

## 工業廢水減量回收案例介紹—印刷電路板業

張啓達\* 林坤讓\*\* 楊萬發\*\*\*

### 摘 要

電路板製程相當複雜，在刷磨、顯像、剝膜、蝕刻及電鍍等濕式製作程序中，為維持產品的品質，所需之清洗用水量甚大，同時因製程使用多種化學藥劑及特殊原料，使得排放的廢水及廢液污染物質種類繁多，且含有大量的有機性污染物及銅、鉛等重金屬，若僅依賴管末廢水處理，不僅需要投資龐大的處理成本及污泥處理費用，處理後的放流水亦不易穩定地符合放流水標準。因此，本案例工廠在進行廢水減量回收規劃工作時，排除採用逆滲透或離子交換等高級處理方法來進行放流水回收，係由廠內污染源之水質及水量清查診斷做起，充分掌握製程用水狀況後，從廠內用水管理及製程清洗方法的改善著手，並規劃於製程中用水量相當大的刷磨製程線上，設置銅粉回收機來過濾刷磨水洗循環再使用，經效益評估結果顯示，該回收設備之投資回收期限僅約1年左右，且總計約減少37%以上的製程用水量。

#### 【關鍵字】

- 1.印刷電路版業(printed circuit board manufacturing industry)
- 2.水洗水減量(reduce of rinse water)
- 3.水洗水回收(recycle of rinse water)
- 4.減少帶出液(reduce drag-out)
- 5.提昇水洗效率(improve rinse efficiency)

---

\*中國技術服務社工業污染防治中心小組長

\*\*中國技術服務社工業污染防治中心組長

\*\*\*中國技術服務社工業污染防治中心主任

# 一、前 言

## 1.1 工廠簡介

某印刷電路板工廠位於工業區內，以生產多層印刷電路板為主，平均月產量18,600m<sup>2</sup>，生產之電路板最高層數可達16層，為國內少收技術層次較高之大型印刷電路板工廠。

## 1.2 製程概述

製程採用減除法，與國內一般電路板工廠製程相似，製造流程如圖1，係以銅箔基板為基材，將感光性乾膜阻劑壓合於基板的銅面上，進行曝光、顯像之照相方式，使銅面上的阻劑形成線路圖案後，經蝕刻溶劑未受阻劑保護的銅面，再去除阻劑，即完成內層板線路的製作，完工後的內層板再與膠片及銅箔進行疊板層壓以形成多層板，接著進行內外層線路導通的鍍通孔，及外層線路形成的製作，最後進行鍍鎳鍍金及噴錫等板面加工，而製造出細密的電子配線基板，以供應資訊、家電等相關行業成為電子零件支撐及相互導通的基地。

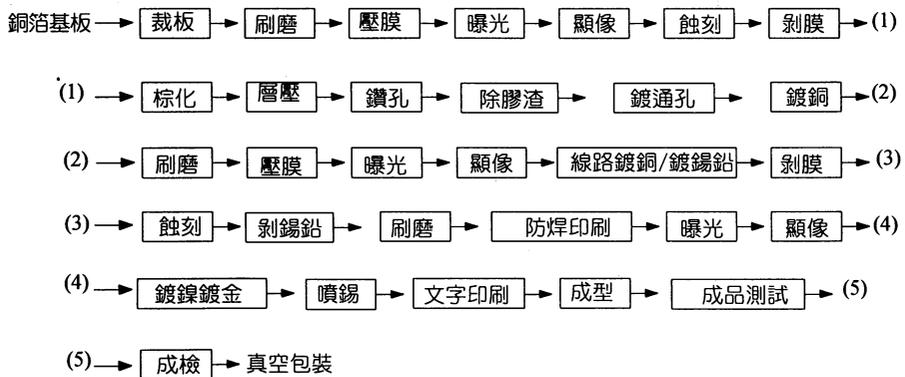


圖1 製造流程圖

700

## 二、工廠污染源清查

### 2.1 製程單元及污染來源確認

該廠減廢小組人員進行製程單元清查確認後，依廠內各濕式製程操作與單元程序間的關係，分別製作各製程單元流圖，並對各廢水來源予以編號，以下略舉內層板線路製成之製程單元，如圖2～圖5所示。

