

筆記型電腦綠色組裝與拆解設計之檢核研究

杜瑞澤 謝智和

中原大學工業設計研究所

(收件日期:88年05月20日;接受日期:88年06月28日)

摘要

綠色設計是一種「可回收、低污染、省能源」的設計。因此，若能在設計階段便做好環保預防措施與完整之規劃，對於整個產品生命週期內所可能產生的環境污染與危害，將可降至最低。本研究是以筆記型電腦為例，從而探討產品綠色設計之組裝與拆解問題。本研究選擇以個案研究法為主，研究個案取材自台灣一家知名生產筆記型電腦廠商。研究過程中研擬綠色組裝與拆解設計評估基準，並使用 Microsoft office 97 之各項工具軟體作為輔助分析工具。同時將所得到的綠色組裝與拆解設計評估基準表，提出與文獻參考進行比對分析，然後擬定出綠色組裝與拆解設計評估準則與檢核表，作為資訊電腦產品開發之綠色設計準則。本研究結果協助了設計時有系統的檢核本身所設計的產品，是否符合各項環保條件，並能確認有否設計出符合綠色組裝與拆解的產品。

關鍵詞：綠色設計；回收再生；生命週期；組裝；拆解

一、前言

近年來政府大力鼓吹環境保護，但經歷幾場災人禍，突顯出大部份台灣人並未重視綠色環境與保護大地。「環境正義」與「綠色消費」是一國際性之趨勢。台灣無法孤獨於全世界之外，地球上之人們因為交通工具與資訊發達，過以人們夢想之境界，現代人也正一一實現。但是在此背後地球付出了將被摧殘之命運，氣候突變、地質惡化、空氣污濁，逐漸劣化的生活環境，這一代的人們正透支下一代之環境權(官政能，1995)。分析這些環境問題，不難發現有許多缺點是因為工業產品的生產、製造、使用及汰換方式的不當而引起的。設計階段是產品生命之萌芽時期；整個產品從製造使用，棄置都與設計脫不了關係，因此若能在設計階段便做好預防措施與完整之規劃，對於整個產品生命週期內所可能產生的環境污染與危害，將可降至最低(劉華唐，1996)。因此各行各業如能以本身之專業與信念進行環境保護工作，重新評估產品或重新設計產品以降低自然的傷害，不僅對環境保護克盡一己之責，更可樹立環保先鋒之模範，達到企業負責之優良形象(Rolf Steinhilper, 1998)。

根據資策會的調查顯示，估計到公元 2000 年筆記型電腦會躍居占我國資訊工業中最大的產業項目(杜瑞澤、陳振甫，1998)。但因筆記型電腦產業近年成長快速，人才需求突增，有經

驗與能力之工程師，奇貨可居，尤以機構設計人員，養成困難，造成新成立之公司，挖角成風。因此，雖然生產技術與設備一再投資與擴充，達成世界一流，但一些公司實際上研發能力卻無法成比例之提昇。探究其原因，即為經驗無法傳承累積，現行的開發與設計程序中，產品設計工作大部分是高度依賴設計師個人知識與經驗，而這樣存在著一個問題，即一個或是一小群設計師的知識與經驗，無法應付過於龐大的資訊，及所有可能發生的狀況(顏清輝，1996)。而各公司管理人員忙於連續付出心血，開發新機種，卻不做資料的整理與注重環保法規技術研究。長久如此，將會使設計師的技術無法深入精髓，許多產品並未做全方位整體的考慮，尤其是產品的廢棄物對環境的傷害很大，許多組裝與環保拆解並未多加考慮。現今台灣筆記型電腦工廠許多流程已經進入自動化管理，但組裝作業卻仍以人工為主，一直未做合理化分析(水野滋著、陳耀茂譯，1990)。

一般過去相關研究只著重於易製化或易拆解性單方向，甚少有同時做綠色組裝與拆解相互連貫之探討(杜瑞澤，1999)。然而環保問題的影響，現有的設計已無法只做單方向之注重，而無顧慮另一方面之概念。而且易製化與易拆解性是一體兩面之製程，易製並不一定易拆，易拆也不一定易製，甚至資訊產品為了電磁干擾問題，有些產品並非設計成易製與易拆。但是科技的進步與環保觀念的改變，一些傳統的設計流程是應加入綠色設計評估觀念，如此，產品的誕生、發展、衰退、廢棄能依循大自然的平衡法則，儘量減低對大自然的衝擊(陳明熙，1993；Boothroyd & Dewhurst，1991)。雖然國外一些具規模的公司亦有一些許多綠色組裝或拆卸準則，如Dow、GE Plastic、IBM、Hitachi等公司，但這些綠色準則中，多數僅是屬於大方向的指示，甚少有明確且深入的法則(Bret, H.S., 1996)。有鑑於此，本研究遂試圖從綠色設計方向探討組裝性與拆解性，再結合筆記型電腦設計，建立綠色設計組裝與拆解評估法，作為產業設計師進行綠色產品設計研發時之基準。

二、研究方法與架構

本研究理論基於以上之綠色意識覺醒，得知一件優良產品，不僅要有傳統的設計理念，亦應加入整體產品生命週期評估與環境保護考量(資訊工業發展會，1995)。但整體產品生命週期評估過於廣泛，本研究只針對環境而設計的綠色組裝與拆解性方法作探討，然後結合個案研究再建立綠色組裝與拆解性設計原則，整理出一套綠色設計組裝與拆解評估基準。在此研究中將以產品機構零件及組件列為主要研究項目。本研究配合研究者本身所接觸對象與經驗，選擇以個案研究方法為主，而研究個案取自國內一家知名生產筆記型電腦廠商，個案公司對於設計與生產資訊產品，已經有一段時間，而且對環保設計亦甚重視。依據個案研究方法，本研究傾向以問題為重，調查時以解決問題方式進行之。

