

東南學報

第三十九期

JOURNAL
OF
TUNGNAN UNIVERSITY
VOLUME 39

東南科技大學編印

中華民國一〇三年四月出版

東南學報

第三十九期

東南科技大學
中華民國一〇三年四月

目 錄

工程類

1. 不同鈦電極於氮氣中進行鋁合金表面放電加工披覆之研究……吳坤齡、張文獻……1
2. 光電板下表面冷卻層厚度之影響與整體效率分析……蔡豐欽、許 翔、許柏偉…… 13
3. 探討幾何模型對 FDM200mc 快速成型機製造實體模型之誤差影響
……翁文德、陳坤男、郭君祿…… 23
4. 分散式 SDR 演算法解廣義代數 Riccati 方程式……張忠明、李權泰…… 35
5. 間接循環加熱儲熱水系統熱交換動態模擬……朱明輝、呂佳朋…… 53
6. 類神經網路應用於變冷媒流量中央空調系統溫度控制
……陳一維、朱明輝、陳宏岳…… 63
7. 參考模式類神經網路控制法用於電動車用壓縮機之溫度控制的探討
……黃正光、朱明輝、李世傑…… 75
8. 綠能直流電源供應器電路設計與實作
……陳譽、王彥凱、邱偉嘉、周信言、丁仲韋、潘敏政…… 85
9. Kinect 體感互動技術之應用……曹茂勁…… 93
10. 正指數視窗函數設計法的參數探討……謝昌勳、戴永龍、黃國興…… 99
11. ARM Cortex-M0 之 NXP LPC1114FN28/102 燒錄器電路製作…蔡長達、楊証傑……109
12. 以64位元 Ubuntu 環境開發 Android JNI 介面程式……楊証傑、蔡長達……121
13. 以 Keil uVision4編譯 FreeRTOS 並移植於 LPC1114/102
……楊昀羲、蔡長達、楊証傑……133
14. 改良式膨化床反應槽削減底渣異味之成效評估
……林奇剛、彭彥翔、蕭 琦、蔣佳穎……145
15. 綠色休閒漁港之規劃……林奇剛、盧堅富、蕭 琦、蔣佳穎、彭彥翔……155
16. 自動化表單紙本簽署文件自我驗證系統之設計與實踐……楊靖宇……167
17. 應用 TRIZ 於握力球設計……王亞平、曹麗英、曹永慶、吳志富、黃臣鴻……187

社會科學類

18. 基本護理學實驗給藥系統建置初步研究……………曾麗姍、盧並裕、吳文達……199
19. 有機米產品碳足跡計算……………陳亮清、卜慶翔、楊台富……209
20. 台灣夜市實地探訪與消費者調查-以士林及輔大夜市為例
 蔡佳麟、張瑜涵、楊閔捷、李立偉、黃憶婕、黃若萍、吳昱辰、江庭宜、許傑超
 林家弘、蕭澤宇、曾憲義、許晉偉……………223
21. 幼兒學習需求導向之研究—多功能學習桌椅……………吳湘華……233
22. 深坑庄的宗族與政治—以木柵和深坑為例（1895-2014）……………詹 瑋……245
23. 我國體育班經營之探討……………陳振幫、郭明珍……259
24. 長榮女中學生體適能差異比較……………蘇士勛、陳金海、侯淑玲、郭明珍……265
25. 成就動機與目標設定對大專生運動學習成效及內在動機的影響
 ……………吳本元、王學中……273

不同鈦電極於氮氣中進行鋁合金表面放電加工披覆之研究

Study of EDM Deposition on Alloy Nitrogen with Different Titanium Electrodes

吳坤齡¹ 張文獻²

Kun- Ling Wu¹ Wen-Hsien Chang²

¹東南科技大學 機械工程系 副教授 ²東南科技大學 機械工程系 碩士

摘要

本論文主要目的以鈦金屬棒、燒結製成之鈦金屬與鈦電極中添加氮化鈦燒結複合型三種不同密度之電極。實驗在不同放電加工參數下比較氮披覆層的產生與性質探討。實驗中採用不同的峰值電流、脈衝時間、衝擊因子等放電加工條件，藉由放電加工機的高能量密度電能，使電極表面上剝落之鈦粉末粒子或離子，與周遭環境中提供之氮氣分子以產生固氣化學反應，促使在鋁基材表面產生氮化鈦薄膜。經由實驗發現不同密度的鈦電極對鋁基材表面，所產生材料移除與氮化鈦披覆層發生有絕對關係。而且峰值電流的大小對鋁基材表面的氮化鈦披覆層有相對影響。而燒結複合型電極經由放電披覆後得知其較為組織鬆散，在小電流時即有氮化鈦披覆層產生，其中峰值電流的大小對氮化鈦的生長相與成份有相關。

關鍵詞：電極、披覆層、氮化鈦、放電加工

Abstract

The main purpose of this paper in three different densities in different electrode discharge machining parameters generated more nitrogen and the nature of the coated layer. Experiment planning using different peak current, pulse duration, the impact factor of 11% of the processing conditions such as discharge machining by discharge of high energy density power can peel off the electrode surface or titanium powder particles in the plasma with the surrounding environment to provide the nitrogen molecules synthesis of solid-gas chemical reaction in the aluminum substrate surface titanium nitride film. It was found that different

densities of titanium electrodes for aluminum substrate surface is to produce material removal or coated layer of nitrogen absolute relationship with the occurrence of the peak current size of the surface roughness of aluminum substrate coated with the layer of coated area of the nitrogen. Sintered composite electrode EDM comparing coated sintered composite electrode that loosely organized, a small current in the coated layer produces both nitrogen. However, the size of the peak current growth phase composition of titanium nitride are related.

Keywords : electrode, coated layer, titanium nitride, EDM

壹、緒論

放電加工法是現代工業非常重要的一種非傳統加工方法，產學研等各界已經針對放電加工應用及各項放電參數的影響有了更深入的了解與開發。1997年後藤昭弘等學者〔1〕利用鈦粉電極在加工液中以放電加工方式解析碳元素形成 TiC 被覆在端銑刀上作切削比較，確認了放電加工表面披覆 (electrical discharge coating; EDC) 的方法。1998 年毛呂俊夫等人〔2〕也以相同的方法被覆在鑽頭上進行磨耗研究。1999 年塚原秀和等人〔3〕，使用放電加工被覆的方法對純鈦(純度99.9%)母材進行 TiC 被覆研究被覆層的耐蝕性。2000年前田秀治等人〔4〕以 Ti 為電極利用 EDC 方法被覆 TiC 在其工件表面進行耐磨耗性研究。2000 年後藤昭弘等人〔5〕，探討以放電表面處理 (EDC) 被覆的膜厚比以 PVD、CVD 被覆層更厚。綜合上述文獻以放電加工方式作為表面加工被覆是可行的，但一般都在液態加工介質中完成被覆處理。在美國的 NASA 研究中心首次嘗試在氣體中進行放電加工。後來 Kunieda 及其研究團隊於1997年提出〔6-8〕，以高壓氣體替代加工液將放電加工之熔融材料移除，並以中空電極改善加工屑的附著現象，提升材料的去除效果。Curodeau 等人〔9〕則利用氣體放電方式，以熱塑成形的複合電極對模具表面進行精修加工。

結合上述兩項有關放電加工研究的趨勢，本研究提出創新的方法以不同密度的鈦電極及鈦複合材料電極在氮氣中針對鋁合金表面進行放電加工試驗，驗證是否可產生氮化物的可行性。並藉著調整放電加工參數的設定，探討在工件表面形成氮被覆層的效果，除了量測各項加工特性之外也進一步的分析被覆層的成份。

貳、實驗原理與方法

本實驗的重點是藉由放電加工(EDM)的原理與方法由不同的放電加工參數條件與鈦複合材料電極相互搭配使鈦電極與氮氣化合在金屬表面形成一層氮化鈦披覆層為目的。藉由放電加工機的加工特性找出最佳參數與最適合鈦複合電極材料，就達到加工與披覆的功能。本研究的實驗流程分為兩個部分，第一部分先探討不同鈦電極在氮氣中對鋁合金表面進行放電加工被覆行為之比較，並量測披覆前後工件材料之重量差以求其披覆率及電極材料的變化率；工件表面披覆材料成份的變化以及被覆表面的微觀結構及元素分佈情形。第二部份是探討純鈦電極與鈦複合材料電極在氮氣中對鋁合金表面進行放電加工被覆行為的差異。實驗中也探討峰值電流及脈衝維持時間不同對鋁合金表面被覆層成份相的影響。

一、實驗原理

本研究之放電加工表面披覆是依據放電加工的原理，利用在電極與工間之間，由放電加工機提供之峰值電流 (I_p) 與極間放電電壓 (V_g)，再搭配由場效電晶體控制放電波形之放電脈衝維持時間 (T_{on}) 所構成之無數單發放電能量，持續作用在 Ti 金屬電極材料上，而使鈦金屬與周圍之氮氣氬子解離化，同時或部分形成氮化鈦的化合物，然後沉積於鋁合金表面而達成披覆的效果，其披覆過程可分三階段進行如圖1所示。

(一) 突破絕緣階段:

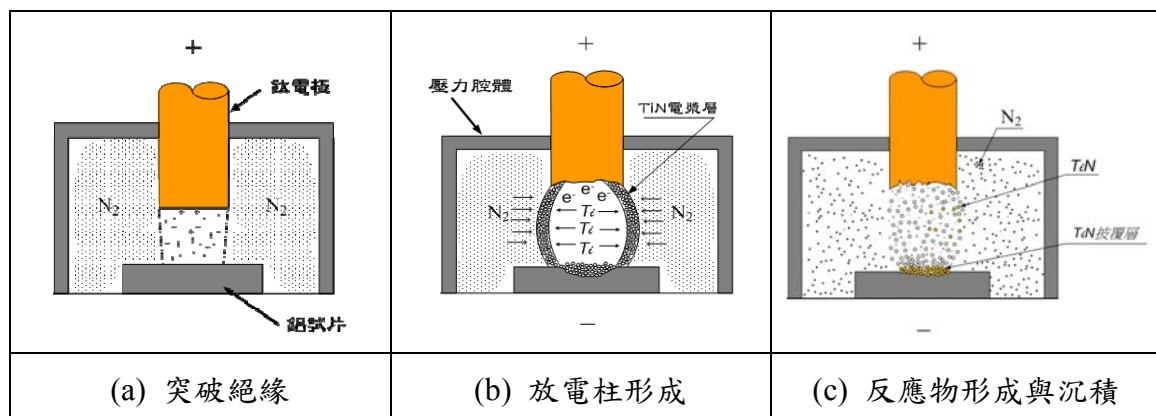
因氮氣的介電強度 > 大氣 > 煤油，故須設定較高的工作電壓值來突破腔體內氮氣絕緣狀態促使兩電極間引發放電現象並產生放電柱，圖一 (a)。

(二) 放電柱形成階段:

當兩極間的電場強度突破氮氣的介電強度之後，陰極表面的帶負電荷電子會先開始從陰極脫離出來，部份會撞擊到陽極的鈦電極表面而釋出鈦原子和離子，部份的電子也會去衝擊到周圍的中性氮氣分子而使氮氣解離化形成氮離子，由於兩極間的電離效應而產生高熱化，於是放電柱開始形成。此時，放電柱不斷的與受限在封閉腔體內的高壓惰性氮氣接觸，因此持續提供了與鈦離子互相撞擊而產生合成反應的機會，迫使鈦元素和氮元素在放電柱中形成含有氮化鈦化合物的高熱電漿，圖一 (b)。

(三) 反應物形成與沉積階段:

一旦放電完成之後，高溫電漿中的 TiN 合成物會因慣性及重力作用而沉澱披覆在鋁合金基材表面，冷卻後會形成一層硬質的 TiN 化合物披覆層；其他在放電過程中因能量不足而提早凝固的反應物，則將因無法來得及沉澱附著在鋁合金表面而被氮氣帶走成為加工屑，圖一 (c)。



圖一 鈦與氮氣化合披覆過程圖

二、電極實驗材料

鈦電極為實驗材料，其特徵為重量輕、強度高、相當好的延展性、鈦的表面呈銀白色金屬光澤，亦有良好的抗腐蝕能力。由於其穩定的化學性質，良好的耐高溫、耐低溫、抗強酸、抗強鹼，以及高強度、低密度、它不具磁性，同時是不良的導熱及導電體 [10]。氮氣為加工介質，它無色無味無臭的穩定性氣體。在常溫下幾乎不與任何元素產生反應，只有在高溫時才能與少數金屬或非金屬元素化合是很不易有化學反應的惰性的氣體 [11]。氮化鈦為第三種燒結電極材料，此類過渡金屬氮化物均具有金屬的某些特性例如高熱傳導率、高電導性、高熔點、高硬度、抗腐蝕性且化學穩定性高具有優於金屬的物理與化學特性 [12-13]。

三、工件材料與試片製作

鋁合金(Aluminium Alloy)金屬具有高強度、高熱傳率、良好導電率、等機械性能優異的優點；本實驗工件是採6061-T6型鋁合金棒材，外徑為15mm，厚度以 CNC 線割放電加工機裁切成約3mm 的試片後放入研磨拋光機粗研磨再細磨拋光。之後再將試片放入裝有丙酮的超音波清洗機清洗後取出再以烘乾。並將試片放在電子秤上進行重量量測，完成試片的準備。

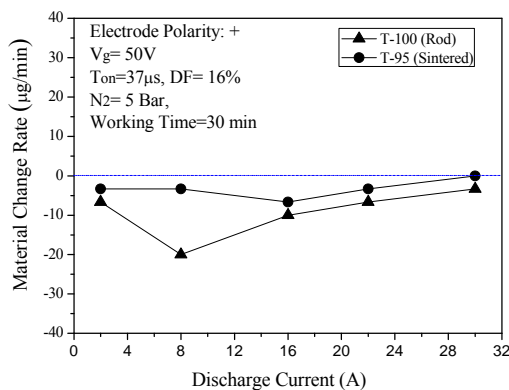
四、電極材料與製作

本實驗所使用的電極材料第一種為完全緻密之純鈦金屬棒材，純度達到99.9%，直徑為10mm。第二種是燒結製成之鈦金屬電極。採用美國 Cerac 公司生產之鈦金屬粉，其平均粒徑為45 μ m，純度為99.5%，首先以170MPa 的成型壓力在金屬模具成型之後，將壓結粗胚放置在高純度氮氣的高溫爐中進行燒結。鈦金屬電極材料隨不同的燒結溫度，可以獲得不同的燒結密度。本研究採用三種不同的燒結密度（60%、80%、90%）與純鈦金屬棒（密度100%）進行試驗比較。第三種電極是在鈦電極中添加氮化鈦成份，經均勻混合之後再依第二種電極的成型與燒結條件製成不同燒結密度的鈦複合材料電極。

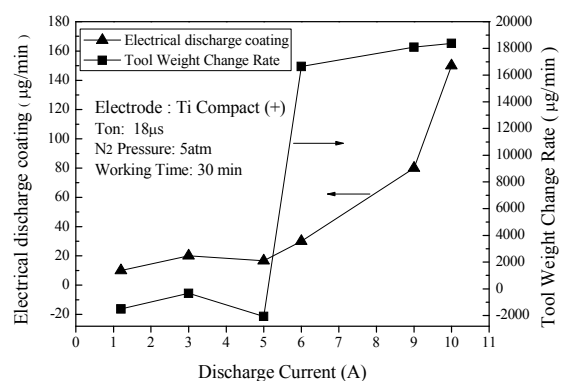
參、結果與討論

一、鈦電極之不同密度對放電加工被覆的影響

本研究定義當工件材料呈現為減少的時候，稱為材料的移除率（Material Removal Rate；MRR），反之則稱為材料的被覆率（Material Deposition Rate；MDR）。圖二為比較純鈦棒(T-100)與燒結密度95%(T-95)鈦金屬電極之工件材料的移除率情形，在各種峰值電流條件之下，對鋁合金表面進行放電加工後工件材料重量的變化率情形。由圖得知，當電極的密度很高時，在各種不同的峰值電流情形下放電加工僅對鋁合金表面進行材料移除的作用而無明顯之被覆層產生。若採用密度較低鈦金屬電極時，如圖三所示本實驗採用60%密度的鈦金屬電極，則峰值電流從1.2A 起在鋁合金表面即可以明顯得到被覆層，圖中。當電流為6A 時由於放電能量的增加導致鈦離子與氮氣的固氮合成反應機會大增而產生更多的氮化鈦成份，使得鈦金屬電極重量由流失減少變成增加。



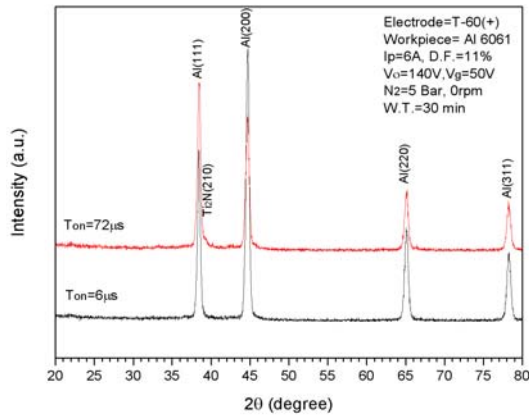
圖二 不同電流下電極密度對材料重量變化之比較



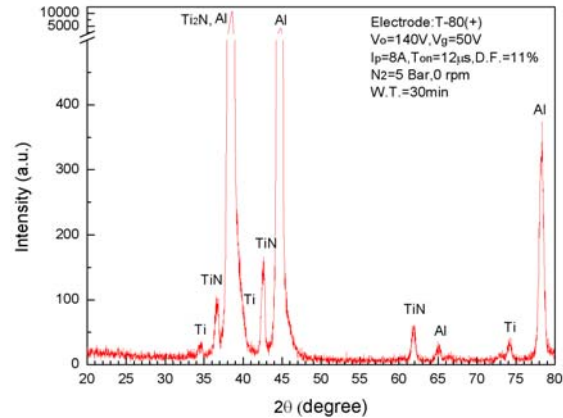
圖三 不同電流下電極消耗率與材料被覆之比較

二、鋁合金表面被覆層之成份鑑定

本實驗針對鋁合金表面透過放電加工披覆處理之後，在加工面上是否有產生新的合成材料進行分析。圖四及圖五是採用兩種不同燒結密度為60%與80%的鈦金屬電極分別對鋁合金表面進行放電加工後，再以 X 光繞射分析儀進行加工表面成份相鑑定的結果。



圖四 燒結型電極（密度60%）以6安培不同放電時間後成份相分析圖



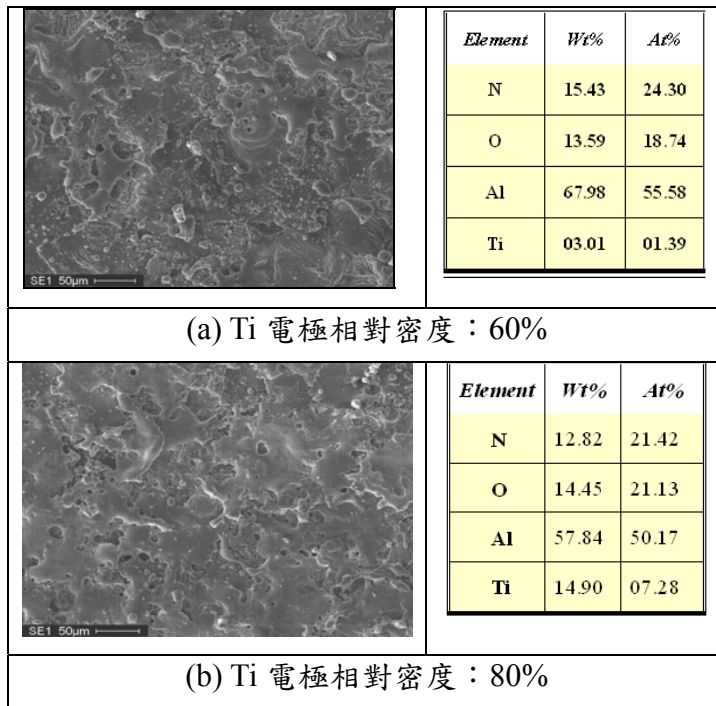
圖五 燒結型電極（密度80%）以8安培放電後成份相分析圖

從圖四數據顯示，當峰值電流為6A時，用兩種不同的脈衝維持時間進行放電加工後，發現兩種條件下鋁合金的表面並無明顯之氮化鈦繞射峰產生，此結果說明峰值電流是關係到氮化鈦成份相的產生的重要原因；換言之，氮化鈦的生成是與放電能量的高低有關。圖五數據則是採用峰值電流為8A，脈衝維持時間為12 μ s，衝擊因子為11%的放電加工情形。從圖中的結果顯示，鋁合金表面已有氮化鈦的繞射峰出現，說明該峰值電流為8A時已可以使在鋁合金表面的披覆層產生氮化鈦成份相，並與反應不完全的鈦元素及從基材而來的鋁元素混合共存。

三、鋁合金表面被覆層之微觀結構與元素分析

(1) 不同密度鈦電極對鋁合金表面放電加工被覆的差異

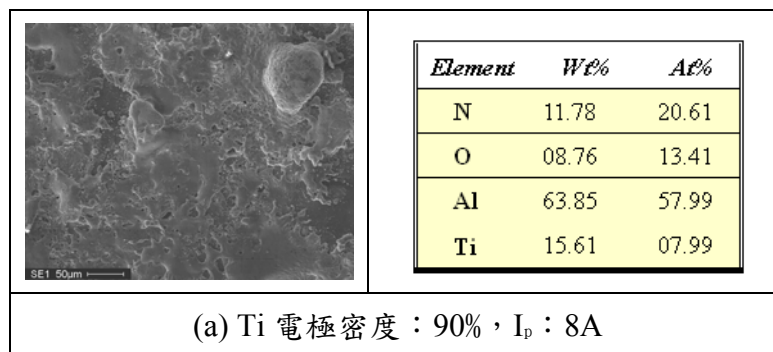
在放電條件均為 $I_p=8A$, $T_{on}=37\mu s$, $T_{off}=200\mu s$, $V_o=140V$ ，氮氣壓力為5 atm，加工時間為30分鐘，針對兩種不同密度分別為60%與80%燒結型之鈦電極個別對鋁合金表面進行放電加工披覆後，以 SEM 觀察工件表面之微觀組織，並以能量分布光譜儀(EDS)分析表面的元素進行電極密度對鋁合金表面披覆層的差異及峰值電流對放電加工披覆面的影響效果等兩項因素進行分析比較。

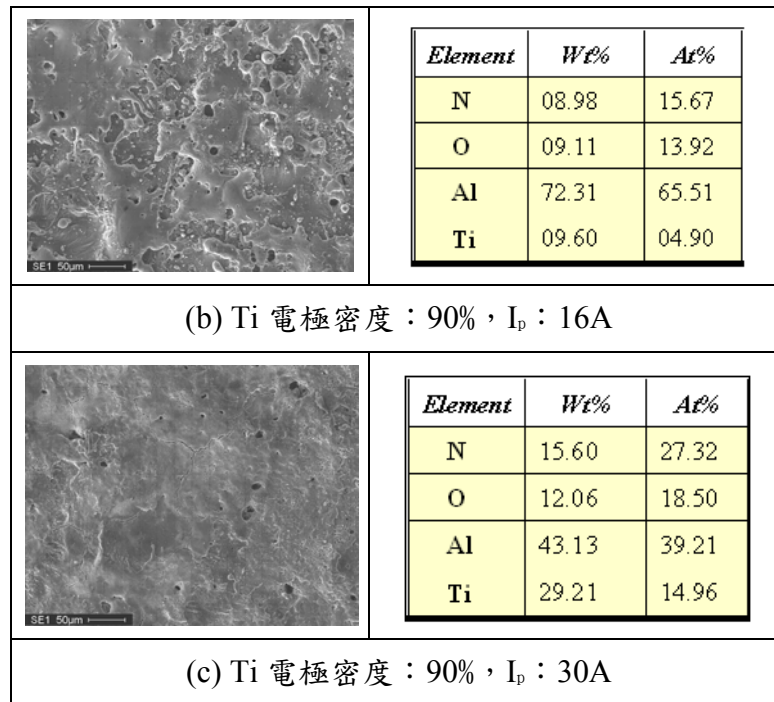


圖六 (a) (b)不同密度鈦電極對鋁合金表面加工被覆 SEM 圖

由兩種燒結密度不同的鈦電極，經過放電加工被覆之後，檢驗在鋁合金表面的元素分析得知，鈦電極密度較低者，雖然可以較容易在鋁合金表面產生一層被覆層，但因為電極中的鈦粒子結合力較弱，很容易崩離散落在反應室四周，導致放電的能量分散，降低了鈦金屬與氮分子化學反應的機會，也容易成鈦金屬在放電半途即已凝固而散落在鋁金屬表面，所以鈦元素的分布也較少。反觀鈦電極密度較高者，在放電加工時，鈦金屬粒子在脫離電極表面進入到放電柱中與氮氣分子反應的同時，由於鈦金屬粒子之間的結合力比較強，鈦電極表面的鈦金屬粒子不易因為受電場作用而脫離表面，發生大量的剝離及崩落的現象而消耗了過多放電能量，所以較能有效穩定的隨放電柱的產生依序逐步的在鋁合金表面生成反應披覆層圖，因此鈦元素的分布也比低密度鈦電極的情形來的高。

(2) 不同峰值電流對高密度鈦電極放電加工被覆的影響





圖七 高密度（90%）鈦電極以不同電流值對鋁合金表面加工被覆 SEM 圖

進一步採用高密度鈦電極進行比較不同峰值電流的放電被覆行為，發現峰值電流為8A 時，鈦金屬粒子自電極脫離與氮氣反應後被覆於鋁合金表面的速率要較鋁合金被移除的速率高，所以含有較高的鈦元素成份，圖七(a)，此實驗結果與圖六(a) (b)中峰值電流相同8A，電極密度為80%的結果相類似。當峰值電流升高為16A 時，此時由於放電能量增加反而使鋁合金表面被移除的速率高過鈦金屬與氮氣反應的被覆速率，所以鋁合金表面的鈦元素含量有下降的趨勢，圖七(b)。但更進一步升高峰值電流為30A 時，在鋁合金表面的被覆面之鈦元素分布含量反而增加，如圖七(c)所示。這種增加的現象與圖二與圖三比較後可以發現：當峰值電流增加時，鋁合金表面的材料移除率有逐漸減緩的現象一致，實驗證實當鈦電極密度為95%，峰值電流為16A 時，鋁合金表面的被覆率逐漸大過鋁合金表面的材料移除率而出現曲線反轉的趨勢。這個現象可視為一種放電加工能量與鈦電極的物理特性（如電極密度與熱傳導係數，鈦金屬粒子之間結合力強弱等）之間的競合關係。當電極密度低時，結果如前所述，鈦電極的金屬粒子很容易因為熱傳效果差，粒子之間的結合力弱，導致鈦金屬在放電時受電場及能量的作用而脫離電極表面，一部分附著在鋁合金表面造成鋁合金表面有一層披覆層，另一部分散落於反應室四周。當電極密度增加時，這個被覆的現象趨於緩和，此時因為放電能量的使用效率提高而使得鋁合金表面的材料被大量的蒸發移除而呈現單純的放電加工行為，故鈦元素披覆在鋁合金表面的機率也因此下降。當峰值電流設定更高時，由於放電能量的增加導致鈦離子與氮氣的固氮合成反應機會大增而產生更多的氮化鈦成份，而且由於能量充足，放電時沈積速率加快可避免在放電的半途因冷卻到掉落到鋁合金試片周圍，故從 SEM 觀察局部的放電表面鈦元素分布含量有明顯的增加，但同時也因為能量的遽增，造成披覆層的材料特性因與鋁基材不同而產生裂紋。

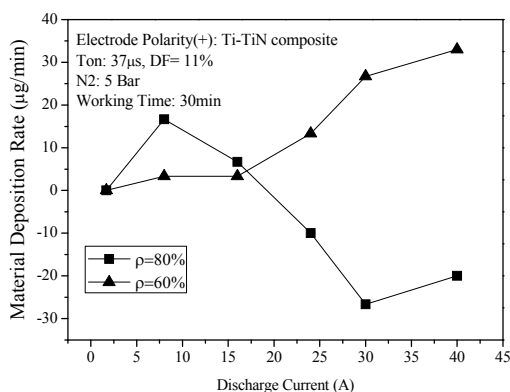
綜上分析得知，採用低密度的鈦燒結電極，經過適當的調整放電參數，可以容易在工件表面形成披覆層，但是要獲得氮化鈦成份相必須升高峰值電流至8A 以上。不過當鈦電極密度低時，放電能量的使用效率降低反而不利於氮化鈦成份相的固氣反應合成，所以必須採用密度較高的鈦金屬電極。當採用100%密度的鈦電極時，由於放電能量比較能有效的應用於鋁合金表面材料的移除，如此反而不利於鈦金屬的反應合成物沉積在工件表面上。由本實驗結果發現，採用密度稍低(如80%)的鈦燒結電極是一種折衷方法，可以在鋁合金表面進行放電加工披覆處理，使鋁合金加工表面沉積一層化學反應披覆層。

四、不同鈦電極成份對放電加工披覆的影響

此部份所採用的鈦電極材料是在燒結處理之前，預先將粒度為 $5\mu\text{m}$ 的氮化鈦粉末以5wt%比例均勻混合於鈦金屬粉之中在氮氣的氣氛中燒製而成。此種電極為一種鈦金屬與氮化鈦的複合材料，所燒結的密度分別為60%及80%。然後再探討受到不同峰值電流進行放電加工披覆時對材料披覆率的影響情形。

(一) 峰值電流 (I_p) 與材料披覆率 (MDR) 之關係

採用密度比較低的複合電極(TNN-60密度為60%)的實驗結果顯示鋁合金表面材料披覆率隨著峰值電流的提高而增加，如圖八所示。反觀密度較高者(TNN-80密度為80%)，峰值電流在20A 以前，進行放電加工披覆處理時材料披覆率高過鋁合金的材料移除率，峰值電流高於20A 後材料移除率高於材料的披覆率，直到峰值電流達到30A，此時材料披覆率曲線逐漸有反轉趨勢。這個現象與圖六、圖七中所討論的內容十分類似，故可以推論是因為放電能量大量增加時，提供了更多的反應能量讓鈦金屬能充分與氮分子進行固氣合成反應而沉積更多的反應物與鋁合金表面。



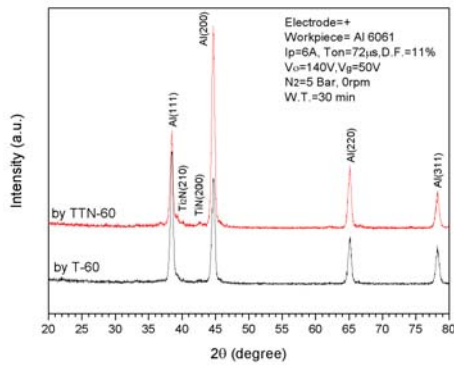
圖八 複合電極峰值電流與材料披覆率

(二) 鋁合金表面披覆層之成份鑑定

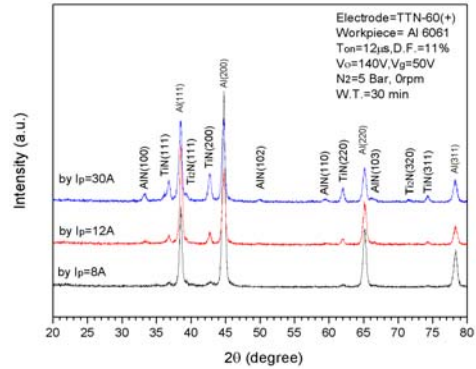
以 X 光繞射分析儀進行鈦複合電極在鋁合金表面完成放電加工披覆後之披覆層成分分析。首先比較燒結密度相同(60%)純鈦電極與鈦複合電極 (加5wt%TiN) 披覆表面之成分差異。由圖九中所示，在 $I_p=6\text{A}$, $T_{on}=72\mu\text{s}$, $DF=11\%$ 的加工條件之下，雖然用鈦複合電極的鋁合金表面披覆層有氮化鈦成份，而純鈦燒結電極則無，但氮化鈦的來源來自於添加物所產生。換言之，當峰值電流為6A 時，放電能量仍太低不足以產生氮化

鈦披覆層。但當峰值電流增加之後，如圖十所示，鋁合金表面的披覆層已明顯有氮化鈦成分產生，若峰值電流過高時甚至有氮化鋁的相存在，因此可以證明峰值電流是鋁合金表面進行放電加工披覆的主要影響因素。

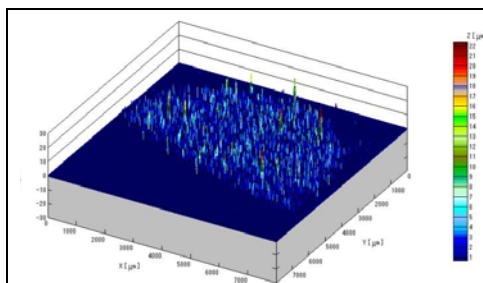
綜合上述的放電披覆實驗從鋁合金試片表面透過表面粗糙度儀以3D 模式量測可確定以適當的放電加工參數($I_p=8A$, $T_{on}=12\mu s$, $DF=11\%$)結合燒結型鈦電極藉由放電加工機機制可以在鋁合金表面長出氮化鈦披覆層，如圖十一所示。圖十二中可清楚看出氮化鈦披覆層厚度約為 $20\mu m$ ，並經由 SEM 影像及 EDX 成分分析可分別看出披覆層中 Ti、N、Al 元素之存在。



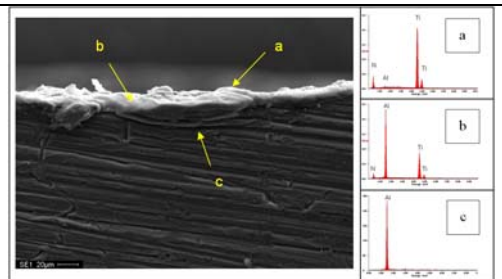
圖九 純鈦電極與複合電極以 6A 放電後成份相分析圖



圖十 複合電極不同電流放電後成份相分析圖



圖十一 鋁合金試片放電加工披覆後 3D 表面形貌圖



圖十二 鋁合金放電加工披覆層厚度及 SEM 影像及 EDX 成分對照圖

肆、結論

本實驗為探討不同鈦電極於氮氣中進行鋁合金表面放電加工披覆之研究，經由一系列實驗與分析，得到結果如下：

1. 採用低燒結密度的鈦電極，經過適當的調整放電參數，電極為正極性，氮氣壓力為5大氣壓，可以在鋁合金表面進行放電加工披覆處理，但是該披覆層若要產生氮化鈦成份則峰值電流需升高至8A 以上。
2. 由於鈦電極密度太低時，放電能量的使用效率會降低反而不利於氮化鈦成份相的固氣反應合成，所以必須採用密度較高的鈦金屬電極。由本實驗結果發現，採用燒結密度為80%的鈦燒結電極可以在鋁合金表面進行放電加工披覆處理，使鋁合金加工表面沉積一層化學反應披覆層。
3. 採用鈦複合電極進行鋁合金表面的放電加工披覆實驗之結果得知，電極中含有氮化鈦成份雖可以輔助披覆層中形成氮化鈦成份相，但仍需針對峰值電流進行參數最佳化，由本研究結果顯示，採用峰值電流為8A~16A 時可以在鋁合金表面獲得較高的材料披覆率，其厚度約為20 μ m，且以 X 光成分分析證明該披覆層確實含有氮化鈦的成份存在。

伍、參考文獻

1. 後藤昭弘、真柄卓司、齊藤長男、毛利尚武、渡邊一樹、竹內昭伸，(1997)，Application of EDM Surface modification to machine tools，型技術，第12 卷，第8 號，pp. 98-99。
2. 毛呂俊夫、後藤昭弘、齊藤長男、毛利尚武，(1999) ， A latistapplication technology of Electrical Discharge Coating (EDC) to cutting tools，型技術，第14 卷，第7號，p.108。
3. 塚原秀和、增井清德、南久、曾根匠、出水敬，(1999)， Surface Modification of Titanium Using Process，型技術，第14 卷，第 7 號，pp. 162-163。
4. 前田秀治、池田悟至、香川正信，(2000)， Surface Modification of SK3 with Titanium Electrode in Electrical Discharge Machining，型技術，第15 卷，第13 號，pp. 98-99。
5. 後藤昭弘、毛呂俊夫、齊藤長男、毛利尚，(2000)，Characteristics of EDC layer，型技術，第15 卷、第8 號，pp.138-139。
6. M. Kunieda, M. Yoshida (1997), Electrical discharge machining in Gas, Annals of the CIRP , Vol. 46/1, pp.143-146.
7. M. Kunieda, Y. Miyoshi, T. Takaya, N. Nakajima, Y. Zhanbo, M. Yoshida, (2003), High speed 3D milling by dry EDM, Annals of the CIRP , Vol.52/1, pp.147-150.

8. M. Kunieda, T. Takaya, S. Nakano, (2004), Improvement of dry EDM characteristics using piezoelectric actuator, Annals of the CIRP , Vol.53/1, pp.183-186,.
9. A. Curodeau, M. Richard, L. Frohn-Villeneuve, (2004), Molds surface finishing with new EDM process in air with thermoplastic composite electrodes, Journal of Materials Processing Technology, Vol.149, pp.278-283.
10. Titanium. Encyclopædia Britannica Concise. (2007).
11. Nuclides and Isotopes Fourteenth Edition: Chart of the Nuclides, General Electric Company, (1989).
12. 黃肇瑞(1995), 陶瓷技術手冊 (下), pp.798-799,
13. Z. D. Cui, S.L. Zhu, H.C. Man, X.J. Yang, (2005), Microstructure and wear performance of gradient Ti/TiN metal matrix composite coating synthesized using a gas nitriding technology, Surface & Coating Technology Vol.190, pp.309-313,.

光電板下表面冷卻層厚度之影響與整體效率分析

The Influence of Cooling Layer Below the PV Panel and the Analysis of Total Efficiency

蔡豐欽¹許翔²許柏偉²Feng-Chin Tsai¹Hsiang Shiu²Bo-Wei Shiu²

¹東南科技大學 機械工程系 副教授 Department of Mechanical Engineering
²東南科技大學 機械工程研究所 研究生 Institute of Mechanical Engineering

摘要

當太陽能光電板進行光電轉換時，會因電阻而在太陽能光電板表面產生廢熱，進而影響太陽能光電板之光電轉換率，本研究之目的在如何將其產生之廢熱加以回收再利用。本研究將在太陽能板下方裝設置不同厚度之不鏽鋼板作為水冷卻層，利用太陽光電設備調整鹵素燈之輻射量模擬太陽光，對太陽能光電板進行照射，使其產生光電效應特性而形成電壓與電流，利用 $I-V$ 曲線量測計取得電壓、電流之值繪製成 $I-V$ 曲線圖，並計算效率加以分析。本實驗使用 $400\sim 900\text{ W/m}^2$ 四種不同輻射量進行照射，並以三種傾斜角 10° 、 20° 、 30° 分別進行效率分析以及太陽能光電板表面溫度比較。

關鍵詞：太陽能光電板、傾斜角、冷卻層、 $I-V$ 曲線

Abstract

With the photovoltaic effect of solar PV panel, the power of solar panel will get reduced due to heat generating on the surface of the panel to make the surface temperature increase. This study is aimed at the recycle the heat generating on the surface of the panel as well as to increase the efficiency of PV panel. Set up different thickness of the cooling layer below the solar panel, and used solar panel test equipment for the different radiation quantity of halogen lamp adjusted, solar panel is combined with the hot-water system to form to be a hybrid PV/Thermal system, just called PV/T system. PV panel is illuminated to generate PV effect and generates the voltage and current and can be showed that $I-V$ curve and efficiency value.

Key words: PV Panel、tilt angle、Cooling Layer、 $I-V$ curve

壹、前言

太陽能電池能將光能轉換成電能主要有兩個因素，一是光導效應(Photo conductive effect)，二是內部電場，因此在選取太陽能電池的材料時，必須要考慮到材料的光導效應以及如何產生電場。選取太陽能電池材料的第一個考量就是吸光效果要好，才能增加輸出功率。第二個考量則是，欲選取光導效應良好的材料，必須瞭解太陽光的組成以及能量分佈關係，找出適合的太陽能電池之材料。

太陽能板在受太陽光日照時，光電板表面溫度可達 55°C 以上，光電板在溫度之衝擊下最先感受的是效率的降低，其次是光電板使用壽命的降低。如何提升太陽能板效率，首要解決的是太陽能板散熱的問題，目前有許多針對太陽能板散熱的研究及文獻，例如 Solenki et al.[1]建立一 V 型槽式之光電板(V-trough PV modules)，V 型槽上方之 V 狀玻璃可使反射之太陽光輻射量多次折返射入光電板內，而 V 型槽內部之溝渠則形同散熱片容許空氣作自然對流散熱。Akbarzadeh and Wadowski[2]建置一冷卻光電晶片之設備，期間光電晶片經由反射鏡來集中日照量，散熱片及熱管則置於光電晶片背面以冷卻其晶片表面溫度；熱管內部利用 R-22 冷媒來帶走光電晶片內部之熱量[3~5]。許多學者提出光電板利用水冷以提升整效率之研究，其中 Wang et al.[6]將整個光電板封裝在矽膠內，再整個浸漬到液體中來作冷卻；Krauter[7]利用光電板上置一水槽並由多根水管釋放水冷卻液流過光電板表面以冷卻其表面溫度，熱管內部利用 R-22 冷媒來帶走光電晶片內部之熱量，晶片表面溫度由 84°C 降至 46°C，輸出功率並由 10.6 W 提升至 20.6 W。

貳、實驗原理及設備:

如圖2-1所示此為本實驗所架設的各種實驗設備的示意圖，其中水槽下方較冷之水由不鏽鋼板右下方進入以吸收不鏽鋼板之熱量，形成較熱之水由不鏽鋼板左上方離開而流回水槽。如圖2-2所示為本研究之實體架設設備照片圖，在光電板表面下方，鋪設不鏽鋼板將光電板表面之熱量帶走而予以冷卻，不鏽鋼板內部有水流動，利用水經由熱傳方式，使水溫升高密度變小、浮力變大而往上升匯流入上方水槽內。水槽底部為較冷之水，水的密度大，流入不鏽鋼板。而產生自然對流循環將儲水槽內的水加熱。利用不鏽鋼板內有水流動而快速將廢熱傳導至光電板上方之儲水槽，不僅冷卻太陽能光電板表面溫度，且不需外加功率迅速將廢熱快速回收，以使照射之幅射能作最有效之利用。藉由本實驗所建立之光電板量測設備可改變幅射量、光電板角度等參數、水槽溫度及不鏽鋼板內之不同厚度相互比較，藉由儀器量測光電板之電壓電流曲線、表面溫度分佈與太陽能光電板效率、熱水器效率間之關係數據，求得相互影響下之光電板總效率提升最佳參數設計。

本研究採用鹵素燈來模擬太陽光源，藉由光譜分析儀(OES)分析所得之鹵素燈能量分布圖顯示太陽光、鹵素燈兩光源波長與照射強度之分佈相近，使用鹵素燈作為模擬太陽光照射是可行的。實驗中採由輻射計測得模擬光源之輻射量，來設定實驗的輻射值在 400~900 W/m² 之範圍。

I-V 曲線量測計來量測所需之 *I-V* 曲線圖與數據，並利用其所量之數據計算所需之

效率。紅外線熱顯像儀拍攝太陽能光電板表面之溫度，經由熱顯像圖來了解表面升溫之趨勢。

另，太陽能板在熱水部份之效率(thermal efficiency) η_w 可定義為：

$$\eta_w = \frac{m_w C_w (T_t - T_i)}{I_r \cdot A_c \cdot 5400} \cdot 100\% \quad (1)$$

其中 m_w 、 C_w 分別為儲水槽內水之質量及其比熱， T_t 及 T_i 分別為儲水槽在輻射照射前後之平均水溫， I_r 為模擬光源之太陽輻射量， A_c 為太陽能板上表面積；分母之5400為實驗時間1.5小時，即5400秒，經 I_r 、 A_c 及時間5400秒之乘積使分母成為吸收之總熱量(Joule)。整體太陽能板轉換成光電形式之整體效率 η_t 可定義為：

$$\eta_t = \eta_e + \eta_w \cdot \eta_p \quad (2)$$

其中 η_e 定義為光電板之光電效率， η_p 為太陽能光/熱之能量表示轉換成以光電板之光/電能量表示之轉換效率，其依據 Ji et al.[8]及 Huang[9]所發表之文獻內容所述，熱能具有較電能低之轉換能階，其 η_p 約為0.38，即太陽能光/熱之能量約為光電板之光/電能量之38%。

參、結果與討論:

本實驗主要是針對當太陽能光電板進行光電轉換時，如何將轉換時所產生之廢熱加以回收利用，並針對冷卻層厚度之影響做比較。

3.1 冷卻層1 mm 太陽能光電板各角度之 I - V 曲線變化

圖3-1為冷卻層1 mm 下將太陽能光電板之傾斜角度設為 10° 、 20° 、 30° ，使用調光盤以及輻射計量取輻射量 I_r 在 $400 \sim 900 \text{ W/m}^2$ ，對各輻射量進行各1.5小時的照射，利用 I - V 曲線量測計量測各輻射量經過1.5小時照射後之數據，將其繪製成 I - V 曲線圖並加以分析。

當輻射量 I_r 為 400 W/m^2 ，如圖3-1(A)所示，短路電流會隨角度之增加而縮小，其範圍在 $0.21 \sim 0.27 \text{ A}$ ，且三個角度的短路電流則都在開路電壓約 16V 時大幅度的下降，當開路電壓變化較小。當輻射量 I_r 為 600 W/m^2 ，如圖3-1(B)所示，短路電流同樣會隨角度之增加而縮小，但輻射量提升而增加，其範圍在 $0.30 \sim 0.34 \text{ A}$ ，且三個角度的短路電流也都在開路電壓約 16V 時大幅度的下降，開路電壓變化較小。

當輻射量 I_r 為 800 W/m^2 ，如圖3-1(C)所示，短路電流同樣會隨角度之增加而縮小，也更因輻射量提升而增加，其範圍在 $0.49 \sim 0.53 \text{ A}$ ，且三個角度的短路電流也都在開路電壓約 16V 時大幅度的下降，開路電壓變化較小。當輻射量 I_r 為 900 W/m^2 ，如圖3-1(D)所示，短路電流同樣會隨角度之增加而縮小，也更因輻射量提升而增加，其範圍在 $0.62 \sim 0.66 \text{ A}$ ，且三角度的短路電流則都在開路電壓約 16V 時大幅度的下降，當開路電壓升至約 18V 左右時，三角度的短路電流均降為 0V 。

3.2 冷卻層4 mm 太陽能光電板各角度之 $I-V$ 曲線變化

圖3-2為冷卻層4 mm 下將太陽能光電板之傾斜角度設為 10° 、 20° 、 30° ，使用調光盤以及輻射計量取輻射量 I_r 在 $400\sim 900\text{ W/m}^2$ ，對各輻射量進行各1.5個小時的照射，利用 $I-V$ 曲線量測計量測各輻射量經過1.5小時照射後之數據，將其繪製成 $I-V$ 曲線圖並加以分析。

當輻射量 I_r 為 400 W/m^2 ，如圖3-2(A)所示，短路電流會隨角度之增加而縮小，其範圍在 $0.26\sim 0.28\text{ A}$ ，且三個角度的短路電流則都在開路電壓約 16V 時大幅度的下降，當開路電壓變化較小。當輻射量 I_r 為 600 W/m^2 ，如圖3-2(B)所示，短路電流同樣會隨角度之增加而縮小，但輻射量提升而增加，其範圍在 $0.40\sim 0.42\text{ A}$ ，且三個角度的短路電流也都在開路電壓約 16V 時大幅度的下降，開路電壓變化較小。

當輻射量 I_r 為 800 W/m^2 ，如圖3-2(C)所示，短路電流同樣會隨角度之增加而縮小，也更因輻射量提升而增加，其範圍在 $0.49\sim 0.54\text{ A}$ ，且三個角度的短路電流也都在開路電壓約 16V 時大幅度的下降，開路電壓變化較小。當輻射量 I_r 為 900 W/m^2 ，如圖3-1(D)所示，短路電流同樣會隨角度之增加而縮小，也更因輻射量提升而增加，其範圍在 $0.56\sim 0.66\text{ A}$ ，且三角度的短路電流則都在開路電壓約 16V 時大幅度的下降，當開路電壓升至約 18V 左右時，三角度的短路電流均降為 0V 。

從上述中可發現，在低輻射下，冷卻層4 mm 之短路電流似乎稍有提升，太陽能光電板在 $400\sim 900\text{ W/m}^2$ 輻射量的照射下，經由公式(1)計算後，其效率約為 $3\sim 6\%$ 左右；但因整個系統尚包括熱水回收之熱水效率，熱水效率與總效率之數據分析將由下一章節作探討。

3.3 熱水效率與總效率之分析

圖3-3不同厚度冷卻層在不同傾斜角下輻射量 I_r 與太陽能光電板表面最高溫度關係圖。如圖3-3(a)所示，當傾斜角度為 10° 時，冷卻層1 mm 太陽能光電/熱能(PV/T)混合系統與冷卻層4 mm 太陽能 PV/T 混合系統儲水槽內冷卻水之溫差相差很大，有將近 20°C 。如圖3-3(b)、(c)所示，當傾斜角度為 20° 時冷卻層1 mm 太陽能 PV/T 混合系統與冷卻層4 mm 太陽能 PV/T 混合系統儲水槽熱水內之溫差會隨著輻射量的增加而跟著上升，兩溫度值相差僅有 10°C 附近。從圖3-3(a)、(b)、(c)中可發現，冷卻層1 mm 之最高溫度皆會比冷卻層4 mm 之最高溫度高。但由於冷卻層為4 mm，含有較冷卻層僅1 mm 更多之水量，因而吸收廢熱之總熱量，經計算結果，冷卻層為1 mm 之 PV/T 混合系統之熱水效率為 22% 附近，但冷卻層為4 mm 之 PV/T 混合系統之熱水效率有 32% 附近。

因整個系統尚包括光電板效率，而熱水回收之熱水效率可經轉換形成總效率之一部分，圖3-4 為不同厚度冷卻層在不同傾斜角下輻射量 I_r 與 PV/T 混合系統整體效率關係圖，還包括未經冷卻之光電板效率，因於室內以模擬光源照射，其效率明顯比實際置於室外照射者低很多，僅 $3\sim 4\%$ 。但在照設條件相同下，具冷卻層之太陽能 PV/T 混合系統效率之總效率皆較未經冷卻之光電板效率高很多，其總效率可提升約 $3\sim 4$ 倍，而冷卻層4 mm 太陽能 PV/T 混合系統之總效率明顯又較冷卻層1 mm 太陽能 PV/T 混合系統之總效率佳，此完全歸功於廢熱回收形成之熱水效率 $22\sim 32\%$ ，經轉換率 0.38 轉換後尚有 $8\sim 12\%$ 之總效率，因而整個總效率在具冷卻層後提升約 $3\sim 4$ 倍。

肆、結論:

經過上述的研究結果進行交叉比較，我們可得到發現，在模擬太陽光照射下，於同樣輻射量，具冷卻層之太陽能 PV/T 混合系統的整體效率比未具冷卻層之太陽能 PV/T 混合系統的整體效率提升非常多，證明太陽能光電板下方裝置冷卻系統能有效提升其光電轉換效率。

太陽能 PV/T 混合系統冷卻層較厚的整體效率比冷卻層較薄的整體效率提升約 4 %；且在模擬太陽光照射下，於同樣輻射量，增設冷卻層太陽能 PV/T 混合系統比太陽能光電板的效率提升至 3~4 倍以上。

伍、考文獻:

- [1] C. S. Solanki, C.S. Sangani, D. Gunashekar and G.. Antony, "Enhanced heat dissipation of V-trough PV modules for better performance, " Solar Energy Materials & Solar Cells, 49, 2008, pp.1634-1638.
- [2] Akbarzadeh and T. Wadowski, "Heat pipe-based cooling systems for photovoltaic cell under concentrated solar radiation," Applied Thermal Engineering, Vol. 16, No. 1, 1996, pp. 81-87. Y.A. Abrahamyan, V.I. Serago, V.M. Aroutiounian, I.D. Anisimova, V.I. Stafeev, G.G. Karamian, et al., "The efficiency of solar cells immersed in liquid dielectrics," Sol Energy Mater Sol Cells, 73, 2002, pp.367-75.
- [3] T. Markvart, Solar Electricity, John Wiley & Sons, Inc., 1994.
- [4] J. F. Chen and C. L. Chu, "Combination Voltage-Controlled and Current-Controlled PWM Inverters for UPS Parallel Operation", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 10, No. 5, 1995, pp.547-558.
- [5] Krauter, S. and Hanitsch, R.: Actual Optical and Thermal Performance of PV Modules. In: Solar Energy Materials and Solar Cells 41/42 (1996) p. 557-574.
- [6] Y. Wang, Z. Fang, L. Zhu, Q. Huang, Y. Zhang, Z. Zhang, "The performance of silicon solar cells operated in liquids," Applied Energy, 2008.
- [7] S. Krauter, R. Hanitsch, L. Moreira, "New optical and thermal enhanced PV modules performing 12% better under true module rating conditions," In: Proceedings of the 25th IEEE - PV - Specialists Conference, Washington DC, USA, May 13-19, 1996, pp. 1323-1326.
- [8] J. Ji, J. Ping Lu, T.T. Chow, W. He and G. Pai, "A sensitivity study of a hybrid photovoltaic/thermal water heating system with natural circulation," Applied Energy, 84, 2007, pp. 222-237.
- [9] B.J. Huang, "Performance evaluation of solar photovoltaic/thermal systems," Solar Energy, 70, 2001, pp.443-448.

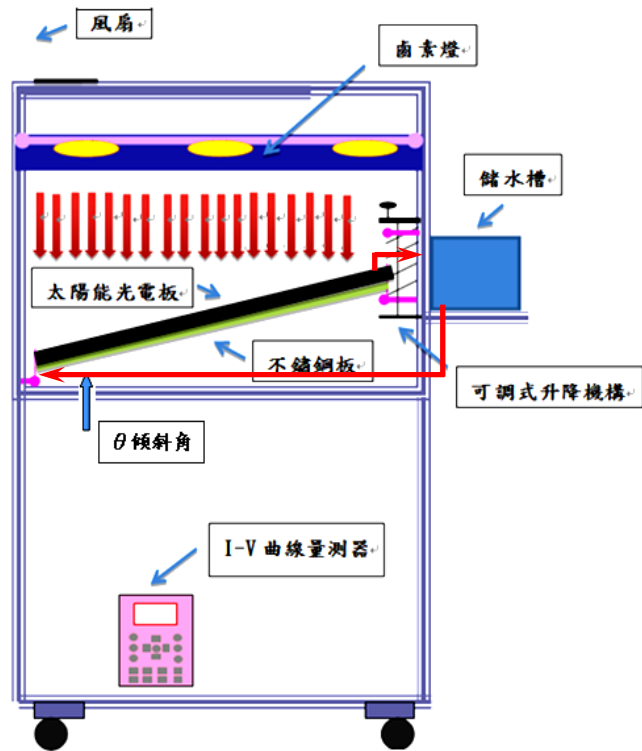


圖 2-1 實驗設備示意圖

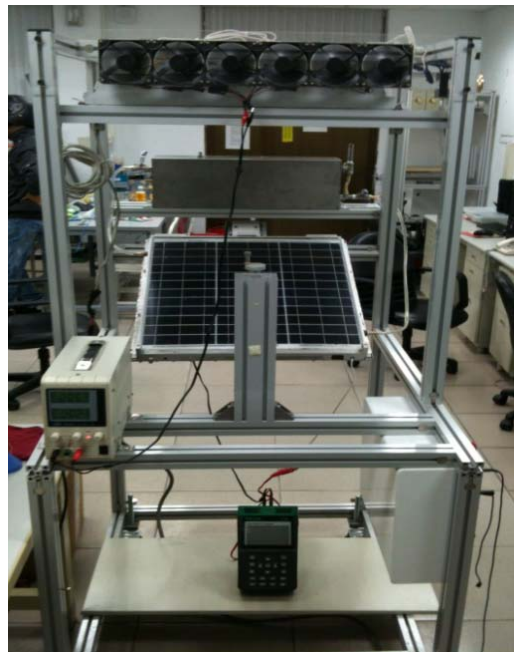


圖 2-2 實驗設備圖。

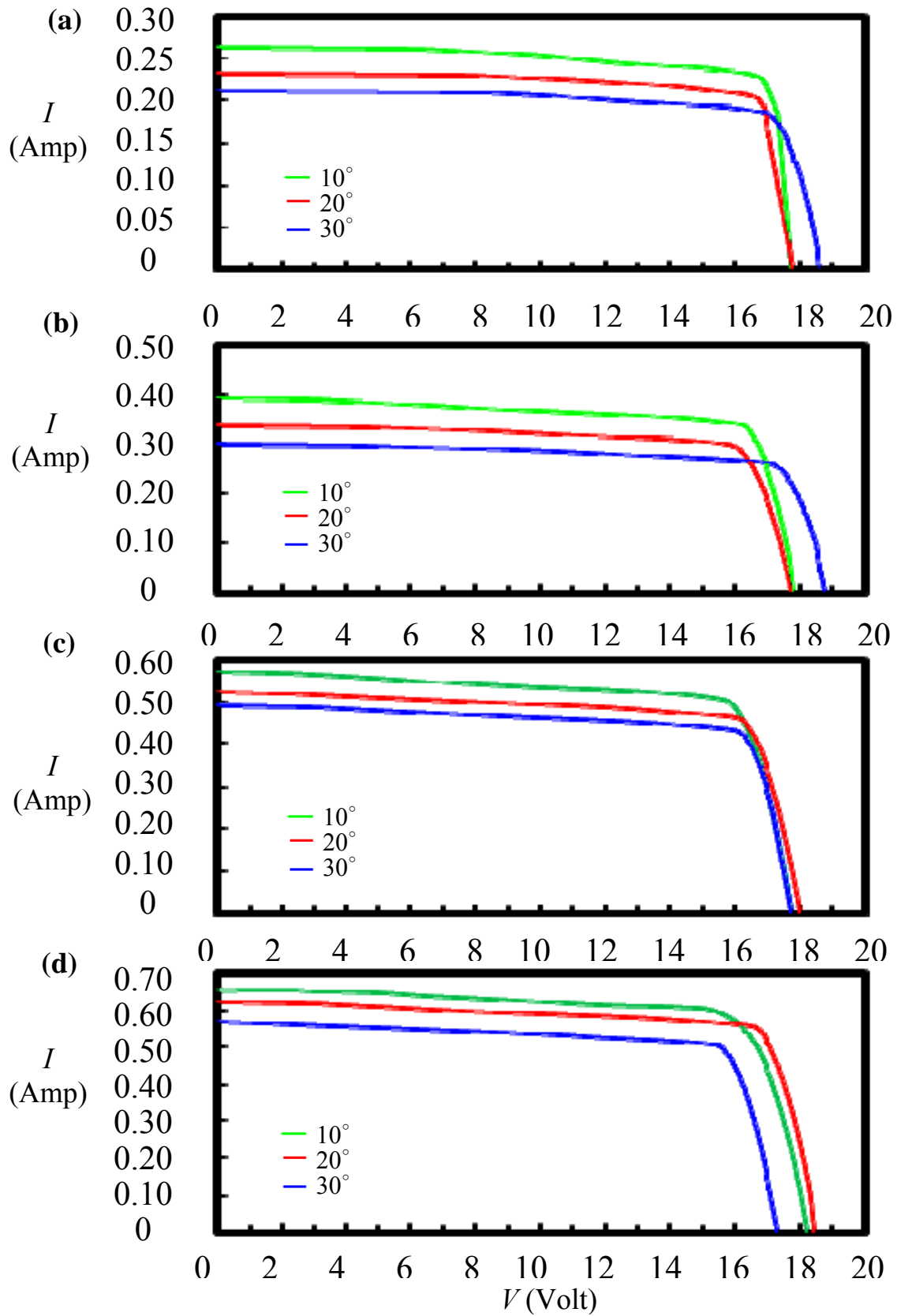


圖3-1 冷卻層1mm 在固定輻射量之 10° 、 20° 、 30° 之 I - V 曲線比較圖：(a) 400 W/m^2 ，(b) 600 W/m^2 ，(c) 800 W/m^2 ，(d) 900 W/m^2

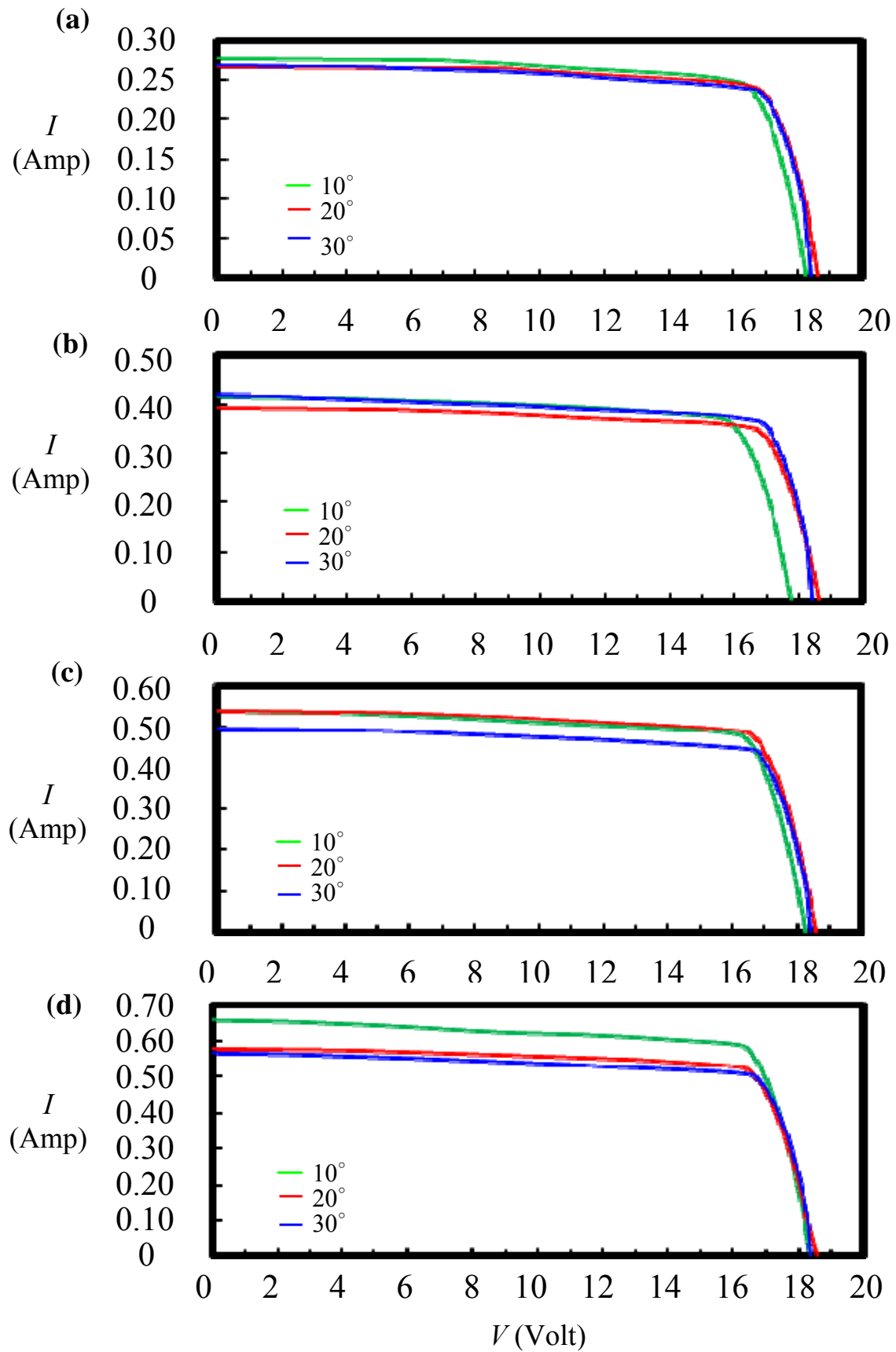


圖3-2 冷卻層4mm 在固定輻射量之 10° 、 20° 、 30° 之 I - V 曲線比較圖：(a) $400W/m^2$ ，(b) $600 W/m^2$ ，(c) $800 W/m^2$ ，(d) $900W/$

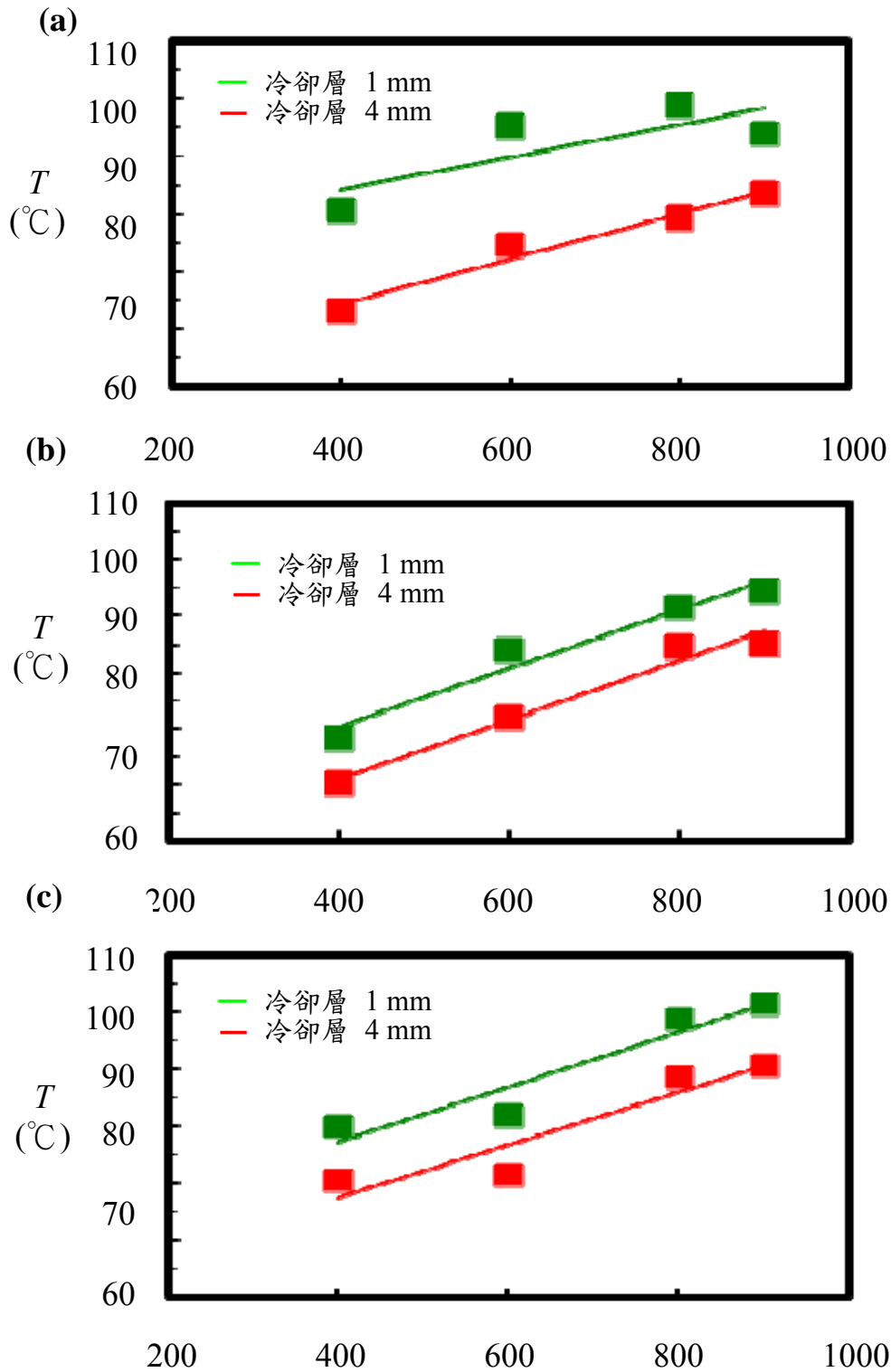


圖3-3不同厚度冷卻層在不同傾斜角下輻射量 I_r 與太陽能光電板表面最高溫度關係圖：(a) 10°，(b) 20°，(c) 30°。

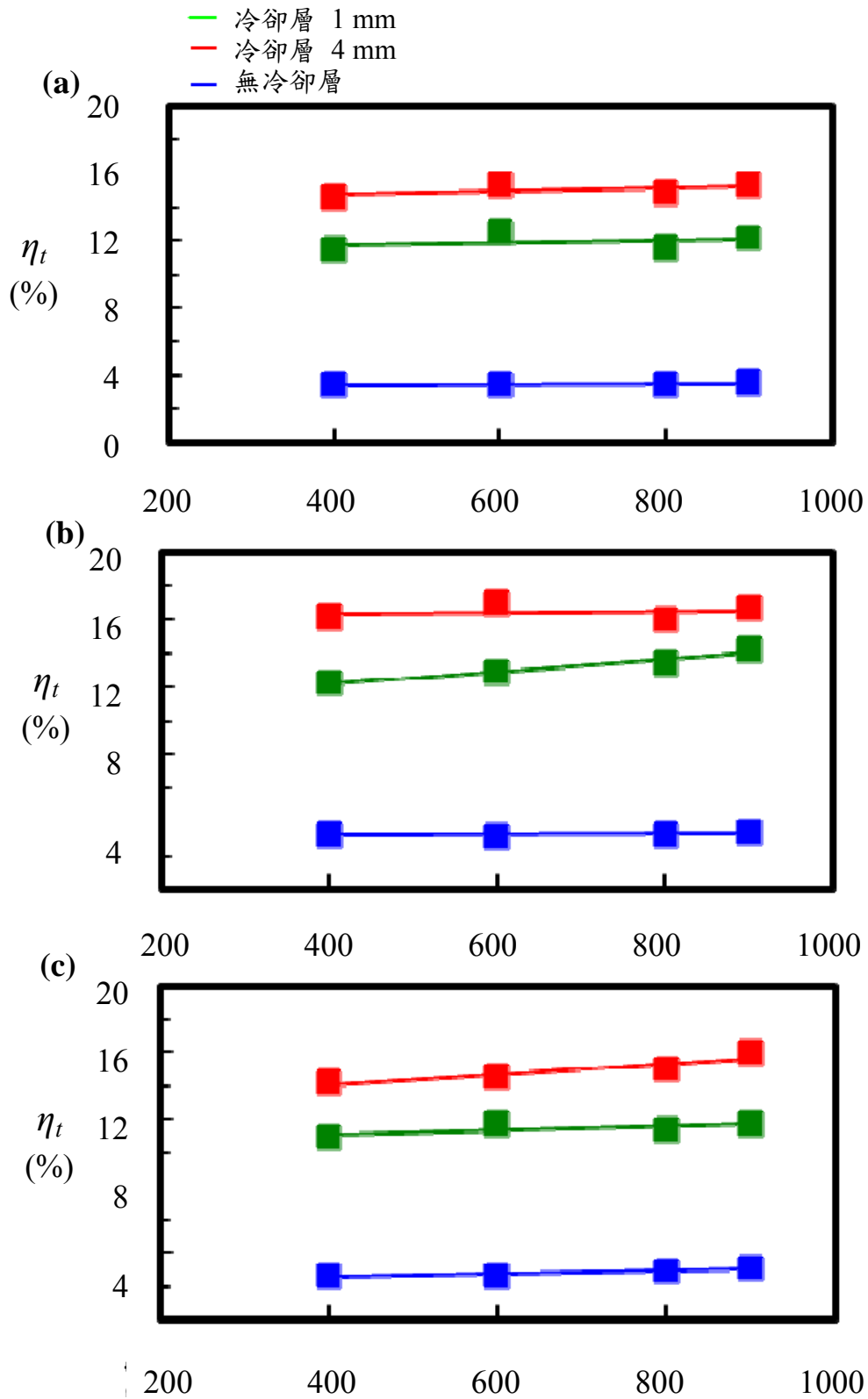


圖3-4 不同厚度冷卻層在不同傾斜角下輻射量 I_r 與太陽能光電/熱能(PV/T)混合系統整體效率關係圖：(a) 10°，(b) 20°，(c) 30°。

探討幾何模型對 FDM200mc 快速成型機 製造實體模型之誤差影響

翁文德¹、陳坤男²、郭君祿³

¹東南科技大學 機械工程系 副教授

²東南科技大學 機械工程系 教授

³東南科技大學 機械工程系 研究生

摘 要

隨著 CAD/CAM 系統的廣泛應用，結合快速製造系統，現在產業已朝快速的設計及製造多樣產品之方向發展，其中快速成型製造扮演著重要的角色。快速成型的加工方式是一種層加工設計之堆疊行為，將製品離散成為個別獨立的層，製造時將各層獨立製作並將上、下層疊加而成實體模型，目前已廣泛應用於汽車、航太、醫學、3C 產品、寶飾業、藝術等行業。近幾年低價 FDM 成型法之快速成型機推廣迅速，將快速成型製造觀念應用在產品設計與製造程序上，以縮短研發設計與生產製造時程。

本研究在探討 FDM200mc 快速成型機製造實體模型時，產生成型誤差的原因，研究中排除因網格切層所引起的誤差，分析模型之幾何外型、輪廓壁厚與填充模式等對實體模型的誤差影響程度，利用實驗分析歸納出快速成型機製造模型時所產生的成型誤差因素，可在實體模型製造前修正 CAD 模型或調整製造參數，以降低實體模型之成型誤差，提高實體模型之製造品質而增加實體模型之實用性。

關鍵詞：快速成型系統、FDM 成型法，誤差分析

壹、前言

快速成型技術(rapid prototyping, RP)乃採用一層層材料堆疊累積製造的觀念，先將產品三維 CAD 模型進行分層切片，得到各層截面的輪廓[1]。利用快速成型機製造各截面輪廓並層層疊加，即可製作出產品實體模型。由於快速成型技術生產製品時間較傳統加工短，對設計的敏感性低，幾乎不用考慮製品因外形而無法製造的問題。因此快速成型技術通常應用在概念設計，提供快速製造樣品、組裝測試與修改設計的能力，適用於產品開發製程中，進行功能性原型測試等，適合於少量多樣的產品開發上。若能結合快速模具製造可達到縮短開發周期，增加產品競爭力的目的。

雖然快速成型技術可以快速的將產品三維CAD模型製造出產品實體模型，然而所存在的產品誤差，基本上並無法直接應用在有精度考量的產品或模具製造上。若是零件組合時，往往會發生零件干涉或縫隙等現象，造成組合上的困擾。目前市面上有許多種類的快速成型機，以成型材料可以分成液態類(如SLA、SGC等)、固態類(如LOM、FDM等)與粉末類(如SLS、3DP等)三種[2]。目前實驗室的快速成型機為固態類之FDM200mc型，該機器以擠壓ABS熱塑性材料，通過噴嘴形成半熔融狀之細絲線材，以層層堆疊方式將3D網格模型直接建構出實體模型[3]。然而一般快速成型機在曲率較大的疊加過程中，層與層之間存在明顯的階梯狀態，稱為階梯效應[4]，其誤差即為階梯誤差。為了減少因切層所引起的階梯誤差，一些學者[5-7]採用非等厚度之適應性切層觀念，在曲率大之處以薄切層提高精度。早期Georges等學者[8]探討CAD模型製造RP模型過程中產生誤差的因素，以改善精度問題。學者[9]探討SLS快速成型系統的最佳製造參數，以提高RP模型品質。另有一些學者利用田口實驗得到快速成型系統之最佳化加工參數，達到降低成型誤差的目的，如學者[7]研究SLA300快速成型系統；學者[10]研究液態類快速成型機OBJET EDEN 330系統；學者[11]研究快速成型機3DP-Z402系統等。另有學者[12]結合3D system所生產的InVision™ SR 3D printer快速成型機與快速模具系統，使用田口方法進行參數分析，達到最佳製造品質。本研究利用分析方法瞭解實驗室中FDM 200mc快速成型機製造產品之成型誤差因素，在設計模型時即能事先防範，後續僅需少許的加工即可做為產品或模具，增進快速成型產品的實用性。

本研究在排除因網格切層所引起誤差狀況下，檢測 FDM200mc 快速成型機所製造之實體模型並分析成型誤差，希望藉由有系統的實驗分析，歸納出產生實體模型之製造誤差的因素，做為產品設計參考。從分析瞭解模型之幾何外型、輪廓壁厚與填充模式等對實體模型的誤差影響程度，歸納出快速成型機製造實體模型時所產生的成型誤差因素，利用修正 CAD 模型或調整製造參數，以降低實體模型之成型誤差，提高實體模型之製造品質而增加實體模型之實用性。使產品達到 CAD 設計、模具製造、產品生產間的整合，可縮短研發設計與生產製造時程，增加商品在市場上的競爭力。

貳、FDM200mc 快速成型系統

融解層積法(Fused Deposition Modeling, FDM)為將熱塑性工程材料所製作成的線材以輓輪輸送，在加熱頭加熱融化線材後通過噴嘴形成半熔融狀之細絲，噴嘴沿著規劃路徑移動，細絲與上一層材料黏結並凝固，而形成3D 實體模型。RP 實體模型的精度與噴嘴噴出材料的直徑有關，直徑愈小精度愈高，但建構時間也越長。

2.1 FDM200mc 快速成型製造程序

圖1說明 FDM200mc 快速成型機與模型加工製造情形，FDM200mc 快速成型機使用材料為 ABS 熱塑性工程材料，材料製作成線材並置於捲盤狀之材料匣內，有製作模型用的模型材料匣與支撐模型用的支撐材料匣兩種。當一個切層模型在成型墊上製作完後，升降台即下降一個切層的高度，以繼續下一切層模型之製作。模型在堆疊成型過程中，避免模型懸空而用支撐材料做支撐，該材料為水溶性，可溶解於水中。若置於超音波清洗機內加上溶解溶劑並加熱，可加速支撐材料的溶解，最後即剩下模型材料呈現出實體模型。

FDM200mc 快速成型製造流程如圖2所示，圖中說明不論模型來源為 CAD 模型或逆向工程技術所量測的點群資料，皆須轉換為三角網格模型。快速成型對網格模型切層處理則依序完成網格模型切層、支撐建構設計與路徑填充規畫等三種程序。快速成型機為密閉空間之雙噴嘴設計，將線材料經噴頭溫度310°C 使材料成熔融狀態，通過噴嘴射出溫度270°C 擠製材料成絲狀，再根據路徑填充方式將網格模型分層的製造，配合升降台的作業，黏合固化而得到各層模型之實體模型，成型空間溫度維持在75°C，使材料在恆溫下冷卻。同時圖2也以葉片為範例，配合製造流程說明從 CAD 模型製造出葉片實體模型的製造程序。

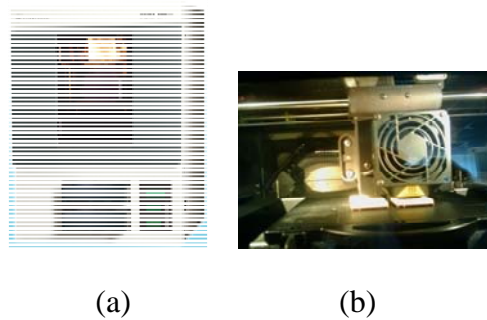


圖1 說明(a)FDM200mc 快速成型機，(b)模型加工製造情形

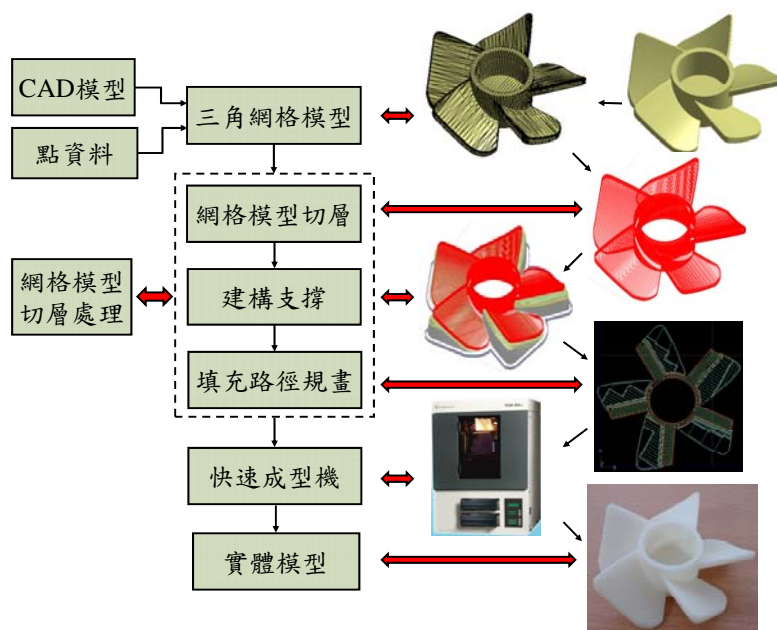


圖2 FDM200mc 快速成型製造流程圖

2.2 實體模型之製造參數

FDM200mc 快速成型系統在網格模型切層處理上，具有0.178mm 與0.254mm 兩種切層厚度。網格模型經切層後僅是獲得外形輪廓，輪廓內部需要以材料填充強化模型。每一層薄片之製作流程為先製作外圍的輪廓，再往內製作所設定的壁厚，最後製作輪廓內部的填充，以完成一層的實體模型。輪廓的內部填充有單向格柵、雙向格柵與實心填充等三種填充模式，如圖3所示。快速成型實體模型之強度與填充模式有關，三種填充模式中實心填充的強度為最佳，但製作時間最長，消耗最多的模型材料。而單向格柵填充模式的強度最差，但層與層之格柵方向互相交錯，以增加實體模型的強度。

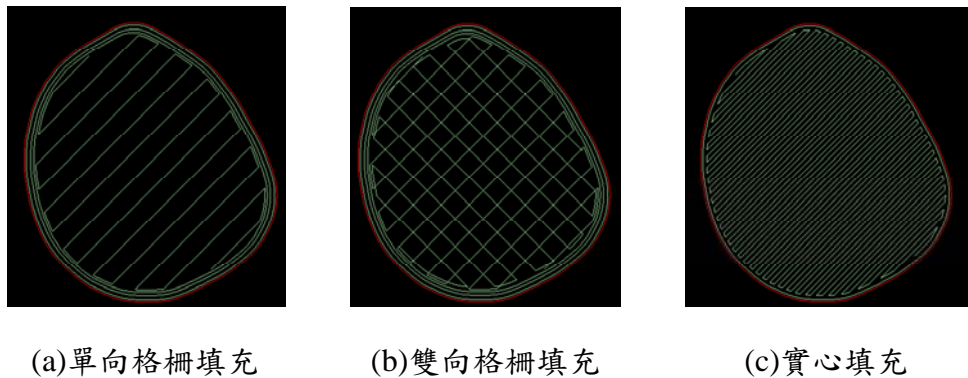


圖3 模型輪廓內部之填充模式

參、實體模型誤差探討

為了解原始三角網格模型與所製造的實體模型間的誤差，研究中利用人體薦骨二維 CT 影像模型轉換成之三角網格模型[13]，如圖4(a)所示。將網格模型以0.178mm 厚度切層，輪廓的壁厚為0.356mm，輪廓內部以雙向格柵模式填充，經由 FDM 200mc 快速成型機製作之薦骨實體模型，如圖4(b)所示。接著利用光學掃描機掃描薦骨實體模型，重建出該模型之三維網格模型[14]，如圖4(c)所示。

最後，利用逆向工程之網格資料座標定位技術[15,16]，在兩組網格模型間之均方根誤差值為最小之條件下，獲得最佳化的座標轉換矩陣，而使兩組網格模型重疊，如圖5所示。圖中說明分析兩組網格模型中每個量測點間的對應位置，而檢測出兩組網格模型間之均方根誤差值與最大誤差值分別為0.113mm 與1.141mm。由薦骨實體模型製作的範例中得知，經由快速成型製作的實體模型與原始網格模型之間存在誤差。

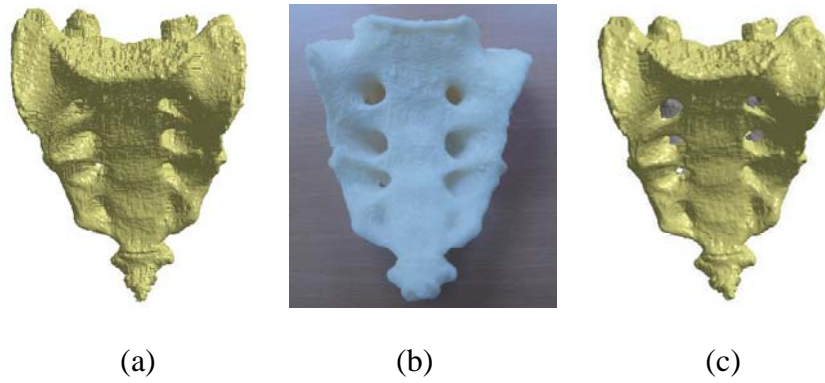


圖4 薦骨之(a)網格模型，(b)RP 實體模型，(c)RP 模型之網格模型

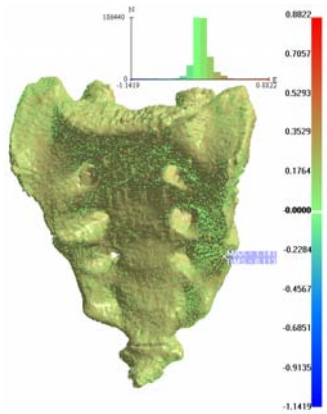
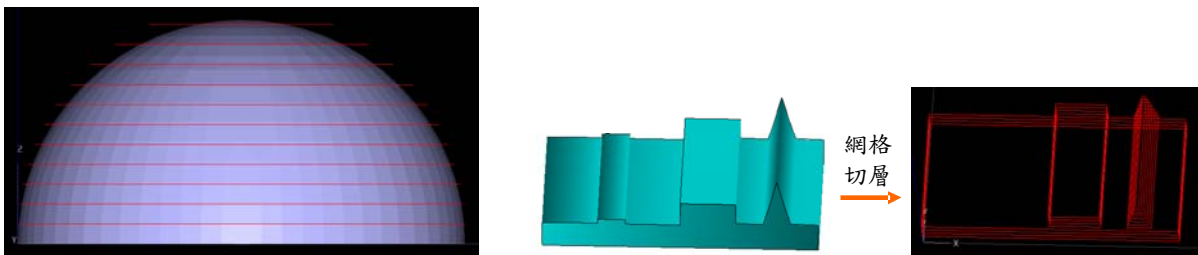


圖5 兩組網格模型座標重整後之誤差分析結果

3.1 實體模型產生誤差原因

快速成型的實體模型製作乃將網格模型切層，分成一層層的等厚度2D 截面輪廓，造成實體模型與3D 網格模型間的誤差，其中實體模型在斜面上所產生階梯狀的外形而與網格模型所形成之誤差稱為階梯誤差。階梯誤差值隨著模型表面斜率方向而變化，如圖6(a)所示。同時，當網格模型切層後，最高切層以上的外形會被忽略，而以最高切層之等厚度2D 截面輪廓替代，其誤差在一個切層厚度範圍內，如圖6(b)所示。這些因網格切層所引起的誤差，若降低切層厚度即可減少實體模型製造誤差。



(a)階梯誤差

(b)幾何型體被忽略

圖6 說明網格模型切層所產生的實體模型誤差

FDM200mc 快速成型機製造每一層薄片時，先製造最外圍輪廓，再從外圍往內製造壁厚，最後再製作輪廓內部的填充，以完成一層的實體模型。因此，除了網格模型切層引起的實體模型製造誤差外，當外圍輪廓的材料因輪廓壁厚與內部的填充材料所引起的推擠或冷卻收縮等皆會造成實體模型的誤差。本研究在探討幾何模型對實體模型製造誤差的影響中，排除因網格切層所引起的誤差，分析模型之幾何外型、輪廓壁厚與填充模式等對實體模型的誤差影響程度，提高實體模型的製造品質以增加實用性。

3.2 游標卡尺校驗與量測

為避免網格切層所引起的誤差，圖7說明研究中利用 FDM 200mc 快速成型機在不同的壁厚與填充模式參數下製造7種幾何模型之實體模型，探討幾何型體、壁厚與填充模式等對實體模型製造誤差影響。研究中利用數位型游標卡尺量測實體模型的外型尺寸。量測前數位型游標卡尺先做校驗處理，以確保量測數據的準確性。校驗前先做基本檢查，如游標卡尺滑動是否順暢，本尺與副尺間是否有間隙，兩側爪間之密合性是否良好，本尺與副尺的零刻度是否對齊、是否有歸零等。接著利用塊規，以校驗游標卡尺量測的準確性。圖8說明數位型游標卡尺分別量測10mm 與20mm 兩種塊規，其量測結果分別為10.00mm 與20.00mm，顯示此游標卡尺量測數據的正確性。

同時，量測前後須先將游標卡尺擦拭乾淨，保持量測接觸面的整潔。量測時之量測力量須一致且游標卡尺的夾持位置正確並與實體模型量測面垂直，以避免產生阿貝誤差(Abbe's error)以獲得最高的精確度。同時每一種尺寸皆反覆量測10次，再求取平均值，若有明顯錯誤的數值則捨去不用。這些量測處理，主要在於避免人為因素與量具因素所發生的誤差，降低隨機誤差發生率，確保量測數據的準確性。

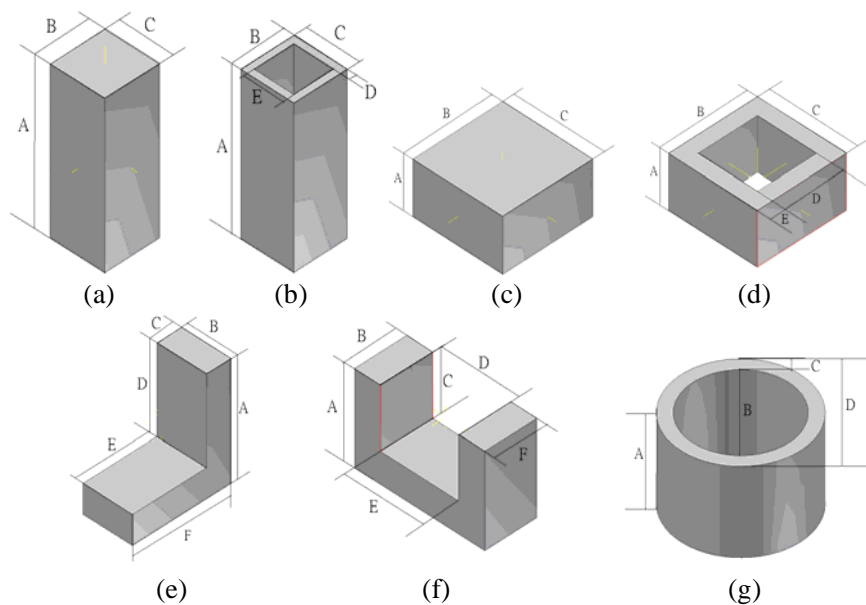


圖7 研究使用之7種幾何模型



圖8 說明數位型游標卡尺校驗結果(a)10mm 快規校驗，(b)20mm 快規校驗

肆、實體模型誤差量測與分析

4.1 實體模型製作與量測

FDM 200mc 規格中之製造精度為0.1mm，研究中對7種幾何模型在製造實體模型時，網格模型的切層厚度為0.254 mm，壁厚使用0.3048mm、0.5048 mm、0.7548mm 與0.9548mm 等4種不同的壁厚，分別搭配單向格柵、雙向格柵與實心等三種填充模式的製造參數，以探討幾何外型、輪廓壁厚與填充模式等對實體模型製造誤差的影響。FDM 200mc 快速成型機所製造出之實體模型，如圖9所示，每一種模型共製作12個由不同壁厚與填充模式所組成的實體模型，每一種組成模式做一個實體模型，因此共製作84個實體模型。

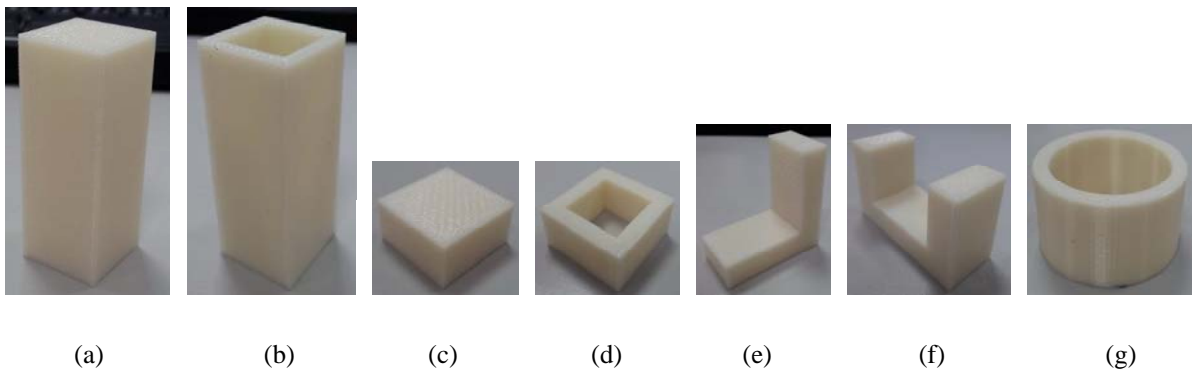


圖9 利用 FDM 200mc 快速成型機製造7種幾何模型之實體模型

圖9的照片中顯示所製造出之實體模型的平面度並不佳，量測實體模型尺寸時，分別在每個尺寸長度的1/4、1/2與3/4等三處的距離位置量測，每個位置皆量測10次後，再計算平均值。以圖9(a)實體模型為例，在壁厚為0.7548mm，單向格柵填充製造下各尺寸之量測數據如表一所示。從84個實體模型的量測數據可知，每個位置的10次量測

數據皆在穩定的範圍內，各尺寸在三處不同的位置之量測平均值中知所製造的實體模型並不平坦。研究中的網格切層厚度為0.254mm，CAD 模型之高度尺寸 A 為50.00mm，會被切出197層而製造出50.038mm 高度的實體模型，實際量測的尺寸 A 平均值為50.03 mm，此即為因切層所引起的高度誤差。

表1 圖9(a)之實體模型量測資料

| 實體模型製造參數：切層厚度為0.254mm，壁厚為0.7548 mm，單向格柵填充 | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 尺寸 | A | | | B | | | C | | |
| 公稱尺寸 | 50.00 | | | 20.00 | | | 20.00 | | |
| 量測位置 | 位置1 | 位置2 | 位置3 | 位置1 | 位置2 | 位置3 | 位置1 | 位置2 | 位置3 |
| 量測1 | 50.05 | 50.01 | 50.02 | 20.08 | 20.11 | 20.08 | 20.06 | 20.07 | 20.09 |
| 量測2 | 50.05 | 50.01 | 50.02 | 20.10 | 20.12 | 20.09 | 20.08 | 20.08 | 20.06 |
| 量測3 | 50.04 | 50.02 | 50.03 | 20.08 | 20.11 | 20.08 | 20.07 | 20.07 | 20.07 |
| 量測4 | 50.05 | 50.01 | 50.02 | 20.10 | 20.11 | 20.09 | 20.07 | 20.07 | 20.08 |
| 量測5 | 50.03 | 50.02 | 50.02 | 20.09 | 20.12 | 20.08 | 20.06 | 20.07 | 20.09 |
| 量測6 | 50.04 | 50.01 | 50.02 | 20.08 | 20.10 | 20.09 | 20.08 | 20.08 | 20.06 |
| 量測7 | 50.04 | 50.02 | 50.03 | 20.09 | 20.11 | 20.08 | 20.08 | 20.06 | 20.07 |
| 量測8 | 50.03 | 50.01 | 50.02 | 20.10 | 20.10 | 20.09 | 20.07 | 20.07 | 20.08 |
| 量測9 | 50.04 | 50.01 | 50.02 | 20.09 | 20.11 | 20.08 | 20.06 | 20.07 | 20.09 |
| 量測10 | 50.03 | 50.01 | 50.03 | 20.09 | 20.10 | 20.09 | 20.07 | 20.07 | 20.08 |
| 平均 | 50.04 | 50.01 | 50.02 | 20.09 | 20.11 | 20.09 | 20.07 | 20.07 | 20.08 |
| 總平均 | 50.03 | | | 20.09 | | | 20.07 | | |
| 誤差 | 0.05% | | | 0.47% | | | 0.36% | | |

單位: mm

4.2 量測數據分析

量測圖9中4種不同的壁厚搭配三種填充模式的製造參數，在分析壁厚與填充模式對實體模型製造誤差的影響中，發現在相同填充模式下，CAD 模型與實體模型間的誤差值並沒隨壁厚的增加而有規律的變化。同時，在相同壁厚下，實體模型製造誤差值與填充模式也沒有規律的變化。亦即 FDM200mc 快速成型機之壁厚及填充模式等製造參數，對實體模型之誤差值沒有相對關係。

分析幾何模型中之幾何型態對實體模型誤差值的影響，研究中將圖7的幾何模型中之幾何型態區分成封閉或半封閉區域、厚度小於5.00mm 之薄壁以及開放區域等三類。其中圖7中(b)、(d)、(f)與(g)具有封閉或半封閉區域之幾何型態，在封閉或半封閉位置的尺寸，如圖7(b)之尺寸 E 值、圖7(d)之尺寸 D 值、圖7(f)之尺寸 E 值與圖7(g)之尺寸 B 值，不受到壁厚及填充模式等製造參數的影響，具有較小的誤差量，如表2所示。從表中數據可知其誤差範圍為-0.02mm~0.03mm 之間，小於一般位置的平均誤差值。

表2 圖9之實體模型中封閉或半封閉區域之量測資料

| 量測位置 | 圖7(b)之尺寸E | | | 圖7(d)之尺寸D | | | 圖7(f)之尺寸E | | | 圖7(g)之尺寸B | | |
|--------|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|
| 公稱尺寸 | 15.00 | | | 20.00 | | | 30.00 | | | 40.00 | | |
| 壁厚 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 |
| 0.3048 | 15.00 | 15.00 | 15.01 | 20.02 | 20.02 | 20.02 | 30.02 | 30.02 | 30.01 | 40.00 | 40.01 | 40.02 |
| 0.5048 | 15.02 | 15.02 | 15.02 | 20.00 | 19.99 | 20.01 | 29.99 | 30.00 | 30.01 | 40.00 | 40.00 | 40.01 |
| 0.7548 | 15.02 | 15.03 | 15.02 | 20.03 | 20.03 | 20.02 | 30.01 | 30.02 | 30.02 | 40.02 | 40.02 | 40.02 |
| 0.9548 | 15.03 | 15.00 | 15.01 | 20.01 | 20.02 | 20.02 | 29.98 | 30.01 | 30.02 | 40.00 | 39.99 | 40.01 |

單位: mm

幾何型態屬於厚度小於5mm 之薄壁，如圖7(b)之尺寸 D 值的尺寸為2.50mm，圖7(d)之尺寸 E 值與圖7(g)之尺寸 C 值的尺寸皆為5.00mm，從表3的量測值中可知，其誤差範圍為0.04mm~0.06mm 之間，亦不受到壁厚及填充模式等製造參數的影響。因此 CAD 模型在薄壁尺寸上可縮小約0.05mm，實體模型即可獲得與標準值相近的尺寸。

表3 圖9之實體模型中薄壁之量測資料

| 量測位置 | 圖7(b)之尺寸D | | | 圖7(d)之尺寸E | | | 圖7(g)之尺寸C | | |
|--------|-----------|----------|------|-----------|----------|------|-----------|----------|------|
| 公稱尺寸 | 2.50 | | | 5.00 | | | 5.00 | | |
| 壁厚 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 |
| 0.3048 | 2.54 | 2.54 | 2.55 | 5.06 | 5.05 | 5.04 | 5.05 | 5.04 | 5.05 |
| 0.5048 | 2.54 | 2.56 | 2.54 | 5.06 | 5.06 | 5.05 | 5.05 | 5.05 | 5.04 |
| 0.7548 | 2.55 | 2.55 | 2.56 | 5.05 | 5.05 | 5.06 | 5.04 | 5.04 | 5.05 |
| 0.9548 | 2.55 | 2.55 | 2.55 | 5.06 | 5.06 | 5.05 | 5.06 | 5.04 | 5.06 |

單位: mm

圖7之幾何型態中不屬於封閉、半封閉區域或厚度小於5.00mm 之薄壁者，皆視為開放區域。表4顯示圖9中的一些實體模型量測結果，由這些數據可知其誤差值並不會隨壁厚與填充模式之改變而有規律的變化，這些量測數據皆大於標準尺寸，而且誤差範圍在0.07mm~0.15mm 之間，因為其誤差範圍較寬，因此研究中採用0.10mm 的修正值，以降低實體模型的誤差值。

表4 圖9之實模型中開放區域之量測資料

| 量測位置 | 圖7(a)之尺寸B | | | 圖7(b)之尺寸B | | | 圖7(c)之尺寸C | | | 圖7(e)之尺寸C | | | 圖7(f)之尺寸B | | |
|--------|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|
| 公稱尺寸 | 20.00 | | | 30.00 | | | 30.00 | | | 10.00 | | | 20.00 | | |
| 壁厚 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 | 單向 格柵 | 雙向 格柵 | 實心 |
| 0.3048 | 20.10 | 20.14 | 20.13 | 30.12 | 30.11 | 30.11 | 30.15 | 30.14 | 30.14 | 10.11 | 10.11 | 10.12 | 20.10 | 20.08 | 20.09 |
| 0.5048 | 20.11 | 20.15 | 20.14 | 30.08 | 30.11 | 30.10 | 30.08 | 30.13 | 30.11 | 10.11 | 10.12 | 10.11 | 20.07 | 20.07 | 20.08 |
| 0.7548 | 20.09 | 20.09 | 20.10 | 30.11 | 30.11 | 30.12 | 30.12 | 30.11 | 30.10 | 10.07 | 10.09 | 10.09 | 20.09 | 20.08 | 20.09 |
| 0.9548 | 20.12 | 20.10 | 20.11 | 30.11 | 30.12 | 30.12 | 30.10 | 30.09 | 30.09 | 10.07 | 10.08 | 10.09 | 20.07 | 20.11 | 20.10 |

單位: mm

從實體模型之尺寸量測數據可知製造誤差幾乎皆為正值，而幾何型態屬於封閉或半封閉區域、厚度小於5.00mm之薄壁之製造誤差小於快速成型機之規格精度0.1mm，而開放區域之製造誤差則在 0.1 ± 0.05 mm之間。利用此結果可做為修正CAD模型尺寸的參考依據，以獲得較佳實體模型。

4.3 CAD 模型尺寸修正

研究中修正CAD模型相關幾何型態之尺寸，以驗證CAD模型中幾何型態與實體模型製造誤差值的分析結果之正確性。以圖7(d)與7(e)為範例，在圖7(d)尺寸修正中，D尺寸不修正，尺寸E縮小0.05mm，因此尺寸B與C即縮小0.10mm。修正圖7(e)之尺寸，其中尺寸B縮小0.10mm，尺寸C縮小0.05mm，尺寸E縮小0.10mm，因此尺寸F即縮小0.15mm。再利用FDM200mc快速成型機製作出尺寸修正後之實體模型，其中壁厚皆使用0.5048mm，圖7(d)採用單向格柵填充，圖7(e)則採用為雙向格柵填充。表5與表6說明兩個實體模型之各尺寸的量測數據，從表中得知修正後的CAD模型所製造的實體模型，已經有效的降低與原始CAD模型間的誤差值。由此證明利用幾何型態修正CAD模型尺寸，可有效的降低實體模型的製造誤差值。

表5 修正圖7(d)的CAD模型後之實體模型量測資料

| 量測位置 | 尺寸B值 | 尺寸C值 | 尺寸D值 | 尺寸E值 |
|------|-------|-------|-------|------|
| 公稱尺寸 | 30.00 | 30.00 | 20.00 | 5.00 |
| 量測值 | 30.03 | 30.03 | 20.02 | 5.02 |
| 誤差值 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |

單位: mm

表6 修正圖7(e)的CAD模型後之實體模型量測資料

| 量測位置 | 尺寸B值 | 尺寸C值 | 尺寸E值 | 尺寸F值 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 公稱尺寸 | 20.00 | 10.00 | 30.00 | 40.00 |
| 量測值 | 20.02 | 10.02 | 30.03 | 40.04 |
| 誤差值 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 |

單位: mm

伍、結論

快速成型技術乃使用物件之三角網格模型，利用快速成型系統直接製造出物件原型。在產品開發製程中，往往需要快速成型製造物件實體模型做裝配確認，進行功能性原型測試，或利用物件實體模型做翻砂鑄造、脫腊鑄造、射出模與矽膠模等之原型，而物件實體模型的精度為是否能直接應用實體模型的考量之一。基本上，要製作出實體模型誤差小之快速成型系統的價格昂貴，也影響到快速成型技術的發展。本研究分析歸納出FDM 200mc快速成型機所製造的實體模型之成型誤差因素，並提供分析數據以修正CAD模型，降低成型誤差以提高產品品質。

從本研究的量測資料分析中，得知實體模型的誤差值與幾何模型之幾何型態有關，而與壁厚及填充模式等製造參數沒有直接關係。將 CAD 模型中之幾何型態分成封閉、半封閉區域、厚度小於5mm 之薄壁以及開放區域等，實體模型在封閉或半封閉區域之幾何尺寸與原始模型的尺寸標準值相近。厚度小的薄壁的實體模型誤差，較 CAD 模型約大0.05mm，因此將 CAD 模型在薄壁尺寸上縮小約0.05mm，即可獲得與標準值相近的尺寸的實體模型。對於開放區域之幾何型態則採用0.1mm 的修正值。最後，根據這些修正模式修正 CAD 模型，並從量測結果得知可降低實體模型的誤差值，以驗證從研究中所分析出產生實體模型誤差之因素，可直接修正 CAD 模型的適用性。

參考文獻

1. Jeng J.Y., Chen C.Y., Chen S.K., and Chen R.S. "Application of a Micro-CT Scan to Tooth Crown Dimensions Measurement and CAD Model Construction for Rapid Prototyping" *Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers*, Vol.21, No.3, pp.321-324, 2000.
2. 快速成型原理與應用，郭啟全、鄭正元譯，高立圖書公司。
3. P-CLASS 系統 200MC 使用手冊，3D Printing，普立得科技公司。
4. 應用特徵式光罩於快速原型系統之高精度加工研究，高志宏，國立台灣科技大學自動化及控制研究所，碩士論文 2004。
5. Liao, Y.S., Chiu, Y.Y. "A New Slicing Procedure for Rapid Prototyping Systems", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 18, pp. 579-585, 2001.
6. 切削式快速原型之刀具補償技術，楊盛隆，國立臺北科技大學 製造科技研究所，碩士論文 2005。
7. 快速原型系統之參數最佳化設計與適應性切層之研究，張巨協，逢甲大學材料與製造工程研究所，碩士論文 2007
8. Georges M. Fadel, Chuck Kirschman, (1996) "Accuracy issues in CAD to RP translations", *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 2 Iss: 2, pp.4 - 17,1996.
9. Choi, S.H, Samavedam S, "Modelling and optimisation of Rapid Prototyping", *Computers in Industry*, Volume 47, Issue 1, Pages 39–53, 2002.
10. 廖信德、陳倉生 "應用田口方法於 EDEN 330 快速原型機製程參數改善之研究" 中國機械工程學會第二十六屆全國學術研討會論文集，編號: D03-002, 2009.
11. 劉大銘,黃仲儀, 快速成型技術與製造精度探討, 科學與工程技術期刊, 第一卷, 第三期, 2005.
12. 快速製造系統之參數最佳化設計之研究，蘇暉原，逢甲大學機械與電腦輔助工程研究所，碩士論文，2009

13. 醫學影像之三維顯示與骨組織三角網格重建技術探討, 羅賴鈞, 中央大學機械工程研究所, 碩士論文, 2009.
14. Lai, J.Y., Chi, C.T. and Ueng, W.D. "On the Development of a Surface-Based Triangulation Algorithm for 3D Cloud Points", *J. of the Chinese Society of Mechanical Engineers*, Vol. 26, No. 3, pp.309-320, 2005.
15. Lai, J.Y., Ueng, W.D. and Yao, C.Y., "Registration and Data Merging for Multiple Sets of Scan Data", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 15, pp. 54-63, 1999.
16. 許聖函, 翁文德, 賴景義, "STL網格資料搜尋定位與資料整合", 中國機械工程學會第二十一屆全國學術研討會論文集, C-II, pp.2889-2894. 2004.

