

# 汽車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

汽車工業屬於資本、技術密集產業。其產業關聯性大，包括機械、電機、電子、化工、紡織、鋼鐵、陶瓷、橡膠、塑膠、玻璃、鑄鍛、模具、石油等相關產業。影響層面廣，無論在技術能力、就業機會及稅收方面，對國家經濟發展具有極大的貢獻，所以我國積極推展汽車工業並視為策略性工業。汽車生產過程需使用大量的材料及零組件，且涵蓋之製程種類繁雜，因此，相對的製程產生的廢棄物亦呈現量大而特性複雜的情形。而如何進行廢棄物減量及資源回收再利用，以達到環境保護與經濟發展兼籌並重的目標，成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，感謝福特六和汽車股份有限公司葉顯芳小姐、國瑞汽車股份有限公司尹季良先生、臺灣區車輛工業同業公會黃文芳組長、台灣大學環境工程研究所黃錦明先生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；台灣大學環境工程研究所楊萬發教授、臺灣區車輛工業同業公會黃文芳組長，以及福特六和汽車股份有限公司丘應瑞經理之審訂，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 .....	1
第二章	產業概況 .....	3
2.1	產業現況 .....	3
2.2	製程概述 .....	18
第三章	廢棄物特性與清理現況 .....	23
3.1	廢棄物來源及特性 .....	23
3.2	廢棄物產生量及清理現況 .....	27
第四章	清潔生產 .....	32
4.1	環境化設計 .....	33
4.2	廠內管理 .....	55
第五章	廢棄物資源化技術 .....	62
5.1	廢溶劑及漆渣資源化技術 .....	62
5.2	廢油資源化技術 .....	86
5.3	廢鑄砂資源化技術 .....	96
5.4	感應爐爐碴資源化技術 .....	99
5.5	廢塑膠資源化技術 .....	102
5.6	廢木材資源化技術 .....	111
5.7	污泥資源化技術 .....	122

第六章 技術評估與設備選用程序 .....	124
6.1 資源化技術評估流程 .....	124
6.2 資源化設備選用程序 .....	125
6.3 資源化成本分析 .....	132
第七章 廢棄物資源化案例 .....	137
7.1 廢溶劑及漆渣資源化技術案例 .....	137
7.2 廢油資源化技術案例 .....	150
7.3 廢鑄砂資源化技術案例 .....	150
7.4 感應爐爐渣資源化技術案例 .....	153
7.5 廢塑膠資源化技術案例 .....	155
7.6 廢木材資源化技術案例 .....	158
名詞解釋 .....	160
參考文獻 .....	165

## 圖 目 錄

圖 2.1	全球六大汽車集團 2004 年產量占有率.....	7
圖 2.2	台灣汽車產業發展歷程.....	11
圖 2.3	台灣各汽車廠與國外車廠合作關係.....	14
圖 2.4	台灣汽車生產車種結構分析.....	15
圖 2.5	台灣汽車零組件外銷金額變化.....	16
圖 2.6	台灣汽車零組件出口概況.....	17
圖 2.7	台灣汽車零組件進口概況.....	17
圖 2.8	汽車研發產銷循環圖.....	19
圖 2.9	汽車生產製造流程.....	20
圖 2.10	汽車原材料使用情形.....	22
圖 3.1	車身製程廢棄物產生概況.....	24
圖 3.2	塗裝製程廢棄物產生概況.....	25
圖 3.3	裝配製程廢棄物產生概況.....	25
圖 3.4	引擎製程廢棄物產生概況.....	26
圖 3.5	汽車製造業廢棄物類別分布.....	28
圖 4.1	產品之生命週期.....	34
圖 4.2	企業投入綠色市場的驅動力.....	35
圖 4.3	豐田汽車綠色技術之程序與相關性.....	45

圖 4.4	Volvo 汽車的環境觀點 .....	48
圖 4.5	整合環境觀點至產品開發程序 .....	49
圖 4.6	環境優先策略系統的原則 .....	51
圖 4.7	環境失誤模式效應分析形式 .....	52
圖 4.8	自動化引進的二十四個步驟 .....	60
圖 5.1	汽車表面塗裝作業流程 .....	64
圖 5.2	廢溶劑回收處理流程 .....	66
圖 5.3	各塗裝單元有機溶劑用量百分比 .....	66
圖 5.4	廢溶劑簡單蒸餾回收裝置 .....	71
圖 5.5	有機混合廢溶劑之蒸餾流程圖 .....	73
圖 5.6	廢溶劑之蒸餾及前處理與後處理流程圖 .....	74
圖 5.7	萃取精餾裝置 .....	75
圖 5.8	以苯為共沸劑分離水及乙醇裝置 .....	77
圖 5.9	廢溶劑回收再利用為泥燃劑流程 .....	78
圖 5.10	滲透蒸發之機構示意圖 .....	79
圖 5.11	滲透蒸發之裝置示意圖 .....	80
圖 5.12	廢漆渣焚化回收熱能之流程 .....	85
圖 5.13	油泥低溫溶解處理流程圖 .....	88
圖 5.14	廢油直接壓濾處理流程 .....	89
圖 5.15	BP 廢油萃取處理流程圖 .....	91

圖 5.16 廢油離心處理操作流程圖 .....	91
圖 5.17 泥燃劑製造流程圖 .....	92
圖 5.18 廢鑄砂於路基回填料之使用流程 .....	96
圖 5.19 低強度高流動性混凝土細骨材替代物流程 .....	97
圖 5.20 廢鑄砂使用作為混凝土製品流程 .....	97
圖 5.21 廢鑄砂應用於瀝青混凝土填充料或細骨材之處理流程 .....	98
圖 5.22 水泥製作流程 .....	100
圖 5.23 感應電爐爐渣（石）於路基回填料之使用流程 .....	100
圖 5.24 感應電爐爐渣（石）於道路用級配料之使用流程 .....	101
圖 5.25 感應電爐爐渣（石）使用作為混凝土製品流程 .....	101
圖 5.26 感應電爐爐渣（石）製磚流程 .....	101
圖 5.27 廢熱塑性塑膠製造再生棉流程圖 .....	103
圖 5.28 不織布生產流程圖 .....	103
圖 5.29 其他再生棉製品生產流程圖 .....	103
圖 5.30 廢熱塑性塑膠熱裂解流程圖 .....	104
圖 5.31 廢熱塑性塑膠原料再生處理流程 .....	105
圖 5.32 以磁選加比重分選法篩選塑膠流程 .....	105
圖 5.33 廢熱塑性塑膠押出發泡成型法流程圖 .....	106
圖 5.34 廢熱塑性塑膠溶解乳化法流程圖 .....	106
圖 5.35 溶劑萃取法流程示意圖 .....	107

圖 5.36	PVC 及 PU 表面處理之合成皮(布)回收流程示意圖 .....	107
圖 5.37	廢熱固性塑膠製成再生料再利用流程圖 .....	108
圖 5.38	磨粉再生處理 FRP 塑膠流程示意圖 .....	108
圖 5.39	熱固性塑膠熱裂解再生處理流程圖 .....	109
圖 5.40	ABS 廢料回收流程示意圖 .....	109
圖 5.41	廢木材（板）使用於纖維板之使用流程 .....	113
圖 5.42	廢木材（板）使用於粒片板之使用流程 .....	114
圖 5.43	廢棧板及包裝材製造粒片板流程圖 .....	114
圖 5.44	廢棧板及包裝材原形利用流程圖 .....	114
圖 5.45	廢棧板及包裝材製造紙漿流程圖 .....	116
圖 5.46	廢木材堆肥流程圖 .....	117
圖 5.47	廢棧板及包裝材製造堆肥流程圖 .....	118
圖 5.48	培養土製造流程圖 .....	119
圖 5.49	廢木材製造活性炭流程圖 .....	119
圖 5.50	整合性污泥處理、處置及資源化系統 .....	123
圖 6.1	資源化系統規劃評估實驗流程 .....	125
圖 6.2	資源化設備評估流程 .....	127
圖 7.1	水泥窯系統廢溶劑資源化流程 .....	138
圖 7.2	廢鑄砂再利用處理流程 .....	151
圖 7.3	感應電爐爐渣（石）於路基回填料之使用流程 .....	153



## 表 目 錄

表 2.1	世界主要國家之汽車生產量.....	4
表 2.2	世界主要國家之汽車銷售量.....	5
表 2.3	台灣汽車製造及零件業產值統計表.....	8
表 2.4	我國汽車業進出口值統計.....	8
表 2.5	台灣汽車產業前十大廠商排名.....	9
表 2.6	台灣汽車產業規模分類.....	10
表 2.7	台灣主要汽車廠概況.....	12
表 2.8	台灣國產及進口汽車總市場銷售狀況.....	12
表 2.9	台灣主要國產汽車廠牌市場占有率推移.....	13
表 2.10	台灣汽車零組件業規模.....	16
表 3.1	汽車製造業各類廢棄物清理及再利用申報量.....	28
表 3.2	汽車製造業各類廢棄物申報清理及再利用現況.....	30
表 4.1	環境化設計之優勢.....	36
表 4.2	汽車產業執行產品環境化設計之作法.....	37
表 4.3	豐田生產方式之 JIT 實施要領.....	59
表 5.1	常用有機溶劑特性一覽表.....	62
表 5.2	汽車製造業塗裝常用有機溶劑之相關規定.....	63
表 5.3	汽車製造業廢溶劑及漆渣上網申報量.....	67

表 5.4	國內廢溶劑處理機構及再利用業者一覽表.....	69
表 5.5	混合廢溶劑之蒸餾操作條件與回收成分.....	74
表 5.6	各種工業用再生溶劑產品.....	74
表 5.7	水泥窯試燒測試結果.....	83
表 5.8	低溫法處理廢油之優缺點比較.....	87
表 5.9	直接壓濾法處理廢油之優缺點比較.....	89
表 5.10	離心處理法處理廢油之優缺點比較.....	92
表 5.11	泥燃劑之成分比例及規格要求.....	93
表 5.12	泥燃劑處理法處理廢油之優缺點比較.....	93
表 5.13	廢油資源化技術評析.....	94
表 5.14	廢油資源化技術可行性評估.....	95
表 5.15	廢鑄砂資源化技術可行性評析.....	99
表 5.16	感應爐碴資源化技術可行性評析.....	102
表 5.17	廢塑膠資源化技術評析.....	110
表 5.18	廢木材之產生源及利用情形.....	111
表 5.19	木材工業廢材利用方法分類.....	112
表 5.20	影響鍋爐燃燒因子.....	112
表 5.21	廢木材作為燃料的價值評估表.....	116
表 5.22	廢木材資源化技術可行性評析.....	121
表 5.23	有機污泥與無機污泥差異性分析.....	123

表 7.1 水泥窯廢溶劑資源化設施規格、功能、說明.....	139
表 7.2 水泥旋窯廢氣檢測結果.....	140
表 7.3 北京市工業有害廢棄物分類.....	142
表 7.4 水泥熟料的反應溫度和熱效應.....	143
表 7.5 預分解窯的燃燒狀況.....	143
表 7.6 北京水泥廠試燒實驗廢氣排放監測結果.....	146
表 7.7 北京水泥廠試燒過程中熟料溶出液分析結果.....	147
表 7.8 ICI 清洗溶劑產品及相對化學名稱 .....	148
表 7.9 成本效益評估表 .....	152
表 7.10 成本效益評估表 .....	154
表 7.11 廢塑膠回收再利用成本效益評估 .....	156
表 7.12 廢木料經不同回收處理方法之效益分析.....	158
表 7.13 預估廢木料之處理費用 .....	159

# 第一章 前言

## 1.1 緣起

汽車工業屬於資本、技術密集產業，資金需求龐大，且資本回收慢，需長期投資，為高附加價值的綜合產業。其生產流程相當複雜，牽涉範圍廣泛，需要各種產業相互密切配合，可帶動機械、電機、電子、化工、紡織、鋼鐵、陶瓷、橡膠、塑膠、玻璃、鑄鍛、模具、石油等相關產業成長，影響層面廣，無論在技術能力、就業機會及稅收方面，是一種關聯性大的產業，對國家經濟發展具有極大的貢獻，所以我國積極推展汽車工業並視為策略性工業。

汽車生產過程需使用大量的材料及零組件，且涵蓋之製程種類繁雜，因此，相對的製程產生的副產物亦呈現量大而特性複雜的情形。以往此等副產物常被視為廢棄物，未充分再利用，僅依賴管末處理或缺乏完善管理的掩埋或焚化處理等方式處置，此等處置方式非但須投資龐大的污染防治成本，且不易符合日益嚴格的環保法規，故從製程減廢、資源回收與再生利用等方向著手解決才是治本之道。

經濟部工業局基於維護產業及環境生態之平衡發展，彙整編撰國內汽車製造業廢棄物資源化技術，以供業者參考應用，希望能提升業界對廢棄物資源化專業技術之認知，進而增進產業整體之環境績效，另可提供欲投入本產業之資源再利用業者投資之參考，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汽車製造業製程廢棄物資源化技術及案例進行彙集。手冊分為七章，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「汽車製造業」產業範圍及各章節內容。

第二章：介紹「汽車製造業」產業發展現況，並概要說明其製程。

第三章：針對「汽車製造業」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，以供業界運用，降低產業成本，提升生產效率。

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：提供購置資源化設備系統之選用程序及評估要領，供業者選用資源化設備之應用。

第七章：彙集實際執行之各項廢棄物資源化案例，並就資源化執行成效及經濟效益進行評估，供業者執行資源化工作之參考。

## 第二章 產業概況

### 2.1 產業現況

#### 2.1.1 產品領域

汽車製造業屬於交通運輸工具製造業，其產品領域包含小客車、小型商用車（小貨車、小客貨兩用車）、大型商用車（大貨車、大客車、大客貨兩用車）、休旅車、特種車、替代燃料汽車及其零組件和模、夾、治具等。

#### 2.1.2 產業特性

汽車工業之關聯性大，包括機械、電機、電子、化工、紡織、鋼鐵、陶瓷、橡膠、塑膠、玻璃、鑄鍛、模具、石油等工業，影響國家之經濟發展甚巨，被譽為火車頭工業，其具有以下之特性：

- 1.資本及技術密集：設廠規模大、具量產規模效應、投資回收慢。
- 2.產業關聯效果大：屬綜合性工業，發展初期各國均採保護措施，以帶動相關工業發展。
- 3.中衛體系明顯：裝配產品所需多數零組件由衛星工廠供應。
- 4.國際化分工：經由國際分工從事產銷活動、產品成本及品質須具國際競爭力。
- 5.產品須具安全性：產品使用時係行動狀態，須具安全性與可靠性。
- 6.兼具社會成本：產品須符合政府所訂環保、安全及油耗標準。

#### 2.1.3 世界汽車產業概況

##### 1.世界主要國家之汽車產銷量

依據 FOURIN 世界自動車調查月報調查主要 25 個汽車生產國家，2004 年汽車總產量約 6,086.7 萬輛。美國 1,190.8 萬輛排名第 1，占 19.56%；日本 1,051.6 萬輛排名第 2，占 17.28%；德國 553.0 萬輛排名第 3，占 9.09%；中國大陸 507.1 萬輛排名第 4，占 8.33%；台灣 43.1 萬輛則排名第 21，占 0.71%。詳如表 2.1 所示。另調查主要 42 個汽車銷售國家，2004 年汽車總銷售量約 5,897.2 萬輛。美國 1,729.5 萬輛排名第 1，占 29.33%；日本 584.4 萬輛排名第 2，占 9.91%；中國大陸 506.1 萬輛排名第 3，占 8.58%；德國 356.4 萬輛排名第 4，占 6.04%；

台灣 48.4 萬輛排名 20，占 0.82%。詳如表 2.2 所示。

## 2.世界汽車業發展趨勢

汽車發展已超過 100 年的歷史，隨著各國經濟發展與國民所得提高，汽車已成為主要代步工具，也因各國不斷投資汽車業，造成產能過剩，另因社會環境及消費者需求不斷提高，而形成下列發展趨勢：(1)產能過剩、競爭激烈、美日歐飽和、亞洲成長。(2)購併重整、策略聯盟；共用底盤、引擎、行銷通路。(3)模組化設計與生產。(4)車上通訊、導航、機電整合、電子裝置與控制。(5)安全、環保、省能源、可回收。(6)低成本、易保養、人性化、多功能。

**表 2.1 世界主要國家之汽車生產量**

排名	國家	2003 年產量	2004 年產量	成長率	占有率
1	美國	12,044,294	11,907,588	-1.14%	19.56%
2	日本	10,286,321	10,515,698	2.23%	17.28%
3	德國	5,507,629	5,530,129	0.41%	9.09%
4	中國	4,443,462	5,070,527	14.11%	8.33%
5	韓國	3,177,870	3,470,119	9.20%	5.70%
6	法國	3,247,971	3,292,263	1.36%	5.41%
7	西班牙	3,029,658	3,011,010	-0.62%	4.95%
8	加拿大	2,548,377	2,669,961	4.77%	4.39%
9	巴西	1,837,164	2,206,867	20.12%	3.63%
10	英國	1,846,423	1,856,057	0.52%	3.05%
11	墨西哥	1,540,565	1,567,337	1.74%	2.58%
12	印度	1,162,159	1,511,171	30.03%	2.48%
13	俄羅斯	1,279,663	1,392,646	8.83%	2.29%
14	義大利	1,321,630	1,141,955	-13.59%	1.88%
15	泰國	742,062	928,081	25.07%	1.52%
16	比利時	897,806	897,062	-0.08%	1.47%
17	土耳其	533,771	820,135	53.65%	1.35%
18	瑞典	662,136	(732,000)	10.55%	1.20%
19	馬來西亞	424,062	458,912	8.22%	0.75%
20	捷克	443,391	451,059	1.73%	0.74%
21	台灣	386,686	430,845	11.42%	0.71%
22	印尼	322,035	(410,000)	27.32%	0.67%
23	阿根廷	169,640	260,420	53.51%	0.43%
24	葡萄牙	239,361	212,925	-11.04%	0.35%

**表 2.1 世界主要國家之汽車生產量(續)**

排名	國家	2003 年產量	2004 年產量	成長率	占有率
25	羅馬尼亞	95,152	122,168	28.39%	0.20%
	合計	58,189,288	60,866,935	4.60%	100.00%

註：單位輛；()為估算值。

資料來源：FOURIN 世界自動車調查月報，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

**表 2.2 世界主要國家之汽車銷售量**

排名	國家	2003 年銷量	2004 年銷量	成長率	占有率
1	美國	16,969,594	17,294,805	1.92%	29.33%
2	日本	5,828,249	5,844,327	0.28%	9.91%
3	中國	4,302,338	5,061,180	17.64%	8.58%
4	德國	3,501,693	3,563,860	1.78%	6.04%
5	英國	2,942,737	2,957,200	0.49%	5.01%
6	義大利	2,490,022	2,522,737	1.31%	4.28%
7	法國	2,440,470	2,473,312	1.35%	4.19%
8	西班牙	1,713,256	1,891,383	10.40%	3.21%
9	加拿大	1,625,092	1,575,590	-3.05%	2.67%
10	巴西	1,427,005	1,578,775	10.64%	2.68%
11	俄羅斯	1,392,646	1,376,273	-1.18%	2.33%
12	印度	1,076,280	1,343,779	24.85%	2.28%
13	墨西哥	975,380	1,114,099	14.22%	1.89%
14	韓國	1,318,783	1,091,577	-17.23%	1.85%
15	澳洲	909,811	955,229	4.99%	1.62%
16	土耳其	394,833	757,092	91.75%	1.28%
17	泰國	532,961	625,982	17.45%	1.06%
18	荷蘭	580,282	585,153	0.84%	0.99%
19	比利時	519,168	551,111	6.15%	0.93%
20	台灣	413,914	484,292	17.00%	0.82%
21	印尼	354,624	483,148	36.24%	0.82%
22	馬來西亞	404,920	481,154	18.83%	0.82%
23	南非	368,453	449,105	21.89%	0.76%
24	波蘭	383,705	366,789	-4.41%	0.62%
25	奧地利	334,316	349,805	4.63%	0.59%



表 2.2 世界主要國家之汽車銷售量(續)

排名	國家	2003 年銷量	2004 年銷量	成長率	占有率
26	希臘	277,698	315,975	13.78%	0.54%
27	阿根廷	155,641	311,964	100.44%	0.53%
28	瑞典	295,478	301,610	2.08%	0.51%
29	瑞士	294,625	293,122	-0.51%	0.50%
30	葡萄牙	262,928	273,404	3.98%	0.46%
31	匈牙利		227,575		0.39%
32	愛爾蘭	179,842	188,553	4.84%	0.32%
33	羅馬尼亞	133,091	179,411	34.80%	0.30%
34	丹麥	133,276	172,542	29.46%	0.29%
35	捷克	175,292	168,461	-3.90%	0.29%
36	芬蘭	166,234	164,741	-0.90%	0.28%
37	挪威	120,914	153,599	27.03%	0.26%
38	委內瑞拉	63,726	134,347	110.82%	0.23%
39	紐西蘭	91,383	98,058	7.30%	0.17%
40	菲律賓	92,336	88,075	-4.61%	0.15%
41	斯洛伐克	72,489	70,706	-2.46%	0.12%
42	盧森堡	48,398	52,314	8.09%	0.09%
	合計	55,763,883	58,972,214	5.75%	100.00%

註：單位輛。

資料來源：FOURIN 世界自動車調查月報，工研院 IEK-ITIS 計畫，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

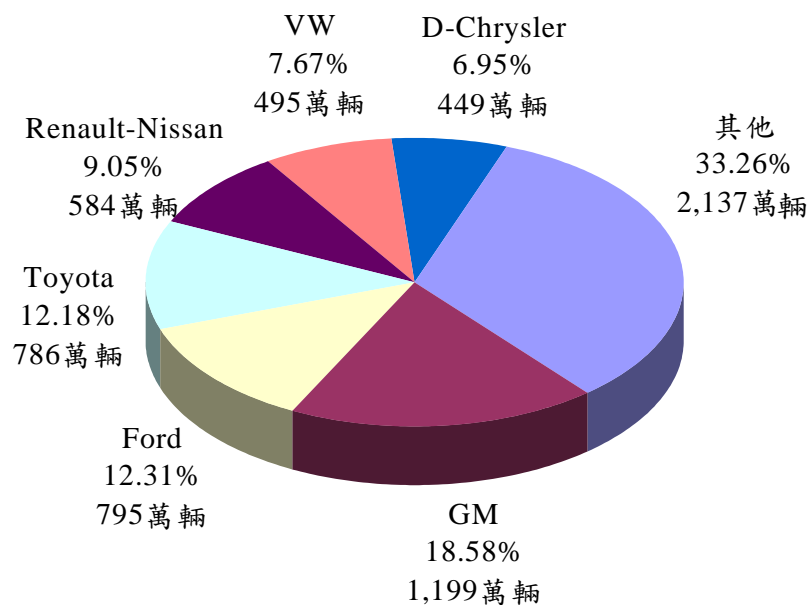
### 3. 六大汽車集團雄據全球

隨著購併、整合，全球形成六大汽車集團，2004 年六大汽車集團產量占有率合計達 66.74%，每個集團總產量均超過 400 萬輛，即所謂 400 萬俱樂部。詳如圖 2.1 所示。

#### 2.1.4 我國汽車產業總體概況

##### 1. 汽車工業產值

汽車工業總產值持續成長，2004 年達 3,850 億元之歷史新高，詳如表 2.3 所示。汽車工業產值占製造業總產值 3.7%，係台灣非常重要之產業。其中(1)汽車製造業：近年來每年之總產值在 1,300~1,900 億元之間，2004 年突破 2000 億元達 2,176 億元之歷史新高。(2)汽車零件業：近幾年來產值持續成長，2004 年達 1,674 億元之歷史新高。



註:資料期間為 2003 年。

資料來源：FOURIN，工研院 IEK-ITIS 計畫，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 5 月。

**圖 2.1 全球六大汽車集團 2004 年產量佔有率**

## 2.我國汽車產業內外銷情形

汽車產業進出口值詳如表 2.4 所示，從 2001 年起我國由入超國變為出超國。以進出口值及產值分析，我國汽車製造業為內銷型產業，目前以內銷為主，未來將朝內外銷並重方向努力；汽車零件業為內外銷並重產業，將近一半產值為外銷。

## 3.台灣汽車工業前十大廠商排名

近幾年台灣汽車工業前十大廠商為汽車製造業之前幾家（國瑞、中華、裕隆汽車、福特六和、三陽、台灣本田、太子），其中三陽工業生產汽車及機車；以及汽車零件業之前幾家（正新、東陽、南港輪胎等），只是排名有些微變化而已，詳如表 2.5 所示。

表 2.3 台灣汽車製造及零件業產值統計表

單位：新台幣億元

業別 \ 年度	1999	2000	2001	2002	2003	2004
汽車製造業	1,618	1,777	1,300	1,616	1,892	2,176
汽車零件業	1,314	1,404	1,271	1,550	1,667	1,674
汽車業合計	2,932	3,181	2,571	3,166	3,559	3,850
運輸工具業	4,583	4,811	3,946	4,553	5,073	5,783
製造業	74,557	84,223	74,144	80,637	86,998	103,245
運輸工具業占製造業之比重	6.1%	5.7%	5.3%	5.6%	5.8%	5.6%
汽車業占運輸工具業之比重	64.0%	66.1%	65.2%	69.5%	70.1%	66.6%
汽車業占製造業之比重	3.9%	3.8%	3.5%	3.9%	4.1%	3.7%

註：汽車零件不含輪胎、汽車影音及通訊、導航設備、汽車冷氣、玻璃、燈泡、電池、電裝品等，若含則超過 2,000 億。

資料來源：經濟部工業生產統計月報，工研院 IEK-ITIS 計畫，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

表 2.4 我國汽車業進出口值統計

單位：新台幣億元

年	汽車製造		汽車零件		汽車業合計	
	出口	進口	出口	進口	出口	進口
1996	19	539	635	556	655	1,095
1997	15	548	687	585	702	1,133
1998	9	436	695	659	704	1,095
1999	14	359	736	556	750	915
2000	46	414	746	631	792	1,045
2001	50	340	790	465	840	805
2002	75	366	912	538	987	904
2003	114	402	1,078	670	1,192	1,072
2004	128	468	1,273	867	1,401	1,335

資料來源：海關進出口統計，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

表 2.5 台灣汽車工業前十大廠商排名

單位：新台幣億元

汽車工業排名	2002			2003			2004		
	公司名稱	營業額	1000 大排名	公司名稱	營業額	1000 大排名	公司名稱	營業額	1000 大排名
1	中華汽車	547.70	25	國瑞汽車	586.70	23	國瑞汽車	776.00	22
2	國瑞汽車	540.00	26	中華汽車	555.47	25	中華汽車	559.31	31
3	裕隆汽車	353.60	33	裕隆汽車	426.79	31	裕隆汽車	411.41	40
4	福特六和	318.83	38	福特六和	367.61	37	福特六和	388.11	46
5	三陽工業	151.41	78	三陽工業	153.95	92	三陽工業	201.42	78
6	正新橡膠	91.03	136	正新橡膠	112.49	130	台灣本田	(140)	(124)
7	東陽實業	56.41	217	太子汽車	68.72	213	正新橡膠	135.99	128
8	堤維西	56.10	219	東陽實業	66.75	224	太子汽車	96.83	185
9	太子汽車	51.77	237	堤維西	60.10	241	東陽實業	72.81	243
10	南港輪胎	43.96	279	台灣電綜	51.31	280	南港輪胎	66.76	253

資料來源：天下雜誌報導，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 5 月。

註：台達電子、環隆電氣、台灣松下、唐榮鐵工廠、春源鋼鐵、士林電機因不只生產汽車零件，故未列入排名。()為估計值。

#### 4.台灣汽車工業廠商規模分類

以規模分類，2004 年台灣汽車工業大致可分為大型廠商（營業額 66 億元以上，共 10 家，為前 10 大廠商）、中型廠商（營業額 12~66 億元，約 50 家，可排入 1000 大製造業）、小型廠商（營業額 12 億元以下）三類，如表 2.6 所示。

#### 2.1.5 我國汽車製造業概況

##### 1.台灣汽車製造業發展歷程

台灣汽車製造業從 1953 年 9 月裕隆汽車成立以來，各汽車廠陸續投入或退出，已有 50 年的歷史；政策上從 1972 年的促進汽車工業經營方針，到 1992 年的汽車工業發展策略；小客車進口關稅從 1971 年之 75% 逐漸調降到 1991 年的 30%、2002 年 29%、2003 年的 27.5%、2004 年的 26.1%、2005 年的 24.6%，將繼續調降至 2010 年的 17.5%；小汽車自製率從 1962 年的 60%，到 1979 年 70%、1989 年 50%、1999 年 40%、2002 年加入 WTO 後取消；產量逐漸提高到 1992 年 44 萬輛的最高峰，之後振盪起伏，2004 年為 43.1 萬輛；汽車保有量逐漸提高，至 2004 年底已突破 600 萬輛達 639 萬輛，約每 3.6 人或每個家庭 1 輛。詳如圖 2.2 所示。

**表 2.6 台灣汽車工業規模分類**

規模	家數	主要廠商	分類特性	產值比率
大型廠商 年營業額 66 億元以上	10 家	國瑞、中華、裕隆汽車、福特六和、三陽、台灣本田、正新橡膠、太子汽車、東陽、南港	汽車業前 7 家 零件業前 3 家 (三陽跨汽機車業)	約 60%
中型廠商 年營業額 12~66 億元	約 55 家	堤維西、台灣電綜、台朔、帝寶、六機、信昌、正峰、普利斯通、開億、泰豐、維輪、建大、全興、友聯、瑞利、慧國、大億、美生、台全、協祥、源恆、矢崎、保來得、永彰、基益、台亞、裕器、合信、中端、耿鼎、富海、協欣、開發、信通、台維、福隆、造隆、理嘉、茂順、元富鋁、江申、儒億等	其他汽車整車廠及較大規模之零件廠	約 30%
小型廠商 年營業額 12 億元以下	約 2700 家	正道、永華、怡利、健生、三申、安泰電、厚木、台裕橡、鈞堯、徽昌、伍享、三益、許瑞興、穎明、泰元、裕盛、亨通、化新、航欣等	規模較小之零件廠	約 10%

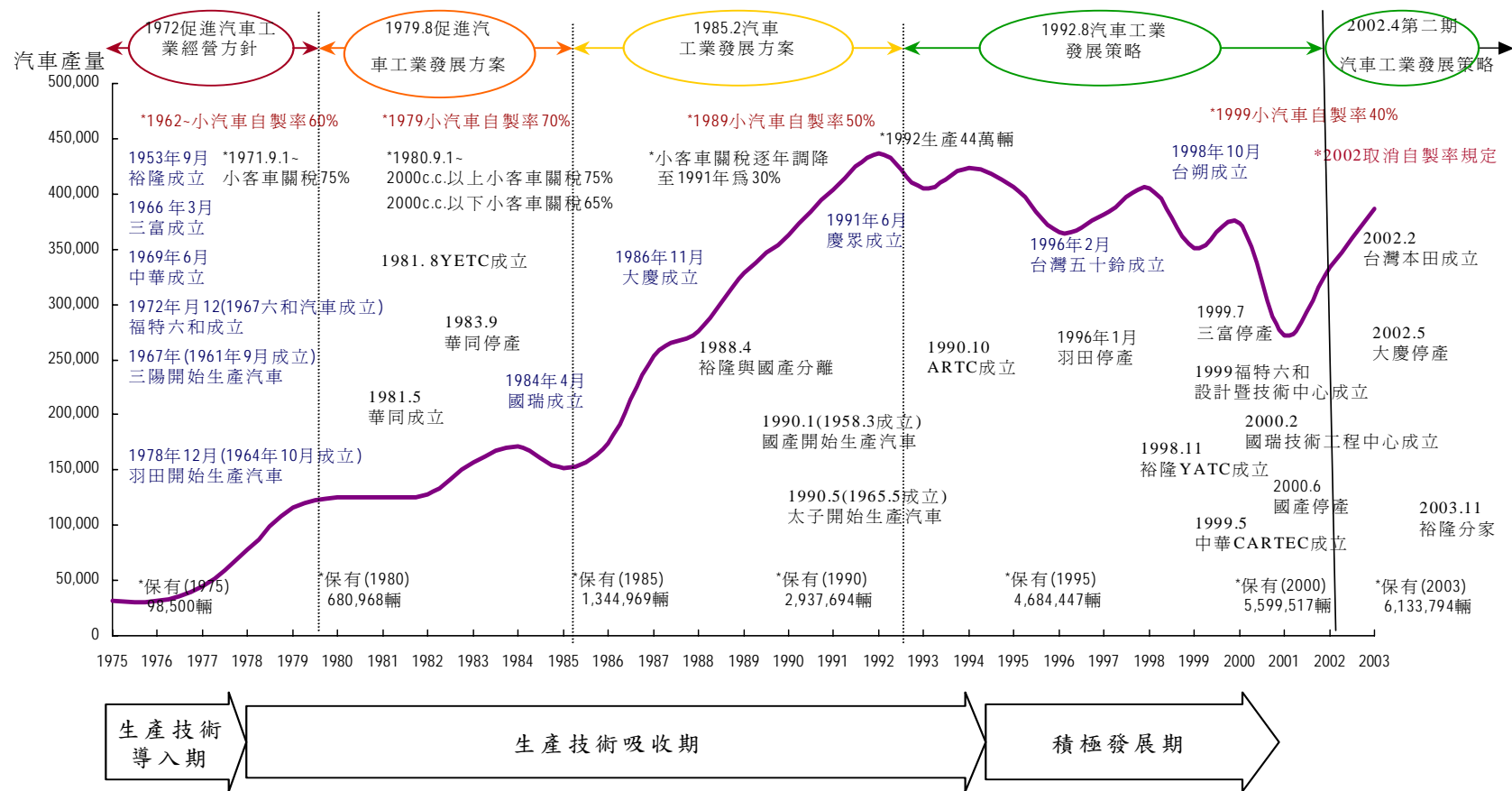
資料來源：參考天下雜誌調查報告，台灣區車輛工業同業公會分類整理，2005 年 5 月。

## 2.台灣汽車製造業現況

經業者 50 年之努力，我國汽車製造品質已接近先進國家水準，近年來大力投入研發，推出符合本地消費者需求的差異化產品，並在致力於提升客戶服務滿意度後，國產車已普遍獲得國人之肯定。最近幾年國產車占總市場之比率逐年提高，2004 年達 87.22%之最高峰。國內之汽車需求擴增不易，業者積極加入國際分工體系，並赴中國大陸及東南亞投資設廠，以突破生存與發展之瓶頸。

## 3.台灣主要汽車廠概況

台灣 2004 年主要有 10 家量產汽車製造廠，總資本額約 516 億，員工總數 13,790 人，總產能 69 萬輛，總產量 43.1 萬輛，本地產汽車銷售於本地 42.2 萬輛。詳如表 2.7 所示。



資料來源：台灣區車輛工業同業公會整理。

圖 2.2 台灣汽車產業發展歷程

表 2.7 台灣主要汽車廠概況

廠 商 項 目	中華	福特 六和	國瑞	裕隆	三陽	太子	台朔	台灣 本田	慶眾	台灣 五十鈴	合計
開始生產日期	1973.12	1973.1	1984.4	1956.10	1967.5	1990.5	2000.12	2003.1	1993.12	1996.12	—
登記資本額(億元)	140	5.55	32.00	137.12	85	17.00	15.00	35.80	45.00	3.09	515.56
員 工 人 數	2,700	1,800	2,800	1,730	*1,900	*1,100	360	850	500	50	13,790
年 產 能(輛)	120,000	110,000	125,000	120,000	50,000	24,000	24,000	30,000	30,000	7,000	690,000
2004 年產量(輛)	96,624	70,652	130,053	67,168	17,812	18,718	6,845	18,894	1,874	2,174	430,814
2004 年銷量(輛)	90,967	68,196	128,658	69,004	17,756	18,736	6,234	18,758	2,159	1,942	422,410
2004 市場占有率	21.54%	16.14%	30.46%	16.34%	4.20%	4.44%	1.48%	4.44%	0.51%	0.46%	100.0%

註：三陽包括機車廠員工；太子汽車包括維修廠及銷售人員。

資料來源：台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

#### 4.台灣國產及進口汽車總市場銷售狀況

2004 年汽車總市場 48.4 萬輛，比 2003 年成長 17.00%；國產車 42.2 萬輛占 87.22%，成長 18.2%；進口車 6.2 萬輛占 12.78%，成長 9.3%。詳如表 2.8 所示。

表 2.8 台灣國產及進口汽車總市場銷售狀況

單位：輛

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
國產車	419,772	400,983	364,864	379,845	398,576	363,066	356,546	291,307	345,211	357,285	422,410
進口車	155,727	145,651	105,772	101,718	75,493	60,474	63,918	56,113	53,671	56,629	61,882
合 計	575,499	546,634	470,636	481,563	474,069	423,540	420,464	347,420	398,882	413,914	484,292
成長率	3.28%	-5.01%	-13.90%	2.32%	-1.56%	-10.66%	-0.73%	-17.37%	14.81%	3.77%	17.00%

資料來源：交通部領牌數量，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

#### 5.台灣汽車業高度集中化

近幾年台灣國產汽車前 5 大占有率約 9 成，其餘 5 家約 1 成，呈現高度集中化的現象。詳如表 2.9 所示。

**表 2.9 台灣主要國產汽車廠牌市場占有率推移**

排名	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
1	中華 25.7%	中華 27.1%	中華 27.2%	中華 26.0%	中華 27.2%	中華 28.9%	國瑞 27.3%	國瑞 30.4%
2	裕隆 20.9%	裕隆 21.1%	國瑞 22.0%	國瑞 22.7%	國瑞 24.2%	國瑞 27.9%	中華 23.9%	中華 21.5%
3	福特六和 19.3%	國瑞 18.3%	裕隆 19.4%	裕隆 19.8%	裕隆 19.1%	裕隆 17.2%	裕隆 18.2%	裕隆 16.3%
4	國瑞 19.1%	福特六和 18.1%	福特六和 15.6%	福特六和 16.2%	福特六和 15.5%	福特六和 16.2%	福特六和 17.7%	福特六和 16.1%
5	三陽 8.1%	三陽 8.3%	三陽 11.4%	三陽 9.9%	三陽 6.9%	太子 2.8%	太子 4.0%	台灣本田 4.4%
占有率 小計	93.0%	93.9%	95.6%	94.6%	93.1%	93.0%	91.1%	88.7%

資料來源：交通部領牌數量，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

#### 6.台灣各汽車廠與國外車廠合作情形

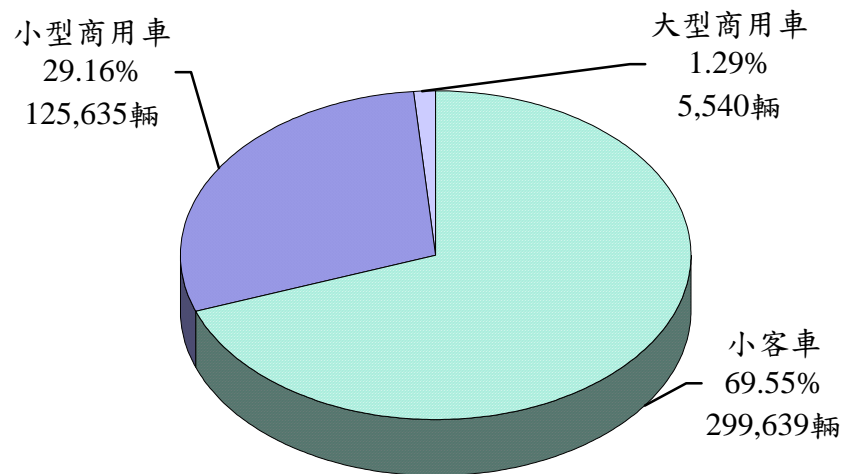
台灣各汽車廠與日本關係最密切，主要的 10 家汽車廠有 7 家與日本有技術合作或合資關係，其餘 3 家則與德國及南韓有合作關係；近幾年來中華汽車與裕隆汽車已開始技術輸出，到中國大陸、東南亞投資設廠。詳如圖 2.3 所示。

#### 7.台灣汽車生產車種結構分析

2004 年台灣汽車生產車種中，小客車約占 69.5%，小型商用車約占 29.2%，大型商用車約占 1.3%。詳如圖 2.4 所示。







註：資料期間為 2004 年。

圖 2.4 台灣汽車生產車種結構分析

### 2.1.5 台灣汽車零組件業概況

#### 1. 台灣汽車零組件業特色

經過 50 年，隨汽車整車廠的發展，台灣汽車零組件業有下列特色：(1)多層次的結構，層層轉包，形成緊密而有效率的分工模式；(2)台灣與國外技術合作之汽車零組件廠中，95%以上的合作對象為日本廠商；(3)台灣汽車零件廠大部分為中小企業；(4)台灣汽車零件業具有少量多樣、彈性製造之優勢，在業者不斷投入研發後，部分項目已初具國際競爭能力；(5)近幾年來，雖然整車內銷市場有震盪起伏的現象，但汽車零件在累積競爭實力後，每年外銷金額均持續擴大。

#### 2. 台灣汽車零組件業大多為中小企業

以車輛公會 2004 年 445 家會員廠為例，台灣汽車零組件業平均員工人數 176 人，平均資本額為新台幣 2.62 億元，大多為中小企業。詳如表 2.10 所示。

表 2.10 台灣汽車零組件業規模

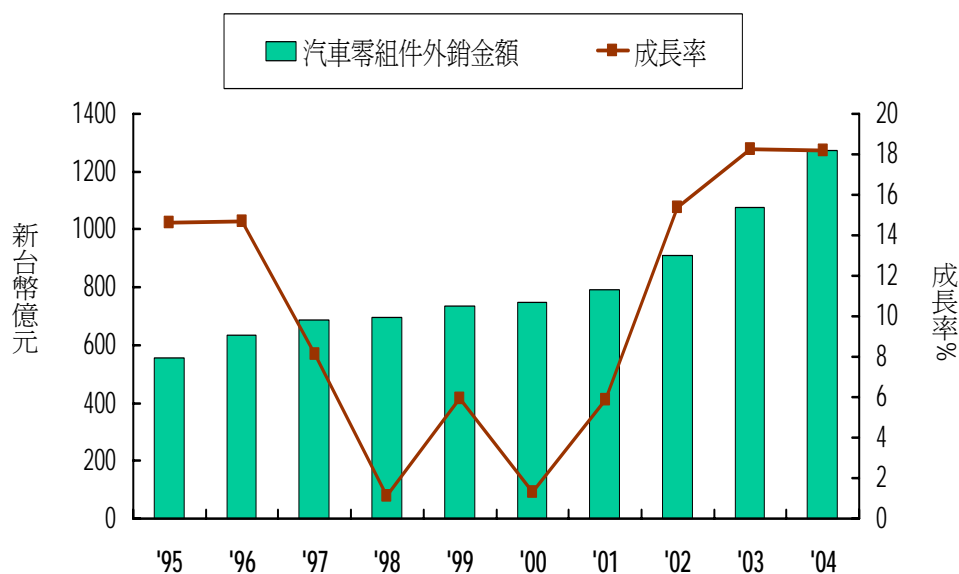
項目	家數	平均資本額(台幣億元)	平均員工人數
引擎零件	65	1.49	128
引擎附屬品	67	4.39	238
電裝品	95	3.06	252
底盤系統	59	4.73	259
鈑金件	41	2.48	131
裝飾品	33	0.70	82
其他	85	0.96	79
合計	445	2.62	176

註：以 2004 年車輛公會 445 家會員廠為例

資料來源：台灣區車輛工業同業公會整理，2004 年。

### 3.台灣汽車零組件外銷金額持續擴大

台灣汽車零組件 2004 年外銷達新台幣 1,073 億元，與 2003 年比較，成長 18.18%。外銷金額持續擴大，零組件已初具國際競爭力。詳如圖 2.5 所示。

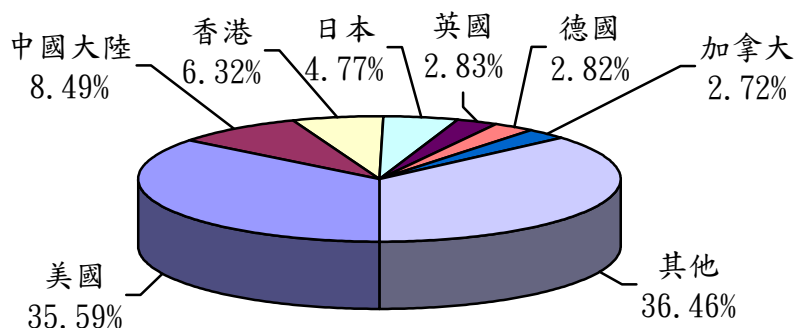


資料來源：海關進出口統計，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

圖 2.5 台灣汽車零組件外銷金額變化

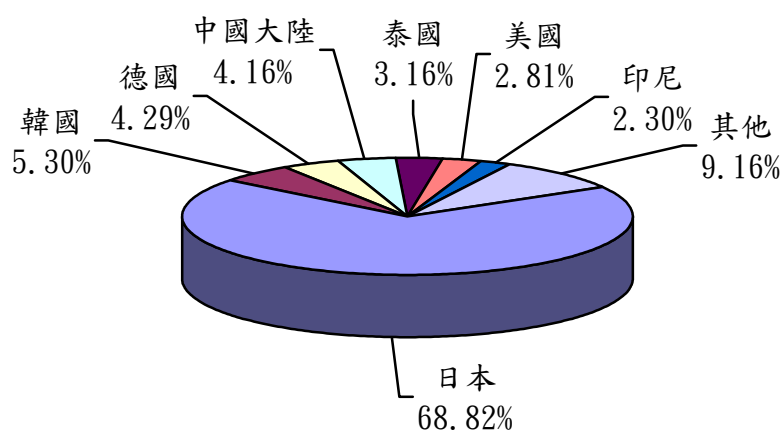
#### 4.台灣汽車零組件進出口概況

2004 年台灣汽車零組件總出口金額為新台幣 1,273 億元，較 2003 年成長 18.18%，其中美國為最大外銷市場占 35.59%，其次為中國大陸占 8.49%，香港占 6.32%，前述 3 地區合計已超過 50%，詳如圖 2.6 所示。2004 年進口金額為新台幣 867 億元，較 2003 年成長 29.44%，其中因我國汽車廠主要與日本技術合作，故最大的進口來源為日本，占總進口金額 68.82%，其次為韓國及德國，分別占總進口金額的 5.30% 及 4.29%，詳如圖 2.7 所示。



資料來源：海關進出口統計，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

圖 2.6 台灣汽車零組件 2004 年出口概況



資料來源：海關進出口統計，台灣區車輛工業同業公會整理，2005 年 4 月。

圖 2.7 台灣汽車零組件 2004 年進口概況

## 2.2 製程概述

### 2.2.1 汽車開發產銷系統

汽車工業是高精度性、高技術性且須高度整合的綜合性產業，產品從市場研究、車型定位、價格設定、規格設定、概念草圖、造型設計、油土模型、系統設計、圖面設計、模具製造採購、零組件製造採購、組裝設備規劃採購、原型車試作、測試、生產前試裝、小批量試生產、大量生產、市場銷售、售後服務到市場情報回饋，經歷企劃、研發、生產製造及銷售階段，開發週期相當長，約需 3~4 年，如圖 2.8 所示。各個不同階段所牽涉到的關聯產業涵蓋市調、服務、模具、設備、零組件製造、經銷商、廣告等行業；而所涉及的專業人才包括行銷、採購、技術、管理等技能。

