

光儲存媒體製造業資源化應用技術手冊

財團法人台灣綠色生產力基金會

中華民國九十四年七月

序

光儲存媒體產業的變動十分迅速，對強大記憶容量的碟片技術與需求時有更迭，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永續利用之推行，環境保護工作已為產業發展必要趨勢，故該產業之廢棄物減量、製程減廢，以及其廢棄物之資源回收與再生利用，實為該產業發展之重要課題。

有鑑於此，本局特委託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」、「廢棄物特性與清理現況」、「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，進以開創資源永續利用。

本手冊編撰過程，感謝工研院環安中心葉莉雯副研究員、關家倫副研究員、呂慶慧研究員及台灣科技大學化學工程研究所王文裕先生參與資料蒐集及編撰；工研院環安中心鄭智和經理、親民技術學院蔡尚林助理教授，以及鍊德科技股份有限公司林達榮襄理之審訂，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

中華民國九十四年七月

目 錄

第一章 前言	1
1.1 緣起	1
1.2 技術手冊內容說明	2
第二章 產業概況.....	3
2.1 產業現況	3
2.2 製程概述	11
第三章 廢棄物特性與清理現況	21
3.1 廢棄物來源及特性	21
3.2 廢棄物產生量及清理現況	23
第四章 清潔生產.....	28
4.1 環境化設計	28
4.2 廠內管理	31
第五章 廢棄物資源化技術	33
5.1 廢光碟片資源化技術	33
5.2 廢特殊染料資源化技術	35
5.3 廢溶劑資源化技術	39
5.4 金屬廢料資源化技術	43
5.5 廢塑膠資源化技術	46
第六章 技術評估與設備選用程序	55
6.1 資源化技術評估流程	55

6.2 資源化設備選用程序	57
6.3 資源化成本分析	63
第七章 廢棄物資源化案例	73
7.1 廢光碟片資源化案例	73
7.2 廢特殊染料資源化案例	77
7.3 廢溶劑資源化案例	78
7.4 金屬廢料資源化案例	80
7.5 廢塑膠資源化案例	82
名詞解釋.....	90
參考文獻.....	95

圖 目 錄

圖 2.1 光儲存產業架構.....	3
圖 2.2 2002 年 CD-R 光碟片製造商全球產量占有率.....	8
圖 2.3 我國記錄型光碟片產量變動趨勢.....	9
圖 2.4 我國預錄型光碟片產量變動趨勢.....	10
圖 2.5 CD-R 與 CD-ROM 產品結構示意圖.....	12
圖 2.6 CD-RW 產品結構示意圖.....	13
圖 2.7 DVD-RW 產品結構示意圖.....	13
圖 2.8 光碟片製作流程.....	15
圖 2.9 光碟片製程示意圖.....	17
圖 2.10 DVD-R/DVD-RAM 製程.....	19
圖 2.11 CD 與 DVD 結構差異.....	19
圖 2.12 DVD 之碟片構造.....	20
圖 3.1 光碟片製作流程、原料使用及廢棄物產生情形.....	22
圖 5.1 廢光碟片資源化回收流程圖.....	35
圖 5.2 CD-R 記憶染料結構圖.....	37
圖 5.3 CD-R 碟片的製作檢驗程序.....	37
圖 5.4 CD-R 旋轉塗布材料損耗示意圖.....	39
圖 5.5 有機混合廢溶劑蒸餾回收流程圖.....	40
圖 5.6 以電解精煉法回收貴重金屬之流程圖.....	44
圖 5.7 以焚化富集法回收貴重金屬之流程圖.....	45
圖 5.8 以電解還原精煉法回收貴重金屬之流程圖.....	46
圖 5.9 光碟片機械分離設備簡圖.....	48
圖 5.10 廢光碟片物理拋光之設備簡圖.....	49

圖 5.11 光碟片回收料的應力-應變曲線.....	51
圖 5.12 回收料填置於三層容器之中間層.....	53
圖 6.1 資源化系統規劃評估實驗流程.....	56
圖 6.2 資源化設備評估流程.....	58
圖 6.3 廢光碟片資源化回收 PC 料流程.....	70
圖 7.1 A 廠廢光碟片回收製程.....	75
圖 7.2 H 廠廢光碟片回收製程.....	76
圖 7.3 日本 SONY 公司之廢光碟片資源化處理流程.....	77
圖 7.4 F 廠廢溶劑資源化處理示意圖.....	79
圖 7.5 利用焚化富集法處理電子廢料流程圖.....	81
圖 7.6 C 廠電子廢料裸露鍍金層資源化處理流程圖.....	82
圖 7.7 廢光碟片再利用流程圖.....	83
圖 7.8 廢塑膠容器替代新塑膠容器部分原料示意圖.....	88

表 目 錄

表 2.1 光碟片類別及其相關說明.....	4
表 2.2 各類光碟片台灣供應商一覽表.....	6
表 2.3 2002 年全球光碟片主要供應商排名.....	11
表 2.4 光儲存媒體生產製程.....	14
表 3.1 光儲存媒體製造業各製程使用原料及廢棄物.....	22
表 3.2 各種靶材的用途及品質要求.....	26
表 3.3 光儲存媒體製造業主要廢棄物清理及產出現況.....	27
表 4.1 致癌性溶劑分類.....	29
表 4.2 常見具環保疑慮材料表.....	29
表 4.3 常用塑膠材料之提煉耗能表.....	30
表 5.1 國內光記錄媒體直接材料成本結構.....	35
表 5.2 廢棄染料資源化技術評析表.....	38
表 5.3 水泥窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則.....	43
表 5.4 廢靶材資源化處理技術優缺點比較表.....	46
表 5.5 光碟片回收料與其他樹脂混合物的性能.....	51
表 6.1 DVD、CD 光碟片每片重量組成.....	69
表 6.2 製程所用原料一覽表.....	70
表 6.3 再利用產品品質標準.....	70
表 6.4 回收PC料的相關物性.....	71
表 6.5 廢光碟片資源化成本效益分析.....	72
表 7.1 染料回收效益評估表.....	78
表 7.2 拜耳 PC 廢料接收規格.....	84
表 7.3 拜耳 PC 回收料編號.....	85

表 7.4 拜耳的塑膠合金編號.....	85
表 7.5 拜耳實際運用 CD 回收料於成品的例子.....	86
表 7.6 不同大小之三層容器，原料節省之成本分析.....	89

第一章 前言

1.1 緣起

自 1980 年代初期飛利浦(Philips)及新力(Sony)兩家公司推出 CD Audio 光碟片之後，從此將人類的音樂由類比時代進入數位時代，十餘年來數位光碟 CD(compact disc)更發展為相當成功的數位資訊儲存媒體，CD 家族相關產品如：CD-ROM、CD-R、CD-RW、VCD 等，全世界年需求量不斷增加。在台灣光儲存產業發展初期，仍是以替國外大廠代工生產為主，然而台灣廠商憑藉著晶片設計能力的優勢，以及產能分工的快速反應，在規格之爭中顯現競爭優勢，並於 1999 年打敗日本成為全球 CD-R 光碟片最大生產王國，至 2003 年全球 CD-R 光碟片有 90% 來自台灣。

光儲存媒體製造業係指「光碟片」部分，而光碟片種類可分為預錄光碟及記錄光碟，其中預錄光碟也通稱唯讀型光碟片，資料只能讀取不能改寫；記錄光碟則通稱為空白光碟片，包括寫錄一次型如 CD-R、DVD-R 光碟片及可複寫型如：CD-RW、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW 等。隨著多媒體世紀來臨、網際網路的普及、人們對畫質、音質的要求越來越高，包括：龐大的資料傳遞及檔案備份、電子商務、E-mail 影像、衛星數位電視錄影、家用高解析度影像儲存、醫療病例與診斷及電子圖書館等都需要更大容量的記錄媒體來儲存，甚至未來互動式的 3D 影像儲存則需要 Terabyte 的容量才足夠。因此光儲存媒體產業的變動亦十分迅速，對強大記憶容量的碟片技術與需求也就時有所更迭，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永續利用之推行，環境保護工作已為產業發展必要趨勢，故該產業之廢棄物減量、製程減廢，以及其廢棄物之資源回收與再生利用，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，針對光儲存媒體製造業進行廢棄物資源化技術手冊編撰工作，希望能提升光儲存媒體製造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光儲存媒體製造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光儲存媒體製造業製程廢棄物資源化技術及案例進行彙集，並進一步推廣資源化技術，邁向永續發展路程。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光儲存媒體製造業範圍及各章節內容。

第二章：介紹光儲存媒體製造業範圍及其分類，以及該產業發展現況，並針對其製程概要說明。

第三章：針對光儲存媒體製造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：提供資源化技術評估流程、購置資源化設備之選用程序及成本分析之要項，供業者選用資源化技術與設備之參考。

第七章：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。

第二章 產業概況

2.1 產業現況

2.1.1 產業定義

光儲存產業具有「大容量」、「小尺寸」、「高速化」、「低價化」等特性，且光儲存產業可分為光儲存媒體及光儲存裝置等，其光儲存產業架構如圖 2.1 所示。

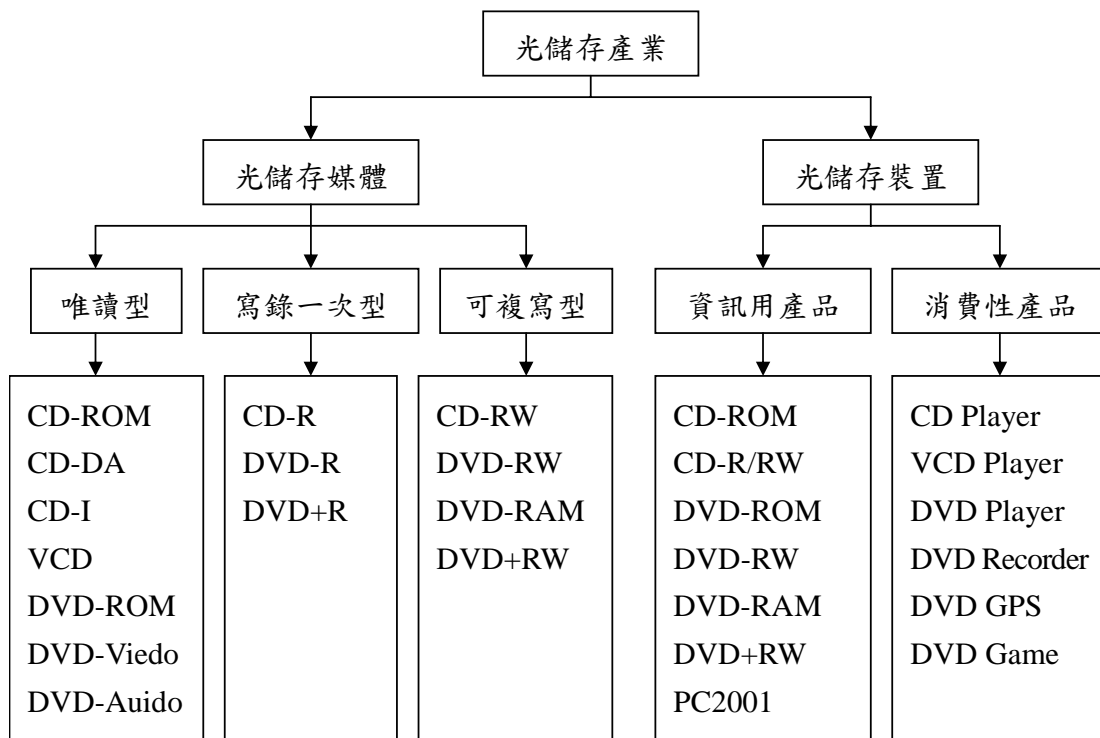


圖 2.1 光儲存產業架構

如以組成元件分類，台灣光儲存產業大致可分為五類，亦即光學讀取頭(optical pickup head)、控制晶片組(chip-set)、主軸馬達(spindle)、DVD/CD系統及光碟片(CD-R、DVD±R/RW空片及預錄型媒體)等。其中光學讀取頭及主軸馬達部分，過去由於技術尚未成熟，常受制於國際大廠。但近年來隨著台灣晶片組產業成熟與技術上之研發突破，使得台灣光儲存產業架構逐漸完整。

本手冊之產業—光儲存媒體製造業係指「光碟片」部分。一般而言「光碟片」主要可區分為CD(compact disk)與DVD(digital versatile disk)二大類，其分類及相關說明如表 2.1 所示。

表 2.1 光碟片類別及其相關說明

大類別	細類別	相關說明	備註
CD	CD-DA(compact disc digital audio)，簡稱「數位音樂光碟」	主要功能為提供循序播放音樂。	
	CD-ROM (compact disc-read only memory)，簡稱「唯讀式光碟」	「Mode-1」代表 CD-ROM 資料含有錯誤修正碼(288 Bytes)，每個磁區則存放 2,048Bytes 資料；「Mode-2」則無資料取消錯誤修正碼，故每個磁區可以多存放 288Bytes，總共約 2,336 Bytes。換言之，Mode-2 較適合存放圖形、聲音或影音資料；Mode-1 較適合存程式、電腦遊戲、百科全書或共享軟體等。	依資料結構型態可分為：「Mode-1」及「Mode-2」
	CD-I(compact disc interactive)，簡稱「互動式光碟」	其適用規格包括硬體規格標準，如 CPU、作業系統、記憶體、Video 與 Audio 控制器及影音資料壓縮方式等。	
	CD-Recordable，簡稱「可記錄式光碟」	可分為 CD-MO(part I)、CD-R(part II)、CD-RW(part III)等三類，其中 CD-MO 無法普及化，已退出市場需求，現以 CD-R 及 CD-RW 為目前使用最廣泛之儲存媒體。	
	VIDEO-CD，簡稱「影音光碟」	其影片畫質相當於 S-VHS 視訊品質，播放音效可達立體聲歷聲之取樣頻率(44.1KHz,16bits)；可全螢幕動態播放（時間約 74 分鐘），增加互動式選單功能，可隨意選擇播放片段；可利用 MPEG-1 的技術將影音數位化，將電影存放在 CD 上。	
	Enhanced-CD，簡稱「加強型光碟」	其特性可使一般 CD 音樂播放機無法讀取受到保護資料軌，而電腦的光碟機可讀取到資料軌及音樂軌，此一技術常用於電腦遊戲光碟。	
DVD(以記錄層及直徑大小來分類)	單面單層	直徑 120mm，其記錄容量為 4.7GB。	
	單面雙層	直徑 120mm，其記錄容量為 8.54GB。	
	雙面單層	直徑 120mm，其記錄容量為 9.4GB。	
	雙面雙層	直徑 120mm，其記錄容量 17.08GB。	
	單面單層	直徑 80mm，其記錄容量 1.4GB。	
	單面雙層	直徑 80mm，其記錄容量 2.66GB。	
	雙面單層	直徑 80mm，其記錄容量 2.92GB。	
	雙面雙層	直徑 80mm，其記錄容量 5.32GB。	

資料來源：荷蘭飛利浦公司(Philips)、日本新力(Sony)等公司所共同制定之世界標準規範（2001 年）

2.1.2 產業發展概況

我國光碟片廠商自 1990 年開始進入光碟片的生產行列，最早是投入 CD-DA 音樂光碟片的生產，其後逐漸加入 CD-ROM、LD 與 Video CD 等生產線；1996 年我國投入光碟片產業的廠商約有 16 家，生產產品為具地區性及市場特性的 CD-DA 及 VCD 等唯讀型光碟片，由於軟體價值遠大於光碟片媒體價值，在市場規模較小及利潤微薄下，廠商藉由記錄型媒體的發展走入國際市場，進而擴大了生產規模。

隨著全球 CD-R 光碟片需求的急速成長，國內廠商更是積極大幅擴增產能，同時吸引新廠商投入光碟片生產行列，至 1999 年底我國光碟片廠商家數已快速成長至 40 家左右的規模，而 CD-R 光碟片更成為近年國內光儲存產業中最耀眼的發展產品，亦為我國在全球光碟片產業發展奠定穩固基礎；雖然 2000 年 CD-R 光碟片市場因廠商產能擴增過快而出現價格崩盤，亦迫使部分不具經濟規模廠商退出市場，但我國在全球記錄型光碟片產業地位已難撼動。

而 2001 年日本廠商推動記錄型 DVD 錄放影機的發展，帶動 DVD-R 光碟片市場逐漸加溫，我國主要光碟片廠商亦開始擴增 DVD-R 光碟片之產能規模，至 2002 年我國在寫錄一次型 DVD 光碟片之出貨量已超越日本，居全球之冠；以廠商的積極態度看來，未來我國在記錄型 DVD 光碟片市場仍可延續 CD-R 光碟片產業所建構之能量，而擁有一片天。

2.1.3 產業結構

1996 年我國投入光碟片產業的廠商約有 16 家，生產產品為具地區性及市場特性的 CD-DA 及 VCD 等唯讀型光碟片，不僅市場規模小，且利潤極為微薄；而隨著全球 CD-R 光碟片需求的急速成長，國內光碟片廠商乃積極投入以全球為市場基礎的 CD-R 光碟片之發展，除了既有光碟片廠商大幅擴增產能外，蓬勃的市場同時吸引新廠商投入，至 1999 年底我國光碟片廠商家數已快速成長至 40 家左右的規模，而 CD-R 光碟片已成為國內光儲存產業中最耀眼的發展產品，成為我國光電產業中的主軸產品之一。

在市場需求快速成長的吸引下，以台灣為首的光碟片廠商大規模擴增生產線，同時亦吸引新廠商的積極投入。在經過一翻洗牌之後，目前我國光碟片廠商約在 30 家左右的規模，2002 年為我國創造新台幣 769.93 億元的產值規模。

台灣是 CD-R 光碟片的生產王國，2002 年全球有 71.15% 的 CD-R 光碟片來自台灣，目前投入生產的有銖德、中環、巨擘、精碟、利碟、達信、國碩、博新、

南亞、訊碟等公司；台灣也是 CD-RW 光碟片的最大生產國，有銖德、中環、巨擘、達信、利碟、國碩、精碟、博新、訊碟等公司投入。

近年來，在儲存產品逐漸往 DVD 發展的趨勢下，主要光碟片廠商開始逐步加重記錄型 DVD 光碟片的生產，在具備 CD-R 光碟片的製作經驗下，台灣 CD-R 光碟廠均有生產寫錄一次型 DVD 光碟片之準備，2002 年投入生產的廠商有銖德、中環、巨擘、精碟、利碟、國碩、遠茂、南亞、達信等公司。

但在複寫型 DVD 光碟片方面，雖然台灣廠商已有 CD-RW 的生產經驗，但因 CD-RW 的濺鍍層僅有四層，屬較低階技術，以 DVD-RAM 為例，其濺鍍層達 6 至 8 層，技術層級較高，要跨入生產較難。DVD+RW 光碟片製程則較 DVD-RAM 簡單，母板製作技術較 DVD-RW 與 DVD-RAM 容易，且無 DVD 系列產品的防拷問題，2002 年 10 月中環公司為我國首家通過 Philips 認證的 DVD+RW 光碟片製造廠。而在 DVD-RW 方面，則因母板製作技術較困難，幾家光碟廠如中環、銖德、精碟、利碟等等，雖有製程能力，但大多需仰賴 Pioneer 提供母板，在供不應求的情況下，國內 DVD-RW 的產量不多。2002 年我國投入生產可複寫型 DVD 光碟片的廠商有銖德、遠茂、精碟、中環、巨擘、利碟等公司。表 2.2 為各類光碟片台灣供應商一覽表。

表 2.2 各類光碟片台灣供應商一覽表

光 碟 片 類 型	供 應 商
CD-R	銖德、中環、巨擘、精碟、利碟、達信、國碩、博新、南亞、訊碟、.....
CD-RW	銖德、中環、巨擘、達信、利碟、國碩、精碟、博新、訊碟.....
DVD-R	銖德、中環、巨擘、精碟、利碟、國碩、遠茂、南亞、達信、.....
DVD-RW	銖德、遠茂、精碟、中環、巨擘、利碟

資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2003/03)

雖然我國 CD-R 光碟片的出貨量在全球市場上已極具影響力，且在廠商產品良率提高與成本降低的努力下，產業競爭力大幅提升；但由於國內在光學級 PC、玻璃基板、染料、鈹材等關鍵性材料與生產設備的供應上仍缺乏自主性，加上技術亦受控於人，在產品競爭漸趨激烈的情況下，由於成本下降空間有限，已影響

到廠商的競爭力；而在市場競爭趨白熱化之際，Philips 公司又強勢追索權利金，對我國 CD-R 光碟片廠商的經營猶如雪上加霜。

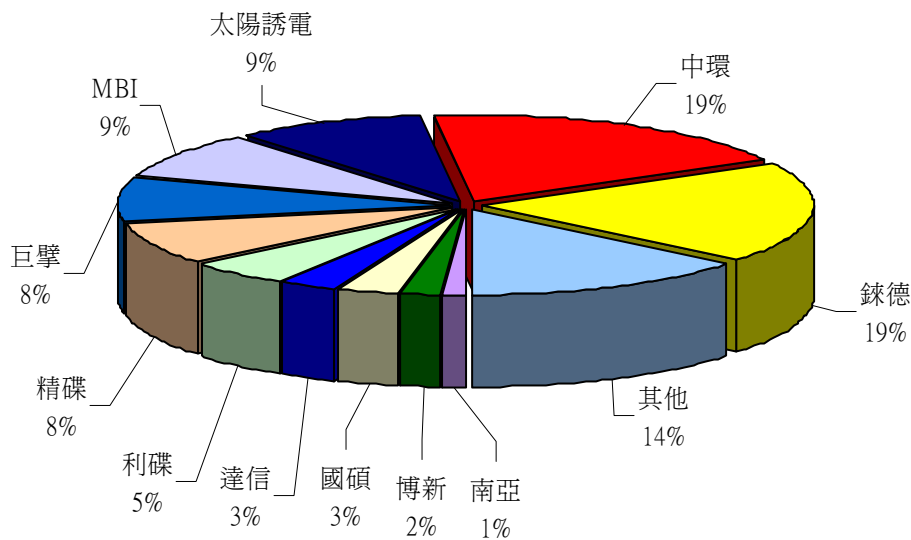
隨著國內 CD-R 光碟片產業規模的快速成長，為協助我國光碟片廠商能掌握材料與關鍵技術，以降低生產成本，提升產業的自主能力與強化廠商競爭能力，國內的研發單位已投入相關技術的發展，並陸續開花結果，如工研院材料所已成功開發出 DVD-RAM 光碟片的反射層用濺鍍靶材(鋁－鈦合金)與記錄層濺鍍靶材(鍍－銻－碲合金)，而工研院化工所亦發展出取代 PC 料的新材料－環烯烴共聚物(metalocene based cyclic olefin copolymer; mCOC)，不僅可使用於 DVD 或 HD-DVD 光碟片上，未來更可望應用於光傳輸、光波導元件及醫療器材等方面的發展；期望未來我國在 DVD 光碟片的發展上，將因逐漸掌握材料的自主性，競爭力可望逐步提升。

2.1.4 市場發展現況與趨勢

1. 記錄型光碟片

我國光碟片產業發展初期是以唯讀型光碟片為主，1995 年我國在唯讀型光碟片的生產比重達 99.7%，由於唯讀型光碟片因人文關係具地區性及市場特性，在國內市場規模有限下，廠商經營規模無法擴大；而隨著記錄型光碟機價格下降，燒錄機裝置量大幅增加，帶動記錄型光碟片需求大幅成長，在龐大市場吸引下，近年國內光碟片廠商已逐漸轉向以全球為市場基礎的 CD-R 光碟片之生產，記錄型光碟片已成為我國光碟片產業之主軸，同時由於廠商在記錄型光碟片的積極運作，我國已成為全球光碟片重要產國。

不過因產業規模的大幅擴增，影響到 Philips 及日本光碟片廠商之生存空間，因而台灣亦成為 Philips 在權利金追索上的首要目標，2001 年上半年的權利金追索及被控傾銷案，對我國光碟片產業造成相當的震撼；不過在價格調漲的陰影下，因而有提早下單的現象，加上 CD-RW 光碟機市場的蓬勃發展，而不景氣又刺激複製需求成長，使得 2001 年 CD-R 光碟片市場出現與景氣反其道而行的熱絡情形；至 2002 年，台灣廠商仍不受自 2001 年末開始於歐洲市場課徵反傾銷稅的影響，CD-R 光碟片以 55.57 億片的產量，較 2001 年產量成長 18.7%。而在全球市占率方面，由於印度 MBI(Moser-Baer India)公司於 2002 年九月起大幅擴產，使得台灣 CD-R 光碟片的全球市占率由 2001 年的 83.3%略為滑落至 2002 年的 78.36%，但仍無損台灣在全球排名第一的地位。而 2002 年 CD-R 光碟片製造商全球產量占有率如圖 2.2 所示。



資料來源：Fujiwara，2003/03；工研院 IEK-ITIS 計畫，2003/07

圖 2.2 2002 年 CD-R 光碟片製造商全球產量佔有率

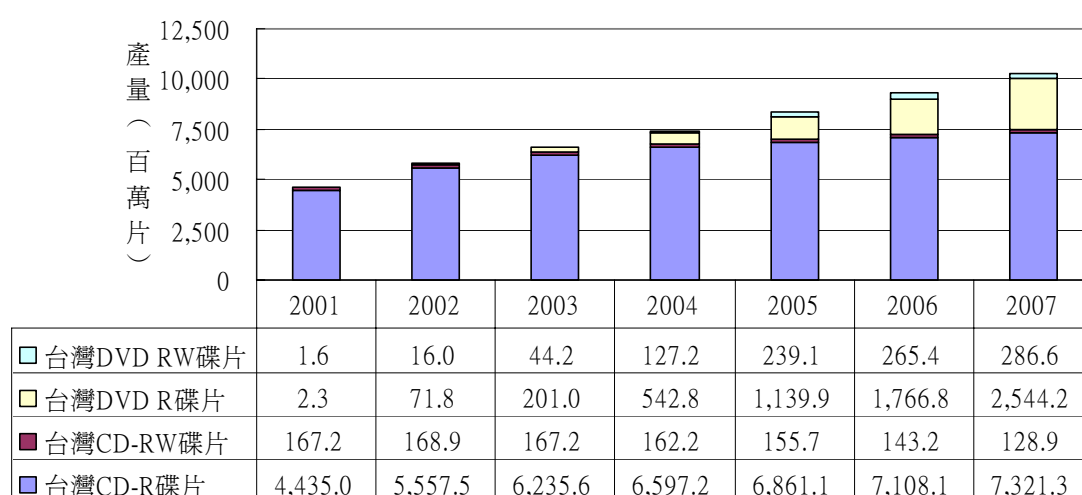
相較於產業西進熱絡的光碟機產業，我國光碟片產業目前仍多維持於國內生產，此乃因光碟片產品除卻後段包裝部分，自動化程度高、生產速度極快，佐以近年光碟片產業在殺價競爭的情況下、廠商獲利已低，若要至中國大陸設廠，還須重新採購設備，尤其中國大陸尚有政策不明朗的問題，使得台灣光碟片廠商選擇繼續留在台灣生產、製造。

