

本期專題：生命週期分析及清潔生產技術

## 清潔生產與ISO 14000

蘇宗榮\*

### 摘要

清潔生產與ISO 14000是近年來引起產業界廣泛迴響之二項重要理念，特別是ISO 14001環境管理系統，透過第三者之驗證，可取得具公信力之證書，在國際行銷、金融借貸和保險評估，以及增進社區關係上已產生良好之互動關係，更使產業界莫不全力以赴，以取得驗證為企業永續發展之一階段性目標。在本文中將闡明清潔生產之理念，及其與ISO 14000之相輔相成關係，並將以國內一企業體由ISO 14001走向清潔生產之歷程，說明清潔生產是產業界要達到永續發展必經之路。清潔生產與ISO 14000皆強調持續改善之重要性，本文將進一步以實例說明持續改善之評量方法，期能導引企業界更快速及更有效率地進入清潔生產和ISO 14000。

#### 【關鍵字】

1. 清潔生產(cleaner production)
2. 環境管理系統(ISO 14001)
3. 持續改善(continuous improvement)
4. 資源生產力(resource productivity)
5. 產品之環境責任評分(environmentally responsible product score)
6. 持續改善評量指標(evaluation index for continuous improvement)

---

\*工業技術研究院化學工業研究所副所長兼中華民國清潔生產中心主任

## 一、前　　言

清潔生產之理念自一九九〇年由聯合國環境規劃署提出後，至今已引起很大之迴響。所謂之清潔生產，是指持續地應用整合性污染防治理念於製程和產品之開發，以及服務之提供；期能增加生態效率，減少製程、產品和服務對人類及環境有害之影響。

對生產製程而言，其所需之原料和能源須儘可能節約，儘可能不用有毒性之原料，並減少排放物之危害性和毒性。對產品之生產而言，由最原始之原料到產品棄置的整個產品生命週期，皆要儘可能減少對環境之負面影響。對服務而言，由系統設計到提供服務，皆要考慮對環境保護層面之影響。

而ISO 14000則為國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)為因應聯合國環境與發展會議(UNCED)之訴求，配合企業環境管理自覺運動之潮流，整合全球相關之環境管理技術、工具及方法，制定適合不同規模與產業之環境管理標準，以回應聯合國所提倡之環境「持續改善」與「永續發展」兩大目標。因此，ISO 14000旨在鼓勵廠商，包括製造業及服務業，自願性建立其本身適用之環境管理系統，以污染預防、資源節用為手段，進行持續改善，以維護及提升環境品質。

## 二、清潔生產與ISO 14000之異同分析

由上述清潔生產之定義和ISO 14000之範疇，二者有很明顯之共同處。首先，二者皆強調持續改善之重要性。由於技術不斷地進步，今日生產能達到具經濟效益之清潔程度，決非與十年後之境界所能相提並論，因此把持持續改善之信念，對訂定一企業之環境管理系統相當重要。其次，清潔生產和ISO 14000，所針對之對象並非只限於製造業，服務業亦是一重點對象。此外，清潔生產針對產品之生產，強調要考慮由最原始之原料到產品棄置的整個產品生命週期對環境之影響，此和ISO 14000環境管理標準架構(圖1)中之生命週期評估具有相同之理念。

以清潔生產與ISO 14001之技術內容(表1)來看，清潔生產在生產製程面，產品面和服務面考量較多，在管理面則著墨較少。反之，環境管理系統ISO 14001則以管理面為主，特別是具有第三者驗證之要求，因此其在國際行銷、金融借貸和保險評

估，以及增進社區關係之互動上將日益密切。

由清潔生產所強調之技術內容，不論在生產製程面、產品面或服務面，可以看出其為達到清潔生產之作法，包括由源頭規劃之資源節約、原料替代、製程改變、產品替代、產品設計改變、產品生命週期評估，以及廢棄物／副產品產生後之回收、再利用、廢棄物交換等。而ISO 14000則以管理階層之承諾和管理面之規劃、實施／運作、檢查與矯正預防措施為主。二者實有相輔相成之效。

