
電機電子產品綠色設計指引手冊

(修正稿)

委辦單位：行政院環境保護署

編撰單位：康城工程顧問股份有限公司

作者：朝陽科技大學環境工程與管理系 王文裕

中華民國 108 年 11 月

目錄

| | |
|----------------------------|-----|
| 前言 | 1 |
| 第一章 名詞解釋 | 6 |
| 第二章 電機電子產業現況 | 14 |
| 第三章 電機電子產品及廢棄現況 | 18 |
| 3.1 電機電子產品現況 | 18 |
| 3.2 電機電子產品廢棄與回收現況 | 20 |
| 第四章 產品綠色設計準則 | 33 |
| 4.1 產品設計與原料取得 | 33 |
| 4.2 生產製造 | 52 |
| 4.3 產品使用 | 61 |
| 4.4 廢棄管理及回收 | 64 |
| 4.5 使用有機資材或生物可分解塑膠議題 | 66 |
| 4.6 綠色設計評估方式 | 71 |
| 第五章 產品綠色設計案例 | 77 |
| 5.1 產品設計與原料取得 | 77 |
| 5.1.1 相容性設計 | 77 |
| 5.1.2 模組化設計 | 98 |
| 5.1.3 採用回收料 | 108 |
| 5.2 生產製造 | 114 |
| 5.2.1 製程省資源 | 114 |
| 5.2.2 製程節能 | 118 |
| 5.2.3 製程使用低污染原料 | 120 |
| 5.3 產品使用 | 124 |
| 5.3.1 使用階段省資源 | 124 |
| 5.3.2 使用階段省能源 | 126 |
| 5.3.3 產品服務化 | 132 |
| 5.4 廢棄管理及回收 | 135 |
| 5.4.1 回收再利用 | 135 |
| 5.4.2 延伸產品責任措施 | 138 |
| 附錄 A 相關網站及參考資料 | 142 |
| 附錄 B 各國環保標章網站 | 144 |

| | |
|------------------------|-----|
| 附錄 B 各國環保標章網站(續一)..... | 145 |
| 附錄 B 各國環保標章網站(續二)..... | 146 |
| 附錄 B 各國環保標章網站(續三)..... | 147 |
| 附錄 B 各國環保標章網站(續四)..... | 148 |

圖目錄

| | |
|---|----|
| 圖 1 產品綠色設計的利害相關者..... | 2 |
| 圖 1-1 產品生命週期的各個階段及能資源輸入與污染排放與處置..... | 7 |
| 圖 3-1 消費性電機電子產業近年產值變化 | 18 |
| 圖 3-2 全球電機電子廢棄物產量 | 21 |
| 圖 3-3 全球各洲電機電子廢棄物人均產量 | 21 |
| 圖 3-4 全球各洲電機電子廢棄物回收率 | 22 |
| 圖 3-5 我國歷年之廢電子電器處理廠家數及回收處理量變化 | 27 |
| 圖 3-6 我國歷年之廢資訊物品處理廠家數及回收處理量變化 | 28 |
| 圖 3-7 廢電子電器近年處理台數變化..... | 28 |
| 圖 3-8 廢資訊物品近年處理台數變化..... | 29 |
| 圖 3-9 廢電子電器近年處理重量變化..... | 29 |
| 圖 3-10 廢資訊物品近年處理重量變化 | 30 |
| 圖 3-11 手機回收點之新版手機回收宣傳標誌 | 32 |
| 圖 4.2.1-1 產品模組化結構設計程度對拆解成本之影響 | 40 |
| 圖 4.5-1 生物基或石化基材料及生物可分解或不可分解之關係 | 67 |
| 圖 4.6-1 物料回收系統圖示 | 71 |
| 圖 5.1.1-1 手機 iPhone 6s 帶五角螺釘的 Lightning 連接器 | 78 |
| 圖 5.1.1-2 筆電電池護蓋之刻模塑膠材質編號..... | 80 |
| 圖 5.1.1-3 電腦液晶螢幕背板之熔接塑膠與大尺寸壁掛補強鐵板 | 82 |
| 圖 5.1.1-4 電腦液晶螢幕背板之熔接塑膠與小尺寸壁掛補強鐵片 | 83 |
| 圖 5.1.1-5 電腦液晶螢幕背板之單一塑膠材質設計 | 84 |
| 圖 5.1.1-6 電腦液晶螢幕底座之大尺寸補強鐵板 | 85 |
| 圖 5.1.1-7 電腦液晶螢幕底座之小尺寸補強鐵板 | 86 |
| 圖 5.1.1-8 電腦液晶螢幕底座之單一材質塑膠材質設計 | 87 |
| 圖 5.1.1-9 冷氣機面板之多重材質設計 | 89 |
| 圖 5.1.1-10 冷氣機面板之多色單一塑膠材質設計 | 90 |

| | |
|---|-----|
| 圖 5.1.1-11 冷氣機面板之單色單一塑膠材質設計 | 91 |
| 圖 5.1.1-12 洗衣機旋鈕之單一塑膠材質設計 | 92 |
| 圖 5.1.1-13 新型多功能複合機..... | 93 |
| 圖 5.1.1-14 產品多功能化之智慧型手機 | 95 |
| 圖 5.1.1-15 回收再利用碳粉匣 | 97 |
| 圖 5.1.1-16 原廠連續供墨系統的噴墨複合機..... | 97 |
| 圖 5.1.2-1 公平貿易手機 2 (Fairphone 2) 外觀 | 99 |
| 圖 5.1.2-2 公平貿易手機 3 (Fairphone 3) 模組 | 100 |
| 圖 5.1.2-3 電腦主機板以螺絲及扣具固定零組件之方式 | 102 |
| 圖 5.1.2-4 冷氣壓縮機之電路盒以扣具造型固定電路板 | 103 |
| 圖 5.1.2-6 以磁鐵固定保護套與觸控筆的 iPad Pro | 104 |
| 圖 5.1.2-7 上蓋為模內漾印技術製造的自動掃地機 | 105 |
| 圖 5.1.2-8 隨身重低音藍牙喇叭 | 107 |
| 圖 5.1.2-9 3D 列印製造的 pi-top Laptop 筆電 | 107 |
| 圖 5.1.3-1 印刷電路板迴焊製程錫渣回收錫錠再使用 | 108 |
| 圖 5.1.3-2 廢家電處理廠塑膠再生料再製家電產品零組件 | 111 |
| 圖 5.2.1-1 銅箔基板壓合製程重覆使用耐熱墊材取代一次性牛皮紙 | 115 |
| 圖 5.2.1-2 矽晶圓廠之廢水過濾模組及逆滲透模組回收系統 | 116 |
| 圖 5.2.2-1 監控外氣空調箱對露點空氣參數之最佳化能源使用系統 | 118 |
| 圖 5.2.2-2 回收空壓機廢熱作為純水系統預熱之能源回收系統 | 119 |
| 圖 5.2.3-1 固態硬碟之各式安規與環保標識 | 121 |
| 圖 5.3.1-1 免用集塵袋之吸塵器 | 124 |
| 圖 5.3.1-2 金級省水標章認證之洗衣機 | 125 |
| 圖 5.3.2-1 美國能源之星(Energy Star)標章 | 126 |
| 圖 5.3.2-2 歐盟歷次能源效率標籤內容之變化 | 127 |
| 圖 5.3.2-3 我國設備器具能源效率管理制度標識 | 129 |
| 圖 5.3.2-4 我國能源效率分級標示 | 131 |
| 圖 5.4.1-1 廢電子電器處理破碎分選流程(一)..... | 136 |

| | |
|---|-----|
| 圖 5.4.1-1 廢電子電器處理破碎分選流程(二)..... | 137 |
| 圖 5.4.1-3 廢電子電器處理破碎分選後的鐵、銅、鋁、塑膠再生料..... | 138 |

表目錄

| | |
|---|-----|
| 附表一 電機電子產品生命週期各階段之綠色設計準則及實例..... | 4 |
| 附表一 電機電子產品生命週期各階段之綠色設計準則及實例(續) | 5 |
| 表 3-1 歐盟 WEEE 指令修訂版類別清單內容 | 23 |
| 表 3-2 2017 年廢電子電器及廢資訊物品回收率 | 32 |
| 表 4.1.1-1 常見的螺絲槽型 | 34 |
| 表 4.1.1-2 參照 ISO 11469 規定之塑膠材質種類與編號 | 36 |
| 表 4.1.2-1 產品模組化結構設計之層級結構及零組件之連結關係 | 40 |
| 表 4.1.2-2 拆解類型與拆解技術 | 43 |
| 表 4.1.2-3 材料結合方式..... | 45 |
| 表 4.1.2-4 應力結合方式..... | 45 |
| 表 4.1.2-5 形狀結合方式..... | 45 |
| 表 4.1.2-6 塑膠與塑膠或塑膠與金屬結合之分離方式 | 46 |
| 表 4.2.3-1 RoHS 2.0 指令之危害物質管制項目 | 55 |
| 表 4.2.3-2 RoHS 指令之管制產品類別 | 56 |
| 表 5.3.2-1 我國各類家庭電器用電占比 | 132 |
| 表 5.4.2-1 HP 的永續性目標與 2018 年進展 | 139 |

前言

一、緣起

2017 年 6 月世界循環經濟論壇曾提出，循環經濟為聯合國推動 2030 年永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)之重要動力。因此，歐盟提出產品生態化設計、再生材料品質認證與獎勵等策略，以督促歐盟境內企業朝向循環經濟轉型¹。總統已宣示「要讓台灣走向循環經濟的時代，把廢棄物轉換為再生資源」，政府更將循環經濟列為「五加二產業創新」政策之一。除透過健全法令、提升技術及良善管理等機制外，行政院環保署亦擬訂了「資源回收再利用推動計畫」(107 至 109 年)，希望在物質生產、消費、廢棄及再生等各階段，將廢棄物資源化妥善運用，以替代自然資源開採，達成物質全循環、零廢棄的願景²。環保署有鑑於各行各業產品與生產方式多樣且迥異，因此分年選擇主要的產品類別編撰綠色設計指引。2017 年完成「搖籃到搖籃產品(紡織品)設計指引手冊」，2018 年完成「塑膠製品綠色設計指引手冊」，今年(2019)則完成本手冊「電機電子產品綠色設計指引手冊」。

二、手冊使用說明

本手冊預設的讀者對象，主要是電機電子產品相關產業及上下遊產業從業人員、產品設計領域的從業人員與師生、對產品綠色設計有興趣，及關心電機電子產品綠色設計的民眾。限於篇幅，也為了將內容聚焦於產品綠色設計準則；本手冊不是要引導讀者如何系統性地實施產品綠色設計，如果讀者對這方面有興趣，可以參閱相關文獻³。本手冊目的是要讓產品生命週期各階段的利害相關者，了解產品綠色設

¹ 資誠永續，企業實踐循環經濟，2017.10.20。

<https://www.pwc.tw/zh/news/press-release/press-20171020.html>.

² 新聞傳播處，推動循環經濟—創造經濟與環保雙贏，2018.03.02。

<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/12c0a2b8-485d-49d7-ba9e-a9a10b82828e>

³ M. Muni Prabaharan, Green Design Framework for New Product Development, International Journal of Modeling and Optimization, 2(3), 245-249, 2012.

Teng-Ruey Chang and Chung-Shing Wang, A systematic approach for green design in modular product development, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 68(9-12), 2729-2741, 2013.

計的各項準則。利害相關者包括政府機關人員、產品設計師、產品生產製造者、投資者、銷售者、採購者、消費者(產品購買人)與產品使用人、回收商、拆解商、處理業、再生業等，如圖 1 所示。當利害相關者與其他利害相關者或產品設計師溝通產品綠色設計時，能夠幫助彼此的溝通；同時，也有助於產品設計師與利害相關者或彼此討論，能夠提高傳達產品綠色設計的能力。

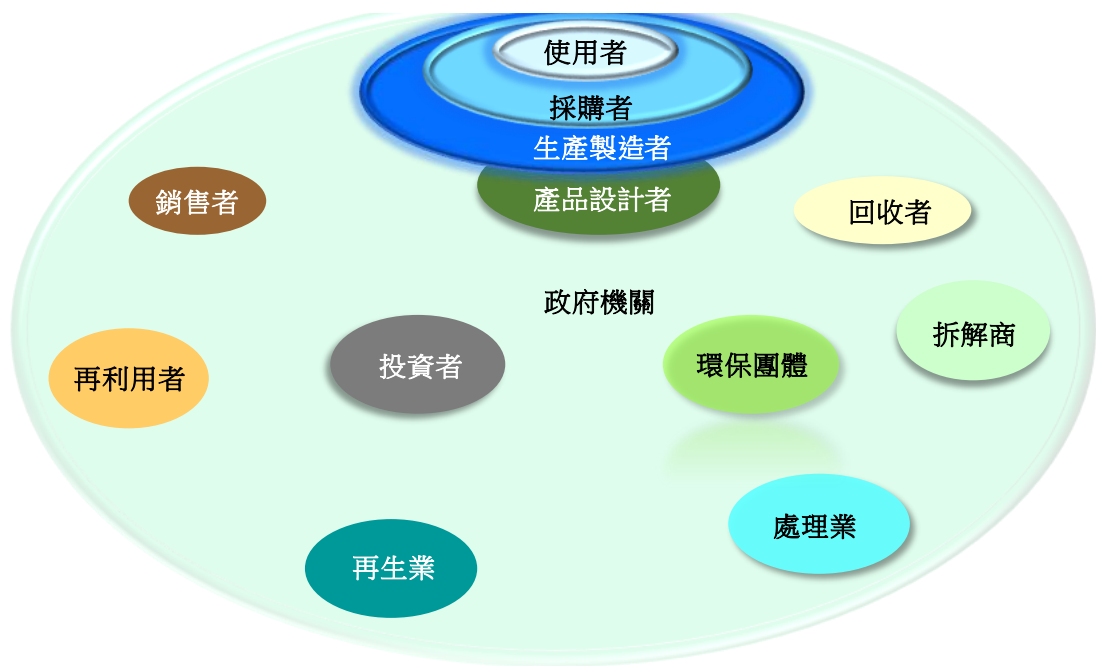


圖 1 產品綠色設計的利害相關者

本手冊主要針對電機電子產品之綠色設計，彙整並闡述有關電機電子產品產業、產品及廢棄現況，電機電子產品綠色設計準則等議題；並對應綠色設計準則，輔以電機電子產品綠色設計實例說明。手冊共分前言、一至五章、兩個附錄，內容綱要如下：

前言：說明本指引手冊之撰寫緣起與應用說明。

第一章：產品綠色設計相關名詞解釋，包括從搖籃到搖籃、生命週期評估、延伸生產者責任、綠色設計、循環經濟、環保標章、電機電子產品。

第二章：說明電機電子產品產業現況、及電機電子產品發展趨勢。

第三章：說明電機電子產品種類、及廢棄現況。

第四章：分別說明產品設計與原料取得、生產製造、產品使用、廢棄管理及回收等產品生命週期階段的綠色設計準則。包括：相容性設計、模組化設計、採用回收料、製程省資源、製程節能、製程使用低污染原料、使用階段省資源、使用階段省能源、產品服務化、回收再利用、延伸產品責任措施、使用有機資材或生物可分解塑膠。

第五章：依第四章之各個綠色設計準則，列舉對應之國內外典型的綠色設計產品案例。

附錄 A：重要的相關網站與連結網址

附錄 B：各國環保標章網站資訊

需要特別強調的是，本手冊目的在提供產品生命週期各階段的利害相關者，能夠適切地溝通產品綠色設計準則。為避免手冊內容過度技術性，並不嘗試彙整各項電機電子產品綠色設計的環保技術規範，例如國際組織標準、產協會產品標準、各國環保標章規格標準、能源效率分級標準等。此外，本手冊所列舉之產品實例僅作為產品綠色設計準則之釋例；除取得我國或其他國家官方的綠色標章(環保標章、省水標章、節能標章、綠建材標章、減碳標籤)產品者外；並不代表該釋例產品之環保性，發行單位對釋例產品亦無推薦之意。由於產品之環保特性及對環境衝擊之科學證據與論證日新月異，讀者對爭議性之環保議題(例如生物可分解塑膠，匯整於 4.5 節)知識宜保持更新，因此亦未對應 4.5 節於第 5 章列舉實例。於特殊狀況下，設計者可能會發現產品的設計特性所對應的多個綠色設計準則間有所衝突時，宜考量環境利益最大化之取捨。環境利益最大化有不同的評估方式，某些公司也自己建立了自己使用的產品綠色評估模式；一般常見的是採用生命週期評估(參見第一章名詞解釋之二)；或「ISO 14040 環境管理－生命週期評估－原則與架構」等標準及相關文獻⁴。

為方便讀者對照參閱本指引手冊之各項綠色設計準則(第四章各節)，及所對應之產品實例(第五章 5.1~5.5 各節，對應第四章同樣節號 4.1~4.5 各節；例如 5.1 之一的產品實例，對應 4.1 之一的綠色設計準

⁴ 行政院環境保護署，推廣產品環境友善化設計及環境教育專案工作計畫期末報告之 2.2 研擬產品綠色設計量化指標，2019.11

則)；茲將對應之綠色設計準則及產品實例，列於附表一。

附表一 電機電子產品生命週期各階段之綠色設計準則及實例

| 生命週期階段 | 第四章 綠色設計準則 | 第五章 產品綠色設計實例 |
|-----------|---------------|--|
| 產品設計與原料取得 | 相容性設計 | 手機 iPhone 6s 帶五角螺釘的 Lightning 連接器 筆電電池護蓋之刻模塑膠材質編號 電腦液晶螢幕背板之熔接塑膠與小尺寸壁掛補強鐵片 電腦液晶螢幕背板之熔接塑膠與大尺寸壁掛補強鐵板 電腦液晶螢幕背板之單一塑膠材質設計 電腦液晶螢幕底座之大尺寸補強鐵板 電腦液晶螢幕底座之小尺寸補強鐵板 電腦液晶螢幕底座之單一材質塑膠材質設計 冷氣機面板之多重材質設計 冷氣機面板之多色單一塑膠材質設計 冷氣機面板之單色單一塑膠材質設計 洗衣機旋鈕之單一塑膠材質設計 新型多功能複合機 產品多功能化之智慧型手機 回收再利用碳粉匣 原廠連續供墨系統的噴墨複合機 |
| | 模組化設計 | 公平貿易手機 2 (Fairphone 2) 外觀 公平貿易手機 3 (Fairphone 3) 模組 電腦主機板以螺絲及扣具固定零組件之方式 冷氣壓縮機之電路盒以扣具造型固定電路板 印刷電路版固定於機箱底板卡榫之破壞點設計 以磁鐵固定保護套與觸控筆的 iPad Pro 上蓋為模內漾印技術製造的自動掃地機 隨身重低音藍牙喇叭 3D 列印製造的 pi-top Laptop 筆電 |
| | 採用回收料 | 印刷電路板迴焊製程錫渣回收錫錠再使用 廢家電處理廠塑膠再生料再製家電產品零組件 MacBook Air 和 Mac mini 外殼使用 100% 再生鋁 iPhone 的電路板上使用無衝突礦產的再生錫 Google Home 智能揚聲器由廢棄塑膠瓶和廢金屬製成 |

粗體字者為本指引手冊附有照片之產品實例

附表一 電機電子產品生命週期各階段之綠色設計準則及實例(續)

| 生命週期階段 | 第四章 綠色設計準則 | 第五章 產品綠色設計實例 |
|---------|---------------|--|
| 生產製造 | 製程省資源 | 銅箔基板壓合製程重覆使用耐熱墊材取代一次性牛皮紙 矽晶圓廠之廢水過濾模組及逆滲透模組回收系統 宏基「永續紙張與包裝政策」減少包裝體積和重量 仁寶電腦公司包裝減量、最佳材積利用設計、包裝設計簡化 蘋果(Apple)宣佈未來在供應鏈中將採用 100%再生料 三星(Samsung)將以回收翻新或重新利用可用零件處理手機 |
| | 製程節能 | 3M 監控外氣空調箱對露點空氣參數之最佳化能源使用系統 台灣德聯高科(股)公司桃園廠冷卻水塔循環泵節能改善 中德電子材料回收空壓機廢熱作純水系統預熱之能源回收 Google 從空運轉移到貨運將與運輸相關的碳排放減少 40% 蘋果(Apple)宣布將在未來幾年內達成導入 100%綠能目標 |
| | 製程使用低污染原料 | 固態硬碟之各式安規與環保標識 宏基公司的化學物質管理系統及 RoHS 與 REACH 因應 |
| 產品使用 | 使用階段省資源 | 免用集塵袋之吸塵器 金級省水標章認證之洗衣機 |
| | 使用階段省能源 | 美國能源之星(Energy Star)標章 歐盟歷次能源效率標籤內容之變化 我國設備器具能源效率管理制度標識 我國能源效率分級標示 |
| | 產品服務化 | 荷蘭 Bundles 家電產品服務化租賃 |
| 廢棄管理及回收 | 回收再利用 | 廢電子電器處理破碎分選流程 廢電子電器處理破碎分選後的鐵、銅、鋁、塑膠再生料 |
| | 延伸產品責任措施 | HP 的永續性目標與 2018 年進展 |

粗體字者為本指引手冊附有照片之產品實例

實例照片包括作者拍攝，取自政府機關報告與委辦計畫網頁，及創用(Creative Commons, CC)授權的素材。部分拆解組件的照片由綠電再生股份有限公司隋學光總經理提供，特此致謝。其他內文中未附上照片之產品，請參閱內文對應段落註腳之資料來源；日後若網頁連結失效，讀者亦可以產品關鍵字搜尋相關資訊。

第一章 名詞解釋

本章說明產品綠色設計相關之名詞解釋，包括：從搖籃到搖籃、生命週期評估、延伸生產者責任、綠色設計、循環經濟、環保標章、電機電子產品等。

一、從搖籃到搖籃(Cradle to Cradle, C2C)⁵

「從搖籃到搖籃」是布朗嘉教授和麥唐諾建築師(Michael Braungart 與 William McDonough)所推廣向大自然學習，所有東西皆為養份，皆可回歸自然的理念。利用「養分管理」觀念出發，從產品設計階段就仔細構想產品結局，讓物質得以不斷循環。

從搖籃到搖籃可分成兩種循環系統：生物循環及工業循環。

1. 生物循環之產品由生物可分解的原料製成，最後回到生物循環提供養分。
2. 工業循環之產品材料則持續回到工業循環，將可再利用的材質同等級或升級回收，再製成新的產品。

搖籃到搖籃評估現有產品及製程，以無毒原料及潔淨能源、節水的製程取代對環境有害、耗能、耗水的原料及製程，並妥善規劃回收管道，使產品供應鏈、產品本身及回收再利用方式皆對環境友善。在追求生態效益的前提下，搖籃到搖籃設計理念遵循三大原則(消除廢棄物的觀念、使用再生能源與碳管理、創造多樣性)，以實現生物循環和工業循環。

二、生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)

依據「ISO 14040 環境管理-生命週期評估-原則與架構」⁶之引文說明，生命週期評估是基於對環保的重視，及認知產品在產製與消費

⁵ 搖籃到搖籃設計概念，台灣搖籃到搖籃平台 <http://www.c2cplatform.tw/c2c.php?Key=1>

⁶ ISO 14040:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework

時的可能衝擊，所發展以更瞭解並降低這些衝擊之方法技術之一。生命週期評估是一項以下列方式來評估產品之環境考量面與潛在衝擊的技術：

- 界定目的與範疇。
- 彙整一份與該產品系統相關之投入與產出的盤查清單。
- 評估這些投入與產出相關之潛在環境衝擊。
- 闡釋和作業目標有關之盤查與衝擊階段的結果。

產品生命週期的各個階段及能資源輸入與污染排放與處置，如圖 1-1 所示。生命週期評估係研究產品從原物料取得、生產、運輸、使用及處置(亦即搖籃至墳墓)整個生命過程中的環境考量面與潛在衝擊。需要考量的環境衝擊，通常包括資源使用、人體健康及生態影響等類別。

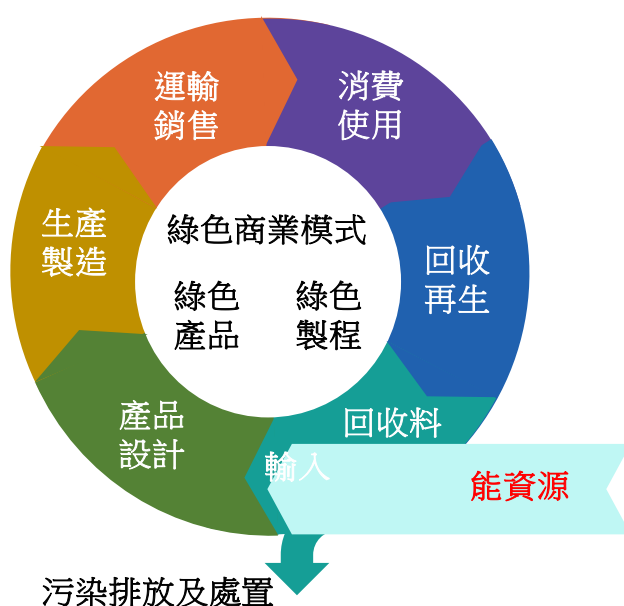


圖 1-1 產品生命週期的各個階段及能資源輸入與污染排放與處置

生命週期評估有助於：

- 鑑別產品在生命週期各細節處環境考量面的改善機會。
- 產業界、政府或非政府機構之決策(例如策略規劃、優先順序設定、產品或製程的設計或再設計)。
- 環境績效相關指標及其量測技術之選擇。

-
- 市場行銷(例如環境訴求、環保標章計畫或環保產品宣告)。

三、延伸生產者責任(Extended Producer Responsibility, EPR)

延伸生產者責任的發展，最早可以追溯至瑞典 1975 年頒布的「廢棄物循環利用和管理的議案」，其體現延伸生產者責任思想。1986 年聯邦德國實施的「廢棄物避免和處置法」，指出生產者應該在產品設計和製造時，就需思考合適的產品廢棄處置方式，且需承擔產品廢棄處置責任。1989 年荷蘭在國家環境政策計劃中明確指出，以現有的產品生命週期各階段區分環境責任的狀態應該改變，生產者的責任不應止於產品售出時⁷。

瑞典隆德大學(Lund University)環境經濟學者托馬斯(Thomas Lindhquist)於 1988 與 1992 年為瑞典環境部所完成的兩份研究報告中，首次提出了延伸生產者責任的概念。1990 年，環境與自然資源委員會從污染者付費原則和污染預防的角度，首次正式提出延伸生產者責任制的基本原則⁸。1991 年的「德國包裝法」是延伸生產者責任制發展史上的里程碑，並第一次在法律中被明確且具體地將延伸生產者責任規定下來⁹。阿姆斯特丹大學 Lucas Reijnders 教授則將延伸生產者責任制度簡述為「將生產者目前承擔從生產過程中之廢棄物管理責任，延伸到消費末端廢棄物管理的責任」¹⁰。

相關延伸生產者責任的理論研究與立法實踐並沒有統一的定義，且對於不同國家、不同的環境問題，或不同的產品，實施延伸生產者責任的重點也不同，也導致不同國家或國際組織對延伸生產者責任有不同的理解範圍。歐盟把延伸生產者責任定義為生產者必須承擔產品使用完畢後的回收、再生和處理的責任，其策略是將產品廢棄階段的責任完全歸於生產者，目前大多數國家採用歐盟的定義。涵蓋性較廣

⁷ Lindhquist Thomas, *Extended Producer Responsibility in Cleaner Production*, p.30, May 2000.

⁸ Lindhqvist Thomas, *Extended producer responsibility in cleaner production*, Lund University, Sweden, Ph. D. dissertation, 2001.

⁹ 黃英傑及梁富麗，國內外執行延長生產者責任制度現狀，永續產業發展期刊，經濟部工業局，3，2004。

¹⁰ Lucas Reijnders, *Expanding Producer Responsibility for Reducing Environmental Impact*, *Tijdschrift voor Milieu Aansprakelijkheid [Environmental Liability Law Review]*, 7, 69-72, 1993.

的延伸生產者責任是鼓勵生產商通過產品設計和技術的改善，在產品生命週期的每個階段(即生產、使用、廢棄或回收)，努力減少使用資源，並防止產生污染。從最廣泛的意義來講，生產者責任指的是一種原則，即生產者必須承擔其產品對環境所造成的全部影響的責任，包括在材料選擇和生產製造，及在產品使用和廢棄處理或回收過程的環境影響。

四、綠色設計(Green Design)

綠色設計亦稱為環境設計(Environmental Design)、環境化設計(Design for the Environment, DfE)、環境意識設計(Environmental Conscious Design)、生命週期設計(Life Cycle Design)，或生態設計(Ecodesign, Ecological Design)。其意為考慮所有環境限制及機會之設計程序，其目的在於使環境不受或受最小之破壞¹¹。

綠色設計與傳統設計不同，綠色設計包括產品從概念形成到生產製造、使用乃至廢棄後的回收、再利用及處理、處置的各個階段的考量。即涉及產品整個生命週期，類似從搖籃到搖籃的過程。要從根本上防制污染，節約資源和能源，不能等產品生產、使用、廢棄的過程產生污染環境的後果後，再採取末端(End of Pipe)處理的防治措施。也就是說，綠色設計是在產品整個生命週期內，著重考慮產品環境屬性(自然資源的利用、環境影響、可拆卸性、可回收性、可重複利用性等)，並將其作為設計目標。在滿足並保證產品應有的基本功能、使用壽命、經濟性和品質等的同時；並行地考慮所需要的環境目標。

綠色設計要求在設計產品時必須按環境保護的需要，選用合理的原材料、結構和生產技術，在製造和使用過程中降低資源消耗與能耗，不產生有危害污染物，應用有利於拆卸、回收、再利用之設計，對無回收價值的部份進行無害化處理，以減少並對環境的衝擊降至最低。

五、循環經濟(Circular Economy)

1990年，英國環境經濟學家 Pearce 與 Turner 正式提出「循環經

¹¹ Joseph Fiksel, "Design for Environment – Creating Eco-Efficient Products and Processes", McGraw-Hill, 1996

濟」一詞，目的為建立永續發展的資源管理架構，使經濟系統與生態系統間達到平衡¹²。2014年，艾倫·麥克阿瑟基金會(Allen MacArthur Foundation)綜整全球成功案例，提出「工業生態學系統」，進一步擴大詮釋循環經濟的內容，在透過廢棄物再利用減少能資源耗費此類作法的基礎上，進一步透過生產者之間的能資源鏈結，以及提升產品設計觀念與製程技術(包括加強零件模組化、降低產品修復與翻新之難度)，自發性地達成資源循環利用與永續性的工業生產型態。

循環經濟的核心內涵為基於產品全生命週期，涵蓋生產與消費，讓各類資源與不可再生能源(即化石燃料)之淨消耗達到最低，具體作可分成三個層次¹³：

1. 擴大考慮資源循環(Recycle)、消耗減量與減廢(Reduce)、廢棄物處理與再利用(Reuse)，並衍生出各種對應的新資源化技術。
2. 透過商品系統性與模組化設計(Redesign)，轉變產品製造流程(Reengineering)，降低製造過程的廢氣、廢水與廢棄物，也降低使用者的廢棄量，延長產品使用生命週期。
3. 帶動新型態商業模式(Remodeling)，包括製造業服務化、服務與商品共享等措施，以及大數據增值、物聯網等新技術的配合，重新形塑消費型態，改變「生產者-生產者」、「生產者-消費者」，以及「消費者-消費者」的既有關係，及提高「以租代買」的社會整體接受度，從而使企業樂於配合調整生產方式，形成自發性的經濟模式。

六、環保標章(Environmental Label)¹⁴

1970年代歐美國家興起環保運動，推行綠色消費概念，減少過度生產與消費之生活型態而造成對環境的衝擊，環保標章運動因應而生且蓬勃發展。1977年由德國政府首創藍天使環保標章計畫，1988年加

¹² Pearce, David W., and R. Kerry Turner., Economics of natural resources and the environment, JHU Press, 1990.

¹³ 施顏祥、朱敬平、張嘉真，循環經濟推動之挑戰與策略，經濟部工業局，永續產業發展期刊，17-29頁，第78期，2107.06

¹⁴ 環保標章，綠色生活網 <https://greenliving.epa.gov.tw/Public/GreenMark/First>

拿大政府的環境選擇標章計畫，1989 年日本及北歐國家的環保標章制度也都陸續推出。

我國環境保護產品依據「政府採購法」第九十六條第三項規定，訂定之「機關優先採購環境保護產品辦法」，列有三類環境保護產品。第一類產品是屬環保署公告之「環保標章」產品項目，且符合取得環保署認可之環保標章使用許可，或取得與我國達成相互承認協議之外國環保標章使用許可。第二類產品是產品或其原料之製造、使用過程及廢棄物處理，符合再生材質、可回收、低污染或省能源者，指非屬環保署公告之環保標章產品項目之產品，經環保署認定符合此等條件，並發給證明文件者。三類產品是指該產品經相關目的事業主管機關認定符合增加社會利益或減少社會成本，並發給證明文件者。

我國環保署為順應世界環保趨勢，特參考國際先進國家實施環保標章之經驗，及國內標章制度，於 1992 年推動環保標章制度，經公開徵選環保標章圖樣，於同年 9 月 16 日取得服務標章專用權，廠商產品經認可符合環保標章規格標準者，核發環保標章使用證書，廠商可於產品或包裝上，標示環保標章圖樣，供民眾採購辨識。透過環保標章制度，鼓勵廠商設計製造產品時，考量降低環境之污染及節省資源之消耗，促進廢棄物之減量及回收再利用，同時喚醒消費者慎選可回收、低污染、省資源之產品，以提昇環境品質。環保標章本質上是一種經濟工具，目的是鼓勵那些對於環境造成較少衝擊的產品與服務，透過生產製造、供應及需求之市場機制，驅動環境保護潛力。為達成其效用，我國環保標章只頒發給同一類產品中，前 20%~30% 環保表現最優良的產品。

我國自 1993 年 2 月 15 日公告第一批產品環保標章規格標準起，迄今已有 14 大類產品類別，超過 1 百多種產品項目，產品類別包括：辦公室用具(OA)、工業類、日常用品、可分解產品、有機資材、利用太陽能資源、服務類、建材、省水產品、省電產品、家電、清潔產品、資訊產品、資源回收產品。環保署於 2000 年開始推動第二類環境保護產品，2014 年公告「第二類環保標章環境訴求評定基準」及第二類環保標章圖案。2011 年，將第三類環保產品之節能標章、省水標章、綠建材標章產品，納入機關綠色採購環境保護產品清單。

在 ISO 14020 環境標誌與宣告的系列標準中，ISO 第一類環保標章標準是依據「ISO 14024 環境標誌與宣告－第一類環保標章－原則與程序」，同我國環保署環保標章的原則與程序。ISO 第二類環境標誌標準是依據「14021 環境標誌與宣告-自行宣告之環境訴求（第二類環境標誌）」，類似我國環保署的第二類環保標章；但後者有驗證機制與第二類標章標示。ISO 第三類環境宣告標準是依據「ISO 14025 環境標誌與宣告－第三類環境宣告－原則與程序」，是以預先設定的參數，對產品進行生命週期評評估，經過第三者驗證後，於產品銷售時標明其量化之環境資訊，而第三類產品亦無專用標章；與我國的第三類環境保護產品不同。

七、電機電子產品

本手冊內容係以消費者使用的消費性電機電子產品(Consumer electric and electronic equipment)為範圍，包括大型家電(Large appliance)、小型家電(Small appliance)、消費電子產品(Consumer electronics)三類。當然，這三類產品的界限，彼此並沒有嚴謹的區分。

大型家電可分為「生活家電」和「影音家電」。「生活家電」是用來滿足和提升基本生活功能的大型家電、如冷氣機、冰箱、洗衣機、電熱水器、微波爐、烤箱等。「影音家電」則是用來提供影音視聽娛樂功能，如電視機、家庭音響、影音播放機、影音伴唱機、投影機、家用遊戲機等。

小型家電則是體積較小便於攜帶，或是用在桌面上以及其他平台上的家用電器，它們可以被人拿起是一個很好的判斷標準。小型家電需要電力驅動，所以都會帶有一個插頭用來連接插座，有些甚至使用電池儲存電力；另外也有一些手持式的家電僅透過電池供應電能。某些小型家電會有馬達裝置，如攪拌器、食品加工機或果汁機。常見的小家電如下：電動剃鬚刀、除毛器、電動牙刷、吹風機、吸塵器、電熨斗、電鍋、壓力鍋、電磁爐、電熱水壺、微波爐、烤麵包機、電動攪拌器、食品調理機、果汁機、咖啡機、麵包機、豆漿機、食物調理機、除濕機、加濕機、縫紉機、電風扇、水冷扇、電暖器、檯燈¹⁵。

¹⁵ 家用電器，維基百科。 <https://zh.wikipedia.org/wiki/家用電器>

消費電子產品是指供消費者日常應用於娛樂、通訊以及文書用途，例如電腦、筆記型電腦、平板電腦、印表機、網通產品、手機、個人音響器材、智慧型手錶、電子鐘等。消費電子產品的一個重要特性，就是多會有隨著時間而快速降低價格的趨勢。這是由於製造商的效率和科技的改善，令消費電子產品能夠不斷推陳出新。也促使很多消費者定期更換消費電子產品，產生電子垃圾的問題¹⁶。

以上是以家電產品及消費電子產品，來區分消費性電機電子產品；不包括產業用或營業用、工程用的電機電子產品；但部分情況時的產品界限並無法絕對嚴格區分，例如家用與營業用的影音伴唱機。3.1 節的電機電子產品現況，採用經濟部統計處之工業生產統計年報，統計相關消費性電機電子產品之 8 大類產業產值。3.2 節的電機電子產品廢棄及回收現況，則說明了歐盟廢電機電子設備指令(Waste Electrical and Electronic Equipment Directive, WEEE Directive) 的 6 大類產品類別，及環保署資源回收管理基金管理會(以下簡稱基管會)回收的廢電子電器及廢資訊物品內容。

¹⁶ 消費電子產品，維基百科。 <https://zh.wikipedia.org/wiki/消費電子產品>

第二章 電機電子產業現況

本章說明電機電子產業發展沿革，及產業現況。

一、電機電子產業發展沿革¹⁷

1. 1948~1960 年奠定基礎工業時期

僅有小型加工修理工廠百餘家，配合台灣市場需要產製燈泡、配電器材以及電線等簡單電氣產品，加上台灣當時已能自製之收音機等電子產品構成電子電機產業之雛型。

2. 1961~1970 年工業發展時期

1964 年台灣通用器材公司（第一家外資工廠在台北投資設廠）為先驅，世界知名之電子公司多相繼來台投資設廠；台灣自營之電子工業亦隨而蓬勃發展。灣電機電子產品開始外銷，以低成本產品介入國際市場。

3. 1971~1980 年資訊工業發軔時期

政府明確訂定資訊工業為台灣未來發展之策略性工業，並積極培育相關人才，開拓資本密集及技術密集產品。

4. 1981~1990 年發展策略性工業時期

積極研發新產品，不斷推陳出新。1983 年起電子工業產值及出口值超越紡織業，成為台灣最大產業與出口產業。1988 年資訊產品產值超越消費性電子產品成為台灣第一大主力產品，資訊產品已成為台灣電子工業之主力產業。因積體電路產品需求量大，引導台灣積極投入積體電路之投資與生產。

5. 1991~2000 年順應經貿國際化、自由化潮流，加強國際交流

網路及電子市集、企業 e 化、知識管理、數位廣播，促使資訊

¹⁷ 臺灣區電機電子工業同業公會。 <http://www.teema.org.tw/about-teema.aspx?unitid=92>

家電、個人隨身產品時代來臨，加以各種通訊、多媒體、有線、無線與寬頻技術及市場機會，使得電子電機產業及相關產業蓬勃發展。創設自有品牌，分散市場，行銷世界，推動產品共同開發策略聯盟，發展精密關鍵性電子零組件及產業資訊管理系統。

