

## 產品生命週期之綠色設計評估模式 - 以筆記型電腦為例

杜瑞澤

大葉大學設計研究所  
彰化縣大村鄉山腳路 112 號

### 摘 要

生命週期評估 (life cycle assessment) 是大家所共識的一種環境保護評估概念與方法，同時也是國際品保認證 ISO14000 重要的評鑑依循，因此運用 LCA 的概念於綠色產品設計研發上，以建立一套讓設計師與工程師易於瞭解的綠色設計評估模式，將有助於綠色產品開發的最大環保效益。本研究採行的方法與步驟是透過相關綠色產品生命週期設計分析、檢核和策略等文獻的探討與研究，進而擬定出讓工業設計師於產品生命週期剖析過程中的綠色設計評估模式架構。研究中探討分析具環保特性的生命週期設計原則，促使 LCA 成為產品綠色設計的評估檢核之引導工具，這些綠色設計的準則與評估模式提供了設計師在綠色產品發展時的重要參考依據和方法。本研究並以筆記型電腦為個案實例應用，來說明綠色產品設計研發的分析與評估方式和內容，過程中不斷地提出環保綠色設計的改善方案並進行比較與檢討，最後訂定出較理想且符合產業綠色產品設計發展的方向與規範。

**關鍵詞：**生命週期評估，生命週期矩陣分析，綠色設計檢核，綠色設計策略環

## An Assessment Model for Green Design under A Product-Life Cycle

JUI-CHE TU

*Graduate School of Industrial Design, Da-Yeh University  
112 Shan-Jiau Rd., Da-Tsuen, Changhua, Taiwan*

### ABSTRACT

This study develops a structure for an assessment model for green design from the product-life-cycle standpoint. Life-cycle assessment (LCA) is not only an environmental assessment concept and method but also an important evaluation standard of the ISO 14000. Therefore, applying the concepts of LCA and incorporating an assessment model and strategy into green-product design and development will help to develop the maximum environmental efficiency of green products. The methodology and procedures of this study adopt a review of the literature and research to develop a structure for green-design strategy under the LCA. Furthermore, the study establishes an assessment model for an improved idea for environmental design for designers while green-product development is in process. The integration of green-design strategy established by the analysis of the product-life cycle provides designers with effective methods and tools for



green-product design. This study analyzes and establishes design principles under the life cycle for environmental industrial products to support industrial designers in guiding the direction of product development. In addition, the practical application under the assessment model in the study pragmatically ascertains the proper directions for green products in the future and clearly develops a green-design strategy for a company.

**Key Words:** life-cycle assessment, material-energy-toxic matrix, green-design checklist, eco-design strategy wheel

## 一、前言

綠色產品設計開發確實為環境保護開創了新的局面，產品在設計初期就訂定明確的環保目標，同時就所展望的目標擬定綠色設計的配套措施與方法，這將有助於企業綠色產品的發展並且降低對環境繼續的破壞與衝擊 [5]。以往對企業來說使其產品具有市場競爭力是最為重要且唯一的，現在由於自然資源的枯竭，企業產品開發必須兼顧環保趨勢且肩負起對社會的責任。從商業活動的觀點來看，實踐產品綠色設計對一間公司來說也可視為是一種商機，因為消費者環保意識的高漲以及越來越嚴苛的環保法令，使得產品必須具備環保條件方能被市場所接受 [4]。因此有其必要發展一套切合實際的綠色設計方法與評估模式來引導企業進行綠色產品開發工作，同時綠色設計應以一個宏觀的角度來規劃，才能真正解決環境的問題。生命週期評估 (LCA) 正是符合此種觀念的有效方法，從產品的誕生到廢棄整個過程來評估產品所帶給環境的影響，將之減至最低限度 [8]。

根據美國環境毒物及化學協會 (SETAC) 所做的定義，生命週期評析是一個衡量產品生產或人類活動所伴隨之環境負荷的工具，不僅要知道整個生產過程的能量、原料需求量及環境污染的排放量，還要將這些能量、原料及排放量所造成的影響予以評估提出改善的機會及方法 [2]。換句話說生命週期評估也就是一種產品或服務由搖籃到墳墓產生之總環境影響的評估工具。由此定義可發現，生命週期評估為一種環境策略規劃工具，其評估的對象為特定產品，評估範圍則由生產最初之原料取得到產品消費用罄予以廢棄的一連串過程 [3]。進行生命週期評估的目的，在為產品設計生產建立一套完整能源與資源耗用及污染或廢棄量的資料庫，以便從中規劃最佳的設計與管理策略，減少能源與資源的使用量，降低對環境所造成的傷害，並提出改善之道，達成清潔生產的目標，也使產品的形象更加健康，使經濟發展與環境保護並行不悖，以完成永續發展的事業 [1]。