### 三、由ISO 14001到清潔生產

如前所述，環境管理系統ISO 14001需取得第三者之驗證，驗證該企業體／組織之環境事物已朝向系統化及文件化方向發展，藉由自發性的系統整合來管理、監督、量測、改善、溝通及稽核環境。取得驗證之基本要求有二，一為符合當地之法規，一為具有持續改善之承諾。因此該企業體／組織是否執行清潔生產並非取得ISO 14001驗證之必要條件。即使該企業體／組織只作好廢棄物處理處置，只要符合法規要求，其仍可取得ISO 14001驗證。如圖2所示，企業體或組織，不論其環境管理理念在廢棄物處置、污染控制、回收再利用、減廢、污染預防、清潔生產或工業生態階段，只要符合上述二項基本要求，其皆可取得環境管理系統ISO 14001驗證。惟因其必需持續改善，因此只要取得驗證，在持續改善過程中，將循圖2永續發展階梯一步一步往上爬，終將達到清潔生產與工業生態階段。

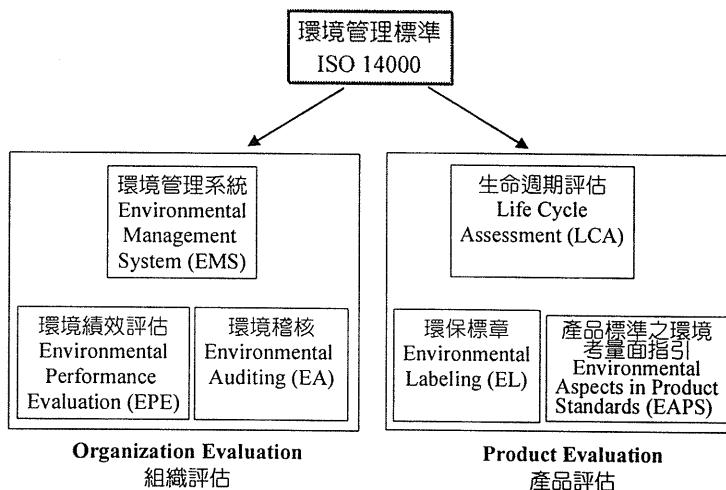


圖1 ISO 14000環境管理標準之架構

表1 清潔生產與ISO 14000之技術內容比較

考量面	技術內容	清潔生產	ISO 14000
生產製程面	資源節約	●	○
	原料替代	●	○
	製程改變	●	○
	生產操作管理改善	●	○
產品面	產品替代	●	○
	產品設計改變	●	○
	再利用	●	○
	回收	●	○
	廢棄物交換	●	○
	產品生命週期評估	●	●
	環保標章	○	●
服務面	系統設計	●	○
	資源消耗	●	○
管理面	環境政策	○	●
	規劃		
	—環境考量面	◎	●
	—法令規章及其它要求	○	●
	—目標與標的	○	●
	—環境管理方案	○	●
	實施與運作		
	—架構責任	○	●
	—訓練、認知與能力	○	●
	—溝通	○	●
	—環境管理系統之文件化	○	●
	—文件管制	○	●
	—作業管制	○	●
	—緊急事件準備與應變	○	●
	檢查與矯正措施		
	—監督與量測	○	●
	—不符合、矯正及預防措施	○	●
	—記錄	○	●
	—環境管理系統稽核	○	●
	管理階層審查	○	●
	第三者驗證要求	○	●

考量程度：○較少強調 ◎強調 ●十分強調

以我國一化學公司為例(圖3)，台灣永光化學公司在民國八十五年七月取得環境管理系統(ISO 14001)驗證後，必需進行持續改善。其選擇之重大環境考量項目有二，一為減少每噸染料產生之廢水量，其所訂之目標為由目前之50噸廢水量減為一九九七年底之15噸廢水量；另一重大環境考量項目為減少高化學需氧量(COD)廢水，其所訂之目標為廢水中化學需氧量超過四萬ppm者要重新研發清潔生產製程，儘可能減少高化學需氧量廢水之產生。在研發過程中，永光公司發現一股化學需氧量大於五萬ppm之廢水源自於一以醋酸酐進行官能基保護之反應，經由新清潔生產製程之開發，此“保護基反應”，以及隨後需進行之“去保護基反應”皆可省略。此舉不僅解決了環保問題，達到持續改善之目標，且由於省去二步驟反應，生產成本降低，競爭力提高。在另一方面廢水量下降，亦使廢水處理成本降低。取得ISO 14001驗證和走入清潔生產使得永光公司在印度、大陸染料大舉進入國際市場，染料價格大幅下滑之際，仍具有相當優勢之競爭力，近二年(1996和1997年)之營運成長率皆在百分之三十左右。

