

產品環境化設計作業程序

林敬智*、王壬**

摘要

隨著全球發展的脈動，人類積極地參與各項活動，不僅消耗地球上日漸稀少的珍貴資源，更對周遭環境造成不可復原的重大傷害，隨著環保意識的抬頭，國際間相繼制訂各種公約來遏止環境問題的蔓延，而國內也呼應這股環保浪潮，積極地推動各項環保政策與法規；面對環保問題的態度，也由消極的管末處理轉向積極的源頭減廢，在此同時，『環境化設計』的意念也由然產生，但如何將此觀念深根於企業經營之中，並促使其積極地投入環境化設計之領域，實為一複雜且艱鉅之任務；而本文提出環安中心彙整國內外環境化設計經驗所規劃之作業程序，分成三個階段、五個模組，將此一系統化的程序搭建成電腦軟體中，逐步地引導產品設計人員進入環境化設計。

【關鍵字】1.環境化設計 2.環境品質機能展開

*工研院環安中心副研究員

**工研院環安中心研究員

緣起

環境化設計係以產品生命週期的觀點，考量產品於各階段中所造成的環境衝擊，並於產品的設計研發階段，以防微杜漸的思考方式，採用省資源、低毒性、低衝擊等設計準則，完成綠色產品的開發，以求產品於生產、使用及廢棄等各階段中，展現最佳的資源利用與最小的環境衝擊；而以 Fiksd,1996 對環境化設計所下的定義最為言簡意賅：『系統化地考量產品及其製程於生命週期中，以達到環境、健康與安全為目標的設計績效』。

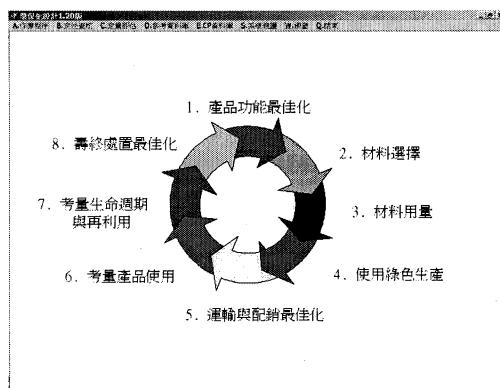
由於各國國情的不同，其跨入環境化設計之時程也不盡相同，但由各先進國家陸續投入龐大的經費與人力參與這方面的研究，使得環境化設計儼然成為解決環境問題的最佳良方。我國雖然沒有針對環境化設計制定特別法規，但是歷年來為解決環保問題而制定的相關法規，也都朝向鼓勵環境化設計的方向發展，茲將我國目前使用的環境政策與法規，簡述如下表 1 所示：

表 1 我國推動環境化設計之相關政策與法規

環境化設計之政策或法規	內容簡述
環保標章	行政院環境保護署配合國際間永續發展的環保潮流，推動環保產品設計與使用之理念，參照歐、美與日本等先進國家實施「環保標章」之經驗，鼓勵事業單位於原料取得、產品製造、包裝、運輸、販賣、使用及廢棄等階段中，需達到「可回收、低污染、省資源」的綠色生產原則，以期提昇我國環境品質。
政府機關綠色採購	我國「政府採購法」於民國八十八年制定公布後。依該法第九十六條內容規範，「政府機關得於招標文件中，規定優先採購取得政府認可之環境保護標章使用許可，而其效能相同或相似之產品，並得允許百分之十以下之價差」。以鼓勵與推廣綠色消費。
CNS14064 『產品標準含環境考量面之指引』	CNS 標準係由經濟部標準檢驗局依據 ISO14064 所制訂，該規範建議產品於設計階段必須考量制訂全面性的改善策略，以環境保育與污染防治為原則，積極地訂出產品的標準或相關規範，以降低產品所帶來的環境衝擊。
廢棄物清理法	依據廢棄物清理法第 15 條內容指出：物品或其包裝、容器經食用或使用後，若有導致嚴重污染環境之虞者，由該物品或其包裝、容器之製造、輸入或原料之製造、輸入業者負責回收、清除、處理，並由販賣業者負責回收、清除工作。

