

# 廢玻璃與廢燈管資源回收循環

張添晉<sup>1\*</sup>、王愷懃<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立臺北科技大學環境工程與管理研究所教授

<sup>2</sup> 國立臺北科技大學環境工程與管理研究所碩士

## 前言

在世界資源逐漸匱乏之情況下，先進國家已將資源循環及永續發展視為重點發展政策，並摒棄廢棄物處理的觀念，朝向資源回收永續利用的前瞻新思維。台灣資源回收體系運作已行之有年，且回收處理成效良好，目前致力於推動及研究開發廢棄物資源化再生利用技術，期達成「零廢棄」之永續發展願景。

## 一、廢玻璃資源回收循環

據環保署統計截至 2009 年底，全國平均每人每日垃圾清運量為 0.502 公斤，而玻璃類歷年平均約佔總垃圾量 2.38%，亦即 9.6 萬噸廢棄玻璃產出；玻璃屬質重、不易分解之物質，若不將其回收再生利用，將會造成環境負荷過大，有違廢棄物減量及永續發展之原則，然玻璃主要原料為矽砂，可回收且不具有毒性，經過重新熔融後即可再製成產品，為可以完全再生及再利用之材質。

### (一)廢玻璃回收處理現況

廢玻璃主要來源為有平板玻璃、容器玻璃、汽車玻璃、燈管及映像管等，其中平板玻璃、容器玻璃數量佔絕大多數。環保署於 1997 年將廢容器公告為「應回收清除、處理之一般廢棄物」，由容器之製造、輸入或原料之製造、輸入業者負責回收、清除、處理，並由販賣業者負責回收、清除工作。針對環保署指定公告應回收清除處理之廢容器則包含了廢玻璃容器，而具再生價值之平板玻璃之公告仍在評估中，僅將事業產出之廢玻璃公告可直接再利用，詳表 1 所示。

表 1 台灣廢玻璃管理現況

廢棄物代碼	廢棄物名稱	說明
R-0401	廢玻璃	公告可直接再利用，事業單位產生之廢玻璃(瓶、屑、CRT 面板玻璃、玻璃纖維、未注入液晶之面板玻璃)(經濟部)事業產生之廢玻璃屑(內政部)事業產生之廢玻璃(點滴瓶、藥瓶、飲料罐、食品罐頭空罐)(衛生署)
R-0407	廢玻璃容器	公告應回收廢棄物

廢玻璃瓶回收管道為清潔隊、大型餐廳、玻璃瓶裝飲品經銷商及工廠等，主要處理管道為玻璃容器製造廠，而玻璃廠使用的廢玻璃容器占其使用原料約

50%，其中所使用之廢玻璃原料約 40%以上屬於透明玻璃容器，使用有色玻璃廢料數量相當有限。近年來，進口啤酒飲料商品銷售成績亮眼，而此類飲料大部分使用有色玻璃瓶做為盛裝容器，對國內有色玻璃容器的處理帶來龐大的壓力。

回收玻璃需經分色才能適用於一般玻璃窯爐的進料，若於回收作業時未進行分色，其將影響再利用管道及再利用之成品價值。最適合再生的廢玻璃種類為容器玻璃，容器玻璃在成分上並無顯著差異，僅有顏色上的區別，一般分為茶色、綠色及無色(玻璃廠或稱為白色)及雜色(不分顏色混合回收)等 4 類，其中白色因無瓶色考量因素，除可直接再製容器外，亦可做其他顏色容器摻配使用，回收再利用價值較高；另茶色廢玻璃主要再製茶色瓶為主，因市場上使用茶色瓶數量多，因此在利用價值僅次於白色。綠色及雜色廢玻璃瓶回收後，於玻璃容器製造業主要以少量摻配(小於 10%)方式，於製造有色玻璃瓶時摻配使用。

## (二)廢玻璃之收集

一般碎玻璃收集所考量面向包含以下五大因素：

1. 運輸：碎玻璃一般需以粗布袋加以包裝。碎玻璃為固態顆粒且較其他材質為重，故需有良好的運輸物流系統。
2. 貯存：收集後應依不同顏色存放並妥善保管，以免對人員造成傷害或因散佈於路面而造成車輛通行之不便。
3. 個人防護裝備：進行玻璃收集時，應穿戴手套、面罩、護目鏡、長工作靴等個人防護裝備，工作區附近最好有清洗池，供分選人員快速進行廢玻璃的清洗，縱使玻璃看起來很乾淨，工作人員手邊應有消毒劑可供使用。不潔之尖銳廢棄玻璃不僅造成人員外傷，更可能對健康產生危害。
4. 資源物質箱可放置玻璃以外的資源物質，以利再利用或出售，工作區需常清理以維護其清潔安全。
5. 貯存容器：廢玻璃分類需有適當貯存容器，將廢玻璃放置於固定容器中，除可節省搬運時間，並可減低工作人員發生意外之風險。

