

南 華 大 學

環境管理研究所

碩士論文

產品環境化設計策略與決策支援系統之研究

A Study on Strategy and Decision Support System of Design
for Environment (DfE)



研究生：許家偉

Graduate Student: Chia-Wei Hsu

指導教授：胡憲倫 博士

Adviser: Allen-H Hu Ph.D.

中華民國九十三年六月

南 華 大 學

環境管理研究所

碩 士 學 位 論 文

產品環境化設計策略與決策支援系統之研究

研究生：許 宗 偉

經考試合格特此證明

口試委員：施 勝 川
胡 惠 倫
褚 震 娟

指導教授：胡 惠 倫

所 長：陳 榮

口試日期：中華民國 九十三年 六月 十四 日

誌謝

七百多個日子的研究所歷程，代表著短暫學習的結束，但卻是人生學習道路另一段旅程的開端。細數過去的歲月，不管自己是在求學或做研究的過程，皆要感謝我的恩師 胡憲倫博士，給於諸多的建議、指導及鼓勵，才得以順利完成碩士論文及該學位訓練的養成。不僅如此，老師更在生活上給於莫大的幫助，以解決在經濟上的壓力，讓自己得以專心於課業及研究上，感謝之意銘記其心。

當初選擇繼續專研碩士班，皆要感謝大葉大學環境工程學系申永順 博士的鼓勵及協助，讓 家偉得以發現自我的興趣及增長求學的信心。在論文口試期間，更要感謝成功大學資源工程系 施勵行教授及本校管理科學研究所 褚麗娟教授，針對論文內容及架構做深入的審視，給於諸多的建議與指導，以俾論文的架構更加嚴謹及增添內容的豐富性。此外，更要感謝 陳所長中獎於課業知識上的傳授與鼓勵，及生活上的關心及照顧。而對於陳勁甫老師於論文撰寫過程所給予的協助與建議，亦深感致謝。

這一路走來，要感謝的人很多，因為他們皆在我的人生旅程扮演著相當關鍵的角色。在這兩年的求學生涯，承蒙啟賢學長在論文、研究計劃及生活上，給予相當多的照顧、協助與寶貴意見的提供，更對於志傑與如玫賢伉儷在生活上的莫大幫助，致上最深的謝意。俞龍、展瑋、厚吉、建鑫、守鵬、澤宇、靜和、兆程、瀨儀、慶巍及秀政等同窗好友，更是彼此在求學過程的夥伴，而對於政遠、惠妙、聖平、孟軒等學弟妹的關心與協助，讓自己在碩士班的求學過程更加平順，及增添許多豐富的回憶。

論文的完成並非個人單獨所能完成，因此謹以此論文再次感謝恩師 胡憲倫教授、施勵行教授、褚麗娟教授、陳勁甫教授及其他給予協助及建議的老師們，及志傑與如玫賢伉儷的幫助，最後感謝爸爸、媽媽、姊姊及所有支持與幫助家偉的人。

家偉 謹致

07/03/2004

摘要

環境汙染問題從1990年代以來，逐漸成為人們所關注的議題，而整個汙染防治的手法也從管末處理(End of pipe)、製程改善(In the pipe)演變至以源頭為管制的管前設計(Front the pipe)。以目前全球產品的供應鏈來看，歐盟屬於主導大多數消費市場的地位，日本則扮演產品設計與研發的角色，而包括台灣在內的東南亞，則仍是處於以代工為主的OEM和ODM階段。也因此，歐盟在對於企業的相關環境規範與法令要求，有其一定的影響程度，例如：SONY公司的PS2遊戲機，就曾因檢驗出含有過量重金屬而遭致荷蘭海關的退貨。此一事件，也促使該公司制定了有關零件與材料中之環境相關物質的管理規定—SS00259，要求其全球產品的製造廠商、零組件/材料供應廠商及外包產品設計/製造廠商必須遵照該規定，不得含有相關有害的物質。我國的企業也已經遭受相關的要求，必須生產出對環境友善的綠色產品，使得環境化設計遂成為當前企業相當倚重的工具。

因此，本研究的主要目的有三：其一是從綠色產品設計的概念下，透過企業問卷普查及 AHP 技術，去探究目前台灣企業在執行產品環境化設計的概況與策略，並依據國際的綠色趨勢，提出建議；再者以簡化式生命週期評估為基礎，建置一產品環境化設計的決策支援系統，作為評估產品對環境衝擊程度的工具；最後則是將該決策支援系統實際運用於台灣某科技公司所生產的動態隨機存取記憶體(DRAM)上。

【關鍵字】 環境化設計、決策支援系統、簡化式生命週期評估

Abstract

Since 1990's, the environmental problem has become one of the most concerned issues, and the solutions for pollution have also shifted from the end of pipe, in the pipe to the front the pipe. From the global product supply chain perspective, Europe Union plays a main role on establishing green product norms; Japan focuses on developing green products; Southeast Asian countries, including Taiwan are still being requested as OEM and ODM. Under this circumstance, Japan and European Union (EU) countries are dominating in drafting environmental related regulations and norms for products. For instance, WEEE and RoHS require the recovery rate for products, which sold in EU countries, should be up to 70%-80%. Besides, they cannot contain the regulated hazardous substances in the products. An excellent example would be the PS2 video games of SONY Co. once were analyzed excessive heavy metal by the Dutch Custom and were embargoed. This incident resulted in establishing a managerial outsourcing rule for their suppliers worldwide, so-called "Green Partners- SS00259".

From the supply chain perspectives, enterprises could suffer from those green products and manufacturing requirements, and the Design for Environment (DfE) approach will become an effective tool for averting this threat. Hence, the objective of this research has three-fold: firstly is to explore the current status and strategies of Taiwan's enterprises by using questionnaire and AHP technique; secondly is to establish a Green Design Decision Support System (DSS), which based on Streamlined Life Cycle Assessment (SLCA) concept; thirdly to apply this developed DSS to a DRAM manufacturing company to test its suitability.

【Keywords】 Design for Environment(DfE), Descision Support System(DSS), Streamlined

LCA(SLCA)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	IV
表目錄.....	VI
第壹章、緒論.....	1
第一節、研究動機與目的.....	1
第二節、研究內容與範圍.....	4
第三節、研究方法與流程.....	5
第貳章、文獻回顧及評析.....	8
第一節、產品環境化設計.....	8
第二節、簡化式生命週期評估.....	25
第三節、分析層級程序法.....	43
第參章、產品環境化設計優先策略之分析.....	51
第一節、研究架構.....	51
第二節、資料分析.....	56
第三節、研究小結.....	67
第肆章、產品環境化設計支援決策系統之建置.....	73
第一節、研究架構.....	73
第二節、決策支援系統模式之架構.....	76
第三節、案例分析.....	80
第四節、研究小結.....	85
第伍章、結論與建議.....	88
第一節、研究結論.....	88
第二節、研究建議.....	89
參考文獻.....	89
附錄一 應用分析層級程序法於產品環境化設計策略之問卷.....	102

圖目錄

圖 1-1 研究方法之流程圖.....	7
圖 2-1 產品之生命週期.....	9
圖 2-2 產品設計之發展歷史.....	11
圖 2-3 DfX 設計技術之發展歷程.....	12
圖 2-4 企業投入綠色市場的驅動力.....	20
圖 2-5 環境品質及產品品質間的衝突.....	22
圖 2-6 不同觀點對產品設計策略的影響.....	24
圖 2-7 環境化設計考量之策略.....	24
圖 2-8 環境化設計涵蓋的層面.....	25
圖 2-9 LCA 研究之四個階段(Phase).....	27
圖 2-10 以產品生命週期為基礎的評估觀念.....	32
圖 2-11 SETAC 歐洲分會建議之 LCA 簡化過程的示意圖.....	33
圖 2-12 通用(GM)汽車於 1950 與 1990 年代評估結果之標地圖(target plot).....	41
圖 2-13 環境化設計支援決策系統之架構.....	43
圖 2-14 AHP 操作程序.....	46
圖 3-1 導入 DfE 之關鍵因素.....	70
圖 4-1 生態指標(Eco-indicator)計算的程序.....	76
圖 4-2 產品生命週期的流程.....	77
圖 4-3 本研究架構之環境衝擊指標示意圖.....	78
圖 4-4 專案資料新增.....	81
圖 4-5 專案基本資料.....	82
圖 4-6 環境衝擊指標權重設定.....	82
圖 4-7 生命週期階段權重設定.....	83
圖 4-8 5×5 矩陣模式之給分介面.....	83

圖 4-9 進行 5×5 矩陣模式之資料盤查	84
圖 4-10 以標靶圖呈現出評估或比較後之結果.....	84

表目錄

表 2-1 環境化設計之優勢.....	19
表 2-2 執行環境化設計考量之議題.....	21
表 2-3 政府與企業單位應用 LCA 的情況.....	28
表 2-4 LCAs/SLCAs 適合與不適合之使用情形.....	34
表 2-5 孟山度公司之評估矩陣.....	38
表 2-6 道氏(Dow)化學公司簡化式生命週期矩陣之比率系統(Step1).....	39
表 2-7 道氏(Dow 化學公司之簡化式生命週期矩陣(Step2).....	39
表 2-8 AT&T 公司之評估矩陣.....	40
表 2-9 比較通用(GM)汽車於 1950 與 1990 年代之評估結果.....	41
表 2-10 AHP 評估尺度表.....	47
表 2-11 R.I.值表.....	50
表 3-1 產品環境化設計之優先策略與相關文獻.....	53
表 3-2 問卷樣本回收情形.....	54
表 3-3 問卷層級架構.....	56
表 3-4 導入與未導入 DfE 公司之基本特性.....	57
表 3-5 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣—影響構面.....	59
表 3-6 未導入產品環境化設計樣本之成對矩陣—影響構面.....	59
表 3-7 產品環境化設計各影響構面之權重.....	59
表 3-8 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣—環境的重要性.....	61
表 3-9 未已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣—環境的重要性.....	61
表 3-10 產品環境化設計各影響因素之權重—環境的重要性.....	61
表 3-11 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣—製造成本的投資.....	62
表 3-12 未導入產品環境化設計樣本之成對矩陣—製造成本的投資.....	63
表 3-13 產品環境化設計各影響因素之權重—製造成本的投資.....	63

表 3-14 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－產品設計的考量.....	64
表 3-15 未導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－產品設計的考量.....	64
表 3-16 產品環境化設計各影響因素之權重－產品設計的考量.....	65
表 3-17 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－附加價值的提升.....	66
表 3-18 未導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－附加價值的提升.....	66
表 3-19 產品環境化設計各影響因素之權重－附加價值的提升.....	66
表 3-20 已導入及未導入產品 DfE 之權重優先排序.....	68
表 3-21 未來導入 DfE 之情形(尚未導入 DfE 樣本).....	71
表 4-1 AT&T 公司評估矩陣之架構.....	75
表 4-2 產品生命週期階段.....	77
表 4-3 環境衝擊指標之準則.....	79

第壹章、緒論

第一節、研究動機與目的

從 1990 年代以來，環境議題持續受到國際的關注，此結果不僅導致綠色消費型態高漲，更讓該議題被列於企業優先管理的項目之中。Peattie *et al.*(1993)在其研究當中發現，前 50 大的英國企業有 78%的CEO認為綠色議題對於公司目前的營運是重要的，更有 82%的CEO_s覺得綠色議題在未來將更顯重要。從 2002 年起，台灣也已正式成為WTO的會員國之一，在此自由貿易的模式之下，國內企業除了能在此交易市場中與其他會員國進行雙邊貿易外，亦應避免因環保衝擊而造成的非技術性貿易障礙。而近年來，企業從原先受到國內法令條文規範壓力的被動做法，轉移到相關自發性環境規範的要求，此變遷將對企業的產品層面有著莫大的衝擊。例如：名列我國第三大貿易區的歐盟，將依據其所訂定的廢電機與電子設備指令(Waste Electronics and Electrical Equipment, WEEE)與限制使用危害物質指令(Restriction of the use of certain hazardous substance in electrical and electronic equipment, RoHS)法源綱領，從 2006 年起要求企業負起 70%-80%產品回收率，並且產品中不得含有相關的有毒物質(羅昌發、蔡宏明，2001)。除此之外，以綠色為主軸的供應鏈管理，也明定其供應商必須符合以綠色為訴求的環保性產品規範(例如：SONY Corporate-SS00259 規範)。因此，未來在產品規範上，以貿易制裁及供應鏈管理下的壓力將會凌駕於國內的法令之上，此情況勢必會對以代工為主的國內企業產生衝擊。

根據標準檢驗局委託台灣電子檢驗中心所做的研究顯示，截至 2002 年 7 月底為止，台灣電機、電子及資訊業已有約 65%的廠商受到國外客戶提出有關產品環保性方面的檢測或驗證要求，且其餘 35%的廠商亦認為未來極有可能會受到類似之要求(王正輝，2002)。因此，在此般綠色浪潮的助瀾之下，國際大廠(如 SONY, Volvo, Xerox, AT&T 等)紛紛投入於

對環境友善產品的研發，更利用 OEM 及 ODM 下的供應鏈關係，要求其所有上下游廠商配合製造出對環境無害的綠色產品。此亦顯示，將環境議題納入產品開發設計之中，已成為產品設計所要考量的關鍵策略，也就是說企業面臨此般環境與貿易規範的強大壓力，企業如能體認綠色產品的趨勢與效益，將環境化設計(Design for Environment, DfE)考量到產品中，就不須侷限在歐盟法令及綠色供應鏈的窘境，進而讓綠色產品的優勢佔領市場。Porter and van der Linde(1995)也認為在綠化的過程不僅會將對環境的危害降至最低，更會為公司的營運帶來競爭優勢。

一般而言，一項產品的生產，其百分之七十至八十的成本，皆取決於設計階段的決策(Kainz *et al.*, 1995)。因此產品設計的策略，將是影響成本最主要的關鍵因素，但要如何藉由設計的步驟來降低成本並落實環境保護，乃企業之重要課題。因此，環境議題從產品設計規劃的開始端，就應被整合至產品設計的決策程序，而不需擔憂可能會面臨的相關環保規範。鄧成連(1999)認為設計與一般企業策略是相互依存的且應視為企業策略的重點之一，運用正確之策略，設計方能發揮其功能與提高競爭力，並可為產品創造差異化，以因應市場複雜化、消費者需求多元化與科技精進等環境變遷。總的來說，以源頭管制在設計階段就研擬產品設計策略的環境化設計概念，被視為是協助產品在綠色行銷及消費浪潮下的良好工具，而如何將適當的策略導入綠色設計攸關整個產品的成功與否。但是，目前產品環境化設計的方法仍較著重於技術的層面上，反而忽略掉設計策略的重要性，而透過產品不同生命週期的設計策略，可以大大減少對環境的衝擊(Heo, 2001)，Maxwell and van der Vorst(2003)也認為將產品的永續性整合至改善企業營運績效的核心策略，會比處於被動的

計畫方案更具效益。

Helen *et al.*(2001)認為在環境化設計上，分析工具主要目的是希望透過產品或服務的生命週期，去洞悉(*insight*)環境衝擊的情況。而生命週期概念的應用與其評估技術的發展愈來愈受到國際各界之重視，在環保先進國家，尤其是歐盟各國已開始要求各種電子電機產品須進行生命週期評估，以減少環境負荷並達成永續發展之目標(呂穎彬，2003)。但由於完整之生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)工作歷程繁雜，且所需之資料庫過於龐大，因此在受限於時間、資源和資訊之窘境下，目前 LCA 之運用趨勢有逐漸轉以不做複雜的量化和評比分析，及在限制的範疇下所進行的簡化式(Streamlined)評估。顧洋(2002)於「本土化生命週期評估技術及其應用研究」中指出，現有國外的 LCA 軟體對國內產業界應用而言，都太複雜，目前完整的 LCA 評估模式並不適合於國內的過渡時期，因此以簡化式生命週期評估(Streamlined LCA, SLCA)應是比較可行的研究及發展方向。

諸如上述的緣由，本研究將透過廣泛的國內外文獻回顧，了解當前企業環境化設計之相關策略及做法之外，更利用問卷去調查國內 500 大製造業在導入產品環境化設計的做法，提出綠色設計的關鍵策略與建議。除此之外，更以簡化式生命週期評估為基礎，去建置一套產品環境化設計決策支援系統(Decision Support System, DSS)，做為評估綠色產品環境衝擊的輔助工具，以因應國際相關環境規範的要求。因此，本研究目的有下列三項：

- 一、經由文獻的探討分析，研擬出涵蓋環境的重要性、製造成本的投資、產品設計的考量、附加價值的提升等四大構面，去調查國內企業對於導入產品環境化設計概念的現況及意願。

- 二、依據上述的四大構面，去分析國內企業對於導入產品環境化設計策略之影響因子，萃取出目前我國企業在導入產品環境化設計之關鍵策略，進而從已導入及未導入產品環境化設計樣本中，進行交叉分析與比較其差異性，並提出建議。
- 三、了解各種 SLCA 的做法，並探討其適用時機，進而去發展一套以 SLCA 為基礎的產品環境化設計決策支援系統，最後再將該軟體實際運用於動態隨機存取記憶體(DRAM)產品的環境衝擊評估上。

第二節、研究內容與範圍

本研究之內容與範圍如下：

- 一、本研究透過文獻資料的探討，了解產品環境化設計已經成為目前國際間因應綠色浪潮的重要工具，而為了去探究國內企業對於執行產品環境化設計的情況，將以「環境的重要性」、「製造成本的投資」、「產品設計的考量」、「附加價值的提昇」四大構面，作為問卷之層級架構。
- 二、在問卷調查的範圍上，是針對國內前 500 大製造業的產品設計或研發單位的相關主管做為填答對象，而回收問卷之資料是以利用分析層級分析法(AHP)作為其分析工具。
- 三、經由文獻回顧資料的剖析，目前以簡化式生命週期評估為基礎的矩陣評分系統，被多數企業用於自我產品環境衝擊評估上。因此，本研究將以 AT&T 所以自行開發的矩陣式評估模式作為基礎，再結合 Eco-indicator99 的環境衝擊指標來建置決策支援系統。
- 四、在決策支援系統的建置上，將利用透過視覺化培基語言(Visual Basic, VB)作為撰寫工

具，去完成視窗版之操作介面，最後再將該軟體實際運用於國內某科技公司所生產之動態隨機存取記憶體之評估上。

第三節、研究方法與流程

本研究主要是著重於產品綠色設計議題上，去探究產品環境化設計的策略及決策支援系統的建置。因此，在整個研究方法上是以採用文獻分析法、問卷分析法、個案分析法及軟體系統之建置(圖 1-1)，來達到本研究目的之方法。其闡述說明分別如下：

一、文獻分析法

蒐集目前國際間產品環境化設計策略及簡化式生命週期評估之相關資料，經由產品不同設計策略之比較，作為問卷設計之參考基石；並分析國際間簡化式生命週期評估工具之相關應用，進而從跨國企業所普遍使用的矩陣式評估方法中，去建置能夠作為輔助產品環境化設計的決策支援系統。

二、問卷分析法

以郵寄問卷的方式，針對天下雜誌 2003 年所統計的國內前 500 大企業作調查，將以涵蓋環境的重要性、製造成本的投資、產品設計的考量、附加價值的提昇等四大構面，來了解企業在面臨綠色浪潮壓力及既有設計的考量下，研擬最佳的產品設計策略。再將回收的問卷資料透過層級分析法(AHP)的分析，以了解在不同因素的考量之下，企業最優先考量的設計策略。

三、個案分析法

本研究將以自行開發的簡化式生命週期評估軟體，進行實際案例的研究分析，作為產品設計的輔助性評估工具，以確認產品重大環境衝擊的部分，讓企業也能夠依據此軟體輔助評估的結果，了解公司自我產品的環境特性，落實污染「持續改善」的精神。

四、軟體系統之建置

該軟體系統建置的主要目的是期望開發出一套能降低成本、簡易操作及涵蓋產品生命週期階段的簡化式生命週期評估軟體，讓企業能迅速地找出有關產品的重大環境衝擊，並落實「持續改善」的精神理念。因此，在生命週期階段(製造前、產品製造、運輸、使用維修、棄置)是以參考 AT&T 的矩陣架構，而五大環境衝擊指標(原料選擇、能源使用、污染物、生態衝擊、人體健康)乃是結合 AT&T 及 Eco-indicator99 指標，進而透過視覺化培基語言為操作介面的模式，去撰寫視窗版及達到簡易操作的功能取向，開發一套普遍適合國內企業從事環境化設計之實用暨簡易的決策支援系統。



圖 1-1 研究方法之流程圖

第貳章、文獻回顧及探討

第一節、產品環境化設計

一、環境化設計之定義及範圍

綠色設計(Green Design)、環境化設計(Design for Environment, DfE)、生命週期設計(Life Cycle Design, LCD)、環境相容性產品設計(Environmentally Compatible Product Design, ECPD)、環境友善設計(Environmental Friendly Design)、生態設計(Ecodesign)及永續設計(Sustainable Design)，皆著重於環境觀點的基礎之上，主要為整合環境考量面於產品開發的過程上，並藉由環境化設計工具來減少產品對環境的衝擊與管理環境問題。這些名稱皆為概念式的定義，以下茲針對學者對環境化設計的定義，分別闡述如下：

1. Fiksel(1996)將環境化設計定義為：以系統化的方式考量其設計績效，並將環境、衛生與安全等考量面納入產品及製程之所有生命週期中(DfE as systematic consideration of design performance with respect to environmental, health, and safety objectives over the full product and process life-cycle)。
2. Allenby(1995)將實務面環境化設計定義為：開發環境相容性產品與製程時，需維持其產品、價格、效能與品質的標準(Design for Environment practices are meant to develop environmentally compatible products and processes while maintaining product, price, performance and quality standards)。
3. Yarwood and Eagan(1998)將環境化設計定義為：以系統化的方式，將環境特性合併至產品設計的程序中(Design for Environment is a systematic way of incorporating environmental

attributes into the design of a product)。

簡言之，環境化設計乃是透過考量產品生命週期的潛在環境衝擊，避免受到環境規範的波及，進而保有其競爭優勢。而產品潛在的環境衝擊範圍，可從原物料使用的情形、毒性化學品的逸散、不可再生資源的消耗及過度的能源使用皆然。而要改善此種生產程序對環境的影響，並將環境衝擊作為考量的依據，就必須採用生命週期觀念的做法，考量產品生命週期階段與環境之間的相關性。一般而言，一個完整生命週期包含了製造前(零件、原料提煉)、產品製造、運輸及包裝、使用與維修及最後的處置階段(圖 2-1)。製造前階段，就是產品製造時所必須使用的零件及原物料；而產品製造則是涵蓋公司所有的生產流程，直至產品包裝之前；運輸及包裝是將產品透過運輸系統送達消費者的手中，及產品在運輸過程所使用包裝原料；使用期間是指消費者從開始使用產品至產品棄置前，當然也包括產品維修在內；最終處置則是希望產品能夠回收、再利用及再製造，進而降低廢棄物的產生。

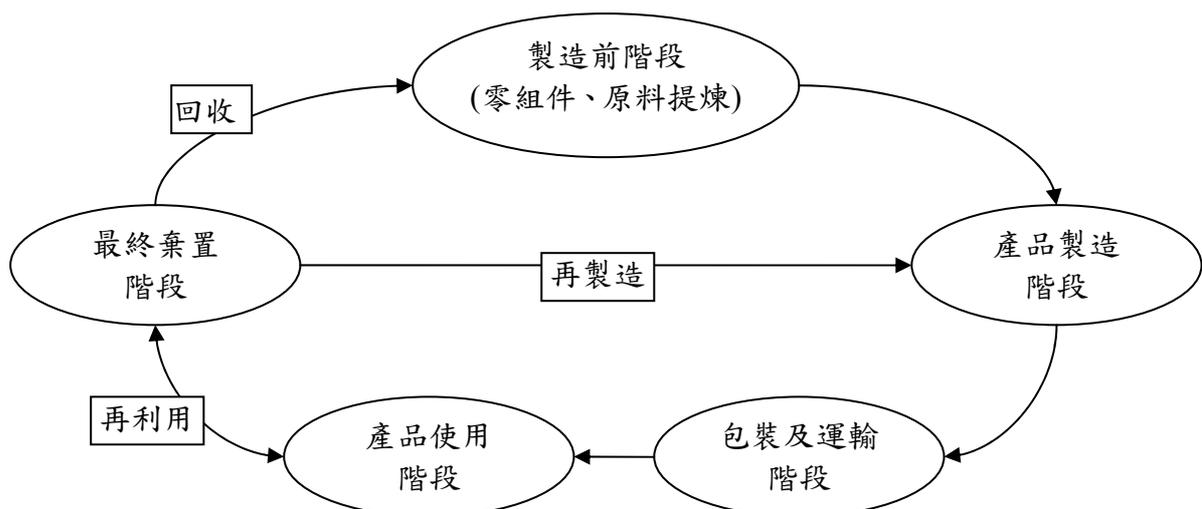


圖 2-1 產品之生命週期
(資料來源: Yarwood and Eagan, 2001)

在產品的開發過程，公司不應僅著重於遵守環境相關規範的承諾，而沒有開發或採用相關的因應技術，那麼企業就必須承擔潛在龐大的代價與風險。例如：在生產過程中，若將危害性原料所產生的廢棄物妥善處置或移除，那麼有害廢棄物的風險成本，將可大大的降低。而在整個產品的設計階段中，產品潛在的環境衝擊所隱藏的環境責任，皆需在適當的時間下被提出。因為，一個產品中如果含有鉛、汞、六價鉻或鎘等重金屬，不僅移除這些有毒物質困難，其產品更難被其他國家接受，屆時其所需負擔的責任及損失將更嚴重。面對層出不窮的環境議題，企業所考量的不應只是單一面向，更應以產品的所有生命週期階段作為決策依據。而環境化設計的目的也就是去結合原本兩個單獨功能的橋樑—產品開發與環境管理，使之更緊密的結合。

二、產品環境化設計之演變歷程

談及環境化設計的沿革，就不得不了解產品設計的歷史背景。產品設計的演變，可以經由時空背景的轉移而衍生出的設計技術中，有所了解(圖 2-2)。遠古時代開始，當時產品設計乃是作為人類防護及生存工具，完全是以自製自用為出發點。因此，在無任何利害相關者的壓力之下，當時產品設計之優劣僅與產品製造者有關。接續的是必須依賴技術卓越的工匠，來完成製造、設計、配製及品管等多重程序的工藝時代，在此時期的產品零件必須經由整修後，才能組裝為產品，因此並無法進行大量生產且其成本也相對較高。但由於產品製造程序必須獨立完成整個零件的組裝，所以當時產品的製造者就必須具有多方設計考量的思維，也就是 DfX(Design for X)的概念。由於 Eli Whitney 在 1794 年時取得須於兩年內完成一萬隻毛瑟槍的訂單，而發明了軋棉機。但過去只能依靠少數

技術卓越的技師來完成，且零件無法相互更換，因此他想到替每個零件先製作標準模型，然後利用類似於銑床的機械，建構出一致系統(Uniformity System)的生產模式，讓整個生產模式正式邁入分工合作的量產時期。而正式邁向生產線作業方式，則是亨利福特在1913年所開創出的移動式生產線(Assembly Line)，此技術不僅降低汽車生產過程的成本及對個人工藝的依賴，也讓生產制度進入另一個境界。

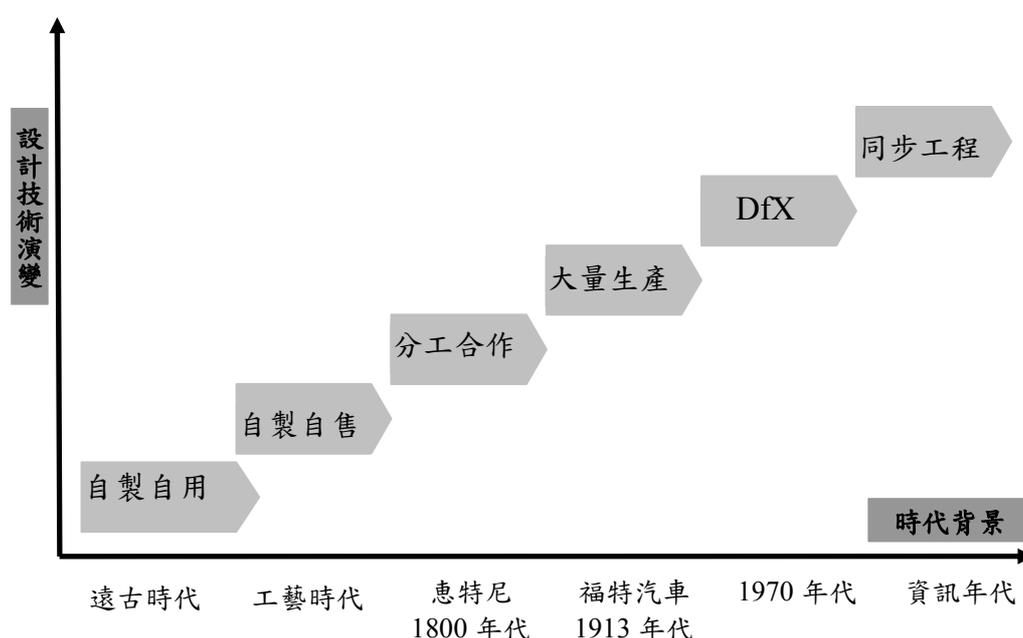


圖 2-2 產品設計之發展歷史

(資料來源：整理自DfX的家，home.kimo.com.tw/dav00hsu/)