環境化設計程序

本研究綜合整理了國外推動環境化(再)設計的程序後，規劃出由數個模組所構成，並可依廠商的實際現況，配合流程中之模組進行階段性或整體性之考量，此一彈性化的流程設計，如圖2所示，可將環境化設計更簡易地導引至各個公司之中。此外，為便於資料庫與經驗庫之累積，以及與簡易生命週期評估作業結合，本作業程序已撰寫成為環境化設計軟體，如圖1所示。



■1 產品環境化設計軟體(V_1.2)

茲將各部分所需執行之工作內容，說明如下：

第一部分—前置作業

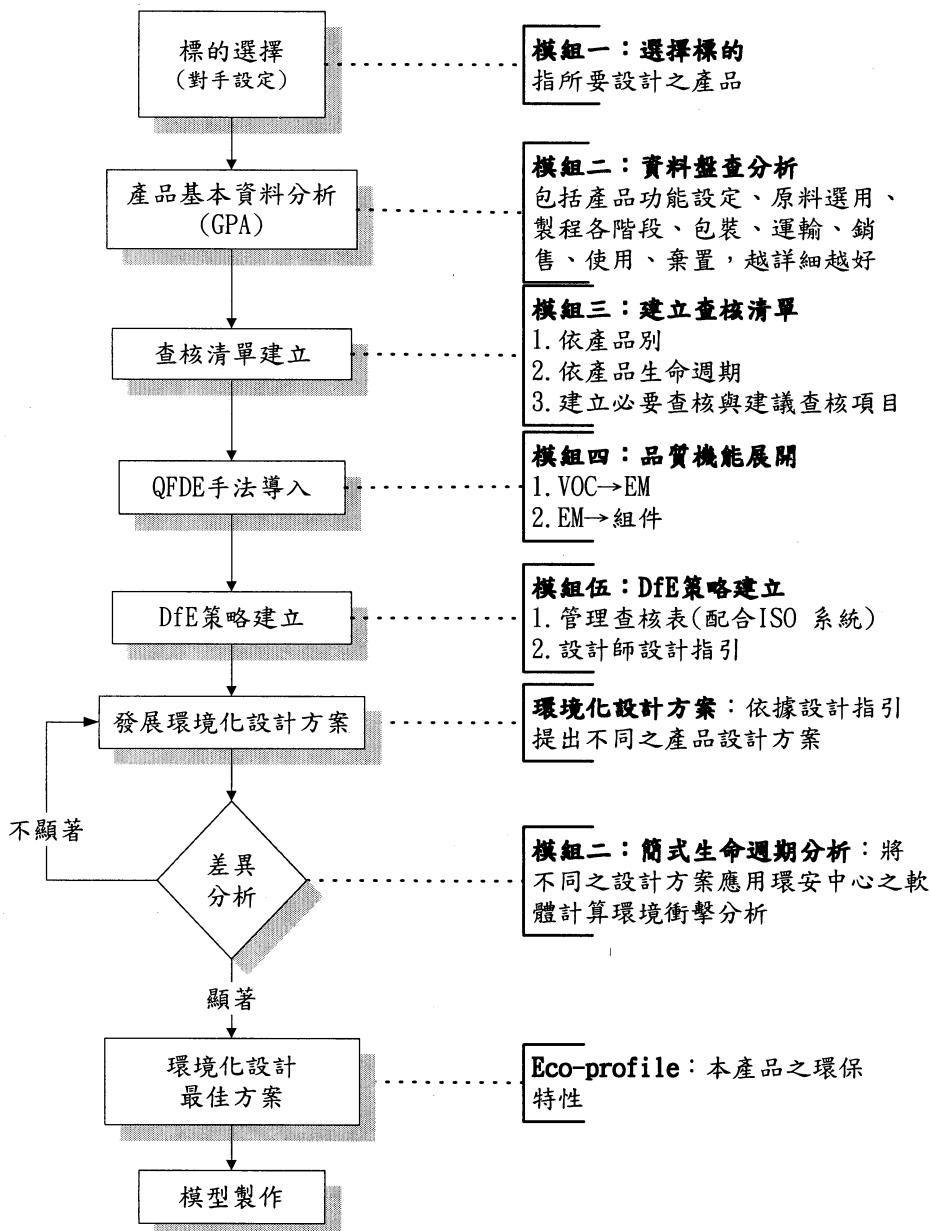
為產品環境化設計之前置工作，而工作內容大致可區分為下列幾項：

1. 標的選擇：選擇適合切入環境化設計之產品及研擬其可能影響之範圍。
2. 對手設定：以尚未進行環境化設計之產品或市面上同性質之產品作為比較基準，待該產品完成環境化設計後，方可進行差異分析，以檢討該設計方案的可行性。
3. 綜合性產品分析(General Product Analysis, GPA)：設計師在產品開發之前，需對

