

清潔生產與環境績效指標

王文裕*

摘要

1998 年聯合國環境規劃署提出「清潔生產」(cleaner production)，至今全球 61 個國家已成立 188 個清潔中心；美國環保署則在 1990 年提出「污染預防」(pollution prevention) 的官方定義；1996 年公佈的 ISO 14001 亦將「污染之預防」(prevention of pollution) 列為組織環境政策的要件之一，清潔生產與污染預防已成為環境管理整體規劃最重要的架構之一。近年來，各國組織為衡量清潔生產之清潔程度 (cleaner) 或污染預防之績效 (performance)，清潔生產指標或環境績效指標已成為最主要的衡量工具。由於相關詞彙與工具繁多，本文自清潔生產定義與發展歷程及相關議題之闡述，將這些詞彙與觀念加以釐清；並從清潔生產指標與環境績效指標系統類型之說明，列舉幾個可資應用之指標系統，同時也對綜合性指標與其權重加總評析其必要性。最後則闡述清潔生產指標與環境績效指標在環境管理系統、環境報告書及企業環保標準評比上的應用，以及指標系統在邁向永續發展上之應用。

【關鍵字】

1. 清潔生產 (cleaner production)
2. 環境績效指標 (environmental performance indicator)
3. ISO 14031
4. 生態效益 (Eco-efficiency)

*財團法人中技社綠色技術發展中心工程師

一、清潔生產

1.1 清潔生產定義與發展歷程

清潔生產的相關概念早於 1974 年由美國 3M 公司提出「污染預防划得來 (pollution prevention pays，簡稱 3P)」計畫，其意義是「藉由執行污染預防可以獲得多方面的利益」。基本觀念就是：

1. 污染物質就是未被利用的原料
2. 「污染物質」加上「創新技術」就是等於「有價資源」

1976 年起，歐洲經濟共同體(European Economic Community)也提出開發「低廢、無廢技術(low and non-waste technology)」的概念。1984 年聯合國歐洲經濟委員會(United Nations Economic Commission for Europe)正式闡述：

「無廢技術是一種生產產品的方法，借助這一種方法，所有的原料與能量將在原料資源、生產、消費、二次原料資源的循環中得到最合理與綜合的利用，同時不致破壞環境」。

1986 年美國國會通過「資源保育及回收法」(Resource Conservation and Recovery Act，簡稱 RCRA)有關固體及有害廢棄物修正案中規定製造者對其產生之廢棄物要減量。換言之，就是規定應用可行的技術，將有害廢棄物儘可能削減或消除。此後，美國環保署(USEPA)也成立了“污染預防辦公室”。並於 1990 年公佈「污染預防法案，Pollution Prevention Act」，明確規定必須對污染產生源做事先預防或減少污染量，無法回收利用者，也應儘量做好處理工作。至於排放或最終處置則是最後手段。關於廢棄物減量(Waste Minimization)或污染預防的定義，依美國環保署的敘述內容為：

「在可行的範圍內，減少產生的或隨後處理、貯存、處置的有害廢棄物量。它包括於產生源進行削減與回收再利用兩方面的工作，這些工作可使有害廢棄物總量與體積的減少，或有害廢棄物毒性的降低、或兩者兼而有之。」

1989 年聯合國環境規劃署(United Nations Environment Programme，簡稱 UNEP)之工業與環境計畫活動中心(Industry and Environment Programme Activity Center IE/PAC)根據 UNEP 理事會會議的決議，制定「清潔生產計畫(Cleaner Production

Program)」來推行全球性清潔生產。至於所謂「清潔生產」的定義，則係指：

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，其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，則是藉由生命週期分析(life cycle analysis，簡稱 LCA)，使得從原料取得到產品最終處置過程中，皆儘可能對環境的影響減至最低。
4. 為達成清潔生產則必需藉由專密技術、改良技術或改變企業文化來達成。

1992 年里約地球高峰會中「永續發展」獲得全球一致的認同，清潔生產理念也向上與永續發展連結，如圖 1。

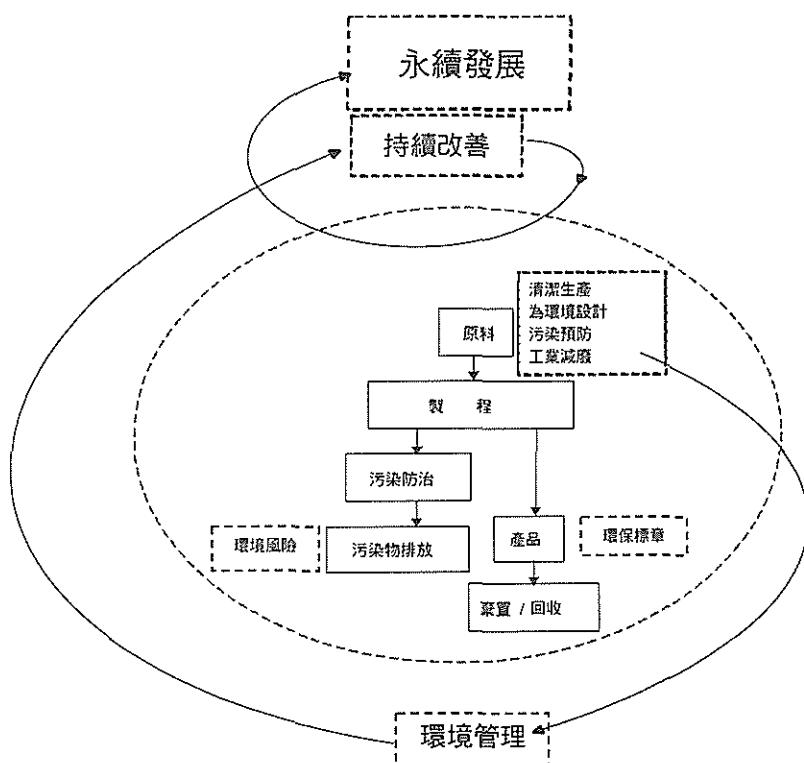


圖 1 清潔生產與永續發展

依據聯合國環境規劃署於 1997 年重新對「清潔生產」所下之定義：「清潔生產係整合性環境預防策略(an integrated preventive environmental strategy)持續應用於製程、產品、服務，以增進生態效率(eco-efficiency)，並降低對人類及環境之風險」。而所謂生態效率(eco-efficiency)，依據世界企業永續發展協會（WBCSD）之定義係指：「經由提供便宜的貨品及服務，以滿足人類需求及帶來生活品質，同時透過生命週期的觀念減少對生態的衝擊，以及資源耗盡的壓力，且至少應達到可以與地球所能負荷的能力相符的程度」。透過生態效率的改善，清潔生產將與企業生產力、獲利率本質有關的資源有效利用及環境責任連結起來。

自 1989 年提出清潔生產至今十年間，在全球 61 個國家已成立了 188 個清潔生產中心，但聯合國環境規劃署由清潔生產推動的趨勢發現，仍需要一個架構來支持國際清潔生產政策，因為若缺少所有利害相關者（例如政府、產業、社會等）的支持，清潔生產對邁向永續發展或永續消費而言，仍然只是一個好主意，而無法成為一個策略實務。因此，在美國國家污染預防圓桌會議的倡議下，聯合國環境規劃署徵詢了許多清潔生產組織的意見，草擬國際清潔生產宣言，並於 1998 年 9 月 29 日的漢城第五屆高階清潔生產研討會中簽署，於 10 月 1 日公告。國際清潔生產宣言包括六項原則：領導(Leadership)、體認(Awareness)、教育(Education)、訓練(Training)、整合(Integration)、研究發展(Research and Development)、溝通及履行(Communication and Implementation)。國際清潔生產宣言如下：

