

中技社 通訊

CTCI BI-MONTHLY 民國100年4月

94

油價的驚思-石油的過去與未來(上)

引領碳中和時代的來臨

熱電效應與應用

資源管理系統應用於企業層級之案例分析

100年中技社研發計畫概述

以愛鄉愛土的情懷 深耕專業的學海

手藝人談湖濱「靜、淨、敬」

目錄 Contents



1995年10月1日創刊
1996年10月1日第一次改版
2000年02月1日第二次改版

發行人 潘文炎
編輯委員會 (依姓氏筆劃排列)
主任委員 林志森
編輯委員 王鈺銓 李 齡 馬金玲 黃朝仁 鄒 倫
總編輯 鄭清宗
副總編輯 張兆平
執行編輯 余俊英 劉惠君

發行者 財團法人中技社
地址 106台北市敦化南路2段97號8樓
電話 (02)2704-9805~7轉23
傳真 (02)2705-5044
網址 <http://www.ctci.org.tw>
設計 巨門演繹有限公司
印刷 集可印刷有限公司
登記證 局版北市誌字第372號
中華郵政北台字第5504號

踴躍投稿

1. 歡迎本社同仁及中技社歷屆獎學金得主投稿。
2. 產業科技類限2200字; 生態環保類限2200字;
財經管理類限2200字; 藝文類限1100字。
3. 來稿請附相關照片(含圖說)或圖表。

注意事項

1. 本刊編輯對來稿有刪改權。
2. 來稿請註明作者真實姓名、服務單位、聯絡電話及E-mail, 一經刊登即致稿酬。
3. 請勿抄襲或一稿數投。

業務單位

能源技術發展中心 企劃室
電話 (02)2704-9805~7 電話 (02)2704-9805~7
傳真 (02)2709-8825 傳真 (02)2754-5799

環境技術發展中心
電話 (02)2704-9805~7
傳真 (02)2705-9184

傳播站

- 02 油價的審思-石油的過去與未來(上)
- 05 引領碳中和時代的來臨
董事長頒服務資深人員獎牌
- 06 熱電效應與應用
- 08 資源管理系統應用於企業層級之案例分析
- 12 100年中技社研發計畫概述

思源集

- 17 以愛鄉愛土的情懷 深耕專業的學海
專訪國立台灣大學土木工程學系教授
兼水工試驗所主任 黃良雄 博士

藝文村

- 19 手藝人奚淞談「靜、淨、敬」
專訪當代藝術家 奚淞

編輯手記

最近由於北非、中東產油國爭取民主浪潮引發的動盪，導致油價無預期的飆漲，對世界的和平及繁榮造成相當大的震撼與惶恐。本社潘文炎董事長自民國71年進入中油公司擔任產品開發組代理組長，歷經企劃處處長、副總經理、總經理、董事長；前後服務長達27年之久，對石油的源起與發展，在台灣恐無人能望其項背；因而在榮獲中華企經會卓越成就獎之際，特別應邀於今年1月27日「國家傑出經理」經驗管理傳承專題演講會，發表「油價的審思－石油的過去與未來」，特將其演講內容重點整理分上、中、下三篇分期刊出，以分享讀者。

近年由於石化能源的稀缺性與溫室氣體造成暖化，綠色能源與綠色產業已成為最夯的名詞；其中，熱電效應與材料之應用，未來極有可能取代目前之大型熱傳遞設備，應用於半導體微機電系統，值得拭目以待。以物質流動為基礎的資源管理系統，可探討原物料物質在製程系統的流動現象，以及分析評估其對環境的潛在影響，是未來進階至資源成本分析與關鍵原物料掌握的必要手段；國內宜重視此國際趨勢，積極導入以永續資源管理為核心價值的物質流分析系統。

本社長期投注工程技術、綠色能源、節能減排、環保技術、工業安全等領域之研發；今年因應實務的需求以及預期發展，執行包括光觸媒水分解產氫技術、製程壓縮系統安全操作之動態模擬診斷、倒極式電透析(EDR)在廢水脫鹽處理的應用、鋼管混凝土構件分析設計及應用、應用於冷凍空調設備之間接蒸發式冷卻模組之開發與節能效益、及結合熱泵之吸附除濕空調系統等六項研發專案；可望於獲致成果之後善加推廣與運用，以期持續科技創新、公益回饋的實質精神。

全球相繼發生嚴重的地震、海嘯、火災、水禍，地球瞬間變成如鬆糕般脆弱；台灣雖僅為世界之極小一隅，但還是有許多理工、藝文人士，以愛鄉愛土的情懷，深耕專業、力挽狂瀾。有人說「如果我不是這麼簡單的一個人，不會走到現在…」，有人云：「我已看盡繁華，捨此身外，別無他想…」，亦也有人以「回歸沉靜、純淨、虔敬的極簡初始…」，呼籲大家，為地球也為世人永續長存的未來，義無反顧，群起投入棉薄之力。

油價的審思—石油的過去與未來(上)

秘書室 牛馥蘭

本社潘董事長在獲得中華企經會的卓越成就獎後，應邀出席於2011年1月27日『國家傑出經理』經驗管理傳承專題演講會中擔任主講，講題為「油價的審思—石油的過去與未來」，內容節錄如下：

本人是於民國71年返國，進入中油煉製研究所擔任產品開發組的代理組長，後經歷企劃處處長、副總經理及總經理等職務，一路走來到董事長這個位子。今天所談的題目「油價」，聽起來有點枯燥，為何選這個題目？是因為石油與大家的生活息息相關，本人在中油服務了27年，目前在國內能夠談這個題目的人中，可以算是其中之一。

一、石油的過去

1、石油之特性

●一般大眾對於石油不是很瞭解，基本上石油是最具優勢的能源。天然氣雖然使用方便，但是在輸送時很困難，需要在零下162°C才能變成液體輸送，所以是一項成本高的工程。煤是固

體無法以管線輸送，而且它的密度不高，輸送同樣的體積質量就不如石油，因為天然氣可以用管線輸送，煤就必需用火車輸送，相較之下使得石油成為今日最便捷的能源。

- 石油是一種碳氫化合物，可以提煉成液態瓦斯，廣泛裝置於家庭中使用，其他部份可提煉成汽油、柴油、煤油、燃料油、柏油等，由於產地及原油成份不同所提煉出來的產品就有不同的價值，如：所含的汽油、柴油及煤油成份高其燃料價值就高，所含的燃料油、柏油多燃料價值就低。在提煉的過程中石油會產生出污染物—硫或氮的氧化物，碰到水就會產生亞硫酸或亞硝酸，因此在煉製石油的過程中需將這些污染物去除掉，所以石油內含硫含氮較多的原油其提煉成本比較貴，原油價格就相對便宜。
- 今天石油是交通運輸燃料及工業之主要原料，就如塑膠、橡膠產品及人造纖維等都是石油提煉出來的，各位可去看石化工業其原料都是石油，連化學工業的原料很多也是石油。



傳播站
Communication

科技窗
Technology

思源集
Thanksgiving

新知識
Knowledge

綠世界
Green World

藝文村
Arts

2、石油的發展

- 石油是如何產生的呢？它是由六千萬至二億年前埋藏於地下之動物所生成，主要是海裡的浮游生物沉積在海底，經過地殼的變化形成石油。要如何找到石油呢？首先尋找沖積平原中浮游生物沉積較多的地方，接下來觀察是否符合六千萬至二億年的地質年代，再來也可透過觀察以浮游生物為主食的蚌殼類群聚的情形，如符合以上條件接下來就可以進行探測，如有儲油結構就可以去打井；石油生成初期大都以甲烷氣體方式存在，慢慢地就變化成為原油。石油在形成天然氣等氣體時在空氣中是會蒸發，在地底下的岩石結構可將石油包住，地質學上稱為「構造」，而在地底下的「構造」若是產生裂縫石油就會漏掉，若是漏到地面上來輕的成份蒸發掉了剩下的成份就是柏油，這是人類最早發現的石油。古代石油用於取暖與治療皮膚病較多，尤其瀝青對於皮膚病頗具療效。
- 石油以天然氣、原油、油砂、油頁岩、瀝青等方式存在，有些石油存在於沙裡其量是相當的大，占全世界30%~40%，我們稱之為「油沙」，主要分佈在加拿大，其開採成本較高，當油價漲到每桶35美元以上才能符合成本。另有些石油存在於石頭裡面我們稱之為「油頁岩」，其開採成本更高，石油探勘生產耗資鉅大、技術仍不斷改善中。
- 19世紀末石油開採之初期較普遍應用於照明，當時人們點燈以鯨魚油居多，其優點是亮度高煙很少，但在持續不斷的補捉下鯨魚量變少了，加上發現石油成份中的煤油其效果與鯨魚油類似，因此改為煉製石油取得煤油來使用；二十世紀時人類發明了內燃機及汽車後，必需使用汽油或柴油來發動行駛，因此石油需求量漸漸愈來愈大必須大量開採，所以二十世紀可以說是石油的世紀。

回顧從1860年石油開採至今，也不過才150多年的時間，可以說時間並不長，但是人類對石

油的依賴卻是與日俱增，造成了油源逐漸枯竭，加上石油生成期非常長且開採不易、昂貴，以目前每天消耗8,600萬桶來計算，再40多年就沒有了。所以石油是一種取之有盡、用之枯竭的能源。