產品進行一些背景研究，並可將背景研究之結果彙整為「綜合性產品分析」(GPA)。而 GPA 多在公司內結合行銷、技術與一般事務部門人員共同完成，如表 2 所示。

- 4.DfE 應用資料庫：以 GPA 表為主體，除了收集產品相關之國際議題與國內法規外，也應將綠色設計準則、綠色原料及清潔生產技術等資料建置於資料庫中。
- 5.查核表單設定：將一些簡單的設計準則置於軟體中，可供設計人員針對產品較為關切之議題，進行勾選註記，查核表單的設定主要可分為三大類：
 - (1)依生命週期之流程：由原料、製造、運輸、使用及廢棄等各階段中，標明相關的定性準則，使設計師可由產品整體週期的宏觀角度對產品設計進行查核。
 - (2)參照澳洲 RMIT 之分類：提供資源保育、環境友善材質、清潔生產、分佈效率、能源效率、耐用、可回收/再利用、易拆解、安全處置…等設計之觀點，清楚地標明出產品與環境化設計相關之查核表單。
 - (3)產品類別：例如分為資訊家電類、家具類…等產品業別之分類，便於設計師來勾選。

環境化設計作業程序



■2 環境化設計作業程序

表 2 綜合性產品分析(GPA)

一、產品概述				填表說明 1.請提供產品圖片當作附件
產品名稱		型號		
規格（長、寬、高）cm				
主要功能				
主要組件	項目名稱	生產者	製程名稱	
特殊設計				
功能單位				
工程特徵 (以滑鼠為例)	光學設計重量輕,零件簡化。 大小適中。 塑膠外殼採同材料(ABS)設計,簡化材料項目。 除一般滑鼠游標操作及左右鍵功能外,同時具有3D轉輪及中間鍵功能。 圓弧平順符合人體工學之要求。 低消耗電流。	產品工程特徵：產品可度量的一些工程特徵，例如：重量、體積、原物料種類數目、有害物質含量、附屬功能數目、人體工學設計、硬度、組件數目、能源消耗...等。 僅需列出特徵描述即可，不用列出數據。		
二、產品行銷資訊				
主要競爭對手	1.廠牌： 2.型號： 3.優勢： 4.劣勢：	1.請盡可能選擇一個其他廠牌的主要競爭對手，並描述該產品之優點與缺點。 2.請提供主要競爭對手產品圖片作為附件。		
消費者聲音	1.造型美觀(酷炫造型)、使用舒適便利。 2.價格更宜。 3.附特殊功能。	消費者對本產品之需求，可由設計師或行銷人員獲得該方面的資訊		

表 2 綜合性產品分析(GPA)(續)

三、生命週期盤查						
(一) 製造階段		種類/材質	數量	單位 (重量/個)	來源	運送方式
原物料						單位：以每項產品製造之投入與產出量(重量、Kw...) 請提供本產品之BOM表作為附件
輔助原料						製程中所添加之如黏著劑、說明書、包裝材等，原物料中已填之原料不必在此處重複填寫。
裝配動作	步驟名稱	組件描述		需用工具	操作時間	
能源/資源消耗	自來水(CMD)	電(度/年)	天然氣(m ³ /年)	燃料油(公秉/年)		說明廠內直接製造用途所需使用的水量與能源。辦公室照明、空調。室外照 明水電皆不屬於直接製造用途。
污染排放						說明廠內每天製造產品所產生的空氣、水體、廢棄物等污染量，可向工 安環保單位索取該項資訊
其他						1. 產品良率： 2. 不良品之處理方式： 1.不良品：包括廠內自行產生者以及經銷商退回者。 2.處理方式請逐項說明，如拆解再利用、整個丟棄
(二) 使用階段						
1. 平均使用年限						
2. 能源消耗	耗電量：					
3. 維護情形	維護項目			若無須維護，請填「無須維護」
	維護頻率					若有部分可回收材質應單獨列出，並說明回收管道與實際回收比例
(三) 畢終階段	處理者	處置方式	回收率	最終去處		

