

第二章 文獻探討

2.1 綠色設計的起源與發展

二十世紀，隨著科技的進步，科學家們逐漸有能力掀起地球神祕的面紗，一窺大自然神奇力量的奧秘。只可惜，經過深入的探索與研究，一切的跡象皆透露出我們的地球已經生病了，人們驚覺自己所賴以生存的地球已受到由史以來最大的傷害，而人類也將因此而陷入生存的危機，於是，綠色意識逐漸甦醒。

李康文（1997）曾表示，從 1960 年起至今日，國際間環境保護的各項觀念已趨向普及與成熟，因應對策也從消極性的善後，轉化為積極性的預防與管理，甚至是全面性的研究與檢討；同一段時間中，產品設計的原則也由複雜、多功能轉為單純、簡化，這兩者的背後皆來自一個相同的原因，那就是「綠色概念」的崛起。財團法人環境與發展基金會於「綠色設計技術調查研究」（2002）中指出，綠色設計思維是由荷蘭的戴魯夫特工科學在 90 年代所提出並加以擴展。廣義的「綠色」可用來形容貼近大自然的、對自然有益的任何事物，而在狹義的產品設計形容上則用來表示跟傳統方式相較之下，與大自然具有較高的相容性，更能有效地降低環境衝擊。

MacEachern(1993)在 750 種方法讓地球更乾淨的文章中，以及 Mackenzie（1997）於其著作 Green Design 裡皆嚴厲的指出，自然環境已受到了嚴重的破壞，包括廢棄物的汙染、溫室效應及臭氧層破洞造成的全球暖化、酸性物質帶來的大氣汙染、雨林的消失與沙漠的擴大、能源消耗量遽增所造成的枯竭危機，如今，生態的失衡已嚴重影響人類文明的發展與穩定，甚至地球上所有生物的生存。

漸漸地，世界各國開始積極投入改善人類過度發展工業後所造成的環境汙染

問題，世界性的環保意識也逐漸抬頭、並擴張。在政策方面，除了各國國內自我的綠色法令發布與執行之外，國際標準組織也在 1992 年聯合國地球高峰會議之後，由其下的 TC207 技術委員會（Technical Committee），根據全球相關的環境管理技術、工具、方法與策略，制定了適用於各國不同產業與規模的 ISO14000 整體性管理標準。在企業方面，世界各大企業除了逐漸開始投入綠色技術的研發之外，綠化的形象與技術已成為各企業競相爭取的目標。在產品的發展上，產品廢棄後的解決方式，從過去的掩埋焚化進化到資源回收，甚至在近幾年提昇到綠色消費與綠色設計的境界。在教育方面，除了將環保概念的提倡融入中小學的基礎教育之外，北京清華大學的電動汽車研究室從 1998 年起更嘗試將概念落實，致力於電動車的研發，目前已成功地研發出無噪音且無燃料污染的電動車。除此之外，北京清華大學也將許多有關環境保護及永續發展的課程列為通識課程，甚至是研究生的限定選修課程，在北京清華大學師生的努力之下，「綠色大學」的形象已然成形。

如今，環保意識已經是一種趨勢、一波銳不可擋的潮流、一個不可否認的重要指標、一個不得不重視的生存方法，若是無法跟上這個趨勢，勢必將被這個綠色的時代所淘汰，包括我們－人類。

2.2 綠色設計的準則與方法

自從人們發現由產品的源頭著手把關，可同時降低環境衝擊並保障產品的經濟效益之時，綠色設計就成為許多人共同研究探討的目標。至今，已有許多來自不同領域的專家以自己所擅長的知識，為綠色設計規範出不同方向的设计準則與方法，使得現今的綠色設計有機會更加完善、更貼近大自然。

綠色設計在本質上其實是探討一種解決生態失衡的设计準則，重視資源可回收、可更新、可重複利用的可能性，避免對地球資源、大氣及生物造成污染與破

壞，以最自然的方式帶給人們最高的生活品質。**Design World**(1992)曾在 **Green Design** 的文章中提到，充分考慮產品回收、廢物減量、增加產品耐久性、產品的易於分解及組裝、材料的適切性、選擇最少污染的材料與製程、節省能源等，都是產品生態設計考量的最高準則。對於工業設計師來說，綠色設計是一個與身俱來的責任，與其他人相形之下，這個責任便顯得更重大；國外學者 **Barnette** (1990) 就認為這樣的設計原則與傳統目標並無衝突，意即產品的機能、製造、舒適性以至於美學上的因素等並未因此而犧牲，相反的，這些原則可以使設計的工作更有意義，同時也使設計師更具責任心與道德感。

