

合乎時代需求的科技課程內涵

江文鉅

科技教育的目標係培養學子瞭解科技、使用科技與評價科技的基本素養，讓學子在成長的過程中，充實科技社會的生活知能，成年後能共同促進科技社會的發展。科技教育的學習內容及教學型態發展，其與科技社會發展進程呈現緊密的關係。跟隨科技與社會快速的發展，科技教育的內涵亦需經常的檢視，傳授何種知能來型塑全人的教育目標。

我國的科技教育課程發展與美國的科技教育課程發展較為相似。美國的科技教育，係從1980年由工藝教育開始轉型，發展至今，科技的領域已涵蓋了：製造科技、營建科技、醫療科技、農業生產與生物科技、能源科技、資訊與傳播科技、運輸與交通科技等等多種。另外，美國於1990年代之初，就開始進行MST課程整合，麻州也建立科學、科技與工程課程架構。而美國科技教育界扮演重要角色的ITEA已於今年正式更名為國際科技與工程教育工作者協會(ITEEA)。在這期間，數學、科技、工程與數學課程的整合，一直都是科技教育界討論的熱門話題。

英國的教育課程，聚焦在問題解決能力。英國現行的科技教育課程為「設計與科技」，其關鍵概念包含設計與製造、科技文化認識、創造力培育、批判性評估能力養成。課程的內容與範圍包含設計、食物、材料與織品、系統與控制，同時要求學校教材主題中，至少要有一個是關於食物與紡織品領域。英國的科技教育課程顯示，除飲食課程外，其仍著重在問題解決導向，並專注在產品的設計、材料選用、加工製造、組裝、回饋、產品與環境互動及反思。

借鏡英、美科技教育課程發展，與反思當前課程整合的浪潮，培養學生具有進行設計、製模、加工與組裝的能力；導入ICT科技，讓學生能藉由網路資源、電腦輔助設計與製造軟體，完成各種模組化元件；以及讓學生能延展產品設計、概念溝通與設計管理能力，協助學生連結所學的數學與科學相關原理。此外，在科技與環境的互動課程設計，宜強化與工程素養的連結，藉由工程原理的範例，讓孩子連結所身處的科技世界，進而強化科技產品的批判性評估能力。

前瞻未來的科技教育課程與當前課程架構的整合概念，要如何凸顯科技教育課程的主體性與完整性，區隔教材在教師群中的專業性與不可替代性；闡明科技課程的基本內涵、整合各類的專業教學方法、具體合適的科技領域與內容、主題的創新與擴充，以及考慮人與生活方面，是否亦該把環境科技、農經科技、環保意識以及美學方面知能納進來等等，應視為相當重要的課題。

學校推動有機農業之適當科技觀分析

以美濃鎮福安國小為例

¹彭子芳、²朱耀明

¹高雄師範大學工業科技教育系教學碩士班研究生

²國立高雄師範大學工業科技教育系教授

壹、前言

科技是因為人類的需求而產生，但是隨著全球暖化日益嚴重，化石能源日益匱乏，糧食供給率越來越低的今日台灣，我們不得不思索，如何透過教育的力量，找回農業的適當科技，給予學生尊重生命、保護生態的永續發展概念。

珍古德（2007）指出，食物就是力量，吃可以改變全世界。為減少溫室氣體排放，越來越多環保人士，提出「吃」不僅和健康有關，食物生產和運送過程也會大量消耗能源，排放二氧化碳，所以嘴巴革命應運而生，各地紛紛響應校園有機日。

吃，真的可以改變世界嗎？實施有機農作真的對環境有影響嗎？當全球各地正在為了全球暖化、為了減少碳足跡吵得沸沸揚揚時；在美濃鎮的福安國小，以「食用校園，有機種植」的行動，實實在在的來膚慰孕育我們成長的土地；不需要口號，不需要媒體；而是一步一腳印，帶領孩子整地、育苗、移植、施肥、噴「蘇力菌」、抓蟲到收成，以實際的行動來呵護地球。

從福安國小的有機農作經驗中，研究者深刻體驗到「適當科技」「小就是美」的核心理念，運用在地資源、人力與知識，回歸「自給自足」的簡樸生活，找回人的勞動與土地、和所有生物之間最圓滿的關係。學習很重要，行動更重要。研究者希望透過「適當科技」的文獻探討，與有機農作的實地觀察與研究，找出人與人、人與自然、人與科技最圓滿的平衡狀態。

貳、有機農業與適當科技

本研究以美濃鎮福安國小 5 年來實施有機農作之經驗做資料分析，並訪談推動有機農作之承辦主任，及蒐集相關老師之意見。分別以不同角度分析學校發展有機農作與適當科技之關連性。

「有機農業」依據農委會（1997）的定義，是一種較不污染環境、不破壞生態，並能提供消費者健康與安全農產品的生產方式。本研究所稱「有機農業」乃指美濃地區採取不用農藥、不用化學肥料、較不污染環境、不破壞生態，並能提供消費者健康與安全農產品的生產管理系統。

聯合國糧食與農業組織（FOA）的農業委員會，1999 年在羅馬開會時將有機農業定義為「一種旨在提升或強化農業生態系統健康的全方位生產管理系統。」

（FOA）特別強調除了要杜絕農業經營中所有可能產生的汙染外，一定要健康的使用農場土壤、水和空氣，同時要將農場所產生的動植物廢棄物加以再利用，轉化成土壤的養分。根據董時叡（2008）研究分析，在中國農業發展的記錄上，遠在春秋戰國時代就有現今有機農業所倡導的「輪作複種」的觀念，從漢朝時期開始，「間作」的生產理念也大量被應用於田間管理。古書「汜勝之書」中也曾提及「豆有膏」的觀念，認為以豆類和穀物間作具有肥培地力的成效。此外，早在西周時代，農民就開始利用綠肥作物，採用綠肥、糧食作物輪種的所謂「美田法」、「肥田法」，都可說是現代有機農業的基礎生產方式。

何謂適當科技？方榮爵（2006）指出，簡單說它是一種科技，採用該科技時，選用者思考的核心概念，著重在長期使用後所衍生的影響。所有科技產品，對生活環境都會造成衝擊，人類活動使用的工具材料選擇，長期造成不同程度的環境影響，對未來子孫可致極大的差異。因此，科技選用的適當與否，涉及人類發展、居住品質、（不同國家的）國民所得、世界能源、經濟產能等各類問題，不可不慎。

1970 年代，世界爆發第一次石油危機，各國開始注意到環境破壞與能源消耗的問題，重視環境倫理的「適當科技」（Appropriate Technology），因為符合當

時的時代氣氛，一時蔚為潮流。「適當科技」(appropriate technology)概念肇始於 1960-70 年代，起源於歐美國家針對現代工業科技帶來的壓迫所提出之批判與反思。

適當科技的定義最早源自英國經濟學家修馬克（1973）提出的「中級科技」概念：簡單、小量、低成本、非暴力。修馬克（1973）呼籲人們開敞心胸思索另類的經濟學的可能性，例如：根植於佛教儉樸、非暴力、「中道」、「正業」等價值觀的經濟學。在科技問題上，修馬克主張發展「中級科技」(intermediary technology)以作為當代的「粗魯科學與暴力技術」的必要修正。這些科技必須(1)夠便宜致每人都能確實掌握；(2)適合於小規模的運用；(3)能夠與人類對創意的需求相吻合。

陳信行（2003）指出，從修馬克至今，各種「適當科技」計畫大致追求的是以下這些特性：（一）小規模；（二）省能源；（三）環保；（四）勞力密集；（五）由在地社區控制；（六）簡單到能夠由使用者自行維護(Hazeltine & Bull, 3)。

叁、學校推動有機農業之背景

美濃是個農村，由於先民的努力，美濃更是號稱高雄縣的穀倉。可是隨著時代的變遷，價值觀的混淆，生長在農村的孩子已經不知道泥土的香味。儘管身邊到處是稻田，卻不知道一碗白米飯到底蘊藏了多少農夫的血汗。為了傳承在地的歷史與文化，為了喚起孩子對土地的感恩與尊重，為了教育孩子對生態的認識與保護。福安國小的老師開始帶領孩子下田耕作。希望孩子在彎腰的同時，體會祖先開墾的辛苦；在灌溉的同時，體會先人構築水圳的智慧；在不用農藥、化肥的有機耕種實作中，體會到人與自然永續相處的模式；讓孩子實際體驗「食物」是怎麼來的？讓孩子感受到這塊大地上，除了人們，還有哪些「生物」存在？

行政院農業委員會農糧署於 2005 年起，持續推動「深度米食推廣教育—學童種稻體驗」計畫，在國小校園裡推展「看稻子長大」活動；台灣各地將近四十

幾所國小都陸續種起稻米，美濃鎮有三所國小(龍肚、福安、吉東國小)陸續被核定參與實施計畫：

表 1 美濃鎮三所國小實施有機農作概況表

年度	學校	班級數	學生人數	耕作面積	農作物
94	龍肚	11	280	2 分	稻米
	龍肚	12	280	2 分	稻米.蔬菜
95	福安	6	160	4 分	稻米.蔬菜.玉米
	吉東	6	163	1.5 分	稻米.蔬菜
96	龍肚	11	270	2 分	稻米
	福安	6	150	4 分	稻米.蔬菜.玉米
	吉東	6	160	1.5 分	稻米.蔬菜
97	龍肚	10	260	4 分	稻米.蔬菜.玉米
	福安	6	155	4.8 分	稻米.蔬菜.玉米.番茄
	吉東	8	149	1.5 分	稻米.蔬菜
98	龍肚	12	260	2 分	稻米.蔬菜.玉米
	福安	6	150	4.8 分	稻米.蔬菜.玉米.番茄

資料來源：研究者自行整理，感謝黃鴻松主任、童昌雄主任、劉富宏主任協助確認資料（引自彭子芳，2010）。

以福安國小而言，「在地生活.在地學習」一直是福安團隊五年來推動「食用校園」的核心理念。根據受訪者表示，2006 年開始，福安國小會發展「食用校園，有機農作」之特色教學活動，主要是希望透過教育的力量給予學生保護生態、尊重生命的體驗。（引自 B-A-1-5）

根據研究者兩年來參與觀察的心得，透過「食用校園」的推動，可以讓孩子的學習與在地的生活方式產生連結；在耕種的活動中，可以深刻地感受客家「交工」文化的互助精神；在用餐及農民市集的當下，學會分享的喜悅。所以對於福安國小而言，在環保永續的有機農作後面，其實還有著深刻的人文意涵。

研究者回到福安國小兩年了，因為跟著福安團隊學習「有機農作」，讓研究者深深感動~「有機，不僅是維護生態，與『自然』成為耕作的親密夥伴；更是

一種尊重生命的生活態度。」研究者發現：不用農藥、不用化學肥料、多樣作物「伴植」生長…一點一滴在孩子的生活中、在孩子的心中種下「尊重生命」、「敬天愛地」的種子，也在老師們的日常生活中、教學過程中不斷發酵…雖然只是一顆小小的種子，卻可以打造出無限的希望。在福安，真是幸福又平安！

肆、學校推動有機農業與適當科技的關連性

科技的發展必須和人文的關懷並駕齊驅，否則必像修馬克所言：走向毀滅之路。以下將以適當科技的六大特性來逐步說明學校推動有機農業與適當科技的關連性。

(一)「小規模」特性

修馬克（1973）提到：「小規模」是來自於持續性的經濟學概念，對於科技的方法和設備他要求要適用於小規模的運作。因為不論其為數多大，通常對大環境的傷害都比大規模運作來得小的關係。

根據訪談資料顯示，目前學校有機耕作面積有 4.8 公頃。耕地面積大小對於有機農業之發展各有利弊，視農作生產類別而定。如果是種水稻，因為大部分靠機械，並且採取粗放管理方式，可以大面積種植。但是如果種植有機蔬菜的話，因為要噴蘇力菌、抓蟲…很費人工，就必須小規模種植。（引自 S-A-1-9）

(二)「省能源」特性

1. 運用當地水資源

比起其他鄉鎮，美濃當地擁有完善的水利系統，遍布整個鄉鎮的水圳，對於農業灌溉裨益良多。福安國小的田地主要是接引水圳的水灌溉，無須再鑿井，或是借用電力抽取地下水，相對的節省了不少的水電費用。（引自 E-A-2-3）

2. 善用農場廢棄物

客家族群節儉勤奮的特質在有機農業的發展上也展露無遺，福安國小的師生會善用農場中的稻稈、玉米稈來堆肥。也會把稻桿曬乾，到了冬季種蔬菜的時候，就可以覆蓋在田裡，一方面可以保濕，也可以抑制雜草的生長，所以稻草是一個省能源的替代品。減少化學肥料的費用，也減少化學肥料對土地的傷害；更符合適當科技「降低成本及強調本土材料的使用」的精神。（引自 E-A-2-6）

（三）「對環境威脅最少」特性

人活著不能沒有科技，但是大規模使用化學肥料、高度機械化及大面積單一作物的生產模式，卻讓土壤酸化、貧瘠，乃至流失，造成生態浩劫。有健康的土地，才有健康的農作物；有健康的農作物，才有健康的身體。土壤的肥沃與否對於農業生產是一個重要的關鍵因素。一般慣行農法總是用化學肥料來增加地力，福安國小對於環境保護方面的實施策略有二：

1. 不用化肥，學校種綠肥，低成本，高收穫

福安國小，不僅沒有使用化學肥料，而且也沒有購買有機肥料，而是種植青皮豆。2009年10月間，以混種的方式在四分地種下小白菜、青江菜、油菜、A菜、白玉蘿蔔、青皮豆等六種作物。隨著不同作物的成長期不同，段段續續採收，每個階段有不同作物的賞味期；最後青皮豆不採收，等到99年2月5日要插秧前，再將青皮豆打入田裡當肥料。從插秧到收割，沒有再施肥，可是老天爺卻給了全校師生大豐收，見證了「天然的尚好」這句話，也降低了耕作的成本。（引自 E-A-2-5）

2. 吃在地，吃當季；降低食物里程

根據訪談結果，福安國小團隊覺得有機農業是低耗能、注重在地化、社區化的農業。我們的生活要用當地的食材，就是結合生產、生活、生態的最佳模式。透過地產地銷可以縮短食材到餐桌的距離，不僅撐起了健康，也撐起了在地產

業。這樣的有機農業是非常有價值的。也符合適當科技「生產應就地取材，就地販售」的條件。(引自 E-A-6-3)

(四)「勞力密集」特性

隨著種植農作物的不同、經營理念的不同，投入的人力也不同。以種植有機稻米而言，福安團隊的有機耕作理念是採取粗放的方式，用最少的介入、最少的干擾，來做這件事情；所以在管理方面，不會花掉很多的時間與精力，因為它就是有機的、它就是自然的，東西種下去之後，就一切就是靠老天爺了。但是以秋冬季節種植有機蔬菜而言，噴蘇力菌、抓蟲、剪枝、、、就非常需要人力，必須全校師生總動員，才能與自然生態共生共存。(引自 L-A-2-3)

(五)「由當地社群所運作」特性

聞道有先後，術業有專攻。學校的老師大都師範體系畢業，成長背景大多與務農無關；卻要帶領學生種菜種稻，確實不容易。所以福安國小實施「食用校園有機農作」其實承蒙在地家長、社區志工幫忙許多。其中當地社群所提供的協助大致可分為兩部分：

1. 公部門

以公部門來講，主要有行政院農業委員會、高雄縣政府、美濃鎮農會、高雄區農業改良場旗南分場，給予經濟補助及生產技術輔導。(引自 C-A-5-2)

2. 在地社團

以在地社團來講，有美濃愛鄉協進會、八色鳥協會、博士學人協會、高雄縣導覽協會、荖濃溪生產合作社、美濃有機米產銷班、旗美社區大學，對於有機農作概念的分享以及生產管理系統的協助，提供相當多的支援。尤其是家長會宋瑞聰會長跟他太太，不僅指導師生如何種植有機蔬菜，還在菜園中陪伴學生如何認識菜蟲，以及分享如何運用生態工法、生物防治法，和大自然的生物共生共存。

(引自 C-A-5-2)

(六)「在區域內得以永續」特性

英國經濟學者修馬克（1973）在「小即是美」這本書裡面提到：「物質資源中，最偉大的毫無疑義的是土地。研究一個社會怎麼使用土地，就能對它的未來有個相當可靠的推斷。」尤其這幾年來因為極端氣候影響，天災頻傳，歷歷見證修馬克所言：「人是大自然之子，而不是主宰。」人不能勝天，人要敬天愛地，才能永續生存。

根據訪談結果及資料顯示，福安國小師生都非常重視永續議題，不管在土地的維護、作物的生產層面，都會採取對人、對土地、對生態、對環境最友善的方式去進行。

1. 適地適時適種，維護生態永續發展

肯納德（1997）在「新世紀農耕」書中提到「大自然是最親密、準確的鐘，蔬果自有它自己的季節」。每一粒種子，總有它適合的土地，在適合的時間，給它水，給它時間，它自然會回饋我們大自然的美食與能量。為了食品安全，為了保護大地，福安國小師生堅持不用農藥。除了用抑草蓆之設施之外，特別實施適地適時適種策略，以維護生態永續。（引自 D-A-4-2）

2. 順應自然，關心土地訊息，給予土地休養生息

如果我們希望能擁有健全的家園，我們就要以平等的心來對待大自然，親近它，傾聽它的聲音，了解它的習性，關心它的需求。根據訪談結果，童主任表示，夏天是高溫、多雨、病蟲害很多的季節，我們就順應自然，讓土地休息，等到9月、10月天氣緩和之後，再來種蔬菜，收成就會很好。（引自 D-A-4-7）

3. 多樣化種植，維持永續經營的能量

2009年10月童主任嘗試一種新的方式，帶領學生種菜；他把蘿蔔、青江菜、小白菜、A菜、油菜、黃豆等六樣作物一起遍灑在四分地上種植，並帶領學生將上學期收成曬乾的稻桿，拿來鋪蓋在種子的上面，可以有效抑制雜草生長，保溼

保肥效果也不錯。秉持著適地適種的原則，從播種到收成，不澆水、不除草，小小種子很爭氣，靠著日夜溫差產生的露水努力的生長，可是老天爺卻賞給福安的師生鮮嫩可口的蔬菜。

2010年2月種稻時，該校嘗試將上學期種植的青皮豆打入田裡，作為水稻的肥料來源，不用市售肥料不噴農藥不撿福壽螺，只在秧苗初期使用苦茶粕抑制福壽螺繁殖，生長期間不下田鋤草除螺等干預，以此接近自然農法的耕作方式，結果收成時，竟然獲得高產量真是令人振奮，可見有機種植的確可行，亦證明以自然方式順天耕作自得上天保佑的真理。

伍、學校推動有機農業對學生和老師的影響

（一）因為學校透過有機，讓學生體驗生命

彩虹之美，因多色共存；人生之美，在於多人共榮。透過有機耕作過程，我們帶領孩子到田間觀察，原來這個世界有如此多的生物，因為多樣化的生態平衡，才能給予我們美好的農作物，才能讓我們享受和諧的環境。這一切都來自於對生命的尊重，對生態的關懷。

2009年12月20日學校邀請宋瑞聰會長教導學生有機觀念、有機蔬菜種植方法及如何辨識菜園中的各種昆蟲。很快的，小朋友就找出好多蟲，有瓢蟲、蚜蟲、斜紋夜盜蟲、各種形狀顏色毛毛蟲，還有會駝背前進的尺蠖蟲（俗稱駝背蟲），有許多是圖鑑中找不到的，可見大田生態相當豐富。在有機自然種植葉菜及青皮豆下，許多小昆蟲得以繁衍，形成完美的食物鏈，所以人有菜吃，蟲也有菜吃，有蟲就有鳥，菜園也就熱鬧起來了。詳情請參閱福安國小網站「大自然教室-食用校園-有機耕種日記」部落格。