本研究選擇個案公司內代號 P88S 筆記型電腦的一個機種為個案研究工具，此一機種為未經綠色組裝與拆解的環境評估所設計而成的機型。本個案以開放性問卷調查訪問個案公司內之操作員、維修人員與設計師，並以個案公司內的組裝異常報告為輔，整理分析個案，模擬綠色組裝與拆解設計評估基準，並使用 Microsoft office 97 之各項工具軟體作為輔助分析工具製作多項綠色組裝與拆解設計表格。待綠色評估表格初步完成後，為了不流於個人主觀意識影響研究成果，將所得到的綠色組裝與拆解設計研究發現，提出與心獻參考進行比對探討，再擬定綠色組裝與拆解設計評估準則，作為產業界可依循之綠色準則，進而設計出符合綠色組裝

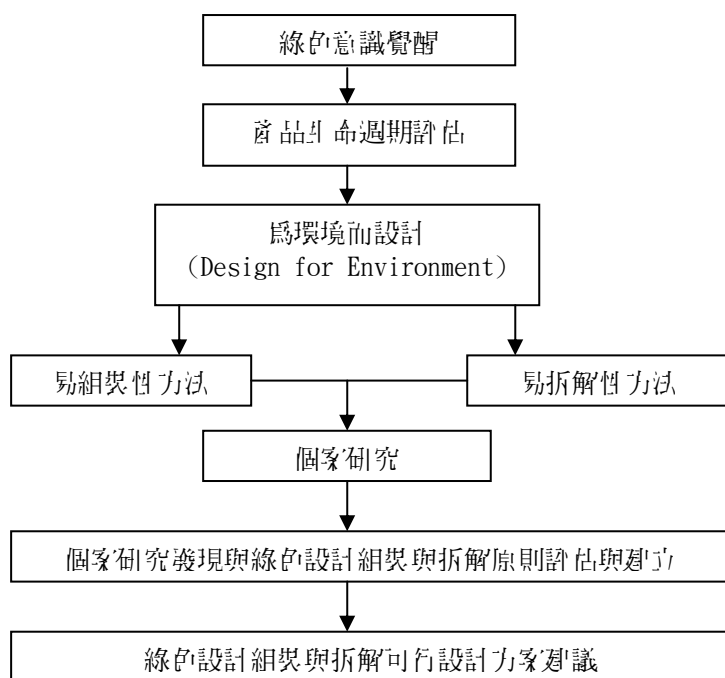


圖 1 研究架構

與拆解的產品。

而本研究個案研究法程序乃依據Eisenhardt(1989)所提出：準備開始、選擇個案、善用各種工具與資料、進入現場、分析現場、分析初步資料、形成假說、貢獻探討(比對理論)及作出結論(陳萬淇，1995)。

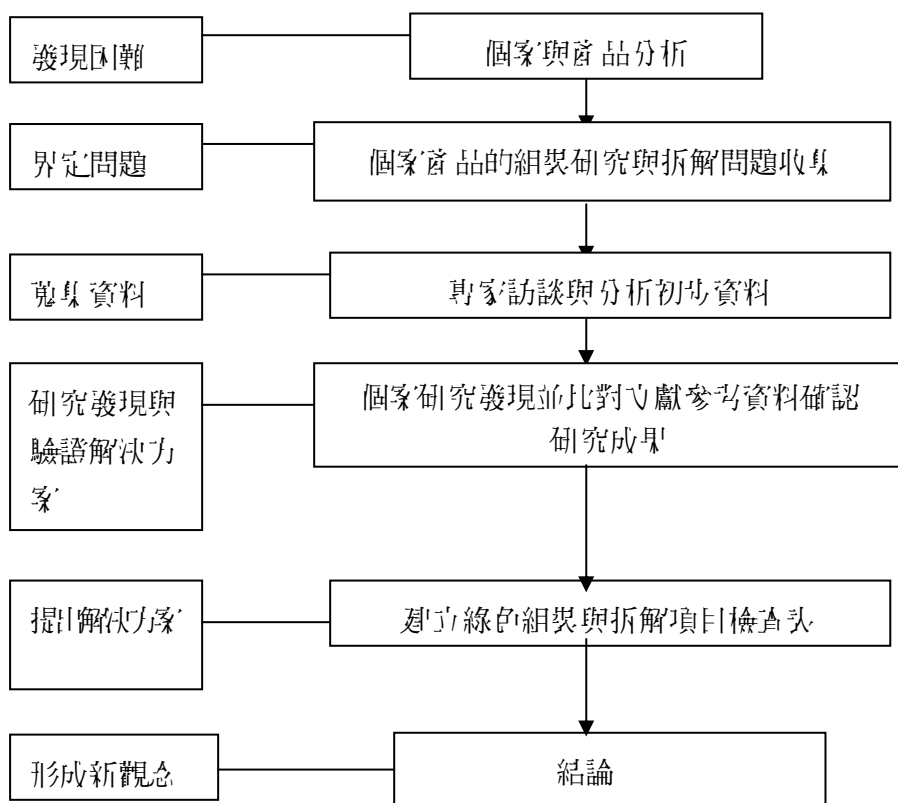


圖 2 個案研究的步驟

三、筆記型電腦綠色組裝與拆解原則

設計產品初期即應考慮裝配線上的操作需求，進而將所遭遇之裝配上的問題予以解決。將裝配上的問題提前在產品設計階段就可以考慮，除了增加產品設計的完整性之外，更能避免將來類似的裝配問題再重複出現。而資料庫的整理亦是減少錯誤重複發生的方法，將過去失敗與錯誤的經驗記錄整理，而於再次設計新機種設計時予以避免，可減少失敗與錯誤的重複發生 (Goedkoop, M., 1994)。為了尋求設計突破，解決設計上的問題，應該於資料調查時則予釐訂，對於組裝與拆卸效益、材料的重複使用和合乎生態保護觀念的處理，均應列為綠色筆記型電腦設計研發之重點。