2002 年台灣廠商於 CD-RW 光碟片之出貨量維持與 2001 年相當的量產規模，全年產量為 1.69 億片；而在全球市占率方面，則因日本廠商的淡出與印度 MBI 停止生產的情況下，使得台灣 CD-RW 光碟片的全球市占率由去年的 70% 提升至 85%，排名全球第一。

寫錄一次型 DVD 光碟片則有多家廠商如國碩、精碟、利碟、遠茂等等，紛紛陸續投入生產行列；另一方面，最早推出寫錄一次型 DVD 光碟片的瑞士商 Vivastar 因經營不善宣告破產，2002 年第四季停止生產；日本大廠三井化學、Pioneer 正計劃性減產中，Ricoh 則將產量全數移轉，委由錫德、精碟等廠商代工。因此，台灣寫錄一次型 DVD 光碟片的全球市占率由 2001 年的 16% 大舉提升至 60%，排名躍升全球第一。

至於可複寫型 DVD 光碟片，2002 年全年產量為 1.67 億片，全球市占率為

42%，僅次於日本的 2.18 億片，排名世界第二。若以 DVD-RAM、DVD-RW 與 DVD+RW 三種規格分別視之，三種規格皆有台灣廠商生產、出貨。由於日本 Ricoh 授權台灣銖德生產 DVD+RW 光碟片，銖德成為全球生產 DVD+RW 光碟片的最大廠，使得台灣廠商目前在 DVD+RW 光碟片方面之占有率亦居全球最高，為 63.2%；其餘兩種規格則皆次於日本，位於全球第二。圖 2.3 為我國記錄型光碟片產量變動趨勢。



資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2003/03)

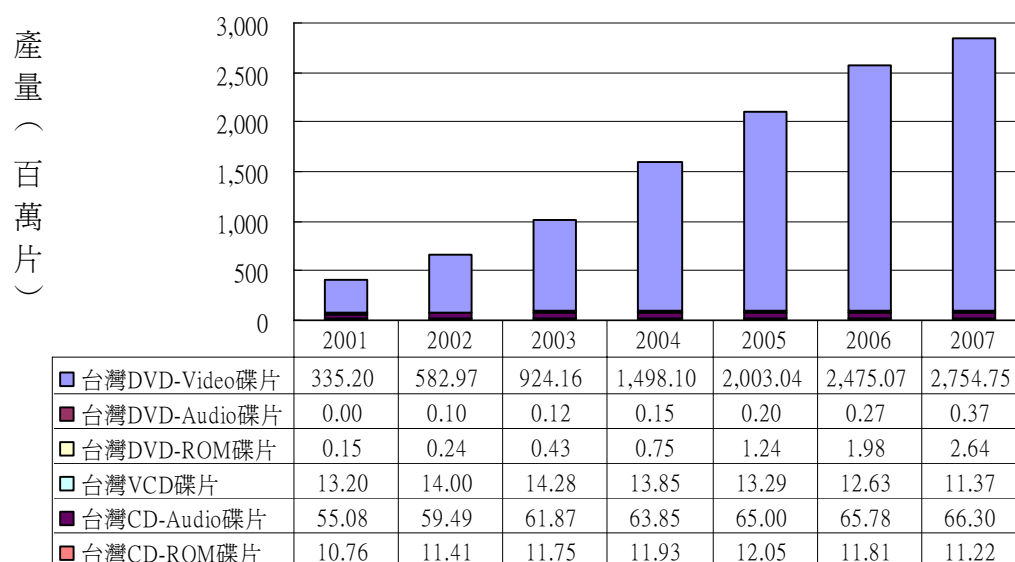
圖 2.3 我國記錄型光碟片產量變動趨勢

2.預錄型光碟片

我國光碟片廠商發展初期以生產預錄內容之預錄型光碟片為主，因受限於文化因素，產品以國內市場為主，市場規模極為有限；1999 年在全球 DVD-Video 播放機市場的快速發展下，不僅帶動國內 DVD-Video 壓片的成長，由於 DVD-Video 播放機可以觀賞 VCD 影片，亦為 VCD 碟片創造了另一線生機，使得我國預錄型光碟片的規模大為擴增。

由於 DVD-Video 碟片是屬於區域性市場，市場規模遠較國內的地區性市場為大，而隨著 DVD-Video 播放機市場的蓬勃發展，我國壓片廠商積極投入 DVD-Video 的壓片，其中訊碟與鈺德兩家公司已分別掌握全球主要影片發行廠商如 WAMO 及 Panasonic 等在 DVD 壓片之訂單；隨著訂單持續增加，訊碟與

鈺德大規模擴張產能，也使得我國在 DVD-Video 光碟片方面之出貨量大幅成長，2000 年我國 DVD-Video 光碟片之出貨量開始躍居全球之冠，2001 年 DVD-Video 播放機在全球一片不景氣聲浪中仍有相當亮麗的成長表現，因而帶動 DVD-Video 光碟片需求的持續成長，我國出貨量亦有 86.2% 的成長，總出貨量擴增至 2.57 億片，全球市占率為 74.5%。2002 年隨 DVD 播放機的普及與製片商增加 DVD 影碟的發行，我國產量更成長至 5.11 億片，全國市占率為 73.97%。圖 2.4 為我國預錄型光碟片產量變動趨勢。



資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2003/03)

圖 2.4 我國預錄型光碟片產量變動趨勢

由於國內廠商的積極擴產，我國在 2002 年已躍居成為全球最大的 CD-R、CD-RW、DVD-R、DVD+R 與 DVD+RW 光碟片供應國。

2002 年鈺德、中環、太陽誘電、MBI 與巨擘為全球 CD-R 記錄片前五大廠，佔全球產量的六成四；CD-RW 則為鈺德、中環、巨擘、三菱化學與達信。

至於 DVD-R 與 DVD+R 等寫錄一次型記錄片的生產，2001 年原以日本廠商為主，但在 2002 年有多家廠商停止生產，如三井化學、Pioneer、Ricoh 等，其中 Ricoh 委託鈺德代工生產，使得鈺德在 2002 年成為全球最大的寫錄一次型 DVD-R/+R 光碟片廠商，其他依序為 Maxell、三菱化學、中環與巨擘。至於可

複寫型的 DVD 燒錄片前五大廠則依次為銖德、Matsushita、Maxell、JVC 與三菱化學。而 2002 年全球光碟片主要供應商排名如表 2.3 所示。

表 2.3 2002 年全球光碟片主要供應商排名

碟片類型	第一名	第二名	第三名	第四名	第五名
CD-R 燒錄片	銖德	中環	太陽誘電	MBI	巨擘
CD-RW 燒錄片	銖德	中環	巨擘	三菱化學	達信
寫錄一次型 DVD 光碟片	銖德	Maxell	三菱化學	中環	巨擘
可複寫型 DVD 光碟片	銖德	Matsushita	Maxell	JVC	三菱化學

資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2003/03)

2.2 製程概述

2.2.1 產品結構

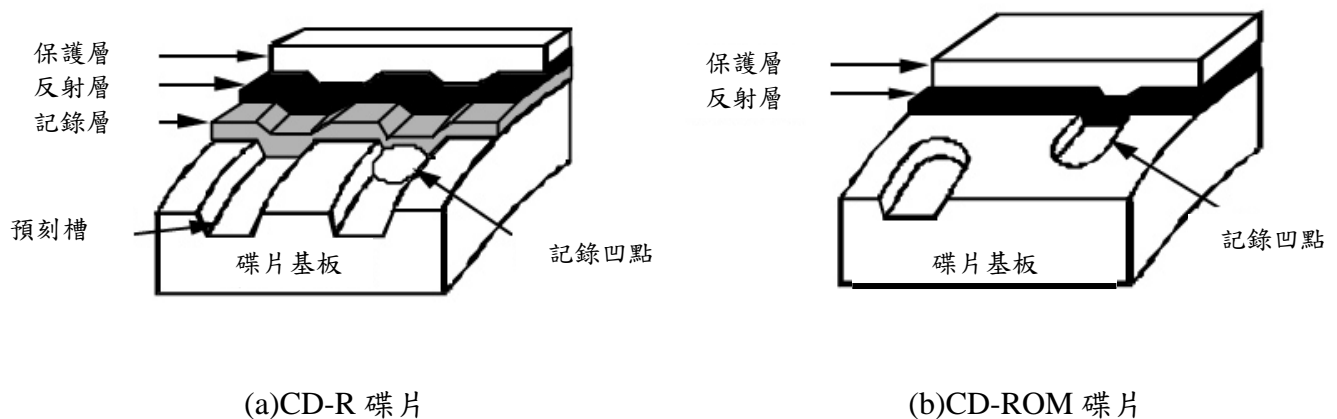
光碟片是光儲存的一項重要產品，透過高功率雷射光照在碟片上，由反射率差異經信號處理後，便產生 0 與 1 的資料。依照讀取光碟片資料雷射光束的波長不同，目前區分有紅外光、紅光與藍光雷射三種，其中應用紅外光雷射的產品有 CD (compact disc)，應用紅光雷射的產品為 DVD (digital versatile disc)，應用藍光雷射的產品一般通稱為 HD-DVD (high-density DVD)，HD-DVD 因尚在規格制定階段，未有統一的產品名稱。

光碟片依其記錄方式之不同，可分為(1)唯讀型(read only)光碟片，如 CD-ROM，(2)寫錄一次型(recordable)光碟片，如 CD-R，DVD-R，(3)可複寫型(rewritable)光碟，如 CD-RW、DVD-RW、DVD+RW 等。

唯讀型 CD 主要是由透明基板(substrate)、反射層及保護層所構成，最早由新力與飛利浦兩公司於 1980 年推出 CD 唱片，由於唯讀型 CD 具有失真率低、保存性佳、體積小等優點，目前仍為主流音樂記錄媒體。唯讀型 CD 擁有 650MB 的容量，主要原理如下，首先以射出成型之方式直接在基板上製作訊洞(pit)，

若以訊洞來記錄訊號代表"1"，平台部分則代表"0"。一般而言，訊洞的深度為光碟機雷射波長的 $1/4$ ，所以當讀取訊號之雷射光束經過平台時，大部分的入射光會被反射回去，而入射光經過訊洞時，因訊洞寬度約 $0.5\mu\text{m}$ 較雷射光束 $0.78\mu\text{m}$ 為小，所以反射光與平台的反射光將形成干擾，強度減弱為原訊號的 $10\%\sim 20\%$ ，這些不同強度的雷射光經光檢知器轉出類比訊號，再經數位化與解碼轉換為原先錄製之資訊，即可將音樂訊號轉錄至光碟上。

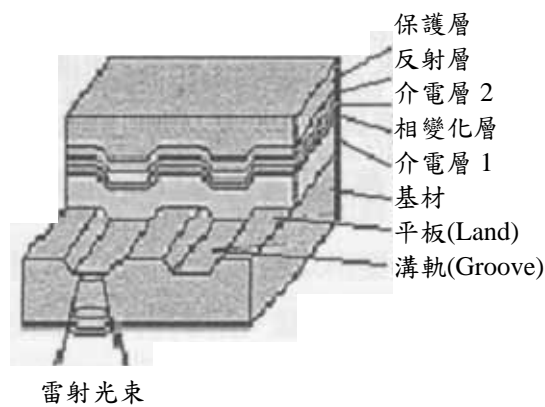
記錄型光碟則是比唯讀型光碟多一層記錄層，主要是染料(dye)組成。目前逐漸擴大市場規模之 DVD-R 結構也與 CD-R 類似，同是採用有機染料為記錄材料，但染料種類不同，CD-R 與唯讀型 CD-ROM 之基本結構如圖 2.5 所示。



資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2003/05)

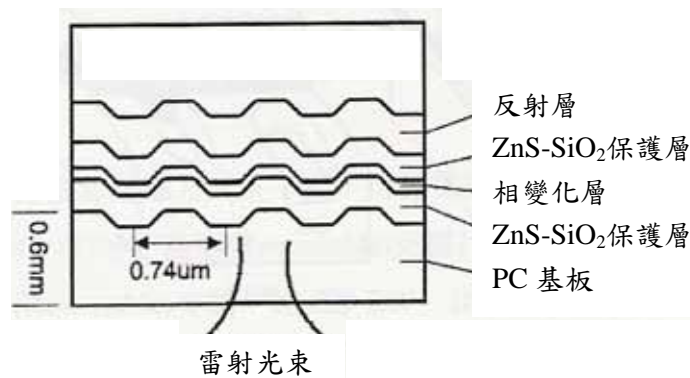
圖 2.5 CD-R 與 CD-ROM 產品結構示意圖

目前主流可複寫光碟為相變化型光碟(phase change optical disks)，其構造較複雜，除記錄層組成材料為相變化材料，在記錄層的上下方還需要製作一層介電層，基本結構如圖 2.6 和 2.7 所示。目前主要產品如 CD-RW、DVD-RW/+RW 等。相變化光碟之基本記錄原理，主要利用透明基板上之記錄薄膜層材料，接受雷射光之聚焦照射會加熱昇溫，而停止雷射光照射會瞬間降溫，這種雷射脈衝工作過程將導致記錄薄膜層材料之物理結構產生相變化。



資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2003/05)

圖 2.6 CD-RW 產品結構示意圖



資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2003/05)

圖 2.7 DVD-RW 產品結構示意圖

2.2.2 產品製程

光儲存媒體的製程包括三個部分：前處理製程、碟片製程及後處理製程（如表 2.4 及圖 2.8 所示）。僅唯讀型光碟片（CD-DA、VCD、CD-ROM）有前處理製程；寫錄一次型光碟片（CD-R）及可複寫型光碟片（CD-RW）則無。

1. 前處理製程

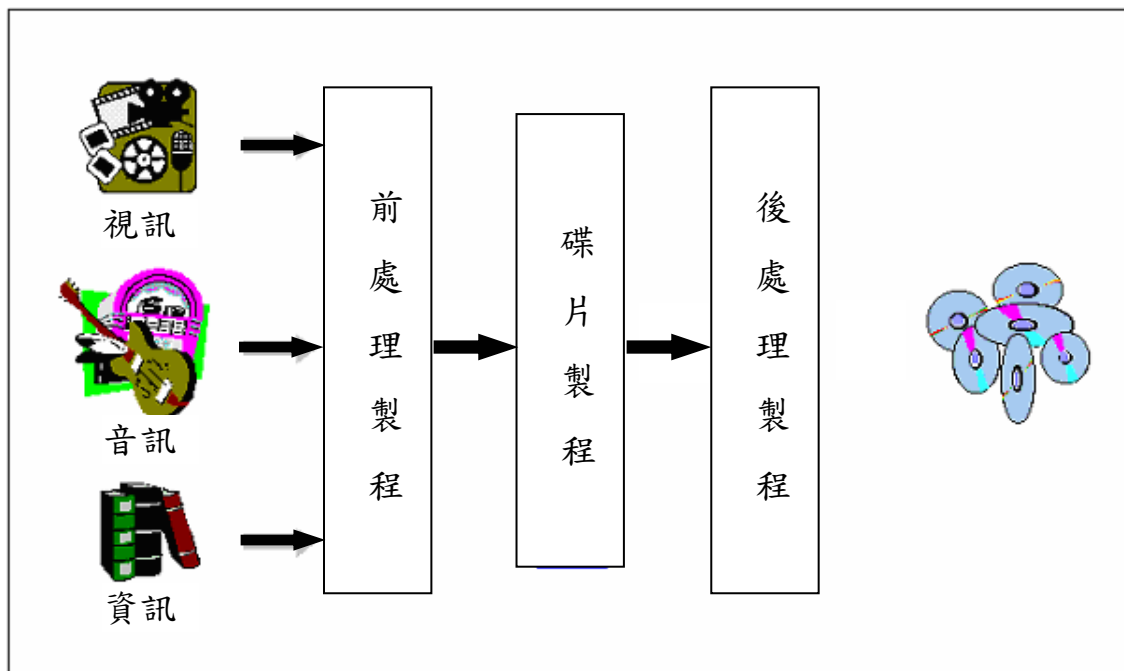
前處理製程是將原始的影音資料轉換成適用 CD-DA、VCD、CD-ROM 的

各類格式，並加以 EDC/ECC（error detection code / error correction code）成為正式記錄資料後，規格化的資料錄至 CD-R 光碟片，以作為刻板所需的母帶。

表 2.4 光儲存媒體生產製程

製程	產品	CD 系列			DVD 系列
		唯讀型光碟片 CD-DA、 VCD、CD-ROM	寫錄一次型光 碟片 CD-R	可複寫型光碟片 CD-RW	
I 前處理製程	• 製作母帶				
II 碟片製程	• 玻璃基板處理				
	• 刻板處理				
	• 電鑄處理				
II 碟片製程	• 複製處理				
	• 基板射出成型	• 基板射出成型	• 基板射出成型	• DVD 黏合	
	• 反射層濺鍍	• 記錄層塗布	• 下介電層濺鍍		
II 碟片製程	• 保護層塗布	• 反射層濺鍍	• 記錄層濺鍍		
		• 保護層塗布	• 上介電層濺鍍		
			• 反射層濺鍍		
III 後處理製程			• 保護層塗布		
	• 標籤印刷				
	• 品管				
III 後處理製程	• 包裝				

資料來源：工研院材料所 ITIS 計畫 1998.6



資料來源：工研院光電所 ITIS 計畫 2000.1

圖 2.8 光碟片製作流程

2. 碟片製程

碟片製程包括：玻璃基板處理、刻板處理、電鑄處理及複製處理，DVD 系列產品多了黏合製程。

(1) 玻璃基板處理

玻璃基板處理是將已用過的玻璃基板先清洗後塗布光阻劑(photo resist)。

(2) 刻板處理

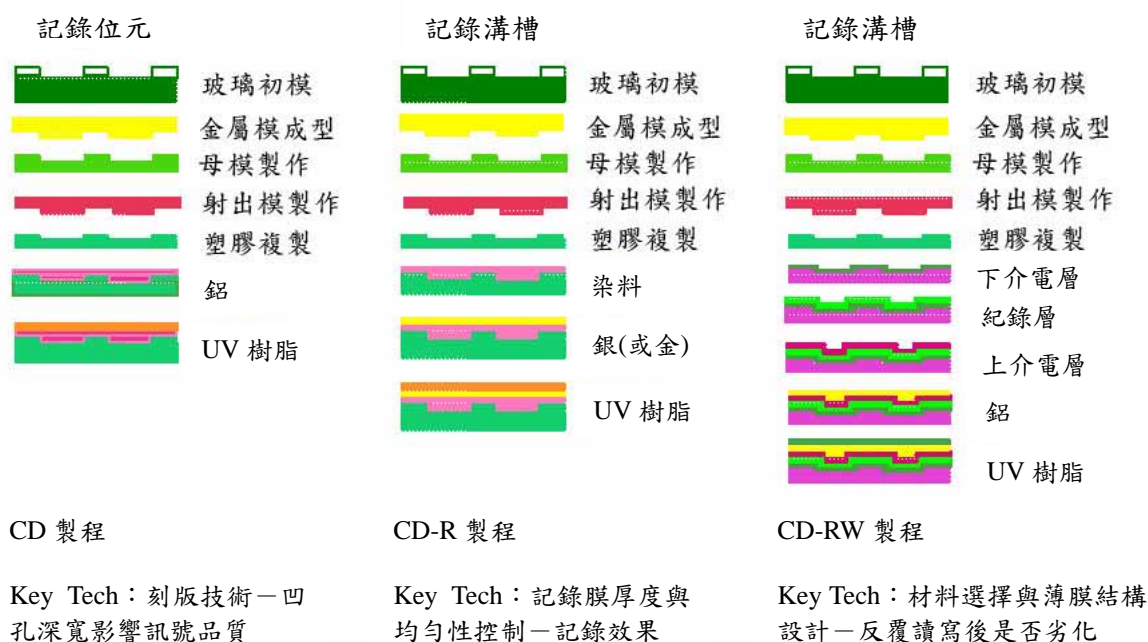
刻板處理則包括顯像作業和金屬化作業，顯像作業是使用短波長雷射光源對塗布上光阻劑的玻璃基板進行曝光及顯影，改變化學性質得到所需要凹槽及軌道，在此蝕刻玻璃基板的作業中，唯讀型光碟片與寫錄一次型、可複寫型光碟片兩者稍有不同，唯讀型光碟片是將訊號直接刻在玻璃基板上形成凹孔，寫錄一次型、可複寫型光碟片只是形成基板上的溝軌(groove)，此溝軌則在引導雷射光作循軌定位，金屬化作業是將已完成槽及軌道的玻璃基板濺鍍一層很薄的銀或鎳，形成金屬化玻璃基板(metalized glass master)。

(3)電鑄處理

電鑄處理包括母模製作及射出模製作，經過資料寫入、測試和金屬化處理的玻璃母板，浸入電解液中，通以低電流，經過 40~90 分鐘的過程，形成金屬厚度足夠的母模，再與玻璃母板分開後，母模加以處理成為可用以複製的射出模(stamper)。

(4)複製處理

複製處理是三種光碟片製程上最大的差異，如圖 2.9 為三種製程的示意圖，唯讀型光碟片是利用射出成型光碟基板上凹孔與平面不同結構，因此在光碟基板上鍍上一層反射層，雷射光穿過基板經過凹孔與平面反射回來造成不同的反射率，因而形成 0 與 1 的不同訊號，所以唯讀型光碟片的複製處理包括基板射出成型、反射層濺鍍、保護層塗布；寫錄一次型光碟則是將光吸收材料(有機染料)及光反射材料鍍在空白基板上，再經由雷射訊號的寫錄調變(modulation)，將 CD 格式的訊號直接寫在碟片上，因此在基板與反射層間有光吸收的有機染料作記錄層，訊號經由雷射光束聚焦在記錄層，染料會分解在記錄層形成凹孔，但有機染料一旦受雷射光照射變形後無法回覆，故寫錄一次型光碟片 CD-R 僅可寫一次，且在製程上多了記錄層的塗布；可複寫型光碟片要做讀、擦、寫的功能，是利用不同雷射光脈衝功率與時間產生的熱量對相變化記錄材料作結構的變化。在寫時使用高功率短脈衝的雷射光束照射使記錄層的溫度高過熔點，再快速冷卻形成非結晶相(amorphous mark)；在擦拭時使用低功率長脈衝的雷射光束照射，使記錄層溫度介於熔點與結晶溫度之間，而將已寫入之非結晶相退火以形成結晶相(crystalline state)；在讀取過程時，則雷射光功率極小，不會影響記錄層狀態，照在非結晶相的反射率極低，照在結晶相的反射率極高，由反射率強弱可得數位訊號 0 與 1。目前可複寫型光碟片為薄膜層結構，在基板上先有一層介電材料作為保護及提高記錄靈敏度的功用，再是無機材料的相變化記錄層，而再上面是一層介電材料具有控制記錄訊號強度、記錄靈敏度及保護的作用，所以在製程上除了基板射出成型，還有下介電層濺鍍、記錄層濺鍍、上介電層濺鍍、反射層濺鍍及保護層塗布等。



資料來源：工研院材料所 ITIS 計畫 1998.5

圖 2.9 光碟片製程示意圖

3.後處理製程

碟片製程後，最後是後處理製程，這主要就是印刷、品管及包裝，印刷方面有平版印刷及網版印刷，唯讀型光碟片在影音碟片上需要較多色彩圖面，故採平版印刷，寫錄一次型、可複寫型光碟片選用色彩較簡單，故採網版印刷，在印刷上有不同的採用方式。

2.2.3 製程技術

在光儲存媒體的製程技術上，唯讀型光碟片的複製處理較簡單，關鍵技術在刻板處理的影像作業，凹孔的深度大小會直接關係光碟片的訊號品質，若顯像不足的玻璃母板，其後的壓片（複製處理）品質也不好，所以國內有部分廠商僅做壓片，而也有大廠可提供 Stamper。寫錄一次型光碟片 CD-R 的寫錄功能就在一層射光相當敏感的有機染料記錄層，所以關鍵技術就在染料的選擇與開發，以及記錄膜厚度與均勻性控制，現有三種系列的染料其配方有數十種，不同的配方與溶劑選用、基板的使用，均與塗布製程關係密切，而這與產品性能相關，是各家廠商的商業機密，雖然國內廠商染料多自進口，但現已有多家廠

商能調配染料。另外薄膜的厚度與均勻性控制會影響良率，不過目前國內廠商在 CD-R 的生產良率都很高。可複寫型光碟片 CD-RW 反覆讀寫後是否會劣化最為重要，因此記錄層材料的選擇與薄膜結構設計是關鍵技術，這相關結晶化與非結晶化速率及轉換情形，影響 CD-RW 的使用壽命。

