

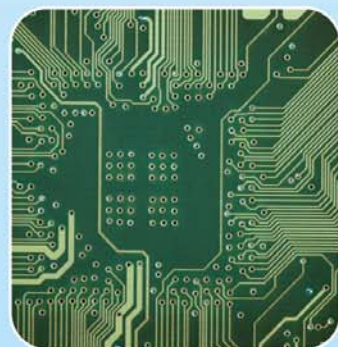
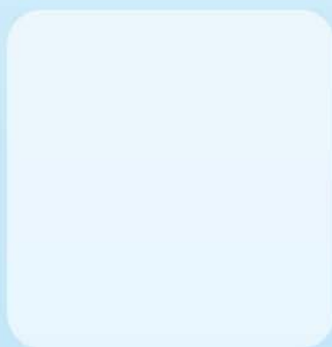
財團
法人

中技社

資源生產力的 7 個步驟

— 如何發展出生態創新的產品及服務，
同時改善其物質足跡

CTCI FOUNDATION



財團法人中技社(CTCI Foundation) 於 1959 年 10 月 12 日創設，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力為宗旨」。初期著力於石化廠之設計與監建，1979 年轉投資成立中鼎工程，承續工程業務；本社則回歸公益法人機制，朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面轉型為智庫的型態，藉由專題研究、研討會、論壇、及座談會等，以及發行相關推廣刊物與科技新知叢書，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；間接促成產業之升級，協助公共政策之規劃研擬，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本著創社初衷，為求對我們所處的環境能有更深的貢獻以及協助產業發展，對國內前瞻性與急迫性的能源、環境及經濟議題，收集國外相關報告並翻譯，為廣為周知，提供華語區讀者參考，特取得原發行單位授權，同意翻譯成繁體版並發行本專題報告。

原著:

“Resource productivity in 7 steps– How to development eco-innovative products and services and improve their material footprint”
Wuppertal Spezial 41, December, 2009
Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

發行人: 潘文炎

作者: Michael Lettenmeier, Holger Rohn, Christa Liedtke, Friedrich Schmidt-Bleek

譯者: 鍾侑靜, 陳潔儀

主編: 鄒倫, 程一恒

發行者: 財團法人中技社

地址 / 106 台北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / www.ctci.org.tw

ISBN: 978-957-28813-7-8

資源生產力的 7 個步驟

—如何發展出生態創新的產品及服務，同時改善其物質足跡¹

1 資源生產力的 7 個步驟是依據以下資料來源：

Autio & Lettenmeier (2002), Ritthoff, Rohn & Liedtke (2002), Salmenperä (2002), Schmidt-Bleek (1993), Schmidt-Bleek (1999), Schmidt-Bleek (2004), Schmidt-Bleek (2009), Schmidt-Bleek & Manstein (1999), Schmidt-Bleek & Tischner (1995), and Kuhndt et al. (2001).

詳細參閱參考文獻

目錄

序	1
前言	3
MIPS 的概念	7
設計生態創新產品的 7 個步驟	11
總覽－邁向資源生產力 7 個步驟	11
第一個步驟：組成團隊	14
第二個步驟：選擇產品並確定該產品所提供的服務	15
第三個步驟：確認產品鏈	16
第四個步驟：評估產品現況	18
第五個步驟：估算產品的 MIPS	18
第六個步驟：優化產品和執行生態創新	21
第七個步驟：(重新)設計以服務為導向的產品	22
工作表	29~40
工作表 1：團隊成員	29
工作表 2.1：選擇參考產品	30
工作表 2.2：確定服務單位	31
工作表 3：確認產品鏈	32
工作表 4：現況評估	33
工作表 5.1：產品物質投入的估算	34
工作表 5.2：製程或生命週期的物質投入和每單位 服務之物質投入	35
工作表 6.1：減少物質的使用	36
工作表 6.2：改善服務	38
工作表 7：相關設計標準	40
詞彙表	41
物質投入係數	49

序

沒有大幅度的去物質化，
就沒有永續的經濟

亞瑟·柯斯勒在”The Call Girls”這本書中提到”關於憂鬱的感覺以及死亡的警告”，這兩種看法不能被混淆，否則會犯下一個大錯誤。「警告」有預防及建設性的目的，是確保生存的警告。國會大廈的一群鵝並不憂鬱，而卡珊多拉(凶事預言家—科學家的代表)卻是。因此，鵝群因為警告而成功，卡珊多拉因憂慮而失敗。

多年來在環保的事物上，我們被認為是卡珊多拉。不幸的是，氣候變遷以及在最近其他很多災難中的新紐澳良卡翠納颶風，讓我們看起來更像鵝。

二十年來，我的結論仍然是 — 過度地消耗自然資源造成經濟系統的生態破壞。現在聽起來可能很普通，但是在當時，沒有人支持我的結論。

直到今天，仍有約 90%取自自然的物質，未被使用在最後產出的產品中！我提出平均西方科技技術之十倍的去物質化為達成永續狀態的一個必要條件。我的同事們稍後在歐、日企業界證實了在科技助益下，節省大量的資源投入是可以達成的，且不會損害最終使用者的滿意度。

然而，我們也知道產業界到目前還是不願改進，原因是對於產品及服務的去物質化無明顯的要求，而且與勞動成本相比，節省製程的原物料對減少生產成本並無重大的幫助。

人們逐漸知道自然資源的價格並未反映生態的成本(“價格未說出生態的真相”：魏伯樂名言)，而政府也並未對此研議出平衡各方的整體系統化政策，例如：對自然資源徵稅，對勞動減稅。

另一方面，政府對新技術的補貼，尤其在節省能源和減少二氧化碳排放方面，等於就是花大錢來處理經濟的產出。不幸的是，這種等到問題變嚴重時才來解決的方式，對增加“不願面對的真相”的預防保護並無幫助。這種頭痛醫頭，腳痛醫腳，以症狀為導向的經濟或環境政策不會有永續性的未來。

生態圈是個高度複雜的系統，經濟是生態圈的一個部份，以生態圈為基礎的運作若不尊重自然，人類以科技為基礎的經濟將不可能長期持續，除非能融入生態圈的經

濟體制，人類所製造出的產品或服務才可稱為“生態的”或“永續的”。

除了對生態的憂心，積極的企業注意到全球性的西化生活是不可能的，因為這麼做，將需要最少兩個地球的資源作為資源基礎，所以為了企業的利益，開始尋找節省資源的方法，而成果也的確越來越明顯。

同時期，歐盟生態創新小組對生態創新所下的定義為“創造新穎和具有競爭價格的物品、製程、系統、服務和處理方式，以滿足人類的需求和提高生活的品質，在整個生命週期每單位產出使用最少量的資源(包括能源，及土地面積)和排出最少量的有毒物質”(Reid, Miedzinski2008)。這意味著傳統的環保技術已是不足的，建議未來的技術能保護和停止破壞自然環境，因為沒有自然環境，人類將無法生存。

“資源生產力的7個步驟”是一本提供給設計師、工程師、分銷商、銀行家、政策制定者和其他人等，提高資源生產力和去物質化實用和可操作的手冊。

斐德烈·斯密特·布列克 教授

10 倍級學院, 卡諾勒斯城, 普羅旺斯, 2009 年 11 月

前言

自然資源的處理距離有效率來說，還有很大的改進空間。平均來說 90%使用的生物質和超過 90%使用的非再生物質，在製造到最終消費者的過程中被浪費了。從這個觀點來看，人類還未感到供給的緊迫，令人驚訝的是我們居然還稱現階段是「高科技」、「精密化學」、「生態」或「永續」。

過去 40 年來，我們試著改善環境保護，如投入大量努力管控有害排放物、潔淨水源和拯救瀕臨滅絕的生物。雖然在個別方面有所進展，但就環境健康整體來說卻變差了，過去的經濟和環保政策已明顯不足以阻止日趨惡化的趨勢。

要解決這個問題必須了解，人類的物質使用正改變自然的物質流和生態系統中的生物循環—大量並持續地移出物質、木材和水資源，以及大規模地以建築物和基礎設施覆蓋在地表上，對生態圈永續生存有著破壞性的影響。

每個投入的物質或快或慢都會變成產出，如廢棄物、污水和排放物。減少物質投入比在產出端所作的個別措施(過濾廢氣、從煙道去除二氧化碳、回收廢棄物，減少毒害物質釋出等)，能更有效率的降低整個環境負擔。當我們減少物質耗用來製造及使用產品，並產生我們想要的服務，可以從源頭避免環境問題。如果能用更少的物質製出產品和提供服務，則將更具有生態效益。

目前主流經濟承諾提供開發中國家人民生活方式等同西方生活方式，這將需增加至少四倍的自然資源使用量，而地球不足以負擔如此的消耗量，在此情形下，另一個具說服力的論點是提升資源生產力。

經濟和生態如何兼顧呢？初步推估，要兼顧經濟和生態，則全球資源耗用需減量一半。目前佔百分之二十的已開發國家人口，消耗了百分之八十的自然資源。如果每個人分得相等的資源量，則已開發國家使用自然資源量需降到目前其使用水平的十分之一(Schmidt-Bleek 1994)，這是所謂的「10 倍級的目標」(Factor 10 goal)。

爲了實現目標，需要以目前的生態效益或資源生產力爲基準，判定資源使用效率的潛力(Rohn et al. 2009)和執行改善物質流的措施。監控物質流的工具稱爲 MIPS(每單位服務或產出所投入的物質總量)，用來測量產品生命週期(原物料取得、製造、運輸、使用、處置)之物質和能源的投入及測量資源使用與經濟增長脫鉤的程度。

“生態包袱”意味著無形的物質負擔(亦稱爲自然界的補貼)，或一個產品從製造到銷售所投入的所有自然資源。通常來說，生態包袱與產品價格相當，就銷售觀點而言，是一個比較產品功能性相當的重要工具。

這對企業來說意義爲何？在過去十年間，企業開始降低產品製程，或甚至是產品

本身對環境的影響，而通常不受歡迎的產出，如排放、廢棄物和廢水，也相對地減少。然而這種傳統的環境保護對生態危機來說，仍是昂貴和不夠的，因為通常這已位處”管線末端”，隱含著成本增加，有時甚至需要投入更多的天然資源(例如：一個典型的汽車尾氣觸媒轉化器，其生態包袱重約 2 噸)。

資源生產力和 10 倍級(factor 10)的概念提供了一個明顯的不同觀點—花錢用技術清除廢棄物和排放物，不如藉由節省自然資源達到省錢的目的，這樣也可讓我們倖免於目前的經濟危機(Welfens et al. 2008)。達成目標的方法有二種：用較少的自然資源來製造現有的產品和採用需要更少資源的產品製程。

但是我們可以超越並用全新的觀點來看產品的發展、設計和創新，當從服務的觀點重新考慮產品，或許可使資源生產力大幅提升。我們可以將產品視為”提供服務的機器”，並且設計新方案提供我們所需要的服務，這將需要對如何作(know-how)、何時作(know-when)、哪裡作(know-where)、及對誰作(know-who)有全新的投入。也因此我們可以成爲一個新的、去物質化和客製化經濟的一部分，並聚焦在服務的可用性和可及性，而不是擁有產品。這樣的案例包括輔助船前進的”高空風帆”及製造如蓮花瓣表面般具有自潔型式的牆、廁所、紡織品等。

生態包袱和碳足跡

生態包袱：

生態包袱一詞源自於 90 年代早期，斯密特·布列克爲闡明一個事實，即工業創造的每個物體，小從捕鼠器大到公共建設，所投入的天然物質遠比存在產品的最終形式要多。從生態觀點觀之，生態包袱代表”價值損失”。工業產品的生態包袱通常是每 1 公斤的產品需要 10 公斤以上的資源，這意味超過 90%的自然物質在移動過程中被浪費了。製造 1 公斤工業產品或食物所消耗的水，很容易就超過 100 或 1,000 公斤。

生態包袱是指任何產品或服務從開始到銷售的物質負擔或所有的自然資源投入。然而，如果只是用來產生利潤、價值或服務，那商品還是一個商品，往更深一層看，一個商品的生態包袱，在大部分的案例中，爲了產生效益，必須投入額外的物質、能源及水。從搖籃到搖籃的整個生命週期中，產生一個單位的服務或效益(MIPS)所投入的物質和水的重量，作爲衡量生態包袱的依據。

定義一個商品或服務的生態包袱，主要目的是讓市場上的商品和服務可以量化和比較其潛在的環境影響。包袱對生態創新來說是理性化的和可量化的基礎—包括未來產品、製程、技術、服務和程序的設計。

生態足跡：

生態足跡與包袱的意義是相生的，譬如包袱越重，結果足跡也越大。在發展生態足跡概念上，Wackernagel (1997)試著結合三項主要的天然資源(物質、水和

土地)在同個指標內。生態足跡是計算，產生一個個體、族群或活動，其因消耗資源，及使用當前的科技和資源管理措施來處理所產生的廢棄物，需要多少具有生態生產力的土地和水。生態足跡的計算通常以公頃為單位，因為是全球性的換算，所以個體或國家的碳足跡包括來自全世界的土地或海域。(請參見 <http://footprintnetwork.org/en/index.php/gfn/page/glossary/#efstandards>)

