



財團
法人

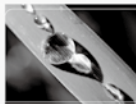
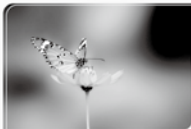
中技社

2011

循環經濟

與

節能減碳



CTCI FOUNDATION



發行者序

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。

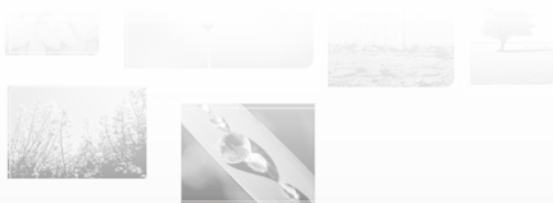
有鑑於能源與環境議題在今日全球的發展，已是一項至關重要的影響要素，兩岸的經濟發展與共存共榮自無法避免於外，須面臨此議題的嚴峻挑戰。因此掌握目前的契機，建構一個深具實質內涵，從事兩岸相關的能源及環境議題研究合作的機制，有其必要性與積極性的意義。是以，財團法人中技社於 2009 年建置「兩岸能環中心」作為兩岸共同研究與討論相關議題的橋樑。希望藉此合作研究交流平台，就環境和能源議題，加強專業研討，促進兩岸對環境與能源共同議題之研商，以祈對岸能源和環境的永續發展有所助益。現特將此成果彙整成冊，期有助於讀者對兩岸能源與環境事務之瞭解。

財團法人中技社董事長

潘文炎

2011.06





編者序

在過去二十多年時間，兩岸為因應各自經濟發展與國際趨勢所衍生的能源與環境問題，建立了許多的制度，這其中有可互相學習之處，也有許多需要彼此更加了解的地方。因此 2009 年財團法人中技社開始投注於兩岸能環事務的探討，2010 年更進一步與北京清華大學「中國循環經濟產業研究中心」建立對口關係，結合兩岸學者專家，挑選能環議題進行合作研究，加強專業研討；並希望藉由專業交流平台的成立，促進兩岸對環境與能源共同議題之研商，以祈對岸能源和環境的永續發展有所助益。

循環經濟的概念，其原意即在尋求經濟發展的同時，也能兼顧環境保護的概念。而節能減碳，在全球能資源的供應日趨緊峭的情況下，更顯其重要。故此專業平台建置之第一年，即以「循環經濟」和「節能減碳」為兩大主題，透過兩岸能環交流平台，邀集兩岸專家學者共同研討，現將此成果集結成冊，提供讀者對兩岸推動循環經濟與節能減碳的現況與趨勢，能從兩岸專家學者提出之研究成果，得到不同角度切入問題核心之了解。

本書的作者群相當堅強，台灣部份包含來自中華經濟研究院、台灣大學、台灣科技大學、台北科技大學，以及惠普公司等專家學者；大陸部分則包含來自北京清華大學、中國標準化研究院，以及環保部環規院等專家學者。

內容共分為兩個篇章，在第一篇循環經濟章節裡，將有國際趨勢與兩岸現況與發展目標的介紹，其中包含永續物質管理系統；減量化、再利用、再循環(3R)之發展趨勢；兩岸推動循環經濟政策之作法，以及兩岸資源循環再生利用制度與案例介紹。而第二篇節能減碳章節裡，除了有兩岸環保節能等標準的實施現況介紹，並提出幾個區域案例分析，以及兩岸合建碳交易市場可行性分析。

兩岸是世界經濟體系重要的製造生產基地，也均戮力於為創造更好的整體經濟條件而努力。相信只要兩岸協同努力，一定可以開發出良好契機，走出一條永續發展的大道。



財團法人中技社 能源中心主任 王鈞鈞

北京清華大學 循環經濟產業研究中心主任 溫宗國

2011.05

目錄 *Content*

第一篇：循環經濟

台灣部份 3

永續物質管理	馬鴻文..... 5
中國大陸和台灣資源回收制度的前景與展望	溫麗琪..... 23
從台灣看大陸循環經濟的實踐方式	林俊旭..... 39
資源循環與再生利用	張添晉..... 53

大陸部分 69

生產者責任延伸制度與電子廢物循環利用	李金惠..... 71
循環經濟 3R 原則及其發展趨勢	李金惠..... 87
區域代謝分析與評價指標體系—以蘇州鐵元素為例	莫虹頻..... 103
中國發展循環經濟的實踐、思考與趨勢	溫宗國..... 125



第二篇：節能減碳

台灣部份 139

兩岸碳交易共同市場芻議	陳筆.....	141
台灣節能標章執行現況	顧洋.....	161
台灣環保標章執行現況	江惠櫻.....	171

大陸部分 189

構建低碳型社會：挑戰、措施與機制	溫宗國.....	191
低碳生態城市芻議與夏各莊規劃案例分析	杜鵬飛.....	209
標準化應對氣候變化的作用及其影響分析	林翎.....	223
ISO 14067 產品碳足跡國際標準的進展及其對我國的影響分析	陳亮.....	235
基於環境空氣品質改善的區域煤炭消費總量控制思考	嚴剛.....	247

第一篇：循環經濟



CTCI FOUNDATION

第一篇：循環經濟

第二篇：節能減碳

台灣部份



永續物質管理

馬鴻文

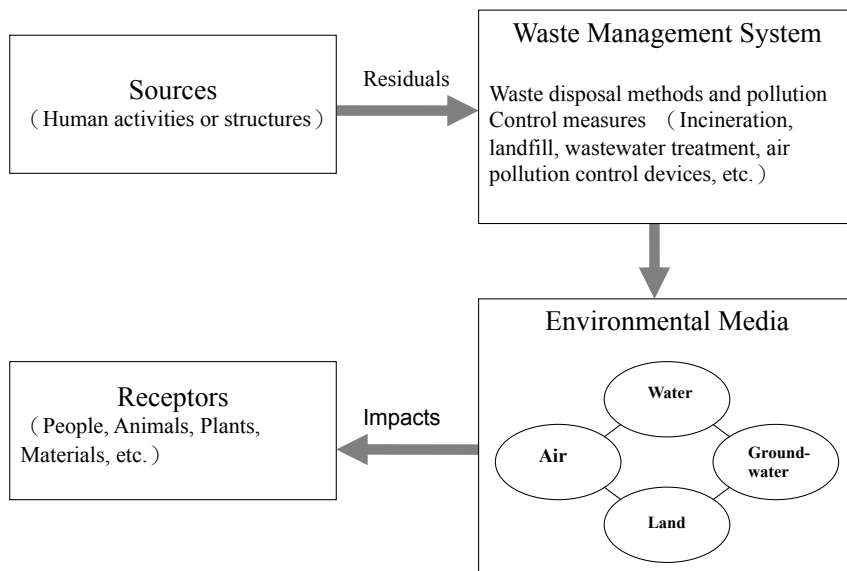
一、前言

「永續發展」可說是人類社會高度的自我期許。人是唯一會嚮往及追求「永遠」的生物；「永續發展」的理想正反映了人類對「永遠」之追求的兩個維度。其一，在時空的維度上，追求世代延續之時間的無限以及包括整個地球各地方各民族之空間的完整性，在此維度上的嚮往，以「永續」稱之；其二，在品質的維度上，追求生活品質的完滿，在此維度上的願景，則以「發展」作為提升生活品質的代名詞。時空的無窮盡與完整性、品質的完滿，正是人類躡仆前行的歷程中，不時仰望那高掛穹蒼極處的北極星。不過，這樣的憧憬，直到當代，才明文成為國際社會的共同努力方向並明白揭櫫於國家政策中，這是一方面因為直到現在，我們似乎才累積了相當的知識與技術可藉以採取具體的行動，另一方面則是因為我們正面臨生存環境之巨大的挑戰，不全力因應，無以為功。

1987年聯合國世界環境與發展委員會 (World Commission on Environment and Development, WCED) 發表「我們共同的未來 (Our Common Future)」後，各國不斷致力於追求滿足當代需要，且不損及後代滿足其需要之永續發展，而永續發展的社會則指環境、經濟與社會三個面向能相互補、共同發展且達均衡的狀態。然而在自然資源有限的限制條件下，如何兼顧經濟、社會發展又能與環境維持平衡成為重要課題。其根本要素之一便是發展所需使用自然資本的速度不應超過自然資本的再生速度及供給限量，同時確保對環境品質的衝擊應在涵容能力 (carrying capacity) 的限度以內。換言之，物質消費及環境衝擊需與經濟成長脫鉤，促進資源使用效率、減輕環境壓力，這便是以進行永續物質管理 (Sustainable Materials Management) 達永續發展之目標。

二、環境政策的遞嬗

觀察環境政策的演變，可以發現在永續發展理念的驅動下，環境相關政策及作為的管理焦點逐漸轉移，涵蓋範圍也逐漸擴大。較為早期的管理對象是明顯受到污染或破壞的環境介質，管理的目的是減輕污染程度，如河川污染整治。接下來管理的對象擴大到污染物的排放源，管理的目的是增強污染排放的控制效果，如廢水廢氣處理。其次，管理的範圍進一步包含了生產製造以及回收再利用程序，主要的管理重點在於污染源頭減量。對照圖一環境問題形成過程的各個系統，可見管理的範圍由下游環境問題的承受端，延伸至上游環境問題的開端而涵蓋了產生環境問題的人類活動，特別是經濟活動中的生產過程。因此，管理範圍包括從上而下的生產系統、控制及處理系統，以及環境系統；而每一個系統自身又包含了許多彼此相關互為依存的子系統，最後形成複雜的管理系統。僅以環境系統為例，就包含了空氣、水體、土壤等環境介質以及存於其間豐富多元的生態系，成就一個具時空隨機性、個體變異性、不確定性高的複雜系統。環境系統的複雜性已是人所共見，遑論延伸擴大後的管理系統。擴大後的管理系統整合了環境管理、廢棄物等污染物管理、生產及產品管理，以至於投入資源的管理。



圖一 環境問題的形成過程及對應的管理對象

要對如此複雜及大範圍的系統進行管理，在原來的各階段的管理對象中，需要找到共同的元素，作為貫穿上中下游各個環境問題形成之子系統的管理核心。「物質」便是很好的核心元素。從環境改善、廢棄物管理、一直到生產製程優化，「物質管理」都是適當之切入的角度與著力的槓桿；因為物質的性質決定了環境問題、影響了處理技術的設計，也牽動著源頭減量或回收再利用的潛能。因此，「物質管理」可以成為整合各階段管理系統的公因數，在各個管理子系統繼續提升效能效率的同時，扮演管理方向指引的角色。

三、永續物質管理之內涵

「物質管理」並非全新的觀念，但在其中有與「永續發展」結合的新眼光，超越了傳統的範疇和格局，某種程度而言，可以成為永續發展的「操作型定義」。許多國家及國際組織已加快腳步將此概念及工具導入永續發展相關的策略規劃。中國大陸的促進循環經濟、日本的建構循環型社會，這二者用語描繪了該理念的外在形象；而經濟合作開發組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)、聯合國環境規劃署 (United Nations Environment Programme, UNEP)、歐盟及美國的推動「永續物質管理」或「永續資源管理」則直指管理的焦點便是要檢視與調節物質的流動。OECD 所用的定義如下：

Sustainable Materials Management is an approach to promote sustainable materials use, integrating actions targeted at reducing negative environmental impacts and preserving natural capital throughout the life-cycle of materials, taking into account economic efficiency and social equity.

我們知道，物質（包括能源）是維持生存與生活的基石。陽光、空氣、水、食物，以及種種礦物、元素、化合物等，提供了生存的基本要件，也為生活水準的提升準備了豐富的素材。我們所賴以維生的天與地，蘊藏並孕育讓人享受的各種資源。而形形色色的人類活動，食衣住行等各樣需求所引發的一連串行為，包括開採、生產、製造、加工、運輸、使用、廢棄、回收、控制、處理、處置等，最後造成各種物質在時空及品質維度的重新分配。這種物質的重新分配創造了價值，資源及環境

問題卻也伴隨而來。永續物質管理的著眼點正是在於：面對窘迫的資能源侷限，以及因資能源的使用引發物質和能量之流動所導致的環境問題，如何藉物質及能量的有效管理，一方面讓資源循環再利用，一方面減輕環境衝擊，成為社會是否能邁向永續的關鍵。

政府單位、企業，甚至一個家庭，往往相當清楚他們資金的流進流出；經由分析如何取得資金、資金用在哪裡、產生多少收益、哪裡負擔較多的成本等的資金流動資訊，各單位可規劃改變資金流動的策略，以優化資金效益。同樣的，如果能知道各種需求及消費行為，以及所帶動的一連串的供應鏈中各階段的各種產業活動，如何影響各種物質的流動，並產生後續的環境衝擊和資源質與量的改變，將有助於設計具體有效之物質流動干預機制與管理策略，兼顧資源保育與環境品質。

由於以物質為基本元素，永續物質管理得以連結廢棄物管理與資源管理，因為資源與廢棄物乃為物質一體之兩面；永續物質管理更得以連結環境系統與經濟活動，因為二者乃為物質流動的兩端。基於此，便能透過不同層級的物質流分析，取得國際、國家、區域、產業、企業等各層級的物質流動資訊並分析其影響因子，進而規劃各層級效率提升的選項。具體而言，物質流分析資訊的功能主要包括以下幾項：

- 1、了解各個層級、單位及地區與物質相關的限制條件，並在該限制條件下優化資源的利用、消費及環境保護。
- 2、設立追蹤查核機制以評估經濟、技術發展、自然資源、產品規範以及廢棄物等政策的效應。
- 3、建立未來不同之社經發展路徑的衝擊預警工具，並揭露未來潛在的資源及環境問題。

四、永續物質管理政策

許多國家已開始構思新的管理策略，如何減輕對有限資源需求的依賴，增加物質的使用效率；學術界也投入許多心力，發現物質消費與其背後社會經濟技術的關聯性。我們正處於一個從消費型經濟過度到永續型經濟的時期，尋求經濟成長與物質消費脫勾。以全球資源消費的最大國—美國為例，其看待廢棄物管理的角度正在改變。美國環保署於 2002 年所公布的報告「超越 RCRA:2020 年的廢棄物與資源管理」，調整舊有的廢棄物管理方向，為 2009 年至 2020 年的期間設定持續促進永續物

質管理的路線。更於 2009 年提出「永續物質管理：前面的道路」，宣示為求保有經濟競爭力，如何達到物質的永續利用必須是施政目標。美國提出三項施政方針：第一，以生命週期思維作基礎，強化物質與產品管理，並因應氣候變遷與其他環境惡化的挑戰，建議進行中的化學物質與廢棄物之計畫應更完整的納入物質之生命週期管理。第二，落實永續物質管理的執行力，建置充分完整之資料庫和決策工具來支持生命週期物質管理，並整合管理策略與法規架構。第三，加速公共參與，暢通資訊管道，讓所有利益相關團體能更容易共同分享經驗與獲取知識，因為單靠單一政府行政機構，如環保署，物質之生命週期管理成效較為有限；對話過程中，也讓各方理解創新的管理具有更深刻環境意義。

在日本，循環型社會的概念已經落實到法規策略面。促進循環型社會基本法明定管理的優先次序，源頭抑制和減量為第一目標，其次是再使用、再生利用、能源回收，最後才為適當處置。基本法之下有綜合面向及個別針對特定廢棄物的子法（容器包裝分類回收及再生利用促進法、特定家用電器再生利用法等），其政策有效釐清生產者責任與排放者責任的歸屬。日本設計了三類的指標群，以評量社會循環度，包括資源生產效率、循環利用率以及最終處置量。另外日本也在發展所謂的靜脈產業，即為廢棄物資源化產業，運用先進的技術，將工業和一般都市廢物轉化為可再資源的資源和產品，以收節約資源與保護環境之效。這些產業，包括廢棄物再生為原料以及將廢棄物品整修再利用，2000 年僅回收和再資源化事業的產值就高達 21 兆日元，同時又創造了 57 萬個就業機會。

OECD 組織有專門負責永續資源管理的工作小組，從資源生產力的角度來推動管理策略，其於 2007 年調查會員國所採用管理措施，主要方式包括：政府優先採購綠色產品、運用產品環保標章影響消費者行為並提供生產者經濟誘因以改善其產品設計與製造、延長生產者責任使廢棄物處理的責任以強制或自願的方式由生產者來負擔等。少部分國家對於原料或產品課稅來達成物質減量的目標。例如美國與澳洲對於進口 CFCs 等破壞臭氧層物質的原料進口課稅，丹麥和比利時則對於產品包裝課稅，挪威對於使用無法再填充之容器收取費用，瑞典對進口鋁罐課稅。

目前已有許多國家將物質流指標與政策宣示或具體目標相結合，簡述如下：

政策宣示

- 比利時希望物質使用能與經濟發展脫鉤(聯邦永續發展計畫)。
- 捷克支持生態效率之量測(國家永續發展策略，相關指標如國內物質消費與

GDP之比值、每單位產品或服務之廢棄物產量及污染量等)

- 丹麥提昇資源使用效率(國家永續發展策略，相關指標如人均總物質需求、特定資源物質消耗等)
- 英國提出改善資源生產力，希望能將國內物質消費、砂石採取、肥料使用、廢棄物產生與再利用、國內水資源消耗能與經濟發展脫鉤
- 芬蘭提出以生命週期觀點改善自然資源能源之使用效率(政府永續發展計畫，相關指標如總物質需求)
- 瑞典希望達成無毒及有效利用資源循環(瑞典環境品質目標)

定量目標

- 奧地利的長程目標希望達到資源生產力4倍數之目標(永續發展策略，相關指標：直接物質輸入、國內物質消費、國內物質消費與GDP之比值)
- 西班牙將2006年之人均總物質需求維持在1998年水準(國家永續發展策略)

時程定量目標

- 德國設定在2004年至2020年間達到改善資源物質生產效率2倍數之目標(國家永續發展策略)
- 荷蘭設定在2030年達到2~4倍數之去物質化目標(國家環境政策規劃，相關指標如環境加權之物質消費)
- 義大利設定在2010年總物質需求減少25%，2030年減少75%及2050年減少90%之目標(義大利永續發展環境執行方案)
- 波蘭設定在1990年至2010間之水資源消耗、物質密集度及廢棄物產生量減少50%之目標(第二階段國家環境政策)
- 日本在2003年宣告將建置循環型社會(Sound Material-Cycle Society)，設定2010年與2000年之比較目標：增加資源生產力(每單位直接物質輸入所產生之GDPI)40%、增加物質循環率40%、減少最終處置量50%

五、管理指標系統

目前各國最廣泛使用的指標為EW-MFA(Economy-Wide Material Flow Analysis)的指標系統，分為輸入、需求、平衡及輸出指標。輸入指標主要用來描述用以維持經濟活動的物質輸入情形，這些經濟活動包含國內的經濟活動與出口。此指標與一個國家或地區的生產模式有著高度相關性，像國際貿易特性、自然資源使用量與使

用的科技都會影響物質輸入。最常使用的指標有以下五種：直接物質輸入 (Direct Material Input, DMI)、隱藏流 (Hidden Flow)、總物質需求 (Total Material Requirement, TMR)、國內開採並使用 (Domestic Extraction Used, DEU)、總物質輸入 (Total Material Input, TMI)。消費指標用以描述經濟活動中物質消費的情況，通常與消費模式高度相關。最常用的消費指標包含國內物質消費 (Domestic Material Consumption, DMC) 與總物質消費 (Total Material Consumption, TMC)。平衡指標，主要用來衡量物質在經濟體中的累積狀況，為每年物質的增加量扣除物質的移除量為“淨存貨增加”，另外一種以國際貿易中的進出口差距來表示的為物質交易平衡。平衡指標中最常用即為淨存貨增加 (Net Additions to Stock, NAS) 與物質交易平衡 (Physical Trade Balance, PTB) 等兩類。輸出指標用以描述一個國家與生產、消費行為相關的物質輸出情形，包含出口、污染物排放、廢棄物等。最常用的輸出指標包含：國內製程輸出 (Domestic Processed Output, DPO)、國內物質輸出 (Domestic Material Output, DMO)、總國內輸出 (Total Domestic Output, TDO)、總物質輸出 (Total Material Output, TMO) 等。EW-MFA 指標系統的使用目的如下：

- 1、 探究物質投入與消費的狀況
- 2、 濃縮國家資源物質流帳之複雜資料，提供淺顯易懂的指標
- 3、 跨國比較資源消費以及預估需求趨勢
- 4、 概略顯示物質所衍生之環境衝擊

OECD 的資源生產力報告整理資源生產力指標，對國家的應用有全國 GDP 與支撐 GDP 所負擔的 DMI、DMC、DPO 的比值。若考慮使用原生資源，則是計算國 GDP 與支撐 GDP 所負擔的 RMI (Raw Material Input)、RMC (Raw Material Consumption) 的比值；如納入國外的隱藏流或間接物質流，則計算 GDP 與支撐 GDP 所負擔的 TMR、TMC 的比值。對於產業也有特定指標用來衡量產業部門的資源效率，例如各部門每單位 DMI 或 DMC 或 DPO 所產生的附加價值。對於產品或服務，德國 Wuppertal 研究所使用 MIPS (Material Input per Service Unit) 代表其生命週期所隱含的資源消費。另外，某些綜合性的生命週期衝擊評估指標則對多種環境衝擊進行加權評分，例如 Eco indicator 99、Impact 2002+ 與 Recipe (以上均屬生命週期衝擊評估方法)，用來比較產品與服務的環境效益。

2007 年 歐盟與 OECD、WWF 等單位籌組超越 GDP (Beyond GDP) 計畫團隊，目

的是建立全面的永續指標，能代表社會的富裕、進步與福利的程度，這些面向長期以來在以 GDP 指標為主的政策環境中受到忽視。永續指標應能同時反應出社會面和環境面的進展。在眾多的指標中，有三種指標最受關注，分別是人類發展指數 (HDI)、生態足跡 (EF) 與真實儲蓄 (GSI)。這些指標涵蓋的層面如下：

- 人類發展指數 Human Development Index: 預期壽命指數、教育指數、GDP 指數
- 生態足跡 Ecological Footprint: 農地、畜牧地、森林、漁場、建地的碳足跡
- 真實儲蓄 Genuine Savings: 製造資產、自然資源、環境品質、人力資源

六、國家型物質流會計帳系統

為求落實永續物質管理，國家整合之物質流資料系統乃為首要工作。國家型物質流會計帳系統對於國家總體物質流的重要性，就相當於國家經濟的投入產出表一樣，表述國內產業部門間物質的投入產出情況，同時也表現出供給與需求之間的平衡。物質流會計帳系統比投入產出表多出了物質流會計之項目，常見的有 System of Environmental and Economic Accounting (SEEA)、National Accounting Matrix with Environmental Accounts (NAMEA)、Physical Supply-Use Tables (PSUT) 以及 Physical Input-Output Tables (PIOT)。SEEA 與 NAMEA 是將物質流會計系統整合於既有的投入產出表，而 PSUT 以及 PIOT 則是將整個架構的資料都改以物質計量。

聯合國環境規劃署與世界銀行共同提出的環境經濟綜合帳整合系統 (SEEA) 是採行最多的系統。根據 SEEA2003，其編制內容應包含如下：

- 1、 環境保護支出帳。
- 2、 非生產性資源實物帳。
- 3、 環境經濟綜合帳。
- 4、 自然資源折耗及環境質損。
- 5、 計算綠色國民所得指標。

其中資源實物帳即為物質計量，其他帳目系統仍多以貨幣單位計算，但已考慮到國家經濟的投入產出應將加入環境外部成本具體化。SEEA 之計算方式乃以淨價格法或使用者成本法計算天然資源消耗，以維護成本法計算環境品質耗損，但並不計算環境社會成本損失（如污染對人體健康之損害）。

NAMEA 為國民環境會計矩陣。荷蘭是最早編製 NAMEA 的國家。第一本 NAMEA 帳由荷蘭主計處於 1993 年編製完成。目前世界上試行 NAMEA 系統的國家，主要有荷蘭、丹麥、德國、法國、盧森堡、奧地利、葡萄牙、芬蘭、瑞典、英國、挪威等國家。NAMEA 最主要的特色為環境物質帳以及環境議題帳，說明如下。

環境物質帳，以實物數量表示。環境物質包含污染物及自然資源，污染物如 CO_2 、 N_2O 、 CH_4 等，自然資源如天然氣及原油等。在污染物方面，矩陣中的各行記錄各種污染物質來源，分別為消費者、生產者、其他國內來源與國外流入四項；各列則記錄各種污染物質流向，包括生產過程所吸收之污染量（含經濟活動過程中之回收再利用，如廢棄物之焚化處理）、流至國外之污染量與累積污染量，而此累積污染量係置於在環境議題帳之行記錄中。在自然資源方面，行的部分為經證實的地下水資源蘊藏量、非栽培生物性資源的自然成長及自然資源削減情況之總量（自然資源損害除外），目前僅列天然氣和原油；列的部分為生產者之消耗毛額（gross depletion）及淨消耗（net reduction），而視淨消耗為平衡項，亦置於環境議題帳之行記錄中。

環境議題帳，亦以實物數量表示。此帳為淨污染物及資源消耗對環境議題之貢獻，環境議題包含溫室效應、臭氧層破壞、酸化、優氧化、廢棄物、廢水及自然資源消耗等。而除了溫室效應及臭氧層破壞外，其餘議題所產生的環境破壞較屬本國境內。酸化現象係指土地和地面水質的酸化，造成酸化的排放物為 NO_x 、 SO_2 、 NH_3 。廢棄物問題的指標是垃圾量的總和，不包括有毒的化學廢棄物。

PIOT 實體投入產出表，提供了能在經濟體系內紀錄物質流量變動的架構，提供分析環境及經濟之間互動模式的計量工具。在 1990 年代，數個國家始編製該國之 PIOT，隨後的應用越來越多。PIOT 與一般之以貨幣為單位之投入產出模型最大之差異在於各部門間物品之流動以量計算（通常以噸為單位）。藉由質量平衡原則將經濟體系架構於自然環境系統中，使物質流會計帳有完整的輪廓。此外，實物型投入產出分析也提供經濟體系內各不同部門間與最終消費以量為單位計算的流動情形。PIOT 將環境資源視為原料的投入，將廢棄物的殘留（如固體廢棄物、廢水以及空氣污染物排放等）視為經濟體系的產出，是故沒有經濟價值的產出，例如廢棄物也包含在 PIOT 的計算中。對表中各個部門而言，物質投入的量須平衡於總物質產出，包括其他部門所有產出的量、最終消費（例如家計消費量），以及排放至環境中廢棄物的量總和相等。

七、系統化之物質流分析與管理

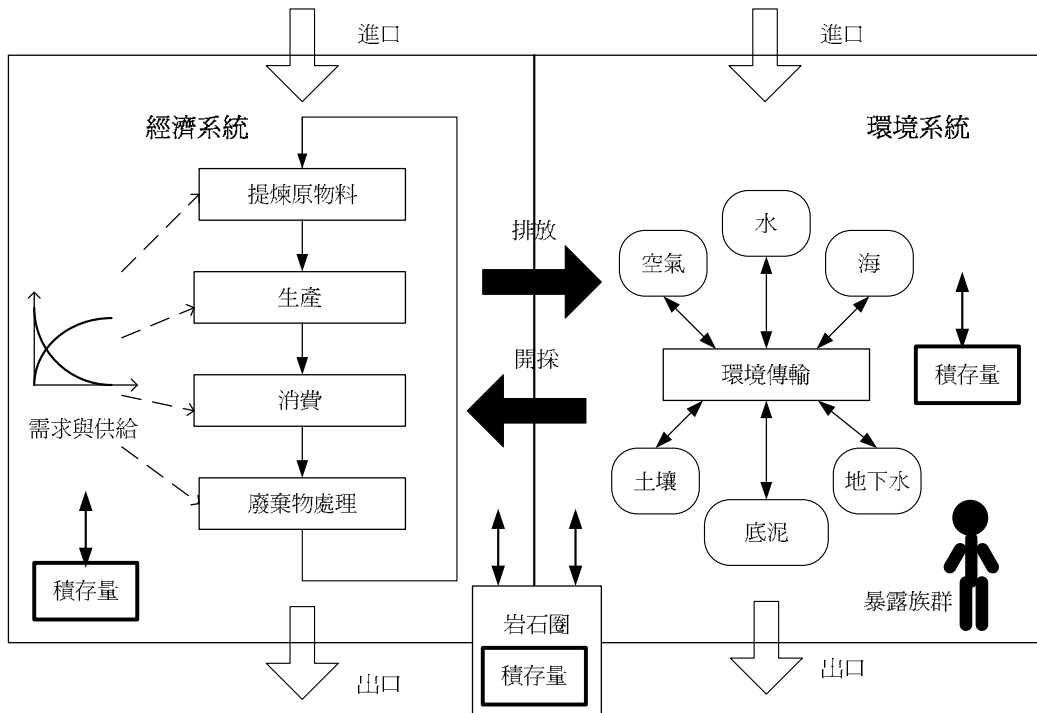
環境問題的根本是由於物質及能量在經濟與環境系統之間的流動發生異常所導致；環境的污染代表有害物質在環境中的濃度過度累積，進而影響到生態系的健康。如氮與磷是水體優氧化的元兇，氮氧化物以及碳氫化合物為臭氧的前驅物，碳排放普遍認定與溫室效應有關，因此對於特定環境議題管理應回歸到了解關鍵物質流動。物質流分析 (Material Flow Analysis, MFA) 所關心不但是流量，也包括衝擊性，綜合流量與衝擊性的綜合效應，我們才能用量化的方式檢示經濟活動所造成的環境負荷是否超越了環境承载力。OECD 從使用量和環境衝擊性兩個軸線選擇評估的物質對象，流動量大，物質的衝擊特性小，例如砂石與水資源，屬於廣義永續資源管理之範疇；而為危害性大，使用量較少，如毒化學物質，亦屬永續物質管理的對象並應用於化學品政策中。其他議題性的物質都落於高用量與高衝擊性兩端之間，管理的議題包括資源效率與回收、廢棄物減量以及排放減量等。

物質流分析是一種系統性思考的環境管理工具，其基礎如同許多科學工程之應用，是建構在質量平衡之上，然而物質流分析的應用範疇更加擴大，涵蓋經濟系統與環境系統。大尺度系統之物質流分析有些獨特的優點：第一點是物質流強調經濟系統與環境系統之間介面的重要性，一方面經濟系統從自然環境獲取所需要的物質，包括具總蘊藏量限制的礦產資源及產率不穩定的可再生資源；另一方面排放污染與廢棄物到環境中，而這些污染物及廢棄物內的物質原本即取之於環境；第二，物質流分析可透視經濟活動和環境問題的因果關係，經濟活動驅動了物質的流動，物質流動則引發了環境與資源問題；第三，物質流分析能預測未來隱而未顯的問題，例如在資源持續開發方面，可預見某個時間點資源將開始短缺，或是污染性物質持續注入環境中使得濃度不斷提高，勢必在某刻造成生態系的嚴重破壞。圖二便是以物質流解釋經濟圈與環境圈兩大系統的關聯性。

根據國際實務經驗，物質流分析研究分為「目標及系統界定」、「系統分析」、「盤查、資料評估及模式建立」、「結果闡釋」四個階段，分述如下：

(1) 目標及系統界定

為使物質流分析結果能與預期應用一致，此階段需要以問題標的來訂定研究之系統與系統邊界，明確界定時間及空間範疇，以利系統分析與資料盤查之進行。



圖二 經濟系統與環境系統內部與介面之間物質流動之示意圖

(2) 系統分析

物質流系統通常聚焦在人類社會體系內之物質流動情況，或稱為社會代謝或人類圈代謝 (anthropogenic metabolism)。社會代謝的系統有許多關鍵的程序，引導物質的流向與狀況轉變，而系統分析重點便在於描述系統由子系統和內部程序的構成狀態，並辨識內部程序與程序之間的關係，以及從一程序傳輸至其他下游程序或以特定型態積存 (stock) 的情形。常見的系統架構為物質之生命週期，分為礦產開採、原料提煉、製造加工、消費使用、與廢棄回收等階段，各階段可能涉及物質的投入產出或轉化。除了生命週期階段，其他系統架構也有製程、工廠設施、產業部門等

方式作為基本的系統單元。在環境系統的討論最簡單的是將環境分為土壤、水體以及空氣等幾個部分，也可以再細分成不同的環境區間 (compartments)，例如水體可以分成河川、湖泊、地下水及海洋，系統組成設定的細緻程度應符合一開始所設定的目標，並期足以解析所關切的議題。

(3) 盤查、資料評估及模式建立

收集各程序間物質流動量與進出系統之物質流動相關統計資料，並進行資料之整理與推估模式之建立。物質流分析的數值背後需要許多相關貨物的分類加總與含量分析。若分析的標的是物質類別 (如金屬、礦物、化石燃料、生物性物質)，則需要建立貨物的分類系統，在結構化的資料庫中加總分析。如以元素或化合物為分析標的，則需要含量作為計算基礎。常用的統計包括生產製程資料、相關原料 / 半成品 / 產品之進出口資料以及環境排放資料等。有時候統計資料的參考時間空間尺度與評估的系統範疇不一，則需要做些合理之假設，以利於推估可能的流量。目標範疇較統計資料小，應使用由上而下 (Top-down) 的策略，估算目標系統於大系統中流量分配的比例；反之，目標範疇比資料參考系統大，則以由下而上 (Bottom-up) 策略，利用可得的資訊估計目標系統相對於資料參考系統之放大比例，進行外插推估。若是時間的範疇不一致，常用的方式有穩定假設 (Steady-state)、時間序列趨勢回歸或系統動態模型。

(4) 結果闡釋

將整合分析之結果進行討論，例如了解主要物質流量與流向、辨別主要環境排放源等，分析物質流結果並進行原因探討。物質流影響的層面諸如特定環境衝擊和產業原物料成本提升，都可以藉著物質流分析加以量化，結果闡釋也包括影響因素的解析，比較系統內各相關流動對於該影響的貢獻程度，進而歸納管理策略應從何處著手。若能連結物質流與社會經濟因子的關聯性 (如人口、消費型態與進出口產業結構)，則可找出關鍵的驅動力，發展永續物質管理之策略。

物質流分析可應用於全球或國家大尺度、都市或產業中尺度，以及企業體小尺度。全球尺度的物質流所探討的是物質的跨國的運輸 (主要是貿易)，近年來全球化更加速有限資源的開發，工業化國家為了維持消費生產的高水平，從海外進口大量的資源物質，這些資源同時影響經濟政治國防安全的問題。全球尺度的物質流最明顯的例子就是碳，從世界各國碳盤查的比較，作為基礎討論各國對氣候變遷所承擔的責任。除了能源物質 (煤、石油與天然氣)，許多金屬物質也將面臨短缺危機，因

此需考量從廢棄的物質中提取所需的元素，亦即所謂的都市礦藏 (Urban mining)，相當於開發未來的資源。世界資源研究所 (WRI) 以及日本的國立環境研究所 (NIES) 已在搜集整理各國的資源投入情況，一個國家的都市礦藏可以從國家歷年來的不斷累積投入的資源來估算。全球的物質流分析也是立基於國家的物質流分析。

在都市層級方面，都市為聚集大量人口與經濟活動、消費的熱點，維持都市的機能需要大量的物質投入，農產品或各類工業製品等，這些物質大部分來自其他地域，而提供生產這些資源的地域相當於都市的腹地。消費之後產生大量的污水與廢棄物，這些排放也需要有具有「消化」或「積存」機能的腹地來接受，例如近郊掩埋場和接受都市污水的河川都是都市所需的腹地。一個都市要永續發展，必定要考慮到這兩種腹地的管理，提供充足資源以及環境服務。回顧各國的永續政策，許多國家開始重視都市的永續治理，因為都市化更加集中國家資源投入，而且都市在管理上有較為具體可行的策略，執行效果最明顯。都市永續治理的前提是對都市代謝一定的了解，物質流分析與能源流分析正適合解釋都市內部各種活動與資源投入的個別關係。在物質代謝的基礎上，連結物質需求與眾多社會、經濟、地理與環境因子的關係，所擬定的管理政策才能讓都市蛻變，發展出與周邊環境永續共生的模式。

在供應鏈與企業層級方面，供應鏈管理應用在企業管理上，主要在降低原物料的成本，維持穩定的供應；新的整合鏈管理，以供應鏈管理為基礎結合了物質流分析與生命週期評估，對上游至下游各廠商個別評估其能資源投入以及環境衝擊階段，並思考如何調整各階段的製程，產生資源效率與環境衝擊最佳化的條件。物質流也有助於比較不同產業的資源生產力或競爭力，單位能資源投入所能獲得的投資報酬越大，其資源生產力越高，例如鋼鐵物質可以投入許多不同的製造加工業，成為不同的產品，在製程過程中，鐵元素的附加價值不斷提高，因此如何提升鐵的資源生產力，可借助於物質流分析與價值鏈分析。

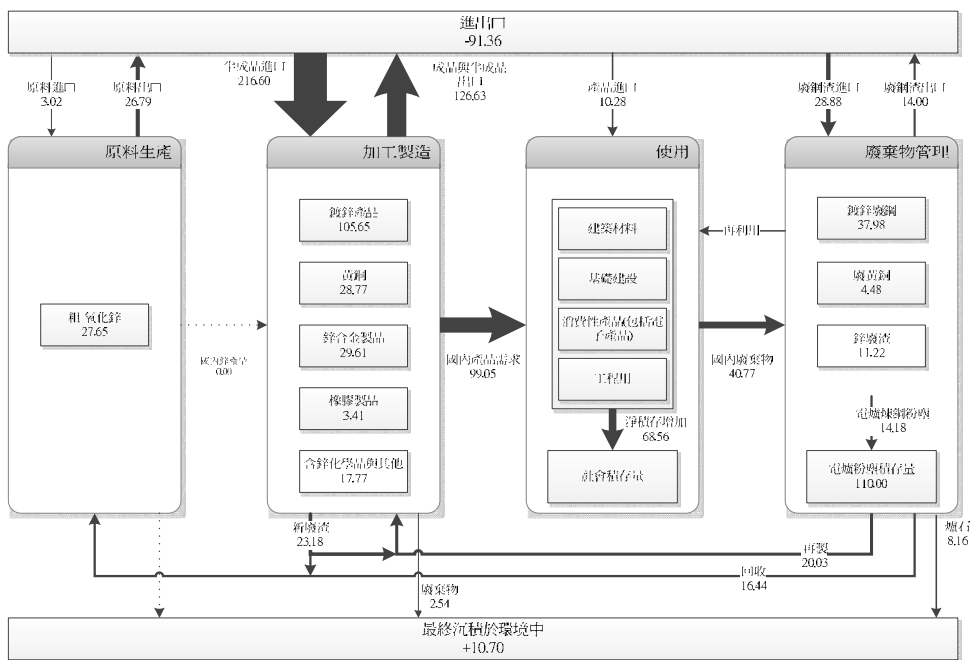
八、應用案例簡介

物質流分析案例—資源物質

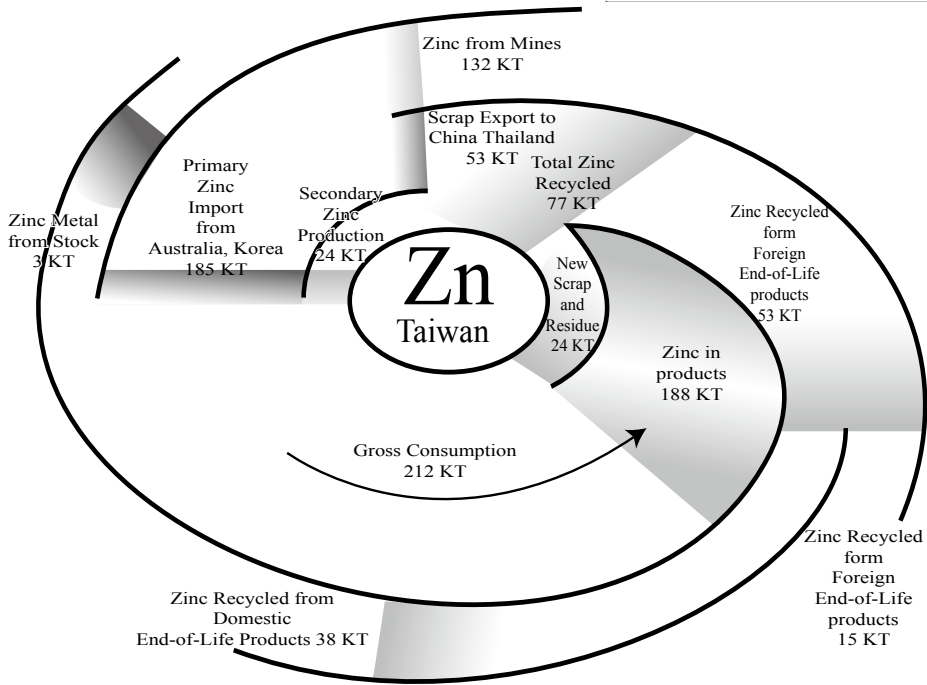
對於資源物質的元素流分析，比較著重於資源生產力及資源供給與需求、資源回收以及資源分配等議題。例如糧食生產與供給的問題，特別著眼在氮、磷等肥料原料的供應。對於基本金屬產業則可將主要的基本金屬，例如鐵、銅、鋅、鋁等列入分析；若探討高科技產業的穩定發展問題，則關鍵稀土金屬如鈾的供給，為亟需

掌握的標的。因此，在經濟層面的元素流分析，可以提供關鍵物質的資訊及現況，以供有關單位予以掌握、進而調整及制定相關的對策來確保整體供應鏈的穩定、減少不必要的資源耗費而提升整體產品競爭力。以下以台灣地區鋅資源的元素流分析應用為例簡單說明：

鋅在全球金屬的使用量位居第四，僅次於鐵、銅及鋁，然而鋅的整體再利用率卻遠不及前三者（約 80~90%），鋅的再利用率僅 30%，也因此鋅的使用並不永續，在 20~30 年內會有資源耗盡的問題。鋅的主要應用於鍍鋅抗蝕，約佔一半以上，其它做為黃銅與鋅合金；在化學應用領域頗廣，主要以橡膠加工、顏料添加等應用為主。為了強化此類元素應用及流向的掌握，元素流分析便是一個關鍵地工具來協助決策者進行判斷。圖三是 2009 年台灣鋅元素流分佈圖，透過元素流分析的表現，有助於掌握物質在各階段的進出口、應用、廢棄或再利用的流向及量。就鋅資源的循環利用情況整合顯示如圖四，可協助說明台灣整體的鋅金屬資源需求、資源生產力、廢棄資源收集及再生能力以及對於天然資源的消耗責任。



圖三、2009年台灣地區鋅元素流分析(kt/year)

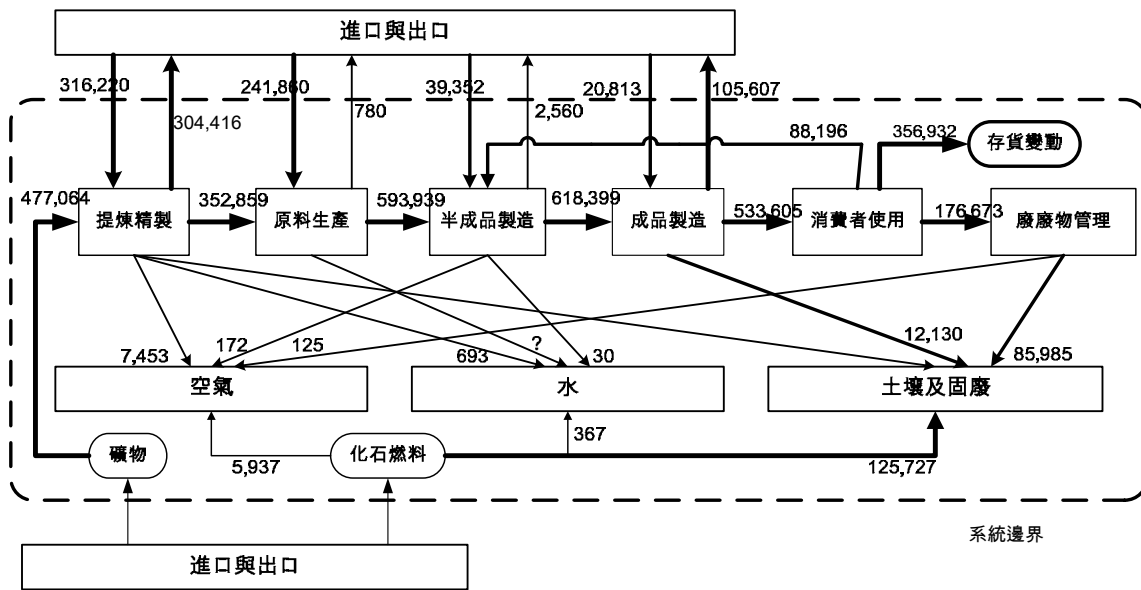


圖四、2009年台灣地區鋅資源循環系統

物質流分析案例—有害物質

關於有害物質的管理，物質流分析系統（如圖五）可以鑑別出幾個關鍵點，包括生命週期的關鍵階段、關鍵產業、活動與關鍵排放，甚至是環境高風險地區。由於物質流動為經濟活動的表現，管理產業活動同時不但影響了物質的流量，也改變的新進有害物質在環境中的流布。在砷的物質流分析中，我們發現砷的的流動與排放可以歸類成兩個主軸線，一個是含砷的製程（包括廢棄物處理），另一個是化石燃料衍生的排放。研究發現化石燃料的排放大於含砷製程的排放，而化石燃料的大宗又以火力發電、高爐煉鋼以及石化業為主，因此應以這些產業優先著手管理。目前社會所關心之高科技產業含砷的製程，以物質流分析計算了半導體產業和光電產業所投入的砷和砷排放，相對於上述的產業，其砷排放小了兩位數。然而，含砷產品將是未來潛在的問題，2007年台灣地區的砷淨增加850公噸（扣除出口），其中有78.5%成為產品進入消費圈，未來終會成為廢棄物，成為未來的隱憂。因此產品的製程盡可能應避免砷的投入，目前LCD玻璃基板的已經改為無砷製程（砷化合物作為消泡劑），含砷之農藥和木材防腐處理亦應漸以其他化學原料替代。

藉由物質流分析以及經濟模型的結合，即可探討經濟活動的影響。比較衣食住行等消費行為，發現砷的空氣排放受到「住」的影響最大，住的消費會帶動能源產業、鋼鐵產業及水泥業的供給活動。值得進一步討論的是，住宅所需的材料配備和服務應如何挑選及配置，進而降低供應鏈所產生的環境衝擊。對水體和廢棄物的排放則分別受「行」與「消費電子電機產品」影響最大。出口也牽動了境內的供應鏈型態，跟內需比較起來，出口對砷排放貢獻為37~68%不等，而國內需求佔了32~63%，出口的產品結構若能減少對電力業、石化業、以及產生含砷廢棄物之產業之依賴，將可以減輕砷對環境與人體健康的壓力。



圖五 台灣地區砷的物質流系統分析

九、結語

永續發展牽涉到經濟與環境、自然與人等維度複雜的相互影響，有賴整合各層級各單元的管理，協力邁向正確的方向。而此方向的定位需要關鍵資訊做為基礎；人類活動如何改變物質的重新分配並導致資源及環境的影響，便是這樣一種值得正視的關鍵資訊。如此的物質流動資訊可以引導我們及早發現問題並調整管理的方向。

永續物質管理的精神在於整合、運用這些資訊於各層級的管理策略規劃中。先力求進行方向的正確，而從規劃到實踐，則有賴跳脫因循的思維及行為模式。我們所承受的世界，各樣的物質及能量、原子及分子，和諧巧妙的運行，提供了適合我們生存成長的環境，美麗且平衡。這樣的平衡，我們必須在其中，責無旁貸。

參考文獻

1. Brunner, P. H., and H. Rechberger. 2004. Practical handbook of material flow analysis. CRC Press.
2. Dahlstrom, K., and P. Ekins. 2006. Combining economic and environmental dimensions: Value chain analysis of UK iron and steel flows. *Ecological Economics* 58, no. 3 (25): 507-519.
3. Guinee, J. B., J. Van den Bergh, J. Boelens, P. J. Fraanje, G. Huppes, P. Kandelaars, T. M. Lexmond, S. W. Moolenaar, A. A. Olsthoorn, and H. A. Udo de Haes. 1999. Evaluation of risks of metal flows and accumulation in economy and environment. *Ecological economics* 30, no. 1: 47-65.
4. Hansen, E., and C. Lassen. 2000. Paradigm for Substance Flow Analysis. Guide for SFAs carried out for the Danish EPA. Environmental Project 577.
5. Hashimoto, S., and Y. Moriguchi. 2004. Proposal of six indicators of material cycles for describing society's metabolism: from the viewpoint of material flow analysis. *Resources, Conservation and Recycling* 40, no. 3: 185-200.
6. Hoekstra, R., and JCJM van den Bergh. 2006. Constructing physical input-output tables for environmental modeling and accounting: Framework and illustrations. *Ecological Economics* 59, no. 3: 375-393.
7. Matthews, E., et al. 2000. The weight of nations-Material outflows from industrial economies. World Resources Institute. Washington, D.C.
8. Nakajima, K., K. Matsubae-Yokoyama, S. Nakamura, S. Itoh, and T. Nagasaka. 2008. Substance flow analysis of zinc associated with iron and steel cycle in Japan, and environmental assessment of EAF Dust Recycling Process. *ISIJ international* 48, no. 10: 1478-1483.
9. OECD. (2008) MEASURING MATERIAL FLOW RESOURCE AND PRODUCTIV-

- ITY. Volume I. The OECD Guide.
10. OECD. (2008) MEASURING MATERIAL FLOW RESOURCE AND PRODUCTIVITY. Volume II. The Accounting Framework.
 11. OECD. (2008) MEASURING MATERIAL FLOW RESOURCE AND PRODUCTIVITY. Volume III. Inventory of Country Activities.
 12. Spangenberg, J. H., F. Hinterberger, S. Moll, and H. Schutz. 1999. Material flow analysis, TMR and the MIPS concept: a contribution to the development of indicators for measuring changes in consumption and production patterns. *International Journal of Sustainable Development* 2, no. 4: 491-505.
 13. 日本環境省，「Establishing a sound material-cycle society- Milestone toward a sound material-cycle society through changes in business and life styles」第一部份（2010）
 14. 蘇宏仁，2009，台灣地區砷之物質流分析，國立台灣大學環境工程學研究所，碩士論文
 15. 張琪惠，2010，台灣地區鉛之物質流分析與環境衝擊評估，國立台灣大學環境工程學研究所，碩士論文

中國大陸和台灣資源回收制度的前景與展望

溫麗琪、林俊旭

全球面臨資源與環境雙重危機下，資源回收成爲加速節能減碳的重要工作。特別是電子產品銷售遍佈全球，廢棄物成長速度快，廢電子電器的資源回收成爲全球性問題，如何能夠將廢電子電器妥善處理，是目前各國尋求解決的問題之一，也爲大企業社會責任的一環。不僅如此，在能源資源的匱乏下，原物料價格上升，資源回收工作所產出的再生料投入製造也被視爲電子產業節能減碳的重要績效，以及未來在電子電器市場競爭力的指標。因此，不論由資源或環境的角度而言，資源回收工作和其產業發展在全球各國皆屬重要工作。

主要問題是如何化資源環境的危機爲轉機，讓資源回收成爲循環經濟的重要推手？台灣在資源回收工作已推動相當長的一段時間，在「廢清法」的要求和環保署「資源回收管理基金管理委員會」的推動下，有相當亮麗的表現；而中國大陸目前通過的「廢電器及電子產品回收處理管理條例」（俗稱 ChinaWEEE）更是受到全世界的矚目，在「以舊換新」政策的支持下，帶動了資源回收企業投資的熱潮。

因此，兩岸資源回收制度是否有效帶動產業投入資源回收工作是本文探討的主要議題和重點。本文藉由兩岸資源回收法令制度和市場的比較分析，嘗試瞭解目前兩岸在資源回收工作的可能癥結和未來制度上應有的改進方向。本文發現台灣和中國大陸所採取的費率制度雖然一致，但市場大小主導著資源回收企業的生存條件，在台灣，資源回收企業主要依賴政府政策，但在中國大陸，企業的生存方式較爲多元化，政策支持僅爲企業生存之一環。另外，在中國大陸，費率制度由各部委以專業方式參與，中央統一補貼，地方管理資源回收企業。然而，管理權力是否能和補貼充分配合？在中國大陸要能發揮制度成效，各部委及中央地方的關係也必須有效

釐清和相互配合。因此，為能有效釐清兩岸制度是否能夠發揮資源回收成效，第一節說明兩岸目前資源回收現況，第二節進行兩岸資源回收法規制度的比較，第三節則就兩岸資源回收市場規模與成本進行分析，最後則是兩岸資源回收未來前景與展望。

壹、兩岸資源回收現況

台灣環保署回收基管會於 1998 年成立，推動各項公告應回收一般廢棄物之資源回收工作。主要的資源回收工作是依據《廢棄物清理法》（以下簡稱《廢清法》）之規定，要求應回收項目之製造、輸入業者，按當期營業量，繳納回收清除處理費。所有繳納的費用成立特種基金，並將該筆基金用於補貼回收處理業者，藉以提高回收處理工作之誘因。

歷年來台灣資源回收成效¹的表現如表 1 ~ 2，整體而言，台灣資源回收工作已相當制度化，每一年藉由資源回收產生了一定比例的二次料，逐漸達成循環性社會的基本架構。表 1 及表 2 分別為台灣地區應回收廢棄物歷年來（1998 ~ 2009）之營業量、回收量，以及回收率（回收量 / 營業量）的平均數和變異數情形。表 1 中容器類的平均回收率數值從最低的乾電池（27.5%）到最高的 PVC（129.1%），表 2 物品類的平均回收率數值則由最低的筆記型電腦（1%）到最高的輪胎（70.4%）。整體而言，回收率數值的差異性相當大，有的回收率遠超過 100%，有的回收率則極低。²

中國大陸在資源回收工作的腳步雖然不若台灣，然 2009 年 3 月立法通過了〈廢電器及電子產品回收處理管理條例〉，俗稱 ChinaWEEE，卻受到全世界各企業的矚目。為了能夠讓此一條例順利於 2011 年 1 月 1 日實施，大陸政府更進一步自 2009 年 6 月 1 日起，在北京、天津、上海、江蘇、浙江、山東、廣東、福州和長沙等地實施以舊換新資源回收政策。

以舊換新為中國大陸商務部所主導的政策，其主要目的是希望透過家電舊換新的補貼方式，來達成新家電節能和舊家電資源回收的雙重環保效果。補貼額度為新

1 自從資源回收工作制度化之後，回收處理廢棄物的成效明顯由幾個指標具體呈現。資源再生利用率代表個別產品的資源回收成份，而資源回收率代表的是整個社會所有產品的垃圾產生量中資源物質比例，收集率則代表個別產品在市場上的回收情形。

2 究其部分可能原因，在於相關法規訂定「某些特定業者毋需申報營業量」，例如夜市、早餐店等即不須申報營業量，且部分材質的營業量短漏報情況亦使得營業量申報偏低，現行營業量查核有關銷售量或生產量的估計認定亦存在誤差，均使得回收率指標的可靠性一直以來未盡如人意。

表1 歷年來容器類之營業量、回收量、回收率統計分析
(1997~2009)

應回收材質		營業量	回收量	回收率
鐵容器 (公斤)	平均數	73,509,489	39,361,264	53.5%
鋁容器 (公斤)	平均數	21,752,744	8,261,223	38.0%
玻璃容器 (公斤)	平均數	193,234,906	120,024,009	62.1%
紙盒包 (公斤)	平均數	17,426,390	4,013,844	23.0%
紙餐具 (公斤)	平均數	6,747,486	4,262,247	63.2%
鋁箔包 (公斤)	平均數	18,823,123	7,687,648	40.8%
PET 塑膠容器 (公斤)	平均數	51,683,638	66,469,027	128.6%
PVC 塑膠容器 (公斤)	平均數	1,711,117	2,209,623	129.1%
發泡 PS 塑膠容器 (公斤)	平均數	1,459,784	1,577,526	108.1%
未發泡 PS 塑膠容器 (公斤)	平均數	7,403,264	2,767,327	37.4%
PP/PE 塑膠容器 (公斤)	平均數	41,549,526	42,993,821	103.5%
農藥廢容器及特殊環藥 (公斤)	平均數	5,893,027	851,799	14.5%
乾電池 (公斤)	平均數	7,044,348	1,934,314	27.5%

表2 歷年來物品類之營業量、回收量、回收率統計分析
(1997~2009)

應回收材質		營業量	回收量	回收率
機車 (台)	平均數	705,255	300,266	42.6%
汽車 (台)	平均數	390,029	160,969	41.3%
輪胎 (公斤)	平均數	139,286,282	98,079,380	70.4%
鉛蓄電池 (公斤)	平均數	51,622,193	33,365,653	64.6%
潤滑油 (公升)	平均數	1,553,106,865	15,633,097	1.0%
電視機 (台)	平均數	811,308	494,525	61.0%
洗衣機 (台)	平均數	534,273	276,058	51.7%
電冰箱 (台)	平均數	581,032	319,316	55.0%
冷暖氣機 (台)	平均數	1,194,763	218,565	18.3%
筆記型電腦 (件)	平均數	1,303,193	13,523	1.0%
主機 (件)	平均數	523,533	11,839	2.3%
監視器 (件)	平均數	5,823,896	701,876	12.1%
印表機 (件)	平均數	1,774,862	511,012	28.8%
照明光源 (公斤)	平均數	960,007	522,537	54.4%

家電銷售價格的 10%³，而補貼方式為購買地點當場兌現補貼資金。

整體而言，以舊換新政策成效卓著，截至 2010 年 12 月 9 日，新家電的銷售量和舊家電的回收量雙雙突破 3000 萬台，分別為 3002.6 萬台和 3110.9 萬台。整體銷售額達 1126.9 億元，政府投入金額至少已投入百億元以上。而 2010 年 1-11 月月均銷售 232.7 萬台，月均銷售額 86.8 億元，分別較去年增長 285% 和 267%，全國家電拆解企業已實際拆解處理廢舊家電 2212.8 萬台，拆解率為 71.7%，同比上升 30%。以舊換新政策也使得相關從業人員達 30 多萬人，消費者享受財政補貼 22.8 億元，受惠家庭 600 多萬戶。

貳、兩岸資源回收法規制度的比較

由於電子廢棄物成長速度極快，以及 ChinaWEEE 實施在即，兩岸企業，也包括其他國家，均視此一時機為投入中國大陸資源回收工作之最佳時機。兩岸資源回收法規制度的比較也隨之受到極大的重視，特別是資源回收成效受到政府政策的影響極大，此一比較也將影響到兩岸資源回收企業的投資意願。因此，究竟中國大陸的 ChinaWEEE 和實施已久的台灣資源回收制度（或相關市場）有何不同？其差異不但影響著台灣企業的投資行為，也關係著未來中國大陸資源回收環境成效。因此，本節由法令部分說明兩岸制度的異同之處。

台灣的資源回收相關法令係根據廢清法第 15 ~ 17 條而來。廢清法第 15 條規定在台灣應回收處理的廢棄物，以及相關企業的回收處理責任，條文如下：

物品或其包裝、容器經食用或使用後，足以產生下列性質之一之一般廢棄物，致有嚴重污染環境之虞者，由該物品或其包裝、容器之製造、輸入或原料之製造、輸入業者負責回收、清除、處理，並由販賣業者負責回收、清除工作。

- 一、不易清除、處理。
- 二、含長期不易腐化之成分。
- 三、含有害物質之成分。
- 四、具回收再利用之價值。

應由製造、輸入業者負責回收、清除、處理之物品或其容器，及應負回收、清除、處理責任之業者範圍。

3 雖然補貼額度為新家電銷售價格的 10%；然五類家電補貼的上限分別為電視 400 元 / 台、冰箱 (含冰櫃) 300 元 / 台、洗衣機 250 元 / 台、空調 350 元 / 台、以及電腦 400 元 / 台。

簡單而言，根據廢清法第 15 條，凡是廢棄物具有不易清除、處理、長期不易腐化、含有毒物質、以極具有回收再利用之價值等四種特性的廢棄物即成為台灣應公告的資源回收項目，而台灣相關產品的製造及輸入業者更必須負責回收清除處理的相關責任。

唯值得注意的是，在台灣，台灣企業負擔的僅為財務責任，大部分的企業並未真正從事回收處理工作。廢清法第 16 條規定，詳細說明了製造及輸入業者的財務責任，特別是必須如何繳交回收清除處理費用，以及資源回收基金收入來源的相關規定，條文如下：

依前條第二項公告之應負回收、清除、處理責任之業者（以下簡稱責任業者），應向主管機關辦理登記；製造業應按當期營業量，輸入業應按向海關申報進口量，於每期營業稅申報繳納後十五日內，依中央主管機關核定之費率，繳納回收清除處理費，作為資源回收管理基金，並應委託金融機構收支保管；其收支保管及運用辦法，由中央主管機關定之。

前項輸入業於向海關申報進口量時，應同時申報容器材質及其他經中央主管機關指定之物品或容器規格等資料。

製造或輸入之物品或其包裝、容器，不在國內廢棄或使用後不產生廢棄物之責任業者，得檢具相關證明文件扣抵營業量、進口量或辦理退費。

第一項責任業者辦理登記、申報、繳費方式、流程、期限、扣抵、退費及其他應遵行事項之管理辦法，由中央主管機關會商中央目的事業主管機關定之。

第一項之費率，由中央主管機關所設之資源回收費率審議委員會依材質、容積、重量、對環境之影響、再利用價值、回收清除處理成本、回收清除處理率、稽徵成本、基金財務狀況、回收獎勵金數額及其他相關因素審議，並送中央主管機關核定公告；資源回收費率審議委員會設置辦法，由中央主管機關定之。

廢清法第 16 條指出，台灣的製造及進口業者每兩個月必須申報其營業量，並且按照每一項應回收電子廢棄物公告之費率繳交回收清除處理費。另外，由應回收廢棄物的相關製造及輸入企業所繳交的基金亦依法成立了資源回收管理基金，其法定用途則說明在廢清法第 17 條，條文如下：

前條第一項之資源回收管理基金，應使用於下列用途：

- 一、支付回收清除處理補貼。
- 二、補助獎勵回收系統、再生利用。
- 三、執行機關代清理費用。
- 四、經中央主管機關評選委託之公正稽核認證團體，其執行稽核認證費用。
- 五、其他經中央主管機關同意，與一般廢棄物資源回收有關之用途

廢清法第 17 條說明，台灣資源回收管理基金的使用，基本上分為兩類：營業基金和非營業基金。營業基金專款專用於回收清除處理的補貼；目前按規定，營業基金的使用額度約為企業繳交費用總額的 80%，屬於不可累積循環的基金項目；而「非營業基金」用來作為補助獎勵回收系統、再生利用、執行機關的代清理費用、以及稽核認證等相關費用的支出，整體使用額度約為基金的 20%，屬於可循環、累積的基金。

原先營業基金的設計為流動性基金，量出為入，不保留；而非營業基金基本上為行政管理費用，餘額可累積作為下一年度的資源回收政策研發之所需或管理費用。然而，究竟此種設計是否合理？當年受到了相當多的討論，主要是兩種基金的同時存在成為環境法令上的創舉，是否有違法理也成為討論制度改變的誘因。

而基金的本身有當期極大盈虧的可能性，也使得台灣的基金運作費率審議的主要原則一直不斷改變，費率公式已累積了三個版本，而目前的費率公式其中一項即為避免資源回收無法清楚預期支出、可能導致過大的虧損情形，費率之計算設定了基金之安全存量作為財務管理之主要原則。

整體而言，台灣的廢清法相關子法在資源回收基金會成立 12 年來，已修訂不少相關法令，包括以下等各種辦法：

- 資源回收管理基金信託基金部分收支保管及運用辦法
- 行政院環境保護署資源回收費率審議委員會設置辦法
- 應回收廢棄物責任業者管理辦法
- 照明光源業者各項申報表格式
- 潤滑油責任業者溢繳回收清除處理費申請退費執行要點
- 乾電池回收清除處理費費率

- 容器回收清除處理費費率
- 物品回收清除處理費費率
- 物品（電風扇、鍵盤、非直管照明光源）回收清除處理費費率
- 物品回收清除處理費（機動車輛類）費率
- 生質塑膠物品及其容器回收清除處理費費率
- 應回收廢棄物回收處理業管理辦法
- 廢容器回收貯存清除處理方法及設施標準
- 廢照明光源回收貯存清除處理方法及設施標準
- 應回收廢棄物回收清除處理補貼申請審核管理辦法
- 應回收廢棄物稽核認證作業辦法
- 廢乾電池回收貯存清除處理方法及設施標準
- 廢輪胎回收貯存清除處理方法及設施標準
- 廢鉛蓄電池回收貯存清除處理方法及設施標準
- 廢機動車輛回收貯存清除處理方法及設施標準
- 廢潤滑油回收貯存清除處理方法及設施標準
- 廢電子電器暨廢資訊物品回收貯存清除處理方法及設施標準
- 以聚乙烯對苯二甲酸酯及聚氯乙烯材料製成之容器，取消回收獎勵金之日期及實施方式
- 應向主管機關辦理登記，並申報回收、處理量及相關作業情形之應回收廢棄物回收業及處理業之規模

在中國大陸方面，有 ChinaWEEE 之稱的「廢電器及電子產品回收處理管理條例」，是 2009 年 3 月立法通過，2010 年 6 月底前完成規劃，開始各部會協調的法案。ChinaWEEE 的內容於 2010 年 9 月底完成並呈報國務院，進行報告和討論，預計於 2011 年 1 月 1 日實施。

ChinaWEEE 的法源依據是「固體廢物污染環境防治法」及「清潔生產促進法」，由環保部為主管單位，和台灣相似，但內容上又依其性質，分屬不同的管轄單位；例如管制目錄由發改委主管；基金管理由財政部統一定價、並經由國稅系統徵收，成為全國性基金，及單一系統統一補貼的運作機制。只有處理廠許可證是由環保部真正主管，而由 300 個地級市核發其許可。

從大陸資源回收制度的設計可看出，ChinaWEEE 有較好的專業能量支持。特別

是台灣的基金完全歸環保單位管理，而大陸考量到基金本身關係到市場運作、以及收費補貼等經濟問題，由不同單位管理，比較能夠依照市場情況以及財政原則制訂相關政策，也避免環保專業人才投入過多的資源於費率計算等工作。

ChinaWEEE，即「廢電器及電子產品回收處理管理條例」，第3條要求建立廢電器及電子產品的管理目錄，確定電子廢棄物的管理範圍以及主管部門，條文如下：

第三條 列入《廢棄電器電子產品處理目錄》（以下簡稱《目錄》）的廢棄電器電子產品的回收處理及相關活動，適用本條例。

國務院資源綜合利用主管部門會同國務院環境保護、工業信息產業等主管部門製訂和調整《目錄》，報國務院批准後實施。

和台灣廢清法第15條相比，目前中國大陸還未能有效確定應納入目錄的主要參考因素和標準。另外，在「廢電器及電子產品回收處理管理條例」第6條，對廢電子產品的處理上，規定企業必須獲得資格許可才能進行處理工作。此部分則和台灣完全相同，唯一在處理許可的要求上，中國大陸對於處理廠的規模要求較台灣大很多。

第六條 國家對廢棄電器電子產品處理實行資格許可制度。設區的市級人民政府環境保護主管部門審批廢棄電器電子產品處理企業（以下簡稱處理企業）資格。

ChinaWEEE 第7條和台灣廢清法第16、17條相同，依法建立廢棄電器電子產品處理基金，並將徵收而得的基金用於廢棄電器電子產品回收處理工作的補貼。

第七條 國家建立廢棄電器電子產品處理基金，用於廢棄電器電子產品回收處理費用的補貼。電器電子產品生產者、進口電器電子產品的收貨人或者其代理人應當按照規定履行廢棄電器電子產品處理基金的繳納義務。

廢棄電器電子產品處理基金應當納入預算管理，其徵收、使用、管理的具體辦法由國務院財政部門會同國務院環境保護、資源綜合利用、工業信息產業主管部門製訂，報國務院批准後施行。

制訂廢棄電器電子產品處理基金的徵收標準和補貼標準，應當充分聽取電器電

子產品生產企業、處理企業、有關行業協會及專家的意見。

整體而言，兩岸資源回收制度可以綜合比較如表 3 所示。兩岸都是採取對生產及進口業者課費的繳費制度，並建立補貼系統，除了在應回收廢棄物的目錄上，有些許的不同外（台灣除了四機一腦，還有鍵盤、電風扇），中國大陸在主管機關的參與上，不僅有環保機關為主管單位，還納入其他部委，尊重專業表現的作法值得稱許。然而，也因為如此，費率制度的執行將預期會有更多協調性工作，更符合市場的期待。

表3 兩岸的資源回收制度綜合比較

WEEE 回收制度面向	中國	台灣
法令依據	廢電器及電子設備回收處理管理條例	廢棄物清理法
責任主體	生產及進口業者	生產及進口業者
制度運作	繳費制	繳費制
收費與補貼體系	單一收費與補貼體系	單一收費與補貼體系
主管機關	環保部、財政部、發改委	環保署
管制範圍	四機一腦	四機一腦 + 鍵盤電風扇

資料來源：本研究整理。

參、兩岸資源回收市場規模與成本

在制度法令上，兩岸採取了相同的費率制度，而在實務運作上，兩岸目前仍存有極大差異。在台灣，由於資源回收工作行之有年，資源回收市場已經相當成熟，也具有一定程度的市場規模；整體而言，過去的成果都是依賴行政院環境保護署的資源回收基金管理委員會對於費率制度的操作及管理。而中國大陸資源回收產業目前規劃的發展模式則是由省級人民政府環境保護主管單位的規劃，透過該區的市級人民政府保護主管部門（如蘇州固廢中心）發放許可證給當地的處理企業，再經由中央財政部門基金的補貼，進行相關的資源回收工作，運作上有相當大的中央地方協調工作。

整體而言，兩岸電子廢棄物回收市場規模可從營業量和目前實際回收量的相關

表4 中國大陸和台灣消費性電子產品市場銷售量

單位：萬台

年銷售量 (萬台)	中國	台灣
電視機	4200	60
冰箱	1600	60
洗衣機	2400	60
冷氣機	3600	120
桌上型電腦	4610	180
筆記型電腦		65
印表機	6167	220
監視器		100

資料來源：1、行政院環境保護署（2007）。2、許江萍（2010）

表5 中國大陸和台灣消費性電子產品回收處理量

單位：萬台

回收量 (萬台)	中國 (2009/06/01~2010/12/9)	台灣 (2009)
電視機	四機一腦 共計 3000 萬台以上	50.5
冰箱		29.4
洗衣機		29.2
冷氣機		32.6
桌上型電腦		83.9
筆記型電腦		4.5
		共 230 萬台

資料來源：1、資源回收管理基金管理委員會網站。2、中國商貿服務司網站

數值來加以分析和比較。表 4 為中國大陸和台灣消費性電子產品目前的市場銷售量。台灣的電視機、冰箱、洗衣機一年的市場規模大約是 60 萬台，冷氣機 120 萬台、桌上型電腦 180 萬台、印表機 220 萬台左右；而大陸的市場銷售量則是台灣的 30 ~ 70 倍之多。

兩岸在電子廢棄物的市場規模上有著極大的差距。回收量的差距也很驚人，如表 5 所列，大陸目前的回收量在 1 年半的時間內即達 3000 萬台，約有 10 倍左右。在回收量與銷售量比值兩相比較之下，中國大陸的整體回收工作仍有很大的成長空