（二）因為參與有機，讓老師選擇有機

學習要與生活結合才有意義。福安團隊不僅帶領學生種菜、種稻，平時的教師進修與教學活動也經常引進各種社會資源，讓全體師生將有機的概念融入日常生活中。例如全校師生一起自己動手作有機豆腐、邀請主婦聯盟志工分享如何選擇健康的食用油、如何辨認健康的蔬果、邀請福智基金會志工分享「飲料的真相」。所以 2008 年 10 月福安團隊開始成立主婦聯盟福安班，有同仁主動承擔班長職務，每個星期為大家辦理團購服務，一起購買在地、低碳、健康的食物。

（三）樂活蔬食，全體師生的開心農場

根據 2009 年 12 月「同心圓」（福安國小的校刊）五年忠班鍾同學分享五年來的種菜經驗，她提到：「我們這次種的菜都是我愛吃的蔬菜呢！有玉米、白蘿蔔等等。我好希望玉米快快結出玉米，因為我已經迫不及待要吃有機玉米了，學校種的玉米可以生吃，又大又甜，總是讓人一可又一口，嘴巴都停不下來。種菜讓我體驗到種菜的辛苦，種菜的人要曬太陽、還要澆水、常常去看菜裡面是否有菜蟲；所以菜要吃光光，不要浪費食物，這樣才是個乖寶寶喔！」

在 2009 年 12 月「同心圓」「樂活蔬食」專欄，陳老師指出，現在許多的上班族、都市人都很流行在電腦桌前種菜；她認為在虛擬的農場是無法體驗「腳踏泥土」、「額頭滲汗」的農作成就感，種菜是一種生活方式的體驗；收成更是一種心靈成長的滋養。

涂老師是福安團隊中種菜的專家，經過五年來參與有機種菜的洗禮，她深刻體驗到「食用校園有機耕作」除了提供有機、無毒的青菜讓孩子們食用，更是許多福安寶貝的遊樂園，也是老師們散心紓壓的園地。

（四）重溫交工文化，農夫市集分享成長喜悅

從整地、育苗、移植、施肥、除草、除蟲到收成，蔬果在全校師生、志工、家長的辛勤呵護下，陸續成熟。在這過程中，也讓學生重溫早期客家種植菸草所衍生的「交工」文化，透過團結、互助，大家一起耕作。

收成的蔬果，除了帶回家與家人分享外，也拿到學校廚房烹煮，與全校師生共同分享。因為福安國小的「食用校園，有機耕種」活動得到許多支持與鼓勵，要感謝的人太多了，所以，在收穫的前夕，學校在田裡以傳統祭典的方式舉辦「收穫祭」，感謝福安庄的天地諸神暨田頭伯公的庇佑，感謝祖先胼手胝足的開墾，感謝顧問、家長、志工的全心支持與付出。當天採收的蔬果，小朋友在顧問、老師的指導下，分類包裝、過磅、訂價格，並貼上一張「生產履歷」，學習為自己的產品負責任。

隨著不同的時節，在福安，有不同作物的賞味期；尤其是秋冬季節我們很流行一句話，「要吃得比蟲快！」因為尊重萬物生命，所以不用農藥；因為不用農藥，大家就要確實把握賞味期採收農作物，各班採收了大自然賜給我們美味的農作物時，也會分享給全校師生和家人一起品嚐大自然的香甜風味。詳情請參閱福安國小網站「大自然教室-食用校園-有機耕種日記」部落格。

肆、結論

一、學校推動有機農業對學生、對教師的影響

俗話說：「知識就是力量」，如果有更多的農夫了解如何選用「適當科技」的概念去發展「有機農業」的話，相信對老農夫以及廣大消費者的健康而言，都是一大福音。學校推動有機農業，是希望由點而線而面逐漸影響整個社區。首先讓學生實際體驗尊重生命、保護環境的重要。學校老師也因為參與有機農作，感受到有機產品對人、對土地、對環境的多元效益，紛紛將樂活蔬食的概念落實在生活中。所以，福安國小的農場不僅是全體師生的開心農場，也可以讓全校師生重溫交工文化，並且透過農夫市集，和社區分享成長的喜悅。

二、建議

耕讀傳家是美濃客家人的傳統，「在地生活，在地學習」是福安國小「食用校園」教學活動的核心理念。在福安，同學們中午吃的飯是自己種的米，秋冬季節吃的菜是自己種的菜，不僅無化肥、無農藥、安全又新鮮的食物，更是低碳食物。在福安，真是幸福又平安！但是這樣的幸福並不是每個學校都能擁有。所以如果要推廣的話，需要政府、學校、教師三方面的配合，所以研究者就政府、學校、教師三方面建議如下：

政府方面，教育是傳承科技的最重要的資源，如果學校方面有意發展有機農業，政府方面除了提供經費補助之外，對於農地的租借、生產管理系統之概念及技術，亦可排入輔導策略之內容，因為畢竟術業有專攻，學校教師對於有機農業之生產管理系統畢竟不熟悉，土地的租借也是個問題。

學校方面，民以食為天，學校推動有機農業，可以多元結合環境教育、生命教育、營養教育的教學活動，是很好的統整教學。但是社區資源的整合更是重點。除了相關公部門的配合，如何尋求在地家長、農民與社團的支援，是學校推動有機農業最需要的社會資源。

教師方面，九年一貫的實施，以及現今社會一般家長對孩子成績的期待，無形中也給教師在教學上不少的壓力。課業學習很重要，但是培養孩子尊重生命、敬天愛地的永續發展概念也很重要。如何在課業與有機農作之間取得平衡點，就有賴於老師的智慧與堅持。

參考文獻

有機農業全球資訊網，2010年8月20日，取自

<http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/ptdetail.phtml?Part=organic-5-1&PreView=1>

行政院農業委員會，2010年8月23日，取自 http://www.coa.gov.tw/show_index.php
行政院農業委員會農糧署(2008)。**97年度「深度米食推廣教育—學童種稻體驗」計畫實施要項**。2010年8月14日取自

<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!kbJNfuKGHwI98ybjbIFQHfCA/article?mid=51124>

吳東傑(2006)。**台灣的有機農業**。臺北：遠足文化。

肯納德(1997)。**新世紀農耕**。(嚴世芬譯)。台北：琉璃光。

修馬克(2007)。**小即是美**。(李華夏譯)。臺北縣：立緒文化。(原著出版年：1973年)。

高淑清(2008)。**質性研究的18堂課：首航初探之旅**。高雄：麗文文化。

翁徐得(1995)。**地方產業與地域振興**。台灣手工業，55，10-15。

陳信行(2003)。**從適當科技運動角度看921震後協力造屋運動**。技術、文化與家：潭南協力造屋之省思研討會論文集，84-105。高雄：國立科學工藝博物館。

彭子芳(2010)。**美濃地區有機農作發展的適當科技觀分析**。高雄師範大學工業科技教育研究所碩士論文。高雄。

董時叡(2008)。**有機之談-有機農業的非技術面思考**。台中：董時叡。

福安國小網站「大自然教室-食用校園-有機耕種日記」。2010年9月1日取自

<http://tw.myblog.yahoo.com/fuan-plant/article?mid=505&prev=506&next=498>

Hazeltine B & C. Bull (1999). *Appropriate Technology: Tools, Choices & Implications*. New York: Academic Press, 1999.

Ifoam—International Federation of Organic Agriculture Move, Organic -World.net, July, 10, 2010, Retrived from <http://www.organic-world.net/470.html>

Preston Sullivan, P. (2003). Apply the principles of sustaninable faming, July, 3, 2010, Retrived from <http://www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/Transition.pdf>

太陽能風力推進車學習活動探討

*洪于清、**江文鉅

*國立高雄師範大學工教所碩士班研究生

**國立高雄師範大學工業科技教育系教授

壹、前言

自從人類開始學會用「火」後，能源便不斷消失，工業革命後能源更以倍數方式耗盡。近年來世界各國無不致力於研發各種再生能源技術，目的就是要延緩非再生能源的使用壽命，進一步利用大自然的力量來啟動另一種新的動力，以達永續經營的目的。一方面再生能源可以重複使用，可達到環境保護的目標，讓人類與地球能夠更和平相處。近年來各種氣候異常，水災、寒害、熱浪、颱風等災害異常猛烈，或多或少也和人類的過份消耗地球資源有關。

再生能源如太陽能、風能、海洋能、地熱能等，能轉換成電力的技術已不斷被開發，對於國中生而言，除能夠認識這些內容外，更希望他們能動手嘗試將這些大自然的力量轉換成生活中感覺得到事物，這樣才能將使用再生能源觀念內化成生活的一部份，進而瞭解其重要性。

其中，科學家們認為，太陽能是未來人類社會最合適、最安全、最綠色、最理想的替代能源。資料顯示，太陽每分鐘射向地球的能量相當於人類一年所耗用的能量（ 8×10^{13} KW/s）。相當於 500 多萬噸煤燃燒時放出的熱量（王革華，2008）。太陽能是取之不盡用之不竭的天然資源，安全性高、容易取得且無污染，若能充份運用，絕對能創造出高經濟價值、高環保性的產業。因而在國中自然與生活科技課程中，以「能源與動力」為主，搭配六大議題中的「環保」議題，發展出一套適合國中生學習的活動，期望能讓學生重視地球環保與永續經營的方向。

貳、教學活動設計

一、活動名稱：太陽能風力推進車

二、教學對象：國中九年級生

三、教學時數：八節課

四、活動大意：

本次的太陽能車製作，改變以往傳統作法，即不以馬達轉動齒輪來帶動輪子前進，而是嘗試以馬達旋轉葉片產生風力推進。除了讓學生對車子外型發揮創意設計，也希望讓學生瞭解風力所產生的作用力與反作用力一樣能使車子行進，並利用太陽能產生電力供給推進系統，將「太陽能－電能－風力」之間能量的轉換知識相聯結。

五、教學目標：

- (一) 培養學生動手做的能力
- (二) 培養學生發現問題並解決問題的能力
- (三) 培養學生對生活的觀察力
- (四) 培養使用手工具與基本美工的能力
- (五) 整合科技技術的能力
- (六) 能舉出太陽能應用在生活中的實例
- (七) 能說出替代性能源的種類及重要性
- (八) 能瞭解非再生能源與再生能源的種類
- (九) 能瞭解能量的種類及轉換
- (十) 能瞭解環境保護對人類生存的重要性
- (十一) 能瞭解地球永續發展對環境的重要性

參、教學前置工作

一、教師所需教學器材：

投影機、筆記型電腦、太陽能風力車成品、網路競賽影片、
相關書籍、圖片、學習單

二、學生所需工具及材料：(如表一、表二)

(表一)所需工具材料(以 1 份/2 人為單位)

名稱	數量	備註
太陽能晶片	2 個	採串聯方式
電動馬達	1 個	30 元普通馬達
珍珠板	1 塊	大小約八開
寶特瓶	1 個	製作螺旋葉片
細竹籤	2 支	製作輪軸
免洗竹筷	1 支	
保麗龍膠	1 瓶	可用熱熔膠代替
細吸管	1 支	
雙面膠	1 個	

(表二)所需工具

名稱	數量	備註
熱熔膠槍	1 支	膠條若干
美工刀	1 把	
剪刀	1 把	
尖嘴鉗	1 把	
剝線鉗	1 把	非必備(可用尖嘴鉗代替)
直尺	1 把	30cm 為佳

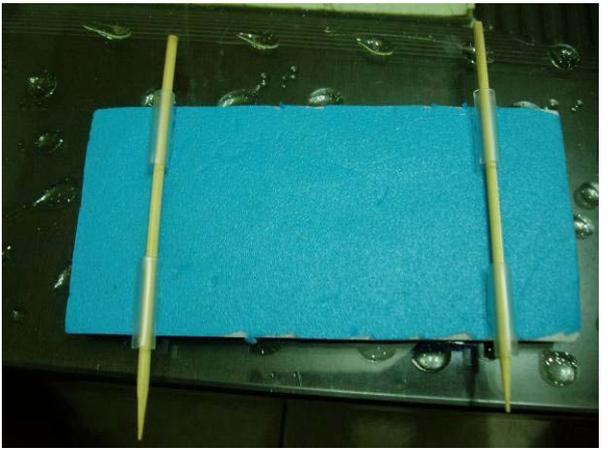
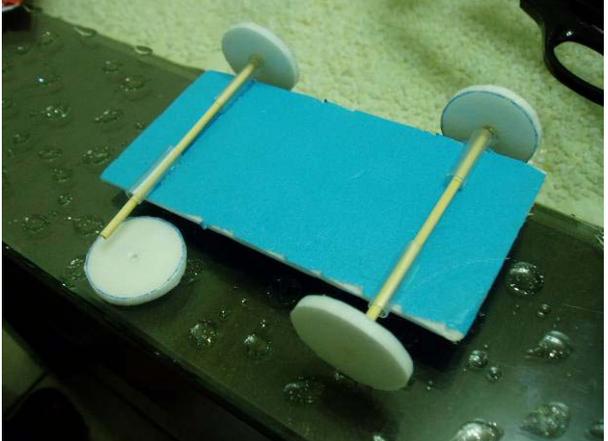
肆：教學進度表(每週一節課)

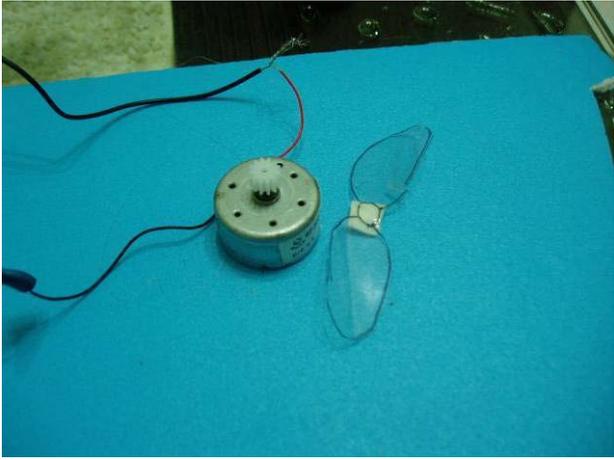
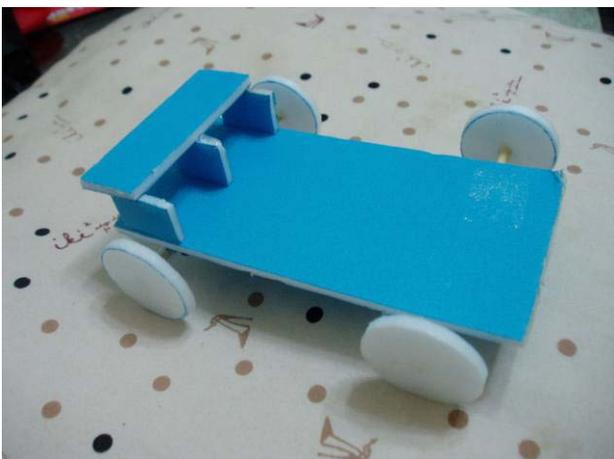
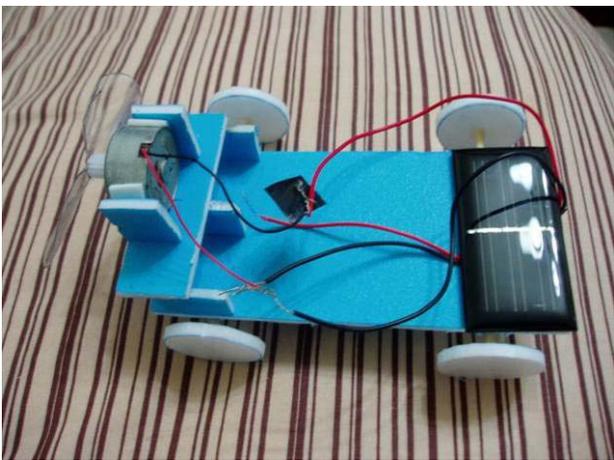
週數	課程內容	配合的教材設備
一	再生與非再生能源介紹	能源影片、圖片
二	太陽能車發展現況介紹、設計草圖繪製	太陽能車影片、圖片、 模型車展示並示範
三	車體外型製作、輪胎製作	珍珠板、竹籤、吸管
四	車體外型製作、輪胎製作並組裝	珍珠板、竹籤、吸管
五	螺旋葉片製作及馬達組裝、測試	寶特瓶
六	太陽能板安裝、學習單填寫	學習單
七	完成品測試、並修正問題	戶外測試
八	正式進行競賽、問題討論、完成學習單	戶外競賽

伍、製作流程圖解及教學要點

一、製作過程：

說明	製作方式	使用的工具與材料
1.繪製車體外型草稿 2.切割車殼主體(長寬約 12cm*6cm) 3.以 50 元硬幣描繪四個車輪		珍珠板 美工刀 畫圓工具 (或 50 元硬幣)

<ol style="list-style-type: none"> 1. 切割圓時注意切割技巧 2. 車子行進是否能順暢，輪子是極關鍵因素 		<p>珍珠板 美工刀</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. 於其中一面繪出輪軸位置 2. 剪下四段吸管，黏貼於四側 3. 將細竹籤裁剪適當長度當做輪軸 		<p>熱熔膠 美工刀 吸管 細竹籤</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. 繪出輪胎圓心 2. 將四個輪胎分別黏至竹籤上(輪子務必垂直於竹籤，以免轉動不順暢) 		<p>熱熔膠</p>

<ol style="list-style-type: none"> 1. 以寶特瓶繪製兩葉式（或三葉式）螺旋葉片並裁剪 2. 以手工方式將塑膠片摺出螺旋型 3. 將葉片黏貼至馬達上 		<p>寶特瓶 馬達 美工刀 熱熔膠 尖嘴鉗(或剝線鉗)</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1、於車體正面製作尾翼 2、馬達置於車體後方的尾翼上 		<p>珍珠板 美工刀 熱熔膠</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1、將馬達固定至尾翼上方 2、將太陽能板 1 或 2 塊安裝至車子前方(務必注意車身的配重，以免翻車) 3、將太陽能板與馬達的電線連接 		<p>熱熔膠 尖嘴鉗 雙面膠</p>

二、安全提醒：

- 1、叮嚀學生工作操作要注意安全，特別是美工刀及熱熔膠槍。
- 2、使用美工刀切割時，要在切割墊或報紙上進行。
- 3、螺旋葉片旋轉有時仍會割傷，請學生特別小心。

三、與學生進行「關鍵因素」問題討論：

- 1、車體外型是否會影響速度？迎風面大小是否會增加阻力？
- 2、車體材質種類是否會影響速度？如何挑選最適合的材質？
- 3、車輪形狀、材質是否會影響速度？車輪大小跟馬達扭力的關係？
- 4、螺旋葉片大小是否會影響速度？越大越好嗎？
- 5、螺旋葉片兩葉或三葉是否有差別？何者能產生較大推進力？
- 6、馬達與太陽能板的安裝位置是否會影響速度？重心問題？
- 7、馬達與電池的接線（正負極）是否會影響行車方向與速度？
- 8、太陽能板數量（電力強度）是否會影響速度？五塊比兩塊太陽能板好嗎？
全身重與馬力的關係？
- 9、戶外競賽與室內競賽時要考慮什麼因素？順風與逆風？中午與黃昏的陽光何者效果較佳？冬天與夏天是否有差異？
- 10、在磁磚地板會跑、操場跑道及柏油路上跑得很慢？為什麼？摩擦力問題？