2.2.1 國外專家的理念

Burall(1994)則認為產品綠色設計乃架構於環保 **4R** 的理念上，強調：1. 減量 (**Reduction**) – 將材料之使用降至最低；2. 重複使用性 (**Reuse**) – 重複使用及減少廢棄物產生速率；3. 回收性 (**Recycling**) – 回收尚可利用的資源或零件；4. 再生 (**Regeneration**) – 將回收後的廢棄物重新製成有利用價值的原料或產品。詳述如下：

1. 減量設計準則：

- a.) 在不影響產品功能的前提下，減少產品的體積和用料。
- b.) 在產品設計時應力求結構的單純精簡與外觀的簡單樸實。
- c.) 減少電鍍、印刷、燙金，以咬花等方式替代。
- d.) 減少不必要的功能。
- e.) 減少產品製造和使用時的能源消耗。

2. 重複使用設計準則：

- a.) 延長產品壽命，產品外型改變長期化。
- b.) 產品功能模組化。

- c.) 零件規格化，容易取得，設計易替換零件之結構。
- d.) 加強售後服務及維修的體系。

3. 回收設計準則：

- a.) 設計時設計師必須使產品易於拆細分類。
- b.) 原料的使用種類盡量單一化，避免不相容之複合使用。
- c.) 最好標示每一種原料，以利於分類在處理、利用。
- d.) 產品的回收及再利用是綠色設計步驟之最後一道防線，所以產品應該設計成具有易回收或再利用的特性。

4. 再生設計準則：

- a.) 簡化表面加工程序。
- b.) 盡量多使用回收二次料。
- c.) 多利用回收材料特性於新產品設計。



從實務角度來看，設計師可以透過較佳的製造技術、適當且適量的材料選擇、產品功能性的改良及理想的表面處理方法，來降低對於環境傷害的程度。Mackenzie (1997) 在其文章中即有提出，可根據以下的基本準則來進行綠色設計的開發：

1. 易於拆卸與組合之設計，以增加維修保養的便利性：

產品在廢棄不用後，如不能回收將很可能會直接變成再無利用價值的垃圾，而容易分解拆卸的產品，可使產品的回收變得可行且較容易。另外，如果一項產品所使用的材質，能以較少的種類組合，在拆卸後也將有助於回收時的分類。因此，產品本身如果能有清楚的標示，更可以有效地幫助產品的回收工作。整體歸納易於回收的產品所具有的特徵如下：

- a.) 容易拆卸與分解的機構設計。
- b.) 採用較少的材料來組合產品，讓產品的材料單純化。
- c.) 容易操作使用的產品設計。
- d.) 清楚地標示材質，以便於回收分類的工作。

2. 使用低污染且易於回收再生的材料：

就容易回收再生的材料而言，可以簡單的分為材料本身是低污染性的材料，以及材料容易回收再利用。有些產品在使用的同時也會對環境造成污染，這類產品的使用，一方面雖然對人類的生活帶來了莫大的幫助，但另一方面也嚴重的影響了我們的生存環境。產品在回收再利用的同時，需經過二次加工的程序，當然也可能在此過程產生二次的污染。因此，當設計師在進行設計時，除了回收再生的方式之外，也應該考慮材料本身對環境的污染性及再次加工時可能造成的二次污染。有些產品更因為維修困難或難以拆解，而無法再利用。設計師可以藉由節省材料、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。

