

環境篇：工業思維vs.環保眼界

「綠金」新霸業

A Road Map for Natural Capitalism

從1999年本文首刊以來，文中傳達的警訊已經變得讓人愈來愈坐立難安；但本文的價值不只是示警，更要讓我們重新思索環境與經濟的價值。作者指出，地球生態系統提供的服務價值，跟我們開採的自然資源價值並不相同。許多公司由於懂得如何運用這些每年高達數十兆美元的生態價值，不僅改善了獲利，還促進了整體環境的健康。

艾默利·羅文斯 Amory B. Lovins
杭特·羅文斯 L. Hunter Lovins
保羅·霍肯 Paul Hawken

1991年9月16日，一小群科學家進入生物圈二號（Biosphere II）閉關，這是一幢位於亞利桑那州奧拉可（Oracle）、占地3.2英畝、閃閃發亮的金屬玻璃蛋形建築。兩年後，這個複製地球主要生態系統的大膽試驗結束，當時模擬的生態系統也處於垂死狀態；裡面飽受折磨的研究人員之所以還能重見天日，是因為工作人員灌入了新鮮空氣。儘管有價值兩億美元的精密設備，生物圈二號卻連供養八個人所需的空氣、飲水與食物都無法自行製造。然而，我們

居住的地球（生物圈一號），每天就能輕鬆供養六十億人。

令人不安的是，地球如今正面臨危機。由於我們不當開採、處理、運送、丟棄大量資源，而使得地球供養生命與各項經濟活動的能力備受威脅。每一年，我們大約使用2,200億噸的自然資源，相當於每天用量超過美國人民平均體重二十倍。由於產業界的觀點狹隘，只看到地球生態系統的可利用資源，如海洋、森林與平原，卻沒注意到廣大的生態系統提供了更多的免費服務。自然資源與生態系統提供的服務都

源自地球，甚至來自同樣的生物系統，但兩者卻完全不同。例如，森林除了提供木質纖維的資源外，還提供了涵養水源、棲地與調節大氣與氣候的生態服務，然而，伐木公司的伐木方式，往往破壞了森林的其他重要生態功能。

揮霍

不會出現在資產負債表上的損失

不幸的是，直到生態系統的功能失靈後，人們才會注意到破壞生態系統的代價有多高。例如，1998年，由於濫伐引發長江流域洪災，洪流吞食了3,700人的性命，還造成2.23億人流離失所，六千萬英畝耕地被水淹沒。這次災害造成三百億美元的損失，迫使當局頒布禁伐令，並推動一項經費高達120億美元的復林運動。

公司和政府對生態系統服務之所以如此揮霍無度，是因為這些服務的價值並未呈現在企業的資產負債表上。如此忽視實在令人詫異，畢竟，經濟活動是離不開自然環境的。最近在《自然》(Nature)科學期刊公布的數據，保守估計地球生態系統的服務價值，每年至少高達33兆

美元，接近全球生產毛額，這意味著大約五百兆的資本化帳面價值；更重要的是，這些生態服務至今都無可替代，而且是我們維繫生命的要素。

變法

邁向自然資本主義的四條路

本文提出一個新方法，不僅可以保護生物圈，還可以改善企業獲利與競爭力。只要簡單改變一下企業經營的方式，並且利用尖端科技提高自然資源的生產力，就可以為現在的股東與我們的下一代創造出驚人利益。

這個方法就叫「自然資本主義」(natural capitalism)，因為生態系統服務中的「自然資本」，是資本主義最大的一項資本，如果能夠妥善地評估自然資本的價值，那麼資本主義很可能就會變成自然資本主義。而邁向自然資本主義之路，必須大幅調整四項彼此相關的企業實務，這四項實務包括：

- **大幅提升自然資源的生產力。**減少自然資源損耗，並降低汙染，就能帶來重大的商機。一些有遠見的公司，透過生產設計與技術的根本變革而發展出一

些新方法，讓自然資源的使用效率比今日增加五、十，甚至一百倍。像這樣大幅節省資源，要比起小規模節省資源（或完全不省）有利可圖得多。而且，節省資源不僅利己，還可以逐漸減少初期的資本投資額。

- **轉換為模仿自然生產法。**自然資本主義不僅嘗試減少浪費，更要完全摒棄浪費的觀念。在一個模仿大自然設計的封閉迴路(closed loop)生產體系中，每樣產出若不是以養分的形式無害地回歸生態系統(就像堆肥一樣)，就是投入另一項產品的生產。這種系統的設計往往不採用有毒的材料，因為有毒材料會破壞大自然再處理材料的能力。
- **改採提供解決方案的商業模式。**傳統的製造業商業模式，是以銷售貨物為基礎。在自然資本主義下的新商業模式，提供價值的方式則改為提供一連串的服務，例如提供照明服務，而非出售燈泡。這個

模式蘊含了一個新的價值觀，顧客的福祉不再是用他買了多少物品來衡量，而是看他對品質、效用、功能的持續滿意程度。服務提供者和顧客之間的新關係，使得雙方利益一致，都能因為執行自然資本主義頭兩項創新（提高自然資源生產力及模仿自然封閉迴路生產體系），而共蒙其利。

■再投資於自然資本。企業終究必須保存、維持並擴充地球的生態系統，好讓它們提供更多重要的服務與生物資源。隨著人類的需求不斷擴大、生態系統惡化導致成本增加、消費者環保意識提高，保護生態系統的壓力也日益升高。幸運的是，這些壓力最後都會創造出企業價值。

慣例，阻止了獲利

自然資本主義的初衷，並非因為目前自然資源日漸稀少。雖然許多生物資源日益減少（如魚類），但大多數的礦產資源，如銅與石油，似乎還是相當充裕。目前，商品價格指數正處於28年來的低點，部分原因是強力開採技術的引進，這些技術常常受到補貼，但它們對自然資本

的破壞卻沒有忠實地呈現出來。儘管用人為方式壓低了物價，但只要讓資源發揮好幾倍的生產力，就能立刻獲益，這使得許多大大小小的公司率先踏上了自然資本主義之路。從拙著《自然資本主義：創造經濟雙贏的策略》（*Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*）中的許多例子發現，不管規模大小或行業類別，公司只是稍微轉換一下運作的邏輯與實務，就大大改善了財務狀況。