四、延伸學習

- 1、可改裝成以齒輪帶動的「傳統太陽能車」並比較兩者差異。
- 2、可改裝以電池為電力系統的「電動風力車」並比較兩者差異。

陸、評量方式

評量項目	分數比例	評量要點
車行速度	30%	5 公尺計時賽、行車流暢度
車型造型美觀	20%	能否妥善運用材料 製作技巧是否精細、外觀是否具美感
設計創意	20%	整體造型創意表現
學習單	20%	學習單完成比例及填答完整程度
情意	10%	學生整個活動過程參與程度

柒、結語

太陽是人類生活的中心，對學生而言太陽能是看得見摸不著的一種能源，透過生活科技課程的實作，讓學生能瞭解再生能源的特性及體會其中的奧妙。然而生活科技課程著重「做中學」及「問題解決」的能力培養，經由教師一步一步的引導，協助學生發現問題並設計解決問題的步驟，再將本次能源主題導入活動過程，藉著動手做「太陽能風力推進車」，讓學生更能體會能源動力與運輸科技的意義與重要性。

參考文獻

王革華 (2008)。新**能源概論**。台北：五南圖書出版公司

孫敏欲(2008)。太**陽能車教學設計**。2010年8月24日，取自

http://teacher.ks.edu.tw/resource_download.php?sn=2859&f_sn=4265

人造衛星的能源-太**陽能單元教學活動設計**(無日期)。2010年8月24日，取自

<http://blog.xuite.net/nscplan/nsc/23478420>

【學習單】太陽能風力推進車

一、問題與限制：

- 1、問題：設計及製作一個由馬達產生風力推進的車子，並能參與「競速」活動
- 2、條件限制：
 - (1)電力來源：太陽能板
 - (2)動力系統：馬達
 - (3)車體大小不超過 20cm*15cm
- 3.評分標準

車行速度	造型美觀	設計創意	學習單填寫	參與程度
30%	20%	20%	20%	10%

二、活動步驟及自我檢核表

活動進度	製作過程自我檢核			
1.繪製車體草圖	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
2.車體設計、切割、製作	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
3.輪子繪製、切割、組合	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
4.螺旋葉片繪製、切割	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
5.尾翼製作	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
6.馬達、葉片安裝測試	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
7.太陽能板安裝、接線	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
8.整體外觀裝飾、美觀	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
9.實際戶外測試(第一次)	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
10.修改再測試(第二次)	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成
11.完成學習單	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 有待加強	<input type="checkbox"/> 未完成

車型草圖繪製區

淺談車用汽油噴射燃料系統的分類

沈文寅¹、陳怡蓉²、陳惠珠³

1、2、3 國立高雄師範大學工業科技教育學系 研究生

壹、前言

在我國永續能源政策綱領（行政院，2008）中提到：「台灣自然資源不足，環境承載有限，永續能源政策應將有限資源作有『效率』的使用」。在此一政策綱領指導下，國內積極修正自1980年6月以來，公佈實施的交通工具空氣污染物排放標準，在歷經多次修正後，直到今年（2010）3月份為止，使得交通工具污染物的排放標準日益嚴苛，如附表1；而國內新型汽車也必需完全依照此項規範檢驗方能銷售。因此；汽車製造廠為了汽車銷售，不得不持續生產、發展符合排放標準的新科技，「汽油噴射燃料系統（Fuel injection system）」便是在此因緣際會下的產物。

汽車廢氣污染物是否符合排放標準，引擎的燃料系統佔了大部分因素。汽油引擎「燃料系統」的功用，主要是依據引擎運轉的各種性能（諸如：加速、減速、大小負荷、冷車、溫車、、、、）提供適量的汽油，再與進入到汽缸的空氣混合成引擎燃燒時所需的混合氣（Mixture）。在現今汽車使用汽油噴射燃料系統之前，汽油引擎是採用化油器（carburetor）燃料系統，由於此一系統的發展已遇瓶頸，無法符合交通工具空氣污染物排放標準的要求。因此；汽車製造廠不得不改弦易轍，斷然地發展汽油噴射燃料系統。

貳、汽油噴射燃料系統之分類

汽油噴射燃料系統的種類由於各車廠與車種以及發展研發年代之不同，分別發展出許多適合各車種設計要求的型式。作者收集坊間資料茲將歸納成四類，包括依「噴射位置」、「噴射方式」、「控制裝置」、「噴油嘴組合方式」之不同，茲

分列詳述於下。

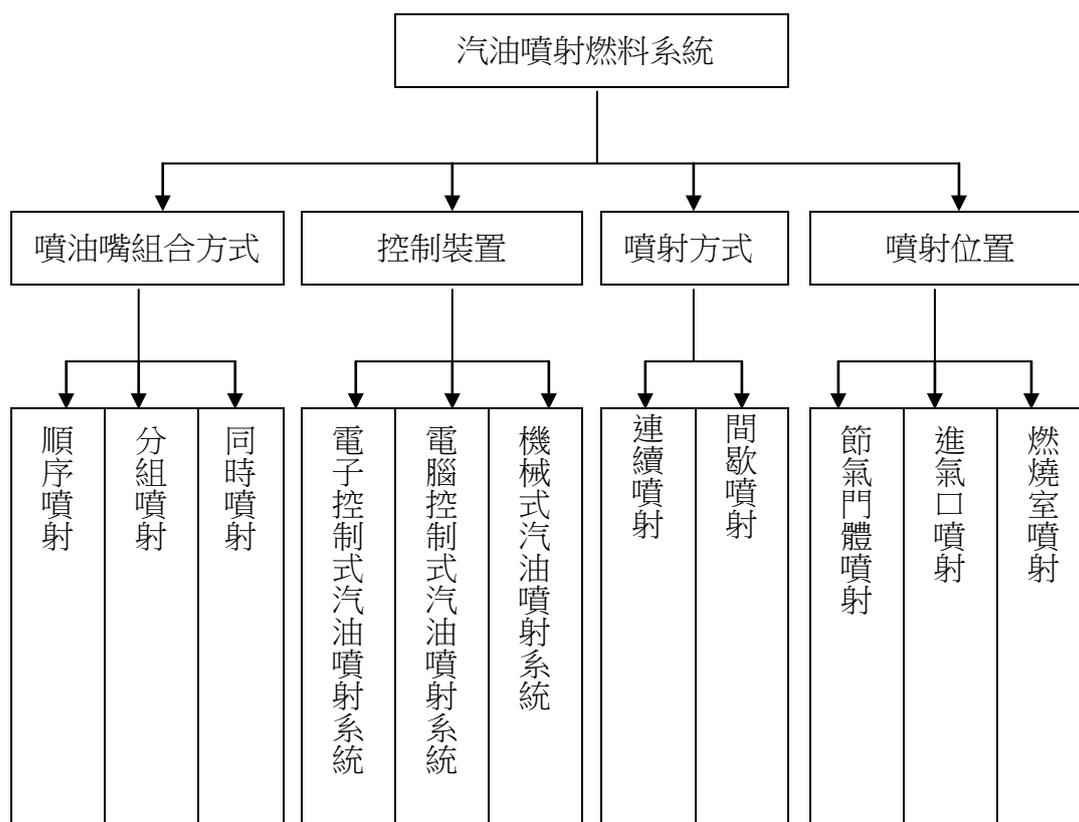


圖 1 汽油噴射引擎之分類

資料來源：作者彙編

一、依噴射位置之分類

汽油噴射引擎依照噴油嘴 (injector) 噴出的汽油在燃料系統之不同位置，可分為下列三種：

(一) 燃燒室噴射 (Combustion Injection) — 噴射壓力高。

此種汽油噴射燃料系統與柴油噴射燃料系統類似，都是利用噴油嘴將燃料加壓後直接噴入燃燒室內，如圖 2 所示。其優缺點如下：

1.優點：

燃料由噴油嘴直接送至汽缸中，更能精確的掌握各缸實際噴油量，減少各缸噴油不均現象，在改變各缸噴射量的變化性上，反應最靈敏，大大提升車輛加速及冷車時之駕駛性能。

2.缺點：

由於噴油嘴裝置在燃燒室內，為防止燃燒室內動力行程時燃燒壓力由噴油嘴洩漏，必需使噴油嘴之噴油壓力設計遠大於燃燒室之最高燃燒壓力（約 12 MPa），因此使得噴油嘴在構造上變得笨拙。尤其在噴油嘴之潤滑問題上，當要求精密度高時，汽油的潤滑性往往無法達到要求，使得此式噴油嘴在精密度的設計上受到限制。

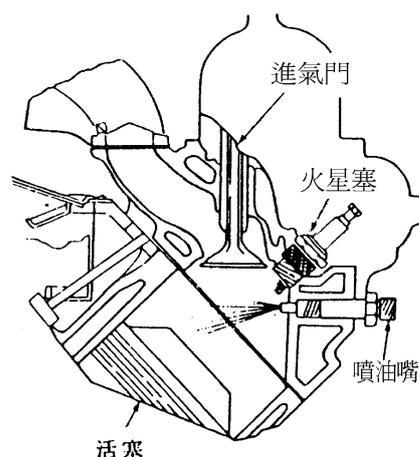


圖 2 燃料直接噴入燃燒室

資料來源：引自陳文慶等，動力機械概論 I (2010)，頁 151。

目前此式汽油噴射引擎系統已由日本豐田 Toyota 及三菱 Mitsubishi 突破開發成功並達到商業化，相信此式噴射系統將成為未來汽油噴射引擎發展之趨勢。

(二) 進氣口噴射 (Intake Port Injection) —— 又稱多點噴射 MPI。

此種汽油噴射引擎是將噴油嘴裝置在進氣口前方，將汽油噴在進氣門外面，當汽缸在進氣行程進氣門打開時，汽油連同空氣一併被吸入到燃燒室內，如圖 3 所示。

1.優點：

由於此種噴射方式之噴油嘴是位於進氣通道上，噴油嘴是在負壓（真空）狀態下作用，與前者燃燒室噴射方式截然不同，因此噴油嘴之噴射壓力無需太大，使得噴油嘴體積縮小，燃料系統設計容易，是目前汽油噴射引擎所普遍採用的噴射方式。

2.缺點：

此種噴射方式必需一個汽缸使用一只噴油嘴供應噴油量，而現今車輛所使用之汽油噴射引擎又都是屬於多缸引擎（通常都是三缸以上），每一部引擎具有三只以上的噴油嘴，噴射點也就出現三個以上，所以又稱為多點噴射 (Multi-Port Injection)。

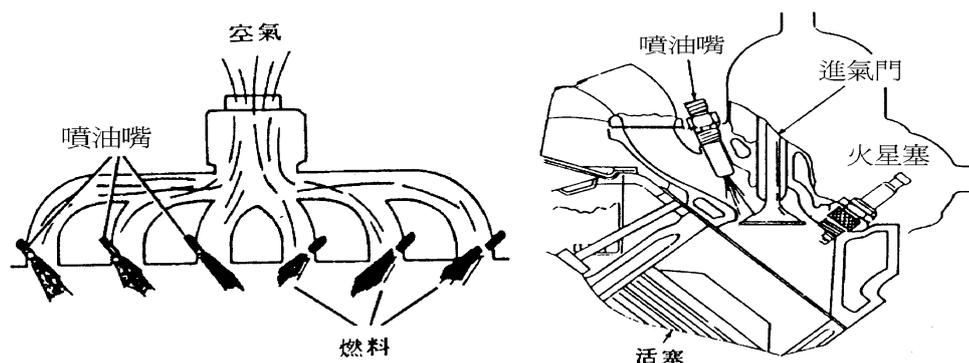


圖3 多點（氣門口）噴射

資料來源：引自李炮塗，電腦化引擎控制系統（2007），頁48。

（三）節氣門體噴射（Throttle Body Injection）——又稱集中噴射（Collection Injection）或稱單點噴射 SPI。

此種噴射方式屬於早期發展出來的電子控制式汽油噴射引擎所使用，在目前車輛上的運用僅次於進氣口噴射方式，它是將一或二只噴油嘴裝置在引擎節氣門體上，如圖4所示，各汽缸每一循環（cycle）所需之噴油量集中由這一或二只噴油嘴供應。由於噴油嘴位於節氣門的上方，因此又稱為節氣門體噴射（Throttle Body Injection）簡稱 TBI；由於燃料噴射點只在節氣門體上，不像進氣口噴射方式具有多個噴射位置，因此將集中噴射又稱為單點噴射（Single Port Injection）簡稱 SPI。其優缺點如下：

1.優點：

在電腦的噴射控制上只需使用一組控制訊號，使得電腦在噴油嘴的控制上變得較為簡單，在系統結構上由於只使用一或二只噴油嘴，因此就整體結構而言也變得較為簡單。

2.缺點：

無法讓各缸獲得較精密的噴射量，造成各缸噴油量不均勻時，不但引擎各缸馬力不同，更因噴油量之不同造成各缸不同的混合比，導致無法有效減少汽缸廢氣的產生。

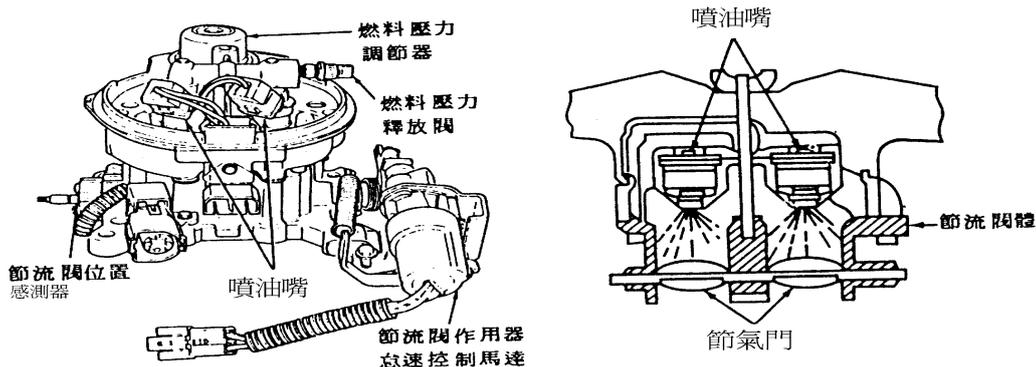


圖 4 集中（節氣門體）噴射

資料來源：引自李炮塗，電腦化引擎控制系統（2007），頁 33。

二、依噴射方式之分類

噴油嘴的主要目的在於控制適量的燃料噴出霧化。汽油噴射燃料系統所使用的噴油嘴通常設計將「油孔直徑 (Φ)」與「油針行程 (S)」固定，當要改變噴油量時，在電子式噴射系統中則改變噴油嘴油針的打開時間 (ΔT)，或在某些特殊情況需求下（大氣壓力改變時）則改變噴油孔的內外壓力差 (ΔP) 以改變噴油量。而在機械式噴射系統中，在內外壓力差 (ΔP) 固定下，由於分油盤中控制柱塞位置之不同，送到噴油嘴之送油量 (Q) 便隨之改變，因此改變了噴油嘴之噴油量。

多點噴射式汽油引擎依照噴油嘴噴射量控制因素之不同，而發展出不同結構的噴油控制方式，可分為：

（一）間歇噴射—電子式噴射系統所慣用

此種噴油嘴基本上就是一種電磁閥 (electrical valve)，如圖 5 所示。當噴油嘴接收到電壓訊號驅動“ON”時，電磁線圈產生磁力，電樞被往上吸，帶動油針離開針座，使噴油孔打開，汽油方能噴出。一旦電壓訊號斷路“OFF”時，電磁線圈磁力消失，電樞受彈簧作用，將油針彈回針座使噴油孔關閉，結束噴油。噴油嘴的噴射動作是有間斷性的，因此稱為「間歇噴射」。

由以上可知，只需控制電壓驅動訊號的導通與斷路，便能控制噴油嘴的噴油與關閉，因此通常將此種噴油嘴配合使用於電子式汽油噴射系統，由當中的電腦送出一組噴射脈衝訊號 (pulse signal) 藉以控制噴油嘴的噴油。脈衝訊號 ON 的時間長短可以「脈衝寬度 (pulse width)」稱之，脈衝寬度愈長則代表噴油愈多。

因此在電腦所送出的脈衝訊號中，基本上除了可控制噴油嘴的 ON-OFF 外，更可由脈衝寬度來改變其噴油量。

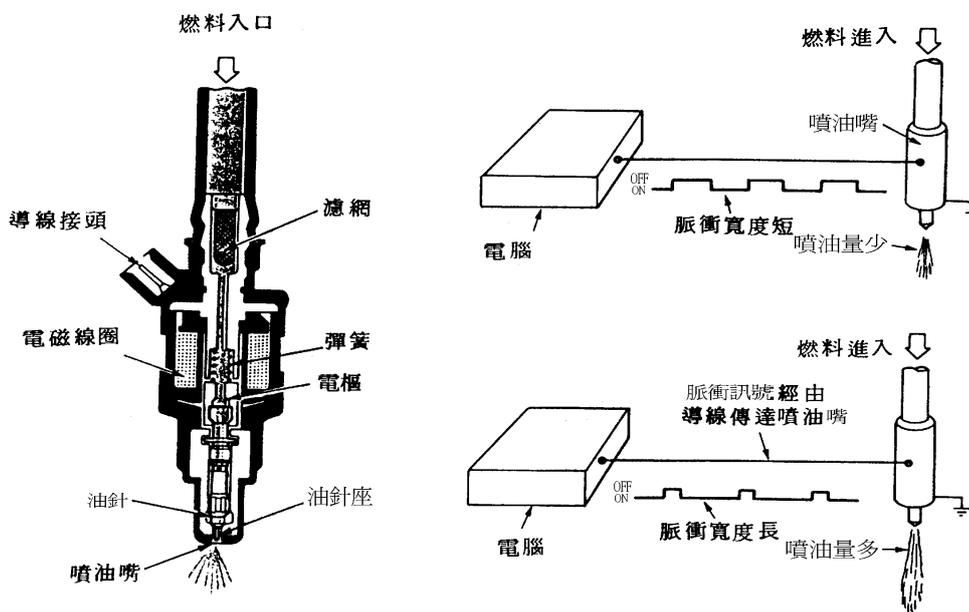


圖 5 電子式噴油嘴構造與控制訊號

資料來源：引自李炮塗，電腦化引擎控制系統（2007），頁 53。

（二）連續噴射—機械式噴射系統所慣用

此種噴油嘴噴油量的控制因素是噴油孔在具有內外壓力差的條件下，改變噴油嘴的送油量以改變其噴射量，與間歇式噴油嘴的控制方式不同，如圖 6 所示。當進油孔的進油壓力升高到足以克服油針彈簧彈力時，燃油壓力遂將油針提高使噴油孔打開，汽油便可從油孔噴出；此時在油孔打開的條件下，油管所送來的油量便會連續不斷的從油孔噴出。當送油量減少甚至停止時，燃油壓力降低，此時油針受到油針彈簧的作用，使油孔關閉，結束噴油。由於此式噴油嘴的噴油特性是連續不斷的，因此稱為「連續噴射」。

由以上可知，只需控制噴油嘴的送油量便可控制其噴射量，因此通常此種噴油嘴都配合機械式噴射引擎使用，利用當中的分油盤（fuel distributor）控制輸送到噴油嘴進油端的送油量，進而控制噴油嘴的噴油。

