

# 生態化設計技術-21世紀企業的新環保觀

巢志成\*

## 摘要

工業革命為人類帶來了前所未有的富裕生活，傳統的經濟發展模式也因此被定於一尊。由於各國競相投入經濟成長瘋狂競逐的結果，衍生了生態環境的破壞以及社會發展的失衡等問題。傳統的發展模式雖然成功地促成了全面的經濟成長，但在生態限制和資源有限的情況下，大量消費與生產的結果，使得自然資源耗竭並產生廢棄物所造成的生態耗損速度遠超過自然再生速度<sup>(1)</sup>。許多例證顯示，自然資產的蘊藏量及生產力已逐漸呈現降低的趨勢。

### 【關鍵字】

- 1.綠色產業
- 2.生態化設計
- 3.生態效益

---

\*工業技術研究院能源與資源研究所專家

## 一、前　　言

從 1984 年起，全球的漁獲量已經開始下滑，人均穀類收獲量也是如此；同時臭氧層逐漸被破壞，溫室效應導致氣候改變；侵蝕及沙漠化正減少自然界的生物生產力；灌溉水的水位逐漸下降；土壤及水的污染正危害食物的品質；其他自然資源則正以超過其再生的速度被消耗；生物的多樣性也逐漸消失。但人類對自然資源的需求卻逐漸升高，以 1950 年到 1990 年為例，工業用原木的開採已增長二倍、水的使用增加三倍、油的消費量增加了將近六倍；相關研究比較 1970 年到 1990 年之間人類活動的增加情況，更發現大部份都成倍數增加。這個相對的趨勢顯示人類的消耗已超出自然界的供應及負荷能力（表 1）<sup>(2)</sup>。如果我們不立即採取行動，降低對原物料和自然資源的使用及損耗率，很快地我將面臨無物可用、經濟發展無以為繼的窘境。此種現象，尤以金屬原料，如金、銀、銅、錫、鉛、鋅、汞等為最嚴重（表 2）。

表 1 無法永續發展的地球

年	1950	1972	1997
人口(億)	25	38	58
大都會(人口數>8 百萬)	2	9	25
糧食生產量(卡/人·日)	1,980	2,450	2,770
漁獲量(百萬噸/年)	19	58	91
用水量(十億噸/年)	1,300	2,600	4,200
雨林覆蓋面積(%，以 1950 年為基準)	100	85	70
大象總量(百萬頭)	6.0	2.0	0.6
CO <sub>2</sub> 排放量(億噸/年)	16	49	70
大氣 CFC 含量(ppb)	--	1.4	3.0

表2 資源耗竭(例)

全球金屬礦產之存量及使用年限

元素	地表量 <sup>(1)</sup>	已知可開採年限 <sup>(2)</sup>
鋁	1,200,000	220
鈦	82,000	70
鎂	15,000	7,500
鋅	1,200	21
鉻	1,200	100
鎳	920	55
銅	760	36
鉛	200	20
汞	1.2	25

(1) :  $\times 10^{18}$  克。

(2) : 目前已知蘊藏量可供開採年限 (Static reserve life)。

(3) : 金、銀、錫、鉛、銅、鋅、汞等正在快速耗竭中。

如今「永續發展」已成為全球各國和企業之最重要與最明確之努力指標，而節約資源／提升效能、發展新科技及改變消費結構與習慣即為永續發展的三大要件。以我國而言，企業欲確保產業的永續經營可從以下二方面思考：(1)產業本身之問題，即在企業內部探討營運現況是否符合國家相關法規、是否與生態環境相容、生產過程其產品使用時可否避免或減少對環境的衝擊、產品是否符合綠色趨勢，並考慮生產與形象成本及品質、原料與能源供應等問題。(2)產業發展所面臨之外在環境問題，包括：(a) 國內天然資源匱乏：如天然原料取得不易、水及能源短缺、可用土地不足等等。(b) 產業經營條件劣化：如廢棄物最終處置場匱乏、排放標準愈來愈嚴格、民眾對環境品質要求愈來愈高等。(c) 溫室氣體減量之衝擊：如耗能產業必須作製程改善、提昇能源效率、改用排放量較少之燃料或原料、研究及應用高效率之排放控制與回收再利用技術。(d) 產業轉型/昇級：如傳統產業製程及設備日漸老化、產業轉型或休業後土壤、地下水問題之善後問題待解決、利用高科技協助傳統產業轉型、新製程新材料的開發使用後所衍生的新世代環保、工安技術等。凡此種種，