表 2 綜合性產品分析(GPA)(續)

四、國內外相關法規、規範、規格		
重要性	法規名稱	管制內容
必須符合		
應注意事项		
五、附件(請列附件名稱，並將附件附在本表之後)		
六、其他(請自由補充)		

第二部分—環境化設計策略發展

為環境化設計之核心階段，其工作內容可分為：

1. 討論會議(Workshop)：產品於環境化設計過程中，有許多需要討論與溝通意見之處，若能以集思廣益之方式，召集專家學者、設計師、管理決策者、行銷人員及環安工程師提供專業知識與各方觀點，以 GPA 作為背景資料，歷經多次溝通與回饋修正，方可尋求出環境化設計之因子並訂出產品環境化設計的方向。
2. 環境品質機能展開(Quality Function Deployment Environment, QFDE)：QFDE 或綠色品質機能展開(Green QFD)的觀念，源自於品質機能展開發(QFD)，係為一套結構化的認知轉換方法，主要用於整體的品質管理分析，藉以整合市場行銷、開發設計、製造等工具。該方法最重要的是可將顧客的聲音(Voice of Customers, VOC)，適當的轉換成一些可度量的工程特徵(Engineering Metric, EM)，如表 3、4 所示。再將這些工程特徵與產品的主要組件(Component)相互結合，如。經由這兩階段之作業後，就可以分析出該產品最具有環境化設計潛力與效益之組件，如圖 3，而這個組件就是要進行環境化(再)設計的組件。
3. 環境化設計策略發展：根據產品之功能與定性查核表之結果，經由專家之建議，整理出不同的產品設計策略如表 6 所示。

第三部分—環境化(再)設計

1. 環境化設計方案：設計師依據這些策略針對重點組件進行重新設計規劃。
2. 差異分析：除應進行新舊設計之成本差異分析外，另以簡易生命週期(Stream-line LCA)評估不同的產品設計方案，透過生命週期評估之方式，作出產品對於環境衝擊等定量分析之結果，並判別產品環境化設計之效益是否顯著。
3. 最佳設計方案：彙整前述之各項成本效益與環境效益之評估結果，就可以決定環境化設計最佳方案，並進行模型的初步製作。

表 3 QFDE 第一階段作業(以鍵盤為例)

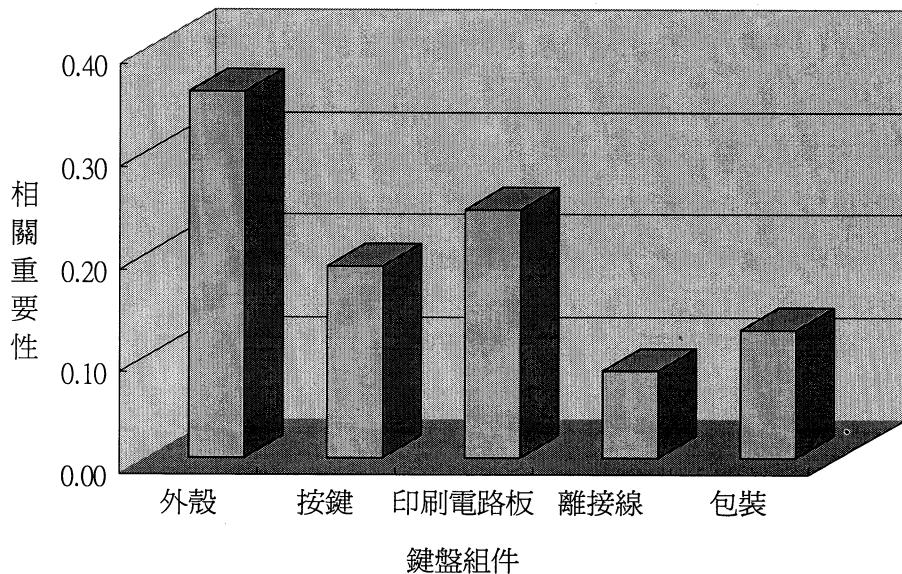
第一階段		工程特徵,EM											
優先考量	權重	人體工學設計	附屬功能數目	流線設計部分	重量	體積	原料種類數目	組件數目	硬度	回收物質含量	噪音、振動	有害物質數量	能源消耗
舒適性	9	9	3	1				1		3			
造型美觀	3	3	9	3									
多媒體功能	3	9											
減少原料的使用	3		9	9	1	3		9					
原料是否具可回收性	3				3			9		9			
原料危害性	9				3			1		9			
製程是否能更廢料降至最低	1		3	3				3		9			
組裝與拆卸是否容易	3		1		9	9							
包裝體積是否減至最低	3			9				1					
V O C ， 聲 音	3	1			1		9						
產品使用中消耗之能源	3	3										9	
廢棄後污染程度是否控制在 規定範圍	3				3			3		9			
廢棄後是否能再利用	3					3				3			
最少拆卸及分類即可完成	3			1	9	9		3		1			
總分數	93	36	57	42	63	117	72	36	87	27	156	27	
相關重要性	0.11	0.04	0.07	0.05	0.08	0.14	0.09	0.04	0.11	0.03	0.19	0.03	