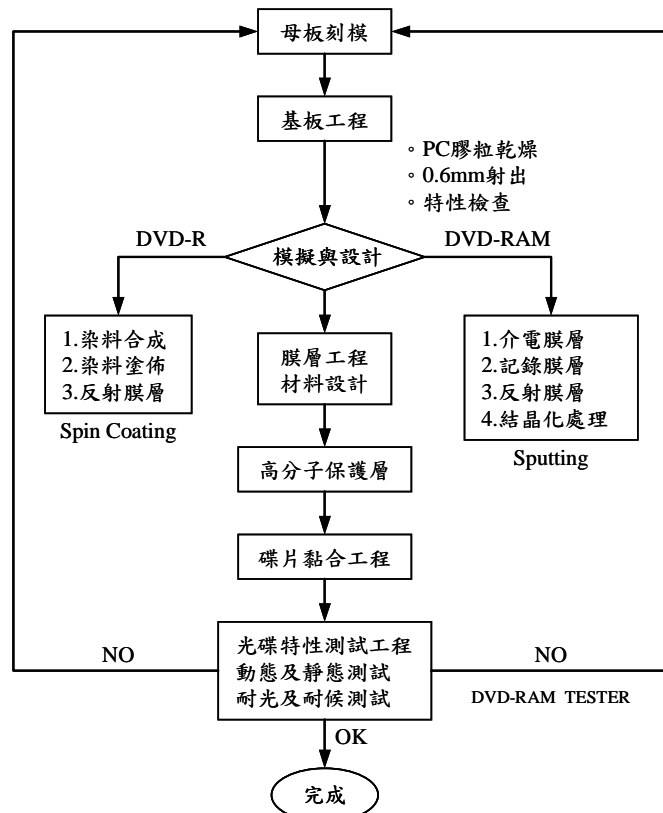
至於 DVD 系列產品技術源自 CD，故製程與 CD 接近，圖 2.10 為 DVD 系列產品製程，所不同者在 DVD 採用 2 層厚 0.6mm 的基板貼合而成，構造上比較接近 LD，而 CD 是單板構造(如圖 2.11 所示)，所以在製程技術上明顯的差異包括：

1. 射出成型技術

CD 用 1.2mm 模具，DVD 用 0.6mm 模具，模具腔容積減半，填充時間要更快，由於最先進入模具的樹脂與最後進入模具的樹脂有不同的冷卻過程，事關內外圓周的轉寫率差異，所以必須高速且高精密度的控制熔融樹脂的速度，CD 之 PC 塑料自射出至填充完畢約需 0.1~0.2 秒，DVD 則須將填充時間縮短至 0.1 秒以下，另外冷卻過程在使碟片機械性質的翹曲安定化，DVD 基板較薄更需注意。

2. 黏合技術

DVD 是雙層碟片需黏合製程，製程是先固定一方基板的反射層為上層，從隔板上以橡膠滾輪將黏著片貼至基板上，接著將隔板剝開，重疊至另一方基板上，最後將疊合的基板在壓力斧中加壓接著，去除貼合作業產生的氣泡，即可完成。



資料來源：工研院材料所 1998.4

圖 2.10 DVD-R/DVD-RAM 製程



DVD-R 剖面結構



CD-R 剖面結構

資料來源：工研院材料所 1998.4

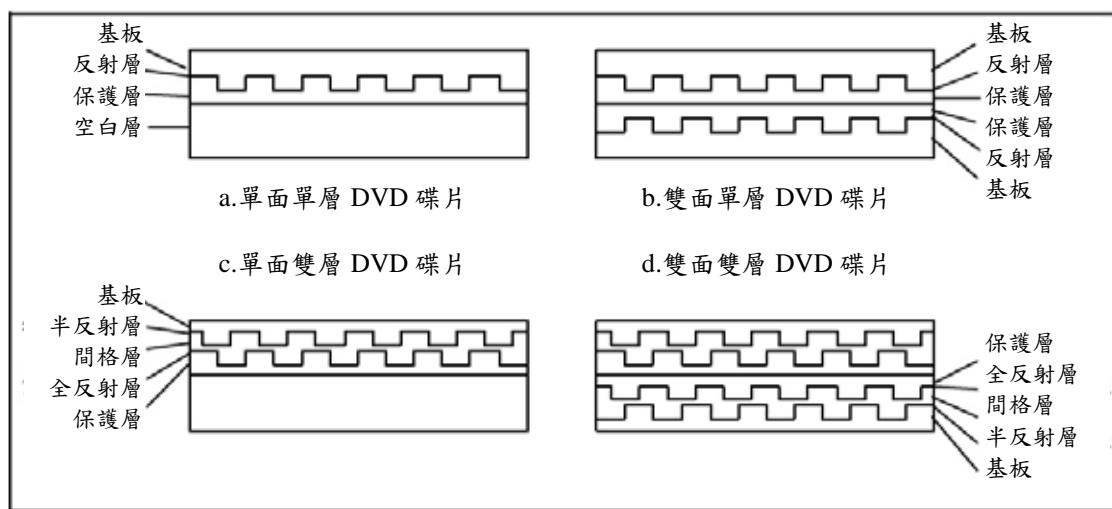
圖 2.11 CD 與 DVD 結構差異

3. 濺鍍技術

DVD 在構造上有四種（如圖 2.12），包括單層單面(DVD-5)、單層雙面(DVD-10)、雙層單面(DVD-9)、雙層雙面(DVD-17)，其中單層的是由一片已濺鍍反射層碟片黏著一片鍍上或未鍍的基板，製程較容易，反射層的濺鍍可由 CD 的濺鍍機完成；而雙層的技术較困難，且在規格上也與單層不同，單層是反射雷射光 45~80% 的全反射層，雙層是反射雷射光 18~30% 的半反射層，這樣將足夠讀取第一層的資料，也能讓足夠的雷射光穿過第一層，而讀取第二層的資料訊號，且這兩層間還有一層厚 40~70 μm 的黏著層，因此雙層結構在濺鍍半反射層之製程技術及材料要求更為嚴苛，例如較高的鍍膜率，以及薄膜均勻度要求更高。

4. 檢測技術

CD 與 DVD 光碟片構造不同，規格不同，DVD 的檢查項目無法完全沿用 CD 的檢測設備。



資料來源：工研院材料所，1998.4

圖 2.12 DVD 之碟片構造

第三章 廢棄物特性與清理現況

3.1 廢棄物來源及特性

光碟片的製作如圖 3.1 所示可分為四部分，一為聚碳酸酯(Polycarbonate，簡稱 PC)基材射出成形、二為染料成膜、三為反射層濺鍍、四為保護膜成形。以下簡要介紹各階段製程、所用原料及廢棄物的產出情形。

在 PC 基材射出成形的階段，其程序是將 PC 在 350℃ 高溫熔解，流到膜槽中經射出模具(stamper)的壓製，再經射出成形。在此階段會產生不良品或料頭等 PC 材質的廢棄物。

在染料成膜階段，其程序是在基板上以旋轉塗布(spin coating)的方式塗上一層染料層，旋轉塗布是利用旋轉器將噴灑上之溶液旋開而形成厚度均勻的薄膜。在此階段由於所使用的染料隨著所製作的光碟片種類而有所不同，一般而言，所用的染料皆為有機染料，本階段在旋轉塗布過程，沒有塗布在基材的廢有機溶劑就成為廢棄物。

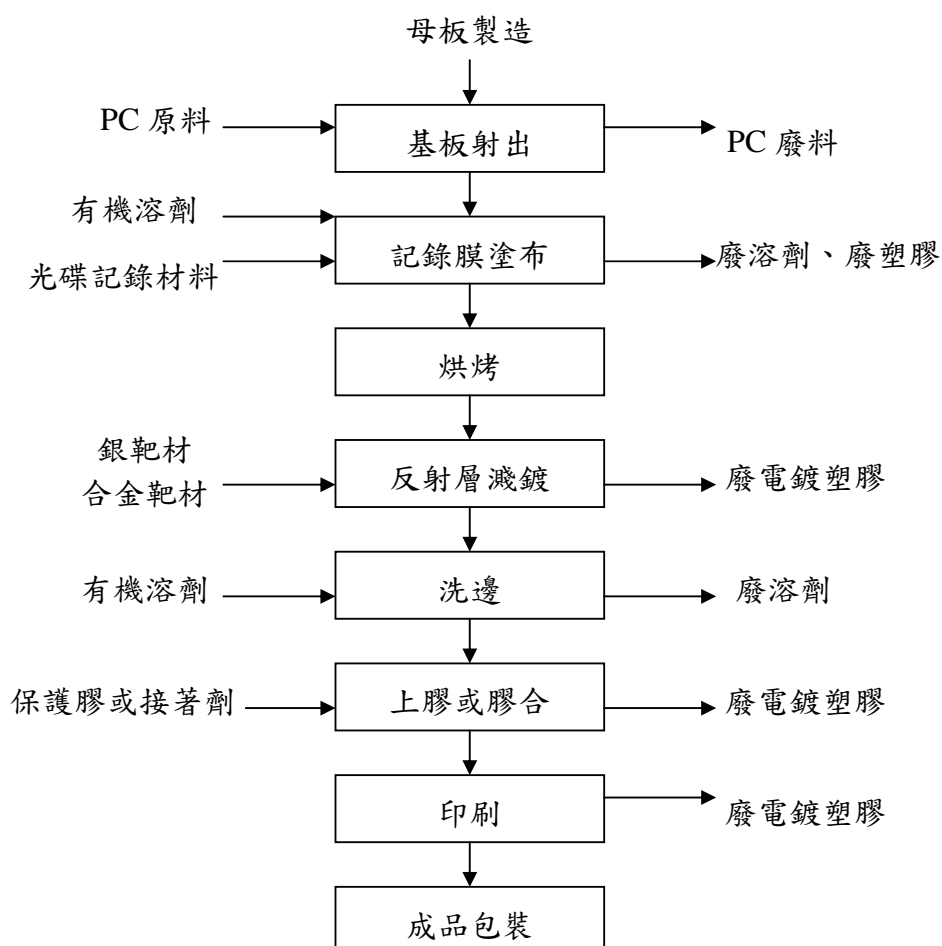
在反射層濺鍍階段，其程序是採用濺鍍(sputtering)方式將相當薄的金屬層濺鍍在光碟片上，其目的是為了讓雷射光反射，以利記錄與讀取，這層金屬層依光碟片種類而異，如 CD 為鋁、CD-R 為銀(或金)。本階段所產生的廢棄物以 PC 電鍍後不良品為主。

在保護膜成形階段，其程序是利用旋轉塗布，塗上一層薄薄的紫外線硬化樹脂膜，一般是壓克力(acrylic)物質，並用紫外線照射使它硬化定型，紫外線的範圍在 200~400nm，一般使用波長約 365nm 左右，其燈源是中壓汞燈。本階段所產生的廢棄物以不良品為主。

綜合光碟片製程所產生廢棄物其來源，種類及特性整理如表 3.1 所示。

表 3.1 光儲存媒體製造業各製程使用原料及廢棄物

製程	使用原料	廢棄物
PC 射出成型	PC	PC 廢料
染料塗布	光碟記錄材料	廢溶劑、廢塑膠
濺鍍	銀靶材、合金靶材	廢電鍍塑膠
上膠	保護膠	廢電鍍塑膠
膠合	接著劑	廢電鍍塑膠
其他	—	包裝材



資料來源：93 年度「資源化工業輔導計畫」成果報告

圖 3.1 光碟片製作流程、原料使用及廢棄物產生情形

3.2 廢棄物產生量及清理現況

3.2.1 廢棄物

光儲存媒體製造業廢棄物大致分為廢塑膠容器、廢溶劑、廢光碟片、金屬廢料(廢靶材)等 4 類。

以下針對各項廢棄物，進一步說明其特性產生量、清除處理方式：

1.廢塑膠容器

(1)產源及產生量

廢塑膠容器來自製程中原料裝填用的塑膠容器，這些容器的材質以 HDPE 居多，產生量推估每月約有 300~360 公噸左右。

(2)清除處理方式

這些容器若將其洗淨經破碎後可再製成再生塑料使用，則該項廢棄物在環保署廢棄物管制中心歸類為廢棄物代號 R-0201 廢塑膠(容器)進行管制，屬公告再利用的一般事業廢棄物。倘若該塑膠容器是盛裝腐蝕性或毒性化學物質，而未經洗淨過程，則需以有害廢棄物處理之，目前主要之清理機構有向陽科技股份有限公司等。

2.廢溶劑

(1)產源及產生量

廢溶劑產源主要是染料塗布過程，光碟片所使用的染料有花青素(Cyanine)、酞青素(Phthalocyanine)、偶氮金屬錯合物染料(Azo-Metal complex dye)等有機染料，塗布程序需搭配酮類及醚類等溶劑進行，塗布之後再以酮醇類等有機溶劑清洗光碟外圈。這些溶劑往往都可循環再用，直到效果變差為止。

依照各廠評估，以重量計，每生產 1 公噸光碟片產生之廢溶劑約 27~33 公斤；每年產生量約在 2,160~2,840 公噸左右。

(2)清除處理方式

廢溶劑在環保署廢棄物管制中心歸類為廢棄物代號 C-0301 廢液閃火點小於 60°C 來進行管制。

由行政院環保署廢棄物管制中心查詢，目前(93 年 11 月)合法之可清除 C-0301 之甲級清除機構共計 59 家，合法之處理機構計有 9 家，合法之清理機構計有 5 家，詳細資料請參考環保署廢棄物管制中心網站(網址為 <http://waste.epa.gov.tw/prog/index.htm>)。

3.廢光碟片

(1)產源及產生量推估

廢光碟片泛指製程的不良品，由於光碟製程中是將不同的材料一層一層的塗布於 PC 基材上，因此，其不良品也發生染料塗布、反射層濺鍍及保護膠塗布等各製程，一般可分為料頭及射出不良品、染色失敗、濺鍍失敗、印刷報廢片、品管不良品。

依照各廠評估，以重量計，每生產 1 公噸光碟片產生之廢光碟片(含 PC 廢料)量約 90~110 公斤左右，每年產生量約在 7,200~8,800 公噸左右。

(2)清除處理方式

廢電鍍塑膠在環保署廢棄物管制中心歸類為廢棄物代號 E-0213 含電鍍廢金屬之廢塑膠進行管制。由行政院環保署廢棄物管制中心查詢，目前(93 年 11 月)合法之可清除 E-0213 之清除機構共計 366 家，合法之處理機構計有 10 家，合法之清理機構計有 4 家，詳細資料請參考環保署廢棄物管制中心網站。

廢電鍍塑膠雖然歸類為 E-0213 廢塑膠混合物，但在處理實務上仍以 PC 塑料最具回收價值，至於光碟片中的金、銀雖具回收價值，但含量太少，需併其他含貴金屬廢料一起處理才具回收價值，目前除 CD 或 CD-R 之廢光碟片以乾式處理外，其餘大部分皆以濕式處理。目前 PC 塑膠的原料價格為每公斤一百一十二元，空白光碟廢料每公斤可賣六十元，非空白片也有二十五元的身價(以上資料統計至 94 年 4 月止)；廠商如以每片一毛錢價格，鼓勵消費者回收，每公斤約需支付六元，再加上人力、運輸、貯存管銷費用，仍有相當利潤。

PC 為工程塑膠，可用於電氣、機器工業用、日用雜貨品，具有優良的強度、尺寸安定、電絕緣、耐熱、透明等特性。常用以製造各種電子構造零件、電氣機械類外殼、照明用零件等，約占 40~60%。另外，在膜、板等消費量占 15%；用於食品包裝、電絕緣用等則占 10%。PC 的應用，在日本以

押出薄膜為主；在美國則以厚板為主，大量用於窗玻璃、車門、軍用等；而德國的注型膜、板用於照相、電絕緣、玻璃代用品上。

另外，PC 和熱塑型塑膠(如 ABS)混合成塑膠合金是已有的技術，且是目前塑膠工業二次料的主要用途之一，若能將此推廣至台灣的塑膠合金混合加工廠中，更可提高二次料的銷售價格及適用性。

4.金屬廢料(廢靶材)

(1)產源及產生量推估

光碟製程中影響光碟品質最大的就是各膜層濺鍍技術優劣，在濺鍍的程序中，主要是利用靶材將金屬濺鍍物濺鍍(sputtering)在光碟片上，隨著不同光碟片的生產以及機台的不同，需要採用不同的靶材，表 3.2 整理了常用的各種靶材材質及品質要求。由於靶材的品質在光碟片生產中扮演重要的角色，其好壞不僅影響濺鍍薄膜的性能。而且還關係著所能濺鍍碟片的數量，所以靶材的品質與濺鍍薄膜的優劣息息相關，而靶材除了純度外，晶粒大小、析出相表面狀態、密度等，皆會影響薄膜形成之品質。

依照各廠評估，以重量計，每生產 1 公噸光碟片產生之廢靶材量約 6~8 公斤，每年產生量約在 480~640 公噸左右。

(2)清除處理方式

廢靶材在環保署廢棄物管制中心歸類為廢棄物代號 D-1399 其它單一非有害廢金屬或金屬廢料混合物進行管制。由行政院環保署廢棄物管制中心查詢，目前(93 年 11 月)合法之可清除 D-1399 之清除機構共計 1,266 家，合法之處理機構計有 16 家，合法之清理機構計有 9 家，詳細資料請參考環保署廢棄物管制中心網站。此外，工業局核准再利用機構有嘉瑞有限公司及盈昌科技工業股份有限公司，詳細資料請參考經濟部工業局資源化工業網站(網址為 <http://proj.moeaidb.gov.tw/riw/iwopt041.asp>)，餘裕量處理機構有光洋應用材料科技股份有限公司。

雖然具處理該類編號廢棄物資格的業者有很多，但由於廢靶材純度要求高，回收價值高。目前處理的方式以再重新煉製為主或交由原廠商回收居多。

表 3.2 各種靶材的用途及品質要求

靶材名稱	用途	品質要求				
		晶粒大小	純度	型式	組織分布	絕對密度 (g/cm ³)
金靶	CD,CD-R,DVD-ROM	<50 μm	4N	一體成型	等軸晶	-
銀靶	CD-R	<50 μm	4N	一體成型	等軸晶	-
鋁靶材	CD-ROM,DVD-ROM	<50 μm	3N	一體成型	等軸晶	-
銀鈦靶材	CD-R	<50 μm	4N	一體成型	等軸晶	-
鈦鋁靶材	CD-RW	<50 μm	4N	一體成型	b/a<4	-
銅合金靶材	CD-R	<30 μm	3N	一體成型	等軸晶	-
銀合金	DVD-9	<60 μm	4N	一體成型	等軸晶	-
介電層	CD-RW,DVD-RW,DV D-RAM	<20 μm	4N	-	-	>3.5
記錄層	CD-RW,DVD-RW	<20 μm	4N	-	-	>6.6

資料來源：光洋應用材料科技股份有限公司網站
(<http://www.solartech.com.tw/solarbg3/indexbg.htm>)

3.2.2 結語

以產能而言，台灣為全球最大 CD-R 光碟片產生國，其中錄德公司，產能已占全球的 30% 以上，是全球最大 CD-R 光碟片製造商，而中環公司產能亦占全球的 20% 以上，兩大公司產能合計已占全球總出貨量的一半以上。

光儲存媒體製造業對於廠內廢棄物處理與污染防治，除了必須符合法規規定之外，亦透過環境管理系統 ISO14001 之追蹤管理，導入工業減廢與資源回收再利用之技術，來降低廢棄物之清除處理成本與提升企業環保形象。

光儲存媒體製造業主要廢棄物大致分為廢塑膠容器、廢溶劑、廢光碟片、金屬廢料(廢靶材)等 4 類，這四類中除廢塑膠(容器)屬公告再利用的一般事業廢棄物有業者主動回收外，其他三類皆具回收之經濟價值。另屬一般固體廢棄物者如：廢水污泥、廢樹脂、廢包裝材、生活垃圾等大多採委託代清理機構清除處理；光儲存媒體製造業相關各類廢棄物之清理現況彙整如表 3.3 所示。

表 3.3 光儲存媒體製造業主要廢棄物清理及產出現況

廢棄物種類	清理現況	產量 (以生產每公噸 光碟片計算)	93 年預估產量 (公噸)
廢塑膠容器	委外回收再利用	45~55 公斤	3,600~4,400
廢溶劑	替代燃料	27~33 公斤	2,160~2,840
廢光碟片(含 PC 廢料)	國內或國外回收再 利用	90~110 公斤	7,200~8,800
金屬廢料(廢靶材)	原廠商回收或回收 再利用	6~8 公斤	480~640

資料來源：本手冊彙整資料。

第四章 清潔生產

4.1 環境化設計

在 CD-R 製程中，主要對環境的衝擊議題包括溶劑的使用、染料的消耗，反射層金屬的流布及 PC 板射出成型機及其它機台的耗能程序。這些環境衝擊因子，也因在台灣大量的製造 CD-R，逐漸受到各界的重視，為符合相關的環保法令要求，產業界紛紛增加污染防治成本，故如何在保有產業競爭力的同時，亦能降低對環境衝擊，為此行業所面臨的挑戰。無疑的，推動環境化設計理念將是重要的工作方向。

所謂環境化設計係指在不影響產品既有功能，能使用省資源、低毒性、低衝擊等設計理念，來提升產品之環保性，進而產生實際之經濟效益。以往人類從事各種活動所產生的廢棄物與污染物，均採用自然的方式處理，但隨著時代的變遷及環境意識的覺醒，逐漸改採各種管末處理的方式，使之符合環保法規的要求，但由於地球上的資源並非取之不盡，用之不竭；因此，回收及再利用的觀念與技術逐漸普遍，並改採積極的源頭減廢來取代替消極的管末處理，遂有工業減廢、污染預防及清潔生產等方式的發展，而「環境化設計」的觀念也由此蘊育而生，可謂是各種源頭減廢方式的延續。由於各國國情的不同，其跨入環境化設計之時程也不盡相同，但由各先進國家陸續投入龐大的經費與人力參與這方面的研究，環境化設計儼然成為解決環境問題的最佳良方。

在 CD-R 產業實施環境化設計是不可缺少設計觀念。本手冊將以溶劑的使用、染料的消耗，反射層金屬的使用及 PC 板射出成型及其它機台的耗能程序，案例解說環境化設計的重要性。

在 CD-R 製程中，舉凡染料的溶解、塗布、洗邊至上膠皆會使用到溶劑。尤其在無塵室內許多機台採用正壓控制，更使得溶劑會逸散至作業環境，故如何尋找一毒性較低的溶劑使用，為 CD-R 產業應重視的問題。表 4.1 提供部分溶劑的毒性比較，供各界參考。

表 4.1 致癌性溶劑分類

單位：ppm

溶劑種類	作業容許濃度	作業容許濃度倒數	相對苯之值
Benzene	16	0.063	1
Butadiene	22	0.045	0.73
1,2-Dicloroethane	20	0.05	0.8
Ethylene oxide	10	0.1	1.59
Propylene oxide	50	0.02	0.32
Vinyl chloride	18	0.056	0.882

資料來源：環境化設計技術手冊(工研院環安中心)

在染料使用方面，CD-R 製程的記憶染料的使用，由早期 Cyanine 系列至目前性能最佳的 Phthalocyanine 系列都是屬偶氮的染料，此類染料如表 4.2 所示，係屬具環保疑慮材料，接觸或吸入過量皆有害人體健康。基於此類記憶染料在功能上，已有相當的不可替換性角色，為減少對人體與環境的衝擊，惟有提升回收比例與使用效率，並加強個人防護訓練，以降低對環境的衝擊。

表 4.2 常見具環保疑慮材料表

材料分類	內容說明
重金屬	鉛、鎘、六價鉻、汞...
含氯有機物	五氯酚、戴奧辛、PBCs、農藥...
含苯有機物	甲苯、二甲苯、鄰苯二甲酸酯類...
含氯塑膠材	PVC
偶氮染料	Phthalocyanine
冷媒、清洗劑、發泡劑	CFC、HCFC、溴化甲烷
溴系難燃劑	PBB、PBDE...