分散式 SDR 演算法解廣義代數 Riccati 方程式

Distributed SDR Algorithm Solve The Generalized Algebraic Riccati Equation

張忠明¹李權泰²Chung-Ming Chang¹ Chuan-Tai Li²

1東南科技大學 機械工程系 講師 Department of Mechanical Engineering,
2東南科技大 觀光與生態旅遊系 講師 Department of Ecotourism,

摘 要

本研究計畫將利用 SDR 演算法之優點，在目前國科會高速電腦中心所使用 IBM SP2 平行電腦上，以 MPI 平行語言撰寫分散式 SDR 演算法以解決廣義代數 Riccati 方程式，能快速且節省空間。其執行結果亦可提供在研究發展階段的國家高速電腦中心 PC 叢集計畫做效能之評估。

關鍵詞：分散式 SDR 演算法，廣義代數 Riccati 方程式（簡稱 GARE），PC 叢集。

ABSTRACT

This research project will make use of the advantage of the algorithm of SDR, currently the IBM SP2 parallel computer in NCHC uses up, compose a dispersion type with the MPI parallel language distributed SDR algorithm with solve broad sense algebra Riccati equation, ability rapid and economical space. Its performance result can also provide is studying the PC Clusters in NCHC of developing the stage to gather valuation of planning to do the effect.

Keywords: Distributed SDR Algorithm, Generalized Algebraic Riccati Equation, PC Clusters.

第一章 概 論

本文主要在利用數值分析之方法，求解廣義代數 Riccati 方程式。

考慮下面線性連續時間最佳化調節器(optimal regulator-continuous time)問題：

如何尋得控制函數(control function) $u(t)=Fx(t)$ 使得函數 $J(x(t),u(t))$ 為最小

$$(1.1) \quad J(x, u) = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} [y^T(t)Qy(t) + u^T(t)Ru(t) + 2x^T(t)Su(t)] dt$$

其限制條件：

$$(1.2) \quad E\dot{x}(t) = E \frac{d}{dt} x(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$(1.3) \quad y(t) = Cx(t)$$

此處 $x(t) \in \mathfrak{R}^n, u(t) \in \mathfrak{R}^m, y(t) \in \mathfrak{R}^p$

$$A, E \in \mathfrak{R}^{n \times n}, B \in \mathfrak{R}^{n \times m}, C \in \mathfrak{R}^{p \times n}$$

同時 $0 \leq Q = Q^T \in \mathfrak{R}^{p \times p}, 0 \leq R = R^T \in \mathfrak{R}^{m \times m}, S \in \mathfrak{R}^{n \times m}$

而且 $\begin{bmatrix} C^T Q C & S \\ S^T & R \end{bmatrix} \geq 0$, $Q, R > 0$; E 為非奇異(nonsingular)

由 Hamilton-Jacobi 定理，可得到以下的方程式：

$$(1.4) \quad h = \frac{1}{2} (y^T Q y + u^T R u + 2x^T S u) + \mu^T (Ax + Bu - E\dot{x})$$

利用 Euler-Lagrange 方法可得：

$$(1.5) \quad \frac{\partial h}{\partial \mu} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial h}{\partial \dot{\mu}} \right) = Ax + Bu - E\dot{x} = 0$$

$$(1.6) \quad \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial h}{\partial \dot{x}} \right) = C^T Q C x + S u + A^T \mu + E^T \dot{\mu} = 0$$

$$(1.7) \quad \frac{\partial h}{\partial u} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial h}{\partial \dot{u}} \right) = S^T x + R u + B^T \mu = 0$$

此處 h 是純量的 Hamiltonian 及 $\mu(t)$ 為主脈向量(costate vector)， $\mu \in \mathfrak{R}^n$ 。

整理後可發現下面的矩陣關係式：

$$(1.8) \quad \begin{bmatrix} E & 0 & 0 \\ 0 & -E^T & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{\mu} \\ \dot{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0 & B \\ C^T Q C & A^T & S \\ S^T & B^T & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \mu \\ u \end{bmatrix}$$

一般的情況取 $S=0$ ，由(1.7)式可得代入(1.5)與(1.6)式推得 Hamiltonian 系統：

$$(1.9) \quad \begin{bmatrix} E & 0 \\ 0 & E^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{\mu} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & -N \\ -K & -A^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \mu \end{bmatrix}$$

此處 $K = C^T Q C$ ， $N = B R^{-1} B^T$ 為 n 階實數對稱矩陣，即 $K = K^T$ 及 $N = N^T$

如果使用 Riccati 代換式 $\mu = X E x$ ，則可推得下列 GARE 為：

$$(1.10) \quad A^T X E + E^T X A - E^T X N X E + K = 0$$

如果 (1.10) 式滿足下面的條件：**【9】** (Wonham, 1968)

(1) Nonnegative definiteness :

$$(1.11) \quad N = G G^T \geq 0, \quad K = H^T H \geq 0$$

(2) (A,G)Stabilizability : (以下簡稱 S(A,G))

$$(1.12) \quad \text{若 } w^T A = \lambda w^T (w \neq 0) \text{ 且 } \operatorname{Re}(\lambda) \geq 0 \text{ 則 } w^T G \neq 0$$

(3) (H,A)Detectability : (以下簡稱 D(H,A))

$$(1.13) \quad \text{若 } A x = \lambda x (x \neq 0) \text{ 且 } \operatorname{Re}(\lambda) \geq 0 \text{ 則 } H x \neq 0$$

則保證 GARE 存在唯一的解 $x = x^T \geq 0$ (nonnegative definite)

如此可得最佳化控制定律：

$$(1.14) \quad u(t) = -R^{-1} B^T X E x(t)$$

使得系統穩定且 minimizes(1.1)標準式為最佳。

至此可知，如何解得 X 之值為研討的重要課題：

考慮 M 與 Γ_E 為 $2n$ 階方塊矩陣，如下：

$$(1.15) \quad M = \begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix} \quad \text{與} \quad \Gamma_E = \begin{bmatrix} E & 0 \\ 0 & E^T \end{bmatrix}$$

此處 $K = K^T$ ， $N = N^T$ ， E 為非奇異

對於 $M - \lambda \Gamma_E$ 可對等轉換成為下面的特徵值問題：

$$(1.16) \quad \begin{bmatrix} E^{-1} A & E^{-1} N E^{-T} \\ K & -A^T E^{-T} \end{bmatrix} - \lambda \cdot I_{2n}$$

由 **【2】** (Bunse, 1991) 可得知下面一些性質：

$$(1.17) \quad J_D := \begin{bmatrix} 0 & D \\ -D & 0 \end{bmatrix} \quad \Gamma_D := \begin{bmatrix} D & 0 \\ 0 & D \end{bmatrix}$$

此處 $D > 0$ 為正定的 n 階對角線矩陣

$$\text{且 } J := J_{I_n}, \quad J^{-1} = J^T = -J$$

定義 1.1 :

(1) 矩陣 M 為 $2n$ 階複數矩陣，若 $(JM)^H = JM$ ，則稱 M 為 Hamiltonian。

(2) 若矩陣 M 為 Hamiltonian 若且唯若 $M = \begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^H \end{bmatrix}$

此處 A, N, K 為 n 階複數矩陣，且 $N = N^H$ ， $K = K^H$ 。

定理 1.1 :

考慮 Hamiltonian 複數矩陣 $M = \begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^H \end{bmatrix}$ ，其特徵值 λ 有下列基本性質，若

$$M \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix}, \quad Y, Z \text{ 為 } n \text{ 階複數矩陣，且 } Y^H Y + Z^H Z \neq 0$$

$$\text{則 (a) } [Z^H, -Y^H] \cdot M = -\bar{\lambda} [Z^H, -Y^H]$$

(b) 當 $N > 0$ 與 $K > 0$ 時可推得 $\text{Re}(\lambda) \neq 0$

[證明 a]

$$\because M \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix}, \text{ 存在矩陣 } J = \begin{bmatrix} 0 & I \\ -I & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{使得 } JM \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda J \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow [Y^H, Z^H] (JM)^H = \bar{\lambda} [Y^H, Z^H] J^H$$

由於 M 為 Hamiltonian 所以 $(JM)^H = JM$ 且 $J^H = -J$

$$\Rightarrow [Y^H, Z^H] JM = -\bar{\lambda} [Y^H, Z^H] J$$

$$\Rightarrow [Y^H, Z^H] \begin{bmatrix} 0 & I \\ -I & 0 \end{bmatrix} M = -\bar{\lambda} [Y^H, Z^H] \begin{bmatrix} 0 & I \\ -I & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow [Z^H, -Y^H] \cdot M = -\bar{\lambda} [Z^H, -Y^H] \quad \text{得證}$$

[證明 b]

$$\because [Z^H, -Y^H] \begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^H \end{bmatrix} = -\bar{\lambda} [Z^H, -Y^H]$$

$$\Rightarrow Z^H A - Y^H K = -\bar{\lambda} Z^H \quad \dots\dots\dots(a)$$

$$\Rightarrow Z^H N + Y^H A^H = \bar{\lambda} Y^H \quad \dots\dots\dots(b)$$

$$(a) \times Y \Rightarrow Z^H AY - Y^H KY = -\bar{\lambda} Z^H Y \quad \dots\dots(c)$$

$$[(b) \times Z]^H \Rightarrow Z^H NZ + Z^H AY = \lambda Z^H Y \quad \dots\dots\dots(d)$$

由 (d)-(c) 可得 $Y^H KY + Z^H NZ = (\bar{\lambda} + \lambda) Z^H Y$

同理 $Y^H KY + Z^H NZ = (\bar{\lambda} + \lambda) Y^H Z = 2\text{Re}(\lambda) Y^H Z$

由於 $K > 0, N > 0 \Rightarrow Y^H KY > 0, Z^H NZ > 0$ 且 $Y^H Z \in \mathfrak{R}$

$$\Rightarrow \text{Re}(\lambda) \neq 0 \quad \text{得証}$$

定理1.2 :

若 $\begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} \cdot T$, 此處 $A, K, N, Y, Z, T \in \mathfrak{R}^{n \times n}$

且 $K = K^T, N = N^T$, T 為特徵值矩陣, 且 Y 為非奇異。

則 $X = -ZY^{-1}$ 滿足 Riccati 方程式 :

$$(1.18) \quad A^T X + XA - XNX + K = 0$$

[証明]

$$\because \begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} \cdot T$$

$$\therefore AY + NZ = YT \Leftrightarrow A + NZY^{-1} = YTY^{-1} \quad \dots\dots\dots(a)$$

$$\begin{aligned} KY - A^T Z = ZT &\Leftrightarrow K - A^T ZY^{-1} = ZTY^{-1} \\ &\Leftrightarrow K - A^T ZY^{-1} = ZY^{-1}YTY^{-1} \quad \dots\dots\dots(b) \end{aligned}$$

假設 $X = -ZY^{-1}$ 由(a)(b)可推得

$$A^T X + XA - XNX + K = 0$$

所以 $X = -ZY^{-1}$ 為 (1.18) 式的解。

定理1.3 :

考慮 $\begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} T$, $K = GG^T \geq 0, N = H^T H \geq 0$

此處 $A, K, N, Y, Z, T \in \mathfrak{R}^{n \times n}$, 並且滿足 S(A,G)與 D(H,A) ; 若 $\text{Re}(T) < 0$

則 (a) $\text{Re}(\lambda) \neq 0$

(b) Y^{-1} 存在

(c) 存在 $X = -ZY^{-1}$ 為對稱, 滿足(1.18)式 Riccati 方程式

[證明] 參考【10】(Paige, 1981)證明

註釋1.1：

(1) 對於 Hamiltonian 矩陣 $M = \begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix}$ 若 α (或 $\bar{\alpha}$) 為其特徵值，則必定存在

$-\bar{\alpha}$ (或 $-\alpha$) 亦為其特徵值。

(2) 已知對於(1.18)式 Riccati 方程式在滿足 $S(A,G)$ ， $D(H,A)$ 的條件下，其解為

$X = X^T \geq 0$ 為唯一，且由定理 1.3 得知對於 $\begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} T$ ，當 $\text{Re}(T) < 0$ 落

在左半開放平面所構成之不變子空間(invariant subspace) $\text{span} \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix}$ 其存在唯一對稱的

$X = -ZY^{-1} \geq 0$ 為(1.18)式 Riccati 方程式的解。

(3) 由對等轉換的關係得知，同理對於廣義 Riccati 方程式：

$$\begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E & 0 \\ 0 & E^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} \cdot T$$

當 $\text{Re}(T) < 0$ 時，存在唯一對稱的 $X = -ZY^{-1}E^{-1} \geq 0$ 為(1.10)式 GARE 的解；若 α (或 $\bar{\alpha}$) 為其廣義特徵值，則必定存在 $-\bar{\alpha}$ (或 $-\alpha$) 亦為其廣義特徵值。【8】(Bunse, 1984)

第二章 (D, \tilde{D}) -symplectic 矩陣

對任一矩陣可分割成4個 n 階矩陣方塊：

$$M = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix}$$

定義2.1：

矩陣 $A \in \mathcal{R}^{n \times n}$ 若 $A^T = A^{-1}$ ，則稱 A 為正交(orthogonal)。

定義2.2：

矩陣 $D > 0$ 與 $\tilde{D} > 0$ 皆為 n 階對角線矩陣：

(1) 矩陣 $S \in \mathcal{R}^{2n \times 2n}$ 若 $S^T J_D S = J_{\tilde{D}}$ 則稱 S 為 (D, \tilde{D}) -symplectic 矩陣，當 $D = \tilde{D} = I_n$

時，則稱 S 為 symplectic 矩陣；在此以 $S_{2n}(D, \tilde{D})$ 表示所有 (D, \tilde{D}) -symplectic 矩陣所構成的集合。

(2) 若 $S \in S_{2n}(D, \tilde{D})$ 且 $S^T \Gamma_D S = \Gamma_{\tilde{D}}$ 則稱 S 為 (D, \tilde{D}) -orthogonal symplectic 矩陣，當 $D = \tilde{D} = I_n$ 時，則稱 S 為 orthogonal symplectic 矩陣；在此以 $S_{2n}^0(D, \tilde{D})$ 表示所有 (D, \tilde{D}) -orthogonal symplectic 矩陣所構成的集合。

定義2.3：

$$\text{矩陣 } H = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{bmatrix} \text{ 此處 } H_{ij} \in \mathfrak{R}^{n \times n}$$

(1) 若 H_{11} 、 H_{21} 、 H_{22} 皆為上三角矩陣，且 H_{12} 為 upper Hessenberg 矩陣；i.e.

$$H = \begin{pmatrix} \nabla & \nabla \\ \nabla & \nabla \end{pmatrix} \text{ 則稱 } H \text{ 為 J-Hessenberg 矩陣。}$$

(2) 若 H_{21} 為非奇異與 H_{12} 為 upper Hessenberg 矩陣且 unreduced (即 $(H_{12})_{ij} \neq 0$ 當 $i = j+1; j=1, \dots, n-1$) 則 H 為 unreduced。

(3) 若 H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} 皆為上三角矩陣，且 H_{21} 對角線元素皆為零，i.e.

$$H = \begin{pmatrix} \nabla & \nabla \\ \nabla & \nabla \end{pmatrix} \text{ 則稱 } H \text{ 為 J-triangular 矩陣。}$$

(4) 若 H_{11} 、 H_{22} 、 H_{21} 皆為對角線矩陣，且 H_{12} 為 tridiagonal 矩陣，i.e. $H = \begin{pmatrix} \diagdown & \diagup \\ \diagup & \diagdown \end{pmatrix}$

則稱 H 為 J-tridiagonal 矩陣；且稱 $H - \lambda \Gamma_D$ 為 J-tridiagonal- Γ_D pencil。

註釋2.1：

(1) 若矩陣 $S \in \mathfrak{R}^{2n \times 2n}$ 為 symplectic，且 S 非奇異，則 S^T 與 S^{-1} 仍為 symplectic。

(2) 若 M 為 Hamiltonian 且 S 為 symplectic 則 $S^{-1}MS$ 仍為 Hamiltonian。【1】

(Ammar, 1991)

(3) 一個 Hamiltonian J-Hessenberg 矩陣 $T \in \mathfrak{R}^{2n \times 2n}$ ，必為 J-tridiagonal 且 Hamiltonian；i.e.

$$(2.1) \quad T = \left[\begin{array}{ccc|ccc} a_1 & & & c_1 & b_1 & \\ & a_2 & & b_1 & c_2 & \ddots \\ & & \ddots & \ddots & \ddots & b_n \\ \hline & & & a_n & & \\ q_1 & & & -a_1 & b_n & c_n \\ & q_2 & & & -a_2 & \\ & & \ddots & & & \ddots \\ & & & q_n & & -a_n \end{array} \right]$$

同理一個 Hamiltonian J-Hessenberg- Γ_D pencil，必為 J-tridiagonal- Γ_D pencil。

(3) 考慮對矩陣 $J = \begin{bmatrix} 0 & I \\ -I & 0 \end{bmatrix}$ 可經由轉置矩陣 \hat{P} 為 $2n$ 階實數矩陣，

且 $\hat{P} = [e_1, e_3, \dots, e_{2n-1}, e_2, e_4, \dots, e_{2n}]$

使得 $\hat{P}J\hat{P}^T = \hat{J} = \text{diag}\left(\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}\right)$

- (a) 若 R 為 J-triangular 矩陣，則 $\hat{P}R\hat{P}^T$ 為上三角矩陣。
- (b) 若 H 為 J-Hessenberg 矩陣或 unreduced J-Hessenberg 矩陣，則相對地 $\hat{P}H\hat{P}^T$ 為 upper Hessenberg 矩陣或 unreduced upper Hessenberg 矩陣。
- (c) 若 T 為 Hamiltonian J-tridiagonal 矩陣，如 (2.1) 式

則 $\hat{P}T\hat{P}^T = \left[\begin{array}{ccccccccc} a_1 & c_1 & 0 & b_1 & 0 & & & & \\ q_1 & -a_1 & 0 & 0 & 0 & & & & \\ 0 & b_1 & a_2 & c_2 & 0 & b_2 & & & \\ 0 & 0 & q_2 & -a_2 & 0 & 0 & 0 & & \\ 0 & & & & & & & & \\ 0 & & & & & & & & \\ & & & & & & & & b_{n-1} \\ & & & & & & & & 0 \\ & & & & & & & & & a_n & c_n \\ & & & & & & & & & q_n & -a_n \end{array} \right]$

定理2.1：

考慮 M 為 Hamiltonian 矩陣且 \tilde{D}

- (1) 若 $S \in S_{2n}^0(D, \tilde{D})$ 則 S^TMS 為 Hamiltonian 且 $S^T\Gamma_D S = \Gamma_{\tilde{D}}$
- (2) 若 $S \in S_{2n}(D, \tilde{D})$ 且 $S\Gamma_D^{1/2} = \Gamma_D^{1/2}S$ 則 $S^{-1}MS$ 為 Hamiltonian 且 $S^{-1}\Gamma_D S = \Gamma_D$

(3) 若 $S \in S_{2n}(D, \tilde{D})$ 且 $S^J = J^T S^T J$ 則 $S^J M S$ 為 Hamiltonian 且 $S^J \Gamma_D S = \Gamma_{\tilde{D}}$

[證明] 參考 【11】 (Wen-Wei Lin, 1989)

定義 2.4 :

(1) $S_{2n}^w(D, \tilde{D}) := \{ S^w \mid S \in S_{2n}(D, \tilde{D}) \text{ 且 } S^w \Gamma_D S = \Gamma_{\tilde{D}} \}$

(2) 若矩陣 M 為 $2n$ 階實數矩陣, D 與 $\tilde{D} > 0$ 為對角線矩陣

則此分解(decomposition) $S^w M = R$ 稱為矩陣 M 的 (D, \tilde{D}) -SDR decomposition。

此處 $S^w \in S_{2n}^w(D, \tilde{D})$ 與 R 為 J-triangular 矩陣。

定理 2.2 :

若 矩陣 M 為非奇異的 $2n$ 階實數矩陣, 且 $D > 0$ 為對角線矩陣

則 存在 $\tilde{D} > 0$ 為對角線矩陣, $S^w \in S_{2n}^w(D, \tilde{D})$ 與 J-triangular 矩陣 R , 使得

$S^w M = R$; 同時, 若且唯若對於 $\hat{P} \Gamma_D^{-1/2} M^T J_D^{-1} M \Gamma_D^{-1/2} \hat{P}^T$ 其所有 2 階的 leading principal minors 不為零。

(Here $\hat{P} := [e_1, e_3, \dots, e_{2n-1}, e_2, e_4, \dots, e_{2n}]$ and e_i denotes the i -th column of the unit matrix I_{2n})

[證明]

$$\because \hat{P} \Gamma_D^{-1/2} M^T J_D^{-1} M \Gamma_D^{-1/2} \hat{P}^T = \hat{P} \left(\Gamma_D^{-1/2} M^T \Gamma_D^{-1/2} \right) J \left(\Gamma_D^{-1/2} M \Gamma_D^{-1/2} \right) \hat{P}^T$$

由 Elser 【12】 (Elser, 1979) 的定理 11 得知, 存在一個 symplectic 矩陣 \tilde{S} 與 J-triangular 矩陣 \tilde{R}

$$\text{使得 } \Gamma_D^{-1/2} M \Gamma_D^{-1/2} = \tilde{S} \tilde{R} \Rightarrow \Gamma_D^{1/2} \tilde{S}^{-1} \Gamma_D^{-1/2} M = \Gamma_D^{1/2} \tilde{R} \Gamma_D^{1/2} \equiv R$$

令 $S^w := \Gamma_D^{1/2} \tilde{S}^{-1} \Gamma_D^{-1/2}$ 與 $S := \Gamma_D^{-1/2} \tilde{S} \Gamma_D^{1/2}$ 則

$$\text{得到 (a) } S^w M = R$$

$$\text{(b) } S^T J_D S = \Gamma_D^{1/2} \tilde{S}^T \Gamma_D^{-1/2} J_D \Gamma_D^{-1/2} \tilde{S} \Gamma_D^{1/2} = \Gamma_D^{1/2} \tilde{S}^T J \tilde{S} \Gamma_D^{1/2} = J_{\tilde{D}}$$

$$S^w \Gamma_D S = \Gamma_D^{1/2} \tilde{S}^{-1} \Gamma_D^{-1/2} \Gamma_D \Gamma_D^{-1/2} \tilde{S} \Gamma_D^{1/2} = \Gamma_D^{1/2}$$

即 $S^w \in S_{2n}^w(D, \tilde{D})$ 得證

註釋 2.2 :

(1) 若矩陣 M 為 Hamiltonian 且 $S^w \in S_{2n}^w(D, \tilde{D})$ 則 $S^w M S$ 為 Hamiltonia。

定理 2.3 :

若矩陣 M 為非奇異的 $2n$ 階實數矩陣, D 與 $\tilde{D} > 0$ 為對角線矩陣, 且 $S^w M = R$ 與 $S_1^w M = R_1$ 分別為矩陣 M 的 (D, \tilde{D}) -SDR symplectic 與 (D, \tilde{D}_1) -SDR symplectic。

則存在矩陣 $E = \begin{bmatrix} C & F \\ 0 & C^{-1} \end{bmatrix}$ 使得 $S_1 = SE^{-1}(\Gamma_{\tilde{D}}^{-1/2}\Gamma_{\tilde{D}_1}^{1/2})$ 與 $R_1 = (\Gamma_{\tilde{D}}^{-1/2}\Gamma_{\tilde{D}_1}^{1/2})ER$

此處 $C = \text{diag}(c_1, c_2, \dots, c_n)$, $F = \text{diag}(f_1, f_2, \dots, f_n)$

[證明] 參考【3】(Bunse)及【11】(Wen-Wei Lin, 1989)

定理2.4 :

若 $S^w \in S_{2n}^w(D, \tilde{D}), S_1^w \in S_{2n}^w(D_1, \tilde{D}_1)$, 且 $Se_1 = \alpha S_1 e_1$, $\alpha \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ 當 $S^w MS = H$ 與 $S_1^w MS_1 = H_1$ 皆為 J-Hessenberg 矩陣, 此處 H 為 unreduced

則 存在矩陣 $E = \begin{bmatrix} C & F \\ 0 & C^{-1} \end{bmatrix}$ 使得

$$(2.2) \quad S = S_1 E \Gamma_{\tilde{D}}^{1/2} \Gamma_{\tilde{D}_1}^{-1/2} \quad \text{與} \quad H = \Gamma_{\tilde{D}}^{1/2} \Gamma_{\tilde{D}_1}^{-1/2} E^{-1} H_1 E \Gamma_{\tilde{D}}^{1/2} \Gamma_{\tilde{D}_1}^{-1/2}$$

[證明] 參考【11】(Wen-Wei Lin, 1989)

第三章 (D, \tilde{D}) -SDR decomposition

本文循列式的 SDR 演算法其所採用以下幾種演算技巧, 它的優點在於能完整保持

Hamiltonian 矩陣 $M = \begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix}$, 可化簡 Hamiltonian J-tridiagonal- Γ_D pencil 轉換為

Hamiltonian J-tridiagonal- Γ_{D_1} pencil。

(i.e $M_1 - \lambda \Gamma_{D_1} = S^w(M - \lambda \Gamma_D)S$, 此處 S 為 (D, D_1) -symplectic 矩陣)

【Algorithm H】

當 $k(1 \leq k \leq n)$, Γ_D (如(1.17)式) 且 y, z 為 n 階實數向量, 則可找到 Householder (D, \tilde{D}) -orthogonal symplectic 矩陣, 如下:

$$H(k, P) = \begin{bmatrix} \text{diag}(I_{k-1}, P, I_{n-k-1}) & 0 \\ 0 & \text{diag}(I_{k-1}, P, I_{n-k-1}) \end{bmatrix}$$

使得 $H^T(k, P) \begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v \\ x \end{bmatrix}$ 且 $H^T(k, P) \Gamma_D H(k, P) = \Gamma_{\tilde{D}}$

此處 $d_j = \tilde{d}_j$ ($j = 1, \dots, n$; $j \neq k, k+1$)

$P = \begin{bmatrix} p_1 & p_2 \\ p_3 & p_4 \end{bmatrix}$ 被決定於消去 $a_k = [y_k, y_{k+1}]^T$, 使得 $y_{k+1} = 0$ 且

滿足 $P^T \begin{bmatrix} d_k & 0 \\ 0 & d_{k+1} \end{bmatrix} P = \begin{bmatrix} \tilde{d}_k & 0 \\ 0 & \tilde{d}_{k+1} \end{bmatrix}$; 若 $b = [d_{k+1}y_k, d_k y_{k+1}]^T$ 則可得到下面的演算法 :

for $j=1, \dots, n$; $j \neq k, k+1$

$$v_j = y_j, x_j = z_j, \tilde{d}_j = d_j$$

$$v_k = (b_k, a_k) / \|b_k\|_2 \quad ; \quad v_{k+1} = 0$$

$$x_k = p_1 z_k + p_2 z_{k+1} \quad ; \quad x_{k+1} = p_3 z_k + p_4 z_{k+1}$$

$$\tilde{d}_k = d_k d_{k+1} (b_k, a_k) / \|b_k\|_2^2$$

$$\tilde{d}_{k+1} = (b_k, a_k) / \|a_k\|_2^2$$

【Algorithm J】

當 $k(1 \leq k \leq n)$, Γ_D (如(1.17)式) 且 y, z 為 n 階實數向量 , 則可找到 Jacobi (D,D)-orthogonal symplectic 矩陣 , 如下 : 【4】 (Byers , 1989)

$$J(k, \theta) = J(k, c, s) = \begin{bmatrix} c & -s \\ s & c \end{bmatrix}$$

此處 $c = \text{diag}(I_{k-1}, \cos \theta, I_{n-k}) = I_n + (c-1)e_k e_k^T$

$$s = \text{diag}(o_{k-1}, \sin \theta, o_{n-k}) = s e_k e_k^T$$

(o_r 表示 r 階零矩陣且 $c^2 + s^2 = 1$)

使得 $J^T(k, \theta) \Gamma_D J(k, \theta) = \Gamma_D$ 且 $J^T(k, \theta) \begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v \\ x \end{bmatrix}$

若令 $P^T \equiv \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$ 被決定於消去 $a_k = [y_k, z_k]^T$

使得 $z_k = 0$ 且滿足 $P^T \begin{bmatrix} d_k & 0 \\ 0 & d_k \end{bmatrix} P = \begin{bmatrix} d_k & 0 \\ 0 & d_k \end{bmatrix}$

(其 $\text{cond}_2(J(k, \theta)) = 1$) 如此 , 則可得到下面演算法 :

for $j = 1, \dots, n$; $j = k$

$$v_j = y_j \quad ; \quad x_j = z_j$$

$$v_k = \sqrt{y_k^2 + z_k^2} \quad ; \quad x_k = 0$$

【Algorithm G】

當 $k(2 \leq k \leq n)$, Γ_D (如(1.17)式) 且 y, z 為 n 階實數向量 , 此處若 $y_k = 0$ 時 , 必定 $z_{k-1} = 0$ 假設 $d_k = d_{k-1}$ 則存在 Gaussian (D,D)-symplectic 矩陣 , 如下 :

$$G^{-1}(k, v) = \begin{bmatrix} C & V \\ 0 & C^{-1} \end{bmatrix}$$

此處 $C = I_n + (d-1)(e_{k-1}e_{k-1}^T + e_k e_k^T)$ 與

$$V = (dv)(e_{k-1}e_k^T + e_k e_{k-1}^T)$$

使得 $G^{-1}(k, v) \begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u \\ x \end{bmatrix}$ 且 $G^{-1}(k, v)\Gamma_D G(k, v) = \Gamma_D$

此處 $v = -y_k/z_{k-1}$ 與 $d = (1/(1+v^2))^{1/4}$

被決定於消去 $y_k = 0$ (i.e. $u_k = 0$) 及使得 $cond_2(G(k, v))$ 盡可能小。

提示：
$$G(k, v) = \begin{bmatrix} C^{-1} & -V \\ 0 & C \end{bmatrix}$$

註釋3.1：

假如在消去的過程中 $z_{k-1} = 0$ 且 $y_k \neq 0$ 時，此演算法勢必將不能做；又如當 z_{k-1} 比 y_k 小很多時，則因為 $v = -y_k/z_{k-1}$ 將造成 $cond_2(G(k, v)) = (1+v^2)^{1/2} + |v|$ 變得非常大，使得數值結果造成很大的誤差，因而形成不穩定現象。

【Algorithm C】

當 $k(2 \leq k \leq n)$ ， Γ_D (如(1.17)式) 且 y, z 為 n 階實數向量，假設 $d_k \neq d_{k-1}$ ，則存在常數 (D, \tilde{D}) -symplectic 矩陣，如下：

$$C := C(k, f, g) = \begin{bmatrix} I & 0 \\ 0 & F \end{bmatrix}$$

此處 $F = I + (f-1)e_{k-1}e_{k-1}^T + (g-1)e_k e_k^T$

使得 $C \begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v \\ x \end{bmatrix}$ 且 $C^J \Gamma_D C = \Gamma_{\tilde{D}}$

(提示 $C^J = J^T C^T J = \begin{bmatrix} F & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix}$)

此處 $f = (d_k^2 + d_{k-1}d_k)/(d_k^2 + d_{k-1}^2)$

$$g = (d_{k-1}^2 + d_{k-1}d_k)/(d_k^2 + d_{k-1}^2)$$

其被決定使得 $\sqrt{(f-1)^2 + (g-1)^2}$ (對於 $f, g > 0$) 為最小，且 $fd_{k-1} = gd_k$ ；如此，則可得到下面的演算法：

$$\begin{aligned} \text{for } & j = 1, \dots, n \quad ; \quad j \neq k-1, k \\ & v_j = y_j, x_j = z_j, \tilde{d}_j = d_j \\ & v_{k-1} = fy_{k-1}, v_k = gy_k \end{aligned}$$

$$\tilde{d}_{k-1} = fd_{k-1} = gd_k = \tilde{d}_k$$

提示：

$$(3.1) \quad \min \{ d_{k-1}, d_k \} \leq \tilde{d}_{k-1} = d_k \leq \max \{ d_{k-1}, d_k \}$$

由前面所提出的這些轉換元素矩陣與其演算法，得到對於 Hamiltonian 矩陣

$$M = \begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix}, \text{ 可化簡 Hamiltonian } J\text{-}\Gamma_D \text{ pencil 轉換為 Hamiltonian } J\text{-tridiagonal-}\Gamma_{D_1}$$

pencil。 (i.e. $M_1 - \lambda\Gamma_{D_1} = S^w(M - \lambda\Gamma_D)S$ ，此處 S 為 (D, D_1) -symplectic 矩陣)

第四章 分散式 SDR 演算法

由於 SDR 演算法可以快速有效地解決廣義 Riccati 方程式的問題(如(1.10)式)，藉由轉換成 Hamiltonian- Γ_E 到 Hamiltonian- Γ_D 最後形成 Hamiltonian J-tridiagonal- $\Gamma_{\bar{D}}$ pencil 廣義特徵值問題：

$$(4.1) \quad \begin{bmatrix} A & N \\ K & -A^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E & 0 \\ 0 & E^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Z \end{bmatrix}^T$$

當 $\text{Re}(T) < 0$ 時，則存在唯一對稱的解 $X = -ZY^{-1}E^{-1} \geq 0$ ，因此可求得最佳控制函數 $u(t) = -R^{-1}B^T XE x(t)$ 。

吾人發現目前國科會高速電腦中心所使用 IBM SP2 平行電腦，其分散式的作業環境非常適合將一循列式的 SDR 演算法平行化，且能有效地提高運算速度及計算效能。因為每一個轉換元素矩陣分別對於子矩陣 A, K, N, E (皆為 n 階) 矩陣的計算皆獨立(不似傳統 QZ 演算法會破壞其 Hamiltonian 矩陣)；並且在收集滿足條件 $\text{Re}(T) < 0$ 下的特徵向量 Y, Z ，也可同時使用另一顆 CPU 來求得：【6】(Davies, 1986)

對於分散式 SDR 演算法的概念，特舉下面範例加以說明

[範例]

考慮 $n=3$ 時，對於 $2n$ 階的 Hamiltonian 矩陣 M 與 $2n$ 階正定的 Γ_D 矩陣，即

$$M = \begin{bmatrix} * & * & * & * & * & * \\ * & * & * & * & * & * \\ * & * & * & * & * & * \\ * & * & * & * & * & * \\ * & * & * & * & * & * \\ * & * & * & * & * & * \end{bmatrix} \quad \Gamma_D = \begin{bmatrix} * & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & * & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & * & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & * & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & * & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & * \end{bmatrix}$$

可經由下面 SDR 演算法 [參考 【 11 】] (Wen-Wei Lin , 1989) , 使得 $S^w(M - \lambda\Gamma_D)S = M_1 - \lambda\Gamma_{D_1}$

此處 S 為 (D, D_1) -symplectic 矩陣, M 為 Hamiltonian J-tridiagonal 矩陣
[步驟1]

$k=3,2$ 時, 使用 Jacobi (D, D) -orthogonal symplectic 矩陣 $J(k, c, s)$ 由 $(k, 1)$ 元素消去 $(n+k, 1)$ 元素。

$$M := M_1 := J^T(k, c, s)MJ(k, c, s) = \begin{bmatrix} * & \times & \times & * & \times & \times \\ \times & \times & \times & \times & \times & \times \\ \times & \times & \times & \times & \times & \times \\ * & \otimes & \otimes & * & \times & \times \\ 0 & \times & \times & \times & \times & \times \\ 0 & \times & \times & \times & \times & \times \end{bmatrix}$$

此時, 因為 Hamiltonian 矩陣的結構關係, 所以 $(n+1, k)$ 會自動為零; 且 $\Gamma_D := J^T(k, c, s)\Gamma_D J(k, c, s)$ 矩陣 D 不變。在分散式的環境下, 考慮如下做法:

- (1) CPU1 : $A := CAC + SKC + CNS - SA^T S$
- (2) CPU2 : $K := -SAC + CKC - SNS - CA^T S$
- (3) CPU3 : $N := -SAS + CKS - SNC - CA^T C$
- (4) CPU4 : $D := D$ (不變)
- (5) CPU5 : $S := SJ$ (eigenvector)

[步驟2]

$k=3$ 時, 使用 Householder (D, D_1) -orthogonal symplectic 矩陣 $H(k, p)$ 由 $(1, k-1)$ 元素消去 $(1, k)$ 元素

$$M := M_1 := H^T(k, p)MH(k, p) = \begin{bmatrix} * & \times & \times & * & \times & \times \\ \times & \times & \times & \times & \times & \times \\ 0 & \times & \times & \times & \times & \times \\ * & 0 & 0 & * & \times & \otimes \\ 0 & \times & \times & \times & \times & \times \\ 0 & \times & \times & \times & \times & \times \end{bmatrix}$$

同理(n+1,k+3) 會自動為零；且 $\Gamma_D := \Gamma_{D_1} := H^T(k, p)\Gamma_D H(k, p)$

在分散式的環境下，考慮如下做法：

- (1) CPU1 : $A := P^T A P$
- (2) CPU2 : $K := P^T K P$
- (3) CPU3 : $N := P^T N P$
- (4) CPU4 : $D := P^T D P$
- (5) CPU5 : $S := S H$

[步驟3]

k=1 時，使用常數 (D, D_1) -symplectic 矩陣使得矩陣 D，其矩陣元素 $d_k = d_{k+1} = d_{n+k} = d_{n+k+1}$ ；而且矩陣 M 保持步驟2的 Hamiltonian 型態。

$$\Gamma_D := \Gamma_{D_1} := C^J \Gamma_D C$$

$$M := M_1 := C^J M C$$

在分散式的環境下，考慮如下做法：

- (1) CPU1 : $A := F A$
- (2) CPU2 : $K := K$ (不變)
- (3) CPU3 : $N := F N F$
- (4) CPU4 : $D := F D$
- (5) CPU5 : $S := S C$

[步驟4]

k=2時，使用 Gaussian (D,D)-symplectic 矩陣，由(n+k-1,1) 元素消去(k,1) 元素。

$$M := M_1 := G^{-1}(k, v) M G(k, v) := \begin{bmatrix} \times & * & * & * & \times & * \\ 0 & \times & \times & \times & \times & \times \\ 0 & * & * & * & \times & * \\ \times & 0 & 0 & \times & \otimes & 0 \\ 0 & * & * & * & \times & * \\ 0 & * & * & * & \times & * \end{bmatrix}$$

同理步驟2，(n+1,n+k) 會自動為零；且 $\Gamma_D := G^{-1}(k, v)\Gamma_D G(k, v)$ 矩陣 D 不變。

在分散式的環境下，考慮如下做法：

- (1) CPU1 : $A := -C A C^{-1} + V K C^{-1}$
- (2) CPU2 : $K := -C^{-1} K C^{-1}$
- (3) CPU3 : $N := -C A V + V K V + C N C - V A^T C$
- (4) CPU4 : $D := -C D C^{-1}$

(5) CPU5 : S := SG

[步驟5]

k=3,2時，使用 Jacobi (D,D)-orthogonal symplectic 矩陣，由(k,n+1) 元素消去 (n+k,n+1) 元素。

$$M := M_1 := J^T(k, c, s)MJ(k, c, s) := \begin{bmatrix} * & \otimes & \otimes & * & \times & \times \\ 0 & \times & \times & \times & \times & \times \\ 0 & \times & \times & \times & \times & \times \\ * & 0 & 0 & * & 0 & 0 \\ 0 & \times & \times & 0 & \times & \times \\ 0 & \times & \times & 0 & \times & \times \end{bmatrix}$$

同理步驟2，(1,k) 會自動為零；且 $\Gamma_D := J^T(k, c, s)\Gamma_D J(k, c, s)$ 矩陣 D 不變。

在分散式的環境下，考慮如下做法：

- (1)CPU1 : A := CAC+SKC+CNS-SA^TS
- (2)CPU2 : K := -SAC+CKC-SNS-CA^TS
- (3)CPU3 : N := -SAS+CKS-SNC-CA^TC
- (4)CPU4 : D := D(不變)
- (5)CPU5 : S := SJ

[步驟6]

k=3時，使用 Householder (D, D₁)–orthogonal symplectic 矩陣，由(k-1,n+1)元素消去(k,n+1)元素。

$$M := M_1 := H^T(k, p)MH(k, p) := \begin{bmatrix} * & 0 & 0 & * & \times & \otimes \\ 0 & \times & \times & \times & \times & \times \\ 0 & \times & \times & 0 & \times & \times \\ * & 0 & 0 & * & 0 & 0 \\ 0 & \times & \times & 0 & \times & \times \\ 0 & \times & \times & 0 & \times & \times \end{bmatrix}$$

同理步驟1，(1,n+k) 會自動為零；且 $\Gamma_D := \Gamma_{D_1} := H^T(k, p)\Gamma_D H(k, p)$

在分散式的環境下，考慮如下做法：

- (1)CPU1 : A := P^TAP
- (2)CPU2 : K := P^TKP
- (3)CPU3 : N := P^TNP
- (4)CPU4 : D := P^TDP

(5)CPU5 : S :=SH

如此重覆 [步驟1] ~ [步驟6] 即可得到 Hamiltonian J-tridiagonal- Γ_{D_1} pencil, 即

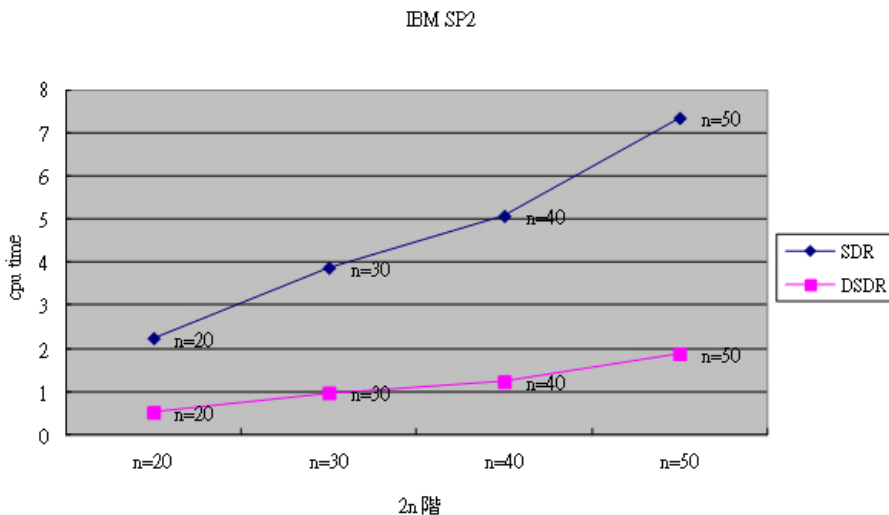
$$M_1 = \begin{bmatrix} \times & 0 & 0 & \times & \times & 0 \\ 0 & \times & 0 & \times & \times & \times \\ 0 & 0 & \times & 0 & \times & \times \\ \times & 0 & 0 & \times & 0 & 0 \\ 0 & \times & 0 & 0 & \times & 0 \\ 0 & 0 & \times & 0 & 0 & \times \end{bmatrix}; \quad \Gamma_{D_1} = \begin{bmatrix} \times & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \times & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \times & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \times & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \times & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \times \end{bmatrix}$$

第五章 結 論

本文利用國家高速電腦中心 IBM SP2 平行電腦，使用 MPI 平行語言【14】(鄭守成, 1999) 撰寫分散式 SDR 演算法；由於循列式 SDR 演算法之特質：利用 Hamiltonian 的特殊結構，使得 Hamiltonian- Γ_D pencil 在對等轉換計算下，能保證正確分割出 n 個實部為負的廣義特徵值。【11】

由於 Hamiltonian 的結構，所以循列式 SDR 演算法每一步疊代需要 $o(n)$ flops；剛開始轉換為 J-tridiagonal- Γ_D pencil 需要 $o(n^2)$ 加 $o(n^3)$ flops，而完成 updating 步驟1 ~ 步驟6 需要 $o(n^2)$ flops。但若使用 5 個 CPU 的分散式 SDR 演算法大約只需原來的四分之一 flops，可見得此 SDR 演算法非常適合分散式計算。

傳統的循列式 QZ 演算法在解決 Hamiltonian- Γ_D pencil 的問題上，容易造成所解 X 為非對稱及產生極大的誤差；至於有些使用 symplectic Jacobi-like process 的平行計算方法解決 GARE 的問題【13】，也只是理論上的平行計算方法。因為時間之因素，若能再考慮(1) 分散式 QZ 演算法(2) 分散式 SDR 演算法分別在解決廣義 Riccati 方程式上之效能差異，為吾人有興趣比較之問題，往後將加以補足，以多方探討解決廣義 Riccati 方程式之方法。



REFERENCES

1. G.S. Ammar and V. Mehrmann, on Hamiltonian and symplectic Hessenberg forms, *Linear Algebra Appl.* 149:55-72(1991)
2. A. Bunse-Gerstner and V. Mehrmann, A symplectic QR like algorithm for the solution of the real algebraic Riccati equation, *IEEE Trans. Automat. Control* AC-31(12):1104-1113(1986).
3. A Bunse-Gerstner, On the Hamiltonian-Schur decomposition of a Hamiltonian matrix, to appear..
4. R. Byers, A Hamiltonian/Jacobi algorithm, presented at SIAM Conference on Control in the '90s, May 1989.
5. J.L. Casti, *Dynamical Systems and their Applications: Linear Theory*, Academic, New York, 1977.
6. Roy O. Davies and J. J. Modi, A direct method for computing eigenproblem solution on a parallel computer, *Linear Algebra Appl.* 77:61-74(1986).
7. G.H. Golub and C.F. Van Loan, *Matrix Computations*, 2nd ed., Johns Hopkins U.P., Baltimore, 1989
8. Bunse-Gerstner, A., An algorithm for the symmetric generalized eigenvalue problem, *Lin. Alg. Appl.* 58, 43-68(1984)
9. Wonham, W.M., ON a matrix Riccati equation of stochastic control, *SIAM J. Control* 6 : 681-697(1968)
10. Paige, C., and Van Loan, C., A Schur decomposition for Hamiltonian matrices, *Lin Alg. and Appl.* 41, 11-32(1981)
11. Wen-Wei Lin & C.M. Chang, An SDR algorithm for the solution of the generalized algebraic Riccati equation, *IEEE Trans. Auto. Control*, 34 (1989), pp. 875-879.22
12. Elser, L., On some algebraic problems in connection with general eigenvalue algorithms, *Lin. Alg. and Appl.* 26, 123-138(1979)
13. W.W. Lin, A symplectic acceleration method for the solution of the algebraic Riccati equation a parallel computer, *Lin. Alg. and Appl.* 188 : 437-463(1993)
14. 鄭守成、游輝宏， ” MPI 平行計算程式設計課程講義 ” ，國家高速電腦中心，1999.11

間接循環加熱儲熱水系統熱交換動態模擬

Dynamic Simulation of Heat Transfer for Indirect Circulation Heating Water Storage Systems

朱明輝¹ 呂佳朋²
M-H, Chu¹ C-P, Lu²

1.東南科技大學 能源與冷凍空調工程系 副教授 Department of Energy Refrigeration and Air Conditioning Engineering
2.東南科技大學 機械工程系 研究生 Institute of Mechanical Engineering

摘 要

傳統強制循環式儲熱水系統雖然水量穩定但水溫不易恆定，為改善儲熱水桶水溫恆定特性維持溫度穩定，因此發展新式間接循環加熱儲熱水系統，常應用於太陽能熱水，熱泵及節能空調等冷熱水熱交換系統。本研究探討建立間接循環加熱儲熱水系統熱交換動態模型，並設計儲熱水桶水位控制系統，應用Simulink模擬儲熱水桶熱交換溫度反應，藉由控制循環熱水流量使儲熱水桶維持溫度穩定並達到節能效果。

關鍵詞：熱交換，間接循環，儲熱水系統，水位控制。

ABSTRACT

The conventional force circulation heat storage systems can provide steady water flow rate, but it is difficult to keep steady water temperature. The novel indirect circulation heating water storage systems can improve the stability of water temperature for water storage tank systems, which can be widely applied to solar energy heat water, heat pump and energy saving air conditional water heat transfer systems. In this study, the dynamic model of indirect circulation heating water storage system is investigated and built. The water level control system of water storage tank is designed, and the temperature time responses for water storage systems simulated with Simulink. The simulation results show the temperature of tank water can keep steady with energy saving effect by control the circulation heat water.

Keywords: Heat transfer, Indirect circulations, Heat water storage systems, Water level controls.

壹、簡介

太陽能熱水系統依循環動力源的設計有許多種類，近年來循環動力源的設計應用以自然循環式及強制循環式二類為大宗。(1)自然循環式 (natural-circulation)這種型式儲水箱置於收集器上方，水在收集器中受太陽輻射之加熱，溫度上升，造成收集器及儲水箱中水溫之不同，而產生密度差，因此引起浮力，使水在儲水箱及收集器中自然流動。(2)強制循環式 (force-circulation)這種熱水系統利用水泵使水在收集器與儲水箱之間循環。當收集器頂端水溫高於儲水箱底部水溫若干度時，控制裝置啟動水泵使水流動，水泵入口處裝設止回閥以防止水由收集器逆流，造成熱損失。這種型式因水泵之流量為已知，容易預測熱水系統之流量，在同樣設計條件下，較自然循環式可得較高溫度儲水。因為必須利用水泵，而有水泵電力消耗、水泵維護及控制裝置等問題。傳統強制循環式儲熱水系統雖然容易預測水量但水溫不易恆定，為改善儲熱水桶維持溫度穩定，因此發展新式間接循環加熱儲熱水系統，常應用於太陽能熱水，熱泵及節能空調等冷熱水熱交換系統。

近年來對太陽能集熱系統性能分析探討研究較多也已趨於完善[1-2]，對強制循環式儲熱水系統熱交換模式分析研究也已趨於完善[3]，也進一步建立儲熱水系統熱交換模式[3-5]。此外近年來對儲熱系統本體研究蓬勃發展[6-10]，但是對間接循環加熱儲熱水系統則較少研究，有少數間接循環加熱儲熱水系統研究集中於儲熱水系統本體研究[10-13]對間接循環加熱儲熱水系統完整建模及動態模擬研究較少。

本研究建立間接循環加熱儲熱水系統熱交換動態模型也設計儲熱水桶水位控制系統，期望藉由 Simulink 模擬儲熱水桶熱交換溫度反應，控制循環熱水流量使儲熱水桶維持溫度穩定並達到節能效果。

貳. 間接循環加熱儲熱水系統描述

間接循環加熱儲熱水系統示意圖如圖1所示。由集熱器輸出高溫水經熱交換器將熱傳至低溫水使低溫水得到熱成為溫水儲於儲熱桶。

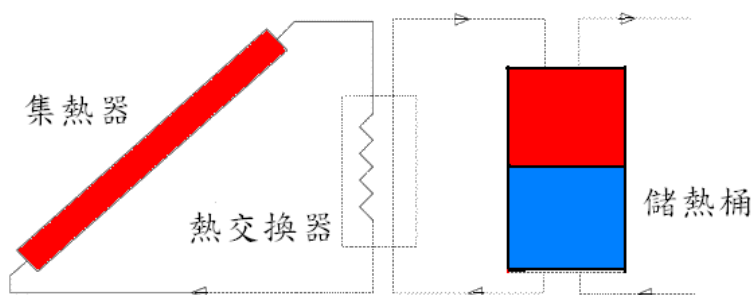


圖 1 間接循環加熱儲熱水系統示意圖

簡要間接循環加熱水系統示意圖如圖2所示，由集熱器輸出高溫循環熱水進入熱交換器，循環熱水經熱交換器將熱傳至低溫水使低溫水得到熱成為溫水儲於儲熱水桶。

圖2所示間接循環加熱水系統須具有1.水位控制系統2. 高溫循環熱水流量控制系統二組控制系統才能達成穩定溫水溫度目的。

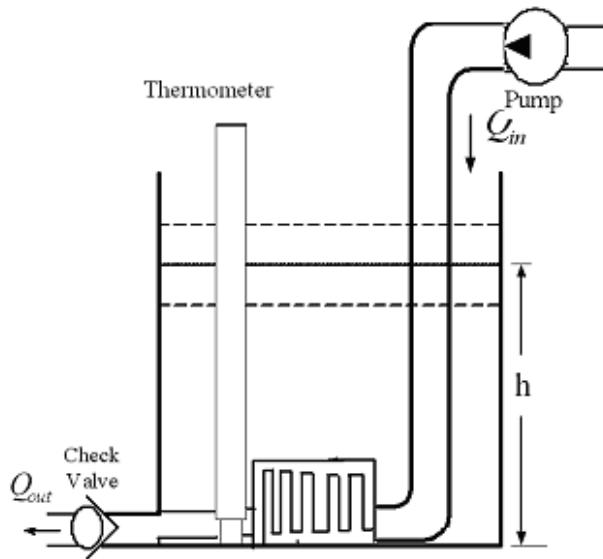


圖 2 間接循環加熱水系統示意圖

因為溫水使用端消耗的溫水量須由冷水補充端補入使得溫水槽(Tank)內的水位保持一定因此須要水位控制系統，因補入之冷水溫度為 $T_c=15^\circ\text{C}$ ，因此補入冷水流量愈大則須循環熱水流量愈大以維持溫水溫度 $T_w \approx 55^\circ\text{C}$ ，假設循環熱水入水溫度為 $T_H=60^\circ\text{C}$ ，循環熱水經過熱交換器後溫度會降低，循環熱水經過熱交換器流至出水口時溫度降為 T_{HO} ， T_{HO} 為變數隨著循環熱水熱傳至溫水的熱傳量多寡將影響 T_{HO} 。如果循環熱水與溫水的溫差越大則循環熱水熱傳至溫水的熱量越多，會使 T_{HO} 降低；反之循環熱水與溫水溫差越小則循環熱水傳至溫水的熱量越小，使 T_{HO} 升高。假設間接循環加熱水系統儲水量為20Kg，假設初始儲水溫度(初始溫水溫度) $=10^\circ\text{C}$ ；初始循環熱水出水溫度 $=25^\circ\text{C}$ ，假設循環熱水流量 $q_w=0.2\text{Kg/s}$ ，熱交換器熱交換率假設與溫差成正比即 $\dot{Q} = Kc\{(\text{循環熱水入水溫度}+\text{循環熱水出水溫度})/2-\text{儲水溫度}\}$ ，亦即 $\dot{Q} = Kc\{[(T_H+T_{HO})]/2-\text{儲水溫度}\}$ 。

參. 水位控制系統

本節設計間接循環加熱水系統水位控制，並進行水位控制模擬。圖3所示為水位控制系統示意圖，圖4所示為水位控制系統立體圖，假設水流從集水區流入水槽，集水區距水槽底為 $H=9.5\text{m}$ ，水槽初使水位為 $h_o=8\text{m}$ ，目標水位為 $h_r=5\text{m}$ ，瞬時水位為

$h(t) > h_r$ ，則水流量 $Q(\text{l/s}) = K_{in}(H-h)$ ，其中 K_{in} 為常數且 $K_{in} = 25 \frac{\text{l/s}}{\text{m}}$ 。設水泵轉速為

W ，且輸入信號電壓 $V(\text{Volts})$ 可控制水泵轉速，水泵轉速與輸入之信號電壓關係為 W

$$(\text{rpm}) = 1000 \left(\frac{\text{rpm}}{\text{Volt}} \right) V (\text{Volts})。$$

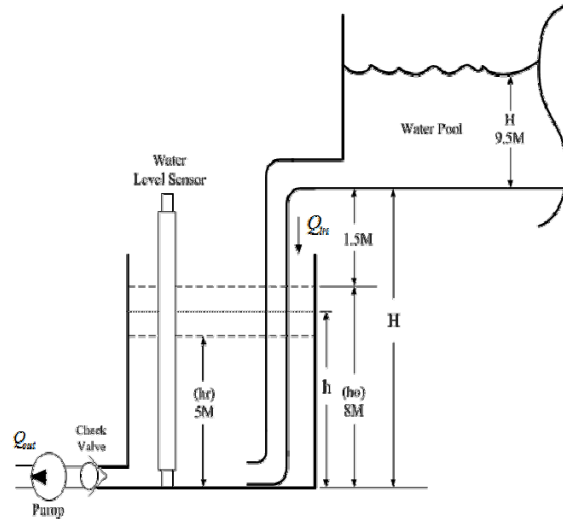


圖3水位控制系統示意圖

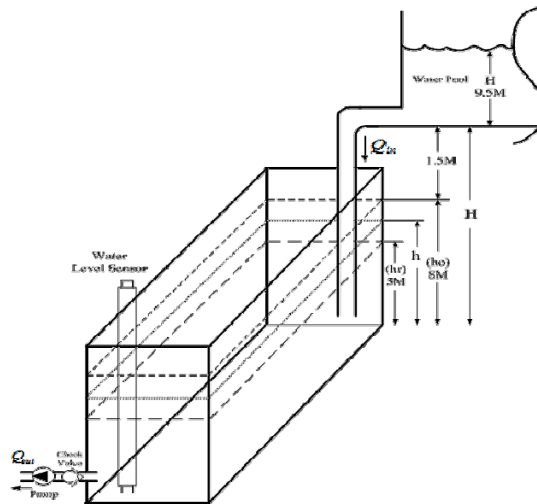


圖4水位控制系統立體圖

建立比例積分水位控制系統方塊圖如圖5所示，依據圖5建立比例積分水位控制系統 Simulink 模擬程式如圖6所示，水槽初使水位為 $h_o=8\text{m}$ ，目標水位為 $h_r=5\text{m}$ ，其中 $K_p=1$ ； $K_i=0.07$ 水位控制模擬結果如圖7所示。圖7(A)為水位降低過程時間反應，圖7(B)為水位降低過程能耗反應。

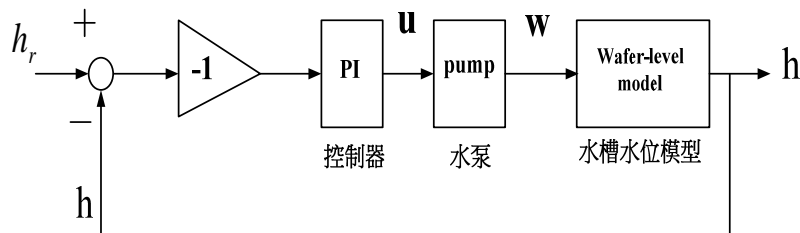


圖5 比例積分水位控制系統方塊圖

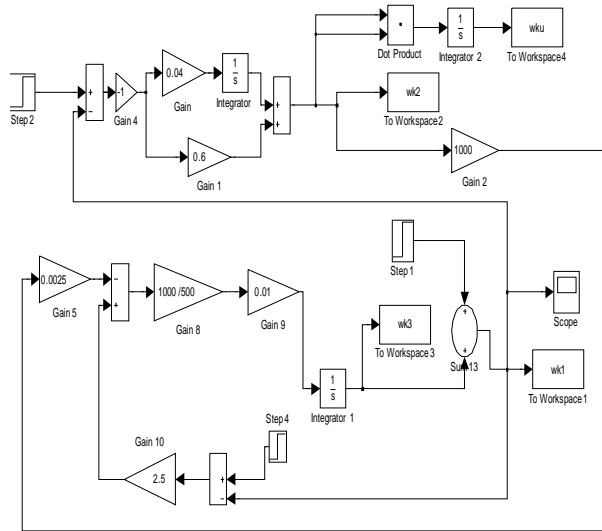
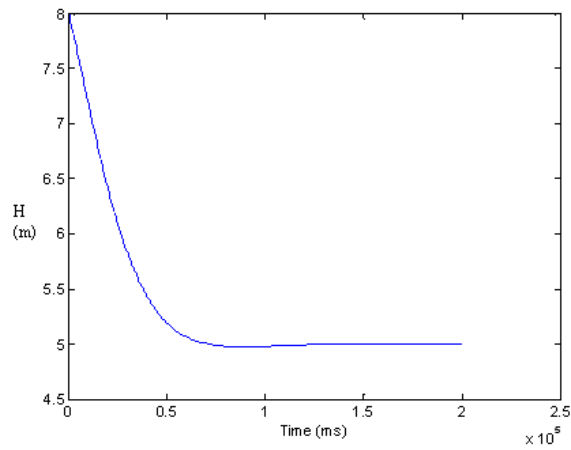
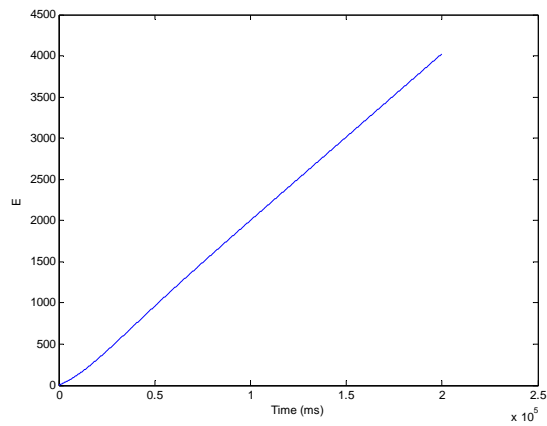


圖6建立比例積分水位控制 MATLAB Simulink 模擬程式



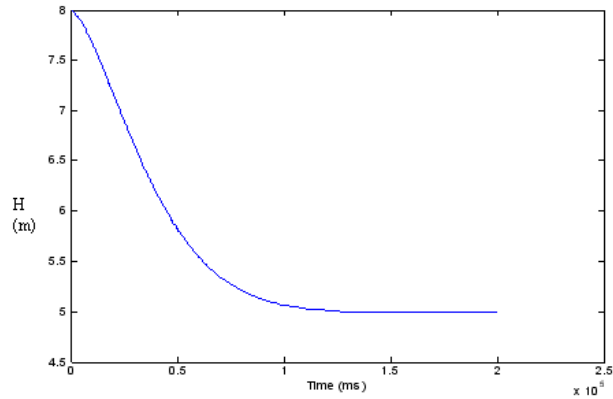
(A)水位反應



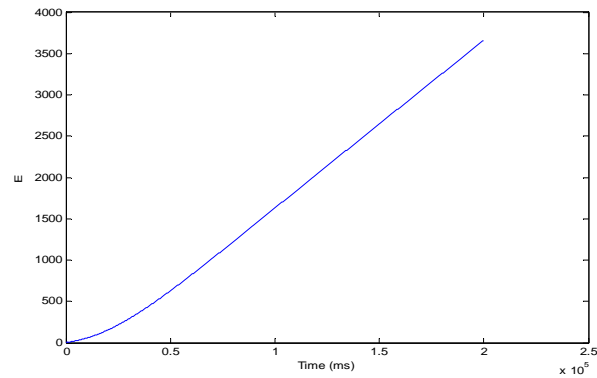
(B)能耗反應(E: Joules)

圖7 $K_p = 1$; $K_I = 0.07$ 比例積分水位控制模擬結果

當 $K_p = 0.6$; $K_I = 0.04$ 時水位控制模擬結果如圖8所示。



(A)水位反應



(B)能耗反應(E: Joules)

圖8 $K_p = 0.6$; $K_I = 0.04$ 比例積分水位控制模擬結果

圖8(A)為水位降低過程水位時間反應，圖8(B)為水位降低過程控制量能量函數反應；圖8顯示能耗較圖7小很多，圖8顯示水位反應較圖7緩慢，但尚符合水位控制須求因此選擇 $K_p = 0.6$; $K_I = 0.04$ 為水位控制參數。

肆. 間接循環加熱儲熱水系統動態模擬

間接循環加熱水系統結構如圖3假設水位已良好控制，儲水量為20Kg，假設初始儲水溫度(初始溫水溫度) $T_{wi} = 10^\circ\text{C}$ ；初始循環熱水出水溫度 $T_{hoi} = 25^\circ\text{C}$ ，假設循環熱水流量 $q_w = 0.2 \text{ Kg/s}$ ，熱交換器熱交換率假設與溫差成正比即 $\dot{Q}(\text{cal/s}) = K_c\{(\text{循環熱水入水溫度} + \text{循環熱水出水溫度})/2 - \text{儲水溫度}\}$ ，假設 $K_c(\text{cal/s}^\circ\text{C})$ 為常數，水比熱為 $C_p = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ 。補入之冷水溫度為 $T_c = 15^\circ\text{C}$ ，期望維持溫水溫度 $T_w \approx 55^\circ\text{C}$ ，假設循環熱水入水溫度為常數 $T_H = 60^\circ\text{C}$ ，循環熱水經過熱交換器流至出水口時溫度降為 T_{HO} 。水系統動態模擬首

先求 K_c 如式(1)，得 $K_c=215.4(\text{cal/s}^\circ\text{C})$ 。

$$K_c = \frac{C_p \cdot 1000 \cdot q_w \cdot (T_H - T_{HOi})}{((T_H + T_{HOi})/2) - T_{Wi}} \quad (1)$$

間接循環加熱水系統模擬假設300秒後用戶以0.3Kg/s 水流量使用溫水，Simulink 模擬程式如圖9所示模擬結果如圖10所示，300秒後用戶以0.3Kg/s 水流量使用溫水將使水溫降低，若循環熱水流量 $q_w=0.2 \text{ Kg/s}$ 保持不變，溫水溫度降至29°C，若初始0-300秒循環熱水流量 $q_w=0.2 \text{ Kg/s}$ ，300秒後用戶始以0.3Kg/s 水流量使用溫水，如使用變頻泵300秒後循環熱水流量增至 $q_w=0.6 \text{ Kg/s}$ ，模擬結果如圖11所示，溫水溫度僅降至42°C。模擬結果顯示為考慮變頻泵能耗用戶開始使用溫水時適當增載變頻泵能維持水溫但是過度要求較高溫水溫度會因循環熱水與溫水間溫差小熱傳量低造成變頻泵能耗大效率低。

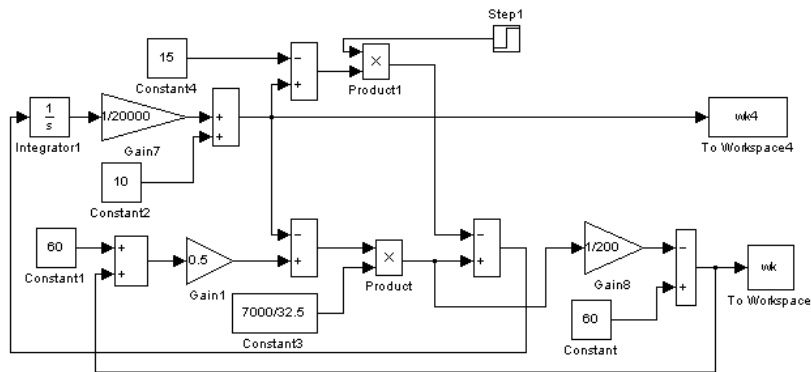


圖9間接循環加熱水系統 Simulink 模擬程式

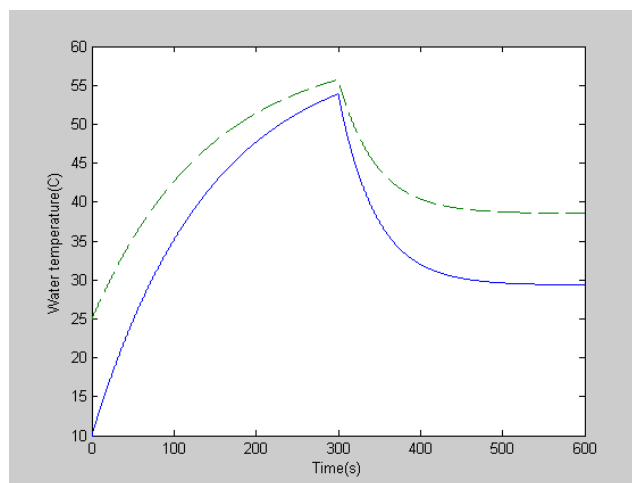


圖10間接循環加熱水系統模擬結果(T_{HO} :虛線 T_w :實線)

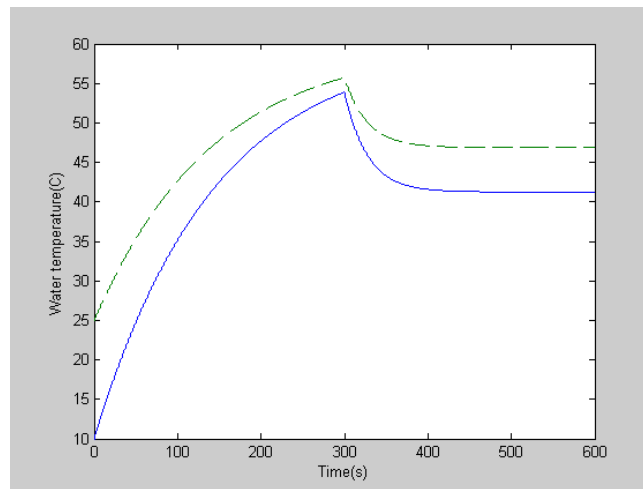


圖11間接循環加熱水系統模擬結果(THO:虛線 Tw:實線)

伍.結論

本研究建立間接循環加熱儲熱水系統熱交換 Simulink 動態模型，並設計儲熱水桶水位控制系統，應用 Simulink 模擬儲熱水桶熱交換溫度反應，藉由控制循環熱水流量使儲熱水桶維持溫度穩定。模擬結果顯示為考慮變頻泵能耗問題，用戶開始使用溫水時適當增載變頻泵能維持水溫，並達到節能效果。但是過度要求較高溫水溫度會因循環熱水與溫水間溫差小熱傳量低造成變頻泵能耗大效率低。

參考文獻

- [1] 王勝標，「太陽能集熱器的動態模式」，國立台灣大學機械工程研究所碩士論文，民76。
- [2] 李文興，「儲置式太陽能集熱系統性能實驗探討」，國立臺北科技大學冷凍空調工程系所碩士論文，民94。
- [3] 李文興，「大型強制循環式太陽能熱水系統性能分析探討」，國立臺北科技大學冷凍空調工程系所碩士論文，民94。
- [4] M. Smyth, P. C. Eames and B. Norton, "Integrated collector storage solar water heaters," *Journal of Renewab Issue 6*, Pages 503-538, December 2006.
- [5] Ch. Schmidt, A. Goetzberger and J. Schmid, "Test results and evaluation of integrated collector storage systems," *Journal of Solar Energy*, Volume 41, Issue 5, Pages 487-494, 1988.
- [6] A. A. Mohamad, "Integrated solar collector-storage tank system with thermal diode," *Journal of Solar Energy*, 2001.

- [7] D. Henderson, H. Junaidi, T. Muneer, T. Grassie and J. Currie, “Experimental and CFD investigation of an Renewable and Sustainable Energy Reviews, In Press, Corrected Proof, 2005.
- [8] M. Smyth, P. C. Eames and B. Norton,” A comparative performance rating for an integrated solar collector,” Journal of Solar Energy, Volume 66, Issue 4, Pages 291-303, 1999.
- [9] Marwa M. Hassan and Yvan Beliveau,” Design, construction and performance prediction of integrated solar collector Construction and Building Materials, In Press, Corrected Proof, 2006.
- [10] Stefan C. W. Krauter,” Development of an integrated solar home system,” Journal of Solar Energy Mater, 130, 2004.
- [11] Mousa S. Mohsen and Bilal A. Akash,” On integrated solar water heating system, “ Journal of Internation Solar Energy V.29, Issue 1, Pages 135-140, 2002.
- [12] Y. Tripanagnostopoulos and M. Souliotis,” ICS solar systems with two water tanks,” Journal of Renewab Issue 6, Pages 503-538, December 2006.
- [13] C. Dharuman, J.H. Arakeri and K. Srinivasan,“ Performance evaluation of an integrated solar water heater,”Journal of Energy and Buildings, Volume 38, Issue 3, Pages 214-219, 2006.

類神經網路應用於變冷媒流量 中央空調系統溫度控制

陳一維¹ 朱明輝² 陳宏岳³

1東南科技大學 能源與冷凍空調工程系 助理教授 通訊作者 ywchen@mail.tnu.edu.tw

2東南科技大學 能源與冷凍空調工程系 副教授 mhchu48@yahoo.com.tw

3東南科技大學 機械工程系 研究生 mark842128@hotmail.com

摘 要

中央空調系統為了達成節能功能，藉由改變壓縮機轉速改變冷媒流量，稱為變冷媒流量(VRF)中央空調系統。變冷媒流量空調系統採用交流變頻器專用馬達與壓縮機整合應用於空調系統稱為變頻空調系統。本研究建立中央空調系統溫度反應數學模型，採用模式參考類神經網路控制，應用於變冷媒流量空調系統溫度控制，設計適當參考模型可以達成變冷媒流量空調系統節能目的。本研究提出應用輸入命令與受控系統輸出誤差及誤差微分之線性組合為倒傳遞誤差項(BPE)，不須計算受控系統靈敏度(Sensitivity)，可以免於建立受控系統數學模型及模擬器(Emulator)，且加快神經鍵加權值之收斂速率。本研究以 Simulink 軟體模擬中央空調系統溫度反應，模擬結果顯示模式參考類神經網路控制可以達成良好溫度反應並達成節能目的。

關鍵詞：中央空調系統，變冷媒流量空調系統，類神經網路，節能控制。

ABSTRACT

The modern variable refrigerant flow (VRF) central air-conditioning systems can provide variable refrigerant flow by application of a varied speed compressor for energy saving. The VRF central air-conditioning systems applied the inverter driving an induction compressor to provide variable refrigerant flow by compressor speed control. This study establish dynamic model for the VRF central air-conditioning systems, and proposes the neural control with specified reference model applied to control the room temperature. The proposed neural controls apply the linear combination of error and its differential term to approximate the back propagation error (BPE). The simulation results show the proposed method is available and better than conventional PID control.