從1970年代開始，許多DfX的觀念被設計方面的專家學者們相繼的提出，涵蓋了為組裝設計(Design for Assembly, DfA)、為製造設計(Design for Manufacture, DfM)、為拆卸設計(Design for Disassembly, DfD)、環境化設計(DfE)及為品質設計(Design for Quality, DfQ)等，且皆是DfX的一部分。其主要目的是希望在產品生命週期中，針對不同的需求而提出不同的設計考量，進而提升產品的設計能力。就誠如「DfX」英文的雙關語一樣，是意指卓越的設

計 (Design for eXcellence) 或泛指達成各種設計目標的方法之意涵 (DfX 的家，home.kimo.com.tw/dav00hsu，2003)。而整個DfX的發展歷程(圖2- 3)，可從奇異公司(GE)所出版的《Producibility Handbook》一書說起，書中累積了大量的製造資料，並且提供製造設計者作為有效率設計的製造知識(Kuo *et al.*, 2001)。隨著在1970年代時期，Boothroyd and Dewhurst學者提出了DfA的概念，而在1980年代Stoll學者也根據DfA觀點，另外闡述DfM的新理念。爾後，一些有關DfA、DfM或(DfMA)的研究也相繼的出現，這些研究中更顯示出實施DfA或DfM可以使得產品簡單化、減少組裝及拆卸的成本、改善品質及減少及時上市時間等優勢。近來，由於環境議題及強調回收階段的拆卸程序越來越受到注視，且透過產品創新的思維，來降低產品生命週期的成本，也被視為是製造工業中不可缺少的一部分。因此，研究者開始將研究方向著重於為拆卸設計、環境化設計與為生命週期設計(Design for Life-Cycle, DfLC)上。

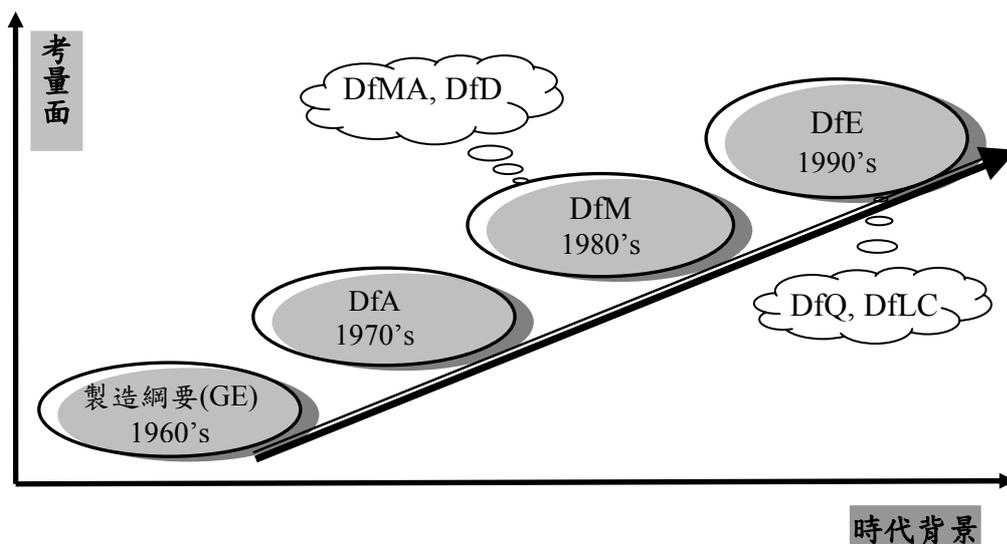


圖 2- 3 DfX 設計技術之發展歷程
(資料來源：修改自王壬，2002)

1990年代開始，就陸續出現有關為X設計(DfX)方面的研究，所包含的層面非常廣泛且並沒有做任何有效的管理，因此不管是為組裝設計、為製造設計、為拆卸設計、環境化設計或為生命週期設計，皆視為為X設計的一部分(Kuo et al., 2001)。以下就分為針對各種不同的設計理念，分別闡述：

1. 為組裝設計

為組裝設計概念是由 Boothroyd and Dewhurst 在 1970 年代後期所提出的新概念，其訴求是希望藉由產品設計來降低產品組裝的時間，並且利用組裝系統的最佳化來達到組裝上的經濟效益(降低成本及時間)。因此在組裝設計的指引中，產品零件數的降低及組裝容易兩大方向，是組裝準則中兩大不變的主軸。Ishii and Eubanks(1993)提出，如果以組裝的觀點來看，產品組裝時間及效率所評估的結果，將是了解產品設備需要做何種改變的最佳機制。而 Waterbury(1985)的研究也指出，將為組裝設計(DfA)的理念作為縮短組裝時間的指導綱要，那產品設計的改變將會導致成本的減少。

2. 為製造設計(DfM)

由於為組裝設計(DfA)理念的延伸，將將產品設計的目標及限制，考量至產品的製造中，而延伸出的DfM的觀念，同時。以產品零件的製造而言，適當製程選擇的基礎乃是著重於零件屬性與不同製程之間的相容程度。近年來，許多為製造設計(DfM)的研究都已著立於機械組件、射出成形(injection molding)、金屬片衝壓(sheet metal stamping)、印模鑄造零件(die cast parts)及粉末零件(powder parts)等領域(Kuo et al., 2001)。並且在應用上更結合CAD/CAM系統，進而發展出以電腦為基礎的設計系統。

3. 為拆卸設計(DfD)

在過去，產品及機械的設計只考量組裝及製造的情況，但隨著工業化國家越來越注重產品的回收性。因此為拆卸設計(DfD)的過程中，也就是設計者需將產品零件的拆卸及回收特性，加諸於產品設計之中，以利於產品零件的拆卸，而提高產品回收再利用的程度。Subramani and Dewhurst(1991)也發展出三種與為拆卸設計(DfD)最常應用的決策做法，分別為：所有附屬零件不可加以固定、找出會讓拆卸過程順利成功的零件及成功拆卸的零件。

4. 為品質設計(Design for Quality, DfQ)

在1983年時，Crow專家提出為品質設計(DfQ)之目標為滿足消費者需求的產品設計、對產品製造的潛在影響降至最低及持續改善產品的信賴度、績效及技術三大方面。近來的研究皆認為品質機能展開(Quality Function Deployment, QFD)法，是運用於為品質設計上的最佳技術，因為品質機能展開法是將消費者聲音(Voice of Customers, VOC)轉為產品設計的工程特徵(Voice of Engineers, VOE)。

5. 環境化設計(DfE)

環境化設計(DfE)是除了以產品製造及組裝作為考量方向之外的設計思維，但也是企業作為因應綠色浪潮之下的最佳模式。產品的良窳攸關企業的行銷市場，但產品的環境特性卻是影響著消費者的生活品質，因此環境化設計(DfE)的範圍涵蓋了環境風險管理、產品安全性、職業安全衛生、污染預防、資源保育、防止意外及廢棄物管理(MCC, 1993)。而 Horvath et al,(1995)也將環境化設計的目標分為三大方面：(1)將不可再生資源的使用降至最低；(2)有效率地管理再生資源；(3)將釋放至環境的毒性降至最低。

產品「環境化設計」有系統的理念擴張，始自 1990 年代初荷蘭的戴魯夫特工科學大學 (Delft University of Technology) 以西歐為中心開始擴展，當時主要以綠色設計 (Green Design) 為名，發展迄今已被公認為是由源頭降低環境衝擊並保障經濟效益的有效方法 (洪明正，2002)。1992 年時，一群美國電子公司的研究人員也嘗試將環保的訴求納入其產品之研發中。而自 1994 年起，美國環保署開始推行 DfE 計畫，而其名稱發展，也從起初的綠色設計、環境化設計，到後來的生命週期設計 (LCD)、環境健全或友善設計 (Environmentally Sound or Friendly Design) 與環境責任設計 (Environmentally Responsible Design) 等詞彙。英國環境化設計專家 Charter (1997) 的研究中提及美國在綠色設計的概念，皆採用環境化設計一詞，並將環境化設計定義為：以系統化的程序透過環保良知 (Conscious) 的方式，納入公司產品或製程的設計中 (Design for Environment is the systematic process by which firms design products and processes in an environmentally conscious way)；歐洲乃是採用生態設計 (Ecodesign)，並將其定義為：在產品開發過程中，環境將有助於確認設計決策的方向與輔助角色的扮演 (The environment helps to define the direction of design decisions and the environment becomes a copilot in product development)。

除了名詞的演變之外，設計觀點的變革也從“綠色 (Green)”型態，轉變具有經濟及環境雙重效益之生態 (Eco-)，也就是演變的過程擴及了對理論及實務的影響範圍。而名詞型態的意涵隨著環境的趨勢而有所不同，但其基礎仍著重於環境衝擊的考量。而隨著技術工具的成熟，環境化設計的面向不應只侷限於環境面，更要加上企業營運成本策略的經濟層面與消費者對綠色產品認同之社會考量層面，綜合而出的結果乃是近來為大家所認同的概

念-永續設計。所以環境化設計，並不意味著僅僅只是產品的環境化設計或只考慮環境的因素而已。在未來，環境化設計(DfE)將其他設計的考量因素整合為產品開發過程的一部分。例如，產品的經濟性、環境的考量、重量和大小、顧客的要求、製造程序和產品功能的需求等功能。此亦為國際標準組織公告實施之ISO14062標準—整合環境考量面於產品設計與發展(Integrating Environmental Aspects into Product Design and Development, IEAPD)的主要考量與目的。

三、產品環境化設計之效益

加拿大的國科會(National Research Council, 2003)認為環境化設計不僅可提供企業強化環境績效的機會，更可改善公司盈餘、降低產品及服務對環境的衝擊、原料使用及能源消耗的效率、改善廢棄物管理及污染預防系統、鼓勵良好的設計及創新、減少成本、消費者的需求及增加產品的市場佔有率。Yarwood and Eagan(1998)認為公司在面臨法令規範、消費者、環保團體、工會等相關利害者的壓力下，驅使企業從事於產品環境設計的行為，此過程不僅為公司解決了內外的環境壓力，更可改善設計、降低成本與及時上市、提升市場定位、降低法令的影響、減少未來的責任及改善環境績效等優勢上，如下：

1. 改善設計

除了傳統設計所要考量的層面外，環境化設計更強調其他的設計屬性(成本、大小)，讓製造者藉此型態來改善及提升產品的績效，並於逐漸形成的全球環保浪潮及綠色消費需求中，確定市場的定位。而具體化的環境化設計概念就誠如其他的設計參數一樣，也可作為改善產品特性的依據。以全錄(Xerox)公司為例，在其產品環境化設計的實務，就將其公

司影印機的多數配件加以重新設計，其中包含少數不同的原料與容易移除的設計，此結果讓全錄公司對影印機的配件能夠加以回收與維修並且重新再使用，不僅降低固體廢棄物的產生，更節省了成本的開支。

2. 降低成本與及時上市

透過設計程序將有害物質排除，製造者可避免因檢驗許可程序所延誤的上市時間，在此同時，公司可限制或取代相關的有害物質，以節省成本並泯除高額的處理費用。

3. 提升市場定位

藉由提高產品的綠色度，替公司拓展額外的市場，是環境化設計的競爭優勢。而隨著綠色消費的潮流，各國政府也相繼對環保產品的採購方式訂定其綱要，以台灣為例，政府採購法中允許百分之十的價差，來購買具環保性的產品，並也規定公家機關必須採購一定比例的環保產品。所以開發對環境友善的做法和產品，不僅可建立公司環境責任的企業形象，更可以讓產品所具有的環境特性，成為產品市場選購的判定特徵。

4. 降低法令的影響

環境化設計能幫助公司即早預期未來的環境壓力及規範，並藉由前瞻性的做法負起相關的環境責任，以利企業確保自我在同產業之間的優勢。另一方面，企業可將未來的環境壓力及規範，併入目前的產品及製程的設計程序，以避免在將來所要面對新法規或消費者要求的壓力，而造成企業營運的障礙。實施環境化設計方案可以幫助製造者確認污染及廢棄物來源，但這些存在著成本考量的因素，因為原料的產生及廢棄皆需經提煉及處置的成本，但透過環境化設計來減少污染及廢棄物，公司可以利用不同的生產程序，產出成本較低廉的同種

產品，因為我們可以將有毒原料限制在製造製程中使用，那麼就可以替公司節省下大量的時間及金錢。

5. 減少未來的責任

移除潛在對環境的危害，可以避免衝擊之下的責任。且在產品製造及設計之中將有害物質加以限制，更可幫助產品的回收，而公司也可因此避免掉產品棄置階段的成本支出。除此之外，將有害物質自製程之中移除，公司所呈現的效益，將不只是減輕未來環境壓力的責任而已，更可降低營運的成本。

6. 改善環境績效

環境化設計不僅可提升公司的經濟效益，更可符合法規的要求。近年來，為了追求經濟成長卻忽略了工業活動對環境產生的衝擊，而除了區域性污染問題的衍生外，國際間的污染事件更是關注的焦點。如：臭氧層破壞、溫室效應、酸雨及人類健康等問題，皆危害著全球人類的生存問題。因此優越的環境績效乃是產品製造者所要展現的企業關懷，也是企業永續發展的基石。

從改善產品設計特性的開端，至增加產品市場的競爭優勢，進而達到改善環境品質及落實對永續社會的關懷，皆是環境化設計所呈現的附加價值。而在環境化設計的優勢上，絕大部分企業的認知皆只侷限於會對環境績效的提升有所助益，卻忽視環境化設計在經濟效益上所扮演的角色及實質的績效。Hill(2001)在「Product Innovation The Green Advantage: An Introduction to Design for Environment for Australian Business」提出，環境化設計不只是作為改善環境品質的策略而已，更是開創重大市場行銷潛力的助力。在其所提及的環境化設計及

所呈現的效益，分別為以：經濟優勢(Economic Benefit)、營運優勢(Operational Benefit)、行銷優勢(Marketing Benefit)三大方向(表2- 1)，做詳細的闡述。

表 2- 1 環境化設計之優勢

種類	項目
經濟優勢 (Economic Benefit)	鞏固全球性的競爭力
	減少產品的成本
	改變決策策略
	提升公司價值
	確認新的營運商機
	獲得供應商的優勢
營運優勢 (Operational Benefit)	改善法令之間的關係
	利用責任管理
	建立競爭力
	提升員工士氣
行銷優勢 (Marketing Benefit)	滿足顧客的需求
	改善產品及產品差異化
	增進大眾關係

(資料來源：整理自Hill, 2001)

因此，越來越多的管理者確信將環境衝擊加諸於產品設計的決策之中，對公司會產生實質的幫助。不僅如此，國際的污染防治管理措施也從原先的管末處理、製程改善演變至以源頭為管制的管前設計，而環境化設計概念正是此落實者。因此，許多跨國企業皆積極投入於綠色產品的研發及設計，從Xerox, Electrolux, Bosch, BMW, Philips, Volvo, HP, IBM, Volkswagen等公司相繼投入相當高比例的經費於新製程、生產技術與設計方法當中，不難看出正有許多壓力與優勢正驅使著企業投入於綠色市場(圖2- 4)。而從綠色消費意識、綠色行銷趨勢及綠色採購優惠下，DfE不僅可從要求端去符合各種有關於綠色產品的規範，更可從競爭激烈的市場端去營造綠色優勢。

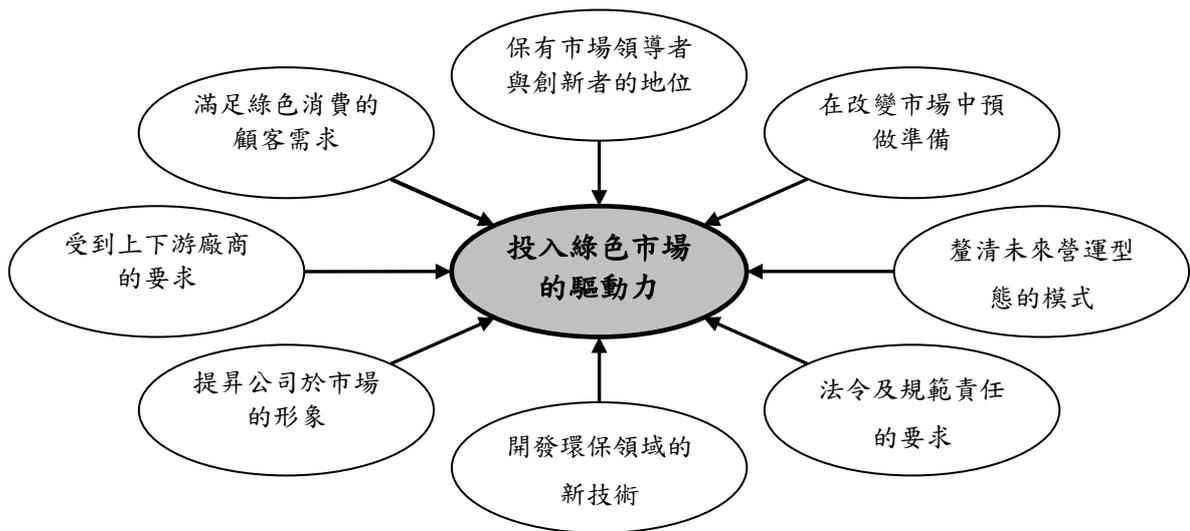


圖 2- 4 企業投入綠色市場的驅動力

(資料來源: Helen *et al.*, 2001)

四、產品環境化設計考量之策略

環境化設計觀念為大家所認同，但如何將環境化設計的理念與企業本身的營運策略相結合，考驗著公司在執行策略的因應態度。因為公司在執行此方案之前，應該先就公司目前的政策、技術、目標及產品定位等因素，做一通盤的查核，然後再依據整個評估的結果，來作為實施環境化設計的參考依據。因此，在環境設計的執行之前，需將所有的議題審視一番，才能為公司的環境化設計方案掌握最佳的契機。在歐洲與日本中，也有越來越多的跨國企業都以整合環境良知(*conscious*)之技術與產品，作為公司未來競爭力的策略。從許多成功的實例中得知，環境化設計策略的建立，是期望透過產品開發的步驟、系統化的方式及製程，導入於設計團隊的思維之中。因此，公司在執行環境化設計之前，必須考量公司的屬性並檢視企業內部所訂定的策略目標，再確立未來產品於市場中所要呈現的定位。Fiksel(1996)曾就企業在執行環境化設計之前所必須考量的議題上，列出五大方向(表2- 2)，再分別從五個大方

向中去檢驗公司目前的狀態，就可以清楚了解目前是否合適於從事環境化設計的計畫。但如果還不到成熟的階段，企業也可藉此查核的方式，知道未來應該在哪方面更加努力，以利往後的執行工作。

表 2-2 執行環境化設計考量之議題

考量議題	項目
企業的積極性 (Business motivations)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 企業本身是否有一個或多個單位認為環境化設計可以成為競爭力的因素之一？ ■ 企業的消費者是否在產品或製造營運的環境績效上，表達其堅定的立場？ ■ 企業是否已經預見規範及新標準的改變，將會影響公司生產、運輸與支持產品的能力？
環境立場 (Environmental posture)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 企業的環境政策或責任宣言，是否支持環境設計的執行？ ■ 企業是否準備從承諾驅使的態度轉成主動的環境管理？ ■ 企業是否已經訂定好公司環境改善的目標？ ■ 企業如何將環境化設計行動與目前的產業計畫相契合？ ■ 何種環境衝擊比公司及產業的形象更重要？
組織特性 (Organization characteristics)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 企業是否已計畫去執行環境管理系統(EMS)並且合併到目前內部的管理系統？ ■ 企業是否已經在產品的開發過程實施同步工程，並且成立跨部門的設計小組？ ■ 企業是否已經具備管理產品及製程品質的系統，並且可延伸為公司的環境態度？ ■ 企業是否具備合適的組織資源，來支持環境及產品的管家(stewardship)制度？ ■ 企業是否建立適當的責任與獎勵制度，作為環境改善的誘因？
目前的經驗 (Existing experience)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 何種成就使得企業必須著重於綠色設計，且何種實務性議題及障礙是企業會遭遇的？ ■ 企業目前是否有完成任何產品或廠房的生命週期評估？ ■ 企業是否已建立起原料回收、資源保護、廢棄物減量或產品再生的計畫與技術？ ■ 企業是否在污染預防與環保化的製造中，實施任何方案？ ■ 企業是否企圖將環境品質量測及管理系統導入營運中？ ■ 企業是否已經發展出任何有利於環境化設計的技術，例如：以電腦為基礎的模式或提供決策的工具？
策略性目標 (Strategic goals)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 企業是否可以描述任何的實例，且指出環境化設計將會為公司的利潤及發展做出貢獻？ ■ 企業是否可在產品或製程中，確認出令人滿意的環境改善？ ■ 企業在追求環境化設計商機的同時，是否考量供應商及消費者的重要夥伴或聯盟？ ■ 企業是否值得在員工、消費者、供應商、社會及其他的利害相關者中，強化其環境意識？ ■ 企業是否準備朝著生命週期環境的會計制度邁進，並且以作業基礎成本(ABC)來顯示真實的成本及利潤？

(資料來源:摘錄自 Fiksel, 1996)

一般上，公司如果要為自己的產品進行環境化設計方案，並且使產品能夠符合市場的需求，亦不因任何環境的因素而產生衝擊。那除了產品的設計工程師必須明瞭產品於行銷市場上的定位外，採購人員也應該清楚地了解與產品相關的環保法規，以避免採購決策的錯誤，而導致公司的產品受困於各種環保法規的限制之下，進而影響產品與各國的貿易過

程。從傳統的設計思維當中，不難看出產品設計的前提是以市場行銷趨勢及成本掛帥，但隨著時空的演變，使得綠色行銷、綠色採購及環保規範等大環境之下的趨勢，讓公司必須再將環境因素納入產品的設計環節上。而在採購方面，採購人員也先需要了解產品中的每個零件是採用些什麼材料，並且需要確認它是否符合新法規的要求。但依據不同產品的特性，將環境議題整合至不同的產品上，可能會有所衝突。因此，環境化設計的結果，是不希望在改善環境品質的同時卻造成產品品質的劣化，而是能夠在價格、品質等多方條件的兼顧下，使得產品的環境特性(例如：提高產品的回收能力)能有所提升。所以設計者的目標應該是要開發出可以提升產品的環境特性，又不損及產品的其他特性。以產品的設計而言，產品特性就是設計決策中針對產品的市場定位，所考量的因素。而產品環境特性的改善必須結合成本及品質要求條件的同時，可能會造成環境品質與產品品質之間的衝突。從圖 2-5 可知，在理想的狀況下，我們想要達成的目的是希望在改善環境品質時亦可提升產品品質的 A 區；另一方面，是環境品質改善會略優於產品品質的 B 區；再者是產品品質改善會劣於環境品質的 C 區，也是最不盡理想的情況。

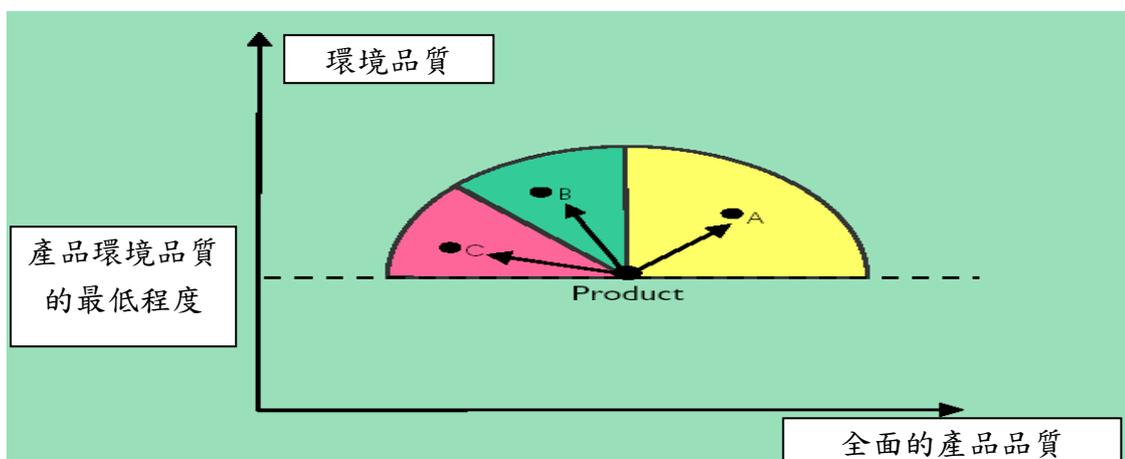


圖 2-5 環境品質及產品品質間的衝突

(資料來源: Kärnä, 1998)

策略可說是企業的最高指導原則(湯明哲, 2003), 依其階層可區分為公司的策略(Corporate Strategy)、企業的策略(Business Strategy)與功能性部門策略(Functional Strategy), 而功能性部門的個別策略誠如: 研發策略、行銷策略、產品策略。Copper and Press(1995)強調策略可為競爭激烈的環境指引公司應走的方向與重點, 並透過產品差異化來因應市場區隔的複雜化與消費者多元的需求。Porter(1985)更透過其個案研究發現, 低成本領導策略(Cost leadership)、產品差異化策略(Product differentiation)與焦點策略(Focus), 是決定競爭優勢的關鍵。總的來說, 必須依其屬性、功能與目標的不同, 來研擬適切的策略, 否則將無法發揮最佳效益。以產品設計而言, 設計策略是能有效地分配與協調設計的資源與行為, 去完成公司的目標(Olson, 1998)。以目前在產品環境化設計上, 設計策略存在著兩項最大的癥結點, 其一為: 企業觀點的衝突, 因為獲利是企業生存的基本條件, 過去主要是以財務、社會與競爭作為產品設計策略或政策的考量因素(圖2-6), 但在環境意識逐漸高漲的趨勢下, 將環境因素考量至產品設計的策略, 將是無可避免; 另者為: 跨組織團隊的整合, 因為傳統產品設計大多由公司研發或設計單位所負責, 但現今綠色產品考量的不再是單一層面, 而是需要從能符合市場需求、企業利益與環境規範的複雜因素中(圖2-7), 去選擇具有優勢的設計策略, 致使跨組織團隊在綠色產品設計上有其必要性。因此, 企業必須在面臨新的挑戰壓力及公司內部的組織特性與觀點上, 從眾多考量因素中做權衡(trade-off), 進而去研擬出可以創造商機與競爭優勢的策略。Fiksel(1996)也認為環境化設計不應只是侷限於環境面的考量上, 仍應將功能性、成本、衛生與安全等面向, 納入產品及製程的生命週期中(圖2-8)。

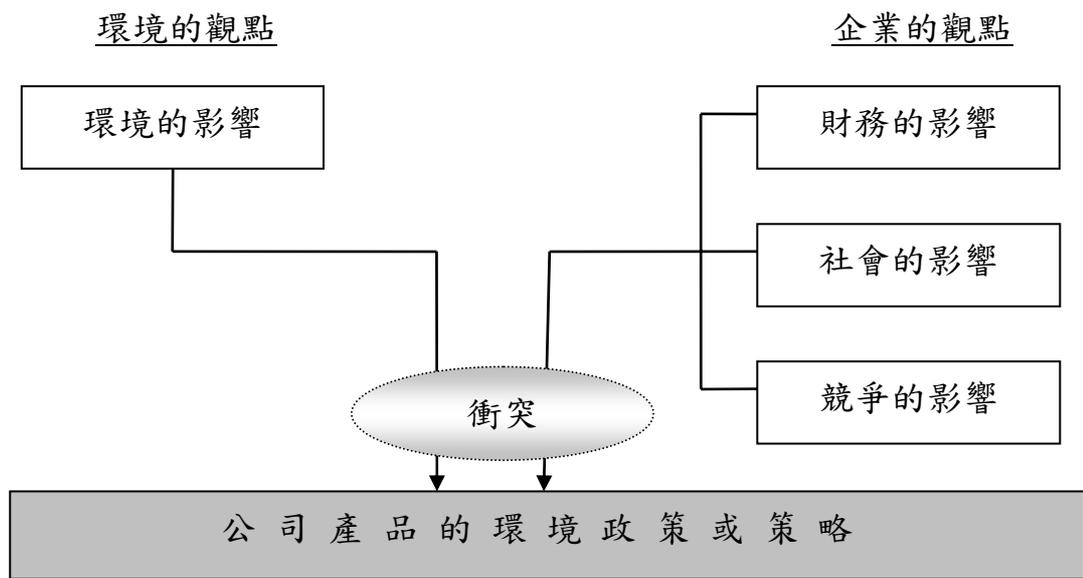


圖 2-6 不同觀點對產品設計策略的影響

(資料來源：修改自 Rodrigo and Castells, 2000)