## (三)廢玻璃回收條件

使用回收之玻璃當作原料，除環境上考量外，經濟誘因亦為重要，為使回收玻璃更具經濟效益，玻璃回收期達以下條件：

### 1. 潔淨

回收玻璃使用做為原料時，需加以清洗，不能含有油脂、調味品、臭味、致病菌等，且一般廢玻璃常較碎玻璃更需要清洗。

### 2. 減少雜物

因雜物熔點與玻璃不同，可能因雜質而影響玻璃品質。若碎玻璃含有金屬，玻璃融製時造成爐體傷害；木材或稻草等有機物質，隨碎玻璃融製時亦產生飛灰，使玻璃製品產生雜色或氣泡，石頭、磚塊等無機物，亦降低玻璃純度。減少雜物的最佳方式，即執行玻璃資源回收時，留意雜物去除，或於回收系統中使用人工分選，及處理時以機械進行分選。

### 3. 分色分類

回收玻璃需經分色，方適合一般玻璃窯爐進料，製造透明玻璃，僅使用透明的碎玻璃，綠色玻璃之製造，棕色、透明、綠色的碎玻璃皆可使用，廢玻璃粉碎前進行分色，較破碎後分色容易，因破碎後玻璃粉皆呈白色，而導致分色分選不易。因此，回收玻璃分色良好，所得利潤則可提高。

#### (四)廢玻璃處理系統

典型玻璃處理系統流程圖如圖 1 所示。回收玻璃料先經破碎機破碎成小粒徑，再經螺旋分選機去除有機物及細砂，後接脫水篩以瀝除水份，再經高架磁性輸送帶去除大片含鐵物，而後以人工做粗略分類以選除部份雜物，此時玻璃純度約達 93%。

隨後接雙板門式振動篩，上層篩板的篩孔可篩除破碎不完全的粒料；粒徑小於上層篩板之進料掉到下層篩板，故下層篩板之粒料需再進行破碎。通過下層篩板之粒料，再經衝擊搗碎機、雙傾斜過篩及磁性分離器以去除雜物，並減少粒料體積，後貯放於儲粒槽供玻璃再生使用。