不過還有一個問題，如果大規模節省自然資源是可行且有利可圖的，為何不早就全面實施呢？答案很簡單：不管是政府或民間都有一些習以為常的做法，總會鼓勵公司浪費自然資源，懲罰公司提高自然資源生產力。舉例來說，多數公司把消耗原物料列在損益表上當作費用，但把節省資源的投資金額列在資產負債表上，這種扭曲，造成浪費燃料比投資改善燃料效率更能節稅。簡單地說，自然資本主義之路雖然是一條康莊大道，但指引公司踏上這條路的指南針卻是壞的。稍後，我們將仔細探討提升自然資源生產力的一些障礙，以及克服這些障礙帶來的重要商機；不過，先讓我們畫出踏上自然資本主義道路的路徑圖。

路徑1

自然資源生產力躍升

在公司邁向自然資本主義之路的第一階段，會努力消除整個生產系統與其他作業過程中，對於能源、水、原料與其他資源的浪費。有兩種做法可以既消除浪費，又可以獲利：首先，採用一個全新的設計方法，把工業系統當作整體來考慮，而非分開考量每一個部分；其次，公司可運用新技術來取代舊技術，尤其是那些使用自然程序與原料的技術。

做法1：執行整體系統設計

發明家愛德溫·蘭德（Edwin Land）曾說：「不再老想著舊點子，就能想出新點子。」設計如何節省資源時，更是如此。像「報酬遞減」就是舊點子，認為「資源省愈多，成本愈高」；取而代之的則是新想法，多省資源的成本低於少省資源的成本，這就是所謂的「報酬擴張」，而「整體系統設計」背後的革命性思維就受到「報酬擴張」很大的影響。精簡製造（lean manufacturing）就是整體系統思維的例子，它幫助許多公司大幅減少浪費，像是生產供貨期、瑕疵率及存貨等形式的浪費。如果把整體系統的思維運用在自然資源生產力上，效益會更可觀。

以商用室內裝潢材料龍頭英特飛（Interface）為例，在它位

於上海的地毯新廠房裡，必須把一種液體透過標準的抽送迴路來循環運送，每個產業的做法都差不多。這個系統是由一家頂尖的歐洲公司設計的，必須使用95匹馬力的幫浦。但在那座上海工廠施工前，英特飛的工程師簡·施翰（Jan Schilham）發現，只要稍微修改兩處設計，僅僅七匹馬力就夠用了，降幅高達92%。他修改過的系統，建造成本較低，也沒有用到新技術，而且從各方面來看，效果都更好。

兩項簡單創新

究竟哪兩項簡單的改變，竟

小馬力設備的資金成本較低。由於粗管需要克服的摩擦比較小，幫浦、馬達、馬達制控制器及電子零件都可以更小；小設備節省下來的資金成本，遠多於粗管增加的資金成本。因此，選粗管與小幫浦，而不是細管與大幫浦，可以降低整個系統的建造成本；這還沒有計算啓用之後能節省多少能源。

施翰的第二項創新可以進一步減少摩擦，方法是用更短且更直的管子，來取代原先長而彎曲的管子。他先把管子攤開來，然後定出管子連接各個水箱、鍋爐及其他設備的位置。設計師通

三個月內就回收了隔熱成本。

這個小案例，卻有著大啓示，原因有二：

第一，抽送是馬達最主要的工作，而馬達消耗了所有工業用電的四分之三。

第二，這個案例的教訓可以應用到很多地方。英特飛的抽送迴路顯示，只要設計觀念稍作調整，就可以節省大量資源，創造很高的投資報酬率。這不是什麼精密科學，只是重新運用維多利亞時期的機械原理而已，只不過那些原理都因為專業分工而早已失傳。

多投資不如正確投資

整體系統的思維方式能幫助經理人想出一些小改變，而這些改變不過是花點小錢，甚至不用花錢，就能省下更多支出（因為可以節省整個系統的建造成本）。正確投資在整個系統的一部分，往往就能為整個系統帶來多重好處。例如，如果公司不用普通馬達，改用高效率馬達；或是捨棄傳統照明鎮流器（用來控制螢光燈，外型像變壓器那樣的盒子），改用隨自然光自動調整亮度的電子鎮流器，就能享有18種完全不同的經濟利益，而直接節省能源只是其中之一而已。如果每一個美國人都把這些及其他一些選定的技術，整合到目前的馬達與照明系統中，那麼一年高

多省資源的成本低於少省資源的成本，這就是所謂的「報酬擴張」。

然節省了12倍幫浦馬力？

首先，施翰選用比一般管子粗的管子，粗管比細管少摩擦，就不需要那麼大的幫浦馬力了。原來的設計師按照一般的標準方法，認定粗管增加的成本，不能用馬力減少省下的費用來彌補。這種傳統的設計觀念，採用「最佳」的管線設計，卻犧牲了整體系統。施翰達成了整體系統的最佳化，因為他不僅考慮到粗管的資金成本較高，同時也考量到了

常都是自行決定生產設備的位置，再由管線師傅把管線接上所有的設備。位置擺放得太奇怪，管子就會彎來彎去，因而大大增加了摩擦。管線師傅並不在乎這一點，因為他們是按時計酬的，多用一些管子，多做一些配管工作，他們賺得愈多；再說，他們又不必支付大幫浦的費用與高昂的電費。除了減少四種成本外，施翰設計的短且直的管子容易隔熱，減少了七十瓩的熱能流失，

達2,200億美元的電費立刻可以減少一半；在大多數情況下，這些投資的每年稅後報酬率都會超過100%。

如果各家公司運用現有最好的技術來節省電力，包括建築物與辦公室、冷暖氣及其他設備，那麼節省電力所獲得的利益會更大。總體來說，這些改變可以減少全美電力消耗至少75%，年投資報酬率可達將近100%。更重要的是，員工的工作環境會變得更舒適，照明較好、噪音減少，因而較少感到疲勞，生產力與產

