

東南學報

第三十六期

JOURNAL
OF
TUNGAN UNIVERSITY
VOLUME 36

東南科技大學編印
中華民國一百年七月出版

東南學報

第三十六期

東南科技大學
中華民國一百年七月

目錄

工程類

1. 綠建築入門之研究.....曹瑞祺.....1
2. 汽油辛烷值減量之驗收風險評估與成本效益分析.....陳亮清、鐘炳煌、沈伯憲.....9
3. 家用無變壓器直流電源供應器.....陳炯生..... 19
4. 太陽能充電式 LED 照明電路設計與實作
.....張育銘、楊岳樺、潘敏政、陳章德..... 25
5. 可抵擋公共場所肩窺攻擊之眼球追蹤方法的評估.....曹茂勁..... 35
6. 可攜式脈搏生理訊號感測器之研製及其訊號擷取系統之設計
.....周錫強、張丕白、廖明哲、林凱傑..... 43
7. Personal Best Oriented Particle Swarm Optimizer for Economic Dispatch of Units
with Nonconvex Cost Functions.....陳長煌..... 55
8. The Effect of Velocity Ratio on the Near Wake Flow Structures of an Annular Jet
with Crosswind.....蔡豐欽、謝仁泓..... 65
9. 基因演算法應用於閉式靜壓滑軌扭轉剛度最佳化研究
.....王亞平、陳一維、朱明輝、吳坤齡、康 淵..... 75
10. U 型地埋管熱交換器出口溫度之預估.....梁乃文、黃錦鐘、吳春淵、朱敏德..... 87
11. 聚光型太陽能板之追蹤系統研發
.....郭文化、黃浩民、林永建、池德明、吳聲讓、江晉彰..... 99
12. 電磁干擾障蔽元件封帶前的機械視覺檢測.....黃正光、朱明輝、林建達.....111
13. 廢泥〈灰〉燒結輕質骨材應用於建築與景觀設計之可行性探討
.....江奇成、江淑清、林奕呈.....121
14. TiO₂奈米管負載 Au、Ag 奈米粒子之合成及光催化性能之研究
.....王成財、陸魁奇.....133
15. 硝化菌、厭氧氨氧化菌生物固定化最佳條件之探討
.....夏聰惠、馮宇柔、何俊明、張育銘、李忠倫.....143
16. 新北市空氣品質之探討—以2001-2010之監測資料為基礎
.....華梅英、鄧家基、張秀慧、陳建安、周佇靖、游秀芬.....153

社會科學類

17. A Case Study on Bayesian performance evaluation for ERPS
.....陳星光、林建佑.....167
18. 小型圖書管理系統-以研究室書庫為例
.....蔡佳麟、陳妍蓉、吳婉柔、蔡麗卿、陳建文.....179
19. 台灣夜市小吃之研究與探討-以大台北夜市小吃為例
.....蔡佳麟、謝慧潔、謝明樺、陳湘琳、方世豪、呂欣龍.....189
20. Are Inductive Approaches to Grammar Better than Deductive Approaches?
.....程映蓀、吳宇光.....199
21. 杜甫之書畫鑑賞與抒懷—以成都期為本.....林瑛瑛.....213
22. 高低負向情緒反應的大學新生在家庭互動品質之比較研究.....陳莉榛.....227
23. 工作生活品質與工作投入關係之研究—以體育行政人員為例.....宋校年.....237
24. 競技啦啦隊墜落傷害探討與預防—以東南科技大學為例.....林慧美.....249
25. 意象練習對桌球發球技能學習效果之影響
.....謝瑄容、郭明珍、黃振華、陳金海.....257

綠建築入門之研究

The Elementary Study of Green Building

曹瑞棋

Tsao, Jui-Chi

東南科技大學休閒事業管理系 講師

摘 要

在選此研究題目之前，筆者對於綠建築這名詞，僅僅只是曾聽說過而已，在進行初步研究後方知，我國早在2001年就已推動「綠建築推動方案」。本研究主要是了解：1.綠建築的定義2.綠建築標章3.綠建築推動方案4.綠建築九大評估指標系統5.綠建築評估系統理想範疇及應用發展6.綠建築與建築管理。本研究發現政府推動綠建築立意良好，然而以98年度為例，在綠建築方面編列之預算僅約3億元，且通過綠建築標章或候選綠建築之案件尚不普遍[大約每10萬人才有一個綠建築標章(根據台灣建築中心的統計報告至2011年五月底止)]，因此未來綠建築發展之空間很大，仍有待國人共同努力。

關鍵詞：綠建築、綠建築標章、綠建築評估指標。

ABSTRACT

Before Selecting this study topic ,the author just heard about the noun "Green Building",after performing preliminary study, the author then finds out that our country has promoted the "Green Building Promotion Policy "as early as 2001.This paper mainly studies the following content:1.The Definition of Green Building. 2.Green Building Label. 3.Green Building Promotion Policy. 4.Nine Evaluation Category Systems of Green Building. 5.Green Building Evaluation System's Ideal Scope And It's Applied Development. 6.Green Building And building Management. This paper finds out that the intention of promoting "Green Building" is good but as in 2009, the budget of Green Buildings is just about 300 millions dollars,and those buildings pass the "Green Building Label" are not popular [nearly per 10000 people has only one "Green Building Label"(according to the statistical report by TABC by the end of May,2011)] , therefore the space of development of "Green Building" is very large , so we should continue to make efforts together for "Green Building" .

Keywords: Green Building, Green Building Label, Green Building Evaluation Category

壹、前言

台灣地處亞熱帶地區，屬於典型的濕熱型海島氣候，傳統的建築形式，自漢人大量的移民開墾起，至日據時代的開端前，除了原住民的風土建築形式之外，最典型的是沿襲了中國東南地區漢人的營造模式，以磚材、木材及竹材為主要的建築材料，發展出大量以磚木混造，木竹混造等具有地方特色的傳統建築。日據時期，在木構造及混凝土構造更加入了日人之影響，漸漸過度至現代的營建模式及建築形式。至此之前，建築材料仍可謂「就地取材」，多採用木、竹、磚、土、石等「天然建材」或「本土建材」。

自二次大戰以後，如同全世界大部分其他的國家一般，在經濟復甦的強烈渴望，新興工業的崛起，重建速度的提昇等因素之下，傳統建築迅速的被拋之腦後，取而代之的是混凝土及鋼筋混凝土(Reinforced Concrete，簡稱 RC)的高剛性建築形式，建築物呈現垂直的發展，迅速的向地表下植入深厚的基礎，向上向天空宣示了科技的挑戰極限，建築的環境問題，則以似是而非的邏輯處理，在冬冷夏熱的 RC 包裝之下，人們的居住問題就全然憑藉無止盡的硬體設施，冷暖氣機、空氣濾清器及所費不貲的裝潢。

二十世紀末，在環保意識的覺醒之下，環境問題的日益惡化，加速了全世界人們的反省，建築的問題亦然；高環境協調性的設計概念於焉產生，節能、二氧化碳減量、減少水土資源污染及可再生材料之運用，成為主流的「生態建築」設計基準。眾所皆知，台灣幾乎是全世界國家中，使用 RC 建築物比例最高的國家，以客觀地理氣候條件、地狹人稠、自然資源匱乏(森林除外)及致力永續發展的各個角度來說，都不是一個正面的現象，有鑑於此，近年來，政府民間均大力發展「綠建築」的概念。

貳、綠建築之定義

「綠建築」的定義與內涵至今不論國內外均眾說紛紜而難有共識。即使在先進國家，各國所提出的綠建築評估內容亦五花八門各有不同，有的把動物棲地、老人及殘障設計也納入評估範疇，有的甚至針對每種建材要求評估其毒性。但無論如何，若無法對「綠建築」提出一種提綱契領、化繁為簡的定義，則綠建築難以有效推動。當然，「綠建築」也絕非單指建築環境植栽綠化程度而已，而應從地球環境的角度考量，以全面化、系統化的環保設計作為永續建築的理念訴求。當然「綠建築」也必須以符合人類健康舒適為基礎，任何生態環保設計，如違反人類生存則失去意義。因此，從人及環境觀點，可將「綠建築」定義為「以人類健康舒適為基礎，追求地球環境共生共榮及永續發展的建築設計」。但為使「健康舒適」、「共生共榮」、「永續發展」等抽象概念具體化，必須建立所謂「評估指標系統」，評估具體可行項目。另外，「綠建築」可由材料、能源、水、土地、氣候等「地球資源」及營建廢棄物、垃圾、排熱、CO₂排放量等「廢棄物」兩層面角度來評估。簡言之，「地球資源」是 INPUT，「廢棄物」是 OUTPUT，所謂「綠建築」，就是「最小的資源



INPUT 及最小的廢棄物 OUTPUT 的建築物」了。

依此觀點，「綠建築」較簡單且實質的定義是：「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」；也可以定義成減少資源浪費，減少生態負擔，改進室內環境品質的建築物。

參、綠建築標章

內政部建築研究所為鼓勵興建省能源、省資源、低污染之綠建築建立舒適、健康、環保之居住環境，發展以「舒適性」、「自然調和健康」、「環保」等三大設計理念，特委請財團法人中華建築中心於八十八年九月一日正式公告受理「綠建築標章」申請，標章之核給需進行綠建築七大指標評估系統之評估，包括基地綠化指標；基地保水指標；日常節能指標；二氧化碳減量指標；水資源指標；廢棄物減量指標；污水垃圾改善指標；經綠建築標章審查委員會審查通過始可發給標章，評定為綠建築。然而，隨著「綠建築解說與評估手冊」(2007)的檢討更新，決定於七大指標系統外，加入生物多樣性指標與室內環境指標，成為九大指標。藉此將使綠建築由過去「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」的消極定義，擴大為「生態、節能、減廢、健康的建築物」的積極定義。

綠建築標章之推動在我國分成候選綠建築證書與綠建築標章，綠建築標章為取得使用執照或既有合法建築物，合於綠建築評估指標標準頒授之獎章。候選綠建築證書則為鼓勵取得建造執照但尚未完工領取使用執照之新建建築物，凡規劃設計合於綠建築評估指標標準之建築物，即頒授候選綠建築證書，為一「準」綠建築之代表。

本標章因屬鼓勵性質，在實施初期，並不強制每件申請案均能通過九項指標評估，但以「日常節能指標」及「水資源指標」為兩項必要之門檻指標，原則上至少須符合此兩項指標基準，始可獲得評定為綠建築以達到綠建築省水、省電、低污染之目標，例如，行政院環保署國家環檢大樓獲得綠建築標章之榮譽。

肆、綠建築推動方案

我國綠建築推動方案於2001年3月8日由行政院核定，並自2001年3月21日由內政部建築研究所開始實施。其政策的總目標為「配合綠色矽島建設目標，積極推動維護生態環境之綠建築」。次目標則有(內政部營建署，2001)：

- ◎ 促進建築與環境共生共利，永續經營居住環境。
- ◎ 落實建築節約能源，持續降低能源消耗及減少二氧化碳排放。
- ◎ 發展室內環境品質技術，創造舒適健康室內居住環境。
- ◎ 促進建築廢棄物減量，減少環境污染與衝擊。
- ◎ 提昇資源有效利用技術，維護生態環境之平衡。
- ◎ 獎勵並建立綠建築市場機制，發展台灣本土亞熱帶建築新風貌。

具體的實施方針為(內政部營建署，2001)：

中央機關或受其補助達二分之一以上，且工程總造價在新台幣五仟萬元以上之公有新建建築物，自民國九十一年一月一日起，應先行取得候選綠建築證書，始得申請建造執照。九二一震災災區及直轄市、縣(市)政府公有建築比照訂定實施方式辦理。

建築外殼節約能源設計(Envload)之規定，列為建造執照必須抽查項目，並辦理查核。

獎勵或補助改善舊有建築物能源消耗計畫。

建立室內環境品質評估及綠建材標章制度。

研(修)訂建築廢棄物回收再生利用相關技術與法規制度。

研(修)訂綠建築相關獎勵機制。

伍、綠建築評估指標系統

我國的綠建築評估指標系統之四大指標群，又稱為 EEWH，即是生態 Ecology、節能 Energy Saving、減廢 Waste Reduction 與健康 Health 四個英文字首。其中生態指標群包含生物多樣性、綠化量、基地保水等三指標；節能指標群包含日常節能指標；減廢指標群包含 CO₂及廢棄物減量二指標；健康指標群則包含室內環境、水資源及污水垃圾改善等三指標。綠建築九大評估指標系統之目的如表1，其中「日常節能指標」與「水資源指標」為必須通過之門檻條件，經綠建築標章審查委員會審查通過始可發給標章，評定為綠建築。

表1 綠建築九大評估指標系統之目的

綠建築九大指標	目的
生物多樣性指標	提供生物多樣性活動的生態基盤
綠化量指標	◎緩和都市溫室效應 ◎改善生態環境 ◎美化生活環境 ◎淨化空氣
基地保水指標	◎促進水資源循環能力 ◎降低公共排水設施 ◎緩和氣候高溫化 ◎調節微氣候 ◎減少都市洪水發生率
日常節能指標	節約空調及照明設備
CO ₂ 減量指標	◎避免地球氣候高溫化 ◎獎勵輕量化鋼構造 ◎減少建材使用
廢棄物減量指標	◎減輕建築開發對環境的衝擊 ◎降低民眾對建築開發的阻力 ◎倡導更乾淨、更環保的營建施工
室內環境指標	以音、光、空氣與室內裝修四大部分之改善來提昇生活品質
水資源指標	節省水資源
污水垃圾改善指標	◎貫徹雨水污水分流設計 ◎積極負起環境改善的責任，進而提升生活品質

資料來源：陳俊合，2004，住宅環境永續發展之研究

陸、綠建築評估指標系統之理想範疇及應用發展

綠建築評估指標包含生態指標群、節能指標群、減廢指標群及健康指標群，應用綠建築評估指標系統而評選之綠建築標章制度，其提升住宅與環境共生，減少環境破壞之成果某部份已具相當之成效。綠建築標章制度是透過消費者可選擇保護生態環境的建築物，促使建築業投入綠建築的規劃、設計與建造之消費者導向市場機制。有關綠建築評估指標系統之理想範疇及其應用發展綜整如表2。

表2 綠建築評估指標系統理想範疇及應用發展

理想範疇	與自然調和 High Contact to the Environment	舒適性 Amenity	低環境衝擊 Low Environmental Impact
項目內容	1.與地形地物調和 2.符合人性尺度 3.良好人性交流空間 4.富地方特色的設計 5.良好的管理組織 6.生物多樣化環境	1.充足採光 2.視覺景觀 3.空氣、水質品質 4.無障礙空間 5.舒適之溫溼度 6.隔音性能	1.空氣污染控制 2.水資源運用 3.廢棄物減量 4.都市綠化 5.都市水土涵養 6.節約能源 7.污水排放管制 8.垃圾分類與回收再生
應用發展	規劃單位規劃塑造 1.尊重週遭環境特性 積極塑造社區意識 2.符合地區生活文化的園治景觀 3.尊重原始地貌與生態之敷地計畫 4.符合永續經營管理的集居環境	設計單位設計塑造 1.視覺舒適 2.聲響舒適 3.體感舒適 4.空間感舒適 5.健康活動環境控制	內政部營建署建築研究所擬定之九大指標系統： 1.生物多樣性指標 2.綠化量指標 3.基地保水指標 4.日常節能指標 5.CO ₂ 減量指標 6.廢棄物減量指標 7.室內環境指標 8.水資源指標 9.污水垃圾改善指標

資料來源：1.張世典，1997，綠建築技術現況與未來發展計畫，內政部建築研究所專題研究計畫成果報告。

2.楊謙柔、張世典，2000，綠建築評估工具之研究——以辦公建築為例，牽成永續發展基金會得獎人論文發表論文集。

3.陳俊合，2004，住宅環境永續發展經營之研究。

柒、綠建築與建築管理

一、落實建築師與專業技師簽證

為推動綠建築，內政部於建築技術規則建築設計施工編增訂綠建築專章，納入建築基地綠化、建築基地保水設施、建築物節約能源、建築物雨水及生活雜排水回收利用、綠建築構造與綠建材等七個項目，並採分期實施，有關綠建築設計，當依上開要點規定，交由建築師及專業工業技師簽證負責。並未另外增加建築執照審查之程序。

二、加強綠建築查核

主管建築機關對於建造執照及雜項執照之簽證項目，應視實際需要按規定比例適時抽查。為落實綠建築，建築技術規則已完成納入綠建築專章之法制作業。

三、建立推動綠建築及建立綠建築審核及抽查制度

內政部已修正公佈建築技術規則建築設計施工編綠建築專章，並自九十四年一月一日起分階段實施綠建築設計，爾後如屬該專章各項指標之適用範圍者，自應依規定辦理綠建築設計。因直轄市、縣(市)政府及經該部指定之特設主管建築機關係屬政府機關執行公務之第一線，如能由其積極配合政策，加強落實推動綠建築工作，應可提昇目前推動之成效。爰此，內政部採取逐年編列預算方式，由直轄市、縣(市)政府及經內政部指定之特設主管建築機關，就其推動綠建築之成效，提具推動綠建築及建立綠建築審核及抽查制度之執行計畫書，經審核評定後，給予分級獎助。已逐步建立地方主管建築機關綠建築之查核制度，落實推動。

四、建築新技術新工法新設備及新材料認可

建築技術規則已逐步朝向性能式法規進行修正，即僅要求應達到之性能，而不以條列式規定限制其設計或構築方式。而新增訂之綠建築專章亦以此一方式進行定訂，於專章中僅提及須達到之指標標準或採用經內政部認可符合生態性、再生性、環保性、健康性及高性能之建材與設備等。

因綠建築尚屬新穎觀念，於建築物進行綠建築設計或施工時如需使用之新穎技術、工法、設備、材料，須經內政部認可者，自得依上開規定循先評定後認可方式向內政部申請建築新技術新工法新設備及新材料認可。

捌、結論與建議

綠建築可以減少資源浪費，減少生態負擔，改進室內環境品質，也可以說是消耗最小的地球資源，消耗最小的能源，產生最少廢棄物的建築物，對永續發展而言，是人們共同追求的目標。政府過去對於綠建築之推動立意良好，唯限於經費致使推動的力道不夠，以至於使通過綠建築標章或候選綠建築之案件尚不普遍，因此未來綠建築

努力發展之空間仍很大，仍有待國人共同努力。至於如何加強綠建築之推動，可由以下之策略積極進行：(1)任何一種綠建築評估系統，均有美中不足之處，無論多嚴謹周全之評估方式，無論有多少指標基準，均不能網羅一切優良之綠建築巧思，建議鼓勵產、官、學界共同研發改善以期達到更完善之境界。(2)擴大具綠建築專長人員的編制。(3)在民間推廣綠建築部份，例如從2003年至2007年辦理了5屆優良綠建築作品獎，總共僅花了1075萬元(共計才55件，平均1年才11件)，且這項獎勵至2007年以後就停辦，再以2009年為例，全年之獎勵金額只有1700萬元，獎勵之力道不夠，因此獎勵的成效有限，是可想而知的，故如何在民間推廣綠建築，政府尚有很大的改善空間（例如可從減稅的方案，優惠貸款，頒發獎牌，恢復提供且提高優良建築作品之獎勵金額及件數，推廣綠建築教育及宣導的工作以及提高其他獎勵之金額）(4)政府應積極推動新舊建築之綠建築改善工作，全面加速提升國內整體建築環境環保及節能之效能 (5)綠建築法制化之檢討及修訂(6)依取得綠建築標章之等級給予不同程度之建築容積獎勵或取得公共工程優先委託設計監造權(7)建議交通部觀光局，對於獲頒綠建築標章之休閒建築，如旅館、民宿、度假村等給予補助獎勵，在獎勵方面包括租稅優惠獎勵，建築融資獎勵，優良綠建築作品獎勵，建築容積獎勵，頒發榮譽獎牌獎勵等，尤其對於新舊休閒建築之綠建築改善而獲頒綠建築標章者更需要獎勵，此外對於綠建築任一指標若具有卓越成效者亦可給予額外之獎勵(可另立相關之獎法)[註：因以往推動綠建築方案是由內政部辦理，由交通部觀光局另外專門針對休閒綠建築獎勵補助可以減輕內政部預算之負荷。]

參考文獻

1. 內政部建築研究所，2005 年：有綠建築真好。
2. 內政部建築研究所，2000 年：邁向 21 世紀永續建築環境研討會。內政部建築研究所。
3. 陳雅芳，2005 年：綠建築獎勵機制之研究。台北科技大學碩士學位論文。
4. 中華民國建築師公會全國聯合會，2004：第一屆台灣建築論壇—綠建築永續經營建築論壇集。
5. 曲筱帆，2003 年：綠建築工具之應用與推廣研究。內政部建築研究所。
6. 內政部建築研究所，2007 年：綠建築解說與評估手冊。
7. 內政部建築研究所：綠建築標章審核認可及使用要點（98.10.22 公佈）。
8. 自由時報（2009.5.7）：內政部日前發佈修正「獎勵民間綠建築改善示範作業要點」今年度獎勵經費總計 1700 萬元，受理期限至 5 月 31 日為止。
9. 中正 e 報（2009.3.11）：「對民間而言，政府採取的綠建築獎勵措施，實質上幫助有限」。
10. 張世典，1997 年，綠建築技術現況與未來發展計畫：內政部建築研究所專題研究計畫成果報告。
11. 楊謙柔、張世典，2000 年，綠建築評估工具之研究—以辦公建築為例：牽成永續發展基金會得獎人論文發表論文集。
12. 陳俊合，2004 年"住宅環境永續發展與經營之研究－以綠建築評估指標系統應用為

例"，第一屆台灣建築論壇－綠建築永續經營，中華民國建築師公會全國聯合會。

13. 台灣建築中心：通過綠建築標章至 2011 年 5 月底止共核發 2038 件
(www.tabc.org.tw)

汽油辛烷值減量之驗收風險評估與成本效益分析

Risk Assessment and Cost Benefit Analysis of Reducing Octane Number in Gasoline

陳亮清¹鐘炳煌²沈伯憲³Liang-Ching Chen¹ Ping-Huang Chung² Po-Hsien Shen³¹東南科技大學環境管理系副教授 ²東南科技大學防災科技研究所研究生³東南科技大學工業管理研究所研究生

摘 要

汽油一般加入甲基第三丁基醚 (Methyl tert-butyl ether, MTBE) 添加劑來提高辛烷值以降低汽車引擎之爆震。然而 MTBE 添加劑不但價格不便宜而且容易衍生地下水污染問題，因此若能降低 MTBE 的添加量，除了可以降低油品的成本與油價，還能夠減少環境的污染。本研究目的即在探討調整油品中 MTBE 添加量之可行性、驗收之拒收風險、以及成本效益分析。

汽油辛烷值一般係採用常規之引擎試驗來檢視 MTBE 添加量之辛烷值是否符合驗收規範。本研究以九五無鉛汽油為例，設定辛烷值設計值由原先95.3降為95.1時，對引擎試驗結果進行統計分析，並且評估降低 MTBE 添加量相對增加之驗收風險及變更設計值之成本效益。針對辛烷值設計值為95.3的950個樣本與設計值為95.1的100個樣本進行統計分析，比較結果拒收風險增加0.00029。但成本效益分析結果，變更設計值後每年約有節省一億伍仟萬元新台幣之淨效益，約五倍左右的益本比。

關鍵詞：辛烷值、甲基第三丁基醚、風險評估、成本效益分析

ABSTRACT

Methyl tert-butyl ether (MTBE) is generally used as an additive in gasoline to resist the engine knock in vehicle. However, it not only increases gasoline cost but also possible pollutant in groundwater. Therefore, the reduction of MTBE in gasoline is price sound and environmental protection oriented. The purpose of the study is to find out the feasibility of reducing MTBE through cost-benefit analysis, while the gasoline batch still complies within the acceptance limit of ASTM specification.

The Waukesha engine was used to test the octane number of 95 Unleaded Gasoline. The reduction of MTBE in gasoline, due to octane number change from 95.3 to 95.1, has increased a risk of quality rejection at a probability equaling to 0.00029, in comparison to 950 samples' test by Waukesha engine. Results from risk assessment and cost-benefit analysis show a saving of 150 million NT dollar, from MTBE additives reduction. And the B/C ratio over 5 is possible. Overall, partially reduction of MTBE additives in gasoline is quite feasible.

Keywords: octane number, MTBE, risk assessment, cost-benefit analysis

壹、前言與文獻回顧

甲基第三丁基醚(MTBE)添加劑為汽油中之含氧添加劑，可增加辛烷值，改善引擎燃燒減少爆震現象。但是 MTBE 為職業衛生與環境污染物質。

文獻記載，都市空氣、地表水、地下水都曾經偵測到 MTBE 之存在。包括都市空氣 (Grosjean et al., 1998)、地表水 (Reuter et al., 1998) 尤其是地下水監測井中 MTBE 是最常出現之揮發性有機物 (Happel et al., 1998)。而全世界有高達二十億人口以地下水為飲用水之水源。暴露在 MTBE 之高劑量代謝物下，會產生的急性症狀包括眼睛及上呼吸道黏膜刺激、頭痛、暈眩、疲倦及麻醉感等；男性油罐車駕駛有頭痛、噁心、唾液分泌增加，頭暈及呼吸急促等症狀，MTBE 增加職業衛生與人體健康風險 (Hakkola, 1996；李家偉，2001；郭佳儀，2006)。

台灣就有669萬輛汽車、1435萬輛機車（交通部公路總局，2009），以及2634家加油站。老舊與缺乏管理的管線與儲油槽可能造成油品在空氣與地下水中之洩漏，增加 MTBE 逸散的機會，使一般民眾暴露於健康風險之中。按勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，MTBE 八小時之每日時平均容許濃度需低於40ppm（行政院勞工委員會，2010）。

此外，MTBE 添加劑的價格昂貴，油品中 MTBE 添加量約為15%。按台灣中油股份有限公司採購處2005年至2009年統計資料，MTBE 的到岸價格平均每公秉新台幣19000元，相當於每公升汽油中約有2.8元的 MTBE 添加劑。

因此，減少 MTBE 的添加量，不但可降低汽油的成本而且具有環境保護意義。然而減少 MTBE 添加劑需要多層面之考量，既要降低成本，減少環境污染，又須達到減少汽車引擎爆震問題，達到油品驗收標準。因此如何決定妥適的 MTBE 添加量，既可減少爆震又能減少汽油成本與環境污染的問題是本研究之重點。

有鑑於此，本研究嘗試降低汽油的 MTBE 添加量，利用實際樣品之引擎測試，以統計機率分配之分析方法研究驗收合格之可行性，並且進行成本效益分析。

貳、研究方法

2.1 汽油辛烷值與驗收標準

目前國內加油站有九二、九五與九八等三種無鉛汽油可供選擇（台灣中油，2003）。九二、九五與九八無鉛汽油之主要區別在於辛烷值不同。而辛烷值之測定則是以異辛烷之辛烷值定為100.0，正庚烷辛烷值定為0.0，先建立已知辛烷值之標準油組，再以內插法定量樣本油之辛烷值。圖一之引擎試驗（Waukesha Engine）中如果汽油樣本所產生之爆震，正好與95%異辛烷及5%正庚烷之混合油的爆震程度相同，即稱此汽油之辛烷值為95.0。以此類推九二與九八無鉛汽油之辛烷值（台灣中油煉製研究所，1999、2000）。無鉛汽油選擇並不是辛烷值越高的汽油引擎就越有力；只要引擎不爆震，提高油料的辛烷值並不會讓引擎更有力或更省油。

2.2 辛烷值的訂定

辛烷值有兩種訂定方法：研究法辛烷值(Research Octane Number：RON)與馬達法辛烷值(Motor Octane Number：MON)。世界各國大多以研究法辛烷值 RON 呈現汽油抗爆震性；只有美國使用 RON 與 MON 兩種方法之平均值表示之。

研究法辛烷值(Research Octane Number：RON)是指圖一所示之引擎，須符合 ASTM-D2699 規範之標準引擎。其操作條件設定在低轉速、節流閥全開下運轉所測出之汽油抗爆震性，參考表1之 RON 測試條件。RON 測試條件可視為車輛在市區中低速檔行駛狀況下，汽油辛烷值最能發揮駕駛性能之表現指標。愈高辛烷值的汽油，表示對在市區中低速行駛的汽車具有較佳之抗爆震性。

2.3 油料產品驗收之差異性

通常油料產品驗收時需依據 ASTM 規範。假設油料產品辛烷值的設計真值(true value)即為油料產品的母體平均數(μ)。由相同的檢測標準與長期大量的檢測數據下產生的統計量為樣本平均數(X)。以單尾檢定(one tailed test)而言（林惠玲、陳正倉，2009），顯著水準 $\alpha=0.05$ 時，20個油品之抽樣檢查，不能有一個以上不合格。然而油品驗收之實務運作上比較複雜。在抽樣檢查樣本統計量與設計真值之間的統計誤差來源包括：供應商與顧客雙方之抽樣誤差、實驗室人員及實驗室儀器之變異性所產生之誤差，容易造成供應商與顧客之間的爭議。因此雙方必需設定可以接受之誤差範圍。廠商及顧客依據 ASTM 標準來計算，訂出彼此可接受的誤差風險。ASTM-D3244以誤差重複性(repeatability, r)及誤差再現性(reproducibility, R)，分別詮釋同一個實驗室內及不同實驗室之間檢驗結果的差異(台灣中油煉製研究所，2000)：

(1) 誤差之重複性

誤差之重複性指在同一實驗室裡，同一分析人員，使用相同設備，相同檢驗方法產生之隨機誤差，以 r 表示之。

(2) 誤差之再現性

誤差之再現性指在不同實驗室裡，不同分析人員，使用相同設備，相同檢驗方法產生之隨機誤差，以 R 表示之。

通常誤差再現性之 R 值較誤差重複性之 r 值為大。亦即不同實驗室間的檢驗結果之變異會比同一實驗室內之變異為大。根據 ASTM-D3244 規範，如果涉及廠商與顧客雙方之歧見時，採用再現性誤差之 R 值在實務上是比較常用，為雙方所接受。亦即 ASTM-D3244 訂定之驗收方法，係規範廠商與顧客雙方之不同實驗室誤差再現性之處理程序，使廠商風險及顧客風險控制在接受範圍內。

2.4 ASTM-D3244 驗收規範

ASTM-D3244 訂定之驗收標準係用來解決廠商與顧客在油品檢驗差異之驗收困擾。包括雙方協議驗收辛烷值之接受限值(acceptance limit, 簡稱 AL)、歧異處理之指定檢測值 (assigned test value, 簡稱 ATV) 之訂定。ATV 涉及第三方面實驗室之公證，不在本研究討論範圍。而接受限值 (AL) 可依下式計算：

(1) 兩個實驗室產生兩組檢驗結果時適用如下式

$$AL = S + 0.255 \times R \times D \quad (1)$$

(2) 一個實驗室時適用如下式

$$AL = S + 0.361 \times R \times D \quad (2)$$

AL 代表辛烷值之接受限值， S 代表規範值（假設為設計真值或母體平均數 μ ）， R 為誤差之再現性 (reproducibility, R)， D 值可由 ASTM-D3244 查得。根據 ASTM-D3244 規範，公式(1)係適用於辛烷值統計量屬於常態分布之實驗資料。

以九五無鉛汽油之驗收為例，假設買賣雙方同意當產品 RON 辛烷值之設計真值為 95.0 時，公式(1)的 S 值等於 95.0。此時由 ASTM-D3244 (2007) 查得 D 值下限為 -1.645，另油品公司 RON 測試法之 R 值為 0.6，代入公式(1)之結果：

$$AL = 95.0 + 0.255 \times 0.6 \times (-1.645) = 94.75$$

但是石油公司油品協議驗收時以 94.7 作為接受限值，雙方對樣本化驗結果之平均數大於或等於 94.7 時接受產品，小於 94.7 時拒絕產品，參考圖二。在實務操作上 20 個油品之抽樣檢查，不能有一個以上的檢驗值小於 94.7。

目前石油公司九五無鉛汽油出廠是以辛烷值 95.3 為設計真值，以增加其合格之可靠度。假設變更設計後，辛烷值之設計真值從 95.3 降為 95.1 時，檢測時驗出低於 94.7 的「增加風險」為如圖二的標準化常態分配之左尾所示之斜線面積。此斜線面積表示當設計真值（母體平均數 μ ）往左移動時，油品不合格之機率增加。圖二顯示標準化常態分配的斜線面積所對應之機率假設為增加之風險。

參、辛烷值測試結果與拒收風險評估

3.1 現行九五無鉛汽油辛烷值之統計分布

目前油品業者九五無鉛汽油出廠之辛烷值的設計值是 95.3。以台灣中油股份有限公司 98 年 5 月至 98 年 11 月統計月報表資料，950 個樣本數資料分析得知平均數為 95.284，

標準差為0.133。標準差與平均數比值(S/X)為0.001396。標準化後，辛烷值94.700之對應值為 $Z_{\alpha} = (94.700 - 95.284) \div 0.133 = -4.391$ ，經查標準常態分配表得知94.7以下機率為0.00001。

3.2 降低 MTBE 添加劑後之辛烷值統計分布

假設出廠之辛烷值的設計值變更為95.1，不同車次100個不同樣本之統計資料分析後得知平均數為95.090，標準差為0.114。標準差與平均數比值(S/X)為0.001199。經標準化後，辛烷值94.700之對應值為 $Z_{\alpha} = (94.700 - 95.090) \div 0.114 = -3.42$ ，經查標準常態分配表得知94.7以下機率為0.0003。

3.3 增加之拒收風險

目前九五無鉛汽油辛烷值的設計值是95.3，以辛烷值95.3為設計真值時，辛烷值94.7以下部分拒收，則被檢出拒收的機率為0.00001。假設將辛烷值真值降至95.1，則辛烷值94.7以下部分拒收，被檢出拒收的機率為0.0003。因此辛烷值之設計值由95.3降低為95.1時，兩相比較之拒收風險增加0.00029。

3.4 變更設計之成本效益分析

以九五無鉛汽油為例，變更設計後無鉛汽油的成本效益變動如下：

- (1) 不合格車次數：辛烷值之設計值由95.3降低為95.1，拒收的風險將增加0.00029。以2009年油公司九五無鉛汽油運輸22003車次計算，估計可能有7車次被檢驗不合格。
- (2) 重驗運輸費用：若加油站九五無鉛汽油辛烷值被檢出不合格，油公司會派油罐車負責將油品抽回，因此產生車輛來回兩趟的運輸費用。每車次運輸容量為15公秉，每公秉之運輸費用是台幣1280元。
- (3) 汽油降級與再檢驗費用：不合格的九五無鉛汽油，油公司回收後將降一級使用，亦即直接將九五無鉛汽油降級並輸入九二無鉛汽油油槽，經檢驗合格後再以九二無鉛汽油發油出廠。每公升九五汽油與九二汽油的差價設為1元，以及油品檢驗費用約台幣3000元，均須由供應商負擔。
- (4) 油品檢驗不合格之罰款：依據石油管理法第46條規定：違反第二十九條第一項規定，輸入或銷售品質不符合國家標準之石油製品者，處新臺幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並限期改善；屆期不遵行者，得按次連續處罰至改善為止；情節重大者，並得命其停止營業三個月。本研究假設以最高為一百萬元罰款計算。
- (5) MTBE 的價格與購置成本：

MTBE 的價格隨原油價格而變化，每公噸的到岸平均價格754.40美元，請參考圖三。換算成每公噸新台幣24895元或每公秉新台幣18572元（1公秉=0.746公噸）。目前汽油中 MTBE 添加量是約占15%，佔有一定之成本比例，因此降低MTBE 添加劑可以降低汽油的價格。辛烷值之設計值由95.3降低為95.1時之MTBE 添加量約為12%，以九五無鉛汽油為例，估計相當於每公升汽油成本減少0.56元，請參考表2。

3.4.1 變更設計之風險成本計算如下：

(A) 重驗運輸費用

$$A = 1280 \text{元/公秉} \times 15 \text{公秉/車} \times 7 \text{車次} \times 2 \text{趟} = 268,800 \text{元}$$

(B) 重驗檢驗費用：檢驗研究法辛烷值的費用

$$B = 3000 \text{元/次} \times 7 \text{次} = 21,000 \text{元}$$

(C) 整槽汽油降級費用：

以2009年油公司九五無鉛汽油運輸22003車次，不合格機率0.00029，以及每車次運輸容量為15公秉計算，不合格容量之期望值為95.7公秉。此遠低於3萬公秉油槽。假設最壞的情況整槽汽油降級為九二無鉛汽油，則損失費用為：

$$C = 3 \text{萬公秉} \times 1000 \text{公升/公秉} \times 1 \text{元/公升} = 30,000,000 \text{元}$$

(D) 檢驗不合格之罰款：每次罰款100萬元

$$D = 1,000,000 \text{元/次} \times 7 \text{次} = 7,000,000 \text{元}$$

因降低汽油中 MTBE 的添加量而發生之額外成本為：

$$\text{成本} = A + B + C + D = 37,155,400 \text{元}$$

3.4.2 MTBE 減量所節省之效益

以2009年銷售九五無鉛汽油33萬公秉為例，若 MTBE 降低3%可省下9,900公秉，每公秉18,572元計算。相當於每公升汽油成本減少0.56元，參考表2。按2009年油公司22,003車次計算之年節省效益為：

$$\text{效益} = 22,003 \text{車次/年} \times 15000 \text{公升/車} \times 0.56 \text{元/公升} = 184,825,200 \text{元}$$

則變更設計後淨效益為147,669,800元，九五無鉛汽油每年可節省將近1億5仟萬元的支出。案例 MTBE 減量之益本比(Benefit/Cost)為4.97。

3.5 討論

辛烷值95.1個案與辛烷值95.3個案係屬於不同設計值的案例比較。辛烷值95.3個案之950筆資料為既有統計資料，而辛烷值95.1個案的100筆資料係以另作實驗之資料。限於 Waukesha Engine 設備與試驗經費之緣故，只作出100筆資料。兩筆資料相較之下，辛烷值95.1個案的100筆資料雖然稍嫌不足，但是因為油品之品質不錯。辛烷值95.3與95.1個案之標準差分別為0.133與0.114，標準差與平均數比值(S/X)分別為0.001396與0.001199，95.1個案之品質管理反而更好，亦在相當維度之範圍。

另外，汽油中減少 MTBE 添加量之健康風險效益因為並不容易評估，於本研究之成本效益分析時並未列入考量。

肆、結論與建議

甲基第三丁基醚添加劑(MTBE)為汽油之含氧添加劑，用來增加汽油的辛烷值，改善引擎燃燒並減少爆震現象，但也增加空氣與地下水的污染與環境衝擊。油品公司為了減少驗收時的拒收風險而將九五無鉛汽油的辛烷值之設計值定在95.3。本研究則嘗試在符合 ASTM 的標準檢驗規範下變更辛烷值之設計值為95.1，並且進行拒收風險與成本效益分析獲致結論如下：

本研究採用 ASTM-D2699標準引擎來測量汽油的 RON 法辛烷值，可以量化顯示 MTBE 添加劑在汽車引擎中的抗震程度與爆震特性。標準引擎試驗係按照 ASTM-D3244的汽油允收合格標準來決定接受或拒收。由辛烷值之設計值為95.1之100個不同車次之樣本測試結果($N=100$, $X=95.090$, $S=0.114$)與原本設計辛烷值為95.3之950個樣本測試結果($N=950$, $X=95.284$, $S=0.133$)之標準常態分布圖之統計值進行比較，標準常態分布圖之左尾界限($AL=94.7$)以下顯示不合格之風險增加了0.00029。

按拒收風險增加之機率來進行成本效益分析，減少使用 MTBE 添加劑所產生之節省效益與驗收不合格所增加之風險成本比較之下，每年節省效益約一億伍萬元，益本比約為5。顯示適度減少使用 MTBE 添加劑頗具可行性，有可能反應在油品的價格上，並且減少環境污染之風險。

本研究僅對辛烷值95.1設計值進行分析，後續研究建議對於其他設計值例如95.2設計值亦作比較，建立設計值變動之趨勢分析。另外，對於其他油品如九二無鉛汽油與九八無鉛也應進行全面之研究比較，做為 MTBE 添加劑減量決策之參考。

參考文獻

1. 行政院勞工委員會 (2010)，勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準。
2. 交通部公路總局 (2009)，監理統計資訊-機動車輛登記數。
3. 李家偉 (2001)，人體 MTBE 暴露之生物偵測，職業衛生暨環境醫生學術研討會。
4. 郭佳儀 (2006)，MTBE 與 BTEX 基因毒性之探討，國立高雄師範大學生物科技研究所碩士論文。
5. 台灣中油股份有限公司 (2003)，汽油小常識，石油教室。
6. 台灣中油股份有限公司煉製研究所 (1999)，分析技術研討會專輯。
7. 台灣中油股份有限公司煉製研究所 (2000)，分析技術研討會專輯。
8. 林惠玲、陳正倉 (2009)，應用統計學，雙葉書廊。
9. ASTM-D2699 (2008)，Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel, Designation: 237/87
10. ASTM-D3244 (2007)，Standard Practice for Utilization of Test Data to Determine

Conformance with Specifications, Designation: D3244-07a.

11. Grosjean, E., D. Grosjean, R. Gunawardena and R. A. Rasmussen, (1998) , Ambient Concentrations of Ethanol and Methyl Tert-butyl Ether in Porto Allegre. Brazil, March 1996 to April 1997, Environmental Science Technology, Vol.32, pp.736~742.
12. Happel, A. M., E. H. Beckenbach and R. U. Halden, (1998) , An evaluation of MTBE impacts to California groundwater resources, Lawrence Livermore National Laboratory. Environmental Protection Department, Environmental Restoration Division, University of California. UCRL-AR-130897.
13. Hakkola, M., M. L. Honkasalo and P. Pulkkinen, (1996) , Neuropsychological Symptoms among Tanker Drivers Exposed to Gasoline, Occup Med (Lond) , 46(2), pp125-130.
14. Reuter, J. E., B. C. Allen, R. C. Richards, J. F. Pankow, C. R. Goldman, R. L. Scholl and J. S. Seyfried, (1998) , Concentrations, Sources, and Fate of the Gasoline Oxygenate Methyl Tert-butyl Ether (MTBE) in a Multiple Use Lake, Environment Science Technology, Vol.32, pp.3666~3672.

表1 研究法及馬達法測試條件

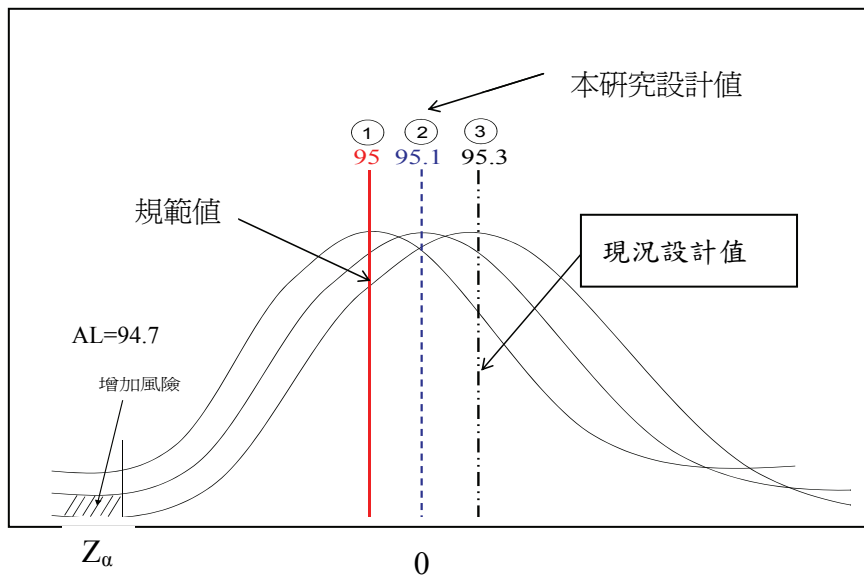
	RON 研究法	MON 馬達法
引擎轉速	600 RPM	900 RPM
進氣溫度	125°F	不控制
混合氣溫度	不控制	300°F
點火角度	13° BTDC	依壓縮比改變

表2 汽油中 MTBE 所佔比例與成本

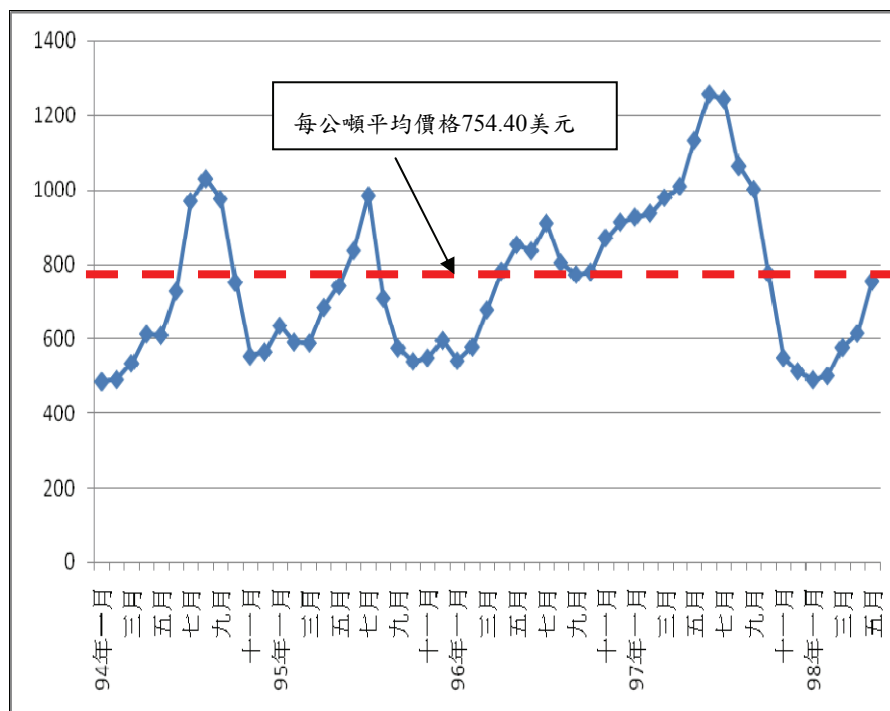
MTBE 的添加比例	15%	12%	10%	8%	5%	3%	1%
估每公升汽油的成本(元)	2.79	2.23	1.86	1.49	0.90	0.56	0.19



圖一 Waukesha引擎試驗



圖二 辛烷值變更設計所增加之拒收風險示意圖



圖三 MTBE 平均價格

家用無變壓器直流電源供應器

Transless DC power supply for home

陳 炯 生

Chaung Shen Chen

東南科技大學電子系副教授

摘 要

一種外形為2公分乘4公分乘5公分之無線交流電插頭，一組標準之直流輸出插座，及用以控制輸出電壓的8段式指撥開關，另一滑動式可變電阻，提供線性輸出電壓之選擇。內含電路，為一無變壓器直接交流轉直流(非磁力線耦合)，由串接之2電容，以電力線密度耦合至大電容，其間以整流二極體，飛輪二極體，以提供持續直流的能力。另以電流源並接，以洩放超量的電荷。同時以電晶體串接穩壓，提供穩定的直流輸出電壓。由於穩壓由稽納二極體緩衝輸出，今將崩潰電壓不同之稽納二極體，置於指撥開關處，便可得到不同之穩定直流電壓，再者將最後之指撥開關與可變電阻連接，可達線性控制出電壓之能力。(所示之位置)代表數位操作，指撥開關 s8導通，輸出為6V。

關鍵字: 磁力線耦合，電力線密度，飛輪二極體(free wheeling diode)，崩潰電壓，電流源，稽納二極體(Zener diode)，指撥開關 DIP switch

ABSTRACT

An appearance like a wireless AC power plug , size of 5 cm cross 4cm , with a standard DC power outlet ,an 8 pin DIP SW to control DC output voltage ,another variable resistor on panel allowing linear DC output option. Inside box is the circuit to convert from AC to DC without transformer (not magnetic flux coupling) ,using 2 serial capacitors (C1,C2) and a rectifier diode (D2) in between ,to convert electricity flux from smaller capacitor to larger one , moreover with a free wheeling diode (D1) to the ground to get sustained DC current output .On the other hand paralleling a current source to deflate possibly overcharging. Meanwhile a Darlington transistor (Q1,Q3) in series output path to regulate stable output DC voltage. For buffered Zener diode could get regulated output voltage , different kind of breakdown voltage Zener diodes those gated by DIP switch , so the capability of different stable output voltages become reality .If a variable resistor in series the last DIP switch (s8) , the capability of linearly controlling the output voltage also achieved .

壹、學理基楚

請參看(圖1)，(圖2)。

將交流電之任一端接地，亦即直流輸出之負端，另一端將大小不同之2電容(C1，C2)串接，間夾一整流二極體(D2)。另一飛輪二極體(D1)接地。交流電壓漸增時，二極體(D2)導通，交流電壓漸減時(負斜率)，二極體(D1)導通，此結構好比人吹氣球，電容(C1)視為肺，電容(C2)視為氣球，二極體(D2)視為嘴，二極體(D1)視為鼻，氣壓視為電荷濃度，交流電視為橫膈膜，由於電容(C2)，遠大於電容(C1)，故電容(C2)上的電壓需1秒才能充至滿電壓，約300伏。今並接一洩放電流之電流源電路，由達靈頓電晶體(Q2，Q4)，電阻(R1，R2)，稽納二極體(DZ8)組成，如此電容(C2)上的電壓便不至於過高，另外串一典型的穩壓電路，由達靈頓電晶體(Q1，Q3)，電阻(R2)，稽納二極體(DZ8)組成，如此便可獲得穩定的直流輸出電壓，由於穩壓由稽納二極體之崩潰電壓緩衝放大，今將不同由小而大的崩潰電壓之稽納二極體，經指撥開關串接，再並接於稽納二極體(DZ8)，便可經指撥開關之選擇，得到不同之直流輸出電壓。再將可變電阻(VR)並接於稽納二極體(DZ8)，則輸出之穩壓直流，可經由指撥開關(s8)之選擇，得到數位或線性的輸出電壓，由於各指撥開關對應之稽納二極體，所產生之直流輸出電壓直接標示於面板，故使用是直接且不需學習的，二極體(D3)，電阻(R4)是保護作用，當不同電壓切換時，避免靈頓電晶體(Q1，Q3)之基射極反偏。值得注意的是，指撥開關(s8)撥上時為，接觸(close)，是數位操作，指撥開關(s8)撥下時為，開路(open)，是線性操作，理由甚明。

貳、主題內容

- 1 無變壓器，直接將家用110伏交流，轉為0到30伏之低壓直流。
- 2 將指撥開關(s8)撥上，可取得面板上標示之(1.2v，3v，6v，9v，12v，15v，18v，28v)之任一直流電壓，只要將對應之指撥開關(s1、s2、s3、s4、s5、s6、s7、s8)上撥即可(數位控制)。
- 3 將指撥開關(s8)撥下，可取得面板上標示之(0至1.2v，0至3v，0至6v，0至9v，0至12v，0至15v，0至18v，0至28v)之任一直流電壓，只要將對應之指撥開關下撥且調整可變電阻(VR)即可(線性控制)。
- 4 所有之元件，內含於一2公分乘4公分乘5公分，之交流插頭內(圖2)。

參、方法技巧

圖1為本創作之電路圖。

圖2為本創作之外觀圖。

s1、s2、s3、s4、s5、s6、s7、s84	為8 pin 之指撥開關 DIP SW
DZ1	2.4v 稽納二極體
DZ2	4.2v 稽納二極體
DZ3	7.2v 稽納二極體
DZ4	10.2v 稽納二極體
DZ5	13.2v 稽納二極體
DZ6	16.2v 稽納二極體
DZ7	19.2v 稽納二極體
DZ8	30v 稽納二極體
VR	50K 中央抽頭可變電阻
C1	耐壓400V 10u 無極性電容

肆、實測結果與結語

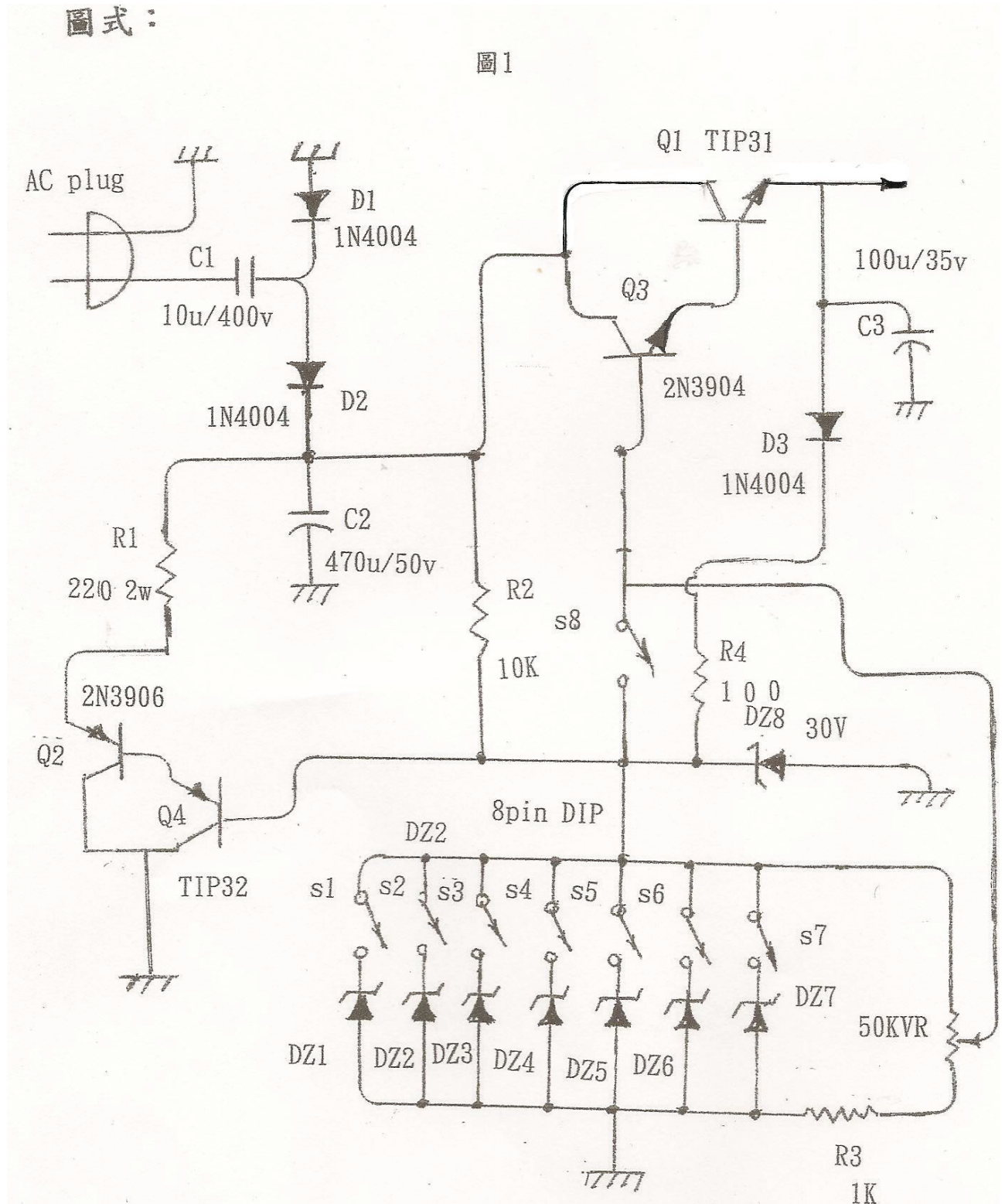
- 一、數位測試，指撥開關 DIP SW8 調上，示波器接輸出，將 s1、s2、s3、s4、s5、s6、s7，依序撥上，即顯示面板所示之不同電壓。
- 二、線性測試，指撥開關 DIP SW8 調下，示波器接輸出，將 s1、s2、s3、s4、s5、s6、s7，依序撥上，並旋轉可變電阻即顯示最高面板所示之不同電壓到 0 伏間之任何線性電壓。
- 三、輸出最大電流為 0.2 安培。
- 四、輸出短路，自動限流，正如預期正常工作。
- 五、開機，自動緩啟動(soft start)，正如預期正常工作。
- 六、歡迎有興趣之同仁到電子系 A704，參考實際工程樣本。

伍、參考文獻

1. Linear DATABOOK national semiconductor corporation 1981 about LM324

圖式：

圖1



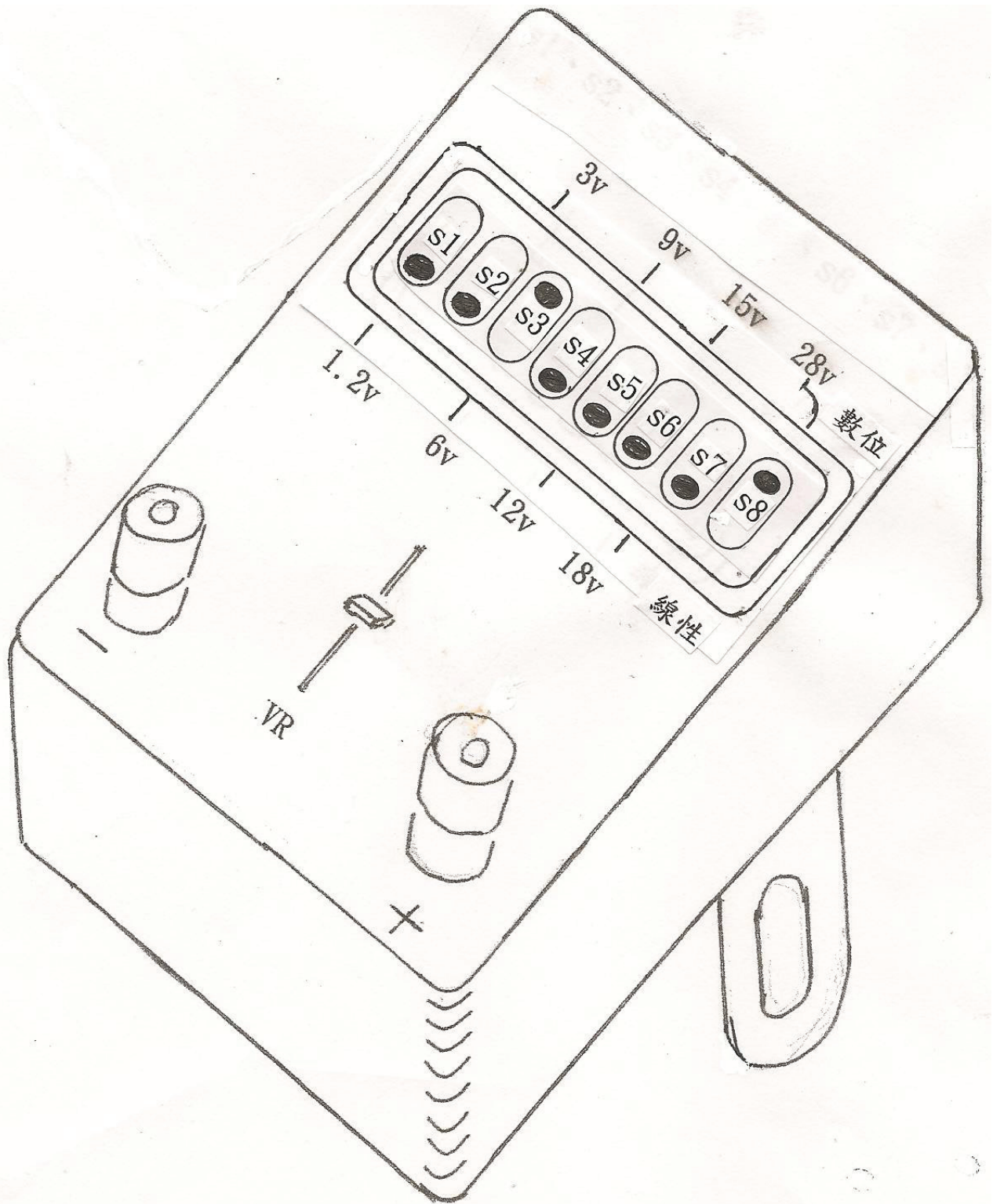
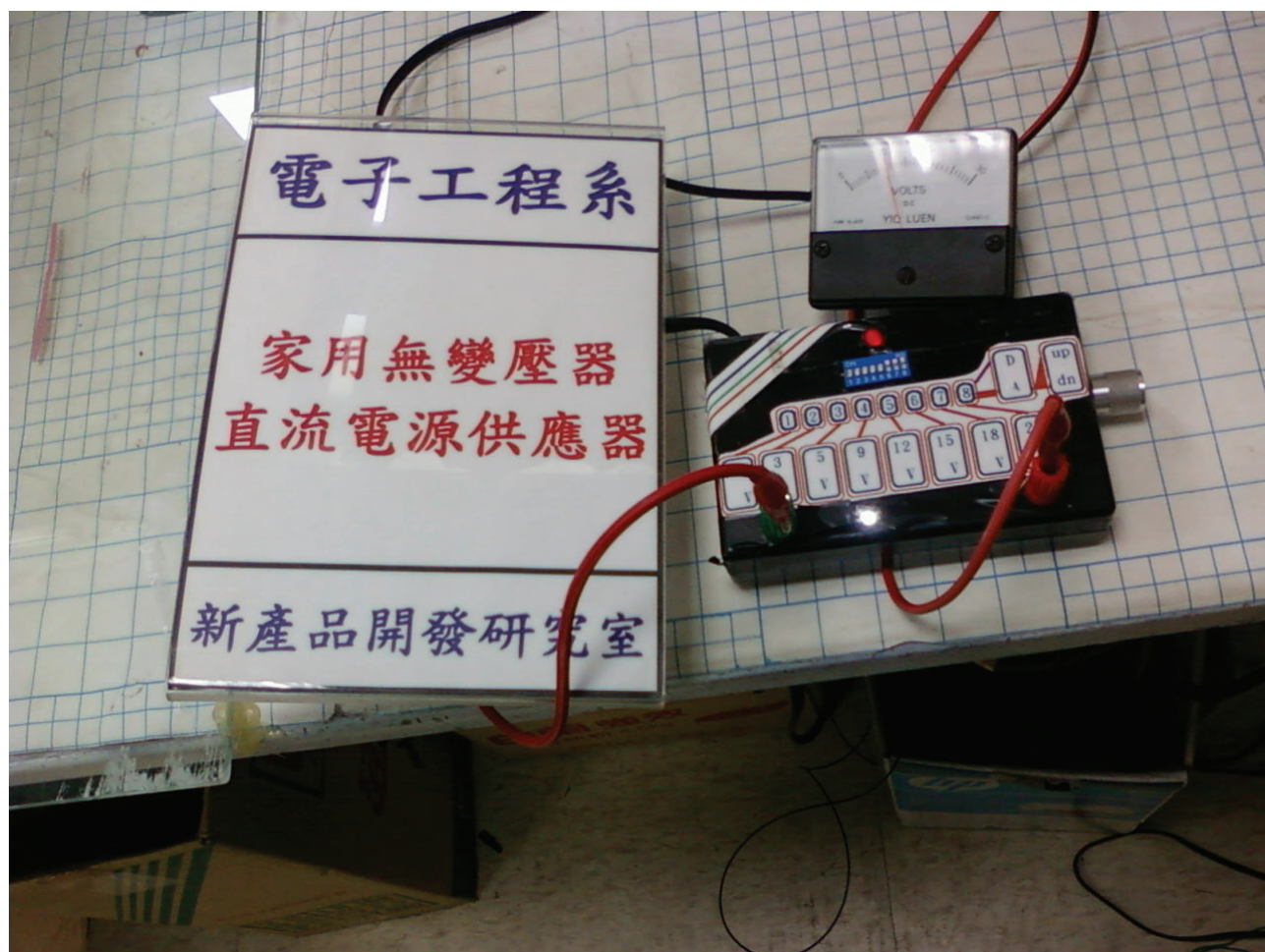


圖2



圖三

太陽能充電式 LED 照明電路設計與實作

Design and Implementation of LED circuit

張育銘¹楊岳樺¹潘敏政^{2*}陳章德³Yu-Ming Jhang¹Yue-Hua Yang¹Min-Cheng Pan^{2*}Jhang-De Chen³¹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 副教授 通訊作者 Department of Electronic Engineering³東南科技大學 電子工程系 技術教師 Department of Electronic Engineering

摘 要

本文我們利用太陽能板和蓄電池作為電路的電源，供給 LED 閃爍警示或照明電路電力。將討論太陽能板的電路設計，利用太陽能板的充電，來達到節能減碳的目的。將個別討論：一、將太陽能板接至電池電路，二、無穩態多諧振盪器電路，三、兩顆 LED 搭配一顆電阻照明電路，四、太陽能應用電路。文中提供的電路設計概念，更可擴充照明電路達到穩定和實用功能，畢竟太陽能比起其它種類的能源，無污染且能量供應無匱乏

關鍵字：LED 照明電路，太陽能板的電路設計，太陽能應用電路

ABSTRACT

In this paper, the solar plate and rechargeable battery are used for the power supply of the LED flash or illuminating circuit, in which solar energy is utilized for environmental protection. The following circuits are to be discussed; (1) Rechargeable circuit of solar energy, (2) oscillator circuit, (3) illuminating circuit with two LEDs and a resistor, and (4) application circuit of solar energy. The design concept of this case can be extended to other LED illuminating circuit with stable and practical characteristics.