間，相信未來還有相當多的資源回收企業會進一步投入中國大陸市場。

市場規模相差數十倍的兩岸資源回收市場，是否在 ChinaWEEE 的要求下，未來會有同樣的表現？各界都相當期待。目前，由中國大陸目前在以舊換新政策下的表現可稍微進行分析。表 6 為目前兩岸在廢電子電器回收成效上的比較，此處以回收量和營業量的比值作為回收成效的指標，中國大陸以舊換新帶來的高回收率相當值得肯定，尤其是短短時間內和台灣目前的回收率幾乎大致相同。根據商務部網站的資料顯示，國美的回收率有 57%，蘇寧更高達 68%。和台灣 2007 年的表現相比，一點都不遜色。然而，這是在相當強勁的經濟誘因下的環境表現。未來是否還能夠出現如此好的表現？是否目前的制度有足夠的政策誘因，是相當值得深思之處。

表 6 中國大陸和台灣消費性電子產品回收成效

舊換新佔總銷售 回收率	中國 (2009/06/01~2010/12/9)	台灣 (2007/1/1~10/31)
電視機	國美：57% 蘇寧：68%	120.53%
冰箱		53.70%
洗衣機		51.14%
冷氣機		31.14%
桌上型電腦		44.83%(主機板)
筆記型電腦	未在補貼範圍內	14.16%
印表機		60.55%
監視器		40.01%

資料來源：1、溫麗琪（2010）2、中國商貿部網站

為了能夠回答此一問題，本文作者參訪了蘇州相關的處理業者，並依據相同的成本計算方式，嘗試瞭解兩岸目前的處理成本⁴。基本上，大陸的回收處理企業較為多元化，廢棄物的處理利用比較有規模經濟的條件，回收處理企業不一定以回收處理的政府補貼為主要的收入來源，反而是以廢棄物零件的重複利用，販賣，以及再生料的生產為主。此點和台灣的受補貼業者幾乎以政府補貼為主要收入來源有很大差異，也顯示在兩岸，市場規模影響了企業的生存條件甚巨，大陸市場大，資源回收

⁴ 本文作者參訪了蘇州的三家處理業者，其中一家為領取政府補貼的業者，主要以資源回收，生產再生料為主要收入來源。其他兩家，一家以處理下腳料，煉製貴重金屬為主要收入來源，另一家以拆解零件販賣，盡可能達成零廢棄的產品使用目標。

不一定需要政府的補貼就可生存；而台灣由政府補貼政策幾乎必須成爲廢電子產品資源回收工作推動的主要誘因，否則企業很難生存。

然而，是否規模大就代表目前中國大陸的單位處理成本一定比較低？事實上並不一定。表 7 爲目前兩岸處理成本的比較，在大陸，目前以舊換新政策下，同樣領取政府補貼的工作相比，兩岸的資源回收處理技術和要求其實差異不大，目前中國大陸的處理企業，其處理成本約 2.7 元人民幣 / 公斤⁵。以此計算各項廢電子電器物品的相關成本，例如電視機平均一台 25 公斤，單位處理成本約 67.5 元人民幣。在不考量各項處理技術的複雜性之下，大陸目前的處理成本高於台灣，例如台灣的電視機冰箱約新台幣 100 元可處理完畢，但在大陸可能目前的處理技術和現況需要 3 倍以上的成本。主要的處理成本差異還是來自於處理總量的變動，目前大陸的處理量還未能穩定情況下，實際的處理成本受到處理量相當大的影響，使得目前所計算數值呈現很大的變化幅度。

表7 中國大陸和台灣的單位處理成本比較

項目 單位 (公斤)	中國		台灣	
	(人民幣)	(台幣)	(人民幣)	(台幣)
電視機 (25)	67.5	302.4	29.9	143.5
冰箱 (40)	108.0	483.8	19.4	93.0
洗衣機 (50)	135.0	604.8	55.8	267.8
冷氣機 (60)	162.0	725.8	39.1	187.9
桌上型電腦 (12)	32.4	145.2	19.2	92.0
筆記型電腦 (4)	10.8	48.4	28.7	138.0
印表機 (9)	24.3	108.9	22.5	103.0
監視器 (12)	32.4	145.2	23.8	114.0

資料來源：1、行政院環境保護署（2007）2、許江萍（2010）3、台灣銀行2010/12/19 人民幣匯率 4.48

其次，除了處理成本之外，兩岸目前在處理補貼的費率上也是一個觀察經濟誘因是否足夠的重點。目前依據兩岸公告的補貼價格來看（表 8），台灣的處理補貼費率顯然高於大陸的費率，以冰箱而言，台灣的補貼價格是大陸的 9 倍以上。這對於未來在大陸的資源回收企業而言，是否能夠在目前處理成本高，處理補貼費率低的

5 本研究以蘇州擁有資產的處理企業爲研究對象。

表8 中國大陸和台灣的處理補貼費率

項目 (單位:元/台)	中國		台灣	
	(人民幣)	(台幣)	(人民幣)	(台幣)
電視機	10-12	44.8-53.76	28.3-82.8	127-371
冰箱	12-15	53.76-67.2	90.2-135.2	404-606
洗衣機	5-7	22.4-31.36	70.8	317
冷氣機	5-7	22.4-31.36	55.4	248
桌上型電腦	13-15	58.24-67.2	10.98	49.2
筆記型電腦	-		8.7	39
印表機	10-13	44.8-58.24	18.1-30.56	81-137
監視器	-		28.3-52.0	127-233

資料來源：1、行政院環境保護署（2007）2、許江萍（2010）3、台灣銀行2010/12/19 人民幣匯率 4.48

條件下，有強烈收購廢電子電器產品的意願，必須進一步觀察大陸是否還有更多的配套政策誘因而定。

大陸目前的以舊換新補貼就是一個成效卓著的強烈經濟誘因政策，光是在消費者的收購補貼上，就花了相當多的費用來刺激消費者以舊換新。表9說明了目前以舊換新政策上的消費者補貼費率與其他運送、拆解的補貼之比較。很明顯的是，整體政策上，收購補貼比運送、拆解補貼費用高很多，長此以往，如果以舊換新的政策消失，光靠業者繳交的基金要支應所有的補貼不但是不足的情況，且要如何刺激一般大眾再將廢棄物拋棄於國家制度下的應有管道，應該是很大的挑戰，值得觀察。

表10比較了兩岸目前的電子電器資源回收清除處理費徵收費率。根據許江萍（2010）建議數值來看，目前台灣所徵收的費率普遍皆高於大陸的費率，顯示台灣業者的負擔高於大陸。然而，中國大陸是否能夠維持如此低的費率，相當令人好奇，尤其是在目前以舊換新政策需要支出的補貼費用即高達百億元以上的規模，而按照此費率的計算，一年能夠挹注的基金大約為38～51億元人民幣左右，顯然會有不足的現象。

表9 中國大陸以舊換新政策之各項補貼費率

項目 單位 (公斤)	以舊換新補貼	運費補貼	拆解補貼
電視機 (25)	400	30	15
冰箱 (40)	300	40	20
洗衣機 (50)	250	40	5
冷氣機 (60)	350	30	15
桌上型電腦 (12)	400	25	0

資料來源：1、行政院環境保護署（2007）；2、許江萍（2010）3、根據台灣銀行2010/12/17 人民幣匯率 4.8

表10 中國大陸和台灣電子電器資源回收徵收費率

廢資訊物品材質	中國大陸 (單位：元人民幣 / 台)	台灣 (單位：元台幣 / 台)
廢主機 (含機殼、主機板、硬碟與電源器)	13-15	182.0
廢主機 (含機殼、主機板、硬碟)		157.0
廢主機 (含機殼、主機板、電源器)		137.0
廢主機 (含機殼、主機板)		91.0
廢 CRT 監視器		215.0
廢液晶監視器		303.0
廢筆記型電腦		303.0
複印機	20-25	
手機	4-6	
廢印表機	10-13	150.0
廢鍵盤		12.0
廢電子電器材質	中國大陸 (單位：元人民幣 / 台)	費率 (單位：元 / 台)
廢 CRT 電視機		379.5
廢液晶電視機	10-12	303.0
廢電冰箱	10-12	635.5
廢洗衣機	5-7	346.5
廢冷、暖氣機	5-7	500.0
廢電風扇		20.0

資料來源：台灣資源回收管理基金管理委員會（2010）；許江萍（2010）。

肆、兩岸資源回收未來前景與展望

在各界引領期盼下，中國大陸「電子電器產品回收管理條例」（俗稱 ChinaWEEE）即將於 2011 年開始上路執行，由於內容上的設計和台灣 12 年來的費率制度大致相同，因此，各界關切其帶來的資源回收管理成效是否能夠像台灣 12 年來逐漸形成一循環性社會的趨勢邁進。

本文在此背景下，以兩岸資源回收的法令制度及經濟市場進行比較分析，主要的目的是想瞭解兩岸資源回收法令制度差異之處，以思考中國大陸 ChinaWEEE 的未來可能方向。本研究一方面比較了中國大陸的「電子電器產品回收管理條例」和台灣「廢清法」的電子產品企業責任、管理目錄、基金來源、及基金用途等條文內容；另一方面，在還沒有正式實施 ChinaWEEE 前，以目前中國大陸正在如火如荼展開的「以舊換新」政策下的補貼行爲、企業的處理成本、以及市場情形和台灣進行比較分析。

本研究發現兩岸雖然都是採取對生產及進口業者課費的繳費制度，並建立補貼系統。在應回收廢棄物的項目或目錄上，有些許的不同；台灣除了四機一腦，還有鍵盤、電風扇，而大陸則有影印機和手機項目是台灣沒有的項目。另外，台灣的主管機關爲環保署，而中國大陸在主管機關的參與上，不僅有環保部爲主管單位，還納入發改委、財政部等其他部委，將市場面的考量帶入資源回收的管理，其尊重專業表現的作法值得稱許。

除此之外，中國大陸資源回收工作是由省級人民政府環境保護主管單位的規劃，透過該區的市級人民政府保護主管部門（如蘇州固廢中心）發放許可證給當地的處理企業，再經由中央財政部門基金的補貼，進行相關的資源回收工作。也因爲如此，中國大陸如何在眾多部委的參與下，建立一個符合市場體系的制度運作，以及中央地方之間進行協調性工作，符合市場的期待，是未來政策成功的主要關鍵。

在市場成效上，中國大陸以舊換新政策對節能、資源回收產生明顯成效，根據商貿服務司的統計，至 2010 年 12 月 9 日，家電以舊換新回收量達 3110.9 萬台。並建立了家電銷售、回收和拆解處理等循環型體系，不但增加了新家電的節能效果，也促進了資源循環再利用產業發展的契機。

然而，以舊換新政策成效固然佳，實際支出卻遠超過預期，本研究亦發現此非電子電器產品回收管理條例所能支撐的長期性政策。以舊換新政策下 3110.9 萬台家電的回收處理約花費 100 億元；不但和原來政策預算 20 億元有非常大的差距，就連

未來的電子電器產品回收管理基金預估一年 50 億元都無法足以支應，因此，未來中國大陸在基金管理上勢必面臨一番挑戰。

另外，從本文的研究結果觀察，中國大陸電子廢物成長空間甚大，未來可能增加約 5 倍。以人口及電子產品營業量指標為參考，中國大陸約為台灣 50 倍。台灣目前處理量 10 萬噸，因此，中國大陸目前 90 萬噸的估計值未來估計將成長至 500 萬噸左右。以拆解處理企業 1 家 2 萬噸的處理能力計算，大陸至少需要約 250 家處理企業。

中國大陸拆解企業發展空間大，單位拆解處理成本下降空間大。根據蘇州案例分析，單位拆解處理成本每公斤約 2.7 元人民幣，高於目前台灣的拆解處理成本，主要是處理量還不穩定。以每家 2 萬噸處理能量的企業而言，大陸拆解企業僅利用了 1/20 的設備能量，而台灣約 1/3 的設備使用率，未來大陸企業成本下滑空間還可到 1/6。

整體而言，中國大陸徵收費率較低，補貼費率較高，基金管理需要注意。而價格管制過高，容易造成市場回收量不穩定，企業面對的風險相對也較高。制度上如何由責任業者主導回收處理體系之運作，並引進「競爭」機制，讓資源回收企業進行良性互動將是 ChinaWEEE 的成功關鍵。

參考文獻

1. 資源回收管理基金管理委員會網站: <http://recycle.epa.gov.tw/Recycle/index2.aspx>
2. 中國商務部網站: <http://www.mofcom.gov.cn/>
3. 中國商貿服務司網站:<http://smfws.mofcom.gov.cn/>
4. 許江萍（2010），「国废弃电器电子产品处理基金征收原则和水平研究」，中技社2010年環境與能源研討會，12月21日，中技社，中華經濟研究院。
5. 溫麗琪（2010），「台灣電子廢棄物費率訂定及經濟影響」，蘇州市電子廢物回收夥伴關係及資源回收經驗研討會，10月25日，中華經濟研究院、中技社、北京清華大學，蘇州。
6. 行政院環境保護署（2007），《資源回收基金費率補費導入差異性分析暨電子電器資訊物品回收市場調查研究計畫》，執行單位：中華經濟研究院。

從台灣看大陸循環經濟的實踐方式

林俊旭、溫麗琪

壹、前言

近年來中國大陸因應強大的環保壓力，在法令上急起直追，其立法效率令台灣方面望塵莫及，然而現行或新制訂的環保政策法令中，往往會可看到台灣曾經走過的腳步。雖然台灣與中國大陸的社會狀況、天然條件相差甚大，對法令成效不能直接予以量化比較，但在同為華人社會中實施相似的管制，政策背景、實施方式及未來可能成效的差異性仍然值得進行持續追蹤與探討。中國大陸「循環經濟促進法」是一個與節能環保相關的法令，2008年8月經全國人大常委會第4次會議上正式通過。該法內容以「減量化、再利用、資源化」為主軸，呼應國際間所倡導的 Reduce, Reuse and Recycle 原則，確立了六項制度，促進中國大陸循環環境的發展。內容共分7章58條，分別為總則、基本管理制度、減量化、再利用和資源化、激勵措施、法律責任、附則等。

該法對國家社會的影響層面可謂是全面性，主要精神在於節約能源使用，減少污染排放，期望以循環經濟將資源節約、環境保護和經濟發展結合在一起，所規範的是主體所從事的行為活動，因此台商在中國大陸的生產行為也勢必受到影響；在節能方面，對於鋼鐵、有色金屬、煤炭、電力、石油石化、化工、建材、建築、造紙、印染等重點企業，會陸續制訂嚴格的能耗和水耗企業標準。而在減排方面，影響最大的是以生產者為主的責任延伸制度（亦即 Extended Producer Responsibility），生產者在其產品廢棄後應當負起回收、利用、處置之責任。本文之主要目標即在於研析中國大陸循環經濟促進法的主要發展措施，並與台灣發展經驗的比較，並對循

環經濟法實施後的中國大陸環境與能源產業市場影響有所掌握。

人類社會日常使用而衍生之廢棄物數量或其影響性與日俱增，但因過去管未處理（end of pipe treatment）在成本及資源上的消耗與成效之限制，目前國際間各國環保政策已由排放管制（emission control）逐步趨向污染預防（pollution prevention）與資源管理（resource management）為主。近年來國際間開始重視環境問題並進行國際公約與協定規範的商議，各國政府亦開始將永續發展（sustainable development）、零廢棄（zero waste）及循環型社會（recycling-based society）等相關概念納入國家發展的規劃，歐盟、日本等國相關配套政策近年來更不斷地出現，如 WEEE，EuP，RoHS 等。期能達到能源、經濟及環境的平衡發展。人類整體經濟活動包括製造商的產品生產階段、消費者的產品消費階段、使用後報廢階段和所衍生的資源回收處理階段，以及再生或無法再回收處理時的棄置處理等五階段。此五階段活動的重點亦不盡相同，而循環型社會的概念來看，在生產階段的重點在於抑制產源，消費階段的重點在於重複使用，資源回收處理和再生階段的重點則在於回收及棄置階段的妥善處理，以及提升再生利用的商品化市場。

貳、中國大陸循環經濟法規架構

一、循環經濟促進法之出台

中國大陸雖然從 2004 年開始起草「循環經濟法」，然而最大困難在於形成共通的定義。如同永續發展概念一般，循環經濟也可從不同面向及角度探討其內涵，而廢棄物循環、生態循環、以及綠色經濟的循環成為討論最多的三大概念。廢棄物循環著重於產品的經濟活動，包括產品生產階段、產品消費階段、使用後報廢階段和資源回收處理階段，以及再生及或無法再回收處理時的最終棄置處理等五階段。生態循環著重於產業所可能影響的生態環境，如何維持在生態多元、永續發展的境界。而綠色經濟更是從整體經濟產值的角度思考發展環境和經濟互相平衡的社會。

雖然定義難有共識，但循環經濟法為中國人民代表大會第一次結合學者專家所草擬的法令，該法真正主要精神在於節約能源使用，減少污染排放，以循環經濟法將資源節約、環境保護和經濟發展結合在一起，規範主體所從事的經濟行為活動。循環經濟法的立法主要在於運用法令，要求企業生產行為達到節能與減排的兩大目標，主管機關為國家發展與改革委員會（國家發改委）之資源節約和環境保護司，而非環境保護部，因此其規範的前提仍為經濟可持續發展，其作用比較像提供一種

新的企業態度或哲學，並非實質的規範措施。然而該法與其他環保法令多有重疊之處，但牽涉層面更加包羅萬象，理應成爲較上位的法令，以其他法令作爲子法加以配合。但因礙於立法通過的壓力，該法的位階由最初所構想的上位法，降低成與其他現有法令平行的地位，以單純化立法程序。

中國大陸採取「由下而上」的制度建立創造「循環經濟法」，換言之，循環經濟法著眼於各種環保法令問題，嘗試以建立「循環經濟試點」的執行經驗方式整合各種有關環保經濟的相關法令。其主要發展過程如下表 1。

表1 中國大陸循環經濟促進法立法進程

時程	主要發展
2000 年	思想開始倡議，由環保總局人員草擬法令
2002 年	政府改造，經濟發展迅速，資源能源消耗大增，與環保總局管制角色產生對立矛盾，因此採用循環經濟之名詞
2004 年	轉到國家發改委推動
2004~2005 年	胡錦濤表示應該積極推動，2005 年 12 月進入立法研究
2006 年	人大環資委同時要求專家組和發改委提出兩個立法版本加以彙整，最後主要概念採用專家組想法
2007.6.2	人大環資委通過草案，給常委會繼續討論
2008.8.29	第十一屆全國人民代表大會常務委員會第四次會議通過「中國循環經濟促進法」
2009.1.1	正式實施

二、循環經濟法之分析

循環經濟促進法是以系統性思考爲主，該法的鼓勵作用（胡蘿蔔）大於規範作用（棍子），而一般認爲該法的實施措施不夠具體化，也是懷疑該法是否可以發揮作用，而立法最高機關人民代表大會也認爲可執行的程度並不高，造成「出台」的時機一再延後。循環經濟促進法在 2007 年完成一讀時，試點示範工作卻已經開始進行，在全國已推行兩階段共 170 個試點。而各企業、工業區或城鎮都可做爲示範單位，向國家發改委提出申請，經學者專家審核通過後，即成爲循環經濟促進法的試點。申請單位並不需要具有特別門檻的技術或能力，也沒有特別的目標需要達成，只要提出如何進行節能減排工作，而專家認爲其規劃具有可操作性且符合循環經濟促進法的精神即可。

該法的國家級主管機關爲國務院發改委，負責組織協調、監督管理全國循環經濟發展工作。環境保護部則負責有關循環經濟的管理工作。相對到地方層級，縣級

以上地方人民政府發改委則負責組織協調、監督管理該行政區循環經濟發展工作，環境保護局負責該行政區有關循環經濟的管理工作。國家發改委素有「小國務院」之稱，在國務院各部會間居於領導位置，對於循環經濟法強勢主導，也賦予主導其他法令的位階。然而循環經濟法並非其他各法的母法，是否可如發改委在國務院內的地位一樣，對其他相關法令也產生主導作用，仍要看未來發改委對該法所採取的態度跟施力程度。

三、與循環經濟法相關之法律制度

由循環經濟法內容可看出涵蓋層面相當廣泛，如果以法律位階來分析，其牽涉之法律條文數量之多也可能是空前絕後。以目前中國大陸法規狀況，循環經濟立法相關之法規有：

1. 法律：中國大陸目前包含有循環經濟內容的法律主要有：《環境保護法》、《礦產資源法》、《節約能源法》、《清潔生產促進法》、《水法》、《水土保持法》、《土地管理法》、《政府採購法》、《大氣污染防治法》、《固體廢物污染環境防治法》、《水污染防治法》、《環境影響評價法》、《可再生能源法》、《農業法》、《草原法》、《森林法》、《漁業法》、《電力法》等。其中《固體廢物污染環境防治法》、《節約能源法》、《清潔生產促進法》有較多的實踐循環經濟的相關要求。

2. 行政法規：中國大陸並無專門的關於循環經濟的行政法規，僅在下列行政法規中包含循環經濟方面的內容：《廢舊金屬收購業治安管理办法》、《農業轉基因生物安全管理條例》、《指導外商投資方向規定》、《礦產資源開採登記管理办法》、《報廢汽車回收管理办法》、《森林法實施條例》、《建設項目環境保護管理條例》、《水污染防治法實施細則》、《退耕還林條例》、《國務院科學研究和教學用品免稅進口稅收暫行規定》、《資源稅暫行條例》、《野生植物保護條例》、《淮河流域水污染防治暫行條例》、《醫療廢物管理條例》等。

3. 地方性法規：從中國大陸地方循環經濟實踐層面來看，許多省、直轄市、自治區均將發展循環經濟作為政府工作的重要目標，並通過一系列文件，但真正體現循環經濟要求的地方性法規並不普遍。比較有代表性的地方性法規如：《貴陽市建設循環經濟生態城市條例》、《廈門市人民代表大會常務委員會關於發展循環經濟的決定》、《太原市清潔生產條例》、《雲南省清潔生產審核實施辦法》等。

4. 行政規章：主要可以分為國務院各部門的行政規章和地方人民政府的行政規章兩大部分。涉及循環經濟的行政規章主要有：《促進產業結構調整暫行規定》、《清

潔生產審核暫行辦法》、《清潔發展機制項目運行管理辦法》、《能源效率標識管理辦法》、《民用建築節能管理規定》、《新能源基本建設項目管理的暫行規定》、《無公害農產品管理辦法》、《稅收減免管理辦法（試行）》、《水利建設基金籌集和使用管理暫行辦法》、《開採海洋石油資源繳納礦區使用費的規定》、《煤炭生產許可証管理辦法實施細則》、《清潔發展機制項目運行管理辦法》等。

5. 政策性文件：中國大陸現行發展循環經濟的規定更多是通過政策性文件的形式進行，主要有：《中國 21 世紀初可持續發展行動綱要》、《國務院關於加快發展循環經濟的若干意見》、《國務院關於落實科學發展觀加強環境保護的決定》、《國家環保總局關於推進循環經濟發展的指導意見》、《關於加快推行清潔生產的意見》、《促進產業結構調整暫行規定》、《國家發展改革委辦公廳關於印發循環經濟試點實施方案編制要求的通知》、《中國節水技術政策大綱》、《節能產品政府採購實施意見》等。

為配合循環經濟法的制定工作，中國大陸國務院及有關部門甚至更積極制定或修訂有關配套法規和標準，包括：《廢棄電器電子產品回收處理管理條例》、《循環經濟評價指標體系及其考核規定》、《包裝物回收利用管理辦法》、《關於促進資源節約和環境保護價格機制的意見》以及涉及節水、節地、節材、礦產資源綜合利用、廢物回收與再利用、清潔生產等領域的有關標準。這些配套的法規、規章和規劃共達 26 項，連同已制定及在實施的相關法規、規章和規劃 64 項，合計為 90 項。

眾多法律相關條文早已存在，因此在立法過程中，循環經濟法就已經面對各方的挑戰，關切其不同法令間可能衝突之處。這些衝突之處在所難免，例如，循環經濟法在廢棄物方面強調責任業者延長責任制，而目前電子廢棄物條例則強調收費制，節約能源法強調處罰機制，而循環經濟法重視補貼之經濟手段。也因此循環經濟法的立法是否可能帶來立法成效也受到矚目。此外，〈循環經濟促進法〉與〈清潔生產促進法〉的重疊性較高，也與 2011 年起實施的〈廢棄電器電子產品回收處理管理條例〉之精神相當，存在著潛在性的競合關係，這三者之間的主管機關、主要目的、主要要求、管制對象、主要條文詮釋比較條列於表 2。

叁、台灣循環經濟法規架構

目前先進國家的廢棄物清理政策皆已擴大管理範圍，國際立法趨勢多以合併立法來規範預防、減輕或排除廢棄物的產生，以美國「資源保育與回收法」(Resource

表2 循環經濟法與相關法令競合關係分析

	清潔生產促進法 (2002年6月通過)	廢棄電器電子產品回收 處理管理條例 (2009年2月通過)	循環經濟促進法 (2008年8月通過)
主管機關	經濟貿易行政主管部門	國家發展和改革委員會	循環經濟發展綜合管理部門
主要目的	提高資源利用率、避免污染物產生	促進資源循環利用，保護環境，保障人民健康（母法：清潔生產促進法、固體廢物污染環境防治法）	促進循環經濟發展，提高資源利用效率，保護環境
主要要求	無毒害製程、廢物循環利用、減少包裝	生產者回收家電設備（四機一腦）	生產、流通和消費等過程中資源消耗和廢物的減量化、廢物再利用、廢物資源化
管制對象	大型設備、運輸工具、農業、餐飲、娛樂、賓館、建築	從事家電生產、進口、銷售、使用、維修和廢舊家電回收處理活動的自然人、法人及相關組織	鋼鐵、有色金屬、煤炭、電力、石油加工、化工、建材、建築、造紙、印染等行業年綜合能源消費量、用水量超過國家規定總量的重點企業
主要條文詮釋	27條：列入強制回收目錄的產品和包裝物的企業必須回收其產品。 28條：企業需監測其生產和服務過程中的資源消耗以及廢物的產生情況。 29條：企業可自願與經貿行政部門和環保部門簽訂節約資源、削減污染物排放量的協議。	7條：國家建立廢舊家電回收處理專項資金，責任業者繳費 9條：責任業者應採用有利於回收和再利用的設計方案，向所在地省級資源綜合利用行政主管部門申報生產種類、生產量、銷售量和出口量等相關資訊。可自行處理廢舊家電，或委託有資質的處理企業處理	15條：列入強制回收的產品或者包裝物的企業，必須負責資源回收 生產者可委託銷售者或者其他組織進行回收，或者委託廢物利用或者處置企業進行利用或者處置的消費者應當將廢棄的產品或者包裝物交給生產者或者其委託回收的銷售者或者其他組織。

Conservation and Recovery Act, RCRA) 與德國「循環經濟與廢棄物管理法」(Closed Substance Cycle Waste Management Act) 為代表；而日本則以「促進循環型社會基本法」為基礎，並以多項法令配合輔助。因此不僅僅是單純的廢棄物清理而已，更開始兼顧資源節用、分類回收及再利用之綜合管理方式。而在台灣循環經濟實踐方式在廢棄物管理方面係透過「廢棄物清理法」及「資源回收再利用法」。「廢棄物清理法」(簡稱廢清法) 自 1974 年立法以來已歷經多次修正，但都只是部分條文修正並仍以「廢棄物」嚴格管理的角度來管理所有人放棄之物質或物品，最後一次修正在 2009 年。為補充廢清法之不足，台灣於 2002 年 7 月公布「資源回收再利用法」(簡稱資再法)，希望建立資源回收體系，但施行以來，各界認為：再生資源回收再利用的經濟及技術可行性之要件隨著市場因素變動及時空轉換更迭，因此當廢棄物與再生資源管理系統不一致時，反而會造成業者困擾。因此未來「廢棄物清理法」與「資源回收再利用法」二法將予以合併，應將廢棄物認定為「廢棄資源」，並配合台灣「零廢棄」政策，提倡以綠色設計、綠色生產、綠色消費、綠色採購、源頭減量、資源回收、再使用及再生利用等方式，減少原料資源之使用，促進資源有效循環利用，並逐步達成零廢棄目標。兩法之間的競合關係如表 3。

而目前存在於台灣廢棄物管理的課題包含：

一、廢棄資源分類方式及廢棄物清理責任應該重新檢討

兩法依產源區將廢棄物分為一般廢棄物及事業廢棄物，但造成相同廢棄物卻可能因係不同之產源而有「不同之處理、再利用方式及不同之管制規定，例如電腦。目前廢棄物之清理責任，就家戶產生的廢棄物經公告成為之應回收廢棄物者，清理責任為物品或容器製造、輸入或販賣業者；其他種類廢棄資源之清理責任為執行機關。事業廢棄物之清理責任則均為產生廢棄物之事業。但事業所產生之廢棄物中亦有應適合由製造、輸入或販賣業者負清理責任者，故其清理責任亦應再予調整。未來應該採取材質為管理標的物進行管制，而非以產生源做為區分方式進行管制。

二、廢棄物減量與再利用措施應予以加強

亦即應以廢棄物減量為首要目標，減少資源開採與使用上的浪費；無法減量部分以再利用或資源再生的處置方式為先，無法資源再生部分才是進入焚化爐與掩埋場。

三、強化環境經濟工具之使用

除現有「行政管制」外，應增加「經濟工具」之使用，如收費／稅 (charge/

表3 廢棄物清理法與資源回收再利用法競合關係分析

	廢棄物清理法 (1974)	資源回收再利用法 (2002)
主管機關	行政院環保署	行政院環保署
主要目的	清除廢棄物，改善環境衛生。	減少廢棄物產生、促進物質回收再利用，減輕環境負荷，建立資源永續利用之社會。
主要要求	執行機關或場所之所有人、使用人、管理人需清除廢棄物	事業進行活動時應選用清潔生產技術、減少廢棄物產生、自行回收利用失效之原料、提升產品耐用年限並設計利於回收。
管制對象	所有廢棄物製造者	廢棄物製造者，資源回收相關業者
主要條文詮釋	11 條：一般廢棄物在指定清除地區以內由執行機關清除之，其餘由所有人、管理人或使用人清除。 15 條：可能嚴重污染環境的產品廢棄物，責任業者須負責回收清除。 31 條：被公告具一定規模之事業需檢具廢棄物清理計畫書。 38 條：事業廢棄物之進出口需申請核發許可	11 條：事業經中央機關指定後，應遵行產品回收之種類與方式。 19 條：再生資源未依規定回收再利用者，依廢棄物清理法處理。 22 條：公家機關優先採購政府認可之環保產品。

tax)、押金－退費制度 (deposit-refund systems)、可交易之許可證與配額 (tradable permit / quotas)、財稅誘因 (financial incentives)、補助、企業責任 (liability)、其他包括公共投資、環保標章及綠色消費等。

四、「舊品」的主管機關應再釐清

現行「商品」管理的主管機關為經濟部，主要法規有「商品標示法」及「商品檢驗法」；而「廢棄物」管理的主管機關為環保署，主要法規有「廢棄物清理法」及「資源回收再利用法」。但是「商品」與「廢棄物」間尚存在「舊品」的部份，目前則無主管機關管理。推行舊品使用可減輕環境負擔其立意良好值得推廣，但勢必先行解決黑心產品所引發詐欺之行爲，或牽涉安全之問題。

肆、中國大陸循環經濟試點實務

試點為循環經濟法的主要示範工作，可分為四類：耗能企業（如鋼鐵廠）、廢物

回收企業（如資源回收廠）、園區（蘇州工業園區）、城市（天津等）。第一批核可了八十幾個試點，第二批有九十多個，全國約有 170 個試點，每個試點依據各自對循環經濟的理解提出方案，向發改委申請資格，發改委請專家工程資訊中心把關，而各方提出試點申請的情形踴躍，但並不能得到中央政府的直接補助，實際所得到的優惠可分兩種：由地方政府自行撥款鼓勵，或由企業向中央政府提出。

以蘇州高新技術產業開發區試點情況為例，蘇州高新工業區甚早成為國家發改委所核可的國家級循環經濟試點，係為產業園區類之試點。當初成為循環經濟試點的源由並非主動向國家申請，而可能是有其他更早的淵源，而於 2005 年成為國家第一批循環經濟試點單位。而後循環經濟立法期間，高新區也參與其討論過程，並與學界多有接觸且進行合作研究，因此成為試點的淵源是循序漸進的過程。

一、推動目標與執行架構

因目前蘇州高新區內主要進駐的企業為高科技電子廠商，因此其循環經濟發展之整體目標為於 2010 年前，建立完善的電子廢棄物回收利用體系，成為中國電子廢棄物處理的標竿。基本的追求項目為：節省能源、節省用水、節省土地使用、節省材料消耗、資源綜合利用、生態建設等，而以高新區環保局為其主要推動的單位。

二、推動策略

除高新工業區為第一批國家級試點外，其推動區內循環經濟體制的主要方式為在區內設有省級、市級等不同種類與等級的試點，並在區內於 2006 年舉辦循環經濟研討會。循環經濟推動工作為全面性的：推動單位包含發改委、環保局；推動面向則包含企業宣傳活動、企業內部推動、企業之間訓練、生產過程中推動等；推廣層面也擴及社區和學校，因此不只是生產企業，而是全面性的推廣教育工作。

高新區內所培植的循環經濟試點包含：蘇州愛普生公司（EPSON）、中國高嶺土公司、蘇州同和資源綜合利用公司、蘇州紫興紙業公司、蘇州福田金屬公司、蘇州佳能集團（CANON）、蘇州松下電工公司（PANASONIC）、索尼凱美電子公司（SONY）、華碩電腦集團（ASUS）。由於各界循環經濟法的看法歧異，循環經濟法的原則性超過操作性，因此循環經濟法並沒有實際的執行規範，但希望透過循環經濟試點的身份，本身的實際操作模式可轉成為法定規格，而企業本身成為變成標準的制訂者。

企業推動循環經濟的資金多自行負擔，成為循環經濟試點也不會得到政府相關單位的直接補貼，但區內推廣循環經濟的資金來源則有很多種方式：如利用生態光

電園區的補助款，而部分來自地方政府。目前的思維是：中國大陸在循環經濟發展的過程中所需要的是廉價技術，而不是需要大量資金的高科技技術，因此是立即可行且可以達到某種成效的技術，所以不希望把過多的資金吸入其中，反而造成經濟發展上的財務負擔。

三、執行成果

未來對高新區的經濟面而言，循環經濟所帶來的商業利益在於再生資源產業利用，因廢棄物為錯置的資源，未來資源回收的商機將會甚大。而廢棄物的來源則不只限於高新區，廢棄物資源來源因市場決定，由企業本身進行調整其來源與再生料的銷售管道。

四、循環經濟試點成效指標

由於循環經濟法並未訂出實際測量的指標，各試點單位因此自行擬定可執行的努力方向，經本綜合整理各試點的指標，得到分析成果如下：

表4 各試點循環經濟相關指標總整理

省市類試點	產業園區類試點	企業類試點
萬元 GDP 能耗	工業萬元 GDP 能耗	COD 排放
工業萬元 GDP 增加值能耗	工業萬元 GDP 增加值能耗	SO ₂ 排放
工業萬元 GDP 增加值用水量	工業萬元 GDP 之 COD 排放	煙塵排放
工業萬元 GDP 增加值 SO ₂ 排放	工業萬元 GDP 之 SO ₂ 排放	固體廢棄物綜合利用
工業萬元 GDP 增加值粉塵排放	工業萬元 GDP 增加值 COD 排放	能源節約
工業萬元 GDP 增加值煙塵排放	工業萬元 GDP 增加值 SO ₂ 排放	熱能回收
城市污水處理能力	工業萬元 GDP 水耗	冷凝水回收
再生水生產能力	工業萬元 GDP 增加值水耗	再生水綜合利用
工業用水重複利用率	生活污水集中處理率	
再生資源回收利用率	工業用水重複利用率	
工業固體廢物綜合利用率	工業固體廢物綜合利用率	
COD 排放	危險廢棄物處理處置率	
SO ₂ 排放		
試點培育數量		

由上可知，循環經濟試點常用的指標面向可歸納如下：

- 能源或水資源消耗：如單位GDP所需能耗、單位GDP所需水耗
- 廢棄物的妥善處理與再利用：如廢棄物綜合利用率、生活垃圾無害化率
- 廢水處理與再利用：如廢水排放達標率、工業用水重複利用率
- 污染排放：如空氣及水質污染物排放削減率或單位GDP增加值之空氣及水質污染物排放量

而在這些面向的指標往往以密集度 (*intensity*) 的方式計算，亦即以每單位 GDP 或每單位 GDP 增加下的能源與水資源使用，及每單位 GDP 或每單位 GDP 增加下的空氣污染排放或水污染排放等，顯示中國大陸循環促進法對於環境保護的態度是不不得犧牲經濟發展的。換言之，現階段而言，試點工作具有經濟和環境雙贏的示範性作用，對未來階段也有指導作用。然而受循環經濟促進法影響最大者，尚屬於大型企業，尤以高耗能企業受到壓力最大，因「十一五」清楚地將能源消耗減少 20% 列入發展目標。但中小型企業普遍不清楚該法的實質內容。雖中小企業普遍無法感受到該法直接影響，企業或地方政府卻願意在沒有財務支持的情況下，積極投入成為循環經濟的試點。因此目前試點工作基於對未來深厚的期望，似乎熱烈進行，但是否可以真的發生地方政府或民間企業所期待的效益，或因為試點作業的風氣與實驗過程對地方政府及民間企業產生潛移默化的正面影響，而朝向生態化與環境化的生產作業模式，則是未來該法可發展成功或產生正面效益的關鍵。

伍、兩岸循環經濟政策實行比較與建議

從中國大陸「循環經濟促進法」的內容來看，相較台灣的「廢棄物清理法」與「資源回收再利用法」，其所規範到的面向呈現相當程度的完整性。而台灣環保署過去幾年嘗試將「廢棄物清理法」與「資源回收再利用法」合併，以減少兩者間的競和並作較完整的規範，其在廢棄物或廢棄資源的管理精神與循環經濟促進法仍可以互相比較。但主管機關屬性截然不同，前者為總體經濟改革的宏觀調控部門「國家發展和改革委員會」（發改委），後者為以環境保護為前提的環境保護主管機關，思考模式自然不同。然而在遼闊的中國大陸規避責任的現象可能更為嚴重，因此查核的機制設計上更需要有創意和前瞻性。若循環經濟法不能考量再利用事業的重要性而進行有效管理，很可能造成責任業者收不到廢棄物的風險。

一、循環經濟促進法有效結合經濟、能源和環境等相關部會之節能減排工作

其規範的前提仍為經濟可持續發展，比較像提供一種新的企業態度或哲學，而無實質的規範措施。

二、循環經濟促進法之鼓勵作用大於規範作用，並以試點工作及論壇展覽進行示範與宣導

該法至 2008 年八月下旬始三讀通過前，試點示範工作已進行多年，在全國已推行兩階段共 170 個試點，國家級的試點下更有省、市級的試點，具有示範性作用並對未來階段也有指導性作用。

三、國務院發改委為主要監督協調機構，提高了節能減排之管理位階

國家級的主管機關係為國務院發改委，國家發改委素有「小國務院」之稱，在國務院各部會間居於領導位置，對於循環經濟法強勢主導。

四、台灣環保制度的發展為中國大陸各相關單位所重視的經驗

台灣雖然並無類似「循環經濟促進法」的法令，但各種環保法令與制度與國際其他法令相比，會比較適合成為大陸地區實施相關法令時的作法。但目前大陸地區對台灣的訊息取得往往是片面性質，未來應該以台灣的環保經驗與大陸進行實際交流，無論是成功或失敗的案例，以協助大陸地區建立完善的環境保護制度。雖然台灣與大陸的社會狀況、天然條件相差甚大，但雙方實施的管制政策、執行方式及未來可能成效的差異性仍然值得進行持續追蹤與探討，也是兩岸交流中值得進一步加強合作的議題

參考文獻

1. Henrik Hammar, Asa Lofgren. 2010. Explaining adoption of end of pipe solutions and clean technologies.
2. Chris van Rossem, Naoko Tojo, Thomas Lindhqvist. 2006. Extended Producer Responsibility.
3. An examination of its impact on innovation and greening products.
4. Act for Promoting Closed Substance Cycle Waste Management and Ensuring Environmentally Compatible Waste Disposal. 1994. Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG
5. 循環經濟學，周宏春、劉燕華等著，北京：中國發展出版社，2005.9。
6. 循環經濟與公眾參與－中國循環經濟高端論壇(2006)，馮之浚主編，孫佑海、周

長益、紀玲芝副主編，北京：人民出版社，2007.3。

7. 循環經濟在實踐－中國循環經濟高端論壇(2005)，中國循環經濟發展論壇組委會秘書處組編 馮之浚主編，孫佑海副主編，北京：人民出版社，2006.3。
8. 循環經濟立法研究－中國循環經濟高端論壇，馮之浚主編，孫佑海、周長益、譚穎副主編，北京：人民出版社，2006.11。
9. 循環經濟理論與方法，崔兆杰、張凱編著，北京：科學出版社，2008。
10. 環境循環型社會白書，平成20年版，環境省編，日本：日經印刷株式會社，平成20年。

資源循環與再生利用

張添晉、王愷懃*

前言

在世界資源逐漸匱乏之情況下，先進國家已將資源循環及永續發展視為重點發展政策，並摒棄廢棄物處的觀，朝向資源回收永續用的前瞻新思維。台灣資源回收體系運作已行之有年，且回收處理成效良好，目前從資源「回收」時代，跨入資源「再生」年代，致力「資源再造，點石成金」，期達成「零廢棄」之永續發展願景。本文以台灣廢玻璃與廢燈管之循環再生利用為例加以說明。

一、廢玻璃與燈管資源回收現況

1. 廢玻璃

據環保署統計截至 2009 年底，全國平均每人每日垃圾清運量為 0.502 公斤，而玻璃類歷年平均約佔總垃圾量 2.38%，亦即 9.6 萬噸廢棄玻璃產出；玻璃屬質重、不易分解之物質，若不將其回收再生利用，將會造成環境負荷過大，有違廢棄物減量及永續發展之原則，然玻璃主要原料為矽砂，可回收且不具有毒性，經過重新熔融後即可再製成產品，為可以完全再生及再利用之材質。

2. 廢燈管

根據環保署統計資料顯示，台灣地區每年約使用 8,954 萬支日光燈管，全年總廢棄量約達 8,900 公噸，其構成成分除玻璃 (85%)、金屬 (12.5%) 玻璃、螢光粉外，另含「汞」有害化學物質 (每支約 12mg)，其中每年使用汞重量約為 1,074 公斤，然日光燈管廣為民眾普遍使用之照明燈具，惟日光燈管中所含汞物質亦帶來另一隱憂，因此國際間廢燈管首重含汞物質能被妥善處理，其再生利用技術亦為資源循環重點發展之一。

* 國立臺北科技大學環境工程與管理研究所碩士

二、廢玻璃與燈管資源循環利用

1. 廢玻璃

廢玻璃瓶回收管道為清潔隊、大型餐廳、玻璃瓶裝飲品經銷商及工廠等，主要處理管道為玻璃容器製造廠，而玻璃廠使用的廢玻璃容器占其使用原料約 50%，其中所使用之廢玻璃原料約 40% 以上屬於透明玻璃容器，使用有色玻璃廢料數量相當有限。近年來，進口啤酒飲料商品銷售成績亮眼，而此類飲料大部分使用有色玻璃瓶做為盛裝容器，對國內有色玻璃容器的處理帶來龐大的壓力。

回收玻璃需經分色才能適用於一般玻璃窯爐的進料，若於回收作業時未進行分色，其將影響再利用管道及再利用之成品價值。最適合再生的廢玻璃種類為容器玻璃，容器玻璃在成分上並無顯著差異，僅有顏色上的區別，一般分為茶色、綠色及無色（玻璃廠或稱為白色）及雜色（不分顏色混合回收）等 4 類，其中白色因無瓶色考量因素，除可直接再製容器外，亦可做其他顏色容器摻配使用，回收再利用價值較高；另茶色廢玻璃主要再製茶色瓶為主，因市場上使用茶色瓶數量多，因此在利用價值僅次於白色。綠色及雜色廢玻璃瓶回收後，於玻璃容器製造業主要以少量摻配（小於 10%）方式，於製造有色玻璃瓶時摻配使用。

(1) 廢玻璃之收集

一般碎玻璃收集所考量面向包含以下五大因素：

- A. 運輸：碎玻璃一般需以粗布袋加以包裝。碎玻璃為固態顆粒且較其他材質為重，故需有良好的運輸物流系統。
- B. 貯存：收集後應依不同顏色存放並妥善保管，以免對人員造成傷害或因散佈於路面而造成車輛通行之不便。
- C. 個人防護裝備：進行玻璃收集時，應穿戴手套、面罩、護目鏡、長工作靴等個人防護裝備，工作區附近最好有清洗池，供分選人員快速進行廢玻璃的清洗，縱使玻璃看起來很乾淨，工作人員手邊應有消毒劑可供使用。不潔之尖銳廢棄玻璃不僅造成人員外傷，更可能對健康產生危害。
- D. 資源物質箱可放置玻璃以外的資源物質，以利再利用或出售，工作區需常清理以維護其清潔安全。
- E. 貯存容器：廢玻璃分類需有適當貯存容器，將廢玻璃放置於固定容器中，除可節省搬運時間，並可減低工作人員發生意外之風險。

(2) 廢玻璃回收條件

使用回收之玻璃當作原料，除環境上考量外，經濟誘因亦為重要，為使回收玻璃更具經濟效益，玻璃回收期達以下條件：

- A. 潔淨：回收玻璃使用做為原料時，需加以清洗，不能含有油脂、調味品、臭味、致病菌等，且一般廢玻璃常較碎玻璃更需要清洗。
- B. 減少雜物：因雜物熔點與玻璃不同，可能因雜質而影響玻璃品質。若碎玻璃含有金屬，玻璃融製時造成爐體傷害；木材或稻草等有機物質，隨碎玻璃融製時亦產生飛灰，使玻璃製品產生雜色或氣泡，石頭、磚塊等無機物，亦降低玻璃純度。減少雜物的最佳方式，即執行玻璃資源回收時，留意雜物去除，或於回收系統中使用人工分選，及處理時以機械進行分選。
- C. 分色分類：回收玻璃需經分色，方適合一般玻璃窯爐進料，製造透明玻璃，僅使用透明的碎玻璃，綠色玻璃之製造，棕色、透明、綠色的碎玻璃皆可使用，廢玻璃粉碎前進行分色，較破碎後分色容易，因破碎後玻璃粉皆呈白色，而導致分色分選不易。因此，回收玻璃分色良好，所得利潤則可提高。

(3) 廢玻璃處理系統

典型玻璃處理系統流程圖如圖 1 所示。回收玻璃料先經破碎機破碎成小粒徑，再經螺旋分選機去除有機物及細砂，後接脫水篩以瀝除水份，再經高架磁性輸送帶去除大片含鐵物，而後以人工做粗略分類以選除部份雜物，此時玻璃純度約達 93%。

隨後接雙板門式振動篩，上層篩板的篩孔可篩除破碎不完全的粒料；粒徑小於上層篩板之進料掉到下層篩板，故下層篩板之粒料需再進行破碎。通過下層篩板之粒料，再經衝擊搗碎機、雙傾斜過篩及磁性分離器以去除雜物，並減少粒料體積，後貯放於儲粒槽供玻璃再生使用。

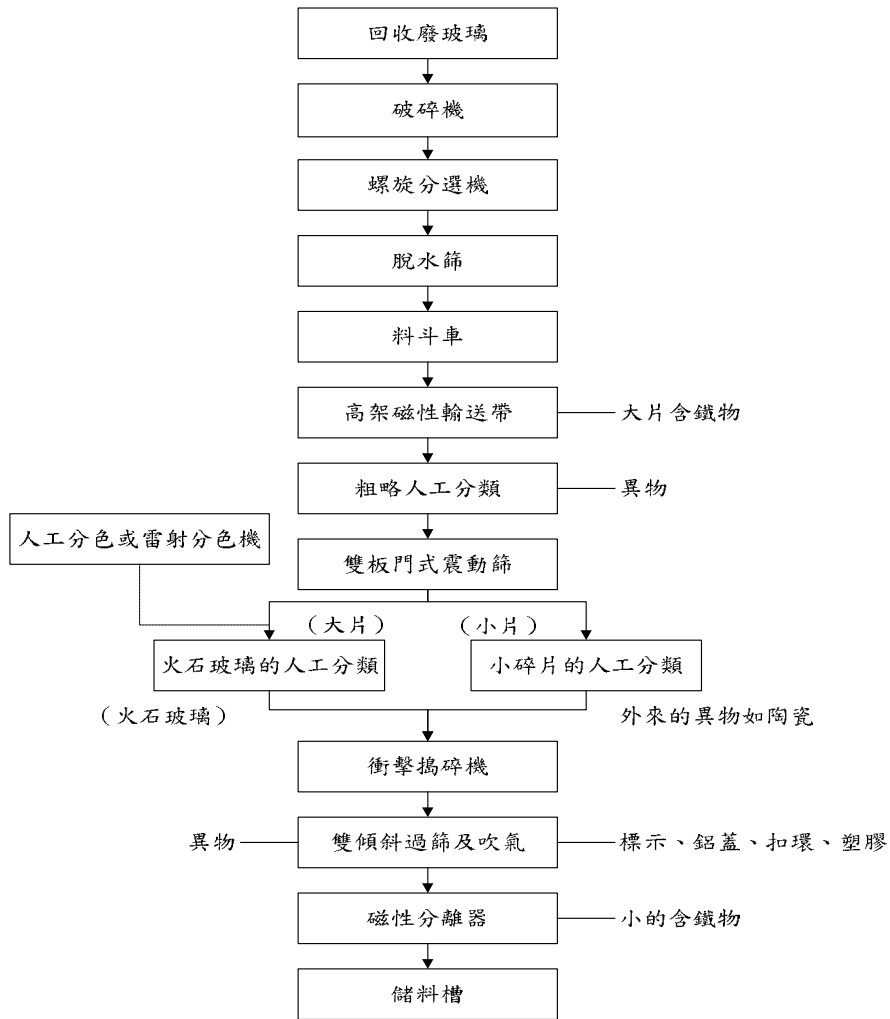


圖1 典型玻璃處理系統流程圖

2. 廢燈管

廢燈管回收方式主要交由當地清潔隊資源回收車、經銷體系（即販賣燈管商家）逆向回收點及回收商等管道。此外，對於學校或其他政府機關目前所汰換之燈管亦由其販賣之經銷商統一回收；處理則依「廢照明光源回收貯存清除處理方法及設施標準」之規定進行處理。

台灣自 2007 年 7 月 1 日起擴大廢燈管之回收範圍，將非直管燈管納入回收項目，目前處理之非直管燈管種類包括環管燈管、水銀燈泡、安定器內藏式（如螺旋燈

管、球型燈泡)、緊密型螢光燈管以及白熾燈泡等，其處理流程係將非直管燈管以人工進行整理、選別及分類工作，再依不同種類置於貯存區，處理時則依不同廢燈管種類放入處理設備之進料區，後啟動袋濾式集塵器及負壓抽氣設備以保持負壓狀態，接著依序將燈管(泡)置於夾具上，經拆解分離後，可分類收集成：(1)含螢光粉玻管(2)含鉛玻璃(3)塑膠外殼(4)金屬導線(5)燈頭金屬部分，其中破碎之含螢光粉玻管則進入處理設備中洗淨，分別將玻璃與含汞螢光粉分離，並將收集之含汞螢光粉送至汞蒸餾設備中，再以熱處理回收汞，回收之粗汞則經精煉為精汞產品，而自動拆解設備內之汞蒸氣則經由負壓抽氣管經由袋濾式集塵器再經過活性炭吸附設備後排放，有關國內直管及非直管燈管之處理作業流程如圖2、圖3所示。

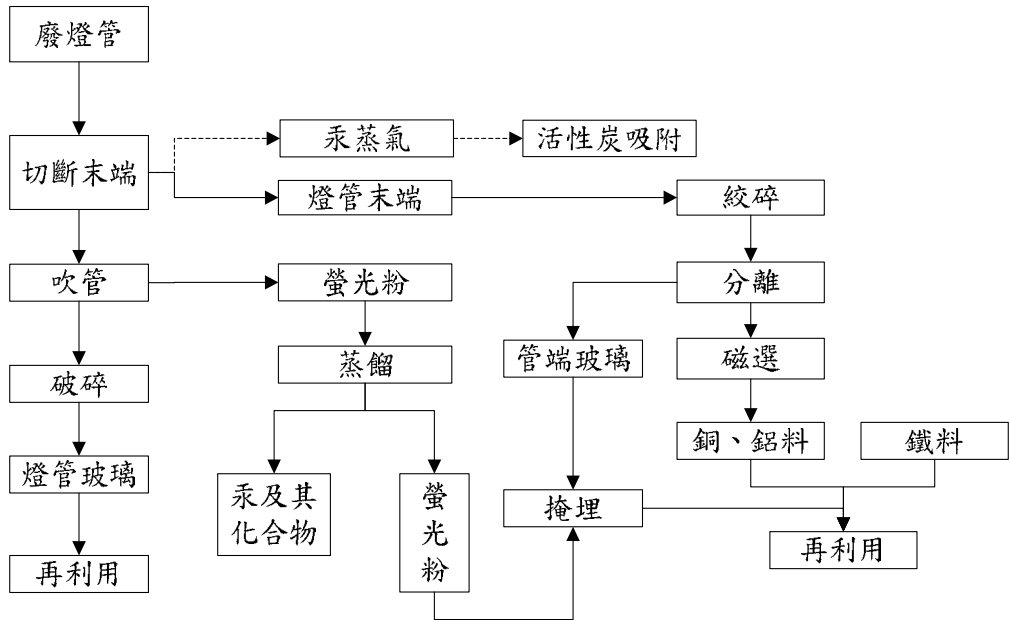


圖2 直管廢燈管處理流程

目前廢燈管之處理流程，依序可分為處理前工作、前處理、中間處理以及最終處置等階段，由於廢燈管含汞且容易破碎，應當優先列為管制與處理之對象。目前廢燈管處理業之處理技術均採用瑞典之 MRT 之乾式處理技術，依據瑞典 MRT 所設計廢燈管處理系統，此設備係於負壓狀況下進行，以避免含汞物質外洩，其處理系統為一個與外界隔離的真空負壓空間下運作，總計每小時至少換氣三次，設備機能

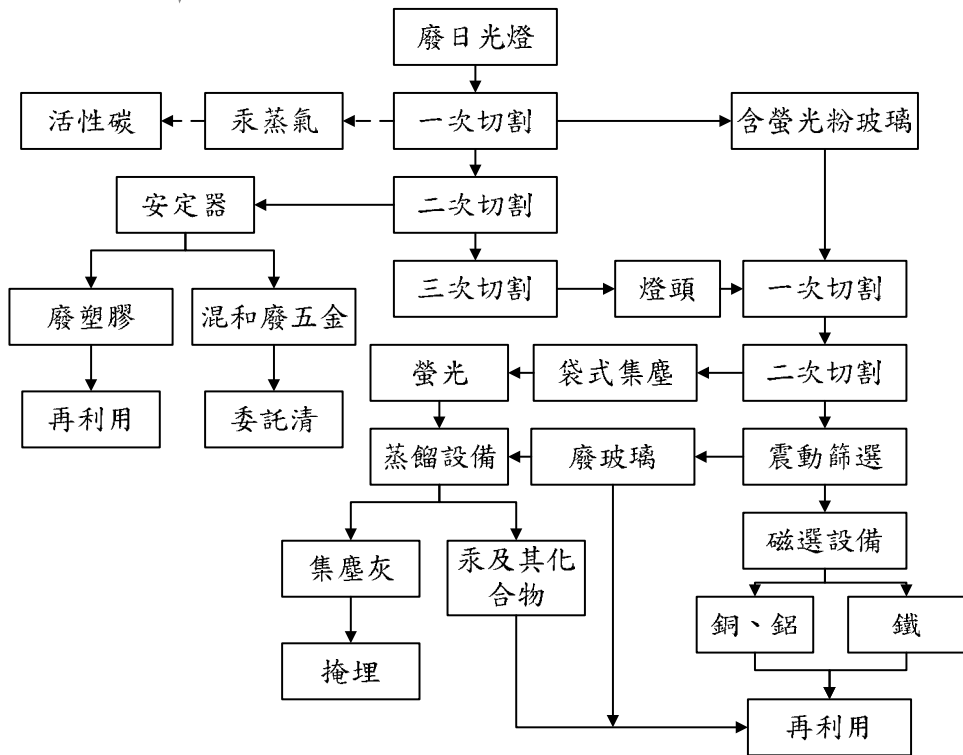


圖3 非直管廢燈管處理流程

與運作亦可能影響其負壓操作條件。目前設施標準已要求廢燈管回收處理過程中有使用破碎設備者，應有防止含汞蒸氣溢散及妥善處理之設施，且廠內應設置汞偵測裝置，避免異常汞蒸氣逸散，並定期檢測汞和粉塵濃度，台灣處理廠皆已依規定具備相關污染防制設備。

三、廢棄物管理現況

1. 廢玻璃

廢玻璃主要來源為有平板玻璃、容器玻璃、汽車玻璃、燈管及映射管等，其中平板玻璃、容器玻璃數量佔絕大多數。環保署於 1997 年將廢容器公告為「應回收清除、處理之一般廢棄物」，由容器之製造、輸入或原料之製造、輸入業者負責回收、清除、處理，並由販賣業者負責回收、清除工作。針對環保署指定公告應回收清除處理之廢容器則包含了廢玻璃容器，而具再生價值之平板玻璃之公告仍在評估中，僅將事業產出之廢玻璃公告可直接再利用，詳表 1 所示。

表1 台灣廢玻璃管理現況

廢棄物代碼	廢棄物名稱	說明
R-0401	廢玻璃	公告可直接再利用，事業單位產生之廢玻璃(瓶、屑、CRT面板玻璃、玻璃纖維、未注入液晶之面板玻璃)(經濟部)事業產生之廢玻璃屑(內政部)事業產生之廢玻璃(點滴瓶、藥瓶、飲料罐、食品罐頭空罐)(衛生署)
R-0407	廢玻璃容器	公告應回收廢棄物

2. 廢燈管

國際間認定汞為危險物質，當其存於廢棄物當中即為有害廢棄物，若無依據法規進行適當的處理處置，即成為生態環境之殺手，因此廢燈管之生命週期皆應有恰當之管理及處理方法，以下就廢燈管之源頭限制、末端管制及污染防制現況說明如後。

(1) 源頭限制

台灣針對燈管之汞含量限制並無法規強制規範，但行政院環境保護署於1992年起公告實施國內環保標章制度，透過認證後符合各項環保標章之產品，授予環保標章，以生產廠商自願性方式降低各項產品對環境之污染。在環保標章中，關於燈管設備之限制汞含量為下列項目：

- A. 省能源精緻型螢光燈(CFL)每燈泡(管)之汞含量應低於10 mg；
- B. 螢光燈管內汞含量應低於15 mg；
- C. 出口標示燈及避難方向指示燈，產品使用之燈管，燈管汞含量應低於5 mg/Lamp；
- D. 顯示面板中各燈管之單根燈管汞含量應低於3 mg，產品之燈管總汞含量應低於15 mg。

(2) 末端管制

國內回收、清除及管理含汞燈管主要根據「廢棄物清理法」、「毒性化學物質管理法」、「廢照明光源回收貯存清除處理方法及設施標準」、「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」以及「以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出及輸入情形之申報格式、項目、內容及頻率」等法規規範進行申報回

收、清除及處理工作。其相關法令規範內容摘要，如表 2 所示。

表2 含汞燈管依據法規之相關規定

項目	法規相關規定
廢燈管	清運工具，應設置具有標示之堅固貯存容器。 清除過程中，應防止廢燈管破裂，散落與污染環境造成危害人體健康之情事發生。 廢燈管應於境內進行處理，且不得將未經回收、再利用之廢燈管直接焚化或掩埋處理。
螢光粉	須置於能防止逸散之容器，於室內存放且標示清楚。 含汞螢光粉之乾基每公斤含汞及其化合物高於 260 mg 者，應先以熱處理法回收汞。 回收處理後依毒性特性溶出程序 (TCLP)，有機汞不得檢出；汞及其化合物（總汞）應低於 0.2 mg/L。
汞蒸氣	廠內貯存、處理作業區應裝置汞偵測裝置，排放廢氣之總汞含量，濃度應小於每立方公尺 0.3 mg。 室內作業空氣之總汞濃度應小於每立方公尺 0.05 mg。 應貯存於密閉容器內，避免其溢出、洩漏、擴散或蒸發，並標示其名稱、數（重）量及種類。 可自行回收成液態汞或其他汞產品。
含汞及其化合物	乾基每公斤濃度達 260 mg 以上者，應回收元素汞，其殘渣之毒性特性溶出程序試驗結果汞溶出量應低於 0.2 mg/L；乾基每公斤濃度低於 260 mg，以其他方式中間處理者，其殘渣之毒性特性溶出程序試驗結果應低於 0.025 mg/L。

依據廢棄物清理法第十條之一第二項規定，公告廢日光燈管為長期不易腐化及含有害物質成份之一般廢棄物。2002 年 1 月 1 日起公告廢日光燈直管為應回收廢棄物，並開始徵回收清除處理費及執行回收清除處理工作。2003 年 7 月 30 日就已經發布實施「照明光源販賣業者應設置資源回收設施及其它應遵行事項」，要求燈管之販賣業者均應設置資源回收設施，並做好相關管理及回收之工作，應遵行事項公告實施後，確已提供民眾除了資源回收車以外一項極為便民之選擇。2007 年 7 月 1 日起又進一步公告實施，回收環管日光燈、安定器內藏式螢光燈泡、緊密型螢光燈管及燈帽直徑 2.6 公分以上之白熾燈泡。另針對國內 HID 燈近年取代傳統式燈泡之使用量逐年上升，特於 2008 年 7 月起，修正廢照明光源法規，增列高強度照明燈管 (HID 燈) 為公告廢棄物應回收項目內。

依事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準第二十條，公告「含汞及其化合物，如乾基每公斤濃度達 260 mg 以上者，應回收元素汞，其殘渣之毒性特性溶出程

式試驗結果汞溶出量應低於 0.2 mg/L；乾基每公斤濃度低於 260 mg，以其他方式中間處理者，其殘渣之毒性特性溶出程式試驗結果應低於 0.025 mg/L。」其末端管理措施，如表 3 所示。

表3 國內廢燈管末端之管理規範

法令	年份	摘要
廢照明光源回收貯存清除處理方法及設施標準	2001	1. 2002 年起實施回收直管式日光燈。 2. 2007 年 7 月 1 日起新增回收環管日光燈、安定器內藏式螢光燈泡、緊密型螢光燈管及燈帽直徑 2.6 公分以上之白熾燈泡等。 3. 2008 年 8 月起回收高強度照明燈管 (HID)。
廢電子電器暨廢資訊物品回收貯存清除處理方法及設施標準	2007	公告應回收廢資訊物品類中，廢筆記型電腦及廢監視器中面板背光模組均含冷陰極管 (CCFLs)。

(3) 污染防制

在污染防制設備部分主要包括汞回收蒸餾設備、活性炭吸附及集塵設備等，而現行法規規範廢燈管於回收、貯存、清除、處理過程，含汞物質不得洩漏於大氣中，處理過程中產生的廢氣、廢水、廢棄物之排放以及勞工作業環境空氣品質，必須符合空氣污染防制法、水污染防治法、廢棄物清理法及勞工安全衛生法等相關法規之管制標準，如空氣污染防制法及勞工安全衛生等相關法規皆針對汞排放及環境之汞濃度規範廢燈管處理廠之排放廢氣總汞含量濃度應小於 0.3 mg/m³；室內作業環境空氣之總汞濃度應小於 0.05 mg/m³ 等標準規範。

空氣污染防制設備目前各處理廠皆採用集塵設備為主要，於後端排放管道中裝置活性炭以針對螢光粉及可能產生之汞蒸氣進行吸附及阻隔之作業，進而避免有害物質逸散至大氣中，造成環境危害。廢活性炭之處理方法，將吸附飽和之廢活性炭放入蒸餾容器中，經由乾餾設備處理，在負壓之狀態下，其處理條件分別為，處理溫度約 600℃，處理時間約 18 小時，即可將活性炭中所吸附之汞脫附。廢活性炭處理流程圖如圖 4 所示。

利用活性炭吸附與脫附原理，經熱脫附處理後之微量含汞廢氣，導入活性炭濾床吸附後再排至大氣，其中活性炭床分層排列以增加與氣體接觸之面積。活性炭吸附含汞廢氣後所含之汞量取決於各廠牌活性炭對汞之吸附能力。而使用熱處理法處

理活性碳，因其再生效率高，活性碳經過熱處理法處理後再經 2 ~ 3 重蒸餾，即可得 99.99 % 以上之純汞，提高其附加價值。

針對廢燈管處理廠廢棄活性碳之後續流向，主要為廢棄活性碳經 TCLP 程式後，檢測結果若符合法令標準，則以一般廢棄物進行後續處理；惟經 TCLP 程式後，檢測結果若不符合法令標準，則將廢棄活性碳置回原蒸餾程式進行處理，以求符合法令之標準後，再以一般廢棄物進行後續處理。

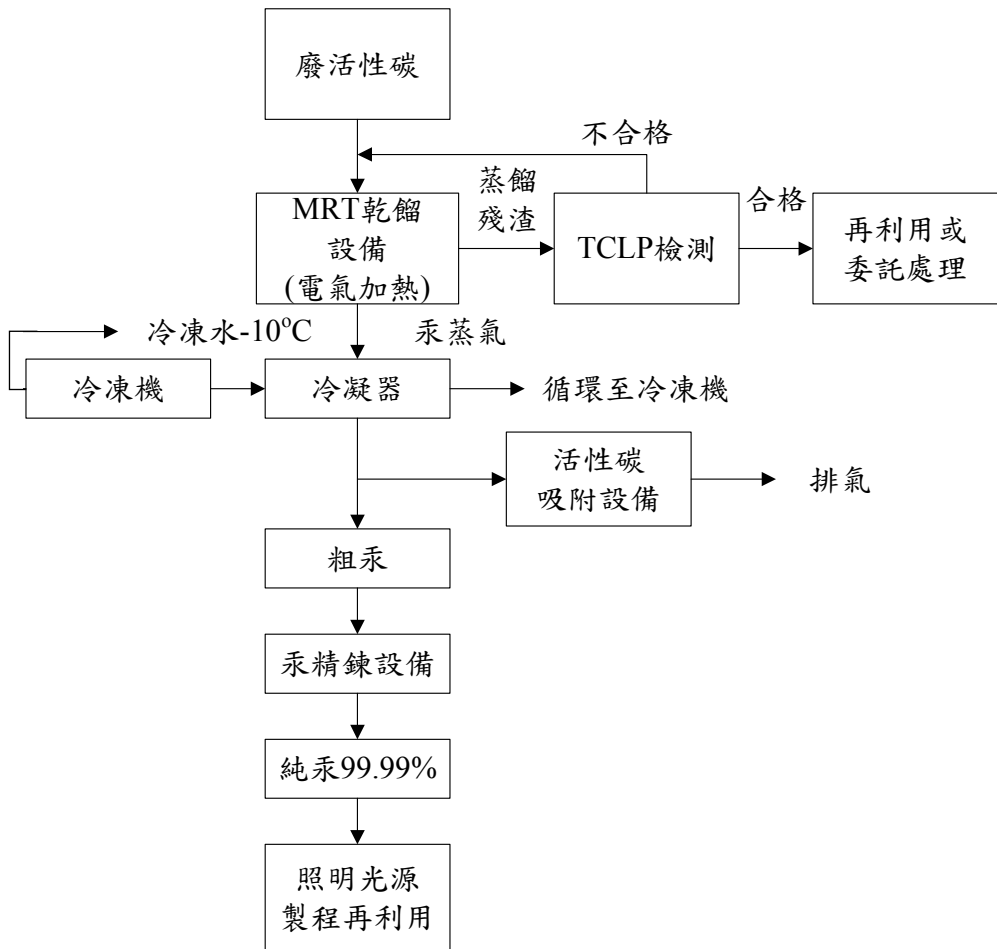


圖4 國內廢活性碳處理流程圖

四、資源再生利用技術

廢玻璃焚化後不易融成灰燼，也無法生物分解，成為環保署的大難題，但經由業者研發，找出玻璃與砂石極為接近的特質，已有許多廠商將玻璃回收再利用，取代磁磚、地面建材、壁面建材、人行道鋪設、居家園藝材料、瀝青鋪路、玻璃熔爐之再生料等。另廢燈管部分，台灣目前已有廠商設有螢光粉再生設備，可將廢照明光源處理後產生之可再生料，加以有效再利用。

1. 廢玻璃

廢玻璃可百分之百循環再利用，在環保署與業者努力研發及應用推廣後，已將廢玻璃廣泛應用於環保建材上，如表 4 中照片所示。廢玻璃再利用方式主要分為兩種，分別為原型再利用及廢玻璃破碎後的碎玻璃再生料，摻配碎玻璃原料製成產品或建材等；廢玻璃資源化用途為原型利用、玻璃原料、土木材料、建築材料、工業材料等，而資源化技術方面主要為破碎、溶解、粒度調整及燒成等方式，詳表 5 所示。一般來說，常用的玻璃資源化產品包括有半成品及成品，半成品如亮彩琉璃如表 6 所示。成品如地磚、廢玻璃再生建材、玻璃纖維、化學吸附劑、玻璃瀝青、人造大理石等，如表 7 所示。

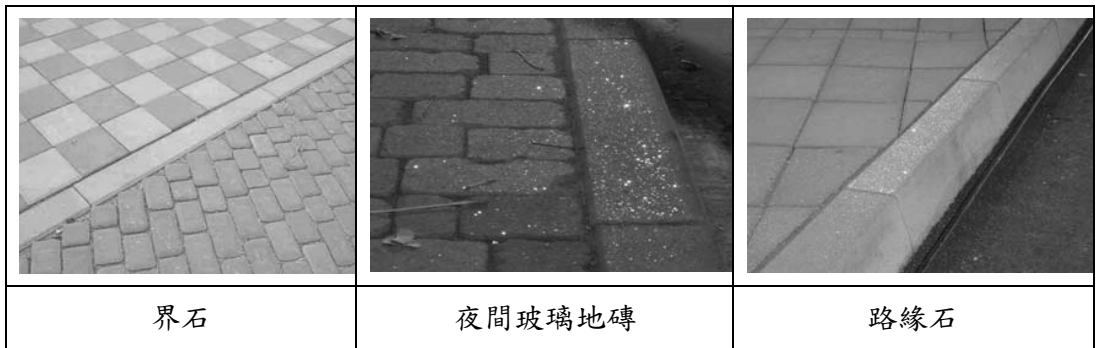


表4 廢玻璃應用於環保建材照片

表5 玻璃碎片資源化用途及再生利用技術

資源化用途		資源化再生利用技術
大分類	小分類	
1. 玻璃原料	1. 玻璃瓶 2. 玻璃短纖維 3. 玻璃珠 4. 玻璃工藝品	破碎－溶解－成形 破碎－溶解－纖維化 破碎（－溶解）－球形化 破碎－溶解－成形
2. 道路材料	1. 瀝青用骨材 2. 混凝土用骨材 3. 水泥用骨材 4. 路盤材、填埋材、其他	破碎－粒度調整－混合 破碎－粒度調整－混合 破碎－粒度調整－混合 破碎
3. 土木、建築材料	1. 結晶化玻璃、發泡玻璃 2. 輕量骨材 3. 磁磚、地磚 4. 混凝土、磚片、人工大理石 5. 人工砂	破碎（－溶解）－燒成（結晶化/發泡） 破碎－燒成（發泡） 破碎－燒成（成形） 破碎－混合－成形 破碎
4. 工業材料及其他	1. 玻璃粉末 2. 其他（過濾材）	破碎－粉碎 破碎（粒度調整）
5. 亮彩玻璃	1. 建築材料 2. 庭園步道、花台、涼亭 3. 室外設施造景與室內設計工程 4. 琉璃砂畫與工藝教材 5. 魚缸與園藝盆栽之裝飾	分類去雜質篩選→洗滌震動篩選篩選控制粒度 顏色分選→再生玻璃砂再生利用

