

工業減廢與廢棄物資源化

污染預防經濟效益評估

侯萬善*

摘要

在經濟部與行政院環保署工業減廢聯合輔導小組推動下，國內工業減廢工作推行轉眼已有七年時間，許多業者已瞭解污染預防是企業永續經營的重要策略之一。但是，工業減廢不同於管末處理，在於積極防止污染發生與發生後之處理的程序觀念。正因為一般人不習慣對未發生之事務作績效評估，以至於污染預防方案規畫者，有時無法提出可說服組織的證據以促進推行。由於企業經營以利潤為導向，許多企畫案常以經濟誘因第一考量，因此僅就財務觀點，介紹如何評估預防方案潛在績效的方法。

【關鍵字】

- 1.全面成本會計(total cost accounting)
- 2.全面成本評估(total cost assessment)
- 3.生命週期成本分析(life cycle cost assessment)

*中技社工業污染防治中心減廢技術組組長

一、前　　言

美國聯邦事業機構管理局(federal facilities enforcement office)為協助政府機構的管理者，針對目前的各項方案推動項目，擬定更廣泛更精確的經濟成本範疇的評估工具。這些工具將協助污染預防方案發掘節約成本之處，而這正是傳統的成本分析方式所無法注意到的。藉由這些方法，管理者就更容易去回答「推行污染預防方案是否值得？有多划算？」的質問。

首先將討論如何將傳統的成本分析方式擴展，使其能更精確地反映執行污染預防活動所需的成本及所得的效益。之後，利用工作表單利用逐步說明來解釋如何應用這些新觀念。因此，藉由討論解釋及表單說明所提供的架構，工廠管理者可利用經濟分析原理，對污染預防方案的財務可行性進行更精確的評估。

二、環境經濟分析

經濟分析步驟包括列出一個推動方案可能會有的財務成本、收入，以及節省等相關項目。這類估算能提供必要的數據資料來評比相關方案間的經濟優勢，以供決策參考，作為投資考量之依據。

但是，傳統的經濟分析有一不利的因素，就是分析過程中因為分析範圍的狹隘以及成本時程的短促，忽略了污染預防方案的經濟效益。因此本文特別加強改善這些缺失，以忠實反應污染預防計畫的經濟效益。

過去數年來，許多研究及管理人員協力推廣污染預防，曾經發展各種技術以評估方案推行的經濟效益，某些系統及模式也被發展出來，而許多專有名詞也被用來定義這些系統。所說的系統及模式都是擴展傳統方案評估法，來涵括污染預防特有的有形及無形效益。一些專有名詞的定義簡述如下：

- 1.全面成本會計(total cost accounting)：亦稱為完全成本環境會計(full cost environmental accounting)，是用在管理會計以顯示所有直接及間接成本，分配在特定產品、產品製造及營運。
- 2.全面成本評估(total cost assessment)：此項意味著評估程序已將環境成本整合至投資預算分析中，表示組織的投資所涵括的全面成本及節省均以長程深入的財務分析來進行。

3. 生命週期成本分析(life cycle cost assessment)：此表示利用一個有系統的程序，來評析一個產品、生產線、製程、系統或工廠設施的生命週期成本，範圍包括從原料獲得到物品丟棄，其中所經歷的各項環境考量及金錢價值。
4. 生命週期評析(life cycle assessment)：一種分析方法，用來評估一個產品或程序整個生命週期的環境效應，自原料最初取得到最終廢棄。這方法包括區別及量化使用的能量及物質，以及排放到自然環境的廢棄物，來評估其環境衝擊以及評選改善時機。
5. 生命週期成本法(life cycle costing)：一種計算方法，將所有與產品、程序或活動相關的全程成本作一確認。此一全程意指由原料取得到廢棄的整個歷程，並不限於這些成本是否由某一投資組織，其它相關組織，甚至是整個社會所承擔。

為了證明污染預防方案更勝於污染控制及其它相關措施，應將更多的潛在成本及節省納入考量；因此會計清單除考量直接成本外，應加入間接成本、責任成本，以及較抽象的效益。表1及表2列舉了一些設備及操作成本項目，可供環境管理者採用，來決定某一方案執行時可能的財務成本及節省。

對於決策者或專案分析者在利用上述會計清單作投資分析時，遭遇的挑戰很可能是某些設備或程序的相關成本資訊不易獲知。若要量化這些成本項目有時亦非易事，因為某些項目可能會與其他成本項目一同歸納到管理費會計項目中。譬如說，某些製程廢棄物處置費用常被列在設備管理費帳目中，然而一個開展式的成本清單將這些費用直接列在產品或生產此廢棄物之製程的相關成本中，因此有可能在分析過程中因資訊不足，無法將所有的成本類目完全確認。管理人員或分析人員應儘量利用表1及表2作日常分析，並逐步擴展各自的財務分析，增補適用的成本項目。