Keywords: Central air-conditioning systems, Variable refrigerant flow, Artificial neural networks, Energy-saving controls

壹、簡介

中央空調系統為了達成節能功能，藉由改變壓縮機轉速改變冷媒流量，稱為變冷媒流量(VRF)中央空調系統。變冷媒流量空調系統發展初期採用交流變頻器專用馬達與壓縮機有效整合應用於空調系統稱為變頻空調系統。空調系統發展初期採用交流變頻壓縮機應用於空調系統稱為交流變頻空調系統，藉由改變壓縮機轉速改變冷媒流量，在低載環境下可以降低交流壓縮機轉速，達成節能功能。空調系統使用交流變頻器、交流變頻器專用馬達與壓縮機有效整合應用於空調系統，稱為交流變頻空調系統。空調系統變頻器專用馬達的設計主要是在使用多頻率驅動下，亦能展現出它最理想的特性。變頻專用馬達有獨立冷卻風扇系統來降低馬達溫度。使它在廣寬速度範圍內操作下卻沒有過熱的虞慮，但是變頻器專用馬達設計困難使製造成本增高。一個標準的馬達經由變頻器驅動所產生的動力會比原先的少一些。空調系統變頻器專用馬達當它使用在低轉速的範圍時，冷卻的效果會惡化，然後馬達溫度上升增加，所以在低轉速範圍操作是必須減少負載轉矩。交流變頻空調系統經由交流變頻器驅動交流壓縮機使用在低轉速的範圍時，馬達溫度上升造成動力效率降低，節能效果降低。另一種方法則是應用交流伺服(AC Servo)技術，馬達的轉子是永久磁鐵。使用變頻伺服驅動器，驅動方式是類似步進馬達是利用切換磁場線圈相位，讓旋轉磁場慢慢隨著轉子的速度增加速度，且讓轉子磁向量與定子磁向量隨時保持正交90度，這種方法可以獲得適當轉矩與速度。由於使用變頻伺服技術，讓同步機的特性很像直流馬達，所以又稱為直流變頻馬達或直流無刷馬達，所以在市面上可以看到 DC 變頻冷暖氣機，另外因沒有碳刷接觸，也較不會故障，再者，因無碳刷所以轉子無需繞線，故容量可以增加。在低速度範圍中需要100%延伸轉矩則需要使用直流無刷馬達與壓縮機有效整合應用於空調系統。

傳統空調系統使用 PID 控制進行室內溫度控制，但是變冷媒流量(VRF)空調系統具有非線性與變動負載等特性需要，因此傳統 PID 控制不但不易調整參數且無適應性，不適合於現代直流變頻空調系統須求，為了有效控制直流壓縮機應用於空調系統，本研究採用特定學習架構之直接類神經網路控制應用於變冷媒流量(VRF)中央空調系統，進行室內溫度控制。目的除了有效進行室內溫控外，預期節能效果優於交流變頻空調系統。

近年採用特定學習架構之直接類神經網路控制應用於變頻空調系統，大多進行直流壓縮機轉速控制並未完成溫度控制[1-3]，即使壓縮機轉速控制採用類神經網路控制，系統之溫度控制仍採傳統 PID 控制，本研究則採用類神經網路控制應用於直流節能空調系統溫度控制，並進一步改善直流變頻空調系統節能效果。一般利用多層類神經網路控制器進行直流馬達速度控制大多使用間接類神經網路適應控制，使用此種控制架構必須設計離線或線上類神經網路判別器[4-7]，而判別器必須預先進行離線訓練，系統複雜設計不易，且增加了 CPU 運算時間。在直接類神經網路控制器發展方面 Zhang 及 Sen 於1995年[8]提出單隱藏層類神經網路線上學習型適應控制器，簡化系統靈敏度計算，只取其正負號，以誤差倒傳遞作線上訓練，他們以模擬船舶航行控制，證明其方法可應用於低反應性之非線性系統，控制器對干擾有良好的適應性；但是，其收斂速率較慢。Lin 及 Wai[9]根據 Zhang 及 Sen 之方法，提出誤差適應法則，省略靈敏度之運算，以線上量得之誤差及誤差微分之線性和近似倒傳遞之誤差項，應用於特定學習架構之誤差倒傳遞類神經網路(BPN)，作為永磁同步伺服馬達速度及位移控制之模型參考適應控制器，並以 PID 控制器補償後之系統動態模型為參考模型，經模擬及

實驗證明以參考模型結合類神經網路控制高反應系統，亦可以得到良好之收斂性。Lin 等人[10] 並提出證明，將誤差適應法則應用於誤差倒傳遞類神經網路，只要適當調整學習速率，其線上訓練結果為收斂。但上述方法仍需建立系統動態模型做為參考模型，其適應控制器為比例積分微分與類神經網路混合型控制器。Chu 等人[11-13]提出誤差適應法則應用於誤差倒傳遞類神經網路，進一步改善多層類神經網路控制收斂性，只要適當調整學習速率，可以改善線上訓練收斂速率。

本研究採用誤差適應法則應用於直接類神經網路控制，不須設計離線或線上類神經網路判別器節省 CPU 運算時間，以參考模型輸出與控制系統輸出之誤差進行誤差倒傳遞之線上訓練。可以免於建立數學模型及鑑別系統參數，且可以加快神經鍵權重值之收斂速率，並以數值模擬研究中央空調系統在特定冷房空間中溫控特性及節能效能。

貳、變冷媒流量中央空調系統溫度控制

2.1 變冷媒流量中央空調系統描述

變冷媒流量中央空調系統如圖 1 所示，其核心結構組成分別為變頻壓縮機、冷凝器、電子膨脹閥與蒸發器等。中央空調系統藉由低溫水進行熱傳遞，水經過蒸發器降溫 4-5 度成為低溫冰水，中央空調系統主機又稱為冰水主機其冷媒冷凍循環如圖 2 所示。

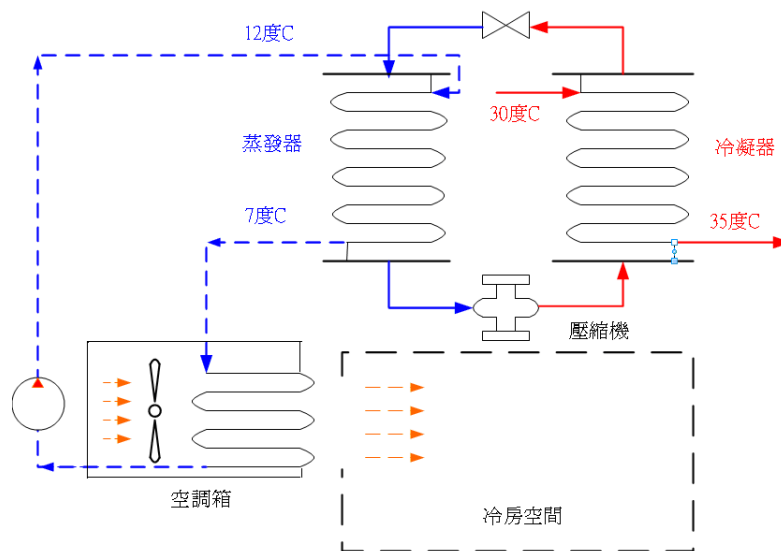


圖 1 變冷媒流量中央空調系統圖

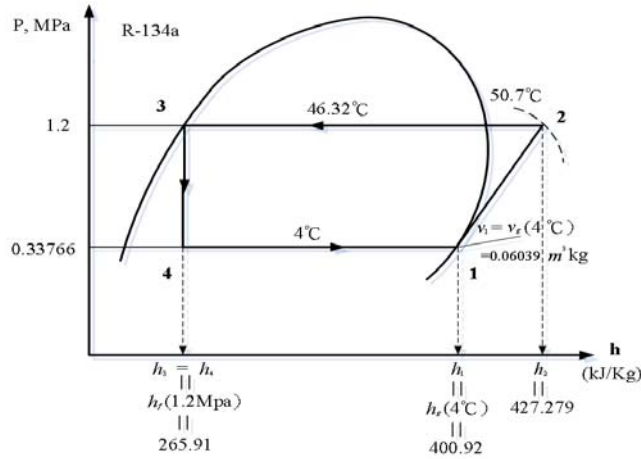


圖 2 R-134a 冷媒冷凍循環壓焓圖

圖 2 所示冷媒冷凍循環壓焓圖，冷媒冷凍循環過程 1-2 為冷媒從飽和蒸汽狀態壓力為 0.3376 MPa 沿著等熵線進行等熵壓縮增加冷媒蒸汽壓力至 1.2MPa；到冷凝器壓力的過程 2-3 為 0.3376 MPa 等壓過熱回降與凝結，此過程在壓力焓圖上為水平線；過程 3-4 假設冷媒膨脹節流過程為等焓，故此過程在壓力焓圖上顯示為垂直線，由冷媒蒸汽壓力 1.2MPa 降至 0.3376 MPa，過程 4 -1 由 265.91 KJ/kg 至 400.92 KJ/kg 為冷媒蒸發吸熱過程，帶走房間熱使房間溫度降低，假設冷媒蒸汽通過蒸發器時為等壓的狀態，故此過程在壓力焓圖上為水平線。工作流體為 HFC-134a 冷媒，建立中央空調系統物理模型假設有一特定空間為長 10M，寬 20M，高 3M 的房間容積為 600 m³。室外外氣溫度為 38°C，室內溫度初始值為 36°C，假設空氣密度為 1.1274 Kg/m³，空氣比熱為 0.117 (cal/g°C)，因外氣溫度高於室內溫度，室外傳至室內的熱為 \dot{Q}_{in} ，設 $\dot{Q}_{in} = 1000(\text{室外溫度}-\text{室內溫度})$ (Joules/s)。假設壓縮機轉速與冷媒流量關係如下：設控制器增加單位輸出時(u = 1)，壓縮機轉速增加 100 rpm 對應增加冷媒循環增加量為 0.3lbm/s = 0.14(Kgm/s)，壓縮機轉速為 1500 rpm 時冷媒流量為 3.05 lbm/s；壓縮機轉速為 1000 rpm 時冷媒流量為 1.55 lbm/s；壓縮機轉速為 500 rpm 時冷媒流量為 0.05 lbm/s。高溫高壓過熱狀態之冷媒進入冷凝器後，將熱傳給冷卻水而凝結成高壓中溫之液態冷媒。設循環水初始溫度 12°C 經過蒸發器產生 7°C 的冰水供應負載端使用。

2.2 中央空調系統 PID 溫度控制

PID 控制器應用於變冷媒流量(VRF)中央空調系統溫度控制為了有效使中央空調系統達成良好溫控效果，本研究先採用常用 PID 控制系統進行中央空調系統溫度控制。溫度控制方塊圖如圖 3 所示。 T_{comm} 為溫度命令， T_s 是圍繞室內溫度，使用一個傳統比例積分微分控制器去控制室內溫度。圖 3 之紅色線框內所示。 ω_r 為轉速命令， ω 為馬達輸出轉速，使用一個傳統比例積分微分控制器去控制直流壓縮機系統。

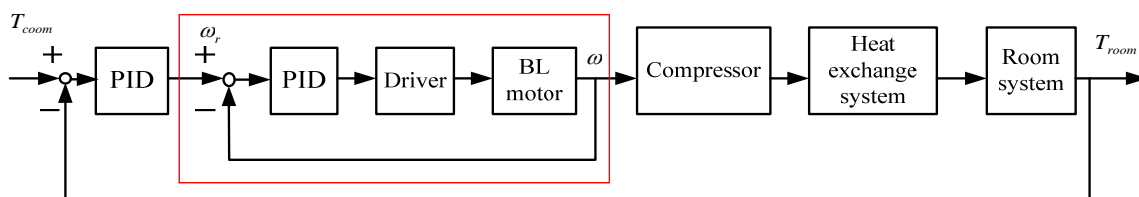


圖3.變冷媒流量空調系統溫度控制

空氣比熱如式(1)：

$$\text{空氣比熱} = 0.117 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \times 4.1868 (\text{J/cal}) = 0.4898 (\text{J/g}^\circ\text{C}) \quad (1)$$

冷凍循環每公斤冷媒經過蒸發器可帶走熱為

$$h_4 - h_1 = 400.92 \text{ kJ/kg} - 265.91 \text{ kJ/kg} = 135 \text{ kJ/kg} \quad (2)$$

設比例積分控制器增加單位輸出時($u=1$)，壓縮機轉速增加 100 rpm 對應增加冷媒循環增加量為 $1 \text{ lbm/s} = 0.136 (\text{Kgm/s})$

如空調系統帶走室內熱為 $Q(\text{Joules})$ 室內容積為 600 m^3 則室溫降低 T_d 為

$$T_d = \frac{Q(\text{J})}{\text{容積}(\text{m}^3) \times \text{空氣密度} \left(\frac{\text{Kg m}}{\text{m}^3} \right) \times 1000 \left(\frac{\text{g}}{\text{Kg}} \right) \times \text{空氣比熱} \left(\frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \right)} \quad (3)$$

$$T_d = \frac{Q(\text{J})}{600 \times 1.1274 \times 1000 \times 0.117 \times 4.1868} \quad (4)$$

參、類神經網路控制

類神經網路控制，其結構如圖4所示，其類神經網路為三層結構，含輸入層(以下標 i 表示節點數)、隱藏層(以下標 j 表示節點數)及輸出層(以下標 k 表示節點數)，輸入層須將輸入信號正規化如圖4所示，將輸入信號正規化至-1與+1之間，輸出層及隱藏層節點之轉移函數設計為雙曲正切函數，對於隱藏層節點 j 之輸入為：

$$\text{net}_j = \sum (W_{ji} \cdot O_i) + \theta_j \quad i = 1, 2, \dots, I, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (5)$$

節點 j 之輸出為

$$O_j = f(\text{net}_j) = \tanh(\beta \cdot \text{net}_j) \quad (6)$$

其中 $\beta > 0$ 。同理輸出層節點 k 之輸入為

$$\text{net}_k = \sum (W_{kj} \cdot O_j) + \theta_k \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (7)$$

節點 k 之輸出為

$$O_k = f(\text{net}_k) = \tanh(\beta \cdot \text{net}_k) \quad (8)$$

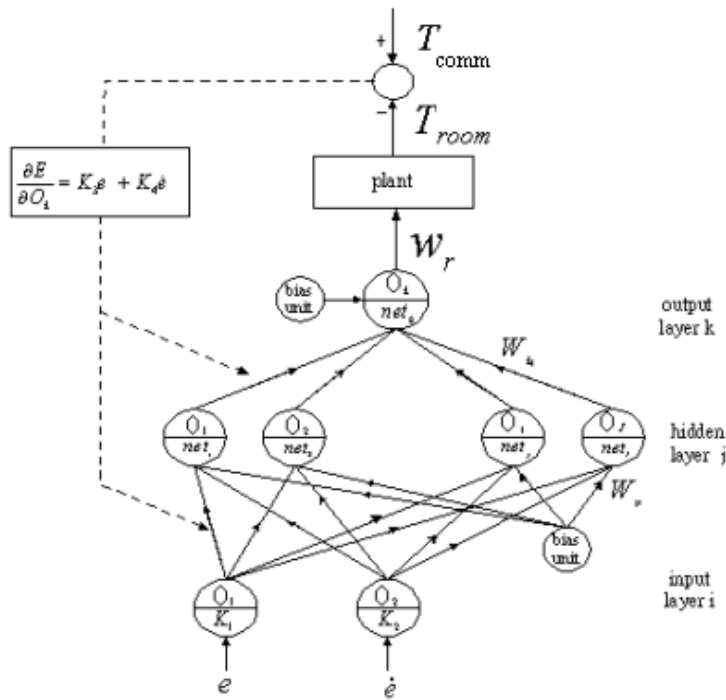


圖4類神經網路結構

(5)式,(7)式中 W_{ji} 及 W_{kj} 分別代表輸入層與隱藏層之間的神經鍵權重值，以及隱藏層與輸出層之間的神經鍵權重值； θ_j 及 θ_k 分別表示隱藏層及輸出層的偏權值。

對於單一輸入單一輸出之受控系統輸出層節點 k 之輸出 O_k 即為輸入受控系統之輸入量 u_p ，對於第 N 次取樣時間之誤差函數定義為：

$$E_N = \frac{1}{2}(T_{rN} - T_{room N})^2 = \frac{1}{2}e_N^2 \tag{9}$$

其中 X_N 及 X_{pN} 分別代表在第 N 次取樣時間下參考輸出及受控系統之真實輸出，在第 N 次至 $N+1$ 次之神經鍵權重矩陣更新為：

$$\Delta W_N = W_{N+1} - W_N = \alpha \cdot \Delta W_{N-1} - \eta \frac{\partial E_N}{\partial W_N} \tag{10}$$

其中 η 代表學習速率， α 為慣性常數。因此，輸出層及隱藏層之間神經鍵權重值對誤差函數之導數為

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial W_{kj}} = \delta_k O_j \tag{11}$$

其中定義

$$\begin{aligned}
 \delta_k &= \frac{\partial E}{\partial net_k} \\
 &= \sum_n \frac{\partial E}{\partial X_p} \frac{\partial X_p}{\partial u_p} \frac{\partial u_p}{\partial O_n} \frac{\partial O_n}{\partial net_k} = \sum_n \frac{\partial E}{\partial O_n} \frac{\partial O_n}{\partial net_k} \\
 &= \sum_n \frac{\partial E}{\partial O_n} \beta(1 - (O_k)^2), \quad n = 1, 2, \dots, K
 \end{aligned} \tag{12}$$

其中 $\partial X_p / \partial u_p$ 為受控系統之靈敏度，由於系統的不確定性，使靈敏度計算困難，然而對單一輸入單一輸出控制系統控制量只有一個時，根據誤差適應法則，可以將類神經網路之輸出對誤差函數之導數近似為誤差及誤差微分之線性和，即

$$\frac{\partial E}{\partial O_k} = K_3 e + K_4 \frac{de}{dt} \tag{13}$$

其中 K_3, K_4 為大於0之常數。同理，輸入層與隱藏層間神經鍵權值對誤差函數導數為

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ji}} = \frac{\partial E}{\partial net_j} \frac{\partial net_j}{\partial W_{ji}} = \delta_j O_i \tag{14}$$

其中

$$\delta_j = \frac{\partial E}{\partial net_j} = \sum_m \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial O_m} \frac{\partial O_m}{\partial net_j} \tag{15}$$

輸出層與隱層以及輸入層與隱藏層之第 N 次權值變量與前一次權值變量定義為殘留慣量項(Momentum term)之關係分別如下：

$$\begin{aligned}
 \Delta W_{kj,N} &= -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{kj,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1} \\
 &= -\eta \delta_k O_j + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1}
 \end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta W_{ji,N} &= -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{ji,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1} \\
 &= -\eta \delta_j O_i + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1}
 \end{aligned} \tag{17}$$

其中， η 及 α 分別為學習速率及慣量項係數， δ_j 及 δ_k 分別由式(15)及(12)所求得，神經鍵權值矩陣由在第 N 次至 $N+1$ 次之更新為：

$$W_{kj,N+1} = W_{kj,N} + \Delta W_{kj,N} \quad (18)$$

$$W_{ji,N+1} = W_{ji,N} + \Delta W_{ji,N} \quad (19)$$

為了有效使直流變頻空調系統達成良好溫控效果，本研究採用接類神經網路控制應用於空調系統室溫控制。類神經網路控制應用於直流節能空調系統溫度控制如圖5所示，是應用一個神經網路控制器控制室內溫度。使室溫追隨參考模型(Reference model)輸出反應，單一輸入單一輸出控制系統，控制量只有一個時，為進行誤差倒傳遞演算，可以將類神經網路之輸出對誤差函數之微分導數近似為誤差及誤差微分之線性和，設計參考模型為於特定冷房空間下良好調整 PID 控制應用於室溫控制時之溫度反應，適當設計轉移函數可以達成節能效果。

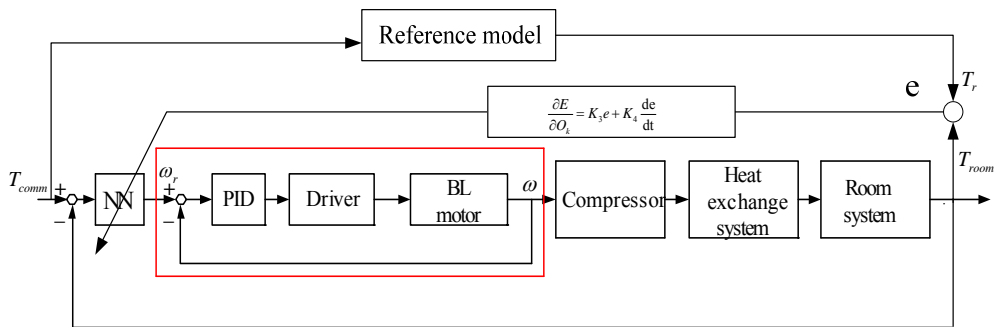


圖5 類神經網路應用於空調系統溫度控制方塊圖

肆、模擬結果

交流空調改變的是壓縮機的供電頻率，從而改變壓縮機工作速度。應用 MATLAB Simulink 程式模擬 PI 控制及類神經網路控制於變冷媒流量空調系統溫度反應。

4.1 PI 控制動態模擬

冷媒降低壓力再進入蒸發器後與循環水產生熱交換作用，模擬假設循環水初始溫度 12°C 經過蒸發器產生 7°C 的冰水供應負載端使用，室內暖空氣熱傳至冰水使冰水溫度上升至 12°C 再次進入蒸發器與冷媒產生熱交換作用。模擬假設冰水供應負載端使用，室內暖空氣熱傳至冰水使冰水溫度上升為無損失熱傳過程且冰水流量自動隨冷媒流量調節，依循圖4.3所示冷媒冷凍循環過程，過程4→1工作點不變；冷卻水經冷凝器過程亦然，冷卻水流量自動隨冷媒流量調節保持由過程2→3工作點不變；動態模擬假設室溫自 36°C 降溫到 25°C ，模擬程式如圖6所示。

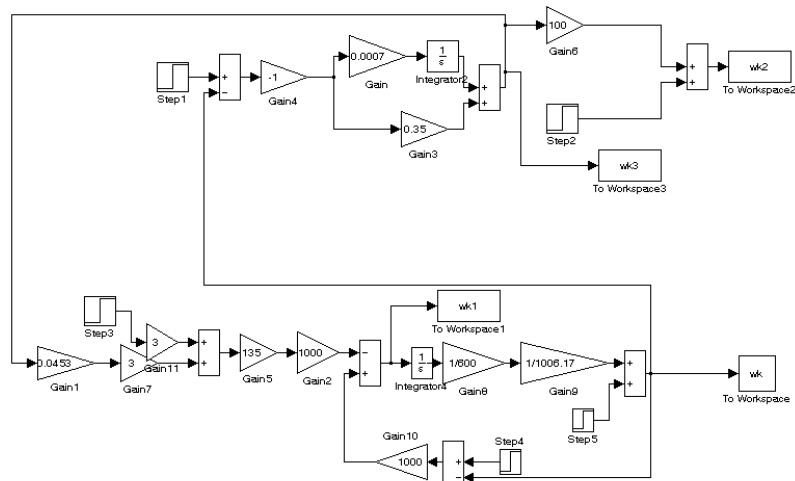
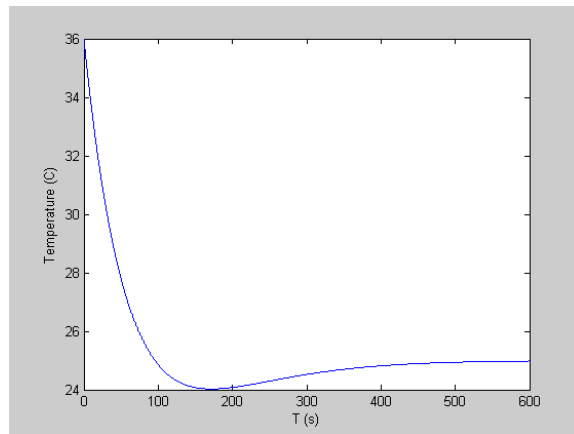
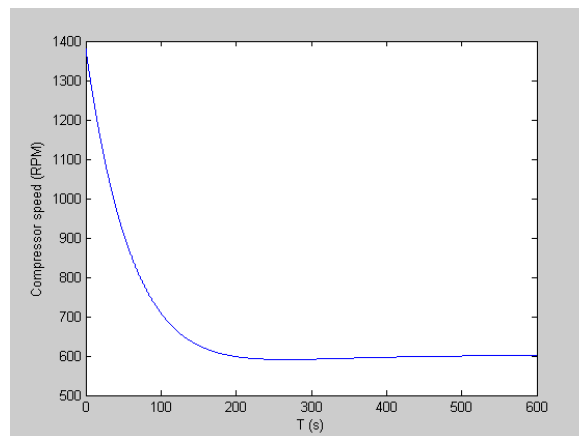


圖6中央空調系統物理模型 Simulink 模擬程式

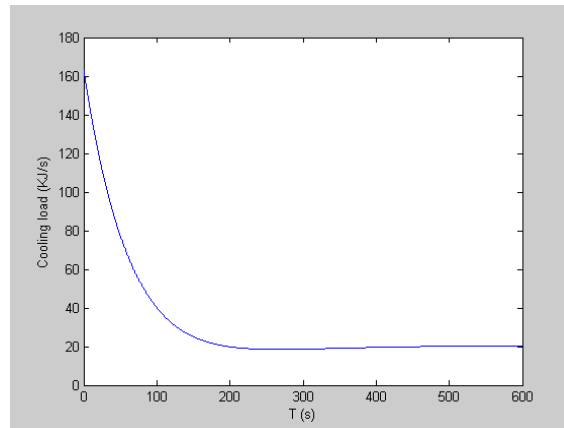
中央空調系統動態模擬假設負載空為 600 m^3 時室溫自 36°C 降溫到 25°C 反應過程進行模擬。應用PI控制器選擇 $K_P = 0.8$ ； $K_I = 0.006$ ，模擬結果如圖7所示。



(a) 36°C 降至 25°C 反應過程



(b)壓縮機轉速



(C) 冰水機制冷反應(KJ/s)

圖 7 PI 控制 $K_p = 0.8$; $K_I = 0.006$ 室溫從 36°C 降至 25°C 反應過程

圖7冰水機制冷反應顯示穩定時壓縮機轉速為600 RPM，冷媒流量為0.16 Kgm/s，冰水機制冷為21.6KJ/s (5.6冷凍噸 (RT))。

4.2類神經網路控制控制動態模擬

類神經網路控制應用於直流節能空調系統室溫控制，是應用一個神經網路控制器控制室內溫度。使室溫追隨參考模型 (Reference model) 輸出反應。為了達成節能效果，設計適當參考模型為二階轉移函數，適當調節轉移函數使溫度反應追隨參考模型，不受空間因素影響可以達成節能效果。模擬結果如圖8是對房間室內空間體積為 600 m^3 的室內體積室內溫度反應模擬結果。圖9是對房間室內空間體積為 900 m^3 的室內體積室內溫度反應模擬結果。

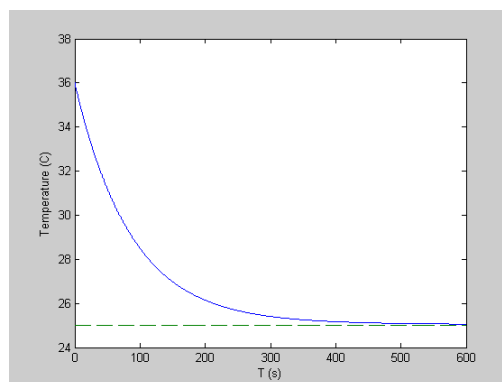


圖8類神經網路控制室內體積為 600 m^3 溫度反應模擬結果

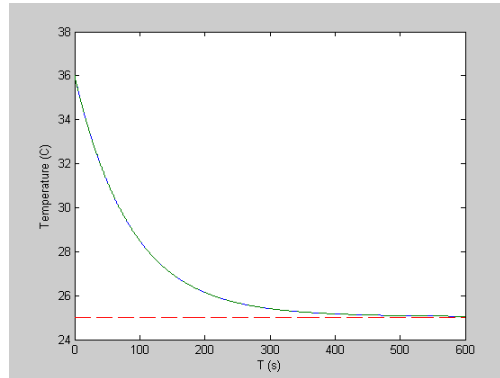


圖9神經網路控制室內體積為 900 m^3 溫度反應模擬結果

伍、結論

本研究採用模式參考類神經網路控制應用於變冷媒流量中央空調系統溫度控制。本研究於特定冷房空間，應用傳統 PID 控制於變冷媒流量空調系統室溫控制可以將室溫自 36°C 降至 25°C 達成穩定室溫控制，但是傳統 PID 控制因適當控制參數不易決定當冷房空間增大時室溫反應會過低再修正回 25°C 較為耗能，本研究提出類神經網路控制應用於同條件時即使冷房空間變化室溫反應也不會有過低現象，可以達成節能效果。

參考文獻

- [1] Ming Huei Chu, Yi Wei Chen, Zhi Wei Chen, “The Model following Neural Control Applied to Energy-saving BLDC Air Conditioner Systems”, The 2010 International Conference on Intelligent Computing for Sustainable Energy and Environment (ICSEE'10) September 17-20, 2010 (Ei)
- [2] Chien-Hsin Hsieh Zhi-Wei Chen Der-Ming Chyr Ming-Huei Chu The Direct Neural Control Applied to Energy-saving Air Conditioner Systems The 5th Asian Conference on Refrigeration and Air-conditioning Proceedings of 5th ACRA June 7-9, 2010.
- [3] Ming-Huei Chu, Yi-Wei Chen , Yuan Kang, Zhi-Wei Chen, “The Research of Sampling Frequency for A DC Servo Motor Speed Control System Based on Neural Networks”, The 6th International Conference on Natural Computation (ICNC'10), 10-12 August 2010.(Ei)
- [4] R. S. Ahmed, K. S. Rattan, and I. H. Khalifa, “Real-Time Tracking Control of A DC Motor Using A Neural Network”, IEEE Aerospace and Electronics Conference, vol. 2, pp.593-600, 1995.

- [5] M. A. Hoque, M. R. Zaman, and M.A. Rahman, "Artificial Neural Network Based Controller For Permanent Magnet DC Motor Drives" IEEE Industry Application Conference, Thirtieth IAS Annual Meeting, vol. 2, pp.1775-1780, 1995.
- [6] A. Rubaai, and R. Kotaru, "Online Identification and Control of a DC Motor Using Learning Adaptation of Neural Networks" IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 36, no. 3, June 2000.
- [7] F. M. El-Khouly, A. S. Abdel-Ghaffar, A. A. Mohammed and A. M. Sharaf, "Artificial Intelligent Speed Control Strategies for Permanent Magnet DC Motor Drives," IEEE Industry Applications Conference, IAS Annual Meeting, vol. 1, pp.379-385, 1994.
- [8] Y. Zhang, P. Sen, and G. E. Hearn, "An On-line Trained Adaptive Neural Controller," IEEE Control Systems Magazine, vol. 15, no. 5, pp. 67-75, October 1995.
- [9] F. J. Lin, and R. J. Wai, "Hybrid Controller Using Neural Network for PM Synchronous Servo Motor Drive," IEE Proceeding of Electric Power Application, vol. 145, no. 3, pp. 223-230, 1998.
- [10] F. J. Lin, R. J. Wai, and C. C. Lee, "Fuzzy Neural Network Position Controller for Ultrasonic Motor Drive Using Push-pull DC-DC Converter," IEE Proceeding of Control Theory Application., vol. 146, no. 1, pp. 99-107, January 1999.
- [11] Chu, M.-H., Kang, Y., Liu, Y.-L., Chen, Y.-W., Chang, Y.-P., 2006, "An Adaptive Control Using Multiple Neural Networks for the Variable Displacement Pump," Lecture Notes in Artificial Intelligence Vol.4031, pp. 760-769. (SCI: 0.302, Ei).
- [12] Chu, M.-H., Kang, Y., Chang, Y.-F., Liu, Y.-L., Chang, C.-W., 2005, "Model-following Controller Based on Neural Network for Variable Displacement Pump," JSME International Journal : series C 46(1), pp. 176-187. (SCI).
- [13] Kang, Y., Chu, M.-H., Chang, C.-W., Chen, Y.-W., Chen, M.-C., 2007, "The Self-Tuning Neural Speed Regulator Applied to DC Servo Motor," LNCS,2007 (SCI:0.513).

參考模式類神經網路控制法用於電動車用壓縮機之 溫度控制的探討

The Model Reference Neural Network Temperature Control for Electric Vehicle Air Conditioning Compressor

黃正光¹ 朱明輝¹ 李世傑²
Cheng-Kuang Huang¹ Ming-Hui Chu¹ Xian-Jin Lee²

¹東南科技大學 能源與冷凍空調工程系 副教授 Department of Energy Refrigerating and Air-Conditioning Engineering, TNU
²東南科技大學 機械工程系 研究生 Department of Mechanical Engineering graduate student, TNU

摘 要

空調系統是純電動車實用化的關鍵要素之一，本文探討以變頻交流電動機驅動車用空調壓縮機智慧型控制的方法。一般燃油車空調壓縮機是靠引擎帶動，轉速不固定，易受外界干擾而且熱負載會變動，空調控制方法又是以ON/OFF控制為主，設定溫度容易飄移；對電動車而言是以電動機帶動，因此本文利用變頻交流電動機驅動車用空調壓縮機，參考模式類神經控制法則來控制交流電動機的轉速，進而達到可變冷媒流量的制冷效果，經實驗結果顯示效果優於傳統的ON/OFF控制。

關鍵詞：汽車空調系統、轉速控制、可變冷媒流量、參考模式類神經控制

ABSTRACT

The air-conditioning (A/C) system is one of the key subsystems to make battery electric vehicle (BEV) practical, this paper is to investigate the intelligent control method for automobile A/C compressor driven by electric motor. Generally, fuel vehicle A/C system is driven by engine, the speed of engine is not constant, the refrigerant cycle has many disturbances from environment and load is time varying, but its control method is usually ON/OFF control, these cause setting temperature to be drifting; For BEV, it must be driven by electric motor, so we built a automobile (A/C) compressor driven by electric motor system, and control the speed of motor with model reference neural network control method, it is like varying refrigerant flow A/C system. With our experiment, intelligent method results are better than ON/OFF control.

Keywords: vehicle A/C system, speed control, varying refrigerant flow, model reference neural network control

壹、前言

車輛運輸在現代生活是不能避免的事情，因此世界各國的汽車工業都扮演國家經濟發展非常重要的項目；台灣車輛工業產值統計2011年1-6月為2,879億元[1]，佔台灣製造業總產值約4.24%，車輛工業在台灣為重要工業之一。中國大陸的汽車市場於2004年公佈「汽車工業產業政策」[2]，希望將汽車產業發展成國家經濟支柱的產業，以致許多跨國公司例如通用、福特、豐田、雷諾、福斯等等紛紛投資中國大陸的汽車市場[3]；可見汽車產業對經濟的貢獻。但是，燃油車輛已引起嚴重的環境污染及石油消耗問題，間接加速了空氣汙染、全球暖化及能源危機，因此環保節能車輛的開發已成為全球國際車廠必然趨勢，其中節能環保汽車的研究以電動汽車為主。

行政院將電動車輛研發規畫歸入六大新興產業中的一般潛力綠能產業[4]，此外四大智慧型產業中又將智慧型電動車列為其中重要發展項目[5]，說明了電動車研發的前瞻性與重要性。電動汽車可分為混合動力電動汽車(Hybrid Electric Vehicle, HEV)、可充電式混合動力電動汽車(Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV)以及電動車(Battery Electric Vehicle, BEV)三種。由於純電動車(BEV)受限於電池系統性能尚未完善，因此油電混合車是目前市場上商品化的主要產品；不過如果考慮零排放污染則應以純電動車為研發對象。

純電動車仍有許多研究課題，目前政策鼓勵朝智慧電動車關鍵零組件技術開發及產品性能提升方面去研究，例如：電池、馬達、電源管理系統、智慧電動車專用底盤開發、車用安全系統產品、LED 車燈及車載資通訊系統...等，其中空調系統也是一項重要關鍵技術。無論油電混合車或是電動車，車輛的空調系統總是會消耗整車約15-20 % 的能源[6][7]，是僅次於車輛驅動系統的耗能子系統，對於電動車的電池系統是相當耗電能的一部份。因此本文建置一電動馬達驅動車輛空調壓縮機實驗機台，並以類神經法則調變壓縮機轉速達成製冷循環中蒸發器處理空氣溫度的控制。

貳、車輛空調系統介紹

汽車空調系統對駕駛人及乘客在車輛內的舒適度息息相關，無論於行駛中或是怠速時都必須需提供舒適的冷房效果。根據中央氣象局統計台灣地區北中南氣溫大於攝氏30 度的平均天數[8]如表1所示，近十年台灣全年平均有超過三分之一的日子處於氣溫炎熱狀態，車內溫度於密閉又無空調時會高於環境溫度很多，甚至對人體產生傷害，因此空調系統是電動車輛必備的系統。

表1 台灣地區北中南氣溫大於攝氏30 度的平均天數

| 地名 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 | 合計 | 統計期間 |
|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|-----------|
| 臺北 | 0 | 0.2 | 1.1 | 6.4 | 14.6 | 23.1 | 29.8 | 29.2 | 19.8 | 7.6 | 2.2 | 0 | 134 | 1981-2010 |
| 臺中 | 0.1 | 0.5 | 2.5 | 8.5 | 19.5 | 24.8 | 29.0 | 28.4 | 26.2 | 18.2 | 4.3 | 0.2 | 162.2 | 1981-2010 |
| 臺南 | 0 | 0.8 | 4.4 | 14.0 | 24.0 | 25.6 | 28.5 | 28.0 | 26.9 | 23.0 | 5.2 | 0.3 | 180.7 | 1981-2010 |
| 高雄 | 0 | 0.4 | 3.1 | 12.2 | 22.8 | 25.1 | 28.2 | 27.1 | 26.3 | 17.1 | 3.2 | 0.2 | 165.7 | 1981-2010 |
| 臺東 | 0 | 0.3 | 1.2 | 6.8 | 16.9 | 23.7 | 28.1 | 28.2 | 23.4 | 13.0 | 1.4 | 0 | 143 | 1981-2010 |

車輛的空調系統主要包含兩個子系統：(1) 制冷迴路子系統 (refrigeration sub-system)，(2) 空氣調節子系統 (air distribution sub-system)。示意圖如圖 1：

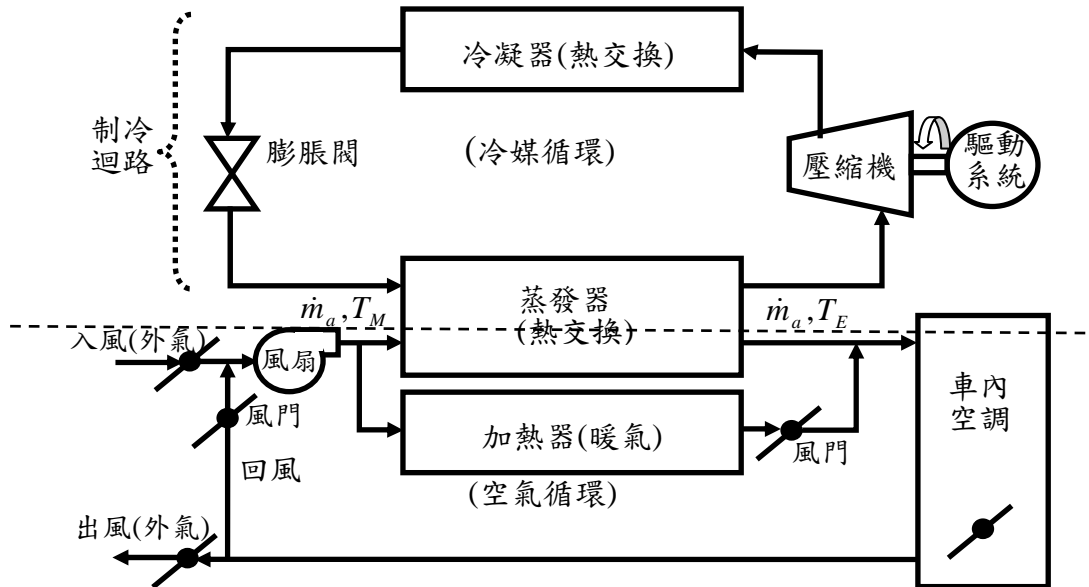


圖 1 車輛的空調系統示意圖

熱空氣由空氣調節子系統中的風扇送風，空氣通過制冷迴路中的蒸發器 (evaporator) 作熱交換將空氣的熱帶走，此時空氣成為乾冷空氣，再藉由與加熱空氣混合作舒適度的調整溫度進入車內，因此將空氣熱帶走的能力主要取決於制冷循環迴路。

由圖 1 知，假設外氣入風與回風空氣混和後進入蒸發器的空氣流量為 \dot{m}_a ，溫度為 T_M ，經過蒸發器之後的溫度為 T_E ，則由蒸發器所帶走的熱量流率為 \dot{Q}_E ，其關係式如式 (1)：

$$\dot{Q}_E = \dot{m}_a c_p (T_M - T_E) \tag{1}$$

需要帶走的熱量的速率 \dot{Q}_E 與空氣的質量流率 \dot{m}_a 及空氣的降溫量 $(T_M - T_E)$ 成正比，其中進入蒸發器的混和氣體溫度 T_M 受外氣溫度、回風溫度與控制混合比例的風門 (damper) 開度的影響，這些參數又受到傳導熱、輻射熱、外氣潛、顯熱負荷、人員生理熱與車輛空調設定等許多變數的影響。從熱力學第二定律可知要將熱由溫度低側 T_E 排到溫度高側 T_H 必須外界做功 W_E 給制冷迴路其示意圖如圖 2 所示，這也是制冷迴路會消耗驅動系統能量的主要根源。

傳統燃油車其制冷循環的過程是用引擎藉由皮帶傳動帶動壓縮機，壓縮機壓縮冷媒成高壓高溫氣體，之後經過冷凝器散熱將熱排到大氣環境中，冷媒因冷卻之後溫度降低成為高壓近乎常溫液態，然後經過膨脹閥變成低壓低溫液態，最後低壓低溫液態的冷媒經過蒸發器時與通風系統內的溫空氣做熱交換，冷媒吸熱蒸發成低壓氣態，之後回到壓縮機再次循環，其理想的冷凍循環表示在壓焓圖上表示如圖 3。

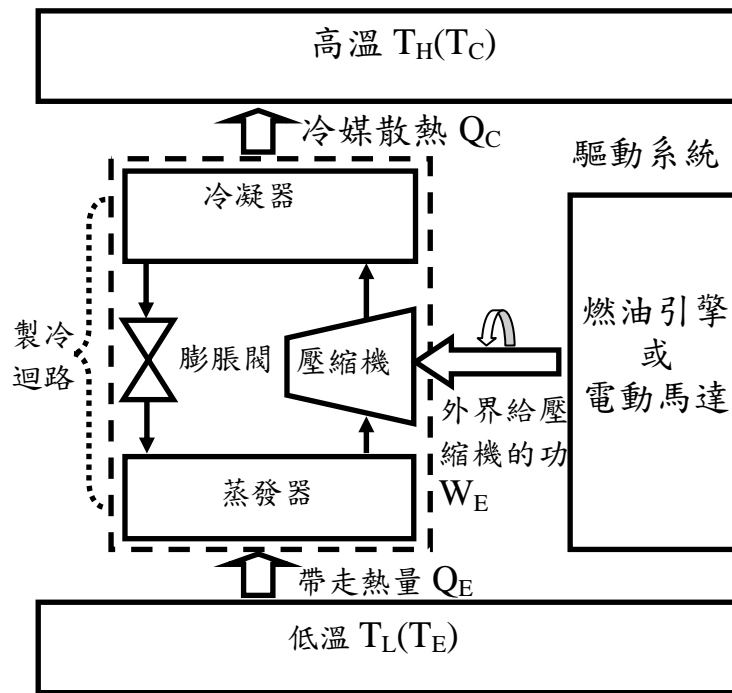


圖2 車輛的空調系統示意圖

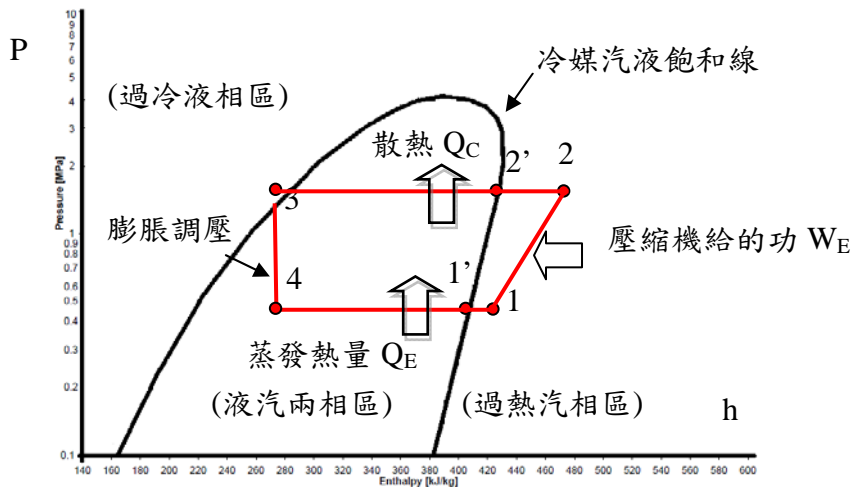


圖3.4 理想車用空調系統制冷迴路壓焓圖

Q_E 是利用冷媒蒸發相變化吸收潛熱(點4 到點1')及汽化後的冷媒過熱升溫段(點1'到點1)，其中潛熱段帶走熱量時不會升溫是制冷循環最需要的一段，其關係式如(2):

$$\dot{Q}_E = \dot{m}_r (h_{1'} - h_4) + \dot{m}_r (h_1 - h_{1'}) = \dot{m}_a c_p (T_M - T_E) \quad (2)$$

壓縮機所需輸入的功率 \dot{W}_E 如式(3):

$$\dot{W}_E = \dot{m}_r (h_2 - h_1) \quad (3)$$

因此驅動系統未發動時冷媒流量 $\dot{m}_r = 0$ ，制冷循環 $\dot{Q}_E = 0$ 無法作用；當驅動系統帶動

壓縮機使冷媒循環 $\dot{m}_r \neq 0$ ，空調系統成為驅動系統的負荷($\dot{W}_E \neq 0$)，所以燃油車在引擎怠速或轉速太慢時啟動制冷循環會導致轉速不夠，必須藉由怠速馬達(idle speed control valve, ISC valve)提速免於熄火，可見壓縮機負荷對引擎所造成的負擔不小。

冷媒循環 \dot{m}_r 與驅動壓縮機的轉速成正比，對蒸發器出口的空氣溫度 T_E 影響很大。燃油車引擎的轉速會變化，所以一般燃油車的壓縮機內部有一離合器，此離合器受到一感溫棒的控制，當 T_E 溫度到達設定值下限時，離合器會跳脫引擎的帶動停止制冷循環；若是溫度高於設定值上限時，離合器會啟動連結引擎帶動壓縮機，這樣ON-OFF的控制，溫度波動大容易有過冷過熱的現象；比較好的模式應該是冷媒流量 \dot{m}_r 要隨著變動的熱負荷提高時變快，反之亦然；由於 \dot{m}_r 正比於冷媒壓縮機的轉速 ω ，換句話說冷媒壓縮機轉速要隨著外在負荷變動而調整，因此傳統固定參數的PID回授控制性能受限，所以本文嘗試利用類神經控制法則來控制壓縮機的轉速達到溫度控制的目的。

參、參考模式類神經控制法則

本文將採用的神經網路架構是參考模式類神經控制法，其架構圖如圖4[8]，此方法的優點是某些系統參數變化時，控制系統能做適應性的調整，比傳統 PID 控制更能應付系統的不確定性(uncertainty)。

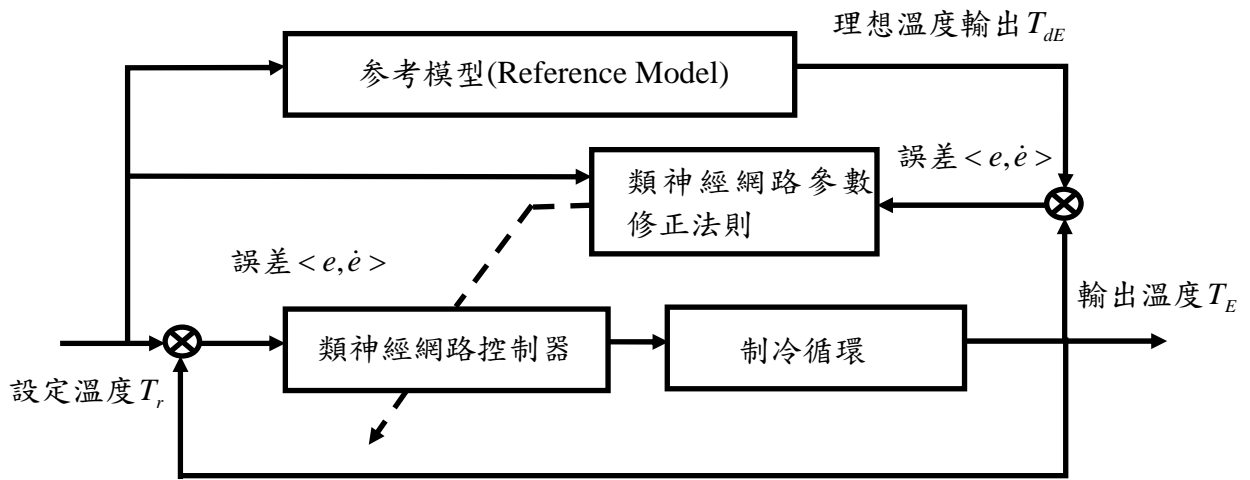


圖4 參考模式類神經控制架構圖

本文神經網路共有三層：輸入層、隱藏層及輸出層，每一層包含不同個數的神經元，每個神經元如圖5，其輸入輸出關係式如(4)(5)所示：

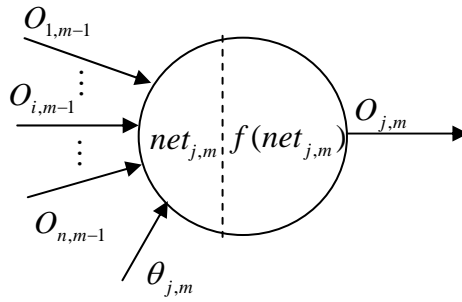


圖5 單一神經元

$$net_{j,m} = \sum_i w_{ij,m-1} \cdot O_{i,m-1} + \theta_{j,m}, \quad i = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$O_{j,m} = f(net_{j,m}) = \tanh(\beta net_{j,m}) \quad (5)$$

其中 $net_{j,m}$ 是 $m-1$ 層對第 m 層第 j 個神經元的刺激量， $w_{i,m-1}$ 為 $m-1$ 層第 i 個神經元輸出 $O_{i,m-1}$ 進入第 m 層第 j 個神經元所佔的權重， $\theta_{j,m}$ 為該神經元的偏權值(bias)； $f(net_{j,m})$ 為轉移函數(transfer function)是受到刺激後對應神經元輸出的函數，本文使用雙曲正切函數， β 是調節斜率的常數。

當輸出與輸入有誤差時必須去修正類神經網路各層權重及偏值，本文是利用誤差倒傳遞(Back Propagation)方法，對於輸出層第 k 個輸出 O_k 在第 N 次取樣時間為 O_{kN} ，此時理想的輸出為 O_{dkN} ，則定義誤差函數為：

$$E_N = \frac{1}{2} \sum_k (O_{dkN} - O_{kN})^2 = \frac{1}{2} \sum_k e_{kN}^2 \quad (6)$$

在第 N 次至 $N+1$ 次之神經元權重更新的方式如下：

$$w_{N+1} = w_N + \Delta w_N \Rightarrow \Delta w_N = \alpha \cdot \Delta w_{N+1} - \eta \frac{\partial E_N}{\partial w_N} \quad (7)$$

其中 α 代表慣性常數， η 代表學習速率。希望修正學習的方向是讓誤差函數越小越好，對於輸出層的第 k 個神經元與隱藏層第 j 個神經元權重 w_{jk} 的修正如(8)：

$$\frac{\partial E_N}{\partial w_{jkN}} = \frac{\partial E_N}{\partial e_{kN}} \cdot \frac{\partial e_{kN}}{\partial O_{kN}} \cdot \frac{\partial O_{kN}}{\partial net_{kN}} \cdot \frac{\partial net_{kN}}{\partial w_{jkN}} = -e_{kN} \cdot f'(net_{kN}) \cdot O_{jN} = \delta_{kN} \cdot O_{jN} \quad (8)$$

其中 δ_{kN} 稱為局部梯度，定義為(9)：

$$\delta_{kN} = -e_{kN} \cdot f'(net_{kN}) = -\frac{\partial E_N}{\partial e_{kN}} \cdot \frac{\partial e_{kN}}{\partial O_{kN}} \cdot \frac{\partial O_{kN}}{\partial net_{kN}} = -\frac{\partial E}{\partial net_{kN}} \quad (9)$$

若將受控系統也視為一個不可調權值與偏權值的神經網路層最末端，則

$$\frac{\partial O_{kN}}{\partial net_{kN}} = \frac{\partial y}{\partial u} = J, \quad \text{其中 } J \text{ 為系統的 Jacobi 值} \quad (10)$$

同理類推隱藏層與輸入層的權值修正：

$$\frac{\partial E_N}{\partial w_{ijN}} = \frac{\partial E_{kN}}{\partial net_{jN}} \cdot \frac{\partial net_{jN}}{\partial w_{ijN}} = \delta_{jN} \cdot O_{iN} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \delta_{jN} &= \frac{\partial E_N}{\partial O_{jN}} \cdot \frac{\partial O_{jN}}{\partial net_{jN}} = \left(\sum_k \left(\frac{\partial E_N}{\partial net_{kN}} \cdot \frac{\partial net_{kN}}{\partial O_{jN}} \right) \right) f'(net_{jN}) \\ &= f'(net_{jN}) \sum_k (e_{kN} \cdot f'(net_{kN}) \cdot w_{jkN}) \end{aligned} \quad (12)$$

求出(12)帶入(11)再代入(7)可得權值修正，餘者類推。偏權值的調整方法與神經鍵權重相同如(13)(14)

$$\theta_{N+1} = \theta_N + \Delta\theta_N \Rightarrow \Delta\theta_N = \alpha \cdot \Delta\theta_{N+1} - \eta \frac{\partial E_N}{\partial \theta_N} \quad (13)$$

$$\frac{\partial E_N}{\partial \theta_{kN}} = \frac{\partial E_N}{\partial e_{kN}} \cdot \frac{\partial e_{kN}}{\partial O_{kN}} \cdot \frac{\partial O_{kN}}{\partial net_{kN}} \cdot \frac{\partial net_{kN}}{\partial \theta_{kN}} = -e_{kN} \cdot f'(net_{kN}) = \delta_{kN} \quad (14)$$

肆、實驗結果與探討

本文實驗架構如圖6，電腦規格 CPU：Intel Core i3-2120，RAM: 4G；介面卡 MRC6810：4組12位元類比輸入，4組12位元類比輸出，1組編碼器輸入，1組數位輸入，1組數位輸出；變頻器：3相220伏特驅動，變頻範圍0.1Hz—400Hz；交流馬達：四極3相220伏特，額定功率5馬力；石英加熱器110伏特250W，制冷循環：1600CC 轎車空調壓縮機(皮帶傳動)、冷凝器，膨脹閥及蒸發器組件；冷媒：R134a；機台實體圖如圖7。作業系統：Window XP，控制程式：Matlab7.1/Simulink。

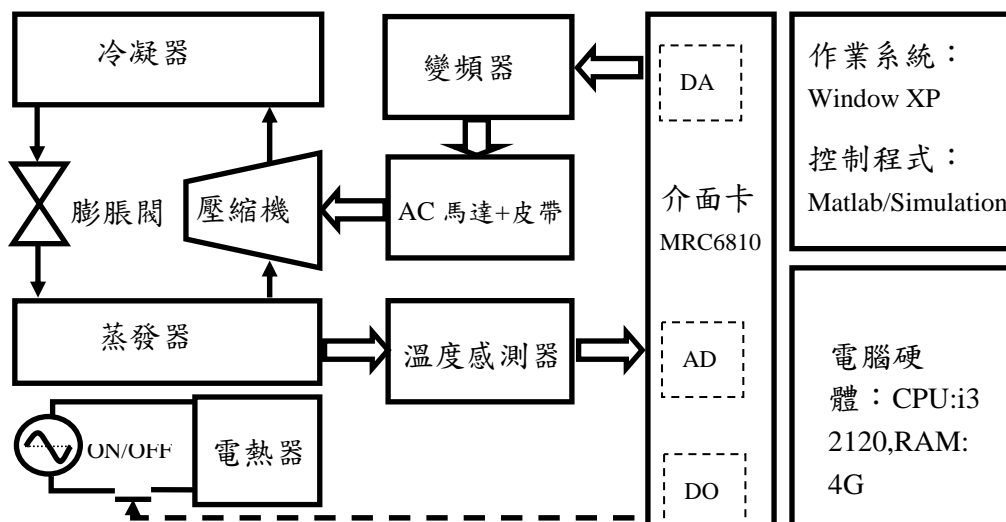


圖6 實驗架構圖



圖7 實驗機台實體圖

首先將壓縮機離合器感溫器移除，做開路實驗改變馬達轉速，當環境溫度為攝氏30度在馬達轉速840rpm 時運轉300秒量測距離蒸發器中間距離1cm 空氣溫度平均在攝氏8.6度，在1120rpm 時運轉300秒量測同點空氣溫度在攝氏4.8度，若轉速增加為1400rpm 時量測溫度為0.9度實驗結果如圖8，可見(1)轉速會影響溫度及降溫速度，(2)溫度量測有雜訊需低通濾波，(3)系統反應近似一階系統。

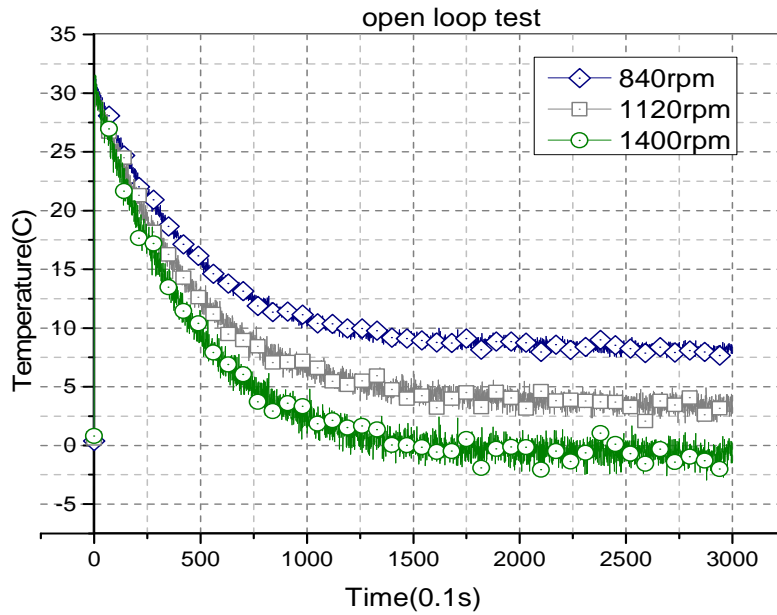


圖8 開路實驗結果

假設參考模式(Reference Model)為一 PI 閉迴路控制器控制一階系統的模式，則以如圖4的參考模式類神經控制系統來實驗系統的溫度控制響應，環境溫度為攝氏33度希望控制蒸發器附近空氣溫度至10度，系統反應如圖9，可見參考模式類神經控制器與ON/OFF 控制更能有效的控制溫度。

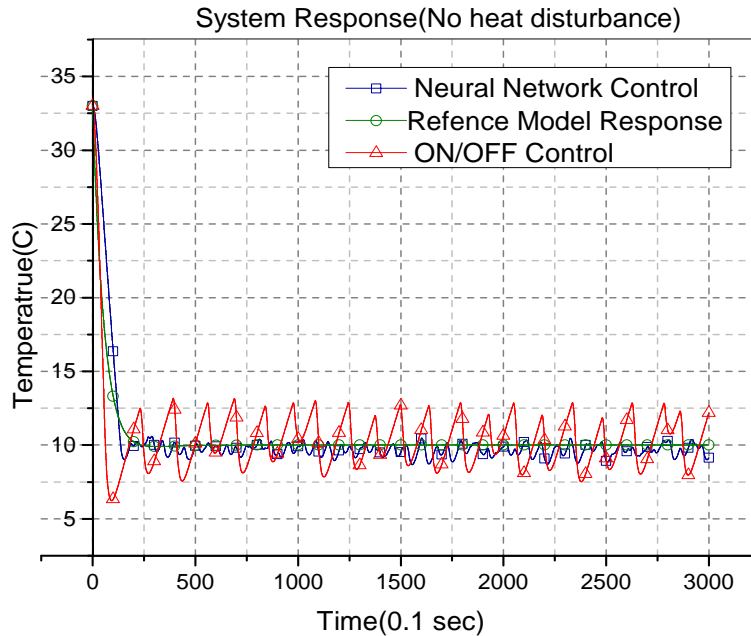


圖9 參考模式類神經控制系統的反應(無熱干擾)

重複原來實驗並在第150秒時啟動250W 加熱器給予持續熱干擾，觀察系統的反應如圖10，由圖中可看出第150秒系統溫度受到較大的干擾，但逐步修正回目標值，ON/OFF 控制振盪且設定溫度有些漂移。

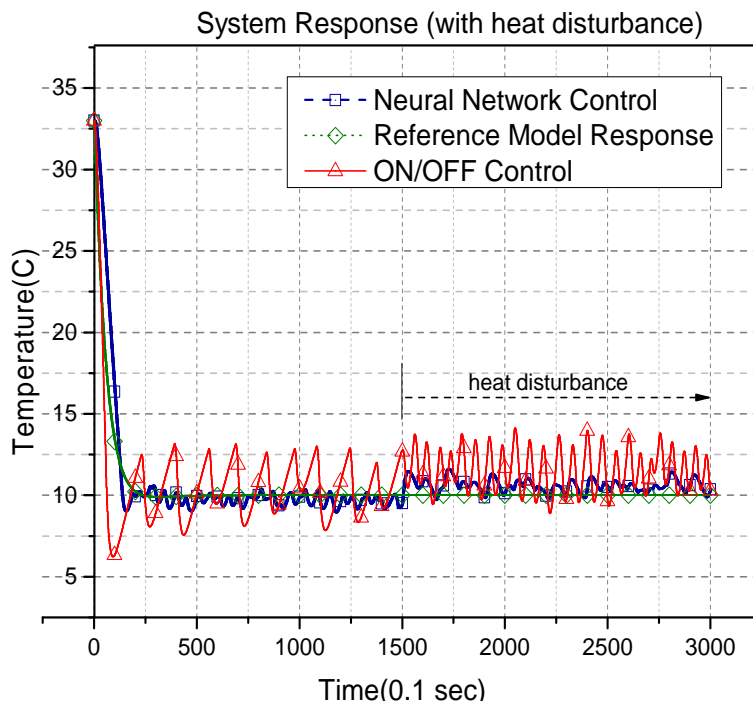


圖10 參考模式類神經控制系統的反應(在150秒時有熱干擾)

伍、結論

本文嘗試用一變頻交流馬達來驅動一車用定排量車用空調壓縮機，並用參考模式類神經控制法則來控制交流馬達的轉速，使車用空調制冷循環中蒸發器中心點附近的空氣溫度保持在設定溫度，其結果顯示智慧型控制器比傳統的 ON/OFF 控制器更能穩定地維持設定溫度。本實驗的制冷系統使用的是機械式膨脹閥，未來可更換成電子膨脹閥來配合冷媒流量的調變。

參考文獻

1. 台灣區車輛工業同業公會 <http://www.ttvma.org.tw/cht/industrial-survey.php>，2012年。
2. 中國汽車報，汽車產業發展政策，2004年6月。
3. 陳于純，外資汽車公司在中國的發展特色及管理模式，國立中山大學中國大陸研究所碩士論文，民國97年。
4. 行政院，綠色能源產業旭升方案，2009年4月。
5. 行政院，智慧電動車發展策略與行動方案，2010年4月。
6. 蕭培坤，謝建新，蔡尤溪，車輛電動空調變冷媒量控制之性能實驗分析，第十屆海峽兩岸冷凍空調學術暨技術交流會，台北市，2011年12月。
7. 盧昭暉、施駿達、林博煦、沈志秋、劉士誠，車輛電動空調系統效能之模擬研究，第十四屆車輛工程學術研討會，台灣雲林，2009年10月。
8. 中央氣象局，<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/dailyPrecipitation/dP.htm>

綠能直流電源供應器電路設計與實作

Design and Implementation of DC Power Supply Circuit for Renewable Energy

陳譽¹ 王彥凱¹ 邱偉嘉¹ 周信言¹ 丁仲韋¹ 潘敏政^{2*}

Yu Chen¹ Yan-Kai Wang¹ Wei-Jia Qiu¹ Sin-Yan Chao¹ Jhong-Wei Ding¹ Min-Cheng Pan^{2*}

¹東南科技大學 電子工程系 學生 Department of Electronic Engineering
^{2*}東南科技大學 電子工程系 教授 Department of Electronic Engineering m2pan@mail.tnu.edu.tw

摘 要

本文說明綠能直流電源供應器相關研究，電源供應器包括輸入埠、穩壓電路、電池、低壓顯示電路、輸出穩壓電路以及輸出埠。其中輸入穩壓電路經由輸入埠接收外部電力並加以降壓。電池儲存經過輸入穩壓電路降壓後的電力。低壓顯示電路並聯於電池，當電池內的電力低於一預設的電壓值時，低壓指示燈亮起。輸出穩壓電路並聯於電池以及輸出埠之間，將電池的輸出電力改變至所需的電壓，然後由輸出埠輸出。

關鍵詞：綠能直流電源供應器、穩壓電路、低壓顯示電路。

ABSTRACT

Renewable energy DC power supply includes an input port, an input voltage regulator circuit, a battery, a low-voltage display circuit, an output voltage regulator circuit, and an output port. The input voltage circuit via the input port receiving external power and the regulator circuit reducing to a required voltage is to save energy into the battery. Low display circuit coupled with the battery includes an indicator and when the battery power is lower than a pre-defined voltage value, the indicator light is switched on. Output voltage regulator circuit is coupled between the battery and the output port, the output power of the battery voltage to the required change, then the output from the output port.

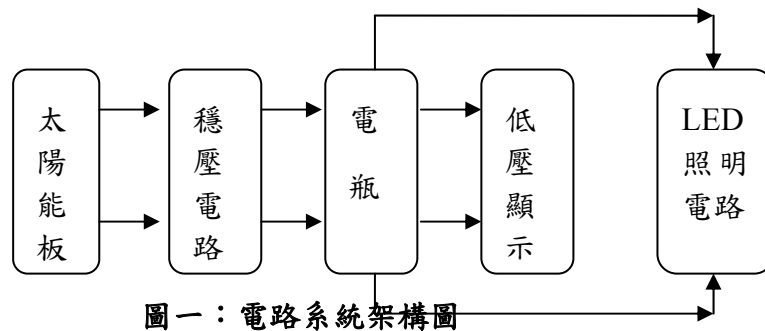
Keywords: DC Power Supply for Renewable Energy, Voltage Regulator, Circuit of Low-voltage Display.

壹、前言

傳統的供電模式是由發電廠提供電力，並藉由固定纜線將電力傳輸至家庭進行供電，有鑑於石油危機問題日漸嚴重，再加上油價居高不下。世界各國無不盡全力的開發各種新能源。此外，全球溫室效應影響日益嚴重，如何減少二氧化碳的排放量是各國極為重視的問題，因此綠能的相關產業開始蓬勃發展。廣義來說只要不會造成環境污染的能源就算是所謂的綠色能源，例如太陽能及風能。居家綠能照明電路[1-4]利用太陽能板(~40V)發電經過穩壓電路至12V 將電能儲存至電瓶，然後把低壓顯示電路與LED 照明電路分別與電瓶並聯。太陽能板相當於一個發電機，透過穩壓電路將電壓降至12V 儲存到電瓶裡，這樣就可以達到白天儲電夜間用電或需要時都可以使用 LED 照明裝置，低壓顯示電路將會告知電瓶裡的電壓是否不足(~8V)。

貳、電路設計

本電路系統架構圖如圖一：包含太陽能板、穩壓電路、電瓶、低壓顯示、LED 照明電路。



一、太陽能電池

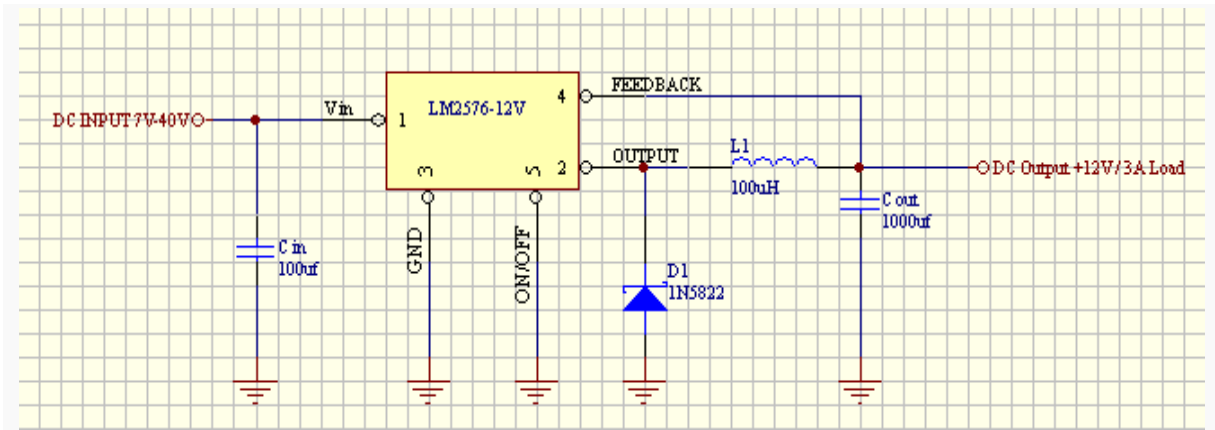
太陽電池是一種可以將能量轉換的光電元件，當太陽光照射時，光能將矽原子中的電子激發出來，而產生電子和空穴的對流，這些電子和空穴均會受到內建電位的影響，分別被 N 型及 P 型半導體吸引，而聚集在兩端。此時外部如果用電極連接起來，形成一個迴路，這就是太陽電池發電的原理。簡單的說，太陽光電的發電原理，是利用太陽電池吸收 $0.4\mu\text{m}\sim 1.1\mu\text{m}$ 波長(針對矽晶)的太陽光，將光能直接轉變成直流電能輸出的一種發電方式。

二、穩壓電路

LM2576系列是美國國家半導體公司生產的3A 電流輸出降壓開關型集成穩壓電路。LM2576系列開關穩壓集成電路的主要特性如下：

(1)最大輸出電流：3A；(2) 最高輸入電壓：LM2576為40V，LM2576HV 為60V；(3) 輸出電壓：3.3V、5V、12V、15V 和 ADJ (可調) 等可選；(4)振盪頻率：52kHz。

穩壓電路圖如圖二所示。其電路原理可參閱美國國家半導體公司網頁。



圖二：穩壓電路圖

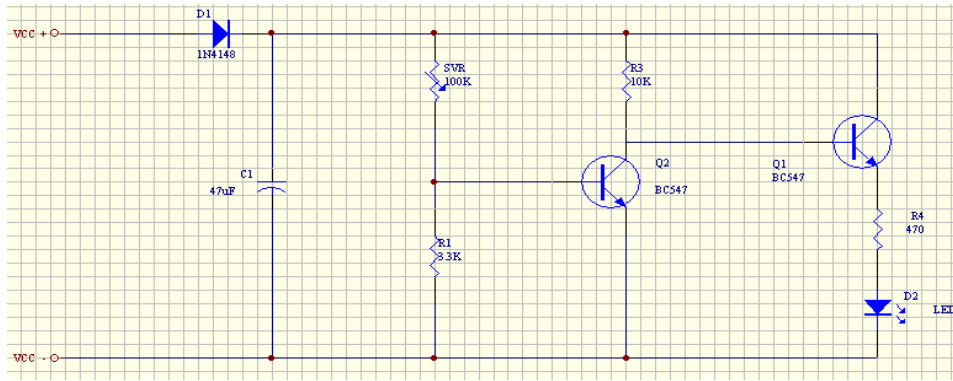
輸入穩壓電路提供穩壓及變壓的功能。因太陽能板會受日照強弱變化而影響其發電電壓，導致其發電電壓在12V~40V 之間變動。同樣的風力發電機組亦會受風力大小而影響其發電電壓。經過輸入穩壓電路的穩壓及變壓後，電壓將穩定的降至(例如)12V，而對電池進行充電。輸出穩壓電路提供穩壓及變壓的功能，視需要將電池的輸出到所需的電壓，然後經由輸出埠提供給不同的電器使用。在本裝置中，輸出穩壓電路分別採用型號7805、7812晶片。

三、電瓶

電瓶作用的原理，就是由兩個極板浸泡在電解液中，經過化學變化而產生高溫，造成電解液蒸發流失，所以必須每隔一段時間便要檢查電解液是否足夠而補充，這就是一般的加水電瓶，而在今日忙碌的工商社會，許多人經常會忘記檢查添加電解液而造成電瓶無法充電或故障，因此就有免加水電瓶的產生，其原理就是運用新材質的極板，能有效減低化學變化所產生的高溫，進而降低電解液蒸發的機會，並經由特殊設計的電瓶蓋，能使少量蒸發的電解液再度凝結回流至電瓶中，達到免加水的目的。

四、低壓顯示電路圖

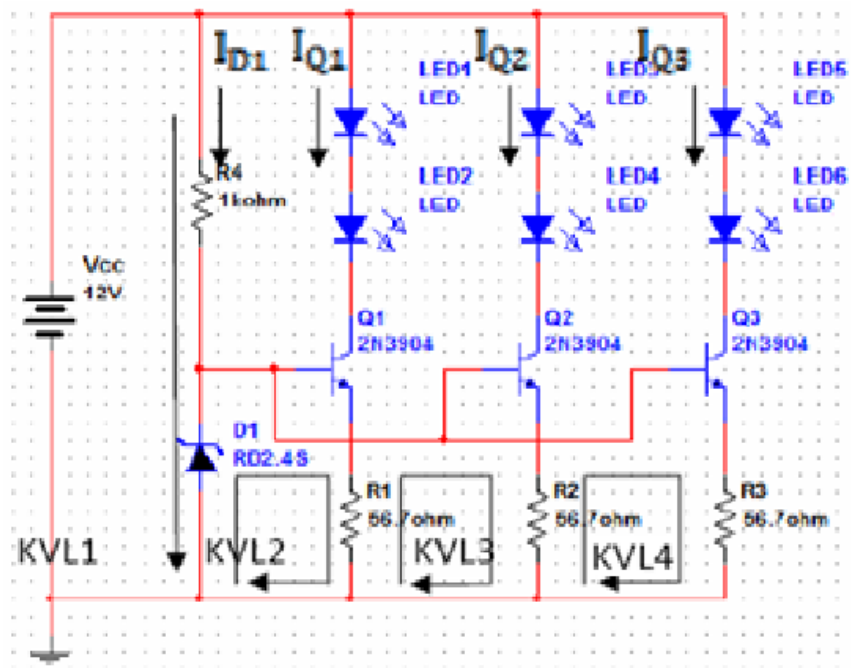
這個電路可以偵測電池的電壓，當電壓低於由可變電阻 SVR 所預設的電壓時，SVR 電阻作用保持 Q1(ON) 和 Q2(OFF) 的偏壓，並使 LED 也是 OFF 的，當電池電壓逐漸降低至所預設的電壓之下，Q1成為 OFF 的狀態，轉而使 Q2成為 ON，使 LED 亮起。可先使用一個可變電源供應器，調整希望的指示電壓，接上電路，調整由 SVR 至開始亮起或關暗的臨界值，相關測試結果如後。



圖三：低壓顯示電路圖

五、LED 照明電路

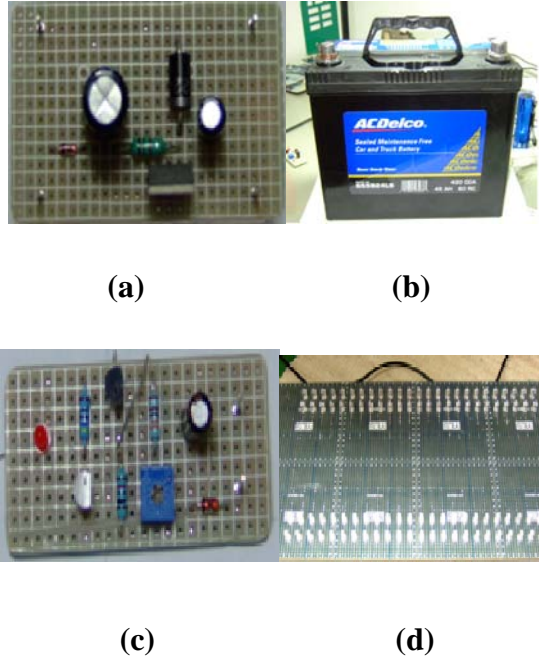
設計 LED 照明電路，是因為 LED 有著體積小、效率高、反應時間快、產品壽命較其他光源長、且不含對環境有害的汞這些優點存在。以白色 LED 為例，LED 的電路設計分為：(1)一顆 LED 配一顆電阻，(2)三顆 LED 配一顆電阻，(3)定電流設計。LED 的工作電流大小約為30mA 最為適當，此電流適合不同顏色之 LED。此外，白色 LED 切入電壓約為1.8V~2.7V。比起第一種方式使用高消耗換取安定度的方法，以及第二種方式使用低消耗，但飄動範圍大的方法，採用第三種方式設計 LED 照明電路是較好的選擇，因為在稽納二極體的穩壓影響下，即使輸入電壓有所變化，工作電流也能維持在30mA 左右，幾乎不會有什麼變化，可以保護 LED 不受電壓飄動的影響，導致 LED 被燒壞。而第一或第二種電路簡單，可適用於安裝空間狹小的狀況下。讀者可參考文獻[5, 6]更多說明與細節。



圖四：定電流設計電路圖

參、自製系統、測試與電源供應器組裝

圖五分別為(a)穩壓電路(b)電瓶(c)低壓顯示(d)LED 照明電路模組。



圖五：(a) 穩壓電路模組, (b)電瓶模組, (c) 低壓顯示模組, (d) LED 照明電路模組

一、電路測試

其中低壓顯示模組之 LED 亮/暗與電阻之關係測試如表1。

表1：LED 亮/暗與電阻之關係

| SVR(KΩ) | 臨界輸入電壓 (LED ON) | SVR(KΩ) | 臨界輸入電壓 (LED ON) |
|---------|--------------------|---------|--------------------|
| 71.2 | 15V | 44.3 | 9V |
| 66.8 | 14V | 40 | 8V |
| 62 | 13V | 32.5 | 7V |
| 57.6 | 12V | 27.9 | 6V |
| 53.5 | 11V | 22.7 | 5V |
| 48.3 | 10V | 18.4 | 4V |

表1說明可變電阻 SVR 為53.5KΩ 時，當電壓低於11V 則 LED 則發亮顯示，可變電阻

SVR 為 $40K\Omega$ 時，當電壓低於8V 則 LED 則發亮顯示,餘類推。

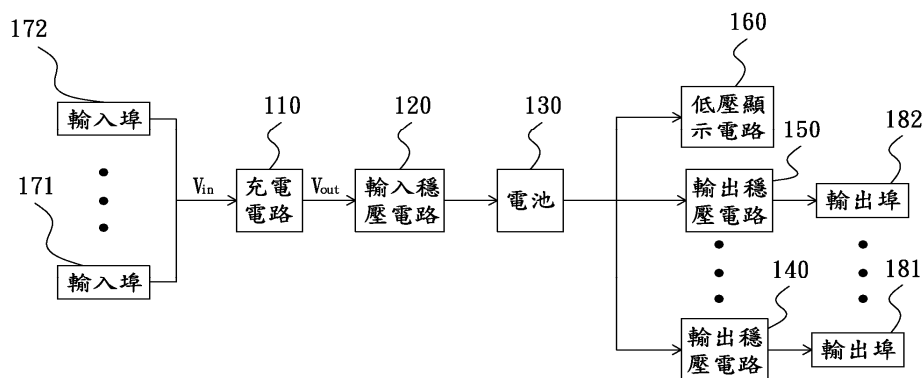
將個別測試結果結合如圖一架構即可達成居家用太陽能板 LED 照明目的，如圖六所示。



圖六：居家用太陽能板 LED 照明電路裝置

二、電源供應器組裝

圖七係本裝置之綠能直流電源供應器[7-9]的方塊圖。如圖所示，本裝置之綠能直流電源供應器包括複數個輸入埠，其可為不同或相同規格的輸入埠，用於連接外部直流發電裝置(例如太陽能板、風力發電機組等)，將外部電力經由充電電路、輸入穩壓電路，然後儲存於電池中備用。本裝置之綠能直流電源供應器同時包括複數個輸出埠，電池的電力可經由輸出穩壓電路而從輸出埠輸出不同電壓(例如照明規格的12V、USB 規格的5V 等)，以提供給不同電器使用。低壓顯示電路用於偵測電池的電壓，當電壓低於一設定值(~8V)時，低壓顯示電路將會發出警示信號，提醒使用者須對電池進行充電。底下對本裝置之綠能直流電源供應器之電路細部構造作進一步的說明。



圖七：本裝置之綠能直流電源供應器方塊圖。

綠能直流電源供應器之充電電路，由輸入埠輸入的電壓為 V_{in} ，而輸送至輸入穩壓電路的電壓為 V_{out} ，充電電路包括二極體、充電指示燈、電容。其中二極體用於防止電池的電力經由充電電路而逆向輸出。舉例而言，當本裝置之綠能直流電源供應器外接於風力發電機組時，風力發電電流將經由二極體流向電池，此時電流為順向流動；而當風力發電機組停止發電時，二極體可防止電池的電流流向風力發電機組(逆向流動)，使其變為馬達而轉動。電容的作用在於維持充電電路輸出端的電壓，防止突波產生。充電指示燈可以是(例如)發光二極體(LED)，在進行充電時發光，停止充電時則熄滅，如此可讓使用者瞭解綠能直流電源供應器是否在充電狀態中。綠能直流電源供應器可連接至太陽能板、風力發電機組等綠能發電裝置進行充電，然而可以了解到本裝置實際應用並不限於此，本裝置之綠能直流電源供應器也可連接至其他各式電源，例如先連接至一轉接器(Adapter)，再經由轉接器連接至室內電源插座進行充電。

肆、結論

由於能源逐漸匱乏，於是我們想利用太陽能板發電的方式，初步來替代家用低使用電器(廚房、廁所、陽台燈具和小夜燈)的電能，一般室內最常使用的就是電燈，於是用50顆 LED 做為光源，實驗的效果: 50顆 LED 的亮度跟一般的日光燈不相上下，耗能卻比一般日光燈來的小，若能加上擴散板則效果更佳，以節能省碳的效應。綠能直流電源供應器，包括：輸入埠、充電電路(耦接於該輸入穩壓電路，該充電電路包括一充電指示燈，當該電池在充電時，該充電指示燈亮起)、輸入穩壓電路(經由該輸入埠接收外部電力並加以降壓)、電池(儲存經過該輸入穩壓電路降壓後的電力)、低壓顯示電路(耦接於該電池，該低壓顯示電路包括一低壓指示燈，當該電池內的電力低於一預設的電壓值時，該低壓指示燈亮起)、輸出埠、輸出穩壓電路(耦接於該電池以及該輸出埠之間，將該電池的輸出電力改變至所需的電壓，然後由該輸出埠輸出)。

參考文獻

1. 蔡朝洋，電子電路實作技術，全華圖書，第 255-272 頁(2010)。
2. 張志安，李志文，陳世昌，電子電路實習，台科大圖書，第 132-156 頁(2010)。
3. LED 教學，<http://www.diyplayer.com/modules/tinyd2/content/LED.htm>, (2012)。
4. 柯凱元、藍群韜、游勝傑、潘敏政，“充電式低電壓驅動電路設計之研究，”東南電子工程學刊，第十期，第 23-30 頁(2011)。
5. 張育銘、楊岳樺、潘敏政、陳章德，“太陽能充電式 LED 照明電路設計與實作，”東南學報，第三十六期，第 25-34 頁(2011)。
6. 張育銘、陳章德、潘敏政，“可擴充式 LED 照明電路設計與實作，”東南電子工程學刊，第九期，第 7-18 頁(2010)。
7. 車用風力發電具蓄電及低壓驅動之發光二極體照明裝置，專利證書號: 新型第 M 425787 號，專利權期間: 2012.04.1~2021.11.20。
8. 具穩壓及低壓顯示之太陽能充放電式LED照明裝置，專利證書號: 新型第 M

454629 號，專利權期間: 2013.06.1~2022.09.10。

9. 綠能直流電源供應器，專利證書號: 新型第 M 468089 號，專利權期間: 2013.12.11~2023.08.12。

Kinect 體感互動技術之應用

Kinect Application of Motion Sensing Technology

曹茂勁

東南科技大學 資訊科技系 副教授

摘 要

Kinect 體感互動技術是不需要配戴額外裝置(手持或踩踏控制器)便可讓使用者操作電腦。Kinect 是使用語音指令、手勢或身體來操作電腦的系統界面。Kinect 也能捕捉玩家全身上下的動作，用身體與 kinect 進行互動，帶給使用者免控制器的體感互動技術。隨著 Kinect 技術開放，相關應用與研發，例如：數位藝術、醫療復健，多媒體互動設計以及 3D 物件的模擬等研究議題開始被大量探討。本研究介紹及分析 Kinect 互動技術的應用並指出 Kinect 體感技術的限制。

關鍵字：Kinect、體感互動技術。

Abstract

In recent years, the motion sensing technology is becoming more and more popular and changing the design way of the user interface that let the interaction between human and machine to become more convenient. In addition, the motion-sensing games have been popular and brought many applications based on motion sensing technology to be developed, e.g. digital art, medical recovery, digital teaching, vehicles navigation, tour guide, and multimedia control. This paper first introduces kinect application and then shows its limitation.

Keywords: Kinect、motion sensing technology。

1. 序論

Kinect 是由微軟開發，應用於 Xbox 360 及 PC 主機的周邊設備。它讓玩家不需要手持或踩踏控制器，而是使用語音指令、手勢或身體來操作 Xbox360及 PC 的系統界面。它也能捕捉玩家全身上下的動作，用身體來進行遊戲，帶給玩家“免控制器的遊戲與娛樂體驗”。其在 2010 年 11 月 4 日於美國上市。Kinect 在銷售前 60 天內，賣出八百萬部[3]，目前已經申請金氏世界記錄，成為全世界銷售最快的消費性電子產品。

目前體感互動大都以遊戲為主，隨著 Kinect 技術開放，相關應用與研發，例如：數位藝術、醫療復健、多媒體互動設計以及 3D 物件的模擬等等研究議題開始被大量探討。本研究介紹及分析 Kinect 互動技術的應用並指出 Kinect 體感技術的限制。。

2. Kinect 硬體與軟體

2.1 Kinect 硬體

Kinect 有三個鏡頭，中間的鏡頭是 RGB 彩色攝影機，用來錄製彩色圖像。左右兩邊鏡頭則分別為紅外線發射器和紅外線 CMOS 攝影機所構成的 3D 結構光深度感應器，用來擷取深度數據（場景中物體到攝影機的距離）。彩色攝影機的最高解析度為 1280*960，紅外攝影機的最高解析度則為 640*480 成像。Kinect 還搭配了追焦技術，底座馬達會隨著對焦物體移動跟著轉動。Kinect 也內建陣列式麥克風(Microphone Array)[3]，由四個麥克風同時收音，比對後消除雜音，並透過其採集聲音，進行語音識別和聲源定位。圖 1 為微軟開發的 Kinect。

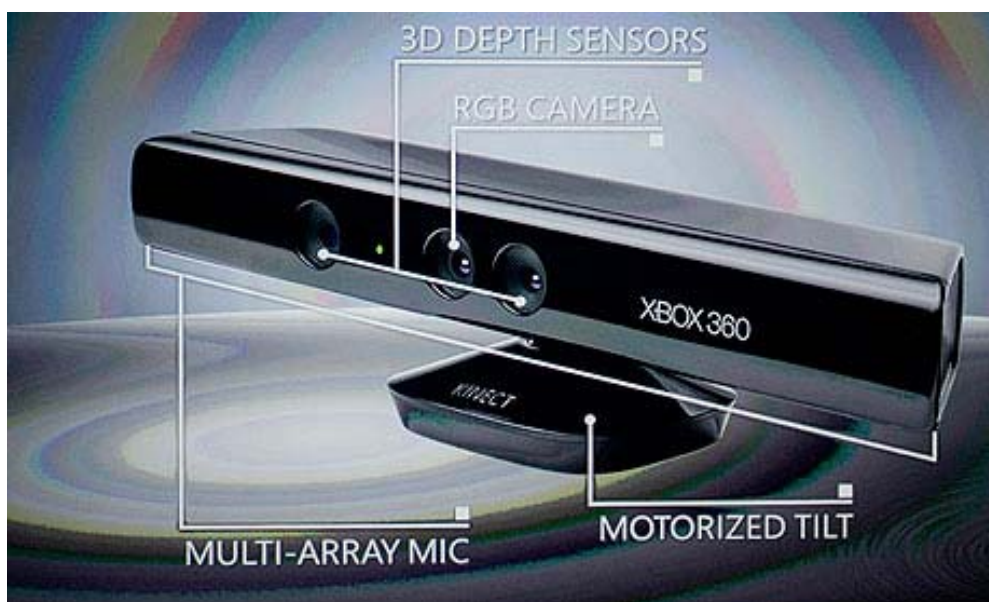


圖 1:微軟的 Kinect [2]

2.2 軟體開發環境

Kinect 體感遊戲在 Xbox 360 上獲得很好的評價，但是對於 Windows 平台上的開發卻一直只能使用非官方的解決方案，例如 NKinect 配合 CL NUI SDK，此解決方案非微軟所提供；微軟終於在 2011 年 6 月推出了 Kinect for Windows SDK Beta，特別是可以使用 C# 與 .NETFramework 4.0 來進行開發。Kinect for Windows SDK 主要是針對 Windows 7 設計，內含驅動程式、豐富的原始感測數據串流程式開發介面、自然用戶介面、安裝文件以及參考範例。Kinect for Windows SDK 可讓使用 C++、C#或 Visual Basic 語言搭配 Microsoft VisualStudio 2013 工具的程式設計師輕易開發使用。目前最新的版本為 Kinect for Windows SDK 1.8。

3. Kinect 體感技術的應用

- 「Kinect 互動」的設計讓使用經驗更直覺，例如手向前淺淺推一下可執行 "按鈕" 動作，握拳可執行 "抓取及移動"，使用手勢就可以輕易操控會議簡報。圖 2 為 Kinect 互動的設計[1]。



圖 2：Kinect 互動的設計[1]。

- 在復健情境上，Kinect 可協助復健師在為病患進行醫療過程時，與電腦整合互動來進行治療。圖 3 為 Kinect 在復健的設計[1]。



圖 3：Kinect 在復健的設計[1]。

- 慈濟大學醫學資訊系對五十肩的病人開發了「Kinect 居家復健系統」。利用微軟的 Kinect 感應裝置，透過紅外線偵測患者的身體，讓患者可以跟著電視進行復健動作，不須配戴任何額外的設備，大幅提升病患的舒適度與接受度[5]。
- 消費者可以藉由虛擬搭配來試用商品，就算店家暫時沒有商品庫存，也可以優先透過虛擬搭配來嘗試各種顏色、型號、尺寸...等不同的商品。圖 4為使用 Kinect 在試用商品的設計的畫面。



圖 4：Kinect 在虛擬搭配來試用商品的設計[1]。

- 「Kinect Fusion」能即時模擬出高度精確的 3D 人物或各種標的物。同時，能以相較傳統 3D 掃描技術更低的成本來模擬出 3D 物件。圖 5 為使用 Kinect 模擬出 3D 物件[1]。



圖 5：Kinect 模擬出 3D 物件[1]。

- 「Kinect Fusion」整合了來自 Kinect 感應器的連續景深快照來創建完整的 3D 模型。透過更新的 Kinect 應用程式，讓開發者能夠專注於開發更多客製化、精確亦接近真實的 3D 應用，實現 3D 列印、擴增實境等各種新場景，滿足零售、醫療和教育等眾多行業的客戶需求。
- Kinect for Windows SDK 1.7 中還包含了新的「Kinect 互動」功能，包括：支援推按（push-to-press buttons）以及抓移（grip the pan）的自然人機介面控制項，還有多人互動以及手勢張合識別（open-and closed-hand recognition）。Kinect for Windows SDK 1.8 更加入即時去背功能、透過 HTML 和 JavaScript 來開發 Kinect for Windows 的程式、強化 Kinect for Windows SDK 1.7 時加入的 Kinect Fusion 並且可以把顏色也加進來外，以及加強的追蹤的穩定性和精確度[6]。
- 新的互動功能將更多的可能性和一致性帶入 Kinect，讓開發者和潛在的商業合作夥伴能夠充分利用該產品探索並開發新的使用場景[4]。

4. Kinect 體感技術的限制

影像辨識：

kinect 將偵測到的 3D 深度圖像轉換到骨架追蹤系統。Kinect 的骨架追蹤系統可以在感應器可視範圍內主動追蹤最多兩位玩家的骨架，骨架追蹤系統可以在感應器可；每個人共可記錄 20 組細節，包含頭、軀幹、四肢以及手指等都是追蹤的範圍，全身體

感都可以用來操作。kinect 也用上機器學習技術 (machine learning) 來看懂使用者的動作，內建龐大的圖像資料庫，達到智慧辨識能力，如此能夠加強理解使用者的肢體動作所代表的涵義。Kinect 偵測的最佳距離為1.2公尺到3.5公尺間，水平視野則是57度，偵測範圍似乎比原本想像的還要小，站的太隨意可能會偵測不到；Kinect 也配備了追焦系統，如果玩家超出影像範圍，底座馬達可驅動 Kinect 左右旋轉27度。整體看來 Kinect 對操作空間的限制，其實比其他體感裝置更嚴格些[3]，相信改善議題一定是研究的重點。

影像辨識的精準度：

由於 Kinect 是透過辨識圖像再轉化為指令的方式，大量的影像處理、以及事後的辨識動作，使得 Kinect 使用者覺得時間上的延遲。Kinect 的遊戲接將延遲做最佳化處理，盡可能降低使用者延遲的感受。精準度方面的問題，國外調查 Kinect 的判斷精準度為4mm，的確是輸給了 PlayStation Move 的1mm。但論精準度，可能每種體感裝置都還比不上實體搖桿[3]，這也是值得進一步研究改進的。

5. 結論

Kinect 體感互動技術是不需要配戴額外裝置(手持或踩踏控制器)便可讓使用者操作電腦。Kinect 是使用語音指令、手勢或身體來操作電腦的系統界面。它也能捕捉玩家全身上下的動作，用身體與 kinect 進行互動，帶給使用者免控制器的體感互動技術。隨著 Kinect 技術開放，相關應用與研發愈來愈多，例如：1) Kinect 互動的設計使用者手勢就可以輕易操控會議簡報。2) 消費者可以藉由 Kinect 虛擬搭配來試用商品。3) Kinect Fusion 能即時模擬出高度精確的 3D 人物或各種標的物。4) Kinect 可協助復健師在為病患進行醫療過程時，與電腦整合互動來進行治療。Kinect 影像辨識與影像辨識的精準度有一定的誤差，值得進一步研究改進的。

參考文獻

- [1] <http://www.microsoft.com/taiwan/press/2013/03/0321.msp>.
- [2] <https://www.google.com.tw/#q=kinect>.
- [3] <http://www.techbang.com/posts/2936-get-to-know-how-it-works-kinect>
- [4] <http://iservice.libertytimes.com.tw/3c/news.php?no=8973&type=3>
- [5] <http://app.tzuchi.com.tw/file/tcmed/201303-111/52-55.pdf>
- [6] <http://kheresy.wordpress.com/2013/09/18/kinect-for-windows-sdk-1-8/>

正指數視窗函數設計法的參數探討

謝昌勳¹ 戴永龍¹ 黃國興²

¹東南科技大學 資訊科技系 副教授 Department of Information Technology

²東南科技大學 電機工程系 研究生 Graduate Institute of Electrical Engineering

摘 要

訊號經過濾波後欲保留大部分的頻譜能量，遠端的禁帶衰減是一個最重要濾波器參數。如在子頻帶編碼(subband coding)上濾波器希望被分開為不同的獨立處理的頻帶，又如在語音處理上為了使能量從一個頻帶到另一個頻帶的漏失(leakage)是最小時，禁帶的能量遠端排拒是更為重要的。指數視窗是已知視窗中具有最小的遠端旁波帶比。本論文針對修正指數視窗設計法的參數設計做了研究。我們找到一個參數方程式，但發現指數視窗設計法無法建立一個固定的參數方程式，只能用 search method 找到相關參數。

關鍵詞：視窗函數、旁波帶遠端衰減、有限脈衝響應數位濾波器。

ABSTRACT

As the signal to be filtered has great concentration of spectral energy, the far-end stopband attenuation is the most significant parameter. In a subband coding, the filter is intended to separate out various frequency bands for independent processing. In the case of speech, e.g. the far-end rejection of the energy in the stopband should be more so that the energy leakage from one band to another is minimum. We want to establish a parameter equation to satisfy the filter design. But we find that it is difficult. Finally, we find that to use search method to get the filter parameter is useful.