**我們應該更妥善地使用木頭纖維，
如此一來，全球目前對木頭纖維的需求量，
也許只要一個面積跟愛荷華州
大小差不多的密集式林場，就能支應了。**

出的品質都會提升。最近有八項個案研究，顯示在設計良好、能源利用效率高的建築物內，勞動生產力可提升6%到16%。通常辦公室的人事成本是能源成本的一百倍，因此上述那些做法帶來的員工生產力提升，等於是節省了6到16倍的能源支出。

省在刀口上

節省能源與提升產能的改善措施，可以配合建築物與廠房

的定期維修而降低施作成本。最近，有一項可以證明整體系統設計潛力的提案，目標是翻修一棟位於芝加哥附近的玻璃帷幕大樓，那棟大樓屋齡二十年，樓板面積二十萬平方英尺。提案建議重新分配翻修預算，把舊的反光玻璃，換成新的透光玻璃，可以比舊玻璃透入的光線多六倍；同時，新玻璃也可以降低四倍的熱氣與噪音量。雖然新玻璃的造價稍貴，卻能減少翻修的總成本，因為新玻璃可以讓更多清涼與無炫光的日光射入室內，而且如果

搭配更有效率的照明與辦公室設備，就能減少75%的空調。新翻修計畫建議設置一套效率高四倍、但體積小四倍的空調系統，比原計畫節省二十萬美元，這些省下的錢，可以用來支付新玻璃窗的額外成本及其他改善措施。這個整體系統式的翻修法，不但可以省下大樓75%的能源用量，更大大改善了大樓的舒適度與賣相。而新翻修計畫和原有的翻修計畫所需經費差不多。全美國現

在大約有十萬幢屋齡二十年的玻璃大樓，都可以進行這樣的改良。

小改變創造大節省

想要大幅提升自然資源的生產力，必須按照正確順序來執行正確的步驟。

在流程末端的一些小改變，往往可以帶來上游端更多的節省。舉例來說，任何一個使用幫浦系統的行業，在出口管省下一單位的液體流量或摩擦，可以省下發電站十單位的燃料、成本及汙染。

當然，一開始就減少用量可以帶來直接利益，這也是推動改變的首要原因。1980年代，加州工業成長了30%，但用水量也減少了30%，主要是為了規避提高的廢水處理費。但同時也減少了幫浦運作所需的能源（因而也減少了大約十倍的發電燃料，並降低汙染），這些好處都是當初始料未及的。

若想知道下游減少資源消耗，如何能為上游帶來大幅節省，只要想想減少使用木質纖維可以大量減少伐木就知道了。全球所有砍伐下來的樹木，半數用於建材，另外一半則用來造紙或做硬紙板。在這兩種情況下，最節省自然資源的方法就是減少零售的木製品。舉例來說，如果一磅產品需要三磅木頭來生產，那

麼省下一磅的產品，就能省下三磅的木材，也避免因為伐木而造成的環境破壞。

沒必要就別用紙

最簡單的節省方法，就是沒必要和沒需要時，就別用紙。歐洲陶氏公司（Dow Europe）在瑞士總部曾經試辦一項活動，鼓勵大家別提供沒必要提供的資訊，結果六週內就減少辦公室用紙量30%。例如，不發通函給所有收件人，收件人表明願意接收備忘錄，才將備忘錄寄給對方。再加上其他一些小改變後，陶氏員工的生產力提高了約30%，因為員工只要讀他們想讀的文件資料就可以了。同樣地，丹麥的助聽器製造廠奧迪康（Oticon）重新設計營運程序之後，可以更迅速作出更好的決策，也意外減少了30%的用紙量。而AT&T把辦公室內的印表機與影印機都設定為雙面列印，結果節省用紙成本15%。最近發展出來的影印機與印表機，甚至可以消除舊的影印碳粉或列印墨水，讓每張紙重複使用約十次。

使用更薄、更韌、更不透明的紙張，以及更仔細地設計產品包裝，也可以節省更多紙張。嬌生公司（Johnson & Johnson）經過三十個月的努力，每年可以節省2,750噸的包裝用紙、1,600噸的紙張、280萬美元的費用，

以及330英畝的林地。下游的節省用紙，加上上游的節省，可以產生倍數效果，紙製品的需求減少（或者說造紙纖維的需求減少），等於是原紙（raw paper）的需求減少，連帶地紙漿的需求也減少，最後需要砍伐的林地就會減少。回收再利用廢紙，或者採用麥稈之類的替代纖維，都可以節省更多用紙量。

此外，用於建築的木頭纖維也可以達到類似的節約效果。例如，太平洋天然氣與電力公司（Pacific Gas and Electric）贊助台維斯能源集團（Davis Energy Group）的一項創新設計，在一般典型的房屋樑骨牆上，使用專業設計的木製品，可以節省木料70%。這些牆更堅固、便宜、穩定，而且隔熱效果高兩倍。如果使用這種牆，在溫度介於冰點到華氏113度（攝氏45度）的氣候中，都不需要在屋內安裝冷暖空調設備，因而大大降低房子的建造與運作費用，又能維持高水準的舒適度。上述那些造紙業和建築業採用的做法，以及一些其他的做法，都可以讓我們更妥善地使用木頭纖維；如此一來，全球目前對木頭纖維的需求量，也許只要一個面積跟愛荷華州大小差不多的密集式林場，就能支應了。

做法2：採用創新技術

採用整體系統設計，必須搭配採用另類且環保的技術，其中，許多技術早已存在，而且有利可圖，卻鮮為人知。例如「設計師觸媒」（designer catalyst）這種顛覆化學工業的技術，就是相當成功的。其他技術尚未上市，主要的障礙來自文化層面，而非經濟或技術因素。

汽車工業特別適合改變技術，因為經過百年發展後，技術已呈老態。現今汽車消耗的能源，只有1%是真正用來推動駕駛人前進的；燃燒汽油產生的動力，只有15%到20%會傳遞到輪胎（其餘損失在引擎與傳動系統中），傳到輪胎的動力有95%是用來推動車輛，而非駕駛人。