另外一個有用的想法可用來發掘更多的污染預防方案的實際經濟效益，那就是延伸成本及節餘的涵括時程，通常超過5年。這是因為許多污染預防方案的成本及節餘須要較長的時程來具體化，也因為污染預防方案的節餘是長期每年都會發生的。譬如說，某些污染預防方案的執行，會因為所須的廢棄物管理及處置成本減少，而成為每年的固定節餘。舊式的方案分析通常只限於3至5年期，但實際上污染預防採納的方案或設備，其有效時程不止於此，未計入內則不免會忽略一些實質的效益。

擴展的成本清單及計算時程固然可以加強污染預防方案經濟效益的精確評估，而財務表現指標可以用來與其他環保方案的效益作比較。目前廣泛採用的三種比較方法是：回收期、淨現值，以及內部酬轉率。最簡單，也是最常被政府機構採用的

方案是進行回收期分析，也就是去估計投資回收所需要的時程。淨現值被許多經濟學家推薦為較精確的方案效益評估法，也漸成為政府機構所廣為採用的工具。這兩種方法有各自的優點和缺點。至於內部酬轉率則很少被政府機構所採用，但是在此略為說明以供讀者參考。在評估經濟衝擊時能採用兩個以上的方法，則有助於對方案內涵的瞭解。

表1 潛在的資財成本清單

設備採購	公用設施	建築裝設	法規許可
• 設備	• 一般水電	• 室內裝設	• 廠內人工
• 運送	• 電力	• 包商顧問	• 包商顧問
• 貨物稅	• 蒸汽	• 設備租賃	• 證照費用
• 保險	• 原水		
• 零件備品	• 燃料	<u>工程規劃</u>	<u>運作投資</u>
	• 壓縮空氣	• 室內設計	• 原料物料
物 料	• 工業氣體	• 規劃工程	• 後勤物料
• 管線舖設	• 冷凍空調	• 包商顧問	• 產品倉儲
• 電線配管	• 污水設備	• 採購	• 防護設備
• 監測儀器			
• 結構建築	建地整平	開工訓練	偶發事件
• 隔絕填料	• 建地調查	• 廠內人工	• 違規罰金
• 油漆塗裝	• 清理拆除	• 包商顧問	• 復育補救
	• 廢料處置	• 測試調整	
	• 整地綠化	• 訓練	<u>結束善後</u>
	• 機具租賃		• 報銷關閉
	• 勞工人力		• 列管處置
			• 現場調查

表2 潛在的操作成本清單

應用材料	公用設施	法規符合	司法刑事
• 原料物料	• 電力	• 許可證照	• 保險
• 廢料處理	• 蒸汽	• 教育訓練	• 責任風險
• 溶劑	• 原水	• 監督查核	• 違規罰金
• 催化藥劑	• 燃料	• 通報	• 法律費用
• 裝卸輸送	• 壓縮空氣	• 檢測	• 人員傷害
• 倉儲管理	• 冷凍空調	• 標示	• 財產損害
	• 污水處理	• 列單	• 自然生態危害
<u>應用人力</u>		• 紀錄整理	• 除污復育
• 操作營運		• 報告	
• 監督	<u>廢污管理</u>	• 污染稅／費	<u>收入盈餘</u>
• 製造生產	• 前處理	• 封閉管理	• 產品銷售
• 品管檢驗	• 現場處理	• 保險	• 企業形象
	• 賽藏暫存	• 污染總量交易	• 前產品銷售
	• 處理	• 未來支出	• 可回收物貨
	• 運送		
	• 保險		
	• 處置		

1.回收期(payback period)：此分析法為許多政府機構所慣於採用的投資表現指標。其目的是去決定方案執行成本須要多久時間來回收，其計算公式為：

$$\text{回收期(以年計)} = \text{設備投資} / (\text{年收益} - \text{年支出})$$

在某些狀況下，回收期會被設定一個容許年限，通常是3至5年，以便方案的資金可以在限期內回收以供下一個方案的應用。回收期分析法並不包含計入未來成本和節餘的逐年貶值。此外，此法亦未考慮容許年限以後的成本及節餘。某些實例顯示，一些重要的污染預防方案的回收期可能稍微超過一個預設容許年限，但為了重要的無形效益，仍被選擇執行。