本研究所得的結果是根據個案的研究發現，而選擇出綠色設計組裝與拆解原則，最後則依據研究結果整理成綠色組裝與拆解檢核表。

1. 符合組裝與拆解設計的環保材料

原則一、膠合方式組合，不符合環保設計

設計說明:

膠合設計一般皆為不維修部品，一旦損壞就汰棄，但這是非常不符合環保綠色設計，譬如筆記型電腦內之電池，許多公司就設計成膠合結構，雖然電池為不易維修物品，但電池如未做好回收工作，對地球的污染卻是最人。因此，設計時心向環保觀念，為地球環境盡一份心力，多花一份心血於設計結構上，應可達成不用膠合之設計。

原則二、注意二次加工與環境污染，雖然電鍍較易組裝，但二次加工時的環境污染如未徹底做好，亦無法掩飾其缺點。

設計說明:

工廠組裝作業員對於筆記型電腦機殼為電鍍品，較易接受，因電鍍品無內裝包覆金屬的不穩定性。如金屬層的變形、翹曲。皆可能造成組裝的不便。但是電鍍所造成的環境污染，卻是無法彌補的缺點。為了環境保護問題，只有犧牲組裝之缺點，而以環境為重，或是另外再思考出不同的二次加工與組裝方式。

原則三、應設計使用可回收性塑膠的材料。

設計說明:

筆記型電腦機殼使用的塑膠材料，一般皆為 ABS+PC 的熱塑性塑膠材料，屬於可回收熱塑性塑膠材料，但產品的表面處理，常有噴漆與印刷，噴漆所造成的水污染與空氣污染，都不是一時可直覺到的。設計師常為了追求個人的風格與感覺，而忽略對大自然的義務。現代之設計師，不止要有藝術感覺亦應對保護生態環境盡一份心力。產品的二次加工有時使用繁複的程序，以達到某種功能，但是為達目的地，方法不是只有一種，多用心思去考慮各種情況，目的亦可達到，而又維護到環境保護。

2. 螺絲組裝設計

原則四、組裝空間太小，將影響鎖付螺絲

設計說明:

螺絲或其他工具如不能容易接近操作部位，將會影響作業方便性而增加加工時，甚至於生產線上因為此種不方便設計而影響整個生產作業流程。

原則五、卡勾扣合方式雖佳，但為考慮筆記型電腦的攜帶性，可在適當位置加螺絲固定，方便拆解。

設計說明：

方便的卡勾扣合方式，對於組裝是一件簡易的事，但簡易裝配，常會是拆卸困難，甚至會傷及外觀才可拆解。而為了另一個（EMI）電磁干擾問題，檢測人員常會要求使用螺絲固定，使接地效果顯著。因此，適當的使用卡勾與螺絲為筆記型電腦設計時與一般消費性產品不同之處。

原則六、組裝使用垂直方向，螺絲數量不宜過多，並以相同種類螺絲為佳。

設計說明：

電腦組裝一般皆為垂直線方式氣動式螺絲起了，掛於作業員前方，因此垂直裝配，對於作業員為省力與方便作業之方式。而螺絲量與種類減少，亦可減少作業員作重複之動作，減少工時，增加組裝效率。

3. 符合綠色設計模組之組裝與製造標準

原則七、模組設計，方便組裝與拆解。

設計說明：

筆記型電腦的走向，已非單一機種或單一功能，即可受客戶滿意。一般產品線完整公司可能會有多種價位與功能之電腦，任 ODM 客戶選擇，客戶依其銷售管道與 End user 反應而大量推出選定之機種。模組化設計不僅可簡化庫存，如此可在不同的機種間相互使用，新舊機型切換時亦可不必再重複設計模組。

原則八、理想的組裝方式：1. 模組化組裝。2. 垂直置放組裝。3. 減少螺絲與扣合方式。4. 不需要特別工具輔助組裝。5. PARTS 數量減少。

設計說明：

通常越簡潔的設計，越能減少材料的使用量；亦即在製造過程中因造型而被裁汰的廢棄材料會減少。簡潔化可藉由巧妙的組件設計、避免裝飾的外觀及減輕重量的結構來達成。

4. 符合綠色組裝設計的結構

原則九、設計時考慮結構強度，如結構不足將影響組裝。

設計說明：

筆記型電腦講求輕薄，材料常使用 ABS+PC 之汎用工程塑膠，但如果設計時，塑膠肉厚過薄或太小，會造成結構不足，尤其筆記型電腦的主機上蓋與 LCD 後蓋。主機上蓋由於是讓使用者有較大鍵盤區域，而大鍵盤常造成兩側結構不足，加上 LCD 需承受上兩萬次的搖擺動作，如未有效的加強結構設計，易使筆記型電腦，使用一段時間後變得鬆垮。而 LCD 後蓋，因肉厚愈來愈薄，造成後蓋變形與結構不足，射出成形時，射出廠不易封鎖，易造成變形，組裝時亦因強度不足，而影響組裝後之品質。因此亦有一些公司使用鋁合金材料設計，將可增加強度。

5. 符合易組裝的綠色設計

原則十、設計時應採同步設計，並且考慮到易組裝性。

設計說明：

設計產品時，如未能有效的橫向溝通各相關單位。而於成品做成時再檢討必會造成許多問題。而所謂的同步工程設計即是解決此問題的方案。設計階段讓各有關部門，相互研討尋找最適方案，並與生產單位，研擬生產作業程序，讓作業組裝易製化，不但簡化設計工作，亦為將

來生產節省工時作預備。筆記型電腦零件複雜，且結構因內裝物不斷求新求變，而連帶變化多端，設計時應與作業線上工程師一同討論並模擬各裝配動作，如此才能減少未來組裝之不易性。