### 2.2.2 汽車生產製造過程

在整車中心廠的汽車生產組裝過程從引擎零組件機械加工、引擎組裝、鈹金沖壓成型、車身焊接、車身塗裝、裝潢零組件組裝、部分零組件預裝、高架線引擎及底盤零組件組裝，最後進行整車裝配。出廠前還必須通過各項檢驗與測試，確認合格之後，一輛安全可靠的汽車才算生產完成。詳圖 2.9 所示，分述如下：

#### 1.引擎零組件機械加工生產線

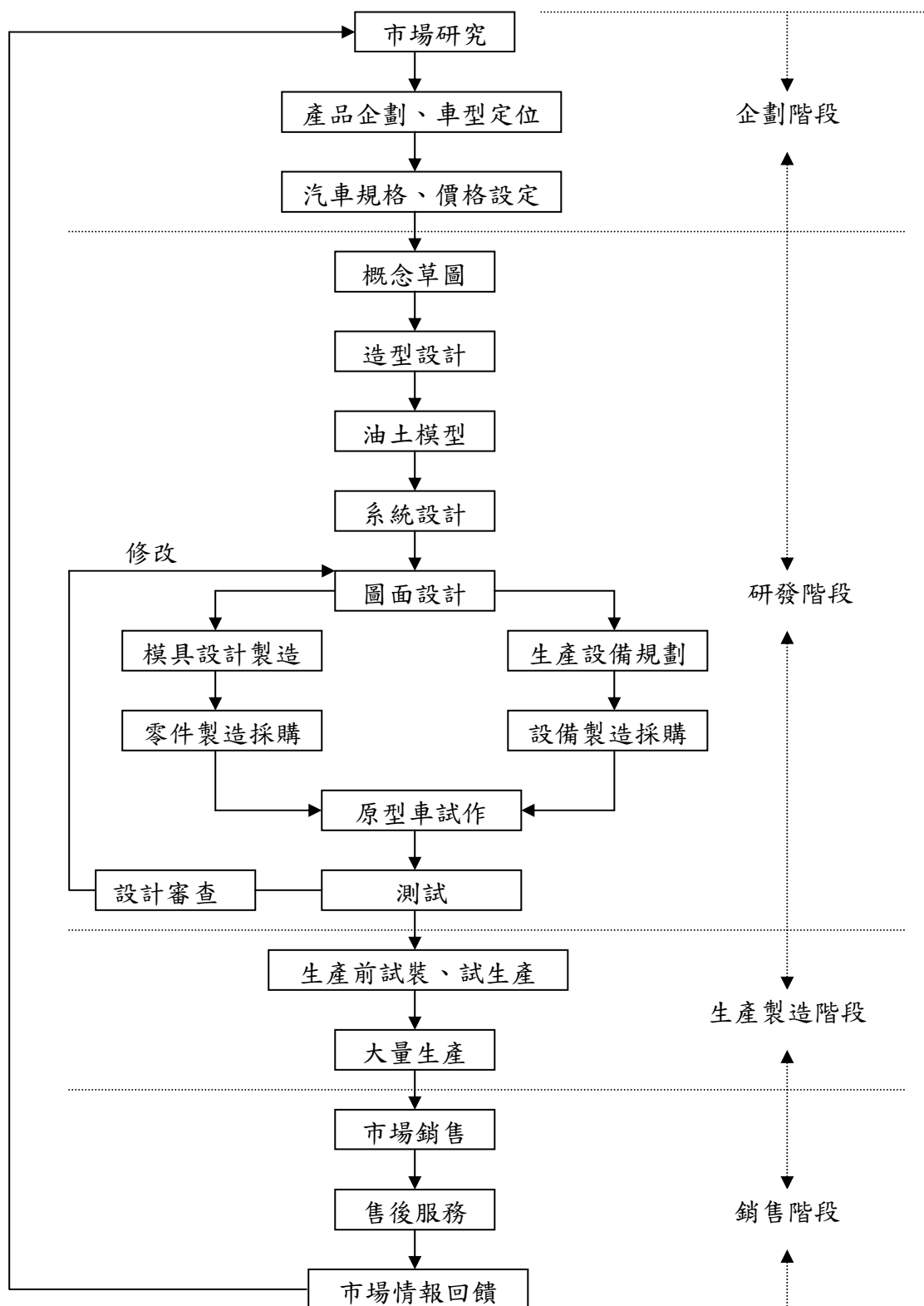
有些汽車廠會自行鑄鍛部分引擎零組件，鑄鍛或採購毛胚在自己的生產線加工，配置 CNC 加工機（進行切削、研磨、鑽孔等）、輸送帶及治夾具、刀具、檢具等，要處理切屑、廢切削油及廢水等廢棄物。

#### 2.引擎組裝生產線

整車廠自行生產一部分引擎零組件，並向國內外採購大部分零組件在廠內組裝生產線組裝，配置輸送帶及治夾具、組裝工具、檢具及馬力試驗機等，組裝引擎本體、潤滑系統、進排氣系統及引擎電裝品（起動馬達、發電機、分電盤等），完成後進行正時點火、馬力、扭力及耐久試驗。

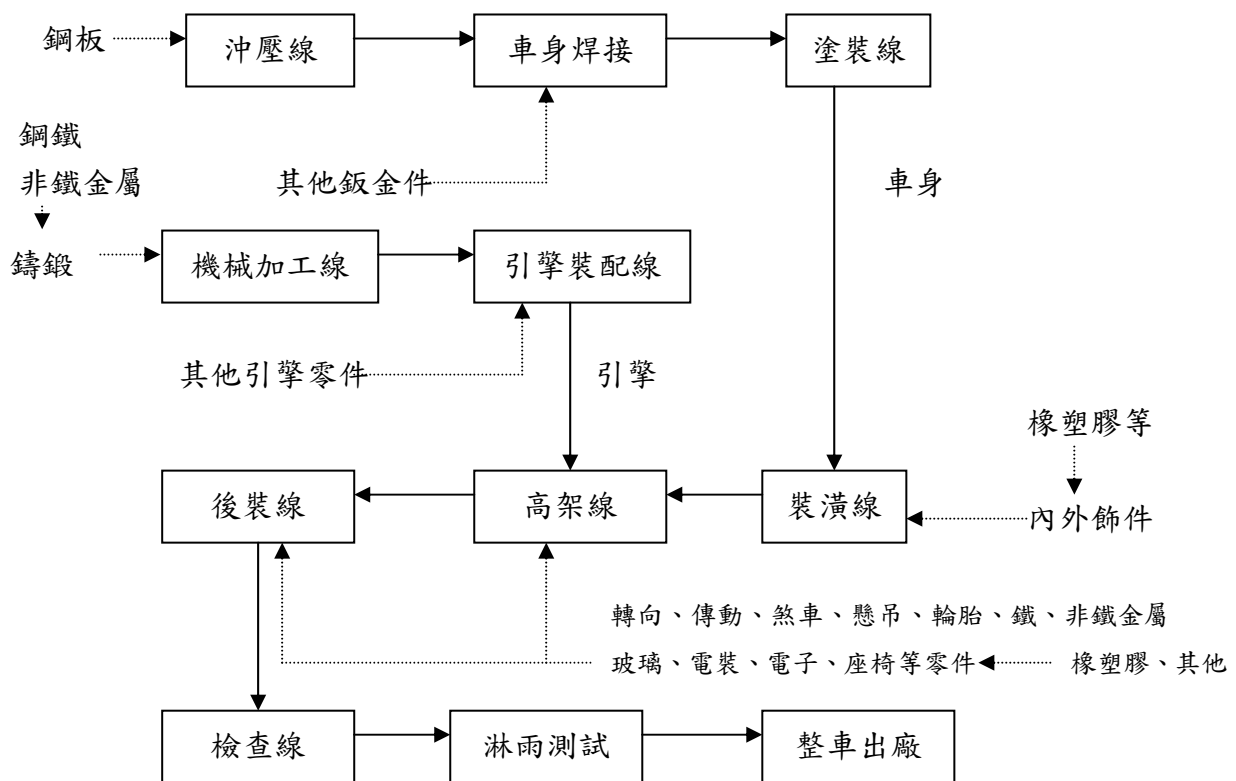
#### 3.鈹金沖壓生產線

因考量搬運及庫存問題，大部分大型鈹金零組件都在整車廠生產製造，生產線配置大型沖壓機（數百噸至數千噸）、梭動機、搬運機器手臂(robot)、模具存放區、產品存放區、天車（模具裝卸搬運用）等。



資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫，台灣區車輛工業同業公會整理，2004 年。

**圖 2.8 汽車研發產銷循環圖**



資料來源：台灣區車輛工業同業公會整理，2004 年。

圖 2.9 汽車生產製造流程

#### 4. 車身焊接生產線

生產線配置治夾具、點焊槍、焊接機器手臂(robot)、梭動機、預焊區。考量工作環境不佳及提高焊接品質，近年來各車廠在主生產線逐漸採用焊接機器手臂(robot)，預焊工作則仍採用人工。

#### 5. 車身塗裝生產線

汽車塗裝的主要目的是防銹及美觀，分為底漆、中塗漆及面漆三個程序。底漆已普遍採用電著(electro-deposition, ED)塗裝，把焊接好的車身裝上車門、引擎蓋、行李廂蓋並固定在台車上，進入清洗槽將鈹金防銹油洗淨，再進行磷酸鹽皮膜處理以增加油漆之附著性，接著浸入充滿底漆的電解槽，車身及底漆分別代表一電極，利用正負極相吸的原理把底漆附著在車身上，接著送入烤爐烤乾再進行中塗漆之噴塗，烤乾後進行面漆之噴塗，如果是銀粉漆的車型還要進行銀粉漆的噴塗，再烤乾後整個塗裝工作即告完成。整個程序利用輸送鍊條

輸送，中塗及面漆因環境惡劣，大都已採用噴漆機器手臂(robot)。為了確保塗裝品質，工作人員均穿著防塵衣、褲、鞋、帽，因此塗裝工廠通常是不允許外賓參觀的。塗裝工廠也要負責漆渣及揮發性有機溶劑(volatile organic compounds, VOCs)等廢棄物的回收與處理。

#### 6. 裝潢線、高架線、後裝線

塗裝好的車身（為便於組裝車廂內部零組件，車門先卸下）以台車輸送到裝潢線，隨輸送移動而組裝機構件與裝潢零組件，接著用吊掛吊到高架線組裝引擎及底盤（傳動、轉向、煞車、懸吊、車軸、車輪等）零組件，接著下到地面的後裝輸送帶上組裝座椅及其他零組件，最後裝上車門及擋風玻璃，整個組裝生產線上的工作即告完成。

#### 7. 檢驗線、淋雨試驗

下線（下了裝配生產線）的汽車開至檢驗線檢查配光、煞車、前輪定位等交通部委託代檢項目（檢驗員必須有技工執照），最後進行淋雨試驗(shower test)，合格後開至存放區準備出廠。

### 2.2.3 汽車零組件生產製造

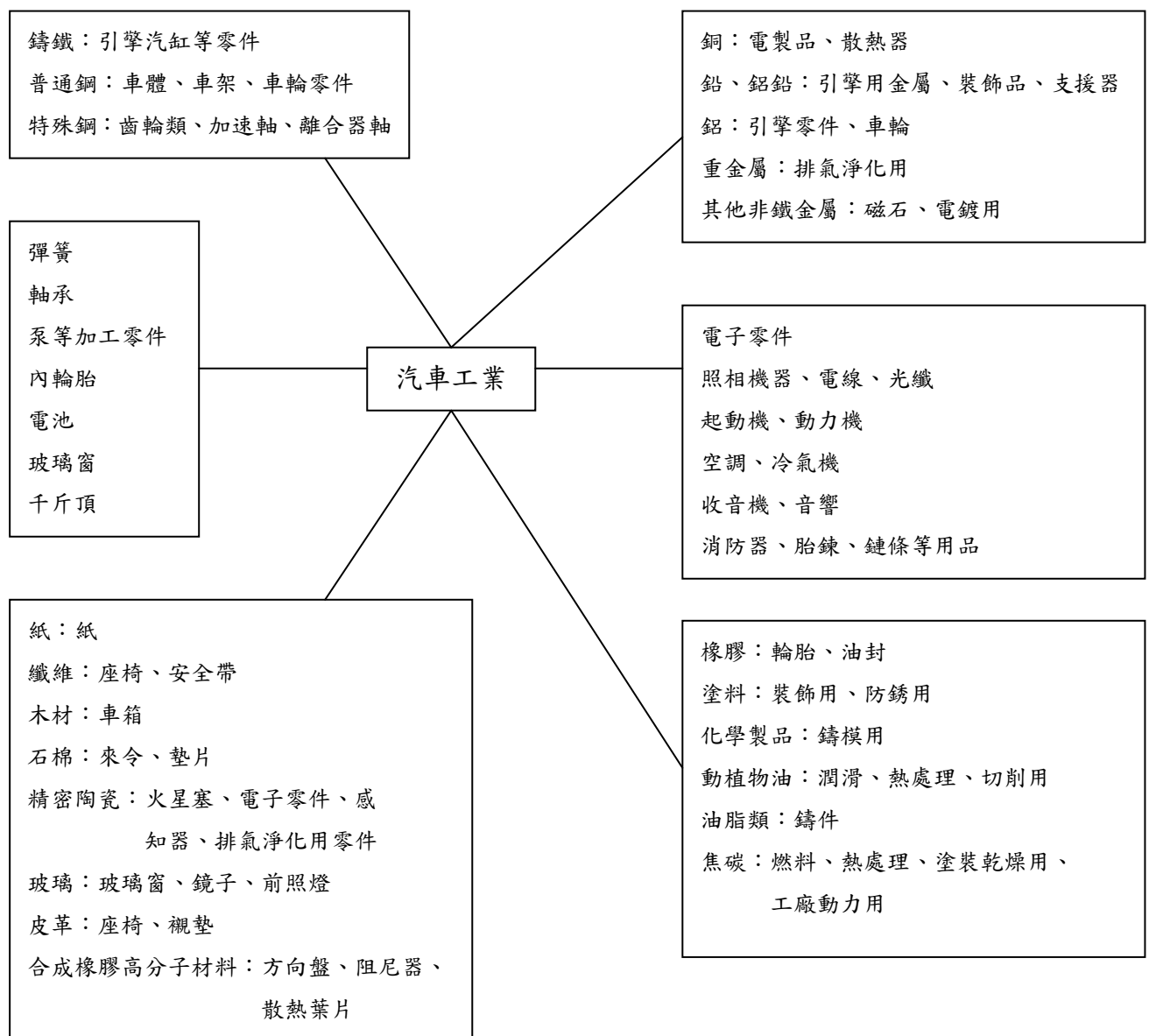
汽車產業是典型的中心衛星工廠體系，除少數引擎及車身鈹金零組件在整車廠自行生產之外，大部分零組件均外包給零組件衛星工廠生產製造，一部分還從國外進口。這些零組件的製造方式包括金屬鑄造、鍛造、機械加工、粉末冶金、抽管與彎管、鈹金沖壓成型、輥壓成型、塑膠射出成型、熱壓成型、吹氣成型、發泡成型、橡膠混練及硫化成型、玻璃強化膠合及烘曲成型與印刷天線、焊接、鉚合、壓入、組裝等。另外為了增加硬度及韌性，有些零組件必須作熱處理（淬火、回火、調質等）；為了增加防銹、美觀、表面精度、功能，有些零組件必須作表面處理（塗裝、電鍍、表面硬化、研磨、珠擊、鏡面蒸著、玻璃撥水處理等）。完成之零組件經過尺寸、材質、功能等之檢驗及硬度、扭力、氣密、防銹、耐老化、耐震、耐壓、耐溫、耐光、耐磨、耐油、耐久等測試合格後，送至整車中心廠的生產線進行組裝工作。

### 2.2.4 汽車使用原材料情形

各種汽車零組件使用的原材料包括鋼鐵(生鐵、冷軋鋼板、熱軋鋼板、高張力鋼板、碳素鋼、彈簧鋼、模具鋼、軸承鋼、不銹鋼、鋼棒、鋼管、各種合金鋼等)、



非鐵金屬(鋁、銅、鉛、鋅、錫、鎳、鉻、鎂、銀、白金、各種合金等)、塑膠(ABS、PP、PE、PVC、PU、壓克力、尼龍等)、樹脂、橡膠(NR、NBR、CR、SBR、EPDM等)、玻璃、陶瓷、皮革、纖維、木材、石棉、矽晶片、硫磺、塗料、紙、複合材料、切削及鑄造用動植物油、清洗用化學品、接著劑等。汽車本身也要用到石油(汽油、柴油)、機油、潤滑油、其他替代燃料等。如圖 2.10 所示。



資料來源：日本自動車産業，工研院 IEK-ITIS 計畫，台灣區車輛工業同業公會整理，2004 年。

**圖 2.10 汽車原材料使用情形**

## 第三章 廢棄物特性與清理現況

### 3.1 廢棄物來源及特性

汽車製造廠主要的製程分別為車身製程、塗裝製程、裝配製程、引擎製程與鑄造製程等幾大類，但因各大汽車製造廠生產產品與產量不同，所以下列主要介紹車身、塗裝、裝配及引擎等四大製程。

車身製程主要為鋼捲原物料進入，經過沖壓工程成型，再經機械手臂焊接之後，經過精密三次元檢查確認後，完成車身整體工程，進入塗裝製程。

塗裝製程係將完成之車身吊裝進入塗裝製程經由塗裝前處理、電著底漆、中塗噴塗、上塗噴塗、底盤防銹及表面亮光處理後送至裝配製程進行裝配。

裝配製程係將引擎送至裝配線上與經塗裝完成之車身進行內裝與外裝及相關油料與冷媒充填作業後，即完成車輛之裝配，而裝配完畢之車輛再經過品管相關程序(漏水檢測、排氣、走行測試..等)即送至成品物流區等待送至全省經銷商。

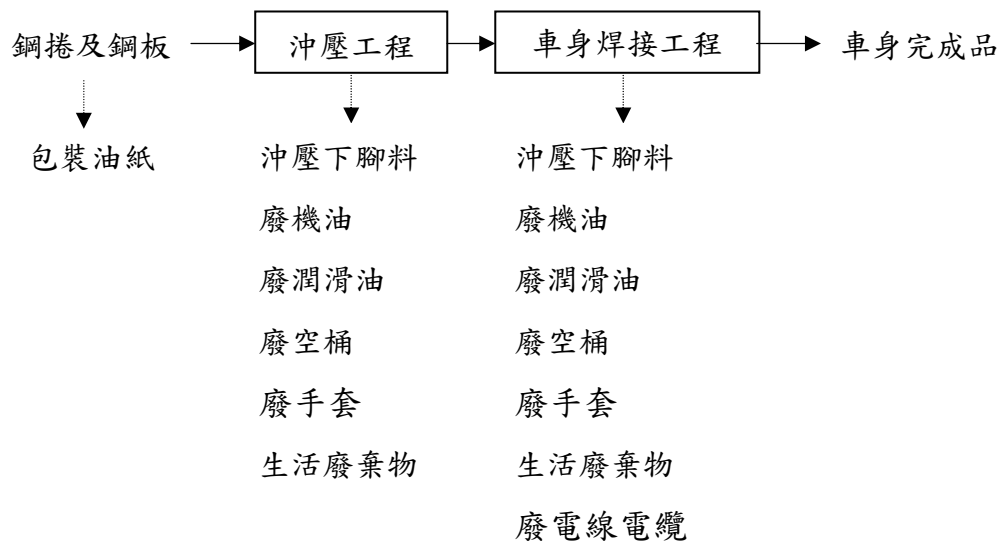
引擎製程係將鐵及鋁鑄件送至引擎加工線進行飛輪加工、煞車鼓加工、噴塗烘烤、引擎裝配及調整測試後，隨即送至裝配製程進行裝配。

#### 3.1.1 車身製程廢棄物

車身製程包括兩個主要的工程，即沖壓工程與車身焊接工程。沖壓工程為鋼捲原料經過各式切割作業，再進入沖壓機械沖壓出車身之主結構，在此工程中最主要的廢棄物為切割及沖壓所剩餘的下腳料，此下腳料為汽車業產生之廢棄物中產生量最多的部分。此下腳料可回收至鋼鐵廠進行熔煉再生。沖壓工程產生之其它種類廢棄物為設備更換產生之廢機油與廢潤滑油。

沖壓工程生產之車身部品，隨後進入車身焊接工程，依生產程序透過機械手臂加工焊接之後，經過檢查完成此一車身製程。車身焊接工程中產生之主要廢棄物為焊接銅極頭，一般汽車製造廠皆會將此極頭加以再製再使用，直到達品質測試不能使用之後，再行更換。此工程也有設備更換產生之廢機油與廢潤滑油。

車身製程所產生之其他廢棄物包括：一般生活廢棄物、廢手套、鋼捲包裝紙、油類空桶及廢電線電纜等幾大類，如圖 3.1 所示。



**圖 3.1 車身製程廢棄物產生概況**

### 3.1.2 塗裝製程廢棄物

汽車製造廠的塗裝製程是整個汽車製造廠的主要污染源，包括空氣污染物排放，廢水排放與廢棄物產出等，其中主要廢棄物包括噴塗過程所產生的漆渣及噴槍清洗廢溶劑與排放至廢水處理廠處理產生的污泥。塗裝製程產生的廢棄物如圖 3.2 所示。漆渣呈黏稠狀外觀，含水率介於 30~40% 之間，其主要固體成分為環氧樹脂及醇酸樹脂等熱固性樹脂，隨顏色差異所含少量重金屬種類亦有所差異，惟經汞、砷、鉛、鎘、鉻、六價鉻、硒等成分之毒性特性溶出試驗(TCLP)大部分能符合相關標準，故大部分屬於一般事業廢棄物。廢溶劑呈液狀外觀，其主要成分為甲苯及乙酸乙酯等有機溶劑，亦含有少量環氧樹脂及醇酸樹脂等熱固性樹脂，其屬於易燃性有害事業廢棄物。廢水污泥呈泥餅狀外觀，含水率介於 60~70% 之間，其主要成分為鐵、鋁、鈣、磷酸鹽及有機高分子助凝劑等，另亦含少量重金屬，惟經汞、砷、鉛、鎘、鉻、六價鉻、硒等成分之毒性特性溶出試驗(TCLP)大部分能符合相關標準，故大部分屬於一般事業廢棄物。

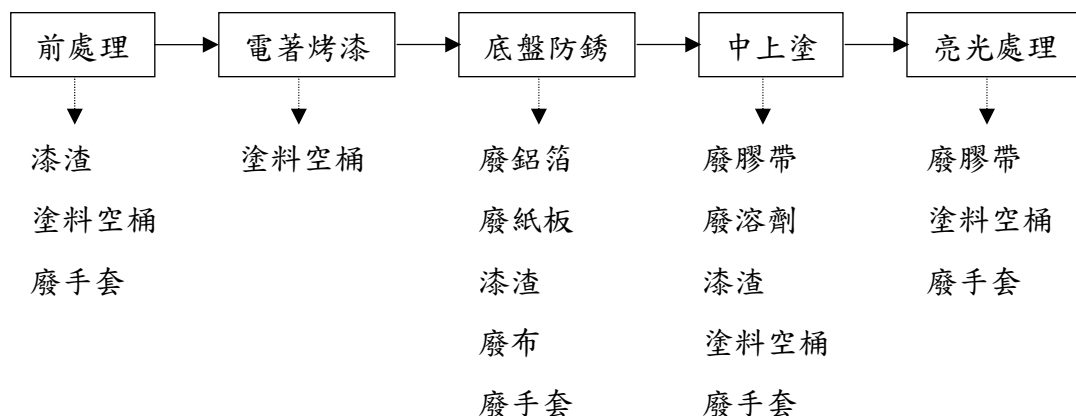


圖 3.2 塗裝製程廢棄物產生概況

### 3.1.3 裝配製程廢棄物

裝配製程為汽車製造廠產出廢棄物種類最多的製程，其主要廢棄物為零件包裝與保護使用之材料如廢鐵架、廢木箱、廢塑膠箱、廢紙箱、廢塑膠袋、廢發泡塑膠、廢紙板及廢手套，以及員工生活廢棄物等。裝配製程產生的廢棄物如圖 3.3 所示。

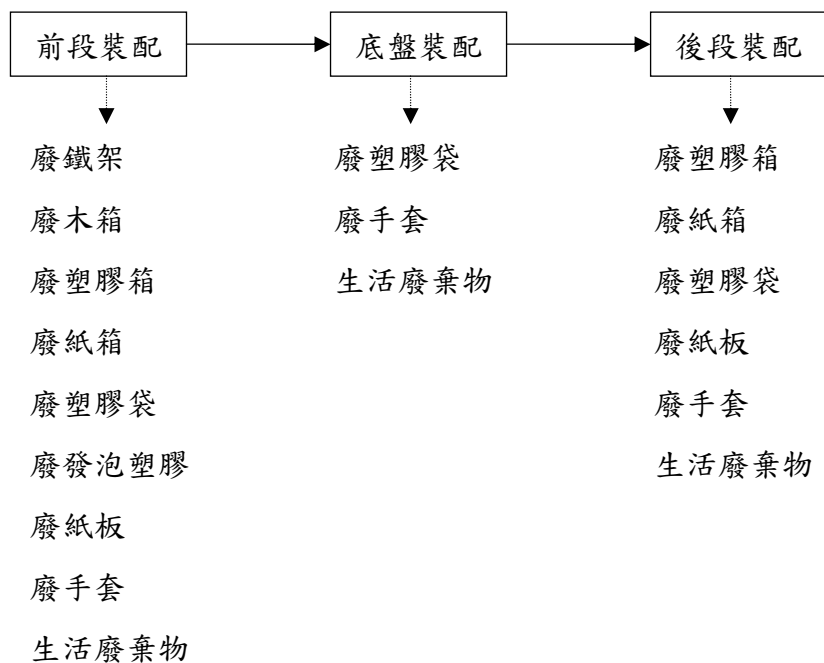


圖 3.3 裝配製程廢棄物產生概況

### 3.1.4 引擎製程廢棄物

引擎製程依各汽車製造廠生產規模及特性不同，部分汽車製造廠設有鑄造製程，進而具有完整的引擎裝配製程能力，但有部分汽車製造廠僅設有引擎裝配與測試調整，更有部分汽車製造廠是完全由國外進口引擎。

一般引擎製程可區分為三大部分，分別為引擎組裝、馬力調整、引擎測試等。其主要廢棄物為零件包裝與保護使用之材料如廢鐵架、廢木箱、廢塑膠箱、廢紙箱、廢塑膠袋等，以及引擎調整測試更換產出的廢機油及廢潤滑油等。引擎製程產生的廢棄物如圖 3.4 所示。

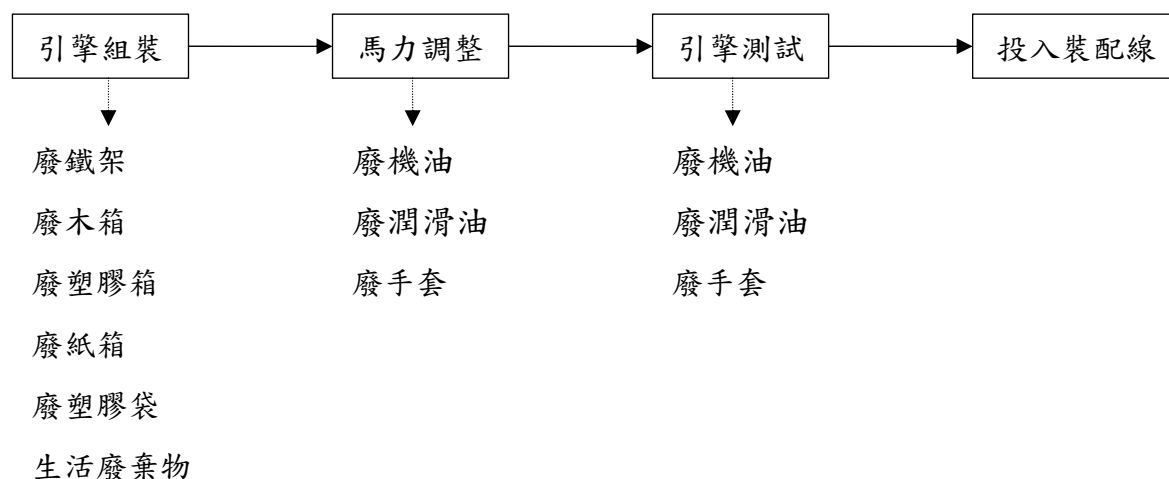


圖 3.4 引擎製程廢棄物產生概況

### 3.1.5 其它廢棄物

#### 1.產生源一：污染防治設施

主要來源為各製程廢氣處理設施產生之粉塵及廢活性碳、廢水處理設施處理後產生之廢水污泥及廢棄物焚化設施產生之灰渣等廢棄物。

#### 2.產生源二：員工辦公室

主要大宗廢棄物為生活廢棄物與紙類兩大類，生活廢棄物包括員工自行攜入廠內的零食與舉辦活動外叫之餐飲，紙類則為員工使用印刷品，包括海報、文件傳送與傳真等，目前各大汽車製造廠也積極推動辦公室作環保活動，包括禁帶外食、雙面印刷、分類箱設置等措施，大量降低此產生源所產生之廢棄物。

### 3.產生源三：員工餐廳與福利社

汽車製造廠因位於工業區或遠離市區，為方便員工皆設有餐廳與福利社，主要廢棄物來源為員工用餐剩下之廚餘，與福利社販賣之各種零食、餐點與飲料食用後所產生之鐵、鋁罐、廢塑膠袋、廢包裝油紙袋、廢利樂包等廢棄物。

### 4.產生源四：廠內工事廢棄物

各汽車製造廠因車市競爭激烈會定期推出新車，現場設備也會因為車型別變更而有所異動，再加上廠房也會定期的更新，因此此類因工事所產生的廢棄物發生量也會不定期的增加，其中產生項目包括廢鐵件、木棧板等。

## 3.2 廢棄物產生量及清理現況

依據 2003 年事業廢棄物上網申報資料進行歸納分析顯示，「汽車製造業」製程及污染防制設施產生之主要廢棄物種類包括灰渣類、廢木材類、廢溶劑類、污泥類、廢塑橡類、廢油類等六大類。上述六大類廢棄物占總申報量之 77.04%，生活垃圾占 21.81%，其他廢棄物占 1.14%，詳細如圖 3.5 及表 3.1 所示。

灰渣類包括廢鑄砂(R-1201)、感應電爐爐渣(R-1204)、焚化爐底渣(D-1103)、噴砂廢棄物(D-2407)、焚化爐飛灰(D-1101)等，合計申報量為 4,859 公噸，占總申報量之 32.86%。廢木材類(R-0701)申報量為 2,970 公噸，占總申報量之 20.08%。廢溶劑類包括廢油漆、漆渣(D-1701)、廢液閃火點小於 60°C(C-0301)、非有害有機廢液或廢溶劑(D-1504)等，合計申報量為 1,850 公噸，占總申報量之 12.51%。污泥類包括無機性污泥(D-0902)、有機性污泥(D-0901)、污泥混合物(D-0999)、電鍍製程之廢水處理污泥(A-8801)等，合計申報量為 1,438 公噸，占總申報量之 9.72%。廢塑橡類包括廢塑膠混合物(D-0299)、廢塑膠容器(PS發泡)(R-0206)、廢橡膠混合物(D-0399)等，合計申報量為 201 公噸，占總申報量之 1.36%。廢油類(D-1799)申報量為 76 公噸，占總申報量之 0.51%。

各類廢棄物申報清理及再利用現況，如表 3.2 所示。經歸納分析顯示廢棄物採焚化、固化及掩埋之比例仍相當高。已部分進行回收再利用之廢棄物分別說明如下：灰渣類回收再利用方式主要為再生砂石粒料。廢木材類回收再利用方式包括再製木箱或棧板、作為磚廠輔助燃料等。廢溶劑類回收再利用方式主要為蒸餾再生。污泥類回收再利用方式主要為乾燥調配製成土壤改良劑或做建材原料。廢塑

橡膠類回收再利用方式主要為再生塑膠粒。廢油類回收再利用方式主要為蒸餾再生。

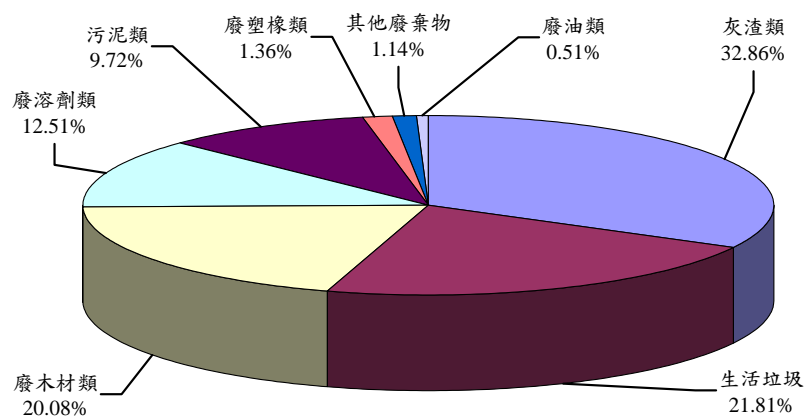


圖 3.5 汽車製造業廢棄物類別分布

表 3.1 汽車製造業各類廢棄物清理及再利用申報量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	自行處理 申報量(公噸)	委託或共同處理 申報量(公噸)	再利用 申報量(公噸)	境外處理 申報量(公噸)	總申報量 (公噸)
R-1201	廢鑄砂	0	0	3,933	0	3,933
D-1801	生活垃圾	94	3,132	0	0	3,226
R-0701	廢木材	0	0	2,970	0	2,970
D-0902	無機性污泥	0	1,263	0	0	1,263
D-1701	廢油漆、漆渣	0	1,012	0	0	1,012
C-0301	廢液閃火點小於 60°C	0	801	0	0	801
R-1204	感應電爐爐渣(石)	0	0	637	0	637
D-1103	焚化爐底渣	0	229	0	0	229
D-0299	廢塑膠混合物	0	162	0	0	162
D-0901	有機性污泥	0	109	0	0	109

表 3.1 汽車製造業各類廢棄物清理及再利用申報量（續）

廢棄物 代碼	廢棄物名稱	自行處理 申報量(公噸)	委託或共同處理 申報量(公噸)	再利用 申報量(公噸)	境外處理 申報量(公噸)	總申報量 (公噸)
D-1799	廢油混合物	0	76	0	0	76
D-0999	污泥混合物	0	59	0	0	59
D-0599	土木或建築廢棄物混合物	0	56	0	0	56
D-2407	噴砂廢棄物	0	52	0	0	52
D-1504	非有害有機廢液或廢溶劑	0	37	0	0	37
D-0699	廢紙混合物	0	32	0	0	32
R-0206	廢塑膠容器(PS 發泡)	0	0	23	0	23
C-0102	鉛及其化合物(總鉛)	0	19	0	0	19
R-0106	廚餘	0	0	18	0	18
D-0399	廢橡膠混合物	0	16	0	0	16
D-0899	廢纖維或其他棉、布等混合物	0	12	0	0	12
E-0201	廢電線電纜	0	0	0	10	10
C-0802	含多氯聯苯之廢變電器其重	0	8	0	0	8
D-1001	焚化爐飛灰	0	8	0	0	8
A-8801	電鍍製程之廢水處理污泥	0	7	0	0	7
R-2408	廢活性碳	0	0	5	0	5
D-0803	廢布	0	4	0	0	4
R-0601	廢紙	0	0	3	0	3
E-0207	不含多氯聯苯(低於 50ppm)但	2	0	0	0	2
合計		96	7,094	7,589	10	14,789

資料來源：事業廢棄物管制中心申報資料，台灣綠色生產力基金會彙整，2004 年。



表 3.2 汽車製造業各類廢棄物申報清理及再利用現況

廢棄物 代碼	廢棄物名稱	自行處理 方式	委託或共同處理方式	再利用方式	境外處理 方式	總申報量 (公噸)
R-1201	廢鑄砂	—	—	再生砂石粒料	—	3,933
D-1801	生活垃圾	焚化處理	焚化處理、掩埋	—	—	3,226
R-0701	廢木材	—	—	再製木箱或棧板、作為磚廠輔助燃料	—	2,970
D-0902	無機性污泥	—	乾燥調配製成土壤改良劑或做建材原料、焚化處理、掩埋	—	—	1,263
D-1701	廢油漆、漆渣	—	蒸餾再生、焚化處理、掩埋	—	—	1,012
C-0301	廢液閃火點小於 60°C（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）	—	蒸餾再生、焚化處理	—	—	801
R-1204	感應電爐爐碴(石)	—	—	再生砂石粒料	—	637
D-1103	焚化爐底渣	—	掩埋	—	—	229
D-0299	廢塑膠混合物	—	焚化處理、掩埋	—	—	162
D-0901	有機性污泥	—	乾燥調配製成土壤改良劑或做建材原料、掩埋	—	—	109
D-1799	廢油混合物	—	蒸餾再生、焚化處理	—	—	76
D-0999	污泥混合物	—	掩埋	—	—	59
D-0599	土木或建築廢棄物混合物	—	掩埋	—	—	56
D-2407	噴砂廢棄物	—	掩埋	—	—	52
D-1504	非有害有機廢液或廢溶劑	—	焚化處理	—	—	37
D-0699	廢紙混合物	—	焚化處理	—	—	32
R-0206	廢塑膠容器(PS 發泡)	—	—	再生塑膠粒	—	23

表 3.2 汽車製造業各類廢棄物申報清理及再利用現況（續）

廢棄物 代碼	廢棄物名稱	自行處理 方式	委託或共同處理方式	再利用方式	境外處理 方式	總申報量 (公噸)
C-0102	鉛及其化合物(總鉛)	—	委託固化處理	—	—	19
R-0106	廚餘	—	—	發酵有機肥	—	18
D-0399	廢橡膠混合物	—	焚化處理	—	—	16
D-0899	廢纖維或其他棉、布等混合物	—	焚化處理	—	—	12
E-0201	廢電線電纜	—	—	—	回收銅及 塑膠	10
C-0802	含多氯聯苯之廢變電器其重量在 百萬分之五十以上	—	拆解、焚化處理	—	—	8
D-1001	焚化爐飛灰(屬一般事業廢棄物者)	—	掩埋	—	—	8
A-8801	電鍍製程之廢水處理污泥	—	委託固化處理	—	—	7
R-2408	廢活性碳	—	—	再生活性碳	—	5
D-0803	廢布	—	焚化處理	—	—	4
R-0601	廢紙	—	—	再生紙製品	—	3
E-0207	不含多氯聯苯(低於 50ppm)但含油 脂之廢變壓器、廢電容器	廠內暫存	—	—	—	2
合計		96	7,094	7,589	10	14,789

註：“—”表無資料

資料來源：事業廢棄物管制中心申報資料，台灣綠色生產力基金會彙整，2004 年。

## 第四章 清潔生產

根據聯合國環境規劃署(UNEP)於 1997 年針對清潔生產(cleaner production, CP)的定義為：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。其強調的不僅是在工業製造過程的污染預防，更涵蓋所有可能會對人類及地球環境產生衝擊的活動範圍，因此清潔生產最主要目的是希望透過污染預防與持續改善，進而去減少成本及增加效率。以製程而言，清潔生產涵蓋節省原料及能源、使用無害物質，並且減少排放物及廢棄物的量及毒性；在產品上，清潔生產在於減少整個產品生命週期(從原料的萃取、產品製造、包裝及運輸、產品使用及最終棄置的階段)對環境的衝擊；在服務上，清潔生產則是在於減少因提供服務而造成環境的影響。依據其重要性，企業在執行清潔生產技術的優先次序上，可區分為下列七項：

- 1.最少量廢棄物的產生(minimize generation)：使化學反應產生最少量的非商業性副產品，及使分離程序產生最少量的廢棄物成分。
- 2.最少量之進料(minimize introduction)：對於次要的原料，例如：水及空氣之進料予以最小化。
- 3.分離與再利用(segregate and reuse)：在廢棄物流產生時，即考慮廢棄物之分流與再利用。
- 4.回收(recycle)：使回收程序成為製程的重要單元之一。
- 5.從廢棄物回收熱能(recover energy value in waste)：從有機溶劑、含 VOCs 氣體與氫氣之焚化。
- 6.排放前之處理(treat for discharge)：藉由生物及物理化學處理來降低廢棄物之危害性及毒性。
- 7.安全處置(safe disposal)：將廢棄物以對人類及環境無害之方式處理。

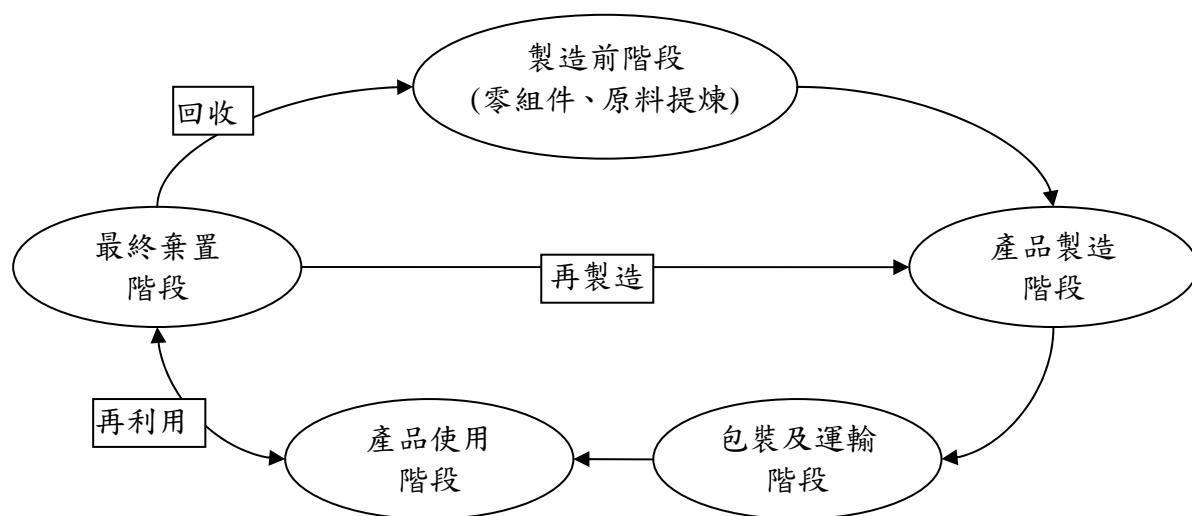
清潔生產被視為是協助產品、製程及服務過程去降低對環境與人類衝擊的重要工具，更是企業邁向永續生存所必經的歷程。簡言之，企業導入清潔生產將可

提升競爭力及國際行銷能力、確保符合環境規範與法規、綠色消費與國際環保潮流及因應逐漸高漲的社區意識。在此章節則以環境化設計的基本概念與優勢、國內外汽車產業執行環境化設計的做法與汽車產業所採行的生產系統及預防浪費措施，分別撰述。

## **4.1 環境化設計**

### **4.1.1 何謂環境化設計**

Fiksel(1996)將環境化設計(design for environment, DfE)定義為：以系統化的方式考量其設計績效，並將環境、衛生與安全等考量面納入產品及製程的所有生命週期中。而產品「環境化設計」概念有系統的擴張，始自 1990 年代初的荷蘭戴魯夫特工科技大學(Delft University of Technology)以西歐為中心開始擴展，爾後一群美國電子公司的研究人員也嘗試將環保訴求整合至產品研發之中，美國環保署更於 1994 年開始推行 DfE 的計畫。環境化設計最主要的目的是希望透過產品生命週期去盤查對環境衝擊的情形，以避免受到環境規範的波及，進而保有其競爭優勢。產品潛在的環境衝擊範圍，可從原物料使用的情形、毒性化學品的逸散、不可再生資源的消耗及過度的能源使用皆然。要改善此種生產程序對環境的影響，並將環境衝擊作為考量的依據，就必須採用生命週期觀念的做法，考量產品生命週期階段與環境之間的相關性。一般而言，一個完整的生命週期涵蓋了製造前(零件、原料提煉)、產品製造、運輸及包裝、使用與維修及最後的處置階段，如圖 4.1 所示。製造前階段，就是產品製造時所必須使用的零件及原物料；而產品製造則是涵蓋公司所有的生產流程，直至產品包裝之前；運輸及包裝是將產品透過運輸系統送達消費者的手中，及產品在運輸過程所使用包裝原料；使用期間是指消費者從開始使用產品至產品棄置前，當然也包括產品維修在內；最終處置則是希望產品能夠回收、再利用及再製造，進而降低廢棄物的產生。



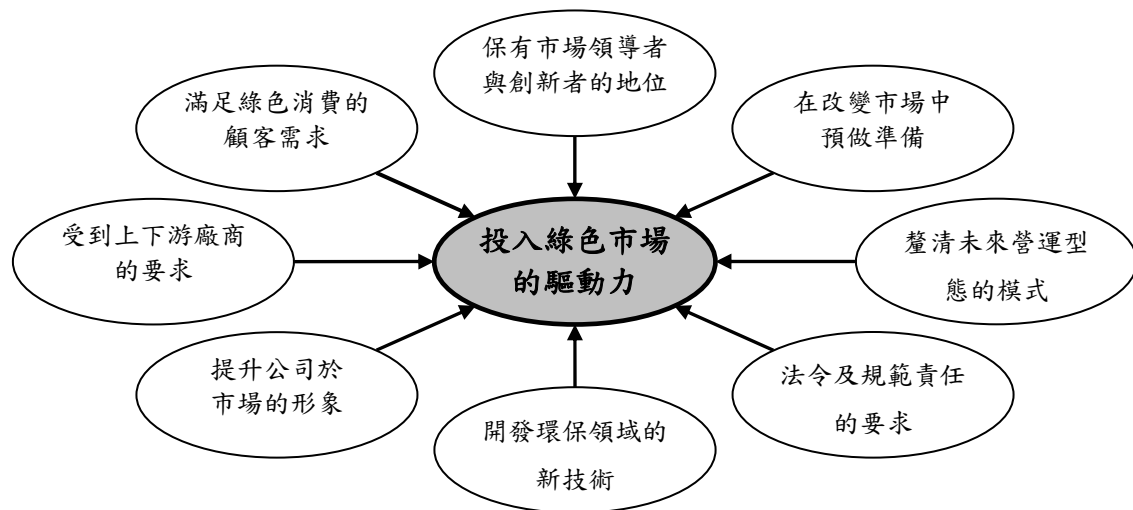
資料來源: Yarwood and Eagan, 2001。

圖 4.1 產品之生命週期

一般而言，產品的生產，其百分之七十至八十的成本，皆取決於設計階段的決策(Kainz *et al.*, 1995)。因此產品設計的策略，將是影響成本最主要的關鍵因素，但要如何藉由設計的步驟來降低成本並落實環境保護，乃是企業的重要課題？因此，環境議題於產品設計規劃的開始端，就應被整合至產品設計的決策程序，不僅可因應相關的環保規範與法令，更可進一步提升其市場的競爭優勢。近年來，環境議題受到高度的關注，使得企業除了要面臨變遷快速及競爭激烈的市場壓力外，尚要考量相關的環境規範及自發性的環保要求，其中又以產品層面的要求最為廣泛，例如：廢電機與電子設備指令(waste electronics and electrical equipment, WEEE)、限制使用危害物質指令(restriction of the use of certain hazardous substance in electrical and electronic equipment, RoHS)、整合性產品政策(integrated product policy, IPP)與延長生產者責任(extended producer responsibility, EPR)。由此可知，這些規範不僅要求企業必須生產對環境友善的產品，更須於產品最終棄置階段負起一定程度的回收與處理責任。以汽車產業而言，歐盟汽車生命終止(end of life vehicle, ELV)指令將要求汽車回收率在 2005 年之前達 85%，這將導致企業於汽車設計階段就需考量最終棄置階段的拆卸動作。