2.淨現值(net present value)：淨現值分析法是以通貨膨脹的觀念為基礎，也就是說今日的幣值高於未來的幣值，因為金錢的購買力隨時而變。特別一提的，此法考

慮執行過程中成本及收益的實質會隨年漸減。政府機構在運用資金時會將貶值納入考慮，而貶值率由管理預算局定期擬定公佈。這些隨年貶值的金額被納入投資的淨現值計算中，而淨現值愈高，則方案就愈具吸引力。但是大部份的政府專案執行並非以營利為目的，因此最具吸引力方案的淨現值應是負值愈小愈好。此法用於比較污染預防方案與其它環保方案時特別有用，尤其是某些環保方案涉及較高的年度廢棄物管理及處置成本。而營運維護費持續增加，或投資的方案不會減少廢棄物，則其淨現值會漸趨減少。此分析法用於計算所有的成本及效益時，很能適應擴展成本清單的使用。

$$\text{淨現值} = \text{先期設備投資(以負值表示)} + \text{每年貶值後之節餘金額}$$

$$\text{每年貶值後之節餘額} = \text{貶值後的收入} - \text{貶值後的支出}$$

3.內部酬轉率(internal rate of return)：此分析法不常用於政府投資決策中。與淨現值計算法不同之處在於淨現值考慮到貶值，而內酬率計算假設淨現值為零時的利率。如果內酬率超過障礙率，則此投資案被認為是值得輔助的；在此障礙率(hurdle rate)指的是方案執行時的最小容許酬報率。政府決策者通常採用管理預算室公佈的貶值率或其他適用的通貨膨脹率作為障礙率。因此，內酬率(r)可以下列公式推算出：

$$\text{先期設備投資} + \text{第一年節餘} / (1 + r) + \text{第二年節餘} / (1 + r)^2 + \dots + \text{第n年節餘} / (1 + r)^n = 0$$

實際應用方面，內酬率須經由試誤法求得，利用電腦計算並以利率為起點，試誤可以很快達成，然後此求得值去和障礙值比較。

許多場合中，政府機構的決策者對分析方式也沒有多少選擇，不論是採用回收期，淨現值及內酬值都可能受政策考量或使用習慣所影響。但不論選用任何方法，決策者所面臨的挑戰是去擴大分析的範圍，以儘可能地充分反映實際的成本及節省。

在此介紹的觀念可以被用來幫助區別、計算，以及舉證執行污染預防方案的經濟效益。這些觀念可以為數個待決的方案提供較完整的成本比較，也可以用來比較刻正進行的方案和預定方案間的成本差異。先前曾提過，管理者為更清楚掌握污染預防的效益而積極擴展其現有的分析方法，應儘量採納本文介紹的概念並實際應用。管理者若是無法確認成本清單中所有項目的量值，也應設法藉收集可靠的參考資料來推估其成本數據。同樣的，分析的時程應儘可能的延伸，並提供可資利用的數據及說明該廠所採用的評估法。將這些概念整合起來通常是一個漸進的過程。甚

至更進一步的努力，也可使廣泛清單及延伸時程的結果，能促使原先不看好的污染預防方案獲得肯定及資助。

類似表4的工作表可以協助讀者分析目前的執行的污染預防方案，以及相關方案的成本效益。藉由此工作表以舉證如何執行較佳的成本分配，擴大成本分析範圍，以及延伸方案分析時程。表列項目已稍作簡化，但機構決策人可以依其需求作適當的修正。此工作表也提供兩種財務表現的計算方法，即回收期分析以及淨現值計算。內酬率較不常使用，因此不在此處說明。

三、專案分析表的填表說明

根據下述的步驟說明，管理人員可以進行方案分析，但因為分析的精確度與資料齊全程度頗有關聯，數據收集應力求確實。另一方面，分析的目的，解釋的對象，機構決策的原則，以及分析的形式皆須在一開始就瞭解，因為這些資料可用來審視分析範圍是否適當，而且有助於他人充分瞭解此一分析的適切性。如果是用來與其它專案作比較，則每一案皆須以各別工作表，利用相同基礎的資料進行各自的分析計算，以確定公正客觀。

第1~3列：區分認定與方案相關的所有經濟因素。表列的經濟項目可視各組織實際狀況增減，或可參考表1及表2所列清單。如果只是計算回收期，則資料分析可就第一欄資料進行，包括初期設備投資，第一年的支出成本及收入節餘。但若是要利用淨現值作投資的財務表現分析，就必須收集列出預期的未來成本及效益。要注意的是在此先不須要作通貨膨脹調整，因為工作表中另有一列註明管理預算室所公佈的標準化貶值因子。