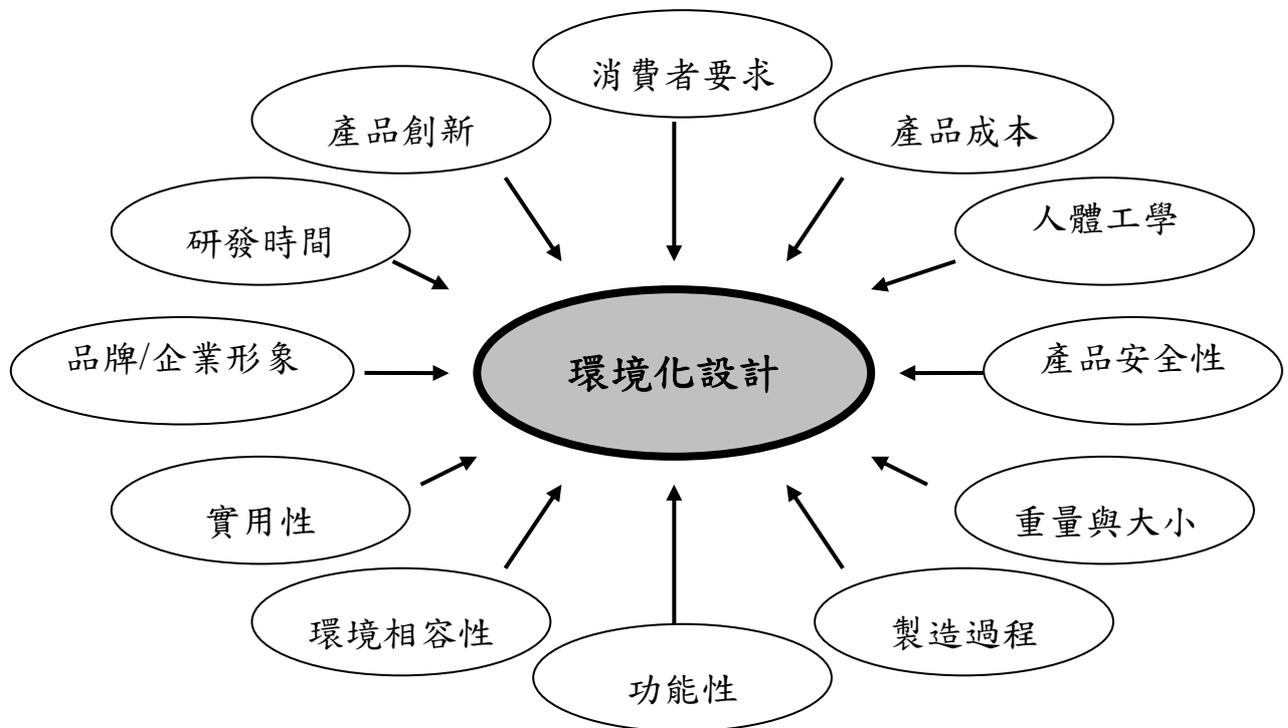


圖 2-7 環境化設計考量之策略

(資料來源：修改自 Rodrigo and Castells, 2002)

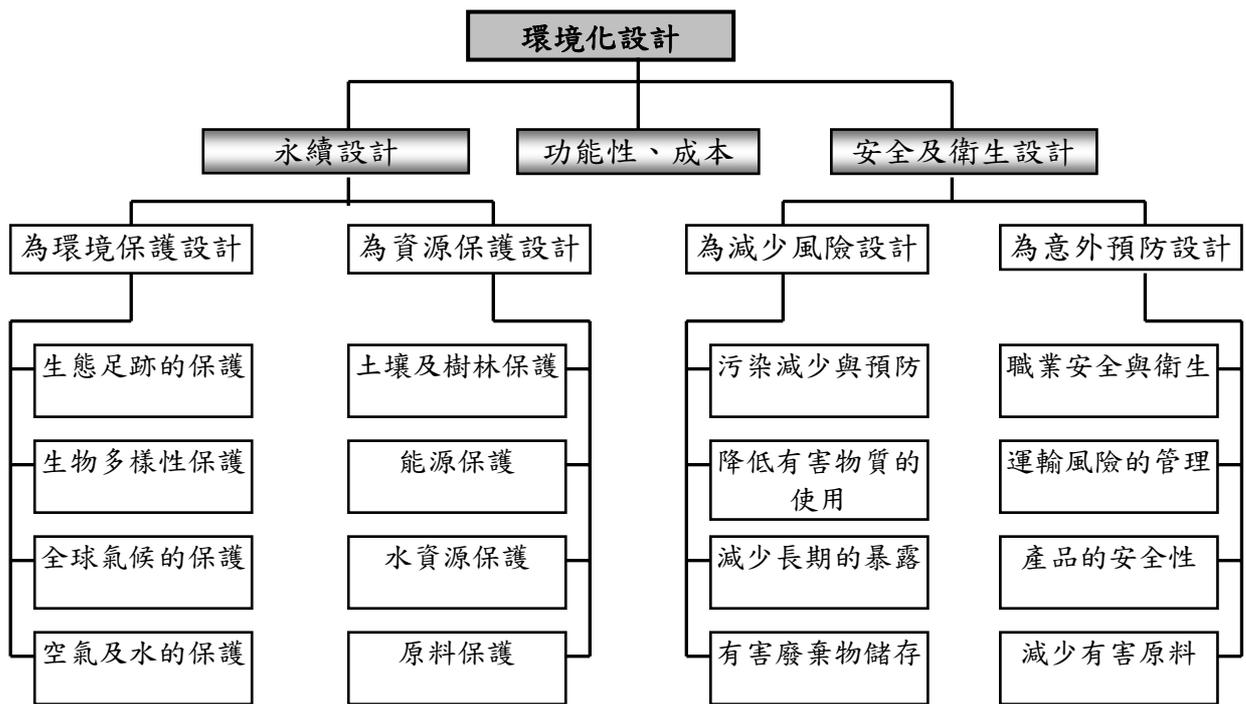


圖 2- 8 環境化設計涵蓋的層面

(資料來源:修改自 Fiksel, 1996)

第二節、簡化式生命週期評估

產品環境化設計的優先步驟之一就是評估產品對環境的衝擊程度，在此之中又以運用在產品或服務評估的生命週期評估(Ong *et al.*, 1999)，為最多人使用之工具，其他還包括簡化式生命週期評估的矩陣式評估系統(Todd, 1996)。任何一種評估工具的選擇必須符合該計畫的目標、範圍與預算等因素，再從工具本身的時間性、成本及效能(effectiveness)來加以探討，才能選擇最合適的運用工具。環境評估能作為產品設計者與相關決策的基礎，而環境化設計分析工具的主要目的是期望能透過產品生命週期，來剖析環境衝擊的概況，進而獲取設計的智慧。因此，工具的選擇將攸關產品設計決策的優劣，而如何在考量相關因素

下選用最佳的輔助工具？本章節將從生命週期評估的運用與困難，去引導出目前國際間另一研究重點—簡化式生命週期評估，特別是在矩陣式評分系統。

一、生命週期評估之發展情形

生命週期評估的興起及應用，一般認為係起始於 1969 年時可口可樂公司委託美國 MRI 公司 (Midwest Research Institute) 進行比較各類容器之資源耗用與環境污染排放之研究(李育明, 2000)。從 70-80 年代之間，整個 LCA 的研究領域著重於廢棄物、能源及容器的評估上，其中又以淨能源分析(Net Energy Analysis)為早期主要研究的領域之一，以考量產品製造過程所需的能源情形。而從 1990 年代以後，國際間有愈來愈多對於生命週期評估的相關報告及研究被提出，為了反應出當時環境對 LCA 運用資訊的需求，環境毒理與化學協會 (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC)的北美及歐洲分會在 1993 年於葡萄牙舉辦名為「Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice」的研討會(SETAC, 1993)。近年來，與 LCA 相關的指導綱要及準則資料，主要是以國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)於 1996 年所訂定的國際標準-ISO14040，並將 LCA 定義為：評估產品環境考量面及潛在衝擊的技術(LCA is a technique for assessing the environmental aspects and potential impacts associated with a product)(ISO, 1996)。而根據 ISO 14040 標準中之規範，生命週期評估分為四個主要階段：目標與範疇界定(Goal and Scope Definition)、生命週期盤查分析 (Life Cycle Inventory Analysis)、生命週期衝擊評估(Life Cycle Impact Assessment)及生命週期闡釋(Life Cycle Interpretation)四大步驟(圖 2- 9)。而目前整個 LCA 的研究方法主要是著重於盤查分析與衝擊評估階段(Ong *et al.*, 1999)。

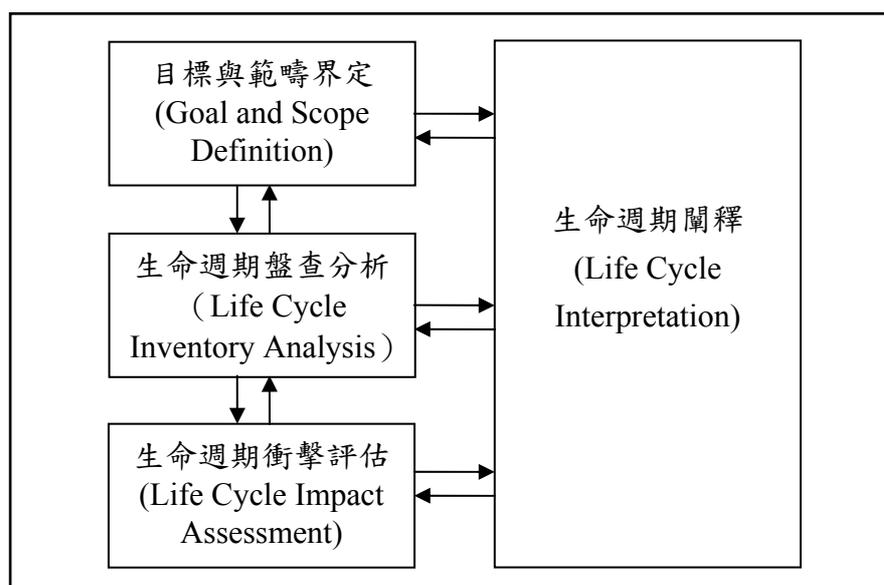


圖 2-9 LCA 研究之四個階段(Phase)

(資料來源:ISO, 1996)

近年來，LCA 被越來越多的私人企業、政府、消費團體及環保組織作為決策支援的應用工具之一(Wenzel *et al.*, 1997; Krozer *et al.*, 1998; Field and Ehrenfed, 1999)。以北美及歐洲為例，LCA 被視為企業環境管理的工具及政府制定政策的依據，過去美國國防部(US Department of Defense)就曾利用 LCA 來決定政府單位供應商的採購政策，確認供應商所提供之產品是否具備對環境友善的特性(Goidel and Mckiel, 1996)。Wenzel *et al.*(1997)研究私人企業及政府單位在 LCA 應用及採行策略，發現政府在針對社會中需要改善的環境及社會問題，是透過 LCA 評估程序的比較之後，再根據對環境衝擊的程度來擬定公共政策。從中即可清楚的看出，政府主要是藉由 LCA 建立起環境政策的執行規範，並提供政府機關及人民購買綠色產品的準則；而企業則是透過 LCA 工具來擬定以產品為導向的環境策略、產品設計與相關的環保認證。而隨著環境管理浪潮的興起，國外有許多的政府單位及企業組織

都積極投入於 LCA 和與其相關做法的研究領域當中，並經由整個生命週期階段的評估過程，來檢視政策的可行性及降低營運程序對環境的衝擊(表 2-3)。Weidema *et al.*(1993)曾以產品環境管理的不同問題作為考量，提出三種 LCA 應用的做法，分別為：利用 LCA 去評估當前計畫的情況、利用 LCA 來支持企業的願景與政策及利用 LCA 來支持政策執行的方案。而 ISO(1996)也利用其所訂定的 14040 系列標準中，將整個 LCA 的應用層面區分為四大類型：鑑別產品於不同生命週期之環境考量面的改善機會，作為產業界、政府及非政府組織(NGO)之決策、環境績效指標及量測程序之選擇及運用在環保標章、產品行銷及改善企業形象上。

表 2-3 政府與企業單位應用 LCA 的情況

對象	應用層面	實例	組織名稱
政府	社區計畫	焚化對抗回收	▶UK Department of Trade & Industry ▶US Department of Energy ▶US Department of Agriculture ▶US Department of Defense ▶US Environmental Protection Agency
	綠色採購	大眾運輸系統	
		汽車或政府機關供應商	
消費資訊	環保標章與標準		
企業	建立環保重點	確認改善的區域	▶AT&T ▶Procter & Gamble Corp. ▶Volvo ▶Credit Suisse ▶The Body Shop ▶BP Amoco ▶IBM ▶Motorola ▶Dow Chemical ▶Nestle ▶Coca-Cola ▶Tetra Pak ▶Scott Paper ▶Exxon Mobil ▶Shell ▶Monsanto
		以產品為導向的環境策略	
		環境管理	
	產品設計	概念選擇	
		零組件選擇	
		原料選擇	
		製程選擇	
	環境化文件	ISO14000 認證或環保標章	

(資料來源：整理自 Wenzel *et al.*, 1997; Culaba and Tan, 2002)

二、生命週期評估執行上之困難

Ries *et al.*(1999)的研究指出，環境化設計過程會缺乏對特定產品環境衝擊的知識、跨功能性的設計程序、以成本為導向的企業觀點及早期規劃的步驟，其中最大的問題則是欠缺原料、零件與零組件對環境衝擊資料的相關決策依據(Heo, 2001)。而 LCA 最主要目的是去解決產品生命週期中對環境衝擊評估上的不足，並使其成為產品設計改善最有效率的工具(Kuta *et al.*, 1995)。當公司為了達成具有生態效益之產品的環境策略，並建立產品差異化之競爭優勢，產品生命週期的做法是公司必須加以考量的方法。但是以過去曾經執行完整生命週期評估的經驗來看，企業認為整體評估程序太過冗長且耗費相當高的成本(SustainAbility *et al.*, 1993)。近年來，發現許多生命週期評估的研究領域，逐漸轉以「生命週期概念」(Life Cycle Thinking)或「生命週期做法」(Life Cycle Approach)，作為研究應用的基礎，為何會有如此的轉變呢？Todd(1996)認為最大的緣由在於成本、時間及資料收集的癥結上，因為如果以 SETAC 或 EPA 的 LCA 評估模式，盤查一個產品往往需要至少 10,000 美金以上的費用。以一般中小企業而言，根本無法負擔如此龐大的費用，即使是大企業在面臨多種不同的生產製程上，仍有成本考量上的問題；另一關鍵乃是在於時間，企業在面臨激烈的競爭市場上，產品如果無法掌握市場的趨勢即時上市，那遑論公司的競爭優勢。因此，在內外壓力的威脅下，企業根本毫無浪費時間的本錢，一但錯失則市場商機盡失，所以替企業尋覓迫切需要的因應工具，才能創造企業的永續生存；其次則是資料收集不易，要完全掌握上下游供應商的相關資料，並不容易，但在缺乏詳細資料的窘境下，根本無法實際確認出產品或服務行為對環境衝擊的程度。Herrmann *et al.*(2002)及 Frankl and

Rubik(2000)更認為目前在執行 LCA 有五種主要缺點(drawback)，而這些也正是形成簡化式生命週期評估的緣由，闡述如下：

1. 需要大量資料：

一個完整的生命週期評估不僅需要有關於公司製程與營運的資料，還需要有關上下游廠商的資料，並且從中獲取原物料及能源生產和供應資訊、廠房效能與廢棄物管理層面的背景資料。除此之外，公司生產的產品呈現多樣化，如果要針對不同產品做 LCA，公司在資料收集上必須非常完整，但目前台灣的企業再此項成效上仍有待努力。

2. 時間冗長：

公司整個系統皆須納入生命週期評估的考量，因此從評估範圍的界定到龐大資料的收集，以至最後的盤查分析，皆需耗上非常冗長的時間。因為迫於時間上的急促，所以公司的任何決策，根本無法等到產品執行完整生命週期評估後，再做選擇。

3. 學習不易：

從過去執行 LCA 的經驗而知，時間、成本跟收集資料是造成實施 LCA 的難處，但由於評估軟體的複雜性及欠缺專業人才的培養，更增添操作上的困難程度。

4. 中小型公司(SME_s)型態

大多數中小型公司僅是適用於生命週期做法的概念，受限於各種不同壓力及資源缺乏的條件下，不適用於完整的 LCA，而此原因也正是執行完整 LCA 失敗最主要的原因(Frankl and Rubik, 2000)。

由於生命週期評估工作歷程煩雜，且所需之資料庫非常龐大，因此在使用技術和資訊

上仍有許多有待克服之處(也是目前 SETAC, ISO and CEN 這些組織努力的重點)。因此,在作為環境化設計之輔助工具上,是以生命週期做法為概念的簡化方式,較適合運用於目前的情形。在受限於時間、資源和資訊(數據)的條件下,目前在 LCA 運用的趨勢大致可歸納為下列五點:

1. 衝擊評估著重於「愈小愈好」之假設,而不做複雜的量化和評比分析。
2. 在限制方法及範疇下所進行的簡化式評估,受到許多重視和討論。
3. 電腦模式和配合資料庫可以有效地簡化作業之流程及人力、物力的投入。
4. 除了盤查階段之方法已獲較完整共識外,衝擊、闡釋階段的技術仍不確定。
5. 齊一的量化指標是各界之冀求,但以目前環保軟體技術及共識不易形成條件下,仍有待「假以時日」之努力。

因此,生命週期評估在提供政府立法管制國內產品或擴充為技術性貿易障礙之條件上,亦大致獲得各界較為共識性的一些看法,包括:

1. 數據及資料必需「透明化」(transparency)。
2. 方法應獲取共識,並儘量予以「標準化」,且是可瞭解(understandable)及可驗證(verifiable)。
3. 應適度尊重不同國家或地區因為其環境特性和條件所訂立的特殊要求。

從上述「針對 LCA 執行上之困難點中」,不難了解到為何有越來越多的公司使用以生命週期想法或生命週期做法為基礎的簡化架構,作為評估及分析之用。從圖 2-10 中而知,在三種不同的層級之中,產品生命週期的概念一直是考量的重點,只是其涵蓋的範圍及做

法有所差異。以生命週期想法而言，其整體主軸所涵蓋的是一個較廣泛的行為模式，利用生命週期概念被引導去激勵或促使企業從事於環境保護的工作，是屬於定性的做法；生命週期作法則是目前大多數企業在其營運過程所採行方法，其涵蓋了：生命週期盤查、簡化式生命週期評估、生命週期成本(Life Cycle Costing, LCC)、服務單位之原料密度(Material Intensity Per Service Unit, MIPS)及環保標章等分析工具(OECD, 1995)，透過這些工具來了解產品或製程對環境所產生的影響。因為，其不像生命週期評估需要經由非常冗長的過程及數據資料，來評估產品的環境衝擊，所以較符合企業的需求。

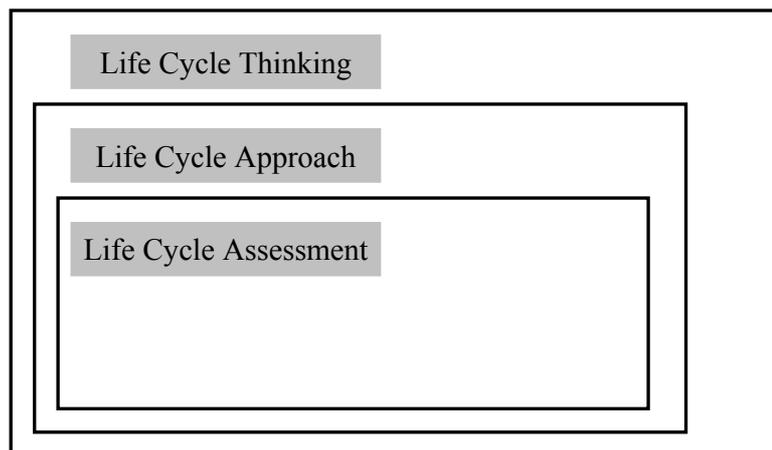


圖 2-10 以產品生命週期為基礎的評估觀念

(資料來源：Frankl and Rubik, 2000)

三、簡化式生命週期評估之定義

簡化(streamlining)：意指簡化一個 LCA 之複雜程度，並且也是減少在從事 LCA 時之成本、時間與精力的過程。環境毒理與化學協會歐洲分會認為一個簡化的 LCA 應包括了三個緊密關聯的步驟(圖 2-11)：

1. 篩選(Screening)：辨別在 LCA 中某些可以被省略的過程，或者使用某些一般性的數據，

而不會明顯影響最後結果正確性。

2. 簡化(Simplifying)：針對在篩選過程中辨別出之可以簡化的選項，而產生一個簡化的 LCA。
3. 評估可靠度(Assessing reliability)：查核簡化後所得之整體結果可靠度，是否無明顯的降低。

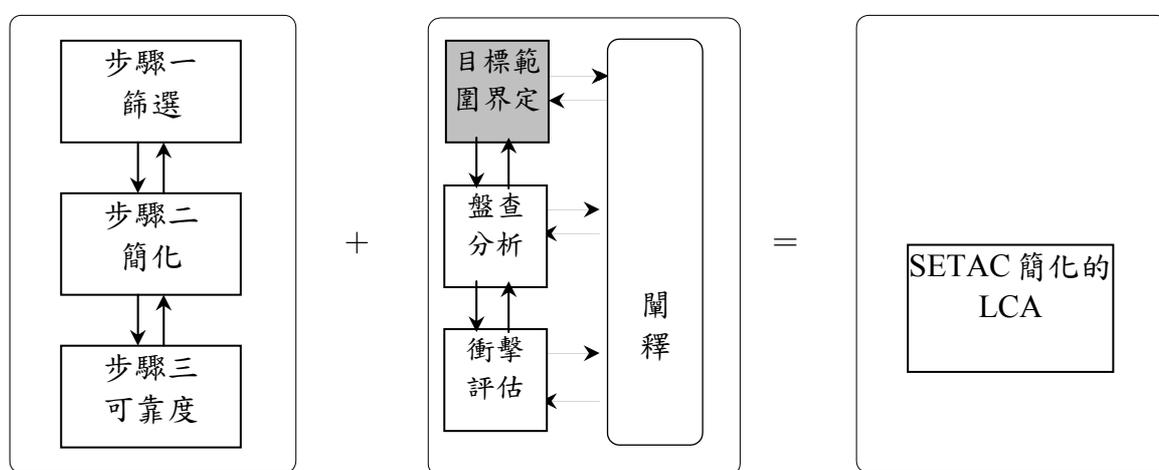


圖 2- 11 SETAC 歐洲分會建議之 LCA 簡化過程的示意圖

(資料來源: SETAC European, 1997)

簡化式生命週期評估的目的是希望能省掉時間及成本問題的同時，又能對於整體評估的結果保有其高度的正確性。因此，SLCA 的做法受到侷限於資源不足的中小型公司所青睞，並受惠於生產多樣化產品的企業，以突破過去執行一個完整 LCA 只能在少數的產品評估上的窘境。雖然簡化可以大大的減少在從事 LCA 時之成本、時間與精力，然而不可否認的，簡化也可能會影響 LCA 結果的正確性(accuracy)與可信度(reliability)。如前所述，一個完整生命週期評估應該包含四大步驟，SETAC European(1997)認為以上提到的四個部份

中，除了第一部份目標及範疇界定是不能簡化的之外，其餘的三個部份均是可以被簡化的。然而，環境毒理與化學協會(SETAC) 的北美分會，早於 1994 年 4 月即在北美成立了一個簡化 LCA 的工作分組，致力於發展簡化 LCA 的應用與方法。兩個分會的簡化過程及架構，雖然沒有太大的差異，然而在實施上仍然有一些的差異。除了兩個分會用的詞彙不同之外(美國分會用的名稱為 Streamlined，而歐洲分會則是用 Simplified)，其中最大的差異在於歐洲分會認為 LCA 的四個部分除了目標及範疇之界定不能簡化外，其他的三個部份：生命週期盤查分析、生命週期衝擊評估，以及生命週期結果闡釋均可以簡化(SETAC European, 1997)。然而，北美分會卻認為所有的這四個部份均可以簡化。而 Van der Berg *et al.*(1996) 則提出 LCAs/SLCA 適合與不適合使用之建議，有以下幾種情況(表 2-4)。

表 2-4 LCAs/SLCAs 適合與不適合之使用情形

適合使用	<ul style="list-style-type: none"> ▶比較具有相同功能之不同產品的環境衝擊 ▶與某一參考值或標準比較之某一產品的環境衝擊 ▶辨明某一產品之生命週期中對環境衝擊最大的階段，以對於現有產品之環境績效作出改善之主要途徑 ▶協助設計新的產品與服務 ▶策略性地指出發展的方向
不適合使用	<ul style="list-style-type: none"> ▶不適合用來回答與單一生產程序有關的問題，這應該用製程科技來解決 ▶不適合回答與地理地點相關之特定環境問題，這應以環境影響評估來說明 ▶不適合回答與單一公司之環境衝擊有關問題，這應該用環境稽核來解決

(資料來源：摘錄自 Van der Berg *et al.*, 1996)

三、簡化式生命週期評估之做法

(一)在現有的 LCA 架構下進行簡化

假如簡化式生命週期評估被視為是 LCA 評估程序的做法，那何種簡化(simplification)後的結果才不致簡化掉評估的合法性？根據 North Carolina's RTI 針對學術界、政府、產業

界及企業所做的調查結果顯示，其共同目的是希望縮短 LCA 使用的時間。因此 RTI 與 USEPA 一起針對各種不同的簡化的做法，進行試驗並提出討論，最後歸納出九種可以簡化 LCA 的做法，以下是這九種簡化程序的介紹：

1.&2.部分/全部去除上游的單元：

在 LCA 的研究中，如果真的要追溯原料的來源，其實幾乎是可以無限制的回溯回去。例如製造一塊含綿羊油的肥皂，我們可以透過追蹤肥皂中的油脂，回溯至(以下為舉例)肉品的包裝與油脂的溶解、羊隻的飼養與牧場的管理、牧草飼料的收成與處理，一直到土壤的準備—也就是播種、施肥與除害等步驟。然而，這又將追蹤的觸角，延伸到另一個與化學藥劑有關之肥料與殺蟲劑等的領域去了，並且將會沒完沒了的一直下去。以研究的正確性及電腦技術的角度來說，愈詳細確實愈好，然而這或許卻與原來從事 LCA 工作的宏旨大異逕庭。因此，所有的 LCA 一定要界定上游的邊界。以前述的例子而言，就可以限定其上游的步驟只涵蓋到羊隻的飼養與牧場的管理，更上游的單位，包括了牧草、土壤等的作業，全部都可省略。

在某些情況下，可能所有上游的階段均需刪除，目的是為了著重在製造以及之後的過程(也就是使用與棄置)。例如：目前一般公司在評估產品管家制度(product stewardship)之績效時，均會將所有的上游階段(包括製造及其之上)的步驟全部去除，因為其所關心的是產品的維修需求、產品的可回收性與再利用性、產品之使用與棄置階段對環境的衝擊，為的是要發展製造商回收(take-back)計劃。當然，如果製造商使用了有害的原料，則在使用與棄置的過程中會有環境與健康的顧慮，自然需將上游的階段納入。

3. 限制或去除下游的單元：

某些使用者可能會想要了解某種產品從原料的進入公司，到經過製程製造的過程的評估結果，這也就是所謂的從搖籃到大門(from cradle to gate)的研究。例如使用者可能會想要透過替代的原料或製程，來改善公司環境績效。

4. 限制或去除上游與下游的階段：

也有些情況可能使用者會只想探討廠房內的活動－特別是製程的部分，而將上、下游的階段全部去除。這也就是所謂的從大門到大門(from gate to gate)的研究。

5. 著重在特定的環境衝擊或議題：

某些研究者或是贊助單位，可能只對整個生命週期中的某些環境的衝擊與議題有興趣，因此雖然研究會針對所有的生命週期階段，然而將只會著重在與該議題有關的部分。其缺點為某些重要的環境衝擊可能無法呈現，所得的評估結果可能會有以偏概全之虞。