3、世界主要油田之發現

- 1859年世界主要油田之發現最早是在美國賓州，其目的是為著點燈用。
- 1873年在蘇聯高加索巴庫油田發現油田，二次大戰時變成各國爭奪的目標。
- 1892年印尼蘇門答臘因發現油田才有英國、荷蘭組成SHELL石油公司。
- 1910年墨西哥。
- 1928年起依序是伊拉克、科威特與沙烏地阿拉伯，而1930年代起至今主要的油田發現都在中東。
- 1956年阿爾及利亞、奈及利亞、利比亞。
- 1960年中國大慶油田距離哈爾濱約兩百公里，原本是一個人煙罕至的荒漠之處，因發現原油，大陸方面調了兩個師去開採，至今仍為大陸最大的油田，產量最大時可以開採110萬桶(台灣目前需求約90萬桶)，所以說大慶油田是一個很大的油田。
- 1968年阿拉斯加北坡發現油田，本人也曾去參觀過2~3次，其範圍已經進入北極圈了。
- 1969年英國、挪威北海油田也是很大的油田，至今仍是大量生產。
- 2002年哈薩克裡海找到了約70億桶的油田，一般油田能發現5億桶就算是很大了，能在哈薩克裡海找到了這麼多原油，在探勘上可以說是巨大的發現。
- 2007年在巴西外海也發現了Tupi油田。

4、世界能源消費量

接下來我們來看看能源的需求結構。全球一年能源消耗量約11,164百萬噸油當量，其中原油占34%、天然氣占24%，所以原油及天然氣幾乎占整個能源消耗量的60%，而我們國內使用原油約占整個能源消耗量的52%、天然氣約占8%，其他比例為煤、水力及核能所占。

5、世界原油蘊藏量

剛剛有提到原油儲存的地方，是浮游生物經過6,000萬年到2億年的變化而成，現在原油的分布也不一樣，如：中東占整個原油儲存量約60%、中南美約占15%、歐洲(含最大的蘇聯、英國及挪威的北海油田)約占10%，亞洲最少僅占約3.2%，中國號稱地大物博也大約只占2.4%，相較於其他大的地區，其原油儲存量就比較少。亞洲原油儲存量約3.2%，其中包括了中國、印尼、馬來西亞等有回教信仰的國家。

6、世界原油產量

世界原油產量中東約占30%，亞太約占10%但儲量僅占3%，北美原油產量約占16.5%、大歐洲約占22.3%(主要是蘇聯及挪威的北海油田)。世界原油產量相當大的國家有沙烏地阿拉伯約占全球產量的12.2%，但蘇聯卻是超過沙烏地阿拉伯約，占全球產量的12.6%，在其解體之前與中國是兩個最大的共產國家，他們在改革過程中方式是不同的，蘇聯是先政治改革後成為民主政體，大陸卻是先經濟改革目前仍是共產黨執政，至今大陸方面的改革較為成功，蘇聯改革後與其附庸國在經濟上仍是非常差，近期因全力開採原油(近1,000萬桶一天)才使經濟稍有起色。美國地區產油約720萬桶，中國大陸產油約380萬桶居全球第六大產油國，但兩者都不夠自己使用，其進口都超過一半以上。加拿大因油價上漲符合生產成本，因此陸續著手開採國內的油沙。

7、石油生產銷售流程

原油開採的程序是先做探勘，察看是

否有產油的條件，若是有產油的條件就先打井，如：台灣地底下天然氣平均距陸面約4,500公尺左右，其成本是非常昂貴，而打井的目的就是要找有沒有「構造」？目前中油的探測技術是用爆炸，產生震波碰到不同的岩石，不同的結構，反射回來的波是不一樣的。在不同的地方蒐集其反射波，再用電腦技術分析，找出油田位置並測量其儲存量是否具開採規模。另因油田有的是位在深海，有的是位在沙烏地阿拉伯的沙漠，所以大都做一個管線將它蒐集起來輸送到港口，如中油公司是用船(10萬噸至30萬噸)將原油運送到台灣的港口內將其儲存於油槽，然後提煉成汽油、柴油等成品儲存，再裝置於油灌車輸送至加油站，最後才加入汽車的油箱內。目前汽油每公升約新台幣30元左右，其價格甚至比礦泉水還便宜。





傳播站
Communication

科技窗
Technology

思源集
Thanksgiving

新知識
Knowledge

綠世界
Green World

藝文村
Arts

引領碳中和時代的來臨 本社與中聯資源公司 達成國內第一筆碳排放交易



左起：高市環保局李穆生局長、中技社林志森執行長
中聯資源翁朝棟董事長、綠基會余騰耀執行長

今年2月14日在高雄市環保局李穆生局長、台灣綠色生產力基金會余騰耀執行長和英國標準協會高毅民總經理的見證下，本社林志森執行長與中聯資源公司翁朝棟董事長簽署國內第一筆本土碳排放交易。

▶ 能源技術發展中心 余俊英組長

中聯資源公司自2007年8月開始執行「推動提高爐石粉取代水泥之使用量以降低二氧化碳計畫」，於2009年3月29日由英國標準協會依ISO 14064-3標準的要求事項，以「提高爐石粉使用量於預拌混凝土廠以取代水泥之基線及監督方法學」查證後，實際之二氧化碳減量額度達17,832公噸二氧化碳當量，減量效益宏大。因此本社依PAS 2060標準之要求，向中聯採購碳減量額度194公噸二氧化碳當量，以抵換本社2009年組織溫室氣體排放量，達成組織碳中和宣告。

董事長頒發資深人員獎牌

歲末尾牙之際，本社潘董事長嘉勉資深同仁；下列左上起分別為服務滿20年之李齡稽核、能源中心戴伶芳，以及滿10年之能源中心王鈺鈞主任、許湘琴組長。



↑ 潘董事長與李齡稽核
→ 潘董事長與王鈺鈞主任

↑ 潘董事長與戴伶芳
→ 潘董事長與許湘琴組長

傳播站

科技窗

思源集

新知識

綠世界

藝文村

傳播站

05

熱電效應與應用

► 能源技術發展中心 王新鈺主任

近年由於石化能源的稀缺性與溫室氣體造成全球暖化，綠色能源與綠色產業概念透過各種媒介的傳播在全球已成最夯的名詞之一。本文擬就一般人所熟知的綠色能源與產業（如：太陽能、風能、LED...等）之外的項目，且較少見於一般報導的熱電效應與材料，以及其應用，做一簡單介紹，以期有益於大家在從事綠色相關事務思考時，有更多的參考面向。

原理

熱電效應 (thermoelectric effect) 是指直接將溫差轉換為電能，或者逆向而言，利用電能造成溫度差。一個熱電元件可以因兩端的溫差而產生電壓，也可以因通過電流，而將熱能從一端移至另一端。

熱電效應又稱Peltier-Seebeck effect，是由法國物理學家Jean Charles Athanase Peltier與愛沙尼亞裔法國物理學家Thomas Johann Seebeck各自獨立發現。Seebeck effect效應是指直接將溫差轉成電力；他發現將羅盤靠近一個由兩種金屬材質組成的封閉迴路，而且該迴路中兩種金屬的兩端接點存在溫度差，此時指針會發生偏移，原因是溫差使得迴路產生電流，進而引發磁場的產生，此效應所產生電壓數量級約為微伏特/°K。譬如兩種金屬材質分別為銅與銅鎳合金時，其值為 $41\mu\text{V}/^\circ\text{K}$ 。Seebeck的發現是在西元1821年，而Peltier發現是在1834年，他發現當一電流流過兩種金屬的接點時，會發生熱卡效應 (Calorific effect)；也就是電流流過迴路時，會從一邊的接點吸收熱量，從另一邊的接點放出熱量。兩人的發現正好是熱電效應的正反兩個方向，只是Seebeck在觀察指針偏移時，以為是磁場產生變化造成，而不是電流產生的關係。

熱電效應的應用

從熱電效應的原理不難看出，利用熱電元件系統，可用來產生電力或當作系統增溫或冷卻組件。作為電力產生設備，由於是溫差直接在材料內部產生電位能，與傳統需經由媒介(如：水蒸氣、熱空氣)帶動渦輪發電機相較，在設備的組件上，簡單了許多，操作上也不會有震動、噪音、扭力變動可能影響等等考量，是熱電元件應用時的利基。同樣的熱電元件應用於加熱或冷卻使用時，由於元件整體可以說是一個固態型的熱機，功用的發生是因為在固體內流動的電流，不同於現今常態的加熱冷卻系統，採用兩相的流體為媒介，系統中需要倚賴許多轉動設備，進行質傳的工作，使得操作維護徒增複雜與困難。

作為電力來源應用時間最長也相當成功的就是放射性同位素熱電發電系統(Radioisotope thermoelectric generators, RTGs)。RTGs已成功應用於包括阿波羅登月、維京火星降落、先鋒10與11號，以及多次太空船計畫中。RTGs的原理是以放射性元素，如釷(238)等為熱來源料，利用核分裂衰退所放出的熱射線照射在俱良好熱電效應所組成的元件上，由於元件整體受熱不同產生溫差，引發電力的產生。已使用於Voyager space crafts的熱電元件，在14年之間，基於熱電材料本身所產生的效率降低，一年約為0.47%，不考慮放射性元素的自然衰退因素，整體元件的效率降低一年僅約為0.8%。可見熱電發電元件確實有其易操作維護，效能不易衰退的好處。在外太空溫度極端情況下，熱電元件仍可穩定運作也是其特色之一。近年歐美汽車廠為提昇汽車的能源效率，降低能耗，也積極研究如何利用構造相對簡易且耐極端溫度條件的熱電效應組件，來回收內燃機引擎的廢熱，目標希望能藉此提昇10%的能源效率。