表 4 QFDE 第二階段作業(以鍵盤為例)

	第二階段	相關 重要性	組件, Component				
			外殼	按鍵	印刷 電路板	離接線	包裝
工程 特徵, EM	人體工學設計	0.11	9	3			
	附屬功能數目	0.04		3	3		
	流線設計部分	0.07	9	1			
	重量	0.05	9	1	1	1	3
	體積	0.08	3	3			3
	原料種類的數目	0.14	3		3		
	組件數目	0.09	3	1	3	1	
	硬度	0.04	9	3			
	回收物質含量	0.11	3	3	3	3	9
	噪音、振動	0.03	1	9			
	有害物質數量	0.19	3	3	9	3	1
	能源消耗	0.03	3	3	3	1	1
	總分數	4.48	2.35	3.03	1.07	1.58	
	相關 重要性	0.36	0.19	0.24	0.09	0.13	

表 5環境化設計策略(以滑鼠為例)

查核項目	DfE 策略
可回收再生的原料是否易於識別？	將可回收的標誌鑄模於組件上
可回收再生之原料是否易分離？	可(擬)回收原料/組件之易拆解設計
設計上是否能減小組件尺寸？	縮小化
是否可藉由改良技術方法上來減少原料的使用？	減少外殼肉厚
組件中的原料是否具有危害人體健康的潛在危險？	有害成分之避免
拆卸動作是否容易？	卡榫設計
包裝體積是否減至最低？	包裝材質單一化 包裝材再利用 包裝材印刷單色化 採用回收材料
包裝是否有良好的回收通路及管道？	包裝上註明包裝材之回收方式
是否提供消費者廢棄處理及回收再生資訊？	於產品的包裝或說明書中註明該產品廢棄後的處理資訊。
廢棄產品是否能再利用或做成新製品？	外殼再利用 Chip 其他用途的再利用 發光元件其他用途的使用
是否可用最少的拆卸和分類即可完成廢棄之準備？	有害成分集中設計 有害成分(如主機板)易拆解設計 可(擬)回收原料/組件之易分類設計
其他替代材料的使用	使用其他材料替代 記憶材質的使用 外殼使用回收材料百分比的提高