有鑒於此，本研究目的希望藉由研析現有各種生命週期分析方法與綠色設計檢核評估與策略，建立起一套理想且實際的產品生命週期的綠色設計評估模式，以幫助設計開發相關人員在綠色產品開發時，能瞭解各種設計解決方案的產品環保改善程度。本研究以產品生命週期觀點為中心，配合生命週期矩陣分析與綠色設計檢核和策略構成整體評估模式架構，經由筆記型電腦實例應用分析評估與驗證，終能從產品分析評估中顯現出綠色產品開發的設計準則與方向。

## 二、生命週期矩陣分析

本研究以倫飛電腦公司所生產的筆記型電腦 P86 機型為綠色設計發展的對象 (見圖 1)。希望藉由既有產品的生命週期矩陣評估分析做為新產品在環境問題改善的基準，進行綠色產品設計評估發展之架構。

MET 產品生命週期矩陣代表 Material cycle (材料週期) Energy use (能源使用) 和 Toxic emission (毒素釋出)。此方法最大的功用在幫助研發團隊集中產品在環保上的焦點，以整個產品生命週期所採取的步驟為縱軸，以各種對環境的影響為橫軸，去了解後續開發產品的生命週期步驟中的改善問題 (如表 1)。



圖 1. P86 機型之外觀與功能說明



表 1. P86 筆記型電腦的 MET 矩陣分析表

階段	材料週期	能源使用	毒素釋出
	Input / Output	Input / Output	Input / Output
原料的產生與加工	金屬材料、 非金屬材料 → 輕合金、不銹鋼、 馬口鐵、磷青銅、 鍍鋅鋼板、 ABS/PC 塑膠原料、 橡膠	人力、水電、機械等動力	重金屬、廢氣、廢料
半成品與成品生產	半成品： 1. 殼件（ABS/PC 塑膠原料、不銹鋼） 2. 機板（印刷電路板） 3. 模組（FDD、CD-ROM、HDD、CPU） 4. 端子、排線、螺絲、鍵盤、線材、喇叭、風扇等	人力、水電、機械等動力（利用高溫與冷卻之溫度轉換，使顆粒物質⇒持久造型）	重金屬、有機溶劑、 廢氣、廢料
	成品： 前置 + 後置 → Note Book 成品	人力、水電、機械等動力（使半成品組裝完成）	輻射、電磁波
產品流通	紙漿、油墨、塑膠發泡材	人力、水電、機械、石油等	有機溶劑、廢水、 廢氣
產品使用	Ni-MH Battery or Li-ion Battery	人力、電力（電池、DC、AC） → 資料處理、資訊接收、 資訊傳送等之 Note Book 之產品功能	輻射、電磁波
產品回收與廢棄	1. Note Book 成品 或半成品 → 1. 分類後之零 組件 2. 分解覆加物質之 溶劑 2. 還原之材料	人力、水電、機械等動力	重金屬、廢棄物

橫軸於整個環保方面的問題分為三個主要部分：(1) Material cycle、(2) Energy use、(3) Toxic emissions。縱軸於整個產品生命週期分為五個階段：(1) Production and supply of materials and components、(2) In-house production、(3) Distribution to customers、(4) Utilization、(5) Recovery and disposal。而 MET Matrix 分析表格建立方法如下所述：

#### 1. 材料週期欄

此欄是指在輸入與輸出的物質所可能引起的環保問題，包括指出無法修復或在製造過程中會釋出高污染性物質的材料（如銅、鉛、鋅），以及在生命週期的五個階段中所包含不相容的物質、不符合經濟效益或無法再生利用的物質。

#### 2. 能源使用欄

此欄列出五個階段的能源消耗量，包括產品本身消耗量及其運輸、操作時的消耗量及如何保持能量，此欄第一部份列出材料輸出時的最高能量，能源的消耗也登記在此欄中。

#### 3. 毒素釋出欄

最後一欄是評估分析是否具有釋放危害土地、水和空氣的證據。

透過 MET (material cycle 材料週期、energy use 能源使用和 toxic emissions 釋出毒素) 的生命週期矩陣分析後，對於倫飛 P86 筆記型電腦產品的生命週期有了基本瞭解，然後逐一地探討產品生命週期各階段在環境影響上的問題焦點，如表 1 所示，同時找出解決的可能方案。

#### (一) 原料的產生與加工階段

此階段在瞭解與掌握筆記型電腦所採用的材料涵蓋金屬與非金屬材料：金屬材料包括輕合金（鋁&鎂為主）、不銹鋼、馬口鐵、磷青銅與鍍鋅鋼板等；而非金屬材料則有塑膠、橡膠與包裝之紙類等。塑膠材質部分為了強度與熱變形條件之因素，則使用高級之泛用工程塑膠（即可再生之塑膠材料）。