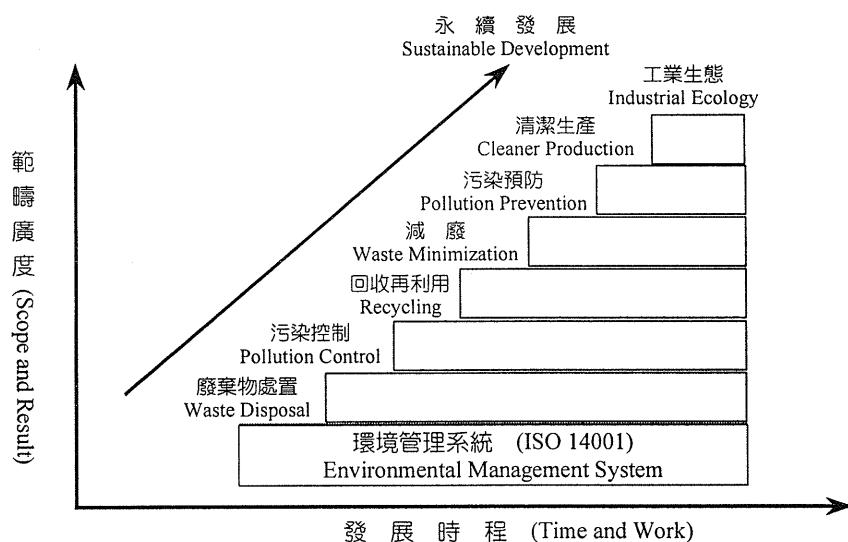


圖2 清潔生產與ISO 14000之關係

永光公司之實例不僅說明了取得ISO 14001驗證，勢必走向清潔生產，同時也證明走入清潔生產可降低生產成本，提升國際競爭力。

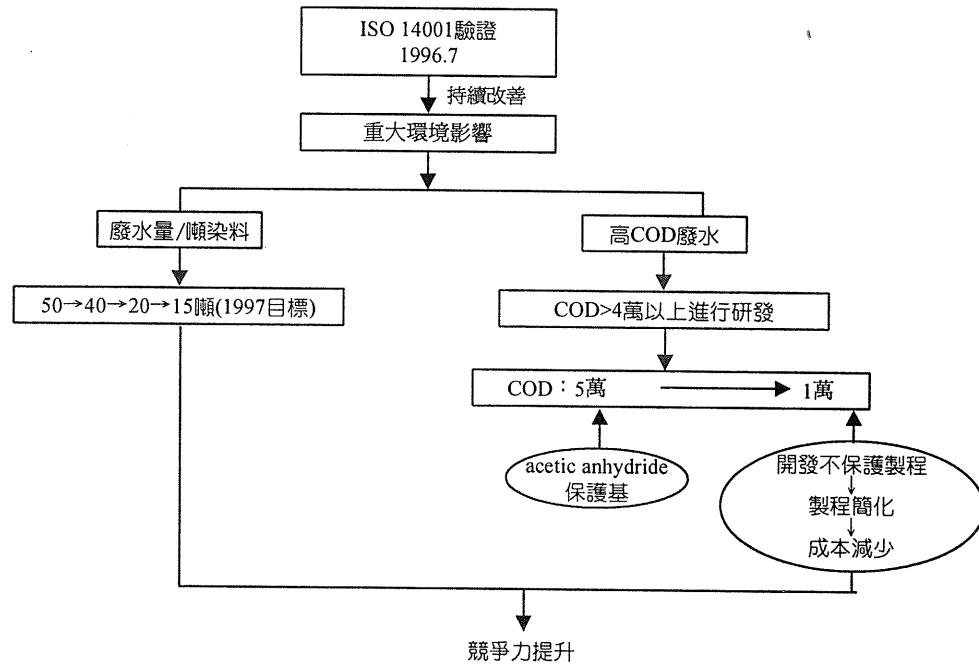


圖3 由ISO 14001到清潔生產(永光化學公司)

#### 四、持續改善之評量方法

持續改善之評量方法可針對重大環境考量項目訂之，如前所述之永光化學公司實例，以每噸染料產生之廢水量，或以高化學需氧量廢水量為評量準則，亦可以綜合性指標評量，例如每單位產品產生之總廢棄物量、消耗能源量、使用之危害性物質量、資源生產力(resource productivity)，或是產品之環境責任評分(environmen-tally responsible product score)。以下以實例說明不同綜合性指標之應用。