表6 廢玻璃資源化半成品

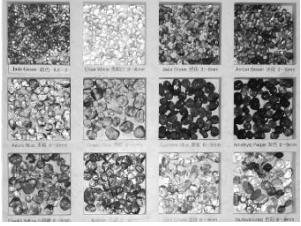





	<p>商品名稱：亮彩琉璃</p> <p>特性介紹：顆粒粒徑由 0.6~12mm，顏色多樣，具良好折光率鑲貼於表面會產生閃光效果</p> <p>適用對象：可用於商業空間、殘障坡道、泳池週邊拼圖等各項公共設施</p>
---	---

表7 廢玻璃資源化成品

	<p>商品名稱：噴砂彩晶石地磚</p> <p>特性介紹：面層材料必須全部使用玻璃粒料(Φ1~3.5 mm)加水泥、中白石、色料。底層材料為水泥與一般粒料，經高壓震動結合成形，再經噴砂處理使面層粒料裸露。</p> <p>適用對象：各項公共設施</p>
	<p>商品名稱：復古磚</p> <p>特性介紹：材料為水泥、一般粒料、玻璃粒料、色料。經高壓強力振動成型。經適當養護後以機具或人工將磚體菱角菱線打鑿成自然狀，仿古時手工打鑿之天然石塊般，不得以模具印製規律凹凸線條。</p> <p>適用對象：各項公共設施</p>
	<p>商品名稱：彩晶研磨透水磚</p> <p>特性介紹：面層材料必須全部使用玻璃粒料(Φ2.5~5 mm)加水泥、中白石、色料。底層為水泥與一般骨材，經高壓震動結合成形，面層再經四次研磨加工處理。</p> <p>適用對象：各項公共設施</p>
	<p>商品名稱：彩晶植草磚</p> <p>特性介紹：面層材料必須全部使用玻璃粒料(Φ1~3.5 mm)加水泥、色料。底層為水泥、一般粒料。經高壓振動結合成形，再經拋光加工處理，使面層有光線折射效果。</p> <p>適用對象：各項公共設施</p>
 <p>台北市八德路</p>	<p>商品名稱：玻璃瀝青</p> <p>特性介紹：玻璃砂可增加輪胎和地面的磨擦力，吸水性低可加強路面排水性，於夜間具有反光的效果可引起駕駛注意，降低交通事故發生率。</p> <p>適用對象：路面鋪設</p>

2. 廢燈管

廢燈管經處理後，後續產生之衍生物主要為 90% 玻璃、其次則是安定器、銅鋁料、螢光粉、鐵料等物質，詳資源回收再利用比例如表 8 所示。其中玻璃、銅鋁料及鐵都是再生物料或可當作添加物使用，而處理後之廢玻璃碎片，則大多運交其他玻璃相關產品製造廠，以達再利用之目的，而銅、鋁等相關金屬經篩分後，可做為金屬原料之使用。

目前廢燈管回收處理後衍生之汞，依純度分為粗汞 (99 %)、工業用汞 (99.99 %)、廢燈管用之特殊汞 (99.999 %) 及用於精密工業之高純度汞 (99.9999 %)。從眾多廢燈管中回收之汞，主要目的係減緩環境負擔，尤其避免對人體健康之影響。實廠生產之精鍊汞主要為工業用汞 (99.99 %) 及特殊汞 (99.999 %)，而目前燈管實廠汞之回收率皆可達 99.99 % 以上，可用於工業用途，少部份可達 99.999 % 之汞則可重新回到燈管製造程式，進行回收再利用。其精煉程式如圖 5 所示。

表 8 台灣廢燈管再生料資源回收再利用比例

再生料種類	百分比 (%)
廢玻璃	90.02
螢光粉	2.02
銅鋁料	3.20
鐵料	0.55
廢塑膠	0.46
安定器	3.75
總計	100

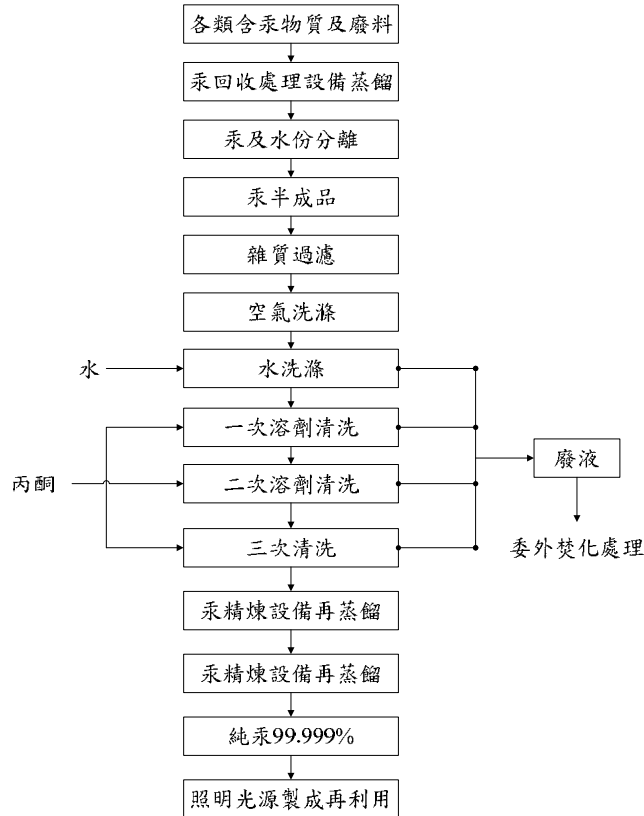


圖5 汞精煉資源化技術流程

結語

廢玻璃物化性質與砂石極為接近，且廢玻璃資源再利用之使用量目前以公共工程為最大宗，如利用廢玻璃作鋪面材質、路基材料、再利用於土木建材或做為輔助材料取代部份之水泥原料等，然而公共工程所需營建用骨材需求迫切情況下，使用之材料數量龐大，對自然資源之耗用極為可觀，倘若能開發回收廢玻璃替代工程營建用部份原料，將能使廢棄物減量與降低資源消耗等雙重效益。廢燈管方面，除將有害汞物質予以資源化外，台灣目前回收廢燈管產生廢螢光粉每年約 100 公噸，累積數量可觀，又螢光粉市價約 300 萬 / 公噸，且螢光粉含重要稀土元素，為現今不可或缺之稀有金屬元素，因此研發其資源化再生利用技術極具龐大經濟效益，目前正

積極開發螢光粉活化再生創新技術，預期可解決螢光粉處置問題及缺乏稀土資源之窘境。

參考文獻

1. Ching-Hwa Lee, Chii-pwu Cheng, Kuo-Shuh Fan, Tien-Chin Chang, Chun-Hsu Lin(2007). Recycling of Discarded Fluorescent Lamps. Recycling Fund Management Board Environmental Protection Administration.
2. 陳宇陽、張添晉、張四立 (2009)，提昇廢乾電池及廢燈管回收處理成效暨重金屬含量抽驗調查專案工作計畫，行政院環境保護署。
3. 吳嘉泓 (2009)，汞削減政策與管理趨勢之研究，國立臺北科技大學。
4. 行政院環保署 (2009)，廢玻璃再利用技術手冊。
5. 張添晉、鄭光炎、林俊旭、朱宏毅 (2009)，廢容器回歸市場機制自主管理先期輔導計畫及廢容器通路開發研究，行政院環境保護署。
6. 新竹市環境保護局 (2008)，廢玻璃去化及再利用推廣專案計畫。
7. 吳春池、邱玉娟 (2004)，廢玻璃再生技術與再生產品之應用介紹，台灣環保產業雙月刊。
8. 張添晉 (2003)，多元化廢玻璃容器再利用技術之評估，中華民國環境工程學會第二十屆廢棄物處理技術研討會論文集。
9. 張添晉、鄭光炎 (2003)，廢玻璃再利用技術之開發與應用計畫，行政院環境保護署。

第一篇：循環經濟

第二篇：節能減碳

大陸部份



生產者責任延伸制度與電子廢物循環利用

李金惠 楊檬^{*1} 劉麗麗^{*2}

第一節 生產者責任延伸制度

一、生產者責任延伸制度的提出和發展

生產者責任延伸的思想，最早可追溯到瑞典 1975 年關於廢物循環利用和管理的議案。該議案提出：產品生產前生產者有責任瞭解當產品廢棄後，如何從保護環境和節約資源的角度，以適當的方式處理廢棄產品。生產者責任延伸（Extended Producer Responsibility, EPR）的概念是在 1988 年瑞典環境經濟學家湯瑪斯（Thomas Lindqvist）給瑞典環境署提交的一份報告中首次提出的。湯瑪斯教授認為，EPR 是一種環境保護戰略，旨在降低產品的環境影響目標。它是通過使產品製造者對產品的整個生命週期，特別是對產品的回收、循環和最終處置負責來實現的。湯瑪斯教授對該責任的描述涵蓋了生產者對產品環境損害、清潔生產、提供產品安全資訊、廢物回收、再循環利用等產品整個生命週期鏈條上的責任，並特別強化了產品消費後階段生產者的責任。這一界定融合了產品責任和廢物管理環境責任，但是對生產者而言，該責任內容過於寬泛，加大了這項制度的實施難度。

EPR 理論的提出，引起了世界範圍內的關注和探討。1998 年，經濟合作與發展組織（OECD）在其《EPR 框架報告》中較為完整地闡釋了 EPR：EPR 是指產品的生產商和進口商必須對其產品在整個生命週期中對環境的影響負大部分責任，包

*1 畢業於清華大學環境學院，現任中國電子技術標準化研究所綠色工業產品促進中心技術總監、技術發展部部長，主要從事電子電氣產品資源節約與環境保護領域的項目研發、實施、培訓與管理。

*2 現任聯合國環境署巴塞爾公約亞太地區協調中心高級專案主管，主要從事電子廢物管理政策、源化利用技術以及處理處置工程研究。

括原材料選取和產品設計的上游影響，生產過程的中游影響以及產品消費後回收處理、處置的下游影響。該定義依舊未能克服對生產者責任範圍界定過於寬泛的缺陷。在 2001 年《EPR：政府工作指引》的研究報告中，OECD 對 EPR 的理論進行了修正和完善。其定義為：EPR 是一項環境政策，生產者對於其產品所負的責任（物質和 / 或財務責任）擴大到產品生命週期的消費後的廢棄物處置階段。其具有兩個相互關聯的特徵：（1）將產品廢棄物的處置責任全部或部分地從市政當局那裏上移至產品原來的生產者那裏；（2）激勵產品生產者在產品設計時將產品的環境影響考慮進去。

1996 年，美國可持續發展總統議會（PCSD）將 EPR 改為“延伸產品責任”：“延伸產品責任是一項新興的實踐，在延伸產品責任體系中，製造商、供應商、使用者以及產品處置者將共同承擔產品及其廢物對環境的影響責任。延伸產品責任的一個目標就是識別生產鏈條上那些最有能力改善產品環境影響的參與者。該責任主體視情況而定，或者是原材料的生產者，或者是最終用戶或者其他。”這一定義將 EPR 中的 P 由生產者（Producer）修訂為產品（Product），作出這種修訂可能的原因是：（1）美國的個人主義傳統和自由資本主義限制了政府干預的形式。（2）存在訴訟風險。企業擔心實施 EPR 而引起的訴訟可能影響其正常生產。（3）各方妥協的產物。美國社會是一個經濟財團支撐政治財團的社會，EPR 的制定和實施，將直接關係政治集團背後的經濟財團的利益，延伸產品責任是在權衡財團經濟利益、公眾環境利益和政治利益的基礎上妥協的產物。

歐盟的研究並不直接針對 EPR，而是從宏觀角度研究對產品整個生命週期進行環保控制。歐盟從 1997 年開始致力於對“綜合性產品政策”（Integrated Product Policy，以下簡稱 IPP）的研究，其內容包含了 EPR 的理念。EPR 制度是 IPP 政策的一個主要內容，歐盟現已通過的包裝物、廢舊車輛、廢舊電池和廢舊電子電器產品等指令都以 EPR 理論為基礎。從中可看出歐盟對 EPR 的界定：EPR 主要是指生產者必須負責產品使用完畢後的回收、處理和再利用的責任，即產品廢棄階段的責任完全歸於生產者。

二、生產者責任延伸制度的內涵

EPR 的提出是廢物管理階段因市場手段失靈而引發的對政策手段的依託，通過對產品消費後廢棄物循環利用責任的追加，實現廢棄物管理階段環境成本的內部化。從整個產品的生命週期來看，造成外部不經濟性的不僅僅是生產者，還包括銷售者和消費者等，因此，從產品中獲益的主體都應當承擔產品的回收利用所增加的

成本。但與此同時，在產品生命鏈中，生產者是最具控制能力的角色。只有生產者才能決定產品設計的改進；生產者最有能力挖掘廢棄產品的最大利用價值；生產者是再生材料最直接的用戶。以生產者作為切入點引入外部激勵，可以保證激勵信號更為順暢地在產品鏈上下游傳播，更好地減少廢棄物、鼓勵再生利用。從這個角度來看，生產者責任延伸的提出並不是因為生產者對資源環境的攫取和破壞負有全部責任，而是因為這些責任由生產者來承擔可以產生最大程度的環境收益。

但是，對生產者來說，其自身性質所決定的責任不應包括除提供安全性和適用性產品以外的責任，因此，生產者所謂的社會責任僅含有道德因素。這種責任是一種自律的責任，生產者是否願意承擔，很大程度上取決於其“良心”。所以，為了防止生產者淡化或規避社會責任，就需要通過立法將生產者的社會責任轉化為生產者的法定義務，即將生產者的社會責任法律化，從而保障生產者社會責任的實現。

此外，EPR 被稱為生產者責任延伸而不是生產者責任，其內涵不應被寬泛的界定為生產者責任，而應突出生產者責任的“延伸”。原有責任的劃分與 EPR 制度下的責任劃分比較如表 1.1 所示。

表1.1 EPR制度下的責任劃分

階段	選材與設計	產品生產	消費後廢棄
責任內容	選擇不含有毒有害物質的原材料、產品生態設計等	生產過程中水、氣、聲、渣的管理等	廢棄產品的回收處理再利用等
原有責任劃分	無責任主體	生產者責任	政府責任
EPR 制度下的責任劃分	生產者責任	生產者責任	生產者責任

綜上所述，根據生產者責任延伸制度提出的背景、發展沿革及其理論基礎，EPR 的目標是以制度化和強制性的責任分配，敦促進而實現產品環境屬性的改進。其內涵可以界定為：以生產者為主導的責任主體對產品消費後產生的廢棄物的回收、處理、再利用及最終處置所應承擔的責任。

第二節 電子廢物問題引發的思考

一、電子廢物帶來的問題

電子資訊產業是國民經濟的戰略性、基礎性和先導性支柱產業。改革開放以來，

我國電子資訊產業實現了持續快速發展，特別是進入 21 世紀以來，產業規模、產業結構、技術水準得到大幅提升，銷售收入年均增長約 30%。2010 年 1-11 月，電子資訊製造業實現銷售產值 5.67 萬億元，同比增長 25.7%¹；出口交貨值 3.31 萬億元，同比增長 27%。我國已成為全球最大的電子資訊產品製造基地，在通信、高性能電腦、數位電視等領域也取得一系列重大技術突破。但在產業迅速發展的同時，我們也應該清醒地看到，產業發展依賴著金、銀、鋁、銅、鐵等有色貴重金屬，依賴著石油化工產品——塑膠等資源，龐大的產業規模消耗著大量資源，而且產業增長越快就意味著資源消耗越快。隨著產品更新換代的加快，廢棄電子資訊產品的數量也越來越大。

喪失使用價值的電子產品被稱為電子廢物，俗稱“電子垃圾”。據統計，電子廢物以每 5 年 16%-28% 速度增長，比社會總廢棄物量的增長速度快 3 倍。我國在成為電子產品生產和消費大國的同時，由於社會保有量的增加也成為了電子廢物的產生大國。另一方面，由於監管不力和利益驅使，我國還成為國外電子廢物的主要輸入地，有報導稱，全世界的電子廢物的 80% 被運到亞洲，其中 90% 輸入到我國。

一般電子廢物中含有鉛、汞、鎘、六價鉻等重金屬以及多溴聯苯、多溴二苯醚等溴化阻燃劑；廢舊電視機顯像管和電腦顯示器是易爆炸性的廢物；彩管玻璃、印製電路板上的焊錫以及塑膠等都含有有毒物質；電腦含有 700 多種化學原料，50% 對人體有害²。如果不加任何處理的掩埋、焚燒或者丟棄，電子廢物產生的有害物質將對土壤、空氣、水源等造成難以逆轉的嚴重污染，對人類健康構成極大威脅。由於法規制度、監管體系尚不健全，以及巨額利潤的誘惑，目前大量電子廢物多在小型的手工作坊中用焚燒、酸解等原始方式進行處理，造成的二次污染問題相當突出。

當然，電子廢物中也蘊涵豐富的可回收資源，如有色金屬、塑膠、玻璃等。以電腦主機為例，所含銅、鋁、鋼、鐵、塑膠等占其重量約 90%，另含有少量貴重金屬金、銀、鈮等。此外，一些不受使用年限制約的零部件，如果經有效措施處理後進行再製造，能節省加工製造成本。

隨著資源耗費的不斷增長、電子廢棄物的快速積累，我國電子資訊產業的發展面臨的資源與環境的壓力將越來越大，產業的國際競爭力提升也將受到制約。

圖 2.1 的電子廢物問題體系圖說明：電子廢物物質流通混亂，合法回收處理者

1 <http://yxj.miit.gov.cn/n11293472/n11295057/n11298478/13563803.html>

2 魏金秀，汪永輝，李登新. 電子廢棄物的危害及其資源化技術. 2004，電子廢物與生產者責任國際研討會. 2004

回收管道不暢，非法處理和丟棄現象嚴重；無配套政策資金，缺乏有效資訊溝通，政府監管無從下手。

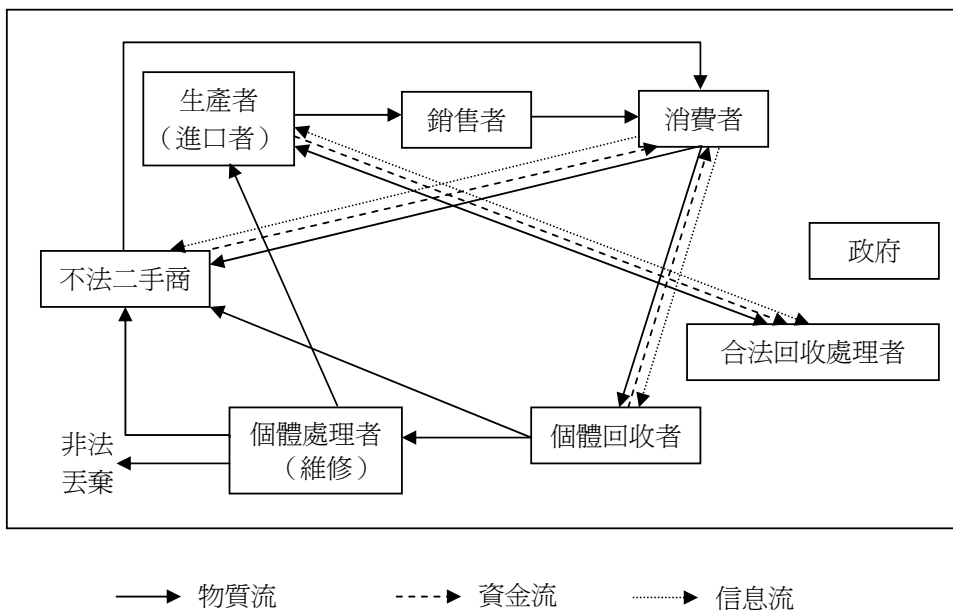


圖2.1 電子廢物問題體系

二、電子廢物的循環利用

要解決電子垃圾帶來的資源消耗、廢棄物積累問題，實現產業發展與資源、環境的協調統一，電子資訊產業有必要採用循環經濟的發展模式。

從循環經濟的增長模式轉變過程來看，要想將原有的“資源——產品——廢棄物”這樣一個單線式的鏈條，變為一個“資源——產品——廢棄物——資源”這樣一個循環式的鏈條，我們必須補足“廢棄物——資源”這樣一個環節，這一環節即廢物的循環利用。要實現電子廢物的循環利用，回收和無害化、資源化處理是關鍵。

(一) 電子廢物的回收

在回收方面，關鍵是解決回收管道。當前，中國在發展電子資訊再生資源產業、促進廢舊資源再利用及產業化方面的瓶頸問題就是回收循環體系，它在極大程度上限制了處理企業的發展，使處理企業成為無米之炊。我國家電產品廢棄後，主要通過“小商小販”以散兵游勇走街串巷方式進行收購，然後進行翻新再使用或拆解利用，除此之外，還存在以下四種回收方式：

- (1) 在居民區設立回收點，儘量有償回收
- (2) 在各大中型商場採用以舊換新或其他促銷方式回收
- (3) 行政事業單位淘汰的廢舊家電產品無償交給回收中心
- (4) 由廢品收購站電子電器修理店代理

總的來看，國內還沒有建立起完善的廢舊電子資訊產品管理制度和回收利用體系，回收的方式過於簡單，操作還有許多不規範之處，給後面真正的處理企業帶來很多不便。

從現有國家試點企業（如青島海爾、浙江大地環保公司、北京華星公司、天津大通銅業公司）來看，近幾年來進展不大，主要問題出在循環體系沒有建立。上述四家企業按要求每年都要完成 2 萬～3.6 萬噸的廢舊電子及電器產品的處理，按平均每台重 25kg～40kg 計算，則一年要收集 80 萬台電腦或電視機、冰箱。每年 80 萬台廢舊電子產品的回收是一項極大的難題。如此艱巨的任務，主要靠某一家企業是絕對無法完成的。

（二）電子廢物的處理

貴嶼是國內乃至世界最大的電子廢物拆解處理集散地，也是廢棄電子資訊產品中有毒有害物質對環境造成不可逆污染影響的最明顯的受害地之一。貴嶼位於汕頭市潮南區，占地面積 52.4 平方公里，下轄四個片區 28 個村（居），15 萬常住人口。上個世紀 80 年代末期和 90 年代初，貴嶼開始涉及舊五金電器的拆解生意，由於獲利豐厚，整個行業規模逐漸擴大。而就在此時，國外的電子廢物通過深圳、廣州和南海的轉運點，開始大規模地進入貴嶼。貴嶼鎮拆解廢舊電子電器產品主要來源有幾方面：一是全國各地回收的廢舊電子電器，及進口的電子廢物；二是珠江三角洲一帶企業邊角廢料、殘次品和淘汰廢舊產品；三是從外地市場購買廢舊電器。經過 10 多年的發展，貴嶼鎮已經形成回收、拆解、加工生成再生資源到銷售的完整的產業鏈。但是，貴嶼回收處理再利用的模式較為“粗放”，管理不規範，經營比較分散，大型企業少，家庭作坊多；採用人工拆解的方法和簡易、落後的生產工藝進行低水準處理、加工；處理過程中產生的廢水、廢氣、廢渣，未能進行有效處理，直接排入環境，造成環境嚴重污染。

為推動我國廢舊家電回收處理，促進資源再利用，2003 年 12 月，國家發展改革委確定了浙江省、青島市為國家廢舊家電回收處理試點省市。同時將浙江省、青島市試點項目以及北京市、天津市廢舊家電示範工程納入了第一批節能、節水、資

源綜合利用項目國債投資計畫。相對於貴嶼的“粗放”，國家試點的模式則較為“精細”，管理規範，經營集中，處理工藝先進，均為大型企業；對產生的廢水、廢渣、廢氣均進行處理，不會產生二次污染。但是，由於回收循環體系沒有建立，它在極大程度上限制了處理企業的發展，使處理企業成為無米之炊。同時由於國家沒有相應的優惠政策，企業處理成本居高不下，處於虧損狀態，無法長期維持。

而消費者在處理廢舊電子電器產品時，總想得到一定的收入，一般會把廢舊電子電器產品處理給小販，因此國內處理企業在回收處理廢舊電子電器產品時需要付出費用。據杭州大地環保公司統計，僅“四機一腦”（電視機、電冰箱、空調器、洗衣機、電腦）的平均回收價格每台 153 元（不含運輸及回收人員的工資等成本）。由於規範的回收處理企業幾乎要求有害物質零排放，資金投入較大，成本較高，根本競爭不過粗放式的民間作坊式的企業。與此同時，國家對回收企業也沒有制定相應的補貼或優惠辦法。這就使處理企業的回收處理成本居高不下，高昂的回收價格和處理成本使處理企業基本處於虧損的狀態，無法長期維持，投資近億元的電子垃圾處理設備基本處於閒置狀態。

總體來說，在無害化、資源化處理方面，隨著電子廢物處理技術的不斷完善，處理資金是制約電子廢物無害化、資源化處理的難點。

（三）電子廢物生產者責任延伸

按照以往的模式，解決電子廢物循環利用問題需要耗費大量的社會資源，這其中生產者並沒有發揮其應有的作用。事實上，生產者是發展電子資訊產業循環經濟必不可少的一部分，也是尤為重要的一部分。發展電子資訊產業的循環經濟，要充分發揮生產者的積極性，因而，促進循環經濟發展的制度和應該與生產者的利益相掛鉤，通過影響生產者的利益使生產者自覺採取符合循環經濟要求的生產方式。

從理論上來說，發展循環經濟可以使企業投入的原料減少、廢物產生量降低、資源易於回收再利用，從而降低企業原材料投入和污染物處理的成本，獲得較大收益，這是發展循環經濟的內因；對不利於循環經濟的行為通過法律上規定的經濟制裁（如罰款），從外部強制企業採用符合循環經濟要求的生產方式，這是外因。只有使內因和外因綜合發生作用，才能從根本上改變生產者的行為模式，使生產者自覺地發展循環經濟。不管是內因還是外因，它們的共同點是建立在生產者的環境成本都由其自身承擔的前提下，生產者要把其產品在全部生命過程中對環境的負面影響計入其成本。電子廢物問題存在於電子產品生命週期的使用後或消費後階段。將生

產者責任延伸引入電子廢物管理中，建立電子廢物生產者責任延伸制度，明確電子產品生產者為電子廢物回收、循環再生和處置的責任主體，是解決電子廢物問題的行之有效的辦法。世界一些發達國家和地區的電子廢物管理實踐也證明了這一點。在我國當前的情況下，我們所缺乏的，正是這樣一個前提，即生產者承擔其產品的全部環境成本。要發展循環經濟，就需要創造這樣一個前提。

第三節 生產者責任延伸制度在電子廢物循環利用中的應用

一、生產者責任延伸制度在電子廢物循環利用中的應用

(一) 歐州各國和地區

歐盟於 2004 年 2 月發佈了《廢棄電子電器設備指令》(Directive on Waste Electrical and Electronic Equipment, 簡稱 WEEE 指令) 和《關於在電子電器設備中禁止使用某些有害物質指令》(Directive on the Restriction of the use of certain Electronic Equipment, 簡稱 RoHS 指令)。WEEE 列出了包括電話在內的 10 大類近 100 小類電子電器設備；RoHS 則要求從 2006 年 7 月 1 日起，投放於市場的各種電子電器設備禁止使用鉛、汞、鎘、六價鉻、聚溴二苯醚、聚溴聯苯等有毒有害物質。按照規定，廢舊電器的處理費用將由生產企業負責，比如彩電或冰箱，每台將被加收 2%~3% 左右的電子垃圾回收費。它要求生產者對收集、處理和回收負經濟責任。具體要求有以下幾點。

- ① 成員國必須鼓勵產品設計考慮和促進易於分解和回收。
- ② 成員國必須採取措施使電子廢物分類收集達到一個高的水準，保證消費者免費返還生命終期產品設備。設備收集的機制包括發行人提供的以舊換新，生產者管理的個體的或集體的收集回收系統。
- ③ 成員國必須保證到 2006 年 12 月 31 日，從私人家庭收集電子廢物的系統達到平均每年每人 4kg 的回收目標。
- ④ 生產者必須建立處理電子廢物的系統，使用最適當的處置和回收技術。生產者可以自己獨立或聯合或通過第三方來實現。
- ⑤ 生產者必須達到產品回收利用的明確目標。

(1) 瑞士

瑞士於 1998 年通過了世界上第一部關於電子廢物的法律《關於返還、回收和處置電子電器設備的指令》(Ordinance on the Return, the taking back and the Disposal of

Electrical and Electronic equipment)，要求零售商、生產商和進口商回收他們經常儲存的設備而不再另外收費。消費者有義務返還已到達生命終期的設備，不允許消費者將其混入生活垃圾。設備的處置費用已包含在購買費用中。

(2) 荷蘭

1998年通過《家用電器法令》，它要求國內電子電器產品的製造商和進口商回收其生命終期的產品。具體要求如下。

- ① 消費者（私人的和商業的）有權選擇生命終期產品的處理方法，包括在購買新產品時把它返還給供應商，直接提供給製造商（僅指商業的），或交給市政當局（僅指私人消費者）。
- ② 供應商（包括經銷商、零售商和發行人）在出售新產品時必須免費接受舊產品。供應商可以轉售舊產品，或通過官方運輸者安排免費運輸，提供產品直接回到製造商或進口商，或交給市政當局。
- ③ 市政當局必須接受來自於私人消費者和供應商的WEEE，可以對此服務收費。

(3) 瑞典

瑞典的《生產者責任條例》於2001年7月1日生效。條例要求電子電器設備的經銷商和製造商在消費者購買一件新產品時免費回收一件舊產品。他們必須向家庭告知回收義務並向市政當局提出回收計畫。瑞典建立了大約1000個收集點遍佈全國。

(4) 丹麥

丹麥1998年關於WEEE管理的法令給予地方政府發展收集和回收生命終期產品法律細則的職責。地方政務會可以給製造商和進口商發出許可證，允許他們免費回收自己的產品來進行重新使用、回收或處理，只要他們保證該過程符合地方政府要求。消費者通過地方稅收和收集費用負擔地方收集和回收系統的經費。然而，在歐盟起草WEEE法令後，丹麥將支持在將來讓生產者來承擔WEEE的經濟責任。

(5) 德國

德國於2005年通過了《關於電子電器設備的法案》（Electrical and Electronic Equipment Act），規定：生產商有義務回收和處理收集到的舊電器並支付處理費用。電子產品應使用對環境友好和可再生的材料，應設計容易維修、拆卸的產品，應建立回收系統，尋找再利用的途徑，對能再生的元件應使用適當的廢物處理設施。

(二) 亞洲各國和地區

(1) 日本

2001年，日本的《家用電器循環法》生效，四種家用電器的回收處置責任從地方政府轉移到生產者。零售商人也要負擔起從消費者手中回收的廢物運送到生產者的回收點的責任。這項法律的特點是消費者在把廢棄家電返還生產者時需要交付回收處理費（主要通過零售商人）。消費者在購買產品時會被告知該產品的回收費用。這個系統被經合組織引用作為EPR的另一種形式。生產者公佈的回收費用是：洗衣機2400日元，電視機2700日元，空調3500日元，電冰箱4600日元。除個別例外，主要生產商都收取相同的費用。日本EPR的特徵之一是它激勵生產者努力降低回收成本使回收費用低於競爭者。

(2) 臺灣

臺灣於1998年執行回收政策，臺灣是第一個要求回收舊電腦硬體的地區，包括中央處理器、監視器和筆記本電腦。消費者可以把舊硬體返還到遍及臺灣的600個回收站之一，或返還回收公司或政府回收廠。到2000年10月，大概有140萬台舊電腦被回收，臺灣環境保護部門的官員宣稱他們將實現75%的舊電腦回收率。在2001年，臺灣將印刷機加入回收設備的列表。

(3) 中國

為規範我國廢棄電器電子產品的回收處理活動，促進資源的無害化利用，保護環境，保障人體健康，國務院於2009年2月公佈了《廢棄電器電子產品回收處理管理條例》（以下簡稱《條例》），並於2011年1月1日起正式實施。《條例》規定以《廢棄電器電子產品處理目錄》確定條例的適用範圍，確立了對廢棄電器電子產品實行多管道回收和集中處理，以及廢舊電器電子產品處理資格許可制度，明確採用生產者責任延伸原則，建立廢舊電器電子產品處理專項基金，同時明確了政府監管責任與實施主體。其中，生產者責任延伸制度的建立無疑是《條例》的核心之一。

2010年，為配合《條例》的實施，國家發展改革委會同環境保護部、工業和資訊化部下發了《廢棄電器電子產品處理目錄（第一批）》，其中包括電視機、電冰箱、洗衣機、房間空調器、微型電腦等五類產品。環境保護部也制定下發了一系列相關配套政策，包括《廢棄電器電子產品處理資格許可管理辦法》、《廢棄電器電子產品處理企業資格審查和許可指南》、《廢棄電器電子產品處理發展規劃編制指南》、《廢棄電器電子產品處理企業建立資料資訊管理系統及報送資訊指南》、《廢棄電器電子產品處理企業補貼審核指南》等。依據《條例》，我國將建立廢棄電器電子產

品處理基金，這不同於現有的任何種類的基金，電器電子產品的生產商是基金的繳納者，徵收上來的基金用於廢棄電器電子產品回收處理的補貼。這是我國推行“生產者責任延伸制（EPR）”的一次嘗試，也是一次全新的挑戰。這支粗略估計只有幾十億元的基金，規模不大，但卻牽動著整個電器電子產品的製造產業、回收處理產業以及千千萬萬的家庭，其管理的複雜性超出已有經驗的判斷。

“生產者責任延伸制”是由“世界經合組織（OECD）”提出的，因此該組織的很多成員國都出臺了與《條例》類似的專項法律，建立了處理基金。國外的經驗，我們可以借鑒。但是，仍然處於電器電子產品普及階段的我國，與發達國家面臨的問題有很大差別。常用的電器電子產品（如電視機、冰箱、洗衣機等）在發達國家的家庭普及率都很高，有些產品（如電腦）甚至有幾台。所以，確定了每台廢棄電器電子產品的回收處理成本之後，就可以在新產品銷售出去的同時，徵收其未來廢棄時所需的回收處理費用。目前，我國正處在經濟結構調整的關鍵時期，擴大內需對經濟增長的貢獻是問題的關鍵。電器電子產品的普及率將會快速提高，在這一階段，新產品的消費量將遠大於廢棄量。如果我國的處理基金採取每年收支平衡的管理方式，那麼平攤到每台新產品的回收處理基金不會很高，這是我國處理基金運行初期的優勢，但是這種優勢會隨著普及率的提高而逐步尚失。

在處理基金建立的初期，充分發揮上述優勢面臨的關鍵問題之一就是回收處理目標的確定，國際上通常都會用回收處理率（回收處理量占當年新產品銷售量或廢棄量的比重）這一指標來評估處理基金的運行水準。在我國，回收處理目標的確定是個難題，回收目標定高了，會增加生產企業的負擔，影響電器電子產品製造業的健康發展；目標定低了，廢棄的電器電子產品不能都得到無害化的利用和處置，環境保護的基本目標也不能實現。本研究將探討我國確定處理基金運行初期回收處理目標確定的原則，通過調研國內外的基本情況，初步提出符合我國國情的回收處理目標的範圍。

生產者責任延伸制度是一種被證明行之有效的推動電子廢物循環利用的方案，但不同的實現方式之間仍存在一定的利弊差異，發達國家和地區的電子廢物管理成功經驗也值得我國借鑒，如何找到一種適合於中國的生產者責任延伸制度實現模式仍需進一步研究和探討。

（三）其他國家和地區

（1）美國

美國的弗吉尼亞州和佛蒙特州於 2008 年分別制定了《電腦和電視機廢物利用和回收法案》和《電子廢物處理法案》並進行通報。《電腦和電視機廢物利用和回收法案》中規定，製造商將電腦或電視銷售以前，應採用並且實施一個回收計畫，並且在電腦設備或電視機上加貼一個永久性、清晰可辨的廠商品牌標籤；同時，該回收計畫應能讓消費者在回收時不需要另外付費就回收電腦設備或電視機。《電子廢物處理法案》中關於製造商的責任有如下描述：製造商每年回收的指定電子設備數量或安排回收並支付報酬的指定電子設備的重量乘以自然資源局根據本標題部分所設定的要求回收的視頻顯示設備銷售比例的乘積，必須與前一年出售給家庭的視頻顯示設備的總重量相等。

同時，《密蘇裏州修正法典》新增了“製造商責任和消費者便利電腦設備收集和回收法”的部分，其中規定：在製造商將電腦用於在本州銷售以前，該製造商應①採用並且實施一個回收計畫，②向本部門提交一份書面回收計畫，③在電腦設備上一個永久性、清晰可辨的廠商品牌標籤；該回收計畫應能讓消費者在回收時不需要另外付費就回收電腦設備。

(2) 加拿大

16 家電信和電子的領導企業強制聯合成立加拿大電子產品全程服務（Electronics Product Stewardship Canada），這是一個非營利組織，它將為加拿大電子廢物的問題提供設計、促進和執行可持續的解決方案。這個組織目前正與政府、消費者和其他基金會商議設計適當的專案來對個人電腦、筆記本電腦、印刷機和電視機等產品進行安全的重新使用和回收。EPS Canada 在 2004 年開始實施第一個生命終期管理項目。成員包括 Apple 公司、兄弟國際公司、日本佳能公司、戴爾公司、愛普生公司、惠普公司、日立公司、IBM 公司、美國利盟公司、LG 電子公司、日本松下公司、三洋公司、夏普公司、索尼公司、湯姆森公司、東芝公司。參與的工業協會包括加拿大資訊技術協會和加拿大電子同盟。

二、生產者責任延伸制度在電子廢物循環利用中的實現方式及比較

據調查，目前發達國家和地區電子廢物生產者責任延伸制度的實現有三種模式，分別可以稱之為直接承擔行為義務的模式、責任轉嫁的生產者責任組織模式和責任轉嫁的基金模式。

(一) 直接承擔行為義務的模式

日本採用的是直接承擔行為義務的模式。日本將電子資訊產品生產者分為 AB 兩

組，分別以獨立或合作建廠的方式回收處理電子廢棄物，採用直接由生產者承擔廢棄電子資訊產品回收處理再利用行為義務的方式實現生產者責任延伸。截至 2007 年 9 月，AB 兩組在全日本共有 47 家處理廠。A 組包括東芝、松下等 21 家公司，32 個處理廠，190 個回收點；B 組包括日立、三菱、索尼、三洋、夏普等 23 家公司，16 個處理廠，同樣有 190 個回收點。其中大部分處理廠集中在北九州生態園區，園區內的西日本家電（NKRC）是唯一一家可同時接受 AB 兩組產品的工廠。

在這種模式下，生產者出資建設處理工廠及設計回收點，直接參與承擔廢舊電子資訊產品回收處理再利用的行為義務，並對回收處理廠的日常運轉進行費用補貼；剩下的費用由消費者承擔，在消費者廢棄產品時繳付。這種模式的優點是實現了產品廢棄後責任的多方承擔，鼓勵消費者延長產品的使用壽命，同時，生產者作為再利用資源的直接受益者可以更好地促進產品的回收處理再利用。該模式的缺點是，不能發揮原有廢舊回收處理體系的作用，且缺乏規模效益，同時由於消費者要在產品廢棄時繳納費用，在管理不嚴的情況下容易造成消費者的非法丟棄，嚴格管理則會增加政府的管理成本。

（二）責任轉嫁的生產者責任組織模式

歐盟各成員國大多利用生產者責任組織（Producer Responsibility Organization，PRO）模式實現生產者責任延伸。PRO 是一個由政府指導、以生產者為核心的聯合體，是 EPR 的負責和執行機構，運輸公司、回收公司、處理公司及社區回收站點是聯合體的合作承包商。合作承包商通過適當的競爭機制在聯合體中開展服務工作；地方政府視其開展工作的情況，通過 PRO 機構給予適當的補貼（設立專項資金）。

在這種模式下，生產者以付費方式加盟 PRO 成為會員，將回收處理再利用責任轉嫁給 PRO，並不直接參與廢舊電子資訊產品的回收處理再利用；消費者在購買產品時支付或完全不負責產品回收處理的費用。這種模式的優點是可以充分發揮原有回收處理體系作用，節約政府管理成本，提高消費者參與回收的積極性。其缺點是，生產者參與度低；由於週期較長，回收處理成本在產品回收時發生變化，真正的回收處理成本不能完全與產品銷售時收繳的費用相抵，造成較多的非法轉移；若費用完全由生產者承擔，則造成生產者負擔過重。

以德國為例，在德國電子廢物管理體系中，採取在政府的監管下，授權第三方非營利組織統一組織、協調和監控的運作模式。德國聯邦環境保護署（Umwelt Bundesamt, UBA）是電子廢物回收處置的主管部門。廢舊電器登記基金會

(StiftungElektro Altgeräte Register,EAR, 是由 27 個電子電器生產商和 3 個協會聯合成立的行業非營利性組織) 負責具體執行與費用分配。在德國的電子廢物管理體系中, 市政當局公共廢物管理機構免費收集家庭電子廢物, 收集費用由市政當局承擔; 運輸、處理費用由生產商/進口商承擔, 生產商/進口商也可指定自己的合約運輸公司和處理公司。從市政當局之後的相關作業, 就是生產者責任的開始。EAR 負責組織和協調從市政回收點開始的電子廢物的登記接收、從回收點到處理廠的運輸。目前, 全德國範圍內由生產商提供的收集點達 1450 多個, 廢棄電子電器產品處理機構達 400 多家。該體系採取事後收費模式, 根據生產商/進口商每一類產品的現有市場份額分擔實際發生的電子廢物處理費用, 在生產商/進口商環節由 EAR 負責統一收集和支付。

(三) 責任轉嫁的基金模式

臺灣的廢舊電子資訊產品回收處理再利用採用基金模式, 即由生產者和消費者在特定階段繳納一定數額的稅費, 然後把這筆費用納入由政府管理的專項基金, 回收處理者在對廢棄產品進行回收處理後提供證據, 申請基金提供支援。

在這種模式下, 生產者同樣以付費的方式實現責任轉嫁, 具有同歐盟 PRO 模式相類似的優缺點。但同時, 由於難於管理, 容易發生廢棄物在回收處理者間多次轉賣以申請回收處理費用的情況。

(四) 三種實現方式的比較

三種生產者責任延伸制度的實現模式比較如表 3.1 所示。從比較中可以看出, 目前國際上已有的生產者責任延伸制度的實現方式各有優缺點, 其主要區別在於生產者責任的分配。在設計生產者責任延伸制度的實現方式時, 應揚長避短, 儘量規避掉已有模式所顯現出的缺點。

表3.1 生產者責任延伸制度實現方式比較

項目	直接模式	間接的 PRO 模式	間接的基金模式
代表國家或地區	日本	歐盟各成員國	臺灣
費用支付時間	交納廢品時	購買新品時	購買新品時
費用管理方式	動態管理	由負責回收處理的 EPR 組織管理	基金管理
回收主體	以郵局為主	以 EPR 組織為主	以市政回收為主
生產者費用責任	建工廠，補貼費用	承擔全部費用	承擔部分費用
消費者費用責任	承擔部分費用	承擔歷史費用或不承 擔費用	承擔部分費用
優點	多方參與，壓力分 攤，鼓勵延長使用 壽命	消費者參與回收的積 極性較高	消費者參與回收的積 極性較高
缺點	消費者非法廢棄較 多	回收處理成本變化造 成非法轉移較多	管理混亂造成廢物非 法轉賣較多

參考文獻

1. 李豔萍. 論生產者責任延伸制度. 環境保護. 2005 (7) : 13-15
2. 黃錫生, 張國鵬. 論生產者責任延伸制度—從循環經濟的動力支持談起. 法學論壇. 2006,21 (3) : 111-114
3. 王雪松, 嶽靜. 生產者責任延伸制度內涵和要素探索. 鄉鎮經濟. 2007 (4)
4. The Concept of Extended Producer Responsibility and Product Stewardship. <http://www.ilsr.org/recycling/epr/index.html>
5. 魏金秀, 汪永輝, 李登新. 電子廢棄物的危害及其資源化技術. 2004, 電子廢物與生產者責任國際研討會. 2004
6. 王維平. 循環經濟之路是解決電子垃圾問題的最有效途徑. 2004, 電子廢物與生產者責任國際研討會. 2004
7. Naoko Tojo. 電子產品的生產者責任延伸制和設計革新——來自自本和歐洲的例子. 世界環境. 2004 (3) : 60-61
8. 馮良. 推行生產者責任延伸制度, 促進電子廢物回收利用——歐盟廢舊家電回收

處理制度考察. 電器. 2005 (7) : 70-72

9. Electric Appliance Recycling in Japan. INFORM, Inc, November 2003
10. AN ACT RELATING TO THE DISPOSAL OF ELECTRONIC WASTE. [http://www. mii. gov. cn/ art/2008/02/26/art_3900_36515.html](http://www.mii.gov.cn/art/2008/02/26/art_3900_36515.html). 2008-3-17
11. 王岩. 中國特色生產者責任延伸制度建設模式初探. 再生資源與循環經濟. 2008,1 (2) : 15-20
12. 張順年. 宋紅茹. 借鑒德國廢棄電子電器產品回收利用經驗促進我國資訊產業循環經濟的可持續發展. 科技掠影. 2006年第12期. 48-50
13. 祝融. 生產者責任延伸制度立法的探討. 環境保護. 2005 (10) : 46-48
14. 陸輝. 對建立和實施我國生產者責任延伸制度的思考. 經濟師. 2008 (1) : 50-51

循環經濟 3R 原則及其發展趨勢

李金惠 于可利 *¹ 劉麗麗 *²

第一節 3R出臺背景

70 年代以來，嚴重的資源和環境問題引起了各國人民和政府的重視。1972 年 6 月 5 日聯合國人類環境會議在瑞典首都斯德哥爾摩召開，來自 113 個國家的 1300 多名代表聚集在一起，第一次討論全球環境問題及人類對於環境的權利與義務。大會通過了劃時代的歷史性文獻 --《人類環境宣言》，該宣言鄭重申明：人類有權享有良好的環境，也有責任為子孫後代保護和改善環境；各國有責任確保不損害其他國家的環境；環境政策應當增進發展中國家的發展潛力。會議確定每年 6 月 5 日為“世界環境日”，要求世界各國每年的這一天開展活動提醒人們注意保護環境。會後，儘管一些工業國在環境治理方面取得了重大成果，但區域和全球性的環境問題仍然日益嚴重。為此，1992 年 6 月在巴西里約熱內盧舉行了“聯合國環境和發展大會”。大會回顧了第一次人類環境會議以來全球環境保護的歷程，敦促各國政府和公眾採取積極措施，為保護人類生存環境作出共同努力。會議通過了關於環境和發展問題的《里約熱內盧宣言》。還通過了《21 世紀行動議程》，具體規定了實現這些目標的途徑。

3R 原則的出現是人類對工業革命時期發展道路反思的必然結果。美國國會 1965 年通過了《固體廢物處置法》，在 1976 年即頒佈《資源保護與回收法》，1990 年又通

*1 現任聯合國環境署巴塞爾公約亞太地區協調中心專案主管，主要從事電子廢物及危險廢物進出口管理、電子廢物及危險廢物越境轉移方面的研究。

*2 現任聯合國環境署巴塞爾公約亞太地區協調中心高級專案主管，主要從事電子廢物管理政策、源化利用技術以及處理處置工程研究。

過了《污染預防法》，法律法規的變化生動地體現了美國在廢物管理中的指導思想的變化，目前，減量化、再利用和資源化已經體現在了美國固體廢物的全過程管理之中。德國自 1972 年制定《廢棄物處理法》，1978 年推出“藍色天使”計畫，1996 年實施《循環經濟與廢棄物管理法》，已形成了一套較為完善的循環經濟法律體系，其中規定對廢物問題的優先順序是：避免產生，循環使用以及最終處置。

在日本，雖然日本經濟在 1955-1973 年間實現了年均近 10% 的高速增長，但付出了環境犧牲的沉重代價，環境污染已經直接威脅到人們的健康甚至生命。截至 1972 年 3 月底，因大氣污染和水質污染而致病（即所謂的“公害病”）的認定患者已經上升到 6688 人。1973 年秋爆發的第四次中東戰爭引發的石油危機使日本經濟的高速增長劃上了句號，1974 年日本出現戰後首次負增長，所受打擊在發達國家中最為沉重。1990 年泡沫經濟破滅之後，日本經濟結構轉換遲緩，過分依賴國外原料和市場的矛盾日益突出。而且在大規模製造、消費和處置的經濟活動中，日本排放了數量巨大的廢棄物，這些廢棄物給日本帶來了巨大的問題，如廢棄物最終處置地點的匱乏以及不適當的廢棄物處理方式給環境帶來的負面影響等。同時由於全球經濟狀況變化所帶來的原材料如石油和鐵礦石價格的攀升，日本已經意識到未來資源和能源的耗盡問題。同時由於經濟發展所需的海量消費，致使資源的供應風險增大。保證資源供應安全，如非進口方式獲取金屬原料、增加資源利用效率，對於資源貧乏的日本來說意義重大。另外人口密集的發展中國家如中國、印度的政治、經濟發展也需要大量資源，在短期內對原材料需求的增長將會影響資源安全問題。長遠來看，資源的耗盡以及資源價格的急劇增長都將導致資源的匱乏，對於資源高度依賴進口的日本來說，上述問題更加嚴重，一個資源獲取管道不明朗的工業化國家如何保持國際競爭力？

基於國內外各種因素的推動，日本社會各界日益深刻認識到應該摒棄大量生產、大量消費、大量廢棄的經濟社會發展模式，將其轉變為可持續的生產、消費模式。20 世紀 90 年代，日本全社會達成共識，構建一個抑制自然資源消耗、減輕環境負荷的“循環型社會”對日本經濟社會的可持續發展是十分緊迫和必要的，因此日本政府為了應對上述挑戰，日本在 1970 年制定了《廢棄物管理和公共清潔法》，對廢棄物的處理利用提出了管理要求，2000 年對該法進行了修訂，充實了有關促進廢棄物減量化和再利用的內容。同年，日本出臺了《推進形成循環型社會基本法》，此後又先後制訂了一系列法規，如《促進資源有效利用法》、《促進容器與包裝分類回

收法》、《家用電器回收法》、《建築材料回收法》、《食品回收法》及《綠色採購法》，構成了在 3R 原則指導下的立法體系。

第二節 3R 的概念和內涵

一、概念

3R 是指社會經濟活動中有關物質資源的“減量化、再利用、再循環”即 Reduce、Reuse、Recycle。從物質流動的方向看，傳統工業社會的經濟是一種“資源→產品→廢棄物”單向流動的線性經濟，依靠的是高強度消耗資源和高強度破壞生態環境。3R 是一種“促進人與自然的協調與和諧”的經濟發展模式，它要求以“減量化、再利用、再循環”的原則為社會經濟活動的行為準則，運用生態學規律把經濟活動組織成一個“資源→產品→再生資源”的回饋式流程，實現“低開採、高利用、低排放”，最大限度利用進入系統的物質和能量，提高資源利用率，最大限度地減少污染物排放，提升經濟運行品質和效益（見圖 1）。

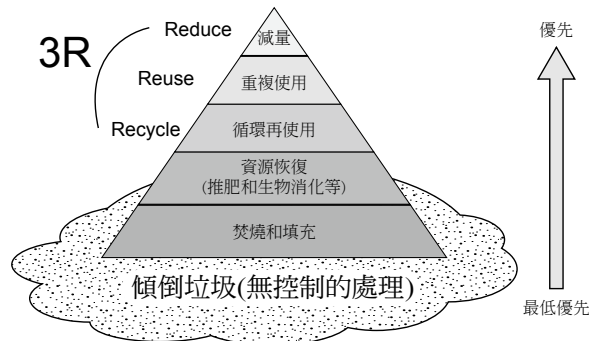


圖1 3R及優先次序¹

二、內涵

減量化原則 (Reduce)：以資源投入最小化為目標。針對輸入端——資源，通過產品清潔生產而非末端技術治理，最大限度的減少對不可再生資源的耗竭性開採與利用，以替代性的可再生資源為經濟活動的投入主體，以期盡可能地減少進入生產、消費過程的物質流和能源流，對廢棄物的產生排放實行總量控制。

再利用原則 (Reuse)：以廢物利用最大化為目標。針對中間環節，對消費群體（消費者）採取過程延續方法，最大可能地增加產品使用方式和次數，有效延長產品

1 圖片來源：http://www.envirofriends.ngo.cn/fow/fow_learning_3r.htm#5

和服務的時間強度；對製造商（生產者）採取產業群體間的精密分工和高效協作，使產品——廢棄物的轉化週期加大，以經濟系統物質能量流的高效運轉，實現資源產品的使用效率最大化。

再循環原則 (Recycle)：以污染排放最小化為目標。針對產業鏈的輸出端——廢棄物，提升綠色工業技術水準，通過對廢棄物的多次回收再造，實現廢物多級資源化和資源的閉合式良性循環，實現廢棄物的最少排放。

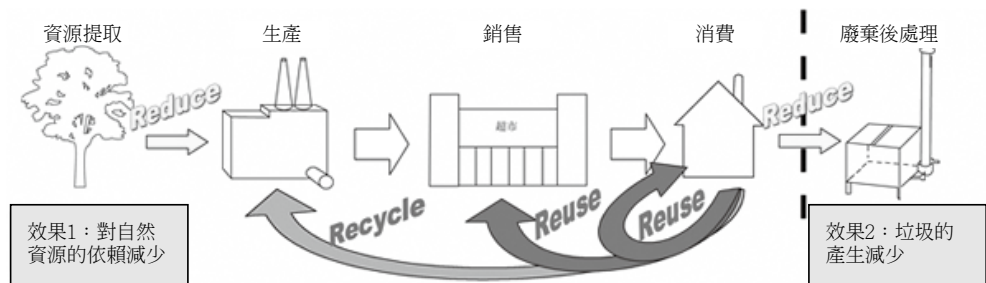


圖2 3R在實際中的應用²

上述三大原則中的每一項原則都必不可少（見圖2）：減量化原則針對的是輸入端，旨在減少進入生產和消費過程中物質和能源流量。換句話說，對廢棄物的產生，是通過預防的方式而不是末端治理的方式來加以避免；再使用原則屬於過程性方法，目的是加大產品和服務的時間強度。也就是說，盡可能多次或以多種方式使用物品，避免物品過早地成為垃圾；再循環原則是輸出端方法，把廢棄物再次變成資源以減少最終處理量，也就是我們通常所說的廢品的回收利用和廢物的綜合利用。再循環能夠減少垃圾的產生，製成使用能源較少的新產品。

第三節 3R的發展與現狀分析

一、3R 理念的發展

1966年美國經濟學家鮑爾丁提出“太空船理論”。他指出，目前人類經濟發展採取的是“資源——產品——污染排放”的單向流動線性模式，由於可利用資源及環境承受力的限制，人類的資源消耗率始終高於資源的再生率，最終必然引發資源危機，地球將像一艘孤立無援，與世隔絕的太空船一樣，由於能源的最終枯竭而走向

2 圖片來源：http://www.envirofriends.ngo.cn/fow/fow_learning_3r.htm#5

毀滅，而延長這一毀滅過程的唯一方法是盡可能地循環使用現有的資源。這一思想啟發了 20 世紀 60 年代末開始的關於資源與環境的國際經濟研究。1972 年，義大利“羅馬俱樂部”的專家們發表了《增長的極限》的研究報告，指出：由於資源的稀缺將制約經濟的發展，而資源的逐漸耗竭使人類經濟不可避免地達到極限。這一觀點在當時引起了經濟界和企業界的極大震動，對資源和人類生存的憂患意識達到空前的高度。1983 年，聯合國世界環境與發展委員會開始研究“沒有極限”的可持續發展問題，於 1987 年提交了題為《我們共同的未來》的研究報告。報告指出：人們應遵循自然生態規律循環使用自然資源，解決可持續發展問題，循環經濟是人類發展無極限的根本出路。

3R 原則及其排列順序作為可持續發展思想的體現，反映了 20 世紀下半葉以來人們在環境與發展問題上走過的三個思想歷程：首先，以揮霍資源、製造污染為代價追求經濟增長的理念終於被拋棄，人們的思想從任意排放廢物進到了要求淨化廢物（通過末端治理方式）；隨後，由於環境污染的實質是資源浪費，因此要求進一步從淨化廢物昇華到利用廢物（通過再使用和再循環）；最後，人們認識到利用廢物仍然只是一種輔助性手段，環境與發展協調的最高目標應該是實現從利用廢物到減少廢物的質的飛躍。這就是知識經濟產生的時代意義。與高消耗、高排放的傳統物質經濟相對照，知識經濟要求追究生產方式和消費方式的本质，實現經濟活動方式從高物質化到低物質化乃至非物質化的根本性變革。

二、日本 3R 發展與推廣經驗

自 2000 年的循環型社會元年以後，日本以 3R 理念為指導，在國際上確立了作為發展循環經濟、構建循環型社會的領跑者的地位。

3R 理念在日本的發展大致分為三個階段—準備階段（1868-1970 年）、初步發展（1971-1999 年）與迅速發展（2000 年至今）。日本從 1968 年開始發表有關環境問題的白皮書，但各階段白皮書的名稱不同，1968-1970 年度稱為“公害白皮書”，1971-2005 年度稱為“環境白皮書”，在此期間的 2001-2006 年度，除發表“環境白皮書”之外，還另外發表“循環型社會白皮書”，2007 年度將環境白皮書與循環型社會白皮書兩本合一，稱為“環境、循環型社會白皮書”。明治時代至 20 世紀 60 年代末這 100 年左右的時間稱為日本循環經濟的準備階段。因為這一階段既是日本趕超歐美國家的“經濟增長至上”、“產業發展優先”的時期，也是經濟增長與環境保護的矛盾

積累時期，同時又是為治理環境問題積蓄人力、物力特別是財力的時期，先將“餡餅”做大，然後才能兼顧環境問題。20世紀90年代，日本全社會達成共識：構建一個抑制自然資源消耗、減輕環境負荷的“循環型社會”，因此日本政府明確提出了發展循環經濟的理念，並於20世紀末出臺了《循環型社會形成推進基本法》。自進入21世紀的第一年即2000年開始，循環經濟在日本進入了迅速發展階段。2000年日本為促進循環經濟迅速發展提出了很多戰略，採取了很多舉措：日本環境廳升格為環境省；《循環型社會形成推進基本法》、《資源有效利用促進法》、《循環型社會形成推進基本法》、《食品資源再生利用促進法》、《綠色採購法》、《建築材料再生利用法》等促進循環經濟發展的重要法律均於這一年開始實施；提出了“環之國”的發展目標；等等。

為了解決日本面臨的廢棄物與資源難題，日本設定了一系列法律，包括法律制定框架以及《環境基本法》用以建立健全物質循環型社會。為建立基本的體制，政府實施了《廢棄物處理法》以及《提高資源綜合利用效率法》，此外還實施了其他一些法律法規，對各種產品、材料的最終處理做出了規定，如包裝材料、家電、食品、建築材料和報廢汽車等。

1967年，日本政府頒佈了《公害對策基本法》，其中著重強調了經濟發展，指出“保護國民健康要與經濟健全發展相協調”，表明政府要以犧牲民眾健康及生存環境來換取經濟的高速發展。但這部基本法的實施遭到全日本人民的反對。

1970年，日本第64屆國會專門探討公害問題，修訂了《公害對策基本法》，刪去了“與經濟健全發展相協調”的條款。日本雖然在60年代與70年代制定了一系列關於處理工業污染的環境政策，但在“泡沫經濟”的80年代後期，急劇增加的廢棄物對於廢棄物處理場地的要求也不斷增長，政府不得不強化對廢棄物的管理政策。到了90年代，源頭預防和全過程治理才替代了末端治理成為日本環境與發展政策的真正主流，政府逐漸提出以資源利用最大化和污染排放最小化為目標，將清潔生產、資源綜合利用、生態設計和可持續消費等融為一體的循環經濟戰略。

1991年，日本國會再次修訂了《固體廢棄物處理和公共清潔法》，並通過了《資源有效利用促進法》。1993年，日本以減少人類對環境的負荷為理念制定了《環境基本法》，邁出了環境立法從完備的單項法律體系走向法典化的重要一步。1995年，通過了《容器包裝分類回收及再生利用促進法》。1998年通過了《特定家用電器再生利用法》。1999年7月，日本國際貿易工業部工業結構委員會準備了一份《循環經濟規

劃報告》，認為為了同時取得環境保護與經濟的可持續發展，必須建立起“一種循環型經濟體系”，以便將環境保護與節約資源融合到經濟活動的各個層面。

2000 年被命名為日本“資源循環型社會元年”，同年日本國會通過了六項法案《循環型社會形成推進基本法》、《固體廢棄物處理和公共清潔法》修訂、《資源有效利用促進法》修訂、《建築材料再生利用法》、《食品資源再生利用促進法》、《綠色採購法》。

2001 年通過《多氯聯苯廢棄物妥善處理特別措施法》。基於《環境基本法》，為了建立起健全的物質循環型社會，日本政府於 2001 年制定了《環境基本計畫》，2008 年 3 月制定了該計畫的修正案——《第二期基本計畫》。

2002 還通過《報廢汽車再生利用法》。

（一）逐步完善的法律框架體系

循環型社會形成推進基本法、資源有效利用促進法、食品再生利用法、家電再生利用法、綠色採購法等促進循環經濟發展的重要法律均已開始實施。2001 年制定的最為重要的《循環型社會形成推進基本法》，明確了推進循環型社會建設的基本原則，明確了國家、地方公共團體、企事業單位、國民的責任和義務，制定了循環型社會形成推進基本計畫，貫徹了在廢物再生利用之前優先做到抑制廢棄物產生、再使用這一“3R”原則。同時規定，必須確保對最終廢棄物進行正當處理。

目前，日本的循環經濟立法是世界上最完備的，這也保證日本成為了資源循環利用率最高的國家。立法體系具有規劃性，先有總體性的再生利用法，再向循環經濟具體領域層層推進，採取了基本法、綜合法和專項法的三層模式。

基礎層面是基本法，即《環境基本法》，《循環型社會形成推進基本法》；第二層面是綜合性的部法律，分別是《固體廢棄物處理和公共清潔法》和《促進資源有效利用法》；第三層面是根據各種產品的性質制定的具體法律法規，分別是《容器包裝分類回收及再生利用促進法》、《特定家用電器再生利用法》、《食品資源再生利用促進法》、《綠色採購法》、《建築材料再生利用法》、《多氯聯苯廢棄物妥善處理特別措施法》及《報廢汽車再生利用法》。表 1 為日本 3R 法律法規的三個層次。

表1 日本3R法律法規頒佈時間及三個層次

時間	法律名稱	法律層次
1970年	固體廢棄物處理和公共清潔法	第二層次綜合法
1991年	促進資源有效利用法	第二層次綜合法
1993年	環境基本法	第一層次基本法
1995年	容器包裝分類回收及再生利用促進法	第三層次專項法
1998年	特定家用電器再生利用法	第三層次專項法
2000年	循環型社會形成推進基本法	第一層次基本法
	食品資源再生利用促進法	第三層次專項法
	綠色採購法	第三層次專項法
	建築材料再生利用法	第三層次專項法
2001年	多氯聯苯廢棄物妥善處理特別措施法	第三層次專項法
2002年	報廢汽車再生利用法	第三層次專項法

(二) 成功的垃圾分類與回收及資源化再利用

(1) 垃圾分類精細

通常日本人把垃圾分為 10 類：生活垃圾（可燃垃圾）、不可燃垃圾、有害物、資源類垃圾、紙類、紡織品類、瓶罐類、大型廢舊物、環衛部門不負責的廢棄物、裝牛奶的紙盒子。這幾類再細分為若干子項目，每個子項目又可分為子項目，以此類推。橫濱市給每個市民分發的垃圾分類手冊長達 27 頁，其條款有 518 項之多，試看幾例：口紅屬可燃物，但用完的口紅管屬小金屬物；水壺屬金屬物，但 12 英寸以下屬小金屬物，12 英寸以上則屬大型廢棄物；一隻襪子屬於可燃燒物品，一雙襪子則是舊衣物；領帶也屬舊衣料，但前提是“洗過、晾乾”。德島縣上勝町更精細，他們已把垃圾細分到 44 類，並計畫到 2020 年實現“零垃圾”的目標。

手冊通常對各種垃圾的具體回收細節也有規定，如分類回收時，有害物不能用塑膠袋包裹直接放到垃圾點的桶裏；紙類垃圾必須紮捆好，用紙袋裝好；紡織品類垃圾都要用透明或者半透明的塑膠包裹好，若是下雨天就不能進行此類垃圾收集；大型廢舊物品垃圾手冊中有詳細的列表，若要丟棄都必須提前電話預約，並且到指定地點購買大型廢舊處理券，把券貼到廢棄物上才算合格；環衛部門不負責的廢棄物有專門的二手店有償回收，有些大型家電賣場也負責回收；裝牛奶的紙盒子，在送至指定回收點前，要按牛奶盒上的虛線剪開，洗乾淨並晾乾。

(2) 垃圾回收管理得當

日本對垃圾的回收是有時間限定的。例如在日本調布市對垃圾的回收時間規定

得十分周密，週一：塑膠類；週二：可燃垃圾和玻璃類；週三：紙和廢舊衣物；週四：單周塑膠瓶，雙周不可燃垃圾及有害物；週五：可燃垃圾和金屬罐。市民們會在規定的時間將垃圾放到指定的地點，倘若沒有趕上在指定的時間扔垃圾，那就只有等到下次機會。對於違規亂倒垃圾者，也制定了相應的處罰措施，輕者交納罰金，重者追究其民事責任。

外國人員到日本後，要到居住地政府進行登記，這時往往就會領到當地有關扔垃圾的規定。當你入住出租房時，房東也許在交付鑰匙的同時就一併交予扔垃圾規定。有的行政區年底會給居民送上來年的日曆，上面一些日期上標有黃、綠、藍等顏色，下方說明每一顏色代表哪天可以扔何種垃圾。在一些公共場所，也往往會看到一排垃圾箱，分別寫著：紙杯、可燃物、塑膠類，每個垃圾箱上還寫有日文、英文、中文和韓文。

(3) 重視環保的宣傳與教育

20 世紀 80 年代，東京都政府為了推廣垃圾分類，提高公眾的垃圾分類意識，市長親自上電視、到社區宣傳垃圾分類，帶頭唱垃圾分類歌曲，政府部門更是率先示範。日本將垃圾分類處理等環保方面的問題編入小學生的教材中，從小就培養環保意識。學校會定期與家長溝通，要求配合學校做好對學生的環保教育，如讓家長將家裏的舊報紙、罐頭瓶等廢棄物帶到學校，由學校和家長聯席會送到回收站，所得款給學生購買一些學習用品。日本還建立了大量環保公益設施，如環境博物館、市民環境教育中心，推廣環保意識和環保行動。另外，日本的環保宣傳無所不在，在賓館、飯店、車站等公共場所，隨處可見圖文並茂的環保宣傳資料。

(三) 推廣廢棄物再生利用行業的生態工業園

工業園區是指在一定的地域空間範圍內，通過集中配置基礎設施並制定一系列相關優惠政策，吸引或引導工業企業及相關配套產業向該地域集聚的一種產業空間組織形式。生態工業園區是繼工業園區和高新技術園區之後的第三代工業園區，它是以 3R 理論為指導，以資源再利用、再循環為模式，以節能和環保為目標（零排放、零污染），通過各企業之間互相利用生產過程中產生的廢物以及副產品，以實現資源在企業之間的循環發展以及對有限資源的充分利用的人工生態工業系統。日本是發展生態工業園區最成功的國家之一。在發展生態工業園區方面，日本環境省和經濟省起著重要的作用，兩省共同負責日本生態工業園區的建設和管理，實行雙重管理制度。其主要做法和經驗是：政府主導、學術支援、民眾參與、企業化運作，

產（企業）- 學（大學 / 科研院所）- 官（政府）- 民（國民）緊密協作，共同推進實施。

（1）以靜脈產業為主體。

日本現有的 23 個生態工業園區都以廢棄物再生利用為主要內容。相關設施有 40 多個，所回收、循環利用的廢棄物多達幾十種。這些廢棄物中包括一般廢棄物和產業廢棄物，如 PET 瓶、廢木材、廢塑膠、廢舊家電、辦公設備、報廢汽車、螢光燈管、廢舊紙張、廢輪胎和橡膠、建築混合廢物、發泡聚苯乙烯等。

（2）完善的法律保障。

在建設生態工業園區方面，日本政府非常重視環境保護，制定了一系列法律法規對其進行規範，生態工業園區內利用的廢棄物大部分屬於個別再生法規定的範圍。正是由於有了相關法律的支持，日本生態工業園區的廢棄物再生利用產業才能有序、規範地發展。例如，一般廢棄物中的廢棄家電、廢舊汽車、廢容器等，分別被特定家用電器再生利用法、報廢汽車再生利用法和容器包裝分類回收及再生利用促進法所覆蓋；建築混合廢物等產業廢棄物的再生利用則是建築材料再生利用法等相關法律所規定的。

（3）強大的學術支援。

在園區內開闢專門的實驗研究區域，產、學、政府部門共同研究廢棄物處理技術、再利用技術和環境污染物質合理控制技術，為企業開展廢棄物再生、循環利用提供了技術支援。日本大部分工業園區都非常重視高科技，通過高科技應用也取得了很好的效果。例如，北九州生態工業園區中，具體的實驗項目包括廢紙再利用、填埋再生系統的開發、封閉型最終處理場、完全無排放型最終處理場、最終處理場早期穩定化技術開發、廢棄物無毒化處理系統以及豆腐渣等食品化技術、食品垃圾生物質塑膠化等多項實驗研究。

（4）企業化運作，園區建設重點突出、特色分明。

從總體上講，日本生態工業園區內的產業活動是以廢棄物再生利用為主的，但是從所利用的廢棄物種類來看，各個園區都有自己的主體方向。同一類型的廢棄物再生事業也可能在不同的生態工業園區實施，例如，秋田縣、宮城縣、北海道和北九州市等 4 個生態工業園區均佈局了家電再生利用設施。這些表明，日本所規劃、建設的生態工業園區是具有地域性的，即首先考慮了不同地區建設生態工業園區的產業技術基礎，同時也考慮了廢棄物資源的空間分佈特徵。

（5）民眾廣泛參與。

生態工業園區是一個多功能載體，除了進行常規的產業活動外，還是一個地區環境教育事業的視窗。例如，北九州生態工業園區內除了各項廢棄物再生利用設施外，還具有以下功能：舉辦以市民為主的環境學習；舉辦與環境相關的研修、講座；接待考察團；支援實驗研究活動；園區綜合環境管理；展示環境、再生使用技術和再生產品；展示、介紹市內環境產業等。

當然日本由於重視技術研究、開發和應用，因而在國內形成了一流的循環經濟處置技術和設備，為治理垃圾污染提供堅實的技術保障；日本還制定並實施有效的經濟政策，促進垃圾治理，保障循環經濟的可持續發展。

（四）開展國際及區域層次活動，積極推廣 3R 理念

近幾年，一些日本的企業在跨國循環經濟上有所建樹，包括：富士施樂——影印機等的辦公設備製造商，在泰國建立了集中循環中心，來自亞太 8 個國家和地區的設備彙集於此進行重新分配用於回收處置以期實現較高的回收利用率；日本同和永續環境股份有限公司（Dowa Eco-System）——同和金屬礦業的下屬公司，開展環境管理與資源的循環使用貿易，從電子廢棄物中回收金屬，並自 2006 年起實施了一個從東南亞回收電子廢棄物運回日本的計畫，其目標旨在：（1）與相關機構合作，制定馬來西亞、新加坡和泰國的移動電話回收處置方案；（2）制定這些移動電話運回日本的跨境流動方案；（3）調研該方案對其他電子廢棄物的有效性。

另外，八國集團（G8）是日本積極推廣 3R 概念的一個舞臺。在 2004 年的 G8 海島峰會上，3R 被推舉為在各種場合討論的 G8 計畫之一。2008 年 5 月，在北海道舉行的 G8 峰會上，3R 與全球變暖、生物多樣性一起被列為會議主題之一。在 G8 環境部長會議上，採納並簽署了“神戶 3R 行動計畫”，要求 G8 成員國採取措施以達到以下 3 個目標：（1）優化 3R 政策並提高資源生產力；（2）構建國際層面的健全的物質循環型社會；（3）協助發展中國家建立 3R，其主要內容包括：通過削減塑膠購物袋、一次性商品等減少垃圾數量，促進廢棄物的正確處理等。行動計畫指出，廢棄物增加和資源利用效率低下已成為一個全球性問題。行動計畫宣告，各國將優先採取減少塑膠購物袋等抑制垃圾產生的措施。該行動計畫旨在加強國際合作，促進資源的有效利用，防止廢棄物處理不當導致環境污染。通過推動廢棄能源的利用和循環為溫室氣體減排做貢獻也是其目的之一。G8 成員國將在各自國內構築循環型社會，防止廢棄物的非法進出口，並“推動國際性資源循環”。行動計畫還提出，擁有循環利用技術的 G8 等發達國家將為幫助發展中國家處理其難以處理的廢棄物做好

準備，並向發展中國家轉移環境技術。依據該行動計畫採取的活動、政策和措施將在 2011 年的 G8 環境部長會議上進行報告。

儘管尚未簽署巴塞爾公約，但 G8 北海道峰會領導人宣言仍舊聲稱以一種與巴塞爾公約一致的、環境協調的方式，支援可循環、可再生物質以及資源的國際間流動。由於神戶 3R 行動計畫與巴塞爾公約的行文背景一致，這也彰顯了日本政府在討論 3R 計畫時對巴塞爾公約的尊重。

各國都付出了很大的努力來創建健全的物質循環型社會，召開的會議有：亞太環境大會、中韓日三國環境部長會議、防止有害廢物非法跨境移運的亞洲網路、東南亞國家聯盟等。其他國際組織如聯合國環境規劃署、經合組織等也被發動起來加強國際間的聯繫。

日本政府積極推進亞洲區域 3R 論壇，經過多次政府磋商，亞洲 3R 區域論壇成立於 2009 年 11 月，其目標是成為分享 3R 最佳實踐、技術和工具的知識平臺。該論壇以綜合固體廢物管理、可持續生產與消費、材料循環型社會等理念為基礎，期望建設成為常規性高級別政策對話的 3R 交流平臺。在 2009 年 11 月 11-12 日舉辦的首屆亞洲 3R 區域論壇上，通過了東京 3R 聲明 (Tokyo 3R Statement)。2010 年 10 月 4-6 日在馬來西亞吉隆坡召開第二屆亞洲 3R 區域論壇，主題為“適用於綠色經濟和循環型社會的 3R”。

三、國內循環經濟與 3R 發展現狀

2008 年 9 月，中國頒佈了《中華人民共和國循環經濟促進法》，將“減量化、再利用、資源化”作為中國經濟社會發展的一條重要原則，中國政府已將發展循環經濟上升為國家經濟和社會發展的重大戰略。

在中國“十一五”規劃綱要中，把發展循環經濟，建設資源節約型、環境友好

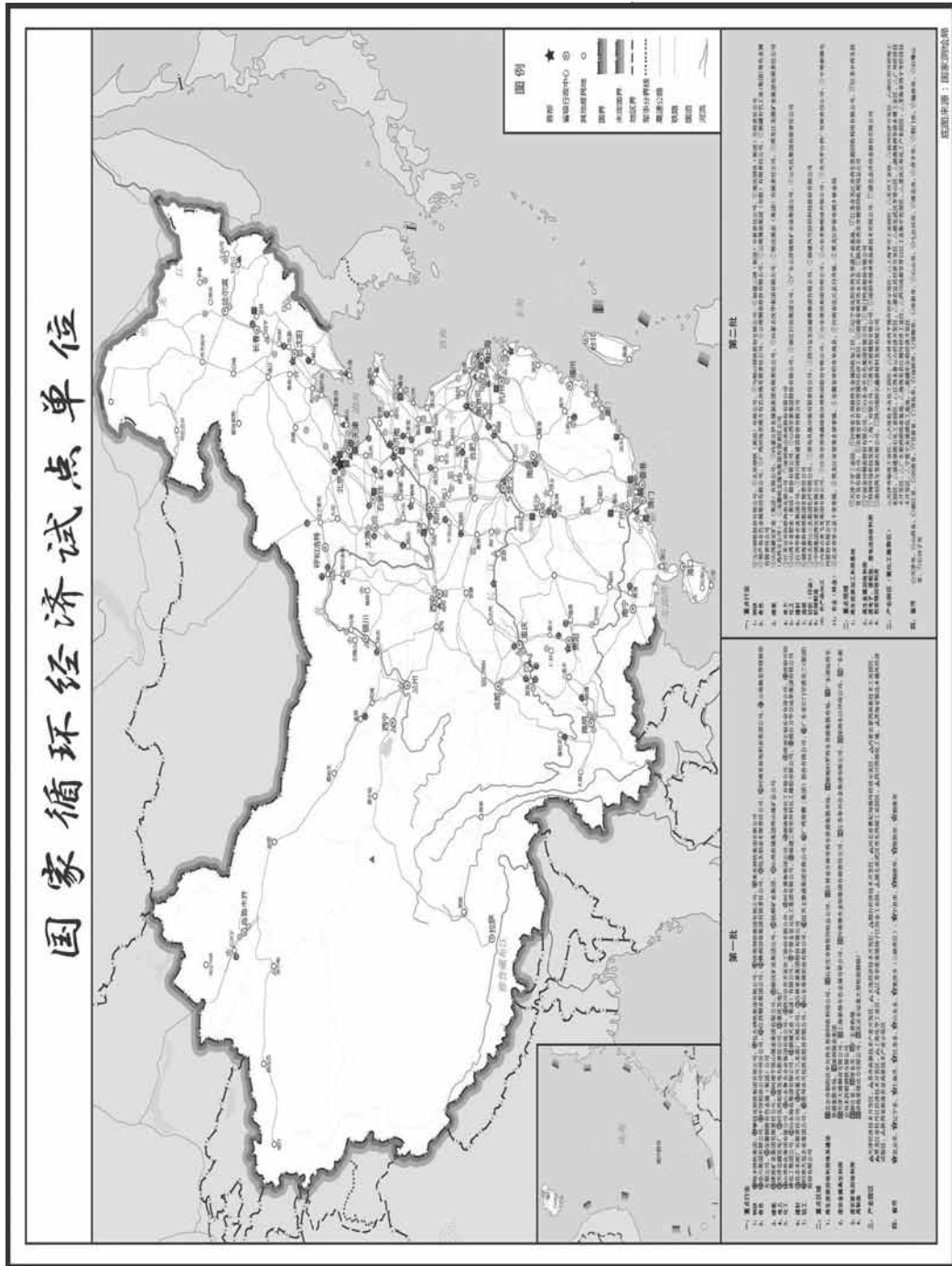


圖3：國家循環經濟試點單位³

3 圖片來源：趙鵬高. 中國在踐行 3R 上所做的努力. www.uncrd.or.jp/env/3r_02/presentations/BG3/RT3_1_China-rev.pdf 2010,10,5.