有越來越多的管理者確信將環境衝擊加諸於產品設計的決策之中，對公司有實質的助益。不僅如此，國際的污染防治管理措施也從原先的管末處理(end of pipe)、製程改善(in the pipe)演變至以源頭為管制的管前設計(front the pipe)，而環

境化設計概念正是此落實者。許多跨國企業皆積極投入於綠色產品的研發及設計，從 Xerox, BMW, Philips, Volvo, HP, IBM, Volkswagen 等公司相繼投入相當高比例的經費於新製程、生產技術與設計方法當中，不難看出有許多壓力與優勢驅使著企業投入於綠色市場，如圖 4.2 所示。而從綠色消費意識、綠色行銷趨勢及綠色採購優惠下，DfE 不僅可從要求端去符合各種有關綠色產品的規範，更可從競爭激烈的市場端去營造綠色優勢。從改善產品設計特性的開端，至增加產品市場的競爭優勢，進而達到改善環境品質及落實對永續社會的關懷，皆是環境化設計所呈現的附加價值。在環境化設計的優勢上，絕大部分企業的認知僅侷限於會對環境績效的提升有所助益，卻忽視環境化設計在經濟效益上所扮演的角色及實質績效。Hill(2001)在「product innovation the green advantage: an introduction to design for environment for australian business」提出，環境化設計不只是作為改善環境品質的策略而已，更是開創重大市場行銷潛力的助力。在其所提及的環境化設計效益之中，區分為：經濟優勢(economic benefit)、營運優勢(operational benefit)、行銷優勢(marketing benefit)三大方向，如表 4.1 所示。



資料來源: Lewis *et al.*, 2001。

圖 4.2 企業投入綠色市場的驅動力

**表 4.1 環境化設計之優勢**

種 類	項 目
經濟優勢(economic benefit)	鞏固全球性競爭力
	減少產品的成本
	改變決策策略
	提升公司價值
	確認新的營運商機
	獲得供應商的優勢
營運優勢(operational benefit)	改善與法令之間的關係
	利用責任管理
	建立競爭力
	提升員工士氣
行銷優勢(marketing benefit)	滿足顧客的需求
	改善產品及產品差異化
	增進大眾關係

資料來源：整理自 Hill, 2001。

#### 4.1.2 國內汽車製造業執行環境化設計之做法

國內汽車產業執行產品環境化設計的做法，以福特六和汽車、國瑞汽車、中華汽車及裕隆汽車等作為說明。福特六和公司為提高汽車的回收率，在汽車產品設計階段即導入環境化設計概念。此概念所考量的不僅是原料的回收與減量，更希望的是產品或零組件在最終棄置階段進入回收體系時，能夠提高回收比率，進而降低進入焚化場或掩埋場的數量。其主要做法是以產品完整的生命週期為基石，利用回收意識的設計(recycling-conscious design)、原物料選擇的改良、組裝技術的提升與製程改善，去製造對環境友善的汽車產品。國瑞公司則是以地球溫室氣體減量、都市環境清潔化及可回收材質之使用作為綠色環保設計的理念。裕隆汽車為提升公司之環保形象，及其產品定位與優勢，將產品環境化設計概念導入於零件中心的所有包裝材，以減少作業中多層次包裝材的產生。表 4.2 所示則是針對目前國內汽車產業運用於環境化設計上的作法，在產品製造前階段為：供應商管理、包裝材料、原物料供應、綠色採購；產品製造階段為：節省能資源、低污染原物料的選擇、清潔生產技術的使用；產品運輸及包裝階段為：回收再利用之包裝材料、物流系統；產品使用階段：降低空氣污染物；產品最終棄置階段：提高回收率、服務據點之環境管理作法。

**表 4.2 汽車產業執行環境化設計之作法**

產品生命週期	作 法
產品製造前階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 供應商管理</li> <li>➤ 包裝材料</li> <li>➤ 原物料要求</li> <li>➤ 綠色採購</li> </ul>
產品製造階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 節省能資源</li> <li>➤ 低污染原物料的選擇</li> <li>➤ 清潔生產技術的使用</li> </ul>
產品運輸及包裝階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 回收再利用之包裝材料</li> <li>➤ 物流系統</li> </ul>
產品使用階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 降低空氣污染物</li> </ul>
產品最終棄置階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 提高回收率</li> <li>➤ 服務據點之環境管理作法</li> </ul>

### 1. 產品製造前階段

在產品製造前階段主要是針對供應商本身及其所提供的原物料與零組件為主，從供應商管理、包裝材料、原物料要求與綠色採購等四方面進行說明。

#### (1) 供應商管理

目前在供應商管理上，國內汽車產業要求供應商必須通過環境管理系統的驗證，福特六和公司在 2003 年 7 月前就已協助主要供應商(共 85 家)通過 ISO 14001 的驗證，以提升福特體系的環保形象與因應國際規範的要求，並以持續改善的機制去落實環境保護的精神。國瑞公司則利用該公司的環安委員會做為推動的單位，在 2004 年時所有協力廠商已經有 92% 執行自主推行的做法而獲得 ISO 14001 的驗證，剩下的 8% 則是尚未取得驗證的協力廠，但目前皆積極推行當中。

#### (2) 包裝材料

為了減少資源浪費及提升包裝材料回收再利用，汽車公司針對旗下供應商所提供的原料及零組件之裝置棧板，要求以鐵製棧板取代原有木製棧板，另外還採用折疊式回收料籠與料架與可回收塑膠填充材料，以減少購置木材棧板的成本及資源浪費，更能節省大量倉儲空間。以儀表板的包裝材料為



例，其重量從原來的 1.4 公斤削減為 0.5 公斤，每年節省的總效益可避免 14,500 公斤材料的浪費。此外，原先採用紙箱包裝的國外進口零件，透過生產管理部門與國外廠商檢討包裝後，更改為可重複使用的塑膠盒，其廢棄物削減量可達每月 9.2 公噸，一年則可節省約 110 公噸。另外原先國外輸出鐵箱之分隔鐵架進口後即廢棄，後來將廢棄的鐵管再製作成台車，以降低鐵材的使用量，每日約可達到 15.2 公斤。在因應綠色包裝的趨勢下，國內汽車公司已透過經濟部工業局的協助，將環境化設計概念導入零件包裝材，透過供應鏈上中下游的配合，不僅減少原物料的用量，其經濟效益更達到 235 萬元/年。

### (3) 原物料要求

在原物料管理上，國內汽車公司的主要做法可區分為兩大類，其一是要要求第一線(tier 1)供應商必須符合公司所訂定之「限用物質管制標準」，該管制標準是公司對所購買生產用或非生產用的原物料與零組件之管理措施，內容含有 10,861 種化學物品，並依據各種化學物質對環境衝擊程度的差異，而區分為禁用、限用與報告等三種管制方式。主要目的是希望供應商在製造過程，能夠將環境衝擊考量至原物料及零組件之中，進而去提升汽車的回收率與再利用性。除此之外，更要求所有供應商必須提供所有危害物質的物質安全資料表(material safety data sheet, MSDS)，並明確標示於容器與包裝上，以方便使用危害物質之員工了解與辨識。另一則是針對化學物質進行管理，制定有 457 種的污染物釋出及轉運申報制度(pollutant release and transfer registers, PRTR)的物質，透過危害物質清單對於全廠使用之化學物質逐一清查，並自行設計出化學物質查詢系統，定期清查與管理該公司所使用的化學物質。整個系統涵蓋三種資料庫，包括汽車製造公司本身的規定、環保署規定與母公司的要求，每當導入新原(物)料時就可以透過此系統去查詢物質是否為管制物質，而供應商也必須在新品導入時提出申請，在取得同意後才可以進行貨品供貨。

### (4) 綠色採購

汽車製造公司為了善盡對環境保護之責，並及早因應我國加入 WTO 後，可能遭受到國際間對於汽車零組件產品所含的毒性管制物質、運輸與產品材料之限制等相關法規要求的非關稅壁壘，建置「汽車材料管理應用平台」。該管理應用平台結合學術與研究單位，計畫內容涵蓋限用物質管制之標準建置、跨國性汽車用材料之管制平台、高環境效益材料之管理平台、供

應鏈綠色材料管制平台與汽車暨零組件業廠商之綠色生產技術基盤建置。在未來，所有供應商必須經由全球性物料審核程序的核可，透過禁用、限用、列入觀察及可用四種分類查核後，確認其所提供的原物料或零組件是對環境友善的，方可登錄於綠色供應鏈的名單之中。此外，在環保化運動已成為全球製造業者努力的方向與潮流，在豐田汽車的環境憲章中，對於 21 世紀的貢獻也有明顯的標的就是一以環保協商遍及我們商業活動的範圍即達成污染排放零成長目標。在環境政策當中也要求新的原物料及製程需評估對環境的影響，來降低環境的衝擊。因此，在推動綠色採購的過程當中，將供應商區分為第一類直接原料供應商、第二類間接原料供應商及第三類的零、組件供應商。在這三類廠商之中，該公司訂出兩項目標，分別為通過 ISO14001 驗證與危害物質的控制，經由採購部門與環境部門來負責，再透過環安委員會的運作來達成目標。

## 2. 產品製造階段

在產品製造階段主要以節省能資源、低污染原物料的選擇及清潔生產技術的應用，來說明汽車製造業執行環境化設計的措施。在汽車製造過程，塗裝製程為主要污染源，因該製程在前處理會產生廢水、噴塗作業會產生廢漆與VOC<sub>s</sub>的排放、烤爐則會有VOC<sub>s</sub>、燃燒機則會有SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>與粒狀物等污染物，目前業界則是採以直燃式或蓄熱式焚化爐作為管末處理的污染防制設備。

### (1) 節省能資源

#### A. 節省水資源

在汽車製造過程，車體表面塗裝製程會耗用大量的水資源，因此在節省水資源方面的主要作法是以塗裝製程的改善為主。以下即分別針對國內汽車公司於節省水資源方面的作法進行闡述：

##### a. 前處理製程更新：

在塗裝廠前處理製程方面，利用油水分離系統、純水回收再利用系統及用水回收重複使用來降低用水量。在純水回收槽的過程把整個純水回收率提升至 85%，並將傳統的噴灑式處理方式改為浸泡式，將廢棄物(鐵渣、油)收集及水資源重複使用，每年可節省用水量約 1.8%。

b.地下管路更新：

由於地下消防水管路漏水嚴重，因此先選擇漏水最嚴重的部分進行改善，將原先的鑄鐵管更換為新管，採用不銹鋼管並以 50cm 混凝土包覆，而跨越道路的地下管路則以套管處理，每年可節省水資源約 54%。

c.空壓房循環水回收再利用：

除了將空壓房冷卻水池之循環水回收至引擎廠廁所沖洗使用外，增設泵浦及儲水桶，並依廁所用水量，讓泵浦自動抽取冷卻水至儲水桶供廁所使用，且清水即可自行注入冷卻水池以維持冷卻水之水質，每年可節省用水量約 0.14%。

d.清洗污泥脫水機系統改善：

原先是以地下水作為污泥脫水機的清洗水，改善後將放流水處理後回收至回收水塔，作為污泥脫水機濾布的清潔用水，每年可減少用水量約 2.1%。

e.裝配廠漏水試驗間修改設備：

在裝配廠漏水試驗間修改設備上，將原先使用油類潤滑式輸送帶的方式改為免潤滑式輸送，因輸送帶磨損間隙大且無法含住潤滑油，加上漏水試驗用水沖刷會加速潤滑油流失，且漏水試驗用水更換頻率為每週 80 m<sup>3</sup>。現在所使用的免潤滑式輸送，因無潤滑油漏水試驗用水沖刷，漏水試驗用水的品質可保持長時間使用，讓漏水試驗用水更換頻率變成八週 80 m<sup>3</sup>，每年可節省用水量約 0.94%。

f.廢水放流水回收再利用：

將廢水處理廠最終處理過後之放流水利用泵浦送至塗裝各槽體清洗，而使用清掃過後之污水則再回至廢水處理廠處理，循環再使用，每年可節省用水量約 1.15%。

g.空調吸收式冷凍機熱水回收：

塗裝廠空調吸收式冷凍機使用蒸汽後，轉為熱水利用回收裝置收集，自動送回至鍋爐軟水槽再使用，每年可節省用水量約 3.3%。

h. 空調冷凝水二次回收再利用改善：

空調冷凝水(24°C)排放後，經配管回收至空調冷卻水塔後，排至塗裝泊池再利用，每年可節省用水量約 10.4%。

B. 節省能源

由於目前能源使用過程最大的問題在於會產生大量的二氧化碳，造成溫室效應，而過去對於能源使用上大都採用柴油發電，近來為因應溫室氣體排放的管制，大都採用更乾淨的天然氣能源系統。以福特六和公司為例，對汽車製造過程能資源的耗用進行有效的管理，由各場區主管成立能源管理小組，以各場區之生產主任與維護主管為架構，設立各廠區電力耗用之管制標準，採行各項電力節能措施。例如：負載及峰質管理、更換採用高效率及省能設備、制定能源效率管理程序、假日空壓房停機管制、每月進行空氣管路漏氣偵測及各場區維護與廠務工程組人員定期檢修、降低與台電之契約容量，倡導節約用電、辦公室用電宣導和塗裝場採用液態天然氣(LNG)燃燒系統，以減少硫氧化物及氮氧化物的排放等。國內對於節省能源的主要做法如下：

a. 採用天然氣系統：

將塗裝廠由原來的柴油發電改由液化天然氣，每年可削減 6.7% 硫氧化物、5.8% 氮氧化物、21% PM<sub>10</sub> 與 0.02% 二氧化碳。

b. 點銲槍之改善：

手噴作業噴槍由高量低壓改採低量中壓型式之靜電噴槍，並採用中塗自動噴塗換色裝置，使自動噴塗設備參數最佳化，有效的提高噴塗效率減少原物料的使用。除此之外，增加銲槍定位盤節省點焊作業，每年可節省的電費約 70%。

c. 水研工程廢除改善：

利用工程改善的手法，提高中塗塗裝品質，降低不良點數，減少研磨工程後，將水研工程廢除，每年可節省電力及天然氣的使用量，並抑制二氧化碳的排出。

d.低溫化成材導入：

將原先化成材料改為低溫材料，前處理化成槽溫度可以由 40 降至 35，以減低加溫蒸汽之用量，並可降低天然氣用量及抑制二氧化碳的排放。

e.廠區壓縮空氣使用改善：

以修補漏氣、降低供氣壓力、調整開關時間及供氣分布的規劃與調整方式，降低空壓機用電量，減少用電成本及抑制二氧化碳的排放。

f.省電器導入：

利用供電系統中電壓與電流變動的原理，調整設備負載損失，提升供電效能。

裕隆汽車公司則在節省能資源的措施上，增設空壓管及氣源電控閥，分區控管壓縮空氣用量，降低空壓機馬達運轉；油漆場中面塗自動機設置專用管線，降低系統供氣壓力及空壓機馬達運轉；生產線照明分路增設分段按鈕開關；增設低壓電容器及自動功率因數調整器，以降低線路電力損失；在車裝、油漆、引擎廠及工程中心，增設節電照明迴路共 19 組。藉由上述的作法，來降低二氧化碳的排放、節省電力及節省成本。

(2)低污染原物料的選擇

為了降低使用鉻於產品上，將原先鍍鉻零件以雙模具取代單一模具、其他材質取代六價鉻( $\text{Cr}^{+6}$ )的使用、以 $\text{Cr}^{+3}$ 電鍍取代 $\text{Cr}^{+6}$ 試作方案及針對 $\text{Cr}^{+6}$ 進行總量管制等方案，並針對本土製飾鉻處理之零件評估 $\text{Cr}^{+3}$ 及其他材質取代之技術。另外使用複合性材質之零件取代單一零件，以減少鍍鉻量及降低對環境的衝擊。在PVC上，則是以PU材質作為開發的方向，利用可回收之PU來取代無法回收之PVC皮膜，減少廢棄物的量。而裕隆汽車則是取消鉻酸處理，以溢流之純水取代，故可減少每年 1,700 公斤鉻酸的使用量，節省購置鉻酸、廢水處理藥劑及廢水檢測成本。除此之外，以導入低污染性ED-5 塗料，取代ED-32 電著塗料，來降低 $\text{VOC}_s$ 的排放，及減少對作業區及外界環境的污染。

(3)清潔生產技術的應用

車輛在塗裝過程，噴漆與清潔是產業污染物的主要來源，因此清潔生產

技術主要是針對塗裝製程的改善，從目前國內汽車產業的做法來看，除了在節水與節能的做法與效益之外，更在噴塗技術、溶劑回收、塗料及提升產品與效率上作努力，以下即針對目前國內汽車產業的做法，分別闡述：

#### A.前處理製程更新

將塗裝前處理製程由原來的浸泡式節水系統，改採油水分離、旋風分離磁選及純水回收系統，提高製程用水水質與減少製程用水量約 1.8%。除此之外，還增加車子的防銹能力，由原先三年六萬的保固期提升至六年十萬公里，並改善生產力與提高產能。

#### B.手噴作業改善

手噴作業之噴槍由高量低壓改採低量中壓型式之靜電噴槍，並採用中塗自動噴塗換色機構，使自動噴塗設備參數最佳化，有效的提高噴塗效率減少原物料的使用。

#### C.噴塗清洗溶劑回收

實施自動噴塗換色設備改裝及溶劑/塗料回收方案，於塗裝廠內增設廢溶劑回收裝置及安裝回收管路，將換色前清洗噴槍及管路所產生之廢溶劑，導入漏斗收集於廢溶劑回收裝置之中，以回收再使用。

#### D.前處理低溫化成材的導入

為了配合環境政策與原料削減之目標，在塗裝廠前處理製程內導入低溫化材料，將既有之化成材替換為新規之化成材，整體降低蒸氣用量約 12%、每年降低約 4.9%的天然氣用量、抑制每年約 0.6%的二氧化碳排放與每年可以節省約 584,000 元。

### 3.產品包裝及運輸階段

#### (1)回收再利用之包裝材料

一般而言，進出口材料為了防止在運送過程的撞擊或震動而使產品受損，會於產品包裝內放置塑膠填充材料，而經測試此類塑膠填充材料，可回收再利用做為出口零件的填充材料。目前，在出口外銷上則是採用此類回收再利用的包裝材料設計，將回收塑膠作為外銷車輛的填充材料，進而減少廢棄物處理成本、購買新品成本及降低資源耗竭。

## (2)物流系統

以國瑞公司而言，要求楊梅物流中心需建置 ISO14001 之環境管理系統，透過作業管制程序去規範所篩選出之重大環境考量面，進而去落實「污染預防」與「持續改善」精神。例如：在防銹噴塗/上蠟作業，則是藉由作業場地設備維護、防護器材購買與更換、改善有機溶劑放置、加強有害事業廢棄物貯存與管理與加強機器設備保養與維護等措施，達到改善的績效。而福特六和公司則是興建具有節水節能之綠建築的物流中心，採用輕量鋼骨結構，鋼承板系統，輕量乾式隔間，符合再生回收建材規定。以符合綠建築之日常節能指標、二氧化碳減量指標及水資源指標。

## 4.產品使用階段

汽車屬於移動性污染源，且於道路行駛過程會排放出大量的污染物，所以除了生產的車輛皆符合環保法規之外，綠色採購與清潔生產亦成為汽車製造公司重要的推動課題。在此理念下，綠色環保設計方面可區分為地球溫室效應氣體減量、都市環境清潔化與可回收材質之使用。在廢氣減量上，主要設計理念與實績分別為車體表面平整化設計、車輛流線化設計、底盤組件適合化與 VVT-i 引擎設計，來降低二氧化碳與碳氫化合物(HC)之排放。在環保冷媒使用上，從之前使用的 R-12 改為 R-134a，以配合蒙特婁議定書的規定，不僅可降低 CFC 之逸散更可提高其傳熱效率。而在都市清潔化上，設計項目包括三次元觸媒設計、空氣燃油比例補償裝置、點火證實控制裝置及燃料蒸發氣抑制裝置，可降低 50% 以上因冷車時碳氫化合物與氮氧化合物的排放。

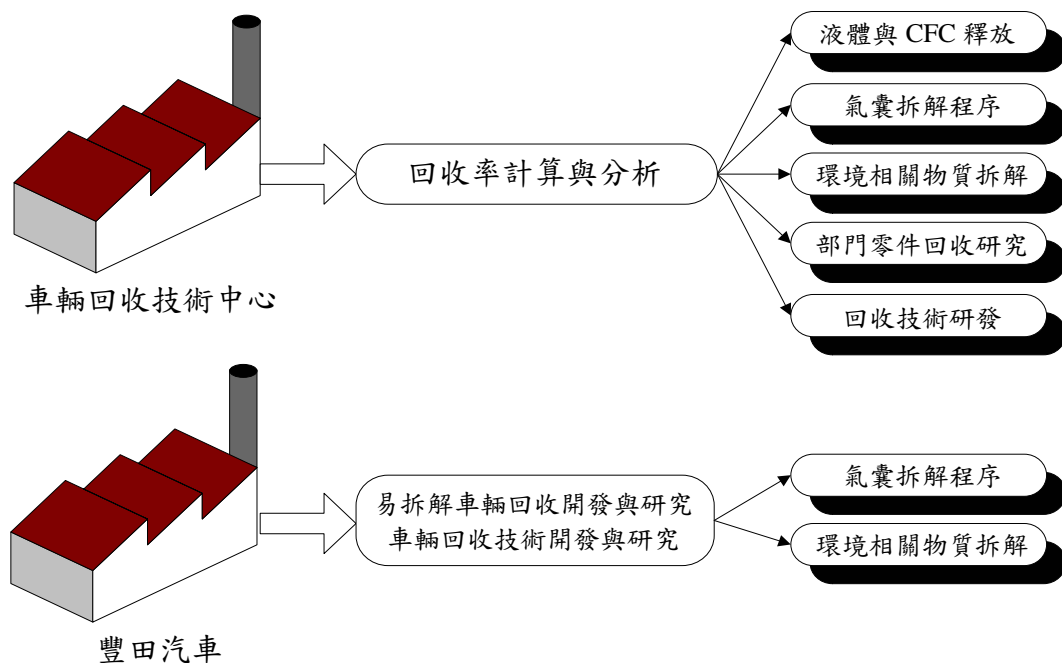
## 5.產品最終棄置階段

### (1)提高回收率

為了提高產品回收率，福特汽車承諾在 2005 年底之前，所有車款的平均回收率需達 85%，以呈現對環境友善的程度。因此，在產品設計階段即納入易拆卸及材料單一化的考量，以方便未來於產品最終棄置階段的回收動作。目前所採行的方案則依據福特公司內部標準自製零件標示，依設計圖標示規定逐項查核其符合度，並提供未來汽車在回收處理上的可行方針，使產品易於回收。另者乃是在產品設計時即考慮回收率問題(易拆解、材質單一化)，儘可能讓材質單一化，以利回收工作。由於車輛零組件及材料最終回收程度，大都取決於不被污染且最短時間內可被拆除或分選的程度，因此固緊

螺絲的數量、規格不一致與螺絲鏽死，皆是造成零件拆解的困難。其因應方式有：(a)在汽車每一個零件固定處，使用最少數量的螺絲/螺栓/卯釘/螺帽形狀/螺帽規格；(b)降低固緊物的數量與型態的變化；(c)金屬固緊物或縫墊應使用鐵質，以方便破碎後可以磁選回收；(d)固緊物位置應便於拆卸動作的進行；(e)固緊方式的選擇應考量與被固定物材質的相容性。

在國瑞公司，為了提升車輛之資源回收率，豐田汽車於 90 年 4 月成立了車輛回收中心，其目標就是為了將車輛回收率從 2004 年前的 85% 提升至 95%。主要研究方向為“車輛結構易拆解與技術之研發”，車輛回收技術中心先進行回收率計算與分析，進而去執行液體與 CFC 釋放、氣囊拆解程序、環境相關物質拆解、部品零件回收研究與回收技術的研發等工作。而豐田汽車的車輛設計部門與技術開發部門，則是負責易拆解車輛回收開發與研究和車輛回收技術開發與研究的項目，兩者則從設計階段與最終棄置階段相互進行配合，以降低對環境衝擊，如圖 4.3 所示。



資料來源：國瑞公司 2002 年環境報告書，2002。

圖 4.3 豐田汽車綠色技術之程序與相關性



## (2)服務據點之環境管理作法

在服務據點的環境管理推動上，除要求所有回收商配合 CFC 冷媒的回收、廢潤滑油、廢電瓶及輪胎回收外。國內汽車廠更要求其經銷商在全省服務據點進行環境管理的規劃與推動，制訂服務據點的環境指導手冊”，必須達成每年度所要求的環境改善作法，例如：「R134a 冷媒回收再利用」與「廢棄物的正確處理」。在回收冷媒上，則要求每一服務據點需配置適量的 R134a 冷媒回收機，以降低對溫室效應的衝擊；在廢棄物處理上，則以符合環保法規為前提，設置廢棄物回收貯存容器，以建立清除處理的管道，以利將環境的衝擊降至最低。

### 4.1.3 國外汽車產業執行環境化設計之作法

Volvo 汽車創始於 1927 年，其中最引人注目的是在其製造汽車的過程當中，皆以安全、品質及環境保護準則為圭臬。Volvo 公司認為在環境的觀點上，很難清楚去界定環境友善(environment friendly)的情形，因為不同的車子對於環境會產生不同程度與類別的衝擊情形。因此，Volvo 汽車公司在環境產品宣言(environmental product declaration, EPD)上，透過產品生命週期的概念，來表達對環境影響的情形。在過去的三十年來，Volvo 汽車也一直致力於降低生產廠房對環境重大的影響，例如：塗裝製程的溶劑問題一直被視為是汽車產業的主要污染源，但 Volvo 仍將此問題視為相當重要的議題。以瑞典的 Torslanda 廠為例，該廠從 70 年代以來已經減少超過 90%的溶劑使用，而建於 1991 年 Torslanda 廠的車身噴塗部分，至今仍是汽車產業溶劑使用量最低的廠房之一。除此之外，獨立生產零組件的供應商占 Volvo 汽車全部的 65~70%之多，而當這些零組件成為 Volvo 汽車產品的一部分時，供應商就必須有責任去因應環境議題的能力。為此，Volvo 汽車決定所有供應商必須執行或導入相關的環境管理系統，這將致使供應商在每一個環節上必須納入環境的層面。在 2003 年 12 月 31 日前，Volvo 汽車更要求所有供應商所執行的環境管理系統需通過第三者驗證，截至 2003 年 5 月 15 日止，已經有 60%的供應商通過驗證。為了確保 Volvo 與所有供應商皆符合汽車生命終止(ELV)法令，Volvo 汽車還要求供應商必須提供有關原物料及生產原物料的報告。於本章，將從 Volvo 公司對於環境保護上所採行的做法、綠色產品開發與設計及綠色供應鏈之做法，概述其執行內容。

## 1.生產過程

### (1)持續改善

從 1960 年代以來，Volvo 汽車就致力於生產廠址環境績效的改善，例如：裝置多項清潔生產的技術，降低水污染、空氣污染與有害物質的排放。然而，這些技術並無法解決能源消耗的問題，因此 Volvo 汽車將降低能源消耗的問題視為當前最重要的環境目標之一。

### (2)溶劑排放

在過去 30 年來，汽車在生產過程所排放的溶劑，一直被大家視為主要的污染源。因為這些溶劑含有相當高的濃度，會影響人體的健康並破壞大氣的臭氧層，所以減少溶劑的使用被視為最優先的作法。以 Torslanda 廠來說，溶劑的使用已經從 1977 年的 30 公斤/車削減至 2002 年的 1.6 公斤/車。

### (3)化學品使用

超過 10,000,000 種為人們所知道的化學品，有將近 30,000 種被使用在產業界。對於社會而言，這些化學品的使用被歸納為環境議題，因為在其使用過程會對環境及人們產生危害。在 1991 年，Volvo 汽車建置了一個涵蓋 5,000 種化學品的資料庫，並致力於減少化學品於生產製程的使用，更將產生危害的物質從生產過程中移除。從 1990 年代開始，Volvo 汽車已經開始使用化學品物質管制標準，這些標準比相關的法令還要嚴格，例如：氟氯碳化合物 (CFCs)、石棉與水銀等物質皆在法令尚未實施時已經逐步禁用。

### (4)能源消耗

因為在汽車製造過程會耗用掉大量的能源，所以 Volvo 汽車正致力於減少能源的消耗，Volvo 廠房主要是以天然氣作為替代能源，且 Torslanda 廠則是利用煉油廠所產生的餘熱作為能源的一部分。

### (5)水資源消耗

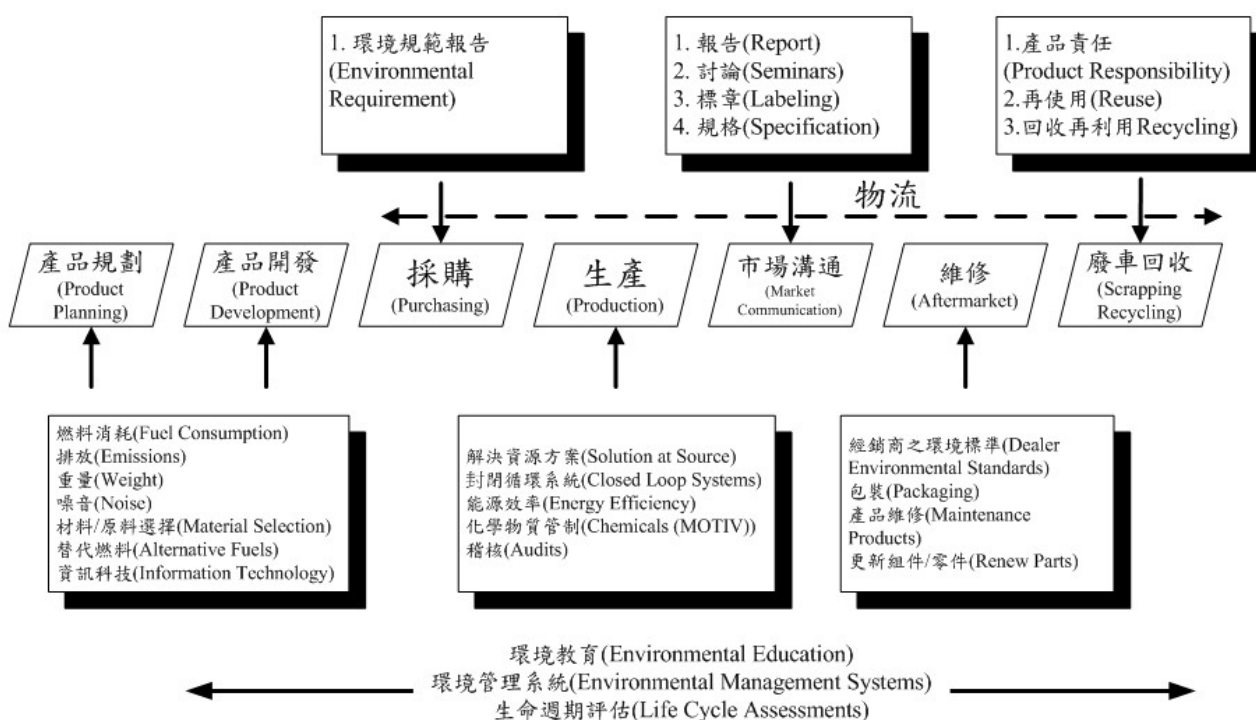
被運用於在降低水資源的耗用是採取封閉式水循環的作法，所以 Volvo 所有的廠皆安裝有最新進的水處理設備，而此些水處理系統的導入將可以減少磷、鐵、氯、鎳與鋅物質。

## (6)廢棄物與回收

Volvo 汽車已經導入廢棄物管理去降低殘留物的量及改善原物料的利用。除此之外，更重要的是持續地增加原料回收再利用與再使用的特性，而這整個廢棄物管理程序與回收再利用的執行成效，已經有其非常顯著的績效。

## 2.綠色產品開發與設計

從 1989 年開始，環境關懷(environmental care)就成為 Volvo 公司的願景之一，並將環境工作範圍定義為涵蓋產品生命週期的全價值鏈。在降低對環境衝擊的措施上，透過不同製程、產品與運輸階段的價值鏈，去瞭解公司對環境的影響。從圖 4.4 所示的內容可知，Volvo 公司以環境教育、環境管理系統及生命週期評估作為基石，在產品規劃與開發階段即將能源、排放物及原物料選擇納入考量，再經由生產過程去降低對環境衝擊。為了善盡環境保護之責，不管在任何的環保事務上，Volvo 汽車公司皆採以搖籃到墳墓的作法。

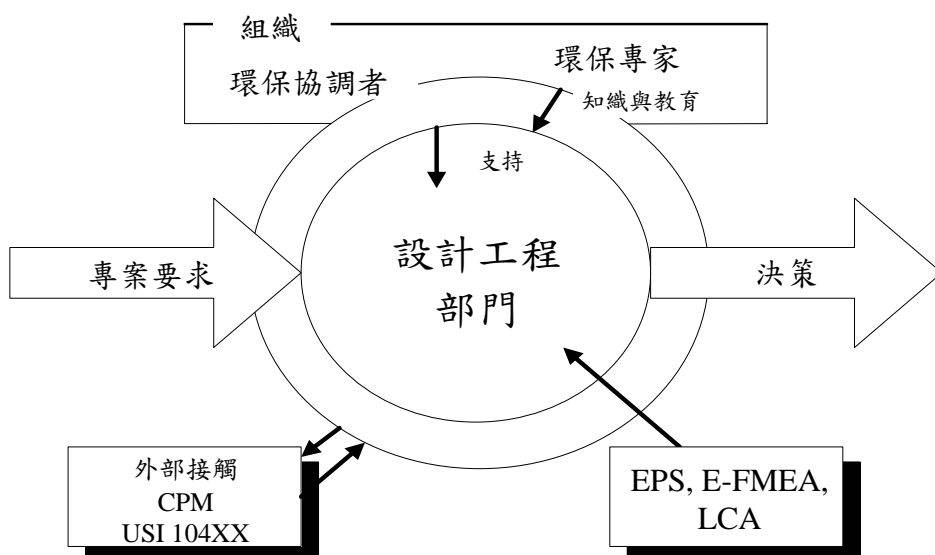


資料來源: Wendel and Louis, 1999。

圖 4.4 Volvo 汽車的環境觀點

### (1)產品設計程序

當產品規劃部門在討論一個新的汽車專案時，環境準則誠如其他設計準則一般，必須被考量至產品之中。在此之下，須將所關注的環境議題導入產品設計及開發之中，並依據不同特定要求或準則融入此專案的程序一樣。一般而言，汽車說明書會載明故障時每個系統的環境特性，此將驅使工程師必須去瞭解每個特定系統或零組件對環境的衝擊。因此，設計師必須對所有產品的零組件負起責任，去確認是否符合相關的規範與要求。因為當有兩個或更多替代方案的選擇時，可以透過工具去評估每個方案對環境衝擊的情形，再依據內外部所提供的資訊，去選擇一個對環境最友善的方案，如圖 4.5 所示。



資料來源: Wendel and Louis, 1999。

圖 4.5 整合環境觀點至產品開發程序

### (2)組織

Volvo 為了讓整個環保事務有更好的協調性，除了加強環保單位的重要性外，更要求每個工程部門必須有一個人專門負責環保的工作，這些部門更必須主動協助相關的環保事務，且持續地提供可靠性及廣泛性的環境績效資料。除此之外，各部門負責環保事務的人員也需研究前瞻的工程專案，依據不同的工具與技術特性提出建議，以符合整體發展的目標與策略。

### (3)應用工具

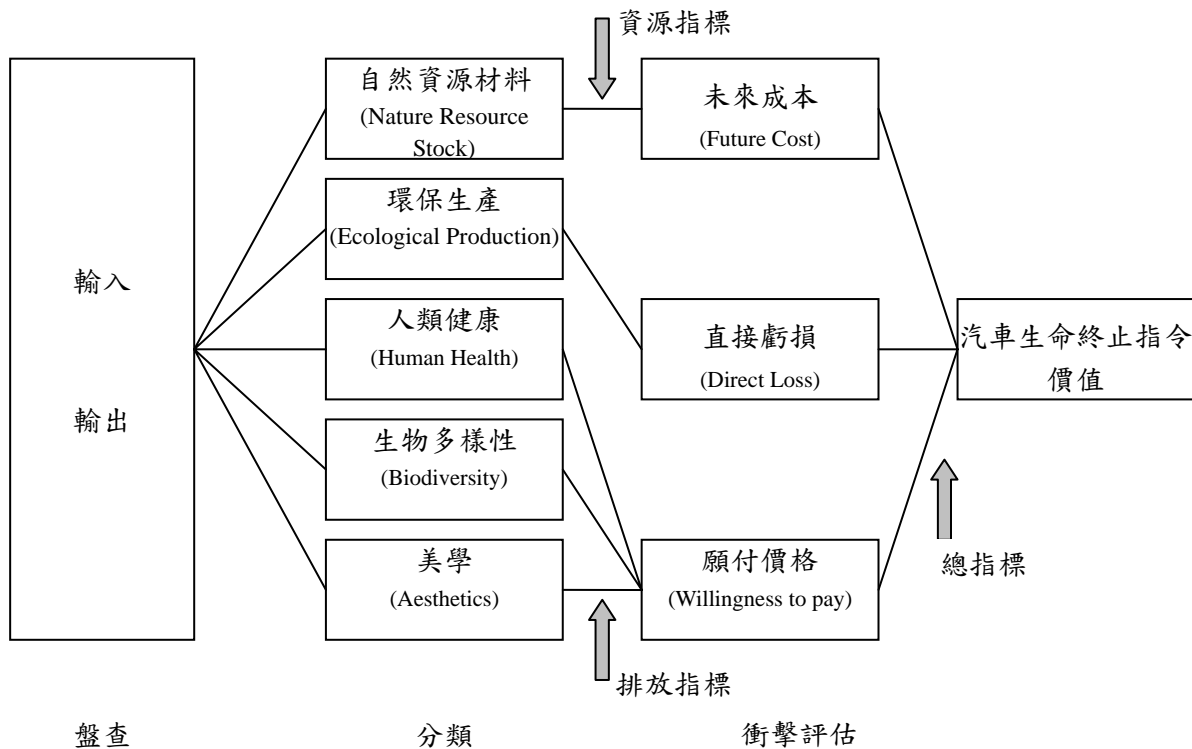
Volvo 汽車正逐漸加強其對環保事務的行為，以確保產品所有生命週期階段的环境衝擊能夠降低，因此一系列有效率的工具被導入於企業與供應商之間。對於設計者而言，某些環境的教育訓練與知識已經具備，涵蓋實務面的建議與方向。而為了與這些不同的環保綱要相結合，該公司使用了環境失效模式效應分析(environment - failure model and effect analysis, E-FMEA)與生命週期評估(life cycle assessment, LCA)兩種工具。以下即針對這種工具應用情形分別闡述：

#### A.生命週期評估

LCA 是 Volvo 汽車使用在評估所有產品環境績效的應用工具，該工具以透過產品完整的生命週期，從搖籃到墳墓去量測產品對環境的衝擊。該公司透過與瑞典產業協會的合作，並以 1992 年在里約熱內盧所召開的聯合國環境與發展會議為基礎，建置 LCA 的方法。基於此，開發以電腦為基礎的產品設計工具－環境優先策略(environmental priority strategies, EPS)，此工具為設計及採購人員所使用，並符合 Volvo 產品的特性。在 Volvo 集團的觀點，對於整個工具應用的最初要求，如下：

- a.建置一種能夠符合公司及環境保護的評估工具，並涵蓋對人體健康、資源消耗與生態系統的層面。
- b.建置容易去使用與計算的 LCA 工具，讓非具備實務專業知識的人員也能夠對環境保護提出改善的建議。現今，則是結合 LCA 的資料庫，更詳細去指引出長期在環境改善上的方向。

Volvo 公司將 EPS 方法視為執行 LCA 的方法與軟體，並建置了永續產品環境資訊網絡(sustainable product information network for the environment, SPINE)，以作為該公司評估產品環境特性的應用工具。為了將該軟體於使用上簡易化，EPS 在資料收集上是以每個生命週期階段作為盤查基礎，進而再去做衝擊評估，最後則以環境負載單位(environmental load unit, ELU)的方式做表示，但整體的做法仍是著重於 ISO14040 的架構之上。整個運用的程序，先針對污染物的產生及對環境的變遷做一清單，這環境變遷的情形將區分為生物多樣化、人體健康、生物成長、資源及美學價值(aesthetics values)等五種，如圖 4.6 所示。



資料來源: Wendel and Louis, 1999。

**圖4.6 環境優先策略系統的原則**

#### B.環境失效模式效應分析(E-FMEA)

Volvo 汽車不僅利用生命週期評估作為產品開發的輔助工具，更運用環境失效模式效應分析於產品及零組件開發上，其主要目標是希望能夠在產品開發的前置階段確認出重要的環境考量面，進而去研擬產品或原物料的替代方案。在 E-FMEA 的會議上，小組成員將既有的技術與經驗跟環境失效模式效應相結合，去確認產品或零組件在其生命週期的環境衝擊。在此之下，將會羅列出對環境產生影響的項目，而小組則會再針對此些問題提出因應及適切的解決方案。

環境失效模式效應分析的程序相當類似於傳統的失效模式效應分析，而兩者最大的差異在於最終目的，以下即針對兩者相同及差異之處進行說明。

兩者類似之處：

a.透過系統的程序，由群體去執行

b.目的在於確認出嚴重的影響及衝擊

c.系統化的後續動作(follow-up)

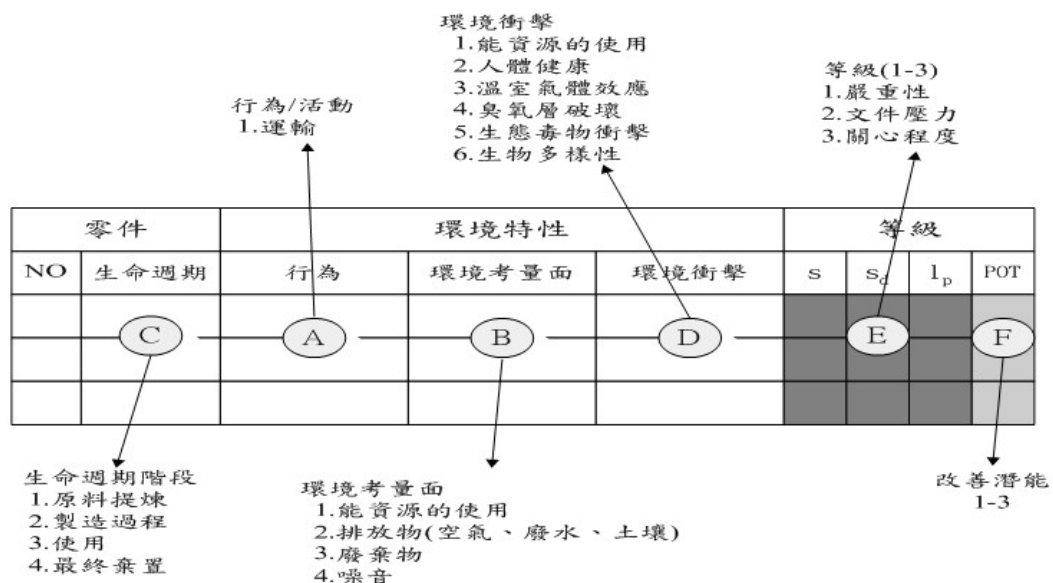
兩者差異之處：

a.環境失效模式效應分析考量整體的生命週期

b.環境失效模式效應分析考量環境衝擊，而失效模式效應分析考量的是失效模式

c.環境失效模式效應分析不是以風險值加總做為代表，而失效模式效應分析則是如此

藉由跨團隊的訓練過程，環境失效模式效應分析具備實際教育的價值，因此藉由 E-FMEA 的貢獻，透過討論去增加公司對環境知識的瞭解，進而將該成效延伸至所有的供應商上。其運用過程如圖 4.7 所示。



資料來源: Wendel and Louis, 1999。

圖 4.7 環境失效模式效應分析形式

### 3.綠色供應鏈之做法

為了因應國際綠色浪潮及製造對環境無害的環保材料，Volvo 汽車要求其供應商須納入綠色供應鏈管理的範疇之中，並訂定相關的環保規範及建置了「採

個項目：

(1)銷售品質

概述出「品質」的涵義及涵蓋範圍，例如：顧客滿意度、品質的量測方法、標的與主要指標、產品品質、製程品質、供應商的合作關係、策略、產品開發階段的合作、生產階段的合作、物流、環境關懷、品質保證、資訊交換規則。

(2)原料採購的品質保證

明確說明「零缺點」之產品素質的保證、供應商的品質要求、產品發展的過程及規定、Volvo 所實施產品與製程的稽核、原料採購之品質規定。

(3)技術文件及科技/方法

工程技術文件化(必備文件、主要文件、附加文件、控制文件)；科技/方法(電腦輔助設計 (Computer-Aided Design, CAD)/電腦輔助製造 (Computer-Aided Manufacturing, CAM)/電腦輔助工程 (Computer-Aided Engineering, CAE)、數位設計模式(Digital Shape Model, DSM)、溝通、品質保證、產品資料管理(Product Data Management, PDM))。

(4)供應商評估

供應商評估內容涵蓋原則、合作關係、供應鏈評估模式、評估模式說明、供應商之品質獎、全品質管理(TQM)。

(5)品質系統要求

品質系統標準、汽車產業品質保證規定、評估品質系統之方法、Volvo 對品質系統的規定、認可的品質系統、合法性、外部稽核。

(6)生產零件之驗證

適用範圍、責任、自我檢定、原始樣本測試、試驗性生產。

(7)環境關懷

Volvo 集團的環境政策、Volvo 集團對供應商及承包商的環境規定、實施步驟、環境規定之自我評估方法。

(8)產品開發之品質保證



規定/規格、合作開發夥伴、計畫的成員及進行之藍圖、計畫書的設計、可靠度、試驗的設計、產品發展的結果。

#### (9)採購及次供應商

次供應商的定義、次供應商的選擇、技術能力、風險評估、文件化管理、採購前置作業、品質保證、未符合及矯正的行動；溝通/機密。

#### (10)文件化管理

標號及命名、文件的種類。

#### (11)製程與產品的稽核

製程稽核、產品稽核、矯正行動、採取進一步行動(follow-up)。

#### (12)物流

適用範圍、顧客及供應商之關係、工作的組織化、目標、量測方法與改善、採購過程之分析、生產過程之分析、配送過程之分析。

#### (13)品質規劃

產品的發展過程、品質保證的規劃、品質保證規劃的結果、Volvo 與供應商之間的溝通與文件化管理。

#### (14)持續改善的方法

各種方法、選擇方法的綱要、方法及工具的展現、相關範例。

Volvo 汽車所建置的供應商評估模式(SEM)，其目的是希望選擇供應商時，能夠作為評比供應商持續開發與溝通能力的基礎，SEM 基本上有八個目的：(1)成為現在及未來供應商的評估基礎；(2)形成公司內外一致的要求及程序；(3)建立供應商的資料庫管理(零件、功能及技術領域)；(4)加強供應商對 Volvo 的認識；(5)成為改善供應商結構的利器；(6)協助管理高層做決策；(7)作為供應商優良獎的依據；(8)進行資訊分享。此評估模式涵蓋各種不同對品質要求的規範，且有些是來自於 Volvo 公司所調整的內容，但其觀點仍是著重於全品質管理與相關價值的要求上。除此之外，整個評估模式重要的考量層面，會建構在 Volvo 公司與所有供應商共同合作的基礎之上。目前，SEM 供應商的評比模式已經落實到 Volvo Trucks、Renault Trucks、Mack Trucks、Volvo Powertrain、Volvo Parts、Volvo Aero、Volvo Buses、Volvo Penta 及 Volvo Construction Equipment