Keyword: windows function, far-end stopband attenuation, FIR digital filter

壹、簡介

在數位訊號處理系統中，數位濾波器與類比濾波器相比較有幾項優點，數位濾波器具備溫度的穩定性，實現時只需乘法器與加法器。另外延遲元件對溫度改變的靈敏度也很小，而類比濾波器所組成之電感和電容的溫度改變的靈敏度則比較大。數位濾波器設計法中的視窗函數設計是最簡單的方法，雖非最佳化設計方法，但其所需運算時間最少。在某些應用上需要用視窗函數設計有限脈衝響應數位濾波器。如對於波束形成濾波器設計及語音處理的應用上，指數視窗[1]比 Kaiser 視窗函數[2]有較好的旁波瓣下滑率。過去已有很多文獻[1-7]關於視窗函數的討論。當訊號被濾波需要較大的頻譜能量貢獻時遠端的禁帶衰減是一個最重要的參數，在子頻帶編碼(subband coding)上濾波器希望去分開為不同的獨立處理的頻帶，例如在語音處理上為了使能量從一個頻帶到另一個頻帶的漏失(leakage)是最小時有更好的遠端禁帶衰減。禁帶的能量遠端排拒是更為重要的。因此濾波器在設計時必須提供較好的遠端禁帶衰減(禁帶的最後一個連波的振幅大小)。數位有限脈波響應濾波器利用 Kaiser 視窗設計比多爾夫 - 切比雪夫(Dolph-Chebyshev)[3]和 Saramaki[4]所提的方法都有較好的遠端禁帶衰減。文獻[1]所提的指數視窗函數又比前面方法有更好的遠端禁帶衰減。文獻[8]提出一個修正的指數視窗設計法，又比[1]法有更好的遠端禁帶衰減即旁波帶比。本論文將對[8]的方法提出其參數設計的公式與尋找方法及探討。

貳、視窗的頻譜函數

一個視窗函數 $w(n)$ 在時間領域上擁有長度 N 且其定義在 $n \leq |(N-1)/2|$ 非零其餘為零的時候，其頻譜可以表示為

$$W(e^{j\omega}) = e^{-j\theta(\omega)} W_0(e^{j\omega}) \quad (1)$$

在此 $W_0(e^{j\omega})$ 被稱為振幅函數，其振幅及相位被寫為 $A(W) = |W_0(e^{j\omega})|$ 及 $\theta(\omega)$ 另外 $|W_0(e^{j\omega})|/W_0(e^0)$ 為振幅頻譜的正規化表示。

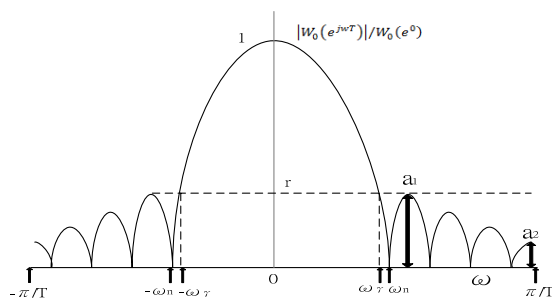


圖1. 為典型的視窗正規化頻譜及一些共通的頻譜特性的表示。

一個重要的視窗參數漣波比 γ 被定義為

$$\gamma = \frac{\text{最大旁波瓣振幅}}{\text{主波瓣振幅}} \quad (2)$$

(參考圖 1)最大旁波瓣振幅除以主旁波瓣振幅。這個漣波比通常是比 1 小的值因此為了方便上通常以 R 的倒數 dB 值來表示。

$$R = 20 \log_{10} \frac{1}{\gamma} \quad (3)$$

在此這個 R 被詮釋為相對於主波瓣的最小旁波瓣衰減，另外一個參數用來形容視窗的旁波瓣的模型是旁波瓣下滑率 s 被定義為

$$s = \frac{a_1}{a_2} \quad (4)$$

在此 a_1 (MSA)跟 a_2 (FSA)為相對於主波瓣最近和最遠的旁波瓣振幅，如果 S 是旁波瓣下滑率的 dB 值表示，就那麼 S 與 s 的關係表示如下：

$$S = 10^{s/20} \quad (5)$$

如果旁波瓣下滑率更要有意義的話，其旁波瓣模型的封包必須是單調的增加或減少。旁波瓣下滑率可以描述旁波瓣能量的分配，當一個干擾訊號的位置被預先知道時，他提供了一個很好的解釋。更進一步有用的頻譜特性解釋可參考文獻[7]。

參、指數視窗

在[8]提出了一個新的視窗函數 $w(n)$ 表示為

$$w(n) = \frac{\exp(a(1 - (\frac{2n}{N-1})^2)^{\frac{1}{3}})}{\exp(a)}, \quad |n| \leq \frac{N-1}{2} \quad (7)$$

其中 N 為整數。

對於一個正規化頻譜的 dB 值表示為

$$w_N(e^{j\omega}) = 20 \log_{10} \left(\frac{|A(\omega)|}{|A(\omega)|_{\max}} \right) \tag{8}$$

當我們改變 α 時，可以得到不同的視窗。圖 2 為我們提出的視窗函數長度為 $N=51$ 的頻譜，其中參數 α (alfa)=0 的時候相對於一個方形的視窗。從圖二我們可以發現到 α 增加的時候其主波瓣的寬度更增加但是漣波率減少。

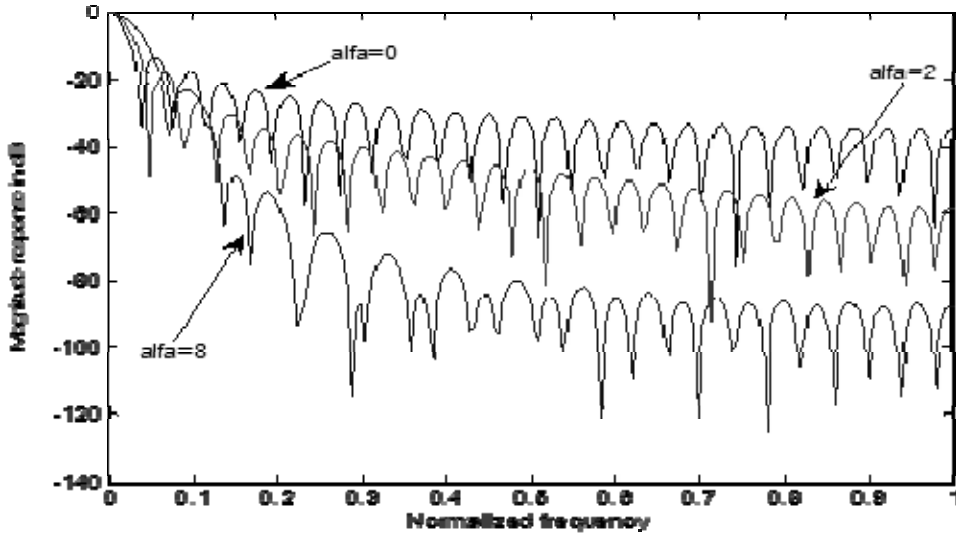


圖 2. 為 $w(n)$ 在 $N=51$ 及不同 α 值之頻譜。

肆、有限脈衝響應濾波器的視窗設計

利用視窗函數設計有限脈衝響應濾波器是最直接相對於最佳化設計的方法所需要計算量是最小的。視窗設計的方法是利用傅立葉級數的方法去除及平滑化一個無限脈衝響應的理想原形濾波器。這個方法可以表示為

$$h(n) = w(n)h_{id}(n) \tag{9}$$

在此 $h_{id}(n)$ 為理想濾波器的無限脈衝響應，對於一個截止頻率 W_c 的低通濾波器其脈衝響應可表示為

$$h_{id}(n) = \begin{cases} \frac{w_c}{\pi}; n = 0 \\ \frac{\sin w_c n}{n\pi}; n \neq 0 \end{cases} \tag{10}$$

對於一個長度為 N 的濾波器其對稱脈衝響應 $h(n)$ 可表示為

$$h(n) = h \left[n - \frac{N-1}{2} \right], \quad 0 \leq n \leq N-1$$

(11)

由視窗設計的濾波器其通帶與禁帶的漣波大小是非常接近。

圖三為利用 $w(n)$ 所設計的濾波器頻譜的大小響應。濾波器規格為 $w_c=0.25\pi, N=127$ 。 α 分別為 0, 2 及 4。由圖三我們發現當 α 增加時 FSA 確實降低，但轉換帶變差。

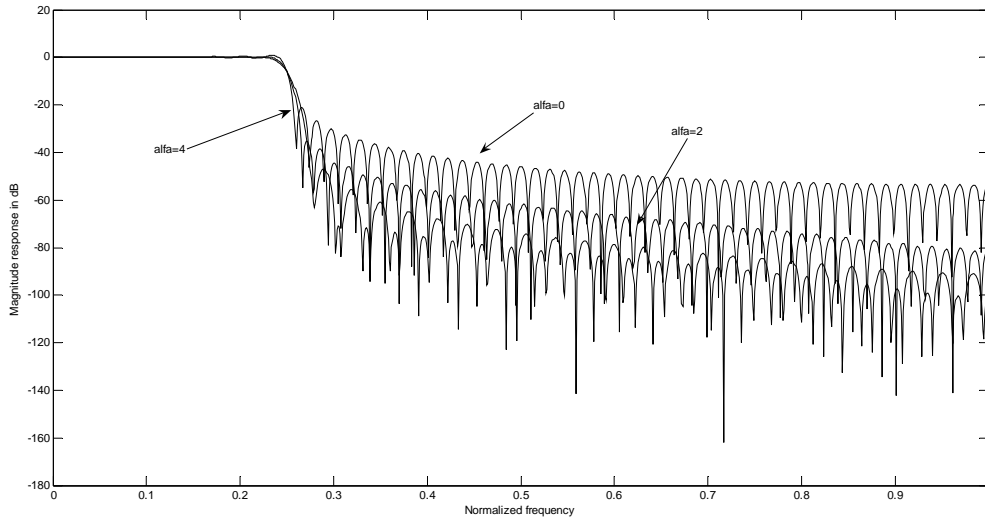


圖 3 : 利用 $W_2(n)$ 設計濾波器。 $N=127, w_c=0.25\pi$ 。

伍、POLYFIT 多項式擬合數據簡介

polyfit 函數是用於進行曲線擬合的一個函數。在已知的離散點上的數據集，即已知的點集上的函數值，構造成一個解析函數（其圖形為一曲線）使得在原本的離散點上盡可能接近我們給定的值。

Matlab 裏的指令 $\text{polyfit}(x,y,n)$ 為用多項式求已知點的表達式，其中 x 為來源數據點對應的橫坐標，可以是行向量、矩陣， y 的來源數據點對應的縱坐標，可以是行向量、矩陣， n 為我們要擬合的階數，一階直線擬合，二階拋物線擬合。實用中並非階次越高越好，要看擬合情況 polyfit 函數做出來的值從左到右表示從高次到低次的多項式系數我們這邊提供個例子並利用 MATLAB 模擬軟體模擬結果：[9]

程式碼如下：

```
x = (0:0.1:5);
y = erf(x);
p = polyfit(x,y,8)
```

模擬結果：

```
y=0.0002x8-0.0044x7+0.0439x6-0.2336x5+0.6914x4-1.0255x3+0.2894x2+1.0792x+0.0012
```

所以多項式函數擬合時可用如下方式進行：指令為 $a=\text{polyfit}(xdata,ydata,n)$ 其中 n 表示多項式的最高階數。 $xdata, ydata$ 為將要擬合的數據的矩陣，它是用數組的方式輸

入。輸出參數矩陣 a 為擬合多項式 $y=a[1]x^n+a[2]x^{n-1}+ a[3]x^{n-2}..+ a[n]$ 的係數多項式在 x 處的值 y 可用下面程序計算。 $y=polyval(a,x,m)$ 線性：一次 $m=1$, 二次： $m=2, \dots$ $polyfit$ 的輸出是一個多項式係數的行向量。為了計算在 x_i 數據點的多項式值，所以另一個例子是

程式碼如下：

```
x=0:0.1:1;
y=[-0.447 1.978 3.28 6.16 7.08 7.34 7.66 9.56 9.48 9.30 11.2];
A=polyfit(x,y,3);
z=polyval(A,x);
plot(x,y,'r*',x,z,'b')
```

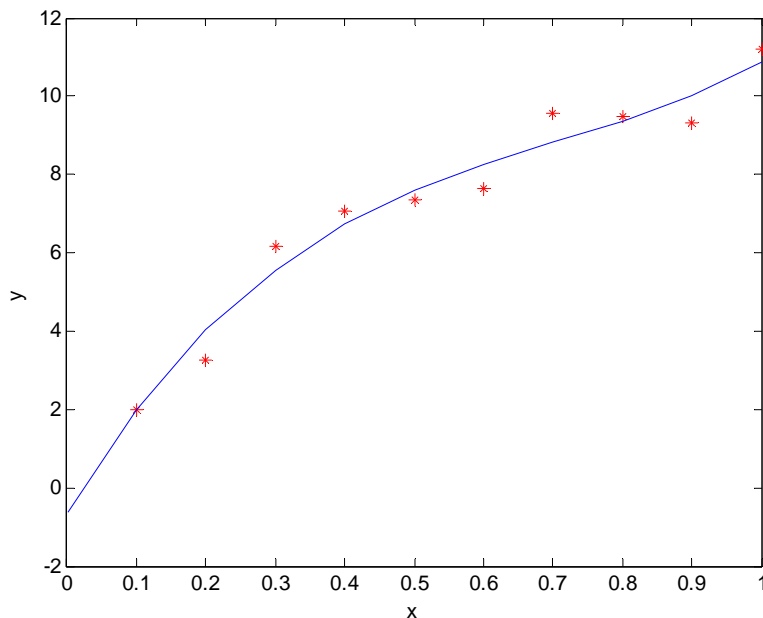


圖 4. polyfit 多項式係數的行向量圖

伍、濾波器設計的參數方程式

為了找到可以適合視窗中滿足濾波器的規格，我們需要找到視窗參數與濾波器參數的關係。圖5為濾波器當階數 $N=127$ 時，視窗參數 α_{ex} 與最小禁帶衰減值(minimum stopband attenuation) A_s 關係。由圖可知，當 α_{ex} 增加時， A_s 亦跟著增加。利用曲線擬合的方法我們可以得到

$$\alpha_{ex}=0.000001887071096A_s^2+0.102397301746854A_s-2.085250328440797 \quad (12)$$

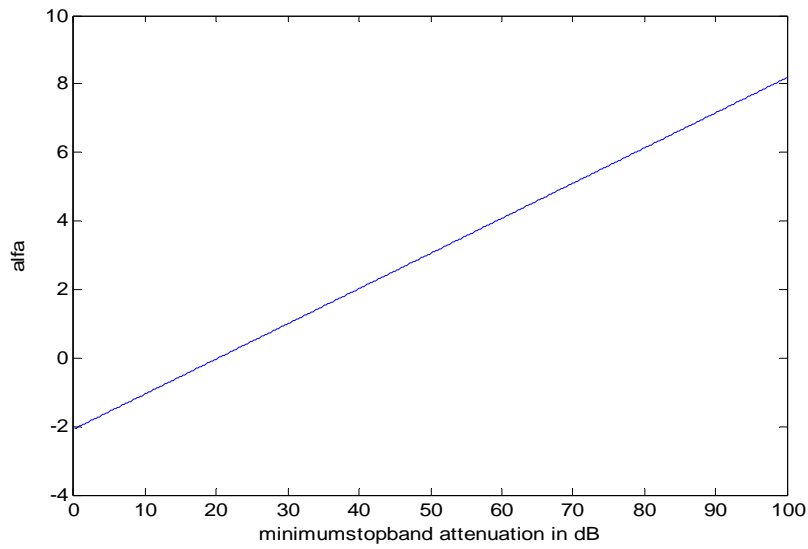


圖5 視窗函數 α_{ex} 和最小的阻帶衰減指數視窗 $N = 127$ 。

第二個濾波器設計方程式為 A_s 與轉換帶寬度 D 的關係，利用曲線擬合的方法我們可以得

$$D = 0.000013749464489A_s^2 - 0.000856236624073A_s + 0.068982770263356 \quad (13)$$

圖6為 A_s 與轉換帶寬度 D 的關係，由圖可知，當 D 增加時， A_s 亦跟著增加。

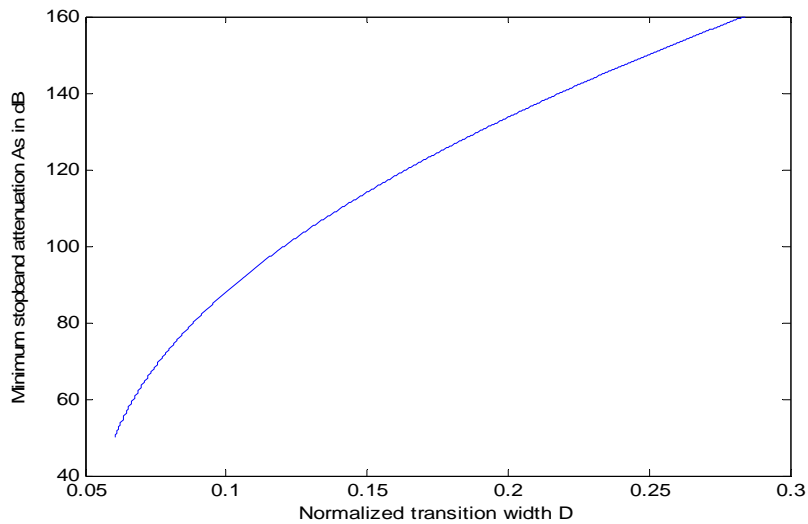


圖6. 濾波器參數 D 和最小的阻帶衰減 A_s 的關係 $N = 127$ 。

遵循[1]所提供的方法,找出(11)及(12)式,我們發現這個方法並不適用於每一個濾波器設計。[1]所提供的參數方程式亦有同樣的問題。我們發現還是使用 exhaustive search method 找出 α 值比較實用。

考慮濾波器規格，通帶邊緣頻率 $= 0.14\pi$ ，禁帶邊緣頻率 $= 0.16\pi$ ，通帶漣波大小 = 禁

帶漣波大小=0.0079。採用 $w(n)$ 之視窗設計法所設計的有限脈衝響應濾波器，並且用 exhaustive search method 找出 α 值。則濾波器長度 $N=313$ ， $\alpha=7.5$ ，MSA=-42.0611dB，FSA= -113.2028dB。圖7為利用 $w(n)$ 所設計的有限脈衝響應濾波器的振幅響應。圖7為利用 $w(n)$ 所設計的有限脈衝響應濾波器的振幅響應。

如果採用 (11),(12) 找出 α 值。則濾波器長度 $N=313$ ， $\alpha= 2.2236$ ，MSA=-29.739dB，FSA=- 88.204dB。

由上面結果我們發現，本例子如果利用 (11)，(12) 去估算其結果誤差很大，最後還是用 search method 找出參數較正確。

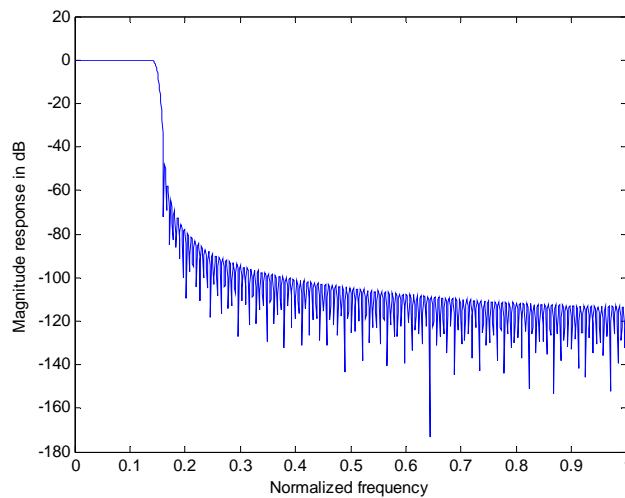


圖 7. $w(n)$ 所設計濾波器振幅響應。

陸. 結論

指數視窗函數是一個有效的濾波器設計方法，尤其在 FSA 的降低上是目前最有效率的視窗函數，尤其其參數的調整功能是濾波器規格有調適性。但是如何簡化其設計過程，尤其符合濾波器規格參數值的尋找是值得去研究的。本論文提出的視窗函數，其參數方程式無法建立一固定方程式，而且誤差很大。雖然參數方程式是一個簡單的設計方法，但並非適合於每一個視窗設計。最後還是發現用 search method 找到適當的參數是最簡單的有效率。未來的研究工作希望能完成 search method 程式，使其更簡單更快。

柒、參考文獻

- [1] V. Soni , P. Shukla , M. Kumar, “Application of Exponential Window to Design a Digital Nonrecursive FIR Filter” *Advanced Communication Technology (ICACT), 2011 13th International Conference on*, pp.1015-1019.
- [2] J. F. Kaiser and R. W. Schafer, “On the use of the Io-sinh window for spectrum analysis” *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol.28, no.1, pp. 105-107, 1980.
- [3] C.L. Dolph, “A Current Distribution for Broadside Arrays Which Optimizes the Relationship Between Beamwidth and Side-lobe Level” *Proc. IRE*, vol.34, pp.335-348, June 1946.
- [4] T. Saramaki, “A class of window functions with nearly minimum sidelobe energy for designing FIR filters” in *Proc. IEEE Int. Symp. Circuit and Systems (ISCAS'89), Portland, ORE, USA*, vol.1, pp.359-362
- [5] S. W. A. Bergen and A. Antoniou, “Design of ultraspherical window functions with prescribed spectral characteristics” *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, no.13, pp. 2053-2065, 2004.
- [6] A. Jain, R. Saxena and S. C. Saxena, “A simple alias-free QMF system with near-perfect reconstruction” *J. Indian Ins. Sci.*, Jan-Feb, no.12, pp.1-10, 2005.
- [7] F. J. Harris, "On the use of windows for harmonic analysis with the discrete Fourier transform," *Proc. IEEE*, vol. 66, pp. 5 1-83, Jan. 1978.
- [8] 謝昌勳 戴永龍 黃國興, "視窗函的有限響應數位濾波器設計," 東南學報 38期.
- [9] 黃聰明, 2007, 使用MATLAB應用數值方法, 滄海書局.

ARM Cortex-M0 之 NXP LPC1114FN28/102 燒錄器電路製作

Implementation of ARM Cortex-M0 Programmer Realized By NXP LPC1114FN28/102

蔡長達¹

楊証傑²

Chang-Da Tsai¹

Jheng-Jie Yang²

¹東南科技大學 資訊科技系 助理教授 Department of Information Technology
²東南科技大學 資訊科技系 學生 Department of Information Technology

摘 要

基於價格與效能的競爭優勢，32位元的 ARM Cortex-M0微控制器取代8位元的8051微控制器已經是產業必然的趨勢，隨著 NXP 半導體公司推出 DIP 封裝的 ARM Cortex-M0晶片 LPC1114FN28/102，預期將會在學校教育的微處理機相關課程掀起一股跨進32位元的風潮，因為所有的應用電路都可以使用離散元件在麵包板上組合完成，而對於教育訓練的目的而言，最關鍵的硬體電路就是燒錄器電路的製作，掌握了燒錄器電路就可以不限時間與空間去發展 M0的應用程式。

本研究完整呈現二種 LPC1114FN28/102的程式燒錄方法，即 ISP 線上系統燒錄以及 JTAG 燒錄，兩種燒錄電路的製作亦詳細說明於本文中，最後以 M0晶片驅動 LED陣列證明本研究所提之燒錄器電路確實可行。

ABSTRACT

The ARM Cortex-M0 microcontroller is a better choice than 8051-series microcontroller because the ARM microcontroller is more cheap and efficient. After the DIP-package LPC1114FN28/102 of ARM Cortex-M0 produced by the NXP semiconductor corporation is announced, it can be expected that the microcontroller course in colleges will be evolved into 32-bit from 8-bit because the whole hardware circuit of microcontroller applications can be realized by discrete elements composed on solderless breadboard. The most important circuit of microcontroller applications for educational training is programmer circuit. Students can develop application circuits and programs of M0 any time and everywhere with the M0 programmer circuit.

This study presents two programming methods of LPC1114FN28/102, in system programming (ISP) and JTAG programming. The detail programming circuits of the two methods are illustrated. The last part of this study introduces how M0 drives LED array to demonstrate the workability of the proposed programming circuits.

壹、前言

32位元的 ARM Cortex M0微控制器因功能強大價格便宜而逐漸取代8位元8051微控制器的地位，NXP 公司因應學校教育之需求而推出 DIP 封裝的 M0微控制器晶片 LPC1114FN28/102，本研究將對學校教育之所需，以離散元件製作出 M0的燒錄器電路，並說明完整程序將嵌入式程式燒錄至 LPC1114FN28/102微控制器中。

要將開發完成後的程式燒錄到 LPC1114FN28/102有兩種方法，一種是 ISP 線上系統燒錄，另外一種是 JTAG 燒錄。ISP 燒錄是使用 RS232的驅動 IC MAX232CPE 來組成電路，讓電腦的 RS-232串列接口與 LPC1114FN28/102微控制器做連接，再從電腦端使用 FlashMagic 軟體來將 Keil uVision4所編譯的 HEX 檔進行燒錄。JTAG 燒錄僅需使用 ULINK2 Adapter 將 LPC1114FN28/102微控制器的 SWCLK 及 SWDIO 兩隻接腳與 ULINK2 Adapter 連接，在 Keil uVision4中就可以直接燒錄而不需再另外接電路。

ISP 線上系統燒錄與 JTAG 燒錄各有優缺點，如果使用 JTAG 燒錄就必須要購買相對價昂的 ULINK2 Adapter 才可以燒錄，而最大的好處是只要在 Keil uVision4中就可以直接燒錄相當方便；ISP 線上系統燒錄需要以離散元件製作出燒錄器電路，過程較為麻煩但成本相對低廉。

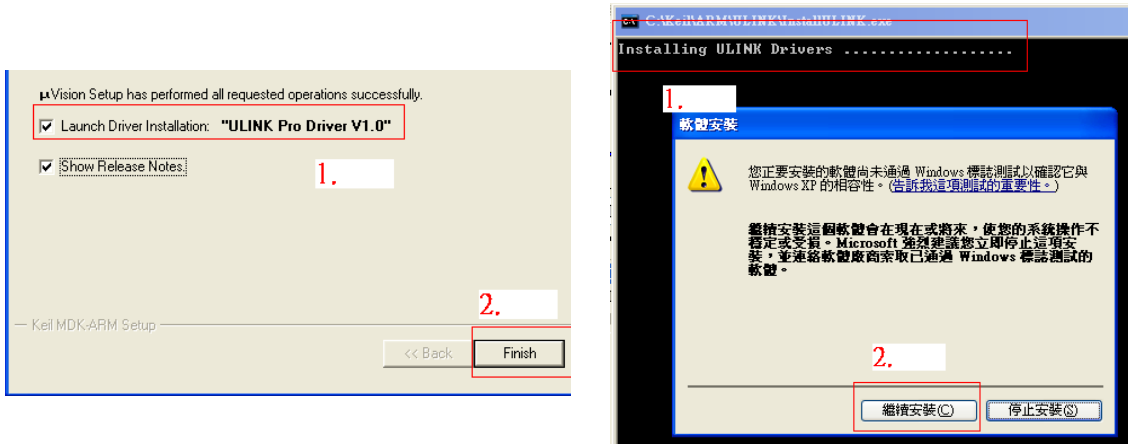
貳、環境建置

本研究使用 Keil uVision4來編輯編譯程式，首先先到 Keil 官網下載最新版本的 ARM MDK[1]，本研究使用的版本是4.72a 如圖一所示，若不是使用最新版本的 ARM MDK，可能就沒有 LPC1114/102這顆 CPU 的資料庫，因為 LPC1114FN28/102是剛上市不久的 DIP 封裝之 M0微控制器，非常適合學校的教育訓練使用以及產業的發展方向。



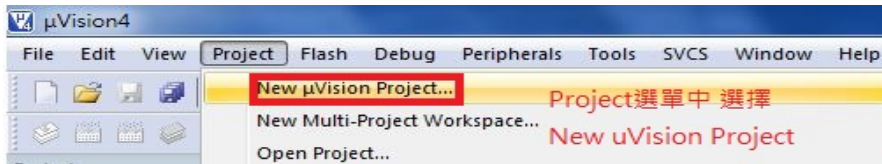
圖一 Keil uVision4下載

在下載完成後，安裝的過程中最重要的是要勾選安裝 ULINK 驅動如圖二所示，否則將無法使用 JTAG 燒錄功能



圖二 keil ARM-MDK 安裝 ULINK 驅動

安裝完成後，選擇專案→新增 New uVision 專案，新建一個專案來進行開發如圖三所示。後續選擇所使用的晶片型號，本研究必須選擇 NXP 公司之 LPC1114/102，若是選擇錯誤，可能無法成功編譯或燒錄，但可以在建完專案後在 Target Options 的 Device 中再次更改晶片型號，如圖四所示。



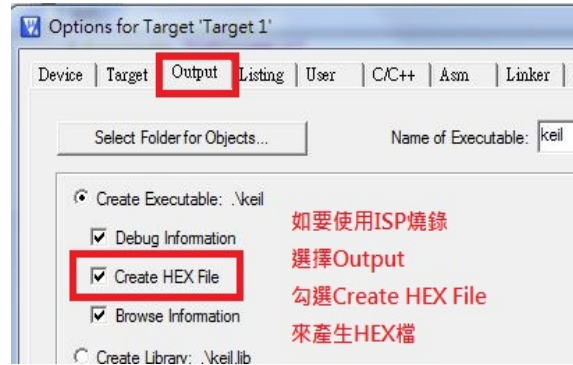
圖三 專案建立



圖四 晶片型號更改

參、ISP 燒錄

若想使用 ISP 線上系統燒錄，在 Target Options 的 Output 中勾選 Create HEX File，可在編譯成功後建立 ISP 燒錄所需的 HEX 檔，如圖五所示。



圖五 產生 HEX 檔

專案編譯成功後，可在專案目錄下找到 HEX 檔如圖六所示，如編譯成功卻未找到 HEX 檔，請確認圖五 Output 中的 Create HEX File 是否有勾選。



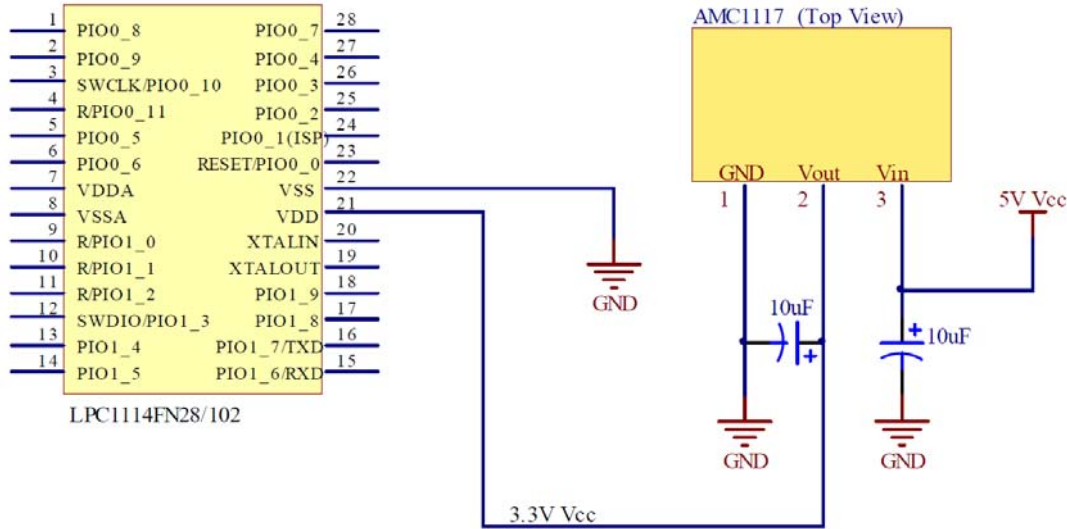
圖六 產生 HEX 檔

接著到 FlashMagic 官網下載 HEX 檔燒錄程式[2]，如圖七所示，下載完成後直接安裝。



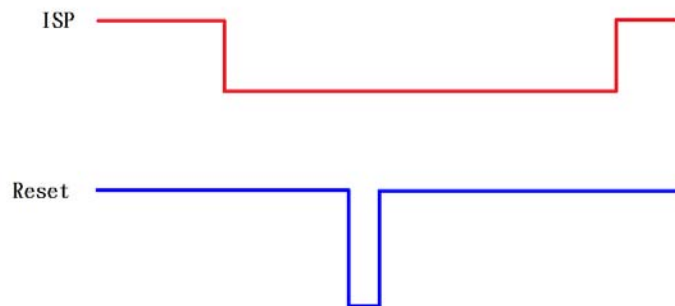
圖七 FlashMagic 下載

LPC1114FN28/102所使用的電源電壓是3.3V，對於學校教育訓練而言，不管是使用電池分壓或是使用電源供應器來提供3.3V 都不太合適，本研究採用較合適的作法是使用穩壓 IC 來轉換直流位準如圖十一所示，5V 電壓是由電腦 USB 介面所提供甚為方便。



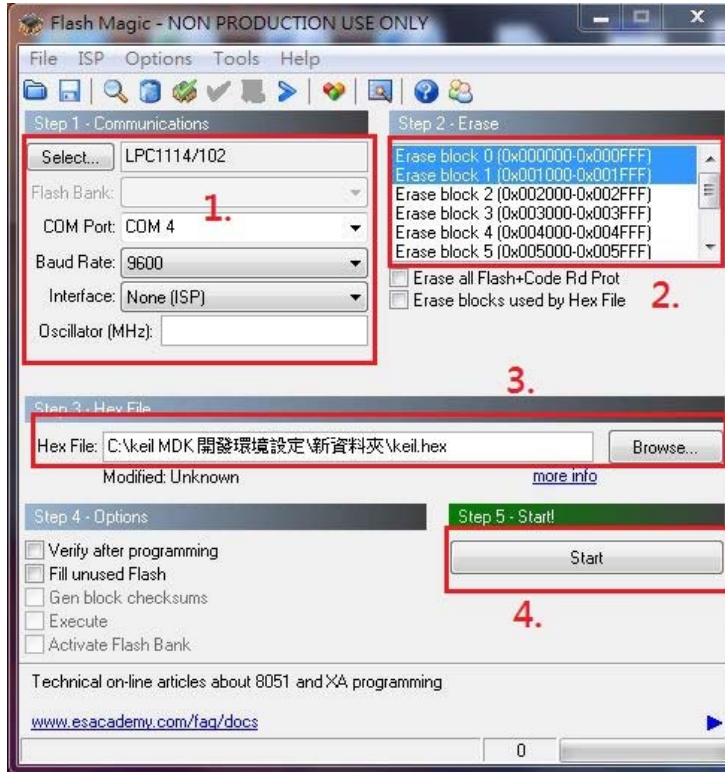
圖十一 LPC1114FN28/102之電源電路

LPC1114FN28/102與 ISP 燒錄相關的接腳除了 TxD 及 RxD 之外，尚需使用到 Reset 與 PIO0_1 (ISP)接腳來設定 ISP 燒錄模式，依 NXP 原廠的規格書之設定要求，要讓 LPC1114FN28/102進入 ISP 線上系統燒錄模式，必須在 PIO0_1 (ISP)處於低位準期間時，觸發 Reset 為低位準如圖十二所示[5]，之後即可使用 Flash Magic 將所發的應用程式燒錄至 M0晶片中。



圖十二 ISP 線上系統燒錄之信號觸發模式

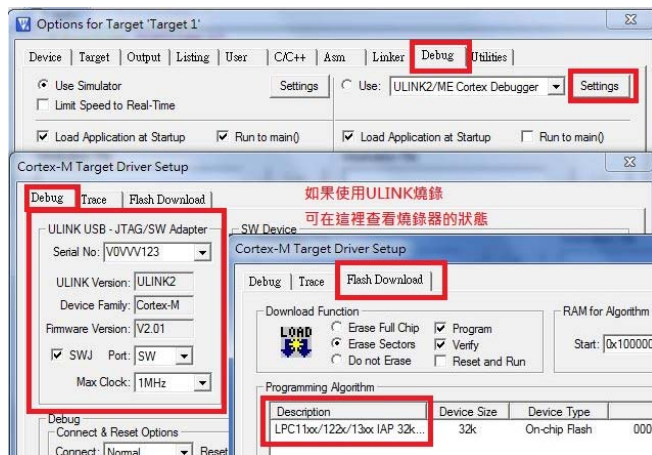
Flash Magic 的燒錄設定如圖十三所示，Step1設定晶片型號為 LPC1114/102、RS232與電腦相連所使用的 COM Port (每台電腦環境不同需自行查詢)以及 Baud Rate (設定太高會不穩定)，Step2的 Erase 項選擇 block0與 block1，Step3中選擇要燒錄的 HEX 檔所在的檔案路徑，設定完成即可按下 Step5的 Start 開始燒錄。



圖十三 FlashMagic 的燒錄設定

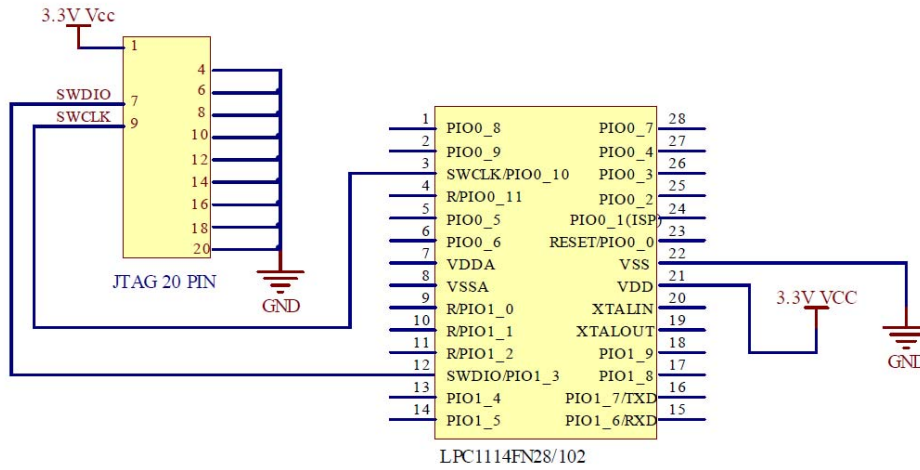
肆、JTAG 燒錄

本研究之 JTAG 燒錄是使用 ULINK2 Adapter 來進行，在 Keil uVision4開發環境中，選擇 Target Options 的 Debug 分頁如圖十四所示，在 Settings 可設定 ULINK2 Adapter 並查看詳細資訊，在 Cortex-M Target Driver Setup 可檢查目標晶片型號是否正確並進行程式燒錄，非常方便。



圖十四 ULINK2 Adapter 狀態

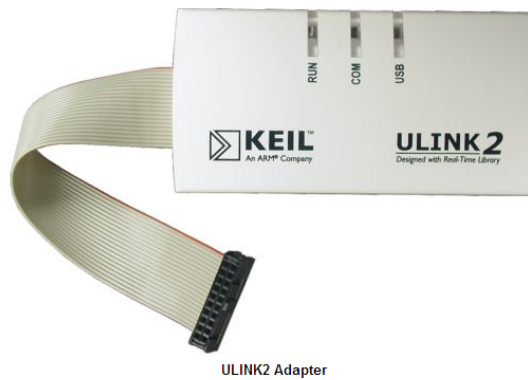
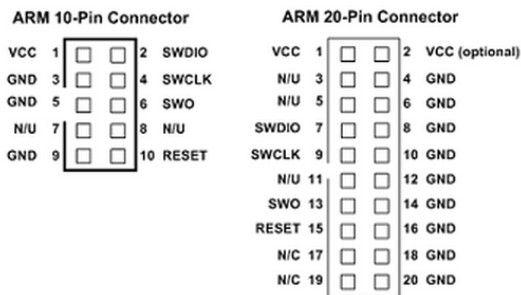
JTAG 之燒錄電路甚為簡潔，只需把 M0晶片的 SWDIO 與 SWCLK 兩隻接腳連接到 ULINK2 Adapter 相對應的針腳即可進行程式燒錄，如圖十五所示。



圖十五 JTAG 燒錄電路

ULINK2 Adapter 有分10-Pin 與20-Pin 之規格，其針腳之位置定義與功能說明如圖十六所示[6-7]，SWDIO 與 SWCLK 兩隻接腳不須接100KΩ 之電阻亦可正常燒錄程式。

- TCLK is SWCLK (Serial Wire Clock)
- TMS is SWDIO (Serial Wire debug Data Input/Output)
- TDO is SWO (Serial Wire trace Output)

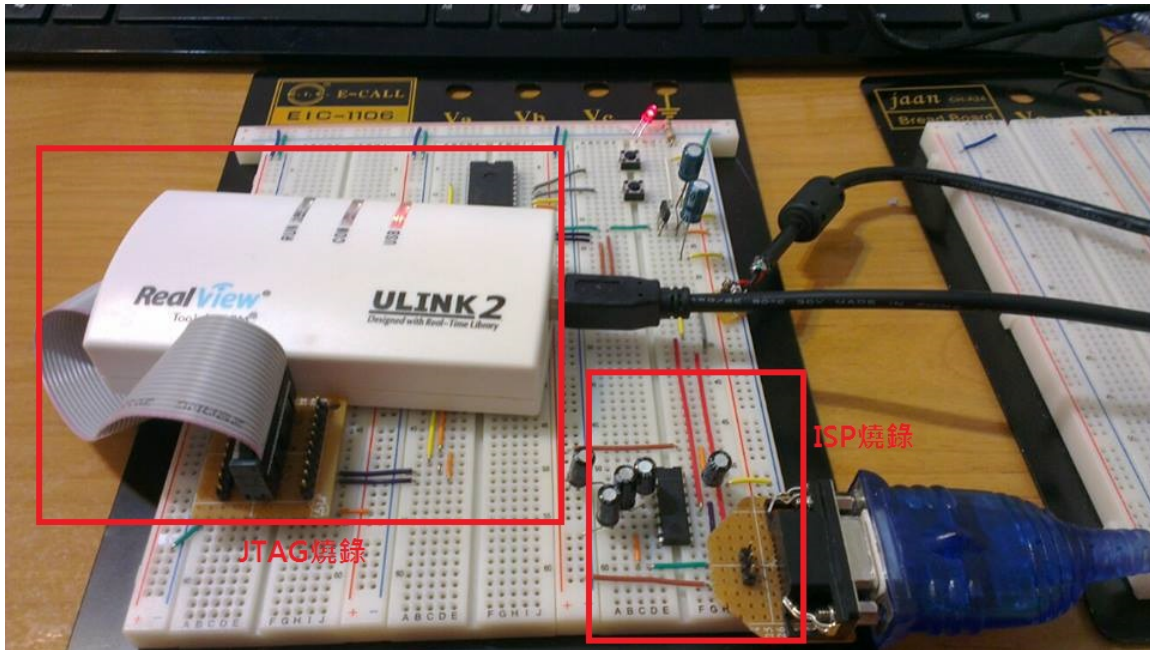


| Signal | Connects to... |
|--------|--|
| SWDIO | Data I/O pin. Use 100K Ohm pull-up resistor to VCC. |
| SWO | Optional trace output pin. |
| SWCLK | Clock pin. Use 100K Ohm pull-down resistor to GND. |
| VCC | Positive Supply Voltage — Power supply for JTAG interface drivers. |
| GND | Digital ground. |
| RESET | RSTIN/ pin — Connect this pin to the (active low) reset input of the target CPU. |

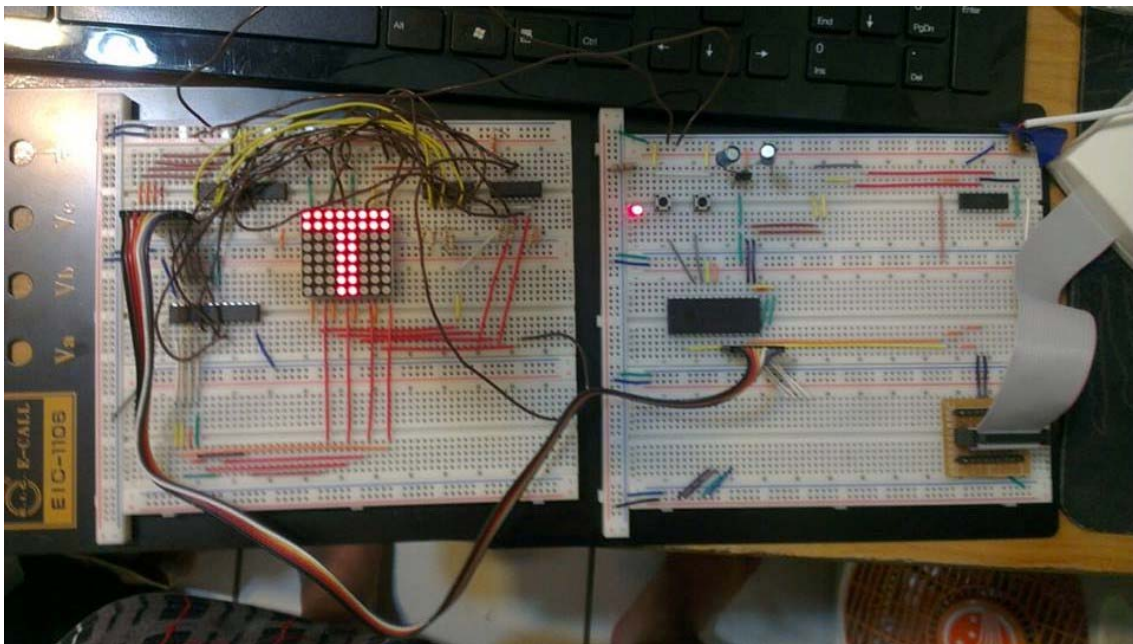
圖十六 ULINK2 Adapter 針腳之位置定義與功能說明

伍、實體電路

以離散元件所製作之 ISP 線上系統燒錄電路以及 JTAG 燒錄電路皆呈現於圖十七，本研究是展現 LED 陣列的應用程式，程式的原理是以 M0 的 GPIO 腳位來控制解碼器 IC 輪流點亮 LED 排列出所設計的圖形，執行結果如圖十八所示。



圖十七 離散元件所製作之燒錄電路



圖十八 ARM Cortex M0 驅動 LED 陣列

該 LED 陣列的部份程式將依序說明如下：

先設定需要使用到的接腳，如圖十九。

```
LPC_IOCON -> R_PIO1_0      = 0x1;
LPC_IOCON -> R_PIO1_1      = 0x1;
LPC_IOCON -> R_PIO1_2      = 0x1;
LPC_IOCON -> SWDIO_PIO1_3  = 0x1;

LPC_IOCON -> PIO1_4        =0x0;
LPC_IOCON -> PIO1_5        =0x0;
LPC_IOCON -> PIO1_6        =0x0;
LPC_IOCON -> PIO1_7        =0x0;

LPC_GPIO1-> DIR |= 0x0ff;
LPC_GPIO1-> DATA &= ~0x0ff;
```

圖十九 M0 晶片電路腳位設定

並將每顆 LED 的位址存放在陣列當中，如圖二十。

```
unsigned int LEDarray[8][8]=
|
|  {{0x000,0x001,0x002,0x003,0x004,0x005,0x006,0x007},
|   {0x010,0x011,0x012,0x013,0x014,0x015,0x016,0x017},
|   {0x020,0x021,0x022,0x023,0x024,0x025,0x026,0x027},
|   {0x030,0x031,0x032,0x033,0x034,0x035,0x036,0x037},
|   {0x040,0x041,0x042,0x043,0x044,0x045,0x046,0x047},
|   {0x050,0x051,0x052,0x053,0x054,0x055,0x056,0x057},
|   {0x060,0x061,0x062,0x063,0x064,0x065,0x066,0x067},
|   {0x070,0x071,0x072,0x073,0x074,0x075,0x076,0x077}};
```

圖二十 LED 陣列位址

最後依序點亮 LED 來完成所設計的圖形，即可顯示圖十八之字形。

```
for(c=0;c<500;c++){
for(a=0;a<8;a++){
LED(a,6,1);LED(a,7,1); }
for(b=0;b<6;b++){
LED(4,b,1);LED(3,b,1); } }
```

圖二十一 點亮 LED 陣列

陸、結論

本研究提供兩種 ARM Cortex-M0的燒錄方法，分別是 ISP 燒錄與 JTAG 燒錄。ISP 燒錄價格便宜，但是穩定度與便利性卻較低，因為須要使用另外的程式來輔助燒錄，且使用在麵包板所組合的電路時便能夠明顯感受到兩者穩定度的差異。JTAG 燒錄在燒錄時沒有所謂的 ISP 模式來停止程式繼續動作，所以應用程式若是使用到 M0晶片中的 JTAG 腳位時就可能會出現燒錄失敗。該兩燒錄方法的優缺點各有不同，使用者可依自己的資源或習慣來進行選擇。

柒、參考文獻

- 1 www.keil.com/download/product/
- 2 www.flashmagictool.com
- 3 www.ethernut.de/en/documents/rs232primer.html
- 4 datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf
- 5 www.tw.nxp.com/documents/data_sheet/LPC111X.pdf
- 6 www.keil.com/support/man/docs/ulink2/ulink2_hw_connectors.htm
- 7 www.keil.com/support/man/docs/ulink2/ulink2_introduction.htm

以64位元 Ubuntu 環境開發 Android JNI 介面程式

Development of Android JNI Program By 64-bits Ubuntu

楊証傑¹ 蔡長達²
Jheng-Jie Yang¹ Chang-Da Tsai²

¹東南科技大學 資訊科技系 學生 Department of Information Technology
²東南科技大學 資訊科技系 助理教授 Department of Information Technology

摘 要

Android jni 介面程式可以讓 Android 應用程式直接呼叫 C/C++ 程式，因為 C 程式是發展硬體週邊裝置驅動程式的主流，而且 C 程式可以直接規劃記憶體空間，所以發展 Android 裝置的驅動程式很難迴避 jni 程式設計，並且如果 Android 應用程式不想透過作業系統間接去要記憶體空間，以 jni 程式透過 C 語言直接規劃記憶體會是提升程式效率的好選擇。

典型發展 jni 程式都是架構在微軟視窗環境上面，因為多數人使用微軟視窗的 eclipse 在發展 Android 應用程式，但是 jni 程式底層的編譯環境卻是 Linux 環境，因此在開發 jni 程式時，除了開放性的工具套件軟體常因為升級因素而發生版本不相容之外，從套件軟體到作業系統又有 32 位元與 64 位元之分，除非遵循已公開卻較老舊的版本組合之外，只要遇到套件升級就時常會發生問題，對於學校教育而言非常困擾。

本研究提出在單純 Ubuntu 64 位元環境來開發 jni 程式，避免在微軟視窗環境必須安裝諸多轉換模擬套件所產生不相容與升級空間不大的困擾，依據本研究所提之程序步驟，即可以成功建立 Android jni 程式。

關鍵字：驅動程式、jni 程式、Android 應用程式

Abstract

Android jni program enables apps to call C/C++ program. The C language is the mainstream language to develop device drivers and has the ability to allocate memory. It is thus difficult to develop Android device drivers without jni program. Using jni program to allocate memory directly by C language can improve memory allocation.

Most people develop jni program on Windows environment because they develop Android apps using eclipse on Windows environment. However, the bottom-layer compiler of jni program is for Linux environment, and thus many problems arise when jni program is developed. One of problems is incompatibility of open software kits for developing jni program when some software kits are upgraded. Additionally, there are two different versions, software kits to OS for 32-bit and 64-bit. Unless following the procedures recommended by older version published, it is difficult to avoid the incompatible problem.

This study proposes developing Android jni program on a 64-bit Ubuntu to avoid the problems of upgrade difficulty, as well as incompatibility between software kits. Following the procedures proposed by this study will create the Android jni program correctly.

Keywords : driver 、 jni program 、 Android app

壹、前言

嵌入式行動裝置的應用越來越普及，經濟產值也越來越大，產業界也對於 Android 驅動程式開發人才需求甚殷，對於學校教育訓練而言，以當下的軟體版本來建立 Android 驅動程式的開發環境是比較符合產業界的現實需求。

C 語言是控制週邊硬體裝置驅動程式的主程式語言並且可以直接規劃記憶體提升程式效率，一個 Android 系統裝置必然存在 Android 應用程式與 C/C++ 程式的溝通，這個溝通介面就是所謂的 jni (java native interface)，jni 程式是嵌入 Android 應用程式內部但卻可以呼喚 C/C++ 程式所以是 Android 應用程式與 C/C++ 程式的橋樑。

對於 Android 驅動程式的技術書籍而言，長高科技圖書公司所出版的「行動裝置嵌入式系統與軟體」算是資料甚為齊全且錯誤率甚低的一本書籍[1]，一般而言依據書中的步驟皆可以成功開發出功能正確運作的程式，但是該書籍所使用的開發環境常出現 Ubuntu 環境與微軟視窗環境交叉使用，而且所使用的軟體套件有些老舊，升級某些套件時又常發生不相容而無法啟動或是編譯失敗，該教材對於學校教育訓練而言非常困擾。

為了尋求一個單純穩定的開發環境，本研究完全排除微軟視窗環境的工具與套件軟體，單純以穩定度甚高的64位元 Ubuntu 12.04 為基礎，搭配當下穩定的工具套件來開發 jni 程式，以解決學校教育訓練所困擾的複雜且過時的開發環境問題

貳、程序與結果

本研究架構分為環境建置以及 Android JNI 專案建立。環境建置的部分中必須先確認作業系統版本與各項插件是否有安裝，另外再下載 Android 官方所提供的 SDK 並設定好正確的開啟路徑。Android JNI 專案建立的部分中要清楚知道每個檔案的關聯性，在執行時才不會發生錯誤。依據以下步驟，即可完全在 Ubuntu 環境下開發 jni 介面程式。

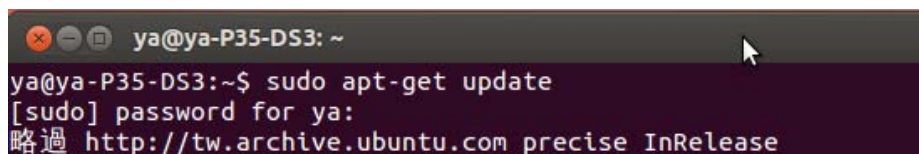
一、下載軟體與更新：

步驟1：安裝 Ubuntu12.04 64Bits

至 Ubuntu 官網下載 Ubuntu12.04 64Bits[2]，並進行安裝。

步驟2：更新 Ubuntu 指令：`sudo apt-get update`

更新 Ubuntu 套件如圖一所示。



```
ya@ya-P35-DS3: ~
ya@ya-P35-DS3:~$ sudo apt-get update
[sudo] password for ya:
略過 http://tw.archive.ubuntu.com precise InRelease
```

圖一 更新 Ubuntu 套件

步驟3：安裝 ia32-libs 指令：sudo apt-get install ia32-libs -y

更新完 Ubuntu 套件後下載安裝 ia32-libs 如圖二所示，這是為了要在64位元的架構上正確執行32位元的應用程式，若未安裝 ia32-libs 則 Android 模擬器將無法正常執行。

```
ya@ya-P35-DS3: ~
ya@ya-P35-DS3:~$ sudo apt-get install ia32-libs -y
[sudo] password for ya:
正在讀取套件清單... 完成
正在重建相依關係
正在讀取狀態資料... 完成
下列的額外套件將被安裝:
```

圖二 安裝 ia32-libs

步驟4：安裝 JDK 指令：sudo apt-get install openjdk-6-jdk

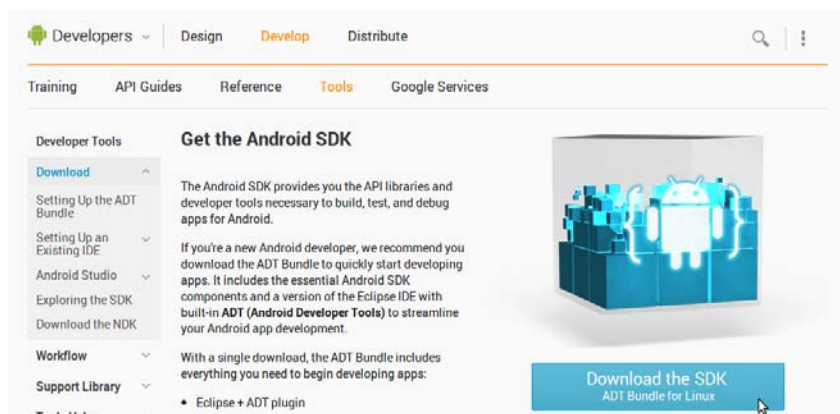
openjdk 是一套開發環境，包含 java 執行階段環境、API 與編譯器，開發 Android 應用程式須先安裝 JDK (Java Development Kit)，如圖三所示。

```
ya@ya-P35-DS3: ~
ya@ya-P35-DS3:~$ sudo apt-get install openjdk-6-jdk -y
[sudo] password for ya:
正在讀取套件清單... 完成
正在重建相依關係
正在讀取狀態資料... 完成
```

圖三 安裝 openjdk

步驟5：下載 Android SDK 64Bits

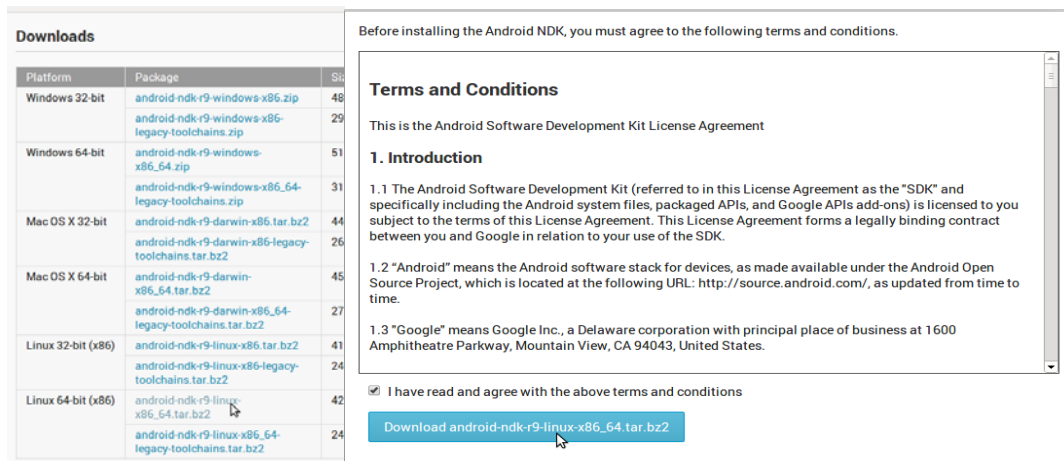
至 Android 官網下載 SDK (Software Development Kit) [3]，下載版本要選擇64位元 Linux 版本如圖四所示，SDK 是發展 Android 應用程式的開發工具集合。



圖四 下載 Linux 版本64位元之 SDK

步驟6：下載 Android NDK 64Bits

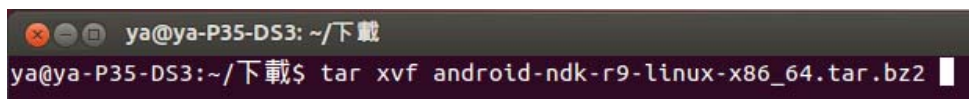
接著下載 NDK (Native Development Kit) [4]，版本同樣要選擇 Linux 64位元如圖五所示，開發 jni (java native interface) 程式必須先建立 NDK 環境，jni 介面可以讓 Android 應用程式呼叫 C/C++ 程式去控制底層裝置並接受其回傳資料，對於撰寫 Android 驅動程式或是 Android 應用程式直接規劃記憶體提高執行效率，都算是很重要的技術。



圖五 下載 NDK

步驟7：解壓縮 NDK 指令：`tar xvf android-ndk-r9-linux-x86_64.tar.bz2`

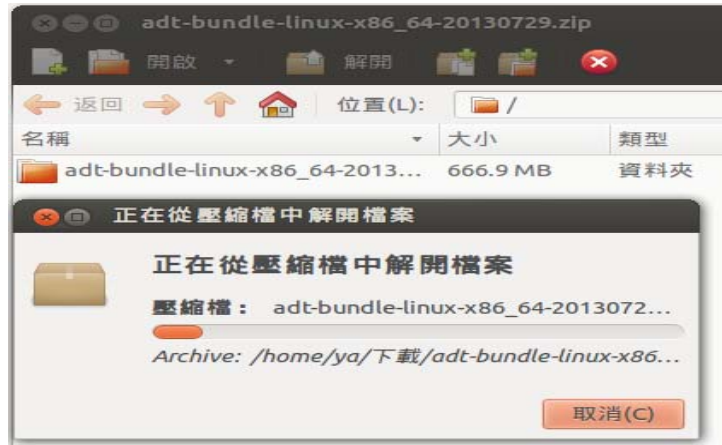
在下載後所存放的目錄中將下載好的 NDK 解壓縮如圖六所示。



圖六 解壓縮 NDK

步驟8：解壓縮 SDK

在步驟5所下載的 Android SDK 是 ZIP 格式的壓縮檔，但是 Ubuntu 的預設並無解壓縮 ZIP 格式的指令，必須另外安裝解壓縮指令，或是使用 Ubuntu 圖形化介面來解壓縮 ZIP 檔案，本研究是使用 Ubuntu 圖形化介面來解壓縮 SDK 檔案如圖七所示。

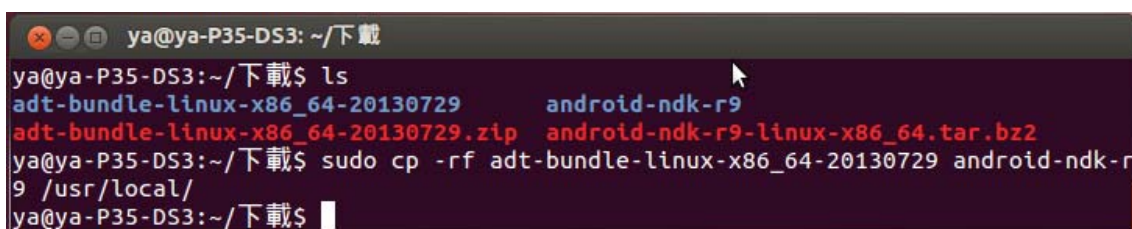


圖七 解壓縮 SDK

二、建置 Linux 開發環境：

步驟9：將 SDK 與 NDK 移至同一目錄 指令：`sudo cp -rf adt-bundle-linux-x86_64-20130729 android-ndk-r9 /usr/local/`

若 SDK 與 NDK 兩者皆解壓縮完畢，將解壓縮出來的兩個資料目錄 `android-ndk-r9` 與 `adt-bundle-linux-x86_64-20130729` 都複製到 `/usr/local/` 目錄下，如圖八所示。

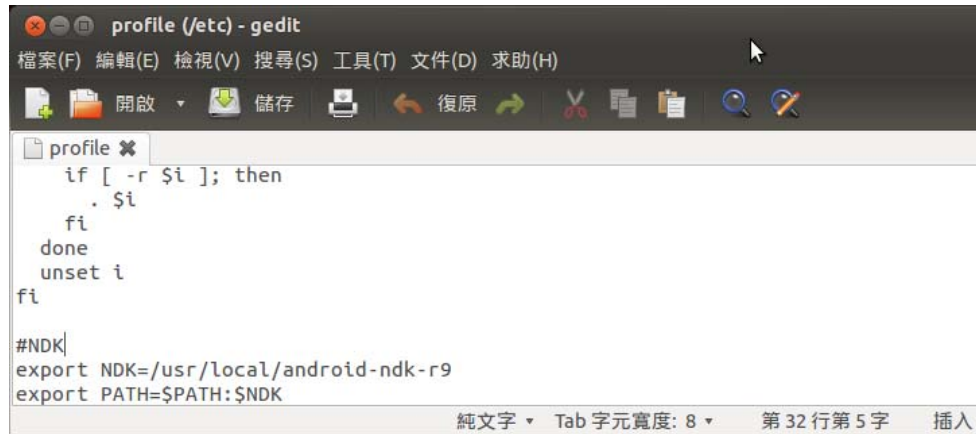
圖八 移動 SDK 與 NDK 至 `/usr/local/` 目錄下

步驟10：編輯 profile 指令：`sudo gedit /etc/profile`

`etc/profile` 所設定的環境變數對於 Ubuntu 所有使用者皆會生效，所以其他使用者或程式是有可能更改開發環境的環境變數。為了啟動 NDK 的功能，必須在 `/etc/profile` 這個檔案的裡面設定 NDK 目錄 `android-ndk-r9` 之路徑，如圖九所示，即

```
export NDK=/usr/local/android-ndk-r9
```

```
export PATH=$PATH:$NDK
```



圖九 在 profile 檔案中新增 NDK 路徑

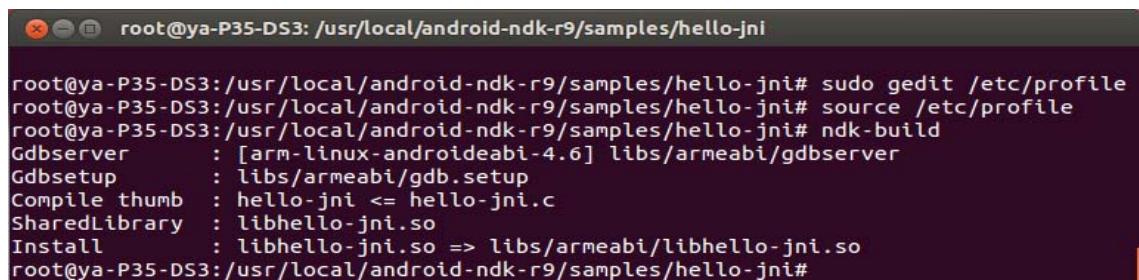
步驟11：環境變數立即生效 指令：source /etc/profile

將 profile 儲存後必須使用 source 這個指令來讓新增的環境變數生效。

三、建置 Android 開發環境：

步驟12：測試 NDK 環境 指令：ndk-build

步驟6所下載的 NDK 備有範例程式 hello-jni.c 用來測試 NDK 環境是否建立成功，該範例程式位於 android-ndk-r9/samples/hello-jni 專案目錄內，只要在該專案目錄下執行 ndk-build 就可以產生動態程式庫 libhello-jni.so 如圖十所示，這個步驟最好在 root 權限下來執行，以免發生權限不足的問題。



圖十 測試 NDK 環境

步驟13：執行 eclipse 指令：./eclipse

步驟8解壓縮 SDK 後的資料目錄 adt-bundle-linux-x86_64-20130729內會有 eclipse 與 sdk 這兩個資料目錄，進到 eclipse 目錄中來執行 eclipse 程式如圖十一所示。

```

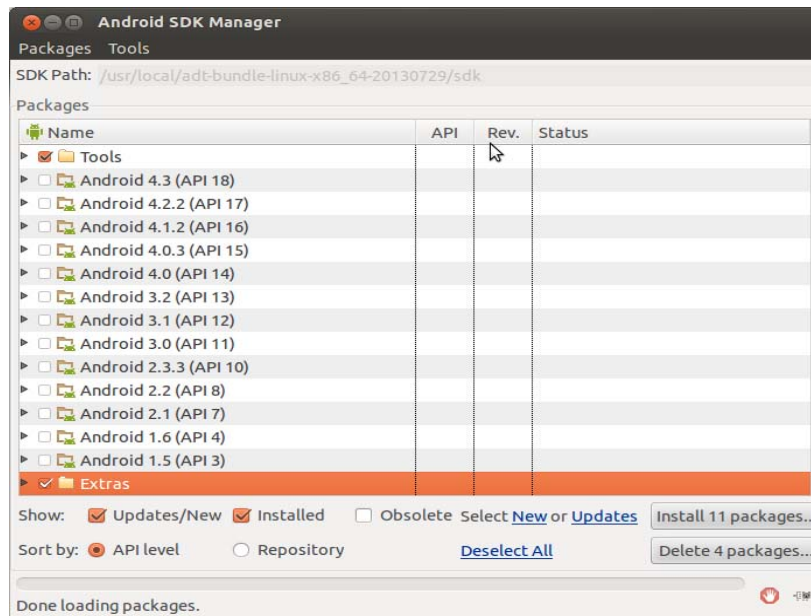
root@ya-P35-DS3: /usr/local/adt-bundle-linux-x86_64-20130729/eclipse
root@ya-P35-DS3: /usr/local/adt-bundle-linux-x86_64-20130729# ls
eclipse sdk
root@ya-P35-DS3: /usr/local/adt-bundle-linux-x86_64-20130729# cd eclipse/
root@ya-P35-DS3: /usr/local/adt-bundle-linux-x86_64-20130729/eclipse# ls
about_files configuration eclipse.ini icon.xpm p2
about.html dropins epl-v10.html libcairo-swt.so plugins
artifacts.xml eclipse features notice.html readme
root@ya-P35-DS3: /usr/local/adt-bundle-linux-x86_64-20130729/eclipse# ./eclipse

```

圖十一開啟 eclipse

步驟14：安裝 Android SDK

開啟 eclipse 後須安裝 Android SDK，更新安裝 SDK Manager 中最新的 tools 與 Extras，如圖十二所示，本研究選擇 Android 4.3。



圖十二 更新安裝 Android SDK

步驟15：建立 Android 模擬器

建立新 Android 模擬器時因第一次開啟會耗費較多時間，為了避免耗時等待，新增模擬器後即直接開啟模擬器，然後繼續進行後續步驟。

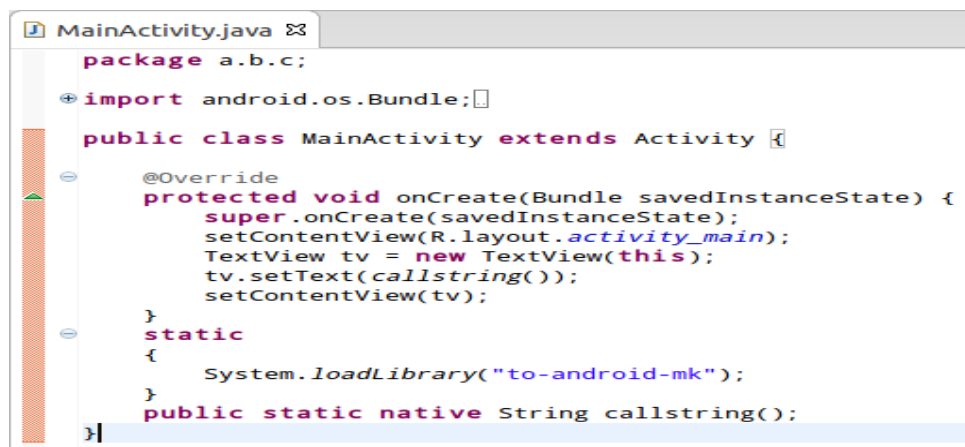
步驟16：建立 Android 專案

接著新增一個 Android 專案，本研究之專案名稱為 Test。

四、開發 JNI 程式：

步驟17：建立 jni 介面

一個 Android 應用程式應該透過另一個 java 程式去呼叫 C 程式，該 C 程式可以是 Android 的驅動程式（本研究是輸出中文字串），該 java 程式就是 jni 介面程式且必須宣告將被呼叫的 C 程式的所有函數，並會被編譯為該 C 程式所 include 的標頭檔。本研究將 Android 應用程式與 jni 程式合併於 class MainActivity 如圖十三所示，圖中 jni 程式唯一宣告的 C 函數是 callstring()，並藉著 loadLibrary 來指示 Android 應用程式其可參考 to-android-mk 模組，該模組為 Android 所呼叫的 C 程式編譯而來，且是 Android.mk 檔案內的 LOCAL_MODULE 所指定名稱，所以 C 程式亦是透過 jni 程式來回傳資料給 Android 應用程式。



```

package a.b.c;

import android.os.Bundle;

public class MainActivity extends Activity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
        TextView tv = new TextView(this);
        tv.setText(callstring());
        setContentView(tv);
    }

    static
    {
        System.loadLibrary("to-android-mk");
    }

    public static native String callstring();
}

```

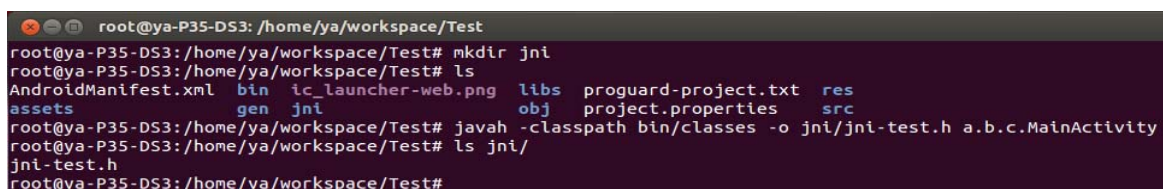
圖十三 在 class MainActivity 內宣告 C 程式之函數

步驟18：建立 jni 目錄 指令：mkdir jni

完成 jni 函數後，在 Android 專案目錄 Test 中新增一個 jni 資料目錄，該 jni 目錄名稱是系統強制規定故不可擅改名稱。

步驟19：建立 C 語言標頭檔 指令：javah -classpath bin/classes/ -o jni/jni-test.h a.b.c.MainActivity

在專案目錄 Test 下使用 javah 來產生標頭檔 jni-test.h，且該標頭檔須置於 jni 目錄下如圖十四所示，jni-test.h 是編譯 jni 程式所得。



```

root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test
root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test# mkdir jni
root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test# ls
AndroidManifest.xml  bin  ic_launcher-web.png  libs  proguard-project.txt  res
assets              gen  jni                   obj   project.properties  src
root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test# javah -classpath bin/classes/ -o jni/jni-test.h a.b.c.MainActivity
root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test# ls jni/
jni-test.h
root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test#

```

圖十四 建立 jni-test.h

步驟 20：編輯 C 程式 指令：sudo gedit test.c

在 jni 目錄下編輯 C 程式，該 C 程式必須 include 系統檔 jni.h 以及步驟十九所產生的 jni-test.h，函數名稱必須遵循系統命名規則，即 Java 開頭，再來是 Android 專案的 Package 名稱與 jni class 名稱，最後是該 jni class 下的 C 函數名稱，各名稱之間以“_”串聯起來合成該 C 程式的函數名，如圖十五所示，該 C 程式將會輸出「東南科技大學-資訊科技系」給 jni 介面程式並被 Android 應用程式所使用，即圖十三 tv.setText 所呼叫。



```

root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test
root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test/jni# sudo gedit test.c
test.c (/home/ya/workspace/Test/jni) - gedit
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 搜尋(S) 工具(T) 文件(D) 求助(H)
開啟 儲存 復原
test.c
#include<jni.h>
#include<string.h>
#include"jni-test.h"

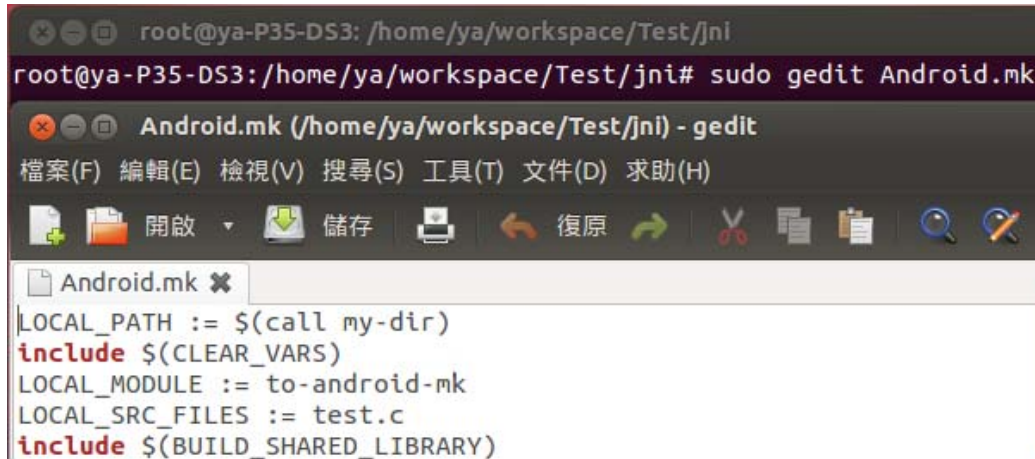
JNIEXPORT jstring JNICALL Java_a_b_c_MainActivity_callstring
(JNIEnv *env, jobject thiz)
{
return (*env) -> NewStringUTF(env, "東南科技大學-資訊科技系");
}

```

圖十五 建立 test.c

步驟21：編輯 Android.mk sudo gedit Android.mk

同樣在 jni 目錄編輯 Android.mk 檔案，Android.mk 是 GNU Makefile 的一部分用來向 NDK 編譯器描述所欲編譯進系統的資源之資訊，圖十六是最簡單的 Android.mk 至少須包含五項資訊：1、LOCAL_PATH 用來定位來源文件的位置，my-dir 為編譯系統所提供之變數用來返回當前的目錄（Android.mk 所在之目錄）；2、CLEAR_VARS 也是編譯系統所提供之變數將會清除諸如 LOCAL_MODULE 與 LOCAL_SRC_FILES 等所指定之變數的前期資料，因為對於 GNU Make 而言，這些變數都是全域變數，故解析文件之前要先把這些變數的資料內容清除；3、LOCAL_MODULE 是指編譯後的模組名稱（NDK 編譯系統會自動加上“lib”前綴語），本研究命名為 to-android-mk，即圖十三 loadLibrary 函數之輸入字串模組名稱，編譯後的模組名稱為 libto-android-mk.so，該模組是一個動態函數庫；4、LOCAL_SRC_FILES 描述來源檔案名稱，即為步驟二十所編輯的 C 程式；5、BUILD_SHARED_LIBRARY 指定將這些資源編譯打包成動態函數庫。



```

root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test/jni
root@ya-P35-DS3:/home/ya/workspace/Test/jni# sudo gedit Android.mk

Android.mk (/home/ya/workspace/Test/jni) - gedit
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 搜尋(S) 工具(T) 文件(D) 求助(H)
開啟 儲存 復原

Android.mk ✕
LOCAL_PATH := $(call my-dir)
include $(CLEAR_VARS)
LOCAL_MODULE := to-android-mk
LOCAL_SRC_FILES := test.c
include $(BUILD_SHARED_LIBRARY)

```

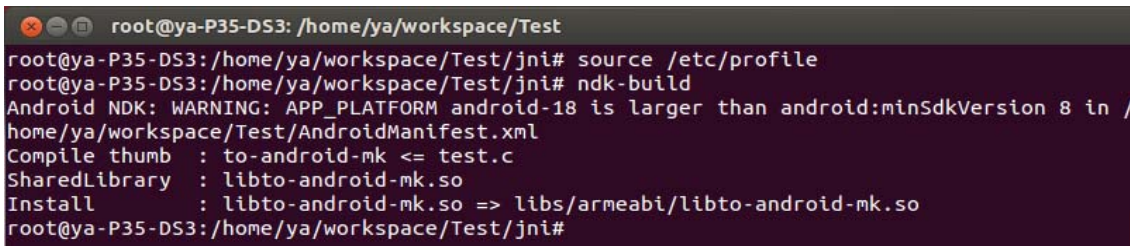
圖十六 建立 Android.mk

步驟22：再確認環境變數 指令：source /etc/profile

確定 ndk-build 可以成功，最好再次使用 source 指令來讓 profile 生效，以免環境變數被其他程式或使用者所更改。

步驟23：將 C 程式編譯成 Android 的 library 指令：ndk-build

在 jni 目錄中使用 ndk-build 指令來將目錄內的資源（主體為 C 程式）打包成動態函數庫模組 libto-android-mk.so，該檔案會產生在 Android 專案目錄 Test 下的 libs/armeabi 目錄內，如圖十七所示。



```

root@ya-P35-DS3: /home/ya/workspace/Test
root@ya-P35-DS3:/home/ya/workspace/Test/jni# source /etc/profile
root@ya-P35-DS3:/home/ya/workspace/Test/jni# ndk-build
Android NDK: WARNING: APP_PLATFORM android-18 is larger than android:minsdkVersion 8 in /
/home/ya/workspace/Test/AndroidManifest.xml
Compile thumb : to-android-mk <= test.c
SharedLibrary : libto-android-mk.so
Install       : libto-android-mk.so => libs/armeabi/libto-android-mk.so
root@ya-P35-DS3:/home/ya/workspace/Test/jni#

```

圖十七 產生動態函數庫模組

步驟24：Android 應用程式呼叫 C 程式

最後步驟是更新 Android 專案目錄 Test 來確定檔案是否完全建立成功，如果成功無誤，執行該 Android 應用程式 MainActivity 即可從模擬器看到 test.c 執行的結果將字串「東南科技大學-資訊科技系」回傳給 Android 應用程式，如圖十八所示。



圖十八 更新專案目錄與執行結果

參、結論

本研究提出在單一的較新版本 Ubuntu 作業系統套件下開發 JNI 的程式，除了省下了切換系統的時間與效能，最大的價值是解決部份開發軟體套件更新後的不相容問題。在研究過程中，一個典型的版本問題是 JDK 的版本不正確導致語法錯誤，若要改變 JDK 的版本則需使用不同的語法及指令，相互呼叫的程式碼也必須對應，否則就算所有檔案皆編譯完成，程式也無法正確的運作。在開發 JNI 程式的過程中還會遇到諸多軟體套件的不相容棘手問題，而依照本研究所提出的方法步驟，將可以成功建立 JNI 程式，進而開發出穩定的 Android 驅動程式。

肆、參考文獻

1. 陳弘明與許孟超, "行動裝置嵌入式系統與軟體", 長高科技圖書, 2011
2. www.ubuntu.com/download/desktop
3. developer.android.com/sdk/index.html
4. developer.android.com/tools/sdk/ndk/index.htm

以 Keil uVision4編譯 FreeRTOS 並移植於 LPC1114/102

ompiling FreeRTOS By Keil uVision4 and Porting it On LPC1114/102

楊昶羲¹ 蔡長達² 楊証傑³
Yun-Si Yang¹ Chang-Da Tsai² Jheng-Jie Yang³

1東南科技大學 電機工程系 研究生 Department of Electrical Engineering
2東南科技大學 資訊科技系 助理教授 Department of Information Technology
3東南科技大學 資訊科技系 學生 Department of Information Technology

摘 要

對於諸如 ARM Cortex-M0微控制器應用的開發設計，Keil-MDK 是產業界與教育界非常普遍的開發環境，而為了讓微控制器處理更複雜的應用，移植一個即時嵌入式作業系統於微控制器是一個很好的選擇，目前存在的即時嵌入式作業系統雖然不少，但是考量價格、效能與各方面資源，FreeRTOS 可算是較廣泛使用的即時嵌入式作業系統，本研究之目的就是使用 Keil-MDK 編譯 FreeRTOS 並移植於 ARM Cortex-M0。

ARM Cortex-M0微控制器有不同的半導體封裝，近期問市的 NXP 公司所生產 DIP 封裝的 LPC1114FN28/102微控制器是非常適合教育訓練的應用，因此本研究使用 LPC1114FN28/102來作為 FreeRTOS 的移植平台，但是 FreeRTOS 官網所提供的程式碼必須使用 GCC 編譯器的 LPCXpresso 才能夠順利編譯，LPCXpresso 是 NXP 公司所提供的小眾市場開發環境並不適合教育訓練使用，而較流行的 Keil-MDK 開發環境卻因預設內建 ARMCC 編譯器而無法編譯 FreeRTOS 官網所提供的作業系統，經過研究之後我們順利解決了以 Keil-MDK 開發環境編譯 FreeRTOS 並移植於 LPC1114FN28/102，處理程序將在本文中一步步詳細說明。

關鍵字：即時嵌入式作業系統、微控制器、編譯器

ABSTRACT

Keil-MDK is a very popular development kit to develop applications for ARM Cortex-M0 microcontroller. In order to enable the microcontroller to be used in complicated applications, it is necessary to port a real-time embedded operating system on this microcontroller. FreeRTOS is a possible solution because it is a popular, inexpensive, and efficient real-time embedded operating system though there are many real-time embedded operating systems today. This study aims at using Keil-MDK to compile FreeRTOS and porting on ARM Cortex-M0.

Although there are many packages for ARM Cortex-M0, the LPC1114FN28/102 provided by NXP company is for dual in-line package (DIP) very suitable for educational training. Therefore, this study chooses LPC1114FN28/102 as platform for porting FreeRTOS. The OS program provided by official website of FreeRTOS uses LPCXpresso with GCC compiler to compile the FreeRTOS program. However, the LPCXpresso provided by NXP company is unpopular and not suitable for educational training. More worse, the popular Keil-MDK with ARMCC compiler cannot compile the FreeRTOS program. We solve the compiling problem using Keil-MDK and port FreeRTOS on LPC1114FN28/102 successfully. The procedures for this compilation will be illustrated step by step.

Keyword : real-time embedded operating system 、 microcontroller 、 compiler

壹、前言

FreeRTOS 是一個輕量級且常見的嵌入式即時作業系統[1]，雖然官方提供的原始版本功能不是非常齊全，但有許多組織對它進行研究與開發，因此讓 FreeRTOS 變得更加完整，所需要的功能在網路上搜尋即有大量的相關資料可供參考，故本研究將使用普及且免費開放原始碼的即時作業系統 FreeRTOS，來建立一套輕易編譯與移植的程序。

對於 NXP 半導體公司所生產的系列晶片而言，FreeRTOS 官方所支援的開發工具只有 NXP 公司自己提供的 LPCxpresso[2]，但常見的微控制器開發工具為 Keil uVision4[3]，若要將微控制器開發工具改為相對不普及且環境不友善的 LPCxpresso，可能會耗費許多時間來適應，也會影響到工作效率，更不適合教育訓練的應用，故本研究的重點為，將 FreeRTOS 官方所支援的 LPCxpresso 改為常見的 Keil uVision4來完成編譯 FreeRTOS，並移植 FreeRTOS 到 ARM Cortex-M0 LPC1114 FN28/102這顆 DIP 封裝的微控制器中[4]，以驗證 Keil 環境所編譯之 FreeRTOS 是正確可執行。

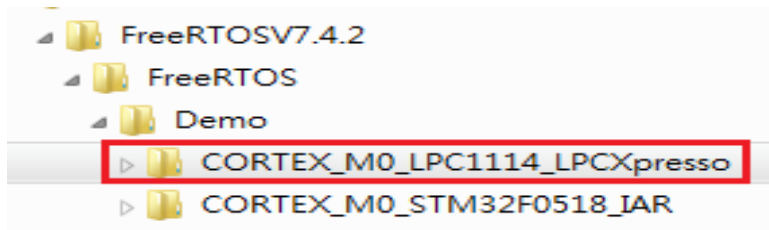
在 ARM 的微處理器家族中，M 系列雖不像 A 系列擁有那樣強大的運算能力與記憶體容量，但體積小與功耗低是它們的優點[5]，而且價錢非常便宜。本研究作為 FreeRTOS 驗證平台的 LPC1114 FN28/102為 DIP 的包裝，只要使用麵包板即可設計出各種不同的周邊介面電路所以非常適合教育訓練使用。這顆微控制器的時脈為 50MHz，處理一般資料已經是非常足夠了，將輕量級的 FreeRTOS 移植進去也不會有執行緩慢的問題存在。便宜的微控制器與免費開放原始碼的作業系統結合，讓開發者不需擁有龐大的資金也可進行產品開發與研究，因此本研究技術的普及對於產業界將有重大貢獻。

貳、實作步驟

首先硬體部分，先以麵包板組合出以 ARM Cortex-M0為主的基本電路及燒錄電路，燒錄可使用 RS-232進行的 ISP 燒錄或使用直接於 Keil-MDK 中進行的 JTAG 燒錄，軟體部分電腦中必須先安裝 Keil uVision4。

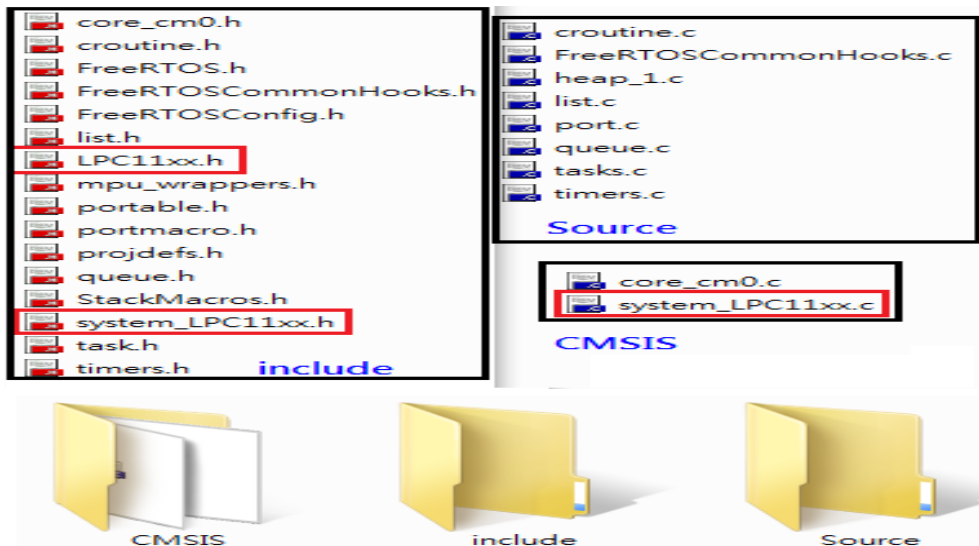
一、下載與整理檔案：

從 FreeRTOS 官網上下載最新版本 V7.4.2，在解壓縮後的資料夾中尋找 Cortex-M0 版本的資料夾，如圖一所示。



圖一 解壓縮最新版 FreeRTOS

在資料夾中將所需的 FreeRTOS 檔案整理分明，但 FreeRTOS 官方並未提供 Cortex-M0 的相關檔案，所以這部分必須上網下載，備齊檔案後，依照檔案功能類型分別放置，便於之後的專案建立動作，如圖二所示。



圖二 整理所需檔案與資料夾

本研究整理為 CMSIS、include 與 Source 三個資料夾，其名稱可自訂，而其內容檔案之來源路徑依序如表1、表2與表3。

表1 CMSIS 資料夾各檔案位址

| | | |
|------|---|------------------|
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Demo\CORTEX_M0_LPC1114_LPCXpresso\CMSISv2p00_LPC11xx\src | |
| 所需檔案 | core_cm0.c | system_LPC11xx.c |

表2 Source 資料夾各檔案位址

| | | | | | |
|------|--|---------|--------|----------|------------|
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Source | | | | |
| 所需檔案 | queue.c | tasks.c | list.c | timers.c | croutine.c |
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Source\portable\MemMang | | | | |
| 所需檔案 | heap_1.c | | | | |
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Source\portable\GCC\ARM_CM0 | | | | |
| 所需檔案 | port.c | | | | |
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Demo\CORTEX_M0_LPC1114_LPCXpresso\RTOSDemo\Source | | | | |
| 所需檔案 | main.c | | | | |

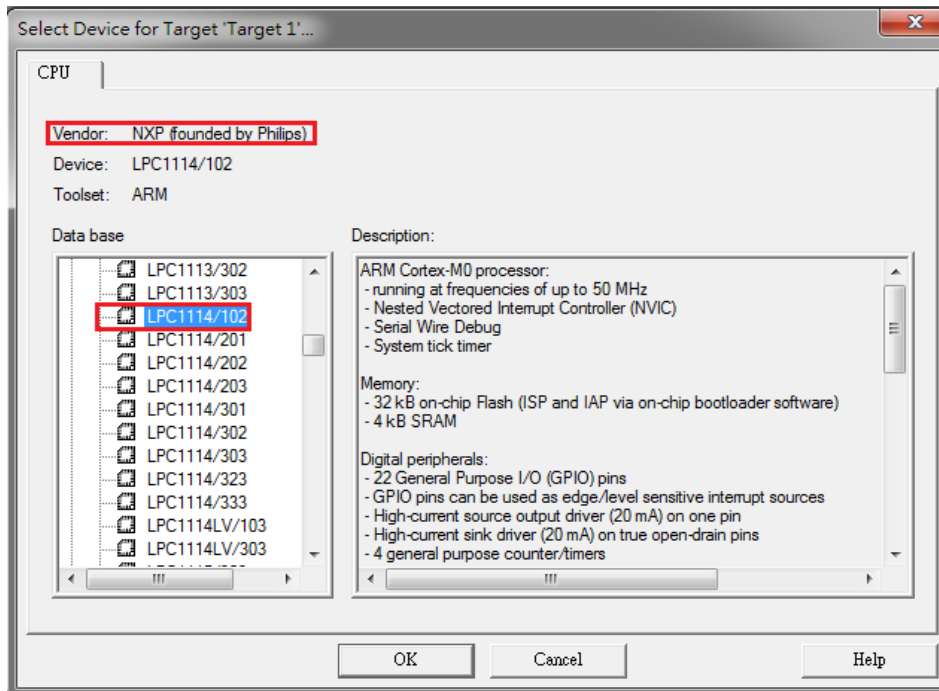
表3 include 資料夾各檔案位址

| | | | | | |
|------|---|----------------|------------------|---------------|--|
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Demo\CORTEX_M0_LPC1114_LPCXpresso\CMSISv2p00_LPC11xx\inc | | | | |
| 所需檔案 | core_cm0.h | core_cmInstr.h | system_LPC11xx.h | core_cmFunc.h | |
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Source\include | | | | |
| 所需檔案 | projdefs.h | FreeRTOS.h | queue.h | croutine.h | |
| | semphr.h | StackMacros.h | task.h | portable.h | |
| | list.h | timers.h | mpu_wrappers.h | | |
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Demo\CORTEX_M0_LPC1114_LPCXpresso\RTOSDemo\Source | | | | |
| 所需檔案 | FreeRTOSConfig.h | | | | |
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Demo\CORTEX_M0_LPC1114_LPCXpresso\CMSISv2p00_LPC11xx\inc | | | | |
| 所需檔案 | LPC11xx.h | | | | |
| 檔案位址 | \FreeRTOSV7.4.2\FreeRTOS\Source\portable\GCC\ARM_CM0 | | | | |
| 所需檔案 | Portmacro.h | | | | |


然後在 Keil uVision4 中新增一個專案，輸入檔名後，點選存檔。由於本研究是使用 NXP 所生產的 LPC1114 FN28/102 這顆微控制器，所以製造商選擇 NXP 後即可在下方找到 LPC1114/102 這個型號，如圖三所示，若是 Keil uVision4 版本較舊，可能會找不到這個型號，從官網下載最新版本即可。

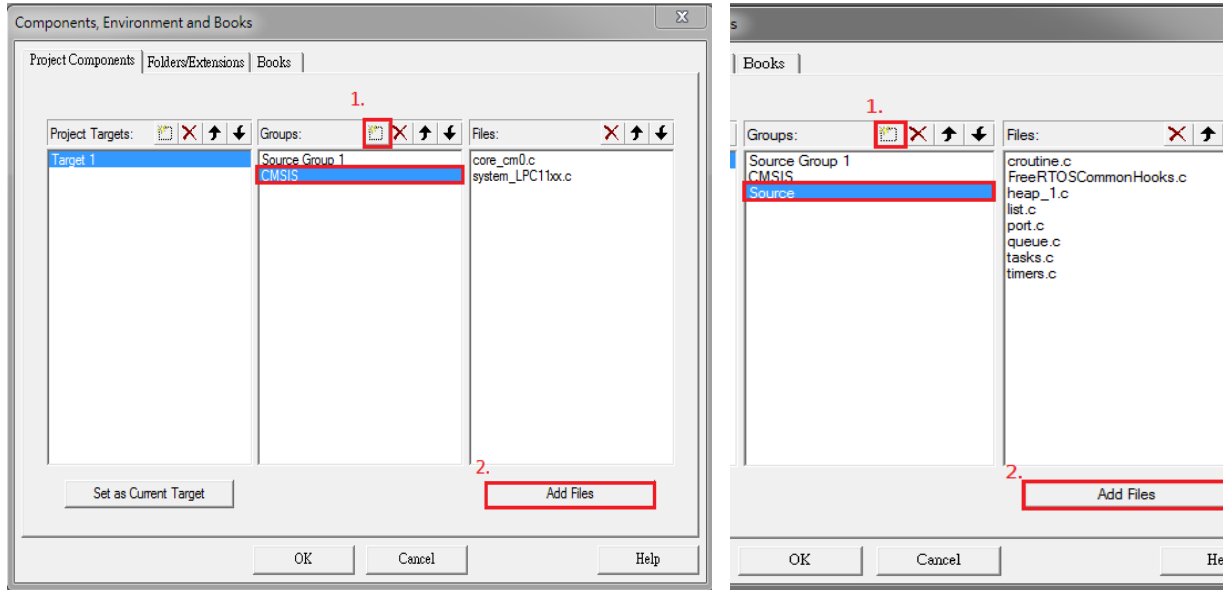
二、建立 Keil uVision4 專案並匯入檔案：

接著出現的視窗是會詢問是否在新專案中加入 "startup_LPC11xx.s" 這個檔案，這部份要選擇是 yes。

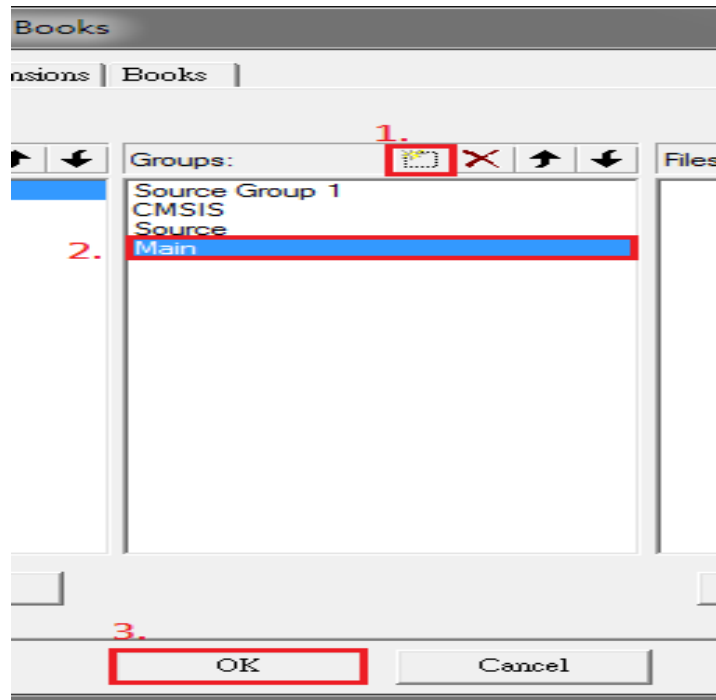


圖三 建立新專案選擇 NXP 之 LPC1114/102 CPU

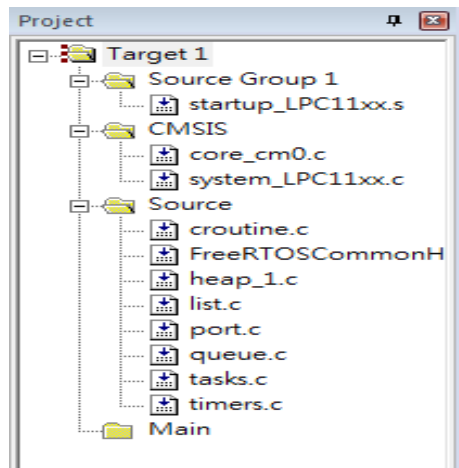
完成專案建立後，即可在專案視窗中看到專案結構。接著點選上方工具列中的  圖示，來匯入檔案並建立專案檔案結構，可如圖四至圖五依序建立名稱自訂之 Group，本文名為 CMSIS、Source 與 Main，其中 CMSIS 與 Source 所包含的 C 檔案如表 1 與表 2 或圖中之 Files 所示，而 Main 的內容將放置從 FreeRTOS 官網所下載的 main.c (或再處理)，暫時不須加入任何檔案如圖五所示，完成後的專案視窗內容如圖六所示。




圖四 CMSIS 與 Source 之檔案內容



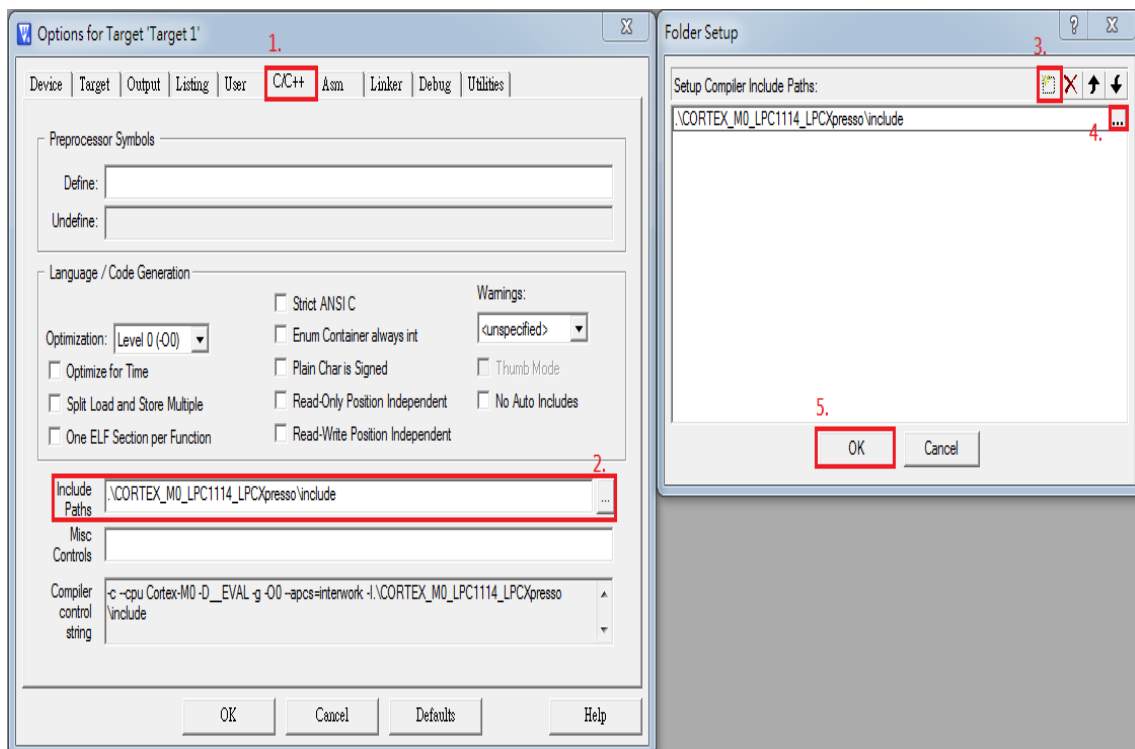
圖五 新增暫無檔案內容的 Main



圖六 完成後的專案視窗

接著點選上方工具列中的  圖示，如圖七所示選擇 C/C++ 分頁，在下面的 Include Paths 中新增路徑，路徑內容為編譯 FreeRTOS 所需要的標頭檔目錄，即圖二 include 資料夾所在位置。

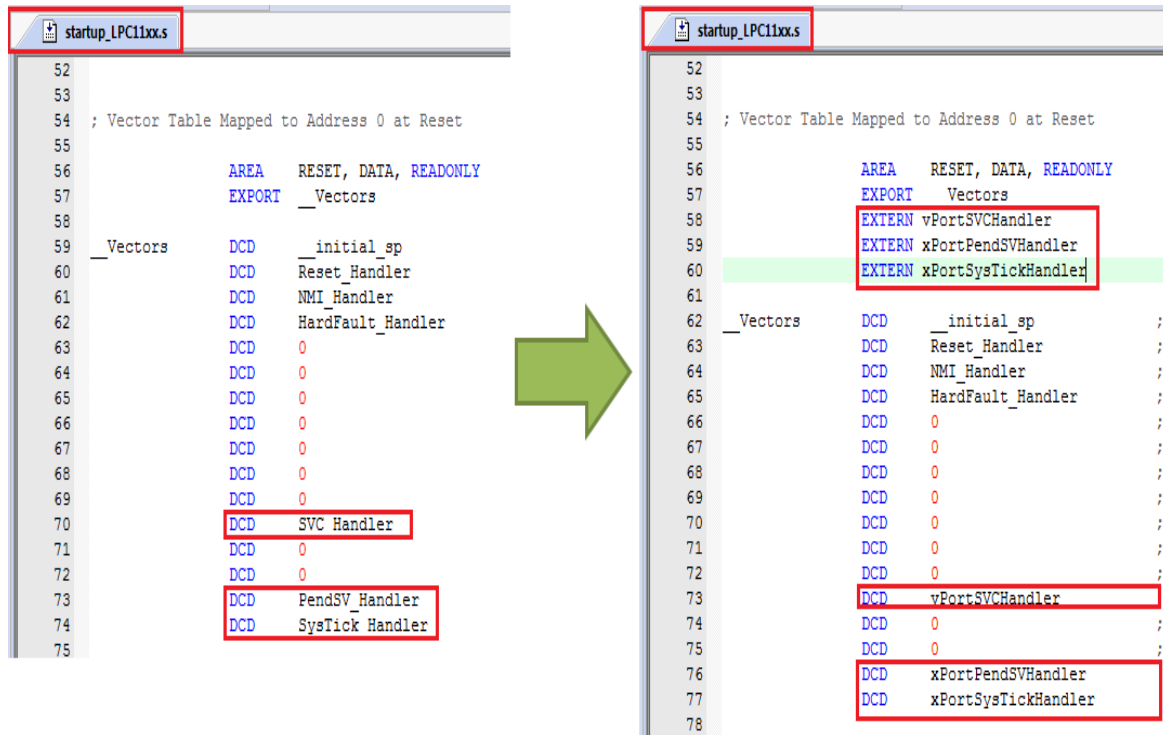
若使用 RS232 線上燒錄，則須選擇 Output 分頁，並將下方的 Create HEX File 勾選起來（預設未勾選），如此才可在檔案編譯完成後使用 Flash Magic 軟體將所編譯的 HEX 檔燒錄至 LPC1114/102 中。