型社會作為“十一五”重大戰略任務，提出了一系列的要求。國務院印發了《關於加快發展循環經濟的若干意見》，提出了發展循環經濟的目標、重點和政策措施。

目前，中國已經初步建立起了循環經濟法律法規體系。《清潔生產促進法》於2003年1月1日起施行，2008年9月，中國頒佈了《循環經濟促進法》，成為中國政府發展循環經濟、踐行3R的法律依據，此外，中國還出臺了《可再生能源法》、《節約能源法》、《清潔生產促進法》、《廢棄電器電子產品回收處理管理條例》、《再生資源回收管理辦法》、《商品零售場所塑膠購物袋有償使用管理辦法》、《汽車零部件再製造試點管理辦法》等法律法規，支持循環經濟與3R的發展。中國政府修訂調整了《資源綜合利用目錄》，修訂實施了《國家鼓勵的資源綜合利用認定管理辦法》，出臺《關於資源綜合利用及其他產品增值稅政策的通知》，進一步加大中央財政資金對循環經濟項目的支持力度；發佈了《關於支持循環經濟發展的投融資政策措施意見的通知》，提出了金融支持循環經濟發展的具體措施。

中國政府著力推進試點工作，國家確定了192家試點單位，各省級政府確定133個市（區縣）、256園區、1352家企業作為試點單位；探索出了企業、企業間或園區、社會三個層面的發展循環經濟的有效模式。

中國政府廣泛開展循環經濟與3R領域的國際合作，中國與德國建立了“循環經濟和環保技術合作工作機制”；2007年中國青島市、廣東省分別與日本北九州、兵庫縣簽訂了開展循環型城市合作的意向；2008年，中國天津市和日本北九州市簽署了《天津-北九州循環型城市合作備忘錄》，中國與日本開展“中日城市典型廢棄物資源化利用與試點”國際合作項目，探討在中國開展餐廚垃圾、廢舊論壇、包裝物等資源化方面試點示範。2009年10月，中日韓三國領導人第二次會議發表了《中日韓可持續發展聯合聲明》，提出：根據減量化、再利用、資源化原則，探討建立中日韓循環經濟示範基地，為促進形成資源節約型、環境友好型的產業結構、增長方式和消費模式而共同努力，進一步明確了中國在踐行3R方面作出的努力。

第四節 3R未來發展趨勢

隨著可持續發展思想日益深入人心，3R理念也得到了更為廣泛的認同和發展空間。在亞洲區域3R論壇上，日本的循環型社會、中國的循環經濟和韓國的綠色增長等發展模式被認為值得亞太地區其他國家效仿。

因此，為實現城市和區域層次的可持續發展，各國政府應明確與推進3R發展有

關的戰略。各國政府應鼓勵私營企業提高生態效益，企業提高生態效益有以下七項元素或步驟：減少原料密集度；減少能源密集度；減少有毒物質分散度；提高回收性能；充分利用可再生資源；提高廢物耐用性；加強服務力度。

作為實現 3R 的重要手段，綠色消費有益於人體健康、保護生態環境。因此，各國應建立引導公眾綠色消費、提高社會的環保意識、推動企業技術進步、以綜合手段保護生態環境、從根源上減少廢物的產生、實現可持續發展的機制。

3R 理念的研究也將進一步發展，3R 推進過程中的經濟激勵機制研究，如垃圾填埋稅、押金返還制度、垃圾計重收費等，通過經濟措施改變生產模式和消費者行為等將得以明確。

而在國際層次上，有關 3R 的各類論壇、活動、倡議等將繼續發展，並得到各國政府的大力支持，從而成為實現可持續發展目標的重要支撐力量。要注重加強與國際組織和國外政府、金融、科研機構等再循環經濟領域的交流與合作，學習、借鑒發達國家循環經濟和生態建設的成功經驗，引進消化吸收國外先進技術，推動循環經濟和 3R 的發展。

參考文獻：

1. <http://www.env.go.jp/recycle/3r/en/approach.html>
2. <http://www.gdrc.org/uem/waste/3r-inspiring-ideas.html>
3. 環境保護部污染控制司. 危險廢物管理政策與處理處置技術[M]. 北京：中國環境科學出版社,2006.
4. 黃健,萬勇,馬廷燦,薑山. 3R政策提升日本資源使用效率[J]. 新材料產業,2009,(5)：1-6.
5. 薑雅. 日本循環經濟立法概況及對我國的啟示[J]. 國土資源情報, 2006,(1)：48-53
6. 李超. 日本發展循環經濟的背景、成效與經驗分析[J]. 現代日本經濟, 2008,160,(4): 24-28.
7. 李超. 日本循環經濟研究[M]. 吉林大學博士論文, 2008年10月.
8. 李冬. 循環型社會的重要支柱產業—日本“3R”產業的發展[J]. 現代日本經濟, 2005,141,(3): 41-45.
9. 劉歸香, 柴曉利. 日本建設循環經濟社會對我國的啟示[J]. 環境經濟,2010,(11)：46-49.

10. 劉青. 我國循環經濟立法模式探討[M]. 西南交通大學碩士論文, 2008年6月.
11. 孫育紅. 循環經濟引論-可持續發展的路徑選擇[M]. 吉林大學博士論文, 2006年6月.
12. 孫振清,張曉群. 日本企業減少環境負擔的舉措和啟示[J]. 中國人口資源與環境, 2004,14(5) : 137-140.
13. 葉軍,朱硯花. 淺論日本建設循環型社會的法律體系[J]. 亞太經濟,2010,(3) : 68-72.
14. 尹冰. 中國循環經濟立法研究[M]. 鄭州大學碩士論文, 2007年5月.
15. 張凱. 發展循環經濟,走可持續發展之路[M]. 濟南 : 山東人民出版社,2003.
16. 張占倉. 循環經濟的基本理論和方法[J]. 河南化工,2005,22,(6) : 1-5.
17. 趙鵬高. 中國在踐行3R上所做的努力. www.uncrd.or.jp/env/3r_02/presentations/

區域代謝內部結構演化 分析與評價： 以蘇州鐵元素代謝

莫虹頻、溫宗國、陳吉寧*

改革開放 30 年以來，中國社會經濟保持了持續高速的發展，2009 年中國人均 GDP 已經達到了 3746 美元，但仍然沒有擺脫大量消耗資源的粗放型發展模式。2009 年中國 GDP 總量大約是 4.7 萬億美元，約占全世界 GDP 的 8%，但是中國消耗了世界能源的 18%，鋼鐵的 44%，水泥的 53%，二氧化碳和二氧化硫的排放量居世界之首。2008 年，中國萬元 GDP 能耗為 1.13 噸標準煤，是世界平均水準的 2.5 倍，OECD 國家的 4.2 倍，日本的 7.5 倍。

現階段我國如此巨大的資源能源消耗是多方面因素共同主導產生的。一方面，我國技術裝備水準相對落後導致的資源能源利用效率不高，另一方面，中國正處於工業化中後期，資源消耗密集型重工業快速發展，產業結構性問題帶來的挑戰也十分嚴峻。此外，城市化進程加速帶動居民住房建設和生活消費升級，對資源能源的消費需求也持續增加。2009 年我國的城市化率達到 46.6%，進入了國際公認的城市化加速階段，據聯合國預測，2030 年我國城市人口將達到 8.83 億，城市化率 59.5%。未來 20 年，工業化和城市化進程帶來的巨大的資源環境壓力，將成為我國實現可持續發展的主要挑戰。

城市區域作為中國經濟社會發展的主要引擎，在經濟發展和資源消耗中佔據了主導地位。2007 年，我國共設城市 655 個（其中，地級以上城市共 287 個），創造的

* 現任清華大學常務副校長，中國環境科學學會副理事長，國家環境保護部科學技術委員會副主任，土木工程學會水工業分會理事長等。主要從事環境系統分析和綜合評估、環境工程與環境政策等領域的研究。

GDP 總量 15.7 萬億元（不包括轄縣，下同），占全國的 62.9%，比 2000 年提升了 11 個百分點。同時，城市作為中國行政管理體系中承上啟下的重要載體，也落實國家循環經濟政策的主要推動者。

本文首先基於循環經濟的減量化原則解析了城市生產和生活領域的資源消耗結構，並從再利用原則出發識別城市廢棄物的資源化途徑和評價其相應的資源化水準，並構建了基於循環經濟理念的區域代謝分析框架和指標體系，以蘇州近 20 年來的物質代謝為物件開展實證研究。

1. 循環經濟及區域代謝研究綜述

1.1 循環經濟理念的提出及其應用

循環經濟理念最早提出於 20 世紀 60 年代。1966 年鮑爾丁（K.E. Boulding）發表《未來太空船地球經濟學（The Economics of the Coming Spaceship Earth）》，提出“地球是一艘孤獨的太空船，沒有無限物質的儲備庫，既沒有開採也不能被污染，人類必須要到自己在生態系統循環中的位置，進行物質再生產”。隨後，皮爾斯和圖奈（Pearce & Turner）在《自然資源與環境經濟學》一書的第三章中，首次提出“循環經濟”（circular economy）這一概念，其目的是建立可持續發展的資源管理規則，使經濟系統成為生態系統的組成部分，即建立“經濟和環境和諧的條件”。循環經濟的“3R 原則”（3R principles）強調“減量化、再利用和再循環”（Reduce, Reuse, Recycle）則是實現這一目標的途徑。

發達國家首先在這一理念的引導下，探索了以廢物再生利用為主的循環經濟發展模式。例如，德國的綠點回收體系和日本的循環型社會建設等。自 2005 年起，循環經濟開始成為中國的國家戰略政策之一，根據中國經濟社會在現階段的國情特點，不僅關注資源的循環利用，也更加重視從源頭的減量化（即，減少資源的投入），在各個領域開展了積極的探索和試點。

1.2 區域代謝研究

區域代謝這一概念，是將區域類比於生物體，研究用於維持區域居民生產和生活所需的包括能源、水、資源和廢物在內的所有流入和流出區域的物質的流動和儲存狀況。Wolman 在 1965 年針對一個虛擬的擁有 100 萬人口的美國城市構建了第一個區域代謝模型。隨著可持續發展理念的逐步發展，區域物質代謝的研究及其管理上的應用得到了越來越多的重視，形成了一批各有特色的方法學。

1.2.1 傳統區域代謝研究

傳統區域代謝研究，其主要特點是仍然保持著與 Wolman 創造的區域代謝模型同樣的模式，以為人類提供相關服務直接密切相關的物質門類作為分析對象。許多學者開展了諸如香港、多倫多等城市的區域代謝及其在發展過程中的變化。這些研究都是基於截面資料的，缺乏連續時間序列資料的支援，也因此難以獲得區域代謝的影響因素和驅動模式，以及區域代謝隨著城市發展中的演變規律。

1.2.2 物質流分析

物質流分析（Material Flow Analysis, MFA）是應用最為廣泛的區域代謝分析手段。歐盟統計局 [15] 建立了一個標準的 MFA 分析框架——經濟系統物質流分析（Economy Wide- Material Flow Accounting, EW-MFA），用於分析經濟體的物質流動情況。這一方法首先被用於國家層面，以歐盟 15 國為代表的國家完成了 EW-MFA 的分析工作。後來這一方法被用於城市尺度物質流動分析，部分城市利用面板資料對城市代謝的變化進行了分析。也有學者基於 MFA 框架開展了不同國家的國際比較研究，並初步探討了資源代謝的驅動因素。在這些研究中，人均國內物質投入量（Domestic Material Input, DMI）和人均國內物質消費量（Domestic Material Consumption, DMC）被作為資源代謝強度的表徵，研究了其與經濟發展水準之間的關係。然而這些研究無法解釋相同經濟發展水準的國家為何物質代謝會存在差異，有研究認為，工業結構也是城市物質代謝的重要影響因素。

MFA 方法是當前區域物質代謝評估和分析比較完善的方法，但由於其基於重量對所有材料進行綜合的方法，忽視了不同材料在價值和環境影響上的差異，造成的缺陷也顯而易見：

- （1）大宗物質決定了所有綜合指標和誤差，較小的物質流的資訊往往被淹沒在大宗物質流的指標中，而這些相對較小的物質流往往具有較大的環境影響。如何在綜合指標內反映這些小宗的但具有重要影響的物質流還未解決；
- （2）由於採用重量的指標，因此難以估計實際的環境影響；單單進行資源綜合利用不足以滿足環境可持續性的需求，減量化物件仍然需要進一步探討；
- （3）與經濟資料密切相關的指標（如資源生產力、生態效率指標等），需要反映物質的經濟交叉，重量不能反映其經濟價值，而綜合的資源生產力指標的政策意義較低。

1.2.3 元素流分析

元素流分析（Substance Flow Analysis，SFA）是以某一種元素為研究物件，研究其在開採、加工、製造、消費和廢棄全過程的代謝情況。Yale 開發的存量流量模型（Stock and Flow，STAF），是比較經典的元素流分析模型，基於自上而下和全生命週期，對生產、消費和廢棄各個環節的元素流動情況分析，構建了全球和國家層面元素的存量和流量的分佈模型。

在城市層面，元素流分析往往被用於分析與人體健康風險密切相關的重金屬元素的流動和儲存情況。例如，Mansson 等進行了瑞典斯德哥爾摩的鎘、鉛和汞的元素流分析，旨在研究其人體健康風險。在研究區域元素代謝時，應根據不同產品、廢物中的元素含量以及產品、廢物的流量進行估算分析。然而，傳統的物質流分析仍然以描述性的方法為主，主要是對區域典型元素的存量和流量進行分析，無法直接用於區域循環經濟的相關實踐。

1.2.4 與循環經濟相關的指標體系

循環經濟主要關注物質投入強度和資源循環利用情況。我國還處在相對落後的發展階段，發展經濟的任務很重，在物質循環的過程也重視經濟性。傳統的區域代謝研究和物質流分析都是基於品質進行統計，以分析區域代謝的物理規模為目標。只有在 EW-MFA 以經濟系統為研究物件後，出現了資源生產力，即單位物質投入所產生的經濟效益這一概念，往往用單位 GDP 的 DMI 和 DMC 來表徵。已有研究對應用該框架開展了國際比較，但對於造成差異的原因的討論較少。

日本在評估循環型社會建設水準的相關指標體系做了較早的研究探索。日本國立環境研究所的 Seiji Hashimoto 等借鑒 MFA 方法，創新性地構建了用於描述社會物質代謝的六種指標，這一方法對我國具有較好的借鑒意義。

中國循環經濟評價指標體系仍然處於探索階段，針對中國建設循環經濟的發展階段，循環經濟指標體系不僅應重視資源的再生利用，還需要關注經濟發展水準。由於這兩個指標之間的不相容性，我國的循環經濟指標往往採用層次分析法，對多種指標進行賦權，從而評價區域、城市的循環經濟發展水準，是當前中國循環經濟指標的主要手段。然而，由於權重的設定實際上人為因素比較大，資源循環利用和經濟發展指標之間不存在替代關係，使得評估結果準確反映不同地區循環經濟發展水準上的差別。因此，迫切需要建立適合我國的循環經濟發展的分析手段和指標體系。

2. 區域代謝分析及評價指標的研究框架

本研究構建了基於循環經濟理念的區域代謝內部結構分析框架（圖 1），以區域的行政邊界為基本邊界，將行政邊界內的企業、居民等經濟體在生產過程和生活過程中所發生的物質代謝行為作為區域代謝分析的分析物件。對於經過而不進入經濟系統的物质流，例如高速公路的物流等，予以忽略。

不同種類的物質由於其資源化的可行性和途徑的不同，其生命週期過程尤其是逆向物流過程必然有很大的差異。因此，需要針對不同種類的物質單獨進行分析，因此分析框架需要針對不同物質的特點進行修正。在圖 1 的普適性框架基礎上，應根據不同物質的特徵進行修正。

基於全生命週期的區域代謝分析框架將區域內外的物質交換分為礦石、原材料、產品以及廢物四類。其中，以 A 字母作為首字母的箭頭代表著正向物流（動脈產業），而以 V 字母作為首字母的箭頭代表著逆向物流（靜脈產業），而區域間的物質流動以 R 字母作為首字母的箭頭表示。

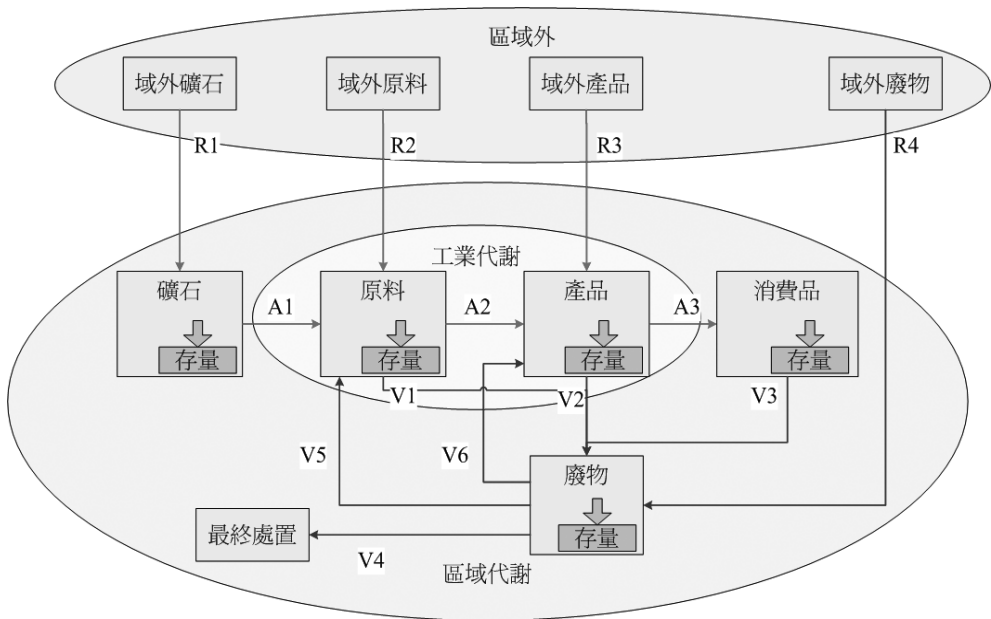


圖1 基於全生命週期的區域代謝分析框架

根據圖 1 的概念模型本文構建了基於循環經濟理念的區域代謝分析框架（圖 2），將區域代謝分析分為以下四個步驟：

- (1) 構建典型元素的全生命週期區域代謝分析框架。為了滿足評價循環經濟發展水準的需求，需要對不同種類的物質代謝分別加以分析，因此應針對所選擇的典型元素建立相應的區域代謝分析框架。
- (2) 正向物流分析。對於區域典型元素代謝水準的分析，重點是研究區域典型元素在各個環節的代謝強度。參照MFA模型的框架，將全生命週期各個環節的代謝規模均納入分析，完成對區域代謝全貌的刻畫。
- (3) 逆向物流分析。區域資源化的水準即為物質的循環利用水準，應從全生命週期角度分析逆向物流的規模和強度，比較分析物質加工環節中資源化利用與原生利用物質的規模差異，評估區域資源化水準。
- (4) 區域間物流分析。區域作為一個相對較小的研究物件，其物質代謝中的極大部分都會通過區域間貿易的形式流入、流出本區域。而在流入和流出過程中，商品生命週期過程中不同階段的環境影響和相關資源能源實際上也隨著商品的流通發生了變化，客觀上會產生環境壓力在區域間的轉移。區域間的物流分析主要從這一視角來分析典型元素在區域間流動所帶來的環境影響。

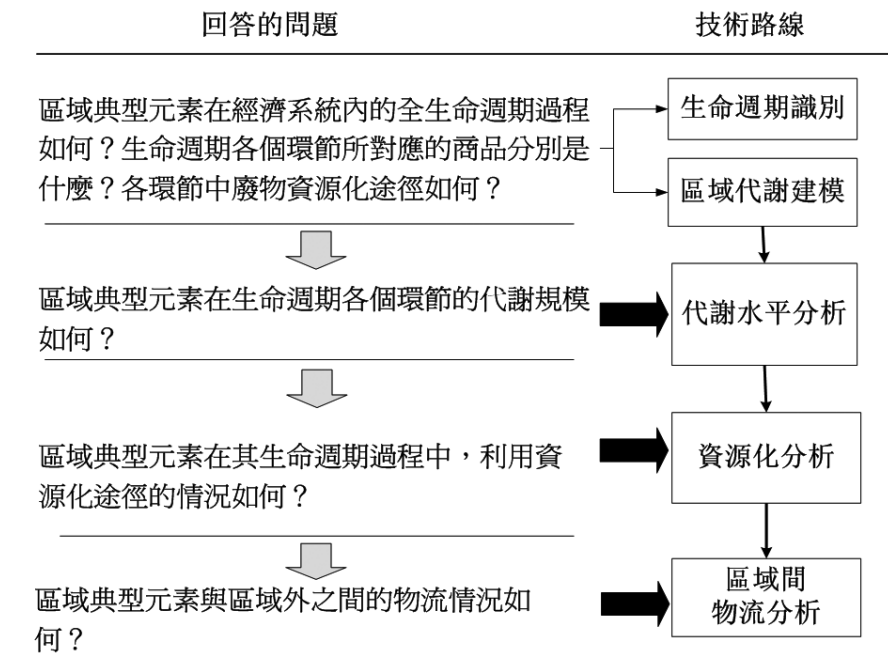


圖2 基於循環經濟理念的區域代謝分析框架

2.1 區域代謝內部結構分析指標體系

區域代謝內部結構分析的目標是為提高區域資源能源效率和資源化利用水準提供參考。從循環經濟的角度分析，優化區域代謝有兩個途徑：一是提高輸入端的資源利用效率；二是提高再利用和再循環水準。因此，可以首先構建包括產業鏈因數、區域自給率和資源化率 3 個指標在內的區域代謝分析的指標體系。

2.1.1 產業鏈因數

產品生產過程中包括礦石與能源的開採、原材料加工與冶煉、半成品和成品等生產過程，這一鏈條通常被稱為產業鏈或產品鏈。一般而言，產業鏈上游的產業，其資源能源投入高，附加值低；而產業鏈下游的產業資源能源投入低，而經濟附加值高。由此可以構造產業鏈因數指標，即產業鏈下游產品生產量與上游產品生產量的比例。產業鏈因數首先可以分析產業鏈的完整程度，當區域形成完整產業鏈時，產業鏈因數指標取值應為 1；其次，區域的局地性可能導致其產業鏈不完整，產業鏈因數此時可以評估區域在產業鏈中所處的位置，從而分析其資源能源代謝的特徵，此時產業鏈因數指標大則說明其處在產業鏈下游。

2.1.2 區域自給率

區域自給率指標是特定產品本地生產量和本地消費量之間的比率，反映出區域生產能力滿足本地區需求的能力。對於特定區域的特定產品而言，自給率小於 1 說明本地無法保證供給，需要從其他地區進口相應產品；自給率大於 1 說明該項代謝除滿足本地需求外還可以出口。自給率指標主要衡量相應代謝的對外依存度或出口傾向。不同類型的產品其區域自給率對區域的影響存在差異，資源能源密集型產品的在特定區域生產的過度聚集，可能對區域資源能源承載力和環境承載力構成嚴峻的挑戰。

2.1.3 資源化率指標

資源化率指標反映出區域資源化水準的高低。常見的資源化率指標包括廢物的回收利用率以及原材料生產過程中可再生資源所占的比例，分別反映了回收端和生產端的資源化水準。資源化率指標的取值範圍為 0 到 1 之間，越接近 1 則說明資源化水準越高。

2.2 區域代謝內部結構的評價方法

區域代謝是由區域居民生產和生活所產生的，這些活動受到城市化、工業化過程的影響。產業規模與結構隨著工業化進程不斷演變，從而帶來相應的資源能源消

耗特徵也在變化；而不同城市化階段下，住宅、建築以及基礎設施建設，居民消費水準和結構，都會帶來區域代謝內部結構的演化。區域代謝內部結構評價的目標是通過分析區域城市化、工業化的因素與區域代謝之間的關聯情況，評價區域代謝演化的原因，並就提高區域代謝效率和循環經濟水準提出相應的建議。

3. 區域代謝內部結構分析與評價實證研究

本研究以蘇州的鐵元素代謝為案例，利用 1990 – 2009 年間的時間序列資料，應用基於循環經濟理念的區域代謝分析框架及評價指標，對蘇州市 20 年來的區域代謝演化進行梳理，評價蘇州市的循環經濟發展水準，並提出相應的政策建議。

蘇州市是“蘇南模式”的代表，自改革開放以來，先後經歷了以鄉鎮企業快速發展為標誌的村級經濟發展階段，到以高新技術加工產業為主導的外向型經濟發展階段。2010 年，蘇州市 GDP 已經超過 9000 億元，人均 GDP 已經超過 2 萬美元。近 20 年來蘇州市城市化與工業化過程（圖 3）可以為我國其他城市不同發展階段的區域終端代謝演化提供重要的參考。

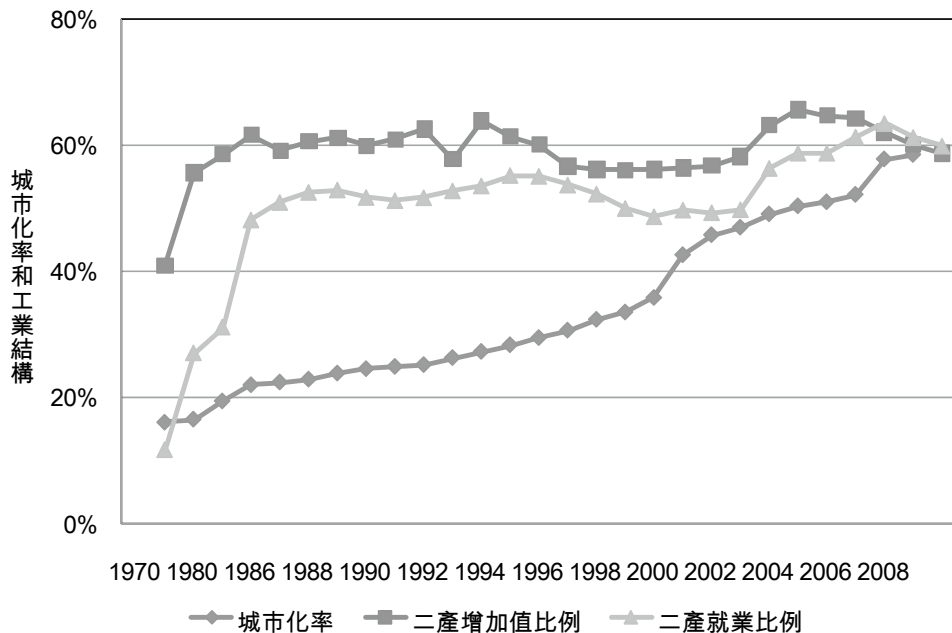


圖3 蘇州工業化與城市化進程，1970-2009

3.1 蘇州鐵元素代謝內部結構分析

鐵元素代謝的全生命週期包括鐵礦石、生鐵、粗鋼、鋼材、產品和含鐵廢物 6 個環節，基於以上環節構建區域鐵元素代謝內部結構分析模型，如圖 4 所示。

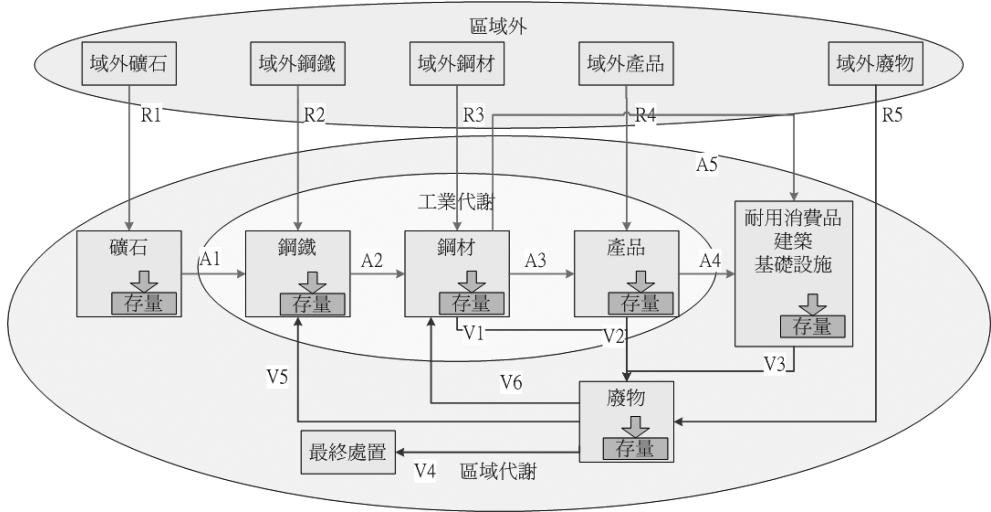


圖4 區域鐵元素代謝內部結構分析模型

根據以上分析模型，本研究對蘇州 1990 年到 2009 年之間的鐵元素代謝內部結構演化情況進行分析。

3.1.1 鐵元素正向物流

鐵元素正向物流主要分析鐵元素代謝全生命週期在生產和消費各個環節鐵元素的代謝規模和轉化情況。

鐵礦石中鐵元素的代謝演化如圖 5 所示。蘇州本地並沒有鐵礦石資源，完全依賴於進口。2003 年以前，蘇州市本地的鐵礦石表觀年消費量一直維持在 200 萬噸以下；2003 年以後，鐵礦石消費量快速上升，2007 年達到 2500 萬噸。這是蘇州市鋼鐵行業的迅速發展帶來的鐵礦石需求的快速增加。同時，鐵礦石出口量也隨著鐵礦石的進口量的增長而增長，反映出蘇州是鐵礦石中轉貿易的節點。

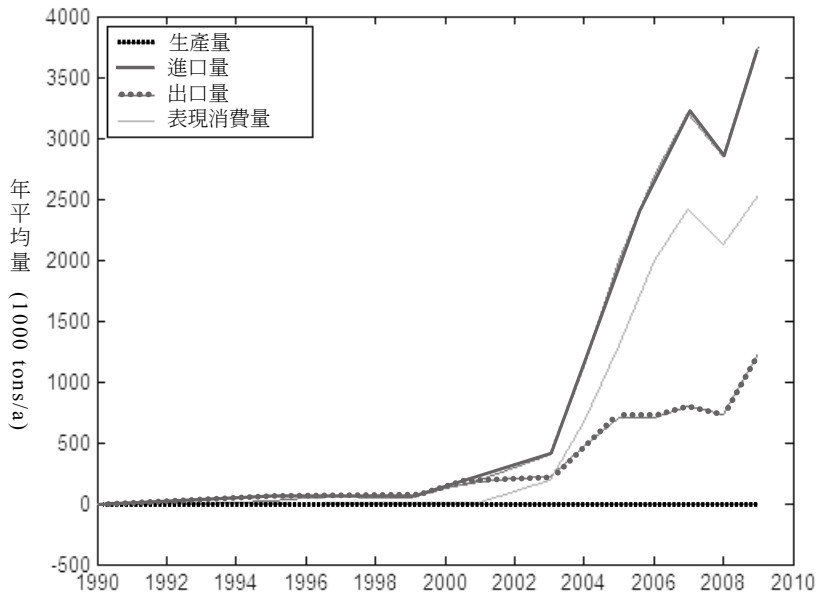


圖5 鐵礦石中鐵元素歷年代謝情況，1990-2009年

生鐵中鐵元素的代謝演化如圖 6 所示，可以把蘇州生鐵代謝分為三個階段：

- (1) 1998年以前，蘇州的生鐵的本地生產量和表觀消費量相當，都處在每年50萬噸以下，而生鐵的進出口量高於生產量，進出口量基本相等。這一時期蘇州市生鐵代謝是自給自足型的，本地生產用於滿足本地消費需求，同時蘇州作為一個濱江的港口城市，也進行了生鐵的轉口貿易。
- (2) 1998年到2003年，蘇州本地生鐵表觀消費量迅速上升，帶動生鐵生產量逐步上升，但是仍然無法滿足本地消費的需求，部分進口的生鐵開始供給本地市場，進口量低於出口量。這一時期隨著蘇州城市化和工業化的加速增加了對生鐵的消費需求，而本地生鐵生產的產能不足，進口生鐵大量用於本地生產和消費，同時旺盛的消費需求也啟動了本地生鐵產能擴張的進程。

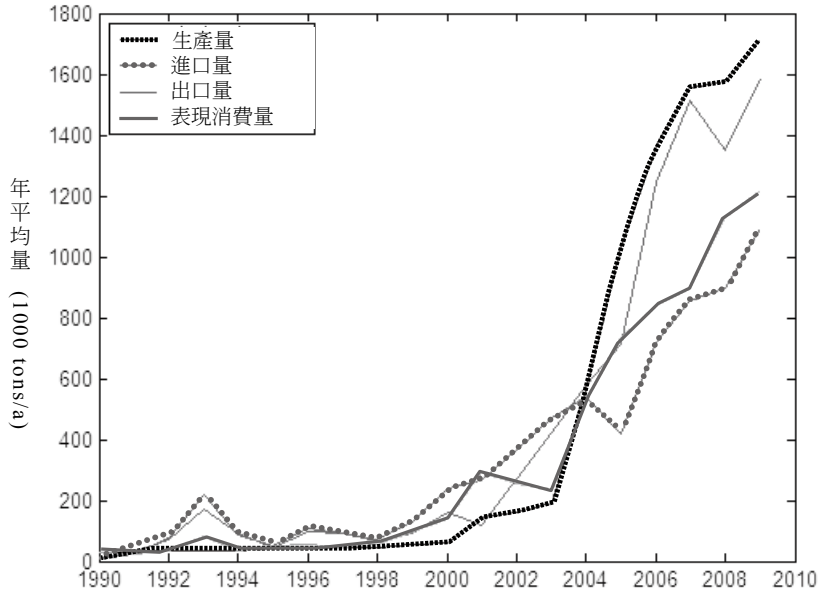


圖6 生鐵中鐵元素歷年代謝情況，1990-2009年

- (3) 2004年以後，蘇州生鐵代謝進入了新的階段。2004年蘇州市的生鐵產量達到560.4萬噸，首次超過生鐵進口量的540.1萬噸，標誌著蘇州市的生鐵代謝由進口為主轉向了生產為主。這一時期是蘇州鋼鐵行業的快速發展時期，隨著產業鏈的完善，蘇州開始大量進口鐵礦石生產生鐵，擺脫了對進口生鐵的依賴。到2007年，蘇州市的生鐵產量達到1554.4萬噸，淨出口656.7萬噸，生鐵的產能已經超出了本地鋼鐵企業的需求，出現產能過剩現象。

鋼材中鐵元素的代謝情況如圖7所示。在2001年前，蘇州市的鋼材進出口量基本持平，而鋼材的生產量與本地表觀消費量基本持平，說明這一時期蘇州市的鋼材生產是自給自足型，同時具有鋼材轉口貿易的特徵。而2001年以後，蘇州市開始成為鋼材的淨出口區域，鋼材的產量和出口量在2008年達到了頂峰，分別為2698.0萬噸和1157.1萬噸。這一時期對應著蘇州市鋼鐵行業的快速發展。

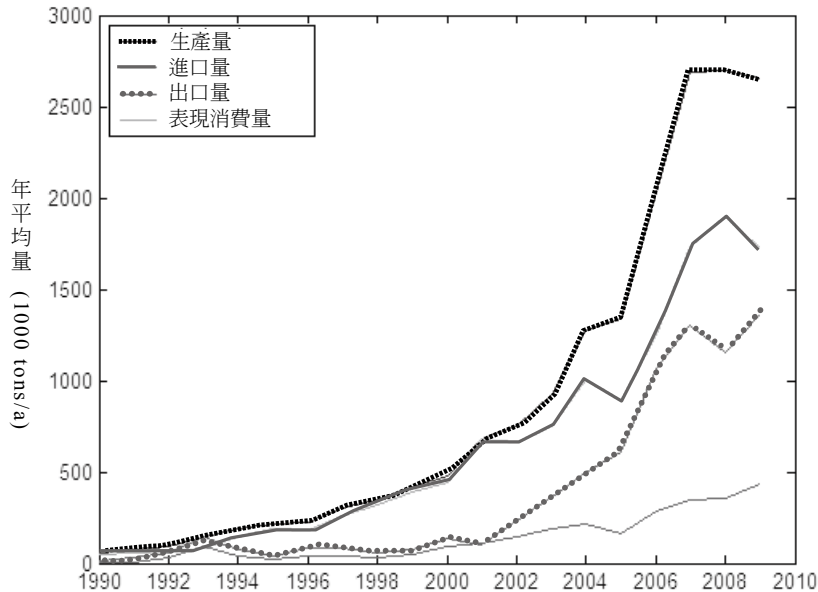


圖7 鋼材中鐵元素歷年代謝情況，1990-2009

3.1.2 鐵元素逆向物流

鐵元素逆向物流主要考慮在鋼鐵行業的生產過程中，以及含鐵產品在生命週期結束後的鐵元素的回收利用情況。

生鐵生產過程中，除了以鐵礦石為原料外，也可以廢鋼鐵為原料，這是鐵元素逆向物流的重要組成部分。蘇州市歷年生鐵生產的原料結構如圖 8 所示。2003 年以前，蘇州的生鐵生產以自給自足為主，這一階段的生鐵生產的原材料中，廢鋼鐵佔有相當的比重，利用規模也不斷擴大。2003 年生鐵生產環節的廢鋼鐵回收利用規模達到了 422.8 萬噸，並在此後始終保持在 300 萬噸以上的規模，說明了蘇州生鐵生產環節的逆向物流發展達到了一定的水準。然而，在 2003 年以後的鋼鐵行業快速發展期，生鐵需求不斷擴大，其原料結構也發生了巨大的變化，鐵礦石所占的比例從 2003 年的 22.7% 快速增加到 2009 年的 68.4%，2009 年廢鋼鐵回收生產生鐵的規模已經落後於直接進口生鐵的規模。這表明這一輪的鋼鐵行業擴張中資源化並沒有成為主要的導向。

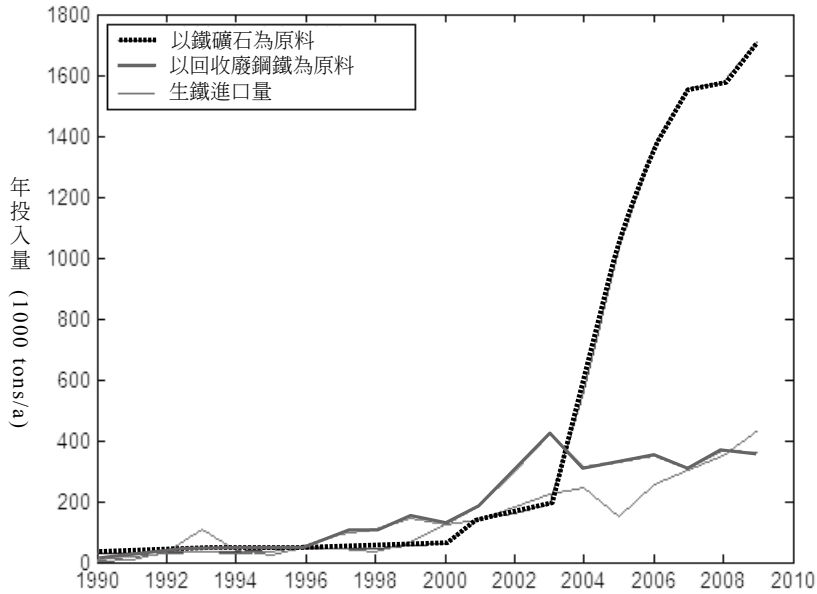


圖8 生鐵生產環節的各種原材料來源

鋼材生產過程中，電爐工藝也可以以廢鋼為原料。蘇州市歷年鋼鐵生產的原料結構如圖 9 所示。廢鋼在鋼鐵生產中的利用規模沒有明顯的增加，利用規模在適中維持在 100 萬噸左右的量級。而以生鐵為原料的生產鋼鐵的規模已經超過了 2500 萬噸 / 年。這有可能是已有的鋼材存量中尚未到達生命週期的廢棄階段，使得廢鋼的產量未能快速增加，一方面也可能反映了廢鋼利用水準的遲滯不前。

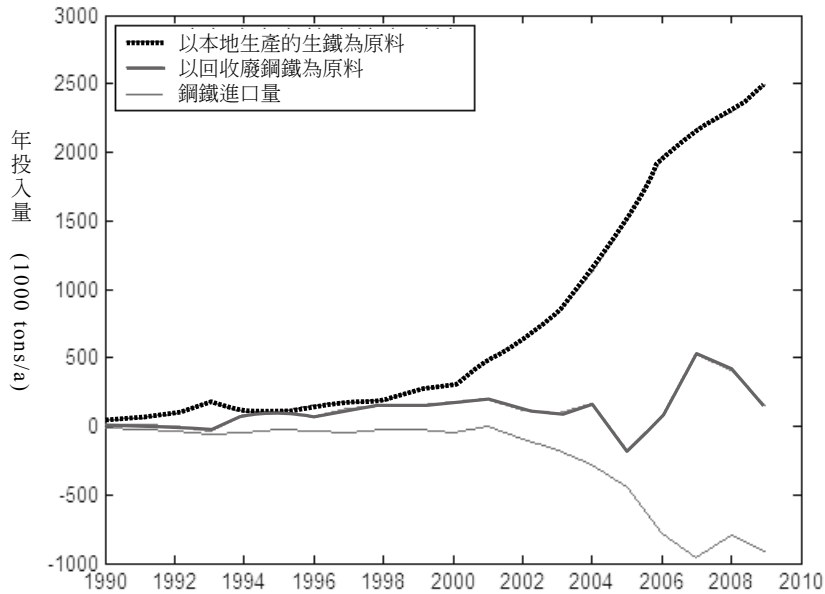


圖9 鋼鐵生產環節的各種原材料來源

3.1.3 鐵元素區域間物流

鐵元素區域間物流可以從另一個側面說明鐵元素區域代謝內部結構的演化。蘇州市鐵元素區域間物流核算了鐵礦石、生鐵、鋼材為主的鋼鐵產品、含鐵產品（機械、工業製成品及耐用消費品）所含的鐵元素以及廢鋼鐵，1990年到2009年間的以上五種產品的淨進口情況如圖10所示。

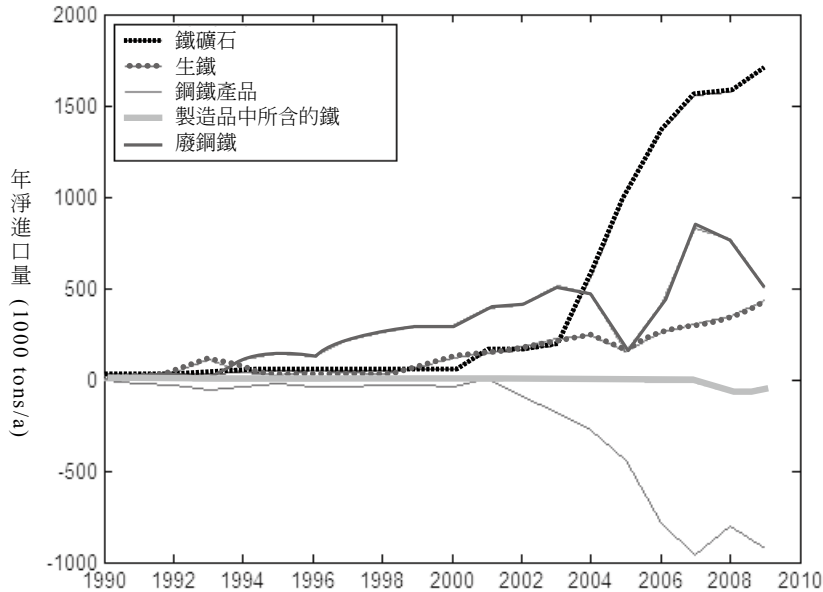


圖10 蘇州區域間含鐵產品的淨進口情況，1990-2009

蘇州鐵元素區域間代謝可以分為兩個階段：（1）2001年以前，蘇州的鐵元素代謝的區域間物流並不明顯，僅有廢鋼鐵的進口量隨著本地鋼鐵企業的需求增加而逐步增加；（2）2001年以後，隨著鋼材價格的快速上揚，蘇州鋼鐵產品開始大量出口，同時也拉動了蘇州鋼鐵行業的發展；2003年以後，蘇州市鋼鐵行業快速擴張，對原材料的需求猛增，鐵礦石進口快速增加。與此同時，鋼鐵產品的出口也迅速達到了驚人的規模，遠遠超過了含鐵的工業製成品及耐用消費品中鐵元素的出口規模。以上變化反映出蘇州區域鐵元素代謝內部結構以2001年為節點，經歷了從自給自足型向外向型的轉化過程，鋼鐵生產從以供給本地需求轉向了以出口為主。

3.2 蘇州鐵元素代謝內部結構指標核算

本研究進一步核算鐵元素代謝內部結構指標，對其資源生產力情況和循環經濟發展水準進行評價。

3.2.1 鐵元素代謝的產業鏈因數指標核算及評價

鋼鐵產業鏈中自上游到下游的主要產品依次是生鐵、粗鋼和鋼材。產業鏈因數指標可以用這三種產品產量的比率表徵，1980年以來的產業鏈因數指標演化情況如

圖 11 所示。

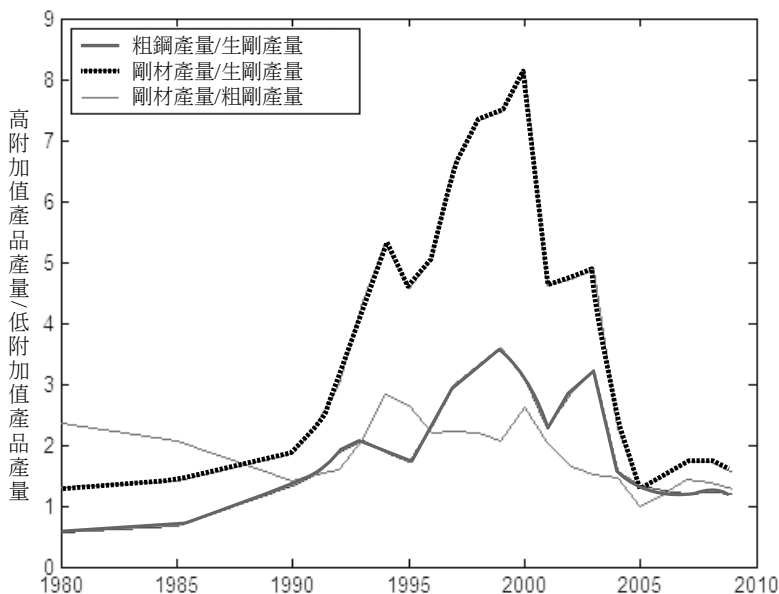


圖11 蘇州鐵元素代謝的產業鏈因數指標演化情況，1980-2009

2000 年以前，蘇州的鐵元素代謝的產業鏈因數整體呈上升趨勢。這一階段產業鏈因數上升的主要推動力是生鐵進口的增加：粗鋼與生鐵比例產業鏈因數在 1980 年時為 0.5，說明當時蘇州本地生產的生鐵還有 50% 用於出口，隨後這一比值快速上升，到 1999 年已經增長到 3 以上，說明這一階段蘇州市的鋼鐵行業已經轉變為大量依靠進口生鐵加工生產粗鋼和鋼材。這一階段蘇州市的鋼鐵產業鏈並不完整，產業鏈因數的上升反映出蘇州鋼鐵行業逐步從低附加值的產業鏈上游生鐵冶煉環節，向附加值較高的下游鋼材生產環節發展。在這一過程中，單位重量鐵元素代謝所帶來的經濟附加值也有了明顯的改善，資源生產力得到相應的提高。

2000 年以後，蘇州鋼鐵行業迎來了快速發展期，鋼鐵產業鏈逐步完善。在這一過程中，產業鏈因數不斷下降，反映出蘇州在這一階段逐步建立了完整的鐵礦石 - 生鐵 - 粗鋼 - 鋼材的鋼鐵行業產業鏈，2009 年，蘇州的鋼鐵行業產業鏈因數已經下降到接近 1 的水準。完整的鋼鐵行業產業鏈形成後，通過熱裝熱送、連鑄連軋等技術，減少了鋼鐵生產中間環節二次加熱過程，從而降低綜合能耗。此外，蘇州市鋼鐵行業的集中度非常高，在兩家規模巨大的鋼鐵企業中建成完整的產業鏈，也有利於企

業內部技術改造的開展，符合循環經濟的發展需求。

由此可以看出，對於產業鏈上下游之間不存在鏈結產生正的外部性的行業，產

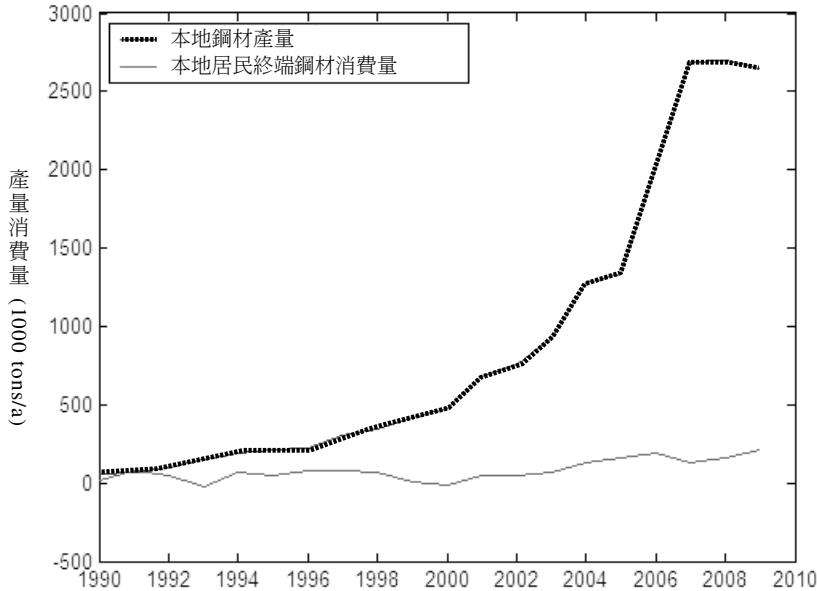


圖12 蘇州市鋼材產量和本地建築與居民耐用消費品消費的鋼材量，1990-2009

業鏈因數越高越好；而對於鋼鐵行業等存在鏈結正的外部性的行業，形成完整產業鏈時，也就是產業鏈因數趨向於1時，可能會帶來額外的收益。

3.2.2 鐵元素代謝的自給率指標核算及評價

蘇州市鋼材產量和本地建築與居民耐用消費品終端消費品中的鋼材使用量如圖12所示。自1991年起，蘇州市本地的鋼材產量就開始超出本地的需求量。此後，本地鋼材需求隨著城市化進程有所增長，但是幅度不大，始終保持在每年200萬噸以下。而鋼鐵產量隨著蘇州鋼鐵行業的發展穩步上升，並在2000年以後經歷了產能快速上升，到2007年達到頂峰開始放緩。目前，蘇州本地鋼鐵產量每年在2500萬噸以上，遠遠超出了本地需求。

蘇州鐵元素代謝的自給率指標演化情況如圖13所示。從這一指標可以將蘇州市的鐵元素代謝分為兩個階段：

- (1) 1998年以前，蘇州市的鐵元素代謝規模基本上是與蘇州市的經濟總體規模增長相一致的，鐵元素代謝的自給率始終在300%左右（超過100%主要是由於自給

率指標是利用終端使用量與原始投入量核算，中間環節的損耗以及部分出口沒有計入），此時的蘇州市的鋼鐵終端產品基本上是服務於本地建設的。

- (2) 1998年以後，蘇州市鐵元素代謝自給率隨著鋼鐵行業的快速發展迅速拉升，2002年以後基本保持在1000%以上，反映出口在蘇州市鋼鐵代謝中的比重日益擴大。總體而言，蘇州市的鐵代謝已經由本地需求拉動轉為出口拉動型。

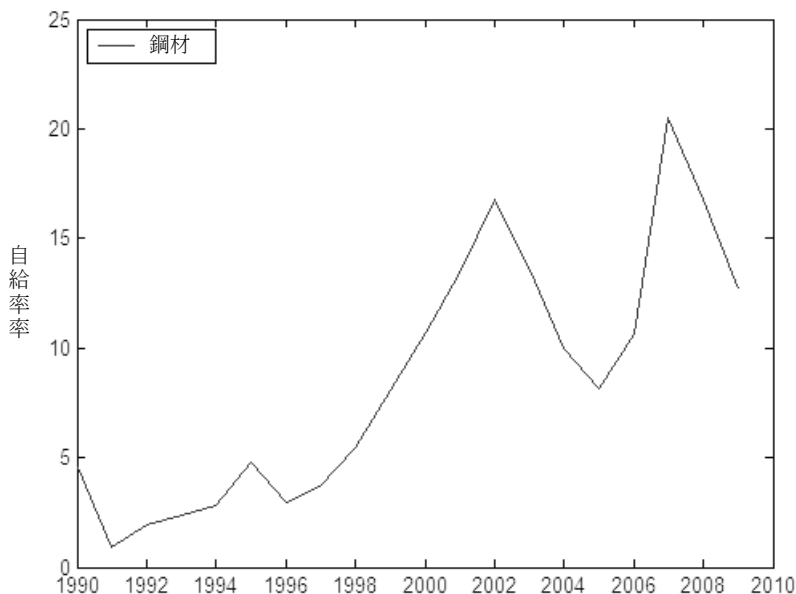


圖13 蘇州鋼鐵自給率指標演化情況，1990-2009

蘇州作為一個臨江港口城市，具備發展鋼鐵行業的區位條件。然而從區域代謝效率的角度看，相比於直接進口鋼材支持本地發展，目前蘇州市大量鐵礦石原料和能源的鋼鐵行業超常發展，使得區域鐵元素代謝自給率非常高，也會帶來區域環境問題。鋼鐵行業的發展是蘇州進入工業化後期的表現，推動了蘇州經濟的發展，然而也為蘇州本地帶來了大量冶煉廢渣、二氧化碳、大氣污染物在蘇州區域內排放，嚴重增加了蘇州市的環境負擔。

3.2.3 鐵元素代謝的資源化率指標核算及評價

鐵元素代謝的資源化率指標主要分析生鐵和鋼材生產過程中的廢鋼鐵資源化利用情況，其演化情況如圖 14 所示。可以看出蘇州市在 1998 年以前，鐵元素代謝的資源化水準是不斷提高的。然而，自 2002 年以來，資源化率顯著下降，反映出鋼鐵

行業快速擴張中對廢鋼利用和逆向物流發展的不足。因此，未來扶植鋼鐵行業靜脈產業，增加廢鋼鐵的資源化利用，是未來蘇州鋼鐵行業提高資源生產力的有效途徑。

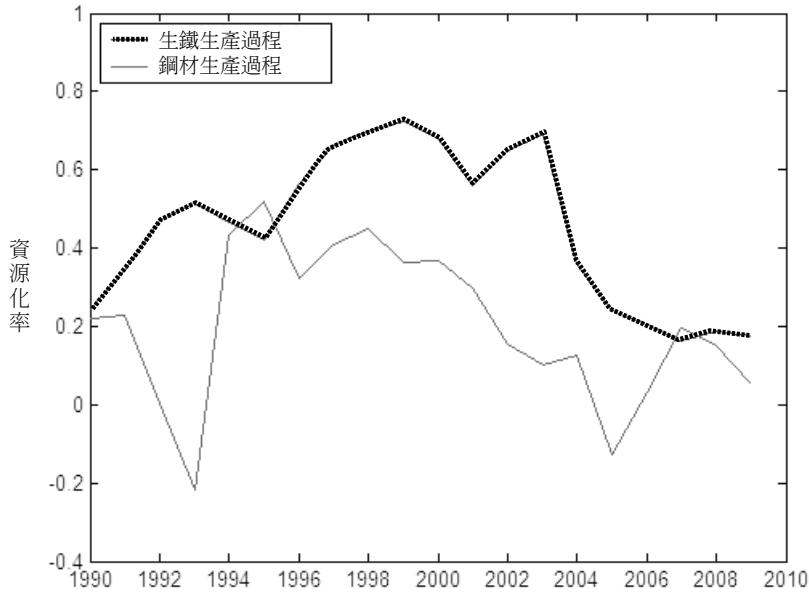


圖14 蘇州鐵元素代謝資源化率指標演化情況，1990-2009

3.3 蘇州鐵元素代謝評價

基於以上對蘇州鐵元素代謝內部結構的分析以及相應指標體系的核算，可以得出，蘇州市鐵元素代謝規模的擴大具有其必然性：

- (1) 蘇州鐵元素代謝演化是由城市化進程拉動、工業化進程主導的。蘇州市本地及周邊地區城市化過程中對於鋼鐵的需求拉動了蘇州鋼鐵行業的起步，且蘇州進入工業化後期，鋼鐵行業作為該階段重要的支撐行業發展不斷加速；
- (2) 蘇州具有發展鋼鐵行業的區位優勢。鋼鐵行業具有生產環節產生廢物較多、礦石重量遠高於最終產品重量的特點。根據工業區位元論，這種產業的選址時出於運輸成本最低考慮，往往選在原產地或港口。因此，蘇州作為一個臨江港口城市，具有發展鋼鐵行業的先天優勢。另一方面，鋼鐵產業鏈上下游之間存在共生效益，區域企業具有完善產業鏈的動力，同時鋼鐵行業本身的規模效應也比較明顯，因此規模擴張的衝動較為明顯。伴隨著蘇州鋼鐵行業的快速發展，蘇州鐵元素代謝從自給自足型逐步發展到外向型。

根據以上分析，蘇州市提高鐵元素代謝效率所要關注的重點是：

- (1) 限制鋼鐵行業盲目擴張。當前，蘇州2010年的人均GDP水準已經超過2萬美元，接近於發達國家後工業化時期的水準，鋼鐵行業的發展應當順應工業化階段的特徵進行結構調整和轉型升級，避免過度聚集帶來的資源環境壓力。
- (2) 蘇州鋼鐵行業的快速擴張過程中資源化水準仍然很低，鋼鐵靜脈物流發展落後。這是由於蘇州的城市化進程和消費升級尚未完成，而以汽車為代表的新大宗消費品進入市場也較晚，還沒有達到報廢階段。因此，鋼鐵靜脈物流產生的規模仍然較小，無法形成穩定的供應。未來隨著蘇州城市化進程的持續發展，建築、基礎設施、耐用消費品等進入大量淘汰更新階段，靜脈物流的來源將進一步擴大，應提前引導企業發展鋼鐵行業靜脈產業，提高區域鋼鐵資源化率。

4. 結論

本文構建了基於循環經濟理念的區域代謝內部結構分析方法，對區域正向、逆向和區域間物流進行了核算，並構建了相應的區域代謝核算指標體系，對區域代謝的演化特徵和驅動模式進行分析。結合工業化、城市化階段特徵，分析區域代謝存在的問題，提出相關政策建議。本研究並以蘇州市的鐵代謝為案例分析，分析了蘇州市鐵元素在工業化、城市化過程中的演化情況，結果顯示未來提高蘇州地區鐵源代謝效率的關鍵在於應當順應工業化和城市化的階段要求進行結構調整和轉型升級，控制鋼鐵行業發展規模，增加廢鋼再利用的規模。

參考文獻

1. 中華人民共和國統計局. 中國統計年鑒2010. 2010, 北京: 中國統計出版社.
2. 張曉強. 在“國務院關於進一步做好利用外資工作的若干意見”新聞發佈會上的講話. 2010 [cited 2011 01-03]; Available from: http://xwzx.ndrc.gov.cn/wszb/t20100414_340545.htm.
3. IEA. Key world energy statistics 2010, 2010.
4. United Nations. Urban agglomerations 2001, 2002, United Nations (Department of Economic and Social Affairs, Population Division): New York.
5. 王有捐. 中國城市統計年鑒2009. 2009, 北京: 中國統計出版社.

6. EUROSTAT. Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide., 2001, Statistical Office of the European Union: Luxembourg.
7. Schulz N B. The direct material inputs into Singapore's development. *Journal of Industrial Ecology*, 2007. 11(2): 117-131.
8. Zhou Z, Sun Y, Wang J. study on regional material flow analysis of chengyang district in Qingdao. *Ecological Economics*, 2006. 2006(2): 89-98.
9. Hammer M, Giljum S, Bargigli S, et al. Material flow analysis on the regional level: Questions, Problems, Solutions, 2003, Sustainable Europe Research Institute: Vienna.
10. 徐一劍, 張天柱. 物質投入產出表在義馬市物質流分析中的應用. *中國環境科學*, 2006. 26(6): 756-760.
11. 徐一劍, 張天柱, 石磊, et al. 貴陽市物質流分析. *清華大學學報 (自然科學版)*, 2004. 44(12): 1688-1691, 1699.
12. Bringezu S. Industrial ecology and material flow analysis: Basic concepts, policy relevance and some case studies//, 2003.
13. Bringezu S, Schutz H, Steger S, et al. International comparison of resource use and its relation to economic growth - The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR. *Ecological Economics*, 2004. 51(1-2): 97-124.
14. Gordon R B, Bertram M, Graedel T E. Metal stocks and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006. 103(5): 1209-1214.
15. Gerst M D, Graedel T E. In-Use Stocks of Metals: Status and Implications. *Environmental Science & Technology*, 2008. 42(19): 7038-7045.
16. Eckelman M J, Daigo I. Markov chain modeling of the global technological lifetime of copper. *Ecological Economics*, 2008. 67(2): 265-273.
17. van Beers D, Kapur A, Graedel T E. Copper and zinc recycling in Australia: potential quantities and policy options. *Journal of Cleaner Production*, 2007. 15(8-9): 862-877.
18. Månsson N, Bergbäck B, Hjortenkrans D, et al. Utility of Substance Stock and Flow Studies. *Journal of Industrial Ecology*, 2009. 13(5): 674-686.
19. Månsson N, Bergbäck B, Sörme L. Phasing Out Cadmium, Lead, and Mercury. *Journal*

- of Industrial Ecology, 2009. 13(1): 94-111.
20. Boulding K E. The Economics of the Coming Spaceship Earth. 1966.
 21. 皮爾斯，圖奈. 自然資源與環境經濟學. 1990.
 22. 黃海峰. 德國循環經濟研究. 2007, 北京: 科學出版社.
 23. Takiguchi H, Takemoto K. Japanese 3R Policies Based on Material Flow Analysis. Journal of Industrial Ecology, 2008. 12(6): 792-798.
 24. 全國人民代表大會. 中華人民共和國節約能源法, 2007.
 25. Hashimoto S, Moriguchi Y. Proposal of six indicators of material cycles for describing society's metabolism: from the viewpoint of material flow analysis. Resources, Conservation and Recycling, 2004. 40(3): 185-200.
 26. Hashimoto S, Moriguchi Y, Saito A, et al. Six indicators of material cycles for describing society's metabolism: application to wood resources in Japan. Resources Conservation and Recycling, 2004. 40(3): 201-223.
 27. 蘇州市統計局. 2010年蘇州市國民經濟和社會發展統計公報, 蘇州市統計局. 2010: 蘇州.

