

生命週期評估的應用規劃

黃國恭*

摘 要

於 1992 年，由參與國家包括美國、法國等所組成之研究機構：SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 首次訂定了生命週期評估方法的基本架構。而後續發展則是由 ISO (International Organization for Standardization) 進行國際標準的訂定，執行單位為 ISO 第 207 技術委員會第五小組 (TC 207 SC5)。

生命週期評估係提供一項審查鑑別程序，對於有關產品、產品之製程活動、服務等過程於能資源使用、物料使用、污染產生等，對所產生的環境負荷量與環境衝擊予以鑑別，並協助尋求與審查對環境問題改善的可能性。這個評估過程包括一項產品的完整生命週期，有關產品本身、產品之製程活動、服務等，包括原物料開採製造、產品製造、運輸配銷、使用及再使用、回收和最終棄置。

【關鍵詞】

1.生命週期 2.生命週期評估 3.比較性主張

*中國技術服務社工業污染防治中心工程師

The Application of Life Cycle Assessment

Gwo-Gong Jason Huang*

Abstract

In 1992, life cycle assessment methodology was first developed by SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) as a private scientific organization, by individual countries, including France and the United States, and the series standards of life cycle assessment are presently being standardized by ISO (TC 207 SC5).

Life cycle assessment is a process to evaluate the environmental burdens associated with a product or activity by identifying and quantifying energy and materials used and wastes released to the environment; to assess the impact of those energy and materials uses and releases to the environment; and to identify and evaluate opportunities to effect environmental improvements. The assessment includes the entire life cycle of the product, process or activity, encompassing extracting and processing raw materials; manufacturing, transportation and distribution; use, reuse, maintenance, recycling and final disposal.

【KEYWORDS】

1. life cycle 2. life cycle assessment 3. Comparative Assertion

* Engineer, Industrial Pollution Control Center, China Technical Consultants Inc.

一、前言

隨著產業界對 ISO 14000 環境管理系列標準的接受與瞭解其重要性之後，下一波重點資訊的衝擊將逐漸移轉到技術性工具應用的領域。生命週期評估是一項評估產品在環保設計上重要的評估工具，在 ISO14000 系列中亦為非常重要的標準。本文將針對條文上的要求與實施之重點介紹此一評估工具，並結合產業界觀點闡述現階段生命週期評估對產業界之影響與執行規劃。

二、生命週期評估架構簡介

ISO 14040 系列標準之制訂係依據國際標準組織第 207 技術委員會，其組織之工作分配下第五個委員會（ISO/TC207/SC5）負責編訂，執行秘書國為法國。並由 TC207/SC5 及其下屬五個工作小組（WG1 至 WG5）負責制定和生命週期評估有關的四項國際標準，編號為 ISO 14040 至 14043。此系列標準均非強制性標準，也非驗證規範。此四項標準制定現況分別說明如下：

(1) ISO 14040：原則及架構（Principles and Guidelines）

1996 年 6 月制定為國際標準草案版（Draft International Standard，DIS 版），並已於 1997 年 6 月正式公佈成為正式國際標準（International Standard，IS 版）。中國國家標準 CNS14040—環境管理—生命週期評估—原則與架構，亦已於民國 86 年 12 月 15 日公布。

(2) ISO 14041：目的與範疇界定（Goal and Scope Definition）及盤查分析（Inventory Analysis）

1996 年 7 月制定為委員會草案版（Committee Draft，CD 版），1997 年 4 月於東京會議表決成國際標準草案版（Draft International Standard，DIS 版），並促使 ISO 14040 成為正式國際標準。目前版次正進行投票中，與 ISO 14040 互為引用條例。