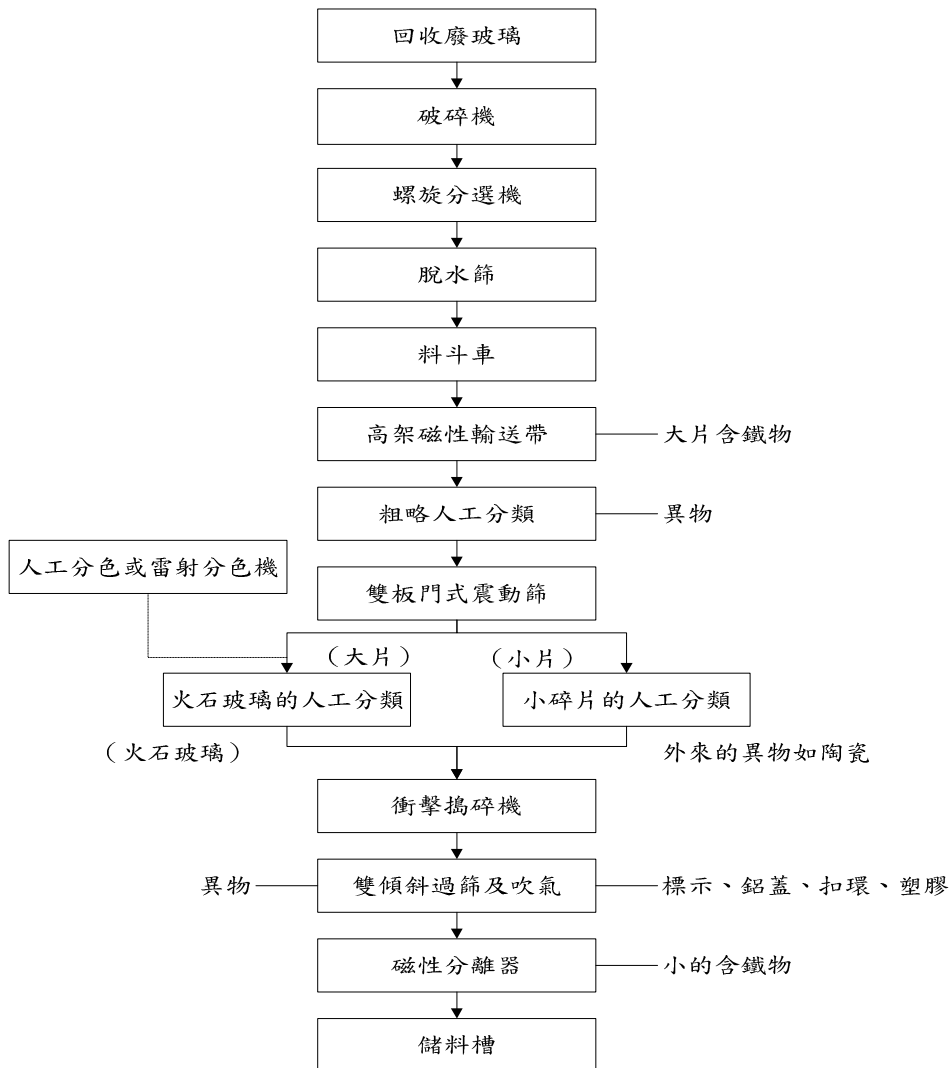


圖 1 典型的玻璃處理系統流程圖

## 二、廢燈管資源回收循環

根據環保署統計資料顯示，台灣地區每年約使用 8,954 萬支日光燈管，全年總廢棄量約達 8,900 公噸，其構造成分除玻璃(85%)、金屬(12.5%)玻璃、螢光粉外，另含「汞」有害化學物質(每支約 12mg)，其中每年使用汞重量約為 1,074 公斤，然日光燈管廣為民眾普遍使用之照明燈具，惟日光燈管中所含汞物質亦帶來另一隱憂，因此國際間廢燈管首重含汞物質能被妥善處理，其再生利用技術亦資源循環重點發展之一。

### (一)廢燈管回收處理現況

廢燈管回收方式主要交由當地清潔隊資源回收車、經銷體系(即販賣燈管商家)逆向回收點及回收商等管道。此外，對於學校或其他政府機關目前所汰換之燈管亦由其販賣之經銷商統一回收；處理則依「廢照明光源回收貯存清除處理方法及設施標準」之規定進行處理。

台灣自 2007 年 7 月 1 日起擴大廢燈管之回收範圍，將非直管燈管納入回收項目，目前處理之非直管燈管種類包括環管燈管、水銀燈泡、安定器內藏式(如螺旋燈管、球型燈泡)、緊密型螢光燈管以及白熾燈泡等，其處理流程係將非直管燈管以人工進行整理、選別及分類工作，再依不同種類置於貯存區，處理時則依不同廢燈管種類放入處理設備之進料區，後啟動袋濾式集塵器及負壓抽氣設備以保持負壓狀態，接著依序將燈管(泡)置於夾具上，經拆解分離後，可分類收集成：(1)含螢光粉玻管(2)含鉛玻璃(3)塑膠外殼(4)金屬導線(5)燈頭金屬部分，其中破碎之含螢光粉玻管則進入處理設備中洗淨，分別將玻璃與含汞螢光粉分離，並將收集之含汞螢光粉送至汞蒸餾設備中，再以熱處理回收汞，回收之粗汞則經精煉為精汞產品，而自動拆解設備內之汞蒸氣則經由負壓抽氣管經由袋濾式集塵器再經過活性碳吸附設備後排放，有關國內直管及非直管燈管之處理作業流程如圖 2、圖 3 所示。