汽車業的產業結構非常昂貴又沒有效率，這項整合多項技術的產品，必須以類似大眾商品的價格，在已經飽和的核心市場上，競爭一些小小的利基。汽車製造業是資本密集工業，而且產品週期長：景氣好就獲利，景氣差就損失慘重，這就好像個人電腦出現前的打字機，很容易被完全不同的產品取代。

超級車的四項創新

接著出現的，是「超級汽車」（Hypercar）的概念。自1993年洛磯山研究院（Rocky Mountain Institute）公開提出這個汽車概念以來，已經有數十家

汽車廠投入數十億美元進行開發和商業化。超級汽車整合現有的最佳技術，引進四項重大創新，使得耗油量可以減少85%，最高可以減少所需材料達90%。

首先，運用高分子複合材料（advanced polymer composites）來製造汽車，主要是碳纖維，可以減少三分之二的汽車重量，卻不至於犧牲防撞能力。

第二，採用空氣力學的設計，以及較佳的輪胎，可以減少70%的空氣阻力，以及80%的滾動阻力；這些創新加起來，可以省下約三分之二的油料。

第三，透過油電混合的動力，可以省下其餘油料的30%到50%。這種動力模式利用電動馬達帶動輪胎，馬達的電力來自一具小引擎或渦輪，或是更具效率的燃料電池。燃料電池透過化學合成儲存在電池內的氫與氧，直接產生電力，唯一的副產品就是熱水。這麼輕巧、乾淨又有效率的動力來源，加上低阻力的車體，更降低這兩者的複雜度，以及汽車的重量和成本。

第四，許多傳統的硬體，如傳動軸、差速器、油量表及懸吊系統的某些零件，都可以用電子零件來取代，並由高度整合、可依需求調整、可升級的軟體來控制。

省油不省品質

這些科技，使得生產無污染的高性能車、運動休閒車、小貨卡與廂型車變得可行，而且每加侖汽油可以跑八十到兩百英里。這些改善不需在品質或效用打折；不必為了節省燃料，而把車子造得小、陽春、不安全或是買不起，也不需仰賴政府的燃料稅，行政命令或補貼。這就像在音樂市場上，人們買CD唱片而不再買傳統唱片，因為CD唱片是很優越的產品，它重新界定了市場的預期。同樣地，超級汽車也會取代傳統車款而雄霸市場。以製造商的立場來看，超級汽車會減少產品週期、資金需求、車身零組件、組裝工作與空間達十倍之多。愈早採用這個觀念，競爭優勢就愈強大；因此有十家公司（包括大部分的汽車製造商）爭相推出類似超級汽車的產品。

長期下來，超級汽車的概念不只改變汽車業，還會讓其他產業都改頭換面：隨著碳纖維價格日趨便宜，超級汽車會直接取代八分之一的鋼鐵市場，剩下的八分之七最終也會被取代。超級汽車和其他類似車種最後省下的石油量，將相當於石油輸出國家組織（OPEC）目前的銷售量；其實，在石油變成昂貴的稀有資源之前，可能早已成為不具競爭力的燃料。超級汽車的發展，將加速廉價氫燃料電池的商業化，使煤炭與電力產業面臨相同的邊緣

化問題。這些燃料電池將促成發電業的改變，由集中式的火力發電廠與核能電廠，轉向分散式的小規模發電站體系。其實，使用燃料電池的超級汽車，本身就可以納入分散式小型發電網，成為其中一個發電站。超級汽車可說是一個移動式的二十瓩小型發電站。由於汽車超過95%的時間都是停著不用，我們可以把這些超級汽車連結上電力網，出售多餘的電力，所得預估至少可以支付一半的租車費用。全國的超級汽車組成一支車隊，發電量將是全國電力網的發電量的五到十倍。

以大自然為師

聽來不可思議，但超級汽車並非特例，同樣的點子也出現在許多其他行業，像是化學、半導體、一般製造業、運輸、水及廢水處理、農業、林業、能源、房地產及都市設計等。舉例來說，運用目前已經或即將可以獲利的處理方法，生產微晶片時排放的二氧化碳，可以減少近一百倍。

一些令人嘆為觀止的技術，來自模仿大自然的運作。珍妮·班娜斯（Janine Benyus）在她寫的《人類的出路：探尋生物模擬的奧妙》（*Biomimicry*，繁體中文版由胡桃木文化出版）一書中指出，不需沸騰的硫酸及高溫壓模，蜘蛛就能把消化過的蟋蟀與蒼蠅，轉化成堅韌如克維拉纖維

(Kevlar) 的絲；不需要火爐，鮑魚就能把海水轉化為比人類最佳瓷器還硬一倍的內殼；樹木把陽光、水、土壤和空氣轉化為纖維素，這是一種比尼龍還堅韌、但密度只有尼龍四分之一的糖分；接著，樹木將這種糖聚合為木質，這種天然聚合物的抗彎强度高過混凝土、鋁合金或鋼鐵。我們或許永遠無法有蜘蛛、鮑魚或樹木這樣的高超技術，但精明的設計師已經了解，可以師法大自然中一些良性溫和的化學作

也就是可賺取的利潤。

路徑2 設計生產取法生物界

在邁向自然資本主義的第二階段，公司使用封閉迴路生產法，創造出可以完全不產生廢棄物的新產品與新流程。在大多數行業中，這個做法加上更有效率的製程，可以減少公司長期的原料用量達90%。

封閉迴路生產法的基本原則，就像西圖集團（CH2M Hill）

的舊製程。譬如摩托羅拉原本使用氟氯碳化物清洗焊接後的印刷電路板，當氟氯碳化物因破壞臭氧層而禁用後，摩托羅拉開始尋找替代品，起初嘗試用橙皮烯（orange-peel terpenes）。但後來他們發現，重新設計焊接程序後，根本不需要清洗，也不必用到清潔劑，如此不但生產成本更低，產品也更好。

成本更低，售價卻飆高

封閉迴路生產法不只是一項理論。1996年，全美再製造業（remanufacturing industry）的營收為530億美元，超過消費耐久財製造業（家電、家具、影音、農場及園藝設備）。全錄透過再製造而增加了七億美元的利潤，若是再製造完全可回收使用的環保影印機系列，預估可以再節省十億美元。而且，一些國家的政府官員，已經開始鼓勵業界朝封閉迴路生產法的方向思考。譬如德國已經立法規定，要求許多製造廠對自己的產品永遠負責；日本也將跟進。