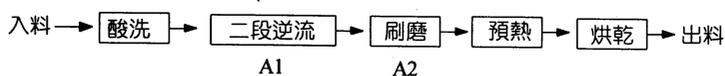


圖2 第一條內層刷磨製程單元



圖3 第二條內層刷磨製程單元

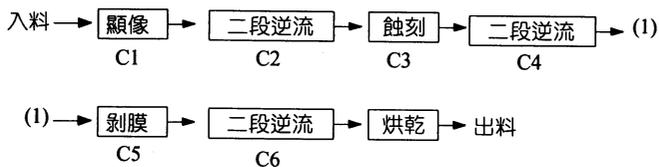


圖4 內層顯像、蝕刻及剝膜製程單元

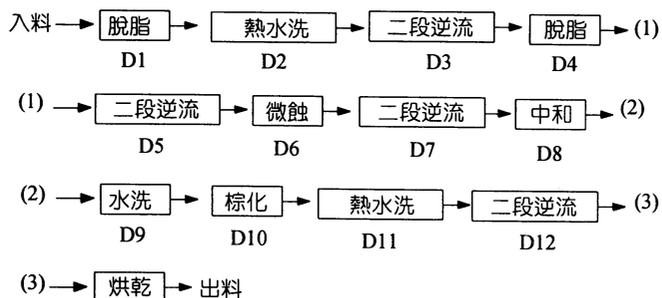


圖5 棕氧化製程單元

## 2.2 製程廢水排放特性及廢水量調查

根據製程單元程序，詳細對各製程槽之化學組成、更槽頻率、槽體體積、水洗水流速、水洗用水量及定期性排放廢液量進行調查量測，綜合整理建立該廠製程污染源清查資料，以下略舉內層板線路製作之清查資料，如表 1 所示。

表 1 製程污染源清查表

製程單元	編號	製程步驟	槽液成份、濃度	槽體體積 (1)	更槽頻率	水洗水流速 (m <sup>3</sup> /hr)	水洗用水量		定期性排放廢液量 (m <sup>3</sup> /月)
							(l/min)	(l/d)	
內層刷磨(1) (16小時/天)	A1	二段逆洗	—	—	每週	0.9	15	14,400	—
	A2	刷磨	—	—	每週	3.5	58	56,000	—
內層刷磨(2) (16小時/天)	B1	脫脂	PC1768:10%	650	每週	—	—	—	2.6
	B2	三段逆洗	—	—	每週	1.8	30	28,800	—
	B3	微蝕	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :13% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :25 g/L W3:10% Cu:25g/l	480	不排	—	—	—	—
	B4	四段逆洗	—	—	每週	1.8	30	28,800	—
內層顯像 (16小時/天)	C1	顯像	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> :1.1%	760	每班	—	—	—	38
	C2	二段逆洗	—	—	每週	0.9	15	14,400	—
內層蝕刻 (16小時/天)	C3	蝕刻	Cu <sup>2+</sup> :160~180g/l Cl <sup>-</sup> :260~280g/l	1,140	不排	—	—	—	—
	C4	二段逆洗	—	—	每週	0.9	15	14,400	—
內層剝膜	C5	剝膜	NaOH:2.8% MEA LOG149	760	每日	—	—	—	19
	C6	二段逆洗	—	—	每週	0.9	15	14,400	—

表1 製程污染源清查表(續)

製程單元	編號	製程步驟	槽液成份、濃度	槽體體積(1)	更槽頻率	水洗流速(m <sup>3</sup> /hr)	水洗用水量		定期性排放廢液量(m <sup>3</sup> /月)
							(l/min)	(l/d)	
棕化 (24小時/天)	D1	脫脂	S-1707:60~90g/l	700	每月	—	—	—	0.7
	D2	熱水靜置水洗	—	700	每日	—	—	—	17.5
	D3	二段逆洗	—	1,400	每週	0.9	15	21,600	5.6
	D4	脫脂	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :10% 2A cleaner:1%	700	每2週	—	—	—	1.4
	D5	二段逆洗	—	1,400	每週	0.9	15	21,600	5.6
	D6	微蝕	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :8% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :25g/l	700	每週				2.8
	D7	二段逆洗	—	1,400	每週	0.9	15	21,600	5.6
	D8	中和	NaOH:2.5%	700	每班				52.5
	D9	水洗		700	每週	0.9	15	—	2.8
	D10	棕化	NaClO <sub>2</sub> :50~65g/l NaOH:10~15g/l Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	700	每年	—	—	—	0.05
	D11	熱水靜置水洗	—	700	每日	—	—	—	17.5
	D12	二段逆洗	—	1,400	每週	0.9	15	21,600	5.6