生態足跡普遍被用來說明目前自然資源的消耗遠超過地球所能負荷，這是近年來生態足跡被當成生態指標的一個重要原因。使用生態足跡來說明某產品、公司、活動或國家整個生命週期的影響，雖然與土地的使用並無太直接的關係，但是與物質流有密切的關聯。

水資源足跡：

水資源足跡是針對生產者或消費者直接和間接使用水資源的一個指標。水資源足跡定義為個人、社區或企業用來生產或提供服務的淨水總量。水資源使用的計算為單位時間消耗(含蒸發量)和/或受污染水量。對任何有明確定義的消費族群(如公共組織、私人事業或經濟體)，都能計算出水足跡(請參見 www.waterfootprint.org/?page=files/Glossary)。水資源在 MIPS 概念(亦稱“水資源包袱”)和水資源足跡非常類似，然而在細節上因生物物質的計算規則不同，通常水資源足跡的值會比 MIPS 概念之水資源包袱高。

碳足跡：

碳足跡是我們的活動對氣候變遷影響的衡量尺度，與產品或活動之生命週期中，燃燒石化燃料產生電力、熱能、運輸等排放之溫室氣體相關。(請參見 www.carbonfootprint.com/carbonfootprint.html)。它的計算單位是以噸(或公斤)為單位之二氧化碳當量。較少碳足跡的產品或服務並不一定更永續，因為減少溫室氣體排放可能需要更多的資源投入來創造更好的技術(例如:碳捕捉和碳封存)。更重要的是，碳排放只是人造的環境危機其中之一。

物質足跡：

一個產品的“物質足跡”其實就是其生態包袱。一個服務項目的物質足跡是指產生每單位的服務或效益，從搖籃到搖籃所需要投入的物質。在單位服務之物質投入(MIPS)概念中，非生物和生物(如：物料、水、空氣和土壤、甚至土壤流失)的消耗通常是分別被考慮的。在實務上，為產生一個想要的產出，非生物和生物物質投入總和(對農產品要加上考慮土壤流失)通常是一個合理的近似值。

MIPS 的概念²

MIPS 背後的概念

投入的資源或快或慢最終都會變成廢棄物、污水和排放等產出。假如每個投入都變成產出(包括物質在科技圈之存量增加)，那麼計算投入就可預測環境之潛在衝擊，因為人類活動所排放的百種、千種不同物質中，對於生態毒性的影響，被研究的只有幾百種。因此，以系統性和符合成本效益的方式控制和管理與環境影響相關之經濟，只能發生在投入端，而投入對產出端來說只是一小部份。

MIPS (Material Input Per Unit of Service)

MIPS 是指生命週期的範圍內，一個單位的服務所需要投入的物質。MIPS 可用來估算一個產品(如洗衣機)因提供的服務或功效(如收到 5 公斤的乾淨衣服)而導入潛在的環境影響；也可評估如交通系統、個人家庭等複雜系統的資源使用效率(參見 Lahteenoja et al.2006 或 Kotakorpi et al.2008)。

物質投入(material input—MI)是以公斤或噸作計算(包含獲取太陽能、地熱所投入的能源及物質)。所謂一單位的服務並沒有預設的尺度或範圍，而是視個別案例而定。降低 10 倍物質投入的這個目標適用於天然資源之所有範疇，包括生物的(可再生的)原物料、非生物的(不可再生的)原物料、水、空氣和農、林業之陸地活動(含括土壤流失)，應分開計算，但實務上，有時候會一同考慮可再生/不可再生物質的投入與土壤流失之總和，而水的消耗量通常甚於其他資源的十倍以上，故水資源必須分別計量和顯示。

物質的投入(MI)

計算每個個案整個生命週期的物質投入是非常耗時費力的，因此實際操作時通常以預先計算好的平均乘數因子—就是物質投入係數(MI factor)，來替原物料資源強度、能源消耗量或使用的運輸方式等進行第一次計算(Ritthoff et al. 2002)。

物質投入係數(或稱包袱係數、物質足跡係數)就是各別投入物質(如原物料、基礎或建築材料)和能源數量的物質強度值(Material Intensity Values)。例如，平均一公斤原鉑(platinum)的物質投入係數為 350,000 公斤；一公斤原銅(copper)的物質投入係數為 350 公斤；一公斤聚酯紗(polyester yarn)的物質投入係數為 8 公斤。有些複雜系統之物質投入係數是已經有數據的，例如每個電廠的每種能源載體的資源消耗，或在特定種類的道路上使用特定的運輸工具之主要資源消耗。

2 本節主要是依據 Schmidt-Bleek et al. (1993), Schmidt-Bleek (1994), Ritthoff et al. (2002), Schmidt-Bleek (2009)“資源就是生產力”,化學工業出版社。

物質投入係數是以公斤/公斤(每公斤的物質使用多少公斤的資源)、公斤/千瓦(每千瓦的能源消耗多少公斤的資源)或公斤/噸公里(每噸公里的運輸需要多少公斤的資源)來表示，因此使用 MIPS 變得可行、可理解以及有彈性。很多物質投入係數是可以在本指引的附件中找到，或上網站 www.mips-online.info查詢。

服務單位 (S)

當對提供同一種服務之不同方案進行比較(例如：使用腳踏車、車子或火車行進 5 公里的距離)，必須設定出一個比較的方法。在 MIPS 概念中，這種方法稱為一個服務單位(S)。在 MIPS 中的 S 標出服務、效益、技術系統所創造的價值、所有現代服務的目的。過去 10,000 年來發展文明的核心動力就是爲了要達到這樣的功效。這同樣適用在藝術欣賞、食物供應、健康照護以及提供庇護和通訊等項目上。服務單位跟資源投入不同之處，就是沒有預先擬定的範圍，必須在每個個別案例中嚴格地定義與界定。

聚焦在使用產品的功效，而不是產品本身，這樣的觀念開啓了一個新的發展選項。這重點已從改進既有的技術轉移到，於特定情況下爲滿足人類需求，所爲之任何可能方法，這樣的轉移，和以出租、租賃及共享而不是擁有物品的市場趨勢一致。

這意味著新的商業模式，亦即技術的管理在未來將會發揮更強烈的作用，因爲自動化控制和管理系統將在優化產能利用率上扮演一個重要的角色。舉例來說，特別是在城市中，許多私人交通工具可以減少 10 倍以上的物質使用，依現有資料顯示，在 5 人座小轎車及限速 150 公里的狀況下，8 成 5 以上的機率平均只載 1 或 2 位乘客，如能轉換成一個新的運輸方式，這個做法在經濟及生態上會比花費十億美元用在減少 20 或 30%之二氧化碳排放量明顯有效。MIPS 可以促成一個以全新運輸方式來提供特定的服務，而不是僅專注在要以較低物質投入車輛本身這樣的思維而已。

資源生產力

MIPS 程式(MI/S)是可以倒轉成 S/MI，這樣便可計算出從搖籃到搖籃投入的物質質量所能得到的效益，S/MI 可表示成資源生產力。換句話說，藉由投入特定數量的天然資源(如投入到替代的交通系統)，服務量或功效(如：人公里數)是可以比較的。一項服務的資源生產力不僅會因科技的設計和系統式的管理而改進，消費者對自然資源的使用也具有影響力，MIPS 的 S 能完全由個人的決定來改善，例如：一家旅館的旅客在他們留宿 3 天的期間，能續用旅館提供的同條浴巾，而不是每天都換一條新浴巾，那麼使用浴巾的資源生產力就提高到 300%，而這樣的決定，絕對可以省錢。由於你對環境的保護，或許下次應該要求旅館回報你。

使用 MIPS 的原因

MIPS 是以質量(公斤或噸)爲單位對提供某項服務所需投入的物質質量(含能源) 作加總。MIPS 是每單位效能(或服務)所需要付出的生態物質質量和能源價格總代價。MIPS 幫助分析的不只是資源，甚至是一家企業的財務潛力。使用 MIPS 的概念，未來的產

品、製程、系統、服務和程序都可以進行評量和設計。

MIPS 也可以應用在企業層級(含分部)，其適用於區域性和全球性的生產和消費之所有項目。藉著連結這些層級所有之製程，優化所有物質的投入，可使資源生產力提昇(Schmidt-Bleek 2009, Schmidt-Bleek et al. 1998)，因此 MIPS 也促使經濟成長與自然資源消耗脫鉤。

MIPS 工具可以幫助企業對製程、物流、產品和服務整個生命週期的物質投入重量做即時的監控。跟那些僅涉及到產出(例如排放)指標的關鍵差異，在於對產品和服務，MIPS 不僅僅只減少其排放量，而是積極的改善整個生命週期對環境的影響，例如：汽車行駛 1 公里排放的二氧化碳，傳統上只反映出其佔所有耗用物質的 15%，而且碳含量約只佔二氧化碳的 30%，其餘是氧的重量(亦見 Lähteenoja et al. 2006)。

對於直接比較產品跟服務就其生命週期的物質和能源的需求，MIPS 是個健全的、可信賴的指標；對遍及全球的所有產品、製程、系統、服務和流程，MIPS 也是一個有效的指標。

設計生態創新產品的 7 個步驟

資源生產力 7 步驟 — 總覽

有關下面資源生產力 7 步驟之概念(如圖 1)，可提供設計師、工程師和其他可信賴的企業及組織人士，對如何提昇產品或服務之資源生產力(去物質化)等一個務實的建議。

產品的生態創新設計是從消費者期待產品的效益描述或大量的服務開始。使用 MIPS 能幫助找出產品生命週期中，用最少的天然資源來提供效益的解答，也因此，物質和能源可以在被消耗最少量的情形下，仍然滿足使用者的需求，惟這需要應用最大的知識技能，例如：責任感、耐心、努力、經驗和專業知識等新的方法，除此之外，資料的蒐集和跨學科的合作也扮演重要的角色。換句話說，聰明的規劃能節省金錢及保護重要的生態系統所提供之服務及功能。

當歐洲和美國把注意放在製作程序的自動化和合理化，來節省最多的人力資源時，日本企業已明白這點，並強調規劃階段。然而，歐洲因為生命週期工程(Life Cycle Engineering, LCE)的觀念導入，慢慢的在產品規劃階段就考慮到其各階段的產品生命週期和可能的目標衝突(如：營利、功能和環境品質之間)。直到現在，生命週期工程把易於拆卸的和可回收的視為對環境的友善設計。因此，在這裡所提到的生態設計觀念，對產品設計、節省資源與利潤，開放出大範圍的新選擇。



圖 1：發展生態創新產品或服務的 7 個步驟

步驟一：組成團隊

若要涵蓋有著不同生命週期面向的產品或服務，需要一個團隊，由公司不同單位領域的員工所組成。由一個團隊的協調員來指導這個團隊，使團隊能向生態創新的目標前進。如能有一個管理階層的代表參與此團隊所有的會議，更易做出具生態智慧的決定。

步驟二：選擇產品並確定該產品所提供的服務

公司要決定先改良旗下哪個產品時，可先對現有的不同產品，進行分析和比較所選定產品之經濟和環保性能面向，來看哪項產品最適合創新改變。

步驟三：確認產品鏈

團隊可以藉由圖解產品(或服務)之所有的製程，來對產品(或服務)達成一般和全面的瞭解，圖解出“從搖籃到墳墓”的所有製程是屬於產品(或服務)生命週期的一部分。這種方法可看到所有最相關製程的全貌。雖然這種表達方式對提供服務的公司來說，看起來會很複雜，但至少所提供服務的最相關產品應該納入考量。

步驟四：評估產品現況

這個步驟的目標是全面檢視該產品目前的性能。這樣可以確定產品各種可能的改善機會。

步驟五：估算產品的 MIPS

MIPS 以質量單位(公斤或噸)來進行加總計算，主要是計算藉由技術方法提供特定服務時所需要的物質量(包括能源)。為了估算 MIPS，必須要蒐集投入產品或服務個別的物质數據，才能計算產品(或服務)從搖籃到墳墓全部投入的物質量。計算完成後，可以評估出生命週期中資源最密集的面向(熱點)，而且結果可與步驟 4 之性能表現評估相比較。

為了估算產品的 MIPS，應該先計算生態包袱(或物質足跡)。計算時需要列出產品製造階段所有投入的物質及其他貢獻者(如電力)，再各自乘上其相對的 MI 係數後加總，即可得知產品所有之資源使用重量。如果產品使用階段還會有其他的投入，這些資源也必須列入計算。最後，將總和除以產品生命週期期間所提供的總服務單位(見步驟 2)(如：一輛中型車行駛 250,000 公里)。

步驟六：優化產品和施行生態創新

為使所選的產品或服務更具資源使用效率及提高其所提供的效益，有許多優化方案可以考慮。為了查驗短期、中期和長期的可用性和收益性，每個與生命週期相關之部分都要接受評價。

對於實施生態創新，評估產品(或服務)之物質投入和優化方案，可幫助其發展一個全面性的基礎。在選擇最優方案，每個選項的培訓需求和中期的財務狀況都需加以

考慮。

步驟七：重新設計以服務為導向的產品

優化生命週期中的各個面向，不僅能省錢，也能保護環境。產品的重新設計或新服務的開發，甚至能開拓全新的市場。整個過程的結果可以是一個已優化的產品或是一項額外的新服務，能夠與現有的產品一起銷售，進而降低物料佔公司營業額的比例。即使是全新的產品—服務系統，也可以是這裡所描述過程的成果。提供服務的公司也可設計更不依賴物質資源的新服務。

第一個步驟：組成團隊³

指定團隊協調員

從專案一開始，設有專員負責協調和施行生態創新的發展是必要的。這個協調員是專案成功最重要的推手，並負起確保專案發展進程是朝著目標進行的責任。

協調員的任務和責任如下：

- 對計畫有承諾以及可以激勵團員
- 處理計畫整體的協調
- 處理團隊間的溝通
- 成果文件的管理
- 定期向管理階層報告專案的進展及成果

指定團隊

團隊是必須及早安排的，應清楚地告訴公司成員們，啟動生態創新之發展過程和對他們的期待。在小企業中，團隊可以只由公司擁有者/經營者及 1 至 2 位員工組成；在較大企業中，不同部門(如研發、維護、生產、製程、環境、健康及安全(安環衛)、採購、運輸等)的代表和工廠及經營管理者都應參與團隊，這樣做的好處是，融入個人不同的經驗和技術專長，除了有更寬廣的視野外，對如何衡量和改善產品表現，可提供更多元的想法。團隊成員需對產品開發、創新、製造及市場行銷有能力勝任，以及對履行責任和內部的管理非常了解，還有，顧客的觀感也應整合至團隊的工作。

團隊合作對生態創新的過程非常重要。團隊活動可以幫助建立小組間及整個公司之凝聚力。團隊名單上詳列專案負責人跟所有隊員的名字，並將團隊名單分發給每個隊員，讓大家都知道團隊的組織圖及運作方式，及了解到如有建議或想法時要找的窗口是哪個。

3 本節主要是依據 The Efficient Entrepreneur Calendar Assistant (Kuhndt et al. 2001).