Keywords: LED circuit, Circuit design of solar panels, application circuit of solar energy

壹、前言

在人類的生活不能沒有太陽，目前雖然石油、煤礦等化石能源沒有立即耗盡的危機，但近年來原油價格持續上漲，屢創新高，尋找替代能源已成為當務之急。替代性能源如風力、水力、地熱、生質柴油及太陽能電池，都是相當受矚目的綠色能源，其中以太陽能電池因技術發展較全面，最為看好。本文我們利用太陽能板和蓄電池作為電路的電源，供給 LED 閃爍警示或照明電路電力。

貳、重要零件說明

一、太陽能電池（劉智生、洪儒生，2009），（Yahoo 奇摩知識，太陽能板的原理）

太陽能電池是利用材料的光電效應，把太陽光能直接轉換成電能的元件。光線照在物質內部而產生導電載子增加的現象，稱為光電效應。對半導體物質而言，當照射光線的能量大於其能隙時，就會在內部產生自由的電子—電洞載子對。但是這些電子—電洞對會很快地再結合或被半導體內許多復合中心捕捉而消逝。

這時，若能施加內部電場，就可在載子對尚未消逝前迅速把它們引出。這一內部電場可藉由 p 型半導體及 n 型半導體的接合，而在介面處產生。太陽能電池就是利用這內建電場，有效取出電流而獲致電力，太陽電池產生的電是直流電。

矽系太陽能電池的材料，主要可以分為單晶矽、多晶矽和非晶矽3 大類：單晶矽的材料中，矽原子具有高度的周期性排列；至於多晶矽是指材料由許多不同的小單晶所構成；而非晶矽則是指整個材料中，只在幾個原子或分子的範圍內，原子的排列具有周期性，甚至在有些材料中，根本沒有周期性的原子排列結構。

太陽能電池的規格(室外)：

型號	尺寸, 毫米			電性	
	長	寬	厚度	V_{OP} , (V)	I_{OP} , (mA)
SM3015	118.00	176.00	8.00	14.5	120.0
SM1530	118.00	176.00	8.00	7.5	200.0
SM1611	135.00	135.00	8.00	3.0	800.0

二、蓄電池：（Yahoo 知識，“AH”是代表什麼意思）

一般電池的蓄電量，會以 mAh-毫安培小時或 Ah-安培小時來表示，二次電池通常會加以標示，當電池充飽電後，放電至截止電壓時，所能取出之電量，就是此電池的容量。一次電池之容量，因與使用的負載有很大的關係，所以通常不加以標示。

所以電池是用 mAh 為單位，來計算二次電池的容量。mAh 單位，是以電流(mA-毫安培)與時間(h-小時)的乘積所計算出來的。簡單的說。如果有一顆鎳氫電池標示容量為1200mAh。若以每小時60mA 的電流將電"充"入此電池。那大約20小時就可將電池裝滿電。若以每小時40mA 的電流將電充入此電池，那大約30小時才可將電池裝滿電。

三、光耦合器：（維基百科，光電耦合元件）

光電耦合元件(Opto-isolator，或 optical coupler，縮寫為 OC)，亦稱光耦合器或光隔離器以及光電隔離器，簡稱光耦。光電耦合元件是以光作為媒體來傳輸電信號的一組裝置，其功能是平時維持電信號輸入、輸出間有良好的隔離作用，需要時可以使電信號通過隔離層的傳送方式。光耦合器一般由三部分組成：光的發射、光的接收及信號放大。光電耦合元件的光發射器大都是發光二極體（LED），光偵測器的種類比較多，但多半由光電二極體或光電晶體擔任。

四、LED：（張育銘，2010）

LED 依照顏色的不同，有不同的切入電壓(V_D) 和工作電流(I_Q)：5mm 超亮紅、黃色約為1.6~1.8V，電流約為20~35mA。5mm 超亮綠、藍、白色約為1.8~2.7V，電流約為20~45mA。所以 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，所謂切入電壓，就是要讓 LED 亮起來的最低電壓大小，例如要串連3顆紅色 LED，那麼導通電壓約為4.8~5.4V 左右。

挑選限流電阻的方式：

設計電路，只要利用歐姆定律($V=IR$)公式即可，假設使用 3 顆 LED 串連並且接上電阻，而電池(V_{CC})使用 12V，且限定電流為 30mA，由 $V=IR$ 的公式得知：

$$(V_{CC} - 3V_D) = I_Q \times R \quad \therefore R = \frac{V_{CC} - 3V_D}{I_Q}$$

若 $V_{CC} = 12V$ ； $I_Q = 30mA$ ：

1. $V_D = 1.6V \sim 1.8V$ ：

$$R = \frac{12 - (4.8 \sim 5.4)}{30m} = 240 \sim 220(\Omega)$$

2. $V_D = 1.8V \sim 2.7V$ ：

$$R = \frac{12 - (5.4 \sim 8.1)}{30m} = 220 \sim 130(\Omega)$$

參、電路設計

本段將討論太陽能板的電路設計，利用太陽能板的充電，來達到節能減碳的目的。以下將個別討論：一、將太陽能板接至電池電路，二、無穩態多諧振盪器電路，三、兩顆 LED 搭配一顆電阻照明電路，四、太陽能應用電路。

一、將太陽能板接至電池電路

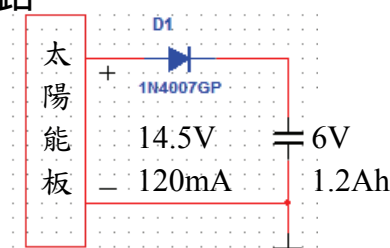


圖 1：太陽能充電圖

理論分析：

(一) 充電電流大小取決於陽光大小。

(二) 利用一片 $V_{OP} = 14.5V$ ， $I_{OP} = 120mA$ 的太陽能板對 6V/1.2Ah 的蓄電池進行充電，如果太陽能板以最大電流 120mA 進行充電，理論上只需 10 小時，因為

$$1.2Ah = 1200mAh = 1200 \text{ 毫安培小時} = 120mA \times 10h。$$

(三) 當太陽能板對蓄電池進行充電的過程中，為了防止蓄電池逆向充電，必須加裝二極體。

二、無穩態多諧振盪器電路（林立雲，2009）（高瑞賢，王金松，2005）

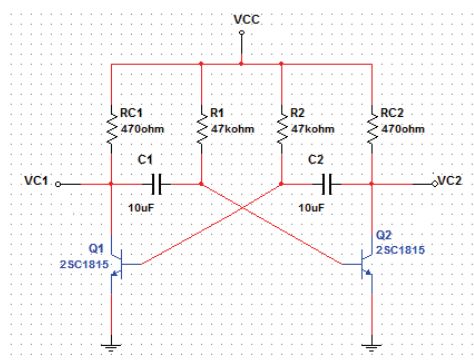


圖2：無穩態多諧振盪電路圖

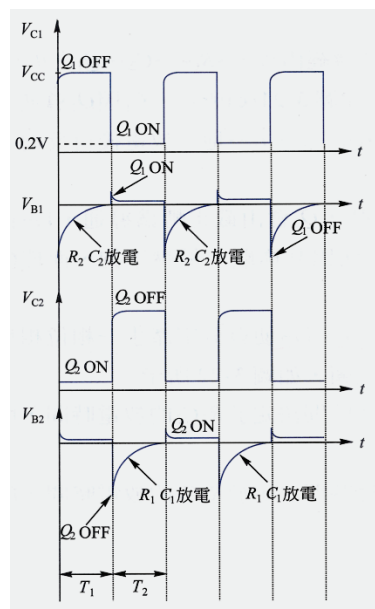


圖3： Q_1 、 Q_2 之集極與基極相對應波形圖

理論分析：

當電源開關 ON 時，則輸出端 V_{C1} 、 V_{C2} 便會產生週期性的脈波輸出，它沒有一個固定的穩定狀態，其動作原理可由以下幾點去分析：

1. 當電源開關關上時， R_1 和 R_2 主要是用來提供偏壓給 Q_2 與 Q_1 ，因此 Q_1 、 Q_2 導通， C_1 、 C_2 充電至 V_{CC} 。
2. 但由於 Q_1 、 Q_2 元件本身的特性並不可能完全相同，所以一定會有一個先導通，

另一個因此而截止。

3. 我們假設 Q_1 截止， Q_2 導通，由於 Q_1 截止所以 $V_{C1} \cong V_{CC}$ ， C_1 會經由 $V_{CC} \rightarrow R_{C1} \rightarrow C_1 \rightarrow Q_2$ 之 B、E $\rightarrow$ 地， C_1 充電接近 V_{CC} 。而 C_2 因 Q_2 導通飽和， $V_{C2} \cong 0.2V$ 經由 $V_{CC} \rightarrow R_2 \rightarrow C_2 \rightarrow Q_2$ 之 C、E $\rightarrow$ 地，放電後再反向充電。
4. 當 C_2 反向充電至 Q_1 導通電壓時， Q_1 會由截止轉換為導通， V_{C1} 由 V_{CC} 瞬間下降至 $0.2V$ ， Q_2 因基極順向偏壓不夠，而使 Q_2 由導通轉為截止。
5. 因為 Q_2 截止，所以 $V_{C2} \cong V_{CC}$ ， C_2 會經由 $V_{CC} \rightarrow R_{C2} \rightarrow C_2 \rightarrow Q_1$ 之 B、E $\rightarrow$ 地，而使 C_2 充電至接近 V_{CC} 。 C_1 因 Q_1 導通， $V_{C1} \cong 0.2V$ 經由 $V_{CC} \rightarrow R_1 \rightarrow C_1 \rightarrow Q_1$ 之 C、E $\rightarrow$ 地，放電後再反向充電。
6. 當 C_1 反向充電至 Q_2 的導通電壓時， Q_2 會由截止轉為導通， V_{C2} 由 V_{CC} 瞬間下降至 $V_{CE(sat)} \cong 0.2V$ ， Q_1 因基極順向偏壓不夠，而使 Q_1 由導通轉為截止。
7. 如此反覆循環動作，則輸出端 V_{C1} 、 V_{C2} 便會分別產生一相位相反的週期性方波。
8. 當 Q_1 由截止轉為導通時，其轉態時間決定於 $R_2 C_2$ 的放電時間，所以 $T_1 = 0.693 R_2 C_2 \cong 0.7 R_2 C_2 \cong 0.7 \times 47k \times 10 \mu = 329m(S)$ 。
9. 當 Q_2 由截止轉為導通時，其轉態時間決定於 $R_1 C_1$ 的放電時間，所以 $T_2 = 0.693 R_1 C_1 \cong 0.7 R_1 C_1 \cong 0.7 \times 47k \times 10 \mu = 329m(S)$ 。
10. 輸出波形之週期為 $T = T_1 + T_2 = 0.693(R_1 C_1 + R_2 C_2) \cong 0.7(R_1 C_1 + R_2 C_2) \cong 0.7(47k \times 10 \mu + 47k \times 10 \mu) = 658m(S)$
11. 振盪頻率為 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.693(R_1 C_1 + R_2 C_2)} = \frac{1}{658m} = 1.5(Hz)$
12. 如果 $R = R_1 = R_2$ 且 $C = C_1 = C_2$ ，則輸出為一個對稱性的方波。
週期 $(T) = 2 \times 0.7RC = 1.4RC = 1.4 \times 47k \times 10 \mu = 658m(S)$
頻率 $(f) = \frac{1}{1.4RC} = \frac{1}{658m} = 1.5(Hz)$
13. 圖 2 中， Q_1 、 Q_2 均工作於飽和與截止狀態，欲使電路具有飽和之條件為 $\beta_1 R_{C1} \geq R_2$ ， $\beta_2 R_{C2} \geq R_1$ 。

三、兩顆 LED 搭配一顆電阻照明電路（張育銘，2010）

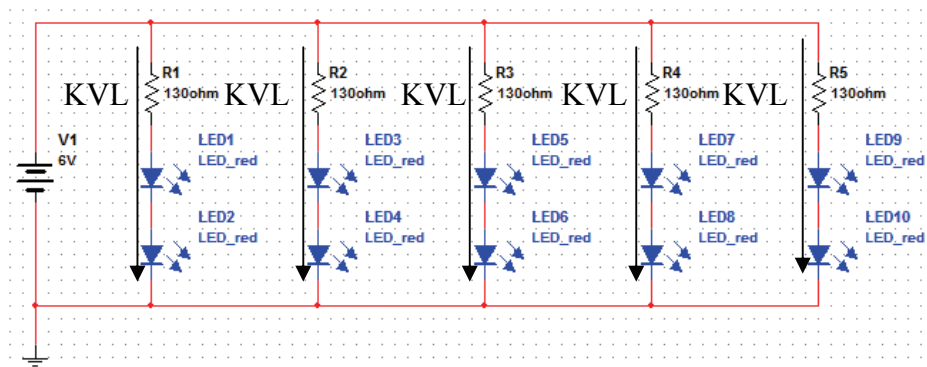


圖 4：兩顆 LED 加一電阻之電路設計圖

理論分析：

紅色 LED 之 $V_D = 1.7V$ ，工作電流 $I_Q = 20mA$

(一) 由 KVL 得知： $6 - 1.7 \times 2 - 20m \times R = 0$

$$\Rightarrow R = \frac{6-1.7 \times 2}{20m} = 130(\Omega) \Rightarrow \text{限流電阻}$$

(二) 電阻上的功率 $P = I_Q^2 \times R = (20m)^2 \times 130 = 52m(W) \left(< \frac{1}{4} W \right)$

由電阻上的功率得知，可以使用 $\frac{1}{2}W$ 或 $\frac{1}{4}W$ 功率大小的電阻。

(三) 總電流 $I_T = 20mA \times 5 = 100mA$ 。

$$\text{總功率 } P_T = V_T \times I_T = 6 \times 100m = 600m(W)$$

$$\text{所以效能} = \left(1 - \frac{52m \times 5}{600m} \right) \times 100\% = 56.67\%$$

(四) 如果電阻固定，電壓飄動 ΔV ，則電流飄動 ΔI_Q ，分析如下：

$$\text{因為 } (V_{CC} - 2V_D) = I_Q R \quad [\Delta V_{CC} - 2 \Delta V_D = R \Delta I_Q + I_Q \Delta R]$$

$$\text{所以 } \Delta V_{CC} = R \Delta I_Q$$

$$\Delta I_Q = \frac{\Delta V_{CC}}{R} ; \text{穩定度} = \left(1 - \frac{|\Delta I_Q|}{I_Q} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (式1)$$

$$\text{如果 } \Delta V_{CC} = 3V ; R = 130 \Omega ; \text{則 } \Delta I_Q = \frac{3}{130} = 23.08m(A)$$

$$\text{穩定度} = \left(1 - \frac{23.08m}{20m} \right) \times 100\% = -15.4\%$$

進一步討論，因為 $V_{CC} - nV_D = I_Q R$

$$\therefore \Delta V_{CC} - n \Delta V_D = R \Delta I_Q + I_Q \Delta R$$

$$\therefore |\Delta I_Q| = |\Delta V_{CC}| + |n \Delta V_D| + |R \Delta I_Q|$$

$$\therefore \text{不穩定度} \frac{|\Delta I_Q|}{I_Q} \leq e(\text{error}) \dots\dots\dots (式2)$$

四、太陽能應用電路

我們將上述三種電路結合成為一實用的電子電路。亦即電路在日間充電，夜間應用於照明或警示之用，如圖5。

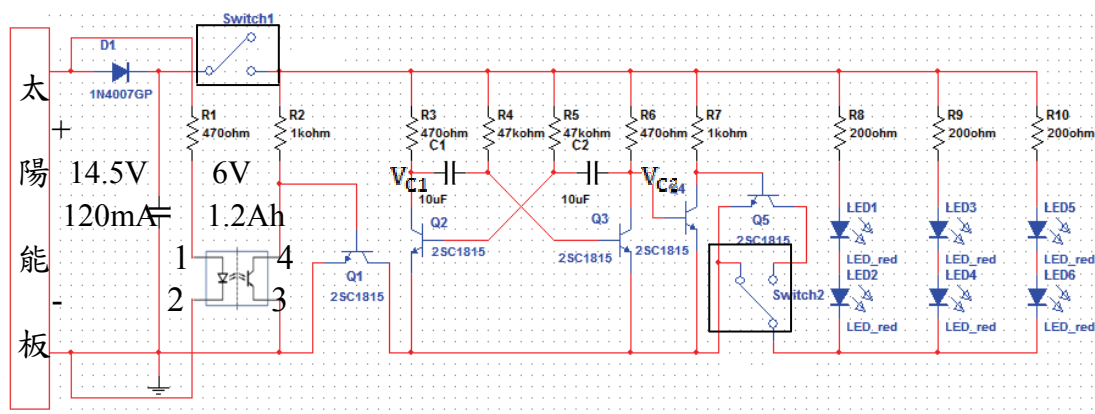


圖5：太陽能應用電路圖

理論分析：

- (一) 當太陽能板感應到光，因而產生電流時，光耦合器內部的發光二極體驅動，使之發出一定波長的光，然後被光耦合器內部的光探測器接收而產生光電流，光耦合器的第3腳與第4腳導通， Q_1 的基極近似於直接接地，因此 Q_1 截止，電路不動作，太陽能板直接對蓄電池充電。
- (二) 當太陽能板沒有感應到光，因此無電流產生，光耦合器不動作，光耦合器的第3腳與第4腳開路， Q_1 的基極近似於直接接到 V_{CC} ，因此 Q_1 導通，電路動作。
- (三) 為了確保讓電路在充電過程中不要放電，加裝一個開關 (Switch1)：
 1. 當開關 (Switch1) 開啟時，電路呈現開路，太陽能板對蓄電池充電。
 2. 當開關 (Switch1) 閉合時，電路導通，蓄電池對電路供電。
- (四) 隨著開關 (Switch2) 的切換，LED 有照明和警示兩種模式。
 1. 當開關 (Switch2) 切換到 Q_5 的E極端時，無論無穩態多諧振盪器的輸出 V_{C2} 是高電位還是低電位，都不會影響到LED的發亮，因為LED相當於直接接地，無穩態多諧振盪器沒有作用，因此LED呈現恆亮，是為照明電路模式。
 2. 當開關 (Switch2) 切換到 Q_5 的C極端時：
 - (1) 假設無穩態多諧振盪器的輸出端 V_{C2} 在高電位時， Q_4 導通， Q_5 的基極端相當於直接接地，因此 Q_5 截止，LED到地之間形成開路，LED不亮。
 - (2) 假設無穩態多諧振盪器的輸出端 V_{C2} 在低電位時， Q_4 截止， Q_5 的基極端相當於直接接到 V_{CC} ，因此 Q_5 導通，LED經由 Q_5 的C、E極接腳然後接地，LED發亮。
 - (3) 因此，當無穩態多諧振盪器的輸出 V_{C2} 在高低電位不斷切換時，就造成LED的閃爍。
- (五) 當蓄電池的電壓小於3.2V，小於LED的切入電壓時，LED不會亮。

肆、實驗結果與討論

本節將以 (一) 太陽能充電實體圖，(二) 無穩態多諧振盪器實體圖，(三) 兩顆LED搭配一顆電阻實體電路，和 (四) 太陽能應用電路，四種實體電路圖，進行實際

測試，結果與討論如下。

(一) 太陽能充電實體圖

本充電實體圖包括太陽能板和蓄電池以並聯的方式連接；太陽能板的型號為：SM301514.5V/120mA，蓄電池的型號為1.2Ah/14.5V。



圖6：太陽能充電實體圖

(二) 無穩態多諧振盪器實體圖

本電路由4顆電阻，2顆 10μ 的電容，兩顆2SC1815的電晶體所構成。當開關（Switch2）切換到 Q_5 的C極端時，無穩態多諧振盪器才會動作，使LED閃爍。

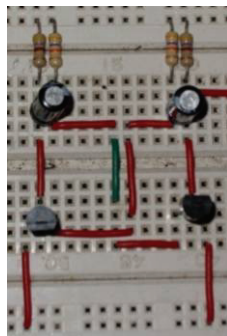


圖7：無穩態多諧振盪器實體圖

(三) 兩顆LED搭配一顆電阻照明實體電路

本電路由5顆電阻，10顆LED所構成。當開關（Switch2）切換到 Q_5 的C極端時，LED呈現恆亮。

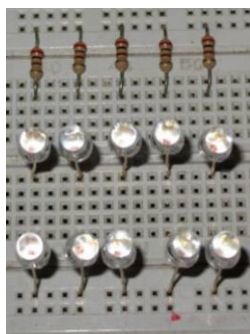


圖8：兩顆LED搭配一顆電阻電路實體圖

經實驗實測LED照明電路部分，結果如圖9，理論值應如式1；實測結果：如圖9。

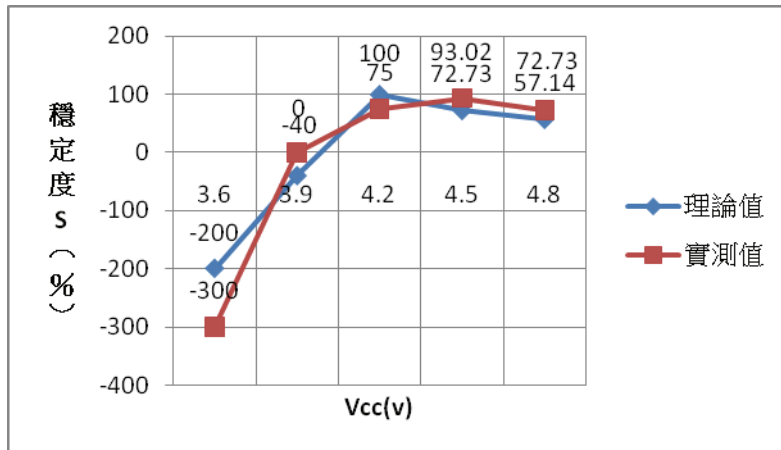


圖9：理論與實測比較圖

(四) 太陽能應用電路

將上述三種實體電路結合為太陽能充電式 LED 照明或警示電路，如圖 10。

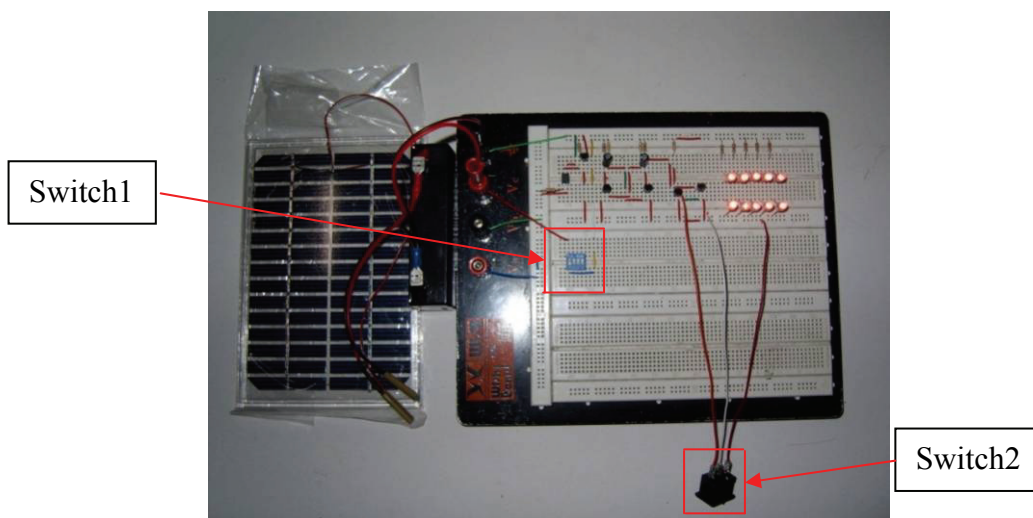


圖10：太陽能應用電路實體圖

此電路我們做了以下實測，（1）太陽能板對蓄電池充電電流，（2）蓄電池供應電流。發現在室外利用太陽能板對蓄電池充電的電流大小，最大可達約65mA，比起在室內約只有0.5mA，所以太陽能板在室外的充電效率遠超過室內100多倍以上，如表1；以及當開關（Switch2）切換到照明模式時，所耗費的電流量比起開關（Switch2）切換到閃爍警示模式時還要來的更加耗電，如表2；

實驗結果：如表1、表2

表1：太陽能板對蓄電池充電電流

蓄電池電壓(V) 理論/實測		充電電流 天氣	(mA)(max)
6V	5.4V	晴天	65
		陰天	40
		室內	0.5

表2：蓄電池供應電流

供應電流	照明模式 (mA)(max)	閃爍模式 (mA)(max)
	50	40

伍、結論

本文以分別設計有關太陽能充電電路，LED 閃爍警示電路和 LED 照明電路，並結合成一利用太陽能達到充電和 LED 閃爍照明功能。其中太陽能充電電路採取最簡易的方式，以避免過多的電子元件而耗電。利用本文提供的電路設計概念，更可擴充照明電路(張育銘，2010，可擴充式 LED 照明電路設計與實作)達到穩定和實用功能，畢竟太陽能比起其它種類的能源，無污染且能量供應無匱乏之虞，雖然現在效率還沒辦法做的很高，但是它確是未來很值得期待的一項技術。

參考文獻

1. 劉智生、洪儒生 (2009)，太陽能電池的高效率化，行政院國家科學委員會。
<http://web1.nsc.gov.tw/ct.aspx?xItem=10532&ctNode=40&mp=1>
2. Yahoo 奇摩知識，太陽能板的原理。
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1206041701800>
3. Yahoo 知識，“AH”是代表什麼意思。
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005022602253>
4. 維基百科，光電耦合元件。
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%85%89%E8%80%A6%E5%90%88%E5%99%A8>
5. 張育銘，潘敏政，陳章德 (2010)，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 8-18 頁。
6. 林立雲，高珮慈，陳冠豪，潘敏政，陳章德 (2009)，電子方向指示燈之分析與探討，東南電子工程學刊，第八期，第 47-58 頁。
7. 高瑞賢，王金松 (2005)，電子電路，全華科技圖書。

可抵擋公共場所肩窺攻擊之眼球追蹤方法的評估

Evaluation of Eye-Tracking Schemes Resistant to Shoulder-surfing Attacks in Public Spaces

曹茂勁

東南科技大學資訊科技與通訊系講師

摘 要

加強身份認證是研究人員很長一段時間想要努力實現的一個目標。儘管過去幾十年幫我們服務的系統對於身份驗證的數量急劇增加，然而目前仍舊使用文字通行碼或 PIN 為身份驗證。使用文字通行碼及 PIN 為身份驗證有多種著名的安全及可用性的缺點。在過去幾年，在公共場所對於自動提款機的攻擊有顯著地增加。各種各樣的攻擊被開發出來，其中肩窺攻擊仍是最主要的常見的和最簡單的攻擊。肩窺攻擊為直接利用觀察或側錄技術以取得通行碼的一種攻擊，其過程就好像透過使用者的肩膀窺探其私密資訊。使用眼球的凝視來輸入通行碼對於一般的觀查者而言是十分困難得到通行碼的資訊，如此可抵擋肩窺攻擊。此輸入方法對於使用者的使用相當容易。本論文的主旨在於研究及分析一些可抵擋肩窺攻擊之眼球追蹤方法，其中包括介紹這些方法的優劣點比較及安全性分析。

關鍵字：文字通行碼、肩窺攻擊、眼球追蹤方法。

ABSTRACT

Researchers have been trying to improve authentication for a long time. User still uses passwords or pins to authenticate the systems. Passwords or pins are vulnerable to many well-known attacks. Most common and easy to hack password is shoulder-surfing attacks. Most password schemes are vulnerable to shoulder-surfing attacks. Shoulder-surfing attacks refer to using direct observation techniques, such as looking over someone's shoulder, to get password. Many eye tracking authentication systems are proposed to reduce shoulder-surfing attacks. But they also reduce the usability of the system. This paper conducts a depth research on those eye tracking authentication systems and discusses their advantages and disadvantages.

Keywords: Shoulder-surfing attacks, eye tracking authentication systems.

壹、序論

加強身份認證是研究人員很長一段時間想要努力實現的一個目標。儘管過去幾十年幫我們服務的系統對於身份驗證的數量急劇增加，然而目前仍舊使用文字通行碼(password)或PIN (personal identification number) 為身份驗證。使用文字通行碼及PIN為身份驗證有多種著名的安全及可用性的缺點。在過去幾年，在公共場所對於自動提款機的攻擊有顯著地增加。各種各樣的攻擊被開發出來，其中肩窺攻擊(shoulder-surfing attack)仍是最主要的常見的和最簡單的攻擊。肩窺攻擊為直接利用觀察或側錄技術以取得通行碼的一種攻擊，其過程就好像透過使用者的肩膀窺探其私密資訊。例如：使用者在ATM以提款卡提領現金時以錄影設備取得使用者所輸入的通行碼或PIN值。儘管這些攻擊的造成每年相當大的財務損失，增加財務損失的安全並未獲得許多的注意與重視。一些自動提款機使用可遮蔽住使用者輸入通行碼或PIN的配備，但由於使用者必須改變其操作習慣及注意周遭環境，因此造成了使用者操作上的不便。另外這些措施是容易被一些攻擊者設計的詭計欺騙。

因為在公共場合身份認證特性的考慮，提供比較長的通行碼來增加安全性並無法解決肩窺攻擊的問題，這些特性包括：

1. 在公共場合身份認證的時間是至關重要的。使用者想要迅速地完成他們輸入通行碼的工作因為還有可能有其他的人等待著使用相同的終端機。任何不可接受的多餘時間可能會導致沮喪。
2. 身份認證的憑證(token)應該很容易記住的。
3. 身份認證必須抵禦大量且不同的攻擊，而這些攻擊的目標為盜取通行碼。
4. 最後，身份認證方法要容易部署，原因為一旦系統變化，大量身份認證方法將會需要有相對應修改。

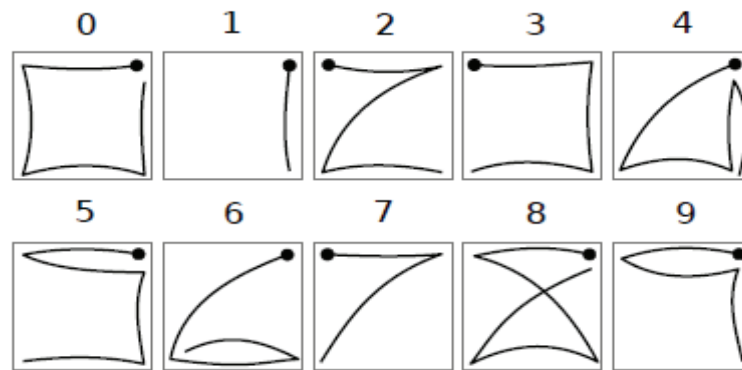
經常有爭論的是生理特徵驗證是否在不久的將來可以解決以上這些問題，因為生理特徵驗證快速且不能被忘記，但先決的條件為生理特徵驗證的硬體變得廉價而且容易部署。不過，生理特徵有他們自己的特定的問題。生理特徵很容易出錯。例如，指紋的掃描對空氣濕度的改變非常敏感。主要缺點為隱私問題。生理特徵是永恆不變的。生理特徵一旦記錄或者洩露，擁有者就無法控制它。因此，評估和改善匿名something you know(你所知道的東西)的身份認證方法仍然是值得的。

目前有許多方法被提出來抵擋公共場合肩窺攻擊[Ho06][Wi06][Dr07][Ku07][Lu07][Zh07][Lu09][Fo10]，其中眼球追蹤方法是比較方便及迅速來抵擋公共場合肩窺攻擊，本論文將分別探討及評估現有的許多可抵擋公共場合肩窺攻擊的眼球追蹤方法之安全性與實務上的可行性後，提出完整分析報告，以作為國內相關研究者於進一步研究時參考之用。

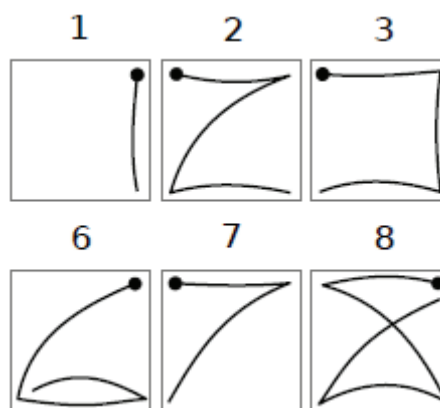
貳、可抵擋肩窺攻擊的眼球追蹤方法的相關設計

一、EyePIN 方法

EyePIN 方法是由 Luca 等人 2007 年提出，後面的文字描述將簡稱 EyePIN 方法為 EyePIN。EyePIN 被提出用來增加安全性上而非放在可用性上。EyePIN 身份認證憑證保留使用標準 PIN。EyePIN 經由改變輸入方法來增進安全。EyePIN 不用鍵盤輸入數字，而是使用者使用眼球姿勢來完成輸入數字。EyePIN 的眼球姿勢代表的字母表可參見圖一，此字母表是基於 Wobbrock 等人所提出的 EdgeWrite[Wo03]。因為 EyePIN 僅僅需要輸入數字，它僅利用 EdgeWrite 的一個簡化的版本。由於眼球姿勢能夠以正常的凝視自然的發生，使用戶必須按一個控制鍵來對系統表明眼球姿勢已完成且此眼球姿勢來分析。例如使用者要輸入 123678，順序的眼球姿勢如圖二。



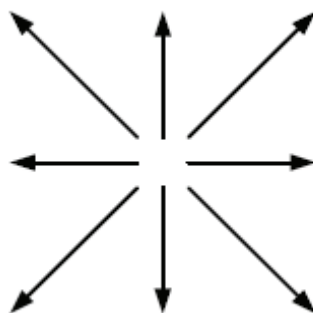
圖一：：EyePIN的眼球姿勢代表的字母表 [來源：Lu07]



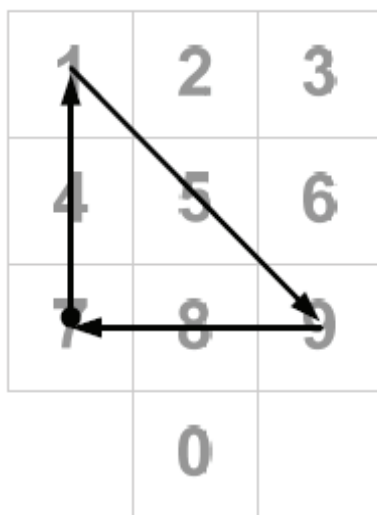
圖二：“123678”的眼球姿勢 [來源：Lu07]

二、EyePassShapes 方法

EyePassShapes 會用到 PassShapes 方法，所以首先介紹 PassShapes 方法，後面的文字描述將簡稱 PassShapes 方法為 PassShapes。PassShapes 是由 Weiss 等人 2008 年提出[We08]。PassShapes 可以改進可記憶性的一個替代的身份認證方法。為了用完成一個身份認證，使用者必須畫一個形狀，此形狀由一次序原先定義的筆觸(stroke)所組成。圖三描述八個可能的筆觸所組成的通行形狀。一個通行形狀可由任意數量的筆觸所組成。任何通行形狀內部被表示為一個字串，此字串可以使用標準的安全機制 hashing 來做保護。例如，圖四的通行形狀內部被表示字串為“7197”。



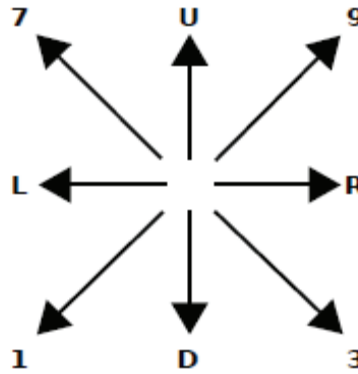
圖三：描述八個可能的筆觸 [來源：We08]



圖四：由“7197”組成的通行形狀[來源：We08]

EyePassShapes 方法是由 Luca 等人 2009 年提出[Lu09]，後面的文字描述將簡稱 EyePassShapes 方法為 EyePassShapes。EyePassShapes 使用 PassShapes 的筆觸為基礎的身份認證憑證(token)和使用 EyePIN 的眼球追蹤方法結合後所作的方法。很幸運地，用作通行形狀的筆觸完美地適合人類眼球。人類眼球可以在運動中掃視但不能完成任何非線性的運動。因此，通行形狀不需要透過任何方法來適應眼球姿勢輸入。使

用戶可用眼球姿勢輸入如圖五的文數字。



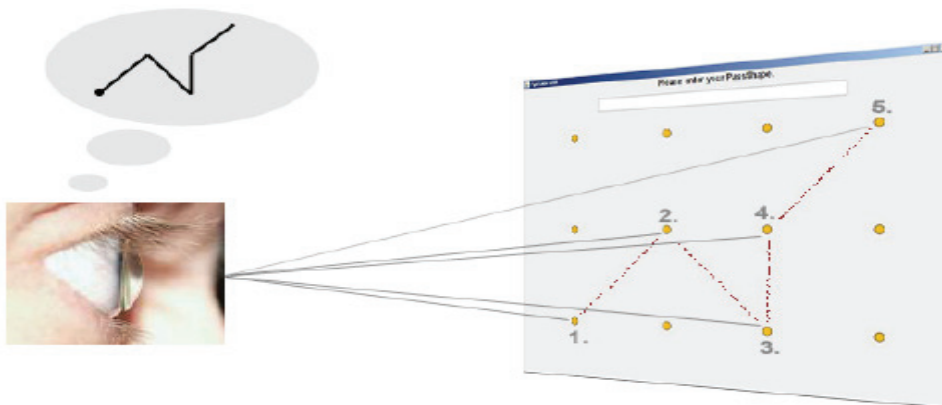
圖五：分別代表八個文數字的眼球姿勢 [來源：Lu09]

如同PassShapes，EyePassShapes能夠一次時間連續完成結果通行形狀(釋放控制鍵及再次按下)。

EyePassShapes 的身份認證工作順序如下：

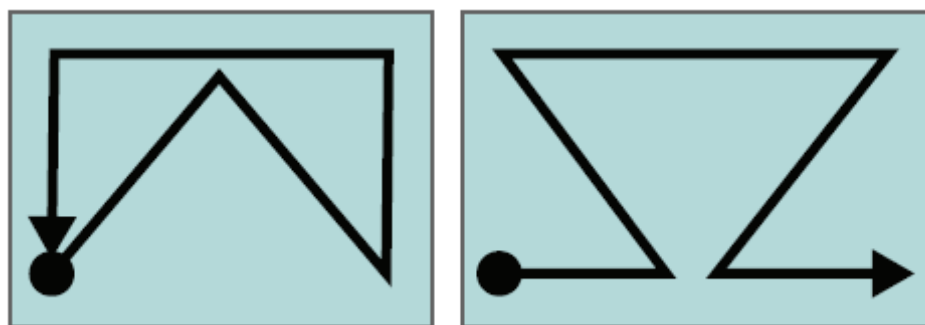
1. 為了輸入通行形狀，使用者眼球先移至目標文數字然後按下控制鍵。
2. 只要放開控制鍵，使用者的眼球的運動已經完成且被分析。
3. 在完成輸入整個通行形狀以後，使用者按下一個"Enter"鈕結束此次的身份認證。
4. 最後，把輸入完成後的通行形狀與在料庫中通行形狀比較。如果它們相匹配，身份認證成功。否則，身份認證失敗。

圖六顯示 EyePassShapes 輸入“93U9”的用眼球姿勢。



圖六：輸入“93U9”的用眼球姿勢 [來源：Lu09]

圖七展示能用於 EyePassShapes 的兩個通行形狀的例子。兩個通行形狀的例子皆由五個筆觸所組成。



圖七：由“93ULD”的組成的通行形狀，右圖由“R7R1R”的組成的通行形狀[來源：Lu09]

參、相關的可抵擋肩窺攻擊的眼球追蹤方法的分析

EyePIN：

在前面的 EyePIN 敘述顯示，EyePIN 確實可有效地抵擋公共場合肩窺攻擊，如此顯示 EyePIN 是適合在公共場所的身份認證方法。另一方面 EyePIN 可以健全的處理輸入錯誤，更重要的是更容易和更便宜的來建置EyePIN。這些 EyePIN 的重要特性是因為此方法不需要使用者精確地凝視特定位置且只要能夠相對地移動就已經足夠。因此，低價和低重量的眼球跟蹤方法既可滿足 EyePIN 的需要。EyePIN 另一個優點是它不需要校準。

EyePIN 輸入通行碼時，使用者必須記得由數字組成的通行碼，EyePIN 的可記憶性與使用鍵盤來輸入數字的通行碼相同，通行碼會有容易忘記的問題產生，使用者為了方便或減輕其記憶上的負擔而採取了不安全的行為。將通行碼設定的過於簡單或將通行碼寫下並置於明顯處以方便其使用，如此會造成安全上的問題。

EyePIN 顯示的數字皆為固定位置，使用者眼球輸入的數字也是固定的。現有的資訊安全的技術將鍵盤側錄工具 (keylogger) 改為眼球輸入側錄工具是可行的，當安裝了眼球輸入側錄工具，攻擊者會十分容易竊取到使用者的通行碼。

社交工程係利用人性弱點，應用簡單的溝通和欺騙技倆，以獲取帳號、通行碼、身分證號碼或其他機敏資料，來突破資通安全防護，遂行其非法的存取、破壞行為。對於 EyePIN 安全性而言，EyePIN 顯示的數字皆為固定位置，社交工程攻擊者很容易取得如此的通行碼，如此 EyePIN 不能有效抵擋社交工程。

EyePIN 的評價顯露了一些嚴重缺點。例如，與其他技術比較互動時間不充足的。一個更大的問題是必須理解和使用眼球姿勢代表新字母表，如此會造成高記憶的負擔。使用此方法，使用者不僅確實必須記得他們的數字而且也要記得輸入每一個數

字，如此由眼球姿勢來移轉成輸入數字會造成重大的系統過度使用，所以此方法比一般的傳統 PIN 的輸入的時間會慢了许多，此輸入的時間關係到此方法的可用度，這是非常值得加強研究並加以改進的。

EyePassShapes：

在前面的 EyePassShapes 敘述顯示，EyePassShapes 確實可有效地抵擋公共場合肩窺攻擊，如此顯示 EyePassShapes 是適合在公共場所的身份認證方法。EyePassShapes 透過形狀及數字來增加可記憶性，簡單地說，形狀能夠比抽象憑證容易被記得，如此可增加可記憶性。其次，EyePassShapes 總是透過相同一條特定次序來畫筆觸，因此，運動神經的記憶效應可以正面的影響可記憶性。如果使用重複的寫策略，一個長期的用戶研究顯示 EyePassShapes 的可記憶性的優點。

EyePassShapes 顯示的文數字皆為固定位置，使用者眼球輸入的文數字也是固定的。現有的資訊安全的技術將鍵盤側錄工具 (keylogger) 改為眼球輸入側錄工具是可行的，當安裝了眼球輸入側錄工具，攻擊者會十分容易竊取到使用者的通行碼。

社交工程係利用人性弱點，應用簡單的溝通和欺騙技倆，以獲取帳號、通行碼、身分證號碼或其他機敏資料，來突破資通安全防護，遂行其非法的存取、破壞行為。對於 EyePassShapes 安全性而言，EyePassShapes 顯示的文數字皆為固定位置且為可描述的形狀，社交工程攻擊者很容易取得如此的通行碼，如此 EyePassShapes 不能有效抵擋社交工程。

EyePassShapes 輸入通行碼的速度比 EyePassword 及 EyePIN 快，但與一般的傳統通行碼的輸入的時間還是慢了许多，這些與目標點的大小、全部目標點的排列、和目標點之間的切換時間皆有關，此輸入的時間也關係到此方法的安全性，因為輸入的字元減少既可縮短輸入的時間但安全性就降低了，這是非常值得加強研究的。

肆、結論

加強身份認證是研究人員很長一段時間想要努力實現的一個目標。儘管過去幾十年幫我們服務的系統對於身份驗證的數量急劇增加，然而目前仍舊使用文字通行碼或 PIN 為身份驗證。使用文字通行碼及 PIN 為身份驗證有多種著名的安全及可用性的缺點。在過去幾年，在公共場所對於自動提款機的攻擊有顯著地增加。各種各樣的攻擊被開發出來，其中肩窺攻擊仍是最主要的常見的和最簡單的攻擊。使用眼球的凝視來輸入通行碼輸入對於一般的觀查者而言是十分困難得到通行碼的資訊，如此可抵擋肩窺攻擊。另外的優點為此輸入方法對於使用者相當容易使用。本論文研究及分析發現 EyePIN 可抵擋肩窺攻擊但無法抵擋眼球輸入側錄工具的攻擊及社交工程攻擊。EyePIN 輸入通行碼的時間也太長。EyePassShapes 可抵擋肩窺攻擊但無法抵擋眼球輸入側錄工具的攻擊及社交工程攻擊。雖然 EyePassShapes 輸入通行碼的時間雖有改善但與鍵盤來輸入通行碼的時間來比就有改善的空間了。

參考文獻

- [Dr07] H. Drewes and A. Schmidt, "Interacting with the computer using gaze gestures," *In International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT): 11th IFIP TC 13 International Conference*, 2007.
- [Fo10] A. Forget, S. Chiasson, & R. Biddle, "Shoulder-Surfing Resistance with Eye-Gaze Entry in Cued-Recall Graphical Passwords," in CHI 2010, 2010.
- [Ho06] Hoanca, B., & Mock, K., "Secure graphical password system for high traffic public areas," *In Etra '06: Proceedings of the 2006 symposium on eye tracking research & applications*, 2006.
- [Ku07] M. Kumar, T. Garfinkel, D. Boneh, and T. Winograd, "Reducing shoulder-surfing by using gaze-based password entry," *In SOUPS '07: Proceedings of the 3rd symposium on Usable privacy and security*, 2007.
- [Lu07] A. De Luca, R. Weiss, and H. Drewes, "Evaluation of eye-gaze interaction methods for security enhanced pin-entry," *In OZCHI '07: Proceedings of the 2007 conference of the computer-human interaction special interest group (CHISIG)*, 2007.
- [Lu09] A. De Luca, R. Denzel, and H. Hussmann, "Look into my Eyes! Can you guess my Password?," *In OZCHI '09: Proceedings of the 2009 conference of the computer-human interaction special interest group (CHISIG)*, 2009.
- [We08] R. Weiss and A. De Luca, "Passshapes - utilizing stroke based authentication to increase password memorability," *In NordiCHI 2008: Proceedings of the 5th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, 2008.
- [Wo03] J. O. Wobbrock, B. A. Myers, and J. A. Kembel. Edgewise, "a stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion," *In UIST '03: Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 2003.
- [Wi06] S. Wiedenbeck, J. Waters, L. Sobrado, J.C. Birget, "Design and evaluation of a shoulder-surfing resistant graphical password scheme," *in Proceedings of Advanced Visual Interfaces (AVI2006)*, 2006.
- [Zh07] H. Zhao, X. Li, "S3PAS: A Scalable Shoulder-Surfing Resistant Textual-Graphical Password Authentication Scheme," *in AINA Workshops*, 2007.

可攜式脈搏生理訊號感測器之研製及其訊號擷取系統之設計

Developed a Portable Physiological Sensors of Pulse and Its Signal Acquisition System Design

周錫強 *張丕白 廖明哲 林凱傑
Hsi-Chiang Chou *Pi-Pai Chang Ming-Che Liou Kai-Jie Lin

東南科技大學電機工程系
*台北科技大學電機工程研究所
Department of Electrical Engineering, Tungnan University
*Department of Electrical Engineering, National Taipei University of Technology

摘 要

本研究以醫療照護為主軸，將醫療、電子、資訊科技結合，研製出一個輕便可攜式之脈搏生理訊號感測器，並透過訊號擷取將量測之訊號波形完整重建於個人電腦上。因此內容分為硬體電路製作及訊號處理兩部分。在硬體實現上我們將系統區分為三大區塊，分別為以導電聚合物為材質之感測器，用以量測微弱脈搏生理訊號，其次為應用放大電路、濾波器及史密特觸發電路所構成之感測電路，用以放大微量之脈搏訊號、過濾雜訊波及將連續訊號轉變為脈波訊號、最後為脈搏不正常跳動警示電路；在訊號處理上我們透過擷取器並在 LabVIEW 平台上，將脈搏訊號波形重建。本研究未來可應用於無線傳輸及個人生理資料庫建置，達到遠距醫療及照護之目標。

關鍵詞：脈搏；擷取；導電彈性聚合物

ABSTRACT

The main purpose of this paper is to develop a lightweight portable pulse meter with a physiological signal sensing circuit, and through acquisition and reconstruction of the pulse signals will be presented on a personal computer, so the content is divided into hardware production and signal processing. The hardware realization of the system, we will be divided into three blocks. First a conductive polymer as a material of the sensor is used to measure physiological signals of weak pulse. Then the amplifier circuit, filter and Schmitt trigger circuit are used to enlarge the pulse of weak physiological signals, filtering noise, and convert

a continuous signal into pulse signals. Finally there is the beating pulse of abnormal warning circuit. In signal processing, we adopted a DAQ card and signal capture device cooperated with Labview platform, the pulse signal waveform reconstruction. This study can be applied to future wireless transmission and build personal physical database to achieve the goal of long-distance medical treatment and care.

Keywords: *pulse; acquisition; conducting polymer sensors;*

壹、前言

隨著醫療科技發展迅速，社會的高齡人口越來越多，根據衛生署統計2009年國人十大死因排名（如表1.1）[1]，大多屬慢性疾病，這些疾病都需要長期追蹤與觀察，例如心臟疾病需要居家監控其心電訊號、腦血管疾病需量測其血壓變化、糖尿病者則須注意其血糖值等。然而這其中又以心臟疾病在短時間內造成心臟肌肉細胞受傷甚至死亡率為最高，通常有四至五成心肌梗塞患者在入院之前即死亡，如果能及早發現些微的心電生理變化並予以處理，至少可以將傷害減至最輕，避免發生時後悔莫及。

生理訊號反映一個人的身體狀況，藉由生理訊號的表現可以瞭解健康情形，因此病患在看診前均須量測其體溫、心跳、血壓及脈搏等以供醫師判斷，然而並非所有的病人均有能力前往醫院看診，許多的慢性病患、年紀大及行動不便者，對其而言就醫看診是一件非常困難的事；近年來，隨著人們相關需求的增加，使得科技和資訊快速蓬勃發展，而網際網路(Internet)自然的成為日常生活中，資料連結與通訊的最佳管道，因此結合網路科技與醫療行為的應用，無疑為改善目前醫療制度的解決方案之一。故若能將生理訊號轉換成電訊號，透過擷取及重建技術將量測之訊號波形完整重建於個人電腦上，可以精確與完整的反應真實生理訊號，達到遠距醫療及照護之目的。

在各項生理訊號當中又以脈搏訊號所能提供的生理訊息最為豐富，因為脈搏是心臟壓出血液傳送血管所發生的現象，從脈搏的跳動情形可間接瞭解心臟的機能及血管的彈性，脈搏律動所代表的意義可經由脈診獲得；因此有許多的研究機構或廠商投入脈診儀之研製，希望藉由脈診儀輔助傳統把脈方式，現有之脈診儀多體積龐大，以至於在使用上較不方便[2-7]。有鑑於此，本論文主要目的在於研製一個輕便可攜式之脈搏生理訊號感測電路，為了達到上述目的，我們採用導電聚合物為材質之感測器取代傳統半導體橋式壓力感測器及動電式感測器[8-10]，接著將量測出之微量脈搏訊號經過運算放大器及六階的主動式 Butterworth 濾波器後得出連續脈搏訊號；由於脈搏跳動次數相當於心臟跳動次數，我們也在濾波器輸出端加上史密特觸發電路，將連續訊號轉變為脈波訊號以便計算其跳動次數，最後設計一窗型警示電路用以偵測脈搏不正常跳動。而在脈搏生理訊號之擷取與重建上，為了達到未來建置個人生理資料庫之目的，本感測電路採直接擷取至 PC 主機的方式處理大量之檔案資料，由於目前 PC 介面多以 PCI 介面為主，因此我們透過 NI ELVIS II 連結至電腦，並在 LabVIEW 平台上將脈搏訊號波形擷取並重建於 PC 上，並透過網際網路完成生理資訊傳輸。

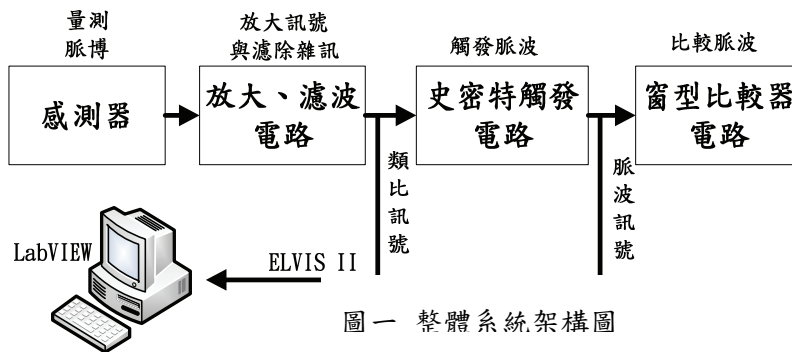
貳、系統架構及電路設計

一、整體系統架構平台及說明

本系統包含二個子系統：感測器電路子系統及訊號擷取、重建子系統。其中感測器電路子系統區分三大區塊，分別為前端感測器、訊號感測電路及警示電路，整體系統架構如圖一所示。系統工作流程如下：

脈搏訊號透過前端感測器量測後，經轉換電路轉換成電壓輸出，在電路上感測器形同一可變電阻，藉由感測器量測端輕觸於脈搏位置，感測脈搏波動造成感測器產生位移變化，使其阻值改變進而改變電壓。因前端感測器所量測之脈搏訊號非常微弱，為了使訊號方便觀察，加上放大電路將量測訊號放大，訊號經放大後會有失真或是市電與電路上的干擾，所以在訊號放大後得加上濾波電路，使訊號完整呈現。

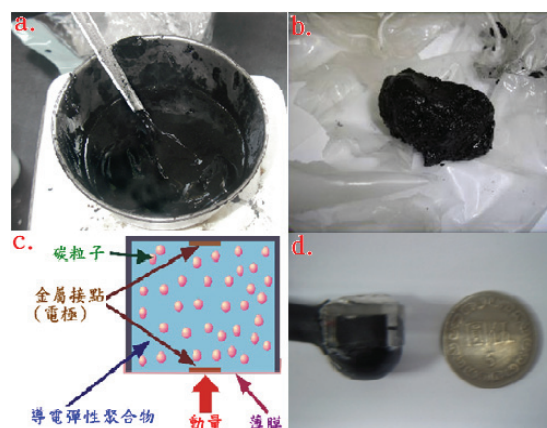
史密特觸發主要將接收的類比訊號，經電壓為基準做觸發，觸發後的訊號為方波，再將處理後的訊號，傳送至窗型比較器電路，與比較器電路內部設定之週期做比較，藉此產生警示功能。訊號經過放大、濾波電路後，訊號已清晰可見，最後電路透過 ELVIS II 再與電腦連接，利用 LabVIEW 軟體撰寫訊號擷取介面。



二、電路設計

（一）感測器

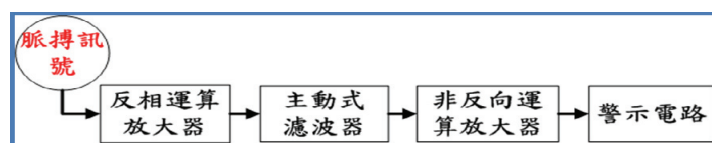
感測器為物理實驗系統的最前端裝置，影響量測結果甚鉅。目前量測微弱動量的感測器，主要為半導體橋式壓力感測器。體積雖然較小，但受溫度與非線性因素影響，無法精確地轉換出感測動量且價格昂貴。本研究之感測器部分由高分子聚合物即俗稱之熱塑性橡膠（TPR, Thermoplastic Rubber）滲入導電性雜質而形成，由於高分子聚合物沒有毒性且兼具橡膠與熱塑性塑料特性，常溫時有硫化橡膠的彈性，加熱時具有柔軟、保溫、耐用的物理特性，因此能設計出貼身、撓曲與延展性的裝置，然而高分子聚合物並不具導電性，但有些高分子化合物對於碳的吸附性很強，將其加熱溶化並添加高濃度極細的碳粉，以摻雜方式產生導電性，灌入模型後取得加熱用軟片，可廣泛應用於感測器、可變電阻與電子裝置上，感測器製成圖如圖二所示。



圖二 感測器製成圖(a.高分子添加細碳粉攪拌實際圖, b.導電彈性聚合物完成後之實體圖, c.動量感測器原理示意圖, d.動量感測器之實體圖)

(二) 感測電路設計

感測電路的功能在於將感測器所量測之生理訊號完整地表現出來，必須透過放大及濾波的過程達到目的。因此本系統使用了反相運算放大器及主動式濾波器，將微弱的脈搏訊號予以放大及濾波；另系統要能實用化也必須要有不正常脈搏跳動警示電路之設計。有關感測電路示意如圖三所示。



圖三 感測電路示意圖

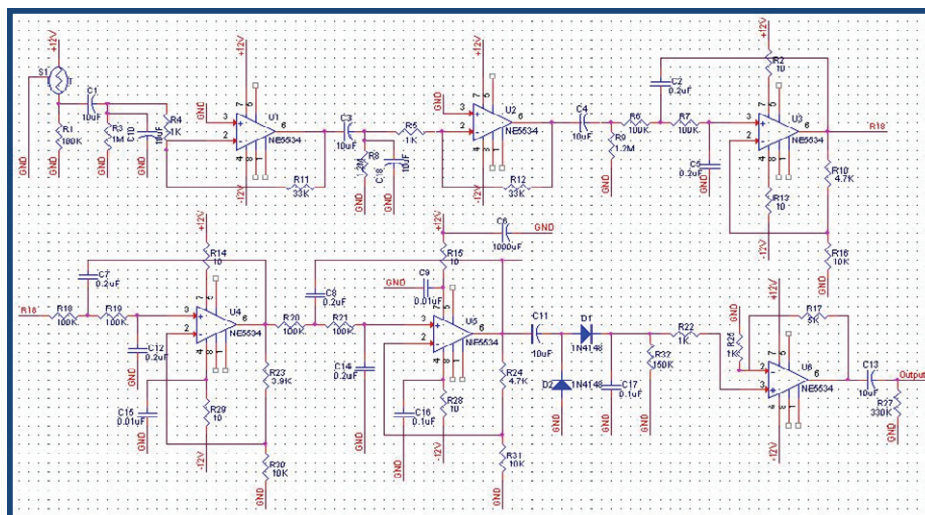
1. 放大器電路設計

脈搏生理訊號經由感測器擷取後，此訊號不能被使用，其主要關鍵在於原始的訊號振幅相當微弱（約 $1\text{mV}\sim 5\text{mV}$ 的範圍），這樣的訊號大小無法作為觀測之用，一般至少需放大至 $1\sim 2\text{V}$ 間才能達到可以觀測的目的，故此處之整體訊號放大倍率設定為1000倍。本系統以兩個放大33倍之反相運算放大器 NE5534組成放大倍率約1000倍之放大電路，藉此將微弱的脈搏訊號放大；使用反相運算放大器的目的在於提供高倍率及消除共模訊號。

2. 濾波器電路模組設計

在設計濾波電路時，因已知需求的訊號範圍，所以可依電路原理來設計所需的頻帶。本研究之濾波電路係由六階巴特沃斯低通主動濾波器（Butterworth low pass filter）所組成。低通濾波器的截止頻率設計為 40Hz ，訊號增益為4倍，濾除高於 40Hz 的頻率成分，主要目的在於將把一般市電 60Hz ，與電路產生的載波均濾除，以確保所擷取到的訊號沒有上述之雜訊。使用巴特沃斯濾波器主要原因是因為巴特沃斯濾波器，其振幅頻率響應在通帶區內甚為平坦，進入截止區時的振幅衰減較為緩慢；另一原因是巴特沃斯濾波器特別適用於低頻的應用，其對於維護增益的平坦性來說非常重要。主動濾波器的階數也是本研究中巴特沃斯濾波器設計考慮的因素之一，階數愈高濾掉雜訊成份的效果就愈好，滾降率也愈高，但相對的電路也較複雜，

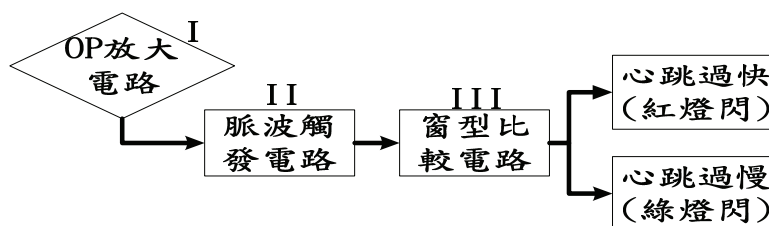
因為巴特沃斯特性在通帶內受漣波的影響最小並具有標準的-20dB 滾降率，因此本研究採用為巴特沃斯濾波器。在此我們應用了三個二階主動式濾波器構成六階的主動式巴特沃斯低通濾波器，濾除40Hz 以上之頻率，以達到消除雜訊的目的，上述電路整體圖如圖四所示。



圖四 整體感測電路圖

3. 警示電路模組設計

系統要能實用化必須要有不正常脈搏跳動警示電路，由於脈搏跳動次數相當於心臟跳動次數，為了精確計算跳動次數，須將連續脈搏訊號轉變為脈波訊號，我們應用史密斯觸發電路達到上述目的。最後我們也設計了窗型電路，使得脈搏每分鐘跳動次數在60以下及120以上，則以閃爍燈號警示，有關電路示意如圖五所示。