6. 建立某類可以被用來當成篩選門檻的準則：

這個方法也跟某些特定的重要議題有關。然而，這個方法有一個準則(可能是任何一個重大或特定的環境的議題，例如臭氧層或熱帶雨林的破壞等)，研究中如果一遇到這個準則，就會有一個決定產生。因此，研究中可能就會透過問題，來協助簡化 LCA。可能的問題包括了：“在產品 A 的生命週期中，是否有使用破壞臭氧層的物质？”或是“在產品 B 的生命週期中，是否有使用來自熱帶雨林的木材？”

7. 同時採用定性與定量的數據：

由於 LCA 最花錢的地方在於定量資料的蒐集、盤查與確認，並且數據的取得其實也有

諸多的問題存在。因此，雖然 LCA 標榜的是一種定量的評估方法，然而在許多時候，當定量的數據無法得到的時候，定性的資訊—例如：包含了製程與原料流向的物質流的流程圖，就可以是一個蠻好的輔助說明資訊。特別是一些與生物多樣性及棲息地有關的環境衝擊，目前是無法用定量數據來表示的，因此如果一個 LCA 的研究，一定要求用定量的數據來評估，則這類無法用定量方式表示的重要環境衝擊，很有可能會因此被省略掉，而無法呈現 LCA 的全貌。

8. 採用替代程序的數據：

有時，某些特定的產品與製程的數據非常不易取得，這時可能必須藉由其他相類似的產品或製程數據替代。同樣的情形也可以適用於原料的部分，其優點至少有估計的數據可使用，然而，替代程序或產品的選擇，就變成了成敗的關鍵。

9. 限制達到某一閾值之組成成分：

有些研究會將某種產品或製程中，組成之比重低於某一比率的某些成分去除。在所謂“完整的 LCA”之研究中，一個共通採用的閾值為 1%。然而，由於其所採用的標準為含量 (volume)，並未將毒性或其他環境衝擊納入考慮，因此可能會產生偏頗的結果。

此外，Weitz *et al.*(1999) 認為取消闡釋與建議的做法，亦是簡化的一種方式。基本上，以上所有的簡化方式均有其優點與缺點，其運用端賴使用者的目的，或是一開始之研究的目的與範疇的界定。

(二)基於生命週期概念的另類簡化程序

某些專家或企業並未真正的採用傳統 LCA 的方法，進行全面的原料及能源盤查，而是

透過生命週期的觀念來簡化 LCA 做法。目前許多國際大型跨國企業與研究機構也已發展出類似的工具，且將擴大考量的層面，跳脫只以環境為衝擊的對象，並加入產品功能性、成本或消費者的態度等方向。例如：

1. 孟山度(Monsanto)公司的矩陣

孟山度公司的矩陣將環境、社會及企業營運層面，納在衝擊評估中。並以資源使用、廢棄物輸出及健康與生活品質，作為盤查項目的依據。該矩陣刻意將盤查議題與衝擊議題脫鉤，然而卻刻意將企業衝擊也歸於矩陣中。此矩陣的特色在於不只將環境的顧慮因素，作為產品開發的考量。並加入人們生活品質、社會觀點及企業營運的成本，結合在產品全然的生命週期中(表 2-5)。孟山度公司是以其需求為主，再研擬出產品設計的策略及考量因素。

表 2-5 孟山度公司之評估矩陣

永續性面向 (Sustainability Dimension)		產品生命週期階段			
		原料	產品製造	產品使用	回收及處置
查 盤	資源使用				
	廢棄物輸出				
	生活品質與健康				
擊 衝	環境衝擊				
	社會衝擊				
	企業衝擊				

(資料來源：Graedel, 1998)

2. 道氏(Dow)化學公司矩陣

道氏(Dow)化學公司所運用的矩陣方法(matrix approach)中，涵蓋了 8 個階段的生命週期及 12 個衝擊參數之面向。衝擊參數部份除了環境層面外，還包括安全(火災、爆炸)、大

眾觀感間距以及競爭優勢的考量。亦即從公司、消費者及環境的考量面中去擬定產品設計策略的計畫，將關於產品成功與否的條件接納入了整個生命週期矩陣的評估當中。其評分有兩個步驟，第一是使用者得決定矩陣中的元素，是代表弱點(vulnerabilities)還是機會(opportunities)。接下來則依照三點尺度來給分(1,3,9 或-1,-3,-9)(表 2- 6)。道氏公司的矩陣雖然包含了所有的生命週期階段，以及相關的環境顧慮(表 2- 7)，基本上它仍然是一套定性的系統(qualitative system)。

表 2- 6 道氏(Dow)化學公司簡化式生命週期矩陣之比率系統(Step1)

危害或影響	暴露程度(體積,頻率)		
	High	Medium	Low
High	-9	-9	-9
Medium	-9	-3	-1
Low	-9	-1	

9	查驗執行結果
3	資源的分配
1	方案確認

(資料來源：Noesen, 1993)

表 2- 7 道氏(Dow 化學公司之簡化式生命週期矩陣(Step2)

環境面向	RME	RMP	MFG	DST	CNV	NDU	DSP	RCY
安全:火災、爆炸								
人體健康								
殘留物質								
臭氧層破壞								
空氣品質								
氣候變化								
自然資源消耗								
土壤污染								
廢棄物堆積								
水污染								
大眾觀感間距								
競爭優勢								

(資料來源：Noesen, 1993)

備註:

RME:原料提煉(Raw Material Extraction)

MFG:製造(Manufacturing(Dow Operation))

CNV:對消費者的改變(Conversion(Our Customer))

DSP:使用後的處置(Post-Use Disposal)

RMP:原料處理前(Raw Material Pre-Processing)

DST:配送(Distribution)

NDU:結束使用(End Uses)

RCY:再使用(Recovery)

3. AT&T之簡化式生命週期評估(AT&T Abridged LCA)

此簡化式生命週期評估系統最大優點及是能讓從事 LCA 的相關研究的人,在大約兩天的時間內,即可完成一個產品的評估。而一個廠房(facility)的評估,大概也只需要一個禮拜的時間,並且它能夠提供改善的建議,而讓使用者立即採取行動。它主要是透過一個 5×5 的評估矩陣(表 2-8),它的縱軸邊是五個基本生命週期階段(製造前、產品製造、包裝與運輸、使用,以及棄置);它的橫軸為環境顧慮(原料選擇、能源使用、固態殘留物、液態殘留物,以及氣態殘留物)。矩陣中的每一個格子,由評估人依照環境衝擊的大小,給予一個分數(從最大衝擊的 0 分,至最小衝擊的 4 分)。評估人會依據經驗、設計或製造的調查、適當的查核表,或是其他的資訊來判斷。整體產品環境責任(environmentally responsible)的評估結果,可以將矩陣中所有的分數加總得之,其總分為 100 分。最後,再透過所謂的標地圖(target plot)來清楚顯示評估或比較後的結果。方法最有名的案例為比較 1950 與 1990 年代的通用汽車,表 2-8 為評估的結果:

表 2-8 AT&T 公司之評估矩陣

生命週期 \ 環境顧慮	原料選擇	能源使用	固態殘留物	液態殘留物	氣態殘留物
製造前	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)
產品製造	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	(2,5)
包裝與運輸	(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(3,5)
產品使用	(4,1)	(4,2)	(4,3)	(4,4)	(4,5)
棄置	(5,1)	(5,2)	(5,3)	(5,4)	(5,5)

[i,j]=生命週期、環境顧慮]

(資料來源: Graedel, 1998)

表 2-9 比較通用(GM)汽車於 1950 與 1990 年代之評估結果

環境顧慮 生命週期	原料選擇	能源使用	固態殘留物	液態殘留物	氣態殘留物	總計
製造前	2	2	3	3	2	12/20
	3	3	3	3	3	15/20
產品製造	0	1	2	2	1	6/20
	3	2	3	3	3	14/20
包裝、運輸	3	2	3	4	2	14/20
	3	3	3	4	3	16/20
產品使用	1	0	1	1	0	3/20
	1	2	2	3	2	10/20
棄置與回收	3	2	2	3	1	11/20
	3	2	3	3	2	13/20
總合	9/20	7/20	11/20	13/20	6/20	46/100(1950)
	13/20	12/20	14/20	16/20	13/20	68/100(1990)

(資料來源: Graedel, 1998)

備註：每個生命週期階段在不同環境顧慮下均有一個分數，前者為 1950 年的得分，而後者為 1990 年的得分。

而透過標地圖(圖 2-12)的比較顯示，更可以將比較的結果以及未來改進的方向及空間一目了然的呈現出來，且很清楚的看出通用汽車在 1990 年的評估結果，是比 1950 年的時期有著長足的進步。

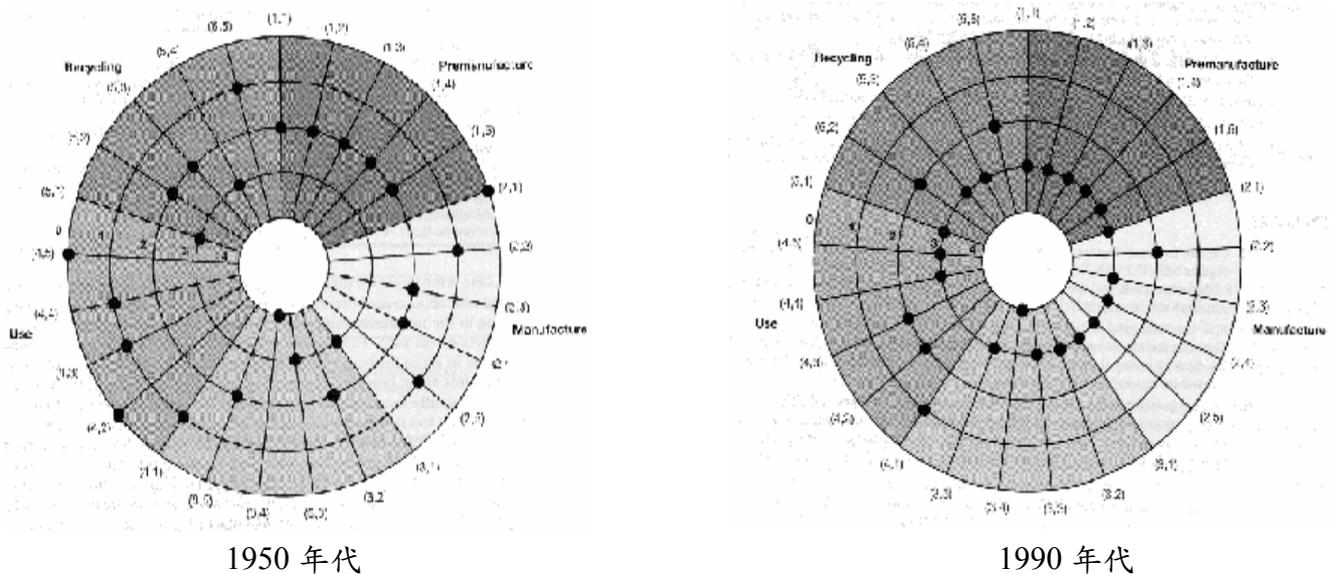


圖 2-12 通用(GM)汽車於 1950 與 1990 年代評估結果之標地圖

(資料來源: Graedel, 1998)

四、SLCA 為基礎之決策支援系統

決策支援系統(Decision Support System, DSS)是種以電腦系統為基礎的資訊系統,透過熟稔軟體科技的運用、作業研究與管理科學模式,來輔助管理者與分析者於決策分析過程(Moynihan *et al.*, 1995),而對於繁雜問題的分析及解決上,決策支援系統則是提供了一種非常有利的工具(Balakrishnan and Jacob, 1995)。環境化設計的主要目的是期望在設計階段即能對產品的環境衝擊有所了解,進一步去降低產品每個生命週期的環境衝擊。目前,國際在評估產品環境衝擊的主要工具為 LCA,以考量產品每一生命週期對環境的衝擊,從製造前階段、產品製造階段、產品包裝與運輸階段、產品使用與維修階段及最終棄置的階段。因此,透過建置環境化設計的決策支援系統,去盤查產品生命週期階段有關環境衝擊的龐雜資料,將可協助設計者對產品環境特性的了解,並做為產品設計的決策基礎(Helen *et al.*, 2001)。因此,環境化設計決策支援系統的建置,應以上述的五個生命週期作為基礎,去盤查產品的環境衝擊,進而提出產品設計改善的建議,達到持續改善的精神(圖 2-13)。在 1992 年,Adalier and Tsatsoulis 就曾設計 REINRED 的決策支援系統運用於產品製造與再設計上,Spicer and Wang(1995)也提出以決策支援系統的作法去開發評估產品環境化設計的工具,並針對 LCA 的最終棄置階段(retirement)去開發一套盤查環境衝擊的軟體工具-Environmental Design Industrial Template(EDIT),以 Microsoft Windows 為基礎的使用者介面。因此,本研究希望透過決策支援系統的做法,去開發以簡化式生命週期評估為基礎的產品環境化設計評估工具。另外,以 LCA 為基礎運用於環境化設計的決策支援系統,都以資訊系統、豐富資料庫及功能性著稱,例如:英國 Boustead Model、德國的 GaBi 與荷蘭的

Simapro 等軟體，但在面臨缺欠良好環境資訊管理的台灣企業及尚在累積資料庫的過渡時期而言，並非為目前最適合我國企業的技术工具。因此，以透過生命週期為基礎的簡化式生命週期評估，所建置的產品環境化設計決策支援系統，應該較適合目前我國企業的使用。也許此一評估軟體並非完全與決策支援系統相符，但其精神仍是以決策支援系統的作法為基礎。

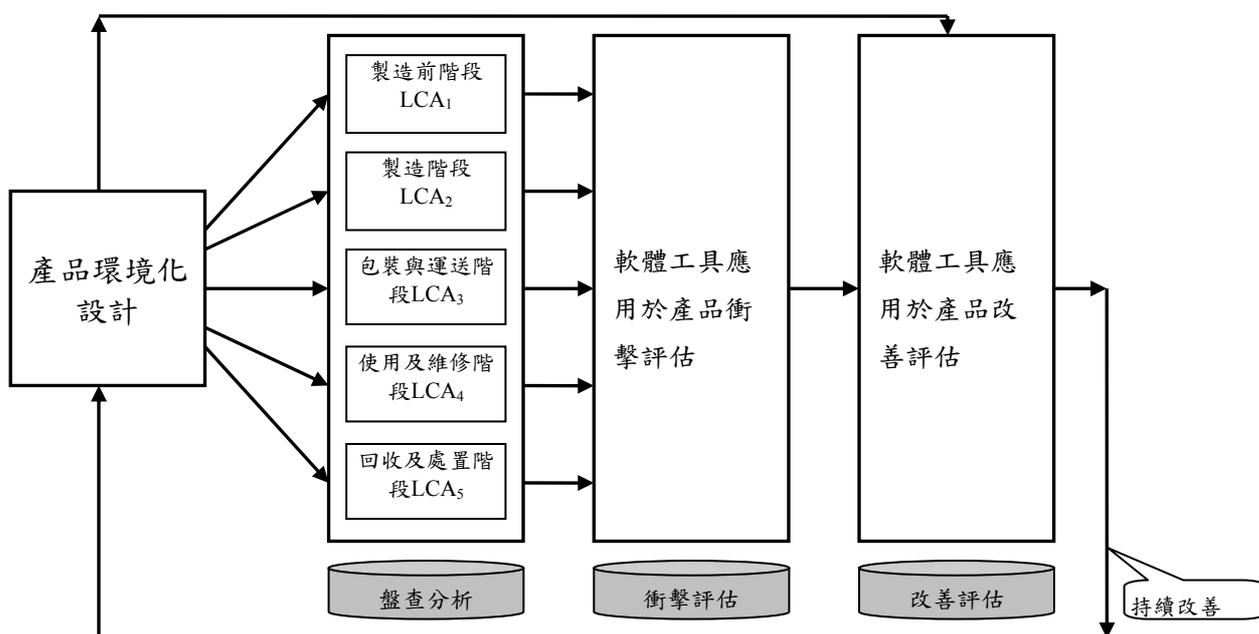


圖 2-13 環境化設計支援決策系統之架構
(資料來源: Spicer and Wang, 1995)

第三節、分析層級程序法

一、何謂分析層級程序法

分析層級程序法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 是由美國匹茲堡大學 Thomas L. Satty 教授在 1970 年代所開發出來的決策工具，主要是應用在解決複雜的多準則決策 (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) 或多重屬性 (Multi-attribute) 的決策問題 (林張群、陳可杰，2003；曾

懷恩、李榮貴，1998)。其發展的主要目的，就是將複雜的問題系統化，由不同的層面給予層級分解，並透過量化的判斷，尋得脈絡後加以綜合評估，以提供決策者選擇適當方案的完整資訊，減少決策錯誤的風險(羅力仁，2002)。AHP之所以能夠得到如此廣泛的被使用，其根本的原因在於它提出了一種新的決策過程，即分解、判斷、排序、綜合，從而可充分利用人的經驗及判斷，並採用一定的數量方法來解決一些半結構化決策問題，讓非計量的評估準則，也能在填答中給予一定程度的權重，在經過分析後，就能為所有的評估準則建立一個優先順序的排序，而達到決策的目的(劉勝傑，2002)。然而，AHP被運於決策問題上，可被區分為：決定優先順序、替代方案的選擇、最佳方案的選擇、決定需求、分配資源、結果和風險的預測及評估、績效量測、設計系統、確保系統穩定、最佳化、規劃及衝突解決等(Saaty, 1980)，其中以「決定優先順序」及「最佳方案的選擇」，為本研究最關注的方向。因為，在面臨越來越競爭的環境，產品環境化設計策略的擬定，不僅僅只是考量單一因素，而是需要用到繁雜的準則，從既有傳統設計的思維中再加入環境的議題，選出最佳的設計策略，才能設計出符合消費市場、公司效益及對環境友善的產品。除此之外，產品設計往往需要跨組織的工作團隊，透過群體決策的過程，完成一項新產品的設計。而AHP被許多研究者認為適合運用在群體決策之上，乃是因為其本身在群體的決定意見中具有綜效(synthesizing)機制的屬性(Lai *et al.*, 2002)，能夠提供實體(tangible)及無實體(intangible)、個別價值及分享價值於群體決策過程中，並經由不斷的討論達到跟預定目標相符的程度(Dyer and Forman, 1992)。

二、分析層級程序法之基本假設

AHP是利用階層式架構，建立起每一階層中每一元素的相關重要性，在此有一基本假

設，就是在做決策時對於所有的元素的知識認知都已經很清楚(曾懷恩、李榮貴，1998)。鄧振雄、曾國雄(1989)對AHP的應用上提出幾點假設：

1. 一個系統可被分成許多種類(Classes)或成分(Component)，並形成有向網路式的層級架構。
2. 在層級架構中，每一層級的要素均具獨立性(Independence)。
3. 每一層級內的要素，可用上一層級內某些或所有要素作為評估標準，進行評估。
4. 在比較評估上，可將絕對值尺度轉為比率尺度(Ratio Scale)。
5. 成對比較後，可以用正倒矩陣(Positive Reciprocal Matrix)處理。
6. 偏好關係滿足遞移性(Transitivity)。不僅優劣關係滿足遞移性(如：A強於B，B強於C，則A強於C)，同時強度關係亦滿足遞移性(如：A強於B三倍，B強於C二倍，則A強於C六倍)。
7. 完全具遞移性不容易，因此可容許不具遞移性的存在，但須測試一致性(Consistency)程度。
8. 要素的優勢程度，可經由加權法則(Weighting Principle)求得。
9. 任何要素只要出現在階層中，不論其優勢程度如何小，均被認為與整個評估結構有關，非檢核階層結構的獨立性。

三、分析層級程序法之操作程序

AHP 的操作程序圖 2-14 所示，其各步驟的內容則分別闡述如下：

(一) 確認問題與建立層級架構

依據研究的目的，從相關資料的收集當中，確認出問題的癥結點，並進一步分析相關的影響因素，建立起研究的層級架構。接著再從所建立的層級架構，去設計問卷，並確定出所要發放問卷的對象。

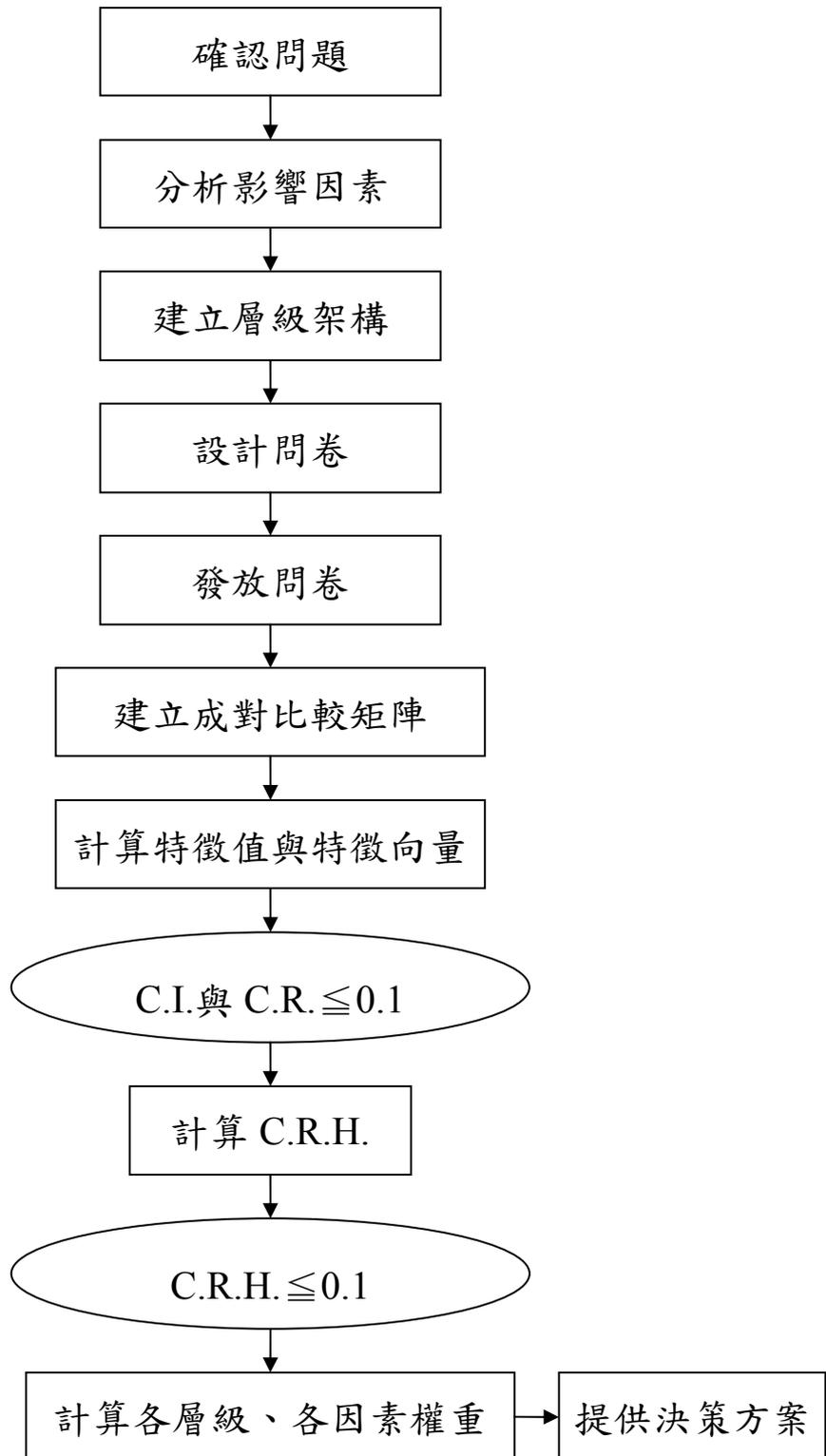


圖 2-14 AHP 操作程序

(資料來源：曾國雄與鄧振源，2003)

(二) AHP 評量尺度

AHP 的問卷是利用成對比較的尺度，從不同的階層中去比較其相對重要性，可區分為九大評比尺度(表 2-10)。

表 2-10 AHP 評估尺度表

評估尺度	定義	說明	名目尺度
1	同等重要 (Equal Importance)	比較方案的貢獻度，具有同等重要性	等強 (Equally)
2	相對尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷處理時	等強~稍強
3	稍為重要 (Weak Importance)	經驗及判斷上，稍微傾向某一邊	稍強 (Moderately)
4	相對尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷處理時	稍強~頗強
5	頗重要 (Essential Importance)	經驗及判斷上，強烈傾向某一邊	頗強 (Strongly)
6	相對尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷處理時	頗強~極強
7	極重要 (Very Strong Importance)	經驗及判斷上，非常強烈傾向某一邊	極強 (Very Strong)
8	相對尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷處理時	極強~絕強
9	絕對重要 (Absolute Importance)	有絕對的證據肯定喜好某一方邊	絕強 (Extremely)

(資料來源：摘錄自曾國雄與鄧振源，1989；曾懷恩與李榮貴，1998)

(三) 建立成對比較矩陣

從問卷設計的層級架構中，建立起成對比較矩陣(pair-wise comparison matrix)，而成對比較的數目是由某一階層中的因素來決定，如果有 N 個因素，就必須要有 $N(N-1)/2$ 組的成對比較，如公式(1)。在建立成對比較矩陣前，先要以幾何平均數來算取所有決策者之評量

結果的平均值，因為當某一決策者判斷兩因素的比值為 a 時，另一位決策者的判斷值則為 $1/a$ (林晉祺，2003)。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{3n} & \cdots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \cdots & w_2/w_n \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & w_3/w_3 & \cdots & w_3/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \ddots & w_n/w_n \end{bmatrix} \cdots \cdots (1)$$

w_i =各因素 i 的權重($i=1,2,3,4,\dots,\dots,n$)

a_{ij} =兩因素間的比值($i, j = 1,2,3,4,\dots,\dots,n$)

A 為成對比較矩陣，並有下列四點之特性(吳克清，1999)：

1. 同一因素與自身相比之比值為 1($a_{11}=a_{22}=a_{nn}=1$)，所以矩陣左上至右下對角線各元素為 1。
2. 矩陣中元素 a_{ij} 為因素 F_i 相對於 F_j 之重要性， a_{ij} 值越大，表示 F_i 相對於 F_j 之重要性越高。
3. 矩陣中對角線兩邊元素互為倒數，稱為正倒矩陣(Positive Reciprocal Matrix)。
4. 若所有比對合乎遞移律(Transitivity)，即 $a_{ij}=a_{ik} a_{kj}$ ，則 a 為一致性矩陣。

(四)計算特徵向量與特徵值

特徵向量(Eigen Vector)是由 n 個決策因素相對於所屬上一層因素之權重，一般有四種計算方式，其中以矩陣列向量幾何平均數標準化的 NGM(Normalization of the geometric mean of the rows)法，最為精確(林晉祺，2003)。其計算方式如下列公式(2)：

在 λ_{max} 的計算上，先將成對比較矩陣 A 與特徵向量 W 相乘(公式 3)，將會得出一新的向量 W_i' ，之後將相對應的 W_i' 除以 W_i ，最後再計算其算數平均數，即為特徵值(公式 4)。

$$W_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^n \left[\left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{1/n}\right]} \dots\dots\dots (2)$$

$$AW = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1' \\ W_2' \\ W_3' \\ \vdots \\ W_n' \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{1}{n}\right) \times \left(\frac{W_1'}{W_1} + \frac{W_2'}{W_2} + \frac{W_3'}{W_3} + \dots\dots\dots + \frac{W_n'}{W_n}\right) \dots\dots\dots (4)$$

(五)一致性檢定

在 AHP 的運用上，主要是以一致性指標(Consistence Index, CI)、一致性比率(Consistence Ratio, CR)與整體階層一致性比率(Consistence Ratio the Hierarchy, C.R.H)，來表達實際結果符合的一致性，也就是問卷的信度。由於，在進行成對比較矩陣的正倒值矩陣時，決策者在其成對比較時並不能達到完全的一致性，但前後情形如差距甚大，將會導致決策錯誤。因此，Saaty(1980)表示當 $CI \leq 1$ (公式 5)，其一致性是在可接受的範圍內，而 CR 與 C.R.H. 亦同。而在 C.R.的計算上(公式 6)，是利用 C.I.去除以隨機指標(Random Index, R.I.)，其數據則如表 2- 11 所示。計算完各階層的一致性後，必須再去求整體階層的一致性(公式 7)，確認其值在小於 0.1 的範圍之內。

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (5)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \dots\dots\dots (6)$$