原則十一、模組設計如無導引槽，不易定位。

設計說明：

組裝時因設計品限制，無法以目視狀況組合，如未設計導引槽，將如瞎子摸象，無所適從，造成組裝作業之困難。在此狀況即應設計導引機構，讓成品能順利利用導引機構組合。如筆記型電腦模組化，設計時各模組裝入主體部份，應設計導引機構，讓各模組能輕易裝入主機。

原則十二、兩物體結合應設計定位結構。

設計說明：

任何兩物體之結合，如沒有定位處，則組裝時，將會無所適從，不必要的錯誤嘗試，會造成工時的浪費與能源的消耗。所謂定位是為一物體裝入另一物體時，讓此兩物體能如預期的裝入預設位置的結構。例如筆記型電腦的主機板要裝入到主機底殼時，一般都需於主機板的對角各設計一圓孔，以方便置放於底殼上相對應的凸圓柱，如此兩圓可決定一線，而不會因設計一點定位時造成旋轉的缺點。

原則十三、不必要的零件過剩或過長，尤其是線材過長，容易影響組裝，應該予適當化。

設計說明：

筆記型電腦內部免不了有一些線材與排線，但如果過長則會影響組裝時間，而且因為無法定型而產生組裝變數。電子產品如果內部複雜時，免不了有一些連接器或連接線，而此線材皆屬不易控制與無定形部品，設計時如未事先考慮好，線材行走路線有時過長或過短，皆有可能因而不易組裝。

原則十四、組裝物品應設計防呆結構。

設計說明：

作業線上大量生產，分秒必爭，任何的延遲都會影響組裝效率，零件的組裝無法錯誤再更正，因此作業員於生產線上無思考時間，只有依照生產作業程序單一步一步作，任何可能的錯誤都要避免，免除影響效率。

原則十五、統一零件型號，設計標準化，零件統一化。

設計說明：

不同的機種如能延續使用共同的零件，對於維修與工廠備料將可減輕負擔。而如有相同功能的零件，設計時多花點心思，將原料與功能統一亦可簡化部品。

6. 零件的拆解符合易組裝設計

原則十六、拆卸某些零件，不應需要移動一些不相關部品

設計說明：

積木堆疊從上而下，可非常快速動作，但如要拿取最下一層之積木，則須將上面所有積木移動。如此無效率的移動，將會增加拆解時之困難與工時，因此設計成品時要考慮向省零件常會被移動與維修，應將這些零件能被輕易的拆解，避免為拆解某些零件而花費周章的移動多種部品。譬如筆記型電腦的CPU，因CPU世代變化快速，必需設計能升級的機器，更換CPU為某些機器必要的規格，因此，更換時應以拆移最少零件為目。

原則十七、勿設計需特殊工具才可拆解的結構。

筆記型電腦綠色組裝與拆解設計之檢核研究

設計說明:

十字形螺絲起了為世界通用的工具，為回收或維修人員不可或缺的拆卸用具，但是螺絲大小有別，亦不建議差距太大的螺絲，如果能運用一種工具即可拆卸為更佳，而如果需特殊工具則會增加拆卸困難度，甚至於找不到工具拆卸產品。

四、綠色組裝與拆解設計檢核表

本研究利用研究所得，再加以較詳細的研究分析而得到的檢核表，這些檢核表可用來評估一項產品的組裝與拆解，以得知是否合乎綠色環保條件，進而提供新產品開發時評量之用。這些表格僅以個案機種研究分析而成，其最大的用意是以一些評分等級來比較不同的設計方案，進而改善後續開發之設計提案，這些檢核表主要目的如下所述：

1. 幫助設計師發現既有產品的組裝與拆解的優缺點。
2. 提供設計師做為綠色產品設計過程中應考慮的重要設計基準。
3. 協助設計師按照所提出的新產品設計方案，針對各種不同組裝與拆解特性，作進一步評估比較。
4. 幫助設計師評估與比較新產品設計方案與現有產品之間，瞭解各種不同綠色組裝與拆解特性。
5. 作為一個綠色產品之組裝與拆解設計要求的新產品開發之輔助工具。

以下檢核表中雖然含有許多評分，但是這些評分的加總不代表任何綠色環保係數，這些評分只是用以改善後續機種或比較不同方案為目的。檢核表說明如下：

1. 敘述：敘述設計產品時所應遵循的標準。
2. 實現的等級：等級越高表示越符合標準，等級從 5 到 1。
3. 點數：點數越高越符合設計標準，點數按實現等級高低給予同等值高低點數。
4. 備考：可敘述特殊狀況而無法達成的原因。
5. 下期目標：此次因某些原因無法達成，而下期將以下一目標為準。

表 1 材料是否符合環保設計檢核表

機構材料設計是否符合環保：材料標準的估測		點	備考	下期目標
敘述	實現的等級			
1.1 外殼二次加工不含有害毒性物質的使用	③一點也沒有			
	②低百分比			
	①高百分比			
1.2 混合材料的減少使用	③單一的材料			
	②兩種材料體			
	①摻雜的			
1.3 材料標示	③完全可以視別			
	②不完整視別			
	①沒有			
1.4 材料的回收性好	⑤沒有問題			
	④只有向下回收			

	③只有回收能源			
	②只能回收			
	①只能危險的廢棄處理			
1.5 有害物質的使用	③沒有使用到有害物質			
	②滿足法規			
	①積極對策改善中			
1.6 可簡易解體性並有再利用性	④可依計畫時期解體			
	③比以往機種比較減半			
	②解體時 0-30%			
	①解體時間比以往劣			
1.7 是否表面記入材料標示無論是 用蓋印或直接於模具上增補，均須 以料號標示其上。	④全部均有標示			
	③滿足依規定標示			
	②部份標示			
	①無標示			
1.8 減少印刷，以減少工作流程與 污染？	③全部無印刷			
	②部份印刷標示			
	①字體部分全部印刷			
1.9 具有古之分的塑膠件，至少須 在其本體打上 Mark “R” & “L”以利 區分，亦方便組裝時的分辨。	④全部均有標示			
	③滿足依規定標示			
	②部份標示			
	①無標示			
1.10 減少熱熔動作，因該動作既耗 時又易因重口，產生不必要之 材料與人工成本的浪費。	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
結果				