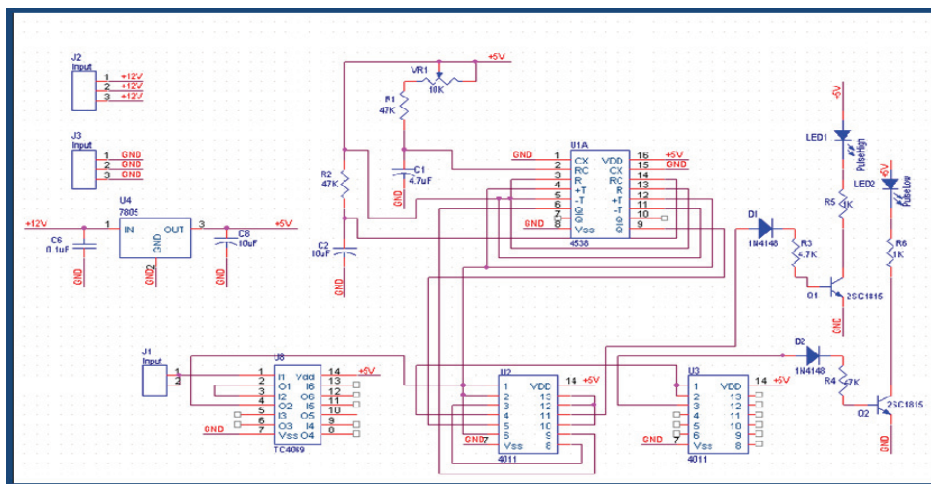


圖五 不正常脈搏跳動警示電路警示電路示意圖

- I. 第一級（OP 放大器）：此級以非反相運算放大器構成，目的在補償前述之濾波過程造成訊號幅度衰減，並作為連接觸發電路之橋樑。
- II. 第二級（史密特觸發電路）：史密特觸發電路主要將接收的類比訊號，經電路後由電壓為基準做觸發，觸發後的訊號為脈波，以便觀察脈波寬度做警示電路設計，史

密特觸發電路主要將接收的類比訊號，經電路後由電壓為基準做觸發，觸發後的訊號為脈波，以便我們觀察脈寬作警示電路設計，類比訊號由 TC4085 之第1腳輸入，再經第4腳輸出後，即觸發為脈波，在電路上所設置7805元件目的在將電壓控制於5V，作為觸發脈波的基準，意指類比訊號必須達5V 以上，才可觸發為脈波。

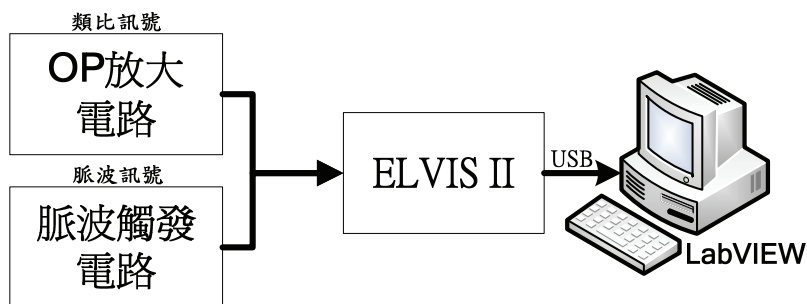
III. 第三級（窗型比較電路）：本電路主要功能為判別心跳過快或心跳過慢，首先在電路上設計心跳快慢的判斷指標，由觸發後之脈波訊號輸入至窗型比較電路上，再透過雙穩態多諧振盪器4538後，經電阻匹配後產生兩脈波作為判斷心跳快慢指標，觸發後脈波訊號同時與匹配產生之脈波比較，再經運算元件後當心跳過快即紅燈閃爍，心跳過慢及綠燈閃爍。由上述之電路，整體警示電路如圖六所示。



圖六 整體警示電路圖

參、訊號擷取處理

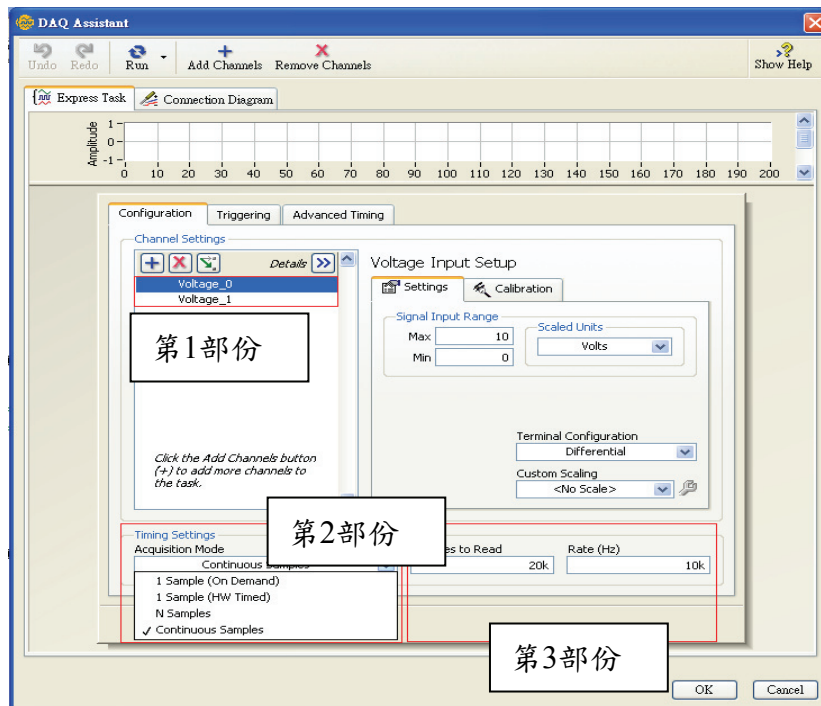
為了達到未來建置個人生理資料庫之目的，本研究採直接擷取至 PC 主機的方式處理大量之檔案資料，由於目前 PC 介面多以 PCI 介面為主，因此我們透過 NI ELVIS 電子教育平台並在 LabVIEW 平台上，將脈搏訊號波形擷取並重建於伺服器端；有關週邊硬體連結示意如圖七所示。



圖七 週邊硬體架構連結流程圖

一、軟、硬體連接模式

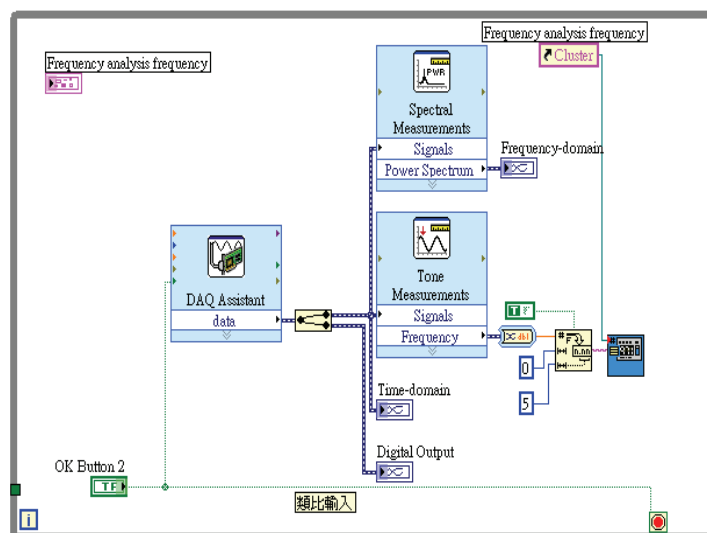
欲使硬體與 LabVIEW 能夠溝通，則需透過 ELVIS II 內建的 DAQ 卡做為橋梁介面，再經過 LabVIEW 程式方塊圖設定擷取訊號的通道，方能執行擷取訊號的動作。本研究完成了三個部份的設定；第一部份為設定擷取 ELVIS II 上之連接槽，以確定感測電路與 ELVIS II 連接孔相對應，第二部份為取樣訊號的模式，我們將其設定為 Continuous Samples 的連續擷取模式，第三部份在 10KHz 的時間內擷取了 20KHz 的連續訊號，確保每兩秒執行一次訊號擷取動作。有關 DAQ Assistant 內部組態設定如圖八所示



圖八 DAQ Assistant 內部組態

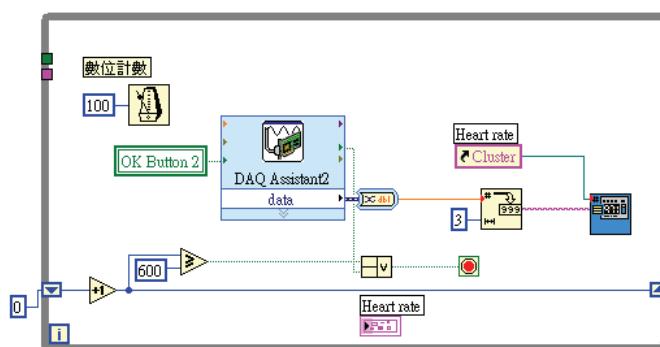
二、人機介面程式開發

本研究採用 LabVIEW 2009 作為視覺化程式開發工具，程式介面一共概分為三個部分，第一部分設計 DAQ Assistant 為軟體與硬體溝通的橋梁，透過 DAQ Assistant 可同步擷取所量測得到的脈搏訊號，再將訊號分別做類比頻譜分析(Spectral Measurements)、最大頻率擷取(Tone Measurements)、類比訊號與數位訊號輸出，如圖九所示。



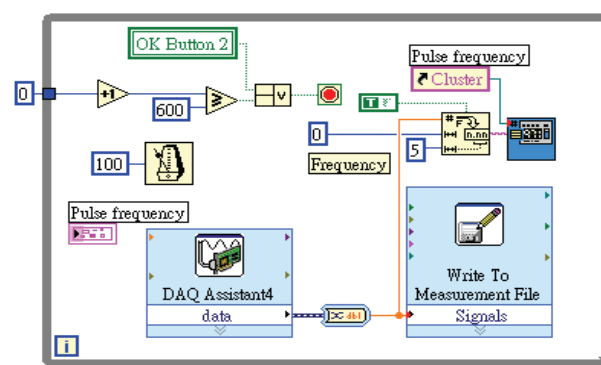
圖九 DAQ Assistant 軟硬體介面程式

程式介面第二部份，主要計算一分鐘脈搏的跳動次數。方法為將迴圈設定延遲為0.1秒，每跑完一次迴圈需時0.1秒，在設定迴圈六百次後（ $0.1 \times 600 = 60$ 秒），自動停止此迴圈動作，如圖十所示。



圖十 脈搏跳動計算程式

程式介面第三部份，為顯示一分鐘脈搏頻率與自動儲存資料，在 Write To Measurement File 的元件中，可設定儲存檔案的資料夾，只要程式啟動後量測脈搏，這元件會在預設的資料夾下建立當下所量測的脈搏頻率數據，也方便日後我們做統計，如圖十一所示。

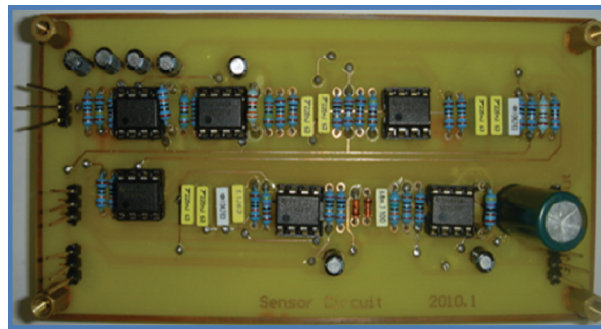


圖十一 脈搏頻率與自動儲存資料程式

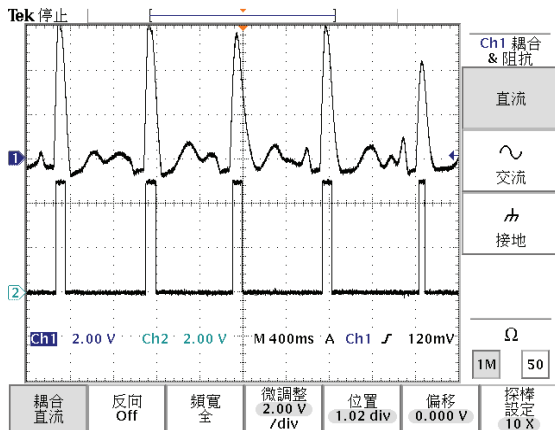
肆、實驗結果

(一) 放大、濾波及脈波電路模組轉換電路實驗

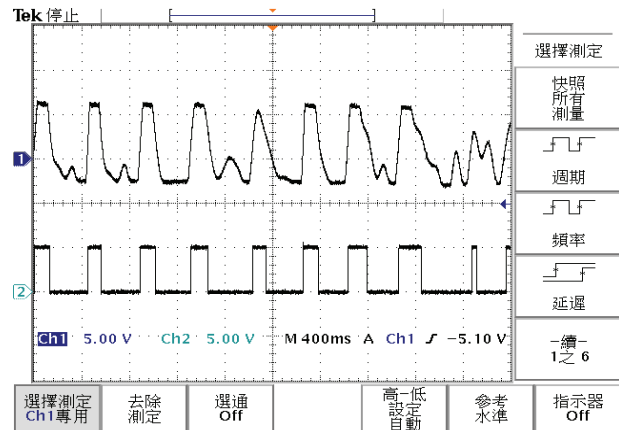
模組實體如圖十二(a)所示，大小尺寸約長124mm、寬61mm；左上兩顆 OPA 為反向放大器，上排第三顆與下排前兩顆 OPA 構成主動式低通濾波器，最後一顆 OPA 為非反向放大器；圖十二(b)顯示受測者於運動前所量測之波形，由示波器上可見量測者目前週期約0.8秒，心跳約75下屬正常的狀況，訊號呈現週期且穩定性；圖十二(c)顯示受測者於運動後所量測之波形，訊號週期約0.46秒經換算此量測者心跳近130下，訊號呈現不穩定。



(a)



(b)



(c)

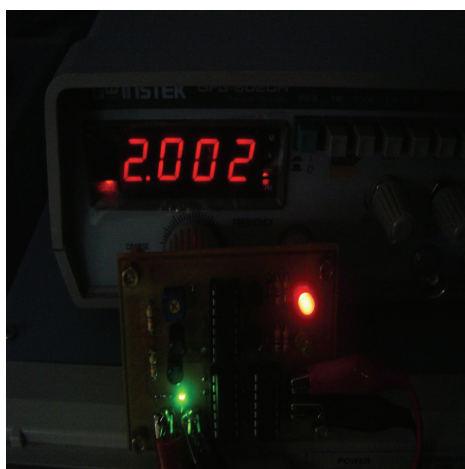
圖十二 受測者量測之實驗結果(a)實體電路模組(b)運動前量測波形(c) 運動前量測波形

(二) 不正常脈搏跳動警示電路模組實驗

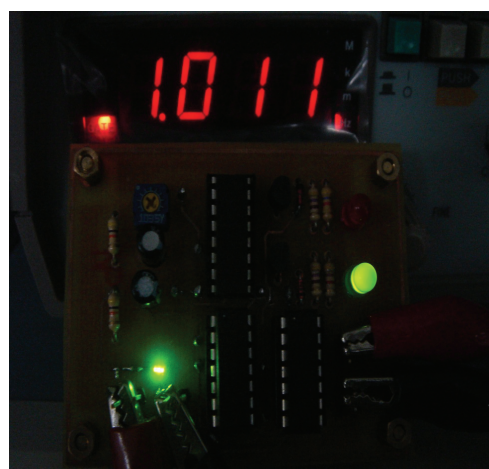
模組實體如圖十三(a)所示，尺寸約長73mm、寬57mm 之大小，由四顆 OPA 所構成一警示模組，圖中(1)為觸發脈波使用之元件，類比訊號由第一腳輸入，由第四腳輸出即為脈波訊號，(2)為比較元件稱為雙穩態多諧振盪器，主要經由電阻匹配後產生兩基準訊號在同時與脈波訊號同時比較，(3)、(4)則為比較得到之訊號在同時做運算，內部由 NAND 邏輯閘所組成主要作邏輯運算，故當運算後心跳過快則紅燈閃爍，倘若運算過後心跳過慢則綠燈閃爍，藉此完成警示模組。本模組採用 HEF4538B 雙觸發單穩態多諧振盪器為比較 IC，配合兩顆4011運算單元組成窗型電路作為判斷心跳過快（紅燈閃爍），心跳過慢（綠燈閃爍）之警示電路，實驗結果如圖十三(b)(c)所示。



(a)



(b)

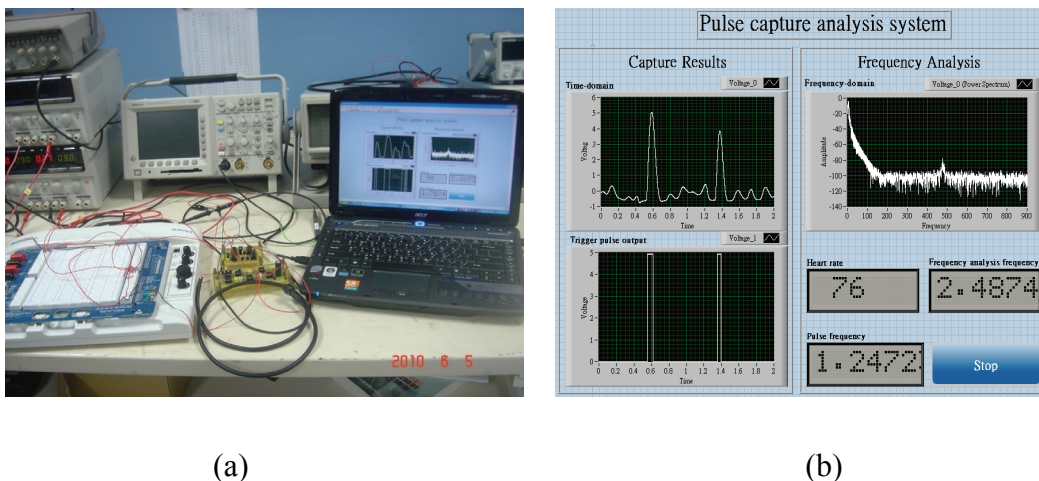


(c)

圖十三 警示電路模組之實驗結果(a)實體電路模組(b)心跳過快警示(c)心跳過慢警示

3.3 訊號擷取模組實驗

本研究使用 NI ELVISII 為介面與伺服端連結，在作法上為了同時能忠實的顯示類比脈搏訊號及計算脈搏數，我們將非反向 OP 放大器及脈波觸發電路輸出端分別連接 ELVIS II 的 Digital I/O 與 Analogy Input Signals 連接孔，擷取訊號是由 ELVIS II 內建的 DAQ 卡擷取電壓變化的訊號，軟體介面則藉由撰寫 LabVIEW 程式，當電路與 ELVIS II 連結後，由我們所設定擷取的特定連接孔的位置，執行擷取訊號；圖十四(a)為實體連接圖。擷取內容包含類比脈波輸出與觸發脈波輸出，因類比脈波中隱含人體生理訊息，可做為中醫師參考之依據，而觸發脈波可透過程式計算其週期頻率、脈搏次數及頻譜分析波形，如圖十四(b)所示



圖十四 訊號擷取模組之實驗結果(a)實體連接圖(b)擷取結果

肆、結論

本研究使用導電彈性聚合物為材料所製成之前端物理感測器，搭配硬體電路量測微弱的脈搏波動訊號，此材料的製程價格非常便宜，符合經濟效應也非常容易取得。另自行開發應用放大電路、濾波器及史密特觸發電路所構成之感測電路，用以放大微量之脈搏訊號、過濾雜訊波及將連續訊號轉變為脈波訊號，經實驗驗證亦為可行之設計。本研究也考量系統實用性而設計脈搏不正常跳動警示電路，透過效能評估驗證確為可用。最後使用 LabVIEW 程式撰寫人機介面。

綜觀上述，本論文主要目的在於研製一個輕便可攜式之脈搏生理訊號感測電路，並透過訊號擷取將量測之訊號波形完整重建於個人電腦上，所獲致貢獻如下：(1)應用彈性聚合物為材質製作微動感測器達到輕便隨即插用之功能(2)設計一具有簡易結構及警示功能之脈搏生理訊號感測器(3)完成實體電路與個人電腦連結之訊號擷取重建功能，為未來個人生理資料庫預作準備。

參考文獻

1. http://www.doh.gov.tw/CHT2006/DM/DM2_p01.aspx?class_no=25&level_no=1&doc_no=76013，行政院衛生署 2010.
2. 黎恩彰，1990，“脈診機械手指暨脈波分析系統之設計”，中原大學醫學工程研究所碩士論文。
3. 楊炳坤，1993，“可攜式智慧型脈搏諧波即時量測與分析系統”，成功大學電機工程研究所。
4. 錢嘉宏，1995，“中醫診脈輔助系統”，中原大學醫學工程研究所。
5. 林欽欲，1998，“多脈波訊息感測儀”，逢甲大學醫學工程系。
6. 姚景升，2002，“同步量測心電圖和脈波儀器之設計製作和心率變異度與血壓變異

度之分析”，碩士論文，中原大學醫學工程學系。

7. 黃義智，2003，翁偉峰，翁基翔，吳賢財，陳建仲，田莒昌，“紅外線脈象偵測系統之研製”，碩士論文，南台科技大學資工研究所，中國醫藥大學中醫內科部。
8. J.M. Lysko, R.S. Jachowicz and M.A. Krzycki, 1995, “Semiconductor Pressure Sensor Base on FET Structure”, IEEE Transactions on Instrument and Measurement, Vol, 44, pp. 787-790.
9. S.Guo, J.Guo and H.K. Wen, 2002, “Amonlithically Integrated Surface Micromachined Touch Mode Capacitive Pressure Sensor”, Sensors and Actuators, A, No. 80, pp. 224-232.
10. H.H. Wang, W.C. Hsui, W.H.L. Wei, J.L. Yang and L.C. Dai, 2005, “Micro Pressure Sensors of 50um Size Fabricated by Standard CMOS Foundry and a Novel Post Process”, IEEE International Conference Micro Electro Mechanical Systems, pp. 578-581.

東南科技大學 東南學報 第三十六期 中華民國一百年七月出版 第55-64頁

Personal Best Oriented Particle Swarm Optimizer for Economic Dispatch of Units with Nonconvex Cost Functions

精英粒子群優法在具有非凸集成本函數經濟調度問題上之應用

Chang-Huang Chen

陳長煌

Associate Professor, Department of Electrical Engineering, Tunghan University

ABSTRACT

This paper presents the application of personal best oriented particle swarm optimizer (PPSO) to solve economic dispatch(ED) problems accounting for valve-points effects and multiple fuels. PPSO is a variant of particle swarm optimizer (PSO) for unconstrained function optimization. Since ED problems are constrained minimization problems, a simple repairing scheme is also adopted to handling violation of power balance constraint during the searching process, which guarantees the solution is feasible. Two power systems having 10 and 13 committed units are used to demonstrate the feasibility and effectiveness of the proposed methods. Numerical results show that the proposed method performs well in comparison with other methods.

Keywords: Economic dispatch, particle swarm optimization, valve-point effects

摘 要

本文提出以精英粒子群優法(Personal best oriented particle swarm optimization --- PPSO)以解具有閥點效應(Valve-point effect)及使用多重燃料(multiple fuels)之經濟調度問題，精英粒子群優法是粒子群優法的一種變型，可用來解無限制條件之最佳化問題，因為經濟調度問題屬於有條件限制之最小化問題，因此，本文設計一個修補策略(Repairing scheme)以保證所有的解都位於可行解(feasible solution)空間內。為證明本文所提出方法之可行性與有效性，分別以一個具有10機組及13機組之系統加以測試，由數值結果顯示，本文所提出的方法確實可以獲得比其他方法更好的結果。

關鍵字：經濟調度、粒子群優法、閥點效應、精英粒子群優法

I. INTRODUCTION

With the increasing cost of various fuels and highly competition under deregulated power markets, modern electric power utility companies are seeking ways to provide consumer with high quality and cheap electricity at the lowest possible cost. Therefore, economic dispatch (ED) of the committed generator outputs becomes a more and more important issue for power system operation. The objective of the ED problems is to schedule the committed units economically while taking into account a number of constraints imposed on system operation. Undoubtedly, improving the scheduling methods for optimal or near-optimal operation of the units can save cost significantly.

Conventionally, the input-output characteristics of a generator are usually approximated by a single quadratic function. ED problems of this kind of cost function are better solved using traditional numerical methods. However, it is more practical to consider the valve-point loading for fossil fueled plants. Valve-point loading incurs nonlinearity of cost function and, furthermore, generates multiple local minimum points. Meanwhile, multiple-fuel options for generator operations are frequently encountered due to the consideration of fuel resource diversity and economic operation, which leads to discontinuity of cost function at the boundary of fuel swapping. Classical solution methods, e.g., Lagrangian multiplier and Newton method for ED problems with nonconvex cost function, are no longer applicable.

A considerable number of methods are proposed to deal with ED problems with either valve-point effects or multiple-fuel options. For instance, genetic algorithm [1-4], Lagrangian neural network [5], evolutionary programming techniques [6,7], particle swarm optimization [8-13], etc. are some among them.

Particle swarm optimization is one of the most attractive heuristic algorithms. Owing to its simplicity and fast convergent capability, particle swarm optimization has attracted much attention globally [14,15]. It has been successfully applied to many nonlinear optimization problems including ED problems as mentioned above. In this paper, a variant of PSO, called personal best oriented particle swarm optimizer (PPSO) [16] is employed to solve ED problems considering valve-point effects and multiple-fuel options simultaneously. ED problems are nonlinear constrained optimization problems and, in general, penalty function methods are used to convert them into unconstrained optimization problems, which are then solved by various promising algorithm described above. However, it usually requires tuning one or more penalty constants, a key step to make penalty function method work successfully. To release this burden, a simple repairing strategy is fusing into above mentioned PPSO algorithm for solving ED problems. Case studies show that the new approach is capable of providing accurate dispatch solution efficiently.

II. Economic dispatch problem formulation

Fundamentally, economic dispatch problem can be mathematically described as:

Minimize

$$F_T = \sum_{i=1}^n F_i(P_i) \quad (1)$$

subject to

$$\sum_i^n P_i = P_D + P_{Loss} \quad (2)$$

$$P_{i(\min)} \leq P_i \leq P_{i(\max)} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

where n is the number of dispatchable units; i is the index of units; P_i and F_i are the real power output and fuel cost function of unit i , respectively; F_T is the total operating cost; P_D is the total demand load; P_{Loss} is the transmission loss; $P_{i(\min)}$ and $P_{i(\max)}$ are the lower and upper bound of output power of the unit i , respectively.

Basically, generator with quadratic cost function is frequently used, which is generally expressed as

$$F_i(P_i) = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \quad (4)$$

where a_i , b_i , and c_i are cost coefficients of generator i .

In reality, generating units may use multi-valve steam turbines which lead to a greater variation in cost function. Typically, as each steam valve starts to open, generators input-output relationship emerges ripple effect. To account for the valve-point loading of a generator, the cost function is usually represented by adding a sinusoidal function to original quadratic function, i.e.

$$F_i(P_i) = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i + |e_i \sin(f_i(P_{i(\min)} - P_i))| \quad (5)$$

where e_i and f_i are the fuel cost coefficients of generator i due to valve-point effects.

Accounting for multiple-fuel options, a generator with k types of fuel, its cost function is expressed as:

$$F_i(P_i) = \begin{cases} a_{i1} P_{i1}^2 + b_{i1} P_{i1} + c_{i1}, & P_{i1(\min)} \leq P_{i1} \leq P_{i1(\max)} \\ a_{i2} P_{i2}^2 + b_{i2} P_{i2} + c_{i2} & P_{i2(\min)} \leq P_{i2} \leq P_{i2(\max)} \\ \vdots & \vdots \\ a_{ik} P_{ik}^2 + b_{ik} P_{ik} + c_{ik}, & P_{ik(\min)} \leq P_{ik} \leq P_{ik(\max)} \end{cases} \quad (6)$$

where a_{ij} , b_{ij} , and c_{ij} are cost coefficients of the i -th generator using the j type of fuel.

III. Particle swarm optimizer and its variant

In this section, a brief review of the particle swarm optimizer and the personal best oriented particle swarm optimizer are given.

(a) Conventional particle swarm optimizer (PSO)

PSO, inspired from social behavior simulation of bird flocking and fish schooling, is an evolutionary computation technique especially suitable for unconstrained optimization problems. It is a population-based algorithm where a swarm of N particles move in an n -dimensional space, collaboratively with information sharing, searching for optimal solution. Each individual, called a particle, consists of two parts, the position and velocity. Position represents the candidate or trial solution of the problem, while velocity denotes the step size a particle will advance in next iteration. PSO searches the problem domain by adjusting the trajectories of moving points in the problem space. Each particle tries to move toward the global points through the interactions with its previous best particle and the best particle of their neighbors. The i -th particle is usually represented by an n -tuple vector, i.e., $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})^T$ where n is the dimension of the problem space. Except the position, each particle is associated with a velocity, $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})^T$. Each particle explores the problem domain with its associated velocity, which are dynamically adjusted according to the following equations:

$$v_{ij}^{t+1} = \omega \cdot v_{ij}^t + c_1 \cdot \text{rnd}(1) \cdot (p_{gi}^t - x_{ij}^t) + c_2 \cdot \text{rnd}(1) \cdot (p_{ij}^t - x_{ij}^t) \quad (7)$$

$$x_i^{t+1} = v_i^{t+1} + x_i^t \quad (8)$$

for each dimension $j=1, \dots, n$, where ω is an inertia term with value in $(0,1)$, the learning factors c_1 and c_2 are two constants; $\text{rnd}(1)$ is a uniform random number in $(0,1)$; $p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in})^T$ and $p_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gn})^T$ are the best positions found so far by particle i and all the particles, respectively; and t is the iteration count. Each component of position, x_{ij} , must not walk out the search range, while velocity is usually clamped in $[v_{\min}, v_{\max}]$ where $v_{\min}$ and $v_{\max}$ are two constants specified the lower and upper bound of velocity, respectively. Here p_i is also referred to the personal best of particle i .

(b) Personal best oriented particle swarm optimizer (PPSO)

PPSO is a variant of PSO using the same velocity updating rule as PSO does. Instead of using constriction type PPSO [16], the inertia weight type of PPSO with the same velocity updating rule (7), is adopted in this paper. The position updating rule of PPSO is:

$$x_i^{t+1} = v_i^{t+1} + p_i^t \quad (9)$$

Here, p_i denotes the best solution ever found by particle i . The behavior of PPSO is similar to PSO. However, the performance of PPSO is, in general, better than PSO which has been verified via testing on some benchmark functions [27]. In this paper, it is shown that using PPSO as the kernel of an optimizer, ED problems with nonsmooth cost functions can be well solved.

IV. Proposed ED solver based on PPSO

The implementation of the proposed method is described in this section.

(a)Solution encoding

The candidate or trial solution of a particle is presented by a vector of n elements, denoted by $P_i = [P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in}]$, for $i=1$ to N , where N is the number of particles, and n is the number of online committed units. With this notation, P_{ij} means the generated output of the j -th unit for trial solution i .

(b)Initialization

Each components of a trial vector is initialized within corresponding unit's generating limits. That is,

$$P_{ij} = P_{j(\min)} + \text{rnd}(1) \cdot [P_{j(\max)} - P_{j(\min)}] \quad (10)$$

for $j=1, \dots, n-1$. Here, $\text{rnd}(1)$ is a random number in $(0,1)$. $P_{j(\min)}$ and $P_{j(\max)}$ are the lower and upper bound of unit j for particle i , respectively. Since the transmission loss is not considered in this paper, for particle i , a unit is chosen as a dependent variable, assuming n , which is calculated from:

$$P_{in} = P_D - \sum_{j=1}^{n-1} P_{ij} \quad (11)$$

Any unit can be selected as a dependent variable. Here, choose unit n as dependent variable is just for computation simplicity. Note that although the first $(n-1)$ units guarantee to initialize within their operating limits, the output obtained by (11) for unit n may be out of its frontier. To fix this problem, a repairing strategy is adopted, explained in the next subsection. Note that upper case P_i , $i=1, 2, \dots, n$, is used for the i^{th} candidate solution (particle i) and lower case p_i denotes the best solution the particle i ever found so far.

As to the velocities, initially, they are set to

$$v_{ij} = V_{\min} + \text{rnd}(1) \cdot [V_{\max} - V_{\min}] \quad (12)$$

where $[V_{\min}, V_{\max}]$ equals $[-20, 20]$ in this paper. Other rational setting works fine, too, for example, $[-10, 10]$ or $[-50, 50]$. However, assigned larger range for velocity makes particle move with wider steps occasionally, which in turn results in wider exploration, and diversity property retains. Meanwhile, it also gains more chance to go outside the search domain and needs more steps to fix this flaw which inevitably spends more computation time. Since only $(n-1)$ units following PPSO rule, actually, $(n-1)$ components for each velocity vector is sufficient.

(c)Repairing strategy

Although each components of the velocity is clamped within $[V_{\min}, V_{\max}]$, a particle, advancing to a new point computed by (9), may violate operating constraints. For the case of the first $(n-1)$ units, once this happens, it is repaired by:

$$\begin{cases} P_{ij} = P_{j(\min)} & \text{if } P_{ij} < P_{j(\min)} \\ P_{ij} = P_{j(\max)} & \text{if } P_{ij} > P_{j(\max)} \end{cases} \quad (13)$$

Equation (13) states that when a unit's output moves beyond its generating limits, it is forced to stay on the border of the search domain. This treatment can keep the generating output of all the $n-1$ units feasible.

As mentioned above, the generating output (P_{in}) of unit n for particle i , calculated via (11), also may move out of its operating limits occasionally. Under this condition, the repairing procedure shown in Fig.1 is invoked, in which P_{in} is first set to its upper or lower border depending on its value originally obtained by (13) and then distribute the difference between the power demand (P_D) and the total generating output to those units that do not touch their limits. The repairing strategy guarantees every trial solution is a feasible solution.

(d) Stopping criterion

As most stochastic optimization algorithms do, since the minimum cost is unknown in advance, the maximum number of iterations is taken as the stopping criterion. The required optimal solution is thus the best solution obtained in the final iteration.

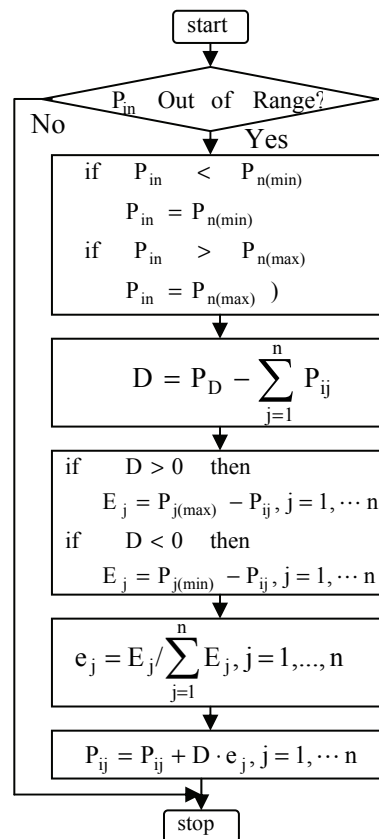


Fig.1 repairing strategy

In short, through combining the core of PPSO and repairing strategy to handle constraints, the general steps of the proposed methods for ED problems are summarized as follow:

- 1). Assign parameters ω , c_1 , c_2 , n , N and $T_{\max}$ where N and $T_{\max}$ are the number of particles and the maximum number of iterations, respectively.
- 2). Initialize position and velocity for each particle.
- 3). Evaluate each particle by computing its generating cost.

- 4). Find out personal best particle, p_i , and global best particle, p_g , among population.
- 5). Do steps 6 ~ 9 for each particle i , $i=1, \dots, N$.
- 6). Update v_{ij} using (7) for $j=1, \dots, n-1$. Note also that velocity is clamped to $(V_{\min}, V_{\max})$, .i.e., if $v_{ij} < V_{\min}$ then $v_{ij} = V_{\min}$ and if $v_{ij} > V_{\max}$ then $v_{ij} = V_{\max}$.
- 7). Update P_{ij} , $j=1, \dots, n-1$, using (9) and check whether each generator's output is within its operating limit, .i.e., if $P_{ij} < P_{j(\min)}$ then $P_{ij} = P_{j(\min)}$ and if $P_{ij} > P_{j(\max)}$ then $P_{ij} = P_{j(\max)}$.
- 8). Calculate P_{in} using (11), and invoke the repairing procedure shown in Fig.1, if necessary.
- 9). Compute the generating cost, and update p_i and p_g whenever the new particle performs better than the personal best and global best found so far.
- 10). Terminate if $t > T_{\max}$, otherwise increase iteration count and repeat steps 5~9.

V. Cases study and simulation results

In this section, two systems with 10 and 13 units are used to validate the effectiveness of the proposed approaches. The first system contains 13 generators considering valve-point effects while the second system has 10 units with multiple-fuel options. For a fair comparison with other proposed algorithms, transmission losses are neglected here. For all the experiments, the inertia weight, ω , and number of particles, N , are set to 0.725 and 20, respectively. The acceleration constants, c_1 and c_2 , are both equal to 1.4. The maximum number of iterations is discussed accompanying the associated case study. Comparison data are acquired after 50 independent trial runs. Optimal solution and statistics data, e.g., best, worst and average solutions obtained among 50 runs are recorded and compare with other proposed methods found in literature.

Case 1: Thirteen units with valve-point effects

As a first case, a 13-unit system taking account for valve-point effects is considered. Generators data can be found in [3]. The total power demand is $P_D=1800\text{MW}$. In this case, maximum iteration, $T_{\max}$, is set to 200. Table I shows the best solutions obtained by PPSO and compares with IGA (improved GA) [3] and CGA_MU (conventional GA with multiplier updating) [17].

From the view point of solution quality, PPSO performs better than IGA and IGA_MU (improved GA with multiplier updating). Table II shows another comparison with evolutionary programming (EP) techniques CEP (Classical EP), FEP (fast EP), MFEP (fast EP with weighted mean of Gaussian and Cauchy mutation) and IFEP (improved fast EP) [6], in mean, minimum and maximum costs. Solution quality of PPSO is thus proven.

Table I. Comparison the optimal dispatching obtained by different algorithms

Units	IGA	CGA_MU	PPSO	Units	IGA	CGA_MU	PPSO
P1	269.29	448.7990	538.5587	P8	109.87	60.0000	109.8666
P2	220.27	302.5353	149.9480	P9	109.86	109.8666	109.8671
P3	299.20	299.1993	224.8870	P10	77.40	40.0000	40.0000
P4	159.73	109.8666	109.8670	P11	77.40	40.0000	40.0000
P5	109.84	60.0000	109.8666	P12	92.40	55.0000	55.0000
P6	109.87	109.8666	109.8665	P13	55.0	55.0000	92.4000
P7	109.87	109.8666	109.8723	F _T	18063.58	17975.3437	17972.18

Table II Comparison with evolutionary programming techniques

.	Mean cost	Max. cost	Min. cost
CEP	18190.32	18404.04	18048.21
FEP	18200.79	18453.82	18018.00
MFEP	18192.00	18416.89	18028.09
IFEP	18127.06	18267.42	17994.07
PPSO	18090.87	18255.15	17972.18

Case 2: 10 units considering multiple-fuel options

A 10 units system with generator having multiple-fuel options is tested in this case. Generators data can be found in [8]. The maximum number of iterations is set to 100. In terms of best solution obtained by PPSO and other methods for a load demand of 2700MW are shown in Table III. As seen in Table III, PPSO has provided better solution than HM [18], HNN (Hopfield neural network) [19], AHNN(Adaptive HNN) [20], EP (Evolutionary programming)[21], and ELANN (Enhanced Lagrangian artificial neural network)[5], and comparable with HRGA (Real coded GA) [4] and MPSO (modified PSO) [11]. It is shown that PPSO performs better than most of the listed methods.

Table III Comparison of the optimal dispatches obtained by different algorithm

Unit	HM	HNN	AHNN	EP	MPSO	ELANN	HRGA	PPSO
P1	218.4	224.5	228.2	225.2	218.3	219.06	218.2559	218.2467
P2	211.8	215.0	214.8	215.6	211.7	211.97	211.6816	211.6736
P3	281.0	291.8	291.7	291.8	280.7	281.96	280.7359	280.7203
P4	239.7	242.2	242.3	242.1	239.6	239.84	239.6298	239.6319
P5	279.0	293.3	293.3	293.7	278.5	280.94	278.4819	278.4986
P6	239.7	242.2	242.2	241.9	239.6	239.84	239.6508	239.6419
P7	289.0	303.1	302.3	301.6	288.6	290.81	288.5712	288.5673
P8	239.7	242.2	242.3	242.8	239.6	239.84	239.6180	239.6303
P9	429.2	335.7	354.2	356.6	428.5	418.41	428.5175	428.5323
P10	275.2	289.5	288.9	288.7	274.9	277.33	274.8466	274.8571
P _T	2702.1	2699.7	2700.0	2700.0	2700	2700	2700	2700
F _T	625.18	626.16	626.24	626.26	623.809	623.88	623.8092	623.8092

VI. Conclusions

Greenhouse effect and increasing cost of various fuels have imposed cost burden on electric utility operators. One way is to improve the dispatching operation of generator economically and efficiently. In this paper, the personal best oriented particle swarm optimizer incorporated a simple repairing scheme is developed for solving ED problems considering the valve-point effects and multiple fuel options, respectively. The repairing strategy is used to handle equality constraint, which guarantees the solution to be feasible without sacrificing convergent speed. With repairing strategy, it also does not need to tune penalty constants whenever penalty function method is used for ED problems. In addition, combining the merits of PPSO with a simple repairing strategy makes the algorithms easy to implement.

The proposed approach is verified via tests on two systems with 10 and 13 committed generators and compared with a number of methods ever proposed. Numerical results demonstrate that the proposed method is capable of obtaining high quality solution.

References

1. J. O. Kim, D. J. Shin, J. N. Park and C. Singh, "Altavistic genetic algorithm for economic dispatch with valve point effect", *Electric Power Systems Research*, vol.62, no.3, 2002, pp.201-207.
2. J. R. Won and Y. M. Park, "Economic dispatch solutions with piecewise quadratic cost functions using improved genetic algorithm", *Electric Power and Energy Systems*, vol.25, 2003, pp.355-361.
3. S.H. Ling, H.K. Lam, F.H.F Leung and Y.S. Lee, "Improved genetic algorithm for economic load dispatch with valve-point loading", *The 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, vol.1, 2003, pp.442-447.
4. S. Baskar, P. Subbaraj and M.V.C. Rao, "Hybrid real coded genetic algorithm solution to economic dispatch problem", *Computers and Electrical Engineering*, vol.29, 2003, pp.407-419.
5. S. C. Lee, and Y. H. Kim, "An enhanced Lagrangian neural network for the ELD problems with piecewise quadratic cost functions and nonlinear constraints", *Electric Power Systems Research*, vol.60, 2002, pp.167-177.
6. N. Sinha, R. Chakrabarti and P.K. Chattopadhyay, "Evolutionary programming techniques for economic load dispatch", *IEEE Trans. on Evolutionary Computation*, vol.7, no.1, 2003, pp.83-93.
7. G. Ravi, R. Chakrabarti, and S. Choudhuri, "Nonconvex economic dispatch with heuristic load patterns using improved fast evolutionary program", *Electric Power Components and Systems*, vol.34, 2006, pp.37-45.
8. A. I. El-Gallad, M. El-Hawary, A. A. Sallam and A. Kalas, "Swarm intelligence for hybrid cost dispatch problem", *2001 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, vol.2, 2001, 753-757.

9. D. N. Jeyakumar, T. Jayabarathi and T. Raghunathan, "Particle swarm optimization for various types of economic dispatch problems", *Electrical Power and Energy Systems*, vol.28, 2006, pp.36-42.
10. Y. H. Hou, L.J. Lu, X.Y. Xiong and Y.W. Wu, "Economic dispatch of power systems based on the modified particle swarm optimization", *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, Asia and Pacific, Dalian, China*, 2005, pp.1-6.
11. J. B. Park, K. S. Lee, J. R. Shin and K. Y. Lee, "A particle swarm optimization for economic dispatch with nonsmooth cost functions", *IEEE Trans. on Power Systems*, vol.20, no.3, 2005 pp.34-42.
12. L. L. Lai, et al, "Particle swarm optimization for economic dispatch of units with non-smooth input-output characteristic functions", *Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent Systems Application to Power Systems, ISAP05*, 2005, pp.499-503.
13. A. Immanuel and K. Thanushkodi, "A new particle swarm optimization solution to nonconvex economic dispatch problems", *IEEE Trans. on Power Systems*, vol.22, no.1, 2007, pp.42-51.
14. J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization", *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Network*, 1995, pp.1942-1948.
15. R. Eberhart and J. Kennedy, "A new optimizer using particle swarm theory", *Proceedings of the Sixth International Symposium on Machine Learning and Human Science*, 1995, pp.39-43.
16. C. H. Chen and S. N. Yeh "Personal best oriented constriction type particle swarm optimization", *IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems*, Bangkok, Thailand, June 7-9, 2006, pp.167-170.
17. C. L. Chiang, "Improved genetic algorithm for power economic dispatch of units with valve-point effects and multiple fuels", *IEEE Trans. on Power Systems*, vol.20, n.4, 2005, pp.1690-1699.
18. C.E. Lin and G.L. Viviani, "Hierarchical economic dispatch for piecewise quadratic cost functions", *IEEE Trans. on Power Application System*, vol.PAS103, 1984, pp.1170-1175.
19. J. H. Park, Y.S. Kim, I.K. Eom and K.Y. Lee, "Economic load dispatch for piecewise quadratic cost function using Hopfield neural network", *IEEE Trans. on Power Systems*, vol.8, no.3, 1993, pp.1030-1038.
20. K. Y. Lee, A. Sode-Yome and J. H. Park, "Adaptive Hopfield neural network for economic load dispatch", *IEEE Trans. on Power Systems*, vol.13, no.2, 1998, pp.519-526.
21. T. Jayabarathi and G. Sadasivam, "Evolutionary programming-based economic dispatch for units with multiple fuel options", *European Trans. on Electrical Power*, vol.10, no.3, 2000, pp.167-170.

The Effect of Velocity Ratio on the Near Wake Flow Structures of an Annular Jet with Crosswind

雙同心噴流與橫風之速度比對於近尾流場結構之影響

Feng-Chin Tsai¹ Ren-Horn Hsieh²

蔡豐欽¹

謝仁泓²

¹ Department of Mechanical Engineering, Tungnan University

² Department of Mechanical Engineering, Technology Institute of Northern Taiwan

ABSTRACT

This paper numerically investigates the near wake flow structures on top of a vertical annular jet with cross flow. Three flow patterns appear in various ranges of velocity ratio between the jet and the crosswind. The wake structures and characteristics change accordingly. For low velocity ratio (<1.8), only single bubble exists at the wake and there is no four-way saddle point. Two asymmetric bubbles and a four-way saddle point exist for velocity ratio between 1.8 and 10. The location of the saddle point is found to be raised with increasing velocity ratio. For velocity ratio higher than 10, the two bubbles become symmetric and the location of the saddle point is fixed. Additionally, it is found that the location of the saddle point is decided according to the velocity ratio and not according to Reynolds number of the jet flow.

Keywords : *cross flow, annular jet, wake, four-way saddle point*

摘要

本文主要用以探討雙同心噴流與橫風之速度比對於近尾流場結構之影響。由於橫風與噴流速度比之改變，使近尾流區的流場結構形成三種不同模態，即單迴流泡、雙迴流泡與對稱迴流泡模態。當速度比 v_j/u 較小時，流場模態為單迴流泡模態，近尾流區之另一側渦旋泡消失，此時在尾流流場內之四向鞍點亦消失。當速度比 v_j/u 提升至介於1.8與10之間時，流場模態為雙迴流泡模態，在尾流流場內之四向鞍點出現，但兩渦旋泡並未對稱。速度比 v_j/u 提升至10以後成為對稱迴流泡模態，此時兩渦旋泡對稱且四向鞍點位於迴流泡之正中央，其近尾流區之流場結構由雙同心噴流效應所主導。

關鍵字： 雙同心噴流、橫風、尾流

I. INTRODUCTION

A circular wall jet in a crosswind has been studied due to its application in industries. The crosswind and wall jet interaction induces wake bubbles behind the jet-flow column. The flow structures determined by the velocity ratio are complicated and the mixing effect in this non-premixed combustor is enhanced by the interaction of complex vortex structures (Keffer and Baines, 1963; Kamotani and Baines, 1972; Andreopoulos and Rodi, 1985; Kim and Benson, 1993; Gollahalli and Nanjundappa, 1995). Patrick (2003) experimentally studied the shedding frequency and acoustic characteristics of two tandem cylinders in a cross flow with fluctuating pressure. Said et al. (2005) used particle image velocimetry (PIV) to observe the vortex structure of a circular wall jet with crosswind. Adaramola et al. (2010) investigated the time-averaged velocity and streamwise vorticity fields within the wake of a stack in a low-speed wind tunnel using seven-hole pressure probe.

Liu et al. (2001), Saha et al. (2003), and Liu et al. (2005) made use of numerical methods to obtain the solution under crosswind effect. The wake structures behind the prominent tube were discussed. By altering the prominent length of a cantilevered cylinder, Liu et al. (2001, 2005) simulated the wake behind the cylinder in a cross flow to discuss the influences on the wake structures. Saha et al. (2003) simulated the vortex street behind a finite square cylinder with crosswind and studied the relation between the lift and drag at low Reynolds numbers. Al-Waked (2010) simulated crosswind effects on the thermal performance of natural draft wet cooling towers (NDWCTs) with the standard $k-\varepsilon$ turbulence model. As the hot water was discharged to the air passing through the tower, the air temperature contours were presented for the rising and drawing of warmed air at the base of the tower upon the speed and direction conditions of the crosswind.

Fluids passing a bluff-body form a recirculation bubble behind it. The formation of this recirculation bubble is a way to enhance the mixing effect. Wake flow easily generates a recirculation zone and also results in a four-way saddle point on top of the recirculation bubble. This enhances flow field mixing and promote the combustion effect. Since the adverse-pressure gradient of the wake behind a circular disc is generally larger than that behind a circular cylinder, the wake structure of the circular disc is obviously larger. The interior turbulence intensity and mixing effect are greater as well. Li and Tankine (1987), Schefer et al. (1994) employed flow visualization method by discharging particles into the wake to observe the dynamic flow modes.

Knowing from the paper review cited above, no numerical study has been published on the near wake flow structures and characteristics for an annular jet flow with crosswind. This motivates present study. The flow field is investigated for various combinations of annular jet velocity and cross wind velocity.

II. Methodology and Boundary Conditions

The turbulent three-dimensional flow is simulated numerically using a combination of the continuity and the turbulent Navier-Stokes equations. The flow is assumed to be steady and incompressible. The governing equations include continuity and three dimensional momentum equations which can be written as

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u_i' u_j'}) \quad (2)$$

where $-\rho \overline{u_i' u_j'}$ denotes the Reynolds stresses; i and j mean the three components in X , Y , and Z directions. The standard k - ε model based on the turbulence kinetic energy (k) and its dissipation rate (ε) is employed to construct the turbulence kinetic energy equations.

A schematic diagram of the geometry was shown in Fig. 1(a). The annular jet was inserted from the bottom of a cross flow field. The simulated zone under consideration was 500mm $\times$ 600mm in horizontal cross-section and is 1000mm in height to ensure reasonable boundary conditions. The annular jet is assumed coming from the entrance 150mm beneath the cross flow field. The outer diameter, D , and inner diameter, d , of the annular jet are 50mm and 30mm, respectively. The hydraulic diameter, D_h , of the annular jet at the exit is therefore 20 mm.

The cross flow and the annular jet flow were assumed to have the same fluid at the same temperature. The fluids in this simulation were set to be air and the surrounding temperature was 20°C. The incoming cross-flow velocity u was assumed to be uniform and ranged from 1.0 to 5.0 m/s. The annular jet velocity v_j was also assumed to be uniform at the entrance. Define a parameter v_j/u the velocity ratio of the annular jet v_j to the crosswind u . It is of interest to see the relation between flow pattern and velocity ratio. In the computing process, non-slip boundary conditions were applied to all of the walls except for the inlet and exit of the annular jet flow and wind tunnel.

Fig. 1(b) is the side view of the structured computational mesh. A non-uniform grid system with a large concentration of nodes closed to the near-wake region is generated. A finite volume method was used in the numerical computation. The algorithm was SIMPLEC (Van Doormaal and Raithby, 1984) and the discretization scheme was QUICK. The normalized residual value convergence was less than 10^{-4} in the solution.

III. Results and Discussion

3.1 Flow patterns and structures

Fig. 2 shows the streamline of the flow field in the center plane with crosswind velocity 2.5m/s and $v_j/u = 5.6$, corresponding to Reynolds number of the annular jet flow, $Re_j = 1.9 \times 10^4$. The jet exit is located near the bottom left corner and the exit center is at the point of $x/d=0, z/d=0$. It is seen that circulation takes place on the downstream side. It is also seen that the major influence on the crosswind appears in the right region. In addition, the top streamline is almost horizontal and the streamlines on the left side are almost parallel to each other. This means that the simulation domain is large enough to avoid significant boundary error. The flow structures in the downstream region are similar to those of a circular wall jet with crosswind except the recirculation bubbles on the top. The recirculation bubble is oblique due to the crosswind effect.

Attention is focused on top of the annular jet. Fig. 3 shows the velocity vector fields and streamline patterns of three flow modes for a constant crosswind velocity 2.5m/s and various jet velocities. Fig. 3(a) and 3(b) show the velocity vector field and streamline pattern for velocity ratio of 1.2, respectively. In this case, the velocity field is mainly horizontal and a recirculation bubble appears behind the bluff-body. The wake is suppressed due to the crosswind effect. For velocity ratio 4.0, the bluff-body effect is enhanced enough to resist the crosswind effect and another bubble appears on the right side of the jet. Fig. 3(c) and 3(d) show this dual bubble situation. The two bubbles are not equal as an interaction result of the crosswind and bluff-body. It can also be seen that a four-way saddle point appears on top of the bubbles. A four-way saddle point shows the fluids flow from four directions towards or away a point, shown as Fig. 3(d) and 3(f). This saddle point inclines to right side due to the asymmetric situation. The flow shows that the fluids in the wake are drawn from inside the left bubble into the right bubble. At a higher jet velocity, the flow pattern changes and two bubbles become symmetric with respect to the center line of the annular jet. This flow pattern appears for velocity ratio higher than 10, as shown in Fig. 3(e) and 3(f). In this pattern, the bluff-body effect is comparatively large and the two bubbles are almost the same in size. The streamline pattern close to the jet exit is almost symmetric under this condition. The four-way saddle point on top of the bubbles appears close to the center line of the bluff-body. The flow structures indicate that the fluids from the left bubble are not drawn into the right bubble.

3.2 Flow characteristics

As aforementioned, the flow pattern changes according to velocity ratio. The contour of both vortex bubbles at the wake changes as well. Fig. 4 shows the contour variation of both vortex bubbles for different velocity ratios. The terminal point of each curve is the position of the four-way saddle point. Fig. 4(a) shows the contour curves of the left vortex bubble from the rim of the inner tube exit to the four-way saddle point. Curves move up with increasing velocity ratio. In the dual bubble mode, the variation of contour is very sensitive to velocity ratio. Increase of velocity ratio causes the contour curves incline upward significantly. The position of the four-way saddle point also moves from the right side to the central axis (where

$x/d = 0$). In the symmetric bubble mode, the variation in each contour is very small. Each contour tends to overlap. The position of the four-way saddle point is at the central axis. Fig. 4(b) shows the effect of velocity ratio on the contour curve of the right vortex bubble. Curves for various velocity ratios are very close and the four-way saddle point at the terminal of each curve is not so obvious. However, comparison of Fig. 4(a) and Fig. 4(b) can indicate the height of the right bubble and the contour can also be found through the four-way saddle point. The value increases from 0.2 to about 1.0 as the velocity ratio increases from 2 to about 15. This indicates that the flow structures that may affect the downstream mixing in a cross flow can be controlled by adjusting the velocity ratio.

Fig. 5 shows the relation between the height of the recirculation bubble H_{max} and the Reynolds number Re_j . The crosswind velocity is kept 5.0m/s. It is found the non-dimensional parameter H_{max}/d is increased with increasing Re_j . The value of H_{max}/d shows a jump at Re_j of about 1.3×10^4 . The reason for the abrupt increase is the mode change from single bubble into dual bubble. This causes increase of H_{max}/d to 0.35. In the range of dual bubble mode, H_{max}/d is non-linearly increased with increasing Re_j and the slope is gradually decreased. For Re_j higher than about 6.5×10^4 , H_{max}/d is almost unchanged and the flow mode becomes symmetrical bubble. In this mode, the height of the recirculation bubble is almost constant with respect to Re_j .

The four-way saddle point S appears only in the dual bubble and symmetrical bubble modes. The saddle point position changes with respect to velocity ratio. Fig. 6 depicts the relation between H_s/d and v_j/u . The value of H_s denotes the height of the four-way saddle point. Fig. 6 shows the value of H_s is slightly smaller than the value of H_{max} in dual bubble mode. It is also seen that H_s approaches H_{max} with increasing velocity ratio. In the symmetrical bubble mode, they are constant.

IV. Conclusion

The flow structures behind the bluff-body of the double concentric tube show the different mode because of the velocity variation of the crosswind and annular jet. By means of above simulation and analysis, the flow patterns will present single-bubble, dual-bubble and symmetric-bubble modes near the wake region for the alteration of the velocity ratio. Both of vortex bubbles behind the bluff-body are not symmetric in dual-bubble mode and transformed to be symmetric in symmetric-bubble mode. The flow structure and the mixing ability will be different with the flow mode. As the properties of the crosswind are known, the flow structures needed or avoided can be always controlled by means of regulating the velocity of annular jet to alter the velocity ratio.

References

- Keffer, J. F., Baines, W. D., 1963. The round turbulent jet in a cross-wind. *J. Fluid Mech.* 15, 481-496.
- Kamotani, Y., Greber, I., 1972. Experiments on a turbulent jet in a cross flow. *AIAA J.* 10, 1425-1429.
- Andreopoulos, J., Rodi, W. 1985. On the structure of jets in a crossflow. *J. Fluid Mech.* 157, 163-197.
- Kim, S.W., Benson, T.J., 1993. Fluid flow of a row of jets in crossflow - a numerical study, *AIAA J.* 31, 806-811.
- Gollahalli, S. R., Nanjundappa, B., 1995. Burner wake stabilized gas jet flames in cross-flow. *Combust. Sci. Technol.* 109, 327-346.
- Fitzpatrick, J. A., 2003. Flow/acoustic interactions of two cylinders in cross-flow. *Journal of Fluids and Structures* 17, 97-113.
- Said, N. M., Mhiri, H., Palec, G. L., Bournot, P., 2005. Experimental and numerical analysis of pollutant dispersion from a chimney. *Atmospheric Environment* 39, 1727-1738.
- Adaramola, M. S., Sumner, D. and Bergatrom, D. J., 2010. Effect of velocity ratio on the streamwise vortex structures in the wake of a stack. *Journal of fluids and structures*, available online 8 October 2009.
- Liu, Y., So, R. M. C., Lau, Y. L., Zhou, Y., 2001. Numerical studies of two side-by-side elastic cylinders in a cross-flow. *Journal of Fluids and Structures* 15, 1009-1030.
- Liu, Y., So, R. M. C., Cui, Z. X., 2005. A finite cantilevered cylinder in a cross-flow. *Journal of Fluids and Structures* 20, 589-609.
- Saha, A. K., Biswas, G., Muralidhar, K., 2003. Three-dimensional study of flow past a square cylinder at low Reynolds numbers. *International Journal of Heat and Fluid Flow* 24, 54-66.
- Al-Waked R., 2010. Crosswinds effect on the performance of natural draft wet cooling towers. *International Journal of Thermal Sciences* 49, 218-224.
- Li, X., Takin, R.S., 1987. A study of cold and combusting flow around bluff-body combustors. *Combust. Sci. Technol.* 52, 173-206.
- Schefer, R.W., Namazian, M., Kelly, J., 1994. Velocity measurement in turbulent bluff-body stabilized flows. *AIAA J.* 32, 1844-1851.
- Van Doormaal, J.P. and Raithby, J.D., 1984. Enhancement of the SIMPLE method for predicting incompressible fluid flow. *Numerical Heat Transfer* 7, 147-163.

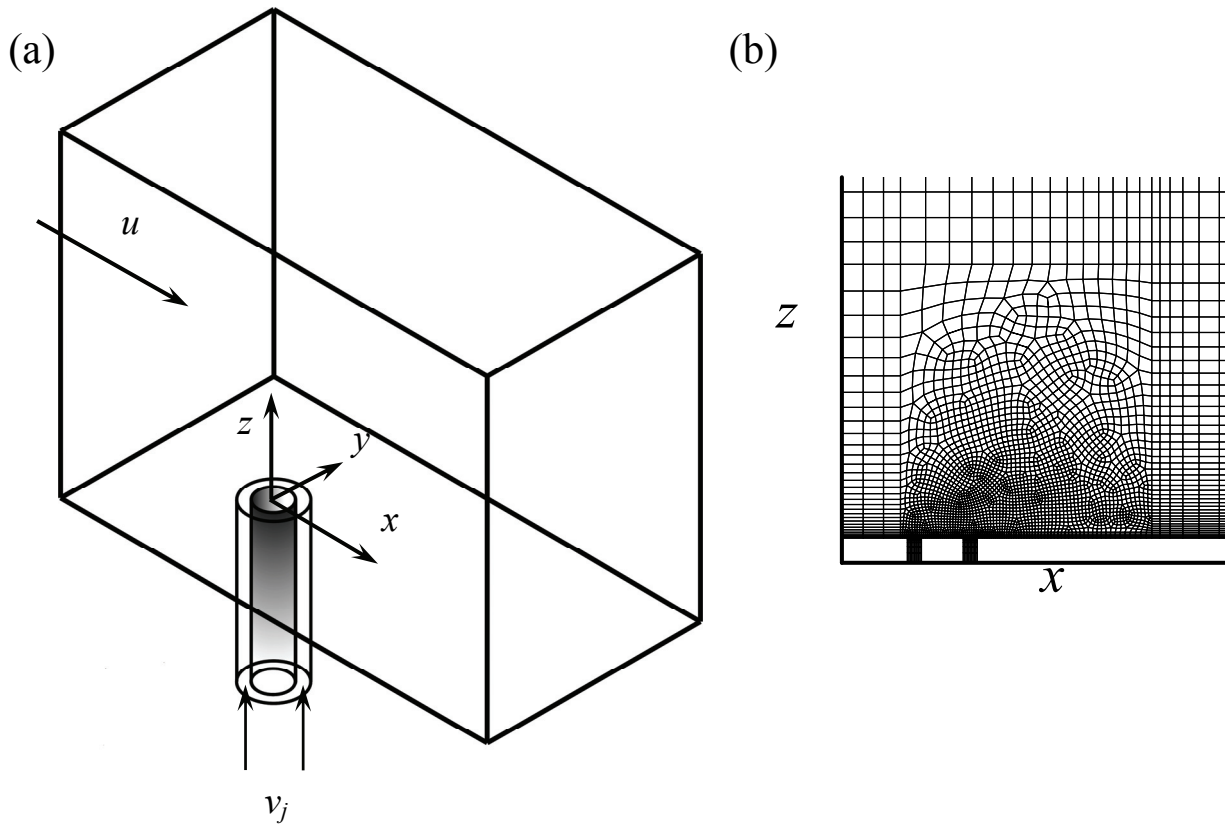


Fig. 1 Numerical simulation model: (a) schematics diagram of the geometry, (b) structured computational mesh of the near wake region.