解決之道即在推行「綠色產業」革命，具體內涵即為推動「生態化設計」技術。

## 二、生態化設計技術之內涵

自 1992 年起「生態效益」(eco-efficiency) 的理念即已形成，其理念目前不僅已廣泛被企業所接受，其實務面也在世界企業永續發展委員會(WBCSD， World Business Council for Sustainable Development)的積極努力下漸趨成熟，並成為企業界所尊崇與實踐的核心經營理念<sup>(3)</sup>。企業界大多經由管末管制的「污染控制」走向製程管制的「污染預防」，再走向「資源回收」再利用、「清潔生產」以致於「零排放」到「生態化設計」之推動(圖 1)。



圖 1 產業永續經營理念之演進

廣泛的生態化設計技術包括為永續發展而設計及為健康與安全而設計兩個層面。其中為永續發展而設計又包含了為保護環境而設計與為節約資源而設計，主要的考量包括空氣、水、土地等的保護及物料、水資源與能源的節約。為健康與安全而設計中則包含了為降低慢性健康風險而設計、為預防事故而設計及為製程本質安全而設計，主要的考量則包括污染、毒性與健康風險的降低、預防與管理(圖 2)。

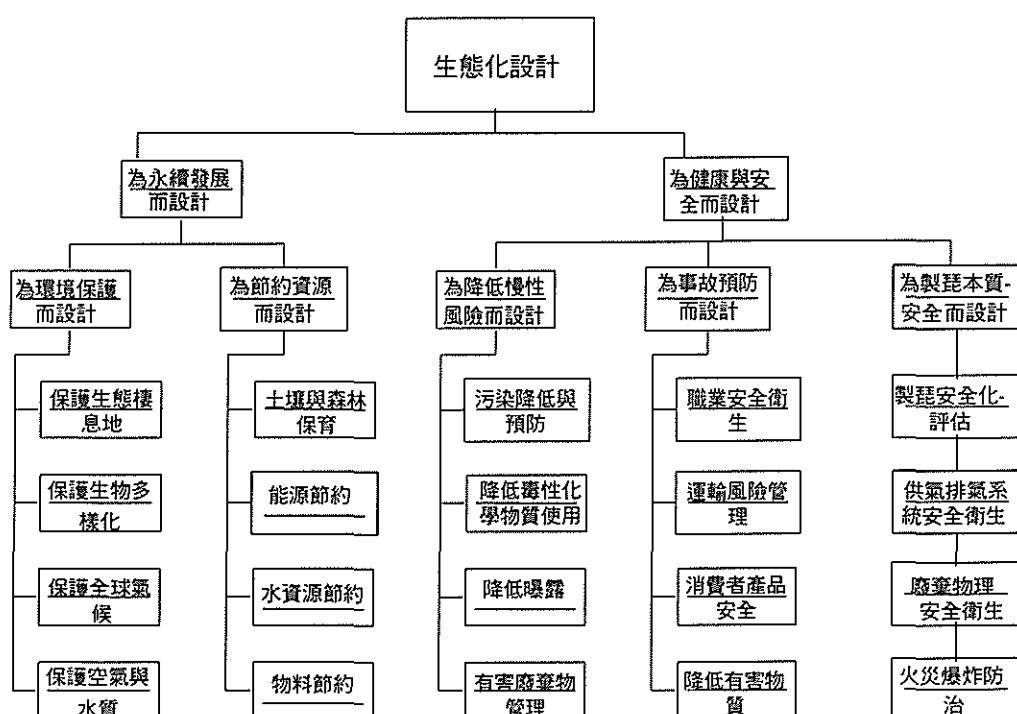


圖 2 生態化設計層級圖

以實際而言，企業的生產與商業活動不僅應事先考慮其行為對環境及安全衛生可能造成影響，更應以能(1)減少商品和服務的原料密集度(material intensity)，(2)減少商品和服務的能源密集度(energy intensity)，(3)減少有毒物的擴散，(4)提高原料的可回收性，(5)使可新的資源達到最大使用限度，(6)延長產品的耐久性，及(7)增加商品和服務的服務強度(service intensity)等七大要素的「生態效益」為考量，積極落實為環境及安全衛生而設計(Design for Environment, Safety and Health， DfESH)的生態化設計理念(表 3)。於原料開採與利用、產品開發設計、產品製造及使用以至於產品棄置的整體生命週期內各階段步驟，其所需的能源、資源與處理處置，均須考慮對環境及安全衛生的影響與衝擊。換言之，惟有發展具高生態效益的生態化產業技術，利用低原物料/能源消耗、低毒性及低廢棄物之「清潔製程」(Cleaner Process)製備低毒性、省能源/資源、易拆解回收的「清潔產品」(Cleaner Products)；並以低二次污染及資源回收為基準之「清潔處理技術」(Cleaner Treatment Technologies)致力於污染防治及廢棄物減量的工作，促使企業界對環保的問題，由純粹耗損收益的被動配合，轉變成增進收益的主動實行，如此方能創造產業永續發展的環境，而國家的永續發展亦方得以落實。