資料來源：環境化設計技術手冊(工研院環安中心)

反射層金屬的使用方面，對環境的衝擊主要來自於報廢片的處理，這些貴金屬主要有銀、金與鋁。在處理報廢片應謹慎將反射層在潤濕的環境下，將其抹去或以濕式化學法去除之。另外，在製程中濺鍍靶材料的使用率，並無法達到百分之百，仍有 10~20% 濺鍍靶材，無法完全使用，如何提升使用率亦是設計工程師需注意的課題。

聚碳酸酯 (polycarbonate, 簡稱 PC)，是在分子主鏈中含有碳酸酯的高分子化合物的總稱，對於二羥基化合物的線性結構聚碳酸酯的一般通式為 $[\text{OROC}=\text{O}]_n$ ，式中 R 代表二羥基化合物 $\text{HO}-\text{R}-\text{OH}$ 的母核，隨著 R 基團的不同，可以分成脂肪族聚碳酸酯、脂肪-芳香族聚碳酸酯或芳香族聚碳酸酯。脂肪族聚碳酸酯熔點低、溶解度高、親水性及熱穩定性差、機械強度低，不能作為工程塑膠使用。脂肪-芳香族聚碳酸酯熔融溫度雖然比脂肪族聚碳酸酯高，但由於結晶趨勢大、質脆、機械強度差，故實用價值不大。真正有實用價值的是芳香族聚碳酸酯，而雙酚-A 型芳香族聚碳酸酯是最早工業化生產的聚碳酸酯，產量最大用途最廣，也是熱塑性工程塑膠中重要的種類之一。要製作成 CD-R 產業所能使用高透光度之材料，在能源的使用上是相當的可觀，各式機台有許多排風抽風設備和烘烤設施及 PC 形成機等。如表 4.3 所示，PC 料的能源消耗是相當可觀的。此程序的環境化設計，應首重在通風系統設計，以減少阻抗與能源消耗，其次則應重視良率的提升，減少不良品的產生。

表 4.3 常用塑膠材料之提煉耗能表

塑膠材料	原料提煉所需消耗之能源(MJ/KG)
PC	118.7
PS	105.3
ABS	90.3
EPS	82.1
HDPE	79.9
PP	77.2
PET	76.2
PVC	70.5
LDPE	66.2

資料來源：工研院環安中心材質資料庫

4.2 廠內管理

任一產業的製造工廠多少都會為環境帶來若干程度的衝擊，CD-R 工廠亦不例外。在此產業製程中，有二項議題可藉由廠內的管理，降低對環境的衝擊。一是有機廢氣的排放，另一是製造過程產生的廢棄物。在空氣污染物的排放方面；CD-R 製造廠各種機台，因需配合染料成膜的操作規範，故必需有一定的抽離風速，而為了能使機台保持潔淨度及提供一定量的抽離風量，致其排氣量極大，因此排出多少氣體就至少必須補充相同的外氣，以防止潔淨室成為負壓。又由外氣經由空調箱的除濕過程是最耗能的，為了補充這些製程排氣所需要的空調耗能是相當驚人。如果可以降低製程的排氣量，相對地可以減少外氣補充量，如此就可以達到節能的目的。

CD-R 排氣系統大致上分為有機排氣與一般排氣二大類。有機排氣通常接受旋轉塗布、保護膠與洗邊溶劑的有機排氣；一般排氣則是接受機台或電盤的廢熱，排氣中不含有害成分。根據這幾類排氣的特性，應分別擬出相對的排氣減量措施。

在一般排氣方面，許多機台的控制電盤散熱的溫度並不高(約 30°C 左右)，且未接觸到製程機台與相關管路，排氣特性是相當安全的，這類的氣體可以考慮不排出潔淨室外，而直接將之排放到潔淨室中，如此可以減少一般排氣的排氣量。另外，機台上常有針對設備維修所配的排氣管，雖然都有閥門(damper)，但常常在廠內管理未能落實，而直接將潔淨室乾淨空氣往外排放。對此，廠務工程師應與設備工程師合作，訂定出適當的管理辦法將這種狀況消除，也有助於避免不必要的一般排氣，減少整體排氣量與能源消耗。

在有機排氣方面，隨著 CD-R 製程的成熟與染料特性的逐漸穩定，其機台的潔淨度是可做適當的放寬。此潔淨度的放寬可透過高效率空氣污染物(high efficiency particulate air，簡稱 HEPA) 過濾器的調整，在經調整 HEPA 過濾器後，可減少機台內部氣體紊流情形，增加在染料塗布、上保護膠與洗邊等處之局部排氣功效，加速此三處有機廢氣的排放程序，進而減少機台內外之總碳氫化合物(total hydrogen carbon，簡稱 THC)濃度。在減少機台的供氣量的同時，不但減少能源的使用，亦間接改善作業環境中溶劑濃度，使廢氣更容易集中處理，可謂一舉數得。

在調整一般排氣與有機排氣時，應注意彼此搭配與調整。機台實際排氣量往往隨著距離主風管的位置、主要風管接機台的數量等而有所差異，加上安全係數，往往機台實際的排氣量比實際需求的還多。在進行機台風量的調整之前，首先應

對每一台機台的排氣量加以量測，針對同型號的不同機台討論其排氣量的差異，以最低的排氣量作為基礎，加上必要的安全設計係數，再將其他每一台同型機台的排氣量都調整成此一規格，如此可以減少可觀的製程排氣。CD-R 機台的控制，應依不同的材料與製程，機動的進行下列各項節能與清潔生產的廠內管理(1)在不影響產品良率的情形下，可全面評估減少抽氣量的局部排氣馬達進行調整，以減少抽氣量至管末處理。(2)應定期調整洗邊處之局部排氣構造或濾網型式，減少大量染料被抽至送風管，堵塞送風系統。(3)定期監測廠內 THC 濃度，以實際了解各廠內之 THC 分布情形，作為改善作業環境之依據。(4)定期監測抽風系統與送風管路的靜壓與壓損，以了解在設置排氣系統時是否有設置不良或壓損過高之情形，以改善現有的排氣系統。(5)評估其它相關材料耗損之改善；在 CD-R 廠中除染料耗損外，其它尚有溶劑的逸散、反射層靶材的損耗等相關材料，皆是進行相關的清潔生產程序，改善廠內管理的標的。

在廢棄物管理方面，CD-R 廠最大的廢棄物主要是廢溶劑與廢光碟片。其中廢溶劑屬有害廢棄物，應以有害事業廢棄物進行清理，可詳見其它章節。另外，對於廢光碟片，雖屬一般事業廢棄物，但其中廢 PC 仍具有資源化的作用，可依其它章節進行資源化再利用。

第五章 廢棄物資源化技術

5.1 廢光碟片資源化技術

廢光碟片在自然界為安定無害之物質，其處理方式若以簡便考量，以目前之焚化、掩埋均可達成無害化之處理目標，但由於其材質均為高價值之資源，故選擇資源再利用方式為必要之趨勢。

CD-R 之主要結構為 PC 塑膠透明層、金屬反射層、油墨保護層，其中以 PC 塑膠為主要回收物，附加價值也較高；經浸漬處理後，鍍於金屬反射層上的金、銀等貴金屬皆可剝離下來，再行估賣。

對於 DVD (digital versatile disc) 回收而言，12 公分 DVD 單面儲存量約 4.7GB，是 CD-R 七倍。DVD 主要結構為兩層 PC 塑膠中間塗布金屬反射層，估計 DVD 應可在未來取代 CD-R 龍頭地位。然而目前國內、外 DVD 回收技術未臻成熟，且回收成本為 CD-R 的一倍半，相關技術刻正研發中。

歐美各國已將廢光碟片資源再利用做成多項產品，德國拜耳公司於十幾年前即從事光碟片之回收處理技術研究，並於九年前量產廢光碟片之回收事業；亞洲地區因盜版事業盛行，故將廢片回收料重製光碟使用廣為盛行，另外，台灣亦有部分廠商將再生料應用於產品製造時之添加，以節省原料成本。

廢光碟片形式可分成白片(料頭、射出不良品)、染色片、鍍金廢片、鍍銀廢片、鋁片。而以形狀可分成完整圓片，碎片二種。另於製造業以報廢情形可分為料頭及射出不良品、染色失敗、濺鍍失敗、印刷報廢片、品管不良品。

目前用於回收處理的方式，大多以廢光碟片來源組成而定，可分為物理方式及化學方式兩種；

5.1.1 物理方式

包括乾式及噴式等前處理方式。茲將各類前處理資源化技術分述如下：

1. 乾式處理方式

自動進料系統→研磨→加水→風乾→PC 料回收

2. 噴式處理方式

自動進料系統→水槍(或砂)噴洗→風乾→PC 料回收

有關二種方法之比較，乾式處理法之特性為適用片種多(較不具選擇性)、自動化程度高、處理單純但耗損率大(每片約 0.5 克)；而噴式處理法之原理是將介質藉由高壓硬的微粒子吹向與去除塗層的標的物，將塗層去除，此兩種(水或砂)技術皆可使塗層脫落，唯一的差別在於以高壓空氣將砂或小鋼珠噴射進行塗膜去除雖然無廢水問題，但成本較高，且有廢砂及粉塵問題。而以高壓水則有廢水處理的問題，技術上遇到的困難則是表面形狀複雜、曲面較難處理及自動化大量處理效率上的問題等。

5.1.2 化學方式

1.濕式處理方式

濕式處理法之特性為耗損率小、處理量高、回收金屬較容易且設備成本便宜，但污染性較高、選擇性大(不同片種不同處理方式)。

分類→粉碎→入料→KCN 剝離液→水洗→乙醇清洗→水洗→風乾→PC 料回收

2.強鹼煮沸法

傳統大量去除塗膜的方法就是將附有塗膜的塑膠件置於NaOH水溶液中於約100°C處理6小時後，就可將塗膜去除，這些塑料尚需經過清洗才能進行後續的利用。雖然本法可有效去除塗膜，但塑料材質也會受到影響，況且後續的廢水處理問題，也需要考量。

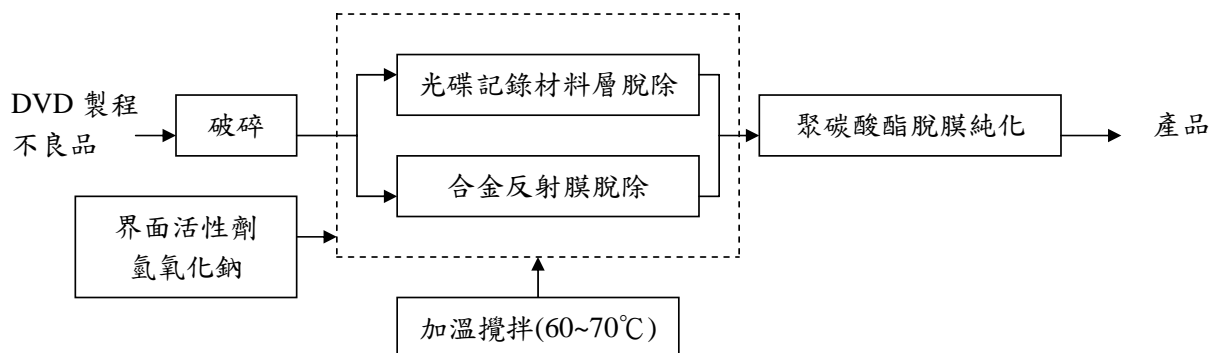
3.強鹼煮沸加壓法

將附有塗膜的塑料置於10%NaOH水溶液中於105°C及0.4MPa下處理，此法可使塗膜去除更徹底，然而會面臨到的問題與前法類似，況且對塑料材質的破壞也相較前法更嚴重。

4.粉碎溶除及攪煮脫膜法

該技術之原理，主要是針對 DVD-R 光碟片所具有之特性加以克服，且注重於將廢光碟片的內層結構去除，以進行聚碳酸酯(PC)的回收。其方法分為 3 個階段完成，第一階段首先以粉碎機進行破壞 DVD-R 分解，使之形成約 5~10mm 碎片；第二階段再進行光碟記錄材料層脫除程序(溫度控制 60~70°C)，其光碟記錄材料層乃是以商業用規格界面活性劑（對人體較安全）進行去除，處理過程中以攪拌機加以混攪並藉界面活性劑對 DVD-R 碎片的剪應力，將所覆著之染料

擠出或甩掉，經由混攪之力量同時將合金反射膜擠出或甩掉，之後藉由 PC 層被特定濃度氫氧化鈉的裂解侵蝕將殘存之樹脂層進行剝除，同時進行殘餘聚碳酸酯脫膜浮除等純化操作；最後進行第三階段之水洗及烘乾程序，以回收聚碳酸酯。其資源化流程如圖 5.1 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢光碟片事業廢棄物再利用個案許可計畫書，民國 94 年。

圖 5.1 廢光碟片資源化回收流程圖

5.2 廢特殊染料資源化技術

一般來說，CD-R 光碟片的結構由下而上大概可分為：基板、記錄層、反射層、保護層，而 DVD-R 的基板，則因雷射聚焦的關係，基板較薄，為了使其厚度與 CD-R 相同，故在保護層上面再加上一層基板。CD-R 與 CD-ROM 在記錄資料上有明顯的差異(如圖 5.2)，預錄型之 CD 是在基板上已壓鑄完成資料記錄的小孔洞，經有雷射光照射至各種不同的孔洞，反射之光訊號成為 CD 記錄的方式。而 CD-R 是在空白而已鑄成螺紋溝上，填入記憶染料，此記憶染料受雷射光的照射後與光進行反應而成為不同的孔洞，進而直接進行資料的記錄，二者間有明顯不同的記憶錄之差異。

在製作光碟之前，首先必須選擇品質佳的空白基板，因為空白基板品質的良莠會直接影響最後成品的性質。因此，在基板的選擇上必須相當注意，特別是染料配方與基板之間的搭配，一般是使用聚碳酸酯(Polycarbonate，簡稱 PC)之商用 CD-R 基板。在 CD-R 的整體材料成本結構方面(如表 5.1)，其中染料成本占有 1/5，故如何加強染料的回收程序，將有助於降低材料費用的支出，提升廠內的營運績效。

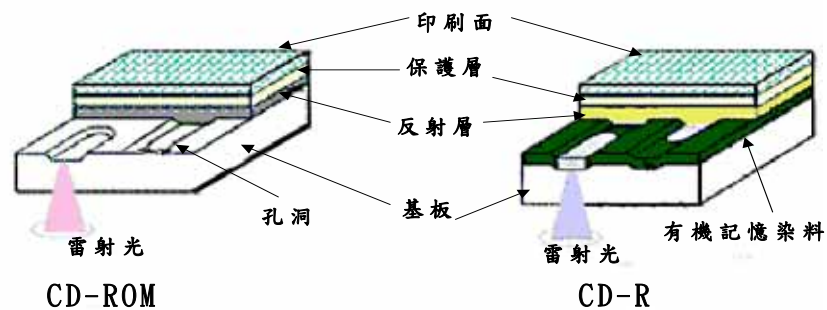
表 5.1 國內光記錄媒體直接材料成本結構

Compound \ CD-R Type	CD-DA、VCD	CD-R	
聚碳酸酯(polycarbonate)	78%	26%	
鋁(aluminum)	0.5%	染料(dye)	20%
		銀(Ag)	46%
膠(lacquer)	9%	3%	
油墨(ink)	9%	3%	
其它(other)	3.5%	2%	

資料來源：經濟部技術處科技專案報告

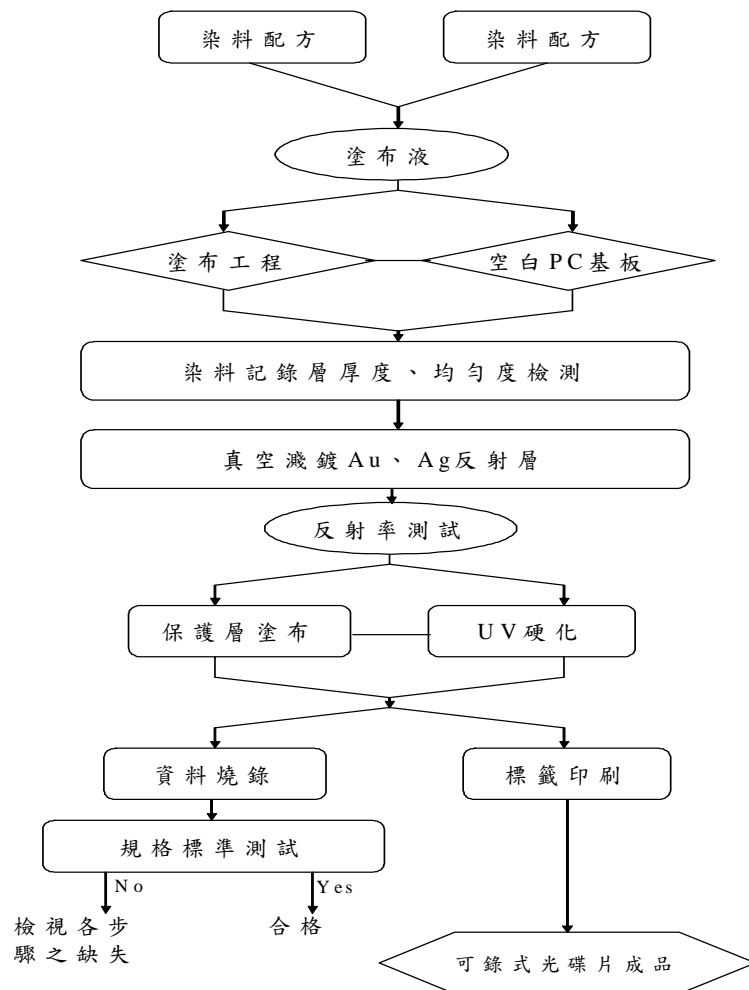
以有機記憶染料當作 CD-R 記錄材料，主要是因為其可利用較簡便的旋轉塗布法將記錄材料塗布於基板上，相較於過去以真空蒸鍍塗布法，除縮短製程步驟外，並可降低生產成本，因此，有機染料對有機溶劑的溶解特性便相當重要。再者，基材選用的材質是 PC 塑膠，因此，溶劑的選用必須兼顧有效溶解染料及不會對基材表面產生破壞。其主要製程（如圖 5.3 所示）如下說明：

首先是配製染料配方，決定好各添加比率後，便是選擇溶劑。溶劑選擇的基本要點是在一定溶劑添加量下，能夠充分溶解染料配方及不會對空白基板表面有任何溶解性破壞。在染料配方完全溶解於溶劑後，將溶液以過濾器(filter)過濾，過濾後的濾液即是所要的塗布液。配好塗布液後，將塗布液裝入旋轉塗布機的專屬溶液槽中，塗布的用量與方法完全由電腦控制。在決定空白 PC 基板的選用後，即進行塗布工程，塗布的過程包括：塗布液的注入、塗布、甩開、乾燥以及洗邊等程序，每一步驟都關係著記錄層品質的良莠。在完成塗布工程後，利用簡易的光密度試驗儀(optical density tester，簡稱 OD tester) 來檢測塗布後染料層相關的光學吸收值、OD 值。在不同的表面檢測點，OD 值可用來判斷塗布的均勻度，且利用 OD 值亦可初步判斷不同批次所做出碟片之操作條件與品質的穩定。



資料來源：經濟部技術處科技專案報告

圖 5.2 CD-R 記憶染料結構圖



資料來源：經濟部技術處科技專案報告

圖 5.3 CD-R 碟片的製作檢驗程序

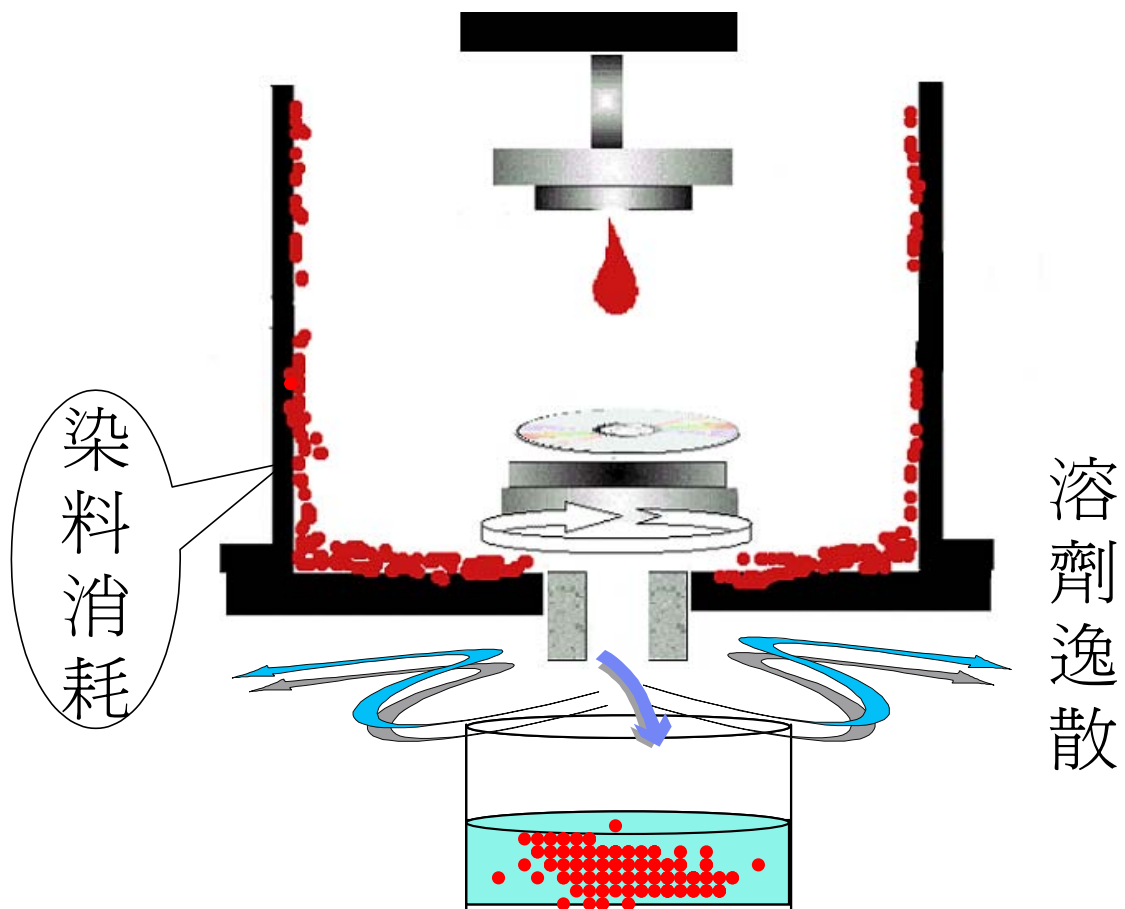
在進行記憶材料之染料層濺鍍時，約有 85%~90% 之染料會濺出基材而成為廢棄物，而此種染料價格極高。記錄層染料之旋轉式塗布 (spin coating) 製程為例(如圖 5.4)，通常染料及溶劑的供應量會比實際需要量為多。在 CD 片開始加速旋轉時，染料會隨著快速的轉動佈滿 CD 片表面，甚而多餘的染料及溶劑會因離心力作用被甩開，大約有 90% 以上的記憶染料不被塗布在 CD 片上，此時的染料會存在週邊的收集器內。而溶劑揮發、染料固化成膜以及大量染料及溶劑因離心力脫離 CD 片表面的過程當中，部分染料及溶劑會被廢棄，部分則因揮發而被廢氣處理系統收集。為避免有機廢氣逸散在機台四週，集氣系統之集氣量、風壓等參數的控制顯得相當重要。在此程序中，為使塗布的染料使用量能夠達到最大的比例，減少逸散量，首先可改變其染料噴嘴的方向。在未進行減量塗布前，大部分的製程是以 CD 片塗布區由內向外，直線塗布出去。而改良的塗布方式，則是以鉤狀方式進行記憶染料的塗布，再配合風量的調整，可達到更佳的塗布染料使用比例。再進行最適化的記憶染料塗布之後，對於過剩而被甩出的染料，則是以溶劑將殘留在反應器上的染料洗淨，再以 HPLC 定量染料的成分與濃度後，與新鮮記憶染料進行混合使用，減少原物料的浪費。

而對於受污染的染料，則可運用層析、浸漬清洗、再結晶及溶解分離等程序，進行廢棄染料的回收與資源再利用。相關的廢棄染料資源技術評析如表 5.2 所示，由表中可知，CD-R 各廠應依不同的染料特性與製程，研擬不同的資源化技術，提升廠內的整體營運績效。

表 5.2 廢棄染料資源化技術評析表

技術項目	運用對象	技術層次	處理染料	商業化技術
層析	受污染染料	高	Cyanine	推廣中
再結晶	受污染染料	高	Phthalocyanine & Cyanine	推廣中
浸漬清洗	未受污染染料	中	Phthalocyanine	推廣中
溶解分離	受污染染料	低	Phthalocyanine	已成熟
收集蒸餾	未受污染染料	低	Phthalocyanine	已成熟

資料來源：經濟部技術處科技專案報告。



資料來源：經濟部技術處科技專案報告。

圖 5.4 CD-R 旋轉塗布材料損耗示意圖

5.3 廢溶劑資源化技術

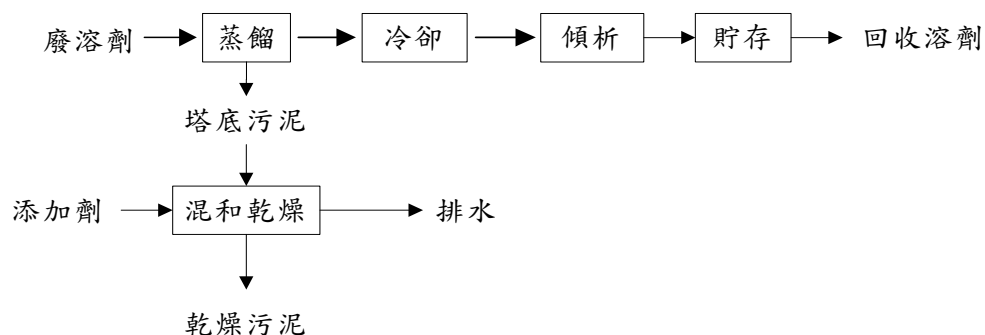
廢有機溶劑污染性高、處理不易，為許多行業困擾的廢棄物處理問題之一。一般常見之資源化處理方式可分為廢溶劑回收處理後再利用，以及作為輔助燃料，下面就各資源化技術說明如下。

5.3.1 廢溶劑回收

液態廢溶劑以純化回收方式為最佳之資源化途徑，如蒸餾、萃取、滲透蒸發、擴散透析及超臨界流體萃取（supercritical fluid extraction）等程序回收有用物質，至於回收過程之殘渣，則需再以熱處理方式進行。

1. 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，可將廢溶劑回收再使用，且適合大量處理。有關廢溶劑之蒸餾流程如圖 5.5 所示。



資料來源：經濟部工業局，事業廢棄物處理與資源化技術，民國 84 年 8 月。

圖 5.5 有機混合廢溶劑蒸餾回收流程圖

2. 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成分自新鮮溶劑中蒸出，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。

3. 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，即所謂之趨動力(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：

(1)滲透蒸發

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。

(2)擴散透析

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，但金屬離子滲透（leakage）仍會發生。

4.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：

- (1)以 CO_2 為萃取劑時，無毒且不殘餘，安全性極高。
- (2)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。

- (3)萃取劑分離容易，產品品質佳。
- (4)在溶解力或分離效率不佳時，可添加少量共溶劑(cosolvent)調整物性，以提高萃取性能。
- (5)可與吸附、層析等分離法並用，以達到高度分離之效果。
- (6)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：

- (1)須高壓裝置，設備製作困難，投資成本大。
- (2)高壓狀態下之物性、相平衡資料不足，萃取機制尚不清楚。
- (3)目前實廠放大之營運操作等經濟性資料不足。
- (4)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。
- (5)共溶劑之選擇須用試誤法，目前尚無理論基礎可預測。

5.1.2 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，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。工業局曾於民國 89 年間研擬「水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則」並函送行政院環境保護署認定符合該認定原則隻處理方式為屬中央主管機關許可之處理方式之一，其中對於可進入水泥窯的廢溶劑訂有認定原則，內容如表 5.3 所示。此認定原則自 89 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 93 年 1 月 2 日公告於 93 年 9 月 1 日起停止適用，但其中的認定原則仍然當作水泥窯收受廢溶劑的標準。目前水泥業者也改以代處理或代清理的方式持續進行以廢溶劑作為輔助燃料的工作。

表 5.3 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	大於 2,000 Kcal/kg
灰分	小於 12%
含氮量	小於 1,000 ppm，芳香氮不得檢出
含硫量	小於 2%
Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg 含量	小於 50 ppm
pH 值	介於 4~12.5 之間