6. 2001~2005 年台灣數位化世紀

運用資訊與通信科技，增加產業競爭力，提升產品附加價值，建構高品質的資訊化社會。

7. 2006~2010 年歐盟環保指令及全球環保趨勢衝擊產業

2005 年起台灣電機電子產業面臨歐盟環保指令，例如 WEEE、RoHS、EuP 等的衝擊及全球環保趨勢的要求，衝擊電機電子產業永續發展。2009 年為新興產業、碳足跡、碳標籤、綠色電子及行銷、數位消費電子、再生能源與 ICT 產業創新機會。

8. 2011~2015 年在資通訊產業基礎上拓展新興應用領域

朝汽車電子與雲端運算產業開發新商機，呼應政府推動製造業服務化、服務業科技化及國際化、傳統產業特色化，利用 ICT 產品及技術建立智慧家庭社區、智慧經貿園區及智慧城市等整合方案。

9. 2016~2017 年多面向開拓發展領域

台灣太陽光電產業已具備大型電廠設置能力，以系統整廠輸出。積極投入離岸風電產業發展，發展整機、系統輸出。隨著綠色能源的需求持續增加，著重在智慧能源與儲能系統整合。伴隨 5G 網路通訊技術的時代來臨，投入智慧汽車及鋰電池、電動車等綠能車用電子領域的創新研發。整合資訊、通信與網路技術，對無人機的消費性市場、農業保護、社區安全防護、環境監控、氣候偵查的高價值應用進行開發。藉由 ICT 技術的成長，開發智慧穿戴裝置，跨足 AR/VR 領域。整合紡織業和電子業、半導體產業，發展智慧衣。開發服務型智慧機器人，推動智能機械產業化，發展智慧製造之整廠、整線自動化生產設備的發展與銷售。

二、電機電子產業現況¹⁸

台灣電子產業發展至今已將近五十年歷史，從 1970 年間政府全力主導半導體技術引進，及早期推動 PC 組裝和周邊零組件標準化，衍生出完整電子產業生態鏈，在產業高度群聚效應推動下，已在全球電子產業站穩關鍵性地位，並累積堅強 OEM/ODM 研發與製造實力。平面顯示器產業因面板業者產能持續投入，帶動上游關鍵零組件在地化發展，建構一個上中下游皆備的產業。發光二極體產業發展模式，依製程分成上游磊晶成長、中游晶粒製作與下游封裝等專業分工完整。台灣電子產業在全球電子產業供應鏈體系中，表現極為亮眼。零組件供應面，晶圓代工約佔七成、半導體封測服務約佔五成、觸控面板約佔四成、平面顯示器面板(LCD)與發光二極體(LED)接近三成等。在系統終端產品面，所有消費性智慧型手機、平板電腦、筆電等高科技產品，幾乎都有台灣廠商提供設計、研發、零組件供應、組裝與代工製造。

電子產業在面臨近年來熱門終端產品如智慧型手機、平板電腦成長趨緩之際，也同時興起更多創新產品，如穿戴電子裝置、變形顯示技術、智慧終端應用等；而整體產業在 5G、雲端應用、社群網路、物聯網等基礎環境逐漸普及下，衍生商機與策略的改變。

從全球電子產業發展歷程與未來趨勢，1960 年到 1980 年代早期大型電腦主機到迷你電腦，1990 年代個人電腦盛行，2000 年到 2010 年行動手持裝置更將電子產業規模推上最高峰，手機用戶滲透率高達 96%。從全球市場需求面看，電子產業已步入市場高原期，成長動能趨緩；全球電子產品產生質與量轉變，電子產品由過去 PC 時代標準化規格，轉變為行動裝置強調的客製化規格；而低價化產品由新興市場流向全球市場，電子產品低價化，及產品週期短化已成為趨勢，且直接衝擊電子廢料產量及環保壓力。

展望未來，電子產業將進入物聯網時代，應用將涵蓋各種智慧生活面向如智慧健康、智慧家庭、智慧交通、智慧物流等，預估 2020

¹⁸ 台灣電子產業回顧與展望，IEK 產業情報網。
<https://www.itri.org.tw/chi/Content/NewsLetter/Contents.aspx?SiteID=1&MmmID=5000&MSId=621302513530161363>

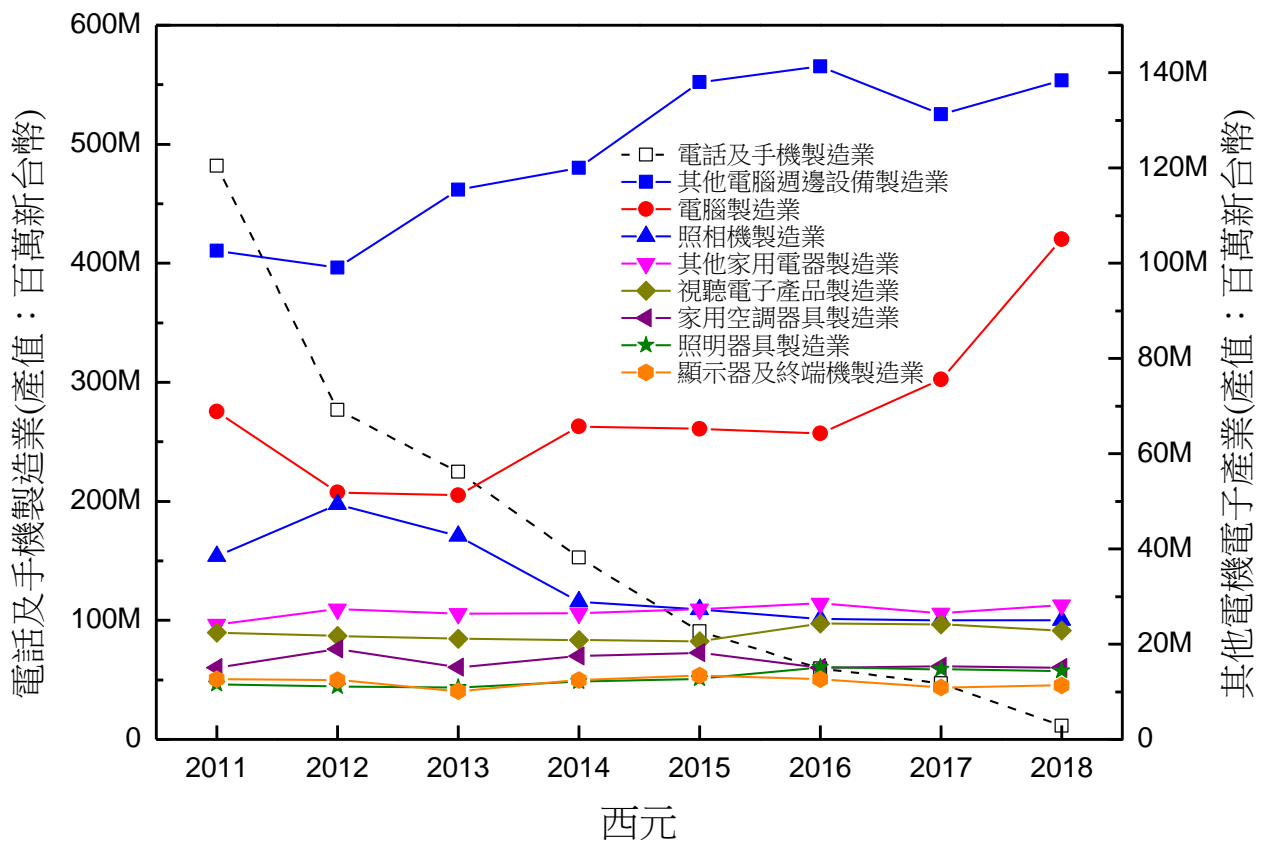
年市場規模將超過百億台規模。未來十年智慧手機雖然仍是最大的單一產品載具，但是與智慧手機相連結的所有物聯網裝置將可能是智慧手機的 10 倍以上，龐大的裝置量與生產規模亦將加劇資源的耗損。因此，電機電子產品的綠色設計，將是降低電子廢料產量，及減緩資源耗損的良好解決方案。

第三章 電機電子產品及廢棄現況

本章說明電機電子產品種類，及產品廢棄現況。

3.1 電機電子產品現況

本手冊內容係以消費者使用的消費性電機電子產品為範圍；依據經濟部統計處之工業生產統計年報，電機電子產業包括資訊電子工業(電子零組件業、電腦電子產品及光學製品業)，及電力設備及配備業。其中，資訊電子工業的電子零組件業都是產品製造供應鍊的零組件，例如印刷電路板、積體電路等；而大部分電力設備及配備業，除家電電器外，也包括工程用電力設備及其配備；以上均非本手冊之消費性電機電子產品範圍。因此，擷取工業生產統計年報中主要的消費性電機電子產品類別，統計 2011~2018 年的產值變化，如圖 3-1。



資料來源：2018 年工業生產統計年報，經濟部統計處。作者擷取數據並繪圖

圖 3-1 消費性電機電子產業近年產值變化

圖 3-1 統計的產品類別如下：

- 電話及手機製造業：電話(有線、無線)、手機、電話答錄機。
- 照相機製造業：照相機；不包括電視傳播專用攝影設備及監視攝影機；家用攝影機歸入「視聽電子產品製造業」。
- 視聽電子產品製造業：供家庭娛樂、汽車等視聽電子之產品，如電視機、錄放影機、家庭劇院視聽設備、光碟片播放機、點唱機、揚聲器、擴音器、麥克風、耳機、家用攝影機等。
- 電腦製造業：大型主機、個人電腦、筆記型電腦、電腦伺服器、微型電腦等。
- 其他電腦週邊設備製造業：滑鼠、鍵盤、印表機、光碟機、光碟燒錄器、硬碟機、掃描器等製造；自動櫃員機、物品辨識裝置、電腦控制桿裝置及隨身碟。
- 顯示器及終端機製造業：事顯示器及終端機。
- 家用空調器具製造業：家用冷氣機、除濕機及加濕器。
- 其他家用電器製造業：家用電冰箱、洗衣機、乾衣機、脫水機、電扇、通風機、電鍋、烤麵包機、微波爐、吹風機、果汁機、按摩椅(器)、吸塵器、電動牙刷、電鬍刀、排油煙機、洗碗機、空氣清淨機等製造；瓦斯爐、瓦斯熱水器。
- 照明器具製造業：吊燈、檯燈、手電筒、聚光燈、道路照明燈具。

圖 3-1 顯示，電話及手機製造業的產值在此期間以-20~-40%的年減率持續衰減，8 年之間已衰減為產值最低的消費性電機電子產品類別(注意圖中電話及手機製造業的產值對應左側座標軸數值，其他業別則對應右側座標軸數值)。照相機製造業在 101~103 年間產值劇減後，近年已持平。電腦製造業則在 105~107 間，產值持續大幅增加。其他家用電器製造業、視聽電子產品製造業、家用空調器具製造業、照明器具製造業、顯示器及終端機製造業、其他電腦週邊設備製造業之產值，在此 8 年期間則互有起落，年產值增減率 $\pm 5\sim\pm 12\%$ 之間。

3.2 電機電子產品廢棄與回收現況

本節分為全球及國內兩個方面，探討電機電子產品之廢棄與回收現況。

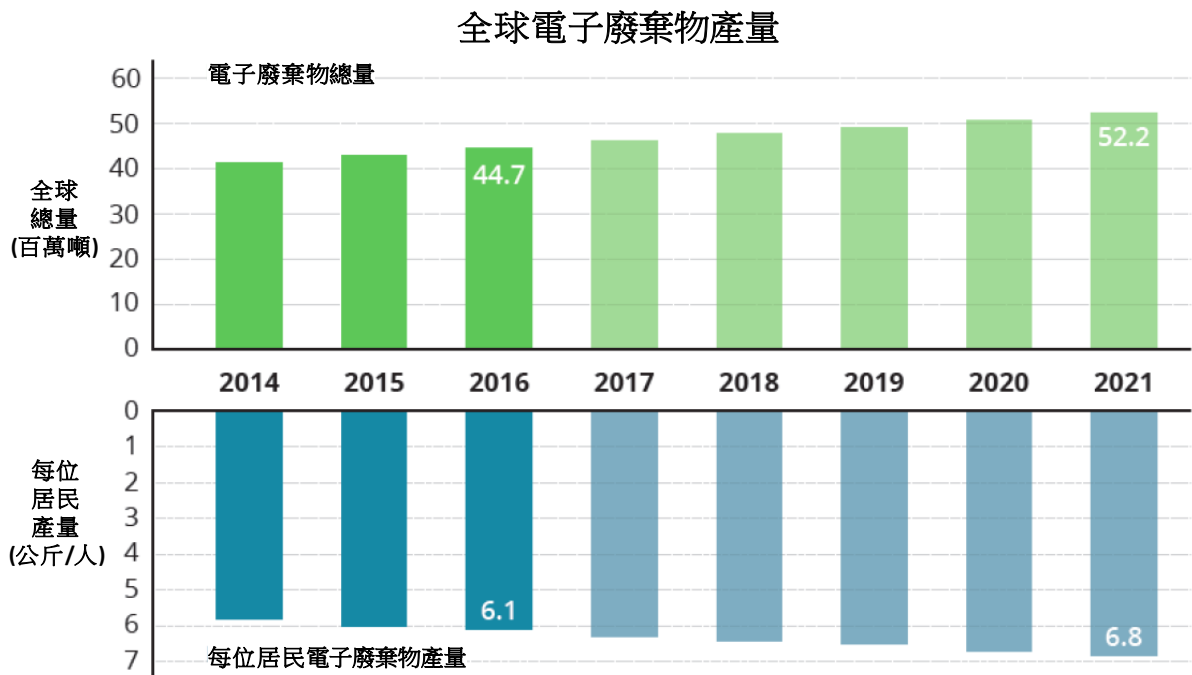
一、全球電機電子產品廢棄與回收現況

聯合國大學發表全球電機電子廢棄物監督情形，如圖 3-2。全球電機電子廢棄物總量在 2016 年達到 44.7 百萬公噸，相當於 4,500 座艾菲爾鐵塔的重量，且預計在 2021 年達到 52.2 百萬公噸。2016 年每人平均電子廢棄物產量 6.1 公斤，預計至 2021 年每人產量將達到 6.8 公斤。

以全球電機電子廢棄物流布情形來看，如圖 3-3。若以各洲劃分每人平均電機電子廢棄物產量，最高地區為大洋洲，其 2016 年人均產量 17.3 公斤；其次為歐洲，電人均產量為 16.6 公斤；第三名則為美洲大陸，人均產量為 11.6 公斤。

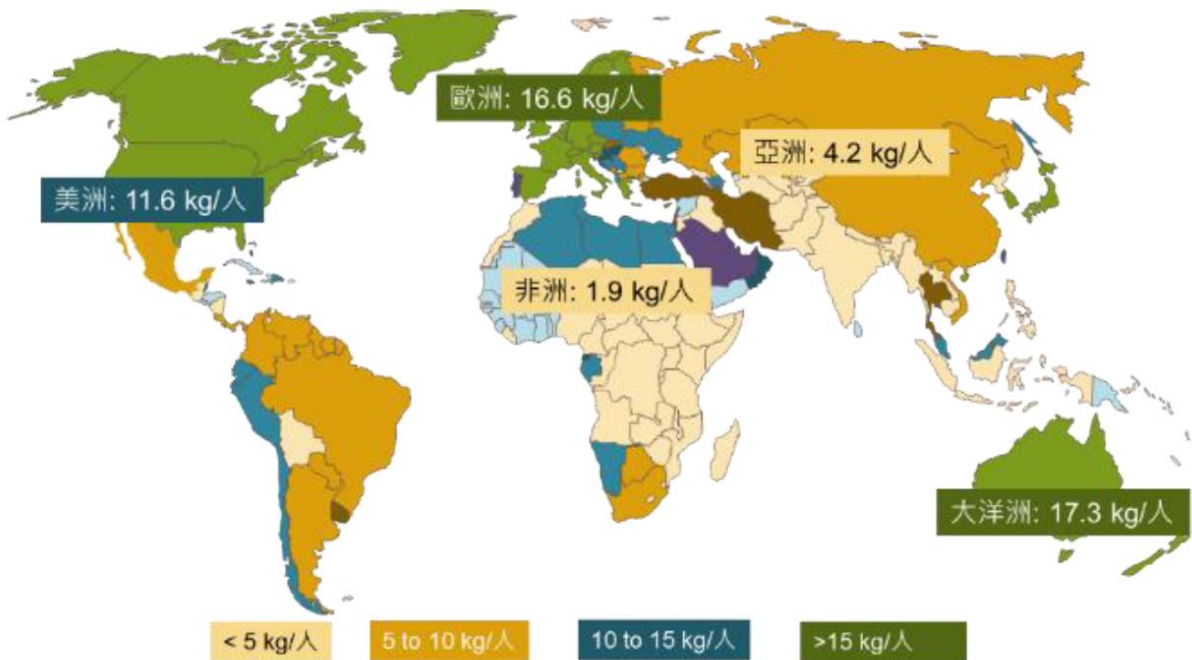
如圖 3-4，以回收率而言，最高者為歐洲大陸，其回收率達到 35%；其次為美洲大陸，回收率為 17%；再次之則為亞洲大陸，回收率為 15%。聯合國大學報告中說明，因各國所納管產品類別不一，且全球僅有 41 個國家有電機電子廢棄物數據，因此回收率數僅供參考。

就全球的電機電子廢棄物回收制度而言，影響力最大的是歐盟的廢電機電子設備指令(Waste Electrical and Electronic Equipment Directive 2002/96/EC, WEEE 指令)。WEEE 要求於歐盟各國市場流通之 10 大類電機電子產品製造/供應商必須負起回收及再利用責任；2012 年歐盟進一步更新電子電機回收設備指令(WEEE Directive 2012/19/EU)，其內容包含範圍變更、列管項目變更、新增分類收集方式、新增分類收集方式、回收率(Collection Rate)目標採分段實施、能源回收率(Recovery Rate)及資源回收再利用率(Recycling Rate)目標採分段實施。



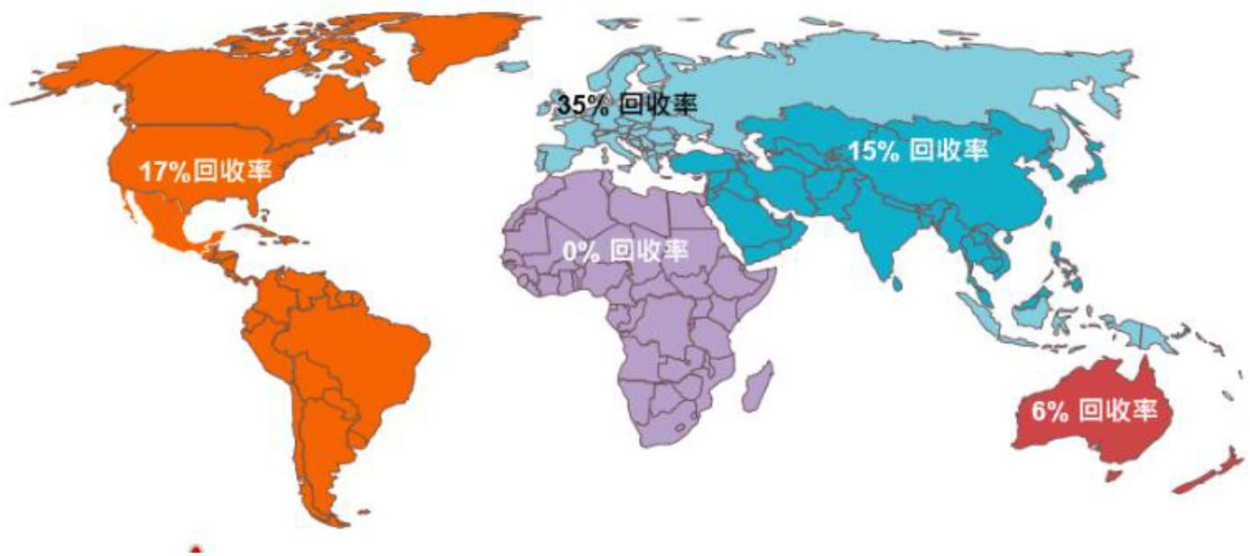
資料來源：The Global E-waste Monitor, 2017.

圖 3-2 全球電機電子廢棄物產量



資料來源：The Global E-waste Monitor, 2017

圖 3-3 全球各洲電機電子廢棄物人均產量



資料來源: The Global E-waste Monitor, 2017

圖 3-4 全球各洲電機電子廢棄物回收率

依據歐盟 WEEE 指令之產品項目分類，於 2012 年 8 月 4 日至 2018 年 8 月 14 日分為 10 大類項目，至 2018 年 8 月 15 日調整為 6 大類項目，並於 2019 年正式實施；至於產源則包含工、商業及家戶、商業及家戶。WEEE 列管產品如表 3-1 所示；歐盟並於 2018 年調整修正 WEEE 指定列管項目及公告列管原則，要求歐盟各國必須依循 WEEE 指令規範項目，明確制定出該國列管家電及資訊物品種類。

2018 年 8 月 15 日之前，WEEE 規定列管項目中，除洗衣機、電冰箱、冷氣等大型家電以及電扇外；包括家庭一般常見卻體積比較小的用品，如電鍋、電烤箱、微波爐等。至 2018 年 8 月 15 日之後，調整分類則更進一步採用體積尺寸區分列管類型，前三類包括溫度交換設備(如電冰箱、冷氣機等)、螢幕及監視器和含螢幕大於 100 平方公分的設備、照明設備；後三類則以設備外部尺寸是否大於 50 公分區分，包括外部邊長大於 50 公分之大型設備、外部尺寸小於 50 公分之小型設備、外部尺寸小於 50 公分之小型資通設備。以上分類內容，幾乎涵括所有的電機電子產品。

表3-1 歐盟WEEE指令修訂版類別清單內容

| 類別 | 附錄三 EEE 分類 | 類別清單 |
|----|--------------------------------------|--|
| 1 | 溫度交換設備 | 冰箱、冰櫃、空調設備、除溼設備、熱泵、使用油或其他液體進行溫度交換的散熱器 |
| 2 | 螢幕、監視器和含螢幕大於 100 cm ² 的設備 | 螢幕、電視、LCD 相框、顯示器、筆記型電腦 |
| 3 | 照明設備 | 直式螢光燈管、小型螢光燈管、螢光燈管、氣體放電燈（包括鈉燈、金屬鹵素燈、低壓鈉燈、LED 燈） |
| 4 | 大型設備 （外部尺寸大於 50cm） | 洗衣機、乾衣機、洗碗機、烤箱、電爐、電熱爐、燈具、聲音或影像播放設備、音樂器材（包括教堂的管風琴）、用於編織的加工器具、大型計算機、大型影印機、大型投幣機、大型醫療設備、大型監控設備、大型販賣機、太陽能光電板。 |
| 5 | 小型設備 （外部尺寸小於 50cm） | 吸塵器、地毯清掃機、縫紉機、燈具、微波爐、通風設備、熨斗、烤麵包機、手提攪拌器、電壺、鐘錶、電動刮鬍刀、磅秤、護髮護膚設備、計算機、收音機、攝影機、錄影機、音響設備、音樂器材、聲音或影像播放設備、電子玩具、運動設備、煙霧偵側器、自動調溫器、小型電子工具、小型醫療設備、小型監控設備、小型販賣機、附小型太陽能光電板之設備。 |
| 6 | 小型資訊與通訊設備 （外部尺寸小於 50cm） | 手機、全球定位系統、口袋型計算機、路由器、個人電腦、印表機、電話。 |

資料來源：WEEE Directive 2012/19/EU

二、國內電機電子產品廢棄與回收現況

環保署自 1997 年 1 月起推動「資源回收四合一計畫」，主要是由「社區民眾」透過家戶垃圾分類，將各類自家戶產出之小型資源物品，結合「地方政府清潔隊」、「回收商」及「回收基金」之力量予以回收再利用。

「資源回收四合一計畫」目前回收的 8 大類別的「應回收廢棄物(物品及容器)」中，即包括了「廢電子電器類」及「廢資訊物品類」。

- 廢電子電器物品包括：電視機、洗衣機、電冰箱、冷暖氣機、電風扇。
- 廢資訊物品包括：主機板、硬式磁碟機、電源器、機殼、可攜式電腦(含筆記型電腦和平板電腦)、顯示器、印表機及鍵盤。

這些應回收的消費性電機電子產品廢棄物品，早期俗稱四機一腦(電視機、洗衣機、電冰箱、冷氣機、電腦)；但已擴增至其他電機電子廢棄物品。

廢電子電器物品類別的細項如下：

1. 電視機：使用交流電，包含影像管類、非影像管類及彩色影像投射機(指內投式彩色影像投射電視機)，並含有或預留電視調諧器位置，或螢幕對角線尺寸逾 27 吋之影像輸出裝置。
2. 電冰箱：使用交流電，容量 800 公升以下，以壓縮式且兼具冷藏及冷凍功能或電動吸收式之冰箱、冰桶。
3. 洗衣機：洗衣容量為乾衣 6 公斤以上 15 公斤以下者。
4. 冷、暖氣機：標示額定總冷氣能力 8,000 仟卡/小時(kcal/h)或 9,300 瓦(W)以下之窗型、箱型、分離式或移動式冷、暖氣機。但不包括水冷式冷氣機及機動車輛、船舶或航空器上使用之冷、暖氣機。
5. 電風扇：桌扇、立扇、壁扇、窗扇、吊扇、大廈扇、循環扇、通風扇及其他具送風或排風功能，且裝有任一輸出最大消耗功率 10 瓦(W)以上 125 瓦(W)以下之電動機者。

廢資訊物品類別的細項如下：

1. 可攜式電腦：包含筆記型電腦，以及螢幕對角線超過 6.5 吋，未達 17.4 吋之平板電腦。
2. 主機板：個人電腦組成之元件，負責連接各電腦元件與接口之電路板，至少包含中央處理單元接口等。
3. 硬式磁碟機：用於內建或外接個人電腦之資料儲存裝置。
4. 電源器：個人電腦組成之元件，用以供應電源之裝置。
5. 機殼：用於組合個人電腦元件之殼架。
6. 顯示器：用於個人電腦，螢幕對角線尺寸 27 吋以下之影像輸出裝置。
7. 印表機：用於個人電腦，且至少具備最大列印尺寸 A3 以下，噴墨、雷射或點矩陣式資料輸出裝置。但不包括大型商用多功能事務機等。
8. 鍵盤：用於個人電腦之資料輸入裝置。但不包括數字鍵盤。
9. 第 2 點至前點個人電腦，指用於一般消費者之電腦，包括桌上型電腦(Desktop Computer)、整合式桌上型電腦(Integrated Computer)、精簡客戶端(Thin Client)與螢幕對角線尺寸 17.4 吋以上之可攜式電腦(All-In-One)。不包括具特殊規格，滿足特殊作業環境需求者(如捷運讀卡機、自動售票機、自動提款機、高速公路跑馬燈、電腦電話整合系統、國防、導航、銷售時點信息管理系統(Point of Sales, POS)及其他特殊規格者)。

廢電子電器類及廢資訊類物品因體機重量差異大，有不同的回收管道。消費者向販賣業者購買任一公告指定規格之四機時，販賣業者應於交付消費者新機時，提供消費者同項目、數量、時間及同送達地址之廢四機回收搬(載)運無償服務。但不包含為搬運、拆卸而動用大型機具、工程施工或危險施工等目的之服務¹⁹。至於廢資訊物品，消

¹⁹ 廢電子電器類問與答，行政院環境保護署資源回收管理基金管理會，

費者可逕循「資源回收網」查詢各回收商基本資料，送至各回收機構回收；另亦可於當地資源回收日交由資源回收車進行回收²⁰。若非報廢回收整台電腦，只是電腦元件亦可。目前公告應回收之廢資訊物品包括主機板、硬式磁碟機、機殼、電源器、可攜式電腦(含筆記型電腦和平板電腦)、印表機、顯示器及鍵盤，但於回收過程中不得有拆解之行為。主機板、電源器、硬式磁碟機與機殼皆可單項進行回收。此外，碳粉匣並非公告回收項目，若有空碳粉匣需回收可洽詢各碳粉匣製造商協助回收。

回收後的廢電子電器類及廢資訊類物品，於處理廠主要係將有害物質做妥善處理，及回收有價資源再生利用。處理流程主要包括拆解、破碎、粉碎、分選等步驟；其中電冰箱及冷氣在拆解前，需先抽取冷媒及潤滑油；電視機在破碎之前，需先分離螢光粉及石墨，並予以妥善儲存及處理。處理後之資源化物質包括銅、鐵、鋁、玻璃、塑膠等，將分別進入金屬熔煉廠、玻璃廠及相關再利用工廠，冷媒則經純化處理後再利用。至於石墨、螢光粉等有害物質及其他無法再利用之廢棄物，則將交由合格之清除處理機構處理。至於廢資訊物品，依規定回收至處理廠經稽核認證後，以資源物質回收之方式加以處理再生，不得再行轉售。

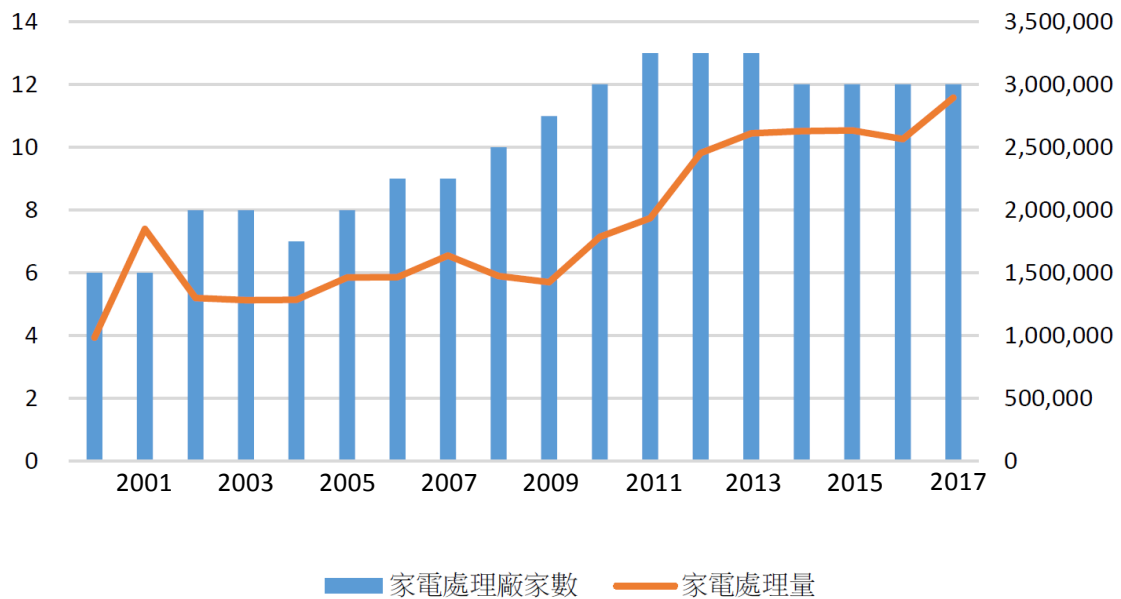
我國歷年之廢電子電器處理廠家數及回收處理量變化，如圖 3-5 所示。歷年之廢資訊物品處理廠家數及回收處理量變化，如圖 3-6 所示。依據基管會回收處理廢電子電器及廢資訊物品稽核認證量統計，廢電子電器及廢資訊物品近年之處理台數變化，如圖 3-7 及圖 3-8 所示；廢電子電器及廢資訊物品近年之處理重量變化，如圖 3-9 及圖 3-10 所示。

2017 年，全國廢電子電器物品(廢電視機、電冰箱、洗衣機、冷暖氣機、電風扇)回收量達 288 萬餘台，約 12 萬餘公噸，回收可再利用物質例如銅、鐵、鋁、玻璃、塑膠等逾 8 萬公噸，產值超過新臺幣 13 億元²¹。

<https://recycle.epa.gov.tw/epa/ShowPage2.aspx?key=5&sno=1009&subsno=25>

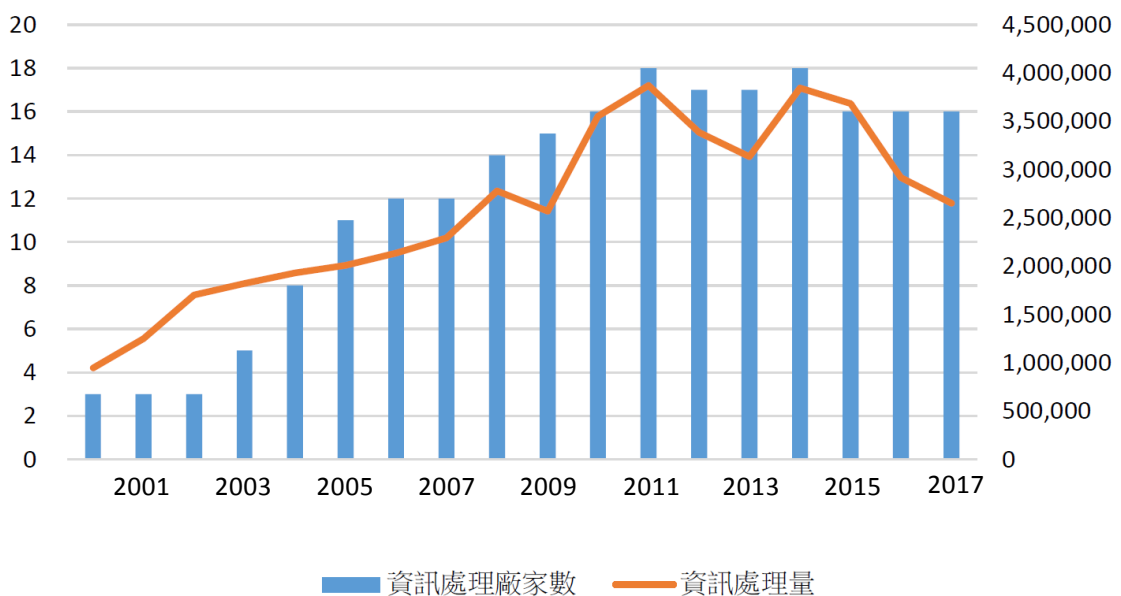
²⁰ 廢資訊物品類問與答，行政院環境保護署資源回收管理基金管理會，
<https://recycle.epa.gov.tw/epa/ShowPage2.aspx?key=5&sno=1009&subsno=26>

²¹ 買新汰舊廢家電，免費回收真方便，行政院環境保護署基管會，2018.02.14.