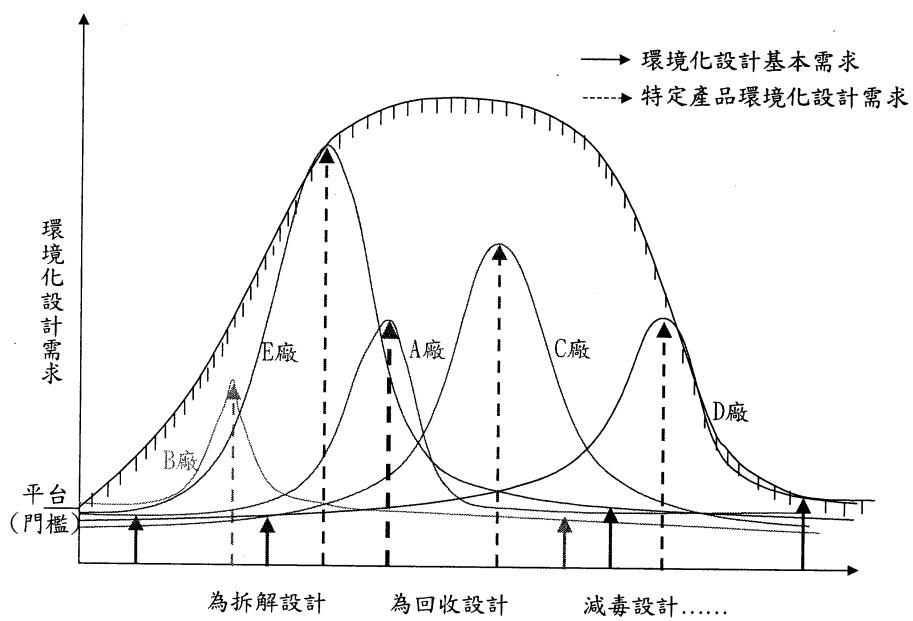
■ 3 鍵盤組件與工程特徵之相關性

結論與建議

由環安中心之輔導經驗對國內未來推動產品環境化設計，建議朝以下之方向發展：

1. 簡易生命週期評估技術與資料庫之建立與維護—環境化設計之最終目的在於提供較為環保之產品，而是否「較」為環保則需要以定量的數據來驗證。目前國際間最廣為應用的就是生命週期評估技術，而其中最為要緊與根本的，就是資料庫的完整與正確性。因此，持續的進行資料庫維護遂為不可或缺的工作。
2. 以領域別彙整環境化設計知識庫—產品在進行環境化設計時，可依不同的產品特性，而採用較適合該產品的環境化設計方案。以自行車為例，某廠之主力產

品為『車架』，則車架之環境化設計可從易拆解、低環境衝擊原料之選用為主軸。整台自行車是由許多不同的組件所組成，而其可進行環境化設計之範疇，則可能擴大到省能源、省資源、可回收、低環境衝擊原料等設計。經由各種組件之環境化設計案例為平台，則可逐步彙整出整台自行車環境化設計之成果，進而描繪出整個自行車產業環境化設計之完整架構及其所需使用的技術工具。同樣地，其他產業亦可比照該模式進行環境化設計，最終，可建立出不同產業環境化設計制度。



■ 4 環境化設計知識庫示意圖

3. 產品環境化設計作業程序應該由通用性之環境化設計程序，朝向模組化、個別化方向發展，期能使個別廠商(不同產品)選擇適用之模組與經驗庫。
4. 推動環境化設計產品最大的困難在於市場需求之不存在或低落，沒有需求就不

會有供給。因此，強烈建議政府機機推動綠色採購以創造需求來推動環境化設計，進而促使我國邁向資源循環型社會。

參考文獻

- 1.中國國家標準，『產品標準含環境考量之指引』總號-14064。
- 2.經濟部工業局，『綠色設計－green design』，1995。
- 3.經濟部工業局，『清潔生產管理與技術工具介紹－邁向產業永續發展之路』，2000。
- 4.經濟部工業局，『臭氧層保護在中華民國』，2000。
- 5.經濟部技術處，『電子及資訊產品綠色設計管制技術手冊』，2001。
- 6.環保署「環保標章」專屬網站：<http://www.epa.gov.tw/greenmark/>
- 7.環保署，『資訊產品綠色設計與回收通路配合措施之研擬研究計畫』，2001。
- 8.Centre for Design at RMIT，『Sustainable Products & Product System』；
<http://www.cfd.rmit.edu.au/>
- 9.JEMAI，『DfE/ECP』；<http://www.jemai.or.jp>
- 10.J.Fiksd, "Design for Environment", McGraw-Hill, 1996.11.Helen Lewis and John Gertsakis, "design + environment a global guide to designing greener goods," Greenleaf Publishing, 2001.
- 12..USEPA，『Design for Environment』；<http://www.epa.gov/dfe/>
- 13.US. Department of Energy，『Sustainable Design Program』；
<http://www.pnl.gov/doesustainabledesign/>