註：已於 93 年 9 月 1 日停止適用

資料來源：環保署網站。

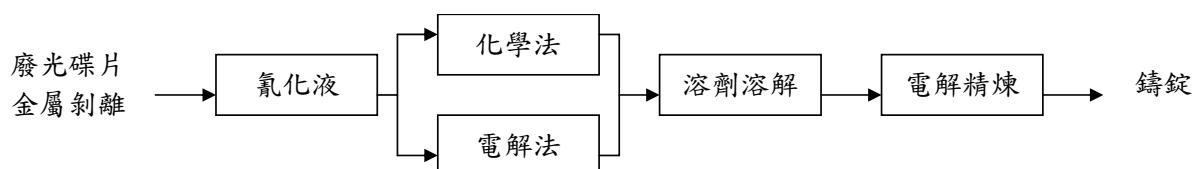
5.4 金屬廢料資源化技術

由於高科技產品的特殊品質及性能要求，稀有貴金屬也被廣為應用於高科技產品中。因此，高科技電子產品的資源化，回收其中的稀有貴金屬是一項很大的誘因。美國、日本、加拿大及歐洲各國對於電子廢料之資源化技術均積極研發。

光碟片製程中主要之金屬廢料來源為含電鍍金屬之廢光碟片及各類貴金屬靶材，資源化技術常用的有：電解精煉法、焙燒/電溶精煉法、焚化富集法及溶解還原精煉法等。各方法可配合實際應用組合使用以獲得最佳的處理效果。以下分別說明之。

5.4.1 電解精煉法

諸如許多電子廢料可以化學法或電解法剝離，同理廢光碟片之金屬鍍層亦可以利用此法進行金屬剝離後資源化回收再利用。如含金、銀等鍍層之廢光碟片浸入於商業性的金剝離液（氧化劑／氰化液＋抑制劑：KCN 溶液濃度 15% 以上）中，加以攪拌、溫度控制 50~60℃，剝離時間為 15 秒至 15 分則可剝離大量的金、銀。另以 60% 以上之乙醇清洗，反應 5 分鐘，每 5 分鐘置換另一槽，連續自動化生產 PC 料。而金剝離液所含之貴重金屬再以化學法/電解方式回收，其回收貴重金屬處理流程如圖 5.6 所示。



資料來源：鄭宏德等，「廢光碟片之產生現況及處理技術介紹」，台灣環保產業雙月刊，第 16 期，2002。

圖 5.6 以電解精煉法回收貴重金屬之流程圖

5.4.2 焙燒／電溶精煉法

由於光碟片製程係將金屬以濺鍍方式黏著於 PC 基板上。因此，此類廢棄物如直接進行粉碎分選，極易因金屬與 PC 基板膠合，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 PC，易造成後續金屬回收率下降。

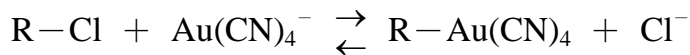
基於以上之認知，本技術是利用 PC 易於焙燒氧化之特性，先將廢光碟片以 400~800℃ 之高溫焙燒去除，而後所得之貴金屬與 PC 填充物灰渣，利用金屬具延展性及韌性，於自體研磨過程中互相撞擊，使金屬部分與 PC 灰渣分離，再經過篩分離，即可將二者分離，所得之金屬物因已去除有機物質，可直接熔鑄成含金、銀之貴金屬錠，供貴金屬精煉回收使用。

至於後續之貴金屬精煉回收則採用電溶精煉法，其主要設備—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金等貴金屬錠置於陽極籃內作為犧牲陽極，陰極為不銹鋼板。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：

陽極： $M \rightarrow M^{n+} + n e^{-}$ 其中M為Ag、Au、Cu等金屬

陰極： $4 H^{+} + 4 e^{-} \rightarrow 2 H_2$

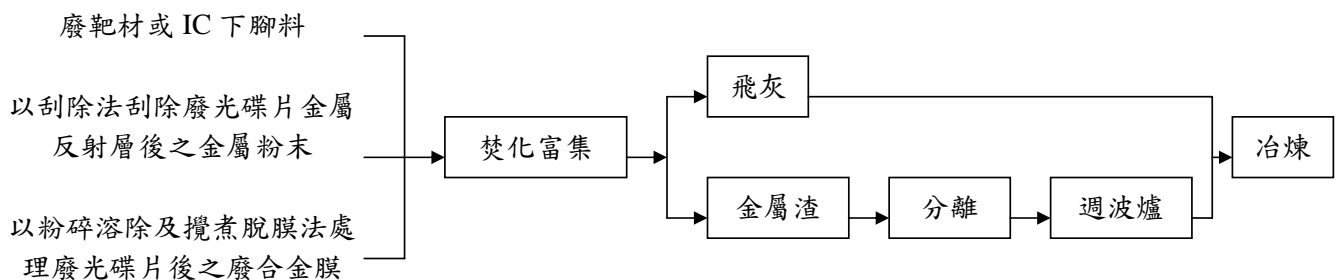
至於電鍍後老化液可使用氯型陰性離子交換樹脂回收金，其反應式如下：



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。

5.4.3 焚化富集法

焚化富集法是將廢靶材、廢光碟片之金屬反射層以刮除法刮除後之金屬粉末或以粉碎溶除及攪煮脫膜法處理廢光碟片後之廢合金膜中之有機成分先以焚化方式去除，再將焚化富集後之金屬渣冷卻，而由於冷卻後可能結成團塊，所以用球磨機進行粉碎，使金屬物與灰燼單離。利用金屬物具延展性與矽酸鹽等氧化礦物破碎粒度差異，將金屬物與氧化礦物灰燼分離，過篩後之金屬物以高週波爐(induction furance)熔成合金塊，再將此合金塊送往冶煉廠回收有價金屬，分選所得之矽酸鹽等氧化礦物灰燼則併同集塵設備所收集之飛灰，送往冶煉廠回收有價金屬。其資源化處理流程如圖 5.7 所示。

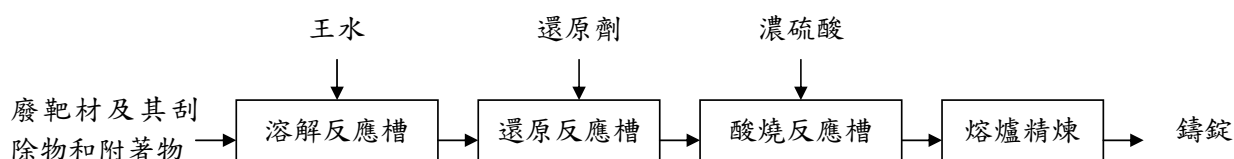


資料來源：本技術手冊資料彙整。

圖 5.7 以焚化富集法回收貴重金屬之流程圖

5.4.4 溶解還原精煉法

溶解還原精煉法是先將廢靶材或靶材刮除物及附著物等之貴金屬，直接以王水溶解後，再利用還原劑將其中之貴金屬(金、銀等)還原出來，再藉由金元素不溶於濃硫酸且比重大之特性，加入濃硫酸進行酸燒反應，以提高其純度，最後再以熔爐進行精煉回收，純度達 99.9%。其資源化處理流程如圖 5.8 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢靶材事業廢棄物個案再利用許可計畫書，民國 92 年。

圖 5.8 以溶解還原精煉法回收貴重金屬之流程圖

5.4.5 結論

由於含金或銀廢料之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 5.4 所示。

表 5.4 金屬廢料資源化處理技術優缺點比較表

資 源 化 技 術	優 點	缺 點
電解精煉法	• 以濕式冶金法回收金屬。	• 會產生廢水及廢氣需處理。
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。
焚化富集法	• 貴金屬回收效率高。	• 廢氣處理需耗費較多成本
溶解還原 精煉法	• 主要針對廢靶材及其刮除物和 附著物之回收。 • 貴金屬回收效率高。	• 會產生廢水需處理。

資料來源：本技術手冊資料彙整。

5.5 廢塑膠資源化技術

5.5.1 廢光碟片衍生料 PC 之資源化技術

光碟片的製造精度高、製造過程複雜，生產中將近 5~10% 的產品不合格。光碟片本身的性質決定了其不易回收。光碟片主要材料包括有聚碳酸酯（Polycarbonate，簡稱 PC）塑膠片、反射層、油墨、保護膠等四種，其中占最大量者為 PC 塑膠。廢光碟片依材質主要可分成鋁片（CD-ROM、VCD）、金/銀/銀鈦片（CD-R）、CD-RW、DVD 等四大類，可回收的物質有反射層金屬及光碟片基材 PC 塑膠片，CD-R 製造初期因金片較多，故回收方向一直朝回收金為前題。近年來，因 CD-R 金片幾已被銀片所取代，且 PC 的價格一直持續上漲，回收的方向因而轉向 PC 塑膠的再利用。PC 不論其化學特性、電氣特性、防火特性、耐衝擊性種種特性均優於其他泛用塑膠，可說是塑膠界中的貴金屬，亦是塑膠回收界中人人極欲爭取的目標。

1. 清除塗層

光碟片是一種多層複合產品，其中一層是熱塑性塑膠（PC），另外兩層為塗層。塗層主要是金屬反射層、漆和印刷物，僅占整個光碟片的很小一部分，鍍鋁層僅有 15~70nm 厚，漆和印刷物的總厚度約 20 μ m，回收前必須將塗層清除，如此回收的 PC 料方能具備良好的性能。清除塗層的方法有三種，包括：化學回收、熔體過濾及機械分離。

(1) 化學回收

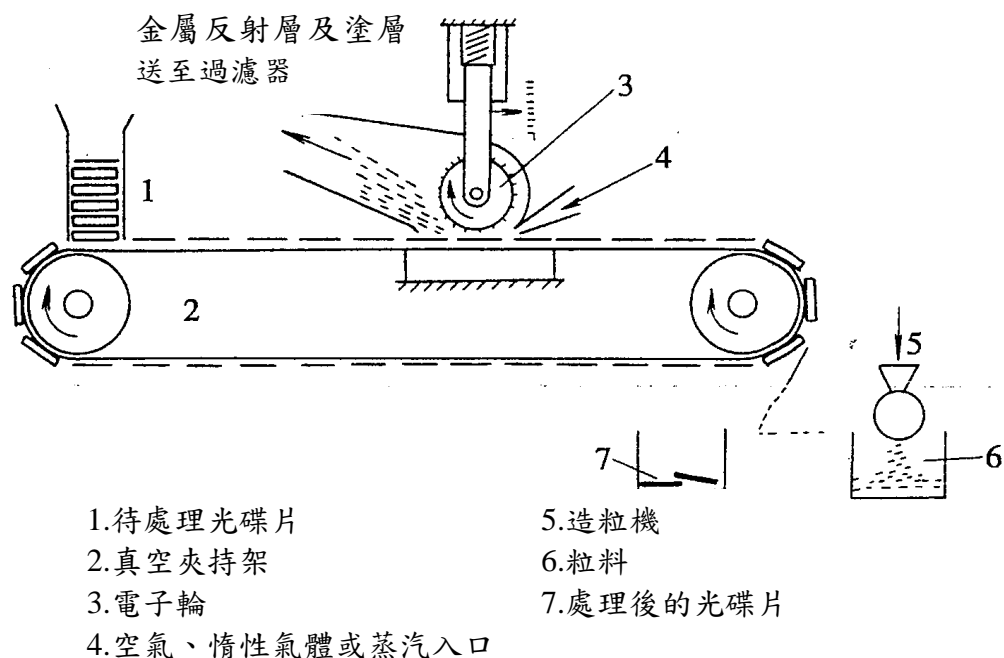
化學回收是利用粒料、採用化學品將塗層清除掉，但化學回收的缺點多於優點，因為 PC 和化學品之間可能會發生作用降低最終產品的性能，而且可能會對環境帶來不利影響。

(2) 熔體過濾

熔體過濾可以回收 PC 粉碎料，但熔體過濾有一缺點，即過濾中 PC 要經受高溫加熱，而 PC 的熱穩定性又差，過濾後的聚合物相對分子質量低，力學性能和熱穩定性差，回收料不會有足夠的光學和力學性能保證其回收價值。另外，因為粉碎料顆粒分布大小不一，熔體過濾並不能清除光碟片上的全部雜質。

(3) 機械分離

機械分離是一種安全、有效、簡單的方法，生產廠家自身就可以採用這種方法進行回收，但機械分離只能分離圓形完整之光碟片。分離設備如圖 5.9 所示，這種分離設備有一轉動刷來清除塗料，一邊輸送帶帶動光碟片連續運動，刷子清除掉的塗層被一特製的過濾器回收其中的鋁。在清除塗料過程中，光碟片夾持架處保持真空，以保持運動的穩定性，同時光碟片表面要用壓縮空氣，惰性氣體或水蒸汽冷卻，以防止 PC 因摩擦生熱熔融。塗料清除乾淨後，將 PC 清洗、乾燥，然後將其切成 5mm 大小的顆粒。未清除塗層的光碟片其平均熔體流動指數較低，而已清除塗層的較高。據估計這是由於未處理的光碟片上的金屬反射層和漆難溶所致。另外，由於雜質的存在，未處理的光碟片密度略高於處理過的光碟片。在給定剪切速率下，處理過的光碟片料黏度較低。而在給定波長範圍內，未處理的光碟片料的透光率為 42%~46%，而處理過的為 82%~88%，遠高於前者，這是因為未處理的料中含有金屬反射層。在 780nm 處的透光率很重要，因為這是二極管讀取光碟片上訊息的波段。未處理的 CD 料在 780nm 處的透光率僅為處理過的一半，處理過的為 88%，與原料級 PC 的透光率(90%)接近。



資料來源：行政院環境保護署，廢光碟片回收清理探討計畫期末報告，民國 91 年。

圖 5.9 光碟片機械分離設備簡圖

2.廢塑膠回收處理技術

廢 PC 回收處理方式有：物理方式、物化方式及化學方式等三種，其說明如下：

(1)物理方式

採用高壓水刀、研磨拋光與直接粉碎等方式進行 PC 再生料使用。

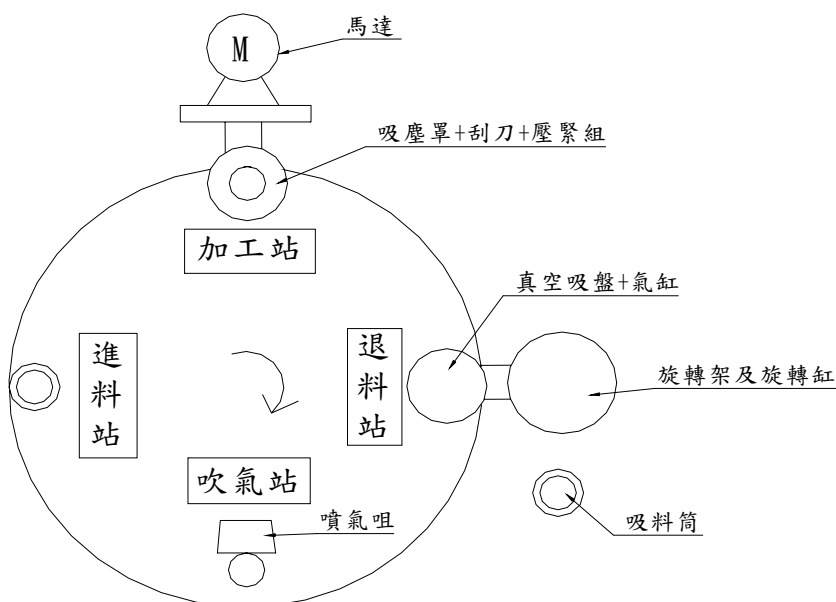
(2)物化方式

採用高壓水刀、研磨拋光與化學法剝離等方式進行，主要將貴重金屬（主要係回收金成分，若含銀片整批量大時亦通）與 PC 分別回收利用。

(3)化學方式

採用鹼脫脂與有機脫脂等方式將有機塗層破壞後，再將貴重金屬金與銀（主要係回收金成分，若含銀片整批量大時亦通）與 PC 分別回收利用。

利用物理或化學方法分離回收 PC 及貴重金屬，為事業體產生源之最大去處，可回收 PC 與貴重金屬供為二次原料使用。圖 5.10 即為物理拋光之設備簡圖。



資料來源：行政院環境保護署，廢光碟片回收清理探討計畫期末報告，民國 91 年。

圖 5.10 廢光碟片物理拋光之設備簡圖

從上述分析來看，機械分離法回收的 PC 料質量較高，可用於多種產品的生產。不過，由於 PC 片對 PC 樹脂的性能有特殊要求，回收料還不能用於生產光碟片，但可以將其與其他材料共混，生產其他製品。回收料的用途包括：再出售、再製料及塑膠合金等。

(1)再出售

將處理完的 PC-CD 料再出售給下游廠商供射出及混合用，約占 15% 的回收用途量。

(2)再製料

將 PC 回收料與較高分子量的 PC 混合，製成資料儲存盒、第三剎車燈、燈罩等不同成品。

(3)塑膠合金

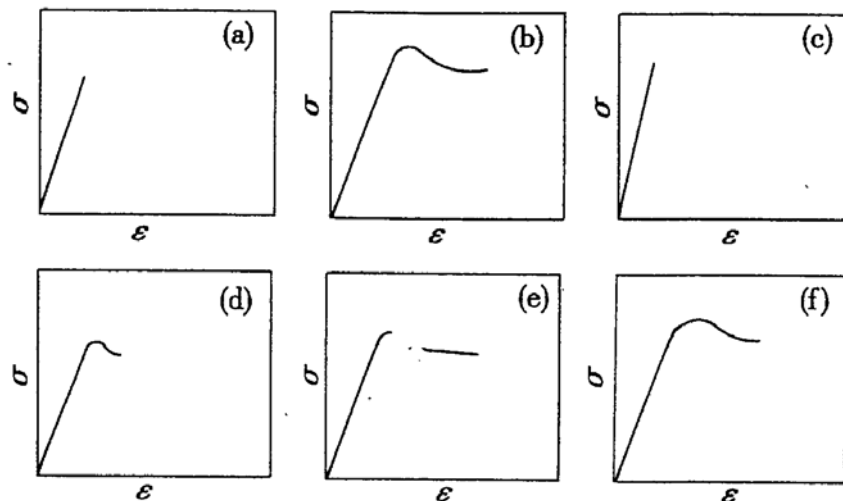
將光碟片之 PC 回收料與其他不同性質的塑膠結合，複合成塑膠合金，以保有兩方的優點。並非任二種塑膠都適合合成塑膠合金，由拜耳的技術資料 (<http://www.bayermaterialscience.com>) 可得 PC 與 ABS、ABA、PBT、PET、PMMA、SAN 複合範圍很大，而與 PE、PP、PPO、PS、TPU 可有限制性的複合。將回收光碟片的 PC 料和 ABS 混合塑膠合金的流動性減少，相對可提高其抗衝擊強度。主要應用於電腦零件、電腦外殼、印表機等用途，在台灣因為電腦等資訊產品之主要產地，以塑膠合金(PC+ABS)為應用之大宗。

光碟片所用的 PC 材質流動性比其他產品高，相對抗衝擊強度比其他應用性(汽車燈、板等)產品低，但卻可應用於不需高抗壓的水瓶產品上。從表 5.5 及圖 5.11 可以看出，100% 的光碟片回收料是一種硬且脆的材料，應變低，沒有降伏點。加入玻璃纖維後雖然可以提高回收料的剛度與強度，但降伏應力下降得更多。而吹塑級 PC 回收料和 ABS 可以提高光碟片回收的韌性。50% 光碟片回收料/50%ABS 和 50% 光碟片回收料/50%吹塑級 PC 混合物性能最佳，可用於注塑件的生產。

表 5.5 光碟片回收料與其他樹脂混合物的性能

混合物種類	應力 $\sigma_b(\text{Mpa})$	應變 ε_b	Izod 衝擊強度 ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)
(a) 100%CD 回收料	46.3	0.041	13.2
(b) 50%CD 回收料/50%PC 礦泉水瓶回收料	48.1	0.123	53.4
(c) 80%CD 回收料/20%玻璃纖維 (GF)	50.0	0.026	28.2
(d) 20%CD 回收料/80%ABS	37.5	0.058	53.8
(e) 50%CD 回收料/50%ABS	40.5	0.129	121.0
(f) 80%CD 回收料/20%ABS	45.5	0.103	107.0

資料來源：行政院環境保護署，廢光碟片回收清理探討計畫期末報告，民國 91 年。



(a) 100%CD 回收料 (d) 20%CD 回收料/80%ABS
(b) 回收料/50%PC 礦泉水瓶回收料 (e) 50%CD 回收料/50%ABS
(c) 80%CD 回收料/20%玻璃纖維 (f) 80%CD 回收料/20%ABS

資料來源：行政院環境保護署，廢光碟片回收清理探討計畫期末報告，民國 91 年。

圖 5.11 光碟片回收料的應力-應變曲線

3. 國外回收處理技術

世界各國對於廢光碟片回收，大多以回收 PC 為主，使用水刀、機械研磨或溶液浸漬剝除油墨及反射金屬層後，將 PC 回收再利用，其主要用途為汽車零件業。

(1) 美國

在美國有 Greenbrier Assoc (Billerica, MA)、GE Plastic (Pittsfield, MA)、

Bayer (Pittsburgh, PA- processes optical discs)、Recycling Separation Technologies, Inc. (Lowell, MA)、Nesar (Darlington, PA)、c/o DADC Recycling Program. (Terre Haute, IN)、MRC Polymers (Chicago, IL)、Gulf Coast Recycling Services, Inc. (Evansville, IN) 等公司，使用水刀、機械研磨或溶液浸漬剝除油墨及反射金屬層後，將 PC 回收再利用，其主要用途為汽車零件業。

(2) 歐盟

歐盟各國亦與美國相類似，使用水刀、機械研磨或溶液浸漬剝除油墨及反射金屬層後，將 PC 回收再利用。同時因塑膠占掩埋場大量空間，故有的德國掩埋場更規定塑膠類製品不得進入掩埋廠，以節省掩埋年限，並更以提升回收再利用的理念，又已明文規定製造者需負回收之責，故德國拜耳於 12 年前即從事 CD 片回收技術的研究，於 9 年前量產 CD 廢片回收事業。

(3) 韓國

KOREA Computer Recycling Co., LTD (首爾附近)：於 1997.10 設立，主要經營個人電腦、手機及印表機等電器、電子廢棄物收集處理及製造工廠產生之 PCB、IC、TR 收集處理，光碟片經其粉碎處理後，PC 售價約每公噸 50~100 萬韓圓。

5.5.2 廢塑膠桶資源化技術

廢塑膠容器來自製程中原料裝填用的塑膠容器，這些容器的材質以 HDPE 居多，平均生產每公噸光碟片約產生 45~55 公斤。此類廢棄物清除處理方式為先將洗淨後經破碎後可再製成再生塑料使用。環保署廢棄物管制中心則歸類此類廢棄物如無殘留有害物質（如甲醇或二丙酮醇等，其成分則依據環保署所公告實施之「有害事業廢棄物認定標準」之 B 類或 C 類有害事業廢棄物判定）初步可以代號為 R-0201 廢塑膠(容器)進行管制，屬公告再利用的一般事業廢棄物。

原盛裝化學品之廢塑膠容器因仍殘餘極少量化學品，如能先加以有效清洗，可再利用為塑膠替代原料。整體規劃分為兩部分，亦即光碟片製造廠有效清除及分類；再利用工廠進行破粉碎、造粒等處理後，將回收料作為塑膠容器中間層的原料，填置於三層容器之中間層，內外層採用超高分子量聚乙烯，其可取代 70% 的新料(如圖 5.12 所示)，降低原料成本，降幅達 13.14%。資源化流程可概分為「前處理單元」、「吹塑成型單元」等兩大部分，分述如下：

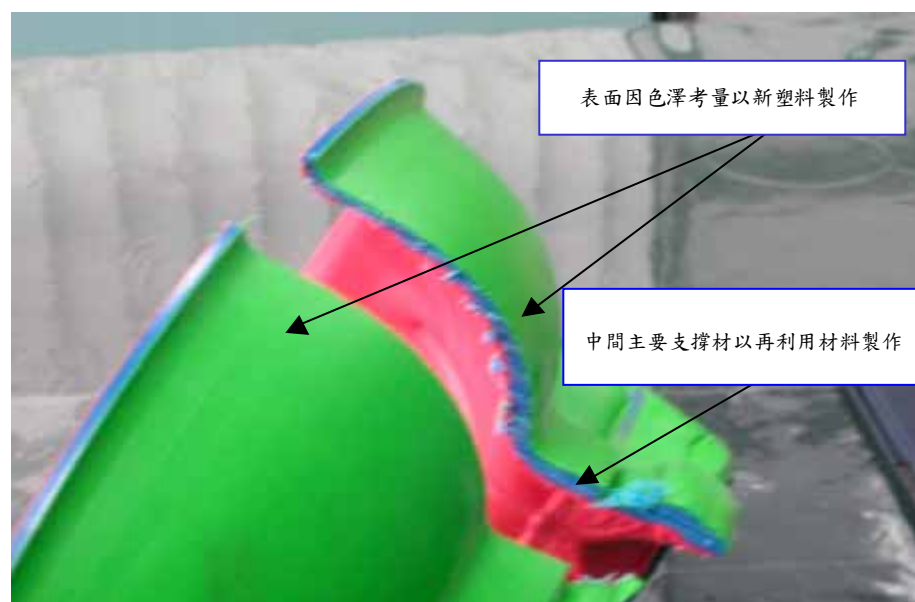
1.前處理單元

首先將塑膠桶內殘留之化學藥劑分離收集，然後經去標籤、破碎、清洗、脫水及乾燥等過程後，獲得塑膠碎料，即成再生料並置於貯槽中備用。

2.吹塑成型單元

前處理後之再生料先經加熱熔融成流體，再經螺桿壓縮入料至押出機押出成型胚，最後再經吹塑定型填置於三層容器之中間層，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。

有鑑於國內盛裝化學品後之廢塑膠容器甚多，如任其堆置或因不當處理易衍生環保問題。此資源化技術係將廢塑膠容器經粉碎、清洗、造粒等方式初步處理之後，將廢塑膠料填置於三層容器之中間層，以一只 4.6 公斤的 120 公升三層桶為例，可使用回收料 1.59 公斤；一只 10 公斤的 200 公升三層桶，可使用回收料達 5 公斤。不僅可降低原料成本，以連續式製程來提升成品品質及生產效率，無污染內裝物與容器表面之疑慮，亦可配合政府的環保政策。