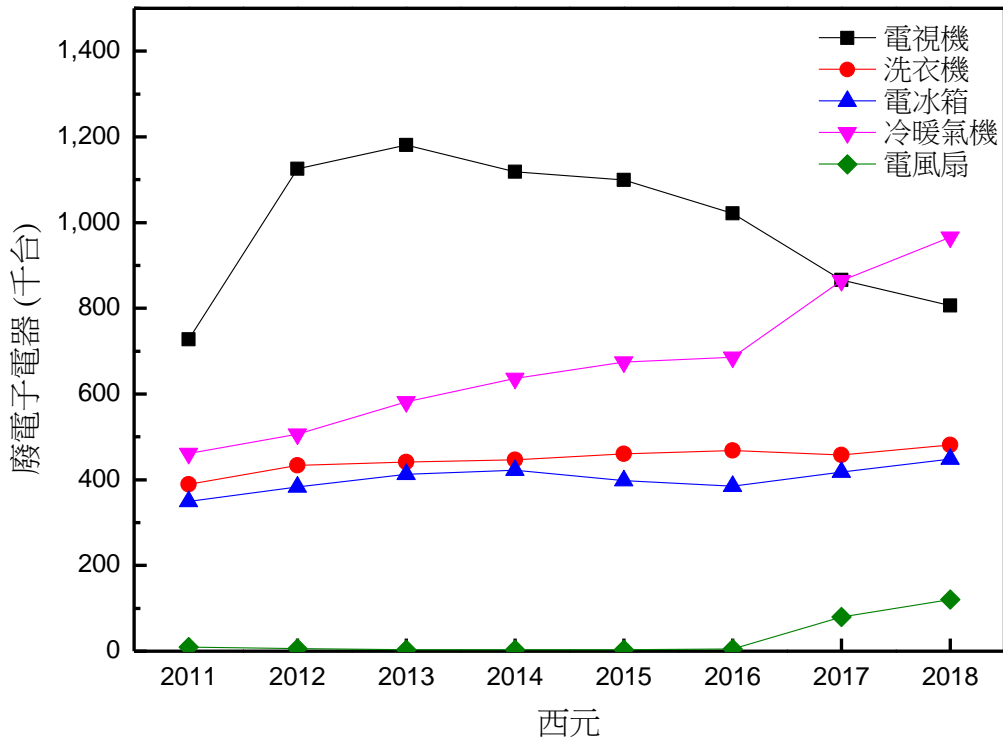
資料來源：行政院環保署，廢電子電器及資訊物品回收循環可行性及處理技術提升專案工作計畫，2018。

圖 3-5 我國歷年之廢電子電器處理廠家數及回收處理量變化



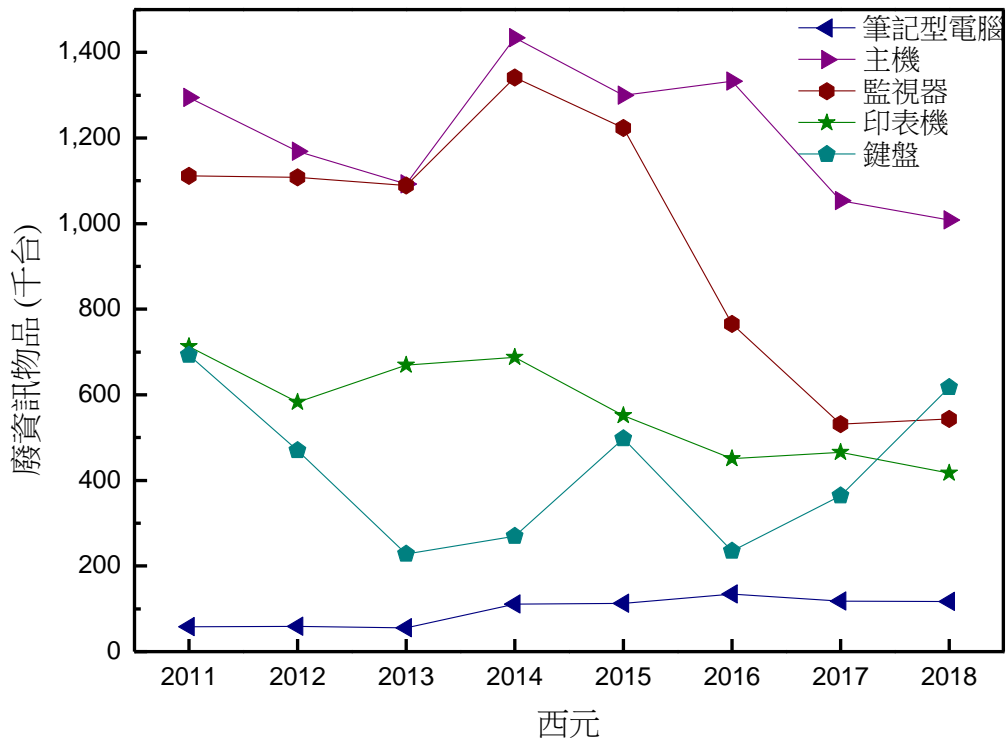
資料來源：行政院環保署，廢電子電器及資訊物品回收循環可行性及處理技術提升專案工作計畫，2018。

圖 3-6 我國歷年之廢資訊物品處理廠家數及回收處理量變化



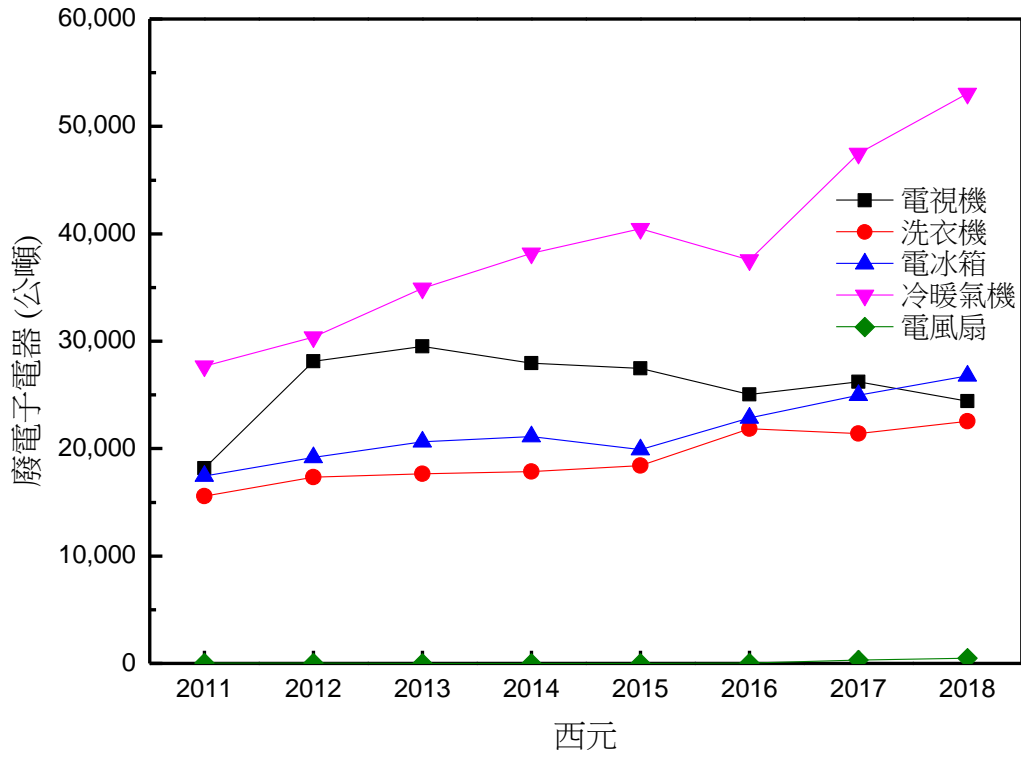
資料來源：環保署統計室，環保統計查詢網。作者擷取數據並繪圖

圖 3-7 廢電子電器近年處理台數變化



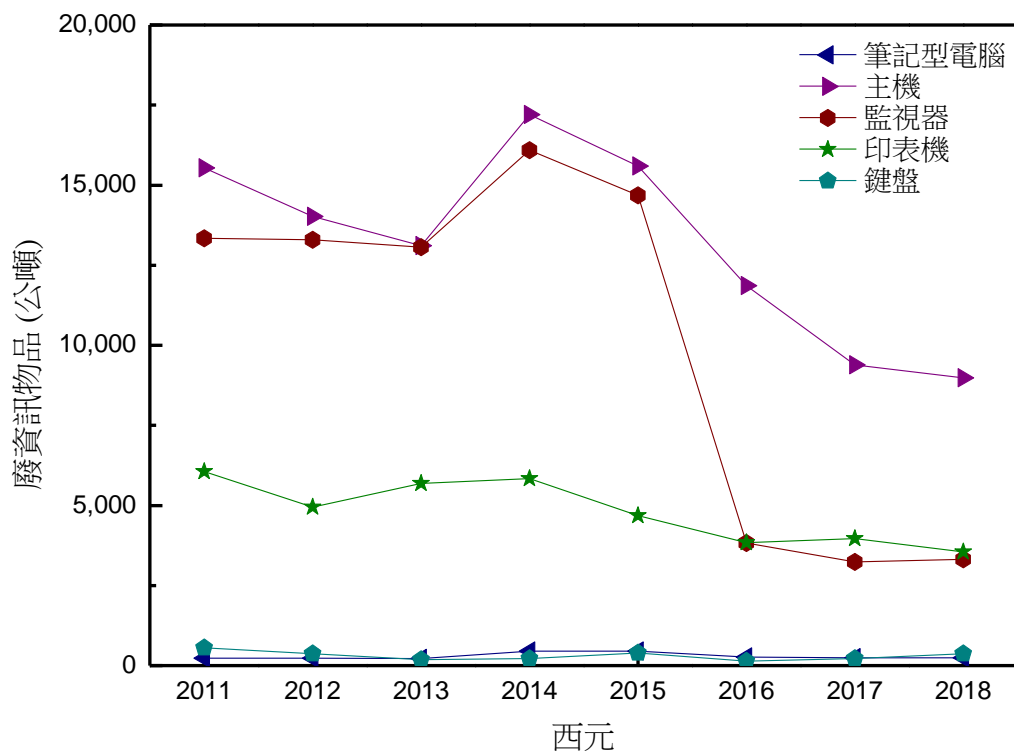
資料來源：環保署統計室，環保統計查詢網。作者擷取數據並繪圖

圖 3-8 廢資訊物品近年處理台數變化



資料來源：環保統計查詢網，環保署統計室。作者擷取數據並繪圖

圖 3-9 廢電子電器近年處理重量變化



資料來源：環保統計查詢網，環保署統計室。作者擷取數據並繪圖

圖 3-10 廢資訊物品近年處理重量變化

2017 至 2018 兩年間處理廢電子電器總稽核認證量合計 5,894,219 台，其中廢 CRT 電視機 1,672,252 台，廢 LCD 電視機 386,646 台，廢電冰箱 866,585 台，廢洗衣機 938,874 台，廢冷暖氣機 1,829,767 台，廢電風扇 200,095 台。廢資訊物品合計為 5,486,570 台，其中廢 CRT 顯示器 232,753 台，廢 LCD 顯示器 1,074,981 台，廢主機 2,061,428 台，廢可攜式電腦之廢筆記型電腦 234,573 台，廢可攜式電腦之廢平板電腦 17,735 台，廢印表機 883,041 台，廢鍵盤 982,059 台²²。

我國近 10 年之廢電子及資訊物品回收率無顯著差異，廢電子電器處理認證回收率約 60%；廢資訊物品回收率約 40%。表 3-2 為 2017 年廢電子電器及廢資訊物品各類別物品之個別回收率，廢電風扇、廢可攜式電腦、廢鍵盤等 3 項材質回收率未達 20%。部分情形係因該材質本身特定因素造成，例如廢電風扇外型因不易堆疊載運，故在回收運輸作業上會較其他廢電子電器更不方便，導致單位運輸成本較高，受補貼機構處理意願較低；反觀廢冷、暖氣機、廢電冰箱則無此問題。

²² 106-107 年度應回收廢棄物稽核認證團體(廢電子電器及廢資訊物品類)專案工作計畫，行政院環境保護署，2018.12。

在各類廢電機電子產品的回收處理，汰換率極高的手機，通常是最受關注的。考量手機產品更新速度快、廢棄量大，為達到促進資源循環利用，環保署自 2004 年起推動手機回收清除處理相關措施，於部分地方執行機關推動自主回收作業，及進行手機回收試辦工作；並於 2006 年 4 月 17 日，依據廢棄物清理法第 5 條第 6 項公告廢手機為清潔隊資源回收項目，將手機納入執行機關一般廢棄物應回收項目；後續於 2008 年 10 月 30 日再納入手機充電器。

此外，為落實延伸生產者責任(Extend Producer Responsibility, EPR)，環保署自 2009 年起推動與手機產品相關企業業者簽署「廢行動通訊產品回收合作備忘錄」(以下簡稱 MOU)，積極推動業者自主回收，同時提升民眾回收便利性及擴增回收管道。至 2015 年已續簽第四期 MOU，自 2016 年 1 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日止，共有 19 家業者參與簽署。簽署業者須於門市或其維修中心設置回收點，並提供民眾免費回收服務，至 2017 年底全國已設置 12,125 個回收點；圖 3-11 為 MOU 業者手機回收點之新版手機回收宣傳標誌。

表3-2 2017年廢電子電器及廢資訊物品回收率

| 類別 | 項目 | 回收率(%) |
|-------|--------|--------|
| 廢電子電器 | 廢電視機 | 79.44 |
| | 廢洗衣機 | 76.70 |
| | 廢電冰箱 | 67.83 |
| | 廢冷暖氣機 | 53.65 |
| | 廢電風扇 | 4.05 |
| 廢資訊物品 | 廢可攜式電腦 | 10.80 |
| | 廢主機 | 50.30 |
| | 廢顯示器 | 26.15 |
| | 廢印表機 | 66.11 |
| | 廢鍵盤 | 16.37 |

資料來源：行政院環保署，廢電子電器及資訊物品回收循環可行性及處理技術提升專案工作計畫，2018。



圖 3-11 手機回收點之新版手機回收宣傳標誌

第四章 產品綠色設計準則

本章 4.1~4.4 節分為產品設計與原料取得、生產製造、產品使用、廢棄管理及回收等四個生命週期歷程，說明所對應的綠色設計準則。本章之綠色設計準則內容，參考了 ISO 14021 及相關文獻之環境化設計等資料，並諮詢了學術與研究機構、電機電子產業、資源回收產業的學者專家，以撰寫本章節。4.5 節之使用有機資材或生物可分解塑膠，其環保特性及對環境衝擊之科學證據與論證仍有爭議性且日新月異，因此獨立一節加以闡述。4.6 節則對不同的綠色設計準則，說明量化或質化的評估方式，包括使用回收料、製程省資源、製程節能、使用階段省資源、可靠性、比較性主張和比較性計算。

4.1 產品設計與原料取得

於產品設計與原料取得階段，減低環境衝擊的綠色設計準則包括：相容性設計、模組化設計、採用回收料。

4.1.1 相容性設計

相容性設計，包括：一、鎖附件螺絲規格單一化；二、塑膠零件或外殼以模造材質編號；三、產品或零件材質單一化；四、產品多功能化；五、可重填設計。

一、鎖附件螺絲規格單一化















產品與零件鎖附件螺絲的規格有不同的頭型、槽型、牙型。產品廢棄拆解時，為因應不同頭型或槽型的螺絲，回收拆解廠需要不時更換不同規格的扳手、起子等拆解工具；導致增加拆解時間，增高回收成本，及降低零組件未被破壞可完整回收再使用的機會。產品設計者在考量可達成產品既有功能與成本及安全規範時，將鎖附件螺絲的頭型與槽型規格單一化，將有利於降低產品廢棄回收時的拆解成本，及提高回收零組件的價值。

鎖附件螺絲規格的頭型、槽型、牙型，對廢棄產品回收處理時，

影響拆解作業最大的是螺絲的槽型。同一產品或模組，同時採取多種不同槽型的螺絲，會造成拆解線頻繁更換螺絲起子，或需在拆解線佈建多種拆解工具的作業站，使得拆解線空間需求、拆解時間與成本昇高。

表 4.1.1-1 列出了一些常見的螺絲槽型，包括一字及十字的螺絲，四角形、六角形、六角梅花等，在一些特殊領域也會用到少見的螺絲槽型，例如用在防止篡改產品的應用中，原廠可能不想讓第三方維修人員隨意打開維修的電器用品。

表4.1.1-1 常見的螺絲槽型

| 螺絲槽型 | 一字 | 十字 H 型 | 十字 Z 型 | 四角 | 六角 | 六角 梅花 | Poly-drive* |
|------|---|---|---|---|--|---|---|
| 圖樣 |  |  |  |  |  |  |  |
| 螺絲槽型 | 雙四角 | 雙六角 | Triple-square XZN* | 三翼 | 翼形 十字 | 蛇眼 | 單向 螺絲 |
| 圖樣 |  |  |  |  |  |  |  |

資料來源：摘譯自 Torx, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Torx>

*查無中文譯名

二、塑膠零件或外殼材質以刻模材質編號

塑膠材質編號（Resin identification code）或稱合成樹脂識別碼、塑膠分類碼、塑膠材料編碼、塑膠編碼，是美國塑膠工業協會於 1988 年發展出來的分類編碼方式。雖然有多種塑膠可被回收，但因聚合物種類的不同，無法混合再生；需要依材質分類再生。目前較具回收經濟性的塑膠材質種類，主要是聚對苯二甲酸乙二酯（Polyethylene terephthalate, PET），及聚乙烯（High-density polyethylene, HDPE）。由

於消費者無法以目視識別塑膠材質，且蒐集、分選、清潔與再生的困難和不低的成本；因此對不同塑膠材質賦予不同的編號，將有利於回收端，方便消費者與回收者將不同塑膠依材質先分類，以降低後端回收再生業者的分選成本，並提高再生塑膠料的純度與品質。但是，要避免一些塑膠材質編號被誤解的傳聞，例如塑膠材料編碼的數字曾被錯誤地代表這個材料被回收的難度，或代表這個材料被回收的頻率。

我國包括資訊產品類、家電產品類，及其他類別的環保標章規格標準(例如電腦主機、顯示器、列印機、洗衣機、冷氣機、除濕機、家用微波爐等產品)，皆有規定產品塑膠零組件重量為 25 公克以上者，應參照 ISO 11469 規定，於明顯處清晰標示材質種類。ISO 11469:2016 塑膠—塑膠產品的通用標識和標誌(Plastics — Generic identification and marking of plastics products) 規定了由塑膠材料製成的產品的統一標示系統。包括標示的精確細節，例如，要標示的物品的最小尺寸，文字的大小，標記的適當位置，必須經製造商和客戶同意。標示系統旨在幫助識別塑膠產品，以進行有關處理，廢物回收或處置的後續決策。塑膠的通用標示由 ISO 1043-1，ISO 1043-2，ISO 1043-3 和 ISO 1043-4 中的符號和縮寫詞提供。如果需要更詳細的材料識別資訊，則可以按照相應產品標準中的規定對塑膠產品進行附加標示。我國環保標章申請說明文件之一「環保標章規格標準規定應參照 ISO 11469 規定之說明」，依 ISO 11469 規定之常見符號或縮寫如表 4.1.1-2。

電機電子產品之塑膠零件或外殼塑膠材質編號，有不同的標示方法。相對於未標示或貼附塑膠材質編號貼紙或印刷的標示方式；「環保標章規格標準規定應參照 ISO 11469 規定之說明」規範標示方法，應採用包含刻模、壓印、熔融或以其他清晰不易移除之方式進行標示。刻模編號係在零件或外殼射出或押出等成型作業時，以模具將塑膠材質編號直接成形於塑膠零件底面或外殼底面的方式，較具堅牢性與耐久性，有利日後產品廢棄拆解時，能將相容性塑膠材料分類回收，提高處理廠的回收率，降低不相容性廢塑膠混合物量。

表4.1.1-2 參照ISO 11469規定之塑膠材質種類與編號

| 類別 | 符號或縮寫 | 內容 | 中文名 |
|-----------------------|-----------------------|--|--------------------|
| 高分子 ⁽¹⁾ | ABS | Acrylonitrile/butadiene/styrene | 丙烯晴-丁二烯-苯乙烯共聚合物 |
| | PA 6 | Polyamide 6 | 聚醯胺 6, 尼龍 66 |
| | PA 11 | Polyamide 11 | 聚醯胺 11, 尼龍 11 |
| | PA 12 | Polyamide 12 | 聚醯胺 12, 尼龍 12 |
| | PA 66 | Polyamide 66 | 聚醯胺 66, 尼龍 66 |
| | PBT | Poly(butylene terephthalate) | 聚對苯二甲酸乙丁二醇酯 |
| | PC | Polycarbonate | 聚碳酸酯 |
| | PE | Polyethylene | 聚乙烯 |
| | PET | Poly(ethylene terephthalate) | 聚對苯二甲酸乙二醇酯 |
| | PMMA | Poly(methyl methacrylate) | 聚甲基丙烯酸酯 |
| | POM | Polyoxymethylene (polyacetal) | 聚甲醛 |
| | PP | Polypropylene | 聚丙烯 |
| | PPE | Poly(phenylene ether) | 聚氧二甲苯 |
| | PS | Polystyrene | 聚苯乙烯 |
| | PS-HI | "High-Impact" modified polystyrene | 耐衝擊級聚苯乙烯 |
| | PUR | Polyurethane | 聚氨基甲酸酯 |
| | PVC | Poly(vinyl chloride) | 聚氯乙烯 |
| SAN | Styrene/acrylonitrile | 苯乙烯-丙烯晴共聚合物 | |
| 填料和補強劑 ⁽²⁾ | GF | Glass fibre | 玻璃纖維 |
| | GB | Glass spheres | 玻璃球 |
| | K | Calcium carbonate | 碳酸鈣 |
| | M | Mineral | 礦物 |
| | P | Mica | 雲母 |
| | T | Talcum | 滑石粉 |
| | WD | Wood Powder | 木粉 |
| 耐燃劑 ⁽³⁾ | 10-29 | Halogenated compounds | 鹵化物 |
| | 30-39 | Nitrogen compounds | 氮化物 |
| | 40-49 | Organic phosphorous compounds | 有機磷化物 |
| | 50-59 | Inorganic phosphorus compounds | 無機磷化物 |
| | 60-69 | Metal oxides, metal hydroxids, metal salts | 金屬氧化物, 金屬氫氧化物, 金屬鹽 |
| | 70-74 | Boron and zinc compounds | 硼及鋅化物 |
| | 75-79 | Silica compounds | 二氧化矽化合物 |
| | 80 | Graphite | 石墨 |

資料來源：環保署，環保標章規格標準規定應參照 ISO 11469 規定之說明。
中文名為作者翻譯。

註：(1)參考 ISO 1043 Part 1

(2)參考 ISO 1043 Part 2

(3)參考 ISO 1043 Part 4

三、產品或零件材質單一化

產品設計者在考量可達成產品既有功能與成本及安全規範時，應同時考量產品或零件之材質單一化。材質單一化比例愈高，將愈有利於產品廢棄拆解時的低回收成本與高回收料價值。產品設計者應同時考量材質單一化，於生產製造時及廢棄回收時的總成本。

在考量產品或零組件功能需求特性，無法設計為單一材質時；應該設計成日後廢棄拆解回收時，很容易分離為單一材質，特別是不相容材質的分離。一個理想的例子是，用一個撕裂工具就可以將所有的零件分離至不同的單一材質，以便達到最少的拆解費用和最大的材質分離程度。為達材料單一成份的目標，所有的零組件都盡可能以非破壞方式分離；如果破壞性拆解是不可避免的，則應該設計一些預留的破壞點，利用應力集中來破壞，使不同材質輕易地分離。

四、產品多功能化

電機電子產品多功能化，也同時帶來減量的環保效益。生產製造商提供的單一產品多功能化設計，讓消費者不必同時購置單一功能又可能少用的多件產品，並降低生產多件產品的原料取得與製程環保問題。既有的產品多功能化設計，例如影印、掃瞄、列印、傳真、電話複合機，蒸烘烤微波爐，洗脫烘洗衣機。不過，產品設計者應考量產品的額外或次要功能在產品銷售地區的環保效益，例如洗脫烘洗衣機烘衣功能的必要性，及所用瓦斯或電力的環保性。

五、可重填設計

設計可重填產品或包裝之特性，能在其原來的型態內，除特定要求事項，如清潔或清洗之外，不需額外處理即可被充填同樣或類似產品數次以上。

可重填設計的使用條件如下：

1. 除非此產品或包裝能依據其原始目的被再利用或重填，否則不屬於可再利用或可重填之設計。
2. 僅應在下列情況之一或二或兩者下，才屬於產品或包裝為可再利用

或可重填之設計：

- (1) 已有方案來收集使用過的產品與包裝，以進行重填。
 - (2) 已有設施或產品，使消費者能進行產品或包裝之重填。
3. 當產品或包裝出售地區中佔合理比例的產品消費者無法很容易地使用收集用過的產品或包裝之方案，或使用達成再利用或重填目的之設施時，應遵循下列。
- (1) 可再利用或可重填之設計，應符合該使用方案或設施的條件。
 - (2) 此符合條件的設計應充分地表達收集方案或設施取得之有限性。
 - (3) 一般性的使用條件，如”若設施存在時，可再利用／重填”並無法表達收集方案或設施取得之有限性，因此並不足夠。

可重填設計應包括下列內容：

1. 提出可重填或再利用設計之產品，實際上應可被重填後再使用。
2. 已有可進行重填之設施或耗材，供可重填設計之產品使用。例如可充填之墨水匣或碳粉匣，及其可重填之墨水或碳粉。
3. 進行產品重填所需的設施或耗材，應能便利地提供給合理比例之產品消費者使用。

4.1.2 模組化設計

模組化設計，包括：一、模組化結構設計；二、延長產品使用壽命；三、易拆解設計；四、易回收設計；五、輕量化設計。

模組化設計關聯著綠色設計上下游數個綠色設計準則，上游包括相容性設計的「產品或零件材質單一化」、「產品多功能化」、「可重填設計」；模組化設計則包括「延長產品使用壽命」、「可拆解設計」、「易回收設計」、「輕量化設計」；下游則關聯產品使用的「產品服務化」、廢棄管理及回收的「回收再利用」、「延伸產品責任措施」。

良好的模組化設計產品，可能其「產品或零件材質單一化」；透過模組化的數個功能模組更替使「產品多功能化」；藉由將「可重填設計」的組件模組化，方便取出或到店重填耗材。通常模組化設計的功能模組都是採「可拆解設計」，方便由消費者或維護人員對舊的或報廢的功能模組作簡便更換；並可「延長產品使用壽命」。由於電機電子產品複雜的組件與材質結構，「易回收設計」的產品模組將有利於回收處理廠的拆解回收；

一、模組化結構設計

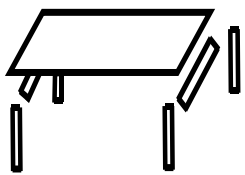
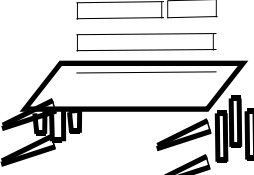
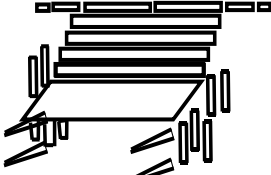
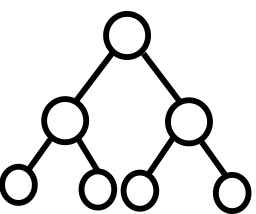
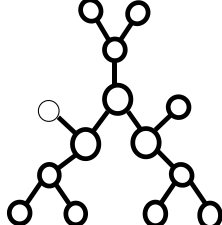
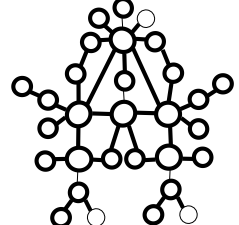
電子產品或 3C 產品要作到可拆解、可升級、可維修，及延長產品使用壽命，都需要模組化結構設計；而模組化也可能伴隨輕量化效益。通用性的模組化結構設計不僅在設計端可縮短設計週期時間；生產製造端利於備料與量產；使用端有助於選擇輕量化基本模組，或更換模組以擴充功能與延長使用壽命；回收端則易拆解，或回收可再使用模組。

產品模組化結構設計的架構，應該設計成階層式的模組化架構；如果不可能，則應力求局部的階層式設計。如表 4.1.2-1 所示產品的模組化程度，隨著層級結構、局部層級結構、非層級結構，其模組化程度愈來愈低。顯示在另一個層面的特性是，產品零組件彼此的連結關係，也會由單純而愈來愈複雜。非層級的零組件結構，及複雜的零組件連結關係，將會是維修再利用者或回收處理業者的惡夢。

圖 4.1.2-1 所示為產品模組化結構設計程度，即層級結構的程度(參見表 4.1.2-1)，對拆解成本之影響。產品模組化結構設計程度高時，拆

解成本通常較低；隨著模組化結構設計程度降低時，由於零組件間的連結關係趨於複雜，拆解成本通常也會隨之增高。

表4.1.2-1 產品模組化結構設計之層級結構及零組件之連結關係

| | 層級結構 | 局部層級結構 | 非層級結構 |
|----------|--|--|--|
| 產品 |  |  |  |
| 零組件的連結關係 |  |  |  |

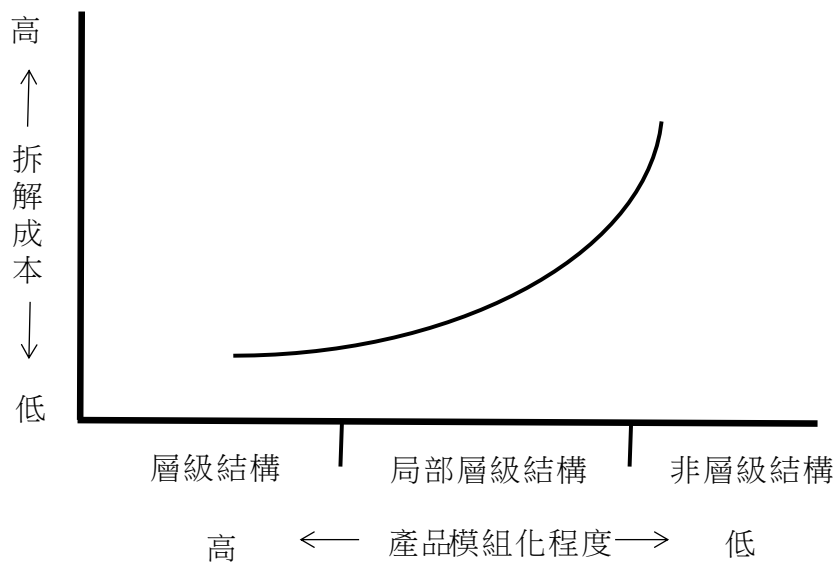


圖 4.2.1-1 產品模組化結構設計程度對拆解成本之影響

產品模組化結構設計，應該設計成讓被組裝的零組件在主要的組裝(也是拆解)軸線上依序進行作業。如表 4.1.2-1 左下角，零組件的連結關係的上下層級數及零組件模組數量應適當，當然每個零組件模組

內可能又由更細項的元件組成。理想的狀況是零組件都能直接可及、相當容易將原有的結合方式分離開來，將廢物品的零組件一件一件逐次拆解，且拆解分離所需費用應該越低越好。為求高效率的回收與再製造，產品應當設計成將來廢棄時可以機械化拆解或自動化拆解。

模組化結構設計的例子並不罕見；但卻常被市場考量所埋沒。例如支援系列尺寸或型號顯示器的模組化腳架，支援系列手機的模組化充電器。

模組化設計有利於產品的升級與維修，升級與維修過程拆解下來的零件、元件，可能可以直接再利用、重填再利用、修復後利用，並以下列前兩種類型(零件重複利用、元件回收利用)作回收利用。最後，無法利用的零組件，則以下列最後一種類型(材料拆解回收)作材料再生利用。

- 1.零件重複利用：產品零件的重複利用，包括直接重複利用，及間接重複利用兩種方式。
 - (1)一般對於製造成本高，改版週期長，或使用壽命長的零件，可以考慮採用直接重複利用的方式，如盛裝物品的瓶子，可直接用於盛其他物品。
 - (2)間接重複利用即再加工後重用，主要是針對產品中的部分零組件，由於回收後無法直接用於同類型產品，此時可對其進行再加工後，用於其他類型或規格的產品。例如汽車零件經過再加工後，用於其他類型車輛的相關部位。
- 2.元件回收利用：元件回收利用常見於電子產品，由於其組成材料多種多樣，更新換代週期短，故往往需要採用特殊技術方法回收其中的某些特殊元件。例如淘汰電腦主機板或元件，用於遊戲機或其他電子產品等。
- 3.材料拆解回收：當組成產品的材料成本高，單個零件的生產成本低，且生產規模大，產品生命週期短，此時往往採用材料拆解回收方式。

二、延長產品使用壽命

設計時考量延長產品使用壽命之因素，例如(包括但不受限於，凡能延長壽命之設計皆可)：

1. 採用更耐久的原料或零組件。
2. 調整使用參數降低損耗。
3. 定期更換特定零組件或消耗品。
4. 升級產品以延長產品使用壽命，或提升新功能以避免被廢棄等。

延長產品使用壽命設計時的配合性要求如下：

1. 如延長產品壽命的設計，係依據其更佳之耐用性而設計時，應敘述延伸的壽命期程，或其改進之百分比與量測之數值(例如重覆操作多少次才發生斷裂)，或支持此項改善之理由。
2. 如延長產品壽命的設計，係依據產品可升級之特點，應提供如何達到此升級要求的特定資訊。可升級之產品應有可資利用之內部架構與零組件，以達到升級之目的。
3. 所有關於延長產品壽命的設計，皆應符合原功能條件。由於延長產品壽命係比較性的，因此應具體與清楚地說明比較的基礎，尤其是此項延長產品使用壽命所改善的期程長短。
4. 延長產品使用壽命期程的評估方法：延長產品使用壽命期程的平均數值，應依據適當標準與統計方法量測。用來評估與查證達成設計要求之方法，應依據下列優先順序進行：國際標準、具有國際接受度並認可的標準(可包括區域或國家標準)，或接受過專家審查的產業或行業方法。如尚無已存在的方法時，產品設計者得擬定一個方法，但此方法要能被提出來接受審查。因此，有些大型品牌廠商自己有發展出以數學模擬，或加速試驗方式預估產品壽命的模式²³。

²³ Ritalv, JMP 讓可靠度管理更高效, SAS Institute Inc., 2019.06.11。
<https://community.jmp.com/t5/JMP-Blog/JMP-讓可靠度管理更高效/ba-p/212561>

三、可拆解設計

由於我國已實施「資源回收四合一計畫」制度，目前回收的 8 大類別的「應回收廢棄物(物品及容器)」中，即包括了「廢電子電器類」及「廢資訊物品類」。因廢電子電器與廢資訊物品皆為零組件與材質複雜的結構性產品，在資源回收四合一的回收處理端的處理廠，皆需先經過拆解。而拆解的難易與人工、時間、設備機具成本，就成為處理廠作業的一大考量。此外，可拆解設計(Design for Disassembly, DfD)亦有利於維修廠商或消費者，對產品的升級或維護，延長產品使用壽命，降低產品生命週期內單位使用功能期間的環境衝擊。因此，本手冊亦以較多的篇幅加以說明。產品設計者亦應考量設計易拆解產品，以利維修或回收處理。

拆解可以在產品層次上進行，也可以在零件或元件層次上進行，如表 4.1.2-2 所示。根據拆解物件和效果不同，拆解可以分為破壞性拆解、部分破壞性拆解和非破壞性拆解三類。破壞性拆解即拆解活動以使零部件分離為宗旨，而不管產品結構的破壞程度。部分破壞性拆解則要求拆解過程中只損壞部分廉價零件（如切去聯結、氣焰切割、高壓水刀切割、鐳射切割等），其餘部分則要安全可靠分離。非破壞性拆解是最高階拆解，即拆解過程中不能損壞任何零件或元件（如鬆開螺紋、拆除及壓出等）。當組成產品的材料成本高，單個零件的生產成本低，且生產規模大，產品生命週期短，此時往往採用簡單的材料回收方式。

表4.1.2-2 拆解類型與拆解技術

| 拆解對象 | 拆解類型 | | 材料回收 |
|------|-------|---------|--------------|
| | 零件再使用 | 零件再加工 | |
| 產品 | 非破壞性 | 非破壞性 | 材料成本高且零件成本低時 |
| | 部分破壞性 | 部分破壞性 | |
| | 破壞性 | 破壞性 | |
| 零件 | 非破壞性 | 視特殊加工需要 | 非必須 |

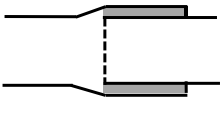
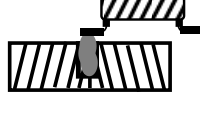
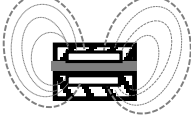
易拆解設計的主要作用是表現在產品維護和回收兩方面的雙重性。在產品維護方面，產品必須小心拆解，以便再次裝配；在回收過程中，拆解方式往往是破壞性的，以達到零部件分解的目的。

為了使電機電子產品容易拆解、維修、回收、再製造，應盡可能使用可分離式，不會破壞產品的可分離式結合設計。可分離式結合設計在整個產品生命週期(包括再製造)都應該能夠保持其結合的功能性，即結合強度不可降低。在結合不同材質零件時，「可分離式結合」設計特別重要。如果結合的零件，在回收時是不相容的材料，應儘可能採用可分離式結合設計，使在維護或回收期間需要分離時，不會破壞結合產品結構與材質。例如插入式結合是屬於可分離式結合，螺釘旋入固定亦屬於可分離式的應力接合；夾層粘合結合則屬於不可分離式結合。熔接、焊接或膠黏屬於不可分離式結合；但有時候點焊接或點膠黏等較脆弱的結合，可以較輕微的外力而分離。即使不將回收或再製造等製程自動化，也應該盡力把產品設計成不需要或僅需要少數或單一的工具，即可進行拆解、維修、再製造或回收。電機電子產品零組件結合的主要方式，可分為材料結合、應力結合、形狀結合，三種方式。

1. 材料結合方式：黏著、焊接、磁力；如表 4.1.2-3。
2. 應力結合方式：魔術氈、螺栓、球窩式壓扣；如表 4.1.2-4。
3. 形狀結合方式：固定式壓扣、預力壓扣、倒角壓扣插銷扣環；如表 4.1.2-5。

至於針對廢棄物品的零組件結合方式的拆解、分離、破壞方式，則如表 4.1.2-6 所示。

表4.1.2-3 材料結合方式


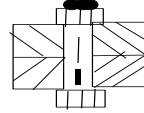
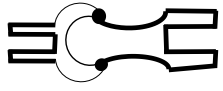
| 評價項目 | | 材料結合方式 | | |
|---------|-------|---|--|---|
| | | 黏著 | 焊接 | 磁力 |
| | |  |  |  |
| 承受力之維持 | 拉力牢固性 | ◆ | ○ | ○ |
| | 剪力牢固性 | ◆ | ◆ | × |
| | 變形牢固性 | × | ◆ | × |
| 結合/拆解成本 | 結合成本 | ◆ | × | × |
| | 分離成本 | ◆ | × | ◆ |
| | 破壞成本 | ○ | × | ◆ |

註：承受力之維持◆良好；○普通；×不良

結合/拆解成本◆低；○中；×高

資料來源：參考重繪並修訂自「產品綠色設計參考手冊」，經濟部工業局，1998

表4.1.2-4 應力結合方式


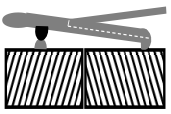

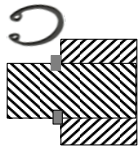
| 評價項目 | | 應力結合方式 | | |
|---------|-------|---|--|---|
| | | 魔術氈 | 螺栓 | 球窩式壓扣 |
| | |  |  |  |
| 承受力之維持 | 拉力牢固性 | ○ | ◆ | ◆ |
| | 剪力牢固性 | × | ○ | ◆ |
| | 變形牢固性 | × | ○ | ◆ |
| 結合/拆解成本 | 結合成本 | × | ○ | ◆ |
| | 分離成本 | × | ○ | ◆ |
| | 破壞成本 | ○ | ○ | ○ |

註：承受力之維持◆良好；○普通；×不良

結合/拆解成本◆低；○中；×高

資料來源：參考重繪並修訂自「產品綠色設計參考手冊」，經濟部工業局，1998

表4.1.2-5 形狀結合方式

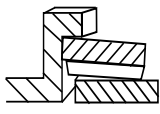
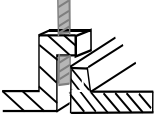
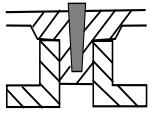
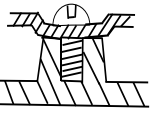
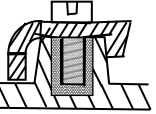
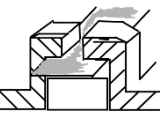
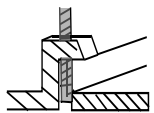

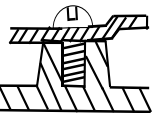
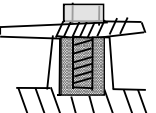
| 評價項目 | | 形狀結合方式 | | | |
|---------|-------|---|---|---|---|
| | | 固定式壓扣 | 預力壓扣 | 倒角壓扣 | 插銷扣環 |
| | |  |  |  |  |
| 承受力之維持 | 拉力牢固性 | ◆ | ○ | ◆ | ◆ |
| | 剪力牢固性 | ◆ | × | ◆ | ◆ |
| | 變形牢固性 | × | ◆ | ◆ | ◆ |
| 結合/拆解成本 | 結合成本 | × | × | × | ◆ |
| | 分離成本 | × | × | × | × |
| | 破壞成本 | ◆ | ◆ | × | × |

註：承受力之維持◆良好；○普通；×不良

結合/拆解成本◆低；○中；×高

資料來源：參考重繪並修訂自「產品綠色設計參考手冊」，經濟部工業局，1998

表4.1.2-6 塑膠與塑膠或塑膠與金屬結合之分離方式

| | 頂鉤 | 卡鉤 | 緊密配合 | 直攻螺釘 | 銅柱螺母 |
|-----------|---|---|---|---|---|
| 塑膠與塑膠結合方式 |  |  |  |  |  |
| 塑膠與金屬結合方式 |  |  |  |  |  |
| 分離方式 | 斜滑鬆開 | 扳出卡鉤 | 扳出補強肋擠壓出 | 鬆開螺釘 | 韌部鑿開 |
| 實用性 | ◆ | ◆ | ○ | ○ | ○ |

註：實用性◆良好；○普通

資料來源：參考重繪並修訂自「產品綠色設計參考手冊」，經濟部工業局，1998

易拆解設計的配合性要求如下：

-
1. 如易拆解設計與另一項設計並存，例如可回收設計，則適用於另一設計準則(即可回收設計)之相關要求事項，亦應同時符合易拆解設計。
 2. 易拆解設計，應附有解釋性之拆解說明，以敘明其中可被再利用、回收、回收能源或其他可自廢棄物流中轉移出來的組件與零件。
 3. 所有解釋性之拆解說明，皆應指明此項操作應由消費者拆解，或應返回由專業人員(維修廠或回收處理廠)拆解。
 4. 若需特殊程序以拆解該產品時，應遵循下列：
 - (1)應有回收或收集設施，提供給該產品出售地區中，佔合理比例的消費者或專業人員能夠便利地使用。
 - (2)如該項設施無法提供給該項產品出售地區中，佔合理比例的消費者或專業人員能夠便利地使用時，應以解釋性說明來充分地表達這些設施取得之有限性。
 - (3)一般性條件之用語，例如"當某設施存在時，可以拆解"，並無法表達設施取得之有限性，因此並不足夠。
 5. 當易拆解產品係設計給消費者拆解時，應附有拆解工具與使用方法之說明。並鼓勵產品製造銷售商，同樣提供廢棄產品的拆解說明給回收處理廠。
 6. 提供給消費者的易拆解設計，僅應在下列情況下提出：
 - (1)不需要特殊的工具與專業技術。
 - (2)已提供拆解方法及零件的再利用、回收、收回或處置之清楚資訊。
 7. 提供給專業人員的拆解設計，應附有需要用以執行拆解工作的設備與設施之資訊。

四、易回收設計

物料之回收為許多廢棄物預防策略之一；選擇策略時，需依據各種情況做出決定，並須考慮做此決定時所產生之不同區域衝擊。「易回收設計」通常是指提供消費者或回收處理業，易於回收的產品與零組件的特性；實際的回收處理廠內作業涉及的是「易拆解設計」；實際的再利用廠內作業涉及的是「使用回收料」。

易回收設計的方式有：

1. 依據 ISO 11469 標準標示塑膠件。
2. 儘可能使用單一均質的塑膠材料。
3. 避免膠合或熔接不同材質之塑膠材料。
4. 使用嵌合或彈扣的組裝方式：減少使用螺栓、黏貼的方式組合。
5. 避免或減少塑膠件的表面塗佈或電鍍處理，或使用可易於分離之表面處理。
6. 塑膠料件避免使用黏性貼紙或是發泡塑膠；若有必要，應使用易撕式貼紙。
7. 減少產品塑膠內的添加劑使用。

當產品出售地區中，佔合理比例的消費者，無法很容易地使用回收產品的收集或回收設施時，則應遵循下列。

1. 應使用有附帶條件的可回收設計，此附帶條件應充分表達收集設施取得之有限性。
2. 一般性的條件用語，例如"當回收設施存在時，可以回收"，並無法表達收集設施取得之有限性，因此並不足夠。
3. 應有可回收之證據說明
 - (1) 如可回收設計的環境訴求可能會造成誤解時，則應有一份解釋性說明。未附有解釋性說明之可回收的設計，只有在所有可預見的情況且任何條件下皆為正確時方有可能實現。可依實際情