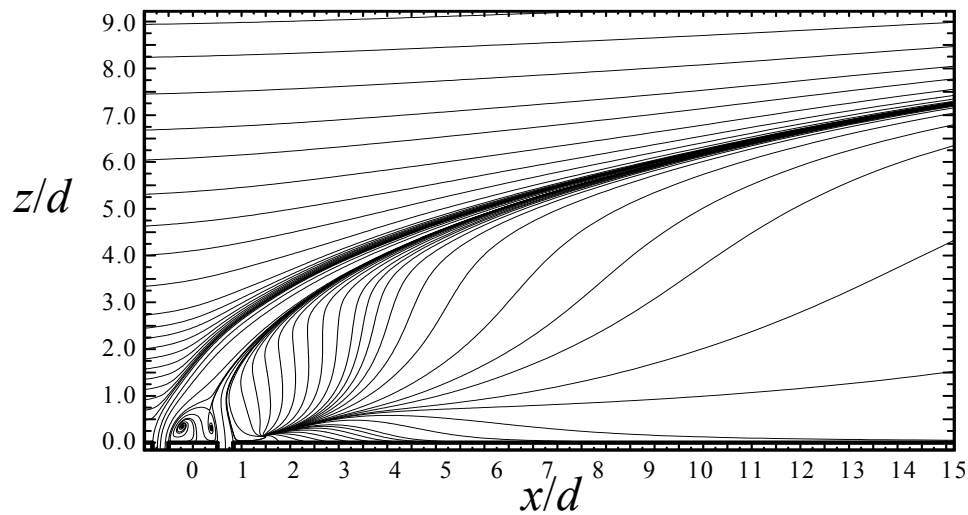


Fig. 2 Streamline pattern of the annular jet in a cross flow when keeping the crosswind velocity at 2.5m/s ($Re_j = 1.9 \times 10^4$, $v_j/u = 5.6$).

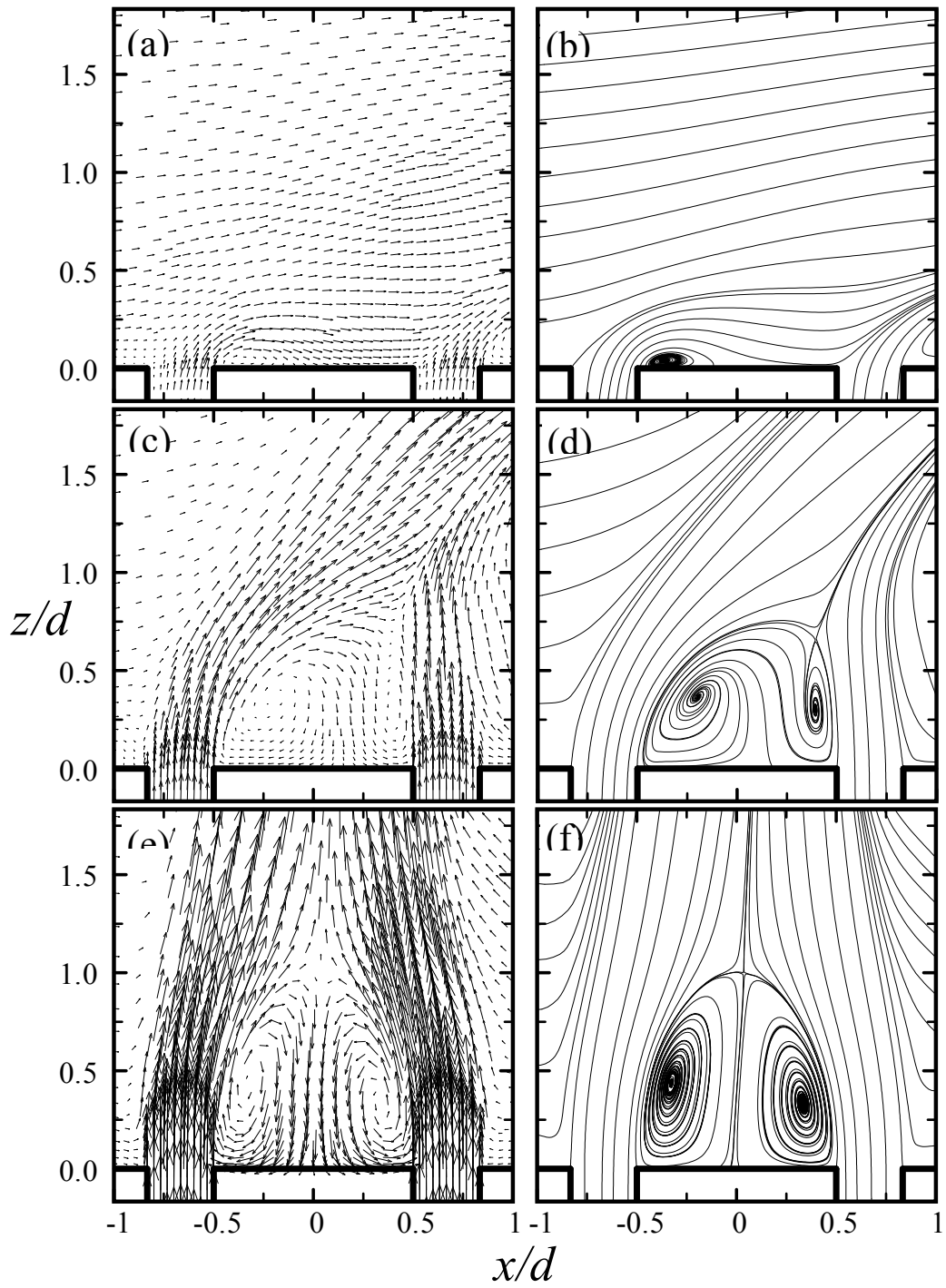


Fig. 3 Velocity vector field and streamline pattern of three flow modes when keeping the crosswind velocity constant at 2.5m/s: (a), (b) the single bubble mode ($Re_j = 4.0 \times 10^3$, $v_j/u = 1.2$); (c), (d) the dual bubble mode ($Re_j = 1.3 \times 10^4$, $v_j/u = 4.0$); and (e), (f) the symmetrical bubble mode ($Re_j = 3.6 \times 10^4$, $v_j/u = 10.8$).

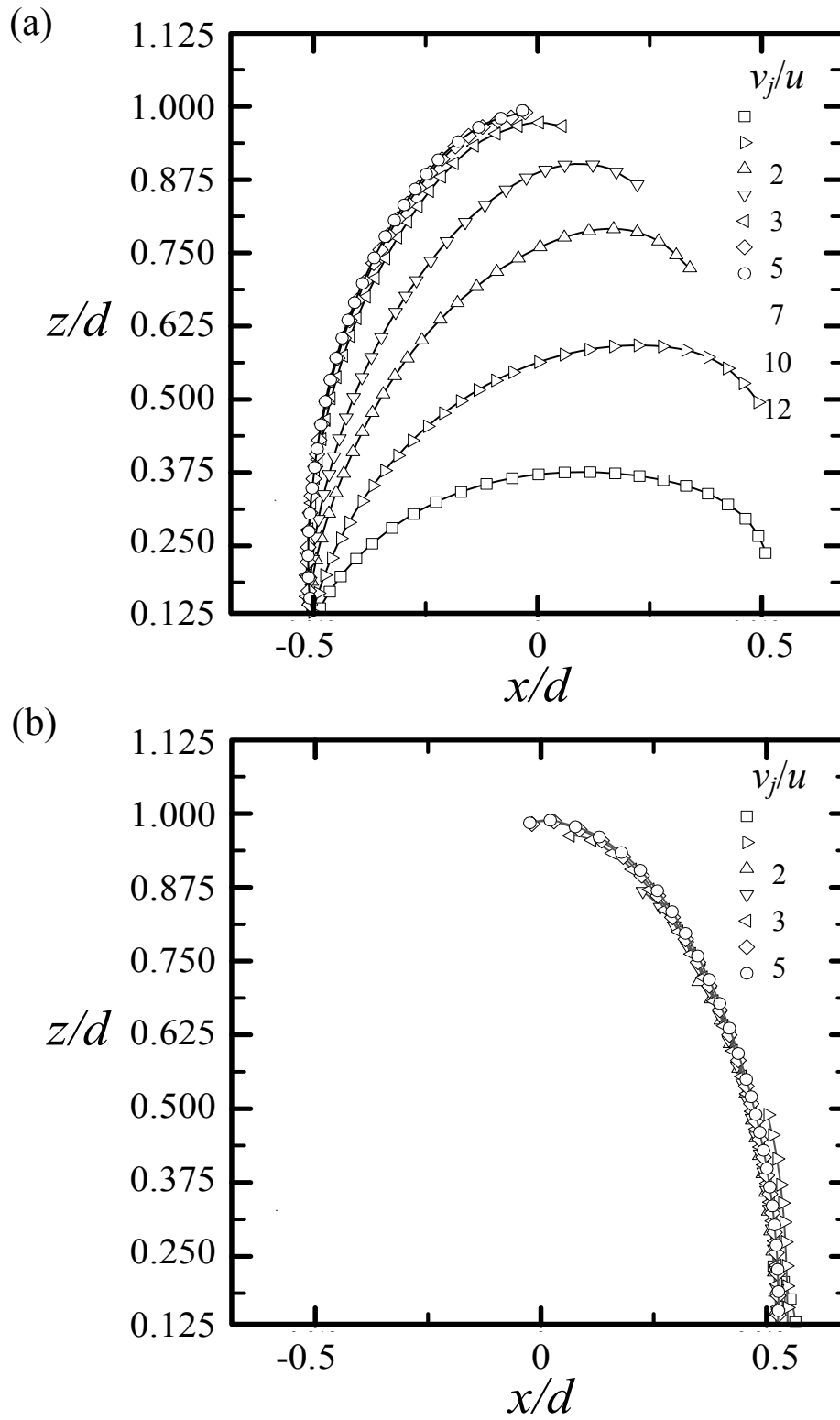


Fig. 4 Contour variation of both vortex bubbles at different velocity ratio: (a) the left vortex bubble and (b) the right vortex bubble.

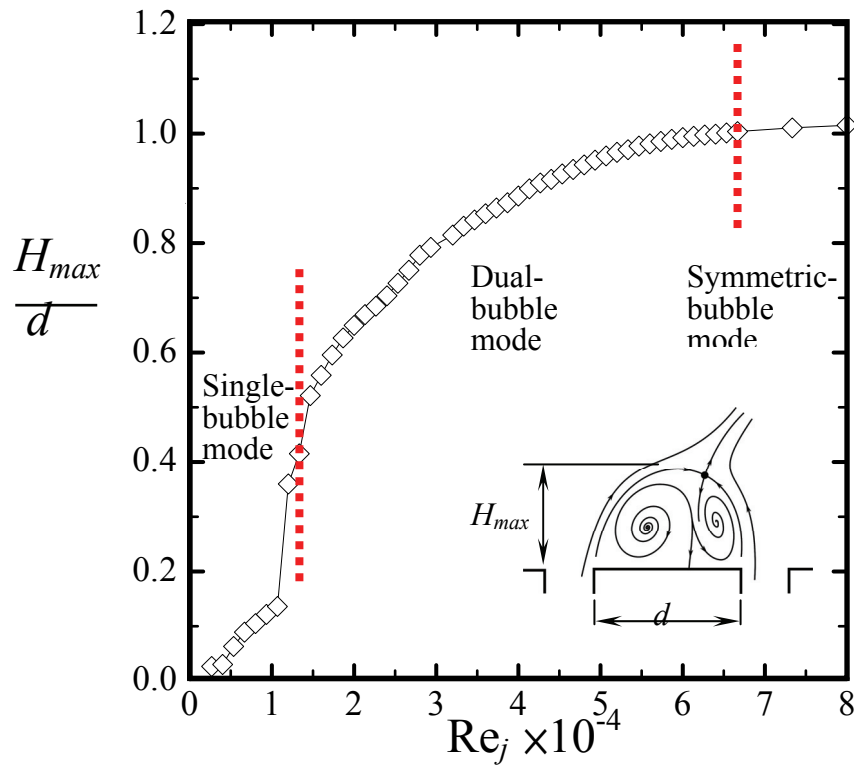


Fig. 5 Relation between the non-dimensional height H_{max}/d and the Reynolds number of the annular jet Re_j ($u = 5.0$ m/s).

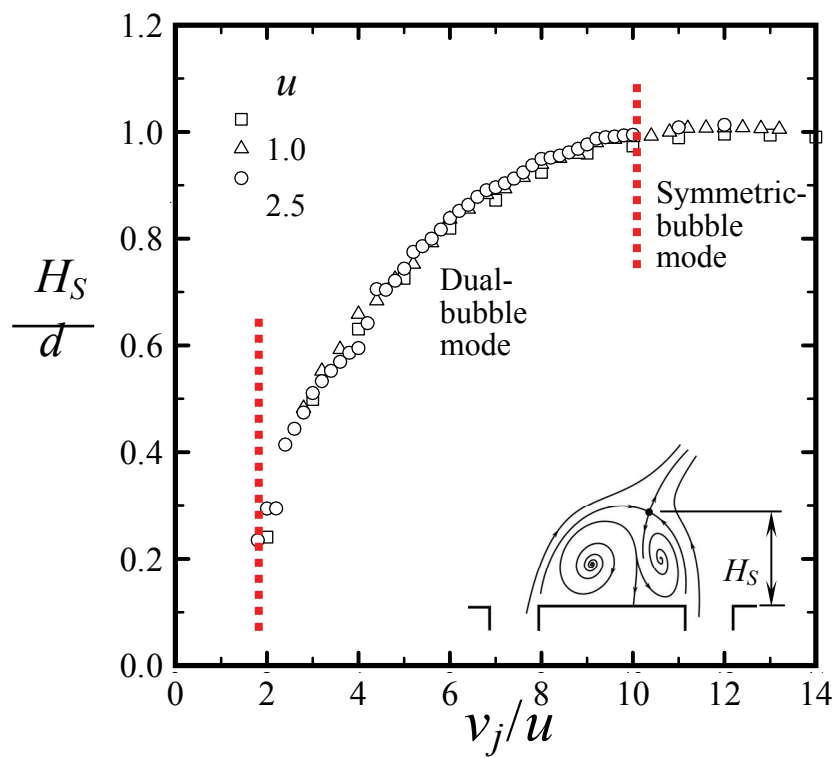


Fig. 6 Relation of two non-dimensional parameters H_s/d and v_j/u .

基因演算法應用於閉式靜壓滑軌扭轉剛度最佳化研究

The Research in Genetic Algorithms Applied to the Rotor Stiffness Optimization of Hydrostatic Slide ways

王亞平^{1*} 陳一維¹ 朱明輝¹ 吳坤齡² 康淵³
Yea-ping Wang^{1*} Yi-Wei Chen¹ Ming-Huei Chu¹ Kun-Ling Wu² Yang Kang³

^{1*} 東南科技大學 機電科技學系 副教授 Department of Mechatronic Technology
¹ 東南科技大學 機電科技學系 助理教授 Department of Mechatronic Technology
² 東南科技大學 機電科技學系 副教授 Department of Mechatronic Technology
³ 東南科技大學 機械工程學系 副教授 Department of Mechatronic Technology
³ 中原大學 機械工程學系 教授 Department of Mechatronic Technology

摘要

本文探討採用單向薄膜節流器閉式滑軌的抗轉特性，以及最佳化抗轉剛度之設計。滑軌的形式為平軌單列多油腔式，潤滑油來源為定壓供油方式。根據流量守恆原理，且假設滑軌油腔之間的壓力是呈線性分佈，建立一般化流量平衡方程式，以求解出滑軌各油腔之壓力，進一步求解靜壓滑軌之抗轉剛度，最後以遺傳基因演算法搜尋對應力矩承载力下滑軌最大抗轉剛度之最佳化設計參數。最佳化計算是採用基因演算法，以滑軌抗轉剛度最佳化為目標，在固定滑軌長度、油腔數目、滑軌移動速度、工作溫度、潤滑油型號等設計參數下，尋求薄膜節流器節流參數、薄膜順從係數、滑軌初始間隙、供油壓力、滑軌長寬比、油腔與油區長度比、油腔與油區寬度比等七個設計參數的最佳值，藉以得到對應滑軌負荷之最大抗轉剛度。

關鍵字：閉式靜壓滑軌，單向薄膜節流器，基因演算法，剛度。

ABSTRACT

This thesis studies the characteristics of the externally pressurized, with multi-recessed, close-type, flat hydrostatic slide ways by using the membrane restrictor as a compensating element. Furthermore, the optimal design analysis for maximum bearing stiffness is presented by using the genetic algorithm. The general equations for film pressure are provided according to the flow rate balance of slide ways. Results are in terms of the bearing stiffness with the variations of the bearing displacement ratios, the restriction parameters and the

membrane compliance. By using the genetic algorithm, the optimal design analysis is carried out under the setting design environments of numbers of recess, geometric size of recesses, and speed of slide ways. For membrane restrictors, the optimal design parameters of supplied pressure, bearing clearance and restriction parameters are searched, whilst, the optimal design parameters of supplied pressure, bearing clearance, membrane restriction parameters and membrane compliance are searched for membrane restrictors. Finally, these optimal design parameters corresponding to the maximum bearing stiffness.

Keywords: Close-type hydrostatic slide ways, Capillary restrictor, Membrane restrictor, Genetic algorithms, Stiffness.

壹、導論

滑軌是工具機的關鍵部位之一，其性能的好壞，將直接影響工具機的加工精度、承載能力與使用壽命。因此，滑軌應該具有足夠高的導向精度、較大的耐磨性、在低速運動中具有平穩性，避免膠著滑動(stick-slip)現象之發生，靜壓滑軌具有承載容量大、高剛度、抗振性良好、使用壽命長等優點，因此，可運用靜壓滑軌來解決傳統大型工具機滑軌之問題。

關於靜壓技術在滑軌上的研究，在1974年由 Aizenshtok 等人[1]沿用1970年靜壓滑軌的設計，以理論計算方法尋找較佳的設計參數，以計算靜壓滑軌的承載能力與油膜的剛度。以藉著採用浮動靜壓支承(floating hydrostatic support)，使得滑軌間隙能安全的減少並增大油膜剛度。1975年 Sukholutskii 等人[2]發表使用薄膜節流器的閉式靜壓滑軌的設計方法。採用薄膜節流器的閉式靜壓滑軌比傳統的節流器，如毛細管等，較能夠改善滑軌上油膜承載能力與油膜剛度；並且建議了一種薄膜節流器的設計方法，能夠將應用閉式靜壓滑軌在磨床、鑽床與其他類型的工具機上。

由於節流器是影響靜壓滑軌剛度的主要元件，不同的節流各有其優缺點。有關於被動式與主動節流器比較的研究，1963年 Moshin[3]證明了在相同操作條件下，使用薄膜式(membrane)節流器的靜壓軸承，其動剛性及靜剛性均較使用固定式節流器為高，但是所需的供油壓力則較低，顯示泵功減少。1974年 Cusano[4]研究與分析具有四油腔的軸承之特性，並在軸承上搭配薄膜節流器作為壓力補償設備，其油腔壓力比、偏心率、薄膜補償係數與軸承轉速等在潤滑油流速、承載力與油膜剛度上的影響均作了詳細的分析與討論，驗證了在是當的設計下使用薄膜節流器的軸承可得到良好的油膜剛度。2004年 Singh、Sharma、Jain 與 Reddy[5]研究使用薄膜節流器的多腔動靜混壓軸承性能，使用的油腔幾何形狀有方形、圓形、橢圓形與三角形，並利用有限元素法求解節流器流量方程式，其結果顯示油腔的幾何形狀對於軸承的性能影響相當大，所以可知適當的選擇油腔的幾何尺寸與補償設備能夠改善軸承的性能。

遺傳基因演算法是模擬生物在自然環境中的遺傳與進化的過程而形成的一種全局最佳化的機率搜索算法。1970年 De Jong [6]基於遺傳基因演算法的觀念於計算機上進

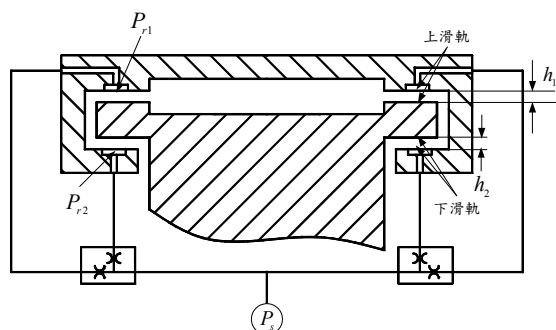
行大量的純數值函數最佳化計算實驗，得到良好的結果。在一系列遺傳基因演算法研究的基礎上，1980年由Goldberg[7]進行歸納總結遺傳基因演算法，形成遺傳基因演算法的基本架構。Renner及 Ekart[8]也證實當應用於設計參數較多的複雜問題時，較傳統之最佳化設計方法，例如梯度法（gradient method）或模擬退火法（simulated annealing method）節省計算時間及更有效率搜尋最佳化解。然而，因為遺傳基因演算法應用的範圍很廣，但至今仍未被應用於靜壓滑軌最佳化設計中。

靜壓軸承或靜壓滑軌具有許多不同的設計參數，如節流器參數等，在其設計參數的選擇上需要複雜及嚴格的程序，以尋求最佳化計算分析方法。由於閉式靜壓滑軌為多參數系統，故不適合使用梯度法求最佳化。

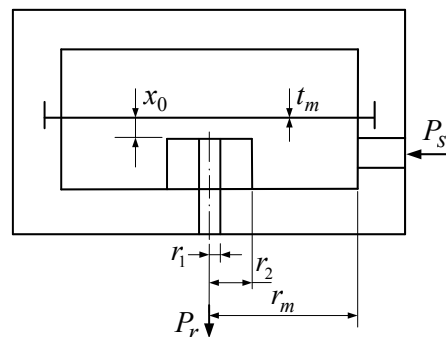
貳、閉式靜壓滑軌結構及單向薄膜節流器特性

靜壓滑軌的工作原理是將具有一定壓力的液壓油經由節流器輸送到滑軌面的油腔，形成承載油膜，將相互接觸的機台支承與工作台隔開，工作過程中油膜壓力隨外載荷變化而變化以平衡作用在滑軌上的外負載，在不同速度（包括靜止）下都能保證滑軌面間始終處於純液體摩擦狀態，從而大大減小了兩滑軌面作相對運動時的磨擦阻力，減小了拖動滑軌運動時的動力消耗，並具有很高的運動精度。其一般把移動的滑軌分成若干油區，每一個油區在移動的工作台上均有一油腔，此保證在全部工作行程範圍內滑軌的油腔不外露，而不會因油腔暴露而失去承載能力。閉式靜壓滑軌只有在其移動方向的一個自由度，其餘自由度都由滑軌結構所約束，閉式靜壓滑軌常用的結構形式如圖一所示。

單向薄膜式節流器，如圖二所示，其薄膜的移動量通常只有20至30 μm ，實現滑軌與軸承間隙補償特性，主要原理是以油腔壓力變化的形式檢測滑動體的運動誤差，而讓其薄膜作動，於是薄膜便可以調整實際支撐滑動體的油腔壓力而校正運動誤差。因為流量與薄膜間隙的三次方成正比，所以近年來反饋式節流器大多是採用此一型式；由此可知閉式靜壓滑軌具有高油膜剛度、高承受偏載及顛覆力矩的能力之優點，因此，本文以閉式靜壓滑軌使用單向薄膜節流器探討其靜態抗扭轉剛度之特性。



圖一 閉式靜壓滑軌之結構



圖二 單向薄膜式節流器

參、理論分析

3.1 閉式滑軌流量平衡方程式

閉式滑軌之上、下油腔幾何形狀如圖三所示，滑軌初始膜厚為 h_0 ，受外加負載後，工作台下降量為 e 。使得上油腔油膜厚度為 h_u ，下油腔油膜厚度為 h_ℓ ，滑軌移動速度為 V 時，工作台產生微小傾角 α ，如圖四所示，則上、下油腔的第 r 個油腔中點處無因次油膜厚度分別為

$$\bar{h}_{ur} = 1 + \left(\frac{2r-1-n}{2} \right) \bar{\alpha} - \varepsilon \quad (1)$$

$$\bar{h}_{dr} = 1 + \left(\frac{2r-1-n}{2} \right) \bar{\alpha} - \varepsilon \quad (2)$$

如圖五所示，對於第 r 上油腔，其流量方程式分別表示為

(1) 由第 r 上油腔經 z 軸(側向)方向流出之流量

$$Q'_{ur} = \frac{\left(\frac{L_{ur} - \ell_{ur}}{2} \right) h_{ur}^3}{12\eta \left(\frac{B_{ur} - b_{ur}}{2} \right)} \quad (3)$$

(2) 由第 r 上油腔流出至第 $r+1$ 上油腔之 x 軸方向(滑軌運動方向)之流量為

$$Q_{u(r \rightarrow r+1)} = \frac{V}{2} \left(\frac{B_u + b_u}{2} \right) \left(\frac{h_{ur} + h_{u(r+1)}}{2} \right) + \frac{\left(\frac{B_u + b_u}{2} \right) \left(\frac{h_{ur} + h_{u(r+1)}}{2} \right)^3}{12\eta \frac{(L_u - \ell_u)}{2}} (P_{ur} - P_{u(r+1)}) \quad (4)$$

(3) 由第 $r-1$ 上油腔流出至第 r 上油腔之 x 軸方向(滑軌運動方向)之流量為

$$Q_{u(r-1 \rightarrow r)} = \frac{V}{2} \left(\frac{B_u + b_u}{2} \right) \left(\frac{h_{u(r-1)} + h_{ur}}{2} \right) + \frac{\left(\frac{B_u + b_u}{2} \right) \left(\frac{h_{u(r-1)} + h_{ur}}{2} \right)^3}{12\eta \frac{(L_u - \ell_u)}{2}} (P_{u(r-1)} - P_{ur}) \quad (5)$$

(4) 經薄膜節流器流入第 r 油腔之流量為

$$Q_{ur} = \frac{\pi d_m^3}{6\eta \cdot \ln(r_2/r_1)} \left(1 + \frac{A_m}{K_m d_m} P_r \right)^3 (P_s - P_r) \quad (6)$$

在穩定的操作條件下，流入第 r 油腔之流量，會等於流出第 r 油腔之流量

$$2Q'_{ur} + Q_{u(r \rightarrow r+1)} = Q_{u(r-1 \rightarrow r)} + Q_{ur} \quad (7)$$

上式移項整理令為 f_{ur}

$$f_{ur} = -2Q'_{ur} - Q_{u(r \rightarrow r+1)} + Q_{u(r-1 \rightarrow r)} + Q_{ur} = 0 \quad (8)$$

將(4)至(7)式 代入(9)並除以 $\frac{P_s h_0^3}{12\eta}$ 得到第 r 油腔的無因次流量平衡方程式：

$$f_{ur} = \zeta_{1r} \bar{P}_{u(r-1)} + \zeta_{2r} \bar{P}_{ur} - \bar{\delta}_m (1 + \bar{C}_m \bar{P}_{ur})^3 (1 - \bar{P}_{ur}) - \zeta_{3r} \bar{P}_{u(r+1)} + \bar{\Lambda} \bar{\alpha} = 0 \quad (r=1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

其中 $\zeta_{1r} = -\bar{C} [1 + (r-1 - \frac{n}{2}) \bar{\alpha} - \varepsilon]^3$, $\zeta_{2r} = \bar{D} [1 + (r - \frac{1}{2} - \frac{n}{2}) \bar{\alpha} - \varepsilon]^3 + \bar{C} [1 + (r-1 - \frac{n}{2})$

$\times \bar{\alpha} - \varepsilon]^3 + \bar{C} [1 + (r - \frac{n}{2}) \bar{\alpha} - \varepsilon]^3$, $\zeta_{3r} = -\bar{C} [1 + (r - \frac{n}{2}) \bar{\alpha} - \varepsilon]^3$, $\bar{C} = \frac{B_u + b_u}{L_u - \ell_u}$,

$\bar{D} = 2 \frac{L_u + \ell_u}{B_u - b_u}$, $\bar{\alpha} = \frac{L_u \alpha}{h_0}$, $\varepsilon = \frac{e}{h_0}$, $\bar{P}_{ur} = \frac{P_{ur}}{P_s}$, $\bar{\delta}_m = \frac{2\pi d_m^3}{h_0^3 \ell n(r_2/r_1)}$, $C_m = \frac{A_m P_s}{K_m d_m}$ 。

求解式(9)之 n 個聯立方程式組，得到 n 個向上作用油腔壓力比 $\bar{P}_{u1}$, $\bar{P}_{u2}$, $\dots$, $\bar{P}_{un}$ 。

3.2 工作台抗轉剛度計算

抗轉剛度為在繞 y 軸方向之每單位平面軸承角位移量改變時力矩之變化量，抗轉剛度計算如下

$$K_\alpha = \frac{dM}{d\alpha} = \frac{dM_u}{d\alpha} - \frac{dM_d}{d\alpha} = \frac{P_s B L^2}{h_0} \sum_{r=1}^n \left(\frac{d\bar{M}_u}{d\bar{\alpha}} - \frac{d\bar{M}_d}{d\bar{\alpha}} \right) = \frac{P_s B L^2}{h_0} \sum_{r=1}^n (\bar{K}_{aur} - \bar{K}_{adr}) \quad (10)$$

第 r 個向上作用油腔無因次剛度

$$\bar{K}_{aur} = \frac{K_{aur} h_0}{P_s B L^2} = \frac{d\bar{M}_{aur}}{d\bar{\alpha}} = \frac{d\bar{M}_{aur}}{d\bar{P}_{u(r-1)}} \cdot \frac{d\bar{P}_{u(r-1)}}{d\bar{\alpha}} + \frac{d\bar{M}_{aur}}{d\bar{P}_{ur}} \cdot \frac{d\bar{P}_{ur}}{d\bar{\alpha}} + \frac{d\bar{M}_{aur}}{d\bar{P}_{u(r+1)}} \cdot \frac{d\bar{P}_{u(r+1)}}{d\bar{\alpha}} \quad (11)$$

其中 $\frac{d\bar{M}_{ur}}{d\bar{P}_{u(r-1)}} = \frac{1}{8} (1 + \gamma_B)(1 - \gamma_L)(r - 1 - \frac{n}{2})$, $\frac{d\bar{M}_{ur}}{d\bar{P}_{ur}} = \frac{1}{4} (1 + \gamma_B)(1 + \gamma_L)(r - \frac{1}{2} - \frac{n}{2})$,

$\frac{d\bar{M}_{ur}}{d\bar{P}_{u(r+1)}} = \frac{1}{8} \times (1 + \gamma_B)(1 + \gamma_L)(r - \frac{n}{2})$ 。

取式(9)對 $\bar{\alpha}$ 微分

$$\begin{aligned} \frac{df_{ur}}{d\bar{\alpha}} &= \frac{d\zeta_{1r}}{d\bar{\alpha}} \bar{P}_{u(r-1)} + \zeta_{1r} \frac{d\bar{P}_{u(r-1)}}{d\bar{\alpha}} + \bar{\delta}_{mur} (1 + \bar{C}_{mur} \bar{P}_{ur})^3 - 3\bar{\delta}_{mur} \bar{C}_{mur} (1 + \bar{C}_{mur} \bar{P}_{ur})^2 \\ &\times (1 - \bar{P}_{ur}) \frac{d\bar{P}_{ur}}{d\bar{\alpha}} + \frac{d\zeta_{2r}}{d\bar{\alpha}} \bar{P}_{ur} + \zeta_{2r} \frac{d\bar{P}_{ur}}{d\bar{\alpha}} + \frac{d\zeta_{3r}}{d\bar{\alpha}} \bar{P}_{u(r+1)} + \zeta_{3r} \frac{d\bar{P}_{u(r+1)}}{d\bar{\alpha}} = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

其中 $\frac{d\zeta_{1r}}{d\bar{\alpha}} = -3C_m (r - 1 - \frac{n}{2}) [1 + (r - 1 - \frac{n}{2}) \bar{\alpha} - \varepsilon]^2$, $\frac{d\zeta_{2r}}{d\bar{\alpha}} = 3\bar{D} (r - \frac{1}{2} - \frac{n}{2})$

$$\times [1 + (r - \frac{1}{2} - \frac{n}{2})\bar{\alpha} - \varepsilon]^3 + 3(r - \frac{n}{2})\bar{C} [1 + (r - \frac{n}{2})\bar{\alpha} - \varepsilon]^2 + 3(r - 1 - \frac{n}{2})\bar{C} [1 + (r - 1 - \frac{n}{2})\bar{\alpha} - \varepsilon]^2$$

$$, \frac{d\zeta_{3r}}{d\bar{\alpha}} = 3(r - \frac{n}{2}) \times (-\bar{C}) [1 + (r - \frac{n}{2})\bar{\alpha} - \varepsilon]^2, \frac{d\bar{\alpha}}{d\alpha} = \frac{L_{ur}}{h_0}。$$

同理可求得第 r 個向下作用油腔無因次壓力比及抗轉剛度。

肆、閉式靜壓滑軌之最佳化

4.1 遺傳基因演算法

本文採用遺傳基因演算法，以剛度最佳化為目標，在指定滑軌油腔幾何尺寸，單條滑軌油腔數目，節流器類型，滑軌工作台位移率，潤滑油工作時的黏度與滑軌工作移動速度等條件下，尋求節流器節流參數 $\bar{\delta}_m$ 、滑軌長寬比、油腔與油區長度比 γ_L 、油腔與油區寬度比 γ_B 的最佳值，以求得最大抗轉剛度。

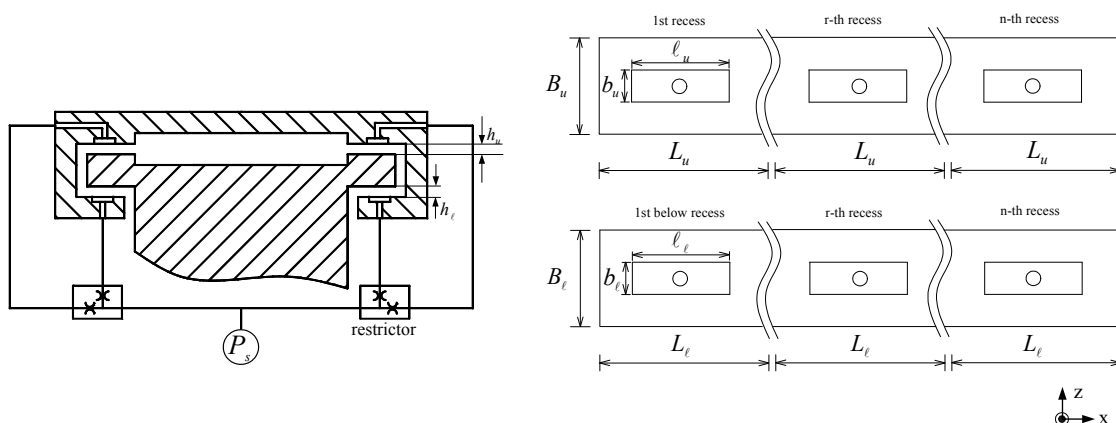
本文依據基因演算法之理論，將基因演算法的搜尋法則融入於閉式靜壓滑軌之剛度最佳化中，獲得閉式靜壓滑軌之剛度最佳化流程，如圖六所示。

本文之設計目標是尋求閉式靜壓滑軌的最佳化抗轉剛度，因此抗轉剛度函數是基因演算法的目標函數，當為單向薄膜節流器，主要為薄膜節流參數、薄膜順從係數、油腔與油區長度比、油腔與油區寬度比，可表示為

$$\text{Maximize } F_m(\bar{\delta}_m, \bar{C}_m, \gamma_L, \gamma_B)$$

$$\text{其中 } 1 < \bar{\delta}_m < 2.5, 0.5 < \bar{C}_m < 2, 0.45 \leq \gamma_L \leq 0.8, 0.45 \leq \gamma_B \leq 0.8$$

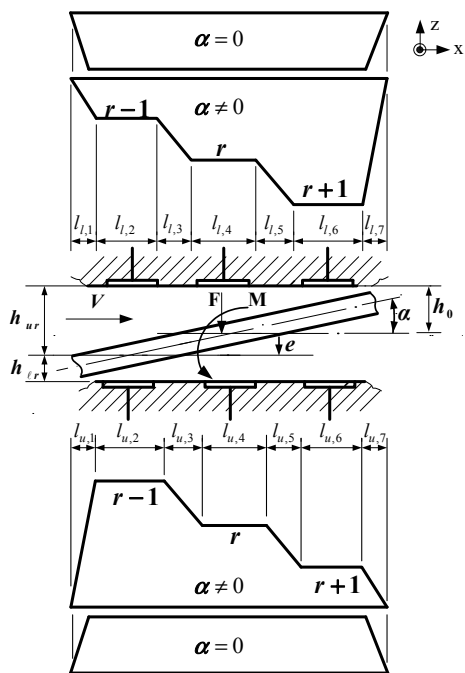
在這四個參數的限定條件之下，使用基因演算法搜尋最佳的一組 $(\bar{\delta}_m, \bar{C}_m, \gamma_L, \gamma_B)$ ，使得 $F_m(\bar{\delta}_m, \bar{C}_m, \gamma_L, \gamma_B)$ 有最大值，獲得剛度最佳化。



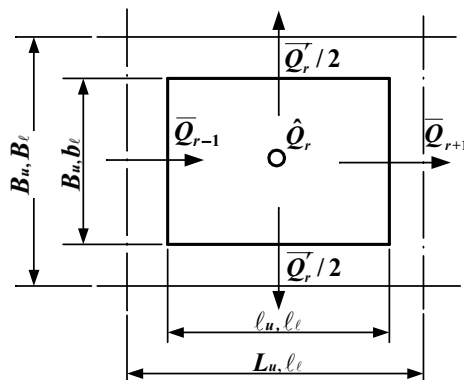
(a) 閉式滑軌結構

(b) 油腔幾何形狀

圖三 工作台結構



圖四 工作台傾斜時壓力分佈示意圖

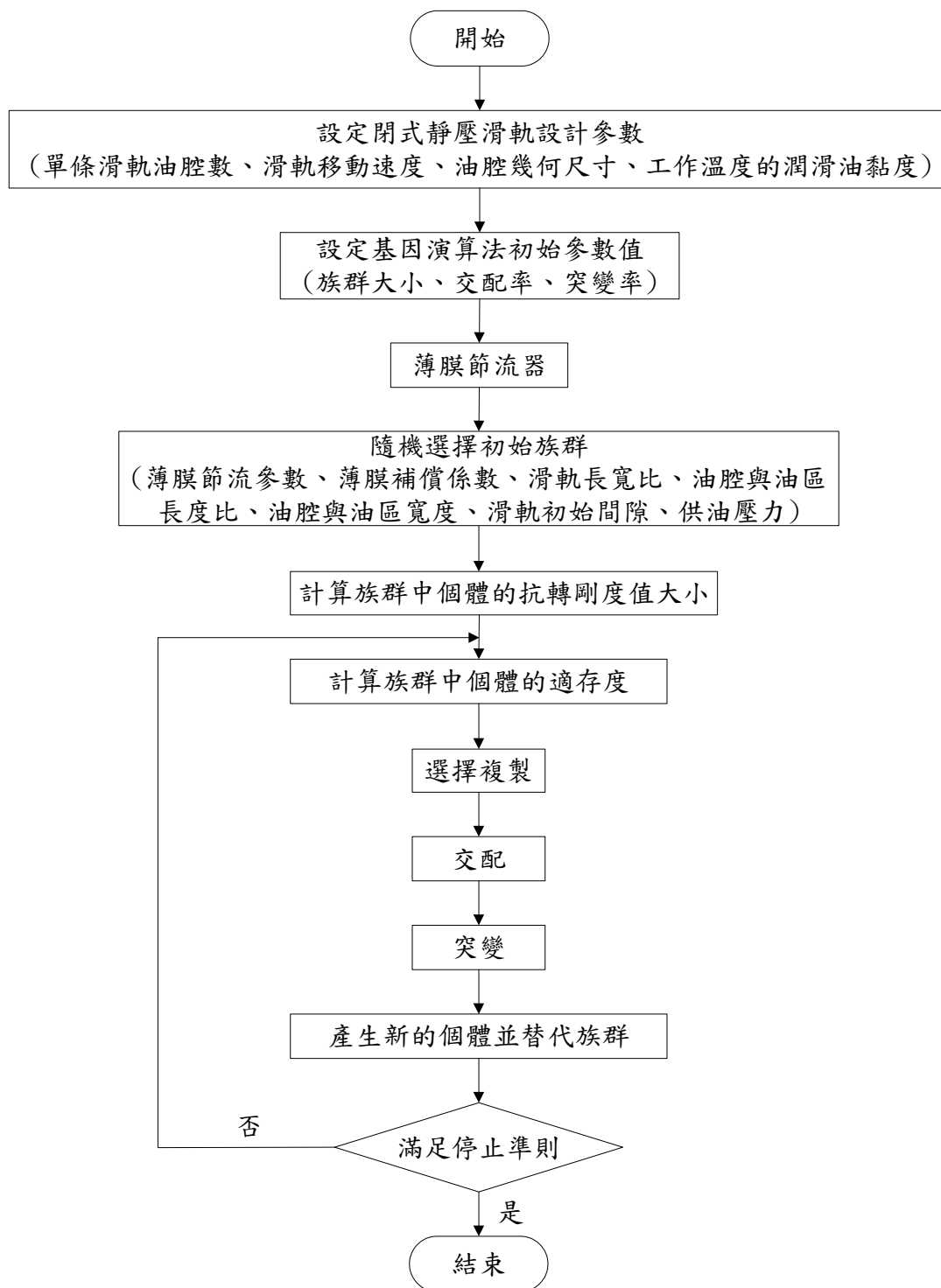

 圖五 第 r 油區流量平衡

就基因演算法而言，搭配薄膜節流器之閉式靜壓滑軌時，每一組 $(\bar{\delta}_m, \bar{C}_{mu}, \gamma_L, \gamma_B)$ 為一個體，而 $\bar{\delta}_m$ 、 $\bar{C}_{mu}$ 、 γ_L 及 γ_B 為個體中之染色體，各染色體上之二進位基因碼長度即為字串長度，合理考量於各參數之限制範圍，訂立其字串長度，如表1~4所示。

伍 結果與討論

本研究在以下固定條件下：潤滑油型號 Mobil Vacuoline 1049、工作溫度 30°C 、滑軌移動速度 $V=0$ 、供油壓力 $P_s=2.25 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ 、滑軌初始間隙 $h_0=20 \mu\text{m}$ 與工作台傾角為 10^{-7} rad ， $L=360 \text{ mm}$ ， $B=120 \text{ mm}$ ， $\bar{C}_{md}=0.5$ ， $\varepsilon=0.1$ 與 0.5 ，設計參數 $\bar{\delta}_m$ ， $\bar{C}_{mu}$ ， γ_B ， γ_L ，探討閉式靜壓滑軌使用單向薄膜節流器抗轉剛度之影響。

本案例探討四腔閉式靜壓滑軌之特性，其設計參數最佳化搜尋條件如下：滑軌上、下油腔尺寸相同；上、下油腔單向薄膜節流器節流參數相同， $\bar{\delta}_{mu}=\bar{\delta}_{md}=0$ 、 0.5 、 0.8 、 1 、 1.2 、 1.5 、 1.8 、 2 、 2.5 、 5 、 10 及 20 ；上油腔薄膜順從係數 $C_{mu}=0.5$ 、 0.8 、 1 、 1.2 、 1.5 、 1.8 、 2 、 2.5 、 5 、 10 、 15 及 20 。



圖六 抗轉剛度最佳化流程

表1 使用單向薄膜節流器之節流參數編碼對應表

薄膜節流參數 $\bar{\delta}_{mu} = \bar{\delta}_{md}$				
數值	1	1.1	1.2	1.3
基因碼	0000	0001	0010	0011
數值	1.4	1.5	1.6	1.7
基因碼	0100	0101	0110	0111
數值	1.8	1.9	2.0	2.1
基因碼	1000	1001	1010	1011
數值	2.2	2.3	2.4	2.5
基因碼	1100	1101	1110	1111

表2 使用單向薄膜節流器之薄膜順從係數編碼對應表

薄膜順從係數 $\bar{C}_{mu}$				
數值	0.5	0.6	0.7	0.8
基因碼	0000	0001	0010	0011
數值	0.9	1.0	1.1	1.2
基因碼	0100	0101	0110	0111
數值	1.3	1.4	1.5	1.6
基因碼	1000	1001	1010	1011
數值	1.7	1.8	1.9	2.0
基因碼	1100	1101	1110	1111

表3 使用單向薄膜節流器之油腔與油區長度比編碼對應表

油腔與油區長度比 γ_L				
數值	0.45	0.50	0.55	0.60
基因碼	000	001	010	011
數值	0.65	0.70	0.75	0.80
基因碼	100	101	110	111

表4 使用單向薄膜節流器之油腔與油區寬度比編碼對應表

油腔與油區寬度比 γ_B				
數值	0.45	0.50	0.55	0.60
基因碼	000	001	010	011
數值	0.65	0.70	0.75	0.80
基因碼	100	101	110	111

表5 四腔靜壓滑軌使用單向薄膜節流器最佳化結果

ε	α	δ_m	C_{mu}	γ_L	γ_B	K_α
	10^{-7}rad					$10^8\text{N}\cdot\text{m}/\text{rad}$
0.1	0	1.3	2	0.8	0.75	7.83
	40	1.5	2	0.8	0.75	7.02
	80	2	2	0.8	0.8	6.55
	120	2.1	2	0.75	0.8	5.94
	160	1.9	2	0.8	0.7	5.79
	200	2.2	2	0.8	0.75	6.00
0.5	0	1	0.9	0.8	0.8	5.91
	40	1	1.1	0.75	0.8	5.66
	80	1	1.3	0.8	0.8	5.550
	120	1	1.6	0.8	0.8	5.116
	160	1	1.9	0.55	0.8	4.93
	200	1.2	2	0.5	0.8	4.59

基因演算法族群數50，交配率0.9，突變率0.1，使用單點交配，其最佳化結果如表5所示。

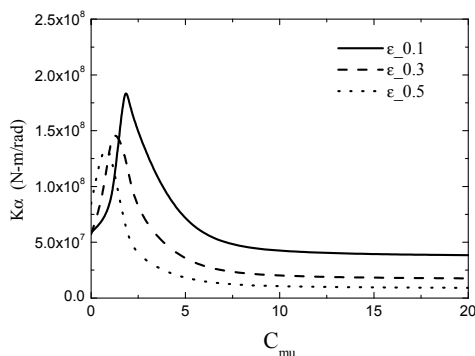
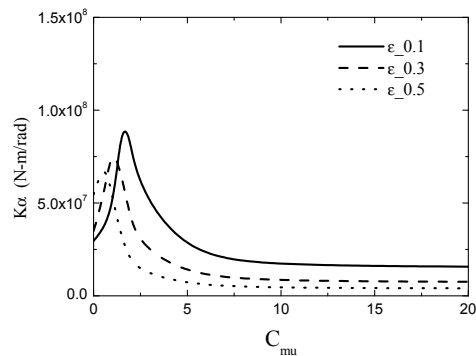
圖七為薄膜節流參數 $\delta_{mu} = \delta_{ml} = 1.7, C_{ml} = 0.5$ ， $\gamma_B = 0.75$ ， $\gamma_L = 0.8$ ， $\alpha = 0$ ，工作台抗轉剛度先隨 C_{mu} 之增加而單調遞增，經過峰值而趨近平緩，峰值亦隨 ε 之增加而降低，亦即當 $1 \leq C_{mu} \leq 3$ ，較小的位移率使用較大的 C_{mu} ，可獲得較佳的抗轉剛度。

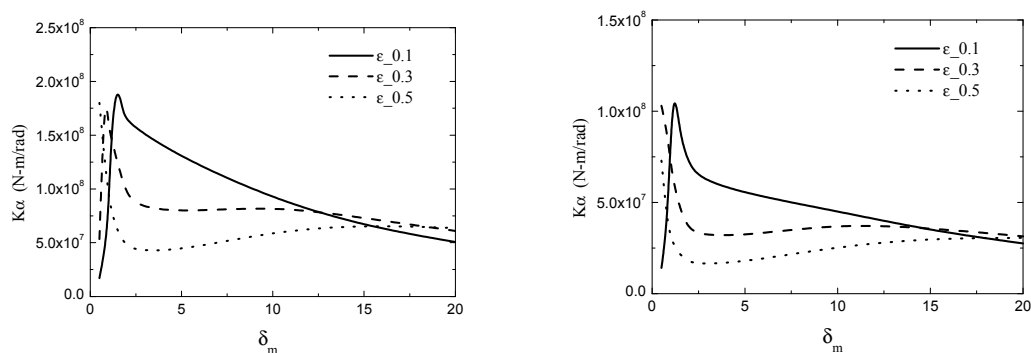
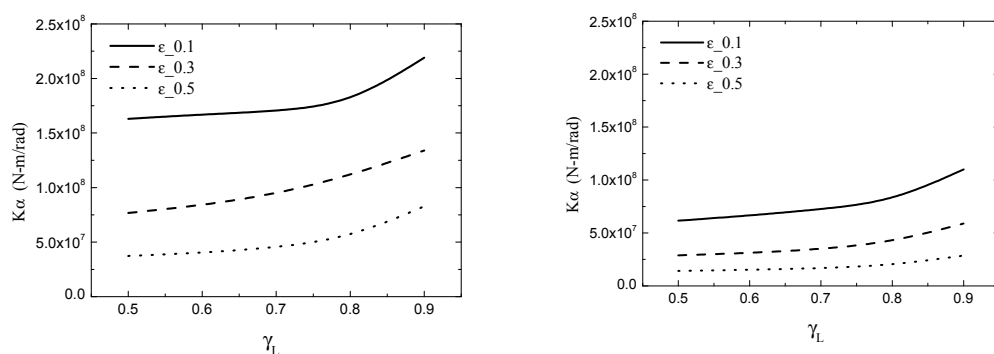
圖八為薄膜順從係數 $C_{mu} = 1.7$ ， $C_{md} = 0.5$ ，抗轉剛度先隨 $\bar{\delta}_m$ 之增加而單調快速遞增，經過峰值陡降而趨近平緩，峰值亦隨 ε 之增加而降低，亦即當 $0.5 < \bar{\delta}_m < 2$ ，較小的位移率使用較大的 $\bar{\delta}_m$ ，可獲得較佳的抗轉剛度。

圖九為薄膜節流參數 $\bar{\delta}_{mu} = \bar{\delta}_{md} = 1.3$ ， $C_{mu} = 2$ ， $C_{md} = 0.5$ ， $\gamma_B = 0.75$ ，抗轉剛度隨 γ_L 之增加而平緩遞增，隨 ε 之增加而降低。

圖十為薄膜節流參數 $\bar{\delta}_{mu} = \bar{\delta}_{md} = 1.3$ ， $C_{mu} = 2$ ， $C_{md} = 0.5$ ， $\gamma_L = 0.8$ ，抗轉剛度隨 γ_B 之增加而遞增亦即有，經過峰值而降低，隨 ε 之增加而降低。

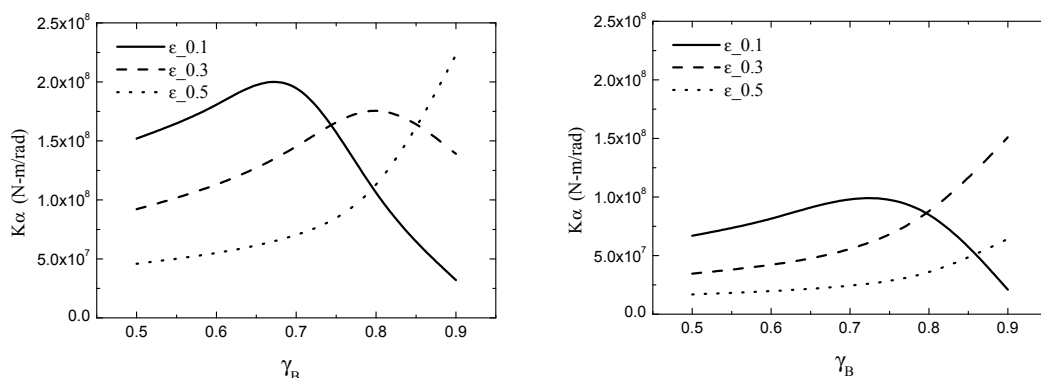
圖十一為薄膜節流參數 $\bar{\delta}_{mu} = \bar{\delta}_{md} = 1.3$ ， $C_{mu} = 2$ ， $\gamma_L = 0.8$ ， $\gamma_B = 0.75$ ，抗轉剛度隨 α 傾角及位移率增加而降低，亦即工作台在小傾角及小位移率有較大之抗轉剛度。

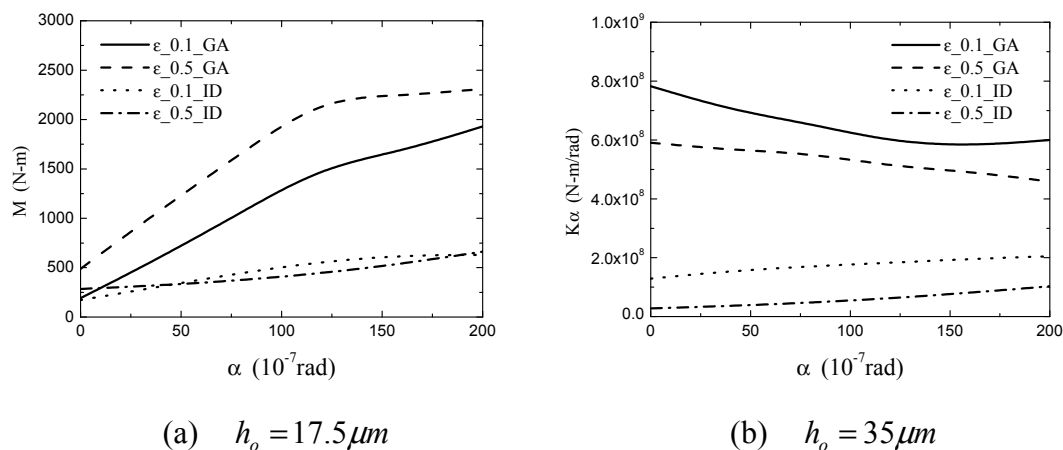
(a) $h_o = 17.5\mu\text{m}$ (b) $h_o = 35\mu\text{m}$ 圖七 四腔滑軌， $\delta_{mu} = \delta_{ml} = 1.7, C_{ml} = 0.5$ ，抗彎剛度對 C_{mu} 之變化

(a) $h_o = 17.5 \mu m$ (b) $h_o = 35 \mu m$ 圖八 四腔滑軌， $C_{mu}=1.7, C_{m\ell}=0.5$ ，抗彎剛度對 δ_m 之變化(a) $h_o = 17.5 \mu m$ (b) $h_o = 35 \mu m$ 圖九 四腔滑軌，在初始設計條件下，抗彎剛度對 γ_L 之變化

陸、結論

綜合上述可得，當滑軌移動速度 $V=0$ 、供油壓力 $P_s=2.25 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ 、滑軌初始間隙 $h_0=20 \mu m$ ，滑軌長 $L=360 \text{ mm}$ ，滑軌寬 $B=120 \text{ mm}$ ，四腔閉式靜壓滑軌，使用單向薄膜節流器，以最大抗轉剛度為目標函數，其最佳化工作條件為工作台傾角 $\alpha=0$ ， $\varepsilon=0.1$ ， $\bar{C}_{md}=0.5$ 時， $\bar{\delta}_{mu}=\bar{\delta}_{md}=1.3$ ， $\bar{C}_{mu}=2$ ， $\gamma_L=0.8$ ， $\gamma_B=0.75$ ，若工作台傾角 $\alpha < 2 \times 10^{-5} \text{ rad}$ 時，在小位移 $\varepsilon=0.1$ ， $1.5 < \bar{\delta}_m < 2.2$ ， $\bar{C}_{mu}=2$ 以及在大位移 $\varepsilon=0.5$ ， $\bar{\delta}_m=1$ ， $1 < \bar{C}_m < 2$ ， γ_L 及 γ_B 不受工作台傾角 α 與位移率 ε 之影響。

(a) $h_o = 17.5 \mu m$ (b) $h_o = 35 \mu m$ 圖十 四腔滑軌，在初始設計條件下，抗彎剛度對 γ_B 之變化



圖十一 四腔滑軌，最佳化搜尋條件下，抗轉剛度對傾角之變化

參考文獻

- [1] Aizenshtok G. I., "Closed Hydrostatic Slide ways with Floating Support," STANKI I INSTRUMENT, Vol. 45, pp 14-18, 1974.
- [2] Sukholutskii, Y. A., "Closed-Loop Hydrostatic Slide ways with Regulators," STANKI I INSTRUMENT, Vol. 46, pp 15-18, 1975.
- [3] Mohsin, M. E., "The Use of Controlled Restrictors for Compensating Hydrostatic Bearing," Third International Conference on Machine Tool Design Research, pp.129-424, 1963
- [4] Cusano, C., "Characteristics of Externally Pressurized Journal Bearing with Membrane-type Variable-flow Restrictors as Compensating Elements," Proc. Instn. Mach. Engts. Vol 188 52/74, pp.527-536, 1974.
- [5] Singh, N., Sharma, S. C., Jain, S. C., and Reddy, S. S., "Performance of Membrane Compensated Multi-recess Hydrostatic/Hybrid Flexible Journal Bearing System Considering Various Recess Shapes," Tribology International 37, pp.11-24, 2004.
- [6] De John. K. A., "An Analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive System," Ph. D Dissertation, University of Michigan, No 76-9381, 1975.
- [7] Goldberg, D. E., "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning". Addison-Wesley, 1989.
- [8] Renner, G., and Ekart, A., "Genetic algorithms in computer aided design". Computer-Aided Design 2003;35(8):709-726.

U 型地埋管熱交換器出口溫度之預估

Outlet Temperature Prediction of U-shaped Ground Heat Exchangers

梁乃文¹ 黃錦鐘² 吳春淵³ 朱敏德¹
Nai-Wen Liang Jing-Chung Huang Chun-Yuan Wu Min-Te Chu

¹東南科技大學機電科技學系講師 ²東南科技大學機電科技學系副教授

³東南科技大學機電科技學系助理教授

摘 要

地源熱泵之關鍵技術，在於地埋管熱交換器之熱傳性能，而性能之好壞會影響 U 型地埋管熱交換器出口溫度之高低，因此在設計之初期就要先預估出口溫度之值，以為計算熱傳量之基礎。本研究利用有限長線熱源模型，求解鑽孔外之熱傳，亦即以此模型求解鑽孔壁面之溫度，而鑽孔內之熱傳則使用準三維熱導模式，以求得出口溫度。本研究以無因次之方式求解，並繪製相關圖形以為求解 U 型地埋管熱交換器出口溫度之方法，最後並探討各項變數對鑽孔壁面溫度和出口溫度之影響，並進一步探討熱回流之效應。本研究得到降低出口溫度之方法有：降低支管流量、增加鑽井深度、提高鑽井回填土之熱傳導係數、增加鑽井直徑等之結論。這些結論均與實際工程運用相符合。

關鍵詞：地源熱泵，熱阻，無因次化，U 型地埋管熱交換器

ABSTRACT

The key-technologies of ground source heat pump application decided by the heat-transfer efficiency of U-shaped ground heat-exchanger (UGHE). Outlet temperature of UGHE is affected by heat transfer efficiency. In the first-stage of design, it should predict the outlet temperature of UGHE in order to calculate the amount of heat transfer. For the heat transfer outside of borehole, the study applied finite line-source model to calculate the wall temperature of borehole. Inside of borehole used the quasi-three dimension heat conduction model to calculate the outlet temperature of UGHE. The study used dimensionless analysis to solve the equations of energy and plotted the related figures for the solution of outlet temperature of UGHE. Finally, discussed the variables affect the outlet temperature of UGHE and the effect of heat flow-back. The methods of decreasing the outlet temperature of UGHE

including: decreasing volume flow rate, increasing the depth of well, increasing the thermal conductivity of back-fill soil. These conclusions are consistent with actual engineering applications.