熱電效應雖使用上有許多目前常用發電與加熱冷卻系統沒有的優勢，但何以長時間以來並沒有感受到其在日常生活中發揮功能，主要原因在於其能源轉換效率並不好，以太空科技使用為例，也僅約6%左右，致使熱電效應目前僅被應用於較特殊領域，如前述太空中極端環境、需精密控制溫度的環境與溫控元件、汽車座椅的加熱



傳播站
Communication

科技窗
Technology

思源集
Thanksgiving

新知識
Knowledge

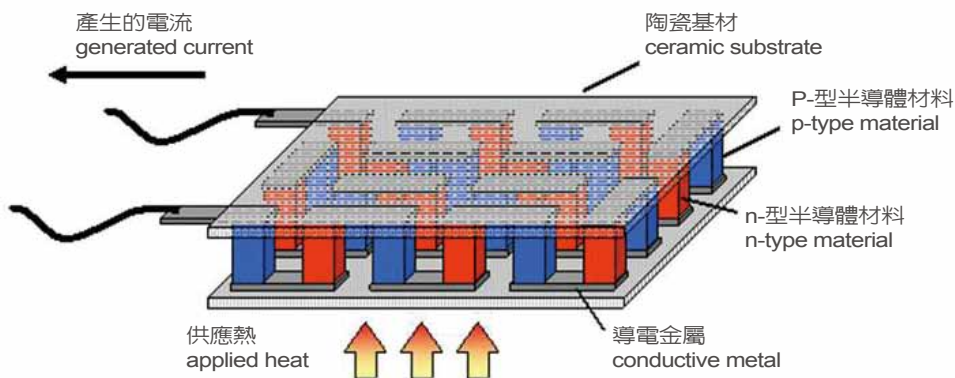
綠世界
Green World

藝文村
Arts

功能，及夜視系統的熱能提供等。

熱電材料

如同太陽能光電，熱電效應元件的效率，深受熱電材料的影響。評斷一個熱電材料是否俱競爭潛力，有一項參數是非常具有參考價值，該參數“Z”定義是 $Z = S^2 \sigma / k$ ，其中S為物質的Seebeck參數($\Delta V / \Delta K$ ，常用單位為 $\mu V / ^\circ K$ ，或稱為熱電力(thermopower)， σ 為導電度(electrical conductivity)，k為導熱度(thermal conductivity)。理論上一個熱電效應系統提昇，所需Z值也要變大，但兩者不是線性關係，一般而言，效率提升一倍，Z值約需從1提高至2.2，由Z值的定義可知，一個材料需具備高導度，同時低的導熱能力才可能成為高Z值材料。目前已商業化最好的熱電加熱/冷卻模組，其Z值約為1，其效率約為目前常用典型機組的1/4，使用俱半導體性質的熱電材料，因為半導體具高導電度，導熱能力也有限。此型熱電元件，其基本結構如下圖所示：



早期有關熱電材料的研究多聚焦在含金屬雙元素固態半導體材料，如 Bi_2Te_3 、 $PbTe$ ，及摻雜其它元素的上述物質。此外SiGe系統的開發成功，因其熱穩性，應用於RTGs對NASA的外太空研究亦有很大幫助。近年研究範圍則變得較寬廣，包括含VIA族(Chalcogenides)與金屬元素的三元或四元固體化合物，如 $CsBi_4Te_6$ ， $Ag_nPb_mM_nTe_m+2_n$ ($M=Sb, Bi$)等，其中 $Ag_nPb_{10}SbTe_{12}$ 在高溫時，Z值大於2。為降低材料的熱傳導能力，引進籠狀結構化合物的觀念

是另一研究方向。藉由將不同元素置入籠狀物的空洞中，達成阻礙熱傳導(phonon scattering)以提昇Z值。研究較多的籠狀化合物有以Si、Ge等為結構主體，或具鈾礦石(skutterudite)結構的化合物。含鈷的金屬氧化物或含稀土金屬的固態物質也吸引部份研究投入。

在1993年美國海軍暨國防前瞻研究計畫主管單位就提升熱電材料的Z值尋求可行的研究方案，尤其對奈米科技可能帶來機會尤有興趣。同一年Hicks與Dresselhouse在Phys. Rev. 發表從理論模式推論電子受侷限於二維量子井，對Z值的可能影響，他們計算出Seebeck參數會變大，同時熱傳導性會下降。該項研究理論也促使美國政府在90年代中期，贊助了許多項具開創性的前瞻性研究工作。譬如Harman等發表俱superlattices結構的 Bi_2Te_3/Sb_2Te_3 材料，其Z值在330°K時為2.4，遠大於原來不具此結構時的Z值。

結語

依據科學家(Slack)的推估，材料開發將朝低導熱(phonon-glass)/高導電(electron-crystal)方向努力，Z值等於4的材料是可能達到。如果同時能持續於元件結構改善，或考量採用不同的熱力學循環機制，如類似於gas turbine engine的Brayton cycle，未來熱電效應應用於半導體微機電系統或取代目前大型熱傳遞設備，應非不可能，就讓我們拭目以待吧。

資源管理系統應用於 企業層級之案例分析

■ 環境技術發展中心 鄒倫主任

法鼓人文社會學院 助理教授 商能洲

國立台灣大學環境工程學研究所 研究助理 蔡鳳怡

一、研究背景

建立以物質流動為基礎的資源管理系統，對企業體不只能探討各種原物料物質在製程系統的流動現象，及分析評估其環境影響的潛在問題，更是未來進階資源成本的分析與關鍵原物料掌握的手段。緣此，本文以國內企業之關鍵資源物質利用為例，介紹以物質流分析為基礎的企業資源管理系統之架構方法，是如何應用於企業內部的管理建議。

本文將以研究鋼鐵業的『鐵』，以及面板業的『磷』為資源管理系統的範例，介紹其分析方法的建置過程，其物質流分析的系統架構，以及應用面向的討論。鋼鐵業的『鐵』使用，以及面板業的『磷』(營養鹽)，是處於資源必須有效利用，廢棄物必須資源化，以及污染必須減量的產業資源。因此，被選為此資源管理系統的應用研究對象。以物質流指標於企業層級的應用相當廣泛，常用的資源利用率、能源效率、能源生產力、單位產量之污染強度等皆屬之，在企業間應用物質流指標可具有的內部與外部效益如下：

內部效益

- ◆支持企業符合當地法規標準。
- ◆提供製程改變、原物料篩選與採購的評估方法。
- ◆偵測可能的環境問題與風險。
- ◆強化資源效率，節省企業成本，增加資源成本估算的精確性與可信度。
- ◆直接減少廢棄物質的環境排放，增加各項資源的回收率，達成永續發展的目標。

外部效益

- ◆改善與大眾或相關主管機關的溝通。
- ◆藉由考量關鍵資源利用面向與環境衝擊面向，

進而取得競爭優勢。

- ◆對於工業生態領域的創新做出具體的貢獻案例。

二、企業資源管理系統使用之規劃方法

2.1 物質流分析(Material Flow Analysis, MFA)

鋼鐵業的『鐵』及面板業的『磷』，基本上屬於元素流分析(substance flow analysis, SFA)，是用於分析特定時間空間之目標系統內單一化學元素或分子之流向及流量，包括元素的來源(source)、流動途徑(pathway)、中間媒介(intermediate)及最終沉沒(final sink)。元素流分析可用於量化企業製程之化學元素流動平衡，元素可以不同型態與不同氧化態存在，而元素在一選定系統中之輸入(input)、輸出(output)與累積(accumulation)必須符合質量守恆原則(principle of mass balance)。以下為進行企業物質流分析的一般步驟原則：

- 1.問題、系統及工作方案確認：評估系統建立、建立製程流程圖、物質輸送路徑確認。
- 2.現場盤查、數據資料收集：盤查表單建立、標準化製程投入產出表、資料加總/匯整檢核等。
- 3.模式化分析：質量平衡確認、圖型工具與原始資料同步連結、物質流系統圖建立。
- 4.結果產出與詮釋：模式化分析計算、建立物質流之系統動態方程式、製程情境模擬、參與循環型產業之決策提供建議。

2.2 物質流成本分析(Material Flow Cost Accounting, MFCA)

源於德國IMU，並在日本獲得實踐和發展的物質流成本分析，預計以ISO14051的ISO制度編號，於未來公開成為ISO14000制度的一項物質流管理標準化系統，目前制定的進度是處於“committee draft stage”的階段。根據日本經濟產業省從2001年的企業案例實踐與理論研究，已有超過100家的企業執行過MFCA，並且於2007年由日本產業技術環境局、環境政策課和環境協調產業推進室共同發佈了全球第一份物質流成本分析指南。該指南為各國發展循環經濟與低碳經濟提供非常重要的資源管理/環境管理的工具技術。此文將以目前在日本企業正在推行的MFCA制度，作為執行的標準化準則。由於MFCA所盤