圖七 設定標頭檔路徑

三、修改檔案內容：

接著直接編輯圖六專案視窗中的檔案 startup_LPC11xx.s，修改其中三個函數名稱 SVC_Handler、PendSV_Handler 與 SysTick_Handler，依序將其名稱改為 FreeRTOS 所定義的 vPortSVCHandler、xPortPendSVHandler 與 xPortSysTickHandler，如圖八所示，圖中並宣告其程式碼由外部輸入（程式碼在 port.c）。



圖八 修改 startup_LPC11xx.s 檔案中的函數名稱

接著依序修改 FreeRTOSConfig.h 的檔案內容如圖九所示：1、先將 FreeRTOSConfig.h 中的85行註解或刪除，這行是為了提醒使用者在建構專案之前先執行 CreateProjectDirectoryStructure.bat 這個批次檔。2、將系統時脈變數名稱 SystemCoreClock 更改為 SystemFrequency。3、將函數名稱定義刪除。

```

85 #error Ensure CreateProjectDirectoryStructure.bat has been executed before building. See comment immediately above
100 extern uint32_t SystemCoreClock;
101
102 #define configUSE_PREEMPTION 1
103 #define configUSE_IDLE_HOOK 0
104 #define configUSE_TICK_HOOK 1
105 #define configCPU_CLOCK_HZ ( SystemCoreClock )
↓
100 extern uint32_t SystemFrequency;
101
102 #define configUSE_PREEMPTION 1
103 #define configUSE_IDLE_HOOK 0
104 #define configUSE_TICK_HOOK 1
105 #define configCPU_CLOCK_HZ ( SystemFrequency )
147 /* Definitions that map the FreeRTOS port interrupt handlers to their CMSIS
148 standard names - or at least those used in the unmodified vector table. */
149 #define vPortSVCHandler SVC_Handler
150 #define xPortPendSVHandler PendSV_Handler
151 #define xPortSysTickHandler SysTick_Handler
152
153 #endif /* FREERTOS_CONFIG_H */

```

圖九 修改 FreeRTOSConfig.h 檔案

接下來修改 system_LPC11xx.c 與 system_LPC11xx.h 的檔案內容，將所有 SystemCoreClock 名稱改成 SystemFrequency、且 SystemCoreClockUpdate 名稱改成 SystemFrequencyUpdate。

再來修改 port.c，首先依圖十修改四個函數宣告。

```


111 void xPortPendSVHandler( void ) __attribute__ (( naked ));
112 void xPortSysTickHandler( void );
113 void vPortSVCHandler( void ) attribute (( naked ));
114 /*
115  * Start first task is a separate function so it can be tested in isolation.
116  */
117 static void vPortStartFirstTask( void ) __attribute__ (( naked ));
↓
114 void xPortPendSVHandler(void);
115 void xPortSysTickHandler(void);
116 void vPortSVCHandler(void);
117
118 /*
119  * Start first task is a separate function so it can be tested in isolation.
120  */
121 static void vPortStartFirstTask( void );

```


圖十 修改 port.c 檔案之函數宣告

再依圖十一至圖十三分別修改 vPortStartFirstTask、vPortSV

CHandler 與 xPortPendSVHandler 之程式碼，其中 __asm 是兩個底線而非一個底線，而 xPortSysTickHandler 不須更改。

| | | |
|---|---|---|
| <pre> 169 void vPortStartFirstTask(void) 170 { 171 __asm volatile(172 " movs r0, #0x00 \n" /* 173 " ldr r0, [r0] \n" 174 " msr msp, r0 \n" /* St 175 " cpsie i \n" /* Glo 176 " svc 0 \n" /* Sys 177 " nop \n" 178); 179 } </pre> |  | <pre> 166 __asm void vPortStartFirstTask(void) 167 { 168 PRESERVE8 169 movs r0, #0x00 170 ldr r0, [r0] 171 msr msp, r0 172 cpsie i 173 svc 0 174 nop 175 } </pre> |
|---|---|---|

圖十一 修改 port.c 檔案之 vPortStartFirstTask

| | | |
|---|---|---|
| <pre> 141 void vPortSVCHandler(void) 142 { 143 __asm volatile (144 " ldr r3, pxCurrentTCBConst2 \n" /* Restore 145 " ldr r1, [r3] \n" /* Use pxCurrentTCB 146 " ldr r0, [r1] \n" /* The first item i 147 " add r0, r0, #16 \n" /* Move to the hi 148 " ldmia r0!, {r4-r7} \n" /* Pop the high 149 " mov r8, r4 \n" 150 " mov r9, r5 \n" 151 " mov r10, r6 \n" 152 " mov r11, r7 \n" 153 " \n" 154 " msp psp, r0 \n" /* Remember the r... 155 " \n" 156 " sub r0, r0, #32 \n" /* Go back for th 157 " ldmia r0!, {r4-r7} \n" /* Pop 158 " mov r1, r14 \n" /* OR R14 with 0x0d 159 " movs r0, #0x0d \n" 160 " orr r1, r0 \n" 161 " bx r1 \n" 162 " \n" 163 ".align 2 \n" 164 "pxCurrentTCBConst2: .word pxCurrentTCB \n" 165); 166 } </pre> |  | <pre> 141 __asm void vPortSVCHandler(void) 142 { 143 extern pxCurrentTCB; 144 PRESERVE8 145 146 ldr r3, =pxCurrentTCB 147 ldr r1, [r3] 148 ldr r0, [r1] 149 adds r0, r0, #16 150 ldmia r0!, {r4-r7} 151 mov r8, r4 152 mov r9, r5 153 mov r10, r6 154 mov r11, r7 155 156 msp psp, r0 157 158 subs r0, r0, #32 159 ldmia r0!, {r4-r7} 160 mov r1, r14 161 movs r0, #0x0d 162 orrs r1, r0 163 bx r1 164 } </pre> |
|---|---|---|

圖十二修改 port.c 檔案之 vPortSVCHandler

| | | |
|---|---|---|
| <pre> 244 void xPortPendSVHandler(void) 245 { 246 /* This is a naked function. */ 247 248 __asm volatile 249 { 250 " mrs r0, psp \n" 251 " \n" 252 " ldr r3, pxCurrentTCBConst \n" /* Get the 253 " ldr r2, [r3] \n" 254 " \n" 255 " sub r0, r0, #32 \n" /* Make space i 256 " str r0, [r2] \n" /* Save the new t 257 " stmia r0!, {r4-r7} \n" /* Store the 258 " mov r4, r8 \n" /* Store the hi 259 " mov r5, r9 \n" 260 " mov r6, r10 \n" 261 " mov r7, r11 \n" 262 " stmia r0!, {r4-r7} \n" 263 " \n" 264 " push {r3, r14} \n" 265 " cpsid i \n" 266 " bl vTaskSwitchContext \n" 267 " cpsie i \n" 268 " pop {r2, r3} \n" /* lr goes in r3. 269 " \n" 270 " ldr r1, [r2] \n" 271 " ldr r0, [r1] \n" /* The first iter 272 " add r0, r0, #16 \n" /* Move to the 273 " ldmia r0!, {r4-r7} \n" /* Pop the hi 274 " mov r8, r4 \n" 275 " mov r9, r5 \n" 276 " mov r10, r6 \n" 277 " mov r11, r7 \n" 278 " \n" 279 " msp psp, r0 \n" /* Remember the r 280 " \n" 281 " sub r0, r0, #32 \n" /* Go back for 282 " ldmia r0!, {r4-r7} \n" /* Pc 283 " \n" 284 " bx r3 \n" 285 " \n" 286 ".align 2 \n" 287 "pxCurrentTCBConst: .word pxCurrentTCB " 288 }; 289 } </pre> |  | <pre> 241 __asm void xPortPendSVHandler(void) 242 { 243 /* This is a naked function. */ 244 245 extern pxCurrentTCB; 246 extern vTaskSwitchContext; 247 248 PRESERVE8 249 250 mrs r0, psp 251 ldr r3, =pxCurrentTCB 252 ldr r2, [r3] 253 254 subs r0, r0, #32 255 str r0, [r2] 256 stmia r0!, {r4-r7} 257 mov r4, r8 258 mov r5, r9 259 mov r6, r10 260 mov r7, r11 261 stmia r0!, {r4-r7} 262 push {r3, r14} 263 cpsid i 264 bl vTaskSwitchContext 265 cpsie i 266 pop {r2, r3} 267 ldr r1, [r2] 268 ldr r0, [r1] 269 adds r0, r0, #16 270 ldmia r0!, {r4-r7} 271 mov r8, r4 272 mov r9, r5 273 mov r10, r6 274 mov r11, r7 275 msp psp, r0 276 subs r0, r0, #32 277 ldmia r0!, {r4-r7} 278 bx r3 279 } 280 } </pre> |
|---|---|---|

圖十三 修改 port.c 檔案之 xPortPendSVHandler

最後一項是程式開始執行處 main.c 檔案，原則上使用 FreeRTOS 官方提供的 main.c 檔案即可編譯成功，但該檔案略顯繁雜，若使用者想要更清晰簡潔開發程式，可將官方 main.c 檔案中的副程式切割下來另名新檔（本研究名為 FreeRTOSCommonHook.c 與 FreeRTOSCommonHook.h），之後再以匯入的方式來使用，這個作法不會影響到程式碼的編譯，且使用者僅需新增一個普通的 main.c 就可以進行開發，處理後之 main.c 檔案放置於圖六之 Main 資料內。編譯成功之後可直接於 Keil-MDK 中直接燒錄，或使用 ISP 燒錄將編譯完成後產生的可執行檔 rtos.hex，使用 FlashMagic 即可將該執行檔燒錄入 LPC1114/102，燒錄電路與細節可參考作者之實務專題[6]。

參、結論

相對於 LPCxpresso，Keil uVision4是較容易使用的開發軟體工具，且能夠減少了解與熟悉開發環境的時間，學生的接受度也能相對的提升，是教育環境的主流工具之一。FreeRTOS 是32位元微控制器相當受歡迎的即時作業系統，但是同樣是主流的 Keil uVision4卻無法編譯從官網下載的 FreeRTOS 程式。本研究提出以 Keil uVision4 編譯 FreeRTOS 的可行步驟與方法，並以 FlashMagic 成功將編譯過的執行檔燒錄入 LPC1114/102晶片內。

肆、參考文獻

1.FreeRTOS 官網,

<http://www.freertos.org/>

2.LPCxpresso

<http://www.code-red-tech.com/lpcxpresso.php>

3.Keil-MDK,

<http://www.keil.com/arm/mdk.asp>

4.NXP ARM Cortex-M0 LPC1114FN28

http://www.tw.nxp.com/products/microcontrollers/cortex_m0_m0/LPC1114FN28.html#overview

5.ARM 官網,

<http://www.arm.com/zh/products/processors/cortex-m/cortex-m0.php>

6. 楊証傑(2013)，ARM Cortex-M0開發板實作，東南科技大學資訊科技系實務專題。

改良式膨化床反應槽削減底渣異味之成效評估

The efficiency evaluation of odor reduction of bottom ash in modified expand bed reactor

林奇剛¹ 彭彥翔² 蕭琦² 蔣佳穎²
Chi-Kang Lin¹ Yen-Hsiang Peng² Chi Hsiao² Chia-Ying Chiang²

1 東南科技大學 休閒事業管理系 副教授
2 東南科技大學 營建科技與防災研究所 研究生

摘要

為了解決垃圾焚化後底渣產生異味的問題，本研究曾利用膨化床反應槽進行試驗，並確實達到底渣異味削減之效果但仍有改進之虞，因此，本研究針對膨化床反應槽進行改良，提升底渣異味的削減效果，同時建立底渣異味削減之技術。膨化床反應槽設計內容包括底渣載物板孔徑、反應槽底面積與有效高度比及氣體導流管長度。經試驗後，以溫度200 °C、底渣粒徑4.76 mm、反應槽承載板孔徑2.00 mm、氣體流量5.0 L/min及CO₂流量0.1 L/min、槽體底部面積與有效高度比1：4，以及槽體底部氣體導流管凸出長度與有效高度比1：3等條件下，膨化床反應槽對底渣異味削減之效果較佳。另外，改良式膨化床反應槽在反應1.5 hr時，能使底渣異味從800削減至100左右，而未改良的膨化床反應槽則需約2 hr，明顯看出改良式膨化床反應槽能提升底渣削減之效果。彙整試驗結果，改良式膨化床確實能提升底渣異味削減之效果，若運用至實廠上，能藉由焚化廠煙道的餘熱及CO₂，減少而外加熱空氣的成本，以及CO₂的排放，達到節能減碳的效果，同時解決底渣異味之問題。

關鍵字：底渣、改良式膨化床反應槽、熱脫附、電子鼻、異味強度單位

Abstract

In order to solve the odor emission from bottom ash in garbage incineration plant, the odor reduction of bottom ash, using with expand bed reactor, was distinguished, but the efficiency odor reduction of bottom ash in the expand bed reactor was still improvement. The condition of lab-scale expand bed reactor, including the pore size of bottom ash loading plate, the ratio of bottom area and effective height of the reactor and the ratio of air diversion pipe length and effective height of the bottom reactor, had been investigated in this study. The conditions for the optimal efficiency of odor reduction from bottom ash in lab-scale reactor, including the temperature of thermal desorption reaction controlled at 200°C, size of

bottom ash in 4.76 mm below, the pore size of bottom ash loading plate $\psi=2.00$ mm, the flow rate of air and CO₂ 5.0 L/min to air, 0.1 L/min to CO₂, the ratio of bottom area and effective height of the reactor controlled at 1:4 and the ratio of air diversion pipe length and effective height of the bottom reactor 1:3, respectively. Correlatively, while the lapsed time of examination reduced from 2.0 hours to 1.5 hours, the odor strength of bottom ash was reduced from 800 to 100, significantly. The odor of bottom ash has reduced significantly in modified lab-scale expand bed reactor, and saving energy and reducing carbon emission with the temperature and CO₂ of incinerator flue emission were achieved, simultaneously.

Keywords : Bottom ash, Modified expand bad reactor, Thermal desorption, Electronic nose, Odor intensity unit (OIU).

壹、研究背景與目的

1.1 研究背景

隨著工商業快速的發展，使人們生活品質逐年提升，但垃圾產生量也逐年增加，依據行政院環保署資料統計，2012年垃圾總產生量約640萬公噸的垃圾，經焚化廠處理後約產生106萬噸的底渣量，其因焚化後的底渣成分複雜，除了含有重金屬、氯鹽及戴奧辛等有害物質，同時含有容易產生異味的有機物染物等問題，間接影響到附近居民的生活品質。目前，雖對於底渣處理方式有利用氣泡式、循環式、渦旋式及噴流式等流體化床進行處理，但在底渣異味處理方式仍只利用防治設施進行處理，並未針對異味本身進行處理，而因底渣異味來源可能係不飽和煙、氮化物、硫化物、氯煙等化合物等造成，因此，無論底渣在廠內或運送過程若逸散至空氣中，皆有造成空氣污染之虞。

1.2 研究目的

為了解決底渣異味之問題，本研究曾研發膨化床反應槽進行底渣異味的削減可行性試驗，經試驗結果確實有效達到底渣異味之削減，但膨化床反應槽仍有需多改進地方(如進氣量、管徑等)。因此，本研究針對底渣異味處理的膨化床反應槽進行改良，並以不同設計參數進行試驗，探討改良式膨化床反應槽對底渣異味削減之再現性及底渣異味削減之提升效果，期能完成底渣異味削減之反應槽，同時建立底渣異味削減之技術。

貳、文獻回顧

2.1 底渣基本特性

底渣來源主要係藉由垃圾焚化廠焚燒垃圾後所產生的灰渣，因焚燒的垃圾成分來源複雜，因此產生的底渣成分大小也不盡相通，Chimenos J.M., *et al.*, (1999)指出，大部分的底渣粒徑分介於0.3~50.0 mm 之間， ≤ 1.0 mm 大概佔15~20 %，4.0 mm~25.0 mm 則佔約50 %左右。陳建豐(2010)曾指出，底渣中約有80~90 %是由 O、Si、Fe、Ca 等所組成，少部份(0.1~1 %)則由 Mg、Ti、Cl、Mn、Ba、Zn 等組成，微量部份(小於0.1 %)由 Sn、Sb、V、Mo、As、Se、Sr、等所組成，故大部份組成皆由鹼金屬及鹼土金屬所構成。

明顯看出無論是底渣大小或成分方面都較為複雜，因此對於本研究底渣異味之削減前，需先進行底渣異味基本特性進行分析，以確實掌握試驗底渣之特性。

2.2 異味源之發生原因

Eva Rendek(2007)發現，底渣中含有大量的有機物質，當底渣含水量過高時，會使有機物質溶解後逸散至大氣中，造成異味的產生。另外，陳玟玟(2006)指出，臭味產生來源跟生產有重大關係，經氣味測量後分析其化學結構式，就化學結構而言，臭味物

質分子多因具剩餘電子，有刺激人類嗅覺的特性。

2.3 異味評估指標及分析方法

目前常見底渣異味檢測方法可區分為官能判定法及儀器分析法二大類。Leonardos (1994)提到，人體官能判定之常見的臭氣主要分為臭氣特徵、臭氣強度、臭氣濃度及喜愛度等四種進行判定。Takao (2002)利用電子鼻對臭異味分子進行分析，依不同對象組成與不同模組進行偵測，探討偵測時目標成分和干擾成分進行討論其交互作用與產生的偵測訊號間的關連性。由於前者具有「較不客觀、無法辨識異味成分、易有嗅覺疲乏、較耗人力與時間」等缺點，因此，本研究採用如光譜分析法的電子鼻檢測器進行分析異味強度以釐清底渣異味削減成效及對環境與人體健康之危害衝擊。

2.4 底渣資源化處理技術

蔡煒嶸(2009)國內外研究顯示，因底渣具強度高、壓縮性低、質輕及無塑性等特性，因此常用再利用於土木工程。經濟部能源科技研究計畫(2011)指出，荷蘭政府同樣地為了解決底渣異味問題，嘗試利用 CO₂鋼瓶導入底渣，發生碳酸鹽類反應企圖削減異味的小規模反應，深信未來有可能克服 CO₂鋼瓶技術，規模放大增加底渣資源化處理量。另外，Giulia Costa *et al.*,(2007)指出，垃圾經焚燒後殘渣以利用 CO₂進行碳酸鹽化和穩定處理，同時可將二氧化碳封存減少二氧化碳排放到大氣中，且 Ecke, H. (2003)學者也同樣指出，二氧化碳(CO₂)當作穩定的方法，可有效降低重金屬等污染物，尤其以鉛(Pb)及鋅(Zn)。

參、研究流程、方法與設備

3.1 研究架構

本研究首先分別針對底渣基本性質進行分析及利用不同試驗參數探討底渣異味削減之再現性，其次利用改良式膨化床反應槽進行不同設計參數的底渣試驗，探討改良式膨化床對底渣異味削減之提升效果。最後，建立底渣異味削減之反應槽及異味削減技術。本研究架構如 Fig. 1所示。

3.2 研究內容

本研究利用改良式膨化床進行底渣異味削減之相關試驗，其研究內容分別為以下三部分，其試驗參數如 Table 1所示。

3.2.1 底渣基本性質分析

試驗底渣取自於作為資源化 e 級配原料的大台北地區各焚化廠焚化底渣，導致試驗用的底渣成分複雜，透過底渣基本性質分析了解其特質，以利背景參考依據。

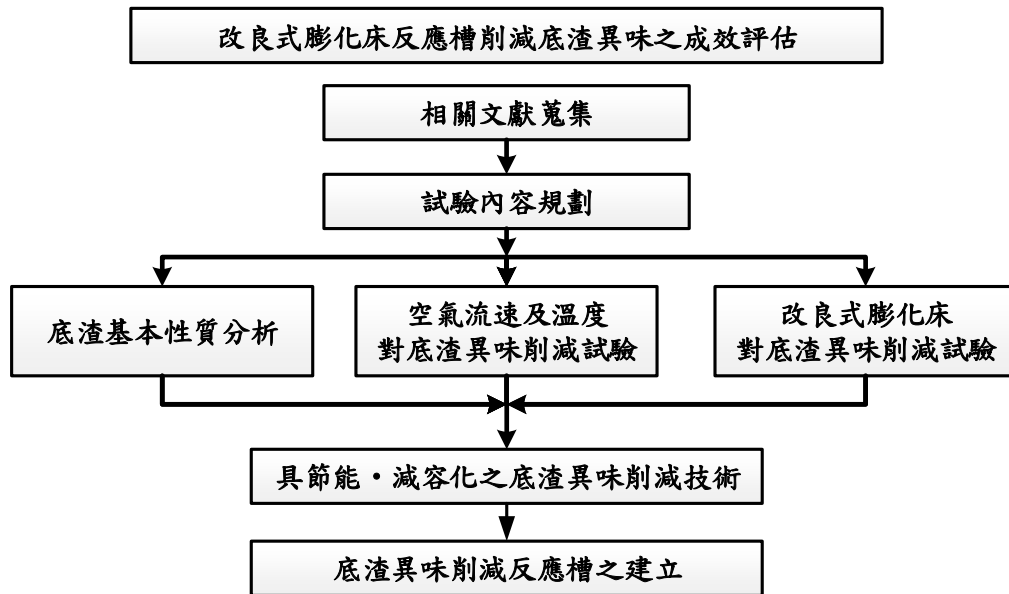


Fig. 1 Flow rate of this study

Table 1 The parameter of tests for modified expanded bed reactor

| Parameter | Test | odor reduction by air and heat | odor reduction by air , heat and carbonation |
|---|-------------------------|--------------------------------|--|
| induced gas | | Air | Air and CO ₂ |
| particle size of bottom ash | [mm] | 4.76 | |
| pore size of bottom ash loading plate | [mm] | 2.00、4.76 | |
| temperature of thermal desorption reaction | [°C] | 150、175、200 | 150、200 |
| flow rate of air | [L/min] | 3.0、4.0、5.0 | 5.0 |
| flow rate of CO ₂ | [L/min] | --- | 0.1 |
| time at sampling | [min] | 30、60、90、120 | |
| ratio of bottom area and effective height of the reactor | [R : H] ^{*1} | 1 : 1 | 1 : 3、1 : 4 |
| the ratio of air diversion pipe length and effective height of the bottom reactor | [h1 : h2] ^{*2} | 1 : 1 | 1 : 1、1 : 3 |

1. h2, h1: shown as the ratio of air diversion pipe length and effective height of the bottom reactor.

2. R, H: shown as ratio of bottom area and effective height of the reactor.

3.2.2 空氣流速及溫度對底渣異味削減試驗

試驗主要係採用底渣粒徑在 4.76 ± 5 mm 左右，並模擬焚化廠煙道排出之溫度150、175及200 °C，其空氣流速分別控制在3.0、4.0、5.0 L/min 進行試驗，以探討空氣流速與溫度對底渣異味削減之影響，同時與先前底渣異味削減可行性之試驗結果進行比較，評估異味削減之再現性。

3.2.3 改良式膨化床對底渣異味削減試驗

本階段試驗主要係利用改良式膨化床反應槽進行試驗，首先，以模擬焚化廠排放煙道之氣體(空氣與 CO₂)，並依據上階段試驗結果，以最佳空氣流速(5.0 L/min)與兩種不同溫度(150及200 °C)作為基本試驗參數，接者以反應槽底面積與有效高度比1:3及1:4，以及凸出承載板之導流管長度與排氣口至槽底距離比1:1、2:1進行改良式膨化床對底渣異味削減之試驗，探討反應槽在不同比例下，對於底渣異味削減之影響，其是否能提升底渣異味之削減效果。

3.3 試驗流程

本研究主要係藉由改良式膨化床反應槽達到底渣異味之消除。首先，將試驗用底渣放置反應槽的承載板上，以模擬焚化廠焚化爐煙道之溫度及氣體(CO₂)導入槽內，接著，藉由槽體內底部的反射板將熱空氣反射至底渣承載板上，使底渣產生膨化現象，使底渣與熱空氣及 CO₂產生反應其達到異味削減之作用，最後將熱空氣抽出並經冷凝管冷卻後，以利用氣體採樣袋進行氣體採集，並以電子鼻進行異味分析。其試驗流程與改良式膨化床反應槽構造分別如 Fig. 2及 Fig. 3所示。

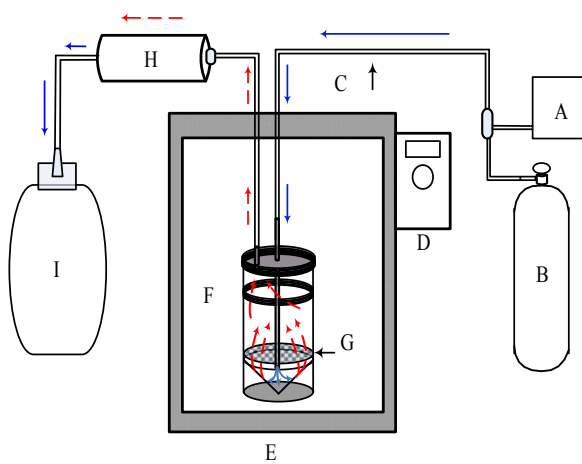


Fig. 3 Schematic diagram for operation system

- A: 氣體採樣泵
- B: CO₂氣體鋼瓶
- C: 氣體輸送管
- D: 溫度調節器
- E: 高溫爐
- F: 膨化床反應槽
- G: 承載底渣試樣
- H: 冷凝管
- I: 氣體採樣袋
- : 熱空氣
- : 冷空氣

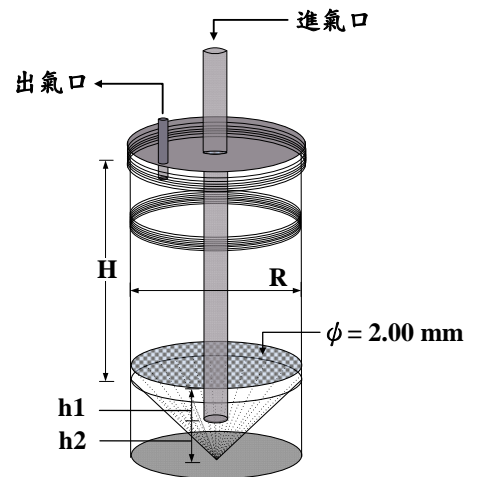


Fig. 2 Schematic diagram for expanded bed reactor

3.4 實驗設備與材料

1. 試驗用之垃圾焚化底渣

本研究試驗用底渣為各大台北地區焚化廠焚化底渣資源化 e 級配，主要資源化在路面建築、瓷磚等多用途。

2. 電子鼻(廠牌：Cosmos 編號：XP329IIIr)

本研究係利用手持式氣味偵測器(電子鼻)，測定方法為利用量測的異味分子所造成的氧化還原反應、電導度變化或是接觸電壓變化，計算出異味強度。

3. 改良式膨化床反應槽

為本研究自行研擬之金屬圓柱槽體，槽體構造包含進流口、出流口、底渣承載板及不同長度進出流管，其主要特色為槽體內底部為三角錐，作為空氣反射之作用，使內部達到膨化的現象。

肆、結果與討論

4.1 底渣基本性質分析

針對試驗底渣分析之結果如 **Table 2**所示，明顯得知底渣偏鹼性，且含水率約佔 12.86~19.35 %，而底渣粒徑方面，明顯看出底渣異味含量與底渣的粒徑分布有關，粒徑越大所含異味也越高，推測可能因底渣粒徑越大，所殘留在粒徑中的有機物質量越多，導致底渣內的水分在揮發的同時，有機物也一起被逸散至大氣中，使得底渣異味濃度增加。另外在底渣在重金屬含量部分，經焚燒後所殘留的重金屬含量並不多，皆對於底渣再利用上並無太大之影響。

Table 2 Characteristics of bottom ashes

| item | range | item | range | particle size[mm] | distribution of particle size [%] | Odor strength [-] |
|-------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| pH [-] | 11.36~12.24 | Pb [mg/L] | N.D.~0.340 | >4.760 | 31 | 800 |
| chloride [mg/L] | 0.34~0.76 | Cu [mg/L] | 0.205~0.904 | 4.760~2.000 | 39 | 793 |
| moisture [%] | 12.86~19.35 | Cr [mg/L] | N.D.~0.218 | 2.000~0.840 | 14 | 553 |
| ignition loss [%] | 1.11~2.64 | Cr ⁶⁺ [mg/L] | N.D.~0.160 | 0.840~0.710 | 6 | 206 |
| Se [mg/L] | N.D.~0.043 | As [mg/L] | N.D.~0.114 | 0.710~0.500 | 4 | 172 |
| Ba [mg/L] | N.D.~1.730 | Hg [mg/L] | N.D.~0.0005 | 0.500~0.350 | 3 | 150 |
| Cd [mg/L] | N.D.~0.305 | | | 0.350~0.150 | 2 | 129 |

4.2 空氣流速及溫度對底渣異味削減試驗

本階段試驗主要係利用不同溫度、空氣流速及導入氣體等條件進行試驗，探討以膨化床反應槽削減底渣異味之最佳參數。

首先，試驗採用底渣粒徑為2.00與4.76 mm 兩種，並以空氣流速5 L/min、導入空氣等條件下，以不同試驗溫度150、175及200 °C等三種進行試驗，其試驗結果如 Fig. 4所示。在底渣粒徑2.00 mm 情況下，不同溫度150、175及200°C的累積削減率分別為72、73、77 %左右，而在底渣粒徑4.76 mm 情況中，不同溫度150、175及200°C的累積削減率分別為78、83及89 %左右。明顯看出不同溫度(150、175及200°C)對底渣異味削減效果相似，但以底渣粒徑4.76 mm、溫度200°C的底渣異味削減效果較佳，推測因底渣粒徑4.76 mm 的有機物質含量較多，在高溫下使大部分的有機物揮發而達到底渣異味削減之目的。接著，依據不同溫度試驗結果，規劃以底渣粒徑4.73 mm、溫度150、200°C、導入空氣等條件下，以不同空氣流速進試驗，其結果如 Fig. 5所示。明顯得知以溫度200°C、空氣流速5 L/min 的削減效果較佳，累積削減率可達90 %，推測可能係因導入空氣的流速較大，使底渣膨化的程度增加藉而使底渣與熱空氣反應頻率增加，繼而使底渣內的有機物質加速揮發逸散而使底渣異味下降。最後，針對導入氣體對底渣異味削減效果進行探討，依據前兩次試驗結果，以底渣粒徑4.73 mm、溫度150、200°C及空氣流速5 L/min 等條件下，以分別導入空氣及空氣與 CO₂等兩種進行試驗，其結果如 Fig. 6所示。試驗結果得知，以導入空氣與 CO₂的底渣異味削減效果較佳，累積削減率可達93 %，推測可能係因導入的 CO₂與底渣中金屬氧化物結合形成碳酸鹽類後，將底渣內的有機污染物包覆於底渣內部，繼而降低其異味逸散。

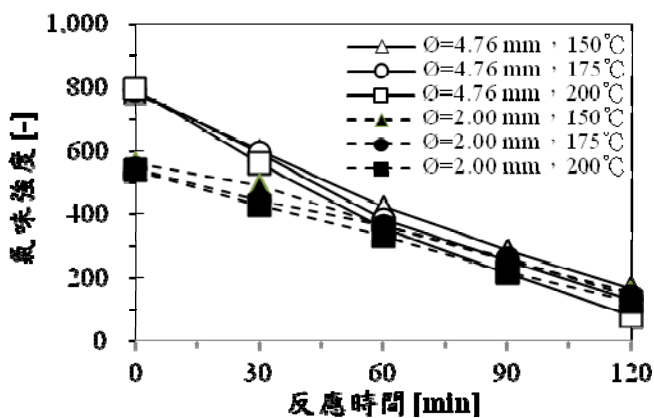


Fig. 5 Effect of thermal desorption time on odor Elapsed emission of bottom ash

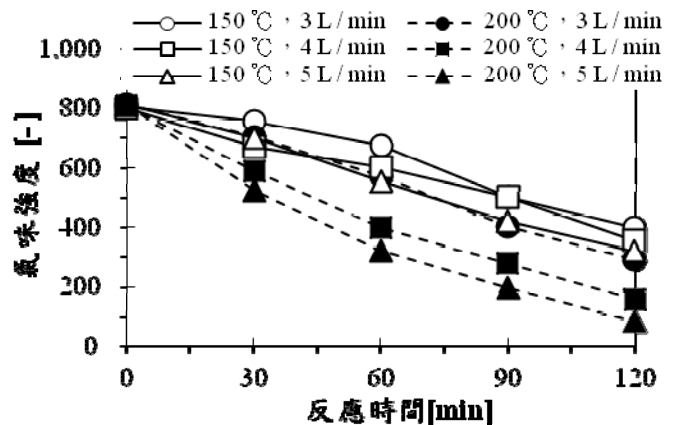


Fig. 4 Effect of air flow rate on odor Elapsed emission of bottom ash

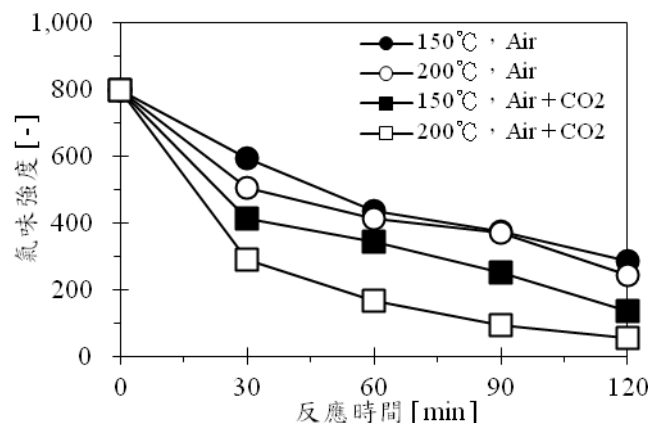


Fig. 6 Elapsed emission of odor in bottom ash after treatment by heat and CO₂

4.3 改良式膨化床對底渣異味削減試驗

本階段試驗為了提升異味消除之效果，針對膨化床反應槽進行改良，包括底渣承載板孔徑、反應槽底面積(R)與有效高度比(H)及凸出承載板之導流管長度(h1)與排氣口至槽底距離(h2)比等三個部分，並依據底渣削減試驗最佳參數(底渣粒徑4.76 mm、溫度200°C及空氣流速5 L/min)進行試驗，探討改良式膨化床反應槽對於底渣異味削減效果之影響。

在底渣承載板改良部分，底渣承載板孔徑分別為2.00與4.76 mm，而試驗底渣粒徑採用4.76 mm，雖在試驗中均能有效形成之膨化，但對於是否會影響底渣異味之效果仍需在探討。在改變凸出承載板之導流管長度(h1)與排氣口至槽底距離比(h2)的試驗中，h1與 h2的比例分別為1:1及1:3，經試驗後(如 Fig. 7所示)，h1:h2=1:1與1:3的底渣異味累積削減率分別為80與88%，以 h1:h2=1:3的效果較佳。另在反應槽底面積(R)與有效高度比(H)的試驗中，R:H 的比例分別為1:3及1:4，並同時與不同 h1:h2 比例(1:1與1:3)進行底渣異味削減試驗，其試驗結果如 Fig. 8所示。經試驗後，反應1.5 hr時，以 R:H=1:3、h1:h2=1:3的底渣異味削減效果較佳，累積削減率約為89%左右；而先前本研究的膨化反應時間則需約2 hr，明顯發現改良式膨化床反應槽能提升底渣削減之效果。彙整以上結果發現，改良式膨化床反應槽確實能夠提升底渣異味削減，推測可能係因槽體底部空間減少，使得氣體從導流管出來後會直接反射至底渣承載板，使底渣的膨化現象增加；當動力增加時熱空氣及 CO₂能使底渣充分乾燥，並產生金屬氧化物結合形成碳酸鹽類，藉以有效包覆底渣內部之有機污染物，促使減少底渣異味逸散與穩定化，進而提升底渣異味削減效果。同時，與 Giulia Costa et al.(2007)利用 CO₂進行碳酸鹽化和穩定處理效果相似。

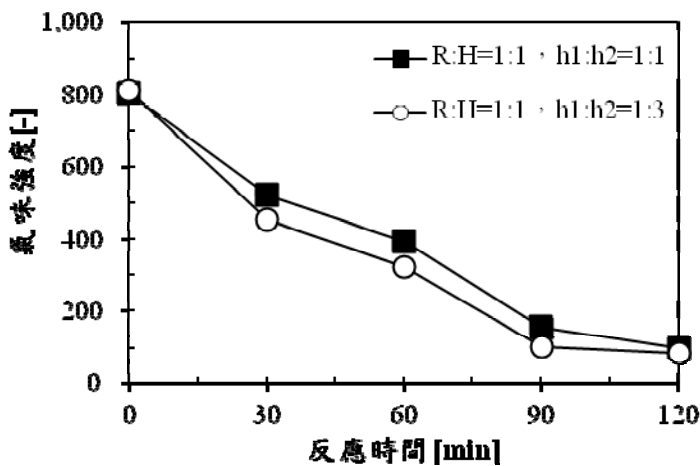


Fig. 7 Effect of ratio of bottom area and effective height of the reactor on odor Elapsed emission of bottom ash

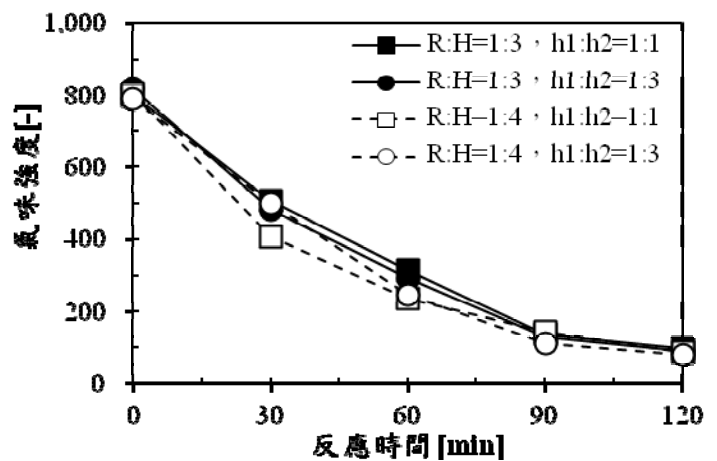


Fig. 8 Effect of the ratio of air diversion pipe length and effective height of the bottom reactor on odor Elapsed emission of bottom ash

結論與建議

本研究依據改良型膨化床反應槽之試驗評估結果，獲得以下五點結論。

1. 在探討膨化床反應槽削減底渣異味之最佳參數試程中，以溫度200 °C、空氣流速5 L/min及導入空氣與CO₂為底渣異味削減之最佳條件。
2. 在導入氣體試驗中，以導入空氣與CO₂的效果最佳(累積削減率達93 %)，推測可能係因導入的CO₂會與底渣中的金屬氧化物結合形成碳酸鹽類後，將底渣內的有機污染物包覆於底渣內部，使有機物不易逸散至大氣中，達到底渣異味的效果。
3. 改良式膨化床反應槽確實能使底渣異味削減效果提昇，未改良式膨化床反應槽平均底渣異味強度800削減至100以下約需2 hr左右，但改良式膨化床反應槽約1.5 hr均可使底渣異味強度達100左右。
4. 改良式膨化床反應槽能提升底渣異味削減之效果，推測可能因導流管與槽體底部面積減少，使熱空氣藉由導流管進入槽體底部時，會直接藉由反射板反射至底渣承載板，使底渣與熱空氣的接觸時間增加而提升底渣異味削減效果。

參考文獻

1. Eva Rendek, Gaele Ducom, and Patrick Germain, 2007, "Influence of waste input and combustion technology on MSWI bottom ash quality." *Waste Management*. Vol. 27, pp. 1403-1407.
2. 陳建豐，超音波震盪法去除底渣重金屬物質之探討，東南科技大學，營建科技與防災研究所，碩士論文，2010。
3. Chimenos J. M., M. Segarra, M. A. Fernandez, and F. Espiell, 1999, "Characterization of the bottom ash in municipal solid waste incinerator", *Journal of Hazardous Materials*, Vol.64, pp. 211-222.
4. 陳玟玟，2006，高雄市臭味調查及改善，國立中山大學環境工程研究所，碩士論文。
5. Leonardos, 1994, and G., "Beyond Detectability." *Journal of the Air & Waste Management Association*, Vol.44, pp.582-587.
6. Takao Y, 2002, Odor recorder for multi-component odor using two-level quantization method.
7. 蔡煒嶸，2009，垃圾焚化底渣資源化前處理之研究－連續式加藥水洗脫氣，國立臺北科技大學環境工程與管理研究所，碩士論文。
8. 經濟部能源科技研究發展計畫，2011，淨煤技術及二氧化碳捕獲封存技術發展計畫(第一年度)，p.51-59。
9. Ecke, H., 2003, "Sequestration of metals in carbonated municipal solid waste incineration (MSWI) fly ash." *Waste Management*, 23, 631-640.
10. Giulia Costa, Renato Baciocchi, Alessanda Poletini, Raffaella Pomi, Colin D. Hills, and Paula J. Carey, 2007, "Current status and perspectives of accelerated carbonation processes on municipal waste combustion residues".

綠色休閒漁港之規劃

The planning of green leisure fishing port

林奇剛¹ 盧堅富² 蕭琦³ 蔣佳穎³ 彭彥翔³
 Chi-Kang Lin¹ Jane-Fuh Lu² Chi Hsiao³ Chia-Ying Chiang³ Yen-Hsiang peng³

¹東南科技大學 休閒事業管理學系 副教授 Department of Construction and Spatial Design
²中國文化大學 觀光事業學系 Department of Tourism Management
³東南科技大學 營建科技與防災研究所 研究生 Department of Leisure Management

摘要

台灣的漁港除了受到來自陸域與海域的污染問題之外，也面臨觀光人口增長的壓力以及永續發展等課題。因此，本研究以北部某漁港為例，從低碳休閒、自然調和及環境友善等三大概念，利用水資源再利用、基地綠美化、廢棄物資源化之評估，並結合碳排放量計算與環境教育，北部某漁港綠色休閒漁港規劃之範例。結果完成該漁港初估雨水回收系統平均每月潛在回收量為31,787公噸雨水，可替代港區內主要建築物中員工沖廁用水與綠地澆灌。本研究所規劃之環境綠美化綠覆率達46%，達綠建築綠化指標30%以上之規定，其所產生的落葉進行落葉資源化處理，目前規劃至少處理20%之落葉量；進行碳排放量進行估算，其每年減碳量達452,041.33 kg-CO₂ e/year，因此，本研究所規劃的綠色休閒漁港達到碳中和之最終目的。此外，也擬邀請國內外各2~4名藝術家及有興趣之民眾，以海洋污染、健康休閒、自然調和等為發想，結合廢棄漂流木、塑膠廢品等進行公共藝術品的創作，並透過當地海洋巡守隊的宣導，強化國人綠色休閒漁港概念。

關鍵詞：綠色休閒漁港、水資源再利用、基地綠美化、廢棄物資源化

ABSTRACT

Taiwan fishing port facing the land and sea pollution problems and tourism pressures of population growth and sustainable development issues. This paper studies low-carbon leisure, natural harmony and environmentally friendly concepts such as three, using with rainwater recycling system, the base greening, waste of resources and combined with calculating carbon emissions and environmental education for a northern fishing port for the planning of green leisure fishing port. The average monthly rainfall is recycled 31,787 ton of rainwater recycling system at last time calculation, substitute the toilet water and gardens water. In this

research, 46% of green coverage rate is in line with green building standards above, deciduous generated by resource processing, handling at least 20%. Moreover, to invite the public, domestic and foreign artists from 2 to 4, creating public art, subject to marine pollution, health, leisure, natural harmony, the use of the material is discarded driftwood, plastic waste, etc., propaganda is the use of local marine patrol team to strengthen people's concept for green leisure fishing port. Calculating green leisure fishing port of carbon emissions, Annual reduction in emissions of 452,041.33 kg-CO₂e / year, so to achieve carbon neutrality.

Keywords: green leisure fishing port, water reuse, greenery, waste recycling

壹、前言

1.1 研究動機

台灣東鄰為太平洋、西有台灣海峽，海洋資產豐碩，因此「港仔口」於台灣經濟歷史上一直扮演著相當重要的角色。近年台灣的漁港除受到來自陸域與海域的污染問題外，更是面臨了觀光人口增長的壓力與永續發展之課題。近年許多國際港埠如：美國長堤港、澳洲雪梨港等，相繼提出改善漁港環境的行動方案及永續發展之解決對策。近年綠色休閒與生態旅遊已逐漸受到民眾青睞，若能將其轉換使漁港成為重要的親水場域、環境教育宣導基地等，使台灣漁港邁向永續發展；有鑑於此，綠色休閒漁港儼然已成為我國漁港轉型的首要課題。

1.2 研究目的

本研究針對北部某漁港進行「綠色休閒漁港」之規劃，利用低碳休閒、自然調和及環境友善等三大概念，進行架設水資源再利用設施、營造基地高綠美化、廢棄物資源化、執行碳排放量計算與規劃環境教育宣導，並建立具發展與維護的量化評估指標，以評估綠色休閒漁港之規劃的可行性。

貳、文獻回顧

2.1 漁港污染源

陳冠吟（2007）發現漁港污染以漁船排放廢油污水為主，佔77%；其次為岸上廢棄物及水上漂浮廢棄物分別佔67%及60%。本研究實地勘查北部某漁港後，整理出該港污染源分為漁船滲漏之燃油、漁船作業所排放的廢(污)水、港區內設置的加油設備、漁港附近之排水圳及污水管線及港區內堆置之廢棄物等5大部分，詳如下列所述。

1. 漁船滲漏之燃油

實際勘查發現，港區內可發現有大量油漬漂浮於海面。探討後認為，港區內船隻大多老舊又經年受鹽份侵蝕，因此加油口、油箱及油管等皆有風化、破損現象，而老一輩的漁民對於環境保護意識薄弱，使得漁船的燃油滲漏，進而使港區海面產生浮油，而港區的加油設備設置於碼頭岸邊，露天且未有遮蔽設施，因此油漬隨雨水或地表逕流入港區，造成水面有浮油現象。

2. 漁船作業所排放的廢(污)水

港內的漁船作業，將清洗廢水及船內的壓艙水、冷卻水、冰庫溢出水及船上生活污水等未經處理直接排放至漁港區內，這些廢(污)水中可能含對水中生物有害之成分，直接排放漁港區內，易造成嚴重的水質污染。

3. 漁港附近之排水圳及污水管線

該漁港在規劃上，港區東面社區住宅排水圳直接流入港內，因此該港水質極易受

到民眾生活污水污染。

4. 港區內堆置之廢棄物

該漁港為多功能使用之漁港，故漁民、遊客、釣客及隨海流漂浮的各式各樣廢棄物堆置於港區內的陸域及海面，有礙觀瞻，破壞整體環境美觀。

2.2 水資源再利用

Pachpute J S et al.(2009)及 Ana Carolina González(2012)提出雨水回收系統，具建造簡易、低成本且回收水質佳等特點，故能於水資源較不足的地方設立。江信佑(2007)提到，規劃雨水貯留系統最重要的為集流方法，可分成屋頂集流、道路集流、一般綠地與大區域集流四種。依據內政部營建署雨水及再生水手冊的雨水替代用水相關規定如表1所示。因此，本研究將針對港區內建築物屋頂設置雨水回收系統，並將收集之雨水進行水質處理後，再替代以不接觸人體為前提之水源如澆灌及沖廁用水等，以減省港區內自來水使用量。

表1 再生水水質設計基準

| 項目 \ 用途 | 灑水用水* | 景觀用水* | 沖廁用水 |
|------------|---------|---------|---------|
| 大腸桿菌(個/ml) | 不能檢出 | 不能檢出 | 10以下 |
| BOD(mg/L) | 10以下 | 10以下 | 10以下 |
| COD(mg/L) | --- | 20以下 | 30以下 |
| pH | 6.0~8.5 | 6.0~8.5 | 6.0~8.5 |
| 濁度(JTU) | 10以下 | 5以下 | 10以下 |
| 臭味 | 無不舒適 | 無不舒適 | 無不舒適 |
| 外觀 | 無不舒適 | 無不舒適 | 無不舒適 |
| 色度(度) | 40以下 | 10以下 | 40以下 |
| 餘氯(mg/L) | 0.4以上 | 臭氧消毒 | 0.1以上 |

【註】* 為不與人體接觸為原則。

資料來源：內政部營建署，雨水及再生水手冊。

2.3 環境綠美化

綠美化最令人熟知的莫過於利用植物行光合作用來固定空氣中的二氧化碳，進而減緩地球溫度持續攀升。Sedjo(1989)曾試算人造林的固碳量，結果顯示在年平均生產量為 $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 材積的人造林地，每年可吸存 14.3 ton ha^{-1} 的二氧化碳。廖大牛(2009)提出喬木的減/固碳量，會因種類、生長環境的差異而不盡相同。依建築基地綠化設計技術規範修正規定建議小喬木減/固碳量以 $600 \text{ kg-CO}_2\text{e}$ ，草坪1平方公尺則以 $20 \text{ kg-CO}_2\text{e}$ 計算。港區內擁有大量閒置空地，若能將其進行綠美化除將具有極大的減/固碳效益外，更能提升港區內的休閒景觀，故本研究將針對港區內綠覆率進行盤查。

2.4 廢棄物資源化

枯枝落葉量會因季節變化而有不同，馬仕穆(2000)樹木每月枯枝落葉量平均約為 0.262 kg/m^2 ，其中，以春季最少冬季最多。Leboe et al.(2011)提出若將落葉堆肥將之資源化，其無臭味又可減少廢棄物量，並作為土壤改良劑和有機肥料，以減少環境負擔。Conrad Paul(1995)指出沿海廢棄漂流木，可使用於包裝紙箱及家具等原料，而美國華盛頓和奧勒岡州的包裝紙箱原料均已有50%的木材，取自於沿海廢棄漂流木。

2.5 碳中和

中華民國低碳環境協會提出，所謂碳中和是指單一個人或公司行號等機構，各自計算各自排放二氧化碳量，接著透過植栽綠化方式，將所排放的二氧化碳吸收，將兩者抵銷，期能達到碳中和；同時，透過雨水回收再利用及其他省水措施，不僅可達到省水功能並能因省電而節碳。因此，本研究透過計算港區內的減/固碳量再扣除當地民眾因活動或船舶行駛中所產生的碳排放量，期能達到碳中和之最終目的。

2.6 環境教育

環境教育是為了讓人類重視、關懷、保護與利用環境所實施的教育。汪靜明(2000)提出環境教育的基本理念是為了讓人類重視、關懷與保護環境所實施的教育。因此，環境教育的目的在於，使人們了解人類在自然環境中的族群及對環境帶來的影響，以及面臨環境問題時，可採取理性地事前預防或妥善的善後處理等環境維護工作。因此，本研究規劃於該漁港取得環境教育設施場所認證，以加強國人對於海洋環境保護的認知。

參、研究方法與研究架構

3.1 研究架構

本研究以低碳休閒、自然調和及環境友善等三大概念，進行綠色休閒漁港的規劃；結合水資源再利用、基地綠美化、廢棄物資源化、碳排放量計算以及環境教育等，並藉由建立相關量化評估指標，評估整體規劃之效益及可行性，最終使漁港邁向永續發展之目的，本研究架構如圖1所示。

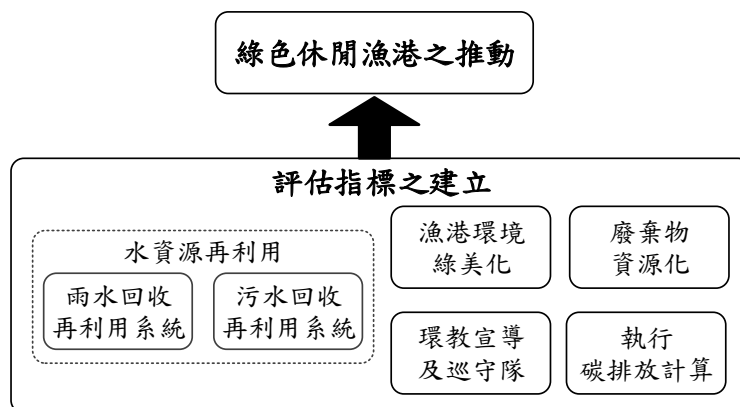


圖1 本研究架構

3.2 研究內容

3.2.1 水資源再利用規劃

(1) 雨水資源回收系統

本研究規劃於漁港內建築物斜屋頂設置雨水回收系統，預計集雨總面積可達4600 m²。依據中央氣象局雨水監測站近年降雨量資料，並利用建築物雨水貯留利用設計技術規範中的雨水收集回收量公式估算平均月潛在雨水回收量約為15,283 m³，如表2所示。回收貯存後的雨水能提供漁港綠美化基地澆灌及替代港區建築大樓部分用水，使漁港節省用水外，更能達到水資源回收不浪費之環境教育。

表2 北部某漁港內7棟建築物斜屋頂月潛在雨水量估算表

| 項目 | 月平均 降雨量 | 月平均 降雨日數 | 月潛在 雨水收集量 | 降雨日 平均進水量 | 上班日平均潛 在供水量 |
|-----|------------|-------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 單位 | mm | day | m ³ | m ³ /day | m ³ /day |
| 一月 | 533.4 | 26 | 2,085.5 | 70 | 95 |
| 二月 | 545.7 | 23 | 2,133.6 | 71 | 97 |
| 三月 | 247.6 | 19 | 968.1 | 32 | 44 |
| 四月 | 389.8 | 24 | 1,524.1 | 51 | 69 |
| 五月 | 351.6 | 16 | 1,374.7 | 46 | 62 |
| 六月 | 391.0 | 21 | 1,528.8 | 51 | 69 |
| 七月 | 61.9 | 13 | 242.0 | 8 | 11 |
| 八月 | 364.5 | 21 | 1,425.2 | 48 | 65 |
| 九月 | 72.5 | 13 | 283.4 | 9 | 13 |
| 十月 | 139.1 | 12 | 543.8 | 18 | 25 |
| 十一月 | 308.3 | 15 | 1,205.4 | 40 | 55 |
| 十二月 | 503.4 | 23 | 1,968.2 | 66 | 89 |
| 總計 | 3,908.8 | 226 | 15,283.4 | 509.4 | 694.7 |

【註】*1 月平均沖廁用水量以工作天數22日計。

*2 斜屋頂雨水的溢流係數以0.85計。

*3 月潛在雨水收集量=月平均降雨量 × 4,600 m² × 10⁻³ × 0.85。

*4 降雨日平均進水量 = 月潛在雨水收集量 ÷ 30。

*5 上班日平均潛在供水量=月潛在雨水收集量 ÷ 22。

(2) 污水處理處理設施

本研究規劃先收集港區周遭未經處理即排入港區水域的生活污水，經未來設置的污水處理設施處理後再排入港區海水中。本研究據內政部營建署訂定建築物污水處理設施技術規範計算北部某漁港1,800人的生活污水量及污染量，依每人日平均產生污水量以225 L，及每人每日污染負荷量以40 g-SS/c·day 及40 g-BOD/c·day 推估，該漁港水域平均每天需承受約405公噸之污水，其中污染負荷量估計為72 kg-SS/day 及72 kg-BOD/day。而對於漁港內的油污則利用油脂截留設施進行處理，若發生緊急狀況時使用油污分散劑進行緊急處理。

3.2.2 塑造高綠覆綠及固碳量之綠色休閒漁港

實地丈量估算出港區總面積約為約47,510 m²扣除建築物、水處理設施、落葉堆肥區與鄰近碼頭卸貨區近37,510 m²後，仍有10,000 m²之基地可進行環境綠美化，目前本

研究規劃約4,600 m²的面積進行環境綠美化作業，進而增加漁港的綠覆率。在李建錡(2002)研究中指出，漁港所在地區東北季風期長且強勁，又夾帶鹽霧，易對植物造成傷害。因此，本研究針對漁港環境特性遴選抗風、耐旱、耐鹽且對生長環境條件要求較低之本土植物種植，如木麻黃、臺灣濱藜(海芙蓉)、海欖果、澎湖菊及臺灣魚臭木等。期能藉由綠化植栽增加漁港的固碳量並達碳中和之最終目標。

3.2.3 廢棄物資源化與綠色產品

a. 落葉資源化處理

本研究規劃種植的樹木均為季節性物種，初步估算，漁港內每月每平方公尺平均落葉量達0.262 kg/m²，若能充分利用，將具有相當的減碳效益及「資源循環」的環境教育意義。因此，本研究規劃設置落葉堆肥醱酵資源化系統，進而減少港內的廢棄物生成量，並能強調資源永續循環的環境教育意義，其中落葉堆肥後成品更可以施用於環境綠美化的樹木，以減少漁港內化學肥料的使用及相關經費的編列。

b. 漂流木、塑膠廢品創作

該漁港時常有海洋廢棄物漂進港口，造成漁船進出困難，本研究為提升海洋環境的維護，規劃敬邀國內外藝術家或有興趣之民眾利用漂流木、塑膠廢品等進行公共藝術品的創作，除可強化國人對海洋環境維護的意識外，更能提升漁港的低碳休閒、自然調和及環境友善等三大概念。

3.3 碳中和

計算碳排放量已是現今國際公認減緩暖化效應的重要指標之一。李秀旋(2007)提到了顧及公平原則及可比較性，同時確保各國統計的透明化，故目前國際上普遍皆以「IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC 準則)」做為碳排放計算規範。有鑑於此，本研究將利用 IPCC 準則進行水資源再利用設施、基地綠美化、落葉堆肥資源化系統等的碳排放量計算，以做為評估綠色休閒漁港規劃的重要指標之一，並期以碳中和為最終目的。

3.4 推動綠色休閒漁港環境教育

本研究藉由雨水回收系統、漁港環境綠美化、落葉堆肥醱酵資源化系統及計算碳排放量等規劃，結合具有環境教育之看板，及架設綠色休閒漁港資源化環境教育網路交流平台，同時與當地海洋巡守隊進行合作，使綠色漁港的休閒概念能更加深植至當地民眾、遊客及釣客等，使漁港朝永續經營為發展。

3.5 建立綠色休閒漁港評估指標

本研究將針對雨水回收及污水處理後的水質指標、漁港環境綠美化之固碳量與效益，落葉堆肥醱酵系統處理效果及環境教育推廣評等四大部分，建立5大面項共12項評估指標如表3所示，以評估及維護綠色休閒漁港之成效。

表3 本研究所建立的評估指標

| 面向 | 內容 |
|--------------|--|
| 雨水回收系統 | 1. 每年雨水收集量 2. 雨水回收系統減碳量 |
| 污水處理設施 | 1. 處理污染負荷量 2. 處理系統功能維護--- BOD 去除率 3. 污水處理系統排碳量 |
| 漁港環境綠美化 | 1. 綠化面積 2. 綠覆率 3. 每年綠化減/固碳量 |
| 落葉資源化處理 | 1. 資源化處理的落葉量 2. 落葉資源化處理的排碳量 |
| 推動綠色休閒漁港環境教育 | 1. 漁港設置環境教育設施數量 2. 每年舉辦環境教育相關活動 |

四、結果與討論

4.1 綠色休閒漁港規劃成果

4.1.1 水資源再利用規劃

(1) 雨水資源回收系統

港區內綠美化總面積為4,600 m²，根據經濟部水利署用水計畫書審查作業要點提及，植樹澆灌量為2 L/m²，估算出每日需約9,200 L之澆灌用水。漁港內工作人數約200人，依據建築物污水處理設施，每日每人平均產生30 L 沖廁用水，漁港工作人員一個月上班天數以22日計，預計一個月約產生132,000 L 沖廁用水，因此，漁港內的植栽與沖廁用水量一天約為15.2 m³，而依據表2的每日雨水平均回收量約為57.8 m³，皆能供給漁港內植栽與沖廁用水量，剩餘之雨水可供給當地觀光漁獲市場或是漁船清洗作業之用，以降低漁港整體每日自來水用量，其詳細如表4所示。

表4 雨水替代港區綠化澆灌與沖廁水量

| 月份 | 上班日平均潛 在供水量 | 澆灌用水量 | 沖廁用水量 | 扣除後 剩餘水量 |
|-----|---------------------|-------|-------|-------------|
| | m ³ /day | | | |
| 一月 | 95 | 9.2 | 6 | 79.6 |
| 二月 | 97 | | | 81.8 |
| 三月 | 44 | | | 28.8 |
| 四月 | 69 | | | 54.1 |
| 五月 | 62 | | | 47.3 |
| 六月 | 69 | | | 54.3 |
| 七月 | 11 | | | -4.2 |
| 八月 | 65 | | | 49.6 |
| 九月 | 13 | | | -2.3 |
| 十月 | 25 | | | 9.5 |
| 十一月 | 55 | | | 39.6 |
| 十二月 | 89 | | | 74.3 |

- 【註】：1.根據經濟部水利署用水計畫書用水審查作業要點
2.校園綠地每平方公尺澆灌用水需水量為2 公升/m²·day。
3.月平均沖廁用水量以工作天數22日計。
4.參考建築類別用水量推估計算基準後自行整理。

(2) 污水處理處理設施

目前，該漁港的民眾每天產生約405公噸污水，其未經處理直接逕流排至海中，積年累月港區附近海域生態已嚴重遭受破壞。因此，本研究採標準活性污泥法進行SS及BOD去除率達85%以上、每日處理規模為530 CMD($\geq 405 \times 1.3=526.5$)污水處理設施。污水處理設施主要單元包含攔污柵、初沉槽、接觸曝氣槽、終沉槽、消毒槽及放流槽等。使放流水質能符合放流水標準30 mg-SS/L 及30 mg-BOD/L 後，方能排入港區水域。

2.漁港環境綠美化

本研究依行政院農業委員會林務局的建議每0.25 m²種植1株幼苗植栽，規劃種植至少18,000株台灣本土種濱海植物進行漁港環境綠美化，估算港區整體綠覆率達45%，符合建築基地綠化設計技術規範中基地綠覆率需達30%以上。此外，依據每株幼苗植栽每年固碳量為12.50 kg-CO₂e/year 計算，漁港環境綠美化之固碳量約222,500 kg-CO₂e/year。能承受濱海的嚴苛氣候，及提升漁港環境整體綠美化與環境教育，及大幅降低漁港整體固碳量；亦能作為防風沙之用，降低鄰近的觀光漁獲市場的風沙。

3.廢棄物資源化與綠色產品

(1) 落葉資源化處理

本研究預計漁港每月約有1,205kg/day 的落葉，一年預約有14,462kg/year；以回收率70%計算，每年可回收處理量約為10,123 kg/year，目前規劃至少處理20%之落葉量約2,025 kg/year，依處理1kg 落葉減碳1.79 kg-CO₂e 計算，落葉堆肥醱酵資源化系統每年能減少碳排放量達3,624.75 kg-CO₂e/year。以達到落葉資源回收再利用及廢棄物資源化之環教意義。

(2) 漂流木、塑膠廢品創作

本研究預計敬邀國內外各2~4名藝術家及國內有興趣之民眾，以海洋污染、健康休閒、自然調和等為發想，結合廢棄漂流木、塑膠廢品等進行公共藝術品的創作，期能加強國人對於海洋污染、健康休閒、自然調和等意識，更能為漁港開闢一條永續發展之道路。

4.2 碳中和

本研究針對綠色休閒漁港之規劃進行碳排放量估算，其每年減碳量達-172,115.50 kg-CO₂ e/year，詳如表5所示。因此，本研究所規劃的綠色休閒漁港達到碳中和之最終目的。

表5 綠色休閒漁港碳排放量估算表

| 項目 | 內容 | 數量 | CO ₂ 排放係數 [Kg-CO ₂ e] | CO ₂ 排放量 [Kg-CO ₂ e/year] |
|---------------|---------|-------------------------|--|--|
| 雨水資源回收系統 | 最少可回收水量 | 283 m ³ /day | -0.164 | -16,939.65 |
| 污水處理設施 | 總耗電量 | 323 度電 | 0.623 | 73,448.95 |
| 漁港環境綠美化 | 植栽數量 | 18,000 顆 | -12.500 | -225,000.00 |
| 廢棄物資源化與綠色產品 | 處理落葉量 | 2,025 kg/year | -1.790 | -3,624.75 |
| 綠色休閒漁港全年碳之減碳量 | | | | 172,115.50 |

- 【註】 1. 依據台灣自來水公司資料顯示，一度水約產生0.164 kg-CO₂e。
2. 依據內政部營建署(2011)資料顯示，處理一公噸水約需耗費0.80度電。
3. 依據部能源局(2009)資料顯示，處理一度電產生約0.623 kg-CO₂e。

4.3 綠色休閒漁港環境教育宣導

本研究規劃針對雨水回收系統、漁港環境綠美化、廢棄物資源化及綠色產品及碳排放量等設置具環境教育意義之看板，結合當地海洋巡守隊進行深入宣導，與架設網絡交流平台，以提升整體綠色休閒漁港之規劃，達成漁港的減碳與資源永續再利用，啟發國人對於綠色休閒漁港之概念，以促進其他同樣面臨永續發展困境的漁港，有轉型的樣板。

4.4 漁港環境維護評量指標與未來展望

本研究依據所擬訂的評估指標，進行綠色休閒漁港之規劃效果評估，並且針對各項規劃提出未來展望，彙整如表6所示。

表6 綠色休閒漁港評估成果與未來展望

| 面向 | 指標 | 量化結果 | 未來變化趨勢 | 未來展望 |
|--------------|-------------------|--|--------|-----------------|
| 雨水回收系統 | 每年雨水收集量 | 31,787 ton/year | ● | ➤ 雨水回收量及減碳量逐年增加 |
| | 雨水回收系統減碳量 | 19,803 kg-CO ₂ e/ year | ● | |
| 污水處理設施 | 處理污染負荷量(BOD) | 7.2 kg-BOD/year | ○ | ➤ 污水處理負荷及排碳量降低 |
| | 處理系統功能維護(BOD 去除率) | 85 % | ▲ | |
| | 污水處理系統排碳量 | 73,676 kg-CO ₂ e/year | ○ | ➤ BOD 去除率能保持水平 |
| 漁港環境綠美化 | 綠化面積 | 4,600 m ² | ● | ➤ 綠化面積持續增加 |
| | 綠覆率 | 45 % , m ² / m ² | ● | |
| | 每年綠化減/固碳量 | 222,500 kg-CO ₂ e/ year | ● | ➤ 綠覆率與固碳量增加 |
| 落葉資源化處理 | 資源化處理的落葉量 | 2,025 kg/year | ● | ➤ 處理落葉量增加 |
| | 落葉資源化處理的排碳量 | 3,625 kg-CO ₂ e/year | ● | |
| 推動綠色休閒漁港環境教育 | 漁港設置環境教育設施數量 | 3處 | ● | ➤ 增加環教設施數 |
| | 每年舉辦環境教育相關活動 | 再評估 | ● | ➤ 增辦環教宣導活動 |

增加雨水回收設施系統及廢棄物資源化的成本

五、結論與建議

本研究透過綠色休閒漁港之規劃，得到下列五項結論：

1. 本研究規劃的雨水收集系統收集的雨水量，每日最少可減省283 m³/day 之用水量，可供給漁港內綠地澆灌及沖廁用水，更能提供當地觀光漁獲市場或是漁船清洗作業之用，以降低漁港整體每日自來水用量。
2. 污水處理處理設施採標準活性污泥法進行處理，藉由污水處理設施處理港口油污水，雖然伴隨用電量及排碳量的增加；但是，能降低處理排放水對漁港海域生態及

環境的衝擊，最後達到港口水域潔淨的最終目的。

3. 本研究規劃港內綠美化植樹，覆率達45%，以提升漁港環境整體綠美化與環境教育，及大幅降低漁港整體固碳量；亦能作為防風沙之用，降低鄰近的觀光漁獲市場的風沙。
4. 本計畫所規劃之綠色休閒漁港，減/固碳總量達245,564.40 kg-CO₂e/year，排碳量為約73,448.95 kg-CO₂e/year，相減後每年減/固碳量約172,115.50 kg-CO₂e/year，因此漁港已邁向碳中和目標。
5. 本研究規劃邀集國內外藝術家及國內有興趣之民眾，利用廢棄漂流木、塑膠廢品等進行公共藝術品的創作，期能加強國人對於海洋、健康、休閒、自然調和等意識，期能透過環境教育設施，結合當地海洋巡守隊之宣導，並配合政府或當地相關機構多舉辦環境教育相關活動，使綠色休閒漁港更加擴大，以達永續發展之最終目的。

參考文獻

1. 陳冠吟，2007，台灣漁港港區環境污染防治對策之研究－以八斗子漁港為例，國立台灣海洋大學海洋資源管理所碩士學位論文。
2. Pachpute, J S; Tumbo, S D; Sally, H; Mul, M L., 2009, Sustainability of Rainwater Harvesting Systems in Rural Catchment of Sub-Saharan Africa, *Water Resources Management* 23(13), 2815-2839.
3. Gonzalez, 2012, Ana Carolina, Study to analyze the viability of rainwater catchment from roofs for its reuse in Tegucigalpa, Honduras, Colorado State University, UMI Dissertations Publishing.
4. 江信佑，2007，台大校園雨水再利用課題初探，國立臺灣大學工學院環境工程學研究所碩士論文。
5. edjo, 1989, R. A., Forest to offset the greenhouse effect. *Journal of Forestry*, 7: 12-15..
6. 廖大牛，2009，試算台灣森林碳固定機能，台灣林業，四月號。
7. 馬仕穆，2000，以 SPOT 衛星影像資料推估南仁山森林生態系之葉面積指數及凋落物，屏東科技大學熱帶農業研究所。
8. Leboe, Elizabeth, 2011, VALUE AND BENEFITS OF BACKYARD COMPOSTING, *BioCycle*, 52(10), p.35-37.
9. Conrad Paul, 1995, Urban wood markets in the Northwest, *BioCycle* 36(11), p.70.
10. 汪靜明，2000，學校環境教育的理念與原理，環境教育季刊，43，11-27。

自動化表單紙本簽署文件自我驗證系統 之設計與實踐

Design and Implementation of Self-Proofing System of Printed Form Document and On-line Database

楊靖宇

James Ching-Yu Yang

東南科技大學 數位媒體設計系 副教授 Department of Digital Media Design, Tungnan University.

摘 要

廣泛利用於銀行、政府、學校等網路化申辦流程中，原始申請表之本人簽署應為所有後續資料處理的必要授權基礎。未具備本人簽署認證之資料輸入，難以成為日後資料輸入責任歸屬爭議的證據。雖然當今數位簽章等數位化個人身分認證系統，確能有效地完備全數位化作業流程的認證需求。但利用傳統紙張進行本人簽章，因便利性仍廣泛利用於各項申請作業中，藉以完備本人授權的法律證據需求。然而紙本簽署文件因有時間差與竄改疑慮，其與資料庫同步驗證工作需要大量人力尚不能保障確切的正確性，成為自動化處理的重要阻礙。本文提出能進行紙本簽署文件與電子資料庫間自動檢核系統，兼顧自動化處理的效率及紙本簽署授權文件的法律需求。本系統並以聯招會報名系統為實際應用範例，進行作業與效能評估。其作業模式可為日後相關作業設計之參考。

關鍵字：文件簽署，數位簽章，自動化處理，自動檢核，聯招會報名系統。

ABSTRACT

Personal signature is necessary for almost all the application system and which is required process for legal issues as the digital or physical evidence. Digital signature is sufficient to meet the the personal signature requirement. However, physical signatures are required for most of the official application process because of the accessibility to complete the legal evidence for self-authorizing needs. The cost and accuracy of proof-reading are too high for most application process. In this paper, a system was designed to do the self-proofing between the electronic database and printed form with personal signature which can solve the cost and accuracy problems of proof-reading and keep the automatic system efficiently. The proposed system was implemented for the application process of JSAC (Joint Selection Admission Committee of Technological & Vocational Colleges and Universities) and the analysis of the system performance and efficiency are provided.

Keywords: physical signature, digital signature, proof-reading, application process.

壹、前言

網路化自動處理程序可利用網路技術電腦處理之快速及自動化處理特性，大量節省各項作業的人力、物力設備及時間。但在資料處理及應用前，資料輸入之正確性為首要的條件，而資料輸入的成本也是個系統設計考量的重要因素。網路線上申辦系統可以有效的降低資料輸入的人力及時間，成為當今各業務常用的處理方式。但申請表於線上填報後，系統呈現多為動態顯示，對於是否為本人或授權代理人填報、資料竄改、系統錯誤與不穩定等因素，不利於爭議的處理及數位證據的佐證。鬆散的認證及缺乏使用者確認的程序，對於正式的申辦作業適法性有質疑的空間。

申辦資料填報中本人簽署問題常可利用數位簽章或本人簽署文件進行資料的存證完備程序。其中尤以政府申報作業及聯招會等正式報名作業中，申報資料或報名表件之原始資料，須由申請者詳加查核並加以簽章，以作為原始之責任歸屬，並為日後可能之爭議處理的重要依據。但由於數位簽章普及率問題，全國性申報及以學生為主要對象的聯招會報名作業，若採數位簽章確有實務推動上的困難。傳統紙本簽章仍為兼顧習慣及合乎法規之必要選擇。為了兼顧紙本簽章效力及電腦化作業的快速正確，紙本資料與數位資料之同步及校核作業，成為資料庫之正確性檢核最為繁複且耗時的工作。因此，如何設計一套兼顧紙本文件效力及電腦自動處理效率之系統，成為值得研發的實務問題。

本文提出申辦系統列印本人簽署確認機制及相關技術，對於多數未完備數位簽章為對象的網路線上申辦系統，能有效的解決本人簽署及資料正確性責任歸屬的證據佐證問題。本系統並實際運作於聯招會報名系統中，效益卓著。相關技術資料經法定保存期限到期後進行公開，並作為未來相關申辦流程之參考。

貳、文件簽章與數位證據

於網路及資訊化蓬勃發展的時代趨勢中，在資訊化社會的整體推動、虛擬組織及作業流程的有效設計以及自動化處理技術的成熟發展下，資訊服務系統的整合與運用，於近年有顯著的進步。由於善用網路資源進行各項自動化處理及應用，能有效打破地理限制、爭取作業時效並節省成本。促進了政府公共服務及虛擬組織之發展。近年相關之資訊系統作業程序、法律效力、數位簽章、自動化技術應用等不同層面，學者發表進行相關探討研究，並指出對於各項網路化作業的趨勢、應用、效益等虛擬組織資源整合運用趨勢。

當今許多申辦流程的設計，因難以解決認證問題而採用電子郵件或手機號碼等方式進行身分確認，甚至某些系統以繳費後取得通行碼等電子商務流程方式，作為認證依據。對於身分的認證與本人授權的意義，草率因應。實難確認填報者身分與本人同意證明，造成未來爭議處理難以控制的危機。

由於電子商務的興起與電子化政府的推展，因無紙化作業的需求，「數位簽章」或「電子簽章」的技術，乃應運而生。電子簽章相關的立法工作，由美國猶他州於1995年首開先河，聯邦則於去歲完成相關立法；德國於1997年訂定「數位簽章法」。電子簽章法必須解決文件電磁紀錄證據力之問題。學者就儲存於電子情報（資訊）媒

體（即磁碟、磁帶或磁碟片等）中之資料，所應採取勘驗說、書證等調查證據之方法。透過數位簽章的使用，可以達到訊息的完整性(integrity)、訊息來源的鑑別(authentication)、不可否認性(non-repudiation)等安全服務(Charlie Kaufman et al., 2002)。無論是電子商務交易、電子化政府、企業電子化，數位簽章都是重要的工具之一(吳佻穎，2010)。如同網路裝置之間必須遵循一定的協定規範才能彼此互通，數位簽章也必須有舉世公認的標準存在，附加數位簽章的電子文件才能跨越國界、跨越作業系統平台、跨越應用程式，正確地通過驗證而暢行無阻。(柯耀程，2003)

數位簽章技術係由對訊息的內容進行雜湊演算法計算(Hash Function)而產生的。這將會產生一個訊息摘要(message digest)。要傳送訊息的人用其私密金鑰將此訊息摘要進行加密的動作，轉換成為一個數位簽章(Charlie at el., 2002)。此時，數位簽章僅能被同一個人的公開金鑰解開。當接收者將數位簽章解開之後，電腦就會對訊息摘要的值進行重新計算的動作。這時被計算出來的新訊息摘要值，將與簽章內的原訊息摘要值進行比對，若兩者相符，則代表訊息未曾遭受竄改。由於傳送訊息者的公開金鑰曾被用來解開其數位簽章，所以，訊息的內容一定經過傳訊者之私密金鑰的加密動作。

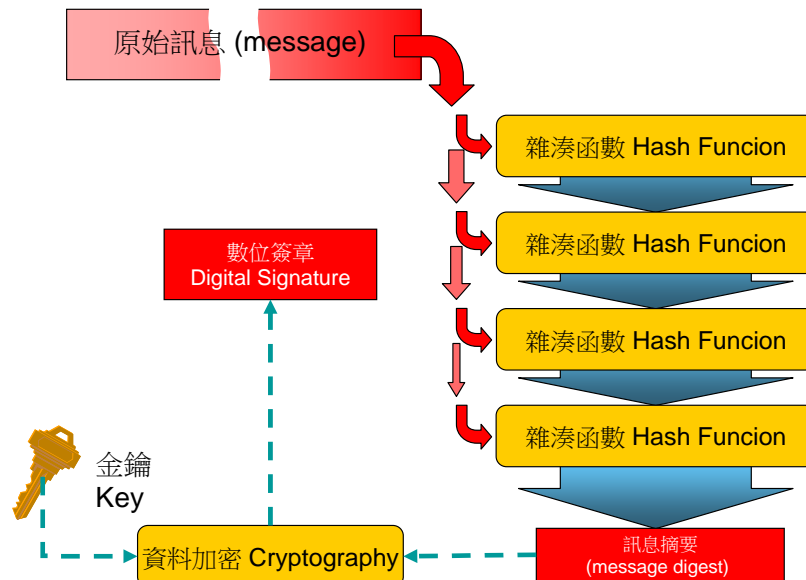


圖2-1 數位簽章的產生過程

其中雜湊函數往往具有單向計算的功能，因為它可以很容易能依照原始訊息計算出訊息摘要，但很難反過來由訊息摘要計算出原始訊息。因為數位簽章具有抗拒第二前置資料描繪的特性(Second Preimage Resistance)。找出第二份文件可以輸出相同的雜湊值為計算上的不可行，所以數位簽章可以提供原始資料不可否認(non-repudiation)的功能。目前常採用之雜湊函數(hash function)具有以下幾種：

MD5：「訊息摘要 5 (MD5)」以 RFC 1321 為基礎。MD 5會在資料區塊上完成4道通過過程，並為訊息中的每一個字在每一道通過過程中使用不同的數字常數。在 MD5 計算期間使用的 32 位元常數最高可產生用於完整性檢查的 128 位元雜湊。

SHA1：「安全雜湊演算法1 (SHA1)」是由 Federal Information Processing Standard

(FIPS) PUB 180-1 中說明的 National Institute of Standards and Technology 所開發的。SHA 的處理程序非常接近 MD5 的模式。SHA1 計算可產生用於完整性檢查的 160 位元雜湊。因為較長的雜湊長度可以提供較高的安全性，所以 SHA 比 MD5 更強。

RIPEND：歐盟之 RIPE (RACE Integrity Primitives Evaluation) 專案，根據 MD4、MD5 的弱點評估，提出了一個 MD4補強版本，即 RIPEND 演算法。其中對資料移位及訊息組順序進行改良。由二套 MD4模組進行同步計算後進行合併，產出128位元長度的數值。後由德國的 Dobbertin 人改良，設計出 RIPEND-160，其壓縮函數的處理回合數量，由 MD4的三個變為五個，且兩個 MD4模組間不僅引用順序、位置及常數不同，甚至亦改變所使用的邏輯布林運算順序，以加強其安全性。

條碼的研究始於美國，最早出現在20世紀40年代，美國喬·伍德蘭德 (Joe woodLand) 和伯尼·西示沃 (Berny Silver) 兩位工程師就開始研究用條碼表示食品項目並開發相應的自動識別設備，這項技術於1949年獲得了美國專利。但是得到實際應用和發展還是在20世紀70年代以後。

所謂條碼(Bar Code)，是由粗細不同的長方形黑線條，及空白線平行組合而成，加上檢查碼的字元群相互平行配置。在條碼開頭的字元之前及結束的字元之後，都要留下空白(Quiet Zone/Margin)，以作為安全空間，這樣的配置，即構成一個條碼符號(Bar Code Symbol)。條碼識別系統是由印刷設備印出來的條碼符號，光學式讀取裝置用的條碼閱讀機，收集資料數據的手提代終端機，智慧型電腦，網路等硬體設備，加上軟體所構成的一種資訊識別系統。條碼依不同的發展單位而有不同的種類，常用的種類如下：

EAN 碼(European Article Number)：由國際性的組織—國際商品條碼協會(International Article Numbering Association, IANA)所負責，IANA 成立於1977年，初期以歐洲國為主體。EAN 碼共有13位數字，由0~9所組成，這些數字中有國碼、廠商號碼、產品編號及檢查碼。因此商品條碼可以說是任何國、任何廠商、以及任何商品獨一無二的「商品身分證統一號」，也可說是品流於國際市場中一種通行無阻的「共通語言」。

UPC 碼(Universal Product Code)：此碼是最早大規模應用的條碼，其特性是固定長度、連續性的條碼，目前主要在美國和加拿大使用，由於其應用範圍廣泛，故又被稱萬用條碼。UPC 碼僅可用來表示12位數字，故其字碼集為數字 0~9。

39碼(Code 39)：1975年美國 INTERMAKE 公司所發表，比起 EAN/UPC 碼，39碼廣泛應用在製造業。39碼是一種可供使用者雙向掃描的分散式條碼，也就是說相臨兩資料碼之間，必須包含一個不具任何意義的空白(或細白，其邏輯值為0)，且其具有支援文數位的能力，故應用較一般一維條碼廣泛，目前較主要利用於工業產品、商業資料及醫院用的保健資料，它的最大優點是碼數沒有強制的限定，可用大寫英文字母碼，且檢查碼可忽略不計。因此在規劃長度的大小時，應考慮條碼閱讀機所能允許的範圍，避免掃描時無法讀取完整的資料。除此之

外，39碼之起始碼和終止碼必須固定為*字元。39碼具有自我檢查能力，故檢查碼可有可無，不一定要設定。但是其條碼佔用的空間較大。可表示的資料包含有：0~9 的數位，A~Z 的英文字母，以及+、`、-、*、/、%、\$、.等特殊符號，再加上空白字元共計 44組編碼，並可組合出128個 ASCII CODE 字元符號。

CODE-128：128碼開始於1981年推出，是一種長度可變、連續性的字母數位條碼。與其他一維條碼比較起來，128碼是較為複雜的條碼系統，而其所能支援的字元也相對地比其他一維條碼來得多，又有不同的編碼方式可供交互運用，因此其使用彈性也較大。128碼的內容大致也分為起始碼、資料碼、終止碼、檢查碼等四部分，其中檢查碼是可有可無的。Code 128 碼可表示從 ASCII 0 到 ASCII 127 共128個字元，故稱128碼。

二維條碼(2D Bar Code)：1993年自美國引進，不同以往一維條碼最多僅能儲存28個字元，二維條碼則能儲存1100個字元，約500個中文字，因此，它不僅能夠用來儲存表單、文字資料，更可用來儲存影像資料，將整頁表單的資料濃縮存放在一個條碼內，接收者可利用專屬掃瞄器自動地把表單資料輸入電腦，而其相對於磁片抗損性較高，不會有病毒、消磁、損壞、容量不足等問題。



圖2-2 常用的各種規格條碼

本系統之設計與開發，使用數位簽章加密與解密技術並利用條碼進行自動化流程的設計。

參、文件自動檢核方法論

線上資料填報並列印申請文件後經本人簽署後送回申請作業單位存證，是最簡易也經常運用的資料確認程序。除了可以釐清資料填報正確性的責任歸屬外，並可確認本人身分。本人簽名部分雖有數位簽章等方式可以利用，但仍不如紙本簽章具有確認本人親為的證明能力。然而，列印簽章的紙本文件內容必須與資料庫資料完全一致，才具備簽章效力。為了確保資料的一致性與正確性，申請作業單位於收到簽署文件後，必須進行簽署文件與資料庫內容的校對工作。然而，校對工作常需大量人力與時間成本，校對正確性亦難以達到100%絕對正確的品質。簽署文件與資料庫內容的自動檢核需求因之呈現。本文提出之檢核程序於文件列印時收錄所有表單欄位資料，以數位簽章計算方式產生檢核碼後，檢核碼利用條碼方式呈現於紙本列印簽署表單中。申請者若須更新資料內容，則須重新列印簽署表單進行簽署，方為有效。簽署文件一旦

回傳作業單位後，將進行檢核條碼的讀取並與資料庫相關欄位所計算出的檢核碼進行比對，若為相合則可確認簽署文件的效力並凍結申報欄位已完成申請資料驗證程序。隨後簽署文件並可進行存查，以為日後爭議處理時的重要證據。

為達文件自動檢核的效果，我們採用數位簽章的雜湊函數之Second Preimage Resistance性質，依照學生原始報名資料及日期等資訊，計算「文件自動檢核碼」。並依據計算出的「文件自動檢核碼」產生條碼，由本會製作之報名程式將申請表單與條碼一併列印於申請表件。此表單經申請者簽章後由高中職校教務處檢查並簽章寄回總會作為原始報名憑證。由於報名人工流程已規定期間若有任何資料更新，皆需重新列印報名表，申請者僅可審閱及簽章，禁止塗改任何資料。因此總會檢核表件時，僅需檢查文件是否為具有正式簽章且完好未經塗改或剪貼之非影印正本，經檢查「文件自動檢核碼」與線上資料庫比對無誤後，確認此項報名表件與資料庫資料相符合。若檢查失敗，則驅動推薦學校整校彙編資料檢核及資料庫交叉比對等深入之檢核處理程序進行後續處理。

一、自動檢核碼之印製及驗證演算法

「自動檢查碼」表件印製程序如圖3-1所示，文件於列印前先計算出時間戳記並登記於資料庫中，並將原始資料排列後形成字串送入雜湊函數計算。雜湊函數經一系列反覆的計算得出「文件自動檢查碼」。此碼並加入學生之報名序號及當時使用之軟體版本號碼合併排列出可產生條碼之明碼形式後，由條碼產生程式配合報表產生程式印出正式申請者報名表。

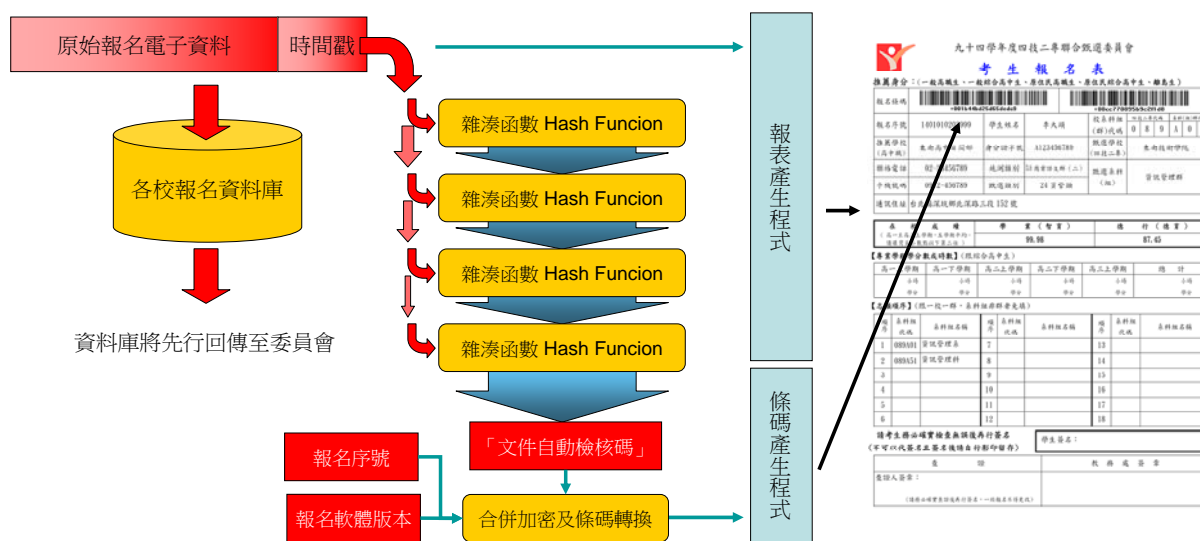


圖3-1 報名表及自動檢核碼之印製流程

申請者報名表印出後，將可交由申請者檢閱並與家長討論，若有需要更改則須更新資料庫並重新印製。當所有資料確認後，申請者可以於表件上進行本人簽章後，寄回申辦單位進行報名驗證作業。申請作業單位於收到簽署紙本文件後，將如圖3-2所示流程進行驗證。由於表單於檢核前，資料應已利用網路進行回傳，並經電腦各項規則之自動化查核及交叉檢核，彙整於總會報名資料庫中。報名表件須與報名彙整資料庫之各項電子資料進行比對，以確定申請者原始報名資料與資料庫資料的一致性。資料完成驗證後，系統應凍結資料更新已完成資料簽署與檢核認證程序。

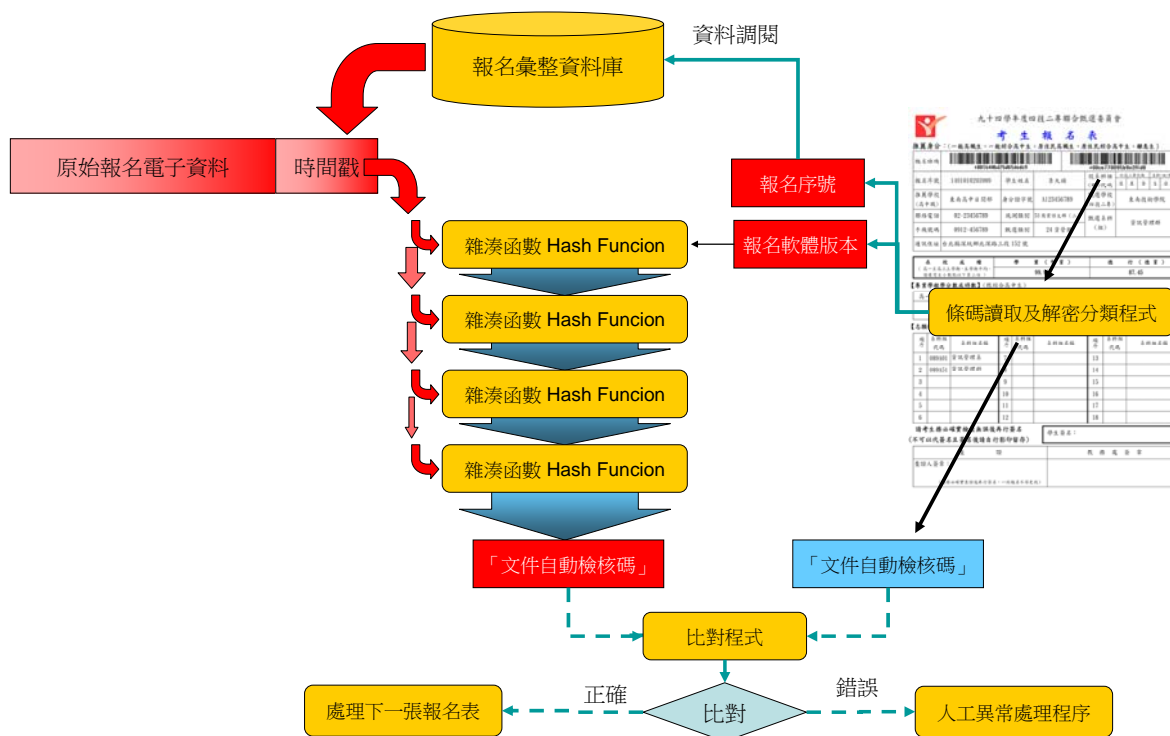


圖3-2 自動檢核碼讀取及驗證流程

報名表件驗證程序首先須由第一級驗證人員確認表單是否完好，若具備報名本人簽章及學校教務處簽章，且為無剪貼塗改等變造及之非影印原稿，則交由第二級驗證人員進行資料核對。其核對方式由條碼輸入開始，操作人員將先利用條碼機進行條碼輸入，輸入後之字碼經分類及解密程式解析出報名序號及報名程式版本號碼。檢核程式將立即依照報名序號連線報名彙整資料庫調閱申請者報名資料，相關資料經正確排序後，依照報名程式版本進行雜湊函數的計算。經計算後得出「文件自動檢核碼」。此碼將與由原稿解密分類得來的檢核碼進行比對，若是比對錯誤則記錄並依照人工異常處理程序處理。若比對成功則完成第二階段檢核，並交由第三階段進行資格審查。

二、自動檢核碼之計算演算法

自動檢核碼的計算方式基本上以md5的雜湊演算法為基礎，其演算方式如下說明：

步驟1：於原始資料添加尾數位元

資料先以512進行分割，若資料長度正好為512整數倍或最尾筆資料長度小於448個bits，則在資料尾端加入一個以1為開頭並以0為後續之資料串，將資料補齊至448個bits。若是最尾筆資料長度正好為448 bits，則在資料尾端加入一個以1為開頭並以0為後續之512 bits資料串。若是最尾筆資料長度介於448 bits及512 bits之間，則在資料尾端加入一個以1為開頭並以0為後續之資料串，使尾筆資料補齊為512 bits並增加一個448 bits全為0的資料串。

步驟2：增加資料長度資訊

將原始資料長度換算為64 bits之二進位整數表示資料，並將此64 bits資訊附加於步驟一之結果之後。若是原始資料超過 2^{64} ，無法利用64 bits之二進位整數表示，則求資料長度除 2^{64} 以後之數值，並將此64 bits資訊附加於步驟一之結果之後，使得總資料量正好為512之整數倍。

步驟3：設定暫存器的初始值

設定4個32位元的暫存器A, B, C, D，並設定初值為：

$$A=(67452301)_{16};$$

$$B=(EFCDA89)_{16};$$

$$C=(98BADCFE)_{16};$$

$$D=(10325476)_{16}。$$

步驟4：以512 bits資料區段為單位進行反覆計算

將經步驟一及步驟二產出之資料以512 bits為單位，並逐一進行以下4回合之計算。在計算前，先設定以下關係式：

$$R(x,s) = (x \ll s) \vee (x \gg 32 - s)，字元向左旋轉s個位元。$$

$$F(x,y,z) = (x \wedge y) \vee (\neg x \wedge z)；$$

$$G(x,y,z) = (x \wedge y) \vee (y \wedge \neg z)；$$

$$H(x,y,z) = x \oplus y \oplus z；$$

$$I(x,y,z) = y \oplus (x \vee \neg z)。$$

$$FF(a,b,c,d,x,s,ac) = R(b+a((a+F(b,c,d)+x+ac),s)；$$

$$GG(a,b,c,d,x,s,ac) = R(b+a((a+G(b,c,d)+x+ac),s)；$$

$$HH(a,b,c,d,x,s,ac) = R(b+a((a+H(b,c,d)+x+ac),s)；$$

$$II(a,b,c,d,x,s,ac) = R(b+a((a+I(b,c,d)+x+ac),s)。$$

其中運算子之定義：

\wedge ：以bit為單位之AND運算；

\vee ：以bit為單位之OR運算；

\oplus ：以bit為單位之XOR運算；

\neg ：以bit為單位之補數運算；

$+$ ：相加後取 2^{32} 之餘數；

\ll ：向左移位右側補0；

\gg ：向右移位左側補0。

步驟4-1：對步驟二產出之資料串，擷取512 bits資料區段，並將資料依序放至於32位元數值陣列 $x[0], x[1], \dots, x[15]$ 中。並設定變數 $a=A, b=B, c=C, d=D$ 。