Key words: Ground source heat pump, Thermal resistance, Dimensionless, U-shaped ground heat-exchanger (UGHE)。

壹、前言

地源熱泵系統是以輸入少量的高階能源(電能)，實現低溫熱源之熱能向高溫熱源移動之效應。由於地表淺層在未受干擾的情況下，長年保持恆定之溫度，可克服空氣源熱泵之缺點，是一種利用地下淺層熱資源的高效率節能空調系統，但低階熱能的有效採集和穩定供應，一直是地源熱泵系統技術運用的主要瓶頸[1]，因此設計高效率之 U 型地埋管熱交換器，是地源熱泵系統的設計重點。

地源熱泵有明顯的節能及環保效益，具有以下之優點[2]：

(1)節能，運行費用低；(2)一機多用，節約設備用量(地源熱泵可做制冷及供熱使用，提供熱水，省略鍋爐加熱設備)；(3)具環保概念(無鍋爐加熱，沒有燃燒排煙及廢棄物)；(4)能源再生，永續發展(利用地表淺層熱資源，為清潔的可再生能源)，因此為一項以節能和環保為特徵的21世紀新技術。

U 型地埋管熱交換器是地源熱泵機組設計的關鍵，U 型地埋管熱交換器一般採用垂直埋管式，具有節省用地，熱交換性能良好，可安裝在建築物之地基、道路、操場、廣場、綠地等之下方而不影響上面之使用功能，充分利用土地面積，其相關之尺寸圖形如圖1所示。

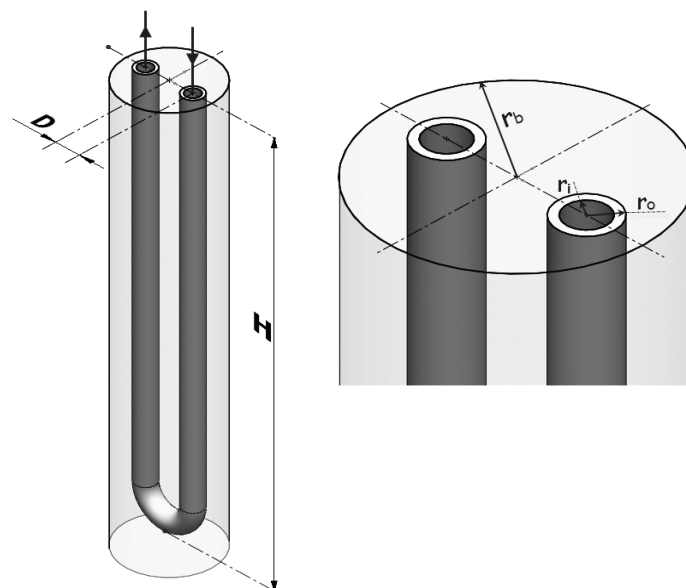


圖 1、U 型地埋管熱交換器之幾何圖形

貳、熱傳分析

地理管熱交換器之運用，最重要的是出口溫度之預估，若可預估出口溫度則可進一步算出排熱量或吸熱量，以配合所要之設計需求，如 LED 燈之散熱設計等，至於 U 型管在下降支管及上昇支管中，溫度是如何的變化，就不是那麼重要。目前討論穩定狀態，且把地理管熱交換器區分為鑽孔內以及鑽孔外兩部份來討論，鑽孔外是以有限長線熱源的方式，求出鑽孔壁面之平均壁面溫度 (T_b) [3]，而鑽孔內之熱傳問題，則要考慮支管內流體溫度在深度方向之變化，以及支管內流體的對流熱交換，以及鑽孔截面兩支管間之熱傳。為了簡化模型，鑽孔內之回填土部份不考慮軸向(即深度方向)之導熱，此模型稱之為準三維熱傳模型[4]，鑽孔內以及鑽孔外均以穩定狀態來考慮。

一、鑽孔外之熱傳

由有限長線熱源之溫度場分析[3]，可知鑽孔壁面之溫度：

$$\bar{T}_b = T_\infty + \frac{q_\ell}{4\pi K_s} \ln \left[\frac{H}{2.718 r_b} \right] \quad (1)$$

$$q_\ell \text{ 為單位長度之熱傳量，是以 } q_\ell = \frac{\dot{m} C_p (T_{in} - T_{out})}{2H} \text{ 來計算} \quad (2)$$

$$\Theta_b = \frac{4\pi K_s (\bar{T}_b - T_\infty)}{q_\ell} = \ln \left[\frac{H}{2.718 r_b} \right] \quad (3)$$

Θ_b : 無因次之鑽孔壁面溫度

$$\text{令 } \Theta_1 = \frac{\bar{T}_b - T_\infty}{T_{in} - T_{out}}$$

此為新定義之無因次鑽孔壁面溫度(dimensionless wall temperature of a borehole)

把 q_ℓ 代入可得

$$\Theta_1 = \frac{\bar{T}_b - T_\infty}{T_{in} - T_{out}} = \rho C_p \frac{Q}{H K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi} \ln \left[\frac{H}{2.718 r_b} \right] \quad (4)$$

$$\rho: \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad C_p: \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}, \quad Q: \frac{\text{liter}}{\text{hr}}, \quad H: \text{m}$$

$$\text{令 無因次參數 } F1 = \rho C_p \frac{Q}{H K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi} \quad (5)$$

$$\Theta_1 = \frac{\bar{T}_b - T_\infty}{T_{in} - T_{out}} = F1 \ln \left[\frac{H}{2.718 r_b} \right]$$

$$= F1 \times \ln \left[\frac{H}{2.718 r_b} \right] \quad (6)$$

由方程式(6)可劃出 Θ_1 對 $F1$ 之圖(在某一固定之 $\frac{r_b}{H}$ 值), 如圖2所示。

對固定之 $\frac{r_b}{H}$ 而言, Θ_1 與 $F1$ 成正比, $F1$ 越大則 Θ_1 值越高,

$F1 = \rho C_p \frac{Q}{H K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi}$, 可看成 $\left(\frac{\rho C_p Q}{2H K_s} \right)$ 再乘以 $\frac{1}{3600 \times 4\pi}$, K_s 為土壤之熱傳導係數, $\frac{\rho C_p Q}{2H}$ 其單位亦為 $\frac{W}{m^0 C}$, 可看成流體在支管內之熱容量熱傳導係數(heat capacity thermal conductivity), 可由熱傳之觀念, 其相關之公式如下:

$q = 2Hq_\ell = \dot{m} C_p (T_{in} - T_{out})$, $q_\ell = \frac{\dot{m} C_p (T_{in} - T_{out})}{2H} = \frac{\rho C_p Q}{2H} (T_{in} - T_{out})$, 由 $q_\ell = K \Delta T$, $q_\ell = \left(\frac{\rho C_p Q}{2H} \right) (T_{in} - T_{out})$, $\therefore K_{hc} = \left(\frac{\rho C_p Q}{2H} \right)$, 即表示流體本身因溫度改變而引起之熱容量熱傳導係數, 此為物質之特性, 亦即 K_{hc} 值越大, 物質溫度上升或下降 $1^\circ C$, 所吸收或釋放之熱量越大。

$F1$ 為無因次參數, 即流體之熱容量熱傳導係數與鑽孔外土壤之熱傳係數之比 (the ratio of fluid heat capacity thermal conductivity and soil thermal conductivity), $F1$ 越大, 即 $\frac{\rho C_p Q}{2H}$ 大於 K_s 越多, 對相同的熱流(q)而言, 熱傳導係數越大, 則溫差越小, 亦即 $(T_{in} - T_{out}) < (\bar{T}_b - T_\infty)$, 故 Θ_1 隨 $F1$ 之增加而增加, 如圖2所示。

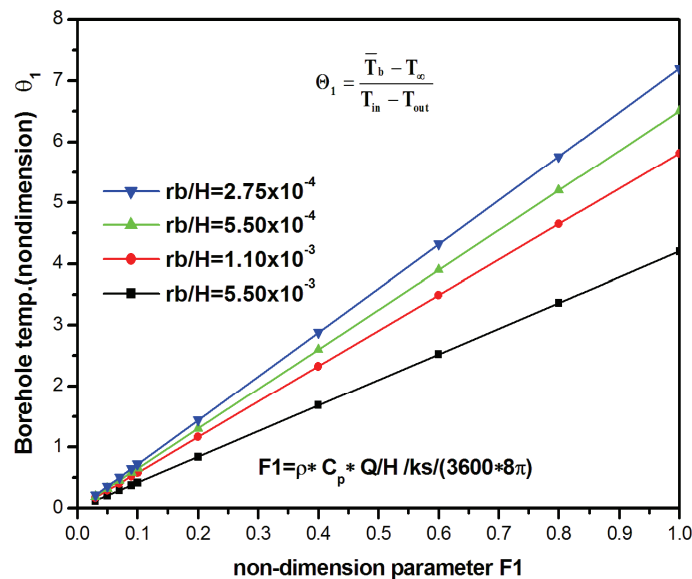


圖2、無因次鑽孔表面溫度 Θ_1 對參數 $F1$ 之圖形

二、鑽孔內之熱傳

鑽孔內熱傳之分析是採用參考文獻[4]之準三維模式，其公式如下

$$\Theta_2 = \frac{T_{out} - T_b}{T_{in} - T_b} = \Theta_u(0) = \frac{\beta S_1 \cosh \beta - \sinh \beta}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta} \quad (7)$$

Θ_2 : 出口之無因次溫度

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{2}{S_1 S_{12}}} \quad (8)$$

$$S_1 = R_1^* = \frac{\dot{m} C_p}{H} (R_{11} + R_{12}) \quad (9)$$

$$S_{12} = R_{12}^* = \frac{\dot{m} C_p}{H} \frac{R_{11}^2 - R_{12}^2}{R_{12}} \quad (10)$$

$$\text{令無因次參數 } F2 = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} \frac{1}{3600} \quad (11)$$

$$R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}}, \text{ 稱為熱阻比} \quad (12)$$

此處 $\rho: \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $C_p: \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^0\text{C}}$, $Q: \frac{\text{liter}}{\text{hr}}$, $H: \text{m}$

經代換可得

$$S_1 = R_1^* = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} (1 + R_r) \quad (13)$$

$$S_{12} = R_{12}^* = \frac{\dot{m} C_p}{H} \frac{R_{11}^2 - R_{12}^2}{R_{12}} = \frac{\rho C_p Q}{H} (R_{11} + R_{12}) \frac{(R_{11} - R_{12})}{R_{12}} = S_1 \left(\frac{1}{R_r} - 1 \right) \quad (14)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{2}{S_1 S_{12}}} = \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{2}{S_1^2 (1/R_r - 1)}} = \frac{1}{S_1} \sqrt{\frac{1 + R_r}{1 - R_r}} \quad (15)$$

由這些公式 可看出 $\Theta_2 = f(\beta, S_1)$, $\beta = f(S_1, S_2)$,

$$S_1 = f\left(\frac{\rho C_p Q}{H} R_{11}, R_r\right), S_{12} = f\left(\frac{\rho C_p Q}{H} R_{11}, R_r\right)$$

Θ_2 為 β 與 S_1 之函數， β 為 S_1 與 S_2 之函數， S_1 與 S_2 為 $\frac{\rho C_p Q}{H} R_{11}$ 與 R_r 之函數；

R_{11} 為 q_1 單獨出現時，對第一根支管造成 $(T_{f_1} - T_b)$ 溫升之熱阻；

R_{12} 為 q_2 單獨出現時，對第一根支管造成 $(T_{f_1} - T_b)$ 溫升之熱阻；

R_r 值之範圍是在-1到1 之間，即 $-1 < R_r < 1$ ， R_{11} 之值會大於 R_{12} ；

$$\Theta_2 = \frac{T_{out} - T_b}{T_{in} - T_b} = \Theta_u(0) = \frac{\beta S_1 \cosh \beta - \sinh \beta}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta} \quad (16)$$

$$\Theta_2 = \frac{T_{out} - T_b}{T_{in} - T_b} = f\left(\frac{\rho C_p Q}{H} R_{11}, R_r\right) = f(F2, R_r) \quad (17)$$

由方程式(16)可畫出 Θ_2 對 $F2$ 之圖(在某一固定之 R_r 值之下)，如圖3所示：

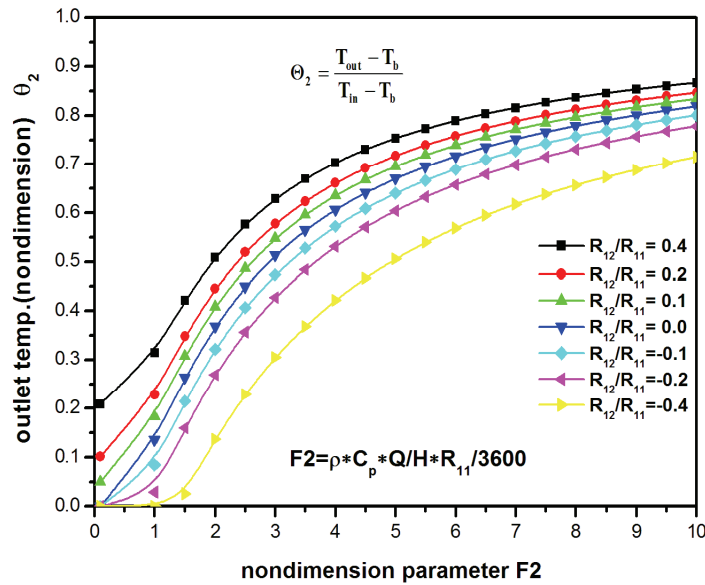


圖3、無因次出口溫度 Θ_2 對參數 $F2$ 之圖形

$$F2 = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} \frac{1}{3600}, \text{ 可看成 } \frac{R_{11}}{\left(\frac{2H}{\rho C_p Q}\right)} \text{ 之比；}$$

$F2$ 之定義為 R_{11} 與流體熱容量熱阻之比；

R_{11} : q_1 單獨出現時，對第一根支管造成 $(T_{f1} - T_b)$ 溫升之熱阻，

亦可視為第一根支管到鑽孔壁面之熱阻；

$$R_{hc} = \left(\frac{2H}{\rho C_p Q}\right): \text{支管內流體之熱容量熱阻(heat capacity thermal resistance)；}$$

$$\text{由熱傳之觀念 } q = Hq_\ell = \dot{m} C_p (T_{in} - T_{out}) \quad , \quad q_\ell = \frac{\dot{m} C_p (T_{in} - T_{out})}{2H} = \frac{\rho C_p Q}{2H} (T_{in} - T_{out})$$

$$\text{轉換成熱阻之觀念，即 } q_\ell R = \Delta T \quad , \quad q_\ell \left(\frac{2H}{\rho C_p Q}\right) = (T_{in} - T_{out}) \quad , \quad \therefore R_{hc} = \left(\frac{2H}{\rho C_p Q}\right)$$

$\therefore R_{hc} = \left(\frac{2H}{\rho C_p Q} \right)$ 即表示流體本身因溫度改變而引起之熱容量熱阻，此為物質之特性，亦即 R_{hc} 值越大，物質溫度上升或下降 1°C ，所吸收或釋放之熱量越小。

由圖3可看出，F2 越大則 Θ_2 越大，由 $F2 = \frac{\rho C_p Q}{2H} R_{11} \frac{1}{1800}$ 之公式，即 F2 越大則， $R_{11} > \frac{2H}{\rho C_p Q}$ 越多，表示熱不容易往鑽孔壁面散出，故 T_{out} 會接近 T_{in} ，即 Θ_2 會接近 1.0，出口溫度上升，表示熱傳效果不佳，與圖3中之趨勢相符合；反之若 F2 越小則 Θ_2 越小，亦即若 F2 趨近 0，表示 R_{11} 為 0，此即表示流體到鑽孔壁面之熱阻為 0，熱容易往鑽孔壁面散出，而使 $T_{out} = T_b$ ，亦即 Θ_2 為 0，如圖3中所示之趨勢；F2 越小亦可看成 $\left(\frac{2H}{\rho C_p Q} \right)$ 越大，由 $q_l R = \Delta T$ ，在相同之熱流量 q_l 之下，熱阻大， ΔT 也較大，故 $\Delta T = T_{in} - T_{out}$ 之值亦相對較大，即 T_{out} 之值會下降較多， T_{out} 會較接近 T_b ，故 $\Theta_2 = \frac{T_{out} - T_b}{T_{in} - T_b}$ ，在 F2 趨近 0 時， Θ_2 會接近一極小值或 0，此即表示出口溫度會下降，熱傳效果較佳，與圖3中之趨勢相符合。

另一觀點來看，由圖3可看出，若 F2 固定，則 $\frac{R_{12}}{R_{11}}$ 增加，則 Θ_2 增加，熱傳效果不好，由單一 U 型管之熱傳方程式來看

$$T_{f_1} - T_b = R_{11} q_1 + R_{12} q_2$$

$$T_{f_2} - T_b = R_{21} q_1 + R_{22} q_2$$

上二式相減，代入 $R_{11} = R_{22}$ 及 $R_{12} = R_{21}$ (因單 U 型管為對稱型)，可得

$$T_{f_1} - T_{f_2} = (R_{11} - R_{12})(q_1 - q_2)$$

由此式可看出兩支管間之熱阻應為 $R_{pp,eff} = R_{11} \left(1 - \frac{R_{12}}{R_{11}} \right)$ ，當 $R_r \rightarrow 1$ 時， $R_{pp,eff} \rightarrow 0$ ，表示兩管間之熱阻為 0，即熱會很容易的由其中之一支管流向另一支管，表示熱回流會很嚴重，熱傳效果不佳。

所以 $\frac{R_{12}}{R_{11}}$ 增加，熱回流效應會增加， Θ_2 增加，出口溫度上升，熱傳效果不佳。相反的，若在 F2 固定之下， $\frac{R_{12}}{R_{11}}$ 減少，則 Θ_2 降低，熱傳效果較佳。兩支管間之熱阻為 $R_{pp,eff} = R_{11} \left(1 - \frac{R_{12}}{R_{11}} \right)$ ，當 $R_r \rightarrow 0$ 時， $R_{pp,eff} \rightarrow R_{11}$ ，表示兩管間之熱阻為 R_{11} ，表示兩支管間有一熱阻 R_{11} 存在，熱不容易由其中之一支管流向另一支管，即熱回流不會很嚴重，熱傳效果較佳。

參、各項變數對無因次鑽孔壁面溫度(Θ_1)與無因次出口溫度(Θ_2)之影響

各項變數包含 Q (流量)、 H (井深)、 K_s (鑽孔壁外之土壤熱傳導係數) 等變數對出口溫度之影響，首先分別探討這些變數對 Θ_1 與 Θ_2 之影響。

一、各項變數對 Θ_1 影響之探討

由公式(6)， Θ_1 之表示式如下

$$\begin{aligned}\Theta_1 &= \frac{\bar{T}_b - T_\infty}{T_{in} - T_{out}} = \rho C_p \frac{Q}{H} \frac{1}{K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi} \ln \left[\frac{H}{2.718 r_b} \right] \\ &= F1 \times \ln \left[\frac{H}{2.718 r_b} \right]\end{aligned}$$

由上式之公式可知 Θ_1 正比於 $F1$ ，及 $\frac{1}{(r_b/H)}$ ， $F1$ 正比於 $(\frac{Q}{H})$ ，及 $\frac{1}{K_s}$ ； $F1$ 越大則 Θ_1 越大 (Θ_1 : 鑽孔壁面之無因次溫度)，即 Q (流量) 增加， Θ_1 變大； H (井深) 增加， Θ_1 變小； K_s (鑽孔壁外之土壤熱傳導係數) 增加， Θ_1 變小。

$F1$ 固定之下， $\frac{r_b}{H}$ 越大則 Θ_1 越小，亦即 H 固定之下， $\frac{r_b}{H}$ 越大表示 r_b 越大，(在其他條件相同之下)， r_b 越大則 Θ_1 越小，也就是說 r_b 越大， T_b 值會接近 T_∞ ，即熱傳效果較好，熱阻較小。

二、各項變數對 Θ_2 影響之探討

由 Θ_2 之定義及公式，如下所示

$$\Theta_2 = \frac{T_{out} - T_b}{T_{in} - T_b} = f\left(\frac{\rho C_p Q}{H} R_{11}, R_r\right) = f(F2, R_r)$$

$$F2 = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} \frac{1}{3600}$$

$$R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}}$$

再代入 Hellstorm G.[5] 之熱阻公式：

$$R_{11} = \frac{1}{2\pi K_b} \left(\ln \frac{r_b}{r_0} + \sigma \ln \frac{r_b^2}{r_b^2 - D^2} \right) + R_p \quad (18)$$

$$R_{12} = \frac{1}{2\pi K_b} \left(\ln \frac{r_b}{2D} + \sigma \ln \frac{r_b^2}{r_b^2 + D^2} \right) \quad (19)$$

$$R_p = \frac{1}{2\pi K_p} \ln \left[\frac{r_o}{r_i} \right] + \frac{1}{2\pi r_i h} \quad (20)$$

$$\sigma = \frac{k_b - k_s}{k_b + k_s} \quad (21)$$

由上列之公式可知 Θ_2 正比於 F2，及 $(\frac{R_{12}}{R_{11}})$ ，F2 正比於 $(\frac{Q}{H})$ 及 R_{11} ；而 R_{11} 則反比於 K_b 。F2 ($F2 = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} \frac{1}{3600}$) 越大則 Θ_2 越大，(Θ_2 : U 型管熱交換器之無因次出口溫度)，即 Q (流量) 增加， Θ_2 變大， T_{out} 之溫度上升；H (井深) 增加， Θ_2 變小， T_{out} 之溫度下降

由方程式(18)，知 R_{11} 增加，亦即 K_b (鑽孔內回填土之熱傳導係數) 降低， Θ_2 變大，出口溫度(T_{out}) 上升，亦即 K_b 值之增加可降低出口溫度(T_{out})。

由圖2可看出，F2 固定之下， $(\frac{R_{12}}{R_{11}})$ 越大，則 Θ_2 越接近 1， $\frac{R_{12}}{R_{11}}$ 增加，熱回流效應會增加， Θ_2 增加，出口溫度上升，熱傳效果不佳。

肆、出口溫度之求法

所解析之案例，若已知其相關之數據，則可以先算出 $\frac{r_b}{H}$ 之值，再求出 $F1 (= \rho C_p \frac{Q}{H} \frac{1}{K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi})$ 之值，由圖2可找出 Θ_1 之值，其次算出無因次參數 $F2 (= \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} \frac{1}{3600})$ 之值，再利用圖3，在一定之 $R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}}$ 值之下，可找出無因次之出口溫度 Θ_2 之數值，已求得之 Θ_1, Θ_2 之值，再配合 T_{in} 及 T_{∞} 之值，即可求得出口溫度，其方法如下：

$$\Theta_1 = \frac{T_b - T_{\infty}}{T_{in} - T_{out}} = A \quad (22)$$

$$\Theta_2 = \frac{T_{out} - T_b}{T_{in} - T_b} = B \quad (23)$$

$$\text{由(22)式可得 } T_b = T_{\infty} + A(T_{in} - T_{out}) \quad (24)$$

$$\text{由(23)式可得 } T_{out} = T_b + B(T_{in} - T_b) = B(T_{in}) + (1-B)T_b \quad (25)$$

再把(24)式代(25)式，可得

$$T_{out} = B(T_{in}) + (1-B)(T_{\infty} + A(T_{in} - T_{out})) \quad (26)$$

由(26)式就可以求得 T_{out}

$$T_{out} = \frac{\{ B + (1-B) \times A \} T_{in} + (1-B) T_{\infty}}{1 + (1-B) \times A} \quad (27)$$

以上所做的為無因次分析，其目的就是要由已知之相關數據，計算出所需要的相關參數 $F1, F2$ ，再對照上述二圖，可得 Θ_1, Θ_2 之值，再配合 T_{in} 及 T_{∞} 可解得出口溫度 T_{out} ，可由 $q_l = \frac{m C_p (T_{fin} - T_{fout})}{2H}$ 計算單位管長之傳熱量，再乘以管長即可得總熱傳量，或由 $q = \rho C_p Q (T_{in} - T_{out})$ 直接算出總熱傳量。

伍、工程實例說明

以文獻[6]之案例為例，該工程案例為中國四川省重慶市一實際住宅，對地源熱泵夏季實際運行情況進行測試，以這些實際數據來說明如何藉由找出無因次參數 $F1, F2$ ，以及利用上述之圖2及圖3，來求 U 型地埋管熱交換器之出口溫度。

相關數據如下：

$$k_b = 1.41 \frac{W}{m^0 c}, \quad k_s = 1.41 \frac{W}{m^0 c}, \quad k_p = 0.45 \frac{W}{m^0 c}$$

$$r_0 = 12.5mm, \quad r_i = 10mm, \quad r_b = 55mm, \quad D = 30mm,$$

$$H = 50m \text{ (井深)}, \quad Q = 500 \frac{L}{hr} \text{ (流量)}, \quad h = N_u \frac{K_f}{2r_0}$$

$$N_u = 0.023 R_e^{0.8} P_r^n [7], \quad n = 0.4 \text{ (加熱過程)}, \quad n = 0.3 \text{ (冷卻過程)}$$

水之性質：

$$C_p = 4.174 \frac{kJ}{kgK}, \quad Pr = 4.9948 \text{ (在 } 32.8^\circ C \text{ 時)}, \quad \mu = 7.4738 \times 10^{-4} \frac{kg}{m \cdot s},$$

$$\rho = 994.4968 \frac{kg}{m^3},$$

以這些數據為基礎，代入 Hellstorm G. 之公式，求出 $R_{11}, R_{12}, R_r, \frac{r_b}{H}$

所得之數據如下：

$$R_{11} = 0.2526, \quad R_{12} = -0.0098, \quad R_r = -0.0389$$

其次再求出無因次參數 $F1$

$$F1 = \rho C_p \frac{Q}{H} \frac{1}{K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi} = 0.3254$$

以 $R_b = \frac{r_b}{H} = 0.0011$ 以及 $F1 = 0.3254$ 代入圖2中，可由圖2中找出 $\Theta_1 = 1.8917$ ，

$$\Theta_1 = \frac{T_b - T_\infty}{T_{in} - T_{out}} = 1.8917 = A$$

其次再算出無因次參數 $F2$ ， $F2 = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} \frac{1}{3600} = 2.9138$

以 $R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}} = -0.0389$ 以及 $F2 = 2.9138$ 代入圖中，可由圖3中找出

$$\Theta_2 = \frac{T_{out} - T_b}{T_{in} - T_b} = 0.4885 = B, \quad T_{in} = 34.8^\circ \text{C (已知之值)}$$

$T_\infty = 18^\circ \text{C}$ (夏天)， Θ_1, Θ_2 同時可解出， $T_{out} = 29.73^\circ \text{C}$

與實際量測之出口溫度 $T_{out} = 29.4^\circ \text{C}$ 之差異值只有 0.43°C ，為頗為準確之結果。

陸、結論

本研究使用無因次求解鑽孔內外之熱傳問題，為穩定狀態時 U 型地理管熱交換器之出口溫度提供一簡單又準確解法，亦即先行算出參數 $F1$ 及 $F2$ ，再利用圖2及圖3之圖形曲線，直接求得無因次之鑽孔壁面溫度以及無因次出口溫度，由此二數值，配合進口溫度 T_{in} (一般為已知) 及起始之土壤溫度 T_∞ (可由當地之氣象資料推知)，就可求出 U 型地理管熱交換器之出口溫度。

對 U 型地理管熱交換器而言，要提昇其效率，也就是要增加熱傳量，就是要使出口溫度能有效降低(散熱狀況時)，由上述之各種變數對 Θ_1 與 Θ_2 之影響，可歸納出如下，亦即要有較低之出口溫度(散熱狀況)，以提高地理管熱交換器之效率，有以下之方式：

1. H (鑽井深度)， K_s (鑽孔外之土壤熱傳導係數)， K_b (鑽孔內之回填土之熱傳導係數)，這些值提高均可降低出口溫度(T_{out})。
2. R_{11} (支管內流體到鑽孔壁面之熱阻) 降低，亦即 K_b (鑽孔內回填土之熱傳導係數) 增加， Θ_2 變小，出口溫度(T_{out}) 下降。
3. Q (流量) 增加， Θ_2 變大，出口溫度(T_{out}) 上升，故減少流量可降低出口溫度(T_{out})。
4. $F2$ 固定之下， $(\frac{R_{12}}{R_{11}})$ 越小，表示 $R_{pp,eff} \rightarrow R_{11}$ ，表示兩管間之熱阻為 R_{11} ，表示熱回流不會很嚴重； Θ_2 值越小，亦即 T_{out} 之溫度接近 T_b 之溫度，熱傳效果較

佳。

5. Fl 固定之下， $\frac{r_b}{H}$ 越大則 Θ_l 越小，亦即 H 固定之下， $\frac{r_b}{H}$ 越大， Θ_l 越小，也就
是說 r_b 越大(在其他條件相同之下)則 Θ_l 越小，表示鑽孔壁面之溫度接近 T_∞ ，亦
即出口溫度也會下降。

參考文獻

- [1] 魏欣、張迪川、李威，瀋陽市推廣運用地源熱泵分析，建築節能，2007，35(201)：53-56
- [2] 劉桂蘭，地源熱泵空調的運用與設計探討，廣西輕工業，2007，1：57-58
- [3] 曾和義、刁乃仁、方肇洪，地源熱泵垂豎直埋管的有限長線熱源模型，熱能動力工程，2003，18(2)：166-169
- [4] 刁乃仁、曾義和、方肇洪，豎直 U 型管地熱熱交換器的准三維熱傳模型，熱能動力工程，2003，18(4)：387-390
- [5] Hellstrom G, Ground heat source，Thermal analysis of duct storage system [D] Doctor Thesis，Department of mechanical physic，University of Lund，Sweden，1991
- [6] 劉猛、何雪冰、劉憲英，某住宅地源熱泵系統夏季運行測試研究，暖通空調 HV & AC，2005，35(1)：118-122
- [7] Stocker, J. W. & J. W. Jones，Refrigeration & Air condition 2ed，1982，McGraw-Hill，Inc.

聚光型太陽能板之追蹤系統研發

The Development of Solar Tracker of Concentrator Photovoltaic Panel

郭文化¹ 黃浩民² 林永建³ 池德明³ 吳聲讓³ 江晉彰⁴

¹東南科技大學機電科技學系 副教授 ²東南科技大學電子工程系 副教授
³東南科技大學機電科技學系 講師 ⁴東南科技大學機電整合研究所 研究生

摘 要

本文研究主要研製聚光型太陽光追蹤器，使用四象限感測器、X-Z 雙軸機構、控制器及聚光型太陽能板所組成之追蹤控制系統。

四象限感測器是用來感測太陽的方位角與高度角，將聚焦影像投射在分割成四象限的感測板上，每一象限可個別感測光強度的訊號。當四個象限的光感測強度一樣時，則感測器定位在中心點。當不平衡時，則產生偏心誤差訊號，驅動直流馬達及 X-Z 雙軸機構修正對準太陽的方位與高度角。X-Z 雙軸機構之 Z 軸是垂直旋轉軸，驅動方位角。X 軸是水平旋轉軸，驅動高度俯仰角，結合此二軸，可指向上半球的任何一點。太陽能追蹤器可依四象限感測器感測誤差訊號由單晶片控制器控制直流馬達及減速機構，驅動太陽能板指向太陽的位置。最後實際製作一聚光型太陽能板追日器，以實驗印證確實能達到太陽追蹤性能的目的。

關鍵詞：聚光型太陽能板、X-Z 雙軸追蹤器、四象限感測器

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to develop a solar tracker of concentrator photovoltaic panel. The proposed technique of this solar tracking system uses a quadrant detector, X-Z dual axis mechanism and controller.

The quadrant detector is to sense the sun light of solar altitude-azimuth. It splits a focused image into four parts or quadrants, with the light in each quadrant being separately detected. The image position is by definition centered on the detector when these four signals are equal in intensity. The error signal drives DC motor and X-Z dual axis mechanism to revise solar altitude-azimuth, while an imbalance implies a centering error. Finally, a practical solar tractor is accomplished to test and verify the proposed technique enhancing the tracking ability of concentrator photovoltaic panel.

Key words: concentrator photovoltaic panel, X-Z biaxial tracker, four-quadrant optical sensor.

壹、前言

聚光型太陽能電池發電系統是由聚光型太陽能電池(concentrator photovoltaic, CPV)、高聚光鏡面菲涅爾透鏡(Fresnel lens)及太陽光追蹤器(solar tracker)組合而成，其太陽能能量轉換效率可達31%~40.7%，轉換效率高。過去用於太空產業，現在搭配太陽光追蹤器可用於發電產業。聚光型太陽能電池主要材料是砷化鎵(GaAs)，即三五族(III-V)材料，一般矽晶材料只能夠吸收太陽光譜中400~1100nm 波長之能量，而聚光型太陽能電池不同於矽晶圓太陽能電池，透過多接面化合物半導體可吸收較寬廣之太陽光譜能量，目前以三接面 InGaP/GaAs/Ge 的聚光型太陽電池可吸收太陽光譜300~1900nm 波長之能量，其轉換效率可大幅提升，而且聚光型太陽能電池的耐熱性比一般晶圓型太陽能電池又來的高[1][2]。

聚光式方陣加有匯聚陽光的收集器，通常用平面反射鏡、拋物面反射鏡或菲涅爾透鏡等裝置來聚光，以提高入射光譜輻照度，但通常需要裝設追蹤太陽裝置[3]。自動追蹤裝置，是應用雙軸追蹤系統，即高度角方向的南北向追蹤和方位角方向的東西向追蹤。這樣裝置需要兩套訊號傳輸、控制和傳動系統。其特點是追蹤精度高，缺點是結構複雜，價格較高。

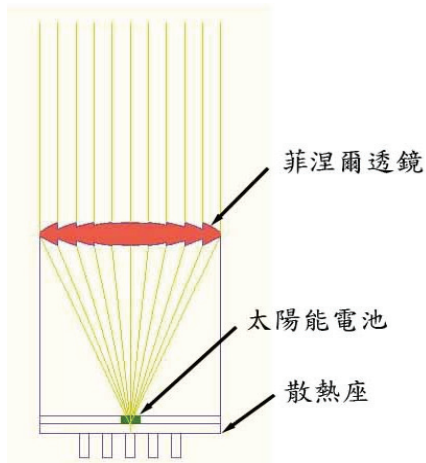
一般光轉電能的效率，大多在15%左右。若使用追蹤太陽方式，垂直照射太陽能板，將可提升50%的效率[4]，若使用單軸追蹤控制機構，也可提升20%~30%[5][6]，而雙軸控制追蹤可提升高達75%[7]。國內賀冠鈞[8]用國外設計的雙軸式追日發電系統進行發電研究，但因其方位角約有2°~4°的誤差，高度仰角有約3°的誤差。為了提高控制的效果，使用不同的控制器，如蘇崇暉[9]用模糊控制方法，以亮度的誤差及誤差改變量做為模糊控制系統的輸入，而以測光器的位移量為輸出，藉由適當的控制測光器位移，當亮度誤差未達預設條件時，測光器以最大速度前進，到達預設條件成立，則切換到模糊控制器來進行追蹤控制，達到最大亮度的追蹤目的。陸家樑[10]~[12]以日晷儀的方法作太陽光追蹤裝置，並使用單晶片控制或微處理器控制單軸式或雙軸式的太陽光追蹤裝置，若用來作聚光型太陽能板的追蹤，其角度的精度必須控制在1度之內才能使用。另外，其他也有使用各種不同的感測方法及控制器來改善追蹤精度或成本較低的追蹤方法[13]~[15]。一般太陽能板使用追蹤系統主要分兩大類，一種是一般型太陽能板，對準太陽的偏差角度15度內，其發電量減損率約在5%之內[16]，故追蹤精度要求低，而聚光型太陽能板使用追蹤系統之追蹤精度要求高，約在1度以內。

本研製之太陽光追蹤器，是利用四象限感測器組成的光感測陣列，可有效偵測太陽的高度角及水平方位角，將此量測作為太陽方位自動追蹤的回授控制與軌跡路線之資訊，作為精確的回授控制定位技術，使用雙軸驅動式追蹤控制系統，以改善一般傳統固定仰角的太陽能源收集效率，同時使用聚光型太陽能電池，因其具有遠高於矽晶太陽能電池的轉換效率，因而提高太陽能源的利用效率。

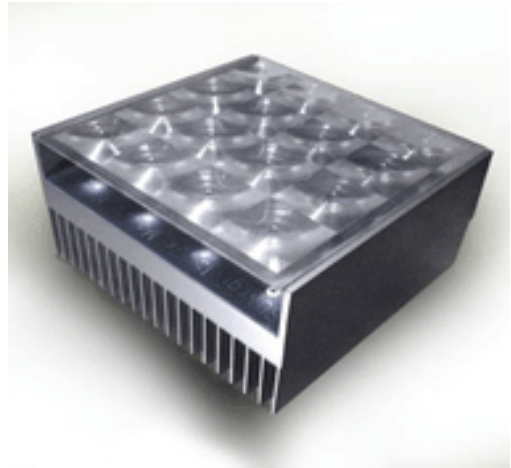
貳、聚光型太陽能電池光電轉換原理

聚光型太陽能電池系統(CPV)的主要元件, 包括砷化鎵半導體晶片, 光電池基板(receiver), 透鏡與太陽光追蹤器。主要原理是使用透鏡, 將太陽光高倍率的聚焦在一個比透鏡面積小的砷化鎵太陽能電池上, 同時搭配使用太陽光追蹤器, 追蹤日射角度, 將太陽光隨時聚焦在太陽能電池上, 如圖一聚光型太陽能電池示意圖所示, 圖二為聚光型太陽能電池系統模組。

聚光型太陽能電池必須位於透鏡焦點附近才能發揮功能, 因此一定要使用太陽追蹤系統, 使太陽能板隨時朝向太陽的方位。由於聚光時會引起的溫度上升, 損害太陽能電池及發電系統, 故聚光倍率需要有一定限制。聚光型太陽能電池若使用聚光倍率為1000倍的透鏡時, 單位模組太陽能電池的成本可降至結晶矽類電池的1/10左右, 而所需的面積僅矽晶圓的1/2.5。



圖一 聚光型太陽能電池示意圖



圖二 聚光型太陽能電池系統模組

參、太陽光追蹤器追蹤原理

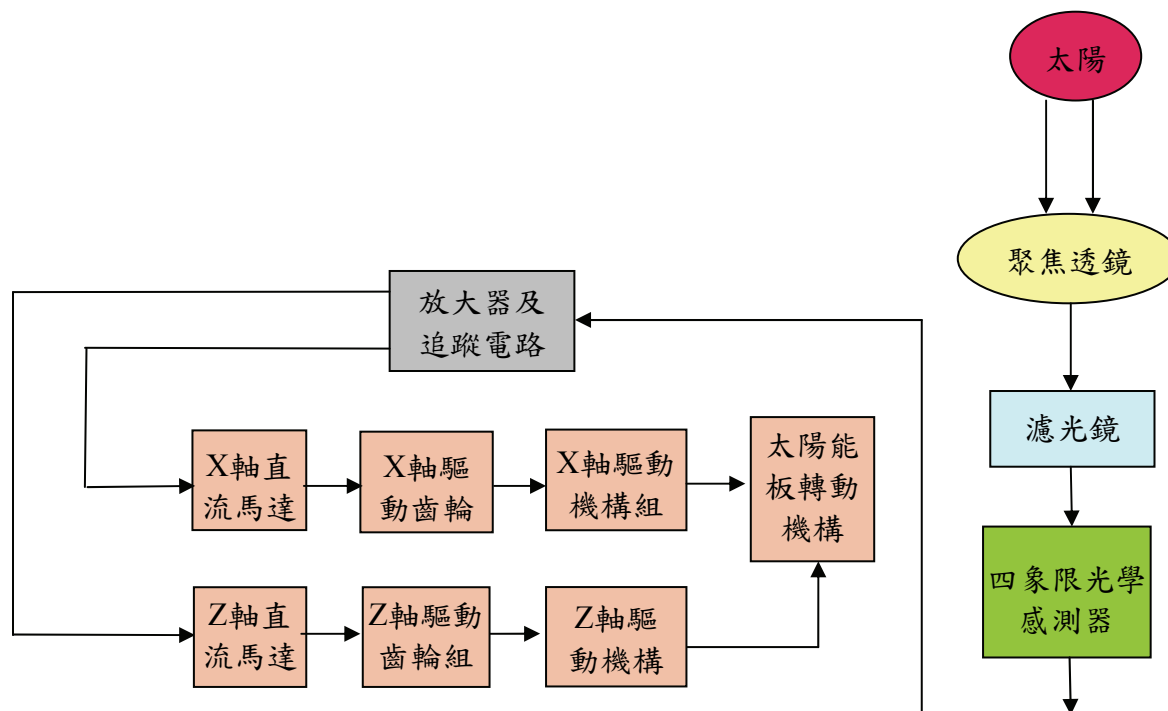
太陽追蹤器可利用四象限光學感測器, 作為追蹤太陽的主要元件。因太陽光為平行光, 當陽光照到透鏡, 聚焦到感測器上, 經過濾光鏡增加四象限感測器的敏感度, 由於四象限感測器輸出訊號很小, 須經放大器將訊號放大, 並傳送到追蹤電路, 轉換成電壓傳送到 X 軸和 Z 軸的直流馬達上, 經齒輪減速機, 再經蝸桿及蝸齒輪傳動機構轉動 θ_x 與 θ_z 角度, 提高轉動扭力驅動太陽能板, 以達成追蹤太陽的任務。追蹤控制方塊圖, 如圖三所示。Z 軸為垂直地面之垂直軸, X 軸為水平軸, 兩軸結合可追蹤控制太陽的方位角及俯仰角或高度角。

太陽光追蹤感測器採用四象限結構之矽感測器, 其作用原理為當光點的位置偏移時, 會導致光強度在感測器中造成電壓值之變化。如圖四所示[14], A、B、C 及 D 分別表示矽感測器之四象限輸出電流。誤差訊號計算如(1)、(2)式所示, X 及 Z 分別表示對 X 軸及 Z 軸光點相對於中心點位置之誤差值。將 X 軸及 Z 軸之誤差信號傳送至驅動電路及驅動馬達進行修正, 使誤差信號歸零, 即可使太陽能板隨時追蹤來正對準太陽。

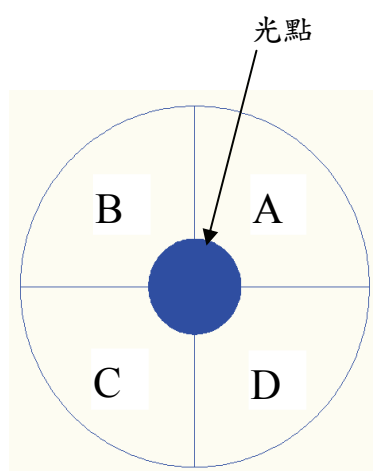
肆、四象限光學感測器設計製作

光感測角度設計

光感測角度(λ)範圍及高度，可由透鏡之聚焦距離(R)來決定，如圖五所示。可模擬太陽光源正對準光感測器，將光源偏一小角度，太陽能板會隨光偏斜方向轉動，若加大偏斜角度，聚光點偏離開四象限感測器的直徑範圍，則無法感測誤差訊號，太陽能板則不再追蹤。若將光源聚光點移到感測器內，則太陽能板再繼續追蹤。



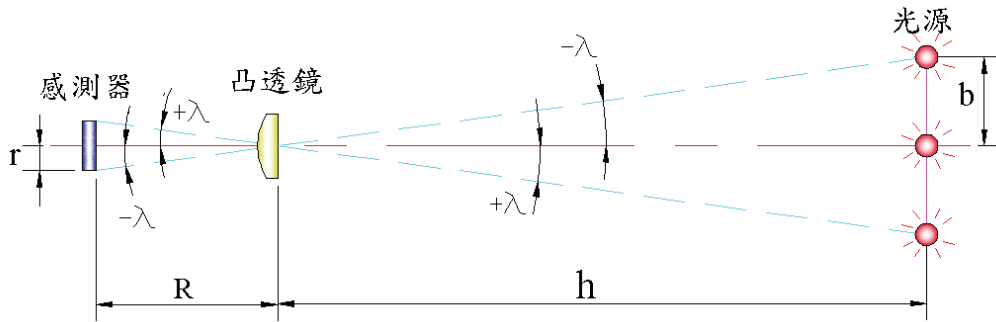
圖三 太陽光追蹤系統控制方塊圖



圖四 感測器之四象限圖

$$X = \frac{(A+D)-(B+C)}{A+B+C+D} \quad (1)$$

$$Z = \frac{(A+B)-(C+D)}{A+B+C+D} \quad (2)$$



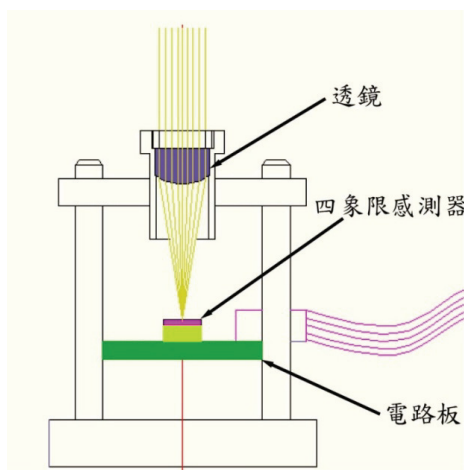
圖五 感測器感測角度範圍示意圖

感測器感測角度大小計算如(3)式

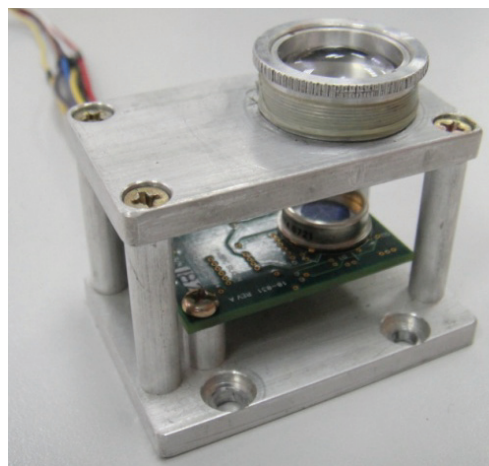
$$\text{由圖示計算} \quad \tan \lambda = \frac{r}{R}, \quad \lambda = \tan^{-1}\left(\frac{r}{R}\right) \quad (3)$$

四象限是由 X 軸與 Z 軸兩軸將一個圓割成四等分，每一象限都能感測輸出訊號。若沒有正對準太陽光，則會產生偏差訊號，但訊號很微弱，須經由放大器將訊號輸出放大，傳至驅動馬達調整偏差角度，讓光點聚焦於正中央，四象限感測器之半徑僅 $r=3.9\text{mm}$ ，如圖六所示，故需使用聚焦透鏡將焦點聚焦於四象限感測器的中央，聚焦於感測器上之光點必須小於四象限感測器之直徑。由於計算聚焦點高度無法準確製作其尺寸，故設計可調整方式，組裝完成後再調整對準聚焦點。感測器與感測器組件製作完成品如圖七，感測器電路圖如圖八，圖九為購買之感測器含電路板。

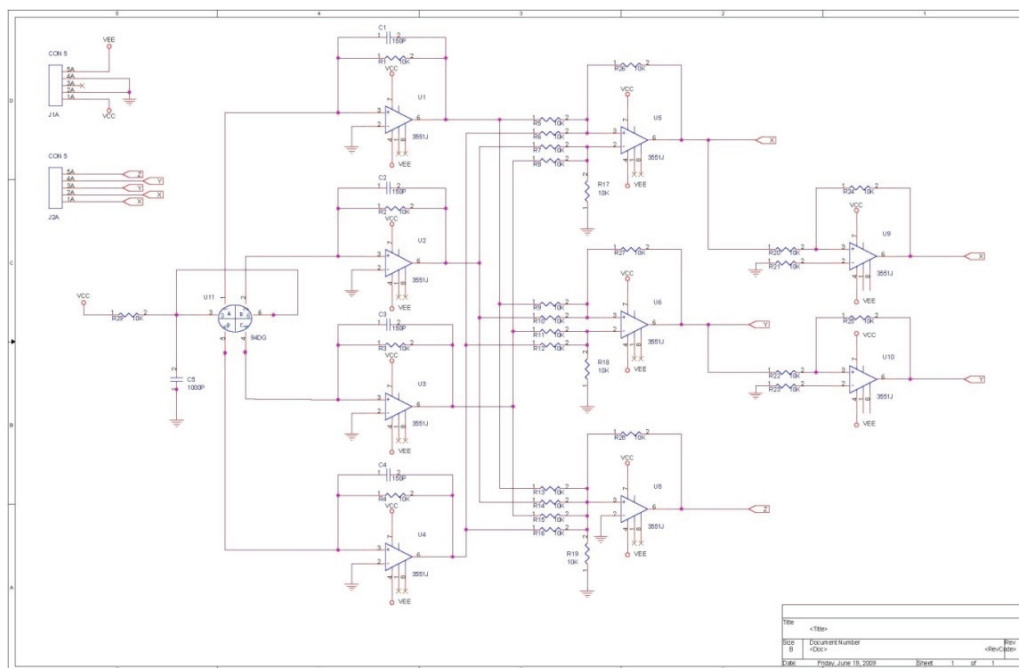
由四象限感測器所感測的光量分佈，轉換成電壓的誤差訊號，經放大驅動直流馬達，馬達驅動電路板是由 89C51 單晶片控制電路組成，雙軸式驅動採用 X-Z 軸追蹤機構系統。



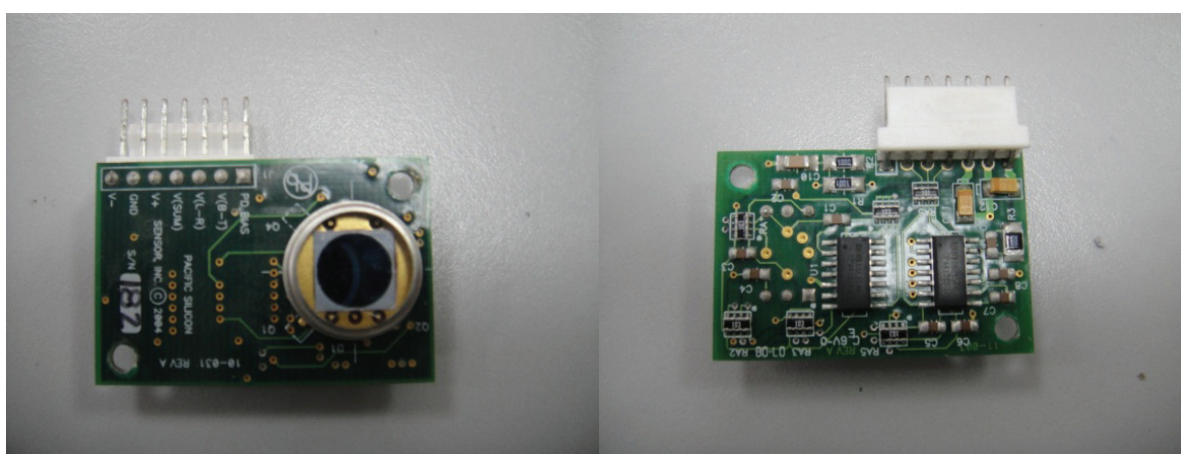
圖六 四象限感測器圖



圖七 感測器實體圖



圖八 感測器電路圖

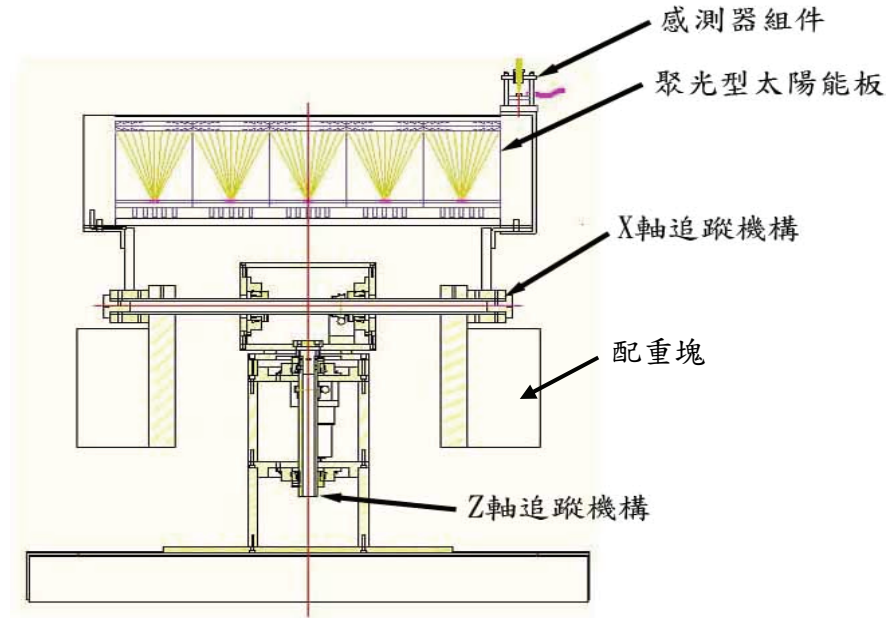


圖九 感測器電路板

伍、追蹤機構系統設計製作

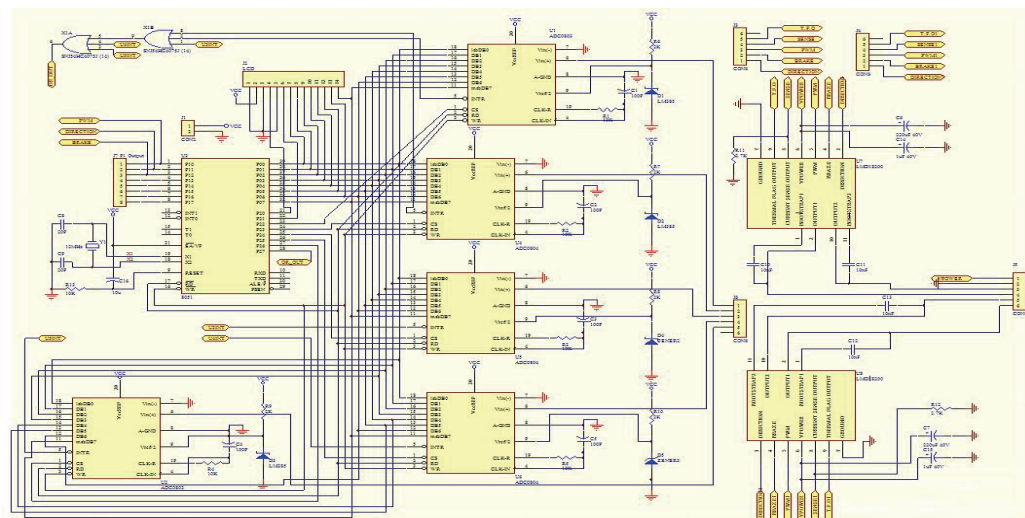
本文研製之太陽能板追蹤機構系統使用 X-Z 雙軸轉動式設計，由 X 軸追蹤機構、Z 軸追蹤機構、馬達驅動控制組及支撐底座機構等五部份所構成。追蹤機構追蹤系統之驅動機構為水平旋轉之 X 軸及垂直旋轉之 Z 軸，來追蹤太陽。馬達驅動控制組使用減速齒輪之減速馬達，減速比為 20:1，電壓為 24VDC。蝸齒輪組包含蝸桿及蝸輪規格為 (1) 蝸輪：齒數 40，節圓直徑 40mm，模數 1，(2) 蝸桿：外徑 12mm，節圓直徑 10mm，模數 1。(3) 馬達轉數 2500 rpm，經減速齒輪減速比 20:1，蝸桿蝸齒輪組減速比 40:1，馬

達經總減速比800:1，輸出轉速為3.125 rpm，最後驅動太陽能板的轉數每秒 0.052轉。追蹤機構系統設計圖，如圖十之剖面圖。為減小驅動太陽能板的轉動慣量，需使旋轉之質量偏心趨近於零，故整台組裝後須以配重塊來調整重心位置到轉軸中心點或線上。



圖十 追蹤機構系統剖面圖

馬達驅動電路圖，如圖十一，製作完成之馬達驅動電路板如圖十二，圖十三為聚光型太陽追蹤器成品實體照片圖。



圖十一 控制電路圖



圖十二 馬達驅動電路板



圖十三 聚光型太陽追蹤器照片圖

陸、聚光型太陽光追蹤器系統測試

本研究使用聚光型太陽能板之規格如下：

聚光型太陽能板是由25片砷化鎵太陽能晶片組合而成，每一片均含菲涅爾透鏡，其功率為2.4W，總功率共60W。輸出電壓70V，電流0.85A，聚焦倍率476倍，透鏡面積 3540cm^2 ，尺寸 $687\text{L}\times 688\text{W}\times 189\text{H mm}$ ，重量18kgf，追蹤精度需求 $\pm 1^\circ$ 。

1. 光感測器感測角度測試

光感測器感測角度之實驗是使用手電筒正對準光感測器，再將手電筒偏一小角度，太陽能板會隨光偏斜方向旋轉。當偏移一定距離後，則聚光點偏離開了四象限感測器感測的範圍，則不再追蹤。若再將聚光點移到感測器內，則太陽能板能再繼續追蹤。因此光感測角度(λ)範圍，即可由透鏡聚焦距離(R)來決定，如圖五所示。量測透鏡聚焦距離 $R=29\text{ mm}$ ，光感測範圍的半徑 $r=3.9\text{mm}$ ，計算如(3)式所示。

故光感測角度 $\lambda = \pm \tan^{-1}(3.9/29) = \pm 7.66^\circ$

手電筒光源中心正對準光感測器鏡組中心線，距離透鏡高度 $h = 500\text{mm}$ ，當手電筒光源中心偏離約 $b = 65\text{mm}$ 之後，追蹤沒反應，再調至65mm 範圍內，則再繼續追蹤，參考圖五所示。

由此量測資料得到光感測角度為 $\tan \lambda = \frac{b}{h}$ ， $\lambda = \pm \tan^{-1}(\frac{b}{h}) = \pm 7.4^\circ$ ，

與理論計算約有3.5%的誤差。

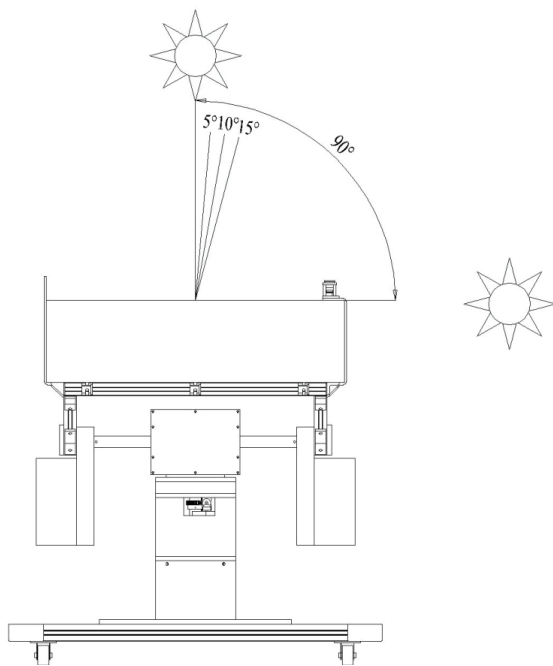
2. 追蹤性能測試

使用手電筒直射光感測器，將光源偏斜一小角度，檢測太陽能板是否隨光源偏轉至光源正上方。經測試結果，太陽能板不但能隨光源方向追蹤，而性能良好，由測試中電壓源在6V 以上，電流約0.5A，即可驅動太陽能板，其追蹤性能良好，但若轉到某些角度則無法驅動，主要是機構組裝及機件摩擦造成的摩擦阻力而增加驅動扭力值所致，若電壓調至12V 以上，即可自由追蹤，最大消耗功率約6W。

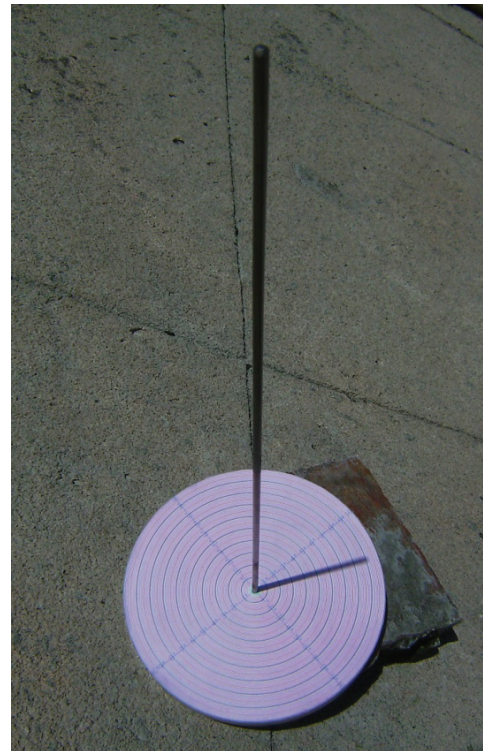
從實驗結果，追蹤精度由於受追蹤機構系統之蜗桿渦輪齒隙及組裝誤差的影響，追蹤精度達到約 $\pm 1.5^\circ$ ，而聚光型太陽能板追蹤精度需求 $\pm 1^\circ$ 範圍內，與需求精度誤差比率約為50%。

3. 太陽能板發電性能測試

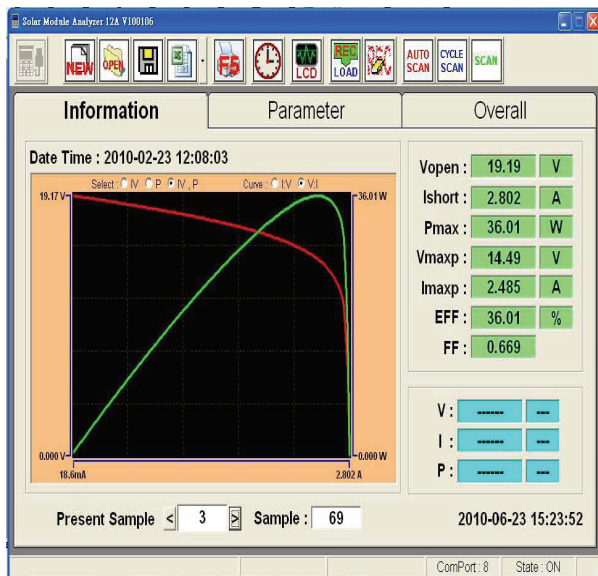
將太陽能板固定及自動追蹤量測發電效率差異，以手調追日偏差角度的發電效率衰減比率。同時量測 X-Z 雙軸轉動式追蹤系統的耗電量與發電能量的關係，以作為節能的自動追日系統之設計參考。發電性能測試儀器:(1)太陽光輻射量測儀/泰仕 PROVA 200，(2)太陽能板功率分析儀/泰仕 TES-1333R，(3)日晷儀/自製品，如圖十五。



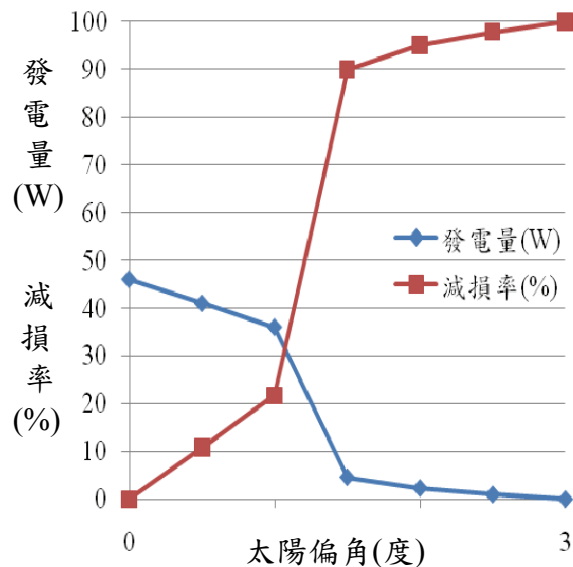
圖十四 量測太陽偏角示意圖



圖十五 日晷儀



圖十六 偏差1度太陽能板特性曲線圖



圖十七 發電量與太陽偏角特性曲線

由實驗結果顯示，每一軸驅動電壓6V 以上，電流約0.5A，即可驅動太陽能板，追日系統消耗功率約3W。直流馬達啟動電壓2.4V，電流0.08A，啟動功率0.192W。以最大消耗功率約6W 計算，在太陽能電池發電功率60W 之下，僅消耗發電功率的10%，合乎節能設計。

將太陽能板依圖十四示意圖之量測方式，使用日晷儀如圖十五所示，在不同太陽偏斜角度下，聚光型太陽能板的發電量，如圖十六所示之太陽能板特性曲線圖。圖十七為聚光型太陽能板發電量與太陽偏角特性曲線，由實驗結果顯示太陽偏差1.5°角度範圍後，聚光型太陽能板發電量便急遽下降幾乎為零，故追蹤精度需求 $\pm 1^\circ$ 。

柒、結論

經測試結果，太陽能板追蹤性能良好，耗電量最大約6W，僅消耗發電功率的10%，合乎節能的經濟效益。太陽偏差1.5°角度範圍後，聚光型太陽板發電量便急遽下降幾乎為零，故追蹤精度必須在 $\pm 1^\circ$ 以內，才能符合聚光型太陽能板追蹤精度需求。但此系統追蹤精度由於受追蹤機構系統之蝸桿蝸輪齒隙及組裝誤差的影響，追蹤精度達到約 $\pm 1.5^\circ$ ，故與需求精度誤差比率約為50%，必須再進一步改善。光感測器感測精度約有3.5%的誤差。從實驗結果顯示，若無陽光時，感測器會因太陽輻射受雲層完全遮蔽影響，將無法追蹤，因此需輔以程式控制追日程式的被動式追蹤方法，以消除此影響，或使用自動搜尋光源的方法，當太陽光再出來之後繼續追蹤。雙軸式追蹤機構須有足夠的剛性，以免強風影響追蹤性能。光感測器聚焦透鏡，應選用較小的曲率半徑，使光感測的角度範圍變大。

太陽能板追日系統大多數針對一般型的太陽能板，追蹤精度要求不高，故不論是追蹤機構或追蹤控制器都著重在降低製造成本，而聚光型太陽能板，追蹤精度要求較

高，故不論是追蹤機構或追蹤控制器都著重在控制精度的要求，故本文使用四象限光感測器有較高的準確度，使用 X 及 Z 軸驅動機構較容易控制追蹤的太陽軌跡的範圍，但必須消除齒隙，才能提高控制精度，這是與一般型太陽能板追日系統不同之處。

參考文獻

1. 江志宏(2010)，聚光型太陽能電池，http://www.kson.com.tw/chinese/study_23-6.htm。
2. 鄭耀宗(2007)，III-V 族太陽電池的現況與展望，泓能科技，能源科技投資電子報，<http://blog.roodo.com/ernews/archives/3856919.html>。
3. 羅運俊，何梓年，王長貴(2007)，太陽能發電技術與應用，新文京開發。
4. Neville, R.C. (1978), Solar Energy Collector Orientation and Tracking Mode, Solar Energy, Vol. 20, NO.1, 7-11.
5. Gandhidasan, P. and Satcunanathan, S.(1981),Energy Collection Augmentation in Tracking Flat Plate Collectors, Proceedings of Sun World Froum, Brighton, 186-191。
6. Satcunanathan, S.(1983), The Design and Performance of A Semi-tracking Flat Plate Collector, Proceedings of Solar World Congress, Perth. , 757-761。
7. Khalifa, A.N. and Al-Mutawalli, S.S.(1998), Effect of Two-axis Sun Tracking on the performance of Compound Parabolic Concentrators, Energy Conversion and Management, Vol.39, No.10, 1073-1079。
8. 賀冠鈞(2007)，雙軸式追日系統設計，南台科技大學，機械工程系碩士論文。
9. 蘇崇暉(2006)，模糊控制策略於光源追蹤控制系統之應用，南台科技大學，機械工程系碩士論文。
10. 陸家樑，陸道擎(2008)，以單晶片控制之仿日晷式太陽光追蹤裝置，中華民國專利證書號 M334300。
11. 陸家樑，陸道擎(2010)，以微處理器控制之日晷式太陽光追蹤方法與裝置，中華民國專利證書號 I323773。
12. 陸家樑，陳俊隆，陳立明，鄭之辰，高鈞(2010)，雙軸式即時追日裝置之研製，聖約翰科技大學，建構綠能科技與智慧節能產學園區研討會暨計畫成果發表會，第 220-223 頁，民國 99 年 11 月 24 日。
13. 葉益男(2003)，集光式太陽光發電追控系統研製，國立台灣大學機械工程學研究所碩士論文。
14. 張智凱(2008)，“被動式雙軸太陽追蹤器之追控系統開發”，中央大學，能源工程研究所碩士論文。
15. 黃浩民(2007)，高精度太陽光追蹤控制器研發，東南科技大學，行政院原子能委員會委託研究計畫研究報告，計畫編號 962001INER044。
16. 林晉億、呂富揚、游堯鈞、顏偉凱(2010)，推桿式太陽光追蹤系統性能研究，99 學年度東南科技大學機電科技學系專題製作報告。

電磁干擾障蔽元件封帶前的機械視覺檢測

Automation Image Detection of EMI Metal Shielding Element before Sealing in the Carry Band

黃正光¹

朱明輝¹

林建達²

Huang Cheng-Kuang

Chu Ming-Huei

Lin Jian-Da

1. 東南科技大學機電科技學系副教授, 2. 東南科技大學機電科技學系學生

摘 要

電磁干擾會使精密電子元件產生故障，需用金屬障蔽元件加以保護，所以金屬障蔽元件隨著高性能的通訊電子產品如 GPS 的盛行而需求量大增，因而需導入自動化製程。本研究以機械視覺的方法檢測金屬障蔽元件在封入零件料帶前，能自動判別缺料或放置不良等缺陷；若發現缺陷，能及時送信號給可程式控制器暫停封裝機器，並通知作業員修正，以提高生產供料品質。本研究首先用日內瓦分度機構模擬連續的生產線，並以低成本 USB 網路攝影機來擷取影像，利用興趣區域影像(Region of Interesting, ROI)的方式，做區域影像比對以提高比對速度與精度，之後將比對結果，以串列通訊結果通知可程式控制器及存入電腦資料檔，以供後續製程統計分析。經實驗驗證，以本研究的方式確實可以達到自動影像檢測的目的。

關鍵字：電磁干擾障蔽元件、機械視覺、自動影像檢測

ABSTRACT

Electro-magnetic interference (EMI) always make the precision electronic components failure, so those components need the metal shielding element to be protected. As great demands for high performance communication device, the metal shielding elements are also requested. The automation of metal shielding element manufacture is necessary. This research uses the machine vision technology to detect the metal shielding element defects before sealing in the pin-carry band. This paper uses the USB camera to get the image, and then find the region of interesting of image. With pattern matching method, this paper detects the defects and records the results for manufacture procedure analysis. Finally, experimental results confirmed that the automation image detection method in this study is better than manual ways.