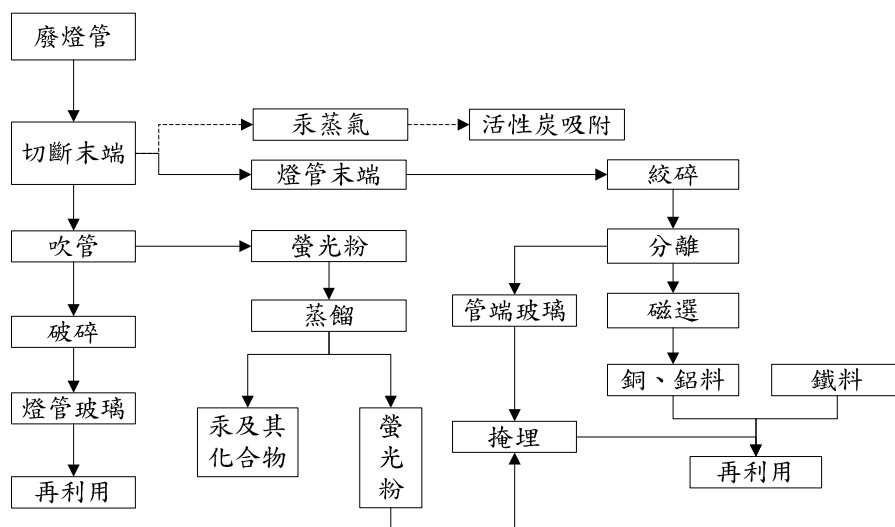


圖 2 直管廢燈管處理流程

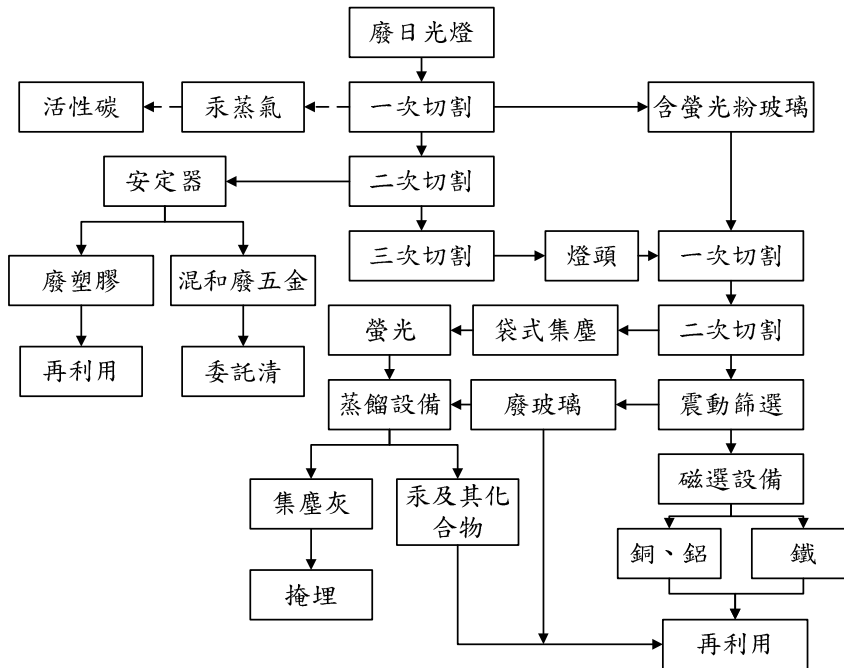


圖 3 非直管廢燈管處理流程

目前廢燈管之處理流程，依序可分為處理前工作、前處理、中間處理以及最終處置等階段，由於廢燈管含汞且容易破碎，應當優先列為管制與處理之對象。目前廢燈管處理業之處理技術均採用瑞典之 MRT 之乾式處理技術，依據瑞典 MRT 所設計廢燈管處理系統，此設備係於負壓狀況下進行，以避免含汞物質外洩，其處理系統為一個與外界隔離的真空負壓空間下運作，總計每小時至少換氣三次，設備機能與運作亦可能影響其負壓操作條件。目前設施標準已要求廢燈管回收處理過程中有使用破碎設備者，應有防止含汞蒸氣溢散及妥善處理之設施，且廠內應設置汞偵測裝置，避免異常汞蒸氣逸散，並定期檢測汞和粉塵濃度，台灣處理廠皆已依規定具備相關污染防制設備。

## (二)廢燈管之管理現況

國際間認定汞為之危險物質，當其存於廢棄物當中即為有害廢棄物，若無依據法規進行適當的處理處置，即成為生態環境之殺手，因此廢燈管之生命週期皆應有恰當之管理及處理方法，以下就廢燈管之源頭限制、末端管制及污染防制現況說明如後。

### 1. 源頭限制

台灣針對燈管之汞含量限制並無法規強制規範，但行政院環境保護署於 1992 年起公告實施國內環保標章制度，透過認證後符合各項環保標章之產品，授予環保標章，以生產廠商自願性方式降低各項產品對環境之污染。在環保標章中，關於燈管設備之限制汞含量為下列項目：

- (1) 省能源精緻型螢光燈(CFL)每燈泡(管)之汞含量應低於 10 mg；
- (2) 螢光燈管內汞含量應低於 15 mg；
- (3) 出口標示燈及避難方向指示燈，產品使用之燈管，燈管汞含量應低於 5 mg/Lamp；
- (4) 顯示面板中各燈管之單根燈管汞含量應低於 3 mg，產品之燈管總汞含量應低於 15 mg。

## 2. 末端管制

國內回收、清除及管理含汞燈管主要根據「廢棄物清理法」、「毒性化學物質管理法」、「廢照明光源回收貯存清除處理方法及設施標準」、「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」以及「以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出及輸入情形之申報格式、項目、內容及頻率」等法規規範進行申報回收、清除及處理工作。其相關法令規範內容摘要，如表 2 所示。

依據廢棄物清理法第十條之一第二項規定，公告廢日光燈管為長期不易腐化及含有害物質成份之一般廢棄物。2002 年 1 月 1 日起公告廢日光燈直管為應回收廢棄物，並開始徵收回收清除處理費及執行回收清除處理工作。2003 年 7 月 30 日就已經發布實施「照明光源販賣業者應設置資源回收設施及其它應遵行事項」，要求燈管之販賣業者均應設置資源回收設施，並做好相關管理及回收之工作，應遵行事項公告實施後，確已提供民眾除了資源回收車以外一項極為便捷之選擇。2007 年 7 月 1 日起又進一步公告實施，回收環管日光燈、安定器內藏式螢光燈泡、緊密型螢光燈管及燈帽直徑 2.6 公分以上之白熾燈泡。另針對國內 HID 燈近年取代傳統式燈泡之使用量逐年上升，特於 2008 年 7 月起，修正廢照明光源法規，增列高強度照明燈管(HID 燈)為公告廢棄物應回收項目內。