3. 完善的環保標示處理：

設計師應該將環保標示設計在明顯的地方，讓使用者容易發現產品中可回收的組件及材料的名稱、特性等相關資訊，以便於使用者配合處理廢棄物的回收。

4. 明確的分類：

明顯的區分可回收與不可回收的產品組件及材料，可有效地減少回收時間並提高再次加工的效率與品質，此外，也應該避免使用難以再生的複合材料。

5. 回收價值的考量：

針對回收、清除及處理的規範，二次料與再生品的市場必須有具體的措施及規範應用範圍。在回收管道及收集方式的規劃上，應充分考量生活習性、地理環

境、清理作業需求、社會成本及經濟價值等因素，評估並確定回收的價值後才執行回收再生的工作。

6. 廢棄處理與分類：

廢棄物資源的處理及回收的方式有：收復（Reclamation）、循環（Recycling）、再利用（Reuse）。而再生的種類則可分為：產品再使用、部份再利用、材料再生、掩埋或焚化。

2.2.2 國內學者的見解

杜瑞澤（2002）在「產品永續設計」一書中更提出與產品設計各環節相關的綠色產品設計原則（詳見表 2-1），從產品的材料選擇、機構設計、製造程序、包裝、運輸、消費者使用以及廢棄與回收，甚至生活環境設計與環保相關法規，身為設計師應當熟知每一環節的知識與技能，才足以妥善完成產品的綠色設計，為維護整體的環境保護盡一分心力。

表 2-1 與產品設計各環節相關的綠色設計原則

產品生命週期	綠色產品設計原則
1. 材料選擇	a.) 選擇適合產品使用方式的材料。 b.) 避免使用有毒、有害成分的原料。 c.) 盡量使用可被生物分解的材料。 d.) 材料使用單純化，避免不同材料混合使用。 e.) 盡量使用可回收、再利用。 f.) 盡量減少材料用量。 g.) 原料之搭配使用需正確。

	<ul style="list-style-type: none"> h.) 注意材料之特性及使用狀況。 i.) 使用相容特性之材料。 j.) 減少對材料做化學性之處理（塗裝、電鍍等）。 k.) 多利用卡榫之設計減少螺絲之使用。
2. 機構設計	<ul style="list-style-type: none"> a.) 避免用完即丟的設計。 b.) 盡量縮小體積。 c.) 造型不追求短暫流行風潮。 d.) 材料結構單純化。 e.) 採支解設計、易拆卸組合。 f.) 採易替換零件之結構。 g.) 增加結構強度。 h.) 確保維修清潔的便利。 i.) 改善人們對產品的使用態度。
3. 製造程序	<ul style="list-style-type: none"> a.) 選擇省材料的製程。 b.) 減少製程中廢料的產生。 c.) 盡量採用自然能源於製造中。 d.) 降低製程中廢水、廢氣、廢毒物的排放並降低噪音。 e.) 發展更省能源資源的製造科技。 f.) 善用製程中多餘的能量。
4. 包裝設計	<ul style="list-style-type: none"> a.) 採簡易的方式包裝。 b.) 以簡單結構設計手法加強強度。 c.) 避免過度包裝。 d.) 減量使用發泡塑膠。 e.) 盡量使用天然資源或紙材。

	<ul style="list-style-type: none"> f.) 採無毒、易分解、可回收再生的包裝材料。 g.) 選材盡量單純化。 h.) 減少油墨使用量。 i.) 產品與包裝結合為一設計。 j.) 考量消費者安全問題。
5. 運輸配銷	<ul style="list-style-type: none"> a.) 採最經濟的運輸方式。 b.) 降低運輸過程中造成的汙染。 c.) 運輸過程中棧板的回收再利用。
6. 消費者使用	<ul style="list-style-type: none"> a.) 增加消費者使用效率與滿意度。 b.) 簡化功能及易於操作方式。 c.) 降低操作上產生錯誤的機率、建立正確操作。 d.) 確保使用者安全。 e.) 選擇汙染最低的使用方式。 f.) 提升能源使用效率。 g.) 減少使用階段汙染物排放的產生。
7. 廢棄與回收	<ul style="list-style-type: none"> a.) 引導使用者做完善資源分類回收。 b.) 建立完善回收系統。 c.) 盡量促使資源回收、循環再生。 d.) 選擇最適當的廢棄物處理方式。
8. 生活環境設計	<ul style="list-style-type: none"> a.) 配合室內設計須考量材料組合與整潔理念。 b.) 提供優美且適合都市生活的空間規劃設計。 c.) 考量全面性的都市景觀設計與社區規劃。
9. 環保法規	<ul style="list-style-type: none"> a.) 依循各國環保法規與標準。 b.) 尋求環保標章認證肯定。