傳播站
Communication

科技窗
Technology

思源集
Thanksgiving

新知識
Knowledge

綠世界
Green World

藝文村
Arts

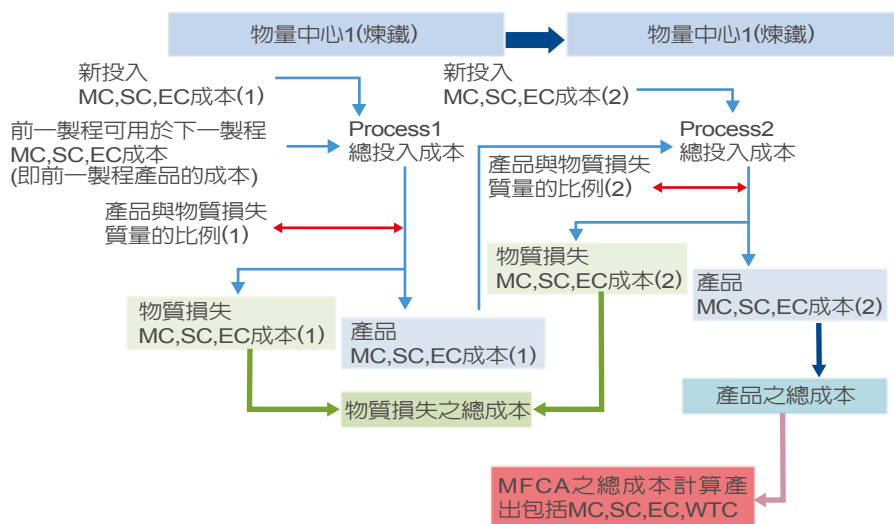
查的資料對象，除了物質的項目與數量外，還需要運作成本的揭露，這牽涉到公司的營業與技術機密，因此，此工具的應用必須與合作企業有密切的配合方可有結果的詮釋。

MFCA利用物質流分析方法來詳細計算企業各製程的物質成本，透過每一程序物質質量與成本的計算讓物質的隱藏成本「可視化」，此項模式計算的架構如圖一所示，其模式計算的各種成本項目包括：**Material Cost (MC)**：製品的直接材料、間接材料、加工附屬材料等；**System Cost (SC)**：人工成本、設備償還費、間接人工成本等；**Energy Cost (EC)**：電力費、燃料費；**Waste Treatment Cost (WTC)**：廢棄物處理費、委外處理費、再利用加工費等。

廠各製程單元清單到建立整廠盤查邊界之製程流程圖/地圖。依資料取得難易與實際部門/製程特性考量，進行流程整併，用以確認物質流分析架構。

2.盤查清單的建立：製程投入產出圖/表的標準化作業：

投入產出圖/表之項目需對應一致，經由文獻回顧與廠方提供之相關資料，篩選相關含鐵物質。目前依投入物質來源將其區分為自產、外購與廢棄物再利用三項。於產出端方面依產出物質留為自用、外售、廠內可再利用與無法再利用等加以區分。



圖一、MFCA模式計算的架構--以鋼鐵業為例的說明

三、企業執行資源管理系統的案例分析

3.1 鋼鐵業之「鐵」物質流分析案例

以下將以鋼鐵業之鐵物質流分析案例，按照2.1節的物質流分析模式之原則步驟，說明各階段執行後的產出範例：

1.目標及範疇界定：建立整廠盤查邊界之製程流程圖/地圖：

經由相關文獻回顧及與相關人員討論之過程，挑選可能含鐵物質與其流佈。建立從實際整

3.物質流資料庫模式化之建立：採用STAN物質流分析軟體：

STAN物質流分析軟體是由Vienna University of Technology所開發出用來提供SFA的專業軟體，輸入盤查物質的物量與欲分析物質的含量(濃度)，即可平衡計算出分析物質之各流向的流量。物質流分析的產出呈現，可有『圖型化』、『資料庫』、『多階層分析』等的功能展示與可應用的方向。『多階層分析』的功能，將視企業的製程特性，可有彈性的作法。第一階層的整廠

範疇，主要為得到整廠的資源利用率與總廢棄/副產品等的佔有比例；而第二階層的製程範疇，則可區分各製程的物質流佈狀況，以清楚物質關鍵流動的製程為何；而清楚關鍵流動的製程之後，可利用第三階層進行局部關鍵製程的管理，若有需要更細部分析的第四、五階層等，是可以依此原則建立。圖二顯示以鋼鐵業的鐵物質流圖形化資料庫為例的說明，可以了解其物質流『圖型化』、『資料庫』、『多階層分析』等的功能展示，以及分析結果可應用的方向。

4. 結果產出與詮釋：

整體物質流架構與欲分析元素的資料庫建立後，方可計算各製程中的輸入與輸出/排放與消耗，透過製程間之互動，可描繪出鋼鐵業鐵與碳素流佈圖，並可利用其所呈現的各項數據，提出資源利用現況與未來提高資源利用率的精確節點之相關執行策略。下列以鋼鐵業之鐵物質流為例，說明經過『多階層分析』後，可能的結果產出與詮釋範例。

第一層：整廠視野

- ◆ 主要產品與其他副產品產出鐵的比例（鐵原物料之利用率計算）。
- ◆ 廢棄總鐵產出的比例。

- ◆ 顯示各項目副產品產出鐵的比例，擬定降低副產品產出鐵比例的優先改善方案。

第二層：製程視野

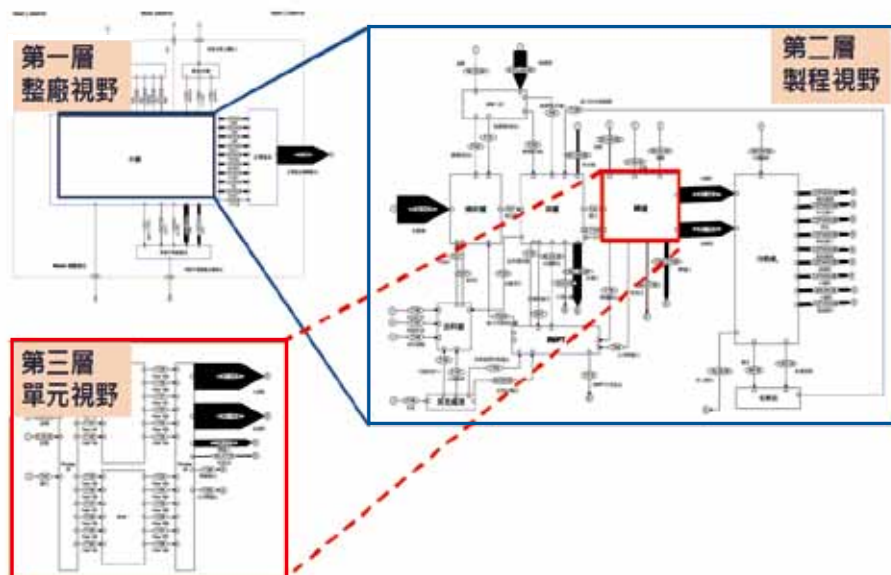
- ◆ 主要製程系統主產品鐵流動與其他鐵流動的各種比例，任何非主產品鐵的流動，都是增加成本的來源。
- ◆ 鑑別屬於廠內鐵循環再利用的各流向/流量，提出降低比例方案。
- ◆ 廢棄鐵的流向與流量確認，提出廠內循環再利用的改善方案。

第三層：單元視野

- ◆ 以接近實際管理部門的方式，來呈現各子製程系統鐵流動情況，使現場人員清楚現況與擬訂改善策略。
- ◆ 提供各部門訂定各項資源利用之評估指標，來落實降低副產品與廢棄鐵的比例，以及廢棄鐵重新循環至場內的方案。
- ◆ 同一製程的各廠運作之鐵利用率比較。如4座高爐、4座燒結廠、2座轉爐等。

3.2 鋼鐵業之物質流成本分析案例

依照物質流成本分析(MFCA)的原則，必須先行架構鋼鐵業的物質流成本會計之計算模式，此案例將鋼鐵整廠分成2個物量中心，煉鐵與煉鋼，其物量中心的物質投入產出項目分類亦



圖二、STAN『圖型化』、『多階層分析』、『資料庫』等展示功能--以鋼鐵業的鐵物質流為範例



傳播站
Communication

科技窗
Technology

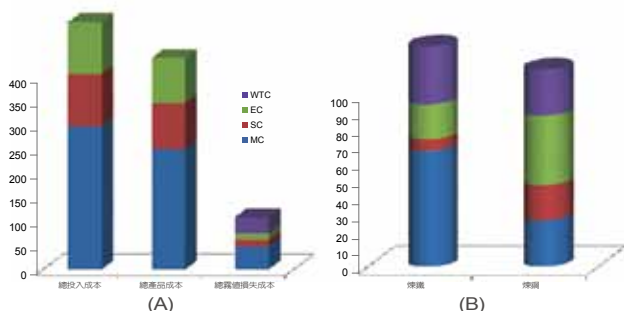
思源集
Thanksgiving

新知識
Knowledge

綠世界
Green World

藝文村
Arts

必須規劃出其投入產出圖/表。另外，圖三為以虛擬數據計算的MFCA結果；其中(A)為2個物量中心損失成本分佈，可以顯示總投入成本中，物質損失成本的比例，可以用來擬定未來減少損失的目標與做法。(B)為產品成本與損失成本的分佈，可以清楚最大損失來自於何種成本支出。