等九種車款。在整個評估程序上，SEM 架構總共有十一個準則，而每一個準則又可區分為不同的評估參數(parameter)，其總參數共有 37 個，如下：

- (1)公司概況(所有權、全球的能力、附屬性)
- (2)管理(管理程序、消費者滿意度、TQM、風險管理)
- (3)環境(環境管理系統、組織的環境評估、產品或服務的環境評估)
- (4)品質(品質系統、品質規劃/零件品質的保證、運輸的品質績效、可靠度、問題的解決)
- (5)物流(物流系統、運輸的準確性/服務的水準)
- (6)售貨服務(文件化、服務資料、共同合作與協助、保證書)
- (7)能力(產品與工業技術能力、工業工程設備、服務能力、電子溝通)
- (8)產品開發(產品開發過程與專案協助、工程經驗、產品工程技術、標準、研發、設計改變)
- (9)財務(財務評估、給付方式)
- (10)生產力(降低內部成本、成本目標)
- (11)採購(外包程序、下包商的績效)

最後再經由 Volvo 公司內部的品質保證單位、設計單位、售後服務單位及物流服務單位所組成的跨部門小組，進行評分。在評分項目中，有八個羅列於公司概況、管理、環境、品質、物流、能力及財務之中的關鍵參數(topping parameter)是供應商所必須要符合的，且其得分須為 1 分以上，才得以符合 Volvo 公司的基本要求。

## **4.2 廠內管理**

在廠內管理上，汽車製造業是個生產製程及零組件組裝非常複雜的工程，因此在本章節主要是以汽車生產系統作為主要方向，及如何避免浪費的產生，逐一說明。

### **4.2.1 汽車生產系統**

在目前汽車產業有兩大生產系統，其一是由福特汽車創辦人亨利福特依據美

國「大量生產、降低成本」觀念，所提出的福特生產系統(Ford production system, FPS)；另一是由豐田汽車副社長大野耐一依據「多樣少量」的生產概念，在二次大戰後的日本社會與 1970 年代發生石油危機時所提出的豐田生產系統(Toyota production system, TPS)。目前國內汽車產業福特六和公司及國瑞公司，皆分別採用 FPS 與 TPS 的系統。FPS 是一精實(lean)及一致的生產系統，主要目的為以最優良品質、最廉價成本、最快速交期達到最滿意的顧客服務，而且要在福特所有的生產工廠內皆能排除物料、空間、設備及時間等浪費。福特生產系統共有十個單元，分別為：福特整體生產維護、訓練、站內製程管制、製造工程、環境、工業材料物流、安全衛生自我評估系統、工作小組、管理和同步化物流。國瑞公司全面導入 TPS，透過無止境的改善、徹底貫徹自動化、及時的理念；配合人性管理，以看板為工具，創造平準化、少量多樣、在工程內保證品質的高效率生產線。國瑞公司同時把豐田生產方式推展至協力廠，追求上下游同步提升品質與價格競爭力以發揮群體的相乘績效。

#### 1.福特生產系統

福特生產系統承襲總公司福特生產系統所發展出的 11 個單元，並以精實生產概念取代過去大量生產的做法，並以顧客需求為導向，超越顧客品質、成本與交貨時間的嚴格要求。

##### (1)福特整體生產維護

福特整體生產維護是以跨功能之小組活動為高度的自主性，共同來改善其工作區域設備、環境、安全、品質與製程的整體效率。

##### (2)訓練

釐清/確認員工訓練之需求，訂定訓練計畫，有效提供各項訓練，以增進員工智能，順利達成個人、組織與公司之目標。

##### (3)站內製程管制

在作業站實施改善手法，例如：防呆、目視化工廠、快速換模、QPS 作業書、製程管制看板等。每一作業站皆能達到品質、成本及生產力的要求。

##### (4)製造工程

製造工程是要能夠將製造過程中所有相關的業務做一整合，以確保工作環境、設備與製造程序是安全及有效率的，且是經過良好合理的設計。

#### (5)整體性環境

整體環境在於執行一個健全的環境管理系統，完全整合廠內運作以確保持續符合政府環境需求。

#### (6)工業材料物質流

間接生產物料系統，主要是注重間接物料之品質、成本及交期，以提供適當、適時、適量之物料，以達到生產設備零當機之目標。

#### (7)安全衛生評估檢查系統

一套詳細又量化的健康安全評估系統，評估公司內部健康與安全的表現。強調預先對健康與安全的流程加以改善，避免職業傷害和疾病發生，並提供一個充分健康與安全的工作環境。

#### (8)工作小組

工作小組推行的目的是要以作業來區分工作團隊包括線上及支援單位，著重在利用 FPS 工具及衡量指數，來消除現場的浪費，進而持續改善來提升經營成效及達到員工滿意。

#### (9)領導

提供一套實施福特生產系統之管理機制，並將品質、健康與安全及環境管理之要求，整合在一起以達到更有效的資源運用及實施，進而完成管理系統之評鑑整合。

#### (10)同步化物流

提供一套連續的物流供應及消除浪費，減少庫存以降低總生產成本，並增加生產彈性以滿足顧客需求。

#### (11)品質

2002 年開始推動之品質單元要求，著重在品質作業系統的落實執行。

### 2.豐田生產系統與及時生產(just in time, JIT)實施要領

國瑞公司所採用的豐田生產系統，如表 4.3 所示，主要是以及時生產(JIT)與自動化為主，及時生產要領包括看板制度、平準化、小批量生產、縮短前置時間、工作標準化與多能工；自動化則是涵蓋呼叫燈、線上停止裝置與防呆裝

置，而在自動化設備上則是透過人與機器的工作要分開、從方法、生產線與規模來決定設備、縮小作業的作業者側邊走動長度、易於移動的設備、東西容易流動的設備、可轉用的設備、減少設備的浪費時間、零生產準備化、快速改變及自動化等十大規則來達成，而自動化又區分為二十四個步驟，如圖 4.8 所示。

#### 4.2.2 預防浪費

目前汽車產業除了在面對競爭激烈及供需不平衡的市場之外，仍要去考量成本、品質、利潤、市場占有率及環保等壓力，需要藉由一套完整的生產系統，去作為因應的方針。因此，在製造生產系統之中，首先強調的是避免浪費的產生，而浪費就是無法提高附加價值的各種現象或結果。浪費又可分為以下幾種形式，而透過這些情形去做檢討，即可將須改善部分清楚的呈現出來：

##### 1. 生產過剩的浪費

生產過剩乃指沒有把握及時供貨(JIT)及零庫存(zero inventory)的原則，這將意味著整個生產量是超過市場的需求量，也就是說過早或過晚生產皆是種浪費。而生產過剩最為人所詬病的是，會造成另外形式的浪費，進而增加公司的負擔與成本支出。

##### 2. 不良的浪費

在製造產品過程當中，品質是影響產品成功與否的關鍵因素，如果產品必須再次重做、再製造及被退貨，代表產品品質出現了問題，此些問題將造成公司材料費的增加及生產力降低等浪費。

##### 3. 運輸浪費

運輸最佳的模式是希望在產品組裝的該刻，才將該階段所要裝配的零組件送達，以達到生產程序最佳化的效益。因此，過早、過晚、長距離的運輸及卸載皆是一種浪費，所以能夠適時將所需的東西送達，才能避免不必要的浪費。例如：如何在外銷貨櫃的貨品中，讓每一貨櫃的裝載量皆達到最大的利用。

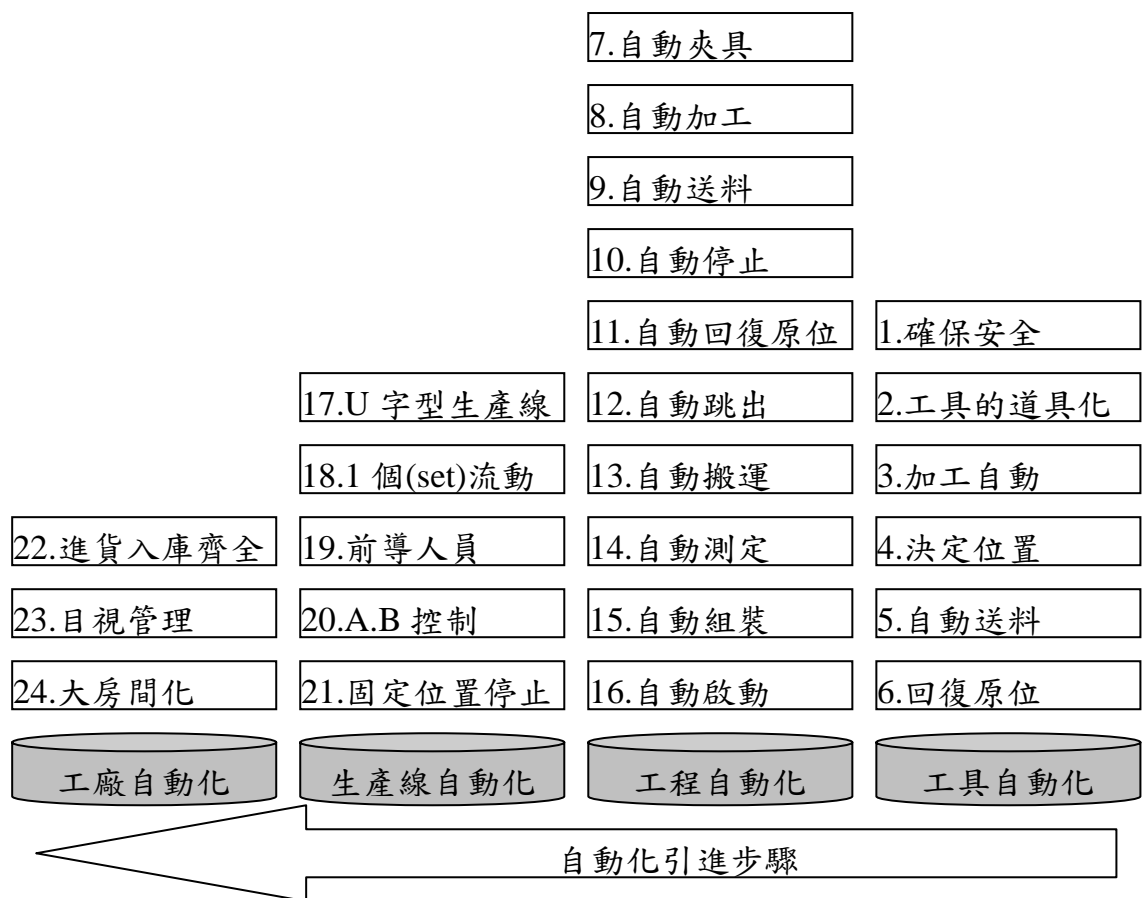
##### 4. 庫存的浪費

庫存的浪費係指公司所有的零組件、原物料、成品及半成品的浪費，而庫存會造成公司背負龐大的財務壓力，並導致運輸及現場員工移動上的浪費。

**表 4.3 豐田生產方式之 JIT 實施要領**

單元名稱	定義及目的
1.看板系統	<p>看板為實施 JIM 生產管理資訊工具，搬運指示及生產做法情報。</p> <p>製造過剩壓制、工程進度狀態檢知、工程改善道具。</p> <p>包括生產指示看板、引取看板及臨時看板三種類型。</p> <p>主要用途為工程內看板、信號看板、工程間引取看板及外包零件交貨。</p> <p>要素為材料、看板、順序。</p> <p>做法為後補充、順序指示生產。</p>
2.平準化	<p>生產物品之種類與數量使其平均化生產。</p> <p>方法為生產物品工數群組化、使生產線在一定周程時間平穩生產，利用高、中、低工數物品混合配比。</p> <p>要素為周程時間、小批量生產、流線式生產。</p> <p>彈性生產設備與生產前置期縮短。</p>
3.標準作業	<p>以人的動作為中心，沒有浪費的工作順序，實施高效率生產方式。</p> <p>目的為作業方法明確化、改善道具、標準作業前提。</p> <p>要素：周程時間、作業順序、標準手持。</p>
4.配置流動方式	<p>工程配置考慮人、物、情報的流動。</p> <p>留意可實施標準作業生產線、不停滯、少人化、情報傳送、考慮搬運、製造品質、設備保全及安全衛生。</p> <p>3U 型配置、U 型生產線連結、自動化設備混合配置、避免鳥籠型、孤島型及直線性配置。</p>
5.自動化目視管理	<p>品質是工程中製造出來的、少人化。</p> <p>防呆裝置。</p> <p>目視管理道具。</p>
6.少人化	<p>非降低生產性而是對於必要之生產量，以最有生產性人數對應一種生產系統。</p> <p>依生產台數變化增減人員，改善內容要與效果相結合。</p> <p>容易少人化系統、人數規模確保、小間隔進步明確化。</p> <p>尾數工時改善：連結、混流、集合。</p>

資料來源：摘錄自黃正淡，2002；江支柱，2001。



資料來源：若松義人、近藤哲夫，2004。

**圖 4.8 自動化引進的二十四個步驟**

### 5. 等待的浪費

供應商無法如期交付相關的部品或零組件與原料，會造成生產線員工等待的浪費，另外的浪費即是整個程序中，人與機器間的配合無法達到最適切的地步。在此之下，必須重新作改善動作並提出因應方案，以避免過於冗長的等待浪費。

### 6. 移動的浪費

員工不必要的移動或多餘的走路都是種浪費。在機器上面則有可動率的問題，而造成移動上的浪費。

## 7.加工的浪費

在生產程序之中，常會固定在既有的生產模式之中，因此常會造成某些不必要的加工浪費，而將不必要的工程或程序視為是必要的。例如：生產程序沒有最適化，或是人員在標準程序中沒有徹底執行。

## 8.資源錯置的浪費

資源錯置的浪費乃是在生產過程所產生的廢棄物浪費。廢棄物的產生也就是原物料利用效率不彰的結果，不僅會導致人員及處理費用上的增加，更是原物料成本的浪費。

從 2002 年開始台灣已經成為 WTO 的會員國之一，在此自由貿易的市場之中，將有利於我國企業開拓龐大市場的競爭優勢，但面對相關環境規範與法令的要求，企業如無法即早因應，恐將受限非技術貿易障礙的窘境。以汽車產業而言，過去冷媒的成分含有會破壞臭氧層的物質，而遭受到蒙特婁議定書的規範，而改採 R134a 的冷媒。但 R134a 亦含有氟成分，未來將成為氣候變化綱要公約限制使用的物質。除此之外，歐盟目前也已經研擬移動式冷氣不得含有氟成分的草案，使得企業必須在清潔技術上即早做因應。目前，汽車產業在執行環境化設計的做法上，國內公司仍停留於概念式的設計方法，而國外汽車則是透過量化的盤查工具(例如：生命週期評估)，去研擬改善的措施，此一作法可能是未來國內汽車產業所要借鏡之處。



## 第五章 廢棄物資源化技術

本章乃針對適用於汽車製造業之國內外相關資源化技術進行探討。探討範圍包括：廢溶劑及漆渣、廢油、廢鑄砂、感應爐爐渣、廢塑膠、廢木材、污泥等七類廢棄物資源化技術。

### 5.1 廢溶劑及漆渣資源化技術

#### 5.1.1 廢溶劑特性及汽車製造業廢溶劑與漆渣產源

工業上使用之溶劑，大都屬於有機溶劑，而有機溶劑係指在正常溫度及氣壓下為揮發性液體，且具有溶解其他物質特性之有機化合物，目前有 55 種有機溶劑列入 92.12.31 勞委會「有機溶劑中毒預防規則」之管制，而這 55 種也是工業上應用最廣泛之溶劑。常見之有機溶劑除了作為填料、稀釋、清洗等溶劑用途，以及參與化學反應之工業製程上使用外，在我們日常生活也與之息息相關，如清潔劑、稀釋劑、香蕉水、調薄水、乾洗油、去漬油、松香水、黏著劑、強力膠、金屬除污劑、油墨、油彩、油漆、凡立水、殺蟲劑、表面處理劑等都是有機溶劑混合物，可說是隨時暴露於有機溶劑下，而不可忽略其可能潛在之健康危害，數種在漆料中常使用之有機溶劑之特性如表 5.1 所示。

表 5.1 常用有機溶劑特性一覽表

種類	密度(g/cm <sup>3</sup> )	閃火點(°C)	沸點(°C)	自燃溫度(°C)	特性
異丙醇(IPA)	0.786	11.7	82.4	453	易燃
甲基乙基酮(MEK)	0.826	-4.4	79.6	515	芳香、易燃
丙酮	0.792	-9.4	56.2	537	芳香、易燃
乙酸丁酯	0.882	36.6	126.3	421	水果香、易燃
甲苯	0.866	4.4	110.7	536	淡香、易燃
二甲苯	0.860	27.2~46.1	135.0~150.0	527	芳香、易燃

資料來源：化學化工百科辭典，曉園出版社，81 年。

塗裝的主要目的有兩個，第一是保護被塗物的表面，第二則是增加產品的美觀。其作用是提高產品的附加價值，乃生產線中不可缺少的一環。而塗裝用塗料，以溶劑型產品居多，塗裝法則以噴塗法為主，由於現在所使用的大部分原料仍然含有 30~60 % 的有機溶劑，而這些溶劑在塗料的最後產品「塗膜」形成中必將逸

散於空氣中，或形成廢溶劑及漆渣。國內的塗裝市場以建築塗裝為大宗，占塗裝的 45~55%，金屬塗裝次之。其中建築塗裝的部分已漸漸改採較環保的水性塗料；而金屬塗裝中又以汽車塗裝為首要的塗料使用行業。國內汽車製造業塗裝常用有機溶劑之相關規定如表 5.2 所示。

**表 5.2 汽車製造業塗裝常用有機溶劑之相關規定**

有機溶劑 中英文名稱	分子式 (分子量)	化學文摘社號碼 (CAS No.)	有機溶劑中毒 預防規則	勞工作業環境空氣 中有害物容許濃度 標準
甲苯 (Toluene)	$C_7H_8$ (92.13)	108-88-3	第二種有機溶劑	100ppm(皮) (76mg/m <sup>3</sup> )
二甲苯 (Xylene)	$C_6H_4(CH_3)_2$ (106.16)	1330-20-7 ; 95-47-6 ; 108-38-3	第二種有機溶劑	100ppm (434 mg/m <sup>3</sup> )
乙酸乙酯 (Ethyl acetate)	$CH_3COOC_2H_5$ (88.10)	141-78-6	第二種有機溶劑	400ppm (1440 mg/m <sup>3</sup> )
乙酸正丁酯 (n-Butyl acetate)	$CH_3COOC_4H_9$ (116.16)	123-86-4	第二種有機溶劑	150ppm (712 mg/m <sup>3</sup> )
甲基異丁酮 (Methyl isobutyl ketone)	$CH_3COCH(CH_3)_2$ (100.16)	108-10-1	第二種有機溶劑	50ppm (205 mg/m <sup>3</sup> )
丙酮 (Acetone)	$(CH_3)_2CO$ (58.08)	67-64-1	第二種有機溶劑	750ppm (1780 mg/m <sup>3</sup> )
異丙醇 (Isopropyl alcohol)	$(CH_3)_2CHOH$ (60.09)	67-63-0	第二種有機溶劑	400ppm (983 mg/m <sup>3</sup> )
正丁醇 (Butanol)	$CH_3(CH_2)_3OH$ (74.12)	71-36-3	第二種有機溶劑	100ppm(皮) (303 mg/m <sup>3</sup> )
乙二醇甲醚 (Ethylene glycol monomethyl ether)	$CH_2OHCH_2OCH_3$ (76.09)	109-86-4	第二種有機溶劑	5ppm(皮) (16 mg/m <sup>3</sup> )
乙二醇丁醚 (Ethylene glycol monobutyl ether)	$CH_2OHCH_2OC_4H_9$ (118.17)	111-76-2	第二種有機溶劑	25ppm(皮) (121 mg/m <sup>3</sup> )

說明：1.本表內註有「皮」字者，表示該物質易從皮膚、粘膜滲入體內，並不表示該物質對勞工會引起刺激感、皮膚炎及敏感等特性。

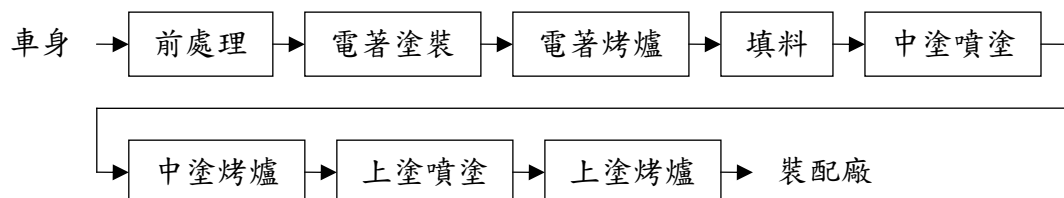
2.第二種有機溶劑：指「有機溶劑中毒預防規則」中附表一第二款規定之有機溶劑。

汽車塗裝使用之塗料，各家汽車製造廠略有差異，概況說明如下：

- 1.電著（ED）塗料：在電著塗裝時所用的底漆原料為陽離子電著塗料。主要含甲苯、二甲苯、正丁醇、丙酮及乙二醇丁醚。
- 2.補膠、填縫原料：主要用途在於車體板之間的補縫防漏過程。
- 3.中、上塗塗料：在中、上塗時所用的面塗及透明漆原料，含色母、樹脂、稀釋劑、調和劑及添加劑。主要含甲苯、二甲苯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、異丙醇、丙酮及甲基異丁酮。
- 4.中、上塗檢查、上蠟：檢查時所用之原料與中、上塗相同；上蠟噴塗作業時，主要使用的原料含乙二醇甲醚及乙二醇丁醚。
- 5.調漆：視生產量決定漆料量，將色母、樹脂、稀釋劑、調和劑及添加劑等進行調漆、攪拌、配漆作業。主要之有機溶劑為甲苯、二甲苯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、正丁醇、異丙醇、丙酮、甲基異丁酮、乙二醇甲醚及乙二醇丁醚。

汽車製造業的廢溶劑主要產生源來自車體塗裝作業，車體表面進行塗裝作業時，塗料中需添加有機溶劑作為稀釋劑，以增加塗料之流動性，助於噴塗作業之進行，而最常使用之有機溶劑為甲苯、二甲苯、醋酸乙酯、醋酸丁酯等，由於此類有機溶劑具低沸點與高揮發特性，因此極易於噴塗作業及烘烤過程中逸散或揮發至環境中，造成污染。

為使汽車車體表面達到防銹、耐腐蝕、美觀、市場流行及顧客之需求，汽車於製造過程必須進行一系列之噴塗過程，如圖 5.1 所示。各單元之功能分述如下：



資料來源：行政院環境保護署，汽車製造業行業污染特性技術手冊，民國 90 年 4 月。

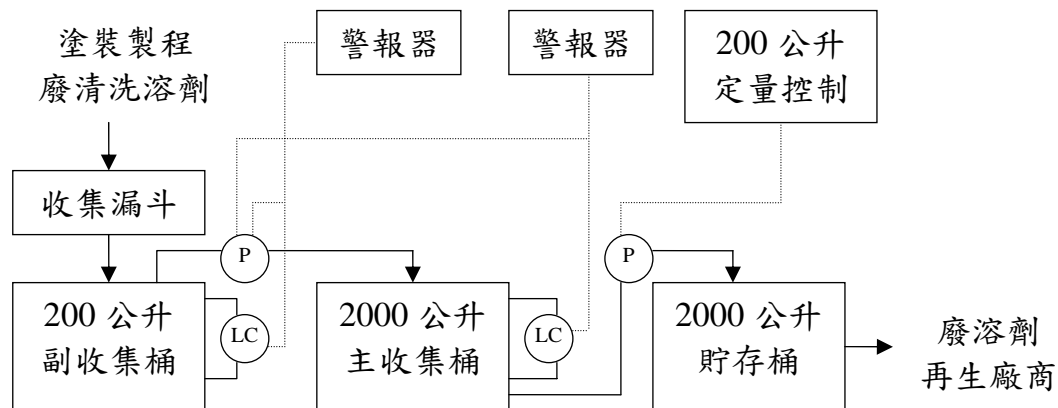
圖 5.1 汽車表面塗裝作業流程

- 1.前處理：主要目的為清潔車體鈹金，並作脫脂、水洗與化成等步驟。
- 2.電著塗裝：將車體浸漬於電著塗料的槽液中，施加電流使車體成為負極，讓塗料自車體表面析出，主要目的為提供車體表面之防銹功能。浸泡後之車體經水沖洗附著於車體之殘餘塗料後，進入電著烤爐。使用之塗料固型分較高，且採用浸泡式塗裝。
- 3.電著烤爐：車體進入烤爐乾燥處理，使塗膜內之水分及有機溶劑揮發。
- 4.填料：以塑膠填料密封車體鈹金焊接處之間隙，並於車體底部噴塗塗料，增加車體抗蝕與隔熱能力，並能降低車輛行駛時底部受碎石撞擊產生之噪音。
- 5.中塗噴塗：主要目的為填補電著塗裝時產生之孔隙，增加塗料膜厚度，提供上塗時表面光滑之特性。
- 6.中塗烤爐：車體進入烤爐乾燥處理，使塗膜內之水分及有機溶劑揮發。
- 7.上塗噴塗：主要功能在增加車體耐候與抗蝕能力，並依市場流行與顧客需求，提供車體所需之顏色。
- 8.上塗烤爐：車體進入烤爐乾燥處理，使塗膜內之水分及有機溶劑揮發。

中塗及上塗所用之塗料含高比例之有機溶劑，且溶劑具高揮發性，因此造成噴塗作業時大量之揮發性有機物逸散，其中約 85%之揮發性有機物於噴塗室逸散，並隨噴塗室下方之水幕及排氣系統排出室外，其餘 15%附著於車身表面，隨著加熱爐之加溫烘烤而排出。用於塗裝作業最後之修補及防銹處理過程的修補用漆，雖塗料中所含之有機溶劑含量高，但由於修補作業範圍小，塗料使用量有限，污染排放量小。噴槍、管路清洗使用的漆料，由於國內汽車製造廠均採不同顏色車系於同一噴塗線噴塗之作業方式，因此換色噴塗或固定清洗時需使用大量之溶劑清洗噴槍及管路以避免顏色混亂，而這部分所使用之清洗溶劑幾乎都是有機溶劑，若未經回收，污染量頗大，部分車廠已將清洗後之溶劑以回收裝置妥善回收，如圖 5.2 所示。

以有機溶劑使用現況而言，平均生產每輛汽車之有機溶劑用量為 14.2 公斤，汽車行業之有機溶劑使用總量為 6,745 公噸/年，排放總量為 4,032 公噸/年。因此以年產 8 萬輛之汽車製造廠而言，平均用於各塗裝單元之有機溶劑使用量以上塗

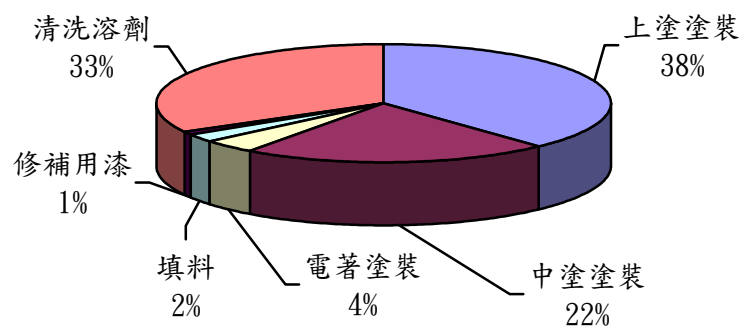
塗裝、中塗塗裝及清洗溶劑為最大宗，各占總量之 38%、22%與 33%，合計 93%，其餘塗裝單元只占總量之 7%，如圖 5.3 所示。



註：P 表泵；LC 表液位控制。

資料來源：行政院環境保護署，汽車製造業行業污染特性技術手冊，民國 90 年 4 月。

**圖 5.2 廢溶劑回收處理流程**



資料來源：行政院環境保護署，汽車製造業行業污染特性技術手冊，民國 90 年 4 月。

**圖 5.3 各塗裝單元有機溶劑用量百分比**

汽車製造業相關之廢溶劑及漆渣上網申報量如表 5.3 所示，包含廢油漆、漆渣、廢液閃火點小於 60°C 且乙醇濃度在 24% 以上者、非有害有機廢液或廢溶劑等共 1,850 公噸。

**表 5.3 汽車製造業廢溶劑及漆渣上網申報量**

廢棄物代碼	廢棄物內容	申報量(公噸)
D-1701	廢油漆、漆渣	1,012
C-0301	廢液閃火點小於 60℃且乙醇濃度在 24% 以上者	801
D-1504	非有害有機廢液或廢溶劑	37

註：資料期間為 2003 年。

資料來源：事業廢棄物管制中心申報資料彙整，2004 年。

### 5.1.2 廢溶劑及漆渣之資源化及處理現況

民國 89 年 5 月間發生高雄縣旗山溪因昇利化工公司將所收集之廢溶劑非法傾倒，造成嚴重污染之事件以來，政府單位為了積極解決廢溶劑所造成之嚴重問題，依據行政院 90 年 1 月 17 日「全國事業廢棄物管制清理方案」，有關廢溶劑之具體實施措施，包括由環保署積極輔導及加速審查合法業者申請或變更廢溶劑處理等相關許可，並於 90 年 3 月 7 日所修訂之「有害事業廢棄物認定標準」中，將閃火點低於 60℃ 以下之廢溶劑，並採焚化或熱處理者，得認定為一般事業廢棄物，但處理前之貯存、清除，應符合有害事業廢棄物相關規定；另由經濟部工業局研擬「水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則」，建請環保署於 89 年 11 月 7 日函頒為依法許可之事業廢棄物處理方式，水泥業者得依該原則以廢溶劑作為輔助燃料，以協助解決廢溶劑去處問題。環保署函頒之「水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則」內容如下：

因水泥窯/旋轉窯具有一般焚化爐應具備之 3 T 條件(溫度、時間及攪拌)，其燒成溫度為 1,200~1,450℃，滯留時間為 5~10 秒。美國、加拿大、英國、法國及日本等國家均利用其功能處理事業廢棄物，而該類廢棄物之熱值如達 2,000kcal/Kg 以上，即可充當輔助燃料以取代生產中使用之燃料，同時達到處理事業廢棄物及降低燃料成本之雙重目的，因而大幅降低生產成本，並妥善處理事業廢棄物。然採用廢有機溶劑以取代燃煤或其他燃料時，應就水泥窯／旋轉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，擬定「水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則」如下，以供各界參採。

1.廢溶劑之熱值應高於 2,000kcal/Kg。

2.廢溶劑之灰分應低於 12%。

3.廢溶劑之含氯量應低於 1,000ppm，芳香族氯化化合物不得檢出。

4.廢溶劑之含硫量應低於 2%。

5.廢溶劑之含 Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg 量各應低於 50ppm。

6.廢溶劑之 pH 值應介於 4~12.5 之間。

使用時，並應搭配下列相關管理措施：

1.水泥窯/旋轉窯應增設噴霧設備，提高霧化作用。

2.應設置攪拌調勻槽，使噴進窯內之液體廢棄物發熱值、含水、硫、氯量均勻，掌握穩定之操作狀況。

3.進廠之廢棄物管理應注意其相容性，以免發生燃燒、爆炸或堵塞等意外事件。

4.進行處理前，廢有機溶劑之收集貯存及其黏度、水分與氯含量應加以品質控管。並應加以拌勻至一定品質水準後（熱值與微量元素均勻化），由窯前及（或）Calcliner 噴入加以再利用，以防燃燒、爆炸或堵塞之問題。

5.水泥窯/旋轉窯應以實際仍在生產者為限，且操作溫度超過 1,200°C、滯留時間 5 秒以上者為限。

6.應依環保相關法規規定，以做好二次污染防治工作與查核資料管理。

此認定原則自 89 年執行迄今，廢溶劑再利用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。目前廢溶劑之再利用應依其實際之再利用方式，依照相關再利用管理規定辦理，或申請設置廢棄物處理機構。

現有廢溶劑之處理方式，除了少部分由溶劑製造業者所設之簡易型焚化爐逕行處理外，亦有部分經由使用業者所設之線上回收處理設施，以回收品質較佳之溶劑進行再使用；而遭污染或純度較差無法於廠內回收再利用者，則委託清理機構及再利用機構代為清理或再利用，目前國內廢溶劑處理機構及再利用機構計有 24 家，總核准處理容量約為每年 1,275,300 公噸，如表 5.4 所示。漆渣則多為委託處理，部分由被委託業者再製為品質需求較低之二次漆。

表 5.4 國內廢溶劑處理機構及再利用業者一覽表

機構名稱	核准處理種類	處理方式	核准處理量	說明
幸福水泥東澳廠	廢液閃火點小於 60℃（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）、非有害有機廢液或廢溶劑	替代燃料	33,720 公噸/月	清理機構
宇鴻科技	廢液閃火點小於 60℃（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）、非有害有機廢液或廢溶劑、廢油漆、漆渣	焚化	3,450 公噸/月	清理機構
順倉	廢液閃火點小於 60℃（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）、非有害有機廢液或廢溶劑	蒸餾	2,844 公噸/月	清理機構
易增	廢液閃火點小於 60℃（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）、非有害有機廢液或廢溶劑、廢油漆、漆渣	蒸餾	720 公噸/月	清理機構
勁鍊科技	廢液閃火點小於 60℃（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）、非有害有機廢液或廢溶劑、廢油漆、漆渣	焚化	561 公噸/月	清理機構
欣榮企業	非有害有機廢液或廢溶劑、廢油漆、漆渣	焚化	40,500 公噸/月	清理機構
總合溶劑	廢液閃火點小於 60℃（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）	蒸餾	720 公噸/月	處理機構
日友環保科技	廢液閃火點小於 60℃（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）	焚化	1,140 公噸/月	處理機構
圓立環保	廢液閃火點小於 60℃（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）、非有害有機廢液或廢溶劑	蒸餾	360 公噸/月	處理機構
鈺辰企業	廢液閃火點小於 60℃（不包含乙醇體積濃度小於 24%之酒類廢棄物）	焚化	712 公噸/月	處理機構
台灣水泥蘇澳廠	易燃性事業廢棄物	替代燃料	2,304 公噸/月	處理機構
環偉實業	非有害有機廢液或廢溶劑、廢油漆、漆渣	焚化	1,800 公噸/月	處理機構
南亞塑膠麥寮總廠	非有害有機廢液或廢溶劑、廢油漆、漆渣	焚化	6,000 公噸/月	處理機構
昌冠企業	非有害有機廢液或廢溶劑、廢油漆、漆渣	焚化	720 公噸/月	處理機構
達和清宇	非有害有機廢液或廢溶劑、廢油漆、漆渣	調配泥燃劑	9,000 公噸/月	處理機構



表 5.4 國內廢溶劑處理機構及再利用業者一覽表（續）

機構名稱	核准處理種類	處理方式	核准處理量	說明
亞洲化學楊梅一廠	EBR（晶邊清洗劑）廢液	蒸餾	150 公噸/月	再利用機構
水美工程企業	易燃性事業廢棄物	焚化	2,640 公噸/月	北區綜合處理中心
榮民工程	易燃性事業廢棄物	焚化	2,800 公噸/月	南區綜合處理中心
昇利化工	甲苯、二甲苯、甲醇、乙醇、異丙醇、正丁醇、醋酸丁酯、丙酮、丁酮等廢液	蒸餾	400 公噸/月	再利用機構
李長榮化工林園廠	異丙醇、丙酮等廢液	蒸餾	760 公噸/月	再利用機構
台灣肥料新竹廠	洗淨液廢液(D.M.S.O)、剝離劑廢液(S.P.X)	蒸餾	815 公噸/月	再利用機構
勝一化工彰濱廠	異丙醇、丙酮廢液	蒸餾	150 公噸/月	再利用機構
勝一化工永安廠	乙酸正丁酯廢液	蒸餾	100 公噸/月	再利用機構
駿瀚生化	光阻液剝離劑廢液	蒸餾	150 公噸/月	再利用機構
長春石油化學苗栗二廠	剝離劑廢液、浸洗劑廢液	蒸餾	876 公噸/月	再利用機構
三合化學楊梅廠	異丙醇廢液	蒸餾	600 公噸/月	再利用機構

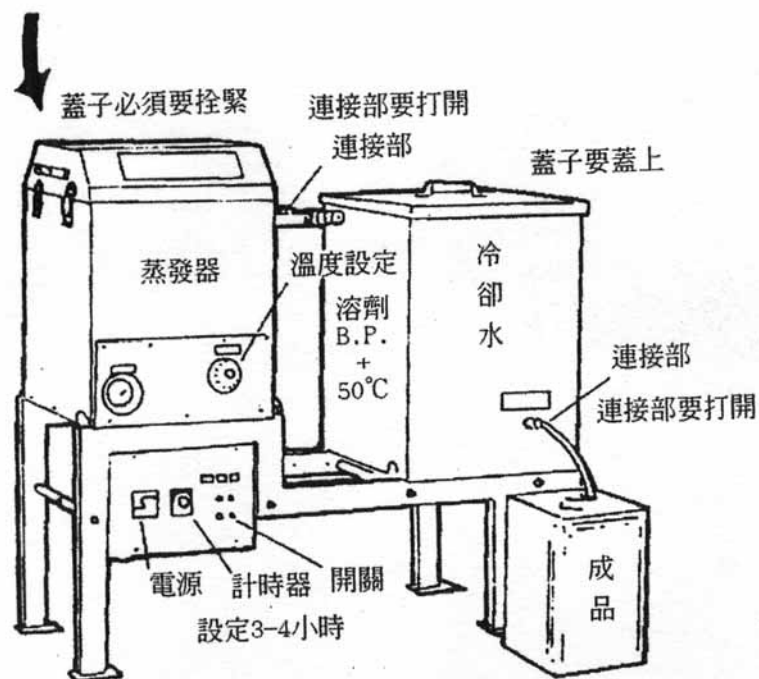
資料來源：財團法人台灣綠色生產力基金會彙整，2004 年。

### 5.1.3 廢溶劑及漆渣資源化技術

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.簡易回收裝置

此法為最簡單的現場回收裝置，係將廢溶劑收集後，在現場以簡易型的溶劑回收裝置(如圖 5.4 所示)加溫簡單蒸餾回收，所需設備投資少，操作簡易，回收之溶劑可再使用，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：蔡永興，國內廢溶劑回收處理及處置現況，工程雙月刊第 74 期第三卷，p.32~41，民國 90 年 4 月。

**圖 5.4 廢溶劑簡單蒸餾回收裝置**

## 2. 蒸餾回收

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。

依據 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  $82.4^{\circ}\text{C}$ ，亦即該溫度時異丙醇之飽和蒸氣壓為  $760\text{mmHg}$ ，但相對之該溫度時，水之飽和蒸氣壓僅為  $385\text{mmHg}$ ，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復調整氣-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。

因此，採取蒸餾法將僅限於以下之應用時機：

- (1) 廢溶劑之收集管理系統，已達到除主成分外不得混雜其他成分之目標。
- (2) 回收物質非以化學品為再利用目標。如前述之異丙醇若欲作為化學品之用途，則純度之要求較嚴格，但若僅以作為稀釋劑等用途，則純度要求之限制將較低。

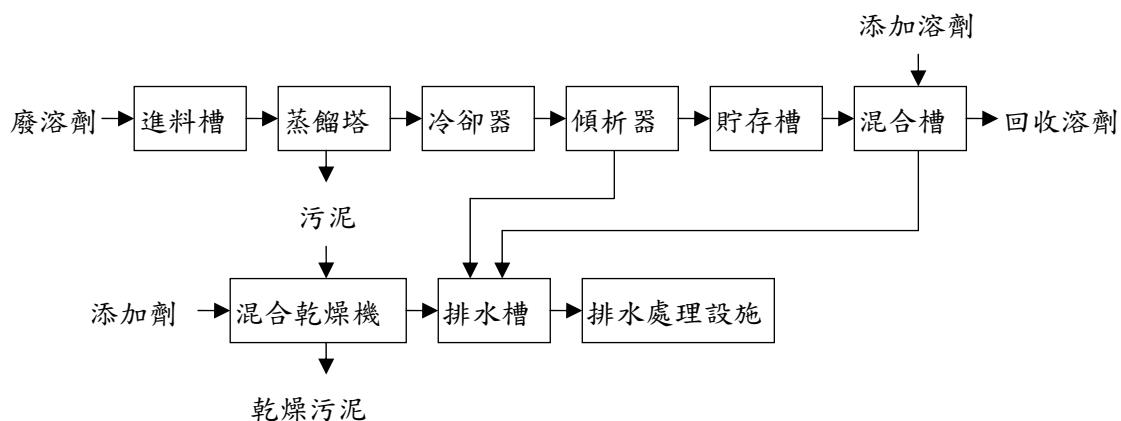
除此之外，採取蒸餾法應注意下列事項：

- (1) 捕捉揮發氣體時，應避免煙火造成之工安災害，與員工吸入時之潛在健康危害。
- (2) 餾出物之再純化步驟，可考慮吸附、薄膜分離等技術。
- (3) 塔底殘渣之再處理，一般當以熱處理方式減量為最可行。

混合廢溶劑之蒸餾流程如圖 5.5 所示，表 5.5 所示則為混合廢溶劑在下列操作條件之回收結果。表 5.6 所示為各種工業用再生溶劑產品之例子。

- (1)原料填充量：3m<sup>3</sup>/批。
- (2)蒸餾時間：4~8 小時/批。
- (3)蒸餾溫度：65~100℃。
- (4)使用蒸汽壓力：7kg/cm<sup>2</sup>。
- (5)使用蒸汽溫度：170℃。

在回收廢有機溶劑前，其使用過之廢有機溶劑有些需經前處理。回收處置之前處理目的是為了後續的流程，去除了一些可能之干擾物質，而使後續處理流程更為順利。一般而言，如重力沈澱、過濾、浮除為一些典型的前處理技術。另外也包括其它單元：如在蒸餾(或分餾)之前，先分離高沸點物質，以利提高後段蒸發回收之純度；另外在使用活性碳吸附前，若先行以生物分解較易分解之物質，可確保活性碳使用期限延長，提高吸附能力。國內廢有機溶劑回收業者一般採取的處理流程如圖 5.6 所示。目前國內廢溶劑回收廠商，在回收廢有機溶劑時，應儘可能避免採取太多手續之前處理，因為部分前處理可能需用大量之清水，因而造成二次污染處理之負擔，而提高回收處理費用。



資料來源：經濟部工業局，事業廢棄物處理與資源化技術，P.38，民國 84 年 6 月。

**圖 5.5 有機混合廢溶劑之蒸餾流程圖**

表 5.5 混合廢溶劑之蒸餾操作條件與回收成分

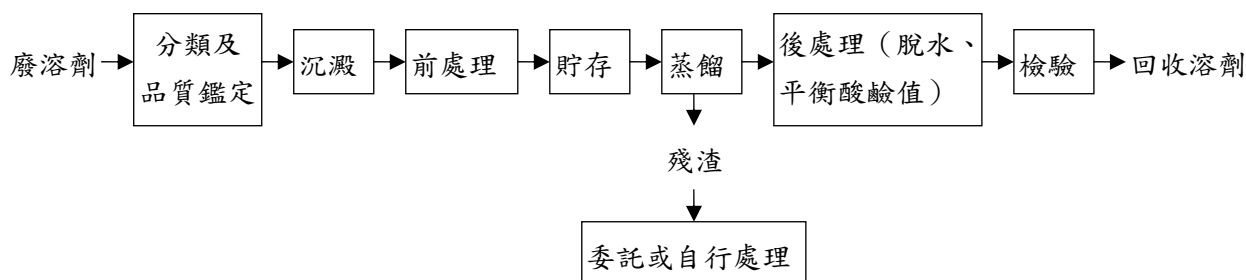
廢溶劑排出源	蒸餾溫度(°C)	蒸餾時間 (hr)	溶劑成分 (vol%)	殘渣成分 (vol%)	主要成分	備註
印刷、油墨	65~100	4	75	25	酯、酮、甲苯	照相凹版、書籍
塗料、塗裝	80~100	8	80	20	二甲苯、甲苯、酯	建築、汽車、船舶
電器	70~100	6	70	30	MEK、甲苯、Anon	磁帶、印刷、基板
接著劑	65~100	6	60	40	酯、酮、甲苯	粘著膠帶、接著劑
醫藥品	65~80	4	95	5	酒精、丙酮	抽出
食品	65~80	4	95	5	酒精、丙酮	抽出

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 6 月。

表 5.6 各種工業用再生溶劑產品

項目	印刷、油墨	塗料、塗裝	電器	接著劑	醫藥品	食品
外觀	透明	透明	透明	透明	透明	透明
色度(APHA)	10 以下	15 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下
比重(4°C)	0.865	0.865	0.89	0.89	0.795	0.795

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 6 月。



資料來源：經濟部工業局，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，民國 88 年 8 月。

圖 5.6 廢溶劑之蒸餾及前處理與後處理流程圖

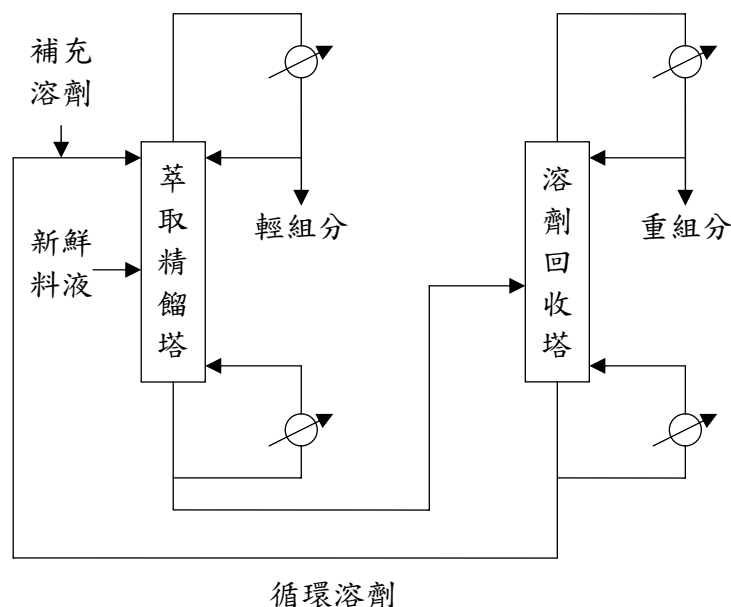
### 3. 萃取精餾

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。如圖 5.7 所示，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。

萃取精餾能否達成所希望之處理目標，新鮮溶劑之選擇常是首要關鍵，一般而言，應符合下述要件：

- (1)能使原有成分之相對揮發度依所希望方向改變，而有較大選擇性。
- (2)易於從被分離之混合物中得到再生，包括不與原成分起化學反應、不形成共沸物，並與原有成分有一定之沸點差等。
- (3)適宜之物性，如與原成分有較大之溶解度，使分布於塔盤上，可產生分層現象；對於黏度、比重、比熱等影響效率和熱量消耗之物性亦需考量。
- (4)須具有使用安全、無毒性、不腐蝕、熱穩定性好、價格便宜等特性。



資料來源：經濟部工業局，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，民國 88 年 8 月。

圖 5.7 萃取精餾裝置

#### 4. 共沸精餾

共沸精餾與萃取精餾的基本原理是一致的，所不同的是在於共沸劑與所欲分離之溶液混合時，除了影響其相對揮發度外，同時還會與其中一個成分形成共沸物。因此，上述之萃取精餾所討論之溶劑相關問題，原則上都適用於共沸劑。