### 三、廢水減量及回收再利用執行內容

#### 3.1 廢水減量及回收再利用方案研提

經由工廠污染源清查結果，瞭解工廠目前用水實際情況，除可進一步規劃及管制各製程單元之用水量，以避免用水有漏失、浪費現象外，並可評估分析廠內製程中具減廢潛力的單元，以研提執行製程減廢工作。相關印刷電路板工

廠適合採行的廢水減量措施有減少帶出液量、改善水洗方式及水回收再利用三大方向，茲分述如下：

### 1.減少帶出液量

印刷電路板製作過程中清洗板件表面附著的帶出液，其主要目的在確保產品的品質，並預防製程槽液受板件殘留的槽液污染，因清洗板件是用清水來稀釋板件上的殘留槽液，使得清洗用水量會隨著板件的帶出液量增加而增加。因此，首先應瞭解影響鍍件帶出槽液量的因素，以做為改善製程操作的參考依據。一般藉由改善製程操作方式來減少鍍件帶出槽液量的減廢方案，如表 2 所示。

### 2.改善水洗方式

板件清洗水是印刷電路板工廠廢水的主要來源，廢水中大部份的污染物是由板件表面附著的帶出槽液在清洗時帶入，因此，減少板件帶出槽液量是降低廢水量及污染濃度的主要環節之一。此外，改善水洗方式，以回收板件帶出液及減少清洗用水量，亦是節省製程用水及污染防治成本的重要措施，相關改善水洗方式之減廢方案如表 3 所示。

### 3.水回收再利用

回收再利用是減廢技術的次要考慮對象，但依印刷電路板工廠廢水排放特性，雖可經由廢水來源減量來削減可觀的廢水量，但仍會產生大量的廢水，就減廢技術的觀點，回收再利用的效益往往不輸於來源減量。應用於印刷電路板工廠水回收再利用之減廢方案如表 4 所示。

表 2 減少帶出液量的減廢方案

減廢方案	說明
延長排滴時間	增加板件在原槽上的停留時間，附著於板件上之濃厚槽液能充分滴回原槽。
設定排滴時間	手動設備者，宜於槽上加掛排掖時間標示牌，以提醒操作人員。
設置滴液板	於相隔二槽之間安裝滴液板使滴落之藥液順勢流回原槽。
自動化控制	採用自動化設備，可設定適當的排滴時間，避免人為疏失。
提高槽液溫度	提高溫度可降低槽液之黏滯度，進而減少帶出液量，且槽液之蒸發量增大，回收槽液可直接回補到原槽。

表3 改善水洗方式之減廢方案

減廢方案	說明
設置靜止水洗槽	靜止水洗槽一般設置於較高濃度之製程槽後方，以回收大部份經由板件帶出之槽液。
採用多段逆流水洗	此種水洗方式可有效降低水洗用水量，若受場地限制，亦可將較的槽分隔成幾段，以達多段逆洗效果。
採用噴霧水洗	一般噴霧水洗僅約浸漬水洗用水量之13~25%，但噴霧水洗對形狀複雜的板件清洗效果較差，常與浸漬式併用。
裝設電導度控制閥	電導度可顯示水洗水的清潔程度，事先設定水洗水之電導度值，以控制進水量。
採用足部啓動泵或光感應器啓動控制進水量	當板件進出水洗槽時，可同步控制啓閉水閥，其中光感應器最適合於自動操作製程，以控制進水量。
提昇水洗攪拌效果	直接的水流往往無法達到良好的清洗效果，可藉由空氣攪拌、泵抽送水及機械移動鍍件等攪拌方式加強之。
設置流量控制器	一般人工啓閉水閥均採概估方式，易造成用水浪費，採用流量控制器則可正確地調整適當的進水量。
採用反應性水洗法	酸性蝕刻製程單元之水洗排水可直接作為鹼性製程單元後之洗使用，同時可增加水洗效率並降低水洗用水。
水洗槽進水管徑是否設計適當	進水管之口徑過大，易造成過量用水，應採用適當的管徑或於進水口前設置卸壓閥。