(資料來源：杜瑞澤，2002)

2.2.3 綠色設計準則的正確使用方法

綠色設計方針與規範最主要是爲了讓設計師在設計的過程中，可以藉此減少產品環境化設計的流程中無謂的錯誤發生。不過設計師需要特別注意的是，這樣的綠色設計原則只是概念性的整理，面對不同屬性的產品時，則應該依照該產品類別整理出適當的綠色檢核表，如此才會是綠色設計中真正有所作用的工具。

2.3 目前綠色設計所發展的主要技術與方向

綠色設計的重點通常會集中在某一個主題上，可能是針對製造、組裝、拆卸、使用過程、回收、重複使用、維修、丟棄、服務等不同的重點來做爲綠化的途徑，當然，也有一些綠色產品成功地從多個方向來達到綠色設計的整合與效果，而以下即是目前綠色設計主要發展方向的彙整（杜瑞澤，2002）。



2.3.1 環保材料的選擇

產品材料的選擇往往會是最直接影響環境的主要因素，也因此被認爲是綠色產品設計成敗的重要關鍵。Burnette（1990）主張選擇合乎生態環境的材料時，必須先瞭解所需材料的特性，然後再去認識產品材料的回收效益，以及對環境的危險程度。因此，在目前的發展中，最被重視的即是各種材料的特性了解，包括材料的回收性、環境指標（mPt）、與其他材料的相容性等。除此之外，許多國家也針對材料的選擇問題發展出環保材料的評估軟體，企圖讓設計師能經由電腦的輔助，快速且詳細地評估出該材料在產品的生命週期期間對於環境衝擊的影響情況。

2.3.2 綠色製造

綠色製造程序主要是爲了減少製程中資源與能源的浪費，以及廢棄物過多的情況發生。一般來說，產品的製造程序可分爲三個階段：1. 上游－從原料到材料；2. 中游－從材料到半成品；3. 下游－從半成品經製程加以組裝成完整的產品。在這三個程序中或多或少都需要能源及其他材料的加入，而相對的也會有氣體、液體、固體等廢棄物的產生，甚至是噪音的汙染。因此，綠色製程的基本原則即是盡可能保持輸入與輸出的平衡，讓整個製造的系統成爲一個迴路，以避免製造過程中有任何廢棄能源或物質的流出。而目前所發展的綠色製程主要有以下四個重點：

a.) 從原料到材料的能源節省：

每種原料在轉變爲材料的過程中都會消耗能源，在金屬材料方面，以鐵與鋼的提煉消耗最低，其他稀有金屬相較起來則消耗相當多，譬如鎳、鎘、鋁與錫等都是必須少用的金屬材料。在塑膠材料方面，以 PE 及 PP 的能源回收百分比最高，最合乎綠色材料的原則，相對的，其他塑膠材料有些相當損耗能源或回收不易，甚至具有毒性。總之，從原料到材料的過程要是能盡量選用消耗最少的環保材料，對綠色設計而言，即是一個好的開始。

b.) 對輸出物加以妥善控制與利用：

在提煉高品質材料之時，對於輸出的可再利用資源或能源都應充分地回收再生，並對廢棄的氣體、液體或固體嚴加控管，避免導致環境的汙染，已達到最佳的綠色製程。

c.) 材料加工方法的能源節省：

一般較爲常見的材料加工方法有壓出成型、射出成型、吹模成型、發泡成型等，在選擇材料加工方法時，除了尋找最適合的成型方法之外，也應該考量如何

降低能源的消耗。

d.) 零組件越少越好：

當產品的零組件越少時，代表在製程中的能源消耗越少，相對的，這樣的產品也將較容易組裝與拆卸。

製造過程中若有「合理化」的組拆程序，以及「標準化」的零組件規格，即能夠使整個製造程序達到「自動化」的步驟，進而完成省能源、省資源的目標。因此，最佳的綠色製造程序即是，「組裝拆卸合理化」、「零組件標準化」、「製造程序自動化」。

