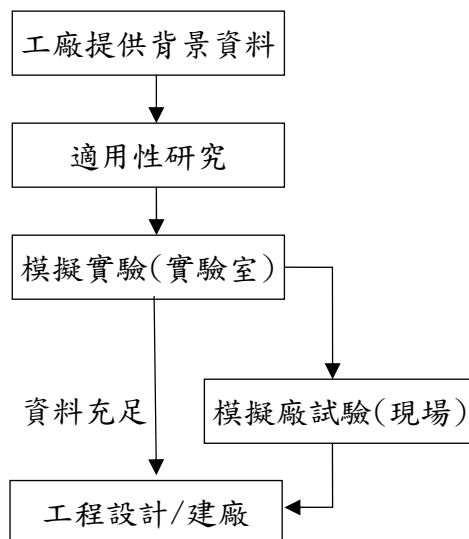
針對每一污染源，找出其可應用之資源化方案，並進一步評估各項資源化方案對減少污染產生量之預期效果，且有些資源化方案可能因工廠既有場地面積不足，在此一工作階段即可予以過濾刪除。在執行此階段時，亦可考慮聘用顧問，以協助提供資源化技術建議及評估。此階段可再細分為三項步驟，各步驟如下：

- 1.找出可應用之資源化方案，並選擇較重要者。
- 2.針對較重要之資源化方案，評估預期之資源化成效。
- 3.將評估結果做成記錄，並進行分析。

資源化系統實驗規劃評估係於設備規劃前，透過實驗確認資源化流程的可行性，如圖 7.1-1 所示，包括以下步驟：

- 1.背景資料：製程概述、廢棄物質量、場地狀況與人員狀況。
- 2.適用性研究：廢棄物品質分析、類似工廠處理經驗蒐集、資源化可行性實驗、綜合評估、流程建議與模擬實際計畫。
- 3.模擬實驗(模擬廠試驗)：資源化效率驗證、操作穩定性、未來擴展彈性、工程設計資料求取(蒐集) 與經濟效益評估。
- 4.啟動試車：硬體單元測試、資源化設備性能及穩定性測試、人員訓練與操作維護說明書。

由於完整的資源化技術評估作業程序較為複雜，從評估供應商到完成回收系統之設置，所需之工作相當複雜，工廠可考慮聘請在此領域有專長及經驗之專職顧問，以充當工廠與供應商之間的溝通橋樑。



資料來源：經濟部工業局，被動元件製造業資源化應用技術手冊，2006。

圖 7.1-1 資源化系統規劃評估實驗流程

7.2 資源化設備選用程序

圖 7.2-1 所示，說明理想的資源化設備評估，包括工廠、技術顧問單位、研究單位及工程施工單位四個角色的分工合作以及密切配合。工廠在遭遇廢棄物資源化問題時，首先委託技術顧問單位進行規劃，技術顧問單位在接受委託之後，站在工廠的立場運用其專業知識，謀求解決方案，若是工廠可運用已有的經驗進行規劃，則在背景資料蒐集及擬定基本的處理流程之後進行基本設計及細部設計，在這過程之中，顧問公司應對其設計的理念及所選流程的優缺點充分與委託者(工廠)溝通說明，若處理流程有多重選擇時，應由委託者做最後的決定。

若是技術單位在初步評估之後，認為現有資料無法進行處理廠的流程規劃，則應向工廠提出評估建議書，再由顧問洽詢研究單位進行流程評估研究，以提供技術顧問單位所需的資料，以便完成規劃。工程單位只在細部設計之後，按照其規格要求施工，並依照規格驗收。性能試車則在技術顧問單位的指導下進行，直到正式運轉為止。性能的優劣則由技術顧問單