(3) ISO 14042：衝擊評估（Impact Assessment）

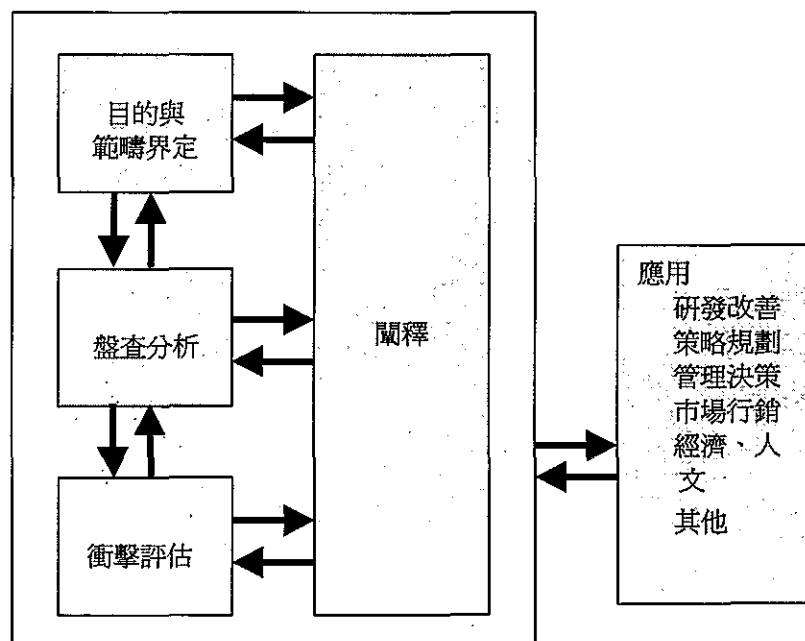
目前為委員會草案版（Committee Draft，CD 版），目前版次正進行投

票中。

(4)ISO 14043：闡釋(Interpretation)

於 1996 年 12 月制定為委員會草案版(Committee Draft, CD 版)，目前版次正進行投票中。

ISO 14040 系列標準係依生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)，之四個階段而分類制定，包括 ISO 14040 原則及架構、ISO 14041 目的與範籌界定及生命週期盤查分析、ISO 14042 目的與範籌界定、ISO 14043 闡釋等四項標準，是屬於 ISO 14000 環境管理系列標準中有關產品評估標準之一支。生命週期(Life Cycle)是研究產品系統中連續與互相連結之各階段，起自原物料獲得或自然資源的產生，直至最終處置。生命週期評估(LCA)則是因應整體環境考量的角度，評估對從事生產或服務，從最原始原物料的取得，經由製造、成品使用、到最終廢棄回收，即包括由搖籃到墳墓(Cradle-to-Grave)所有生命週期階段，經由各類量化數據之搜集與評估模式之分析，評析每一個過程對整體環境生態之影響以及潛在的環境衝擊，這也是生命週期評估的基本定義。生命週期評估之發展雖由傳統的製程分析興起，也順應著全球環境的變遷與訴求，其發展方向並非只侷限於單一製程的分析，而已經擴展應用到生產、使用、廢棄及回收等過程及各項目之次要過程。圖 1 所示為生命週期評估之階段與主要執行項目。



* 圖示箭號表示互相引用、反覆改進

圖 1 生命週期評估之階段與項目

三、生命週期評估之執行步驟

首先執行評估者須對事先所設定的範圍和可達成的詳細程度來進行資料的收集及結果的解讀，須講究系統性與科學性之程序，並提供科學化的證據做為決策或比較性主張時優劣之參考，其執行步驟，如圖 2 所示。