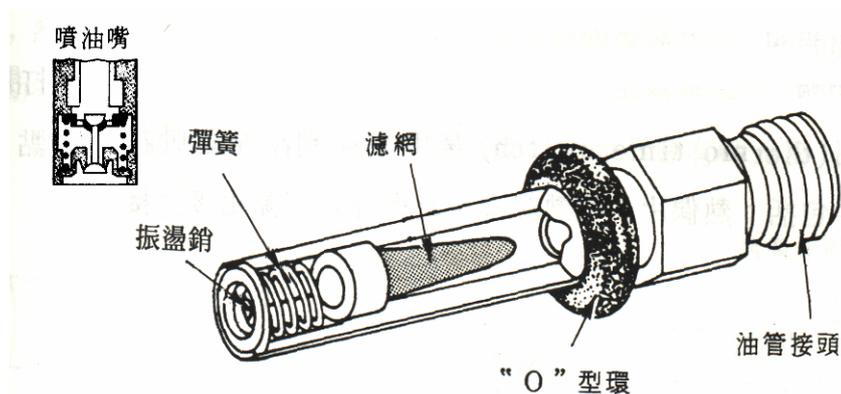


圖 6 機械式噴油嘴構造

資料來源：引自李炮塗，電腦化引擎控制系統（2007），頁 49。

三、依控制裝置之分類

汽油噴射系統最主要的基本控制概念是配合進入引擎汽缸中實際的空氣重量，修正噴油嘴的基本噴射量，使每次進入汽缸中的混合氣都能維持在理論混合比 14.7 : 1。如何測知進入引擎汽缸中的進氣量，主要方法有採用機械控制式與電子控制式兩大類，如圖 7 歸納表示。

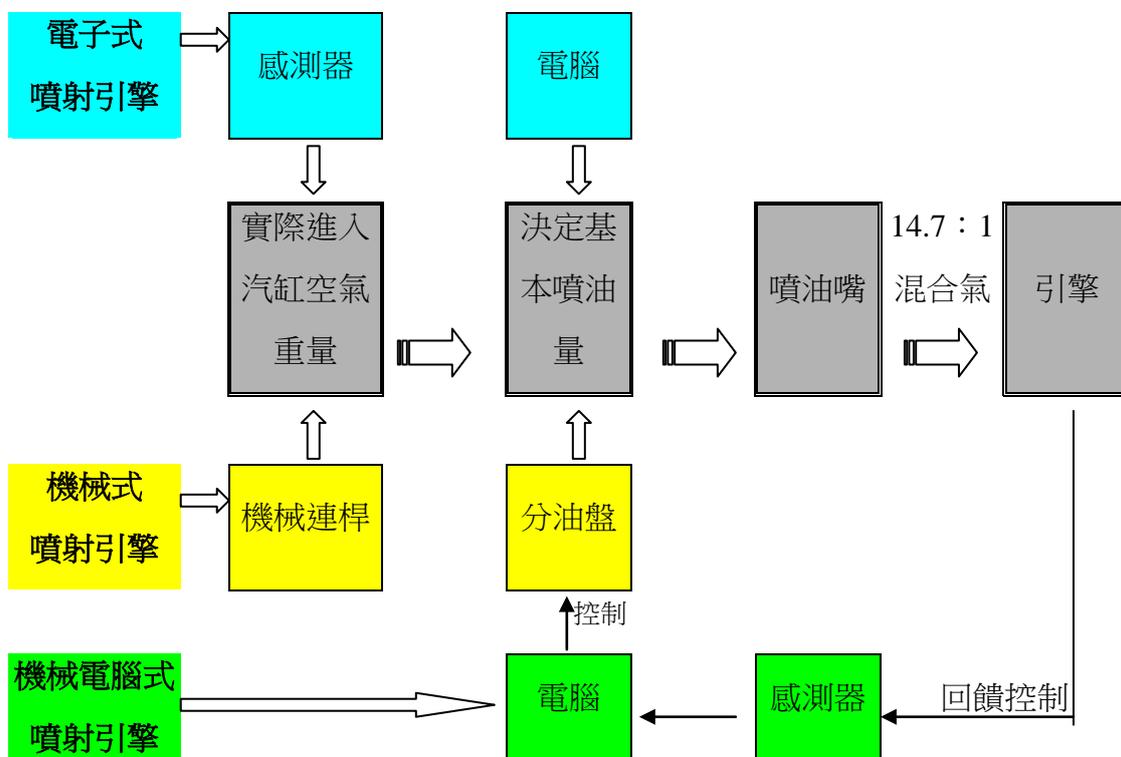


圖 7 電子式與機械式噴射系統基本控制概念

資料來源：作者繪製

(一) 機械式汽油噴射系統

利用若干連桿的作用以測知每一循環時進入汽缸的空氣流量，並藉由機械槓桿原理改變輸送到噴油嘴的送油量，進而控制基本噴射量。

(二) 機械電腦控制式汽油噴射系統

為達到控制上的精確度，利用一組電腦與若干電子感測器，加裝在機械式汽油噴射系統上，藉由回饋控制 (feedback control)[□]的觀念作相關的噴油量修正，以期達到省油與降低廢氣排放等目的。

(三) 電子控制式汽油噴射系統

利用若干電子感測器 (sensor)，提供引擎運轉的各種訊號 (signals) 給電腦，使電腦在精確計算出每一循環進入汽缸的空氣重量後，控制噴油嘴的噴射脈衝，進而控制基本噴射量。

四、依噴油嘴組合方式之分類

在電子控制式噴射系統中，電腦送出的噴射脈衝訊號控制噴油嘴的噴油正時與噴油量的多寡，而電腦控制噴射正時的方法就有以下三種：

(一) 同時噴射 (Simultaneous Injection)

引擎各缸噴油嘴同時接收由電腦所送出的同一組噴射脈衝訊號控制噴油。不論該汽缸此時是否在進氣行程，只要噴油嘴接收到噴射脈衝訊號，立刻將燃料噴出至歧管中，直到汽缸進氣行程開始，進氣門打開時，早先噴出在進氣歧管中的燃料才會被吸入汽缸之內，如圖 8 所示。其優缺點如下：

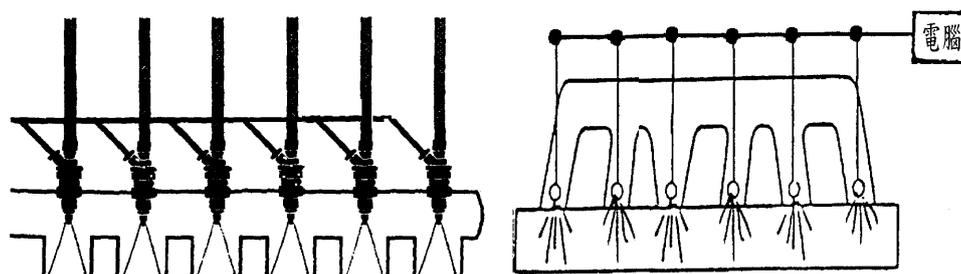


圖 8 同時噴射

資料來源：作者繪製

1.優點：

[□] 回饋控制 (feedback control)：目前自動控制系統上常用的控制方式，電腦可依據控制迴路上的訊號，決定是否針對輸入部分做修正。

此設計如同節氣門體噴射系統一般，控制噴油嘴噴油時，電腦只需送出一組噴射脈衝訊號即可，使電腦的控制系統簡單化。

2.缺點：

由於汽缸所需的燃料提早噴出，造成混合比的修正時間無法即時反應，產生加減速遲緩、廢氣增加等缺點。

(二) 分組噴射 (Group Injection)

在同時噴射設計上，倘若引擎缸數愈多時，此種設計所產生的缺點愈明顯，因此改良為分組噴射，就是將引擎所有噴油嘴分成兩組，電腦逐次送出兩組噴射脈衝訊號，分別控制兩組不同的噴油嘴。當一組噴油嘴接收訊號隨即噴油時，另一組暫不噴油，等到先前一組噴油結束後，才噴出所需油量，如圖 9 所示。

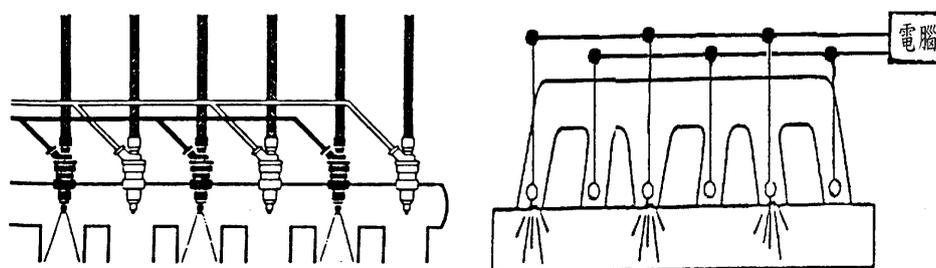


圖 9 分組噴射

資料來源：作者繪製

如此的設計雖然使電腦增加一組噴射脈衝訊號，但就電腦設計而研並非難事，且反而能改善多缸引擎採用同時噴射的缺點。

(三) 順序噴射 (Sequential Injection)

為了更精確的控制各缸在每一進氣行程時的實際進氣所需混合比，設計噴油嘴採用順序噴射方式，讓各缸噴油嘴接收電腦按照點火次序所送出的噴射脈衝訊號而噴油。簡單的說便是各缸噴油嘴並非同時或分組噴油，而是依照點火次序逐一且即時的將各缸實際所需的燃油量噴至進氣門口，待噴油結束後燃油隨即在最短的時間內進入到汽缸當中，如圖 10 所示。

油嘴採用順序噴射方式時，電腦最能有效掌握汽缸進氣行程時即時所需的混合比。換句話說；在以上三種噴油組合方式中，以順序噴射方式最能精確控制各缸進氣時之混合比，並且在引擎加減速的即時反應上表現最佳。

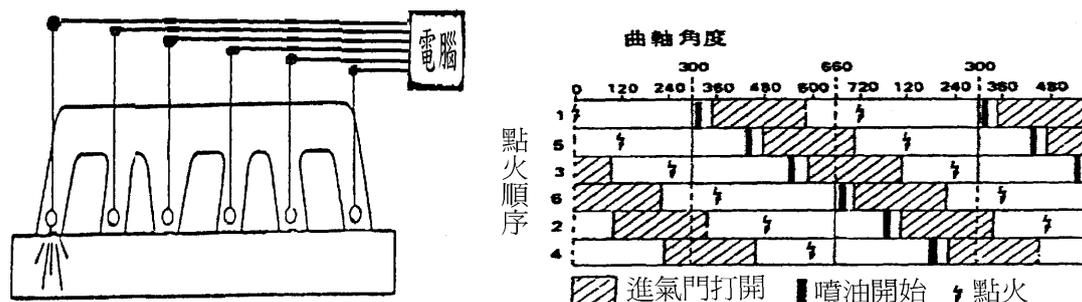


圖 10 六缸引擎噴油正時（順序噴射）

資料來源：作者繪製

參、汽油噴射燃料系統之發展趨勢

行政院經濟部 2008 年草擬的永續能源政策綱領，其中對於如何『有效』的使用能源，明白訂定如下：「未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上；並藉由技術突破及配套措施，2025 年下降 50% 以上」。其中在私人運具新車效率水準方面，希望於 2015 年提高 25%。由此可見；未來車用汽油噴射燃料系統的發展，勢必朝向「高性能」、「高效率」與「低油耗」、「低污染」的方向發展。有鑑於此，作者提出以下兩個未來的發展趨勢。

一、電腦控制取代機械控制方式

由現今全球各汽車製造廠生產的新車當中可以清楚的看到，在汽油噴射燃料系統上，電腦控制完全取代了機械控制方式。主要原因是當今的電腦發展，擁有快速的運算能力，以及大量的記憶功能。這樣的電腦控制方式，不但大大提升在控制上的精密度，更可以增加記憶故障碼的功能；使得能源更有效運用，汽車維修更加提升效率。借重電腦在汽車上的運用，不僅止於汽油噴射燃料系統，更有擴大於點火、傳動、通信、防盜、影音多媒體系統等等之趨勢。

二、燃燒室噴射取代進氣口噴射位置

燃燒室噴射汽油燃料噴射系統，是將燃料直接噴入燃燒室當中，又稱為汽油直接噴射式（Gasoline Direct Injection）簡稱作 GDI 系統。在上述章節已做過此式

的優缺點分析，雖然此一系統目前還有些技術上的問題尚待克服；但是在環保議題發燒，以及國內對於交通工具空氣污染物排放標準日漸嚴苛的當下，由於 GDI 系統能像柴油噴射燃料一般，將汽油直接噴入燃燒室，使汽油的燃燒達到「超稀薄燃燒模式（Ultra-Lean Combustion Mode）」。簡單的說就是可以使用更少的汽油以維持引擎的運轉，如此不但可以減少汽油的消耗量，更能有效降低空氣污染物的排放，相信是汽油噴射燃料系統的明日之星。

肆、結語

綜合以上的介紹，雖然車用汽油噴射燃料系統發展的型式多樣，不過在時間萃煉下，目前多數車廠採用的型式。在「噴射位置」這個選項，多數車廠採用的是「進氣口噴射」方式；在「噴射方式」這個選項，多數車廠採用的是「間歇噴射」方式；在「控制裝置」這個選項，多數車廠採用的是「電腦控制式汽油噴射系統」方式；在「噴射位置」這個選項，多數車廠採用的是「順序噴射」方式，這樣的選擇便是現今汽油噴射燃料系統採用的種類。

參考文獻

李炮塗主編（2007）。**電腦化引擎控制系統-GM 篇**。台北：矩陣出版公司。

陳文慶、高敏聰、李文祥主編（2010）。**動力機械概論 I**。台南：復文圖書公司。

林永憲主編（1990）。**全華汽車專業字典**。台北：全華科技圖書公司。

行政院新聞局（2010）。永續能源政策綱領。2010年10月10日，取自

<http://info.gio.gov.tw/ct.asp?xItem=37060&ctNode=3764&mp=1>。

全國法規資料庫（2010）。交通工具空氣污染物排放標準。2010年10月10日，

取自 <http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=00020003>。

表 1、交通工具空氣污染物排放標準

施行日期 (年/月/日)	分類	行車型態測定			怠轉狀態測定	
		CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	CO (%)	HC (ppm)
79/7/1	轎車、旅行車	2.11	0.255	0.62	3.5	600
	貨車及非轎車、旅行車式之客車	11.18	1.06	1.43		
81/8/1	轎車、旅行車	2.11	0.255	0.62	1.0	200
	貨車及非轎車、旅行車式之客車	11.18	1.06	1.43		
84/7/1	轎車、旅行車 超過 1200cc	6.20	0.50	1.43	1.0	200
	貨車及非轎車、旅行車式之客車 1200cc 以下	11.18	1.06	1.43		
88/8/1	轎車、旅行車 超過 1200cc	3.11	0.242	0.68	0.5	100
	貨車及非轎車、旅行車式之客車 1200cc 以下	6.20	0.50	1.43		
97/1/1	小客車、小貨車、小客貨 兩用車、代用小客車、小型特種車	2.11	0.045	0.07	0.5	100

備註：

壹、交通工具種類：汽油及替代清潔燃料引擎汽車。

貳、適用情形：新車型審驗、新車檢驗。

		排放標準						惰轉狀態測定		
施行日期 (年/月/日)	行 車 型 態 測 定	CO (g/km)	THC (g/km)	NMHC (g/km)	NOx (g/km)	粒狀 污染 物 (g/km)	惰轉狀態測定			
							最高 引擎 惰轉 速度	CO(%)	HC (ppm)	
101/10/1	客車	1.000	0.100	0.068	0.060					
	參考車重									
	1305公斤	1.000	0.100	0.068	0.060					
	以下									
貨 車	參考車重									
	介於1305					0.0050	0.2	0.3	---	
	公斤(不	1.810	0.130	0.090	0.075					
	含)至1760									
公斤(含)										
	參考車重									
	逾1760公	2.270	0.160	0.108	0.082					
	斤									

備註：

壹、交通工具種類：汽油及替代清潔燃料引擎汽車。

貳、適用情形：新車型審驗、新車檢驗。

資料來源：研究者參考相關文獻自行整理。

高雄地區接駁型公共自行車租賃系統探討

*陳菁萍、**郭倩瑜

*國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士生

**國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士生

壹、前言

從溫室效應與全球暖化的關連性被科學家證實以來，許多科學觀測的證據不斷顯示，全球暖化的步調正遠比我們所體認到來的更快更猛。有鑑於大自然對人類不當且過度地消耗地球資源已經開始反撲，國際社會不得不開始重視全球暖化的嚴重性，並提出解決之道－「節能省碳」。因此從《聯合國氣候變化框架公約,1992》簽訂，到 2005 年京都議定書正式生效開始，節能省碳已經不再是響亮的口號，或侷限於個人理念的環保行動，而將進入全面性、國際性推展的新境界。

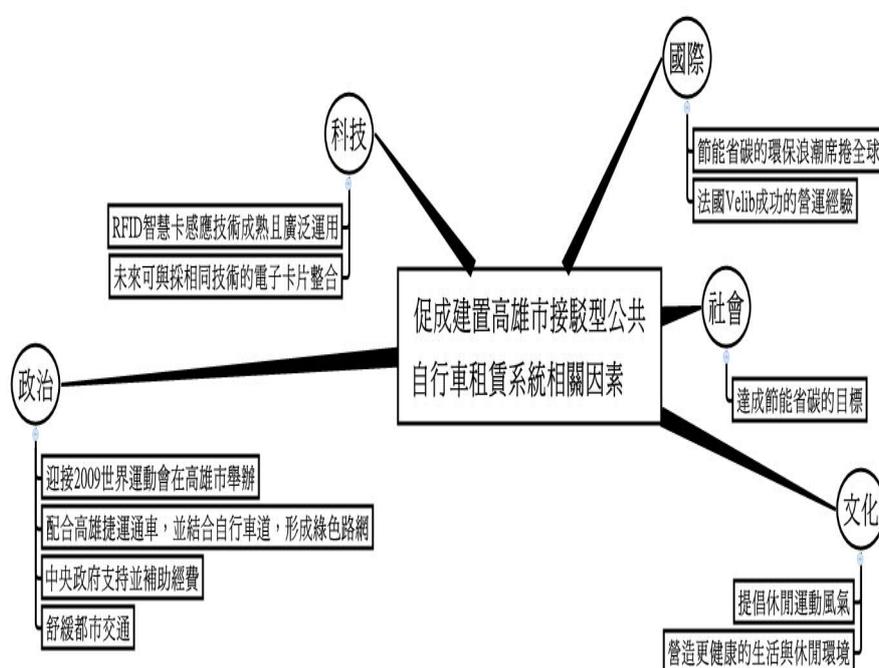
聯合國氣候變化框架公約(UNFCCC)第 15 次締約方會議 (COP15)，此次會議中各國就 2012 年以後的碳減排義務達成新的協議。即使國際社會節能減碳的並不一致，推行步調過於緩慢與成效不夠顯著等等，能為許多環保團體所詬病，但從上述會議的進程來看，節能省碳已經是沛然莫之能禦的浪潮，在地球村的今日，你我都不能置身事外！

如今已經可以看見，「低碳經濟」已經降臨！其中佔溫室氣體排放量大宗的交通運輸系統，更是當今減碳的首要目標。在此一環保浪潮的思維下，城市不斷地建置完善的大眾運輸系統，以改變人們的開車通勤的模式。如今更進一步，希望趁著自行車休閒活動方興未艾的此刻，將傳統自行車與高科技捷運相互結合，期望達成節能環保、解少空污與運動休閒的功能。