共沸物的形成對於用精餾方法分離液體混合物的條件有很重大的影響，因此共沸現象一直是許多研究工作的對象。根據二元系成分的活度係數與組成的關係可知，純成分的蒸汽壓相差愈小，則愈可能在較小的正（或負）偏差時就形成共沸物，而且共沸組成愈接近莫耳分率，隨者純成分的蒸汽壓差的增大，最低共沸物向含低沸點成分多的濃度區移動，而最高共沸物則向含高沸點成分多的濃度區轉移。系統的非理想程度愈大，則蒸汽壓—組成曲線就愈偏離直線，極值點也就愈明顯。

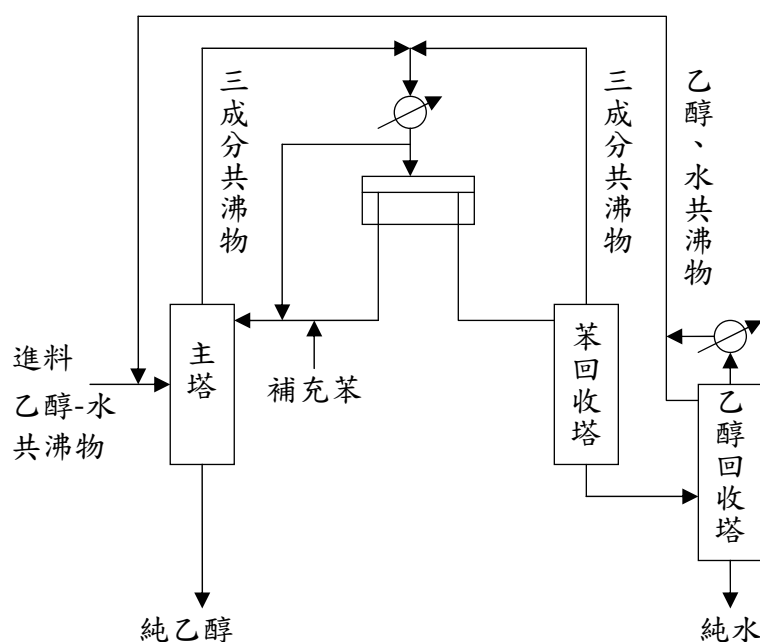
共沸劑至少應與原溶液的成分之一形成一個共沸物，而且該共沸物的沸點應該明顯地低於（或高於）原溶液成分之沸點或原溶液共沸物的沸點。為了達到分離之目的，並不一定要求原來兩成分之一作為純產品分離出來。共沸劑可能同時與兩成分形成共沸物，而此兩成分共沸物會有明顯之沸點差，如此，即可再用一般之精餾方法將其分別純化，達到最終提純之目的。共沸劑之選用除需符合能形成共沸物之需求外，還應考慮下述條件：

- (1) 共沸劑的用量少，汽化所需熱量少，操作程序較經濟。
- (2) 共沸劑容易回收，最好能用冷卻分層的辦法回收，一般還可用萃取、鹽析、不同壓力下精餾等等。
- (3) 共沸劑的熱穩定性好、不腐蝕、無毒性。
- (4) 共沸劑價格低廉，容易取得。

進行共沸精餾的精餾塔，常常不代表整個流程所需投資的主要部分。回收共沸劑的設備在全部投資中所占的比例也不小，通常還需要有調配進料的設備。例如用共沸精餾分離二元共沸物時，一般都是先經過初步精餾，使進料液組成接近共沸組成以後，才送入共沸精餾塔的。典型的含水乙醇之共沸精餾流程如圖 5.8 所示。乙醇、水和甲苯（共沸劑）形成一最低三元共沸物（其組成為 $X_{C_2H_5OH}=0.228$ ， $X_{H_2O}=0.233$ ， $T_b=64.86\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），共沸劑之補充可隨時由塔頂回流之股流一併進入精餾塔內，也可隨進料一起加入。此操作流程所獲得之塔

頂產物為三元共沸物，自塔底得到的是純乙醇。

目前國內已有業者使用共沸蒸餾方法來回收半導體業界之製程所產生之含水異丙醇（含水率約 5wt%）。此純化程序所得到之異丙醇純度可達 99wt%，其可作為製造丙酮及其衍生物之原料，亦可作為脫水劑、防腐劑或溶劑等用途。此回收程序最重要之精神在於『資源之回收再利用』，在環保意識抬頭，及政府鼓勵資源回收再利用之措施下類似的回收再利用程序應有發展的空間。



資料來源：經濟部工業局，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，民國 88 年 8 月。

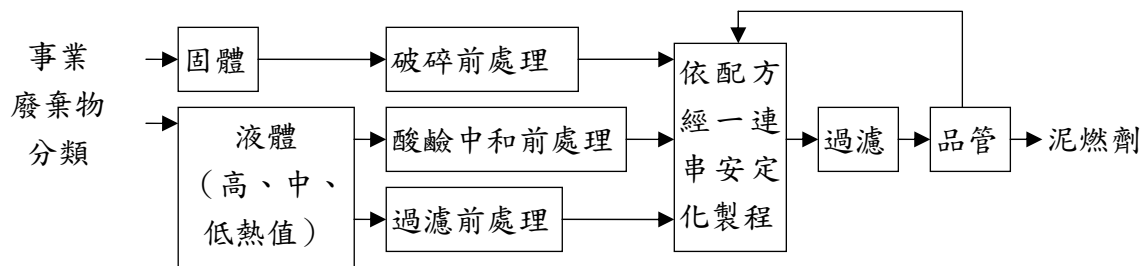
圖 5.8 以苯為共沸劑分離水及乙醇裝置

## 5. 製作泥燃劑

如圖 5.9 所示，泥燃劑的製造流程係將廢溶劑、廢油、廢油泥等事業廢棄物按其熱值、酸鹼度、流動性做好分類之後，其中部分類型的事業廢棄物則需前處理，例如破碎至均勻大小的顆粒，或酸鹼中和，或過濾。再按專業處理生產程序及配方經一連串的安定化製程製造成「泥燃劑」。目前國內已有一家代處理業回收廢油及廢溶劑資源化為泥燃劑，每年有 9 萬公噸之產能。再生燃料(泥燃劑)產品特性規範如下：



- (1)熱值 5,000 kcal/kg±4%。
- (2)氯含量<2,000 ppm。
- (3)硫含量<0.5 wt%。
- (4)粒徑<4.5 mm。
- (5)粘度<500 cps。
- (6)pH 5~9。
- (7)水分<25 %。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物再利用案例彙編(II)，清潔生產雙月刊，第 15 期，民國 86 年 12 月。

**圖 5.9 廢溶劑回收再利用為泥燃劑流程**

## 6. 滲透蒸發薄膜分離

隨著產業不斷發展，除了傳統之單元操作，如蒸餾、吸收等程序亦隨之改進外，更新式之分離技術亦不斷地被開發，薄膜分離技術便是其中之一，其在工業上已應用於海水淡化和海水製鹽，現也逐漸擴展到其他工業領域。

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。概要說明如下：

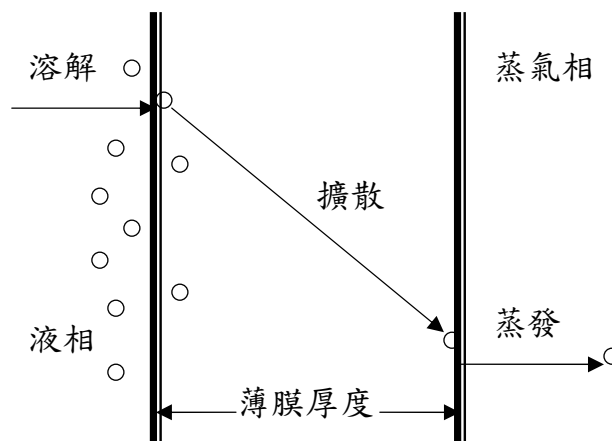
基於省能源及設備簡單之特點，滲透蒸發程序在分離共沸物、熱敏感混合物和沸點相近溶液方面被廣泛應用。其分離程序主要分成三步驟，如下：

- (1)液體進料溶解進入薄膜中。
- (2)進料物種在薄膜中傳送。

(3)在薄膜的下游界面揮發，同時被帶離薄膜。

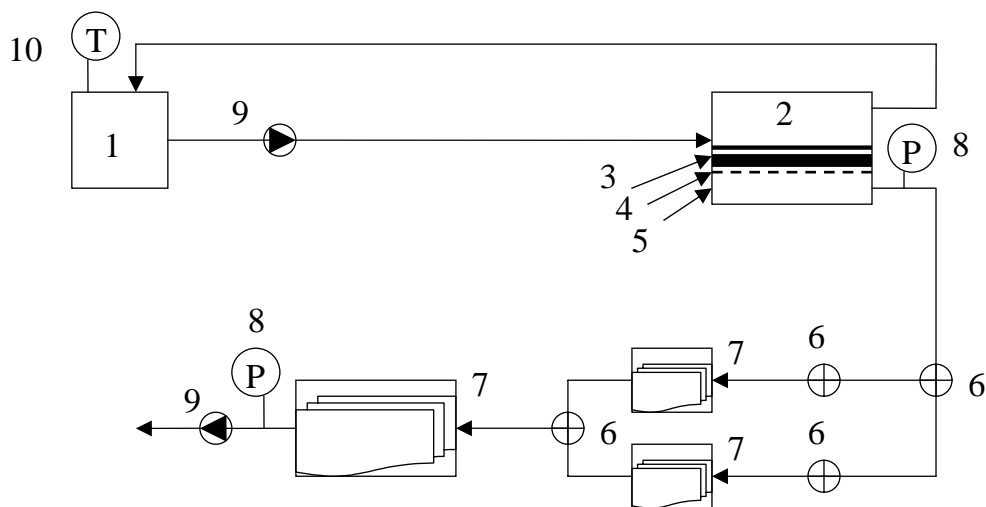
圖 5.10 所示為上述機構之示意圖，而整個分離程序可藉由圖 5.11 所示之裝置流程而達成。首先利用滲透蒸發於共沸物(azeotropic mixtures)之分離者為 Binning，其最先嘗試之系統為乙醇—水之系統，之後逆滲透薄膜亦被用於含水有機物之分離純化，但其需在較高壓力下操作，因此適用性亦多所限制，而滲透蒸發由於其驅動力考慮到各物質蒸汽壓差之問題，故其適用於多種含水有機物之純化程序。有關滲透蒸發程序之優點列舉如下：

- (1)節省能源。
- (2)易於分離共沸物。
- (3)可用於多成分含水混合物之脫水。
- (4)可作多重目標應用。
- (5)不必考慮產物受共沸劑污染之影響。
- (6)不必考慮處理廢料所引發之環境污染問題。
- (7)易於操作。
- (8)不占空間。



資料來源：經濟部工業局，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，民國 88 年 8 月。

圖 5.10 滲透蒸發之機構示意圖



- |        |           |
|--------|-----------|
| 1.進料   | 6.鐵氟龍閥    |
| 2.滲透槽  | 7.利用液態氮冷卻 |
| 3.薄膜   | 8.真空度計    |
| 4.膜支撐體 | 9.循環泵     |
| 5.多孔板  | 10.溫度計    |

資料來源：經濟部工業局，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，民國 88 年 8 月。

**圖 5.11 滲透蒸發之裝置示意圖**

## 7.超臨界流體萃取

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 HAG 公司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列幾項特點：

- (1)以 $\text{CO}_2$ 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。

## 8.水泥窯回收熱能法

由於水泥製程技術日新月異的發展，使水泥廠對冶金、電力、化工、石化、印刷、電子等行業的廢棄物的處理具有很大優勢。目前，歐美水泥工業對可燃性廢棄物的回收利用正日益受到各界的重視並在繼續推廣，美國、加拿大的利用約占水泥生產總熱耗的 5%，英、法、德國約為 6%~8%，最高的瑞士達 20%。瑞士 Holderband 水泥的 Reklngen 廠是用可燃性廢棄物代替部分煤作為燃料的水泥廠，該廠並於 1996 年 4 月獲得了 ISO14001 認證。

自 1980 年起，全世界如美、加、英、法及日本等國家皆曾利用至少 20 座水泥窯或旋轉窯(cement kiln 或 rotary kiln)，進行廢溶劑等之試燒研究，其對象包括甲苯、三氯乙烯、氯酚、多氯聯苯等含氯廢溶劑，在適當之操作條件下，其有害成分之破壞去除率(destruction and removal efficiency, DRE)均可高達 99.99% 以上，且發現 90~99% 之氯化物會與窯中之鹼性物質中和，使得含氯成分愈高，其 DRE 亦愈高，但會增加廢氣中之碳氫化合物濃度，惟可控制於 10ppm 內，不致產生空氣污染。利用現有水水泥業製程中之水泥窯或旋轉窯，以廢溶劑作為輔助燃料是極為可行之處理方式，除可節省燃料外，亦因其窯內之操作溫度高達 1,200~1,450°C，且廢氣滯留時間約為 5~10 秒，將有效破壞具劇毒性之有害廢溶劑。另外，亦得知廢溶劑中若含鉛成分時，有 90% 以上極易因窯內高溫而揮發後，混入水泥成品中，僅餘少量隨煙氣排出。而以低硫分廢溶劑取代高硫分燃料(如煤及焦炭等)，可有效降低 SO<sub>x</sub> 之排放，其他如 NO<sub>x</sub> 及粒狀污染物等亦無明顯地增加。美國 M. Branscome 及 R. Mourighan 曾分析數個水泥窯

之試燒紀錄，其結果如表 5.7 所示，顯示以水泥窯處理有害廢溶劑之處理效果皆屬良好。如此在不影響水泥品質及造成空氣污染之前提下，只要進行部分設備之擴充及性能提升，即能解決國內日益增多且難以妥善處理之廢溶劑問題，而又不致產生二次污染之問題。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)僅需增加儲槽、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<sub>x</sub>之排放。

典型水泥窯處理廢溶劑所需之主要設備有：

- (1)廢溶劑貯槽：2 座，容量各 50m<sup>3</sup>，9mm厚度之不銹鋼SUS 316L製作，附攪拌器、氮封裝置及VOCs回收系統。
- (2)廢溶劑進料槽：1 座，容量 6m<sup>3</sup>，9mm厚度之不銹鋼SUS 316L製作，附攪拌器。
- (3)噴霧器：2 組，修改現存之噴嘴，並覆以不銹鋼表面電鍍。
- (4)獨立式儀電控制盤。
- (5)可燃性氣體偵測器：於儲槽及操作區域設置固定式偵測器，其範圍為 0.18~1.8%，且至少為本質安全防爆級、防塵 1 級、防水 4 級以下。
- (6)油槽靜電消除器：防爆型加電壓式。
- (7)閃火點測定儀：全自動潘—馬氏密閉測定儀(依 NIEA R210.20C/ASTM-93 測定法)。

表 5.7 水泥窯試燒測試結果

工廠名稱	廢棄物成分	有害物質破壞率(%)	主要有害成分(mg/s)	
			廢液燃燒	基準
St lawrence 加拿大	氯化烴	>99.00	—	—
	氯化芳香族	>99.989	—	—
	多氯聯苯	>99.986	—	—
Norcem 挪威	多氯聯苯	99.9999	—	—
	多環芳香族	99.9999	—	—
Stora vika 瑞典	二氯甲烷	>99.995	<7.3	註
	三氯乙烯	>99.99998	<0.3	註
	氯化烴類	>99.988	10	註
	多氯聯苯	>99.99998	<0.04	註
	氯酚	>99.99999	<0.025	註
	冷凍劑(113 號)	>99.99986	0.03	註
San juan 波多黎各	二氯甲烷	93.292~99.997	94	1.4
	氯仿	92.171~99.96	94	11
	四氯甲碳	91.043~99.996	191	71
Peerless 美國	多氯聯苯	>99.998	0.13~0.55	0.1~0.75
General portland 美國加州廠	二氯甲烷	>99.99	<0.003	<0.1~0.43
	三氯乙烯	99.99	0.005	0.13~0.34
	三甲苯	>99.95	<0.42	0.1~0.76
	二甲苯	>99.99	<0.21	0.1~0.3
Lone star 美國	甲苯	99.940~99.988	4.7	4.7
	二氯甲烷	99.94~99.99	0.9	4.8
	冷凍劑(113 號)	99.999	<0.025	<0.022
	丁酮	97.997~99.998	0.149	0.44
	三氯乙烷	>99.999	0.54	0.44
Rockwell lime 美國	甲苯	99.995~99.998	0.0332	0.0157
	二氯甲烷	99.9947~99.9995	0.0023	0.0008
	丁酮	99.9992~99.9997	0.0105	0.007
	三氯乙烷	99.9955~99.9982	0.0073	0.0027
	三氯乙烷	99.997~99.999	0.0032	0.0027
	四氯乙烷	99.997~99.999	0.0043	0.0028

註：燃料中不含試燒有機廢物，因此未測排氣中此類物質之含量。

資料來源：經濟部工業局，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，民國 88 年 8 月。

(8)輔助設施：包括進料簡易分析設施、照明設施、耐酒精型泡沫消防系統、火焰偵測器、緊急沖淋器、空壓機、輸送管閥、幫浦等，其中有關馬達、開關箱部分須至少為本質安全防爆級。

為確保水泥窯穩定的操作運轉，須使進料廢溶劑之熱值及成分等維持均勻，因此對於初期營運規劃重點，如允收標準訂定、清理費用研訂、清運車輛載運路線規劃、廢溶劑接收站設置規劃、入廠前簡易分析之成分比對、入廠後貯槽入料安排與進料規劃、工安環保緊急應變規劃等，其執行措施如下：

- (1)建立適合水泥窯處理廢溶劑之行業別資料庫，包括種類、數量及特性等。
- (2)建立水泥窯處理廢溶劑之燃料替代率，以不影響水泥品質及造成空氣污染為前提。
- (3)結合既有設備及操作能力，建立整套操作及控制參數，整合成一本土化熱處理技術。
- (4)建立不同行業別產生之廢溶劑，可相容、混合種類，以及摻配比例等參數之技術。
- (5)提升煙氣處理系統的性能與穩定性，以避免二次污染之產生。

國內營運中之水泥窯數量不少，且都散布於產生廢溶劑之主要工業區及都市周圍，所以利用現有之水泥窯處理廢溶劑，可節省其長途運輸所造成之人力、物力浪費或可能因道路阻隔、天災人禍等不可避免之因素，所造成之人身危害或環境污染。參考國外文獻資料，若國內水泥業者以廢溶劑作為輔助燃料之經濟效益，其推估結果由 92 年經濟部生產統計月報資料顯示，國內水泥年產量為 18.5 百萬公噸，而主要之乾式水泥製程生產 1 公噸水泥成品需煤炭 0.134 公噸；因此，國內一年所需煤炭約為 2.5 百萬公噸。對於易燃性且熱值高達 4,500~10,000kcal/kg 之廢溶劑，極適合作為水泥製程之輔助燃料；而燃料替代率一般都維持在 30%；所以，以廢溶劑替代水泥製程部分燃料時，則每年可節省 75 萬公噸煤炭。此若以煤炭熱值 6,200kcal/kg 或柴油熱值 10,300kcal/kg 為參考計算基準，則每年可節省  $4.65 \times 10^{12}$  kcal 之能源或 50 萬公噸柴油。而若以廢溶劑熱值 6,600 kcal/kg 為參考計算基準，則每年可處理約 81.8 萬公噸廢溶劑，而台灣地區目前廢溶劑年產量約為 15 萬公噸；因此，除少數不適合水泥窯處理之有害廢溶劑外，亦即不符合水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則之進廠規範，幾乎可以完全處理國內產生之所有廢溶劑。依此回推，若水泥窯完全處

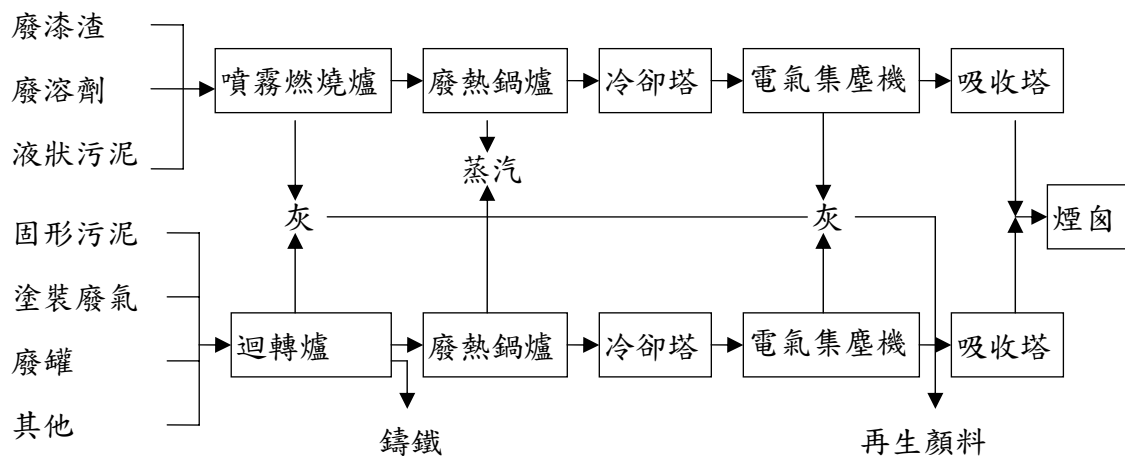
理國內產生之 15 萬公噸廢溶劑，則每年可節省  $1 \times 10^{12}$  kcal 之能源，亦即節省 16.1 萬公噸煤炭或 9.3 萬公噸柴油；若以普通柴油每公升 13.1 元計算，則每年可節省約 12.2 億購油成本。同時，節省煤炭或柴油之燃燒消耗，亦即減少 CO<sub>2</sub> 排放，而依國內能源消費量與 CO<sub>2</sub> 排放量之推估，可減少 366 萬公噸 CO<sub>2</sub> 排放量。

## 9. 廢漆渣焚化回收熱能法

廢漆渣焚化回收熱能之流程如圖 5.12 所示，主要設備如下：

### (1) 廢漆渣之焚化爐型式

- A. 噴霧燃燒式：適合可用幫浦輸送之廢漆渣，液狀污泥之焚化，簡便且經濟。有高壓噴霧、旋轉噴霧、空氣噴霧及蒸汽噴霧等方式。
- B. 旋轉爐：處理對象廣(一個爐即可處理多種廢棄物)，有逆流與並流式。
- C. 流動燃燒式：即使大容量設置面積也很小，燃燒效率高，故障少。但燃燒殘渣多時，例如廢罐壁附著有剩餘漆渣，則不適合。
- D. 固定爐床式：易軟化及融化之漆渣剩渣也可焚化，適於灰分少者，大型則不宜。有豎型及橫型。



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 6 月。

圖 5.12 廢漆渣焚化回收熱能之流程



## (2)集塵裝置

有電氣式、洗淨式、過濾式及離心式等型式。要回收  $0.1\ \mu\text{m}$  以下之細微粉末是應採用洗淨式及過濾式較為適合。若考慮壓力損失及電力消費則採用電氣式比較有利。離心式則構造簡單，適合於含塵量較高的排氣。

## (3)氣體吸收裝置

多段塔、文氏洗滌塔(Venturi-Scrubber)、填充塔、噴霧塔等型式。多段塔適合含塵量較高的排氣，阻塞之顧慮較少。文氏洗滌塔之吸收效果較高。填充塔對總含膠量高的排氣、有阻塞的可能，需在前段併用集塵裝置。噴霧塔裝置簡單，適合於 HCl 之吸收。

## 5.2 廢油資源化技術

汽車製造業之生產製程及污染防治設施所產生之廢油類 (D-1799 廢油混合物)，92 年度之申報量為 76 公噸。廢油類回收再利用方式主要為蒸餾再生、焚化處理，處理模式為委託或共同處理。

由於廢油之流動性大、熱值高、含有雜質，因此在處理方法選擇上，通常考慮使用焚化處理，若能從產源加以分類回收，可獲得純度較高之廢油，適合採用蒸餾回收，以再生利用方式處理。依燃燒理論而言，如果燃燒溫度達  $800^{\circ}\text{C}$  以上，絕大多數的有機碳氫化合物 (organic carbon compounds) 皆可被破壞分解成二氧化碳與水，達到減量及熱能回收之處理目標。然而，焚化處理設備之投資費用過於龐大，操作與維護費用亦高，係採用此法必須考量評析之重點。除了焚化處理外，固化(solidification)或穩定化(stabilization)處理亦有成功之實例，固化法或穩定化法係利用有機與無機安定劑之混合體，以達到將廢油中之重金屬與油脂物質固定化的目的，但僅適合小量產生者，並需考量後續掩埋的去處。所採用之固化劑多含有水泥、波索蘭物質與有機安定劑等成分，固化或穩定化處理之最大缺點在於廢棄物之成分與安定劑比例之控制較難，且處理後之重量及體積均增大 (增大率 10~70%)，不符廢棄物處理之基本原則—減量化，除非能再進一步加以再利用，不宜再採用固化處理。

### 5.2.1 廢油資源化技術概述

為使業者進一步評估廢油之回收處理，以符合資源化之目標，提出下列五種廢油資源化技術，以供相關人員參考。

## 1.加熱處理法

### (1)高溫法

高溫法係將廢油加熱至 450℃，使廢油中之油分裂解揮發，所產生的油氣再經由冷凝單元進行油氣回收，而殘留之渣滓則以掩埋方式處理。由於高溫處理時，廢油中的蠟與油脂成分會進行裂解，而發生臭味與硫化氫，且油料回收率僅 34%。

### (2)低溫法

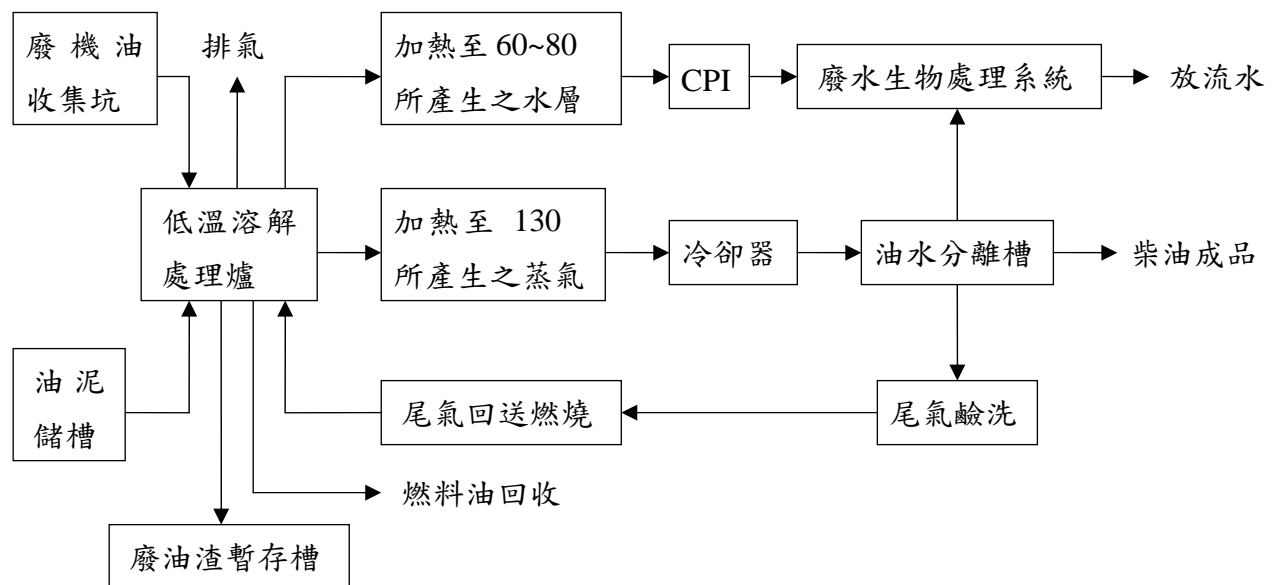
為改善高溫法所產生臭味之困擾，低溫法技術係將加熱溫度降為 130～150℃，使廢油中的蠟或重質油分之黏度降低，直接回收其溶解油及由冷凝管回收揮發的油氣，本法之優缺點整理如表 5.8 所示。這些回收之溶解油可直接摻配燃料油進行再煉製，其操作流程如圖 5.13 所示，處理程序說明如下：

- A.粘稠狀之廢油經輸送至廢油處理釜後，點火加熱至 60℃，廢油即開始溶解，繼續加熱至 80℃左右，上方會產生含油水層，此一水層排放至 CPI 進行油水分離處理。
- B.再繼續加熱至 90℃左右，輕質油分及水分開始蒸發排出，經冷卻器冷凝後流入油水分離槽。再繼續加熱至 130℃左右，維持加熱時間約為 8 小時之後熄火。
- C.靜置約 8～10 小時，使固體物沉澱至處理釜底部，溫度降至 90℃左右，即以油泵抽送上層液至槽車，再運送至燃料油槽。
- D.抽送完成後，再利用油泵將殘留管線中之油料泵回廢油處理釜，以防止油料因溫度下降而造成堵塞管線之情況發生。

**表 5.8 低溫法處理廢油之優缺點比較**

優 點	缺 點
1.操作溫度低，可節省能源耗用	1.油分回收率僅達 72.5%
2.尾氣經洗滌後排放，可改善臭味問題	2.批次操作處理量有限
3.減少煙囪廢氣之排放量	3.殘渣油分含量仍高，不利於最終處置

資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

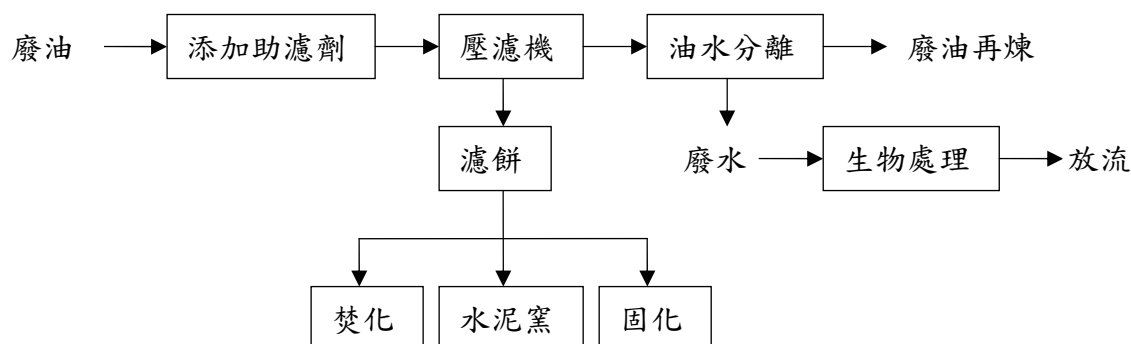
**圖 5.13 油泥低溫溶解處理流程圖**

## 2. 直接壓濾法

直接壓濾法屬物理處理方法，由於廢油中含水分達 65% 以上，油分含量約 30%，以壓濾方式去除廢油中大部分之含水分及油分，其體積減少率可達 90% 以上，此法適用於流動性較佳之廢油。

本法利用助濾劑添加於廢油中並預覆於濾布上，在終端壓力為  $6\text{kg/cm}^2$  之情況下，壓濾時間為 30 分鐘，將廢油中之水分與油分壓出，且破壞廢油中原有乳化狀態，壓出之油分於去乳化後自動分層，約可回收 85~90% 油分，分層後之廢水經生物處理達放流水標準後排放，廢油則送回製程再煉。而壓濾之泥餅中殘餘油分約 10%，含水率  $<50\%$ ，其處理流程如圖 5.14 所示。

壓濾後之濾餅熱值仍有  $2,500\sim 3,000\text{ kcal/kg}$ ，可採焚化處理，或將濾餅送水泥窯摻配於原料中燒成，其所含成分均屬無害，且摻配量與水泥總量之比例極小，因此對於水泥產品之品質並無影響。本法之優缺點比較如表 5.9 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.14 廢油直接壓濾處理流程**

**表 5.9 直接壓濾法處理廢油之優缺點比較**

優 點	缺 點
1.操作維護容易 2.體積減量佳 3.初設費用低 4.操作維護成本低	1.後續焚化處理初設費高 2.殘餘油分仍有 5~10% 3.批次操作，濾布清洗不易

資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

### 3.溶劑萃取法

廢油中含有許多 C4~C10 之揮發性碳氫化合物(volatile organic compounds)及油品，可以溶劑萃取將碳氫化合物分離回收，分離後之殘渣則以固化或掩埋處置。已知之溶劑萃取法有下列四種方法：

#### (1)臨界流體萃取法(critical fluid extraction, CFE)

以臨界流液態氣體及揮發性碳氫化合物為溶劑，該法尚在實驗階段。

#### (2)低能量萃取法(low energy extraction process, LEEP)

以多種溶劑多段萃取回收不同之油品，本法尚在模廠階段仍未商業化。

#### (3)三乙胺萃取法(tri-ethylamine extraction process，又稱 B.E.S.T 法)

本法之特色為以三乙胺(tri-ethylamine, TEA)為萃取溶劑，藉由三乙胺在低溫時極性大可與水互溶，而高溫時三乙胺極性小可與油脂互溶之特性，在

操作程序中先控制溫度在 4°C 萃取出油脂類後，再提高溫度至 54°C，將油水分層並將水分去除，最後以蒸汽汽提(steam stripping)方式回收油脂。本法為 RCC 公司 (Resource Conservation Corp.)開發之廢油處理方式，目前已商業化運轉，每公噸廢油處理費用約為台幣 1,100~4,125 元（視其處理規模而定）。

#### (4)BP 回收法

BP 回收法為英國石油公司(British Petroleum Corp.)研發之廢油回收方法，其處理流程如圖 5.15 所示，先將廢油經壓濾脫水，操作溫度控制在 38~66°C，操作壓力為 100 psi，使油分與水分分離，再將廢油回收予以重煉，濾餅則送至萃取反應槽中，以溶劑反覆萃取其中之碳氫化合物成分，一般而言，總油分之回收率可達 98%，而最後殘渣則以固化處理，目前本法已經商業化運轉。

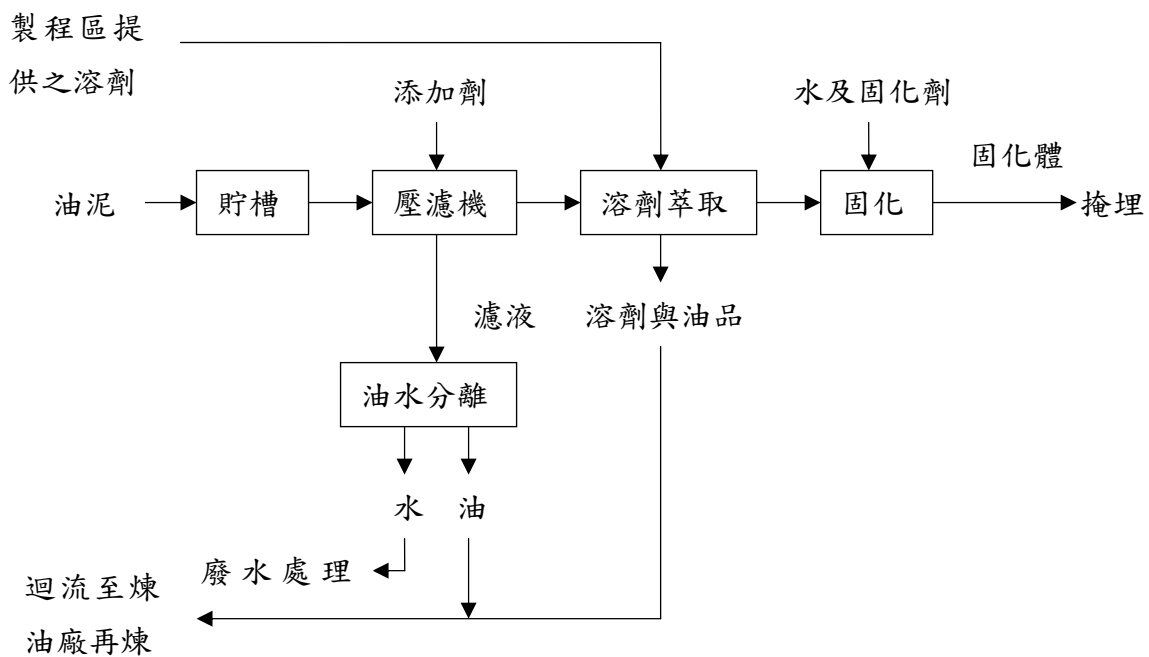
#### 4.離心處理法

本法係利用離心原理，將成分複雜的廢油分為油、水及固體物三態，並回收油分重煉，以達到資源回收之目的，其操作流程如圖 5.16 所示，廢油藉蒸汽之熱導作用予以加熱，使其保持流動性，以利通過過濾器，將顆粒物質篩除後送入三相分離離心機，依各相比重之不同而分為三相層，油分由管線輸往煉油設備回收，水分則併入生物處理系統處理，剩餘的泥渣則經脫水後焚化處理。

此處理設施之心臟部分為一三態直立式分離機，其特點為：

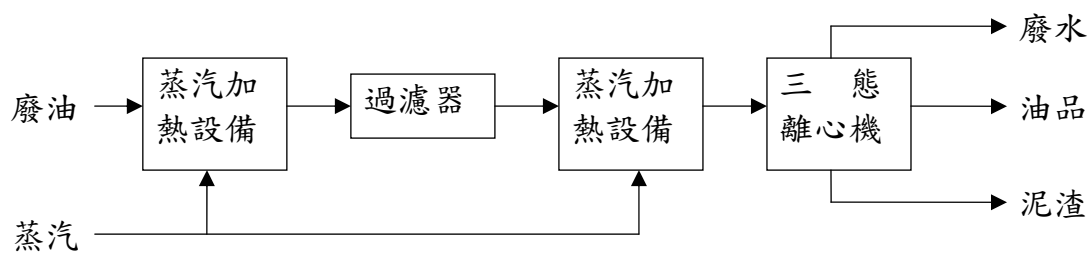
- (1)離心力高達 6,000 G。
- (2)每小時可處理 15~30m<sup>3</sup>廢油。
- (3)分離物之品質穩定，回收油分之純度高。
- (4)在不同物性之進料下仍可繼續操作。

廢油採用離心處理法的優缺點比較如表 5.10 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.15 BP 廢油萃取處理流程圖**



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.16 廢油離心處理操作流程圖**

**表 5.10 離心處理法處理廢油之優缺點比較**

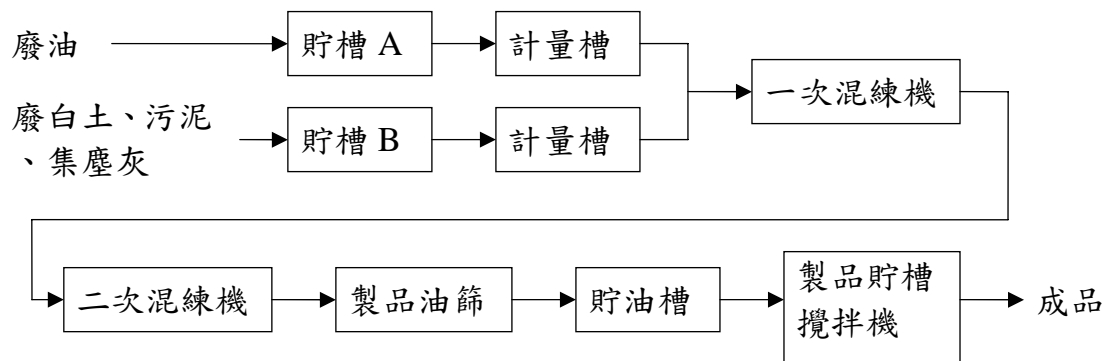
優 點	缺 點
1.操作維護容易 2.體積減量佳 3.操作維護成本低 4.所占空間不大 5.油分回收率高	1.須導入蒸汽 2.尚有泥渣處置問題 3.進料中水分須高於 25%，過低則流動性不足，易阻塞管線

資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

### 5.製作泥燃劑

國內已有廠商引進日本技術，利用各事業機構產生之廢棄物，諸如廢油、廢液、廢白土、污泥及集塵灰等，依各組合物之熱值分析，經由粉碎、過篩、攪拌、輸送及混練過程，並添加適量之乳化安定劑，製成熱值達 4,000 kcal/kg 以上之輔助燃料，稱為「泥燃劑」(slurry fuel)，其製程如圖 5.17 所示。

有關泥燃劑之成分比例及規格如表 5.11 所示，目前已使用於台灣的水泥廠旋窯中作為輔助燃料之用。本法之優缺點比較如表 5.12 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.17 泥燃劑製造流程圖**

**表 5.11 泥燃劑之成分比例及規格要求**

成分比例		規格要求	
油 分	30~60%	熱 值	4,000~4,500kcal/kg
水 分	20~30%	黏 度	500~1,000 cp
固形物	10~50%	氯 含 量	<2,000 ppm
		最大粒徑	5 mm

資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**表 5.12 泥燃劑處理法處理廢油之優缺點比較**

優 點	缺 點
1.操作維護成本低。 2.體積減量佳，最終處置之殘餘量最小。 3.混合較低熱值廢棄物共同焚化處理。	1.採樣分析作業頻繁。 2.摻配程序及成分屬技術專利，需付專利授權使用費用。

資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

### 5.2.2 廢油資源化技術評析

根據上述各項資源化技術，就各項技術原理、流程、適用對象、成品與適用範圍、技術成熟與實績及特點等要項，彙整如表 5.13 所示。

#### 1.國內再利技術使用現況

目前國內廢油再利用技術除前述中之「溶劑萃取法」外，其餘已成功自國外引進使用，中油公司內部使用者為：桃煉廠採低溫溶解處理法，高雄總廠為直接壓濾法，而大林廠為直接焚化法（非再利用技術）。另國內有兩家甲級廢棄物處理機構分別將廢油製作成「泥燃劑」（目前僅作為水泥業輔助燃料）及使用「離心處理法」（回收油分送中油公司重煉），其處理設備目前均正常運作中。

#### 2.國內處理技術與環境需求

由於汽車製造業產生廢油數量並不多，資源化之產品目前係以泥燃劑為主，選擇採用回收處理技術之考慮因素偏重於技術性及回收效益，包括下列各項條件：



- (1)回收處理須為已商業化且穩定操作之技術。
- (2)初設費用。
- (3)操作成本應符合經濟效益。
- (4)能源回收之用途及經濟價值。
- (5)操作技術之訓練完整。
- (6)維修保養簡易。
- (7)無二次公害污染問題。

**表 5.13 廢油資源化技術評析**

技術名稱	原理、流程	適用對象	成品與適用範圍	技術成熟與實績	特點(含應用限制)
低溫溶解法	加熱溫度至 130℃，利用沸點之不同，回收油品	較無限制	回收油重煉	已有實績	1.操作溫度低，可節省能源 2.油分回收率僅 72.5%
直接壓濾法	利用經助濾劑預覆之濾布，將廢油中之水分與油分壓出分離	較無限制	回收油重煉	已有實績	1.體積減量佳且初設費低 2.濾布清洗不易
溶劑萃取法	以溶劑萃取分離回收廢油中之碳氫化合物	較無限制	回收油重煉	部分技術尚在實驗階段	1.溶劑可回收使用，節省成本 2.許多方法尚在實驗階段
離心處理法	利用離心原理，將廢油分為油、水及固體物三態	較無限制	回收油重煉	已有實績	1.油分回收率可高達 95% 2.進料中水分須高於 25%，否則易阻塞
製作泥燃劑	利用各事業廢棄物不同配比，製程熱值達 4,000kcal/kg 之水泥窯輔助燃料	較無限制	泥燃劑	已有實績	1.最終處置殘餘量小 2.製程中須增加採樣分析作業

資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

### 3.技術可行性

若依上述考量因素分析各技術之可行性，其評估結果及使用現況彙整如表 5.14 所示，前四項再利用方式產生之泥渣（或泥餅）尚需經由焚化處理，而泥燃劑則主要用作水泥窯之輔助燃料，就其技術可行性而言，除直接焚化是一項昂貴且難操作維護之投資外，其餘方式均屬可行；而其經濟效益則與事業機構本身之環境條件及最終處理設備（有無焚化爐）有密切關係，有待業者進一步之詳細評估，以決定選擇適當之再利用方式。

**表 5.14 廢油資源化技術可行性評估**

技術方案 項目	熱處理— 低溫法	直接壓濾法	溶劑萃取法	直接焚化法	離心處理法	製作泥燃劑
1.商業化穩定 操作之技術	是	是	是	是	是	是
2.初設費	低	低	中	高	中	中
3.操作成本	中	低	中	高	中	中
4.能源回收之 用途及經濟 價值	·用途：再煉 ·降低原油煉 製成單位成 本	·用途：再煉 ·降低原油煉 製單位成本	·用途：再煉 ·降低原油煉 製單位成本	·用途：廢熱 回收 ·視處理量大 小而定	·用途：再煉 ·降低原油煉 製單位成本	·用途：製作 泥燃劑 ·轉作水泥窯 輔助燃料
5.操作技術	簡單	簡單	較高	高	簡單	高
6.維修保養	易	易	易	較難	易	易
7.二次公害污 染防治	無需	無需	無需	需完善之規劃	無需	無需
8.國內使用情 形	石油煉製廠廠 內設置	石油煉製廠廠 內設置	尚未引進，研 發中	石油煉製廠廠 內設置	甲級處理業使 用技術	甲級處理業使 用技術

資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

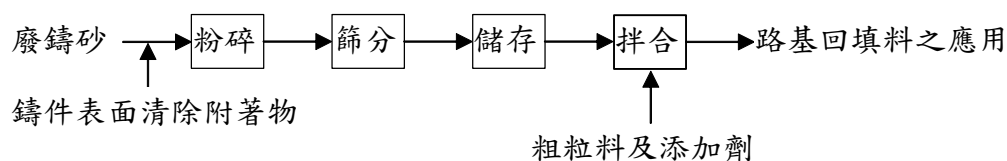
### 5.3 廢鑄砂資源化技術

汽車製造業之引擎及相關零組件生產製程需將金屬原料加熱成為熔融態後澆灌至砂模中成型，經脫模過程將砂模脫除，即產生廢鑄砂。茲將廢鑄砂資源化技術說明如下：

#### 5.3.1 回收再利用技術

##### 1. 路基回填料再利用

路基回填料再利用，係將廢鑄砂使用於路基回填料，而路基材料之物質反應因使用情形而有所不同，理論上路基材料使用於交通方面時，經常以加州載重比試驗（CBR 試驗）做為研究路基材料是否符合路面支撐力之依據。據國外資料顯示，使用廢鑄砂於路基回填料，能增強剪力強度及減低壓縮性，與使用天然細砂所建造之堤防比較，更具有不透水性。其使用流程如圖 5.18 所示。



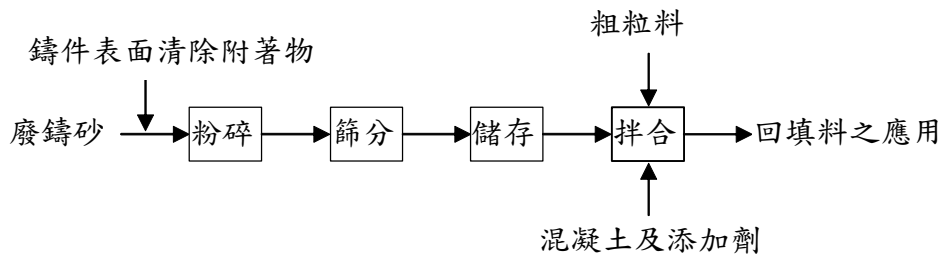
資料來源：經濟部工業局，廢鑄砂回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