圖三、以虛擬數據計算MFCA結果：(A)產品成本與損失成本的分佈、(B)2個物量中心損失成本分佈。

3.3 面板業之『磷』物質流分析案例

按照2.1節的物質流分析模式之原則步驟，第一階段的相關數據蒐集完成後，繪製出的物質流製程地圖。就含磷氣體的流佈而言，主要是追蹤磷化氫氣體，磷化氫自儲槽進入薄膜製程後，磷元素不會被產品帶走，而是持續以氣態方式被抽氣系統經CVD管道抽走，而後進入空氣處理設備的磷，會被洗滌水洗出而進入廢水處理系統，部分改以其他氣態化合物的型式從煙道口排放至環境中。

而含磷的液體主要為使用在蝕刻液中的磷酸，磷酸自儲槽進入濕蝕刻製程(WTO)後以三種型式流佈：(1)空氣中的含磷液滴被抽氣系統經酸氣管道抽走，而後進入空氣處理設備的磷，部分被洗滌水洗出進入廢水處理系統，部分以氣態磷酸的型式從煙道口排放至環境中。(2)製程機台於清洗過程中，會排放出含磷廢水，該含磷廢水經收集管路進入廠內的廢水處理系統，最後以放流水與含磷污泥的型態離開。(3)高濃度的廢鋁蝕刻液，則是經過成分監測後，再以添加各單酸(H₃PO₄/H₂NO₃/CH₃COOH)的方式，重複進入濕蝕刻製程中，在濕蝕刻製程中，磷並不會被消耗，所以最後的高濃度含磷酸廢液，將是以委外處理的方式，排放至廠外。

整體物質流架構與欲分析之元素的資料庫建立後，方可計算各製程中的輸入與輸出/排放與消耗，透過製程間之互動，即可描繪出面板業之『磷』元素流佈圖。以下為說明經過『多階層分析』面板業之『磷』後，可能的結果產出與詮釋範例。

第一層：整廠視野

- ◆投入總P物質與主產品含P/可回收P的比例。
- ◆投入總P物質與不可回收P的比例。
- ◆不可回收P中各系項型態的比例，可供優先擬定策略的參考。
- ◆P-MFA可依需求，提供各種統計的趨勢分析；例如：歷年比較、月比較、總量、單位投片之P-MFA等。

第二層：製程視野

- ◆WTO製程部門為主要P流動區域。
- ◆Al-Etch回收的程序，決定廢棄磷酸的量(副產品)與進入水體的P之總量。
- ◆要求各 WTO製程機台回收Al-Etch量，則有針對WTO製程第三階P-MFA的必要。
- ◆若污水/廢棄物處理部門需要進一步的管理含P污泥與放流水，則有針對污水處理廠第三階P-MFA的必要。

四、結論

以物質流分析為核心技術的資源管理系統，是以『關鍵資源』、『資源利用率』與『經濟面向』等的管理角度，孕育而生的新一代管理工具，已從過去被認知為屬於環境管理一環的系統，演變到可以介入經濟管理工具的一環，這對於產業界而言，代表資源管理已是競爭力評估與掌握持續發展關鍵的重要工具。經由本文以鋼鐵業的『鐵』與面板業的『磷』為執行物質流分析的範例介紹，其物質流分析方法的建置過程，依據企業製程特性的『多階層分析』系統架構，STAN物質流分析軟體的『圖型化』與『資料庫』功能展示，以及準ISO14000制度之物質流成本分析的初步執行案例，期望國內企業能開始重視此一國際趨勢，積極導入以永續資源管理為核心價值的物質流分析系統。

100年中技社研發計畫概述

企劃室 鄭清宗主任

光觸媒水分解產氫技術開發研究(I)

面對化石能源的日漸枯竭及造成溫室氣體排放的問題，發展清潔能源已經是刻不容緩的課題，其中利用無限量供應的太陽能以驅動光觸媒，進行水分解反應而製備氫氣，可謂是永續清潔能源的重要選項之一。藉由氫氣可以將太陽能轉化與儲存，以備燃燒產生熱能與動能，或與燃料電池結合發電，解決無日照及風力時的能源供給問題。

在諸多太陽能產氫途徑中，直接利用半導體光化學反應法製氫是近年來深受矚目之研究方向。藉由模仿植物光合作用的機制，進行類似電解水的反應，吸收太陽光的能量，以克服將水分解成氫氣與氧氣所需之能量障礙，從而實現太陽光能水分解反應(water splitting)或是光分解反應(photocatalysis)，其原理與過程分解示意如圖1。首先，半導體材料必須先被光源照射，材料吸收一定能量之光子，使得原本在價電子帶(valence band)之電子受激發後躍昇到傳導帶(conduction band)，因而在材料中產生了分離的電子與電洞(即正電荷)。通常兩者因為帶相反電荷，所以很容易發生再結合(recombination)，以維持材料的電中性。但是如果抑制此再結合反應的發生，同時”引導”電子與電洞朝向各自氧化或還原反應之活性位置遷移的話，則在材料表面是可以發生產氫與產氧反應。

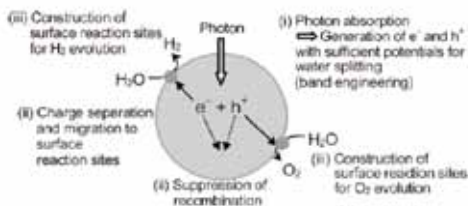


圖1 利用太陽光進行水分解之示意

光觸媒應用的挑戰在於必須兼顧以下特性：(1)有效的光能吸收 (2)光觸媒材料須具有適當的能帶位置 (3)光照的穩定性 (4)有效的電子電洞傳導(5)觸媒活性及(6)選擇地球上蘊藏量較豐富的元素為材料。本計畫預計達成目標包括：(1)系統性分析不同共觸媒或敏化染料於K₄Nb₆O₁₇或CuFeO₂光觸媒的產氫效率影響 (2)共觸媒與觸媒系統的特性分析 (3)光觸媒穩定性分析及(4)批次反應器的設計規劃。

製程壓縮系統安全操作之動態模擬診斷(II) – 空分廠及製程空壓系統操作最適化

壓縮系統是許多工廠的心臟，其操作良否決定了工廠開停俾及正常操作之可靠性、安全性及生產效率。當壓縮機面臨操作波動或開停俾操作時，其安全操作是非常重要的。以往通常依賴操作人員之經驗來渡過波動狀況，故人為誤差常造成不必要的能源跟產物損耗。在本計畫第一期中，已經以動態模擬輕油裂解工廠燃氣及冷凍壓縮系統，預先診斷操作程序安全性及穩定性，並且取得安全操作之係數，包括控制及系統參數來補救人為誤差之不足。

鑑於許多製程所需之大宗氣體如氮、氧等都是採用超低溫分離，透過對氣體加壓以降低沸點再對氣體進行分離，而在整個空氣分離裝置(Air Separation Unit, ASU)中，壓縮機所耗能源約占了整個分離過程的95%。因在製程中所需之氣體並不是一個固定值，但ASU卻是一個固定量的產出，因此適度調整壓縮機的功率是必須的，但又會面臨操作穩定性的問題。因此本計畫之第二期即以空分廠/製程空壓系統為標的。將採用製程工程的先進系統(Advanced System for Process Engineering，



傳播站
Communication

科技窗
Technology

思源集
Thanksgiving

新知識
Knowledge

綠世界
Green World

藝文村
Arts

簡稱ASPEN)模擬平台，藉由系統內提供模擬的物性模型和資料建立穩態(Steady State)製程模型，以得到可靠度較高之模擬結果。大型壓縮系統往往利用多段式壓縮，因此利用ASPEN Dynamics動態模擬可協助分析各階段因流量與流體分子量之變化，而獲得對壓縮系統所造成的影響，再藉由更進階的動態模擬以有效避免壓縮系統喘振的發生，達成節能的操作。

本計畫預定達成之目標為建立空分廠/製程空壓系統之穩態與動態模型，並進行動態模擬之實廠測試驗證及系統操作程序優化等，以提升能源效率及減廢之效益。研發成果預期可應用於煉鋼、石化、玻璃、及氯化複循環發電等之壓縮機系統操作改善上。

倒極式電透析(EDR)在廢水脫鹽處理的應用 (II)

全球水資源的匱乏已使新興水資源如廢水回收等，成為目前及未來水務市場的主力。有鑒於所有廢水回收的最後關鍵處理設施為脫鹽設備，但目前較普遍使用的逆滲透(RO)技術用於處理低濃度鹽類水回收時，其設置及操作維護成本較高，相較之下，倒極式電透析(Electrodialysis Reversal，簡稱 EDR) 則具有一定的潛在市場，故本研究專題選定EDR產品及系統設計為主軸進行開發。

電透析(ED)技術早自1950年代中期即已商業化，此技術是利用不同特性的薄膜對水中的離子作分離選擇，如圖2所示。陽/陰離子膜交替排列在正負兩電極間，相鄰兩膜用隔板隔開，水則在隔板間隙中流動。當鹽水進入隔室後，在直流電場作用下，陽離子移向陰極，陰離子移向陽極，且由於離子交換膜的選擇性通過機制，將逐漸形成含高鹽的濃水室與淨化後的淡水室。由於濃水室與淡水室中的水分子不帶電荷，故仍各自保留在原來的水道中，藉此達成水或廢水脫鹽處理之目的。