##### 1.單位產品廢棄物生成量指標

所謂單位產品廢棄物生成量指標是指生產每一重量單位、產值單位或其他單位產品產生廢棄物之情形。此指標可用以評估購入原材料有效利用之情形。以一半導體廠為例，其可能產生之廢棄物來源包括由薄膜製程、微影製程、蝕刻製程和清洗製程產生之化學品廢棄物，以及各種材質之包裝材料(表2)，由生產之晶片數目即可計算各種廢棄物生成量指標。針對重大環境考量面之廢棄物提出改善對策，則可評量持續改善效果。

表2 半導體廠廢棄物生成量指標

製 程	廢棄物	量(公斤)	生成量指標 (公斤／晶片)	晶片生產量
薄膜製程	化學氧相沈積用化學品	164,042	0.195	840,000片
	擴散用化學品	29,560	0.035	
	其他	32	—	
微影製程	光阻劑	233,544	0.278	
	顯影劑	815,012	0.970	
	清洗劑	32	0.026	
蝕刻製程	蝕刻氣體	30,660	0.036	
	溼蝕刻劑	978,794	1.141	
清洗製程	清洗劑	762,783	0.907	
小計(化學品)		3,036,683	3.588	
其他廢棄物	紙盒	57,600	0.069	
	塑膠瓶	22,800	0.027	
	玻璃瓶	24,000	0.028	
	圓桶	117,153	0.139	
	廢棄IC	7,319	0.009	
小計(固體廢棄物)		228,872	0.272	
指標	化學品	3,036,683	3.588	
	固體廢棄物	228,872	0.272	

## 2.單位產品能源耗用指標

單位產品能源耗用指標是指生產每一重量單位，產值單位或其他產品單位產品所需耗用之能源。由於能源種類不同，因此需將各種能源轉換為同一單位，以利比較。

以半導體廠為例，其主要能源為電力，由工廠之耗電量除以生產之晶片數即可得單位產品能源耗用指標，以我國二半導體廠(A廠, B廠)為例，其能源耗用情形比較如表3。由表3可知A廠在耗電量上有改善空間。在設定改善目標時，若能有其他類似工廠之指標值可供比較，將可提供很好之參考目標。表3亦列出美國

SemaTech在1996年針對美國半導體廠，一擁有十座晶片廠之跨國半導體企業以及一韓國半導體廠之能源耗用指標值。在應用不同工廠之指標值時，需對指標值之計算基礎以及產品之相似性有基本之了解，方不致於誤用。

表3 半導體廠能源耗用指標之比較

半導體廠	A	B	美國平均值	跨國企業平均值	韓國C廠
耗電量(kwh)	137,328,000	55,467,000	—	—	—
生產晶片數	840,000	465,000	—	—	—
能源耗用指標 (kwh／晶片)	163.5	119.3	270	172	200

### 3. 資源生產力(resource productivity, RP)

資源生產力主要是評估一產品在使用壽命期間之附加價值與資源(包括材料和能源)耗用之關係，其計算公式如下：

$$RP = Va \times Lt / (Mc - Mr + Ep + Er + Ec)$$

Va：附加價值

Lt：使用壽命

Mc：消耗之材料

Mr：回收之材料

Ep：生產時耗用之能源

Er：回收時耗用之能源

Ec：使用期間耗用能源

日本Sony公司以資源生產力評估二種不同之包裝材質，保麗龍(styrene foam)和pulp mold，此二種包裝材質對衝擊吸收能力(shock absorbing property)相差不大，而在資源生產力方面，則pulp mold遠優於保麗龍(表4)，其中pulp mold是以廢報紙(纖維長度小於2mm)改良之澱粉和發泡塑膠小球製成者。

表4 包裝材料資源生產力比較(生產規格：300個／天)