封閉迴路生產法結合能源效率後，更是如虎添翼。譬如杜邦回收許多客戶用過的聚酯工業膠卷，再製成新膠卷；杜邦也把它的聚酯膠卷做得更韌、更薄，使得用料更少，成本更低。由於新膠卷的功能更強，客戶願意多付錢購買。正如杜邦董事長傑

電梯業巨人迅達偏好提供垂直運輸租賃服務，而非銷售電梯，因為租賃可以讓迅達享受低能源與低維修成本電梯帶來的省錢好處。

用，以取代工業化的破壞力量。

不論是透過較好的設計或運用新科技來減少廢棄物，都能帶來龐大的商機。美國經濟的能源效率尚不及物理法則容許的效率的十分之一，美國發電廠浪費掉的熱量，相當於日本全國的能源用量。美國的原料使用效率就更差了，全美國動用到的原料當中，真正用於製造成產品、而且在出售後六個月仍在使用的比重，僅占有所有原料的百分之一左右。每一個部門都有機會減少生產過程的資源用量，簡化流程，降低污染，並減少最終廢棄的副產品。這些都是可避免的成本，

建築師保羅·畢爾曼－利托（Paul Bierman-Lytle）所說的：「廢棄物就是食物。」製造過程的每樣產出，不是製成堆肥，轉化為自然的養分，就是再製成「技術養分」；也就是說，若不是回歸生態系統，就是回收進行再製。封閉迴路生產系統的設計理念，就是要消除任何會產生處理成本的原料，特別是有毒物質，因為若要防止它們危害自然系統，往往會有很高的隔離成本與風險。的確，公司不採用有害的原料，以符合美國環保署與職業安全衛生管理局的規定，如此一來，新製程的成本會低於有害

克·科羅（Jack Krol）在1997年說的：「我們一直改進膠卷的特性，使我們可以不斷開發更多高生產力的材料，降低成本並提高利潤。」

英特飛在這個工業自然生態新領域引領風潮。當競爭對手還在把尼龍與塑膠地毯分解成比較不具價值的地毯底襯時，英特飛已經發明了一種新產品Solenium地毯，可以完全再製成相同的新產品。這個基本的創新，來自完全重新設計產品。英特飛的主管不問如何增加類似的毛毯產品的銷量，而是問如何創造一個夢幻產品，既能充分滿足客戶需求，又能保護並增進自然資本。

Solenium地毯的耐用度高四倍，比一般地毯少用40%的原料，相當於減少86%的物質密度。此外，Solenium完全不含氯及其他有毒物質，幾乎不沾漬，不生黴，容易水洗，比傳統地毯更具美感。由於Solenium地毯在各方面都出類拔萃，英特飛在行銷時並不強調它的環保特性，而強調這是更好的產品。

企業零浪費行動

Solenium只不過是英特飛消除浪費的一部分而已，董事長雷·安德森（Ray C. Anderson）把浪費定義為：「任何可衡量的投入，只要未產生客戶價值，就算是浪費。」也就是說，安德森

把一切投入都視為浪費，唯有產生顧客價值之後才可以證明它們不是浪費。

這種零浪費的做法，帶動全公司有系統地控制原料的使用，使得英特飛在1994到1998年間，資源投入量維持固定，營收則增加兩億美元，而其中營收增加的6,700萬美元，可以直接歸功於減少了60%的陸地廢棄物掩埋量。

之後，總裁查理·艾托（Charlie Eitel）擴大了浪費的定義，把所有化石燃料的投入都算是浪費，如今，許多客戶都搶著要購買該公司新開張的太陽能地毯廠出產的產品。英特飛的環保策略，不僅獲得環保人士的嘉許，也證明是一項很成功的商業策略。1993到1998年間，英特飛的營收成長了一倍，獲利是原先的三倍以上，員工人數則增加了73%。

路徑3 商業模式大變身

英特飛除了致力去除浪費外，還徹底改變了商業模式，這就是邁向自然資本主義的第三階段。公司了解，客戶都喜歡走在地毯上、看到地毯，但未必想擁有它們。一般來說，辦公大樓的單色寬幅地毯每十年就要更新，因為會有些部分看起來舊了。換新地毯時，公司就得關閉辦公

室，移動家具。每年有幾十億磅地毯被移除，送到掩埋場，要過兩萬年才會被大自然分解。為了打破這麼不具生產力又浪費的循環過程，英特飛開始從一個銷售與鋪設地毯的公司，轉型為提供地毯服務的公司。

英特飛推出長青租賃（Evergreen Lease）方案，不再銷售地毯，而是提供地毯服務，按月收取服務費，負責維持地毯乾淨如新。英特飛每個月都會檢查顧客的地毯，找出並更換破損的部分。一塊地毯至少有80%的破損會集中在頂多20%的面積裡，因此，只更換破損的部分，可以減少地毯材料消耗約80%。這麼做，能把對顧客的干擾減到最低，因為家具下的地毯很少會發生破損。而且，租賃地毯可以讓顧客把原本要用於購買地毯的資本支出，變成可減稅的費用支出。最後的結果是，消費者得到比較便宜、也比較好的服務，地毯供應商的生產成本也降低了。的確，不必生產一整塊新地毯所節省的能源，足以支應生產新商業模式需要的所有地毯。長青租賃方案省下的五倍地毯材料，加上使用Solenium地毯節省的七倍材料，總共可以為更好的地毯服務省下35倍用料量。透過再製，甚至是一開始就利用再生原料來生產地毯，基本上可以達成英特飛完全不開採原始資源的目標。