表 2 螺絲組裝設計檢核表

螺絲設計是否符合組裝設計原則		點	備考	下期目標
標準	實現的等級			
2.1 空間太小，影響鎖付螺絲處	③全部視野開闊			
	②部分螺絲視野遮擋			
	①部分螺絲空間太小			
2.2 一支螺絲鎖同時鎖附三件物品 以上時	③有考慮公差與定位			
	②需靠調整公差固定			
	①視野阻礙無考慮公差			
2.3 確認螺絲組裝時使用垂直方向	③同軸向的拆除方向			
	②不同軸向的拆除方向			
	①間接的移動其他部品			
2.4 螺絲數量多寡	③螺絲數量少			
	②螺絲數量適中			
	①螺絲數量過多			
2.5 容易鎖錯的螺絲處，應有標示 鎖附何種螺絲	③完全可以視別			
	②不完整視別			
	①沒有			

2.6 不需要特別工具輔助組裝	③ 不需使用工具組裝			
	② 使用一種工具組裝			
	① 使用兩種以上工具			
2.7 相同種類螺絲	④ 螺絲種類只有1種			
	③ 螺絲種類2種			
	② 螺絲種類3至5種			
	① 螺絲種類超過6種			
2.8 盡可能不用自攻螺絲，因除扭力不易控制、易打滑外且不利重口。	③ 全部都有考慮			
	② 部分考慮			
	① 大部分未考慮			
2.9 同一模組只採同一種螺絲，不同模組間亦盡可能共用螺絲。	③ 全部都有考慮			
	② 部分考慮			
	① 大部分未考慮			
2.10 螺絲的選用亦應將緊定扭力值規格定義清楚。	③ 全部都有考慮			
	② 部分考慮			
	① 大部分未考慮			
2.11 被鎖物應具備導槽，以防利峰受損。	③ 全部都有考慮			
	② 部分考慮			
	① 大部分未考慮			
2.12 為防不易對位與鎖附，螺絲孔應避免搭接超過三種物件。	③ 全部都有考慮			
	② 部分考慮			
	① 大部分未考慮			
2.13 被鎖物件表面硬度應能耐螺絲鎖附壓力，以防凹陷或鎖不緊之情形。	③ 全部都有考慮			
	② 部分考慮			
	① 大部分未考慮			
結果				

表 3 符合模組之組裝與製造標準的檢核表

符合模組之組裝與製造標準的檢核：		點	備考	下期目標
標準	實現的等級			
3.1 模組的設計和結構	③ 同模組設計之處皆為模組			
	② 模組與一些單部品			
	① 許多單品			
3.2 模組的拆除親和性	③ 同軸向的拆除方向			
	② 不同軸向的拆除方向			
	① 間接的移動其他部品			
3.3 必須使用工具拆解	④ 不要			
	③ 只要一個			
	② 只要二個			
	① 三個以上			
3.4 工具種類	③ 不要			

	②一般的			
	①特殊的			
3.5 模組應考慮易插拔與固定 並應考慮固定後的結合性與定位。	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
3.6 公用 CONN.對插時 應考慮單方固定 另一方活動 避免有偏移或不易插入現象。	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
結果				

表 4 結構設計是否符合組裝設計檢核表

結構的設計是否符合組裝設計原則		點	備考	下期目標
標準	實現的等級			
4.1 小片 PCB 板固定是否確實	③全部固定確實			
	②部分固定確實			
	①大部分未固定確實			
4.2 易因振動損壞元件是否有考慮緩衝固定	③有考慮公差與緩衝並經實驗確認			
	②有考慮緩衝但並未經實驗確認			
	①無考慮公差與緩衝			
4.3 外接零件操作鍵是否容易使用	③容易使用			
	②輕微不易使用			
	①不易使用			
4.4 module 固定是否可靠	③強度足夠並經試驗合格			
	②強度未經試驗合格			
	①沒有考慮固定是否可靠			
4.5 塑材強度是否適合堅固	③強度足夠並經試驗合格			
	②強度未經試驗合格			
	①沒有考慮是否適合堅固			
4.6 上、下殼的強度是否足夠	③強度足夠並經試驗合格			
	②強度未經試驗合格			
	①沒有考慮是否適合堅固			
4.7 鍵盤支撐強度是否足夠	③強度足夠並經試驗合格			
	②尚有許多改善空間			
	①強度未經試驗合格			
4.8 旋轉開與關或 module 抽拉的公差是否有預留	③公差足夠並經試驗合格			
	②公差未經試驗合格			
	①沒有考慮公差是否適合			
結果				

表 5 組裝性的設計是否符合易組裝設計檢核表

組裝性的設計是否符合組裝設計原則		點	備考	下期目標
標準	實現的等級			
5.1 兩物件結合時有導引槽, 易定位	③全部都確實導引			
	②部分導引			
	①大部分確實導引			
5.2 考慮定位結構方便組裝	③全部都有定位確實			
	②部分定位確實			
	①大部分未定位確實			
5.3 部品結合時是否考慮盡量使用扣勾與卡榫結合	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
5.4 各模組是否須拆卸上殼才可拆卸更換	③不必拆卸任何部品			
	②需拆卸一些部品			
	①須拆卸上殼才可拆卸更換			
5.5 線材是否少用或考慮到組裝方便性	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
5.6 是否有考慮各部品組裝方向, 由上而下	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
5.7 使用無法定形的線材時, 是否已考慮其線位置, 而加以固定	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
5.8 後加工貼附的膠帶或名版, 是否盡量減少	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
5.9 產品上沒有不必要的過剩零件, 影響組裝	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
5.10 設計時有考慮部品組裝防呆設計	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
5.11 減少導電泡棉、銅鎊的使用量 應以彈片方法接觸為目。	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
5.12 貼附的 tape、label、name plate 種類不應太多且應明確定位。	③全部都有考慮			
	②部分考慮			
	①大部分未考慮			
結果				