表 2- 11 R.I.值表

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

(資料來源: Saaty, 1980)

$$C.R.H. = \frac{C.I.H.}{R.I.H.} \dots\dots\dots (7)$$

四、分析層級程序法運用於產品設計

從文獻資料的回顧與探討中，已經有相當多的研究將AHP運用在一般產品與綠色產品設計上，例如：Calantone *et al.*(1999)運用AHP於新產品開發的篩選過程，從不同的設計構面去研擬最佳的設計方案；Heo(2001)在DfE優先(prioritizing)策略的研究上，以AHP做為研擬設計策略的工具；Yeo and Ang,(2001)則是從環境與經營構面去探究產品設計的策略，也是以AHP作為決策的應用工具；劉勝傑(2002)則是結合AHP與生態效益(Eco-efficiency)，從產品的功能面及環境衝擊面向去建立一套指標，評比不同類型桌上型顯示器的生態效益。從上述將AHP運用於產品設計的做法來看，其一就是透過AHP從產品設計的繁雜考量因子當中，去研擬出最佳的設計方案，以提供產品設計單位的參考依據；另一則是先透過AHP去建立起一套評比指標，然後再套用該指標去評估不同產品的績效。而本研究則是跟第一種方式相似，利用具有強大及富彈性的多準則決策工具AHP，去探究企業在綠色產品概念下對於導入DfE的考量策略，以作為國內其他公司尚未執行DfE的參考。

第參章、產品環境化設計優先策略之分析

第一節、研究流程

本研究經由國內外之期刊、論文、研究報告及書籍之相關文獻資料的蒐集，經過整理及彙整後，研擬出會影響產品環境化設計過程的策略因子，主要以環境的重要性、製造成本的投資、產品設計的考量、附加價值的提昇等四大構面為主軸，作為產品環境化設計之優先策略的層級架構。再利用分析層級程序法，以上述四大構面為主軸，針對國內前 500 大製造業公司進行問卷調查，計算出不同因素在產品環境化設計影響的相對權重，進而研擬產品環境化設計的優先策略。

一、研究變數

本研究在問卷的研究變數資料蒐集上，乃是採用次級資料收集法，這些資料來源包括政府部門的報告、工商業界的研究、文件紀錄資料庫、企業組織資料以及圖書館中的書籍及期刊(董旭英、黃儀娟譯，2000)。利用次級資料收集法主要目的在於建立起產品環境化設計的優先策略及其層級架構，以下即針對四大架構予以說明(表 3-1)：

(一)環境的重要性

在產品環境化設計策略的考量，以產品生命週期內對環境的衝擊，被視為其關鍵要素。一般上，「環境的重要性」是產品設計的策略因素之一，因為環境化設計策略可能會因為產品對環境的衝擊程度所影響。因此，管理者及設計人員必須在產品設計考量之中，去決定環境重要性於產品設計中的權衡。宋正同與游萬來(1999)、何明泉等人(1997)和 Heo(2001)在其設計策略的研究當中，均認為環境因子是產品設計的主要因素之一。本研究引用

Heo(2001) 和 Gertsakis *et al.*(1997)對環境重要性的考量，區分為製造前階段環境衝擊、製造階段環境衝擊、運送階段環境衝擊、使用及維修階段環境衝擊及最終棄置階段環境衝擊等五大項目。

(二)製造成本的投資

「投資需求」所指的是當企業要進行特定的環境化設計策略時，所必須投資的程度。以企業而言，降低成本及縮減上市時間的考量，可能是當前企業在執行環境化設計最優先考量的策略。而在此最優先的考量層級上，決策者所必須考量的是，多少的投資程度才能達成你所選擇的環境化設計策略。宋正同與游萬來(1999)、何明泉等人(1997)和Heo(2001)在其設計策略的研究當中，均認為「製造成本的投資」是產品設計的主要因素之一。本研究引用Heo(2001)對「製造成本的投資」的考量，區分為技術應用層級、研發時間、軟硬體設備的需求、人員訓練及資金的投入等五大項目。

(三)產品設計的考量

產品環境化設計除了考量環境重要性及製造成本的投資外，產品本身的設計屬性仍須兼備，才能維持產品品質。本研究引用鄧成連(1999)將「產品設計的考量」，分為產品造型美觀(鄧成連，1999)、產品創新性(鄧成連，1999；Brezet and van Hemel, 1997)、產品便利及操作性(何明泉等人，1997；鄧成連，1999)、產品品質及耐久性(宋同正、游萬來，1999；鄧成連，1999；Brezet and van Hemel, 1997)及產品安全性(鄧成連，1999；Fiksel, 1996)。

(四)附加價值的提昇

環境化設計的基本目標是在改善產品的環境考量面，但是對於產品開發的過程而言，環

境化設計即有可能去達到降低成本、品質改善及技術知識等附加價值的提昇。Heo(2001)和 Hill(2001)在其的研究當中，均認為「附加價值的提昇」是產品設計所必須考量因素之一。本研究將「附加價值的提昇」區分為降低成本(Brezet and van Hemel, 1997； Heo, 2001； Yarwood and Eagan, 1998； Hill, 2001)、提昇產品與企業的形象(何明泉等人，1997； Brezet and van Hemel, 1997)、技術知識(何明泉，1997；Heo, 2001)、滿足顧客的需求(Heo, 2001； Hill, 2001)及符合未來法規要求(何明泉，1997；Heo, 2001； Yarwood and Eagan, 1998； Hill, 2001)。

表 3-1 產品環境化設計之優先策略與相關文獻

產品環境化設計優先策略之研擬	構面	考量變數	相關文獻
	一、環境的重要性 (5,8,9)	製造前階段的环境衝擊	
製造階段的环境衝擊		(5,6)	
運送階段的环境衝擊		(5,6)	
使用及維修階段的环境衝擊		(5,6)	
最終棄置階段的环境衝擊		(5,6)	
二、製造成本的投資 (5,8,9)	技術應用層級		(5)
	研發時間		(5)
	軟硬體設備的需求		(5)
	人員訓練		(5)
	資金的投入		(5)
三、產品設計的考量 (7)	產品造型美觀		(7)
	產品創新性		(1,7)
	產品便利及操作性		(7,9)
	產品品質及耐久性		(1,7,8)
	產品安全性		(3,7)
四、附加價值的提昇 (4,5)	降低成本		(1,2,4,5)
	提昇產品與企業的形象		(1,9)
	技術知識		(5,9)
	滿足顧客的需求		(4,5)
	符合未來法規要求		(2,4,5,9)
相關文獻：		(5) Heo(2001)	
(1) Brezet and van Hemel(1997)		(6) Gertsakis et al.,(1997)	
(2) Yarwood and Eagan(1998)		(7) 鄧成連(1999)	
(3) Fiksel(1996)		(8) 宋正同與游萬來(1999)	
(4) Hill(2001)		(9) 何明泉等人(1997)	

(資料來源：本研究整理)

二、研究樣本

(一)問卷回收概況

在綠色產品蔚為國際潮流的趨勢下，本研究冀望了解目前國內企業受到產品環境化設計的要求程度，並進一步探討在 DfE 概念下，對於綠色產品設計所考量的策略為何？因此，將以製造業為主要研究樣本，並考量產業界競爭之變化及資料便利性，採行天下雜誌依據我國企業財務營運績效的排序資料。本研究是以天下雜誌針對 2002 年於國內營運績效最佳的前五百大製造業為研究樣本，共寄出 500 份專家問卷，給各公司產品設計及研發單位的主管。

本研究之問卷於民國九十二年十二月，以郵寄方式寄送至前五百大製造業的產品設計及研發單位主管，並於問卷寄後兩個禮拜進行電話跟催。截至九十三年一月三十一日止，計回收 79 份問卷，問卷回收比例為 15.8%；扣除兩份填答不完整的無效問卷，有效問卷為 77 份，有效問卷比例為 14.4%(表 3-2)。

表 3-2 問卷樣本回收情形

問卷對象	問卷總寄發數	問卷回收數	有效問卷
前五百大製造業	500	79	77
百分比	100%	15.8%	14.4%

(資料來源：本研究整理)

(二)問卷信度及效度

信度(Reliability)是指研究測得結果的一致性(Consistency)或穩定性(林晉祺，2003)。而針對 AHP 作為本研究應用的方法而言，是以一致性指標(Consistence Index, C.I.)、一致性

比率(Consistence Ratio, C.R.)與層級的一致性(C.R.H.)來驗證問卷的一致性。例如：A 策略對於 B 策略的相對重要性是 3，而 B 策略對於 C 策略的相重要性是 2，那在完全一致的情況下，A 策略對比 C 策略的相對重要性應該是 $3 \times 2 = 6$ (林張群、陳可杰譯，2003)。也就是說，AHP 的一致性是指研究的結果必須要有遞移性(Transitivity)，但在主觀判斷及成對比較項目過多的情形下，要在所有的成對比較之中完全達成一致性，有其困難處。根據 Saaty(1980)的研究指出，C.I.及 C.R.值 ≤ 0.1 該誤差值即在合理可接受的程度之內，並建議每一階層的群集(Cluster)不應超越七個以上。在本問卷的計算過程，發現一致性指標(C.I.)、一致性比率(C.R.)與層級的一致性(C.R.H.)皆 ≤ 0.1 ，使得本研究問卷具有相當的一致性。

效度(Validity)係指問卷之有效程度，亦即能夠真正測得變數性質之程度(周文賢，2002)。一般上，效度可區分為內容效度(Content Validity)、效標相關效度(Criterion-Related Validity)及構念效度(Construct Validity)等三種。內容效度係指衡量工具的內容適切性，亦即涵蓋研究主題的程度；效標相關效度則是衡量結果與欲衡量之特質間的相關程度；構念效度係指能有效衡量某一構念的程度。而本研究主要是以 Heo(2001)、Gertsakis et al.,(1997)及鄧成連(1999)的理論基礎及實証經驗作為本問卷的建構基礎，因此具有合理的內容效度。

三、研究限制

(一) 研究變數過於主觀

本研究以環境的重要性、製造成本的投資、產品設計的考量、附加價值的提昇等四大構面為主軸。在這些影響 DfE 因素的選擇，雖然是以參考其他學者的實證研究，但是在各層級架構的選擇上，可能處在較主觀。

(三) 填答者的主觀性

本研究是以各公司產品設計及研發單位的主管，作為研究的問卷對象。但填答者的對於導入產品環境化設計的認知，及其填答過程的用心程度，皆處於無法掌握的未知情況。

(三) 研究樣本的代表性不足

本研究主要是以前 500 大製造業為研究對象，共發出了 500 份的問卷，在其樣本的回收上僅有 79 份(15.8%)，其代表性無法涵蓋所有情形。

第二節、資料分析

此章節即依據研究架構中所建立之層級架構(表 3-3)與 AHP 評估模式，作為研究分析的基礎，區分為四大部分予以說明。第一部分針對公司基本特性分析；第二部份將對影響 DfE 之四大構面進行分析；第三部份乃是針對各構面下的影響因素進行分析；第四部份則是針對整體研究結果進行綜合分析。在整體資料分析的過程當中，將以已導入 DfE 樣本(37 份)及未導入產品 DfE 樣本(40 份)作為研究結果的分析依據，進而交叉比較。

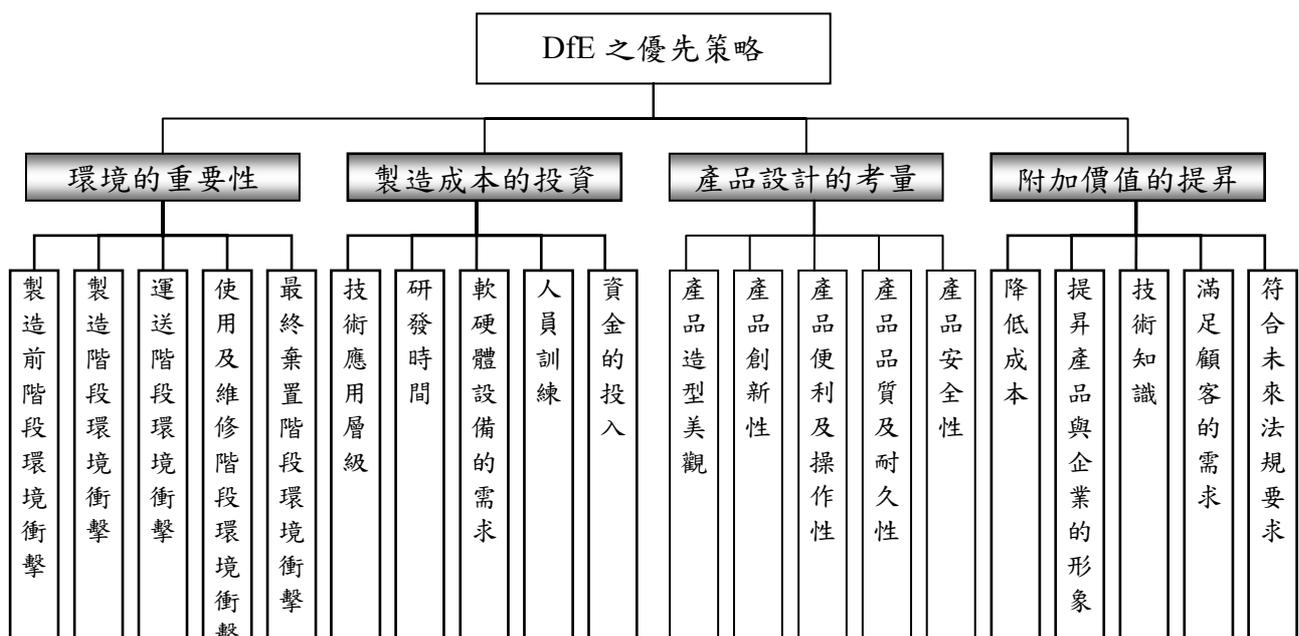


表 3-3 問卷層級架構

一、公司基本特性分析

在公司基本特性分析上，將以產業別、員工人數、2002 年營業額與公司區域性等四項作為基礎，進而再將整體樣本分為已導入及未導入產品環境化設計公司兩部分，去分析其基本特性的差異(表 3- 4)。在產業別上，已導入產品環境化設計是以電腦週邊與零組件(32.4%)和半導體與光電產業(19.0%)居多，而未導入產品環境化設計則是金屬、化學與石化原料(35%)和電腦週邊與零組件(17.5%)居多；在員工人數上，已導入產品環境化設計樣本是以 1000 人以上(59.5%)及 251-500 人(16.2%)佔了該樣本六成以上，而未導入產品環境化設計樣本，則是以 501-100 人(37.5%)、251-500 人(20%)與 101-250 人(20%)為最多；而在 2002 年營業額上，已導入產品環境化設計樣本是以 100-500 億元(37.8%)與 30-50 億元(24.3%)居多，而未導入產品環境化設計樣本則是以 50-100 億元(22.5%)和 50-100 億元(22.5%)為最多；最後在公司區域性上，不論是已導入 DfE 或未導入 DfE 的樣本皆是以北區為最多。

表 3-4 導入與未導入 DfE 公司之基本特性

項 目		已導入 DfE 樣本 (N=37)		未導入 DfE 樣本 (N=40)	
		次數	百分比(%)	次數	百分比(%)
產業別	金屬製品、化學與石化原料	6	16.2	14	35
	半導體、光電	7	19.0	6	15
	汽車零組件及其他運輸工具	5	13.5	2	5
	食品、塑膠與橡膠製品	1	2.7	4	10
	家電與機電設備	4	10.8	3	7.5
	紡織、成衣及造紙	2	5.4	4	10
	電腦週邊與零組件	12	32.4	7	17.5
員工人數	100 人以下	2	5.4	3	7.5
	101-250 人	3	8.1	8	20

	251-500 人	6	16.2	8	20
	501-1000 人	4	10.8	15	37.5
	1000 人以上	22	59.5	6	15
2002 年 營業額	30 億元以下	5	13.5	8	20
	30-50 億元	9	24.3	14	35
	50-100 億元	5	13.5	9	22.5
	100-500 億元	14	37.8	9	22.5
	500 億元以上	4	10.9	0	0
區域性	北 ¹	23	62.2	27	67.5
	中 ²	5	13.5	7	17.5
	南 ³	9	24.3	6	15

(資料來源：本研究整理)

二、影響構面之分析

在整體樣本分析上，先針對四個構面的重要性進行成對比較，再計算出各成對比較之下的幾何平均數，進而建立起成對比較矩陣。然後從成對比較矩陣之中，計算出特徵值(λ_{max})及特徵向量，而特徵向量所代表的則是各構面重要性的程度，接續將個別特徵向量除以全部特徵向量的總和，以進行標準化的程序，最後標準化之特徵向量即是各構面之權重，其總合權重為 1。根據表 3-7 的內容在已導入 DfE 樣本的分析上，「附加價值的提升」(0.2658) 被企業視為是最重要的影響構面，次之為「產品設計的考量」(0.2573)，再次之則是「環境的重要性」(0.2417)，最後則是「製造成本的投資」(0.2352)。也就是說，「附加價值的提升」是公司在導入 DfE 概念的首重策略。而未導入 DfE 的企業則認為「製造成本的投資」(0.3243) 才是最重要的影響構面，次之為「附加價值的提升」(0.2575)，再次之「環境的重要性」(0.2235)，最後則是「產品設計的考量」(0.1947)。

¹ 基隆市、台北縣、台北市、桃園縣、新竹縣、新竹市

² 苗栗縣、台中縣、台中市、彰化縣、南投縣、雲林縣

³ 嘉義縣、嘉義市、台南縣、台南市、高雄縣、高雄市

從此結果可知，尚未導入 DfE 公司仍是以成本做為優先考量的策略，跟已導入 DfE 企業以附加價值為優先考量，存在著顯著的差異處。利潤是企業生存的基本條件，因此成本是過去企業經營的考量，但在面臨快速變遷的競爭環境下，及第三世界的低廉勞力成本，產品設計應該從原先的成本轉至附加價值，才能提高產品於市場的競爭力。

表 3-5 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－影響構面

影響構面	成對比較矩陣	特徵值(λ_{\max})																									
D ₁ : 環境的重要性 D ₂ : 製造成本的投資 D ₃ : 產品設計的考量 D ₄ : 附加價值的提升	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>D₁</th> <th>D₂</th> <th>D₃</th> <th>D₄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>D₁</th> <td>1.0000</td> <td>1.2132</td> <td>0.6792</td> <td>1.0144</td> </tr> <tr> <th>D₂</th> <td>0.9667</td> <td>1.0000</td> <td>1.1552</td> <td>0.6817</td> </tr> <tr> <th>D₃</th> <td>1.2800</td> <td>0.8656</td> <td>1.0000</td> <td>0.9813</td> </tr> <tr> <th>D₄</th> <td>0.8446</td> <td>1.3401</td> <td>1.1091</td> <td>1.0000</td> </tr> </tbody> </table>		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₁	1.0000	1.2132	0.6792	1.0144	D ₂	0.9667	1.0000	1.1552	0.6817	D ₃	1.2800	0.8656	1.0000	0.9813	D ₄	0.8446	1.3401	1.1091	1.0000	4.0202
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄																							
D ₁	1.0000	1.2132	0.6792	1.0144																							
D ₂	0.9667	1.0000	1.1552	0.6817																							
D ₃	1.2800	0.8656	1.0000	0.9813																							
D ₄	0.8446	1.3401	1.1091	1.0000																							

(資料來源：本研究整理)

表 3-6 未導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－影響構面

影響構面	成對比較矩陣	特徵值(λ_{\max})																									
D ₁ : 環境的重要性 D ₂ : 製造成本的投資 D ₃ : 產品設計的考量 D ₄ : 附加價值的提升	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>D₁</th> <th>D₂</th> <th>D₃</th> <th>D₄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>D₁</th> <td>1.0000</td> <td>0.7271</td> <td>1.1597</td> <td>0.8151</td> </tr> <tr> <th>D₂</th> <td>1.3754</td> <td>1.0000</td> <td>1.7804</td> <td>1.2442</td> </tr> <tr> <th>D₃</th> <td>0.8623</td> <td>0.5617</td> <td>1.0000</td> <td>0.8151</td> </tr> <tr> <th>D₄</th> <td>1.2269</td> <td>0.8037</td> <td>1.2268</td> <td>1.0000</td> </tr> </tbody> </table>		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₁	1.0000	0.7271	1.1597	0.8151	D ₂	1.3754	1.0000	1.7804	1.2442	D ₃	0.8623	0.5617	1.0000	0.8151	D ₄	1.2269	0.8037	1.2268	1.0000	4.0042
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄																							
D ₁	1.0000	0.7271	1.1597	0.8151																							
D ₂	1.3754	1.0000	1.7804	1.2442																							
D ₃	0.8623	0.5617	1.0000	0.8151																							
D ₄	1.2269	0.8037	1.2268	1.0000																							

(資料來源：本研究整理)

表 3-7 產品環境化設計各影響構面之權重

影響構面	已導入 DfE 樣本		未導入 DfE 樣本	
	權重	排序	權重	排序
D ₁ : 環境的重要性	0.2417	3	0.2235	3
D ₂ : 製造成本的投資	0.2352	4	0.3243	1
D ₃ : 產品設計的考量	0.2573	2	0.1947	4
D ₄ : 附加價值的提升	0.2658	1	0.2575	2
C.I.	0.0067		0.0014	
C.R.	0.0075		0.0016	
λ_{\max}	4.0202		4.0042	

(資料來源：本研究整理)

三、影響因素之分析

在 DfE 的四大影響構面下，各構面又涵蓋了五個影響因素，因此總共有二十個的影響因素。將分別從「環境的重要性」、「製造成本的投資」、「產品設計的考量」及「附加價值的提升」構面，進行各影響因素的資料分析。

(一)「環境的重要性」構面下之影響因素分析

在「環境的重要性」構面下，共有五大影響因素，分別為：「製造前階段」(F₁)、「製造階段」(F₂)、「運輸階段」(F₃)、「使用及維修階段」(F₄)、「最終棄置階段」(F₅)。該構面主要的目的，是去探究企業在執行DfE對於環境因素的考量層面為何？從已導入DfE的樣本分析結果，發現「最終棄置階段」(0.3261)因素成為企業產品設計及研發單位，在導入DfE概念於「環境的重要性」構面上認為是最重要的影響因素，次之則是「製造前階段」(0.2293)影響因素，再次之則是「運輸階段」(0.1063)，而「使用及維修階段」(0.1542)及「製造階段」(0.1063)的影響因素，則居於最低的重要性。在未導入DfE概念的樣本中，「製造前階段(0.2977)」的影響因素被視為是在導入DfE最重要的因素。而「運輸階段」(0.2393)則被視為在環境的重要性構面中第二重要的影響因素，「最終棄置階段」(0.1922)則為第三，第四及第五則分別為「使用及維修階段」(0.1379)及「製造階段」(0.1329)的影響構面(表 3-10)。在環境的重要性構面下，已導入與未導入DfE的企業存在著較大的差異在於最終棄置階段對環境衝擊的考量，以現今相關的環境規範而言，對於產品回收及最終棄置階段的要求非常多，例如：WEEE, RoHS, IPP, EPR等規範。此些規範皆要求產品在回收端必須負起一定比例的回收責任，因此企業必須在產品設計階段就須將棄置階段納入考量，除了可以

符合法規要求，更可避免因回收階段的拆卸動作而增加成本及困難度。

表 3-8 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－環境的重要性

影響因素	成對比較矩陣	特徵值(λ_{max})																																				
F ₁ : 製造前階段 F ₂ : 製造階段 F ₃ : 運輸階段 F ₄ : 使用及維修階段 F ₅ : 最終棄置階段	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>F₁</th> <th>F₂</th> <th>F₃</th> <th>F₄</th> <th>F₅</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>F₁</th> <td>1.0000</td> <td>1.6994</td> <td>1.9179</td> <td>1.4652</td> <td>0.5750</td> </tr> <tr> <th>F₂</th> <td>0.5884</td> <td>1.0000</td> <td>1.9424</td> <td>1.2641</td> <td>0.6290</td> </tr> <tr> <th>F₃</th> <td>0.5214</td> <td>0.5148</td> <td>1.0000</td> <td>0.6161</td> <td>0.3683</td> </tr> <tr> <th>F₄</th> <td>0.6825</td> <td>0.7911</td> <td>1.6232</td> <td>1.0000</td> <td>0.4534</td> </tr> <tr> <th>F₅</th> <td>1.7391</td> <td>1.5898</td> <td>2.7151</td> <td>2.2054</td> <td>1.0000</td> </tr> </tbody> </table>		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₁	1.0000	1.6994	1.9179	1.4652	0.5750	F ₂	0.5884	1.0000	1.9424	1.2641	0.6290	F ₃	0.5214	0.5148	1.0000	0.6161	0.3683	F ₄	0.6825	0.7911	1.6232	1.0000	0.4534	F ₅	1.7391	1.5898	2.7151	2.2054	1.0000	5.0418
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅																																	
F ₁	1.0000	1.6994	1.9179	1.4652	0.5750																																	
F ₂	0.5884	1.0000	1.9424	1.2641	0.6290																																	
F ₃	0.5214	0.5148	1.0000	0.6161	0.3683																																	
F ₄	0.6825	0.7911	1.6232	1.0000	0.4534																																	
F ₅	1.7391	1.5898	2.7151	2.2054	1.0000																																	

(資料來源：本研究整理)

表 3-9 未已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－環境的重要性

影響因素	成對比較矩陣	特徵值(λ_{max})																																				
F ₁ : 製造前階段 F ₂ : 製造階段 F ₃ : 運輸階段 F ₄ : 使用及維修階段 F ₅ : 最終棄置階段	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>F₁</th> <th>F₂</th> <th>F₃</th> <th>F₄</th> <th>F₅</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>F₁</th> <td>1.0000</td> <td>2.0100</td> <td>2.0822</td> <td>1.7810</td> <td>1.2765</td> </tr> <tr> <th>F₂</th> <td>0.4975</td> <td>1.0000</td> <td>2.8454</td> <td>2.0094</td> <td>0.9892</td> </tr> <tr> <th>F₃</th> <td>0.4803</td> <td>0.3514</td> <td>1.0000</td> <td>1.0382</td> <td>0.8785</td> </tr> <tr> <th>F₄</th> <td>0.5382</td> <td>0.4977</td> <td>0.9632</td> <td>1.0000</td> <td>0.8148</td> </tr> <tr> <th>F₅</th> <td>0.8868</td> <td>0.8703</td> <td>1.1383</td> <td>1.2272</td> <td>1.0000</td> </tr> </tbody> </table>		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₁	1.0000	2.0100	2.0822	1.7810	1.2765	F ₂	0.4975	1.0000	2.8454	2.0094	0.9892	F ₃	0.4803	0.3514	1.0000	1.0382	0.8785	F ₄	0.5382	0.4977	0.9632	1.0000	0.8148	F ₅	0.8868	0.8703	1.1383	1.2272	1.0000	5.1232
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅																																	
F ₁	1.0000	2.0100	2.0822	1.7810	1.2765																																	
F ₂	0.4975	1.0000	2.8454	2.0094	0.9892																																	
F ₃	0.4803	0.3514	1.0000	1.0382	0.8785																																	
F ₄	0.5382	0.4977	0.9632	1.0000	0.8148																																	
F ₅	0.8868	0.8703	1.1383	1.2272	1.0000																																	

(資料來源：本研究整理)

表 3-10 產品環境化設計各影響因素之權重－環境的重要性

影響因素	已導入 DfE 樣本		未導入 DfE 樣本	
	權重	排序	權重	排序
F ₁ : 製造前階段	0.2293	2	0.2977	1
F ₂ : 製造階段	0.1063	5	0.1329	5
F ₃ : 運輸階段	0.1841	3	0.2393	2
F ₄ : 使用及維修階段	0.1542	4	0.1379	4
F ₅ : 最終棄置階段	0.3261	1	0.1922	3
C.I.	0.0105		0.0303	
C.R.	0.0094		0.0271	
λ_{max}	5.0418		5.1232	

(資料來源：本研究整理)

(二)「製造成本的投資」構面下之影響因素分析

在「製造成本的投資」構面下的影響因素，分別為：「技術運用程度」(F₆)、「研發時間」(F₇)、「軟體設備的需求」(F₈)、「人員的訓練」(F₉)、「資金的投入」(F₁₀)。在「製造成本的投資」的主要目的是期望能夠了解目前企業在導入DfE於投資成本的考量因素為何？根據的結果發現，已導入DfE樣本的分析結果，將「研發時間」(0.2626)視為是DfE最重要的考量因素，次之為「資金的投入」(0.2360)，再次之則為「人員的訓練」(0.2078)，最後則是「技術運用程度」(0.1533)及「軟體設備的需求」(0.1403)因素。在未導入產品DfE樣本的分析結果上，可以發現不同於已導入DfE樣本的結果，該樣本認為「技術運用程度」(0.2175)是為最重要的影響因素，次之為「資金的投入」(0.2162)，再次之則為「研發時間」(0.2059)，最後則為「人員的訓練」(0.1879)及「軟體設備的需求」(0.1725)兩項(表3-13)。從製造成本的投資構面分析結果，已導入及未導入DfE企業在技術運用程度與研發時間存在較大的差異，未導入DfE企業認為技術運用程度為製造成本投資構面下，最優先考量的策略，這跟附加綠色議題於產品設計上的考量存在著相關性。