2.3.3 模組化設計

一般而言，模組化設計主要是爲了延長產品主要零組件的壽命，其他次要零件則依一般的平均壽命來使用，組件中的零件壽命盡可能達到一致化，以利於產品修理、置換或更新時的便利與效率。對於現今汰換率高的科技產品來說，模組化設計更使產品能隨著科技的發展作適當的升級或擴充。對於多功能性的產品，也能藉由模組化的設計，隨著消費者的需求來做功能的增減與變更。無論如何，對於目前的產品與消費生態來說，模組化設計的確是相當有益的綠色產品設計方向。

2.3.4 支解設計之技術

支解設計是指，產品在設計的階段即考慮未來在廢棄時該如何經濟且有效地拆解組件，以利於回收及再生。依照目前的發展，支解設計又可分爲「綠色組裝設計 (Design for Assembly, DFA)」與「綠色拆解設計 (Design for Disposal, DFD)」，這兩者發展至今皆有許多可供設計師參考的設計原則。除此之外，更有

廠商及教育團體針對這兩種技術深入研發軟體工具，譬如美國 Boothroyd Dewhurst 公司(BDI)所開發的 DFE, DFA, DFM 軟體，以及美國 Lockheed Martin 公司所開發的 PRICE 系統，都能有效地從各方面評估出怎樣的製造與組裝過程才能達到最高的效益。在拆解設計方面，美國柏克萊大學的 Ametide (A METHodology for Time Disassembly Estimation)、芬蘭赫爾辛基科技大學的 DFR-Recy、以及德國柏林科技大學的 EUROMAT 都是相當有特色的拆解軟體工具。

2.3.5 回收再生設計

要設計出有利於回收再生的設計，除了依循專家所歸納出的設計原則之外，也可在設計的初期即開始經由生命週期評估法 (Life Cycle Assessment, LCA)，反覆地進行評估，已達到最完整的環保考量。當然，回收再生設計也包括利用回收後的再生資源所設計的綠色產品，譬如日本品牌 TRO-CO 即設計了一款以魚作為造型主題的原子筆 (如圖 2-1)，筆身的部分全是由回收鋁所製成。鋁的回收率很高，已回收的鋁罐製成鋁，比提煉鋁礦減少 82%的能源消耗、80%的水污染、85%的空氣污染與 90%的廢棄物，因此這個設計成功地兼顧了環保與創意。

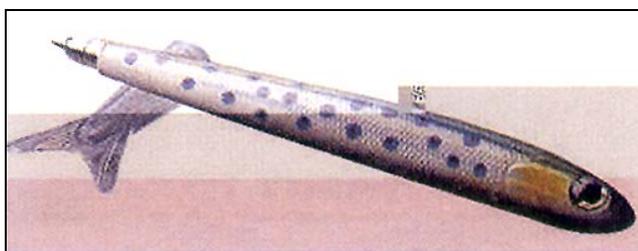


圖 2-1 魚型原子筆
(資料來源：貿協資訊網網站)

2.3.6 能源與資源節省設計

從馬桶的節水設計、人力發電產品到太陽能板的設計運用等，都是我們熟知的能源與資源節省設計，而目前，設計師們除了致力於這類的資源節省設計，也開始體會到產品在使用階段才是最耗費能源與資源的，因此出現了「為維修而設計」(Design for Life, DFL) 以及「為服務而設計」(Design for Maintainability, DFMAIN)，主要的概念是在設計的早期就能先行評估，為產品未來的修理與服務行為做準備，藉此延長產品壽命，可視為發展永續利用的一種技術。

2.3.7 綠色設計創意發想

如圖 2-2 及 2-3，富士通的彩色電子紙即是一個綠色設計創意發想的絕佳例子，它不但是是一個科技上的突破，也是一個節省紙資源的好方法，如此的創意勢必將帶領起一股新的閱讀模式。