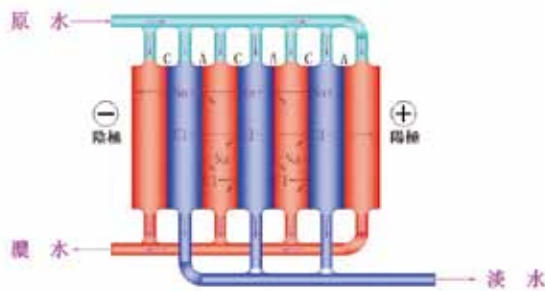


圖2 電透析技術示意圖

倒極式電透析(EDR)技術則是在1970年初始被開發出來。EDR是將ED技術作進一步修正，利用直流電正負極和內部導流的切換，以產水(淡水)進行薄膜及管線的自動清洗，以延長薄膜之壽命並減少前處理所需的化學清洗藥劑。為加速EDR應用在廢水回收領域的技術成熟化，本計畫擬結合工程公司的工程化專長及工研院的技術研發能力，先期以技術授權移轉方式建立EDR基礎技能，再藉由模場試驗的方式改良EDR原型機組設計及系統設計，藉以開發最佳可行處理流程技術及EDR設備產品，提供應用於未來冷卻水系統、純水系統、及廢水回收處理系統等。

鋼管混凝土構件分析設計及應用研究

鋼管混凝土複合構造(Concrete Filled Steel Tube,簡稱CFT)是指在鋼管中填充混凝土而成之構件。依日本AIJ鋼管混凝土組合結構設計標準，CFT構件型式分為內填型、外包型和內填外包型三類，其中又可分為圓形和方形。混凝土因為受到鋼管良好的圍束效果，使其抗壓強度可大幅提高，而鋼管壁由混凝土提供支撐作用，可避免薄壁鋼管過早發生局部挫屈。CFT結合了鋼材優異的韌性與混凝土的剛性，再加上鋼管對混凝土之圍束效應(圖3a)，鋼管與混凝土之間產生相互作用的緊箍力，使得CFT同時兼具高承載力、良好的塑性

與韌性(圖3b)，同時具有良好的抗震性能及耐火能力，相當適合高樓層建築或耐震需求高之構件，亦可應用於石化廠之鋼結構上。此外，CFP構造中之鋼管可作為混凝土施工時之模板，省去綁紮鋼筋、裝模及折模的施工步驟，同時亦可縮短工時、降低施工成本及減少施工所造成之廢料，符合綠建築構件之要求。

CFT構造在國外許多國家之設計規範，如美國、日本、大陸等，都將其納入，因此近年來在大跨度結構、辦公大樓、商場、高層結構及橋梁結構都有廣泛的應用。同時對於CFF長期荷載作用之力學行為及動力性能的研究在多年來亦有許多相關的文獻發表。而國內在88至94年間雖然都有CFT的研究及文獻發表，但在相關的設計規範中仍無明確之規定或提供一個簡便的設計方法與流程，避免應用有限元素分析的繁雜程序。因此，本研究之目的在於研究CFT之分析、設計方法，並依據價值工程方法，以經濟利益為主要考量，期望其成果能提供國內之工程公司應用於公共工程及石化廠統包工程等領域上，達到降低成本提昇競爭力之目標。

本計畫研究內容主要針對內填型之圓形及矩形斷面進行探討，目標將完成(1)鋼管混凝土複合構造分析、設計理論研究及應用公式；(2)串接SAP2000之鋼管混凝土複合構造分析、設計自動化應用程式開發；(3)配合鋼管混凝土複合構造之接頭細部標準圖；及(4)鋼管混凝土複合構造經濟性評量方法。

應用於冷凍空調設備之間接蒸發式冷卻模組之開發與節能效益研究

國內中小型氣冷式冷氣機的效率比值標準逐年提高，自100年起並增加蒸發式氣冷氣機的效率比值標準，以提高中小型冷氣機的能源效率。目前包含超市、便利商店、連鎖餐飲、藥粧及3C家電等型態之營業場所之空調系統為尖峰用電負載之主要貢獻者。綜觀目前國內外之冷凍冷藏展示櫃甚少採用間接蒸發式冷凝器作為排熱裝置，而根據國內外的研究發現，使用蒸發式冷凝器能夠使平均耗電損失減少15%~56.3%。

因此本研究預計以超市採用之氣冷式冷凍冷藏與空調設備種類為改善目標，開發對應之

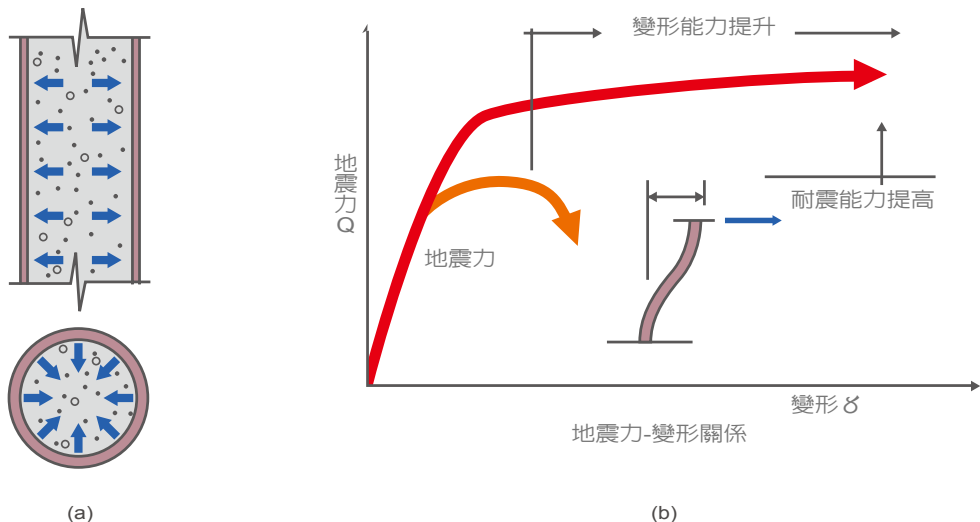


圖3 CFT緊箍力及性能示意圖



傳播站
Communication

科技窗
Technology

思源集
Thanksgiving

新知識
Knowledge

綠世界
Green World

藝文村
Arts

具可任意安裝拆卸特性之「間接蒸發式冷卻模組」，針對其冷媒系統運轉之影響與性能提升能力做深入之研究。預期建立鰭管式冷凝熱交換器（包括氣冷乾盤管與蒸發式冷卻濕盤管）之理論分析模式，並整合冷媒膨脹裝置、壓縮機與蒸發器之性能模式，成為整體冷媒系統運轉之理論分析模型。而後初步設計模組原型，針對超市應用之冷凍冷藏設備應用本模組予以改裝，以實驗開發其應用技術。預計開發之間接蒸發式冷卻模組示意如圖4。

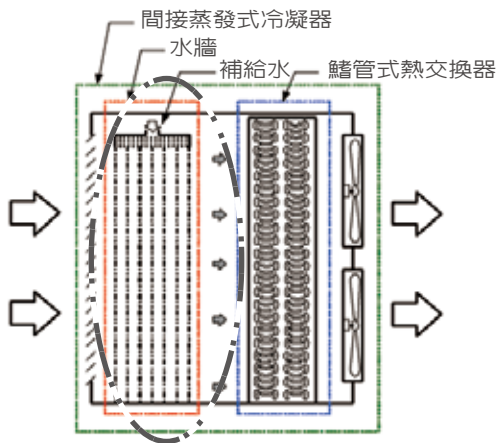


圖4 預計開發之間接蒸發式冷卻模組(虛線框)示意圖

結合熱泵之吸附除濕空調系統

高科技產業之潔淨室系統耗電約占全廠耗電56.6%；而系統中又以冰水主機耗電占全廠27.2%為最高。再者冰水主機所移除的熱量以處理外氣熱負荷所占52%為最高。即便於一般商業空調或公共空間之空調系統，於夏季時的外氣熱負荷亦大約占整體熱負荷的30~40%，因此冰水主機的用電也是多使用於外氣負荷的處理。於高科技廠房中的外氣空調箱其功能是将外氣予以過濾及溫、濕度調節，而後藉由風管管道輸送至潔淨室內或其它空調區域。在夏季時溫、濕度調節的方法，目前普遍採用低溫冰水通過鰭管式熱交換器，使空氣接觸熱交換器後產生降溫、冷凝的現象，而達到冷卻、除濕的效果，而在空氣調節後段為了溫度控制要求卻常需要予以再熱(reheat)，造成能源使用上的浪費。由於此種除濕設計方式必須使用冰水機組產生冷卻、除濕用的低溫冰水，因此在夏季時高溫、高濕的氣候條件，將使冰水機組的運轉耗電更為增加。