更多要考慮的項目：

- 安排非正式的聚會，例如：團隊可在下午茶、午餐或晚餐時間聚會，對於活動、達成事項和遭遇的問題等進行討論。
- 通知每個員工關於本專案及組成之團隊—讓員工們知道在計畫進行中，也許會需要大家的幫助。
- 在計畫進行中，持續地通知團員有關計畫在不同階段中所達成的成果。
- 對交流的頻率及型式取得共識，來傳達工作狀況及達成事項(如公布摘要於告示板)。
- 建置網絡系統，找出相同領域的其他企業在做什麼。

(參考工作表 1：團隊成員)

第二個步驟：選擇產品並確定該產品所提供的服務⁴

在生態創新發展過程的開始，就必須確認目標，分析和評量的目的也應該界定清楚。因為這會影響到你即將選擇要開發的產品或服務。當在抉擇哪個產品應優先改進時，可以比較和分析所有產品的經濟和環境表現，依此選出最適合生態創新的產品。利用工作表 2.1 所列出的環境與經濟面向逐一評量，並將分數加總後，產品之間互相比較，最後決定要開發之產品。

在 MIPS 的概念中，一個產品所提供的功效，稱作服務單位(“S”)，而且是主要功效。根據經驗，員工也許起先會覺得很難去明定產品主要的服務和其他相關的服務。產品的效用通常除了人們最先相信的，還有一些比較不明顯的，團隊協調員應堅持並找尋產品可能提供的更多服務。

在生態創新過程中，服務單位(“S”)的定義也可幫忙發展非物質產品之替代和創新的服務。有三種方式確認產品的服務單位：

- 1.由車輛(如卡車、汽車、摩托車)所提供的主要的服務，通常是以公里來衡量，並應考慮到每公里運輸的貨物量或人數。MIPS 的計算應包括從開始使用到使用完畢之所有服務單位。
- 2.由機具、機械和有使用年限的產品(如:洗衣機、洗碗機、烘衣機、機械發條時鐘、沖水馬桶、水泥攪拌機和咖啡機等)提供的服務，服務單位的計算從產品可使用年限的開始到最終。另外必須知道每一個循環或週期的處理量，例如洗衣機的一個服務循環是 5 公斤的洗衣量，那麼一個洗衣機服務單位的總量就是可負荷多少次同樣的洗衣量，例如每次洗 5 公斤，可洗 1500 次。
- 3.像機具、機械、產品和建築等其使用年限是由使用者決定時，則使用期限就是服務單位，同時需考慮在這段期限內或者建築容量中，有多少人從使用中受益。建築物的容量，舉例來說是用樓層空間決定；冰箱(冷凍庫)的容量則通常用容積去計算。

4 本節主要是依據 Schmidt-Bleek & Manstein (1999), Ritthoff et al. (2002) and Schmidt-Bleek (2009).

使用期間是可以被分成幾個個別期間，而這些個別期間是不同長度但為連續使用的時間，而這些使用期間應與個別實際使用時最小且有意義的時間量相符合(例如：吸塵器使用時間為小時、花卉採收時間為天數、建築物或家具使用時間為年)。

服務單位的決定也要視被比較的物件而定。當比較兩個以上的物件時，應先找出其共同的服務單位並以較小的計算單位為計算基礎，例如：每人每公里之運輸。當使用不同的交通工具(公車、火車、轎車)提供相同單位的服務時，可以直接比較其物質和能源的投入量。

只有在以下幾種情況下，不需定義服務單位也具意義：

- 中間產品及不能再使用的產品(例如：作為原物料的中間體或半成品)
- 當產品無須比較，僅生產製程是重點時(例如：水泥生產)
- 提供完全相同服務目的的產品(例如：兩個一次性使用的杯子)

(參考工作表 2.1：選擇參考產品)

(參考工作表 2.2：確定服務單位)

第三個步驟：確認產品鏈⁵

一個生命週期的圖表有助於大家了解這個產品或服務要如何發展。在理想的情況下，這個產品或服務的所有必要的生產製程、使用和廢棄物或完整的服務都應顯示在這個圖表中。這樣，可以展現所有相關過程的全貌，資訊的差距更容易被標示出。當開始羅列整個製程鏈時，先要選擇適當的描述(見圖 2)。保有產品之整個製程或服務程序，對進行各個製程細部的觀察，會比較容易。

此步驟的結果是一個程序鏈或程序鏈系統，標示出哪一個產品的製造程序或提供的服務程序(包括先前的程序步驟)是必須的。

(參考工作表 3：確認產品鏈)

5 描述此步驟的主要依據：Ritthoff et al.(2002)

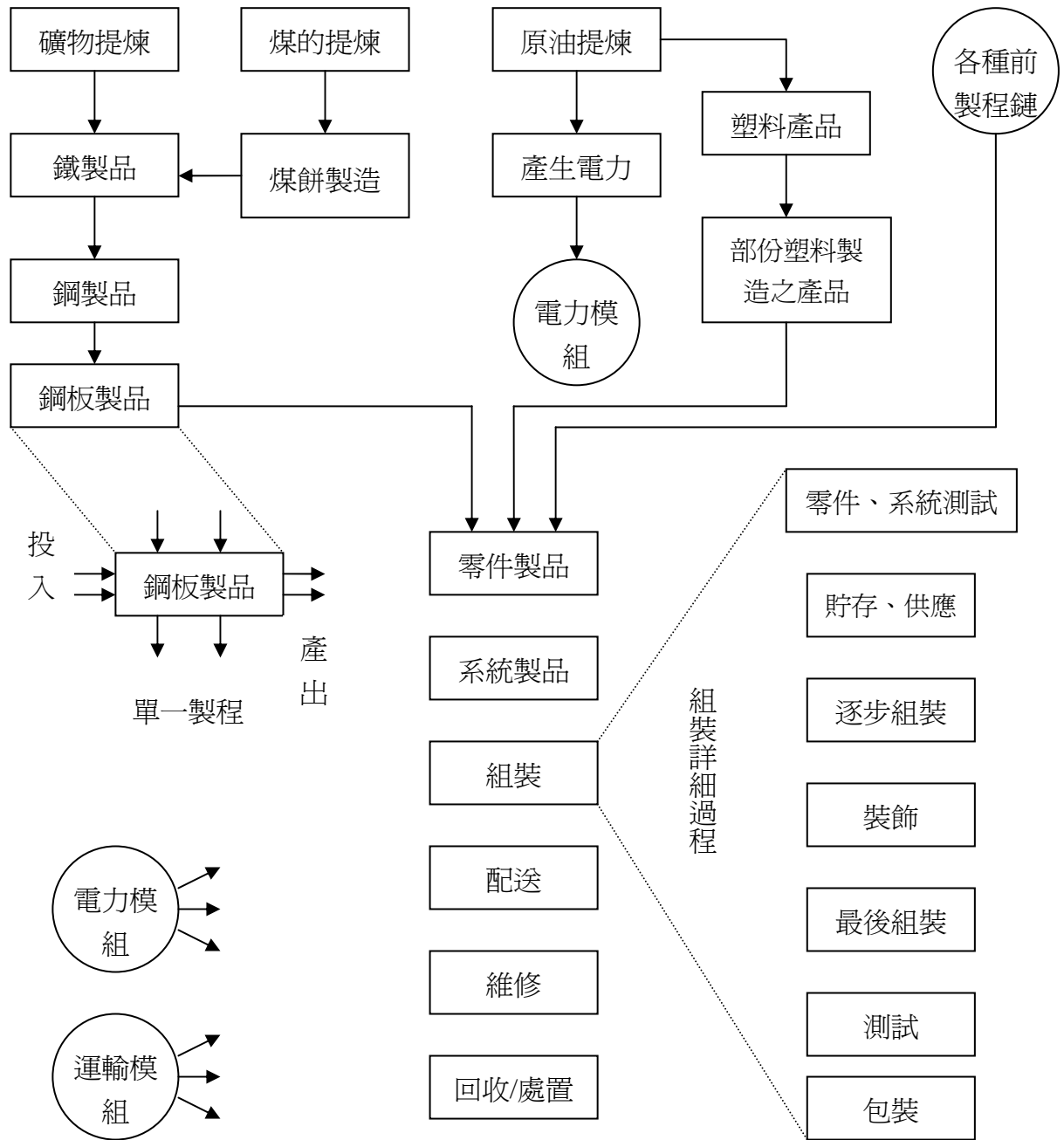


圖 2：產品鏈範例 (Ritthoff et al. 2002)

第四個步驟：評估產品現況

此步驟對產品生命週期不同階段之狀況，可幫忙提供一個全面的檢視。檢視價值鏈上的程序和活動以確認並把握住改善的機會，工作表 4 提供一個格式來檢視最重要的階段。對於改善及評估，首要之務為指出表現最差的地方。初步的改善機會可依技術、經濟和環境可行性進行排序。

(參考工作表 4：現況評估)

第五個步驟：估算產品的 MIPS⁶

在計算不太複雜的產品時，能以產品的組成物質為基礎計算 MIPS。第一階段要列出產品製造程序中所投入之所有物質及其他投入(如電力)以及產品製程中所產生的廢棄物，雖然廢棄物並不在最後完成的產品中呈現，但因廢棄物也是屬於物質使用的一環，故須列入；接著，在所列物質明細後加上所需之數量；第三，再乘上各物質相對的 MI 係數數值；最後，加總步驟三得出的各數值。

如果產品複雜或計算的是服務，那麼上述程序必須多次地重複(可複印工作表 5.1 並填寫之)。此外，數據並不總是容易取得，下列補充建議或許有用。

數據的匯編/收集：什麼是產品或服務的組成

數據的蒐集是個重要且耗時的步驟。在此階段，於步驟三確認的每個程序，其必要數據皆需收集。所有數據和背景資料需詳細記錄(來源、參考年份、註記、數量、單位等)。資料來源如：

- 直接的測量：提供特定的數據且大部分是可信的結果。
- 訪談：通常提供第一手且無價的經驗（與專家訪談或專家評估）
- 文獻報告：有時只是有可能獲取自身公司以外資訊的一般作法。

儘管使出全力，資訊上或許與真實有差距，這時就需要進行專業的評估。製程方面的專業知識對評估是有用的。特別是在與製程工程相關之處，能經過理論的計算提供重要的數據。

在農產品或熱能消耗的例子中，數據包括數年的平均是有意義的。如果產品在詳細檢查下，無法得到有根據或令人信服的數據時，盡量採納能反映出專門部門或全國平均的一般數據。

當匯編數據時，有幾個值得注意的一般規則：

- 物質流必須從合適的重量單位(公斤、噸等)開始
- 數字或值的旁邊應註明單位，單位間的互換應小心並透明化，此可避免掉很多很多令人困擾的結果。沒有單位的數量資訊是錯誤的。
- 每個物質、每種能源和每樣中間產品(pre-product)的數據來源應有紀錄。

6 此步驟的描述主要依據：Ritthoff et al.(2002)

- 特別的資訊要有紀錄，例如資料附加的解釋、資料的來源等。

當數據匯編後，對產品製造和服務程序中，物質和能源的投入和產出量需要整體的概念。對資料的差別應該要有認知並解決(至少用預測的)。

物質投入(從搖籃到成品)的計算

數據的匯編(見上)被用於這些計算中，物質投入(MI)計算是個別的投入量乘以個別的物質強度(material intensity-MIT)。物質投入(MI)係數(也可以是包袱係數或物質足跡)表示個別物質及能量投入之物質強度。一些程序、物質和產品的平均或具代表性之物質投入(MI)係數已經計算好了，這些數值已列於附錄中或從 www.mips-online.info 網址下載。