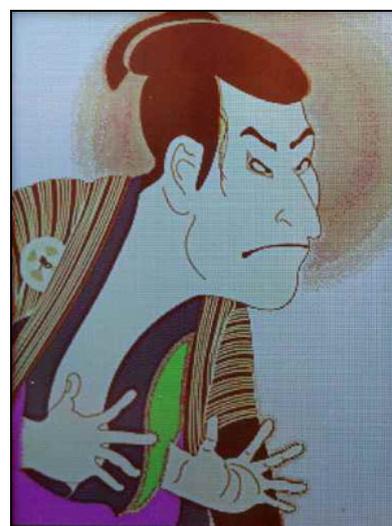
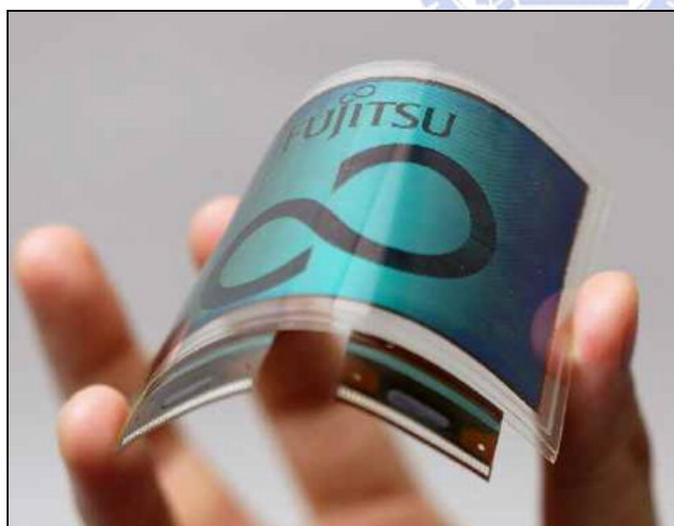


圖 2-2 富士通電子紙在彎曲時亦不影響圖像顯示 圖 2-3 富士通電子紙彩色顯現
(資料來源：富士通網路世界創意無限網站)

2.4 綠色設計的反思

2.4.1 綠色設計有一定的準則？

從上述的綠色設計起源、設計準則與主要技術發展可以發現，在自由經濟體系下發展成形的綠色設計，終究無法脫離設計、生產、消費這些產品量產的環節，使得綠色設計的發展受到一股無形壓力所限制。仔細研讀文獻中學者所提出的綠色設計原則不難發現，許多規範或條例皆與一般的產品設計原則並無兩樣，甚至如同產品製造的基本原則。

其實，綠色設計原本即是一種反省的思維，並非規條。本創作認為只要是對於地球環境資源有幫助的產品設計，皆可稱為綠色設計。因此，綠色設計的範圍相當廣大，舉例來說，目前所流行的療傷系產品，外形相當討喜，容易受到使用者的愛惜，藉此延長產品壽命，即可被當成綠色設計。利浦曾設計具有系列性質的廚房家電，對於使用者來說，為了保全整套家電的完整性美感，在產品的使用上經常會特別小心，避免不必要的損傷，甚至壞掉時也不捨得丟棄，藉此也帶給產品壽命延長的效益，這也達到綠色設計的效果。由此可見，只要產品在最終能夠有效地改善環境生態與保護地球資源，即使未能在材料、製程等項目上達到綠化的效果，也可算是綠色設計。

另外，這些我們所熟知的綠色設計方法，也未必適用於全球各個國家或區域。生活品質落後的國家為了生存而危害了生態與資源；生活品質先進的國家卻為了方便性而浪費環境資源。因此，本創作認為對於不同環境下所發生的環境資源問題，需要考慮當地的狀況，量身訂做屬於該區域的綠色產品。如此對症下藥的方式才能真正藥到病除，改善該區域生態破壞與資源匱乏的問題。

2.4.2 綠色設計有一定的範圍？

綠色設計原本即是一個相當大的反思議題，從二十世紀人類的綠色意識覺醒至今，保護地球的工作雖已歷經半個世紀的發展與努力，但生態資源的問題也在科技越來越發達的相同條件底下，仍不斷地加速惡化，導致今日的環境污染與資源匱乏。而綠色設計所追求的並不只是追上環境惡化的速度，更要嘗試彌補過去所留下的創傷，這正是國際上任何一股綠化力量正在進行、努力的方向。正因如此，綠色設計需要的是不斷地進步與蛻變，沒有固定的範圍，也沒有固定的設計原則，只有不斷擴張的範圍與不斷成長擴增的設計原則。