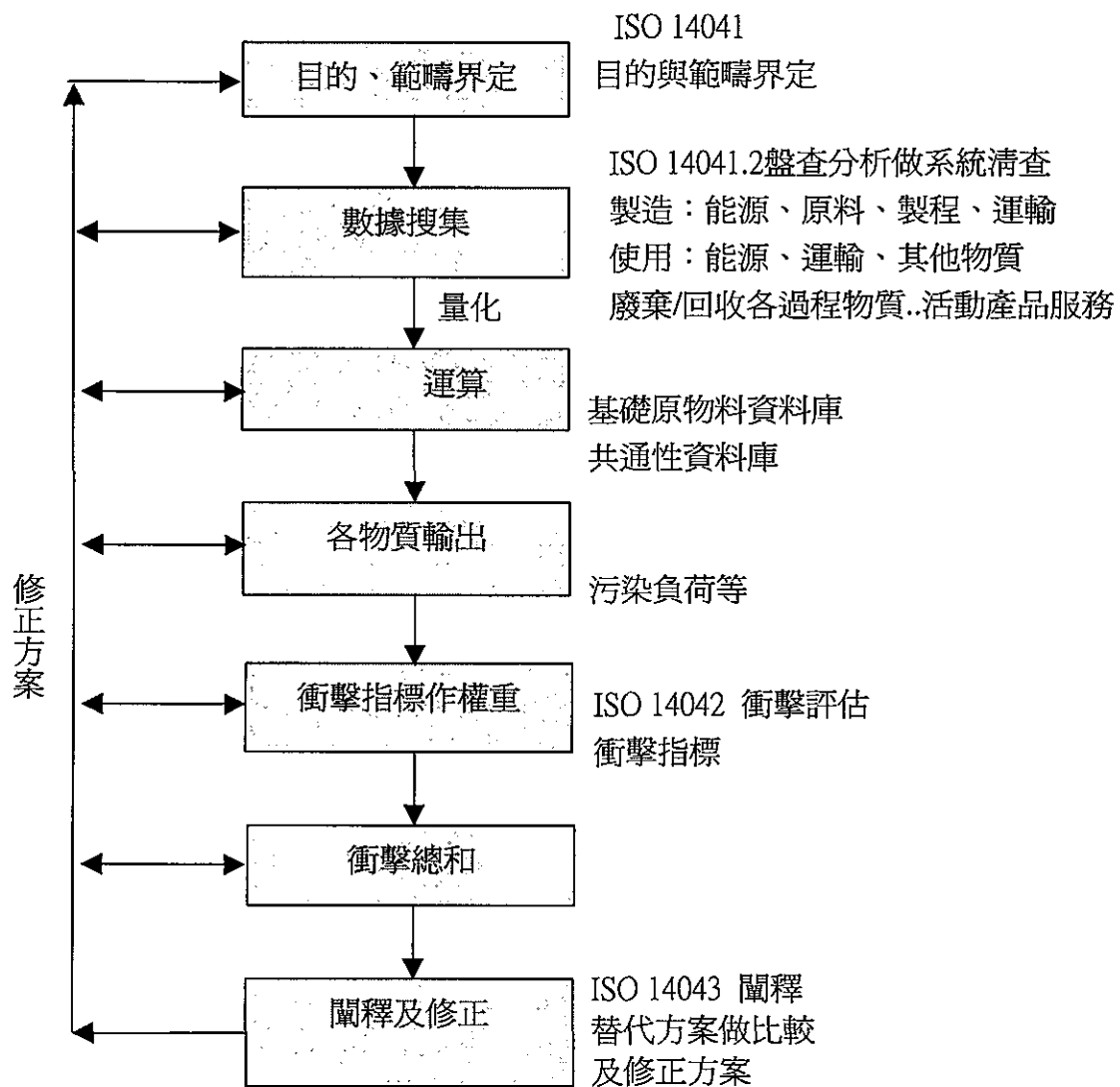


圖 2 施行生命週期評估之步驟

1. ISO 14041目的與範疇界定

目的與範疇界定是生命週期評估作業中一項整合的部分。在每一個生命週期評估作業開始之初，必須先依照分析模式建立的範疇、作業目的或利害相關者之需求，來做目的與範疇界定的決定。當目的與範疇界定明確地決定之後，再進行該作業之盤查分析，做資料的蒐集、運算及連結。

2.ISO 14041.2盤查分析做系統盤查

盤查分析階段在做資料蒐集，以提供分析之開頭，將各製程原料及能源之需求及產生之產品、副產品、廢棄物等污染物做細部記錄，而蒐集的範圍大小以及詳細的程度，即依設定的目的與範疇而定。真正的生命週期盤查分析考慮範疇為，取諸大地，回歸大地，即搖籃到墳墓 (Cradle-to-Grave) 之所有數據，然大部分生命週期評估之發展仍停留在盤查階段，雖然實務上所做之清單可說多如牛毛，但也僅止於生命週期盤查 (Life Cycle Inventory, LCI)，儘止於盤查清單的建立。另由於生命週期評估所需資料之目標物太多、太細，且數據來源需求龐大，作業之始，必須對所做作業限定一合理範圍，以減少複雜且龐大的人力、時間及經費的投入，並作合理之分配，此過程為一簡化程序 (Streamlining LCA)，是以假設之狀況做作業範疇的限定及簡化，可能是很主觀的，公信力亦有待建立。