本研究以空調系統之循環暨外氣空調箱為主要載具，有別於傳統製冷空調的能源使用方式，研發結合熱泵之吸附除濕空調系統，系統

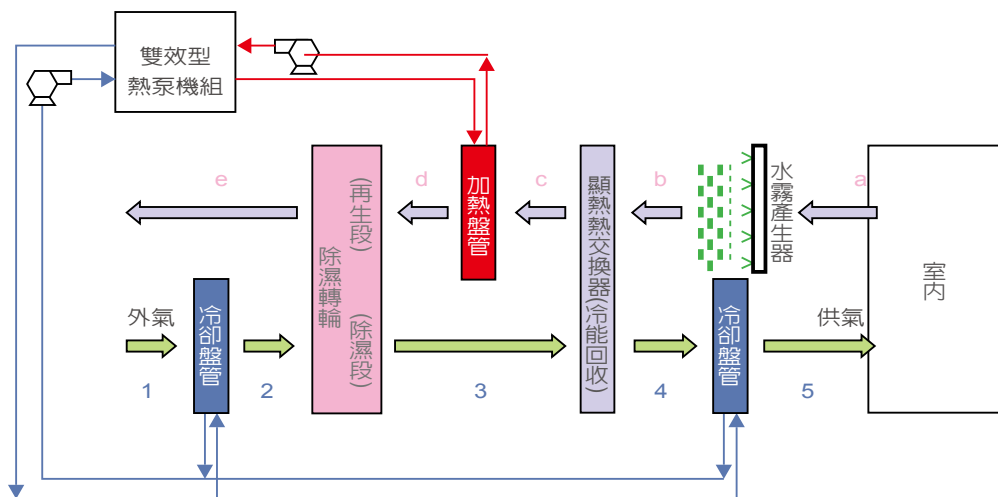


圖5 吸附除濕空調系統示意圖(全外氣)

設計上可利用熱泵製造之熱水供吸附材再生還原使用，而蒸發器則產生中、高溫冰水，以供空氣預冷卻或除顯熱使用，如此可使處理外氣潛熱負荷所需的耗電量大幅降低，達到節能減排的效果，圖5及圖6為本系統之示意圖。

本研究的主要單元為空調的供風系統及其相關的冷、熱源供應系統的核心元件--吸附除濕裝置，利用實驗測試與理論分析的方式，對該元件之性能進行研究分析，期望對吸附除濕裝置的除濕與再生性能，獲得良好的預測性，

而後再以數值模擬方式，進行系統整體的運轉效能與耗能分析，並以傳統空調系統設計方式做為耗能基準線，藉以評估本計畫所提的系統節能效益。系統將包含全外氣空調、內循環空調、外氣併循環風空調等系統；而未來可應用於包含百貨購物及量販賣場、旅館、商辦大樓、電信機房、各種工業廠房等工業廠房、商業建築、公共建築等具有中央空調系統場合，以取代原有空調系統的外氣空調箱，其應用方式如圖7所示。

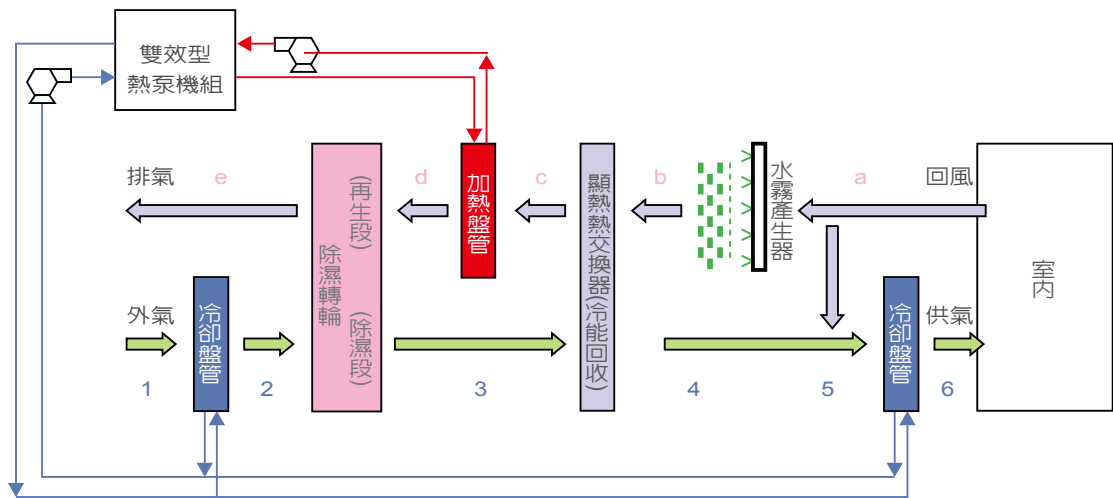


圖6 吸附除濕空調系統示意圖(外氣暨循環風)

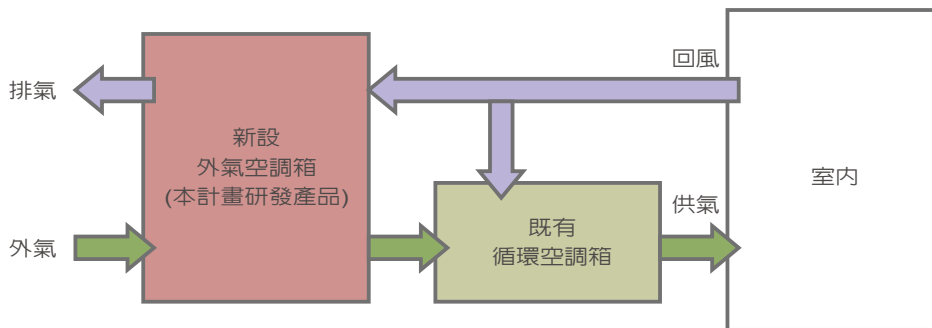


圖7 結合熱泵吸附除濕空調系統之應用概念圖



傳播站
Communication

科技窗
Technology

思源集
Thanksgiving

新知識
Knowledge

綠世界
Green World

藝文村
Arts

以愛鄉愛土的情懷 深耕專業的學海

▲ 黃良雄 教授
國立台灣大學土木工程學系兼 水工試驗所主任

黃良雄教授分別於1975及1977年就讀成功大學水利工程系時榮獲中技社獎學金，大學畢業服完兵役即回成大擔任助教，藉此深思自己未來的三個走向：申請獎學金出國深造、考國內研究所、進工程界工作；結果順利通過出國深造的第一選項。取得美國愛荷華大學土木及環境工程碩士，未料機械工程博士論文才寫一半，適逢台大土木系擬加強力學課程而至美國延攬人才，也因為這個天上掉下來的 job offer，快馬加鞭於1986年12月底完成學位，1987年2月返台執教至今。

由於拿的是機械博士，唸的是流體力學，做的是水下聲波，一旦受聘為土木系教授，就勢必要慢慢調整和適應。以親身的經驗，黃教授特別提出來和年輕的學者、博士班的畢業生分享：自己要去調整和適應環境，而不是要環境來適應自己。本身一直以來都從事非常理論的學問，但再好的理論，如果不能獲得青睞或導入實際運用也很枉然。所以在投入個人興趣研究的同時，除了選擇具挑戰性或突破別人所不能解決的議題之外，亦應兼顧市場及研發經費提供單位的需求。

回想自己在成大唸書期間，每天除了上課就是泡圖書館，簡直就像公務員一樣，但也是這份比別人用功的堅持和毅力，能夠始終貫徹專注於研究。比起時下的年輕人，黃教授自覺真的十分幸運，這輩子沒有找過工作。1986年春，剛好有機會與前往美國具傳統水利實驗室名校網羅相關人才的台大楊德良教授會晤，當時因為自己的博士論文才寫到一半，事後並沒有特別把這件事放在心上。結果獲悉只要能在當年底取得學位即可獲台大教職，這下非同小可，離年底只有短短四個月，連指導教授都直呼不可能；但經歷許多個不眠不休的夜晚，總算安全上壘，如期完成博士論文，隨即束裝返台任教。



現階段國立大學的師資幾乎都擁有博士學位資格，彼此之間的差距在於教學的態度，硬體不是關鍵，「人」才是絕對的關鍵。大學是學習紮實功夫的絕佳之處，若不趁機練就硬功夫，進入職場就很容易被取代，因而對學生的要求，自認十分嚴謹，無非是希望學生出了校門能有很好的發展。教書是志業，學生的成就即是最窩心的回饋；黃教授的學生遍及工程顧問公司、政府公部門，即使在目前學界一職難求的困境下，其中一位跟隨多年的博士生，依舊能夠在近數十位土洋博士的競逐中，經由資歷初審、教學複審，脫穎而出，靠的就是紮實的國際專業論述與國內涵蓋水文、海洋、都市淹水的研發專案實務經驗，以及創意的思維與敏銳的應變；這都是當今網路無遠弗屆、知識無國界的趨勢下，所應具備的宏觀與實力。

黃教授認為研究要做實際能用的東西，而不是只重視論文的發表數量；近幾年，因應時代的變遷，將領域擴充至落實真正的 Civil Engineering，研究目標偏向從台灣水利海洋的實際問題中，發掘學理上有待突破之處，再將學理獲得突破的成果用來解決台灣水利、海洋的實際問題。其他主要研究尚包括：多孔彈性底床

中技社通訊

CTCI BI-MONTHLY

NO.94 / 2011.04

(poroelastic bed)受流及波(current and wave)影響的理論及數值和實驗研究、含渦流之重力波研究、斜向波通過多孔介質牆之研究、三維地層下陷之研究；應用技術之創見與成果則包含：地下水及地層下陷的數值研究、地下水質傳輸數值研究、感潮河口之理論與數值研究及現場調查、三維水庫懸浮泥砂傳輸計算。綜合上述學理及創見，對河、海之國土保育及跨河橋樑結構安全、水庫維護等技術之提升均有實質的助益。