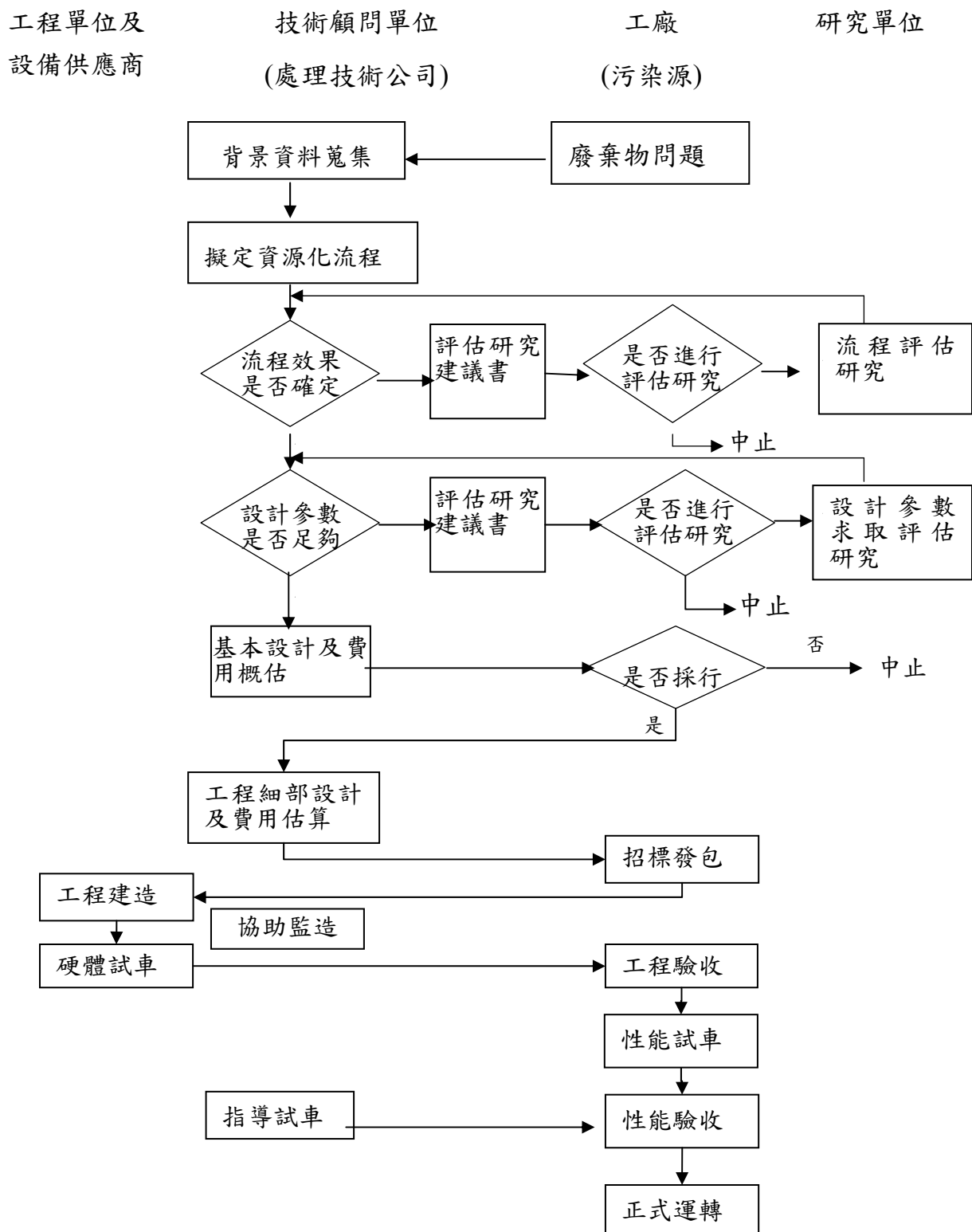
位負責。

上述過程的優點是將規劃設計與工程施工分段進行，規劃設計階段，技術顧問單位較能站在工廠的立場選擇適當的處理方式，若在現有經驗上無法立即進行流程規劃，亦能建議工廠先進行研究計畫，取得資料之後再進行工程化，較能有效的降低建廠後運轉不順利的風險。