浪費，就沒有競爭力

英特飛轉為服務租賃商業模式，不同於多數製造業公司的基本商業模式，因為許多製造業者仍認為自己的業務就是運用機器生產並銷售產品。它們認為產品賣得愈多愈好，至少對公司而言是如此，只是這樣做未必對客戶或地球有利。然而，任何一個浪費自然資源的商業模式，也會浪費錢；最後，這種模式終究競爭不過一個強調解決問題，並建立長久顧客關係（而不只是製造和銷售產品）的商業模式。這種新模式就是精簡企業研究院（Lean Enterprise Institute）的詹姆斯·華麥克（James Womack）說的「解決方案的經濟」（solutions economy）；這種經濟模式，幾乎都能改善顧客價值與供應商的獲利，因為它能調和雙方利益，讓資源用得少卻做得更多、更好的人獲益。

從企業到經濟體都受惠

英特飛並非特例，像電梯業巨人迅達（Schindler）就偏好提供垂直運輸租賃服務，而非銷售電梯，因為租賃可以讓迅達享受低能源與低維修成本電梯帶來的省錢好處。陶氏化學（Dow Chemical）與Safety-Kleen也偏好提供溶解服務，而非出售溶劑。因為它們可以多次重複使用溶

劑，以降低成本。聯合科技公司的開利事業部（Carrier Division, United Technology）是全球最大的空調設備製造廠，也開始把重心從出售空調設備轉為租賃「舒適度」。開利把空調設備造得更耐用、更有效率，雖說會減少未來的銷售量，但提供了客戶想要也願意購買的東西，就是以較低成本獲得更好的享受。開利還進一步和其他公司合作，讓建築物在溫度調節上變得更有效率，如此就能減少或甚至不需要空調，卻能享受一樣的舒適。開利的收入來自提供雙方約定的舒適度，而不管開利是用什麼方式達成的。獲利提高是因為提供較好的解決方案，而非賣出更多設備。改善建築物設計之後，不需要太多空調、甚至不用空調就能維持舒適感，這種舒適感比大量空調產生的舒適效果更好，而且成本較低，因此開利可算是洞燭機先，比對手先一步抓住這個機會。如同3M人常說：「謝了，我們當仁不讓。」

轉變為服務商業模式的公司，不僅本身受惠，整個經濟體也獲益。華麥克指出，採用服務模式可以協助顧客減少對資本財（如地毯與電梯）的需求，對供應商的好處則是盡量提高資產價值；因此，採用服務模式可以減少景氣循環造成的資本財週轉不穩定的根本問題，進而

大幅降低全球經濟的整體波動。目前，資本財生產商面臨的市場情況不是大好就是大壞，因為家庭或公司的採購決策受到所得變動的影響極大。但是連續服務流（continuous flow of services）的經濟，可以大幅減少上述那種變動的情況，讓公司在穩定的環境中經營，公司不必預留超額產能來應付旺季的市場需求，超額產能其實也是一種浪費與風險。採用新模式之後的經濟，可以用更少的資源來成長，並讓我們變得更富裕；我們也會因為更精簡與穩定，而變得更堅實。

路徑4 自然資本再投資

典型資本主義的基礎，就是把盈餘審慎地再投資在生產資本上。自然資本主義者大幅提升資源生產力，採用封閉式生產迴路，並轉換為解決方案商業模式，接下來還有一個重要任務。他們必須再投資於保存、維持並擴充最重要的一項資本，就是我們的自然居住地與生物資源基地。

觀感影響銷售

這一點在過去並不受重視。以往企業可以忽視生態系統受到破壞，因為這不影響生產，又不會增加成本，直到最近情況才開始改變。光是1998年，惡劣的天

氣造成三億人流離失所，損失超過九百億美元，這比1980年代的整個十年間，因為天氣釀成災害的總損失金額還要高。損失大幅增加的主要原因是森林濫伐與氣候變遷，這正是提高天災出現頻率與嚴重性的兩項因素；造成森林濫伐與氣候變遷的原因，就是無效率的工業化。未來，如果要持續增加工業體系中的服務量，以便應付日益增加的人口所需，那麼就必須維持或增加生物系統提供的重要服務。如果不再投資於自然資本，生態系統提供的服務將出現短缺，屆時就可能會限制下一世紀的繁榮發展。如果製造商發現關鍵零組件的供應商產能超載且出貨延遲，就會立刻採取行動，以免本身受到波及而造成生產線停擺。生態系統是地球生命要素的關鍵供應商，如今它的供貨已經開始延遲了。

不保護或不再投資於自然資本，也會間接減損公司的營收。許多公司發現，大眾對企業環保責任的觀感，會影響公司銷售額。環保人士點名批判麥克米倫布洛戴爾林業公司（MacMillan Bloedel）濫伐並使用氯化物，結果史谷脫金百利克拉克公司（Scott Paper Kimberly-Clark）把它從供應商名單上除名，造成它一夕間損失了5%的銷售額。許多個案研究顯示，一些率先推動環保措施的公司，它們獲得的好

處往往遠大於付出成本；而被視為沒有環保責任的公司，往往失去經營特許權、正當性，或是一無所有。即使有的公司宣稱會注重永續發展，但外界認為它們的策略是錯誤的，例如孟山都（Monsanto），那麼社會大眾就會強烈抵制這類公司的產品。難怪奧勒岡大學教授麥可·羅素（Michael Russo）與其他許多分析人員都發現，可以用公司的環保評價來預測公司的獲利能力，而且這個指標一直都很有效。

環保成了精明的投資

一些率先再投資於自然資本的公司，現在開始獲得一些有趣的回收。譬如獨立電廠AES，持續種樹以抵銷自家電廠排放的二氧化碳；過去外界總認為這種做法不切實際，如今看來卻是一項聰明的投資，因為現在有十多家仲介公司開始建立二氧化碳減量的市場。同樣地，柯林斯松樹公司（Collins Pine）有一些永續種植或砍伐的產品，已經通過林業管理委員會（Forest Stewardship Council）的認證，使得它在美國的工廠能夠提高利潤率，熬過無情的競爭。瑞士再保險公司（Swiss Re）與另外一些歐洲的再保險公司則看得更遠，為了減少暴風災害理賠款，而尋求推動全球的公共政策來保護氣候，並投資於不會破壞氣候、且能獲利