表4 水回收再利之減廢方案

減廢方案	說明
去離子水洗水再利用	鍍槽後之洗單元採用去離子水，此股排水可部份用來補充電鍍槽液之揮發損失。
顯像去膜水洗水再利用	顯像去膜製程單元之水洗排水直接作為顯像液及去膜液之配置用水。
廢水處理後之放流水再利用	廢水處理後之放流水直接作為污泥脫水機之濾布清洗用水。
回收刷磨水洗水	經過濾機濾除銅粉屑、過濾後的水可再循環使用。
離子交換樹脂回收水	離子交換樹脂法可將廢水中所含重金屬離子置換，處理水可循環再使用，飽和樹脂再生時產生之高濃度溶液，可經由電解回收金屬。
逆滲透法回收水	製程水洗排水或回收槽槽液可經由逆滲透法處理，處理再循環使用，濃縮液可田補至原槽再用或進一步純化處理。

## 3.2 廢水減量措施與成效

### 1. 廢水減量措施

經由廠內清查，探討製程減廢技術應用於廠內廢水減量之可行性，確立可行之改善方案如下：

- (1) 合理化用水管理：在各製單元分別裝設水錶，並配合省電省水設備控制用水量，以減少各製程單元不當用水。
- (2) 提高水洗效率：調整水洗槽之進水口及出水口位置，使水流行經路徑最長，防止短流發生，並提高清洗效果，以節省用水量。
- (3) 減少槽液帶出：於高濃度及高污染之藥液槽與水洗槽間安裝滴液板，使滴落之帶出液由滴液板上流回原槽，避免流入清洗水槽中，以減少清洗水之消耗量。
- (4) 放流水再利用：以廢水處理後之放流取代自來水作為污泥脫水機之濾布清洗用水。
- (5) 刷磨水洗水回收：刷磨製程設置銅粉回收過濾機循環水再使用。

### 2. 初期廢水減量成效

在改善初期，先進行廠內用水排水管線系統的全面清查與檢修，以防不當的洩漏或排放，並在各製程線上裝設用水水錶，以確實掌握控制製程用水量。經過了長時間的用水量監控記錄，並配合製程清洗方法的改善。經過了長時間的用水量監控錄，並配合製程清方法的改善，用水量逐漸地調整降低，並控制在一合理範圍，表 5 是改善前與改善後之用水量比較分析表，由表中數據可以看出經過改善後製程用水量大幅的減少，約較改善前減低了 20% 以上。

圖 6 及圖 7 則是改善前與改善後月用水量及單位產品用水量之變化趨勢，由圖中之曲線走勢可知，工廠生產每  $1\text{m}^2$  的電路板，用水量從  $2.59\sim 2.79\text{m}^3$  減到到  $2.02\sim 2.11\text{m}^3$ ，在減少用水量方面確實獲得了極佳的改善成果，不但節省了寶貴的水資源，更對管末廢水處理工作產生了相當大的助益。

### 3. 後續預期廢水減量成效

根據污染源清查資料統計，內層刷磨、去毛邊及外層刷磨佔製程線用水量的17.6%，為相當具有減廢潛力的製程單元，若能分別安裝銅粉回收過濾機，將過濾後的水再循環使用，同時進行銅粉回收，銅粉回收機之操作流程如圖8所示，以一部內層刷磨機經設置銅粉回收機後，平均每日可減少56m<sup>3</sup>的用水量及回收4.5kg的銅粉屑計，則廠內三處理刷磨製程均設置銅粉回收機的狀況下，每日可減少168m<sup>3</sup>的用水量，並回收13.5kg的銅粉屑。

表5 改善前與改善後之用水量統計分析

項 目		產量 m <sup>2</sup> /月	自來水 用水量 m <sup>3</sup> /月	地下水 用水量 m <sup>3</sup> /月	線月用 水 量 m <sup>3</sup> /月	平均日 用水量m <sup>3</sup> / 月	單位產品 用水量 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
改善前	80年11月	11,505	13,174	16,576	29,749	1,190	2.59
	80年12月	10,776	13,606	16,420	30,026	1,201	2.79
改善後	81年1月	9,497	10,250	13,277	23,527	941	2.48
	81年2月	7,363	9,068	9,487	18,555	742	2.52
	81年3月	10,687	9,200	12,465	21,665	866.6	2.02
	81年4月	10,685	9,968	12,630	22,598	904	2.11
	81年5月	9,980	8,729	11,832	20,561	822.4	2.06
· 每月以25個工作天計算							