資料來源：科學工業園區管理局，事業廢棄物個案再利用許可申請書，民國 93 年。

圖 5.12 回收料填置於三層容器之中間層

3.國外回收處理技術

(1)日本

即使使用資源回收的原料，在外觀也必須使用與母原料相同且具有良好外觀的同一種鑄型所做成的製品。使用自家公司商品處理商品的回收原料時，採用的是三明治成型。日本名機製作所股份有限公司的三明治成型機在射出成型時，是以兩台圓筒為表面，裡面的母原料與中間層的回收原料在數秒後射出同時成型。在壓出成型中，軟管的三層壓出成型為代表物，在吹塑成型時採用的是藉由三層 BALI-SONG 的中空包裝容器。

(2)義大利

在義大利的 PLASTICS RECYCLING TECHNOLOGY 公司中，藉由 PE 膠捲與 PP 的網絡所做成的餐巾紙等輕製品的資源回收利用，將切割與供給裝置中所改良的物品，特別是在工廠內所產生的不良品放在貨盤中再生的裝置使其能夠出品，加熱源使用的是瓦斯。

義大利的 COSUTARERI 公司就是因為發展出了使用回收再利用的廢塑膠的大口徑（800~1,500mm）的下水用軟管而受到矚目。這個大口徑的軟管的外層是以壓出成型的 HDPE 做成的，裡層是 HDPE 與 LDPE 的壓出成型製成，中間層是各種廢塑膠原料混合而成，與 MOPE 同時壓出而製成的。此製品符合 DIN 規格，具有品質保證，COSUTARERI 公司不僅在義大利有工廠，在美國、瑞士、墨西哥、德國也有工廠，技術是獨占。

第六章 技術評估與設備選用程序

本章節將針對廢棄物於進行資源化工作時，如何評估與選用設備之程序，舉出相關基本原則及注意事項。

6.1 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：清算製程污染源
- 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 6.1，包括以下步驟：

- 1.背景資料：製程概述、廢棄物質量、場地狀況、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、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)、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、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。

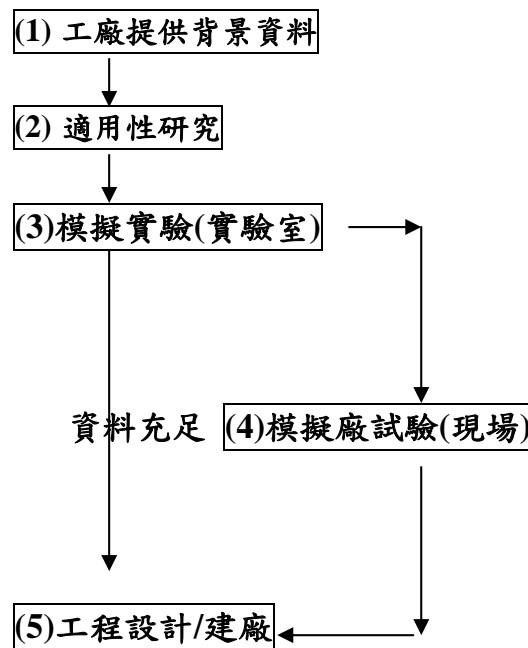


圖 6.1 資源化系統規劃評估實驗流程

6.2 資源化設備選用程序

圖 6.2 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，仍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劃，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。

工程單位及設備供應商	技術顧問單位 (水處理技術公司)	工廠 (污染源)	研究單位
------------	---------------------	-------------	------

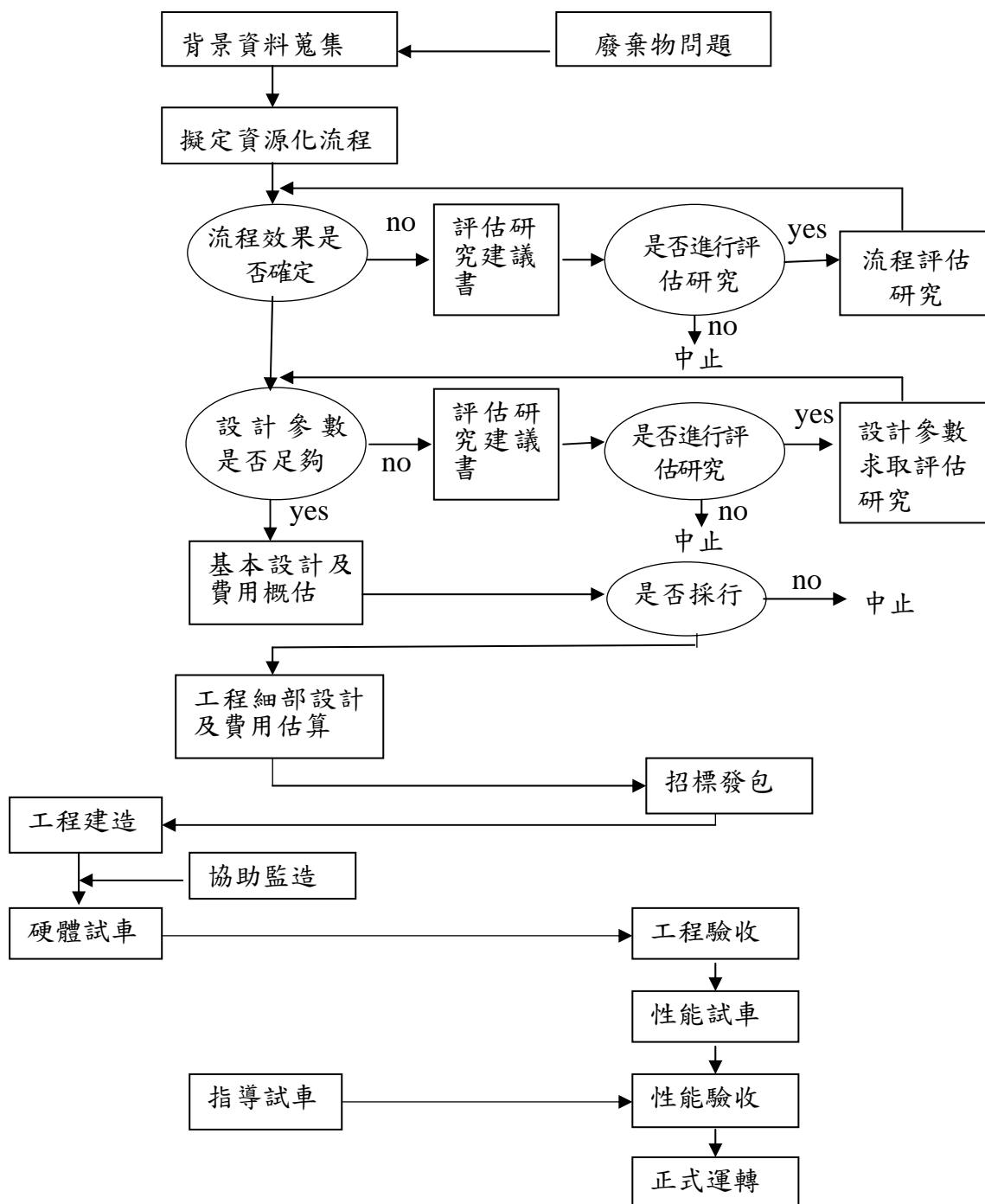


圖 6.2 資源化設備評估流程

1.聘任顧問

一般來說，顧問之工作項目包含：

- 廠內製程單元之污染源清查。
- 分析統計各製程單元之廢棄物產生量，並研提可行的資源化方案。
- 評估及選擇合適的回收系統供應商。
- 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。
- 協助調整或更改現有製程設備，以配合回收系統之設置。
- 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。
- 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。
- 合約書可能需依可行性的試驗結果加以修改，顧問可進一步審核其更改內容，及其處理功能的保證。
- 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。
- 回收系統正式試車前審核操作維護手冊的完整性。
- 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。
- 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。

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，並採集水樣進行可行性試驗。
- 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，如以一般濕式回收系統為例其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，以作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，樣品應分為三份，工廠保留二份，系統供應商一份，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，並分析之。檢測結果再由雙方共同評估，若無法對檢驗結果達成共識，則應將第三份樣品送交雙方認可之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% 作為尾款，直到水力、機械及電氣等操作問題完全解決後，方才給清，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：

- 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及素質。
- 所欲購置之回收系統，該供應商已在市場上推行多久。
- 供應商之年營業額多少，對資源化工廠之營業額如何。
- 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。
- 那些物料、配件由其他廠商供應。
- 地區代理商服務及維修能力。
- 是否有供應同類型工廠的其他回收系統。

- 各附屬零件（如泵之軸封、馬達、攪拌器、樹脂、塔槽、偵測儀等）之代理商。
- 系統故障是否能退回。
- 系統運送方式及裝設進度表。
- 是否需加裝隔離設施，以維護製程較敏感的儀器。
- 可提供多少份系統之操作維護手冊。
- 對該工業製程單元瞭解程度。
- 系統之備用零件取得的難易性，以及是否已將備用零件包括在報價單內。
- 買方是否可參與系統設置之規劃設計的審核工作。
- 系統搬運及重新設置是否方便。
- 現有場地面積是否足夠。
- 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）
- 那些零件可在當地購買，而不抵觸系統保證書的內容。
- 製程產能加倍，該設備應作那些更改。
- 系統是否容許 24 小時連續操作。
- 系統是否能被一般運送的貨櫃所容納。
- 廠區配置圖是否與實際狀況吻合。
- 製程上應作那些修改，以配合此項設備的設置。
- 該系統需多少操作人力、維護頻率及時間如何。
- 是否可先瀏覽該系統之操作維護手冊。
- 該系統日常維護項目有那些。

其它次要判斷的項目包含：

- 那些零件最容易故障，修復需多少時間。
- 系統操作時，會有那些狀況產生。
- 是否需額外加裝廢氣處理設施或排氣設施。

- 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。
- 系統栓緊零件（栓、螺絲、螺帽）是否使用不銹鋼材。
- 控制盤是否有中文標示。
- 誰來負責安裝試車人員之差旅及膳雜等費用。
- 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，以做為最後選擇回收系統供應商的依據，因經由現場訪視，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之。

(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。

6.3 資源化成本分析

廢棄物資源化成本之分析不易，原因包括產源不確定及不穩定性，廢棄物質量之變異性、產品市場之隱晦與閉塞、收集轉運之暢通性不足等。同時，資源化產品之市場性分析也不易，包括產品規格及供需配合特性、行銷管道、市場價格、經營方式等層面。因資源化產品市場銷售網不易建立、缺乏國外市場資訊、買賣憑証取得困難、資源化成本過高、再生原料市場價格偏低、國外市場價格競爭等問題之變異性非常大，使得成本分析不易。但投資風險仍然得靠成本分析始得釐清，因此對資源化系統的成本分析仍須進行，主要分析項目主要包括投資成本、回收效益、淨效益及回收期限等。

以下則以系統化流程，說明其成本分析之要項。

1.回收處理系統要素評估

(1)廢棄物之來源、數量及成分穩定性

(2)處理規模

(3)物料運輸成本：依地域性而異

(4)投資模式

- 委託代清除處理
- 成立處理體系
- 申請事業廢棄物再利用計畫
- 設置廠內回收處理設備

(5)資源化產品

2.處理容量規劃

(1)基本資料

①處理量

②人員編制

③反應操作條件

- 反應莫耳比
- 反應溫度
- 反應壓力

(2)質量平衡

(3)系統物料數量計算

(4)槽體體積

3.設備規劃

(1)模廠材質、設備選用及安裝配管

- 材質耐蝕、能承受溫度變化

(2)模廠操作試驗及樣品監測分析

- 試車確保無洩漏
- 控制因子操作試驗
- 試驗參數檢討修正

(3)模廠功能改善

- 設備功能改善
- 操作方式調整
- 設定最佳操作參數

(4)資源化廠先期規劃

- 尺寸放大考量因子
- 處理容量規劃
- 整廠設備規劃
- 人員編製

(5)操作參數

(6)系統設計

(7)設備材質、施工、基地大小

(8)污染防治

- 尾氣處理
- 洩漏偵測
- 貯槽防溢

(9)設備單元

- 進料系統、反應系統、卸料系統、分離系統、熱能供應及整廠儀錶監控系統

(10)設備設計考量要點

- 貯槽、反應槽：操作量、溶液性質及溫度
- 輸送泵：輸送溶液性質
- 管件：輸送量、溶液性質及溫度

- 儀錶：操作方便、耐蝕、價錢
- 特殊設備：物料處理量

(11)設備適用材質

- 貯槽
- 冷凝吸收器
- 熱交換器
- 固體分離機
- 輸送泵
- 管件

4.資源化系統效益評估

- (1)經濟效益分析—廠內資源回收設備費用、回收物質產值、清理費用收費、處理藥品費、污泥處理費。
- (2)成本分析—初設成本、操作維護成本、設備折舊。
- (3)資源化廠設置經費概算

①工程預算

- 工程款
- 材料款
- 其他費用

②物料成本分析

③資源化產品產值

④資源回收廠經濟效益分析

- 初設成本

廠房建設

貯槽

回收設備

其它費用

- 每年操作維護成本

- 人事及管銷費

- 人事費單價

- 管銷費單價

- 維護保養費：以初設成本之 10% 估算

- 原料費

- 水電費

- 燃料費

- 廢棄物回收運費

- 回收產品運費

- 每年節省回收費用

- 含廢棄物代處理費

- 設備折舊

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

- i(綜合年利率)=6.4%

- (資料來源：臺灣銀行 94 年 3 月 4 日基本放款利率四捨五入)

- n(設備使用年限)=10 年

- 設備折舊費=初設成本×設備投資還原因子

- 均化值

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

- i(綜合年利率)=6.4%

- e(物價上漲率)=0.48%

- (資料來源：經濟部統計處最新經濟指標摘要 94 年 1 月消費者物價年增率 <http://2k3dmz2.moea.gov.tw/gnweb/statistics01/reports/G02.xls>)

- n(設備使用年限)=10 年

- 均化年操作維護費=操作維護費×均化係數

均化年節省回收費＝節省回收費×均化係數

均化年淨效益＝均化年節省回收費－均化年操作維護費

• 投資效益

本益比＝均化年節省回收費÷(設備折舊費＋均化年操作維護費)

現值因子＝初設成本÷均化年淨效益

投資報酬率 F

現值因子＝ $[(1+F)^n-1]/[F(1+F)^n]$

n (設備使用年限)＝10 年

投資回收年限 $N = \{\ln[A/(A-Pxi)]\} / [\ln(1+i)]$

A ＝均化年淨效益

P ＝初設成本

i (綜合年利率)

• 處理成本

每年回收產品收入

固定成本＝設備折舊費

• 營運成本＝每年操作維護費－每年回收產品收入

• 每公噸處理成本＝(固定成本＋營運成本)÷設計處理容量

5.廢棄物資源化成本分析案例

(1)廢光碟片來源及特性

資源化處理標的物為光碟片製程品管淘汰之廢光碟片(DVD±R/RW、CD-R/RW 製程廢光碟片)，主體由聚碳酸酯粒(PC)組成為可回收之物質。該類物質在廠內貯存收集及清理運輸時，因性質安定法規明定為一般事業廢棄物，進廠處理時，環保法令歸入為廢棄電鍍塑膠，屬有害事業廢棄物。

DVD±R/RW 是新一代高儲存容量的光碟片，它是由 2 片 0.6 mm 厚度的聚碳酸酯碟片黏合而成，外觀看起來與 CD-R/RW 光碟片沒有兩樣，R/RW、CD-R/RW 光碟片每片重量 16.3 ± 0.1 克，其組成由聚碳酸酯、光碟記錄材料、黏合材料及合金反射膜(銀金屬)構成，重量組成如表 6.1。

表 6.1 DVD、CD 光碟片每片重量組成

光碟組成	聚碳酸酯	光碟記錄材料	合金反射膜	黏合材料
重量組成	16.490 公克	2.7×10^{-4} 公克	0.009 公克	6×10^{-4} 公克
重量比	99.403%	0.016%	0.545%	0.036%

資料來源：經濟部工業局，廢光碟片事業廢棄物再利用計畫書，民國 92 年

(2) 資源化製程

A. 製程原料

該廠以粉碎溶除及攪煮脫膜為製程的程序進行聚碳酸酯的純化與回收，主要針對光碟片夾層所含有之聚碳酸酯（PC）進行雜質分離。製程中所採用的原料，如表 6.2 所示。

B. 資源化流程

廢光碟片包含光碟記錄材料塗布不良、濺鍍失敗以及貼合失敗，其中處理難度最高者為貼合失敗不良品，又由於 DVD-R 光碟（譬如）均屬內鑲雙層結構，處理之方法有不同程度的困難。本再利用技術之原理，主要針對 DVD-R 光碟片所具有之特性加以克服進行聚碳酸酯的回收。

- ① 首先以粉碎機進行破壞 DVD-R 分解，使之形成約 5~10mm 碎片。
- ② 光碟記錄材料層以商業用規格界面活性劑（對人體較安全）進行去除，處理過程中以攪拌機加以混攪並藉界面活性劑對 DVD-R 碎片的剪應力，將所覆蓋之染料擠出或甩掉。
- ③ 經由混攪之力量同時將合金反射膜擠出或甩掉，之後藉由 PC 層被特定濃度氫氧化鈉的裂解侵蝕將殘存之樹脂層進行剝除，以回收聚碳酸酯，步驟如圖 6.3 所示。

- ④ 表 6.3 為再利用產品品質標準，再利用產品經多次採樣檢驗結果如表 6.4。

(3) 資源化成本效益

如表 6.5，該廠以粉碎溶除及攪煮脫膜為製程的程序進行聚碳酸酯的純化與回收，每個月平均處理 120 公噸廢光碟片。總投資成本為 6,000,000 元，操作成本每個月 963,000 元，回收料獲利預估為每個月 1,200,000 元，投資報酬率 4%，回收期約 29 個月。

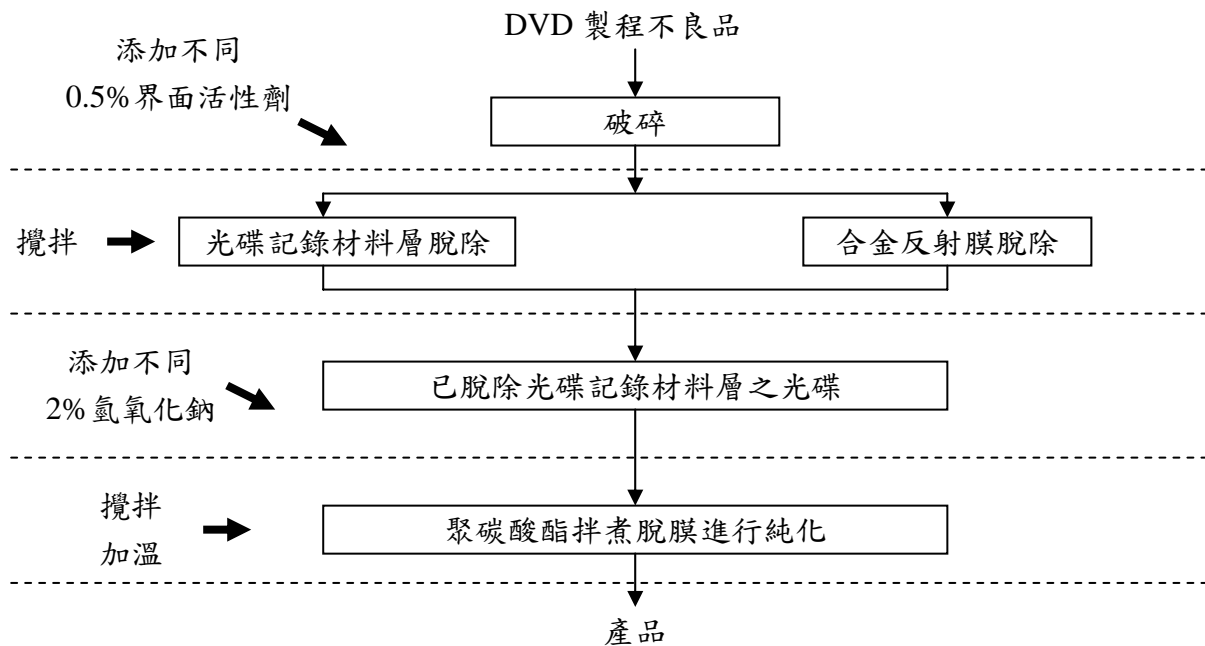
表 6.2 製程所用原料一覽表

名稱	使用量	備註
光碟片	5 公噸/天	一天：8 工時
界面活性劑	0.5% ； 2,500 公升	循環使用
氫氧化鈉	2% ； 2,500 公升	循環使用

表 6.3 再利用產品品質標準

項目	結果	單位	分析方法
Tg 點	140~150	°C	DSC
灰分*	0~24	%	TGA
熔融指數	30~40	g/10min	JIS K 7210
透明度	73~89	%	分光儀 (780 nmASTM D1003)
色標準	1.0±0.9	-----	

註：*灰分試驗為通氧氣下，燃燒至 800°C 之殘存量，若通氧氣燃燒至 800°C 的殘存量應為 0%。



資料來源：經濟部工業局，廢光碟片事業廢棄物再利用個案許可申請書，民國 94 年。

圖 6.3 廢光碟片資源化回收 PC 料流程

表 6.4 回收 PC 料的相關物性

Sample Code	Tg 點 (°C)	約 800°C 的殘存量 (%)	透明度	色度 D65 光源	色度 A 光源	熔融指數(MI) (280°C, 1200g 的荷量)
1	144.39	22.54	73.87	L*=42.65 a*=0.129 b*=1.690	L*=42.79 a*=0.566 b*=1.796	39.10
2	145.40	24.17	73.02	L*=42.43 a*=0.117 b*=1.840	L*=42.58 a*=0.596 b*=1.949	40.16
3	145.41	24.61	74.26	L*=42.86 a*=0.110 b*=1.486	L*=42.98 a*=0.500 b*=1.580	39.26
4	145.42	23.96	73.89	L*=42.57 a*=0.144 b*=1.583	L*=42.70 a*=0.561 b*=1.688	39.76
5	146.6	23.89	73.72	L*=42.42 a*=0.131 b*=1.833	L*=42.56 a*=0.606 b*=1.94	39.91

註：1.射出試片（測透明度與色度）的最高溫度為 235°C

2.透明度的數據為波長 400~700 的平均穿透率

3.色度分別用 D65 及 A 光源測得之數據。(通常以 D65 的偏日光測得之數據為主，而測 A 光源之數據為供參考)

4.灰分為通氮氣下，燃燒至 800°C 之殘存量，若通氮氣燃燒至 800°C 的殘存量應為 0%。(因實驗室剛好沒有氧氣，故是以通氮氣的環境所測得之結果)。

資料來源：經濟部工業局，廢光碟片事業廢棄物再利用個案許可申請書，民國 94 年。

表 6.5 廢光碟片資源化成本效益分析

大項	細項	費用	備註
投資成本		6,000,000	新台幣(元)
	磨片機	1,200,000	
	磨片機附屬設備	1,400,000	
	造粒機	3,000,000	
	廢水處理設備	200,000	
	事務設備	100,000	
	辦公室隔間及通風	100,000	
操作成本		963,000	新台幣(元)/月
	行政管理薪資	195,000	3 人
	操作人員薪資	468,000	12 人
	機械維修費用	100,000	
	物料費用	100,000	
	廠租	80,000	
	雜費及水電費	200,000	
獲利估算		1,200,000	新台幣(元)/月
投資報酬率		4%	
回收年月		28.8 個月	

※計算基準：每天 5 公噸，每月平均 120 公噸光碟片處理量。

資料來源：經濟部工業局，廢光碟片事業廢棄物再利用個案許可申請書，民國 94 年。

第七章 廢棄物資源化案例

7.1 廢光碟片資源化技術案例

7.1.1 前言

台灣的光碟片年產量高居「世界第一」，大約七十億片，其中約八億片內銷，卻僅幾家合格的廢光碟回收處理廠商，恐將衍生出嚴重的環保問題。國內生產光碟片的廠商中，包括全球光碟片第一大廠錄德，以及中環、金碟、利碟、國碩等近廿家，為外銷光碟片全球市場的主要供應廠商。台灣的光碟片製造技術成熟後，成本亦快速降低，從五年前每一片售價一百多元新台幣，如今一片光碟片只要七、八元。光碟片的使用量相當可觀，相對的，其報廢量更勝過其他資訊產品。

因此依據國內各光碟片生產廠提供資料顯示，台灣目前 CD 的年產量將近 70 億片，而各廠之不良率因產品項目不同而有所差異，一般約在 5%~8% 之間，因此，廢棄之不良品約有 4 億片，重量約達 7,200 公噸/年。由於目前 PC 塑膠的原料價格為每公斤一百一十二元，空白光碟廢料每公斤可賣六十元，非空白片也有二十五元的身價(以上資料統計至 94 年 4 月止)；廠商如以每片一毛錢價格，鼓勵消費者回收，每公斤約需支付六元，再加上人力、運輸、貯存管銷費用，仍有相當利潤。廢光碟片之形式可分成白片、染色片、鍍金廢片、鍍銀廢片、鋁片。若以形狀區分，可分成完整圓片、碎片二種。報廢原因多為料頭及射出不良品、染色失敗、濺鍍失敗、印刷報廢片、QC 不良品等。因此本案例將分別介紹國內外資源化之實例。

7.1.2 原理

國內目前廢光碟片之處理是以製造廠產生之不良品為主要來源，處理產品之分級則是由不同製程中產生之廢品性質來歸類。由製程之分段可以將光碟之生產分為以下三個不同之程序：

- 1.當 PC 原料經射出成型機射出成型至蒂頭下腳料切除的過程所產生的廢品，被歸類為 A 類。
- 2.當 PC 成型時，再經由染色之程序後的光碟片廢品，則被歸類為 B 類。
- 3.完成染色之光碟繼續經過薄膜濺鍍或經過噴塗瓷漆後，此時所產生之廢品則為

C 類。

以目前台灣廢光碟片處理方式而言，大都針對 C 類之廢光碟片預作處理，而 A 類(透明料)及 B 類(染色料)大都不再經過處理，直接以原料或次級料充當光碟片原料或其他塑料之填充料。而 C 類廢光碟片處理方式大致可以分為以下幾種：