況，選擇是否使用解釋性說明。

(2) 解釋性說明可包括物料之鑑別。

4. 易回收設計應僅在不需取得機密之商業資訊即可進行查證時，才被認為是可查證的。產品製造/販賣商可主動對大眾公開在查證可回收宣告時所需之資訊；否則在被要求提出時，即應在合理的成本、時間、地點的情況下，公開查證可回收宣告所需之資訊。可回收設計的資訊，應包括下列證據：

(1) 應有將物料從產源移轉到回收設施的收集、分類、運送之系統，並能很便利地提供給該項產品出售地區中，佔合理比例的消費者使用。

(2) 回收設施實際存在，並能夠提供給被回收之物料使用。

五、輕量化設計

輕量化可能是模組化設計的結果；也可能是以下不同考量設計的結果：

1. 材料輕量化：包括輕量化材質，或材料減量(例如降低壁厚)。
2. 形狀輕量化：透過應力分布最佳化的最少材料使用量的形狀。
3. 製造輕量化：配合材料輕量化與形狀輕量化，以最少量材料的製造方法來加工零件。例如以壓製法取代切削法，可降低製程廢料產生量。雖然效益發生在生產製造階段；但其關鍵是在產品與零件的設計階段即需確定。

4.1.3 採用回收料

採用回收料的手段包括：

一、採用消費前物料

自製程的廢棄物流中所衍生之物料，或由製程產生，但可經由產生它的同一製程內回收再利用之廢料；不包括來自重新加工、重新打磨。

二、採用消費後回收料

產生自家庭或商業、工業、機構設施等產品終端使用者，並已不能再提供其原來功能之物料，包括來自經銷網的退貨物料。

三、採用其他製程回收料(recycled material)

自其他製程的廢棄物流中，收集所衍生之物料，經過再製造製程，製成最終產品或可供納入產品的組成分。

四、採用再製(再生)物料(recovered or reclaimed material)

原被視為廢棄物而處置，或使用於能源回收的物料，但卻被收集與回收，成為使用於製程或回收程序中，替代新物料之投入物料。

使用回收料的配合性要求如下：

- 一、雖然在某些時候，可能優先使用回收再製用語其中之一或其他用語。就本分項基準之目的而言，再製物料與再生物料此二用語，被視為具同樣意義。其他相關用語，如再生資源(Renewable resources)、回收再利用(Reuse and recycling)、再使用(Reuse)、再生利用(Recycling)，則參照「資源回收再利用法」之定義。
- 二、依使用回收料之定義，廢棄物再生利用為燃料，被歸類為回收能源。物質回收則為許多廢棄物預防策略之一。選擇特定策略時需依據各種情況做出決定，並須考慮做出此決定時所產生之不同區域衝擊。應考慮的事實是，較高的回收比例並不必然伴隨有較低的環境衝擊。因此

在使用回收料時，需特別謹慎。回收比例不僅對最終產品而言應為正確，亦應能考慮產品生命週期中的所有相關考量面，以鑑別在提高回收比例的過程中，不會有增加另一項潛在性之衝擊；但此點並不意指必須進行生命週期評估。而當提出回收比例時，應指出回收物料所佔之百分比。

三、產品中各物料的回收比例百分比，應分別而非僅合併敘述。

四、回收比例之標示

1. 產品可選擇是否標示回收比例。
2. 標示回收比例需指明"X%" 的數值。此 X 值是依據評估方法所計算出的回收比例整數值。
3. 如回收比例百分比是一個變數，則可用"至少 X%" 或"大於 X%" 的說明來表示。
4. 如回收比例單獨標示時可能會造成誤解，則應附有一份解釋性說明。未附有解釋性說明之回收比例標示，只有在所有可預見的情況且任何條件下皆為正確時方能提出。可依實際情況，選擇是否使用解釋性說明。
5. 解釋性說明可包括物料之鑑別。
6. 對於回收物料來源與數量之查證，可利用採購文件與其他可取得之紀錄執行。

此外，在使用回收料時，須注意廢電機電子產品中含塑膠零組件的有害物質流布。例如，3C 產品的電路板及外殼，其產品安全規格中都訂有阻燃劑添加需求，因此後續廢棄回收為再生料後，若被應用到其他無阻燃劑添加需求的產品內，即造成阻燃劑的流布。常用的阻燃劑多溴聯苯醚 (Polybrominated diphenyl ethers, PBDEs)，被廣泛地運用於電子產品、建築材料及各種民生用品上，包括建材、電器、家具、汽車、飛機、塑料、聚氨酯泡沫，和紡織品等。多溴聯苯醚類物質也具高脂溶、低揮發性，不易代謝。由於多溴聯苯醚與甲狀腺素之化學結構相似，可能會使人體甲狀腺內分泌失去平衡。訂定塑膠產品含阻燃劑規範，最優先的應該是對幼兒、兒童接觸產品(主要是玩具)，不得添加含阻燃劑之塑膠再生料。

4.2 生產製造

於生產製造階段，減低環境衝擊最主要的綠色設計準則包括：一、製程省資源；二、製程節能或回收能源；三、製程使用可再生能源。

需注意的是，本手冊將包裝與運輸階段相關的綠色設計議題併入本節。包裝減量歸入製程省資源，包裝與運輸節能減碳歸入製程節能，綠電的使用則歸入 4.2.2 製程節能或回收能源。

4.2.1 製程省資源(包括物料或水)

製程省資源係指製造或銷售產品或特定的相關組成分時，可能減少的資源，除物料外，尚包括能源與水資源。

製程省資源設計的配合性要求如下：

- 1.所有關於減少資源使用之設計內容，皆應予量化。
- 2.提出製程省資源之設計時，應在解釋性說明中敘述所減少資源之種類。
- 3.如製程省資源設計過程中因減少某項資源使用，而造成其他資源使用增加時，則應於解釋性說明中敘述所增加使用之資源與增加之百分比。
- 4.有關產品之減少資源使用，應扣除包裝後單獨計算。
- 5.減少資源使用的計算，應以減少之百分比(%)來表示。
- 6.如在最初的十二個月內，可達到資源之減少使用，則可依據產品的設計或配銷或製程，估算減少資源使用量。
- 7.資源使用量的改變，應依據每項資源分別敘述。
- 8.依據產品製程或配銷或設計，可達到減少資源之使用，估算減少量。

製程省資源可依據產品的設計、製程或運輸，估算減少資源使用量。資源使用量的改變，應依據每項資源分別敘述。並依據產品設計、製程或配銷，可達到減少資源之使設計、製程或配銷用，估算減少量。

此處定義的產品生產製造，包括產品運輸與銷售階段。因此，製程省資源包括產品生產後的運輸包裝與銷售包裝之減量。例如，採用可重覆回收的運輸包裝與銷售包裝，或達運輸與銷售功能即可的包裝減量。

4.2.2 製程節能(包括節約能源、回收能源、使用可再生能源)

如提出產品係由回收能源所製造，則使用之能源應符合下列條件：

- 1.從廢棄物料回收的能源，係指將廢棄物料收集與轉換為有用之能源。包括任何工廠、家庭、商業或公共設施的廢棄物料之收集與轉換。
- 2.提出製程回收能源前，應確保所有製程回收能源導致的不利衝擊，皆已被管理與控制。
- 3.用於回收能源的廢棄物之種類與數量應予敘述。

與水的移動有關連的可再生性能源產生量，應僅在於以永續發展原則管理的產源，始可算是使用可再生能源。

製程完全使用可再生能源，應僅在該製程的能源供給是 100% 可再生時才可提出。否則，可再生能源應符合下列條件：

- 1.當部分能源供給是來自再生能源，其比例應被清楚地敘述。
- 2.對一製程使用來自包含一定比例再生能源的電力網電能時，該再生能源的計算，需要特別小心。

跨國電子公司陸續宣布將在未來幾年內達成導入 100% 綠能目標，同時也要求再生能源供應來源也必須符合環保。除品牌商本身外，也陸續要求供應鏈廠商，生產其產品時須採用綠電(權狀)。

另一個與製程使用能源相關的是產品碳足跡，是產品生命週期的溫室氣體排放總量，但通常是以從搖籃到大門為碳排的計算範圍。產品碳足跡是報告全球暖化或氣候變遷之環境衝擊類型的一種方式，該衝擊在生命週期評估中被評價；但僅限全球暖化之環境衝擊，未能夠表明一產品在其生命週期的總環境績效。

4.2.3 製程使用低污染原料

產品設計者應考量生產製造階段使用原料的有害性或污染性，例如使用非 RoHS (電機電子產品中有害物質禁限用指令, Directive on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment) 物質，非 REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals System) 高關注物質，或其他低污染或環保原料。

歐盟 RoHS 不只成為歐盟最重要的產品化學成分限制法規，且因國際貿易影響力擴及全世界，包括我國經濟部標準檢驗局自 2016 年 9 月 1 日至 2018 年 1 月 1 日亦分批開始實施。歐盟於 2002 年頒布 RoHS(2002/95/EC)，2006 年 7 月 1 日起生效，要求所有電機電子產品的生產商、分銷商、零售商及回收商的設備，禁止含有 6 項危害物質 (Pb/Cd/Hg/Cr⁶⁺/PBB/PBDE)，其中重金屬的用途及限值符合，才得以進入歐盟市場。此指令影響到其他國家或地區，如中國、日本、韓國、台灣、印度以及美國加州等，亦紛紛採取與歐盟指令相同或更嚴格的規範來管制危害物質。歐盟於 2011 年更新指令內容並稱之為新 RoHS 2.0 指令(2011/65/EU)，將原 6 類管制物質增加至 10 類 (如表 4.2.3-1)。並擴大產品管制範圍，由原 8 類擴增「醫療器材」、「監控儀器」、「其他電機電子產品」3 類，計 11 類管制範圍，如表 4.2.3-2；新版 RoHS 2.0 指令在危害物質管制項目與原指令相同。RoHS 2.0 指令(2011/65/EU) 已於 2017 年 10 月通過，條文中的有害物質限制於 2011 年 7 月 21 日生效²⁴。除了延伸物質限制範圍，RoHS 2.0 導入電子電機設備(EEE) 產品符合性評估與 CE 安全認證標示(CE Marking)的規範。企業須依循內部製程控制，依規定進行符合性評估，並提供產品符合相關指令與 RoHS 2.0 之符合性聲明書(DoC)，以及技術證明文件。RoHS 2.0 加入 CE 安全認證標示系統後，表示貼有 CE 標示的產品符合相關歐盟指令，例如 LVD(低電壓指令)、EMC(電磁相容指令)，以及 RoHS 2.0²⁵。

²⁴ Restriction of Hazardous Substances (RoHS 2) directive, <https://www.conformance.co.uk/adirectives/doku.php?id=rohs>

²⁵ RoHS2 法規面面觀 REACH 法規管轄重疊問題獲解套，國際化學品政策宣導網 <https://www.chemexp.org.tw/content/topic/TopicDetail.aspx?tid=16&id=1181>

表4.2.3-1 RoHS 2.0指令之危害物質管制項目

| 類別 | 項目 | 用途 | 限值 (ppm) |
|-----|------------------------|-----------------------------------|---------------|
| 重金屬 | 鉛(Pd) | 鉛管、油料添加劑、包裝物件、塑橡膠、染料、顏料、塗料、電子組件等。 | 1,000 |
| | 汞(Hg) | 電池、包裝物件、溫度計、電子組件等。 | 1,000 |
| | 鎘(Cd) | 包裝、塑橡膠、安定劑、染料、顏料、塗料、電子組件、表面處理等。 | 100 |
| | 六價鉻(Cr ⁶⁺) | 包裝物件、塑橡膠物件、染料、顏料、塗料、電鍍處理、表面處理等。 | 1,000 |
| 塑化劑 | 多溴聯苯 (PBB) | 塑膠 | 1,000 |
| | 多溴二苯醚 (PBDE) | 塑膠 | 1,000 |
| | 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) | 塑膠 | 1,000 (新增) |
| | 鄰苯二甲酸丁酯 苯甲酯 (BBP) | 塑膠 | 1,000 (新增) |
| | 鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) | 塑膠 | 1,000 (新增) |
| | 鄰苯二甲酸二異丁酯 (DIBP) | 塑膠 | 1,000 (新增) |

資料來源：作者彙整

備註：對於上述物質之用量管制限值，此處的用量管制是著眼於濃度，認定的基礎是均勻材質(homogeneous material)，均勻材質的定義為「不能透過機械分離而進一步分解的單一材料」。

表4.2.3-2 RoHS指令之管制產品類別

| 指令分類 | 產品類別 | | 生效日期 |
|------------------------|-------------|--------------|------------|
| RoHS指令 管制項目 | 1 | 大型家用電器 | 2006/07/01 |
| | 2 | 小型家用電器 | |
| | 3 | 資訊及電信通訊設備 | |
| | 4 | 消費型設備 | |
| | 5 | 照明設備* | |
| | 6 | 電機及電子工具** | |
| | 7 | 玩具、休閒及運動設備 | |
| | 10 | 自動販賣機 | |
| RoHS 2.0 指令擴充 項目 | 8 | 醫療器材 | 2014/07/22 |
| | | 體外診斷醫療儀器 | 2016/07/22 |
| | 9 | 監控儀器 | 2014/07/22 |
| | | 工業監控儀器 | 2017/07/22 |
| | 11 | 其他電子電機產品 | 2019/07/22 |
| | 新塑化劑 *** | 非醫療器材及工業監控儀器 | 2019/07/22 |
| 醫療器材及工業監控儀器 | | 2021/07/22 | |

資料來源：環保署，106年一般廢棄物源頭減量措施專案工作計畫。

註：

*歐盟在2014年1月9日公布第2014/14/EU號指令，含汞量為3.5毫克的30瓦以內之普通照明用途單頭節能燈，其壽命達20,000小時或以上則可獲豁免。

**大型固定工業工具除外。

***新塑化劑DEHP、DBP、BBP、DIBP。

要注意的是，RoHS 指令的範圍與廢棄電子電氣設備(WEEE)指令的範圍相同，只有少數例外。WEEE 指令規定了十大類產品(大家電、小家電、IT 和電信設備、消費設備、照明設備、電氣和電子工具、玩具與休閒和運動設備、醫療設備、監測和控制儀器、自動販賣機)。第八組和第九組“醫療設備”和“監測和控制儀器”不在 RoHS 的範圍內，但被列入 RoHS 2.0 的範圍內，這些將在 2019 年之前分階段實施。此外，“燈泡和家用燈泡”已被列入 RoHS 指令的範圍，但它們不在 WEEE 指令的範圍內。WEEE 指令要求生產者需按照 EN 50419 要求，在產品上印上打叉帶輪垃圾桶的標識，在產品上市的當地國註冊並定期申報產品上市數量及分類收集、再生、回收及廢棄電子產品數量。

我國經濟部標準檢驗局於 2013 年 7 月 30 日已公布「CNS 15663 電機電子類設備降低限用化學物質含量指引」；另並已公布「CNS 15050 電機電子類產品－六種管制物質(鉛、汞、鎘、六價鉻、多溴聯苯、多

溴二苯醚)測定法」、「CNS 15479 螢光燈管中汞量測定法」。標準檢驗局並於 2016 年公告電機電子類應施檢驗商品增加 CNS 15663 第 5 節「含有標示」(2013 年版)檢驗標準要求；將限用物質含有情況標示於表列商品之本體、包裝、標貼或說明書上；或以網頁方式提供(揭露)限用物質含有情況。

標檢局於 2016 年 6 月 6 日更新了應施檢驗電子類商品實施檢驗登錄/型式認可逐批檢驗品目明細表，其中自動資料處理機、印表機、影像影印機、監視器、投影機、網路多媒體播放機、電視機等產品，需要按照 CNS 15663 第 5 節「含有標示」進行限用化學物質標示，相關產品的實施時間自 2016 年 9 月 1 日至 2018 年 1 月 1 日開始分批實施。自此，啟動了「Taiwan RoHS」。

歐盟委員會 2003 年 5 月推出 REACH (1907/2006(EC))法規，已於 2007 年 6 月 1 日生效，大部分條文於 2008 年 6 月 1 日開始分階段實施。歐盟製造商和進口商有責任為其公司每年在歐盟生產或進口一噸或以上的每種化學物質或混合物，向歐洲化學品管理局(European Chemicals Agency, ECHA)註冊。物品(例如：玩具、紡織品、成衣、電器、攝影用品，以及其他含有化學物質的產品)內的物質若可能被釋放，亦受同樣條件約束。REACH 附錄十七的限用物質清單，包括鄰苯二甲酸酯類塑化劑含量 (Phthalates)、多環芳香族化合物 (PAHs)、有機錫 (Organotin)、總鎘、重金屬鎘、鎳遷移量等。ECHA 於 2019 年 7 月 16 日發佈最新的第 21 批高度關注物質(Substance of very high concern, SVHC)清單，累計 SVHC 共 201 項高度關注物質²⁶。企業會因為物質被納入 SVHC 清單中，而產生 REACH 法規的責任與義務。含有該物質物品的進口商和製造商應自其納入清單之日(2019 年 7 月 16 日)起 6 個月內，確認物品的 SVHC 物質濃度。如果超過 0.1%(重量比)，且 SVHC 物質重量超過 1 噸/年時，應向 ECHA 通報(notification)。

除 RoHS 指令、REACH 法規之危害物質外；電機電子產品無衝突礦產(Conflict Minerals)也是製造商的一項重要責任。無衝突礦產是美國於 2010 年通過華爾街再造與消費者保護法(Dodd-Frank Wall Street

²⁶ ECHA 發佈第 21 批高度關注物質清單，全國公證檢驗股份有限公司，2019.07.16.
<http://www.intertek-twn.com/FrontEnd/newseventsview.aspx?lang=C&no=1760>

Reform and Consumer Protection Act) ，該法案於金融改革法案第 1502 節中，要求美國證管會制訂一項「衝突礦產」的法令，需揭露產品製造過程中使用衝突礦產的來源，即金(Au)、鉭(Ta)、錫(Sn)和鎢(W)四種礦產，是否來自於不當控制勞工及非人權對待的剛果民主共和國及周遭國家之礦區。這些金屬可能被廣泛應用在資訊和通信技術產品上，與相關製造業及供應鏈有關聯。此法案已於 2011 年 5 月 31 日公告。

採用低污染加工法，也可以避免引入高污染物質。例如為產品外殼的光澤度及消除一般射出成型的表面結合線，可採無痕高光射出成型，取代可能含重金屬的噴塗或電鍍表面處理。設計範圍包括整體產品，產品表面塗料，塑膠零組件，產品採用之塑膠外殼、組件、黏著劑、感光材料、碳粉、墨水、電池、燈管、電路板等。以上範例僅為說明性質，並不完整。

另一個例子是全氟辛烷磺酸 (Perfluorooctane sulfonates, PFOS) ，意指分子式為 $C_8F_{17}SO_3$ 的化合物，因其具有防油、防水的特性，故亦廣泛應用在紡織品、地毯、鞋材、紙張、影印塗料、消防泡沫、影像材料、航空液壓油等製造領域中。PFOS 也被應用於半導體製程中的光微影術部分，包括光酸生成劑 (photoacid generators, PAGs) 及防止反射塗層 (Anti-reflective coatings, ARCs) 都會使用到。PFOS 所含的化合物存在周圍環境中歷久不散，可能會引起人體呼吸系統、免疫系統的問題，也會導致新生兒缺陷，聯合國在 2007 年 12 月正式發布 PFOS 為持久性有機污染物 (Persistent Organic Pollutants, POPs) 之一。歐盟 2006/122/EC 指令針對 PFOS 的使用做出了限制，該指令於公布日生效，而各成員國應於 2008 年 6 月 27 日開始實施限制措施。但排外項目包括：用於半導體黃光製程中之光阻劑，用於攝影用底片、紙張或印刷版之塗層，非裝飾性質之硬鉻電鍍所用之鉻霧抑制劑、航空水壓流動系統²⁷。接著 2017 年的 REACH 法規作了多項新公告及訊息，包括訂定 PFOA 及其關聯物質的濃度限量。PFOA 在 2008 年就被歐盟納入 REACH 法規管制，2017 年 6 月，歐盟發布新規(EU) 2017/1000，修訂 REACH 法規附件 17，將任何物質、混合物或物品中的 PFOA 及其鹽的含量不得超過 25 μ g/kg (ppb)，並且所含的 PFOA 關聯物質的含量不

²⁷ 歐盟 2006/122/EC 指令

得超過 1000 ppb，並於 2017 年 7 月 4 日正式生效²⁸。因此，半導體光微影製程光阻液的 PFOS，也並限制含量。

低污染應用在提供製程及產品或其組成分，相關禁止、限制使用特定物質的資訊。低污染設計之用語包括「無……」及「特定化學物質含量低於……單位」。「無……」之環境訴求，僅應在所含特定物質的含量，低於一般公認之微量污染物或背景值時，才屬於低污染。特定物質的含量低於可指明的規範之管制限值，應屬於「無……」(該規範有指定表示法時)或「特定化學物質含量低於……單位」。

在下列情況下，可提出製程、產品或包裝低污染：

1. 該特定物質不在國家法規中被禁止或被訂有管制限值。
2. 「無……」若係低於一般公認之微量污染物或背景值時，應附註檢測極限。
3. 「無……」若係基於特定規範之指定表示法，應隨附有解釋性說明，提出特定規範名稱及管制值。
4. 係依據與此產品項目有直接關聯的某些成分或某些特點時。
5. 與產品的生命週期中已經存在的某些主要環境考量面有關。
6. 應附有解釋性說明，展現特定物質之定期檢測結果與報告；認可之第三方檢測機構的檢測應定期實施。
7. 應附有解釋性說明，以敘明其中特定物質之環境考量，及替代物質或免除特定物質之環境效益，產品或包裝特性之改變。
8. 「無……」之特定物質，若為相同或類似功能的替代物質取代，應具體與清楚地說明替代物質之環境優越性，並提出改善的比較性主張，及比較基礎。

低污染之設計，若僅部分符合可指明的規範之管制限值；例如僅符合可指明規範之數種管制物質限值之一或數項；則不應有意或無意

²⁸ European Chemicals Agency, One new substance added to the Candidate List, several entries updated, 2017.07.10. <https://echa.europa.eu/-/one-new-substance-added-to-the-candidate-list>

地誤導消費者，產品係"完全符合"。需要注意，即使在字面上無誤，但如可能被採購者做出錯誤闡釋，或因遺漏相關事實而造成誤導。

此外，低污染之環境訴求，應依據適當標準與統計方法量測。用來評估與查證訴求之方法，應依據下列優先順序進行：國際標準、具有國際接受度並認可的標準(可包括區域或國家標準)，或接受過審查的產業或行業方法。如尚無已存在的方法時，設計者得擬定一個方法，並能提出接受審查。

特定物質的含量低於可指明的規範之管制限值，應以「未含特定物質」(該規範有指定表示法時)或「指定化學物質含量低於特定值」提出。

4.3 產品使用

於產品使用階段，減低環境衝擊最主要的綠色設計準則包括：一、使用階段省資源；二、使用階段省能源；三、產品服務化。

4.3.1 使用階段省資源(包括物料、水)

使用階段省資源係指製造或銷售產品或特定的相關組成分時，可能減少的資源，特指物料資源。

- 1.所有關於減少資源使用量，皆應予量化。
- 2.提出減少資源使用量時，應在解釋性說明中敘述所減少資源之種類。
- 3.如因減少某項資源使用，而造成其他資源使用增加時，則應於解釋性說明中敘述所增加使用之資源與增加之百分比。
- 4.有關產品之減少資源使用量，應扣除包裝後單獨敘述。
- 5.減少資源使用的訴求，應以減少之百分比(%)來表示。
- 6.如在最初的十二個月內，可達到資源之減少使用量，則可依據產品的設計或配銷或製程，估算減少資源使用量。
- 7.資源使用量的改變，應依據每項資源分別敘述。
- 8.依據產品的製程或配銷或設計，可達到減少資源之使用，估算減少量。

使用階段節省的資源，也可以是水。省水之設計，一般是以用水效率、水資源保育、節約用水等方式表達。

- 1.所有關於用水效率或減少用水量，是一項比較性計算。
- 2.減少用水量，應以產品在使用時用水之減少量為依據；不應包括此產品的製程中所減少使用之水量。
- 3.用水量應依據針對每一產品確立之標準與方法來量測。

4.用水量須採用統計程序來計算平均值。使用方法的選擇應依據下列優先順序進行：國際標準、具有國際接受度並認可的標準(可包括區域或國家標準)，或接受過專家審查的產業或行業方法。如尚無已存在的方法時，設計者得擬定一個方法，並能提出接受審查。

4.3.2 使用階段省能源

減少能源消耗之設計，一般是以能源效率、能源維護、能源節約等方式表達。

- 1.所有關於減少能源消耗量，是一項比較性計算。
- 2.減少能源消耗量，應以產品使用中或服務提供時所減少使用之能源消耗為依據；不應包括在製造此產品製程中所減少使用之能源。
- 3.能源消耗的減少量，應依據針對每一產品確立之標準與方法來量測。
- 4.能源消耗的減少量須採用統計程序來計算平均數值。能源消耗減少量評估方法的選擇，應依據適當標準與統計方法量測。用來評估與查證訴求之方法，應依據下列優先順序進行：國際標準、具有國際接受度並認可的標準(可包括區域或國家標準)，或接受過審查的產業或行業方法。

與水的移動有關連的產能之可再生性能源，應僅在於以永續發展原則管理的產源，始可被提出。

產品完全使用可再生能源，應僅在該產品的能源供給是 100% 可再生時才可提出。否則，使用可再生能源應符合下列條件：

- 1.當部分的能源供給是來自再生能源，其比例應被清楚地敘述。
- 2.對一產品使用來自包含一定比例再生能源的電力網電能時，該再生能源的計算，需要特別小心。

另一個與使用階段省能源相關的是產品碳足跡，是產品生命週期的溫室氣體排放總量，但通常是以從搖籃到大門為碳排的計算範圍。產品碳足跡是報告全球暖化或氣候變遷之環境衝擊類型的一種方式，

該衝擊在生命週期評估中被評價；但僅限全球暖化之環境衝擊，未能夠表明一產品在其生命週期的總環境績效。

4.3.3 產品服務化

產品系統服務包括三類，分別為產品導向服務(Product-oriented Service)、使用導向服務(Use-oriented Service)與結果導向服務(Result-oriented Service)。

若以影印機的產品服務為比喻（產品為影印機）：

- 1.「產品導向服務」即是「0800 售後服務」，包括圍繞在影印機的客服、維修、保養、校正等。
- 2.「使用導向服務」即是以使用次數或是使用時間為基準的服務，例如「影印機租賃服務」即是典型的一類。
- 3.「結果導向服務」是最終使用影印機的目的論，影印機的目的即是「影印」。因此，類似「影印店」即是屬於此類。

產品系統服務概念可提供給製造有形產品的廠商，延伸到服務模式的操作參考。

4.4 廢棄管理及回收

於廢棄管理及回收階段，減低環境衝擊最主要的綠色設計準則包括：
一、回收再利用；二、延伸產品責任措施。

4.4.1 回收再利用

除非此產品能依據其原始目的被回收再利用，否則不屬於回收再利用之設計。僅應在下列情況下，才屬於產品為回收再利用之設計：

- 1.已有方案來收集使用過的產品，以進行回收再利用；或
- 2.已有設施或產品，使採購者能進行舊廢產品之回收再利用。

當產品出售地區中，佔合理比例的產品消費者，無法很容易地使用收集用過的產品之方案，或使用達成回收再利用目的之設施時，應遵循下列。

- 1.應充分地表達收集方案或設施取得之有限性。
- 2.一般性的使用條件，如"若設施存在時，可回收再利用"，並無法表達收集方案或設施取得之有限性，因此並不足夠。

回收再利用之設計，應僅在不需取得機密之商業資訊即可進行查證時，才被認為是可查證的。廠商可主動對大眾公開在查證可再利用時所需之資訊；否則在被要求提出時，即應在合理的成本、時間、地點的情況下，公開查證可再利用所需之資訊。回收再利用之設計，應包括下列證據：

- 1.已有可回收再利用設施，供回收再利用之產品應用。
- 2.進行產品回收再利用所需的設施，能便利地提供給合理比例之產品消費者使用。

以我國資源回收四合一計畫應回收物品中，即包括了「廢電子電器類」及「廢資訊物品類」，有具回收再利用能力之回收處理廠，並可提供經稽核驗證之各項回收資訊。其他，如歐盟的 WEEE 指令的管理架構與回收處理實踐，也都可以符合本項「回收再利用」準則。

4.4.2 延伸產品責任措施

對電機電子產品而言，既有公部門的強制性廢棄管理措施有回收基管會的應回收物品，包括廢電子電器及廢資訊物品。廢電子電器有電視機、電冰箱、洗衣機、冷暖氣機、電風扇；廢資訊物品有可攜式電腦(包含筆記型電腦和平板電腦)、顯示器、主機板、硬式磁碟機、電源器、機殼、印表機、鍵盤。

歐盟則有能源相關產品生態化設計指令(ErP)，規範提供生態化設計與環境資訊揭露的生態特性說明書(Eco-profile)。亦有廠商實施延伸產品責任至廢棄管理，可採用自主性的廢棄管理措施；例如提供產品拆解說明書予回收處理廠。

4.5 使用有機資材或生物可分解塑膠議題

一、生物基或石化基材料及生物可分解或不可分解之關係

欲探討使用有機資材或生物可分解塑膠議題，需先了解生物基或石化基材料及生物可分解或不可分解之關係。就「使用有機資材」及「使用生物可分解材質」而言，是不是生物基材料或石化基材料，與是不是生物可分解或生物不可分解，並沒有必然性。也就是說，不是所有的生物基塑膠都是生物可分解的；反之亦然。

圖 4.5-1 顯示了四類塑膠的原料來源與生物分解性的區分，生物基塑膠是指塑膠的原料是來自於生物質，而非石油等石化原料；而生物可分解塑膠是指可以在特定條件下被生物降解的塑膠。四類塑膠的原料來源與生物分解性，區分如下。

- 石化基生物不可分解塑膠：
一般的傳統塑膠，比如聚乙烯(PE)、聚苯乙烯(PS)、聚碳酸酯(PC)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)等。
- 石化基生物可分解塑膠：
來自於石油，但是可以被生物分解的塑膠。產業化基本上就三種：聚己二酸/對苯二甲酸丁二酯(PBAT)、聚己內酯(PCL)、石化基聚丁二酸丁二醇酯(PBS)。
- 生物基生物不可分解塑膠：
原料來自於生物質，但成分和傳統塑膠一樣，比如生物基 PE、生物基 PET、聚對苯二甲酸丙二醇酯(PTT)、聚對苯二甲酸丁二酯(PBT)等。
- 生物基生物可分解塑膠：
同時滿足生物基和生物可分解兩種特性，產業化基本上有四種：聚乳酸(PLA)、聚羥基脂肪酸酯(PHA)、生物基聚丁二酸丁二醇酯(PBS)、澱粉基塑膠。

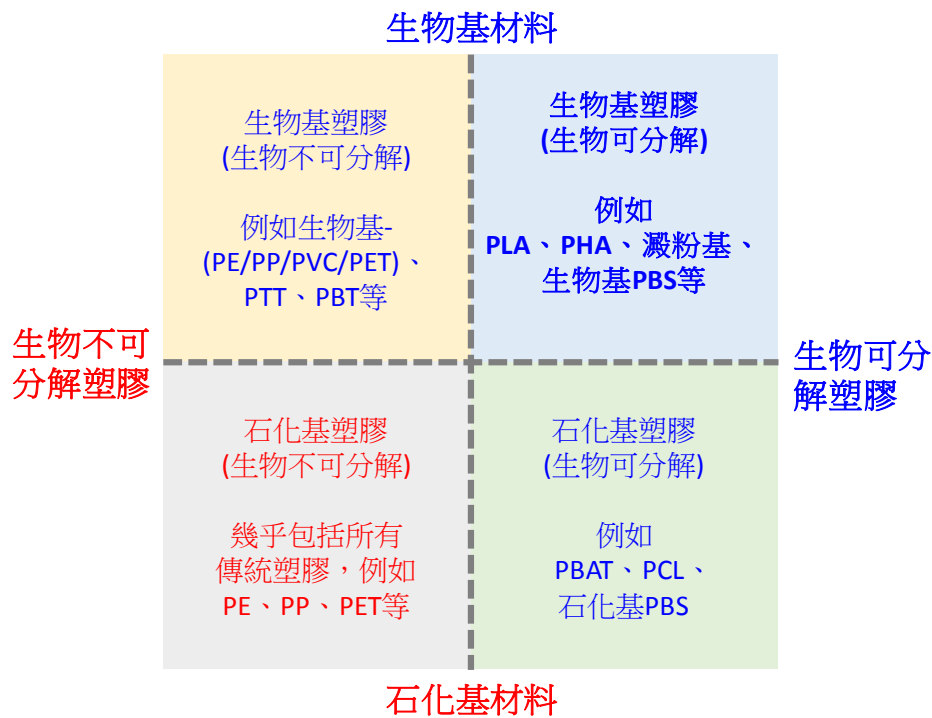


圖 4.5-1 生物基或石化基材料及生物可分解或不可分解之關係

二、使用有機資材

使用有機資材的產品設計，對有機資材的使用有以下三種型式。

1. 有機資材直接或經簡單物理處理後利用：通常此類有機資材之產品，消費廢棄後為生物可分解或可堆肥化；但實際的生物可分解度或可堆肥化程度，仍需以其對應的標準檢測結果為準。
2. 有機資材經微細化後複合為產品之成分：通常此類有機資材之產品，已於微觀摻入混合其他可能難降解物料，可能導致產品消費廢棄後，成為生物不可分解或不可堆肥化之廢棄物。限於各物料摻雜比例不一，實際的生物可分解度或可堆肥化程度，仍需以其對應的標準檢測結果為準。
3. 有機資材經化學方法分解或(及)合成為產品的原料：通常此類有機資材經化學方法分解或(及)合成後，可能與化石原料無區別，以該

原料製造產品過程與使用化石原料無異，且生產出的產品特性與化石原料生產產品無異，廢棄後通常是生物不可分解或不可堆肥。例如以甘蔗或植物分解為乙醇合成樹脂原料再生產的塑膠製品，其特性與化石原料生產的塑膠製品無異。不過，仍需了解的是，以甘蔗或植物分解為乙醇合成樹脂原料，相較石油煉製製程，通常會有減碳效益。且甘蔗或植物屬可再生資源；而石油、煤、天然氣為不可再生資源。

三、生物可分解塑膠

可分解性是化學結構的易改變性，後續發生的物理與機械性質變化則導致產品或物料之分解。下列條件適用於所有型式之生物可分解：

- 1.可分解性應僅在與特殊測試方法，包括最大分解程度與測試期間有關的情況下方能提出，並應與產品可能被處置之環境狀態有關。
- 2.如產品，或產品中的組成分在分解時，會釋放出濃度足以傷害環境之物質時，則不屬於可分解之產品設計。

在塑膠製品綠色設計的原料替代手段中有一重要的議題需先釐清，也就是生物可分解及可堆肥的意義，兩者是有差異的；且更重要的是需釐清何謂生物可分解。

- 1.「生物可分解(biodegradable)」是指有機物質進入天然碳循環的難易程度，最終將其轉化為微生物生物質和二氧化碳，或沼氣、二氧化碳和甲烷的混合物²⁹。影響生物分解速率和程度的關鍵因素是有機物質及其狀態的性質(無論是溶解還是懸浮粒子)。其他環境因素包括氧氣，鹽度，溫度，pH 值，營養物質，或其他存在或不存在的化學因素。環境條件會影響生物分解的發生及速率，但由於生物可分解性無法針對每一個可預想到的環境進行評估，有關有機物可能會被排出並可能持續存在累積在環境中，因此生物分解性檢測是必須的。對生物可分解塑膠的檢測應包含，廢水好氧及厭氧消化、海水表面

²⁹ Angelidaki I., Sanders W., Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 3(2), 117-129, 2004.