#### (二) 半成品與成品生產階段

此階段重點在於半成品製作、強調防止 EMI 對策以及產品設計組裝性。塑膠射出成型方法是一般最普遍的加工方式，可快速生產，尺寸精度高，表面可依需要做光滑面或咬花面之處理，可容易符合設計師所要求之外觀。在防止 EMI (electric-magnetic interference) 的對策上，筆記型電腦有各種屏蔽方法及其特徵。此外，考慮產品的易製性與拆解性，



將這些問題提前在產品設計階段予以考慮，除了增加產品設計的完整性之外，更能避免不易組裝的類似問題重複出現。

**(三) 產品流通階段**

產品在設計時考慮減重量、減體積、選擇較無毒性或可回收再利用的包裝材料等方法，可有效地減輕產品對環境所產生的衝擊。如此考量一方面可精簡製造時程、減少資源浪費，增加回收便利性及減少廢棄量，另一方面則有助於產品的運輸便利性及運輸空間節省，進而減少成本的付出。

**(四) 產品使用階段**

產品應朝向模組化、規格化、多功能、省能源等方式進行設計，其意義在於減少資源的損耗。另一方面，產品功能

的增加亦可在使用需求與環境負荷的平衡考量下進行。

**(五) 產品回收與廢棄階段**

產品因維修困難或難以拆解，因而無法再利用。產品在設計時可以藉由節省材料、延長產品壽命、易於分解和可回收再生零組件的設計等方式，來避免不必要的環境傷害。

**三、綠色設計檢核**

透過筆記型電腦生命週期的矩陣 MET 分析，找出筆記型電腦在使用者需求與環保問題上的焦點（如圖 2），再運用產品綠色設計檢核的方法將所有可能的解決方案一一提

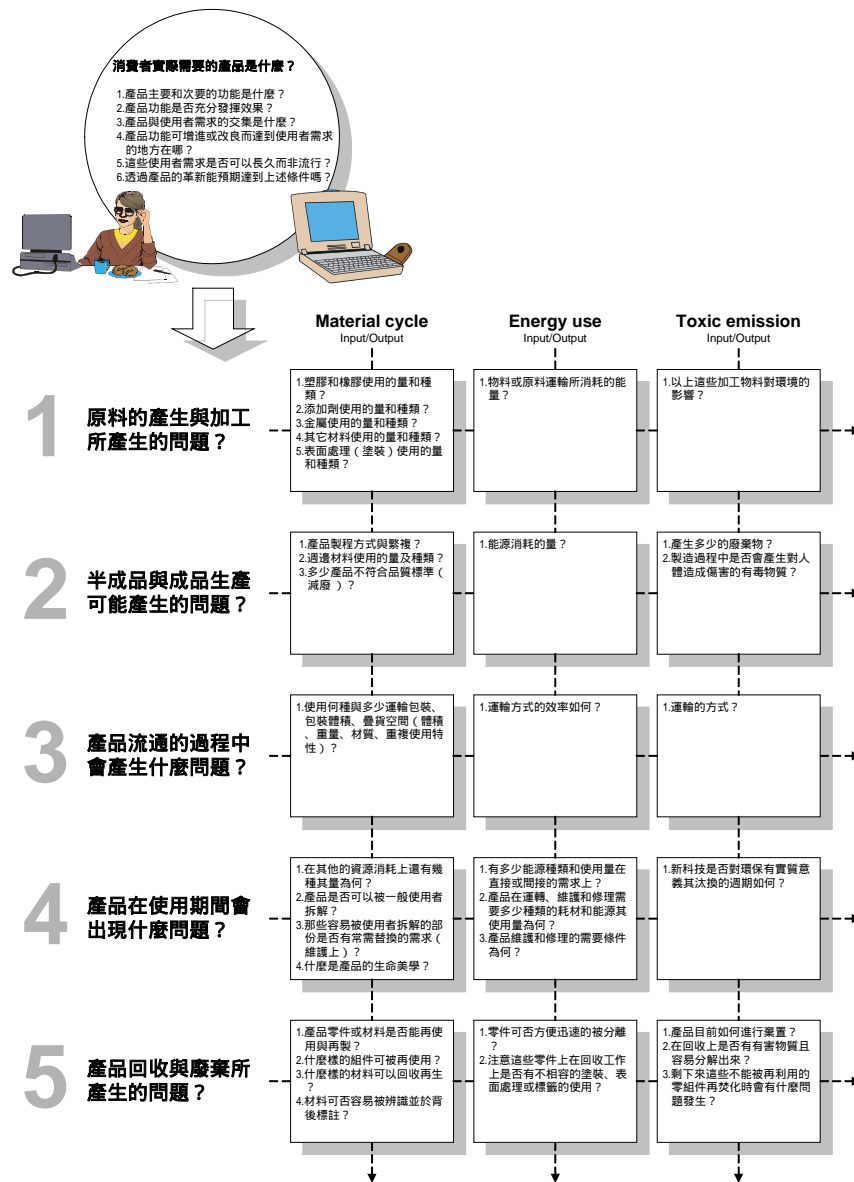


圖 2. 新機型的使用需求與環保問題焦點



出，進一步作為新舊產品綠色設計評估分析的準則。而產品綠色設計檢核分為六大部分：首先第一部分為產品的需求分析（見表 2），其餘部分則依照產品生命週期各階段分為五個部分，分別為原料的產生與加工檢核（見表 3），半成品與成品生產檢核（見表 4），產品流通檢核（見表 5），產品使用檢核（見表 6），產品回收與廢棄檢核（見表 7），透過對問題的檢核與腦力激盪思考方式，在表中右欄所產生的綠色設計準則與解決方法將做為未來筆記型電腦新產品綠色設計開發的解決方案。

#### 四、綠色設計策略環分析

將理想中綠色筆記型電腦新機型與舊機型 P86 作一比較分析，根據之前所產生的產品綠色設計評估分析的準則，經由產品設計開發相關人員集體腦力激盪調查，按綠色設計策略環（eco-design strategy wheel）八大方向（新概念發展、選擇低環境衝擊材料、減低材料使用、生產技術最佳化、高效率流通系統、使用期間環境衝擊降低、充分利用產品有效週期、產品屆齡後再利用）逐一評估其之間對環境改善程度（加權質數）[13]，然後累計每一策略重點所產生的整體環

表 2. 筆記型電腦的需求分析檢核表

消費者實際需要的產品是什麼？	綠色設計準則與方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 產品主要和次要的功能是什麼？</li> <li>● 產品功能是否充分發揮效果？</li> <li>● 產品與使用者需求的交集是什麼？</li> <li>● 產品功能可增進或改良而達到使用者需求的地方在哪？</li> <li>● 這些使用者需求是否可以長久而非流行？</li> <li>● 透過產品的革新能預期達到上述條件嗎？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 強化筆記型電腦功能。</li> <li>● 極低的材料耗用。</li> <li>● 模組化與可再升級之設計。</li> </ul>