各行各業總是互有消長，各有起落，黃教授不贊同土木逐日沒落的論調，因為土木系的數學訓練絕不亞於其他理工科系，自己就有學生副修醫工所的課程，將來也可能有學生將跨領域擴展至生物力學。只要跟民生相關的，相信土木系的學生都有能力應對多元化的學習，身為教授就有責任找到方向，讓學生有努力的目標。這幾年由於氣候變遷導致的生態浩劫，相形之下，水利工程反而異軍突起而頗具前景；不但和國家發展有密切關連，和地球生態也環環相扣，兩岸的學術交流也日益頻繁。

台灣土木工程界堪稱人才濟濟，普遍的數學分析能力極強，也各有想法，然而在無法與媒體及民意代表取得共識的情況下，往往無法執行整合性的總體規劃；其實不妨參考日本，採進駐當地直接與民間溝通的方式，並學習大陸擅長的土建施工，以落實公共建設的進行。最近，黃教授正規劃著手整理台灣河海災害的過往歷史調查和因應等對策，並展開第一線的現場實地了解；蒐集過去的媒體資料，綜合水利局主管、當地的資深工程師、有意願的學者、內行的專家；再加上媒體、NGO等團體，以一般社會角度的觀察，將總結以上各方論點彙整成訪談報告。預計若完成此詳實客觀的報告，一方面可以提供相關從業人員的訓練教材，一方面提供媒體正確與專業報導的依據。

雖然想法很多，但實際做起來卻需要一段時間；例如完成上述的計畫報告，亦打算邀集中肯立場的法律、媒體、水利等人士，研擬一套完整的SOP，以作為災害防治及投資風險的參考。另外，因應台灣水利事務檢驗的需求，台大水工所亦擬成立「水文量測儀器檢驗及研發中

心」。總之，一切均在蘊釀之中，未必能夠在擔任水工所主任的任期內達成；但黃教授自認，為了台灣這塊世代生於斯、長於斯的土地，只要是有利於台灣永續發展的事，絕對是「起頭傳承，義無反顧」。

採訪整理/鄭清宗主任·張兆平組長





傳播站
Communication

科技窗
Technology

思源集
Thanksgiving

新知識
Knowledge

綠世界
Green World

藝文村
Arts

手藝人奚淞談「靜、淨、敬」



當代藝術家 奚淞

繼2010年3月24日至6月於香港大學美術博物館畫展之後，當代藝術家奚淞緊接著於2011年1月22日~4月3日假台北市立美術館舉辦「心與手三部曲」畫展：以三十三白描觀音菩薩、佛傳油畫、靜物畫，表達二十多年來禮佛修禪——「靜」、「淨」、「敬」的三階段蛻變。

奚淞於1975年自法回國即先後擔任《雄獅美術》、《漢聲》編輯，投入漢聲雜誌、中國童話、小百科等流行刊物的策畫與編輯工作，所以一直沒有太多功夫從事個人畫作的展覽，不過由於是美術出身，始終沒有放下美術本行。

雖習西畫出身，卻以毛筆為工具，從手抄260字的心經起步。每當抄起「觀自在菩薩行深般若波羅多時照見五蘊皆空度一切苦厄…」即感受觀世音菩薩的智慧與慈悲，直到自己遭遇人生首度的生死別離，畫下生平第一幅白描觀音，從中感悟對生命的釋然，觸動對佛法尋根究底的興趣，於是從1992年開始一系列包括北印度、尼泊爾、緬甸、寮國、錫蘭、泰北、柬埔寨等地的自助旅行。

以往是靠閱讀，此行是靠遊歷去體驗；然後發覺佛陀所教的是對自然法則的敏銳分析和觀察，引出自然光最透徹的地方；因深受感動，而以油畫畫出佛陀傳達的那一份光。佛傳油畫就是整合行旅中重要的印象，以及新店碧潭獅頭山步道等地的風景，畫出理想化的創作。萬物靜觀皆自得，近十幾年來，奚淞每日晨起即以描繪靜物作為生活的禪修，亦從中體驗簡樸物件在光影變幻中呈現的豐足。

本刊採訪當時，奚淞老師一會兒搬出白描觀音舊稿鋪陳在地，一會兒禪定打坐，一會兒指向畫架上的報歲蘭，一會兒又攤開紙筆範帖俱全的手藝禪包；讓我們從一幕幕的場景切換中，跟著娓娓道來的闡述，墜入靜、淨、敬的時空之中。

毛筆起落之「靜」

毛筆是中國人長久以來使用的工具，也是一種可以修身養性的良好工具。當握起毛筆落在宣紙的同時，勢必全神貫注、放下煩惱而進入寧靜的狀態，這就隱含著偉大的心理學。在毛筆的線條和流動中，放下一切而有了禪修的素養；即使放下五分鐘，也會停止煩惱習性的造作而產生佛法中「戒、定、慧」的「定」。不做不適當的事即為戒，安靜平穩即為定，當回頭反觀生命時，有了清晰的看法即為慧；一旦了解生命真象和心靈運作的原理，風波自然煙消雲散。毛筆可以促成心的安定，奚淞稱之為「手藝禪」；借著手的活動而專注、忘我，獲得心靈的解脫。

禪修打坐之「淨」

事實上，精神集中十分鐘就如同是齋戒與沐浴；「打坐」時，身體坐姿呈現如金字塔般三角形是代表著永恆的穩定。早期奚淞曾經陷入對「定」的盤旋不去而不喜歡受到打擾，一旦被打擾就容易發怒，脾氣反而變得更不好。身為禪修者，他覺得自己必然對佛法的認識有所不足，因而對佛法產生更大的探尋願望；想了解佛陀到底是如何教化世人，並探索佛陀遺留於人間的心靈法則。



經歷學佛行旅，發覺佛陀對心靈法則已有很好的教誨，那幾乎是古老的心靈科學，可以直指自然最透徹的光明，經佛陀的教誨讓心頓時豁然開朗。誠如佛陀最早傳來中國其中的幾句話：「諸惡莫作，眾善奉行，自淨其意、是諸佛法」。一般人99.9%把一切指向外在目標，修行人則是從「靜」而內觀，於是看到自己心理纏結的真象，因而能一次次解開煩惱的結，進入寧靜的境界。

西元初期，在佛陀的造像上即出現「解結」的手勢，其實佛陀手上並沒有任何看得見的實體結，指的是解開人的心結。如果能進入修行而觀察生命內在的心靈，領悟無常起伏情緒是「堪忍」而不再受煩惱情緒的支配；解開這個心結自然就過了這一關。20年後的奚淞再畫觀音，顯然多了一份心靈本質的微笑；也就是心靈本質純淨後，因覺察力所呈現「解脫的笑容」。

生命緣起之「敬」

人生不如意事十之八九，現代社會因此躁鬱症蔓延，其實不快樂不是病，往往是因著心靈物化嚴重而導致。佛陀曾指示：「苦受、樂受、不

苦不樂受，乃人生三種感覺，無法迴避」。痛苦本來是生命的珍貴課程，佛陀35歲教化的第一堂課開宗明義即說「四聖諦(苦、集、滅、道)」，而(苦聖諦)即為苦受；藉由安定力，忍受與接受煩惱、苦痛；一次又一次解開心結、淨除纏結的煩惱習性之後，才能夠達到解脫自在的心境。如此說來，人的苦惱也可以是人的收穫，對生命有了信心，因而懷抱珍惜的態度，對涵容整個存在的天地產生敬意。

奚淞除了描菩薩、畫佛傳，也把每日的畫靜物當作禪修功課。道在平常，再平凡不過的靜物，因著室內光影的變化，孕育生息也道破光陰的變幻無常。無常的變遷、無解的疑惑，因學佛而產生安靜的力量，看到事情的真象；接納無常以及世間的不圓滿，把以自我中心的人生看不見之處翻轉過來，回到宇宙最原初的自我察覺力，回到古老靈魂的無私、無我的觀照；因心靈的淨化得到安靜，找到生命的智慧。

奚淞是位集文學、藝術、禪修於一身的奉行著，在充斥著霸、貪、滅、亂的現世社會，其創作綻放著至誠感人的生命之光；誠如其所言「浮生若夢，得以朝露般的視覺，窺見人類精神世界的黎明，便是無上幸福了吧」。藉由此次展作的分享，讓我們回歸沉靜、純淨、虔敬的極簡初始，成為心手合一的文創參與者；如是，無形之中也間接成為節能減排的實踐者。

採訪整理/余俊英組長·張兆平組長



雄獅美術：
微笑八寶盒中的「手藝禪」，內含紙、筆、範帖、《心與手：寫心經·畫觀音》。

節能減碳三十六計

坐在馬桶上,可能是你最自在的私密時光了……

可以吸收新知,可以策畫未來,還可以發呆!

在沖水的一霎那,請想想,你換省水馬桶了嗎?

如果還沒,快動手為家人自製一個省水馬桶吧!





向世尊致敬

園林裡，僧人遙向走來的佛陀合十躬身致意。在任何人的生涯中，總也可能有不期然、忽見佛陀向你走來的時刻。以此，我們滿懷感恩。

112x162 cm 1998年 油畫/麻布 奚淞 創作



財團
法人

中技社

106台北市敦化南路2段97號8樓

電話：(02)2704-9805

傳真：(02)2705-5044

網址：<http://www.ctci.org.tw>