表 3 為環境及安全衛生而設計 (DfESH) 理念

原 則	作 法
減少原物料的使用(Dematerialize)	
• 設備產品的開發設計	→ 輕薄短小
• 原料的選擇使用	→ 再生料摻配
• 製程水的處理	→ 回收再利用
• 廢料/廢棄物的處理	→ 再生再利用
減少能源的消耗	
• 製程的開發設計	→ 高熱效率
• 產品的開發設計	→ 低耗能
增進製程的安全性	
• 原料的選擇使用	→ 低毒性物質
• 製程的開發設計	→ 本質性安全衛生
增加物料的可回收性	
• 設備/元件的開發設計	→ 易拆解分選
• 材料的開發	→ 易分選回收
增進可更新資源(Renewable Resources)的永續使用	

### 三、產業因應永續發展潮流之道

在全球邁向經貿關稅自由化與環境保護要求日益嚴格的過程中，綠色貿易最有可能成為各國管控經貿活動門檻，提昇產業界因應之道為落實生態化設計技術，以達到環境績效的持續資源永續利用及產業永續經營之目的。其具體的作法及步驟如下：

#### 1.推動國際環境管理系統 (ISO 14000):

企業致力環保的目的即在創造企業永續經營的環境<sup>(4)</sup>，對於環境管理工作，各國無法獨善其身，必須與世界同步進行，而環境管理標準的國際化，具有以下優點：(1)各國基於品質、價格及一致性的環保要求，可進行建設性的競爭，避免經常發生不重視環境保護之破壞性惡性纏鬥，(2)可以避免國際間有關環境保護所造成的技術性貿易障礙，(3)降低企業界進入世界各國市場時之各種環保相關費用及保證國際環境標準系統的一致性。在 ISO14000 系列的驗證開始推行後，許多國家或跨國公司開始要求輸入貨品的製造商或零件供應廠商都要獲得 ISO14001 的驗證，否則將不列入採購考慮。要取得 ISO14001 的驗證，不單單是減少污染就可以了，它須要從一項產品的設計開始，一直到這項產品消失在地球上為止，都要考慮到少用資源與能源、減少排放污染、持續減廢、回收再生等，甚至不僅僅是工廠需要這樣做，連員工的日常工作都要合乎這樣的規範才行。企業要永續發展就必須要善待環境、善用資源，企業力行環境保護的決心和作法必能增加企業的競爭力。第一，企業落實環境保護，最顯而易見的利益是減少資源的浪費，這樣就可以減少許多成本。比如說辦公室使用省電之空調系統、省電之照明設備、自動化辦公用具、電腦等，即可節省可觀的電費支出；將製程中的水、熱能等回收再利用，可以減少排放污染，更可以提昇資源的使用效率。第二，對環境友善的作法與精神，不但可以使企業和環境共存共榮，更可以讓企業具有國際競爭力，塑造企業良好的形象，吸引更多的資金與人才投入其中，讓企業更加茁壯。