1.聘任技術顧問單位

一般來說，技術顧問單位必須能勝任下列工作項目包含：

- (1)廠內製程單元之污染源清查。
- (2)分析統計各製程單元之廢污物產生量，並研提可行的資源化方案。
- (3)評估及選擇合適的回收系統供應商。
- (4)撰寫回收系統採購說明書，內容包括可行性試驗、設備詳細規格、人員訓練與試車，以及設備處理功能等。
- (5)協助調整或更改現有製程設備，以配合回收系統之設置。
- (6)協助廠方審核各回收系統供應商所提之規劃設計書，並就技術觀點提供工廠具體意見。
- (7)決定回收系統供應商後，繼續協助可行性試驗等相關工作的進行，並監督其執行過程，評估其結果。
- (8)合約書可能需依可行性的試驗結果加以修改，技術顧問單位可進一步審核其更改內容，及其處理功能的保證。
- (9)評核得標廠商所提供的系統配置圖、製造流程圖，以瞭解廢液或廢棄物收集系統的設置、二次污染的處理情形、洩漏時之處理措施，以及剩餘廢棄物的處置方式是否均能符合環保規定。
- (10)回收系統正式試車前審核操作維護手冊的完整性。
- (11)將回收系統之安裝、試車及操作訓練等過程全程錄影，以進一步審核系統的功能。
- (12)提供廠方操作人員之定期訓練，並校正回收系統之程式控制器準確性。



資料來源：經濟部工業局，被動元件製造業資源化應用技術手冊，2006 年 7 月

圖 7.2-1 資源化設備評估流程

2.設備選用程序

相關購置回收系統之各階段工作內容說明如下：

(1)訂定回收系統採購說明書

工廠應依本身的需求訂定回收系統採購說明書，內容載明回收系統所需達到的功能要求，並分寄各回收系統供應商。此階段可分為五項步驟，各步驟工作內容說明如下：

- A.工廠之技術人員負責擬定回收系統採購說明書，並經由工廠決策人員核可。
- B.將採購說明書寄至各回收系統供應廠商。
- C.供應商至現場踏勘，並採集樣品進行可行性試驗。
- D.採訪類似回收系統之供應商或製造商。
- E.供應商提出回收系統規劃設計書。

(2)審核回收系統規劃設計書，並簽訂合約

審核各供應商所提之回收系統規劃設計書，找出其遺漏的地方，並選出較合適之供應商。在規劃書中應詳列系統之主要設備單價明細，一般濕式回收系統之主要設備可能包括泵、液位控制、警報器、桶槽、管件、pH 校正系統、過濾器、攪拌裝置、定量泵、設備平台、設備標示牌、洗眼器及淋浴器等。

審核供應商之規劃設計書後，最好能再與供應商討論，並進一步提出問題，必要時需經試驗確定，因可行性試驗可對回收系統是否能達到預期之處理功能，提供廠內確實的保證。

(3)修改廠內製程設備

完成回收系統採購合約之簽訂後，進行廠內製程必要之修改工作，以因應回收系統的設置。

(4)回收系統設置及備用零件貯存

回收系統之備用零件應在系統未設置前就應備妥，且回收系統供應商有必要提供廠方備用零件清單，有時供應商提供之備用零件種類及數量超過實際需要，而造成浪費。因此廠方需先評估備用零件清單的內容。此方面廠方可向已設相同種類回收系統之工廠請教。一般的經驗是 pH 計及一些控制零件應比攪拌設備更須準備備品；緊急採購這些零件所花費的時間亦應考慮在內，對於所採購的