的技術。

然而，大多數公司仍然不明白，公司的興亡繫於一個活力充沛的生態體系。維持豐富的自然資本不僅有益眾人和社會，也是公司永續經營的要素。

輕鬆

生產，由大自然代勞

改變工業流程，以便真正能夠補充並提高自然資本的存量，這是很有效益的，因為在這種情況下，生產的動作是由大自然代勞，人類只要袖手旁觀，讓生命自由繁盛即可。一些直接採集自然資源的工業，像是林業、農業及漁業，提供了豐富的案例，以下就是其中三個：

案例1：讓牛輪流吃草

新墨西哥州艾布科其（Albuquerque）整體管理中心（Center for Holistic Management）的艾倫·薩沃里（Allan Savory），重新設計牧場的經營方式，以提高牧地能夠供養的牛群數量。牧地往往不是因為放牧過度，而是因為放牧不足或放牧方式錯誤，才會出現牧地受損的情況。薩沃里的解決方法就是讓牛隻四處移動，在每一處停留不久，但都會密集吃草，這是模擬自然界食草動物與草地共生的吃草模式。估計有幾千個牧場主人採用這種方式放牧，改善

他們的牧地與獲利。這種在紐西蘭早已普遍實施的「密集管理式輪流放牧」法，可以大幅提高獲利，因此過去幾年威斯康辛州已有超過15%的酪農場採用這種放牧法。

案例2：不只種稻的稻田

加州稻米公會（California Rice Industry Association）發現：讓大自然的物種多樣化發展，比迫使大自然只生產單一作物更有利。沙加緬度（Sacramento）山谷有15萬到20萬英畝的稻田，約占加州30%的稻田面積，如果

（Burlington）生命技術公司（Living Technologies）的約翰·陶德（John Todd）使用生物的「生命機器」，把汙水變清水。所謂的「生命機器」就是許多相連的水箱，分別裝有細菌、藻類、植物及其他有機體。這麼做，不但可以用較低成本來產生清水，不會產生有毒物質或異味，還能種植有商業價值的花卉，使這個工廠和鄰近住宅區能和諧共存。拉斯維加斯的伊索巧克力廠（Ethel M Chocolate）也有一個類似的廠房，它不僅能有效處理工業廢棄物，還開放大眾參

自然的做法能為我們帶來許多好處。許多目前認為自己並不依賴自然資源的公司，逐漸轉為採用更多生物性的原料和製程之後，未來會更依賴自然資源。證據顯示，許多企業領袖已經開始這麼想了。理特管理顧問公司（Arthur D. Little）針對一群北美與歐洲的企業領袖進行調查，結果發現83%的受訪者認為，執行永續發展的策略與做法，可以得到「實質的商業價值」。

迷途 市場上太多扭曲的誘因

如果前方的道路明確，為什麼還有那麼多公司迷失了道路？我們認為，問題出在公司設定目標、衡量績效與獎勵的方法與工具都不對。換句話說，市場上充斥著扭曲與不當的誘因。我們曾找出超過六十種「誤入歧途」的錯誤，其中最明顯的錯誤，就是公司分配資源的方法，以及政府設定政策與課稅的方式；光是改正這些瑕疵做法，就可以產生巨大的獲利商機。

一錯：採購決策

試想公司是如何作採購決定的。採購小物品基本上是根據初期成本，而非使用年限內的總成本，這種想法會造成大量浪費。譬如供電給建物與廠房的配電變壓器，每個只要320美元，因此

**全球幾乎每個國家的稅法，
都會加稅在我們想多要一些的東西（就業與所得），
而補貼我們想要少一點的東西（資源損耗與汙染）。**

在稻作收割後，讓大水淹沒這些稻田，就可以創造出一片季節性的濕地，供養數百萬隻野鳥、補充地下水、提高土壤肥沃度，還有其他一些極有價值的益處。此外，以往農民焚燒稻稈會造成空氣汙染，現在則改為把稻稈紮成一捆一捆之後出售，因為稻稈富含矽質可防蟲，被認為是優質建材。

案例3：把汙水變清水

佛蒙特州伯靈頓市

觀處理的過程。

雖然這些做法仍在發展演進，但它們傳達的訊息已經很清楚。幾乎在所有的氣候、土壤與社會中，與大自然合作遠比違背自然規律要有利得多。透過再投資於自然資本，農夫、漁夫或林場經理可以獲得與傳統生產方式（投入大量資源、透過化學方式）相等的利潤，甚至更高的利潤。雖然大多數主流公司尚未踏上自然資本主義之路，但是事實已經證明，可以永續推行、模擬

總是被認為是小物品，大多數公司為了省錢，都會買最便宜的機型。然而，幾乎全國所有的電力都必須經過配電變壓器，使用廉價但效率低的變壓器，造成每年十億美元的浪費，這種例子不勝枚舉。新辦公室照明電路如果使用較粗的電線來減低電阻，一年可以產生193%的稅後報酬率。不過，大多數人都選擇國家電力法規允許的細電線，因為這樣立刻就可以省下一筆錢；但這項法規的目的，是防止電線過熱釀成

**技術或金錢根本無法取代穩定的氣候，
以及生機盎然的生物圈。
就算價格訂得再好，也取代不了無價之寶。**

火災，不是為了省錢。諷刺的是，如果電氣技師選用粗電線，讓顧客節省長期電費，他自己卻會失去工作，因為粗電線的成本較高，公司出去競標時價格會偏高。

的確有些公司在採購時不會只考慮初期價格，但做得還不夠徹底。這些公司多半採用一個粗略的還本期間估算，並未使用較精密的現金流量折現法（discounted cash flow）。幾年前，這些公司要求的能源效率還本期中位數為1.9年，相當於每年稅後報酬率為71%，大約是邊

際資金成本的六倍。

再錯：節能觀念

此外，大多數公司把設施成本當作經常性支出，希望盡量減少（例如，解雇工程人員），而不是視為利潤中心，必須強化，例如妥善運用工程人員來節省資源。評量方法與會計方法有瑕疵，也會導致公司無法正確分攤成本（及浪費）。譬如說，全球只有少數幾家半導體廠，定期精確地衡量無塵室內生產一單位