要特別記得，各種類之天然資源(非生物資源、生物資源、土壤、空氣和水，見工作表 5.1)的 MI 值應分別計算。工作表有一欄是個別物質或能源的量(如:0.5 公斤的棉花)，及 5 種天然資源，而每種天然資源皆有兩欄，物質、半產品、能源或其他投入之物質強度填入兩欄中的第一欄(例如:8.6 公斤/公斤，其代表每公斤的棉花需 8.6 公斤的非生物性天然資源)，第二欄是填寫個別物質貢獻到每個產品或程序之物質投入，計算方式為投入量乘上物質強度(如:0.5 公斤棉花×每公斤棉花 8.6 公斤之非生物資源 = 4.3 公斤非生物資源)。個別物質投入的加總可得到整個程序或產品其各類天然資源的物質投入(見工作表 5.1)。

當產品之物質和能源的投入加總後，即得出某個程序、中間的或最後產品的物質投入。在計算中間的步驟或成果時，仍應參考重量單位，而不是服務單位。服務單位在計算的後期，在 MI 值換算到 MIPS 值時進行轉換。以下顯示出一件指定的 T 恤衫其物質投入之結果。

一件指定的 T 恤衫(170 克)之資源消耗：	
非生物物質	2.0 公斤
生物物質	1.2 公斤
土壤流失	1.2 公斤
空氣	12.5 公斤
水	1480.0 公斤

得出的資源消耗數值通常依資源類別分別列出，不會把五種類別的資源加總，因為通常水資源的消耗最大，若加總後，恐只會專注於水資源的優化及減量。唯一的例外是在導出經濟和生產因素時，非生物物質、生物物質和土壤流失的總合亦稱為物質需求總量(total material requirement-TMR)。

在計算物質投入時，區別主要產品和副產品是必要的。主要產品是主要製作程序產出的，製程中投入的物質是為製造主要產品，或是依重量分攤到不同的主要

產品。副產品亦有市場價值，是製程裡附帶的產出，或許是因為市場價值過低或者是因為過剩，不是製程操作的主要目的。除非有可能的額外開支來進一步處理副產品的情況，否則製程中的物質投入並不會計入副產品。主要產品和副產品要討論的問題，在 MIPS 或相似的分析中有著重要的地位，故需注意。

物質投入(從搖籃到墳墓)的計算

大部分產品，在使用期間和使用後也會發生物質的投入。除了設計者和生產者之外，消費者也會影響產品的物質投入。所以，產品使用階段的物質投入應該也要清楚定義並與產品的生產階段分開計算。所有的假設應該有完好的紀錄。

產品的所有製程依據工作表 3 已被描繪出。生命週期中不同階段的物質投入應該先在不同的計算表單中計算出(1 張或以上的工作表 5.1)。工作表 5.2 提供服務或產品其系統層面的物質投入加總。為了能比較結果以及下結論，含括所有階段的產品，都需參照同一個基礎數量(如：一件 T 恤衫的總生命週期)。

在 T 恤衫的例子中，因為可能需要洗滌和熨燙，所以使用階段是非常重要的。T 恤衫的使用階段，如被定義穿 100 次=100*洗滌+100*熨燙。使用階段的假設(例如：一次可洗滌多少件 T 恤衫)必須小心估算，因為這會嚴重影響到所得的結果。當先前提到的指定 T 恤衫加上使用階段所投入之物質，其最後結果顯示如下。

包括使用階段之指定 T 恤衫，其資源消耗：	
非生物物質	41.5 公斤
生物物質	1.2 公斤
土壤流失	1.2 公斤
空氣	32.0 公斤
水	3700.0 公斤

當把整個生命週期的物質投入計算出後，就可以比較生命週期的不同階段和產品製造程序的不同部分。通常這樣可以評估「熱點」及不同面向的相關性。於此基礎上，可以決定哪些是特別有效的優化措施。

從物質投入到 MIPS

服務單位和物質投入，兩者間的關係於此最後步驟的計算中顯現。前面階段的計算結果，現在將用到服務單位。整個生命週期的物質投入除以全部的服務單位(服務單位的定義見步驟 2)，就是 MIPS(每服務單位的物質投入)。一個產品提供的服務是根據過往經驗估算。服務單位數一定要小心定義，因為這會對結果有顯著的影響，如假定一輛車能跑 15 萬公里和 25 萬公里，就差很多。

依據前面對 MI 計算之解釋，MIPS 也有五種不同的紀錄類別，分別是非生物物質、生物物質、土壤流失、空氣和水。以 T 恤衫來說，定義一個服務單位為穿一次

T 恤衫，如果其 MIPS 值(五項紀錄類別加總)是參照穿 100 次為基礎，那麼一件 T 恤衫的 MIPS 就要除以 100。以先前提到的指定 T 恤衫為例，其 MIPS 值如下：

包括使用階段之指定 T 恤衫，其 MIPS 值(公斤/穿一次)：

非生物物質	0.42 公斤
生物物質	0.012 公斤
水	37.0 公斤
空氣	0.32 公斤
土壤流失	0.012 公斤

如此，可以與另一件，如:預期穿 20 次的 T 恤衫，相比較了。假如使用一個服務單位，如:可穿 5 年的 T 恤衫，它就可能可以與不同耐用年限的 T 恤衫相比較。以 5 年使用期限為準，一件長壽命的 T 恤衫只經過一次產品製程，反之，短壽命的 T 恤衫，需要生產好幾次。

當計算 MIPS，可同時考慮如何開發一個生態創新的產品或服務。計算出的結果，可跟其他競爭方案或替代方案一起用接下來的步驟來比較，比較時，注意不要不切實際高估產品性能。更多徹底的檢視，進行最小及最大的估算，以提供一個完整範圍的結果。

(參考工作表 5.1：產品物質投入的估算)

(參考工作表 5.2：製程或生命週期的物質投入和每單位服務之物質投入)

第六個步驟：優化產品和執行生態創新⁷

想要產品或服務更具資源效率和增進提供的功效，許多優化的可能性是可以考慮的。工作表 6.1 及 6.2 對於減少物質使用或改進產品服務，可以幫助界定出相關的面向。為了確認短、中、長期的可使用性及可獲利性，每個面向必須經過仔細的評量。在此步驟評量期間，也應考慮到先前的評量結果(步驟 2、3 及 5)。於此評量基礎上，可以清楚獲知在生命週期的哪個面向上可以提供最好的優化機會和確定產品或服務的未來發展。

降低產品的物質使用或投入，並不一定代表產品的體積變小了，雖然在有些案例(例如:城市車輛)的確如此，但對於製造一張 10 公分高的椅子，就不是合理的產品發展方向，因此，任務是，從搖籃到墳墓，以少 10 倍的天然資源消耗，創造一個新的服務，例如像椅子的裝置，至少可以提供服務相當的設施(坐起來便利、安全等)。身為一位製造者，能如何影響消費者所造成的資源消耗量(如:設計能夠用較不熱的水或冷水來洗滌衣服)是值得考慮的。

7 本節主要依據 Autio, Lettenmeier(2002)及 Schmidt-Bleek, Manstein (1999).

經由減少物質的使用強度、排除有害物質、優化產品包裝、減少廢棄物、增加能源效率和(或)減少運輸(細節請見工作表 6.1)，可以降低資源的使用。雖然於工作表 6.1 提到的一些選項可能已經與前面的環境考量非常類似，但是仍值得再度確認，特別是那些不能連續改善的選項。很多案例中，用較小 MI 值 (如塑膠) 取代較高 MI 值 (如銅) 的物質或成分是一個新的想法。對製程或產品可能有顯著的改變，但是也能夠給創新及商機提供巨大的機會。

除了減少物質使用強度外，經由增加使用期間、發展多功能和思考產品共用性(細節請見工作表 6.2)，也可以改進所提供的服務。因此，一張重新設計的椅子，可能與原來的椅子非常相像，但也許能夠有較長的使用年限。

(參考工作表 6.1：減少物質的使用)

(參考工作表 6.2：改善服務)

第七個步驟：(重新)設計以服務為導向的產品⁸

步驟六顯示了一個產品的優化可以從降低物質的投入和增進產品所提供的服務兩方面著手。一個產品重新設計成功，讓產品所提供的服務提升到一個新的服務水平，這個程序需要的不只是填填表格和評量結果，而是需要更多的努力。步驟七(見圖 3)，一步一步指引以服務為導向的產品要如何進行設計。同時也舉一個我們每天使用的產品:冰箱，作為例子，重新設計後令人驚訝的結果。

第一階段：定義問題

詳細的確定所提供的服務。為了完成這個任務，必須追溯以下基本需求：什麼是產品的服務原則？產品提供了哪些額外的服務功能？是否還可提供其他的服務等？

第二階段：尋找可能的解決方式

2a)尋找物質使用強度最低的方案

在不開發新產品的狀況下，是否能滿足需求? 例如:藉由運用服務的概念，來部分或完全取代產品？

2b)假如服務的概念不可行，就尋找新物質的方案，如:新產品或新基礎設施

運用腦力激盪、型態分析、類比等技巧來幫忙想出數個可行的主意。

第三階段：選擇務實以及資源多產的構想

評估從第二階段所想出對商業和降低物質使用的各方案。為了加速評估，可以使用工作表 2.1、3 及 4、排除不切實際和不環保的方案後，從中選擇出最有希望的和最具資源使用效率的方案。

8 本節主要是依據 Schmidt-Bleek, Tischner(1995)及 Schmidt-Bleek(1999)

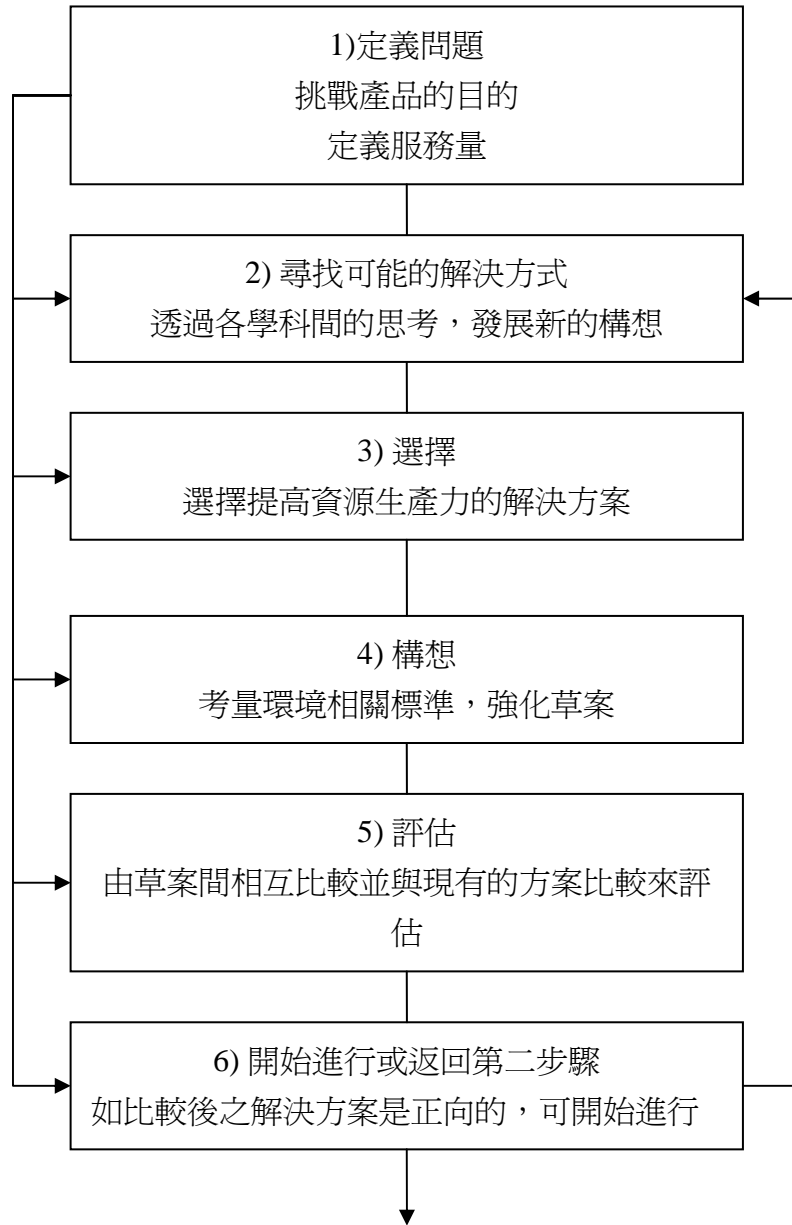


圖 3：生態創新的 6 個階段 (來源：Schmidt- Bleek, Tischner 1995)

第四階段：構想新解決方案

第三階段所發現的詳細解決方案計畫將作為第一階段所定義的服務以及資源使用特性。設計重點需要大家有共識和絕對地同意。例如:設計臨時的包裝或設計增加睡眠舒適度的長期產品，就有明顯的不同。前者強調材料能夠用於大規模的生產、功能單一、重複使用性及回收性，而後者著重於耐久性、產品的品質和符合人體工學等。通常需要用類似蛛網圖來優化影響環境和經濟的因素。

下列問題有助於確認設計重點：

- 如何達成降低物質和能源的使用?
- 在能滿足功能的狀況下，哪一個生命週期是合理的?
- 考量功能和生命週期，哪種物質最為合適?
- 如何合理的回收?
- 如何避免運輸?