步驟4-2第一回合：進行以下16次計算

$$a=FF(a,b,c,d,x[0],7,0xd76aa478);$$

d=**FF** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[1], 12, 0xe8c7b756);
c=**FF** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[2], 17, 0x242070db);
b=**FF** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[3], 22, 0xc1bdceee);
a=**FF** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[4], 7, 0xf57c0faf);
d=**FF** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[5], 12, 0x4787c62a);
c=**FF** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[6], 17, 0xa8304613);
b=**FF** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[7], 22, 0xfd469501);
a=**FF** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[8], 7, 0x698098d8);
d=**FF** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[9], 12, 0x8b44f7af);
c=**FF** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[10], 17, 0xffff5bb1);
b=**FF** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[11], 22, 0x895cd7be);
a=**FF** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[12], 7, 0x6b901122);
d=**FF** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[13], 12, 0xfd987193);
c=**FF** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[14], 17, 0xa679438e);
b=**FF** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[15], 22, 0x49b40821);

步驟4-3第二回合：進行以下16次計算

a=**GG** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[1], 5, 0xf61e2562);
d=**GG** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[6], 9, 0xc040b340);
c=**GG** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[11], 14, 0x265e5a51);
b=**GG** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[0], 20, 0xe9b6c7aa);
a=**GG** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[5], 5, 0xd62f105d);
d=**GG** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[10], 9, 0x2441453);
c=**GG** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[15], 14, 0xd8a1e681);
b=**GG** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[4], 20, 0xe7d3fbc8);
a=**GG** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[9], 5, 0x21e1cde6);
d=**GG** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[14], 9, 0xc33707d6);
c=**GG** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[3], 14, 0xf4d50d87);
d=**GG** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[8], 20, 0x455a14ed);
a=**GG** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[13], 5, 0xa9e3e905);
d=**GG** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[2], 9, 0xfcefa3f8);
c=**GG** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[7], 14, 0x676f02d9);
b=**GG** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[12], 20, 0x8d2a4c8a);

步驟4-4第三回合：進行以下16次計算

a=**HH** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[5], 4, 0xfffa3942);
d=**HH** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[8], 11, 0x8771f681);
c=**HH** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[11], 16, 0x6d9d6122);
b=**HH** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[14], 23, 0xfde5380c);
a=**HH** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[1], 4, 0xa4beea44);
d=**HH** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[4], 11, 0x4bdecfa9);
c=**HH** (*c*, *d*, *a*, *b*, *x*[7], 16, 0xf6bb4b60);
b=**HH** (*b*, *c*, *d*, *a*, *x*[10], 23, 0xbebfb70);
a=**HH** (*a*, *b*, *c*, *d*, *x*[13], 4, 0x289b7ec6);
d=**HH** (*d*, *a*, *b*, *c*, *x*[0], 11, 0xea127fa);

$c = \mathbf{HH}(c, d, a, b, x[3], 16, 0xd4ef3085);$
 $b = \mathbf{HH}(b, c, d, a, x[6], 23, 0x4881d05);$
 $a = \mathbf{HH}(a, b, c, d, x[9], 4, 0xd9d4d039);$
 $d = \mathbf{HH}(d, a, b, c, x[12], 11, 0xe6db99e5);$
 $c = \mathbf{HH}(c, d, a, b, x[15], 16, 0x1fa27cf8);$
 $b = \mathbf{HH}(b, c, d, a, x[2], 23, 0xc4ac5665);$

步驟4-5第四回合：進行以下16次計算

$a = \mathbf{II}(a, b, c, d, x[0], 6, 0xf4292244);$
 $d = \mathbf{II}(d, a, b, c, x[7], 10, 0x432aff97);$
 $c = \mathbf{II}(c, d, a, b, x[14], 15, 0xab9423a7);$
 $b = \mathbf{II}(b, c, d, a, x[5], 21, 0xfc93a039);$
 $a = \mathbf{II}(a, b, c, d, x[12], 6, 0x655b59c3);$
 $d = \mathbf{II}(d, a, b, c, x[3], 10, 0x8f0ccc92);$
 $c = \mathbf{II}(c, d, a, b, x[10], 15, 0xffeff47d);$
 $b = \mathbf{II}(b, c, d, a, x[1], 21, 0x85845dd1);$
 $a = \mathbf{II}(a, b, c, d, x[8], 6, 0x6fa87e4f);$
 $d = \mathbf{II}(d, a, b, c, x[15], 10, 0xfe2ce6e0);$
 $c = \mathbf{II}(c, d, a, b, x[6], 15, 0xa3014314);$
 $b = \mathbf{II}(b, c, d, a, x[13], 21, 0x4e0811a1);$
 $a = \mathbf{II}(a, b, c, d, x[4], 6, 0xf7537e82);$
 $d = \mathbf{II}(d, a, b, c, x[11], 10, 0xbd3af235);$
 $c = \mathbf{II}(c, d, a, b, x[2], 15, 0x2ad7d2bb);$
 $b = \mathbf{II}(b, c, d, a, x[9], 21, 0xeb86d391);$

步驟4-5：判行下次計算

依前述計算結果，重新計算出A, B, C, D 的數值：

$$A = A + a;$$

$$B = B + b;$$

$$C = C + c;$$

$$D = D + d。$$

隨後判斷是否尚有資料區段需要處理，若尚有資料區段需要處理則至步驟4-1繼續計算，若無資料區段處理則結束此步驟，跳至步驟5進行輸出作業。

步驟5：輸出

經步驟1至5計算方法，依原始資料計算而得之32位元A, B, C, D變數，組合而成一個128 bits的數值，成為本自動檢核碼的計算結果。

三、 條碼計算及使用

「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」所採用之條碼標準，因程式使用之範圍局限於94學年度四技二專聯合甄選之應用，適用於高中職推薦學校、四技二專招生學校及總會之間，無須參加供應鏈之聯盟亦無須符合其標準。此外因所攜帶的資訊較多，故採用高密度且具有校驗碼的 CODE128標準進行應用。

本應用利用條碼進行資料輸出，主要考慮以下因素：

- (一) 條碼必須攜帶 128 bits 之自動檢核碼，並必須攜帶軟體版本及報名序號之所有資訊。
- (二) 條碼不可過長，導致掃描器難以掃描。
- (三) 條碼必須與報名表件中防偽印刷之特殊設計不相衝突。
- (四) 條碼若不能順利掃描，可利用鍵盤輸入以便繼續查詢。

為能印製適當寬度之條碼，以便能順利利用條碼掃描器輸入。經測試條碼扣除起始碼(Start code)、檢查碼(Checksum code)、停止碼碼(Stop code)及結束碼(termination code)後，利用各式印表機輸出測試，實際輸出之條碼能由一般之簡易條碼閱讀機器順利閱讀之最大寬度為38個字元內容。並由於條碼需要攜帶資訊包含之自動檢核碼128 bits 及軟體版本4bits 外。報名序號15位數字，依學校代號、科別序號、班級及學生序號切割並壓縮至20個 bits。因此總資料量為152 bits。隨後將此144個 bits 轉換為38個16進位文數字。隨後並利用 CODE128條碼之 B 類條碼輸出。

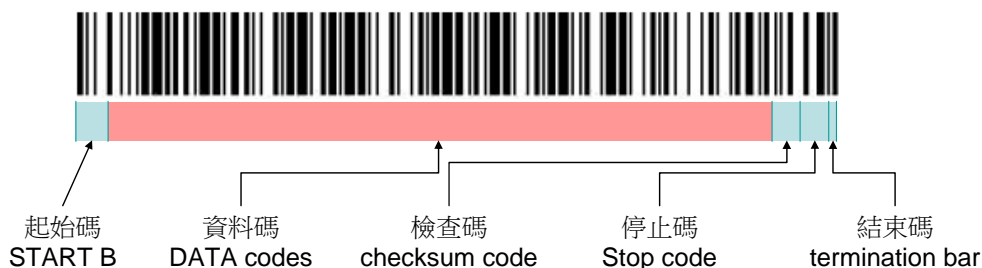


圖3-3 本系統條碼資料配置圖

分析此項設計，所有攜帶資料皆可由條碼進行輸出滿足第 A 項考慮條件外，第 B 項及第 C 項則經測試各高中職學校常用之印表機，皆可利用總會採購之一般條碼機順利閱讀，並且條碼與報名表之防影印網紋設計亦不相干擾。而且，條碼內容以明碼方式列印於條碼下方，方便於條碼污損無法順利閱讀時進行人工輸入及檢查工作，滿足考慮因素 D 之要求。

肆、系統實施與應用

「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」應用於四技二專甄選聯招會報名系統中。系統由條碼化之自動檢核碼及檢核技術，配合數位資料及紙本文件雙軌運作之流程設計，可有效縮減作業流程、降低人力需求並提升檢核正確率。系統已完成實際運作，並於時程內完成全國高中職及五專388個單位之71,168申請者，對120所技專校院之報名作業。

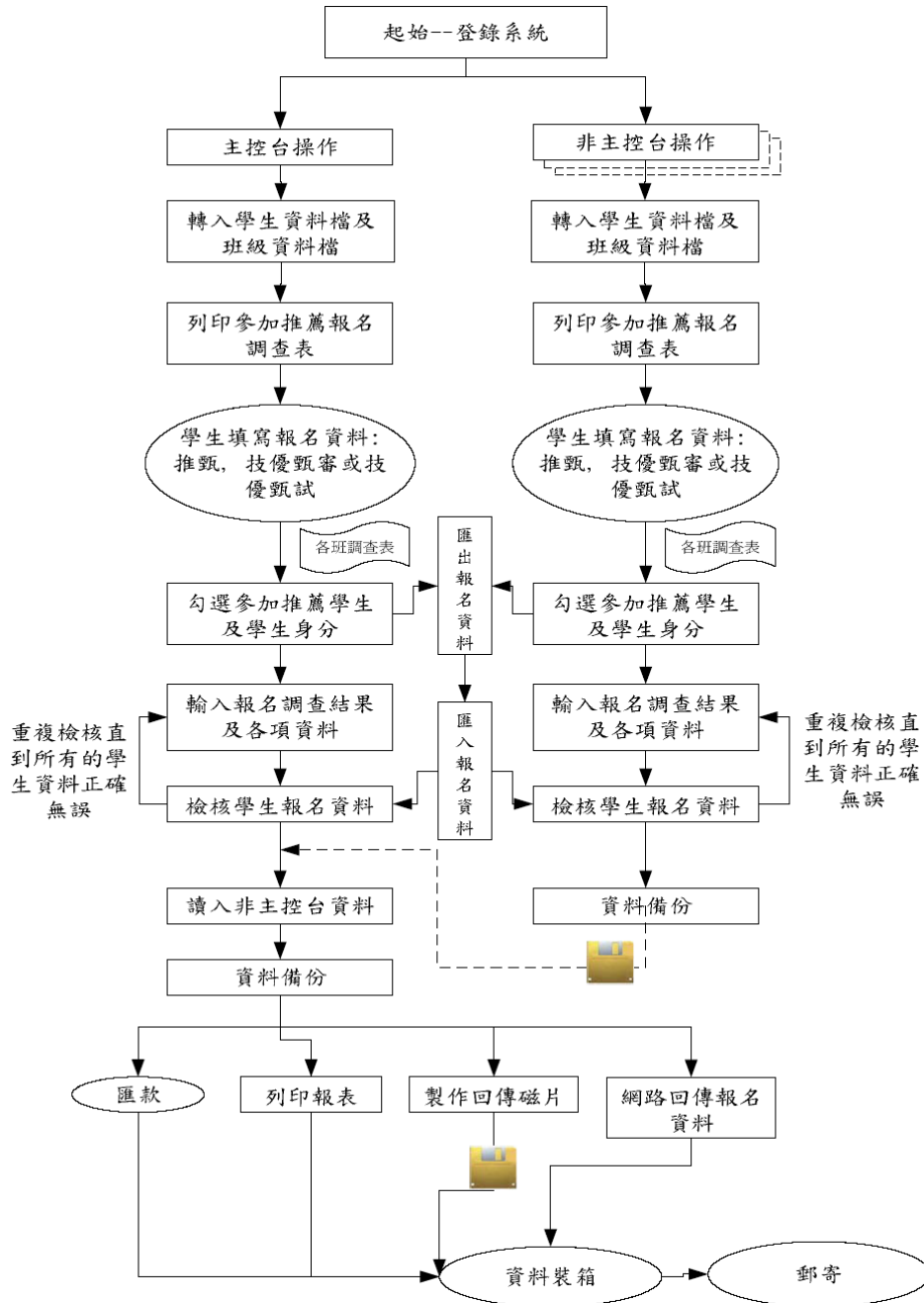


圖4-1 推甄第一階段及技優報名流程

系統資料流程圖如圖4-1所示，申請者報名 A-1表為例(圖4-2)，相關之表件經招生組及試務組依簡章規定及作業流程設計，並加入前述「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」文件自我檢查條碼之設計。表件於參考委員會作業之統一作業流程色彩管理、欄位大小及字型套用測試後，經學生試填以修正表單之簽名處大小、邀請高中職學校報名工作人員審核、不同印表機之條碼印刷及閱讀測試、資格審查小組審核、企劃組依簡章名詞及規範校稿核對、邀請學校法務組進行審核等，計十次之審核及修正會議後定稿。



九十四學年度四技二專聯合甄選委員會

考生報名表

推薦身分：(一般高職生、一般綜合高中生、原住民高職生、原住民綜合高中生、離島生)

| | | | | | |
|-----------|--|-------|---|------------|-----------------------|
| 報名條碼 |  +001b44bd25d65dedc9 | |  +00ce770895b9e2f1d8 | | |
| 報名序號 | 1401010203999 | 學生姓名 | 李大頭 | 校系科組(群)代碼 | 四技二專代碼 0 8 9 A 0 0 |
| 推薦學校(高中職) | 東南高中日間部 | 身分證字號 | A123456789 | 甄選學校(四技二專) | 東南技術學院 |
| 聯絡電話 | 02-23456789 | 統測類別 | 53 商業語文群(二) | 甄選系科(組) | 資訊管理群 |
| 手機號碼 | 0912-456789 | 甄選類別 | 24 資管類 | | |
| 通訊住址 | 台北縣深坑鄉北深路三段 152 號 | | | | |

| | | |
|--|-------------|-------------|
| 在 校 成 績 (高一至高三上學期，五學期平均。 請填寫至小數點以下第二位) | 學 業 (智 育) | 德 行 (德 育) |
| | 99.98 | 87.45 |

【專業學程學分數或時數】(限綜合高中生)

| | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 高一上學期 | 高一下學期 | 高二上學期 | 高二下學期 | 高三上學期 | 總 計 |
| 小時 學分 | 小時 學分 | 小時 學分 | 小時 學分 | 小時 學分 | 小時 學分 |

【志願順序】(限一校一群，系科組非群者免填)

| 順序 | 系科組代碼 | 系科組名稱 | 順序 | 系科組代碼 | 系科組名稱 | 順序 | 系科組代碼 | 系科組名稱 |
|----|--------|-------|----|-------|-------|----|-------|-------|
| 1 | 089A01 | 資訊管理系 | 7 | | | 13 | | |
| 2 | 089A51 | 資訊管理科 | 8 | | | 14 | | |
| 3 | | | 9 | | | 15 | | |
| 4 | | | 10 | | | 16 | | |
| 5 | | | 11 | | | 17 | | |
| 6 | | | 12 | | | 18 | | |

請考生務必確實檢查無誤後再行簽名

(不可以代簽名且簽名後請自行影印留存)

學生簽名：

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 查 證 | 教 務 處 簽 章 |
| 查證人簽章： (請務必確實查證後再行簽名，一經報名不得更改) | |

圖4-2 94學年度四技二專聯合甄選申請者報名表(A1表)規格

對於「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」之條碼檢核之系統整合測試部份，則特別注重「文件自動檢核碼」及讀取後之資料庫檢核程序之一致性，並注意利用不同廠牌印表機之條碼之易讀性及正確性。

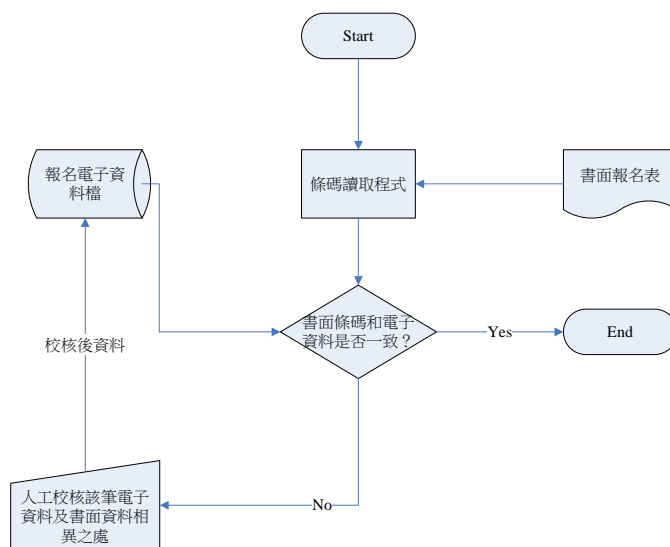


圖4-3 「文件自動檢核碼」之條碼產出及圖取檢核程序

本系統並進行以下之特性測試：

1. 效能測試 (Performance Testing)：驗證程式的績效是否符合績效目標所述。並量測系統之速度、回應時間、以及各項報表之輸出正確性。各高中職校內系統，以實際於高中職測試學校模擬架設，並測試其分散式資料庫同步、資料轉入、各不同機型之報表清晰度等。並預估各項作業之整體作業時間 (Throughput)。因應本系統之軟硬體整合環境，並進程式自動更新及資料上傳等網路連線效能測試。
2. 負載測試 (Load Testing)：驗證軟體系統是否可在長時間連續負載之情形下仍可正常工作。重點在檢查系統資源管理及軟體容量設計相關問題。本項測試將以壓力測試工具，對伺服器系統進行連續大量作業運作測試，並採用系統資源監測工具監視系統在長時間運作下資源之使用情形。本系統以 93 學年度 68,356 筆資料為基礎外加特殊設計之邊際條件錯誤測試資料及隨機錯誤資料 34,057 筆，進行負載及各項作業測試工作。
3. 相容性測試 (Compatibility Testing)：除於整合測試時確認各校之作業系統版本及網路傳輸等電腦環境適用性外，並特別注重各不同機型之報表機界面之相容性，以及列印「文件自動檢核碼」之條碼正確性及易讀性。

在本系統實際應用之前，提供使用者最有效的標準作業程序，經講習訓練到應用，從甄選生報名、儲存光碟、傳遞、運算、條碼確認等，順利執行各階段任務。在經由彼此間的追蹤檢核，促使系統更加完美。

「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」及相關之「四技二專聯合甄選報名系統」由委員會製作並發行光碟，經由北、中、南、東四區舉辦系統說明會，進行各高中職校操作人員之系統安裝及檢核作業之教育訓練。所發行之光碟於388所高中職校進行安裝使用，同時並進行即時版本檢查及線上更新作業。

伍、系統品質保證與效能分析

94學年度四技二專聯合甄選委員會之報名作業，採用「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」，並採用各項雙向檢核作業設計。比較93及94學年度報名流程，由於94學年度採用「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」，完成388所高中職學校之71,168名申請者之推薦甄選及寄優甄保報名作業。由於系統設計得當，加以各院校人員的密切參與合作及校內同仁的統力協助及長官之全力支持。經不眠不休的開發夥伴，圓滿完成任務。並有效達成以下效益：

(一)縮短2/3作業時程：

因採用「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」，報名作業採用電子資料先行處理與紙資料後續佐證之雙軌同步資料審查程序，報名作業至成績單寄發時程縮短為12天，相較於93學年度之32天縮短20天。若扣除確認信函之往來、篩選計算作業時間及成績單印發作業時程，自報名開始至及彙整並由各報名學校確認後，至全數資料備齊確認進行篩選計算作業時間，由93學年度之12天(5/10~5/21)，縮短為94學年度之4天(6/9~6/13)，有效縮短2/3作業時間。

(二)節省76%人力需求：

因採用「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」，自報名表件開箱作業、表件數量稽核、磁片掃毒匯入資料庫以及資料庫與本人簽章之有效報名表件之核對工作，94學年度報名人數為71,168人(推甄報名人數為65,359人，技優報名人數為5,809人)，需求工作人員數量為學生45名及教師21名，總工作量約為1,800人時。相較於93學年度報名人數為72,468人(推甄68,356人，技優4,112人)，需求工作人員數量為學生130名；教師25名，總工作量約為7,500人時。有效降低人力需求76%。

(三)增加檢核及比對精細度2.6倍：

由於採用「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」，檢核報名表件之紙本及電腦資料庫欄位比對、塗改及本人簽名有效性等內容填報錯誤更加仔細，經比對資料庫發現報名表件具有塗改或與報名彙整資料庫不一致，而須以人工確認並追查報名有效性之作業數量由93學年度之82件，增加至94學年度之213件，達259.7%。有效降低報名原始資料之有效性爭議之風險。

(四)有效降低報名資料錯誤率84.5%：

同時因於報名作業之各項填報過程中採用報名系統自動檢核設計及資料上傳之自動檢核程序，於作業流程間避免錯誤之發生之各項預先檢核自動化檢核奏效，報名學生因在校成績未達標準、報名資格條件不符總則及各系特殊條件、高職及綜高報名身分錯誤及報名類科錯誤等資格不符人數由93學年度之522名，降低至94學年度之81名，有效降低84.5%。有效避免申請者因錯誤報名損失報名費用，並有效降低異常處理所需之人力成本。

(五)降低整體設備及場地成本：

94學年度因採用電腦自動化檢核，設備需求增加但人力及空間需求減少。報名作業所需之電腦設備由93學年度之24台，增加至94學年度之33台及20台條碼閱讀機，空間使用減少至1/2。由於電腦設備由電算中心借用，條碼閱讀機成本增加有限，且

空調及各項人力支援需求因空間需求而減少，因此有效降低整體成本之需求。

為了確保報名資料之正確性，具本人簽章之原始報名之紙本表件佐證資料與資料庫間之相互校核，成為費時費力的工作。因此利用資訊技術提升其檢核正確性並加速檢核作業時程，成為技術上須突破的項目。

報名系統之各項流程之主體，因大量使用電腦化作業流程。經各流程間之自動檢核及甄選條件網路更新等軟體設計，及時避免人為作業疏失及作業時序等錯誤，除增加報名作業之正確性並避免無效之報名作業浪費外，並有效降低人工處理之需求，有效縮減整體作業時程。

對於紙本文件之校核，經作者設計「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」，利用「文件自動檢核碼」演算法及條碼輸出及快速輸入檢核之自動化流程，可有效進行紙本文件與資料庫間之快速校核作業，簡化檢核作業之複雜度、增進檢核之正確性並加速檢核作業時程。

其中，「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」之設計，為參考數位簽章之方法並結合紙本文件之作業程序需求，發展出來的一種全新文件檢核方式。技術上，能與國際化之數位簽章各項技術發展接軌並延伸，成為未來值得擴展之紙本檢核方式。

陸、 結論與建議

本論文提出「紙本文件與線上資料庫快速反應自動檢核系統」，並實際開發完成各項系統及配套流程。本系統並於94學年度四技二專聯合甄選報名作業中，經各單位配合及主管全力支持，順利達成各項預期目標。證實對於整體報名作業具有實質之效益。

本研究研發出紙本文件之文件自動檢核碼(Document Auto-proofing Code)演算法及其條碼列印技術，並完成相關配套之自動化檢核資訊系統。於技術上能依據資料庫中之電子文件，產出電子簽章並利用紙本表單順利取得申請者之原始簽章佐證，完備報名文件之本人簽署實質程序。同時開發特殊設計之條碼(Bar-Code)技術，組合應用於整體申請者報名之報名原始文件與資料庫數據間之交互檢核作業中，有效增加人工作業時資料輸入的速度及正確性。整體核心技術及配套應用程式之開發，能有效支援報名作業之整體作業流程中，完成自動化作業及人工作業之順利整合。

參考文獻

中文部份

- 吳佻穎，2010，B 2 C 電子商店之相關法律問題探討—以消費者保護與電子市集競爭秩序為中心，銘傳大學法律學系碩士論文。
- 宋鴻杰，2001，快速反應系統 — 以我國聚酯加工絲業之應用為例，元智大學管理研究所碩士論文。
- 李昭彥，2002，大陸公證文書在臺採認之理論與實務研究—由國際公證文書採認制度觀點的理論探討，中山大學大陸研究所碩士論文。
- 周琮智，2004，電子化政府下各機關公文電子交換成效之個案研究，世新大學資訊管理研究所碩士論文。
- 林鈺雄，2003，鳥瞰二00 三年一月刑事訴訟之修法，台灣本土法學雜誌，第45期。
- 柯耀程，2003，「證據保全」立法之檢討-評刑事訴訟法新增修證據保全規定，月旦法學雜誌，97 期。
- 張學海，2002，「當事人進行主義」法務部vs 司法院，OPEN 雜誌，第29期。
- 許宣儀，2010，我國電子票據制度相關法律問題之研究，東吳大學法律學系碩士論文。
- 郭怡宏，2002，全球物流條碼標準系統(EAN/UCC)內容及其發展應用，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
- 陳思翰，2003，大學申請入學網路線上報名系統的設計與建置，國立中正大學資訊工程研究所碩士論文。
- 陳富益，2002，我國現行公文電子交換政策實施情況之探討-以台中市政府及所屬機關為例，東海大學公共行政研究所碩士論文。
- 陳運財，2003，刑事訴訟制度之改革與課題，月旦法學雜誌，第100期。
- 劉玉中，1998，證據保全之功能及定位之探討—從醫療過誤及該訴訟之相關觀點出發，國立中興大學法律學系碩士論文。
- 鄧敬中，2003，AutoCAD系統內1/1000數值地形圖檔資料檢核自動化之探討，國立成功大學測量工程學系碩士論文。
- 錢世傑，2010，數位證據訴訟法制—以費用分配之法律經濟分析為中心，國立中正大學法律系博士論文。

英文部份

- Chang H.J, Dye C.Y. 2001. An inventory model for deteriorating items with partial backlogging and permissible delay in payments. *International Journal of Systems Science*, vol. 32:345–352.
- Charlie Kaufman, Radia Perlman, Mike Speciner, 2002, *Network security, Private Communication in a Public World*, Prentice Hall
- Cheng Ju Li, et al. 2004. Mobile Healthcare Service System Using RFID, *2004 IEEE International Conference on Networking, Sensing & Control*, pp.1014-1019.
- Chien-Lung Hsu, Tzong-Sun Wu, Tzong-Chen Wu. 2003. Improvement of threshold proxy signature scheme, *Applied Mathematics and Computation*, vol. 136, pp. 315–321 2003.
- Christan Kray, Gerd Kortuem. 2004. *Interactive Positioning Based on Object Visibility. Mobile Human-Computer Interaction – Mobile HCI*, pp. 276-287.
- Claus Heinrich, 2005, *RFID and beyond : Growing your business through real world awareness* , IN: Wiley.
- Darrel Hankerson, Alfred Menezes and Scott Vanstone. 2004. *Guide to Elliptic Curve Cryptography*, Springer.
- David Chaum. 1983. *Blind Signatures for Untracable Payments. Advances in Cryptology: Proc. Crypto'82*, New York: Plenum Press, pp.199-203, 1983.
- Davidow W.H. and Malone, M. S.. 1993. *The Virtual Corporation: Structuring and Revitalizing the Corporation for the 21st Century*, Harperbusiness.
- Eli Biham, Rafi Chen. 2004. Near-Collisions of SHA-0, *Advances in Cryptology - Crypto' 2004*, LNCS 3152, Springer-Verlag.
- Fraser, J., et al.. 2003. Knowledge Management Applied to E-government Services: The Use of an Ontology. *KMGov 2003*, LNAI 2645, pp. 116-126.
- Hironori Hiraishi, Fumio Mizoguchi. 2004. A Cellular Telephone-Based Application for Skin-Grading to Support Cosmetic Sales, *AI Magazine*, 3(25):17-26.
- Jongweon Kim, Kyutae Kim, Jonguk Choi, 2004, Technologies for Online Issuing Service of Documents, Springer Berlin / Heidelberg, vol. 3306/2004, *Web Information Systems WISE 2004*.
- K. Tollmar, T. Yeh, T. Darrell. 2004. *IDeixis-Searching the Web with Mobile Images for Location-Based Information. Human-Computer Interaction – Mobile HCI* , 2004. 288-299.
- Kakabadse, Andrew, Kakabadse, Nada, and A Kouzmin, Alexander. 2003. Reinventing the democratic governance project through information technology? A growing agenda for debate. *Public Administration Review (PAR)* , 63 (1) , pp. 44-61.
- Kavadias, G. and E. Tambouris. 2003. GovML: A Markup Language for Describing Public Services and Life Events. Proceedings of Knowledge Management in Electronic Government, *4th IFIP International Working Conference*, KMGov 2003, Rhodes, Greece, May 26-28.

- Klischewski, R.. 2003. Semantic Web for E-Government. *EGOV 2003*, LNCS 2739, pp. 288-295.
- L. Horng-Twu. 2004. A Secure and General Electronic Voting Protocol, *Computer & Security*, Vol. 23, No. 2, pp.107-119.
- Landsbergen, D. Jr. and George Wolken Jr., 2001, Realizing the Promise: Government Information Systems and the Fourth Generation of Information Technology. *Public Administration Review*, 61 (2) : 206-220.
- Li-Hua Li, Shiang-Feng Tzeng and Min-Shiang Hwang. 2003. Generalization of proxy signature-based on discrete logarithms, *Computer & Security*, vol. 22, no. 3, pp. 245-255.
- Manish Bhuptani, and Shahram Moradpour, 2005, RFID Field Guide:Deploying Radio Frequency Identification Systems, *IN: Prentice Hall Professional Technical Reference*.
- Marcelo E. Kaihara and Naofumi Takagi. 2003. VLSI Algorithm for Modular Multiplication/Division, *16th IEEE Symposium on Computer Arithmetic (ARITH-16)*, pp. 220-227.
- Mark Harrison, Duncan McFarlane, Ajith Kumar, Parlikad, and Chien Yaw Wong. 2004. Information management in the product lifecycle-The role of networked RFID, *IEEE, Auto ID Labs, Institute for Manufacturing*, University of Cambridge, UK.
- Ming-Hsin Chang, Tzu-Shin Lin, Yi-Shung Yeh. 2003. Forward Secure Proxy Signature Scheme, *Proceedings of National Computer Symposium (NCS2003)*, pp.1381-1387.
- Ming-Hsin Chang. 2005. *On proxy signatures with forward-secure and one-time properties and their application in PKI*, National Chiao-Tung University, Dissertation.
- Nielsen, J.. 2000. *Designing Web Usability: the Practice of Simplicity*, Indianapolis, Indiana: New Riders.
- Odej Kao, U. Rerrer, G. Steinert, S. 2004. Face Recognition Using MMS-Mobile Devices. Proceedings of the International Conference on Wireless Networks, *ICWN '04(2)*, 644-650.
- Peter F. Drucker. 2002. *Managing in the Next Society: Beyond the Information Revolution*, New York, NY: St. Martin's Griffin.
- Porter M.E.& Fuller M.B. 1986. Coalitions and Global Strategy, *Competition in Global Industries*, Harvard Business School Press , Boston , Massachusetts, pp.322-325
- Pradip De, Kalyan Basu, and Sajal K. Das. 2004. An RFID Based Technique for Handling Object Distribution and Recalls in Pervasive Transaction Environments, *IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems*, pp.349-358.
- Qingshui Xue, Zhenfu Cao. 2005. Factoring based proxy signature schemes, *Journal of Computational and applied mathematics*.
- Raghvinder S. Sangwan, and Robin G. Qiu. 2005. Using RFID Tags for Tracking Patients, Charts and Medical Equipment within an Integrated Health Delivery Network, *IEEE 2005*, pp.1070-1074.

- Rigby, D. K. & W. T. Buchanan. 1994. *Putting More Strategy into Strategic Alliances*, Directors & boards.
- Romm, Celia, Nava Pliskin, and Rodney Clarke. 1997. Virtual Communities and Society: Toward an Integrative Three Phase Model, *International Journal of Information Management*, Vol. 17, No. 4, 261-270.
- Stojanovic, L., et al.. 2004. On Managing Changes in the ontology-based E-Government. OTM Confederated International Conferences, *CoopIS, DOA, and ODBASE 2004*, Agia Napa, Cyprus.
- Strader, T. J., Lin, F., and Shaw M. J.. 1998. Information infrastructure for electronic virtual organization management, *Decision Support Systems*, Vol. 23, pp. 75-94.
- Tambouris, E. et al.. 2004. Ontology-Enabled E-Gov Service Configuration: An Overview of the OntoGov Project. *KMGov 2004*, LNAI 3035, pp. 122-127.
- Tim Berners-Lee, et al.. 2001. *The Semantic Web*. Scientific American.
- Williams, R. & Cothrel, J.. 2000. Four smart ways to run online community. *Sloan Management Review*, 41(4) , 81-91.
- Wimmer, A. Maria. 2001. European Development towards Online one-stop Government: The ``Egov''Project. *Proceedings of the ICE2001 Conference*, Vienna, Austria.

應用 TRIZ 於握力球設計

Apply TRIZ to a Grip Ball Design

王亞平^{1,2} 曹麗英³ 曹永慶⁴ 吳志富⁵ 黃臣鴻⁶
 Yea-Ping Wang^{1,2} Lee-Ing Tsao³ Yung-Chin Tsao⁴ Chih-Fu Wu⁵ Cheng-Hung Huang⁶

1東南科技大學 創意產品設計系 副教授 Department of Creative Product Design
 2大同大學 工業設計系暨研究所 研究生 Department and Graduate School of Industrial Design
 3國立臺北護理健康大學 護理系暨研所 教授 School of Nursing
 4大同大學 工業設計系暨研究所 副教授 Department and Graduate School of Industrial Design
 5大同大學 工業設計系暨研究所 教授 Department and Graduate School of Industrial Design
 6大同大學 工業設計系暨研究所 助理教授 Department and Graduate School of Industrial Design

摘 要

本文結合通用設計原則、TRIZ 方法與腦力激盪法，分析找出握力球欲解決問題，並透過 TRIZ 的創新方法與通用設計七個原則做比較，設計新的握力球，以改善復健工作上問題。首先透過醫院39位接受動靜脈瘻管手術病人及其護理人員，針對“接受動靜脈瘻管手術後之病人常使用的輔助器具「握力球」需有一定大小之握力及次數”的問題進行問卷調查，分析調查結果找出欲改善問題，利用腦力激盪法(Brain Storming)將所有可行的構想整合並提出設計方案；再利用 TRIZ 的工程特性所對應39工程參數(Engineering Parameters)之單一工程特性對應的創新法，解出可用之40創新法則(Inventive Principles)，並結合通用設計原則引導提供設計者新的思考方向。本文以此創新設計流程，提出了設計方案，以改善握力球的問題：在握持部位改用壓縮或扭轉彈簧，並加上控制按鈕以調節握力大小；端面加上計時及計數器，以記錄握持之時間及次數，當手掌緊握到達設定時間，將發出聲響並記錄一次，此時手掌放開，如此反覆握放，以達擴張血管通路之效果。

關鍵詞： TRIZ、腦力激盪法、40創新法則、通用設計

Abstract

This paper combines universal design principles, the TRIZ method, and the brainstorming method, and figures out resolutions of the grip ball. It further designs the products to improve health care problem. First, the questionnaire was conducted to 39 units of accepted through hospitals AVF surgery patients and their caregivers. The assistive devices "grip ball" must have a certain grip force and count. This study uses engineering properties of TRIZ that are related to 39 engineering parameters that correspond to single engineering characteristics to find out 40 available inventive principles. Furthermore, the combination of

universal design principles provides the designer new thinking directions. The results of this paper propose 2 cases of grip ball design according to this innovative design: Use compression or torsion spring holding portion, and with the control button to adjust the size of the grip; timing and the end face with a counter to record the time and frequency of the grip, the hand grip when the set time is reached, and records the audible , then release the palm of hand, so grip repeatedly put to achieve the effect of the expansion of vascular access.

Keywords: TRIZ, brainstorming, 40 inventive principle, universal design

壹、前言

財團法人中華民國腎臟基金會（2008）：國內共有45,894位病患正接受長期血液透析治療，約佔透析人口92%，腎臟病佔台灣十大死因第八位，每年約有八千至九千名新患者，其發生率已躍居世界首位(中華民國腎臟基金會，2008)。中央健保局(2010)每年使用健保醫療費用約300億元，已擠進十大健保支出排名前五名(中央健保局，2010)。

罹患末期腎臟疾病(End-stage renal disease, ESRD)須接受腎臟替代療法，得以延續生命，包括血液透析、腹膜透析、及腎臟移植。在進行血液透析之前，醫生會先在病患身上建立一個動靜脈瘻管 (AV fistula)，作為血流通路，以方便之後每次血液的輸出與再輸入。洗腎瘻管通常位於手臂上需經由外科手術連接動脈與靜脈透析機經由瘻管將血液抽到過濾器移除體內因腎臟衰竭無法代謝所堆積的毒素，再將純化乾淨過濾後的血液經由靜脈導管送回身體。依據美國腎臟基金會的建議，手術後第三天若無出血現象可開始做手掌握放球運動如圖一、二所示，一天至少做兩百下，每下握緊5秒鐘，直到動靜脈瘻管血流足夠做血液透析(林燕琴等，2007)。

目前，接受動靜脈瘻管手術病人常使用的握力球大半是中空塑膠球或彈性海綿，使用上無法顯示是否有足夠的握力及次數，若能改善上述缺點，讓握力球除了有輔助擴張瘻管的功能之外還可以有娛樂的效果，同時可讓患者輕鬆操作。本文利用一種有效提升產品創新與創意設計的方法，經由矛盾表或單一工程特性找出建議使用創新法則後，藉由學習案例的引導啟發，可以有效協助設計人員或團隊在開發時有更多的創新路徑。



圖一 手掌握球運動



圖二 手掌放球運動

貳、通用設計

通用設計的英文為 Universal Design，有別於無障礙設計(Barrier-free Design)的地方，是在於通用設計除了照顧最有特別需要的人士外，同時也提供適當的平衡，以滿足不同類型社群人們的需要。

1997年美國北卡羅來納州州立大學的通用設計中心，提出通用設計七大原則：

- (1)簡單易用(Simple and Intuitive Use): 不論使用者的經驗、知識、語言能力或集中力如何，這種設計的使用都很容易了解。
- (2)簡單訊息(Perceptible Information): 不論周圍狀況或使用著感官能力如何，這種設計

有效地對使用者傳達了必要的資訊。

- (3)省力操作(Low Physical Effort): 這種設計可以有效、舒適及不費力地使用。
- (4)度量合宜(Size and Space for Approach and Use): 不論使用者體型、姿勢或移動性如何，這種設計提供了適當的大小及空間供操作及使用。
- (5)平等使用(Equitable Use):這種設計對任何使用者都不會造成傷害或使其受窘。
- (6)靈活運用(Flexibility in Use): 這種設計涵蓋了廣泛的個人喜好及能力。
- (7)容許差異(Tolerance for Error): 不論周圍狀況或使用著感官能力如何，這種設計有效地對使用者傳達了必要的資訊。

參、TRIZ 創新法則

TRIZ 方法是由前蘇聯發明家 Altshuller 分析四十萬件以上的專利，歸納導出39 工程參數(39Engineering Parameters) (如表1) (Domb, 1996)與其對應相關之40創新法則(40 Inventive Principles) (如表2) (Domb, 1997)和矛盾表(Contradiction Table) (如表3) (Savransky, 2000)，可以有效的幫助工程設計師解決工程系統矛盾的問題。此解決問題的模式，將其欲改善與防止惡化之工程特性參數，找出系統的矛盾特性，再對應到 Altshuller 的工程參數，再利用矛盾表找出相關的創新法則來解決問題。

矛盾矩陣表是解決系統中工程特性互相矛盾之重要矩陣表，用於解決系統中工程特性互相矛盾之問題，若欲改善某一工程特性，而預知另一工程特性會因此惡化，便可利用矛盾矩陣表來解決問題。當工程師欲改善系統某一個工程的特性，卻無法預測矛盾特性是否存在時，可以利用 Liu(劉志成，2003)與 Chen(如表4) (劉志成等，2001)所提出的「單一工程特性對應創新法則方法」(Liu,etc, 2001)。

表1 39工程參數

| 編號 | 工程參數 | 編號 | 工程參數 | 編號 | 工程參數 |
|----|-------|----|---------|----|----------|
| 1 | 移動件重量 | 14 | 強度 | 27 | 可靠度 |
| 2 | 固定件重量 | 15 | 移動件耐久性 | 28 | 測量精確度 |
| 3 | 移動件長度 | 16 | 固定件耐久性 | 29 | 製造精確度 |
| 4 | 固定件長度 | 17 | 溫度 | 30 | 物體外在有害因素 |
| 5 | 移動件面積 | 18 | 亮度 | 31 | 物體產生有害因素 |
| 6 | 固定件面積 | 19 | 移動件消耗能源 | 32 | 易製造性 |
| 7 | 移動件體積 | 20 | 固定件消耗能源 | 33 | 易操作性 |
| 8 | 固定件體積 | 21 | 功率 | 34 | 易維修性 |
| 9 | 速度 | 22 | 能源損失 | 35 | 適應性 |
| 10 | 力量 | 23 | 物質損失 | 36 | 裝置複雜性 |
| 11 | 應力或壓力 | 24 | 資訊損失 | 37 | 偵測與梁測困難度 |
| 12 | 形狀 | 25 | 時間損失 | 38 | 自動化程度 |
| 13 | 物體穩定性 | 26 | 物質數量 | 39 | 生產力 |

表2 40創新法則

| 編號 | 創新法則 | 編號 | 創新法則 | 編號 | 創新法則 |
|----|--------|----|---------|----|-----------|
| 1 | 分割 | 15 | 動態化 | 29 | 氣動或水力結構 |
| 2 | 抽出 | 16 | 部分或過度動作 | 30 | 彈性殼或薄膜 |
| 3 | 局部特性 | 17 | 移至新次元 | 31 | 多孔材料 |
| 4 | 不對稱 | 18 | 機械振動 | 32 | 改變顏色 |
| 5 | 結合 | 19 | 週期性動作 | 33 | 同質性 |
| 6 | 多面性 | 20 | 有效動作的連續 | 34 | 拋棄及再生零件 |
| 7 | 套疊 | 21 | 快速過 | 35 | 改變物理或化學狀態 |
| 8 | 反重力 | 22 | 轉害處為益處 | 36 | 相的變化 |
| 9 | 先前的反動作 | 23 | 回饋 | 37 | 熱膨脹 |
| 10 | 先前的動作 | 24 | 中間物 | 38 | 強氧化劑 |
| 11 | 事先緩衝 | 25 | 自助 | 39 | 惰性環境 |
| 12 | 等位性 | 26 | 複製 | 40 | 複合材料 |
| 13 | 反轉 | 27 | 便宜的代替品 | | |
| 14 | 球狀化 | 28 | 更換機械系統 | | |

表3 矛盾矩陣表(部分)

| 惡化參數 \ 欲改善參數 | 10.力量 | 11.應力或壓力 | ... | 38.自動化程度 | 39.生產力 |
|--------------|-------------|-------------|-----|-------------|-------------|
| 01.移動件重量 | 08,10,18,37 | 10,36,37,40 | | 26,35,18,19 | 35,03,24,37 |
| 02.固定件重量 | 08,10,19,35 | 13,29,10,18 | | 02,26,35 | 01,28,15,35 |
| 03.移動件長度 | 17,10,04 | 01,08,35 | | 17,24,26,16 | 14,04,28,29 |
| ... | | | | | |
| 38.自動化程度 | 02,35 | 13,35 | | | 05,12,35,26 |
| 39.生產力 | 28,15,10,36 | 10,37,14 | | 05,12,35,26 | |

肆、腦力激盪法

腦力激盪法(原來，1996) (楊平吉，2002)乃由奧斯朋(Alex F. Osborn) 1939 年所提出，它是一種意見互相交流的會議，利用集體思考的方式，經由眾人不同的想法相互激盪、補充、修改產生的意見提出更好的構想，可在短暫的時間裡獲得大量的構想。參加的成員在使用此方法時都必須遵守以下原則：

- (1)禁止批評：禁止以批判的言語做評論，甚至打壓對方的想法。
- (2)自由聯想：不受常理約束，自由奔放的聯想。
- (3)多多益善：無論好壞盡量提出想法與意見，藉由大量的巧思中產生絕佳的創意。

表4 單一工程特性對應創新法則(部分)

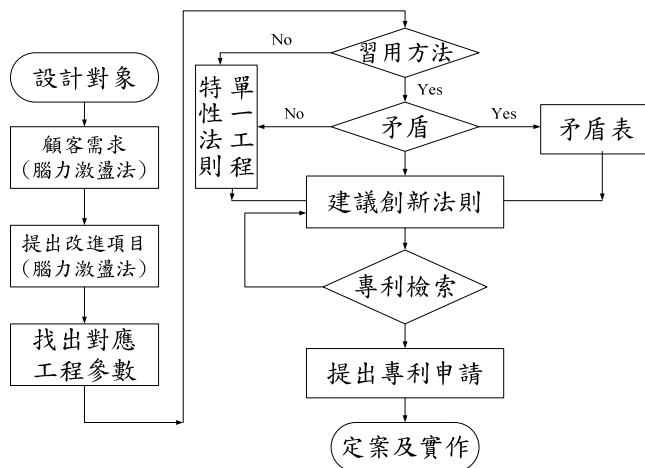
| 出現次數 欲改善參數 | 19次以上 | 16~18次 | | 4~6次 | 1~3次 |
|---------------|----------|-------------|--|-----------------------------|---|
| 01.移動件重量 | 35 | | | 03,32,22,24,39 ,05,13,11 | 12,21,20,17,04 ,30,16,14,25,23 |
| 02.固定件重量 | 35 | 28,10,19,01 | | 39,32,09,14,40 ,05,08,03 | 17,25,30,20,16 ,11,36,37,24 |
| ... | | | | | |
| 38.自動化程度 | 35 | 20,28,26 | | 23,27,32,15,17 ,08 | 03,33,14,30,05,25 ,06,11,04,21,09,07 |
| 39.生產力 | 35,10,28 | 01 | | | 16,20,27,30,04,40 ,05,25,21,31,36 |

伍、設計流程

本研究針對(劉志成等, 2007)所提出之產品創新設計流程, 加入參考學習案例, 重新架構出一設計流程, 如圖三所示。

首先設定設計對象進行問卷調查, 再利用通用設計原則歸納問題點提出需改進項目, 將其轉換成39 工程參數。判斷是否有習用方法, 若沒有則可直接查詢單一或多重特性法則, 若有時必須分析習用方法與工程參數間是否存在矛盾關係, 如果可預知兩者會造成矛盾衝突時, 則可使用 TRIZ 之矛盾矩陣表查詢解決問題, 若只知道要改善系統某一工程特性, 而無法預測是否產生矛盾時, 則可用單一或多重特性法則找出相關創新法則。藉由創新法則的引導進行腦力激盪, 提出產品創新的構想並整合為可行之方案。

接著進行專利檢索, 搜尋是否有相似產品或專利技術, 若已存在相似產品或專利, 就必須放棄此設計構想, 選擇其它創新法則進行設計。若專利檢查查無相似專利, 並確認該設計具備新穎性、進步性且具可專利性, 則可提出專利申請完成定案。



圖三 設計流程圖

陸、案例分析

一、設計對象：

如前言所述，接受動靜脈瘻管手術之病人，復健期間須靠握力球以擴張血液通路。因此本案例所設定之設計對象為動靜脈瘻管病患所使用的輔助工具-握力球，以功能性為設計主軸進行產品改良設計。針對39位接受動靜脈瘻管手術病人及其護理人員做為問卷調查的對象，其中男病人16位、平均年齡57.8歲；女病人14位、平均年齡54.6歲；護理人員9位。針對目前市售握力球之材質、使用方式、便利性及其效果設計問卷調查共十項問題，每題都有五種程度之選項，每題得分計算方式為：非常同意(5分)*人次 + 同意(4分)*人次+無意見(3分)*人次+不同意(2分)*人次+非常不同意(1分)*人次。統計結果如表5。

表5 問卷調查結果

| 項目 | 非常同意 | 同意 | 無意見 | 不同意 | 非常不同意 | 得分 |
|------------------------|------|----|-----|-----|-------|-----|
| 1. 使用市售握力球是一種簡單的運動 | 7 | 30 | 2 | 0 | 0 | 161 |
| 2. 使用市售握力球時手掌施力方便 | 8 | 22 | 1 | 7 | 1 | 146 |
| 3. 使用市售握力球時容易計次 | 2 | 7 | 4 | 21 | 5 | 97 |
| 4. 使用市售握力球時手掌觸感舒服 | 2 | 3 | 30 | 2 | 2 | 118 |
| 5. 市售握力球材質不易變形 | 5 | 3 | 27 | 2 | 2 | 124 |
| 6. 市售握力球施力符合需求 | 5 | 7 | 2 | 10 | 15 | 84 |
| 7. 使用市售握力球可有效幫助訓練 | 7 | 5 | 9 | 5 | 13 | 105 |
| 8. 市售握力球使用方便 | 10 | 5 | 10 | 5 | 9 | 119 |
| 9. 使用市售握力球對術後感到滿意 | 5 | 5 | 11 | 12 | 5 | 107 |
| 10. 使用市售握力球能輕鬆達到術後恢復目的 | 9 | 4 | 5 | 5 | 16 | 102 |

二、問題點或顧客需求：

依據通用設計的七項原則，其雷達圖如圖四所示，經由2位有設計產品經驗老師、2位工業設計系學生、2位現職護理人員進行腦力激盪會議方式，針對握力球歸納出幾點需求，如以下所述；

- (一) 動靜脈瘻管病患使用握力球，須有一定大小之握力。
- (二) 缺乏次數顯示，操作較無聊且不易計次。

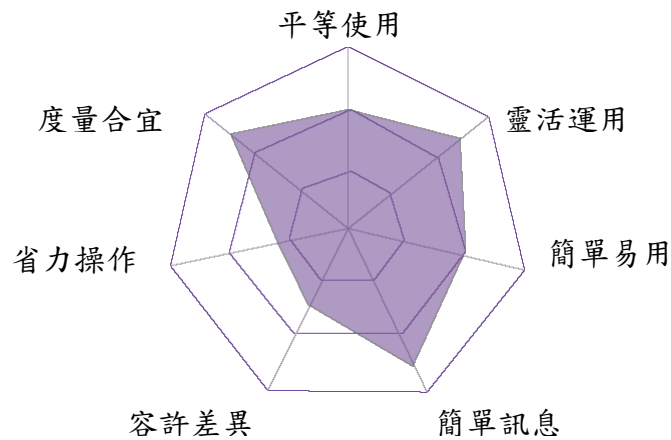
三、提出改進項目：

- (一) 增加顯示握力之裝置，以提高復健效果。
- (二) 增加次數顯示器之裝置，以提高計次之準確性。

四、找出對應之39工程參數：

將改善項目轉換成39 工程參數並找出對應的改善工程參數，本文所找出的欲改善

工程參數為：10.力量：改善物體的任意互動或影響力，27.可靠性：改善物體的功能，如表5所示。



圖四 通用設計的七項原則

表5 改善工程參數

| 改善項目 | 工程參數 | 參數套用說明 |
|----------|--------|---------------|
| 握力裝置，可調整 | 10.力量 | 改善物體的任意互動或影響力 |
| 次數顯示，有效率 | 27.可靠性 | 改善物體的功能 |

因無法預估惡化參數，則採用單一工程特性對應的創新法則

五、單一工程特性法則：

由於缺乏矛盾訊息，利用 Liu 與 Chen (Liu etc, 2001)所提出的單一工程特性創新法則表，作為查詢改善工程參數的依據，藉由單一工程特性創新法則表查詢結果如表6。

表6 單一工程特性創新法則查詢結果

| 出現次數/工程參數 | 10.力量 | 27.可靠度 |
|-----------|--|---|
| A(19 次以上) | 35,10,36 | 35,10,11 |
| B(16~18次) | 37,18 | 40 |
| C(13~15次) | 28,19 | 28,27,03 |
| D(10~12次) | 15,01,02 | 01 |
| E(7~9次) | 03,21,13,40 | 13,24,08,02,32,29 |
| F(4~6次) | 14,26,16,17,08 | 19,21,04,14,16,23 |
| G(1~3次) | 12,11,34,29,09,24,20,05,23,27,30,32,38,39,04,06,25 | 17,39,26,15,36,06,34,31,09,30,38,25,05,18 |

針對兩項工程參數對應範圍內的創新法則，整理創新法則使用次數高低順序，提供使用者作為選用之參考，如表7所示

表7 40創新法則之使用頻率之排序

| 出現次數 | 創新法則 |
|-----------|----------------------------------|
| A(19 次以上) | 35,10,36,11,18,40,28,19,01,02,03 |
| B(16~18次) | 37,27,13 |
| C(13~15次) | 15,21,08 |
| D(10~12次) | 24,32,29,14 |
| E(7~9次) | 23,17,04,26 |
| F(4~6次) | 34,09,05,30,39,06,38,25 |
| G(1~3次) | 12,20,31 |

六、提出創新設計可行之方案：

找出對應之建議使用創新法則後並進行腦力激盪，針對學習案例所提供的生活化案例進行聯想與運用，從等級最高且使用頻率較高的法則開始嘗試，如果沒有合適之構想則往下一等級嘗試，最後提出以下改善之設計如表8。

表8 創新法則使用頻率之排序

| 使用頻率排序 | 創新法則 | 使用頻率排序 | 創新法則 |
|--------|-----------|--------|------------|
| 1 | 35 參數改變 | 11 | 19 週期性動作 |
| 2 | 10 預先作用 | 12 | 37 熱膨脹 |
| 3 | 28 置換機械系統 | 13 | 13 反向 |
| 4 | 40 複合材料 | 14 | 27 丟棄 |
| 5 | 1 分割 | 15 | 15 動態性 |
| 6 | 3 局部品質 | 16 | 8 反重力 |
| 7 | 36 相變化 | 17 | 21 快速過 |
| 8 | 11 事先緩衝 | 18 | 24 媒介 |
| 9 | 2 移除 | 19 | 32 改變顏色 |
| 10 | 18 機械振動 | 20 | 29 氣壓或液壓構造 |

針對使用頻率排序1、2、3的法則提出設計構想：

(一) 使用頻率最高者為創新法則35：參數改變，其次法則如下列所述：

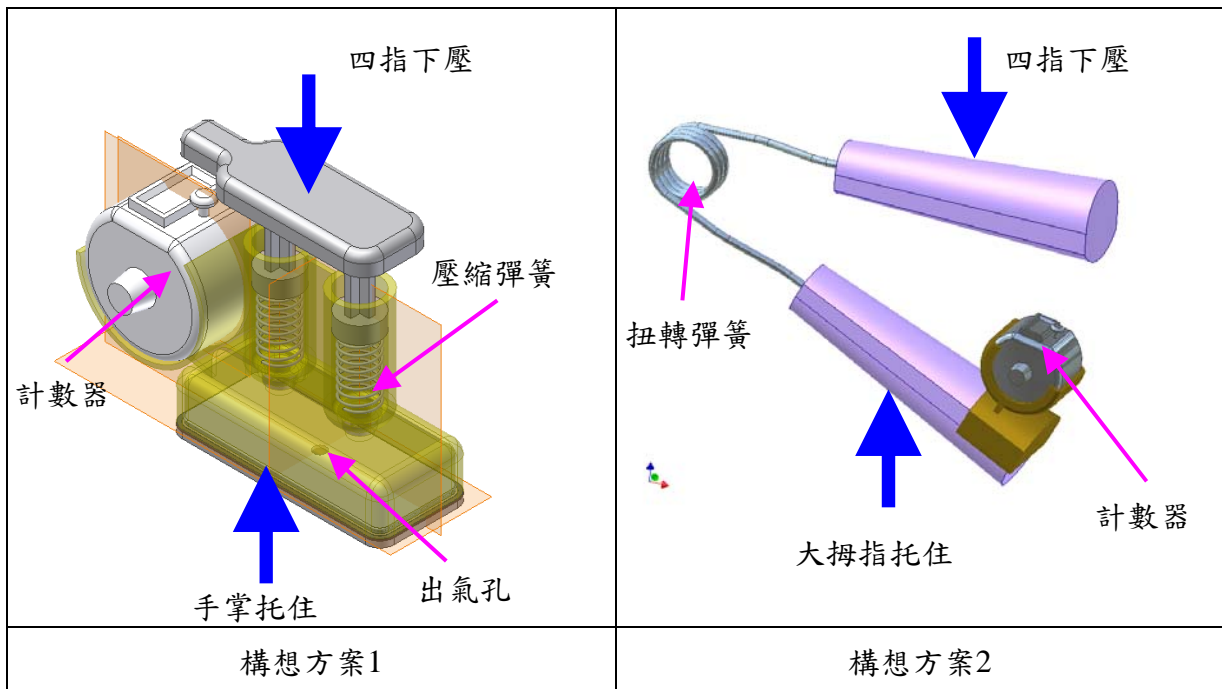
1. 改變物理、化學狀態(固態、液態、氣態)，例如乾冰。
2. 改變濃度或密度，例如濃縮咖啡。
3. 改變彈性的程度，例如襪襪。
4. 改變其他參數(溫度、壓力、長度、體積)，例如微型機器人。

構想說明：利用彈簧改變彈力以增加握力。

- (二) 使用頻率次高者為創新法則10：預先作用，其次法則如下列所述：
1. 預先導入有用的作用到物體或系統中，例如預力彈簧、握力計。
 2. 預先安置物體或系統，以期能在最方便的時間與位置展開作用，例如氣墊鞋。
- 構想說明：利用彈簧改變彈力以增加握力。
- (三) 使用頻率第三高者為創新法則28：置換機械系統，其次法則如下列所述：
1. 使用不同的感測方法，例如 LED 廣告看板。
 2. 使用電磁場與物體交互作用，例如。感應鑰匙
 3. 使用移動或變化場，例如磁浮式雕刻機。
 4. 連接物體與場作用，汽柴油混和車
- 構想說明：利用快速接頭加裝 LED 計數器。

七、提出構想方案：套用相關之創新法則

一般常見的握力球，大都僅針對材質、顏色等方向進行改良，但實際在使用上卻無實質的功效，若是動靜脈癭管病患使用目前握力球，則會無法有效的擴張血管通路。因此本研究提出改良握力球結構，如圖五所示，主要在握持部位改用壓縮或扭轉彈簧，並加上控制按鈕以調節握力大小；端面加上計時及計數器，以記錄握持之時間及次數，當手掌緊握到達設定時間，將發出聲響並記錄一次，此時手掌放開，如此反覆握放，以達擴張血管通路之效果。



圖五 構想方案

捌、結論

- (1). 本創新設計產品針對問卷調查上第3項市售握力球時不容易計次、第6項市售握力球施力不符合需求進行創新改善。最後以此創新設計提出2個方案改良握力球。
- (2). 本文所提出的創新設計流程，以實際案例進行說明，可提供設計者解決新產品研發過程中可能遇到的問題點或矛盾衝突，以研發創新的產品。
- (3). 本創新設計流程可找出一些建議使用的創新法則，藉由法則的引導可提供產品許多橫向的創新機會，其可行性之驗證則留予後續發展。

本研究設計之握力球使用壓縮或扭轉彈簧，除可調節手掌握力的大小外，另外加裝計數器，使用時可記錄握持之時間及次數，確實達到術後擴張血管通路之效果。

玖、參考文獻

1. 財團法人中華民國腎臟基金會，2009，九十六年度臺灣地區透析總人數統計，2009年4月26日 取自<http://www.kidney.org.tw/a96.gif>
2. 中央健保局，2010，99年度慢性腎衰竭病人門診透析服務品質提升獎勵計畫，2010年5月30日取自 <http://www.nhi.gov.tw/webdata/>
3. 林燕琴、謝炯昭，2007，慢性腎衰竭病人血管通路的手術前評估及術後照護，腎臟與透析，19卷1期，頁40-44。
4. 劉志成，2003，TRIZ 方法改良與綠色創新設計方法之研究，國立成功大學機械工程學系博士論文。
5. 劉志成、陳家豪，2001，一種沒有矛盾訊息下的 TRIZ 創新設計方法，第十二屆全國自動化科技研討會，虎尾，台灣。
6. 原來，1996，腦力激盪術徹底應用，林鬱文化，台北市。
7. 楊平吉，2002，腦力激盪法會議術，臺華工商出版社，台北。
8. 劉志成、陳佳慶、吳友德，2007，TRIZ 方法於產品創新設計之應用，中國機械工程學會第二十四屆全國學術研討會，中壢，台灣。
9. Domb, E., 1996, The 39 Features of Altshuller Contradiction Matrix, The TRIZ Journal, Nov.1996.
10. Domb, E., 1997, 40 Inventive Principles with Examples, The TRIZ Journal, July 1997.
11. Savransky, S. D., 2000, Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving, CRC Press, Boca Raton.
12. Liu, C. C. and Chen, J. L., 2001, A TRIZ Inventive Design Method without Contradiction Information, The TRIZ Journal, Sept. 2001.

13. Chen, J. L. and Liu, C. C., 2001, An Eco-Innovative Design Approach Incorporating the TRIZ Method without Contradiction Analysis, J. of Sustainable Product Design, Vol. 1, No. 1, pp.263-272.

基本護理學實驗給藥系統建置初步研究

A Simple Experimental Medication Ordering System for the Learning of Fundamental Nursing

曾麗娟¹ 盧並裕² 吳文達³

Li-Man Tseng¹ Bing-Yuh Lu² Wen-Da Wu³

¹聖母醫護管理專科學校 護理科 講師

Department of Nursing, St. Mary's Junior College of Medicine, Nursing, and Management

²東南科技大學 電子工程系 副教授 Department of Electronic Engineering, Tunghnan University

³聖母醫護管理專科學校 資訊管理科 副教授

Department of Information Management, St. Mary's Junior College of Medicine, Nursing, and Management

³聖母醫護管理專科學校 圖書與資訊中心 組員

Library and Information Center, St. Mary's Junior College of Medicine, Nursing, and Management

摘 要

本研究為建置護理學生給藥資訊系統，以提升護生未來於實務工作上的速度，縮短常規作業時間比例，相對增加照護及衛教病患的時間。

關鍵詞：護理資訊、給藥系統、Access 軟體、ASP 語言

ABSTRACT

This study focused on the building a medication ordering system to enhance the learning of students' practice of caring in department of nursing.

Keywords: Nursing Informatics, Medication Ordering System, Access, ASP

壹、前言

民國101年公布的病人安全年度目標，將「提升用藥安全」視為重點項目，因此用藥安全是病人安全的首要指標，臨床上護理人員給藥錯誤可能影響治療結果、延長住院天數或加重病情等。醫策會在2004年開始建置全國性病人安全通報系統（Taiwan Patient-Safety Reporting System, 簡稱 TPR）。美國研究顯示醫院藥品使用體系造成藥品不良事件(Adverse Drug Event, ADE)的疏失，有56%發生於開立處方時，另有約6%發生於處方謄寫或確認時。善用藥師的專業功能及用藥覆核的機制是減少 ADE 的有效方法之一，故得提升臨床決策支援系統（Clinical Decision Support System, 簡稱 CDSS），包括利用電腦協助篩檢過敏、交互作用、相同藥品與同類藥品重複、極量、腎臟劑量、孕婦使用致畸性藥品等，以利藥師覆核處方，且藥師積極介入、病人的參與、條碼給藥（Bar-Code Medication Administration, 簡稱 BCMA）及注射藥物原廠說明書的放置，也對用藥安全非常重要（朱蓁蓁、沈麗娟、何蘊芳、林慧玲，2009）。

在此資訊化的現代社會中，凡事以效率為優先。如何以最短時間將資料加以整理，融會貫通並化為有用的資訊，便是資料管理的重要課題。利用無紙 e 化的電腦作業，避免資料重複、確保資料的正確度與一致性，達成資料共享，並建置資料的標準化、安全與完整性，以及降低資料處理的成本，而 XML 程式語言相當適於建立資料庫，不僅能將資料條理分明的歸類建檔，還能利用現有資料做出詳盡的分析圖表，是使用便利且迅速的資料庫查詢系統，提供使用者所需要的資料，大幅減少浪費的時間。

以此 Access 軟體之 ASP（Active Server Pages）設計建立投藥系統資料庫，利用資料庫系統提高資料處理的功能，以方便取得並使用資料，讓使用者可快速查詢病患基本資料及醫囑，亦可對照投藥系統，以利核對給藥時間、劑量、途徑及藥物外觀辨識等功能，提升醫護人員工作上的速度，縮短作業時間，以便增加照護及衛教病患的時間。

貳、文獻探討

護理人員給藥物錯誤原因以三讀五對過程中出錯比率最高，其次以藥物外型及藥名相似、多種劑量等辨識不清，因此護理主管應加強給藥標準作業及對藥物的認識，但也免不了因個人因素而發生事故，如身體疲累導致判斷錯誤等。而病人安全年度目標的執行策略中，提到運用資訊管理方式提升用藥安全，故可建立完備的用藥資訊系統，內含各種藥物知識、圖片及資訊，方便臨床護理人員查詢與運用，增加辨識度及給藥安全，以避免人為的疏失，是不錯的改善方法之一（引自林淑貞、簡守信，2007；謝生蘭、劉芹芳、李金德、林秀鳳、張肇松，2009）。

張振聲、林梅芳、許麗玉、蘇美娟、張秀玲、蔡斌智（2009）文中詳細提及建置完整用藥資訊系統的好處，不但讓醫療人員可以立即獲得藥物相關資訊，亦能提醒個案用藥的注意事項，如過敏史及用藥不良反應等，會在病歷首頁及電腦註記。下次若開立同樣藥品或發到此藥時，系統則會有警示畫面，提醒醫護人員注意。另外，資料庫亦可直接連結醫囑開藥系統，查詢新增之藥物，因此具有相當的即時性及可近

性，加快處理醫囑及資訊傳遞的速度，減少時間的浪費。梁育彰、呂欣茹、林俊宏（2007）亦有相同見解，該文中表示資訊化系統可省略手寫動作，避免字跡潦草導致判讀錯誤，並搭配運用智慧型輸液幫浦，其可制訂標準用量並具警示作用，進而增加了醫囑給藥的正確度與管理上的便捷，降低人為及醫療環境疏失所導致之安全危害。不過需注意的是，醫護人員仍不能過分依賴電腦系統而忽略核對的步驟。因此在策劃系統的運作前，應先評估效益並且瞭解缺點，釐清和修正科技所帶來的可能危險因素，將照護病人的安全視為優先目標，才可使系統兼具便利與安全。

行動護理資訊系統（Mobile Nursing Information System）主要是用以整合病房中各項行動裝置設備，並建構無線網路傳輸環境，將護理資訊系統行動化，協助讓護理人員的照護準備與資料輸入等作業從護理站推進到病床旁，並使得電腦與護理工作車合為一體，成為行動護理車，以加強資料的「即時性」、「正確性」與「行動性」。用藥資訊系統亦是行動護理資訊系統內容之一，其優點為執行護理活動時，能兼顧病人照護之需求、即時資料查詢與輸入作業。為了護理人員使用的方便與上手容易度，需考量資料庫系統介面設計操作簡單，在設置系統前需與使用者充分溝通，並讓系統實際符合需求，才能改善工作效率，並提高使用者「有用度」的感知及增進「使用意圖」（曾旭民、詹碧端、姜靜穎，2009）。

近年來，數位資訊科技的快速發展，對各種產品及社會各層面或多或少都造成某些衝擊與改變。在教育領域中，數位學習的多元化功能與特性也逐漸突破傳統教學模式，發揮其功能上的優勢，成為學校教育的主流模式。然而，數位資訊科技之操作需專業技能與時間琢磨，要將此系統應用於教學，也需有一定程度的準備，才能正確且適當地配合並進行教學。

陳玉婷與蔡立元（2009）從科技接受模式觀點探討資訊科技融入學習過程，以此模式為理論基礎，預測並研究使用者面對新資訊時的態度與行為，藉此反思整體系統、教材特性和學習者特性三者之間的關係：即資訊科技融入學習，雖幫助學習者快速整理資料、抓取重點，以增進教學品質，提高學習成效。此舉固然便利，但如何正確地運用系統本身的特性，需搭配授課者的教學方法與策略、學習環境與釐清學生學習需求，並適當的加以調整，才能發揮整體實際的效用。最初接觸者對於系統的接受度與理解度，是成功運用系統的關鍵點。故在選擇資訊科技系統時，除了應考慮是否有合適的教材，還須將學習者特性列入考量，以設計出便利且實用的資訊科技系統。

謝佳容、王子華與沈怡秀（2010）的研究證實教師對互動式電子白板之接受程度，成為能否順利推展互動式電子白板的重要因素，即教師實為扮演資訊科技是否能順利融入教學中的重要推手。當中牽涉教師之背景特性、個人應用資訊科技的能力與掌握資源的彈性。故欲將資訊科技融入教育，應先評估自身對於使用系統的熟悉與掌握度，再衡量教育題材與系統的配合性，以及學習者的態度與使用便利性，於此才能使資訊科技靈活運用於教育當中。

上述文獻探討影響教學現場運用資訊科技系統的因素，如系統特色、教學者對資訊科技的認知與掌握性、教材與學習者特性等，而挑選好用的資訊科技系統亦是要點。為製作投藥系統，本研究選取 Access 軟體做為與教育教材結合的系統。作為一套建立資料庫的軟體，Access 不僅能將資料條理分明的歸類建檔，還能利用現有資料做出詳盡的分析圖表，是使用便利且能迅速查詢的資料庫系統。其提供使用者所需資料、減少重覆性之特性，能降低時間成本及人力資源浪費。Access 關連資料庫可分成多種類型，其中常見的有階層式資料庫、網狀式資料庫、關聯式資料庫及物件導向式

資料庫，使用者可依個別的需求選擇合適的儲存方式。此資料庫系統可集中管理所有的資訊，並設定使用者權限，加強資料的保密性及安全性（施威銘，2010）。

陳秀枝（2007）的研究結果認為資訊科技導入醫院能提高臨床工作效率、簡化作業流程、增進醫護合作效能、提升服務品質、強化研究資訊及教學效果。而國內近六成醫療機構已陸續規劃及建置護理資訊系統，雖然各機構護理資訊發展及應用不盡相同，但可見對於資訊科技的需求，的確被認為有助於提升護理服務品質及護理管理績效、擴大護理教學及護理研究效益。目前資訊化在護理的運用上包括行政管理資訊化、臨床研究及教育資訊化等，且隨著科技產品的引進，在應用上更結合了個人數位處理器、無線射頻辨識或行動電腦資訊裝置等設備。護理資訊化讓個案護理診斷及措施，以標準的格式內容呈現，讓醫護人員與病人之間的溝通更簡單有效，也能達到護理的連續性。另外，可將病人一般性常規評估結果輸入，以縮短記錄時間；並能運用於計價、醫（藥）囑查詢及執行、檢查（驗）報告查詢、品管監控、輔助交班及急診檢傷分類等。

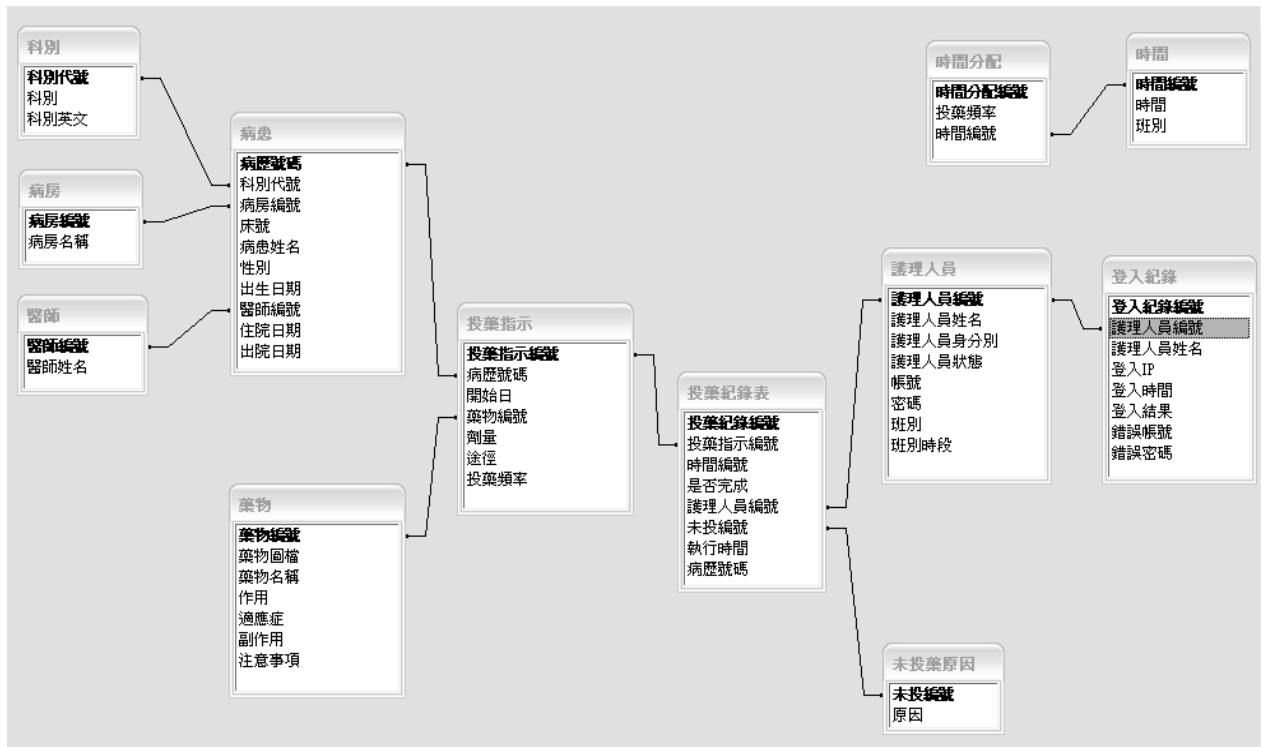
張敏等（2008）之研究分享了推廣護理資訊系統之經驗，其自行設計系統界面並輸入資料，運用了容易辨別、操作的模式，如：系統會自動由身體評估內容中，歸類出「高危險性皮膚受損」、「高危險性跌倒」及「出院準備服務」等各項篩檢表單，以節省護理人員額外勾選評估表的時間。不過，此研究表示雖然資訊系統便利且快速，使用者卻容易有適應上的困難，以及系統發生錯誤時可能無法立即解決，導致系統失敗等風險，反而相對造成了醫護人員的困擾。故在使用系統操作時，應先做適當的評估，正確運用系統的優點，修正其操作上的缺失。

系統的設計、推行過程和護理過程相似，在進行醫護人員使用需求評估後，還要進行使用需求的確認，才能進一步開始系統設計及修正，接著實地測試、導入醫療環境，最後進行醫護資訊系統評量。在建置資料庫前，首先必需蒐集、決定資料庫的欄位內容，擬定資料庫需求計畫書，內容包括資料庫欄位定義、簡易資料庫作業流程圖、使用者期望的電腦操作介面、視窗設計、不同資訊系統整合的評估、資料庫功能與管理的需求評估等，最後則是提出資訊需求申請，經資訊主管評估現有資訊資源和可行性分析之後，上呈至高層管理者裁決。於此，焉能確認資料庫建置方向，釐清資料庫的操作架構，並順利的完成建置工作。如此建構出來的資料庫也才能夠真正有助於提昇整體護理照護品質的效率與效能，解決護理資訊分散各處並以不同的檔案形式儲存之困境，增進資料庫的運用價值。（張敏等，2008；顏、郭，2009）

杜宜凌（2011）亦於研究中詳盡介紹 Access Medicine 資料庫。文內提到，此資料庫為 McGraw-Hill 所建置的臨床醫學與醫學教育的資訊平台，目前收錄了多種醫學必讀經典電子書，內容涵蓋眾科醫學與照護圖書，並定期更新資料內容，時序較紙本圖書新，且更可被信賴。除了可以瀏覽圖書外，亦可以使用關鍵字搜尋相關內容，為緊急的臨床問題提供立即的答案。此外，此資料庫更包含多項附加資源，如藥物資訊、實驗室檢測說明、鑑別診斷、臨床指引、真實案例、考題測試及病患衛教等，以便查詢。

本研究採用的 Access Medicine 資料庫是依 ASP 之網路語言，配合依照職場需求所建製出的基本護理實驗給藥系統。ASP（Active Server Pages）是一種在 Microsoft Internet Information Services 下執行的程式語言，一個 ASP 檔案包括文字、HTML 標籤、XML、程式碼。XML（extensible Markup Language，可延伸式標記語言）之優越性含可跨平台，其結構簡單也是採原生網際網路語言，能具識別資料有驗證功能，並

降低重複資料傳輸，強化網路資源的使用效率。這使傳統上只能等待下載資訊網站，轉變為提供「Web Service」的「Web Component」。(許，2001)



圖一 投藥系統 資料庫關聯圖

參、基本護理學實驗給藥系統分析與發展

本資料庫之建立經過多次與使用教師的溝通討論，並與此課程授課教師確認教案。研究者並在教授實務臨床實習課程實作時，收集相關資料以作為建置資料庫之基礎，並依下列關聯圖完成系統規劃、軟體需求分析、軟體設計、程式撰寫、單元測試、整合測試與系統建置，建立過程一一說明如下：

1. 軟體需求分析

完成基本護理學實驗中醫囑的給藥技術，依實務給藥系統設計，於科務會議報告系統內涵需求，請授課教師確認，接著設計規劃軟體需求，描繪出可使用結構性分析資料關聯圖（詳見圖一）、採 Access 配搭 ASP 之網路語言，完成軟體需求說明書、流程建置關聯圖、作業流程螢幕功能架構、螢幕功能架構。

2. 軟體設計

軟體設計透過結構化設計、資料庫設計、原始憑證設計、線上螢幕設計，而完成包括軟體架構設計（程式清單、檔案清單），檔案／資料庫結構與內容設計、螢幕格式設計、報表格式設計、作業程序設計、使用說明初稿修訂。

3. 程式撰寫與單元測試

於此階段需撰寫程式碼、目的碼、執行碼，而後由師生50人執行單元測試，最後完成整合測試，並將基本護理學實驗給藥技術軟體程式定稿及說明書定稿。

肆、資料庫說明

本資料庫說明本系統模擬運用在學校實驗病房技術教學，包括醫院主要科別檔、病患列表資料檔、給藥執行護理人員檔、護理人員班別檔、病人給藥記錄單檔、給藥縮寫之時間說明檔、藥物簡介說明檔與無法給藥原因，圖二為登入後進入病房之住院病人，經由病人表列之點選，可有各項的功能呈現，其中藥品的部分，為了讓實習生能正確的投藥，本系統的貼上藥物圖片，讓所有的實習生均能確認藥物之正確核對，建置藥物之外觀、作用、副作用與注意事項(圖三)，可進行再確認基礎醫學之護理專業素養，並能在給藥時間上給予正確的給藥時間，勾選確定，顯現簽名之確定螢幕，保障病患之給藥安全(圖四)。為了確保投藥之責任，簽名確定螢幕選取「確定」後，給藥記錄單簽名處顯現反藍色並簽名成功，回存簽名檔無法更改(圖五)。整個系統均以下拉式的視窗來構圖，操作簡單，一目了然，並在保障病患之投藥安全，有各種關卡，隨時提醒實習生，務必依照醫師之醫囑，按時地準確投藥。將本系統與醫護推車系統連結，將使住院病患之安全，受到由醫囑到服藥的一貫保障，了解醫院之用藥安全進行與學校無差距之教學效果。

伍、討論與結論

護理技術項目資訊化的主要目標，是為了提供護理學校師生們能夠使用與護理實務資訊化相同的技術項目。對於教授課程老師來說，能將教學與實務連結，進而評值護理教學品質成果。在不影響學校需購置高費用電子病歷的情形下，本研究採用使用者自建的模式，自行開發了一套小型資訊管理系統，用以協助基本護理學實驗給藥系統之給藥作業，並有效的提供使用者更方便使用之教材，在進行更全面的改善後，未來將是個極佳的資訊化推行策略。此外，相較於傳統資訊人員所設計的資料庫作業系統，此由使用者自行開發的資訊系統，在操作上更能符合第一線使用者需求，解決了同仁在照護執行技術教學時，使用傳統文書作業上的不便與缺失，並加強相關醫學資料在收集時的便利性與完整性。所得的資訊更可以讓老師們加以整合、分析、研究後，運用在教學上，提升基本護理學實驗之教學品質。研究證實以護理教師自建資訊系統是具體可行的策略，值得永續經營。期許本研究之初步結果能夠成為增加實務課程資訊化作業系統使用接受度之參考指標，成為協助學校在推動護理教學資訊化時考慮的因素之一。

投藥系統 投藥人員：曾麗仙 聖母首頁 登出

★ 投藥系統 - 病患列表

總共12筆，共1頁，每頁15筆，第 1 頁

病房： ==全部病房== 科別： ==全部科別== 主治醫師： ==全部醫師== 瀏覽模式：
文字模式

| 病歷號碼 | 病患姓名 | 住院日期 | 科別 | 病房 | 床號 | 主治醫師 | 出院日期 | 關帳 | 管理內容 |
|----------|------|------------|----------|-------|------|------|------|----|------|
| 20120801 | 李提拉 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 基護病房 | 2301 | 曾麗娟 | --- | 否 | |
| 20120802 | 馬卡龍 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 基護病房 | 2302 | 曾麗娟 | --- | 否 | |
| 20120803 | 王布丁 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 基護病房 | 2303 | 黃安正 | --- | 否 | |
| 20120804 | 黃焦糖 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 基護病房 | 2304 | 曾麗娟 | --- | 否 | |
| 20120805 | 羅泡芙 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 基護病房 | 2305 | 曾麗娟 | --- | 否 | |
| 20120806 | 林森黑 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 基護病房 | 2306 | 曾麗娟 | --- | 否 | |
| 20120807 | 陳米酥 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 基護病房 | 2307 | 曾麗娟 | --- | 否 | |
| 20120808 | 薛可頌 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 內外科病房 | 2308 | 黃安正 | --- | 否 | |
| 20120809 | 濱淇淋 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 內外科病房 | 2309 | 黃安正 | --- | 否 | |
| 20120810 | 何麗餅 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 內外科病房 | 2310 | 曾麗娟 | --- | 否 | |
| 20120811 | 慕鬆餅 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 內外科病房 | 2311 | 黃安正 | --- | 否 | |
| 20120812 | 曾麻糬 | 2012/10/17 | 內分泌新陳代謝科 | 內外科病房 | 2312 | 黃安正 | --- | 否 | |

圖二 登入後進入病房之住院病人

投藥系統 投藥人員：曾麗仙 聖母首頁 登出

★ 投藥系統 - 病患列表

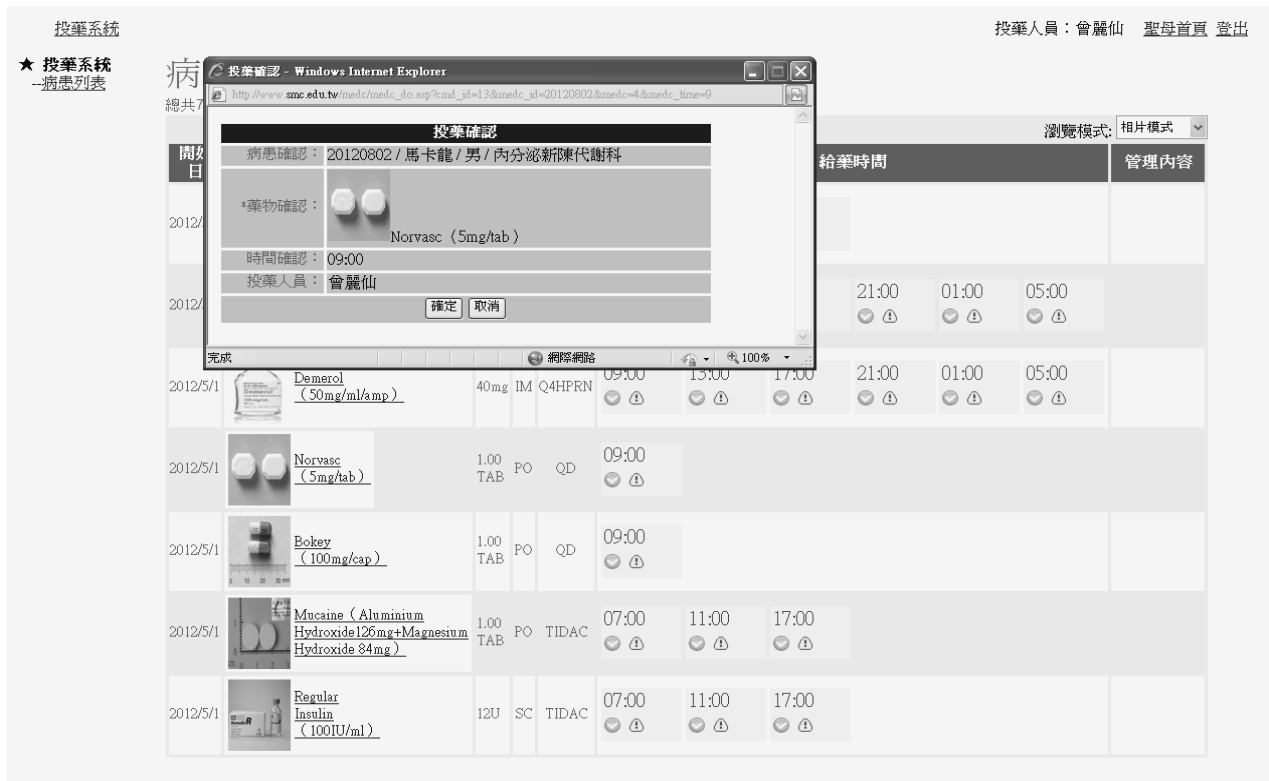
病患：馬卡龍 20120802 男 2012/5/1
內分泌新陳代謝科

總共7筆，共1頁，每頁15筆，第 1 頁

瀏覽模式： 相片模式

| 開始日 | 藥品名稱/用藥指示 | 劑量 | 途徑 | 頻率 | 給藥時間 | 管理內容 | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|-----------------|---------------|---|------|------|------|----|-----|-----|------|---|-----------------------|--|-----------------|---------------|---|
| 2012/5/1 |  Gentamycin (80mg/2ml) | 60mg | IV | Q8H | 09:00 曾麗仙 17:00 檢查 01:00 | | | | | | | | | | | | | |
| 2012/5/1 |  Demerol (50mg/ml/amp) | 40mg | IM | Q4H | 09:00 13:00 檢查 17:00 21:00 01:00 05:00 | | | | | | | | | | | | | |
| 2012/5/1 | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>藥物詳細說明 - Windows Internet Explorer</p> <p>http://www.smc.edu.tw/medic/medc_more.asp?medc=3</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>藥物圖片</th> <th>藥物名稱</th> <th>作用</th> <th>適應症</th> <th>副作用</th> <th>注意事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Demerol (50mg/ml/amp)</td> <td>作用於mu受體及kappa受體本藥作用時間2-4小時，藥效是嗎啡的1/10，可以代替嗎啡當作鎮痛藥，較適合產婦使用。</td> <td>解除生產疼痛手術後疼痛內臟絞痛</td> <td>頭暈目眩噁心嘔吐便秘的情形</td> <td>1.心跳突然加快者，應小心使用。2.長期服用會形成成癮現象。3.注射液要避開光線貯存。4.錢筒要密封避光貯存。5.靜脈注射會引起血管擴張，造成血壓下降，過量注射容易發生癱瘓情形。</td> </tr> </tbody> </table> </div> | | | | | | 藥物圖片 | 藥物名稱 | 作用 | 適應症 | 副作用 | 注意事項 |  | Demerol (50mg/ml/amp) | 作用於mu受體及kappa受體本藥作用時間2-4小時，藥效是嗎啡的1/10，可以代替嗎啡當作鎮痛藥，較適合產婦使用。 | 解除生產疼痛手術後疼痛內臟絞痛 | 頭暈目眩噁心嘔吐便秘的情形 | 1.心跳突然加快者，應小心使用。2.長期服用會形成成癮現象。3.注射液要避開光線貯存。4.錢筒要密封避光貯存。5.靜脈注射會引起血管擴張，造成血壓下降，過量注射容易發生癱瘓情形。 |
| 藥物圖片 | 藥物名稱 | 作用 | 適應症 | 副作用 | 注意事項 | | | | | | | | | | | | | |
|  | Demerol (50mg/ml/amp) | 作用於mu受體及kappa受體本藥作用時間2-4小時，藥效是嗎啡的1/10，可以代替嗎啡當作鎮痛藥，較適合產婦使用。 | 解除生產疼痛手術後疼痛內臟絞痛 | 頭暈目眩噁心嘔吐便秘的情形 | 1.心跳突然加快者，應小心使用。2.長期服用會形成成癮現象。3.注射液要避開光線貯存。4.錢筒要密封避光貯存。5.靜脈注射會引起血管擴張，造成血壓下降，過量注射容易發生癱瘓情形。 | | | | | | | | | | | | | |
| 2012/5/1 |  Insulin (100IU/ml) | I2U | SC | TIDAC | | | | | | | | | | | | | | |

圖三 確認藥物之外觀、作用、副作用與注意事項



圖四 於給藥時間正確時間下方打勾處點入，顯現簽名之確定螢幕



圖五 簽名確定螢幕選取「確定」後，給藥記錄單簽名處顯現反藍色並簽名成功，回存簽名檔無法更改

陸、限制及建議

研究過程限制條件主要是受限於執行建置某單一項基本護理學實驗課程技術，因此分析所得之結果應用，僅提供較偏向本研究中單一類型技術參考。本研究提出此一限制以供其他技術發展建置之參考。另外如何將本系統與醫護推車之資訊系統結合將為未來研究發展的重要延伸主題。

參考文獻

1. 朱蓁蓁、沈麗娟、何蘊芳、林慧玲(2009) · 用藥安全推動成果與展望 · *Journal of Healthcare Quality* , 3(2) , 23-27。
2. 李莉鈺、徐建業、蔡宗宏、張正雄、劉滄梧、劉湫美 (2012) · 癌症醫療品質管理考核資訊系統之評估模式 · *電腦稽核期刊* , (25) , 3-17
3. 杜宜凌(2011) · AccessMedicine 資料庫介紹 · *新知介紹* , (103) , 34-36。
4. 林淑貞、簡守信(2007) · 用藥安全是病人安全的首要目標 · *慈濟醫學* , 19(1) , 1-3。
5. 許博堯(2001) · 新世紀的網路語言- XML · *中華技術雜誌* , (52) 。資訊網101年8月15日，取自 http://www.ceci.org.tw/book/52/ch52_3.htm
6. 病人安全資訊網(2010) · 取自 <http://www.patientsafety.doh.gov.tw/big5/Content/Content.asp?cid=124>
7. 梁育彰、呂欣茹、林俊宏(2007) · 自動化技術促進用藥安全的革新 · *慈濟醫學* , 19(1) , 33-36。
8. 張振聲、林梅芳、許麗玉、蘇美娟、張秀玲、蔡斌智(2009) · 國際醫院評鑑在藥物管理層面提升用藥安全之經驗分享 · *醫療品質雜誌* , 3(3) , 66-69。
9. 張敏、林璟淑、張元玫、李亭亭(2008) · 護理資訊應用簡介——某醫院護理資訊系統推行之經驗分享 · *護理雜誌* , 55(3) , 75-80。
10. 陳秀枝(2009) · 與國際接軌——談台灣護理資訊現況與發展 · *護理雜誌* , 56(3) , 5-11。
11. 陳玉婷、蔡立元(2009) · 從科技接受模式觀點探討資訊科技融入學習 · *人文管理類* , (28) , 217-236。
12. 曾旭民、詹碧端、姜靜穎(2009) · 應用科技接受模型探討護理人員對行動護理站接受度的影響因素 · *醫療資訊雜誌* , 18(1) , 23-38。
13. 謝生蘭、劉芹芳、李金德、林秀鳳、張肇松(2009) · 護理人員給藥錯誤現況及其相關因素之探討 · *醫管期刊* , 10(1) , 48-62。

14. 謝佳容、王子華、沈怡秀(2010)·以科技接受模式理論探討國民小學教師使用互動式電子白板之接受度調查研究·取自新竹教育大學研究所網頁 nhcuer.lib.nhcue.edu.tw/bitstream/392440000Q/671/1/168.pdf
15. 顏妙芬、郭蓁蓁(2009)·護理資料庫建置與評估·護理雜誌，56(3)，23-28。
16. 101-102年度醫療品質及病人安全工作目標及執行策略(2010,4月9日)病人安全資訊網101年8月15日，取自 <http://www.patientsafety.doh.gov.tw/big5/Content/Content.asp?cid=135>

有機米產品碳足跡計算

Carbon Footprint Calculation of Organic Rice Product

陳亮清¹ 卜慶翔² 楊台富³
Liang-Ching Chen¹ Ching-Shiang Bu² Tai-Fu Yang³

¹東南科技大學 觀光與生態旅遊系 副教授

²東南科技大學 工業管理系 研究生

³東南科技大學 工業管理系 助理教授

摘 要

溫室氣體排放持續造成全球暖化問題與氣候變遷，世界各國莫不積極推行低碳管理政策來減少二氧化碳排放。企業碳管理措施亦對於產品進行碳盤查、碳揭露，以強化產品形象與企業社會責任。產品碳足跡(Carbon footprint of product)評估尤其是具體可量化之綠色行銷手段與綠色管理溝通工具。

本研究針對桃園縣大溪鎮南興里水稻田一期作為對象，進行有機米產品碳足跡計算，功能單位為一公斤白米。產品按生命週期分為原物料、製造、運送/販賣、使用、廢棄/回收等五個階段進行分析。計算結果，有機白米每公斤產品碳足跡為2.309 kgCO₂eq，五階段碳排放量分別為每公斤有機白米：原物料1.759 kgCO₂eq (76.197%)、製造0.101 kgCO₂eq(4.366%)、運送0.069 kgCO₂eq (2.991%)、使用0.319 kgCO₂eq (13.831%)、廢棄回收0.060 kgCO₂eq (2.615%)。有機白米產品二氧化碳排放來源主要來自肥料22.92%、水稻田甲烷與氧化亞氮32.19%、使用於煮飯佔13.83%。

關鍵詞：有機米、產品碳足跡。

Keyword: Organic rice, carbon footprint of product.