表 3. 原料的產生與加工檢核表

原料和組件的生產和供給所產生的問題？	綠色設計準則與方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 塑膠和橡膠使用的量和種類？</li> <li>● 添加劑使用的量和種類？</li> <li>● 金屬使用的量和種類？</li> <li>● 其它材料使用的量和種類？</li> <li>● 表面處理（塗裝）使用的量和種類？</li> <li>● 以上這些加工物料對環境的影響？</li> <li>● 物料或原料運輸所消耗的能量？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 較環保的 EMI 對策。</li> <li>● 清潔（低污染）原料。</li> <li>● 低能源需求的材料。</li> <li>● 相容（compatible）材料。</li> <li>● 可回收再生材料。</li> <li>● 減少材料的體積。</li> <li>● 減少材料的種類。</li> <li>● 減少零件的數目。</li> <li>● 減少材料的重量。</li> </ul>

表 4. 半成品與成品生產檢核表

在公司內的製程中所可能發生的問題？	綠色設計準則與方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 產品製程方式與繁複？</li> <li>● 週邊材料使用的量及種類？</li> <li>● 能源消耗的量？</li> <li>● 產生多少的廢棄物？</li> <li>● 多少產品不符合品質標準（減廢）？</li> <li>● 製造過程中是否會產生對人體造成傷害的有毒物質？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 設計時應考慮到組裝性。</li> <li>● 設計時考慮結構強度，如架構不足將影響組裝。</li> <li>● 設計導引溝槽以方便鎖合或拆卸工具進入。</li> <li>● 設計定位結構。</li> <li>● 不易控制與無定形組件將影響組裝，應設計提供足夠的抓取面。</li> <li>● 設計足夠的鎖合與拆卸作業空間，且扣件要看得易接近。</li> <li>● 避免不必要的裝配零件。</li> <li>● 盡量統一零件型號。</li> <li>● 膠合方式組合不符合環保設計，應使用清潔的扣件及牢固技術，避免異類材料的緊密接合。</li> <li>● 模組設計方便組裝與拆解。</li> <li>● 避免不必要的表面處理或二次加工。</li> <li>● 勿設計需特殊工具才可鎖合或拆解的結構。</li> </ul>



表 5. 產品流通檢核表

產品流通至消費者的過程會產生什麼問題？	綠色設計準則與方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 使用何種與多少運輸包裝、包裝體積、疊貨空間（體積、重量、材質、重複使用特性）？</li> <li>● 運輸的方式？</li> <li>● 運輸方式的效率如何？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 產品輕量化，提昇產品運輸效率。</li> <li>● 產品結構強化，使產品在運輸過程中不易毀損。</li> <li>● 產品輕薄化，使包裝材料減少並可增加產品的運輸量。</li> </ul>