1. 破碎法

先將廢光碟片以破碎機粉碎成約 5~10mm 左右粒片，使用稀釋後苛性鈉溶液浸泡被粉碎的 PC 碎片，以溶解保護膠層。此方式被稱為「去塗層」，再經過強酸液加熱浸蝕，藉此以剝離光碟片上的金屬鍍層。

其處理之後的浸蝕液中含有高濃度重金屬，必須經過妥善的處理，否則將嚴重污染環境。以目前國內之處理機構而言，破碎法是最普遍被採行之處理方式，然而酸洗廢液之處理則是必須優先考量，且在破碎的過程中，對於浸蝕液處理過程中對光碟片基材-聚碳酸酯(Polycarbonate，簡稱 PC)是否形成作用因而破壞其材質的部分，亦須加以探討。

2. 刨除法

利用鋼絲、砂輪或砂帶等加水之各種不同的研磨輪，對廢光碟片的濺鍍金屬層高速研磨來刷除其鍍層，其作業過程也將造成金屬鍍層粉末的污染問題，其後續集塵系統以及處理方式，都將是對環境衝擊評估時宜考慮之重要因素。

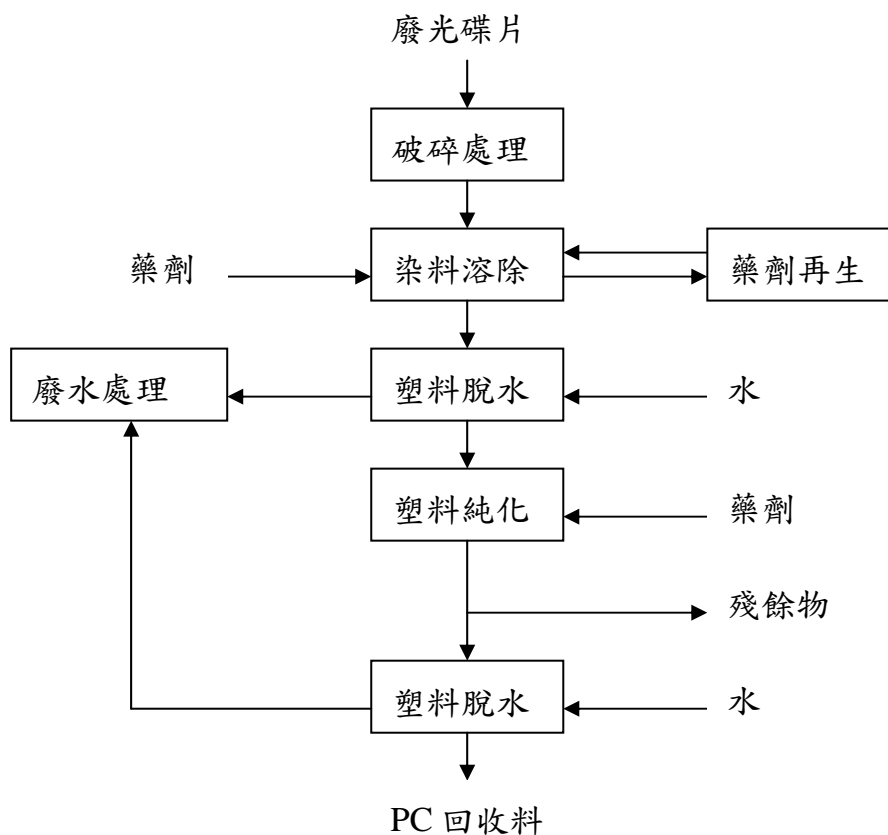
3. 噴砂法

利用鋼珠(砂)以高壓空氣噴刷廢光碟表面金屬鍍層，藉以分離鍍層級基材，此一處理方式則是必須考慮如何將刷除之表面金屬鍍層與混合之砂分離，其分選以及後續的處理。

7.1.3 國內外資源化處理實例

1. 國內資源化處理案例(一)

A 廠是一專門針對 DVD 製程不良品及自市場回收的光碟片資源化工廠，其處理流程如圖 7.1。其中部分 DVD 已具有雙層結構，也就是在塗層間多了層 PC 材料，因此在塗膜去除的部分無法以物理方式達成，而需利用化學方式。該廠是以兩段式藥劑處理的方式去除染料層及塗膜。第一段是以去除染料層為主，所使用藥劑為有機化學品，可以回收使用，第二段則是針對殘餘的樹脂層剝除。



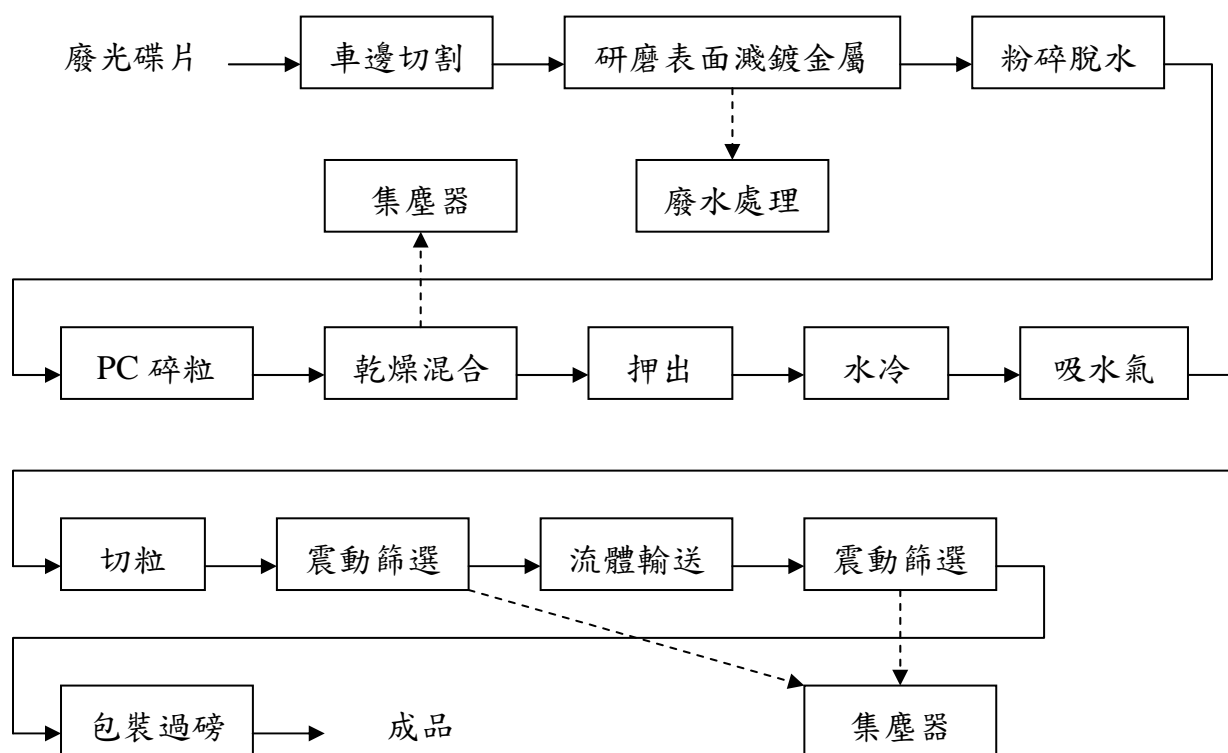
資料來源：經濟部工業局，廢光碟片事業廢棄物再利用許可申請書，民國 92 年。

圖 7.1 A 廠廢光碟片回收製程

2.國內資源化處理案例(二)

H 廠為高雄一家取得甲級處理廢棄物執照的工廠，專門回收處理廢光碟片，許可量為 382 公噸/月。該工廠利用物理方式，分離出光碟片上的重金屬後，再將 PC 塑膠片重新造粒，成為製造光碟片的 PC 粒子。國內光碟第一大廠銖德科技就與他們合作，利用回收再製的 PC 粒子製造環保光碟片。目前環保光碟片還處於開始的起步階段，雖然品質還沒有一般光碟片穩定，但銖德希望透過不斷的研究嘗試，讓環保光碟片品質更好。目前該回收廠的產能，月產將近四百公噸工程塑料，每月可再生兩千四百八十萬片環保光碟片供應市場需求。以其平均每月可回收兩千五百萬片廢光碟片的處理能量，換算一年可處理廢光碟片約三億片。而且單靠著廢光碟片，每個月營收超過百萬元。

其製造流程如圖 7.2 所示，是採物理處理方式，將廢光碟片透過切割邊緣與研磨方法將光碟片之表面濺鍍之金屬磨除，再將除去表面濺鍍金屬之光碟片送入濕式常溫之粉碎機器粉碎，粉碎後經脫水乾燥之過程除去水分。經由空氣輸送將已乾燥後之粉碎料輸送入押出機，加熱押出後之物料經冷卻水形成條狀 PC 原料，由滾輪與輸送帶送往切粒機，切粒完成後之 PC 粒原料透過流體化方式輸送至成品貯槽，原料再以自由落體方式通過貯槽出口到震動篩選機，震動篩選機篩選要求粒度之塑膠原料，經袋裝後即為成品。



資料來源：「光碟片聚碳酸酯塑膠料資源再生之製程方法」，發明專利第 538072 號。

圖 7.2 H 廠廢光碟片回收製程

3. 國外資源化處理案例

(1) 德國拜耳

拜耳公司是全球最大 PC 原料供應廠，擁有有關光碟片的粉碎減積及去除金屬的專利，早在 1990 年在德國 CD 製造廠開始進行這兩項製程，1993

年拜耳公司便開始在美國進行光碟片的回收，為滿足日益增加的訂單需求，該公司不但在泰國設廠生產 PC 原料供應亞洲需求，並計劃到中國大陸籌設新廠，以充分掌握回收 PC 的貨源。該公司 Bayer 並將自光碟片回收的 PC 材料製成品名為”Bay Blend”的新材料應用於電腦外殼等其他產品上。

(2) 日本 SONY

日本目前之光碟回收處理是以製造商回收為主，以 SONY 公司為例，其處理方式也是以破碎法為主，但不考量以酸洗去除外層保護層及濺鍍金屬層，破碎後磨粉直接熱融，擠壓成條狀後造粒，可充當其他塑料之摻配，亦可充當二次料，塑模製成環保光碟攜帶匣，其處理流程如 7.3 所示。



資料來源：中技社環科中心，「國內外廢光碟處理概況」技術報導。

圖 7.3 日本 SONY 公司之廢光碟片資源化處理流程

7.2 廢特殊染料資源化技術案例

目前各 CD-R 廠最常進行的旋轉塗布回收程序而言，其技術特性簡單易執行，目前皆以蒸餾方式回收溶劑，並在染料濺鍍程序中，回收濺散在反應槽的染料，這些染料未受污染，經再調配適當濃度，不必純化即可重複使用。經此資源化程序，CD-R 廠材料成本約可減少 20%，相關技術較為簡易，本文不再對此贅述。而對受污染的染料(洗邊染料)，以 Phthalocyanine 為例，此為多環形金屬錯合物，分子中心為三價以上的金屬離子，早期即發現其在長波段範圍中具備較佳之光學特性，此染料優點為吸光係數高、耐光耐候性佳；缺點為溶解性差且不易改質，此外，此種染料之凝集狀態會影響溶液散射性。此類記憶染料較為複雜，在進行合成作業時會產生數種同分異構物，且其同分異構在記憶功能上皆有其一定貢獻度，故其在受污染之染料在回收上技術層次較高。

而在 CD-R 洗邊程序與管路受污染之記憶染料，台灣地區預估每年有 2 至 3

億元染料廢棄。目前這些染料並未建立回收機制，工研院環安中心已建立相關的純化技術，以結晶純化及 HPLC 等技術的鑑定程序，對高單價染料進行回收利用。

在經濟效益分析方面，其投資成本分為固定成本與變動成本。在固定成本方面：經由設計規劃每天 2 公斤的記憶染料，其純化設備約造價 400 萬元，包含主設備與周邊設備。主設備：包含蒸發罐、冷凝器、貯槽、緩衝槽、真空系統、離心機及乾燥器；周邊設備：包含馬達、控制閥、控制器及管線。其它分析儀器等設備的投資，總硬體設備投資約在 700 萬元，土地、設備與空間廠房的投資估計需要 200 萬元，總投資經費估計為 900 萬元。

變動成本包含：人工支出、電費支出、材料費、維修費及搬運等雜項支出，各項的支出說明如表 7.1 所示。

目前 CD-R 之新鮮染料每公斤約在 25 萬元，回收料以 15 萬元／公斤計，當在回收量 70 公斤時，可達回收成本，之後增加 1 公斤約收入 12 萬元。

表 7.1 染料回收效益評估表

項目	單位(元/Kg)	計算基礎說明
人工支出	10,000	以每天處理 1 公斤染料
電費支出	500	乾燥及真空耗能
材料費	10,000	包含純化材料與設備
維修費	2,500	因操作過程造成的機械維修費用
雜項	2,500	其它小項的支出
小計	25,500	

資料來源：經濟部技術處科技專案報告。

7.3 廢溶劑資源化案例

7.3.1 前言

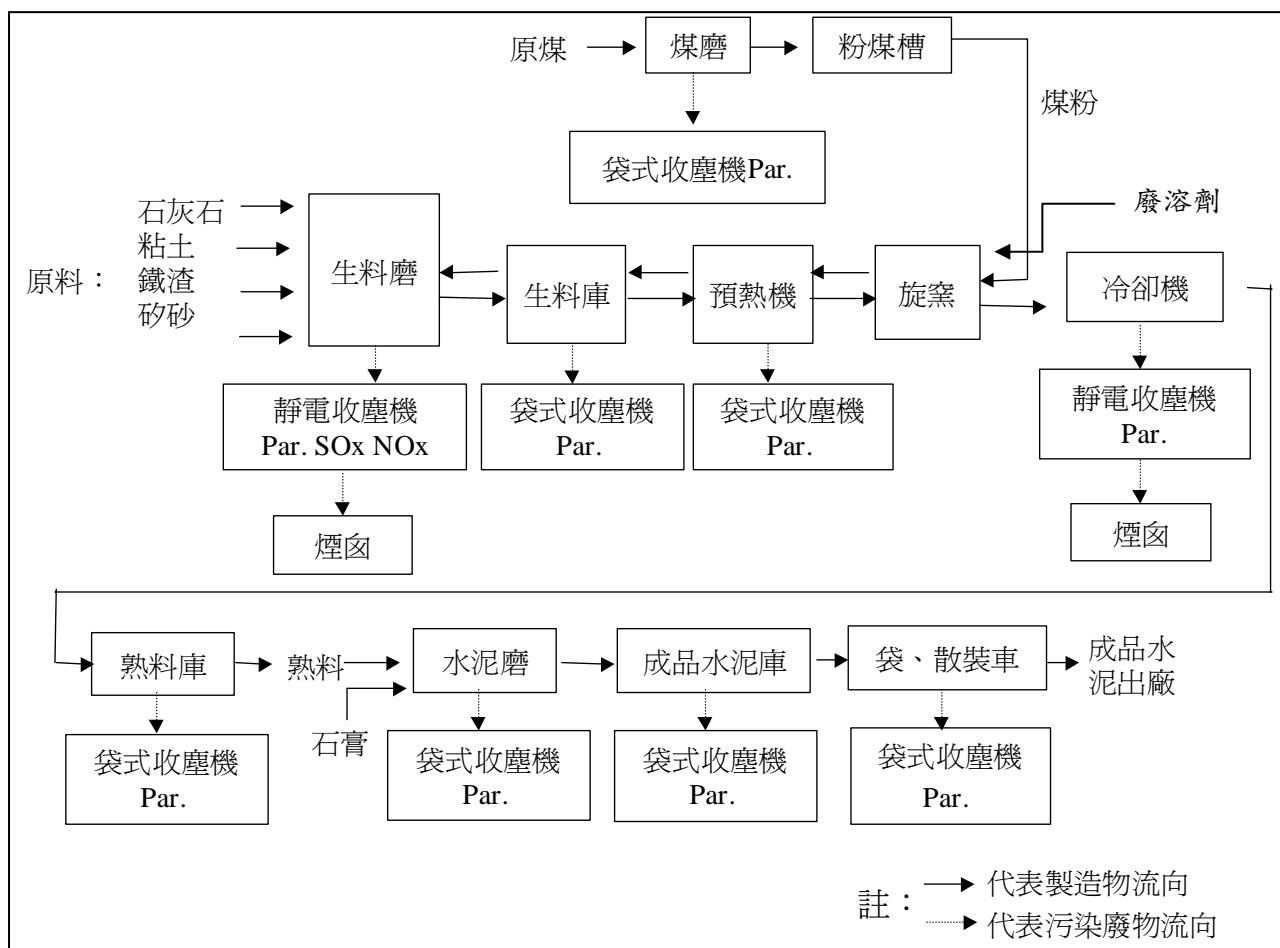
由於光碟片製程所產生的廢溶劑主要是產生於有機染料塗布程序，搭配酮類及醚類等溶劑使用，之後再以酮醇類等有機溶劑清洗光碟外圈。這些溶劑往往都可循環再用，直到效果變差為止，平均生產每公噸光碟片約產生 25~35 公斤的廢

溶劑，廢棄量並不大。廢溶劑的處理方式就是利用其熱值作為水泥廠輔助燃料。

F 廠為一生產卜特蘭水泥之工廠，其水泥年產量約為二百萬公噸，89年配合政府推動「廢溶劑為輔助燃料」之政策，工廠針對廢溶劑的進料以及貯存設施增修是經過多年操作已獲得良好之成果。

7.3.2 處理流程

F 廠設有廢溶劑貯槽，再利用時將廢溶劑經pump定量送入水泥窯前噴燃管與煤粉混燒，因窯內火焰溫度高達 $1,800^{\circ}\text{C}$ 以上，熟料燒成溫度為 $1,450^{\circ}\text{C}$ 左右，旋窯長度足以提供燒成，廢氣滯留時間約5~10秒，可將有機廢溶劑完全分解，同時利用其可燃性及熱值轉化為輔助燃料。其處理流程示意如圖7.4所示。經實廠操作及檢測結果證實，並未造成水泥品質之改變，且亦無產生二次公害之虞。



資料來源：經濟部工業局，半導體業廢棄物資源化技術手冊，民國90年12月。

圖 7.4 F 廠廢溶劑資源化處理示意圖

7.4 金屬廢料資源化案例

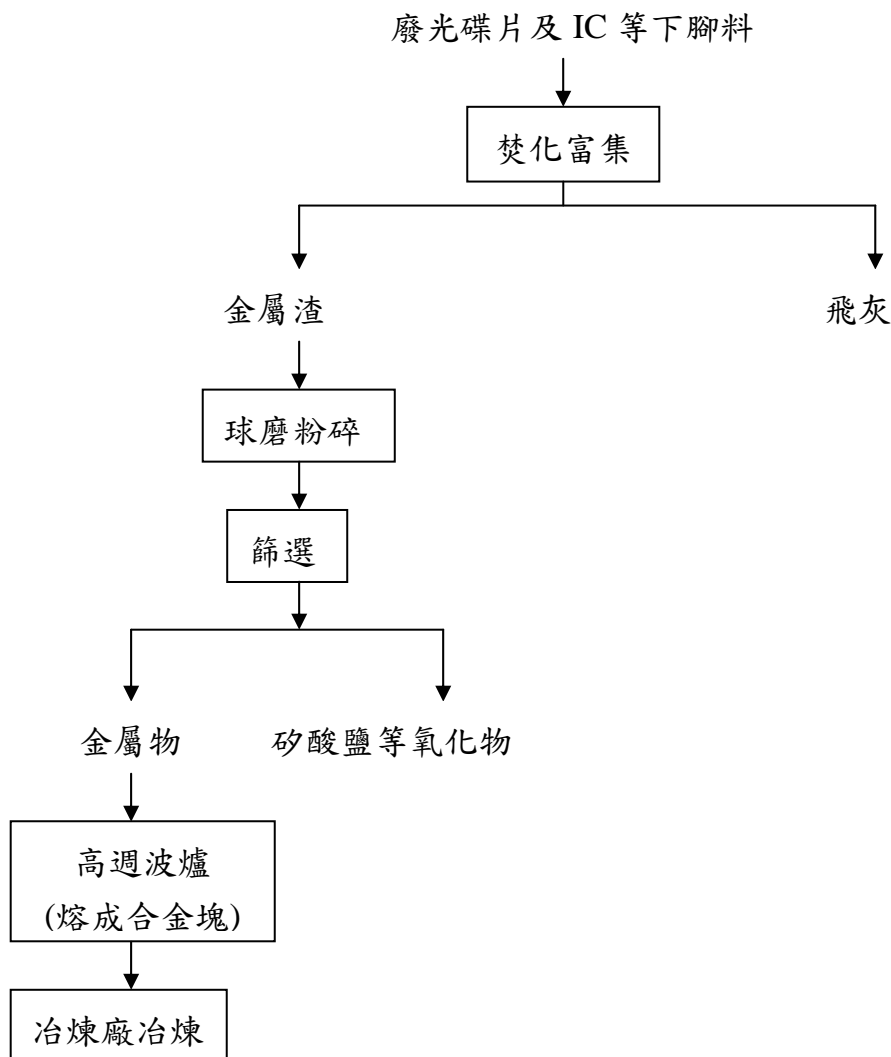
由於光碟片製程之金屬廢料包含廢靶材及光碟片中的金屬塗層，廢靶材回收雖可併同其他 IC 廢料一起進行資源回收，然而由於靶材原本純度要求就很高，隨著近幾年國內光儲存業的蓬勃發展，也有專業業者投入進行靶材修補及資源化。光碟片中的金屬塗層經過廢光碟片處理業者以物理或化學方式將塗層與 PC 塑料分離後，塗層中的有價金屬也有業者併同其他含貴金屬電子廢料一起進行處理。以下分別列舉兩個實際案例。

7.4.1 案例一

A 廠是一個以生產光碟片製造業所使用之靶材為主的工廠，由於靶材的品質好壞不僅影響濺鍍薄膜的性能，而且還關係著所能濺鍍碟片的數量，所以靶材的品質與濺鍍薄膜的優劣息息相關。而靶材除了純度外，晶粒大小、析出相表面狀態、密度等，皆會影響薄膜形成之品質。

由於靶材經過多次使用後，品質會變差，因此，必須進行修補，直到無法達到要求品質後即廢棄。A 廠除了生產靶材外，也有進行靶材修補及廢靶材資源化的業務。

A 廠採用的焚化富集法與火煉法類似，其製程如圖 7.5 所示，先將廢靶材或 IC 等下腳料中有機成分以焚化方式去除，再將焚化富集後金屬渣於冷卻後可能結成團塊，所以用球磨機進行粉碎，使金屬物與灰燼單離。利用金屬物具延展性與矽酸鹽等氧化礦物破碎粒度差異，將金屬物與氧化礦物灰燼分離，過篩後之金屬物以高週波爐(induction furnace)熔成合金塊，再將此合金塊送往冶煉廠回收有價金屬，分選所得之矽酸鹽等氧化礦物灰燼則併同集塵設備所收集之飛灰，送往冶煉廠回收有價金屬。



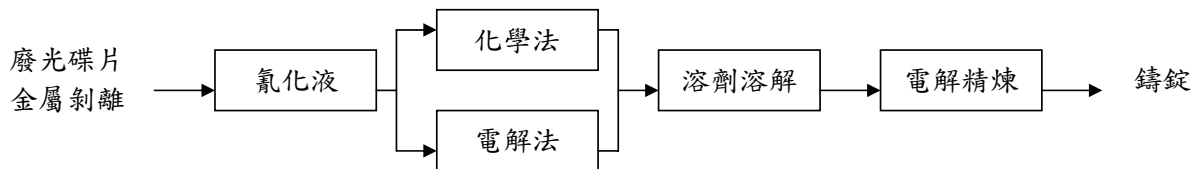
資料來源：本技術手冊資料彙整。

圖 7.5 利用焚化富集法處理電子廢料流程圖

7.4.2 案例二

C 廠是另一個以回收稀有貴金屬為主的工廠，其製程與 A 廠類似採用濕式冶金配合電解法剝離金屬，含金配件併同含金銀的廢光碟片塗膜浸入於商業性的金剝離液（氧化劑／氰化液＋抑制劑：KCN 溶液濃度 15% 以上）中，加以攪拌（溫度控制 50~60℃），剝離時間為 15 秒至 15 分，即可剝離出大量的金、銀；另可再以 60% 以上之乙醇清洗，每 5 分鐘置換另一槽，連續自動化生產 PC 料。

而金剝離液所含之貴重金屬再以化學法/電解方式回收，其回收重金屬處理流程如圖 7.6 所示：



資料來源：鄭宏德等，「廢光碟片之產生現況及處理技術介紹」，台灣環保產業雙月刊，第 16 期，2002。

圖 7.6 C 廠電子廢料裸露鍍金屬資源化處理流程圖

採用此法其資源回收對象仍以含金銀量比例較高的電子廢料為主，雖然光碟片中也有此採用金銀鍍層者，但隨著使用材料的演變，這類光碟片已逐漸減少，也不敷回收的價值，即使有也併同其他廢料一起進行處理。

加上採用此法使用氯化物，涉及到毒性化學物質管制法令，應特別注意；另使用甲醇者，則涉及勞工安全衛生及有機性揮發氣體管制等法令，均須符合相關法令之規範。此外，採用濕法冶金可能產生之空氣、廢水、廢棄物、噪音、振動等環境污染，都必須事先擬定有效的防治措施。