的冷卻水或潔淨空氣，需要耗費多少能源。因此大部分的半導體廠很難改善效率。事實上，半導體廠為了節省時間，蓋新廠時往往完全複製舊廠，這種設計法被戲稱為「重蹈覆轍」（infectious repetitis）。

許多高階主管並不太注意節省資源，因為它們往往只占總成本的一小部分（多數產業的能源成本，約為總成本的2%）；然而，節省資源的效果可以立刻反映在淨利上，因此占利潤的比重大得多。許多高階主管也認為，他們在1970年代就「已

經」做好能源節約了，因為當時的石油危機迫使他們改變做法。但他們忘了，今天已經有更好的技術可供應用，再作一次改變，可以讓公司受惠。美國麻州生產Polartec布料的摩登紡織（Malden Mills），早在1990年代中期就使用「有效率」的金屬鹵素燈；但最近一次的廠房翻修，把照明使用的能源減少了93%，不僅改善照明度，而且在18個月內就還本。

三錯：投資眼界

人們獲取報酬的方式，往往會造成不當的誘因，譬如，傳統上，建築師與工程師是根據支出來獲取報酬，而非根據他們節省了多少資源。即使是先前提過芝加哥辦公大樓翻修計畫的驚人好處，也缺乏足夠誘因讓人執行。那棟大樓由一位租賃經紀人管理，辦公室租出去，她才能收佣金，所以她不想乾等幾個月進行翻修。她拒絕能夠提高四倍效率的翻修案，結果讓她跟客戶都「損失」重大。這幢大樓非常不舒適且昂貴，所以租不出去，業主最後只好賤價拋售。此外，新業主在未來二十年，也都沒有節省資本支出的機會。

如果說公司的實務做法模糊了自然資本主義的好處，那麼政府政策就是公然削弱自然資本主義的力量。全球幾乎每個國家

的稅法，都會加稅在我們想多要一些的東西（就業與所得），而補貼我們想要少一點的東西（資源損耗與汙染）。除了奧勒崗州以外，全美其他各州受管制的公用事業都因為多出售能源、飲水及其他資源，而受到獎勵，如果出售量減少就會蒙受損失，但其實，增加產量的成本，高於增進客戶效率的成本。美國西部乾旱的各州當中，多數採行「不用就沒有」的水資源法規，這等於是鼓勵無效率使用水。此外，過時法規也造成許多城鎮無效率使用土地，超寬的市郊街道就是一例，這些道路條例是1950年代的民防規畫人員為了因應核武攻擊後，便於重型裝備出入清掃瓦礫石堆而制定的。

這些不當誘因的成本非常驚人：美國每年浪費掉價值三千億美元的能源，已經有一兆美元不當分配給不必要的空調設備及這些設備所需的電力（約占全美尖峰用電負載的40%）。在全美經濟中，為了補貼、鼓勵及補救無效率與損害而支出不必要費用，或許已經相當於過去二十年國內生產毛額增加的絕大部分。根據曾擔任世界銀行經濟學家的賀曼·達里（Herman Daly）、約翰·考伯（John Cobb），以及其他許多分析師的研究，現在美國人過的日子，未必比1980年來得好。但是，如果美國政府和

私人企業能把用於補救措施的支出，轉投資在自然與人力資本，那麼就可以真正改善全美人民福祉。企業界也發現，浪費資源就

幾乎在所有氣候與社會中， 與大自然合作遠比 違背自然規律要有利得多。

等於是浪費金錢與人力，這些糾結在一起的各種形式的浪費，解決方案也同樣糾結在一起。消除不具資源生產力的工時，也有助於留住人力，因為這讓員工有更多時間去做更值得做的事。

認知

人力資源不缺，自然資源才缺

最後，我們的經濟體面臨的真正問題，是發展方向錯誤。多數公司還是抱著「人力短缺，但大自然取之不盡」的觀念在經營事業，這是當年第一次工業革命的發展條件，當時的人口的確比現在少。紡織業迅速機械化之後，造成爆炸性的經濟成長，導致工廠與農業勞動力短缺。為了因應這種短缺，工業革命將每一個產業逐一機械化，使人們的生產力提高一百倍。

資源稀少會限制進步，因此，節約使用最稀少的資源是正確的。但資源稀少的模式正在轉變中，現今不缺人力資源，缺的

是自然資源。最早出現這種情況的產業，是完全依賴生態健全的產業，例如，漁業的問題出在魚資源稀少，而非漁船或漁網不足；林業的問題是森林不夠，不是鏈鋸不足；農業的問題是表土不夠肥沃，不是缺乏犁具。此外，生態要素是無法彼此替代的，這一點跟傳統的資本與勞動等工業生產要素不同。在工業系統裡，我們很容易用機械取代勞工；但技術或金錢根本無法取代穩定的氣候，以及生機盎然的生物圈。就算價格訂得再好，也取代不了無價之寶。

自然資本主義重新整合了生態與經濟的目標，以解決上述那些問題。自然資本主義是不可或缺的，而且有利可圖，因此會把傳統的工業主義納入一個新的經濟體與新的生產模式，正如之前的工業主義吸納了農業主義。誰先改變，誰就能先取得競爭優勢；不變的企業，也不會面臨什麼問題，因為它們終將被淘汰。在決定是否要改變時，正如亨利·福特說的：「不管你相信自己做得到，或者相信自己做不到，你都絕對沒錯。」
 （潘東傑譯自“A Road Map for Natural Capitalism,” *HBR*, July-August 2007）

艾默利·羅文斯

科羅拉多州洛磯山研究院（Rocky

Mountain Institute) 創辦人之一，並兼任董事長，這個機構是一個非營利的資源政策中心。

杭特·羅文斯

洛磯山研究院創辦人之一，同時也創辦了位於科羅拉多州的自然資本主義公司 (Natural Capitalism)，專門協助組織規畫永續發展的政策。

保羅·霍肯

加州自然資本研究院 (Natural Capital Institute) 的創辦人兼執行董事，同時也創辦或共同創辦其他一些公司，例如史密斯霍肯零售目錄公司 (Smith & Hawken)。

他們三人合著《自然資本主義：創造經濟雙贏的策略》 (*Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*, Little, Brown, 1999；繁體中文版由天下雜誌出版)。