圖 5.18 廢鑄砂於路基回填料之使用流程

有關路基回填料之技術普渡大學於 1997 年曾使用廢鑄砂於印地安那州際公路上之公路鋪面應用（與使用天然砂石回填料大致相同）。

##### 2 低強度高流動性混凝土細骨材替代物

低強度高流動性混凝土(CLSM)為一種具自我充填之材料，主要當作須回填夯實之替代性材料。美國混凝土協會定義為一種 28 天無圍抗壓強度不超過 1200 PSI(約 84kg/cm<sup>2</sup>)之高流動性回填料，而目前大部分在國外使用之 CLSM，抗壓強度則不超過 300PSI(約 21kg/cm<sup>2</sup>)，最主要之原因為必須考慮將來以人工或機具方式來開挖。廢鑄砂可作為流動性填充材之細骨材替代物，而含流動性填充材用途則包含電線電纜開挖修復、回填結構、廢井填土及地下管線埋設等。紐約地區之水牛城(Buffalo)報導中運用此廢鑄砂於流動性填充材中，賓州(Pennsylvania)也成功的報導此砂可做為回填料之細骨材之替代物，其相關流程如圖 5.19 所示。



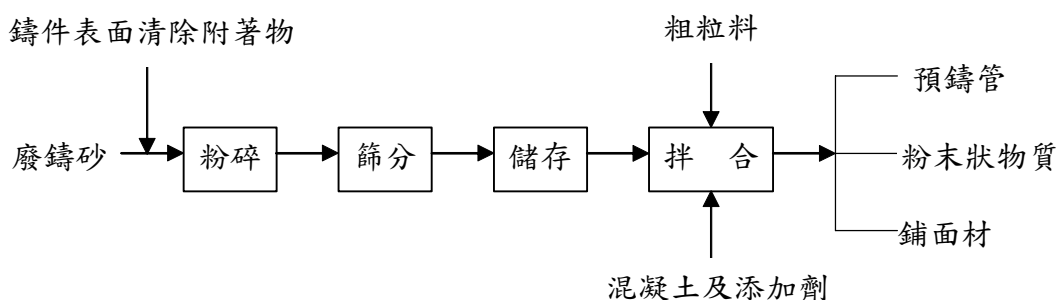
資料來源：經濟部工業局，廢鑄砂回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.19 低強度高流動性混凝土細骨材替代物流程**

而參考文獻得知，威斯康辛麥迪遜分校之 Jeffrey S. 曾利用廢鑄砂在控制低強度高流動性混凝土細骨材之替代物使用。

### 3. 混凝土之細骨材替代物

主要是利用廢鑄物細粒料之特性與混凝土中其他摻配料一起，在混凝土中可加入大約 15% 之鑄造廢砂取代砂石粒料，但不能含有皂土，因皂土可能使混凝土變硬。使用在混凝土工程之廢鑄砂比平常所使用的混凝土所用的粗粒料來得較輕，但比 ASTM 中之輕量粒料的限制為重，且使用廢鑄砂的水分吸收性比在傳統的輕質粒料所觀察的吸收性來得低。混凝土產品包括混凝土管、磚、停車場用材或作為其它用途。而其相關流程如圖 5.20 所示。



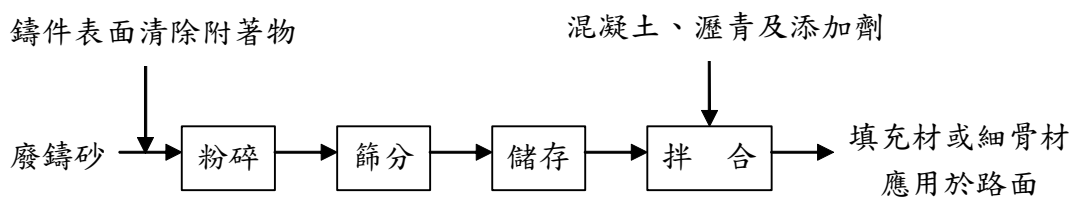
資料來源：經濟部工業局，廢鑄砂回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.20 廢鑄砂使用作為混凝土製品流程**

### 4. 瀝青混凝土中填充料或細骨材

瀝青路面自上而下由面層、底層和基層三層所構成，鋪築於路基上。瀝青路面自最簡單之砂石底層加上表面處理以至於路面全厚均用高級瀝青拌和料；

任何路面之路基主體為土壤，瀝青路面亦不例外。土壤路基或粒料基層因所含之成分各異，影響強度至鉅，凡細料、粉砂及黏土含量過多之土壤或粒料基層，每因吸收大量水分而失其強度。反之如粗粒料、石子及砂含量較多者，則吸水量較小。強度損失亦較少，故路面工程首先應考慮土壤穩定處理技術，必須獲得穩定之路基及合格強度之基層才能保證路面得以經久耐用。故利用廢鑄砂細粒料之特性可以用來做為瀝青混凝土填充料或細骨材之替代物，根據國外文獻資料及實驗資料顯示，用 15% 之廢鑄砂取代砂石粒料所製成之瀝青混凝土與傳統瀝青混凝土並無太大的差異性，當廢鑄砂超過 15% 會造成孔隙值比傳統值高些，流度值降低，因而導致碎化現象。所以使用廢鑄砂之取代量必須在 15% 以內，並將廢鑄砂之粒料附著物去除乾淨，則可使用於瀝青混凝土之填充料。而有關廢鑄砂應用於瀝青混凝土填充料或細骨材之相關流程如圖 5.21 所示。在國外案例中，普渡大學曾使用 15% 之廢鑄造替代細粒料取代砂石運用於瀝青混凝土中使用於道路鋪面，其效用與使用天然砂石替代物相比大致相同。



資料來源：經濟部工業局，廢鑄砂回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.21 廢鑄砂應用於瀝青混凝土填充料或細骨材之處理流程**

### 5.3.2 廢鑄砂資源化技術評析

前述各項廢鑄砂再利用技術之可行性評析如表 5.15 所示。路基回填、混凝土粒料粒料之細骨材替代物及再生砂（鑄造砂）之再利用技術較為成熟；低強度高流動性混凝土(CLSM)細骨材替代物及瀝青混凝土粒料等技術仍在試驗階段。

廢鑄砂之種類與來源不同，對鑄造廠不同製程，其回收技術、效益與用途亦不一致。其中樹脂砂經由熱處理程序，再生成具較高經濟性之再生砂；黃銅與青銅由於含鉛量之不同，其回收技術較高，特殊用途之需求也不同。

資源化技術，與再生砂回收技術相較下，路基回填、混凝土粒料之細骨材替代物等技術，能廣泛的回收不同種類之廢鑄砂，有較大的處理彈性，而且能減少鑄造廠廢鑄砂分類作業及節省貯存空間。

**表 5.15 廢鑄砂資源化技術可行性評析**

資源化技術	優點	缺點	技術成熟度與實績
路基回填料再利用	1.具有較佳之不透性 2.符合資源再利用之情形 3.可以減少天然骨材之使用	1.含水量須予以控制(不超過 6~15%) 2.比例不宜過高(不超過 15%) 3.抗壓強度較天然細骨材為低	技術廣泛、成熟、取得容易，並有實廠運作
低強度高流動性混凝土 (CLSM) 細骨材替代物	1.符合資源再利用之情形 2.減少細骨材使用量 3.具有較高的彈性模量	1.因粒徑過細，僅能取代一部分天然砂石(不超過 15%) 2.廢鑄砂品質要求較高 3.較易碎化且需依不同性質添加不同比例之砂石粒料 4.控制因子較複雜	試驗階段
混凝土粒料(預鑄管、人行磚、鋪面用材)之細骨材替代物	1.符合資源再利用之情形 2.較原製品輕 3.含水率較低 4.較高的彈性模量	1.因粒徑過細，僅能取代一部分砂石(不超過 15%) 2.廢鑄砂品質要求較高 3.抗壓強度較低	技術廣泛、成熟、取得容易，並有實廠運作
瀝青混凝土粒料	1.與傳統瀝青混凝土差異不大 2.具有高壓縮性及較低透水性 3.降低填充料用量 4.符合資源再利用	1.因粒徑過細，僅能取代一部分砂石(不超過 15%)	完成試驗階段，著手進行整廠規劃
再生砂	1.再生處理後成品較高經濟價值 2.可於供應物料時進行回收，節省運輸成本	1.選擇性回收，無法滿足處理需求 2.需要投入較高處理設備成本	技術廣泛、成熟、取得容易，並有實廠運作

資料來源：經濟部工業局，廢鑄砂回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

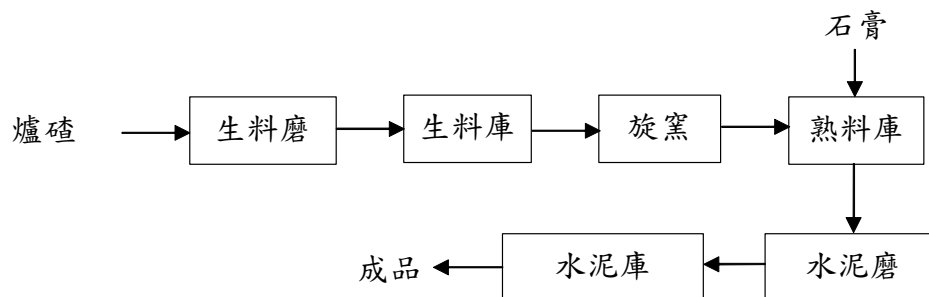
## 5.4 感應爐爐渣資源化技術

汽車製造業之引擎及相關零組件生產製程需將金屬原料經感應爐高溫加熱成為熔融態後澆灌至砂模中成型，故於感應爐高溫加熱過程將產生熔渣，熔渣排出感應爐後冷卻即為感應爐爐渣。茲將感應爐爐渣資源化技術說明如下：

### 5.4.1 感應爐爐渣資源化技術說明

#### 1.水泥原料

水泥廠生產水泥所需之原料包括石灰石、黏土、矽砂、鐵渣及石膏，其中石灰石、黏土、矽砂及鐵渣係送入至旋窯製成熟料之生料，石膏則是熟料送入水泥磨時所需添加之摻料。水泥製造之過程除原料之開挖外，主要包括生料研磨、熟料燒成、熟料冷卻、水泥研磨及包裝出貨等五個程序，其製造流程如圖 5.22 所示。國內常見之水泥種類，以波特蘭水泥為主，另有少量砌壩水泥。

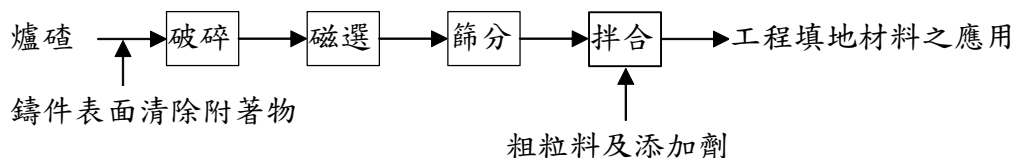


資料來源：經濟部工業局，感應電爐爐渣（石）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

圖 5.22 水泥製作流程

#### 2.工程填地材料再利用

使用感應電爐爐渣（石）於路基回填料，其健度高，能增強剪力強度及減低壓縮性。其使用流程如圖 5.23 所示。

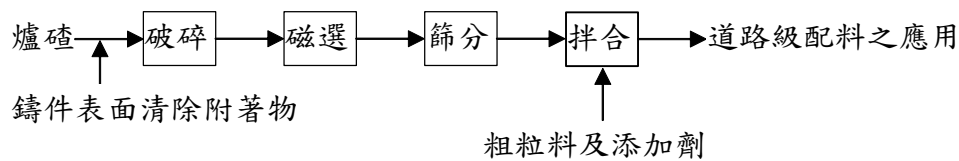


資料來源：經濟部工業局，感應電爐爐渣（石）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

圖 5.23 感應電爐爐渣（石）於路基回填料之使用流程

#### 3.道路工程級配料

感應電爐爐渣（石）應用在道路工程級配之原料，使用流程如圖 5.24 所示。

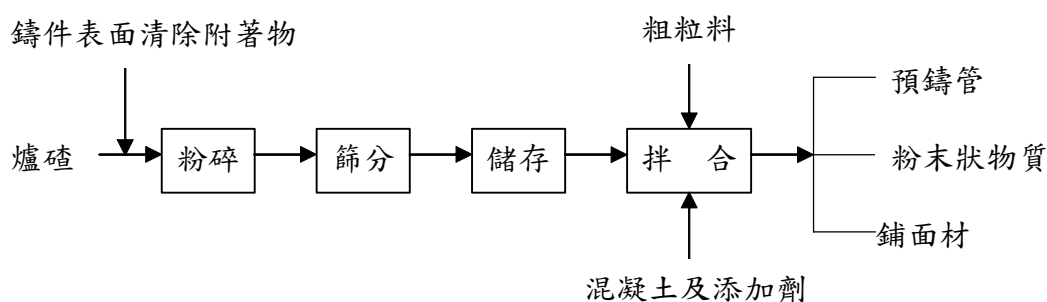


資料來源：經濟部工業局，感應電爐爐渣（石）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.24 感應電爐爐渣（石）於道路用級配料之使用流程**

#### 4. 混凝土骨材替代物

感應電爐爐渣（石）與混凝土中其他摻配料一起拌合製成混凝土，其流程如圖 5.25 所示。

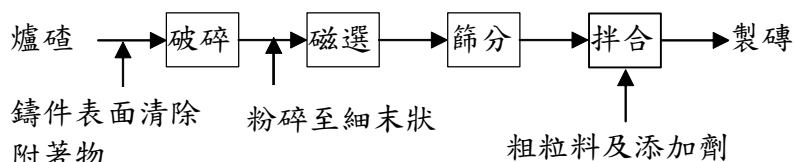


資料來源：經濟部工業局，感應電爐爐渣（石）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.25 感應電爐爐渣（石）使用作為混凝土製品流程**

#### 5. 製磚

感應電爐爐渣（石）粉碎至細末狀，加至混凝土中與其他摻配料一起拌合製成混凝土磚，其流程如圖 5.26 所示。



資料來源：經濟部工業局，感應電爐爐渣（石）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.26 感應電爐爐渣（石）製磚流程**



#### 5.4.2 感應爐爐碴資源化技術可行性評析

有關前述各項感應電爐爐碴（石）再利用技術之可行性評析如表 5.16 所示。水泥原料、道路工程級配料、混凝土骨材之再利用技術成熟、並有實廠運作及商業化推廣。

表 5.16 感應爐爐碴資源化技術可行性評析

資源化技術	原理、流程	特點	技術成熟度與實績
水泥原料	1. 爐碴與其他水泥原料等混合煅燒 2. 將煅燒料研磨成細粉	1. 製程簡單、投資少 2. 節省部分原料，降低水泥成本	技術廣泛、成熟、取得容易，並有實廠運作
工程填地材料	將爐碴進行破碎、磁選、篩分等程序	1. 抗剪力較大，提高土層之承載力 2. 施工較不會塵土飛揚	技術廣泛、成熟、取得容易，並有實廠運作
道路工程級配料	將爐碴進行破碎、磁選、篩分等程序	1. 具有膠結性，可提高路基穩定性 2. 抗剪力較大，提高土層之承載力 3. 施工較不會塵土飛揚	技術廣泛、成熟、取得容易，並有實廠運作
混凝土用骨材原料	將爐碴進行破碎、磁選、篩分等程序	1. 表面粗糙，提高土層混凝土強度	技術廣泛、成熟、取得容易，並有實廠運作
製磚	將爐碴進行破碎、磁選、篩分等程序	1. 須將爐碴粉碎至細末狀以方便後續處理	技術廣泛、成熟、取得容易，並有實廠運作

資料來源：經濟部工業局，感應電爐爐碴（石）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

### 5.5 廢塑膠資源化技術

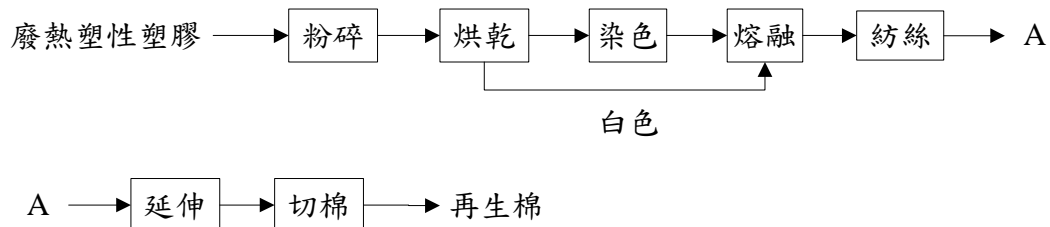
汽車製造業生產製程所產生之廢塑膠橡膠類事業廢棄物，包括廢塑膠混合物（D-0299）、廢塑膠容器（PS 發泡）（R-0206）、廢橡膠混合物（D-0399）等，合計申報量為 201 公噸。廢塑膠橡膠類之回收再利用方式主要為再生塑膠粒，根據廢塑膠之特性分成熱塑性塑膠回收技術及熱固性塑膠回收技術。

#### 5.5.1 熱塑性塑膠回收技術

##### 1. 製造再生棉

本方法係將廢熱塑性塑膠回收，經過處理再生產出聚乙烯對苯二甲酸酯（polyethylene terephthalate, PET）再生棉，其製程係將廢塑膠經擠壓、熔融、抽絲、延伸、切棉等各項步驟，製成再生棉，其流程如圖 5.27 所示。由於再生棉可供應用於不織布、地工布、過濾材等各類製品之原料，再者由本法所抽成

之色棉，因可直接添加色母於原料中，色棉之耐日光及耐水洗特性良好，同時又可免除溼式染色法所產生的廢水問題，故實為兼顧資源再利用與污染減量的可行技術，國內已有實廠之設立。

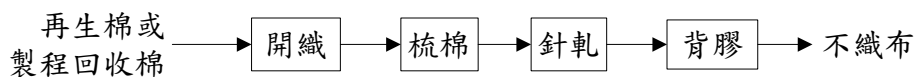


資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.27 廢熱塑性塑膠製造再生棉流程圖**

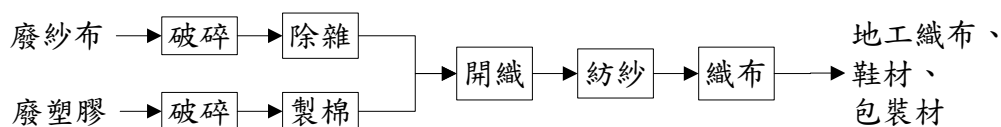
## 2. 製成不織布等再製品

採用上述再生棉為材料，做為紡織品的原料，即可進一步製成附加價值較高之產品，如不織布（製程如圖 5.28 所示）、地工織布、鞋材及其他製品（製程如圖 5.29 所示）。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.28 不織布生產流程圖**

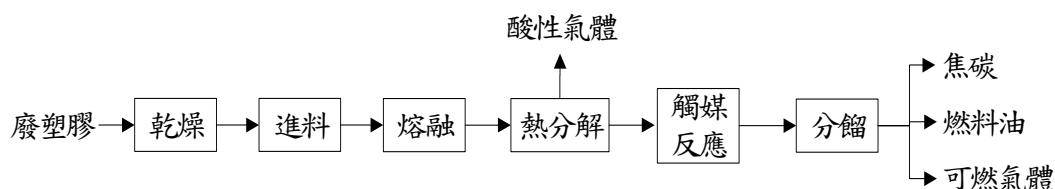


資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.29 其他再生棉製品生產流程圖**

### 3.熱裂解法

熱裂解 (Pyrolysis) 係指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、油品等）及水。廢塑膠為長鏈型有機化合物，於缺氧條件下，加熱達到一定溫度( $\geq 800^{\circ}\text{C}$ )時，即可進行高溫熱裂解反應。然而有鑑於高溫熱裂解消耗之能量相當龐大而不經濟，因而另有低溫熱裂解技術之產生。其主要之差異為加入觸媒，使得產生裂解反應的臨界溫度可以大幅度降低，但由於塑膠的種類繁多，於進行熱裂解反應之特性亦有不同。其處理流程如圖 5.30 所示。



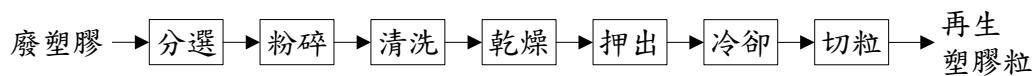
資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

圖5.30 廢熱塑性塑膠熱裂解流程圖

經過熱裂解後，可得到固態、液態及氣態等三相副產物：固態為焦炭，可用於精製成碳黑；液態為燃料油；氣態為可燃性氣體。三種產品均為工業生產市場之原料，在品質保證條件下，市場性是可預期的。另就熱塑性塑膠中的 PVC、PS 進行熱裂解時，應分別考量 PVC 之脫氯(dechlorination)步驟，以及如何將 PS 轉換成單體型式，以利熱裂解轉換之進行。

### 4.製作再生塑膠粒

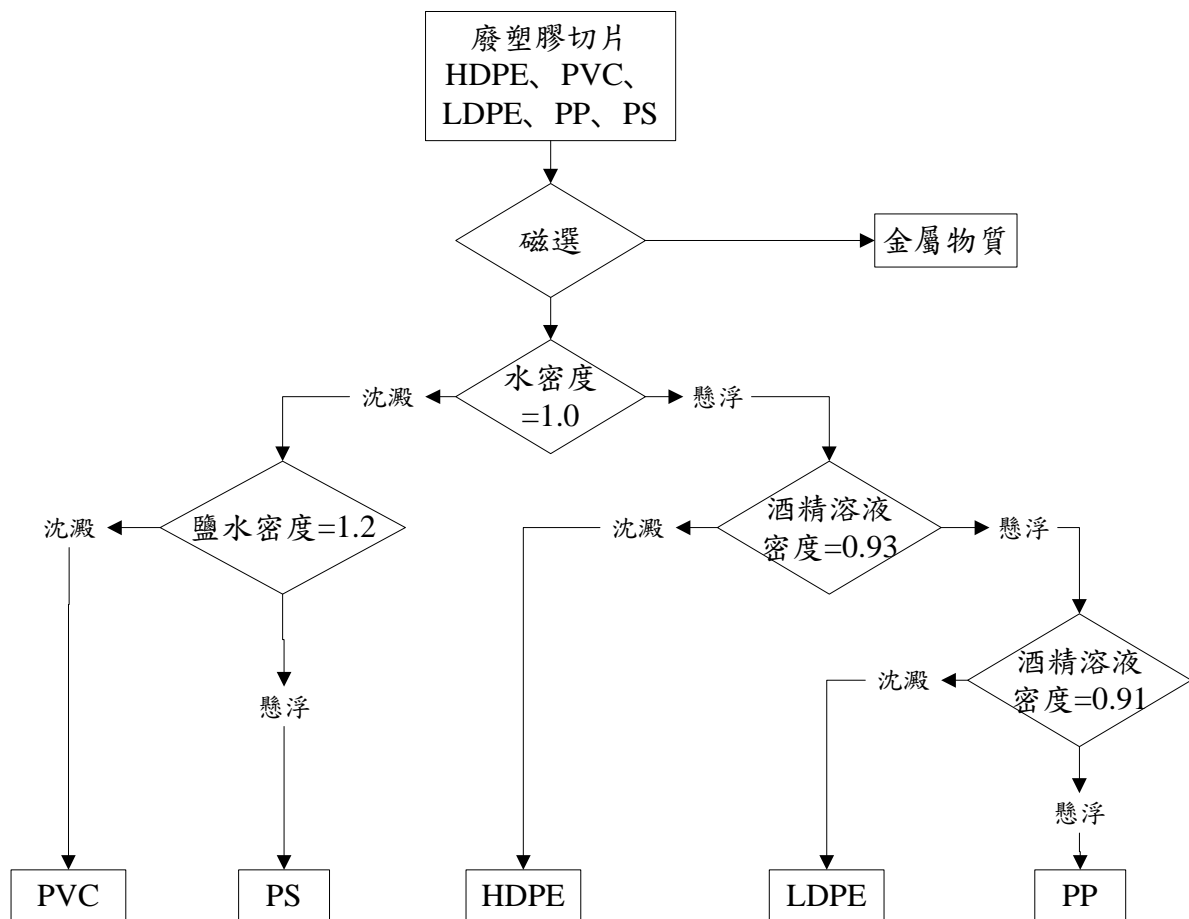
熱塑性塑膠經適當回收步驟後，可以直接製成再生塑膠粒，必要時摻配一定比例之新製塑膠粒混合製成較高等級之再生產品。有關再生塑膠粒之處理流程係將廢塑膠收集後，利用粉碎、清洗、乾燥、切粒等程序予以回收，其處理流程如圖 5.31 所示。依其回收的塑膠成分可分成單純性塑膠及複合性塑膠兩種。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月

**圖 5.31 廢熱塑性塑膠原料再生處理流程**

上述再生處理流程中，最重要的工作為分選步驟，若配合磁選設備不但可以去除含金屬類雜質外，亦可將混合塑膠廢料分離，而得各類單一塑膠回收廢料，建議之分選流程如圖 5.32 所示。



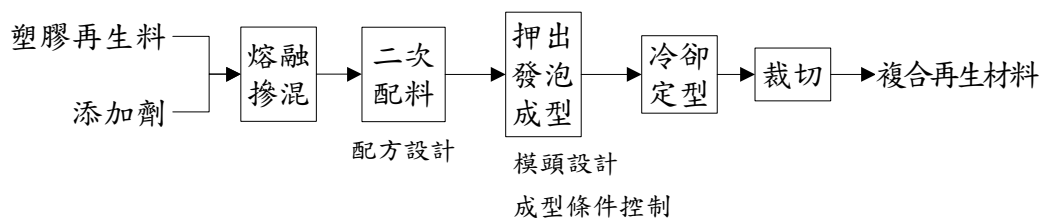
資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.32 以磁選加比重分選法篩選塑膠流程**

## 5.製成複合再生材料

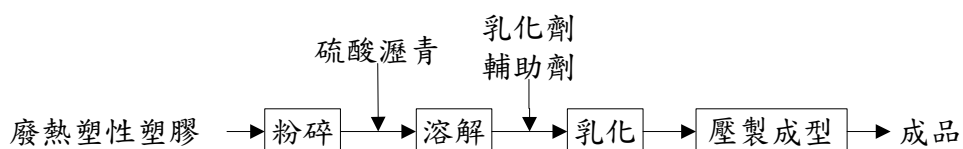
前述成分單純之塑膠再生使用時與塑膠生料性質較為相近，而含雜質較多之塑膠可以與其他物質混合後，以押出發泡成型及溶解乳化等方法，製成複合再生材料，為另一種再利用方法。押出發泡成型法可製成適用於土木、建築、漁業、農業之人造工業材料，如圖 5.33 所示。

溶解乳化法處理時，先將塑膠加入廢油與少量溶劑，加熱溶解後再添加乾沙或金屬廢棄物、污泥為填充料，充分混合後再壓製為面磚、花盆等成品。溶解乳化法流程如圖 5.34 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

圖 5.33 廢熱塑性塑膠押出發泡成型法流程圖

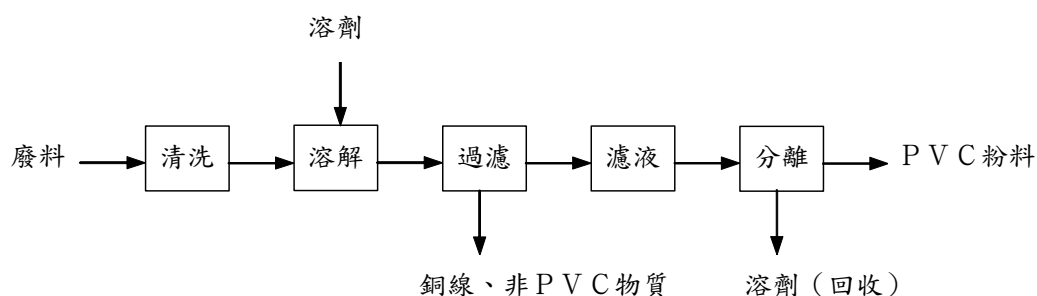


資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

圖 5.34 廢熱塑性塑膠溶解乳化法流程圖

## 6.溶劑萃取法

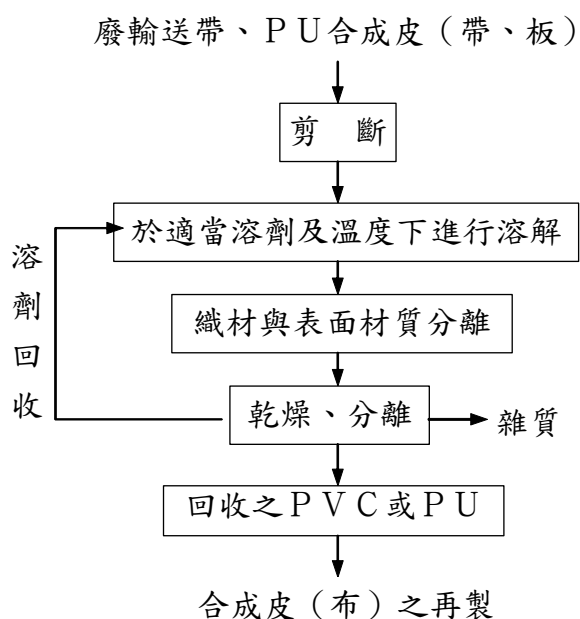
本法為德國所開發之專利新技術，以分離電線電纜之覆皮(含 PVC、PU)及銅線為目的，有效取代原有之焚燒法、酸溶出處理法或機械分離法等，進而得到更加純化之銅線，同時分離所得之 PVC 仍可回收使用。其處理流程如圖 5.35 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.35 溶劑萃取法流程示意圖**

本法之特性有三：A.溶劑具有專一性，只溶解單一種類之材質(如 PVC 或 PU)，因此不同類之塑膠得以有效分離。B.溶劑可以回收再利用，故有效節省處理成本。C.處理所得之副產品，如銅線及 PVC 粉料之純度高，具回收價值，其應用實例如圖 5.36 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

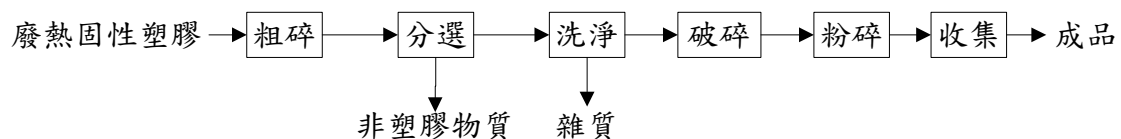
**圖 5.36 PVC 及 PU 表面處理之合成皮(布)回收流程示意圖**

### 5.5.2 熱固性塑膠回收技術

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相同。

#### 1. 製成再生塑膠粒

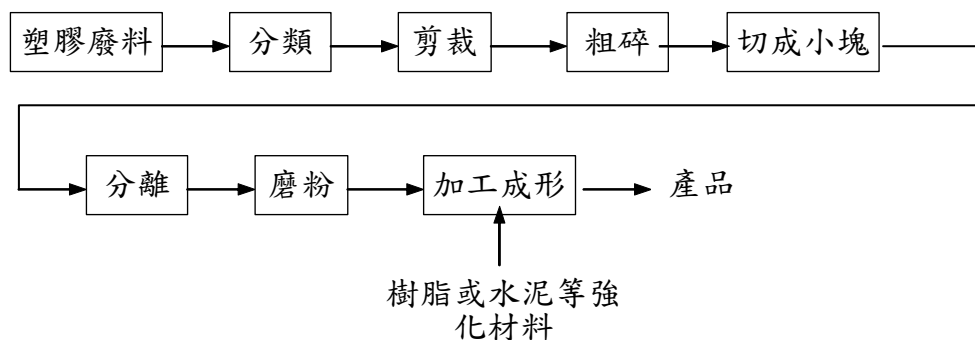
本方法之處理程序與熱塑性塑膠之回收相似，但因本類塑膠體積較大，故採用適當破碎程序以減少體積亦相當重要，再利用製程如圖 5.37 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

圖 5.37 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 300~450 mesh 細粉，做為製作 FRP 產品時的填充料。其流程如圖 5.38 所示。

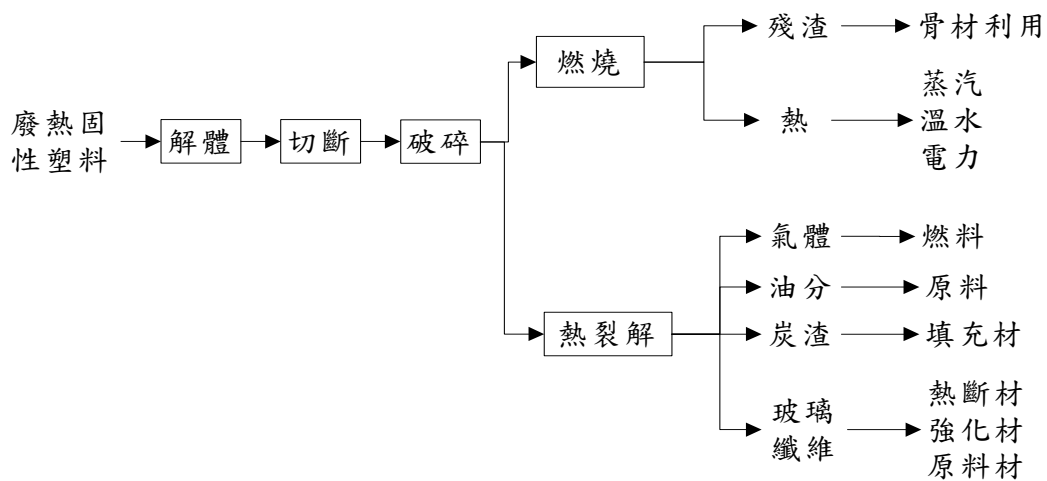


資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

圖 5.38 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 5.39 所示，經處理後，不論是殘渣、回收熱、氣體、油分等，皆有進一步再利用之價值。

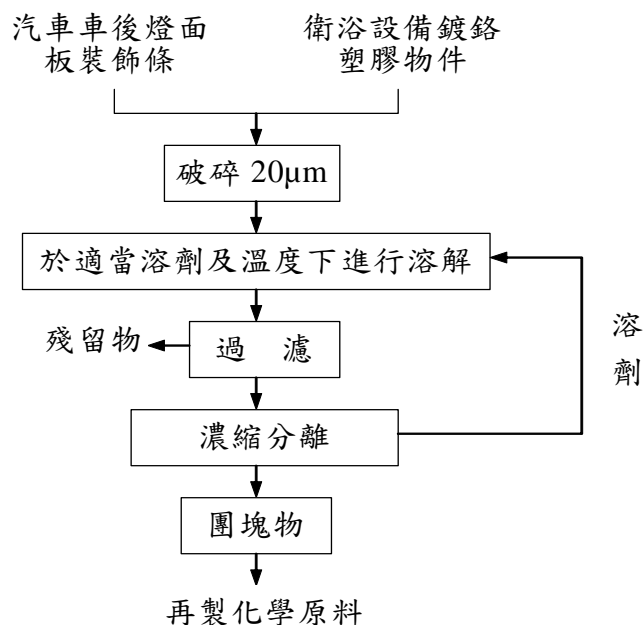


資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.39 熱固性塑膠熱裂解再生處理流程圖**

### 3. 溶劑萃取法

同熱塑性塑膠之溶劑萃取法。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 5.40 所示)。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

**圖 5.40 ABS 廢料回收流程示意圖**



### 5.5.3 廢塑膠資源化技術評析

將以上各項資源化技術之原理流程、適用對象、適用範圍、技術成熟度及特點等要項，彙整如表 5.17 所示。

**表 5.17 廢塑膠資源化技術評析**

技術名稱	原理、流程	適用對象	成品與適用範圍	技術成熟度與實績	特點 (含應用限制)
製造再生棉	機械破碎→熔融→抽絲	廢熱塑性塑膠	再生棉或填充材料	已商業化	可替代部分新棉之製造，但其品質要求須達一定之標準，應考量二次廢棄物之收集與處理。
製成不織布等再製品	破碎→製棉→混紡	製程回收棉、廢紗布	不織布製造	已商業化	產品用途廣，應考量二次廢棄物之收集與處理。
高溫熱裂解法	破碎→(觸媒)裂解→分餾	所有類型之塑膠	能源回收油品、可燃性氣體及焦炭	已商業化	副產品皆可再利用，應考量產生酸性廢氣之收集與處理。
原料再生	1.比重法 機械破碎→分選→粉碎→造粒或摻配用	熱塑性塑膠	回收塑膠料	已商業化	將各類塑膠分離，應考量二次廢棄物之收集與處理。
	2.磨粉法 粗破→分選→破碎→粉碎→收集→再利用	熱固性塑膠	回收塑膠料	已商業化	再生料為混合狀態，應考量二次廢棄物之收集與處理。
製成複合再生材料	再生料與其他材質混合，製成複合再生材料	熱塑性塑膠	電木粉等一體成型之物件	已商業化	用途配合汽車內裝之發展而逐漸推廣，應考量二次廢棄物之收集與處理。

資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

## 5.6 廢木材資源化技術

一般而言，汽車生產製造業之所以會有廢木材產生，主要係零件、大組件等物料於運輸過程所必須採用之包裝材料，多數為棧板與木箱，為確保包裝之穩定及承載外力之要求，通常是以鐵釘、鐵線或細鐵條封裝，故所產生之廢木材多含有不易拔除之金屬，此為影響再利用之因素。包裝所採用之木材特性及強度要求則視包裝內容物之重要性、運輸距離、陸運或海運而定。所採用之木材通常係源自木業工廠所採用的木材原料，但通常是屬下腳料或品質較差的木料。

一般木材主要係由纖維素、半纖維素及木質素等三種主成分所構成，大部分均為含碳氫的有機成分，灰分較少。木材的元素組成幾乎沒有多大的差異，針葉樹及闊葉樹的碳元素介於 45~55% 左右。

木材的發熱值為燃燒時的重要參數之一。目前一般鍋爐燃燒氣體均在高溫下排放，適合採用低發熱值來計算。一般木材於絕乾狀態的高發熱值在 4,500~5,000 kcal/kg，針葉樹木材的發熱值比闊葉樹木材稍為高一些，樹種變化時，其發熱值大約只變動 6~8%。然而，隨著木材含水率增大時，其燃燒值會呈直線狀的減低，含水率增至 20~30% 時，其高發熱值會降至 3,700~4,400kcal/kg。

表 5.18 及表 5.19 所示為根據廢木材特性加以再利用的方法。

**表 5.18 廢木材之產生源及利用情形**

廢材	場所	利用形態	用 途
殘材木屑	林場	直接利用	燃料、投棄、焚化
		加工利用	木片（紙漿、膠合板）、木炭、乾燥原料、小型製品、菇類栽培
	工廠	直接利用	燃料、投棄
		加工利用	木片、木箱隔板、小物、複合材料、木炭、木醋液
鋸屑	林場	直接利用	燃料、投棄、焚化、家畜墊料、清掃、過濾
	工廠	加工利用	塑合板、原子炭、土壤改良劑、菇類、培養基、磚、燻製煙材料、精油、檜木油等
樹皮	林場	直接利用	燃料、焚化、投棄、家畜墊料、過濾材料
	工廠	加工利用	樹皮炭、土壤改良劑、堆肥、樹皮粉（殺蟲劑、肥料固化防止劑、成形物）、膠合板、複合材料、軟木、紙原料、單寧、蠟、醫療品原料（黃蓮素等）

資料來源：經濟部工業局，木業廢棄物資源化案例彙編，民國 85 年 6 月。

**表 5.19 木材工業廢材利用方法分類**

廢材利用方法	利用形態	用 途
物理利用	直接利用	土壤覆蓋、防熱、保溫材料(建築物、冷藏庫等)、填充用、包裝材料、研磨用(金屬拋光、皮革洗滌)、清掃用(研磨併用)、吸收用(家畜、尿尿等)、墊材(兼吸收用)、殺蟲劑基材等
	機械加工利用	膠合板、成型品、石膏板、水泥製品(木片水泥板、鋸屑空心磚)、纖維壁材、小型製品(衛生筷、小盒、芯材等)、木質粉(合成樹脂成形粉基材、蚊香充填劑、油毛氈填充劑、爆藥充填劑、鑄造用、過濾用)、窯業用(硅藻土烘爐、磚)、軟木(栓皮櫟)等
燃料利用	原形利用	燃料(家庭用、產業用)
	化學處理	炭化(成型木炭)、瓦斯化
纖維利用	機械加工	木材切片(紙漿、膠合板)
	化學處理	紙漿、纖維膠合板
化學利用	化學處理	加水分解(糖化物)、炭化(活性碳)、木醋液、萃取成分(黃連素、蠟質物、單寧等)
生化利用	生化處理	堆肥及土壤改良劑、飼料、食用菇類等微生物培養

註：表中的蚊香、軟木、腊、單寧、藥劑是特種樹木的利用法，非一般性樹木

資料來源：經濟部工業局，木業廢棄物資源化案例彙編，民國 85 年 6 月。

除了上述再利用方法外，燃燒處理技術屬能源回收之方式，部分工廠設置鍋爐將廢木材當輔助燃料，除了可以處理掉廠內的事業廢棄物外，更可產生蒸汽供廠內製程使用。但以燃燒方式處理易造成空氣污染，應加強鍋爐之操作維護，使排放廢氣較為穩定及減少污染物排放，有關影響鍋爐燃燒因子如表 5.20 所示。

**表 5.20 影響鍋爐燃燒因子**

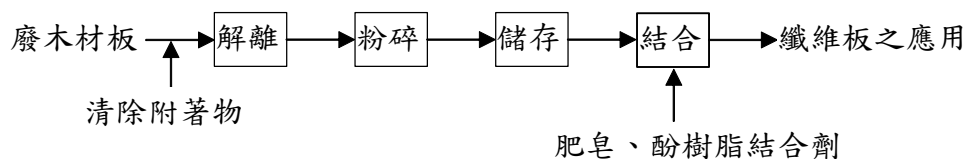
燃 料 因 子	燃 燒 空 氣 因 子	操 作 維 護 因 子
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 種類</li> <li>・ 形狀大小</li> <li>・ 含水率</li> <li>・ 發熱值</li> <li>・ 燃料投入方式</li> <li>・ 燃料爐內分布</li> <li>・ 燃料燃燒速率</li> <li>・ 燃料分開投入</li> <li>・ 其他輔助燃料</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過量燃燒空氣</li> <li>・ 燃燒空氣溫度</li> <li>・ 爐上方與爐底進氣比例</li> <li>・ 燃燒空氣之擾亂</li> <li>・ 抽引及鼓風系統</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃燒系統之清潔</li> <li>・ 基本鍋爐設計</li> <li>・ 零件維護</li> <li>・ 蒸汽產率</li> <li>・ 蒸汽槽水位</li> </ul>

資料來源：經濟部工業局，木業廢棄物資源化案例彙編，民國 85 年 6 月。

## 5.6.1 廢木材資源化技術概述

### 1. 粒片板(particle board)及纖維板(fiber board)

再利用作為木製品原料，依製作方法可分為纖維板與粒片板（貼面碎料板），粒片板市面上有塑合板、均質木材、人造木材、削片板或鉋花板等稱呼。纖維板又稱密迪板，是將廢木材（板）以化學或機械或兩者併用經解離或粉碎成單纖維，蒸煮再膠合熱壓而成。其中比重不足 0.4 者作為隔熱板、軟質纖維板之材料；另外，比重為 0.4~0.8 者，則為半硬質纖維板之材料；比重為 0.8 以上者，則為硬質纖維板之材料。木碎片的再利用方式不使用結合劑，只在纖維板上加少許肥皂、酚樹脂製成纖維板屬濕式法。如將解離或粉碎的纖維乾燥，並添加相當量的結合劑來製成纖維板屬乾式法。其使用流程如圖 5.41 所示。在用途上，略可分二類：一類屬建材類，如模板、屋面板、木項板等。另一類屬家具木器之中間原料，如室內裝飾材、桌面、喇叭箱等。

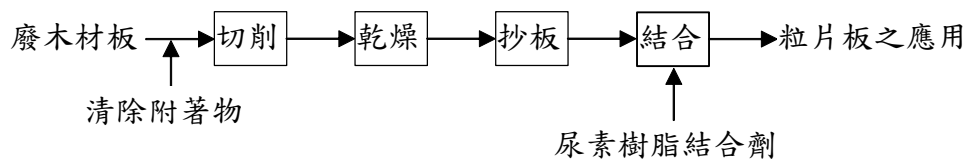


資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

圖 5.41 廢木材（板）使用於纖維板之使用流程

此外，粒片板將廢木材（板）原料切削為薄的細片並以不同粒徑之鋸屑或鉋花後，經乾燥後，上膠、抄板再加木碎片及塗佈尿素樹脂之類的結合劑，加熱壓及成型步驟後，即可製成一定厚度的粒片板，其比重約為 1.0，厚度約為 30mm。粒片板之主要用途為家俱製造業之原料，近年來由於原木之取得受限於原木出口國，且受經濟之衝擊，因而影響傢俱業者之生存，以致紛紛外移大陸。

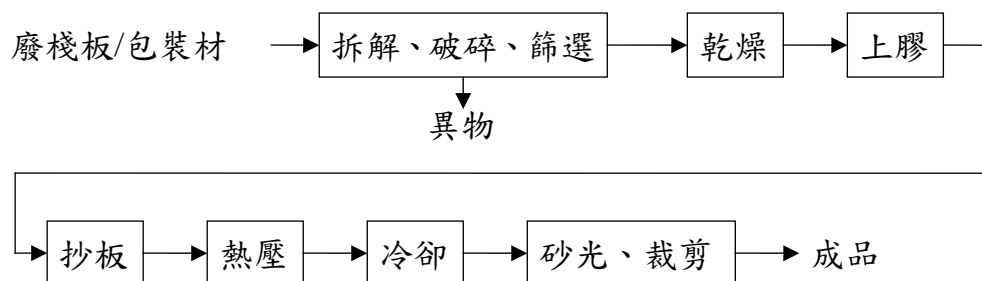
成型棧板之製造原理同粒片板，差異點為成型棧板為產品而非原料板材。粒片板大致使用流程如圖 5.42 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.42 廢木材（板）使用於粒片板之使用流程**

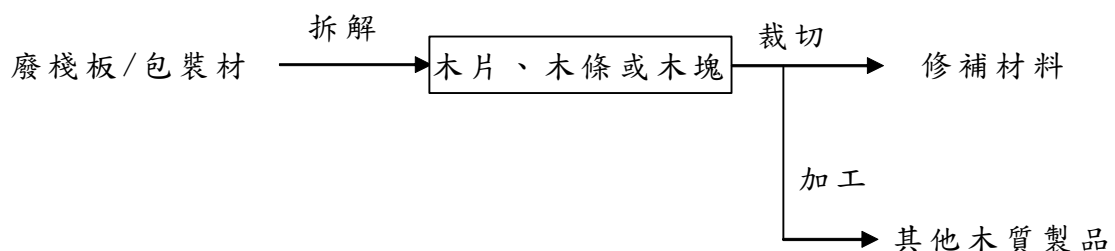
由於粒片板之製造過程中，各項機具最忌金屬雜物混雜其間，故仍以自廢棧板、木箱中分離金屬物質為考量原則。製造粒片板流程如圖 5.43 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.43 廢棧板及包裝材製造粒片板流程圖**

廢棧板或包裝材經過拆解步驟，直接把拆解所得之木片、木條或木塊等，以其物體外形，用做其他木質製品之修補材料；或者將此木片、木條或木塊，再製成其他木質製品的應用途徑（如圖 5.44 所示）。