因此高雄市「接駁型公共自行車租賃系統」於 2009 年 3 月正式啟用，也是全國首座「都會網絡型」公共自行車租賃系統（高雄市公共腳踏車資訊網，2010a）。本研究之主要目的在於分析高雄地區接駁型公共自行車租賃系統之發展歷程、系統建置過程中面臨的問題，以作為後續研究參考。

貳、高雄市接駁型公共自行車租賃系統「C-bike」發展歷程

在巴黎的 Velib 的公用自行車租借系統在國際間大受好評之後，再加上節能省碳的環保浪潮席捲全球之下，許多注重環保的都市也紛紛思考建置公用自行車租借系統的可能性。而高雄市在捷運陸續完工後，為了結合捷運路線、形成綠色路網與發揮休閒運動和節能省碳的目標，在 2008 年時，高雄市長陳菊便率隊到法國里昂，借鏡當地的自行車租借系統，作為高雄市規劃公用自行車租借系統的參考(自由時報電子報，2008b)。



圖（一）促成建置高雄市接駁型公共自行車租賃系統相關因素（研究者整理）

在環保署補助經費下，於 2008 年開始建置，於 2009 年 3 月 1 日正式啟用，目前全系統共有 50 個租賃站，總計有 4,500 輛自行車提供民眾租借服務。而高雄市公共自行車租賃計畫也是全台第一個「都會網絡型」的公共自行車租賃系統。換句話說，公共自行車租賃站的位置遍佈高雄捷運沿線，以結合通勤與觀光路線並且聯結高雄市自行車道系統，以方便民眾轉乘捷運或其他大眾運輸工具，讓公共自行車成為都會區交通系統的一環（高雄市公共腳踏車資訊網，2010a）。打破了過去民間公共自行車租賃系統只會在觀光勝地出現的散兵遊勇模式，讓高雄市民的通勤模式多一個環保的選擇，讓騎乘自行車真正走入高雄市民的日常生活

中。

參、高雄市全自動公共自行車租賃系統現況

一、何謂 C-bike

「C-bike」是高雄市公共自行車的稱呼，所謂 C-bike 是由「CITY-BIKE」演變而來，其中 C 具有 convenient（便利）、charming（魅力）、commute（通勤）、creative（創新）、cool（酷）的多重意涵。從這些詞彙所代表的意義，我們可以看出高雄市公共自行車租賃系統所欲達成的目標。

二、高雄市全自動公共自行車租賃計畫內容

為了響應全球節能減碳、迎接 2009 世界運動會在高雄市舉辦與配合高雄捷運通車，並結合自行車道網路，鼓勵民眾多加利用自行車作為短程交通工具，高雄市政府決定推動公共自行車租賃計畫計畫，以營造更健康的生活與休閒環境，使公共自行車租賃計畫成為都會區交通系統的一環。

因此，高雄市政府與統立開發股份有限公司（曾籌備夢時代購物中心，負責公共自行車租賃計畫統籌經營管理）、美利達工業股份有限公司（全球最大運動休旅自行車廠，負責為公共自行車租賃計畫提供特製專用自行車與專用零件）、水靈科技股份有限公司（為高雄市交通管理規劃及系統建置專家，負責公共自行車租賃計畫之設備軟硬體設計與智慧型交通系統之開發），與其他相關協力廠商，共同組成公共自行車租賃計畫經營團隊。

三、高雄市全自動公共自行車租賃計畫特色

公共自行車租賃計畫透過廣設自行車租賃站，與發展電子租借（會員卡、信用卡）感應技術，配合低廉的價格，鼓勵市民盡量選擇自行車為交通工具。而自行車系統建置範圍將涵蓋都會精華區與各重要觀光景點，可甲地借乙地還，兼具運動休閒與城市景觀功能（高雄市公共腳踏車資訊網，2010a）。

在租借費用方面，採會員制，會員前半小時免費，之後每半小時 10 元；非會員前半小時 40 元，之後滿半小時 20 元，每日計費上限為 12 小時，隔日重新

計費，收費費率可參考表（一）。

在收費方式方面，若是已經加入會員，直接持會員卡即可租借，若是臨時想租借的民眾，只要拿信用卡即可租借。

表（一）租借費率說明

	會員	非會員
租車費率	前半小時免費，之後每半小時 10 元	前 30 分鐘 40 元，之後每半小時 20 元。
租借上限	每日計費上限為 12 小時，隔日重新計費	

資料來源：高雄市公共腳踏車資訊網（2010c）

在租還車方面，同樣也引進了「甲地租，乙地還」的模式，租借站的設置地點多在捷運站出口、捷運沿線、重要路口等等，民眾若搭乘捷運，便可以到最近的租借站進行租借，尚稱便利。租借流程可參考表（二）。

表（二）租借流程說明

租車流程	還車流程
1 先選定腳踏車，並記住車架號碼。	1 將腳踏車置入鎖車架。
2 把會員卡或信用卡插入中控台。	2 確認車鎖已經上鎖，並且亮綠燈
3 依照螢幕顯示訊息操作。	3 把會員卡或信用卡插入中控台。
4 取出卡片，並按紅燈取車。	4 查看交易扣款。
5 取車時，先向前推再下後拉。	

資料來源：高雄市公共腳踏車資訊網（2010d）

（四）公共自行車租賃計畫成效

為了使公共自行車租賃計畫能成功結合捷運路網，並鼓勵民眾多加利用自行車作為短程交通工具，高雄市政府目前已經建置了自行車道路網—「後勁溪及體育園區自行車道系統」、「愛河及蓮池潭自行車道系統」、「臨港線及前鎮河自行車道系統」、「大坪頂熱帶植物園自行車道系統」、「旗津環島自行車道系統」及「捷運通勤自

行車道系統」六大系統總建置長度已突破 226 公里，2010 年底將可望突破 250 公里，密度為全國最高（高雄市政府工務局，2010）。對於公共自行車租賃計畫的推動將會有很大助益。高雄市已設置的自行車道彙整於表（三）。

表（三）高雄市自行車道一覽表

自行車道名稱	附屬自行車道	距離 (km)
後勁溪自行車道		7.4
愛河連接蓮池潭自行車道		24.5
	高雄 Smile 綠園自行車道	3
	新莊一路景觀自行車道	0.9
	內惟埤美術館園區自行車道	0.9
博愛世運大道自行車道		8.5
美麗島大道自行車道		5.2
西臨港線自行車道		5.5
旗津環島踩風自行車道		15.5
前鎮河自行車道		2.4

資料來源：高雄市政府工務局（2010）

從網站觀察租借站自行車租借的及時資訊得知，目前的自行車租借的情形已漸入佳境，相信此一結合通勤與觀光休閒的綠色路網計畫，假以時日應能獲致良好成效。

肆、高雄市接駁型公共自行車租賃系統特色分析

從上文中可以得知，不論是方面巴黎的「Velib」或是高雄市的「C-bike」，設計良好的全自動公共自行車租賃系統，確實是整個公共自行車租賃計畫能否順利推行的關鍵因素之一。因此，以下將分析高雄市全自動公共自行車租賃系統上的特色，並且對租借站特色作分析比較。

首先就系統而言，目前高雄市全自動公共自行車租賃系統，主要技術是採取RFID 智慧卡中控台操作租還車，在自行車上設有晶片，可監控自行車狀況與位置，具有下列幾項特色：

- 一、人工智慧 AI 動態存取系統：車輛安全存量管控，可提昇運轉效率。
- 二、可由監控系統得到即時車輛租還概況等相關資訊。
- 三、第一時間提供最短騎乘路線與車流狀況狀態供作參考。
- 四、事故發生時，快速回報資訊中心並報案處理。

在租借站的設計方面，依照高雄市全自動公共自行車租賃計畫，租賃站與功能規劃可區分為以下四種類型（表四）：

表四：租賃站類型與功能

租賃站類型	服務功能說明	數量	營業時間
無人自動租賃站	租賃設備、車鎖全部自動化，消費者全程自助式作業。	50	24HR（每日 00：00—00：30 系統重置，暫停借車）
有人自動站與調撥站	員工看管、協助消費者完成租還車作業。大面積、可存放多單車之站體，除租賃外，可從事車輛維修、數量彈性調撥等功能。	1	依各人工站點制訂為準
加盟服務站	由加盟者看管、協助消費者完成租還車作業。	3	依各人工站點制訂為準
臨時站	假日運送大量單車至觀光景點，因應龐大觀光休閒人潮租車所需。	0	依各人工站點制訂為準

資料來源：高雄市公共腳踏車資訊網（2010b）

從租借站的類型上，可以瞭解目前高雄市公共自行車租賃站與巴黎的 elib 租借站全為自動式租借站有所不同，仍有少數租借站有服務人員協助租還車，而這些有人自動站與調撥站與加盟服務站雖然無法提供全天候的租借車服務，但卻提供了更多樣化的服務功能，可以對無卡（會員卡、信用卡）或操作機器有困難的民眾，解決租借車的困難。

從上述特色分析後可以發現這套全自動公共自行車租賃系統在軟體設計上具有以下幾點優勢：

一、系統所採取的 RFID 智慧卡感應技術，也為目前國內台北捷運悠遊卡、高雄捷運卡、北市公車感應卡等運輸系統所使用，符合目前主流市場規格，並且也能輕易讓民眾適應操作模式。

而未來若想與其他同樣採取 RFID 智慧卡感應技術的運輸系統進行整合（如同 Velib 租借卡與捷運卡二合一），便能降低在技術整合上的門檻，在未來甚至可以研究將電子儲值卡或電子錢包（如同 7-11 的 iCash 卡）的功能整合進來，更能帶給消費者全方位的便利。

二、因為本系統可結合高雄市政府交通局 ITS 智慧型運輸系統，因此可藉由 ITS 智慧型運輸系統，得到高雄市各項最及時的交通與用路資訊，經過中心整合後，可以在租借站螢幕上提供即時車輛租還概況、最短騎乘路線與車流狀況，讓民眾知道何處可借車，規劃騎乘路線時可避開擁塞路線或無法還車的租車站。

三、由於在自行車上設有晶片，可監控自行車狀況與位置，因此遭遇緊急狀況時，能讓監控中心迅速掌握所在位置，增加了騎乘民眾的安全性，也大大降低了自行車失竊的風險。

四、無人自動租賃站的設置點為了形成綠色路網，幾乎都設立在捷運沿線周圍，而離捷運稍遠的地區，就必須依賴加盟服務站的設立，以擴大 C-bike 的普及率，以真正達成「涵蓋範圍廣、還車距離短」的目標。

伍、高雄市接駁型公共自行車租賃系統「C-bike」發展的問題

從 2009 年 3 月 1 日高雄市接駁型公共自行車租賃系統開始啟用以來，隨著租借站逐漸設立與高雄市政府不斷地宣導，目前「C-bike」的租借率與可見度已逐漸提昇。就觀察網站上自行車租借情況與分析租賃系統的特色與優勢之後，對公共自行車租賃系統發展的阻力與助力分析如表五：

表五：租賃站助力與阻力分析

評估項目	阻力	助力
無人租借站	遇到租借問題時無人可諮詢。	不需人力看管，節省人力成本，可全年無休運作服務。
有人自動站、調撥站與加盟服務站	營業時間受限，且多增加人力成本。	駐站人員可協助租借車，有問題可立即解決。
租借站數量	租借站數量與密度與國外相比仍嫌不足。	以捷運沿線及重要路口為主，方便搭乘捷運民眾使用。
操作介面	操作介面敘述不夠親切，對初次操作的民眾、長者或年幼者，常遇到瓶頸，必須邊看文字說明邊操作，往往需研究許久。	依照螢幕指示按部就班操作即可，全自動處理。
租借手續	刷卡機似乎會挑信用卡，有時無法接受某些信用卡。而對某些沒有申辦的年長者與青少年得依賴他人協助才能順利租借。	除會員卡外也可使用信用卡，對臨時租借的民眾使用尚稱便利。
租借費率	前半小時免費僅限會員，對臨時租借的非會員誘因不大。	短時間費率尚稱低廉。
自行車設備	自行車的座墊高度調整不易、輪胎胎壓與煞車力道不足易造成騎乘困難。自行	由美利達公司量身打造，造型時尚，以純粹休閒用途而言足敷使

	車未附大鎖，自由活動時會有顧慮。	用。
自行車道	有些自行車道路面損壞需修補，車道上違規停車情形多，影響騎車安全。機車騎上自行車道時時可見，守法觀念尚待建立。	全市已經建置九條自行車道，車道總長度為 70.6 公里，對於公共自行車租賃計畫的推動有不少助益。
景點規劃	觀光路線上景點的數量與豐富性需加強，以持續吸引民眾回流。	路線與景點相互結合，吸引民眾騎乘自行車觀光之旅。
社會風氣	仍把 C-bike 定位在假日休閒，通勤使用率不高。	騎自行車已蔚為時尚。

(研究者整理)

陸、結語

從上述助力與阻力分析可知，高雄市全自動公共自行車租賃系統在建置時，從主流 RFID 智慧卡感應技術的選擇，到結合高雄市政府交通局 ITS 智慧型運輸系統的用心，都顯示了高雄市政府在系統規劃發展時，選擇所使用科技系統的重點所在——一方面雖可從國外獲得技術與系統營運經驗（如 Velib），但另一方面也需考量現有環境的條件能否配合（如國內現行智慧卡感應技術主流規格、高雄市 ITS 智慧型運輸系統能否整合與有人自動站和加盟站的設立等等）。

從以上分析可以看出，當一套科技系統被發展出來後，科技系統被取得與移轉的速度往往快的難以想像（公共自行車租賃系統數年之間便席捲全球）。然而在科技系統被取得或移轉時，往往得因地制宜，在系統規劃上受使用者的條件限制，做出若干「本土化」的改變，並不是照單全收。

而國外的成功經驗，雖然可做為其他地區的借鏡，但實際成效仍受到許多相關因素影響（如：政府推行的決心是否夠強烈、相關配套的交通法規是否完善、軟體與硬體能否持續改進、行銷宣導是否能廣泛而深入、經營團對能否有長期經

營的決心與社會民眾能否支持等等)，系統建置者仍必須一一克服其中不利系統發展的因素，才能達成預期目標。

參考資料

大紀元電子報(2009a)。巴黎腳踏車自由行今延伸到近郊城市。2010年08月26日
上網檢自 <http://www.epochtimes.com/b5/9/3/31/n2480828.htm>

大紀元電子報(2009b)。推出一年半 巴黎出租腳踏車丟了一半。2010年08月26
日上網檢自 <http://www.epochtimes.com/b5/9/2/10/n2424643.htm>。

自由時報(2008)。上路一年 巴黎城市單車問題浮現。2010年08月26日上網檢自
<http://www.libertytimes.com.tw/2008/new/jul/9/today-int6.htm>

自由時報電子報(2008)。里昂自行車租借系統 港都取經。2010年08月26日上
網檢自 <http://www.libertytimes.com.tw/2008/new/apr/8/today-south24.htm>

香港貿發局(2007)。法國提倡自行車商機源源不絕。2010年08月26日上網檢自
<http://www.hktdc.com/info/vp/a/tsg/tc/1/5/1/1X006NV8/法-國-提-倡-自-行-車-商-機-源-源-不-絕.htm>

高雄市公共腳踏車資訊網(2010a)。台灣環保新紀元 首座都會地區接駁型公共
腳踏車租賃系統啟用。2010年08月25日上網檢自
http://www.c-bike.com.tw/event_detail.asp?id=15

高雄市公共腳踏車資訊網(2010b)。租賃站分佈圖。2010年09月05日上網檢
自 <http://www.c-bike.com.tw/rent.asp?id=1>

高雄市公共腳踏車資訊網(2010c)。高雄市公共腳踏車計價更動調整公告。2010
年 09 月 05 日 上 網 檢 自
http://www.c-bike.com.tw/event_detail.asp?id=321&c=0&p=1

高雄市公共腳踏車資訊網(2010d)。租賃流程。2010年09月05日上網檢自
<http://www.c-bike.com.tw/rent.asp?id=3>

高雄市政府工務局 (2010)。高雄自行車道。2010 年 08 月 25 日上網檢自
<http://pwbgis.kcg.gov.tw/bicycle/>

高雄市政府交通局交通管理中心(2009)。交通管理計畫說明。2010 年 08 月 26 日
上網檢自 <http://www.vsprite.com/kaohsjung-web/index.html>

聯合報(2008)。巴黎自助單車 年失竊 3000 輛。2010 年 08 月 26 日上網檢自
http://only-perception.blogspot.com/2008/07/blog-post_06.html

腳踏車發電器減速裝置之設計與實務探討

*吳景星、**沈文寅、***曾婉琄

*、**、***國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士生

壹、前言

一談起自行車這個「名詞」人人皆知，它是一種既方便安全又簡單的交通工具，我們從小對它的感受是親切喜愛，長大後更是愛不釋手。在 70 年代住在交通不便的鄉下，它是我們最佳的交通工具，最好的伙伴；腳下的風火輪是載運貨物及小販營生的必備工具。

隨著科技進步工業漸漸的發達，大家生活緊張忙碌，騎自行車自然而然成為時尚的最佳休閒活動。它非但能健體休閒，更能達到節能減碳，可說是一舉數得。自行車煞車構造雖簡單，操作容易。近年來騎自行車休閒的人很多，受傷的人也不少，大部分是不知如何來運用前、後煞車器而摔倒，尤其在下坡路段車速太快，只要使用煞車器不當，立刻受傷；如果只有煞後輪，會造成自行車滑倒，反之只使用前輪煞車，由於慣性作用，則自行車會向前翻車；最安全且正確的方法是前、後輪都要煞車，煞車的力道是前輪四分力、後輪六分力，所以騎自行車時，要如何避免使用不當的煞車器，造成受傷而危及生命；最好是能讓自行車車速減速再操作自行車煞車器來煞車。因此如何能讓自行車很安全減速停下來，正是我們要研究的主題。

貳、文獻探討

一、創造力的定義：

基爾福特（Guilford, 1971）提出創作力是指產生新奇事物理念成果的能力。國內學者鄭昭明（民 86）補充說明創作力所產生的新事物理念或成果，必須是適切的、有意義的、有價值的或對社會有益的。黃玉琪（民 95）創造力是在任何領域上，以新穎、獨特的構想或作品表現出創新的一種能力。綜合以上學者的認知，創造力是說在各領域內，有關對新式物、新形式、新構想或有特殊又獨特的理念，所表現出的一種突出的獨特能力，但在舊有傳統觀念中對創作發明之定義為利用想像力去尋找解決方式或改良創新的新方法。在本研究指創造力是學生能應用自己在自然與生活科技領域內所學的知識，一步一步的解決問題並設計出新的方法。

二、創造思考教學

美國心理學家史坦柏格（引自 Beyer, 1988）指出，知識固然重要，但思考更重要。國內學者：創造力的發展大多是後天環境與教育的結果，人類創造發明所需的擴散思考，也可經由練習與教學予以增強。因此，許多越發達的文明國家，越重視學校教育中的創造思考教學（陳英豪、吳鐵雄、簡真真、民 83）。

陳龍安教授（1999）指出，創造思考能力被重視的原因：是社會的急速變遷，教育的改革趨勢，企業的生存及發展，大腦功能的研究與發現，親子教育的普遍推廣，以及未來以及未來學逐漸被重視等原因。

創造思考教學識教師透過教學內容及教學活動中，啟發激勵學生主動思考，以培養學生創造思考能力（黃玉琪，民 95）

近來國內科技大學提倡創作發明成效頗佳，參加國外發明展比賽獲得無數獎項，成績斐然。可見國內科技創作發明教學推廣普及，這個區塊逐漸被重視，專家學者也一致認為整個教育大環境培養創造力思考是勢在必行。