也由於綠色設計是個大的議題，自然而然會與社會上許多議題相互重疊。譬如「Less is more」，從設計的角度來看，這是一個不折不扣令人爭議的設計風格話題。然而，從綠色設計的角度來看，簡潔的設計當然也會是綠色設計的方法之一。宣示性質較為濃厚的綠色設計，由於其強烈的表現手法與工藝式的製造方法，也常讓人與藝術聯想在一起。另外，傳統早餐店中的報紙包油條，以及英國速食店沿用至今的紙張包薯條，是一種傳統？還是一種節省資源的綠色表現？對於本創作而言，兩者都是。

因此，綠色設計並非如同多數人印象中的死板，無法變通；而是靈活多變，且充滿無限的可能性與發展空間。

2.4.3 綠色設計的新理念

經過一番文獻的探討，深入了解綠色設計之後可以發覺，發展至今的綠色設計幾乎都是以產品或環境為解決生態資源問題的重心，卻忽略了人心才是一切問題的根源，而這也是本創作在綠色設計的未知空間中所發掘的新理念。

如圖 2-4 所示，運用目前的綠色設計方法所設計出來的綠色產品，雖然大多能成功直接改善許多產品及環境的問題，但如果人們無法接受綠色的概念，或始終不在意環境污染與資源消耗的問題，也許只能期盼產品身上隱吾的綠色概念，慢慢被動地渲染人們的心，或等待人類自然的覺醒。然而，如果一項綠色設計在能直接改善產品與環境的問題之餘，也能主動傳達綠色的概念，從正面的態度使更多人能在使用產品時，感受到綠色的想法，藉此機會直接綠化人們的心，其將能大大地提升拯救地球資源的速度與效果，而這樣的理念即是「看得見的綠色設計」。

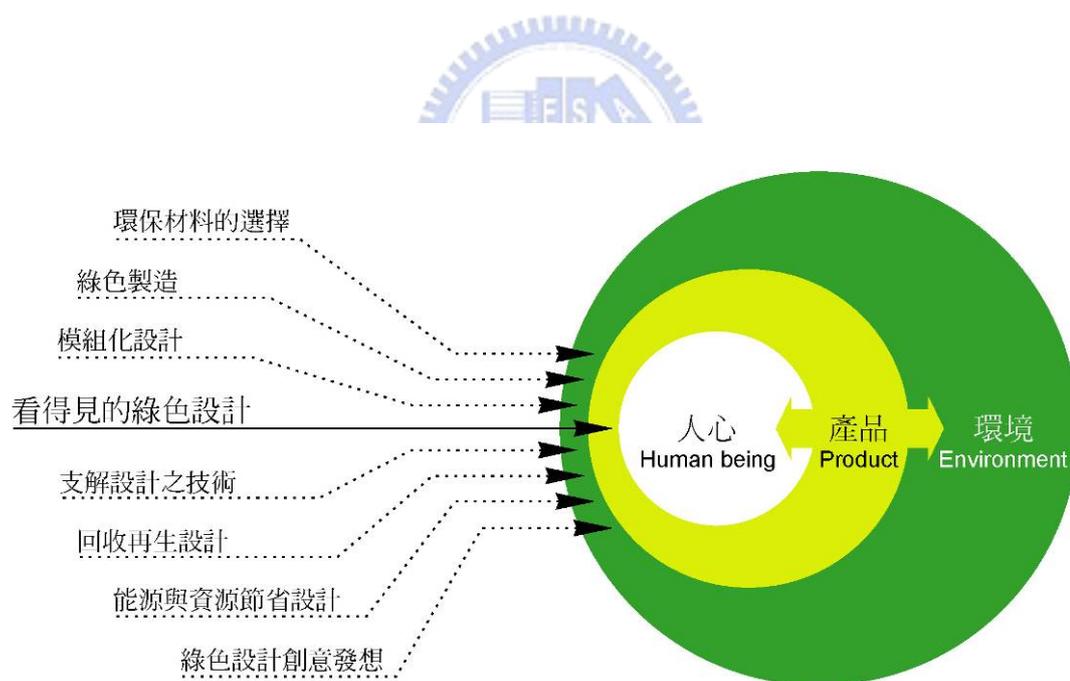


圖 2-4 看得見的綠色設計與其他綠色設計方法的影響程度與關係