Keywords: EMI shielding element, machine vision, automation image detection

壹、電磁干擾障蔽元件封帶製程介紹

近年來通訊電子產品競爭十分激烈，使得諸如全球定位系統(Global Positioning System, GPS)等產品的價格越來越低，因而市場普及率大增。但是高性能通訊產品很容易受到電磁突波干擾(Electromagnetic Interference, EMI)，甚至會對精密電子元件產生不可彌補的傷害[1,2]。為保護這些精密電子元件不受到 EMI 的影響，可用導磁性佳的金屬做成特定形狀的障蔽元件如圖1所示，將電磁干擾引導開以保護精密元件免於故障。



圖1 金屬電磁干擾障蔽元件

圖2 作業員操作現場

由於金屬電磁干擾障蔽元件的外型受制於電子產品的電路板而定，大小比一般表面黏著 IC 要大很多，骨架很少，結構強度不高；若是太多的障蔽元件無次序的堆疊在一起很容易變形或互相勾結在一起，再加上有方向性所以目前還無法利用振動盤及軌道順利的自動送料。

目前金屬電磁干擾障蔽元件的包裝仍停留在半自動化操作，需由操作員將零件由料盤中一個一個取出放入包裝料帶上再由機器封裝如圖2所示。操作員利用腳踏開關控制封料的進度，當腳踏開關踏下會觸發可程式控制器(Programmable Logic Controller, PLC)，PLC 會依程式的設定控制馬達旋轉的圈數(角度)，馬達帶動捲料與牽引機構捲動料帶移動恰好一個封帶的長度，接著 PLC 會控制封裝加熱器進行計時熱封的動作，熱封完畢若腳踏開關仍保持踏下的狀態，便會重複封帶的動作直到腳開關放開。

然而依成本考量，每個操作員每日需在8小時內完成約兩萬個元件的封裝，若是遇到急件還得加班趕貨，由於長時間快速反覆不停地做重覆的動作，很容易會發生缺料、位置沒放好而卡機或方位錯置等的問題，如圖3所示：

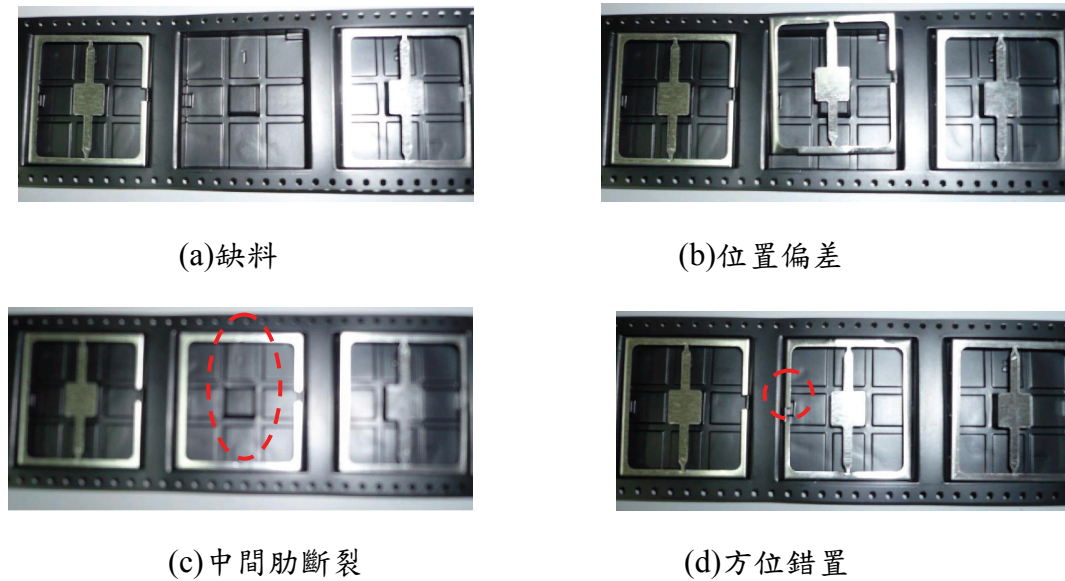


圖3 人工放置常出現的缺陷例

許多缺陷是在交件給客戶自動化量產時造成瑕疵品才被發現。為減少上述問題只好放慢速度事後再用人眼檢查一遍，雖是如此還是有漏網之魚並且事後修補更耗時耗力。上述問題是可以利用自動光學檢測(Automatic optical inspection, AOI)技術解決。AOI 在電子產業應用上相當普遍，使用 AOI 檢測技術的系統有下列好處[3]：

1. 免除人工從事枯燥反覆大量的肉眼檢測
2. 配合自動化製程可節省人力成本
3. 一次感測可得多樣資訊
4. 電腦量測的客觀數據可供製程參考

以積體電路與平面顯示器檢測設備為例，應用 AOI 技術的設備在2006年全球市場約有14.2億美元[4]，因此吸引許多上市櫃公司如德律、良瑞..等投入[5,6]；在研究方面有印刷電路板缺陷[7,8]，SMT元件檢查[9,10]，BGA 元件檢查[11,12]，液晶螢幕表面瑕疵檢查[13,14]..等等。因此值得嘗試發展一套電磁干擾障蔽元件封帶前的自動視覺檢測系統去改進人眼檢測的疏漏，輔助生產品質的提升。

貳、障蔽元件自動視覺檢測的方法

首先由現場操作員的經驗了解放置缺陷的可能性如前節圖3所示有四種：(a)缺料(b)位置偏差裂(c)中間肋斷裂(d)方位錯置；由於平均約1.5秒要完成一個元件的放置，操作員動作必須要快，無暇仔細分辨缺陷，這正是人力操作的缺點。本文將缺陷檢測重點分成：(1)缺件或偏差，(2)方位錯置兩類分別介紹如下：

2-1缺件、中間肋斷裂或偏差缺陷檢測

為加快檢測速度，影像以灰階為主；其次在檢測時以整張影像去運算實在太耗時

間，其實只需對有特徵的區域去運算才可提高效率，稱此區域為特徵區域或興趣區域 (Region of interesting, ROI)。對於障蔽元件，ROI 可以設在四個邊角與中間，如圖4所示。假設 $Img(x,y)$ 代表影像在第 (x,y) 像素(pixel)的灰階值，第 i 個 ROI 的範圍是 $x:mi1\sim mi2, y:ni1\sim ni2$ ，則第 i 個 ROI 的灰階平均值 g_i 計算方法如式(1)：

$$g_i = \frac{\sum_{x=mi1}^{mi2} \sum_{y=ni1}^{ni2} Img(x,y)}{(mi2-mi1+1) \times (ni2-ni1+1)} \quad (1)$$

可以利用五個 ROI 區域內影像的灰階平均值當成判斷的依據。若是缺料，5個 ROI 的灰階平均值都會很低；若是中間肋斷裂，四個邊角的 ROI 灰階平均值會在允許的設定範圍但中間的 ROI 灰階平均值會很低；若是歪斜有偏差，四個邊角的 ROI 灰階平均值至少有一個會降得很低；只有當全部的 ROI 灰階平均值都在設定範圍內時表示障蔽元件無缺件、無斷肋也無歪斜。

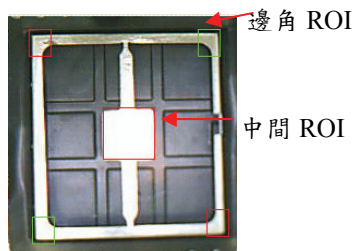


圖4缺件或偏差 ROI 位置

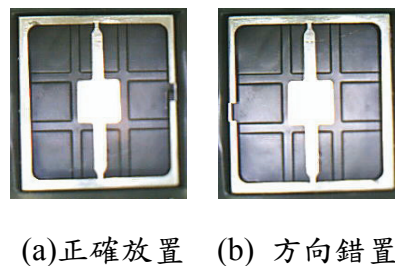


圖5方位正確與錯置比較圖

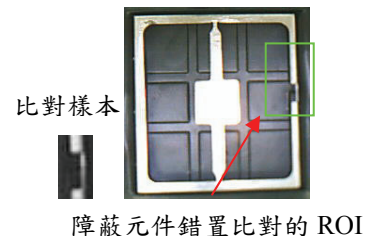


圖6方位 ROI 位置

2-2方位錯置缺陷檢測

方位錯置將利用影像比對方式確認；障蔽元件方位正確與錯置如圖5所示，由圖5可知用整張影像去比對不容易判斷出方位是否錯置而且計算也費時，若是只取某區域的特徵作為比對的樣本如圖6所示，並利用 ROI 的技巧去比對應可加快。樣本比對的方法可用交相關函數來計算兩組影像的相似度[15]，式子如(2)：

$$N(m,n) = \frac{\sum_i \sum_j g(i,j) \times t(i-m,j-n)}{\left\{ \sqrt{\sum_i \sum_j g(i,j)^2} \times \sqrt{\sum_i \sum_j t(i-m,j-n)^2} \right\}} \quad (2)$$

其中 $N(m,n)$ 為在 (m,n) 處 cross correlation function 的值介於 0~1 之間， $g(i,j)$ 為 ROI 在 (m,n) 處附近的影像， $t(i-m,j-n)$ 為比對樣本

若是 $N(m,n)$ 值越高就表示 $g(i,j)$ 與 $t(i,j)$ 越相似，反之表示不像，所以我們可以用一個門檻值去區分是否在 ROI 內有找到特徵進而推斷方位是否錯置。

參、障蔽元件自動視覺檢測實驗的建制

由於原生產程序包含許多與本文無關的其他生產動作，所以重建一可模擬連續生產動作的視覺檢測機台，將分機械系統設計與電控系統設計兩部分介紹：

3-1機械系統設計

本文以四分割的日內瓦機構來模擬連續生產動作，日內瓦四分割的機構示意圖如圖7所示：利用直流馬達驅動機構中的轉輪，馬達每轉一圈日內瓦機構會轉四分之一圈。將四個封帶單個剪下固定在日內瓦載台上，障蔽元件放入封帶中，隨著日內瓦機構一直轉便可模擬連續製程的動作。日內瓦有四站，第一站作為放入元件，第二站為視覺檢測站，第三站作為調整站，第四站作為取出站。

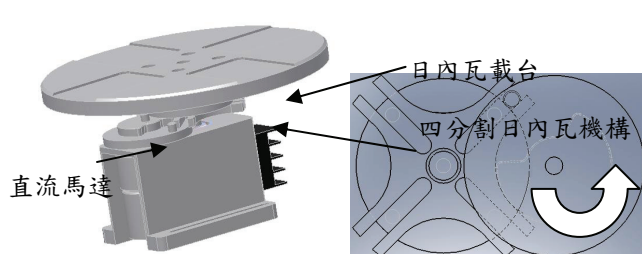


圖7 日內瓦機構示意圖

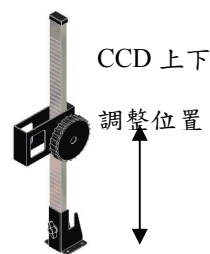


圖8 CCD 翻拍架

在視覺檢測站需架設影像擷取裝置 CCD，由於 CCD 與鏡頭焦距是固定的所以必須可調整上下位置才方便取到清楚影像，所以需要一個翻拍架如圖8所示；再加上控制盒、可程式控制器(PLC)及線槽等，整體設計佈置如圖9所示，實際加工完成圖如10所示。

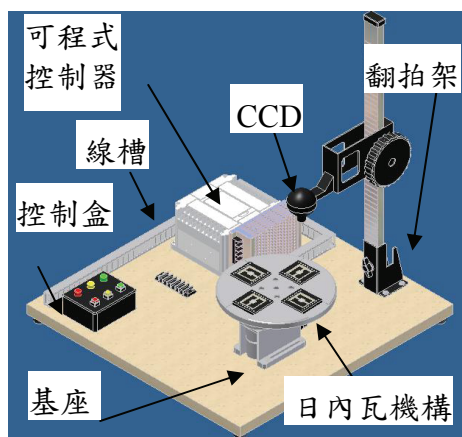


圖9 整體機台示意圖



圖10 機台完成照片

3-2電控系統設計

本文電控部分主要由 PLC 控制；由於 PLC 程式是用階梯圖撰寫與 PLC 的 I/O 規

劃非常密切；PLC 輸入包括控制盒上有三個按鈕開關，日內瓦機構上裝有一極限開關，每轉一圈會觸動一次極限開關，輸出有控制盒上的三個指示燈的三個接點及控制直流馬達的一個接點；規劃表如表1所示，配線圖如圖11所示。

表1 PLC I/O 配置規劃表

PLC Input		PLC Output	
Input 接點	說明	Output 接點	說明
X0	啟動開關(a 接點)	Y0	檢測中顯示燈(YL)
X1	停止開關(a 接點)	Y1	啟動顯示燈(GL)
X2	緊急按鈕(b 接點)	Y2	急停顯示燈(RL)
X3	極限開關(a 接點)	Y3	日內瓦驅動馬達(M)

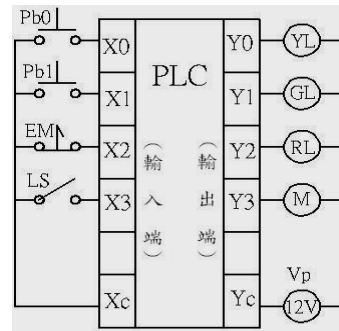


圖11 PLC 配線圖

視覺檢測運算是由個人電腦(PC)處理，而 PLC 無法直接控制 PC，所以 PC 與 PLC 之間需藉由串列通訊互相傳遞訊息；PLC 是利用內部接點的 ON/OFF 通知 PC 開始或停止檢測，PC 則是定時藉由串列通訊讀取 PLC 的內部接點或將檢測結果寫入 PLC 內部接點；PLC 程式撰寫時也要將其考慮到。本文的架構如圖12所示。

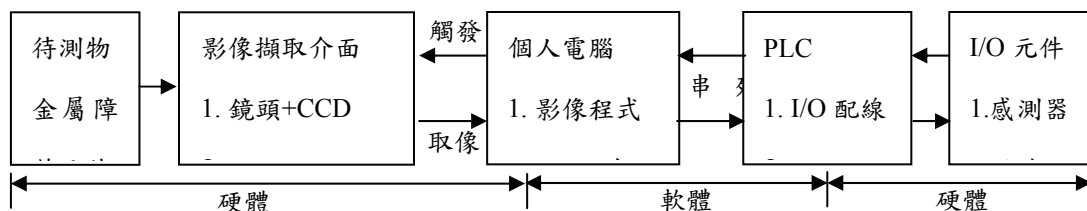


圖12 PLC 程式的流程圖

PC 的程式必須包括(1)PLC 溝通副程式(2)影像檢測副程式(3)人機介面副程式三個部分；其中 PLC 溝通副程式負責用 RS-232 串列介面讀取 PLC 的狀況，若是 PLC 尚未啟動可由 PC 端啟動，PLC 啟動後開始監控其內部接點視待測元件是否到達定位，若是到達定位則開始影像檢測副程式，檢測完再通知 PLC 進行下一步。

影像檢測副程式除了要將上一節的檢測方法化為程式之外，也必須包括待測元件定位之後影像擷取與調整的部分；本研究為考量成本問題將影像擷取裝置改由 USB 介面的 CCD，而 LabVIEW 圖形化程式語言有提供由 USB 攝影機抓取與處理影像的副程式庫，也有串列通訊的副程式庫再加上容易撰寫人機介面，所以本研究採用 LabVIEW 程式來開發。人機界面規劃如圖13所示，另程式流程圖如圖14所示。

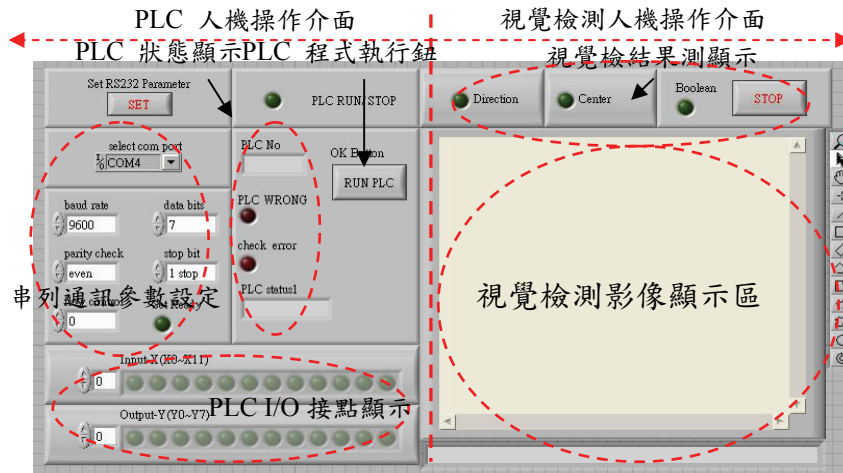


圖13 電腦檢測程式的人機介面

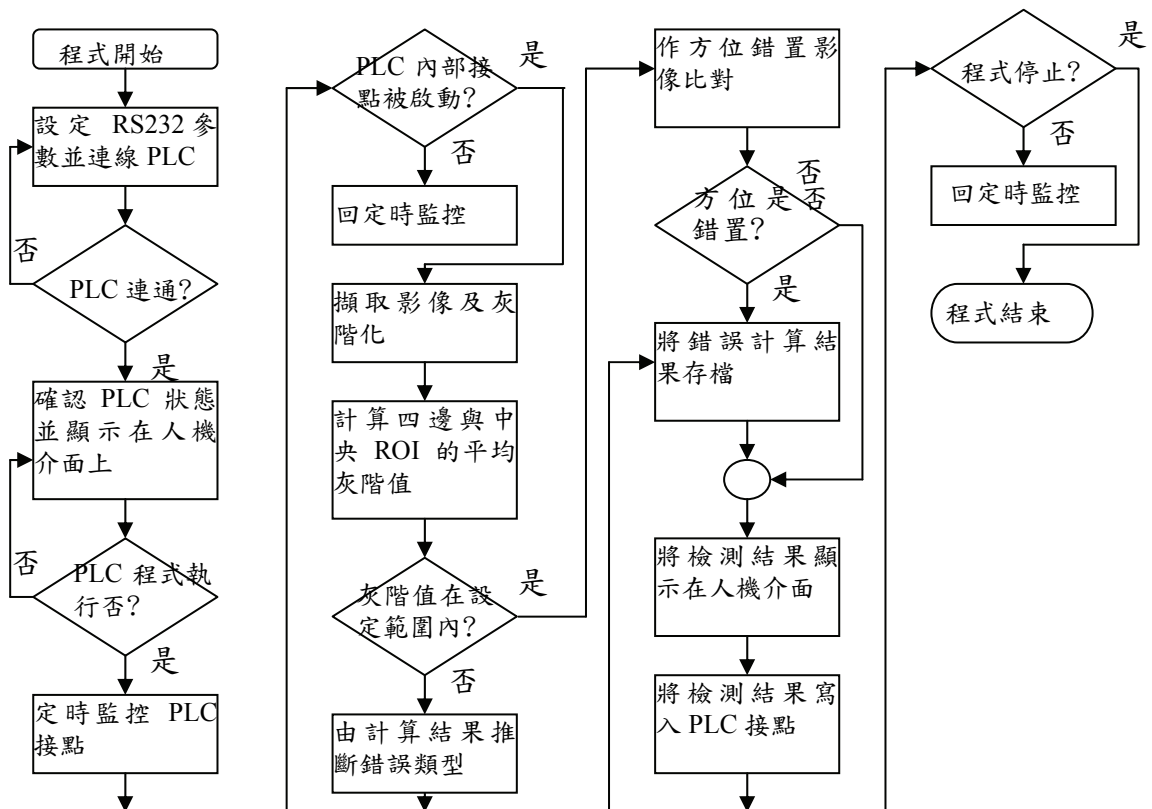


圖14 電腦檢測程式流程圖

肆、實驗與討論

4-1缺件或偏差缺陷檢測實驗

首先實驗缺件或偏差缺陷檢測實驗，由實驗機台擷取影像如圖15所示，分別為(a)缺件(b)中間肋斷裂(c)位置偏差(d)元件正確(e)方位錯置；計算影像中五個 ROI 灰階平均值如表2所示，設定 ROI1~4以灰階值80為門檻，ROI5以100為門檻，則由灰階值低於門檻值的結果確實可以做為缺件或偏差判斷的依據但無法做為方位錯置。

4-2方位錯置缺陷檢測實驗

接著我們做方位錯置的實驗；我們連續取16張檢測影像如圖16所示，配合日內瓦四分割機構每四張成為一組，每組中有一張方位錯置的影像分別為圖16(a3)、16(b4)、16(c1)、16(d2)等圖：利用交相關函數在如圖6所示的 ROI6中計算區域中的最大值所得如表3，若取門檻值為0.7，計算結果若低於門檻值則表示方位錯置，可發現與人工檢測相同。

由實驗中可以驗證第二節所提的方法是可行的；不過在成本考量之下，實務上用 USB 網路攝影機取代原先影像擷取卡及工業用 CCD 攝影機；USB 網路攝影機在擷取到影像的雜訊較多，去雜訊的前處理時間會較工業用 CCD 攝影機長一些(會因 USB 網路攝影機製造廠商而異)，這會稍微影響系統的反應時間，若採用工業用 USB 攝影機可得到改善；至於解析度對本研究並不影響。

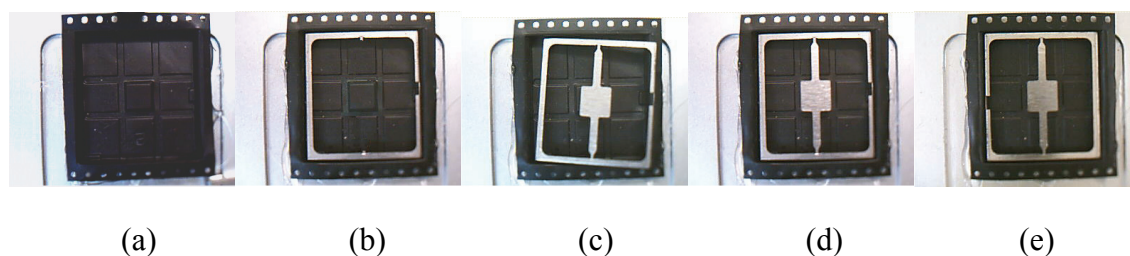


圖15 缺件或偏差缺陷檢測影像

表2 缺件、中間斷肋或偏差缺陷檢測影像計算結果

影像	ROI_1	ROI_2	ROI_3	ROI_4	ROI_5	缺陷
Fig15(a)	46.19(※)	49.03(※)	45.01(※)	45.57(※)	54.08(※)	缺件
Fig15(b)	123.12	138.37	111.35	100.01	66.62(※)	斷肋
Fig15(c)	52.93(※)	131.83	114.83	69.12(※)	174.77	右傾
Fig15(d)	123.41	138.98	111.93	99.97	193.25	無
Fig15(e)	106.77	121.88	98.77	125.41	138.05	無

其中灰階值介於0~255，(※)表示灰階值低於門檻值

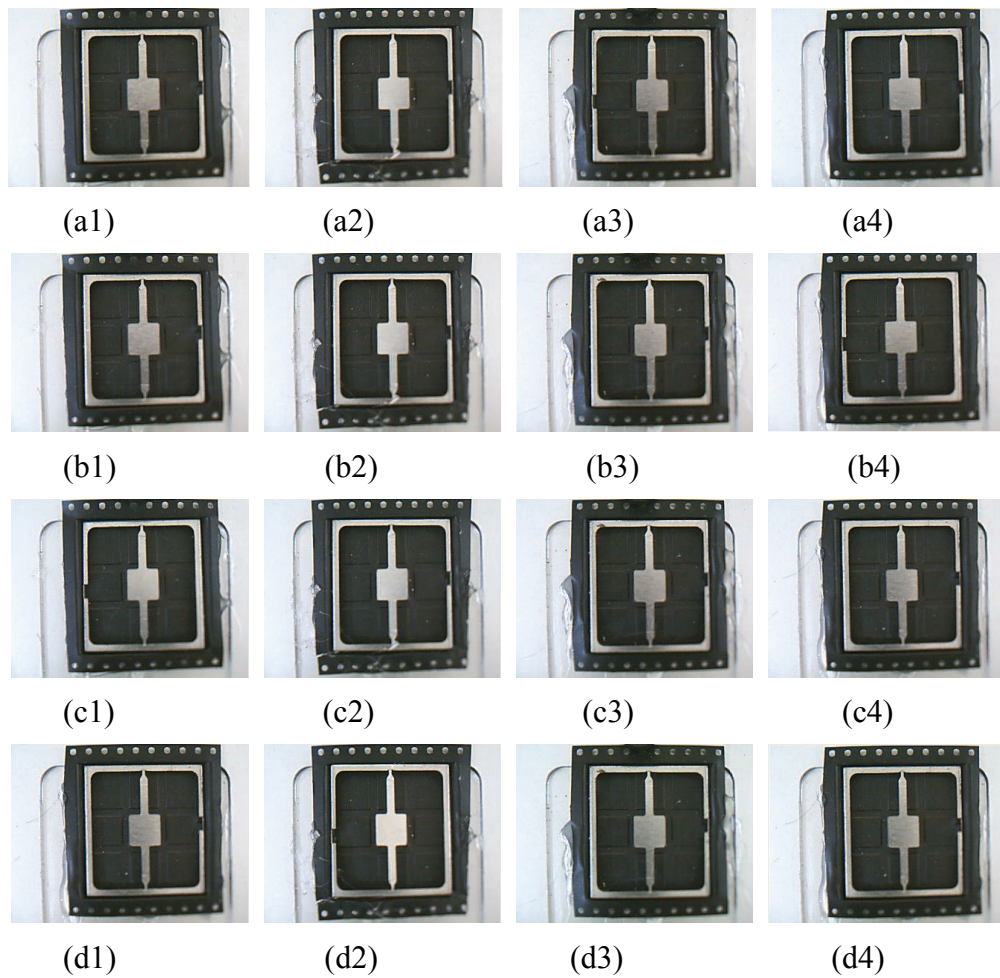


圖16 方位錯置檢測實驗

表3 方位錯置檢測實驗交相關函數最大值計算結果

	第1圖	第2圖	第3圖	第4圖
A 組	0.9	0.93	0.53(※)	0.91
B 組	0.9	0.91	0.93	0.55(※)
C 組	0.53(※)	0.93	0.93	0.92
D 組	0.92	0.55(※)	0.94	0.92

其中交相關函數介於0~1，(※)表示交相關函數低於門檻值

伍、結論

本文以機械視覺技術檢測金屬障蔽元件在封入零件料帶前能自動判別缺料或放置不良等缺陷，若發現缺陷能及時送信號給 PLC 暫停封裝機器並通知作業員修正，以提高生產速度與品質。為模擬實際生產線，本研究用日內瓦機構建置了一由 PLC 控制的視覺自動檢測機台並在 PC 撰寫視覺檢測程式及 RS232 通訊程式。

經由實驗的驗證本研究的方式配合 ROI 做區域影像運算可提高比對速度與精度，平均檢測時間約 0.7 秒確實可以達到影像自動檢測的目的；為了考量成本的問題用了低成本的 USB 網路攝影機；雖然 USB 網路攝影機性能較工業用 CCD 攝影機差，會稍微影響整體系統的反應時間，但因使用 ROI 方式，只對影像的某些區域做運算減少了運算量而加快得到檢測結果，因此對檢測結果並不影響。若在實際生產線上需考慮環境對取像系統的干擾可使用工業用 CCD 攝影機，但影像檢測的方法仍可採用本研究所提的方法。

參考文獻

1. 李煥松，電磁相容性測試，Vol.5, No.8, 電子量測/電子月刊，1999 年。
2. 范國威譯，車載用電子零件之可靠性技術，Vol.12, No.9, 電子月刊 2006 年。
3. 林宸生，自動化光學檢測的技術與應用，自動化工業及電子構裝總覽，經濟日報，2006 年。
4. 鄭文嘉，兩兆產業 AOI 市場現況及趨勢，自動化工業及電子構裝總覽，經濟日報，2006 年。
5. 德律科技股份有限公司，<http://www.tri.com.tw>
6. 良瑞光電科技股份有限公司，<http://www.landrex.com.tw>
7. 蔡典霖，應用機械視覺於印刷電路板表面元件之檢測，國立清華大學動力機械工程學系碩士論文，2003 年。
8. 黃建程，銅箔基板雷射鑽孔的機器視覺檢測，國立台灣科技大學電機工程系碩士論文，2002 年。
9. 蘇家興，印刷電路板表面黏著元件視覺檢測系統，國立清華大學動力機械工程學系碩士論文，2004 年。
10. 林其松，SMT 機台定位控制與視覺檢測，聖約翰科技大學電機工程系碩士論文，2006 年。
11. 劉嘉唐，BGA 錫球定位與幾何形狀之視覺檢測方法研究，元智大學機械工程學系碩士論文，2004 年。
12. 丁彬，BGA 共金球體檢測自動化，電子月刊，2007 年 02 月。
13. 江行全、蔡篤銘、王建智，機械視覺於液晶螢幕面板表面瑕疵檢測之應用，Vol.32, No.4, 機械月刊, 2006 年。
14. 侯景議，FPC 連接器之自動化視覺檢測系統之研製，國立台灣科技大學機械工程學系碩士論文，2004 年。
15. D. Vernon, Machine Vision, CH6 Image Analysis, Prentice-Hall, 1991, pp.118~138.

廢泥〈灰〉燒結輕質骨材應用於建築與景觀設計之可行性探討

The Application of Lightweight Aggregate using Waste Sludge 〈Dust〉 to Buildings and Landscape Design

江奇成¹

Chu-Chen Chiang

江淑清²

Shwu-Ching Chiang

林奕呈³

Ye-cheng Lin

1東南科技大學室內設計系副教授 2華梵大學藝術設計學院建築學系碩士3東南科技大學營建科技與防災所研究生

摘 要

近年來全球由於大量的二氧化碳排放，導致溫室效應急遽升高，造成氣候重大變遷，已嚴重危害人類的居住環境，故而節能減碳已是各國列為首要施行的政策，其中推行綠建材之應用即能有效迎合此項措施。基於應用綠建材的重要性，本研究乃針對水庫淤泥、下水道污泥及垃圾焚化灰燒結成之綠色輕質粒料，已應用於國內公共建築之少數案例，進行適用性、綠化量指標、安全性以及成本效益等因素評估，並且彙集各項數值與要點，整理出合理之應用模式，提供未來建築業界多方採用之參酌或依循，甚至於進而推廣至景觀設計之可行性，以期能充分商業化後，使之成為建築工程必備之材料。最後若能因而確立應用標的，除可解決數種廢棄物處置問題外，亦同時提供資源再利用價值，達成建立永續生活環境的最終目標。

關鍵字：綠建材、綠色輕質粒料、污泥、公共建築、景觀設計

ABSTRACT

In recent years, the greenhouse effect elevated rapidly and the climate varied severely because large amounts of CO₂ are discharged to the atmospheric environment. Those variations are harmful for the living environment, therefore, the energy saving and carbon reduction issues have been taken into account by the government in the world. To achieve the goal of energy saving and carbon reduction, a lot of technology emerged including application of green materials in building. On the basis of employing the importance of the green building materials, this research is to incinerate the dust and burn the green material of light aggregate formed to sludge of the reservoir, mud of the sewer and rubbish, have already applied to a few

cases of the domestic public buildings, has carried on factors such as the applicability, indicator, security and cost-effective of afforesting amount, etc. to assess, and gather every number value and main point, put in order out the rational application way, the ones that offer the industry of the building in the future to adopt in many ways are considered in light of actual conditions or in accordance with following, even then popularize to the feasibility of the landscape design, expect to make it become material with indispensable construction work after abundant commercialization. If can establish the target of employing finally, besides solving several kinds of waste treatment problems, offer resource value again at the same time also, reach, set up, continue final goal of living environment forever.

Key word : green building materials, light aggregate, sludge, public buildings, landscape design.

壹、研究背景

由於工業與科技的迅速發展；衍生出二氧化碳(CO₂)的大量釋出，除了造成地球溫度的持續上升外，亦已嚴重影響人類的生存空間。有鑑於此，2005年世界各國於日本聯合簽署「京都議定書」，達成節能減碳為各國必須共同努力與落實的重要目標。

通常乾淨、清潔的生活環境是有助於人類延年益壽，況且以民眾平均每天須花12~16小時的時間在家中，若再加上工作期間待在辦公室與上班的時間，概估生命中約有超過80%以上的時間，是處於居家與公共的建築空間中，故而建築物之品質的良窳，將對人體的健康影響甚大。

過去建築產業之取材，完全採以地球上的資源為主，這除會影響地球的生態環境外，亦間接與建築物之使用者，有密不可分的關係，因此未來的建築材料之開發及應用，將會以推廣永續使用建築為導向，即所謂的建構綠色建築(Green Building)，尋求建築物與居住環境的共生模式，故而推行採用綠建材(Green Material)已是勢在必行的發展趨勢。因此我國行政院乃在1996年7月的 APEC 永續發展會議中；針對國際承諾推動「人居環境會議」的決議目標，以及於同年在「營建白皮書」中鄭重宣示；全面推動綠色建築政策[1]。此外因我國加入 WTO 後，為加強建材管制為而避免國外劣質建築材料進口傾銷，並且積極輔導國內建材產業的升級，故而大力推行『綠建材標章』制度，使綠建材標章能充分配合綠色建築政策而逐步擴展，這不僅是國內建築產業的新趨勢，更可為國人生活建立永續的健康環境。有鑑於綠建材推行的重要性；內政部建築研究所(簡稱建研所)於1999年成立「綠建築委員會」，以評定與獎勵綠建築設計，積極輔導與鼓勵產學界開發與生產綠建材，以廣泛建構綠色建築體系。

目前國內應用於建築或景觀工程之綠建材，種類相當繁多，其中多以工業或民生廢棄物再生製成建材為主。此外製造過程若具備節能或減低排放碳量之建材亦可歸屬為綠建材，惟這類建材亦有相關研究評估其綠化量指標[2,3]。

貳、文獻回顧

文獻蒐集部分，主要以水庫淤泥、民生下水道廢污泥及垃圾焚化灰等廢泥灰燒製成之輕質粒料，其中包括廢泥料源、燒結製程、各項性質以及應用於公共與景觀工程之案例，藉此瞭解此種綠色再生資源化輕質粒料之研發現況與應用建築業界的模式，並且彙整與分析可能之優缺點。諸如水庫淤泥係因水庫淤積嚴重，經由抽出沉泥並解決棄置問題。亦或家用廢水淤積之廢泥，經脫水後廢泥無法處理，而衍生再製成可用之人造粒料[4]，如圖1所示，達成具備雙重的效益。

前述之綠色建材，過去曾因是否含有危害人體健康及影響建築物安全等問題，未能多方被接納與採用。然而透過國外許多的應用案例，如美國芝加哥市建造之70層大樓，已促使國內公共工程勇於嘗試使用，例如2004年完成101層金融中心之裙樓商場、南投埔里鎮公所等[4]，而且有逐漸擴大應用之趨勢。本研究將依以往相關文獻，針對目前已完成之案例與模式，除檢討各項實務重點外，並且評估應用於景觀工程之方式。



(a)水庫淤泥製成粒料



(b)下水道污泥製成粒料



(c)垃圾焚化灰製成粒料

圖1 綠建材—人造輕質粒料

資料來源：黃兆龍(2008) [4,7]、邱英嘉(2003) [6]

一、何謂廢泥燒結輕質粒料

由於國內河川砂石大量的開採，取得的數量除逐年遞減外，同時亦嚴重危害橋樑構造的安全性，因此替代的粒料也被因應的開發出來。通常輕質粒材製造原料大多以膨脹黏土、頁岩、及板岩為主，但若人造的輕質粒料以廢棄物利用特殊技術而改造而

生產，是具有兼顧環保的雙重意義，故而產官學界無不極力推動與開發，以促進優質的健康環境。

（一）水庫淤泥製成之輕質粒料

台灣屬於南北狹長地形，加上東西段有高達三千公尺以上的高山，處於坡度陡峭儲水不易之條件之下，多數河川必須建造水庫，以保留地表水源。目前台灣有69座大小主要水庫，基於水土保持未能有效落實，造成水庫淤泥日益嚴重，因此若能將水庫淤泥用高溫燒結製成輕質粒料，不僅得以消化水庫淤泥，並增加水庫蓄水容量，同時可一併解決環保問題。

（二）下水道污泥製成之輕質粒料

對都市而言，下水道是不可或缺的公共設施，亦為都市發展的重要建設，代表該都市或國家繁榮與進步的標誌。若以台北市為例；截至2010年10月，污水處理設施已達到98%。相對下水道的普及即衍生出廢棄污泥大量增加的問題，根據統計資料顯示；台灣地區至2001年8月為止，廢污泥的平均產量約1,720立方公尺/天，每年約有630,000立方公尺廢棄脫水污泥[5]，此種廢泥若不作有效處理，勢必產生臭味及滲出水的嚴重公害問題。

基於前述污泥再處理問題，由於下水道污泥性質近似黏土、頁岩等原料，以及含有部分有機物質，目前國內外已著手進行再利用途徑的研發，其中可經由1,000-1,100°C的高溫，窯燒成建築紅磚與輕質粒料[6]。

（三）垃圾焚化灰燒結製成之輕質粒料

都市垃圾掩埋除了污染地下水質外，亦已無法消弭日益增多的都市垃圾量，因此各縣市政府乃積極興建焚化廠，以便快速處理每日收取的綜合垃圾。截至2005年初為止；國內各縣市已完成運轉都市垃圾焚化爐約有三十六座，每日焚化處理垃圾超過29000噸。由於焚化垃圾後會產生大焚化灰渣，其中含有許多的有毒物質，如重金屬及戴奧辛等，此種廢棄物若無適度的處理方式，未來幾年內將會對台灣環境造成嚴重的二次污染問題。

有鑑於此，目前政府與產、學業界合作研究，已採取高溫燒結方法，將垃圾焚化飛灰成功製成輕質圓形粒料[7]，提供為建築或景觀工程之綠色建材的來源。

二、何謂綠建材

綠建材係為配合健康與優質環境而發展出之綠色建築材料，而且已逐漸獲得世界各國認可與未來全面採用之建材，具備永續維護地球環保之特性。

依據國際學術界對綠材料之定義[8]；綠建材為「在原料採取、產品製造、應用過程和使用後再生利用循環，對地球環境負荷最小、對人類身體健康無害的材料。」，因此廣義而言；可稱之為綠建材的材料是相當的廣泛，亦即將廢物再利用而不具公害之資源材料皆屬之[9]。有鑑於此，內政部建研所依綠建材形成之來源與可帶來之效益，區分為四大類別，分別為「健康」、「再生」、「生態」、「高性能」等種類的綠建材[1]。

三、綠建材種類

依據前述的分類，茲說明特性如下：

- （一）「再生綠建材」係以營建廢棄物回收再利用為主要目標。減少建築產業耗能與二氧化碳汙染最有效的對策，就是促進建材的循環再利用。此類建材如粒片

板、中密度纖維板、木製傢俱及課桌椅、纖維水泥板及纖維強化水泥板(矽酸鈣板)、高壓混凝土磚、混凝土空心磚、碎石級配料、陶瓷面磚等。

- (二)「健康綠建材」即對人體健康不會造成危害的建材，換言之，健康綠建材為低逸散、低污染、低臭氣、低生理危害特性之建築材料，目前訂定以「低揮發性有機化合物」及「低甲醛」逸散為指標。此類建材如「塗料類建材」與「木質板類建材」。
- (三)「高性能綠建材」是以基於追求永續發展的生活品質，建材的性能研發也因此必須有所提昇，同時滿足人類呵護環境及兼顧生活品質的需求。此類建材包括隔音綠建材、隔熱綠建材、防火綠建材、及透水性綠建材等四大類。
- (四)「生態綠建材」設立係基於人類毫無節制地消耗資源，已致使地球的二氧化碳濃度年年劇增，因此製造過程是具有顯著以減碳效果之建材，皆是可歸納為此類建材。

四、人造輕質粒料綠建材之用途

過去國際間對於建築與健康上的關係議題甚多，最終得到明確的共識；建築對人體的健康有莫大的影響，因此建築界乃逐步將研究轉移至綠建築上，例如2007年台北市政府將市政大樓、信義區公所與市議會大樓列為綠建築的示範，亦即未來的綠建築應自設計、取材乃至於完竣使用期間，皆應具備環保節能效果。換言之，欲達成綠建築的設置目標，在保有原有設計功能之條件下，大量採用綠建材。

經由廢棄物再造之輕質粒料，依目前建材的組成至少可提供以下數種綠建材的用途；

- (一)輕質混凝土或透水混凝土。
- (二)隔熱、隔音輕質預鑄牆版。
- (三)人行道地磚或景觀地磚。
- (四)造園或景觀用環保粒料。
- (五)耐燃防火板(耐燃二級)。

參、研究動機與目的

一、研究動機

基於迎合全球節能減碳之重要策略，全面推行採用綠建材之發展趨勢，擬將以往已有初步完成數種廢棄物再生製成輕質粒料之綠色建材，探討與比較應用於公共建築工程之案例，評估使用後之特色及功能上的變異性，以建立未來若普遍應用公共建築構件或建築隔間版之最大效益，另外亦一併分析提供為透水景觀混凝土之可行性，增進此種綠建材之多用途目標與提升綠化量指標。

二、研究目的

本研究之主要目地為藉助比較模式，探討人造輕質粒料綠建材產生之各項成效，諸如對生態環境之貢獻度、對使用或居住者產生之健康程度、對空間規劃之效果以及對建構成本降低之經濟效益等。最後綜整分析結果，探討其應用公共建築與景觀設計之適用性與綠化效益。

肆、研究方法

本研究係探討廢泥燒結之人造輕質粒料應用於公共工程與景觀設計之實際案例與效能，將評估符合內政部建研所2007年提出之綠建材性能需求及綠化量指標，分析歸納出適合應用之模式及可改善之因素，因此將包含如下之程序。

一、第一階段文獻與工程案例彙集

依據李明賢(2008)指出[10]；目前國內利用廢棄材料製成再生綠建材種類，包括建築隔間版、地磚、空心磚等，如圖2所示。因此本研究主要針對廢泥回收再製成輕質粒料之來源及製程，進行相關研究文獻收集，並且尋求內外之已完成之實際建築案例，進而加以整理與歸納分析，其中以相同屬性為主而分類。

現階段受理的再生綠建材項目	
1.粒片板	再生比率90%以上；CNS2215。
2.中密度纖維板	再生比率90%以上；CNS9909。
3.木製傢俱及課桌椅	佔木料比率60%以上；CNS2837、2840及14430。
4.纖維水泥板及矽酸鈣板	除水泥外再生材料佔50%以上；CNS3802、13777及14890。
5.高壓混凝土地磚	除水泥外再生部份-A級20%、B級30%、C級50%；CNS13295
6.混凝土空心磚	除水泥外再生部份-A種50%、B種30%、C種20%；CNS8905。
7.碎石級配料	再生部份細粒料80%以上、粗粒料50%以上；CNS1240、6298。
8.陶瓷面磚	再生比率30%以上；CNS9737、9738、9740、9741、9742、9743、9744、3298及14909。
9.石膏板	再生重量50%以上；CNS4458。
10.普通磚	回收料乾重比例90%以上；CNS382。

再生綠建材是利用回收之材料經由再製過程，所製成之最終建材產品，且符合

廢棄物減量(Reduce)

再利用(Reuse)

再循環(Recycle)

等原則之建材。選用廢棄的建築材料直接進行二次使用者。



圖2 再生綠建材種類

資料來源：李明賢(2008) [10]

二、研究對象

為配合研究架構，本研究預定探討綠建材應用公共建築工程為主，其中包含內部與外部空間之應使用效能，諸如對結構、隔間、防火、減碳效益等、進而推行至景觀設計之可行性評估。故而研究期間將同時以101層金融中心之裙樓商場、南投埔里鎮公所等公共建築物為分析對象。

三、訪談與調查方法

將區分為二部分進行：一為實際現場調查(1、對象；使用輕質粒料綠建材之公共建築，係針對已採用此材料之特定建築物。2、目的；主要瞭解對建築物之影響與功能。3、主要課題；輕質粒料在建築空間的設施是否具有其特色。4、問題包括；建築設計、施工及完成後營運過程具有之特色等)；二為訪談調查部分(1、對象；包括不同使

用屬性建築物之設計者、施工者與管理者。2、目的；在於瞭解應用綠建材對建築物或景觀設計的看法。3、問題包括；輕質粒料綠建材應用上之困難點與優勢，其中包括料源取得、性能之變異性及經濟等因素，以評估未來是否擴大應用與推廣至景觀工程之可行性等相關問題)。訪談與調查之資訊，將進一步對輕質粒料綠建材在不同公共建築上的差異作比較與分析。

四、研究成果與探討分析

本研究係以廢泥燒結成輕質粒料應用於公共建築與景觀設計之分析與探討，經彙集各項資訊後，可獲得初步之成果並闡述如下。

(一)廢泥燒結成輕質粒料之品質

國內水庫淤泥製成輕質粒料的研發，始於1981年，由中興大學顏聰教、陳豪吉教授與台灣科技大學黃兆龍教授[11]，依據國內15座水庫淤泥分析後，選定石門水庫淤泥燒製成輕質粒料，經溫度1150~1200°C焙燒後，外型為圓球形顆粒，如圖一(a)所示，粒徑多在9.5~19公厘之間，表面硬度高，吸水率範圍為0.2~13.8%，比重為0.57~1.6之間，約為天然河川碎石重量的一半，已具有高經濟價值的綠色材料，此種綠建材與2001年產量達到10萬立方公尺。

另外以下水道污泥製成的輕質粒料，已於2003年由中央大學王鯤生教授開始研發[6]，外型也為圓球形顆粒，如圖一(b)所示，粒徑多在4.76~9.5公厘之間，表面硬度高，吸水率範圍為9~12%，比重小於1(0.76~0.83之間)，重量更低於天然河川碎石與水庫淤泥製成之輕質粒料。

最後有關垃圾焚化灰製成之輕質粒料，主要為配合台灣每日處理垃圾焚化之灰爐，已於2006年由台灣大學駱尚廉教授、台灣科技大學黃兆龍教授以及其他四所大學教授共同開始研發[7]，並且完成以高溫燒結方法，將垃圾焚化飛灰摻合其他廢棄物（如水庫淤泥、廢玻璃粉等），並且以包覆方式透過高溫1050~1150°C固化成輕質粒料。外型亦為圓球形顆粒，吸水率範圍為5~30%，比重範圍在1.3~1.69之間，約低於天然河川碎石的一半，同時符合環保規定；具備安全無害之標準。

(二)應用於公共建築物之效能

基於前述輕質粒料的開發與產製，成品多屬重量輕的環保綠建材，進而可提供為混凝土、隔熱材料或其他水泥製品之使用。其中應用混凝土部分；已使用於101層金融中心之「群樓商場」構造內及埔里鎮公所大樓之公共建築物的主體材料，經多方調查結果與分析，採用此綠建材可顯著減輕建築物的重量，因而降低對基礎土壤的負荷，並且因較天然石料輕，可增加梁、柱的尺寸，提高樓層的淨高度與鄰柱的間距，這對建築物室內空間的規劃與設計，有莫大助益與彈性。這種特色尤其是對將來應用超市或大型賣場的建構，更具適用性，除可增加商品的陳列高度及橫向空間外，亦擴展消費者的選購動線，同時具備雙重的功能。

另一方面根據黃兆龍(2002)指出[4]；燒結型輕質粒料是具有降低熱的傳導性及隔音效果。因此若配合使用於預鑄水泥版，如圖3及圖4所示，設置於公共建築的輕質隔間牆，將可增加隔熱效應，對於夏天與冬天期間，隔絕室外的酷熱及嚴寒的氣候，降低空調能源的耗費，更是符合綠建築的節能功效。此外依輕質粒料的多孔隙組織，若使用於獨立空間之隔版，耐火程度應可達到 CNS 6532規範定義之耐燃材料第二級標

準，可充分符合公共建築之「防火區劃」設計目標，建構火災空間之阻隔效應，達成被動式滅火功能。

(三)重應用於景觀設計之趨勢

目前國人因收入增加而逐漸注重休閒品質，因此對於公園綠地的規劃，必須搭配景觀設計的要求，加強整體綠化的目標。

如前述對廢泥燒製成人造輕質粒料之介紹，透過產製技術可成功製成圓球形顆粒，因此若配合透水混凝土的設計，如圖5所示，將人造輕質粒料相同粒徑加入拌合，如此亦可促成「多孔材料轉化植生鋪面」之應用，充分應用在平面及立面之停車場綠化及植草當土牆上，如圖6所示，達到景觀美化與環境綠化的雙重效果。



圖3 輕質粒料版製造過程

資料來源：黃兆龍((2002) [4]



圖4 輕質粒料使用於建築隔間版之成品

資料來源：黃兆龍((2002) [4]

另外因人造輕質粒料的重量較輕，混合於混凝土中，可減輕混凝土重量，對於塑造戶外公共藝術作品會有莫大設計空間，如鶯歌陶瓷博物館之龍形藝術品，如圖7所示，增進藝術品的曲面與細薄尺度的設計變化。

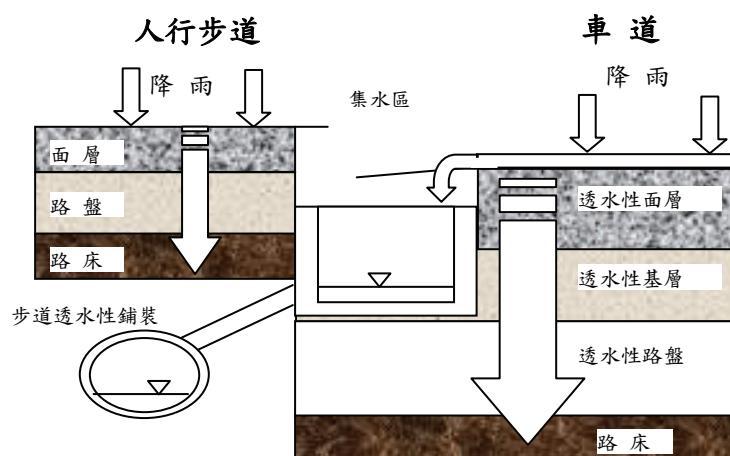


圖5 透水性鋪面設計 gk4gk4

資料來源：鄭光炎，鄭向高(2003) [12]

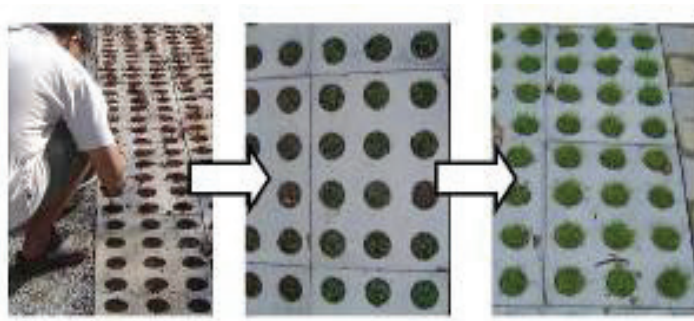


圖6 景觀設計之中空植草磚

資料來源：顏源毅(2008) [13]



圖7 鶯歌陶瓷博物館外之龍形藝術品

資料來源：黃兆龍(2002) [4]

伍、結論與建議

一、結論

本研究主要針對三種廢泥燒製成之輕質粒料，應用於公共建築與景觀方面的分析，綜整各項資料顯示具有如下數點效益：

- (一)增加建築物室內3D 空間，使空間設計更具靈活度。
- (二)增加構件內部組織的孔隙，對於應用隔間版可具有隔熱、防火與隔音效果。
- (三)替代天然河川粒料及減少廢棄污泥的數量，同時可降低建築物室內空調的消耗，符合節能政策，達成綠化建築的目標。
- (四)採用廢棄物為材料，有效減少綠建材的料源購置成本。

- (五)若以人造輕質粒料混凝土，本研究評估構築於14層建築物，據估算至少可避免112噸的 CO₂的釋放。而且興建之建築物樓層愈高或樓版面積愈大，減少 CO₂的釋放量則愈多，對生態與空氣品質是有莫大的助益。
- (六)由於廢泥輕質粒料係經高溫膨脹製成，利用其應用於多孔隙混凝土之特性，可有效降低所製成版、牆構件之熱傳導率，對於建築物提供優良隔熱或截溫的效果。另一方面亦有助於火災高溫度環境下，減少構件內部產生龜裂的機會，保障建築物處於火場的安全性。
- (七)經探討輕質粒料應用於景觀工程之適用性，基於人造輕質粒料之粒徑，若配合製程調整粗、細度，因此直接鋪設於景觀步道、庭園造景或花盆表面覆料，可增進景觀與植栽之美化效果，節省景觀設計之成本與縮短建置時程。另外亦可結合水泥製品，提供作為景觀工程之硬體設施；如緣石、花台磚的使用。

二、建議

雖然應用廢泥燒結輕質粒料於公共建築物與景觀工程有上述各項優異的成效，但因其質輕使混合於混凝土或水泥基底之構件重量減小，根據物理學理論；這會相對降低構件的力學強度。另一方面仍因燒製成輕質粒料之過程繁瑣，單位價格高於天然河川碎石，以供未來在業界廣泛使用時作謹慎評估與參考。

- (一)三種廢泥燒結輕質粒料之開發成果，水庫淤泥製成之輕質粒料，因料源單純與無毒性，目前已成功量產與商業化供給。下水道污泥與垃圾焚化灰燒結之輕質粒料，造粒技術已研發完成，品質與水庫淤泥輕質粒料相近，重量則略輕，惟設廠量產尚須克服部分設備與製程，目前尚無法大量生產，未來若配合產學的技術移轉應可充分量產，這將對國內此三種廢泥提供非常有意義的處理途徑。
- (二)利用廢泥製成輕質粒料，尚需經過1100~1300°C的高溫燒結而成，這部分仍具有耗費能源與排放碳量的問題，故而未來必須藉助產業界與學術界的合作，研擬製程簡化或降低燒結溫度，亦或採取冷結造粒方式克服此方面的能源耗費。
- (三)目前國外(包括中國大陸)將人造輕質粒料應用在公共建築物之案例，相當多且普遍，主要基於使用輕質粒料並無太多的負面效應，而且兼具廢棄物處理的環保功能。反觀國內雖然輕質粒料製造技術已臻成熟，卻因公共工程未廣泛及大量採用，以致成功應用之案例不多，若政府未來極力將綠建材與綠建築推動於建築工程上，應首先於公共工程規範中明定使用範圍與數量，俾利後續民間建築業者效法採用。

參考文獻

1. 內政部建築研究所，2007，綠建築解說與評估手冊，2007年更新版，台北。
2. 鄭郁玟，2006，「綠建築綠化量指標評估方法之比較研究」，國立中興大學水土保持學系碩士論文。
3. 林憲德，2003，熱溼氣候的綠色建築，初版，詹氏書局，台北。
4. 黃兆龍，2002，混凝土性質與行為，第三版，詹氏書局，台北。

5. 歐陽嶠暉(2000)，「下水道工程學」，增訂版，台北：長松出版社。
6. 王鯤生、邱英嘉等人，2003，「燒結型下水污泥輕質骨材之研究」，第十三屆下水道及水環境再生研討會，台北。
7. 駱尚廉、黃兆龍等人，2008，「垃圾焚化灰轉化綠建材之研發」，國立台灣科技大學技術研究報告，台北。
8. 金文森、郭智豪(2008)，綠色建材概論初版，五南圖書出版股份有限公司，台北。
9. 符芳，1996，景觀·建築工程材料學，地景企業股份有限公司，台北。
10. 李明賢，2008，「優質再生綠建材之研發與量產技術」，東南科技大學再生綠建材研討會，台北。
11. 內政部建築研究所，2003，「水庫淤泥輕質骨材產製及輕質骨材混凝土應用與推廣」，技術研究報告一分項計畫四，台北。
12. 鄭光炎、鄭向高，2003，「透水鋪面工法簡介」，透水鋪面工法講習會，台灣營建研究院，台北。
13. 顏源毅，2008，「非燒結性透水多孔混凝土鋪面植生特性之研究」，國立台灣科技大學營建工程研究所碩士論文。
14. 內政部建築研究所(2004)，「輕質骨材混凝土設計規範及防火隔熱性質研究」，技術研究報告。
15. 馮乃謙、李章建等人(2008)，「超輕混凝土的研發與應用」，第三屆海峽兩岸輕骨料混凝土產製與應用技術研討會，中國烏魯木齊。
16. 劉育東(2006)，「全球在地化－台灣新建築2000-2005」，初版，台北：藝術家出版社。
17. 李清志、陳明竺、夏鑄九等人(2004)，「解放公共藝術－破與立之間」，初版，台北：台北市政府文化局。
18. George, St. M., "Concrete Aggregate from Wastewater Sludge", Journal Concrete International, Vol. 8, pp.27-30 (1986).
19. Tay, J. H. and Show, K. Y., "Resource recovery of sludge as a building and construction material- A future trend in sludge management", Water Science and Technology, 36(11), pp.256-266 (1997).
20. Philipp P. B., Reinhard B., and Helmut B., "Metal Leaching of Fly Ash From Municipal Waste Incineration by Aspergillus niger", Environment Science & Technology 30(10) 3066 (1996).
21. Clarke, J.L., Structural lightweight aggregate concrete. Blackie Academic and Professional (1993).
22. Newman, J and Owens, P., "Advanced Concrete Technology-Properties of lightweight concrete", Butterworth- Heinemann publication (2003).

東南科技大學 東南學報 第三十六期 中華民國一百年七月出版 第133-142頁

TiO₂奈米管負載 Au、Ag 奈米粒子之合成及光催化性能之研究

Study of Titania Nanotubes/Noble Metal (Au、Ag) Nanocomposites with Controllable Coverages and Performance in Photocatalyticdegradation

王 成 財¹

陸 魁 奇²

Cheng-Cai Wang¹

Kwei-Chyi Lu²

¹萬能科技大學 觀光與休閒事業管理學系 副教授 Department of Tourism and Leisure Management

²東南科技大學 環境與安全衛生工程學系 講師 Department of Safety,Health and Environmental engineering

摘 要

本研究主要是利用電化學方法合成貴金屬/二氧化鈦奈米管 (Au/TNT、Ag/TNT) 複合奈米材料，並探討物化特性及光催化降解染料之效果。

關鍵詞：電化學方法、貴金屬/二氧化鈦奈米管、光催化、染料

ABSTRACT

We report here the first electrochemical methods to prepare titania nanotubes/noble metal (Au、Ag) nanocomposites with controllable coverages and performance in photocatalyticdegradation of dyes are investigated.