我們確認實現永續發展是集體的責任，保護全球環境的行動必須包含採用更完善的永續生產及永續利用的實務。

我們相信清潔生產，及其他預防策略，諸如：生態效益、綠色生產力、污染預防，都是優先的選擇。它們都需要發展、支持及履行適當的措施。

我們了解清潔生產是持續應用整合性預防策略於製程、產品、服務，以追求經濟、社會、健康、安全、環境利益。最後，我們承諾：（如表 1）

因此，清潔指標的建立，提供政府主管機關在強制性環保法規的要求外，增加一項與企業界夥伴關係，督促企業發揮自我提昇環保責任，以清潔生產降低環境負荷、以生態效率增強企業環保體質，並能夠與近年在企業界風行的 ISO 14001 理念加以整合，如圖 2 所示。

表 1 國際清潔生產宣言六點承諾

領導	應用我們的影響力 • 透過與利害相關者的關係，鼓勵採用永續生產及永續利用的實務。
認知、教育及訓練	建立能力 • 在我們的組織內，藉由引導、體認、發展教育訓練計畫； • 藉由鼓勵在各階段教育課程中納入清潔生產觀念及原則。
整合	鼓勵預防策略的整合 • 進入我們組織的階層； • 在環境管理系統之中； • 使用諸如環境績效評估、環境會計、環境衝擊、生命周期，及清潔生產評估工具。
研究及發展	創造創新的解決方法 • 藉由促使我們的研究發展策略及活動的優先次序，由管末處理轉向預防策略； • 藉由支持具環境效率並符合客戶需求的產品及服務的發展。
溝通	分享我們的經驗 • 藉由促進預防策略實施的對話，及對外界利害相關者利益的報告。
履行	採取行動應用清潔生產 • 透過建立管理系統設定挑戰目標並定期報告進展； • 藉由鼓勵新的或更多的資金及投資選擇預防性技術，並促進國家間環境無害化技術的合作及移轉； • 藉由與聯合國環境規劃署、其他伙伴，及利害相關者的合作，支持國際清潔生產宣言，並探討其實施成效。

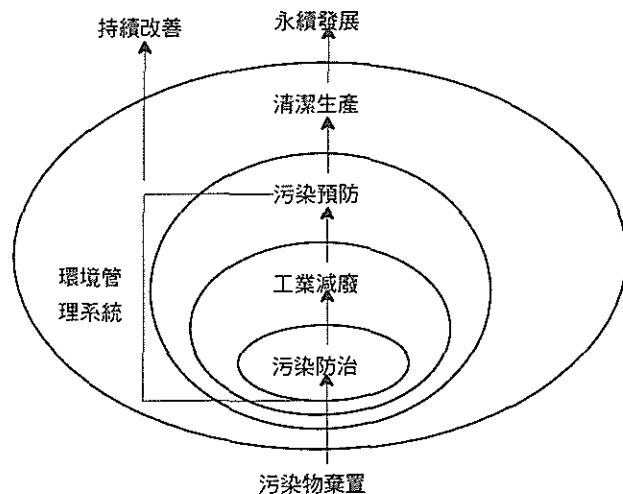


圖 2 將環境管理系統之持續改善整合於清潔生產

1.2 清潔生產相關議題

雖然聯合國環境規劃署(UNEP)已對清潔生產下了定義，但清潔生產仍然是一個新的且變動中的觀念，在國際間仍充滿類似或稍有差異的詞彙，例如美國多用「污染預防」；日本多用「生態化設計」或 UNEP 早期用的「環境無害化技術」(Environmentally Sound Technologies, ESTs)；世界企業永續發展協會用「生態效益」。以下則簡要說明幾個常用的清潔生產詞彙。

1. 污染預防 (Pollution Prevention)

污染預防是取代管末處理，在污染產源杜絕或減少污染。污染預防表現在幾個層面：更有效地利用原物料、水、電、能源等；以低污染物料替代高污染物料；在製程中廢止毒化物的使用；減少有害物質的使用及產生等。

美國環保署在 1990 年依據「污染預防法」為污染預防做了官方定義：「污染預防意指產源減量，但包括經由增進原物料、能源、水、其他資源的利用效率，及節約保護自然資源，而減少或消除污染物產生的實務。」內文中，產源減量意指在回收、處理、處置之前減少任何有害物質、污染物進入廢水、廢氣、廢棄物或進入環境中（包括排放），並且減少有害物質影響人體健康及污染環境。產源減少包括設備、技術、製程、程序的改善；配方重組、維護、訓練、或物料管理。此外，製程中的回收、物料被直接再回原製程，也被認定為污染預防的範圍。換句話說，產源減量，透過減少政府的管末環保管制而使環保法規系統更有效率。因此，污染預防幾乎就是產源減量的同義詞。雖然工業界一直反應回收也是促進資源利用；但由於「污染預防法」的定義，污染預防不包含製程外的回收、污染物處理減量、廢棄物焚化及能源回收，美國環保署仍堅守污染預防定義的「預防」。但是，美國國會及環保署已將回收納入污染預防策略架構中，作為當污染物無法在產源減量預防時之用。

儘管美國環保署對污染預防的定義最被廣為接受，但仍有其他第三者對污染預防的定義包括了製程外的回收再利用，例如美國測試及材料協會 (ASTM) 的定義。

2. 環境無害化技術(Environmentally Sound Technologies, ESTs)

聯合國環境規劃署定義環境無害化技術為一種相較其他技術更具顯著改善環境績效的技術。也就是說，能夠保護環境、污染性低、以永續資源的方式回收其污染物及產品，並且以更能為環境涵容的方式處理所有的殘餘廢棄物，而能夠替代所有其他技術者。

21 世紀議程第 34 章則將環境無害化技術擴充為一整體性系統，包括專門技術、製程、商品、服務、設備、組織及管理的程序。

3.生態效益 (Eco-efficiency)

「生態效益」是一種經營管理的哲學，鼓勵企業提高經濟效益、更具有競爭力、更創新，但同時也更能負起保護環境的責任。其基本理念最早是在「企業永續發展委員會」(Business Council for Sustainable Development, BCSD)的報告「改變經營之道」(Changing Course)中成形的。後來在聯合國的要求下，該理念於 1992 年在地球高峰會議中被提出來，並獲各國一致的支持。

1993 年 11 月，世界企業永續發展委員會(WBCSD)「生態效益工作小組」的成員在比利時安特惠普召開的會議中，一致同意生態效益的工作定義如下：

「生態效益的達成，須在提供價格具有競爭力的商品和服務，以滿足人們需求、提高生活品質的同時，在商品和服務的整個生命週期內將其對環境的衝擊及天然資源的耗用，逐漸減少到地球能負荷的程度。」

Eco-efficiency 一字，係由 Economical 及 Ecological 兩字之字首，與 efficiency 一字組而成。原意為在追求經濟成長的同時，也要能兼顧生態系統的平衡，故含有經濟與生態兩方面效益之意。

世界企業永續發展委員會認定生態效益的七點要素為：

- (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) 使可更新的資源達到最大限度的永續使用。
- (6) 延長產品的耐久性。
- (7) 增加商品和服務的服務強度 (service intensity) 。