或許有些得出的結果會互相衝突，這時就必須考慮數個選項以得出最佳方案。

第五階段：評估

在第二輪的評估中，設計的草案用 MIPS(見第五個步驟及工作表 5.1 及 5.2)計算後，可以互相比較得出功能性最強和資源使用效率最優的方案。此外，也有必要將該方案與現有的方案，特別就物質和能源密集度及對其他環境潛在的影響，互相比較。對重要詳細的解決方案需注意，不能忽略已達成的優化。

第六階段：開始進行或返回第二步驟

如果在比較及評估生產可行性、費用、物質可利用性以及調整必要性後，得出的評量結果是正向的，就可以開始進行新的解決方案。如果評估結果不理想，則有必要回到第二步驟，再重新開始。

如果沒有產生比前面所選定的還要更好的方案，有兩個選擇:第一是這個設計等同於主流市場中現有方案的功能，因此可以執行;第二是自我檢討創造這產品真的有意義嗎? 也許拒絕這個產品的開發更為合適或轉個方向尋找更合理的任務規劃。

(參考工作表 7：相關設計標準)

範例：FRIA—家居食品有效的冷藏概念

第一階段：定義問題

冰箱的功能為提供一個低溫以及無光的地方，讓食物及飲料保持新鮮。這個挑戰是如何在最具生態效益的狀況下提供保鮮服務。

第二階段：尋找解決方案

2a) 是否可在不用發明新產品的狀況下，滿足家中食物和飲料保鮮的需求？

如果每個人在白天和晚上都有必需的交通系統及時間到家裡附近購買新鮮食物及飲料，或者自己生產食物及飲料，原則上答案為：是。然而事實並非如此，即使在考慮生態因素下，避免丟棄我們吃不完的食物，開發家居冷卻元件是合理的。

2b) 腦力激盪新的冷卻概念：

- 在沒有移動式冰箱的狀況下，建造一個厚的、隔熱的冷卻箱，使用者在移交給下一位用戶前，需先徹底清洗。
- 把單一門面的冰箱改為每層抽屜式拉門，如此當拿出食物及飲料時，可以開較小的門。
- 冬天時，外面的冷空氣可作為一種冷媒。夏天，則擺放冰磚於冷卻室中以冷卻食物。
- 建造透明冰箱門，不用開冰箱也知道放置在冰箱裡面的內容物。

第三階段：選擇方案

在評論完以上所有關於生態效率潛力的腦力激盪提案後，決定研發冷卻箱，對節省物質及能源，它提供了最佳選擇。同時亦可考慮其他選擇：可轉換冷卻技術、設備租賃、可調式冷藏容量、可替代物質以及利用冬天戶外溫度冷藏。

第四階段：構想

如何才能達成使用最少的材料和能源？

建造耐用的產品、有效的隔離、省能的冷卻系統(冬季時用室外的冷空氣，夏天時一個有效的能源冷卻聚集體)、根據使用者的需求而調整冷卻容量(個別冷藏室可單獨管控和關閉)。

哪種使用壽命是合理的？

答案當然是非常長的使用壽命。當內建於牆壁中的冷卻元件，最大部份的壽命要盡可能與房子的壽命一樣長，其他所有磨損零件必須可替換。終身保固的部份要與時髦的設計無關。技術更新要能容易更換，外觀可讓使用者自行決定。

根據產品使用壽命來決定使用哪種物料？

產品之物料應儘可能耐用、耐冷、耐酸鹼，同時內部具有好的隔熱，如:高品質塑膠。作為隔離之高保溫材料，如:礦物棉、發泡塑料、軟木塞、氣凝膠。一個隔熱、堅固耐用以及穩定的材料作為牆壁壁龕，如：隔熱磚、有氣泡的混凝土板。一般來說，容易清理和良好持久的外觀特性，也很重要。

產品如何回收？

耐久性以及回收的標的只有在產品生命結束時浮現。為達成合理的回收選項，作以下建議：內箱選用高品質冷、酸、鹼性之熱塑性塑料(可回收)；可使用從木塞工廠剩餘的木塞廢料來吸音；門的部分可用氣凝矽膠作為主要材料；產品其他零件材料應是可拆卸的、可分離的和可替換的；還有儘量減少產品之材料或物料的種類。此外，租賃方式也是一項選擇:當租用冷卻產品，製造公司可回收冰箱冷卻元件到生產製程中。

第五階段：評估

如果在構想中的不只一項方案，應在此階段將方案互相比較。在任何情況下，應與市場上最有效率的相關產品來比較，並使用粗略的 MIPS 評價。這樣，所使用的物料與能源轉換成服務單位後，才能互相比較。在這個冷卻設備案例中，服務單位可以是溫度範圍 1-15°C 之 100 公升冷卻容積。

有必要估算產品整個生命週期內的物質和能源所需量，如可能，應包括生產和處置部分。這些數字應各乘上個別的 MI 係數數值(見工作表 5.1)，以追溯到物質的源頭開採，包含生態包袱(或物質足跡)。整個生命週期間，所使用的能源亦換算成質量(詳第五個步驟)。通常，所有選項所需要的程序都應該相同，計算出的結果就是所謂的物質累計投入量，以噸或公斤為單位。這結果再依服務單位(見工作表 5.2)進行分配(服務單位為設施的壽命乘上冷卻體積)。

第六階段：實施、付諸行動或返回階段二

因為新的解決方案(與牆壁合為一體的冷卻室)跟傳統的冷卻產品相較下，擁有較高的資源效率，所以是可以繼續開發的。

參考資料

Autio, S.; Lettenmeier, M. (2002): Ekotehokkuus-Business as Future. Yrityksen ekotehokas. (An eco-efficiency guide for business. In Finnish.) Dipoli reports C, environmental education. University of Technology, TKK Dipoli, Espoo.

Fussler C. (1996): Driving Ecolnnovation. A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability. London: Pitman.

Kaiser, C.; Ritthoff, M.; Rohn H. (2008): Wie viel Natur kostet unsere Nahrung? Ein Beitrag zur Materialintensität ausgewählter Produkte aus Landwirtschaft and Ernährung. Draft Wuppertal Paper, Wuppertal Institute.

Kauppinen, T.; Lähteenoja, S.; Lettenmeier, M. (2008): Kotimaisten elintarvikkeiden materiaalipanoksen ElintarvikeMIPS (Material input of Finnish foodstuffs. In Finnish.). Maa- ja elintarviketalous 130, Elintarvikkeet. Available from <http://www.mtt.fi/met/pdf/met130.pdf>

Kotakorpi, E.; Lähteenoja, S.; Lettenmeier, M. (2008): Household MIPS-natural resource consumption of Finnish households and its reduction. The Finnish Environment 43en, Ministry of Environment, Environmental Protection Department. Helsinki. Available from www.environment.fi/publications

Kuhndt, M.; Liedtke, C.; de larderel, J.A.; van der Lugt, C. (2001): The Efficient Entrepreneur Calendar Assistant-Measure and improve your business performance month by month. UNEP / Wuppertal Institute: Eco-Efficiency and Sustainable Enterprise Group.

Liedtke, C.; Welfens J. M. et al. (2008): Mut zur Nachhaltigkeit – vom Wissen zum Handeln. Didaktische Module“ Weltwirtschaft, neue Weltordnung (WIN)“, Otzenhausen.

Lähteenoja, S.; Lettenmeier, M.; Saari, A. (2006): Transport MIPS – Natural resource consumption of the Finnish transport system. The Finnish Environment 820. Ministry of the Environment. Helsinki. Available from www.environment.fi/publications

Reid, A.; Miedzinski, M. (2008): Eco-Innovation. Final report for sectoral innovation watch. Europe Innova. Technopolis group.

Ritthoff, M.; Rohn, H.; Liedtke, C. (2002): Calculating MIPS – Resource productivity of products and services, Wuppertal Spezial 27e, Wuppertal, 2002. Available from www.mips-online.info

Rohn, H.; Lang-Koetz, C.; Pastewski, N.; Lettenmeier, M. (2009): Identification of technologies, products and strategies with high resource efficiency potential – results of a cooperative selection process. Resource efficiency Paper 1.3, Wuppertal 2009. Available from <http://ressourcen.wupperinst.org>

Salmenperä, H. (2002): The Waste Prevention Advisory Project. Life99 ENV/FIN/219 Final Report. Edita Prima Ltd, Helsinki.

Schmidt-Bleek, F. (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS, das Mass für ökologisches Wirtschaften, Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin. English version (The fossil Makers) available from www.factor10-institute.org

Schmidt-Bleek, F.(1999): Öko-Desing, vom Produkt zur Dienstleistungsmaschine. Schriftenreihe des österreichischen Wirtschaftsförderungsinstituts Nr. 303. Wirtschaftskammer Österreichs, Wien.

Schmidt-Bleek, F. (Ed.) (2004): Der ökologische Rucksack, Wirtschaft für eine Zukunft mit Zukunft. Hirzel, Stuttgart, Leipzig.

Schmidt-Bleek, F. (2009): The Earth. Natural Resources and Human Intervention. Haus Pub-

lishing Lrd, London.

Schmidt-Bleek, F. et al. (1993): Special Issue, Fresenius Environmental Bulletin Vol. 2/No 8., pages 407- 490, Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin.

Schmidt-Bleek F.; Bringezu, S.; Hinterberger, F.; Liedtke, C.; Spangenberg, J.; Stiller, H.; Welfens, M.J. (1998): MAIA. Einführung in die Material-Intensitäts-Analyse nach dem MIPS-Konzept. Wuppertal Texte. Birkhäuser, Basel.

Schmidt-Bleek, F.; Manstein, C. (1999): Klagenfurt Innovation – Neue Wege einer umweltgerechten Produktgestaltung. Ein Schulungsprogramm mit 50 kleinen und mittleren Unternehmen aus Kärnten/Österreich. Alekto Verlag, Klagenfurt.

Schmidt-Bleek, F.; Tischner, U. (1995): Produktentwicklung. Nutzen gestalten, Natur schonen. Schriftenreihe des österreichischen Wirtschaftsförderungsinstitutes Nr. 270. Wirtschaftskammer Österreichs. Wien.

Wackernagel, M.; Rees, W. 1996. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island, British Columbia.

Weizsäcker, E.U.; Lovins, A. 1997. Factor Four: Doubling Wealth – Halving Resource Use. London: Earthscan.

Welfens, Maria J.; Liedtke, Christa; Schaefer, Ina; Stengel, Oliver; Onischka, Mathias (2008): Vom Wissen zum Handeln : didaktische Module ; Wirtschaft – neue Weltordnung (WIN). Otzenhausen: Stiftung Forum für Verantwortung.

更多的資料及網站連結：

www.mips-online.info

www.mips-online.fi

www.material-footprint.org

www.resource-footprint.org

www.wupperinst.org

ressourcen.wupperinst.org

www.nachhaltigkeit.de

www.factor10-institute.org

www.onedidit.com

工作表

工作表 1 : 團隊成員

組員名字	職稱	地點	特殊專長

工作表 2.1 : 選擇參考產品

選擇產品或服務			
產品	產品 A	產品 B	產品 C
產品年產量：			
單位：			
經濟效益的評量標準 (0=低、1=中等、2=高)			
佔總產量比例			
企業成功關鍵			
市場佔有率			
產品競爭力			
顧客接受度			
對公司未來重要性			
總合			
重要度排名			
環境效益的評量標準 (0=低、1=中等、2=高)			
使用容易度			
信賴度			
節能			
持久性			
安靜 (吵雜)			
處置容易度			
在地生產			
替代容易性			
物質效率			
減少排放			
減少運輸			
包裝方便性			
維修容易度			
省水			
總合			
重要度排名			

工作表 2.2 : 確定服務單位

產品/服務所提供的功效為何?			
產品	產品 A	產品 B	產品 C
主要功效			
附加功效			
產品/服務之最適"服務單位"			

工作表 3：確認產品鏈

設計和說明第二個步驟所選定的產品生命週期：

- 說明生命週期最相關階段(活動掛圖或草稿紙也許為圖畫提供更好的空間)
- 詳列各階段所需的相關物料：原物料、能源、水資源等
- 確認各階段所需最相關的人力資源
- 確定在生命週期階段和產品鏈中，對生態和社會最相關的影響
- 指出公司內具影響力的長官、同仁所帶來的影響

工作表 4：現況評估

產品總表現評量				
生命週期的接段	原物料	生產	使用	回收/處置
能源 表現不佳:-、表現一般:0、表現優良:+				
能源消耗量				
省能措施				
物料 表現不佳:-、表現一般:0、表現優良:+				
物料消耗量				
原物料儲存				
產品倉儲				
物料消耗之減量措施				
水資源 表現不佳:-、表現一般:0、表現優良:+				
水資源使用量				
省水措施				
非產品之產出 表現不佳:-、表現一般:0、表現優良:+				
固體廢棄物量				
固體廢棄物處理				
廢水量				
廢水處理				
空污排放和放流水之量				
空污排放和放流水處理				
風險管理和防治 表現不佳:-、表現一般:0、表現優良:+				
化學物質使用量				
產品管理 表現不佳:-、表現一般:0、表現優良:+				
原物料和產品生命週期之環境資料				
其他環境問題				