資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

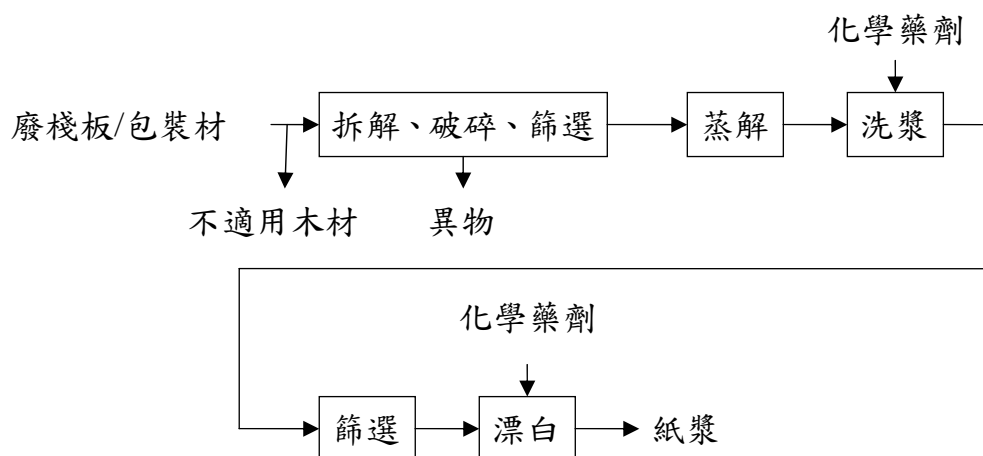
**圖 5.44 廢棧板及包裝材原形利用流程圖**

## 2. 紙漿原料

製材業鋸木廠製程產生的邊皮材、解體原木碎片不含雜質者，將廢木材經切片、磨木、蒸煮後，用作生產紙漿用原料。

在文獻資料上顯示，製材業所產出之廢料，因尚未經過任何加工過程，故最接近於自然狀態，可用做製造紙漿之原料。由於對紙張成品品質之考量，製漿原料仍以闊葉樹（L 材）為主，故於進行資源化再利用時，需予以篩選。據國內最大之紙漿廠所提供資料顯示，該廠每生產 1 公噸之紙漿，需使用絕乾木片 2 公噸或相當於原木 4 公噸，使用之木材資源相當多，而國內因缺乏自產之木材，故對國外原木及木片原料十分依賴。然近年來東南亞國家對森林保護意識日漸抬頭，或為發展本國林木產業，乃相繼限制林木出口，使得木材供應價格呈逐步上揚趨勢，製漿原料取得成本偏高。該廠目前除大量自國外進口木片及原木製漿外，亦收集部分國內製材廠之廢材，經搗切(chopping)成木片(chip)，合併於進口木片中製漿，如此利用方式不僅解決廢材之問題，更使木業可從廢材木片銷售中獲得部分利潤。該廠目前生產紙漿 20,700 公噸／月，使用絕乾木片 41,400 公噸／月，其中以進口木材及木片為主要原料，約占 90% 以上，由於木片原料使用量龐大，若能採用國內木業之廢材木片為部分原料，則對於木業有絕大的幫助。該廠 87 年之木屑使用量溼重約為 483,000 公噸／年（相當於乾重約為 242,000 公噸／年），對於廢材之利用有很大助益。但隨著製材業逐漸萎縮導致廢材量減少，國內之廢木材回收管道仍未建立，以及紙漿品質要求提高，對所收集之材種逐漸設限之交互影響下，導致目前廢材木片之使用量大減，僅能回收國內約 300 公噸／月絕乾木片，回收之材種以材質硬、油脂少之闊葉樹種為主，收購價格為 1,300~2,900 元／絕乾公噸，價格隨樹種而有所差異，但仍是協助部分工廠解決了廢木片的問題。

以廢棧板或包裝材用於製造紙漿時，限於前述製漿之要求，並非完全可納入製漿作業，故須篩選不良之材質，其製造步驟，如圖 5.45 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.45 廢棧板及包裝材製造紙漿流程圖**

### 3. 成型燃料

廢木材原本即可以直接燃燒，但熱量小且易產生大量之煙及灰燼，形成空氣污染問題。鋸屑經乾燥後，加熱擠出成鋸屑炭，即俗稱原子炭，可以得到較高的熱量，廣泛應用為燃料。在台灣過去有許多家小型工廠生產，目前因銷路及空氣污染之環保壓力，本項製品之市場已大大萎縮。因此，基本上來說，作為燃料的價值有下列優缺點如表 5.21 的評估。

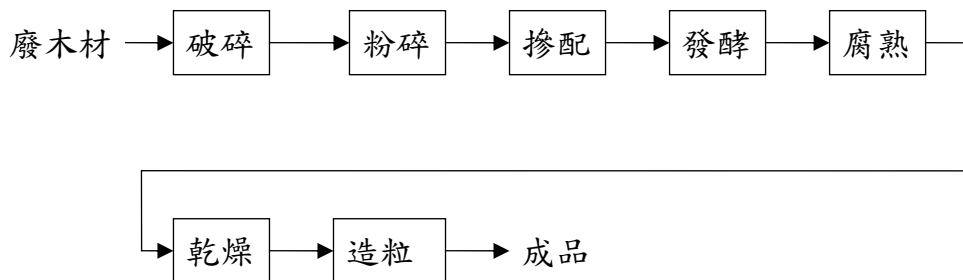
**表 5.21 廢木材作為燃料的價值評估表**

優 點	缺 點
1. 木屑產量多，各地容易取得。	1. 因外觀比重小，燃料的貯存場所是個問題。
2. 與煤碳比較，因灰分、二氧化硫、氧化氮等的產生量少，廢氣處理設施可較簡易，灰的處置也較容易。	2. 因係為固體，比起氣體燃料或液體燃料，燃料供應較麻煩。
3. 與煤碳比較，易著火，煤煙少。	3. 夏季解體舊材的產量多，而冬季則減少，故燃料供應不穩定。
4. 與煤碳比較，二氧化碳量少。	4. 以濕的形態貯存時，在貯存中會有腐朽問題。

資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

#### 4.有機質肥料

木業廢材應用做為有機堆肥時，多利用其豐富之木質纖維，使堆肥具有膨鬆多孔之特性，以蓄含更多之養分及水分，供給作物生長所需，其堆肥製程如圖 5.46 所示。其他之應用方法，尚可與造紙污泥、豬糞或酒糟等有機性污泥共同混合製成培養土。除了上述利用木屑製作培養土外，木屑亦可作為堆肥（有機肥）之副資材。透過培養土或堆肥之製作過程，可將多項無害之有機性及無機性廢棄物予以資源化再利用，使其回歸農地及大自然，並有效改良土壤、提高地力，使農業經營達到永續性的生產。在未來可預見的是結合工業及農業技術，把各項廢棄物資源化再利用並回歸土地之方式，將是廢棄物處理之重要方向。



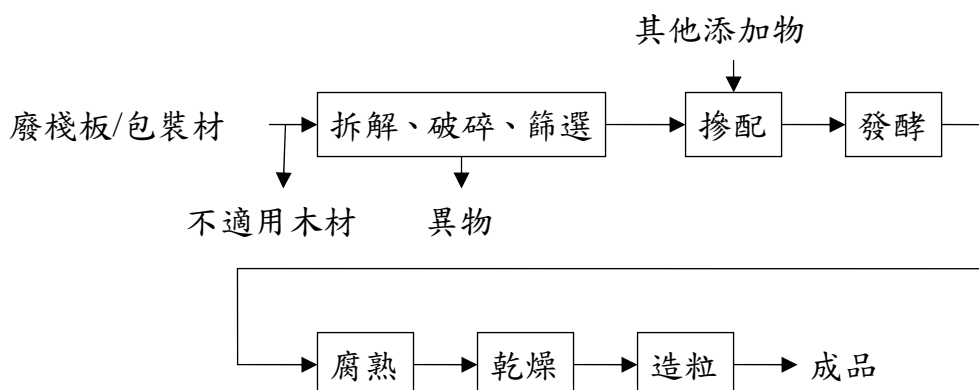
資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.46 廢木材堆肥流程圖**

有關廢棧板應用做為有機堆肥時，因為受限於木材本身的化學成分，使用上多半做為堆肥之添加成分，以調整有機肥料成品所含之適當養分。再者，因為廢棧板及廢木材多為已經過使用之木料，於添加入堆肥系統前，必須經過相當的前處理步驟，以確保後續堆肥成品的品質，其流程如圖 5.47 所示。

將廢棧板及廢木材等經過破碎、粉碎及分選的步驟後，加工所得到的木屑即可同製材業廢木料之用法來使用。而附帶需注意之事項為使用後之廢木屑可納入堆肥系統，以免造成後續環境上的污染問題。其餘農業利用方式與製材業廢料相同。





資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.47 廢棧板及包裝材製造堆肥流程圖**

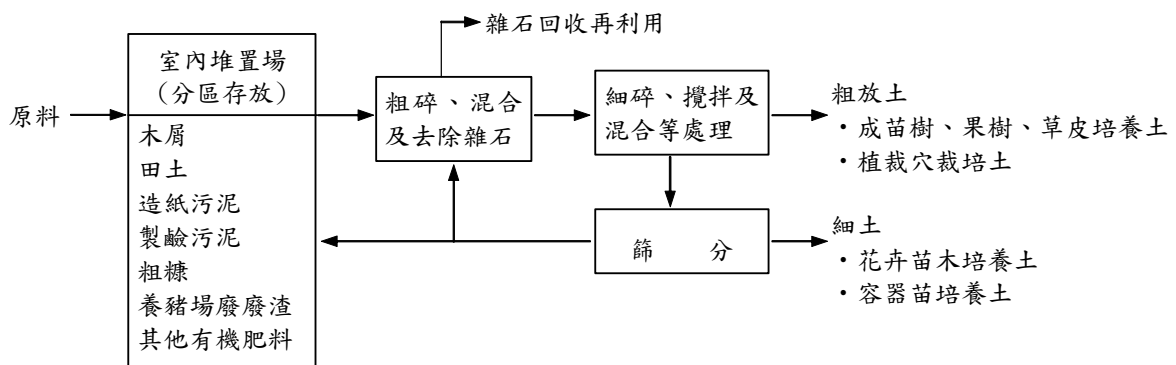
## 5.作為植栽培養土再利用

廢木材經適當前處理可作為植栽培養土之副原料。植栽培養土可分類為如下四類：

- (1)花卉苗木栽培用培養土。
- (2)成苗樹、果樹、草皮種植用培養土。
- (3)容器苗使用培養土。
- (4)植栽穴使用培養土。

培養土的製作流程如圖 5.48 所示，將各項入廠原料根據各類培養土不同之配料比例，經粗碎、細碎、混合及篩分各項程序後即可獲得所需之培養土。調配好之培養土堆置於室內，堆置時間約 1~2 天，堆置期間並以帆布覆蓋。

經花卉、苗木田間試驗得知，C/N 比（有機物碳／氮比）維持在 40 左右對植物生長有幫助，而該廠之培養土經分析其 C/N 比在 30~40 之間，對植物生長頗為適用。

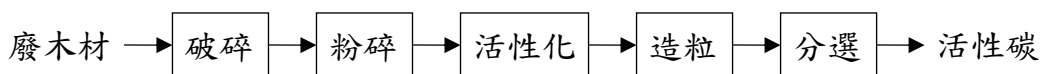


資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.48 培養土製造流程圖**

## 6. 活性碳

將廢木料粉碎至適當粒徑後，提供熱能予以活性化，製成活性碳。其中以鋸屑最適合製造粉末狀活性碳，因鋸屑之粒徑已不須減型，可有效降低因破碎所需之能源消耗，有關廢木料製造活性碳之製造流程，如圖 5.49 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 5.49 廢木材製造活性碳流程圖**

## 7. 電木粉

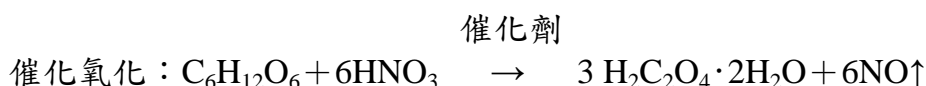
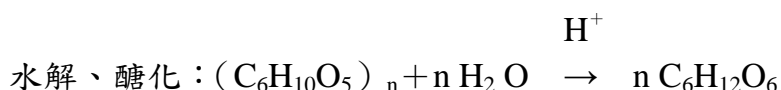
木屑研磨成木粉後混合酚醛樹脂製成塑膠與木屑之複合物，亦稱為電木粉，其用途為當作絕緣成型材料，一般以汽車內裝之面板、器具配件（握把、握柄等）、一體成型之桌椅等皆是常見之產品。目前國內有三家廠家生產，使用鋸屑 600 公噸／月，以長春樹脂最大，占總產量 80% 以上。

## 8. 製造草酸

目前工業生產上主要製程有二種：一為以碳水化合物（如纖維、二糖或單糖類）與氫氧化鈉為原料，先經草酸鈉、草酸鈣形態後，再轉製成草酸；另一則以一氧化碳與氫氧化鈉為原料，首先製成甲酸鈉，然後再經脫氫、酸化後製成草酸。至於以木屑當作原料來製成草酸，其主要化學反應程序，則是包含有水

解、醱化、催化氧化等步驟。

由於木屑主要成分有纖維素與半纖維素，如能與無機酸起水解反應，就可將多糖轉化成單糖（葡萄糖）；然後再經催化氧化程序，即可製造出草酸。其主要反應式如下所示：



以上催化氧化化學反應式顯示，氧化時會產生 NO，為了避免二次公害問題，必須將 NO 作妥善處理。依清潔生產觀念，如將 NO 經與空氣氧化後，即可再生硝酸，進而循環再使用。

總之，草酸是一種重要的化工原料已被廣泛地應用於醫藥、紡織、染料、陶瓷、冶金及化學分析等工業上，其用途主要是當作還原劑、漂白劑等。如能以木屑再利用製成重要的化工原料，相信其附加價值必定提高。

## 9. 木材粒片水泥板

廢木材粒片尚可與水泥混合固化，再製成木材粒片水泥板，在國外已成為常用之建築材料，惟須克服若干樹種成分對水泥凝結所產生之抑制作用。經適當調製之成品其非破壞性彈性係數（MOEn）及破壞係數（Modulus of Rupture, MOR）皆與成品之密度呈正比，且成品之膨脹率及吸水率亦較粒片板小，顯示有較佳的尺寸安定性。

## 10. 塑合棧板

與塑合板原理相同，將廢木材切成片狀，混膠於棧板模型中熱壓成型。值得大力推廣以取代傳統棧板，未來更可能進一步回收國內大量的廢棧板處理再生為塑合棧板。

### 5.6.2 廢木材資源化技術可行性評析

有關前述各項廢木材再利用技術之可行性評析如表 5.22 所示。

**表 5.22 廢木材資源化技術可行性評析**

資源化技術	優 點	缺 點	技術成熟度與實績
木製品（粒片板、人造木質板）原料、原形（物理、棧板）再利用	1.堪用木料用於修復或更換。 2.將木材切成小片狀或塊狀加膠合劑熱壓成板狀。 3.可以減少天然木材之使用。 4.符合資源再利用之情形。 5.包裝墊材之使用如棧板。 6.吸濕劑直接施灑。 7.具有較佳之不透性。 8.可運用於家具、裝飾材及建材。 9.家畜墊料有以木屑替代稻草之趨勢。	1.利用程度視木材損壞情形而定。 2.拔釘僅能以人工方式，故人力消耗大。需要特殊木質者，可能無法滿足所需。故必須大量人力成本。 3.木料之使用上受限於原木板之規格，且若為碎塊，則難有使用之效益。 4.利用去除鐵釘之木板(條、塊)作成其他木質製品。	技術廣泛、成熟、取得容易，並有實廠運作
紙漿原料再利用	1.回收木材以材質硬、油脂少之闊葉樹種為主。 2.依紙張品質要求，將廢木材切成木片再進行製漿。	1.因屬廢木材製成之紙漿，將影響紙張品質。可能含太多雜質，而使紙漿品質不易維持穩定。 2.為減少產業污染，多已進口紙漿代替製漿。	已商業化
燃料利用	1.與傳統燃料差異不大。 2.炭化（成型木炭）。 3.瓦斯化。 4.符合資源再利用。	1.容易造成空氣污染。	已商業化

表 5.22 廢木材資源化技術可行性評析（續）

資源化技術	優點	缺點	技術成熟度與實績
有機質肥料原料再利用	1.廢木材為有機質，可經腐熟後作為堆肥基材。 2.用作土壤改良劑或培養土。 3. 肥料摻配基質。	1.廢木材粉碎須投入大量機械能量來完成。摻入堆肥宜選用表面未經防菌處理之廢木材，以免影響堆肥之進行。 2.廢木材需大量能量來破碎成為木屑。	已商業化
製造活性碳（化學）再利用	1.符合資源再利用之情形。 2.利用木屑炭化製成活性碳。 3.成品應用範圍廣泛，具有經濟價值。	1.須投入大量機械能量來完成。 2.雖屬高價值之資源化產品，但製作成本過高。 3.市場前景受進口品影響已衰退。 4.破碎成木屑耗能極大	已商業化
製造電木粉（化學）再利用	1.符合資源再利用之情形。 2.利用木屑與酚醛樹脂混合製成複合成品。	1.製品具有類似木材之質感應用範圍廣泛	已商業化
製造草酸(生化)再利用	1.加水分解（醣化物）。 2.木醋液。 3.萃取成分（黃蓮素、蠟質物、單寧等）。		試驗階段
製造木材粒片水泥板	1.以木材粒片加水泥混合固化後製成複合板材。 2.粒片板之強度可依需求訂製，可替代原木板材之使用。 3.複合建材之重量比傳統建材輕，具有實用價值。	1.尺寸安定性優於粒片板。 2.屬輕質建材，具市場潛力。	已商業化

資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

## 5.7 污泥資源化技術

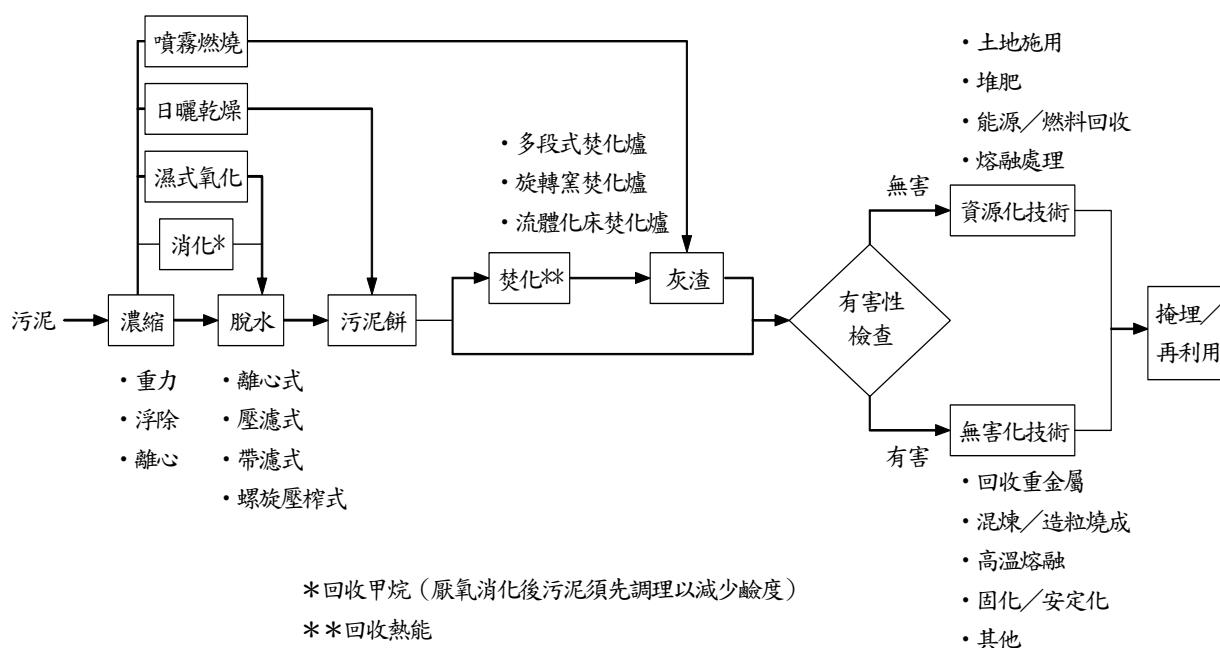
汽車製造業之污泥(sludge)係指經廢水處理程序，如：過濾、沉澱、混凝、生物處理或浮除等各單元，收集所得之固體物質。污泥依其化學性質之不同，可區分為有機污泥及無機污泥兩大類，其差異性分析，如表 5.23 所示。

表 5.23 有機污泥與無機污泥差異性分析

項目 種類	產出之水處理單元	一般性質
有機污泥	初沉池、生物污泥終沉池、污泥消化槽、浮除槽、滴濾池	1.具有泥土般氣味 2.含有機成分高 3.久置將因腐敗而生臭味
無機污泥	沉砂池、砂濾池、混凝沉澱池、濕式洗滌塔	1.可能因製程之不同而有不同顏色及氣味 2.污泥之安定性高 3.可能含有劇毒性

資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

國內外對於污泥處理之研究已十分成熟，依主要之處理程序來看，已開發之技術相當完備，圖 5.50 為污泥處理、處置及資源化系統之整體考量。惟單獨將污泥資源化，目前僅少量在廠內使用。



資料來源：經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

圖 5.50 整合性污泥處理、處置及資源化系統

## 第六章 技術評估與設備選用程序

本章節係針對「汽車製造業」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，例舉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。

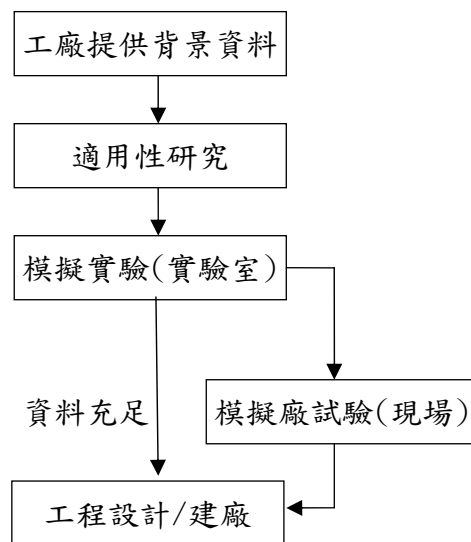
資源化系統實驗規劃評估係於設備規劃前，透過實驗確認資源化流程的可行性，如圖 6.1 所示，包括以下步驟：

- 1.背景資料：製程概述、廢棄物質量、場地狀況、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。



資料來源：經濟部工業局，鋼材製品業資源化應用技術手冊，民國 93 年 7 月。

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 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。

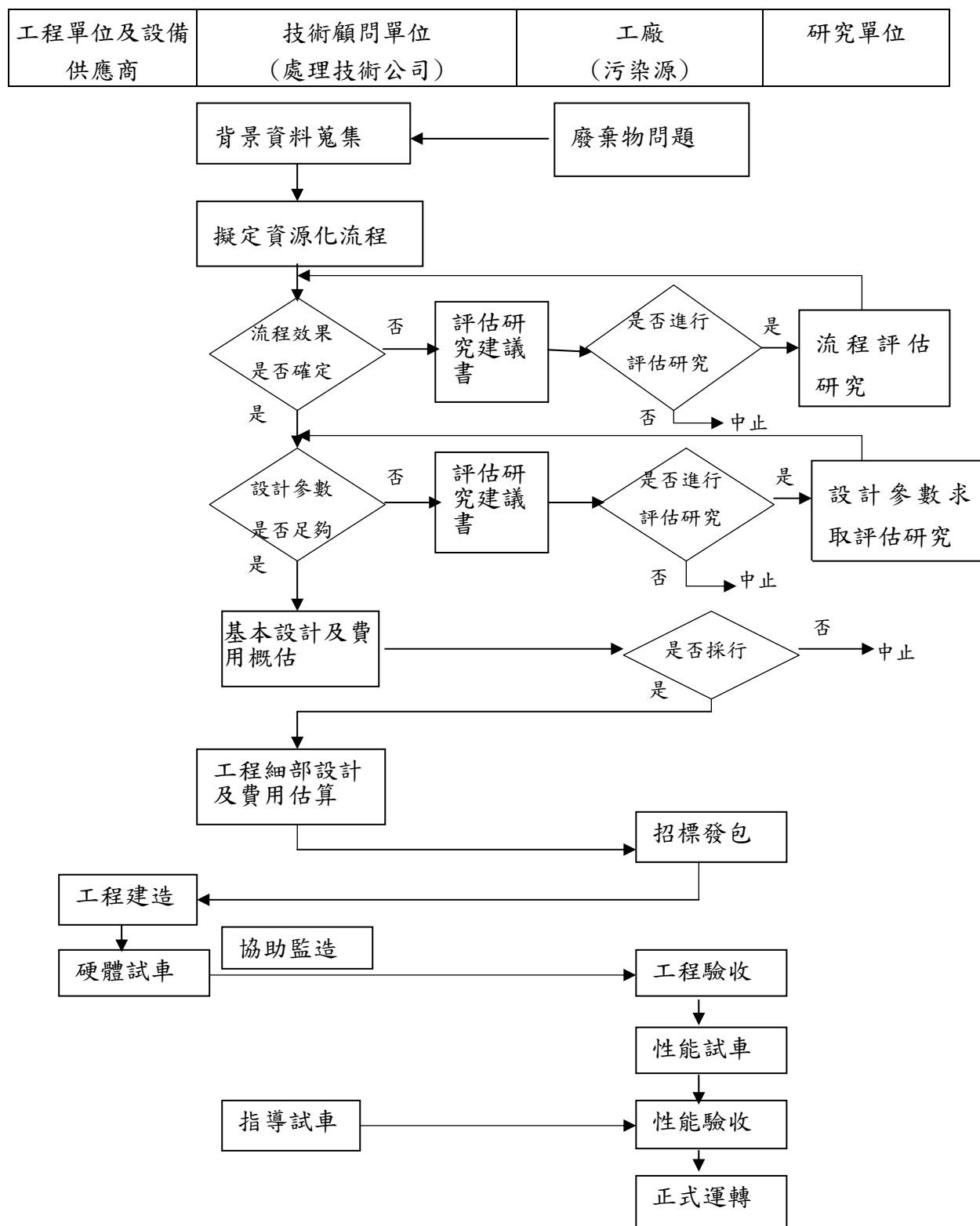
若是技術單位在初步評估之後，認為現有資料無法進行處理廠的流程規劃，則應向工廠提出評估建議書，再由顧問洽詢研究單位進行流程評估研究，以提供技術顧問單位所需的資料，以便完成規劃。工程單位只在細部設計之後，按照其規格要求施工，並依照規格驗收。性能試車則在技術顧問單位的指導下進行，直到正式運轉為止。性能的優劣則由技術顧問單位負責。

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.聘任顧問

一般來說，顧問之工作項目包含：

- (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，顧問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。



資料來源：經濟部工業局，鋼材製品業資源化應用技術手冊，民國 93 年 7 月。

**圖 6.2 資源化設備評估流程**

(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。

## 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，直到水力、機械及電氣等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。

## 6.3 資源化成本分析

廢棄物資源化成本之分析不易，原因包括產源不穩定性，廢棄物質量變異性、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，主要分析項目包括投資成本、回收效益、淨效益及回收期限等。

以下則系統化流程，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

A.委託代清除處理

B.成立處理體系

C.申請事業廢棄物再利用計畫

D.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

A.處理量

B.人員編制

C.反應操作條件

a.反應莫耳比

b.反應溫度

c.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

A.清水試車確保無洩漏

B.控制因子操作試驗

C.試驗參數檢討修正

(3)模廠功能改善

A.設備功能改善

B.操作方式調整

C.設定最佳操作參數

(4)資源化廠先期規劃

A.尺寸放大考量因子

B.處理容量規劃

C.整廠設備規劃

D.人員編制

(5)操作參數

(6)系統設計

(7)設備材質、施工及基地大小

(8)污染防治



A.尾氣處理

B.洩漏偵測

C.貯槽防溢

(9)設備單元

進料系統、反應系統、卸料系統、冷凝導流、結晶系統、固液分離系統、真空系統、熱能供應及整廠儀錶監控系統。

(10)設備設計考量要點

A.貯槽、反應槽：操作量、溶液性質及溫度。

B.輸送泵：輸送溶液性質。

C.管件：輸送量、溶液性質及溫度。

D.儀錶：操作方便、耐蝕、價錢。

E.特殊設備：物料處理量。

(11)設備適用材質

A.貯槽

B.反應槽

C.冷凝吸收器

D.熱交換器

E.固體分離機

F.輸送泵

G.管件

4.資源化系統效益評估

(1)經濟效益分析—包括廠內資源回收設備、回收物質產值、處理藥品費、污泥處理費。

(2)成本分析—包括初設成本、操作維護成本、設備折舊。

(3)經濟效益分析—包括回收物質產值、清理費用收費。

(4)資源化廠設置經費概算

A.工程預算

a.工款部分工程款

b.材料料款部分

c.其他費用

B.物料成本分析

C.資源化產品產值

D.資源回收廠經濟效益分析

a.初設成本

廠房建設

貯槽

回收設備

其他費用

b.每年操作維護成本

人事及管銷費

維護保養費

原料費

水電費

燃料費

廢棄物回收運費

回收產品運費

c.每年節省回收費用

含廢棄物代處理費

d.設備折舊

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

i＝綜合年利率；n＝使用年限

設備折舊費＝初設成本×設備投資還原因子

e.均化值

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

i＝綜合年利率；e＝物價上漲率；n＝使用年限

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

f.投資效益

益本比＝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

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

A＝均化年淨效益；P＝初設成本；i＝綜合年利率

g.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

## 第七章 廢棄物資源化案例

### 7.1 廢溶劑及漆渣資源化技術案例

#### 7.1.1 案例一

##### 1.前言

國內某水泥廠，業已申請廢棄物處理機構，處理廢有機溶劑，用以替代部分煤炭燃料，節省生產成本，同時將廢有機溶劑資源化為熱能。

##### 2.製程及原理

##### (1)廢溶劑進廠管理

廢溶劑未進廠前，該廠先至現場取樣，檢測熱值、氯含量、硫含量及 pH 值，確認可符合允收標準後，再由合格檢測公司抽樣檢測，以確定符合進廠標準。新進廠第一個月須每批次檢測上述 4 項皆符合後，爾後每月抽測 1 次。建立基本資料檔，以供日後查核、比對之用。取樣檢測項目及參考方法如下：

- A.熱值：ASTM D240 「Standard test method for heat of combustion of liquid hydrocarbon fuels by bomb calorimeter」。
- B.氯含量：ASTM D1847 「Standard test method for total chlorine content of epoxy resins」。
- C.硫份：ASTM D3177 「Standard test method for total sulfur in the analysis sample of coal and coke」。

廢溶劑進廠時則依下列程序進行管制：

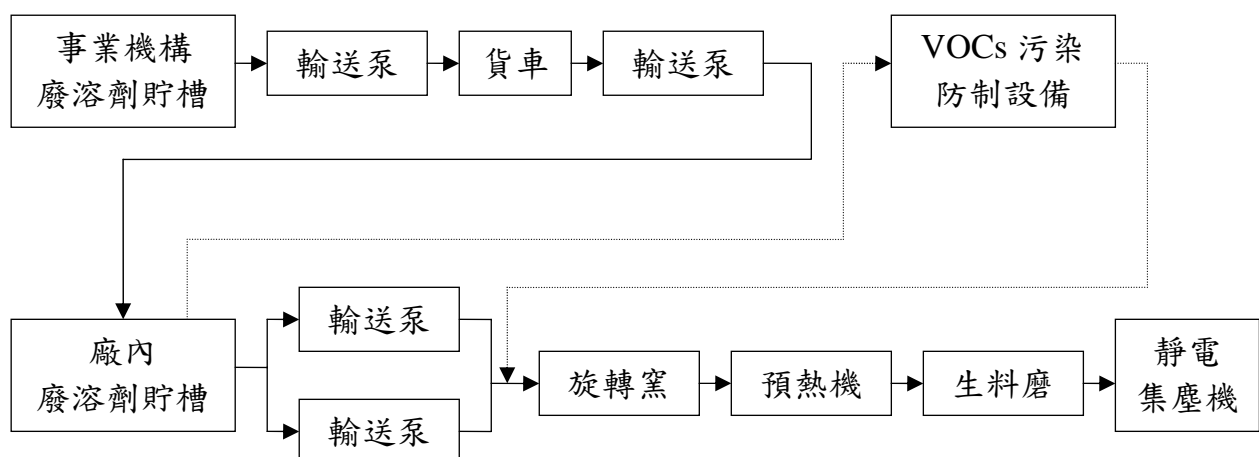
- A.依規定上網申報，確定來源。
- B.運輸車輛裝有 GPS 定位系統，可確保廢溶劑來源與運輸動態。
- C.廢溶劑進廠經過地磅，比對地磅重量與申報量。
- D.依該廠廢溶劑進料檢驗辦法管理
- E.環保局及其他環保單位每年不定期抽驗檢測。

F.廢溶劑產出事業機構不定期稽查。

## (2)廢溶劑資源化製程

廢溶劑資源化製程如圖 7.1 所示，設施如表 7.1 所示。廢溶劑清運到廠後，輸送至貯槽再輸送至水泥窯內進行資源化再利用。為顧及旋窯之保養及歲修，設有貯槽作為暫存之用，其氣體排放經由 VOCs 吸附設備收集後再引入旋窯燃燒，可避免揮發性氣體排放至大氣中。廢溶劑存放於貯槽後，貯槽裝有內部循環之氣動泵，可攪拌溶劑，使熱值與微量元素均勻送入窯內燃燒，溶劑之添加量係定量添加，以不超過進煤量之 10% 為上限，以燒點溫度自動控制煤炭噴入量，以確保水泥熟料燒成品質。

該廠利用原有之水泥旋窯製程，將廢溶劑由貯槽經泵定量送入窯前噴燃管與煤粉混燒，因熟料料溫須高於  $1,450^{\circ}\text{C}$ ，故窯內火焰溫度高達  $1,800^{\circ}\text{C}$  以上，此外，旋窯長度約 70~80 公尺，燃燒氣體在  $1,200^{\circ}\text{C}$  以上的高溫滯留時間可長達 5~6 秒，在此條件下即使最穩定的有機物均可完全燃燒破壞，分解率（destruction and removal efficiency factor, DRE）超過 99.99%，不致產生有害或毒性氣體，同時因旋窯系統中含有充分 CaO，燃燒氣體中若有硫酸、氫氯酸、氟酸等成分均可被中和吸收；利用有機廢溶劑的可燃性及熱值可取代部分燃料，在製程自動控制下，旋窯仍可維持穩定操作，不會影響產品品質。



資料來源：事業廢棄物再利用計畫書，民國 92 年。

圖 7.1 水泥窯系統廢溶劑資源化流程

表 7.1 水泥窯廢溶劑資源化設施規格、功能、說明

設備名稱	規格及功能	說明
卸載泵浦	氣動式雙隔膜泵浦 車輛廢溶劑抽入貯槽之卸載泵浦	新設
貯槽	廢溶劑儲存	新設
貯槽	廢溶劑儲存	新設
揮發性有機氣體防制設備	低溫冷凝+活性碳吸附 收集廢溶劑裝卸中產生之有機氣體	新設
輸送泵浦	高壓氣動泵浦 將貯槽內之廢溶劑輸送至旋窯之輸送泵浦	新設
NSP 旋窯	水泥半成品（熟料）燒成用	既有設備
預熱機	生料預熱煅燒用	既有設備
生料磨	攪配原料研磨成水泥原料用	既有設備
靜電集塵機	採靜電方式集塵用	既有設備

資料來源：事業廢棄物再利用計畫書，民國 92 年。

### 3.資源化成效

該廠操作許可使用量為 40 公噸/小時，廢溶劑以添加 10%煤炭量估算，處理能力為 2,880 公噸/月，處理廢溶劑所進行廢氣檢測結果如表 7.2 所示。該廠以廢溶劑作為輔助燃料，生產的水泥品質可符合 CNS 61 之國家標準，並不影響水泥品質與型別，依現有銷售管道供應內、外銷，作為土木或建築工程之材料。

### 4.結語

水泥製程為高溫燒成工程，以煤粉為燃料，火燄溫度高達 1,800~2,000℃，為一般焚化爐的兩倍高溫，另旋窯長度達 70~80 公尺，故氣體在 1,200℃ 以上的高溫滯留時間有 5~6 秒，此外，噴燃管的特殊設計使燃燒的氣體有高度的擾動混合效果，此即為一般所稱焚化爐應具備的 3T (High Temperature, Long Resident Time, High Turbulence)條件，而水泥旋窯均已具備。另水泥旋窯為含氧化鈣的高鹼性環境，燃燒氣流中若有 SO<sub>x</sub> 或 HCl，則會生成 CaSO<sub>4</sub> 或 CaCl<sub>2</sub>，煙囪排氣中無硫酸或鹽酸污染之虞，故國外將水泥旋窯作為一無污染的資源再利用系統，尤其是有機廢溶劑之再利用，在美、加、日已行之年。

**表 7.2 水泥旋窯廢氣檢測結果**

窯別	檢測項目	檢測結果	排放標準
第一窯	粒狀污染物(mg/Nm <sup>3</sup> )	17	66
	鉛(mg/Nm <sup>3</sup> )	0.02	10
	鎘(mg/Nm <sup>3</sup> )	0.003	1
	氯化氫(ppm)	4	80
	氟化物(mg/Nm <sup>3</sup> )	2	10
	硫氧化物(ppm)	13	500
	氮氧化物(ppm)	265	650
第二窯	粒狀污染物(mg/Nm <sup>3</sup> )	6	54
	鉛(mg/Nm <sup>3</sup> )	0.0104	10
	鎘(mg/Nm <sup>3</sup> )	0.00165	1
	氯化氫(ppm)	3	80
	氟化物(mg/Nm <sup>3</sup> )	2	10
	硫氧化物(ppm)	5.01	500
	氮氧化物(ppm)	262.57	650

檢測日期：民國 91 年底

資料來源：事業廢棄物再利用計畫書，民國 92 年。

## 7.1.2 案例二

### 1.前言

北京水泥廠利用水泥旋轉窯焚化處理有害廢棄物，在水泥熟料煅燒過程中，以廢漆渣及廢溶劑作為二次燃料。該旋轉窯是中國大陸自行開發設計的一條新型幹法窯外分解生產線，熟料燒成系統為雙列五級旋風預熱器，D-D (dual combustion and denitration calciner) 型分解爐，Φ4m×60m 旋轉窯、篦式冷卻機，窯尾設有噴霧降溫的廢氣冷卻塔和大型袋式集塵器的窯尾廢氣處理裝置。

## 2. 製程及原理

### (1) 廢棄物分類

北京市根據工業有害廢棄物在水泥生產中的作用分為以下三類(分類如表 7.3 所示)，其中廢漆渣及廢溶劑作為二次燃料，其產源有北京印刷廠油墨渣(固態和半固態)、北京輕型汽車公司的廢噴漆渣和廢電泳漆渣、北京鍛造公司廢漆渣、北京吉普汽車有限公司廢漆渣、紅獅塗料公司樹脂廢渣、北京化工二廠二氯乙烷殘液、北京第二製藥廠甲壬酮高沸物等。

- A. 第一類：作為二次燃料。對於含有熱值的有機廢棄物，包括固體、液體和半固體狀污泥，可作為水泥窯的“二次燃料”。
- B. 第二類：作為水泥生產原料。對於主要含重金屬的各種廢棄渣，儘管其不含或少含可燃物質，但可作為水泥生產原料來利用；而對於鹵素含量高的有機化合物和含鎂、鹼、硫、磷等的廢棄物，由於其對水泥燒成製程或水泥性能有一定影響，應該嚴格控制其焚化量。
- C. 第三類：對如含汞廢棄料等，則不宜入窯焚化。

### (2) 旋窯製程

水泥生產採用“雙摻”粉煤灰，即在生料系統以粉煤灰代替粘土，不僅可消耗大量工業廢棄物，還節省了大量石灰石資源，在水泥製程中將粉煤灰作混合材，將回收利用的可燃廢棄物作為二次燃料。水泥生料加熱過程中發生的一系列物理化學變化，有些是吸熱反應，有些是放熱反應。各水泥熟料礦物凡是固體狀態生成的均為放熱反應，而只有矽酸三鈣( $C_3S$ )是在液相中形成。水泥生料在加熱過程中，各反應溫度和熱效應，如表 7.4 所示。

由於固相反應放熱，物料溫度迅速上升，放熱反應帶內物料溫度為 1,000 ~ 1,300 °C，氣體溫度為 1,600 ~ 1,700 °C。窯內氣體溫度在燃燒帶溫度最高，因為燃料在這一帶燃燒放出熱量，同時在碳酸鹽分解帶，分解出大量的  $CaO$  和  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$  等氧化物在該帶進行固相反應，生成矽酸二鈣( $C_2S$ )等，並放出一定熱量。預分解窯的燃燒狀況如表 7.5 所示。



**表 7.3 北京市工業有害廢棄物分類**

第一類：作為二次燃料	
1.染料塗料類	北京印刷廠油墨渣(固態和半固態) 北京輕型汽車公司的廢噴漆渣和廢電泳漆渣 北京鍛造公司廢漆渣 北京吉普汽車有限公司廢漆渣
2.醫藥廢物	北京製藥廠制藥母液
3.有機樹脂類	紅獅塗料公司樹脂廢渣 北京化工二廠有機矽廢渣和二氯乙烷殘液 北京輕型汽車公司的廢瀝青渣
4.有機樹脂類	北京東方羅門哈斯有限公司的壓敏焦渣和丙烯酸樹脂渣
5.廢乳化液	北京集團廢乳化液 北京吉普汽車有限公司廢乳化液 北京天偉油嘴油泵有限公司廢乳化液
6.廢礦物油	北京集團廢礦物油 北京天偉油嘴油泵有限公司廢礦。
7.熱處理含氰類廢物	北京鍛造公司熱處理渣
8.廢鹵化物有機溶劑	北京天偉油嘴油泵有限公司三氯乙烯廢液
第二類：作為水泥原料	
含銅廢物	北京冶煉廠銅渣 北京吉普汽車有限公司廢銅渣
含鋅廢物	北京冶煉廠鋅渣 北京吉普汽車有限公司鍍鋅污泥
表面處理廢物	北京天偉油嘴油泵有限公司電鍍污泥 北京天偉油嘴油泵有限公司亞硝酸鈉熱處理渣
含鋇、氯廢物	北京天偉油嘴油泵有限公司氯化鋇熱處理渣
醫藥廢物	北京第二制藥廠氯化鈉渣
其它	北京電池廠中和泥 北京化工二廠鹽泥 北京冶煉廠鋁渣。

資料來源：沈鑫根、肖鎮、楊盛林，發展生態水泥—促進生態環境不斷優化，北京水泥廠，中國水泥協會技術論壇專題文章。

**表 7.4 水泥熟料的反應溫度和熱效應**

溫 度(°C)	反 應	相應溫度下 1kg 物料熱效應
450	生料粉預熱	吸熱 932 kJ/ kg 生料粉
600	碳酸鎂分解	吸熱 1,421 kJ/ kg MgCO <sub>3</sub>
900	碳酸鈣分解	吸熱 1,655 kJ/ kg CaCO <sub>3</sub>
900~1,200	固相反應生成礦物	放熱 418~502 kJ/ kg 熟料
1,250~1,280	生成部分液相	吸熱 104 kJ/ kg 熟料
1,300	C <sub>2</sub> S+CaO → C <sub>3</sub> S	微吸熱 9 kJ/ kg C <sub>2</sub> S

資料來源：沈鑫根、肖鎮、楊盛林，發展生態水泥—促進生態環境不斷優化，北京水泥廠，中國水泥協會技術論壇專題文章。

**表 7.5 預分解窯的燃燒狀況**

主要換熱方式	懸浮態換熱
碳酸鹽分解進程	1.分解爐內物料在懸浮、分解狀態下，吸收燃料燃燒熱，迅速分解，逸出的 CO <sub>2</sub> 迅速擴散。 2.入窯物料分解率可達 90%。
固相反應進程	1.物料在分解爐內懸浮分散，顆粒間不能緊密接觸，難於發生固相反應。 2.已經高度分解的高溫生料，入窯後迅速升溫，固相反應多點發生，迅速進行，形成一個比較集中的“單獨固相反應帶”，固相反應放熱，更有利於物料進一步升溫燒結。
窯內煨燒進程	1.入窯生料已高度分解，料溫高達 800℃ 以上，因此窯內煨燒需熱量少。 2.入窯二次風溫高，有利於燃料燃燒。 3.使用三通道噴煤嘴，火焰溫度容易調節。 4.窯內熱狀態穩定，發生異常狀況，也容易及時調節，恢復正常。

資料來源：沈鑫根、肖鎮、楊盛林，發展生態水泥—促進生態環境不斷優化，北京水泥廠，中國水泥協會技術論壇專題文章。

北京水泥廠旋轉窯主要特點有：

- A.自我淨化技術：由於水泥熟料煨燒過程中將燃煤裏的灰分融入原料配料之內，所以在煨燒過程中，灰渣融入熟料中，因而無任何殘渣排出。大氣中的氮能在高溫下氧化成 NO，而 NO 又進一步氧化成 NO<sub>2</sub>，系統中採用預分解技術，使一部分煤粉在 D-D 爐內較低溫度（800℃ ~880℃）下燃燒，降低了窯尾廢氣中 NO<sub>2</sub> 的含量，燃燒溫度對氮的氧化物產生影響較大。
- B.氣體排放控制：一般廢棄物焚化爐很難做到完全密封，結果使空氣漏入，

導致難於精確控制焚化爐內的氧氣含量，且焚化爐的溫度較水泥旋轉窯低很多，這樣有機氣體從廢棄物中逸出。但在水泥旋轉窯中處理工業廢棄物，由於高溫區段氣體停留時間較長，可使有機化合物完全被分解，使排出的氣體中根本不形成有害氣體。

為了保證粉塵的排放濃度達到標準，在窯尾採用了FRS1200-2×7逆洗式玻纖袋式集塵器。窯尾玻纖袋式集塵器由14個工作室組成，每室有138個濾袋，其中135個為 $\Phi 300\text{mm} \times 9,300\text{mm}$ ，3個為 $\Phi 300\text{mm} \times 7,200\text{mm}$ ，每條袋上相隔一定距離縫有環套，濾袋上部懸掛在濾袋懸吊架上，下部分別固定在袋座上。採取內濾式，低氣布比（過濾風速小於 $0.5\text{ m/min}$ ）的過濾方式。集塵器由殼體、灰門、閥系統、逆洗式清灰裝置、壓縮空氣系統、測壓系統組成。閥系統包括提升閥、逆洗閥、清掃閥、加壓閥及蝶閥。

窯尾玻纖袋收塵器的清灰，依靠反吹氣流反吹濾袋，使之收縮變形而清灰。整個清灰系統由提升閥、反吹風閥、清掃閥、加壓閥構成。在清灰時提升閥關閉，反吹風閥打開進行清灰，當提升閥打開反吹風閥關閉時，加壓閥開啟使少量的空氣滲入，減小氣流對濾袋的衝擊，有助於延長濾袋的使用壽命。袋式集塵器在冬季濾袋阻力稍高，但沒有結露現象。窯尾袋式集塵器主要處理煅燒水泥熟料時產生的窯尾廢氣，該系統設計廢氣處理量為 $370,000\text{m}^3/\text{h}$ ，窯尾廢氣一部分用於原料磨的物料烘乾和煤磨的煤粉製備烘乾，然後再通過集塵器處理後排放。