原料密集度意指生產每單位商品或服務所使用的原料數量；能源密集度意指生產每單位商品或服務所消耗的能源數量；服務強度意指每單位商品或服務能提供的服務效能（例如出售大樓後的管理服務，影印機的出租及維修等）。

「生態效益」是工商企業推展永續發展的主要方法，根據聯合國的報告，工業化國家中有百分之八十的跨國公司認同這樣的理念，大家一致認為生態效益將帶來相當可觀的影響力。OECD 最近即出版了一本名為「生態效益」的手冊，強調該理念對向永續發展的重要性，並認為可做為政府訂定正確政策的基礎。另外歐盟環保署也在其第五屆年會中，將生態效益做為量化永續性（sustainability）的基礎。

4. 零排放（zero emission）

1994 年成立於瑞士日內瓦的零排放研究創新協會（Zero Emissions Research Initiative）提出零排放的觀念。零排放代表過去認為工業生產一定會排放污染物的觀念，轉變為每一種物質皆為可利用的整合系統。學習利用地球既有的資源去作更多的利用；而不是要從地球得到更多的資源。零排放的方法包括：

- (1) 總體產出（total throughput）：對使工業生產的能資源輸入最小化，產品輸出最大化的可能機會的審查，如果無法達到零排放，就運用下一個方法。
- (2) 輸出—輸入模式（output-input models）：建立所有污染物的清單，確認污染物是否可轉化為產品或原料。
- (3) 工業群叢（industry clusters）：輸入—輸出模式被用來挑選可轉成工業群叢的可能製程別，下一步是確認該工業群叢的最佳規模大小、數量及工業製程類型。
- (4) 關鍵技術（breakthrough technologies）：假若現有工程、產品及製程技術無法使輸入及輸出達到有效及經濟，即著手研發關鍵技術或系統設計。
- (5) 工業政策（industrial policy）：工業群叢或隔離必須靠適當的政府政策的發展，當某些傳統上不曾協力的工業需要合併時，即需政府、工業代表及專家學者的合力。
- (6) 全球資訊（the global information economy）：由於網際網路的快速發展，為零排放研究提供了一條資訊管道，現在我們可以在網上發表既有的模式，並透過全球性對話，邀請評論及改善建議。

由於下一世代即將來臨，進一步的環境排放減量必須達成，最終應達零排放的目標。不同團體間的合作（例如政府與產業）是達到環境容許標準的最有效的方式。當主要的環境問題透過零排放克服後，對環保的壓力也將降低。

二、清潔生產指標與環境績效指標

2.1 清潔生產指標

在清潔生產評估方法中，清潔生產指標評估法算是比較簡而易明的，透過特定行業共通的幾項顯著性清潔生產指標，一家工廠可以很簡單地比較該工廠與業界在這幾項指標上的優劣程度，找出具清潔生產潛能方向或能實施環境預防措施之所在，以便能夠很適當地配置資源（人力、時程、財務等）。同時，由於清潔生產指標之動態本質（量化或定性的指標值隨時間、法規變更、技術創新、管理改善而變化），亦將促使業界經由指標評估，不斷激勵進步。

清潔生產指標即為對清潔生產之執行成效建立一評估方法，建立清潔生產指標亦為一標準化過程，期望能比較各廠實行清潔生產之程度，促進清潔生產之傳播，增進相互交流機會。因此，近年來，各式各樣不同的清潔生產評估模式被開發出來應用，在不同公司的清潔生產實務上，儘管有許多成功的例子，一般公司對如何着手評估清潔生產仍感難以下手，通常這些清潔生產評估工具應用上不是耗時，就是得花費大量的公司資源，或是僅僅能得到一些偶發或零星的清潔生產方向及機會而已；甚至遭遇執行上的瓶頸。因此，如何促使公司能夠推動清潔生產，在選擇適當的指標工具非常重要，以便能夠評估對廢棄物減量、污染物排放、資源利用效率、節約能源上，可能有的清潔生產潛能與機會，並估計其大小。

清潔生產指標可以定義為對特定行業評估特定工廠清潔生產潛能的大小，以比較其生產效能之評比工具。清潔生產指標能夠讓評比標的企業與其他執行清潔生產的企業相互比較資源利用效率、能源利用效率、廢棄物及污染物的產生與排放比率，以及公司內的管理與作業實務等，同時評估實施清潔生產後所獲得的經濟與環保效益。例如圖 3 所示，經由這些可評估的效益，藉以促進企業在推動清潔生產的動力。

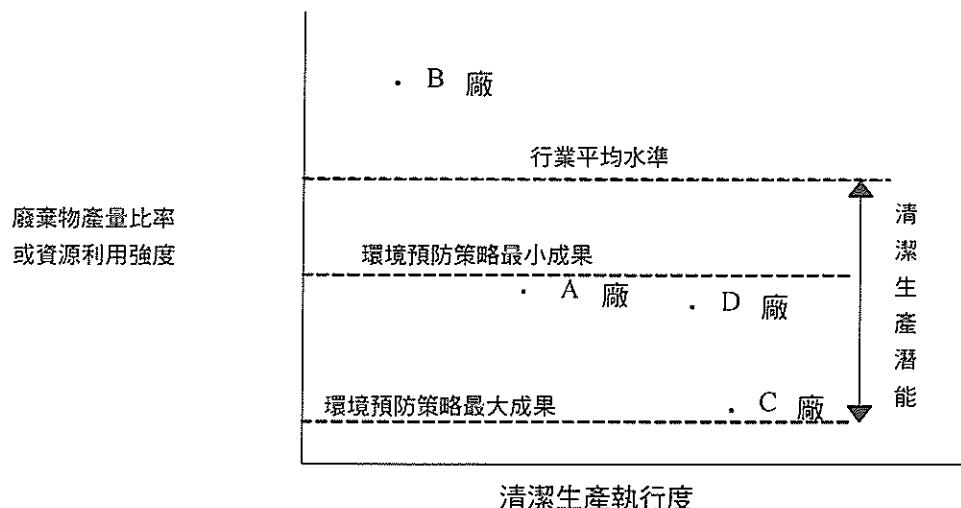


圖 3 最小及最大環境預防策略成果之清潔生產指標

下列條件將有利於研訂及應用清潔生產指標：

- (1)由文獻、資料或該行業專家所獲得之下列資訊的可用性及可靠性較高。
 - ①該行業的清潔生產機會，包含短期或明顯易行的措施，以及相關產品、製程或創新技術的長期性改善措施。
 - ②該行業的清潔生產狀況評比，包含各廠的物料、能源消耗、廢棄物、污染物產生及排放量。
 - ③新的清潔生產技術的應用及發展，包含物料、能源、製程、產品。
- (2)將清潔生產績效之量化數據，以與環境負荷直接相關之參數標準化的可能性較高（例如廢棄物回收再利用比例）。
- (3)工廠所提供之原始數據或資訊要足夠詳實可靠，足以作為清潔生產指標評選之用。

(4)該行業之製程是否有足夠的可比較性（例如國內電弧爐煉鋼或水泥製程皆具可比較性；一貫煉鋼則僅中鋼一家，只能與國外之高爐煉鋼製程比較；食品業則因類型太複雜，必須先依產品或製程分類才能評比）術指標來增補。

雖然，清潔生產指標應用上仍有限制性，理想上指標應當是一個量化數字，然而，一個公司的環保績效卻無法百分之百的完全量化；例如是否通過 ISO 14001 驗證，只是一個是否的問題；例如廠區周界空氣品質狀況，則是廠區周界的粒狀物濃度與工廠與周遭環境的複雜交互影響的結果；例如單元製程的清潔生產機會，則需靠定性或定量的清潔生產技術。

2.2 環境績效指標類型

1.廢棄物產率及能資源使用率指標：

(1)環境負荷參數(Environment Load Factor, ELF)及環境負荷指標(Environmental Burden Indicator)

ICI 公司所屬之 FCMO(Fine Chemicals Manufacturing Organization)發展出一種稱為環境負荷參數的簡單指標，供化學製程開發人員作為評估新製程的參考值，其定義如下：

$$ELE = \frac{\text{廢棄物(噸)}}{\text{產品(噸)}}$$

式中，廢棄物為進料與銷售商品之差距；產品為可銷售之商品。

ICI 公司在 1995 年的環境報告書開始使用環境負荷指標(Environmental Burden Indicator)追蹤及計算評價年度污染物之總排放指數。環境負荷指標定義如下：

$$EBi=(WaXPFa)+(WbXPFB)+(WcXPFC)+\dots$$

式中，Bi為環境負荷指數；i=1,2,3, ...