壹、前言與文獻回顧

大氣中二氧化碳濃度從十九世紀的280ppm 增加至380 ppm，預估2050年時大氣中的二氧化碳將會升至550 ppm(IPCC,2006)，全球暖化問題將導致人類文明的危機。為了降低溫室氣體(Green house gas, GHG)濃度，歐盟、英國、日本等先進國家均積極通過溫室氣體減量法案，進行第四次工業革命。產品碳足跡(Product carbon footprint)是現今企業產品碳管理的計量工具之一。英國標準協會率先於2008年制定之 PAS2050產品碳足跡評估規範。此規範係由英國環境、食品與農村事務部(DEFRA)及碳信託(Carbon Trust)最早於2008年聯合發佈的統一標準。目前發展到 PAS2050:2011，並與ISO14067(未公布)標準參考比較。

「碳足跡」一詞的各種定義有：「碳足跡是一種方法用以估算溫室氣體的總排放量中，碳當量從產品生命週期中，原料生產、製造及完成品之處置(不包括使用的排放量)」、「從每項活動都在一個供應鏈過程之步驟和框架裏確定及衡量個人或產品溫室氣體排放量的技術」(Carbon Trust, 2007)；「碳足跡是量測二氧化碳經由燃燒化石燃料之總排放量。商業組織則是其日常商業活動直接或間接所產生的二氧化碳排放。它可能反映產品之化石能源使用」(Grub & Ellis, 2007)；「碳足跡是二氧化碳和其他溫室氣體，在產品整個生命週期過程之總排放量，並以單位產品之二氧化碳克當量($\text{gCO}_2\text{eq/unit}$)來表示」(POSTnote, 2006)。本研究碳足跡(Carbon Footprint)考量 ISA^{UK} 2007年之定義為「一項活動(activity)及產品的整個生命週期過程所直接與間接產生的二氧化碳排放量公斤當量($\text{kgCO}_2\text{eq/unit}$)」(Wiedmann and Minx, 2007)。碳足跡盤查之系統邊界即為產品的生命週期，從原料、製造、運送、使用，乃到最終廢棄處理階段，均納入碳足跡的計算範圍。本研究仍然以 PAS2050：2008產品碳足跡規範為基礎，將有機米產銷過程分為原物料、製造、配送/零售、消費者使用、廢棄處理等代表產品生命週期五階段，並以 Excel 試算表進行產品碳足跡分析與計算。其他以產品生命週期為基礎的碳足跡計算工具與資料庫有 SimaPro、DoitPro、GaBi、Umberto 等，均需投入相當的人力資源與軟體成本。

國內農產品碳足跡之研究是近幾年開始建置之事，例如米類碳足跡產品類別規則(CF-PCR)第1.0版於2012年10月16日由環保署核准。2013年9月為止環保署台灣產品碳足跡資訊網公布之白米產品碳足跡只有兩個品項：樂活好米產品碳足跡1.50 $\text{CO}_2\text{eq}(\text{kg})/\text{kg}$ 及霧峰香米產品碳足跡2.250 $\text{CO}_2\text{eq}(\text{kg})/\text{kg}$ ，均以 SimaPro 為計算工具。另外日本千葉縣東總產 Koshihikari 白米產品碳足跡為1.914 $\text{CO}_2\text{eq}(\text{kg})/\text{kg}$ ，可作為參考(安藤生大，2011)，但是國內詳細之計量資料並未多見。

貳、研究方法與步驟

2.1 有機農產品栽培管理與有機認證

行政院農委會對於有機農業之定義為：「遵守自然資源循環永續利用原則，不允許使用合成化學物質，強調水土資源保育與生態平衡之管理系統，並達到生產自然安全農產品目標之農業」(陳亮清等，2008a；陳亮清等，2008b)。有機農產品產銷管理係依據「有機農產品生產基準」，「有機農產品管理作業要點」、「CAS 有機農產品生

產規範—作物」、「CAS 有機農產品品質規格標準與標示及標章使用規定」等有機農業之規範標準(有機農業全球資訊網, 2011)。有機米栽培管理依據行政院農委會農糧署2004年「有機稻米產銷技術手冊」之有機米生產標準作業流程、一般標準「水稻栽培管理手冊」(花蓮區農業改良場, 2009), 水稻有機栽培技術另可參考蔡秀隆(2011)、蔣汝國(2001)、李育義(2008)等著作, 以及2009年有機農業新法規之規定等。

有機米生產標準作業流程包括: 地點選定、品種選擇、地力培養、育苗、整地、插秧作業、肥料施用技術、雜草管理、病蟲害防治、灌排水管理、收穫與調製、儲存與運送。有機認證重點需包括:

- (1).環境條件: 農地土壤重金屬含量應以不高於行政院環保署訂定之台灣地區土壤重金屬含量標準與等級區分表所訂第三級標準為原則; 水質應符合政府機關訂定的相關灌溉用水水質標準; 坡地農園必須為合法經營的宜農牧地。
- (2).雜草控制: 以人工或機械中耕除草, 不得使用化學合成除草劑, 且採用數蓋、覆蓋、翻耕或輪作方式, 減少雜草的發生。
- (3).肥培管理: 有機栽培方式, 應定期採取土樣分析, 了解其土壤理化性及肥力狀況, 作為土壤肥培管理的依據, 並施用農家自產的有機質肥料、經充分發酵腐熟的堆肥、或其他有機質肥料, 以改善土壤環境並供應所需養分; 不得施用化學肥料(含微量元素)與含有化學肥料的微生物製劑及有機質複合肥料。
- (4).病蟲害防治: 有機栽培方式, 採行栽培防治、物理防治、生物防治、種植忌避植物及天然資材防治等, 以防病蟲害發生, 並不得使用化學合成農藥, 及對人體有害之植物性萃取物與礦物性材料。
- (5).收穫、調製與包裝: 有機栽培之農產品採收後應與慣行農法之農產品分開製造、儲存及包裝。有機農產品收穫後之處理不得添加或使用化學藥劑。
- (6).適用之技術及資材應符合「有機農產品生產基準」之規定。

2.2 PAS2050產品碳足跡計算步驟

PAS2050 產品碳足跡之計算依照下列五個步驟進行:

- (1)繪製產品生命週期流程圖: 包含管理者、供應商、運送商以及消費者整體之產品生命週期流程圖。
- (2)檢查邊界及優先順序: 可參考產品類別規則(Product Category Rule, PCR)確認邊界與生命週期流程圖。單一排放源之排放量若低於總排放量1%可以排除, 排除總量不得超過該產品生命週期溫室氣體排放量的5%。
- (3)活動數據蒐集: 依照 PAS2050規範蒐集活動數據與排放係數。所蒐集的初級或次級數據應註明時間、地理區域、採用之技術、資料準確度、資料變

異程度，並確認資料量化的完整性、分析方法的一致性，以及所提供資訊可供第三者重複驗算。溫室氣體暖化潛勢值(GWP)係以最新公告版本為選用標準，目前以2007年 IPCC 之第四次評估報告為主要參考。此外有些特例在數據蒐集過程需補充說明，例如產品生命週期內之改變、牲畜和土壤的非二氧化碳排放數據、可再生電力生產有關的溫室氣體排放、碳儲存的評估、土地利用變更等。產品碳足跡計算之排除項目包括資本設備、消費者與零售商之交通、員工上下班、獸力之運輸等。

(4)計算碳足跡：使用基本公式「某活動或產品碳足跡=活動數據(質量/容積/千瓦小時/噸公里)×排放係數(單位二氧化碳當量)」並予以加總。

(5)不確定性評估：非強制要求項目，廠商可自行選擇是否進行不確定性分析。

PAS 2050規範對於產品碳足跡計算只列舉評估原則，評估過程需注意生命週期評估方法學之限制與不確定性，以及許多主觀裁量取捨之影響。包括系統邊界與範疇的界定、數據的取得與挑選、耗材使用年限或碳排放總量之分配規則、運輸與廢棄處理條件與使用階段等假設條件。許多數據的選擇與決定是真實世界的約略評估，不確定性來自於全球運籌供應鏈的變動、產品使用方式，或能源組成與轉換係數的區域性、地理性、時間性、季節性與系統性的變異。使用平均數並儘量避免過度偏離真值。

農業產品與工廠產品的溫室氣體盤查情境不盡相同。農業活動的空間與時間比較分散，農業機具生產活動的盤查有異於工廠的固定設備之溫室氣體盤查。農產品栽培時間長，工廠產品製程時間較短；農業機具呈零星分布，工廠的設備分布比較集中。另外，農產品栽培過程在品種、氣候、土壤與農夫栽培習慣之差異頗大。因此不同農場之經驗亦可能產生不同之計算結果，許多國家相同品名的 PCR 比較後仍舊存在相當之差異。而本研究透過速算表進行逐項盤查分析或更具透明度與易於驗算。

參、案例分析結果與討論

案例為桃園縣大溪鎮南興里有機稻米農場2011年7月收穫之一期作，以0.8公頃農地栽培有機稻米，生產2000公斤白米。農地投入人力為2~4人，產地與大溪鎮南興里農會產品存放處距離2公里。幼苗來自竹圍育苗場、肥料由興農工業提供。各式大型農業機具均為自有，運送車輛分別為3.49公噸及10.4公噸 Hino 柴油貨運車。碾米廠每一小時可處理10噸稻米，最後由外包公司包裝，送至農會或超商販賣。第一期作稻米栽培時間從2011年1月1日至7月1日，總共120天，參考表1水稻栽培時序。碳足跡計算之功能單位為1公斤白米。參考圖一之流程，PCR 將稻米栽培歸在原物料階段，碾米廠、冷藏、包裝歸在製造階段。

計算產品碳足跡，首先必須建立二氧化碳排放係數表，如表2。建立排放係數考慮之優先次序為：環保署 (6.0版本)溫室氣體排放係數管理表(100.07行政院環境保護署台灣產品碳足跡資訊網)、台灣電力公司100年排放係數、台水100年排放係數、SimaPro7.3軟體、工研院2010年碳足跡訓練班、綠色建築(林憲德, 2008)以及日本 CFP 事務局、味の素株式会社環境安全部 (2010) 等參考資料，盡量確保資料的一致性。各對應排放係數來源請參考表2之備註欄。有些農業活動之排放係數基本上必須考慮本

土特性，有些品項之本土化排放係數尚未統一建立之前，仍存在評估之不確定性，亦需依整體權重及百分比調整取捨。

農業產品之活動數據大多經由多次田野調查與農民訪談紀錄方式所建立。有機稻米栽培與產銷活動包括品種選擇、地力培養、育苗、整地、插秧作業、肥料施用技術、雜草管理、病蟲害防治、灌溉排水管理、收穫與調製、儲存與運送及有機認證。有機白米產品之產銷期間，針對設備、能源、運輸、肥料與農業資材可能造成溫室氣體排放之主要活動進行蒐集分析。設備、能源、運輸機具使用之相關排放係數主要參考環保署的溫室氣體排放係數管理表(6.0)，活動數據與排放係數詳列於表3。

3.1 原物料階段與水稻栽培期間之碳排放

(1)整地與地力培養：整地機具為 AgriMetal 曳引機，使用約6小時，消耗50公升柴油。地力培養以有機肥料做為基肥，由 Hino10.4噸卡車運送，運輸距離3公里，來回2趟，約消耗10公升柴油。共施放基肥250公斤(含氮量3%、氮2%、氧化鉀1%、有機質65%)，另在土壤表面鋪上蔥麻粕250公斤(含氮量5%)，蔥麻粕為回收品暫不計入。使用耕耘機施肥，操作6小時，消耗52公升柴油。(2)育苗：秧苗由竹圍育苗場提供，由農民自行放置稻田培育生長，一分地約23~24片，使用資材為木板、隔離網。育苗場與農地距離2公里，以 Hino10.4噸運送，使用柴油0.5公升。(3)插秧：自有插秧機機型 WELSTAR250，兩人操作約7小時，使用柴油55公升。稻株行距30 cm，株距15~18 cm，以每叢5~7支為宜。(4)除蟲防治：本農場採用有機栽培方式，除蟲防治上不使用任何殺蟲劑，採用辣椒油噴灑在葉片上，防治褐葉蟲。農會購買之辣椒油，以豐田得利卡3.49噸卡車運送，使用0.5公升柴油。調和噴劑1~2人花費6小時作業，使用小型馬達噴射器使用汽油5公升。(5)雜草管理：雜草管理策略，以道路及灌溉水溝做成隔離帶，減少雜草入侵。稻田四週多餘梗草(保水用)以除草機割除，稻苗之間的雜草需採用1~2人力去除，約8個小時。若使用小型馬達趨動塑膠刀片除草機，1人除草時間約4小時，使用汽油1.5公升。(6)有機肥料追肥：順豐牌有機質肥料750公斤，顆粒狀有機質肥料成份為蔥麻粕、菜子粕、米糠等，含氮5%、磷2.1%、鉀1.5%；金農友有機質肥料750公斤，顆粒狀有機質肥料含氮4.2%、磷1.5%、鉀1.3%。肥料公司運距2公里。由兩人合作操作小型馬達噴灑，使用汽油6公升，施肥時間約8小時。(7)灌溉水：來自農委會之渠道供給山泉水。稻苗生長三週之後必須將水排乾，曝曬一週之後再開始灌溉，當水位低於0.5cm 時，必須灌溉至3cm 高度，一直到生長期完畢，直到收割前7~10日停水。(8)收割：為型號 AW695之大型收割機2台，操作人力2名，連續使用6小時，使用45公升柴油。收割後運送稻穀至碾米廠，碾米場2公里，運輸油耗約1.3公升，2小時製成白米。

3.1.1 水稻田的甲烷與土壤氧化亞氮之溫室氣體排放

台灣各地區水稻甲烷釋出，因當地氣候、土壤條件、肥料及農藥使用方式而不同。水稻田二期作甲烷排放量均較高於一期稻作。如果考慮土壤有機質與氣候差異，可能達二至五倍。本案一期作甲烷排放估計值為4.15 g CH₄ /m²/yr (Yang et al., 2003)，換算成103.75 g CO₂e /m²/yr 二氧化碳當量。

農田土壤 N₂O 排放主要是土壤細菌的硝化作用 (Nitrification) 及脫氮作用 (Denitrification) (賴朝明等, 2003)。影響土壤中氮循環的主要因素為土壤水分、孔隙率、溫度(氣溫、土溫)、pH 值、氧氣、有機碳含量、硝酸態氮、無基態氮含量、微生物作用及大氣氮的產生及消耗、比導電度。第一期作約0.2582~0.2765 g

$\text{N}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{yr}$ ，第二期作約 $0.1637\sim 0.1694 \text{ g N}_2\text{O} /\text{m}^2/\text{yr}$ (Yang, et. al. 2003)。本案水稻田一期作假設 $0.277 \text{ g N}_2\text{O} /\text{m}^2/\text{yr}$ 作為氧化亞氮排放係數，換算為 $82.40 \text{ g CO}_2\text{e} /\text{m}^2/\text{yr}$ 之二氧化碳當量來評估計算。

3.2製造階段之碳排放量計算

水稻收成後運送至碾米廠，製作程序為：濕穀子、烘乾、儲存、礱穀、精米、白米。本場廠大型整合機，一次可以處理10噸以上稻米，一公頃稻米約2小時處理完畢。在稻米乾燥粗糠熱風爐(4.68kW、6.25HP)， 35°C 約五小時為宜，隨後升溫至 $37\sim 38^\circ\text{C}$ ，至水分含量約為15%，接下來使用綜合礱穀機1.5小時去稻殼，在使用碾米機1.5小時將糙米碾成白米，最後再用白米拋光機4小時精製成白米，最後用乾淨7公斤麻布袋裝妥，運送到外包公司包裝。有機稻米農場0.8公頃之白米產量2000公斤，包裝方式分裝於1.5公斤裝包裝袋1333包，先運送至農會，距離2公里，耗油4公升。

3.3運輸/販賣階段之碳排放量計算

農會稻米倉儲管理系統使用大型空調來保持倉儲溫溼度。運輸/販賣階段碳排放量有兩種方式：短距離採用燃料法，宅配採用噸公里法(tkm 法)。本案短距離以自有卡車運輸，所以採用燃料法計算。由農會收集後放置約8小時就外送至中盤商販賣。長途運輸主要經由公路運送，本地與北部家樂福合作，10.4噸 Hino 從桃園運送至台北約35公里，使用柴油42公升。

3.4使用階段之碳排放量計算

以1.5公斤裝有機白米產品為例，使用0.8kw 大同電鍋煮飯。使用階段碳排放量主要考慮加熱電力、自來水清洗與生活廢水。本案假設六人份450克白米對0.45公升自來水，含清洗2次，總共使用自來水1.35公升。以0.8 Kw 大同電鍋，加熱一次約20分鐘，消耗約0.267度電力。平均每1公斤功能單位之白米約消耗電力0.593度，自來水3公升，產生生活廢水2.1公升(以自來水產生70%生活廢水計算)。共使用自來水6立方公尺，產生生活廢水4.2立方公尺。

3.5廢棄回收階段之碳排放量計算

本階段之碳排放主要來自包裝材料，瓦楞紙與鐵件廢棄物大部份都可以回收，不易回收之廢棄物以掩埋方式處置。農業耗材廢棄物包括，紙箱、包裝、塑膠袋、PE、PVC 塑膠類、鍍鋅鐵管等。廢棄物中屬於事業廢棄物者可以委外處理回收、焚化。稻穀與稻梗，可以在農場就地翻犁、掩埋或做成有機堆肥。

桃園縣大溪鎮有機白米產品二氧化碳排放之全部活動數據、排放係數與計算結果請參考表3。有機白米產品碳足跡計算結果，每公斤白米產品碳足跡為 $2.309\text{kgCO}_2\text{eq}$ 。生命週期五個階段之碳排放比例分別為原物料佔76.197% ($1.759\text{kgCO}_2\text{eq}$)、製造4.366% ($0.101\text{kgCO}_2\text{eq}$)、運送2.991% ($0.069\text{kgCO}_2\text{eq}$)、使用13.831% ($0.319 \text{ kgCO}_2\text{eq}$)、廢棄回收佔2.615% ($0.060 \text{ kgCO}_2\text{eq}$)。不同米之產品碳足跡之比較請參考表4。表4亦顯示農業產品溫室氣體源主要來自原物料階段與使用階段，而製造階段比例並不高。由於農產品之生產過程牽涉到品種、氣候、生產規模與農民栽培習慣之差異，彼此之間不容易比較。例如產量較少的農地，可能因為分母小而造成碳足跡偏高之情形。各國採用PCR 規則時，農業產品栽培部份的碳排放量在生命週期流程中通常算在原物料階段

(2013年行政院環境保護署台灣產品碳足跡資訊網；安藤生大，2011；商品種別算定基準，2009)，因此原物料階段之碳排放比例偏高。原物料階段之碳排放大部分來自施肥期間之農業資材使用，以及水稻田土壤轉化的甲烷與氧化亞氮。農業資材貢獻之碳排放(包含肥料但不含甲烷與氧化亞氮)佔53.28%、單是肥料碳排放源佔22.92%、單是水稻田甲烷與氧化亞氮排放佔32.19%、煮飯佔13.83%、包裝廢棄佔2.62%。

肆、結論

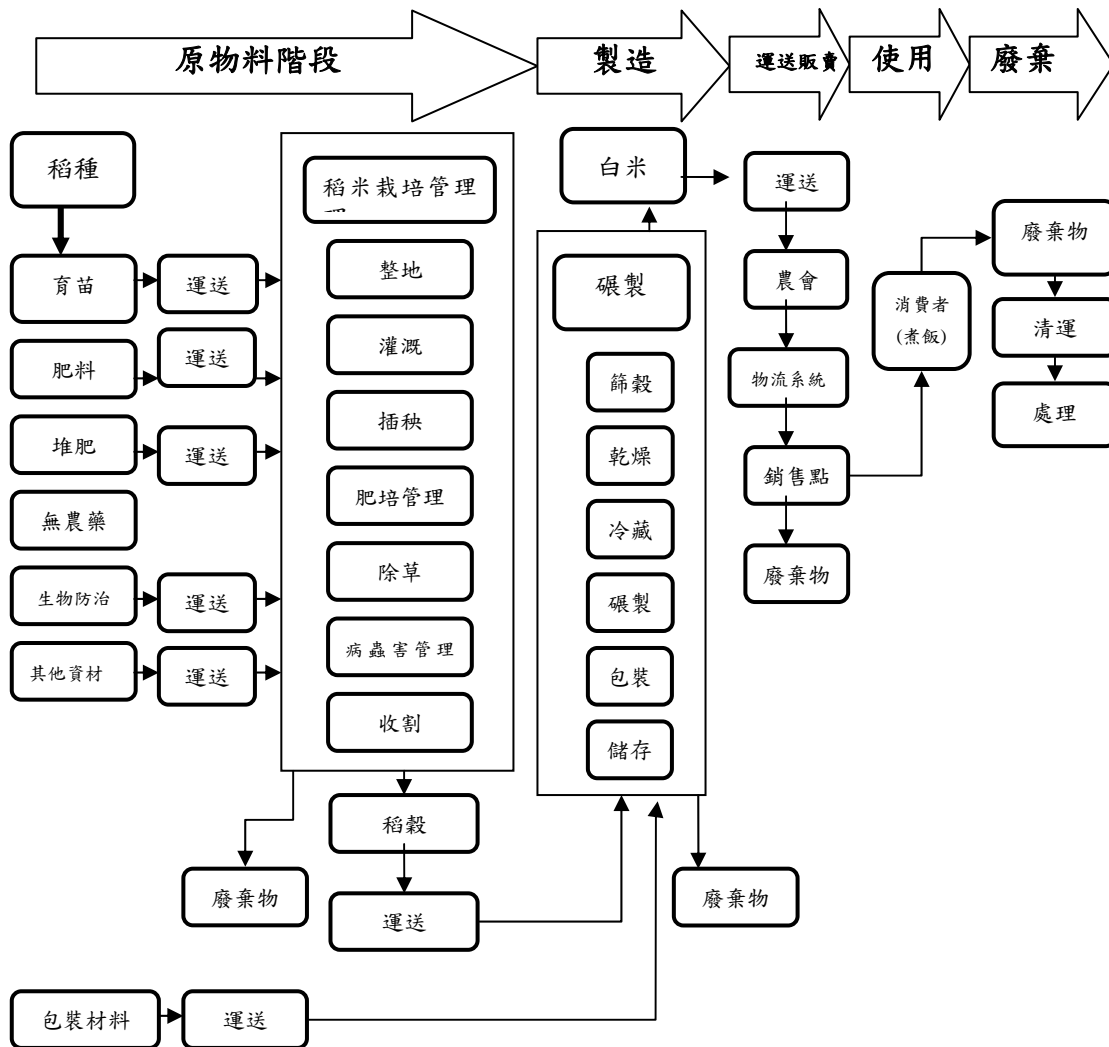
本研究經田野調查與農民訪談後繪製有機白米產品生命週期流程圖，並進行產品碳足跡計算：

1. 桃園縣大溪鎮有機白米產品碳足跡計算結果，每公斤白米產品碳足跡為2.309kgCO₂eq。生命週期碳排放比例分別為原物料階段佔76.197% (1.759kgCO₂eq)、製造階段佔4.366% (0.101kgCO₂eq)、運送階段佔2.991% (0.069kgCO₂eq)、使用階段佔13.831% (0.319 kgCO₂eq)、廢棄回收階段佔2.615% (0.060 kgCO₂eq)。
2. 計算結果顯示有機白米產品二氧化碳排放來源主要來自肥料22.92%、水稻田甲烷與氧化亞氮32.19%、煮飯佔13.83%。
3. 在產品類別規則(Product Category Rule, PCR)之規範下，農產品栽培管理在生命週期流程之原物料階段的碳排放量最多，其次為使用階段，因此可針對兩部分重點進行減碳。

參考文獻

1. 安藤生大 (2011)，米（千葉県東総産コシヒカリ）のカーボンフットプリントの試算，千葉科学大学紀要 第四期，11~20頁，千葉科学大学危機管理学部動物・環境システム学科。
2. 有機農業全球資訊網 (2012)，<http://info.organic.org.tw/supergood/>
3. 行政院環境保護署台灣產品碳足跡資訊網 (2013)
<http://cfp.epa.gov.tw/carbon/defaultPage.aspx>
4. 李育義 (2008)，自然農法與有機肥料之推廣，國際美育自然生態基金會，121~136頁。
5. 林憲德 (2008)，綠色建築，詹氏書局。
6. 花蓮區農業改良場農業經營專區技術叢書 (2009)，水稻栽培管理手冊，行政院農業委員會。
7. 英國標準協會 BSI (2011)，PAS 2050：2008中文版-商品和服務生命週期溫室氣體排放評估規範，行政院環境保護署、台灣產業服務基金會。

8. 陳亮清，邱奕儒，何俊明（2008a），台灣有機農業之現況與發展策略，東南學報，第三十二期，117~130頁。
9. 陳亮清，何俊明，張子琦（2008b），綠色永續社區與台灣有機農業，永續性產品與產業管理研討會，東南科技大學，台北。
10. 商品種別算定基準(PCR)（2009），日本うるち米(ジャポニカ米)，日本 Carbon Footprint of Products(CFP)。
11. 蔡秀隆（2011），有機水稻栽培，作物有機栽培，9~34頁。
12. 蔣汝國（2001），水稻有機栽培肥培資材之探討，稻作改良年報，136~142頁。
13. 環境・安全部（2010），食品関連材料CO2 排出係数データベース，味の素グループ版，味の素株式会社。
14. 賴朝明（2003），台灣地區現行耕作制度對水稻田和旱田氧化亞氮及二氧化碳排放減量之影響，行政院環保署/國科會空污防制科研合作畫期末報告。
15. Carbon Trust (2007), Carbon Footprint Measurement, Methodology, Version 1.1, 27 February 2007, TheCarbon Trust, London, UK.
16. Grubb and Ellis (2007), Meeting the Carbon Challenge: The Role of Commercial Real Estate Owners, Users & Managers, Chicago.
17. IPCC 網站(Intergovernmental Panel on Climate Change)
<http://www.ipcc.ch/index.htm>
18. POSTnote (2006), Carbon Footprint of Electricity Generation, Paliamentary Office of Science and Technology.
19. Wiedmann T. and J. Minx(2007), A Definition of 'Carbon Footprint,' ISA^{UK} Research Report 07-01.
20. Yang , S., C.M. Liu, C. M. Lai, and Y. L. Liu(2003), Estimation of Methane and Nitrous Oxide Emission from Paddy Fields and Uplands during 1990 - 2000 in Taiwan, Chemosphere, Volume 52, Issue 8, p1295-1305.



圖一 有機米生命週期流程圖

| 表1 水稻栽培時序 | | | |
|-----------|-----------|------------|------------------------------------|
| 生育時期 | 插秧後天數 | 灌水深度 | 農民備註 |
| 成活期、分蘗時期 | 0~15天 | 3公分 | 配合除草，田間適度淹水，激發水稻成長。 |
| 育田、基肥時期 | 15~30天 | 3~5公分 | 在此期間使用一次或二次追肥，控制田間水為1公分，排水讓追肥滲入土壤。 |
| 生長終期 | 50~60天 | 終期後曬田，採行輪灌 | 排水曬田，如發現葉片呈捲區，表示幼稻缺水，必須立即灌溉 |
| 幼穗形成期 | 65~75天 | 5~10公分 | 幼穗形成後可使用穗肥，須先排水至1.5公分深 |
| 孕穗期 | 80~90天 | 3公分 | 以輪灌方式，每3~5日輪灌一次 |
| 抽穗開花期 | 85~100天 | 5~10公分 | 自抽穗開始至齊穗為止 |
| 乳熟期至糊熟期 | 抽穗期後7~18天 | 5~10公分 | 深水灌溉至抽穗後第18天為止 |
| 黃熟期至完熟期 | 抽穗期約18天開始 | 3公分 | 準備收穫 |

資料來源：大溪鎮南興里有機稻米農場

表2 米產品生命週期農業資材二氧化碳排放係數表

| 分類項目 | | | | |
|--|------|------------|---|----|
| 生命週期階段 | 項目 | 排放係數 | 備註 | |
| 原物料 | 能源 | 柴油 | 2.650kg-CO ₂ eq/L | 1* |
| | | 汽油 | 2.361kg-CO ₂ eq/L | 1* |
| | | 電力 | 0.536kg-CO ₂ eq/L | 2* |
| | 肥料 | 複合肥料(N 成分) | 11.2kg-CO ₂ eq/kgN | 3* |
| | | 複合肥料(P 成分) | 0.72kg-CO ₂ eq/kgP | 3* |
| | | 複合肥料(K 成分) | 0.3kg-CO ₂ eq/kgK | 3* |
| | | 有機質 | 0.06kg-CO ₂ eq/kg | 3* |
| | 物料 | PVC 管 | 1.99kg-CO ₂ eq/kg | 4* |
| | | PE | 1.34kg-CO ₂ eq/kg | 4* |
| | | 鍍鋅鐵管 | 0.97kg-CO ₂ eq/kg | 5* |
| | | 木料 | 61.84kg-CO ₂ eq/m ³ | 5* |
| 製造 | 製造 | 能源油料 | 同上述係數 | 1* |
| | | 包裝紙 | 1.46kg-CO ₂ eq/kg | 3* |
| | | PE | 1.34kg-CO ₂ eq/kg | 4* |
| | 運送 | 能源油料 | 同上述係數 | 1* |
| 運送/販賣 | 運送 | 能源油料 | 同上述係數 | 1* |
| 使用 | 煮飯 | 電力 | 0.536kg-CO ₂ eq/kwhr | 2* |
| | | 自來水 | 0.167kg-CO ₂ eq/m ³ | 6* |
| | | 生活廢水 | 0.47kg-CO ₂ eq/m ³ | 3* |
| 廢棄 | 包裝廢棄 | 一般廢棄物(焚化) | 0.885kg-CO ₂ eq/kg | 7* |
| | | 廢棄物掩埋 | 0.001kg-CO ₂ eq/kg | 8* |
| | | 事業廢棄物焚化 | 0.191kg-CO ₂ eq/kg | 8* |
| | | 塑膠類焚化 | 1.478kg-CO ₂ eq/kg | 8* |
| <p>排放係數資料來源：1*環保署台灣產品碳足跡資訊網(2013)、2*台電100年排放係數、3*日本 CFP 事務局、4*SimaPro7.3、5*綠色建築，2008年、6*台水100年排放係數、7*環保署 (6.0版本)溫室氣體排放係數管理表(100.07)、8*工研院，2010年。</p> <p>(東南科技大學觀光與生態旅遊系 綠色生活研究室整理)</p> | | | | |

表3 桃園縣大溪鎮有機米產品碳排放量計算總表

| (栽培面積 0.8公頃，2011年產量2000公斤) | | | | | |
|----------------------------|----------------------|-------|----------|-----------------------------|------------------------|
| 活動數據 | | | | 碳排放係數 | 碳排放量 |
| 階段 | 機具物料 | 數量 | 單位(unit) | CO ₂ eq(kg)/unit | CO ₂ eq(kg) |
| 原物料 | 基肥(氮3%) | 7.5 | 公斤 | 11.200 | 84.00 |
| | 基肥(磷2%) | 5 | 公斤 | 0.720 | 3.60 |
| | 基肥(鉀1%) | 2.5 | 公斤 | 0.300 | 0.75 |
| | 有機質 | 150 | 公斤 | 0.060 | 9.00 |
| | 多功能曳引機(柴油) | 50 | 公升 | 2.650 | 132.50 |
| | 耕耘機(柴油) | 52 | 公升 | 2.650 | 137.80 |
| | 木板底座 | 47 | 公斤 | 0.124 | 5.83 |
| | 有機營養肥(含氮1.5%) | 10 | 公斤 | 11.200 | 112.00 |
| | 豐田得利卡3.49噸(柴油) | 0.5 | 公升 | 2.650 | 1.33 |
| | PVC 材料 | 76 | 公斤 | 1.990 | 151.24 |
| | 鍍鋅鐵管材料 | 120 | 公斤 | 0.970 | 116.40 |
| | WELSTAR250(柴油) | 55 | 公升 | 2.650 | 145.75 |
| | 割草機本田 GX35(8HP)(汽油) | 1.5 | 公升 | 2.361 | 3.54 |
| | 馬達噴霧器(1.2HP)(汽油) | 5 | 公升 | 2.361 | 11.81 |
| | 黑網 PE | 40 | 公斤 | 1.340 | 53.60 |
| | 追肥1(氮5%) | 37.5 | 公斤 | 11.200 | 420.00 |
| | 追肥1(磷2.1%) | 15.75 | 公斤 | 0.720 | 11.34 |
| | 追肥1(鉀1.5%) | 11.25 | 公斤 | 0.300 | 3.38 |
| | 有機質 | 375 | 公斤 | 0.060 | 22.50 |
| | 追肥2(氮4.2%) | 31.5 | 公斤 | 11.200 | 352.80 |
| | 追肥2(磷1.5%) | 11.25 | 公斤 | 0.720 | 8.10 |
| | 追肥2(鉀1.3%) | 9.75 | 公斤 | 0.300 | 2.93 |
| | 有機質 | 465 | 公斤 | 0.060 | 27.90 |
| | 馬達噴霧器(1.2HP)(汽油) | 6 | 公升 | 2.361 | 14.17 |
| | 稻田轉化甲烷(一期作) | 8000 | 平方公尺/年 | 0.104 | 830.40 |
| | 稻田轉化氧化亞氮(一期作) | 8000 | 平方公尺/年 | 0.082 | 656.00 |
| | 中耕機(8HP)(柴油) | 6 | 公升 | 2.650 | 15.90 |
| | 塑膠管材料 PVC | 17 | 公斤 | 1.990 | 33.83 |
| | 豐田得利卡3.49噸(柴油) | 0.5 | 公升 | 2.650 | 1.33 |
| | 多功能曳引機(柴油) | 45 | 公升 | 2.650 | 119.25 |
| | 動力堆高機(汽油) | 1.3 | 公升 | 2.361 | 3.07 |
| | 運輸 Hino 10.4噸(柴油) | 10 | 公升 | 2.650 | 26.50 |
| 製造 | 篩穀機 CH-10(7.5HP) | 5.51 | 仟瓦小時 | 0.536 | 2.95 |
| | 粗糠熱風爐(4.68kW、6.25HP) | 5.51 | 仟瓦小時 | 0.536 | 2.95 |
| | 綜合礮穀機 SAN-117(8HP) | 8.82 | 仟瓦小時 | 0.536 | 4.73 |
| | 碾米機 J-100L、2HP | 2.21 | 仟瓦小時 | 0.536 | 1.18 |
| | 白米拋光機(CH-40、37kW) | 148 | 仟瓦小時 | 0.536 | 79.33 |

| | | | | | |
|----|--------------------|-------|---------------------------|----------|------------------------|
| | 鍍鋅鐵管材料 | 100 | 公斤 | 0.970 | 97.00 |
| | 中山機械(JS-10A、2.5kW) | 20 | 仟瓦小時 | 0.536 | 10.72 |
| | 真空包裝機 HC-601 | 5.15 | 仟瓦小時 | 0.536 | 2.76 |
| 運送 | 運輸 Hino 10.4噸(柴油) | 3 | 公升 | 2.650 | 7.95 |
| | 益國冷藏櫃(220v、322kW) | 25.76 | 仟瓦小時 | 0.536 | 13.81 |
| | 豐田得利卡3.49噸(柴油) | 1.9 | 公升 | 2.650 | 5.04 |
| | 運輸 Hino 10.4噸(柴油) | 42 | 公升 | 2.650 | 111.30 |
| 使用 | 電力 | 1186 | 仟瓦小時 | 0.536 | 635.70 |
| | 自來水 | 6 | 立方公尺 | 0.167 | 1.00 |
| | 生活廢水 | 4.2 | 立方公尺 | 0.470 | 1.97 |
| 廢棄 | 塑膠袋 PE(焚化) | 80 | 公斤 | 1.478 | 118.24 |
| | 紙類回收 | 40 | 公斤 | 0.062 | 2.49 |
| | 碳足跡= | 2.309 | CO ₂ eq(kg)/kg | 4617.643 | CO ₂ eq(kg) |

表4 不同米之產品碳足跡比較與生命週期各階段碳排放百分比

| | 碳足跡 | 原物料(%) | 製造(%) | 運送(%) | 使用(%) | 廢棄(%) |
|-------|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 桃園有機米 | 2.309 kgCO ₂ eq/kg | 76.20 | 4.37 | 2.99 | 13.83 | 2.62 |
| 霧峰香米 | 2.250 kgCO ₂ eq/kg | 69.81 | 10.44 | 2.32 | 17.11 | 0.32 |
| 樂活好米 | 1.500 kgCO ₂ eq/kg | 81.31 | 2.21 | 2.09 | 14.39 | 0.00 |
| 五結有機米 | 1.618 kgCO ₂ eq/kg | 61.58 | 13.04 | 0.78 | 19.74 | 4.86 |
| 千葉縣米 | 1.914 kgCO ₂ eq/kg | 73.50 | 2.20 | 12.00 | 12.20 | 0.10 |

台灣夜市實地探訪與消費者調查- 以士林及輔大夜市為例

Taiwan Night Market Site Visit and Consumer Survey Take Shihlin and Fuda Night Market as Examples

蔡佳麟¹ 張瑜涵² 楊閔捷² 李立偉² 黃憶婕² 黃若萍² 吳昱辰²
江庭宜² 許傑超² 林家弘² 蕭澤宇² 曾憲義² 許晉偉²

¹東南科技大學 資訊管理系 助理教授 tsaijl@mail.tnu.edu.tw

²東南科技大學 資訊管理系 學士

摘 要

本研究「台灣夜市實地探訪與消費者調查-以士林及輔大夜市為例(Taiwan Night Market Site Visit and Consumer Survey Take Shihlin and Fuda Night Market as Examples)」，其研究目標一是進行台灣夜市之實地探訪及消費者問卷調查，進行統計分析與探討，其研究目標二是探討新興夜市快速成功的要素。我們在士林及輔大夜市分別進行4次實地探訪，期間進行消費者問卷調查，受訪者分別為53位及30位。根據問卷分析結果，我們歸納出新興夜市(以輔大夜市為例)快速成功的五個要素：(1)小吃不重複，(2)創意特色小吃多，(3)環境整潔(廁所與垃圾桶規劃良好)，(4)小吃價位合理及(5)店家服務熱情。

關鍵詞：消費者調查、問卷調查、台灣夜市

ABSTRACT

This paper describes a research of Taiwan night market site visit and consumer survey take Shihlin and Fuda night market as examples. The two research objects of this study are: (1) to conduct Shihlin and Fuda night market questionnaire surveys and (2) to develop successful elements of a new night market. We have conducted 53 and 30 questionnaire surveys for Shihlin and Fuda night market, respectively. Based on the analysis results, we concluded five successful elements of a new night market: (1) no-repeat snack, (2) more innovative snack, (3) environment clean (4) reasonable price and (5) enthusiastic service.

Keywords: customer behavior, questionnaire survey, Taiwan night market

壹、介紹

本研究作者對於台灣夜市小吃非常有興趣，我們在透過新聞、雜誌、美食節目[7]-[8]及美食網站[9]-[24]等尋找夜市小吃資訊時，常常發現商家及商品的相關資訊並不詳細，欠缺實地探訪與消費者問卷調查(例如：評價與消費型態)，及對新興夜市的介紹[1]-[3]。

為針對台灣觀光與新興夜市進行實地探訪，並依實地探訪資料建置台灣夜市入口網[4]與夜市小吃資訊導航系統[5]，本研究之畢業專題小組分別於2013年03月(觀光夜市小吃資訊導航系統)及2011年10月(新興夜市小吃入口網)組成[4]-[5]，分別進行為期一年之夜市實地探訪與問卷調查，此研究為整合兩組畢業專題的夜市調查結果。由於本研究作者居住地皆位於大台北地區，經與兩組學生討論，「觀光夜市研究小組」選定士林夜市做為調查對象，進行實地探訪與消費者問卷調查；「新興夜市研究小組」選定2011年10月21日開張營業[26]，不到1年即擁有高知名度之「輔大花園觀光夜市(簡稱「輔大夜市」)」做為調查對象，進行實地探訪與消費者問卷調查，探討新興夜市快速成功的要素，最後整合成觀光與新興夜市消費調查統計結果。

貳、研究方法

本研究方法分成實地探訪及問卷調查兩部分。

2.1 實地探訪

本研究共進行四次士林夜市實地探訪及四次輔大夜市實地探訪，針對店家進行店家訪問、資料蒐集、拍照攝影及夜市消費者問卷調查，此部份之詳細成果可參考畢業專題書面報告[4]-[5]。

2.2 問卷調查

為了解民眾對於夜市(觀光與新興)之評價與消費型態，參照[3]一般觀光夜市消費者問卷，我們設計了一份夜市消費者問卷(詳見附錄一)。此問卷分為三個部分：(1)基本資料，(2)評價與消費型態，及(3)意見欄供受訪者提供文字意見。

參、實地探訪與問卷調查

本研究實地探訪日期：「觀光夜市研究小組」共進行四次士林夜市實地探訪，第一次為2013年5月27日、第二次為2013年6月01日、第三次為2013年6月02日、第四次為2013年6月08日；「新興夜市研究小組」共進行四次輔大夜市實地探訪，第一次為2012年9月5日、第二次為2012年9月11日、第三次為2012年9月25日，及第四次為2012年10月2日。

本研究實地探訪所設計的紙本問卷放置於各小組專題成果網站上，並製作 Google

文件版之線上問卷。此紙本問卷之統計分析結果，除了可以讓我們了解消費者對士林（觀光夜市）及輔大夜市（新興夜市）的評價與消費型態的異同，並歸納出新興夜市可能的成功要素，而不同類型夜市店家與管理委員皆可透過此研究結果來改進，以提升夜市的觀光效益與能見度。

3.1 背景資料

我們於士林及輔大夜市進行消費者問卷調查，分別有53位及30位受訪者。此夜市問卷「基本資料」包含四項：性別、年齡、居住地及職業，表1為問卷「基本資料」統計結果。

根據表1，受訪的消費族群皆以男性居多(60%及68%)，在實地探訪時，男性的確較女性願意接受問卷調查。受訪年齡以介於21~25歲為最多(32%及40%)，可視為逛夜市最大宗年齡區段，居住地士林夜市以外縣市為主(40%)，輔大夜市則以新北市民眾為主(60%)，受訪者職業皆以學生為主(53%及84%)。由於輔大夜市鄰近學校，受訪學生比例明顯高於我們過去的研究[3]。根據文獻[3]，其於景美、萬華及饒河夜市進行之問卷調查，受訪學生比例是52%(本研究士林夜市為53%)。

表1、問卷[受訪者基本資料]統計

| 題目 | 夜市 | 性別 | 年齡 | 居住地 | 職業 |
|----------|----|-----|--------|-----|-----|
| Top 1 | 士林 | 男性 | 21~25歲 | 外縣市 | 學生 |
| | 輔大 | 男性 | 21~25歲 | 新北市 | 學生 |
| Top 1(%) | 士林 | 60% | 32% | 40% | 53% |
| | 輔大 | 68% | 40% | 60% | 84% |

3.2 評價與消費型態統計結果與分析

問卷 Q1為「請問是第幾次來此夜市？」，表2為統計結果。根據表2，消費者逛士林夜市以5次以上為最多(57%)，而輔大夜市次數以2次為最多(30%)，由於輔大夜市為新興夜市，5次以上僅佔3%，明顯低於士林夜市(士林夜市為公認台北市的熱門觀光夜市，知名度遠大於輔大夜市)。

表2、問卷第1題[請問是第幾次來此夜市?]統計

| 題目 | Q1、請問是第幾次來此夜市？ | | | | | |
|-------|----------------|-----|-----|-----|----|------|
| 勾選項目 | 1次 | 2次 | 3次 | 4次 | 5次 | 5次以上 |
| %(士林) | 2% | 13% | 17% | 7% | 4% | 57% |
| %(輔大) | 23% | 30% | 27% | 17% | 0% | 3% |

問卷 Q2為「請問如何得知此夜市？」，表3為統計結果。根據表3，消費者得知士林夜市以曾經去過最多(34%)，輔大夜市則以學校及電視最多(皆27%)。若以「親友介紹」加「網路資訊」來看，兩類型夜市受訪者皆約佔44%比例來看，代表年輕世代以「社群」與「網路資訊」為獲得資訊來源的生活型態顯著，故強化「網路行銷」與

「社群行銷」是目前行銷的顯學，特別是年輕世代消費族群。

表3、問卷第2題[請問如何得知此夜市?]統計

| 題目 | Q2、請問如何得知此夜市? | | | | | | | | |
|-------|---------------|----|------|-----|------|------|--------|------|----|
| 勾選項目 | 學校 | 路過 | 親友介紹 | 電視 | 網路資訊 | 曾經去過 | 旅遊服務中心 | 報章雜誌 | 其他 |
| %(士林) | 13% | 6% | 23% | 11% | 21% | 34% | 0% | 4% | 4% |
| %(輔大) | 27% | 0% | 20% | 27% | 23% | 3% | 0% | 0% | 0% |

問卷 Q3為「請問如何到達此夜市?」，表4為統計結果。根據表4，消費者到達士林夜市以捷運為最多(47%)，而輔大夜市以機車為最多(60%)，此結果應與受訪者多數為學生及是否鄰近捷運站有關，畢竟機車是台灣學生主要交通工具之一，根據[26]，輔大夜市旁是附有機車及汽車停車場。

表4、問卷第3題[請問如何到達此夜市?]統計

| 題目 | Q3、請問如何到達此夜市? | | | | | | |
|-------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 勾選項目 | 步行 | 機車 | 計程車 | 汽車 | 公車 | 捷運 | 其他 |
| %(士林) | 9% | 11% | 11% | 6% | 19% | 47% | 2% |
| %(輔大) | 3% | 60% | 0% | 14% | 10% | 10% | 3% |

問卷 Q4為「會花多少時間逛此夜市?」，表5為統計結果。根據表5，消費者花在逛士林夜市以2到3小時區段為最多，而輔大夜市以3到4小時區段為最多(37%)，有趣的是，願意花4小時以上逛夜市者比例很低(4%及0%)，換言之，4小時似乎可視為台灣民眾逛夜市的時間上限。

表5、問卷第4題[會花多少時間逛此夜市?]統計

| 題目 | Q4、會花多少時間逛此夜市? | | | |
|-------|----------------|-------|-------|-------|
| 勾選項目 | 1~2小時 | 2~3小時 | 3~4小時 | 4小時以上 |
| %(士林) | 25% | 45% | 25% | 4% |
| %(輔大) | 33% | 30% | 37% | 0% |

問卷 Q5為「在此夜市預計花費金額?」，表6為統計結果。根據表6，消費者逛士林夜市以400元以上為最多(36%)，輔大夜市花費以200到300元區段為最多(64%)，而兩夜市100元以內比例相當低，換言之，100元似乎可視為台灣民眾逛夜市的花費下限。另外，若將輔大夜市之100到300元合併統計，高達94%落在此區段，針對此統計結果，我們認為：應與本問卷未區別小吃花費與遊樂花費有關，因為根據[26]，輔大夜市「除美食外，也有兒童遊戲攤販，如：地震體驗、遊戲挖土機、3D電影院等」。

表6、問卷第5題[在此夜市預計花費金額?]統計

| 題目 | Q5、在此夜市預計花費金額? | | | | |
|-------|----------------|----------|-----------------|----------|---------------|
| 勾選項目 | 100元以內 | 100~200元 | 200~300元 | 300~400元 | 400元以上 |
| %(士林) | 2% | 23% | 19% | 19% | 36% |
| %(輔大) | 0% | 30% | 64% | 3% | 3% |

問卷 Q6為「對於此夜市攤販的服務品質感覺?」,表7為統計結果。根據表7,消費者對士林夜市的店家服務品質:11%非常滿意,45%滿意,43%還好,不滿意及非常不滿則皆為0%。輔大夜市的店家服務品質:60%滿意,40%還好,非常滿意、不滿意及非常不滿則皆為0%。若以本問題之非常滿意為5顆星,滿意為4顆星,還好為3顆星,此問題統計結果與表12[請問對此夜市的評價如何?]統計結果呼應吻合。

表7、問卷第6題[對於此夜市攤販的服務品質感覺?]統計

| 題目 | Q6、對於此夜市攤販的服務品質感覺? | | | | |
|-------|--------------------|------------|-----|-----|------|
| 勾選項目 | 非常滿意 | 滿意 | 還好 | 不滿意 | 非常不滿 |
| %(士林) | 11% | 45% | 43% | 0% | 0% |
| %(輔大) | 0% | 60% | 40% | 0% | 0% |

問卷 Q7為「對於此夜市的環境清潔感覺?」,表8為統計結果。根據表8,消費者對士林夜市環境清潔32%滿意,62%還好,輔大夜市環境清潔63%滿意,37%還好。此統計結果顯示:環境清潔是讓輔大夜市,能迅速1年內獲得消費者肯定與推薦的主因之一,而士林夜市在環境整潔上,應多加強維護與管理,因有一位受訪者在問卷意見欄寫下:「仍須多加強清潔」。另外,若將表7與表8對照來看,店家服務滿意度與夜市環境滿意度比例吻合度高,可假定士林與輔大夜市約有6成及4成店家環境清潔若再加強,可再提昇整體服務品質滿意度。

表8、問卷第7題[對於此夜市的環境清潔感覺?]統計

| 題目 | Q7、對於此夜市的環境清潔感覺? | | | | |
|-------|------------------|------------|------------|-----|------|
| 勾選項目 | 非常滿意 | 滿意 | 還好 | 不滿意 | 非常不滿 |
| %(士林) | 4% | 32% | 62% | 2% | 0% |
| %(輔大) | 0% | 63% | 37% | 0% | 0% |

問卷 Q8為「對於此夜市攤販的所販售物品種類接受度?」,表9為統計結果。根據表9,消費者對士林夜市的小吃種類接受度為滿意(57%)最多,但輔大夜市的小吃種類接受度則高達74%為滿意,這應與輔大夜市小吃幾乎不重複及創意小吃多有關(這兩項是士林夜市相對欠缺的特色),根據[26]:「輔大夜市最具特色之處,在於聚集各種異國美食,如墨西哥義式麵包、印度烙餅、美國素食漢堡、泰式椒麻雞等等」。此統計結果顯示:輔大夜市特色(創意)小吃多,是讓輔大夜市,能迅速1年內獲得消費者肯

定與推薦的主因之一。

表9、問卷第8題[對於此夜市攤販的所販售物品種類接受度?]統計

| 題目 | Q8、對於此夜市攤販的所販售物品種類接受度? | | | | |
|-------|------------------------|------------|-----|-----|------|
| 勾選項目 | 非常滿意 | 滿意 | 還好 | 不滿意 | 非常不滿 |
| %(士林) | 9% | 57% | 34% | 0% | 0% |
| %(輔大) | 3% | 74% | 20% | 3% | 0% |

問卷 Q9為「對於此夜市小吃的滿意度如何?」,表10為統計分析結果。根據表10,消費者對士林夜市及輔大夜市小吃,滿意度皆過半(53%及64%),不滿意及非常不滿意皆為0%。此統計結果再度顯示:輔大夜市特色(創意)小吃多,是讓輔大夜市(新興夜市),能迅速1年內獲得消費者肯定與推薦的主因之一,而士林夜市的特色(創意)小吃應相對較少。

表10、問卷第9題[對於此夜市小吃的滿意度如何?]統計

| 題目 | Q9、對於此夜市小吃的滿意度如何? | | | | |
|-------|-------------------|------------|-----|-----|------|
| 勾選項目 | 非常滿意 | 滿意 | 還好 | 不滿意 | 非常不滿 |
| %(士林) | 11% | 53% | 36% | 0% | 0% |
| %(輔大) | 13% | 64% | 23% | 0% | 0% |

問卷 Q10為「此夜市小吃價格的滿意度?」,表11為統計結果。根據表11,消費者對士林夜市的小吃價格,40%為非常滿意(6%)或滿意(34%),還好為55%,而輔大夜市的小吃價格,70%為非常滿意(7%)或滿意(63%),還好為30%。此統計結果顯示:輔大夜市小吃價位合理也應是讓輔大夜市,能迅速1年內獲得消費者肯定與推薦的主因之一,而士林夜市在小吃價格上,相對較高,因有一位受訪者在問卷意見欄寫下:「有些小吃店價格稍貴了些」。

表11、問卷第10題[此夜市小吃價格的滿意度?]統計

| 題目 | Q10、此夜市小吃價格的滿意度? | | | | |
|-------|------------------|------------|------------|-----|------|
| 勾選項目 | 非常滿意 | 滿意 | 還好 | 不滿意 | 非常不滿 |
| %(士林) | 6% | 34% | 55% | 6% | 0% |
| %(輔大) | 7% | 63% | 30% | 0% | 0% |

問卷 Q11為「請問對此夜市的評價如何?」,表12為統計結果。根據表12,消費者對士林夜市整體評價:15%給予5顆星評價,43%給予4顆星評價,42%為3顆星評價,1顆星與2顆星皆為0%(代表無不滿意);輔大夜市整體評價:57%給予4顆星評價,33%為3顆星評價,10%為2顆星評價,1顆星與5顆星皆為0%(代表無極端值)。根據我們實地探訪的經驗,輔大夜市環境清潔(廁所與垃圾桶規劃)及特色小吃部分,的確比文獻[3]所調查的景美、萬華及饒河夜市規劃更好(此三夜市整體評價為3顆星最多,佔

48%，欠缺廁所及垃圾桶是主因)。

表12、問卷第11題[請問對此夜市的評價如何?]統計

| 題目 | Q11、請問對此夜市的評價如何? | | | | |
|-------|------------------|-----|-----|-----|-----|
| 勾選項目 | 一顆星 | 二顆星 | 三顆星 | 四顆星 | 五顆星 |
| %(士林) | 0% | 0% | 42% | 43% | 15% |
| %(輔大) | 0% | 10% | 33% | 57% | 0% |

3.3 新興夜市問卷綜合分析彙整

根據上述問卷統計結果(表1到表12)與實地探訪經驗，表13是針對輔大夜市綜合分析彙整的說明。

表13、輔大夜市問卷分析彙整

| 項目 | 彙整說明 |
|------|---|
| 男女比率 | 受訪者男性居多，男性較喜愛小吃，接受訪問接受度也較高。 |
| 年齡 | 年輕人居多，喜歡尋找品嚐新事物。 |
| 交通工具 | 大學生居多，所以多為機車。 |
| 居住地 | 因地利方便，以大台北地區當地居民為主、少數外縣市及國外觀光客。 |
| 喜愛小吃 | 受訪者喜愛的小吃大多是知名度高及人氣店家，由排隊情況可分辨人氣店家。 |
| 造訪次數 | 受訪者造訪次數多數在4次以內。 |
| 花費 | 受訪者花費多為100到300元之間。 |
| 小吃資訊 | 受訪者大多得知輔大夜市為網路資訊及朋友介紹，許多人會結伴家人或朋友一起去造訪輔大夜市。 |
| 評價 | 受訪者的平均評價為四顆星。 |
| 攤販服務 | 店家服務熱情，受訪者平均評價為滿意。 |
| 逛的時間 | 輔大夜市算大型夜市(佔地2500坪[26])，受訪者平均花2~3小時逛此夜市。 |
| 環境整潔 | 固定地方放置垃圾桶，且有公共廁所，受訪者平均評價為滿意。 |

3.4 實地探訪經驗彙整

底下是本研究實地探訪之經驗彙整：

(1)店家選擇：第1次實地探訪，我們選擇從網路票選前三名店家開始訪問，第2次之後，以到達夜市再挑選消費者人潮多、或是特別的店家訪問(其間發現輔大夜市有很多我們在其他大台北夜市沒看過或嚐過的特色小吃)。

(2)訪談時間：每次探訪都在3到4點間到達夜市，此時剛好是店家在準備食材或是小吃的時間，有很多店家也都還沒營業，此時是與店家討論訪談內容的最佳時段，約5點30分後，店家陸陸續續準備就緒，我們就開始實地訪問。

(3)訪談觀摩：由於士林夜市是熱門觀光夜市，輔大夜市為知名新興夜市，在訪談過程中，經常遇到電視美食節目主持人來排隊等著訪問店家，這讓我們可以觀摩到更專業攝影設備與訪談技巧。

肆、結論

本研究以士林及輔大夜市為調查對象，完成兩個研究目標。**研究目標一**：針對選定台灣觀光與新興夜市，共進行8次實地探訪及消費者問卷調查，完成統計分析與探討（表1到表13）。**研究目標二**：根據實地探訪與問卷調查結果，我們歸納出輔大夜市（新興夜市）之所以能在1年左右快速獲得消費者肯定與推薦的5個成功要素：(1)小吃不重複，(2)創意特色小吃多，(3)環境整潔(廁所與垃圾桶規劃良好)，(4)小吃價位合理及(5)店家服務熱情。

本研究之新興夜市研究小組，已完成為期一年之輔大夜市實地探訪，問卷調查與「台灣夜市小吃挖挖哇」系統之開發[27]及畢業專題書面報告「台灣夜市小吃挖挖哇-以輔大夜市為例」[4]。本研究之觀光夜市研究小組，亦已完成為期一年之士林夜市實地探訪，問卷調查與「台灣夜市小吃資訊 PAPAGO」系統之開發，其階段性成果，已獲得「2013全國大專院校(第二屆)三創行銷企劃競賽」之創意行銷組-佳作[28]的肯定。

未來我們預計增加實地探訪的夜市（如宜蘭觀光夜市），進一步對其他熱門觀光夜市進行實地探訪與問卷調查，逐步豐富「台灣夜市小吃入口網站」及「台灣夜市小吃資訊 PAPAGO」系統之內容，期能成為台灣夜市觀光產業具參考價值的「單向傳遞」訊息入口網站及夜市小吃資訊導航系統[6]。

致謝

指導教授蔡佳麟老師，一改制式的教學方式與概念，用業界團隊方式進行這項專題教學，在他帶領下的專題學生皆具有互動交流空間，每個團隊都有協同平台(臉書社團)和專題系統訓練。而隨著時間一年一年的經過，形成的專題研究組織也越來越龐大，使各組產生良性競爭進而提升學習效率。這些，對未來工作或其他方面發展，肯定都是非常有助。

參考文獻

中文部份

- [01] 翁翠陽，遊客對瑞豐夜市之服務品質、滿意度與忠誠度之研究，屏東科技大學景觀暨遊憩管理研究所碩士論文(指導教授：盧惠敏)，2011年。
- [02] 蔡佳麟、謝慧潔、謝明樺、陳湘琳、方世豪、呂欣龍，台灣夜市小吃之研究與探討-以大台北夜市小吃為例，2011知識社群研討會論文集，台北，2011年5月。
- [03] 蔡佳麟、謝慧潔、謝明樺、陳湘琳、方世豪、呂欣龍，台灣夜市小吃之研究與探討-以大台北夜市小吃為例，東南學報，第36期，pp.189-198，2011年7月。
- [04] 張瑜涵、楊閱捷、李立偉、黃憶婕、黃若萍、吳昱辰，台灣夜市小吃挖挖哇-以輔大夜市為例，東南科技大學資管系日四技102級畢業專題書面報告，2012年。

[05] 江庭宜、林家弘、蕭澤宇、曾憲義、許晉偉、許傑超，台灣夜市小吃資訊 PAPAGO-以士林夜市為例，東南科技大學資管系日四技103級畢業專題書面報告，2013年。

[06] 方文昌、汪志堅，電子商務與網路行銷，智高文化，pp.265-269，2005年8月。

網站部份

- [07] 非凡大探索：
<http://ustvshopdetail.blogspot.com/>
- [08] 食尚玩家：
<http://www.supertaste.com.tw/>
- [09] i-city 全國夜市入口網：
<http://www.i-city.com.tw/markets/view/sl>
- [10] 台灣夜市-夜市美食之旅：
<http://tw10006.tw.tranews.com/>
- [11] TW 台灣夜市網：
<http://www.tw-yeshi.com/index.htm>
- [12] 美食天堂-台北夜市吃透透：
<http://gofuntaiwan.net/index.asp>
- [13] 台北旅遊網：
<http://www.taipeitravel.net/user/Article.aspx?Lang=1&SNo=04000267>
- [14] 夜市文化：
<http://www.csulb.edu/~jwinter2/chin410/projects2004/ilee/nightmarket.html>
- [15] 台灣夜市美食大搜尋：
<http://nightmarket.funp.tw/?&page=10>
- [16] 台灣小吃美食網：
<http://www.taiwanesefood.com.tw/chinesefood/>
- [17] 桃園觀光夜市官方網站：
<http://www.taoyuan-yes.com.tw/>
- [18] 台北旅遊網：
<http://taipeitravel.net/user/Article.aspx?Lang=1&SNo=04000267>
- [19] 夜市通：
<http://www.hgsh.hc.edu.tw/home/05/food%20web/food-web-12.htm>
- [20] 高雄入口網：
<http://www.inks.com.tw/html/front/bin/ptlist.phtml?Category=121623>
- [21] 票選台北十大主題網：
<http://www.tcg.gov.tw/ct.asp?xItem=42142&CtNode=5380&mp=100027>
- [22] 交通部觀光局：
<http://www.taiwan.net.tw/m1.aspx?sNo=0001090&key=>
- [23] Ipeen 愛評網：
<http://www.ipeen.com.tw/taiwan/channel/F>
- [24] 大台北夜市小吃數位入口網-以台北地區為例：
http://140.129.143.205/std_project/100/tnsd_team18/portal
- [25] 蔡佳麟博士教學網站：
<http://mail.tnu.edu.tw/~tsajjl/>
- [26] 輔大花園觀光夜市，台灣大百科全書：
<http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=28781>
- [27] 本研究展示系統(輔大夜市)：
http://140.129.143.209/std_project/102/team24_FNMP/portal
- [28] 2013全國大專院校(第二屆)三創行銷企劃競賽：
<http://cust.infoit.com.tw/index.php?i=17>

附錄一、夜市消費者問卷(輔大夜市為例)

親愛的先生、小姐您好：

我們是就讀資訊管理系的學生，這是一份針對夜市小吃的「調查表」，本問卷調查的主要目的是研究消費者逛夜市的消費型態以及對店家小吃的滿意評價，並藉由本問卷進而了解一般民眾對於夜市的滿意度及期許！在填答的過程中將以不記名的方式進行、基於保密原則不會將資料外洩，本問卷僅用於學術研究，因此，請您放心填答，再次感謝您的配合與協助。謝謝！

FNMP 專題組員

受訪者基本資料 (夜市名稱：輔大夜市)

性別：男性 女性

年齡：15歲以下 16~20歲 21~25歲 26~30歲 31~35歲 36~40歲 40歲以上

居住地：台北市 新北市 外縣市_____ (市/縣)

目前職業：學生 軍公教 工業 商業 待業中 服務業 其他_____

Q1、請問是第幾次來此夜市？：

1次 2次 3次 4次 5次 5次以上_____

Q2、請問如何得知此夜市？：

學校 路過 親友介紹 電視 網路資訊 曾經去過 旅遊服務中心 報章雜誌 其他_____

Q3、請問如何到達此夜市？：

步行 機車 計程車 汽車 公車 捷運 其他_____

Q4、會花多少時間逛此夜市？：

1~2小時 2~3小時 3~4小時 4小時以上

Q5、在此夜市預計花費金額？：

100元以內 101~200元 201~300元 301~400元 400以上

Q6、對於此夜市攤販的服務品質感覺？：

非常滿意 滿意 還好 不滿意 非常不滿意

Q7、對於此夜市的環境清潔感覺？：

非常滿意 滿意 還好 不滿意 非常不滿意

Q8、對於此夜市攤販的所販售物品種類接受度？：

非常滿意 滿意 還好 不滿意 非常不滿意

Q9、對於此夜市小吃的滿意度如何？：

非常滿意 滿意 還好 不滿意 非常不滿意

Q10、此夜市小吃價格的滿意度？：

非常滿意 滿意 還好 不滿意 非常不滿意

Q11、請問對此夜市的評價如何？：

一顆星 二顆星 三顆星 四顆星 五顆星

Q12、對此夜市的感想或意見欄？：

* 感謝您的配合，祝您一切順心！

幼兒學習需求導向之研究 — 多功能學習桌椅

A study on children's need during learning process- table and chair

吳湘苹

Hsiang-Ping Wu

東南科技大學 創意產品設計系 助理教授 Department of Creative Product Design

摘 要

本研究藉行為觀察法與問卷調查法，針對不同項度來探討相關人士的選擇條件與幼兒需求上差異的現象。首先由行為觀察法觀察幼兒的行為，並與相關人士訪談後，歸納出使用者、環境與產品的關係，對其結果做分析與檢討，以期改善幼兒桌椅設計。研究結果歸納桌椅的設計方針如下：(1)材質以木材為主，其他材料為輔。(2)主要功能可提供閱讀、用餐與工作，且可調整桌椅大小及配合活動需要變更桌椅的配置定位。(3)附加功能考慮健康、音樂、工作、語文、社會、科學與遊戲領域的結合。(4)造形要考慮經濟效益，以簡潔具組合變化的造形搭配幼兒喜愛的色彩。

關鍵詞：幼兒需求、行為觀察法

Abstract

This research is in conducted with behavior observation and questionnaires, and based on different perspectives to explore the selection criteria for related parties and also to identify the different needs of children. The methodology and procedure is to first observe children's behavior and then followed by interviews with related parties. It is then to determine the users and their relationship with the environment and products. Based on such finding, analysis and evaluation is conducted in order to improve the weakness of the current table and chair designs. The results of this research are as follow: (1)Material: Mainly wood and supported by other materials. (2)Main function: Reading, dining and working, and adjustable functions, and easy arrangement to meet class activities. (3)Additional function: Health, music, work, language, society, science and game. (4)Design: Economical, simple and variable with children's favorite color.

Keywords: children needs, behavioral observation

壹、前言

幼兒的世界裡，可從遊戲中的學習，獲得樂趣及刺激成長。提供學齡前幼兒完善的學習環境，讓他們在知覺發展期的玩樂中，快樂地學習成長，對於幼兒的認知發展至為重要。

幼兒基礎的發展階段分為四期：「感覺運動期」、「語言發展期」、「知覺發展期」與「高次認知機能發展期」，其中3~6歲為幼稚園幼兒的「知覺發展期」，在「知覺發展期」中，配合各種方式培養他們的各項的能力發展，是幼兒成長中極為重要的一環，因為此時期的發展會影響到「高次認知機能發展期」的學習狀況(林風南，1995)。此時期幼兒發展的重點，均強調知覺與運動等方面。目前學齡前的幼兒，有極高的比例大部分的時間都在托育中心內學習。因此，當今台灣的托育中心，其配合學齡前兒童學習的設備：如桌子、椅子、學習用具、工作用具...等，是否能符合這方面的需要，應深入調查分析。本研究將就幼兒活動時與桌椅間的互動狀況做分析，並訪談相關人士（如：老師、家長、專業幼教人士與廠商等）找出使用者、環境與桌椅間的現況與問題點，藉此歸納出幼兒桌椅的設計方向。

貳、幼兒行為發展

幼兒在不同年齡階層對於外界的行為反應會產生平衡與不平衡的情緒變化，並有一個循環性，可從抽象語意中的說明來了解(徐道鄰，1987)。兩歲、五歲與十歲，多半代表一種良好的心理平衡--溫和與統一；兩歲半、五歲半與十一歲呈現不平衡的狀態--破碎；三歲、六歲、十二歲又呈現平衡的時期--圓整與平衡；三歲半、九歲、十五歲呈現內向；四歲、八歲、十四歲呈現精力充沛與擴張的特性；四歲半、八歲、十四歲則呈現內向外向的矛盾、麻煩及神經質；五歲、十歲、十六歲再回到溫和與統一的性向。

幼兒情緒與行為的變化，根據 J. Ruesch 和 W. Kees 所著之非言詞傳達(Nonverbal Communication)提出不同年齡的孩子，在情緒行為的表達方式有階段性的差異(表1)。

表1 傳達的發展階段(高橋正人，1981)

| 年齡 | 傳達的特色 |
|-------------|--|
| 胎兒期 | 在出生前，對熱、機械性、化學刺激有所反應。 |
| 幼嬰期(出生12週內) | 對於光、音、空氣等直接接觸，學習對視覺、聽覺、觸覺的刺激有所反應，不過並無法藉由語言做情緒的表現和傳達。 |
| 嬰兒期(3~24個月) | 頭、眼、手能活動了，接著是身體和指頭，再來是腳和趾，然後說話能逐漸發達(兩年)，因此可借助各種器官進行傳達。 |
| 幼兒期(2~5歲) | 主要以父母與兄弟姊妹為對象，同時只對一人傳達；5歲以下兒童可以2~3成一群，其同心協力的時間，大約只有10~40分鐘。語言表達固然發達，但是身體動作對傳達而言，具有更大的意義。 |

因此，在研究的過程中，可配合行為觀察法的方式，了解幼兒當時對實驗的樣本產生實際情緒的變化，並考慮著重於身體動作的傳達的紀錄。

參、行為觀察法

幼兒行為的觀察，可運用多種不同的形式予以記錄，主要分為「敘述法」、「判斷導向法」與「正式觀察程序法」三種模式，這三種方法之使用及限制均有所不同。

1. 「敘述法」又可細分為 (1) 日記式描述：以日記記錄行為及發展過程中重要的事件，通常由與幼兒較親近的觀察者做日記式記錄，記錄的內容可能非常簡短，也可能非常詳盡。(2) 軼事記錄、實地札記、筆記：觀察者再觀察後，簡略寫下觀察的摘要或心得，這些紀錄可能是發展的里程碑、行為事件，或是重要的偶發事件。(3) 樣本記錄：與日記式記錄非常相近，但樣本記錄是表示「在特別選定的時間及場所下，對行為的發生順序所做的連續觀察及描述記錄」(Wright, 1960)。觀察者詳盡地描述行為發生的場所，並逐一記下所觀察及所聽到的訊息。

2. 「判斷導向法」與敘述法的方式相反，主要有兩種方式 (1) 檢核表：相當於行為的清單，只記錄表上所列的行為或未出現的，其他的行為則予以忽略。(2) 評定量表：評定量表評量指定的行為，並允許觀察者判斷行為的程度，大多數現有的評定量表都要求觀察者依其整體印象做判斷，也多使用於評量人格、社會適應或肢體動作發展上。

3. 「正式觀察程序法」主要是運用有系統而特定的觀察與記錄程序，進行資料收集及量化的工作，它可以讓觀察所獲得的資訊更容易處理。可用的觀察系統包含符號或分類系統、行為抽樣程序、標準的記錄格式、決定信度的程度、建立信度與效度。(Ann E.Boehim & Richard A. Weinberg, 1998)

肆、研究流程

主要為行為觀察，問卷與訪談的方式探討幼兒學習的需求導向，並加以分析及歸納訂出設計方針。研究整體的規劃與架構，參考圖1。

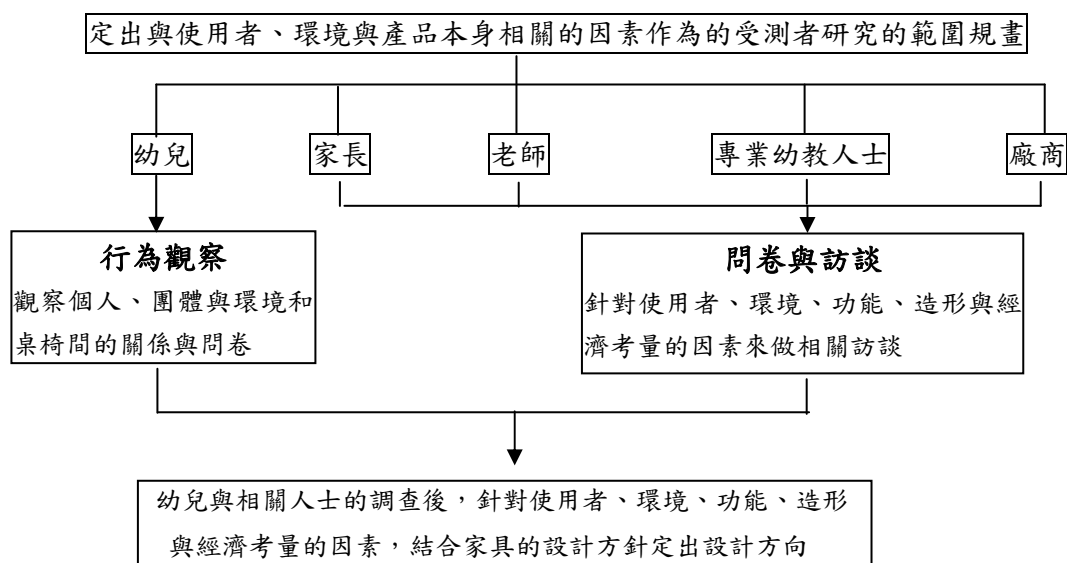


圖1 研究流程圖

伍、研究方法實施與分析

一、行為觀察法的實施與分析

(一).行為觀察的進行方式

本研究為針對學齡前之幼兒使用桌椅的更新設計，由於幼兒於學齡前多半的時間都在托育中心內，所以本研究探訪了國立台灣師範大學所附設實驗幼稚園，進行幼兒的行為觀察，希望藉此探討不同年齡層的幼兒與桌椅間互動的關係。

觀察的方式主要是利用數位攝影機與數位相機，將幼兒於教室內活動的情況拍攝下來，拍攝的對象分為大班、中班與小班，每一個班級拍攝時間約30分鐘，拍攝的內容主要是幼兒用餐、學習、工作及遊戲時與桌椅的互動情形，並將幼兒進行上述活動時所發生的種種狀況作紀錄與分析。

班級人數約30人，每班老師約2~3位，觀察內容主要分為(1)場所；(2)幼兒個人行為；及(3)幼兒團體行為觀察等三大項目。至於幼兒個人紀錄樣本數，每一個班級取10人作詳細紀錄，結果的整理部分，僅提出整體的特徵；幼兒團體紀錄人數以6人為一組，紀錄組數為3組。

(二).行為觀察的內容

行為觀察的內容，主要分為(1)場所觀察紀錄、(2)幼兒個人行為紀錄。與(3)與幼兒團體行為紀錄。

(三).行為觀察的結果

幼兒行為觀察的結果以記錄的文字內容配合圖片來說明。

1.場所觀察結果

對於觀察場所做簡單的描述如下表2，不同托育中心所能提供的場地與桌椅的配置方式不盡相同，宜考慮讓桌子能依需求做彈性的配置。

表2 場所觀察結果

| | 大班 | 中班 | 小班 |
|-------|---|----------------------------|------------------------|
| 平面配置圖 | <p>大班平面配置圖顯示了活動區、桌椅、櫃子、沙區、更衣等區域的佈局。</p> | <p>中班平面配置圖顯示了活動區及桌椅配置。</p> | <p>小班平面配置圖顯示了桌椅配置。</p> |

| | | | |
|---------|---|--|--|
| 環境內容的特徵 | 桌子：9張 椅子：30張 教材： 工作用具、書籍、角色扮演舞台、遊戲設備、沙區、大型活動台子 | 桌子：8張 椅子：30張 教材： 工作用具、書籍、角色扮演舞台、遊戲設備、風琴、小型活動台、洗手台 | 桌子：6張 椅子：30張 教材： 工作用具、書籍、角色扮演舞台、遊戲設備、風琴、小型活動台、洗手台 |
| | 窗戶：4大扇 電燈：80支日光燈 白板：1塊 手提音響：1個 老師座位：2區 | 窗戶：2大扇 電燈：20支日光燈 白板：1塊 手提音響：1個 老師座位：1區 | 窗戶：2大扇 電燈：20支日光燈 白板：1塊 手提音響：1個 老師座位：1區 |
| 人數 | 老師：共3人 學生：28人 | 老師：共2人 學生：28人 | 老師：共2人 學生：28人 |
| 活動 | 1.用餐 2.自由活動： (1)畫圖 (2)玩積木 (3)閱讀 (4)聊天交談 3.上課：唱遊 | 1.用餐 2.自由活動： (1)畫圖 (2)剪紙 (3)玩積木(4)扮演 (5)閱讀 (6)聊天 | 1.用餐 2.自由活動： (1)畫圖 (2)剪紙 (3)玩積木 (4)聊天 |

2. 幼兒個人行為觀察結果

依大班，中班與小班觀察的結果作所有可能性的說明，並探討不同年齡幼兒與桌椅互動時之差異(表3)。幼兒2~6歲時體型變化較大，且同年齡的幼兒之體型不一，桌椅的調整性或應變性有被重視的必要。

表3 幼兒個人行為觀察結果

| 項目 | | 觀察資料整理(依年齡分類) | | | |
|-----------|--------------|------------------|--------------------|--------------------|--|
| 幼兒特徵 | 年齡 | 2~3歲 | 3~4歲 | 5~6歲 | |
| | 性別 | 男女各半 | 男女各半 | 男女各半 | |
| | 動作與姿態 | 活潑好動 | 活蹦亂跳 | 能穩定行走，少蹦跳 | |
| | 肢體的狀況 | 健全健康 | 健全健康 | 健全健康 | |
| 幼兒與桌椅間的關係 | 使用桌椅流程 | 喜歡單腳跪在椅上，另一腳站立 | 先拉一下椅，再坐上去，少做調整 | 先拉一下椅，再坐上去，再稍做調整 | |
| | 椅子活動狀態 | 坐滿整張椅面時，部分人腳無法著地 | 大約都只能坐到椅子的1/2 | 有些人椅子太矮，腳要伸到兩旁 | |
| | 身體與桌面 | 桌面稍高，大部分需站立 | 某些小朋友桌面太高 | 能夠完全坐正，利用桌面 | |
| | 個人物品與桌面的位置排列 | 擺放在近手處 | 只擺放在自己能拿取的範圍 | 擺放位置不定，可能往中間擺 | |
| | 幼兒離開位置時所需的動作 | 直接離開，較少搬動桌椅 | 直接離開 | 直接站起，讓椅子退後 | |
| | 桌椅對於幼兒活動時的影響 | 會聚集在桌旁站著活動 | 桌面稍高，坐著活動吃力時會站起來操作 | 有些活動需搬椅子，會覺得吃力(太重) | |
| | 幼兒在桌椅上所從事的活動 | 用餐、遊戲、聊天、學習等。 | 用餐、遊戲、聊天、學習等。 | 用餐、遊戲、聊天、學習等。 | |

| | | | | |
|-----------|----|----------------------|----------------------------|----------------|
| 幼兒進行活動的情況 | 用餐 | 有些人把椅子當桌子用來吃點心 | 有些人把椅子當桌子用來吃點心 | 能規矩坐在定位等待發放並用餐 |
| | 學習 | 因桌面過高，活動吃力會站起來操作 | 做勞作多為站姿，拼圖或繪畫則坐下來。 | 站、坐均有 |
| | 工作 | 多為站姿，或單腳跪在椅上 | 時站時坐，並不固定 | 站、坐均有 |
| | 遊戲 | 桌椅甚高，較少搬動，喜歡聚在地面上玩耍。 | 不喜固定於一處玩，一下便轉移遊戲，喜歡坐在地上玩耍。 | 會自己搬椅子到定位做遊戲。 |

3. 幼兒團體行為觀察結果

依大班，中班與小班觀察的結果作所有可能性的說明，並探討幼兒團體行為與桌椅的關係性(表4)。幼兒的年齡越大，相互間的互動就越多，如何配合桌椅的使用發展幼兒間互動的學習或遊戲是值得被考量的。

表4 幼兒團體行為觀察結果

| 項目 | | 觀察資料整理(依年齡分類) | | |
|---------|----------------|----------------------------------|---|------------------------------|
| 特徵 | 年齡 | 2~3歲 | 3~4歲 | 5~6歲。 |
| | 動作與姿態 | 活潑好動 | 活蹦亂跳 | 能穩定行走，少蹦跳 |
| 幼兒與桌椅關係 | 幼兒離開位置時所需的動作 | 直接跑開位子，偶爾會發生碰撞。 | 直接跑開位子，但不影響到其他人。 | 大部分直接跑開，少部分會告知。 |
| | 桌椅對於幼兒活動時的影響 | 多半的幼兒採站姿或跪在椅子上來進行活動。喜歡大家都做一樣的活動。 | 多半的幼兒採站姿或跪在椅子上進行活動，從事同樣活動的幼兒會聚集在一起。 | 和他人交談時採站勢，其他幼兒坐著。 |
| | 幼兒在桌椅上所從事活動的狀況 | 偶爾會交談，部分幼兒會喜歡觀察別的幼兒發生行為。 | 彼此會相互交談，但開始進行活動後，則較專注自己的活動。 | 彼此間的互動高。 |
| 幼兒進行各項 | 用餐 | 乖乖的坐在椅子上，各吃各的，偶爾會交談。 | 乖乖坐在椅子，等桌長分發食物，彼此有交談，但不熱絡。 | 大家聚集在桌前用餐，一邊聊天一邊交換食物。 |
| | 學習 | 蹲在地上或站在桌子旁邊操作教材。 | 多半站著操作教材，需老師從旁協助，喜歡和其他幼兒進行同樣領域的學習。 | 喜歡聚集在老師旁邊學習，但多半各做各的。 |
| | 工作 | 多半跪在椅子上來操作教材，過程中會一直詢問老師的意見。 | 幼兒會依老師提示進行工作，工作到某段落時會詢問老師的意見，工作時會東張西望，相互學習模仿。 | 大都各做各的，做完時才會詢問老師的意見，或等老師來詢問。 |

| | | | | |
|-------|----|--|--|--------------------------|
| 活動的情況 | 遊戲 | 喜歡聚集在同一區，但都自己玩自己的遊戲，偶而觀察別人玩的情形，但不會去詢問。 | 若遊戲開始有數人玩會一窩蜂擠去玩，但不確定是否有從遊戲中獲得樂趣。遊戲互動不多，只有少部分的幼兒會進行交談。 | 一同搬桌椅圍在一起玩遊戲，不過還是各玩各的較多。 |
|-------|----|--|--|--------------------------|

(四).行為觀察的結果分析

行為觀察的內容共分：「場所觀察」、「幼兒個人行為觀察」、「幼兒團體行為觀察」等三部分，下面就這三部分的內容做進一步的探討：

首先就場所而言，不同年齡層的幼兒教室空間的桌椅配置差異並不大，由於小班教室空間較小，桌椅的配置稍嫌擁擠，影響幼兒行走的動線，造成行動的不便。因此如何讓桌椅順應空間的大小做應變，是設計上可深入考慮的。此外活動區域大小會依年齡的增長而擴大是另一項注意的重點。其原因可依幼兒行為觀察後，歸納出兩點：1.年齡層較小的幼兒們所佔的空間較小，較喜歡於教室外做活動。2.年齡層越小的幼兒越喜歡聚集在同一個地點做同一種的活動，活動時會傾向大家搶玩同一種遊戲玩，年齡較大的幼兒，則各自依喜好進行活動，所以當活動進行中，大家會分成許多不同的族群從事不同的遊戲，因此必許給予較大的活動空間。

再依幼兒個人與桌椅間的互動情形分析，由於托育中心給予不同年齡層幼兒的桌椅尺寸都一樣，所以年齡較小的幼兒使用桌子時產生了因為高度不夠，必須以站立的姿勢才能使用的情況，且坐在椅子上時，有部分的幼兒腳不能著地；年齡較大、發育較好或較胖的幼兒使用時，則產生了座位太擠，腳被桌子和椅子空隙卡到的困擾，因此，幼兒桌椅的調整性應被列為設計的考量因素之一。

而在進行各項的活動時，幼兒不分年齡，似乎只有用餐和工作時才使用桌椅。通常於學習和遊戲的時候，大部分的幼兒還是喜歡在活動區域的地板上進行，這樣的情況是否養成幼兒習慣的良否是有待商榷的。

至於幼兒團體行為和桌椅間的關係性如下：2~3歲間幼兒們互動性較差，他們喜歡觀察彼此，且做一些模仿和學習的行為。因此他們有時會聚集在桌子邊一起活動，但進行活動時是很少交談的。一般的情況則是：當他們在同一時間進行一樣的活動時，多半是各玩各的並無太大交集；3~6歲的幼兒則開始有合作的行為出現，他們同樣也會聚集某一處進行活動，且會相互交談或交換東西。但無論多大年齡的幼兒，進行某些學習或遊戲時，桌椅的活動空間似乎不是他們第一個選擇。

由於幼兒在托育中心的一天中，進行學習和遊戲的時間佔了大部分。如何在幼兒進行學習和遊戲的活動時，讓桌椅成為活動的一部分，而不只是用餐和工作的臨時位子，也是設計上需要考量的。

二、家長與老師對幼兒桌椅之意見調查與訪談

(一).家長與老師意見調查與訪談之進行方式

就家長而言，主要針對家中有3~6歲幼兒的家長做問卷與訪談，樣本採取簡單隨機取樣的方式進行。訪問的地點共分下面幾類：(1)托育中心 (2)幼兒育樂中心 (3)幼兒書店及用品店 (4)幼兒遊戲公園等，都是位於台北市內進行調查。抽樣人數共30人，問卷進行到一段落時會與家長做幼兒桌椅的意見訪談，並記錄於本子上。

老師的部分針對台北市內4家的托育中心與1家幼兒專業教育機構的老師做問

卷及訪談，同時也拜訪園長，討論幼兒桌椅採購與配置的問題，抽樣的人數同樣是30人。家長與老師的問卷共有3頁，且是相同的內容。但某些部分只讓家長填寫或只讓老師填寫，因為這樣方便後階段的分析比較。

本研究下階段將對家長與老師的問卷結果做以下分析：

- (1)家長基本資料說明：學歷、職業。
- (2)現有桌椅狀況分析：現有桌椅滿意度、使用年限、易壞部位與模組化。
- (3)購買桌椅時考慮因素分析：幼兒因素、形狀、色彩、材質與價位。
- (4)桌椅使用時狀況分析：大小變更、人數增多與空間節省。
- (5)桌椅與學習領域結合分析：重視哪些領域、哪些可結合或與桌椅結合。
- (6)桌椅外型喜好度調查分析：針對不同類型桌椅評選。
- (7)孩子的數量與桌椅大小需更換時考慮的因素：雙因子相關性分析。

(二).家長與老師意見調查與訪談結果

1.家長樣本的資料說明

家長的年齡30歲~39歲佔了問卷人數83%，其餘家長則為40歲~49歲佔了17%

2.家長與老師現有桌椅狀況分析比較

(1)您認為現有的幼兒桌椅是否有改善空間？

家長與老師的意見相似，都覺得還有可改進的地方。此外，老師對於桌椅都有做簡單的研究，並沒有人選擇「沒研究沒意見」沒，反之，家長有6人選擇「沒研究沒意見」。

(2)您認為幼兒桌椅使用的年限為多少？

兩年以上佔了92%，且認為應3年以上的居多。

(3)幼兒使用桌椅一陣子後，桌椅較易損壞的部分為？

椅腳與桌面被認為是最易損壞的部分，所以在設計上必須加強椅腳和桌面的結構與強度。

(4)為了配合您的空間與桌椅功能多變性，您會考慮採用模組化的桌椅嗎？

家長與老師的意見是一致的，都認為會考慮看看。

3.購買桌椅時會考慮的因素分析

(1)在為幼兒購買桌椅時，您覺得哪些因素較為重要？

由調查可得知老師與家長較著重的因素為「閱讀功能」、「環境空間配置」、「攜帶性」與「安全性」，這些因素將列為設計的首要考量，因此，將針對每個選項作家長與老師差異性的分析(表5-8)由於這四項之老師變異數皆<家長的變異數，所以採右尾檢定，又 $F < \text{臨界值}$ ，所以不拒絕假設 故無皆顯著差異，得知老師與家長都重視此功能。

表5 閱讀功能差異分析

| 閱讀功能 | | |
|------------------|-------|-------|
| F 檢定：兩常態母體變異數的檢定 | | |
| | 家長 | 老師 |
| 平均數 | 0.500 | 0.767 |
| 變異數 | 0.259 | 0.185 |
| 觀察值個數 | 30 | 30 |
| 自由度 | 29 | 29 |
| F | 1.398 | |
| P(F<=f) 單尾 | 0.186 | |
| 臨界值：單尾 | 1.860 | |

表6 環境空間差異分析

| 環境空間差異 | | |
|------------------|-------|-------|
| F 檢定：兩個常態母體變異數檢定 | | |
| | 家長 | 老師 |
| 平均數 | 0.600 | 0.533 |
| 變異數 | 0.248 | 0.257 |
| 觀察值個數 | 30 | 30 |
| 自由度 | 29 | 29 |
| F | 0.964 | |
| P(F<=f) 單尾 | 0.461 | |
| 臨界值：單尾 | 0.537 | |

表7 調整性差異分析

| 攜帶 | | |
|------------------|-------|-------|
| F 檢定：兩常態母體變異數的檢定 | | |
| | 家長 | 老師 |
| 平均數 | 0.467 | 0.600 |
| 變異數 | 0.257 | 0.248 |
| 觀察值個數 | 30 | 30 |
| 自由度 | 29 | 29 |
| F | 1.037 | |
| P(F<=f) 單尾 | 0.461 | |
| 臨界值：單尾 | 1.861 | |

表8 安全性差異分析

| 安全性 | | |
|------------------|-------|-------|
| F 檢定：兩個常態母體變異數檢定 | | |
| | 家長 | 老師 |
| 平均數 | 0.700 | 0.833 |
| 變異數 | 0.217 | 0.144 |
| 觀察值個數 | 30 | 30 |
| 自由度 | 29 | 29 |
| F | 1.512 | |
| P(F<=f) 單尾 | 0.136 | |
| 臨界值：單尾 | 1.861 | |

(2)在購買幼兒桌椅前，您會以幼兒的喜好作為第一考量嗎？

大多數的家長與老師都會找幼兒和自己都喜歡的桌椅，但選擇看情況以老師比家長居多。

(3)您認為幼兒桌椅組適合什麼材質？

家長和老師都認為木材較適宜，但投票人數竟然相同。

(4)您認為幼兒桌椅組的價位不能超過多少？

合理的成本價以不超過2000元及4000元的票數最多

4.桌椅使用時的狀況分析

(1)當幼兒在成長中遇到桌椅大小不符時您會如何處理？

結果以調整式為老師與家長選擇的方式。

(2)當活動的幼兒人數增多，如何讓桌子面積大小符合使用？

總數還是以組合式的桌椅票數最多，但家長與老師選擇的各項有些差異：

A. 老師比家長喜歡採用拼接桌子

B. 家長才會考慮換到大桌子的方式

C. 老師與家長都不太採用原先就買大桌子的方式

D. 家長與老師都喜歡採組合式桌椅

E. 家長採用擠一擠方式的比例比老師高

(3)在節省您的有效空間時，桌椅是如何被配置的？

多採用依情況移動桌椅的方式。

5.桌椅與學習領域的結合分析

(1)各項領域中，您特別重視哪幾項領域？

老師的部分，幾位老師在旁註明應注重全領域達到全人格教育，就整體票數來看差異並不大；家長則較著重健康領域。

(2)您認為哪幾項領域的結合度較高？

家長的調查以「健康與社會」、「語文與科學」與「工作、語文與社會」的結合方式較多；老師們的調查結果以「健康、音樂、社會與運動遊戲」與「音樂、工作、語言、科學」這兩類的結合較多，某些老師認為都可以，或者應都結合。

(3)您認為桌椅應與哪些領域結合？

家長老師認為桌椅與工作領域結合度較高，其次是健康、語文與科學。

三、幼兒桌椅設計條件歸納分析

經由了前述的研究與分析並配合相關人士再訪談後，將幼兒桌椅設計項目列出下面歸納的表格(表9)，能得知各使用者、環境、各領域之需求差異，協助未來幼兒桌椅設計之設計參考。

表 9 幼兒桌椅設計條件歸納分析

| 設計條件 | | 家長的意見 | 老師的意見 | 廠商的意見 |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 使用者 (幼兒) 的部分 | 配合幼兒年齡(2~6歲)體型成長及桌椅大小變化。 | 購買可調式桌椅。若在家裡，可將桌燈亮度考慮進去。 | 購買可調式桌椅。但調整的方式須簡單不具危險性。 | 再買一組適合桌椅或採模組化的方式增減桌椅大小。 |
| | 家中或教室內幼兒的人數增多時，桌椅需調整。 | 購買可組合的桌椅，依需求做大小或功能的轉換。 | 直接與其他桌子做拼接，但拼接時希望有定位的功能。 | 購買可組合的桌椅，依需求做大小或功能的轉換。 |
| | 幼兒對於桌椅外型的喜好屬於高彩度及動物造形的主題。 | 高彩度圓弧造形，有動物造形的桌椅較能滿足幼兒的喜好。 | 有動物造形的桌椅可兼具動物與色彩認識的教育功能。 | 高彩度或動物造形桌椅都可以，但桌面上的圖案不宜凸出，以方便製作。 |
| 環境 (教室) | 托育中心活動室面積至少 60 平方公尺，希望桌椅和配件的空間能有效的運用 | 依情況搬動桌椅，或者桌椅和其他配件可以相組合或收藏的功能。 | 都是依狀況搬動桌椅，有時椅子是幼兒自己搬，所以桌椅重量需考量。 | 依情況搬動桌椅，桌椅本身材質的輕重會有差異。 |

| | | | | | |
|--|---------------------------------|--|---|--|---|
| <p>的 部 分</p> | <p>在從事不同的活動時，讓桌椅能配合環境融入活動中。</p> | <p>幼兒從事閱讀及工作時桌面使用區域大小有所差異，應可做適當調整。</p> | <p>講故事或做動態的遊戲時，桌椅必須移開，若能轉換成看台可節省空間。</p> | <p>多功能的桌椅組可因應某些情況。</p> | |
| <p>產 品 （ 桌 椅 ） 的 部 分</p> | <p>列入考慮影響購買桌椅的主要因素。</p> | <p>閱讀、安全、環境配置、調整與材質</p> | <p>安全、環境配置、調整、閱讀、材質</p> | <p>環境配置、調整、安全、價格、閱讀</p> | |
| | <p>一組 4~5 人的桌椅組應考慮怎麼樣的價位。</p> | <p>2000 元~4000 元間</p> | <p>2000 元~4000 元間</p> | <p>2000 元~4000 元，成本不可超過 1500 元</p> | |
| | <p>桌椅組使用年限</p> | <p>3 年以上</p> | <p>最少 2 年，希望 3 年以上</p> | <p>2 年左右</p> | |
| | <p>使用適合材質。</p> | <p>木材</p> | <p>木材</p> | <p>木材</p> | |
| | <p>桌椅結構強度加強於某些部分</p> | <p>桌面和椅腳</p> | <p>桌面、椅腳和靠背</p> | <p>桌面和椅腳</p> | |
| <p>七 大 課 程 結 合 的 部 分</p> | <p>對於桌椅與課程應結合的項目</p> | <p>依序→工作、語文、健康、科學</p> | <p>依序→工作、健康、語文、科學與音樂</p> | <p>依序→健康、工作、音樂、語文、科學</p> | |
| | <p>健康、語文</p> | <p>(一)身體保護視力、疾病、安全、餐點與器材等等。</p> | <p>需注意的安全性：桌子圓角的處理、視力的問題，和桌高有關。</p> | <p>安全性與用餐為重點。椅子經由幼兒拉扯邊邊會裂開，必須加強強度。</p> | <p>桌子圓角的處理也是有一定的限度，無法圓弧太大。</p> |
| | <p>文與社會課程</p> | <p>(二)心理健康自立、成功、鼓勵與自我表現等等。</p> | <p>將幼兒的物品與學習物件歸類，讓幼兒自行管理。</p> | <p>幼兒座位的排列是否方便相互交談或學習是需注意的。</p> | <p>某些桌椅組可簡易的拆裝，讓父母與幼兒自己組合，增加親子間的鼓勵。</p> |
| | <p>程</p> | <p>(三)社會生活的適應</p> | <p>配合與其他幼兒間的互動。</p> | <p>將位置走動設計成循環的動線。</p> | <p>讓桌椅組的空間更有變化性。</p> |
| | <p>音樂課程</p> | <p>(一)唱歌表演 (二)韻律 (三)欣賞</p> | <p>可規劃放置其他音樂配件的空間。</p> | <p>將桌椅組的中央排列成小舞台，可配合風琴進行唱遊或韻律的活動。</p> | <p>將簡單的音樂組件與桌椅結合，或當配件可另購。</p> |
| | <p>工作課程</p> | <p>(一)繪畫 (二)紙工 (三)雕塑 (四)工藝</p> | <p>希望桌面能在進行此項活動時增大，且能方便清理。</p> | <p>有配合放用具的架子，或固定畫紙的配件。</p> | <p>將簡單的工作組件與桌椅結合，或當配件可另購。</p> |
| | <p>科學課程</p> | <p>(一)自然 (二)數量形</p> | <p>可規劃放置其他教學配件的空間。</p> | <p>桌椅外型就以數、量、形來發展。</p> | <p>將簡單的科覺組件與桌椅結合，或當配件可另購。</p> |
| | <p>運動遊戲</p> | <p>遊戲與體操等活動的實施。</p> | <p>桌子上有簡單的遊戲功能。</p> | <p>桌椅能巧妙地變換配置來配合遊戲時的活動。</p> | <p>將簡單的遊戲組件與桌椅結合，或當配件可另購。</p> |

陸、結論

由本研究得知，幼兒2~6歲時體型變化較大，且同年齡的幼兒之體型不一，桌椅的調整性或應變性有被重視的必要。且在不同托育中心所能提供的場地與桌椅的配置方式不盡相同，宜考慮讓桌子能依需求做彈性的配置。因此，綜合本調查的結果，在幼兒桌椅設計上可訂定下列方針：