7.5 廢塑膠資源化案例

7.5.1 廢光碟片衍生料 PC 資源化案例

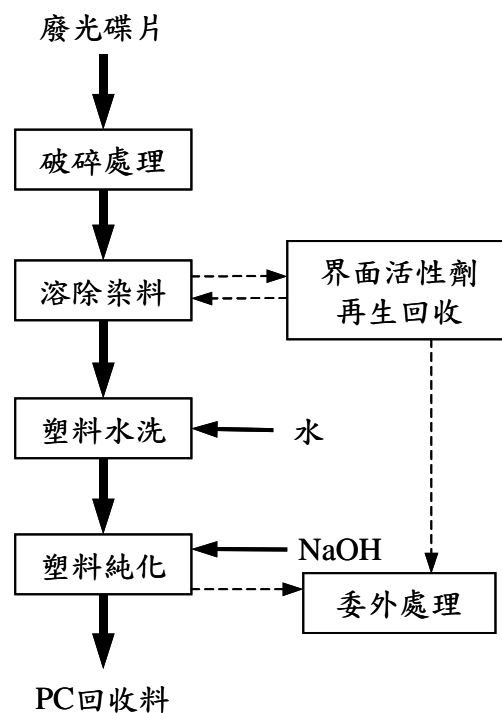
台灣目前光碟片年產量約 70 億片，各廠之不良率因產品項目而有不同，一般約為 5%~8%。不良品中的成分以 PC 占最大量。光碟片所用的 PC 材質流動性比其他產品高，相對抗衝擊強度比其他應用性(汽車燈、板等)產品低，但卻可應用於不需高抗壓的產品上。回收的 PC 料可用於多種產品的生產。不過，由於 PC 片對 PC 樹脂的性能有特殊要求，回收料還不能全部用於生產光碟片，但可以將其與較高分子量的 PC 材料共混，運用於包裝材料及光碟片製成部分原料取代。

1. 製程及原理

再利用製程的主要單元包括：粉碎、染料脫除及塑料純化等單元，再利用流程如圖 7.7 所示。廢光碟進廠後先進行分類，然後送進粉碎裝置中，將光碟

破碎成約 3~5mm 大小之碎片；再經染料脫除作用，將附著之染料藉由界面活性劑進行染料的溶出，處理過程中以攪拌機加以攪拌，並藉由溶劑對光碟片碎片之剪應力，將所附著之染料合金反射膜擠出或甩掉脫除之；然後將殘餘之 PC 拌煮，經攪拌機進行處理時，藉由 PC 層被氫氧化鈉侵蝕的瞬間，以剪應力將其包覆的 PC 脫膜進行純化。

將光碟片之 PC 回收料與其他不同性質的塑膠結合，複合成塑膠合金，以保有兩方的優點，在台灣因為電腦等資訊產品之主要產地，以塑膠合金(PC+ABS)為應用之大宗。將回收光碟片的 PC 料和 ABS 混合塑膠合金的流動性減少，相對可提高其抗衝擊強度，主要應用於電腦零件、電腦外殼、印表機等用途。



資料來源：經濟部工業局，廢光碟片事業廢棄物再利用許可申請書，民國 92 年。

圖 7.7 廢光碟片再利用流程圖

2.資源化成效

德國拜耳公司於幾十年前即從事光碟片之回收處理技術研究，並於九年前建立量產廢光碟片之回收事業，本節主要參考拜耳公司相關文獻作為評估。

由表 7.2 可得知拜耳 PC 廢料接收規格，因此資源化回收化學處理後段設計應以硫酸中和 NaOH，將 NaOH 含量中和至最小程度。且未來應控制來源成分穩定，使 CD 回收料可符合拜耳 PC 廢料接收規格。

表 7.2 拜耳 PC 廢料接收規格

分析項目	規範
流動性(300°C/1.2kgf) ^{*1}	≤90cm ³ /10min
NaOH 含量	≤10ppm
雜物	以顯微鏡觀察，雜物尺寸≤500μm
顏色	4mm厚色片，y1 ^{*2} ≤5

備注：^{*1}：測試方法及條件ASTM D 1238（300°C/1.2kgf）

^{*2}：y1 為顏色的索引值

資料來源：行政院環境保護署，廢光碟片回收清理探討計畫期末報告，民國 91 年。

拜耳公司光碟片回收 PC 再生料的用途包括：再出售、再製料及塑膠合金，說明如下：

(1)再出售

將處理完的 PC-CD 料再出售給下游廠商供射出及混合用，約占 15%的回收用途量。

(2)再製料

將 PC-CD 回收料與較高分子量的 PC 混合，配製成不同成品規範供客戶再利用射出成品，此一用途占拜耳回收料用途的 65%，表 7.3 為拜耳 PC 回收料的編號。

表 7.3 拜耳 PC 回收料編號

品名-編號	性質
Polycarbonate CD	脫膜性佳，透明(demetalized clear)
Polycarbonate RM 10	透明(clear)
Polycarbonate RM 13	透明(clear)
Polycarbonate RM 4.1,4.2	深色/有色(dark/coloured)
Polycarbonate RM 5.1,5.2	淡色/原色(light/light grey)
Polycarbonate RM 8.1,8.2	深色/有色(dark/coloured)
Polycarbonate RM 9.1,9.2	淡色/原色(light/light grey)
Polycarbonate RM 100-350	透明片狀(pellet transparent)
Makrolon PC R8	標準級(Standard grade)
Makrolon PC R17	流動性佳(Good flowability)
Makrolon PC R5 GF	添加玻璃纖維之標準級 (GF standard grade)
Makrolon PC R9.GF	添加玻璃纖維，流動性佳 (GF grade, good flowability)
Makrolon PC R30	流動性佳(Good flowability)

*(R)回收料級編號

資料來源：行政院環境保護署，廢光碟片回收清理探討計畫期末報告，民國 91 年。

(3) 塑膠合金(PC+ABS)

將 CD 回收料與其他不同性質的塑膠結合，複合成塑膠合金，以保有兩方的優點。此一再利用用途約占拜耳回收料的 20%。拜耳的塑膠合金是以 BAYBLEND 為商標如表 7.4。

表 7.4 拜耳的塑膠合金編號

品名-編號	性質
Bayblend R-T60	Standard grade
Bayblend R-FR390	FR, V-0
Bayblend R-FR610	FR, V-0

*(R)回收料級編號

資料來源：行政院環境保護署，廢光碟片回收清理探討計畫期末報告，民國 91 年。

拜耳實際運用 CD 回收料於成品的例子如表 7.5 所示，主要應用於電腦零件/IBM 電腦外殼/Siemens 印表機、資料儲存盒、第三剎車燈、燈罩等用途，在台灣因係電腦等資訊產品之主要產地，以塑膠合金(PC+ABS)為應用之大宗。

表 7.5 拜耳實際運用 CD 回收料於成品的例子

成品品稱	廢料品名
Bayblend RFR 390(PC+ABS)	電腦零件/IBM 電腦外殼/Siemens 印表機
Makrolon PC R 5 GF	資料儲存盒
Makrolon PC R 17	第三剎車燈
Makrolon PC R 30	燈罩

資料來源：行政院環境保護署，廢光碟片回收清理探討計畫期末報告，民國 91 年。

全球主要 PC 原料生產製造商有 Bayer、GE、日本帝人化工 Teijin 與 Dow 四大廠，國內光碟片製造商皆須向國外進口原料來壓模製造，且其每公斤單價約為新台幣一百一十二元左右，空白光碟廢料每公斤可賣六十元，非空白片也有二十五元的身價(以上資料統計至 94 年 4 月止)；廠商如以每片一毛錢價格，鼓勵消費者回收，每公斤約需支付六元，再加上人力、運輸、貯存管銷費用，仍有相當利潤。

廢光碟片的材質均為高價值之資源，PC 和熱塑型塑膠(如 ABS)混合成塑膠合金為現有之技術，且為目前塑膠工業二次料的主要用途之一，若能加以推廣至塑膠合金混合加工廠中，更可提高二次料的銷售價格及適用性。另外，光碟片製造廠亦可將再生料應用於產品製造時之添加，以節省原料成本。

7.5.2 廢塑膠桶資源化案例

再利用作業流程係將使用過之塑膠容器先行破碎後，再經清洗、乾燥、粉碎等流程，製成可再使用之塑膠料，並利用多層式製桶機械設備，將回收料做為塑膠容器中間層的原料，其可取代 70%的新料，降低原料成本，降幅達 13.14%。三層容器的組合最主要是回收料置於中間層作為結構層，兩邊使用新料。結構層的物质需具有好的熔融強度與變形硬度，而新料提供想要的外觀於外層，內層的新料保護包裝物不被污染。因製品為大型容器，故對材料的選擇有其要求，為配

合現有原料，故內外層採用超高分子量聚乙烯，中間廢料則採用塑膠容器回收料。製成的塑膠桶內外層各含 15% 的新料，不僅外觀上與新桶無任何差異，因其內層為白色新料，故亦不會對內裝物造成任何不良影響或產生質變。試驗結果發現：為兼顧高效率的產出與成品之結構強度，廢料取代比例 70% 為其上限。資源化流程可概分為「前處理單元」、「吹塑成型單元」等兩大部分(如圖 7.8 所示)，現分述如下：

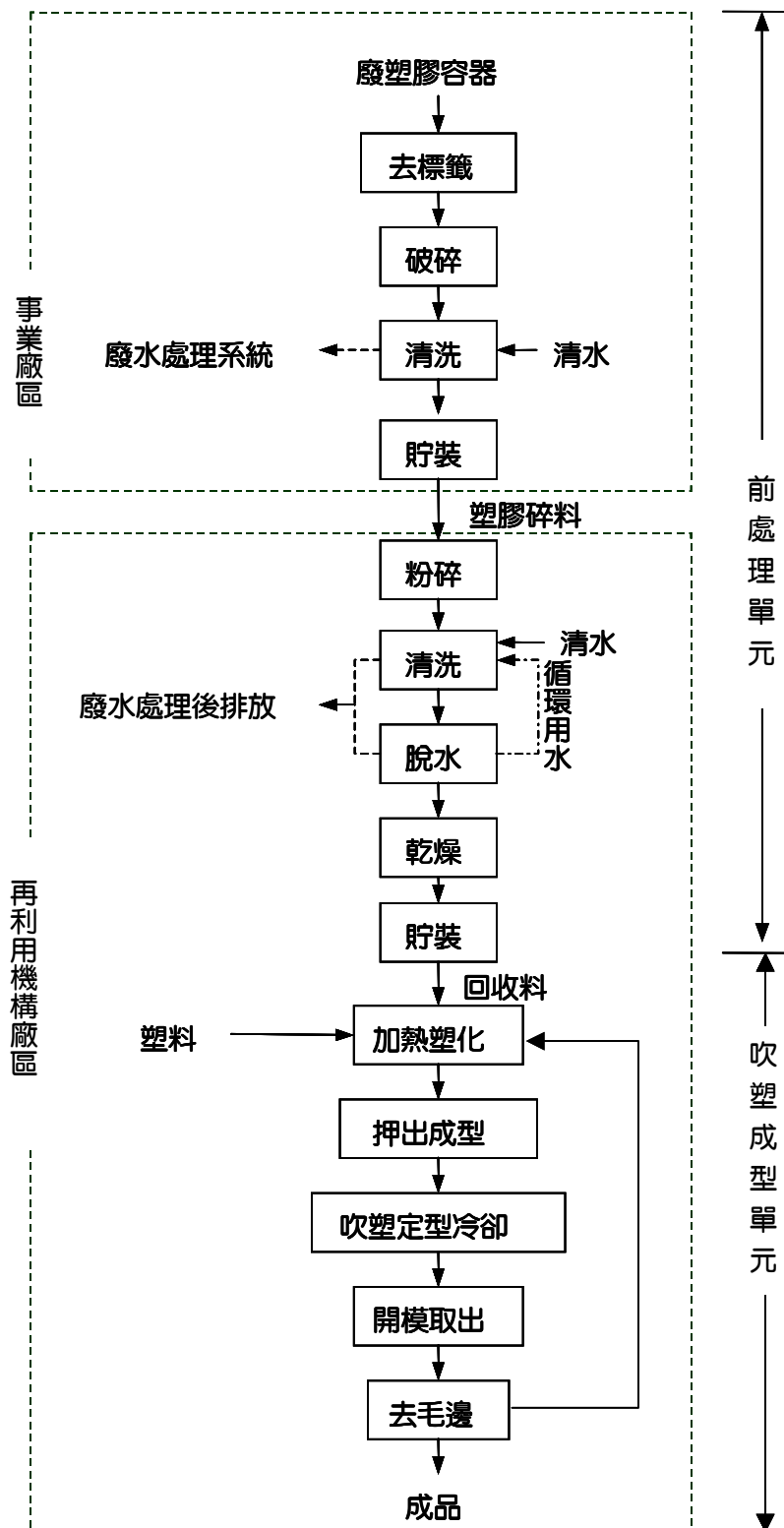
1. 前處理單元

再利用機構設計一套回收專用移動式車輛至事業機構進行前處理，首先將塑膠桶內殘留之化學藥劑分離收集，然後經去標籤、破碎及清洗等過程後獲得塑膠碎料 (40cm×5cm)，再運回再利用機構。運回再利用機構之塑膠碎料需再清洗以除去運載過程中所附著之塵埃，並經脫水、乾燥等程序後，即成再生料並置於貯槽中備用。

2. 吹塑成型單元

前處理後之再生料先經加熱熔融成流體，再經螺桿壓縮入料至押出機押出成型胚，最後再經吹塑定型填置於三層容器之中間層，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。

原盛裝化學品之廢塑膠容器因仍殘餘極少量化學品，如能先加以有效清洗後再利用為塑膠替代原料，不失為資源化之良例。將廢料回收當中間層之三層容器來減少原料成本，其可取代 70% 的新料，降低原料成本，降幅達 13.14% (如表 7.6 所示)。以連續式製程來提升與穩定成品品質，以雙夾模系統來提高生產效率，無污染內裝物與容器表面之疑慮，除配合政府環保政策外，最大的經濟效益即在經濟面。完成廢化學品容器再利用可杜絕因廢塑膠容器所造成嚴重的環境、水質及土壤污染，達到減廢之目的。



資料來源：科學工業園區管理局，事業廢棄物個案再利用許可申請書，民國 93 年。

圖 7.8 廢塑膠容器替代新塑膠容器部分原料示意圖

表 7.6 不同大小之三層容器，原料節省之成本分析

容器	成品重 (公斤)	毛胚重 (公斤)	可用之外部回收料 (公斤)	節省原料成本 (元/個)
20L	1.45	2.4	0	0
30L	1.6	2.5	0.14	1.7
60L	2.5	3.5	0.625	7.5
120L	4.6	6.0	1.59	19.0
150L	6.0	8.0	1.9	22.8
200L	10.0	12.0	4.5	54.0

*HDPE 回收料以 12 元/公斤

資料來源：科學工業園區管理局，事業廢棄物個案再利用許可申請書，民國 93 年。

名詞解釋

1.可記錄式光碟(Compact Disk Recordable，簡稱 CD-R)

CD-R 是 CD-Recordable 的縮寫，代表一種將資料寫入光碟的技術，由於使用特殊的光碟機與光碟片，因此而又可以區分為 CD-R 燒錄機和 CD-R 光碟片，久而久之大家便將這兩種東西統稱為 CD-R。

雖然 CD-R 技術可以將資料寫入專用的光碟片內，可是在同樣位置只能寫入一次，萬一不小心寫錯了，這片光碟片就失效了，其原因在燒錄機寫入資料的時候，是以高功率雷射照射 CD-R 光碟片的染料層，使其產生化學變化寫入之後即無法改變，而因為染料層的"變化"與"無變化"兩種狀況，可以模擬出一般光碟片平面與凹洞的效果，因此燒錄成功的光碟片基本上都可以在每一部光碟機上讀取。

2.可複寫型光碟(Compact Disk Rewritable，簡稱 CD-RW)

CD-RW 是 CD-Rewritable 的縮寫，代表一種重複寫入的技術，利用這種技術可以在特殊的光碟片上，相同的位置重複寫入資料，這是使用特殊的光碟片，因此也有了 CD-RW 的燒錄機出現。

相變技術是使 CD-RW 成功的關鍵因素，它在諸多光學儲存技術中，首開以新資料覆蓋舊資料風氣之先，其原理係在光碟片內部鍍上一層厚度為 200 到 500 埃的薄膜，薄膜成份可以藉由雷射光照射便能在這種狀態間切換，表現出前所述平面與凹洞效果，而且又可以重複寫入資料，大大提升的儲存備份的使用價值。

但由於材料特性的關係，改變狀態的次數有所限制，大約在一千次左右，而且它對於雷射光的反射率大約只有 15%，遠低於 CD-R 的 65%，因此必須在有提供 Multi Read 功能的光碟機才能正常讀取資料，不過現在較新的光碟機都有支援 Multi Read 功能。

3.數位多功能光碟(Digital Versatile Disc，簡稱 DVD)

近年軟體程式複雜化及消費者對影、音品質需求不斷提高，儲存容量 650MB 的 CD 光碟片已逐漸無法滿足需求，新一代高儲存容量、資料儲存密度提高的 DVD(Digital Versatile Disc)系列產品應運而生。DVD 產品發展初期即由

電影業者與電腦業者共同參與，以消費性電子與電腦資訊產品(DVD-Video、DVD-Audio、DVD-ROM、DVD-R 與 DVD+RW 等)同時並進。DVD 光碟片製作成本與 CD-R/RW 差不多，但是技術關鍵在於要精密的讀寫頭，因為 DVD 磁軌寬度為 0.74 微米相較於 CD 的 0.16 微米小了兩倍多，因此需要精密的讀寫頭以較短的波長以讀取資料。所以 DVD 是一種高容量、CD 大小的光碟，適合影像、多媒體、遊戲和音樂等用途。

很多人以為 DVD 光碟片就是 DVD Video(俗稱的 DVD 影音光碟片)，實際上 DVD Video 只是 DVD 光碟片的一種。其包含了以下數種：(1)唯讀型數位多功能光碟(DVD-ROM)、(2)數位影音光碟(DVD-Video)、(3)數位音響光碟(DVD-Audio)、(4)寫一次型數位多功能光碟(DVD-R)、(5)重複讀寫數位多功能光碟(DVD+RW/DVD-RW)。

若以用途來區分 DVD：

- (1)DVD-Video：應用 MPEG-2 壓縮技術儲存高品質的影像和聲音；
- (2)DVD-Audio：可提供更高品質及長度更長的音樂；
- (3)DVD-ROM：用作儲存電腦資料的媒介可提供比 CD 更大的儲存空間及更快的讀取速度。

若依記錄形式區分 DVD：

- (1)DVD-ROM (Read-only)：可重覆讀取，但不可寫入的 DVD；
- (2)DVD-R (Write-once)：僅可寫入一次，重覆讀取但不可重覆寫入；
- (3)DVD+RW/DVD-RW (Rewritable)：可重覆寫入及讀取。

所以根據以上分類，DVD 的名稱比較正確的說法為數位多功能光碟(Digital Versatile Disc)。而俗稱的 DVD 影音光碟片只能算是 DVD 多功能光碟的其中一部份而已。

4.靶材(Target)

靶材(Target)是應用範圍極廣的高科技產業鍍膜材料，靶材的目的在於形成薄膜，也就是將靶材以濺射鍍膜方式，在目標物上形成薄膜，材料可包括高純度金屬、合金、氧化物 非金屬化合物等。從靶材應用的產業來看，台灣目前光碟業使用的靶材，主要廠牌有日商 Japan Energy(J·E)、三菱綜合材料(MMC)、Kobelco；歐美廠商有 Tosoh、BPS(Unaxis)。目前台灣靶材市場主要掌控在國際大廠手中，純本土化的靶材製造廠僅有設在台南的光洋化工(Solar)及麗山，而甫由中鋼集團及和立聯台科技共同成立的鑫科材料，則是第三家，且都是以生

產純度較低、供光碟業者使用的銀靶或鋁靶為主。

5. 濺鍍 (Sputtering Deposition)

濺鍍是利用氬離子轟擊靶材，擊出靶材原子變成氣相並析鍍於基材上。濺鍍具有廣泛應用的特性，幾乎任何材料均可析鍍上。

(1) 濺鍍的優點與限制：

A. 優點：無污染、多用途、附著性好。

B. 限制：靶材的製造受限制；靶材的受損，如陶瓷靶材，限制了使用能量的範圍；析鍍速率低。

(2) 濺鍍系統：

A. 分類：

(a) 平面兩極式：靶材為負極，基材為正極。

(b) 三極式：由陽極，陰極，外加電子源等三種電極所組成的系統。外加電子源產生電場加速正極離子化的氣體分子。三極式系統不能使用於反應性濺鍍，因為電子會影響反應氣體與污染燈絲。

(c) 磁控濺鍍：利用磁場作用提高濺鍍速率。

(d) 反應濺鍍：將反應性氣體導入真空腔中，並與金屬原子產生化合物以鍍著。

B. 電流的分類：

(a) 直流電濺鍍—應用於導電基材與鍍層。

(b) 交流（或射頻）電濺鍍—應用於導電或非導電基材與鍍層。

6. 減廢 (Waste minimization)

美國環境保護總署(EPA)最早用於有害廢棄物(hazardous waste)，即指任何藉有害廢污之減量、減毒措施，以達到減少有害廢棄物貯存(storage)、處理(treatment)或處置(disposal)設施負荷之目的。廣泛來講，即「廢(waste)」之排出在生產過程或在進入處理系統之前即予控制，減少其廢污之產量、降低廢污之濃度、改變廢污之污染特性、回收再利用以控制排放等，以減少不必要之廢污產生，甚至可回收再利用，進而減少所需處理之負荷，達到經濟並有效地解決工廠廢污問題之目的。

根據美國國會技術評估局(Congressional Office of Technology Assessment,OTA)認為工業減廢乃從工廠內部改善(in-plant changes)做起，在生產過程中減少廢污之產生，但並不包括一旦產生廢污後之減毒、減量在內。

7.清潔生產(Cleaner production)

1997 年初聯合國環境規劃署(UNEP)的定義：清潔生產(Cleaner Production,CP)是指持續地應用整合且預防的環境策略於製程、產品及服務，以增加生態效益和減少對於人類及環境的危害。

- (1) 對製程而言：清潔生產包含了節省原料及能源、不用有毒原料、並且減少排放物及廢棄物的量及毒性。
- (2) 對產品而言：清潔生產在於減少整個產品生命週期(亦即從原料的萃取到最終的處置)對環境的衝擊。
- (3) 對服務而言：清潔生產在於減少因提供服務，而對於環境造成影響，因此在設計及提供服務的生命週期中，都應該將環境的考慮融入其中。

8.環境管理系統標準(ISO 14000)

國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)為了將國際環境管理制度整合進而標準化，遂於 1996 年訂定 ISO 14000 系列之國際環境管理標準。ISO 14000 是為保護環境而制定，最終目的促使企業界能結合企業管理體系理念以更有效率的保護環境。

9.廠內管理(House keeping)

在工廠生產過程中藉由一些管理方式的改良，以達成減廢的目的。常見的方法有：(1)調整操作步驟，(2)廢棄物分流收集，(3)物料庫存改善，(4)製造時程改善，(5)損失防止及(6)人員訓練等。

當然前述所述要做好操作的管理，必須要由主管階層上鼓勵、獎勵，以使員工努力於減廢。

10.永續發展(Sustainable development)

是 1992 年 6 月聯合國在巴西里約熱內盧召開「地球高峰會議」所揭示的地球環境觀念。亦即人類的各種活動必須考慮環境的負荷能力及資

源節約與有效利用，使地球上之生態環境能永續發展。

本項觀念應用於工業生產上稱之為「永續經營」更適切，其乃是針對國家政策、工廠產品及生產製程等做設計，以免除或減少人類經濟活動對環境的衝擊。簡言之即「為環境而設計」。

參考文獻

- 1.荷蘭飛利浦公司(Philips)、日本新力(Sony)等公司所共同制定之世界標準規範(2001年)。
- 2.工研院 IEK-IT IS 計畫(2003/03、05、07)。
- 3.工研院材料所 IT IS 計畫(1998/4~6)。
- 4.工研院光電所 IT IS 計畫(2001/01)。
- 5.光洋應用材料科技股份有限公司網站
(<http://www.solartech.com.tw/solarbg3/indexbg.htm>)。
- 6.93 年度「資源化工業輔導計畫」成果報告
- 7.劉均科等,「塑料廢棄物的回收與利用技術」,中國石化出版社,2000 年。
- 8.工業技術研究院 環境與安全衛生技術發展中心,廢光碟片回收清理探討計畫期末報告,行政院環境保護署,2002 年 10 月。
- 9.工業技術研究院產業經濟與資訊服務中心,2003 電子材料工業年鑑,經濟部技術處,2003 年 7 月。
- 10.工研院環安中心,環境化設計技術手冊,2003 年。
- 11.呂慶慧,光碟片清潔生產技術,第九屆海峽兩岸環境保護研討會,2004 年 5 月。
- 12.經濟部技術處科技專案報告。
- 13.經濟部工業局,事業廢棄物處理與資源化技術,民國 84 年 8 月。
- 14.曾淑華,全球記錄型光碟片市場主流—CD-R 光碟片,ITIS 產業資訊服務網,2002 年 8 月。
- 15.鄭宏德等,「廢光碟片之產生現況及處理技術介紹」,台灣環保產業雙月刊,第 16 期,2002 年 12 月。
- 16.經濟部工業局,廢光碟片事業廢棄物再利用個案許可申請書,民國 94 年。
- 17.經濟部工業局,廢靶材事業廢棄物個案再利用許可申請書,民國 92 年

- 18.行政院環境保護署，廢光碟片回收清理探討計畫期末報告，民國 91 年。
- 19.科學工業園區管理局，事業廢棄物個案再利用許可申請書，民國 93 年。
- 20.經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。
- 21.經濟部工業局，廢光碟片事業廢棄物再利用申請書，民國 92 年。
- 22.莊連豪，「光碟片聚碳酸酯塑膠料資源再生之製程方法」，發明專利第 538072 號。
- 23.中技社環科中心，「國內外廢光碟處理概況」技術報導。
- 24.經濟部工業局，半導體業廢棄物資源化技術手冊，民國 90 年 12 月。

光儲存媒體製造業資源化應用技術手冊
/經濟部工業局,財團法人台灣綠色生產力基金會編著.
—初版—台北市：工業局出版；
台北縣新店市：台灣綠色生產力基金會發行,民 94
96 面；21×29.7 公分

ISBN 986-00-1400-0 (平裝)

1.工業廢物技術 2.光電業

445.97

94010543

光儲存媒體製造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：黃孝信

編輯企畫：陳炯立、王義基、余騰耀、張啓達、洪文雅、蘇茂豐

執行編輯：林冠嘉、林金美

編輯委員：王文裕、呂慶慧、葉莉雯、關家倫（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：中華民國九十四年七月初版

設計印刷：信可印刷有限公司

工 本 費：500 元

GPN：1009401707

ISBN：986-00-1400-0(平裝)