Wa，Wb，Wc 分別為污染物 a，污染物 b，污染物 c 的數量

PFa，PFb，PFc 分別為污染物 a，污染物 b，污染物 c 的相對環境衝擊潛勢

Bi 環境負荷類別有(1)氣體污染物：包括大氣酸化、全球溫暖化、人體健康危害、臭氧層破壞、光化學物質產生；(2)水污染物：包括水質酸化、水生物需

氧量、水生物毒性；(3)廢棄物：包括一般性廢棄物掩埋量、有害性廢棄物掩埋量。

各主要氣體污染物相對於 SO_2 之大氣酸化潛勢 PF 值如表 2。

表 2 氣體污染物相對之大氣酸化潛勢

氣體污染物	SO_2	H_2SO_4	NO_2	HF	HCl	NH_3
相對之大氣酸化潛勢	1.00	0.65	0.70	1.60	0.88	1.88

(2)廢棄物比(Waste Ratio)

美國 3M 公司提出廢棄物作為評估製程的參考值。其定義如下式：

$$\text{Waste ratio} = \frac{\text{廢棄物(噸)}}{\text{總產出(噸)}}$$

式中，廢棄物指水、空氣以外之廢棄物；總產出指產品、副產品及廢棄物。

(3)污染預防資料評估 (PPIC)

美國環保署之污染預防資料評估 (Pollution Prevention Information Clearinghouse) 所採用的方式為經常評估/調查廢棄物 (Waste) 產生量、原料、水及能源之耗用量。在每次評估/調查之間進行某項改善，然後比較改善前後之情況，以評估進步之程度，表 3 為 PPIC 所用以比較的表格。

表 3 污染預防資料評估 PPIC 質能改善表

分類	改善前之量	改善後之量
廢棄物產生量		
使用之原料		
使用之水		
使用之能源		

(4)各項廢棄物產率指標之比較

ICI 公司的環境負荷參數指標之廢棄物並不包含經過製程之水及空氣，不參與反應之氮氣 (N_2) 亦不算在內，適合於具化學反應之製程，但廢棄物不分有害、無害，只以總量當指標值，不易真正表示其對環境之影響程度，只能做為一粗估指標。

3M 公司的廢棄物比與 ICI 公司的環境負荷參數兩者極類似，廢棄物的定義相同，只是比較之基準不同而已，環境負荷參數以產品為基準，其值可能大於 1；廢棄物比以總產出為基準，其值永遠小於 1。與環境負荷參數相同，廢棄物比的值亦不易完全表示出其對環境的影響程度。

如表 4，美國環保署的污染預防資料評估則比前二者增加了原料及能源兩項能資源使用指標。雖然三者對指標類別的選擇項目很單純，但卻很容易加以應用後比較評估對象的清潔度；但用在單一行業的兩個廠，除非指明其評估基準，否則就此結果論定何廠為清潔者，並不公平。

表 4 各種廢棄物產率指標及其考慮要素

指標類型 考慮要素	ICI 公司 環境負荷參數	3M 公司 廢棄物比	US EPA 污染預防資料評估
原料（包括水）	—	—	✓
能源	—	—	✓
廢棄物	✓	✓	✓
產品/副產物	✓	✓	—

2.耗能指標(Energy Consumption Index, ECI)

製程耗能指標為各項公用設施能源基本參考單位，亦即油當量之總和，其計算式可表示如下：

$$ECI = \sum_{i=1}^n (C_i \times f_i)$$

式中：ECI：耗能指標

C_i：i 項能源的消耗量

f_i：i 項能源轉換成油當量的轉換因子

n：所消耗各種能源的總項數

3. 氣體危害指標(Vapor Hazard Index, VHI)

$$VHI = \frac{VP_{25^\circ C} (\text{mmHg})}{TLV}$$

式中，VP_{25°C} 為有毒物質在 25°C 之蒸汽壓；TLV 為暴露恕限值。

至於有關行業工廠之管末污染防治設備之處理成效，亦可依據上述指標之建立模式，另外建立管末污染防治設備之污染物排放量指標，作為比較各廠污染防治技術及操作維護成效之參考。

4. 產品或服務環保性評比指標-DOW 公司生態羅盤 (Eco-Compass)

如圖 4 所示，生態羅盤係由 Dow 公司所發展之一種評比產品或服務之環保性的工具，Dow 公司分別評估產品或服務在資源使用強度、能源使用強度、服務及功能之完備度、資源保育、回收再利用、人體健康及環境風險潛勢六個層面之環保性。

5. 生態效益指標

世界企業永續發展委員會(WBCSD)在 1999 年 4 月公布了生態效益指標，其預期能提供企業描述環境績效及所產生的價值，做為邁向永續發展、提出環境與經濟監測與報告之基礎，並使企業易於管理且供企業外部的利益相關人作為決策之參考。

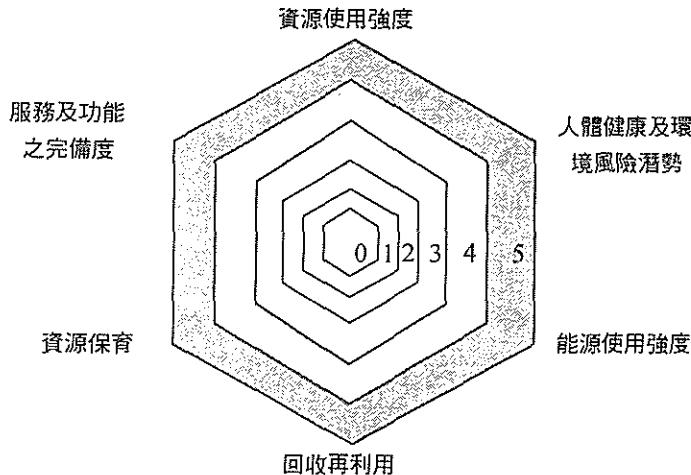


圖 4 Dow 公司生態羅盤

生態效益指標基本概念是依照指標八項原則規劃與描述其特徵的關鍵詞：

- (1) 相關且具有意義
- (2) 有助於改善決策
- (3) 適用不同產業的多元性
- (4) 可做為比較基準與監測
- (5) 確保量測數據之資料品質
- (6) 符合利益相關團體之需求
- (7) 以直接經營管理之範圍做為評估績效範疇
- (8) 亦能涵蓋上下游之領域