表2 含汞燈管依據法規之相關規定

項目	法規相關規定
廢燈管	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 清運工具，應設置具有標示之堅固貯存容器。</li> <li>2. 清除過程中，應防止廢燈管破裂，散落與污染環境造成危害人體健康之情事發生。</li> <li>3. 廢燈管應於境內進行處理，且不得將未經回收、再利用之廢燈管直接焚化或掩埋處理。</li> </ol>
螢光粉	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 須置於能防止逸散之容器，於室內存放且標示清楚。</li> <li>2. 含汞螢光粉之乾基每公斤含汞及其化合物高於 260 mg 者，應先以熱處理法回收汞。</li> <li>3. 回收處理後依毒性特性溶出程序(TCLP)，有機汞不得檢出；汞及其化合物(總汞)應低於 0.2 mg/L。</li> </ol>
汞蒸氣	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 廠內貯存、處理作業區應裝置汞偵測裝置，排放廢氣之總汞含量，濃度應小於每立方公尺 0.3 mg。</li> <li>2. 室內作業空氣之總汞濃度應小於每立方公尺 0.05 mg。</li> <li>3. 應貯存於密閉容器內，避免其溢出、洩漏、擴散或蒸發，</li> </ol>

項目	法規相關規定
	並標示其名稱、數(重)量及種類。 4. 可自行回收成液態汞或其他汞產品。
含汞及其化合物	乾基每公斤濃度達 260 mg 以上者，應回收元素汞，其殘渣之毒性特性溶出程序試驗結果汞溶出量應低於 0.2 mg/L；乾基每公斤濃度低於 260 mg，以其他方式中間處理者，其殘渣之毒性特性溶出程序試驗結果應低於 0.025 mg/L。

依事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第二十條，公告「含汞及其化合物，如乾基每公斤濃度達 260 mg 以上者，應回收元素汞，其殘渣之毒性特性溶出程序試驗結果汞溶出量應低於 0.2 mg/L；乾基每公斤濃度低於 260 mg，以其他方式中間處理者，其殘渣之毒性特性溶出程序試驗結果應低於 0.025 mg/L。」其末端管理措施，如表 3 所示。

表3 國含廢燈管末端之管理規範

法令	年份	摘要
廢照明光源回收貯存清除處理方法及設施標準	2001	1. 2002年起實施回收直管式日光燈。 2. 2007年7月1日起新增回收環管日光燈、安定器內藏式螢光燈泡、緊密型螢光燈管及燈帽直徑2.6公分以上之白熾燈泡等。 3. 2008年8月起回收高強度照明燈管(HID)。
廢電子電器暨廢資訊物品回收貯存清除處理方法及設施標準	2007	公告應回收廢資訊物品類中，廢筆記型電腦及廢監視器中面板背光模組均含冷陰極管(CCFLs)。

### 3. 污染防制

在污染防制設備部分主要包括汞回收蒸餾設備、活性炭吸附及集塵設備等，而現行法規規範廢燈管於回收、貯存、清除、處理過程，含汞物質不得洩漏於大氣中，處理過程中產生的廢氣、廢水、廢棄物之排放以及勞工作業環境空氣品質，必須符合空氣污染防制法、水污染防治法、廢棄物清理法及勞工安全衛生法等相關法規之管制標準，如空氣污染防制法及勞工安全衛生等相關法規皆針對汞排放及環境之汞濃度規範廢燈管處理廠之排放廢氣總汞含量濃度應小於 0.3 mg/m<sup>3</sup>；室內作業環境空氣之總汞濃度應小於 0.05 mg/m<sup>3</sup> 等標準規範。

空氣污染防制設備目前各處理廠皆採用集塵設備為主要，於後端排放管道中裝置活性炭以針對螢光粉及可能產生之汞蒸氣進行吸附及阻隔之作業，進而避免有害物質逸散至大氣中，造成環境危害。廢活性炭之處理方法，將吸附飽和之廢活性炭放入蒸餾容器中，經由乾餾設備處理，在負壓之狀態下，其處理條件分別為，處理溫度約 600°C，處理時間約 18 小時，即可將活性炭中所吸附之汞脫附。廢活性炭處理流程圖如圖 4 所示。

利用活性炭吸附與脫附原理，經熱脫附處理後之微量含汞廢氣，導入活



性碳濾床吸附後再排至大氣，其中活性炭床分層排列以增加與氣體接觸之面積。活性炭吸附含汞廢氣後所含之汞量取決於各廠牌活性炭對汞之吸附能力。而使用熱處理法處理活性炭，因其再生效率高，活性炭經過熱處理法處理後再經 2~3 重蒸餾，即可得 99.99 % 以上之純汞，提高其附加價值。