表 6. 產品使用檢核表

當產品使用、運轉、保養和維修時，會出現什麼問題？	綠色設計準則與方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 在其他的資源消耗上還有幾種其量為何？</li> <li>● 有多少能源種類和使用量在直接或間接的需求上？</li> <li>● 新科技是否對環保有實質意義其汰換的週期如何？</li> <li>● 產品維護和修理的需要條件為何？</li> <li>● 產品在運轉、維護和修理需要多少種類的耗材和能源其使用量為何？</li> <li>● 產品是否可以被一般使用者拆解？</li> <li>● 那些容易被使用者拆解的部分是否有常需替換的需求（維護上）？</li> <li>● 什麼是產品的生命美學？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 減少產品電能消耗的設計。</li> <li>● 提昇充電電池的充電效率與蓄電量。</li> <li>● 產品的穩定性和耐久度。</li> <li>● 容易於維護和修復。</li> <li>● 高品質的設計。</li> <li>● 使用者為中心的設計。</li> <li>● 可模組設計之處，盡量設計方便組裝與拆解。</li> <li>● 為延長產品使用週期，應採模組設計以利產品升級。</li> <li>● 升級模組的拆卸設計，應盡量避免需移動到一些不相關組件。</li> <li>● 無產品內部機構設計影響到產品外觀。</li> </ul>

表 7. 產品回收與廢棄檢核表

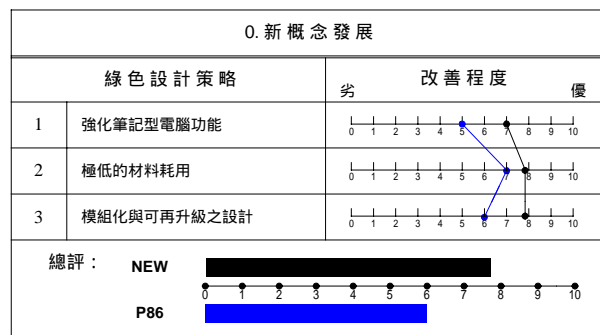
產品再回收再生和棄置會產生的問題？	綠色設計準則與方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 產品目前如何進行棄置？</li> <li>● 產品零件或材料是否能再使用與再製？</li> <li>● 什麼樣的組件可被再使用？</li> <li>● 能否在無危險的條件下拆解組合零件？</li> <li>● 什麼樣的材料可以回收再生？</li> <li>● 材料可否容易被辨識並於背後標註？</li> <li>● 零件可否方便迅速的被分離？</li> <li>● 注意這些零件上在回收工作上是否有不相容的塗裝、表面處理或標籤的使用？</li> <li>● 在回收上是否有有害物質且容易分解出來？</li> <li>● 剩下來這些不能被再利用的零組件在焚化時會有什麼問題發生？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 模組有共通性可以再使用。</li> <li>● 零件容易分離與拆解。</li> <li>● 零件要有標示料號以利分類。</li> <li>● 原料回收再生。</li> <li>● 安全的焚化。</li> </ul>

保改善程度（如表 8、表 9）。

由表 8 可得知筆記型電腦的功能隨著廠商不斷研發，如今已可與傳統的桌上型電腦比擬了。也由於筆記型電腦價格的下降因素，使得原先想購買桌上型電腦的買家轉而購買筆記型電腦。而在桌上型電腦與筆記型電腦的環保效益上，筆記型電腦是更勝一籌，這一取代趨勢也將有利於環境保護工作的推展。

在綠色設計策略環之新概念發展中，由於筆記型電腦的模組化設計日益成熟，筆記型電腦外殼所使用的材料在產品要求輕薄短小下已經盡量減少了。目前業界有採用鎂合金材料來替代原本的工程塑膠，其優點除了重量輕外，最重要可直接防止 EMI 而不必另外處理 EMI 的防止問題，可說是目

表 8. 新概念發展的評估



前工程塑膠外另一可採用之較佳環保材料。然而因製良率低，在產品製造的工業減廢效益上卻大打折扣，因此業界也正在審慎的評估中。



表 9. 選擇低環境衝擊材料的評估

1. 選擇低環境衝擊的材料		改善程度	
綠色設計策略		劣	優
1	較環保的EMI對策	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	8
2	清潔(低污染)原料	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	8
3	低能源需求的材料	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	5
4	相容(compatible)材料	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	2
5	可回收再生材料	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	2
總評：		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
NEW		[Bar chart showing improvement from 2 to 8]	
P86		[Bar chart showing improvement from 2 to 5]	

而在綠色設計策略環之選擇低環境衝擊材料中，由表 9 顯示倫飛電腦公司在 P86 後續新機種的開發，由於考量材料運用在產品上的製造技術成熟度，因此並沒有採用比原有更環保的材料，而是在原本極為成熟的製造基礎上，於其他方面採取較佳的綠色設計策略。