世界企業永續發展委員會提出一個有彈性的架構去驗證及測量生態效益指標：

- (1) 限定一套「一般適用指標」，世界企業永續發展委員會相信其可以適用所有的企業。

(2)選擇一組「輔助指標」，為指導原則。

世界企業永續發展委員會選擇和定義了一些一般適用指標，分別從生產或服務的價值評估以及對環境影響兩個方面來看，這個指標符合所有的企業對全球關懷與價值；更推薦企業選擇配合輔助指標去描述其特殊價值和企業的環境觀點。

不過，這些指標也許不能應用在一些特別的企業，在測量參數方面可能無法被大家接受，或者由於世界上各個地方環境議題上關切的差異性，因此在不同企業狀況下將運用不同的指標參數。從另一方向來看，有些指標可以達到國際上的認同，其符合：

- (1)與全球環境議題有關的指標
- (2)對大多數企業的現況有意義的指標
- (3)指標的測量方法

至於輔助指標，其可能可以定義出各個企業與其他企業間的差異性。

一般適用指標與輔助指標，其依據是放在確認不同範圍的指標與現實的企業是否有所關聯，是否對所有企業都有意義，及是否全球均接受其定義及量測的方式等；但並非意味著核心指標較輔導指標重要。

世界企業永續發展委員會列舉了三大分類 14 個項目共 47 個指標，並建議使用 ISO 14031 環境績效評估指標為其輔助指標。

6.環境績效評估指標 (Indicators for Environmental Performance Evaluation, IEPE)

依據 ISO 14031 環境績效評估標準，其指標其指標架構如圖 5，包括：

- (1)環境狀況指標(ECI, environmental condition indicator)

對廠址性(廠地)、區域性(區域、國家)、全球性的環境狀況資訊作特定的描述。

- (2)環境績效指標(EPI, environmental performance indicator)

對組織的環境績效資訊作特定的描述。

- ①管理績效指標(MPI, management performance indicator)

組織內各階層相關之政策、人員、規劃作業、實務規範、程序、決策及行動之環境績效資訊之描述。

- ②操作績效指標(OPI, operational performance indicator)

組織操作之環境績效資訊之描述，包括：

- 組織操作所使用之輸入（物料、能源、服務等）
- 組織操作所使用之輸入的供給
- 組織操作之實體設施與設備之設計、裝置、運轉及維修
- 組織操作所產生之輸出，如產品（包括產品的設計、發展、製造、儲存等）、服務、污染物（包括污染物特性及儲存等）及排放。
- 組織操作所產生之輸出的輸送。

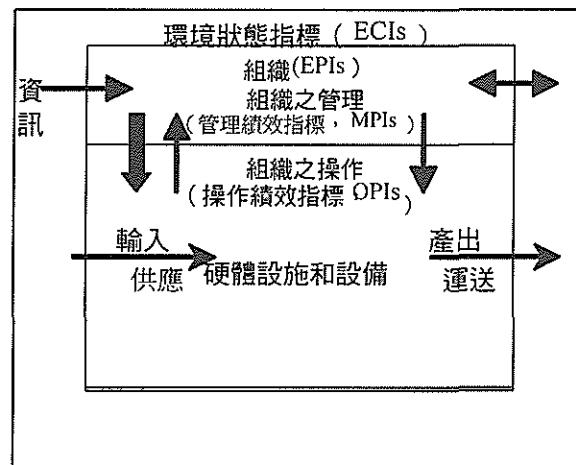


圖 5 ISO 14031 環境績效評估指標架構

圖 6 則為環境績效評估指標之示例。其中之綜合性指標請見下一節說明。

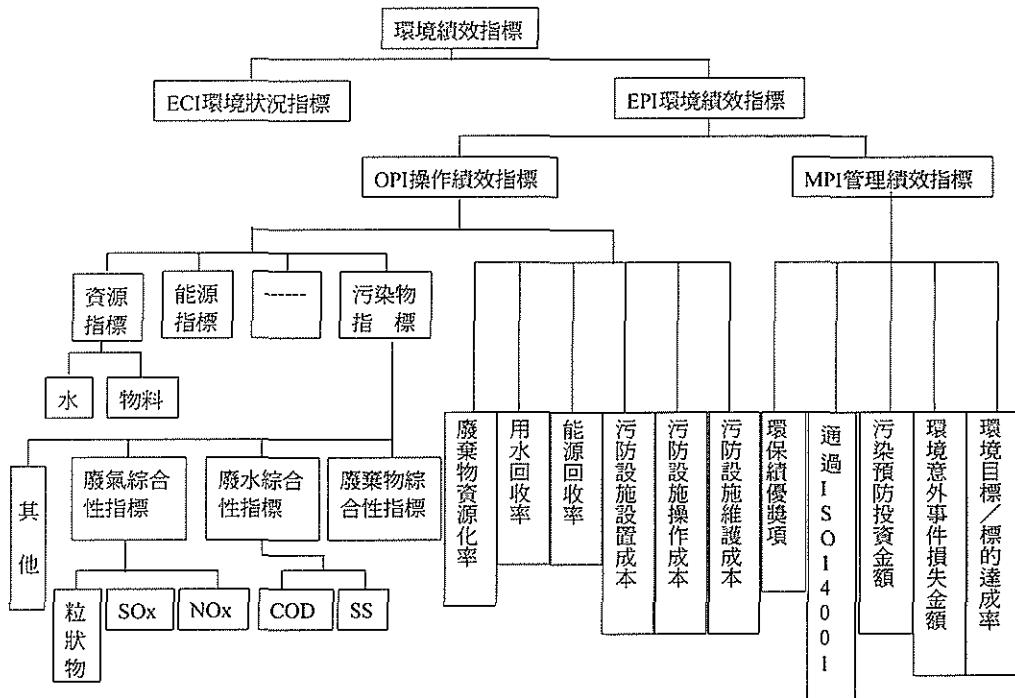


圖 6 環境績效評估指標示例

2.3 綜合性指標與權重加總

對於指標系統的分類綜合性權重加總的適宜性，國際間一直存在著不同意見，雖然反對綜合性權重為單一指標者眾，但對是否應有分類的「綜合性指標」及其權重方法仍有歧見。

1. 民國 87 年 9 月 17 日行政院環保署召開之「行業別污染排放清淨指標及規範建立研商會議」，會中專家學者即表示對行業或工廠作單一的綜合性清潔生產指標並不恰當。
2. 民國 87 年 10 月 1 日於「清潔生產／生態效益與環境績效指標研討會」世界企業永續發展協會(WBCSD)計畫經理 Dr. Markus Lehni 於討論時表示，對行業或工廠而言，應以多項指標來作生態效益評比。
3. 民國 87 年 10 月 9 日美亞環保聯盟(US-AEP)環境績效座談會，US-AEP 亦表示應以能源／物料／污染強度 (Energy/material/pollution intensity) 數項指標來評估行業或工廠的環境績效。

但相反地，對特定行業的綜合性指標而言，澳大利亞環境與傳統資產部的環保組清潔生產科 (Cleaner Industries, Environment Protection Group, Environment Australia) 依據紐澳環境與保育政務會議 (the Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, ANZECC) 在 1997 年底發布的清潔生產策略草案架構之一「工業採用清潔生產現況之標準評比」工作要求，在 1997 年底出版的「A benchmark of Current Cleaner Production Practices」的報告則採用多側面轉移對數指標法 (multilateral translog index) 計算不同地區的同類行業的綜合性單一指標，該報告認為不權重加總出綜合性單一指標，則無法評論那一個地區的特定產業是比較環保 (cleaner) 的。