針對廢燈管處理廠廢棄活性炭之後續流向，主要為廢棄活性炭經 TCLP 程序後，檢測結果若符合法令標準，則以一般廢棄物進行後續處理；惟經 TCLP 程序後，檢測結果若不符合法令標準，則將廢棄活性炭置回原蒸餾程序進行處理，以求符合法令之標準後，再以一般廢棄物進行後續處理。

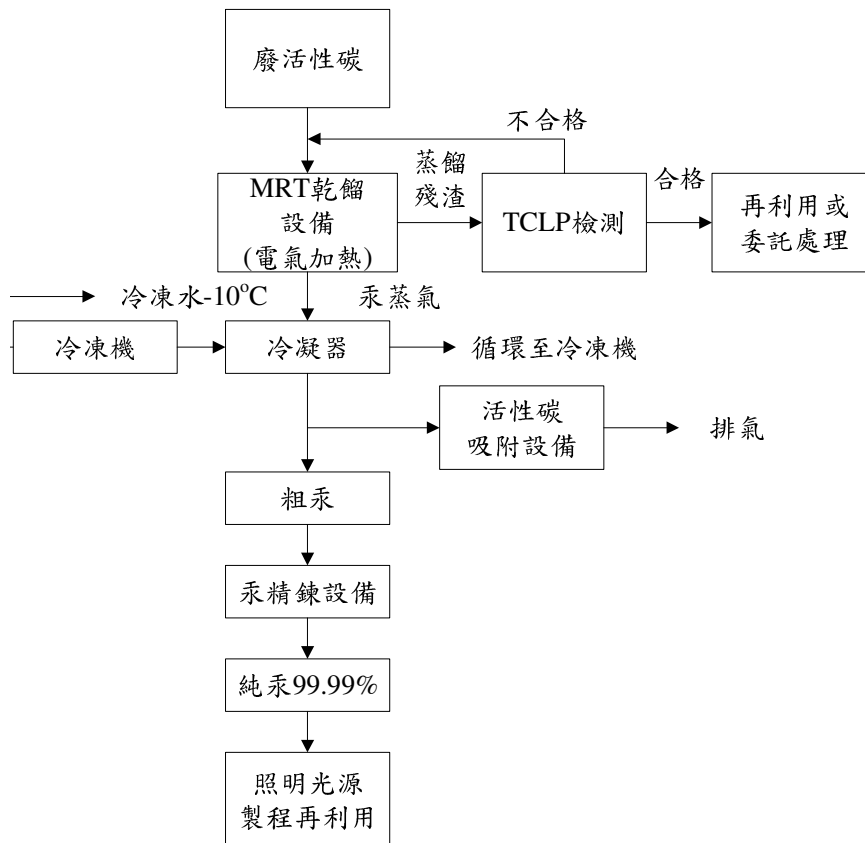


圖 4 國內廢活性炭處理流程圖

### 三、廢玻璃與廢燈管資源化及再生利用技術

#### (一)廢玻璃

廢玻璃可百分之百循環再利用，在環保署與業者努力研發及應用推廣後，已將廢玻璃廣泛應用於環保建材上，如表 4 中照片所示。廢玻璃再利用方式主要分為兩種，分別為原型再利用及廢玻璃破碎後的碎玻璃再生料，摻配碎玻璃原料製成產品或建材等；廢玻璃資源化用途為原型利用、玻璃原料、土木材料、建築材料、工業材料等，而資源化技術方面主要為

破碎、溶解、粒度調整及燒成等方式，詳表 5 所示。一般來說，常用的玻璃資源化產品包括有半成品及成品，半成品如亮彩琉璃如表 6 所示。成品如地磚、廢玻璃再生建材、玻璃纖維、化學吸附劑、玻璃瀝青、人造大理石等，如表 7 所示。