中國發展循環經濟的實踐、思考與趨勢

溫宗國

前言

中國經濟長期快速發展使中國資源消耗量持續增加，在現有生產與消費模式下，工業固廢、社會消費品廢棄物、農業生活廢棄物排放量快速大幅增加，2009年合計超過60億噸。“十二五”期間，中國將處於全面建設小康社會的關鍵時期，是加快產業結構調整，轉變經濟發展方式的攻堅時期。當前經濟社會發展的階段性特徵和能源資源稟賦的國情，使得中國的污染排放仍將高位運行，各類廢物仍將大量排放。

“十二五”末中國人均GDP將達到5000美元以上，工業化進程由中期向後期過渡階段，重化工工業化與新型工業化特徵同時呈現，城鎮化率將突破50%，資源能源大量快速消耗的態勢短期內難以逆轉，污染物排放仍將高位運行，局部環境有所改善，總體尚未遏制，形勢依然嚴峻，壓力繼續加大。

為了解決資源環境瓶頸對經濟社會持續發展的制約，中國決定大力發展循環經濟，強調在技術可行、經濟合理的基本原則下，以減量化為核心，以再利用和資源化為重要內容，推進重點行業技術升級與結構優化，帶動區域資源優化配置與發展模式轉變，支撐資源循環利用新興產業持續快速發展，實現環境保護方式由末端治理向全程序控制根本性轉變，並作為應對全球綠色經濟快速發展挑戰的重要途徑和有效手段。

一、從國情出發實踐具有中國特色的循環經濟

同發達國家相比，由於中國所處的社會經濟發展階段不同，科技發展水準不同，制度、體制、機制不同，當前世界各國在發展循環經濟的定位和實踐上有著較大的差異。

（一）國內外循環經濟發展的階段特徵分析

主要發達國家發展循環經濟是在完成工業現代化進程後，處於高技術產業發達、污染物大幅削減的後工業化階段，為實現清潔製造與社會廢物循環利用，而形成的一種以環境保護優化經濟發展的新模式。中國尚處於以重化工業為主導的工業中期階段，資源利用效率、污染物排放強度與工業現代化國家差距較大，經濟社會發展中資源環境瓶頸問題尤為突出。

因此，中國不能照搬國外經驗和現成模式，而應立足於基本國情、資源稟賦、環保需求與產業發展水準，資源開採、生產消耗、廢棄物利用和社會消費等環節，不僅要面向廢棄物的資源化循環利用，更要注重源頭減量化的產業技術升級，在加強末端污染治理基礎上，探索生產、流通與消費關鍵環節的生態轉型。

這決定了中國發展循環經濟主要著力點：

1. 應以提高資源利用率為核心，抓減量化和資源化兩端。

中國第二產業產值比重高達 49%，由於傳統產業技術落後與產業結構不合理，資源、能源利用率普遍偏低。2009 年，中國 GDP 約占全球的 8%，但消耗了全球 53% 水泥、18% 能源和 44% 鋼鐵。因此，在輸入端應儘快扭轉高消耗、高污染的粗放型經濟增長方式，調整產業結構，淘汰和改造落後生產工藝和設備。重點抓好節能、節水、節材、節地等工作。在輸出端應重視廢物回收利用，抓好資源再生產業工作。

2. 要在推進發展中要充分考慮資源和環境的承受力。

中國自然環境先天脆弱和地區發展不平衡，本應在不同階段出現的生態與環境問題在短期內集中呈現，表現出顯著的系統性、區域性、複合性和長期性特徵，這一複雜性是歷史上任何發達國家工業化過程中所不會遇到。必須將污染治理向生產過程源頭控制與區域協調集成控制延伸，形成資源節約與廢棄物循環一體化的循環經濟型污染治理方式，實現自然生態系統和社會經濟系統的良性循環，為子孫後代留下充足的發展條件和發展空間。同時，各地經濟、社會和環境條件千差萬別，不可能採取一種模式，發展循環經濟要從實際出發，因地制宜。

3. 促進傳統產業向高價值生態型產業轉變。

發達國家工業已完成由生產大宗初級產品到高價值產品的轉變。中國傳統產業在國際分工中仍處於低技術、低價值的產業鏈底端，產業經濟效益與抵禦風險能力較低。在席捲全球的經濟危機中，中國傳統產業受到巨大影響，需要以循環經濟推動從產品生產流程到消費流程的全過程生態設計，降低資源消耗，形成高價值生態型產業。

（二）中國循環經濟發展的實踐模式

近年來，中國有關部門和地方採取一系列發展循環經濟的措施，取得積極進展，短短幾年時間，循環經濟從理念變為行動，在全國範圍內得到迅速發展，走出了一條具有中國特色的循環經濟發展道路。在循環經濟試點的基礎上，初步探索形成企業、企業間或園區、廢物回收及社會四個層面的循環經濟發展模式。

1. 因地制宜，企業實施，在重點行業形成一批企業循環經濟發展的典型。

在鋼鐵、有色金屬、煤炭、電力、化工、建材等重點行業，湧現出一批由試點到示範的優秀典型企業，取得了很好的經濟、社會和環境效益。如濟南鋼鐵有限公司積極推進能源梯級利用、鋼渣綜合利用和廢水循環利用，實現電力自給 50% 以上，煤氣“零”放散。中國鋁業公司下屬 80% 的氧化鋁企業實現了廢水“零”排放。一大批試點企業通過節約降耗、推行清潔生產、開展綜合利用、構築產業鏈，降低了能耗物耗，減少了廢棄物產生和排放，經濟效益大幅度提高，競爭力大大增強。通過各工藝之間的物料能量循環，減少物料能量的使用，達到少排放甚至“零排放”目標。要大力推進生態設計，從源頭減少資源能源投入；大力開展資源綜合利用，對生產過程中各種副產物和廢物進行回收利用。

重點抓好鋼鐵、有色金屬、電力、煤炭、化工、建材、輕工等重點行業和再生利用企業循環經濟發展，積極推進這些行業開展清潔生產審核，支援建設一批清潔生產示範企業。對污染嚴重企業，實施強制性清潔生產審核。對“三河三湖”、松花江、三峽庫區、南水北調工程沿線等重點流域和區域內的工業企業，加快實施清潔生產技術改造。

2. 加強指導，注重實效，形成一批循環經濟發展類型的產業園區

一大批產業園區根據自身特點，按生態工業理念規劃園區建設，在發展循環經濟方面進行了很好的實踐。按照資源循環利用、規模經濟效益、專業化分工的原則，合理構建循環經濟產業鏈，形成各具特色、優勢互補、互利共贏的生態產業網路，

實現資源分享和副產品互換的產業共生組合。工業園區要抓好專案佈局和產業鏈結，集中建設污水處理、中水回用、固體廢物處理、熱電聯供等項目，形成集約利用的公用工程，推動產業集聚發展、企業集中佈局、污染集中處理和廢棄物循環利用，努力降低資源消耗和廢物排放，提高土地利用率和產出率。

在源頭減量化方面，如天津經濟技術開發區以產業結構調整為主線，加強園區現有企業的生態化改造，對新上項目從產業政策、園區規劃、准入標準、集約用地、節約用水、廢物排放等諸多方面確保園區發展符合循環經濟的要求；園區經濟持續快速增長，但能耗、物耗、污染物排放強度遞減，環境品質保持穩定。在資源化方面，如湖南汨羅、廣東清遠通過規範園區管理，實現再生資源統一回收、拆解和污染物集中處理，有效防止了二次污染，同時發揮產業集聚效應，推動再生資源加工利用規模不斷擴大和產業鏈延伸，用循環經濟理念對園區進行了改造和升級；湖南汨羅形成了約 100 萬噸再生資源回收和集散交易規模，廣東清遠初步形成了 30 — 40 萬噸的拆解加工能力。

3. 增加投入，市場引導，在重點領域初步形成再生資源循環利用的體系

按照市場規範、競爭有序、合理佈局、環境友好的原則，積極推進廢金屬、廢紙、廢塑膠、廢舊輪胎、廢棄電子電器產品、廢舊機電產品、廢棄包裝物等的回收和循環利用體系建設。在廢舊物資回收方面，通過規劃佈局，建設一批區域性再生資源集散交易市場；支持沿海地區建設一批以再生原料為主的再生資源拆解加工基地。在再生資源利用方面，按照“十一五”規劃綱要要求，抓緊建設若干具有一定規模和技術水準的再生銅鋁鉛鋅示範企業，重點支援一批規模化再生利用示範專案。在機電產品再製造方面，選擇一批有條件、有基礎的重點企業開展汽車零部件再製造試點，重點支援建設一批汽車零部件、工程機械、機床、鐵道設備等再製造示範工程。在廢棄電子電器回收拆解方面，重點支援建設拆解處理示範企業，探索建立回收拆解的相關政策機制。在包裝物回收方面，要切實解決月餅、茶葉、保健品、化妝品等消費品過度包裝問題，加快研究建立容器包裝等回收利用體系。

上海新格、河南豫光、江蘇春興等企業實現了再生金屬加工利用企業規模化發展，初步建成了一批再生銅鋁鉛鋅加工利用示範工程。如上海新格再生鋁生產規模超過 20 萬噸，開發應用了多室熔煉爐裝備，實現了永磁攪拌熔煉等關鍵技術的產業化，鋁合金的廢鋁利用率達到 87%；河南豫光從國外引進國際一流的廢蓄電池預處理集成系統，建設了 10 萬噸再生鉛綜合回收示範工程，目前生產規模已達 5 萬噸，

為鉛冶煉行業發展循環經濟開闢了一條新的途徑。青島新天地生態循環科技有限公司建設了4條年處理規模10萬台的廢舊家電拆解生產線，探索廢舊家電定點回收、集中拆解處理，投產試運行以來，為國家制定廢舊家電回收處理政策積累了經驗。山東濟南複強公司在裝備再製造國防科技重點實驗室的支持下，利用中國具有自主知識產權的納米表面工程技術和關鍵設備，開展汽車發動機再製造，形成2萬台生產能力，年再製造發動機5000多台。

4. 統籌規劃，合理佈局，以循環經濟理念引領區域社會經濟發展

加快轉變經濟增長方式，將循環經濟的發展理念貫穿到區域經濟發展、城鄉建設和產品生產中，使資源得到最有效的利用。最大限度地減少廢棄物排放，逐步使生態步入良性循環。

以建設生態文明為目標，努力構建資源節約型、環境友好型的產業結構、增長方式和消費模式。(1) 資源開採環節，要統籌規劃礦產資源開發，推進尾礦、廢石綜合利用，提高採礦回採率、選礦和冶煉回收率；(2) 資源消耗環節，要加強重點行業能源、原材料、水等資源消耗管理，努力降低消耗，提高資源利用率；(3) 廢物產生環節，強化污染預防和全程序控制，推動不同行業合理延長產業鏈，加強對各類廢物的循環利用，推進企業廢物“零”排放，開展再生水利用設施建設以及城市垃圾、污泥減量化和資源化利用，降低廢物最終處置量；(4) 再生資源產生環節，大力回收和循環利用各種廢舊資源，建立垃圾分類收集和分選系統，不斷完善再生資源回收利用體系；(5) 消費環節，大力提倡有利於節約資源和保護環境的消費方式和生活方式，鼓勵使用能效標識產品、節能節水認證產品和環境標誌產品，減少過度包裝和一次性用品的使用，積極推進政府節能和綠色採購。在此基礎上，各地按照國家循環經濟發展的重點部署，推進區域內工業、農業，城市、農村，生產、消費等各環節產生的廢物綜合利用，努力實現全社會廢物最小化、資源化、無害化，為建設生態文明奠定物質基礎。

10個循環經濟試點的省市在全社會層面，把城市和農村、工業和農業、生產和消費有機結合起來。這些試點省市根據產業結構特點，探索構建社會循環經濟體系，提高全社會資源產出、循環利用和廢物減排水平，促進建立節約能源資源和保護生態環境的產業結構、增長方式和消費模式，取得了一定成效。如遼寧省按照試點工作方案，積極推進6個重點行業、5個城市、10個區縣、10個重點園區以及50家重點企業循環經濟試點工作，提出了構建清潔生產企業、生態工業園區和循環型社會

三個循環層次，培育區域性再生資源產業基地為主要內容的“3+1”模式。山東省從企業、園區、城市三個層次推進全省循環經濟工作，培育 10 個循環型城市、20 個循環經濟型園區、300 家循環經濟型企業。重慶市以循環經濟理念指導產業結構優化和調整，大力實施主城區環境污染企業搬遷和主城工業企業“退城進園”，同時把發展庫區循環經濟作為重點，積極探索“工業反哺農業”，統籌城鄉發展新思路。

二、“十二五”發展循環經濟的形勢與需求¹

《國務院關於加快培育和發展戰略性新興產業的決定》（國發[2010]32 號）將節能環保產業列為戰略性新興產業的首要位置，提出要加快資源循環利用關鍵共性技術研發和產業化示範，提高資源綜合利用水準與再製造產業化水準。資源循環利用產業已經成為國家節能環保戰略性新興產業的核心內容，2009 年的產值占當年節能環保產業總產值比例接近 50%。《國家中長期科學和技術發展規劃綱要（2006—2020 年）》（以下簡稱《綱要》）將支撐和引導循環經濟發展作為環境領域首要發展思路，將廢棄物循環利用作為優先主題。

“十二五”是中國全面建設小康社會的關鍵時期，中國人均 GDP 將達到 5000 美元以上；資源、能源加工業價值鏈將加快由中低端向中高端提升；工業化將表現出“重工業化”與“新型工業化”重疊特徵；城鎮化率將突破 50%，城鎮消費需求將成為拉動經濟增長的重要動力。“十二五”期間中國把大力循環經濟放在了國家經濟社會發展中更加突出的戰略位置，作為調整經濟結構、轉變發展方式和推進“兩型”社會建設的重要抓手，促進循環經濟形成較大規模。

（一）緩解資源供給瓶頸和保障資源安全供給

中國經濟社會發展的階段性特徵和資源國情將決定中國礦產資源大量快速消耗態勢短期內難以逆轉。當前中國優質資源短缺，可利用的原生礦產資源多為低品位難選冶複雜礦；資源供需矛盾仍將日益突出，重要戰略資源對外依存度日益加大。如，目前中國一些主要金屬的對外依存度分別為鐵 69%、銅 73%、鋁 53%、鉛 31%、鋅 32%；“十二五”期間，十種有色金屬的需求量將以每年 7% 以上的速度增長，2015 年中國銅、鋁、鉛、鋅四種基本金屬表觀消費量將達到 4380 萬噸，對外

1 感謝中科院過程工程研究所李會泉、北京裝甲兵工程學院張偉、北京礦冶研究總院袁文輝、中國環境科學研究院喬琦、北京工業大學循環經濟研究院程會強、中國標準化研究院林翎等眾多循環經濟領域學者提供的重要數據和觀點，以及對提出「十二五」循環經濟科技創新建議的集思廣益。

依存度高的現狀依然不會改變。

充分利用廢棄物資源化開闢資源供給新途徑，已經成為中國緩解資源短缺瓶頸、實現資源循環利用的重要手段。2009年中國利用八類社會消費廢棄物資源2.04億噸（含進口量），為國民經濟發展提供了優質再生原料1.5億多噸，相當於間接節約原生資源6.6億噸；其中銅、鋁、鉛、鋅等再生有色金屬產量達到633萬噸，占有色金屬總產量的24.3%，相當於平均降低對外依存度30個百分點；據預測，至2015年中國再生金屬總量將增加到1110萬噸，相當於進一步減少外依存度10~15個百分點。

但中國廢棄物資源循環利用相對於資源消耗量與廢棄物產生量，仍處於較低水準。如，中國是金屬消費大國，但廢舊金屬的利用率僅相當於世界先進水準的30%，再生有色金屬的產量占有色金屬總產量的比例遠低於發達國家60%的平均水準；粉煤灰、煤矸石、工業副產石膏、冶金廢渣、礦山尾礦等大宗工業固廢平均綜合利用率不到40%，多以建材建工利用為主，尚未實現其中鐵、鋁、銅、硫、鈣等有價資源大規模提取利用；城市污泥、輕工殘渣、畜禽糞便、種植業廢物等生物質廢棄物富含有機質，能源化利用可大量替代不可再生化石能源，但目前仍以堆存為主，污染嚴重。

究其原因，中國廢棄物種類繁多、成分複雜、數量龐大，現有技術與模式經濟效益不突出、缺乏市場競爭力，難以大規模推廣利用，缺乏多資源協同提取與規模利用的新技術、新模式，提升中國廢棄物資源化利用水準，將極大促進中國資源循環利用，迫切需要建立經濟可行的廢棄物資源高效深度利用技術體系與模式。如，中國內蒙鄂爾多斯大型能源基地每年產生3000萬噸高鋁粉煤灰（ $Al_2O_3 > 40\%$ ）廢棄物，現有綜合利用率不到10%，堆存量超過1億噸。突破高鋁粉煤灰低成本提取氧化鋁多聯產集成技術，將形成煤炭—電力—有色—環保循環經濟產業鏈，不但對於西部地區環境污染與發展區域循環經濟具有重大戰略意義，同時也將大幅度延長中國鋁資源安全供給年限，是緩解中國資源供給瓶頸的重要發展方向。

（二）確保國家節能減排和環境保護目標的實現

鋼鐵、有色、石化、能源、輕工、建材等中國節能減排重點行業是中國國民經濟快速發展的支柱產業，其工業增加值占全國整個工業增加值的60%以上；但由於技術相對落後與產業結構不合理，生產過程資源和能源利用率低，主要高耗能工業產品單位能耗平均水準比國際先進水準高20%以上，礦產資源綜合利用率僅為35%

左右，比國際先進水準低 20% 左右。

中國國情特徵、資源稟賦及發展階段決定中國將持續面臨廢棄物高位排放的巨大環境壓力。高消耗、高污染的生產技術與發展模式使重點行業污染排放量居高不下。2009 年，工業固廢排放量達到 20.4 億噸，比 2005 年增加 50% 以上，至 2015 年排放量將超過 30 億噸；社會消費廢棄物回收量達到 1.43 億噸，年增加 10% 以上，2015 年排放量將超過 2 億噸，遠遠超過環境容量。其中鋼鐵、有色、石化、煤炭、輕工等重點行業是污染排放的主體。中國鋼鐵產量多年居世界第一，2008 年產量突破 5 億噸，但每年廢水排放約 10 億噸；輕工業 2008 年實現增加值約 2.6 萬億元，占全國整個工業增加值的 20% 以上，但廢水排放量占全國工業廢水排放總量的 28%，化學需氧量（COD）占 50% 左右。

歐美等發達國家也都經歷了中國當前發展階段，普遍做法是推動產業的資源節約與技術生態化升級，構建資源節約和綜合利用型產業結構與技術體系，僅在 20 世紀 70 年代單位 GDP 能耗就下降了 20% 以上。因此，單純末端治理的環境污染治理模式已不能解決中國當前重點行業所面臨的節能環保問題，必須將節能降耗與污染治理向生產過程源頭控制延伸，提高資源與能源利用效率。但是，中國當前廢棄物資源化利用技術與裝備總體水準較低，現有過程不但未實現廢棄資源的高效再生與循環利用，更易產生嚴重的二次污染。如廢舊電子電器產品的利用方式仍主要依靠低成本的手工拆卸，規模小而分散，一些集中拆解處置地，長期以來進行簡易拆解隨意排放和傾倒含重金屬及二惡英等持久性有機污染物的高濃度廢氣、廢水廢渣，其造成的生態環境和人體健康危害已引起了全社會的廣泛關注。

（三）發展資源循環利用戰略性新興產業，培育新經濟增長點

發達國家非常重視資源循環利用，將其作為發展綠色經濟、搶佔後金融危機時代制高點的重要舉措，形成了快速發展的資源循環利用新興產業。如，德國通過實施“循環經濟和廢物處置法”，資源利用產出效益在近 20 年內提高了 10 倍，廢棄物資源循環利用行業每年創造 500 億歐元的產值，工業廢棄物的資源化利用率達到 90%，出現了經濟增長同時資源消耗總量下降的趨勢。

大力發展循環經濟是中國參與國際資源大循環的重要途徑，催生了快速發展的資源循環利用戰略性新興產業。在國家推動下，中國資源循環利用產業產值每年增速達到 10～20%，2009 年實現產值 8800 億元，解決 1800 萬人就業，回收利用再生資源 1.43 億噸；至 2015 年資源循環利用產業的年產值將超過 2 萬億元，回收資源

量將達到 2.2 億噸。隨著中國全面建設小康社會任務的逐步實現，廢棄物資源蓄積量將不斷增加，資源循環利用產業發展空間更加巨大，並有力帶動技術裝備製造、物流等相關領域發展，增加社會就業，形成新的經濟增長點，是發展節能環保戰略性新興產業的重要內容。

三、“十二五”循環經濟科技創新的建議

在總體上，中國發展循環經濟的關鍵技術水準與發達國家相比仍然落後，資源利用率低、二次污染嚴重、產品價值處於產業鏈的中低端，大宗廢棄物仍缺乏經濟合理、環保清潔的資源化技術手段，距離國家所提出的戰略性支柱產業定位差距巨大，難以支持資源循環利用產業的快速發展，支撐環境保護和節能減排的國家需求。

當前，迫切需要研發保障重點行業、典型園區、重點區域與城市群、再生資源新興產業等重點領域的循環經濟構建技術，建立適合中國發展階段、社會需求與資源特色，資源節約與環境保護一體化，園區、區域、城市群等不同尺度高度集成的循環經濟技術模式，支撐循環經濟大規模發展，積極系統地推進循環經濟的技術創新（圖 1）。其中：

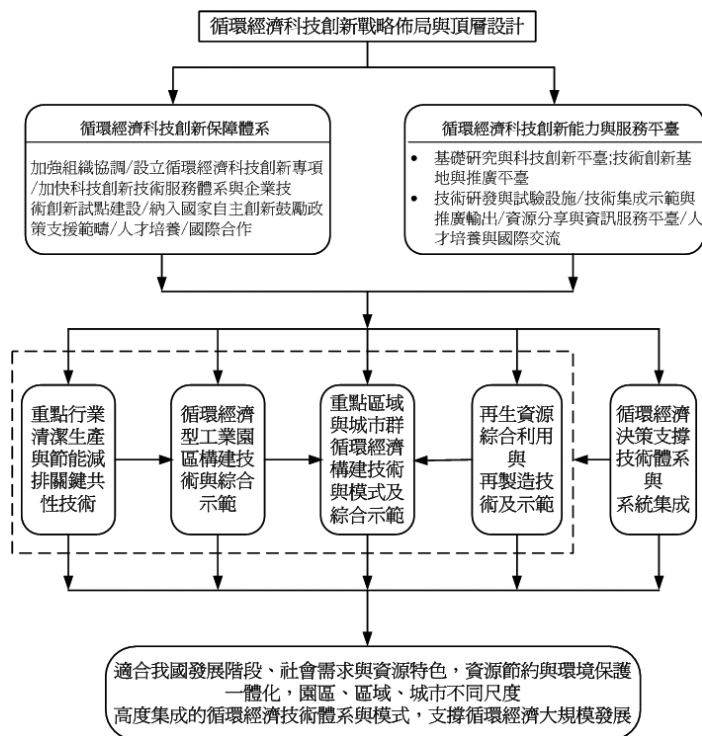


圖 1 發展循環經濟的科技創新框架

- 1、重點行業清潔生產與節能減排關鍵共性技術的研發將為典型園區、重點區域尺度循環經濟的構建提供企業尺度的關鍵技術；
- 2、工業園區循環經濟構建側重從企業到園區的工業生態鏈結、污染集成控制等園區尺度的集成技術與鏈結技術的研發；
- 3、重點區域與城市群循環經濟構建在集成企業、園區尺度以及再生資源產業的關鍵技術與實踐模式基礎上，更側重於大尺度區域級別的資源循環利用與多產業鏈的生產耦合及產業發展與生態保護的相協調。

其中，開展各類廢棄物資源化的技術創新，通過廢棄物質回收後重複使用、轉換為新的產品和可利用的能源或二次原料，是促進循環經濟形成較大規模的根本措施。國家發改委、工信部近期分別啟動了城市礦產、大宗工業固廢綜合利用示範基地建設，將其作為發展循環經濟的重要內容。正在組織起草的“十二五”《全國循環經濟發展規劃（2011－2015年）》也擬將城市礦產、產業廢物、再製造等廢棄物資源化列入中國發展循環經濟的重點工程，並將其作為構建國際資源大循環的新途徑和打造區域資源循環利用產業集聚區的核心載體。

但總體而言，由於中國廢棄物種類繁多、成分複雜、數量龐大，現有技術與模式經濟效益不突出、缺乏市場競爭力，難以大規模推廣利用，缺乏多資源協同提取與規模利用的新技術，在國際再生資源大循環中的仍處於最低端，建議我國儘快開展廢棄物資源化的技術創新和推廣應用（圖2）。

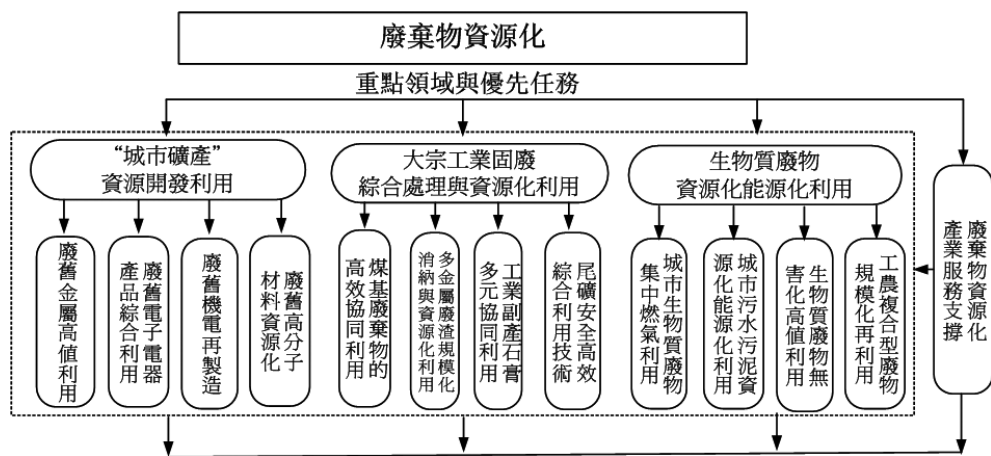


圖2 廢棄物資源化的重點領域與優先任務建議

四、結語

“十一五”期間，中國經濟持續延續新世紀以來的持續快速發展，但也承受著由此所帶來的沉重的資源環境壓力。“十二五”以及未來更長時間，中國仍將處於人口不斷增加、經濟穩步增長的發展階段，同時全球金融危機正在催生世界經濟格局重大調整變革，中國資源、環境、經濟的協調發展將面臨嚴峻形勢和新的挑戰，但也為和平崛起提供了重大機遇。主要挑戰包括：（1）資源和能源緊缺問題日益嚴峻；（2）重化工業為主體的經濟發展方式仍將長期持續；（3）環境污染和生態破壞問題日趨複雜；（4）和平崛起面臨的國際挑戰更加複雜嚴峻。

在當前形勢下，培育和壯大資源循環利用新興產業新的經濟增長點，搶佔綠色經濟發展的制高點，是中國應對日益複雜嚴峻的國際挑戰的必然選擇。但從總體上，因缺乏深入系統地科技創新持續支撐以及完善的法律政策體系激勵保障，尚未在不同行業和區域形成可大規模推廣的循環經濟發展創新模式，循環經濟大規模發展的目標尚未實現。應對新的挑戰和國家重大需求，“十二五”期間應立足於基本國情、資源稟賦、環保需求與產業發展水準，發展循環經濟主要任務不僅要面向廢棄物的資源化循環利用，更要注重源頭減量化的產業技術升級與結構調整，依託典型工業園區、產業集群區域、重點城市群探索生產模式與環境保護方式的根本性轉變，促進再生資源新興產業的快速發展，建立資源節約、環境友好的具有中國特色的循環經濟發展技術模式。

參考文獻

1. 科技部社會發展科技司. 國家“十二五”循環經濟科技規劃戰略研究報告(徵求意見稿), 2009年8月.
2. 馮之浚. 發展區域循環經濟簡論, 再生資源與循環經濟. 2009, 2(1), 6-10.
3. 解振華. 2010中國循環經濟年鑒. 北京: 中國財政經濟出版社, 2011.

第二篇：節能減碳

2



第一篇：循環經濟

第二篇：節能減碳

台灣部份

兩岸碳交易共同市場 芻議

陳筆

一、台灣推動碳總量管制的前景與障礙

節能減碳是台灣行政院已宣告的政策方針。行政院院會通過的〈永續能源政策綱領〉和〈國家節能減碳總計劃〉，均訂定了台灣的減碳目標：二氧化碳排放量在2020年回到2005年的排放水準（257百萬噸），在2025年回到2000年排放量（214百萬噸）。這些目標達成的機會有多大？可利用哪些手段來達成？目前政府的主要「減碳行動方案」是：提高低碳能源（天然氣、再生能源、核能）的發電配比，補助再生能源發電，強化節能標準和能源管理。

課徵能源稅或進行碳排放的總量管制也是潛在的減碳手段。立法院和行政院先後有過幾個版本的〈能源稅條例〉草案，立法院的社會福利及衛生環境委員會也向立法院院會提報過〈溫室氣體減量法〉草案。但能源稅和碳總量管制暨碳排放交易的推動都不順利，反對的力量不小。問題的關鍵顯然是減碳成本的大小和排碳權利金如何分配。

以碳總量管制暨碳排放交易而言，企業的（私人）邊際減碳成本不但與排碳總量限制的高低成反比，其減碳總成本也與碳權交易市場的流動性高低成反比。排碳總量的限制水準大體是由減碳目標所決定的，但碳權市場的流動性則常常與潛在的碳權買賣人數有關；買賣人數多，成交的機會就比較大，買賣人數少，成交的機會就小。很顯然，增加潛在買賣人數的方法之一是：跨出台灣，擴大碳交易市場的範圍。

本文提出一個台灣與大陸合建碳交易市場的架構想像圖。這個構想並不新穎，

歐盟碳交易市場（EU ETS）就是多地區碳市場整合的具體範例，但在台灣和大陸，則較少有人直接設想（envision）兩岸碳市場整合的架構。以下先說明當前台灣的減碳前景，再談單國碳市場的運行要件，然後提出兩岸碳市場整合的架構，最後討論這個構想在兩岸地區出現的可能性和前景。

1.1 台灣的減碳前景

行政院環保署對台灣的減碳前景有所設算。首先，環保署為 2020 年時的二氧化碳排放量設定了三種「正常情境」（business as usual, BAU），分別是「GDP 低案」的排放量、「GDP 中案」的排放量、「GDP 高案」的排放量（表 1）。環保署估計，如果不採取激進的減碳措施，2020 年時台灣的「基準情境」排碳量會在 420 百萬噸到 467 百萬噸之間。因此，若要達成行政院的目標（2020 年時排碳量回到 2005 年的 257 百萬噸），台灣在 2020 年時必須減碳達 163 百萬噸到 210 百萬噸之間。¹

環保署並計算行政院擬定的各類行動方案的減碳貢獻。以「GDP 高案」的情境為例，提高天然氣、再生能源、核能三者的發電配比可使 2020 年的排碳量比 BAU 減少 53.51 百萬噸，約當目標減碳量（210 百萬噸）的 24%。如果能源密集度在 2009-2016 年之間可以每年下降 2%，則 2020 年時的排碳量將比 BAU 減少 76.18 百萬噸，約當目標減碳量的 36.3%。再加上造林、海外買碳權，共可減碳 162.28 百萬噸，但最後還有 47.72 百萬噸的減碳缺口，占目標減碳量的 22.7%（表 1）。

倘若能源密集度無法降低，則會少掉 69.7 百萬噸的減碳量。² 低碳能源發電配比、節能標準、能源管理、造林、海外買碳權等方法的減碳能力，合計只能有 92.58 百萬噸；2020 年時會有 117.42 百萬噸的減碳缺口，占目標減碳量的 55.9%。

環保署的減碳試算並沒有正式考慮能源稅與碳總量管制。³ 一旦把碳總量管制加進減碳的行動方案之中（暫時不管能源稅），則總量管制的上限應當等於目標減碳量

1 環保署的「GDP 高案」預測：2011-2015 年的 GDP 年平均成長率是 5.3%，2016-2020 年的 GDP 年平均成長率是 3.61%。「GDP 中案」的 2011-2015 年 GDP 年平均成長率則是 4.44%，2016-2020 年的 GDP 年平均成長率是 3.45%。「GDP 低案」的 2011-2015 年 GDP 年平均成長率是 3.58%，2016-2020 年的 GDP 年平均成長率是 3.29%。

2 在環保署的試算中，「能源密集度每年降低 2%」是減碳行動的一環，故在「正常情境」（BAU）中，能源密集度顯然不會每年降低 2%。那麼，BAU 的能源密集度如何變化？固定不變嗎？依照 IPCC 的定義，BAU 情境中的能源效率依然會有「正常的改善」。如果在環保署的 BAU 情境中，能源效率仍然有「正常的改善」，那麼，加入「能源密集度每年降低 2%」的方案之後，能源密集度每年降低的總幅度究竟是多少？等於 2%，還是大於 2%？

3 實現「能源密集度每年降低 2%」的方法，是不是包含能源稅或碳總量管制，並不清楚。

表1 政府規劃的2020年減碳目標實現途徑

	GDP 成長低案		GDP 成長中案		GDP 成長高案			
(A) 2020 年的 BAU CO ₂ 排放量	420 百萬公噸		443 百萬公噸		467 百萬公噸			
(B) 為達成減碳目標所必須減少的排放量 = (A) - 257 百萬公噸	163 百萬公噸		186 百萬公噸		210 百萬公噸			
	各措施的減量貢獻及其占須減之量 (B) 的比	累計減量幅度 (%)	各措施的減量貢獻及其占須減之量 (B) 的比	累計減量幅度 (%)	各措施的減量貢獻及其占須減之量 (B) 的比		累計減量幅度 (%)	
(1) 國內減量 (含能源密集度每年下降 2%)	129.77 百萬公噸 (79.61%)	79.61%	129.77 百萬公噸 (69.77%)	69.77%	能源密集度每年下降 2%	76.18 百萬公噸 (36.27%)	129.77 百萬公噸 (61.79%)	61.79%
					天然氣	16.00 百萬公噸 (7.62%)		
					再生能源	5.21 百萬公噸 (2.48%)		
					核能發電	28.70 百萬公噸 (13.67%)		
					發電效率	2.61 百萬公噸 (1.24%)		
					碳匯	1.08 百萬公噸 (0.51%)		
(2) 境外碳權	32.51 百萬公噸 (19.94%)	(1)+(2) = 99.55%	32.51 百萬公噸 (17.48%)	87.25%	32.51 百萬公噸 (15.48%)		77.28%	
(3) 減量缺口	0.72 百萬公噸 (0.44%)	(1)+(2)+(3) = 100%	23.72 百萬公噸 (12.75%)	100%	47.72 百萬公噸 (22.72%)		100%	

資料來源：環保署

和低碳能源配比（加上節能標準、能源管理、造林、海外買碳權）減碳貢獻的差額。⁴ 環保署「GDP 高案」的試算顯示，這個差額在 47.72 百萬噸（能源密集度每年降低 2%）到 117.42 百萬噸（能源密集度無法降低）之間。

1.2 台灣的減碳障礙

名義上，環保署對碳總量管制暨排放交易已經設計了四階段的時間表，但目前還在自願盤查登錄與減量的第一階段。真正的碳排放總量管制和排放權交易要到第四階段才開始，而此一階段又僅在國際社會要求台灣減碳、但台灣靠現有的辦法做不到時，才會啟動。所以，碳總量管制什麼時候會實施、管制上限會是多少，目前不可知；〈溫室氣體減量法〉的草案也沒提。

政府對碳總量管制的時程和上限遲遲不決，顯然面臨了不小的阻礙。碳總量管制暨排放交易制度在台灣的主要障礙大概有二：

1. 若訂下未來數年的碳排放總量上限，讓許可的碳排放量顯著低於「正常情境」（BAU）的水準，恐怕會逼使碳價劇升，企業和消費者因而付出高昂的減碳費用。
2. 前6大的二氧化碳直接排放源（台電、中鋼、中石化、中油、和平火力電廠、台塑）就佔去了近40%的碳排放量。這可能會使台灣碳市場的集中度偏高、買賣人數不夠多、碳交易的「流動性」不足（蕭代基、羅時芳等人，2009）。市場的集中度偏高的潛在後果是碳價會偏高（獨占性訂價）。「流動性」不足就是交易筆數少，而交易少的後果是：只有總量管制而無排放交易，那麼，利用排碳權交易來降低減碳成本的功能就喪失了。

第一個問題涉及減碳目標的「經濟可行性」：若要達成減碳目標，減碳成本會有多大，將犧牲多少經濟成長，其代價會不會超過可容忍的上限？這個問題也涉及減碳社會成本和排碳權利金將如何分配，誰承擔比較多的私人成本或社會成本。但是，以碳排放交易來搭配碳總量管制，正可幫助個別的企業和整個社會來降低減碳成本。這就涉及碳市場集中度偏高和流動性不足問題的解決方法。

碳市場集中度偏高和流動性問題的解決方法是：避免「排碳權生產」的自給自足，尋求排碳權利的國際貿易，和其他國家或地區合建碳交易市場；向有「減碳比

4 低碳能源發電配比的管制直接指定能源種類的比例，以改變發電的排碳係數和排碳量。能源稅和碳總量管制搭配排放交易則迫使人們為排碳而付費，然後自行決定能源種類的配比。

較優勢」的國家購買排碳權，而不必花大錢親自減碳；向沒有「減碳比較優勢」的國家賣出排碳權，以賺取排碳權利金。

當今世界有些國家的邊際減碳成本可能比台灣要高，例如美國、日本、西北歐國家；有些國家或地區則可能比台灣的低，例如中國大陸、東協國家（新加坡除外）、印度。若和美國、日本合建碳交易市場，可能的貿易型態是：台灣多減碳，而美、日等國向台灣買排碳權；台灣企業減碳所賺取的錢足以彌補減碳的費用而有餘。若和大陸、東協合建碳交易市場，可能的貿易型態則反過來：台灣親自減碳的量比較少，而多向中國大陸、東協買排碳權；台灣企業向這些地方購買碳權的價錢必然低於親自減碳的費用。只要大家有減碳的共識，不論和哪種類型的國家進行碳權貿易，台灣都可獲得貿易利益（貿易對手國亦然）。

二、回顧單國碳交易市場的運作要件

許多理論文獻和政策報告都談過排放交易市場運作的基本要素。但英國碳交易市場和 EU ETS 的經驗顯示，碳交易市場的運作細節仍然值得我們再探究一番。以下討論碳交易市場運作的基本要件和問題，然後設想台灣與他國合建碳交易市場的方式。

碳總量管制暨排放交易制度的最重要功能是：一方面利用總量管制來限制排碳量，另一方面利用碳權交易來幫助排碳者降低減碳成本。這個功能可否實現則仰賴四大要素：（1）排碳上限的高低，（2）排碳權的期初分配方式，（3）碳權交易的規則，（4）碳權品質的穩定性。緊俏的排碳上限可以確保排碳價格反映「排碳的稀少性」。排碳權的期初配給方式則決定財富分配，但也影響減碳社會成本的大小。碳權交易則可幫助減碳機會成本高的企業低價買進排碳權，而不必親自減碳。最後，要使人們願意擁有碳權，碳權的品質必須清楚、超額排碳者必須受到處罰。還有許多技術性的因素影響這四大要素的健全性，這裡一一列出：

1. 排碳的上限

- （1）受管制的氣體有哪些？
- （2）排碳目標是絕對的還是相對的？
- （3）誰是受管制的企業或部門？
- （4）碳權價格是否有上下限？

2. 排碳權的期初分配

- (1) 排碳權是免費授與排碳者的，還是拍賣？
- (2) 若是免費授與，根據什麼原則來分配？

3. 碳權交易

- (1) 碳交易市場的存續時間
- (2) 碳權的有效期限和跨期交易問題
- (3) 企業早期自願減碳的效力
- (4) 新排碳源的排碳權取得和離場者的排碳權移轉
- (5) 本市場與其他碳市場的連接
- (6) 國際貿易的調整問題

4. 保證碳權品質的機制

- (1) 「碳商品」品質的認定與監督
- (2) 超額排碳的處罰

圖 1 把上舉各項碳交易市場運行的要件摘列出來。此下一一討論。

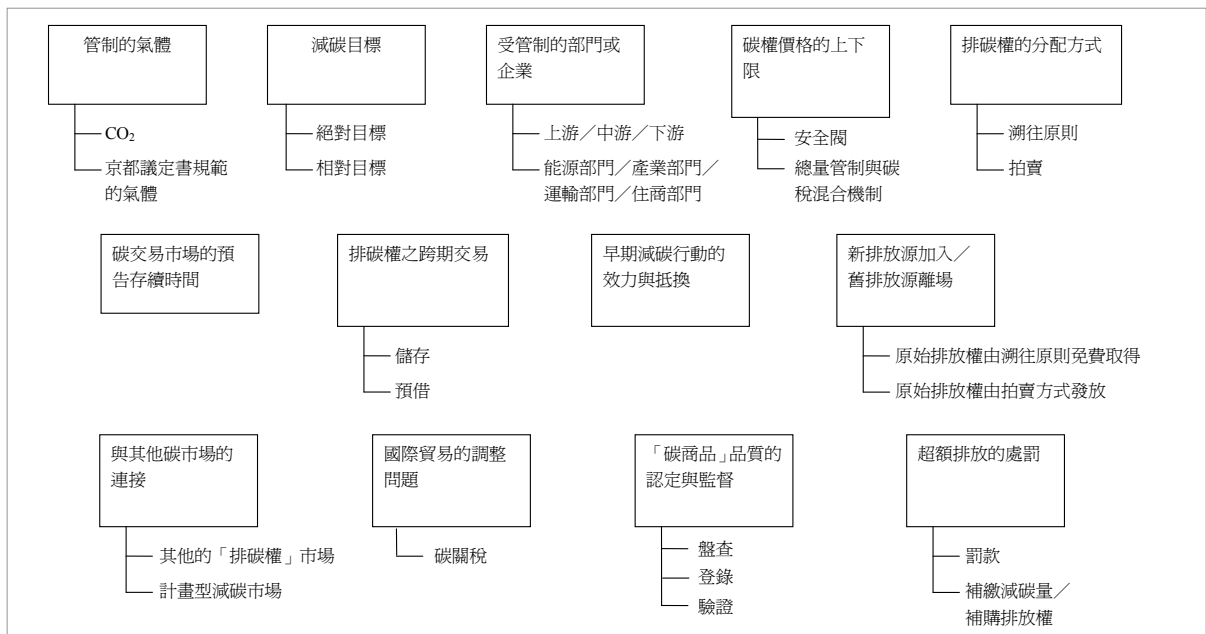


圖 1 碳交易市場運行的關鍵要素

(一) 受管制的氣體有哪些？

〈京都議定書〉所規範的溫室氣體有 6 種：二氧化碳、甲烷、氮氧化物（ N_2O ）、氫氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（ SF_6 ）。但包括 EU ETS 在內，多數現有的碳交易市場只釘住二氧化碳，而不管其他。（EU ETS 的第三階段將加入 N_2O 和 PFCs。）

（二）排碳上限

（1）哪些碳排放算是「我們的」？（碳排放的責任歸屬）

〈京都議定書〉在計算各國的碳排放量時，是以生產面的碳排放量為準，而不是消費面的碳排放。所以進口品生產時所排放的碳，歸入出口國的排碳帳下，而不算在進口國的排碳帳之內。

（2）排碳上限是絕對目標還是相對目標

· 絕對目標

總量上限是絕對的目標。國際上正式的碳交易市場都針對總排碳量訂上限；台灣的減碳目標和美國〈清潔能源與安全法案〉（ACES）中的減碳目標也都是絕對目標。

· 相對目標

但有些國家，例如中國大陸，只宣告過「碳排放密集度」的降低目標；這是「相對的」減碳目標。若管制的目標為每一單位生產活動的碳排放量（碳排放密集度），而非生產活動的總排碳量，一樣可以建立「排碳密集度標準憑證」的交易市場。只是，各種生產消費活動的物理單位常有不同，需要換算。例如：每一度電的排碳量和汽車每行駛一公里的排碳量彼此如何換算。

依照台灣環保署的設計，碳總量管制暨排放交易四階段時程中的第三階段是「排碳效能標準抵換交易」，這種交易容許廠商利用排碳密集度標準在日後抵換排碳權，是「相對目標」商品與「絕對目標」商品相互交換的設計。

此外，管制的目標若是「每人的碳排放量」，一樣可以建立「每人排碳量憑證」的交易市場。

（3）排碳上限的更新及事前預告

排碳上限的更新會改變碳權的價值（排碳許可證可兌換的排碳量）。

（三）受管制的部門或企業

哪些生產者、消費者必須受到排碳上限的管制？能源轉換部門、產業部門、運輸部門、住商部門、農業部門是否都被納入管制？選擇受管制者的標準是，既要能涵蓋二氧化碳排放者，又要能降低管理成本，並且不使所得分配惡化。

事實上人人都是二氧化碳的排放者，因此，從碳市場運行管理成本（盤查、登錄、查證、驗證、違規處罰）的角度來看，只管直接排放源的耗費可能比較低。在這個情況下，受管制者主要是能源轉換部門和上游產業。

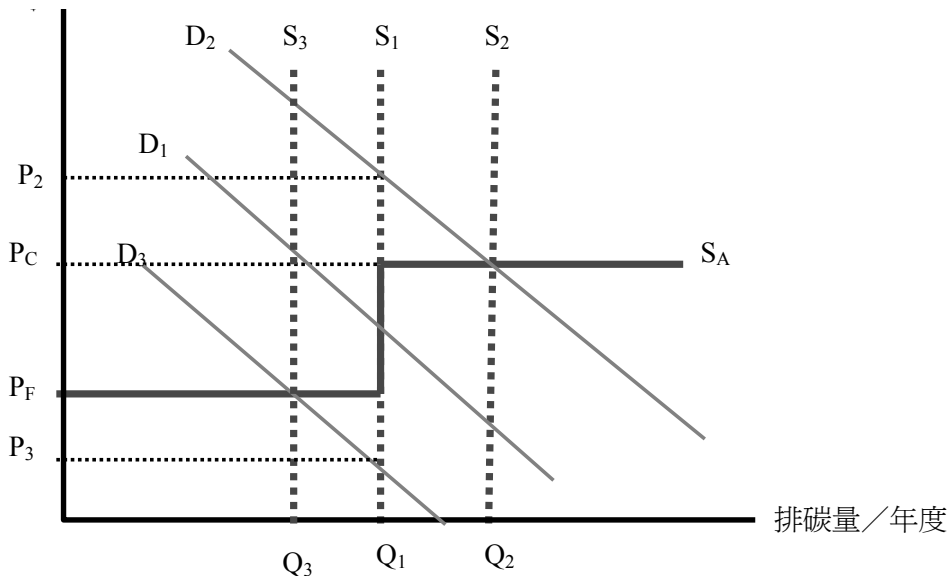
(四) 排碳權價格的上下限

碳價格是否要設定上、下限涉及三件事：(1) 價格波動對減碳投資的影響，(2) 設定碳價格上限會使總量管制鬆動、排碳上限無法維持，(3) 碳價格設上下限的作法其實把碳總量管制改成了總量管制和碳稅混合的體系。

對碳市場設定價格上下限的典型作法是：政府買賣碳權（類似糧食價格平準操作或中央銀行的公開市場操作）。若訂價格上限，則政府在碳價「過高」時，釋出（賣出）更多的排碳權；這等於放寬總量管制，故會壓低碳價格，也等於對排碳者補貼、對減碳者課稅。若訂價格下限，則政府在價格「過低」時，買入排碳權，這會緊縮排碳上限、抬高碳價格，也等於對排碳者課稅、對減碳者補貼。在碳價處於價格上限、而排碳量無上限的時候，碳總量管制便轉成了碳稅制度。在碳價處於價格下限、而排碳量小於原始排碳上限的時候，碳總量管制一樣轉成了碳稅制度（圖 2a）。

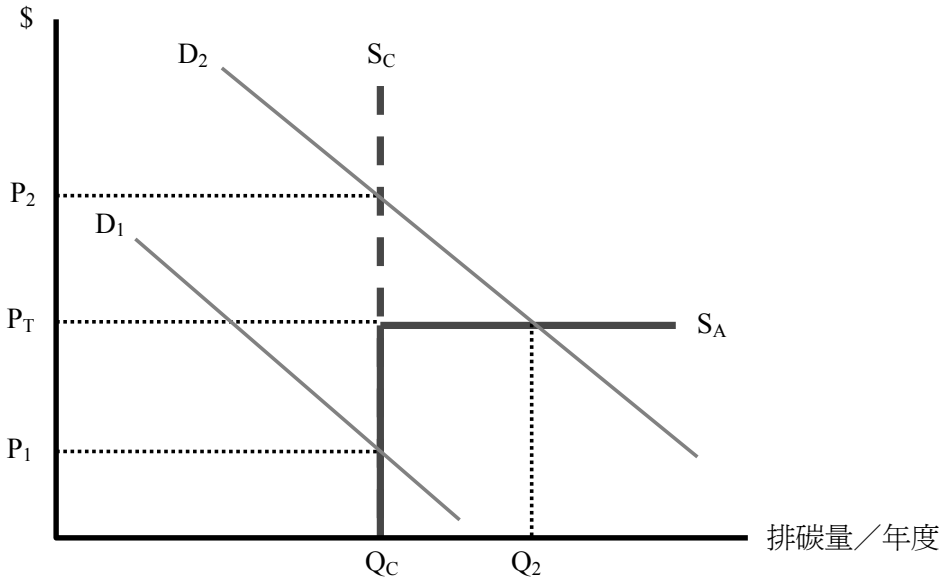
經濟學家 McKibbin and Wilcoxon（2002）設計了一種減少價格波動、混合總量管制和碳稅的制度：政府發行兩種排碳權，一是長期有效的多年期碳權，另一種是

(a) 移動碳管制量以使碳價不越過上下限



說明：原始的碳總量管制目標是 Q_1 。如果碳價超出上限 P_C ，則政府增發排碳權，碳權供給外移到 Q_2 ；如果碳價低於下限 P_F ，則政府收回排碳權，碳權供給內縮到 Q_3 。有效的碳權供給曲線是 S_A 。

(b) 以不限量的短期排碳權控制碳價格上限



說明：以數量固定於 Q_C 的多年期排碳權來控制原始的碳總量管制目標。如果碳價超出上限 P_T ，則政府不限量的發行短期排碳權。有效的碳權供給曲線是 S_A 。

圖 2 碳總量管制和碳稅混合機制

有效期只有一年的排碳權。多年期碳權的每年度總量是固定的。當碳權需求過大，碳價超出政府預設的當年度價格上限時，政府便另以固定的低價不限量增發一年期碳權。此時市場中的碳價就會跌到一年期碳價的水準，排碳量的多寡則依碳權的需求而定，無法在事前固定住。這一年期碳權的價格就是「管價而不管量」的碳稅，碳總量管制於是轉成碳稅制度（圖 2b）。（目前還沒有排放交易市場試過這個制度。）

(五) 排碳權 (allowances) 的期初分配方式

最普遍的碳權期初分配方式是將碳權免費送給既有的排碳源，拍賣則是另一種選擇（其他的分配方法見黃宗煌，2009；Tietenberg，2003）。

碳權的期初配給方式直接影響財富分配。未來的排碳需求如果擴張，碳權的「租值」也會跟著增加。若碳權是政府免費送出的，原始的碳權擁有者便可因此而得利。若是拍賣，則競標者會臆測其增值率，並將之納入競標報價中。一旦把排碳權免費送給現有的排碳源，政府就沒有拍賣收入來補助因節能減碳而受損的低收入戶。

碳權的期初分配方式不只決定財富分配，也影響經濟效率（減碳的社會成本）。

有了碳權拍賣的收入，政府就可藉此削減扭曲性的稅賦。如果政府把排碳權免費送給各個排碳源，那就是對排碳者的「定額移轉」。比較「拍賣碳權並削減扭曲性賦稅」和「免費配發碳權」，哪一種作法的社會成本比較大？答案是：免費核配碳權的社會成本較高。⁵

期初碳權若是免費配給的，有兩種典型的作法：「溯往原則」和「標竿法則」（蕭代基、羅時芳等人，2009）。

- 溯往原則（歷史排放實績原則，grandfathering）

某企業在目標年的免費許可排放量

$$= (\text{該企業在特定歷史時期的排放量} \div \text{該企業所屬產業在該特定歷史時期的總排放量}) \times (\text{該企業所屬產業在該特定歷史時期的總排放量} \div \text{該特定歷史時期的全國總排放量}) \times \text{目標年的全國許可排放總量}$$

$$= (\text{該企業在特定歷史時期的排放量} \div \text{該企業所屬產業在該特定歷史時期的總排放量}) \times (\text{該企業所屬產業在目標年的免費許可排放量})$$

- 標竿法則（benchmark rule）

某一新、舊排放源在目標年的免費許可排放量

$$= \text{排放源所屬產業平均每一排放源的商品生產量（或能源使用量）} \times \text{該商品（或相關能源）在目標年的碳排放密集度}$$

從上面的公式可知，在依溯往原則分配排碳權時，如何設定私人企業歷史排碳量的基準年，對私人企業在減碳目標年之免費許可排放量的大小可有很大的影響。標竿法則則可用來計算缺乏歷史排放量資料之排放源的免費許可排放量，尤其是新排放源的免費許可排放量（如果在期初分配時政府保留了一部份免費的碳權給日後的新排放源）。

（六）總量管制暨排放交易的存續時間

事前預告的總量管制暨排放交易存續時間會影響私人減碳效益的「不確定程度」，因而影響企業的減碳投資決策。太短的市場存續時間會讓企業懷疑今日購得的碳商品日後即無價值，而不願意做減碳投資。

歐盟的碳交易市場（EU ETS）的存續時間分為 2005-2007 年、2008-2012 年、2013-2020 年三階段；由於第一階段的碳權在第二階段就無效，事實上第一階段和第

5 這個問題，就是節能減碳的「雙重紅利」問題。節能減碳的第一重紅利指的是，減碳措施可使環境風險降低。第二重紅利則有好幾種意義。一是比較「弱」的意義是：就經濟效率而言，「降低扭曲性稅賦」式的拍賣收入循環優於「定額移轉」式的循環。

二階段以後是兩個不同的市場。第一階段的碳價在 2006 年中之後急劇下跌，2007 年時接近零，主要原因就是碳權在 2008 年以後將失效（Ellerman and Joskow, 2008）。這個問題同時涉及碳權可否儲存或預借的問題，下面再談。

日本試驗性質的「自願性碳交易市場」（JEVTS）的存續時間僅在 2005-2007 之間。美國芝加哥氣候交易所（CCX）的排碳權交易起自 2003 年，沒有明確的終止期限；但事實上將於今年（2010）底關閉碳權交易市場。美國〈清潔能源與安全法案〉（American Clean Energy and Security Act）設計的碳總量管制暨排放交易存續期間則有 39 年（2012-2050）。⁶

（七）碳權的有效期限和跨期交易（儲存或預借）問題

歷史上各種類型的排放交易市場，大概沒有一個容許排放權利的無限期儲蓄或預借。EU ETS 第一階段（2005-2007）的排碳權在該階段之內可以儲存和預借，但第一階段的碳權到了第二階段（2008-2012）就失效。第二階段的排碳權則可儲蓄到第三階段（2013-2020）來使用，但第二階段中的排碳者不能向第三階段預借碳權。英國的碳交易市場（2002-2006）則容許碳權儲存，但不許預借。

（1）容許儲存或預借的理由

儲存和預借是跨期貿易；和碳權的國際貿易一樣，容許碳權的跨期貿易，可讓人們利用「各時點的比較優勢」來做時間的分工，降低減碳成本。所以從降低減碳成本的觀點來看，應該容許碳權的儲存和預借。禁止碳權的儲蓄或預借可能使碳價的波動比較劇烈（Ellerman and Joskow, 2008），也影響企業對減碳之私人效益的判斷，延遲投資的決策。

（2）否決儲存或預借的理由

碳市場草創時，可能還抓不準「恰當的」排碳上限；萬一排碳上限訂得太高，碳價就會過低。這時若容許囤積碳權，就會替將來的大量排碳開方便之門，想收縮排碳上限也來不及（Duflo et al., 2010）。

容許儲存或預借也可能使得污染集中於特定時段，而讓環境一時難以負荷。但全球暖化的問題與碳排放的時點比較無關。

6 美國眾議院在 2009 年 6 月通過〈清潔能源與安全法案〉（ACES），但這個法案卻被參議院無限期擱置。2010 年 11 月的美國期中選舉結束後，共和黨在眾議院獲得多數席位，在參議院的席次也有所增加，總量管制暨排放交易法案通過的機會在幾年之內變得更小。部份由於這個因素的影響，芝加哥氣候交易所（CCX）在 2010 年下半年連續幾個月都沒有碳權交易，CCX 於是於 2010 年底關閉碳權交易市場（Herrera, 2010；Weitzman, 2010；Lavelle, 2010）。

(八) 早期減碳行動的效力

碳交易實施前的企業自願性減碳量若可在碳交易實施後抵換碳排放權，等於將排碳權儲蓄的效力延伸到碳市場正式建立之前。所以，關鍵的問題是：事前自願減碳的「品質」如何認定，可抵換多少的排碳權？如果合格的「門檻」過低，就會替排碳者在排碳上限訂定之後開方便的排碳之門。

認可早期減碳效力的好處之一是：當排碳配額是根據溯往原則來免費授與時，企業在事前的自願減碳量愈多，其在碳交易實施後所能分到的免費排碳權就愈少；故「溯往原則」會使企業不願意在事前減碳。認可早期減碳效力的作法則可抑制這種誘因。但期初排碳權若是以拍賣方式來分配的，企業就不會有事前多排碳的動機。

(九) 新排放源的排放權取得／離場者的排放權移轉

這類的安排既決定財富分配，也影響經濟效率。

(1) 原始排碳權依溯往原則免費配給時：

- 政府是否須在期初時為將來的潛在新排放源保留免費的排放額度？若保留，一旦額度不夠用時怎麼辦？
- 舊排放源歇業、關廠時，是否必須將其所有的排碳權繳回給政府？可不可以自由賣出？

(2) 原始排碳權以拍賣的方式分配時：

- 新排放源必須在碳交易市場中向排碳權所有者購入排碳權。
- 舊排放源在歇業、關廠時，可賣掉排放權。

政府若在期初時為將來的潛在新排放源保留免費排放額度，額度的大小通常沒有什麼明確的原則可循。額度不夠用時，就必須要求新排放源在市場中向既有的排放源購買碳權。

當原始排碳權是依溯往原則來免費配給時，新排放源若須向舊排放源付費購入排碳權，則新排放源進入市場的障礙會高於依溯往原則免費取得原始排碳權的舊排放源。這種對新廠的「歧視」，不但使其成本負擔較重，也可能阻礙新投資和新技術的開發 (Tietenberg, 2003)。

(十) 本市場與其他碳市場的連接

(1) 與其他排碳權 (allowances) 市場的連接

- 美國芝加哥氣候交易所 (CCX) 單邊承認歐盟排碳權 (EUAs)。
- 目前EU ETS沒有和其他的排碳權 (allowances) 市場相互連接。

(2) 與計畫型減碳「信用額度」(credits)市場的連接

- 歐盟碳交易市場 (EU ETS)：各會員國之排放源從「清潔發展機制」(CDM) 或「聯合減量機制」(JI) 所取得的計畫型減碳額度 (信用額度，在CDM機制中為CERs)，可轉換為歐盟碳交易市場的排碳權 (EUAs)。從CDM計畫所取得的一噸CERs，可轉換為一噸的EUAs。但可抵換的總量有上限，EU ETS也不接受核能和「碳匯」的CERs。此外，EU ETS是二氧化碳排放交易市場，卻接受二氧化碳之外的溫室氣體CERs。
- 美國的芝加哥氣候交易所 (CCX) 也承認計畫型的排碳抵換商品 (offset)。

在排碳權品質明確的情況下，各市場若能相互開放、彼此整合，進行碳權的國際貿易，將可降低減碳的成本、改善經濟效率。但是，計畫型的碳抵換商品必須經過個案審查來認定其品質：盤查、登錄、查證、驗證、防止欺騙舞弊等，皆是細節管理 (micro-management)，有龐大的訊息成本和交易成本。由於品質管理的困難，抵換型碳商品的品質常不受人信賴。CCX 的抵換型碳權品質不高，就連帶的損害了CCX 碳市場的信譽和潛在碳買家的參與意願 (Herrera, 2010)。

(十一) 國際貿易的調整問題

若本國建立了碳交易市場，但他國若沒有碳總量管制、也缺乏「有效的」碳稅，則本國如何對待外國進口的商品，如何對待本國為排碳而付費的產業？此一問題在概念上是全球碳價統一的問題。

如果對排碳價格明顯低於本國的外國商品製造者課徵「碳關稅」，理論上可使各國的碳價一致。但實行起來的訊息費用、管理成本很高，也容易變成對國內產業的保護。

(十二) 「碳商品」品質的認定與監督

為了保證大家買賣的碳權是「相同的」商品，碳市場必須做商品登錄和品質認證：

- 盤查 (inventory)：企業的碳排放資料之盤點。
- 登錄 (registry)：碳排放資料、交易資料、儲存資料、預借資料之登記。
- 查證 (verification) 和驗證 (certification)：企業碳排放資料的查證。

(十三) 超額排放 (違規) 的處罰

(1) 罰款

- 歐盟碳交易市場的超額排放罰鍰是第一階段 (2005-2007年) 每噸40歐元，第

二階段（2008-2012年）每噸100歐元。

- 美國〈清潔能源與安全法案〉規定的罰款是「市場價格」的兩倍。

(2) 次一交易期補繳減碳量或補購排放權

三、兩岸碳交易共同市場的架構想像

原則上，只要有減碳的共識，不論和哪個地區進行碳權貿易、合建碳交易市場，都可以協助台灣降低減碳成本，進而降低減碳的障礙。前節列出十餘項碳交易市場建立的要件，下面設想台灣倘若與大陸合建碳交易市場，這些因素應該如何處理。

基本的原則是：凡是影響減碳成效、減碳社會成本、經濟效率、碳價格的因素，兩岸必須協調一致；至於僅影響各自內部所得分配的因素，則由兩邊各自單獨決定如何處理。當均化所得分配與降低減碳成本有衝突時，兩岸必須共同權衡。

(一) 受管制的氣體

先僅針對 CO₂ 最為簡單易行，京都議定書所規範的其他 5 種溫室氣體可待日後再說。

(二) 排碳總量管制目標的訂定

共同市場的排碳上限有三種訂定方式：

- (1) 兩岸先合訂共同的排碳量管制總目標，然後再分配各自必須達到的目標排碳額。
- (2) 兩岸先各自訂出自己的排碳量管制目標，然後相加成共同的目標排碳總量。
- (3) 先合訂「排碳密集度」的上限，建立「排碳密集度標準憑證」的交易市場，日後再進一步合訂總量管制目標，進行排碳權交易。

不論如何，共同市場的排碳上限必須「夠低」，才能避免碳價過低而減不了碳。同時，排碳量管制的目標年必須相同，但基準年則毋須相同。（基準年的選擇影響減碳的幅度；但建立共同市場的重點是讓兩邊發揮各自的比較優勢，以降低減碳成本，故兩岸各自的減碳幅度不必然得相同。）

目前世界上唯一的多國碳交易共同市場是歐盟的碳交易市場（EU ETS）。歐盟的碳交易共同市場讓會員國各自訂定其在目標年的排碳總量，然後相加，再經過調整，使歐盟在目標年（2012）的排碳總量達到京都議定書所規範的目標。

台灣行政院雖然宣告了 2020 年和 2025 年的減碳目標，但〈溫室氣體減量法〉

草案並沒有訂定具體的碳排放管制量及其目標年。大陸政府的行政部門則僅有碳排放密集度降低的目標，而還沒有排碳總量減少的目標。2009年11月25日，在哥本哈根的〈聯合國氣候變遷綱要公約〉第15次締約國會議舉行之前，大陸國務院總理溫家寶在國務院常務會議中說，中國大陸預定在2020年將每單位GDP的二氧化碳排放量（碳排放密集度），較2005年減少40%至45%（也就是碳排放的效能標準提高40%至45%）。

基於這個情況，兩岸也許可先合訂排碳減量的「相對目標」，進行排碳效能標準之交易，以後再進一步合訂總量管制目標，進行排碳權交易。

（三）受管制的部門或企業

針對能源轉換部門和上游產業的直接排放來管制，可能既可涵蓋排放源，又可節省管理成本。

但為讓兩岸政府保持彈性來處理各自內部的減碳障礙，在碳交易共同市場中，台灣和大陸受管制的部門或企業包含哪些，可由兩岸政府自行決定。

（四）排碳權價格管制與否

在試驗期不對碳價訂定任何上、下限。根據試驗期的結果，決定是否將總量管制暨排放交易改成與碳稅混合的新體系。

（五）排碳權的期初分配

碳權的期初分配方式既決定財富分配，也影響經濟效率。不論是從財富分配、還是經濟效率來看，拍賣碳權都比免費核配要好。但是，為了讓兩岸政府各自有彈性來降低社會對減碳的抗拒，排碳權在台灣內部的期初分配方式與在大陸內部的分配方式，可由兩岸政府各自決定。

（六）碳交易市場的預告存續時間

過短的市場存續期對企業的減碳投資有害，也無法有效降低減碳成本。台灣政府常指涉的減碳目標年是2020年或2025年，大陸則是2020年。兩岸若設碳交易的共同市場，其預告的存續期至少應有15年。但在市場正式建立之前，可以設置為期5年以下的試驗市場，以測試排碳上限的鬆緊、市場流動性、碳價的波動幅度、各要素和市場表現的關係，供市場正式運行時的機制調整之用。

（七）碳權的有效期限和跨期交易的問題

兩岸碳交易的共同市場在原則上應容許排碳權的儲存和預借，以降低減碳成本、並減少碳價的波動。但在試驗期間之內，不容許試驗期的排碳者向正式運轉階

段預借碳權（容許跨年度的預借和儲存）。同時，容許試驗期的排碳者將部份比例的排碳權，儲蓄到正式運轉階段使用。

（八）企業早期自願減碳的效力

容許早期的自願減碳抵換市場排碳權是將排碳權儲蓄的效力延伸到碳市場正式建立之前。若對早期自願減碳的「品質」認定不嚴，這會替排碳者在碳市場建立之後開啟方便的排碳之門。

但為了讓兩岸政府各自有彈性來降低抗拒減碳的壓力，這個問題由兩岸政府各自斟酌，決定是否承認企業早期自願減碳的效力。

（九）新排放源的排放權取得和離場者的排放權移轉

（1）若原始排碳權依溯往原則免費配給

- 政府在期初時，保留一部份的免費排放額度給將來的新排放源。保留額度的大小則由兩岸各自決定。
- 原則上，舊排放源歇業、關廠時，必須將其所有的排碳權繳回給政府，不可自由賣出。但容許兩岸因各自的特殊因素權衡斟酌。

（2）若原始排碳權以拍賣的方式分配

- 新排放源必須在碳交易市場中向排碳權所有者購入排碳權。
- 舊排放源在歇業、關廠時，可自由賣掉排碳權。

（十）本共同市場與其他碳市場的連接

只要兩岸共同市場之「碳商品」的品質訊息很清楚，可以進一步尋求與歐盟、美國、日本的排碳權交易市場相連結，以形成更大的全球性共同市場。

（十一）國際貿易的調整問題

如前述，國際貿易的碳稅調整是全球碳價統一的問題。但對市場外國家課徵碳關稅的訊息成本很高，容易變成對國內產業的保護，並引發貿易戰。故原則上不對市場外國家做貿易調整。

（十二）「碳商品」品質認定、監督的方法與程序

共同市場「碳商品」之排放、交易、儲存、預借資料的登錄，必須有統一的資料管理中心。「碳商品」盤查、查證、驗證的工作，讓兩岸各自執行。但其程序、方法，在兩岸必須一致，兩岸各自執行的結果也必須接受共同市場管理中心的監督、檢查。

（十三）違規的處罰

對超額排放的處罰，在共同市場中兩岸當然必須統一。但兩地排放源違規罰鍰收入，交由共同市場管理中心支用。

(十四) 碳總量管制暨排放交易與其他減碳措施的搭配

嚴格的說，碳總量管制暨排放交易與其他減碳措施（碳稅、節能標準、再生能源補貼等）如何搭配；在碳總量管制暨排放交易之外，是否另課碳稅、稅率有多高；都可能影響減碳的邊際成本。但多元措施總效果的計算十分複雜，不容易得到清楚的答案。為簡便計，碳總量管制暨排放交易與其他減碳措施如何搭配，由兩岸各自決定。

總而言之，凡是影響減碳成效、減碳社會成本、經濟效率、碳價格的因素，兩岸大多得協調一致。僅影響各自內部所得分配的因素，則大體由兩邊各自單獨決定如何處理（表2）。

表2 碳交易共同市場運行的基本要素

		影響 減碳 效果	影響 減碳 成本	影響 財富 分配	由共同市 場的各會 員國政府 共同決定	由共同市 場的會員 國各自獨 立決定
1	受管制的氣體有哪些？	√	√	√	√	
2	排碳目標	√	√		√	
3	誰是受管制的企業或部門？		√	√		√
4	碳權價格是否有上下限？	√	√	√	√	
5	排碳權的期初分配		√	√		√
6	碳交易市場的存續時間	√	√		√	
7	碳權的儲存和預借	√	√		√	
8	早期自願減碳的效力	√	√			√
9	新排碳源的排碳權取得 / 離場者的排碳權移轉		√	√		√
10	本市場與其他碳市場的連接		√		√	
11	國際貿易的調整問題			√	√	
12	碳權品質的認定與監督	√			√	√
13	超額排碳的處罰	√			√	

四、可行性與前景

兩岸共同市場實現的可能性有多大？這決定於三個因素：（1）台灣有沒有訂定排碳上限的打算？（2）大陸全境或其部份地區願不願意訂定排碳上限？（3）若兩岸都有訂定排碳上限的計畫，願不願意合作形成碳共同市場？

僅僅宣告「減碳目標」本身對排碳並沒有足夠的拘束力。台灣行政院已經宣告了減碳目標，就算把這個目標放進法條，如果排碳目標在 2020 年時沒有達成，也不會有顯著的法律後果。這也是為什麼台灣目前還沒有明確的彌補減碳缺口的手段。

事實上，唯一有實際意義的減碳目標是法定的排碳上限管制。美國的〈清潔能源與安全法案〉（ACES）訂定了減碳目標；在其設計中，這些目標怎麼達成？就是利用法定的排碳上限管制，來綁住減碳目標。相反的，美國芝加哥氣候交易所（CCX）的排碳上限協定由於完全是自願性的，故其吸引的參與者主要是潛在的碳權賣家，潛在的碳權買家則不願意進來；降低了交易配對成功的機率（Herrera, 2010）。可見有效減碳和活化石交易的前提，都是法定的、強制性的排碳上限。

至於大陸或其各地區是否願意訂定排碳上限管制、兩岸對排碳上限是否會有「共識」，則涉及兩岸內部的經濟成長、所得分配、社會政治因素，很難在目前提出明確的預估。

參考文獻

1. 黃宗煌，2009，排放交易及相關問題分析，《碳經濟》，第11期。
2. 蕭代基、羅時芳、申永順、洪志銘、王京明，2009，《碳排放交易機制建置之研究》，行政院經濟建設委員會。
3. Duflo, Esther, Michael Greenstone, Rohini Pande and Nicholas Ryan. 2010. Towards an Emissions Trading Scheme for Air Pollutants in India: A Concept Note. MoEF Discussion Paper, Ministry of Environment & Forests, Government of India.
4. Ellerman, A. Denny and Paul L. Joskow. 2008. The European Union's Emission Trading System in Perspective. Pew Center on Global Change.
5. Herrera, Tilde. 2010. "Pioneering Cap-and-Trade Program to Fade into the Sunset", Reuters, November 5, 2010.
6. Lavelle, Marianne. 2010. "A U.S. Cap-and-Trade Experiment To End", National Geographic Daily News, November 3, 2010.