包裝材質	pulp mold	保麗龍
資源生產力	4.2	1.8

#### 4. 產品之環境責任評分(ERP score)

產品之環境責任評分是美國AT&T公司在產品設計階段，用以評估可以改善之產品生命週期階段。AT&T公司所考慮之生命週期包括由供應商、生產製造、產品包裝／運輸、產品使用，乃至於產品回收及棄置，在各階段所考慮之因素包括材料選擇、能源消耗、氣態污染物、液態污染物，和固態污染物。將此生命週期和考量因素劃成一矩陣(表5)，在每個向位給0-4之分數，0代表對環境有顯著影響，4代表對環境影響輕微。此一矩陣共有25個向位，因此對環境影響輕微之產品環境責任評分最高可為一百分。在評分後，此一矩陣可進一步劃成雷達圖(圖4)，在雷達圖中每一黑點代表的點為在此向位之得分(0-4)，由雷達圖易於看出在那些生命週期、那個因素對環境之影響大，應進行改善。

表5 AT&T之綠色設計工具－產品生命週期評估矩陣

考量因素 生命週期	材料選擇	能源消耗	氣態污染物	液態污染物	固態污染物
供應商	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)
生產製造	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	(2,5)
產品包裝／運輸	(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(3,5)
產品使用	(4,1)	(4,2)	(4,3)	(4,4)	(4,5)
回收／棄置	(5,1)	(5,2)	(5,3)	(5,4)	(5,5)

## 五、結論

清潔生產與ISO 14000彼此間雖有異同，但由其技術內容分析，二者確實具有相輔相成之效。一企業體或組織若已有清潔生產理念，在建立完善之文件管理系統後，甚易取得ISO 14001之驗證；反之，一企業體或組織取得ISO 14001之驗證後，在持續改善之動力下，勢必走入清潔生產。二者皆為企業體或組織持續改善經營體質，提高企業形象，邁向永續發展必經之路。

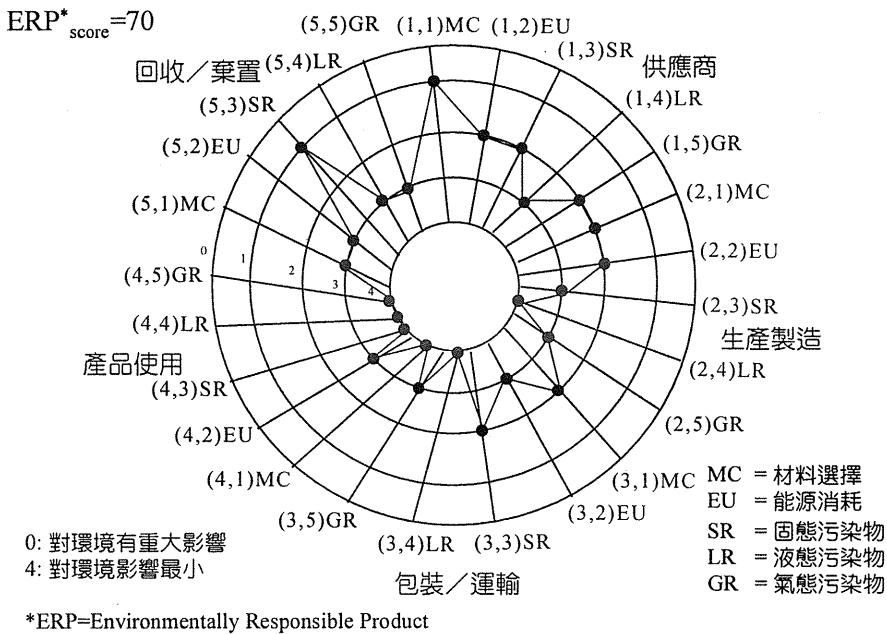


圖4 AT&amp;T之綠色設計工具－產品評估矩陣雷達圖實例

## 參考文獻

- 蘇宗粲，清潔生產技術，化工資訊月刊，第十一卷第七期，中華民國86年7月。
- 林志森，ISO 14000與清潔生產，經濟部八十六年度產業升級展產官學研討會，高雄臨海工業廣場國際會議廳，中華民國86年3月9日。
- 顧洋，工業減廢、清潔生產與ISO 14001，環境管理報導，中華民國86年10月。
- W. Burton Hammer, What is the Relationship Among Cleaner Production, Pollution Prevention, Waste Minimization and ISO 14000 ? 1996 First Asian Conference on Cleaner Production in Chemical Industry, Dec. 9-10, 1996, Taipei.
- Tsung-Tsan Su and Tso-Chi Chiu, Cleaner Production Indices : Quantitative Indicators to Evaluate the Environmental Performance of Industrial Production, Asian-pacific Conference on Industrial Waste Minimization and Sustainable Development '97, Dec. 16-18, 1997, Taipei.