工作表 5.2：製程或生命週期的物質投入和每單位服務之物質投入

計算表(a)：										
參閱資料(b)：										
局部製程名稱(c)	非生物物質		生物物質		土壤流失		空氣		水資源	
	MI	單位	MI	單位	MI	單位	MI	單位	MI	單位
MI (d) 總計										
服務單位(e)總計										
MIPS (f)										

- a) 產品名稱
- b) 比較單位，1 公斤或 1 份的產品，或特別的服務量
- c) 填入半成品和/或局部製程名稱
- d) 各欄位加總
- e) 填入生命週期內所傳遞的服務單位數值(請參考步驟 2)
- f) 各資源類別的 MI 除以服務單位數值

工作表 6.1：減少物質的使用

物質強度的極小化								
請於最適欄位做註記	已執行	達成性			收益性			發展主要目標
		是	待查	否	短期	中/長期	待查	
1. 取代高 MI 的物料或零件								
2. 簡化製程以節省物料								
3. 了解所有的物料並註明清楚								
4. 重量是否為最輕								
5. 產品是否為最小體積								
6. 產品所需空間已是最小								
7. 足夠的物料和備份								
8. 產品拼裝容易且耐用								
9. 優化生產設備的物料使用								
10. 優化產品的儲存/倉存								
11. 使用者是否需要產品所有功能								
12. 建築物的物料使用已最小化								
避免有害物質								
1. 避免法律規定的有害物質								
2. 避免火災時或與水反應時造成有毒化合物(如氯、溴)								
3. 避免建築物物質化合物的有害排放								
優化包裝								
1. 避免包裝廢棄物 (如：無包裝的訂單和交貨或包裝重複使用)								
2. 發展包裝的可回收的能力(如：簡單的結構、可回收的物料、物料牌子)								
3. 包裝是否採用低生態負荷材料及包裝已盡可能最小最輕化								
減少廢棄物								
1. 可否降低物料損失及內部循環吞吐率最小化								
2. 公司是否回收舊品及重複使用合格組件或當物料回收								
3. 內部物料可否重複使用(包裝廢棄物、水、溶劑)								

工作表 6.1：減少物質的使用（續）

物質強度的極小化								
請於最適欄位做註記	已執行	達成性			收益性			發展主要目標
		是	待查	否	短期	中/長期	待查	
提升能源效率								
1. 降低能源使用								
2. 使用低 MI 值的能源								
3. 整合自動省電功能至產品								
4. 優化產品電源(如可用插座接電的地方、可充電的、電動馬達)								
5. 優化廠房和機具的能源使用								
6. 降低冷卻和加熱的能源消耗								
7. 降低空調和燈具的能源消耗								
8. 降低產品使用時的能源消耗								
減少運輸								
1. 考慮其他低 MI 值的運輸方式								
2. 降低內部傳送距離								
3. 降低供應商供貨距離								
4. 降低到客戶端之平均運輸距離								
5. 降低到最後使用者的平均距離								
6. 降低至回收公司的運輸距離								
7. 當地產品是否受到青睞								
8. 增進使用運輸的能力(如租用容量、利用回程的運輸、滿載的運送)								

工作表 6.2 : 改善服務

增加產品或產品組件的壽命								
請於適當欄位做註記	已執行	達成性			收益性			發展主要目標
		是	待查	否	短期	中/長期	待查	
1. 發展估算產品使用壽命的方法								
2. 產品設計可以不受時間影響								
3. 增加產品的耐久性								
4. 防止物料和組件非必要的磨損								
5. 優化產品的表面材料(防腐蝕、耐候性、可洗的)								
6. 產品設計對使用者操作上更友善								
7. 產品對最終使用者是容易清潔的								
8. 維修可以更容易								
9. 考慮產品拆除								
10. 模組化結構可否使拆除、修理和升級更容易，更快速和無需使用特殊工具								
11. 備用零件是否可長期供應								
12. 未來各組件可容易地改善								
13. 舊產品組件可使用於新產品中								
14. 產品容量可用附加組件來改善、升級								
15. 新組件是否適用於舊產品中								
16. 使用、儲存和維修等使用說明可以再加以改善								
17. 建材和結構確保建築物的年限 (適用建造部門)								
18. 是否要供應商提供持久產品和足夠的使用說明，儲存和維修								
多功能性								
1. 重要組件標準化並與產品其他組件相容								
2. 產品是否可與其他產品相結合								
3. 產品使用是否為多種用途								
4. 是否已優化重複使用組件的設計(子組件、產品外殼蓋子等)								

工作表 6.2 : 改善服務(續)

增加產品或產品組件的壽命								
請於最適欄位做註記	已執行	達成性			收益性			發展主要目標
		是	待查	否	短期	中/長期	待查	
5. 產品除了原使用功能，是否可被使用於其他功能								
6. 建築物是否擴建容易，房間是否可以合併及分隔 (適用建造部門)								
使用分享和販售服務								
1. 產品除了出售，可否租用或出租								
2. 是否可出售維修服務(如定期檢查、維修或更新)和使用諮詢服務(如結合設備清潔與清潔服務)								
3. 產品可客製製成，亦可使用分享								
4. 除了銷售產品外，未來是否可以只單純銷售服務								

工作表 7：相關設計標準

產品設計標準	
相關標準	依標準評估產品
1. 更實用	
2. 足夠的可靠性	
3. 長期的耐用性和可用性	
4. 符合人體工學	
5. 技術和外形上的自力	
6. 融入週邊/環境	
7. 對環境是友善的	
8. 使用形象化	
9. 高品質的設計	
10. 具心靈和精神上的鼓舞	

詞彙表

非生物物質(Abiotic)是所有從自然直接和無加工處理的，它是數百年內不能再生的，像礦場的礦石，未萃取的原物料，和地層、沉積物及煤炭塊的挖掘等。

在 MIPS 概念，**空氣(Air)**只要有產生化學或物理變化，是有納入計算的。在 MIPS 概念裡，空氣消耗量通常以氧在燃燒過程中的消耗量來作計量。

輔助物質(Auxiliary materials)是程序中參與的物質，但只實現一個附屬功能，像溶劑、清洗劑等。

一般產品(Average products)代表某類型的產品。單一特定產品可以在性質上跟一般產品明顯不同。

基本的、工作所需和建築材料(basic, working and building materials)是製作程序中加入(或投入)的物質，以及在之前爲了這個目的製造的物質。

生物物質(Biotic materials)是所有的有機材料直接取自於大自然，在對其做任何的處理前(如、草、樹、魚、水果、棉等)。

碳足跡(Carbon footprint)是產品和活動對環境影響和氣候變遷的衡量依據，與燃燒化石燃料以產生電、暖氣、運輸等之溫室氣體量相關。碳足跡用以測量因各別活動所產生的所有溫室氣體，其單位以噸或公斤的二氧化碳計。(詳 <http://www.carbonfootprint.com/carbonfootprint.html>)

單位服務成本 COPS(Cost Per unit of Service)爲定義效用單位的貨幣成本，通常以一個人經過科技、或直接的使用機具(如、現金的提領)來表現。在科技領域產生的所有服務，皆需要使用到產品、能源和基礎設施。

自然的及科技的**物質循環(Material Cycles)**從原點到返回他們原來的狀態稱爲一個循環，而科技的循環是不能缺少能源的投入和物料損失。

去物質化(Dematerialization)指應用科技根本地減少自然物質資源的投入來滿足人類需求。要達成環境永續及經濟永續皆不能缺少去物質化。

地球的動態(Earth movement)包括所有的農業、林業、耕地和土壤流失。

生態效益(Eco-efficiency)指產出有競爭力的物品和服務，以滿足人類的需求和維持提升生活的品質，一面逐步降地整個生命週期對環境的影響和資源強度，直到地球可負荷的承載力內。(Frank Bosshardt, Business Council for Sustainable Development, 1991)

生態產業(Eco-industry)以積極主動可以認證的方式執行生態創新，包括提供法律規

範、準則和解決需求的新方案。

生態創新(Eco-innovation)指創造新穎和具價格競爭力的物品、製程、系統、服務和處理方式可以滿足人類的需求和提高生活的品質，在整個生命週期每單位的產出使用最少的天然資源(包括能源載體和土地面積)和排放最少量的有毒物質。(Reid, Miedzinski 2008)

生態智慧的(Eco-intelligent)(或稱生態效益的)服務使用技術工具，達成最高的資源生產率(物料、水資源、空間)和排放最低量的有毒物質，滿足有目的的需求。

生態背負(Ecological backpack)請參考”生態包袱(ecological rucksack)”。

生態足跡(Ecological footprint)衡量個人、群體或者活動，需要多少耕地和水源，利用現有的科技及資源管理來製造生產所需和來吸收產生的廢棄物。生態足跡通常以全球公頃為衡量單位。全球化的交易，個人或單一國家的生態足跡包括來自世界各地的土地或海洋。生態足跡通常又簡稱為足跡。(詳 <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary#EFstandards>)

生態包袱(Ecological rucksack)意味看不見的物質負擔(由自然界補貼)或產品製程(包含從原物料開採到產品的出售)所需的總自然資源投入。就某種意義來說，生態包袱與產品的價格對應。從銷售角度來說，是一個比較由不同廠商所製相同功能產品的重要工具(例：工具或車輛)。

生態圈(Ecosphere)是人類生存的自然環境。

生態系統的服務和功能(Eco-system services and functions)(生態系統的生命輔助功能)是地球上所有生命不可或缺的，少了它，人類無法生存。它包含新鮮的淡水和未受污染的空氣；各種元素、礦產和金屬；生物多樣性；植物和動物；種子和土壤；地表合適的溫度；和隔離來自外太空輻射的保護。自然界的系統不能用科技替代產生，它是不可分割的，而且對所有的人類來說都是免費的。如果它能在市場上交易，那麼它的價格一定是無限高。對人類的經濟活動而言，它卻是相對脆弱的。自然系統的改變的起源於濫用自然資源。其後果，如：大面積的土石流失、水源短缺、沙漠化、生物瀕臨絕種和氣候變遷(包含災難性的颶風和水災)明顯可見。

效率(Efficiency)是指在既有程序中所使用的方法或工具，以得到限定或目標的產出。

8 噸社會(Eight Ton Society)預想的全球公民社會，每人平均年消費自然資源(不含水資源)低於 8 噸。

排放或排放物(Emissions)是指從工廠的機具或設備所排放出的含有空氣、噪音、震動、光能、熱能、輻射和類似的能量或物質現象。

所謂**環境(Environment)**包含動物、植物、微生物、水、空氣、土壤和其間的互相關

聯。

環境資本(Environmental capital)為所有可用在科技領域以產生福利的天然資源的總合。環境資本這個名詞對非經濟學家來說是奇特的，因為除非改變生態系統的服務和功能，否則生物圈是不能用於經濟交易。這些改變，即使使用科學方法，也很少能夠預測、衡量、起促進之作用或驗證，也無法本地化。

環境媒介(Environmental media)為土壤、水和空氣。

環境壓力潛勢(Environmental stress potential) (或稱環境破壞、衝擊或壓力潛勢) (also environmental damage, impact or pressure potential)為一個程序、活動、產品或服務造成環境改變的潛力。環境壓力潛勢可用 MIPS 概算。

排氣(Exhaust air)或稱廢氣體，包含固體顆粒、液體或氣體的排放。

外部或外在環境的影響(Externalized environmental effects)指無意的和通常是負面的產品、製程、系統、服務和行為效應，經由環境介質變成具有影響力。通常來說，外部影響成本由大眾承擔。例如：抽煙者的外部影響就是讓非抽煙者吸入充滿煙味的空氣而引起健康問題；使用化石燃料的外部影響就是石化燃料引起的空氣污染破壞歷史建築。外部環境已知的和量化或貨幣化案例甚少，但其中的因果關聯是明確的。

10 倍級(Factor 10)是已開發國家為創造人類福祉之策略性經濟目標，在二十一世紀中，(平均)減少十倍的自然资源使用量。

4 倍級(Factor 4)是在二十一世紀中，全球資源效率達成提高四倍的全球目標，經由資源使用減半和提昇兩倍的社會福利。這需要已開發國家至少達成 10 倍級的目標。4 倍級亦可被視為為達成 10 倍級的中間步驟。

X 倍級和 Y 倍級(Factor X and Factor Y)為 10 倍以外的數，主要的目的是根據個案，來確定去物質化進展的不同程度。

通用資料或數據(General data)，請參考產品類別、典型產品或一般產品。

物品(Goods)如機器、產品、設備、物件、運輸工具、建築、基礎設施(包含藝術作品和樂器)等。

溫室效應(Greenhouse effect):陽光照射在地球表面後轉為熱能及有部分反射回太空。大氣層的構造，尤其是水氣和二氧化碳，可以幫助保留熱量。如果沒有自然的溫室效應，地球的平均溫度將會是攝氏-18°或-19°，而不是 15°。人類正在改變大氣中的重要溫室氣體量，最後，人類製造的溫氣效應加上自然的溫室氣體效應，將改變地球的氣候。