Keywords: electrochemical methods; titania nanotubes /noble metal; dye; photodegradation

壹、前言

近來貴金屬分散於一些氧化物載體上，所展現之不尋常催化特性，已引起廣泛的注意[1-4]。研究發現，二氧化鈦的表面，如以金或銀等貴金屬奈米粒修飾，由於其間的電荷轉移，更能增加其光催化的效率，而金屬奈米粒於二氧化鈦表面之覆蓋率亦是影響效率的重要因素[5-6]。一般而言， TiO_2 金屬化的主要目的在於降低價電帶與傳導帶之能量差、改變 TiO_2 觸媒催化活性，此外所添加之物質可於產生電子-電洞對時，迅速捕捉電子，因而穩定電子-電洞對。我們知道製造核-殼式複合奈米粒之主要目的為促進二氧化鈦的催化與感測性質，甚至改變其材料的光電特性，因此有許多方法被提出以製備貴金屬覆蓋之二氧化鈦複合奈米粒，其中最常見的是將吸附於二氧化鈦表面之貴金屬鹽類，還原成元素態[7-9]，其他方法還有化學氣相沉積法、煅燒處理法、光誘發沉積法等等。在化學還原法中，關鍵技術在於溶液之 pH 值必須低於具有酸鹼兩性二氧化鈦的等電位點($\text{IEP}_{\text{TiO}_2}=6$) [1,8]，此時貴金屬鹽類即很容易吸附於二氧化鈦表面。Rodriguez 等人[5]利用化學氣相沉積法，在 300 K 下將奈米金沉積在 TiO_2 表面，同時以同步輻射研究 Au 與 Ti 之間的作用力，此時 TiO_2/Au 複合奈米粒比單獨之奈米金或二氧化鈦更具化學活性，產生了一個對 SO_2 吸、脫附具有非比尋常能力的系統；在其研究中是以 X-射線光電子分光儀(XPS)來計算貴金屬在二氧化鈦表面的覆蓋率，並發現由於金之活性較低，所以 Ag 與 S 之鍵結力較 Au 與 S 之鍵結力強。Zanella 等人[1]提出一種特殊之煅燒處理法去製造 TiO_2/Au 複合觸媒，此法能使吸附於二氧化鈦表面的 Au(III)分解成元素態的奈米金，研究中發現貴金屬鹽類中陰、陽離子在二氧化鈦表面不同的吸附方式，將會在二氧化鈦表面產生不同大小與含量之奈米金，在傳統之方法中奈米金的含量僅為3%，而此法可將含量提高至8%，且奈米金的顆粒大小為2-3 nm，此含量對 CO 之氧化最具效果。Schaff 與 Blom[10]報導有關在甲苯溶液中奈米金沉積於結晶態之二氧化鈦表面，實驗中發現經由單層自組分子之方式，奈米金會沉積於相鄰二氧化鈦的邊界處，由於此特性，可形成特殊之金線，且金屬鹽類之濃度不同，其沉積行為亦不同。而以光誘發沉積貴金屬於二氧化鈦表面的方法，在文獻中亦有人使用[8,9]。在 Dawson 與 Kamat[8]的研究中首先以過氯酸將溶液調成酸性，接著將金屬鹽類與二氧化鈦以不同之比例加入溶液中以製備 TiO_2/Au 複合奈米粒，實驗中發現顆粒大小不同，其光學吸收帶之位置亦不同，且在可見光雷射的照射下，沉積於二氧化鈦表面的奈米金會發生核融合與碎裂的現象，尤其是在532 nm 的雷射光激發下，另外溶液中二氧化鈦的濃度亦會影響製備複合奈米粒的大小與穩定性。當然金屬奈米粒於二氧化鈦表面之覆蓋率是影響催化活性的重要因素，而奈米金與二氧化鈦的比例決定於製備時金屬鹽類的濃度、溶液之 pH 值與煅燒處理之溫度等等製備條件，同時殘留之帶正電金屬陽離子亦可增強元素態金屬奈米粒子的活性[11]。本研究提出一創新之電化學方法合成貴金屬/二氧化鈦奈米管複合奈米材料，嘗試簡化製程、提高再現性與覆蓋率；首先於含有二氧化鈦奈米管之0.1 N HCl 中將金屬基材作不同圈數之電化學氧化-還原循環粗化處理，此時溶液中之金屬鹽類會吸附於二氧化鈦奈米管表面，接著以聲波電化學法，以不同之陰極還原過電位，將金屬鹽類還原成元素態，改變不同之電化學條件，即可控制不同之覆蓋率與表面金屬奈米粒之顆粒大小。另外藉由覆蓋率之提升，或可增進二氧化鈦奈米管之光催化的效率，可廣泛地應用於環境清潔與光觸媒等產業上。

貳、研究目的

本研究採用以電化學方法為基礎，合成貴金屬/二氧化鈦奈米管複合奈米材料，嘗試簡化製程、提高再現性與覆蓋率。並量測貴金屬/二氧化鈦奈米管複合材料之 AA 與 TEM，以探討二氧化鈦奈米管在以奈米金屬覆蓋前後之負載量和晶粒大小。最後，量測 BV-10 染料廢水在貴金屬/二氧化鈦奈米管複合材料光催化降解數據，藉以探討貴金屬負載量與顆粒大小對光催化活性促進之關係。經由本研究的執行，將可簡化製備程序合成貴金屬/二氧化鈦奈米管複合奈米材料，用以提高光解效率；此外，亦可更深入瞭解二氧化鈦奈米管材料特性，對後續本團隊於修飾此奈米材料與應用於環境工程處理技術方面，可提供相當重要的訊息，期望開發出具有高活性位址的光觸媒擔體。

參、材料及實驗方法

3.1 二氧化鈦奈米管之製備

將120 mL 10 M NaOH 溶液和6克粉末 TiO₂ 粉體混合攪拌後，將得到的白色懸濁液裝入高壓釜的聚四氟乙烯內襯中。將高壓釜以150°C 鍛燒24 小時後，再以10⁻² N HCl 水溶液酸洗，經過酸洗的二氧化鈦奈米管光觸媒再於100°C 真空烘箱中烘乾8 小時。

3.2 金屬鹽吸附於二氧化鈦奈米管表面先驅物之製備

所有電化學實驗均於三槽式之玻璃反應器中進行，且由一恆電位電流儀控制(model PGSTAT30, Eco Chemie)，實驗溫度為室溫22°C，以裸露面積為4 cm²之黃金片(或銀片)、8 cm²之白金片與飽和氯化鉀之銀/氯化銀，分別為工作、相對與參考電極；在進行電化學 ORC 程序粗化處理黃金基材前，電極先分別以1 與 0.05 μm 之氧化鋁粉，用機械研磨拋光至鏡面(model Minimet 1000, Buehler)，以清洗後之金屬基材為工作電極，放入已曝氣30分鐘之0.1 N HCl 且含1 mM TiO₂奈米管溶液中。於室溫下，將線路與電化學量測系統(ECO, PGSTAT30)接好，待系統開路電位(open circuit potential, OCP)穩定後才開始進行實驗，實驗全程均曝氣。對黃金電極，設定 CV 之陰極與陽極掃描端電位分別為-0.28 V(停留10秒)及1.22 V(停留5秒)，掃描速率為500 mV/s，分別掃描25、50、75和100等不同圈數；對銀電極，設定 CV 之陰極與陽極掃描端電位分別為-0.30 V 及0.30 V(端電位處不停留)，掃描速率為50 mV/s，則分別掃描5、10、20和30等不同圈數。ORC 實驗前，量測溶液之 pH 值，以確保低於二氧化鈦的等電位點(IEP_{TiO₂}=6)，這樣 ORC 後產生之金屬鹽類才能吸附於二氧化鈦奈米管表面。為了分離未吸附於二氧化鈦表面之金屬鹽類，以高轉速離心機將其收集吸附於二氧化鈦奈米管表面之金屬鹽類，並以去離子水洗滌後再離心收集，以此循環處理多次。

3.3 二氧化鈦奈米管/貴金屬複合材料之製備

上述處理過後之先驅物粉末再溶於0.1 N HCl 溶液中，接著黃金工作電極立刻以具有相同露面積為4 cm²之白金片取代，待系統之開路電位(open circuit potential; OCP)穩定後，以不同之陰極過電位，在超音波與輕微之攪拌下，將金屬鹽還原成元素態奈米金屬，以製造二貴金屬/二氧化鈦奈米管複合奈米材料，純化過程亦為反覆之洗滌後與離

心收集。超音波產生器(model XL2000, Microson)操作在20 kHz，以直徑為3.2 mm 之鈦化鋇振動器釋出100 W 的功率。

3.4 物性與化性之測量

各種電化學條件下貴金屬含量以原子吸收光譜儀(atomic absorption spectrophotometer, AA, Z-2300, Hitachi, Japan)量測，並利用穿透式電子顯微鏡(transmission electronic microscopy, TEM, Hitachi, Japan)觀察貴金屬/二氧化鈦奈米管複合奈米材料的大小、形狀與判斷有無堆積。

3.5 染料之光催化降解實驗

在光催化降解實驗中所使用之標的染料為 BV10(其結構見圖1)。在光催化降解實驗方面，待染料與複合材料達到吸附平衡後(1小時)，以紫外光照射，水中染料殘餘濃度可用 Shimadzu 公司的 UV-Vis meter (UV-160A)進行分析，由此可計算得到染料的光催化降解率。

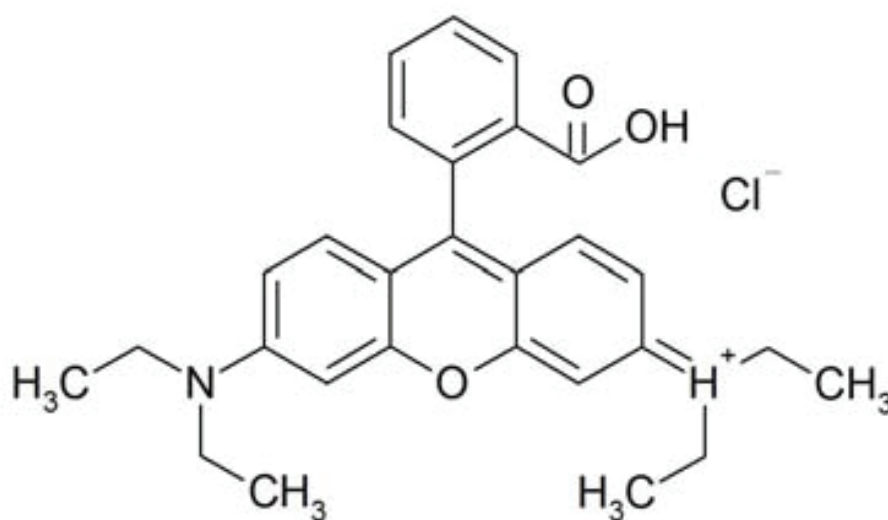
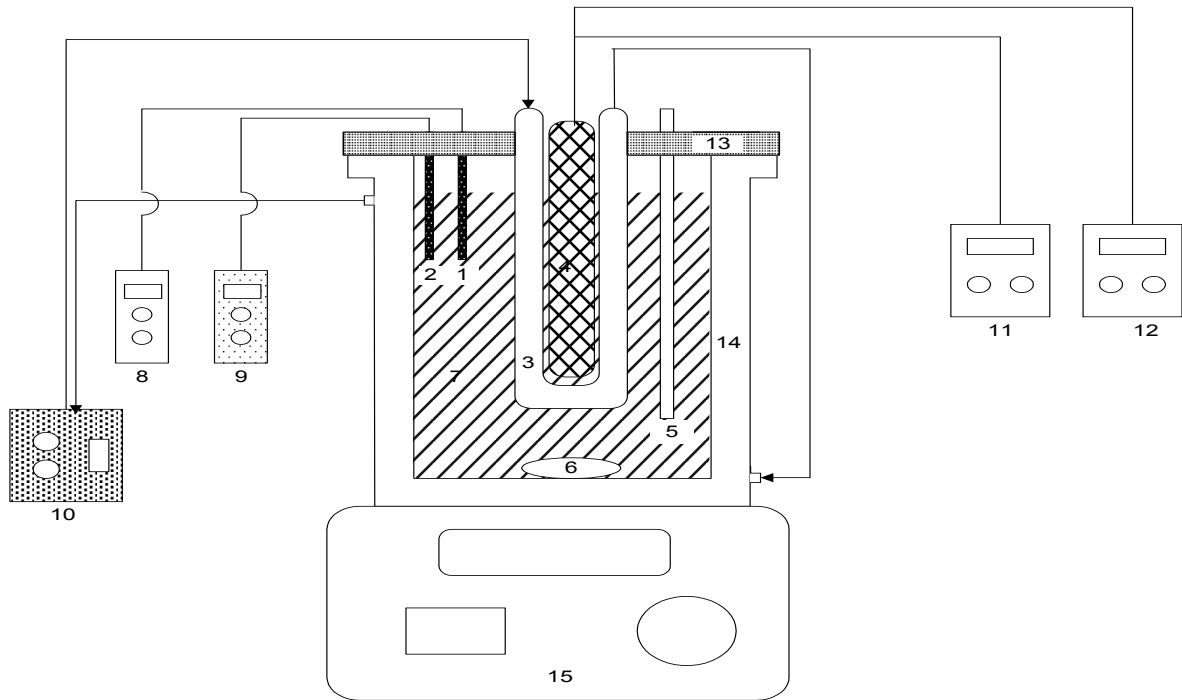


圖1 BV10 之結構

首先配置 BV10染料溶液後，取 0.05g 複合材料置入 0.3升之染料溶液中，並使用磁子進行攪拌1小時，待染料與複合材料達到吸附平衡後（此時所量測的 BV-10 濃度為初始濃度），以365 nm 波長15W 低壓汞燈照射(廠牌為 FL-15BL)，分別於不同時間下取3毫升溶液後，利用554 nm 波長 UV 可見光譜儀(UV-160A, Shimadzu)進行分析水中染料殘餘濃度，由此可計算得到染料光降解效果（實驗裝置見圖2）。



- | | |
|--------------|--------------|
| 1. pH sensor | 9. DO量測器 |
| 2. DO sensor | 10. 恆溫水槽 |
| 3. 石英管夾層 | 11. 可變電壓與穩壓器 |
| 4. 紫外光燈管 | 12. 電源控制器 |
| 5. 取樣管 | 13. 壓克力蓋 |
| 6. 磁石 | 14. 含水夾層玻璃容器 |
| 7. 反應槽 | 15. 磁石攪拌器 |
| 8. pH量測器 | |

圖2 光催化降解實驗裝置

肆、結果與討論

4.1 貴金屬/二氧化鈦奈米管複合材料之結構

圖3和圖4 分別為添加鈦管前後循環圈數50圈的金和循環10圈的銀溶液循環伏安圖結果。由圖3 顯示，添加鈦管前後的金 $I-E$ 曲線趨勢相當類似，而圖4 添加鈦管前後的銀 $I-E$ 曲線趨勢也是極為類似，表示添加鈦管後皆會有金和銀的生成。但是添加鈦管後則會有抑制金屬離子氧化分解和還原沈積效應，其原因可能是在電場的作用下，金和銀金屬離子都會和鈦管有互相影響的作用。

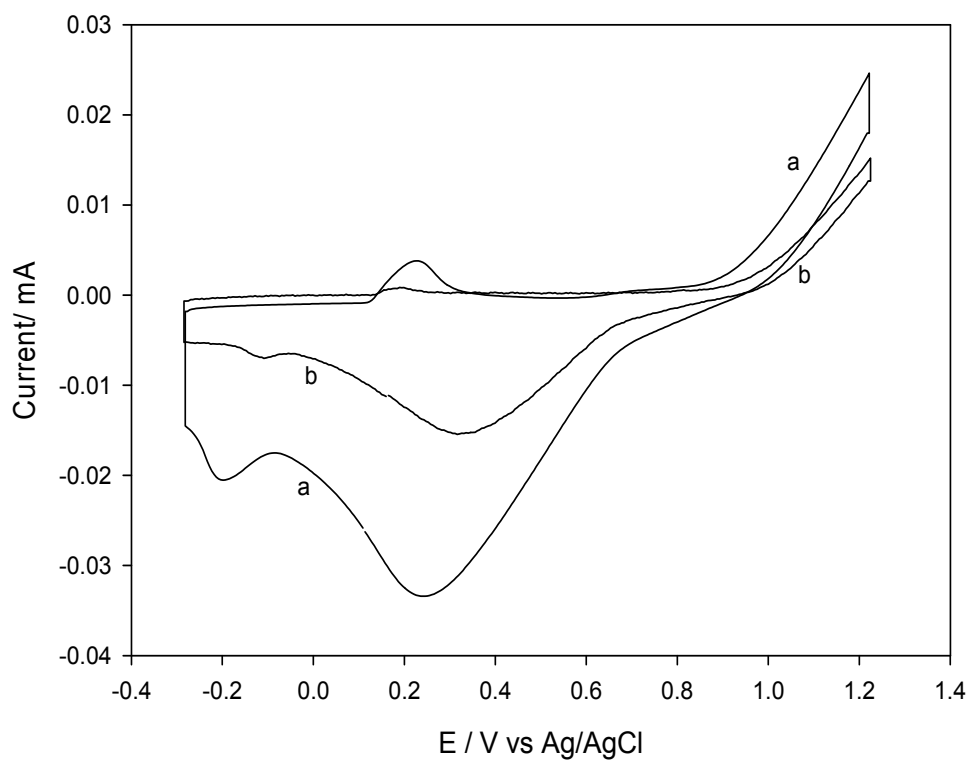


圖3 添加鈦管前後金溶液循環伏安圖(a) 未添加TNT， (b) 添加1 mM TNT

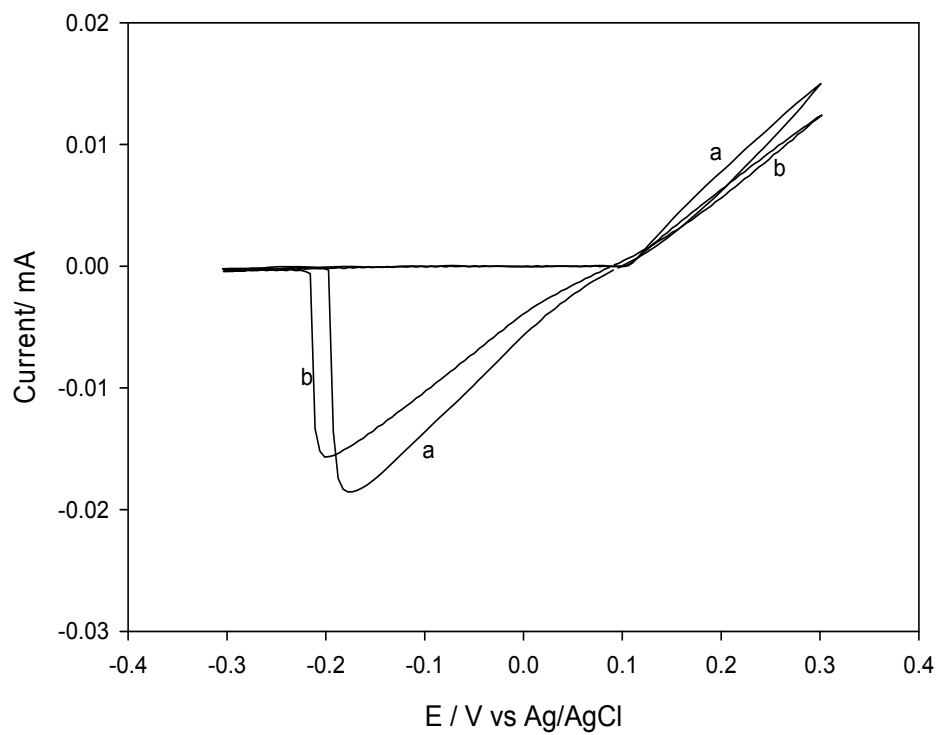


圖4 添加鈦管前後銀溶液循環伏安圖(a) 未添加TNT， (b) 添加1 mM TNT

圖5 顯示經水熱法所合成的TNT和再經由電化學氧化-還原循環處理後所得之貴金屬/二氧化鈦奈米管 (Au/TNT, 50 ORC、Ag/TNT, 10 ORC) TEM影像結果。對TNT而言，我們獲得大量具有內徑10-30 nm 且長度可達幾仟nm 之奈米管。更進一步的經由電化學氧化-還原循環處理後，可在TNT外表面上獲得均勻分散無堆積且顏色較深的奈米粒子，奈米金粒徑為10~70 nm，奈米銀粒徑為20~160 nm。另一方面，由TEM影像觀察則可發現，經過電化學處理前後的TNT 其結構非常類似，顯示載體結構並不會受到電化學反應而遭到破壞。

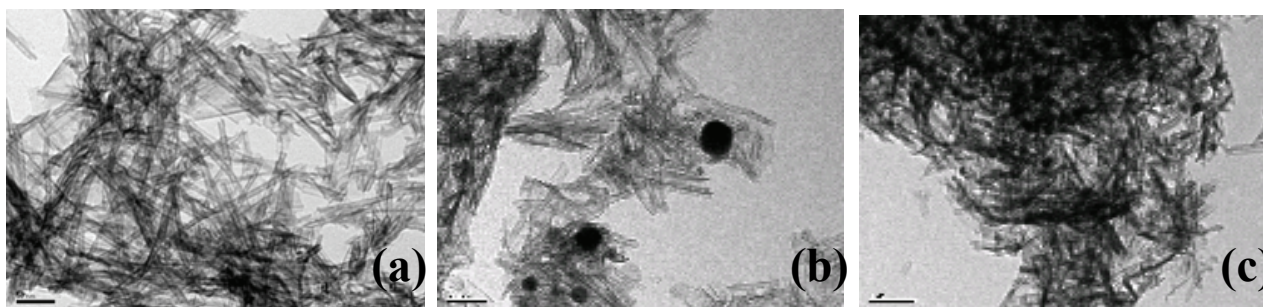


圖5 二氧化鈦奈米管經電化學氧化-還原循環處理後之TEM影像(a) TNT，(b) Au/TNT，50 ORC及(c) Ag/TNT，10 ORC

4.2染料之光催化降解結果

圖6和圖7分別為Au/TNT和Ag/TNT不同掃描圈數的光催化反應結果，從實驗的結果可以看出Au/TNT和Ag/TNT光觸媒的活性都隨著掃描圈數的增加先升高然後逐漸降低，其中以Au/TNT掃描圈數為50圈和Ag/TNT掃描圈數為10圈的觸媒活性最佳。而兩者相較則以前者之活性較後者為佳。同時從圖8不同掃描圈數Au/TNT的金含量，也可以看出Au/TNT隨著掃描圈數的增加，金的含量明顯增加的結果，表示Au/TNT複合材的催化活性與金的負載量密切相關。實驗結果顯示Au/TNT中掃描圈數為50圈時金的負載量7.3%具有最佳之活性。這主要是因為鈦管負載金的光催化活性和表面金屬的形貌有關。適量的負載金屬能有效的抑制光生電子和電洞的複合，延長光生電子的壽命，因而提升其光催化的活性。然而當負載的金屬量過大時，金屬將覆蓋更多鈦管的表面，不利於光電子的激發，因此降低其光催化活性。另一方面，隨著貴金屬負載量增加，表示顆粒隨著含量增加而變大，當顆粒過大時，照光激發產生的電子與電洞容易在顆粒內部進行再結合，因而降低氧化水中污染物的能力。然而當顆粒太小時，表面缺少可以穩定電子與電洞的物質，因此光生電子容易在表面再結合，降低光激發電子的生命期而無法有效的分解水中的污染物，顯示貴金屬顆粒太大或太小皆不利於反應的進行。另外，若金屬的負載量固定時，其分散度越高，則催化劑的活性也越高。因此，控制鈦管表面負載金屬的量和大小使其具有較高的分散度，是提升Au/TNT和Ag/TNT 光觸媒活性的有效途徑。

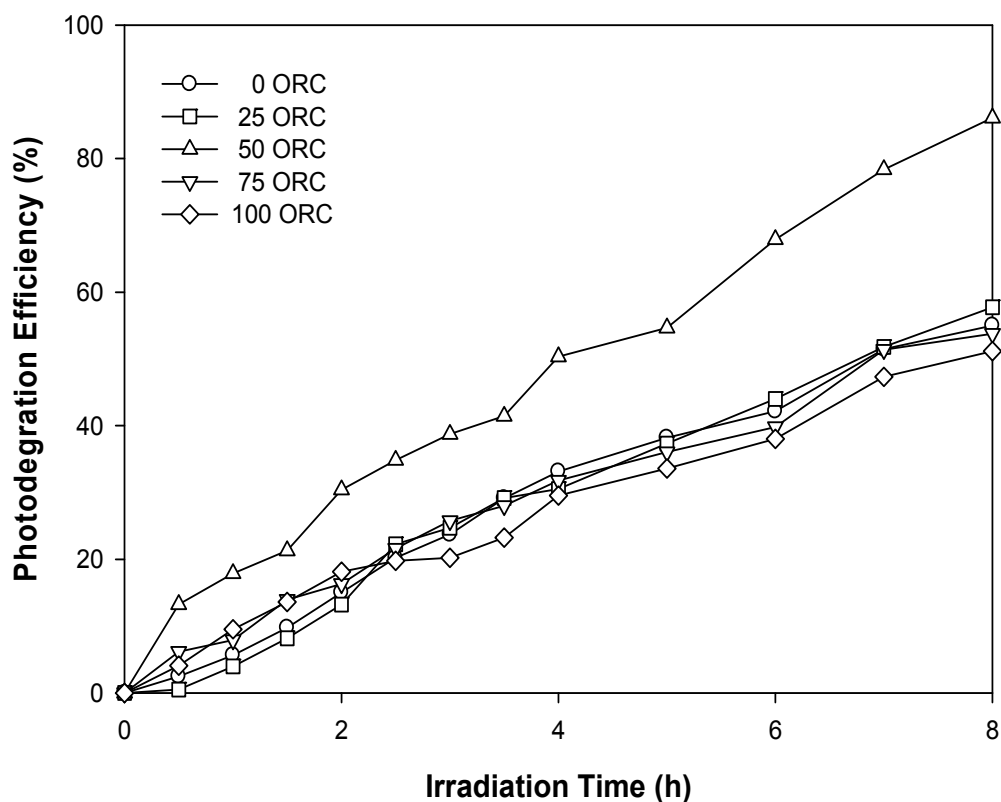


圖6 Au/TNT 不同掃描圈數的光催化反應結果

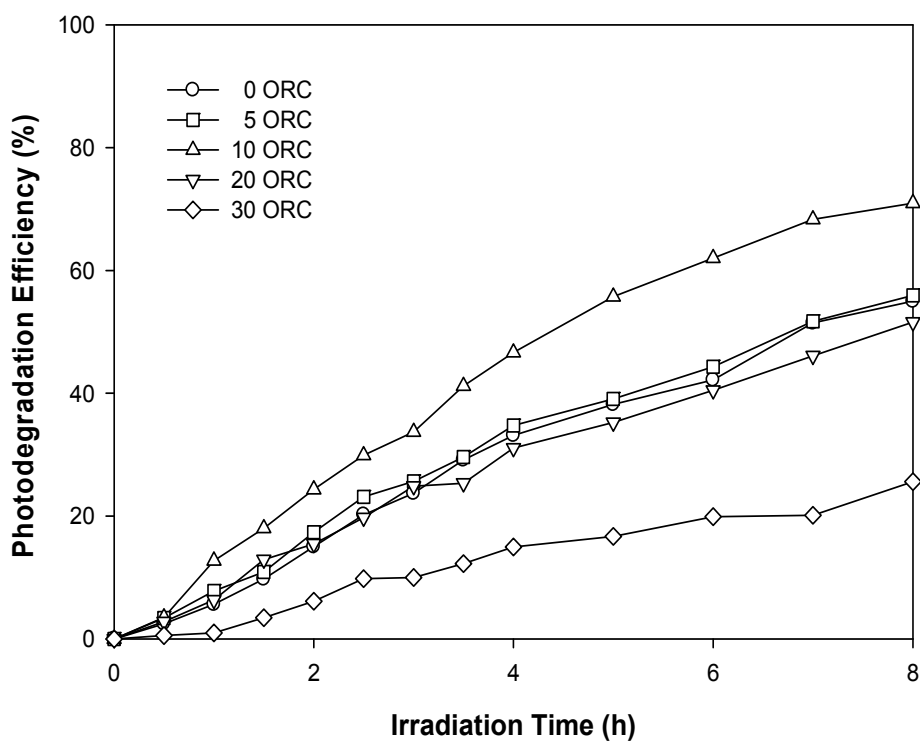


圖7 Ag/TNT 不同掃描圈數的光催化反應結果

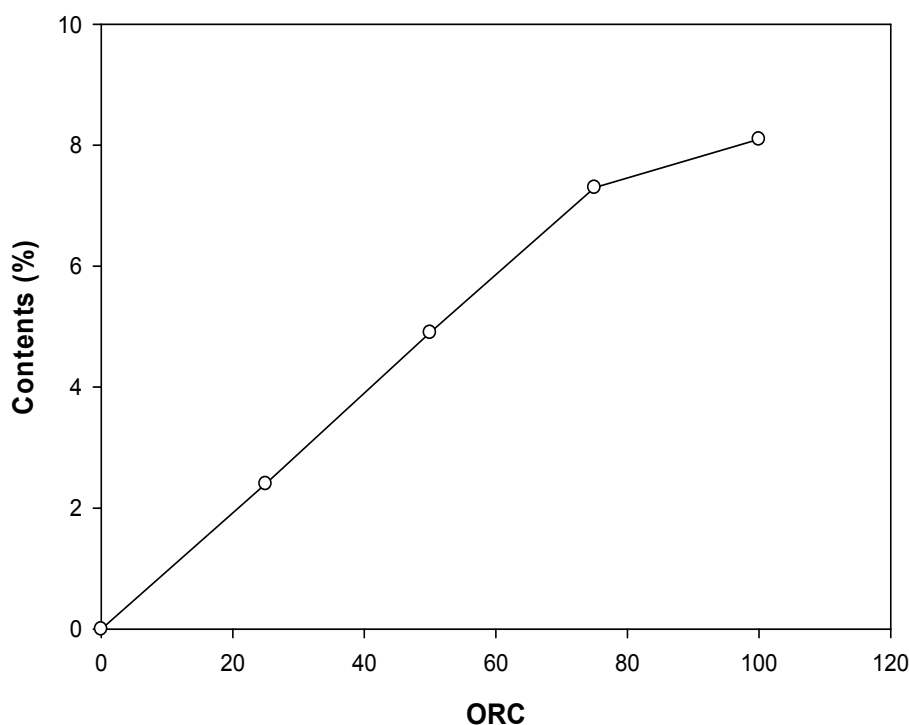


圖8 不同掃描圈數 Au/TNT 的金含量

伍、 結論及建議

本研究之目的是為了探討以電化學方法合成之貴金屬/二氧化鈦奈米管複合奈米觸媒，光催化分解水中染料之效果及影響因素，以評估其作為光觸媒之潛能。研究成果分貴金屬/二氧化鈦奈米管複合材料之鑑定及光催化光催化降解之效果兩方面。

在貴金屬/二氧化鈦奈米管複合材料之鑑定方面發現，奈米金粒徑為10~70 nm，奈米銀粒徑為20~160 nm。經過電化學處理前後的 TNT 載體結構並不會受到電化學反應而遭到破壞。Au/TNT 隨著掃描圈數的增加，金的含量明顯增加。

在光催化降解實驗方面，當 Au/TNT 掃描圈數為50圈和 Ag/TNT 掃描圈數為10圈的觸媒對 BV10的光解率最大。

經由上述之實驗結果可知，不同掃描圈數會對複合材料之貴金屬負載量和粒徑產生不同影響。另外，不同負載量和粒徑會產生不同之光催化降解效率。控制鈦管表面負載金屬的量和大小使其具有較高的分散度，是提升 Au/TNT 和 Ag/TNT 光觸媒活性的有效途徑。因此利用各種儀器鑑定之性質探討其和光催化降解特性間之關係，才能瞭解並控制其光催化降解效率，進而有其實用價值。

參考文獻

1. Zanella, R.; Giorgio, S.; Henry, C. R.; Louis, C. J. *Phys. Chem. B* 2002, 106, 7634.
2. Guo, Y. G.; Wan, L. J.; Bai, C. L. *J. Phys. Chem. B* 2003, 107, 5441.
3. Manzoli, M.; Chiorino, A.; Boccuzzi, F. *Surf. Sci.* 2003, 532-535, 377.
4. Hirakawa, T.; Kamat, P. V. *Langmuir* 2004, 20, 5645.
5. Rodriguez, J. A.; Liu, G.; Jirsak, T.; Hrbek, J.; Chang, Z.; Dvorak, J.; Maiti, A. *J. Am. Chem. Soc.* 2002, 124, 5242.
6. Zwijnenburg, A.; Goossens, A.; Sloof, W. G.; Craje, M. W. J.; Kraan, A. M.; Jongh, L. J.; Makkee, M.; Moulijn, J. A. *J. Phys. Chem. B* 2002, 106, 9853.
7. Chandrasekharan, N.; Kamat, P. V. *J. Phys. Chem. B* 2000, 104, 10851.
8. Dawson, A.; Kamat, P. V. *J. Phys. Chem. B* 2001, 105, 960.
9. Subramanian, V.; Wolf, E. E.; Kamat, P. V. *Langmuir* 2003, 19, 469.
10. Schaaff, T. G.; Blom, D. A. *Nano Lett.* 2004, 4, 507.
11. Fu, Q.; Saltsburg, H.; Flytzani-Stephanopoulos, M. *Science* 2003, 301, 935.

硝化菌、厭氧氨氧化菌生物固定化 最佳條件之探討

Study on Optimal Conditions for Immobilized Nitrifying and Anammox Bacteria

夏聰惠¹ 馮宇柔² 何俊明³ 張育銘⁴ 李忠倫⁴

Tsung-Hui Hsia¹ Yu-Jou Feng² Chun-Ming Ho³ Yuh-Ming Chang⁴ Jong-Luen Lee⁴

¹東南科技大學 環境與安全衛生工程系 副教授 Department of Safety Health and Environmental Engineering

²東南科技大學 環境與安全衛生工程系 副教授 Department of Safety Health and Environmental Engineering

³東南科技大學 環境與安全衛生工程系 助理教授 Department of Safety Health and Environmental Engineering

⁴東南科技大學 防災科技研究所 研究生 Institute of Construction Technology and Hazards Mitigation

摘 要

傳統之生物除氮技術包括好氧硝化及無氧脫硝兩個階段，好氧硝化菌需大量氧氣供應，為能源消耗之主要來源；而一般異營脫硝菌則需外加有機碳源，不但增加處理成本，亦有處理水殘留COD之問題。因此，藉由部分硝化（partial nitrification）程序，將氨氮部分氧化成亞硝酸鹽，再將氨氮與亞硝酸鹽一併轉換成氮氣，此即所謂「厭氧氨氧化」（Anammox, Anaerobic Ammonium Oxidation）程序，因縮短除氮時程，減少能源消耗，有漸受重視之趨勢。厭氧氨氧化菌於無氧或缺氧之環境下生長，而所需之碳源為水中之碳酸根及二氧化碳，該菌生長緩慢，具有廢棄污泥量少之優點，此種自營性生物除氮程序結合生物固定化技術更具穩定性強、生物密度高、耐毒性、耐高負荷、易於固液分離、污泥產量少等優點，在廢水除氮處理之領域有廣闊之應用前景。

本研究先以微生物馴養為主，待各類菌種馴養完成後分別加以固定化，再針對不同操作條件進行各類微生物固定化之性能評估。固定化條件中以聚乙烯醇(PVA) 100℃加熱，待氣泡上浮2 hrs後，冷凍24hrs，放置室溫回溫24 hrs為較佳。

關鍵詞：氨氮、生物固定化、厭氧氨氧化

ABSTRACT

In tradition, biological nitrogen removal process includes two steps: aerobic nitrification and anaerobic denitrification. Much oxygen is needed and is the main source of energy

consumption in aerobic nitrification. Extra addition of organic carbon source in anaerobic denitrification increases treatment cost and COD in effluent. Therefore, ammonia is partially oxidized to nitrite in partial nitrification and then the remaining ammonia and the produced nitrite are simultaneously transformed to nitrogen gas in anaerobic ammonium oxidation (ANAMMOX) reaction, is the trend for modern nitrogen removal processes.

In this study, nitrifying bacteria and Anammox biomass were acclimated first, and then immobilization technique was used to entrap the microbes to enhance the characteristics including stability, toxicity endurance, and shock loading endurance. Different conditions were performed to evaluate the optimal condition for nitrogen removal. PVA (Poly Vinyl Alcohol) was used to immobilize these microbes and was heated to 100°C. After two hours for foams floating to the surface of solution, the immobilized samples were placed in -20°C refrigerator for freezing 24 hours and then thawed to room temperature for 24 hours. These operation conditions showed the best result for immobilized biomass to eliminate the nitrogen.

Keywords: Ammonia, Immobilization, ANAMMOX

壹、前言

傳統之生物除氮方式包括好氧硝化及無氧脫硝兩步驟，近十年來有多位學者結合部分亞硝酸鹽化（partial nitritation）之原理與厭氧氨氧化程序(ANAMMOX process)，將一部分的氨氮氧化成亞硝酸鹽氮，再將剩餘的氨氮及亞硝酸鹽氮一併轉換為氮氣並產生少量的硝酸鹽氮，此一程序為自營性，完全不需添加任何有機碳即可脫硝(Schmidt, 2003)、(Khin, 2004)、(Jetten, 2001)，因此可有效縮短傳統生物硝化及脫硝之流程，降低操作成本及複雜性。亞硝酸鹽化(nitritation)乃是將氨氮氧化成亞硝酸鹽氮，可藉由控制系統中適當之pH、溫度、曝氣量及污泥停留時間，並選擇性地抑制亞硝酸鹽氧化菌(nitrite oxidizing bacteria, NOB)之活性來達成(Ciudad, 2005)、(Wang, 2004)、(Ruiz, 2003)、(Pollice, 2002)。而厭氧氨氧化程序則是以氨為電子供給者，以亞硝酸鹽為電子接受者，即可將氨氮與亞硝酸鹽氮一併轉變為氮氣。厭氧氨氧化菌於無氧或缺氧之環境下生長，而所需之碳源為水中之碳酸根及二氧化碳。由於厭氧氨氧化菌之生長與增殖極為緩慢(Jetten, 1999)，故於操作時產生之廢棄污泥量極少，因此對於污泥處置而言為一大優點。另一方面，生物固定化技術具有處理效率高、穩定性強、生物密度高、耐毒性、耐高負荷、利於固液分離、污泥產量少等優點，在廢水處理領域有廣闊的應用前景。本研究先以微生物馴養為主，待各類菌種馴養完成後分別加以固定化，再針對不同之操作條件進行各類微生物固定化擔體之滲透性、機械強度、化學穩定性及生物活性等性能評估。

貳、研究材料與方法

一、微生物之馴養

(一).硝化菌 (nitrifying bacteria)

一般污水處理廠之活性污泥經適當條件之馴養，即可得自營性之硝化菌，包括氨氧化菌AOB(ammonia oxidizing bacteria)及亞硝酸鹽氧化菌NOB(nitrite oxidizing bacteria)，本研究以表1之基質進行硝化菌之馴養。

表1. 硝化菌之馴養基質

藥品名稱	濃度
硫酸銨($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	1.18-2.36 g/L
碳酸氫鉀(KHCO_3)	1.68-3.35 g/L
磷酸氫二鈉(Na_2HPO_4)	0.09 g/L
磷酸二氫鉀(KH_2PO_4)	0.15 g/L
硫酸鎂($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.2 g/L
微量元素	1 ml /L

(二).厭氧氨氧化菌(Anammox bacteria)

由於Anammox菌並非屬於純菌，其與氨氧化菌共存之比例較高。由活性污泥開始馴養為厭氧氨氧化菌微生物需時甚長(約120天)，厭氧氨氧化微生物活性雖易於維持，然增殖卻十分緩慢，本研究以表2之基質進行厭氧氨氧化微生物之馴養。

表 2 厭氧氨氧化菌馴養基質

藥品名稱	濃度
硫酸銨($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	0.12~0.48 g/L
碳酸氫鉀(KHCO_3)	1.25 g/L
磷酸氫二鈉(Na_2HPO_4)	0.018 g/L
硫酸鋅($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	2.2 g/L
氯化錳($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	2.5 g/L
氯化鈷($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	0.5 g/L
鉬酸銨($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	0.5 g/L
硫酸亞鐵($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	5.0 g/L
硫酸銅($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.2 g/L
微量元素	1.25 ml/L

二、微生物固定化步驟

待硝化菌與厭氧氨氧化菌馴養完成，以「聚乙烯醇包埋法」與「冷凍回溫法」進行固定化處理。其步驟為：先將去離子水300mL加熱，再分批加入聚乙烯醇(PVA) 48g 攪拌均勻，加熱至完全溶解並呈透明狀，待氣泡上浮後加入馴化之生物污泥混合均勻，再倒入模板成型並於冷凍24小時後進行活化。

三、微生物固定化之條件探討

為了解固定化顆粒之滲透性、機械強度、化學穩定性及固定化擔體所包埋之微生物是否仍具活性，本研究所進行之不同固定化條件則整理如表3.所示。

表3.固定化之各條件一覽表

條件編號	共同條件	相異條件
A	● PVA 加熱時間約 1 hrs.(150~170 °C) ● 氣泡上浮約 4 hrs. ● 冷凍 24 hrs. ● 浸泡成型液 0.5 hrs.(NaNO₃ 25%+CaCl₂ 2%)	基質濃度： A ₁ :硝化基質 50 mg NH ₄ ⁺ /L、 A ₂ :厭氧氨氧化基質 25 mg NH ₄ ⁺ /L
B	● PVA 加熱 150 °C ● 氣泡上浮約 2 hrs. ● 冷凍時間 24hrs ● 室溫下泡水回溫 24 hrs 再冷凍 0.5 hrs 切塊	B ₁ :硝化基質 50mg NH ₄ ⁺ /L 浸泡成型液 50%NaNO ₃ 0.5 hrs B ₂ :AMX 基質 25mg NH ₄ ⁺ /L 浸泡成型液 25%NaNO ₃ 0.5 hrs
C	● PVA 加熱時間約 1 hrs(150~170 °C) ● 氣泡上浮約 4 hrs ● 冷凍 24 hrs ● 回溫 22 hrs	C ₁ C ₂ :不加成型液。 C ₃ :浸泡成型液 50%NaNO ₃ 0.5 hrs。 C ₄ :浸泡成型液 50%NaNO ₃ 1.5 hrs。 C ₅ :浸泡成型液 25%NaNO ₃ 0.5 hrs。 C ₆ :浸泡成型液 25%NaNO ₃ 1.5 hrs。 (皆為硝化基質)
D	● PVA 加熱 大於 200 °C ● 氣泡上浮 2hrs ● 冷凍 24 hrs ● 室溫下泡水回溫 24 hrs，冷凍 0.5 hrs 切塊	D ₁ :硝化基質 50 mg NH ₄ ⁺ /L 不泡成型液 D ₂ :AMX 基質 25 mg NH ₄ ⁺ /L 不泡成型液
E	● PVA 加熱時間 50min 100 °C ● 氣泡上浮 2 hrs ● 燒杯內隔水(4 °C)急速降溫 ● 冷凍時間 24hrs ● 不泡水回溫 24 hrs，冷凍 0.5 hrs切塊 ● PVA加熱100 °C氣泡上浮2 hrs 冷凍時間24hrs不泡水回溫24 hrs，冷凍0.5 hrs切塊	E ₁ :硝化基質 50mg NH ₄ ⁺ /L E ₂ :硝化基質 50mg NH ₄ ⁺ /L 浸泡成型液 50%NaNO 0.5 hrs E ₃ :硝化基質 50mg NH ₄ ⁺ /L 浸泡成型液 50%NaNO 1.5 hrs E ₄ :硝化基質 50mg NH ₄ ⁺ /L 冷凍回溫來回兩次冷凍總時間 48hrs 室溫回溫 3hrs

參、結果與討論

一、第一階段實驗結果

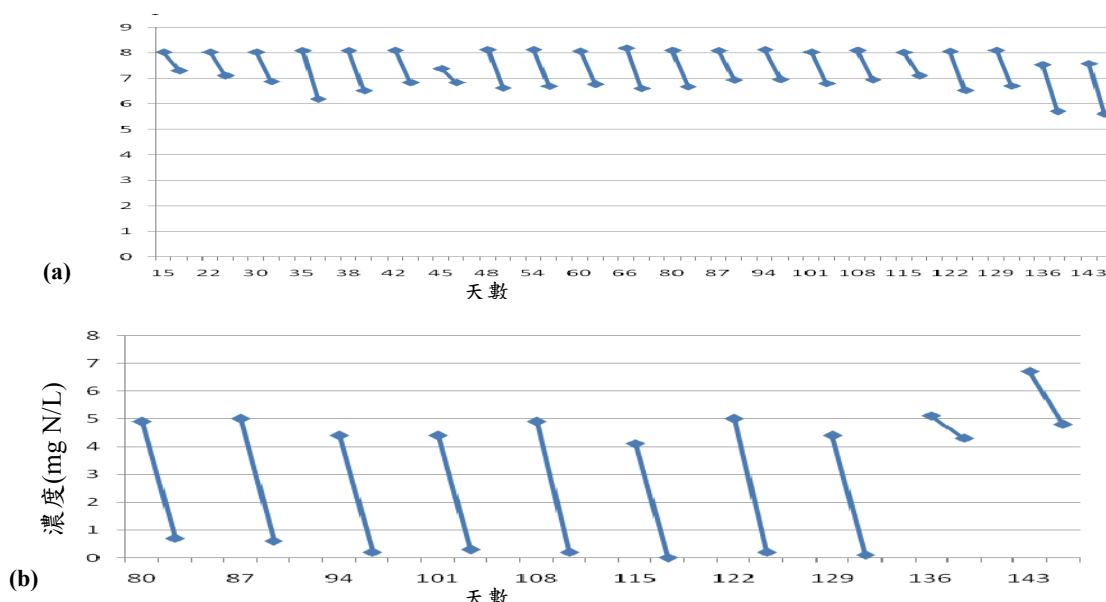
本研究最初以表3.條件A進行初次包埋試驗，當包埋後因回溫時間不足，導致PVA缺乏足夠時間聚合強化，活化一段時間之後的PVA擔體完全瓦解。繼之以條件B進行包埋並活化，外觀及觸感無異。至馴養月餘，施力於擔體擠壓時原本外觀改變，再繼續馴養二至三個月即發現攪拌時擔體逐漸崩解。

另探討浸泡成型液對擔體強度之影響。以條件C進行實驗，包括不浸泡成型液、浸泡成型液 50% NaNO_3 、以及浸泡成型液 25% NaNO_3 等三個條件加以比較。結果發現此三者初期在外觀及強度上並無太大的差異，然而一段時間後卻發現擔體外觀看似完整，但強度明顯不足，施力即使擔體破碎。

二、第二階段實驗結果

本研究以表3.之條件D進行實驗，由液相分析結果可知：馴養初期之pH值略低，乃因固化擔體馴養初期PVA溶出以及硝化作用進行導致pH下降(如圖1.所示)。條件D之硝化基質50 mg/L各項分析結果(a)(b)所示 pH下降符合硝化作用進行pH之變化，在經由過濾分析含氮化合物(NH_4^+-N 、 NO_2^--N 及 NO_3^--N)之濃度變化如圖1.(C)所示，硝化作用時會先使 NH_4^+-N 消耗而下降， NO_2^--N 會先因為 NH_4^+-N 轉換成 NO_2^--N 先上升而後產生 NO_3^--N 後再下降， NO_3^--N 因不斷產生而持續上升，由此可知硝化作用進行中。

而AMX之pH在一開始因水中DO 殘留會使一開始先行硝化作用，先將水中DO耗盡後再行氨氧化作用，如圖2. 條件D之AMX基質25 mg/L各項分析結果(a) (b)所示pH及水中DO變化。過濾分析含氮化合物之濃度變化如圖2.(C)所示。反應物 NH_4^+-N 及 NO_2^--N 之濃度持續降低，而以 NO_2^--N 之濃度降得較快，產物 NO_3^--N 之濃度則漸增及pH上升符合脫氮反應之變化。配合DO圖可看到除了馴養天數在108天及115天有明顯的 NO_3^--N 上升，其他因為水中DO增加，造成硝化作用明顯，致使 NO_3^--N 上升的趨勢，而DO高低確實影響了厭氧氨氧化反應之進行。



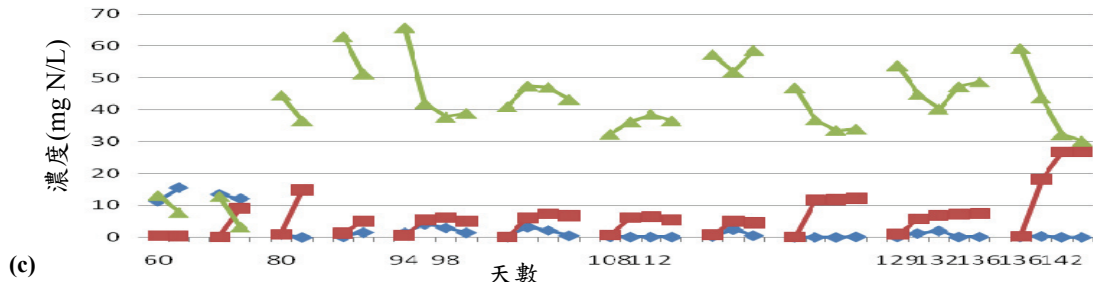


圖1. 固定化成果較佳顆粒液相分析結果(D₁) (a)pH 值之變化(b)DO 值之變化(c) NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^- 之濃度變化

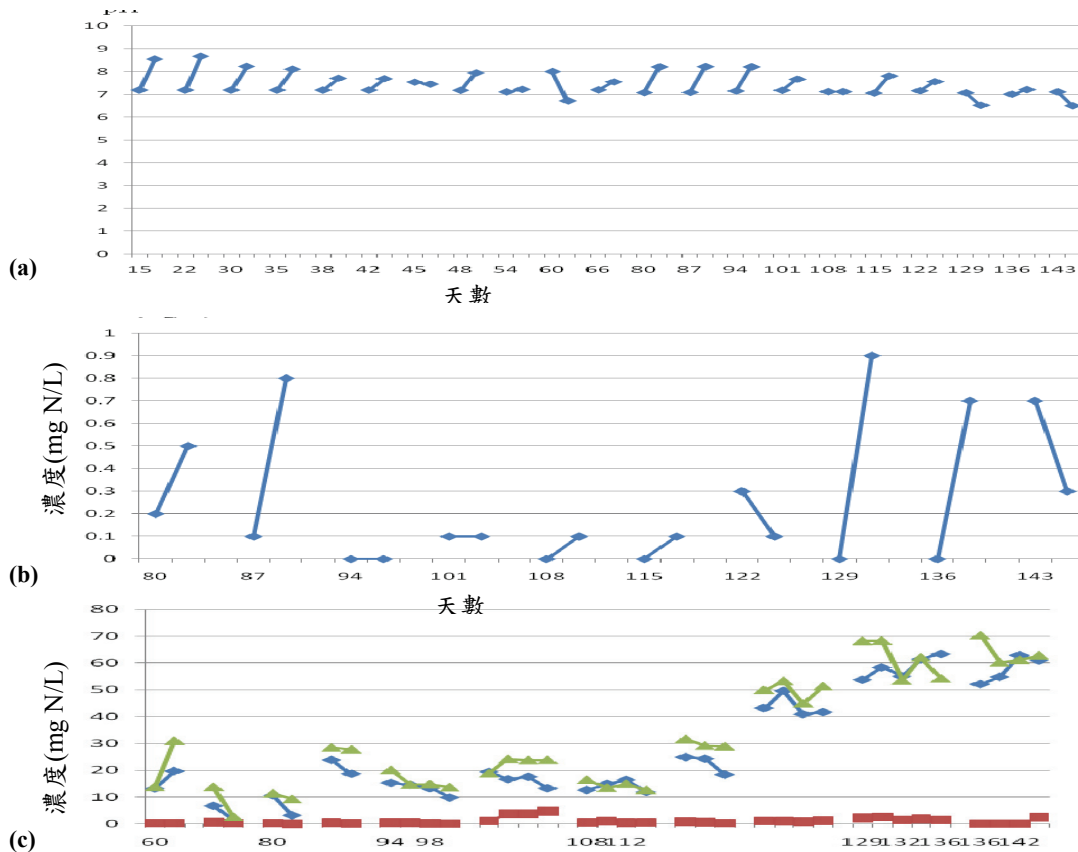


圖2. 固定化成果較佳顆粒液相分析結果(D₂) (a)pH 值之變化(b)DO 值之變化(c) NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^- 之濃度變化

在以前述微生物固定化較佳之條件進行，探討浸泡成型液不同時間長短之影響，分別以不浸泡成型液、浸泡成型液0.5 hrs、浸泡成型液1.5hrs及冷凍溫來回兩次等，了解期間之差異。顆粒擔體在活化期間受到壓力與剪力的作用下無崩解現象，而各條件pH之變化如圖3.所示。各條件pH都有明顯下降，在馴養天數第110天相較變化下，有浸泡成型液及冷凍回溫來回兩次之條件跟不浸泡成型液，在pH下降都在6左右。圖4.則為各條件DO之變化，由圖得DO明顯降低，顯示硝化作用消耗溶氧，而圖5. 則為 NH_4^+ -N、 NO_2^- -N及 NO_3^- -N變化。反應物 NH_4^+ -N之濃度持續降低，而 NO_2^- -N之濃度略微上升，產物 NO_3^- -N的濃度則漸增，此為典型之硝化反應。而於硝化反應的情形，不泡成型液及浸泡成型液1.5 hrs初期就有明顯的反應，而反應到第110天時，不泡成型液及浸泡成型液2種為最佳。因此在pH及 NH_4^+ -N、 NO_2^- -N及 NO_3^- -N的變化相較之下，是否浸泡成型液對於擔體的通透性影響不大。

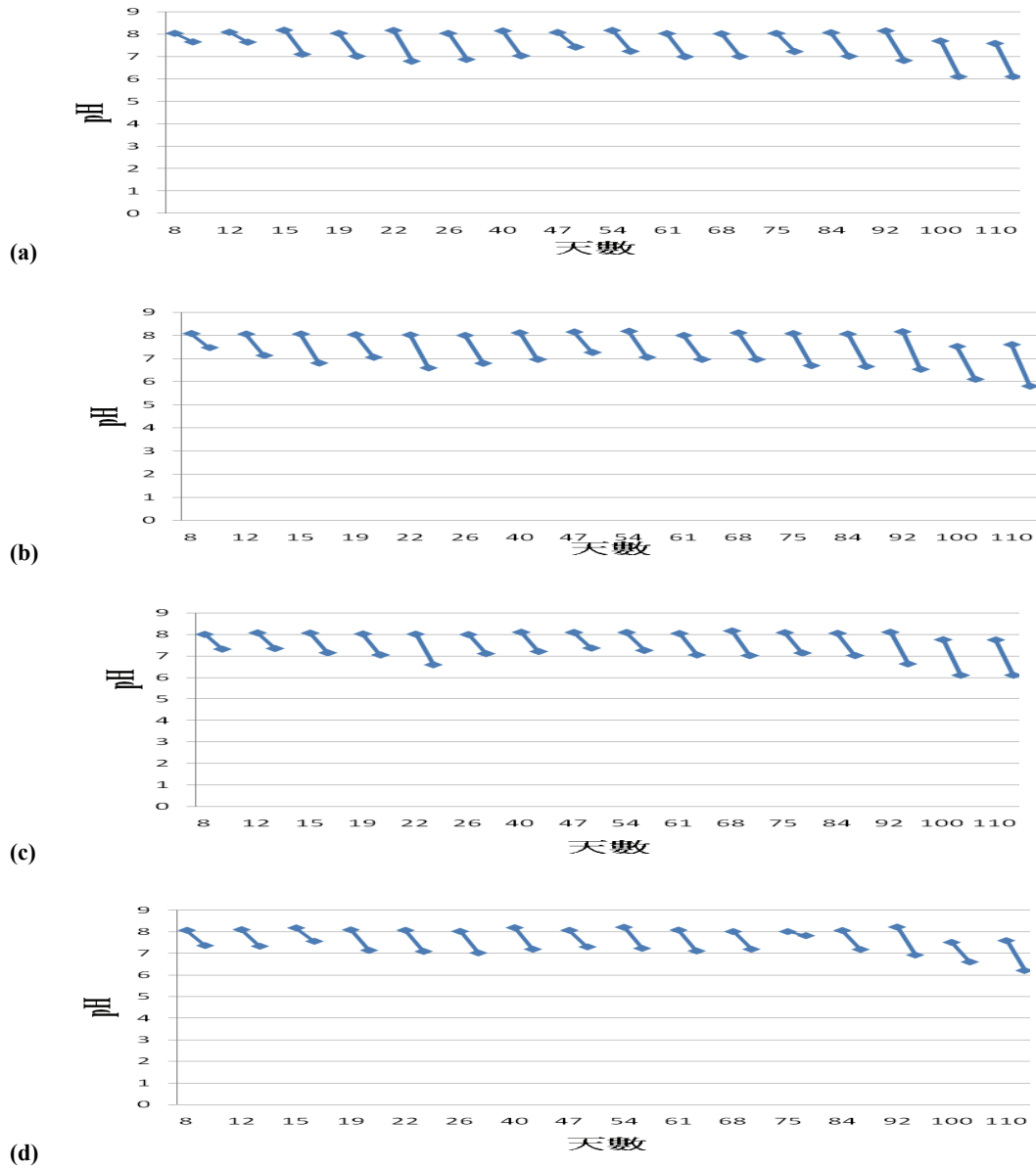
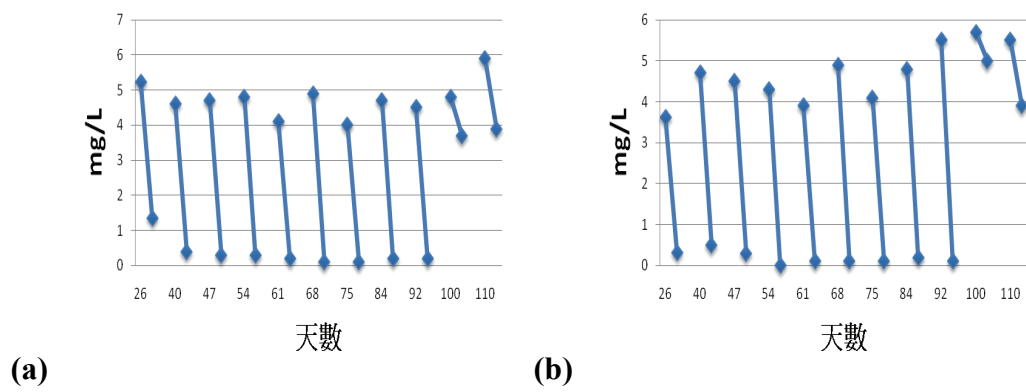


圖3. pH 值之變化(條件 E) (a)不浸泡成型液 (b)浸泡成型液0.5 hrs (c) 浸泡成型液1.5 hrs (d) 冷凍溫來回兩次



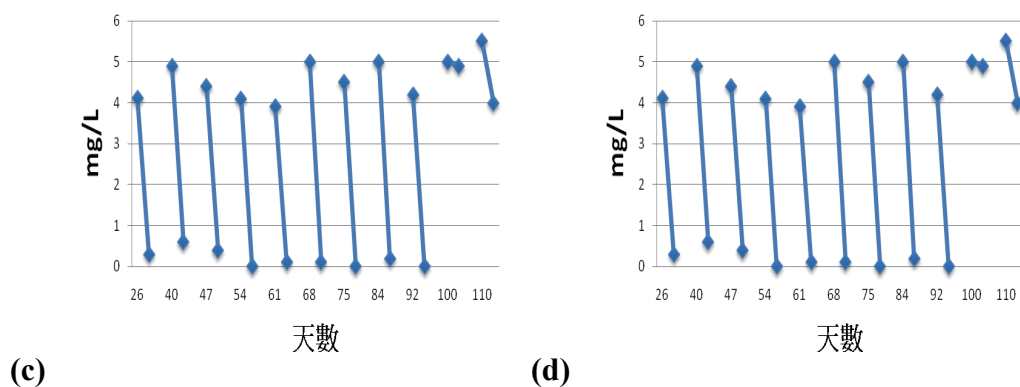


圖4. DO 值之變化(條件 E)(a)不浸泡成型液 (b)浸泡成型液0.5 hrs (c) 浸泡成型液1.5 hrs (d) 冷凍溫來回兩次

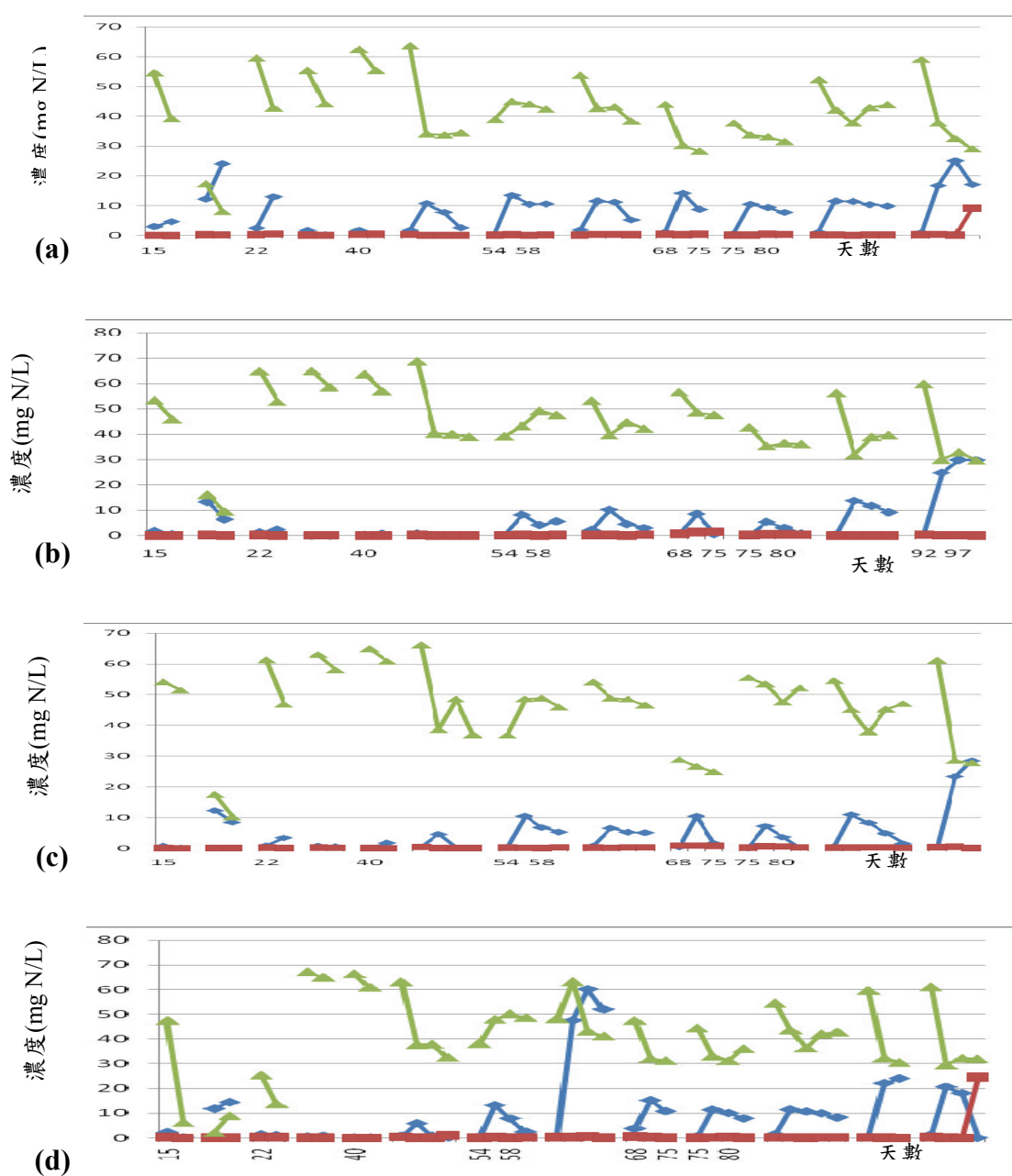


圖5. NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^- 之濃度變化(條件 E) (a)不浸泡成型液 (b)浸泡成型液0.5 hrs (c) 浸泡成型液1.5 hrs (d) 冷凍溫來回兩次

肆、結論與建議

一、固定化擔體之滲透性與強度

本研究以不同固定化條件做比較，即冷凍回溫的次數、是否浸泡成型液、浸泡成型液之濃度及時間長短等四大類。以實驗結果來看，當冷凍回溫時，PVA浸泡在去離子水中回溫，會使之後的馴養擔體強度降低，導致崩解。而在相同條件下浸泡成型液與否與浸泡成型液之濃度及時間長短，以實驗結果，不浸泡成型液之擔體強度較強。浸泡成型液之濃度及時間長短，影響性較小。

二、固定化擔體之化學穩定性

固定化細胞馴養活化期間，基質溶液會呈現混濁且水樣難以過濾，基質水樣之pH初期會較低，推測是包埋的PVA溶出，直到27天後以上情形則不復見。硝化部分，馴養至125天不蓋瓶口，使硝化作用反應加大。在以上述相異條件來比較，pH變化量來說，不浸泡成型液效果較佳。

三、固定化擔體之生物活性

判定是否活化，除了原先所判定的溶液中pH、DO變化及過濾分析含氮化合物($\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$)之濃度變化，最佳生物固定化擔體均已呈現極佳之生物活性。目前固定化條件以聚乙烯醇(PVA) 100℃加熱，待氣泡上浮2 hrs後，冷凍24hrs，放置室溫回溫24 hrs為較佳。

伍、參考文獻

1. Ciudad, G., Rubilar, O., Munoz, P., Ruiz, G., Chamy, R., and Jeison, D., "Partial nitrification of high ammonia concentration wastewater as a part of shortcut biological nitrogen removal process," *Process Biochemistry*, Vol. 40, pp. 1715-1719, (2005).
2. Jetten, M. S. M., Strous M., Van de Pas-Schoonen K.T., Schalk J., Van Dongen U.G.J.M., Van de Graaf A.A., Logemann S., Muyzer G., Van Loosdrecht M.C.M., and Kuenen J.G., "The anaerobic oxidation of ammonium," *FEMS Microbiology Ecology*, Vol.22, pp.421-437(1999).
3. Jetten, M., M. Wagner, J. Fuerst, M. van Loosdrecht, G. Kuenen, and M. Strous, "Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox') process," *Current Opinion in Biotechnology*, Vol. 12, No. 3, pp. 283-288(2001).
4. Khin, T. and A. P. Annachhatre, "Novel microbial nitrogen removal processes *Biotechnology Advances*," Vol. 22, No. 7, pp. 519-532(2004).
5. Pollice, A., Tandoi, V., and Lestingi, C., "Influence of aeration and sludge

retention time on ammonia oxidation to nitrite and nitrate,” *Water Research*, Vol.36, pp. 2541-2546(2002).