表 4 廢玻璃應用於環保建材照片

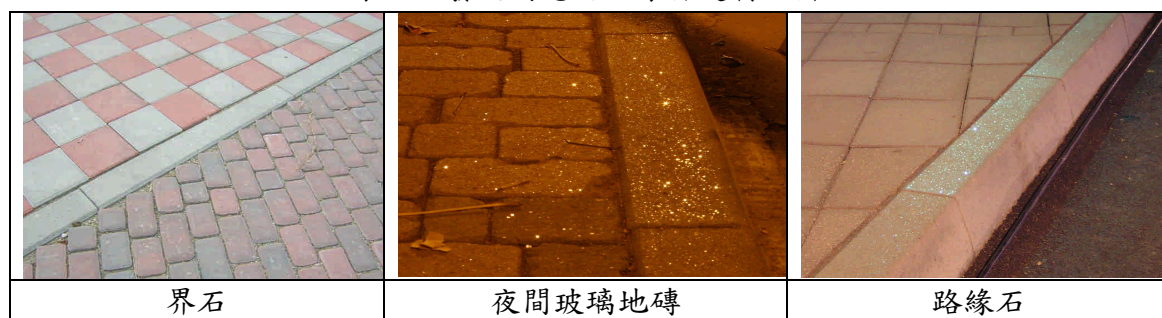


表 5 玻璃碎片資源化用途及再生利用技術

資源化用途		資源化再生利用技術
大分類	小分類	
1.玻璃原料	①玻璃瓶 ②玻璃短纖維 ③玻璃珠 ④玻璃工藝品	破碎－溶解－成形 破碎－溶解－纖維化 破碎(－溶解)－球形化 破碎－溶解－成形
2.道路材料	①瀝青用骨材 ②混凝土用骨材 ③水泥用骨材 ④路盤材、填埋材、其他	破碎－粒度調整－混合 破碎－粒度調整－混合 破碎－粒度調整－混合 破碎
3.土木、建築材料	①結晶化玻璃、發泡玻璃 ②輕量骨材 ③磁磚、地磚 ④混凝土、磚片、人工大理石 ⑤人工砂	破碎(－溶解)－燒成(結晶化/發泡) 破碎－燒成(發泡) 破碎－燒成(成形) 破碎－混合－成形 破碎
4.工業材料及其他	①玻璃粉末 ②其他(過濾材)	破碎－粉碎 破碎(粒度調整)
5.亮彩玻璃	①建築材料 ②庭園步道、花台、涼亭 ③室外設施造景與室內設計工程 ④琉璃砂畫與工藝教材 ⑤魚缸與園藝盆栽之裝飾	分類去雜質篩選→洗滌震動 篩選篩選控制粒度 顏色分選→再生玻璃砂再生利用

表 6 廢玻璃資源化半成品



表 7 廢玻璃資源化成品

	<p><b>商品名稱：</b>噴砂彩晶石地磚  <b>特性介紹：</b>面層材料必須全部使用玻璃粒料(Φ1~3.5 mm)加水泥、中白石、色料。底層材料為水泥與一般粒料，經高壓震動結合成形，再經噴砂處理使面層粒料裸露。  <b>適用對象：</b>各項公共設施</p>
	<p><b>商品名稱：</b>復古磚  <b>特性介紹：</b>材料為水泥、一般粒料、玻璃粒料、色料。經高壓強力振動成型。經適當養護後以機具或人工將磚體菱角菱線打鑿成自然狀，仿古時手工打鑿之天然石塊般，不得以模具印製規律凹凸線條。  <b>適用對象：</b>各項公共設施</p>
	<p><b>商品名稱：</b>彩晶研磨透水磚  <b>特性介紹：</b>面層材料必須全部使用玻璃粒料(Φ2.5~5 mm)加水泥、中白石、色料。底層為水泥與一般骨材，經高壓震動結合成形，面層再經四次研磨加工處理。  <b>適用對象：</b>各項公共設施</p>
	<p><b>商品名稱：</b>彩晶植草磚  <b>特性介紹：</b>面層材料必須全部使用玻璃粒料(Φ1~3.5 mm)加水泥、色料。底層為水泥、一般粒料。經高壓振動結合成型，再經拋光加工處理，使面層有光線折射效果。  <b>適用對象：</b>各項公共設施</p>
	<p><b>商品名稱：</b>玻璃瀝青  <b>特性介紹：</b>玻璃砂可增加輪胎和地面的磨擦力，吸水性低可加強路面排水性，於夜間具有反光的效果可引起駕駛注意，降低交通事故發生率。  <b>適用對象：</b>路面鋪設</p>

## (二)廢燈管

廢燈管經處理後，後續產生之衍生物主要為 90%玻璃、其次則是安定器、銅鋁料、螢光粉、鐵料等物質，詳資源回收再利用比例如表 8 所示。其中玻璃、銅鋁料及鐵都是再生物料或可當作添加物使用，而處理後之廢玻璃碎片，則大多運交其他玻璃相關產品製造廠，以達再利用之目的，而銅、鋁等相關金屬經篩分後，可做為金屬原料之使用。

目前廢燈管回收處理後衍生之汞，依純度分為粗汞(99 %)、工業用汞(99.99 %)、廢燈管用之特殊汞(99.999 %)及用於精密工業之高純度汞(99.9999 %)。從眾多廢燈管中回收之汞，主要目的係減緩環境負擔，尤其避免對人體健康之影響。實廠生產之精鍊汞主要為工業用汞(99.99 %)及特殊汞(99.999 %)，而目前燈管實廠汞之回收率皆可達 99.99 %以上，可用於工業用途，少部份可達 99.999 %之汞則可重新回到燈管製造程序，進行回收再利用。其精煉程序如圖 5 所示。