表 3-11 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－製造成本的投資

影響因素	成對比較矩陣					特徵值(λ_{max})
	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	
F ₆ ：技術運用程度	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	5.2889
F ₇ ：研發時間	F ₇	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	
F ₈ ：軟體設備的需求	F ₈	F ₈	F ₈	F ₉	F ₁₀	
F ₉ ：人員的訓練	F ₉	F ₉	F ₉	F ₉	F ₁₀	
F ₁₀ ：資金的投入	F ₁₀					

(資料來源：本研究整理)

表 3-12 未導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－製造成本的投資

影響因素	成對比較矩陣					特徵值(λ_{max})	
	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀		
F ₆ ：技術運用程度	F ₆	1.0000	1.4267	1.3465	0.8583	0.8516	5.0055
F ₇ ：研發時間	F ₇	0.6588	1.0000	1.3835	1.1600	1.0187	
F ₈ ：軟硬體設備的需求	F ₈	0.6981	0.7228	1.0000	1.0571	0.8766	
F ₉ ：人員的訓練	F ₉	1.1651	0.7616	0.9459	1.0000	0.8418	
F ₁₀ ：資金的投入	F ₁₀	1.2829	0.9816	0.9436	1.2033	1.0000	

(資料來源：本研究整理)

表 3-13 產品環境化設計各影響因素之權重－製造成本的投資

影響因素	已導入 DfE 樣本		未導入 DfE 樣本	
	權重	排序	權重	排序
F ₆ ：技術運用程度	0.1533	4	0.2175	1
F ₇ ：研發時間	0.2626	1	0.2059	3
F ₈ ：軟硬體設備的需求	0.1403	5	0.1725	5
F ₉ ：人員的訓練	0.2078	3	0.1879	4
F ₁₀ ：資金的投入	0.2360	2	0.2162	2
C.I.	0.0105		0.0014	
C.R.	0.0094		0.0013	
λ_{max}	5.0418		5.1232	

(資料來源：本研究整理)

(三)「產品設計的考量」構面下之影響因素分析

「產品設計的考量」構面下之影響因素為：「產品造型美觀(F₁₁)」、「產品創新性」(F₁₂)、「產品便利及操作性」(F₁₃)、「產品品質及耐久性」(F₁₄)、「產品安全性」(F₁₅)。在該構面的影響因素主要是去了解企業在執行DfE概念時，對於產品本身設計屬性的考量因素為何，進而去比較不同樣本分析結果的差異。經由已導入及未導入DfE樣本的分析，

發現各樣本對於該構面下的影響因素，皆持相當一致的看法。認為在產品環境化設計概念的執行當中，「產品安全性」被視為是最重要的考量因素，次之則為「產品品質及耐久性」，再次之為「產品便利性及操作性」，最後則是「產品創新性」及「產品造型美觀」兩項因素(表 3- 16)。從中可以發現的是，「產品的安全性」被所有企業視為是在DfE時最重要的關鍵因素，其重要性凌駕於其他所有的影響因素之上。

表 3- 14 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－產品設計的考量

影響因素	成對比較矩陣					特徵值(λ_{max})
	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	
F ₁₁ ：產品造型美觀	$\begin{bmatrix} 1.0000 & 0.4470 & 0.4977 & 0.4170 & 0.3212 \\ 2.2372 & 1.0000 & 0.7832 & 0.6761 & 0.3950 \\ 1.8735 & 1.2769 & 1.0000 & 1.2762 & 0.4584 \\ 2.3981 & 1.7015 & 0.7836 & 1.0000 & 0.6496 \\ 3.1138 & 2.5315 & 2.0537 & 1.6350 & 1.0000 \end{bmatrix}$					5.0789
F ₁₂ ：產品創新性						
F ₁₃ ：產品便利及操作性						
F ₁₄ ：產品品質及耐久性						
F ₁₅ ：產品安全性						

(資料來源：本研究整理)

表 3- 15 未導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－產品設計的考量

影響因素	成對比較矩陣					特徵值(λ_{max})
	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	
F ₁₁ ：產品造型美觀	$\begin{bmatrix} 1.0000 & 0.5171 & 0.3309 & 0.3638 & 0.2542 \\ 1.4633 & 1.0000 & 0.5141 & 0.5104 & 0.3108 \\ 2.2998 & 1.9449 & 1.0000 & 0.9611 & 0.4433 \\ 2.7489 & 1.9592 & 1.0404 & 1.0000 & 0.4971 \\ 2.0576 & 3.2173 & 2.2557 & 2.0115 & 1.0000 \end{bmatrix}$					5.3163
F ₁₂ ：產品創新性						
F ₁₃ ：產品便利及操作性						
F ₁₄ ：產品品質及耐久性						
F ₁₅ ：產品安全性						

(資料來源：本研究整理)

表 3-16 產品環境化設計各影響因素之權重－產品設計的考量

影響因素	已導入 DfE 樣本		未導入 DfE 樣本	
	權重	排序	權重	排序
F ₁₁ ：產品造型美觀	0.0908	5	0.0805	5
F ₁₂ ：產品創新性	0.1606	4	0.1188	4
F ₁₃ ：產品便利及操作性	0.1931	3	0.2126	3
F ₁₄ ：產品品質及耐久性	0.2118	2	0.2227	2
F ₁₅ ：產品安全性	0.3437	1	0.3654	1
C.I.	0.0197		0.0791	
C.R.	0.0176		0.0706	
λ_{\max}	5.0789		5.3163	

(資料來源：本研究整理)

(四)「附加價值的提升」構面下之影響因素分析

「附加價值的提升」構面下的影響因素主要區分為：「降低成本」(F₁₆)、「提升產品及企業形象」(F₁₇)、「技術知識的提升」(F₁₈)、「滿足顧客的需求」(F₁₉)、「符合未來法規要求」(F₂₀)。其主要目的是去了解企業在執行DfE概念時，那些附加價值是產品設計所要呈現出的效益。從已導入及未導入DfE的樣本分析結果(表-8)，皆一致認為導入DfE概念，最主要的附加價值提升是能夠「滿足顧客的需求」，次之則能夠「符合未來法規要求」，再次之則是希望「提升產品及企業形象」，最後則是「降低成本」及「技術知識的提升」兩項因素。從此可知，企業認為「滿足顧客的需求」是在執行產品環境化設計的概念中，最重要的附加價值，也唯有首先受到顧客的青睞，才能保有市場最基本的銷售潛力。

表 3-17 已導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－附加價值的提升

影響因素	成對比較矩陣					特徵值(λ_{\max})	
	F ₁₆	F ₁₇	F ₁₈	F ₁₉	F ₂₀		
F ₁₆ ：降低成本	F ₁₆ [1.0000	0.7255	1.0862	0.4586	0.5324	5.0342
F ₁₇ ：提升產品及企業形象		1.3784	1.0000	2.1627	0.8358	0.8803	
F ₁₈ ：技術知識的提升		0.9206	0.4624	1.0000	0.4315	0.7144	
F ₁₉ ：滿足顧客的需求		2.1807	1.1964	2.3174	1.0000	1.1681	
F ₂₀ ：符合未來法規要求		1.8784	1.1360	1.3998	0.8561	1.0000	

(資料來源：本研究整理)

表 3-18 未導入產品環境化設計樣本之成對矩陣－附加價值的提升

影響因素	成對比較矩陣					特徵值(λ_{\max})	
	F ₁₆	F ₁₇	F ₁₈	F ₁₉	F ₂₀		
F ₁₆ ：降低成本	F ₁₆ [1.0000	0.8490	1.1256	0.5150	0.5543	5.0291
F ₁₇ ：提升產品及企業形象		1.1779	1.0000	0.8466	0.5948	0.6014	
F ₁₈ ：技術知識的提升		0.8884	1.1812	1.0000	0.4390	0.4725	
F ₁₉ ：滿足顧客的需求		1.9418	1.6813	2.2779	1.0000	1.4697	
F ₂₀ ：符合未來法規要求		1.7295	1.6628	2.1162	0.6804	1.0000	

(資料來源：本研究整理)

表 3-19 產品環境化設計各影響因素之權重－附加價值的提升

影響因素	已導入 DfE 樣本		未導入 DfE 樣本	
	權重	排序	權重	排序
F ₁₆ ：降低成本	0.1370	4	0.1458	4
F ₁₇ ：提升產品及企業形象	0.2236	3	0.1555	3
F ₁₈ ：技術知識的提升	0.1279	5	0.1408	5
F ₁₉ ：滿足顧客的需求	0.2806	1	0.3059	1
F ₂₀ ：符合未來法規要求	0.2309	2	0.2520	2
C.I.	0.0197		0.0073	
C.R.	0.0176		0.0065	
λ_{\max}	5.0342		5.0291	

(資料來源：本研究整理)

四、綜合分析－導入與未導入 DfE 廠商影響因子之差異分析

針對整體樣本下的四大構面及二十個影響因素進行全部的分析，從各構面下的影響因素經由標準化之特徵向量的程序，計算出各影響因素不同的權重值，進而再計算出全部影響因素的綜合權重值。從下列表 3- 20 來看，透過綜合權重可使不同構面下的因素來做重要度大小的比較(林晉祺，2003)，本研究希望經由權重排序的動作，去探討在已導入及未導入 DfE 樣本之下，各影響因素的相對權重值，並進一步去比較在不同樣本中的差異性。

從影響產品 DfE 的構面來看，在已導入及未導入 DfE 企業的結果分析，「製造成本的投資」構面為兩大樣本最大的分歧所在，已導入 DfE 企業認為該構面的重要性是居四大影響構面之後，但未導入 DfE 企業則是認為該構面的重要性是居所有影響構面之首，存在著頗大的差異性；另一則是在「產品設計的考量」構面上的差異，已導入 DfE 公司認為該構面的相對重要性是居所有構面的第二，但未導入 DfE 公司則認為該構面的相對重要性居於最後的程度。而「環境的重要性」及「附加價值的提昇」在兩種不同樣本的分析結果下，均持較一致的看法，其中「附加價值的提昇」被已導入及未導入 DfE 企業視為分屬第一及第二的重要性；「環境的重要性」均被視為第三重要性的構面。

根據已導入及未導入 DfE 公司於環境重要性構面下的影響因素來看，「運輸階段」(F₃)及「使用及維修階段」(F₄)皆被認為是較不重要的因素，且在「最終棄置階段」(F₅)影響因素的認知上，存在著非常顯著的差異。在製造成本的投資構面上，「技術應用程度」(F₆)及「研發時間」(F₇)在兩種樣本的分析結果呈現出相反的情形，且在重要性的認知上，也有著較大的差異性。但從產品設計的構面上來看，該兩種不同樣本對於「產品的安全性」

(F₁₅)及「產品造型美觀」(F₁₁)重要性的認知上，皆呈現相當一致的看法，分別給於最重要的第一排序及最不重要的第二十排序。最後在附加價值的提昇構面上，不管是已導入或未導入DfE的企業認為在執行產品DfE概念，「滿足顧客的需求」(F₁₉)及「符合未來法規要求」(F₂₀)是其所欲呈現的附加價值。且層級的一致性(C.R.H)也在小於0.1的合理範圍之內。

表 3-20 已導入及未導入產品 DfE 之權重優先排序

考量構面		已導入 DfE 樣本		未導入 DfE 樣本	
		權重	排序	權重	排序
D ₁ ：環境的重要性		0.2417	3	0.2235	3
D ₂ ：製造成本的投資		0.2352	4	0.3243	1
D ₃ ：產品設計的考量		0.2573	2	0.1947	4
D ₄ ：附加價值的提昇		0.2658	1	0.2775	2
考量因素					
D ₁	F ₁ ：製造前階段	0.0573	7	0.0744	3
	F ₂ ：製造階段	0.0460	12	0.0598	5
	F ₃ ：運輸階段	0.0266	19	0.0332	18
	F ₄ ：使用及維修階段	0.0386	14	0.0345	17
	F ₅ ：最終棄置階段	0.0815	2	0.0481	11
D ₂	F ₆ ：技術應用程度	0.0383	15	0.0544	7
	F ₇ ：研發時間	0.0657	4	0.0512	10
	F ₈ ：軟硬體設備的需求	0.0351	16	0.0431	13
	F ₉ ：人員訓練	0.0520	10	0.0470	12
	F ₁₀ ：資金的投入	0.0590	5	0.0541	8
D ₃	F ₁₁ ：產品造型美觀	0.0227	20	0.0201	20
	F ₁₂ ：產品創新性	0.0402	13	0.0297	19
	F ₁₃ ：產品便利及操作性	0.0483	11	0.0532	9
	F ₁₄ ：產品品質及耐久性	0.0530	9	0.0557	6
	F ₁₅ ：產品安全性	0.0859	1	0.0914	1
D ₄	F ₁₆ ：降低成本	0.0343	17	0.0365	15
	F ₁₇ ：提昇產品與企業形象	0.0559	8	0.0389	14
	F ₁₈ ：技術知識的提升	0.0320	18	0.0352	16
	F ₁₉ ：滿足顧客的需求	0.0702	3	0.0765	2
	F ₂₀ ：符合未來法規要求	0.0577	6	0.0630	4
C.R.H.		0.0223		0.0226	

(資料來源：本研究整理)

第三節、研究小結

本研究最主要的目的是透過問卷及分析層級程序法，去了解企業目前在國際綠色設計潮流下的作法及導入環境化設計的意願。從已經導入 DfE 的企業中去探究影響產品設計的關鍵因素，作為未導入 DfE 企業的參考依據及做法，進而去比較在兩種不同樣本之中的差異性。所提供的建議，除了讓企業在面臨國際環保潮流壓力下，能夠儘早研擬因應的方案，也能讓相關單位在協助企業因應時的參考。以下即針對本研究的結論，綜合摘要如下：

一、導入產品 DfE 關鍵的影響因素

本研究透過實際已經執行 DfE 企業的分析結果，研擬出導入 DfE 最關鍵的十大影響因素(圖 3-1)。在「環境的重要性」構面中，最重要的是「製造前階段」(0.0573)及「最終棄置階段」(0.0815)兩項因素；在「製造成本的投資」構面為「研發時間」(0.0657)、「人員訓練」(0.0520)及「資金的投入」(0.0590)三項因素；「產品設計的考量」構面為「產品品質及耐久性」(0.0530)及「產品安全性」(0.0859)兩項因素；而「附加價值的提昇」構面則為「提昇產品與企業形象」(0.0559)、「滿足顧客的需求」(0.0702)及「符合未來法規要求」(0.0577)三項因素。上述的關鍵影響因素，是從分析已將 DfE 概念運用於產品設計策略之企業的發現，此一結果可做為未來欲執行產品綠色設計公司的參考依據，並將產品策略整合至公司的營運策略之中，從策略面去提昇產品於市場的競爭力。

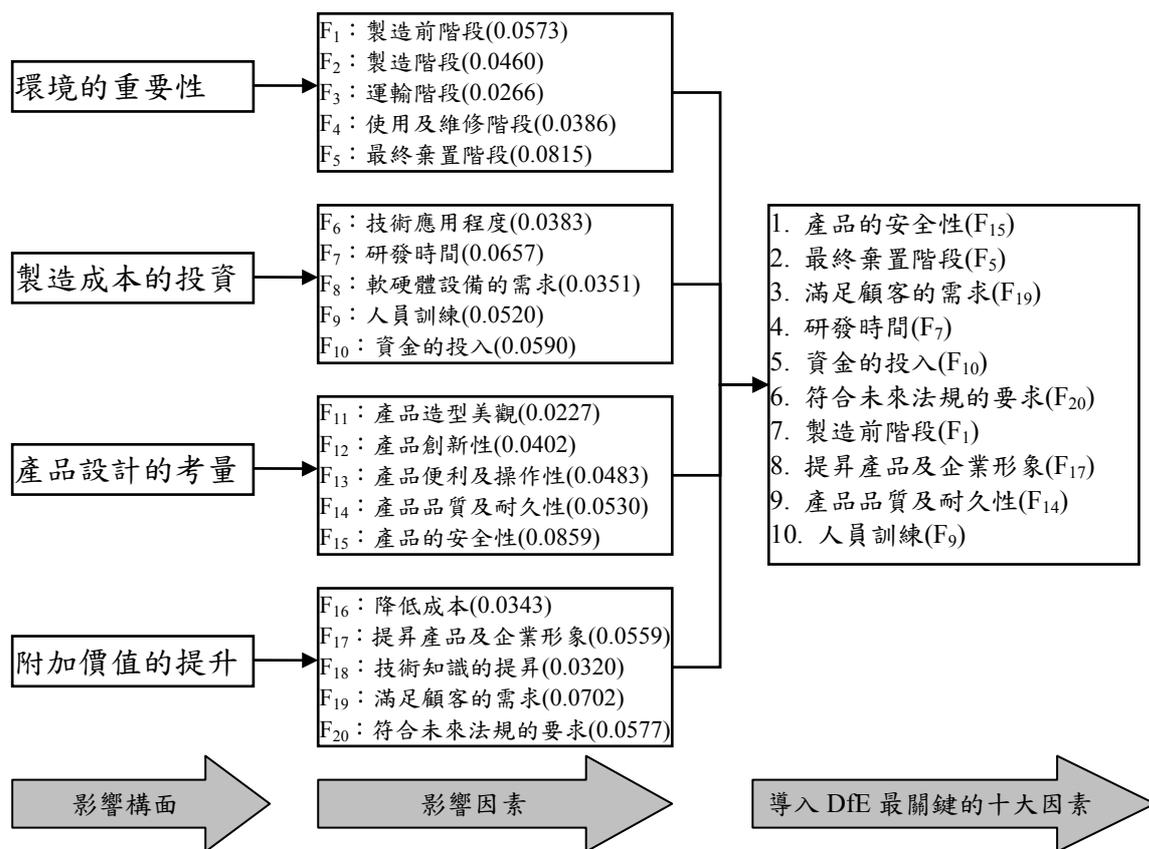


圖 3-1 導入 DfE 之關鍵因素

二、提昇企業導入產品 DfE 之意願

本研究針對國內前 500 大製造業進行問卷調查，有效回收問卷為 77 份，其中已導入 DfE 為 37 份 (48.1%)，而未導入 DfE 則為 40 份 (59.1%)。在未導入 DfE 的調查中，發現還有將近 47.5% 的企業對於未來導入產品環境化設計的意願低於 40% 以下(表 3- 21)。在國際相關環境管理的規範的要求上，大型企業遭受到有關綠色產品要求的機率較多，可以做為該結果分析的現象。從消費者觀點為主的綠色行銷及消費來看，民眾逐漸採購由環保標章所認證的綠色產品及政府採購法當中規定以 10% 的價差購買環保產品；另一則是在綠色供應鏈層層的要求下，國內中小型企業仍有可能遭受到國內大廠於跨國企業環境供應鏈下

的壓力。從大環境來看，企業想要確保市場中的地位及避免環境壓力，朝向綠色設計的環保產品將是不變的方向。

表 3-21 未來導入 DfE 之情形(尚未導入 DfE 樣本)

導入 DfE 之機率	20%以下	20—40%	41—60%	61—80%	80%以上
數量	9	10	15	6	0
百分比(%)	22.5	25	37.5	15	0

(資料來源：本研究整理)

三、改變投資成本考量的權重

已導入 DfE 的企業認為「附加價值的提昇」是在執行 DfE 最重要的影響構面，但未導入 DfE 的企業卻認為「製造成本的投資」構面才是最重要的。製造成本的投資及附加價值的提昇代表著產品的輸入端及輸出端，以企業的觀點是希望能將輸入端的成本降低，並提升輸出端的附加價值，達到雙重效益。總的來說，就是已導入 DfE 概念的企業，認為在目前如此競爭的市場當中，提升產品附加價值的重要性遠大於降低成本。在瞬息萬變的產品市場中，不僅要接受眾多國際環境規範的要求，更要面臨來自第三國家低廉成本的衝擊，想要保有競爭優勢的實力，產品不再只是以追求降低投資成本為首重，更重要的是要去提昇產品本身的附加價值。對於尚未導入 DfE 的企業而言，該發現可作為未來欲執行產品設計所要考量的關鍵策略。

四、最終棄置階段的環境重要性

針對企業在導入 DfE 之環境構面的考量因素分析上，我們從已導入及未導入 DfE 之企業中來探討不同樣本在考量該概念策略時的異同，其中以「最終棄置階段」的差異性最大。

最後棄置階段代表的是在產品回收過程所考量對環境衝擊的情況，目前諸多的法令與規範皆要求企業需致力於產品回收端的工作，因此 DfE 必須將此趨勢優先納入產品設計之中。但從目前未導入 DfE 之企業的分析結果，發現該些企業對於回收端的環境面並非很重視，此結果將導致企業增加在產品回收工作困難度，且需投入更多的成本。在過去的產品設計只考量組裝程序的操作，但是現今的設計者仍須將拆卸及零件回收納入產品之中(Kuo *et al.*, 2001)，如此才能讓產品符合回收端的法令要求、降低回收再利用的成本及減少對環境的污染。

五、產業特性之差異

從本研究的結果發現，已導入 DfE 的產業是以「電腦週邊與零組件、半導體、光電」為主，而尚未導入 DfE 產業則是分佈於「金屬製品、化學與石化原料」產業，這剛好跟目前國際間對於環保規範大多著重於資訊產業相符。也就是說，目前企業在執行 DfE 的情況，是以受到國際對於綠色產品要求之驅使，而其範圍是以電腦及資訊產業為主。從營業額來看，實際導入 DfE 的企業是以 100-500 億元及 500 億元佔了約 48.7%之多，該些較屬於大型企業的型態，而在未導入的企業特性來看，較分佈於中小型企业之中。雖然法令及規範是推動企業執行 DfE 的動力，但消費者對於綠色產品的要求，應該不會僅著重於特定產業的產品，因此其他產業應該致力於綠色產品的執行上。不僅如此，在全球供應鏈的關係上，不再只是跨國企業會受到規範，就算以內銷為導向的中小型企业也會受到要求造製出不含有害物質的產品。

第肆章、產品環境化設計決策支援系統之建置

從文獻回顧與分析的資料中而知，完整的 LCA 應是較不適用於目前的產品評估或使用上，而以簡化式生命週期評估為基礎的評估軟體工具，應可做為銜接該過渡時期的支援工具。本章節即針對決策支援系統的實際建置過程、依據與架構，逐一加以說明。

第一節、研究流程

本研究是著重在 SLCA 基礎上，透過目前國際間已經發展並以跨國企業普遍使用的多套以矩陣評分法為主，進行分析比較。進而以 Graedel and Allenby 替 AT&T 公司所開發的矩陣評估模式為主幹，再與 Eco-indicator 99 中的環境衝擊指標相結合，確認出較適用於我國企業所使用的生命週期階段及環境衝擊指標兩大架構。而為了增加使用者對於矩陣權重 (Weighting) 的參考依據，軟體中設有既定的預設值及讓使用者自行設定兩種方式，讓對自我產品生產製造非常清楚的自評者，能有更精確的評比結果。

整個決策系統是以視覺化培基語言 (VB) 為操作介面的模式，去撰寫視窗版及達到簡易操作的功能取向，開發一套普遍適合國內企業從事為環境化設計 (DfE) 之實用暨簡易的決策支援系統。而 VB 之所以廣泛地被接受使用，主要是因為它並不須具備太深的程式基礎，完全把物件導向 (Object Oriented) 及事件驅動程式設計等抽象觀念「視覺化」 (Visualize)，且又使用初學者最常用的 Basic 語言，配合其圖形化的整合介面，很容易讓使用者能快速地熟悉並使用，另一比較強勢的優點為其已有的中文化操作環境，對於撰寫程式語言上的障礙已不復存在 (陳王琨等人，2002)。以下即針對 AT&T 公司所開發的矩陣式評估軟體及 Eco-indicator 99 指標做說明，分別闡述如下：

一、AT&T 公司之簡化式矩陣評估模式

該系統是由 Graedel and Allenby 替 AT&T 公司所開發的矩陣式評估系統，此評估架構可以應用在產品、製程、廠房(facility)及服務相關研究上，而其最令人感興趣的是它讓立即從事 LCA 相關研究的人—大約只需要兩天即可完成一個產品的評估，而一個廠房的評估，大概也只需要一個禮拜的時間，並且它能藉由圖表的呈現來提供改善的建議，而讓使用者能立即採取行動。該架構目前除了 AT&T 公司的運用外，還用於 GM 汽車於 1950 跟 1990 年代的車款比較及電信廠房的評估比較，並且從廠房的評估經驗中了解到，藉由以生命週期為基礎的 SLCA，可以達到重大的環境改善(Graedel *et al.*, 2002)。Ong *et al.*(1999)也認為 SLCA 工具可以快速及容易地提供產品於生命週期中對環境衝擊的情形，並讓設計者可以依據此結果來降低產品設計上的障礙。一般上，半量化(semi-quantitative)SLCA 的做法常會遭受到大家對其主觀性的爭論，但 Graedel *et al.*(2002)認為 SLCA 使用的定位應是以確認環境改善的關鍵機會為主軸，而不是以具備量化評估特性的工具為主，並且 SLCA 評估後的結果，也可作為提供有關環境考量面的參考資料。選用何種工具必須依據使用者所設定的目標及最終的呈現方式，如是以產品環境化設計的評估工具，應該讓企業可以很容易的作為產品開發的輔助工具，迅速地找出環境衝擊的層面，並以一種「持續改善」的觀念，作為軟體的主要精神(許家偉等人，2003)。雖然此方法不是一個量化的工具，且其環境績效量測的結果也並非嚴謹，但比起以預估(estimate)模式作為環境績效改善的方式而言，卻有其優越之處(Graedel *et al.*, 2002)。其主要架構是透過一個 5×5 的評估矩陣(表 4-1)，它的縱軸邊是五個基本生命週期階段(製造前、產品製造、包裝與運輸、使用，以及棄置)；它

的橫軸為環境顧慮(原料選擇、能源使用、固態殘留物、液態殘留物，以及氣態殘留物)。
 矩陣中的每一個格子，由評估人依照環境衝擊的大小，給予一個分數(從最大衝擊的 0 分，
 至最小衝擊的 4 分)。

表 4- 1 AT&T 公司評估矩陣之架構

生命週期	環境顧慮				
	原料選擇	能源使用	固態殘留物	液態殘留物	氣態殘留物
製造前	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)
產品製造	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	(2,5)
包裝與運輸	(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(3,5)
產品使用	(4,1)	(4,2)	(4,3)	(4,4)	(4,5)
棄置	(5,1)	(5,2)	(5,3)	(5,4)	(5,5)

[i, j]=[生命週期，環境顧慮] (資料來源: Graedel, 1998)

二、生態指標 99(Eco-indicator 99)之方法論

由於 AT&T 公司所開發的評估矩陣上是以原料選擇、能源使用、固態殘留物、液態殘留物及氣態殘留物作為環境顧慮的指標，恐怕無法涵蓋所有環境衝擊的考量層面。因此，除了 AT&T 公司的架構外又將 Eco-indicator 99 中對資源、生態系統及人類健康三個衝擊層面作為環境衝擊架構的基石。Goedkoop *et al.*(2000)認為 Eco-indicator 99 是利用 LCA 的做法，來評估生產技術及環境保護之間的關係，並從評估的結果中去了解對環境的衝擊程度，並經由不斷的修改，呈現出最精確的環境衝擊，以作為綠色設計技術的輔助工具。Eco-indicator 99 整體的架構及三大評估步驟如圖 4- 1，此為 LCA 的標準程序，但在盤查的過程中，必須先規劃出系統的界線、分配、區域性的考量面與一般資料的特性。

步驟一：首先必須從產品的生命週期中，去盤查所有與製程相關的排放量、資源萃取與土

地的使用情形。

步驟二：計算這些排放量對人類健康、生態系和資源的損害程度。而排放量的損害又分為

結果分析(Fate analysis)、暴露、效應分析(Effect analysis)與損害分析四種。

步驟三：在這三種損害的類型中，給予權重的比例。

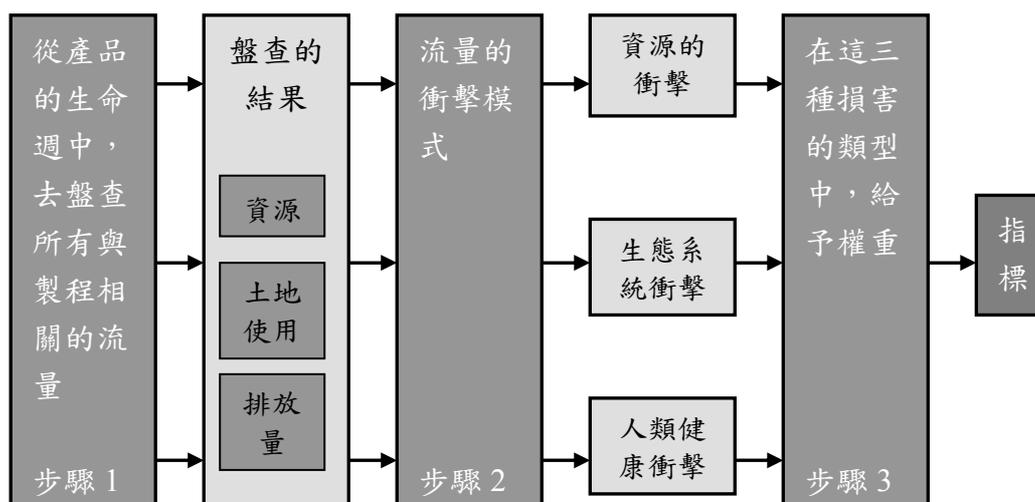


圖 4-1 生態指標(Eco-indicator)計算的程序

(資料來源: Goedkoop *et al.*, 2000)