三、解決問題的能力

中小學九年一貫課程重視創造思考能力的培養，在能力指標中將「獨立思考」和「問題解決」內入基本能力。多數學者將創造的行動視為問題解決的歷程，而 Wallas（1926）提出的四個創造歷程為：

- 1.準備期（Preparation）：蒐集與問題有關的訊息，結合舊經驗和新知識。
- 2.醞釀期（Incubation）：未有具體解決方法時，先暫時將問題擱置，此時在個體意識中可能不再有意地去思考該問題，但在不自覺的非意識狀態中思考著。
- 3.豁朗期（Illumination）：經過醞釀期之後，對於所思考的問題豁然開朗，在意識層面出現解決的方法，獲得所謂的靈感（inspiration）。
- 4.驗證期（Verification）：在得到靈感之後，思考者試圖驗證其想法，並將其邏輯化，賦予實現（Martindale，1989；陳龍安，1994；李慧賢，1996）。

在 1966 年 Parnes 提出發展的創造性問題解決（Creative Problem Solving，CPS）可以提升創造力，並提出 CPS 的五階段（Isaksenetal，1993）：

- 1.發現事實：從雜亂無章事實中分析，蒐集相關資料，仔細客觀觀察，探究情境中的事實。
- 2.發現問題：找出可能問題，思索問題，重新以可解決的形式陳述問題，使用 5W1H 自問以找初資料與訊息，可試驗其擬訂計畫的可行性。
- 3.發現點子：腦力激盪產生許多主意的可能解決問題的方法。
- 4.發現解答：客觀的運用發散性與聚斂性思考來發展評鑑準則，應用此準則評估每一可能解決方法，選出最可行的。
- 5.尋求可被接受的解答：發展行動計畫，徵求大眾意見。

由此可知，問題解決的方式：發現問題→思考問題如何解決→產生新的方法→製作產品或樣本→再試驗→再改進→完成創作作品

參、研究設計

一、分析自行車煞車不當造成的危險

自行車煞車系統分前輪和後輪，兩個獨立的煞車系統，全由兩個不同的手來控制，當發生危險時，要兩隻手同時合作比較不易造成危險；一般反應只用一隻手動作，但緊急煞車時，只煞前輪或煞後輪，將造成不同的結果。只煞後輪，自行車易滑倒；如果只煞前輪，則自行車會向前翻倒，所以最安全是前後輪都要煞車，最好的力道是後 6 前 4，但這種比例是不容易做到的。在緊急狀況時人的反應尤其不容易，要兩手的力道一樣，就得長期特別訓練，因此我們才設計創造出腳踏車發電器減速裝置，再配合新發明「單手雙控 6-4 煞車器」。

二、自行車裝上發電器機當減速器？

- 1.自行車空轉時在 30km/hr，停止腳踏車，何時停止？

次數 時間	1	2	3	4	5	平均
sec	1.04. 90	1.02. 05	1.08. 22	1.15. 41	1.13. 91	1.08. 90

2.自行車空轉時在 30km/hr，停止腳踏板，並打開發電機作減速作用，何時停止？

次數 時間	1	2	3	4	5	平均
sec	0.05.00	0.05.06	0.05.36	0.05.09	0.05.34	0.05.17

3.自行車空轉時在 50km/hr，停止腳踏板，並打開發電機作減速作用，何時停止？

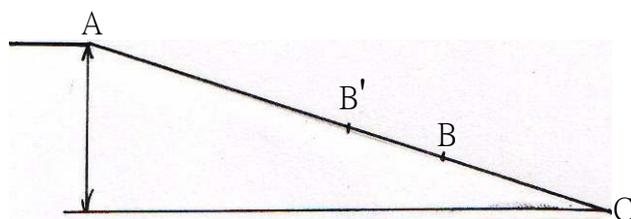
次數 時間	1	2	3	4	5	平均
sec	0.08. 16	0.07. 56	0.07. 69	0.07. 60	0.07. 94	0.07.79

分析：①利用發電機來減速，效果佳。 ②不管 30、50 km/hr 在使用發電機時，大約 5-8 秒內使輪子停止。

三、探討自行車裝上發電機當減速器時實際道路上減速多少？

1.選擇路橋當為下坡路段

高 9.3m、坡長 137.5 m、斜面上設 A、B'、B、C，自行車最高，C 點最低時速測量利用里程時速器發電機規格為 6V3W



$$\overline{AB'} = 65.8 \text{ m}$$

$$\overline{AB} = 87.5 \text{ m}$$



2.自行車 A 點上時速 0 km/hr，向下滑到 C 點時速為何？

次數 時間	1	2	3	4	5	平均
km/hr	31.8	31.9	29.6	28.9	30.1	30.46

3.自行車 A 點上時速 10 km/hr，向下滑行到 C 點時速為何？

次數 時間	1	2	3	4	5	平均
km/hr	35.6	36.1	35.8	34.9	36.0	35.68

4.自行車 A 點上時速 20 km/hr，向下滑行到 C 點時速為何？

次數 時間	1	2	3	4	5	平均
km/hr	39.6	40.1	41.2	42.4	41.5	40.96

5.自行車 A 點上時速 10 km/hr，向下滑行到 B 點再打開發電機與輪子接觸做減速，到 C 點時速為何？

次數 時間	1	2	3	4	5	平均
B 點 km/hr	26.5	27.6	27.1	26.8	27.0	27.0
C 點 km/hr	30.8	30.4	31.9	30.2	31.1	30.9

6.自行車 A 點上時速 20 km/hr，向下滑行到 B 點，再打開發電機與輪子接觸做減速，到 C 點時速為何？

次數 時間	1	2	3	4	5	平均
B 點 km/hr	28.9	29.1	29.3	28.1	28.6	28.8
C 點 km/hr	33.8	35.6	35.1	34.7	35.2	34.88

分析：①使用發電機作為減速，效果好；在 50m 左右可減速 5~6 km/hr。

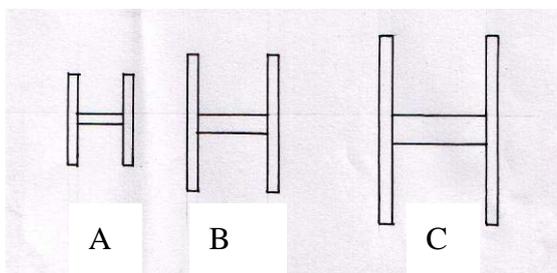
②如果能將發電機內的線圈與永久磁鐵（中心轉軸）再加強磁性，減速效果會更佳。



四、發電機的外表上加電磁鐵，使其減速多少？

1. 探討多大電磁鐵適合發電機？

原理：製作三種尺寸的鐵磁鐵，如下圖



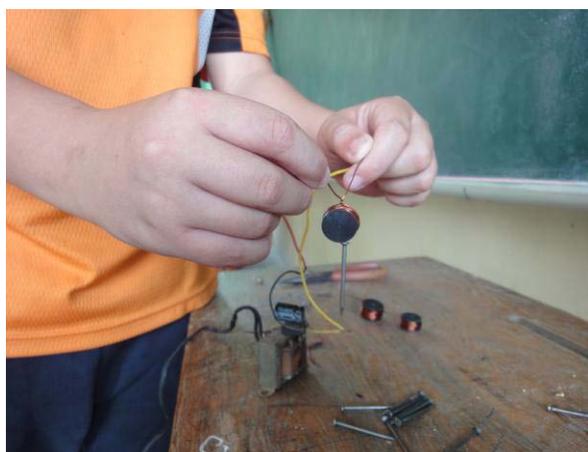
A : 18.5 × 6.5 × 7 (mm)

B : 20.5 × 7.5 × 10 (mm)

C : 23 × 9.5 × 13 (mm)

A 纏漆包線 45 圈，B 纏漆包線 75 圈，C 纏漆包線 95 圈，本來要利用腳踏車發電機來測試電磁鐵的磁性強弱，唯用腳踏車要等速不易（不易控制轉速），因此採用 AC 110V → DC 9 V 為電源。

磁鐵 磁力	A	B	C
鐵釘	1	3	10



分析：以 C 磁力最強，大小也適合發電機。

2. 在發電機上加電磁鐵

原理：利用發電機作為減速，發電機的電力浪費，故在發電機的外表裝上電磁鐵，利用發電機的電力轉換為磁力，使電磁鐵的磁力作為減速的原動力。(發電機 6v3W) ①自行車 A 點上時速 20 km/hr，向下滑行到 B 點，再打開發電機與輪子接觸做減速，到 C 點時速為何？

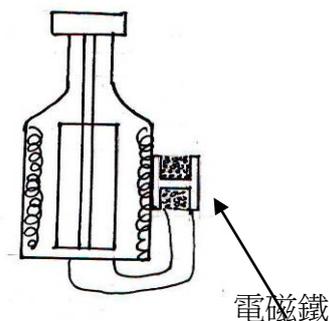
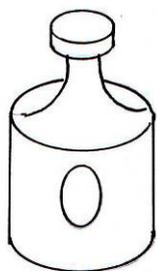
次數 時間	1	2	3	4	5	平均
B 點 km/hr	30.1	29.1	28.5	29.5	28.5	29.06
C 點 km/hr	32.4	32.1	31.8	33.1	32.2	32.3

②自行車 A 點上時速 20 km/hr，向下滑行到 B' 點，再打開發電機與輪子接觸做減速，到 C 點時速為何？

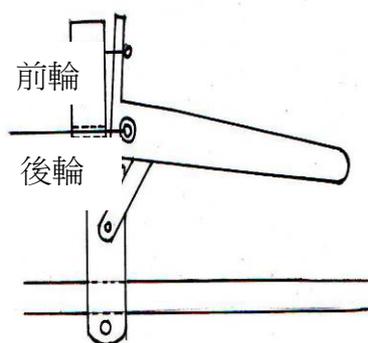
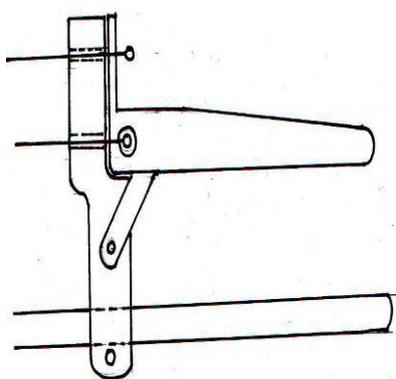
次數 時間	1	2	3	4	5	平均
B' 點 km/hr	26.4	25.8	26.1	26.9	25.8	26.2
C 點 km/hr	31.8	31.2	32.6	32.0	30.9	31.7

分析：①加電磁鐵減速更好。

②要使用發電機減速時，最好在時速未達 30 km/hr 前就應啟動。再配合後輪煞車，就能更安全。



五、設計可同時前後輪煞車的把手。
一個把手可同時使用前後輪煞車器 —— 雙控 6-4 煞車器



肆、結論

- 一、緊急煞車時，使用前後輪一同煞車最安全。
- 二、騎自行車最危險是騎在下坡路段，尤其陡坡上下坡時速度控制不好易翻車及摔倒。
- 三、本作品利用自行車發電機加電磁鐵具有很好的減速效果。
- 四、騎自行車下坡時，時速未達 30 km/hr 前，應使用減速器，再配合後輪煞車較安全。
- 五、煞車要配合慣用的手，若慣用左手要將後輪煞車換到左邊，反之要在右邊。

- 六、兩手同時煞車，如何控制力道，有賴大家多練習。
- 七、本作品雙控 6-4 煞車器效果佳；單手即可掌控自行車煞車，安全又簡單。
- 八、發電機內的磁性強及發電機外的彈簧彈性較強些，可使自行車減速效果更佳。

伍、結語

九年一貫課程在自然與生活科技中特別強調學生應該主動思考，並能從做中來學習解決問題，也就是在教學活動中能實驗設計、動手做、解決問題，將課本上的知識原理應用在實際日常生活裡，體會從發現問題，再一步一步解決問題，到最後完成作品其中的辛苦，並獲得頗佳的成果，可說是一件令人喜悅之事。

參考文獻

- 黃玉琪(2006)。自然科心智圖法創造思考教學方案對國小學生創造力與自然科學業成就之影響研究。臺北市立教育大學，碩士論文。
- 吳美慧(2001)。威廉斯創造思考教學模式教材設計對國小學童創造力認知、情意及自然科學業之影響。國立台北師範學院數理教育研究所，碩士論文。
- 陳龍安、朱湘吉(1999)。創造與生活。台北：五南。
- 黃秋敏(2004)。國小學童創造思考與批判思考在科學問題解決歷程中之關聯性研究。屏東師範學院數理教育研究所，碩士論文。

自行車下坡減速機構種類與問題探討

*李幸靜、**吳景星、***劉玉秋

、*、*** 國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士生

壹、前言

九年一貫課程中「自然與生活科技」課程綱要的課程目標，第五項是「培養獨立思考、解決問題的能力，並激發創造潛能」(教育部 2000)。因此，教師在教學上可引導學生從生活中發現問題，進而分析其原因，而後提出解決的不同對策，最後解決問題。讓學生在這種架構中學習知識的探究和發展解決問題的能力。

由於全球暖化的影響日益嚴重，異常的氣候讓人不禁為未來捏一把冷汗，於是節能減碳的觀念如雨後春筍般的蔓延。因此無廢氣排放的交通工具—自行車，就成為炙手可熱的產品。在臺灣此一行業本已跌入谷底，卻因搭此順風車而成為當紅炸子雞。

傍晚時，常看到一家大小人手一部自行車穿梭在社區的街道中，週休二日也常見到成群結伴的自行車隊揮汗於大小條的馬路上。由此可見此項運動已蔚然成為全民運動，因此其安全性就越發顯得重要。然而自行車在下坡時常有受傷的情況發生，究其原因大都是下坡時車速過快，再加上煞車不當所造成的結果。此時若能讓車子的速度減緩下來，則憾事發生的機率將大大減少，而且讓自行車車速減速後，再操作煞車器煞車，是讓自行車安全行駛在下坡路段的最佳方法。所以用何種方法讓自行車在下坡時能有效的減速，將是我們要研究的主題。

貳、基本知能與背景知識

依據研究目的及需求，主要探討相關的理論：一、創造力。二、科技創造力。三、解決問題的能力。

一、創造力

創造力是一個人綜合運用其認知與情意特質，在環境的激勵下，逐步解決問題，產生既新穎又實用的成品之訊息處理歷程(郭有燾 1999,P45；2001,P6)。Claxton(1984,P12)認為創造力是敢於與眾不同的，創造力是一個思考和回應的歷程，包括聯結先前的經驗，回應刺激，而歸結出至少一項獨特的結果。還有人將創造力定義為：將新奇且適當的想法加以實現，建立新的事物(Amabile,1997,P18)。Sternberg 和 Lubart(1999,P4)進一步指出創造力是一種執行工作的能力，其特徵是具有原創性和有用性。由上所述瞭解到創造力肇因於環境的刺激，再應用先前的經驗，來解決眼前所遭遇的問題。

Csikszentmihalyi 將創造力定義為「創造力是改變既有領域，或勢將既有領域轉變成新領域的任何作為、理念或產品」。國內研究創造思考教學的學者陳龍安(1984)，曾將創造力定義如下：創造力是指個體在支持的環境下結合敏覺、流暢、變通、獨創、精進的特性，透過思考的歷程，對於事物產生分歧性的觀點，賦予事物獨特新穎的意義，其

結果不但使自己也使別人獲得滿足。因此可看出創造力的培養需要常讓學生做跨領域的思考，也就是知識的整合，再透過觀察、分析之後提出特殊或改進的方法。

二、科技創造力

葉玉珠(2005.9.29)認為「科技創造力」乃個體在科技領域中，依專門知識產生具有原創性與價值性產品的歷程。從創意思考歷程而言，科技創造力為一種創意問題解決的型態，此時科技創造力與一般創造力並無任何差異；若從創意產品的導向來看，科技創造力與一般創造力即有不同。科技創造力具科技的創新產品產出特質、其獨特的創意想法需源於科學專門知識領域，創造出的產品價值，就象徵著技術的創造力。因此，科技創造力不只是多種意念的提出更強調具體成果的產出(蔡明宏等 1998.P1；邱皓政、葉玉珠 1998.P1；李大偉、張玉山 2000a，P.9；2000b P.7；吳怡瑄、葉玉珠 2003,P240)

張政義(2009,P12)更是指出：科技創造力是一種正在發展中的能力，乃個體或組織分析產品、創意設計與應用製造之迴路設計過程，應用模仿、創新的方法或想法，創作出新奇科技產品所具有的心智與行動的統合能力。由上面的解釋看來科技創造力是運用科學的知識，去創新或解決問題，進而讓產品更有價值。

三、解決問題的能力

朱樹牛(2003)認為問題解決(problem solving)中的「問題」，必須運用「一系列認知操作程序才能解決」的「難題」，才是所謂「問題」(problem)。他並提出問題解決的三特點：(一)問題解決所遇的問題是新問題，即第一次遇到的問題。(二)問題解決是一種思維的過程，它將已掌握的概念、原理根據當前問題的要求進行重新轉換或組合。(三)問題一旦解決，在解決問題過程中形成的原理或規則，就儲存下來，成為學生認知結構中的一部份。

Dewey(1910)在其「How We Think」一書中，將問題解決的過程，分五個步驟：「發現問題或遭遇挫折、確定問題所在，找出可能的解決方案、選擇最適當的解決方案、驗證結果的正確性並接受或修改」。

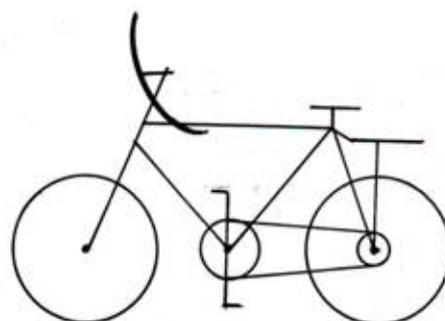
Polya(1945)在「怎樣解題」這本書裡，提出了問題解決的一般程序：「了解問題、設計計畫、執行計畫、回顧」等四個步驟；之後 Polya(1957)曾再略微修改後指出，解決問題的過程可分成以下幾個步驟：瞭解問題、擬定解題計畫、實行解題計畫、回顧並檢核所得之答案等步驟。