於綠色設計策略環之減低材料使用分析發現，倫飛電腦公司由於運用產品較佳的機構設計，使產品朝向輕薄短小，同時在模組化設計成熟的雙重影響下，產品所使用之材料的量與零件數目，皆得到比原先產品較佳的環保成果。而在生產技術最佳化上則凸顯了在八大策略中所能改善程度較好的其中一項，這正好反映了之前研究背景說明中所提到的，台灣筆記型電腦產業的製造競爭是其優勢與所擅長之處。其產品的設計與製造技術的改善方面，其成果也反映在高效率流通系統策略的環保效益上。

對於產品的能源使用效能與電池電子迴路的改善，發現產品在使用期間因能源消耗而產生環境衝擊問題正逐步在改善。而在使用期間降低環境衝擊的策略方面，就整體而言是有所改善，但其中低污染的消耗品卻沒有改善，是因為電池雖然其效能提昇，因其本身的組成成分具污染性，故就目前各種量產電池技術在環保問題都沒有較革命性的解決方法。

在充分利用產品有效週期的分析評估顯示，得知產品在環保問題的解決策略上是互相牽連影響，由於之前產品設計在環保問題的改善，連帶影響到產品生命週期的後階段，之前的機構設計與模組化設計使產品能夠容易維修與升級，使產品的有效週期得以延長，在如此重視之下，產品的品質自然不言可喻，而產品也就耐用。除了從產品本身的機能考量外，也必須配合使用者的需求。同時在產品屆齡後的再利用

分析得知，雖然產品在製造時有標示料號與易拆解設計之考量，但目前政府與廠商祇有些許產品的材料資源可以回收再生，其中包括八十六年六月所公告的一般容器應標示回收標誌及內容，以及九十年四月公告廢印表機和九十一年一月公告廢電子電器產品（電視機、洗衣機、冰箱、冷暖氣機）廢資訊產品（主機、監視器、印表機、筆記型電腦）與廢機動車輛（汽、機車）等產品列入回收項目。顯而易見多數產品仍以棄置作為處理，而筆記型電腦不可回收之材料在焚化處理過程中依然會釋放毒素污染。

綜合以上的各項評估，運用綠色設計策略環（ESW）（如圖 3 所示）讓新產品設計案的整體環境改善程度能夠呈現；讓此產品開發的初步預期結果能夠做為未來新產品的綠色設計目標。由圖 3 所呈現出的結果顯示，倫飛電腦公司新機種之整體的改善趨勢在生產技術最佳化、高效率的流通系統、充分利用產品的有效週期以及新概念發展等策略方面均有較佳的表現，並且同時可以發現到這些策略發展的結果都有互相影響的關聯性，而筆記型電腦的功能增長速度與製造技術的成熟是環境改善成效的主因。至於選擇低環境衝擊的材料、減低材料的使用、使用期間環境衝擊的降低以及產品屆齡後的再利用等這些對環境影響比較直接的策略，其改善程度反而沒有很顯著，從這也可以反應出這家公司本身內部與外部環境條件的狀況。

## 五、綠色產品設計評估模式

本研究參考了 Carolien van Hemel、Han Brezet [11] 所用之產品生命週期評估方法（MET Matrix）[11] 以及產品生命週期中綠色設計檢核表和綠色設計準則（Mark G. [12]），同時整合產品設計開發策略的實用工具綠色設計策略環（ESW）（Boustead I. [9]），以建立具創新與效能的分析檢核之綠色產品設計的評估模式架構（如圖 4 所示）。此評估模式以嚴謹之產品生命週期的綠色設計評估分析方法及準則為建構基礎，再配合連結階層集群數據分析之綠色設計策略環，使得企業在發展其綠色產品時，可更詳細且正確地分析判斷各種產品設計解決方案在環保方面的改善程度，進而產生出理想之綠色產品設計方針與策略。