另外一個例子，則是香港規劃環境地政局在「香港二十一世紀可持續發展：公眾諮詢報告書」所發表的 8 類 39 項「可持續發展指標」中亦有一「標準空氣污染物指數」（根據空氣質素指標的百分比計算）。

至於對特定工廠或製程的綜合性指標而言，則有 M. Srinivasan, P. Sheng (University of California at Berkely) 應用層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)，將不同類別的指標（例如口服性毒性、吸入性毒性、反應性、可燃性）權重加總為單一的健康危害值 (Health Hazard Score, HHS)；類似的方法也曾應用在國內高速公路路廊研選及評估的替代方案評選上。

2.4 清潔生產指標評估方法

1. 行業清潔生產指標內容特性評估

除了各公司或各廠之環境績效指標外，對於同一行業之清潔生產指標，可以彙整行業各廠之環境績效指標的分佈狀況，分別就環境狀況指標(場址性、區域性、全球性)，管理績效指標(符合性、組織性、實施性、程序性、財務性、公關性)，操作績效指標(物料資源、廢氣、廢水、廢棄物、噪音)考量下列層面，推估行業工廠對前述個別或分類別指標選取的偏好性與選取分佈的差異性，並了解行業工廠本身的清潔生產關切事項。

- (1) 製程或設備特性
- (2) 行業特性(行業產品、製程等)
- (3) 工廠規模
- (4) 廠址特性
- (5) 管理措施(企業文化)
- (6) 特殊管理要求(如 ISO 14001)
- (7) 地方特殊要求(如地方性環保標準或社區特性)

2. 行業清潔生產指標值差異分析評估

行業清潔生產指標值差異分析評估可以透過對各廠環境績效指標值分佈加以分析，即就行業之清潔生產指標中具有可定量值的指標進行各廠指標之定量分析，由技術性觀點討論各廠之製程或管理操作特性(包括生產製程及污染防治)對定量性指標值的影響。將行業各廠之定量性清潔生產指標之行業最佳值、前 25% 廠數邊界值、行業平均值、行業前 50% 廠數邊界值，後 25% 廠數邊界值、行業最差值，列表於表 5。並繪製如圖 7 各廠的「環境績效指標雷達」(Environmental Performance Indicators Radar)。

表 5 工廠環境績效指標評比表

統計項目 清潔生產指標	定量清潔生產指標 1	定量清潔生產指標 i
工廠定量清潔生產指標值			
行業最佳廠之值			
行業前 25% 廠數之邊界值			
行業平均值			
行業前 50% 廠數之邊界值			
行業後 25% 廠數之邊界值			
行業最差廠之值			

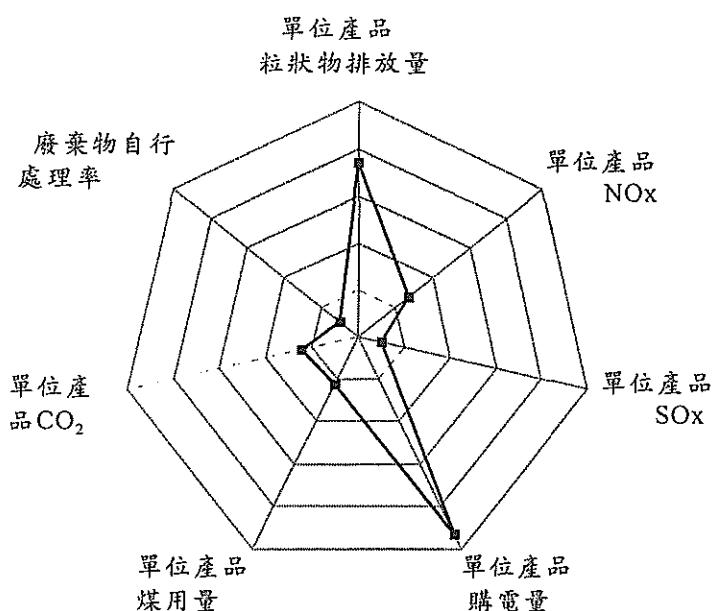


圖 7 工廠環境績效指標雷標

三、清潔生產指標的應用

企業清潔生產指標的應用端視利害相關者的需求而定。如圖 8，企業的清潔生產指標資訊是企業整體環境資訊的要素，它可以是政府企業自願性環保計畫的主要；企業經營管理績效與決策的方針之一；亦可能是企業環境報告書的指標，或成為投資者與保險公司衡量企業經營風險與環境風險的依據之一；或是企業環境管理系統之目標、標的；亦可作為對社區居民的承諾與溝通應用。



圖 8 企業清潔生產資訊的利害相關者

以下則列舉清潔生產指標的可能應用方式

1.與利害相關者溝通之應用

- (1)展現行業之環境績效
- (2)改善本行業之高污染形象
- (3)訂定排放標準協商之依據

2.業界標竿比之應用

- (1)同一公司不同廠間比較
- (2)與同業平均值比較
- (3)同業間比較
- (4)與同業競爭者比較
- (5)不同行業間特性比較
- (6)不同產品別工廠特性比較

3.數據分析評比之應用

- (1)行業該項清潔生產指標之平均值：可與法規排放標準值，國外同行業或國外特定廠之數值比較。
- (2)最佳值：可與國外先進廠值比較。
- (3)標準差或其他分析：研判該項指標在行業各廠之差異性、與清潔生產技術或防制技術之關係(例如單位粗鋼輸入弧爐電量與交流或直流電弧爐爐型之差異)。

圖 9 則列舉行業清潔生產指標在四個主題的應用：作為政府企業清潔生產環保計畫的架構；ISO14001 持續改善的工具；結果引用為企業環境報告之內容；作為邁向永續發展的持續性目標。

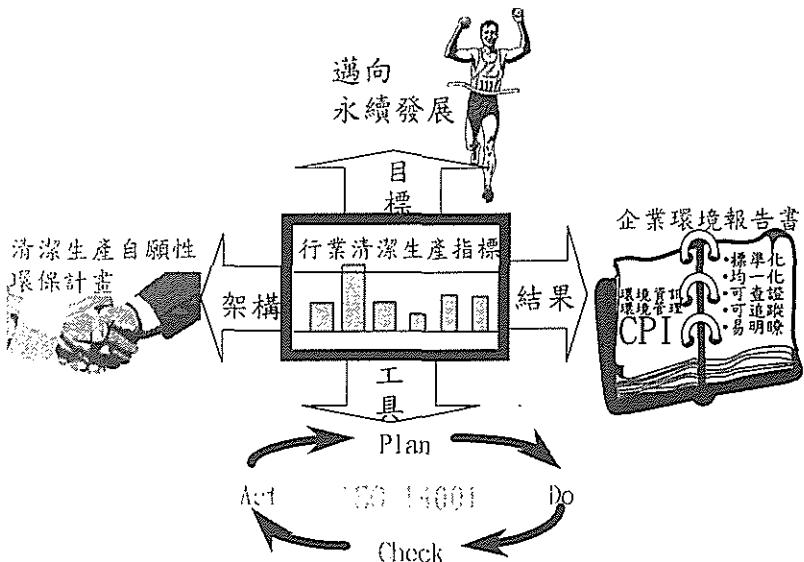


圖 9 清潔生產指標之應用

6.1 清潔生產與環境管理系統

1996 年 6 月 ISO 14001 國際環境管理系統公布後，常有人問到清潔生產與 ISO 14001 何者為佳？或是兩者之間有何關係？其實，如果將兩者適當應用時，清潔生產與 ISO 14001 是互相相關的，甚至是可以互相補強的。簡單的說，ISO 14001 是一個「管理系統」，其目的在系統化地建立、維持一個環境的管理制度，監督並增進企業改善其產品、活動、服務的環境考量面。在 ISO 14001 簡介中，有以下幾個地方提到污染預防或清潔生產的觀念：