3.Model 運算

主要目的在量化轉換經盤查所得之資料，運算之程序實涉及數個資料庫(如基礎原物料資料庫、共通性資料庫、製程資料庫等)、轉化指數及因子之轉換。經由運算後之盤查清單，可以提供例如燃燒一公升汽油相當於多少 CO_x ， SO_x ， NO_x 等之排放數據等。亦可得到各物質輸出量及污染負荷量等

4.ISO 14042 衝擊評估

由盤查分析提供數據，再依盤查項目對環境影響參考因子所佔比例，量化加總轉換成實際或可能形成對環境造成衝擊之指數。本階段

對環境問題之主要考慮包括：溫室效應、臭氧消耗、煙塵(霧)、酸雨、優養化、毒性效應、廢棄物處理、惡臭、土地消耗及輻射污染等，整個分析過程涉及數個評析項目之量化，包括環境影響因子之引用，及相關物質對環境影響指標之建立，例如不同的衝擊因子可能引發同類型的衝擊效應，如 CO₂、CH₄、CFCs、O₃ 等，皆屬於引起溫室效應之污染物；而同一污染物亦可能造成不同的環境衝擊，如 CFCs，除了引起溫室效應外，亦會破壞臭氧層。衝擊評估技術上應用分析為一複雜的相互牽連關係，以及指標性因子間之轉換，由於仍處發展階段，國際上尚未達成共識，為目前所必須積極突破之瓶頸，或涉及地區性社會價值關與喜好度不同，同一量化的結果，在不同背景環境下將有不同之結論。SETAC 對本階段之評估設立了四項描述衝擊的基本方法架構：

- (1) 特徵化 (Characterization)，分類與物性歸類
- (2) 常態化 (Normalization)，實際累積量
- (3) 評價 (Evaluation)，核定加總
- (4) 標示指數 (Indicator)，影響總和

衝擊評估之結果不易闡述，僅能提供個別的衝擊影響，如生命週期評估並無法回答比較如臭氧層破壞效應較重要或是酸雨效應較重要一般，特別對於整體的環境衝擊影響，仍缺乏整體性的環境衝擊指標。生命週期評估作業所需之數據複雜、耗時且昂貴，衝擊評估並不能預測結果，也無法實際地模擬所有環境衝擊，僅能以預估的環境衝擊考量，提供設計時的改進參考。

5.ISO 14043 闡釋

生命週期評估作業之最終目的即著重於原始設計及製程之改進，經由分析比對與多個查驗過程所得，基於對特定環境衝擊項目的考量，進行產品設計變更或製程之改善，包括由範疇界定，假設合理性，執行及工具選定綜合評估，並著重所得評估結果之準確性，得到可供分析比較之另一組生命週期。改善再改善，達成影響環境至最小為本階段評析改進方向。

因大部份有關生命週期評估作業在此階段的方法及工具發展未臻成熟，國際上未有共識。此階段在由衝擊評析提供改善方向，以形成數個可互相參考比較之生命週期，不斷改善與比較以得最佳之生命週期，環境衝擊至最小。本階段為生命週期評估之最後階段，也是生命週期評估作業中有關目的與範疇展開的開頭。討論有關生命週期評估作業中，生命週期盤查分析及生命週期衝擊評估是否依循目的與範疇界定之方向，不造成偏離。包括生命週期盤查分析及生命週期衝擊評估之結果，必須在此一階段中做一綜合討論，甚至目的與範疇界定之相關決策皆可提出，或做必要的修改。