基礎設施(Infrastructure):所有產品生產必須的工具或機具統稱基礎設施(如道路、學

校、交通運輸和資訊網路)。

工業產品(Industrial products)指機械加工的食品、藥品、基礎設施、機具、設備、工具、儀器、車輛和建築物等，用技術工具製造或生產的。

投入(Input)包括含在製程裡的每一樣。在 MIPS 的概念中，投入就是物質或物料(包括能源)，通常用公斤或噸衡量。

中間產物(Intermediary products)指製造鏈生產程序的產物，在那個時候，服務尚未提供或產品尚未完成(例如、以一輛車來說，其電池)。

整個生命週期(Life-cycle-wide) (from cradle to cradle)爲了建立產品或基礎設施的環境潛在影響所包含的整個生命面；即從原物料的萃取，經過加工和使用、應用，到回收和丟棄。只有從源頭計算的分析可以產生產品或服務的環境品質評估之可信的答案。

主產品(Main products)是可在市場上販售的商業產品，其製造程序爲主要的生產作業。

物質足跡(Material footprint)意味著看不見的物質包袱或任何產品從物料採集到出售之自然資源投入總計。某種意義來說，物質足跡與產品的貨幣價格是對應的。從銷售的角度來說，是一個比較由不同廠商所製相同功能產品的重要工具(例：工具或車輛)。(詳 www.material-footprint.org)

物質投入(Material Input (MI))包含所有因產品製作或製造或提供服務所需而投入的物料，以質量單位(公斤或噸)來表示。

物質強度 (Material Intensity (MIT))就是物質投入與衡量單位有關。MI 係數用於表示產品投入(物料和能源)的物質強度，以每單位資源的投入質量單位表示(如公斤/公斤或公斤/千瓦時)。

最大的預估值(Maximum estimations)指登錄最大可能的物質投入，通常是在沒有完整的計算的狀況下，和欲將最大量的資源使用作爲比較單位時。

對單個物質或模組來說，**MI 係數(MI factors)**亦稱做物質強度，以每單位資源的投入質量單位表達(如公斤/公斤或公斤/千瓦時)。

最少的預估值(Minimum estimations)就是紀錄最少可能的投入，通常是在沒有完整的計算的狀況下，和欲將最少資源支出作爲比較單位時。

每單位服務的物質投入 MIPS (Material Input Per Service unit)簡稱爲 MIPS，指用科技方式來滿足人類的需要和服務的需求(S)中，整個生命週期投入的自然資源。物質的投入用質量單位表達，服務單位則依案例決定。 $MIPS=MI/S$ 。

模組(Modules)包含未成品和尚未完成的服務之所需和使用頻繁的數據，這些數據通

常關注於平均值，也通常和各別地區、分行等有相關聯(如:交通模組、電力模組等)。

自然資源(Natural resources)在 MIPS 的概念中，包括所有的自然可用的生物和非生物物質(礦產、化石、核能載體、植物、野生動物等)、流動資源(風、地熱、潮汐和太陽能)、空氣、水資源和土壤。

操作材料(Operating materials)指運作程序中所有需要的物料，但不含在產品成分中(如清潔劑和抹布)。

產出(Output)包含經過加工處理、一個進程或一個行動後所得的全部成果。產出不一定是物品，享受和樂趣也可以是產出。排放和廢棄物稱為不希望或不受喜歡的產出。

乘客(個人)公里數(Passenger (or person) kilometers):所運輸的乘客數乘以涵蓋的公里數。

半成品(Pre-product):是在其他製程中所投入前一個程序的產品。

流程(Process)指程序或步驟(機具、方法、使用)，在過程中，通過使用工具或方法的行動，把投入轉換成產出，產出最少有一個(如:削好的金屬版、一個化學物質或物品的運輸)。

流程鏈(Process chain)就是製程系統的表示，內含許多個別的處理或加工及其之間的關聯。

流程圖(Process picture)就是一個製程的投入和產出的示意圖。

產品(Product)是經由技術或固有的製程，得到可用的產出。

用技術或自然方法加以製造稱為**生產(Production)**。

生產密集(Production intensive)指產品的製作生產比使用造成更大的資源消耗。

生產技術(Production technologies)指的是機械、廠房跟工具等，執行程序中所需，但並不是應用在製程本身。

生產力(Productivity):指產品生產或服務提供的轉化程度。效率描述使用現成工具的效果。而生產力則用來衡量生產或服務的最終成果，不論任何的工具或方法。

資源足跡(Resource footprint):請參考”生態包袱(ecological rucksack)”。

資源(Resources)對 MIPS 概念而言，物質、水和地表都屬資源。

資源生產力(Resource Productivity)是每單位投入的資源(物質、水、能源)可被生產的產品和服務的數量。MIPS 的倒數 S/MI 即每單位服務之物質投入，亦為資源生產力的一種測量。

資料或數據範疇(Scope of data)(有效性資料或數據的範疇)(scope of validity of data)指在什麼條件或狀況下的數據是可以被研究和應用。

服務(Service)(經由技術提供的服務)是指用技術工具或方法來達到滿足人類的需求。所以人類提供的服務需要使用專門的基礎設施、機具、運輸工具和建築物，而服務可以由人類或機器提供。從最終消費者的觀點來說，服務只要求滿足需求和提供需要的功效。

俱服務性質的產品(Serviceable products)指為使用或消費而製造的產品，(如:機器人、日規汽車、補鼠器、杓子、油畫等)。非服務性質的產品，如:一塊金磚或鋁合金型材。

副產品(Side products)即在非主要生產程序中所產生的商業產品。

永續發展(Sustainability)有數個基本的面項：經濟、社會、生態和體制。生態面項決定經濟和社會的發展，因為自然資源是有限的。因人類活動，可能讓不能取代的生態圈面臨減量或滅絕。永續發展指經濟系統的能力提供所有生物的繁榮，在同時間穩定住自然、社會和經濟的基礎，這種能力是在未來能夠依靠的。達成永續發展必須克服現今的挑戰及不把負擔轉嫁給未來。

永續經濟活動(Sustainable economic activity)是以服務為目的和知識密集的。它可以是大概的，但不一定就能完全達成的。他創造的繁榮可媲美工業化國家在二十一世紀初時用極少的天然資源(物料、水資源、空間或地域)來達成。去物質化是必要的，但仍不充分到接近永續的程度。

科技圈(Technosphere):是人類使用天然資源和能源所製造的環境。

噸公里(Tonne kilometre):運輸產品(以噸計)乘以公里數，就是噸公里數。噸公里通常作為計算物質投入在運輸產品的基礎。

總物質流(Total Material Flow):內容同總量物質需求(TMR-Total Material Requirement)。

總量物質需求(Total Material Requirement) (TMR)指為特定的目的而使用的生物物質和非生物物質的原物料和土壤流失之總合。以經濟層次而言，TMR 是一個健全的經濟指標，用來衡量以科技工具生產所使用之全年總自然物質(包括各類的資源包袱)。TMR 亦用在產品線上，表示生物物質和非生物物質的投入加上土壤流失之總合。

使用密集(Use-intensive)指使用某項產品，該產品的使用比其製造更耗費資源。

效能(Utility)是產品能滿足人類需求的潛力的一種的測量。MIPS 計算效能所需付出的生態代價。

廢棄物(Waste)可為物質或產品，可以被回收或需要處置。

廢水(Waste water)是所有經家庭、農業、商業和產業使用所產生污染的水、甚至雨水和滲出地面的水，及排水渠道、水管管道和經由排水溝到排水系統的水。

水資源包袱(Water rucksack):根據 MIPS 概念，任何科技的干預介入自然的水循環稱為水資源的消費。水資源包袱包含農業用的灌溉水，但不包括培育植物的水。

水足跡(Water footprint):是客戶、產品或商業直接和間接用水的一種衡量指標。水的使用是以水消耗、蒸發和污染的容積為計算單位。

物質投入係數

下列物質投入係數之資料來源為 www.mips-online.info , Kaiser et al.(2008), Kauppinen et al. (2008), 及 Lähteenoja et al. (2006) 。這些來源也包含額外及更詳細的訊息。

物質、產品等	說明	非生物物質	生物物質	水	空氣	土壤流失	參考地區
金屬		物質強度【kg/kg】					
鋁	初級	37.00		1047.70	10.87		歐洲
	次級	0.85		30.74	0.95		歐洲
	加工合金	35.28		996.84	10.37		歐洲
	澆鑄合金	8.11		234.13	2.93		歐洲
	平均	18.98		539.21	5.91		歐洲
鉛	估算	15.60		n.s.	n.s.		全球
鉻鐵	低碳,60%Cr	21.58		504.86	5.07		全球
	高碳,75%Cr	13.54		221.36	2.30		全球
錳鐵	高碳,75%Mn	16.69		193.76	2.23		全球
鉬鐵	估算	748.00		1286.00	9.5		全球
鎳鐵	25%Ni	60.33		615.88	9.73		全球
黃金	估算	540000.00		n.s.	n.s.		全球
銅	50%初級， 50%次級	179.07		236.39	1.16		全球
	次級	2.38		85.51	1.32		全球
	初級	348.47		367.16	1.60		全球
鎳		141.29		233.34	40.83		德國
鉑		320300.00		193000.00	13800.00		全球
銀	估算	7500.00		n.s.	n.s.		全球
鋼	電鍍、鍍鋅、 高爐	9.42		75.38	0.65		全球
	鋼筋、鋼線、 鋼條、工程 鋼;電弧爐	1.47		58.76	0.52		全球
不銹鋼	18%鉻;9%鎳	14.43		205.13	2.83		歐洲
	17%鉻;12%鎳	17.94		240.33	3.38		歐洲
錫	德國引進混合	8486.00		10958.00	149.00		德國
鋅	電解	22.18		343.69	2.28		德國
	優質鋅,(次 級)IS	19.36		86.54	42.29		德國
	混合	21.76		305.12	8.28		德國
基本物質		物質強度【kg/kg】					
氧化鋁	三氧化二鋁; 貝爾製程	7.43		58.62	0.45		德國
硼砂	合成	5.75		13.02	0.43		德國
輝綠石	壓碎	1.42		6.13	0.05		德國
	磨碎	1.65		10.28	0.08		德國

物質、產品等	說明	非生物物質	生物物質	水	空氣	土壤流失	參考地區
硼酸	B ₂ O ₃ *3H ₂ O	7.61		16.15	1.08		德國
鑽石	估算	5260000		n.s	n.s		南非
氟石	氟化鈣	2.93		7.92	0.06		歐洲
石膏	磨碎的	1.83		10.30	0.06		德國
石墨		20.06		306.25	5.70		加拿大
鉀鹽	估算	5.69		n.s.	n.s.		全球
石灰	石灰/石灰岩;壓碎的	1.44		5.56	0.03		德國
	生石灰;壓碎的	3.12		12.76	0.10		德國
	氫氧化鈣	2.46		11.65	0.09		德國
高嶺土		3.05		2.46	0.08		德國
砂	石英砂	1.42		1.43	0.03		德國
蘇打/小蘇打	大量地,合成的,碳酸鈉	4.46		27.72	1.02		德國
岩鹽	氯化鈉	1.24		2.29	0.02		德國
能源及燃料		物質強度【kg/kWh】					
電力	電廠(公共電網)	4.70		83.06	0.60		德國
	電廠(工業用)	2.67		37.92	0.64		德國
	電廠,歐盟	1.72		32.53	0.44		歐盟 25 國
	電廠,OECD 國家	1.55		66.73	0.54		全球
能源及燃料		物質強度【kg/kg】包括燃燒空氣(不含蒸氣及原油)					
原油		1.22		4.28	0.01		德國
蒸氣	16bar;3117MJ/kg	0.39		1.61	0.24		德國
	4bar;3060MJ/kg	0.39		1.60	0.24		德國
褐煤	Hu:8.8MJ/kg	9.68		9.25	0.68		德國
柴油	Hu:42.8MJ/kg	1.36		9.70	3.22		德國
天然氣	Hu:41MJ/kg	1.22		0.50	3.64		德國
燃料油	輕; Hu:42.8MJ/kg	1.36		9.45	3.21		德國
	重;Hu:40.7MJ/kg	1.50		11.45	3.05		德國
無煙煤	Hu:29.4MJ/kg	2.36		9.12	2.36		德國
	德國進口混合; Hu:27.5MJ/kg	2.11		9.12	2.66		德國
	Hu:26.37MJ/kg	17.15		3.66	2.09		澳洲
	Hu:27MJ/kg	1.47		6.70	2.15		德國
	Hu:23.25MJ/kg	5.06		4.58	1.85		全球
	Hu:24.9MJ/kg	7.70		1.86	1.97		南非
	Hu:25.2MJ/kg	6.11		3.11	2.00		美國
	Hu:21.1MJ/kg	1.64		3.85	1.67		中國
	Hu:23.44MJ/kg	7.40		9.99	1.89		蘇聯
	Hu:24.9MJ/kg	2.15		12.88	2.00		波蘭
	Hu:20MJ/kg	1.75		9.60	1.60		烏克蘭
	Hu:27.83MJ/kg	15.32		3.25	2.21		加拿大
	Hu:24.1MJ/kg	5.97		5.31	1.91		英國
Hu:20.8MJ/kg	4.90		4.31	1.65		印度	