1. 國際環境管理標準是用以提供一個有效環境管理項目，以與其他管理要求結合，進而協助組織達成環保及經濟目標。
2. 本標準之整體目標是支持環境保護與污染預防並兼顧社會與經濟需求。

3.為達環境目的，環境管理系統需激起組織考慮最佳可行技術，使其合乎經濟可行的情況。另外該技術經濟成本有效性宜充份考量。

雖然，就可驗證的 ISO 14001 本文內容而言，並未直接要求企業須實施清潔生產；但實施 ISO 14001 者不可忽略 ISO 14001 4.2 環境政策要求承諾之污染預防原則，即意含清潔生產之意。

相對地，清潔生產是一個「策略架構」，持續應用在污染產源，或 ISO 14001 所稱之產品、活動、服務上。清潔生產評估是企業用以評量其污染預防機會的關鍵性工具，這和 ISO 14001 的環境稽核是不同的。然而，如果管理者能夠了解清潔生產的真義，就能夠將其應用在環境管理系統的持續改善上。

因此，為達到永續發展的目標，ISO 14001 提供一個系統性制度，清潔生產提供一個管理性策略，清潔生產指標則提供一個策略性工具。當然，如果管理者願意，企業能夠用前述的架構、策略來獲得 ISO 14001 驗證，那是最好的。談到企業提昇環境環境績效的管理要求，則應用環境管理的制度，推動清潔生產的策略，以清潔生產指標來衡量企業的清潔生產實務，或追蹤企業的環境管理績效。

例如，曾經以「污染預防划得來(Pollution Prevention Pays)」的概念推動環保相關工作的 3M 公司，目前亦正積極推動環境管理及清潔生產，期達到永續發展。3M 公司在永續發展方面的努力重點，在於建立全球化環境管理系統及績效改善，和以生命週期管理(LCM)方式滿足顧客需求及環境趨勢。為因應未來國際貿易的趨勢，3M 要求其所有與國際貿易有關的子公司，於公元 2000 年前取得 ISO 14001 驗證。3M 並訂定了「公元 2000 年延伸目標(stretch goals)」包括：減少 50%廢棄物量及減少 90%排放於空氣、土壤和水體的污染量(以 1990 年為基準)，並且從 1995 年起每年改善 3%之能源效率。

6.2 清潔生產與企業環境報告書

近年來，企業有關環保方面的指標性數據，除了主管機關法規要求的申報資料，例如美國的「毒化物排放清單(TRI)、加拿大的「國家污染物排放清單(NPRI)」、國內的固定污染源檢測申報；或是政府產業自願性環保計畫，例如美國環保署「行業工廠指標計畫(SFIP)」。除此之外，在企業年報或企業環境報告書也看得到企業自行公開內部環保績效的定量或指標性數字。

「Global Metrics」(1998)一書研究了全世界各地 885 家企業，發現已有 71% 的公司表示已在公司的年報內容中納入其環境資訊。而在林業、造紙業、公用事業、化學業及天然氣／煉油業等產業中，則已有 90% 的公司表示已將環境資訊納入其公司的年報內容中。而有 24% 的企業在 1993 年至 1996 年之間，已製作了不同形式的環境報告書，包括每年一次的公司環境報告，或在公司年報中以三頁以上的篇幅所構成的章節，來說明企業的環境績效。

在該研究中，環境報告書之內容共分為八個要項來進行調查，如表 6 所示。

表 6 環境報告書之調查內容及涵蓋比例

環境報告書之要項	各受調查企業之環境報告書涵蓋該要項的百分比(%)
環境政策說明	80
未來方案與標的	91
環境績效	
定量資訊	87
定量標的	37
定量標的與完成日期	20
標的進展情形	26
守規性、訴訟及意外事件	35
環境管理資訊	64
稽核實務	43
第三者驗證	15
與外部互動之資訊	47

在表 6 中有三個現象特別值得注意。第一，有 87%的報告包含了定量資訊，但卻只有 37%的報告設定定量標的，且只有 20%的報告擬定定量標的與完成日期。當然，這些資訊在某些國家中，已經由該國環保行政命令的強制規定而公開。其次，約只有 35%的報告公佈企業不良的環保資訊，顯示虛應故事、報喜不報憂的現象，在企業間一時仍難以完全改善。此外，只有 15%的報告有經過第三者驗證，此現象一點都不令人意外，此係因企業環境報告書及其相關實務仍處於萌芽階段，目前尚缺乏國際公認的標準及協議，企業界對於推動環境報告書驗證的誘因不足之故。

另外一項有關企業環境報告書非正式的調查是由 Tellus Institute 所執行的。該研究主要的重點在於整理與分析各企業環境報告書中所選用的環境績效指標 (environmental performance indicators, EPIS)。此研究所針對的企業包括美國、加拿大及歐洲的 30 家公司，產業類別則由銀行至化學公司等行業，調查各公司所使用環境績效指標的數量與種類。其中屬於服務業者如美國銀行(Bank of American)及美國運通公司(American Express)等之報告書中所公佈的定量資訊，其例子如回收紙張的總量與節省紙張的用量等。然而，報告中重點則在於更多定性上的資訊，如改善環境績效方案的敘述，以及對於社區環保活動的參與等。而在製造業方面，如 Monsanto 及 British Petroleum 等污染性較明顯的公司，其環境報告書在相較之下則公佈了更多的定量資訊，並且在企業績效與環境績效二者之關聯性上有詳細的說明。此係因這類廠商被認定為高污染產業，必須面對來自於社區、執法者在環境議題上的更多壓力，因此有必要努力收集相關的數據與資料，以充實環境報告書的內容，俾利與各利害相關者進行溝通。

在該項調查中有四項主要的發現：(1)各公司所採用的環境績效指標種類相當廣泛，無標準化的規定。(2)不同的產業會選用不同環境績效指標。(3)企業所選用的績效指標間，經常發現因單位不同(如磅、噸、百分比等)，而不易進行企業間環境績效優劣之比較。(4)環境績效指標的正規化技巧(normalization techniques)雖已在推動中，但仍約有 60%的指標尚未正規化，不易由生產總量或活動的程度來比較單位產品或每次活動所造成的環境衝擊大小。在此研究中，發現這些企業所使用的環境績效指標超過 100 個以上，包括每個場址違反法規的次數到每件產品所產生的包裝廢棄物量等不一而足。其中有部分的廠商所制定的環境績效指標會與其製程或裝置設

計的特性有關，例如石化業與石油煉製業所使用的指標--「每年所發生的油品洩漏次數」，在製藥業則十分少見。而位處於水源使用或放流區域的公司，其績效指標的性質則會常常與地理重要性有關。

這些數量眾多而類別不一致的各種環境績效指標，有可能造成各國企業間，以及企業與利害關係者間資訊的不易調和及混亂，失去環境報告書起初制定的用意與功能。即便是企業為了符合來自政府單位行政命令的要求，所提出或申報的各項環境資料，彼此間亦缺乏一致性。因此，要使各企業的環境績效可被比較或追蹤，一個標準化的企業環境報告書格式是最基本的要求；相對地，企業環境報告書中最重要的環境資訊—企業清潔生產指標(或稱環境績效指標)的標準化則是一項更基礎的工作，也就是必須先發展出一套可供企業環境報告書應用的行業別(或跨業別)的企業環境資訊的標準化指標系統。