表 6 零件的拆解是否符合易組裝設計檢核表

零件的拆解是否符合易組裝設計原則		點	備考	下期目標
標準	實現的等級			
6.1 拆卸部分零件時,不需移動一些不相關部品	③不需移動任何部品			
	②不需移動不相關部品			
	①需移動不相關部品			
6.2 不需特別工具輔助組裝與拆解	③只需一種工具			
	②需兩種工具			
	①需三種以上工具			
6.3 拆解的架構	③階層式			
	②部分階層式			
	①大部分非階層式			
6.4 拆除時需移動的零組件數目	③低			
	②中			
	①高			
結果				

表 7 總檢核表

項目	評價內容	點數	備考	下期目標
1	材料是否符合環保設計檢核表			
2	螺絲組裝設計檢核表			
3	符合模組之組裝與製造標準的檢核表			
4	結構設計是否符合組裝設計檢核表			
5	組裝性的設計是否符合易組裝設計檢核表			
6	零件的拆解是否符合易組裝設計檢核表			
結果				

本個案依據以上研究結果所得到的檢核表一一作確認與實務應用。而最後綠色產品設計總評估表所得的結果如下：

表 8 設計總評估表

項目	評價內容	點數/ 各項滿分	下期目標
1	材料是否符合環保設計檢核表	26 / 35	
檢討內容	為了商業上的要求筆記型電腦要求輕薄短小,塑膠材料使用許多複合材料製作,雖然可向下回收,但回收後的材料品質並非很好,且回收管道並非暢道。		
2	螺絲組裝設計檢核表	36 / 40	

檢討內容	為了電磁干擾問題，要求使用螺絲較多，且因輕薄要求，一些原則性問題，須要取捨：如鎖付空間小的問題。		
3	符合模組之組裝與製造標準的檢核表	17 / 19	
檢討內容	大部分符合模組設計要求，可使用一種工具拆解作業，但拆卸作業尚無法符合機械作業要求。		
4	結構設計是否符合組裝設計檢核表	21 / 24	
檢討內容	因輕薄的要求，機台塑膠內厚較薄，致使機台感覺較不堅固，如使用鍍合金材料將可改善。		
5	組裝性的設計是否符合易組裝設計檢核表	33 / 36	
檢討內容	儘量少用絕緣片或導電材料的用量，如此才可減少組裝時間。		
6	零件的拆解是否符合易組裝設計檢核表	10 / 12	
檢討內容	拆解尚須使用工具，但只是使用一般工具，一些卡榫的設計拆卸時容易斷裂。		
	結果	143 / 166	

以上總評估表為檢討個案實務設計的總結，其中檢討內容為尚未達到滿意分數的問題點檢討，有一些因素為環境限制，致無法達到滿意的綠色組裝與拆解設計要求，故下期則可按那些未達要求之問題點為改善目標。

三、結論與建議

設計筆記型電腦如果沒有從市場方面分析與探討，必然無法符合使用者需求，而人因與人體需求，甚至產品安全之考量亦是非常重要的。現代人們追求方便的使用環境，產品跟隨時代快速變遷，許多產品往往未到損壞時期就被拆解、廢棄，對於有限的地球資源實是一種浪費。因此，如能有效回收與利用被拆解的物質，將對環境保護產生示範作用。現今製造工程上使用之材料千百種，如何在眾多材料中，選擇適合於筆記型電腦之材料來使用，除了市場與成本因素外，也須考量環保與減量設計，譬如容易的組裝與拆卸機構設計，不但有利於生產與製造，將來將之回收，也是一項益處。

由本研究結果所得到的檢核表，雖僅為設計過程中的一小段確認流程，但亦常為工程師所疏忽或不願正視其重要性的一項工作，正因為如此忽略，常會因設計完成後才發現許多應該注意事項，未加入到設計之中的遺憾，此檢核表亦可補足這些缺憾。雖然如此，檢核表的內容亦應隨著使用的環境，適時的予以更新。

本研究過程屬於一種實證調查法，配合研究個案公司的筆記型電腦新機種產品，從生產到生產過程，綠色組裝與拆解設計檢核表為本研究案主要的研究成果，然而研究過程之中所得到的收穫卻不止如此，同時亦發現了個案開發中一些優缺點，如下所述各項：

(1) 研究過程中亦常發現設計工程師與生產線工程師，對於組裝與拆解觀念尚未完全取得共識，設計工程師對於組裝成本與組裝困難度，比較不重視，且為了設計進度而忽略了成本