註：框格中較深的顏色乃是代表中間的結果，而較淺的顏色則是代表評估程序

第二節、決策支援系統模式之架構

此章節依據本研究的架構，針對矩陣模式中的生命週期、環境衝擊指標、權重及評估準則，來說明採用的緣由與做法。

一、生命週期階段

產品對環境衝擊應該屏除只侷限於產品製造的階段，因為產品生命週期的任一階段皆會對境產生衝擊。因此，在此研究中我們將產品的生命週期分為：製造前、產品製造、產品包裝與運送、產品使用及維修與回收處置等五大階段(Graedel, 1998)，而不同的階段中又

區分為不同的產品行為(表 4-2)。「製造前」階段包括了供應商於各種資源及零件與原料的供應行為，此範圍涵蓋了原始材料的取得、提煉及加工等三大部分；「產品製造」是靠著前置階段所完成了原物料，再經由零件製造、零組件製造步驟，進而完成產品裝配的動作；「產品包裝與運送」是接著將產品作包裝的程序，然後利用其配送系統進行產品的運送；「產品使用及維修」著重於消費者使用及產品維修，而最後的「回收及處置」階段就是產品使用結束的最終階段。當然產品最終階段仍可從事回收再利用的動作，以降低對環境的衝擊並落實延伸生產者責任(EPR)的精神。一個產品生命週期完整的流程如 圖 4-2。

表 4-2 產品生命週期階段

階段	產品生命週期	產品行為
階段 1	製造前	原始材料的取得、提煉、加工
階段 2	產品製造	零件製造、零組件製造、產品裝配
階段 3	產品包裝與運送	產品包裝、產品運送
階段 4	產品使用及維修	產品使用、產品維修
階段 5	回收及處置	產品棄置、回收再利用

(資料來源:修改自 Graedel, 1998)

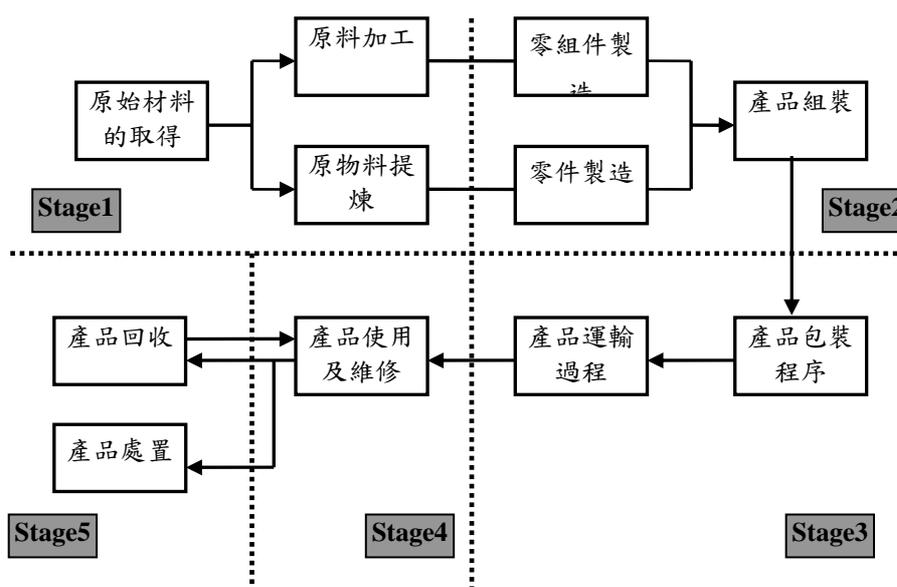


圖 4-2 產品生命週期的流程

(資料來源：修改自 Graedel, 1998)

二、環境衝擊指標

根據 AT&T 公司所使用的簡化式生命週期綱要，其環境衝擊可分為：原料使用、能源使用、固態殘留物、液態殘留物及氣態殘留物等五大方面。而 Eco-indicator 99 評估指數的模式是以資源、生態系統及人體健康作為衝擊的指標。因此為了能有較廣泛及客觀的情況下，將兩者做相互結合。首先，在原料選擇即能源使用上，乃是將 Eco-indicator 99 資源指標跟 AT&T 公司的原料選擇及能源使用指標相結合；在污染物指標上，則是合併至 AT&T 公司的固、液態與氣態殘留物三項；最後在生態衝擊與人體健康上，則是參考至 Eco-indicator 99 的生態系統與人體健康。所以，本研究所採用的衝擊指標乃為：原料選擇、能源使用、污染物、生態衝擊及人體健康(圖 4-3)，然後再從每個環境衝擊指標之中，建立起每個環境衝擊指標之準則(表 4-3)。

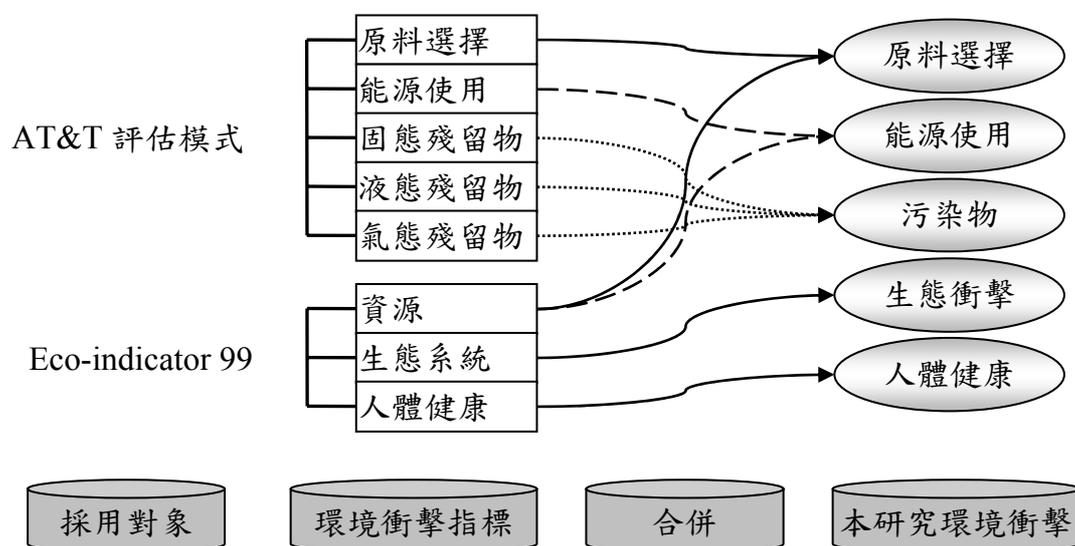


圖 4-3 本研究架構之環境衝擊指標示意圖

(資料來源: Graedel, 1998; Goedkoop *et al.*, 2000)

表 4-3 環境衝擊指標之準則

環境衝擊	準則	
原料選擇	<ul style="list-style-type: none"> ➤使用少量的原始材料 ➤避免有害物質的使用 	<ul style="list-style-type: none"> ➤強調單一原料
能源使用	<ul style="list-style-type: none"> ➤避免密集度高的能源使用 ➤鼓勵可再生的替代能源的使用 (如汽電共生、廢熱等) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤提升產品的能源效率
污染物	<ul style="list-style-type: none"> ➤降低固體廢棄物產生 ➤降低液體廢棄物產生 ➤降低氣體廢棄物產生 	<ul style="list-style-type: none"> ➤落實回收再利用的執行 ➤減少不必要的包裝材料 ➤強調去物質化產品(如租賃)的特性
生態衝擊	<ul style="list-style-type: none"> ➤避免對生態產生危害之行為 ➤避免酸化與優養化物質的排放 	<ul style="list-style-type: none"> ➤避免對生物棲息地的破壞 ➤避免臭氧層破壞物質的排放
人體健康	<ul style="list-style-type: none"> ➤避免致癌物質的排放 ➤避免放射性物質的排放 ➤避免毒性及有害物質的排放 	<ul style="list-style-type: none"> ➤空氣污染相關問題 ➤噪音問題

(資料來源: Graedel, 1998; Goedkoop *et al.*, 2000)

三、權重

一般而言，權重(Weighting)的給法最有其爭議性，因為在整個衝擊評估架構之中，權重會影響整個評估的結果。為了讓此評估軟體較具彈性空間，在整個權重的分配上分為兩大方面，一者為既定的設定值(均一值)；二者是讓自評人自行設定權重值。讓自評者在環境衝擊與生命週期階段自行設定權重，是因為自評者對其所要評估的產品有一定的程度了解，也較能知道什麼產品在生命階段的環境衝擊較大或較小，所以經由這樣的權重設定方式，讓評估之後的代表性更為客觀，更符合企業的需要。

第三節、案例分析

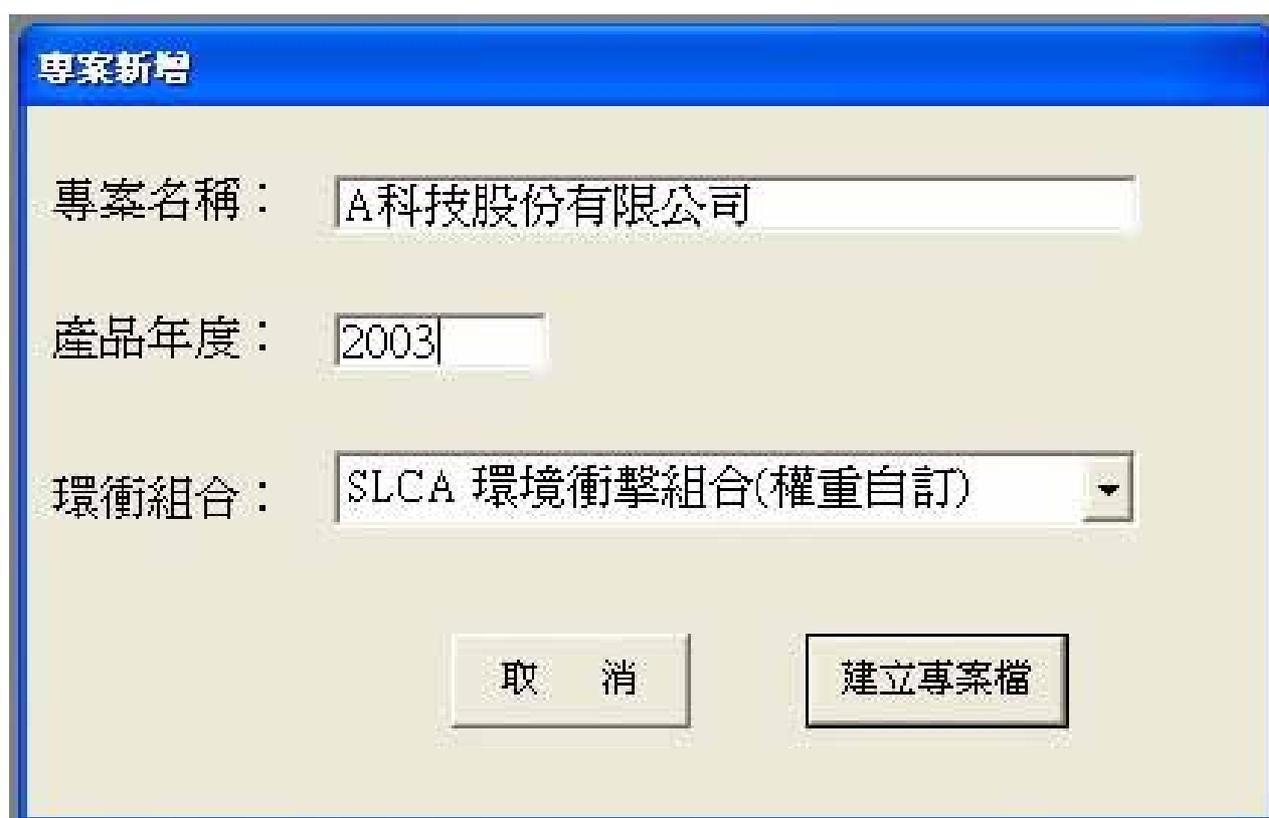
一、公司背景

本研究之個案分析是以生產動態隨機存取記憶體(DRAM)產品做為對象，該公司主要從事於專業半導體研發、設計、製造與銷售，在軟體實際操作上將該公司稱為-A 科技股份有限公司。該公司在 1988 年 11 月，就與 IBM 簽訂 0.20~0.175 微米(μm)技術與 64M~256M 產品授權約定，而為了進一步掌握最新產品技術，更於 2002 年 11 月與德國廠商簽訂 0.09~0.07 微米共同研發技術，並合資興建 12 吋晶圓廠，以求進一步技術精進。該公司積極參與由工業局所舉辦的環境、職業安全衛生管理系統持續改善的輔導案，來落實對環境保護的職責。因此，在產品環境衝擊的評估工具上，該公司相當認同本研究以企業為出發點而開發的決策支援系統，並利用該軟體去了解自我產品的環境特性，以作為持續改善的基石。

二、決策支援系統之運用

在整個決策支援系統的操作之中，必須先針對評估對象做專案新增的步驟，輸入專案名稱、產品年度及確認環境衝擊和生命週期階段權重的資料，而權重則區分為軟體內建的預設值與使用者自行設定兩項(圖 4-4)，從圖 4-5 就可看出該專案設定的相關內容，並可做更新資料、新增專案、刪除專案與權重設定等項目。在環境衝擊指標與生命週期階段權重的設定上，該公司則採取自行設定的作法，將環境衝擊的權重設定皆為 20%的均一值(圖 4-6)；生命週期的權重則分別為：製造前 25%、製造 42%、包裝與運送 17%、使用及維修 9%、回收與處置 7%(圖 4-7)。然後開始進行 5×5 評估矩陣的資料盤查及給分動作，依據盤

查資料給於 0 分(衝擊最小)–4 分(衝擊最大)不等的分數，而 1、2、3 分的等級則視符合準則的情形而定，例如：該科技公司在製造前原料選擇上則是給於 3 分的等級(圖 4-8)。最後則依據每一生命週期與環境衝擊進行盤查，完成 25 個項目的評估程序，則是該案例研究的結果圖 4-9。在最後結果的呈現上，則是透過標靶圖的方式，來表達產品的環境特性，在左邊的標靶圖則是該科技公司針對 DRAM 生產過程的評估結果，從中可以發現越靠近靶心分數越高環境衝擊程度越低，反之則環境衝擊較大。為了進一步呈現出該決策支援系統的比較功能，將右邊的標靶圖虛擬於 2010 年時該產品的評估結果，讓產品在不同的時間點，可經由圖形的呈現方式做比較，清楚看出兩者之間的差異及對環境衝擊的程度(圖 4-10)。



專案新增

專案名稱： A 科技股份有限公司

產品年度： 2003

環衛組合： SLCA 環境衝擊組合(權重自訂)

取消 建立專案檔

圖 4-4 專案資料新增

專案設定: 2003年度, A科技股份有限公司

專案建立日期	專案年度	產品名稱	選用環顧組合
20030625155313	1996	S品牌冰箱-1996	23
20030625155510	2000	S品牌冰箱-2000	23
▶ 20040504222239	2003	A科技股份有限公司	25

更新資料 新增專案 刪除專案 設定為目前專案 關閉 環衛設定

圖 4-5 專案基本資料

環境衝擊組合比例設定

SLCA 環境衝擊組合(權) 取消 設定

原料選擇 20%

能源使用 20%

污染物質 20%

生態衝擊 20%

人體健康 20%

100%

一致比例

圖 4-6 環境衝擊指標權重設定

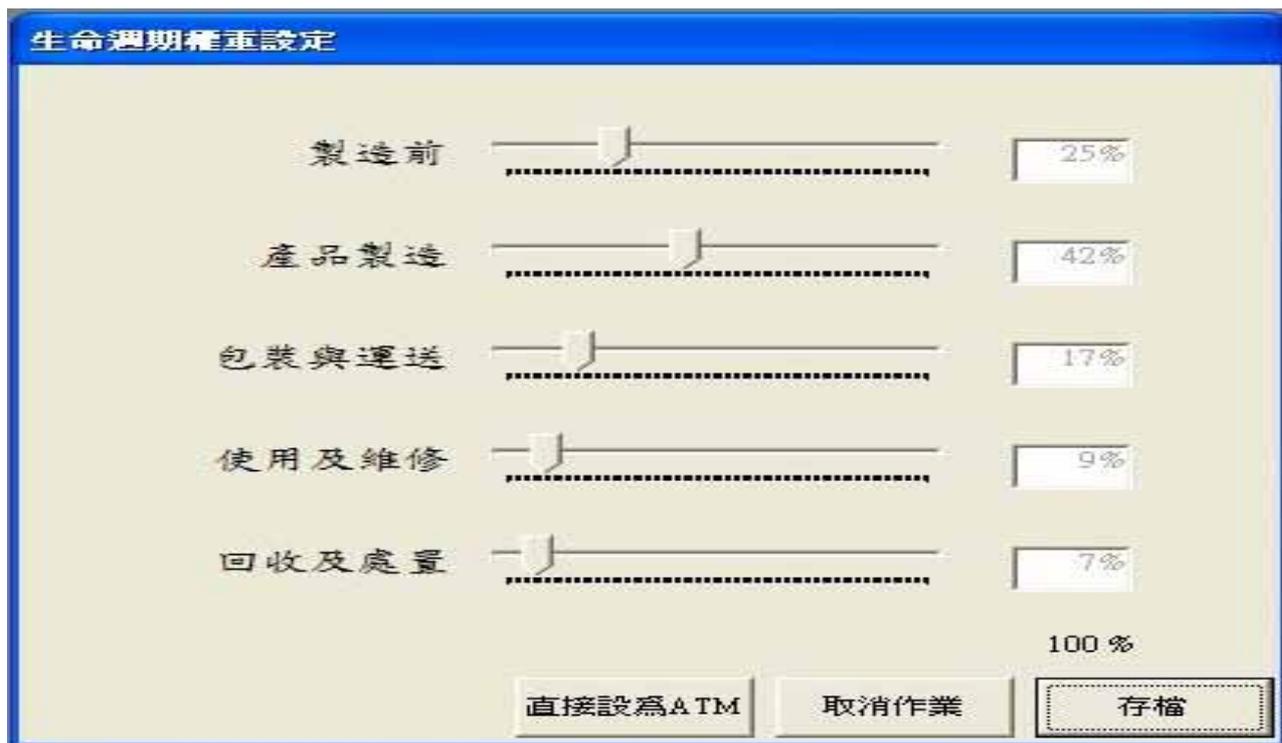


圖 4-7 生命週期階段權重設定

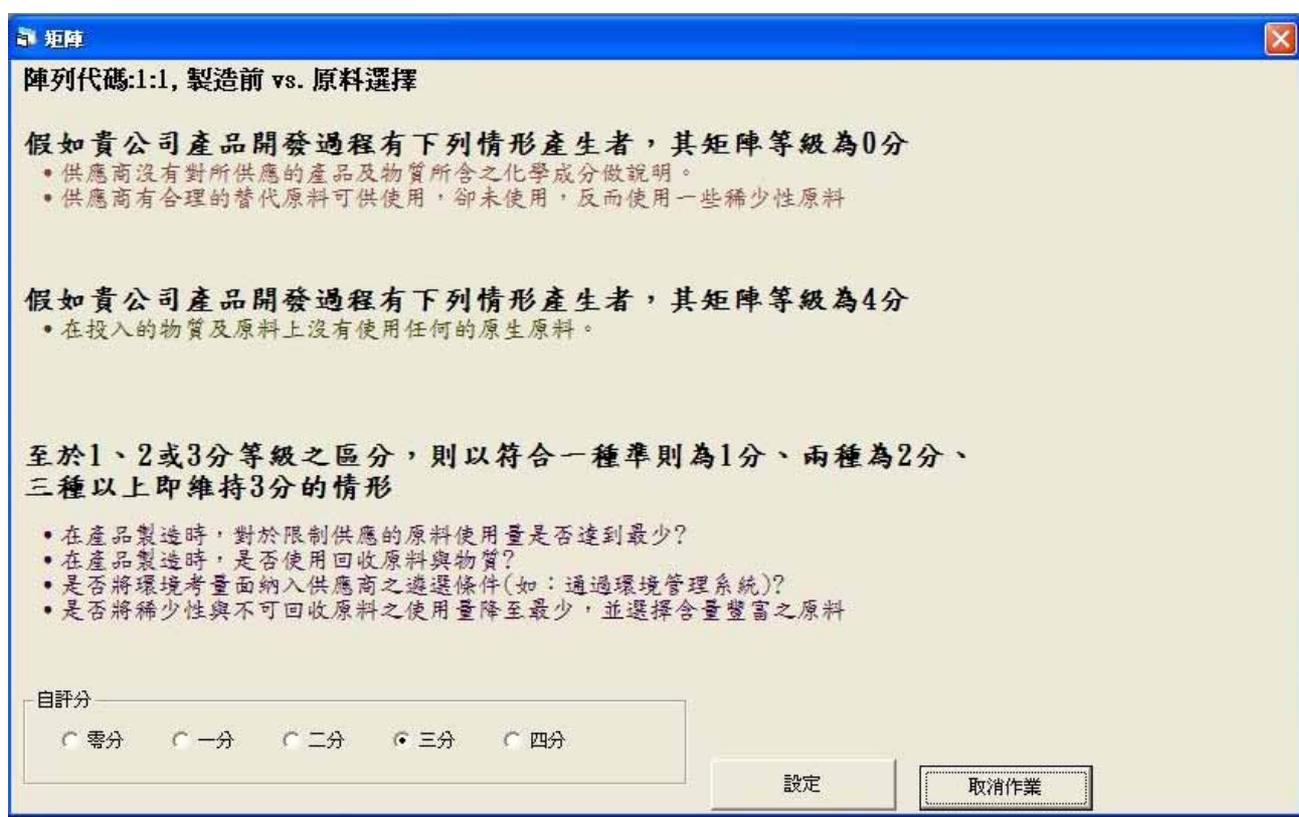
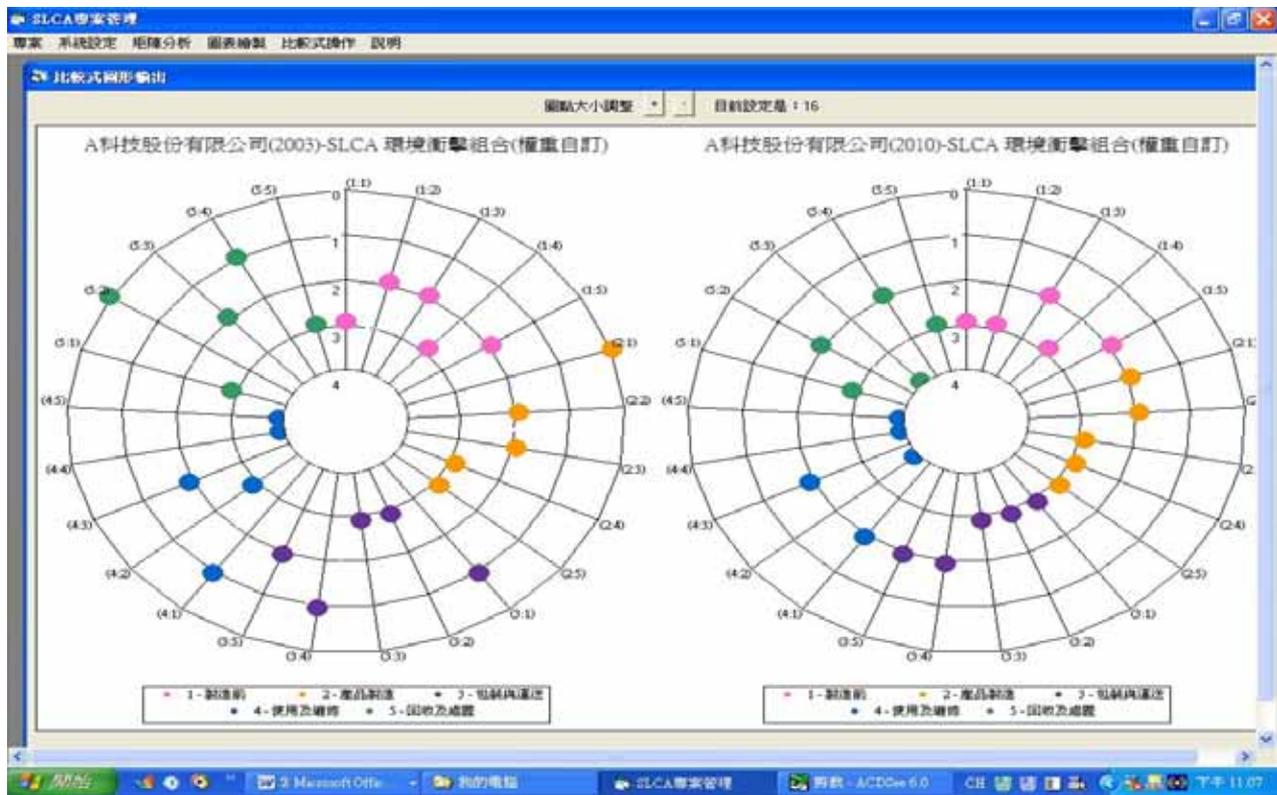


圖 4-8 5x5 矩陣模式之給分介面



圖 4-9 進行 5x5 矩陣模式之資料盤查



三、軟體運用成效

在整個案例研究上，其目的是希望能夠透過以簡化生命週期為基礎的矩陣評分系統，去瞭解產品製造過程的環境衝擊，並且去引導公司對於產品生命週期概念的認知及養成建立自我公司的資料庫。因此，在整個案例運用的分析上，可呈現出下列三點的效益：

1. 在軟體的評估結果上，可以清楚地發現在產品製造階段的原料選擇與回收及棄置階段的能源使用，會對環境產生嚴重的衝擊；另一方面，也可以發現在使用及維修階段的生態衝擊與人體健康的衝擊指標上，呈現對環境較友善的程度。從此結果即可發現，該軟體可以協助企業快速的了解產品的環境特性，並且立即針對環境衝擊較嚴重的部份進行改善，作為持續改善的基礎。
2. 企業藉由透過以生命週期為基礎的評估程序，去盤查產品對環境衝擊的情形，正可建立在該產品的環境資料，以彌補過去對於環境資訊的不足，進而逐步去建置公司環境資訊的資料庫，以替未來欲運用豐富資料庫及功能性強大的複雜性軟體作準備。
3. 使用以簡化式生命週期評估為基礎的軟體，除了指引企業導入生命週期的觀念外，更節省在時間及成本上的支出，該效益將有助企業在面臨競爭市場下，增加優勢。

第四節、研究小結

Helen *et al.*(2001)認為在環境化設計上，分析工具主要目的是希望透過產品或服務的生命週期，去洞悉環境衝擊的情況。而本研究考量目前國內的情況，及企業所面臨的壓力，去建置一套以SLCA為基礎的矩陣評分系統，做為產品環境化設計的決策支援系統。自1994

年起，由台灣科技大學開始進行我國第一個關於 LCA 的研究計畫(生命週期評估發展之範疇與架構)以來，不管在運用或研究上，似乎仍侷限在學術及研究單位居多，在企業方面還只是少數幾個單位在使用而已。生命週期是一個非常好的概念，因此 LCA 被視為是企業在環境管理上相當好的工具之一，但由於目前企業本身在數據資料、成本、技術、時間等因素上的癥結點，仍有待克服之處，所以要在企業中全面推行的情況，勢必仍有一段路要走。為了符合企業需求，本研究所開發之決策支援系統，以不須耗上冗長時間、龐大資料及操作簡易的特性為需求。以現今的過渡時期，國內資料庫仍在累積的階段，所以是較不適用像 GaBi 或 Simapro 等需要龐大資料的軟體。但如果等到國內建立起一定規模的資料庫後，就可以使用像 GaBi 或 Simapro 這種準確程度相當好的軟體，所以在目前的情形我們是較建議使用簡化式生命週期評估。在設計此軟體時的，是希望設計出來的軟體是較能夠符合企業的觀點，因此我們讓整個軟體保有較大的彈性，讓企業可以很容易的作為產品開發的輔助工具，迅速的找出環境衝擊的層面，並以一種「持續改善」的觀念，作為軟體的主要精神。主要成果如下：