6.3 清潔生產標竿評比

標竿評比(Benchmarking)已經成為今日企業進軍全球化商場的利器，舉凡產業、國家、地域之間，無一不可用此方法，建立學習網路，相互觀摩、激勵，而臻精進。誠如負責推動全錄公司標竿評比專案的史平多利尼先生(Micheal J.Spendolini)強調包括 AT&T、迪吉多電腦、杜邦、摩托羅拉、3M、全錄等世界知名的企業，都成功地使用這種方法，而改善了績效。史君並且指出，標竿學習使全錄脫離八十年代的業績衰退，在一九八九年使全錄榮獲代表最高品質的美國國家品質獎。

所謂標竿(Benchmarks)，乃是指測量用的水平標準。它是一種測量度，被用來對最佳範例定義或定量的衡量指標、純為靜態的結果(Result)或績效(Performance)的呈現。標竿評比(Benchmarking)，從英文字母看，它是動名詞，代表一種動作，意謂連續性的動作。「評比」在衡量之外，則蘊涵著「激勵、學習」的意義。

標竿評比雖然已被應用在企業管理多年，但在環保上，藉由各類環境管理指標的應用則是一個新的嘗試，也是一個新的且風起雲湧的趨勢。1996 年英國牛津舉行的第四屆清潔生產高階研討會亦提出以標竿評比作為推動實施清潔生產的新手段。

過去工業減廢的推動已經把基層的環保績效，不論在技術、操作、管理措施上改善了很多；如果還要持續改善，就得導入諸如 ISO 14001 的整體性環境管理系統，從體制上改革。體制上的改革，必須靠更大的改變、更多的高層支持。然而環境管

理系統的成功仍有賴清潔生產的策略架構。

如圖 10，標竿評比就企業本身而言，可以分為兩個層面：一個是內部的環境績效評估(例如 ISO 14031)，一個是外部的清潔生產指標評比。就企業外部而言，行業內廠與廠之間是行業清潔生產指標評比；行業間則是跨業別的清潔生產指標評比。國與國之間則有國家環境指標評比(例如 OECD 國家環境年報之環境指標)；全球則有聯合國永續性指標，不斷地與人類自己的歷史比較。就前述標竿評比的五個層次而言，對評比的所在層次內皆屬「激勵型的標竿評比」，對評比的所在層次的上一層，則為「競爭型的標竿評比」。例如對同行業間各廠清潔生產指標的「激勵型的標竿評比」，可藉由與政府的清潔生產自願性環保計畫，表揚清潔生產指標績優廠商，推廣具實效的清潔生產實務，激勵同業工廠的進步。對不同行業間的清潔生產指標評比，則是對不同產業之社會價值與資源耗損等指標之競爭型標竿評比，亦即行業永續發展的競爭。

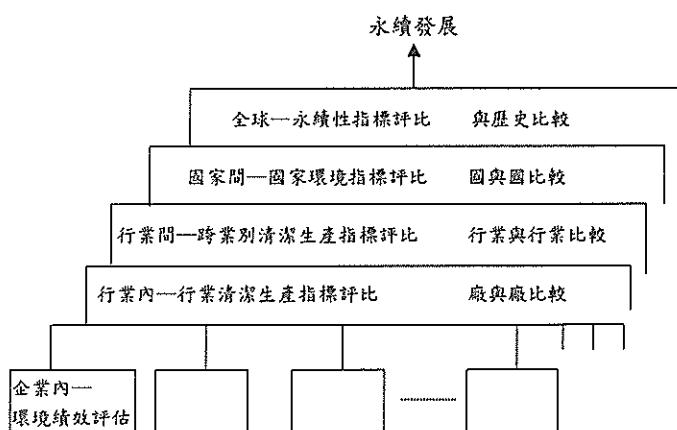


圖 10 清潔生產標竿評比層次

七、結語—由清潔生產邁向永續發展

在邁向永續發展的歷程中，清潔生產是整體目標之一。聯合國國際發展組織(USAID)在其環境污染預防(EP 3)五年計畫中論及清潔生產與永續發展的觀點：

「聯合國及其他國家的經驗已經證明：在長久的歷程中，經由清潔生產及工業減廢的污染預防比傳統污染防治，更具永續性、經濟有效，且更為環境無害化的策略。早期對工業及都會污染的管理，集中在管末處理，在許多例子裏，不僅成本高且不具永續性。」

許多國家政府已經意識到在產業界推動清潔生產對環境保護及工業發展有利益；清潔生產並成為整體國家競爭力的一環，生態永續也不再遙不可及。

亞太經濟合作理事會(APEC)對永續發展社會、經濟、環境的架構中，清潔生產技術即為同時促進經濟與環境永續發展的關鍵性策略，而清潔生產指標則可以用以標示企業持續邁向永續性發展的指標。

最後，值得一提的是聯合國環境規劃署對清潔生產及永續發展的闡釋：

「在人類發展與環境的複雜關係中，清潔生產技術提供了人類活動及天然資源間的聯結。由於天然資源的有限性，人類必須尋求達到永續性的發展。因此，應用新的具資源效率、環境清潔的技術，對人類發展與環境而言都是重要的。當我們認知技術無法補償或減緩環境破壞所造成根深蒂固的社會問題，或是政治與社會政策的缺憾時，今日世界追求永續發展的需求即成為事實。在我們邁向千禧年時，清潔生產技術的可應用性，透過國際自發性技術轉移政策的合作，讓我們進入一個創新的環保新世紀。我們相信清潔生產技術交換的機能將不全被受限為，一種技術只適用於已開發國家，而另一種技術只適用於開發中國家；換句話說，尖端技術與傳統技術將在全球同時存在。然而，為了使開發中國家能夠將清潔生產技術作最佳的應用，開發中國家必須增強其評估、分析與選擇基於本身需求及優先發展的技術，並在當地特殊的狀態下使用這些技術。清潔生產技術就其扮演的新角色而言，將是邁向永續發展不可或缺的要素。」

參考文獻

- 1."Towards Sustainability : Achieving Cleaner Production in Australia", Australia and New Zealand Environment and Conservation Council, December, 1988.
- 2."A benchmark of Current Cleaner Production Practices", Cleaner Industries Section, Environment Production Group, Environment Australia, September, 1997.
- 3.Gaves,D.W., L.R. Christensen and W.E. Diewert,"Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers", The Economic Journal 92, 73-86, 1982.
- 4.M.Srinivasan,P. Sheng and T.Wu,"Development of a Scoring Index for the Evaluation of Environmental Factor in Machining Process".
- 5."Eco-Efficiency indicators & Reporting : Report on the Status of the Project Work in Progress and Guideline for pilot Application", WBCSD, April, 1998.
- 6.Gaves, D.W., L.R. Christensen and W.E. Diewert (1982), "Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers", The Economic Journal 92, 73-86.
- 7.路廊研選及評估-以高速公路為例，李元唐，中華顧問工程司。
- 8.香港二十一世紀可持續發展：公眾諮詢報告書，1998，香港規劃環境地政局。
- 9.香港二十一世紀可持續發展：公眾諮詢報告書，1998，香港規劃環境地政局。
- 10.清潔生產技術指標應用手冊，工研院化工所，經濟部，民國 86 年 6 月。