四、導入與執行問題討論

ISO 14000 環境管理系統系列標準開始在國內推行之時，是由於預期到了可能的貿易障礙發生，ISO 國際組織亦提供了一項可供驗證的標準：ISO 14001，於是 ISO 環境管理系統隨之風行；尤以外銷為導向的產業界，以持有通過 ISO 14001 驗證為護身符，經由系統化的環境管理，不但增進了環境績效，也保障了訂單的來源。生命週期評估屬於環境管理系統中有關產品評估的一支，經訪談產業界對生命週期評估導入之評估，所面臨的瓶頸通常可區分以下幾點：

1. 為一非驗證標準

目前環境管理系統 ISO 14040 系列標準仍為不可供驗證的標準，亦無第三者驗證單位提供驗證。而廣範地被當作是一項最完整與最嚴謹的評估工具。但由於部分階段規範仍未達到共識，技術發展仍未成熟之時，產業界難以評估可行之具體成果可供展現，因此現階段無法提供相對的利機與誘因。

2. 投入資源不易評估，與現行環境管理系統整合適用性不明

生命週期評估強調包括從搖籃到墳墓(Cradle-to-Grave)的生命週期各階段項目，所要盤查的項目與範疇恐超過產業界能力所及。且若

關鍵零組件由其它供應商提供，恐因商業機密或其他因素影響，造成主要的評估瓶頸而無法完成全部的評估項目。相關環境管理系統機制僅監督量測與紀錄等可協助盤查資料之收集，而對組織所應投入之資源將隨執行項目範疇而定，評估不易。

3. 商品特性變異性大，投入評估困難

國內的產業有為數不少是屬於代工生產的 OEM 廠，對產品設計與規格變更通常來自客戶要求，設計上已較缺乏彈性，甚至有設計當時因市場已產生變化，而撤銷設計與生產，便無生命週期可言。然產業界研發部門長久以來在設計上甚少對環保項目上做評估，大都只針對規格與降低成本做考量，因此有無從著力的無力感。

4. 商品評估茲事體大，若引起爭議，恐影響產品之市場

評估過程所提出之比較性主張或許與現階段應用有些許差異，若引為產品市場之訴求，恐引起爭議而影響產品的市場；且生命週期評估標準亦提出，所作評估之正確與否，程序上並無法得到明確的證明，因此也有可能做出的結論是錯誤的，加上評估將影響的產品設計亦是一項重大變更，於市場反應更無法得知。

五、結論與建議

在 1992 年的地球高峰會後，「永續發展」(Sustainable Development)已經成為近年來全世界邁向環境保護的目標，整合的理念包括「污染預防」(Pollution Prevention)、「為環境設計」(Design for Environmental)、「清潔生產」(Cleaner Production)、「生命週期評估」(Life Cycle Assessment)等，對環境效益與環境驅動力的達成已成為一項商機或策略的成就。

對於我國的永續產業發展策略規劃亦是引用上述的理念而設立，其中生命週期評估在執行上是一項十分重要的評估工具，以減少產品在其設計、原物料開採使用、生產、使用及棄置各過程所可能產生的

環境衝擊。永續產業發展策略規劃的展開即是順應全球環境保護的潮流，亦提供產業界能及早因應。

生命週期評估是一項較傾向科學性的研究，其用意除了降低可預期的環境衝擊外，也強化了產品市場功能，達到產業永續經營發展的目標。在標準中認知生命週期評估仍然處於發展初期，評估技術的某些階段，例如衝擊評估，仍處於萌芽時期，未有明確的共識，因此，適切地闡釋與應用生命週期評估結果相當重要。且爲了能進一步提升生命週期評估到達實用的水準，實有待許多實務工作經驗的共同架構。

六、參考文獻

- 1.中國國家標準 CNS—14040 環境管理生命週期評估—原則與架構，經濟部中央標準局，民國 86 年 12 月 15 日。
2. The Methodological Phases of life cycle assessment，p8~17，<http://www.europa.eu.int>。
- 3.黃國恭，認識生命週期評估，p6~8，經濟部污染防治報導，112 期，86 年 7 月。
- 4.黃國恭，生命週期評估之架構與規劃，p1~3，經濟部污染防治報導，127 期，87 年 10 月。