由圖 4 評估模式架構可知，其主要構成可分為四個階段，分別按進行步驟說明如下：

第一階段：MET 矩陣分析評估。研發團隊必須定義產品的主、次要功能，檢視產品的必備機能是否齊全，並以此



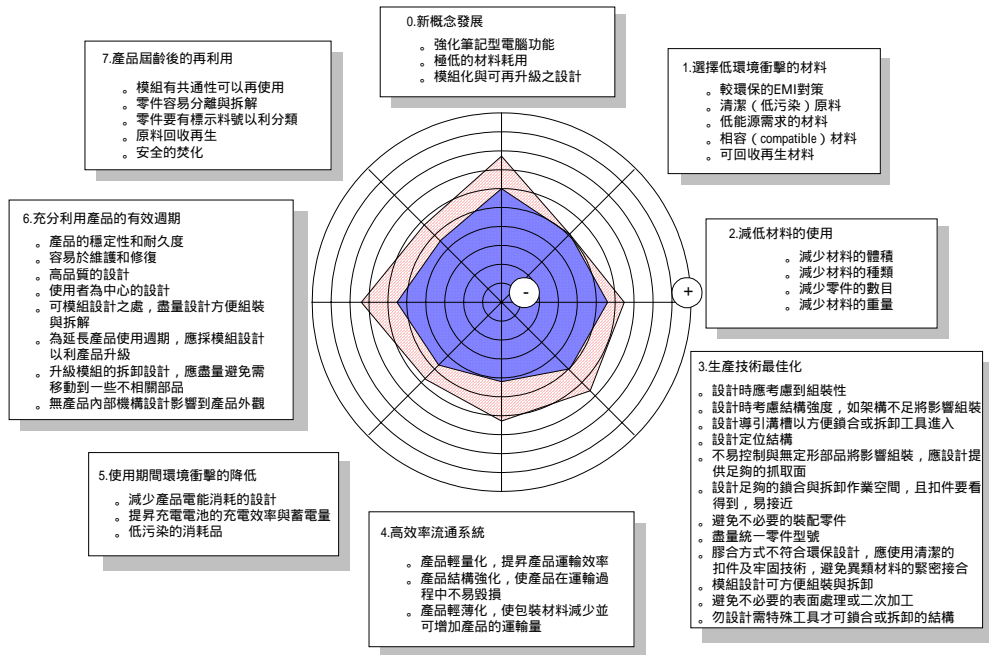


圖 3. 產品綠色設計策略環分析評估結果

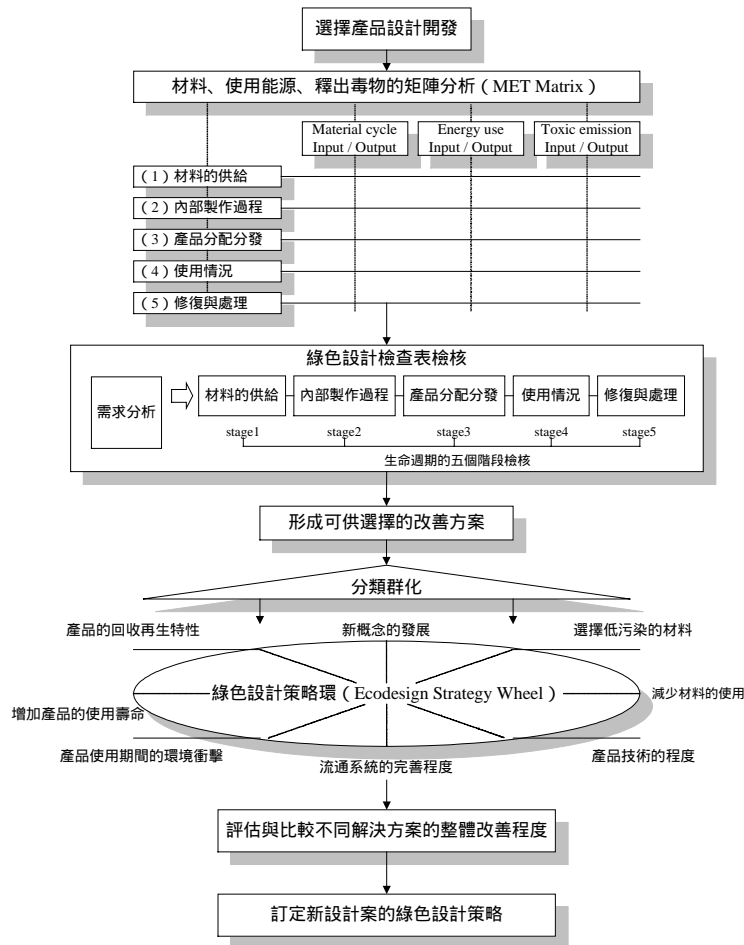


圖 4. 綠色設計決策評估模式架構





來定義產品。之後進行需求分析，包括：1. 現有產品如何滿足需求；2. 有無可能以更經濟、有效率的方法來滿足需求。當產品機能分析後，則必須注意產品的各項成份及其外觀，將其做成 MET Matrix。而為了有系統的分析產品機能，研發團隊應確實做好 MET Matrix 表格，以找出產品生命週期中各階段對環境所可能造成的影響，要確定各階段中所使用的輔助物均已計算在內，並利用 MET Matrix 表格過濾其環境影響程度。

第二階段：綠色檢核。首先進行需求分析，之後針對產品機能設計做一系列的問題與分類，每一類皆須對應生命週期的五個階段進行綠色檢核，工作重點在評斷產品的主、次要機能。這些檢核過程所遭遇的問題與環保瓶頸應在各階段就應立即獲得改善與解決。

第三階段：分析後所得出之許多改善方案，將其填寫在依之前所規劃的綠色設計策略項目中，經由綠色設計策略環項目分析可得知改善方案是否為產品綠色表現的有效方案。研發團隊可藉此來重整或調整公司的具體綠色設計策略，以進一步掌握特定設計方案在環保方面的改善程度。