物質、產品等	說明	非生物物質	生物物質	水	空氣	土壤流失	參考地區
有機化學		物質強度【kg/kg】					
丙酮		3.19		18.72	1.89		德國
丙烯腈		2.56		93.23	5.05		歐洲
氯丙烯		6.93		140.71	2.44		歐洲
氯化鋁		8.61		110.63	1.15		
氨		1.85		10.11	5.04		歐洲
液態氮 硝酸鹽 尿素 (LAU)	肥料	1.43		58.01	0.99		德國
苯胺	C ₆ H ₇ N	8.21		148.83	3.83		德國
苯	C ₆ H ₆	4.32		28.23	2.19		德國
雙酚 A		5.00		88.45	2.52		歐洲
氯		3.84		100.90	1.09		歐洲
磷酸二 鉍鹽	肥料	7.07		50.84	3.57		德國
二甲基 甲醯胺		1.53		5.29	3.72		歐洲
二苯基 甲基二 異氰酸 酯 (MDI)		5.20		440.84	3.89		歐洲
環氧氯 丙烷		15.42		319.47	5.68		歐洲
乙基苯		4.45		30.53	2.19		歐洲
乙烯		3.89		25.76	1.96		德國
乙二醇		2.90		133.46	2.29		歐洲
甲醛		1.11		29.98	0.98		德國
反丁烯 二酸		7.28		313.70	0.75		歐洲
	來自順丁烯二 酸酯	3.23		140.15	0.90		歐洲
尿素		3.45		44.60	1.82		德國
異丁醛		2.21		7.88	1.07		歐洲
鉀肥	60%氧化二鉀	11.32		10.62	0.07		德國
硝酸鉍 鈣	肥料（碳酸鈣 及硝酸鉍混合 物）	5.48		39.25	2.19		德國
順丁烯 二酸		5.01		216.68	3.54		歐洲
順丁烯 二酸酐		2.80		118.29	0.59		歐洲

物質、產品等	說明	非生物物質	生物物質	水	空氣	土壤流失	參考地區
甲烷		1.38		1.99	3.90		歐洲
甲醇		1.67		4.46	3.87		歐洲
單磷酸銨	肥料	7.36		50.57	3.68		德國
氫氧化鈉	NaOH	2.76		90.31	1.06		歐洲
石油腦		1.69		13.88	0.05		德國
新戊二醇		1.81		15.77	0.96		歐洲
硝基苯		4.95		93.13	2.70		德國
戊烷		1.98		109.69	2.15		歐洲
酚		3.19		18.72	1.89		德國
光氣		4.95		125.25	0.61		德國
聚丙烯腈		14.22		351.19	10.52		歐洲
聚醚多元醇		8.27		465.92	3.51		歐洲
聚亞甲基二(異氰酸苯酯)		9.53		167.36	2.90		德國
環氧丙烷		4.61		24.24	3.32		德國
丙烯		1.74		87.55	1.49		歐洲
對-二甲苯		5.82		50.79	2.94		歐洲
熱解汽油		3.87		25.35	1.96		德國
煤灰		2.58		7.13	2.54		英國
鹽酸	37%	3.03		40.66	0.38		德國
氧	液態	4.66		1084.61	2.50		德國
	氣態	2.58		137.02	1.70		歐洲
硫酸	H ₂ SO ₄	0.25		4.10	0.70		德國
三梨糖醇		1.10		22.75	1.61		德國
澱粉		1.07		22.09	1.56		德國
氮	液態	0.81		33.18	1.22		歐洲
	氣態	0.19		7.66	1.05		歐洲
苯乙烯		5.91		41.96	2.86		德國
對苯二甲酸		4.85		141.71	2.58		歐洲
甲苯二異氰酸酯(TDI)		8.56		490.58	4.09		歐洲
三過磷酸鹽	肥料	3.44		23.26	1.29		德國
水玻璃	35%溶液	1.18		6.30	0.29		德國
氫氣	鹼氣電解法	2.52		93.69	0.70		歐洲

物質、產品等	說明	非生物 物質	生物 物質	水	空氣	土壤流 失	參考地區
塑膠		物質強度【kg/kg】					
複合塑膠 ABS		3.97		206.89	3.75		歐洲
環氧樹脂		13.73		289.88	5.50		歐洲
聚苯乙烯 PS	一般目的 (GPPS)	2.51		164.04	2.80		歐洲
	粒狀 EPS	2.50		137.68	2.47		歐洲
	耐衝擊(HIPS)	2.78		175.26	3.15		歐洲
聚醯胺 PA		5.51		921.03	4.61		歐洲
聚碳酸酯 PC		6.94		212.19	4.70		歐洲
聚乙烯 PE	高分子箔	3.01		167.60	1.84		歐洲
	高密度	2.52		105.85	1.90		歐洲
	低密度	2.49		122.20	1.62		歐洲
	線狀低密度	2.12		162.13	2.80		歐洲
聚對苯二甲二 乙酯 PET		6.45		294.23	3.72		歐洲
聚酯	紗線	8.10		278.00	3.73		全球
	樹脂	5.11		188.04	2.89		歐洲
聚丙烯 PP	粒狀	2.09		35.80	1.48		歐洲
	射出成型	4.24		205.50	3.37		歐洲
聚四氟乙烯 PTFE		18.81		456.90	6.37		歐洲
聚胺酯 PU	泡沫	6.31		505.06	3.56		歐洲
	泡沫	7.52		532.39	3.42		歐洲
聚氯乙烯 PVC	泡沫	17.34		679.38	11.57		歐洲
	大塊狀	3.47		305.29	1.70		歐洲
苯乙烯-丁二 烯橡膠 SBR		5.70		146.00	1.65		德國
營建材料		物質強度【kg/kg】					
混凝土	B25	1.33		3.42	0.04		德國
纖維素片 (Cellulose flake)		1.71		6.74	0.27		德國
屋頂瓦		2.11		5.30	0.07		德國
水泥	波特蘭水泥	3.22		16.94	0.33		德國
	高爐水泥	2.22		21.31	0.25		德國
玻璃片	浮式玻璃	2.95		11.65	0.74		德國
人造礦物纖維	玻璃棉	4.66		45.98	1.80		德國
	礦棉	4.00		39.72	1.69		德國
花崗岩	厚片,磨碎,磨光	1.92		3.36	0.59		德國
砂岩磚		1.28		2.02	0.01		德國
珍珠岩	估算	2.04		6.77	0.04		德國
多孔混凝土	400kg/m ³	2.51		14.98	0.26		德國
	600 kg/m ³	2.37		12.15	0.23		德國
發泡玻璃		6.71		152.65	2.80		歐洲

物質、產品等	說明	非生物物質	生物物質	水	空氣	土壤流失	參考地區
磚	輕質黏土磚(PS)/固體黏土磚	2.11		5.74	0.05		德國
	輕質黏土磚(鋸木屑)	1.97		5.42	0.04		德國
其他		物質強度【kg/kg】					
芳綸		37.03		940.39	19.57		歐洲
棉花	美國西部	8.60	2.90	6814.00	2.74	5.01	美國
玻璃容器	主要的;特殊用途	3.04		17.06	0.72		德國
	53%碎玻璃	1.72		13.36	0.58		德國
	88%碎玻璃	0.87		10.93	0.48		德國
木材	硬紙板	0.68	0.65	18.42	0.29		德國
	夾板/膠合板	2.00	9.13	23.56	0.54		德國
	洋松木(烘烤;切開木材)	0.63	4.37	9.24	0.17		德國
	雲杉木(烘烤;切開木材)	0.68	4.72	9.40	0.16		德國
	松樹(烘烤;切開木材)	0.86	5.51	9.97	0.13		德國
	纖維板(平均密度)	1.96		32.86	0.48		德國
玻璃纖維	無鹼玻璃	6.22		94.49	2.09		歐洲
	耐鹼玻璃	10.84		296.25	2.01		歐洲
碳纖維	聚丙烯腈(PAN)	58.09		1794.90	38.00		歐洲
		61.12		2411.47	33.39		歐洲
皮革	鉻黃鞣製	12.30		515.00	2.80		歐洲
	植物鞣製皮革	9.20	12.60	446.00	2.40		歐洲
紙及紙板	漂白,脫色	9.17	2.56	302.99	1.28		歐洲
	未漂白脫色	8.94	2.38	268.06	1.29		歐洲
	硬紙板	0.30	0.22	24.90	0.07		歐洲
	瓦楞紙板	1.86	0.75	93.56	0.33		歐洲
	硫酸鹽紙漿(已漂白)	2.61	2.64	112.10	0.41		歐洲
	硫酸鹽紙漿(未漂白)	3.09	2.42	93.27	0.52		歐洲
	亞硫酸鹽紙漿(已漂白)	4.38	2.64	185.21	0.66		歐洲
	亞硫酸鹽紙漿(未漂白)	2.59	2.42	141.87	0.41		歐洲
水		物質強度【kg/kg】					
飲用水		0.01		1.30	0.00		德國
去離子水	估算	0.08		2.20	0.01		德國
運輸		物質強度【kg/tkm】(只有運輸,不包括公共設施)					
海洋通行船	平均	0.01		0.05	0.01		德國
運河船	平均	0.02		0.16	0.04		德國
載貨火車	平均	0.08		3.59	0.03		德國
載貨卡車	平均	0.22		1.91	0.21		德國

物質、產品等	說明	非生物物質	生物物質	水	空氣	土壤流失	參考地區
運輸		物質強度【kg/tkm】(運輸,包括公共設施)					
海洋通行船	從芬蘭到中、南歐	0.12		0.70	0.10		芬蘭
	從芬蘭到歐洲以外	0.08		0.60	0.10		芬蘭
貨物空運	短程	4.70		189.00	3.40		芬蘭
	從芬蘭到中、南歐	1.10		33.60	1.40		芬蘭
	從芬蘭到歐洲以外	0.60		9.10	1.30		芬蘭
載貨火車	平均	0.54		15.30	0.02		芬蘭
載貨卡車	平均	0.52		6.30	0.09		芬蘭
食物及農產品		物質強度【kg/kg】					
冬天小麥		0.46	1.98	3.11	0.12	1.10	德國
小麥麵粉		0.78	2.97	8.62	0.20	1.65	德國
小麥麵包		1.68	2.12	42.85	1.76	1.08	德國
燕麥	未乾燥	0.36	2.53	1.13	0.07	1.74	德國
冬天裸麥	未乾燥	0.29	2.03	2.33	0.08	1.37	德國
啤酒		1.50	0.31	280.00	0.51	0.09	芬蘭
甜菜糖		8.58	12.63	53.73	4.70	1.15	德國
甜菜飼料		0.05	1.35	0.27	0.01	0.05	德國
豌豆仁		0.80	1.53	9.43	0.15	2.76	德國
玉米粒		0.89	2.06	25.01	0.21	0.90	德國
飼料玉蜀黍		0.06	1.10	0.36	0.01	0.67	德國
馬鈴薯	未清洗	0.10	1.06	0.39	0.01	0.22	德國
黃瓜		7.00	1.00	570.00	4.00	0.00	芬蘭
蘋果		1.00	1.00	7.00	0.01	0.32	芬蘭
草莓		1.00	1.00	18.00	0.20	0.63	芬蘭
菜籽油	從冬天飼料油菜	3.15	2.54	51.04	0.73	6.12	德國
從菜籽油製之人造奶油		8.30	20.00	170.00	0.56	2.20	芬蘭
野生豆		0.67	1.07	9.09	0.13	0.74	德國
醬油		0.96	1.10	10.68	0.19	4.00	德國
大豆油		6.47	6.09	104.53	1.38	22.22	德國
蛋		1.15	1.98	28.56	0.25	0.93	德國
雞	新鮮	8.99	6.67	344.03	2.30	6.64	德國
牛肉	33%來自乳牛	6.53	27.05	269.95	1.68	9.55	德國
豬肉		2.57	6.89	62.33	1.01	6.51	德國
虹鱒魚		2.70	4.70	270.00	0.83	0.17	芬蘭

物質、產品等	說明	非生物物質	生物物質	水	空氣	土壤流失	參考地區
未脫脂鮮奶		0.15	2.46	4.42	0.04	0.80	德國
奶油		3.42	56.87	105.75	0.79	18.43	德國
奶油起司	40%FDM	0.72	12.03	21.59	0.17	3.90	德國
雙重奶油新鮮乾酪	60%FDM	0.84	14.24	25.51	0.20	4.62	德國
發泡鮮奶油	28%脂肪	0.70	11.47	21.14	0.16	3.72	德國
乳清		0.03	0.42	0.76	0.01	0.14	德國
乳清粉		23.15	7.28	929.79	6.22	2.36	德國
脫脂奶粉		16.45	15.26	653.07	4.42	4.95	德國
優格	天然	0.19	2.75	5.61	0.05	0.89	德國
魚粉		1.30	5.00	19.28	3.08	n.s.	德國
雞的混合飼料		0.77	1.43	12.53	0.18	1.42	德國
乾枯青貯飼料	大捆，來自田野	0.05	1.25	0.77	0.01	0.25	德國
野地乾草	大捆，來自田野	0.05	1.35	0.40	0.02	0.27	德國

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

資源生產力的 7 個步驟：如何發展出生態創新的產品及服務, 同時改善其物質足跡 / Michael Lettenmeier 等作 ; 鍾侑靜, 陳潔儀譯. -- 初版. -- 臺北市: 中技社, 民 101.02

62 面 ; 21×29.7 公分

譯自 : Resource productivity in 7 steps : how to development eco-innovative products and services and improve their material footprint

ISBN 978-957-28813-7-8(平裝)

1. 生產力 2. 資源經濟學 3. 物質

553.5

101002865



財團
法人 **中技社**

CTCI FOUNDATION

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>



使用再生紙印製