層、底棲的海洋環境，及水生動物的體內環境。以生物可分解材質替代塑膠之使用材質，必須經過不同環境的檢測，確認其在該環境下的分解度是否有影響。

2. 「可堆肥(compostable)」塑膠不含傳統塑膠(如聚乙烯 PE、聚丙烯 PP、聚苯乙烯 PS、聚氯乙烯 PVC)，要能靠微生物進行分解後變成有機質、二氧化碳跟水，才算真正生物可分解。為確保可堆肥生物可分解塑膠真的可分解，歐盟、美、日、澳洲等都發展出嚴謹的認證程序；我國環保標章也有生物可分解塑膠的規範。此外，這類塑膠製品的高分子在製造過程中還是有可能使用含重金屬催化劑進行聚合。所以可堆肥驗證過程中，也必須確保分解後不會殘留毒性或有害重金屬，以免有害物質殘留在土中進入食物鏈。

四、環保標章規格標準「生物可分解塑膠」

我國環保標章規格標準「生物可分解塑膠」係指在堆肥化期間經歷生物降解過程中，以與其他已知可堆肥化材料一致之速率產生二氧化碳、水、無機化合物及生質，且未遺留可目測、可區別或有毒殘留物之塑膠。有機碳轉換為二氧化碳率 $\geq 90\%$ ，產品中無機填充物之重量組成應不得超過 40%，產品中不得含聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯或聚氯乙烯等成分，產品之附加物，如接著劑、印刷油墨或標籤等之總重量應不得超過產品總重量 1%。產品應符合經濟合作發展組織化學品試驗指導綱要 208 號(OECD Guidelines for the Testing of Chemicals)之無毒性規定。生物可分解管限制值為有機碳轉換為二氧化碳率 $\geq 90\%$ 之檢測標準，係依據中國國家標準 CNS 14432 (ISO 14855)塑膠材料在控制堆肥條件下最終好氣生物分解度及崩解性測定法—二氧化碳釋出量分析法。

除第一類環保標章相關生物可分解及堆肥之規格標準外，我國環保署第二類環保標章可申請的產品相關環境訴求之定義有：

- 1.具生物可分解：產品可在特定情況下，於一定時間內生物分解至特定之程度。
- 2.具可堆肥化：產品或其組成分可被生物分解為相當均質性且穩定類

似腐植質之物質。

目前國際間較為常見的依循法規，諸如歐盟之 EN 13432。該 EN 標準除了包含 ISO 14855 的規定外，還特別包含了生態毒性(ecotoxicity)之測定，其一般檢測乃選擇兩種高等植物來檢測，經由 ISO 14855 的工業型堆肥(56-60°C)所獲得的堆肥土不會對於植物的生長造成任何不良後果，具有較為完整的生物可分解性質之生態安全性要求。但無論是 CNS 14432 或 EN 13432 皆是採用工業型堆肥(56-60°C)，其溫度範圍與自然界的一般溫度範圍差異太大；所以目前歐盟主要國家開始要求生物可分解性(或稱之為可堆肥化塑膠)應該要符合家庭式堆肥(20-30°C)分解之要求，基本上即是 EN 13432 的改良版。此類標準的改進修正，是未來生物可分解材質檢測的改進方向。且歐盟亦進一步研擬將生物可分解環境改為土壤、水或海水等環境；同時無論是何種分解環境，皆須將分解物進行其相關的生態毒性測定。

可分物分解性始終是一個隱晦的技術性議題，且其定義常存在些許模糊空間。近年來逐漸明確化的部分是含氧可裂解聚合物(oxo-degradable polymer)，及石化基與澱粉基等混合高分子，由於容易在環境中裂化為生物不可分解的微塑膠，因此已被聯合國、各國與眾多團體歸類為非綠色產品³⁰。

此外，需注意的是 PLA 僅是目前生物基的生物可分解塑膠中，市場佔有率最高的一種；仍然有其他種類的生物可分解塑膠。配合回收路徑之實踐(區分為材質回收及堆肥)，可視需要開放使用與回收生物可分解塑膠。此外，生物可分解塑膠由樹脂原料、混配母料生產、製品生產的過程，亦有可能改變其生物可分解性。因此，生物可分解度的驗證至少須塑膠製品能夠通過，或包括樹脂原料與混配母料皆需檢測通過。

³⁰ Biodegradable Plastics and Marine Litter: misconceptions, concerns and impacts on marine environments, UNEP, 2015.
http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7468/-Biodegradable_Plastics_and_Marine_Litter_Misconceptions%2c_concerns_and_impacts_on_marine_environments-2015BiodegradablePlasticsAndMarineLitter.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y

4.6 綠色設計評估方式

一、使用回收料之評估方式

使用回收料之回收比例，應依據下列計算方法所得之百分比數值表示。若於無方法可直接量測產品中的回收比例，可由獲自回收程序之物料質量，於扣除損失量與其他轉換損失之後，加以計算：

$$X(\%) = \frac{A}{P} \times 100$$

式中，

X：為回收比例，以百分比數值表示。

A：為回收物料質量。

P：為產品質量。

上述所取各計算值之來源，參見物料回收系統圖示(圖4.1-3)。

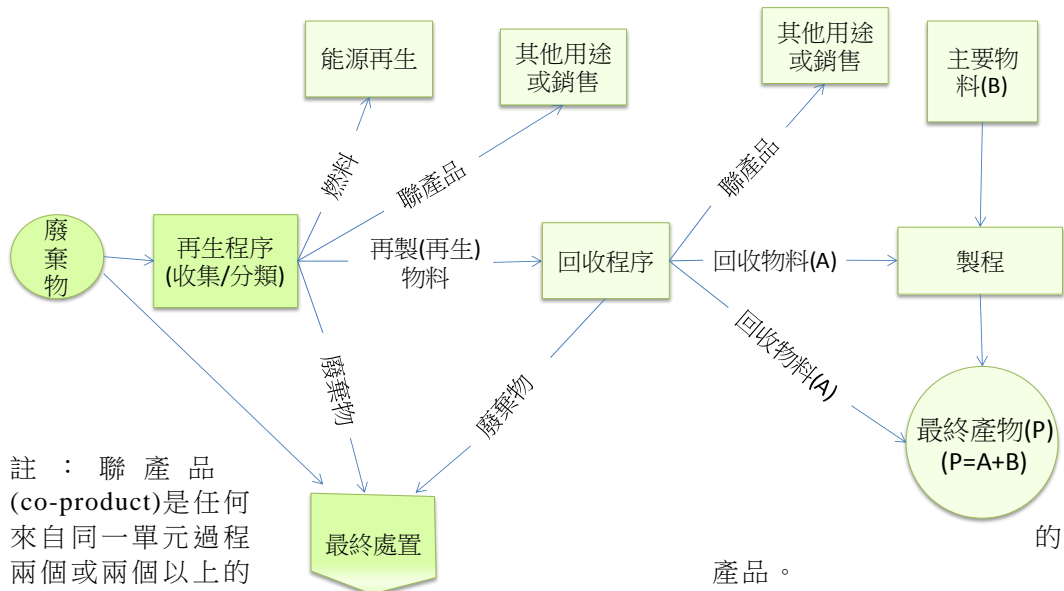


圖 4.6-1 物料回收系統圖示

二、製程省資源之評估方式

每一產品生產單位所消耗之資源量，應將十二個月期間內所使用的總資源投入量，除以相同十二個月內總生產量之計算方式求得。

減少資源使用之百分比(%)，應使用下列公式計算。

$$U(\%) = \frac{I - N}{I} \times 100$$

式中，

U：為每一生產單位減少之資源使用量，以百分比表示之。

I：為最初的資源使用量，以每一生產單位所消耗之資源量表示。

N：為新的資源使用量，以每一生產單位所消耗之資源量表示。

三、製程節能之評估方式與指標

應使用下列計算方法來進行節能之評估：

1. 節能或淨回收能源之訴求，應以下列方式來表達：

$$\text{淨回收能源}(\%) = \frac{R - E}{P + R - E} \times 100$$

式中：

P：是製程中用來製造此產品，且來自於主要來源之能量。

R：是來自於節能或能源回收過程可減少之能量。

E：是來自於主要來源之能量，且被用於節能或能源回收過程中，以減少能源使用或回收能源之能量。

2. 只有在 $R - E > 0$ 時，才有可能達到製程節能或回收能源。

四、使用階段省資源之評估方式

使用階段每一產品生產單位所消耗之資源量，應將十二個月期間內所使用的總資源投入量，除以相同十二個月內總生產量之計算方式求得。減少資源使用之百分比(%)，應使用下列公式計算。

$$U(\%) = \frac{I - N}{I} \times 100$$

式中，

U：為每一生產單位減少之資源使用量，以百分比表示之。

I：為最初的資源使用量，以每一生產單位所消耗之資源量表示。

N：為新的資源使用量，以每一生產單位所消耗之資源量表示。

五、可靠性之評估方法

1. 綠色設計準則應實施評估措施，以達成為查證該設計準則所需之可靠與可重複之結果。
2. 評估應予以完整的文件化，同時此項文件應依據資訊公開目的而保存。文件保留之期間，考慮產品壽命所定之合理期間，應為產品上市期間，以及下市之後三年。

關於可靠性之指引，見下列參考標準：

- (1) ISO 9004-1: 1994 (品質管理與品質系統要項-第一部分：指導綱要)
- (2) ISO/IEC Guide 25: 1990 (校正與測試實驗室能力之一般要求事項)
- (3) ANSI/ASQC E4-1994 (環境數據蒐集與環保科技計畫之品質系統規範與指導綱要)
- (4) EN45001: 1989 (測試實驗室作業之一般準則)

六、比較性主張和比較性計算之評估方法

1. 比較性主張，應依據下列之一項或多項進行評估：
 - (1) 本身之先前產品。

(2) 產品本身之先前製程。

(3) 另一個廠商之產品。

(4) 另一個廠商之製程。

此項比較僅應以下列方式來進行：使用已公布的標準或經認可之測試方法；及一與提供類似功能的同等產品比較，該產品係由現在或最近，在同一產品市場中之同一或另一廠商所供應。

2. 涉及產品生命週期的環境考量面之比較性主張應：

(1) 使用相同的測量單位予以量化並計算。

(2) 依據相同的功能單位。

(3) 採用適當之時間間隔來計算，一般為十二個月。

3. 比較性計算可依據百分率或絕對(測量)值

(1) 百分率，此時應以絕對值差異之方式來表示

範例：當回收比例由 10% 改變成 15% 時，其間的絕對差異是 $15\% - 10\% = 5\%$ ，此時可以提出額外增加 5% 回收比例之比較性計算；但如提出回收比例增加 50% 之主張，可能造成誤導。

(2) 絕對(測量)值的情況須以相對之改善程度來表示

範例：如果說先前的產品壽命為 10 個月，在進行產品改善之後壽命增加為 15 個月。則相對差異為

$$\frac{15 \text{ 個月} - 10 \text{ 個月}}{10 \text{ 個月}} \times 100 = 50\%$$

此時可提出產品壽命增加 50% 的訴求。如其中之一數值極為微小時，應使用絕對差異值。

4. 有關產品與其包裝物之改善程度，應分別而非合併敘述。

七、評估方法之選擇

評估方法應依據下列優先順序進行：國際標準、具有國際受度並認可的標準(可包括區域或國家標準)或接受過專家審查的產業或行業

方法。如尚無已存在的方法時，得自行擬定一個方法，但此方法要能滿足本節之其他規範，並能提出並接受審查。

八、評估方法與結果之資訊取得

1. 產品綠色設計主張(即產品綠色設計準則之環境化特性)，應僅在不需取得機密之商業資訊即可進行查證時，才被認為是可查證的。如需取得機密性商業資訊方能進行查證時，則此項主張不應被提出。
2. 產品綠色設計主張者可主動對大眾公開，在查證產品環境化特性時所需之資訊。否則在任何尋求查證此項環境化特性之人員提出要求時，即應在合理的成本(例如支付管理費用)、時間、地點的情況下，公開查證所需之資訊。
3. 依據評估方法之可靠性要求，需要文件化與保存之資訊，最少應包括下列：
 - (1) 所使用的標準或方法。
 - (2) 如無法以測試最終產品的方式來查證時，已文件化其環境化特性之證據。
 - (3) 在查證環境化特性時需要的測試結果。
 - (4) 如測試係由一獨立的第三者執行時，該第三者之名稱與地址。
 - (5) 此項綠色設計主張不僅對最終產品而言應為正確，亦應能考慮產品生命週期中的所有相關考量面，以鑑別在減少一項環境衝擊的過程中，同時增加另一項環境衝擊之潛在性。且此項主張應與發生相對應的環境衝擊之地區有關。
 - (6) 如產品綠色設計主張包含與其他產品之比較時，則使用方法的敘述、這些產品之任何測試結果，及任何所做之假設，均應清楚說明。當提出環境優越性或改善的比較性主張時，應具體並清楚地說明比較基礎，尤其是此項環境化特性與改善發生日期之關聯性。
 - (7) 產品綠色設計主張者的評估結果，應能確保其產品環境化特性

在下述期間內維持持續正確性的證據；此期間涵蓋產品上市的期間，以及產品下市之後，考慮產品之壽命所定的合理期間。

九、生命週期評估法

生命週期評估是基於對環保的重視，及認知產品在產製與消費時的可能衝擊，所發展以更瞭解並降低這些衝擊之方法技術之一。生命週期評估係研究產品從原物料取得、生產、運輸、使用及處置(亦即搖籃至墳墓)整個生命過程中的環境考量面與潛在衝擊。需要考量的環境衝擊，通常包括資源使用、人體健康及生態影響等類別。

詳見第一章名詞解釋之二，及參見「ISO 14040 環境管理－生命週期評估－原則與架構」系列標準。

第五章 產品綠色設計案例

本章以生命週期階段區分，蒐集電機電子產品綠色設計資訊。以下則分別從產品設計與原料取得階段、生產製造階段、產品使用階段、廢棄管理與回收階段，提供產品綠色設計案例供產業參考。

5.1 產品設計與原料取得

於產品設計與原料取得階段，減低環境衝擊最主要的綠色設計準則包括：相容性設計、模組化設計、採用回收料。

5.1.1 相容性設計

相容性設計包括：一、鎖附件螺絲規格單一化；二、塑膠零件或外殼以模造材質編號；三、產品或零件材質單一化；四、產品多功能化；五、可重填設計。

一、鎖附件螺絲規格單一化

電機電子產品的零組件經常需要設計採用螺絲，將各種不同鎖附件與本體或不同的模組零件加以連結固定。如果這些螺絲的規格樣式能夠單一化或少樣化，將有利於後續的維修，及產品壽命終結後回收處理時所需的拆解作業。

不過，廠商有時候卻又為了市場因素，採用特殊規格的螺絲。例如蘋果公司在 2009 年為了防止使用者自己更換 MacBook 的電池，首次使用五星狀防撬螺絲(pentalobe screws，如圖 5.1.1-1 為使用在 iPhone 6s 的狀態)；當年能夠卸下 Pentalobe 螺絲的起子並無公開販售。

一家設於美國加州聖路易斯-奧比斯堡的 iFixit 公司，以第一時間取得蘋果公司新發售產品進行拆解，並根據拆解難易度以分數評定，將拆解報告刊登於網站上而聞名。其拆解報告曾將 MacBook Pro Retina 的可維修性評為 1 分(滿分 10)，其中一個缺點即是使用五星狀防撬螺絲，不能用標準螺絲起子拆卸³¹。

³¹ <https://www.ifixit.com/Teardown/MacBook+Pro+13-Inch+Touch+Bar+Teardown/73480>



資料來源：

上 [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IPhone_6s_-_Touch_ID,_3.5mm_Phone_connector,_Lightning_\(connector\)-92678.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IPhone_6s_-_Touch_ID,_3.5mm_Phone_connector,_Lightning_(connector)-92678.jpg)

下 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IPhone_6s_-_Lightning_connector_with_pentalobe_screws-92677.jpg

照片版權屬於© Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0 (透過 Wikimedia Commons)

圖 5.1.1-1 手機 iPhone 6s 帶五角螺釘的 Lightning 連接器

時至現在，「防撬」螺絲的功能已經幾乎失去意義了，雖然在一般店家裡可能還是不容易買到可以拆解五星狀防撬螺絲的起子；但是在第三方維修店，或是對玩家級高手而言，拆解防撬螺絲可能已非難事。

產品設計者在考量產品多方面的特性需求時；仍應將產品維修，及產品壽命終結後回收處理時所需的拆解納入考量。其中，鎖附件螺絲規格單一化，即為一個簡易的設計準則。

二、塑膠零件或外殼以刻模材質編號

我國包括資訊產品類、家電產品類，及其他類別的環保標章規格標準(例如電腦主機、顯示器、列印機、洗衣機、冷氣機、除濕機、家用微波爐等產品)，皆有規定產品塑膠零組件重量為 25 公克以上者，應參照 ISO 11469 規定，於明顯處清晰標示材質種類。塑膠零組件材質種類之標示方式如下：

(一)產品標示

塑膠產品應於表面上進行相應之材質標示，並於標示材質簡稱前後以「>」和「<」進行表示。

(二)單一成分產品

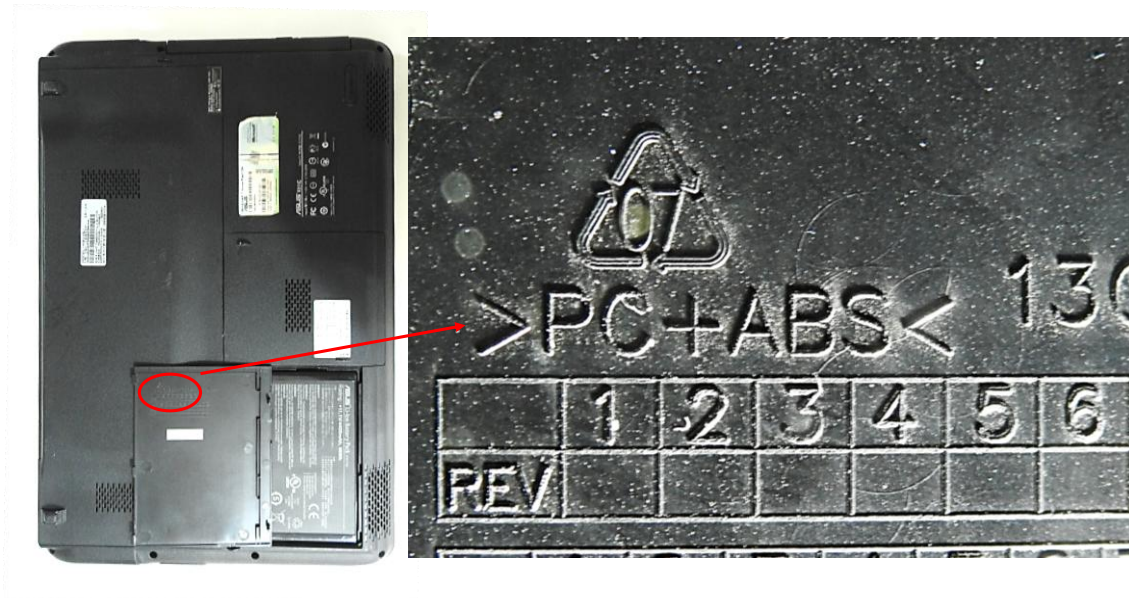
單一成分製成的產品應標明材質。

舉例：使用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯聚合物應標示為> ABS <

(三)聚合物混合物

聚合物混合物產品，應以相應的簡稱構成，主要聚合物應排在首位，其次為其他成分，並以主次成分依序排列

舉例：對於聚碳酸酯和丙烯腈-丁二烯-苯乙烯的混合物，其中聚碳酸酯是主要聚合物，丙烯腈-丁二烯-苯乙烯分散於其中應標示為> PC + ABS <，如圖 5.1.1-2 所示。



資料來源：作者拍攝。

圖 5.1.1-2 筆電電池護蓋之刻模塑膠材質編號

(四)成分與特殊添加劑

1. 填料或增強劑

聚合物組成中一個單一填料或增強劑，應標示縮寫與質量百分比。

舉例 1:對於含有 30%礦物粉末之聚丙烯應標示為> PP-MD30<

用於與填料或增強劑的混合物應標示縮寫與質量百分比，添加劑應置於括號（）之間，如舉例 2 和 3。

舉例 2:對於含有 15%礦物粉末和 25%玻璃纖維之聚酰胺 66，應標示為> PA66- (GF25+ MD15) <或> PA66- (GF + MD) 40<

舉例 3:對含有 50%礦物粉末和 25%玻璃纖維之不飽和聚酯熱固性模塑化合物，應標示為>UP- (MD50+ GF25) <或> UP- (MD+GF) 75<

2. 增塑劑

聚合物含增塑劑成分應標示縮寫，於符號“P”後面括號納入增塑劑縮寫。

舉例： PVC 包含鄰苯二甲酸二丁酯作為增塑劑，應標示為> PVC -P (DBP) <

3. 阻燃劑

聚合物含阻燃劑的成分應標示縮寫，於符號“FR”，後面括號納入阻燃劑縮寫。

舉例：對含有 15%礦物粉末和 25%玻璃纖維之聚酰胺 66，另以紅磷（52）作為阻燃劑，應標示為 > PA66-（GF25 + MD15）FR（52）< 或 > PA66 -（GF + MD）40 FR（52）<

4.產品具有兩種以上成分難以分離

這包括兩個以上成分，其中有一些是不容易鑑別，應首先標明可確定之材料，隨後鑑別其他的材料。主要成分應於縮寫下劃線。

舉例：對於由三成分組成，一是聚氯乙烯薄塗層，在一個產品聚氨酯混合主要成分丙烯腈-丁二烯-苯乙烯，應標示為 > PVC,PUR,ABS<

三、產品或零件材質單一化

電機電子產品或模組之材質單一化比例愈高，將愈有利於產品廢棄拆解時的低回收成本與高回收料價值。早期電腦液晶螢幕的背板，考慮壁掛需求時，會在螺絲鎖附處，設計大尺寸的壁掛補強鐵板，如圖 5.1.1-3。在製造過程，為求加工簡便，多以超音波熔接，或是熱熔加工，將塑膠與鐵板結合，在後續回收處理時，使得塑膠與鐵板難以分離，產生很大困擾。因為廢液晶螢幕的回收程序(其他廢電機電子產品類同)，先經大部拆解後，接著大多以破碎機進行塑膠件破碎。破碎過程遇到前述大尺寸的鐵板，輕則傷切刀的刀刃，重者刀具崩毀，甚或因此損壞塑膠破碎機。

因此，後續產品綠色設計上做了「偷料」設計的修正，如圖 5.1.1-4。去除不影響強度的餘料，大幅縮小原先的大尺寸壁掛補強鐵板，改為小尺寸補強鐵片，降低回收處理廠破碎機具的刀具負擔。在大幅減少補強鐵片的尺寸後，同時節省了原物料鐵板的使用量；雖然仍未能修正補強鐵片的結合方式，但已能紓解回收處理廠塑膠破碎機損毀的壓力。近期，因製造商認知大多數電腦螢幕並無壁掛需求，透過產品設計之合理化檢討，以強化塑膠結構設計，取代先前的補強鐵片，如圖 5.1.1-5。採用單一塑膠材質作為電腦液晶螢幕的背板，減少產品組裝加工程序，並使得廢棄產品處理過程的成本降低。

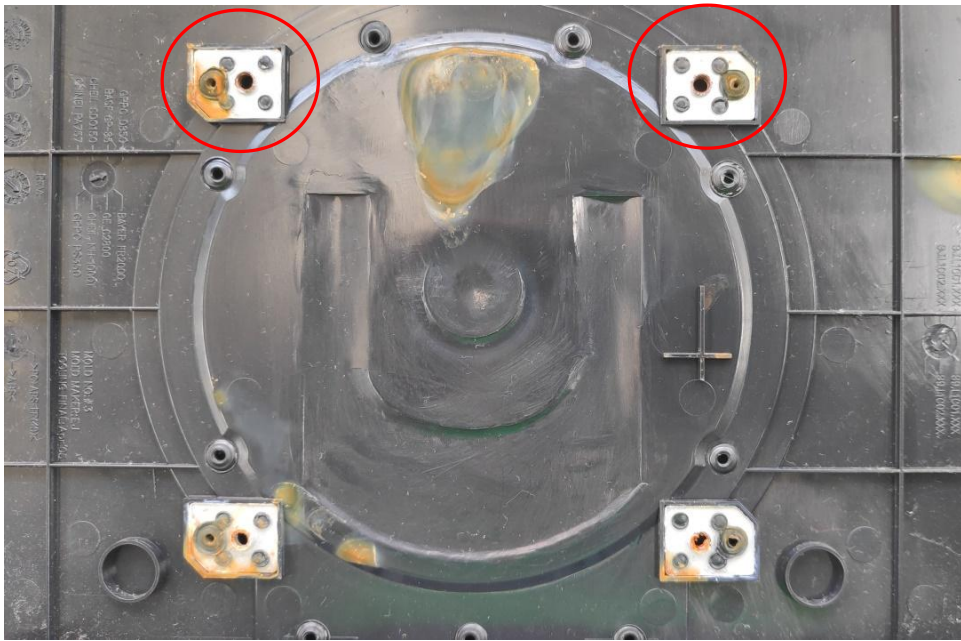
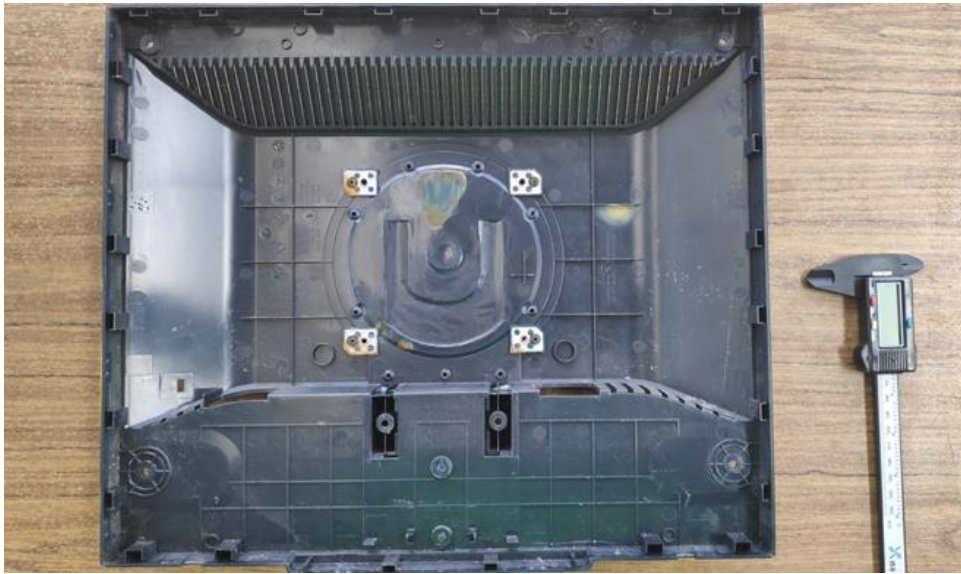


資料來源：綠電再生股份有限公司。

(上圖) 早期電腦液晶螢幕的背板

(下圖) 紅框處為以超音波熔接塑膠背板與大尺寸補強鐵板

圖 5.1.1-3 電腦液晶螢幕背板之熔接塑膠與大尺寸壁掛補強鐵板

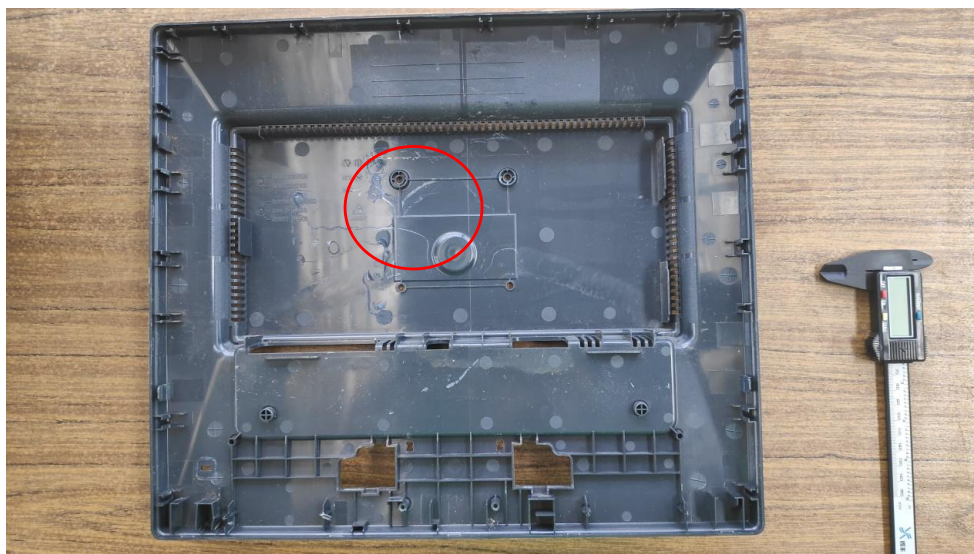


資料來源：綠電再生股份有限公司。

(上圖) 修正設計後電腦液晶螢幕的背板

(下圖) 紅框處為以超音波熔接塑膠背板與小尺寸壁掛補強鐵片

圖 5.1.1-4 電腦液晶螢幕背板之熔接塑膠與小尺寸壁掛補強鐵片



資料來源：綠電再生股份有限公司。
(上圖) 綠色設計後單一材質的電腦液晶螢幕背板
(下圖) 塑膠背板標示材質>ABS<

圖 5.1.1-5 電腦液晶螢幕背板之單一塑膠材質設計

除了電腦液晶螢幕的背板外，材質單一化的綠色設計準則，也可以在液晶螢幕底座看到。液晶螢幕底座的設計目的，是為了提供整個液晶螢幕的支撐。所以，需要一定的強度規格與底座面積。如圖 5.1.1-6 的初期設計，採用傳統的螺絲鎖附作業，很明顯可以看到，大尺寸鐵板的面積幾乎與整個底座面積相同。

後續產品綠色設計上做了「偷料」設計的修正，如圖 5.1.1-7 改為小尺寸鐵板。減少了大尺寸鐵板的面積，在符合強度規格的同時，降低了鐵材的使用量。但是，一樣的問題，鐵片存在的目的與必要性、可取代性，是否可能做到材質一致化，遂有了圖 5.1.1-8 單一材質化的綠色設計。採用單一塑膠材質作為電腦液晶螢幕的底座，減少產品組裝加工程序，並使得廢棄產品處理過程的成本降低。圖 5.1.1-8 以網格肋補強的結構，來取代鐵板補強的作用。單一材質的設計，未來廢棄產品，有利於組件拆解作業或破壞拆解作業，且拆解後的單一材質塑膠可直接分類後粉碎回收為高純度的優質高價的再生料，並提高廢棄產品回收處理的總資源回收率，與促進再生料的再生利用。



資料來源：綠電再生股份有限公司。

圖 5.1.1-6 電腦液晶螢幕底座之大尺寸補強鐵板

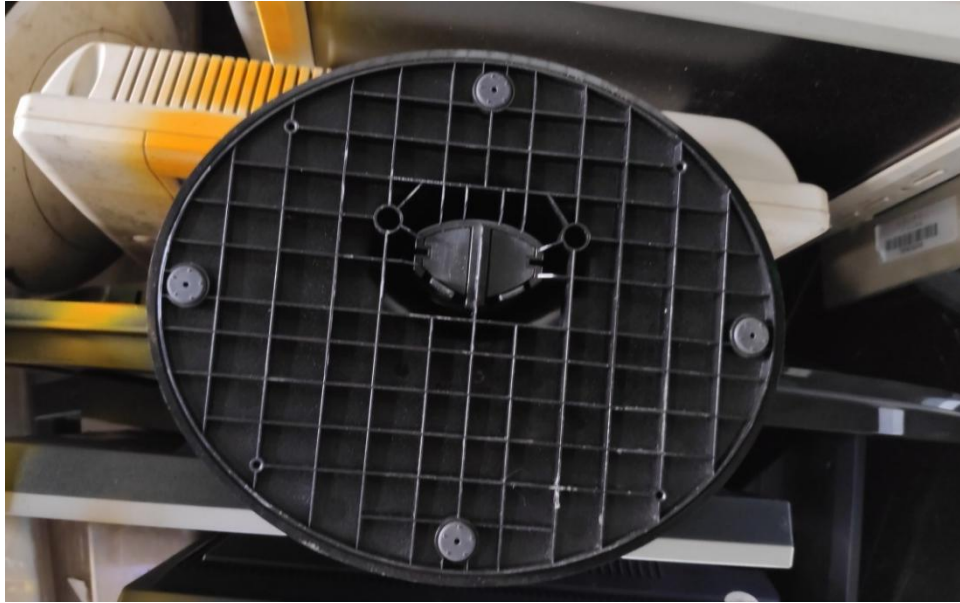


資料來源：綠電再生股份有限公司。

(上圖) 修正設計後電腦液晶螢幕底座的小尺寸方形鐵板

(下圖) 修正設計後電腦液晶螢幕底座的小尺寸圓圈形鐵板

圖 5.1.1-7 電腦液晶螢幕底座之小尺寸補強鐵板



資料來源：綠電再生股份有限公司。

(上圖) 綠色設計後單一材質的電腦液晶螢幕底座

(下圖) 綠色設計後電腦液晶螢幕底座的網格肋補強結構

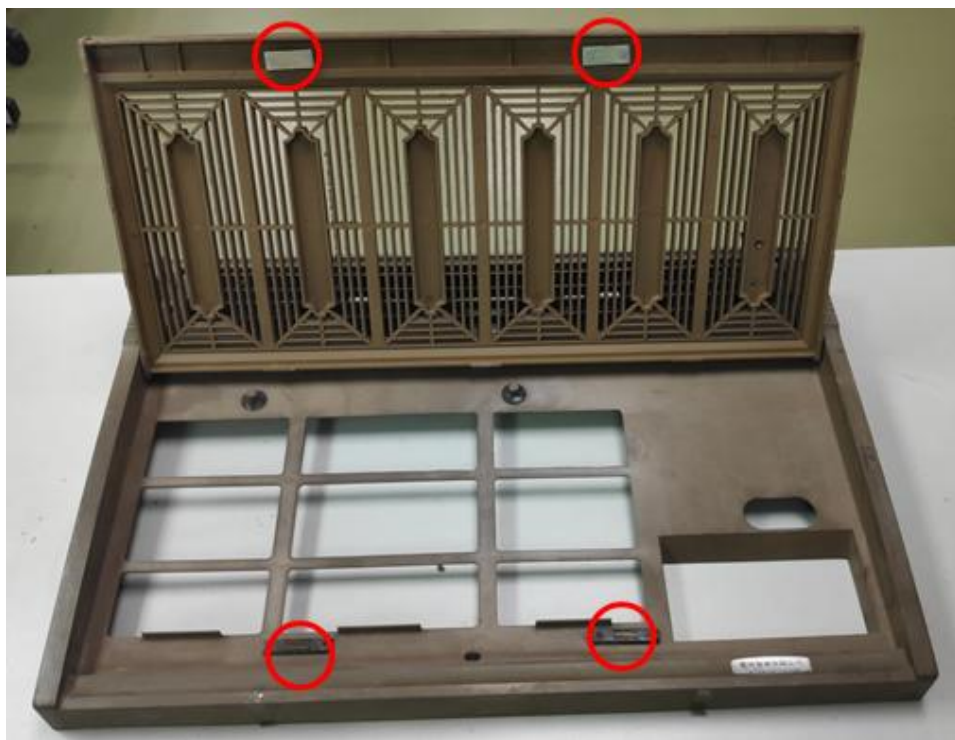
圖 5.1.1-8 電腦液晶螢幕底座之單一材質塑膠材質設計

同樣地，單一材質的問題也出現在早期冷氣機的設計。冷氣機在剛上市時，因其價格高昂，消費者取向的面板設計，傾向豪華、複雜感，故混用多種材質、加工方式複雜化，為早期的設計主流。如圖 5.1.1-9 的冷氣機面板採用了鋁金屬、電鍍塗裝塑膠、塑膠嵌入式二色飾板、甚至連磁鐵都有。在廢棄產品回收處理時，因為材質複雜化，要花費較大成本才有機會分別回收這些不同材質。

後續，做了如圖 5.1.1-10 的修正設計。大致上使用同一種塑膠材質作為面板材料；但是還是會採用多色網版印刷，以凸顯機器的存在感。使得廢棄產品回收處理後，只能以大量暗色色母調整為深色塑膠粒應用，限縮再生料再利用的市場，及減低了再生料的價值。綠色設計的冷氣機面板，如圖 5.1.1-11，修正為採用單一塑膠外，顏色亦統一以淺色為主，使得廢棄產品回收處理廠作業單純、簡單且節能。更重要的是，可回收為高純度的優質高價再生料，並提高總資源回收率，與促進再生料的再生利用市場。

圖 5.1.1-12 為一洗衣機旋鈕之單一塑膠材質設計，其綠色設計的發展歷程為，早期採用埋入式射出成型將旋鈕箭頭標示成型，再利用時需分離雙色塑膠。近期發展至以模具直接注模凹槽後，再以紅色塗裝旋鈕箭頭標示；雖然塗裝面積小，但仍然會污染再生料。最新設計則以刻模模具，直接注模將旋鈕箭頭標示成型，有利於回收成單色單一材質的高值塑膠再生料。

以上是電腦液晶螢幕背板與底座，及冷氣機面板的單一材質綠色設計的改善情形。此外，電機電子產品的包裝也是材質單一化設計可著手的方向。電機電子產品除了這些結構組件的單一材質化設計外；在面板開關、接頭、插頭、接線、包裝亦常見的貼著標籤，應設計為與本體同一材質或易撕除。例如我國「電腦主機」環保標章規格標準 4.5 節，即規定：產品本體如有黏貼標籤，應易與本體分離，或使用與本體相同材質之標籤。



資料來源：綠電再生股份有限公司。

註：早期冷氣機的面板；紅框處為各種不同材質的應用位置。

(上圖) 電鍍塗裝塑膠、鋁金屬、塑膠嵌入式二色飾板。

(亞圖) 貼附冷氣機面板的磁鐵。

圖 5.1.1-9 冷氣機面板之多重材質設計

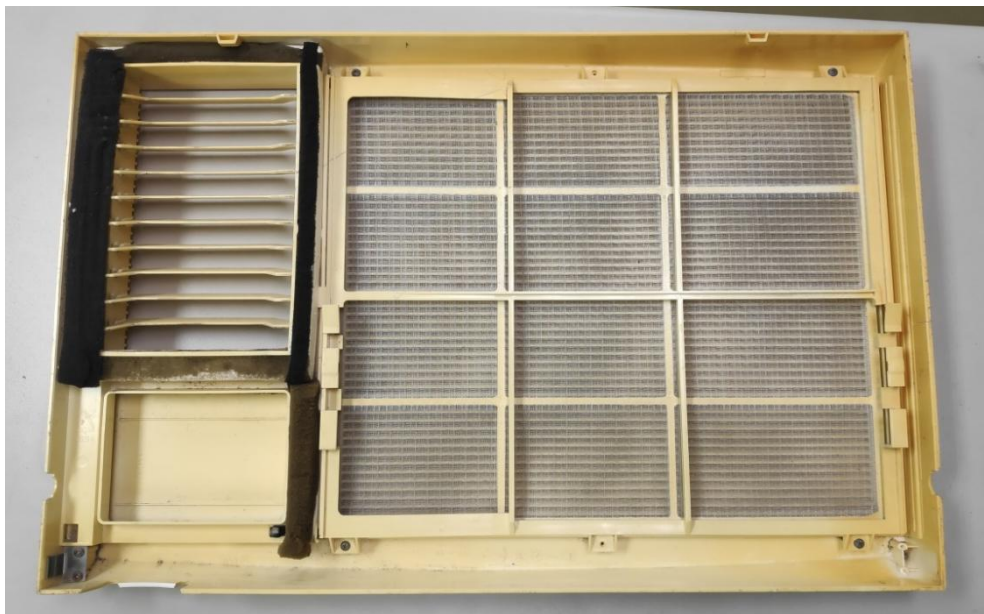


資料來源：綠電再生股份有限公司。

(上圖) 修正設計後冷氣機之電鍍塗裝多色單一塑膠面板正面

(下圖) 修正設計後冷氣機之電鍍塗裝多色單一塑膠面板底面

圖 5.1.1-10 冷氣機面板之多色單一塑膠材質設計

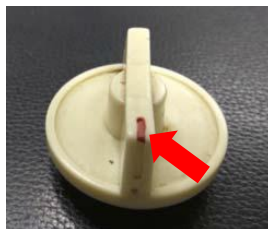
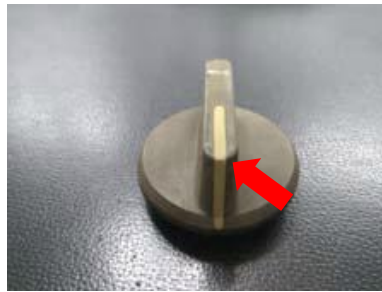


資料來源：綠電再生股份有限公司。

(上圖) 綠色設計後冷氣機之單色單一塑膠面板正面

(下圖) 綠色設計後冷氣機之單色單一塑膠面板底面

圖 5.1.1-11 冷氣機面板之單色單一塑膠材質設計



資料來源：綠電再生股份有限公司提供零件由作者拍攝。
(第一張照片)最上側照片顯示一洗衣機的定時開關旋鈕。
(第二張照片)右側照片顯示出埋入式射出成型的旋鈕箭頭標示。
(第三張照片)以模具直接注模凹槽後紅色塗裝旋鈕箭頭標示。
(第四張照片)以刻模模具直接注模形成旋鈕箭頭標示。

圖 5.1.1-12 洗衣機旋鈕之單一塑膠材質設計

四、產品多功能化

電機電子產品的單一產品多功能化設計，可以讓消費者不必同時購置單一功能又可能少用的多件產品，並降低生產多件產品的原料取得與製程環保問題。在各類電機電子產品中，最能夠體現產品多功能化設計的產品是兼具影印、掃描、列印、傳真、電話功能的複合機。多功能複合機一開始的功能是電腦列印機，經結合更早先的影印機後，30年來不斷地併入多項功能，近年來又持續增加網路的功能。世界上第一台兼具有列印和複印功能的初創多功能複合機³²，是全錄公司(Xero，現在已並併入 Fuji Xerox)於1987年推出的 Xero Printer 100。圖 5.1.1-13 則是簡單型的多功能複合機，功能複雜的機種甚至包括了雲端列印、列印、影印、掃描、傳真、無線網路、iPrint 智慧型手機列印、Google 雲端列印等功能。



照片來源：作者拍攝

圖 5.1.1-13 新型多功能複合機

³² History, Corporate Profile, About Fuji Xerox,
<https://www.fujixerox.com/eng/company/profile/history/product.html>

3C 產品則是另一種產品多功能化的擴展，整合型 3C 產品透過特定協議將電腦（Computer）、通訊（Communication）和消費電子（Consumer Electronic）三者，利用資訊技術連結其中任何一個環節，實現數據資源的共用和互聯互通，滿足人們在任何時間、任何地點，實現數據的融合應用，使其功能更加智能化、多元化，使用更方便，例如圖 5.1.1-14 為產品多功能化之智慧型手機，將 18 世紀至今的多項產品融合，成為最具影響力的科技產品。

1810 年史上第一隻腕錶 N°2639 被製作出；從 19 世紀中期戴在手腕上使用開始，逐步發展成為手錶；1967 年瑞士人首度將石英鐘做成石英錶。智慧型手機的出現，人們帶手機的比例已逐漸高於戴手表。1972 年德國人發明隨身聽，日本索尼公司(Sony)後續開發出 Walkman。最初只有收、放、錄音功能，逐漸體積越來越小，並演變出多種對應 CD、MD、MP3、MP4 等資料媒介或格式的機種。隨身聽逐步被 MP3 播放器、蘋果 iPod 取代，現在又被智慧型手機取代。1975 年，柯達開發出了世界上第一台數位相機，擁有 1 萬像素。記錄一張黑白影像需要 23 秒。這台「手持式電子照相機」的出現顛覆了攝影的物理本質。