#### 2.生產綠色產品並申請驗証：

企業界除了應實施污染預防的技術外，更應朝生產「綠色產品」之研究發展方面努力，始能符合未來市場的需求，達到產品消費對境的影響降到最低之程度。

換句話說，產業界應真正落實「產品生命週週期責任」<sup>(5)</sup>，目前府採購法第九十六條中規定「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。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，亦同。其他增加社會利益或減少社會成本，而效能相同或相似之產品，准用前項之規定。」。八十八年五月二十六日行政院公共工程委員會會銜環保署發布「機關優先採購環境保護產品辦法」，其中第十一條規定「機關依本辦法之規定優先採購環保產品，並允許價差優惠者，其優惠比率由機關視個別採購之特性及預算金額訂定之，並載明於招標文件。但不得逾百分之十。」。由此可見政府對「綠色產品」之重視。機關優先採購環境保護產品辦法中將環境保護產品分成三類，第一類為取得行政院環境保護署（以下簡稱環保署）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之環境保護產品；第二類為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、低污染或省能源但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。第三類為可增加社會利益或減少社會成本之產品，經相關目的事業主管機關認定符合此等條件，並發給證明文件者。因此生產「綠色產品」增加產品競爭力，減少非關稅貿易障礙，將為不可避免之趨勢。

### 3.推動清潔生產與生態化設計技術：

清潔生產之落實，不但可有效使用原料與能源，並可減少廢棄之產出與毒性物質之排放。「清潔生產」的定義係指：(1)對生產過程與產品採取整體預防性的環境策略，以減少對人類及環境可能的危害，(2)對生產過程而言，包括節約原物料與能源，儘可能不用有毒性之原料，並減少有害物質的排放與其毒性，(3)對產品而言，則是藉由生命週期評析 (life cycle analysis，簡稱 LCA)，使得從原物料取得至產品最終處置過程中，皆儘可能將環境的影響減至最低，(4)為達成清潔生產則必需藉由 know-how 技術、改良技術或改變企業文化來達成。清潔生產和傳統環保理念最大之異處在於傳統上環境問題皆直接考慮如何解決污染物或廢棄物，而清潔生產概念則事先考慮環境問題產生的原因，由源頭解決環保問題。簡言之，「清潔生產」即為持續將污染預防理念融合於製程與產品之開發或服務中，

以期增加生產效率，減少產業在製程與產品和服務上對人類健康及環境產生有害之影響。從執行面來看，對製程而言，清潔生產意謂盡可能節約其所需之原料和能源，不用有毒原料，並減少污染排放之危害和毒性。對產品而言，由最原始之原料到產品棄置，以致於整個產品生命週期，皆要盡可能減少對環境之負面影響。對服務而言，經由系統設計、到提供消費者服務，皆須考慮對環境長期之影響。總而言之，清潔生產可藉由產業改變生產態度、採取負責任之環境管理制度或替代之新技術來達成。

進一步說，為促進產業的永續發展，新技術的開發自有其必要，而相關的科技研發應有一完整的策略（圖 3）。研發策略主要分三個部份考量。第一為設計，主要著重於綠色設計及低污染、低毒性、可回收、可更新的物料開發；第二為製程，主要著重於節能、減少製程中之污染排放、零災害之風險管理；第三為產品／廢棄物處理，主要著重於妥善處理與相關資源之回收再利用。透過整體的考量環保相關問題，產業界可由被動配合做好污染防治、轉變成主動實行資源管理，提昇總體綠色生產力，如此方能奠定永續發展的基礎。