7. McKibbin, W.J. and P.J. Wilcoxon. 2002. “The Role of Economics in Climate Change Policy,” *American Economic Review*, 16(2).
8. Tietenberg, Tom. 2003. “The Tradable-permits Approach to protecting the Commons: Lessons for Climate Change,” *Oxford Review of Economic Policy*, 19(3).
9. Weitzman, Hal. 2010. “End of US carbon trading looms,” *The Financial Time*, November 1 2010

台灣節能標章執行現況

顧洋、江惠櫻、吳鉉智*

前言

能源供應與國家安全及民生需求已經有幾千年息息相關的歷史，能源的開發使用一直是人類發展過程的嚴重瓶頸，但是以往能源考量多以滿足經濟發展為主要目標，而忽略了能源供需本身就是一項重要的自主性議題。面對未來全球能源需求日益增加，但是能源供應匱乏情況因為化石能源枯竭、國際局勢不穩定、以及高能源價格等現象將持續惡化，似乎能源危機的發生將從過去「偶發性」、「短暫性」的問題，逐漸變成為「常態性」、「持續性」的國際危機，而能源使用標的間（包括國家、產業等）之競爭與衝突，未來也勢必將會更嚴重。而且能源供需亦應兼顧環境品質的維持，回顧自 1960 年代開始發展的環保意識，人類開始體會唯有確保自然環境的穩定，才能達到社會永續發展的期望，人類社會與自然環境之間的和諧是永續發展的基礎。而近年來溫室效應、熱帶雨林消失及沙漠化等全球性環境問題的發生，促使環保意識已成為國際間新的社會認知及價值規範，對於全球能源的開發使用造成顯著影響。但是以上各項能源相關議題之解決，都牽涉到相當廣泛的跨領域甚至跨國的努力合作，對於全球各國而言，都是極為複雜的挑戰。

台灣能源供給的先天條件極為脆弱，自有能源匱乏，目前有 99% 以上的能源仰賴進口；而台灣目前的能源供給結構以化石燃料（包括煤、原油、天然氣，再生能源所貢獻之比例尚低）為主，集中度過高；台灣為海島國家，能源供給體系相對規模小而獨立，欠缺有效的能源備援系統，因此每當國際間發生能源危機，對台灣能源供給的衝擊影響都極為顯著。面對台灣多年來化石能源的大量使用、耗能產業的持續發展、核能發電的未來定位等挑戰，也一直是各界長期以來爭議極大的能源議

* 國立台灣科技大學化學工程系 研究生

題。因此對台灣而言，目前的關鍵能源議題在於確保目前既有能源穩定而充分的供應，促使能源的利用能更有效率及更符合環保期望，並推動能源回收再利用及替代性新能源技術的開發。

為因應能源逐漸耗竭、全球氣候變化的環保壓力，各國管理產品之能源效率經常透過「能源效率標準」或「能源標章」制度之相互配合實施加以規範，訂定能源效率標準為強制性法規性質，其目的是規範產品之能源效率，通常為規定禁止市場銷售能源效率低於最低標準之產品，促使製造者生產高能源效率的產品。至於推動能源標章的目的則是透過強制性及自願性之規定，進行標示產品的能源效率辨識，提供消費者產品之能源資訊，成為一股推動技術能力與產品品質提升的力量。有鑑於此，臺灣經濟部能源局為使能源使用設備及器具之能源效率達到國際標準，並防止低能源效率產品輸入臺灣，除依「能源管理法」規定訂定能源效率標準逐年汰換老舊設備器具外，為對高效率省能產品建立進一步推廣應用機制，於 2001 年度正式啟動「節能標章」認證，為臺灣節能產品建驗證標示，並建置有節能標章資訊網站與節能標章網路商城，提供節能標章產品供應端（製造商、代工廠、代理商）、銷售通路與消費者等互動的空間，使資訊取得更為容易、快速與便利。此外透過媒體進行節能標章教育宣導，期許以節能標章所代表的高能源效率產品，建立市售產品的市場區隔；並藉由開發與應用節能產品技術提升產品品質；最後則藉由凝聚市場的誘因機制，達成業界、消費大眾及能源效率提升三贏的目標。

一、節能標章制度簡介

目前國際間推動之產品能源效率標示制度可分為 3 大類，包括：認證標章 (Endorsement Labels)、比較型標章 (Comparative Labels) 及資訊標示 (Information Only)。

(一) 認證標章

認證標章需設定較高之產品能源效率基準，制定認證流程提供並接受廠商自發申請並進行審查，對於能符合該能源效率基準之產品授與證書及標示使用，供民眾辨識，不需要特別知識即可達到消費者選購節能產品之目的。國際上目前推動成功的案例如美國「能源之星計畫」及台灣「節能標章」。

(二) 比較型標章

此類標章主要為提供產品能源效率比較資訊，以利消費者比較市場上同型產品之能源效率相對資訊，此類型通常為強制型規範。比較型標章可分為分級比較型標

章 (Categorical Comparative Labels) 及連續比較型標章 (Continuous Comparison) 兩種。分級比較型標章的範例為澳洲能源標章，以星星數多寡代表產品能源效率高低；而美國 Energy Guide 及加拿大 EnerGuide 則屬於連續比較型標章，將特定產品與市面類似產品之能源效率進行相對性的比較，使消費者瞭解產品能源效率。

(三) 資訊標示

此類標示僅提供產品之耗電量、電費或能源效率指標等資訊，產品間之能源效率比較則由消費者自行分析，此類範例如中國能效標識及台灣的能源效率標示。

二、台灣節能標章

(一) 台灣節能標章實施原則

台灣經濟部能源局為肯定省能技術於產品之應用、循以市場誘因導向的機制，激勵廠商投入高能源效率產品的開發，推動之「節能標章」認證，定位為由政府推動之認證標章，受理廠商自願性的申請，經審核確認符合標準者，授與「節能標章」於產品之張貼使用。節能標章的圖樣是由電源、愛心雙手、生生不息的火苗所組成 (如圖 1 所示)。台灣為鼓勵國內之綠色生產及綠色消費，於「政府採購法」中加入綠色採購條款，明定產品種類、優惠比率、優先採購方式，並訂定相關獎勵規範，以鼓勵政府機關落實綠色採購。被認定之環保產品，最高可允許有百分之十之價差作為鼓勵。在該辦法中共將環保產品分為三類，其中第三類產品是指該產品經相關目的事業主管機關認定符合「增加社會利益或減少社會成本」之產品，並發給證明文件者；節能標章產品即屬於第三類環保產品。

台灣節能標章之產品係指廠商自行生產、委託生產或進口者，且直接使用電能、燃油、燃氣或其他能源之器具或設備。台灣節能標章以普及率高、節能潛力大之民生家電產品為優先推動項目，產品能源效率基準，係針對該項產品市場現況各品牌之能源使用效率，擇其分佈曲線之中上水準 (一般而言，為市售產品能源效率之前 10%~30%)，作為效率基準訂定之參考依據，節能標章產品項目公告實施後之兩年，即會針對當時市場趨勢、廠商生產、政策法令規定與技術發展等因素，進行能源效率基準檢討及修訂，以確保「節能標章」產品所具有的高能源效率的特性。一般產品貼上這個圖樣，代表能源效率比台灣認證標準高 10-50%，希望藉由節能標章制度的推廣，協助民眾能簡單明確的辨識出高能源效率產品，進而鼓勵民眾使用高能源效率產品，以減少產品之能源消耗。



圖1 台灣節能標章之圖示

台灣節能標章之審議是由經濟部能源局邀請相關專家七人至九人組成節能標章審議會，召集人由經濟部能源局局長擔任，副召集人由副局長擔任，其餘委員由召集人遴聘之，任期二年，期滿得續聘。主要任務為辦理節能標章之產品類別、專案、能源效率基準、標示方式及標章使用等事項之審議，節能標章審議委員由過去初期 3 個月召開一次審查會議，自 2008 年因申請案件增加並提高計畫預算後，改為 2 個月召開一次會議為原則，並設置繳交期限以維持資料審議品質，每次于節能標章網站上公佈一年的審查時間。受聘之審議委員包括具有電機、機械、化工或能源相關技術背景之專家學者及民間相關團體代表。經節能標章審議會公告產品節能標章能源效率基準後，即由經濟部能源局委託之財團法人工業技術研究院開放受理廠商自願性的申請。經審議委員會審核符合節能標章能源效率基準規定之產品，核發節能標章證書，並准許節能標章張貼於產品，以供消費者辨識選用高能源效率產品，產品節能標章證書暨合約書之使用期間為 2 年，使用期限屆滿前 4 個月即通知廠商進行續約事宜。為便利廠商進行節能標章申請認證，於 2007 年 1 月起正式啟動線上電子化申辦作業系統，大幅提高了申請效率。同時為因應產品技術進步、高效率產品市場佔有率提升及與國際節能減碳同步接軌之趨勢，節能標章產品能源效率基準公告後，每 2 至 3 年會再針對已公告之產品基準進行檢討。臺灣節能標章制度執行推動之組織架構及主要任務分工，如表 1 所示。

表1 台灣節能標章執行架構及主要工作項目

	節能標章	工作項目
主管機關	經濟部能源局	<ul style="list-style-type: none"> • 執行指導 • 策略擬訂 • 宣導教育
審議單位	節能標章審議委員會	<ul style="list-style-type: none"> • 審議適宜之節能標識產品類別及項目 • 審議產品之能源效率標準 • 審議標識申請及使用方式
執行單位	工業技術研究院	<ul style="list-style-type: none"> • 研擬標識產品能源效率標準 • 受理節能標識之申請及核轉 • 標識使用之監督管理 • 產品之抽樣檢驗

為能有效的實施台灣節能標章，配合以下相關法規之適用，可藉以提高標章制度之成效：

1. 機關優先採購環境保護產品辦法；
2. 購置節約能源設備優惠貸款要點；
3. 公司購置節約能源或利用新及潔淨能源設備或技術適用投資抵減辦法。

（二）台灣節能標章能源效率訂定基本原則

台灣節能標章屬於標示認證制度，因此制定能源效率基準原則是非常重要的工作之一。現行台灣節能標章制訂原則主要有以下幾點：

1. 需在維持產品(設備)既有之功能及安全下，制訂節能標章能源效率基準；
2. 與國際接軌。參考國際能源標章標準或以國家標準(CNS)基礎下提高1.10~1.45倍訂定；
3. 審核現有實際測試之樣本，確保需有20%~30%的測試樣本通過能源效率基準；
4. 確保能通過能源效率標準之廠牌(需分在不同公司品牌)市場占有率總和需超過20%以上；
5. 該品類之產品性能及規格如已訂有國家標準者，亦應符合國家標準。

（三）台灣節能標章申請流程

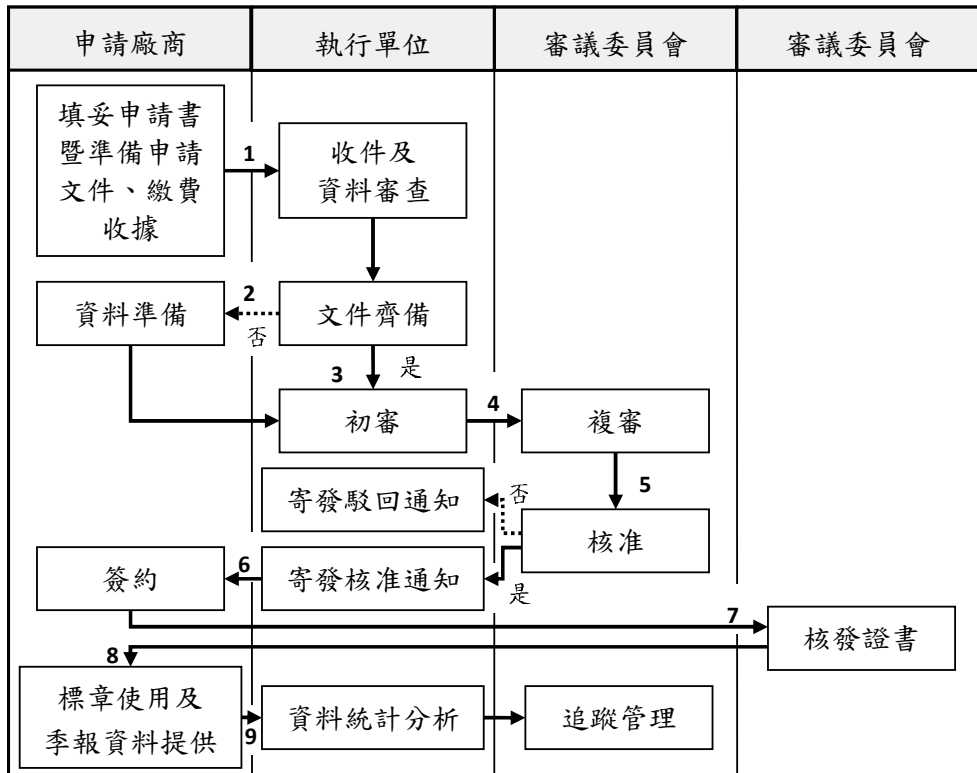
台灣節能標章申請流程由初期提交紙本作業到 2007 年 1 月起正式啟動線上電子

化申辦作業系統，廠商可由線上申辦系統中即時查詢申辦作業進度與申辦及獲證資訊，大幅降低了申辦作業文書往返之時間，對申辦效率之提升有非常顯著之效益。

台灣節能標章申請程序說明如下：

1. 廠商提出申請後，廠商需於「節能標章全球資訊網」上網填寫申請資料並上傳或郵寄測試報告、相關證明文件、繳費收據，並寄送紙本文件至執行單位—財團法人工業技術研究院，台灣節能標章申請資料主要可分為廠商及產品基本資料、廠商基本證明文件與產品能源效率證明文件等三個部分。
2. 資料審查後若需補正資料者，由工業技術研究院通知申請廠商補正資料，但對於逾期未補正或補正後仍不符規定者，財團法人工業技術研究院將逕行提報審議委員會並駁回其申請案件。備齊申請資料後，工業技術研究院即對該案件進行節能標章初審作業。工業技術研究院於受理節能標章申請案件後，將於下次節能標章審議委員會前完成初審作業，並將結果提報至審議委員會進行複審，必要時初審得延長一個月。
3. 經審議委員會複審後，由工業技術研究院通知申請廠商案件複審結果。經核准之申請案件，則由工業技術研究院通知廠商辦理節能標章合約書之簽訂。工業技術研究院與廠商完成節能標章合約簽訂後，報請經濟部能源局核發節能標章使用證書。工業技術研究院隨即建立節能標章資料檔案，提交經濟部能源局，並定期追蹤管理節能標章之使用。
4. 通過審核之廠商於節能標章使用期間，應於每年一、四、七及十月上旬，彙整前一季節能標章產品銷售量及使用量之資料，並提報工業技術研究院建檔管理。

圖2 台灣節能標章申請流程



(四) 台灣節能標章推動成效

台灣節能標章從 2001 年推動實施到現在已有十年餘，主要分為幾個時期：

1. 初創時期 (2001~2004)：此階段以技術建立為主要工作任務。先選定少數能源效率較成熟之產品制訂能源效率基準及測試方法，後開放12項家電產品供廠商申請，並建立申請辦法作業流程及運作架構，最後完成節能標章網站的建置。
2. 擴大時期 (2005~2008)：此階段主要任務是開始增加產品項目，從初創時期的12項產品累計到20項產品，包含燃油及燃器產品類別，同時將其要求列入政府採購法中開始積極推動政策及建置市場後端監管制度。
3. 成熟期(2009~)：到2009年之後進入到成熟期，此階段開始積極擴大到全民認知階段，且將使用量大的辦公設備及商用器具產品列入認證範圍，並同時推動強制性之能耗標示，協助廠商推廣標章並開始推動消費者補貼制度，擴大節能標

章採購率。

台灣節能標章從草創初期就已發出 2,403 萬枚標章到成熟期已超過 8,000 萬枚標章。初期各界對節能標章的認知並不高，為能有效推廣節能標章，讓廠商與消費大眾皆能輕易獲得標章資訊，歷年來透過節能標章專屬資訊網站、節能標章選購專刊、大眾傳播媒體及各式文宣，持續宣導節能標章相關訊息，並結合政府相關機構、公益團體、公會組織等力量，共同辦理節能標章推廣宣導展示活動，讓推廣及宣導效益更形擴大。1998 年『政府採購法第 96 條』公布後，先期先將行政院環保署之環保標章列為採購規格之一，後將能源標章也列入要求，廠商為了參與政府機構的綠色採購，開始積極推動節能標章認證，使得節能標章在政府機構的綠色採購成績斐然；同時經濟部能源局在近年來積極提倡節能減碳，透過消費者採購補貼政策讓能源標章得到民眾的認同，在消費性市場也獲得不錯的成績。截至 2010 年已有 29 種產品開放廠商申請認證，共計 265 家品牌及 4,285 款節能產品通過認證，並銷售於市場上供消費者選擇，累計廠商使用節能標章數量已突破 8,000 萬枚；表 2 詳細列出當前獲得認證產品類別及數量，由產品類別及數量可看出家電產品申請認證之普及率較高外，近年汽車與機車也包含在認證產品項目內，其中一開始以冷氣產品通過認證的數目最多，但近期於電風扇、螢光燈管、安定器內藏式螢光燈泡、室內照明燈具、電視機及監視器等類別產品認證數量有顯著增加，可預期其認證成效對廠商有正面的回應。

表2 獲證節能產品數量統計表

產品類別	數量	產品類別	數量	產品類別	數量
冷氣機	677	溫熱型開飲機	104	貯備型電熱水器	343
電風扇	396	冰溫熱型開飲機	28	電熱水瓶	24
除濕機	96	冰溫熱型飲水機	177	出口及避難指示燈	107
電冰箱	75	汽車	74	DVD 錄放影機	16
電視機	138	機車	106	溫熱型飲水機	194
螢光燈管	516	安定器內藏式螢光燈泡	104	室內照明燈具	291
洗衣機	126	監視器	96	組合音響	12
乾衣機	10	瓦斯台爐	265	緊密型螢光燈管	0
吹風機	1	即熱式燃氣熱水器	207	影印機	0
烘手機	0	電鍋	102		

（五）台灣節能標章獲證後監督

有鑑於台灣節能標章日益普及，為保障消費者權益與增加消費者對於節能標章產品之信心，實有必要建立獲證產品後市場監督追查與管理機制，以確保市場上或網路上販售之獲證產品正確使用節能標章圖案，且其能源效率檢測亦可確實符合基準。台灣節能標章產品後市場管理制度內容包括：節能標章產品能源效抽驗以及正確使用節能標章圖案兩大部分，而正確使用節能標章圖案方面，包含賣場及網站兩大銷售管道之稽查，以充分調查廠商使用節能標章之情況，便於市場管理及溝通。依據經濟部能源局『節能標章推動使用作業要點』規定，廠商於產品獲證後不得將標章用於其他未獲證之產品，同時不得將其做為其公司商標或服務之用。為確保產品於市場銷售後符合標章能耗效率基準並遵守標章使用規範，經濟部能源局授權工業研究院需不定期對獲證產品實施能源效率抽驗並進行第三方檢測，廠商不得無故規避、妨礙或拒絕受檢。同時，工業研究院對於抽驗之產品應委託具公信力之第三方檢測單位進行檢測，於取得第三方檢測報告後與原報告進行相對應，工業研究院對於抽驗之產品若發現有不符合能源效率基準者，應對經濟部能源局陳報並即刻將該產品由能源標章網站上移除，同時以書面正式通知獲證產品之廠商，廠商應於三個月內進行改善並說明。工業研究院需於提示改善後一個月內重新進行複查工作，進行複查時應將複查產品之樣本數提高為兩倍，若經由複查確認該產品已符合能源效率基準值，則由工業研究院再次陳報經濟部能源局並獲准後，再將該產品重新公示於能源標章網站，若未能通過複查者則將該產品之能源標章取消並終止其使用權。

由於台灣節能標章屬標示認證制度，且由經濟部能源局對該產品之能源效率值背書並保證其屬於高效率產品，因此對於獲證後之監督必須確實執行，否則可能誤導一般民眾採購高效率之產品且易造成紛爭。

結語

面對氣候變遷、環境逐漸惡化之問題，節約能源是一件非常重要且無悔之工作。如何掌握國際環保思潮、善盡地球村成員的責任，民眾與政府都需致力於節能工作，台灣在加入 WTO 國際貿易組織之後，消費市場就開始面臨全球的貿易競爭，2010 年簽訂兩岸經濟協定 (ECFA) 後競爭更是激烈。面對產品選擇性高及傳統的價格優勢不復存在的市場衝擊，廠商除了提高產品品質及技術能力外，在這波環保能源競爭中，能源效率已成為重要的產品指標。因此節能標章的推動除能引領民眾改

變消費習慣外，更能強化產業對於產品能源效率的重視與要求，再創產業競爭力。然在開放競爭的市場，產品的購買決定都有不同的考量，要改變消費行為並不容易，如何提升節能標章的推廣與行銷就顯得格外重要，因此台灣節能標章除在政府採購法被列為產品優先採購條件之一，並積極推動節能產品補助計劃，提高節能產品採購率。目前台灣廠商對於節能標章認證的申請流程與認證時效有諸多抱怨，希望能盡量簡化流程且真正能與國際接軌，如接受國際測試方法與報告以減少重複性測試之需求、加開審查委員會會議以縮短認證時程等等，雖然如此，廠商對於生產節能標章產品，均抱持著樂觀而期待的態度。建議未來政府主管機關應思考以出口為導向的產業環境，與廠商進行持續溝通，彼此互相合作，一方面鼓勵生產節能產品及提高節能產品使用；另一方面則應提高節能標章的認證效率及減少廠商節能標章之申請成本，避免廠商在參與政策時無形中也提高了行政與認證成本。同時也期望民眾及消費者能給予節能產品實際肯定，方能建構一個支持廠商向上的市場環境。

參考文獻

1. 經濟部能源局(2004)，經濟部節能標章作業要點。
2. 經濟部能源局(2006)，節能標章申請及使用須知，節能標章全球資訊網。
3. 經濟部能源局(2008)，經濟部能源局節能標章推動使用作業要點。
4. 經濟部能源局(2010)，節能標章申請流程，節能標章全球資訊網。
5. 能源報導目錄(2007)，「能源標章」消費新主張，何佩芬。

台灣環保標章執行現況

江惠櫻、顧洋、吳鉉智*

前言

自 1992 年開始，世界經濟景氣持續低迷，2007 年全球遭受金融海嘯衝擊後，使得 2008 更是全球經濟危機最慘重的一年。根據英國《金融時報》引述 WAIPA¹ 發言，2009 年全球外國直接投資 (FDI) 將下滑 12-15%，在 2008 年創下歷史佳績後萎縮。文中並引述 Prof. Alessandro Teixeira Nóbrega 的發言表示，在經濟危機過後，各國政府將不會以提高關稅壁壘來保護國內產業，但同時也點出，許多國家可能增加非關稅障礙 (non-tariff barriers) 策略，這將是 2009-2010 年持續上演的劇碼。²

『非關稅障礙』最常被使用的手段，就是制訂環保政策來創造各國之商機及產業發展，當環保議題不斷的被提出後，從原本單純的環保 (境) 問題逐漸衍伸出地球與人類永續發展的議題，開始成為當前共同關心的議題，也成為二十一世紀國家生存與發展之主要方向。永續發展的項目涵蓋廣泛，在眾多項目中如何跟上綠色環保潮流，是各國政府互相學習的政策之一，綠色消費儼然已是必然之趨勢，畢竟綠色消費與綠色生產，是實現環境保護與經濟發展相輔相成、共存共榮理想之最佳途徑 (于寧、賴明坤，2002)，前者經由消費行為之養成，鼓勵民眾並由政府優先購買綠色產品而獲致環保效益；後者經由生產行為，鼓勵產業優先製造綠色產品而得到經濟利益。環顧目前各國政府在鼓勵綠色消費各項政策中，以推動政府機關之綠色採購，引領一般民眾進行綠色消費之方式最為受到重視。依據 1996 年 OECD 全體國家的數

1 世界投資促進機構協會 (World Association of Investment Promotion Agencies; WAIPA)。總部位於瑞士、由來自 156 個國家代表組成的 NGO 組織。

2 新聞資料，刊登日期不詳

* 台灣科技大學化學工程系 研究生 台灣科技大學化學工程系 研究生

據調查顯示，政府消費佔 10%~15%，其中 30% 屬於全國性政府層次的消費，70% 則屬於地區性政府的消費，因此，建立政府綠色採購制度且確實施行，將對環境影響產生正面效果。在綠色採購中，透過環保標章的核發與認證，是實施綠色採購最簡單的政策工具之一（于寧，1996）。

回顧環保標章制度發展歷程中，各國政府透過國際標準化組織 (International Organization for Standardization, ISO) 之平台，彼此互相討論學習知識，並於各國發展出各自標章制度，經過 20 年間的發展，各國標章制度的發展已經各自呈現出不同的樣態。台灣環保標章制度經由政府採購法開始，由政府自身做起到現在已經逐漸受到政府單位及社會大眾重視，且當今環境議題高漲的時代裡，已經展現出其影響力，其發展模式與未來走向將帶動其他環境標章的建置，因此，本文藉由了解台灣環保標章的制度、探討其問題、同時提出有效的建議，希望做為未來環境政策與標章制度發展的參考。

環保標章之興起，由德國率先於 1978 年提出『藍天使』(Blue Angel) 標章計畫，是第一個實行環保標章的國家，繼德國之後，其他歐盟國家也陸續發展出各國的環保標章，如捷克、英國、比利時、瑞典、荷蘭等；而亞洲國家，如日本、澳洲、紐西蘭、台灣、韓國、中國大陸、新加坡、泰國及香港等國也相繼仿效（于寧，2005）。德國藍天使開始實施至今已超過 30 年的時間，全球目前已經發展出超過 40 個環保標章，超過 60 個國家一起參與並推動環保標章。

台灣環保標章起源於 1992 年 12 月由行政院環境保護署開始推動，相較於其他亞洲國家，如韓國及中國大陸等，環保標章的發展也超過十多年的時間，過去十幾年的環保標章推廣發展過程並沒有特別受到注意，主要原因是政府、生產廠商及消費者對環保道德意識之不足、忽略環境保護的重要，因此使得環保標章的推廣顯得特別的困難，辨識度非常之低（于寧，1998）；另一個原因在於環保標章屬於自願性標誌，沒有市場阻礙性的問題，廠商低參與度及高製造成本，再加上環保標章執行單位對產業市場及供應鏈運作不了解，以及對產品特性的了解度及專業度不足，使得過去的推行工作成效不彰。

近十年來，由於氣候變遷、地球暖化議題興起，全球天災不斷，使得環保議題漸漸與經濟議題並駕齊驅浮上檯面，受到各界的重視，而消費者的道德意識也逐漸露頭角，市場調查研究發現，消費者漸漸願意花費較高的價格選購環保產品。香港環保促進會在 2006 年從對環保採購進行調查（香港環保促進會，2006），結果發現高

達 79.4% 的受訪者願意付出較高價格採購環保產品；但是也有將近 59.5% 的受訪者反應，在採購環保產品時遇到困難（包括難以分辨環保產品的真偽、銷售地點的不足及可以選擇的種類太少等等），同時高達 96.7% 的受訪者認為，政府應該率先以身作則，實施環保採購。³ 其他國家也曾進行類似之訪查，結果似乎都在預期中，人民對於各國政府都有著相當高的期待，各國政府也都一致認同由政府以身作則進行環保採購是個非常好的引領作為，因此早就開始思考如何積極推動環保標章產品。

早先歐盟理事會認為消費者之消費行為是影響環境之主要因素之一（于寧、賴明坤，2005），為降低消費者日常用品對環境生態所產生之影響，早於 1992 年制定環保標章制度 (eco-label award scheme)，並在 2000 年加以修訂，希望透過歐盟各國的力量來推展環保標章產品（于寧、賴明坤，2000）。台灣也在 1998 年增修《政府採購法》，正式立法納入綠色採購概念（環保標章政策白皮書，2007），該法第 96 條：「機關得於招標文件中，規定優先採購取得政府認可之環境保護標章使用許可，而其效能相同或相似之產品，並得允許 10% 之價差。產品或其原料之製造、使用過程及廢棄物處理，符合再生材質、可回收、低污染或省能源者，亦同。其他增加社會利益或減少社會成本，而效能相同或相似之產品，準用前項之規定。前二項產品之種類、範圍及實施辦法，由主管機關會同行政院環境保護署及相關目的事業主管機關定之」（政府採購法第九十六條）。另於《機關優先採購環境保護產品辦法》中，強制要求各機關之採購物品如已獲環保標章認證者，採購金額中 60 % 以上應採購環保標章產品，以法令規定將環保標章正式列為政府採購條件之一。

事實上，環保標章制度之所以如此受到世界各國的重視，除了認同其政策目標外，世界各國透過政策學習模式互相學習彼此政策與經驗，積極推動環保標章產品之政策，近幾年也獲得各相關利益關係人 (stakeholder) 之認同，並積極參與環保標章認證工作，環保標章議題的相關研究，也逐漸受到學術研究的注意，並朝各方面向進行分析其發展。但是當世界各國積極推廣各自之環保標章政策時，對於環保標章執行認證過程的不同，往往在不經意間影響產業的發展而不自知，主要原因在於全球化的深度、供應鏈的繁雜度以及產品生命週期短且快的特性，使得產業在面對各國不同標章制度，但相似度高的要求下，反而產生更高成本及低效應的結果。

多年來，筆者參與觀察各國標章制度，深刻感受到台灣產業所面臨的競爭，並

3 資料來源：Green Purchasing Survey (2006)，香港環保促進會（Green Council）。此次的調查共有 728 位受訪者參與。

積極呼籲政府在面對內需不足、外部市場勁敵包圍與日俱增的情況下，應該檢視台灣環保標章自身制度，並重新檢視推行環保標章制度的目的是甚麼？了解是否可以在環保與經濟成長兼顧下達到保護環境目的？要如何達到？面對全球化市場競爭壓力下，如何讓廠商既善盡保護地球責任、協助國家推展標章制度，並積極參與政策的推廣下尚且具有競爭力，有往上提升產業發展的機會？全球化後，當市場差異性越來越小後，如何因應更多的挑戰？有鑑於此，回顧台灣環保標章的發展與政策制訂過程、實施成效等，並檢討目前實施過程所發現之問題，希望後續能提供給相關單位進行未來政策檢討與提高效率之方向。

環保標章政策背景

1994 年全球環保標章網路組織 GEN (Global Ecolabelling Network) 成立，是一個由全球二十餘個環保標章組織所組成的國際組織，目的是促進全球環保標章的推廣與推動國際合作活動。台灣以環境與發展基金會為代表組織，是全球環境標章網路組織 (Global Ecolabelling Network) 的創始會員國之一。本章節先就環保標章政策之定義、種類與授與做說明後，再討論台灣環保標章之介紹。

一、環保標章政策

(一) 環保標章的意義

環保標章是透過標章的授與認證與使用標誌，提供消費者一項產品在製造過程中的生產、運輸、使用、及廢置的產品生命週期各項過程中，透過第三方組織客觀的認定為相較於同類的其他產品，獲證之產品對於環境衝擊較小。

各國實施之環保標章主要以採購者 / 消費者、生產者及經濟發展三個面向做為兼顧經濟發展與環境保護的目的 (張文彬 (b), 1996) :

1. 採購者/消費者

近幾十年來，當經濟發展成熟、個人經濟能力愈來愈高時，消費者不再只是顧及如何提高其經濟及消費能力，道德意識高漲的年代，個人已經開始重視環保議題，願意為保護環境盡一份心力。因此，透過購買環保標章認證的產品可以幫助採購者 / 消費者選購優良環保產品。

2. 品牌廠/生產廠/製造廠

環保標章的實施可以提高品牌及生產廠商的環保意識，鼓勵品牌廠 / 生產廠商改善產品設計及生產技術，生產製造符合環保標章規定的產品以改善環境。

3. 經濟發展

當消費者開始偏向購買環保標章認證過的產品時，整個消費市場產品的發展就開始產生變化，這時環保標章的重要性就開始日益增長，並且成為市場行銷非常有力的工具，也是可以幫助協調環保與經濟發展的一項有利於政策的工具。因此，各國政府及環保團體皆傾向支持環保標章。

(二) 環保標章的種類

國際標準組織 (ISO) 於 1996 年起即開始著手推動環保標章制度之標準化工作，其完成公告之 ISO 14020 環境標誌與宣告 (Environmental Labels and Declarations, EL&D) 系列標準，目前全世界的環保標章已經超過 50 種，依目前國際間環保標章之運作方式，主要運作方式分為三大類型 (楊國樑等，2009)：

1. 第一類：環保標章 (ISO 14024)

目前世界各國普遍所執行之環境標誌制度。第一類環保標章屬於自發性、具多重準則、且須經第三者驗證之計畫。通常是指由政府本身或政府所支持的非營利事業機構或私人組織推動開放商品項目、規格、標準及申請，所有核准程序均有一定之審核過程及原則，具有鼓勵產品領先同類其他產品之精神。產品符合預先設定之規格標準，並經過第三者驗證。標章精神朝授與前 25~30% 之較優之綠色產品為主，不傾向全面性認證。獲第一類標章之產品，採購者 / 消費者可以在產品上看到清楚的標章識別。台灣環保標章及德國藍天使都是屬於第一類環保標章。

2. 第二類：廠商自行宣告的環境訴求 (ISO 14021)

第二類標章，通常是指製造商、進口商、經銷商或零售商本身自己對於有利於環境的產品，進行自我宣傳之環境訴求，主要以自我宣告為主。推廣方式包括在產品或包裝上加入一般文字敘述、標誌、圖表或一些產品參考資料，技術小冊、廣告媒體或電訊。第二類產品並無專用之標章可以使用。

3. 第三類：環境宣告 (ISO 14025)

不同於第一類環保標章及第二類宣告產品，第三類環境宣告產品僅須符合多重或單一規格標準，是以預先設定的參數群，對產品進行生命周期評估，經過第三者驗證後，於產品銷售時標明其定量化之環境資訊，其產品與規格並無公開之過程且不具鼓勵領先產品之作用，如第二類標章一樣，第三類標章也無專用標章使用。

目前國際上推行第三類之環保標章組織及廠商並不多，作法係由此驗證公司與申請廠商簽約，經過測試並核發使用其環保標章。當第三類環境宣告產品，通過其

他目的事業主管機關之認定，並取得其他專用標章時，便將此類產品統稱之為其他類產品，也就是所謂的第四類，以區分其特性。目前正在討論的『碳標籤』預期將歸類為這類型標誌，ISO 標準正在制定並預計在 2011 公告。

表 1 列出環境標誌與環境宣告的不同，各類環境標誌及宣告之訴求各有不同。第一類與其他類環境標誌及宣告需符合多項規格標準，並有專利商標因此具有「選擇性」，同時強調是「獲得標章的產品是最優良的產品，消費者看到標章即可安心購買」，而第二類則強調「廠商對產品環保性的訴求一定要是正確的，可查證的及不誤導消費者的」。

表1 環境標誌與宣告比較對照表

	要求事項 ⁴	選擇性 ⁵	科學基礎	第三者 確認 / 驗證	註冊 商標	執行組織
第一類	多重	有	生命週期 考量	必要	有	多數為政府 支持之非營 利組織
第二類	大部分 單一	無	無	宜有	無	廠商
第三類	多重	無	生命週期 評估	必要	無	廠商 / 營利 性組織 / 驗 證單位
其他類	單一或 多重	有	生命週期 考量或 市場調查	必要	有	多數為非營 利組織 / 公 會

資料來源：行政院行政院環保署，2010/2/15

4 指產品在取得該環境標誌及宣告時須符合的規格標準

5 是指環境標誌及宣告對於取得之產品，具有鼓勵消費者選用的該產品的效用

二、台灣環保標章執行組織與架構

行政院環保署為順應世界環保趨勢，鼓勵事業單位於產品之原料取得、製造販賣、使用及廢棄之產品生命週期過程中，能夠降低環境之污染及節省資源之消耗，促進廢棄物之減量、少毒及回收，同時喚醒消費者慎選可回收、低污染、省資源之產品，以提昇環境品質，特參考德國、日本、加拿大、北歐、美國、歐盟等先進國家實施環保標章之經驗，並參酌經濟部、農委會已推行之國家標準（CNS）、食品優良製造（GMP）等制度，研擬行政院環保署之環保標章制度（董德波，1995）。

經邀集專家學者、消費者保護基金會、主婦聯盟、標準檢驗局、工業局、工研院、國貿局、全國工業總會、進出口同業公會及行政院環保署相關單位研商訂定實施辦法，同時於 1992 年 2 月，正式向社會大眾公開徵求環保標章圖樣。經邀請美術設計師、環保專家學者、民間團體等共 19 人組成評審團，評選環保標章的圖案，並依法註冊登記其商標專用權及對外界公告。此標章之推出，代表行政院環保署積極參與全球風起雲湧的綠色消費運動。

（一）組織架構

行政院環保署為環保標章計畫之最高決策及指導機關，其下設環保標章審議委員會，該會由委員 9 人至 13 人組成，受聘於環境保護署署長。重要任務為審議開放的環保標章商品、規格標準、標章之授與及撤銷案、環保標章制度之研定與修改，及其他有關環保標章管理監督等事項。受聘之委員包括下列機關團體及代表。主要分配：

1. 環境保護署 2~3 人，其中一人由行政院環保署副署長擔任，並為審委會召集人。
2. 民間相關團體代表 2 人
3. 公平交易委員會 1 人
4. 經濟部標準檢驗局 1 人
5. 經濟部工業局 1 人
6. 專家學者 2~5 人
7. 其他有關代表 1~2 人

表2 台灣環保標章參與相關人表

參與相關人	職責
行政院行政院環保署	環保標章主管單位
財團法人環境與發展基金會 (EDF)	標準制定及執行標籤頒授機構
學者專家代表 (學者、專家、經濟部工業局、消基會代表、環保團體、全國認證基金會等)	參與產品規格標準制定
工作小組 (同專家學者代表團)	初審工作及決定申請案是否通過，進入審查大會
審查委員會 (同專家學者代表團)	決定申請案是否通過，獲證或保留

資料來源：作者自行整理

環保標章計畫之實際推動係由行政院環保署委託財團法人環境與發展基金會執行。執行單位主要負責環保標章產品規格標準研擬、環保標章申請之初審及產品追蹤考核作業等，為行政院環保署推動環保標章計畫之技術幕僚。

1. 環保標章之組織架構及主要任務分工

- 1) 行政院環境保護署
 - i. 執行指導
 - ii. 策略研訂
 - iii. 宣導教育
- 2) 環保標章審議委員會
 - i. 審議適宜之環保標章產品
 - ii. 審議產品規格標準
 - iii. 審議標章申請之准駁
 - iv. 標章執行之管理監督
- 3) 標章推動之執行單位 (環發會)
 - i. 研擬標章產品規格標準
 - ii. 受理環保標章之申請及核轉
 - iii. 標章使用之監督管理

iv. 產品之抽查檢驗

(二) 產品規格制定流程

環保標章之規格制訂作業流程主要關係到三方參與者，廠商、執行單位與行政院環保署。產品規格標準可以由執行單位本身認為有必要新增產品規格，或由行政院環保署指定執行單位進行，執行單位經由蒐集他國之資料後研擬產品項目、或由廠商或公會主動向執行單位申請，經過公聽會聽取廠商意見後，最後經由環保標章審議委員會審查通過公告代表，其主要流程與關係如圖 1 描述說明。

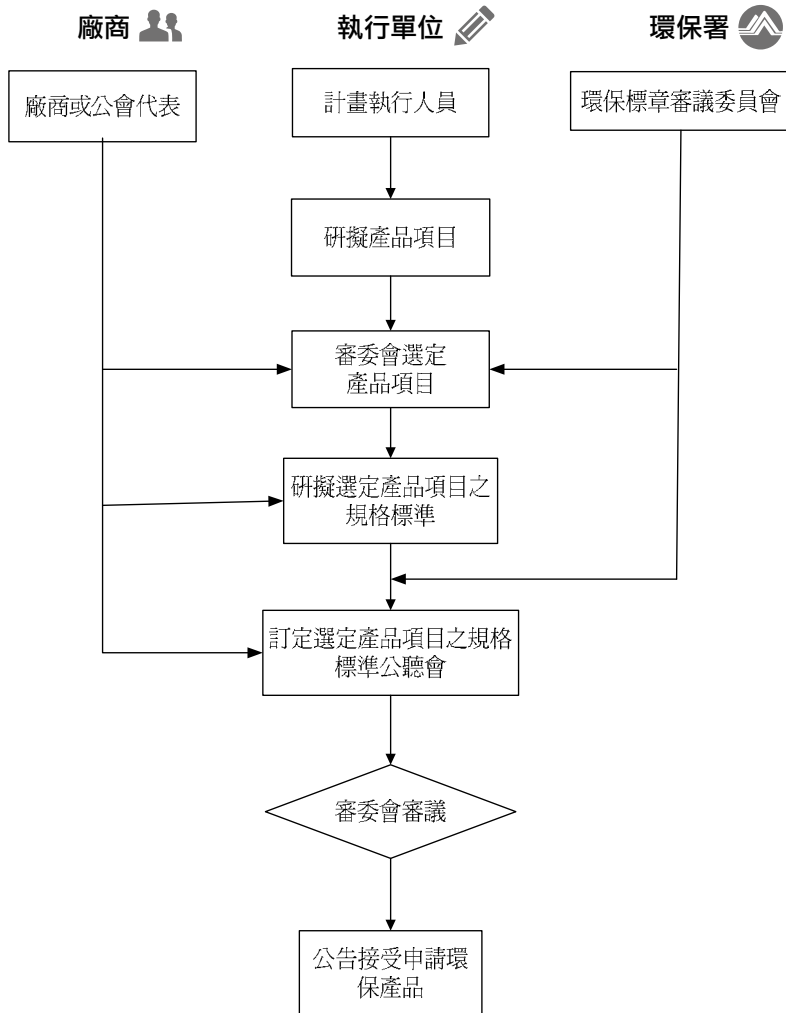


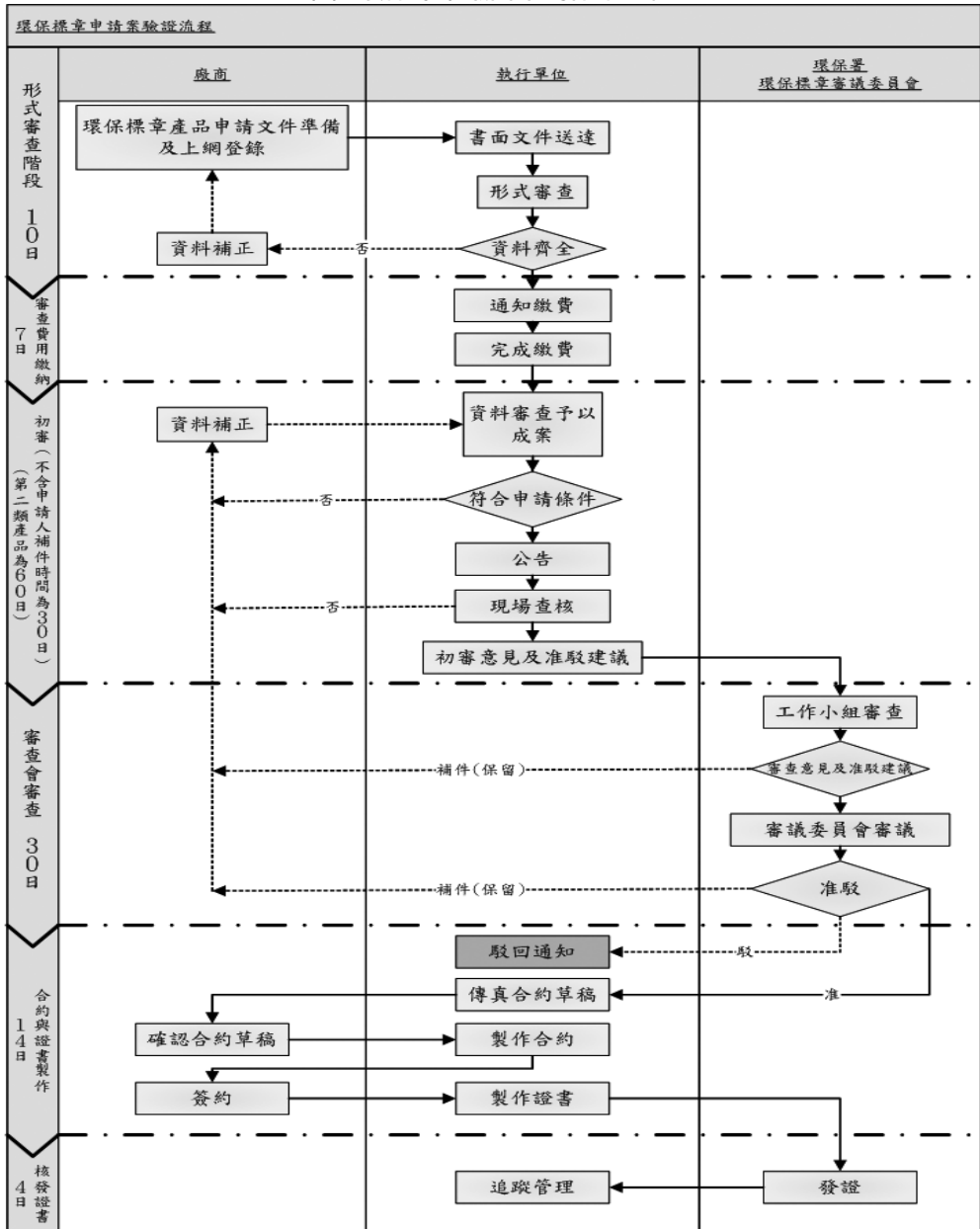
圖1 環保標章產品規格標準研定作業流程

資料來源：行政院行政院環保署環保標章白皮書，2007

(三) 申請作業流程

環保標章規格標準制定完成公布後，申請者就可以開始進行申請。相關之申請作業流程說明如圖 2。

圖2 環保標章廠商申請作業流程



資料來源：作者自行整理；資料引用行政院行政院環保署綠色生活資訊網

(四) 文件審查

依據「申請使用環保標章須知」作業要點，廠商欲申請環保標章，檢附之申請書應包含以下文件以供審查：

1. 申請書。
2. 公司登記或商業登記證明文件影本。
3. 事業登記證明文件影本(本國事業毋需檢附營利事業登記證；生產事業若位於境外，其事業登記證明須經行政院環保署駐外相關單位進行文書驗證)。
4. 工廠登記證影本。
5. 依法得免除公司、事業或工廠登記之公私立機構，可檢附主管機關之證明，以取代相關證照。
6. 經工廠、服務場所所在地直轄市或縣(市)環境保護機關出具事業申請日前一年內，符合本規範三、(一)及(二)之證明文件一份。
7. 境外工廠應檢具產製該產品所在國有關機關出具申請日前一年內，未受重大污染處分記錄之證明文件，並經行政院環保署駐外相關單位或經本署認可之公證機構證明。
8. 廢棄物貯存、清除、處理之方法及設施符合規定，並檢附經主管機關核准之事業廢棄物清理計畫書及最近一年委託清除處理廢棄物契約書或同意進場處理文件影本。境外工廠得免附。
9. 經本署指定公告應回收物品或容器業者，應檢具向本署登記之證明文件及向指定金融機構繳交最近一年(申請日前)該項物品或容器之回收清除處理費繳費證明。
10. 符合申請使用環保標章或第二類產品條件、品質及安全性等規定之證明文件影本。以檢測報告為證明文件者，應委託經認證之專業檢測機構出具申請日前一年內完成之檢測報告，檢測項目應包括在認證範圍內，該報告並應符合環保標章及第二類產品申請案件檢測報告基本規範。產品使用之零附件或配件業已取得環保標章，可檢附其環保標章證書影本與採購證明，以替代相關項目之證明文件。
11. 產品基本資料、產品規格、環境效益、銷售通路資訊等。
12. 代理國內(外)產品之申請廠商，需檢附獨家代理文件。
13. 其他必要之文件。

從以上之文件中，環保標章作業申請可主要分為公司工廠相關資料、產品品質與環保性相關資料、及製造現場查核報告等四大部分：

1. 公司工廠相關資料

由於環保標章雖係針對產品之環保性進行驗證，然依據 ISO 14024 精神，申請者與產品仍應符合環保與相關法規。故要求申請者檢附公司 / 工廠之合法登記資料以確保申請者資格，並確保若日後產品造成消費糾紛時，消費者有明確之究責對象。此外，為確保生產場地符合相關環保法令要求，若其生產工廠位於國內，生產工廠需檢附最近一年委託清除處理事業廢棄物契約書影印本、及代清除廠商有效之清除處理許可證，確保其廢棄物皆已進入合法體系進行再利用或最終處置，並檢附事業所在地直轄市或縣（市）環境保護主管機關出具工廠申請日前一年內，未受按日連續處罰、停工、停業、勒令歇業、撤銷許可證或移送刑罰等環保處分證明書，以證明工廠未有嚴重之污染紀錄。若製造廠位於境外，為避免製造不必要之國際貿易障礙，不管制境外工廠之廢棄物處理方式，但仍須檢附當地國政府開立之申請日前一年內無重大污染記錄之證明文件。

2. 產品品質

維持產品之良好品質與使用性是推廣綠色採購很重要的基礎。因此，申請環保標章之產品必須先證明產品品質與安全性，之後才考慮產品之環保特性是否符合要求。在品質與安全性部分，若產品已經有國家標準或相關法規規定，申請者應該提出產品符合標準之證明文件，如正字標記證書與追蹤檢驗記錄表，或由經認證實驗室出具之產品檢測報告等。若無法取得以上文件，則可以生產者之品質管理系統驗證（如 ISO 9001 證書等）替代。若產品並無相關國家標準時，則申請者應提出廠內自我品質管理之相關證明文件，或由買方開立之驗收查核證明等，以確保產品之品質與安全無虞。

3. 產品符合環保標章規格

視規格標準之要求，應檢附相對應之文件以證明產品環保性符合要求。相關文件可包括產品檢測報告、產品製程說明與使用物料證明、產品原料質量平衡表、產品型錄與說明書、與申請者具結保證書等。為確保用以審議產品通過與否之檢測報告皆能確實反應產品狀況，目前環保標章制度除接受經財團法人全國認證基金會或環境檢驗所認證實驗室出具之檢測報告外，並於 94 年度訂定且於 96 年度修訂「環保標章及第二類環境保護產品申請案件檢測報告基本規範」，其中對於檢測報告應包含之各項要素、檢測報告異常時之處置方式、出具報告前之自我檢查要求等，皆有明確規定。申請者應要求所委託之檢測實驗室，確實依前述規定與相關之檢驗分析

品質保證規範進行分析檢測，並出具報告以供審查。

4. 現場查核報告

國內廠商皆由執行單位派員進行現場查核，若生產廠址位於境外，申請者於取得執行單位對驗證單位與驗證內容之同意後，可委託具公信力之驗證單位進行第三者驗證，其驗證報告內敘明相關事項之確認依據，並將之納入報告附件內，以供審核。申請者亦可委託執行單位赴境外進行現場查核。

針對環保標章認證之現場查核之重點主要在於：

1. 確認產品於現場生產；
2. 確認規格標準要求事項 (未使用蒙特婁議定書管制物質或其他經行政院環保署公告之毒性化學物質、回收料比例等)；
3. 現場無明顯污染；
4. 製程與申請文件敘述相符；
5. 現場是否具有良好之品質管理或環境管理系統；
6. 廠商是否具有良好之供應商管理系統，以確保產品原料皆符合環保標章相關要求。



圖3 環保標章標示

(五) 政策演進與推動歷程

行政院環保署的環保標章制度係由政府機關主導與推動，並由廠商自願參與的政府計畫，從計劃開始規劃初期就以嚴謹的制度要求執行單位辦理認證，並依據 ISO 14024 規範建立制度，配合 ISO 9000 系統的服務品質管制架構執行計畫內容，藉此提昇及維護行政院環保署環保標章計畫的品質。

1998 年開始為擴大環保標章產品市場，以立法推動機關綠色採購方案，增加市場誘因，直接衝擊政府採購的供應商，鼓勵並配合生產符合環保要求的產品，提高綠色產品市場供給量，在推動的過程中間接的對產業的綠化升級產生正面效益 (董德波，1994)。

表3 環保標章推動歷程

時程	工作項目
1992.08	訂定環保標章推動使用作業要點
1992.10	成立第一屆委員會
1998.05	公布政府採購法第 96 條
1998.11	發布第二類產品審查作業要點
2001.07	行政院核定機關綠色採購推動方案
2002.01	機關綠色採購推動方案正式實施
2003.07	資源回收再利用法正式實施
2007.11	建置綠色生活資訊平台網站

資料來源：行政院環保署，2010/2/15

(六) 政策執行成果

行政院環保署推動環保標章制度已將邁向第 20 個年頭，由於政府採購法納入綠色採購的規定，使得環保標章在政府機構的綠色採購率屢創新高、成績斐然。機關綠色採購績效能夠順利達成預定目標，應歸功於各機關積極辦理綠色採購研習會、宣導綠色採購觀念。台灣銀行亦為積極配合綠色採購推動，於共同供應契約中列明環保標章產品規格供各機關人員選擇，也是促進大幅成長的要素。另外，為方便採購人員之統計及申報，已完成「機關綠色採購成果統計彙整系統」建置，透過網路界面之自動化系統，減輕各級機關在申報流程及控管上的龐大工作量。

為擴大機關綠色採購成效，往後將持續擴增指定採購項目之數量，未來目標為將所有環保標章產品項目皆列為指定採購項目。除環保標章制度外，為配合政府綠色採購需求，行政院環保署自 2002 年起合併第二類環境保護產品計畫，達成以單一窗口處理所有環保產品審查、驗證、推動工作之目的，提供環保產品生產廠商更簡便之申請途徑。

從 1992 年正式實施到現在，從一開始各界對環保標章的低支持度，到 1998 年『政府採購法第 96 條』公布後，廠商開始認知到政府採購的經濟利益需求，廠商為了進入政府採購，才真正開始表示積極參與標章認證，造成標章獲證數量激增。

自 1992 年 6 月永豐餘公司之新荷再生紙通過環保標章審核獲得第 0001 字號開始(環保標章政策白皮書, 2007), 從發展期 1992 至 1997 年間核發了 1209 件產品使用第一類環保標章; 到成熟期時行政院環保署公布並實施『機關綠色採購推動方案』後開始激增, 成長數從 2001 年後更是穩定以倍數速度成長, 直到 2009 年當年度的認證產品數甚至已經突破一千件, 相信在進入 2010 國際期後, 資訊產品的成長更是可預期的。詳細認證產品數量, 請參閱表 4 環保標章每年認證產品數量及圖 4 環保標章審查通過產品數。

表4 環保標章當年認證產品數量

年度	當年度認證產品數量
1992	5
1993	76
1994	121
1995	294
1996	171
1997	107
1998	68
1999	179
2000	71
2001	499
2002	499
2003	552
2004	447
2005	335
2006	317
2007	392
2008	888
2009	1086

資料來源：作者自行整理；資料引用環保標章政策白皮書2007及行政院環保署資料庫，統計期間從1992~2009/12/31

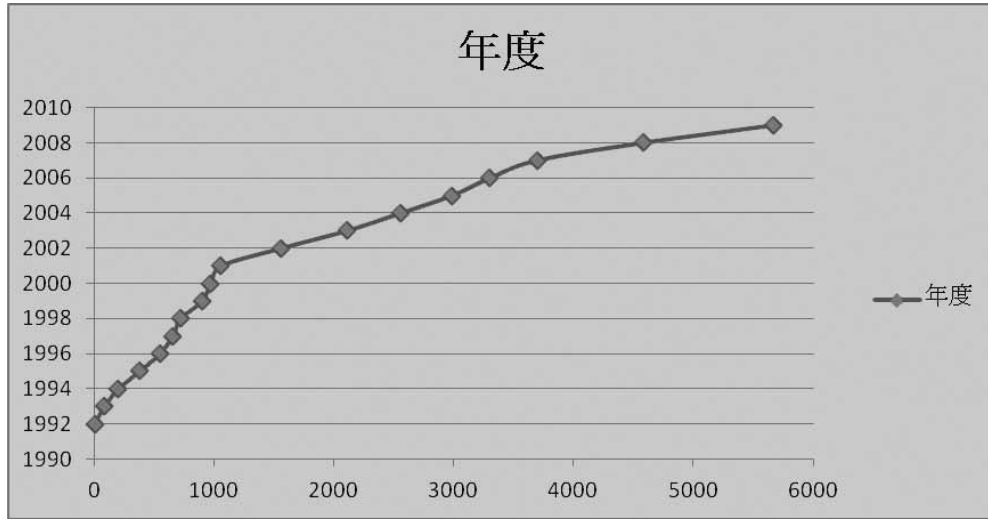


圖4歷年環保標章審查總數通過表

作者自行整理；資料引用環保標章政策白皮書2007及行政院環保署資料庫，統計期間從1992~2009/12/31

結語

英國行政學者 Richard Rose (1991) 曾說：雖然每一個國家與政府間均有其獨特困擾的問題，但在不同國家間、甚或同一國家中央與地方、或政府部門間相同的政策有可能也有類似解決的經驗，或不同的政策也會有相互借鏡的經驗。因此，無論在國家或政府部門之間，決策制定者在面臨共同問題時，似乎可以將其解決問題的經驗透過交流、彼此分享後，達到互相學習的效果。

近年來兩岸經貿合作互動頻繁、後暨兩岸於 2010 年 9 月 12 日簽訂之『兩岸經濟合作架構協議』(ECFA) 正式生效實施後，未來兩岸產業合作模式更加緊密，因此如何在全球經濟飄搖、且綠色障礙與要求越來越多的環境下，能相互合作以減少廠商運作成本、或積極協助廠商提高經濟效益之目的，將是兩岸政府未來政策合作上重要的議題之一。

台灣環保署推動環保標章制度已邁向第 20 個年頭，由於政府採購法納入綠色採購的規定，使得環保標章在政府機構的綠色採購率屢創新高、成績斐然。然當台灣仍以出口為導向，且廠商多已遷移至海外（主要以中國為主）後，應重新思考環保標章政策持續與國際接軌，藉以達到鼓勵廠商生產環保產品並能提高國際競爭力之雙

贏目標。

參考文獻

1. 香港環保促進會(2006)，〈Green Council〉，Green Purchasing Survey。
2. 于寧(1996)，環保標章與綠色採購，環保標章簡訊。
3. 于寧(1998)，國際舞台上的第一類環保標章，環保標章簡訊。
4. 于寧(2005)，綠色商品與採購』研討會。
5. 于寧、賴明伸(2002)，我國推動環保標章與政府綠色採購制度之現況與展望，工業污染防治。
6. 于寧、賴明伸(2005)，綠色消費運動推廣與實施現況，工安環保報導。
7. 江惠櫻(2010)，台灣環保標章政策演進與執行之探討-政策學習之觀點。
8. 行政院行政院環保署(2007)，2007年行政院環保署環保標章白皮書。
9. 行政院行政院環保署(2009)，環保標章申請書，綠色生活資訊網。
10. 行政院行政院環保署(2010)，行政院環境保護署環境保護產品申請審查作業規範。
11. 楊國樑、趙家民、謝佩諭等(2009)，環保標章品牌效應與產品價差之探究，臺北海洋技術學院學報。
12. 張文彬(1996(a))，環保標章對貿易影響之探討，環保標章簡訊。
13. 張文彬(1996(b))，環保標章與貿易的關係及各國環保標章簡介(上)，檢驗雜誌。
14. 董德波(1994)，環保標章與綠色產品，貿易週刊。
15. 董德波(1995)，行政院環境保護署推動使用環保標章制度概況，環保標章簡訊。

第一篇：循環經濟

第二篇：節能減碳

大陸部份



構建低碳型社會：挑戰、措施與機制

溫宗國，陳吉寧*¹，白愈*²，譚琦璐*³

在全球氣候變暖和能源緊缺的大背景下，大力發展低碳經濟和構建低碳型社會模式已經成為世界經濟社會新一輪變革的潮流。當前，世界上越來越多的國家提出了低碳發展的國家戰略，採取了多樣化、多層次的措施大力推進低碳經濟。我國也提出了相應的低碳發展戰略目標，通過提高能源效率，轉變經濟增長方式和推動消費模式轉變等，推進我國低碳型社會的建設。

1. 我國經濟社會可持續發展面臨的挑戰

1.1 我國近期社會經濟發展態勢

近三十年，我國的經濟社會保持持續穩定發展的態勢；進入 21 世紀以來，國民經濟增長速度明顯加快，在“十一五”期間國內生產總值比“十五”期間的平均增速加快了約 1.6 個百分點（見圖 1）。與此同時，城市化和工業化進程均呈現快速推進的態勢。城市化進程自 1995 年起開始提速，1995 — 2005 年間城市化率年均增長 1.2%， “十一五”期間繼續保持相對穩定的增長，2010 年末城市化率達到 47%（見圖 2）。以工業為主的第二產業是我國近年來經濟社會發展的持續動力，已在國民經濟中佔據絕對主導地位，“十一五”期間規模以上工業增速平均每年增速 11.7%，工業增加值比重和年均增速都處於第一位。我國有關學者借鑒了國外有關工業化階段

*1 任清華大學常務副校長，中國環境科學學會副理事長，國家環境保護部科學技術委員會副主任，土木工程學會水工業分會理事長等。主要從事環境系統分析和綜合評估、環境工程與環境政策等領域的研究。

*2 清華大學環境學院科研助理

*3 清華大學環境學院博士

理論的指標體系，提出了包括城市化率，三次產業產值比重、三次產業就業比重以及人均 GDP 在內的工業化發展階段評估指標，再根據相應權重計算出相應的工業化指數。自 1995 年，我國工業化指數超過 50，進入工業化中期階段。在工業化中期，工業發展明顯向重化工傾斜，電力、鋼鐵、化工等高能耗高排放行業在經濟發展中起主導作用，呈現強勁增長的發展態勢。另一方面，隨著城市化進程的加快，相關城鎮基礎設施建設的不斷提速，對電力、鋼鐵、水泥等的剛性需求也在快速增長。我國鋼鐵、水泥等主要工業產品的產量連續多年穩居世界第一位。

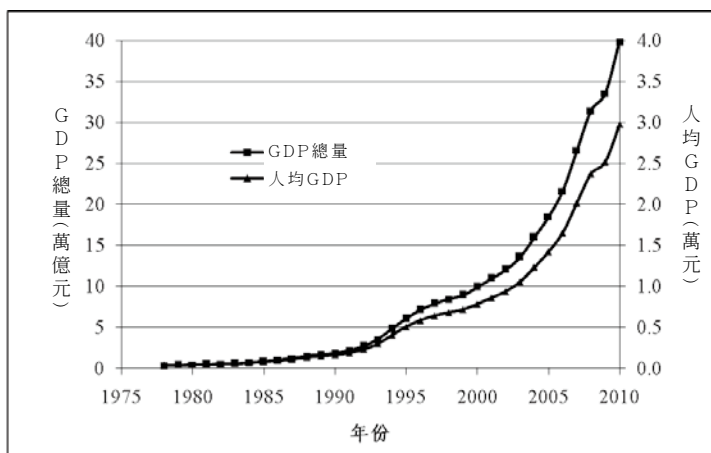


圖1 我國GDP總量和人均GDP變化情況

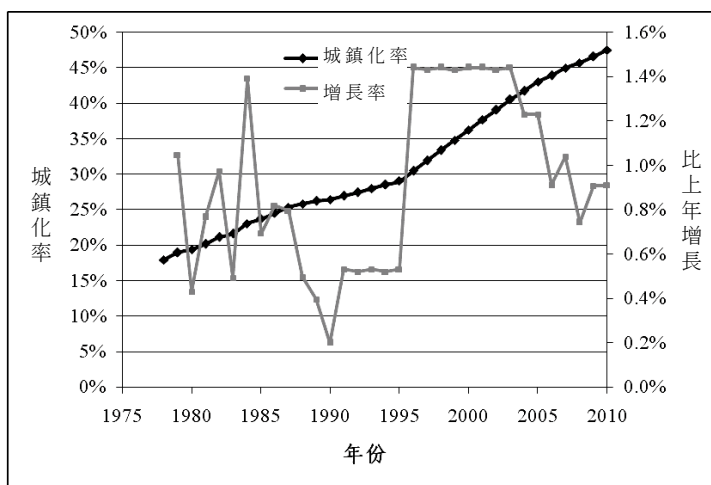


圖2 1978-2009年我國城鎮化進程變化情況

在“十二五”期間，我國經濟增長仍將保持較高速度。根據《中華人民共和國國民經濟和社會發展第十二個五年規劃綱要》，預計我國 GDP 總量年均增速要維持在 7% 左右。我國人口近年來保持穩定增長，“十二五”期間人口將有可能增至 13.9 億左右。按 2010 年不變價計算，未來五年我國 GDP 將達到 55.8 萬億元，人均 GDP 超過 4 萬元。在“十二五”期間，我國仍將處於工業化中期階段，二產比重約為 46%；城市化率預計將提高至 51.5% 左右，但是仍將滯後於工業化進程。

1.2 我國所面臨的能源壓力

在“十一五”期間，我國採取了以節能減排為核心的產業結構優化行動，遏制高能耗高排放的行業過快增長，並且取得了一定的成效。到 2010 年，我國單位 GDP 能耗累計比 2005 年下降了 19.1%，基本完成了“十一五”規劃綱要確定的目標。火電供電煤耗、水泥綜合能耗等重點工業的單位能耗水準與國際先進水準的差距逐步縮小，但是由於工業化和城市化過程中對鋼鐵、水泥和化石能源的大量消耗是一種難以避免的剛性需求，這些高能耗行業的產能隨著“兩化”進程的持續推進保持高速增長，仍將帶來了資源能源的大量消耗。在 2005 年至 2010 年期間，我國累計消耗能源到達了 143.1 億噸標煤。

“十二五”期間我國城市化和工業化進程將持續加快，而且產業結構短期內難以進行快速調整，鋼鐵、水泥等高耗能產業的比重仍居高不下，將導致製造業能源需求的不斷上漲。以製造業為主的工業能源消費已佔據我國能源需求的 67% 以上，雖然技術進步帶來的節能效應部分抵消由於重工業服務量上漲帶來的能源需求增加，但是其作用有限。以水泥行業為例，在“十一五”時期我國水泥熟料單位產品能耗下降了 13%，但與此同時，水泥總產量增長率超過了 50%；2009 年水泥製造業能耗總量達 1.53 億噸標準煤，比 2005 年上漲了 12% 左右，電力消耗總量達到了 1376 億千瓦小時。

與此同時，由消費水準的升級帶來的能源需求在“十二五”期間將快速增長。交通運輸、居民用能以及服務業的終端用能將在未來呈現持續增長形勢，成為我國未來能源消費的主力軍。城市化進程加快意味著城市居民占人口總量比重不斷上升，帶來城鎮住房、城市交通以及管網等城市基礎設施的大規模建設和使用；而且隨著人民收入水準的提高，對居住以及生活品質的要求也逐步提高，對出行品質和數量的要求也不斷增加，從而導致了服務業以及交通運輸部門的能源消費量增加，交通運輸可能會成為僅次於工業部門的一大能源消費領域。

發達國家的經驗也表明，經濟越是發達，建築、交通等消費領域的能源消耗所占的比重就越大。從圖 3 可以看出，除了電力熱力生產部門以外，我國製造業是溫室氣體直接排放量居第二位的部門，交通部門帶來的溫室氣體直接排放比例還不到 10%；而在英國、日本、美國等發達國家，交通部門帶來的碳排放已經成為除電力熱力生產以外的主要排放源，占溫室氣體總排放的 20%-30%。由於電力熱力並不是終端用能部門，如將電力熱力部門產生的溫室氣體分配到相應的用能行業（見圖 4），考慮了間接排放後（包括電力消耗）我國製造業和建築業所產生的溫室氣體排放則占到了我國總排放的 60% 以上，而發達國家則不到 40%，居民用能和交通成為了我國溫室氣體排放的重點領域。

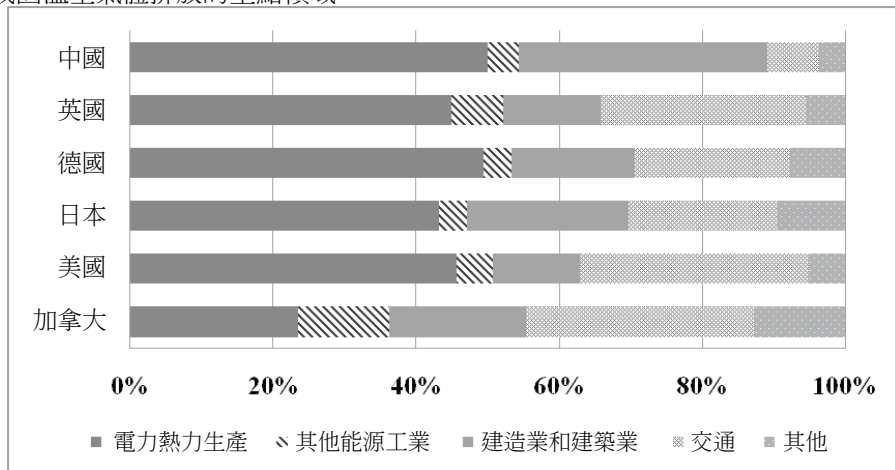


圖3 2008年世界各國的溫室氣體排放的部門分佈

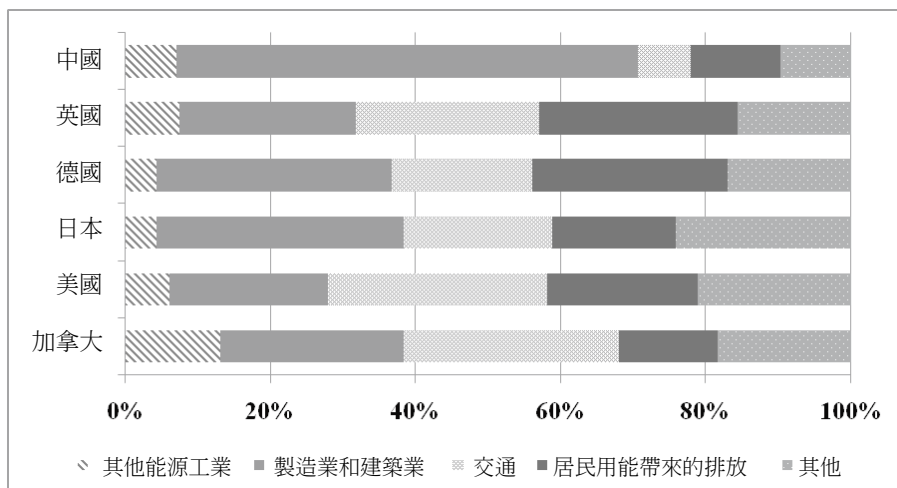


圖4 2008年世界各國電力熱力行業終端用能部門的溫室氣體排放結構

然而，即使我國的能源消費會繼續保持快速增長的態勢，並且會帶來大量的碳排放，但是我國目前的消費增長仍屬於基本的生存需求，所帶來的碳排放增加也屬於對最基本的生存排放空間的需求。