1992 年蘋果電腦開發出個人數位助理（personal digital assistant, PDA）牛頓，相對於傳統電腦，具有輕便、小巧的優點能夠連接 Wi-Fi 以及後來的全球定位系統(Global Positioning System, GPS)。現在 PDA 已為智慧型手機所取代，目前使用中的 PDA 一般特指企業用途的手持終端，裝配有一般智慧型手機不具備的硬體，如物流業所使用的手持 RFID 終端。1994 年美國政府建成全球定位系統，又稱全球衛星定位系統。最少只需其中 3 顆衛星，就能迅速確定用戶端在地球上所處的位置及海拔高度。陸續被開發出與定址有關的應用，如 Uber 實時共乘分享型經濟服務、foodpanda™ 外送速遞。1990 年代後期，手機開始普及。只能用來打電話及收發簡訊的一般手機、可執行一些 Java 語言應用的功能型手機（Feature phone）陸續出現並消失；都被功能強大，執行的 Android 或 iOS 系統的智慧型手機取代。

雖然產品多功能化，有取代單一功能又少用的多件產品的環保性；但推陳出新的功能與換機潮卻也帶來電子廢料的問題；仍須以綠色設計與回收降低電子廢料的危害。

電子閱讀器



功能型手機



全球定位系統



個人數位助理



隨身聽



手表



數位相機



智慧型手機

照片來源：

功能性手機 Rodrigo Senna, CC BY 2.0, https://zh.wikipedia.org/wiki/功能型手機#/media/File:Nokia_6020.jpg

數位相機 Ashley Pomeroy, CC BY 3.0, https://zh.wikipedia.org/wiki/数码相机#/media/File:Coolpix_3100.jpg

全球定位系統 Nachoman-au, CC BY-SA 3.0, https://zh.wikipedia.org/wiki/全球定位系統#/media/File:Magellan_GPS_Blazer12.jpg

手表 André Karwath aka, CC BY-SA 2.5, https://zh.wikipedia.org/wiki/手表#/media/File:Montinari_Milano.jpg

隨身聽 Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0, <https://zh.wikipedia.org/wiki/隨身聽#/media/File:Walkman.jpg>

個人數位助理 Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0, <https://zh.wikipedia.org/wiki/个人数码助理#/media/File:O2xda2i.jpg>

電子閱讀器, Blackshade9, CC BY-SA 3.0, <https://zh.wikipedia.org/wiki/電子閱讀器#/media/File:WikiReader013.png>

智慧型手機 嘉傑, CC BY 3.0, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Samsung_Galaxy_Note_10_\(front\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Samsung_Galaxy_Note_10_(front).jpg)

圖 5.1.1-14 產品多功能化之智慧型手機

五、可重填設計

可重填產品或包裝之特性，能在其原來的型態內，除特定要求事項，如清潔或清洗之外，不需額外處理即可被充填同樣或類似產品數次以上。在電機電子產品的可重填的都是耗材類產品，最典型的例子是印表機碳粉匣及墨水匣，乃至噴墨印表機連續供墨系統。廣義地延伸，甚至包括吸塵器濾袋、空氣清淨機濾材、咖啡機濾紙等耗材。

可重填設計的重點在將產品耗材設計為可重填方式，且具有外加性的環保利益。雷射印表機的原廠碳粉匣設計一直是拋棄式，僅部分機種設計分離感光鼓之拋棄式碳粉匣。部分原廠是回收廢碳粉匣與廢墨水匣配合其他回收塑膠料，再製新碳粉匣/墨水匣(詳見 5.1.3 節)；未提供原廠重填碳粉匣或墨水匣。因此，第三方廠商有了以回收原廠空碳粉匣重填碳粉的回收再利用碳粉匣(如圖 5.1.1-15)的市場空間；但也衍生了非原廠重填碳粉匣品質不一的爭議。直至我國環保標章規格標準「回收再利用碳粉匣」，規定了與新品比較列印濃淡度誤差不得高於 5% 及耐印量 95% 以上，始有明確的品質規範。當然，可重填碳粉匣設計除了本質上可減少廢棄物(廢空匣)外，仍須符合其他環保特性，包括使用低污染原料(詳見 5.2.3 節)等。同時，產品使用空匣體應全部使用國內消費產出之回收匣，應去除或遮蔽原廠標示標籤，並明確標示為回收再利用碳粉匣，供消費者明確辨識。

噴墨印表機的可重填墨水設計，則是另一種發展趨勢。早期的原廠墨水匣也是拋棄式；同樣地第三方廠商有了重填墨水的相容墨水匣市場空間，甚至開發出將原廠噴墨印表機改機為連續供墨式。由於第三方連續供墨系統的市場壓力，Epson 在 2011 年率先推出原廠連續供墨印表機³³，如今市面上主流的印表機廠商都推出了配置原廠連續供墨系統的噴墨印表機或複合機(如圖 5.1.1-16)。我國雖然沒有回收再利用墨水匣的環保標章規格標準，但有「墨水匣」環保標章規格標準，規範所須符合的其他環保特性，包括使用低污染原料(詳見 5.2.3 節)等。連續供墨的大容量可重填式設計，可大幅降低廢墨水匣產量，環保利益優於重填的相容墨水匣。連續供墨的墨水匣系統屬前述「墨水匣」環保標章規格標準；但目前查無符合規格標準的相關產品。

³³ <https://www.epson.com.tw/商用系列/印表機/原廠連續供墨系統/c/w120>



照片來源：環保署綠色生活資訊網，
<https://greenliving.epa.gov.tw/GreenLife/Products/products.aspx?pc=81C1723B9C6EE3F7&pn=D72DDC24526BC5D3>

圖 5.1.1-15 回收再利用碳粉匣



照片來源：作者拍攝

圖 5.1.1-16 原廠連續供墨系統的噴墨複合機

5.1.2 模組化設計

模組化設計包括：一、模組化結構設計；二、延長產品使用壽命；三、可拆解設計；四、易回收設計；五、輕量化設計。

一、 模組化結構設計

模組化設計有利於產品的升級與維修，升級與維修過程拆解下來的零件、元件，可能可以直接再利用、重填再利用、修復後利用。例如，噴墨印表機的副廠連續供墨系統，即為一可重填的模組化結構設計。

一個知名的模組化結構設計案例，是一家荷蘭工公司在 2014 年問世的公平貿易手機(Fairphone)。為了改善血汗供應鏈，符合道德的材料採購；Fairphone 在採購手機零件時，秉持著公平貿易的精神。至 2015 年，Fairphone 在全世界銷售了約 6 萬支。2015 年的 Fairphone 2，除了一貫的公平貿易理念，加入了使手機更易於維修的模組化設計。可以使用螺絲起子拆開並輕鬆更換各個模組；但難以避免，仍使用一些衝突礦產，正在努力將其從供應鏈中剔除³⁴。一開始可能會以為 Fairphone 是一台龐大且醜陋的手機，以為它無視產品美學，而僅是宣傳其公平貿易價值。如圖 5.1.2-1，Fairphone 2 僅比最新的手機厚，但幅度不大。

2019 年 8 月 29 日在阿姆斯特丹的發表會上展出的 Fairphone 3 的最新模組，如圖 5.1.2-2。如同 Fairphone 2 一樣，Fairphone 3 也由七個模組成，包括喇叭、帶 USB 底座、頂部模組、鏡頭、螢幕、後蓋、電池，模組化設計使其易於維修³⁵。Fairphone 的模組化設計，在製造模組的複雜度和可維修性之間取得平衡。例如手機內建相機是消費者最想升級的組件，Fairphone 提供顧客替換的可能，因此消費者不需丟棄整支手機即可升級鏡頭。更方便的是，消費者可以在 Fairphone 網站訂購任何模組。Fairphone 的核心設計理念是：「若你無法打開它，就表

³⁴ Fairphone 2 unveiled, Android powered with modular design, Gsmarena, 2015.06.17. https://www.gsmarena.com/fairphone_2_unveiled_android_powered_with_modular_design-news-12682.php

³⁵ Fairphone 3, Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Fairphone_3

示你不曾擁有它 (If you can't open it, you don't own it)」³⁶。

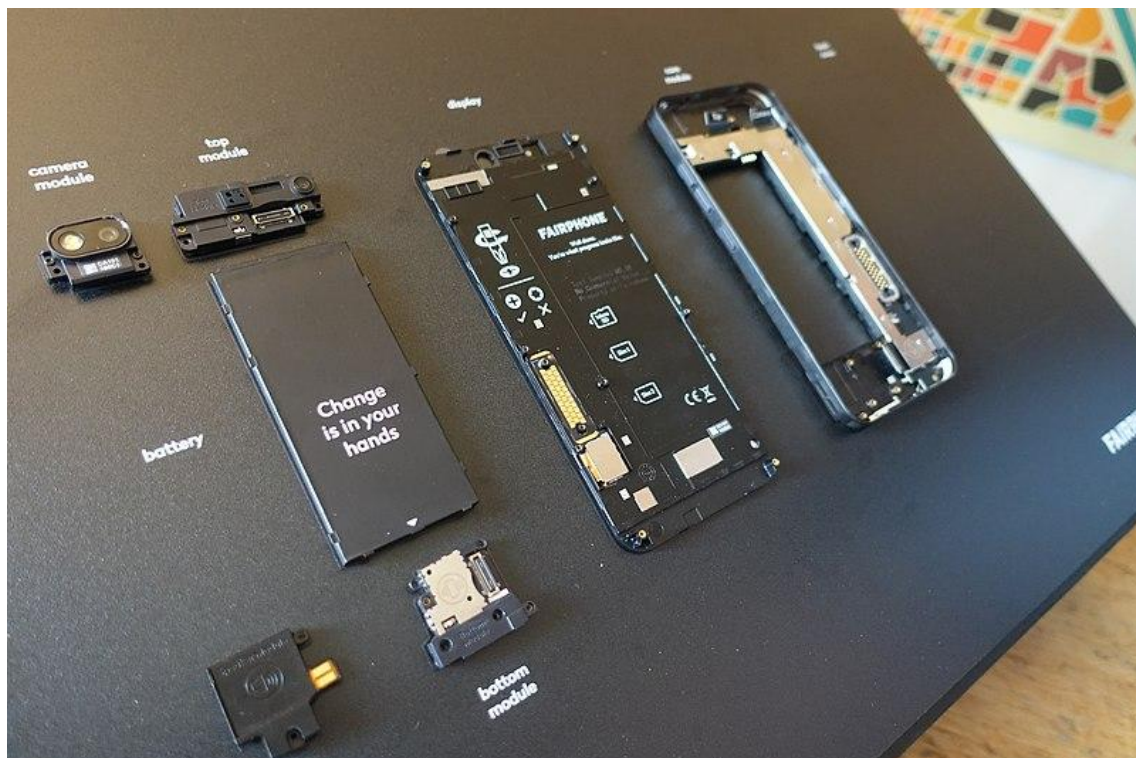
隨著手機功能變得越來越複雜，將越來越多的功能壓縮到更加時尚的外殼中，在市場的領先產品的可修復性似乎不太可能得到改善。IFixit（教導如何維修 3C 產品的知名網站）有一個針對手機可維修性的排名表，根據維修容易程度，打開設備的容易程度或難度，以及更換組件的複雜程度等因素評分。手機的最高滿分為 10 分，iPhone 6 得 7 分，三星 Galaxy S6 得 4 分。但是最值得注意的是，得最高 9 分的手機均來自摩托羅拉，是 2011 年生產的。實際上，高得分（8 分以上）的手機，幾乎都是幾年前生產的。這顯示近年來手機的可維修性越來越差，而不是更好。因此，模組化結構設計在快速汰換的 3C 產品領域，可提供一個產品綠色設計的良好準則。



照片來源：[https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Fairphone_2_\(25250139694\).jpg](https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Fairphone_2_(25250139694).jpg)
照片版權屬於 Fairphone / CC BY-SA 2.0（透過 Wikimedia Commons）

圖 5.1.2-1 公平貿易手機 2 (Fairphone 2) 外觀

³⁶ Conflict-Free And Easy To Repair, The Fairphone Is The World's Most Ethical Phone, Fast Company, 2015.09.15.
<https://www.fastcompany.com/3051884/conflict-free-and-easy-to-repair-the-fairphone-is-the-worlds-most-ethical-phone>



照片來源：https://de.wikipedia.org/wiki/Hilfe:Wikimedia_Commons
照片版權屬於 PKFP / CC BY-SA 4.0 (透過 Wikimedia Commons)

圖 5.1.2-2 公平貿易手機 3 (Fairphone 3) 模組

二、延長產品使用壽命

延長產品使用壽命之設計，最直接的方法是採用更耐久的原料或零組件，但會昇高產品製造成本。但常見的設計誤區是某個非關鍵性或非高成本的零組件的短壽命或設計錯誤所致，造成產品短暫使用後的頻繁維修；甚至是直接造成關鍵性零組件損壞或產品壽命終結(即需過高的維修成本時)。因此，於產品既定成本與設計使用壽命的情境下，應選用適當成本，並能夠搭配在設計使用壽命內良好運作的零件與設計內容。

另一個延長產品使用壽命的設計方法是，調整使用參數降低損耗。但若因此影響產品性能或必要時，須對消費者善盡告知的義務。例如，2017 年底爆發的 iPhone「電池門」事件，本來是一個透過調整手機使用參數，適應電池損耗的善意設計；卻因為未告知消費者的情形下，有人發現部份 iPhone 的效能跑分明顯低於同型號的 iPhone，導致蘋果

(Apple) 被指責為刻意拉低舊手機效能，以便誘導消費者花錢買新手機。為了平息眾怒，蘋果將 iPhone 更換電池的費用調低。在一整年的時間，蘋果總共更換了 1,100 萬顆電池，遠高於正常水準³⁷。但是，妥善告知消費者可能調整使用參數降低產品損耗，並能夠清楚顯示性能參數的變化(例如電池健康度與效能跑分)，及搭配模組化維修的情況下；調整使用參數降低損耗，仍然是可行的綠色設計準則。

此外，延長產品使用壽命的方法，還有定期更換特定零組件或消耗品，升級零組件以延長產品使用壽命或提升新功能以避免被廢棄等。綠色和平於 2016 年 7 至 8 月調查臺灣、美國、俄羅斯、墨西哥、德國、中國、及韓國共七個地區使用手機現況，發現臺灣受訪者，每人平均擁有 5.41 支手機，僅次於俄羅斯 5.55 支。由於各品牌手機推陳出新速度快，再加上手機使用的生命週期越來越短，即便擁有手機數量最少的德國受訪者，平均也有 3.22 支。除了德國(86%)和臺灣(59%)，其它地區有超過 90% 受訪者認為『長壽』是未來智慧型手機的設計重點。而且在中國 (95%)、臺灣(94%)、墨西哥(94%)和韓國(92%)的受訪者都希望未來智慧型手機也要更容易維修，以延長使用時間，相對可減少汰換頻率³⁸。

三、可拆解設計

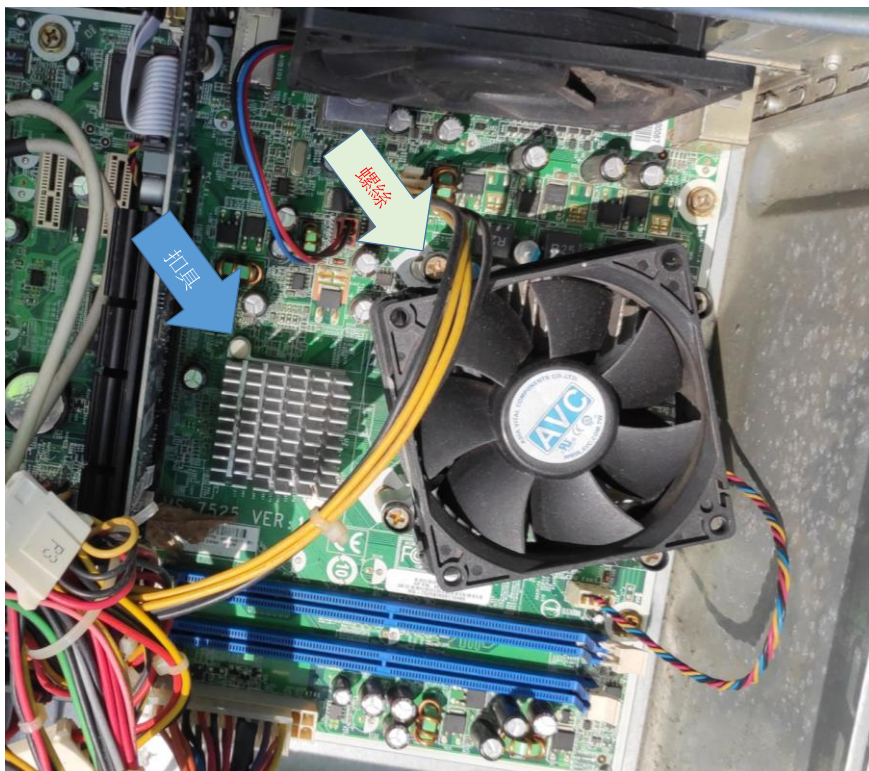
電機電子產品多含複雜的零組件，因應拆解回收處理的需求，在產品設計階段，即應採取可拆解設計。例如，我國「電腦主機」環保標章規格標準 3.2 節，即規定產品應具有可拆解性。環保標章規格標準同時也對「可拆解性」作了定義：依 CNS 14021 環境標誌與宣告-自行宣告之環境訴求（第二類環境標誌）7.4 節可拆解之設計，指產品廢棄後不需要特殊的工具與專業技術，便可將不同材質之組件與零件進行分離。

³⁷ John Gruber, On Apple's \$29 iPhone Battery Replacement Program and Its Role in Their Earnings Miss.mhtml, Daring Fireball, 2019.01.14.
<https://daringfireball.net/linked/2019/01/14/iphone-batteries-and-apples-quarterly-miss>

³⁸ 新機光環不再 民眾希望延長手機使用壽命, Greenpeace。 <https://www.greenpeace.org/taiwan/press/5511/新機光環不再%E3%80%80> 民眾希望延長手機使用壽命/
<https://www.greenpeace.org/archive-international/Global/international/briefings/toxics/2016/Fact Sheet - Survey Summary.pdf>

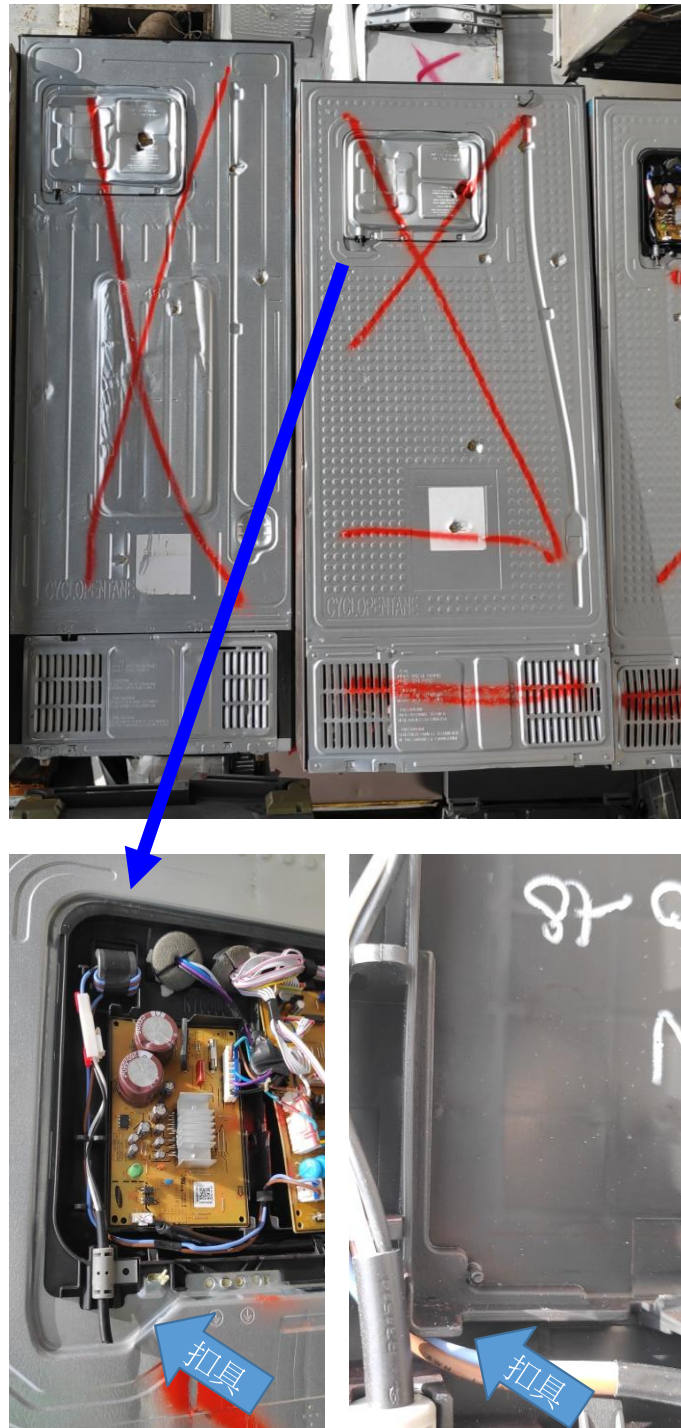
歷來，印刷電路板之鎖附多以螺絲為之，但近來已開始出現嵌附、夾扣具使用之設計。如圖 5.1.2-3 為電腦主機板以螺絲及扣具固定零組件之方式情形，圖中右側的冷卻風扇是設計以螺絲鎖附；圖中左側的晶片散熱鰭片是設計以較易拆解的扣具固定。當然，易拆解設計仍需考量所固定零組件的作動強度，能達到穩固的目的為前題。例如冷卻風扇作動時，轉動風扇的固定強度須足夠；散熱鰭片作動時仍然靜止，固定強度需求較低。如圖 5.1.2-4 則是冷氣壓縮機的控制電路板嵌入電路盒，以扣具固定電路板情形。圖中右下照片是很簡便地拆卸電路板後的空電路盒角落的扣具造型，此即為可拆解設計實例。

如果必要採取「不可分離式結合」，則可以考慮在接合處採用簡易破壞點的設計，以便於拆解作業。例如可使用單一工具、縮短拆解時間、降低拆解能量、減少零組件與材料破壞等。圖 5.1.2-5 是一個將印刷電路版固定於機箱底板的卡榫，當由外往內以螺絲起子將卡榫扳起時，應力集中於卡榫頸部，因此很容易將印刷電路板與機體基座分離。



資料來源：綠電再生股份有限公司。

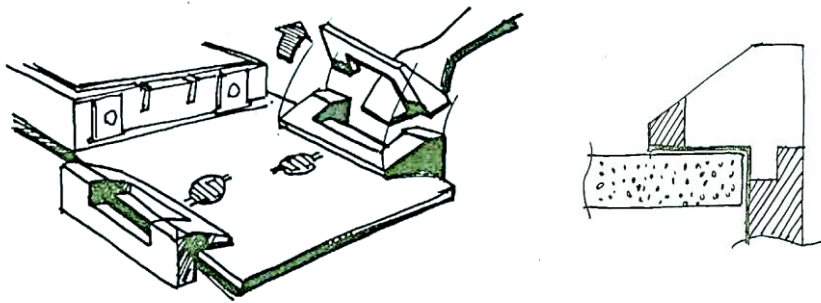
圖 5.1.2-3 電腦主機板以螺絲及扣具固定零組件之方式



資料來源：綠電再生股份有限公司。

圖 5.1.2-4 冷氣壓縮機之電路盒以扣具造型固定電路板

更特殊的可拆解設計，則是表 4.1.2-2 最右一欄的磁性材料結合方式，例如圖 5.1.2-6 的 iPad Pro 內置 102 顆磁鐵，可在不依靠卡釦或插梢等情況下，讓外接鍵盤保護套、 Apple Pencil 能和 iPad Pro 穩貼在一起。這 102 顆磁鐵同時提供了四個作用：將保護套吸在機身後背，用於在頂端固定 Apple Pencil；同時保留原來的掀蓋喚醒，及 Smart Connector 鍵盤連線這兩個特殊功能³⁹。



資料來源：產品綠色設計參考手冊，經濟部工業局，1998

圖 5.1.2-5 印刷電路版固定於機箱底板卡榫之破壞點設計



資料來源：http://art5.photozou.jp/pub/201/124201/photo/258847248_624.v1570150825.jpg
照片版權屬於© kyu3 / CC BY-SA 2.1 JP (透過 photozou.jp)

圖 5.1.2-6 以磁鐵固定保護套與觸控筆的 iPad Pro

³⁹ 愛范兒，藏在 iPhone 和 iPad 裡的小磁鐵，遠比你想像的重要，TechNews 科技新報，2019.01.12. <https://ccc.technews.tw/2019/01/12/apple-iphone-ipad-magnets/>

四、易回收設計

「易回收設計」通常是指提供消費者或回收處理業，易於回收的產品與零組件的特性；實際的回收處理廠內作業涉及的是「易拆解設計」；實際的再生利用廠內作業涉及的則是「使用回收料」。易回收設計的方式，部分已散見在塑膠材質編號標示，產品或零件材質單一化，避免膠合、熔接、螺栓而採嵌合、彈扣之可拆解設計。

其他可提供消費者或回收處理業，易於回收的產品與零組件的易回收設計，包括塑膠料件避免使用黏性貼紙或是發泡塑膠；若有必要，應使用易撕式貼紙；及避免或減少塑膠件的表面塗佈或電鍍處理，或使用可易於分離之表面處理。塑膠製品表面通常變化不大，因此需要



採用噴塗或電鍍等污染性的二次加工技術來裝飾表面，以增加產品的價值感。近年來開發的模內裝飾技術(In Mold Decoration, IMD)技術，可以在塑膠注塑成型的同時就完成附加圖案，較噴塗或電鍍技術更環保。IMD 技術包括三種：IMR (In-Mold Decoration by Roller；模內漾印)、IML (In-Mold Labeling；模內標籤)、IMF (In Molding Film 薄膜成型)⁴⁰。其中，IMR 可印製電鍍光澤、金屬光澤（但為塑膠非金屬成份）等多種效果，已廣為筆記型電腦與智慧手機所採用，亦廣泛應用在汽車、家電飾板等。圖 5.1.2-6 的米家自動掃地機（掃地機器人），採用高強度抗衝擊 ABS 塑膠，質感透亮的上蓋為 IMR 技術所製造⁴¹。

資料來源：

<https://www.flickr.com/photos/staystill1986/44617354481/in/album-72157673306819998/>
照片版權屬於© 食攝人生 / CC BY-NC-SA 2.0 (透過 Flickr)

圖 5.1.2-7 上蓋為模內漾印技術製造的自動掃地機

⁴⁰ 塑膠，維基百科。<https://zh.wikipedia.org/wiki/塑膠>

⁴¹ 米家掃地機器人。<https://www.mi.com/roomrobot>

五、輕量化設計

輕量化可能是模組化設計的結果；也可能是基於不同設計考量的結果，包括材料輕量化(材料減量)、形狀輕量化(應力最佳化)、製造輕量化(最少材料法)；輕量化設計通常也伴隨產品小型化。交通工具及其零組件，由於車輛省油的要求，是輕量化設計需求最高的產品項目；電機電子產品則在一些需要時常移動的產品類別，會有輕量化的設計需求；尤其是在一些手持及行動產品項目，同時會有輕量化及小型化的設計需求。

材料輕量化設計的案例，例如新型的高動態範圍耳機，及連結手機或平板的微型藍牙喇叭等。傳統的耳機及喇叭皆採用鐵氧體磁石，其單位體積的磁能積較低；新型稀土磁石則有 10~20 倍的磁能積。如圖 5.1.2-7 的隨身重低音藍牙喇叭，採用稀土磁石材料作為喇叭音盆單體的磁鐵，可以減低產品的整體體積，有利於隨身攜帶；且稀土磁石的高磁能積，又能夠使小型喇叭帶來高音量及高動態範圍的表現。

形狀輕量化設計的案例，例如 5.1.1 節的圖 5.1.1-8，電腦液晶螢幕底座在材質單一化設計，採用同一種塑膠材料的同時；亦實施應力分布最佳化之形狀輕量化設計，採用網格肋補強結構，始能免除原用以鎖附在底座的大尺寸補強鐵片。

製造輕量化也就是使用最少材料，製造同一形狀與功能之產品的生產技術。例如 3D 列印的「增量製造」技術，在電腦控制下，不斷添加熔融的塑膠，或拉延不斷固化的高分子，或不斷硬化的金屬粉末，將材料逐步層疊為所預設的形狀。不同於其他「減法製造」技術，需要將塊材車削、鉋切、銑切、鑽孔、研磨，以至產生需回收再生或難以回收的污染廢料，增加資源耗用。例如，Pi-Top 公司於 2014 年使用 3D 列印的塑膠殼與裝配件，搭配 Raspberry Pi 驅動模組組成模組化設計的筆記本電腦 Pi-Top。Pi-Top 於 2017 年更新 Pi-Top 第二版，螢幕是 14 英寸 1080p 面板，與第一版本一樣，運行一個名為 pi-topOS：Polaris 的自定義作業系統。Pi-Top 第二版更易組裝，並具有巧妙的可調節鍵盤，該鍵盤可向前滑動以顯示 Pi 本身，及「模組化導軌」的模組(如圖 5.1.2-9)，用戶可以在其中安裝新組件和其他 Pi 配件⁴²。

⁴² Chaim Gartenberg, The Pi-Top turns a Raspberry Pi into a laptop to help teach coding - The

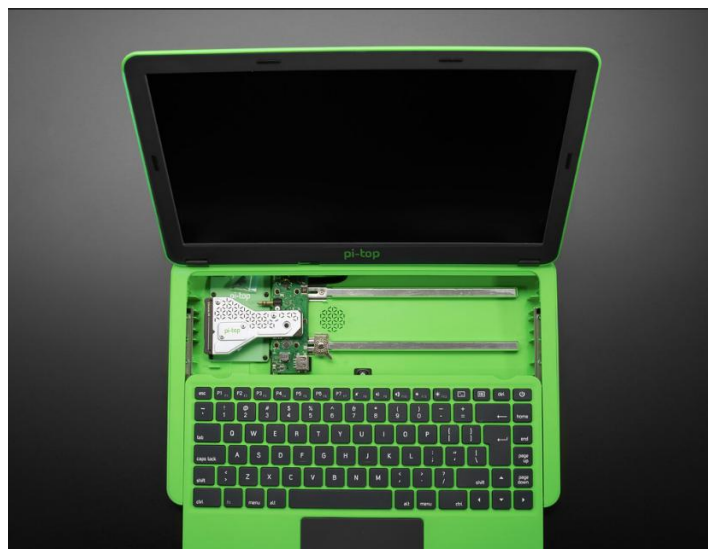


資料來源：

https://www.a-hung.com/products/hanlin-bte200?variation=5d834a7b1cf9cf000dee2f6d&utm_source=google&utm_medium=shopline-cpc&utm_campaign=GSA&gclid=Cj0KCQjwoebsBRCHARIsAC3JP0Lb4zLeaKeMYLeWe7AQ-HkhKvLAWe8DX5Yk2pDHXfAHv9csvSzDxggaAjm3EALw_wcB

Google 圖片搜尋：標示為允許以非商業用途再利用

圖 5.1.2-8 隨身重低音藍牙喇叭



Pi-Top Laptop with Inventor's Kit v2 (Music Maker、Space Race、Smart Robot)

資料來源：<https://www.flickr.com/photos/adafruit/26523014147>

照片版權屬於© Adafruit Industries / CC BY-NC-SA 2.0 (透過 Flickr)

圖 5.1.2-9 3D 列印製造的 pi-top Laptop 筆電

Verge, 2017.10.16.

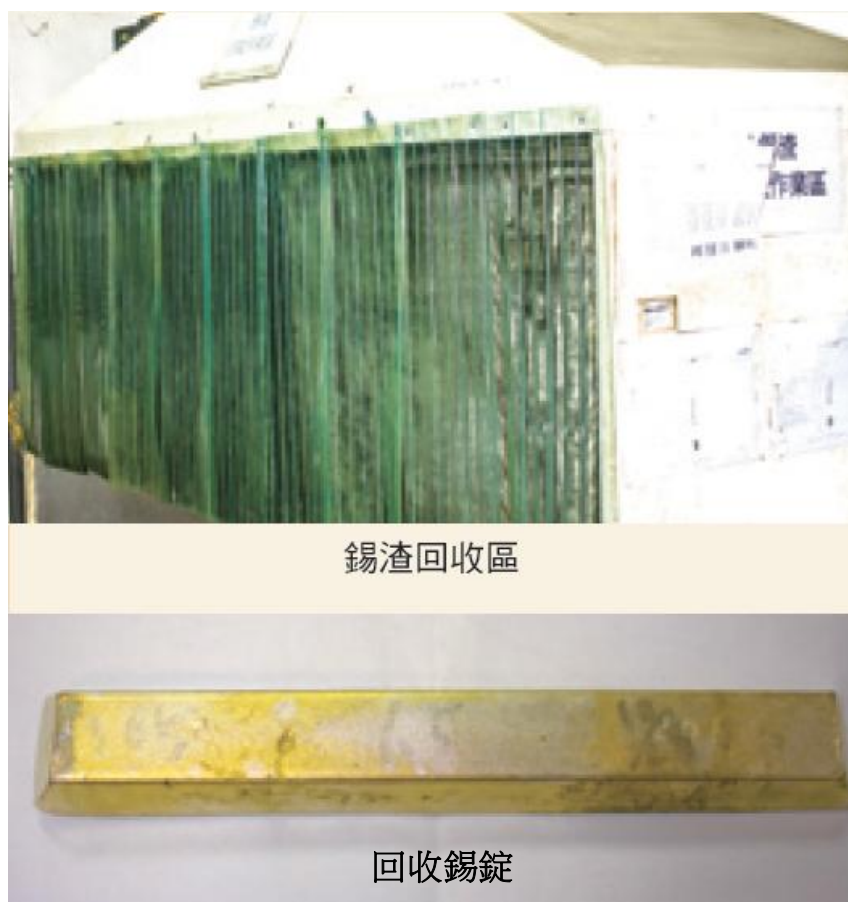
<https://www.theverge.com/circuitbreaker/2017/10/16/16481566/pi-top-raspberry-coding-diy-modular-laptop>

5.1.3 採用回收料

採用回收料的手段包括：採用消費前回收料、採用消費後回收料、採用其他製程回收料、採用再製(再生)物料。

一、採用消費前回收料

製造網路通訊設備的盟創科技(合勤投控公司的子公司),在印刷電路板迴焊製程，導入錫渣回收機。將原委託廢錫渣處理廠商進行一次錫渣之處理，改為設立錫渣回收機自行回收，直接將錫錠再製與再使用，節約資源並降低廢棄物產生量。直接將錫渣回收為錫錠(如圖 5.1.3-1)，可節省成本 900 萬元/年，及 6.8 噸錫錠/年的省資源成效⁴³。



資料來源：2013 綠色工廠標章專輯，經濟部工業局

圖 5.1.3-1 印刷電路板迴焊製程錫渣回收錫錠再使用

⁴³ 2013 綠色工廠標章專輯，經濟部工業局

此外，電機電子產品零組件製程的回收塑膠二次料，也是一項重要的消費前回收料項目。來自製程的塑膠次料(Regrind Materials)包括渣滓或切碎的溢料 (Flash)、流道結塊 (Runners)、溶渣及無污染廢棄零件等，主要是由製造商廠內的成型物件在初次注模製程中所產生的物料。本段所提及的次料，是指不包含經過化學再製或化學再聚合的材料，抑或是另一家公司大批買進後使用的次料；這裡的次料泛指僅適用於同一家製造商的工業廢料 (消費前廢料)。電機電子產品採用的外殼、間隔材、零組件的生產過程，若是採用各類塑膠等基本材料的一、二次加工，尚未混入第二種材質，則其製程的切削、研磨、射出、壓延的熱塑性塑膠回收料，通常可以直接粉碎或抽粒直接後添加至原製程。

來自製程的塑膠次料與新塑膠料 (Virgin Materials) 的混合比例，對於電子電機設備的塑膠零件性能影響甚巨，因此國際驗證公司 UL 制訂了相對應標準，並審慎透由標準要求確保次料的使用安全性。兩項標準為：UL 746A 聚合材料—短期性能測試評估 (Short Term Property Evaluations)、UL 746D 聚合材料—成品零件 (Fabricated Parts) 安全標準。根據該標準，受認可的次料用法為：使用熱塑性 (Thermoplastic) 再生料的重量比在 25% 以下(熱固性塑膠(Thermoset) 為 0%) 時，不會明顯損害新料的特性，且不需做進一步的檢驗；反之，一旦熱塑性再生料使用的重量比超過 25% 時，必須進行個別檢驗，以確認該材料在主要特性部份仍能符合最低性能表現。根據 UL 746D 標準，在同一個模具工廠、同等級的熱塑性新料下，次料重量比不超過 25% 時，不必再行測試；但次料重量比超過 25% 則必須進行特別測試，其中包括相關的性能測試，如強度、耐衝擊性、軟化溫度、燃燒性、引燃性 (Ignition)、漏電電痕 (Tracking) 及長期老化測試。UL 透過 UL iQTM 塑膠資料庫詳載次料重量比超過 25%，但已取得認證的產品資訊⁴⁴。

二、採用消費後回收料

⁴⁴ 使用塑膠次料，你所應該知道的事實！UL.
<https://taiwan.ul.com/blog/regrind-materials-must-know-truth/>

產生自家庭或商業、工業、機構設施等產品終端使用者消費後之廢產品或廢零組件之回收料，並已喪失原來功能之物料，包括來自經銷網的退貨物料。例如，圖 5.1.3-2 為廢家電處理廠處理廢冰箱產出的塑膠破碎料，經抽粒為再生塑膠粒，再製為家電產品零組件之冰箱壓縮機背板與冰箱滴水盤之實例。本案例即為將消費後之廢產品(廢冰箱)，經回收處理為回收再生料(再生塑膠粒)，產品製造商再採用該回收再生料供作產製新品或新零組件(冰箱壓縮機背板、冰箱滴水盤)。

廢資訊產品的消費後回收料再生利用，例如 HP (惠普) Planet Partners 返還與回收計畫實現了簡單、方便的 HP 廢墨水匣/碳粉匣回收方式。自 2000 年起，有超過 1 億 9 千 900 萬磅 (9000 萬公斤) 的回收塑膠應用於製造新的 HP 墨水匣和碳粉匣，用掉了約 5,000 輛聯結卡車的量。2018 年 11 月，HP 宣布加入 NextWave Plastics 聯盟，開始在海地和 Thread 公司合作，已在海地收集了超過 50 萬磅的廢塑膠。HP 墨水匣中的塑膠就有可能是來自海地街道和運河上收集的塑膠瓶回收後製造出來的⁴⁵。