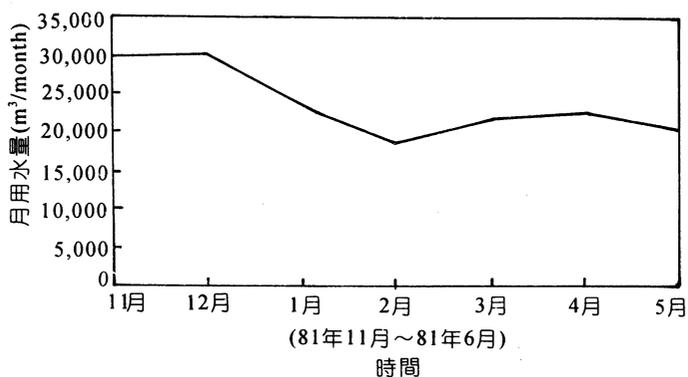


圖6 改善前與改善後用水量變化趨勢

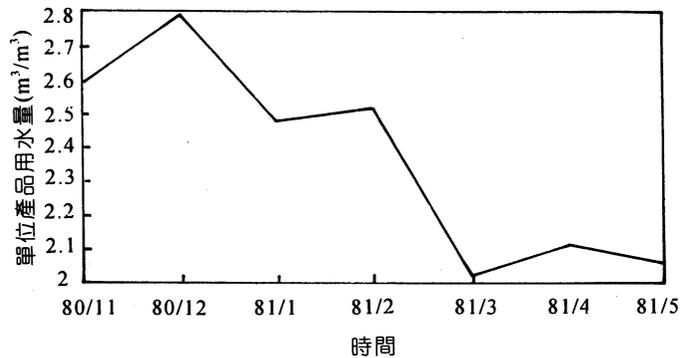


圖7 改善前與改善後單位產品用水量變化趨勢

評估設置銅粉回收機對節約用水量的效益如表6，每部銅粉回收過濾機價格600,000元，設置三部外加安裝配管等雜費，總初設成本為1,890,000元，包含設備折舊及操作維護，每年總投資費用為471,100元，每年可節省費用方面除回收銅粉及用水之直接效益外，亦間接節省廢水處理費用，共計2,246,400元，扣除投資費用，每天總淨節省費用為1,775,300元，設備回收期限約1年。十分適合工廠採用，惟在選擇及使用銅粉回收機時，應充分瞭解設備的特性及操作維護的便利性，才能充分發揮設備的功能。

#### 四、結 論

該廠經由污染源清查，充分掌握製程用水狀況後，初期從廠內用水、排水管線系統進行全面檢修，防止不當的洩漏或排放；並於各製程線上裝設用水水錶，確實掌握控制製程用水量，約已減少20%以上的用水量，後續若能再設置銅粉回收機過濾刷磨廢水再循環使用，則可再減少製程總用水量的17.6%，將可大幅節省製程用水及廢水處理成本。