圖 3 個案 P88S 機種筆記型電腦

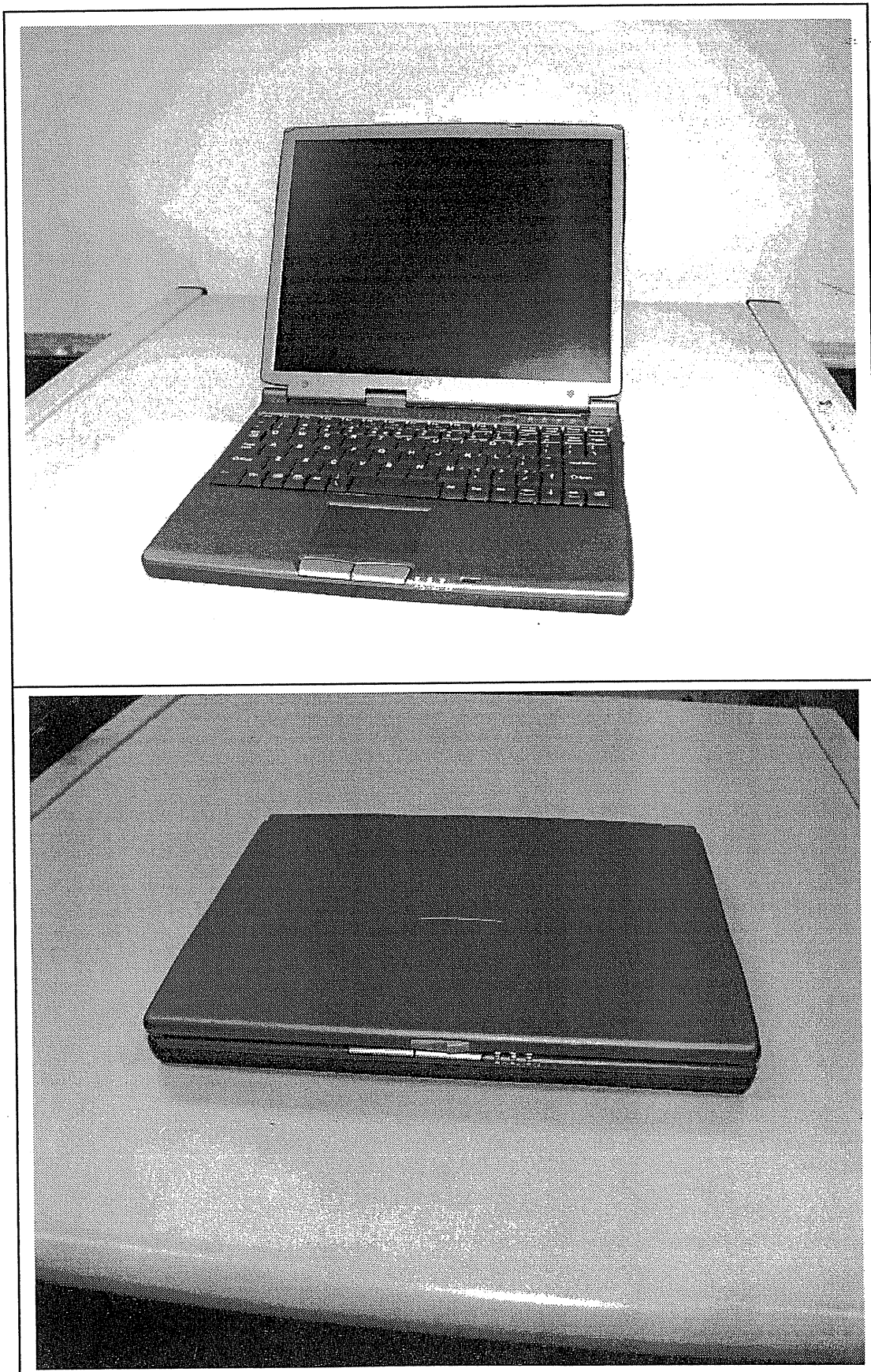


圖 4 個案機種鎂合金底殼

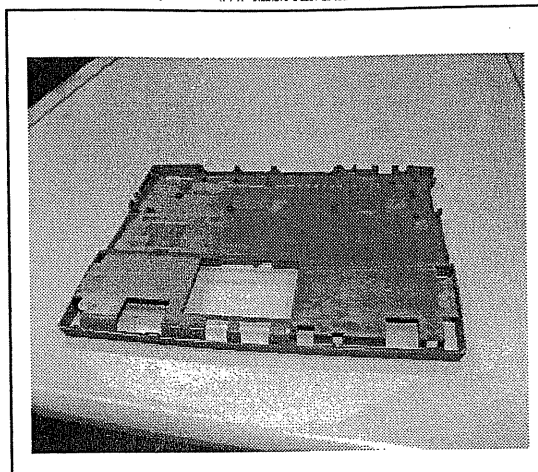


圖 5 個案機種尺寸方正主機板

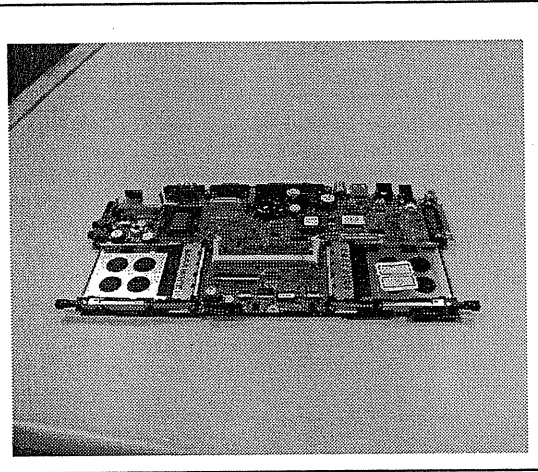


圖 6 主機板上而下裝於底殼

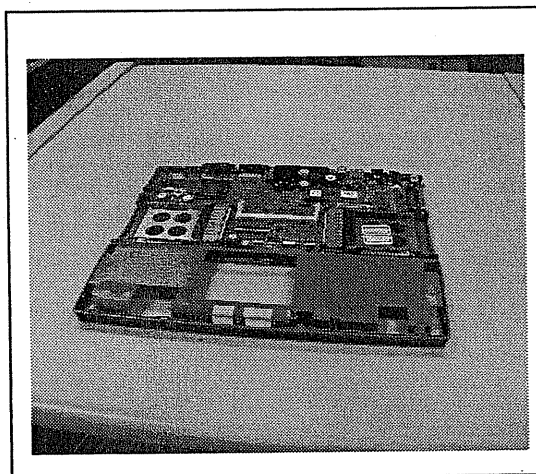


圖 7 個案機種上下殼組裝

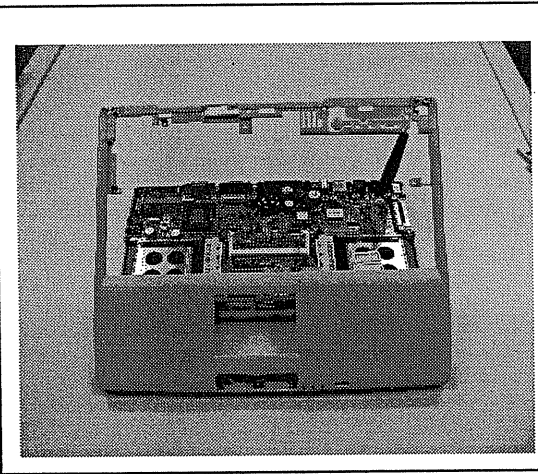


圖 8 個案機種上下殼組裝後

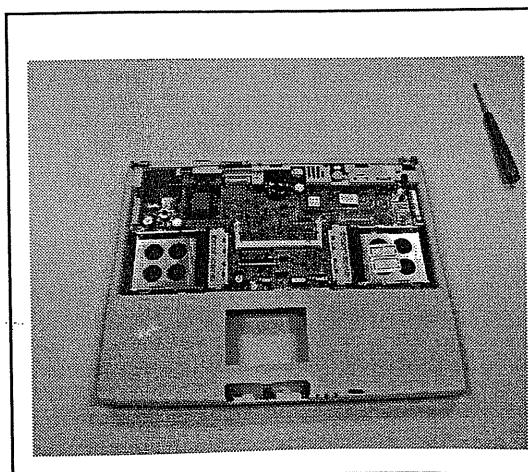
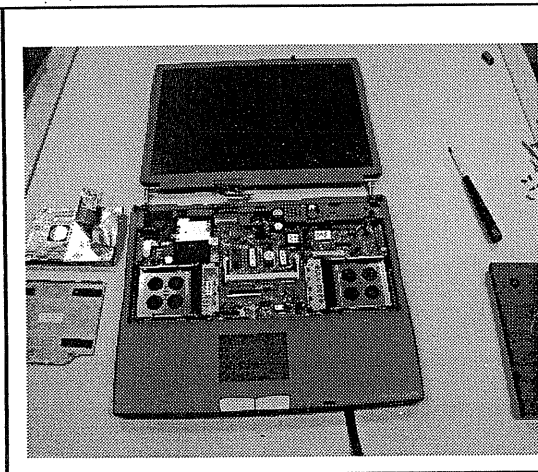


圖 9 主機與顯示器兩隻螺絲組裝



與環保因素。因此，如果沒有設計流程管制與檢核表確認，極易產生浪費資源與環保問題。

(2)由於變化迅速的資訊時代，筆記型電腦的生命週期與汰舊換新的速度加快了，於是產業縮短設計流程成為必然的趨勢，當中軟硬體的加強亦是不容忽視的重點。研究個案公司過去設計使用 2D 繪圖軟體，需要經驗豐富的工程師執行工作，無法分工合作去完成主要部分，開發時間因此無法縮短。但個案機種使用 3D 設計軟體，分工合作，設計時並不相干擾，且可互相討論，雖然設計工程師並未資深的工作經驗，但透過完整的檢核表輔助，即可設計研發出易組裝與拆解的綠色資訊產品。

參考文獻

1. 水野滋著，陳耀茂譯，1990，《產品安全技術》，聯經出版事業公司。
2. 杜瑞澤，陳振甫，1998，“綠色生命週期設計中產品回收再利用特性之永續性評估模式研究”，《中華民國設計學報第3卷第1期》，PP.23-41。
3. 杜瑞澤，1999，“產品生命週期中多媒體電腦綠色設計開發評估模式研究”，跨世紀學術研討會論文集，銘傳大學。
4. 官政能，1995，《產品物管》，藝術家出版社。
5. 陳萬淇，1995，《個案研究法》，華泰書局。
6. 陳明熙，1993，《整合設計與裝配輔助程序於產品設計專家系統之發展》，成功大學工業設計研究所碩士論文。
7. 資訊工業發展會，1995，《筆記型電腦研究報告》，工業發展會資訊市場情報中心。
8. 劉華唐，1996，《可攜式電腦之設計研究-以操作界面之組件配置為例》，大葉大學工業設計研究所碩士論文。
9. 顏清輝，1996，《綠色設計的電腦輔助拆卸程序設計及評估方法研究》，國立成功大學機械研究所碩士論文。
10. Boothroyd & Dewhurst, 1991, "Design For Assembly", Toolkit, Release 5.2.
11. Bret, H. S., 1996, "Accessing Ecodesign, Materials & Processes", Innovation Spring, PP.36-38.
12. Goedkoop, M., 1994, "Life-cycle Analysis for Designers", European Design Center, Ltd., Eindhoven.
13. Rolf Steinhilper, 1998, "產品環保設計研習營", 中華民國對外貿易發展協會。

The Study of Notebook Personal Computer Design of Green Assembly and Disassembly

Jui-Che Tu Jyh-Her Shieh

Graduate School of Industrial Design, Da Yeh University

(Date Received : May 20,1999 ; Date Accepted : June 28,1999)

Abstract

Green design is a kind of recycling, lower pollution and less energy design. As the design of a product is the beginning of the product life cycle, when the ideas of environmental protection are put into the very first stage of design, the environmental pollution caused by the product can be minimized across life cycle. Notebook personal computers are being investigated in this study in the hope of shedding light on the design of green (environmental or recycling friendly) assembly and disassembly. This case study is based on a well-known notebook personal computer manufacturer in Taiwan. An evaluation criteria for green assembly and disassembly were set and the software of Microsoft office 97 was adopted for analyzing the data. The evaluation criteria for green assembly and disassembly has been set according to the literature presented in this study, and the evaluation charts have been made as criteria for green design for computer products. The result of this study helps examine systematically whether product designs meet requirements of environmental protection and is able to help examine if designs fit in green assembly and disassembly criteria.

Keywords: Green design, Recycling, Life cycle, Assembly, Disassembly