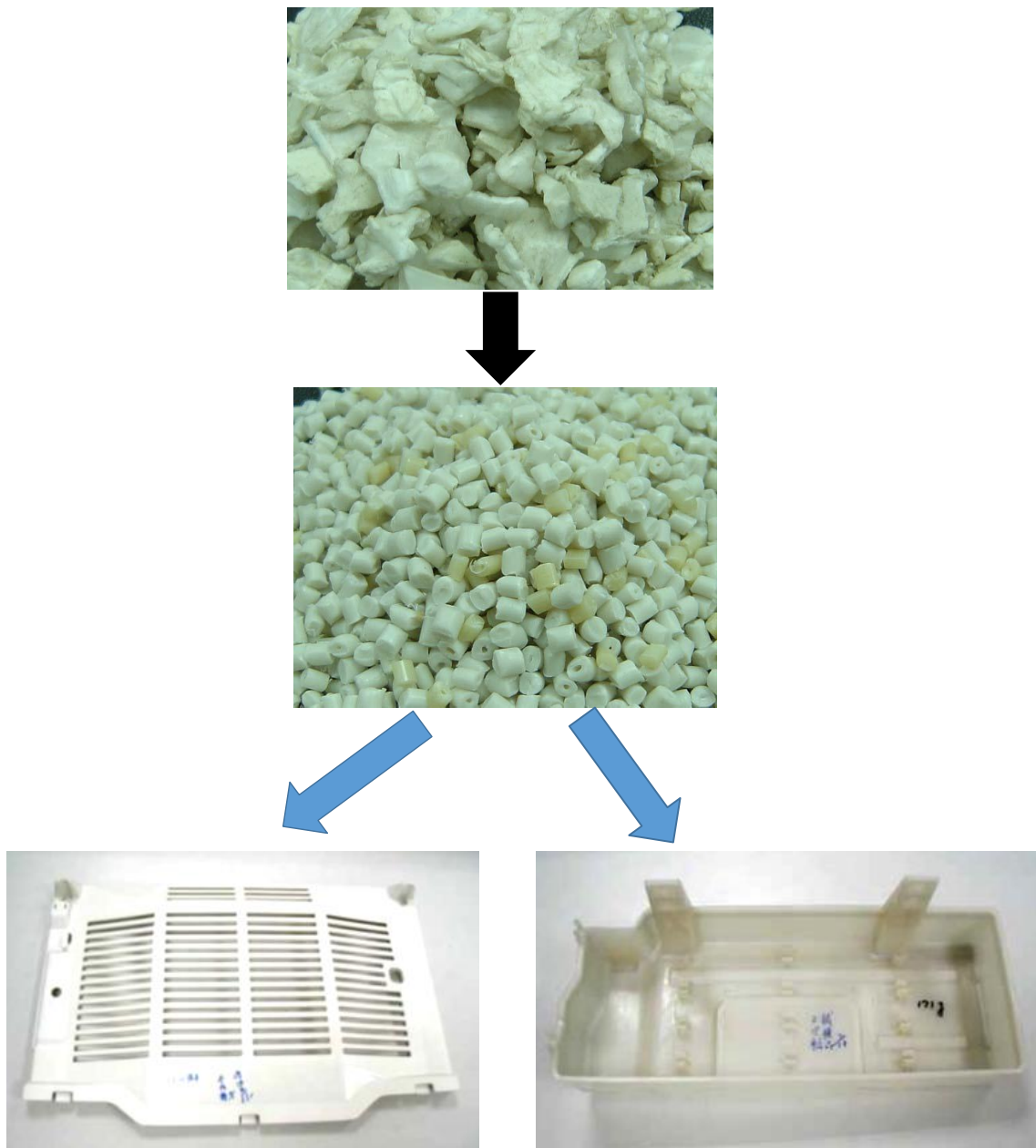
2018 年，HP 在產品中使用了 21,250 噸再生塑料，其中包括 8,000 噸以上的個人系統產品(比 2017 年增長 3.5%)，超過 4,700 噸的印刷產品(比 2017 年增長 280%)和超過 8,000 噸的墨水匣/碳粉匣⁴⁶。HP 2018 年可持續影響報告(Sustainable Impact Report)宣布了一項新的承諾，到 2025 年將其印刷和個人系統產品組合中的回收塑膠提高到 30%。計劃在 2018 年為惠普帶來了超過 9.72 億美元的新收入，同比增長 35%⁴⁷。

但需要注意的是，從環境的角度來看，重複使用產品幾乎總是比回收產品更好。因為重複使用可以使產品壽命延長，減少消耗額外的製造資源。但是，當無法重複使用產品後；對環境而言，回收仍然將是一個比燃燒回收能源或掩埋還好的選擇。

⁴⁵ HP 永續列印與墨水匣，惠普台灣，<https://www8.hp.com/tw/zh/cartridge/recycle.html>

⁴⁶ HP Talks New Recycled Content Plastics Goal & Sustainability in 3D Printing, <https://www.3blmedia.com/News/HP-Talks-New-Recycled-Content-Plastics-Goal-Sustainability-3D-Printing>

⁴⁷ 2018 Sustainable Impact Report, HP, <http://www8.hp.com/h20195/v2/GetPDF.aspx/c06293935.pdf>



資料來源：綠電再生股份有限公司
(上圖) 家電處理廠塑膠破碎回收料
(中圖) 家電處理廠塑膠抽粒再生料
(下左圖) 塑膠抽粒再生料再製冰箱壓縮機背板
(下右圖) 塑膠抽粒再生料再製冰箱滴水盤

圖 5.1.3-2 廢家電處理廠塑膠再生料再製家電產品零組件

此外，廢電機電子產品的塑膠回收，並不像表面直觀那麼簡單，或以為是低技術性的。需要保證再生料的性能與安全，色料(Colorant)、阻燃材料(Flame Retardant)、脫模潤滑劑(Mold Release Lubricant)及其他添加劑，都可能影響再製塑膠產品的特性。例如 HP 的回收廠(Nashville, Tenn.)將廢墨水匣的 rPET (recycled PET) 回收料，加入回收廢飲料瓶的 RBR (beverage bottle resin, PET 碎片)以抵消降低的粘度，及熱和機械性能的變化。並加入添加劑，包括擴鏈劑(chain extenders)以產生所需的分子重量；抗衝擊改性劑(impact modifiers)為產品提供足夠的掉落試驗強度；成核劑(nucleating agents)恢復 PET 的結晶性質；並添加額外的玻璃纖維，以解決廢墨水匣 rPET 經回收處理製程後已損壞的纖維及 RBR 不含纖維的配方。此製程可製造出一種「插入式(drop-in) RPET 樹脂」，其等效於原始材料所具有的性能，可以與現有模具和製造線配合使用。插入式 RPET 樹脂再生料在價格和性能方面均可與新料競爭；其塑膠重量佔總重量的 70~100%，不含簡單研磨或重新熔化的塑膠料。HP 及協力廠商升級(up-cycled)了回收飲料瓶 RBR，及 HP 廢墨水匣回收的 RPET；將它們製造成原裝 HP 墨水匣，包含超過 50%的再生塑膠（消費後回收料為其中 95%）⁴⁸。廢碳粉匣 PET 回收料，則加入耐衝擊聚苯乙烯(HIPS)再製為碳粉匣⁴⁹。

三、採用其他製程回收料

自其他製程的廢棄物流中，收集所衍生之物料，經過再製造製程，製成最終產品或可供納入產品的組成分。例如 Apple 公司於 2017 年宣布計劃利用可再生資源或可回收材料製造產品。這包括在新款 MacBook Air 和 Mac mini 的外殼上使用 100%的再生鋁，以及在 iPhone 的電路板上使用再生錫。不過，可持續發展目標將需要在龐大的供應鏈中進行“多年的合作”才能完全實現⁵⁰。我國的瑞大鴻科技材料已將回

⁴⁸ HP's Closed Loop Plastics Recycling Process, 2008.
http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2009/ecosolutions/reduceimpact/HPClosedLoopRecyclingFactSheet.pdf

⁴⁹ Printer Cartridge Recycling, The Environment and HP – Maxitech.
<http://www.maxitech.com.au/hp-printer-cartridge-recycling/>

⁵⁰ Michael Kan, Google to Use Recycled Materials in All Hardware by 2022, 2019.08.06.
<https://sea.pcmag.com/google-pixel-3a/33589/google-to-use-recycled-materials-in-all-hardware-by-2022>

收廢錫渣再製錫錠，並取得 EICC 無衝突礦產⁵¹認證，而 Apple iPhone 6S 則已開始採用回收再生錫作為原料⁵²。

四、採用再製(再生)物料

原被視為廢棄物而處置，或使用於能源回收的物料，但卻被收集與回收，成為使用於製程或回收程序中，替代新物料之投入物料。例如多種顏色的混雜塑膠袋，通常都被認為不可回收的。英國 Gomi 公司則將這些混雜塑膠袋回收製成大理石顏色的行動喇叭。每個 Gomi 喇叭由約 100 種塑膠袋製成，都具有獨特的個性化外觀。Gomi 喇叭是模組化設計的，所以揚聲器的每一部分都可以拆開並回收成新的，因此該公司敦促消費者在使用並廢棄後免費回收，而不是將它們扔掉。Gomi 並與音頻專業人士和電子工程師合作，以確保該產品不僅在美學上令人滿意，而且聽起來也很棒⁵³。Gomi 還推出了一種用不可回收的塑膠袋，製成的智慧型手機攜帶式行動電源和充電器⁵⁴。

Google 承諾到 2022 年在其所有硬件產品中使用回收材料，以減少電子廢物。Google 的目標是盡可能地最大限度地利用公司的硬體，實現可回收的內容。因此，預期未來的 Pixel 智能手機、Chromebook、Google Home 智能揚聲器將（至少部分）由廢棄的塑膠瓶和廢金屬製成。Google 的硬體團隊花費了兩年的時間對材料進行測試，以確保其

⁵¹ 美國於 2010 年通過華爾街再造與消費者保護法(Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act)，該法案於金融改革法案第 1502 節中，要求美國證管會制訂一項“衝突礦產”的法令，需揭露產品製造過程中使用衝突礦產的來源是否來自於不當控制勞工及非人權對待的剛果民主共和國及周遭國家之礦區(Democratic Republic of the Congo and adjoining countries)。此提案已於 2011 年 5 月 31 日進行公告。衝突礦產係指金(gold)、錫(tin)、鉭(tantalum)、鎢(tungsten)等四種礦產，在美國上市的企業如果在產品的製造過程或必要功能中使用這四類礦產，即受本法案的規範，必須向美國證管會申報。<http://www.intertek-twn.com/frontend/newseventsview.aspx?lang=C&no=851>

⁵² 工業局今舉辦 2018 循環經濟發展暨技術研發國際研討會，共創臺灣產業永續發展，生質能暨環保產業資訊網，2018.06.20。
<https://eris.utrust.com.tw/envirnet/EINEWS/EINEWSA/4616159760>

⁵³ Katherine Gallagher, These marbled Bluetooth speakers are made from non-recyclable plastic waste, Inhabitat@, 2019.03.13.
<https://inhabitat.com/these-marbled-bluetooth-speakers-are-made-from-non-recyclable-plastic-waste/>

⁵⁴ Portable Speaker Made From Plastic Waste - Made from 'non-recyclable' plastic waste that would have otherwise ended up in landfill, incinerated or in the ocean, 2019.04.05.
<https://www.kickstarter.com/projects/gomi-eco-tech/gomi-speaker-made-from-plastic-waste>

符合設計要求並可以批量提供⁵⁰。

5.2 生產製造

生產製造階段，減低環境衝擊最主要的綠色設計準則包括：一、製程省資源；二、製程節能或回收能源；三、製程使用可再生能源。

本手冊將包裝與運輸階段相關的綠色設計議題併入本節。包裝減量歸入製程省資源，包裝與運輸節能減碳歸入製程節能，綠電的使用則歸入 4.2.2 製程節能或回收能源。

5.2.1 製程省資源

製程省資源係指製造或銷售產品或特定的相關組成分時，可能減少的資源，除物料外，也包括水資源。電子產品從製造到廢棄的生命週期消耗大量資源，更產生大量電子廢棄物，而使用回收再生料，可減少原生礦產開採，提高產品回收比例和再生料使用率。

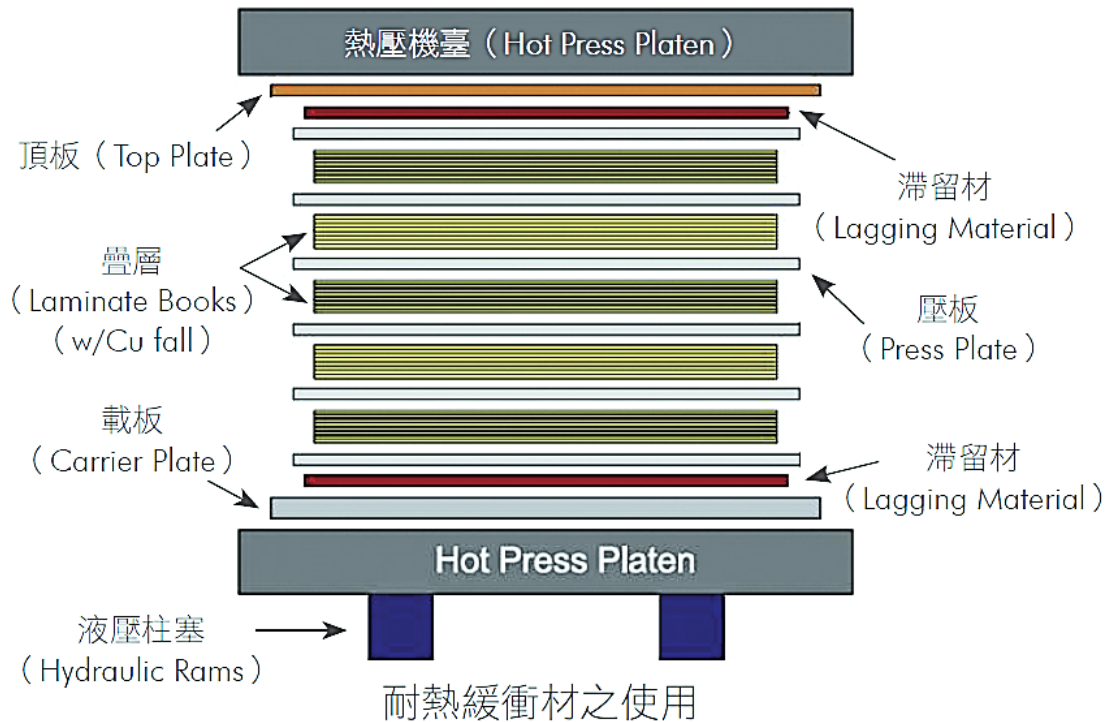
以下分別由製程節省物料、製程省水、包裝減量、供應鏈採用再生料，舉例說明。

一、製程節省物料

2018 年全球印刷電路板(printed circuit board, PCB)產值達到 691 億美元，台灣在全球市佔率 31.3% 為全球之冠，其次為中國 23%，日本則逐年降低至 19.1% 占比全球第三⁵⁵。印刷電路板是電機電子產品的基礎零組件，而銅箔基板則是製造印刷電路板的原材料。製造多層板的壓合製程需要大量使用「一次性」牛皮紙，當作熱壓緩衝襯墊。而一般工業用包裝牛皮紙，因含部份回收紙漿，潛伏性雜質在壓合時易造成異常，無法用於 PCB 製程。因此，不同製造廠採取了不同的壓合用牛皮紙的減量技術。銅箔基板製造廠台灣德聯高科技公司依據以下 5 步驟有效降低牛皮紙使用量：(1)測試新舊張數搭配可行性；(2)修改牛皮紙使用作業方式；(3)修改各產品壓合程式；(4)測試修正；(5)頒行標準作業程序。成果為節省成本 1,521 萬元/年，節省牛皮紙 380 噸/

⁵⁵ 王賜麟，大陸、日本名列二、三 台灣 PCB 產業市占 全球居冠，工商時報，2019.07.01。
<https://www.chinatimes.com/newspapers/20190701000262-260204?chdtv>

年。另一家銅箔基板製造廠台耀科技公司，則將熱壓製程緩衝襯墊改用特殊可重覆使用之耐熱墊材(如圖 5.2.1-1)，取代以往只使用一次的牛皮紙墊材，節省成本 600 萬元/年，並減少廢紙量 10 噸/年⁵⁶。



資料來源：2015 綠色工廠標章專輯，經濟部工業局

圖 5.2.1-1 銅箔基板壓合製程重覆使用耐熱墊材取代一次性牛皮紙

二、製程省水

中科后里基地的友達光電后里廠製造液晶面板，全面性串連再利用的節水系統，除了生活/景觀澆灌用水的節水措施外，全廠也導入製程潔淨水串連再利用系統(Water Inter-use System, WIS)，使不同機台設備間，不需透過水回收處理程序便能重複利用水資源，達到節水的目的。每年節水 10.5 萬噸，並節省 135 萬元成本⁵⁷。中德電子材料為美

⁵⁶ 2015 綠色工廠標章專輯，經濟部工業局，2015

⁵⁷ 2013 綠色工廠標章專輯，經濟部工業局，2013

商休斯電子材料公司(MEMC)在我國設立的矽晶圓製造廠，以先進技術進行長晶、切割、拋光、磊晶等一貫作業製程產出矽晶圓。中德電子材料則於使用點端廢氣處理系統（Point-of-Use System, POU System）中建置廢水回收系統(如圖 5.2.1-3)，將廢水經過濾模組及逆滲透(RO)模組過濾後回收再使用，每日可節省用水量約 1,000 噸⁵⁶。



資料來源：2015 綠色工廠標章專輯，經濟部工業局

圖 5.2.1-2 矽晶圓廠之廢水過濾模組及逆滲透模組回收系統

三、包裝減量

宏基(Acer) 則是 2012 年發布「永續紙張與包裝政策」，擴大採用來自負責任森林管理系統之產品。並透過簡化包裝來減少使用的材料量，統一包裝尺寸和最小化印刷等原則，積極追求減少包裝體積和重量。2013 年將使用於筆電和桌上型電腦的紙包裝減少約 2,400 噸。2016 年及以後 Acer 的桌上型電腦，及在美國銷售的商用機型將使用由 100% 再生紙漿製成的包裝緩衝材料。此外，Acer 於 2017 年推出具有特殊內部機箱設計的新包裝盒，透過簡化的外觀和尺寸更有效地利用內部空間。這種設計精巧的包裝盒比以前的型號小 40%，相對應的包裝材料減少 30%，從而節省了大量用於包裝盒的紙漿模塑(Molded Paper Pulp)包裝和緩衝材料。包裝盒紙箱從 2013 年採用 80%回收廢紙的摺疊紙箱，2014 年採用 90%回收廢紙的紙漿模塑，2016 年則採用 97%

回收廢紙的簡約型紙漿模塑(Streamlined Molded Pulp interior)⁵⁸。

另一個包裝減量的例子是仁寶電腦公司改良包裝設計，從包裝減量、最佳材積利用設計、包裝設計簡化等面向，減輕包材對於環境的衝擊。近來年成果如下：2010年每個棧板可放置產品從60台增至84台，增加40%。狗骨頭設計比原來包材面積節省80%以上。2011年提出「口」字包裝結構專利設計，減少資源使用，後續消費者還可作為收納盒使用。2012年持續優化緩衝結構，縮小包材材積，降低原包材運輸成本，並將聚乙烯發泡棉EPE改為可100%回收的紙板。2014年達成包材成本減少10~15%，每個棧板由78~84台提升至102~120台。2015年將筆記型電腦上中下3件式EPE緩衝材，整合優化為1件式，材料量減少50%，材積縮減48%，作業工時縮短67%⁵⁹。

四、供應鏈採用再生料

蘋果(Apple)於2017年4月20日公開宣布，為解決長期以來製造電子產品對環境所造成的衝擊，未來在供應鏈中將採用100%再生料⁶⁰。供應鏈首當其衝的是蘋果公告的臺灣晶圓代工、印刷電路板到光學鏡片、面板、包材等39家供應商⁶¹。綠色和平表示：「以零廢棄物為目標，回收再利用的循環經濟模式即將開始在科技產業發酵，臺灣回收和生產機制是否已經準備好了？材料需重複被提煉再利用的技術是否也能納入現有產品設計考量中，且接軌市場需求，這都是電子產業將要面對的挑戰」。三星(Samsung)則在2017年3月底也公布將以回收翻新或重新利用可用零件，作為Galaxy Note 7手機的最終處理方式。

⁵⁸ 2017 Corporate Responsibility Report, Acer。

⁵⁹ 環境 / 綠色產品，包材優化設計，仁寶電腦企業社會責任與永續發展網，
<https://www.compal.com/CSR/ZH/page.aspx?Id=23>

⁶⁰ 李之安，蘋果又一大改革 手機將用 100% 再生材料製造，綠色和平，2017.04.20.
<https://www.greenpeace.org/taiwan/press/5355/蘋果又一大改革-手機將用-100-再生材料製造/>

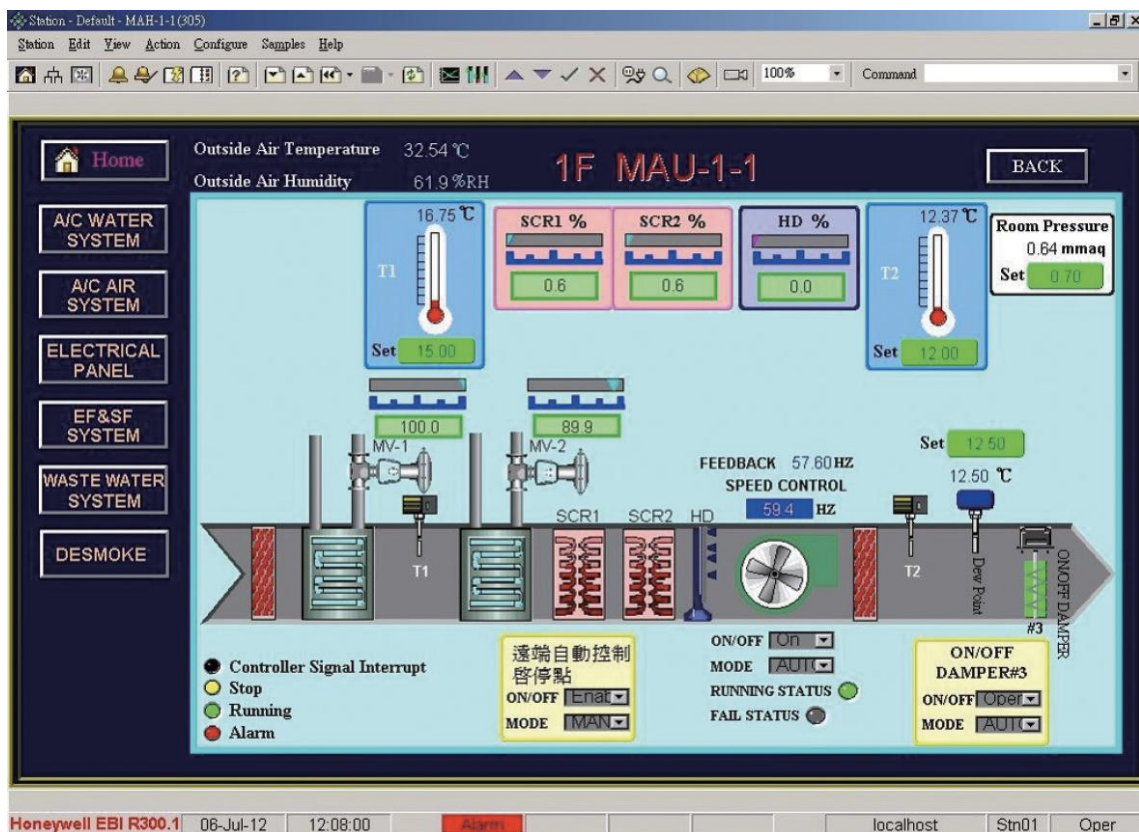
⁶¹ 供應商責任 - Apple (台灣)。 <https://www.apple.com/tw/supplier-responsibility/>
<https://www.apple.com/supplier-responsibility/pdf/Apple-Supplier-List.pdf>

5.2.2 製程節能

製程節能包括：製程節約能源、製程回收能源、製程使用可再生能源；以下分別舉例說明。

一、製程節約能源

美商 3M 公司為全球製造 TFT-LCD 面板所需之光學增亮膜關鍵供應廠商，2005 年於南科新建完成增亮膜新廠，應用於各種大小尺寸 TFT-LCD 面板以及 LCD TV。3M 針對外氣空調箱（MAU）設計一系列的評估與管理(如圖 5.2.2-1)，對露點進行優化監控與調整空氣參數（Air Psycho）的重新加溫條件，同時針對管材進行保溫工程以達到更佳之能源使用。年節省成本 486 萬元，年節電成效 180 萬度，年減碳成效 1,121.4 噸 CO₂e。



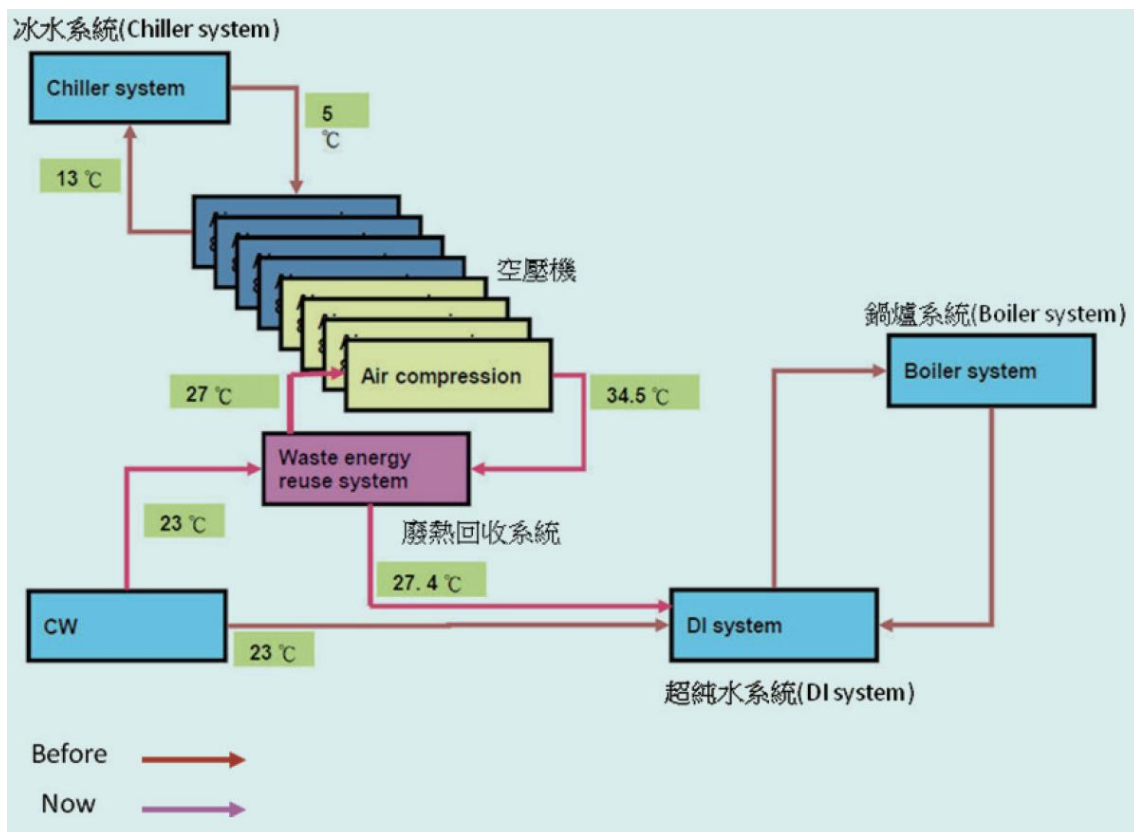
資料來源：2015 綠色工廠標章專輯，經濟部工業局

圖 5.2.2-1 監控外氣空調箱對露點空氣參數之最佳化能源使用系統

台灣德聯高科(股)公司桃園廠設計、研發及生產銅箔基板與黏合片，產品應用於高階的電子產品，涵蓋基礎通訊業、電腦與網際網路業、軍事、醫療、航太和汽車工業等。其進行公用設施 900 噸冷卻水塔循環泵節能改善，降低用電量；節省成本 28.8 萬元/年，減碳成效 50.31 噸 CO₂e/年，節電成效 93,514 度/年。

二、製程回收能源

製程回收能源，則有矽晶圓製造廠中德電子材料公司，將原先空壓機使用冰水進行冷卻，超純水系統（DI）使用熱水進行溫度控制。改為空壓機用自來水冷卻，並將空壓機廢熱回收，作為純水系統的預熱(如圖 5.2.2-2)，年可節省使用瓦斯 90 萬立方公尺，節省成本 1,300 萬元，減碳 2,700 噸 CO₂e。



資料來源：2015 綠色工廠標章專輯，經濟部工業局

圖 5.2.2-2 回收空壓機廢熱作為純水系統預熱之能源回收系統

若將製程節約能源範圍擴展到產品運輸，例如 Google 已將可持續發展承諾擴展到產品運輸，到 2020 年所有交付給客戶的硬體將 100% 實現「碳中和」。這意味著 Google 從技術上仍可以產生碳排放，但是這些排放將被其他環保活動所抵消，從而導致淨碳足跡為零。Google 已經通過從空運轉移到貨船的方式，成功地將公司與運輸相關的碳排放減少了 40%⁵⁰。

三、製程使用可再生能源

由於國際的電子巨擘多為品牌商，因此其製程節能大多需要透過供應鏈來落實。例如為解決製造產品的碳排放量問題，Apple 及其供應商已投資或採購一系列清潔能源技術，包括風能與太陽能。Apple 在 2018 年連續第三年減少了整體碳足跡，這大部分要歸功於 Apple 的「供應商清潔能源計畫」。生產製造佔了 Apple 碳足跡的 74%，因此該計畫可協助其供應商提高能源效率，並轉而使用再生能源。蘋果已經宣布將在未來幾年內達成導入 100% 綠能目標，於 2019 年 4 月宣布，承諾全數以清潔能源生產其 Apple 產品的供應商數量幾乎增加一倍，使總數達到 44 家。透過 Apple 與其供應商的合作，Apple 將超越完成在 2020 年前將 4 GW 的再生能源引進其供應鏈的目標，約為蘋果目前產生用電量的三分之一，在這段時間內預計將額外多產出超過 1 GW⁶²。

5.2.3 製程使用低污染原料








考量生產製造階段使用原料的有害性或污染性，例如使用非 RoHS 物質，非 REACH 高關注物質，或其他低污染或環保原料。例如，環保標章多會有所含成分汞、鉛、鎘、六價鉻等檢出含量的管制限值；若是塑膠件，則有多溴聯苯類、多溴二苯醚類、短鏈氯化石蠟的管制限值；若是列印用碳粉，則有偶氮染料的管制限值；若是列印用墨水，則有鎳、偶氮染料、甲醛、總多環芳香族碳氫化合物的管制限值。

圖 5.2.3-1 則是一個固態硬碟之安全與環保標識，機殼附註了各國

⁶² Apple 透過新的供應商承諾使清潔能源目標更上層樓，Apple 公司，2019.04.11.
<https://www.apple.com/tw/newsroom/2019/04/apple-tops-clean-energy-goal-with-new-supplier-commitments/?imgid=d3251b060645beed07c0af6cdb081d5a>

的安全與環保標識。



-  歐盟合格認證標識(低電壓指令和電磁兼容性)
-  美國聯邦通信委員會安全認證標識
-  我國標準檢驗局商品檢驗標識
-  中國電器電子產品有害物質標識
-  廠商自我宣告產品無有害物質標示
-  歐盟關於報廢電子電器設備指令之產品標識
-  韓國電氣用品安全認證標識

照片來源：<https://www.flickr.com/photos/152342724@N04/42679905301>
照片版權屬於 GEEK KAZU / CC BY 2.0 (透過 Flickr)

圖 5.2.3-1 固態硬碟之各式安規與環保標識

目前對電機電子製造業應用較廣泛的管理規範，為國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)發行的 IECQ HSPM QC 080000: 2017 電機電子零件與產品危害物質製程管理系統要求(Electrical and Electronic Components and Products Hazardous

Substance Process Management System Requirements, HSPM) 。QC 080000 的核心目的是有效達到電子產品有害物質免除與管理，從標識和追溯性系統為核心基石，採購需要求原料供應商對所有原料進行標示其是否是符合 HSF (Hazardous Substance Free) 的原料；根據原料的 HSF 標示進行區分隔離，以免 HSF 和非 HSF 產品混淆，對所有原料和成品進行 XRF 抽樣檢驗。當有追溯性要求時，組織應控制與記錄產品的唯一性標識。此外，2017 新版增加產品研發必須考慮有害物質減免的議題，以及製程中除了原物料之外，製程中的輔助用料(例如潤滑劑、維修用料、清潔劑...等)，都必須鑑別交叉污染的風險。QC080000 已融入 RoHS 指令、REACH 法規之要求。

以下以宏基公司的化學物質管理為例加以說明：宏基公司因應化學品使用日漸嚴格之趨勢及加強管制產品中各類化學品之使用，尤其是已列為有害化學物質者，以系統化管理機制來確保各供應商皆能符合要求。秉持預防原則，並遵守各特定化學物質的相關規範，嚴格地要求供應商依據宏碁所制訂的「產品限用物質管制指南」，依階段限用或禁用列管之有害化學物質。定義有害化學物質為具持續性、生物累積性、毒性、致癌性、導致畸變性、毒性複製性、環境賀爾蒙干擾性等特性之化學物質。採取預先防止之原則，評估任何據稱可能危害或影響環境的化學物質。

- 經有權鑑定機關及事證證實確會對生態系統和人類健康造成不可逆轉的危害時，宏碁絕對禁止繼續使用該物質
- 若該物質在現階段科學技術無法直接證實其不可逆轉之危害時，將採取積極行動，評估未來是否須限用或禁用該化學物質
- 若有適當且安全之替代物質，將使用該替代物質；若尚未有適當且安全之替代物質時，我們將積極研究調查以尋找替代物質
- 若有爭議時，將以負責任之態度，主動蒐集並提供相關證明

宏基公司對歐盟 RoHS 指令之因應：2013 年 1 月 3 日起，Directive 2011/65/EU 取代原有之 2002/95/EC 指令，此修正法案擴大管制產品範圍、並引入歐盟 CE Marking 產品符合性管控流程；而隨著 Directive (EU) 2015/863 指令公告，納入 4 項鄰苯二甲酸鹽 (DEHP, BBP, DBP,)

DIBP) 至原有之限用物質清單，目前為止 RoHS 指令共計管制 10 項化學物質，並確認 2019 年 7 月 22 日起，所有產品均符合歐盟指令要求。

宏基公司對歐盟化學品政策 REACH 之因應：歐盟化學品政策 REACH (the Regulation for Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) 於 2007 年 6 月 1 日正式生效。當物質被列入授權物質清單時，宏基將要求供應商分析是否有其他替代方案，同時亦應考量替代物質的風險、以及替代技術與經濟的可行性，並納入宏基未來限用物質。

5.3 產品使用

於產品使用階段，減低環境衝擊最主要的綠色設計準則包括：一、使用階段省資源；二、使用階段省能源；三、產品服務化。

5.3.1 使用階段省資源

電機電子產品使用階段省資源的實例有，免用集塵袋耗材的吸塵器、省水標章認證洗衣機等。

圖 5.3.1-1 為一部免用集塵袋耗材的吸塵器，宣稱型式:免紙袋，集塵盒可水洗，無耗材費用⁶³。



照片來源：作者拍攝

圖 5.3.1-1 免用集塵袋之吸塵器

⁶³ Dyson DC37 Turbinehead 圓筒吸塵器。 <https://www.pcstore.com.tw/3king/M15449824.htm>

省水標章洗衣機的規格標準：產品包含漩渦式、攪拌式與滾筒式。依照日本工業標準 JIS C9606 標準之試驗條件與方法，在最大負荷之洗濯容量、高水位、標準洗濯行程下，洗清比須達 1.00 以上。漩渦式與攪拌式產品，洗淨比須達 0.80 以上，滾筒式產品，洗淨比須達 0.60 以上，脫水度達 45% 以上。依洗淨每公斤衣物所耗水量，分為金級及普級。漩渦式與攪拌式產品洗淨每公斤衣物所耗水量，金級須在 15.0 公升以下，普級須在 20.0 公升以下。滾筒式產品洗淨每公斤衣物所耗水量，金級須在 8.0 公升以下，普級須在 13.0 公升以下。系列產品樣態：僅顏色、上蓋或門蓋造型、上蓋或門蓋開啟方式、外觀材質等不同，可共用檢測報告⁶⁴。圖 5.3.1-2 為松下 NA-V158EB 洗衣機，該產品除獲得省水標章外，同時獲得節能標章、環保標章。



資料來源：省水標章管理系統，經濟部水利署。
<https://www.waterlabel.org.tw/Productsearch5>

圖 5.3.1-2 金級省水標章認證之洗衣機

⁶⁴ 省水標章管理辦法，經濟部水利署。<https://www.waterlabel.org.tw/ShowLaws>

5.3.2 使用階段省能源

電機電子產品使用階段的能源效率規範，影響力最大的是如圖 5.3.2-1 的能源之星(Energy Star)標章。能源之星計畫是 1992 年由美國環保署所啟動，目的是降低產品能源消耗，及減少發電廠所排放的溫室效應氣體。此計畫並不具強迫性，自發配合此計劃的廠商可以在其合格產品上貼上能源之星的標章。最早配合能源之星的是電腦電器資訊產品，之後逐漸延伸到電機、辦公室設備、照明、家電等，後來還擴展到建築領域⁶⁵。



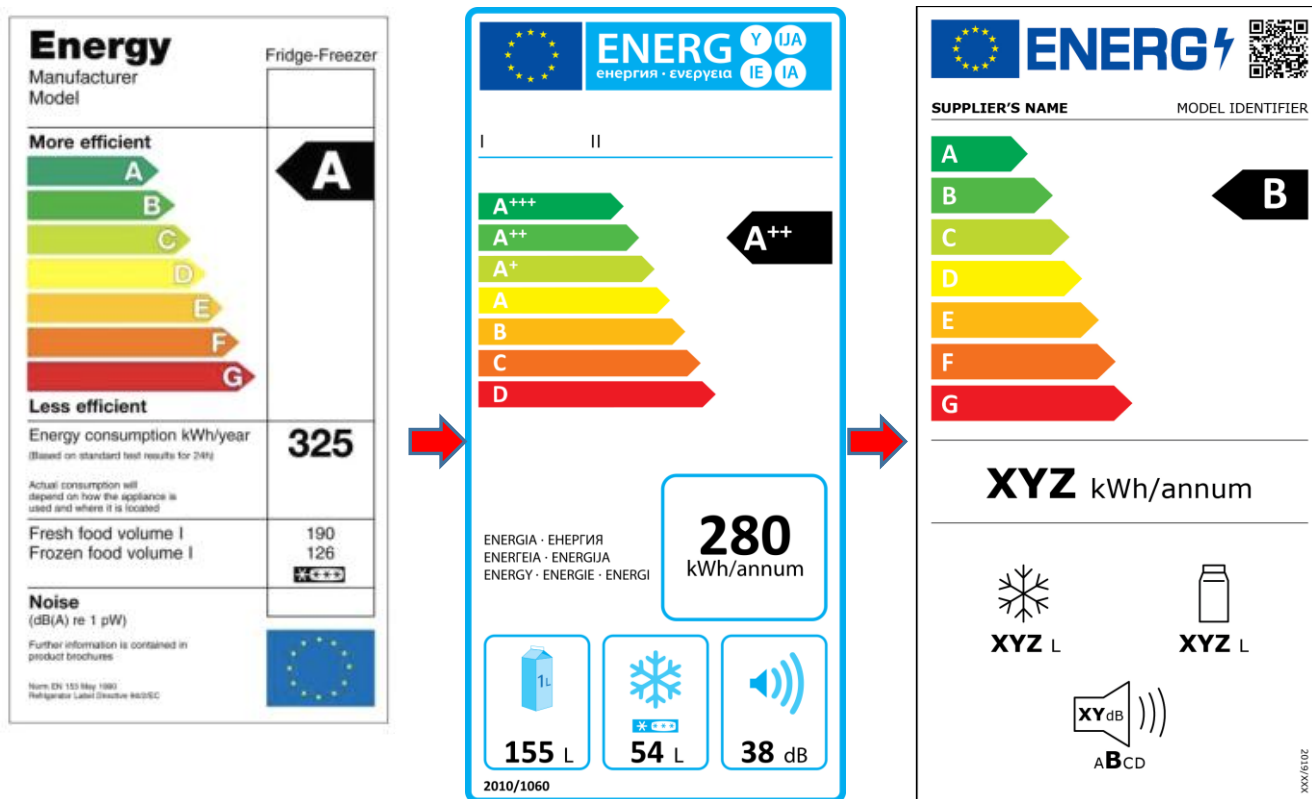
照片來源：https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Energy_Star_logo.svg
照片版權屬於 United States Environmental Protection Agency

圖 5.3.2-1 美國能源之星(Energy Star)標章

1992 年歐盟 92/75/EC 指令推動強制性的能源效率標籤，用於冰箱、洗衣機、乾衣機、洗碗機、微波爐、熱水器以及熱水儲存、照明、空調 8 類產品中。此指令後被 2010/30/EU 取代，能源效率標示，由七個能效等級 A~G，增加為 A+、A++及 A+++ 十個能效等級。後有鑑於產品能效提升，至 2014 年歐盟市場所流通的冰箱產品 A+、A++以及 A+++三個等級合計已達九成以上，既有的能源效率標籤等級已不敷使用，民眾的辨識偏低，故於 2017 年公佈由 2017/1369/EU 指令取代。產品能源效率標籤再次回復成 A~G 七個等級，並規劃在六年內陸續更新現有能源效率標示⁶⁶。歷次的歐盟能源效率標籤變化，如圖 5.3.2-2。

⁶⁵ ENERGY STAR - The Simple Choice for Energy Efficiency. <https://www.energystar.gov/>

⁶⁶ 歐盟能源效率標示，以及最低容許耗用能源基準(MEPS)之發展，能源知識庫，經濟部能源局，2018.03.13. <https://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=KLBase&n=201831382741.pdf>



(左圖) 歐盟 2010 年前的冰箱能效標籤

照片來源：<https://images.app.goo.gl/5UWEtWR3B5uYFYLR6>

EU-legislation related to energy labels on household appliances, Intelligent Energy – Europe (IEE), 2011.05.