備用零件應妥善貯存，並予以編號，以利需要時容易取得。

回收系統也應編號以利辨認，編號的方式可將該系統所在之製程線及製程槽納入，此編號可用在採購說明書、訂單及運送該系統之包裝上，整個採購過程即可以此編號系統進行追蹤，並方便查核作業的進行。所有的採購項目可依編號整理成一張清單，並將設備之相關資料納入清單中，如設備之預期處理功能等數據，其組成之電機機械設備、建造材料設備、尺寸及其相關設計圖編號、預期及實際進貨日期、訂單編號等等，有些重要的閥件，可考慮另列一張清單。

(5)系統測試與試車

設備在設置前應先行測試，以確保電氣及機械系統的完善，經測試後再行安裝。試車時應進行回收處理前後之取樣檢測工作，以做為評估系統是否能達到預期處理功能。取樣的位置包括進流口及出流口或設備操作前後，樣品應分為三分，工廠保留二分，系統供應商一分，雙方分別檢測後互相印證之。樣品應依標準程序妥善保存、運送，並分析。檢測結果再由雙方共同評估，若無法對檢驗結果達成共識，則應將第三分樣品送交第三個檢測機構檢測。

在執行最後階段的測試時，最好能使用相當量的廢液或廢棄物來測試，回收系統的付費方式，儘可能的話，除了運費與設置費外，工廠應保留 10~15%的設備費用，以防設備無法達到預期功能。保留的期限以在設備設置並達成預期之處理功能後六個月內為限。

設備之安裝費用一般可保留 10%做為尾款，直到系統操作問題完全解決後，方才付清，有時設備供應商會將此費用提高 2%，以充當利息之損失。

3.供應商評估

(1)供應商評估及選擇

在選擇回收系統供應商時，一般可依據下列項目來判斷供應商的技術能力及所提供的回收系統之優缺點。

- A.供應商的員工、工程師、專屬技術專家、實驗人員及銷售人員等人數。
- B.所欲購置之回收系統，該供應商已在市場上推行多久。
- C.供應商之年營業額多少，對汽車製造業工廠之營業額如何。
- D.供應商對於處理購置該項回收系統的工廠，所編制之人力架構如何。
- E.那些物料、配件由其他廠商供應。
- F.地區代理商服務及維修能力。
- G.是否有供應同類型工廠的其他回收系統。
- H.各附屬零件（如泵之軸封、馬達、攪拌器、塔槽、偵測儀等）之代理商。
- I.系統故障是否能退回。
- J.系統運送方式及裝設進度表。
- K.是否需加裝隔離設施，以維護製程較敏感的儀器。
- L.可提供多少份系統之操作維護手冊。
- M.對該工業製程單元瞭解程度。
- N.系統之備用零件取得的難易度，以及是否已將備用零件包括在報價單內。
- O.買方是否可參與系統設置之規劃設計的審核工作。
- P.系統搬運及重新設置是否方便。
- Q.現有場地面積是否足夠。
- R.置放系統之平台的防蝕措施如何。（採不銹鋼或玻璃纖維的平台較普通的鋼板耐蝕）
- S.那些零件可在當地購買，而不抵觸系統保證書的內容。
- T.製程產能加倍，該設備應做那些更改。

- U.系統是否容許 24 小時連續操作。
- V.系統是否能被一般運送的貨櫃所容納。
- W.廠區配置圖是否與實際狀況吻合。
- X.製程上應做那些修改，以配合此項設備的設置。
- Y.該系統需多少操作人力、維護頻率及時間如何。
- Z.是否可先瀏覽該系統之操作維護手冊，以及該系統日常維護項目有那些。

其他次要判斷的項目包含：

- A.那些零件最容易故障，修復需多少時間。
- B.系統操作時，會有那些狀況產生。
- C.是否需額外加裝廢氣處理設施或排氣設施。
- D.是否提供該系統之操作維護核對表格，以利系統之管理維護。
- E.系統栓緊零件（栓、螺絲、螺帽）是否使用不銹鋼材。
- F.控制盤是否有中文標示。
- G.誰來負責安裝試車人員之差旅及膳雜等費用。
- H.供應商提供所需準備之備用零件是如何決定的。