- 1.使用者：3~6歲的幼兒
- 2.使用環境：托育中心內的活動室
- 3.產品(桌椅)的細項設定：
 - (1)桌椅的材質：木材
 - (2)桌椅的主要功能：提供閱讀、用餐與工作的功能，且可依幼兒體型調整桌椅大小、配合活動變更桌椅的配置與定位。
 - (3)桌椅的附加功能：考慮健康、音樂、工作、語文、社會、科學與遊戲領域結合。
 - 健康—提供身體能舒適的坐臥
 - 音樂—簡單的聲音辨別附件
 - 工作—依需求調整工作時的桌面及相關物件的擺設
 - 語文—讓桌椅能配合團體活動進行位置的規劃
 - 社會—顏色、形態及觸覺的觀察與辨別、及生活習慣的養成。
 - 科學—圖形、量、數與尺寸的認識
 - 運動遊戲—讓桌椅能配合團體活動進行配置
 - (4)桌椅的造形：考慮高彩度的組合或加上主題的應用(考慮動物造形)

柒、參考文獻

1. J. Ruesch & W. Kees, 1956, 非語言溝通：對人際關係的視覺覺察筆記，伯克利大學，加州出版社。
2. Wright, H. F. (1960). Observational child study. In P. H. Mussen (Ed.), Hand book of research methods in child development. New York:Wiley.
3. Ann E. Boehm, Richard A. Weinberg 著，廖鳳瑞、李易霖合譯〈1998〉。兒童行為觀察：課室經營之鑰。台北：光佑。
4. 林風南，1995，幼兒體能與遊戲，台北，五南圖書出版公司。
5. 陳幗眉，1995，幼兒心理學，台北，五南圖書出版公司。
6. 林美珍，1996，兒童認知發展，台北，心理出版社有限公司。
7. 陳幗眉、洪福財，1991，兒童發展與輔導，台北，五南圖書出版公司。
8. 徐道鄰，1987，兒童行為，台北，水牛出版社。
9. 高橋正人，1981，視覺のデザイン原理，東京，ダヴィッド社。

深坑庄的宗族與政治－以木柵和深坑為例 (1895-2014)

詹 瑋

東南科技大學 通識教育中心 副教授

摘 要

本文第一章，略述清代木柵、深坑兩地的拓墾與宗族發展，作為本文之先在背景；第二章則敘述日治時期兩地的宗族在政治上的發展；第三章敘述戰後木柵的宗族與政治；第四章敘述戰後深坑宗族在政治上的發展；第五章為結論，將木柵、深坑兩地宗族在政治上的發展做一比較。

關鍵字：深坑庄、宗族、政治、木柵、深坑

前 言

深坑庄為日治時期地方行政組織，包含今日臺北市文山區的木柵、景美，以及新北市深坑區。本文主要以木柵和深坑為例，比較已往同屬深坑庄的兩地，在歷經日治時期到現在的一百多年間，地方宗族在政治上發展的異同，另一方面也可看出宗族在日治時期與戰後發展上的不同。

壹、木柵、深坑的拓墾與宗族發展

一、木柵的拓墾與宗族發展

在木柵初墾時期，以張、高、鄭、許、陳幾大宗族為主。

木柵坡內坑許氏宗族來臺祖許宗關，於乾隆三年（1738），渡海入台。嗣後，在臺灣府（今臺南）內開鋪化育堂藥店，懸壺濟世。名聲四揚，由此經濟漸裕，聞北部臺灣尚未開發，人稀地廣。遂北上給墾土地，即今抱子腳三坑十八份（崙）之田園山地。迄乾隆十一年（1746），回福建原鄉。挈胞弟許宗珪夫妻，堂弟許宗琴夫妻及母親王氏入臺，定居晉江厝（在今坡內坑許氏祖厝），子孫繁衍。¹

陳氏宗族聚居於港墘（景美女中）一帶。乾隆三十年（1765），陳文選、賴士滿合本向雷朗社番業戶君孝仔給得山林一所，址在待老坑。²為陳氏宗族在木柵最早的開墾記錄。

《臺北縣志》關於埤腹開墾之記載：「乾隆七年，泉州人高培、高鍾將、蘇人謝等開闢。³」就在同一年，泉州人周黃清、周色智等開闢溝子口⁴。

鄭氏族人在鄭可杉時，約於雍正末、乾隆初時攜四子來十一命開墾，後可杉回大陸，三子必堪、必臣、必時留台繼續墾拓，另一子必覺亦回大陸。必堪後拓墾景美、深坑，必臣開墾木柵，必時開墾大安庄。另有一支鄭氏族人，以必提、必鮑為主，開墾馬明潭⁵。《臺北縣志》中記載，鄭再居等開墾打鐵寮，鄭士吟等開闢灰窯坑、鄭楚興等開墾大竹林，鄭楚粒等開墾番子公館，其開墾時間約在乾隆八年（1743）至乾隆十二年（1747）⁶。

木柵（今木柵、木新里）的開墾，據《臺北縣志》云：「在乾隆八年，泉州人張白目、張啟解、張啟察等開闢，當時地近山胞，時遭侵襲，於四圍樹柵為禦，故名。⁷」

大坑地區（今木柵貓空一帶）位於二格山系，也是原住民出沒之地。從張氏族人在道光十七年（1837）全立的合約字，可以觀察大坑庄拓墾的情形。將時間往前推，可能當初承給土地的時間在乾隆末到嘉慶初之間。

此外，高氏族人亦為木柵開墾主力。高阿泉開闢阿泉坑，高培（疑漏一字）、高鍾將開闢埤腹，高培全開闢頭廷溪，高炅臣等開闢下崙尾，高標印等開闢魚衡子，高太山等開闢石壁坑⁸。

清代木柵張姓中，最有名的是張李成，張李成，名達斌，別字炳南，俗稱阿誨，

¹ 裔金聲，〈修譜談往事〉，祭祀公業許太嶽管理委員會編，《許太嶽渡台宗珪公宗關公宗琴公世系族譜》，頁28、29。

² 《臺灣總督府公文類纂》，明治四十二年，永久保存，第52卷，第八門財務，第十五類土地，第十七項，開墾地一筆限調書，編號421~1。

³ 《臺北縣志》，卷五，〈開闢志〉，頁42。

⁴ 《臺北縣志》，卷五，〈開闢志〉，頁42。

⁵ 詹璋採訪，〈鄭明添訪問記錄〉，民國八十七年八月十八日。

⁶ 《臺北縣志》，卷五，〈開闢志〉，頁41、42。

⁷ 《臺北縣志》，卷五，〈開闢志〉，頁41。

⁸ 《臺北縣志》，卷五，頁42。

中法之役組義勇赴淡水抗法有功，又奉命撫「番」，受封斗六門都司⁹。此外，張德明為文山堡內湖庄地方總理，又曾在張達斌麾下任參謀長，曾任刑招科書辦以及隘勇新中營幫辦¹⁰。

木柵地區在清代屬內湖庄、坡內坑庄。日治時期與興福庄、萬盛庄（今景美）併入深坑庄。

二、深坑的拓墾與宗族發展

深坑在初墾時期，較著名的宗族有吳、高、陳、張、黃、許等姓，其中吳、高、陳、張等姓組成「吳高陳」墾號，於乾隆46年（1781）首先開墾萬順寮庄。¹¹陳姓則有陳金瑞於乾隆40年（1775）向土目東義乃請墾萬順寮溪（今景美溪）南大片土地。¹²許宗琴則在乾隆20年（1755）開墾深坑仔、新陂內。¹³張啟賞在乾隆時期來深坑開墾萬順寮。¹⁴而高姓有高培吉率高姓族人設立萬順寮隘，防禦原住民進襲，又向原住民購得深坑庄開闢之。¹⁵高培吉、高槐青、高陽三代都擔任隘首，是開闢初期官方承認的地方領袖。¹⁶

黃姓則有黃世賢在乾隆年間携子來臺拓墾，其五子相繼落腳深坑，至第三代黃連山時，始率六子過溪，至麻竹寮建宅居住，子孫繁衍，人丁旺盛，勤儉力田，家業漸富，成為深坑望族。

陳姓宗族在深坑分布甚廣，如萬順寮、阿柔坑、升高坑等地，以旺艸陳姓最為有名，乾隆年間，陳大艸率陳姓族人來此開墾，深坑名人陳秋菊，其曾祖陳敬當初亦隨陳大艸來此開墾。¹⁷

大致而言，深坑在初墾時期以「吳高陳墾號」為主力，陸續開墾景美溪兩岸之地。此外，許宗琴家族、黃世賢家族、張啟賞家族、高培吉家族也都是開墾深坑重要的家族。

⁹ 《臺北縣志》，〈人物志〉，頁18。

¹⁰ 詹璋採訪，〈張昭雄訪問紀錄〉，民89年8月15日。《總督府公文類纂》，明治三十三年，乙種永久，第二卷，第二門，官規官職，服飾徽章，第五項，紳章賦與之儀付上申。

¹¹ 伊能嘉矩編，《大日本地名辭書續編，第三，臺灣》（東京：富山房，1909），頁32。

¹² 〈雷裡社土目東義乃等立招佃字〉（乾隆40年）。劉澤民編，《臺灣總督府檔案平埔族關係文獻編輯續編》（上冊）（南投市：國史館臺灣文獻館，民國93年5月），編號238，頁194。

¹³ 金聲，〈修譜談往事〉，祭祀公業許太嶽管理委員會編，《許太嶽渡台宗珪公宗關公宗琴公世系族譜》（臺北：該會，民國81年12月），參考資料（五），頁28-29。

¹⁴ 張成枝編，《祭祀公業張雙慶張姓家譜》（深坑：編者自印，民國82年），頁4。

¹⁵ 伊能嘉矩編，《大日本地名辭書續編，第三，臺灣》，頁32。

¹⁶ 林能士總纂，《深坑鄉志》（臺北縣：深坑鄉公所，民國86年10月），頁99。

¹⁷ 林能士總纂，《深坑鄉志》，頁273。

貳、日治時期木柵、深坑之宗族與政治

一、木柵之宗族與政治

日治時期，木柵張氏宗族不只是在木柵，而且在深坑庄政治上占有重要地位。張氏宗族中最有名的是張德明、張福堂父子。以下敘述其事蹟。

張德明曾在木柵名人張達斌麾下任參謀長，接觸來自大陸兵丁，懂得北京話¹⁸，後來因此任總督府民政局通譯、臺北州協議會員、木柵區長、深坑庄長等職。

張德明次子張福堂，少時即雋逸聰明，嶄然顯露，自台北醫學專門學校畢業後，於臺大附屬病院服務三年，赴基隆擔任雲泉商會社社醫，後回木柵開設張福堂醫院，¹⁹專攻小兒科與耳鼻喉科，在木柵頗有名氣，看診病人絡繹不絕。後來，他繼承父親的政治衣鉢，被聘為深坑庄協議會員。昭和2年（1927），張福堂繼劉軟綢之後擔任深坑庄長，其專長在於爭取地方建設經費，如昭和9年（1934）建道南橋、以及籌募經費建指南宮本殿及從山腳通往本殿之石階等皆是。此外，張福堂對於「木柵購買利用販賣組合」也有很大貢獻，在他的經營下，該組合設有種畜場，畜養種豬、販賣禽畜飼料、壽木、經管貨運汽車等²⁰。這些措施，不但便利庄民，而且使組合經營規模日漸擴大。此外，他又經營木柵茶業株式會社，對地方經濟貢獻不少。²¹

張德明在明治43年到大正9年，擔任木柵區區長。²²大正10年至大正11年擔任深坑庄長。其子張福堂從昭和5年至昭和19年連任15年深坑庄長。²³

張氏宗族還有一位張景，是陂內坑庄新興人，明治35年(1902)4月担任保正，明治37年(1904)3月任用陂內坑區庄長。明治40年(1907)5月授佩紳章²⁴。

坡內坑許氏宗族以許友貢為最有名，他是許宗關派下第六世子孫。曾任坑內坑區第四任區長，庄協議會員，信用組合理事，許氏宗親會發起人，指南宮第八代主持（主任）。²⁵

此外，鄭氏宗族有鄭角盛、鄭河南兩兄弟，在實業上很有成就。鄭火盛（鄭角盛），陂內坑大竹林人。世代務農，幼年習醫，為一中醫師，醫術精湛。由於一生勤勞節儉、投資得宜。又得三弟鄭河南之相助，使家業積蓄達四千多租(田約100甲、山40甲)土地，其地遍佈臺北市、臺北縣(新莊、中和、溪州)、宜蘭縣等地。為日治時代木柵地區第一富豪²⁶。鄭河南，國語學校(師範學院前身)實業部農業科畢，農林實驗所(臺大農學院前身)畢。大正元年(1912)赴日深造，畢業於日本東京高等蠶絲學校²⁷，為一農

¹⁸詹璋採訪，〈張昭雄訪問紀錄〉，民89年8月15日。

¹⁹張廖簡氏宗親會編，《張廖簡氏族譜》，（台北：新遠東出版社，民國48年），張氏人47。

²⁰林能士總纂，《深坑鄉志》，（深坑：深坑鄉公所，民國86年10月），頁584。

²¹林能士總纂，《深坑鄉志》，（深坑：深坑鄉公所，民國86年10月），頁584。

²²臺灣總督府編，《臺灣總督府職員錄》，明治43年~大正9年。

²³臺灣總督府編，《臺灣總督府職員錄》，大正10年~昭和19年。

²⁴鷹取田一郎修，《臺灣列紳傳》，（臺北：台灣總督府，1916年出版），頁63。

²⁵許哲豪，《文山文史資料蒐錄計畫報告書》（臺北：文山社區大學，2001），〈許氏家族的開墾史及發展〉，頁36~39。

²⁶臺北市文獻會，臺北文獻直字73期，木柵地名沿革，頁99。

²⁷臺北市文獻會，臺北文獻直字73期，木柵地名沿革，頁100。

業專家。返臺後先在臺北縣和尚州(蘆洲)從事養蠶業，後任臺北州農會技手。大正10年(1921)任職深坑公學校教員，約2年後奉母與兄長命返家打理家業，終使其家成為日治時代木柵地區第一富豪。²⁸

二、深坑之宗族與政治

日治時期，深坑黃、張、陳三大宗族在政治上皆有不俗表現，以下分述之。

(一) 黃世賢派下

黃世賢派下在第三代黃連山時，率六子至麻竹寮開墾，戮力農耕，家道漸富。光緒年間，黃連山派下在黃寅禮的領導下在地方上已具有一定的影響力，再加上重視子弟的教育，使得黃家第五代則字輩和第六代奕字輩人才輩出，在日治時期開始嶄露頭角。擔任地方保正的，如黃則乞擔任升高坑庄保正，黃則寺擔任深坑街保正，黃則水擔任麻竹寮保正。大正年間，深坑庄(景美、木柵、深坑)協議會員十四人中有黃則水、黃則芸、黃奕成等三人為黃連山派下。黃則虎曾在深坑公學校服務，後擔任深坑庄協議會員。奕字輩如黃奕成、黃奕濱、黃奕守、黃奕壺，在日治時期均曾擔任老師。黃四川擔任過深坑庄役場書記。而家族中政治地位最高的是黃皆得，他出身醫師，擔任過新店庄長、大坪林水利組合長，為黃家擔任地方首長的第一人。²⁹

日治時期深坑信用組合理事，黃則水、黃則聚、黃則乞、黃則虎、黃文章、黃梧桐、黃四川、黃奕守均為黃世賢派下，對地方金融有很大的影響。因此，日治時期，為黃氏家族在地方政、經勢力擴張時期。

表1 黃連山派下日治時期各房擔任公職表

| 人名 | 房別 | 字行 | 擔任職務 |
|-----|----|-----|-----------------|
| 黃則乞 | 三房 | 則字輩 | 升高坑保正 |
| 黃則寺 | 五房 | 則字輩 | 深坑街保正 |
| 黃則水 | 二房 | 則字輩 | 麻竹寮保正、深坑庄協議會員 |
| 黃則芸 | 四房 | 則字輩 | 深坑庄協議會員 |
| 黃則虎 | 二房 | 則字輩 | 深坑庄協議會員 |
| 黃則頭 | 二房 | 則字輩 | 深坑廳僱 |
| 黃奕成 | 五房 | 奕字輩 | 深坑庄役場助役、深坑庄協議會員 |
| 黃皆得 | 二房 | 奕字輩 | 新店庄庄長、大坪林水利組合長 |
| 黃四川 | 四房 | 奕字輩 | 深坑庄役場書記 |

資料來源：深坑廳編，《深坑廳報》，第33號(1902年8月21日)、第48號(1903年4月1日)。臺北州編，《臺北廳報》，第9號(1920年10月9日)

²⁸ 木柵農會，《80週年紀念特刊》，民國88年出版，頁21。

²⁹ 林能士總纂，《深坑鄉志》，頁277-282。

表2 黃連山派下日治時期各房擔任農會職務表

| 人名 | 房別 | 字行 | 擔任職務 |
|-----|----|-----|------|
| 黃則乞 | 三房 | 則字輩 | 理事 |
| 黃則水 | 二房 | 則字輩 | 理事 |
| 黃則虎 | 二房 | 則字輩 | 理事 |
| 黃文章 | 長房 | 則字輩 | 理事 |
| 黃則芸 | 四房 | 則字輩 | 監事 |
| 黃梧桐 | 四房 | 奕字輩 | 理事 |
| 黃四川 | 四房 | 奕字輩 | 理事主席 |
| 黃奕成 | 五房 | 奕字輩 | 監事 |
| 黃奕守 | 三房 | 奕字輩 | 理事主席 |

資料來源：《深坑地區農會歷屆負責人名錄》

(二) 黃重殊派下

宗河弟祖濤，為同治癸酉年秀才，隨兄抗法撫番，因功加同知銜，後擢滬尾守右營千總。日人領臺後，任保良局長，後任深坑廳參事。宗河之侄黃德隆，經營茶葉生意及開煤礦、金礦而致富，遂起造三層樓高的德興號，用材及雕刻十分講究，傲視當時深坑地區。德隆曾任石碇庄協議會員、深坑庄協議會員，並擔任深坑信用組合（農會前身）組合長，為地方知名商業鉅子。德隆女婿林倪揚，繼德隆之後擔任深坑信用購買販賣利用組合（農會前身）組合長及深坑庄協議會員，並設立深坑茶葉組合，亦為地方著名士紳。³⁰

大致而言，黃重殊派下人數雖不如黃世賢派下之眾多，但其表現亦不遑多讓。在第一代黃重殊時，經營茶葉致富，即已定著此家族之商業性格。第二代黃宗河，雖一度繼承父業，後卻與其弟祖濤共同抗法、撫番，創下奇勳。宗河為清代深坑的地方人士中官位最高者，乙未鼎革之際，宗河遠去廈門，祖濤則留臺，與日人合作，以維繫其家族勢力於不墜。至第三代黃德隆時，已躍居深坑茶業之巨擘，並插手金礦等業，確立其家族在深坑的商業龍頭地位。其一手創立深坑信用組合，使其家族數十年來一直是深坑農會最重要的一股勢力。

(三) 張啟賞家族

張啟賞家族於日治初期出了一個有名人物，就是張建生，他擔任深坑庄庄長，以抗日義軍來襲時，庇護日人有功，頗受日人重用。後歷任深坑區街長、深坑庄協議會員，以及深坑信用組合長。其姪張迺喜曾任深坑庄助役，及深坑信用組合理、監事，此外，張建生之子張迺顯亦擔任深坑公學校訓導。

(四) 陳姓宗族

日治時期，陳姓有多人從事地方公職服務，如陳風爐擔任萬順寮保甲的保正，視腳坑陳氏家族的陳泉，先在深坑廳擔任巡查補，後擔任深坑庄役場書記。陳讚煌擔任深坑公學校訓導，後並擔任深坑庄協議會員。陳蠡斯擔任深坑庄役場會計役。此外，

³⁰林能士總纂，《深坑鄉志》，頁282-283。

旺耽陳姓以陳秋菊、陳捷陞最有名，陳秋菊在光緒年間就已嶄露頭角，其時已是旺耽庄地方頭人。法軍侵臺，陳秋菊曾募義勇抗法，蒙清廷賞授四品軍功頂戴雙花藍翎。日人領臺後，又與陳捷陞組義軍抗日，因勢蹙而先後降日，日人給予樟腦專賣之權，秋菊由是漸富，家產達三萬日圓。陳捷陞降日，出任石碇庄長及石碇信用組合長，自己又經商得法，擁有一些公司，在石碇地方為最傑出人物。³¹

參、戰後木柵宗族在政治上的發展

一、從木柵鄉到文山區

民國35年(1946)，深坑鄉（含深坑、木柵、景美）由鄉代會選出第1屆鄉長、副鄉長，鄉長、副鄉長當選人為許成重、蔡德地。民國39年3月，原深坑鄉分鄉後，木柵鄉、景美鎮脫離深坑鄉獨立，實施縣市地方自治。行政組織設鄉、鎮公所，景美鎮置鎮長1員，木柵鄉置鄉長1員，均由鎮、鄉區域內公民選舉產生，任期2年。³²

民國56年（1967）臺北市改制為院(直)轄市後，將陽明山管理處所轄之北投、士林及臺北縣之內湖、南港、木柵、景美6鄉鎮劃入臺北市，並於57年7月實施。民國79年（1990）3月臺北市調整行政區域，將原有16區合併為12區，景美、木柵合併為文山區，設區長1員，改由官派。³³

以下將木柵歷屆鄉長、鄉代會主席、區長列表並分析其家族背景

表3 臺北縣木柵鄉歷任鄉長一覽表

| 任次 | 姓名 | 到任職日 | 卸任日期 | 家族背景 |
|----|-----|--------|--------|--------------------------|
| 1 | 許成重 | 39年3月 | 39年10月 | 許宗關家族第八代 |
| 2 | 許成重 | 39年10月 | 40年6月 | |
| 3 | 張乾生 | 40年7月 | 42年6月 | 張氏長房長元忠派下，來臺祖光龍，此派下通稱四美房 |
| 4 | 張乾生 | 42年7月 | 45年6月 | |
| 5 | 周水柳 | 45年7月 | 49年1月 | 溝子口周氏宗族 |
| 6 | 張榮森 | 49年1月 | 53年3月 | 張氏長房長元忠派下，來臺祖光美 |
| 7 | 張榮森 | 53年3月 | 57年6月 | |

資料來源：《臺北文獻》，直字第73期，頁73-4。詹瑋，〈張氏宗族在臺北市木柵的拓墾初探〉，《東南學報》29期（民94年12月），頁158。

³¹林能士總纂，《深坑鄉志》，頁283-284。

³²詹瑋總纂，《臺北市文山區志》（臺北市，文山區公所，民95年），頁74。

³³詹瑋總纂，《臺北市文山區志》，頁70-71。

表4 臺北市木柵區歷任區長一覽表

| 任次 | 姓名 | 到任職日 | 卸任日期 | 備註 |
|----|-----|-------|-------|----|
| 1 | 張榮森 | 57年7月 | 60年5月 | 派任 |
| 2 | 許培聰 | 60年5月 | 62年6月 | 派任 |
| 3 | 張朝國 | 62年6月 | 69年6月 | 派任 |
| 4 | 曹重識 | 69年6月 | 72年6月 | 派任 |
| 5 | 陳進陽 | 75年6月 | 76年8月 | 派任 |
| 6 | 葉良增 | 76年8月 | 79年3月 | 派任 |

資料來源：詹瑋總纂，《臺北市文山區志》，頁244。

表5 臺北縣木柵鄉民代表會歷屆主席、副主席一覽表

| 屆次 | 成立日期 | 主席 | 副主席 | 備註 |
|----|--------|------------|-----|--------------------------|
| 1 | 39年10月 | 張乾生 周水柳 | | 張氏長房長元忠派下，來臺祖光龍，此派下通稱四美房 |
| 2 | 42年3月 | 周水柳 | | |
| 3 | 44年6月 | 周水柳 | | |
| 4 | 47年6月 | 張炎虎 | 高添丁 | 張姓宗族，通稱山腳派下 |
| 5 | 50年6月 | 張炎虎 | 陳運麟 | |
| 6 | 53年6月 | 張拔川 | 高水源 | 張姓宗族 |

資料來源：詹瑋總纂，《臺北市文山區志》，頁245。

從表3分析，木柵鄉時期七任鄉長中有四任為張姓族人，其中張乾生和張榮森均為兩任，兩人均屬長房長元忠派下。許成重擔任兩任鄉長，他是來自坡內坑的許宗闕家族。而另外一位周水柳則是溝子口的周氏宗族。張榮森也成為木柵鄉改制為木柵區的首任區長。

從表5來看，除了周水柳在六屆代表會主席中占了兩屆半（張乾生做了一半就去當鄉長），其餘均為張氏宗族。

木柵區農會最早在日大正7年(1918)9月26日設立許可，由張德明先生邀集地方士紳組織木柵信用組合，並擔任組合長。大正11年張德明先生過世，由其子張福堂先生繼任並更名木柵信用購買利用販賣組合。張福堂擔任組合長達22年之久。民國33併入深坑庄農業會。戰後深坑庄改深坑鄉，由林黃鐘、張初生、黃奕守先後擔任農會理事長。³⁴民國39年分鄉後，歷任理事長及總幹事名單如下：

³⁴木柵區農會，《木柵區農會80週年紀念特刊》（臺北市：木柵區農會，民88年出版），頁6。

表6 木柵區農會歷任理事長

| 屆別 | 姓名 | 期間 |
|-------------|-----|---------|
| 第一屆 (木柵鄉農會) | 陳興旺 | 民42年 |
| 第二屆 | 鄭河南 | 民43-45年 |
| 第三屆 | 高茂枝 | 民46-48年 |
| 第四屆 | 高茂枝 | 民49-51年 |
| 第五屆 | 張文堂 | 民52-54年 |
| 第六屆 | 陳牛埤 | 民55-56年 |
| 第一屆 (木柵區農會) | 陳牛埤 | 民57-59年 |
| 第二屆 | 高茂枝 | 民60-64年 |
| 第三屆 | 張文堂 | 民65-69年 |
| 第四屆 | 王清連 | 民70年 |
| 第五屆 | 龐萬 | 民74-78年 |
| 第六屆 | 高炎樹 | 民78-82年 |
| 第七屆 | 高天助 | 民82-85年 |
| 第七屆 | 張萬福 | 民85-86年 |
| 第八屆 | 鄭明圳 | 民86年 |

資料來源：木柵區農會，《木柵區農會80週年紀念特刊》（臺北市：木柵區農會，民88年出版），頁13。

表7 木柵區農會歷任總幹事

| 屆別 | 姓名 | 期間 |
|-------------|-----|---------|
| 第一屆 (木柵鄉農會) | 陳明麟 | 民42年 |
| 第二屆 | 陳興旺 | 民43-45年 |
| 第三屆 | 許再添 | 民46-48年 |
| 第四屆 | 許再添 | 民49-51年 |
| 第五屆 | 許再添 | 民52-54年 |
| 第六屆 | 許再添 | 民55-56年 |
| 第一屆 (木柵區農會) | 許再添 | 民57-59年 |
| 第二屆 | 許演隆 | 民60-64年 |
| 第三屆 | 許演隆 | 民65-69年 |
| 第四屆 | 許演隆 | 民70年 |
| 第五屆 | 許演隆 | 民74-78年 |
| 第六屆 | 許演隆 | 民78-82年 |
| 第七屆 | 張懋松 | 民82-86年 |
| 第八屆 | 張懋松 | 民86年 |

資料來源：木柵區農會，《木柵區農會80週年紀念特刊》（臺北市：木柵區農會，民88年出版），頁15。

從木柵農會理事長名單來看，似乎是各姓輪流擔任，以高姓為多，占其中五屆，而高茂枝一人就擔任三屆。張姓占三屆，而張文堂就擔任二屆。陳姓占三屆，而陳牛

埠就擔任二屆。陳興旺和陳牛埠是同祖父的堂兄弟。³⁵

從木柵農會總幹事名單來看，十四屆總幹事，許姓占十屆，其中許再添和許演隆為同曾祖父的堂兄弟，均為許宗關家族的第九代，³⁶兩人各擔任五屆。張懋松擔任三屆。

農會總幹事是農會中實際掌權者，許宗關家族在戰後，長期掌握木柵農會的發展，對木柵農業經濟發展有其重要的影響。

肆、戰後深坑宗族在政治上的發展

民國34年，臺灣光復，國民政府接收臺灣，將日治時期的各級地方行政組織加以更名，原有的州、廳改設縣、市，郡改設為區，街庄改為鄉鎮。此時深坑庄改名為深坑鄉，下轄木柵、景美、深坑。在地方自治實施前，深坑鄉在民35年、37年舉行兩屆鄉長選舉，鄉長、副鄉長當選人均為許成重、蔡德地。³⁷

至民國39年，原深坑鄉分為木柵鄉、景美鎮、深坑鄉3個鄉鎮，此時的深坑鄉無論在人口和土地面積上均大大減少，成為臺北近郊的一個小鄉鎮。

以下將深坑戰後各宗族在政治上之表現製表，以為分析之用。

表8 深坑戰後宗族發展表

| 姓名 | 戰後擔任職務 | 宗(家)族背景 |
|-----|-------------------------|-----------------|
| 黃奕守 | 深坑鄉一、二、三屆鄉長 | 深坑黃連山三房派下 |
| 黃世濊 | 深坑鄉四、五、八、九屆鄉長、臺北縣議員 | 深坑黃連山三房派下，黃奕守堂侄 |
| 黃四川 | 農會理事長、鄉民調解委員會主席 | 深坑黃連山四房派下 |
| 黃奕爐 | 深坑鄉民代表會主席 | 深坑黃連山二房派下 |
| 高銘木 | 深坑鄉民代表會主席、深坑鄉第六、七屆鄉長 | 高氏宗族上派四房 |
| 高銘金 | 深坑鄉第十四、十五屆鄉代會主席 | 高氏宗族上派四房、高銘木之弟 |
| 高福仁 | 台北縣議會主任秘書 | 高氏宗族上派四房 |
| 高金五 | 臺北縣第三、四、六、八屆議員、景美集應廟管理人 | 高氏宗族下派四房 |
| 高萬居 | 深坑鄉四至六屆鄉民代表 | 高氏宗族下派四房 |

³⁵ 陳石編，《陳氏族譜》（臺北市：編者自印，民80年3月），頁95、102，兩人祖父為陳條目。

³⁶ 祭祀公業許太嶽管理委員會編，《許太嶽渡台宗瑤公宗關公宗琴公世系族譜》（臺北：該會，民國81年12月），頁1，宗關祖派下系統表，兩人曾祖父許友意，為許友貢堂兄弟。

³⁷ 林能士總纂，《深坑鄉志》，頁171。

| | | |
|------|----------------------------------|----------------|
| 高庚辛 | 深坑鄉九、十屆鄉代會主席 | 高氏宗族下派四房，高萬居之子 |
| 高廖鳳嬌 | 深坑鄉十一至十三屆鄉民代表，十三屆鄉代會副主席 | 高庚辛弟媳 |
| 高鄔梅英 | 深坑鄉十五至十七屆鄉民代表，十七屆鄉代會副主席；第十五屆深坑鄉長 | 高庚辛二媳 |
| 鄭清海 | 深坑鄉一至五屆鄉民代表，深坑農會理事長 | |
| 陳忠立 | 深坑鄉三至七屆鄉民代表 | 陳秋菊之孫 |
| 林奕僊 | 深坑鄉農會第四至第七屆、深坑地區農會第一至第五屆總幹事 | 深坑抗法名將黃宗河外曾孫 |

資料來源：林能士總纂，《深坑鄉志》，頁157-168，頁278-285。鄭昭雄提供，（鄭清海先生生平事略）。詹瑋總纂，《深坑鄉志續編》，頁221-222。

在戰後，黃世賢家族仍積極參與地方政治，黃奕守自39年起擔任深坑鄉分鄉後第一、二、三任鄉長，黃世濊更擔任四、五、八、九屆鄉長及臺北縣第七屆議員，兩人均屬黃連山三房派下。黃奕爐曾擔任代表會主席，他為黃連山二房派下。農會方面，黃奕守、黃四川均曾擔任理事主席，黃四川為黃連山四房派下。在地方政壇而言，黃氏族人具有一定程度的影響力。

在黃重殊派下而言，其發展重心仍在農會。黃宗河之外曾孫林奕僊（林奕僊之母為黃宗河孫女），於戰後擔任深坑農會連續九屆的總幹事，任期長達34年，在地方上亦屬異數。黃宗河之孫，黃啟富曾任第七信用合作社總經理，啟富子光政，曾任臺北市農會總幹事。黃宗河女婿林佛國，曾任臺北縣文獻委員會副主任委員。

戰後高家開始步入地方政壇，其中以上派四房最有成就。高銘木先後擔任三、五、六、七屆鄉代會主席及第六、七屆深坑鄉長。其三弟高銘金則擔任三任之鄉代及第十四、十五屆鄉代會主席。同一房的高福仁曾任臺北縣議會主任秘書。而下派四房的高金五，曾任數屆臺北縣議員。此外，下派四房的土庫高家亦是戰後崛起的政治世家。高萬居從民國42年開始，即連續擔任深坑鄉第四、五、六屆鄉民代表。其子高庚辛當過第九、十屆代表會主席，其弟媳高廖鳳嬌從第十一屆至第十三屆連任鄉民代表，並擔任第十三屆副主席。其子高鴻源亦擔任第、十三屆鄉民代表。其二子當選第十五屆鄉代，二媳婦高鄔梅英從第十五屆至十七屆均連任，且擔任鄉代會副主席，並於94年當選第十五屆深坑鄉長。高庚辛四子高建發又當選+八屆鄉代，保持了土庫高家在鄉代會中不缺席的記錄。³⁸而炮仔崙的高新興也當過兩屆鄉代。高氏宗族在戰後儼然形成一股政治勢力，在地方上與黃派分庭抗禮。

旺躉陳家在戰後有陳秋菊之孫陳忠立，曾擔任深坑鄉三至七屆鄉民代表。此外，鄭清海擔任深坑鄉一至五屆鄉民代表，以及深坑農會理事長。³⁹

³⁸詹瑋採訪，〈高炳楠訪問紀錄〉，民國98年8月12日。

³⁹鄭昭雄提供，（鄭清海先生生平事略）。

伍、結論

深坑在乾隆年間開闢，最早參與拓墾的，是吳、高、陳、張、黃幾個大姓。其中以高姓表現較為突出，高培吉率高姓族人設立萬順寮隘，防禦原住民進襲，又向原住民贖得土地開闢深坑庄。從高培吉、高槐青、高陽三代都擔任隘首，是開闢初期官方承認的地方領袖。

黃世賢家族在乾隆時期來到深坑，人丁眾多，力田致富。光緒年間，黃家擁有土地已擴張至文山及大臺北地區了。有清一代，黃家為地方富豪之家。

黃重殊家族在清代以經商為主，但黃宗河以抗法及撫番之軍功升為游擊，其弟黃祖濤中過秀才，以軍功加同知銜，又升為千總。該家族是清代深坑地區有功名的官宦人家。

陳敬家族在乾隆時期來到旺艸，到其孫陳秋菊時在光緒十五、六年擔任過深坑街庄長，又因抗法授五品軍功，在深坑地區功名僅次於黃重殊家族。

日治時期，黃世賢家族由於身家豐厚，子弟能受良好教育，逐漸崛起，參與公共事務，無論是保正、庄協議會員、信用組合理事等，均有不少家族成員參加，表現十分亮眼。此外就是黃重殊家族，擔任深坑廳參事、庄協議會員，又創立深坑信用組合、深坑茶葉組合，帶動深坑經濟。

戰後，黃世賢家族仍執深坑政治之牛耳，第一、二、三、四、五、八、九屆鄉長均為黃連山派下三房的黃奕守、黃世濊兩人包辦，第十二屆鄉長黃明和亦屬黃派。其次為高氏宗族，擔任第六、七屆鄉長的高銘木，與第十、十一屆鄉長的張書銘（屬高派），和第十五屆鄉長以及第一屆區長的高鄔梅英，再加上高銘金、高庚辛、高炳楠、高鴻源、高炳來等鄉代，可見戰後高氏宗族的影響力逐漸增加。

木柵在清末有張氏宗族的張德明擔任地方總理，張李成因軍功獲賞都司，是地方上的名人。日治時期為張德明家族最風光之時，從大正10年至昭和19年間，深坑庄長除了有7年是劉軟綱擔任，其餘17年都是張德明、張福堂父子擔任。⁴⁰木柵信用組合也是由張德明創立，並擔任組合長，之後張福堂擔任二十二屆組合長。

戰後張德明家族似乎不再風光，代之而起的是同為張氏宗族的張乾生，他擔任木柵鄉鄉代會主席、木柵鄉鄉長、臺北縣縣議員，其堂兄張初生擔任深坑農會理事長。另外張氏宗族的張榮森也擔任兩屆鄉長與臺北縣縣議員，並且成為木柵區第一任區長。而木柵鄉鄉代會主席也大部分為張氏宗族包辦。另外坡內坑許宗關家族的許成重也擔任兩屆鄉長，是表現僅次於張氏宗族的。

基本上戰後有20年時間是張氏宗族在政治上的黃金時期，直到民國57年木柵鄉併入台北市，區長改為派任為止。之後木柵只出過張元成、（市議員）高宗信（立委）兩位民選代表為當地的宗族出身，併入台北市後其實對宗族政治是有其影響的。

至於農會系統方面，則由大部分由木柵坡內坑許宗關家族掌控，木柵農會歷任總幹事中許再添（任五屆）、許演隆（任五屆）均是出身許宗關家族且久任達36年。

⁴⁰臺灣總督府編，《台灣總督府職員錄》，大正10年~昭和19年。

比較戰後深坑與木柵的各個宗族在政治上的發展，其實有相異之處也有同之處。首先是相異之處：

1深坑由於在民國99年才因新北市升格而成為一個區，戰後長達60年的選舉，在地方上形成了黃派與高派，兩派輪流執政，而黃派略勝一籌，宗族政治影響強烈。木柵在戰後20年為張氏宗族占優勢時期，因在民國57年併入台北市，使宗族政治提早結束。

2深坑日治時期風光一時的黃世賢家族，戰後仍繼續保持其優勢；木柵的張德明家族在日治時期久任深坑庄長，但在戰後似未能延續。前者族人眾多是否是形成差異之因？

其次談相同之處：

1深坑與木柵的農會總幹事似乎都有久任的趨勢，易為同一派系或家族掌握。而木柵是坡內坑許氏家族，深坑則為黃重殊家族。

2外來人口其實對兩地都造成影響。木柵近二十年來當地宗族雖有人出來參選市議員然均告落選。深坑也出現澎湖籍的鄉長呂玉環，高郵梅英為屏東人。可見人口結構的改變對宗族政治造成影響。

附錄一 古今地名對照表

| 古地名 | 今地名 |
|------|----------------|
| 萬順寮溪 | 景美溪 |
| 萬順寮 | 今新北市深坑區萬順、萬福兩里 |
| 麻竹寮 | 今新北市深坑區升高里麻竹寮 |
| 阿柔坑 | 今新北市深坑區阿柔里 |
| 升高坑 | 今新北市深坑區升高里 |
| 土庫庄 | 今新北市深坑區土庫里 |
| 炙仔頭 | 今屬新北市深坑區升高里 |
| 木柵 | 今臺北市文山區木柵里、木新里 |
| 坡內坑 | 今臺北市文山區博嘉里 |
| 馬明潭 | 今臺北市文山區明興里 |
| 港墘 | 今臺北市文山區樟新里 |
| 溝子口 | 今臺北市文山區華興里 |
| 頭廷魁 | 今臺北市文山區萬興里 |
| 樟腳 | 今臺北市文山區樟腳里 |
| 阿泉坑 | 今臺北市文山區老泉里 |

附錄二 古今職務對照表

| 古職 | 今名 |
|----------|----------------------|
| 隘首 | 出錢出力處理隘務，為初墾時期地方領袖 |
| 保正 | 今里長 |
| 庄協議會員 | 類似地方民意代表，如鄉民代表 |
| 庄役場 | 即今之鄉公所 |
| 庄役場書紀 | 即鄉公所秘書 |
| 庄役場助役 | 即鄉公所主任秘書 |
| 大坪林水利組合長 | 大坪林水利會理事長 |
| 同知 | 在知府之下所設輔佐官吏，可以管理地方 |
| 右營千總 | 千總是清代軍隊中下級官弁 |
| 保良局長 | 日治時期地方剿匪所設自衛組織保良局之局長 |
| 廳參事 | 日人在廳治時期，各廳設參事，為顧問職 |

參考文獻

中文資料

1. 木柵區農會，《木柵區農會80週年紀念特刊》（臺北市：木柵區農會，民88年出版）
2. 林能士總纂，《深坑鄉志》（臺北縣：深坑鄉公所，民國86年10月）
3. 祭祀公業許太嶽管理委員會編，《許太嶽渡台宗珪公宗關公宗琴公世系族譜》（臺北：該會，民國81年12月）
4. 陳石編，《陳氏族譜》（臺北市：編者自印，民80年3月）。
5. 張成枝編，《祭祀公業張雙慶張姓家譜》（深坑：編者自印，民國82年）
6. 劉澤民編，《臺灣總督府檔案平埔族關係文獻選輯續編》（上冊）（南投市：國史館臺灣文獻館，民國93年5月）
7. 劉寧顏總纂，《重修臺灣省通志》（南投：台灣省文獻委員會，1992），卷七，（政治志·議會篇·選舉罷免篇）
8. 臺北縣文獻委員會編纂，《臺北縣志》（臺北縣：該會，民國49年出版；臺北：成文出版社，民國72年3月臺一版）
9. 詹瑋總纂，《臺北市文山區志》（臺北市，文山區公所，民95年）

日文資料

1. 文山郡役所，《文山郡管內要覽》（臺北：文山郡役所，1931）
2. 伊能嘉矩編，《大日本地名辭書續編，第三，臺灣》（東京：富山房，深坑廳編，1909）
3. 《深坑廳第二統計書》（臺北：臺灣日日新報社，1907年3月）

我國體育班經營之探討

THE DISCUSS OF THE OPERATING OF PE CLASS IN SCHOOL

陳振幫¹ 郭明珍²

Zhen-Help Chen¹ Ming-Cheng Kuo²

¹台北市立大學 運動教育研究所 ²東南科技大學 體育室

摘 要

在這一時代不斷快速改變的社會情境中，學校體育班經營要成功，老師、學生、學校有關單位及家長都應互相配合努力，彼此都是不可缺少的一分子，要如何獲得成功就要靠大家的同心協力。因此在學校體育班經營中應秉持著下列的理念：引導學生學習、了解學生的個別差異、注重生活品德教育、訓練學生自我管理、培養學生正確的價值觀、成為班級一份子。而具體策略包括：建立體育班基本資料、設定體育班常規管理、隨時了解學習狀況、鼓勵多讀不同的書、才藝表演與比賽多元化、善用獎勵制度等，才能成為一個活潑有特色的體育班。

關鍵字：體育班、經營

Abstract

Under the times that things ever changed, to operate a successful PE class takes the effort of teacher, student, school and parent, each of them is indispensable. Operating the PE class is no different than piloting the boat, everyone gathers together to experience the battered by the wind and the rain and takes everyone to pull together to reach the paradise. So, operating a successful PE class takes guiding the students, understand the difference of each student, and focus on the morals learning, training the students to be self-control, to cultivate students the proper values to become one part of the class. To become a vigorous PE class with own characteristic takes some specific tactics, which are basic date of the PE class establishing, set up the management rules of the PE class, have a good grasp of the student's learning situation, encourage the students to study variety books, diverse match items and accomplishments also require making good use of the reward system.

Key words : Physical Education of a School, management

壹、緒論

一個活潑有特色的學校體育班，永遠是學生的快樂天堂，曾幾何時學校已由莘莘學子的至愛淪為拒絕學校小子的最恨，而好壞端賴學校體育班經營得法與否。優質的學校體育班經營能把學生的心牽引的更緊密，能把師生的心連接的更和諧，進而創造出獨有的班級特色，讓教學更具生命力，使學生能永遠以活潑、好奇的心去挖掘班級的寶藏，用心、用愛去關懷班級的人與事。經營一個學校體育班就像操控一條船一樣，大家同在海上，共同面對風吹雨打，一起航向一個未知的未來，要如何到達成功目標就要靠大家同心協力了。因此在學校體育班經營中如何了解學生的個別差異、引導學生學習、訓練學生自我管理、培養學生正確的價值觀等都是非常重要的，要能懂得去體諒及感激他人，且有為人服務的精神，懂得去珍惜和擁有(林志成，2000)。

現今的教育不單是學校教師或學生的問題，而是整個家庭社會問題，因此結合整個家長及社區力量是必須的，多讓家長了解孩子在學校的表現，讓家長有更多的方式表達對孩子的關心，這樣的成長環境應是最完整的，也可以結合社區活動讓大家共同體驗進步(陳木金，1999)。孩子健康、快樂的成長是我們共同的希望，而我們就是成長的推動者，肩負的責任需要大家一起來負擔。

貳、如何推動學校體育班經營特色

相信大家求學中一定有聽過某某班體育很厲害，所以在運動會時一定就會是拿總冠軍的班，這就是那個班的特色。班級特色的推動其實只靠導師一個人的力量是不夠的，也要學生的配合，所以往往所謂的體育班特色並不是一天二天就能形成的，是要靠師生的力量長期一起努力，讓別人來肯定它的。所以一位老師在剛接手經營這個體育班時，就應該先計劃好如何去經營它。至於如何經營，可從整體性、適應性、啟發性、合作性、創新性、優先性等來著手：

班級是學生學習的大環境，任何體育班經營都應該以謀求班級整體發展為導向，諸如運動場地的佈置、運動設備的擺設、體育班級常規的管理……等，除了應顧及大多數同學的需求之外，更要表現出該班級的特色。教育的功能在於增進學生知識的獲得、人格的養成，使學生能夠成為健全的個體。而學生來自不同的遺傳和環境，各有其不同的興趣、性向及需求，教師為使每位學生都能得到適當的教育，使其潛能能夠獲得充分的發展，教師體育班級經營時，就不能不顧及學生「個別差異」的事實，諸如體育教學方法、教材內容、評量、場地環境布置……等，最好能適應學生的需求。教師教學時不能只讓學生被動地去吸引知識，應該啟發學生的思想引導學生去解決問題。同樣地教師體育班級經營時可採用啟發式教學法，即使是室內的體育教學亦可採用；再則場地的布置亦可布置成圓圈的形式方便學生自學。此外，體育常規的管理不一定要採用規定訓誡的方式，利用角色扮演及示範學習亦是相當可行的方式(引述自海克、威廉，1999)。體育班是師生共同組成的小型社會，為增進學生的參與感及情感，教師處理班級各項事務，如場地環境布置、學生自由活動推展、學生自治公約的訂定、體育教學活動的設計……等，應讓學生有表達意見和參與討論的機會，相信在師生共同合作下，必能形成良好的體育班級氣氛，進而建立良好的學習環境。學校教育是培養個人創造力的最佳場所，而體育班教學則為學校教育最重要的施教方式，為了

培養有創造力的個體，便需要一個有創造性的環境。所以教師進行體育班經營時，如體育教學環境的設計和布置，或者體育教學方式，便不能不顧及創新性，不能流於呆板、形式、缺乏變化，否則會產生有怎麼樣的環境，就有怎麼樣的學生。體育班經營可視為一種有計畫安排和處理的班務活動，而班務活動小至集合隊形安排，大至體育教學活動設計等都需要加以組織和計畫。因此教師便須決定體育班級活動的重點，此即優先次序的安排。所以體育班級經營的處理應考慮事情的輕重緩急。

以上乃是就學校體育班經營的特性作一扼要說明，事實上教師經營體育班時切勿好高騖遠，應以具體可行作為優先考慮，同時也宜針對處理班級情形隨時提出檢討，作為改進之參考。

參、如何讓學校體育班教學更具生命力

學校老師的體育教學主要的目的就引發學生的興趣，讓學生能進一步想要了解它，使體育教學更有生命力。傳統的體育教學已經不符合這個時代學生所需求，現代的體育教學所著重的，不只是課程內容，更重要的是老師使用的方法、器材。至於要使用何種方法與器材，能讓教學更具生命力，可參考以下的方法(林進材，1998)：

- 一、學校體育班教學應隨時有變化：從千變萬化的體育活動，豐富體育課時間，凝聚師生的向心力。每週的體育活動，除訓練學生團隊合作、自律、有運動家的精神外，更培養學生對美、對人事物的詮釋能力。
- 二、學校體育班級教學場地佈置應生動活潑：體育教學佈置為了彰顯體育班的特色，應該向上與外延伸、發展，自場地整潔、綠化、清查到維護。運動設施除兼具美化與教學資源外，同時也是孩子們認養、美化的寶貝，為學生們的最愛。
- 三、學校體育班教學應有適當且生活化課後功課：學科抄寫的家庭作業總是讓孩子淪為打字器，進而退避三舍，為了延伸生活化的學校教育，適量的體育家庭功課，邀集全家每天做呼拉圈運動，也是每個孩子每天的固定作業，樂趣、全家化永遠是體育班的特色。
- 四、學校體育班級教學應酌量安排校外活動：再精彩的運動情節、再重要的課程內容，都無法滿足孩子的心，體育教學考試後設計些膾炙人口又不違逆校規的校外活動，如烤肉活動，讓學生學到如何放鬆自己與如何幫助別人。
- 五、學校體育班級教學應設置榮譽制度：張貼特別設計引人入勝的英雄榜，榜上的英雄是在全班同學規範下力爭上游脫穎而出的，版面雖小卻會有潛移默化、見賢思齊的結果。
- 六、學校體育班級教學應適時融合不同課外教學：重視如何適應社會變遷，把握特質以開發腦力及激發潛能，因此舉凡民俗、科學、書報雜誌上所介紹之新式創意活動或有關體育活動新穎素材，均稍加變更設計而應用於體育教學上。

肆、有效學校體育班經營具體策略

學校體育班經營是每位老師在接到一個班級時所需面對處理的一個重大課題，幾乎每位體育老師都有一個具體概念，打算如何經營這個新帶的班級？而這個經營概念往往都是日積月累多年教學經驗所得，但如何有效經營體育班級？是一個很大的學問。以下便提供幾個具體策略(熊智銳，1994)：

- 一、建立體育班基本資料：剛接到一個體育新班級時，學生的面孔是似曾相識，卻叫不出他們的名字，尤其是對姓名的記性最差的老師，非得經過一個多禮拜方能讓他們對號入座，所以第一天需要分發一張個人資料調查表給學生請他們填寫，以便整理做體育班級學生資料一覽表。在收回資料時，順便調查緊急聯絡電話與送醫院的意願調查，在出現狀況時，或是對外比賽有一些特別狀況時，是絕對用的到的。
- 二、學校體育班經營要討論設立基本班規：體育常規管理主要在處理學生行為上的問題，有好的常規管理就能協助導正學生偏差的行為，預防突發事件的發生，進而營造出好的學習環境(黃政傑、李隆盛，1998)。
- 三、學校體育班經營要隨時了解學生學習狀況：針對學習狀況時時做關心與了解，以便更充分了解學生的學習情形，並作為跟家長聯絡的依據(引述自林月娥，1999)
- 四、學校體育班經營要多鼓勵學生閱讀課外書籍：要求他們多看不同的書，養成好的讀書習慣，多讀書不僅能充實內涵增廣視野，而且受到書香的薰陶能教化心靈，改變一個人的品格。因此應經常鼓勵他們借書來看，除了讓他們確實吸收書中的精髓外，也希望能訓練他們語文的表達能力。
- 五、學校體育班經營要多鼓勵學生參加比賽或表演活動：在他們學習過程中給予肯定與鼓勵，如果在對外比賽或表演中能有好表現或成績，更能激發他們學習的意願，也是對自己能力的肯定。勉勵他們不要怕失敗多去嘗試。如果失敗了從其中檢討得失，作為我們學習努力的目標，讓下一次，更接近成功。
- 六、學校體育班級經營應善用獎賞方法：在體育班級經營裡獎勵制度的施行佔非常重要的一環，它是促使學生遷過向善奮發上進再接再勵的動力，老師如能善用將能使理想的實現更易達成，相信每位老師都有他的施行方式，只要行之有效都是好的制度。

伍、結論

一個體育老師的教學行政與領導風格，會影響到整個學校體育班經營，因此在這一時代不斷改變的社會情境中，學校體育班經營要成功，老師與學生及學校有關單位都應互相配合努力，彼此都是不可缺少的一分子。

參考文獻

1. 林月娥(1999)。班級經營有一套。台北市：聯經出版事業公司。
2. 林志成(2000)。體育科班級經營行動知識之探究。國立台灣體育學院學報，7，67-96。
3. 林進材(1998)。班級經營理論與策略。高雄市：復文圖書股份有限公司。
4. 桂冠前瞻教育叢書編譯組譯(海克、威廉著)(1999)。教師角色。台北市：桂冠圖書股份有限公司。
5. 陳木金(1999)。經營班級。臺北市：揚智文化。
6. 黃政傑、李隆盛(1998)。班級經營-理念與策略。臺北市：師大書苑。
7. 熊智銳(1994)。開放型的班級經營。臺北市：五南圖書股份有限公司。

長榮女中學生體適能差異比較

Comparative of Chang Jung Girl's Senior High School students' physical fitness differences

蘇士勛¹ 陳金海¹ 侯淑玲² 郭明珍³
Shih-Hsun Su¹ King-Hai Chen¹ Shu-Ling Hou² Ming-Cheng Kuo³

¹長榮大學 運動競技系 ²長榮女中 體育組 ³東南科技大學體育室
通訊作者：陳金海 mail:king@mail.cjcu.edu.tw

摘 要

本研究目的在比較長榮女中不同學年度一年級學生體適能的差異情形。研究是以長榮女中100、101學年度一年級學生為研究對象，測驗方法是採用教育部所訂定的方法為標準，項目包括身體質量指數、坐姿體前彎、屈膝仰臥起坐、立定跳遠、跑走800公尺。所測得之各項體適能成績以描述性統計、t-test 考驗統計方法進行分析。結果發現：長榮女中不同學年度學生體適能差異比較，在跑走800公尺方面，16歲及17歲學生都是101學年度顯著較100學年度來的好，一分鐘仰臥起坐方面，16歲學生以101學年度顯著較100學年度學生來的好，其他項目在不同學年度學生間差異則未達顯著水準。

關鍵詞：體適能、學生

Abstract

The purpose of this study is to compare the differences of physical fitness in the different annual of the first year student of Chang Jung Girl's Senior High School. The objects of this study are the 100 and 101 annual first year students of Chang Jung Girl's Senior High School. The test method is the use of the Ministry of Education setting the standard. The projects include body mass index (BMI), one minute sit-ups, sitting trunk flexion, 800 meters walk-run, standing long jump. The measured results of the physical fitness used the descriptive statistics and t-test statistical methods to analyze. The results showed that: comparative of different annual Chang Jung Girls Senior High School students' physical fitness differences. In the 800 meters walk -run, at the 16-year-old and 17-year-olds, 101 academic year students are significantly better than 100 academic year students. In one minute sit-ups, at the 16-year-olds, 101 academic year students are significantly better than 100 academic year students. In other projects, differences of different academic year are not reaching to a significant level.

Keyword : Physical Fitness 、 student

壹、緒論

一、研究動機

體適能一般可以區分為健康體適能（包含肌力與肌耐力、柔軟度、心肺耐力、身體組成等）及競技體適能（包含速度、反應時間、瞬發力、平衡、敏捷性、協調性等）兩大類，競技體適能為運動選手從事運動競技所需之能力，而健康體適能為一般大眾所需之能力。

有關健康體適能意涵，教育部（2012）指出健康體適能為身體適應生活、運動與環境的綜合能力；行政院衛生署與教育部將健康體適能視為構成健康的基礎要素，包括肌力與肌耐力、柔軟度、心肺適能等（許樹淵，2009）；體委會「國民體能檢測實施辦法」中將健康體適能定義為日常生活、促進健康、預防疾病所需具備的體能，包括肌肉力量、肌肉耐力、柔軟度以及心肺耐力等（郭緒東、張天長、汪在莒，2011）。一些學者專家亦對健康體適能提出相關看法，Lamb（1984）認為健康體適能是我們生活挑戰得以成功的能力，其組成要素包括身體組成、柔軟度、肌耐力、肌力和心肺耐力等（Caspersen, Powel & Christiansen, 1985）。健康體適能是個人健康良好而且有餘力從事休閒運動（Greenberg & Pargman, 1986）；健康體適能亦是我們為促進健康、預防疾病，進而從容應付日常生活所追求的能力，也是我們發展提升國家競爭力基本要件（方進隆，1993；1995）；林正常（1997）認為健康體適能是指能完成我們每天的活動而不致於過度疲勞，並且還有足夠體能應付緊急狀況，健康體適能亦即我們身體適應能力，是肌肉、血管、肺臟與心臟有效率運作的能力。而世界各國為提昇國民的體適能都積極採用許多的策略來推廣運動，如加拿大「動態生活計畫」；中國大陸「一二一全民健身工程」；我國教育部提升學生體適能中程計畫（333計畫）、推動中小學生健康體位五年計畫、快活計畫等（行政院體育委員會，1999）。而美國衛生機構於2010年將促進身體活動和體適能列為全民評估健康十大指標之首（Centers & Prevention, 2001）。

從上述健康體適能意涵及各國對健康體適能之重視，可以看出健康體適能對於我們生活之重要性。而學生時代是養成良好規律運動習慣、鍛鍊體能和提昇體適能的最佳時機（方進隆，1998），因此教育部相當注重體適能的發展，並且也自訂相關測驗項目，實施檢測與推展之工作，而在每年都會推出一系列相關活動，目的就是希望體適能在全國各校園來全面推展，尤其是在校園能讓學生養成終身運動的好習慣，在成長過程方能持續活動並保持基本體適能。

本校為建立學生終身運動習慣，每年均配合教育部推廣體適能活動，以培養學生基本體能，尤其是每學期開學均會安排各班學生做體適能檢測，讓學生了解個人體適能。雖然每年測驗後均會進行學生體適能基本分析，但是都沒有實際去瞭解比較分析不同學年度學生體適能之差異，而在體育課上課過程中，似乎發現今年的一年級學生其體適能似乎都還不錯，印象中似乎也好像比去年的一年級學生來的好，是以為了解上述問題，擬針對本校100及101學年度一年級學生體適能做一比較分析，以瞭解各項體適能是否有所差異，做為學校有關單位及體育課程之參考。

二、研究目的

本研究目的在比較不同學年度一年級學生體適能差異。

三、研究範圍

本研究是以長榮女中100及101學年度日間部一年級女學生計993人為研究對象，對受試者施以身體質量指數、坐姿體前彎、仰臥起坐、立定跳遠、跑走800公尺等項基本體適能測驗。

四、名詞操作性定義

(一)學生：

本研究學生是指長榮女中100、101學年度第二學期日間部一年級學生。

(二)體適能：

本研究體適能是指健康體適能，其組成要素包括身體組成、柔軟度、肌耐力、肌力和心肺耐力。

本研究體適能測驗項目包括：身體質量指數、坐姿體前彎、屈膝仰臥起坐、立定跳遠、跑走800公尺。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究以長榮女中100學年度第二學期日間部一年級女學生453人、101學年度第二學期日間部一年級學生女540人為研究對象。

二、測驗人員

本研究測驗人員由長榮女中體育教師擔任，有多年相關測驗經驗，在體適能相關測驗內容方法與操作程序上均參照教育部體適能檢測之程序與方法，事前並先做示範操作以統一施測方法減少人為誤差。

三、測驗時間與地點

測驗時間為開學後第二星期。地點為長榮女中體育館和運動場。

四、測驗項目

體適能測驗項目是依據教育部所訂定之項目，包括身體質量指數(身體組成)、坐姿體前彎(柔軟度)、一分鐘屈膝仰臥起坐(肌耐力)、立定跳遠(肌力)、跑走800公尺(心肺耐力)。

五、測驗方法

本研究依據教育部所訂定的標準化測驗流程(教育部，1996)來實施測驗。

六、資料處理

本研究以 SPSS for Windows 12.0版統計軟體進行統計分析，各項統計考驗之顯著水準定為 $\alpha=0.05$ 。統計方法包括描述性統計、t 考驗。

參、結果與討論

一、不同學年度學生體適能測驗基本統計

本研究將所測得之各項體適能資料進行初步整理，剔除因病、請假、身體不適等未完成所有體適能測驗之學生資料，依不同年度、年齡做基本整理分析，由於部分年齡之完整樣本數較少，因此未列入分析範圍，本研究以16歲、17歲學生為主要分析對象，求得個數、最小值、最大值、平均值、標準差，如表1~表4。

表 1 100 學年度 16 歲女學生體適能測驗基本統計表

| 測驗項目 | 個數 | 最小值 | 最大值 | 平均數 | 標準差 |
|-------------|-----|-----|-----|--------|-------|
| 身體質量指數(BMI) | 286 | 15 | 42 | 21.21 | 4.18 |
| 一分鐘仰臥起坐(下) | 286 | 10 | 50 | 27.84 | 7.33 |
| 坐姿體前(公分) | 286 | 2 | 59 | 32.21 | 10.46 |
| 跑走800公尺(秒) | 286 | 195 | 455 | 311.50 | 46.74 |
| 立定跳遠(公分) | 286 | 68 | 204 | 146.10 | 22.53 |

由表1可以知道，長榮女中100學年度16歲女學生健康體適能：身體質量指數(BMI)平均為21.21、一分鐘仰臥起坐平均為27.84下、坐姿體前彎平均為32.21公分、跑走800公尺平均為311.50秒、立定跳遠平均為146.10公分。

表 2 100 學年度 17 歲女學生體適能測驗基本統計表

| 測驗項目 | 個數 | 最小值 | 最大值 | 平均數 | 標準差 |
|-------------|-----|-----|-----|--------|-------|
| 身體質量指數(BMI) | 157 | 15 | 33 | 20.93 | 3.29 |
| 一分鐘仰臥起坐(下) | 157 | 10 | 51 | 28.53 | 7.85 |
| 坐姿體前(公分) | 157 | 2 | 55 | 31.83 | 11.49 |
| 跑走800公尺(秒) | 157 | 223 | 455 | 310.22 | 43.31 |
| 立定跳遠(公分) | 157 | 93 | 207 | 146.63 | 24.32 |

由表2可以知道，長榮女中100學年度17歲女學生健康體適能：身體質量指數(BMI)平均為20.93、一分鐘仰臥起坐平均為28.53下、坐姿體前彎平均為31.83公分、跑走800公尺平均為310.22秒、立定跳遠平均為146.63公分。

表3 101學年度16歲女學生體適能測驗基本統計表

| 測驗項目 | 個數 | 最小值 | 最大值 | 平均數 | 標準差 |
|-------------|-----|-----|-----|--------|-------|
| 身體質量指數(BMI) | 366 | 13 | 64 | 21.12 | 4.47 |
| 一分鐘仰臥起坐(下) | 366 | 7 | 59 | 31.08 | 8.42 |
| 坐姿體前(公分) | 366 | 5 | 60 | 33.30 | 10.34 |
| 跑走800公尺(秒) | 366 | 198 | 622 | 294.19 | 49.87 |
| 立定跳遠(公分) | 366 | 16 | 240 | 147.61 | 27.43 |

由表3可以知道，長榮女中101學年度16歲女學生健康體適能：身體質量指數(BMI)平均為21.12、一分鐘仰臥起坐平均為31.08下、坐姿體前彎平均為33.30公分、跑走800公尺平均為294.19秒、立定跳遠平均為147.61公分。

表4 101學年度17歲女學生體適能測驗基本統計表

| 測驗項目 | 個數 | 最小值 | 最大值 | 平均數 | 標準差 |
|-------------|-----|-----|-----|--------|-------|
| 身體質量指數(BMI) | 168 | 15 | 39 | 20.93 | 3.57 |
| 一分鐘仰臥起坐(下) | 168 | 1 | 60 | 29.24 | 9.59 |
| 坐姿體前(公分) | 168 | 5 | 58 | 33.20 | 10.80 |
| 跑走800公尺(秒) | 168 | 198 | 519 | 298.79 | 47.99 |
| 立定跳遠(公分) | 168 | 85 | 202 | 143.95 | 25.37 |

由表4可以知道，長榮女中101學年度17歲女學生健康體適能：身體質量指數(BMI)平均為20.93、一分鐘仰臥起坐平均為29.24下、坐姿體前彎平均為33.20公分、跑走800公尺平均為298.79秒、立定跳遠平均為143.95公分。

由以上分析結果得知，長榮女中不同學年度學生體適能分析結果，在16歲女學生健康體適能方面：身體質量指數、一分鐘仰臥起坐、坐姿體前彎、跑走800公尺、立定跳遠等項目都是以101學年度的學生表現較好。在17歲女學生健康體適能方面：身體質量指數項目兩個學年度（100學年度與101學年度）的學生表現差不多；一分鐘仰臥起坐、坐姿體前彎及跑走800公尺等三個項目則是以101學年度的學生表現較好；立定跳遠項目則是以100學年度的學生表現較好。

二、不同學年度學生各項體適能差異比較

本研究以長榮女中100學年度與101學年度一年級學生各項體適能(身體質量指數、一分鐘仰臥起坐、坐姿體前彎、跑走800公尺、立定跳遠)測驗成績，利用 t-test 統計分析法來比較其差異狀況，其結果見表5~6。

表 5 不同學年度 16 歲女學生體適能比較表

| 變項 | 組別 | 平均數 | 標準差 | t | 自由度 | P 值 |
|-------------|-----|--------|-------|--------|-----|------|
| 身體質量指數(BMI) | 100 | 21.21 | 4.18 | 0.25 | 650 | .800 |
| | 101 | 21.12 | 4.47 | | | |
| 一分鐘仰臥起坐(下) | 100 | 27.84 | 7.33 | -5.16* | 650 | .000 |
| | 101 | 31.08 | 8.42 | | | |
| 坐姿體前彎(公分) | 100 | 32.21 | 10.46 | -1.32 | 650 | .188 |
| | 101 | 33.30 | 10.34 | | | |
| 跑走800公尺(秒) | 100 | 311.50 | 46.74 | 4.52* | 650 | .000 |
| | 101 | 294.19 | 49.87 | | | |
| 立定跳遠(公分) | 100 | 146.10 | 22.53 | -0.75 | 650 | .452 |
| | 101 | 147.61 | 27.43 | | | |

*P<.05

由表5可以知道長榮女中不同學年度16歲女學生體適能比較結果發現：在一分鐘仰臥起坐、跑走800公尺差異達顯著水準 ($p<.05$)，其他項目（身體質量指數、坐姿體前彎、立定跳遠）差異則未達顯著水準 ($p>.05$)。從平均數可以看出101學年度16歲女學生在一分鐘仰臥起坐、跑走800公尺顯著較100學年度16歲女學生來的好。

表 6 不同學年度 17 歲女學生體適能比較表

| 變項 | 組別 | 平均數 | 標準差 | t | 自由度 | P 值 |
|-------------|-----|--------|-------|-------|-----|------|
| 身體質量指數(BMI) | 100 | 20.93 | 3.29 | -0.01 | 323 | .990 |
| | 101 | 20.93 | 3.57 | | | |
| 一分鐘仰臥起坐(下) | 100 | 28.53 | 7.85 | -0.73 | 323 | .464 |
| | 101 | 29.24 | 9.59 | | | |
| 坐姿體前彎(公分) | 100 | 31.83 | 11.49 | -1.11 | 323 | .269 |
| | 101 | 33.20 | 10.80 | | | |
| 跑走800公尺(秒) | 100 | 310.22 | 43.31 | 2.25* | 323 | .025 |
| | 101 | 298.79 | 47.99 | | | |
| 立定跳遠(公分) | 100 | 146.63 | 24.32 | 0.97 | 323 | .332 |
| | 101 | 143.95 | 25.37 | | | |

*P<.05

由表6可以知道長榮女中不同學年度17歲女學生體適能比較結果發現：在跑走800公尺差異達顯著水準 ($p < .05$)，其他項目（身體質量指數、一分鐘仰臥起坐、坐姿體前彎、立定跳遠）差異則未達顯著水準 ($p > .05$)。從平均數可以看出101學年度17歲女學生在跑走800公尺顯著較100學年度17歲女學生來的好。

由以上分析結果得知，長榮女中不同學年度學生體適能比較結果，在跑走800公尺部分是101學年度16歲及17歲女學生顯著較100學年度學生來的好；在一分鐘仰臥起坐部分是101學年度16歲女學生顯著較100學年度學生來的好；其他項目在不同學年度學生間則沒有太大不同。本研究結果和莊逸萍與陳信吉(1997)研究相符。

肆、結論與建議

一、結論

- (一)長榮女中不同學年度學生體適能表現，在16歲女學生方面各項體適能（身體質量指數、一分鐘仰臥起坐、坐姿體前彎、跑走800公尺、立定跳遠）都是以101學年度的學生表現較好。在17歲女學生方面：身體質量指數項目兩個學年度（100學年度與101學年度）的學生表現差不多；一分鐘仰臥起坐、坐姿體前彎及跑走800公尺以101學年度的學生表現較好；立定跳遠以100學年度的學生表現較好。
- (二)長榮女中不同學年度學生體適能差異比較，在跑走800公尺項目差異達顯著水準，在16歲及17歲女學生方面都是以101學年度顯著較100學年度來的好；在一分鐘仰臥起坐項目亦差異達顯著水準，在16歲女學生方面是以101學年度顯著較100學年度學生來的好；其他項目在不同學年度女學生間差異則未達顯著水準。

二、建議

- (一)將研究結果提供學校有關單位及體育課教師參考。
- (二)未來可朝不同區域體適能做相關探討。

參考文獻

1. 方進隆（1993）。**健康體能的理論與實際**，台北市：漢文書局。
2. 方進隆（1995）。體適能與全人健康。**中華體育**，35，62-69。
3. 方進隆（1998）。體適能推展策略與未來研究方向。**中華體育季刊**，12(3)，70-77。
4. 行政院體育委員會（1999）。**國民體適能促進策略研究（初稿）**。台北市：行政院體育委員會。
5. 林正常（1997）。體適能的理論基礎。國立台灣師範大學學校體育研究與發展中心主編：**教師體適能指導手冊**，46-59。

6. 教育部 (1996)。八十五年年度提昇國民體能專案體能檢測講習手冊，教育部體育司編印。
7. 教育部 (2012)。體適能網站。2012 年6 月1 日，取自：<http://www.fitness.org.tw/direct01.php>
8. 莊逸萍、陳信吉 (1997)。國立台南師範學院八十四、八十五學年度入學新生體適能之比較，*南師體育*，5，92-119。
9. 許樹淵 (2009)。卓越體適能。臺北市：師大書苑。
10. 郭緒東、張天長、汪在苜 (2011)。體適能的檢測與評估。*家庭醫學與基層醫療*，26 (1)，19-27。
11. Casperson, C. J., Powell, K. E., & Christiansen, G.M. (1985). *Public Health Report*,100,126-131.
12. Centers, D. C., Prevention, D.(2001). Increasing physical activity. A report on recommendations of the Task Force on Community Preventive Services. *Morbidity & Mortality Weekly Report. Recommendations & Reports*, 50(RR-18), 1-14.
13. Greenberg, J. S. & Pargman, D. (1986). *Physical fitness: A Wellness Approach*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
14. Lamb, D.R. (1984). *Physical of Exercise: Responses & Adap-tations*.2nd Edition, New York, Macmillan Publishing Co.

成就動機與目標設定對大專生運動學習成效及 內在動機的影響

The Effects of Achievement Motivation and Goal Setting on University of Technology Students' Sport Learning Performance and Intrinsic Motivation.

吳本元¹

王學中²

Pen-Yuan Wu¹

Hsueh-Chung Wang²

¹ 東南科技大學 體育室 副教授 Office of Physical Education, Tungnan University

² 明志科技大學 體育室 助理教授 Office of Physical Education, Ming Chi University of Technology

摘 要

本研究主要目的為瞭解運動成就動機與目標設定對運動學習成效及內在動機的影響。受試者以東南科技大學82位學生為研究對象，經問卷測試其成就動機得分後，篩選出高、低成就動機者，再隨機抽樣分配到長期目標、短期目標及盡力而為三組內，經過四週的實驗設計與訓練後，所得資料以獨立樣本二因子變異數分析進行各項考驗。本研究結果顯示：

- 一、運動成就動機與目標設定對籃球籃下30秒連續投籃之學習成效及內在動機差異表現間並無交互作用影響。
- 二、高、低成就動機的受試者，在運動學習成效及內在動機差異表現未達顯著性差異。
- 三、不同目標設定組的受試者，顯示短期目標組之運動學習成效及內在動機差異表現均明顯優於盡力而為組，且達統計上顯著差異。

關鍵詞：成就動機、目標設定、運動學習成效、內在動機

ABSTRACT

The purpose of this study were to understanding the effects of achievement motivation and goal setting on university of technology students' sport learning performance and intrinsic motivation. There were eighty-two subjects from Tungnan University students and screened with "Sports Achievement Motivation Inventory" in the first stage of study. In the second

stage, participants were randomly assigned to long-term goals, short-term goals and do-your-best goals what the three groups, and involved in the experimental design and training for four weeks. The collected data were analyzed by two-way ANOVA. The results were as the following: 1. Sports achievement motivation and goal setting hadn't interaction effect on sport learning performance and intrinsic motivation. 2. There was no difference of sport learning performance and intrinsic motivation between higher and lower sports achievement motivation subjects. 3. The subjects of short-term goal setting had higher sport learning performance and intrinsic motivation than those of do-your-best goal setting, and reaching a statistically significant difference.

Keyword : Achievement Motivation, Goal Setting, Sport Learning Performance,
Intrinsic Motivation.

壹、緒論

一、研究背景：

目標設定是近年來廣泛研究與應用引發動機的方法(Anderson 等人, 1988)。其理論主要是探究目標和工作表現之間的關係, 進而發展成為商業、教育及體育運動界頗受歡迎的增進表現與生產的動機技巧之一(Tenenbaum 等人, 1991)。目標設定理論主張:「困難且具挑戰性的明確目標會比簡單目標、模糊目標(盡力而為)或沒有目標者產生較好的工作表現」; 而且合理的目標設定下設定短期目標會使得長期目標更易達成(Locke & Latham, 1990)。

成就動機係指個人對自己有意義或有價值的工作, 不但願意去做, 而且願意花費許多精神和力氣去追求, 以達成功或完美地步的一種內在心理歷程(盧俊宏, 1995)。Weinberg 和 Gould(1995)指出, 成就動機意指一個人具有追求成功, 而且在失敗之後, 仍然堅持或體驗成就感的趨向。因而, 相信一般人凡樂於接受艱困目標挑戰者, 其成就動機必然較強; 反之, 成就動機低者, 面對失敗之恐懼大於對成功之希望。

在從事運動的過程中, 點滴累積成就感的獲得, 即是持續運動的原動力(陳瓊茶, 2005)。在人類動機的分類中, 成就動機是屬於一種心理的動機, 也是人類具有追求成功、完美有意義的工作, 或解決問題的一種心理傾向。成就動機與目標設定兩者之間的關係, 國內外多位學者(陳雪亮, 1997; 黃素芬、蘇秦玉, 2005; 陳春安, 2001; Hollenbeck & Brief, 1987; Weinberg & Weigand, 1993)研究發現, 不同的成就動機者在不同的目標設定情境下, 將產生不同的工作表現。因此, 成就動機的高低與目標設定的共同情境下對於運動表現的影響是為本研究想要探討的問題之一。

此外, 成就動機與內在動機均屬於動機的領域, 容易混淆不清; 其中成就動機意指個人認為重要或有價值的工作, 不但願意去做, 而且力求完美地步的一種內在心理歷程(張春興, 1990)。而內在動機是指個體在活動過程中感到滿足, 此種滿足轉而形成加強個體持續進行該種活動的內在動力(張春興, 1991)。Deci & Ryan(1985)認為內在動機是源自於「勝任能力」(competence)與「自我抉擇」(self-determination)的「直覺性心理需求」(innate psychological needs); 因此, 當整個活動過程帶給個人體驗到能力的勝任感和可自我控制的正面資訊時, 將容易促使個體內在動機的引發, 更加投入活動之中。個人如果能感受到外在的事物皆在自我掌握中, 認為一切「操之在己」時, 自我抉擇的感受則增加, 便能促進個人從事活動時的內在動機; 經由教師的目標設定做自我比較, 永遠朝向進步的方向前進, 因為跟自我競爭的關係, 目標明確, 所以較能掌握, 動機隨之增強, 不斷地朝著進步而努力, 成績只要超越自己過去的表現時, 便覺得有成就感, 對自己的成績感到滿意, 因而認為自己對運動表現充滿信心, 能夠勝任而感到滿意便能促進個體引發內在動機。對於從事體育教學與訓練的教師及教練而言, 投入無數的心力, 不外乎則是為了如何增進學生的運動學習成效並引發個體內在學習動機, 進而達到超越自我的目的。如何透過成就動機與目標設定情境的設計, 更加瞭解對於內在動機的影響, 為本研究欲探討的問題之二。

二、名詞解釋：

- (一)成就動機：指個人努力追求進步，以期待達到自己可望目標的動力。本研究中，是指受試者在「運動成就動機量表」上的得分。本研究將高於所有受試者平均得分(M=33.38)的受試者為「高運動成就動機組」，低於或等於平均得分者為「低運動成就動機組」。
- (二)目標設定：本研究依據 Locke & Latham(1990)所主張的目標設定理論：「困難且具挑戰性的明確目標會比簡單目標、模糊目標(盡力而為)或沒有目標者產生較好的工作表現」。將實驗設計分成三組：長期目標組、短期目標組及盡力而為組。以下分別說明各組之實驗操作過程：
1. 長期目標組：在本研究中的長期目標是指「在四週的籃球籃下30秒連續投籃的練習過程中，只訂定一個終點學習目標，籃球籃下30秒連續投籃進15球」。
 2. 短期目標組：在本研究中的短期目標是指「在四週的籃球籃下30秒連續投籃的練習過程中，每週訂定一個達成的學習目標，如第一週為籃球籃下30秒連續投籃進9球，第二週為11球，第三週為13球，第四週為15球，並且在每一週課程練習之前才告知當週的學習目標」。
 3. 盡力而為目標組：在本研究中的盡力而為是指「在四週的籃球籃下30秒連續投籃的練習過程中，只告訴受試者最後測驗方式為「籃球籃下30秒連續投籃」，而不預先設定任何學習目標」。
- (三)運動學習成效：本研究的運動學習成效是指經由四週籃下投籃練習後，後側與前測籃球籃下30秒連續投籃測驗的差異。
- (四)內在動機：指個體在活動過程中感到滿足，此種滿足轉而形成加強個體繼續該種活動的內在動力(張春興，1991)。在本研究中，係指受試者在「內在動機量表」上的得分表示之。得分越高，表示內在動機越高；反之，則越低。

三、研究目的：

- (一)瞭解運動成就動機與目標設定對運動學習成效的影響。
- (二)瞭解運動成就動機與目標設定對內在動機的影響。

貳、方法

一、研究範圍與對象

本研究以東南科技大學二年級興趣選項籃球課程的82位學生為研究對象，經成就動機量表檢測後，以全體受試者在運動成就動機量表得分之平均數(M=33.38)為標準，受試者得分大於平均數者為「高運動成就動機組」，小於等於平均數者為「低運動成就動機組」，採極端分組方式篩選出高、低成就動機者。

二、研究工具

(一)成就動機量表

本研究所採用之成就動機量表是由陳雪亮、王俊明(1999)為測量運動選手的成就動機所編製的「運動成就動機量表」。此量表共有12題，在信度考驗方面，重測信度為0.96，量表的 Cronbach α 係數為0.91。在效度考驗方面，是以辨別效度進行考驗，在男、女生的比較差異方面，得 t 考驗的值為2.53($p < .05$)；在運動專長和非運動專長的差異比較方面，得 t 考驗的值為10.91($P < .05$)。由上述信度考驗和效度考驗的結果得知，此量表具有相當的信度與效度(陳瓊茶，2005)。本研究以全體受試者在運動成就動機量表得分之平均數為標準，受試者得分大於平均數者為「高運動成就動機組」，小於等於平均數者為「低運動成就動機組」。

(二)內在動機量表

本研究所採用的內在動機量表是由朱素鑿(1996)所編製的內在動機量表共11題，在信度考驗方面，量表的 Cronbach α 值為0.87。本研究引用朱素鑿的射飛鏢內在動機量表，改為籃球的內在動機量表，其架構是將射飛鏢的關鍵字改為籃球籃下30秒連續投籃，加以重新編製成籃球投籃的內在動機量表，在信度考驗方面，本量表的 Cronbach α 值為0.88，表示其內部一致性很高(陳瓊茶，2005)。

三、實驗流程

首先本研究以成就動機量表篩選高、低成就動機者，再以隨機抽樣平均分配到長期目標、短期目標及盡力而為目標三組。並進行籃球籃下30秒連續投籃前測及內在動機量表前測。

當受試者完成籃球籃下30秒連續投籃前測後，則進行目標設定值的選定，在所有實施籃球籃下受試者30秒連續投籃測驗的受試過程中，有60%的學生能在30秒內投進9球，而有10%的學生能在30秒內投進15球，所以為了避免目標設定難度過高而影響了學生學習的意願，因此，將短期目標組第一週的目標設定值為較多學生容易達成的短期目標「9球」，並於每週逐步增加2球至最後預設目標「15球」；而 Locke(1991)的研究指出設定明確且具有困難度的目標，最好是以不超過10%的受試者能達到的目標較為合宜，所以本研究以前測10%學生能達到的15球設定為長期目標。

本研究依組別實施四週學習訓練，每週一次，每次30分鐘的籃球籃下投籃練習，並且於每週課程結束前實施一次籃下30秒連續投籃測驗，登記其成績做為參考資料。為了避免同儕間彼此競爭影響實驗結果，要求受試者於每次測驗後，不得相互之間詢問成績表現如何。經過四週最後一次訓練學習後，則進行籃球籃下30秒連續投籃及內在動機量表測驗，並登記成績，做為練習四週後的後測成績。

四、資料處理

- (一)以獨立樣本二因子變異數分析探討高低成就動機與不同目標設定組對於運動學習成效的影響。
- (二)以獨立樣本二因子變異數分析探討高低成就動機與不同目標設定組對於內在動機的影響。

(三)本研究各項統計考驗的顯著水準定為 $\alpha=.05$ 。

參、結果與討論

一、不同目標設定與高低成就動機對籃球籃下30秒連續投籃學習成效的影響

在進行運動成就動機與不同目標設定對籃球籃下30秒連續投籃學習成效(前、後測差異)的影響之前，先比較六組受試者在籃球籃下30秒連續投籃前測的表現，若有差異，則以前測的成績為共變數，進行獨立樣本二因子共變數分析。若無差異，則直接進行獨立樣本二因子變異數分析的考驗。

高動機長期目標組、高動機短期目標組、高動機盡力而為組、低動機長期目標組、低動機短期目標組及低動機盡力而為組六組經變異數同質性考驗分析後，發現六組籃球籃下30秒連續投籃前測的表現並無差異(F 值=0.51, $P>.05$)，顯示各組受試者在學習前的籃下投籃動作表現一致，具有同質性，適合進行二因子變異數分析。因此，本研究則針對經由四週籃球籃下訓練後六組受試者之籃球籃下30秒連續投籃學習成效進行獨立樣本二因子變異數分析，其描述統計資料及變異數分析摘要表分別如表1及表2所示：

表 1 各組受試者籃球籃下 30 秒連續投籃學習成效之平均數與標準差

| 組 別 | 長期目標組 | 短期目標組 | 盡力而為組 | 全 體 |
|------------|-------|-------|-------|------|
| 高成就 動機組 | 12 | 12 | 15 | 39 |
| 平均數 | 4.83 | 5.33 | 2.67 | 4.15 |
| 標準差 | 2.52 | 2.74 | 2.35 | 2.74 |
| 低成就 動機組 | 15 | 15 | 13 | 43 |
| 平均數 | 3.53 | 5.07 | 3.39 | 4.02 |
| 標準差 | 2.10 | 1.58 | 1.76 | 1.95 |
| 全 體 | 27 | 27 | 28 | 82 |
| 平均數 | 4.11 | 5.19 | 3.00 | 4.09 |
| 標準差 | 2.34 | 2.13 | 2.09 | 2.34 |

由表2結果顯示，在經由四週的籃下投籃訓練後，各組受試者籃球籃下30秒連續投籃學習成效經二因子變異數分析，結果發現目標設定與成就動機之間沒有交互作用存在($F=1.45$, $P>.05$)；進一步進行單純效果的變異數分析，在高、低成就動機組無顯著差異性存在($F=0.34$, $P>.05$)，但高成就動機組的學習成效平均數優於低成就動機者(平均數分別為4.15、4.02)。本研究與王俊明(1995)、陳瓊茶(2005)、陳春安(2001)等人的研究相類似，支持成就動機與工作表現之間呈現正相關存在。Atkinson(1957)認為人類的成就動機是一種趨避衝突的心理(既想成功，又怕失敗)而且每個人都有追求成功的傾

向，因此高成就動機者會傾向追求成功，所以會選擇具有挑戰性而且可以證明自己能力的工作；而低成就動機者傾向逃避失敗，所以選擇很困難或很容易的工作，藉此以維護個人的自尊(陳瓊茶，2005)。本研究結果顯示，高成就動機者在接受不同的目標設定後，具有較高的追求成功目標的動機，其籃球籃下30秒連續投籃學習成效優於低成就動機者。

表 2 各組在籃球籃下 30 秒連續投籃學習成效之變異數分析摘要表

| 變異來源 | 離均差 平方和 | 自由度 | 均方 | F 值 | 事後比較 Scheffe 法 |
|------|------------|-----|-------|--------|-------------------|
| 成就動機 | 1.62 | 1 | 1.62 | 0.34 | |
| 目標設定 | 64.57 | 2 | 32.29 | 6.75** | 短期目標組 > 盡力而為組 |
| 交互作用 | 13.87 | 2 | 6.94 | 1.45 | |
| 誤差 | 363.41 | 76 | 4.78 | | |
| 全體 | 444.40 | 81 | | | |

*P<.05 **P<.01

表 3 不同目標設定組其籃球籃下 30 秒連續投籃學習成效差異之事後比較表

| | 長期目標組 | 短期目標組 | 盡力而為組 |
|-------|-------|-------|--------|
| 長期目標組 | | -1.07 | 1.11 |
| 短期目標組 | | | 2.19** |
| 盡力而為組 | | | |

**P<.01

而不同目標設定組別間之差異則達顯著水準(F=6.75, P<.01)，進一步進行事後考驗後，結果如表1及表3所示，經由四週籃下投籃訓練後，籃球籃下30秒連續投籃之學習成效在短期目標組之進步差異(M=5.19)顯然高於盡力而為組(M=3.00)。本研究經由不同目標設定組別的設計對於籃球籃下30秒連續投籃學習成效均達到進步的功效，所得結果與周秀軍(2009)研究相類似，同時亦支持 Locke & Latham(1990)的論點，具有挑戰性的目標，會比容易目標、模糊目標等，產生較高水準的工作表現。同時本研究結果亦顯示運用短期且漸進式的目標設定方式，將更容易達成運動學習提升之功效。

二、不同目標設定與高低成就動機組在內在動機之差異比較

表 4 各組受試者內在動機前後測差異表現之平均數與標準差

| 組別 | | 長期目標組 | 短期目標組 | 盡力而為組 | 全體 |
|------------|-----|-------|-------|-------|------|
| 高成就 動機者 | 人數 | 12 | 12 | 15 | 39 |
| | 平均數 | 1.58 | 2.50 | 0.53 | 1.46 |
| | 標準差 | 3.94 | 3.90 | 4.98 | 4.33 |
| 低成就 動機者 | 人數 | 15 | 15 | 13 | 43 |
| | 平均數 | 1.93 | 4.13 | -0.46 | 1.98 |
| | 標準差 | 4.27 | 3.09 | 3.55 | 4.04 |
| 全體 | 人數 | 27 | 27 | 28 | 82 |
| | 平均數 | 1.78 | 3.41 | 0.07 | 1.73 |
| | 標準差 | 4.05 | 3.50 | 4.33 | 4.16 |

高動機長期目標組、高動機短期目標組、高動機盡力而為組、低動機長期目標組、低動機短期目標組及低動機盡力而為組六組經變異數同質性考驗分析後，發現六組內在動機量表前測的表現並無差異存在($F=1.24$, $P>.05$)，顯示各組受試者在學習前的內在動機量表表現一致，具有同質性，同樣適合進行二因子變異數分析。因此，本研究則針對經由四週籃球下投籃訓練後六組受試者之內在動機前後測差異表現進行獨立樣本二因子變異數分析，其描述統計資料及變異數分析摘要表分別如表4及表5所示：

表 5 各組在內在動機前後測差異之變異數分析摘要表

| 變異來源 | 離均差 平方和 | 自由度 | 均方 | F 值 | 事後比較 Scheffe 法 |
|------|------------|-----|-------|-------|-------------------|
| 成就動機 | 2.20 | 1 | 2.20 | 0.14 | |
| 目標設定 | 146.90 | 2 | 73.45 | 4.56* | 短期目標組 > 盡力而為組 |
| 交互作用 | 23.54 | 2 | 11.77 | 0.73 | |
| 誤差 | 1225.55 | 76 | 16.13 | | |
| 全體 | 1404.10 | 81 | | | |

* $P<.05$

表 6 不同目標設定組其內在動機前後測差異之事後比較表

| | 長期目標組 | 短期目標組 | 盡力而為組 |
|-------|-------|-------|-------|
| 長期目標組 | | -1.63 | 1.71 |
| 短期目標組 | | | 3.34* |
| 盡力而為組 | | | |

* $P < .05$

由表5結果顯示，在經由四週籃下投籃的訓練後，各組受試者內在動機前後測差異經二因子變異數分析，結果發現目標設定與成就動機之間沒有交互作用存在(F 值=0.73, $P > .05$)；進一步進行單純效果的變異數分析，在高低成就動機組無顯著差異性存在(F 值為0.14, $P > .05$)，惟低成就動機組之內在動機平均進步幅度($M=1.98$)優於高成就動機組($M=1.46$)，內在動機前測中結果顯示高成就動機組原先即具有較高的內在動機表現($M=35.40$)而低成就動機組的內在動機表現較低($M=32.99$)，故經由實驗設計後(目標設定)即可提升低成就動機者的內在動機成效。國內學者陳瓊茶(2005)認為成就動機與內在動機同是願意努力去從事某件事情，而成就動機是想達成他們的期望，而內在動機則是要獲得樂趣與滿足，兩者同時都強調努力。因此，本研究結果顯示，透過不同目標設定的情境設計，均可誘發高、低成就動機者內在動機努力的程度。

而不同目標設定組別間之內在動機差異則達顯著水準($F=4.56$, $P < .05$)，進一步進行事後考驗後，結果如表4及表6所示，經由實驗設計與訓練後之內在動機進步成效，短期目標組($M=3.41$)顯然優於盡力而為組($M=0.07$)。本結果顯示與陳雪亮(1997)之研究結果略有差異，其原因可能是實驗設計上目標設定方式的不同所造成，該研究中提及影響內在動機的因素需考量自我決定和個人對自身能力的感覺兩方層面。若受試者對所分配的目標被接受的話，則所設定的目標越高，工作表現則越好。當目標不是當事人所決定時，被指派的目標是否會因所分配的目標難度越高，反而讓當事人被受控制的感覺增強，而影響了內在動機?這是需要進一步被證實。然而本研究結果顯示，透過短期且漸進式的目標設定方式，較為受試者接受，其提升內在動機的成效優於簡單模糊目標之盡力而為組。

肆、結論與建議

一、結論：

- (一)運動成就動機與目標設定對籃球籃下30秒連續投籃之學習成效及內在動機差異表現間並無交互作用影響。
- (二)高、低成就動機的受試者，在運動學習成效及內在動機差異表現未達顯著性差異。
- (三)不同目標設定組的受試者，顯示短期目標組之運動學習成效及內在動機差異表現均明顯優於盡力而為組，且達統計上顯著差異。

二、建議：

- (一)目標設定為運動領域中，有效激發學習動機的策略，建議在體育教學或運動訓練時，能妥善設定理想目標，做為學生追求自主進步的強化動力，其中以具有挑戰性且明確的短期目標組之運動表現優於模糊目標盡力而為組。
- (二)未來研究建議可以考量增加受試者自行設定目標，除了進一步分析參與設定目標及分派目標之間的差異性，更可探討關於高、低成就動機者內在動機提升的影響力。
- (三)本研究將目標設定及成就動機運用在體育教學上，其結果顯示維持受試者繼續參與運動訓練的主要基本動力之內在動機有進一步的提升。惟依據內在動機理論的考量因素除了目標難度的設定外，也須考量受試者直覺性心理需求層面的自我決定與對自己能力的感覺，建議未來研究可進一步深入探討相關之影響。

參考文獻

1. 王俊明(1995)。大學生之成就動機、目標接受及目標難度對射飛鏢之工作表現、內在動機及選擇策略的影響。台北市：師大書苑有限公司。
2. 朱素鑾(1996)。成就動機與輸贏對工作難度選擇、內在動機、成敗知覺及成敗歸因的影響。國立體育學院運動科學研究所碩士論文，未出版，桃園縣。
3. 周秀軍(2009)。不同目標設置對男大學生籃球個人技術和心境狀態的影響。首都體育學院學報，21(3)，308-325。
4. 張春興(1990)。現代心理學。台北市：東華書局。
5. 張春興(1991)。張氏心理辭典。台北市：東華書局。
6. 陳春安(2001)。不同訊息目標設定對高低成就動機者在桌球技能表現之影響比較。中華體育，15(2)，73-80。
7. 陳雪亮(1997)。目標設定及成就動機對大學生壘球擲準之工作表現及內在動機的影響。北體學報，6，261-286。
8. 陳雪亮、王俊明(1999)。運動成就動機量表之編製報告。論文發表於中華民國體育學會體育測驗與評量分科研究委員會八十八學年度研討會，桃園：國立體育學院。
9. 陳瓊茶(2005)。回饋與運動成就動機對運動表現及內在動機的影響。國立體育學院論叢，16(1)，41-50。
10. 黃素芬、蘇秦玉(2005)。運動成就動機與自我設定目標對大專生桌球正手擊球表現及學習滿意度的影響。國立體育學院論叢，16(1)，251-263。
11. 盧俊宏(1995)。運動心理學。臺北市：師大書苑。
12. Anderson, D. C., Crowell, C. R., Doman, M., & Howard, G. S. (1988). Performance posting, goal setting, and activity-contingent praise as applied to a university hockey

- team. *Journal of Applied Psychology*, 73, 87-95.
13. Atkinson, J. W. (1957). Motivation determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64, 359-372.
 14. Deci, E., & Ryan, R. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
 15. Hollenbeck, J.R., & Brief, A.P. (1987). The effects of individual differences and goal origin on goal setting and performance. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 40, 392-414.
 16. Locke, E. A. (1991). Problems with goal-setting research in sports--and their solution. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 13, 311-316.
 17. Locke, E. A., & Latham, G. P. (1990). Work motivation and satisfaction : Light at the end of the tunnel. *Psychological Science*, 1, 240-246.
 18. Tenenbaum, G., Pinchas, S., Elbaz, G. BarEli, M. & Weinberg, R.S. (1991). Effects of goal proximity and goal specificity on muscular endurance performance : A replication and extension. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 13, 174-187.
 19. Weinberg, R. S., & Gould, D. (1995). *Foundations of sport and exercise psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
 20. Weinberg, R.S., & Weigand, D. (1993). Goal setting in sport and exercise: a reaction to Locke : A reaction to Locke. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 15(1), 88-96.

東南學報

第三十九期

- 出版者：東南科技大學
創辦人：蔣志平
編輯者：東南學報編輯委員會
主任委員：李清吟
總編輯：魏水根
編輯委員：王鎮城、謝昌勳、陳坤男、朱明輝、石瑞祥、郭文化、汪以仁、
林楷、宋建國、何俊明、許家偉、張志祥、程映蒨、楊靖宇、
江奇成、陳良和、詹瑋、張玉治
執行編輯：郭明珍
學校地址：新北市深坑區北深路三段一五二號
學校電話：(02)8662-5900（總機）、(02)8662-5828（綜合業務組）
印刷廠：健榮國際有限公司
印刷廠電話：(02)2738-7729
出版日期：中華民國一〇三年四月