1.3 我國技術水準的差距

近些年來，我國重點耗能行業在低碳先進技術上的開發和應用有所突破，在鋼鐵、水泥等行業中許多大型企業的工藝水準都達到國際先進水準。但是由於整體技術相對落後以及行業內部結構不合理，重要高耗能工業產品的單位能耗平均水準仍然要比國際先進水準高 20% 左右。寶鋼，鞍鋼等工藝技術水準已達國際先進水準，但鋼鐵行業整體工藝技術水準與國際先進存在較大差距。例如，德國平均噸鋼能耗在 2004 年已達 0.65 噸標準煤，其高爐煉鋼法所需能耗已接近理論最低值，而我國 2010 年全行業噸鋼綜合能耗目標為 0.73 噸標準煤。我國新型乾法生產水泥技術中，熟料燒成的熱耗先進水準只與國際一般水準基本持平，與國際先進水準相差 4%，而國內一般水準則與國際先進水準的差距高達 18%-32%。我國水泥行業先進水準的噸水泥電耗 90-95kwh，而作為國際水泥生產技術水準較高的國家之一印度，在 2005 年的噸水泥電耗已經降到 82kwh。近些年我國單車燃料經濟性水準持續提升，但乘用車銷售量加權平均燃料消耗量比歐洲和日本水準平約高 20%，傳統內燃機對外依賴度較大，大多關鍵設備需進口。

表1 重點行業技術水準比較

行業	指標	單位	國際平均水準	國際先進水準	備註
電力	燃煤發電強度	g/kwh	<	=	燃煤發電應用技術水準居世界較先進水準，1GW 超超臨界機組擁有量為世界最多；但在核電、風電、光伏發電和生物發電技術上與國際先進國家還有不小的差距
	電力發電強度	g/kwh	>	>	
鋼鐵	單位產品綜合能耗	tce/t 產品	>	>	鋼鐵工藝技術水準與世界平均水準有一定差距與國際先進水準還有較大差距。但部分大型鋼鐵企業，如寶鋼，鞍鋼等工藝技術水準已達國際先進水準。
	電爐鋼占比	%	<	<	
水泥	單位產品綜合能耗	tce/t 產品	>	>	我國大型新型乾法水泥工藝裝備已達世界先進水準，日產萬噸的水泥成套裝備基本可以自行設計與製造。目前先進的新型乾法水泥熟料落後比例超過 70%，但仍有約 30% 的產量由落後的立窯等工藝生產
	新型乾法水泥生產線綜合能耗	tce/t 產品	>	>	
	水泥替代燃料率	%	<	<	
汽車交通	單位里程 CO ₂ 排放強度	g/km	=	>	我國單車燃料經濟性水準持續提升，但距國際先進水準仍有很大差距，目前乘用車銷售量加權平均燃料消耗量比國際先進水準仍高 20% 左右。目前我國汽車燃料以汽油為主，國內傳統內燃機對外依賴度較大，太多關鍵設備需進口。
	燃料經濟性	L/100km	=	>	

此外，我國還面臨重點行業低碳核心技術的缺失，低碳材料和關鍵設備的製造能力較弱的主要問題。以我國電力行業為例，我國在役燃煤火電機組的發電技術已居世界較先進水準，水電行業的設計、施工水準以及特高壓技術等已處於國際領先，但在核電、風電、光伏發電和生物發電技術上與國際先進水準還存在不小的差距，許多關鍵設備和材料仍需要進口，缺乏對核心技術的掌握。例如，風電設備製造業尚處於從“引進技術、消化吸收”向“自主創新”階段的過渡中；我國多數太陽能電池元件生產廠家缺乏核心技術，其生產過程集中在高耗能和高污染的產品製

造環節。聯合國開發計畫署在《2010年中國人類發展報告》中指出：中國實現未來低碳經濟的目標，至少需要60多種骨幹技術支援，而其中42種是中國目前不掌握的核心技術。表2中列出的我國溫室氣體減緩領域所需要的技術，雖然有不少已經在我國得到了一定的推廣應用，但是其中所包含的核心技術並沒有掌握，很多核心部件依賴於國外進口，代價高昂，而且技術水準與國際同類相比，仍處於較落後的地位。

表2 我國重點行業溫室氣體減緩所需關鍵技術及其發展水準

所屬部門	技術名稱	所處技術發展階段
能源部門 (主要是電力部門)	超超臨界發電技術（主要是新一代高效超超臨界發電技術，高溫材料和鑄鍛件的生產技術）	技術擴散 / 示範
	IGCC 發電技術（主要是整體設計控制技術、大型高效煤氣化技術和高效燃氣輪機技術）	技術示範 / 研發
	先進核能主要是第四代核能即新一代快堆技術	技術研發
	核聚變技術	技術研發
	大規模陸地風力發電和海上風力發電技術（主要是控制系統、整機及葉片設計、新型葉片材料（碳纖維）、葉片檢測和軸承技術）	技術擴散 / 示範
	高效薄膜太陽能電池（主要是製造設備、真空泵技術，和先進工藝）	技術擴散 / 示範
	太陽能熱發電核心技術（包括斯特林機、中低溫太陽能熱功轉換技術等）	技術示範 / 研發
	太陽能光伏發電技術（主要是高純矽生產技術、鋼線等關鍵材料以及全產業鏈的製造設備生產技術、高轉換效率光伏發電技術）	技術擴散 / 示範 / 研發
	可再生能源大型並網技術（主要是關鍵並網技術和逆變器技術）	技術擴散
	先進地熱發電技術	技術擴散 / 示範
	第二代生物能源技術（包括木質纖維素製取乙醇技術，如纖維素酶製取技術和生物質）	技術示範 / 研發
	蓄能技術	技術研發
	氫燃料電池技術	技術研發
	CCS 技術（包括燃燒前碳捕獲和燃燒後碳捕獲技術以及碳埋存技術）	技術研發

所屬部門	技術名稱	所處技術發展階段
鋼鐵行業	幹熄焦技術	技術推廣
	餘熱餘壓回收技術（如燒結餘熱回收技術，LT 法轉爐煤氣回收，轉爐低壓飽和蒸汽發電，焦爐煤氣制氫技術）	技術推廣
	鋼鐵生產能源管理中心	技術推廣
	煤調濕技術	技術推廣
	低熱值煤氣燃燒汽輪機技術	技術推廣
	新一代煉焦技術（如 SCOP21）	技術研發 / 示範
	高爐噴吹廢塑膠技術	技術示範 / 推廣
	熔融還原技術（包括 COREX、FINEX 技術）	技術示範 / 推廣
	採用微波、電弧和放熱加熱直接煉鋼技術	技術示範 / 推廣
	先進電爐	技術示範 / 推廣
	薄帶鋼連鑄	技術示範 / 推廣
	CCS 技術	技術研發
水泥行業	新型幹法水泥生產工藝關鍵技術（主要是自動控制裝置、整體化運行水準）	技術推廣
	生態水泥（在水泥行業利用可燃性廢物作替代燃料的技術）	技術示範 / 推廣
	新型幹法純低溫餘熱發電技術	技術推廣
	高效粉磨技術（如先進立磨）	技術推廣
	CCS 技術	技術研發
交通行業	提高單車燃油經濟性的發動機技術、傳動系技術和整車輕量化技術	技術推廣
	先進低排放柴油機技術和高品質車用柴油技術	技術推廣
	混合動力汽車技術（主要是能源回收效率提高技術和匹配控制技術）	技術研發 / 示範 / 推廣
	高效純電動汽車技術（主要是集成技術和線傳技術）	技術研發 / 示範 / 推廣
建築行業	LED 技術	技術研發 / 示範 / 推廣
	新型建築圍護結構材料和部品	技術研發 / 示範 / 推廣
	區域熱電聯產技術（如熱、電、煤氣聯合循環三聯供技術等）	技術示範 / 推廣
	地源熱泵技術	技術研發 / 示範 / 推廣
	先進通風、空調系統（如溫度濕度獨立控制的空調系統）	技術研發 / 示範 / 推廣
通用技術	大功率電子器件，特別是功率半導體元件技術	技術示範 / 推廣
	直流永磁無刷電動機	技術示範 / 推廣

1.4 來自國際的種種壓力

在能源安全、經濟危機以及碳減排等問題的衝擊下，世界上主要發達國家紛紛採取有力舉措進一步增強國家的綜合實力和國際競爭力。不少國家出臺了各項國家戰略計畫，就開發可再生能源、發展低碳技術、推動綠色經濟以及建設低碳社會等方面做出了相應的部署，並以此為契機意在搶佔後金融危機時代經濟發展的制高點，為自身經濟尋求新的增長動力。歐美一些國家充分意識到低碳技術和新能源技術所帶來的高附加值，加大在節能環保產業方面的投資，意在通過發展低碳產業作為未來的主導產業，在帶來經濟增長的同時，為本國社會提供更多的就業崗位。

在加大技術革新和綠色投資之外，國際上一些國家還提出了政策制度的創新，歐美等國家紛紛引入了能源稅、碳稅等制度，更提出了徵收碳關稅等帶有貿易保護主義措施的建議。如果這些建議在未來得以實施，對於我國的出口貿易將帶來巨大的影響。目前，我國有大量包括生鐵、粗鋼、鋁製品等在內的大量初級產品用於出口，附加值低下，出口價格低廉，能耗較高且碳排放較大，碳關稅和碳交易的實施將會對這些初級產品的出口帶來不小的衝擊，可能會在一定程度上遏制我國經濟的發展。由於碳關稅的計稅依據為各產品在生產過程中的碳排放，因此碳排放強度高的行業受影響最大；在考慮可能採取的不同稅率情景下，碳關稅將使我國能源供給、鋼鐵冶煉、水泥等高碳行業的出口量出現 2%-40% 不等的下滑，並且會對相應的下游產業以及國內的就業率產生一定的影響。

2. 發展低碳技術是轉變經濟發展方式的核心

2.1 應對新能源技術革命，優化我國能源結構

我國在能源需求和供給上長期面臨著嚴重緊缺問題，已經嚴重危及國家經濟發展的安全。目前全球正掀起第四次科技革命，即“新能源技術革命”，它以應對化石能源枯竭和氣候變化為初衷，將促使我國加大新能源技術的研發和推廣應用，轉變以燃煤為主、過度依賴進口能源的能源消費結構。未來新能源結構將以可再生能源為支柱，迫切需要依靠高新技術的發展來推動和完成新一輪能源技術革命。在這種契機下，我國必須緊跟全球“新能源時代”的步伐，積極推動相關技術的創新，改變我國以燃煤為主的能源結構，滿足我國未來不斷增長的能源需求，減少能源對外依存度以增加國內能源安全。

同時，未來國家間的競爭在於以先進能源技術為核心的綜合國力的競爭，大力

促進新能源技術發展，爭取在新能源革命中扮演重要角色無疑有利於提高我國的國際競爭力。目前，儘管許多新能源技術離實際應用還有一段距離，但隨著各工業發達國家不惜投入鉅資加強研發，很多技術的突破比預想的要快許多，我國更應當緊抓這次技術革命的機會，加速發展核能和可再生能源，佔據新能源技術革命的一席之地，甚至引領世界發展潮流。

2.2 低碳技術廣泛應用是未來工業部門減排的主要突破口

受我國社會經濟發展階段的限制，未來基於工業結構調整的減排空間十分有限。我國仍處於工業化發展中期，在擴大內需、消費升級深化的預期下，重工業的規模擴張在短時間內難以趨緩，能源消耗和溫室氣體控制的空間較為有限。而作為行業結構調整主要措施之一，淘汰落後產能的控制效果日漸困難。目前我國水泥、鋼鐵、電力等行業落後產能比重僅在 10%-30% 之間。同時，過度依靠投資和出口拉動經濟發展，固定資產投資和製造業出口規模的快速擴張將依然存在，這使得結構性減排的潛力空間日益縮小。

推動低碳技術的研究開發與廣泛應用，降低工業能源消耗強度，是未來工業部門實現大幅度節能減排的主要突破口。我國主要耗能行業的技術與裝備水準與國際先進水準有較大差距，即使是採用國內本行業已有的先進低碳技術，單位產品能耗指標也高於國際同類工藝，因此通過技術引進或創新提高我國行業的能源效率還存在很大的空間。管理節能減排作為行業發展的一項長期工作，所占比重較低，而且管理節能和減排也同樣需要通過關鍵低碳技術或設備來推進。

2.3 廣泛推廣和應用低碳技術是提高我國低碳競爭力的關鍵

目前國際環境已經不再允許我國沿襲發達國家工業化過程中那種高投入、高能耗、高排放的傳統發展道路。作為發展中國家之一，我國必然要在未來較長一段時間內為消除貧困，發展經濟而繼續努力，我國碳總量隨之也會在一定時間內保持增長。因此，我國需要積極實踐、探索一條新的發展道路，既減少碳排放又不影響消除貧困和實現現代化的前景。轉變發展方式將成為協調兩者的平衡點，有利於解決發展面臨的不平衡、不協調和不可持續問題，我國就仍能延續保持了幾十年的快速增長態勢，同時也能提升我國的比較優勢和競爭優勢，增強抵禦內外風險的能力。

在目前國際形勢下，加快低碳技術的自主創新和廣泛應用，將是衝破碳關稅和碳交易等國際潛在封鎖的有力手段之一。我國應依靠低碳技術的研發、推廣和應用，提高行業和企業核心競爭力，有利於我國行業和企業搶佔國際市場，規避綠色貿易

壁壘。對於碳排放較高的行業和企業而言，為了降低成本，除提高產品價格、減產或購買排放權外，以應用低碳工藝與技術降低碳密度的做法是更有效的選擇，發達國家在這方面有很多先例。因此，積極推進低碳技術和綠色經濟發展，不僅關係到我國未來的生存與發展前景，也是順應世界經濟發展的潮流和歷史大勢，創造新的經濟增長點，提高國家競爭力的關鍵點。

3. 抓好重點行業低碳技術發展，制定長期低碳發展路線圖

針對典型行業，包括火電、鋼鐵、建材、石化等高能耗高污染高排放以及交通、建築等重點用能的消費領域，應抓快研製重點行業近期（2010年-2015年）、中期（2015年-2030年）、遠期（2030年-2050年）低碳技術清單，分析技術的成熟度、成本效益以及低碳程度，制定行業低碳發展技術路線圖。針對我國發展的不同階段，要明確低碳技術發展的中長期目標，確立行業不同發展階段內的低碳發展道路的目標和途徑，明確各時期國家需要重點支援的低碳技術、工程建設以及相應的政策體系。

3.1 能源部門

電力行業應繼續優化發展燃煤發電和熱電聯產，大力發展水電，積極發展核電，加快發展風電、太陽能發電、生物質發電等可再生能源，推進分散式能源發展，根據地區條件適度發展燃氣發電，在條件許可的地方發展抽水蓄能發電。進一步提高發電效率，加強節能減排工作。在繼續淘汰高能耗的小機組、建設新型超超臨界火電機組、促進節能減排技術研究的基礎上，提高電力生產效率，降低廠用電率，降低供電煤耗，同時發展智慧電網和分散式能源，降低輸電線路損耗。

在石油和天然氣供應方面，應加大天然氣勘探、開發、管網建設、資源引進，積極推動我國非常規天然氣開發利用的速度；加快發展非糧生物燃油提高油品質量。進行能量系統優化、耗能設備效率提升、自用能源替代、油氣損耗降低、資源綜合利用、新能源和可再生能源利用、甲烷氣回收利用、能源計量與監控、供熱系統優化、冷能和餘熱餘壓利用等“十大節能措施”；在二氧化碳驅油（EOR）、二氧化碳捕獲利用（CCU）、二氧化碳捕集與封存（CCS）等技術領域要充分發揮石油加工行業的優勢開展示範工程。

3.2 重點製造業

鋼鐵行業應繼續堅持淘汰落後產能，並且集中對長流程煉鋼的優化改進，繼續

推廣已有的較成熟的節能技術（如，高爐煤氣餘壓透平發電、乾熄焦、燒結餘熱發電技術、轉爐煤氣回收利用技術、蓄熱式燃燒技術、低熱值高爐煤氣-蒸汽聯合循環發電、煤調濕技術、高爐鼓風除濕節能技術和建立能源管理中心等），優化工藝過程中的關鍵指標；同時要進一步提高產品性能、開發新產品、延長鋼鐵產品的生命週期，升級鋼鐵產品技術。

水泥行業也應加大淘汰落後產能力度，促進新窯和改造窯採用現有的最佳能效技術；發展循環經濟，積極開展利用廢棄物用作水泥生產的替代原料和替代燃料，加快推進水泥窯協同處置廢棄物的步伐；支援低碳與負碳水泥新品種的開發，制定相應的建材標準和建築標準，加速新興水泥的應用；提高研發、技術、知識和創新能力，研發具有潛力的熟料替代品，開發新一代水硬性膠凝材料；大力發展適合現代建築業需要的高品質水泥深加工產品。

3.3 重點消費領域

在建築方面，北方採暖地區要全面推廣圍護結構節能 65% 的標準，並且在廣大城市推廣以燃煤為主的熱電聯產集中供熱方式，加快熱電聯產技術改革試點，同時推進供熱體制改革。長江流域要開發基於熱泵的技術，繼續保持分散採暖，滿足住宅的採暖與空調需求；對農村圍護結構和炊事設備進行節能改造，推廣太陽能熱水器的使用，並因地制宜的發展生活用可再生能源；建立以資料為基礎的節能管理，促進適宜的節能技術與產品的應用推廣。

汽車行業應採用先進的發動機技術、傳動與驅動技術、車身輕量化技術、混合動力技術等，逐步提高車輛燃料消耗量限值的分階段標準，合理調整汽車產品結構，穩步推進天然氣、生物燃料等替代燃料的應用，大力培育發展新能源汽車並形成完整的產業鏈和初始產業化能力，優先發展城市公共交通，促進智慧交通系統技術的應用。建立以燃料消耗量限值標準為基礎、財稅政策為主要實施手段的汽車產品節能管理制度，強化財稅政策、技術政策、管理政策、金融政策的引導和支持力度，研究制定促進充電網路與電網融合的實施方案及新能源汽車基礎設施建設規劃，完善新能源汽車消費支撐體系，促進節能與新能源汽車產業快速培育發展。

4. 構建低碳型社會的措施建議

4.1 調整產業結構，構建低碳化產業體系，促進經濟社會發展轉型

我國產業結構調整應從著力改造傳統產業，大力發展戰略性新興產業以及服務

業同時著手。工業結構調整的重心由輕、重工業比例調整升級轉向以強化薄弱環節為主的功能性調整。以資訊化和科技創新為推動力，對傳統工業產業實施重大改造、重組，增強產業關鍵技術開發及產業化能力，促進勞動密集型產業向產業鏈高端發展，完善產業技術供給體系，發展網路經濟。發揮市場機制的作⽤，從國內外市場需求出發，在市場競爭中進行結構調整。大力發展金融、保險、物流、諮詢、教育、文化、科學研究、技術服務等現代服務業及低碳服務業，促進經濟社會發展的低碳化轉型。充分利用國際分工的比較優勢，有選擇有重點的發展具有競爭優勢的產業。

4.2 轉變能源結構，推動能源低碳化轉型，構建可持續發展能源框架

在保持能源消費適度增長的同時，我國應大力推進能源結構調整，加快能源發展方式轉變，建立以能源技術革新為基礎的能源發展方式，從資源依賴型向科技創新驅動型轉變，在推動能源發展低碳化的同時，也要逐步調整能源消費方式，為社會經濟發展提供穩定、清潔、可靠的能源安全保障。

在煤炭開採利用上，要做到“安全高效開採，綠色低碳利用”，促進煤炭綠色生產和清潔利用，提高傳統能源清潔利用水準；加大煤層氣、頁岩氣、城市垃圾沼氣等非常規天然氣的開發力度，擴大天然氣等清潔能源的利用規模。加快推進大型水電和核電的開發建設，保證在 2020 年可以順利運行；積極做好風能、太陽能、生物質能等可再生能源的轉化利用，大力推進能源結構優化調整。與此同時，要發展以電力為核心的智慧能源網路，建設安全可靠、經濟高效的智慧輸電網路，使之可以有效地吸納風電、太陽能發電的間歇性電力。

能源消費方式要從過去偏重保障供給為主，逐步轉變為科學調控能源生產和消費總量，以能源的消費調控來促進經濟發展方式。對能源消費和高能耗行業過快增長地區，要合理控制能源供應，切實改變無限制能源供應、無節制能源使用的現象，建立節能型的生產體系、消費體系和管理體系。

4.3 控制消費用能，建立低碳示範區域，推動消費模式轉型

在改變生產方式的同時，也要注重傳統消費模式的轉變。在城市發展模式上，要統籌考慮城市發展能力、承載能力、保障能力和運轉能力，並建立長效機制，推動低碳城市建設。通過建設示範低碳省區及低碳城市，推動低碳消費模式的發展。要綜合考慮省區城市地理位置、自然資源、社會經濟狀況和區域功能等，從產業、交通、建築、消費等多方面入手，制定城市低碳發展規劃，構建城市低碳產業體系，採用交通運輸系統優化，全面使用清潔能源汽車，建設綠色社區，強化低碳生

活方式的宣傳等方式，構建低碳示範區域。

在城市發展中，應當控制大拆大建的規劃方式，合理改造尚在使用年限內的建築，延長已有建築的使用壽命。新建公共建築以及大型辦公樓要採取節能設計，積極建設綠色公共建築、綠色辦公場所等示範專案，加快低成本綠色建築的規模化發展與推廣。對大型公共建築進行能耗定額以及實施能耗為目標的供熱體制改造新試點，逐步建立再生能源建築應用技術體系，鼓勵建築領域能源合同管理以及資料位元導向的綠色建築規模化發展。推廣節能家電的使用，改造集中採暖設備，推動綠色照明工程和太陽能普及工程，降低民用住宅的能源消耗。

另外，要逐步提高汽車燃料消耗量限值的分階段標準，採用“強制性限值標準加財稅政策”的監控體系，將二氧化碳排放量納入車輛燃料消耗量監控體系的度量標準中，全面提高汽車交通的燃油經濟性。通過建立以道路交通和軌道交通並行，私人機動交通為補充，合理發展自行車交通的城市交通模式，增加公共交通中環保型車輛的使用比例。以小型乘用車、公共交通客車為先期導入產品，在公共服務領域和私人消費領域推進新能源汽車試點示範運行，並逐步推進電動汽車的產業化和商業化。加快淘汰效率低、油耗高、排放超標的各類車用動力裝置和落後產能，優化汽車產品結構。

4.4 開展碳稅試點，建立國內碳交易機制，發揮市場機制作用

發揮市場在資源配置中的基礎性作用，形成促進二氧化碳減排的宏觀調控體系。我國可以通過開展徵收碳稅的研究與試點，從而有效促進企業採用低碳技術，提高產品附加值，向低碳化轉型。碳排放稅可採取階梯式稅率，徵得的排放稅，所得稅收用於資助低碳技術研發和建設低碳社會的教育、宣傳與培訓等活動。

嘗試推行碳排放配額制度，建立我國境內的碳排放貿易，推動企業節能減排行動，進而淘汰高能耗高排放的企業；可以在條件成熟的地區以及重點行業試點自願減排交易，降低企業或專案開發方的減排成本，提高企業的社會責任感。

5. 構建低碳型社會的保障機制

5.1 健全法律法規，適時出臺低碳單行法

目前我國關於環境、資源和能源等方面相關的法律法規仍然不夠完善，應當積極推進節約能源法、循環經濟法、水污染防治法、大氣污染防治法等法律的修訂工作，使之與我國社會低碳化轉型相契合。通過頒佈綜合性能源基本法，彌補重要可

再生能源（如風能、太陽能、地熱等）等單行法的空白，從而構建我國完整的能源立法體系。

應當增加涉及保障資源、能源安全的預警機制、戰略儲備等法律制度的條款，健全針對能源可持續發展和長期供應問題的能源規劃制度。完善能源國際合作的條款，鼓勵我國積極參與多邊能源合作及法律制度建設。適時出臺針對低碳發展、低碳轉型的單行法律，以促進低碳經濟發展，推動社會低碳化轉型；在制定低碳單行法律時，要遵循主次兼顧原則，與其他環境、資源和能源法律法規有機聯繫，形成以可持續發展為導向的全面系統的法律系統。

5.2 完善行業標準，提高行業低碳競爭力

加強行業標準的體系建設，構建以低碳發展、可持續發展為核心的行業標準體系。我國大多數工業製造行業在能效指標上都有較大的提高空間，應適當提高行業現行市場准入門檻、嚴格行業准入條件，限制和淘汰能耗高、排放大的企業、產品、工藝或裝備，縮小能耗指標、排放指標同國際水準的差異，提高相關產品品質，降低原輔材料消耗，使我國行業生產水準同國際接軌，有效規避發達國家利用環保或能效標準設立的“綠色貿易壁壘”。借鑒國外經驗，結合國情開展基礎研究，通過修訂原有標準或出臺新標準，在鋼鐵、建材、建築、汽車等領域引導企業或行業使用相關低碳技術進行資源、能源的再生循環利用，加速新興技術的研發和使用。進行戰略性新興行業的標準研究，及時制定行業或產品標準或標準化體系，如建築使用能效、新能源汽車排放標準，生物質燃氣產業等。在節能服務行業進一步規範，避免市場上形成相關產品的無序競爭，引導行業健康發展。

5.3 調動經濟手段，發揮市場優化配置資源的功能

政府應該著力完善和落實價格、稅收等經濟槓桿調節作用，充分發揮市場配置資源基礎性作用。進一步推動資源性產品價格改革，尤其是對於能源價格，應從能源開發、轉化和利用過程中的外部成本和資源消耗狀況完全反映在能源產品的價格等方面著手進行深化改革。在進出口政策方面，按照嚴格控制“兩高一資”產品出口的原則，實施適度靈活的出口退稅政策，支持鋁業、鋼鐵、水泥等出口型行業轉變出口方式，鼓勵技術含量和附加值高的深加工產品出口，優化產品結構。利用價格補貼、減稅或免稅等價格手段鼓勵天然氣、新能源和可再生能源的利用，積極推進其在能源消費中的強制配額，保障能源結構調整。

建立和完善適應市場經濟體制和技術研發規律的鼓勵和扶持性財稅政策框架，

給予處於市場導入期的低碳技術以適當的財政補貼和財稅調整，促進低碳技術的研發及產業化；開徵能源稅、環境稅、碳稅等特別稅並建立以此為基礎的財稅獎懲機制，引導行業和企業利用成熟低碳技術，研發新興低碳技術，使其生產方式向低碳模式升級。在節能和新能源汽車、節能設備及器具，綠色建築等消費和使用上給予消費者更多的實際優惠，促進消費模式低碳化、綠色化。

此外，我國可以建立和完善促進綠色發展的投融資政策，積極實行政府綠色採購，鼓勵綠色投資。通過加大政府對基礎研究和研究與開發環節的投入以及對綠色技術和產業的融資支援，降低綠色技術轉移的成本，實現綠色技術的示範和推廣。應儘快建立中央財政低碳發展專項基金，整合各方資源，吸引地方政府、行業旗艦企業、金融機構建立融資，建立資金管理平臺，並在資金撥付、投資管理、財務管理等環節提供金融監管和專業服務，進一步支援和促進地方、區域、行業和企業的低碳發展。

5.4 改革考核體系，加強行政管理能力建設

改革我國目前以 GDP 為核心的政績考核體系，引入和加大資源、能源節約、生態環境保護等考核指標。要約束地方政府的行政自由裁量權，強化決策中的專家諮詢工作，以助於實現科學決策。通過學習先進國家、地區經驗，加強國際合作與能力建設。要推進資訊公開的工作，加強公共參與和公共監督。

優化現有的能源監測、統計和報告等管理體系，使統計結果更加真實、透明、有效。在重點耗能企業安裝集能源統計、能耗監測、節能量測試與碳排放監測為一體的線上能源管理平臺，提供即時有效的監測資料，並同政府部門即時對接。

5.5 開展宣傳教育，培養提高公眾低碳意識

社會要建立起有關幹部培訓、專業教育、大眾宣傳立體教育網路，全方位普及新的消費理念，深入開展構建低碳社會的宣傳教育，營造全民積極構建低碳社會的氛圍。要提高全社會參與意識，宣導低碳、節儉、適度的消費理念，引導消費方式的變革，探索性建立主要家電產品碳標識等有利於低碳消費的制度，使低碳生活方式成為每個公民的良好習慣和自覺行動，推動全社會走上生產發展、生活富裕、生態良好的文明發展道路。

本文的編寫得到了北京科技大學，北京師範大學，建築材料工業技術情報所，中國有色金屬工業協會，中國汽車技術研究中心，中國大唐集團公司以及中國石油集團安全環保技術研究院，國家發展和改革委員會能源研究所的支持。

參考文獻：

1. 國家統計局. 中國統計摘要2010. 2010.
2. 朱敏. 基於工業化指數的我國工業化進程判斷. 中國經貿導刊, 2010(7): 23-24.
3. 國際能源署(IEA). CO2 Emission from Fuel Combustion Highlights (2010 Edition). 2010.
4. 中國人民大學. 2010年中國人類發展報告-邁向低碳經濟和社會的可持續未來. 2010.
5. 朱永彬,王錚. 碳關稅對我國經濟影響評價. 中國軟科學, 2010(12): 36-49.

低碳生態城市芻議與夏各莊規劃案例分析

杜鵬飛，楊永森*¹，李王鋒*²

1. 低碳生態城市理念及其國內外實踐

中國作為世界上最大的發展中國家，正處在工業化和城市化快速發展的重要階段，能源消費的增長、二氧化碳排放量的增加與全球減排溫室氣體和應對氣候變化目標形成越來越尖銳的矛盾。截至 2007 年中國的城市化率已達到 43.7%，據聯合國預測到 2030 年，中國的城市化率將達到 60%。目前中國的城市經濟貢獻達到 75%，據麥肯錫全球研究所預測，2025 年該值將超過 90%。然而城市化的快速推進，在給我們帶來機遇的同時，也使我們面臨著更多的挑戰。“十五”期間，中國城市化率由 36% 上升到 43%，增長了 7%，工業增加值占 GDP 的比重由 43.6% 上升為 46.1%，增長了 2.5%；而同時能源消費量則增長了 70%。研究表明，全球化背景下的城市發展正面臨著貧困、住房短缺、交通擁堵、資源匱乏、環境退化等一系列問題，特別是由溫室氣體排放量增加所導致的氣候變化問題尤為嚴峻。

城市在未來的區域和國家的經濟社會發展中將扮演重要角色，也是解決資源、環境等世界上最複雜、最緊迫問題的關鍵。因此，在應對氣候變化、轉變經濟發展方式的過程中，低碳城市的建設將發揮重要作用。

低碳城市，指以低碳經濟為發展模式及方向、市民以低碳生活為理念和行為特徵、城市管理以低碳社會為建設標本和藍圖的城市。目前國外在低碳城市的規劃和建設方面做出了很多努力，出臺了一系列促進低碳城市建設的行動法案，國內多個低碳城市的試點工作也已經逐步展開。國外如英國倫敦、日本東京、丹麥哥本哈根、

*1 北京清華城市規劃設計研究院高級工程師

*2 北京清華城市規劃設計研究院高級工程師

奧地利林茨日光城、德國漢諾威市、阿聯酋馬斯達爾、日本千葉新城等；國內如上海崇明東灘生態城、中新天津生態城、曹妃甸濱海生態城等。

英國是低碳城市規劃和實踐的先行者。倫敦市在低碳城市建設方面更是起到了領跑者的作用。《倫敦氣候變化行動計畫》(London Climate Change Action Plan)在其不同的行動與方案中制訂了許多具體措施和目標，致力於解決諸如綠色家園、商業、能源效率和運輸等問題。作為《京都議定書》的發起和宣導國，日本提出打造低碳社會的構想並制定相應的行動計畫。東京政府於2007年發表《東京氣候變化戰略——低碳東京十年計畫的基本政策》，定下2020年相比2000年減少溫室氣體排放25%的目標。其基本政策涵蓋推動企業減排、減少居民生活浪費、政府設施節能、減少交通二氧化碳排放等方面。東京市在城市規劃中還側重考慮住宅的節能和環保等要素。丹麥哥本哈根推出50項措施建設低碳城市，涉及大力推行風能和生物質能發電，實行熱電聯產，推廣節能建築，發展城市綠色交通，鼓勵市民垃圾回收利用，依靠科技開發新能源新技術等方面。

國際氣候組織宣佈，未來3至5年內，將在中國推動5至20個“低碳城市”建設項目。目前全國已有逾30個城市提出了低碳城市建設目標，國內許多城市也紛紛開展了低碳發展的試點實踐，如世界自然基金會(WWF)支持的“中國低碳城市發展專案”首批試點城市——上海、保定；科技部、中國科學院、中國21世紀議程管理中心與英國倫敦大學、南安普敦大學在中國聯合開展的“中英低碳城市建設試點與示範”科研合作專案，選擇廣州市、上海市閔行區、西安市和南陽市西峽縣作為全國首批中英低碳城市建設試點；瑞士政府選擇四川眉山市作為在中國開展的首個低碳試點城市；英國皇家事務研究所、第三代環境主義組織、中國社科院城市發展與環境研究中心、國家發改委能源研究所選擇吉林市作為“低碳經濟方法學及低碳經濟區發展案例研究”專案中的低碳經濟區案例研究試點城市；英國政府戰略方案基金(SPF)選擇山東省濟南市、東營市，貴州貴陽市、遵義市作為中英城市低碳經濟示範專案。2010年國家發改委確定天津、重慶、深圳、廈門、杭州、南昌、貴陽、保定8市低碳城市試點工作。

2. 低碳生態城市建設系統框架

可持續發展原則是國內外低碳生態城市建設的核心理念。縱觀近年來所開展的低碳生態城市理論與實踐，儘管在操作層面上各有側重，但是，其系統框架大體上

包括在如下幾個方面：

- 土地的集約利用：土地是人類生存的根本，生態城的建設首先要實現土地資源的高效集約利用，建設混合功能的緊湊型城市是在規劃層面實現高效能、低排放城市的重要方面，通過多功能、緊湊型規劃設計，可以有效降低出行和交通的剛性需求，進而減少道路和車輛的排放。
- 水的高效循環利用：強調綜合水循環：從取水到水的不同方式的利用，都應該保護環境，根據本地需求強調適應性和靈活性。保護水資源，鼓勵節約用水、雨水的收集與利用，引進和開發適當的技術改善水環境，提高水資源的循環利用率。
- 節能與清潔能源利用：減少能源消耗是實現低碳城市的核心，清潔高效的能源系統是低碳城市的重要組成部分。與傳統能源利用方式不同，低碳城市強調更多地利用清潔能源，同時要減少對能源的需求，提高能源的利用效率，加速能量循環流動，實現生態城的低碳排放。
- 建設環境友好的綠色建築：建築是城市的核心物質組分，也是城市能耗的重要載體，低碳生態城的建築在滿足其基本使用功能的同時，要盡可能成為材料、能源、水資源、資訊等各種實用生態技術的載體，以最大限度地降低環境影響，成為城市生態系統中和諧的一部分。
- 低碳交通系統：城市是開放的複合生態系統，系統內部及其與外界之間每時每刻都存在著大量物質和能量的交換，交通系統是實現城市物質交換的重要載體，同時也是城市能耗的重要組成部分。低碳城市的交通系統強調綠色出行、最大限度減少出行、宣導並鼓勵非機動車出行、公交優先，以減少交通系統的環境影響與碳排放。

實現人與自然的和諧：自然綠地系統是城市這個複合人工系統的氧源和生命源，只有符合自然生態系統要求，滿足城市發展和人類生活方式的自然綠地系統才是一個可持續的和諧的綠色生態系統。

3. 夏各莊低碳生態城市建設基礎及目標

3.1 自然基礎條件

夏各莊鎮地處北京東北部燕山山脈邊緣，平谷新城東側，距北京市東直門 75 公里，距平谷新城 3 公里，距首都國際機場 41 公里。夏各莊鎮具有代表北方廣大城市建設密集地區的典型氣候特點，本地具有豐富的地表植物種群，具有非常好的植被

條件，適宜作為北方生態城建設的示範地區。夏各莊鎮具有豐富地下水資源，地下水質優異，根據北京市區需要，從 2005 年起連續向市區輸送優質飲用水源，年輸水量 9000 萬立方米。夏各莊鎮附近，常年性河流有洵河，幹流為 2 級，多年平均來水量為 1.39 億立方米。

3.2 社會經濟現狀

夏各莊鎮現轄 15 個行政村，共有 6773 戶 24660 人，其中，農業人口 20404 人，非農業人口 4156 人。從 1995 年到 2005 年，非農人口比例持續增加。鎮域內目前還沒有明確的鎮區，全鎮的城鎮化水準較低。夏各莊鎮的城鎮經濟一直呈現穩步增長狀態，二產佔有最主要的地位。特別是到 2001 年以後，二產總產值占到了全鎮國內生產總值的 60% 強，並且這個比例一直在上升。夏各莊鎮規劃區域內，現狀城市基礎設施較弱，以生態型新城標準配建新型城市基礎設施自由度較大，不會出現重複投資、重複建設。

3.3 城鎮總體發展定位與目標

《平谷新城規劃》提出平谷區要建成“北京東部地區重要的生態屏障和生態環境保護地”。根據北京市人民政府批復的《北京市平谷新城夏各莊組團總體規劃》，夏各莊鎮城鎮性質為：夏各莊鎮是平谷新城的重要組團之一，是作為平谷東南綜合性旅遊服務基地的生態型特色城鎮；夏各莊鎮城鎮規模為：2020 年夏各莊鎮人口規模控制在 4.5 萬人以內，城鎮人口規模控制在 3 萬人以內，規劃到 2020 年，夏各莊鎮城鎮建設用地 3.48 公頃，人均建設用地控制在 120 平方米以下，為 116.0 平方米。

3.4 夏各莊低碳生態城市建設目標

夏各莊鎮建設總體目標為：低碳循環綠色生態城，具體來說包括：

- 降低碳排放：重點方向為建築節能、清潔能源、可再生能源和節能產品應用等領域；同時充分利用生態綠地系統的碳匯功能對於建設低碳城市也具有重要意義。規劃採用建築隔熱保溫、天然氣清潔能源、太陽能熱水技術、地源熱泵技術、生態綠地的綜合應用。
- 水與物質循環：夏各莊循環型城市以資源的循環利用為代表，突出了能源、水資源的循環利用與固體廢棄物綠色處理。規劃採用節水器具、中水利用、雨水利用、源分離為核心的生活排污系統的綜合應用。
- 綠色人居環境：就是利用山前特色環境，按照生態學原理進行城市設計，建立高

效、和諧、健康、可持續發展的人居環境，建設經濟、社會和環境相協調發展的綠色城市。從廣義上講，更是按照生態原則建立社會、經濟、自然協調發展的新型社會關係，是有效利用環境資源實現可持續發展的新的生產和生活方式。

4. 夏各莊低碳生態城關鍵技術

夏各莊低碳生態城市在充分借鑒了國內外理念與技術選擇的基礎上，充分研究本地基礎條件，並切實考慮備選技術在本地條件下的經濟可行性，在充分考慮與論證的基礎上選定本項目的技術方案，分別概述如下。

4.1 綠色建築技術

規劃在夏各莊住宅和公用建築全部使用各種綠色建築結束，保證其全部達到《綠色建築評價標準》(GB50378-2006)和《公共建築節能設計標準》(GB50189-2005)。以充分降低建築運行能耗及碳排放，實現全鎮普遍建設地氈建築。

4.1.1 雙層牆外保溫技術

建築圍護結構的熱工性能是影響建築能耗的關鍵因素。規劃夏各莊鎮南北向外牆和接南向外牆均採用雙層牆結構，兩層牆之間作為室內空氣排風道。由於從房間進入夾層牆的空氣與建築外牆有對流換熱，溫度比室內氣溫高，為減少夾層牆空氣通過內牆體向室內的傳熱量，內牆體應儘量選用隔熱性能好的材料。模擬結果表明在內牆加貼內保溫材料能使整個建築的平均能耗降低大約 14% 左右，同時由於保溫材料的蓄熱作用，還能適當降低建築夏季的空調最大負荷。

4.1.2 遮陽設計

遮陽對減少進入房間的太陽輻射及降低夏季房間基礎室溫是非常有效的。一般建築的建築立面與外牆在夏季已能遮擋大部分直射陽光，對於光環境要求較高的場合，可以使用外遮陽格柵、百頁窗簾等作為遮陽。

4.1.3 建築隔熱保溫

絕熱材料主要應用於建築的外牆、屋頂和門窗。外牆保溫方式可分為外牆內保溫、外牆外保溫和夾芯保溫。住宅建築建議採用外牆外保溫，可以避免熱橋、節約室內居住面積，而且比較內保溫節能 30%，採用外牆外保溫隔熱技術建築節能率一般可以達到 45% ~ 55%。典型建築外牆保溫方式如圖 1。

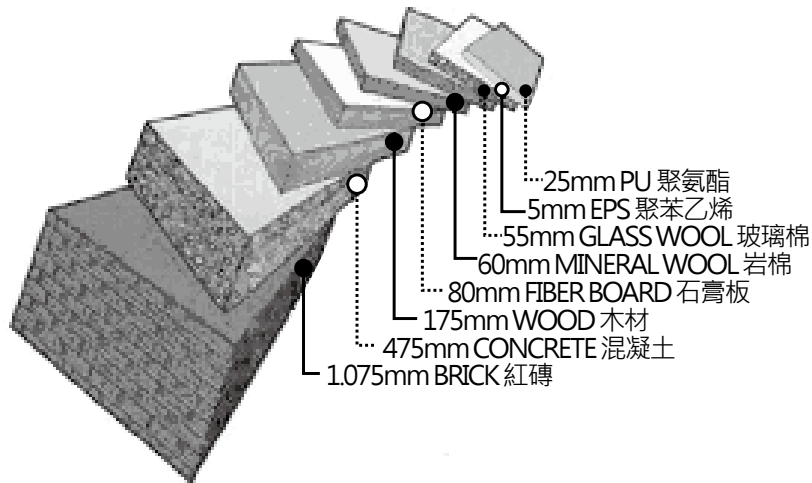


圖 1 外牆外保溫示例

近幾年來“膠粉聚苯顆粒複合其他保溫材料技術”在工程實踐中有多方面的發展和創新，尤其是粘貼面磚技術大大豐富了外牆飾面層做法，目前已經形成了成熟可靠的外牆外保溫技術體系，該技術榮獲了“全國綠色建築創新獎”。夏各莊中心區建築高度不超過 100m 的建築採用膠粉聚苯顆粒複合型外牆外保溫系統，依照北京市地方標準《外牆外保溫施工技術規程（膠粉聚苯顆粒複合型外牆外保溫系統）》（DB11 / T463 - 2007）進行設計和施工。

4.1.4 外循環式保溫通風雙層窗

雙層（或多層）外圍護結構是當今建築節能中所普遍採用的一項節能技術。尤其是雙層（或多層）玻璃幕牆結構在高檔辦公建築中應用更加普遍，這項技術也被人們普遍的稱為“可呼吸式幕牆”。它主要是針對過去玻璃幕牆建築能耗高、不宜開窗通風、無遮陽措施和室內空氣品質過於人工化而產生演變出來的。它的通常做法是利用雙層玻璃牆的圍護結構，中間留出寬度不等的空氣腔並設置可調節的遮陽百頁以達到節能通風效果。根據通風換氣的方式不同，有內循環式和外循環式之分。但不管哪種方式其原理基本是相同的。在冬季雙層玻璃牆之間形成一個陽光溫室，有利於建築保溫節能；在夏季利用通排風技術將雙層玻璃牆之間由於百頁遮陽所產生的熱空氣排走，達到隔熱降溫的目的。

4.2 低碳能源

4.2.1 天然氣清潔能源

與煤炭、石油相比，天然氣是一種清潔燃料，在燃燒中幾乎不產生 SO_2 和煙塵；同時由於天然氣的可燃成分中含有大量的氫，因而燃燒產生的 CO_2 也會明顯減少，只有煤炭的 60%，是石油的 80%。天然氣應用技術包括天然氣熱電冷三聯供技術與天然氣供熱技術（替代燃煤，用於居住區）。天然氣熱電冷三聯供技術通過能量的梯級利用，最大程度的提高能源利用效率。相對常規系統（供熱採取燃氣鍋爐、供冷由電動製冷機承擔、供電由電網提供）而言在供熱工況下可節約用能 25%。同時規劃在淺山區住區組團使用燃氣替代燃煤作為冬季供暖熱源。對於使用燃煤鍋爐作為冬季供暖熱源的區域，需注意在區域集中鍋爐房規劃、設計、建設過程中應採用高效的除塵、脫硫、低氮氧化物排放的清潔燃燒技術。規劃公共建築使用天然氣熱電冷三聯供在夏各莊中心城範圍內的建築面積約 20.48 萬 m^2 ，占公共建築總建築面積的 19.24%。規劃居住區使用天然氣替代燃煤用於供暖的建築面積為 72.2 萬 m^2 ，占居住區總建築面積的 31.87%。

4.2.2 太陽能熱水技術

太陽能熱利用技術包括太陽能熱水器、太陽能光伏發電、太陽能高溫集熱發電、太陽能採暖空調等。夏各莊所在地區屬太陽能資源中等區，全年日照平均為 2710 小時，年太陽輻射總量為 $5103\text{MJ}/\text{m}^2$ ，冬季的太陽總輻射較低。根據現有技術成熟程度、運行成本、運行穩定性等因素，推薦在夏各莊推廣應用太陽能熱水技術。對於目前由於造價高，系統複雜，運行複雜等因素不宜大規模推廣的太陽能採暖、太陽能光伏應用等技術，可在部分建築可部分進行示範應用，不建議作大面積推廣。夏各莊住宅和賓館等建築存在較大的生活熱水需求，各太陽能集熱器應與這些建築物結合設計，注重美觀。同時為保證太陽輻射不足時的熱水供應，太陽能熱水系統可輔助常規能源系統（電、天然氣）聯合使用。太陽能熱水器是目前太陽能熱利用的最成熟和經濟性最好的方式。發展太陽能熱水器作為居民製備生活熱水的主要方式，將降低生活熱水消耗量增長對能源供應和環境保護帶來的巨大壓力。規劃北京夏各莊在居住區使用太陽能熱水技術的建築面積為 60.17 萬 m^2 ，占居住區總建築面積的 26.56%；公共建築區使用太陽能熱水系統的建築面積為 43.27 萬 m^2 ，占公共建築總建築面積的 40.66%。具體規劃使用範圍如圖 2 所示：

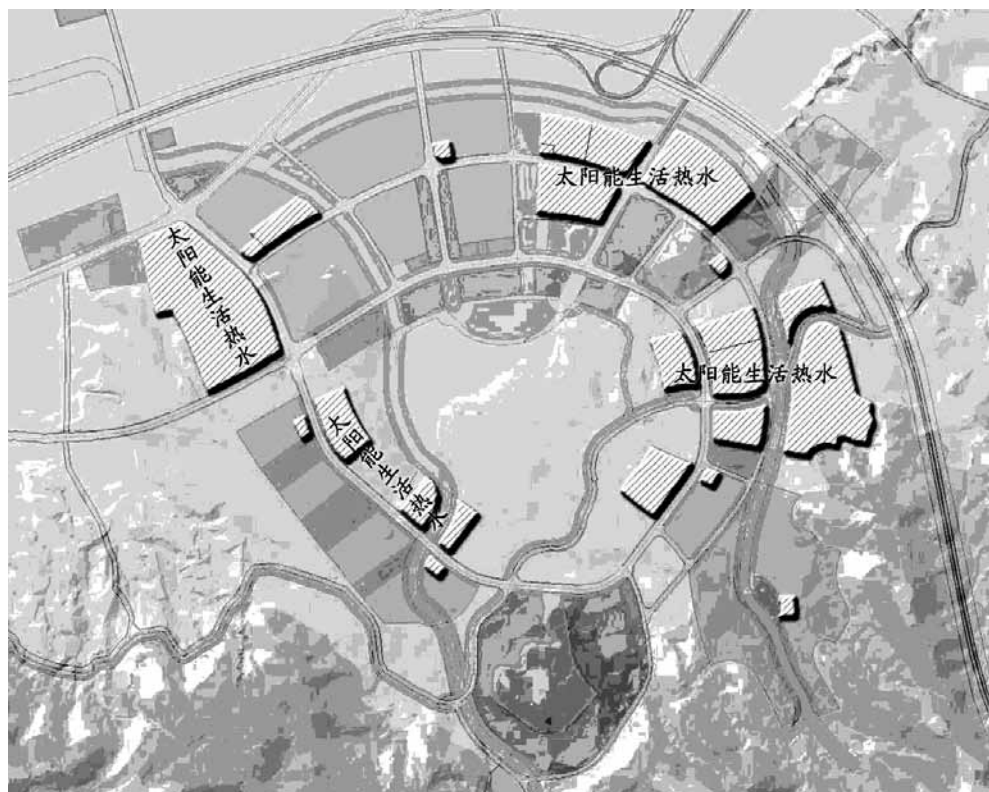


圖 2 太陽能熱水技術適用範圍圖

4.2.3 地源熱泵技術

地源熱泵技術是目前國家大力推廣應用的一種技術。該技術以土壤或水為冷熱源、水為載體在封閉環路中循環進行熱交換的熱泵。通常有地下埋管、井水抽灌和地表水盤管等系統形式。地源熱泵系統是一種利用淺層地能資源、既可供熱又可製冷的高效節能空調系統。可將地源中低位儲能轉換為可利用的高位能源供熱、供冷、供生活熱水（三聯供）。地源熱泵通過輸入少量的高品位能源如電能實現低溫位熱能向高溫位轉移。在冬季把地能中的熱量“取”出來提高溫度後供給室內採暖夏季則把室內的熱量取出來釋放到地能中去。地源熱泵機組的能量流動是利用其所消耗的能量如電能將吸取的全部熱能電能吸收的熱能一起輸送至高溫位熱源。而其所消耗能量的作用是使製冷劑壓縮至高溫高壓狀態從而達到吸收低溫熱源中熱能的作用。其運行原理及能量流動如圖 3 所示。

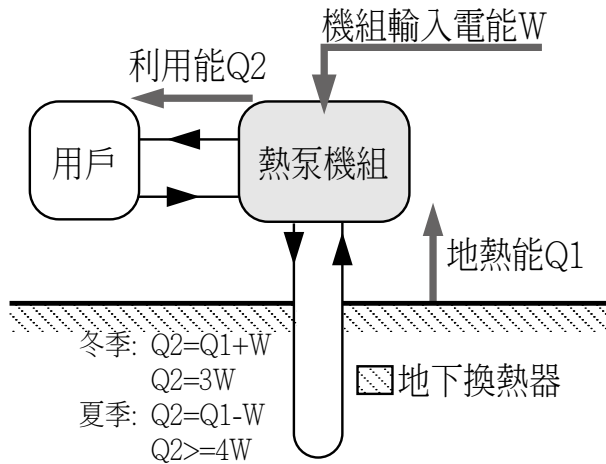


圖 3 地源熱泵系統能量流動示意

地源熱泵系統具有顯著的節能效益。通常，地源熱泵每消耗 1kW 的能量，用戶可以得到 4kW 以上的熱量或 3kW 以上的冷量，設計安裝良好的地源熱泵，平均可以節約用戶 30% ~ 40% 的供熱製冷空調的運行費用。地源熱泵系統是一種清潔能源，地源熱泵不會產生任何污染。與燃煤相比減排 CO₂、SO₂、NO_x & CO₂ 約 68%、93%、73%。製冷劑充灌量比常規空調裝置減少 25%，而且製冷劑洩漏概率大為減少。考慮地源熱泵適用範圍，規劃地源熱泵技術主要用於承擔部分公用建築採暖與空調負荷，規劃推廣建築面積約為 4.38 萬 m²，占公共建築總建築面積的 4.12%。

4.3 節水與水循環

4.3.1 節水器具

節水器具包括水嘴、便器系統、便器沖洗閥、淋浴器、洗衣機等，均應達到《節水型生活用水器具標準》(CJ164-2002) 的相關要求。根據北京市《關於嚴格執行〈節水型生活用水器具〉標準加快淘汰非節水型生活用水器具的通知》，夏各莊新建建築應 100% 普及節水器具。通過普及節水器具，夏各莊中心區生態住區節水率將達到或超過 8%，公共建築區節水率將達到或超過 25%。

4.3.2 中水利用

中水利用是將城市和居民生活中產生的雜排水經過適當處理，達到一定的水質標準後，回用於沖洗廁所、清洗汽車、綠化或冷卻水補充等用途的非飲用水。因其水質介於上水與下水之間而得名。中水利用是污水資源化的一個重要方面。由於有



圖 4 中水回用技術適用範圍圖

明顯的社會效益和經濟效益。夏各莊市政中水利用可結合規劃污水處理廠中水系統建設而開展，重點是建設中水回用管線。居住社區可就近從主幹管取水，社區內部可按中水回用的需要，進行中水管網的規劃與設計。中水回用的主要範圍：道路澆灑、綠地澆灑、河道景觀、地下水回灌、居民沖廁等（規劃使用範圍如圖 4 所示）。

4.3.3 雨水利用

區域雨水利用是針對開發建設區域內的屋頂、道路、庭院、廣場、綠地等不同下墊面所產生的降雨徑流，採取相應的措施，或收集利用，或滲入地下，以充分達到利用雨水資源、提高環境自淨能力、改善鎮區生態環境、減少外排流量、減輕區域防洪壓力的目的。典型的雨水利用技術途徑如圖 5。

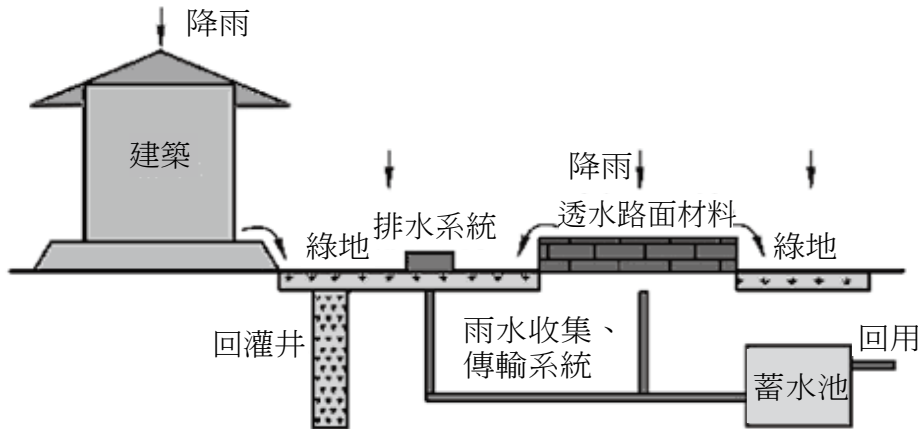


圖 5 雨水利用典型技術示意圖

雨水綜合利用系統是利用生態學、工程學、經濟學原理，通過人工淨化和自然淨化的結合，雨水集蓄利用、滲透與園藝水景觀等相結合的綜合性設計，從而實現建築、園林、景觀和水系的協調統一，實現經濟效益和環境效益的統一，以及人與自然的和諧共存。這種系統具有良好的可持續性，能實現效益最大化，達到顯著的生態效應。但要求設計者具有多學科的知識和較高的綜合能力，設計和實施的難度較大，對管理的要求也較高。規劃將雨水利用技術推廣於住區、道路、綠地系統等多種場合，宜結合所有區域設計需要對雨水利用系統進行綜合考慮、合理設計，全部雨水收集面積約 132.5 公頃，占夏各莊中心城總面積的 38%。

4.3.4 源分離為核心的生活排污系統

源分離技術為核心的排污系統，變傳統的污染物收集—處理流程為分離和資源回用過程。其應用模式如圖 6。該系統的原理是通過專用體系分離、收集生活黃水（尿液），將黃水進行腐熟、肥化和配置處理，製成有機肥在園林養護中進行資源化利用；用鎮內產生的植物廢料配合排污源分離系統產生的化糞池污泥進行發酵處理，製成高效有機肥用於區內園林養護。

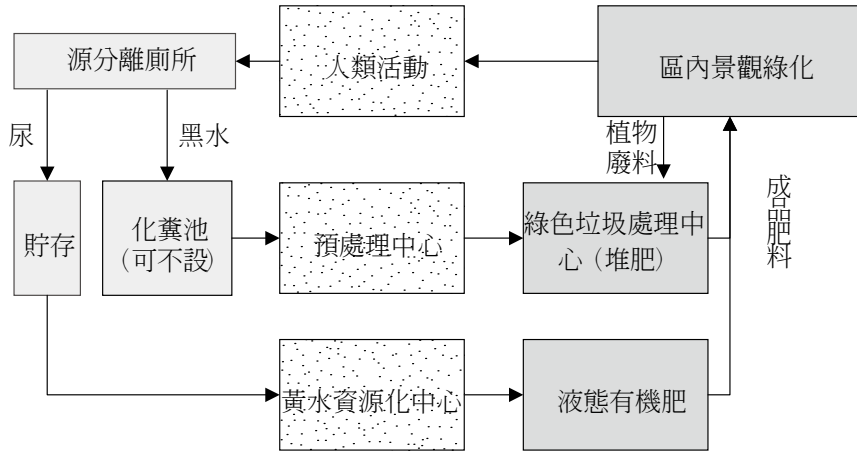


圖 6 源分離為核心的生活排污系統模式

目前常見的源分離設施有堆肥廁所、真空排水廁所和分流廁所等。適宜住區使用的源分離設施主要為源分離便器。採用源分離技術有顯著的節水效益，實踐表明採用源分離系統後，沖廁用水降低為傳統系統的 10%，節水效果明顯，採用源分離技術可實現的節水效果。除節水外，源分離技術可實現污染物資源化利用，在有效去除排污系統中富營養化物質、保護水環境的同時，實現營養物質回收利用。同時糞尿分離後污水中碳氮比趨向有利於污水淨化，解決了常規生活污水處理中的氮降解難題，減少後端處理系統氮的處理負擔，提高中水回用經濟性。規劃居住區內採用源分離生活排污系統的建築面積約 16 萬 m^2 ，占居住區總建築面積的 7%；公共建築區採用源分離排污系統的建築面積約 38 萬 m^2 ，占公建總建築面積的 35%。

4.4 生態綠地碳匯系統

夏各莊中心區是融入在山前淺山區的小鎮，除了規劃區範圍內的綠地，中心綠心及周邊山林（以規劃區周邊 2km 半徑和 200m 等高線為邊界）在氣候調節、固碳釋氧、保持土壤、涵養水源、淨化空氣、減弱雜訊等生態服務功能方面也對夏各莊中心區產生著重要影響。尤其是綠心，其作用類似於城市中心的大型公園，與中心區生態系統密不可分。建議規劃區綠地系統鄉土植物比率高於 80%，物種數量多於 50 種，綠化喬木量不低於 5 株 /100 m^2 綠地，且 100% 採用非傳統水源進行灌溉。城市綠色空間的生態服務功能是指綠地系統為維持城市人類活動和居民身心健康提供物態和心態產品、環境資源和生態公益的能力。它在一定的時空範圍內為人類社會

提供的產出構成生態服務功效，主要包括調節氣候、固碳釋氧、保持土壤、涵養水源、淨化空氣、減弱雜訊、提供休閒教育場所、抵禦大風等自然災害。其中綠色空間產生氧氣、吸收二氧化碳及氣候調節功能是綠色空間生態服務功能的核心內容。

5. 低碳生態城市建設意義及成效展望

作為城市建設的最新理念，低碳生態城市建設要堅持以人為本、生態優先、和諧共生、高效集約、特色突出和可持續發展原則。要綜合運用生態系統的循環機制、共生機制、適應機制，建立符合可持續發展要求的低耗高效生態經濟系統、優質協調的資源環境系統、和諧有序的社會管理系統，實現各系統的互惠共生、良性循環，使城市生活品質、環境品質、產業品質達到國際先進水準，帶動整個區域成為生態環境優越、生態社會和諧、生態文化濃厚、生態經濟發達的生態型現代化新型城市。

根據規劃，夏各莊通過建築隔熱保溫、天然氣清潔能源、太陽能熱水技術、地源熱泵技術、生態綠地的綜合應用，實現每年比常規發展情景減少溫室氣體排放量 36.25 萬噸；通過節水器具、中水利用、雨水利用、源分離為核心的生活排污系統的綜合應用，實現每年比常規發展情景節水 235 萬 m^3 ；通過推行城市生活垃圾源頭消滅、分類收集和綜合利用，按照“村收集、鎮運輸、區處理”的原則，建立完整的鎮、村生活垃圾和糞便清運和處理、處置體系，實施垃圾箱一密閉式垃圾清潔站——垃圾轉運站——垃圾處理處置場的模式，可實現生活垃圾的資源化利用；通過建設生態綠色空間（有效林地面積 403.89 公頃），可實現的調節氣候作用相當於每年節電 16.67 億度，每年大約可釋放 8576t O_2 ，同時吸收 11837t CO_2 ，每年可保持土壤約 10 萬 t，蓄水約 174 萬 m^3 ，還可滯塵 8744 t、吸收 NO_x 153t。由於夏各莊具有北方廣大城市建設密集地區的典型特點，其規劃與建設經驗可作為北方低碳生態城建設的藍本與借鑒，重點領域各種低碳技術示範與推廣，可尋求低碳發展的解決方案並總結可行模式，進而向全市、全國推廣。

參考文獻：

1. MGI, 2008. Preparing for China's urban billions. McKinsey Global Institute, www.mckinsey.com/mgi.
2. 中國科學院可持續發展戰略研究組，2009中國可持續發展戰略報告——探索中

國特色的低碳道路，科學出版社.2009.3

3. 2050中國能源和碳排放研究課題組，2050中國能源和碳排放報告，科學出版社. 2009年7月
4. http://www.china.com.cn/fangtan/zhuanti/2009-07/08/content_18092404.htm
5. 中華人民共和國建設部，綠色建築評估標準（GB/T50378-2006），中國建築工業出版社，2006
6. 中華人民共和國建設部，民用建築節能管理規定（2005），(建設部令第143號)，2005
7. 付林等，天然氣熱電冷聯供技術及應用，中國建築工業出版社出版，2008
8. 羅運俊等，太陽能熱水器及系統，北京：化學工業出版社，2008
9. 中華人民共和國建設部，建築與社區雨水利用工程技術（GB50400-2005），中國建築工業出版社，2006

標準化應對氣候變化的作用及其影響分析

林翎 陳建華*¹ 鮑威*²

氣候變化是人類面臨的共同挑戰。我國是世界上最大的發展中國家，儘管面臨著發展經濟、消除貧困、改善民生的艱巨任務，但我國政府仍高度重視氣候變化問題，也積極採取了切實有效的措施以應對氣候變化問題。

我國是第一個制定《應對氣候變化國家方案》的發展中國家。“十一五”期間我國政府就已經明確提出：從 2005 年到 2010 年，單位國內生產總值能耗降低 20% 左右，主要污染物排放減少 10%，森林覆蓋率從 18% 提高到 20%，可再生能源在一次能源消費中的比例由 7.5% 提高到 10%。為了進一步加大節能減排的工作力度，同時也為加強應對氣候變化工作，我國政府專門成立了國家應對氣候變化和節能減排工作領導小組，在調整經濟和產業結構、淘汰落後產能、發展循環經濟、節約能源、提高能效、發展可再生能源等方面採取了一系列政策措施。

2009 年 11 月 25 日，國務院常務會議決定，到 2020 年我國單位國內生產總值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%-45%，作為約束性指標納入國民經濟和社會發展十二五規劃中，並制定相應的國內統計、監測、考核評價辦法。會議還決定，通過大力發展可再生能源、積極推進核電建設等行動，到 2020 年我國非化石能源占一次能源消費的比重達到 15% 左右；通過植樹造林和加強森林管理，森林面積比 2005 年增加 4000 萬公頃，森林蓄積量比 2005 年增加 13 億立方米。

氣候變化是全球化的問題。應對氣候變化的措施涉及到社會、經濟、技術、政

*1 中國標準化研究院博士工程師

*2 中國標準化研究院工程師

治、文化等眾多方面的眾多因素。近年來國際發展經驗逐漸表明，在減少溫室氣體排放和適應氣候變化方面，尤其是在溫室氣體減排的“三可”（可測量、可報告、可核查）方面，標準化正扮演著越來越重要的角色。聯合國政府間氣候變化專門委員會（IPCC）在 2007 年發佈的報告中指出，國際電工委員會（IEC）、國際標準化組織（ISO）與國際電信聯盟（ITU）發佈的技術標準是當前減緩氣候變化的一種技術途徑，而且隨著相關新技術的不斷發展和成熟，標準將越來越為減小氣候變化的影響發揮重要作用。IEC、ISO、ITU 三位主席在 2009 年 10 月 14 日世界標準日的祝詞中都提到——“標準應對氣候變化”。許多專家已就應對氣候變化提出了一系列的解決方案，包括制定發佈的技術標準，覆蓋了 IPCC 報告中減排技術、政策法規、控制措施、存在的機遇等內容，及其涉及的能源供給、運輸、建築、工業、農業、林業以及廢棄物處理等諸多領域。作為現代化大生產與國際交流、合作、競爭的必要條件，標準化是當前減緩全球氣候變化的重要途徑之一，已有的實踐已經初步證明了標準化的重要價值。

1、標準化在應對溫室氣體減排中的作用

1.1 為應對氣候變化的協議、機制 / 政策、法規提供可操作性的技術支撐

氣候變化是一個全球性的問題，其問題的解決需要以一系列的國際公約和聯合應對機制作為基礎，以國家間的合作作為通用模式，以國家內部的政策和立法作為具體模式。1992 年針對控制溫室氣體排放的第一個國際公約《聯合國氣候變化框架公約》（UNFCCC）及 1997 年的《京都議定書》，形成了現階段應對氣候變化的國際政策與機制基礎。圍繞由此奠定的基本框架，很多國家制定了本國應對氣候變化的國內政策、法規和減排機制。我國也在 2007 年制定了《應對氣候變化國際方案》，積極參與國際的減排行動。

作為實行科學管理和現代化管理的基礎，標準化是落實上述公約與機制的重要措施，為相關的協議、機制、政策、法規提供技術支撐。如 ISO 積極推進溫室氣體減排管理及技術標準規範的制定與落實，將 ISO 14000 系列標準和溫室氣體減排管理有機結合起來，並制定了專門應對氣候變化的 ISO 14064 系列標準。這些標準在一定程度上滿足了國際社會應對氣候變化的需要，對國家間進行溫室氣體減排合作及國家內部進行溫室氣體減排管理提供了依據。

為應對氣候變化開展的標準化工作，有助於使相關的政策、法規具有可操作

性。例如，我國在節能領域開展的標準化工作，成為我國《節能法》、《循環經濟促進法》和許多節能環保政策的強有力技術支撐。特別是強制性終端用能產品能效標準——標準中的能效限定值是為配合實施《節能法》，淘汰高耗能產品制度而制定的內容，它是一個市場門檻。根據《節能法》的規定，不符合能效限定值的產品不能生產和銷售；標準中的“節能評價值”和“能效等級”則是實施自願性節能產品認證制度和強制性能效標識制度的依據。依據能效標準，我國還實施了政府採購、節能燈補貼，節能產品惠民工程等一系列節能政策。

1.2 為溫室氣體排放監測、計算、評價提供解決方案

應對氣候變化的基礎之一，是對氣候變化影響的監測、評估和預測。這不但是考察應對措施必要性、有效性的基礎，而且是進行排放量估算、減排機制磋商、減排義務分配與減排合作的基礎。三大國際標準化組織將“監測溫室氣體排放”“測算網路及產品的碳足跡”作為未來標準化發展的重點，充分說明了標準化在溫室氣體排放監測、計算、評價方面的重要作用。

除此以外，企業作為應對氣候變化的底層單元，在對自身進行溫室氣體排放量估算、評價以及減排目標確定方面，也需要標準化的大力支持。如世界可持續發展工商理事會（WBCSD）與世界資源研究所（WRI）聯合制定的《溫室氣體議定書——企業核算與報告準則》，已經被部分企業採用，具有積極的促進作用。

我國目前還缺乏針對企業、區域進行溫室企業排放監測、計算、評價的標準，相關標準化工作也缺乏系統性。開展相關領域的標準化研究與標準制定，能夠為我國進行溫室氣體估算與減排提供解決方案，更能夠為我國參與國際減排行動提供可靠、可比的資料，加強我國在國際企劃部談判中的主動權。

1.3 促進適應與減緩氣候變化技術的創新與推廣

積極開發並推廣“適應與減緩氣候變化的技術”，是減緩溫室氣體排放的核心內容，直接關係到行動的成敗。而標準化是推動生產管理與技術創新的最有力手段，這已經被很多事實所證明。

如我國節能技術推廣的一個重要障礙就是缺乏技術標準。節能技術最終都會體現在新型高效產品、設備、工藝和材料中，在新型高效產品、設備、工藝和材料的研究過程中，儘快形成技術標準，通過標準的宣傳、實施，對節能技術的推廣，加快節能技術的市場化、產業化具有巨大的推動作用。

產品能效的提高，對減少能源使用量進而減少溫室氣體排放具有直接的貢獻。

同樣，在更大範圍內開發與推廣適應與減緩氣候變化技術方面，標準化也能夠發揮積極的作用。IPCC 在《氣候變化 2007 綜合報告》中已經將水資源綜合管理、國家能源政策、廢棄物綜合管理列入與適應措施相關的重點政策框架，而三個國際標準化組織也在“設計並建造高能效的住宅和工作場所”、“環境和能效標識良好行為的衡量基準”、“推廣有助於減緩氣候變化的新技術”、“推動採用提高能效的新技術與服務”等方面指出了標準化發展的未來方向。

1.4 推動現有體系應對氣候變化的技術升級與管理優化

對現有工業體系、消費體系等的技術升級與管理優化，也是應對氣候變化的重要措施。標準化能夠為上述體系中的主體之間提供共同的語言和相互瞭解的依據，並從全局利益的角度提出發展目標，從而從技術上與管理上對相關活動進行協調和統一。因此，標準化的這一作用，使得標準化在應對氣候變化的過程中具有極其重要的地位。

我國在節能領域施行的能效標識管理制度，通過節能標準化工作充分發揮政府主導、市場導向的作用，促進產業升級換代。依據能效標準實施的能效標識工作開展 4 年來，房間空調器平均能效水準提高 6%，家用電冰箱平均能效水準提高 4%，高效產品的市場份額提高了 30%~40%。目前正在實施的以能效標準和能效標識為技術依據的“節能產品惠民工程”，可以通過財政補貼，調動消費者購買高效節能產品的積極性，擴大高效節能產品市場份額，不斷提高用能產品能源效率鼓勵政策。據測算，通過實施“節能產品惠民工程”，到 2012 年，我國高效節能產品市場份額有望提高 10-20 個百分點，達到 30% 以上，可以根本改變我國高效節能產品市場份額較低的局面，有力推動技術進步和產業升級。而全面貫徹實施單位產品能耗限額標準，據預測，可以淘汰超過 20% 落後產能，為調整高耗能行業產業結構、保證節能目標的實現提供強有力的技術支撐。