表 8 台灣廢燈管再生料資源回收再利用比例

再生料種類	百分比(%)
廢玻璃	90.02
螢光粉	2.02
銅鋁料	3.20
鐵料	0.55
廢塑膠	0.46
安定器	3.75
總計	100

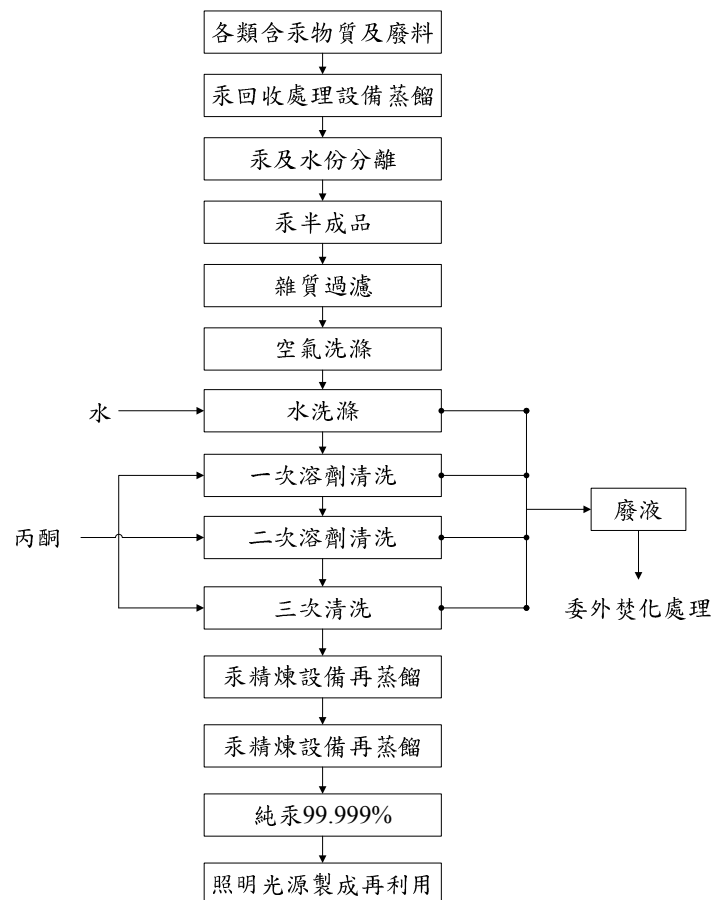


圖 5 汞精煉資源化技術流程

## 結語

廢玻璃物化性質與砂石極為接近，且廢玻璃資源再利用之使用量目前以公共工程為最大宗，如利用廢玻璃作鋪面材質、路基材料、再利用於土木建材或做為卜作嵐材料取代部份之水泥原料等，然而公共工程所需營建用骨材需求迫切情況下，使用之材料數量龐大，對自然資源之耗用極為可觀，倘若能開發回收廢玻璃替代工程營建用部份原料，將能使廢棄物減量與降低資源消耗等雙重效益。廢燈管方面，除將有害汞物質予以資源化外，台灣目前回收廢燈管產生廢螢光粉每年約 100 公噸，累積數量可觀，又螢光粉市價約 300 萬/公噸，且螢光粉含重要稀土元素，為現今不可獲缺之稀有金屬元素，因此研發其資源化再生利用技術極具龐大經濟效益，目前正積極開發螢光粉活化再生創新技術，預期可解決螢光粉處置問題及缺乏稀土資源之窘境。

## 參考文獻

- Ching-Hwa Lee, Chii-pwu Cheng, Kuo-Shuh Fan, Tien-Chin Chang, Chun-Hsu Lin(2007). *Recycling of Discarded Fluorescent Lamps*. Recycling Fund Management Board Environmental Protection Administration.
- 陳宇陽、張添晉、張四立 (2009)，提昇廢乾電池及廢燈管回收處理成效暨重金屬含量抽驗調查專案工作計畫，行政院環境保護署。
- 吳嘉泓 (2009)，汞削減政策與管理趨勢之研究，國立台北科技大學。
- 行政院環保署 (2009)，廢玻璃再利用技術手冊。
- 張添晉、鄭光炎、林俊旭、朱宏毅 (2009)，廢容器回歸市場機制自主管理先期輔導計畫及廢容器通路開發研究，行政院環境保護署。
- 新竹市環境保護局 (2008)，廢玻璃去化及再利用推廣專案計畫。
- 吳春池、邱玉娟 (2004)，廢玻璃再生技術與再生產品之應用介紹，台灣環保產業雙月刊。
- 張添晉 (2003)，多元化廢玻璃容器再利用技術之評估，中華民國環境工程學會第二十屆廢棄物處理技術研討會論文集。
- 張添晉、鄭光炎 (2003)，廢玻璃再利用技術之開發與應用計畫，行政院環境保護署。