窯尾廢氣含塵濃度達 $70\text{g/Nm}^3$ ，廢氣溫度約 $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ ，集塵效率為99.99%。窯尾袋式集塵器每小時回收生料粉約20.7公噸（運轉時控制在額定風量的80%）。在生產過程中煙氣以兩種方式進入集塵器，80%的高溫煙氣經增濕塔降溫後進入袋式集塵器，約20%煙氣進行餘熱烘乾生料，高溫煙氣引入生料磨烘乾生料後，直接進入袋式集塵器，在旋轉窯煅燒過程中，由於燃煤中硫化物和原料中的含硫物在一定溫度下分解而產生的 $\text{SO}_2$ ，一部分被入窯的生料粉吸收並經煅燒而以硫酸鈣（ $\text{CaSO}_4$ ）、硫酸鹽（ $\text{R}_2\text{SO}_4$ ）的形式固定在水泥熟料中。窯尾廢氣一部分引入原料磨的物料烘乾，其中部分 $\text{SO}_2$ 被生料粉吸收，窯尾煙氣經增濕塔每小時10公噸的霧化水降溫處理後，脫硫率約為75%，降溫後的煙氣進入袋式集塵器，經過集塵袋上的粉塵層時，粉塵層中的鹼性物質再次吸收煙氣中的 $\text{SO}_2$ ，經測試系統的脫硫率為88%。

逆洗式玻纖袋式集塵器主要設計參數和要求：

- A.處理風量：370,000 m<sup>3</sup>/h，濾袋過濾風速 0.5 m/min。
- B.過濾面積：16,372 m<sup>2</sup>。
- C.露點溫度：約 50 °C。
- D.煙氣溫度：<250 °C。
- E.入口含塵濃度：≤70 g/m<sup>3</sup>。
- F.排放濃度：<100 mg/Nm<sup>3</sup>。
- G.阻力損失：<1500 Pa。
- H.物料：生料粉及窯尾粉塵細度：0.08 mm 篩篩餘 6%，水分：0.5%。

### 3.資源化成效

北京水泥廠在進行工業有害廢棄物試燒過程中，對水泥熟料的品質進行同步分析，工業廢棄物中的主要有害成分 Cl、Na<sub>2</sub>O 的含量都低於焚化前，其他都在允許範圍，對水泥熟料的產品品質沒有造成影響。

#### (1)可燃性廢棄物試燒的投料方式

- A.製備成混合燃料：將可燃性廢棄物分類後，如含某些毒性物質，要求較高分解溫度時，經粉碎與煤粉混合在窯頭燃燒，但必須保證可燃性廢料與煤灰的燃燒性能大致相近，從而保證窯內火焰集中，以免形成兩個燃燒區。
- B.於窯尾上升煙道處加入：窯尾上升煙道處，空間開闊，便於投料操作，此處負壓高，操作安全便捷，氣體溫度一般為 1,050°C，特別適合塊狀的低熱值廢料。

#### (2)廢氣排放

1999 年 5 月開始利用水泥旋轉窯試燒廢油墨渣、樹脂渣、廢漆渣、有機廢液，在試燒過程中由北京環境中心對廢氣排放進行監測，如表 7.6 所示。監測結果顯示排出廢氣中有機有害物及重金屬的排放濃度和排放量遠遠低於允許排放標準。

表 7.6 北京水泥廠試燒實驗廢氣排放監測結果

污染物	樹脂渣		廢漆渣		有機廢液	
	排放濃度 (mg/Nm <sup>3</sup> )	排放速率 (kg/h)	排放濃度 (mg/Nm <sup>3</sup> )	排放速率 (kg/h)	排放濃度 (mg/Nm <sup>3</sup> )	排放速率 (kg/h)
非甲烷烴	44.0	11.4	24.5	6.74	4.78	1.16
Cu	<0.002~四 0.013	<0.002~ 0.003	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Zn	0.007~0.064	0.002~0.017	0.007~0.021	0.002~0.006	0.013~0.033	0.003~0.008
Cd	<0.002	<0.01	<0.002	<0.001	<0.002	<0.01
Ni	0.014~0.032	0.004~0.008	0.008~0.013	0.002~0.004	0.007~0.013	0.002~0.003
SO <sub>2</sub>	<1	<0.26	<1	<0.28	1	0.35

資料來源：沈鑫根、肖鎮、楊盛林，發展生態水泥—促進生態環境不斷優化，北京水泥廠，中國水泥協會技術論壇專題文章。

### (3) 熟料的毒性溶出試驗

評估廢棄材料中重金屬含量的一個決定性因素是混凝土組分中的重金屬是被固定的，因而是不能移動的。廢棄物中的重金屬經由水泥進入混凝土存在於水化水泥-硬化水泥漿體或混凝土的孔隙中。因為硬化水泥漿體有極大的束縛金屬的能力，所以重金屬極少從混凝土中釋出。此外由於混凝土緻密的孔結構對擴散有很大的阻力，有力的阻止了溶解在硬化水泥漿體孔隙中的重金屬的釋放。試燒期間，北京市環境監測中心對試燒過程中的熟料和飛灰取樣做了重金屬的溶出試驗，重金屬的溶出量低於地表水二級標準，如表 7.7 所示。

### (4) 焚化工業廢棄物對水泥產品品質的影響分析

分析水泥產品品質時，熟料中所含無機成分的變數是評估水泥生產中焚化有害廢棄物影響產品品質必須考慮的主要因素。在進行工業有害廢棄物試燒過程中對熟料品質進行了同步分析，除焚化有機廢液一項因故未取飛灰實物樣品外，其餘都以螢光分析儀做成分百分含量分析。分析顯示分析物的主要成分沒有變化。主要有害成分 Cl 和 Na<sub>2</sub>O 的含量都低於焚化前，有害成分 K<sub>2</sub>O 的含量稍高於焚化前，但在正常範圍內。說明兩次試燒的結果對水泥產品品質沒有影響。

表 7.7 北京水泥廠試燒過程中熟料溶出液分析結果

單位(mg/L)

污染物	未燒廢棄物時		燒樹脂渣		燒廢漆渣		燒有機廢液		溶出液最高 允許濃度
	熟料	回灰	熟料	回灰	熟料	回灰	熟料	回灰	
Cu	<0.02	0.009 ~0.024	0.004 ~0.017	0.008 ~0.024	0.019 ~0.024	0.026 ~0.032	0.012 ~0.023	0.026 ~0.040	50
Zn	<0.02	<0.001 ~0.008	<0.001	<0.001 ~0.022	<0.001 ~0.024	0.027 ~0.040	0.002 ~0.015	0.008 ~0.027	50
Cd	<0.02	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.3
Ni	0.01	<0.001	<0.01	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10

資料來源：沈鑫根、肖鎮、楊盛林，發展生態水泥—促進生態環境不斷優化，北京水泥廠，中國水泥協會技術論壇專題文章。

#### 4.結語

北京水泥廠利用水泥旋轉窯焚化處理有害廢棄物，在水泥熟料煅燒過程中，以廢漆渣及廢溶劑作為二次燃料，結果顯示在旋轉窯中焚化後，經窯尾玻纖布袋式集塵器處理，水泥廠對環境的影響程度遠低於環境能夠感知的濃度，氣體中的重金屬濃度與環境中的重金屬無關連性。從熟料中重金屬的溶出試驗結果顯示，該熟料粉磨成水泥的混凝土不會對環境造成影響。

### 7.1.3 案例三

#### 1.前言

ICI 公司是目前世界最大清洗溶劑產源，且在該國溶劑之銷售、使用、回收及處理，皆有較為完善且通暢的行銷體系與管道，值得國內推行借鏡。在此略述 ICI 廢有機溶劑回收體系、廢有機溶劑廠外回收系統運作情形、廢有機溶劑回收後殘渣最終處置執行方式與其效果、回收處理體系之效益評估及 ICI 全球廢有機溶劑策略。

ICI 化學部門的主要工作，是負責化學相關產品的生產及技術支援，其中的一個部門，除了是負責全球主要清洗溶劑生產供應外，也提供有機溶劑使用業者物件清洗技術上的支援，例如客戶物件清洗方面資訊的提供，清洗設備的研發，以及解決顧客清洗後廢有機溶劑的處置與管理，同時 ICI 也聯合其他相關的清理、回收或處理業者，形成更為完善、通暢且合法的管道，使其客戶在

使用 ICI 清洗劑時，無任何後顧之憂，ICI 與溶劑使用業者、回收處理業者之間有良好的互動關係。該單位同時也負責氯化溶劑替代品的製造。ICI 製造的清洗溶劑，其產品名稱與相對化學名稱如表 7.8 所示。

**表 7.8 ICI 清洗溶劑產品及相對化學名稱**

ICI 品名	化學名稱及結構式
TRIKLONE	trichloroethylene $\text{Cl}_2\text{C}=\text{CHCl}$
METHOKLONE	methylene chloride, $\text{CH}_2=\text{Cl}_2$
PERKLONE	perchloroethylene, $\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$
GENKLENE	methyl chloroform $\text{CH}_3\text{CCl}_3$
PROPAKLONE	A formulation based on methyl chloroform (1-1-1-trichloroethane)
ARKLONE	1,1,2-trichloro-1-2-2-trifluoroethane (CFC-113)

資料來源：ICI,1994。

## 2.製程及原理

ICI 對廢有機清洗溶劑回收收取費用，視回收溶劑種類、回收總量及可回收溶劑比例而定，但影響最大的需視回收市場的價值而異。以 ICI 產品名 Triklone 收費為例，在回收數量於 210 公升容器 4~10 桶或 20 公升容器 40~100 桶時，其回收比例小於 25%時，每公升可向產生者收 75 辨士，在回收比例為 25~50%時可不需向產生者收取費用，若可回收比例達 50%以上時則可付給產生者每公升 10 辨士。因此，可知回收費用視其主要因子為溶劑種類、回收總量及溶劑品級而定。ICI 公司在有機廢溶劑回收產品純度方面，一般維持在 90~95%。

ICI 之廢有機溶劑回收流程主要是蒸餾塔及蒸發器，以及不同有機溶劑種類的進料貯槽與回收產品貯槽。回收廠內有一套蒸餾設備，以通入蒸氣熱交換方式加溫蒸餾，蒸餾塔高約 20 公尺，內有 316 不銹鋼製環狀物為其填充物（篩板回流效果較佳，也較沒有阻塞問題，國內溶劑回收業者，填充塔及篩板塔皆有使用）。但各種污染排放標準仍需符合中央政府制訂的法規，如 EPA ( Environment Protection Act )，HNTIP( Her Majesty Inspector of Pollution )和 NRA ( National River Authority )等。近年來該國政府也逐年嚴格管制執照的核發，代處理業者的商業運作不再視為一般行業的交易，除需備有 site license，（如台灣之土地使用、環境影響等審核證明之雜項執照）和 operation license（機器設備、處理技術能力等之設置許可），另外也需提出廢棄物之來源及流向和其最終處理方式等之證明，方能獲得當地政府執照之核發，並且在運轉之

後，需作不定期之勘驗。

### 3.資源化成效

以回收廠每月約 500 公噸的溶劑處理量，為維持整廠營運效益與一定之利潤，以回收多樣種類的溶劑，是該公司之營運策略。各種溶劑經評估其回收市場的產品價值、回收成本、運輸成本與最終處置費用後，才決定廢溶劑回收所需處理費用或向使用廠商收取之費用。然而，其中影響最大的因素，常屬回收後產品市場價格之變異，尤其是近來受到蒙特婁公約影響，各類清洗溶劑的價格起伏變化很大。較高之溶劑回收比例與較大之回收量，往往可使消費者獲得較好的價格，因此對於物件清洗品質要求高之廠商，可適當調整溶劑回收時機以獲取最大效益。

產品因受限於品質，在產品回銷到次級市場時，對於不太在乎物件清洗品質的廠商，可買來與純溶劑混合後使用。或者是用於其他溶劑產品的使用原料，如修正液等其他對品質要求不高之產品。溶劑回收後的殘渣，目前雖有多項可行技術可供做處置有害廢溶劑。然現行處理技術仍具商業效益者，只有焚化處理一途。由於多數廢氯化溶劑回收後之殘渣，內含污染物質(如機油、潤滑油)，除使殘渣可燃且熱值高外，亦可當作是良好的輔助燃料。另外其灰分比極低(0.02~0.65%之間)，更適合以焚化處理廢有機清洗溶劑之殘渣。

### 4.結語

整體而言，ICI 在廢氯化溶劑的回收、處理的整個架構與流程，已符合現今逐漸受重視的廢棄物處理精神 " 從搖籃到墳墓"，亦即從生產者至販售者到使用者，都應對廢棄物流向負有責任，在這期間，再加上回收業者增進資源再利用價值，延長產品使用壽命；中間處理業者（或最終處理業等）確保廢棄物處理造成對環境之危害降到最低。如此的環節相扣，方是最佳的廢棄物管理方式，也使 "從搖籃到墳墓" 之廢棄物管理精神有更高層次的詮釋。

ICI 溶劑回收廠，為了使回收產品與原產品在市場上有所區隔，加上因廢溶劑中存在的污染物的先天條件等負面條件的限制，使得在回收技術應用的層次並不高。基於經濟效益與回收技術的考量，溶劑無法 100% 完全回收，回收產品的純度也在 90~95% 左右。



## **7.2 廢油資源化技術案例**

### **7.2.1 前言**

國內某廢油泥資源化專業處理廠，主要設備係以一廢油泥離心分層機為主體，其特色為屬移動式廢油泥處理設備，可安置於產生源廠區內直接於廢油泥貯存槽附近進行處理，以節省廢油泥輸送成本。

### **7.2.2 製程及原理**

有關該廠之技術流程介紹於 5.2 節已作一詳細介紹，廢油泥係藉由通以蒸汽加熱來保持其流動性，且經由事前之過濾設備將油泥中之泥砂等顆粒物質先行除去，以避免造成後續處理設備之損害，其後為一組三相離心分層機，將油泥藉由離心原理分層為油分，水分及固形物等三種型態，分別用導管將其排出，而達到油泥資源化處理之目的。

### **7.2.3 資源化成效**

經分層排出之三種物質，油分可經煉油廠回收再重煉成油品出售，水分則排入該煉油廠之廢水處理廠中併同廠內廢水處理，而固形物則交至煉油廠焚化爐或委託其他代清除處理機構處理之。

### **7.2.4 結語**

本項廢油泥處理設備為一取得法國專利之技術，對於廢油泥之資源處理有極大的成效，比起一般常用的焚化、掩埋處理方法，除了具有減容效果（約減少 90%），並可回收其中之油分，有效提升資源、能源之利用率。

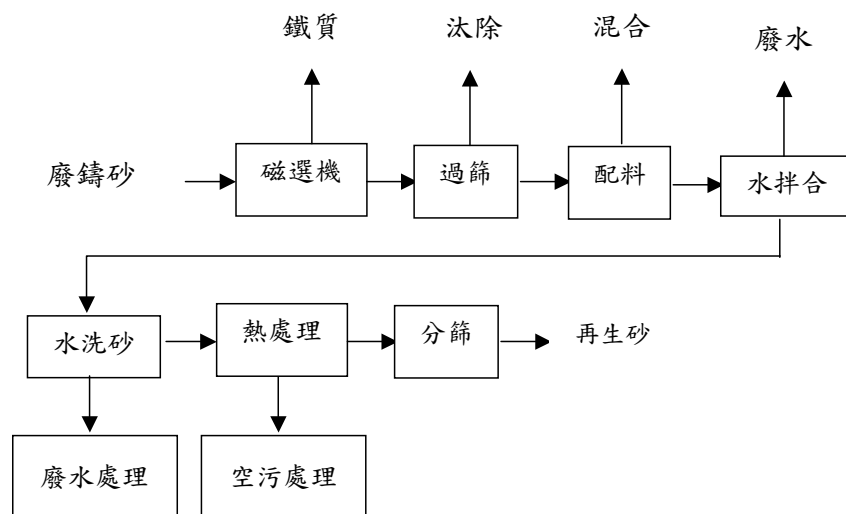
## **7.3 廢鑄砂資源化技術案例**

### **7.3.1 前言**

為促進廢鑄砂之再利用，國內相關業者已朝資源化目標進行研究開發相關技術，目前部分業者已成立廢鑄造砂共同清除機構，並取得經濟部工業局核發之「共同清除」許可證，集中送至再利用機構予以再生處理，產製之產品供作砂石替代料使用之。

### **7.3.2 製程及原理**

該再利用機構之主要處理流程如圖 7.2 所示。



資料來源：經濟部工業局，廢鑄砂回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

**圖 7.2 廢鑄砂再利用處理流程**

### 7.3.3 資源化成效

該再利用機構之用途為回填工程併混凝土填料再利用，而以回填為主，可廣泛回收廢鑄砂，對於品質較好的廢砂採水洗處理，以回收砂質作為混凝土填料再利用。

其優點如下：

- 1.可併爐碴、集塵灰等其他廢棄物進行回填處理，回收範圍較廣。
- 2.對於品質較佳的廢砂進行回收處理，減少資源浪費。

其缺點如下：

- 1.回填處理量有限，無法長期處理。
- 2.回收處理製成的混凝土填料產品經濟價值較低。

廢鑄砂之產生者（事業機構）付處理費及運費給再利用機構，處理費為 300～450 元/公噸（含運費），再生利用產品市場價格則視產品品質而定，因市場對再生產品的品質疑慮及資源化廠之操作維護成本考量，產品收益尚未及處理費用的支出平衡，目前國內廢鑄砂再利用業者營運的主要利潤來自事業單位所付出的廢棄物處理費用，本身再生產品利益反而為經濟邊際效益。

就社會、事業機構及再利用機構（再利用中間處理機構）三方進行成本效益

評估，如表 7.9 所示，評估之假設為再利用機構（再利用中間處理機構）年處理量為 72,000 公噸之基準，從業者提供再生利用處理費用或再生利用產品市場價格等資料，並簡化運費取一平均值，作為成本效益之估算。

**表 7.9 成本效益評估表**

單位：千元/年

項目	社會	廠商(產源機構)	廠商(再生利用機構)
成本	行政管制成本 (A) 216	廢棄物處理費用 (B) <sup>1</sup> 158,400	再生利用處理成本 (C) 23,040
		委託再生利用費用 (B) <sup>2</sup> 28,800	
效益	節省個案、通案審查成本 (D) 216	節省廢棄物處理費用 (E) 129,600	再生利用產品販售收入 (F) 16,200

註：以一個處理能力為 72,000 公噸/年之廢鑄砂再利用中間處理機構之假設估算：

(A)行政管制成本：以審查人事成本計算＝

$$45 \text{ 天/件} \times 8 \text{ 小時/人天} \times 200 \text{ 元/小時} \times 3 \text{ 件/年} = 216,000 \text{ 元/年}$$

(B)<sup>1</sup> 廢棄物處理費用：

$$72,000 \text{ 公噸/年} \times 2,000 \text{ 元/公噸} + 72,000 \text{ 公噸/年} \times 200 \text{ 元/公噸 (運費)} = 158,400,000 \text{ 元/年}$$

(B)<sup>2</sup> 委託再生利用費用：

$$72,000 \text{ 公噸/年} \times 400 \text{ 元/公噸} = 28,800,000 \text{ 元/年 (含運費)}$$

(C)再生利用處理成本：

$$72,000 \text{ 公噸/年} \times 320 \text{ 元/公噸} = 23,040,000 \text{ 元/年}$$

(D)節省個案、通案審查成本＝ 216,000 元/年

$$(E) = (B)^1 - (B)^2 = 129,600,000 \text{ 元/年}$$

(F)收益：50%廢鑄砂回收製成混凝土粒料砂販售收益＝

$$72,000 \text{ 公噸/年} \times 50\% \times 450 \text{ 元/公噸} = 16,200,000 \text{ 元/年}$$

資料來源：經濟部工業局，廢鑄砂回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

### 7.3.4 結語

由於回填處理成本較低，又可廣泛回收廢鑄砂，市場競爭力高，目前營運範圍包括北中南三區，每月處理約 4,000 公噸。惟需面對回填區域之飽和問題，及相關環保問題。廢鑄砂不論是廢清法第 39 條之公告再利用或資再法之再生資源再生利用，皆需有稽查管制機制之社會成本，然廢鑄砂之再生利用替代天然原物

料（天然砂石）之開採，其節省社會成本尚未納入本效益評估內。目前之經濟性評估中社會成本僅就行政管制成本考量，其效益遠低於個別成本效益。總體評估，廢鑄砂再生利用具有減少原生料使用及減少廢棄物處理成本，屬資源性之事業廢棄物。建議北中南三區成立具備廢鑄砂資源化之技術與能力之中間處理機構，有效回收廢鑄砂予以資源化，以提升產品經濟價值。

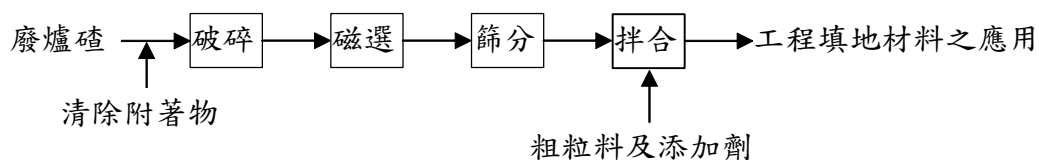
## 7.4 感應爐爐碴資源化技術案例

### 7.4.1 前言

一家位於桃園縣境內的汽車零件製造公司，廠區內所產生之感應爐爐碴，集中送至一處工業局核可之共同處理機構，經中間處理再生為砂石替代料。

### 7.4.2 製程及原理

該共同處理機構之主要製程是將感應電爐爐碴（石）使用於工程填地材料，而工程填地材料之物質反應因使用情形而有所不同，理論上來說路基材料使用於交通方面時，經常以加州載重比試驗（CBR 試驗）做為研究工程填地材料是否符合路面支撐力之依據。使用感應電爐爐碴（石）於路基回填料，其健度高，能增強剪力強度及減低壓縮性，與使用天然細砂所建造之堤防比較起來，更具有不透水性。其使用流程如圖 7.3 所示。



資料來源：經濟部工業局，感應電爐爐碴（石）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

圖 7.3 感應電爐爐碴（石）於路基回填料之使用流程

### 7.4.3 資源化成效

該汽車零件製造公司將感應電爐爐碴（石）採支付處理費及運費給再利用機構方式，其處理費為 200~300 元/公噸（不含運費），再生利用產品市場價格則視產品品質而定，因市場對再生產品的品質疑慮及資源化廠之操作維護成本考量，而產品收益尚未及處理費用的支出平衡。目前國內感應電爐爐碴（石）再利用業

者營運的主要利潤來自事業單位所付出的廢棄物處理費用，再生產品本身利益反而為經濟邊際效益。

就社會、事業機構及再利用機構三方進行成本效益評估，如表 7.10，本評估假設為再利用機構感應電爐爐渣（石）年處理量為 700 公噸之基準，從業者提供再生利用處理費用或再生利用產品市場價格等資料，並簡化運費取一平均值，作為成本效益之估算。

**表 7.10 成本效益評估表**

單位：元/年

項目	社會	廠商(產源機構)	廠商(再生利用機構)
成本	行政管制成本 (A) 216,000	廢棄物處理費用 (B) <sup>1</sup> 1,540,000	再生利用處理成本 (C) 224,000
		委託再生利用費用 (B) <sup>2</sup> 280,000	
效益	節省個案、通案審查成本 (D) 216,000	節省廢棄物處理費用 (E) 1,260,000	再生利用產品販售收入 (F) 157,500

註：1.以再利用機構感應電爐爐渣年處理量為 700 公噸之假設估算：

2.運費以中部地區為例，清運距離以 100 公里計算，運費約 200 元/公噸。

3.此評估表為針對感應電爐爐渣回收再利用為水泥、工程填地材料、道路工程級配料、混凝土骨材替代物及製磚時之成本評估。

(A)行政管制成本：以審查人士成本計算＝

$$45 \text{ 天人/件} \times 8 \text{ 小時/人天} \times 200 \text{ 元/小時} \times 3 \text{ 件/年} = 216,000 \text{ 元/年}$$

(B)<sup>1</sup> 廢棄物處理費用：

$$700 \text{ 公噸/年} \times 2,000 \text{ 元/公噸} + 700 \text{ 公噸/年} \times 200 \text{ 元/公噸(運費)} = 1,540,000 \text{ 元/年}$$

(B)<sup>2</sup> 委託再生利用費用：

$$700 \text{ 公噸/年} \times 200 \text{ 元/公噸} + 700 \text{ 公噸/年} \times 200 \text{ 元/公噸(運費)} = 280,000 \text{ 元/年}$$

(C)再生利用處理成本：

$$700 \text{ 公噸/年} \times 320 \text{ 元/公噸} = 224,000 \text{ 元/年}$$

(每公噸處理費用 320 元，已含設施維護費用，人事管銷費用，及再利用後剩餘之感應電爐爐渣(石)若以廢棄物方式處理所需費用)

(D)節省個案、通案審查成本 = 216,000 元/年

$$(E) = (B)^1 - (B)^2 = 1,260,000 \text{ 元/年}$$

(F)收益：50%感應電爐爐渣（石）回收製成砂石粒料砂販售收益＝

$$700 \text{ 公噸/年} \times 50\% \times 450 \text{ 元/公噸} = 157,500 \text{ 元/年}$$

資料來源：經濟部工業局，感應電爐爐渣（石）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

社會成本大多以人事管銷為成本進行考量，事業機構處理其事業廢棄物可選擇以掩埋之處理方式或委託再利用機構進行回收再生處理方式；再生利用機構將再生感應電爐爐渣（石）作為水泥原料、工程填地材料道路工程粒料、混凝土骨材原料或替代物等資源化產品之回收率約 50%，另 50% 可能於再利用後以廢棄物方式處理；估算再生利用機構的處理成本時，此項目已包含再生資源化處理成本、設備耗損及廢棄物處理費等。

#### 7.4.4 結語

感應電爐爐渣再利用於製作水泥原料、工程填料再利用、道路工程填料及混凝土細料時，其處理成本皆高於產品販售之收益，因此不符合經濟效益。此外，感應電爐爐渣再利用於製磚時，必須於製程中另行將爐渣磨至細碎，雖無額外處理成本之支出，但感應電爐爐渣再利用於製磚上，同樣不符合經濟效益。

總體評估，感應電爐爐渣（石）再生利用具有減少原生料使用及減少廢棄物處理成本，是資源性之事業廢棄物。

### 7.5 廢塑膠資源化技術案例

#### 7.5.1 前言

某公司將廢塑膠經中間處理，回收再生紡織品及其製品(PET 回收再生拉鍊)。

#### 7.5.2 製程及原理

利用纖維廠生產過程中所產生下腳料及回收之 PET 瓶片，經過乾燥、熔解、定型、吹乾等，製成 PET 回收再生拉鍊。

#### 7.5.3 資源化成效

廢塑膠之回收再利用，針對社會、事業機構及再利用機構等三方面分別進行成本效益評估，本評估作業之基本假設為再利用機構年處理量 12,000 公噸，評估因子包括事業機構之處理費用、再利用產品市場價格與簡化後之運費平均值等。

社會成本則單就行政管制成本進行考量；再利用機構之評估則假設廢塑膠產製資源化產品之回收率為 90%，以估算資源化產品之生產成本，前述成本估算已包含資源化處理成本、設備耗損及污染防治處理費用等項目，各不同機構之成本效益估算如表 7.11 所示，每年可節省約 22 萬元之許可審查行政費用支出，事業機構則有 7,200 萬元之節省廢棄物清理費用及額外收入，再利用機構則因再生產品之販售收益，每年可獲得 3,800 萬元之淨利。

表 7.11 廢塑膠回收再利用成本效益評估

單位：千元/年

項目	社會	廠商(產生者)	廠商(再利用機構)
成本	行政管制成本(A) 216	廢棄物處理費用(B) <sup>1</sup> 24,000	再生利用處理成本 (C) 60,000
		委託再生利用費用 (B) <sup>2</sup> -48,000	
效益	節省個案、通案審查成本 (D) 216	節省廢棄物處理費用 及額外收入(E) 72,000	再生利用產品販售 收入(F) 108,000

註：基本假設：1.廢塑膠再利用機構之處理能力為 12,000 公噸/年

2.廢塑膠之再利用率為 90%

(A)行政管制成本：以審查人事成本計算＝

45 天人/件 × 8 小時/人天 × 200 元/小時 × 3 件/年 = 216,000 元/年

(B)1 廢棄物處理費用：

12,000 公噸/年 × 2,000 元/公噸 = 24,000,000 元/年(含運費)

(B)2 委託再生利用費用：

12,000 公噸/年 × -4,000 元/公噸 = -48,000,000 元/年(含運費)

(C)再利用處理成本：

生產管銷成本 12,000 公噸/年 × 1,000 元/公噸 = 12,000,000 元/年

再生資源進料成本 12,000 公噸/年 × 4,000 元/公噸 = 48,000,000 元/年

再生利用處理成本＝生產管銷成本＋再生資源進料成本＝60,000,000 元/年

(D)節省個案、通案審查成本 = 216,000 元/年

(E) = (B)1 - (B)2 = 72,000,000 元/年

(F)收益：90%廢塑膠回收製成再生產品販售收益＝

12,000 公噸/年 × 90% × 10,000 元/公噸 = 108,000,000 元/年

資料來源：經濟部工業局，廢塑膠回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

#### 7.5.4 結語

從經濟和社會效益的角度考慮，對廢塑膠回收再利用有著現實的和潛在的必要性及可行性，主要包括以下幾個方面。

##### 1.節省能源

從石油製品生產各種塑膠原料所需的能量占塑膠產品生產全過程總能量的 83%~94%，占絕大部分。如果用回收廢塑膠製造產品可以節省 80%以上的能量，因此回收廢塑膠再生產品最節省能量。雖然簡單的焚化廢塑膠也可以回收

能量，但能量利用率不及回收再生產品。例如 1 公噸 HDPE 塑膠具有燃燒熱值  $4.66 \times 10^{10}$  焦耳 (J)，而用 1 公噸 HDPE 回收料製成製品比用石油製造塑膠製品將節省  $8.77 \times 10^{10}$  焦耳 (J) 的能量，回收再利用與焚化相比較，可節省能量  $4.11 \times 10^{10}$  焦耳 (J)，節省率達 88.1%。

## 2. 抑制油價的提高

石油價格的上漲是廢塑膠回收利用的重要經濟推動力。塑膠原料的價格隨石油價格上升而上升，因而原生材料製成的產品價格要比回收塑膠製造的產品價格高得多。在能滿足產品使用要求的情況下，再生製品有潛在的價格優勢。

## 3. 減少廢棄物數量

儘管塑膠製品工廠可以回收利用生產過程中產生的均相廢塑膠，但大量的雜相工業廢塑膠不得不排棄，如廢電線電纜、複雜結構的包裝材；此外還有汽車廢塑膠、使用後丟棄的飲料容器。廢塑膠數量急劇增加，處理費用不斷提高（包括掩埋和焚化廠的處理費，以及運輸費用），成為推動廢塑膠回收的重要動力。

## 4. 降低廢塑膠的危害

廢塑膠導致的污染俗稱“白色污染”，正引起人們的極大關注，漠視其存在或進行不恰當的處理，將會造成一些嚴重的危害，如：

- (1) 環境中的廢塑膠不易腐爛，堆放造成掩埋場增多，污染點增加。
- (2) 雖然焚化廢塑膠可以獲得一些能量，但會產生大量的二氧化碳，還會產生氯化氫、戴奧辛等有毒物質，處理不當會造成環境二次污染。
- (3) 塑膠薄膜如農用薄膜進入土壤，不易分解，阻止土壤的透氣性，使土質變差，影響農作物的生長。
- (4) 廢塑膠已占海洋漂浮物的 60% 以上，已造成海洋生物死亡的危險；此外，廢塑膠殘骸的聚集還給航行船隻帶來安全隱憂。
- (5) 廢塑膠也給野生動物造成危害。



## 7.6 廢木材資源化技術案例

### 7.6.1 前言

某公司將含鐵釘、金屬之廢棄包裝木箱、木製品或棧板等老舊廢木材予以回收，作為粒片板工廠之原料。

### 7.6.2 製程及原理

該公司係將廢木材(板)原料切削為薄的細片並以不同粒徑之鋸屑或鉋花後，經乾燥後，上膠、抄板再加木碎片及塗布尿素樹脂之類的結合劑，加熱壓及成型步驟後，即可製成一定厚度的粒片板，其比重約為 1.0，厚度約為 30mm。粒片板之主要用途為供應家俱製造業之原料。

### 7.6.3 資源化成效

將含鐵釘、金屬之廢棄老舊包裝木箱、木製品或棧板等老舊廢木材回收，預估經人工處理與機械處理之經濟效益分析，如表 7.12 所示。

**表 7.12 廢木料經不同回收處理方法之效益分析**

項目	傳統人工處理	機械破碎處理
1.處理能力	每塊 25 公斤，每一小時處理 3 塊	每塊 25 公斤，每一小時處理 30 塊
2.回收數量	75 公斤／小時	750 公斤／小時
3.處理費用	70 元／小時，回收每公斤木料 0.94 元 —機械購買 600 萬元，10 年折舊，1 小時成本 208 元 —回收每公斤木料之處理成本 0.277 元 —機械維修費，每公斤木料 0.05 元 —電費，50 匹馬力每小時電費 75 元 —回收每公斤木料之電費 0.086 元 —人工費用，每公斤 0.094 元	
4.運費	0.5 元／公斤	0.5 元／公斤
5.合計費用	1.44 元／公斤	1.01 元／公斤

資料來源：經濟部工業局，廢木材(板、屑)回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

目前以鋸屑鉋花為原料之粒片板工廠，其原料成本僅約 0.4~0.7 元／公斤，故回收老舊廢木料僅由粒片板工廠負擔，是無法進行的。假使由產生廢料之工廠負擔處理費用，則現行處理方式是運至掩埋場或焚化爐處理廠，每公斤費用約 0.65~1 元。表 7.13 為處理廢木料預估之處理費用，回收廢料製造粒片板之現行成本與產生事業廢料工廠之補貼。

**表 7.13 預估廢木料之處理費用**

單位：元／公斤

項目	人工處理	機械處理
1.處理費用	1.44	1.01
2.粒片板再生工廠之原料成本	0.40	0.40
3.產生廢料工廠負擔處理費用	0.05	0.65

資料來源：經濟部工業局，廢木材（板、屑）回收再利用可行性評估報告，民國 92 年。

#### 7.6.4 結語

該公司將來自某汽車廠所產生之廢木材，經處理製成粒片版，供應家俱製造業之原料，惟因人工成本過高，部分家具業者外移至大陸或東南亞，致影響貨品之暢銷與應用。以致部分業者將廢木箱或棧板，轉作為磚廠或其他熱能需求之輔助燃料。

## 名詞解釋

### 1.小客車(passenger car)

座位在 9 座以下之客車或座位在 24 座以下之幼童專用車。

### 2.小型商用車(small commercial car)

總重量在 3,500 公斤以下之小貨車；總重量在 3,500 公斤以下或全部座位在 9 座以下，並核定載人座位及載重量之小客貨兩用車（麵包車、廂型車）。

### 3.大型商用車(large commercial car)

總重量逾 3,500 公斤之大貨車(大卡車)；座位在 10 座以上或總重量逾 3,500 公斤之大客車(巴士)；座位在 25 座以上或總重量逾 3,500 公斤之幼童專用車。

### 4.休旅車(recreational vehicle，RV)

從廣義上講，除了轎車和跑車外、具休閒功能的輕型乘用車，都可歸屬於 RV，包括 MPV、SUV、CUV 等。MPV(multi-purpose vehicle)即多用途汽車，它集轎車、旅行車和廂式貨車的功能於一身，車內每個座椅都可調整，並有多種組合的方式。SUV(sport utility vehicle)即運動型多用途汽車，主要是指那些設計前衛、造型新穎的四輪驅動越野車。在一定程度上既有轎車的舒適性又有越野車的越野性能。由於帶有 MPV 式的座椅多組合功能，使車輛既可載人又可載貨，適用範圍廣。CUV(car-based utility vehicle)指以轎車底盤為基礎，融合了轎車、MPV 和 SUV 特徵的多功能車。

### 5.特種車(special vehicle)

有特種設備供專門用途而異於一般汽車之車輛，包括消防車、救護車、警備車、工程車、教練車、灑水車、郵車、垃圾車、清掃車、水肥車、囚車等。

### 6.替代能源汽車(alternative fuel vehicle)

以其他能源替代汽油、柴油之汽車，包括天然氣(CNG)汽車、液化石油氣(LPG)汽車（瓦斯車）、甲醇汽車、乙醇汽車、植物油汽車、太陽能車、純電動車（電瓶車）(battery electric vehicle，BEV)、複合動力汽車(hybrid electric

vehicle，HEV)、氫氣汽車、燃料電池汽車等。

#### 7.環保標準(environmental standard)

依空氣污染防治法訂定交通工具排放空氣污染物之排放標準，包括 CO、HC、NO<sub>x</sub>、粒狀污染物(柴油車)等標準。依噪音管制法訂定機動車輛之噪音管制標準，包括原地噪音及加速噪音標準。

#### 8.安全標準(safety standard)

依據公路法及道路交通安全規則建立車輛安全型式認證制度，實車檢測項目將隨測試場地與設備之建立而逐漸增加。

#### 9.耗能標準(energy consumption standard)

依能源管理法規定供國內使用之車輛要符合容許耗用能源標準。

#### 10.模組化(modulization)

汽車零件設計、製造供應逐漸從單一零件朝向功能結合之組套件與系統發展。

#### 11.引擎本體(base engine)

包括汽缸體(cylinder block)、汽缸頭(cylinder head)、曲軸(crankshaft)、凸輪(camshaft)、汽門(valve)、搖臂(rocker arm)、活塞(piston)、連桿(connecting rod)、飛輪(flywheel)、正時皮帶(timing belt)、皮帶盤(v-belt pulley)、引擎墊片(engine gasket)、引擎軸承(engine bearing)、引擎波司(engine bush)等。

#### 12.潤滑系統(lubrication system)

包括油底殼(oil pan)、機油尺(oil level gauge)、機油幫浦(oil pump)、機油濾清器(oil filter)、機油濾網(oil strainer)、機油蓋(oil filter cap)等。

#### 13.進排氣系統(intake & exhaust system)

包括進氣歧管(intake manifold)、空氣濾清器(air cleaner)、消音器(muffler)、排氣歧管(exhaust manifold)、排氣管(exhaust pipe)、節流閥(throttle valve)、觸媒轉換器(catalytic converter)、廢氣回收管(ERG tube)、廢氣回收閥(ERG valve)、活性碳罐(canister)等。

#### 14.傳動系統(transmission system)

包括離合器(clutch)、離合器踏板(clutch pedal)、排檔桿(shift lever)、變速箱(transmission)、傳動軸(propeller shaft)、等速接頭(C.V. joint)、差速器(differencer)、驅動軸(drive shaft)等。

#### 15.轉向系統(steering system)

包括方向盤(steering wheel)、轉向柱(steering column)、動力轉向幫浦(power steering pump)、轉向齒輪箱(steering gear box)、轉向連桿(steering linkage)、轉向節臂(knuckle)等。

#### 16.煞車系統(braking system)

包括煞車踏板(brake pedal)、煞車真空倍力器(增壓器)(brake vacuum booster)、煞車比例閥(brake proportional valve)、碟式煞車器(disc brake assembly)、鼓式煞車器(drum brake assembly)、防鎖死煞車系統(anti-lock brake system, ABS)、煞車油管(brake pipe、tube、hose)、煞車來令片(brake lining shoe)、煞車總泵(brake master cylinder)、煞車分泵(brake cylinder)、煞車鼓(brake drum)、煞車夾(brake caliper)等。

#### 17.懸吊系統(suspension system)

包括後軸總成(rear axle)、非驅動軸(nondrive axle)、軸橫樑(axle crossmember)、螺旋彈簧(coil spring)、葉片彈簧(leaf spring)、支柱總成(strut assemble)、平衡桿(stabilizer bar)、扭力桿(torsion bar)、曳力桿(拖曳臂)(trailing arm)、上臂(upper arm)、下臂(lower arm)等。

#### 18.車輪系統(wheeling system)

包括輪胎(tire)、鋼圈(steel disk wheel)、鋁輪圈(aluminun disk wheel)、輪圈蓋(wheel cover)、輪轂(wheel hub)等。

#### 19.揮發性有機溶劑(volatile organic compounds；VOCs)

依據空氣污染防制法，針對指定工廠(含汽車、機車、自行車)訂定 VOC 標準。

## 20. 毒性溶出試驗(toxicity characteristic leaching procedure, TCLP)

認定毒性事業廢棄物是否為有害廢棄物之測試方法，其萃取溶劑係選用醋酸溶液。

## 21. 生命週期評估(life cycle assessments, LCA)

利用產品生命週期的概念，由原料開採→生產製造→消費使用→回收利用或棄置處理各階段對環境產生之影響，以評估產品對環境的總體衝擊程度。

## 22. 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。

## 23. 污染預防 (pollution prevention, P2)

工廠在生產過程中藉由各種直接或間接的方法，以減少或消除污染物或廢棄物的行為，稱為污染預防，在美國俗稱為“P2”。這些方法包括污染源減量、原料替代、製程改良、廠內或廠外回收、及良好的生產管理等，污染預防是達成環境保護的最有效方式，同時也可以帶來許多經濟效益，如降低廢污處理／處置成本、原料及能源節約、降低責任風險、及提供更清淨與安全的工作環境等。

## 24. 清潔生產(cleaner production)

依據聯合國環境規劃署(UNEP)於 1997 年重新對「清潔生產」所下之定義：「清潔生產係整合性環境預防策略(an integrated preventive environmental strategy)持續應用於製程、產品、服務，以增進生態效益(eco-efficiency)，並降低對人類及環境之風險」。意指採取整體預防性的環境策略於製程及產品，以減

少對人類及環境可能的危害。就製程策略而言，其包括減少原料及能源耗用量，並且使廢氣、廢水及廢棄物在未自製程中排出前，即減低其量及毒性。而就產品策略而言，其藉由生命週期分析，而使得從原料之取得及至產品之最終處置過程中，對環境之影響減至最低。而為達成清潔製程(cleaner production)，則必須藉由 know-how 技術。

類似之常用語包括有清潔技術(cleaner technology)、無廢棄物產生之技術(non-waste technology)、及與環境友善之技術 (environmental sound technology, 或 environmental friendly technology) 等。

## 25.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。

## 26.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。

## 27.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」所揭櫫的地球環境觀念，定義為「能滿足當代人的需求，又不損害子孫後代滿足其需求能力的發展」。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. 2004 汽、機、自行車產業年鑑，經濟部技術處 ITIS 計畫，財團法人工研院 IEK 編印出版，民國 93 年 5 月。
2. 台灣區車輛工業同業公會會員名錄(2003-2004)，民國 92 年 9 月出版。
3. 汽車工業技術大辭典，名山出版社出版，李聰達主編，賴光輝、張茂松編輯，民國 77 年 1 月 10 日初版。
4. 牛津—杜登英漢圖解辭典，啟思出版有限公司、東華書局、牛津大學出版社辭典編輯部編輯，Oxford University Press, Warwick, Hong Kong 出版。
5. 工研院工業材料研究所，台灣區汽機車工業用原材料發展之研究，經濟部工業局，民國 75 年 6 月。
6. 中華民國海關進口稅則及輸出入貨品分類表合訂本，財政部關稅總局及經濟部國際貿易局印行，民國 93 年 4 月。
7. 汽車業環境管理技術手冊，工研院環安衛中心，民國 87 年 12 月。
8. 2000 年國瑞汽車環境報告書，國瑞汽車股份有限公司，民國 89 年 11 月。
9. 2002 年國瑞汽車環境報告書，國瑞汽車股份有限公司，民國 91 年 10 月。
10. 2002 年福特汽車環境報告書，福特六和汽車股份有限公司，民國 91 年 9 月。
11. 2003 年日本豐田環境報告書，豐田汽車，民國 92 年 9 月。
12. 丘應瑞，供應鏈之精實生產系統特性探討—以台灣汽車產業為個案研究，國立中央大學管理學院高階主管企管碩士論文，民國 90 年。
13. 江支柱，豐田生產管理(TPS)現場改善之導入、生根和擴散模式與關鍵性因素研究，國立中央大學管理學院高階主管企管碩士論文，民國 90 年。
14. 若松義人、近藤哲夫著，豐田式生產力，先鋒企業管理發展中心，pp.112~113。



15. 許家偉，產品環境化設計策略與決策支援系統之研究，南華大學環境管理所碩士論文，民國 92 年。
16. 許家偉、胡憲倫，應用分析層級程序法於產品環境化設計策略之研究分析，2004 永續性產品與產業管理研討會，大葉大學，民國 93 年。
17. 黃正淡，台灣汽車產業物流系統特性之探討，中原大學工業工程研究所碩士論文，民國 91 年。
18. 經濟部工業局，2001 全國工業減廢績優工廠/個人/團體事蹟專輯，pp.18~20，民國 90 年。
19. 經濟部工業局，永續產業發展雙月刊第十三期，民國 93 年。
20. Fiksel, J. "Design for Environment: Creating Eco-Efficient Product and Processes," California, McGraw-Hill, pp.49-59, 1996.
21. Yarwood, J.M. and P.D. Eagan, "Design for the Environment - A Competitive Edge for the Future," Madison, pp.6-9, 1998.
22. Kainz, R.J., Moeser, W.C. and M.S. Simpson, "Life-Cycle Management: A Solution for Decision Making," Automotive Engineering, Vol.103, No.2, pp.107, 1995.
23. Hill, S.R. "Product Innovation The Green Advantage: An Introduction to Design for Environment for Australian Business," Australia, pp5-7, 2001.
24. Wendel, A. and S. Louis, "Integration of Environmental within the Product Development Process at Volvo Car Corporation," Sweden, 1999.
25. 鄧淑禎等，作業環境勞工化學性暴露調查計畫（二），行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所研究報告，民國 88 年。
26. 林析右，陳崇賢，推廣低污染各類塗料相關塗佈技術，行政院國科會/環保署科技合作研究計畫，民國 88 年。
27. 有機溶劑中毒預防規則，行政院勞工委員會，民國 92 年 12 月 31 日。

28. 勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，行政院勞工委員會，民國 92 年 12 月 31 日。
29. 蔡永興，國內廢溶劑回收處理及處置現況，工程雙月刊第七十四期第三卷，p.32~41，民國 90 年 4 月。
30. 陳正澤，陳文欽、賴重光，廢溶劑回收及處理技術與案例探討，工業污染防治季刊，p.89~117，第八十期，民國 90 年 10 月。
31. 黃耀輝，有機廢液與其資源化考量，工業與污染防治季刊，p.119~138，第八十期，民國 90 年 10 月。
32. 劉恩治，液體廢棄物及管理技術，工業污染防治季刊，p.139~153，第八十期，民國 90 年 10 月。
33. 陳文卿、賴重光，廢有機溶劑處理與回收技術探討，環保月刊，p.126~143，第二期，民國 90 年 8 月。
34. 翁文爐、鄭智和，廢有機溶劑回收及純化技術之探討，環保資訊，p.21~28，第三十四期，民國 89 年 12 月。
35. 李克燮、方邦庭，溶劑回收，兵器工業出版社，1991 年 2 月。
36. 沈鑫根、肖鎮、楊盛林，發展生態水泥—促進生態環境不斷優化，北京水泥廠，中國水泥協會技術論壇專題文章。
37. 沈曉冬、許仲梓，利用水泥回轉窯焚化工業有毒有害廢棄物，南京工業大學材料科學與工程學院，中國水泥協會技術論壇專題文章。
38. 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。
39. 經濟部工業局，廢棄物資源化技術資料彙編，民國 88 年 6 月。

汽車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

167 面；21×29.7 公分

ISBN 986-00-1402-7(平裝)

1.工業廢物技術 2.汽車業

445.97

94010544

**汽車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、黃順明

執行編輯：林冠嘉、林金美

編輯委員：王文裕、尹季良、黃文芳、黃錦明、葉顯芳（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：600 元

GPN：1009401708

ISBN：986-00-1402-7(平裝)