以上的標準化措施，都對優化我國用能產品的市場份額、推動產品技術升級起到了明顯的作用。三大國際標準化組織也將“促進環境管理、設計以及能源管理良好行為準則”作為未來標準化發展的方向之一。

1.5 提高公眾對氣候變化的關注度與參與度

應對氣候變化並不僅僅是政府或政府間行為，它關係到每個人的切身利益，因此也是一個全民參與的事業。

對產品與服務碳足跡、碳標籤的研究並標準化，能夠得出單個產品或服務的碳

排放量，使消費者清楚知道自己的某些消費行為對全球氣候變化的貢獻（正的或負的）；而應對氣候變化相關稅收的徵收，更是能夠加強全民應對氣候變化的壓迫感和責任感。而這些均需要以標準化研究與相關標準作為基礎。因此說，標準化在喚起公眾關注氣候變化，進而參與其中的過程中，具有重要的作用。在應對氣候變化相關標準方面，目前主要涉及到組織層面的碳排放量化、核查、報告和產品碳足跡評價等標準。

1.5.1 組織（企業）層面溫室氣體排放量化、核查標準

該標準的目標就是使組織（企業）層面溫室氣體排放清單和專案的量化、監測、報告、審定和核查具有明確性和一致性，供組織、政府、專案實施者和其他利益相關方在有關活動中採用。我國政府在 2009 年 11 月 25 日已經正式承諾了到 2020 年的碳強度減排目標，而組織層面溫室氣體排放量化、核查標準必然會對這一目標的實現起到巨大的支撐作用。

首先，國家的碳強度減排目標要在“十二五”期間進行分解，目前分解方案正在緊張的研究之中，是將指標分解到行業還是分解到區域現在尚不得而知。但有一點是明確的，即無論是按行業分解還是按區域分解，其最終都會將具體的指標細分到各重點企業，類似於“十一五”節能減排目標的分解。其次，目前我國絕大多數企業尚缺乏對溫室氣體排放進行量化的能力，其最根本的原因是缺少統一科學的、符合中國國情的量化方法學標準。最後，如果企業開展了溫室氣體量化工作，如何對量化結果進行核查，也是溫室氣體管理領域一個十分關鍵的技術問題，這關乎到我國企業層面溫室氣體量化結果的準確程度。

因此，積極利用已有的國際標準或開發中國自己的標準，並在企業界全面推廣具有十分重要的現實意義。首先，企業可以在“十二五”開局階段通過開展溫室氣體量化工作摸清家底，全面掌握企業內部溫室氣體排放的總量以及各個生產環節排放情況，為未來發掘企業的減排潛力，制定減排目標、開展溫室氣體管理和風險控制提供了基礎性的資訊資料。其次，在目標期結束階段，通過開展相關量化工作，可以幫助企業檢查減排目標是否實現；最後，企業開展的量化工作，通過第三方的核查，報告給國家，為國家制定溫室氣體減排策略和控制提供全面的基礎資料支援。

1.5.2 產品的碳足跡評價標準

產品的碳足跡是指在某個產品的特定系統邊界內，該產品生命週期內所有各階段產生的溫室氣體排放之和。生命週期通常包括原材料的獲取、生產、運輸、儲存、

運行、使用直至產品的處置。通過對產品碳足跡的評價，可以：

- 掌握產品在現有生命週期內的溫室氣體排放；
- 有利於在與產品有關的生命週期內溫室氣體排放的基礎上評價可替代的產品配置、獲取和生產方法、原材料的選擇和對供貨方的選擇；
- 為現行的旨在減少溫室氣體排放的各項政策制度提供一項基準；
- 允許利用一種共同的、公認的和標準化的生命週期內溫室氣體排放的評估方法比較各類產品；
- 支援企業的產品碳足跡報告，為建立國家產品碳足跡基礎資料平臺提供基礎。
- 除此之外，開展產品碳足跡評價標準化工作對推動國家的碳強度減排目標的實現也必將發揮十分重要的作用。首先，利用相關的方法學開展產品碳足跡評價工作，識別出產品在其生命週期過程中各個環節的碳排放情況，發現問題，為產品的生態設計提供技術參考；其次，通過碳足跡評價，促進產品生命週期中的低碳化過程。與節能燈的推廣模式相類似，如果能大力推廣低碳產品，必將極大的減緩我國的溫室氣體排放。

2、溫室氣體管理國際標準我國企業的影響分析

2.1 ISO 14064 系列國際標準

隨著國際間環保貿易的錯綜複雜，未來溫室氣體問題可能會像 ISO 14001 驗證一樣，透過相應的供應鏈管理，而被要求使用國際公認的標準（如 ISO 14064 標準）進行溫室氣體的核查、報告及驗證，以確認申報資料的公正性及有效性。

聯合國環境規劃署及 ISO 14064-1 對溫室氣體的種類進行了詳細的界定，在原則上，我國可能產生這些溫室氣體的部門或企業都必須進行溫室氣體的管理與減排工作。而且，我國作為《聯合國氣候變化框架公約》締約國和批准了《京都議定書》的國家，更不能忽視溫室氣體排放給國家或企業等所造成的風險。

我國作為一個以基礎工業為主和經濟快速發展的發展中國家，鋼鐵、冶金、石化、煤礦、化工等能源密集度高的產業受到溫室氣體排放管理標準的影響較大，而汽車、家電、醫藥、半導體等能耗相對較少的行業也會受到一定的影響，而有些本來對外資具有強大吸引力的產業，也將因此而不得不進行產業轉移。

溫室氣體對全球氣候和生態環境影響已變得日益受到關注，但大多數企業對於溫室氣體清單編制工作還比較陌生。相對於目前比較成熟的「清潔發展機制

(CDM)」而言，溫室氣體減排項目卻具有更加廣闊的市場。但從企業的角度來講，大多數企業關心的話題是能否從溫室氣體清單編制專案中獲益。

首先，企業可以在核算自己的溫室氣體排放量的過程中，發現並獲得潛在的節能降耗、節約成本的機會，並可通過交易碳減排量來獲得利益。其次，在以後的市場競爭中，企業是否願意承諾更多的社會責任，也從某種角度決定著企業的競爭力與生命力。

社會環保意識的不斷增強將引領市場轉型成為以低碳理念為主導的環境友好型市場，溫室氣體清單編制和披露不但是企業對可持續發展社會的承諾，也將是企業進入環境友好型市場的基石。同時還有利於提升企業的自身形象。對於同樣的一家企業，公眾將會更傾向於選擇更具有社會責任的企業作為自己的合作夥伴。企業應具備高瞻遠矚的目光，積累溫室氣體監察和減排的實踐經驗，從而可以在這一前景可觀的市場中佔據一席之地。

溫室氣體清單編制專案可為企業帶來增值價值，具體表現在：

- 切合了環境友好型經濟的發展趨勢，為企業的未來溫室氣體管理策略提供途徑。企業可以通過這一行為提高企業的形象，向利益相關方展示其致力於全球氣候環境改善的承諾；
- 企業內部可以借此機會逐步建立起核算、監測和報告溫室氣體排放的有效機制，以助於跟蹤溫室氣體減少排放和增加清除活動的進度；
- 可從溫室氣體核算的過程中尋找降低碳排放量並降低能源消耗的潛在機會，進而降低生產成本；
- 可為公司的溫室氣體報告提供保證，增加溫室氣體核算、監測和報告的可信度、一致性、透明度和可靠性，有利於取得利益相關方的信任與認可。此外，還有助於促進企業的溫室氣體減排或增加授信和交易的機會。

2.2 產品碳足跡及標識對我國的影響

2.2.1 技術方面

從 ISO 14067 開始制定之日起，達成的共識是以生命週期評價理論和工具（ISO 14040、14044）為基礎，但存在兩種不同意見：第 1 種是完全按照 ISO 14040、14044 對產品的碳足跡進行量化，以瑞典、日本、瑞士和德國為代表，這主要是由於這些國家應用生命週期評價工作開展時間長，已經建立了生命週期評價資料庫，日本 III 型環境標誌（以生命週期評價為支撐）在世界上是應用最好的；另一種意見認

為，由於針對溫室氣體這一單一環境因素，可以按照 ISO 14040、14044 的方法學框架進行細化和深入規定，但要根據目前溫室氣體量化的實際情況作出簡化和假設，以英國、美國、紐西蘭等國為代表。在開始制定 ISO 14067 時依據的參考文獻主要是英國 BSI 發佈的 PAS2050，也屬於第 2 種觀點。

對我國而言，由於 ISO 14040、14044 實施並不是很好，同時也缺乏產品生命週期評價資料庫，如果標準按照第 1 種觀點制定完成，對我國應用帶來的困難更大。當然，由於貿易的需求，生命週期評價方法在中國的應用在逐步增長，評價資料庫也在建立之中。如果標準按照第 2 種觀點制定，會為我國爭取一定的時間進行能力建設，完成上述基礎性工作。

從 2009 年的 ISO 年會來看，資訊交流中的碳標識（環境標誌）和認證問題引起的爭議很大。不僅是該標準，環境標誌分技術委員會（ISO/TC207/SC3）也討論了在 ISO 14020 標準中增加有關溫室氣體資訊內容。因為標識和認證將來可能會成為新的綠色貿易壁壘，這也是我們在標準制定過程中需要密切關注的。

2.2.2 貿易方面

由於該標準針對的是產品，而中國是產品的出口大國，也是溫室氣體的排放大國，因此該國際標準制定的“遊戲規則”未來有可能成為我國產品出口的綠色貿易壁壘。從目前各國開展的實踐來看，由於認證、環境標識的實施都是成熟模式，將來產品的碳足跡走向認證、標識的可能性很大。ISO/TC207 本身是以環境管理體系起家的，目前制定的標準在這方面的作用也是推波助瀾。

在目前全球競爭激烈的商業環境下，客戶對環保問題越來越關注，企業面臨來自零售商對於減少產品碳足跡的壓力。此外，還有不斷提高的能源價格，這些都使企業把溫室氣體排放核算和管理作為一種當務之急的戰略來考量。無論是國際先進企業，還是中國企業都已經在用實際行動探索“低碳管理”方式。

開展產品碳足跡的核算工作對於我國企業有著重要的影響，主要表現在：

- 減少碳排放也是企業社會責任的一種體現，可以極大的提升企業和產品的社會形象，促進企業的快速成長；
- 應對發達國家對中國產品設置的產品碳排放的要求（如提供碳排放資訊、碳稅等），有效應對可能形成的貿易壁壘；
- 碳減排和能源利用息息相關，通過碳足跡評價發現能源節約的潛在環節，提高企業的生產效率，有效管理供應鏈，節約生產成本；

- 促進企業進行技術革新，改善生產技術，優化資源和能源利用結構，提高企業的市場競爭力。
- 國家大力推動節能減排工作，有利於企業推廣低碳產品，應對國內外相關政策措施。

3 企業在標準化指導下需要開展的工作

對於單一企業來說，應從企業自身利益出發，在國家節能減排政策的大環境下，從能源消耗、生產成本控制、增加社會責任感和環境保護意識等方面入手，積極開展企業的溫室氣體管理工作。具體包括：

3.1 溫室氣體清單編制和報告

按照 ISO 14064 標準的要求積極開展溫室氣體編制和報告並進行必要的核查，把溫室氣體排在概念化的基礎上進行量化，真正瞭解企業在生產過程中的溫室氣體總體排放情況，使企業的管理者做到“心中有數”，必要的核查可以確保溫室氣體清單的相關性、完整性、一致性、準確性和透明性。

3.2 計算選定產品的碳足跡

面對目前國際上有關碳排放的要求，企業需要選擇重點產品進行碳足跡的計算和報告。部分發達國家在跨境貿易中要求生產企業提供產品的碳資訊，而我國是一個生產大國，產品出口量逐年遞增，為了能在將來的經濟活動中減少碳排放相關“貿易壁壘”影響，開展碳足跡工作迫在眉睫。

3.3 建立相關管理體系

企業在開展溫室氣體管理行動中不斷完善監測和資料管理手段，同時需要在企業的管理上加強溫室氣體相關管理體系建設，形成一整套科學的可持續進行和完善的溫室氣體管理文件，並納入到管理體系中。

3.4 提高產品競爭力

溫室氣體管理的目的之一是使企業能夠通過這項工作瞭解能源使用情況、生產工藝和廢棄物處理等工作環節，從中找出潛在的能源節約方法，降低生產成本，從而在價格上處於市場的有利位置。從經驗上來看，大多數的生產型企業的溫室氣體排放主要來源於各種能源的消耗，因此減少溫室氣體排放潛力主要來源於節約能源，而耗能的減少不僅降低成本，同時也為企業帶來的社會效益，在消費者中樹立節能環保、綠色低碳發展的社會形象。

3.5 積極開展溫室氣體減排行動

企業在瞭解自身溫室氣體排放和產品的碳排放情況後，可根據政策和市場活動的需要，挖掘各個生產環節和供應鏈環節的減排潛力，通過技術改造和產品的管理來實現溫室氣體的減排目標，從而做到無論在國際貿易、市場競爭、環境保護和社會責任方面處於領先的地位。

參考文獻

1. 國家標準化管理委員會. 2002. 中華人民共和國國家標準目錄. 北京:中國標準出版社
2. 紀正昆. 2009-10-14. 通過標準應對全球氣候變化是全球共同責任. 中國品質報. 第四版
3. 李春田. 2009. 標準化概論. 北京:中國人民大學出版社. 48-49
4. 李習斌. 1991. 系統工程—理論、思想、程式與方法. 河北:河北教育出版社
5. 梁燕君. 2005. 發達國家標準體系的特色與啟示·大眾標準化. (5): 24-26
6. 劉德. 1997. 關於標準化基本原理探討. 航太標準化. 1: 6-8
7. 劉崢環. 2005. 標準與標準化·北京:中國計量出版社. 25-38
8. 宋成. 2003. 中國標準化現狀與對策建議. 公路交通科技. 4: 45-47.
9. 宋傳平. 2004. 物流標準化工作淺談. 交通標準化. 5: 22-23
10. 王金才. 2006-01-18. 標準化的基本原理.
11. 殷培紅, 趙毅紅, 裴曉菲. 2009. 溫室氣體減排監管政策的國際經驗. 環境保護, (11): 59-61
12. 劉蘭翠, 范英, 吳剛, 魏一鳴. 2005. 溫室氣體減排政策問題研究綜述. 管理評論, 17 (10): 46-54
13. 白洋. 2010. 論我國碳排放權交易機制的法律構建. 河南師範大學學報 (哲學社會科學版), 37 (1): 86-89
14. 童玉妹. 2009. 清潔發展機制的現狀分析與前景研究. 南開大學碩士學位論文
15. 孫麗萍. 2009. 國際排放貿易的發展趨勢及其對中國經濟的影響效應分析. 中國海洋大學碩士學位論文
16. 楊志, 陳軍. 2010. 應對氣候變化: 歐盟的實現機制——溫室氣體排放權交易體系. 內蒙古大學學報 (人文社會科學版), 42 (3): 5-11

17. 塗毅.2008.國際溫室氣體(碳)排放權市場的發展及其啟示.江西財經大學學報，(56)：15-19
18. 畢旗凱.2009.國際碳排放交易機制與中國碳排放市場的建立.上海外國語大學碩士學位論文
19. 馮相昭，賴曉濤，田春秀.2010.關注低碳標準發展新動向——英國PAS2050碳足跡標準.環境保護，(3)：74-76
20. 吳仲賢.2010.從組織減排到產品碳標示碳足跡的標準與量化.家電科技，(6)：60-61
21. 於勝民.2008.中印等發展中國家應對氣候變化政策措施的初步分析.中國能源，30(6)：17-22，27
22. 趙霞，朱林，王聖.2010.歐盟溫室氣體排放交易實踐對我國的借鑒.環境保護科學，36(1)：57-60
23. 周仲凡.2009.清潔生產與清潔生產審核方法.中國標準出版社
24. IPCC. 2006. IPCC Emission Factor Database - Overview and Its Management System. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
25. 國家發展和改革委員會應對氣候變化司.2010.“中國準備第二次國家資訊通報能力建設”專案年度進展研討會會議紀要(二).國家資訊通報.
26. <http://nc.ccchina.gov.cn/web/NewsInfo.asp?NewsId=462>
27. ISO.2008.ISO14064-1: Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emission and removal. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=38381
28. 江淑敏,徐天祥.2009.我國碳市場構建的設想.中國新技術新產品,(10),101

ISO 14067 產品碳足跡 國際標準的進展及其對 我國的影響分析

陳亮 劉玫*

由溫室氣體引起的地球氣候變暖是人類社會在未來年代中所面臨的最大挑戰之一，因而受到國際社會的高度重視與關注，並為此作出了持續的努力。在 1992 年的裏約全球峰會上，通過了《聯合國氣候變化框架公約》(UNFCCC)，這是控制溫室氣體排放的第一個國際公約，也是國際社會在應對全球氣候變化問題上進行國際合作的一個基本框架。1997 年 12 月，在 UNFCCC 第三次締約方大會上，又通過了《京都議定書》(KP)，提出在 2008 年至 2012 年間，將發達國家的二氧化碳等 6 種溫室氣體的排放量在 1990 年的基礎上平均減少 5.2%。《京都議定書》是國際社會首次以法規形式對限制溫室氣體排放作出規定，它對抑制全球氣候變暖具有重大作用，同時也給世界各國，包括發達國家和發展中國家的生產和消費行為方式造成巨大影響。2005 年 2 月 16 日，《京都議定書》正式生效。

2007 年 12 月召開的巴厘島會議上，ISO 召開了“以標準化應對氣候變化”的研討會，引起了各國對標準化對應對氣候變化的作用的強烈關注。聯合國政府間氣候變化專門委員會 (IPCC) 在 2007 年發佈的報告中指出，國際電工委員會 (IEC)、國際標準化組織 (ISO) 與國際電信聯盟 (ITU) 發佈的技術標準是當前減緩氣候變化的一種技術途徑，而且隨著新技術的不斷發展和成熟，標準將越來越為減小氣候變化的影響發揮重要作用。

* 中國標準化研究院研究員

一、標準出臺背景

2007年11月ISO/TC207/SC7(ISO環境管理技術委員會溫室氣體管理和相關活動分技術委員會)成立後，開始醞釀制定溫室氣體管理方面的新標準。2008年1月和4月，SC7連續召開了兩次會議，決定成立第二工作組(WG2)，專門負責有關產品溫室氣體管理標準的制定。

在2008年6月哥倫比亞舉辦的ISO/TC207第十五屆年年會上，SC7/WG2根據會議討論情況，將工作目標定位於制定《產品的碳足跡》(ISO 14067)國際標準的新工作專案建議。該標準將由兩部分組成，第1部分是關於產品碳足跡的量化(ISO 14067-1)，第2部分是關於產品碳足跡資訊交流(ISO 14067-2)。編制該標準的目的是通過生命週期評價(LCA)的方法，量化一個產品在整個生命週期中溫室氣體的排放，並對結果進行資訊交流。會後，SC7向各成員國徵集專家參加WG2工作組並通過了新工作專案提案的投票。這標誌著產品碳足跡國際標準制定工作的正式開始。

到目前為止，SC7/WG2又召開了6次會議。由於標準備受矚目，每次參加會議的代表都在50人以上，包括各個國家的標準化管理機構或標準化研究機構、政府、非政府組織、企業和科研單位等。ISO 14067國際標準的進展總結如下：

1. 2009年1月21-23日，馬來西亞

由於產品的碳足跡話題從各方面來講是一個新方向，因此爭議較多，很多國家代表對基本概念、內容、方法學等有較大分歧，會議前準備的工作組草案(WD)被推翻，但代表們還是同意新工作專案中標準的大綱。決定組成兩個分工作組，分別負責標準第一、二部分的起草，並確定了完成有關標準各階段的重要日期。

2. 2009年6月21-25日，埃及

ISO 14067的第一版工作組草案(WD.1)經過3個月的傳閱和意見回饋期，共收到764條意見。其中對於有些技術內容，如可再生能源的處理，分歧較大，決定繼續收集技術報告和各國實踐才能確定；關於是否採用100年的全球增溫潛勢意見也不統一；關於產品種類規則(PCR)的問題，即方法學是否要嚴格按照PCR的要求爭論較大；部分碳足跡的含義和在B2B中的用法、資料和資料品質等都成為遺留問題。對第2部分關於資訊交流的全部意見都進行了討論，並對草案進行了修改，但對標準中的“標識”等敏感內容爭執不下。

3. 2009年10月19-21日，奧地利

本次會議除了討論ISO 14067的第二版工作組草案(WD.2)的內容和回饋意見

外，最重要的一項決定是延長標準的制定週期，從通常 36 個月延長到 48 個月，即最終稿將於 2012 年完成。

4. 2010 年 2 月 9-12 日，日本

對 ISO 14067 的第三版工作組草案（WD.3）的內容和回饋意見進行討論，其中重點關注和解決以下問題：

- “碳足跡標識”問題：針對產品碳足跡評價的結果究竟採取什麼樣的資訊交流方式這一核心問題，工作組的專家展開了激烈的討論。以瑞典和英國為代表的一些國家支援資訊交流的方式以“碳足跡標識”為主，這樣可以更直接明確的讓消費者或任何一方利益相關方能瞭解到關於產品的碳排放評價資訊。而絕大多數國家的代表認為資訊交流的方式可以有很多種，不應該僅僅局限於“標識”這一種方式上，因此建議在14067第二部分資訊交流這一標準中不應將“標識”作為資訊交流的唯一方式。
- 產品種類規則（PCR）：在14067-1中，對產品碳足跡進行量化的時候，如果有現成的產品種類規則（PCR）可供參考，則優先選用已有的產品種類規則（PCR）。如果沒有現成的PCR可供參考，則可根據具體的評價目的和實際需求，編制特定的產品種類規則（PCR）。而在14067-2中，對產品的碳足跡評價進行資訊交流時應根據實際交流的方式決定是否採用PCR進行交流，不同情況下所提出的要求應該有所區別。
- 核查問題：在ISO 14025,14044,14064-3等系列標準中都提到了有多種核查的方式和途徑。在上述這些標準中規定的對核查的最基本要求在14067中都應該有所體現，而且在本標準中要對各種核查的要求要做出解釋。同時，有關核查的內容將全部在14067-2中體現，在14067-1中不再出現。
- 術語和定義：本次起草組會議決定要重新編寫部分術語，包括“partial carbon footprint”（部分碳足跡）和“carbon storage”（碳存儲）等。建議應該採用更科學、更準確的、更容易被大家廣泛接受的術語來對其進行描述。特別針對在“碳存儲”中所涉及到的概念“延遲排放”這一提法，應更加嚴謹，應該對短期延期排放和長期延期排放做出必要的區分。
- 取捨準則：針對在評價過程中涉及到的取捨準則這一問題，起草組的專家也進行了激烈的討論。目前這兩部分標準對這一問題的描述不夠準確，建議相關起草組成員再認真考慮一下這個問題，對其中的內容重新準確的予以描述。

5. 2010年7月11-17日，墨西哥

對 ISO 14067-1、2 第一版技術委員會草案 (CD.1) 收到的意見 (分別為 963 條、505 條意見) 分別進行了討論。以瑞典為首的一些國家 (如瑞士、芬蘭、英國、美國等) 希望將 ISO 14067 的第 1、2 部分合併，在會上日本、中國都表示了反對，認為還需要進一步開展研究以決定是否支援兩部分標準的合併。

第 2 部分資訊交流一個重大改變是：不再局限於 III 型環境標誌，而是擴大為 5 種資訊交流形式：碳足跡分析報告、I、II、III 型環境標誌、其他類型 (參照 ISO 14063)。標準將分別對這 5 種交流方式提出要求。為此，該部分標準的結構和內容將發生很大變化。

第 2 部分關於核查的部分，尤其是用於和消費者進行資訊交流時，不再強調由獨立的第三方完成，而是可以從 ISO 14064、14025、14040 提供的核查以及內、外部評審三者選其一，靈活性增強了。

6. 2010年7月11-17日，義大利

對 ISO 14067-1、2 第二版技術委員會草案 (CD.2) 收到的意見 (分別為 740 條、743 條意見) 分別進行了討論。會議決定將兩個標準完全進行合併，2011 年 3 月初對合併後的稿子重新進行投票。同時決定，2011 年 6 月在挪威奧斯陸舉行工作組會議將對 3 月份的投票結果進行討論，並對標準進行修改完善形成國際標準草案 (DIS)，然後進行投票；2012 年 3 月計畫申請在中國召開 WG2 最後一次工作組會議。

本次標準內容最大的調整是資訊交流這一部分。即資訊交流的物件明確的細分為三種：與消費者之間的交流、企業間的資訊交流、與利益相關方之間的交流。根據資訊交流的物件不同，資訊交流的方式可分為：碳足跡分析報告、績效跟蹤報告、I、II、III 型環境標誌等幾種形式。對於每一種資訊交流方式的要求也有所區別。即，碳足跡分析報告和績效跟蹤報告的資訊交流不需要 PCR 和進行核查；而對於 I、II、III 型環境標誌的資訊交流方式則必須有 PCR，並進行第三方的核查。

二、標準的內容分析

1· 產品的碳足跡 第 1 部分：量化 (ISO 14067-1)

範圍 (第 1 章)：該標準以 ISO 14040 和 ISO 14044 中提供的生命週期評價方法 (LCA) 為基礎，對產品的碳足跡量化研究的原則與要求進行規定。

規範性引用檔

（第2章）：包括ISO 14040、ISO 14044、ISO 14064-1、ISO 14025、ISO 14065，還有可能調整和增加。

術語和定義

（第3章）：按照一定的分類（溫室氣體、產品及其系統和過程、生命週期評價、組織和感興趣的團體、資料和資料品質、農業和林業及生物質、碳足跡資訊交流，共七類），給出了術語和定義共計41條。大部分引自ISO 14064-1、ISO 14065、ISO 14040、ISO 14044、ISO 14025等，還有一些需要進一步討論。

原則

（第4章）：揉和了14040、14064的原則要求，主要包括生命週期的觀點、相對的方法和功能單位、反復的方法、科學方法的優先性、相對性、完整性、一致性、準確性、透明性、避免重複計算。

方法學框架

（第5章）：是標準第1部分的核心內容，主要由4條組成，即基本要求、碳足跡量化的目的和範圍、碳足跡的清單分析和溫室氣體排放、清除及儲存的环境影響。

在碳足跡量化的目的和範圍中，標準對碳足跡研究的目的、範圍、功能單位（ISO 14044）、產品系統和系統邊界（抵銷的處理、資料和資料品質、碳足跡分析的時間段、使用階段和情景、生命週期終止階段）做出了規定。

在碳足跡的清單分析中，按照ISO 14044的內容，對資料的收集、審定、資料與單元過程和功能單位的關聯、系統邊界的調整做出了基本要求，並對基準年碳足跡、特定溫室氣體排放源和匯（電力、土地利用變化、土壤碳變化、碳儲存、碳捕獲、家畜和土壤非CO₂排放、航空器排放）、分配等進行規定。

在溫室氣體排放的環境影響中，明確提出了產品供應鏈中產品的溫室氣體排放影響應由溫室氣體排放量乘以100年全球增溫潛勢（GWP）得到，其單位是千克CO₂當量/千克排放量。產品的碳足跡是這些影響計算結果的總和。

產品碳足跡的解釋（第6章）：內容引自ISO 14044。

報告

（第7章）：明確報告是資訊交流的基礎。對報告應包括的內容及第三方報告需包

含的內容進行規定。

2. 產品的碳足跡 第 2 部分：資訊交流 (ISO 14067-2)

範圍

(第1章)：該標準對按照ISO 14067-1量化的產品碳足跡的資訊交流要求進行了規定，並提供了指南。標準尤其對資訊要在清晰、可信、一致和可比較的基礎上進行交流，或在特定條件下用於商業到商業模式等方面的要求作了規定。

規範性引用檔

(第2章)：包括ISO 14020、ISO 14025、ISO 14040、ISO 14044、ISO 14064-1，3。還有可能調整和增加。

術語和定義

(第3章)：除了按第一部分對術語進行分類外，該標準增加了碳足跡資訊交流術語的類別，包含3條術語。

原則

(第4章)：強調資訊交流的參與性、透明性、相關性和公平性。

產品種類規則 (PCR) 的應用

(第5章)：明確如果碳足跡資訊用於和消費者交流，則應使用PCR。並依照ISO 14025對碳足跡產品種類規則 (CF-PCR) 的最低要求進行了規定。

產品碳足跡聲明方案

(第6章)：建立聲明方案是可選的。如果有，則對方案的範圍、操作者提出要求。

碳足跡資訊交流的要求

(第7章)：包括總要求、直接對消費者提供聲明的要求等。另外，對總排放和各階段排放、碳足跡的減少的聲明、進行比較的聲明也分別有要求。

核查

(第8章)：與消費者交流的核查要求，與ISO 14025，14044，14066的有關要求相一致。

3. 產品碳足跡分析的局限性

其局限性主要體現在兩個方面：

(1) 只針對一種環境因素

產品碳足跡分析關注產品在整個生命週期內對“氣候變化”這一單環境因素的影響，但產品也可能對其他環境因素，如資源枯竭、空氣、水、土壤、生態系統和人體健康等產生影響。不同的產品，對不同環境因素的影響程度都是不相同的。減少一種環境影響可能會導致其他環境影響的增加。例如，減少水污染可能帶來溫室氣體排放的增加，使用生物質減少溫室氣體排放可能會影響到生物多樣性。

因此，僅憑藉碳足跡分析結果資訊（例如，標註在產品上的碳足跡數值）而做出採購決定（如消費者在超市購買產品）可能會與真實情況（產品對各種環境因素的綜合影響）相矛盾。

（2）生命週期評價方法學本身的局限性

由於該標準對產品的碳足跡分析以 LCA 為基礎，按照 ISO 14040 和 ISO14044，LCA 固有的局限性包括下列幾個方面：功能單位和系統邊界的建立、資料來源及其可獲得性、分配原則、運輸和處置情況的確定、對消費者使用習慣的假設等。這些都會對碳足跡分析結果產生很大的影響。

三、國際標準的制定對我國可能產生的影響分析

1· 技術方面

（1）產品的碳足跡 第1部分：量化（ISO 14067-1）

從 ISO 14067 開始制定之日起，達成的共識是以 LCA 理論和工具（ISO 14040，14044）為基礎，但存在兩派意見：第 1 種是完全按照 ISO 14040、14044 對產品的碳足跡進行量化，主要以瑞典、日本、瑞士和德國為代表。這主要是由於這些國家應用 LCA 工作開展時間長，建立了 LCA 資料庫，日本 III 型環境標誌（以 LCA 為支撐）在世界上是應用最好的；另一種意見認為：由於針對溫室氣體這一單一環境因素，可以按照 ISO 14040、14044 的方法學框架進行細化和深入規定，但要根據目前溫室氣體量化的實際情況作出簡化和假設，主要以英國、美國、紐西蘭等國為代表。在開始制定 ISO 14067 時依據的參考文獻主要是英國 BSI 發佈的 PAS 2050，也是第 2 種觀點。

第 1 種觀點經常被人質疑，如果完全按照 ISO 14040、14044 進行產品的碳足跡量化，則不需要制定 ISO 14067。從目前情況來看，兩派意見此消彼長，尚未達成一致。如：第二版工作組草案（WD.2）主要反映了第 2 種觀點，但是第三版工作組草案（WD.3）又傾向於第 1 種觀點，未來還將有激烈交鋒。

對我國而言，由於 ISO 14040、14044 實施並不是很好，同時也缺乏產品 LCA 資料庫，如果標準按照第 1 種觀點制定完成，對我國應用帶來的困難更大。當然，由於貿易的需求，LCA 方法在中國的應用在逐步增長，評價資料庫也在建立之中。如果標準按照第 2 種觀點制定，會為我國爭取一定的時間進行能力建設，完成上述基礎性工作。

(2) 產品的碳足跡 第2部分：資訊交流 (ISO 14067-2)

從 2009 年年會來看，資訊交流中的碳標識（環境標誌）和認證問題引起的爭議很大，不僅是該標準，環境標誌分技術委員會（ISO/TC207/SC3）也討論了在 ISO 14020 標準中增加有關溫室氣體資訊內容。因為標識和認證將來可能會成為新的綠色貿易壁壘，這也是需要我們在標準制定過程中密切關注的方面。

2. 貿易方面

由於該標準針對的是產品，因此在國際上得到了非常廣泛的關注。中國是產品出口大國，也是溫室氣體排放大國，而 ISO 14067 產品碳足跡國際標準主要是美國、英國、瑞典、德國等發達國家主導的，其標準的技術內容大都體現發達國家的基本利益，看似內容很公平，實則內容中潛在的一些技術細節很有可能成為限制發展中國家進一步發展的一柄利劍，未來極有可能成為我國產品出口方面的綠色貿易壁壘。從目前各國開展的實踐來看，由於認證、環境標識的實施都是成熟模式，將來產品的碳足跡走向認證、標識的可能性很大，ISO/TC207 本身以環境管理體系起家，目前制定的標準在這方面也是推波助瀾。具體而言，如量化中使用的排放因數，中國電力主要是煤電，排放因數大，如果標準用於同類產品間的比較，就將對我國的出口產品不利。還有，產品的碳稅問題，如果標準用於為碳稅提供技術支撐，也會對我國出口商品形成威脅。

另一方面，我國的一些產品，如竹林產品等，如果實施碳標識制度，則可能通過此舉提升我國產品出口的環境競爭力，有利於出口貿易。我國竹種資源無論從數量、竹林面積和蓄積量方面，還是竹林產品的產量，皆居世界產竹國之首。而且竹林具有成活率高、速生等特點，因此竹林一方面可以成為我國的一個重要的森林碳匯，而且通過竹林的輪種可生產大量的竹產品，環境效益和經濟效益十分可觀。因此，碳足跡及其標識對貿易的影響將是一柄雙刃劍。

3. 國際談判

除此之外，該國際標準中的某些技術內容與我國的基本國情不符，為我國的氣

候外交談判帶來一定的衝擊和壓力。例如，針對我國很多行業都存在的“兩頭在外”的情況（即原材料從其他國家進口，產品銷往國外），國際標準規定兩頭和中間（生產）的排放都應核算到一個企業或一個產品中，這樣無形當中我國的碳排放總量“被增加”了，這也直接導致我國在國際氣候變化談判中面臨著巨大的壓力，同時也不利於我國企業和產品參與到日益激烈的國際貿易競爭談判中。

4. 技術方面

ISO 14067 產品碳足跡國際標準未來在我國的廣泛應用，有可能帶來大面積的行業“技術入侵”，導致我國自主創新能力和經濟利益受到嚴重損害。進入 21 世紀，世界各國特別是發達國家越來越重視技術標準和管理標準的制定和實施，這是因為這些標準很可能會帶來新的“技術壁壘”和“技術入侵”。而氣候變化領域，發達國家由於介入時間早，技術實力雄厚，因此這些國際標準基本上代表了發達國家的利益，通過這些標準的實施達到它們對發展中國家的“技術入侵”。我國作為一個以基礎工業為主和經濟快速發展的發展中國家，鋼鐵、冶金、石化、煤礦、化工等能源需求密集度高的產業受到產品碳足跡國際標準的影響較大，而汽車、家電、醫藥、半導體等能耗相對較少的行業也會受到一定的影響。而這些領域的核心尖端的技術往往都掌握在發達國家手中，以往發達國家想通過“赤裸裸”的“技術入侵”來控制我國的這些與國計民生關係重大的行業，這往往會受到來自各方的阻力，而現在可以名正言順的以“應對氣候變化，減少產品碳足跡”的藉口真正實現它們的“技術入侵”，進而達到以技術控制我國的重要產業的“醜惡目的”，最終使我國的自主創新能力和國家利益受到嚴重損害。

例如，世界許多國家將碳排放量作為汽車准入的重要控制標準。歐盟將從 2012 年開始對二氧化碳排放量超過 130 克 / 公里的新車進行懲罰，到 2015 年歐盟新車平均碳排放量將逐步降至 130 克 / 公里，到 2020 年為 95 克 / 公里，並以此標準設置不同的汽車碳關稅。美國眾議院 2009 年 6 月 26 日通過《美國清潔能源安全法案》，授權美國政府向因拒絕減排而獲得競爭優勢的國家的出口產品徵收“碳關稅”。各國政府出臺的汽車排放法規，勢必將成為一種新的市場准入壁壘。中國汽車產業如不加快技術改造升級實現低碳排放目標，出口必將受阻於碳排放標準的貿易壁壘。換句話說，如果我國的汽車產業不加大自主創新力度，那麼未來試圖增加出口的唯一途徑就是通過引進國外發達國家的先進技術，這勢必會造成某一產業大面積的技術入侵，對我國的技術自主創新能力造成非常大的衝擊，同時也使得我國的產業發展的

收益率大大降低，使得發達國家通過對技術的控制達到其對經濟收益的大肆掠奪。

四、國際標準的研製將會加快碳標籤制度的建立

國際社會高度關注 ISO 14067 產品碳足跡的國際標準，這其中一個很重要的原因就是通過該國際標準進一步推動產品碳標籤制度的廣泛建立。

1. 碳標籤基本概念

碳標籤是為了緩解氣候變化，減少溫室氣體排放，推廣低碳排放技術，把產品生命週期——從原料、製造、儲運、廢棄到回收的全過程的溫室氣體排放量（碳足跡）在產品標籤上用量化的指數表示出來，以標籤的形式告知消費者產品的碳資訊。

碳標籤概念源於上世紀九十年代關於“食物里程”的探討。所謂“食物里程”（Food Miles），指的是消費者飲食消費與食物原產地之間的距離，是評價食物對環境造成的影響的其中一個方面。“食物里程”越大，表示食物經過的運送過程越漫長。“食物里程”暗含的資訊便是用於食物包裝與保存的材料、運送過程中交通工具所消耗的汽油，以及隨之產生的廢氣，將增加環境的負擔。

英國政府環境與鄉村事物部於 2005 年提出的研究報告指出，在 1978 至 2002 年間，使用貨車運送食品的比率增加 23%，其運輸距離也增加達 50% 之多。這種情況被視為是導致二氧化碳排放量增加的主要環境問題，即食物的運輸階段對全球暖化有著較為明顯的影響。因此，碳標籤的作用主要是呈現產品或服務全球暖化的衝擊資訊，作為消費者選購產品或服務的參考依據。

2. 碳標籤標識意義

通過碳標籤制度的施行，能直接影響消費者與廠商的消費和生產決策行為，為消費者提供綠色消費嚮導。具體而言，產品或服務標示碳標籤有兩層意義，一方面有利於購買者和消費者更快地掌握產品的環保性能，並引導其選擇更低碳排放的商品；另一方面，企業也可經由碳足跡盤查實現碳排放來源的透明化，瞭解生產過程哪個環節會產生較多碳排放，進而積極採取減少對環境產生不良影響的改善措施，從而達到減少溫室氣體排放、緩解氣候變化的目的，有利於全球環保事業的健康發展。

目前，各國 / 地區對碳標籤制度的關注日益加深，不少國家 / 地區已經推出了相應的碳標籤制度。未來，碳標籤很可能成為一種潛在的新型貿易壁壘，因此對於企業尤其是出口企業而言，需高度重視碳標籤制度，持續關注國際市場動向，積極採

取應對措施。碳標籤制度的深遠意義在於：

- (1) 將有助於產品的生產工序更加透明化，幫助企業瞭解CO₂排放源與排放量，從而通過高效的能耗控制程式，諸如實現廢棄物產生量最小化、使用可再生資源、降低石化能源消耗量等措施，大大降低企業成本，增強企業乃至整個產業的環境友好能力；
- (2) 通過引進低碳設計與生產，有助於提升產品/服務品質，促進產品更新換代，創造與實現產品/服務的差異化，更容易獲得顧客青睞，有利於提高企業的品牌知名度與美譽度，提升消費者信任度與忠誠度，從而進一步擴大產品/服務市場份額，贏得優勢；
- (3) 獲得碳足跡標籤，表示企業以實際行動證明其產品的CO₂排放管理與減排方面的承諾，履行了社會責任，積極回應政府的低碳計畫與應對氣候變化，同時也因碳排放資訊公開引起了消費者/客戶的比較與關注，促使企業創造更大的碳排放減量機會，這將進一步增強企業的社會責任感，提高企業在改善環境方面的目標。

3. 碳標籤發展狀況

從 2007 年起，國外關於碳標籤的討論開始不斷湧現，並有不少國家的政府部門和行業協會開始了這方面的應用和推廣活動。其中，英國是全球最早對產品推出碳標籤制度的國家。英國政府為應對氣候變化專門資助成立了英國碳信託有限公司（Carbon Trust）。碳信託有限公司於 2006 年推出了碳減量標籤（Carbon Reduction Label）制度，鼓勵向英國企業推廣使用碳標籤，相關行業協會也在會員企業中推廣氣候變化的認知，並於 2007 年 3 月試行推出全球第一批標示碳標籤的產品。

日本緊隨英國，鼓勵各公司自願推出產品碳標籤，在商品包裝上詳細標註產品生命週期每個階段的碳足跡，以便消費者能夠作出理性判斷，支援同類產品中溫室氣體排放更少的產品。歐盟委員會積極推出新的規則對生物燃料的碳足跡評價做出相關規定。法國政府也鼓勵零售商對碳足跡進行核算，簽發了零售商和貿易企業可持續發展的規定。韓國、泰國、瑞士、瑞典、美國、德國、加拿大等國也紛紛推出碳標籤計畫。到目前為止，已有 14 個國家與地區推出或即將推出碳標籤制度。

另外，發達國家和多商家也都展開了諸多碳標籤的嘗試。特易購（Tesco）是英國最大的超市，市場份額達到 31%，全球化程度也較高。2007 年 1 月 Tesco 總裁 Terry Leahy 先生表示長期來看要在所有上架的 7 萬種商品上都加註碳標籤，並從

2008年4月開始在20種商品上進行試點。在過渡性期間會在空運的商品上加註飛機標誌的小標識，表明空運在商品的生命週期中是主要的溫室氣體排放來源之一。這種標識很快也被特易購的競爭者瑪莎（Mark&Spenser）以及瑞士的零售商Coop採用。法國超市巨頭卡西諾（Casino）也採用了自身的氣候變化標籤體系，用“食物里程”的概念來表述溫室氣體排放量，在自有品牌的商品上同時標註環境友好和CO₂排放量兩個商標。卡西諾的碳標籤嘗試行為得到了法國環境能源管理局的認可，法國政府呼籲其國內所有零售商採用相似的碳足跡和碳標籤體系。沃爾瑪（Wal-Mart）也通過推行碳評分制度，要求供應商進行碳足跡驗證，並逐步將產品的碳足跡資料轉換成消費者易懂的碳標籤。

美國的Timber-land長期制定了要在所有商品上向消費者提供環境方面的資訊的目標，它採用了廠商自己設計的簡化的LCA方法，用0-10數字範圍的綠色指數來代表商品的環保指數。百事（Pepsico）的附屬公司生產的Walkers乳酪洋蔥薯片是最先加註碳標籤的商品。GM、Dell、Home Depot公司等都表示要在公司生產的商品上注入環保理念，體現緩解氣候變化的意識，引導消費者在做購買決策時，像關注價格和品質一樣關心商品的碳足跡指數，將碳標籤的價值充分凸顯出來。

由此可見，碳標籤已經開始被各國/地區及相關的組織、產業與企業所廣泛認同和接受。在各國的大力推動下，消費者對碳標籤的認識也逐步提高。碳標籤將成為繼生態標籤、能效標籤等環境友好標籤之後的又一大標籤系統，將為全世界應對氣候變化、促進人類社會與自然環境的和諧共處，並最終實現可持續發展作出積極的貢獻。

參考文獻

1. 陳亮，林翎.氣候變化相關標準對我國的影響[J].中國標準化，2010，(8)：4-6.
2. 劉玫，陳亮.產品碳足跡國際標準（ISO 14067）進展及我國面臨的形勢[J].中國標準化，2010，(8)：10-12.
3. 劉玫，陳亮.溫室氣體管理的標準化——國際最新動態及中國進展[J].中國標準化，2009，(10)：12-13.
4. 低碳：改變汽車產業格局的隱性力量[N].第一財經日報.2010.1.4.
5. 湛泳,夏娟.低碳經濟背景下我國汽車消費探討[J].價格理論與實踐,2010(2)：73-74.

基於環境空氣品質改善的區域煤炭消費總量控制思考

嚴剛，寧淼^{*1}，朱焰爐^{*2}

摘要：隨著社會經濟的快速發展，能源消費快速增長，以煤為主的能源消費結構使我國區域大氣污染防治面臨巨大壓力，研究區域空氣品質改善對煤炭消費的約束作用具有重要意義。圍繞這一管理需求，論文提出了基於環境空氣品質改善的區域煤炭消費總量控制概念，以此為出發點剖析了制約區域煤炭消費的關鍵因數，在此基礎上建立了分析約束作用的模型框架，以珠三角區域為例對基於空氣品質改善的區域煤炭消費總量進行了估算。最後論文概括了實現區域煤炭消費總量控制的路徑，並基於我國重點區域空氣污染的現狀及其改善的迫切性，提出了“十二五”期間以京津冀、長三角、珠三角先試先行推進行區域煤炭總量控制的對策建議。

關鍵字：環境空氣品質；區域煤炭消費；總量控制；約束

1. 引言

中國以煤炭為主的能源結構和大量原煤直接進入終端燃燒，帶來了嚴重的煤煙型大氣污染和溫室氣體排放問題。據統計，我國二氧化硫排放量的 90%、氮氧化物排放量的 67%、煙塵排放量的 70%、人為源大氣汞排放量的 40% 以及二氧化碳排放量的 70% 都來自於燃煤。由於煤炭消費量比例過高，我國二氧化硫、氮氧化物和大氣汞排放量高居全球首位，二氧化碳排放量僅低於美國。大量的煤炭消費嚴重影響

*1 環境保護部環境規劃院副研究員

*2 環境保護部環境規劃院助理研究員

了我國城市的環境空氣品質，2009 年度，全國有 612 個大陸城市上報了空氣品質監測資料，未達到二級標準的城市仍有 107 個，超標比例達到 17.5%，其中劣三級城市有 8 個，占 1.3%。

此外，煤炭消費的不均衡性還引發了區域複合型大氣環境問題。2010 年我國東部、中部、西南和西北四個地區單位面積煤炭消費量、主要大氣污染物排放量見表 1。可見我國東部地區單位面積煤炭消費量和單位面積污染物排放量均遠高於中部地區與西部地區，單位面積的煤炭消費量是全國平均水準的 5.38 倍，單位面積的 SO₂、NO_x 排放量分別為全國平均水準的 3.2 倍和 3.7 倍。隨著機動車保有量的迅速增長，機動車污染與燃煤污染相耦合，導致東部地區的大氣環境呈現出典型的複合性污染特徵，表現為大氣氧化性增強，光化學污染威脅增大，大氣能見度逐年下降，灰霾天數不斷增加。

表1 2010年各地區單位面積煤炭消費量、大氣污染物排放量*

區域	面積 (萬 km ²)	煤炭 消費量 (萬噸)	SO ₂ 排 放量 (萬噸)	NO _x 排 放量 (萬噸)	單位面 積煤炭 消費量 (t/km ²)	單位面 積 SO ₂ 排放量 (t/km ²)	單位面 積 NO _x 排放量 (t/km ²)
東部	106.8	119274	913.3	807.5	1116.8	7.39	8.32
中部	166.9	46515	667.0	428.0	278.7	3.59	4.05
西南	137.4	20459	488.8	202.0	148.9	3.24	1.75
西北	429.2	13906	399.0	205.7	32.4	0.89	0.82
全國	963.1	199747	2468.1	1643.4	207.4	2.29	2.24

*資料來源：SO₂、NO_x排放資料基於2009年污染源普查動態更新資料，結合2010年污染控制計畫及“十一五”污染防治實際進展情況推算得到。

長期以來由於 GDP 增速過大，單位 GDP 能耗下降 20% 的約束性指標無法控制能源消費總量的增長。到 2009 年全國煤炭消費總量已經達到 30 億噸，遠超過“十一五”能源規劃 25 億噸的發展目標。從目前各省上報的規劃方案來看，“十二五”各省規劃 GDP 平均增速為 12%，全國煤炭消費量增長 18 億噸，其中電（熱）煤增

長 10 億噸，由於煤炭消費增長帶來的 SO_2 和 NO_x 排放新增量分別高達 550 萬噸和 460 萬噸。可見，若不嚴格控制區域煤炭消費的增長幅度，就無法控制多種大氣污染物的新增排放量，這樣會加大末端治理工程的減排壓力，進而導致我國區域與城市環境空氣品質面臨惡化的風險。

上述分析表明，煤炭消費量的快速增長導致區域及城市環境空氣品質的惡化，作為回饋機制，環境空氣品質改善的要求也對區域煤炭消費活動構成了制約。尤其是“十二五”國家環境保護規劃要求大幅度改善重點區域空氣品質，並顯著提高達到國家二級標準且日均值達標天數超過 80% 城市所占的比重，大氣環境保護對煤炭消費的約束作用越發明顯，已同資源稟賦等其他因素構成了我國煤炭消費的剛性制約因素。

2. 基於環境空氣品質改善的區域煤炭消費制約因素分析

環境空氣品質對區域煤炭消費的約束歸根到底是，為達到區域或城市環境空氣品質目標的最大允許污染物排放量對煤炭消費總量、增長速度所形成的限制作用，具體說來涉及以下因素。

2.1 區域大氣環境容量對煤炭消費總量的約束作用

大氣環境容量是指在一個特定區域內、一定的氣象條件、一定的自然邊界條件以及一定的排放源結構條件下，在滿足該區域大氣環境品質目標前提下所允許的區域大氣污染物最大排放量。從局地性區域來說，大氣環境容量是大氣傳輸、擴散和排放方式的具體體現。由於地形地貌、氣象條件等自然因素的不同，大氣污染物的“排放 - 回應”關係表現出很大的空間差異性，使得排放等量的污染物對空氣品質有著不同的影響。污染物擴散條件較好的地區對污染物排放所帶來環境空氣品質影響有較強的緩衝作用，對煤炭消費有較強的承載能力；反之，擴散條件差、對污染物排放反應敏感的區域，對煤炭消費的承載能力也較弱。

2.2 區域大氣污染物總量控制目標對煤炭消費總量的約束作用

總量控制是一種以控制一定時段內一定區域內排污單位污染物排放總量為核心的環境管理方法體系，它包含了三個方面的內容：一是排放污染物的總量；二是排放污染物的地域範圍；三是排放污染物的時間跨度，通常有兩種類型：目標總量控制與容量總量控制。目前，我國的總量控制基本上是目標總量控制。國家環境管理機關在各省、自治區、直轄市申報的基礎上，經過全國綜合平衡，編制全國污染物

排放總量控制計畫，把主要污染物排放量指標分解到各省、自治區、直轄市，作為國家控制性計畫指標，各省、自治區、直轄市把省級控制計畫指標分解下達，逐級實施總量控制計畫管理。這樣以來，區域大氣污染物總量控制目標就成為制約區域煤炭消費的另一重要因素。當煤炭利用技術水準一定時，總量控制目標越嚴格，對煤炭消費總量的約束作用越顯著。如果噸煤 SO_2 、 NO_x 排放強度以及機動車 NO_x 排放量均保持在 2010 年的水準，隨著污染物總量控制目標的加嚴，最大煤炭可消費量將呈下降趨勢；若機動車 NO_x 排放量保持不變，隨著 NO_x 總量控制目標的加嚴，煤炭消費過程的 NO_x 排放量所占比例將越來越低；當 SO_2 和 NO_x 總量控制目標低於 2000 萬噸時，在相同的控制目標下，由於 NO_x 排放控制起步較晚， NO_x 排放控制對煤炭消費總量的約束將更加顯著。

2.3 煤炭利用技術對區域煤炭消費總量的約束作用

由於不同社會經濟發展階段，煤炭利用技術具有不同選擇，這使得環境與社會經濟系統煤炭消費的協調程度具有可調控性，從而導致環境約束力也具有可調控性。當煤炭利用技術水準一定時，污染物總量控制目標越嚴格，對煤炭消費總量的約束作用越顯著；反之，隨著煤炭利用水準的提高，則噸煤排污係數不斷降低，污染物總量控制目標對煤炭消費總量的約束作用越弱。假設 2015 年全國 SO_2 排放總量控制在 2000 萬噸、 NO_x 排放總量控制在 1900 萬噸，其中煤炭消費帶來的污染物排放量分別占排放總量的 90% 和 67%，在煤炭消費結構、污染物排放水準與 2010 年相同的條件下，煤炭最大允許消費量僅為 28.6 億噸；若發電用煤占煤炭消費量的比例提高到 56%，電力行業 SO_2 和 NO_x 平均去除率分別提高到 80% 和 60%，非電力行業噸煤 SO_2 、 NO_x 排放強度比 2010 年分別下降 25% 和 5%，則煤炭最大允許消費量可以提高到 42.2 億噸。由此可見，煤炭利用技術水準與煤炭消費總量具有密切關係。

2.4 碳排放強度目標對區域煤炭消費總量的約束作用

溫室氣體排放導致全球氣候變暖已在國際社會基本達成共識。根據 IEA（2008）資料，我國 2006 年能源活動導致的二氧化碳排放總量占全世界排放總量的比重達到 20.13%，美國的比例為 20.35%。近兩年我國溫室氣體的排放仍然以較高速度增長，已經成為世界最大的二氧化碳排放國，引起世界各國的關注。中國政府向世界承諾到 2020 年我國萬元 GDP 二氧化碳排放強度要比 2005 年降低 40-45%，其中“十二五”期間單位工業增加值二氧化碳排放量要比“十一五”末降低 16% 左右。隨著碳排放強度控制要求的進一步加嚴，在經濟增長放緩情景下，碳排放相對強度控

制將轉變為絕對總量控制，屆時應對氣候變化將成為我國化石能源消費尤其是煤炭消費的剛性制約因素。

3. 基於環境空氣品質改善的區域煤炭消費總量估算方法

所謂基於區域空氣品質改善的煤炭消費總量就是指在一定煤炭利用技術水準條件下，滿足污染物排放總量削減與碳排放強度降低目標的最大煤炭消費量。結合上述分析可知，大氣污染物排放容量總量控制或目標總量控制在近期對煤炭消費形成關鍵約束，碳排放強度控制、應對氣候變化是未來煤炭消費的主要制約因素，而煤炭利用技術水準使得環境品質改善對區域煤炭消費的約束力具有可調控性。根據發達國家和發展中國家共同而有區別的責任原則，我國在 2030 年左右開始實行能源領域碳排放的零增長，之後將逐步減少溫室氣體排放總量。鑒於此，本文中將暫不考慮碳排放強度控制對區域煤炭消費總量的影響。

3.1 區域煤炭消費總量的約束方程

區域煤炭消費總量主要受污染物最大允許排放量、部門種類、不同地區不同部門煤炭利用水準（用污染物排放係數表徵）等因素影響。因此，區域煤炭消費總量的約束方程為：

目標函數：

$$\text{Max } C = \sum_{j=1}^N c_j \quad (1)$$

約束方程：

$$A_{ij} c_j \leq q_{ij} \quad i=1,2,\dots,S; j=1,2, \dots,N \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N q_{ij} \leq \theta Q_i \quad i=1,2,\dots,S \quad (3)$$

其中，Max C——區域煤炭最大允許消費量目標函數；

c_j ——第 j 個部門煤炭消費量（t）；

N ——部門數量（此處劃分為電力行業，非電工業和生活 3 個部門）；

N —部門數量（此處劃分為電力行業，非電工業和生活 3 個部門）；

A_{ij} —第 j 個部門 i 種污染排放係數；

q_{ij} —第 j 個部門第 i 種污染物最大允許排放量（t）；

S —污染物數量（主要包括二氧化硫、氮氧化物及其它需要實施區域總量控制的特徵污染因數）；

Q_i —第 i 種污染物最大允許排放量（t）；

θ —煤炭消費排放 i 種污染物量占該污染物排放總量的比重。

3.2 珠三角地區煤炭消費總量控制案例分析

3.2.1 珠三角地區簡介

珠江三角洲位於中國珠江下游，包括廣州、深圳、珠海、東莞、中山、江門、佛山、惠州和肇慶 9 個城市，土地面積 41698 平方公里，占全國 0.4% 的國土面積。改革開放以來，珠三角社會經濟發展取得了舉世矚目的成就，2009 年，以占全國 0.63% 的土地面積，聚集了全國 3.4% 的人口，創造了全國 9.57% 的國內生產總值，是我國經濟最發達的區域之一。但與此同時，煤炭消費與機動車保有量也在快速增長，區域大氣呈現出明顯的複合型污染特徵。珠三角地區為全國重酸雨區之一，1998-2007 年年降水 pH 均值為 4.5-5.0；不僅如此，PM_{2.5} 和 O₃ 污染日趨嚴重，灰霾天數逐年增加，廣州、佛山、東莞和肇慶等地一年中灰霾天數均超過 90 天。可見，為改善珠三角地區的環境空氣品質，實施煤炭消費總量控制迫在眉睫。

3.2.2 珠三角地區主要大氣污染物最大允許排放量估算

2020 年是中國全面建設小康社會的目標年，珠三角地區將對區域空氣品質改善提出更高要求。在情景方案設計中，假設珠三角地區 2020 年空氣品質達成率目標為 95%。利用美國 EPA 推薦的 Calpuff 類比系統，依據氣象條件、污染源狀況、污染物排放現狀和國家空氣品質二級標準，計算出 2020 年空氣品質達成率目標為 95% 情景方案下 SO₂、NO_x、PM₁₀ 的最大允許排放量，分別為 39.3 萬噸、30.3 萬噸、16.6 萬噸。

3.2.3 珠三角區域基於環境品質改善的煤炭消費總量估算

為簡化計算，依據不同行業煤炭消費的污染物排放係數差異，在此將煤炭消費部門劃分為 3 大部門，分別為火電行業、非電工業和生活源。劃分的依據為：火電

行業是珠江三角洲煤炭消費的最大行業，其污染治理效果明顯好於其他工業，且燃燒效率也較高，污染物排放係數與其他行業顯著不同，因此將火電行業單列；非電工業的煤炭消費主要為鍋爐燃燒，污染物排放係數基本相同，因此也可以歸為一類；對於生活源，由於污染治理設施簡陋，污染物排放係數與其他行業差異較大，也需單獨劃為一類。

假定 2020 年珠江三角洲地區煤炭消費排放的污染物占污染物排放總量的比重與現狀相同，各部門燃煤排放的污染物貢獻比保持不變，由此推算出各部門 SO_2 、 NO_x 、 PM_{10} 的最大允許排放量，如表 2 所示。

表2 2020年各部門污染物最大允許排放量(10^4t/a)

污染物種類	Q	θ	Q _{電力}	Q _{非電}	Q _{生活}
SO_2	39.3	0.9	17.7	10.6	7.4
NO_x	30.3	0.7	12.1	7.6	1.5
PM_{10}	16.6	1.0	5.0	8.3	3.3

不同部門不同種類的污染物排放係數見表 3，主要依據珠三角地區各類污染物治理水準現狀以及近期大氣污染治理技術的發展趨勢進行確定。

表3 不同部門不同污染物排放係數(kg/t)

污染物種類	A 電力	A 非電	A 生活
SO_2	1.79	3.36	4.48
NO_x	1.85	1.05	0.75
PM_{10}	0.64	1.6	1.6

將上述參數值代入區域煤炭消費總量的約束方程，求出各類污染物環境容量對煤炭消費總量的約束，見圖 1。在現行煤炭利用水準、污染治理技術條件下，為實現 2020 年空氣品質 95% 天數達到國家空氣品質二級標準的目標， PM_{10} 環境容量對區域煤炭消費總量的約束力最強，允許煤炭最大消費量為 $1.1 \times 10^8 \text{t}$ 。相比 2007 年而言，要求該地區煤炭消費量增長率不超過 40%，即煤炭消費量年均增長速度不得超過 2.4%。

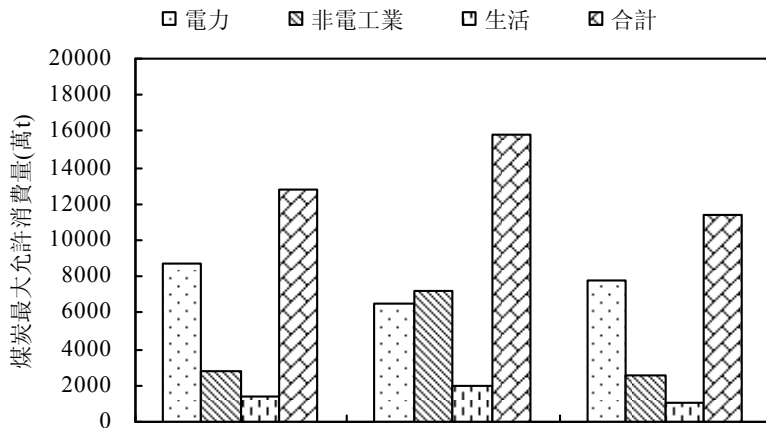


圖1 空氣品質達成率95%目標對珠三角區與煤炭消費總量的約束

若將區域空氣品質改善目標提升至實現空氣品質 100% 達到國家空氣品質二級標準的目標，按照上述同樣的方法，可計算出不同污染因數對應的區域煤炭允許消費量，如圖 2 所示。可見在該情景方案下，2020 年允許煤炭最大消費量僅為 $0.8 \times 10^8 \text{t}$ ，與 2007 年煤炭消費量基本持平。從計算結果可以看出，區域空氣品質改善能對煤炭消費總量構成關鍵的約束條件。

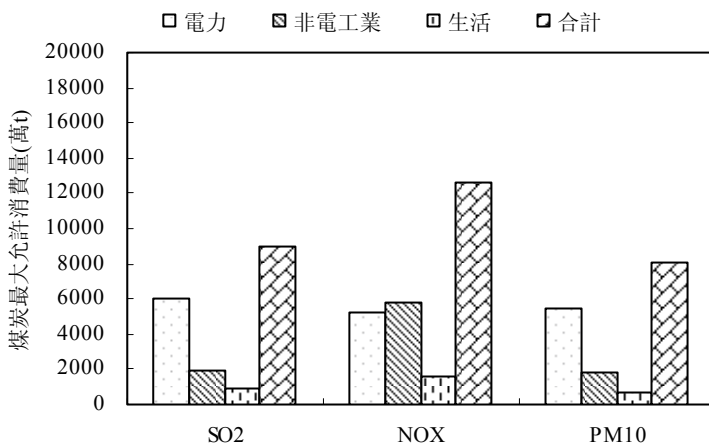


圖2 空氣品質達成率100%目標對珠三角區域煤炭消費總量的約束

4. 實現區域煤炭消費總量控制的途徑

區域煤炭消費總量控制的實施涉及許多領域和環節，必須完善區域煤炭消費總

量控制制度，研究制定“節約能源 - 能源清潔利用 - 污染控制 - 氣候應對”一體化機制，不僅要強化環境空氣品質改善對區域煤炭消費的約束、導向作用，還要實施綠色、低碳的能源發展戰略，努力構建利用效率高、技術水準先進、污染物排放少、生態環境影響小的現代化煤炭消費體系，來調控環境品質改善對區域煤炭消費的約束力，促進能源與環境協調發展。具體來說實現區域煤炭消費總量控制的途徑如下。

4.1 節能、提效，降低區域煤炭消費總體要求

節約能源的核心是提高能源效率，因此節能要構建節能型產業體系，充分發揮服務業能耗低、污染少的優勢，努力提高服務業在國民經濟中的比重，積極調整工業結構，把萬元產值能耗標準作為專案核准和備案的強制性門檻，遏制高耗能行業過快增長；同時要抓好工業、交通、建築等關鍵領域的節能工作。

4.2 推進煤炭的潔淨化利用，擴展區域煤炭消費的容量空間

支援煤炭清潔利用關鍵技術的研發，大力發展整體煤氣化聯合循環（IGCC）、增壓流化床燃燒（PFBC）等先進發電技術，大力發展煤直接液化、煤氣化、煤間接液化、煤制天然氣等煤炭高效低碳清潔轉化技術，探索煤炭高效低碳清潔轉化技術與碳封存技術的集成模式；出臺強制性政策或經濟鼓勵政策，促進煤炭的潔淨化利用，對應用潔淨煤技術的企業，給予補助、獎勵、優惠電價、稅收減免等優惠政策，採用先進發電技術的電廠可優先調度上網。

4.3 優化能源結構，以清潔、低碳能源滿足區域煤炭消費需求的增長

優化能源結構，不僅要實現化石能源的優質化，還要大力發展低碳能源，向更高層次的能源優質化推進。積極發展天然氣、核能以及可再生能源發電，西南地區加快發展水電、天然氣等清潔能源，限制煤電專案建設。預計到 2030 年我國清潔、低碳能源占一次能源的比重應達到 30% 左右（其中核電、水電、非水可再生能源各占 10% 左右），到 2050 年應達到 40% 左右（其中核電為 15% 左右，水電 10%，非水可再生能源 15%）。

4.4 完善環境標準與政策體系，強化區域煤炭消費總量控制的倒逼機制

制定和實施嚴格的環保標準，促進能源的清潔化利用。在大氣污染嚴重的地區，應強化區域環境准入標準、實行更嚴格的污染物排放限值，促進高耗能企業節能和實施能源結構調整。完善有利於節能減排的價格政策；完善高耗能企業差別電價政策，遏制高耗能產業盲目發展；繼續推行脫硫電價政策，考慮將脫硝、高效除塵改造、脫汞納入到環保電價政策中，建立環保綜合電價體系；實施環境容量資源有償

使用制度，開展排污權有償分配與排污交易，促進排污者自覺開展節能減排。

5. 我國“十二五”期間實施區域煤炭消費總量控制的政策建議

目前東部地區單位面積的煤炭消費達到 $1116.8\text{t}/\text{km}^2$ 、 SO_2 排放達到 $7.39\text{t}/\text{km}^2$ 、 NO_x 排放達到 $8.33\text{t}/\text{km}^2$ ，均遠遠高於全國其他地區。在這當中，珠三角、長三角、京津冀煤炭消費及主要大氣污染物排放巨大的問題更加突出，三大區域所在的七個省（直轄市）單位面積煤炭平均消費量高達 $1396\text{t}/\text{km}^2$ ，是全國平均水準的 6.7 倍，單位面積 SO_2 平均排放量達到 $7.84\text{t}/\text{km}^2$ ，是全國平均水準的 3.4 倍，單位面積 NO_x 排放達到 $9.19\text{t}/\text{km}^2$ ，是全國平均水準的 4 倍。從三大區域空氣品質惡化的現狀可見，其大氣污染物排放量業已超出當地的環境容量。而從企業的排放達成率來看，三大區域現有的環保技術已較為先進，污染治理水準提高的潛力也較小，削減空間非常有限，因此要改善區域空氣品質，必須在深挖減排潛力的同時，嚴格控制煤炭消費增量，爭取實現煤炭消費零增長甚至是逐步遞減。具體政策建議如下。

第一，制定三大區域煤炭總量控制目標。為實現經濟與環境的協調發展，對於煤炭消費量巨大、空氣複合型污染嚴重的珠江三角洲、長江三角洲與京津冀三大區域今後必須考慮採取強制性的行政辦法，嚴格規定區域煤炭消費總量控制目標，制定年度和中長期的發展計畫，以遏制煤炭消費的過度增長。原則上，“十二五”期間三大區域煤炭消費總量應控制在 2010 年水準，經濟發展所需能源以清潔能源為主，率先調整和優化以煤炭為主的能源結構。

第二，堅持以產業結構調整為導向的煤炭消費總量控制政策。為實行煤炭消費總量控制，必須堅持經濟發展向低能耗、高能效的發展模式轉變。珠江三角洲、長江三角洲和京津冀等城市群作為中國經濟發展的龍頭，應先行其他地區進行產業結構調整，努力轉變增長方式和消費模式，堅持淘汰落後產能，限制高耗能產業發展，實現中長期煤炭消費總量控制目標。“十二五”期間，三大區域禁止新（擴）建煤化工專案，不再建設向上述地區增加煤炭運輸能力的項目；原則上不允許新建燃煤發電電站或企業自備電站，擴建和改建燃煤機組實行煤炭等量或減量替代；石化行業實行增產不增煤原則，新擴產能不再建設以煤炭為燃料的動力站，推行以公用電站供汽或自產清潔燃料為主的動力站；鋼鐵行業實行不增產煤降低原則，嚴格控制新增產能，不再建設新增產能專案，通過大力發展餘壓、餘汽、餘熱發電技術，逐步取消燃煤鍋爐。

第三，提倡以能源清潔利用為導向的煤炭消費總量控制政策。鼓勵三大區域進口國外優質動力煤炭替代區域內煤炭，推進低硫、低灰份配煤中心建設，提高煤炭洗選比例；加強高污染燃料禁燃區劃定工作，逐步擴大禁燃區範圍，禁止原煤散燒；積極發展城市集中供熱，推行一縣一熱源政策，建設和完善統一的熱網工程，純凝汽燃煤發電機組應加大技術改造力度最大限度地抽汽供應熱網，逐步淘汰熱網覆蓋範圍內的企業自備鍋爐。

參考文獻

1. Chan C K, Yao X H. 2008. Air pollution in mega cities in China [J]. *Atmospheric Environment*, 42(1): 1-42
2. Chai F H, Chen Y Z, Wen Y, et al., 2006. Study for regional air pollutants total amount control technologies and demonstration [J]. *Environment Science Research*, 19(4): 163-171 (in Chinese)
3. Lin G. 1998. Energy development and environmental constraints in China [J]. *Energy Policy*, 26: 119-128
4. Yan G, Li L, Chen B. 2009. Stress of urban energy consumption on air environment [J]. *Frontiers of Earth Science in China*, 3(3): 337-348
5. Yi H H, Hao J M, Tang X L. 2007. Atmospheric environmental protection in China: Current status, developmental trend and research emphasis [J]. *Energy Policy*, 35: 907-915
6. 柴發合, 陳義珍, 文毅等. 2006. 區域大氣污染物總量控制技術與示範研究[J]. *環境科學研究*, 19(4): 163-171
7. 環境保護部、中國工程院等. 中國環境宏觀戰略研究報告, 2008.
8. 唐慶傑, 王育華, 吳文榮. 潔淨煤技術, 中國能源發展的必然選擇. *中國礦業*, 2007, 11 (6) : 24-26
9. 王金南, 曹東. 能源與環境: 中國2020. 北京: 中國環境科學出版社, 2004
10. 楊金田等. 中國能源發展的環境要求與監管體制改革研究報告, 環境保護部環境規劃院, 2007.

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

循環經濟與節能減碳. 2011 / 馬鴻文等作. -- 初版. -- 臺北市 : 中技社,
民100.06

面 ; 17 × 23公分

ISBN 978-957-28813-4-7(平裝)

1.綠色經濟 2.能源節約

551.4

100008137

2011 循環經濟與節能減碳

作者：馬鴻文、溫麗琪、林俊旭、張添晉、李金惠、莫虹頻、溫宗國、
陳筆、顧洋、江惠櫻、杜鵬飛、林翎、陳亮、嚴剛(依篇章排列)

主編：王鈺鈞、溫宗國

發行人：潘文炎

出版者：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

印刷製版：信可印刷有限公司

出版日期：中華民國 100 年 7 月初版

ISBN：978-957-28813-4-7 (平裝)