(中圖) 歐盟 2010 年後的冰箱能效標籤

照片來源：

https://en.wikipedia.org/wiki/European_Union_energy_label#/media/File:Energy_label_2010.svg

照片版權屬於 Flappiefh / CC0 (透過 Wikimedia Commons)

(右圖) 歐盟 2021 年後的冰箱能效標籤

照片來源：New energy efficiency labels explained, Brussels, 2019.03.11.

https://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-19-1596_en.htm

圖 5.3.2-2 歐盟歷次能源效率標籤內容之變化

另一個深具影響力的是歐盟能效指令 2005/32/EC，並已於 2009 年 10 月 21 日修正發布 2009/125/EC 耗能產品生態化設計指令，以取代舊版的 2005/32/EC，將產品範圍由耗能產品(energy-using products, EuP)擴大至所有耗能相關產品(energy-related products, ErP)。例如，宏碁公司為因應 ErP 指令，依據歐盟電腦及伺服器生態化設計實施規則 (Commission Regulation (EU) No 617/2013)要求製造商揭露產品技術文件於公開網站，內容包括以下資訊：產品基本訊息、電源管理與能源消耗、噪聲、汞含量、筆記型電腦電池組更換。為符合歐盟製造商資訊揭露要求，宏碁於各國產品網頁依法規規範揭露該國販售筆記型電腦、桌上型電腦、All-In-One 電腦、平板電腦之技術文件⁶⁷。

此外，我國設備器具能源效率管理制度包括「容許耗用能源基準」、「節能標章」及「能源效率分級標示」三種，如圖 5.3.2-3 所示⁶⁸、⁶⁹。

一、1981 年 12 月推動「容許耗用能源基準(Minimum energy performance standard, MEPS)」





容許耗用能源基準為各國主要禁止耗能產品製造與販售的主要政策，透過禁止低能源效率、高耗能的產品進口或於市場上販售，藉此逐步淘汰高耗能產品。MEPS 屬於強制性管理，合格者應標示標準檢驗局商品檢驗標籤，為合法商品。我國共管制 26 項 MEPS 產品類別，包括冰箱、除濕機等，所涵蓋的家電產品已達總耗電量的 69.1%，並有 16 項產品完成 MEPS 草案，將涵蓋我國家庭總耗電量 90.5%的產品。根據 2018 年統計，MEPS 推動成果共計減少 6.14 億度的用電，相當於減少 32.5 萬公噸的二氧化碳排放。

⁶⁷ 我們的產品與環境，宏碁公司。

<https://www.acer-group.com/sustainability/zh/our-products-environment.html>

⁶⁸ 108 年度節能標章及能源效率分級標示產品之標示稽查暨能源效率抽測作業說明，經濟部能源局，2019.01.24. https://ranking.energylabel.org.tw/_upload/gen/news/222/file1/108年度能效分級及節標產品標示稽查及抽測說明會簡報-彙整 1080123v2.pdf
節能標章全球資訊網，<https://www.energylabel.org.tw/>

⁶⁹ 羅新衡，我國設備器具能源效率管理政策制度及推動成效，科技大觀園，科技部，2019.06.04. <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sT2U.htm>

| 名稱 | 容許耗用能源基準(MEPS) | 能源效率分級標示 | 節能標章 |
|------|--|--|--------------------------------------|
| 性質 | 強制性 | 強制性 | 自願性 |
| 推動日期 | 70年12月起 | 99年7月起 | 90年12月起 |
| 推動目的 | 禁止高耗能產品之進口或國內販售。 | 提供消費者產品能源效率資訊，以利消費者選用節能產品。 | 藉由簡易圖案之辨識，鼓勵消費者優先選用，引導廠商研發生產高能源效率產品。 |
| 產品項目 | 26項  1. 無風管空氣調節機 2. 電冰箱 3. 除濕機 4. 燈光燈管 5. 燈管用安定器 6. 緊密型燈管 7. 安定器內藏式燈光燈泡 8. 白熾燈泡 9. LED燈泡 10. 電熱水瓶 11. 貯備型電熱水器 12. 溫熱型開飲機 13. 冰溫熱型開飲機 14. 溫熱型飲水機 15. 冰溫熱型飲水機 16. 汽車機 17. 船用引擎 18. 低壓三相感應電動機 19. 低壓三相鼠籠型感應電動機 20. 空調系統 21. 鍋爐 22. 即熱式燃氣熱水器 23. 燃氣台爐 24. 包裝飲用水供水式開飲機 25. 包裝飲用水供水式開飲機 (109.01.01實施) 26. 電鍋/電子鍋(109.01.01實施) | 51項  1. 無風管空氣調節機 2. 電冰箱 3. 除濕機 4. 電風扇 5. 洗衣機 6. 乾衣機 7. 乾衣管 8. 烘手機 9. 吹風機 10. 溫熱型開飲機 11. 冰溫熱型開飲機 12. 冰溫熱型飲水機 13. 溫熱型飲水機 14. 汽車 15. 機器腳踏車 16. 安定器內藏式燈光燈泡 17. 燃氣台爐 18. 即熱式燃氣熱水器 19. 電鍋/電子鍋 20. 貯備型電熱水器 21. 電熱水瓶 22. 出口標示燈 23. 電瓶 24. 顯示器 25. DVD錄放影機 26. 室內照明燈具 27. 組合型聲光燈管 28. 緊密型聲光燈管 29. 影印機 30. 印表機 31. 空氣清淨機 32. 道路照明燈具 33. 浴室用通風扇 34. 壁式通風扇 35. 筆記型電腦主機 36. 桌上型電腦主機 37. 空氣源式熱泵熱水器 38. 排油煙機 39. 微波爐 40. 軸流式風機 41. 離心式風機 42. 燈光燈管安定器 43. 電烤箱 44. 貯(儲)備型電開水機 45. 發光二極體燈泡 46. LED平板燈 47. 在線式不斷電式電源供應器 48. 天井燈 49. 筒燈及嵌燈 50. 辦公室及營業場所燈具 51. 室內停車場智慧燈具 | |
| 產品類別 | |   | |

資料來源：108 年度節能標章及能源效率分級標示產品之標示稽查暨能源效率抽測作業說明，經濟部能源局，2019.01.24。

[https://ranking.energylabel.org.tw/_upload/gen/news/222/file1/108 年度能效分級及節標產品標示稽查及抽測說明會簡報-彙整 1080123v2.pdf](https://ranking.energylabel.org.tw/_upload/gen/news/222/file1/108%20年度能效分級及節標產品標示稽查及抽測說明會簡報-彙整1080123v2.pdf)

圖 5.3.2-3 我國設備器具能源效率管理制度標識

二、2001 年 12 月推動「節能標章」

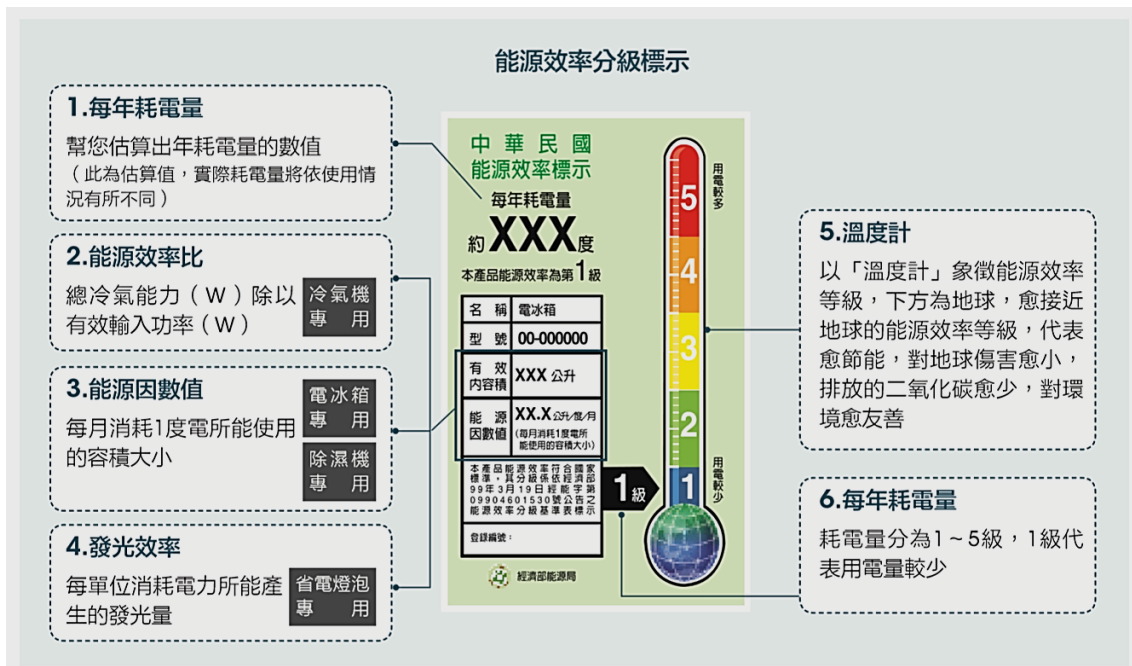
經濟部能源局為了提升能源使用效率並降低二氧化碳排放量，自 2001 年起積極推動「節能標章」制度。節能標章屬於自願性認證標章，受理廠商自願申請，同時透過宣導、獎勵、租稅優惠與政府綠色購等各種方式，鼓勵消費大眾與政府機關採購節能標章產品，也刺激廠商生產節能商品的意願。合格者可使用電源、愛心雙手、生生不息的火苗所組成的節能標章，代表該商品能源效率比國家認證標準高 10~50%，可於源局網站瀏覽更詳盡的資訊及規格⁷⁰。目前共開放 51 項產品供廠商申請認證，產品類型包括家電產品、燃氣器具、交通工具、照明器具、辦公設備及工業設備等。截至 2019 年止，已經有 306 家品牌、7,556 項產品供民眾選購，累積使用標章枚數達到 2.41 億枚。根據 107 年統計，節能標章產品約銷售 664 萬台，節電 4.98 億度，省下約新台幣 30 億元，減少 39.4 萬公噸的二氧化碳排放量。

三、2010 年 7 月推動「能源效率分級標示」

能源效率分級標示於 2010 年 7 月開始推動，2016 年 11 月 30 日「能源管理法」條文修正公布，其中第 14、19-1、21、24 條針對強制性能源效率標示納入規範，並明訂罰則，以利業者遵循。販賣業者未張貼或不符合能源效率標示規定之產品，不得在國內陳列或銷售。目前列入能源效率分級標示的產品以普及率高、耗能較大的產品為優先推動對象。目前共管制 15 項產品，如冷氣機、冰箱、除濕機、飲水機等。能源局指定全省各賣場與通路，在家電產品展示上，需張貼如圖 5.3.2-4 之能源效率分級標示，強制揭露產品能源效率資訊，提供民眾選購參考⁷¹。實施迄今，民眾對於選購節能產品之意識快速提升，而市面上的 1、2 級節能產品市占率也逐漸成為主流。

⁷⁰ 湯蕙華(文)、楊越涵(圖)，聰明愛地球 解讀節能標章密碼，台電月刊 678 期，2019.06.17. <https://tpcjournal.taipower.com.tw/article/3266>

⁷¹ 黃台中，能源效率分級標示 輕鬆辨認省電、省能產品，工商時報，2018.03.16. <https://www.chinatimes.com/newspapers/20180316000575-260210?chdtv>



資料來源：湯蕙華(文)、楊越涵(圖)，聰明愛地球 解讀節能標章密碼，台電月刊 678 期，2019.06.17. <https://tpcjournal.taipower.com.tw/article/3266>

圖 5.3.2-4 我國能源效率分級標示

我國各類家庭電器用電占比，如表 5.3.2-1 所示。用電量占比最高的是冷氣機及冰箱，全年平均用電占比分別為 27.86%、13.8%。不過，一到夏天，冷氣的用電占比就一舉飆升到 47.11%，電冰箱則略降至 11.85%。

全台有 43.75%的家庭，冷氣已經使用超過 10 年以上，其中 11~15 年約占 19.65%是最大宗；21 年以上的超老冷氣機也有 9.87%，占比近一成。而全台有 45.53%的家庭，冰箱已經使用超過 10 年，其中 11~15 年的占比 21.06%最高，21 年以上同樣有 9.84%，占比也是近一成。

工研院曾針對 100 台老舊冰箱耗電量進行實測研究發現，超過 10 年以上的冰箱能效降低，耗電量增加，較原出廠時多出 1.5 倍，而超過 15 年以上的冰箱耗電量為出廠的 2 倍以上。因此，汰舊老舊電器，改用 1 級高能源效率的電器，可有效節電減碳。

表5.3.2-1 我國各類家庭電器用電占比

| 家庭電器 | 全年用電占比(%) | 夏季用電占比(%) |
|--------|-----------|-----------|
| 冷氣機 | 27.86 | 47.11 |
| 冰箱 | 13.80 | 11.85 |
| 照明 | 11.81 | 8.32 |
| 電視 | 9.21 | 6.49 |
| 電熱水瓶 | 6.69 | 4.90 |
| 電鍋/電子鍋 | 5.73 | 4.04 |
| 溫熱型開飲機 | 4.03 | — |
| 吹風機 | 2.13 | — |
| 數位機上盒 | 1.87 | — |
| 其他電器 | 16.51 | 17.30 |

資料來源：張語羚，你的錢都被它吃了！近半台灣家庭養了這 2 隻「怪獸」，聯合報，2019.06.24

5.3.3 產品服務化

產品系統服務包括三類，分別為產品導向服務、使用導向服務、結果導向服務。電機電子產品的特性，多是以「使用導向服務 (Use-oriented Service)」的模式運作，即是以使用次數或是使用時間為基準的服務，例如已持續營運數十年的「影印機及商用印表機租賃服務」即是典型的一類。以往還有攝錄放影機租賃的業務；但隨著智慧型手機高端攝錄放影功能的普及，該租賃業務已罕見。

而在歐洲，家電產品的租賃服務，已經開始普及。荷蘭一家 2014 年創立的新創公司 **Bundles**，其經營理念是產品即服務 (spullen als-een-service)⁷²。有鑑於荷蘭每年便有超過 100 萬台洗衣機、乾衣機和洗碗機被報廢⁷³。**Bundles** 推出洗衣機租賃服務，讓消費者把能效等級 A+++ 的德國 **Miele** 洗衣機租回家。租用服務的基本方案從每月洗 15 次，月費 €16.95 加 €1.00；到每月洗 15 次以上，月費 €22.95 加 €0.60，

⁷² Bundles abonnementen - hoe het werkt I Profiteer van deze innovatie!, Bundles <https://bundles.nl/hoe-het-werkt/>

⁷³ <https://www.doen.nl/what-we-do/green/circular-entrepreneurship/bundles-1.htm>

沒使用完的額度還可以退費；押金€75。次數不夠的話，也可以再加購；目前已有超過 2500 個訂戶⁷⁴。Bundles 監視洗衣機使用情況的同時維護洗衣機的所有權，從洗衣機收集到的統計信息顯示在 Wash-App 上，該軟件可為客戶提供洗衣總成本的計算，包括能源，水和洗滌劑的消耗。這種按使用付費的模式不僅可以降低客戶的成本，而且可以延長機器的使用壽命。

Bundles 已提供一系列的家電租賃服務，包括 Miele W1 洗衣機、Miele T1 烘乾機、Miele Classic 洗衣機、Miele Classic 烘乾機、Miele 獨立式洗碗機、Miele 一體式洗碗機；甚至還有提供彈簧床墊和床墊的租賃服務。2017 年 Bundles 還推出了 CoffeeBundles，這是一種提供“咖啡即服務”的訂閱模式；類似我國的咖啡機租賃服務，但是更加智能化。在下訂單 CoffeeBundles 的 3 個工作日內，安排免費送貨安裝西門子 EQ6 plus s300 咖啡機，並將收到包含不同口味的 Moyee 豆的歡迎禮包咖啡。小量用戶平均每天 2.5 杯咖啡，每杯 45 美分。中量用戶平均每天 4 杯咖啡，每杯咖啡 35 美分。大量用戶每天平均 10 杯咖啡，每杯咖啡 25 美分。透過特殊的 Buddy 智能插頭將設備連接網際網路，可以知道您喝了幾杯咖啡，以及何時該發送新咖啡，訂戶會收到保持新鮮的小袋裝豆子。智能插頭可以測量功耗並將此資訊無線發送到 Bundles 平台；不使用訂戶的 WiFi 網絡，不會造成干擾或使網絡速度變慢。Bundles 可以幫助訂戶發現自己喜歡的口味，並獲得有關最美味咖啡準備的提示的服務。由於 Bundles 正在發展中，因此 95% 的西門子咖啡機都是新的；如果訂戶新的咖啡機，則可以註明，Bundles 將予以考慮。設備保養和維修全部包括在訂戶費用內；Bundles 租賃不是長期的強制性合約，可以每月取消訂閱；但是如果在 5 年內取消租賃服務，將收取 50 歐元的搬運費，以用於設備的收集和翻新，是透過 50 歐元押金進行結算⁷⁵。如果是取消洗衣機、烘乾機、洗碗機的租賃服務，每車次(非每台設備)125 歐元搬運費。

但是，在一片循環經濟與產品服務化創新的聲浪之中，有一件基

⁷⁴ Miele wasmachines - Miele classic wasmachine & Miele W1 abonnement.mhtml, Bundles <https://bundles.nl/miele-wasmachines-abonnementen/>

⁷⁵ Het Bundles Koffie Abonnement - hoe het werkt - Moyee & Siemens, Bundles. <https://bundles.nl/koffie-hoe-het-werkt/>

礎支持-財務規劃，卻常被忽略。Bundles 透過引入這種新的洗衣事業模式的初期，由於建置大量的設備的資本需求，需要一種不同的長期融資結構。Bundles 透過與 PGGM (Stichting Pensioenfonds Zorg en Welzijn 荷蘭第二大養老基金)、Rabobank (荷蘭合作銀行)、Bouwinvest 荷蘭建築業的養老基金，為房地產投資代表機構)和 Miele (德國家電製造公司)合作，設計了長期融資解決方案，才能透過按使用次數付費的新商業模式來創新循環經濟的洗衣事業⁷⁶。

產品服務化創新仍然面對多個挑戰，第一是設備需要以更長的投資回收期來融資，這對新創公司的現金流帶來了壓力。第二，資產負債表會繼續增長，原因是新創公司在整個生命週期中都擁有設備的所有權，從而產生了大量的資本需求。第三，可能初期沒有可以對該二手設備進行翻新的業者，因此很難將剩餘價值納入設備的融資合約中。

產品服務化創新公司擁有的大量設備資產，可被視為資本合作的基礎，可能與具有財務手段和長期投資策略的住宅房地產投資者的合作，家電設備可以被視為租房者可能希望房主提供的租屋服務之一。透過這種與現有的房地產租賃市場合作，產品服務化創新公司能夠經預先建立的客戶關係進入市場。

產品服務化創新公司的應用程式(App)概念為了加強依使用次數付費模式的業務模式，對保證公司的價值將非常有益。必須在平衡與訂戶簽訂強有力的合約與其靈活性之間取得平衡，以優化產品服務化業務模式融資的可能性。此外，增加股本資本以及應收賬款的證券化，亦可能增加取得融資的可能性。

⁷⁶ BUNDLES: EXTENDING THE PRODUCT LIFECYCLE WITH LONG-TERM FUNDING, In collaboration with PGGM, Rabobank, Bouwinvest, and Miele, future long-term financing solutions were designed for Bundles, a company that is rethinking the way we do laundry through a pay-per-use business model, Circle Economy Co., <https://www.circle-economy.com/case/bundles/#.XaLvJIzapo>

5.4 廢棄管理及回收

於廢棄管理及回收階段，減低環境衝擊最主要的綠色設計準則包括：
一、回收再利用；二、延伸產品責任措施。

5.4.1 回收再利用

5.1.3 節之二、採用消費後回收料的案例，是原廠添加回收料再製原產品。此外亦有由第三方回收生產再生料後製造其他類產品。例如澳洲 Cartridges 4 Planet Ark 公司⁷⁷與 Close the Loop 公司⁷⁸合作創建了 Cartridges for Planet Ark (C4PA) 提供廢墨水匣/碳粉匣回收服務，實現零垃圾填埋的承諾，參與的製造商包括 brother/Canon/EPSON/HP/Konica Minolta/Kyocera。2006 年 11 月至今，已經回收了 4100 萬個廢墨水匣/碳粉匣。Close the Loop 公司將墨水匣/碳粉匣送回原製造商；或送至自己的 Green Machine 回收製程。

澳洲 Close the Loop 公司的 Green Machine 回收製程，將回收廢墨水匣/碳粉匣分類破碎，分離墨水/碳粉、磁選鐵、渦電流分選鋁、分離塑膠料⁷⁹。鐵作為冰箱等材料；鋁作為鋁罐等材料；塑膠再生料作成尺等文具用品；塑膠再生料與回收墨水作成 Enviroliner™ 麥克筆 (felt tip pen，已使用 8500 L 回收墨水；使用後可投入 Planet Ark 的廢墨水匣/碳粉匣回收桶循環回收)⁸⁰；廢碳粉作 TonerPave 碳粉鋪面瀝青⁸¹ (與典型的 VicRoads 瀝青產品相比，碳排降低超過 23%，已在澳洲墨爾本使用。該瀝青由工程公司 Downer EDI Limited 和 Close the Loop 共同開發。是由碳粉匣中的回收碳粉聚合物和廢丙烯酸漆 (acrylic paint，壓克力漆)⁸²及廢輪胎膠粒製成的)；廢塑膠混合物則作為再生塑木。

⁷⁷ <https://recyclingnearyou.com.au/cartridges4planetark>

⁷⁸ <http://www.closestheLoop.com.au/about-us/#history>

⁷⁹ Printer Cartridge Recycling, The Environment and HP.
<http://www.maxitech.com.au/hp-printer-cartridge-recycling/>

⁸⁰ <https://www.lousyink.com/products>

⁸¹ TonerPave being laid on Sydney roads, City of Sydney.
<https://www.flickr.com/photos/cityofsydney/17433234838/in/photolist-syvTms>

⁸² Nillumbik and other councils use TonerPave asphalt, made by Downer EDI Limited, Close the Loop, to resurface roads, Herald Sun, 2014.06.20.
<https://www.heraldsun.com.au/leader/north/nillumbik-and-other-councils-use-tonerpave-asphalt-made-by-downer-edi-limited-close-the-loop-to-resurface-roads/news-story/feb7667149702c8>

圖 5.4.1-1 及圖 5.4.1-2 是典型的廢電子電器與廢資訊物品回收處理的處理流程；圖 5.4.1-3 則為分選後的鐵、銅、鋁、塑膠再生料。
 資料來源：鄭智允，綠電再生股份有限公司節能管理示範觀摩，2018.11.22

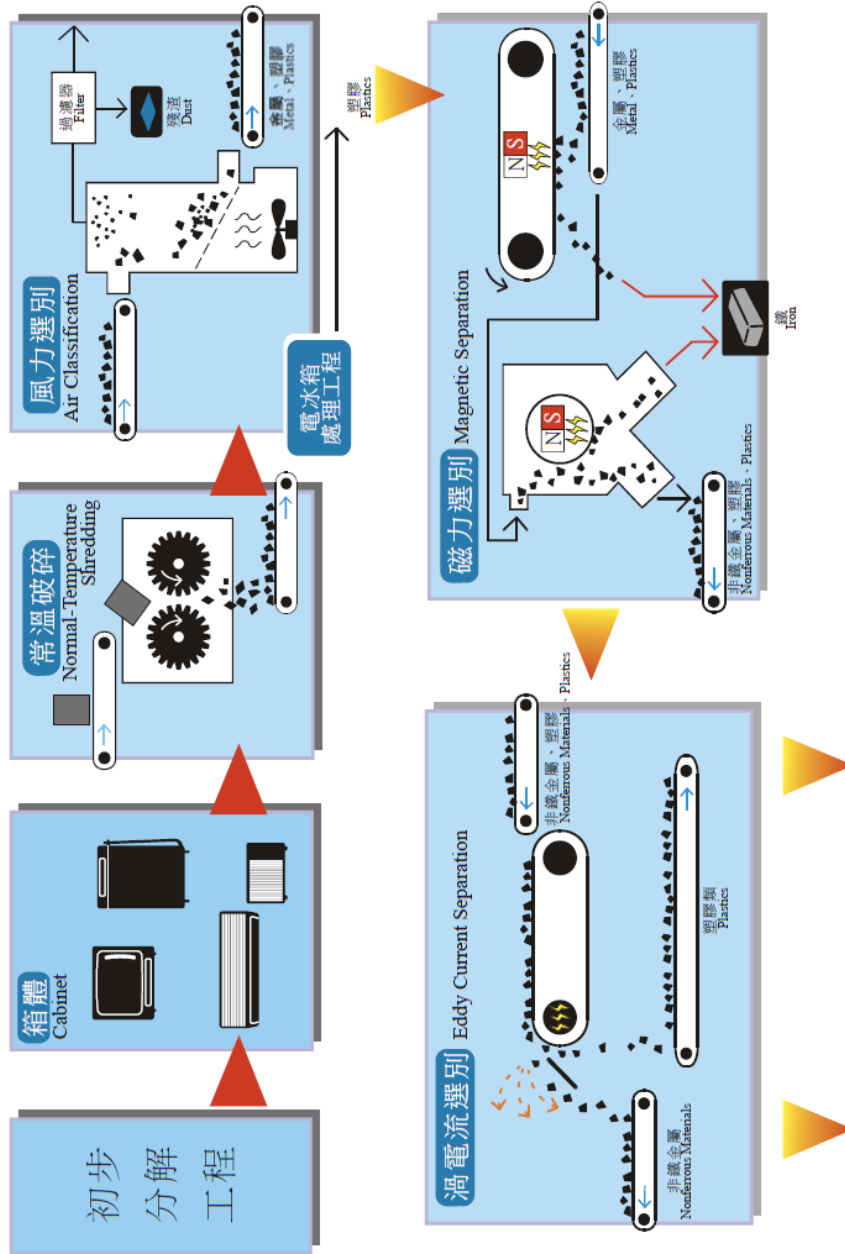
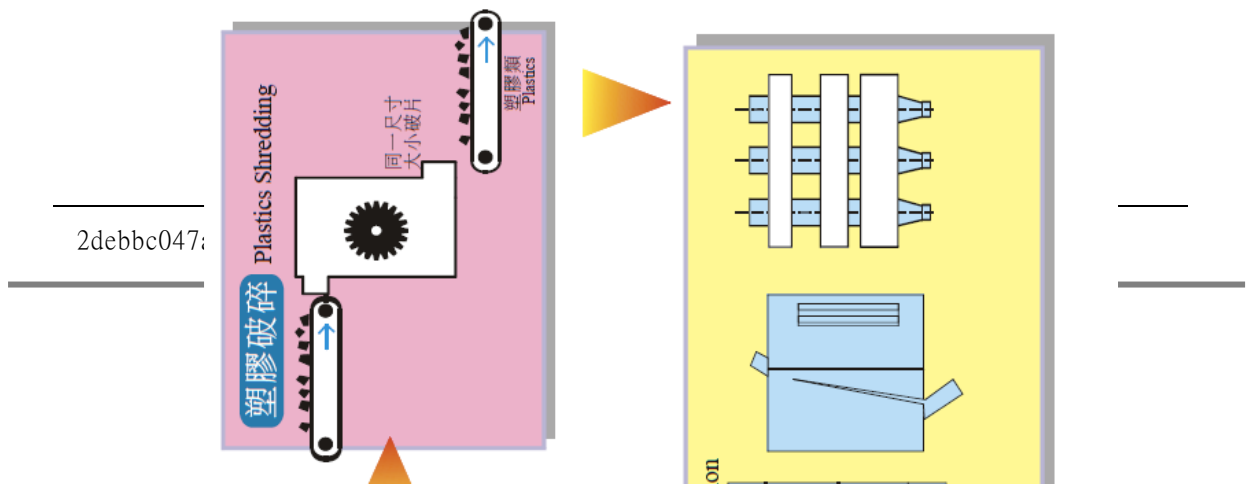


圖 5.4.1-1 廢電子電器處理破碎分選流程(一)



2debbc047:

資料來源：鄭智允，綠電再生股份有限公司節能管理示範觀摩，2018.11.22

圖 5.4.1-1 廢電子電器處理破碎分選流程(二)

圖 5.4.1-2 廢電子電器處理破碎分選流程(二)



資料來源：鄭智允，綠電再生股份有限公司節能管理示範觀摩，2018.11.22
(左上圖) 鐵再生料。
(右上圖) 銅再生料(純度 95%)。
(左下圖) 鋁再生料(純度 90%)。
(右下圖) 塑膠再生料。

圖 5.4.1-3 廢電子電器處理破碎分選後的鐵、銅、鋁、塑膠再生料

5.4.2 延伸產品責任措施

對電機電子產品而言，既有公部門的強制性廢棄管理措施有回收基管會的應回收物品，包括廢電子電器及廢資訊物品。歐盟則有能源相關產品生態化設計指令(ErP)，規範提供生態化設計與環境資訊揭露的生態特性說明書(Eco-profile)。

例如，HP 的延伸產品責任的永續性措施，包括安全數據表、環保聲明(Eco Declarations)、環保標章(Eco Labels)、環保解決方案(Eco Solutions)。其產品與解決方案如下，目標與 2018 年進展如表 5.4.2-1。

表5.4.2-1 HP的永續性目標與2018年進展

| 目標 | 2018 年進展 |
|--|--|
| 2020 年前，對品牌紙和紙基產品包裝，實現零森林砍伐 (zero deforestation)。 | 品牌紙在 2016 年實現了 100%，並在 2018 年保持了這一表現；紙基產品包裝則達到了 65%。 |
| 與 2015 年相比，到 2025 年將產品使用的溫室氣體排放強度降低 30% | 減少了 11%。 |
| 自 2016 年初以來，到 2025 年回收 1,200,000 噸的硬體和耗材 (supplies)。 | 回收了 395,200 噸。 |

資料來源：Products and solutions - Our vision is to create technology that makes life better for everyone, everywhere.
<https://www8.hp.com/us/en/hp-information/environment/productsandsolutions.html>

1. 從筆記本電腦和工作站，到遊戲和虛擬實境設備，個人系統可提供安全性，耐用性以及能源和材料效率。
2. 對家庭和辦公室列印解決方案，繼續重新定義市場，提供可持續的下一代解決方案和基於服務的模式。
3. 對商業和工業圖形列印解決方案正在推動類比至數位的革命，改變客戶的供應鏈，並更好地滿足圖形列印，出版和包裝行業的需求。
4. Multi Jet Fusion 3D 列印技術可實現跨行業的轉型，改變整個行業設計，製造和分配產品的方式。

HP 考量產品的材料、製造、運輸和使用占了價值鏈碳足跡的 98%。於 1992 年，制定了可持續性設計（Design for Sustainability, DfS）計劃（最初是環境化設計 Design for the Environment），正式將產品設計和開發階段，影響可持續性績效的因素納入考量。其措施包括⁸³：

1. 生命週期評估：使用生命週期評估（LCA）和產品碳足跡（PCF），來量化產品和解決方案的環境特徵和影響，並幫助將基於科學的觀點帶入工作和目標。
2. 產品認證和披露：透過產品認證提供使客戶能夠做出可持續選擇的全面資訊，來驅動可持續性績效。2014-2018 年間，HP 參與了 IEEE 1680.1-2018 的標準開發，並將 PC 和顯示器註冊到 EPEAT® 環保標章。2018 年，佔 93% 營收的產品組合已提供了生態宣言 (Eco Declarations)，包括產品材料含量 (Product Material Content)⁸⁴。
3. 材料創新：與惠普材料策略一致，從根源上消除塑膠污染，HP 正在努力提高循環度，並努力使用更少的材料和更多的可回收成分。2018 年，在產品和包裝中使用了大約 100 萬噸材料，其中 39 萬噸（39%）是可再生的。我們還致力於減少受關注材料，包括鄰苯二甲酸鹽，溴化阻燃劑和聚氯乙烯；以及維修、重複使用和回收使用過的產品。目前，個人系統產品系列中 75% 為低鹵素；桌上型電腦外接電源供應器 (external power supplies) 100% 為低鹵素；2019 年及以後上市的所有 HP 個人系統產品均限制鈹。
4. 能源效率：產品在使用過程中消耗的能量是碳和水足跡的最大貢獻者之一，自 2010 年以來，桌上型電腦和筆記型電腦的平均能耗分別降低了 47% 和 34%。
5. 產品即服務：提供越來越多的產品即服務 (Product-as-a-service) 產品，以減少廢棄物和成本，為客戶提供更好的價值。這些產品即服務產品可以減少對環境的影響，並支持向循環經濟的過渡。

⁸³ Products and solutions - Our vision is to create technology that makes life better for everyone, everywhere.

<https://www8.hp.com/us/en/hp-information/environment/productsandsolutions.html>

⁸⁴ HP Product Material Content Information, 2019.05.

<http://h20195.www2.hp.com/v2/GetDocument.aspx?docname=c05117791>

-
6. 耐用性和可維修性：耐用產品比以往任何時候都更易於維修和升級，在 HP 客戶自助維修服務媒體庫提供了如何輕鬆地修復我們的設備的說明，且 HP 零組件商店(Parts Store)可以讓用戶更換和升級他們的產品。2018 年初，EliteBook 800 G5 商務筆記本電腦系列獲得了 iFixit 可維修性 10 分的評分。
 7. 服務終止：當 HP 的產品達到使用壽命時，我們的維修、重複使用和再循環計劃，將支持負責任的收集和處理，以盡可能多地回收和再利用材料。
 8. 社會影響：透過採購、設計和交付我們的產品和服務，HP 旨在使人們受益，同時將對環境的影響降至最低。透過創新的合作夥伴關係，我們正藉由閉環回收程序（從海地到加州洛杉磯的社區閉環回收流程）來增加回收材料的供應，並改善民生。我們還與供應鏈中的工作人員互動，以確保他們擁有安全的工作場所和健康的生活方式。

附錄 A 相關網站及參考資料







1. 台灣區電機電子工業同業公會，<http://www.teema.org.tw/>
2. 台灣搖籃到搖籃平台，www.c2cplatform.tw/
3. 台灣產品碳足跡資訊網，<https://cfp.epa.gov.tw/>
4. 行政院環保署資源回收網，<https://recycle.epa.gov.tw/>
5. 行政院環保署綠色生活資訊網，<https://greenliving.epa.gov.tw/Public>
6. 行政院環保署環保標章產品查詢，
<https://greenliving.epa.gov.tw/Public/Product/ProductQuery>
7. 中小企業綠色環保資訊網，<https://green.pidc.org.tw/>
8. 財團法人金屬工業技術發展中心，<https://www.mirdc.org.tw/>
9. 財團法人塑膠工業技術發展中心，<https://www.pidc.org.tw/>
10. 財團法人台灣建築中心綠建材標章，<http://gbm.tabc.org.tw/>
11. 產品碳足跡計算服務平台，<https://cfp-calculate.tw/>
12. 經濟部水利署省水標章管理系統，<https://www.waterlabel.org.tw/>
13. 經濟部能源局節能標章全球資訊網，<https://www.energylabel.org.tw/>
14. 環保產品線上採購網，<http://www.buygreentw.net/>
15. IEC 62430 電子電氣產品的環境意識設計導則
16. IEC 62075 音訊、視頻、資訊技術和通信技術設備環境意識設計
17. ISO 14020 環境標誌與宣告－總則
18. ISO 14021 環境標誌與宣告-自行宣告之環境訴求（第二類環境標誌）

-
19. ISO 14024 環境標誌與宣告－第一類環保標章－原則與程序
 20. ISO 14025 環境標誌與宣告－第三類環境宣告－原則與程序
 21. ISO 14040 環境管理－生命週期評估－原則與架構
 22. ISO 14044 環境管理－生命週期評估－要求事項與指導綱要
 23. ISO 14049 環境管理－生命週期評估－ISO 14041 目的與範疇界定及盤查分析之應用範例

附錄 B 各國環保標章網站

| | |
|---|--|
| <p>全球環保標章網路組織</p>  | <p>(Global Ecolabelling Network, GEN) http://www.globalecolabelling.net/</p> |
| <p>中國 (CEC)</p>  | <p>http://www.mepcec.com/</p> |
| <p>中國 (CQC)</p>  | <p>http://www.cqc.com.cn/www/english/index.shtml</p> |
| <p>巴西</p>  | <p>http://www.abntonline.com.br/sustentabilidade/Rotulo/Default</p> |
| <p>日本</p>  | <p>http://www.ecomark.jp/english/</p> |
| <p>以色列</p>  | <p>http://www.sii.org.il/</p> |







附錄 B 各國環保標章網站(續一)

| | |
|------------------------|---|
| <p>北美 (ECO GO)</p> |  <p>n.industries.ul.com/environment/certificationvalidation-ecologo-product-certification</p> |
| <p>北歐</p> |  <p>www.nordic-ecolabel.org/product-groups/</p> |
| <p>印度</p> |  <p>cenvis.nic.in/indproduct.html</p> |
| <p>印尼</p> |  <p>standisasi.menlhk.go.id/index.php/barangjasateknologi-rangkaian/lembaga-penyedia-jasa-pengelolaan-lingkungan-baga-verifikasi-ekolabel/</p> |
| <p>俄羅斯</p> |  <p>www.ecounion.ru/</p> |
| <p>哈薩克 斯坦</p> |  <p>www.eko-kaz.kz/</p> |

附錄 B 各國環保標章網站(續二)

| | |
|--|--|
| <p>美國 (Green Seal)</p>  | <p>http://www.greenseal.org/GreenBusiness/Standards.aspx</p> |
| <p>香港</p>  | <p>http://www.greencouncil.org/</p> |
| <p>泰國</p>  | <p>http://www.tei.or.th/th/area_project_detail.php?area_id=3&project_id=20</p> |
| <p>烏克蘭</p>  | <p>http://www.ecolabel.org.ua/</p> |
| <p>馬來西亞</p>  | <p>http://www.sirim-qas.com.my/</p> |
| <p>菲律賓</p>  | <p>http://www.pcepsdi.org.ph/</p> |

附錄 B 各國環保標章網站(續三)

| | |
|---|--|
| <p>新加坡</p>  | <p>http://www.sgls.sec.org.sg/sgl-directory.php</p> |
| <p>紐西蘭</p>  | <p>http://www.environmentalchoice.org.nz/specifications/published-specifications/</p> |
| <p>瑞典</p>  | <p>http://www.naturskyddsforeningen.se/node/12484</p> |
| <p>德國</p>  | <p>http://www.blauer-engel.de/en</p> |
| <p>歐盟</p>  | <p>http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/</p> |
| <p>澳洲</p>  | <p>http://www.geca.eco/our-standards/</p> |

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

附錄 B 各國環保標章網站(續四)

韓國



<http://el.keiti.re.kr/enservice/enindex.do>