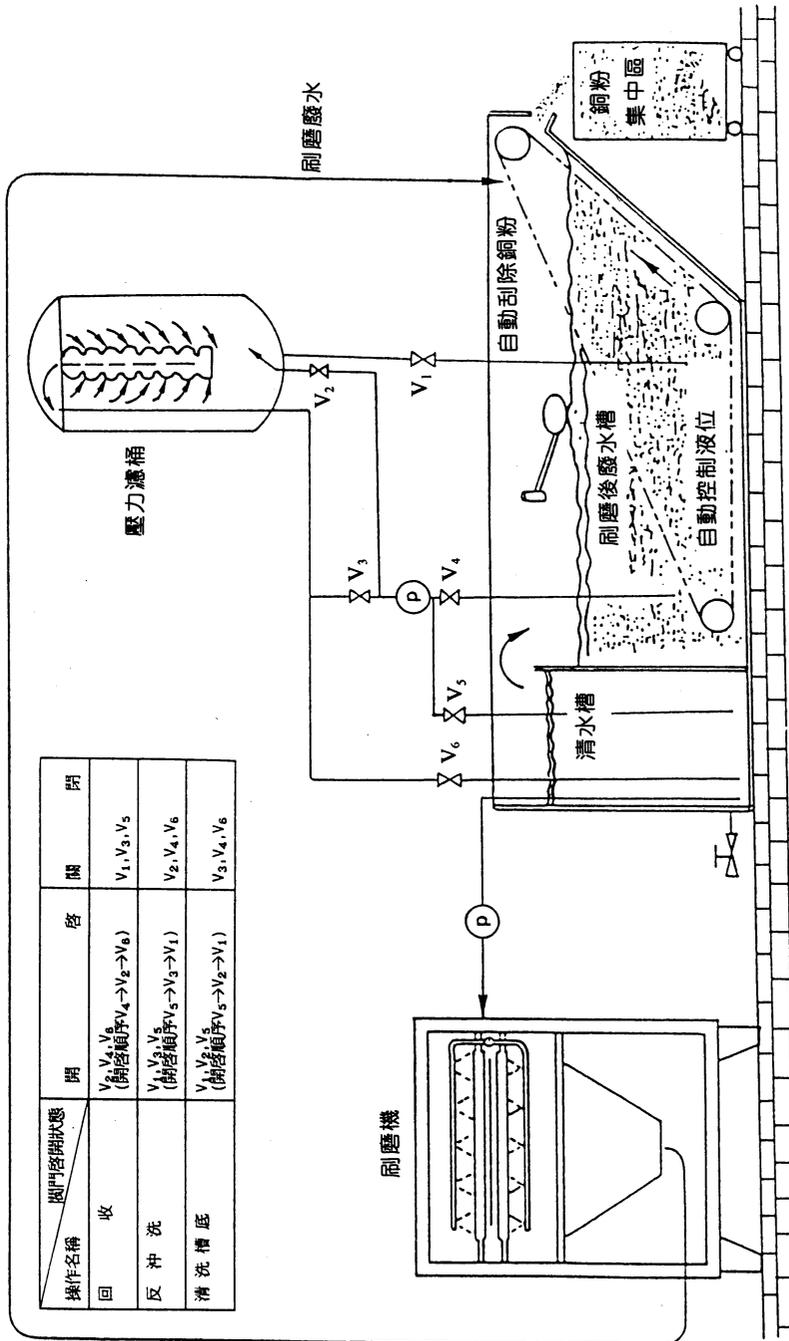


圖 8 銅粉回收機流程示意圖

表 6 銅粉回收過濾設備回收水之效益計估

項次	項目	單位費用	費用**
初設成本	銅粉回收過濾設備	600,000/台	1,800,000元
		約設備費用之5%	90,000元
	合 計		1,890,000元
操作維護成本	電力費	2元/kw · hr	63,400元
	維護費	約總初設費用之5%	94,500元
	勞力	150元/hr	45,000元
	合 計		202,900元
每年投資費用	設備折舊	*CRF = 0.149	268,200元
	總操作維護費用	—	202,900元
	合 計		471,000元
每年可節省費用	銅粉回收	20元/kg	86,400元
	用水節省	10元/kg	864,000元
	廢水處理費節省	15元/m <sup>3</sup>	1,296,000元
	合 計		2,246,400元
每年總淨節省費用：2,246,400－471,300＝1,775,300元			
回收期限＝1,890,000元÷1,775,300元/年＝1.06年			

[註]\*CRF (設備投資還原因子) =  $i(1+i)^n/(1+i)^n - 1$

i (年利率) = 8% , n (設備使用年限) = 10年

### 參考文獻

1. Peter Moleux, Pollution Prevention/Waste Minimization Report & Buyers Guide for the Printed Circuit Industry in Taiwan, November, 1993.
2. Chang, L.Y. and B.J. McCoy, Waste Minimization for Printed Circuit Board Manufacture, Hazardous Waste and Hazardous Materials, p293~318, 1990.
3. USEPA, The Printed Circuit Board Manufacturing Industry, Guides to Pollution Prevention, EPA/625/7-90/007, June, 1990.

- 4.印刷電路板製造業水污染防治技術，經濟部工業局工業污染防治技術服務團，財團法人中國技術服務社編印，83年4月。
- 5.印刷電路板製造業減廢案例彙編，經濟部工業局工業污染防治技術服務團，財團法人中國技術服務社編印，82年10月。
- 6.電路板業回收設備選用手冊，經濟部工業局污染防治技術服務團編印，84年5月。