第4列：此列專屬回收期的計算，以求得初期投資回收所須的年限。因此，回收期可由初期投資除以方案執行的淨效益而獲得。

第5列：由此可瞭解每年的淨現值，也就是從第2列的年收益扣減第3列的年支出及第1列的初期投資。

第6列：淨現值的計算是要決定現今淨額的未來實質，因此，現值因數被用來估計未來貶值的淨額。根據1995年初管理預算室所公佈的資料，在此選用10年期投資評估所適用的代表貶值率7.9%，作為現值因數來計算，表3列有不同投資時程的代表貶值率。

第7列：將第5列的淨額值乘以第6列的現值因數，以決定未來的實際現值額。

第8列：將第7列的每年現值額加起來以求出程序的淨現值。如果所得是正值，則此方案是有經濟效益的。如果數案並陳，則淨現值愈高，表示效益愈高。

經過完整的分析，寫下詳細的說明來解釋分析背景、步驟及結果的意義。如果有某些明顯的經濟效益一時難以量化計入，或某些非經濟效益是污染預防方案所特有的，都應一併註明，以便在許多競爭方案中脫穎而出。上述的各項計算如果能夠利用電腦試算表(spreadsheet)，不論是Lotus 1-2-3或Excel軟體，都相當簡便好用。

參考資料

1. USEPA, Federal Facility Pollution Prevention Project Analysis, EPA 300-B-95-008, Office of Enforcement and Compliance Assurance, Washington, DC 20460, July 1995.

註一：污染預防／財務(P2／Finance)是一個污染預防財務分析及成本評估的軟體程式，並包括使用說明，以利管理者區別並計算現有操作和預期投資的相關成本，其中的試算表容許輸入廣泛的成本和節餘資料，並具有多功能指標分析。系統以Lotus 1-2-3或Excel軟體運作。意者請洽US EPA's Pollution Prevention Information Clearinghouse, 401 M Street SW , Washington , DC 20460. 電話：(202)260-1023

註二：全面成本評估示範研究(total cost assessment pilot study)：美國郵局曾利用全面成本評估法，來分析康州首府的一處所屬的汽車保養廠，其中有關車輛塗裝及機油處理的污染預防方案。現有的操作及考慮及替代方案財務數據均攤列比較：例如現有的傳統式噴塗作業與其它五項低污染的方案比較，或現有的機油委外處置與其它兩項回收再利用方案比較，財務分析皆顯示任何替代方案均較現有操作方式更具經濟效益。

表3 代表貶值率的相關現值因數

年份 貶值率	7.3%	7.6%	7.7%	7.9%	8.1%
第1年	0.93197	0.92937	0.92851	0.92678	0.92507
第2年	0.86856	0.86372	0.86212	0.85893	0.85575
第3年	0.80947	0.80272	0.80048	0.79604	0.79163
第4年		0.74602	0.74325	0.73776	0.73231
第5年		0.69333	0.69012	0.68374	0.67744
第6年			0.64078	0.63368	0.62668
第7年			0.59496	0.58729	0.57972
第8年				0.54429	0.53628
第9年				0.50444	0.49610
第10年				0.46750	0.45893
第11年					0.42454
第12年					0.39273
第13年					0.36330
第14年					0.33608
第15年					0.31090
第16年					0.28760
第17年					0.26605
第18年					0.24611
第19年					0.22767
第20年					0.21061
第21年					0.19483
第22年					0.18023
第23年					0.16673
第24年					0.15424
第25年					0.14268
第26年					0.13199
第27年					0.12210
第28年					0.11295
第29年					0.10449
第30年					0.09666

*美國管理預算室1995年1月公佈資料

表4 方案分析工作表

列 項 目	支 出 項 目	收 入 項 目	投資成本	每年估計淨值									
				初期	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	設備 公用設施 建築 工程 訓練 其他 小計(1)												
2	維持成本 材料 人力 水電燃料 廢棄物管理 法規支出 其他 小計(2)												
3	收益盈餘 產品銷售 副產品出售 回收品出售 其他 小計(3)												
4	回收 淨額		年：小計(1)／小計(2)－小計(3)	*注意：使用粗線格區內數值									
5	現值因數	1.0000	0.9268	0.8589	0.7960	0.7318	0.6873	0.6337	0.5873	0.5443	0.5044	0.4675	
6	現值額												
7	淨現值												

：第七列相加總值