- 一、 藉由分析比較目前國際間已經發展，並在跨國企業普遍使用的多套以矩陣評分法為主的系統，發產出一套適合國內企業從事為環境設計的實用軟體。
- 二、 了解生命週期評估的簡化作業，及簡化的各種做法與適用時機，並建立生命週期評估的簡化程序，完成一套易學易懂的視窗版簡化生命週期評估的決策支援系統。
- 三、 建立評估架構中的權重設定問題及不同之評估準則，來評定產品的績效分數。將每一元素給分的準則建議，內建到軟體系統之中，以供使用者隨時參考。

四、 實際運用於 DRAM 產品的環境衝擊評估上，且已具相當不錯的成效，但其重點主要是針對軟體系統的運用成效，所以沒有特別針對衝擊的部分做詳細的闡述。

第五章、結論與建議

依據第三章的研究結果及第四章的系統建置與個案分析，本章將提出本研究之重要結論與發現，從產品環境化設計優先策略層級之建立、產品環境化設計優先策略權重之建立、評估工具之建置、個案研究之發現四點，做進一步的闡述。如下：

第一節、研究結論與發現

一、產品環境化設計優先策略層級之建立

本研究透過文獻回顧的探討，研擬出四大影響構面(環境的重要性、製造成本的投資、產品設計的考量、附加價值的提昇)及 20 項影響因素，並建立其層級架構(見表 3-1)。經由本研究分析結果，該問卷具有合理的內容效度及信度，因此該層級架構可以作為企業在執行產品環境化設計策略之參考依據，以掌握優先策略。

二、產品環境化設計優先策略權重之建立

有鑑於權重體系的概念在進行綜合評比時的價值，使得傳統 AHP 法在實用上受到許多學者的肯定(曾國雄、鄧振源，1989)。因此，在整個問卷的調查過程是以我國前 500 大製造業的產品設計及研發主管為對象，透過多準則決策的 AHP 方法，以求取各項影響構面及因素的相對權重值。根據分析結果所得的評估權重及層級串聯後的相對權重與排序(見表 3-20)，可以了解不同因素對執行產品環境化設計的優先次序，讓可作為尚未導入產品環境化設計企業的參考基礎。

三、評估工具之建置

在產品設計決策過程之中，除了要研擬跟企業內部組織相契合的策略外，還需利用工

具去評估產品的環境特性，以避免含有相關對環境有害的物質。本研究為符合目前我國企業之現況，遂以簡化式生命週期評估為基礎，去建置一套產品環境化設計的評估軟體系統，並採行 AT&T 公司所自行開發的矩陣式評估系統及 Eco-indicator99 衝擊指標為對象。該軟體並非是要作為政策評比的工具，或判斷產品是否環保產品，主要是希望透過該工具能夠快速的了解自我產品的特性、降低成本及時間與增加市場的競爭優勢，並以落實持續改善的精神。

四、個案研究之發現

在該個案的研究分析上，此 DRAM 產品製造公司也非常認同該研究所提出的觀點，因此在此整個評估的過程中，可以快速的了解產品在那些生命週期階段對於環境的衝擊較大，更可節省在時間及成本的浪費。不僅如此，更引導企業去建置自我的環境資料庫，及培養企業以生命週期概念去盤查產品對環境的衝擊，以因應綠色市場與消費的浪潮。

第二節、研究建議

- 一、 尚未導入產品環境化設計的企業，除了須考量產品傳統的設計策略之外，相關綠色產品及供應鏈下的規範，也是必須要關注的重點。另一則是要考量最終棄置階段的環境重要性，目前國際間要求企業必須負起回收端的責任，也就是說將製造者的責任必須延長至產品棄置、回收及最終處置。這樣對於企業而言，就必須在設計時考量其產品於最終棄置及回收的責任，為回收而設計。
- 二、 產品環境化設計概念可說是將綠色議題考量至傳統的產品設計上，使得產品設計不再侷限於設計、研發與行銷部門，仍需整合環保部門。因此，綠化的動作可能會對

企業下的所有組織活動產生分歧，但唯有整合出一個跨組織的工作團隊及受到上級主管充分的支持，才能掌握 DfE 的最佳效益，達到永續產品及生存。

- 三、 Brent and Hietkamp(2003)認為生命週期工程(Life Cycle Engineering)的決策機制，應該涵蓋生命週期評估的環境面、生命週期成本的經濟面及技術評估的技術面。因此，產品環境化設計不應僅侷限於環境衝擊面，也應將產品成本、功能性與美觀等觀點納入，使該軟體更加完善。未來，完整的決策支援系統應要整合產品成本、功能性及環境衝擊等面向，以作為企業於綠色產品設計的輔助工具。



參考文獻

一、英文部分

1. Adalier, M. and C. Tsatsoulis, (1992), “Redesign for manufacturability using REINRED,” *Applied Artificial Intelligence* 6, pp.285-302.
2. Allenby, B. R and T. E. Graedel, (1995) “Industrial Ecology,” Prentice Hall.
3. Balakrishnan, P.V. and V.S. Jacob, (1995), “Triangulation in decision support system: algorithms for product design,” *Decision Support System* 14, pp.313-327.
4. Baumann, H., Boons, F. and A. Bragd, (2002), “Mapping the Green Product Development Field: Engineering, Policy and Business Perspectives”, *Journal of Cleaner Production* 10, Sweden, pp409–425.
5. Boothroyd, G. and P. Dewhurst, (1983), “Design for Assembly-A Designers Handbook, Technique Report,” Department of Mechanical Engineering, University of Massachusetts.
6. Brent, A.C. and S. Hietkamp, (2003), “Comparative evaluation of life cycle impact assessment methods with a south African case study,” *International J. of LCA*, 8(1), pp.27-38.
7. Brezet, H. and C. van Hemel, (1997), “ECODESIGN – a promising approach to Sustainable production and consumption,” UNEP.
8. Calantone, R.J., Anthony Di Benedetto, C. and J.B. Schmidt, (1999), “Using the Analytic Hierarchy Process in New Product Screening.” *Journal of Product Innovation Management*

- 16, pp.65–76.
9. Charter, M. (1997), “Managing eco-design,” *Ind Environ(UNEP IE)*, 20(1-2), pp.29-31.
 10. Copper, R. and M. Press, (1995), “The Design Agenda: A Guide to Successful Design Management,” John Wiley & Sons, Chichester.
 11. Crow, K.A. (1983), “Concurrent Engineering. In R. Bakerjian, *Tool and Manufacturing Engineers Handbook*,” *Design for Manufacturability* Vol.6 pp.2-1~2-19.
 12. Culaba, A.B. and R.R. Tan, (2002), “Environmental Life-Cycle Assessment: A Tool for Public and Corporate Policy Development,” De La Salle University, Manila.
 13. Dyer, R.F. and E.H. Forman, (1992), “Group decision support with the analytic hierarchy process.” *Decision Support Systems* 8 pp.99-124.
 14. Field, F.R. and J.R. Ehrenfed, (1999), “Life-Cycle Analysis: The Role of Evaluation and Strategy,” In: Schulze, P. C., ed. *Measures of Environment Performance and Ecosystem Condition*. National Academy Press, Washington, D. C.
 15. Fiksel, J. (1996), “Design for Environment: Creating Eco-Efficient Product and Processes,” California, McGraw-Hill, pp.49~59.
 16. Frankl, P. and F. Rubik, (2000), “Life Cycle Assessment in Industry and Business,” Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp.20-30.
 17. Gertsakis, J., Lewis, H. and C. Ryan, (1997), “A Guide to EcoRedesign – improving the environmental performance of manufactured products,” Centre for Design at RMIT, Royal

Melbourne Institute of Technology, Melbourne, Australia.

18. Goedkoop, M., Effting. S. and M. Collignon, (2000), "The Eco-indicator 99: A Damage Oriented Method for Life-Cycle Impact Assessment- Manual for Designers," Second Edition, PRé Consultants, pp15-17.
19. Goidel, E.S. and M. McKiel, (1996), "Public Policy Applications of Life-Cycle Assessment," In: Curran, M. A., ed. Environment Life-Cycle Assessment. John Wiley&Sons, New York.
20. Graedel, T. E. (1998), "Streamlined Life-Cycle Assessment", Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, pp.90~97.
21. Handfield, R.B., Walton, S.V., Sroufe, R. and S.A. Melnyk, (2002), "Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process." *European Journal of Operational Research* 141, pp.70–87.
22. Helen, L., Gertsakis, J., Grant, T., Morelli, N. and A. Sweatman, (2001), "Design + Environment-A Global Guide to Designing Greener Goods," Greenleaf, pp.27-59.
23. Heo, Y.C. (2001), "Methodology for prioritizing DfE strategies based on LCA and AHP-an application of life cycle assessment (LCA) and Analytic Hierarchy Process (AHP) ," Ms Thesis, Ajou University of Korea, pp.5-10.
24. Herrmann, J.W., Sandborn, P.A. and L.C. Schmidt, (2002), "Applying Decision Production Systems to Improve Environmentally Responsible Product Development," Maryland

University, College Park.

25. Hill, S.R. (2001), "Product Innovation The Green Advantage :An Introduction to Design for Environment for Australian Business," Australia, pp5-7.
26. Horvath, A., Hendrickson, C.T., Lave, L.B. and F.C. McMichael, (1995), "Performance Measurement for Environmentally-Conscious Manufacturing," *Manufacturing Science and Engineering*, MED2-2/MH3-2, pp855-860.
27. Ishii, K. and F. Eubanks, (1993), "Life-Cycle Evaluation of Mechanical Systems," In: Proceedings of the 1993 NSF Design and Manufacturing Systems Conference, Vol. 1, pp.575-579.
28. ISO, (1996), "Environmental Management-Life cycle assessment-Principles and framework-ISO14040", Paris.
29. Kainz, R.J., Moeser, W.C. and M.S. Simpson, (1995), "Life-Cycle Management: A Solution for Decision Making," *Automotive Engineering*, Vol.103, No.2, pp.107.
30. Kärnä, A. (1998), "Environmentally Oriented Product Design-A Guide for Companies in the Electrical and Electronics Industry," Helsinki School of Economics and Business Administration Department of Management, Helsinki, pp.15-26.
31. Krozer, J. and J.C. Vis, (1998), "How to Get LCA in the Right Direction?," *Journal of Cleaner Production* 6, pp.53-61.
32. Kuo, T.C., Huang, S.H. and H.C. Zhang, (2001), "Design for Manufacture and Design for

- X : Concept, Applications, and Perspectives,” *Computers and Industrial Engineering* Vol. 41, Issue: 3, pp. 241-260.
33. Kuta, C.C., Koch, D.G., Hildebrandt, C.C. and D.C. Janzen, (1995), “Improvement of products and packing thought the use of life cycle assessment,” *Resource Conservation and Recycling* 14, pp.185-198.
 34. Lai, V.S., Wong, B.K. and W. Cheung, (2002), “Group decision making in a multiple criteria environment: A case using the AHP in software selection.” *European Journal of Operational Research* 137, pp.134-144.
 35. Maxwell, D. and R. van der Vorst, (2003), “Developing sustainable products and services”, *Journal of Cleaner Production*, Volume: 11, Issue: 8, pp.883–895.
 36. Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC) (1993), “Environment Consciousness : A Strategic Competitiveness Issue for the Electronics and Computer Industry,” Comprehensive Report: Analysis and Synthesis, Take Force Reports and Appendlices.
 37. Moynihan, G.P., Raj, P.S., Sterling, J.U. and W.G. Nichols, (1995), “Decision support system for strategic logistics planning,” *Computers in Industry* 26, pp.75-84.
 38. Noesen, S.(1993), Dow Chemical Company, Personal Communication.
 39. OECD, (1995), “The Life Cycle Approach: An Overview of Product/Process Analysis,” Paris: OECD own publication.

40. Olson, E.M., Cooper, R. and S.F. Stanley, (1998), "Design Strategy and Competitive Advantage," *Business Horizons* 41(2), pp.55-61.
41. Ong, S.K., Koh, T.H. and A.Y.C. Nee, (1999), "Development of a semi-quantitative pre-LCA tool," *Journal of Materials Processing Technology* 89-90, pp.574-582.
42. Peattie, K. and T. Ring, (1993), "Greener strategies: The role of the strategic planner," *Greener Management International*, Issue 3, pp51-64.
43. Porter, M.E. (1985), "Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance," The Free, Boston.
44. Porter M.E. and C. van der Linde, (1995), "Green and competitive: Ending the stalemate," *Harvard Business Review*. Vol.73, No.5, pp120-134.
45. Ries, G., Winkler, R. and R. Zust, (1999), "Barriers for a Successful Integration Environmental Aspect in Product Design," IEEE.
46. Rodrigo, J. and F. Castells, (2002), "Electrical and Electronic Practical Ecodesign Guide," University Rovira Virgili. Tarragona, Spain, pp.24~34.
47. Saaty, T.L. (1980), "The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill," International Book Company, New York.
48. SETAC, (1993), "Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice" Workshop Report from Sesimbra," Brussels.
49. SETAC-Europe, (1997), "Simplifying LCA: Just a Cut? Brussels," Brussels, Working

Group of LCA.

50. Spicer, A.J. and M.H. Wang, (1995), "A software tool for end-of-life-cycle consideration within a DSS approach to environmentally conscious design and manufacturing," *Computers and Industrial Engineering*, Vol.29, Issue: 1-4, pp. 501-505.
51. Subramani, A.K. and P. Dewhurst, (1991), "Automatic Generation of Product Disassembly Sequence," *Annal of the CIRP*, 40(1), pp.115-118.
52. SustainAbility, SPOLD, and Business in the Environment, (1993), "The LCA Sourcebook: A European Business Guide to Life-Cycle Assessment," London.
53. Todd, J.A. (1996), "Streamlining- Environmental Life-Cycle Assessment," McGraw-Hill, New York, pp.4.1~4.15.
54. Todd, J.A. and A.C. Mary, (1999), "Streamlined Life-Cycle Assessment: A Final Report from the SETAC North America," Streamlined LCA Workgroup, USA, pp.16~20.
55. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), (1997), "Streamlining Life Cycle Assessment: Concept, Evaluation of Methods, and Recommendations," Draft Report, Office of Research and Development, Contact Mary Ann Curran(513)569-7782.
56. UNEP, TUDelft, and Rathenau Instituut, (1997), "'Ecodesign-A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption.
57. Van der Berg, N.W., Huppes, G. and C.E. Dutilh, (1996), "Beginning LCA: A Dutch Guide to Environmental Life-Cycle Assessment-Environmental Life-Cycle Assessment,"

- pp.17.4-17.5, Netherlands.
58. Van Hemel, C. and J. Cramer, (2002), "Barriers and Stimuli for Ecodesign in SMEs," *Journal of Cleaner Production* 10, Netherlands, pp439–453.
 59. Waterbury, R. (1995), "Designing parts for automated assembly," *Assembly Engineering*, February, pp.24-28.
 60. Weidema, B., Pedersen, R.L. and I. Krüger, (1993), "Environmental Assessment of Product –A Textbook on Life Cycle Assessment," UETP-EEE-the Finnish Association of Graduate Engineers TEK, Finland.
 61. Weitz, K.A., Todd, J.A., Curran, M.A. and M.J. Malkin, (1999), "Streaming Life Cycle Assessment, Considerations and a Report on the State of the Practice," *International J. of LCA*, 1(2), 79-85.
 62. Wenzel, H., Hauschild, M. and L. Alting, (1997), "Environmental Assessment of Products. Vol. 1: Methodology," *Tool and Case Studies in Product Development*. Chapman & Hall, London.
 63. Yarwood, J.M. and P.D. Eagan, (1998), "Design for the Environment-A Competitive Edge for the Future", Madison, pp.6-9.
 64. Yeo, S.H. and W.M. Ang, (2001), "Trade-off analysis between business and environmental strategies," *Int. J. Environment Technology Management*, Vol.1, No.1/2, pp.61-74.

二、中文部分

1. 王壬(2002)，「產品環境化設計」，*永續產業發展與推廣計畫成果發表會-成果摘要手冊*。
2. 王正輝(2002)，「電子及資訊產品發展新省思-綠色電子資訊」，第七期，經濟部技術處，頁1。
3. 何明泉、宋正同、陳國祥、黃東明(1997)，「影響設計策略之要素分析研究」，*設計學報*，第二卷，第一期。
4. 呂穎彬(2003)，「亞洲各國生命週期評估技術之發展比較」，2003 永續性產品與產業管理研討會，成功大學，中華民國九十二年三月二十二日。
5. 宋正同、游萬來(1999)，「台灣資訊業的設計策略及其對設計績效影響的實證研究」，*設計學報*，第四卷，第一期，頁47-59。
6. 李育明(2000)，「生命週期衝擊評估方法」，*生命週期評估與環保化設計研討會*，經濟部技術處，頁1-5。
7. 周文賢(2002)，*多變量統計分析：SAS/STAT 使用方法*，初版，智勝文化，頁14-22。
8. 林晉祺(2003)，「以分析程序法衡量圖書出版業導入顧客關係管理系統之關鍵因素研究」，南華大學出版學研究所碩士論文，頁57-68。
9. 林張群、陳可杰(2003)譯，*作業研究*，第九版，滄海書局，頁638-651。
10. 洪明正(2002)，「產品綠色設計技術調查研究-永續發展科技前瞻性規劃研究」，台灣，頁21~29。

11. 許家偉、胡憲倫、黃書慶 (2003)，「基於簡化生命週期評估概念之產品開發工具」，第十六屆環境規劃與管理研討會，中興大學。
12. 陳王琨、李崇德、韋家振、曾鴻陽(2002)，「網路互動的環境品質管理模式之個案研究」，環境與管理研究，Vol.3 No.2，頁 85-99。
13. 曾國雄與鄧振源(1989)，「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)」，中國統計學報，第二十七卷，第六期，頁 5-22。
14. 曾懷恩與李榮貴(1998)，「以 AHP 模式作為評估設計案的決策方法」，設計學報，第三卷，第一期，頁 43-54。
15. 湯明哲(2003)，「策略精論—基礎篇」，天下文化。
16. 黃克清(1999)，「桃園縣分縣治理之可行性研究—分析層級程序法(AHP)之運用分析」，元智大學管理研究所碩士論文，頁 32。
17. 黃英傑(2002)，「由延長生產者責任制度(EPR)透視我國廠商的綠色競爭力」，永續產業發展與推廣計畫成果發表會-成果摘要手冊。
18. 董旭英、黃儀娟(2000)譯，次級資料研究方法，初版，弘智文化，頁 19-25。
19. 劉勝傑(2002)，「運用階層分析法之產品生態效益評估-以桌上型顯示器為例」，國立成功大學資源工程學系碩士論文，頁 20-29。
20. 鄧成連(1999)，「產品設計評價模式研究—側重不同專業角色之設計評價決策」，設計學報，第四卷，第二期，頁 89-98。
21. 羅力仁(2002)，「連鎖便利商店店址選則評估模式之研究—運用模糊 AHP 法」，國立

中正大學企業管理研究所碩士論文，頁 24-29。

22. 羅昌發、蔡宏明(200)，「新環境措施趨勢與 WTO 規範互動之研究：廢棄電器電子設備處理涉及之問題」，頁 49~60，2001。
23. 顧洋(2002)，「本土化生命週期評估技術及其應用研究」，*永續發展科技與政策研討會*，台灣，頁 651~659。

三、網站部分

1. National Research Council Canada-Conseil national de recherches Canada.
<http://www.nrc-cnrc.gc.ca/dfe/ehome/gettingStarted/step2/step2.html#DCW>)
2. 整理自DfX的家，home.kimo.com.tw/dav00hsu/

附錄一 應用分析層級程序法於產品環境化
設計策略之問卷

運用分析層級程序法於產品環境化設計策略之的專家問卷

諸位企業先進您好：

這是南華大學環境管理研究所研究生 許家偉所做的學術問卷，本研究乃是針對「產品環境化設計策略之研究分析」所設計出來的專家問卷，利用AHP法從環境的重要性、製造成本的投資、產品設計的考量、附加價值的提昇等四大構面為主軸，計算出不同因素在產品環境化設計影響的相對權重，進而研擬產品環境化設計的優先策略。提供業者在產品設計時的決策參考，懇請負責產品設計的主管、專員及相關人員撥冗填答。

本問卷僅供學術研究之用，絕不對外披露，敬請放心填答。在綠色浪潮之下，產品環境化設計理念被視為是填補環境管理與產品設計間的縫隙，因此您所提供的資料對本研究有極重要的貢獻程度。若您有需要參考本研究之成果，請於問卷末填寫註明，待本研究完成後，將寄上完整論文，以利貴公司參考。最後，再次懇請惠於襄助，深致謝忱。

敬祝
事業隆盛

指導教授

國立台北科技大學環境規劃與管理研究所副教授 胡憲倫 博士
南華大學環境管理研究所研究生 許家偉 敬上

E-Mail:g1144011@mail2.nhu.edu.tw

TEL:0937-784980 FAX:(05)2427113

問卷說明：

本問卷是針對每層級間作兩因素之間的重要性強度比較，亦即在兩者不同因素之間作重要性比較，請您依照個人過去寶貴的經驗及看法，在最合適的方格中(□)打勾(✓)。

問卷填寫範例：

問題：研究一般消費者對於電腦螢幕選購之考量因素

假設其中考量因素眾多，但其中三項因素為價錢、螢幕尺寸、品牌。

張三認為(1)：價錢相對重要於螢幕尺寸，且其重要性在於「很重要」程度上，請在靠近價錢這一方的「很重要」尺度上打勾。

(2)：品牌相對重要於價錢，且介於「重要」及「稍重要」之間，請在靠近品牌這一方的兩者之間打勾。

(3)：認為螢幕尺寸與品牌兩者的重要性不相上下，請勾選「同重要」。

		超	很	重	稍	同	稍	重	很	超		
		重	重	要	重	重	重	要	重	重		
		要	要		要	要	要		要	要		
(1) ->	價錢	□	□	☑	□	□	□	□	□	□	□	螢幕尺寸
(2) ->	價錢	□	□	□	□	□	□	□	☑	□	□	品牌
(3) ->	螢幕尺寸	□	□	□	□	☑	□	□	□	□	□	品牌

填答時，請依此類推，其兩者比較之間的重要性，請由您過去寶貴的經驗及看法填選。

第一部份：公司基本特性(請勾選)

1. 產業別

- 化學與石化原料業 金屬製品業 家電與機電設備 半導體業 光電業
 電腦週邊與零組件業 汽車零組件業 紡織及成衣業 食品業 造紙業
 塑膠與橡膠製品業 其他_____

2. 員工人數

- 100 人以下 101-250 人 251-500 人 501-1000 人 1000 人以上

3. 2002 年營業額

- 30 億元以下 30-50 億元 50-100 億元 100-500 億元 500 億元以上

4. 公司之區域性

- 北(基隆市、台北縣、台北市、桃園縣、新竹縣、新竹市)
 中(苗栗縣、台中縣、台中市、彰化縣、南投縣、雲林縣)
 南(嘉義縣、嘉義市、台南縣、台南市、高雄縣、高雄市、屏東縣)
 其他_____

第二部分：請判斷公司在導入產品環境化設計概念時，各設計構面考量的相對重要性：

1. 您認為下列的設計因素，對「產品環境化設計之優先策略研擬」而言，其相對重要性如何？

(1) 環境的重要性：

產品環境化設計亦是綠色產品設計的概念，將以產品製造前階段、製造階段、運送階段、使用階段及棄置階段對環境所產生的衝擊為考量因素。

(2) 製造成本的投資：

所指的是當企業要進行特定的環境化設計策略時，所必須投資的程度。以技術應用程度、研發時間、軟硬體設備的需求、人員訓練及資金的投入為考量因素。

(3) 產品設計的考量：

在產品環境化設計的概念之下，其產品本身的設計屬性。以產品造型美觀、產品創新性、產品便利及操作性、產品品質及耐久性與產品安全性為考量因素。

(4) 附加價值的提昇：

產品環境化設計在附加價值的提昇中是以降低成本、提昇產品與企業形象、技術知識的提升、滿足顧客的需求及符合未來法規要求為考量因素。

	超 重 要	很 重 要	重 要	稍 重 要	同 重 要	稍 重 要	重 要	很 重 要	超 重 要	
環境的重要性	<input type="checkbox"/>	製造成本的投資								
環境的重要性	<input type="checkbox"/>	產品設計的考量								
環境的重要性	<input type="checkbox"/>	附加價值的提昇								
製造成本的投資	<input type="checkbox"/>	產品設計的考量								
製造成本的投資	<input type="checkbox"/>	附加價值的提昇								
產品設計的考量	<input type="checkbox"/>	附加價值的提昇								

2. 您認為下列的設計因素，對「環境的重要性」因素的考量而言，其相對重要性如何？

	超重要	很重要	重要	稍重要	同重要	稍重要	重要	很重要	超重要	
製造前階段	<input type="checkbox"/>	製造階段								
製造前階段	<input type="checkbox"/>	運送階段								
製造前階段	<input type="checkbox"/>	使用及維修階段								
製造前階段	<input type="checkbox"/>	最終棄置階段								
製造階段	<input type="checkbox"/>	運送階段								
製造階段	<input type="checkbox"/>	使用及維修階段								
製造階段	<input type="checkbox"/>	最終棄置階段								
運送階段	<input type="checkbox"/>	使用及維修階段								
運送階段	<input type="checkbox"/>	最終棄置階段								
使用及維修階段	<input type="checkbox"/>	最終棄置階段								

3. 您認為下列的設計因素，對「製造成本的投資」因素的考量而言，其相對重要性如何？

	超重要	很重要	重要	稍重要	同重要	稍重要	重要	很重要	超重要	
技術應用程度	<input type="checkbox"/>	研發時間								
技術應用程度	<input type="checkbox"/>	軟硬體設備的需求								
技術應用程度	<input type="checkbox"/>	人員訓練								
技術應用程度	<input type="checkbox"/>	資金的投入								
研發時間	<input type="checkbox"/>	軟硬體設備的需求								
研發時間	<input type="checkbox"/>	人員訓練								
研發時間	<input type="checkbox"/>	資金的投入								
軟硬體設備的需求	<input type="checkbox"/>	人員訓練								
軟硬體設備的需求	<input type="checkbox"/>	資金的投入								
人員訓練	<input type="checkbox"/>	資金的投入								

4. 您認為下列的設計因素，對「產品設計的考量」因素的考量而言，其相對重要性如何？

	超重要	很重要	重要	稍重要	同重要	稍重要	重要	很重要	超重要	
產品造型美觀	<input type="checkbox"/>	產品創新性								
產品造型美觀	<input type="checkbox"/>	產品便利及操作性								
產品造型美觀	<input type="checkbox"/>	產品品質及耐久性								
產品造型美觀	<input type="checkbox"/>	產品安全性								
產品創新性	<input type="checkbox"/>	產品便利及操作性								
產品創新性	<input type="checkbox"/>	產品品質及耐久性								
產品創新性	<input type="checkbox"/>	產品安全性								
產品便利及操作性	<input type="checkbox"/>	產品品質及耐久性								
產品便利及操作性	<input type="checkbox"/>	產品安全性								
產品品質及耐久性	<input type="checkbox"/>	產品安全性								

5. 您認為下列的設計因素，對「附加價值的提昇」因素的考量而言，其相對重要性如何？

	超 重 要	很 重 要	重 要	稍 重 要	同 重 要	稍 重 要	重 要	很 重 要	超 重 要	
降低成本	<input type="checkbox"/>	提昇產品與企業形象								
降低成本	<input type="checkbox"/>	技術知識的提升								
降低成本	<input type="checkbox"/>	滿足顧客的需求								
降低成本	<input type="checkbox"/>	符合未來法規要求								
提昇產品與企業形象	<input type="checkbox"/>	技術知識的提升								
提昇產品與企業形象	<input type="checkbox"/>	滿足顧客的需求								
提昇產品與企業形象	<input type="checkbox"/>	符合未來法規要求								
技術知識的提升	<input type="checkbox"/>	滿足顧客的需求								
技術知識的提升	<input type="checkbox"/>	符合未來法規要求								
滿足顧客的需求	<input type="checkbox"/>	符合未來法規要求								

第三部分：貴公司在導入產品環境化設計概念之現況與意願：

- 貴公司是否曾經遭遇上下游廠商提出有關「產品環境化設計」的要求？
 是 否
- 貴公司是否已經執行過「產品環境化設計」概念的做法？
 是 否(請續答下題)
- 貴公司在未來的時間內，是否會執行「產品環境化設計」的方案？
20%以下 20-40% 41-60% 61-80% 80%以上

本問卷至此全部結束，感謝您撥冗填答，如您對本研究有興趣，煩請留下您的聯絡方式，俾論文完成後，將寄上一份完整成果。再次感謝您的合作。

公司名稱：		姓名：	
職稱：		E-Mail:	
聯絡地址：			
聯絡電話：			

****感謝您百忙之中撥冗填答。也請您於完成填答之後直接投郵寄回，謝謝。**