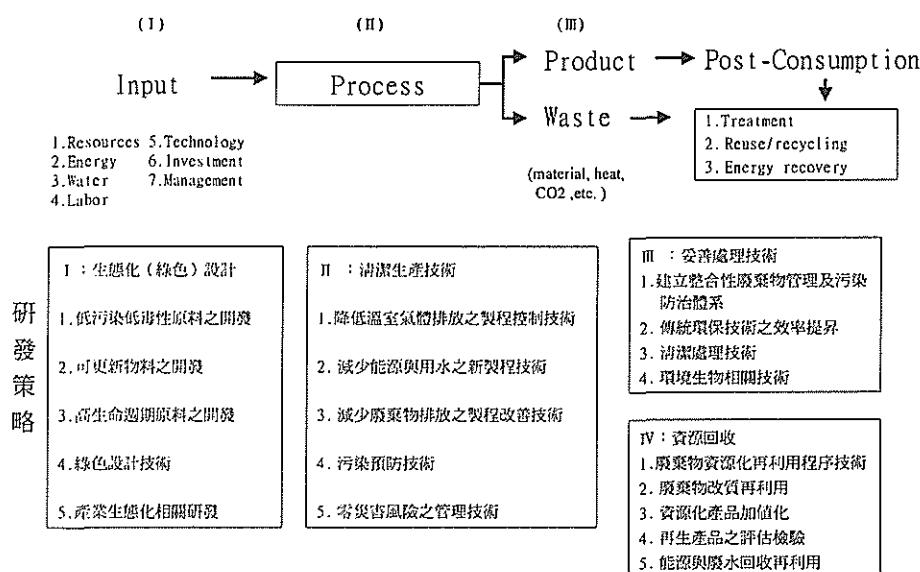


圖 3 永續產業技術研發策略

## 四、結論

工業發展的主要目的在提昇人類生活的品質，生活品質提昇後人類對於環境品質之要求隨之提高，此時即可透過科技之發展來改善，並使人類享有安全、清潔、舒適和諧的生活環境。在面臨全球競爭與環保化之趨勢下如何確保產業永續經營，已成為不同國際論壇的重要焦點。欲確保綠色生產力的提昇，企業界必須進一步落實以經濟效益為主要考量並具正面環境效益的生態化設計技術（圖 4），並以現有產業製程改良改善及新製程研發分別進行，促使國內產業無論是傳統產業或是高科技產業技術都能朝提高環經效益之生態化產業技術方向發展，以確保產業之永續經營；因此生態化技術可以說是 21 世紀企業的新環保觀，如何透過生態化設計技術進行綠色產業革命以創造競爭力，進而達到企業之永續發展之目的，將成為企業挑戰之新課題。

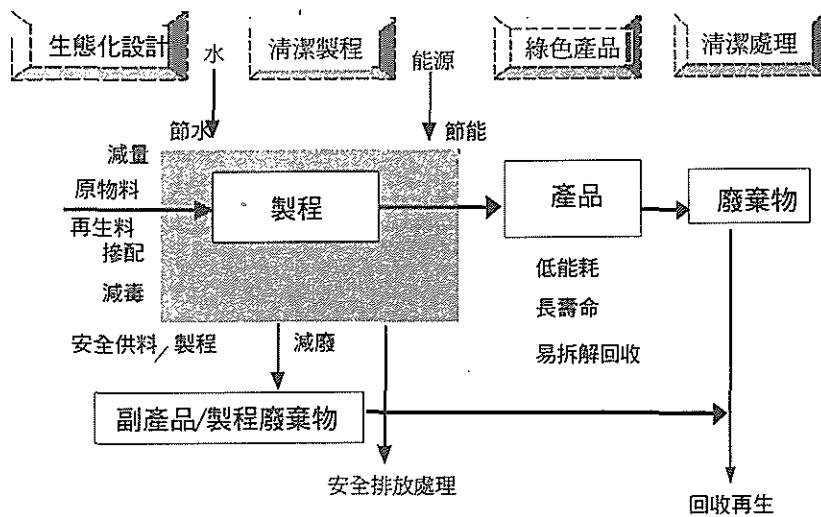


圖 4 生態化產業技術

## 參考文獻

- 1.永續環境規劃之新思維，李永展，環境教育季刊 37:25-34，1999 年 2 月。
- 2.產業永續經營的再生之道，巢志成，中衛簡訊 146:20-26，2000 年 5 月。
- 3.OECD 生態效益之推動現況與發展趨勢，胡憲倫 永續產業資訊雙月刊 第二期 中華民國八十九年四月。
4. <http://tim.nccu.edu.tw/student87/87359007/dreamer/>學習在 TIM/科技與人文社會 /title4.htm 。
5. 汪雅康 因應氣候變化綱要公約我國產業結構調整策略 氣候變化綱要公約資訊 速報，第十九期 88 年 10 月。