所以解決問題取向的學習是一種鼓勵學生發現生活中問題之後，確定癥結所在，再運用創意及思考，以及所需的知識與技能，去創新或解決問題的教學方法。

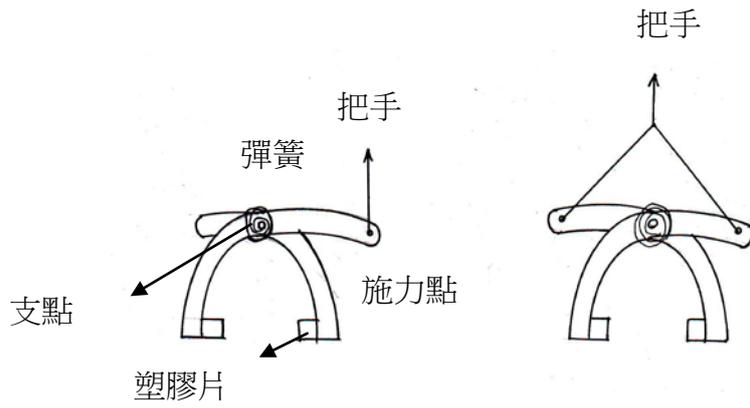
參、研究設計

一、分析自行車煞車構造

自行車簡圖

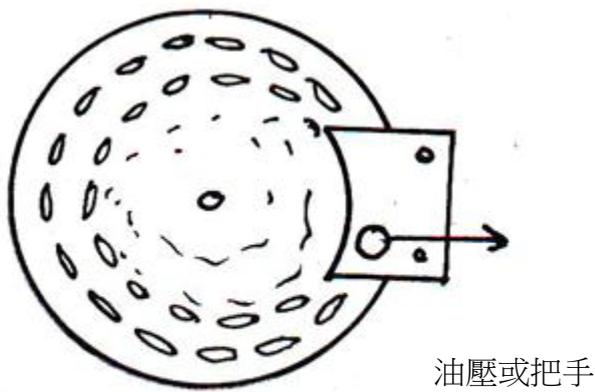


(一) 利用槓桿原理



利用槓桿原理，施力點連接把手，支點固定在自行車架上，抗力點在車輪鋼框邊，抗力點的來令片（塑膠片）夾住車輪鋼框而煞車。

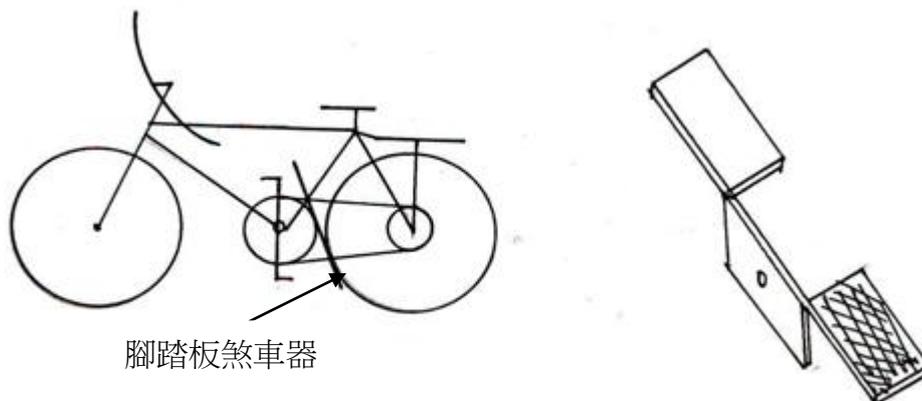
(二) 碟式煞車



二、探討何種方法最適合用在下坡減速上及比較其優缺點

(一)利用後輪的腳踏板煞車器

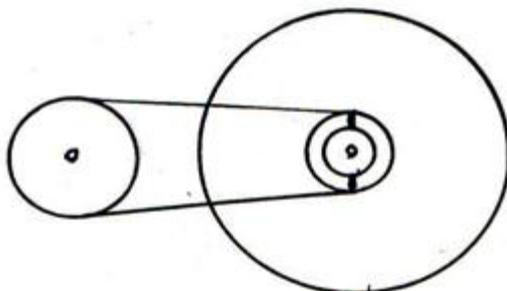
原理：在後輪架上設立腳踏板煞車器，如圖一，當要減速時，腳踩腳踏板煞車器，使其與後輪摩擦，達到車速減慢的效果。



- 分析：1.煞車時，車速快如用單腳，車子較不易平衡而摔倒。
2.車速快腳踩煞車較不易控制力道，容易急速煞車，造成危險。

(二)利用腳踏車器逆轉有煞車作用

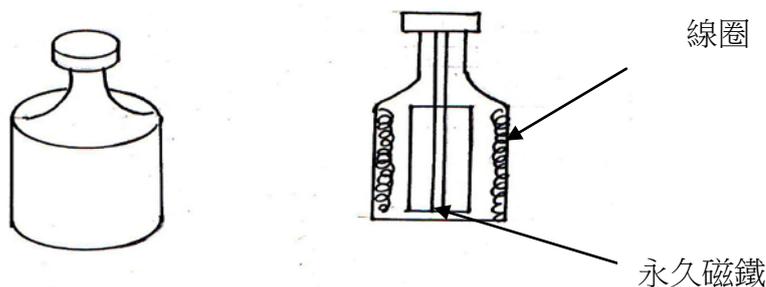
原理：在腳踏車上設立，腳踏板只能前進，不能反轉，反轉就能煞車。如圖二



- 分析：1.自行車腳踏板只能前進，不能後踏或停踏，不方便。
2.腳踏板向後踩，如果車速快，腳易受傷，易摔倒，危險。

(三)利用腳踏車發電器

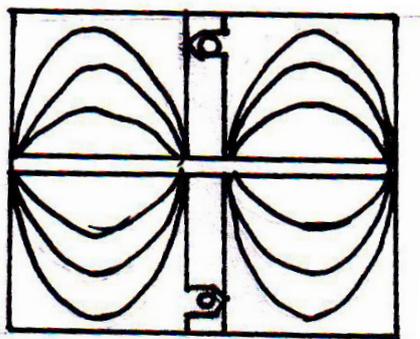
原理：利用腳踏車發電機來減速，發電機內的線圈與轉軸的永久磁鐵作用，產生摩擦力而減速。如圖三



分析：改造方便，構造簡單，重量輕。

(四)利用葉片帶動液體原理來減速

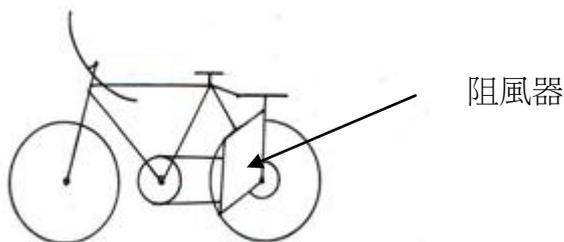
原理：在一封閉空間內分 A、B 室內裝滿油及葉片，A、B 室上、下各設一孔單邊流向閥，A、B 室的葉片方向相反，要減速 A 室葉片使油流向 B 室，並帶動 B 室的葉片再將 B 室的油流向 A 室，由於 A、B 室葉片不同向，故可使自行車減速。如圖四



分析：構造複雜，重量重，體積大，成本貴。

(五)利用葉片當阻風器

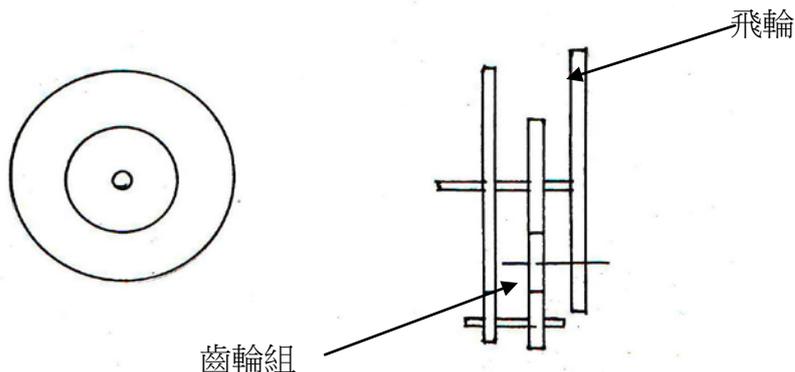
原理：在後輪設立兩片葉片，利用葉片張開來阻風、減速。如圖五



分析：葉片阻風面積要較大才有作用，但面積大危險性高，尤其並排時易與同伴相撞而摔傷。

(六)在後輪設立飛輪

原理：在後輪設立一組齒輪來帶動飛輪，使飛輪的轉速與車輪相反，而減速。如圖六



分析：構造複雜，且飛輪重量重，易使自行車不易平衡。

三、分析

分析以上各種自行車下坡減速機構，若要合乎價廉、構造簡單、操作容易、減速效果佳的功能，則以第三種「利用自行車發電器」為最佳的選擇。而且若能再將發電機內的永久磁鐵的磁力加強，那減速的效果將會更好，減速之後再搭配剎車系統，如此就能讓我們騎自行車時更加地安全。

肆、結論

希臘哲學家亞里斯鐵波斯曾指出：學校的教育應包括學生長大成人後會用到的東西。而創意是二十一世紀競爭的利器，台灣在自然資源匱乏的條件下，人力資源成為台灣能在國際舞台上占一席之地的唯一本錢，因此培養學生擁有競爭實力是台灣當前教育責無旁貸的事。但創意的養成絕非單一標準答案的學習所能達成，本研究的問題探討來自生活中的難題，是學生生活上實際能接觸到的問題，因為是學生切身的困難，所以不僅可引起學生學習上的興趣，更是運用知識來解決問題，如此的學習是實用的且與生活相連結。此次的探討看似解決問題的教學，其實也間接地培養學生的創意思考。因為在確實瞭解問題之後，學生需腦力激盪出一些可能的解決方案，經過測試後，最後從中選取最佳的方法。這些歷程都帶領著學生做創意的學習，若學生能常在類似的方式中學習，相信必有助於創意思考的培養，並能激發學生更多的創造潛能。

參考文獻

- 張振松 (2001.12 月) 自然科創造性問題解決教學對國小學童創造力及問題解決能力之研究。臺北市立師範學院，碩士論文。
- 張政義 (2009)。科技創造力教學模式及實徵研究。國立東華大學，博士論文。
- 陳龍安、朱湘吉 (1999)。創造與生活。台北：五南。
- 魏炎順 (2003)。解決問題取向創意思考教學對師院勞作課學生。國立台灣師範大學工業科技教育研究所，博士論文。
- 王鴻儒 (2005)。在設計製作歷程中培養學生解決問題能力並持續學習動機之行動研究。國立台北師範學院。碩士論文。

科技物的探討-銅模和鉛字

*吳麗玲、**蘇曼麗

、國立高雄師範大學工業科技教育系教學碩士研究生

壹、前言

每一種科學技術，從剛發明時到被世人接受並廣泛使用，皆有其發展過程，發展的過程往往是由粗到精、由簡到繁，同時經過人們不斷地修改、補充，而臻至完善，在生產力水準低下、科技革新意識淡薄的古代，整個印刷術發展過程的步調是很緩慢的。

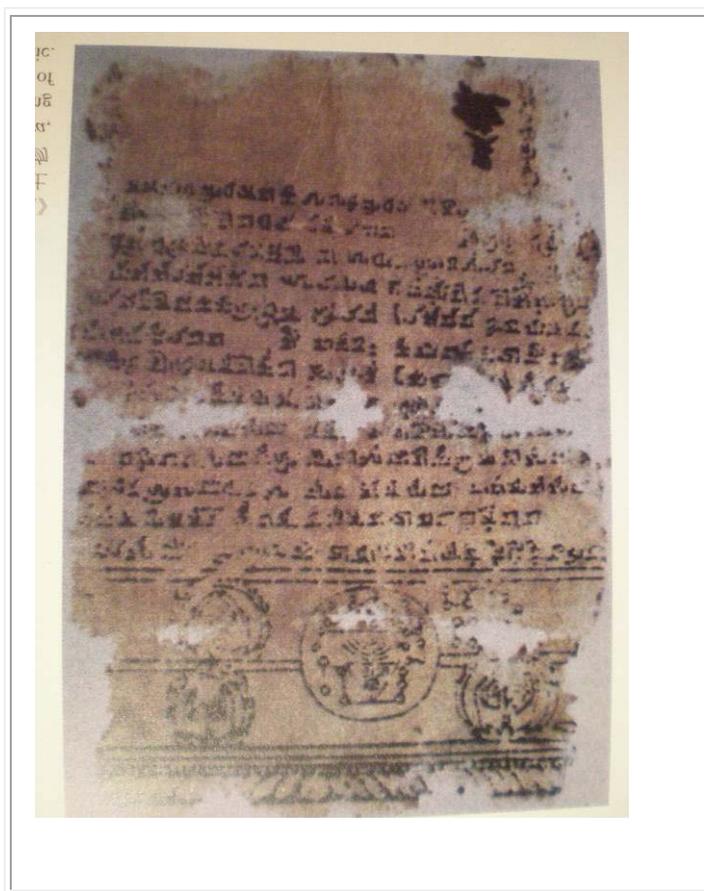
自從人類祖先利用石壁刻數、繩結計事以來，人類的活動就以不同的方式記載著（田自秉，1987）。一直等到紙的發明，記事工具才得以重大突破。中國的四大發明指南針、造紙術、印刷術、火藥，均對人類文明造成相當大的影響，而印刷術的發明、發展和向世界傳播，更帶領人類踏入另一片新天地。使得傳播知識和儲存資訊不再只靠口誦耳傳抑或手抄筆錄，而是透過印刷術的快捷，大量地生產圖書，以利思想傳播，得以交換經驗，快速吸收知識，加快社會進步的腳步，所以印刷術被稱之為「文明之母」。

科技日新月異，知識經濟時代印刷科技更是一日千里，過往的印刷科技工具更被淘汰殆盡，而銅模和鉛字更可說是即將消失的行業別；本文擬就活版印刷的起源及其製作歷程作一探討，並對台灣早期的銅模和鉛字的製作過程進行深入訪談，以紀錄這影響人類知識甚巨的活版印刷術。

貳、中國印刷術的緣起

印刷術最早發明於中國，在中國發明於何時的問題，自明朝就有人進行探討爭論，經過數百年，迄今仍無定論，較多的學者認為，印刷術始自於唐朝初期（羅

仲輝，2003)。不管如何認定，印刷術是中國人所發明，應是毋庸置疑的。中國古印刷術分為雕版印刷與活字版印刷（曹炯鎮，1986）；雕版印刷是因應當時宗教的需要，亦即佛教信徒日增，佛經大量需求所致。錢存訓（1977）認為印刷術大抵是在西元七世紀最晚在八世紀初就已存於中國；這時期相當於中國歷史上的唐初（張民，1977b），1974年西安郊區出土7世紀初印品梵文《陀羅尼經咒》，為現存最早的印刷實物《陀羅尼經咒》。1966年於韓國慶州佛國寺釋迦塔內發現一件武周末年於中國末年刻印的雕版印刷品(701-702年)《無垢淨光大陀羅尼經》（羅樹寶，1999）。



梵文《陀羅尼經咒》唐初印品，1974年
西安郊區出土，為現在最早的印刷實物。

資料來源：中國古代印刷史圖冊。

唐代中後期佛教和道家大量印書，五代至後唐宰相馮道奏請印九經，可說將

雕版印刷推至高峰。然而一種科技在長期使用後，貴在檢討改進以創造出新的科技產品，如此才能綿延長遠，造福人群。為改進雕版印刷的缺點，北宋慶歷年間(1041~1048)畢昇發明活字印刷(李淳譯，1976；曹炯鎮，1986；焦慧蘭，1994)。

參、雕版印刷的起源與製作

在雕版印刷發明之前，書籍的傳播只能靠手工抄寫，費時費力，在傳抄過程中極易產生脫字錯字，自從出現了雕版印刷，使書籍得以大量出版發行，也大大減少了傳播過程中的脫字錯字。雕版印書必須一頁一版，有了錯字難以更正，如果刻一部大書，要花費很多時間和木材，不僅費用浩大，而且儲存版片要佔用很多地方，管理起來也有一定的困難。而在雕版的基礎上發明的活字排版印刷術則可以解決這些矛盾，進一步提高印書效率。

雕版印刷源自何時，說法不一。倒是目前全世界現存的印刷品，較無爭議。雕版印刷源自中國，但現存最古老的印刷品卻是保存在日本(李淳譯，1976)。日本孝謙天皇於西元 770 年建一百萬座三重小塔，每座小塔中均藏有印刷去災解厄的《陀羅尼》(錢存訓，1977)日本法隆寺目前仍留三百座，這便是最早的印刷物了！而現存於倫敦大英博物館的金剛經，完成於西元 868 年，應是最早的版雕書了。(孟爾熹等，1989)

雕版印刷所用材料，大都是木料。木料多取自落葉樹，如梨木、棗木、梓木乃至蘋果木等；因為它們的紋理光滑平均，最容易雕刻。雕版印刷的製作過程可分為以下幾個步驟：(錢存訓，1977)

- 1.將文字抄寫於薄紙上。
- 2.反轉薄紙以米糊黏貼於木版上。
- 3.待乾後，將紙背刮去，可見文字的反文。
- 4.雕刻鑿削。
- 5.上墨，鋪紙，以軟刷壓刷。

雕版在印製完成後，將其收集整編，置於儲版房，以便下次印刷時使用。但其問題立即浮現，例如儲版房空間是否夠大？儲存的雕版是否會受蛀蟲之害？是否變形？……等等問題均是雕版缺點所在。

肆、活字印刷的起源與製作

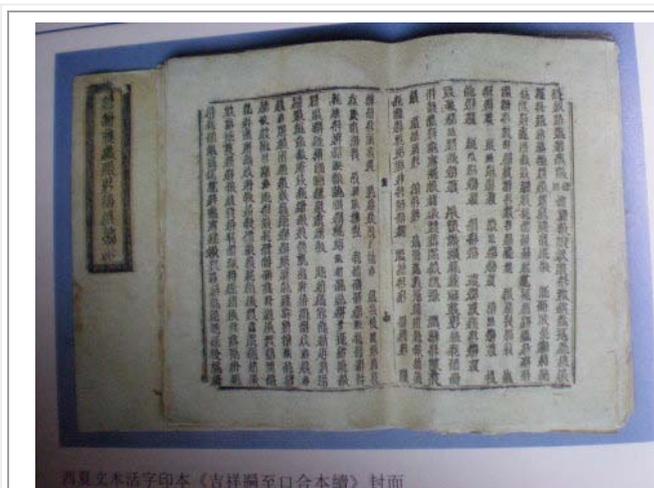
活字印刷術就是預先製成單個活字，按照付印的稿件，檢出所需要的字，排成一版而施行印刷的方法。採用活字印刷，一書印完之後，版可折散，單字仍可再用，這個方法直到近代也是世界上生產書籍、報紙、雜誌的方法之一。

中國古代的活字，以製作材料不同，可以分為兩大類：第一是非金屬活字，如泥、木、磁所製成的活字。第二是金屬活字，如：錫活字、銅活字、鉛活字等等。

一、活字版的革新：木活字

畢昇在發明製作泥活字之前就已製作過木活字（劉顯聲譯，1979），南宋時木活字才被廣泛應用，而且傳到西北地區，現存的最早的木活字版印刷品為 1993 年發現於寧夏賀蘭縣的西夏文佛經印本，約為 12 世紀下半葉之物。

王禎，元朝人，任旌德縣尹時親自設計製木活字三萬多個，排印了《旌德縣志》。王禎在創製木活字的同時，發明轉輪排字盤，實現“以字就人”的方法，減輕了勞動，提高了工作效率（張民，1977c）。所著的《農書》二十二卷中，有《造活字印書法》一篇，文中記載了他的木活字工藝。（羅樹寶，1999）



西夏文木活字印本《吉祥遍至口合本續》封面



王禎《農書》中有載「造活字印書法」，是記載古代印刷技術珍貴文獻

資料來源：中國古代印刷史圖冊。

二、泥活字印刷術的發明：

(一) 宋朝畢昇發明了泥活字印刷

公元十一世紀的四十年代，中國宋朝慶歷年間(1041-1048 年)畢昇發明了泥活字印刷。關於這項發明，在宋代科學家沈括著《夢溪筆談》卷十八“技藝”門裡作了如下記載：

“板印書籍，唐人尚未盛為之，自馮瀛王始印五經，後世典籍皆為板本。慶歷中有布衣畢昇又為活板。其法用膠泥刻字，薄如錢唇。每一字為一印，火燒令堅。先設一鐵板，其上以松脂蠟和紙灰之類冒之。欲印，則以一鐵范置鐵板上，乃密佈字印，滿鐵范為一板，持就火煬之藥稍熔，則以一平板按其面，則字平如砥。若止印三二本，未為簡易，若印數十百千本，則極為神速。常作二鐵板。一板印刷，一板已自布字。此印者才畢，則第二板已具。更互用之，瞬息可就。每一字皆有數印，如“之”、“也”等字，每字有二十餘印，以備一板內有重複者。不用則以紙貼之。每韻為一貼，木格貯之。有奇字素無備者，旋刻之，以草火燒，瞬息可成。不以木為之者，文理