第四階段：從綠色設計策略環分析得出改善方案後，接著評估其技術與結構可行性、環境利益、經濟效益和行銷機率。此階段當注意的是，在實際研發工作上，研發團隊必須先擬定出綠色產品設計程序的優先次序同時要取得管理、行銷、採購、研發及製造等各部門管理者的配合，如此方可確保綠色產品設計的執行成效。

## 六、結論與建議

在邁向綠色環保的年代，相對的，產品的生產與消費將不再只是考慮如何的生產與製造以及如何的使用，而是注重綠色設計生產和往後的綠色消費所包含的環保意義。針對設計與製程對環境的影響，運用綠色設計檢核程序以儘早評估出產品對環境的衝擊，再透過各種綠色設計發展方法進行全面性的分析與研究，將產品的生命週期從開始至結尾串連起來，形成一個緊密網路，藉由網路層層的把關，減少其中不必要的污染產生 [10]。

因此，透過本研究從產品生命週期觀點所建立的綠色設計評估模式，將能有效提供設計師及各種專業人員對於綠色產品的生命週期設計之全盤瞭解，而有助於綠色觀念系統性思考，並且以此為基礎更可廣泛地運用於產業的綠色設計發展與研究，而有利於綠色設計之最佳決策產生。同時藉由個

案研究中筆記型電腦開發的綠色設計評估分析，可以了解到從其基本的觀念架構中，能夠針對各種產業類別或者是不同規模之企業，發展適合其屬性的產品生命週期的綠色設計評估模式，進而使綠色設計能夠廣泛的落實在產業之中。

對一般企業的經營概念而言，綠色設計是運用創新減量、減廢以降低經營成本，並配合綠色行銷以建立企業綠色形象，進而可提高企業市場競爭力。其實這也正是綠色設計中「更清潔、更便宜、更聰明 (cleaner, cheaper, smarter)」口號的目標與宗旨 [7]。唯有使企業與設計師意識到綠色設計與競爭優勢的關係，方可促使企業重視綠色產品的設計與流程以及資源的利用。綠色設計是企業綠色化的第一步，之後尚需投入心力於綠色技術、綠色生產、綠色產品、綠色行銷、綠色消費、綠色公關、綠色企業、綠色競爭等方面 [6]。最具體的作法就是結合全方位規劃之企業形象模式，把公司製造行銷的綠色產品與企業環保形象緊密連結在一起，建立一個有系統的綠色環保企業體系，全體員工總動員當可形成綠色企業優良新形象，以達成企業永續經營的最終目標。

## 誌謝

感謝國科會提供專題研究計畫經費補助，以及徐福麟研究生的協助與參與，此計畫方能順利完成並發表。國科會專題研究計畫經費補助編號：NSC 89-2411-H-212-002。

## 參考文獻

1. 呂明和 (民 85)，材料與產品生命週期分析，崑山技術學院環境工程技術系。
2. 杜瑞澤、陳振甫、徐福麟、吳聰林 (民 86)，綠色生命週期設計中產品回收再生特性之永續性評估模式研究，行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告，頁 51-52。
3. 杜瑞澤、陳振甫、徐福麟、吳聰林 (民 86)，產品回收再生特性之永續性評估模式研究，明志工專八十六年技術與教學研討會，頁 137。
4. 官政能、陳源德 (民 81)，應用綠色環保觀念於產品開發之策略研究，交通大學工業工程研究所碩士論文，頁 24。
5. 曾漢壽 (民 85)，永續企業的綠色設計觀，設計，70，頁 16。
6. 楊致行 (民 85)，生命週期評估之整體趨勢及概念，ISO



- 14000 之第二波 - 生命週期評估研討會, 經濟部。
7. 鄭源錦等編(民 84), 綠色設計, 經濟部工業局, 頁 83-97。
  8. 鄭源錦等編(民 85), 綠色設計參考手冊 - 資訊產品, 經濟部工業局, 頁 10-13。
  9. Boustead, I. (1996) Life cycle assessment-the logical approach to decision making. 生命週期評估研討會, 經濟部, 台北。
  10. Burnette, C. (1990) Principles of ecological design, Innovation, 4. IDSA, London.
  11. Carolien, H. and B. Han (1996) Ecodesign: a promising approach, Delft University of Technology, 16-21. Delft, Netherlands.
  12. Mark, G. (1994) *Life-Cycle Analysis for Designers*, Europe Design Center Ltd. Eindhoven, Belgium.
  13. Society of Environmental Toxicology and Chemistry and STEAC Foundation for Environmental Education (1993) *A Conceptual Framework for Life Cycle Impact Assessment*. Design for Environment Research, Brussels, Belgium.

收件：90.11.27 修正：91.03.19 接受：91.03.28