澄清上述的問題後，若能親自訪視幾家新設（三家）或已設（三年）回收系統之工廠，經由現場訪視，可進一步瞭解供應商的服務品質及技術能力，以及該系統實際操作情形，並藉由與現場操作人員聊天來查詢回收系統實際操作上的問題所在，再向供應商詢問澄清，以做為最後選擇回收系統供應商的依據。

(2)代理商服務及維護能力評定

回收系統之地區代理商的服務及維護能力，也是決定回收系統廠牌的重要因素。因回收系統運達工廠後，接下來的系統安裝、試車及操作人員訓練等工作，可能就交由當地代理商負責（一般視廠方與供應商的合約而定），由於各家代理商之技術能力不盡相同，例如有些代理商僅能提供所需附屬零件的更換，有些代理商則可提供此套系統所有技術維修之服務工作。若代理商對工廠製程有相當的瞭解，對往後的維修工作將更有幫助，所以工廠在合約書內應與原設備供應商，釐定清楚地區代理商的責任範圍。

參 考 文 獻

1. 楊致行，歐盟電機電子環保指令及其對我國產業的衝擊與因應，永續產業發展雙月刊，2004。
2. 鉛及六價鉻之替代材料及化學品，工研院材料所精密金屬材料化學實驗室研究報告，2004。
3. 環境管理系統建制指引—資訊業，經濟部工業局，2000 年 5 月。
4. 放流水標準，行政院環境保護署，2003。
5. 固定污染源空氣污染物排放標準，行政院環境保護署，2002。
6. 噪音管制標準，行政院環境保護署，2006。
7. 半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年 12 月。
8. 國內廢溶劑回收處理及處置現況，中國工程師學會會刊第 74 卷第 3 期。
9. 廢有機溶劑回收之清潔生產—純化方法，清潔生產雙月刊，第 25 期，1999 年 8 月。
10. 田民波，劉德全，薄膜科學與技術手冊，機械工業，1991 年。
11. 張一岑，有害廢棄物焚化技術，1991。
12. 廢棄物資源化技術資料彙編，經濟部工業局，1999。
13. 廢棄物資源回收及處理設備技術手冊及案例彙編，經濟部工業局，2004 年 7 月。
14. 被動元件製造業資源化應用技術手冊，經濟部工業局，2006。

國家圖書館出版品預行編目資料

通訊與資訊主機板組裝業資源化應用技術手冊/經濟部工業局, 財團法人臺灣綠色生產力基金會編著.--初版.--臺北市：工業局出版；臺北縣新店市：臺灣綠色生產力基金會發行，民 96.08

135 面；21×29.7 公分

ISBN 978-986-01-0734-0 (平裝).--

ISBN 978-986-01-0735-7(光碟片)

1.廢棄物利用 2.工業廢棄物處理

445.97

96016695

通訊與資訊主機板組裝業資源化應用技術手冊

編 著：經濟部工業局；財團法人台灣綠色生產力基金會

發行人：陳昭義

總編輯：楊伯耕

編輯企畫：楊義榮、王義基、林政江、余騰耀、張啟達

執行編輯：林冠嘉、孫梓皓、李怡蒼、林金美

編輯委員：王文裕、蔡永興(依姓氏筆畫順序排列)

出版所：經濟部工業局

台北市大安區信義路三段 41 之 3 號

(02)2754-1255

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

發行所：財團法人台灣綠色生產力基金會

台北縣新店市寶橋路 48 號 5 樓

(02)2910-6067

<http://www.tgpf.org.tw>

出版日期：中華民國 96 年 8 月初版

設計印刷：信可印刷有限公司

工本費：400 元

GPN：1009602300

ISBN：978-986-01-0734-0(平裝)