有疏密，沾水則高下不平，兼與藥相粘，不可取，不若燔土，用訖再火，令藥熔，以手拂之，其印自落，殊不沾污。升死，其印為予群從所得，至今寶藏之。”

這是印刷術發明後第一篇用文字詳細記錄印刷技術的重要史料。由於沈括與畢昇是同時代的人，他所記載的資料應該可靠。據沈氏所記，使我們能了解到它的創製和使用的程序：

- 1.用膠泥刻字，應是澄漿泥，質地細而堅，再在火中燒硬。
- 2.按韻排列，存放在格子裡。
- 3.用時依韻檢字排版，以松脂蠟等藥物凝固、固定。
- 4.施墨印刷，一版印完，將版在火上烘烤，藥物融化，手觸即落，而且不會沾污。

沈氏記：“若止印三二本，未為簡易，若印數十百千本，則極為神速”。顯然畢昇的泥活字已經排版印書，而且效果很好。這項完整的發明比歐洲顧登堡（Gutenberg）的活字印刷早了 400 年（黃麗娟，2002）。

（二）元代的活字印刷：

元朝初年，忽必烈的謀士姚樞，教學生楊古用沈括所記畢昇泥活字法印成《近思錄》、《小學》、《東萊經史論說》等書，宣傳理學思想。（羅仲輝，2003）

（三）明代的活字印刷：

明代的活字印刷比元代有很大的發展，私人、書院、藩府、地方官府都有使用木活字印刷，木活字印本書名有據可考的就有一百多種，明朝中葉又出現了金屬活字。

據元朝初年王禎記述，當時有人鑄錫活字，因為難以著墨而未成功。明朝曾

有人用鉛鑄活字印書，鑄銅活字印刷，成就最大的是無錫華氏和安氏兩家巨富(羅仲輝，2003)。

(四) 清代的活字印刷：

清代的活字印刷數量多、規模大、品質佳，活字印書流傳至今有二千多種，其中有泥活字、木活字和金屬活字。

活字印刷成功地回應了當時社會的要求---將多種類書籍快速地印出，而這正是雕版印刷最難以突破的困擾，因為雕版曠日廢時，一套雕版完成後，理應長久使用才符成本，但其他書籍不像佛經一樣不受淘汰，可能很快就被新書所取代。而且，愈來愈多樣化書籍需靠印刷來製作。因此因應社會的需求，活字印刷就應運而生了。

活字一旦被造成，存放不需暫用太大空間、不易腐壞，印刷前只需重新加以排版即可。因此活字印刷被成功開發時，的確造成相當大的震撼(曹炯鎮，1986)。活字印刷一直等到西傳後，因為符合歐洲文字結構，才得以大放異彩。當時，時值資訊爆炸，活字印刷更是獨佔鰲頭了。

伍、臺灣鉛活字的鑄造方式

臺灣早期流傳的刊物大多由大陸刻印，慢慢轉為在大陸刻版，在臺灣印刷(黃麗娟，2002)。有關臺灣印刷品的記載似乎不多見，最早的記載是明朝永曆十五年鄭成功率軍登陸臺灣，命令戶官刻版命令八條頒行(張民，1977a)。1881年英國贈送給臺灣印刷機、排字架和鉛字等，巴克禮(Dr.Barclay 1849-1935)牧師回英國休假時，去印刷廠學習印刷於檢字、排版等方法，於1884年回臺南後，開始印刷工作，這是臺灣最早的印刷業，也是「新樓書房」的誕生。

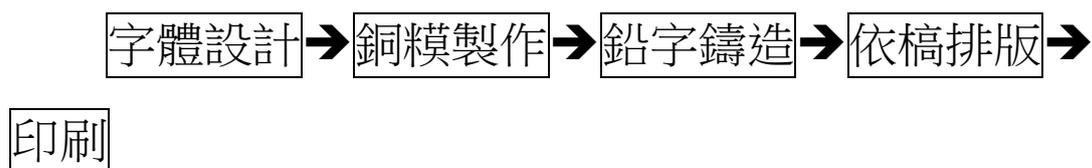
臺灣地區的印刷業在1949年以前僅有小型的印刷廠，絕大多數是活字凸版印刷(黃麗娟，2002)。鉛字凸版印刷的耐印量高，可在短時間內檢字、排版、印刷，鉛字還可重複使用，此種特性非常適合報紙這種具時效性的刊物。隨著電腦科技的發明，原本蓬勃發展的活版印刷面臨新科技所帶來的震撼與衝擊，不得

不匆匆下台，黯然的走入歷史。而目前仍坐落在台北市太原路的日星鑄字行，在老闆張介冠先生的執著與堅持下，繼續營業，不計利潤，以服務為宗旨，成了活字印刷業僅存的一道光芒。

台灣的鉛字製作技術，主要是引進自日本的技術。早期的機器和原料必須仰賴日本進口，後來台灣的鋼鐵廠才仿造日本的機器自行製作鑄字和印刷的機器，自行生產台製的機器，並且幫業界維修日本進口的機器。

有部份技術則源自中國大陸，此部份是台灣光復後，由大陸上海來台人士所帶進來台灣的技術（徐成坤 & 曾啟雄，2002）。目前科工館典藏的「風行」字模，就是上海字體，於民國38年來台，這批銅模背後有一凹點，顯示為手搖鑄字機用；其一號鉛字側面有凹孔，內刻「風行」兩字，就是手搖機的模子設計（曾琪淑，2010）。經歷歲月的洗禮，不論是日本的技術或是大陸的方法，皆已融匯成台灣本土的製作技術。

本研究針對日星鑄字行的張老闆進行訪談、與現場實物拍照，並參考相關文獻，希望能為台灣僅存的鉛活字印刷業做部份的真實紀錄。就鉛活字而言，本研究參酌印刷相關資料並集結張老闆的訪談資訊，繪製出有關鉛活字的製作流程如下：



一、字體設計

新設立的鑄字廠，在初創時必須向銅模製作廠購買各式大小和字體的整套銅模。因為長時間反復使用，以及常用字的鑄字量較大，銅模會損壞，所以必需再向銅模製作廠添購補充銅模來使用。銅模製作廠會依照鑄字行的訂貨需求，先向字體繪製師訂購所須的字體，再來進行銅模的製作。

在民國六十年左右，字體繪製師的養成方式，可概分成家傳式和學徒式（徐成坤 & 曾啟雄，2002）。身為字體繪製師必須練就一身繪圖與寫字的技術，才能

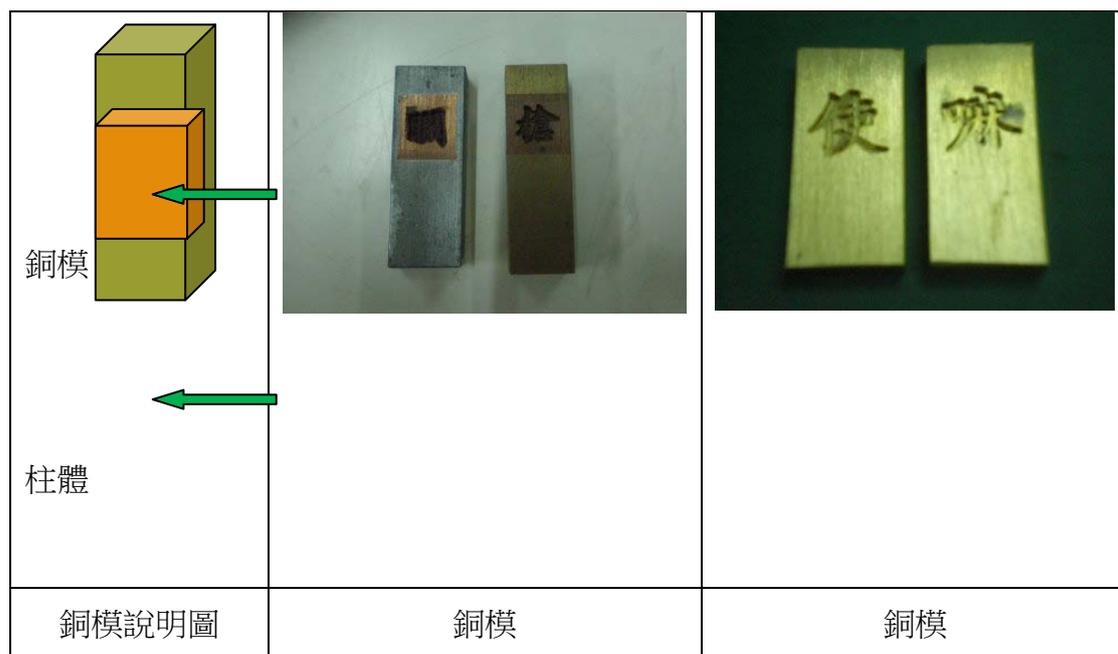
繪製出符合鑄字廠所需的字體。而鉛活字的字體設計必須具備良好的書法基礎，藉著書法的法則，以間接的方式設計出優美的線條、符號和文字。「風行」銅模是依據清朝進士所書寫的字體修飾而成，此為楷體鉛字字形設計繪製的書寫依據（曾琪淑，2010）。

二、銅模製作

銅模可分為單字銅模、連字銅模、集體銅模、活動銅模等，製作方法可分為電鍍銅模、雕刻銅模和沖壓銅模三種（徐成坤 & 曾啟雄，2002）。銅模在業界又稱為「字母」，是鑄造鉛字的基本字模，是正字的凹紋字體，以銅模所鑄造出來的鉛字為反文（左右相反）的凸出字體。

（一）銅模的原料主要以「銅」為主。

- 1.中間的銅模成份是「紅銅」，在台灣主要以雕刻和電鍍兩種方式製作，紅銅的材質硬度較軟，容易雕刻；紅銅耐熱，在鑄字過程中可以承受鉛液的溫度。
- 2.較小的字則使用「青銅」。
- 3.襯座，也叫宅體，使用的材料有青銅、鋳、銅廢料等。



(二) 銅模的製作方法

1.雕刻銅模：先製作鋅凹版為雕刻字樣，先調整好雕刻機的刻紋深度，以高速鑽頭在青銅鑄體上雕刻（徐成坤 & 曾啟雄，2002）。

2.電鑄銅模：

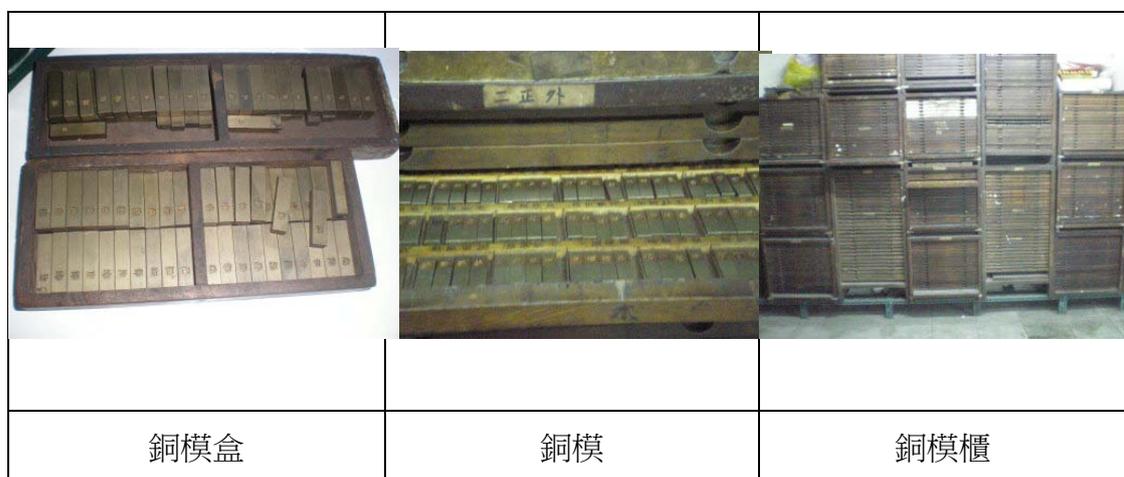
(1) 直接法：挑選筆劃線條沒有瑕疵的鉛活字作為翻字的種子，進行電鑄銅模。

(2) 間接法：以木料直接雕刻成反字凸紋，用煙燻過較容易脫模，進行電鑄銅模。

(3) 型鑄法：將熔化的紅銅溶液直接倒在鉛字字面上，然後將鉛字和銅模分開。

以電鑄法製造完成的銅模，還要加裝在柱體上。為了節省成本，也可以將較大號字的銅模(初號或一號)加裝在活動柱體上。製作好的銅模會放在字母盒箱，然後放入銅模盒架中。

目前日星鑄字行張老闆說：銅模的價錢很貴，在民國六十五年一個銅模價值高達新台幣 2 5 0 元；早期的銅模已損毀遺失了，5 年前至 1 5 年前活版印刷的消退，大家就不再保養損毀的銅模或是去增補銅模，所以數量愈來愈少，他打算用鉛字來翻製銅模，製成整套完整的保存下來，可以傳承來使用。



三、鉛字鑄造

(一) 鉛字的數制：傳統中文活字是以「號」來稱呼字的大小，從初號、一號到八號、新初號到新七號，合計共十六種。字體分為楷體、黑體、宋體、長宋體（徐成坤 & 曾啟雄，2002）。日星鑄字行目前只存有初號～6號字，字體有三種：楷書、宋體（日本稱明朝體）、黑體（或講方體），字的總數約有12萬～15萬字之間。

(二) 鉛字的原料：鉛的成分有三種：鉛、銻、錫，鉛含量75%～90%、銻、錫：1%～2%。依製作的鉛字種類會去調整鉛和銻錫的比例。鑄字時鑄字行都會購買鉛塊來鑄字，或是使用回收的舊鉛字以及剩餘的鉛料，目前鉛塊已買不到了，日星鑄字行只能以舊鉛字溶化來鑄字。

		
鉛字和木鉛字	鉛字	舊鉛字可以再用來鑄字

(三) 鑄字的方式：共分三種：手工鑄字夾、手搖鑄字機、自動鑄字機。目前日星鑄字行以自動鑄字機鑄鉛字。鑄好的鉛字則依鉛字架上的排列規則分別歸位放置，排列的方式主要依部首的筆畫排列，中間則放自己店中常使用的字，叫做「吊格」，如此可以加快排字速度。

		
鑄字機	張老闆解說鑄字機	剛鑄好的鉛字

四、依稿排版和印刷

大型的印刷廠會自己購入設備來鑄造鉛字，從揀字、排版、校對到印刷都可以自己完成。小型的印刷廠則向鑄字行購置鉛字，鑄字行接到客戶的稿件後，檢字師傅會按照客戶的需求格式進行檢字工作，將活字、空鉛和組版材料等進行編排工作，排完後的版再與原稿進行對照校正，確定無誤後，再送到櫃檯去結帳。

		
鉛字架	張老闆解說鉛字架	鉛字架中間的常用字

陸、消失的行業

雕版印刷發明之前，書籍的傳播只能依靠手工抄寫，直到活字印刷的發明，使印刷省時省力，十分迅速，自畢昇發明活字版印刷至今已九百多年，經歷了各種材質使用的與技法的改良，不斷地試鍊精進，其間曾傳到了國外，對於書籍的印刷與知識的傳遞，其功甚巨。台灣光復之後，不論是引進日本還是來自大陸的

印刷技術，都造就了台灣知識的蓬勃，造福了台灣社會的發展，可說是是整個文化裡面最重要的推手。

電腦科技的發明、軟體的開發、週邊設備的發展以及大量生產導致價格下降，使得凸版印刷工業的廠商自 80 年代以後漸漸凋零，逐漸走入歷史。廠商不是轉購新科技設備力圖重振雄風，不然就是變賣機器悄悄關門，黯然退場。

柒、小巷中的鉛字綻放光芒

張老闆說：我們同業要清掉要賣的時候，老闆都跑到廠外流眼淚。當同業都紛紛將銅模鉛字變賣成廢鐵時，張老闆卻捨不得這父親傳下來的家業，而且下游仍有印刷廠會繼續購買鉛字，所以當鑄字行一一關門時，客戶問張老闆何時要將鑄字行收起來，張老闆回答：「只要你們還在的一天，日星就不關。」就因為這句話，日星鑄字行就這樣保留下來。

張老闆說：他想幫台灣做一些活版印刷工業他所知道可以留下來的史實。所以他做了以下的規劃：

第一：在目前的鑄字行成立鉛字博物館，保存這些父親的心血，也是珍貴的繁體鉛字。

第二：做復刻計劃，他用鉛字來翻製銅模，讓整套銅模能完整的保存下來，傳承來使用。

第三：將修好的字型製作成電腦字型，希望完成後捐給微軟公司，讓美麗的鉛字字型能以數位的方式保存和傳承。

捌、結語

中國印刷術的發明，促使人類文明再登上一層樓，也使得人類知識得以傳承綿延。雖說中國印刷術的起源是應宗教的需要所致，但時至今日已是人類文化無法或缺的了。

而今日印刷更是包羅萬象，凸版、凹版、平版、孔版、照相製版、電子製版

(林啟昌 & 余成添, 1979), 印刷工業實仍繼續帶領人類大步邁向前。雖說電腦的普及, 可能取代部份印刷品, 但兩者之間的關係應會是一個值得探討的問題。

探討過此一傳習久遠, 而且日久彌新的科技後, 方覺知識的累積, 才是人類文明不斷向前的原動力。日星鑄字行繼續點燈, 照亮活版鉛字印刷業, 這盞燈要點多大呢? 張老闆希望大家一起來; 這盞燈要點多久呢? 張老闆說他將盡他所能。

參考文獻

- 田自秉(1987)：中國工藝美術史。臺北市：丹青圖書。
- 李淳譯(1976)：中國科學文明。高雄市：文皇出版社。
- 林啟昌 & 余成添(1979)：印刷科學概論。臺北市：五洲出版社。
- 孟爾熹等(1989)：自然科學概論。臺北市：新學識文教出版中心。
- 曹炯鎮(1986)：中韓兩國古活字印刷技術之比較研究。臺北市：學海出版社。
- 陳立夫等譯(1973)：中國之科學與文明。臺北市：臺灣商務印書館。
- 焦慧蘭(1994)：推動歷史的發明。臺北市：幼獅文化。
- 張民(1977a)：明代的銅活字。圖書印刷發展史論文集續編。臺北市：文史哲出版社。
- 張民(1977b)：明代的銅活字。圖書印刷發展史論文集續編。臺北市：文史哲出版社。
- 張民(1977c)：遼、金、西夏刻書簡史。圖書印刷發展史論文集續編。臺北市：文史哲出版社。
- 劉顯聲譯(1979)：製版印刷技術總論。臺北市：徐氏基金會。
- 錢存訓(1977)：中國對造紙術及印刷術的貢獻。圖書印刷發展史論文集續編。臺北市：文史哲出版社。
- 羅仲輝 (2003)：印刷史話。臺北市：國家出版社。
- 羅樹寶 (1999)：中國古代印刷史圖冊。香港：城市大學出版社。
- 曾琪淑 (2010)：博物館科技物件應用於科技創新教學之探析---以印刷銅模為例。生活科技教育月刊，43卷第二期。
- 徐成坤 & 曾啟雄 (2002)。凸版印刷之鉛字製作研究。論文集。台北：銘傳大學。
- 黃麗娟. (2002). 台灣圖文傳播科技發展歷程之研究。國立臺灣師範大學