6. Ruiz, G., Jeison, D. and Chamy, R., “Nitrification with high nitrite accumulation for the treatment of wastewater with high ammonia concentration,” *Water Research*, Vol.37, pp.1371-1377(2003).
7. Schmidt, I., O. Sliekers, M. Schmid, and E. Bock, “New Concept of Microbial Treatment Processes for the Nitrogen Removal in Wastewater,” *FEMS Microbiology Reviews*, Vol. 27, pp. 481-492(2003).
8. Wang, J. and Yang, N., “Partial nitrification under limited dissolved oxygen conditions,” *Process Biochemistry*, Vol. 39, pp. 1223-1229, (2004).

東南科技大學 東南學報 第三十六期 中華民國一百年七月出版 第153-166頁

新北市空氣品質之探討— 以2001-2010之監測資料為基礎

Air Quality in New Taipei City - Base on Monitoring Data from 2001 to 2010

華梅英¹ 鄧家基^{1,3} 張秀慧² 陳建安⁴ 周佇靖⁵ 游秀芬⁵

Hwa Mei-Yin, Chia-Chi Teng, Hsiu-Hui Chang, Chien-An Chen,
Chu-Ching Chou, Hsiu-Fen Yu

¹東南科技大學 環境與安全衛生工程系 教師

²東南科技大學 防災科技研究所 畢業生 暨 新北市環保局評估及規劃科 (技士)

³新北市環保局局長

⁴東南科技大學 防災科技研究所 研究生

⁵東南科技大學 環境與安全衛生工程系 學生

摘 要

本研究以環保署設置於新北市之一般測站為基礎，統計 2001-2010 年之空氣品質與氣象監測數據，利用不同統計方式，分析其年、月、小時之變化變動情形，以了解空氣品質之變化狀況。並對同測站內與不同測站間之污染物測項，以變異數分析(ANOVA)及相關分析(correlation analysis)，來探討其差異及相關程度。此外再利用迴歸方式，得知臭氧受其他參數之影響情形。

由研究結果得知，本市之原生性污染物呈現逐年降低趨勢，但二次污染物除在萬里站外，有逐年略升之現象。CO、NO_x、SO₂ 在各月間差異並不明顯、PM₁₀ 在各站均以 3-4 月較高、6-9 月較低。O₃ 以春、秋二季較高，夏季 6-8 月較低。每日逐時變化上 CO 與 NO_x 起伏較大，以半夜最低，上下午交通尖峰各有一高值；O₃ 則依日出而升、日落而降；PM₁₀ 與 SO₂ 在每日間之變化起伏並不明顯。

由測站內之污染物與氣象因子間之相關性研究，可知 CO 多與 NO_x、NMHC (Non-Methane Hydrocarbon) 呈現較高正相關，與 PM (particulate matter)、SO₂ 相關性則因站而異，與 O₃ 呈現低負相關，可知一次污染物主要來源可能為附近移動源，二次污染物則可能有較多移流及累積等因地而之現象。由測站間相同指標物相關性研究，可知 PM₁₀ 與 O₃ 間呈高值度相關，代表受大尺度之因素造成；CO 與 NO_x 在各站間均為中度之正相關，係受區域性污染源影響；SO₂ 在各測站間之相關性較低，僅以地理位置相近之板橋、新莊、土城間較相關，表示可能受區域性之固定源影響。經由變異數分析顯示無論何項指標物，測站間均有顯著差異。在臭氧與其他變因之關係上，若以無截距方式設定線性關係，將明顯較有截距者為佳，而若僅以每日 13-15 時測值進行迴歸，又將較全日測值之線性更佳。

關鍵字：新北市、空氣品質、空氣污染指標、空氣品質監測站

ABSTRACT

In this study, we used the recorded database of 11 automatic air quality monitoring stations, which set up by the environmental protection administration, by year from 2001 to 2010 in New Taipei City to analysis the relationship between the main air pollutant ozone and other pollutants and meteorological factors. The results showed that the air quality have great improvement of primary air pollutants such as nitrogen oxide, carbon monoxide and sulphur oxide in last ten years, it means the air pollution control of stationary and mobile pollution sources working well. According to the statistics of 10-year Taiwan's Pollutant Standards Index (PSI), the major index pollutant of poor air quality days (Pollution Standards Index > 100) was ozone especially at Xindian station.

From pollutants correlation analysis within each monitoring station, **CO** has strong positive correlation with **NO_x**, **NMHC** and middle positive correlation with **PM₁₀**, **SO₂** this inferred the domination of combustion sources. According to the correlation of one pollutant between stations, **PM₁₀** and **O₃** were high and **CO** and **NO_x** were middle correlation revealing that **PM₁₀** and **O₃** were large-scale and **CO** and **NO_x** were regional pollutants. Humidity presents middle negative correlation with **O₃** that means humidity restrains the generation of **O₃**. Ozone also has negative correlation with its precursors such as **NMHC** and **NO_x**. The results of one-way ANOVA (analysis of variance) of these stations database for recent 5 years indicated that there were significant difference between monitoring stations.

According to the result of linear regression analysis of **O₃** with other parameters, without intercept was much better than with intercept regression. Besides, using the database of high-ozone-hour such as 1pm to 3pm were better than whole-day-hour. Therefore, we suggested that one should take the high concentration hour data of other parameters and regression without intercept to predict **O₃**'s trend.

Key Words : New Taipei City, Air Quality, Air Pollution Index, Air quality Monitory Station

壹、前言

新北市位於臺灣西北部，地處亞熱帶夏熱冬溫且雨水充沛，冬季吹東北季風，夏季多西南氣流。降水日主要在春、夏季，尤其五月梅雨期間及七、八月颱風最多。轄區土地面積約 2052 平方公里，佔全臺 6%，海岸線長 120 公里。共分 29 區，中心位置為石碇，圍繞臺北盆地，東接宜蘭縣，西臨台灣海峽，南與桃園毗連，形成大臺北都會區共同生活圈。區內人口 389 餘萬人，占全國總人口數 16.8% 為全國之冠。車輛總數約為 320 萬輛，密度高達每平方公里 1,556 輛，以機車比例最高佔約 71.8%，有逐年成長趨勢。

在新北市內的主要工業區有五股、土城、中和等三處，由於地理位置及氣候條件關係，當上風處有較佳之對流擴散發生時，下風處如新店及土城易形成空氣滯留，導致臭氧偏高現象(周武雄等,2008)。環保署自 1993 年起，於全國各地設置管理良好之空氣品質自動監測站，並將資訊公開以供各界應用。其中在新北市境內設置自動監測站，包括普通測站 8 處（板橋、新店、土城、新莊、菜寮、汐止、林口、淡水）其中土城亦為光化測站、交通測站 2 處（三重、永和）及背景測站（萬里）。本研究係依據各測站之測值，分析各主要污染物之變化狀況。並對近年來造成空氣品質不良之主要污染物—臭氧做進一步之討論。

依據張順欽(2006)之研究，台北市原生空氣污染物濃度從 1994 至 2003 年有顯著下降，最大小時臭氧濃度大於 120ppb 日數略微減少，但每日最大八小時臭氧移動平均濃度大於 60ppb 的日數則增加一倍。 O_3 濃度取決於其前驅物-氮氧化物及揮發性有機物(VOCs)之光化學反應，在區域進行水平傳輸、平流層傳輸、表面沉積、NO 滴定效應等作用(Tao, 2005)。由王弼正(2007)之研究，二次光化學產物為臺灣北部地區大氣細粒水溶性氣膠之主要貢獻，在東北季風盛行時段，基隆、汐止與松山三地大氣細粒氣膠中海鹽貢獻量，會隨採樣點與海岸線的距離愈長而遞減。其中海水飛沫氣膠經長距離的傳輸與局部污染物混合而有減少趨勢，非海水飛沫物種在細粒氣膠中含量則隨著傳輸距離的增長而增加。國內於石化工業區鄰近地區（僅離廠區 100 公尺）採樣發現其總揮發性有機碳氫化合物（TVOC）濃度明顯高於位於較遠之空氣品質監測站（距工業區約 3~6 公里）的濃度，顯示離工業區越近之空氣污染越嚴重(Chen, 2006)。

在 PM_{10} 部分，依袁中新(2009)之研究，台北都會區在冬季能見度較夏季為低。而其濃度隨季節性及空間變化影響(Chang, 2001)，在台灣北部 PM_{10} 濃度高值發生於 3 至 5 月間，主要受來自中國大陸沙塵暴，藉由東北季風傳輸所造成(Lin, 2001; Yang, 2002)。此外，另一主要來源為交通污染，佔 32-39%(簡, 2003)。 PM_{10} 中二次氣膠濃度平均約佔 37%，其中 86~95% 為細粒徑之 $PM_{2.5}$ ，且在台北都會區所佔 PM_{10} 比例有逐漸增加的趨勢(張順欽, 2006)。因此在不同光化強度下，中午時段之 PM_{10} 濃度升高現象，有部分為二次氣膠之貢獻。

貳、研究方法

本研究為探討新北市之空氣品質，採用環保署空氣品質自動監測站之數據，期間為 2001 年初至 2010 年底。全市測站分佈如圖 1，各測站之基本資料如表 1。研究流程及架構如圖 2 所示，首先將測站數據彙整，分析各測站及污染物之狀況及繪圖，以了解其空氣品質之變化情形。測站的基本分析，包括：分析空氣污染指標(PSI)超過 100 之年日數，以得知各區空品不良程度；分析指標物(CO、O₃、PM₁₀、NO_x、SO₂)年平均濃度，以掌握近年之變動狀況；分析污染物月平均濃度，以觀察各月間之差異情形；分析逐時平均濃度，以了解每日小時間高低起伏。

由於空氣污染物之主要來源為固定污染源及移動污染源，對相同污染源有相同之排放強度及相似路徑之污染物擴散條件，因此同一測站之污染物間其濃度變化應有所關聯。而不同測站之測值常隨區域性之污染狀況而定，若比較相同之測項，可知其背景濃度之差異。本研究針對所選取之測站與測站間、同測站不同測項間，可能存在之相關情形，利用變異數分析(ANOVA)及相關分析(correlation analysis)，來探討其間之差異及密切程度。此外，新北市在粒狀物之管制上已見成效，多數測站之空品不良主要指標污染物均為二次污染物臭氧，為探討臭氧(設為因變數)，與其他污染物及氣象因子(設為自變數)間，進行迴歸分析，從而了解臭氧受其他因子之影響情形。

參、結果與討論

由各測站之 PSI 超過 100 的統計日數而言(參考圖 3)，新店測站明顯較其他測站為高，以臭氧造成之空品不良為大宗，其次為土城及板橋站。此三測站均位於大台北盆地南端，易受氣流夾帶上風處污染物在此累積，當光化作用旺盛導致臭氧偏高。淡水及林口等位於上風處的測站則發生次數最低。背景測站萬里近二年之空品不良均因沙塵暴導致 PM₁₀ 超過所造成。

圖 4 為各測站近十年之指標物年平均值，其中 CO 與 NO_x 在三重及永和二交通測站處遠較其他測站高數倍，背景測站萬里則明顯較低，各測站均呈現逐年降低趨勢。PM₁₀ 以三重測站較其他測站略高約三成，以新店及淡水站較低約二成，甚至略低於萬里測站。各測站多於 2004-2005 年間有濃度上升現象，但隨後除萬里站外，均呈現逐年略微下降趨勢。SO₂ 在各站間差異性較大，以新莊、三重、板橋站較高，新店、淡水及萬里站較低。各測站多於 2004-2005 年間有濃度增加現象，但隨之均呈逐年降低。O₃ 之年均值各站相似，以菜寮及汐止站略低於其他測站一至二成，萬里站略高於二至三成。各站近年間似有逐年略升之現象，唯萬里站近五年則呈向下趨勢，然仍較其他測站為高。由此可知原生性污染物測值以交通測站最高，一般測站次之，背景測站最低，且有逐年降低之趨勢；二次污染物測值則以背景測站最高，但有逐年下降情形，其他測站則有逐年略升之現象。

圖 5 為指標物之月平均值，限於篇幅此處以三重(交通站)、板橋與新店(普通站)、萬里(背景站)等站作為比較與討論。CO、NO_x、SO₂ 各月間差異並不明顯，約於 8-10 月間略低，且各月均有逐年降低的趨勢，在不同類型測站狀況相似。PM₁₀ 在各站均以 3-4 月較高，此為大區域受大陸北方長程輸送沙塵之現象導致，亦為 PM₁₀ 造成空品不

良之主要時段；濃度較低之月份為 6-9 月，此時段為夏季多為西南氣流。 O_3 濃度各測站均以春、秋二季較高，夏季 6-8 月明顯較低。由於影響臭氧之因素十分複雜，此狀況可能與氣候盛行風交替變化有關，當氣流自西方吹入盆地，將上風污染源排放之臭氧前驅物帶至中央滯留，造成臭氧值較高現象。

圖 6 為指標物各小時之年平均值，由於各測站之測值起伏變化類似，因此以板橋站之資料為代表。由圖可知 CO 與 NO_x 趨勢相同在半夜為全天最低值，至 7 時起開始明顯上升，9 時達到第一個高峰再逐漸往下降，下午 3 時後又開始上升，到晚上 7 時達到第二個高峰後濃度略降，持續到 24 時才再有較大降幅。此變化與人們活動狀況相近，應為附近之交通源污染造成。由 O_3 圖中可知每日僅有一個高峰，自 9 時開始有逐漸升高趨勢，至下午 1 至 3 時陽光最強達到高值，再逐漸下降至太陽下山後回復較低濃度。 PM_{10} 與 SO_2 在每日間之變化起伏並不明顯， PM_{10} 在半夜 3 至 5 時略低，應與人們活動減少使排放量降低以及沈降作用有關； SO_2 在下午 2 至 4 時較低，可能經光化作用轉化使含量減低。

在測站之污染物與氣象因子間之相互關聯，分列於表 2 至表 4，各代表普通測站(以板橋站為例)、背景測站(萬里)及交通測站(以永和為例)。表 2 中之 CO，與 NO_x 、NMHC 呈現高度正相關($r>0.85$)、與 PM、 SO_2 呈現較低正相關($r=0.35$)、與 O_3 呈現較低負相關($r=-0.34$)、與氣象因子均呈較低之相關性；臭氧與 NO_x 、NMHC 呈中度負相關(r 約為 -0.45)、與其他污染物相關性低、與氣象因子之相對濕度呈中度負相關、與紫外線強度呈中度正相關；PM 與 NMHC、 NO_x 間正相關略低(r 約為 0.35)、與氣象因子間均低度相關。由以上之關係，推測附近移動源污染對此測站有相當之貢獻，且臭氧濃度受前驅物及環境條件影響較大。表 3 中之 CO，與 NO_x 、PM 呈現中度正相關($r=0.61$)、與 SO_2 之正相關性較低($r=0.33$)、與 O_3 幾無相關性；相對濕度與各指標物間呈現中偏低之負相關。由此推測背景測站之指標物受較大範圍之污染源之影響，且濕度高有助於污染物之降低。表 4 中之 CO，與 NO_x 、NMHC 呈現高度正相關($r>0.9$)、與 PM、 SO_2 呈現中度正相關($r=0.38$ 及 0.49)、與 O_3 呈現低負相關($r=-0.28$)、與氣象因子風速較有關呈負相關性($r=-0.35$)；臭氧與 NO_x 、NMHC 呈較低負相關(r 約為 -0.33)、與其他污染物相關性低、與氣象因子之相對濕度呈中度負相關($r=-0.45$)與風速呈中度正相關($r=0.4$)；PM 與臭氧間相關性低($r=0.19$)與其他污染物間相關係數介約 0.38~0.51 間。交通污染測項苯、甲苯、乙苯、二甲苯間及與 NMHC 均呈高度正相關，因為此類苯均為提高汽油辛烷值之摻配料，為揮發性污染物，其中以苯含量之限值必須低於 1% 較高，因此交通測項間之相關性均呈現正相關，同為二甲苯系列之鄰二甲苯與間、對-二甲苯間之相關係數最高，在永和及三重 2 交通測站之 $r=0.98$ ，幾近完全相關。由於該類污染物為臭氧前驅物，濃度會因參與光化作用而降低，但其與臭氧間相關性偏低僅約 $r=-0.1\sim-0.17$ ，表示其對臭氧之貢獻未必顯現於當地。依以上討論可知交通測站受附近移動源之影響甚為明顯，而其污染物可隨大氣擴散至其他區域，當風速增加可增加污染物之擴散及移除效果。

測站與測站間之指標物相關性如表 5，可知 PM_{10} 與 O_3 之相關性在各站間均呈高值($r>0.8$ ，萬里約為 0.7)，表示污染狀況各站有相同趨勢，係大尺度之整體性因素造成；CO 與 NO_x 在各站間均為中度之正相關(r 介於 0.4~0.8)，其中以萬里、林口與其他測站間之差異較大，應與區域性污染源有關； SO_2 在各測站間之相關性較低，相關係數範圍多在 0.1~0.4 間，僅以地理位置相近之板橋、新莊、土城間相關係數可至 0.5~0.6 間。由以上討論可知：以固定源為主要排放源者，如 SO_2 污染物在各測站之相關性較低，代表各測站受局部之背景污染源影響所致；受移動源排放者，如 CO 與

NO_x 之關係，代表受附近區域及人們活動之影響較大；而依二次污染物與粒狀物在測站間之相關性偏高推測，污染受為大尺度或境外移入(如沙塵暴)之影響。另依各測站 2006~2010 年間指標污染物來做測站間之 ANOVA 分析，其結果顯示無論何項指標物，測站間均有顯著差異。

臭氧為空氣中數種污染物進行光化學反應下的產物，本研究為了解臭氧與其他變因之關係，將測站 2006 年至 2010 年監測資料，以臭氧為應變數，其他測項為自變數進行迴歸分析，並分為有截距及無截距全日時段及 13-15 時段。表 6 為迴歸分析結果，可知測站之迴歸方程式相關係數 (R^2) 最大值可達 0.91，最小值為 0.29，其中以無截距之線性相關情形(R^2 介於 0.76~0.91)較有截距者(R^2 介於 0.29~0.61)為佳，其中又以 13-15 時測值相關性(R^2 介於 0.85~0.91)較全日測值均分析(R^2 介於 0.29~0.61)之線性相關情形為佳。各項參數之迴歸係數可視為其對臭氧產生之權重，其中的正負值會影響臭氧濃度之增減，若係數為正值，則表示該項因子之數值增加會使臭氧濃度升高；反之，若係數為負值時，則該項因子之數值增加會造成臭氧濃度下降。由表中顯示 5 個測站所做之迴歸，在 NO_x 係數多為負數，此與 NO_x 為 O₃ 之前驅物有關，濃度經過光化反應後降低產生臭氧，但另一影響變數是臭氧與 NO_x 之間的反滴定效應——當 NO_x 超過某濃度時，不但不會造成臭氧的濃度累積，還會消耗臭氧造成濃度下降。相對濕度因子所得的迴歸係數結果亦多為負值，表示若濕度增加時天氣陰濕例如降雨，紫外線強度較弱例如，不利於臭氧之產生。此外在所有係數多為正值的參數，有 PM₁₀ 與 CO，代表背景污染的情形增加時臭氧的產生量亦有增加之趨勢。而 SO₂ 之係數有正有負，表示臭氧產生與固定污染源排放視地區特性而異。

肆、結論

本研究分析各測站近十年之指標物年平均值，得知原生性污染物在整體而言均呈現逐年降低趨勢，但二次污染物除在萬里站外，有逐年略升之現象。由月平均分析 CO、NO_x、SO₂ 各月間差異並不明顯，約於 8-10 月間略低，而 PM₁₀ 在各站均以 3-4 月受大陸北方長程輸送沙塵影響較高、6-9 月較低。O₃ 以春、秋二季較高，夏季 6-8 月明顯較低。在指標物逐時變化上 CO 與 NO_x 起伏較大，以半夜為全天最低值，上下午各有高峰；O₃ 於太陽上升後逐漸上升，至太陽下山後回復較低值；PM₁₀ 與 SO₂ 在每日間之變化起伏並不明顯。

各測站內之污染物與氣象因子間之相關情形，CO 多與 NO_x、NMHC 呈現較高正相關，與 PM、SO₂ 相關性因站而異，與 O₃ 呈現低負相關，可知一次污染物主要來源可能為附近移動源，二次污染物則可能有較多移流及累積等因地而異之現象。測站間相同指標物相關性：PM₁₀ 與 O₃ 間呈高值度相關，代表受大尺度之因素造成；CO 與 NO_x 在各站間均為中度之正相關，係受區域性污染源影響；SO₂ 在各測站間之相關性較低，僅以地理位置相近之板橋、新莊、土城間較相關，表示可能受區域性之固定源影響。經由變異數分析顯示無論何項指標物，測站間均有顯著差異。在臭氧與其他變因之關係上，若以無截距方式設定線性關係，將明顯較有截距者為佳，而若僅以每日 13-15 時測值進行迴歸，又將較全日測值之線性更佳。

參考文獻

1. 周武雄、莊桓齊、曠永銓、習良孝，2008，台北盆地臭氧光化學污染現象之探討分析，中興工程季刊，100，p.55-63
2. 袁中新、羅金翔、邱宏城，2009，“都會區視覺空氣品質管理”，空氣品質管理，ISBN 978-986-81725-6-2。
3. 簡宏倫、李崇德，2003，“臺灣北部都會區氣懸微粒粒徑分布之污染特性分析”。
4. 王弼正、李崇德，2007，“臺灣地區懸浮微粒空氣污染防治及問題研究-東北季風影響下臺北地區細微粒及其氣體前驅物特性分析”。
5. Chen C.L., Shu C.M., Fang H.Y. 2006. Location and characterization of emission sources for airborne volatile organic compounds inside a refinery in Taiwan. Environmental Monitoring and Assessment 120: 487-498.
6. 詹長權、王家麟、張良輝，2003 “台灣地區光化學污染之形成、傳輸機制及其影響”，EPA-92-FA11-03-A059。
7. 潘慧芳，2004，“中部空氣品質區空氣品質之時空分佈特性分析”，國立中興大學環境工程研究所，碩士論文。
8. Tao, Z., Larson, S.M., Williams, A., Caughey, M., Wuebbles, D.J., 2005. Area, mobile, and point source contributions to ground level ozone: A summer simulation across the continental USA. Atmospheric Environment 39, 1869-1877.
9. “96年度空氣品質監測站網臭氧分佈解析”，2008，環保署。
10. 中鼎公司，1998，“汽油、柴油、重油等油品規範嚴定及經濟效益評估專案研究計畫”，EPA-87-FA14-03-F2。
11. 張順欽，2006，“台北市空氣品質近十年來變動型態及其顯現的意義”，國立中央大學環境工程研究所，博士論文。



圖1 新北市空氣品質測站(圈起者)分佈情形
(三角標示為交通測站, 萬里為背景測站)

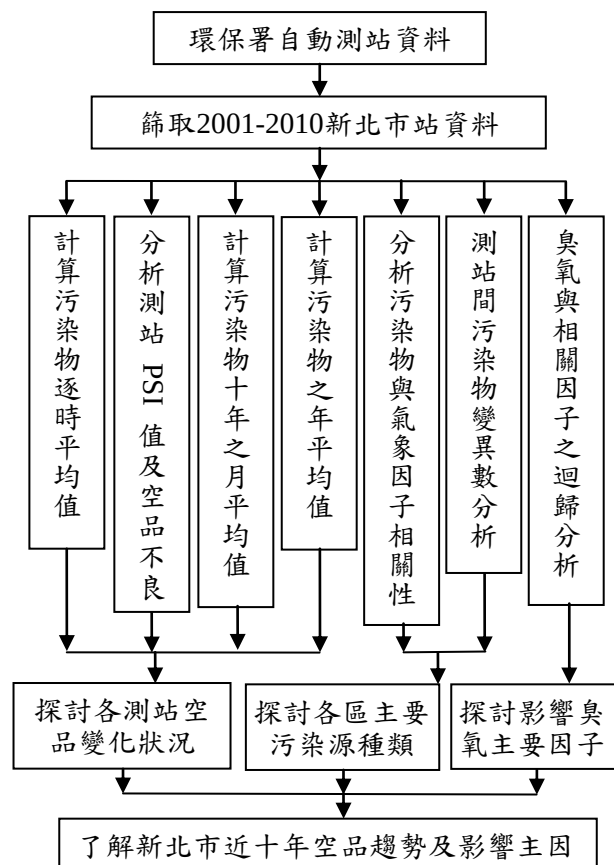


圖2 本研究流程及架構

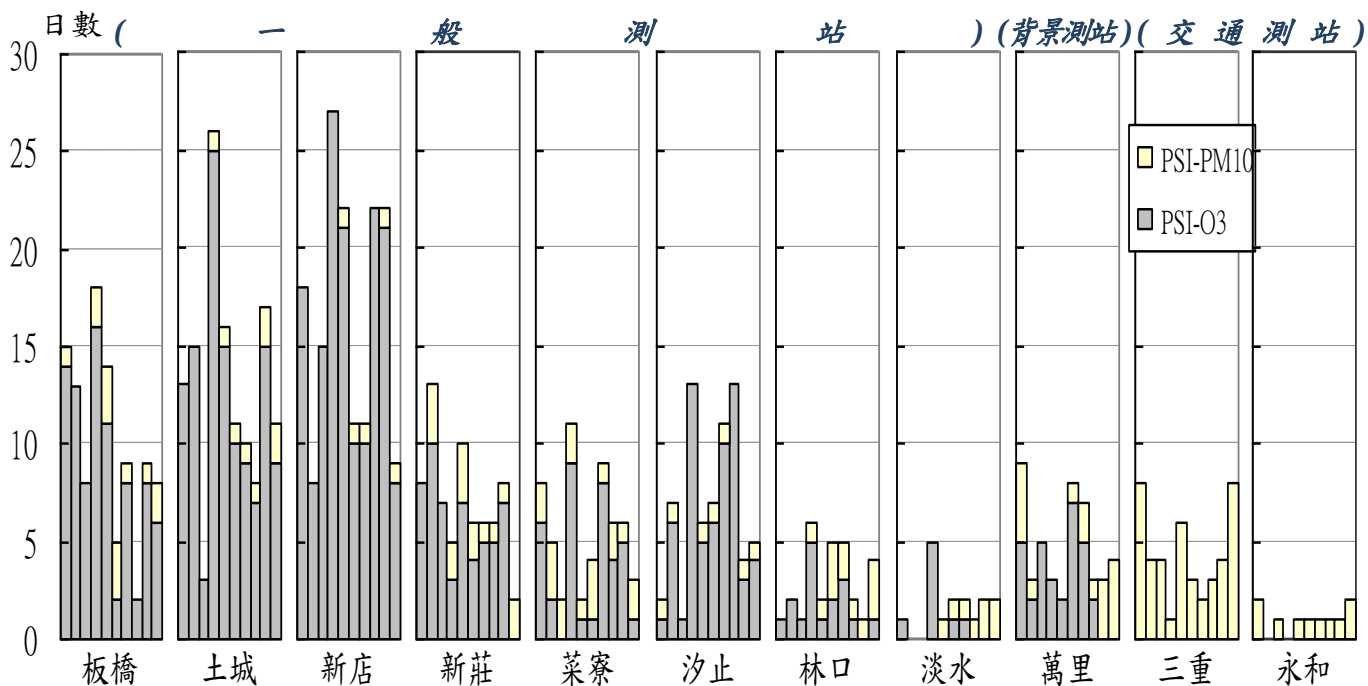


圖3 各測站自2001至2010年之 PSI>100 日數統計 (三重站及永和站為交通測站未測 O_3)

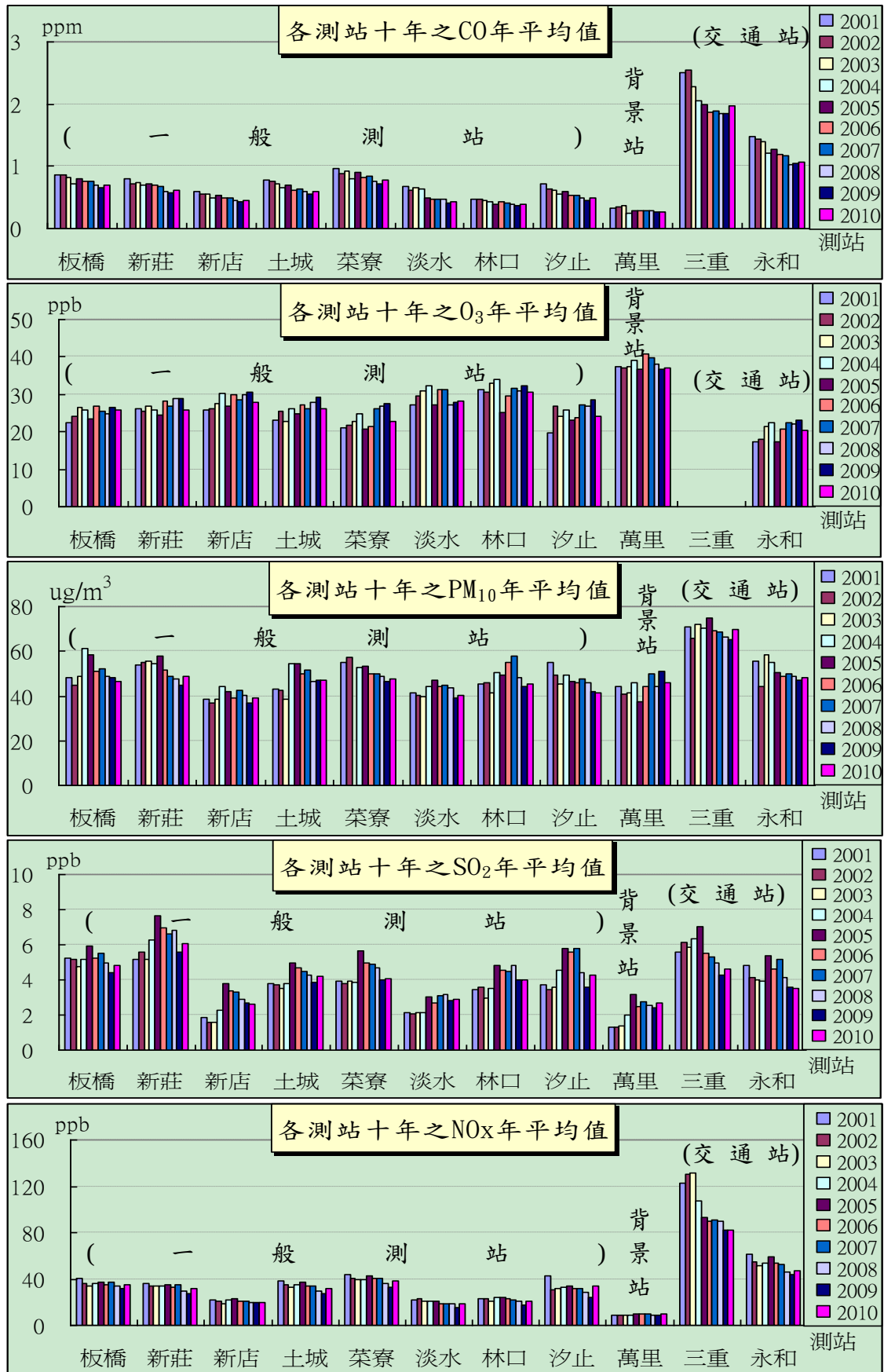


圖4 各測站十年之主要污染物年平均值

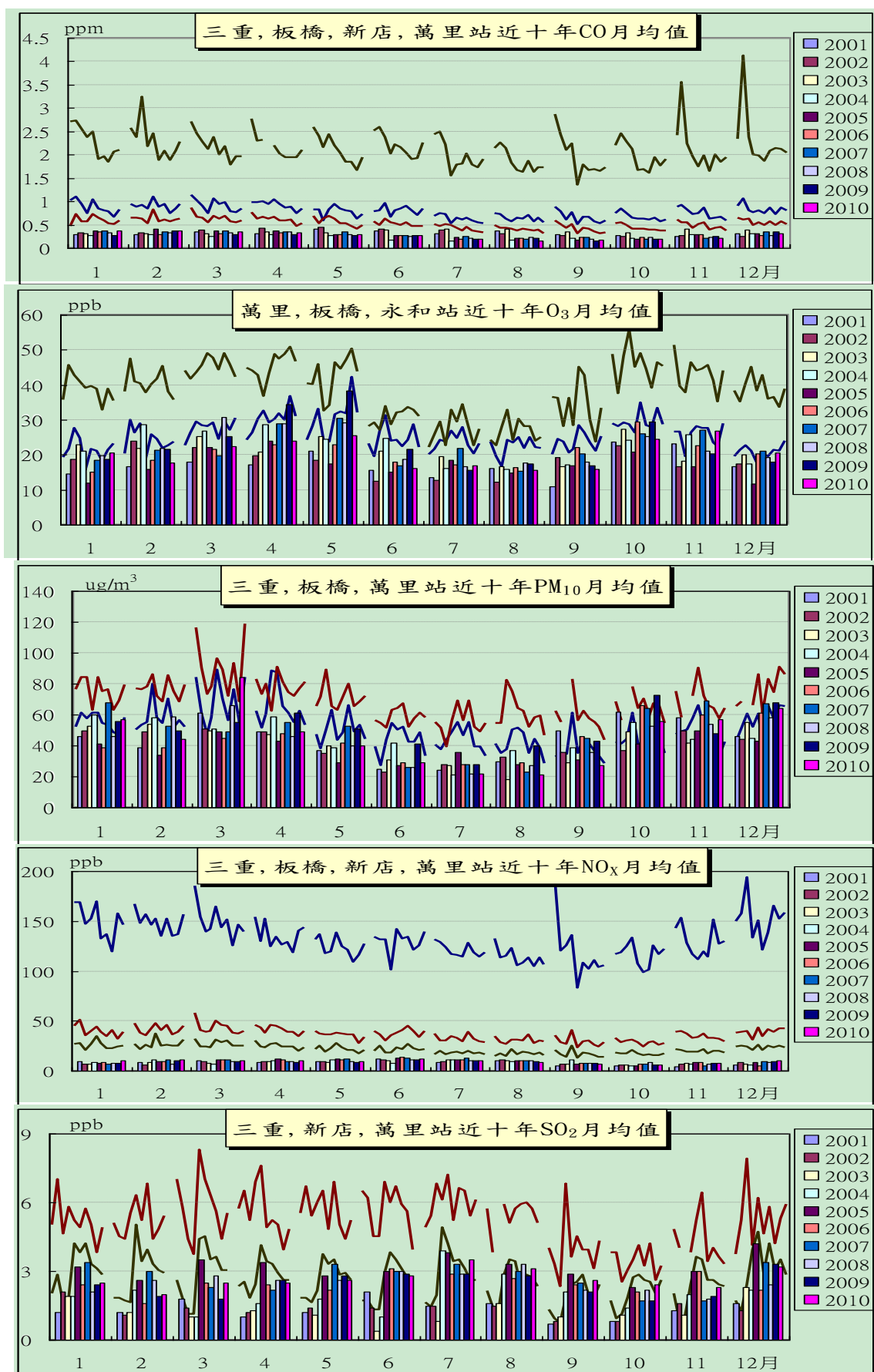


圖5 主要污染物月平均值 (以三重, 板橋, 萬里等站為例, 各圖標題為站序依濃度由高而低)

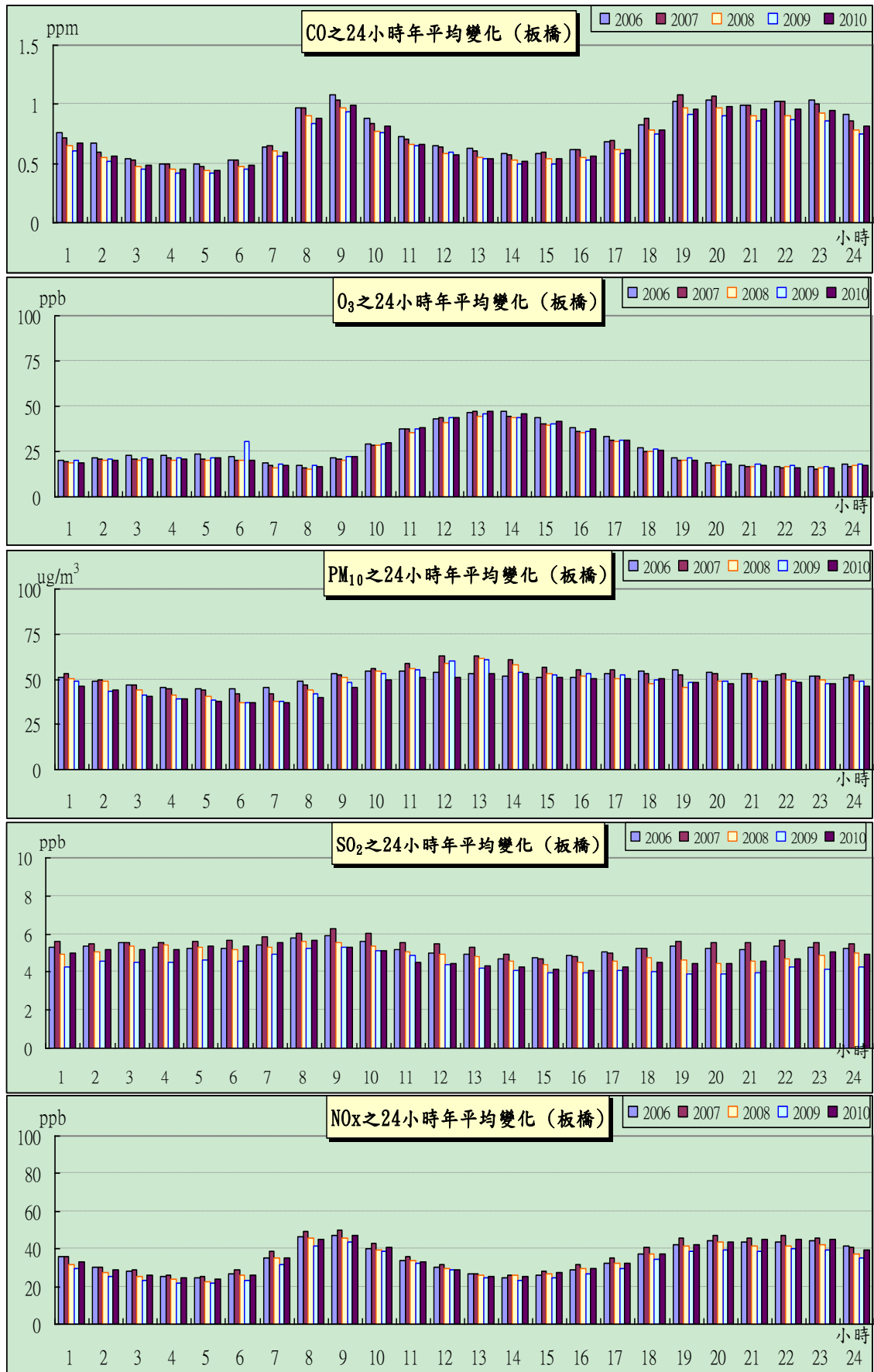


圖6 各主要污染物逐時之年平均濃度 (以板橋站為例)

表1 新北市境內環保署空氣品質監測站設置概況一欄表

測站	設置年/月	測站種類	監測空品項目	氣象項目	其他監測項目
板橋	1991/7	普通	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , THC, NMHC, CH ₄	溫度, 溼度, 風速, 風向, 酸雨, 雨量	
新店	1991/7	普通	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂	溫度, 溼度, 風速, 風向, 雨量	PM _{2.5}
新莊	1991/7	普通	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , PM _{2.5}	溫度, 溼度, 風速, 風向, 雨量	
菜寮	1991/7	普通	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂	溫度, 溼度, 風速, 風向, 雨量	
土城	1991/7	普通	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , THC, NMHC, CH ₄ , PM _{2.5}	溫度, 溼度, 風速, 風向, 雨量	VOLUME, 苯, 甲苯, 乙苯, 鄰-二甲苯, 間-二甲苯, 對-二甲苯
汐止	1991/7	普通	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂	溫度, 溼度, 風速, 風向, 雨量	
林口	1991/7	普通	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₃	溫度, 溼度, 風速, 風向, 雨量	
淡水	2004/11	普通	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , PM _{2.5}	溫度, 溼度	
萬里	1991/7	背景	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , PM _{2.5}	溫度, 溼度, 風速, 風向, 酸雨, 雨量	PM _{2.5} -MetOne
三重	1995/10	交通	SO ₂ , CO, PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , THC, NMHC, CH ₄ , PM _{2.5}	溫度, 溼度, 雨量	VOLUME, 苯, 甲苯, 乙苯, 鄰-二甲苯, 間-二甲苯, 對-二甲苯
永和	1996/7	交通	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , THC, NMHC, CH ₄ , PM _{2.5}	溫度, 溼度, 風速, 風向, 雨量	VOLUME, 苯, 甲苯, 乙苯, 鄰-二甲苯, 間-二甲苯, 對-二甲苯

表2 板橋站(普通測站)各污染物與氣象因子間之相關係數 (2006-2010年資料統計)

	CO	SO ₂	NO _x	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	RH	TEMP	風速	風向	THC	NMHC	CH ₄	NO	NO ₂	氣壓	UVA	UVB
CO	1																	
SO ₂	0.35	1																
NO _x	0.90	0.49	1															
O ₃	-0.34	-0.13	-0.47	1														
PM ₁₀	0.37	0.41	0.33	0.14	1													
PM _{2.5}	0.53	0.53	0.47	0.09	0.81	1												
RH	0.20	0.01	0.22	-0.51	-0.22	-0.09	1											
TEMP	-0.12	0.08	-0.12	0.20	-0.08	-0.10	-0.32	1										
風速	0.09	0.34	0.14	0.03	0.12	0.21	0.06	0.19	1									
風向	-0.41	-0.28	-0.44	0.40	-0.07	-0.22	-0.35	0.09	-0.18	1								
THC	0.84	0.49	0.87	-0.41	0.34	0.51	0.28	-0.09	0.25	-0.51	1							
NMHC	0.87	0.48	0.91	-0.41	0.33	0.48	0.21	0.00	0.23	-0.46	0.95	1						
CH ₄	0.58	0.37	0.60	-0.32	0.29	0.44	0.32	-0.22	0.21	-0.46	0.85	0.63	1					
NO	0.70	0.42	0.85	-0.47	0.19	0.28	0.24	-0.04	0.16	-0.36	0.78	0.79	0.57	1				
NO ₂	0.82	0.41	0.83	-0.31	0.38	0.53	0.13	-0.17	0.08	-0.39	0.69	0.74	0.45	0.42	1			
氣壓	0.07	-0.06	0.06	0.00	0.13	0.12	0.01	-0.76	-0.20	0.00	-0.01	-0.06	0.07	-0.04	0.14	1		
UVA	-0.17	0.00	-0.16	0.51	0.06	0.00	-0.57	0.44	0.09	0.35	-0.20	-0.15	-0.24	-0.10	-0.16	-0.16	1	
UVB	-0.17	-0.01	-0.16	0.50	0.06	-0.01	-0.53	0.43	0.09	0.35	-0.20	-0.15	-0.24	-0.11	-0.17	-0.16	0.98	1

表3 萬里站(背景站)各污染物與氣象因子間之相關係數 (2006-2010年資料統計)

	CO	SO ₂	NO _x	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	RH	TEMP	風速	風向
CO	1									
SO ₂	0.33	1								
NO _x	0.61	0.40	1							
O ₃	0.01	0.14	-0.32	1						
PM ₁₀	0.35	0.27	-0.01	0.43	1					
PM _{2.5}	0.65	0.43	0.26	0.34	0.70	1				
RH	0.02	-0.33	0.05	-0.37	-0.35	-0.23	1			
TEMP	-0.26	0.13	0.18	-0.12	-0.26	-0.14	-0.04	1		
風速	-0.14	-0.06	-0.44	0.26	0.29	0.02	-0.16	-0.33	1	
風向	0.09	-0.11	0.22	-0.41	-0.32	-0.07	0.21	0.10	-0.43	1

表4 永和站(交通測站)各污染物與氣象因子間之相關係數 (2006-2010年資料統計)

	CO	SO ₂	NO _x	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	RH	TEMP	風速	風向	CH ₄	NMHC	THC	NO	NO ₂	苯	乙苯	甲苯	鄰二甲苯	對二甲苯	RAIN
CO	1																				
SO ₂	0.49	1																			
NO _x	0.92	0.54	1																		
O ₃	-0.28	0.02	-0.33	1																	
PM ₁₀	0.38	0.48	0.40	0.19	1																
PM _{2.5}	0.45	0.55	0.47	0.16	0.86	1															
RH	0.01	-0.17	0.03	-0.45	-0.30	-0.22	1														
TEMP	0.12	0.07	0.03	0.04	-0.06	-0.07	-0.33	1													
風速	-0.35	-0.07	-0.39	0.40	-0.05	-0.16	-0.29	0.00	1												
風向	0.28	0.13	0.32	-0.17	0.08	0.13	0.00	0.18	-0.28	1											
CH ₄	0.42	0.22	0.48	-0.26	0.26	0.41	0.29	-0.29	-0.40	0.11	1										
NMHC	0.91	0.54	0.89	-0.35	0.30	0.41	0.00	0.11	-0.39	0.28	0.42	1									
THC	0.86	0.50	0.87	-0.37	0.33	0.48	0.12	-0.04	-0.45	0.26	0.73	0.93	1								
NO	0.86	0.41	0.93	-0.46	0.25	0.29	0.12	-0.01	-0.37	0.32	0.45	0.84	0.82	1							
NO ₂	0.75	0.59	0.83	-0.05	0.51	0.59	-0.12	0.08	-0.31	0.24	0.38	0.71	0.69	0.55	1						
苯	0.45	0.23	0.44	-0.15	0.18	0.22	0.01	0.05	-0.18	0.12	0.40	0.85	0.81	0.42	0.35	1					
乙苯	0.28	0.16	0.29	-0.10	0.11	0.13	0.00	0.06	-0.13	0.09	0.42	0.83	0.80	0.27	0.24	0.91	1				
甲苯	0.62	0.44	0.66	-0.17	0.30	0.36	-0.03	0.17	-0.25	0.28	0.30	0.75	0.69	0.58	0.59	0.48	0.49	1			
鄰二甲苯	0.38	0.22	0.38	-0.13	0.14	0.17	0.00	0.07	-0.16	0.12	0.38	0.87	0.81	0.35	0.30	0.87	0.97	0.56	1		
對二甲苯	0.38	0.21	0.38	-0.15	0.14	0.17	0.01	0.08	-0.17	0.12	0.42	0.86	0.82	0.36	0.30	0.88	0.96	0.56	0.98	1	
RAIN	-0.01	-0.05	0.00	0.04	-0.03	-0.02	0.12	0.20	0.04	0.01	-0.07	0.02	-0.01	-0.01	0.02	-0.01	-0.01	0.04	-0.01	-0.01	1

表5 各測站間指標物之相關係數 (2006-2010年資料統計)

CO	板橋	新店	新莊	菜寮	土城	林口	汐止	淡水	萬里	永和	三重
板橋	1										
新店	0.68	1									
新莊	0.85	0.55	1								
菜寮	0.80	0.63	0.81	1							
土城	0.86	0.69	0.78	0.76	1						
林口	0.64	0.49	0.75	0.62	0.63	1					
汐止	0.72	0.64	0.73	0.73	0.74	0.62	1				
淡水	0.63	0.45	0.71	0.62	0.64	0.72	0.63	1			
萬里	0.48	0.58	0.45	0.45	0.53	0.50	0.62	0.49	1		
永和	0.57	0.70	0.44	0.63	0.59	0.31	0.57	0.28	0.38	1	
三重	0.62	0.56	0.53	0.73	0.58	0.37	0.55	0.37	0.34	0.66	1

O ₃	板橋	新店	新莊	菜寮	土城	林口	汐止	淡水	萬里	永和	三重
板橋	1										
新店	0.87	1									
新莊	0.94	0.84	1								
菜寮	0.90	0.84	0.91	1							
土城	0.94	0.89	0.91	0.88	1						
林口	0.58	0.54	0.62	0.60	0.58	1					
汐止	0.77	0.78	0.78	0.79	0.77	0.54	1				
淡水	0.73	0.69	0.77	0.76	0.73	0.62	0.69	1			
萬里	0.68	0.69	0.70	0.69	0.69	0.59	0.74	0.71	1		
永和	0.85	0.86	0.83	0.87	0.85	0.55	0.75	0.69	0.68	1	

表5 各測站間指標物之相關係數(2006-2010年資料統計) (續)

PM ₁₀	板橋	新店	新莊	菜寮	土城	林口	汐止	淡水	萬里	永和	三重
板橋	1										
新店	0.86	1									
新莊	0.93	0.82	1								
菜寮	0.92	0.85	0.94	1							
土城	0.94	0.87	0.92	0.90	1						
林口	0.85	0.80	0.88	0.87	0.85	1					
汐止	0.82	0.83	0.80	0.82	0.80	0.78	1				
淡水	0.87	0.82	0.88	0.88	0.85	0.88	0.82	1			
萬里	0.60	0.66	0.59	0.64	0.57	0.62	0.66	0.64	1		
永和	0.88	0.92	0.86	0.90	0.89	0.81	0.81	0.81	0.65	1	
三重	0.89	0.86	0.88	0.92	0.86	0.83	0.83	0.85	0.65	0.89	1

PM₁₀

NO _x	板橋	新店	新莊	菜寮	土城	林口	汐止	淡水	萬里	永和	三重
板橋	1										
新店	0.59	1									
新莊	0.84	0.50	1								
菜寮	0.75	0.56	0.79	1							
土城	0.80	0.56	0.79	0.72	1						
林口	0.36	0.24	0.40	0.36	0.35	1					
汐止	0.69	0.51	0.71	0.67	0.71	0.35	1				
淡水	0.61	0.35	0.67	0.63	0.61	0.38	0.62	1			
萬里	0.42	0.40	0.41	0.40	0.42	0.29	0.47	0.41	1		
永和	0.56	0.77	0.49	0.61	0.59	0.25	0.53	0.34	0.46	1	
三重	0.53	0.58	0.46	0.64	0.51	0.20	0.48	0.33	0.36	0.68	1

NO_x

SO ₂	板橋	新店	新莊	菜寮	土城	林口	汐止	淡水	萬里	永和	三重
板橋	1										
新店	0.32	1									
新莊	0.62	0.18	1								
菜寮	0.51	0.26	0.56	1							
土城	0.68	0.51	0.46	0.40	1						
林口	0.180	0.030	0.200	0.180	0.13	1					
汐止	0.210	0.430	0.130	0.230	0.280	0.05	1				
淡水	0.430	0.290	0.410	0.460	0.400	0.200	0.22	1			
萬里	0.220	0.340	0.210	0.270	0.290	0.110	0.230	0.49	1		
永和	0.53	0.62	0.370	0.460	0.60	0.090	0.400	0.350	0.31	1	
三重	0.460	0.300	0.54	0.80	0.420	0.180	0.230	0.49	0.310	0.49	1

SO₂

表6 測站之臭氧迴歸方程式係數(2006-2010年資料統計)

(有截距)		R ²	截距	CO	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	RH	TEMP	WS	WD	NMHC	P	UVA
全日	板橋	0.54	-72.47	21.05	0.31	-0.70	0.08	-0.31	-0.14	0.02	1.27	-3.36	0.16	0.42
	新店	0.47	68.33	26.81	1.95	-0.81	0.04	-0.65	0.16	1.27	0.01	-		
	新莊	0.49	65.59	8.70	-0.22	-0.51	0.14	-0.54	0.06	1.47	0.01	-		
	萬里	0.41	71.24	32.95	0.78	-1.36	0.11	-0.38	0.18	-0.73	-0.06	-		
	永和	0.38	53.44	2.63	0.42	-0.23	0.09	-0.43	-0.16	2.87	0.00	-		
13~15時	板橋	0.61	-369.19	45.93	1.51	-1.06	0.05	-0.52	1.48	0.04	-0.60	1.55	0.52	-0.13
	新店	0.59	33.42	70.14	1.56	-1.30	0.06	-0.49	1.27	-2.69	0.04	-		
	新莊	0.54	52.33	38.96	0.58	-1.04	0.19	-0.47	0.88	-3.42	0.02	-		
	萬里	0.29	37.29	65.87	1.43	-1.38	0.09	-0.18	0.81	-1.18	-0.01	-		
	永和	0.44	14.59	0.56	-0.42	0.12	-0.47	0.42	-1.55	0.00	-	-		

(無截距)		R ²	截距	CO	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	RH	TEMP	WS	WD	NMHC	P	UVA
全日	板橋	0.84	—	21.17	0.31	-0.70	0.08	-0.32	-0.22	0.02	1.24	-3.54	0.06	0.42
	新店	0.81	—	33.03	2.48	-0.91	0.08	-0.13	0.79	5.04	0.02	—		
	新莊	0.80	—	9.95	-0.29	-0.52	0.23	-0.02	0.78	4.58	0.02	—		
	萬里	0.86	—	44.44	1.37	-1.48	0.18	0.11	1.01	0.30	-0.04	—		
	永和	0.76	—	0.96	0.45	-0.19	0.16	-0.02	0.43	5.42	0.01	—		
13~15時	板橋	0.91	—	45.87	1.55	-1.06	0.04	-0.58	1.11	0.04	-0.77	0.60	0.06	-0.12
	新店	0.90	—	77.76	1.69	-1.39	0.07	-0.26	1.66	-0.95	0.04	—		
	新莊	0.91	—	47.38	0.59	-1.10	0.25	-0.11	1.53	-1.02	0.02	—		
	萬里	0.91	—	74.73	1.50	-1.40	0.12	0.05	1.34	-0.62	-0.01	—		
	永和	0.85	—	13.70	0.58	-0.36	0.18	-0.14	1.07	1.61	0.00	—		

A Case Study on Bayesian performance evaluation for ERPS

貝氏企業資源規劃系統績效評估的個案研究

陳星光¹

林建佑²

Shin-Guang Chen¹ Chien-Yu Lin²

¹ Assistant Professor, Tungnan University ² Master Student, Tungnan University

ABSTRACT

An Enterprise Resource Planning (ERP) system is a complex network composed of various business processes. This paper proposes a method based on stochastic-flow network model to evaluate the performance of an ERP system depending upon the results of the ERP examination of the users involved. The nodes in the network denote the persons responsible for the business tasks during the processes. The arcs between nodes denote the process precedence relationships in the ERP system. When the process starts, the documents are initiated from the source node to its succeeding nodes. Finally, the documents are released in the destination node. Thus, the performance of an ERP system is related to the flow of the documents through the network. The failure of an ERP system is therefore described as in the condition that the flow of the system is under the acceptable level d . We propose a performance index, the probability of the maximal flow not less than d , to evaluate the performance of an ERP system. A VB program is subsequently proposed to generate the performance index, which can be used to assess the system performance either before or after the system going live.

Keywords: ERPS, Performance Evaluation, Bayesian Probability, Stochastic-Flow Network.

摘 要

近年來，許多企業紛紛引進企業資源規劃系統，作為企業提昇國際競爭力的方式。然而導入 ERP 系統所需費用極高，並不保證就能導入成功，所以 ERP 系統是否運用得當，也成為企業經營成敗與否的重要關鍵。一般企業在作績效評估時，也常遇到

許多問題，如無法定量、ERP 系統的執行績效無法被客觀有效的分析等，雖然目前有許多研究針對績效評估提出不一樣的解決方案，但大部分都是針對局部的問題或案例作改善，若是要實際應用在實務上仍然會有很多限制。所以企業界在投資大量金錢的同時卻不易具體得出是否績效可以被接受，以及如何改善之道。本研究提出的流程網路模型，結合貝氏機率評估方式，以 VB 程式語言實作出一套軟體，以解決企業針對各流程的績效評估問題；透過輸入所需要的數據便可以計算出結果，讓企業能夠判斷流程的績效與訂定目標需求是否為可接受

關鍵字：企業資源規劃系統、績效評估、貝氏機率、流程網路。

I. Introduction

In decades, adopting an Enterprise Resource Planning (ERP) system has been a promised way for corporation to gain competition advantages in the world (Jones and Young, 2006; Sebastianelli and Rishel, 2003; Tsai et al., 2007). Many researchers have contributed methods to evaluate the performance of ERP systems. These researches can be viewed as two general parts in development. One part is to investigate the financial performance when corporation invested an ERP system. For example, Wu et al. (2007) proposed a method to quantify the tangible and intangible performance of an ERP system. The tangible aspect was analyzed by Hochstrasser model, and the intangible one was quantified by fuzzy evaluation approach which combined nine value drives in corporation value creation processes. Another part, the majority researches, are on the manipulations of critical factors/items that can be obtained from various ways. The first way is by literature review, such as the work of Dowlatsahi (2005) who surveyed current ERP literatures and identified the four ERP strategic factors (cost of ERP implementation, implementation time and return on investment issues, ERP employee training, and effective use of ERP features/applications), and the work of Al-Mashari et al. (2003) who concluded a taxonomy of the critical success key factors (SKF) involving technical and organizational imperatives. The second way is from questionnaire, such as those done by Lin et al. (2004) who used the data envelopment analysis approach to evaluate the relationship between ERP continuous investment and technical efficiency. They also utilized the Tobit regression to investigate the relationship between efficiency scores and the ERP continuous investment based on the concept of total cost ownership. The third way are from heuristics such as the work of Chand et al. (2005) who provided a balanced-scorecard based framework for valuing the strategic performance of an ERP system, the work of Yang et al. (2007) who presented a performance-evaluation model of ERP implementation utilizing fuzzy measures, the work of Chang et al. (2007) who constructed a conceptual model to evaluate the performance and competitive advantages associated with ERP from a supply chain management perspective, and the work of Lin et al. (2006) who proposed a statistical method based on Parasuraman and a revised performance evaluation matrix to set up a standard performance upper and lower control limits in terms of Taguchi method and

Shewhart control charts. Although the above methods for evaluating the performance of ERP systems were developed, they seldom put emphasis on how much can the familiarity of user training about the ERP system influence the performance of the underlined system. To fill the gap, this paper proposes an analytical approach based on the flow network model to assess the performance of an ERP system depending upon the results of the certification test of the user involved.

Although the above methods for evaluating the performance of ERP systems were developed, they could not be implemented as a function in ERPS. Chen and Lin (2008, 2009) have proposed analytic approaches to do performance evaluation for such ERPS. They viewed ERPS as a complex process network (i.e., ERP net), where the nodes in the network denote the persons responsible for the business operations in the processes and the arcs between nodes denote the process precedence relationships. When the process starts, the documents are initiated from the source node to its succeeding nodes. Finally, the documents end in the destination node. Thus, the performance of an ERP system is related to the document flow through the network. The failure of an ERP system is therefore described as in the condition that the system's flow is under the acceptable level d . Here, we propose a performance index R_d , the probability that the maximal flow is not less than d , to evaluate the performance of an ERP system. Since the capacity of a node (i.e. the node's throughput) depends on the familiarity of person's training about the underlined process, it is stochastic in nature. Therefore, the ERP system can be treated as a stochastic-flow network.

Lin (2007b) had proposed an algorithm based on minimum paths (MPs) to calculate R_d for a stochastic-flow network. A MP is a sequence of nodes and arcs from source s to sink t without cycle. Based on Lin's algorithm, the performance index R_d for an ERP system is achieved under the condition that the probability of a node's capacity can be previously defined. To address the capacity of a node, it is said that a low capacity node can typically be assessed by the lack of right knowledge about the operations of the underlined system. Some researches had revealed the fact that the knowledge of company users concerning ERP operations is an important SKF in the ERP systems (Amoako-Gyampah and Salam, 2004; Dowlatshahi, 2005; Yu, 2005). To validate the ERP knowledge captured by the users, an objective test/certification is valuable. This paper which based on Chen and Lin's theory (Chen and Lin, 2008) shows that the performance evaluation function can now be added to the ERP systems. This result bridges the missing gap in PDCA continuous improvement cycle. The remainder of the work is described as follows: The assumption and the network model for an ERP system is discussed in Section 2. An algorithm to evaluate R_d is introduced subsequently in Section 3. Then, the VB program of the system performance R_d is conducted by some numerical examples in Section 4.

II. The ERP network model

Let $G = (A, N, M)$ be a stochastic-flow network for an ERP system where $A = \{a_i | 1 \leq i \leq n\}$ is the set of arcs, $N = \{b_i | 1 \leq i \leq p\}$ is the set of nodes, and $M = (m_1, m_2, \dots, m_p)$ is a vector with m_i (an integer) being the maximal capacity of node b_i . Such a G is assumed to satisfy the following assumptions.

1. The capacity of each node b_i is an integer-valued random variable which takes values from the set $\{0, 1, 2, \dots, m_i\}$ according to a given distribution governed by D_i , where D_i is a mapping from $\{0, 1\}$ to the probability distributions of the node's capacity. The state '0' denotes the result of the ERP test for the user being failed, and '1' denotes the result of the ERP test for the user being successful (i.e. passed).
2. The arcs are perfect and unlimited in capacity under the ERP environment.
3. Flow in G must satisfy the flow-conservation law (Ford and Fulkerson, 1962).
4. The nodes are statistically independent from each other.

The capacity of a node means the throughput of a node to successfully process the documents. Since the different node represents different person in the process, the respective probability distribution is also different from each other. This probability is governed by D_i function.

In the context of an ERP environment, a process starts can initiate several document flow from the source node s through a set of alternative paths depending on the business considerations without loop (i.e. through MPs) to the destination node t in order to complete the business process. Suppose $P_1, P_2, \dots, P_z$ are totally the MPs from s to t . Thus, the ERP network model can be described in terms of two vectors: the capacity vector $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ and the flow vector $F = (f_1, f_2, \dots, f_z)$ where x_i denotes the current capacity of node b_i and f_j denotes the current flow on P_j . Then such a vector F is feasible if and only if

$$\sum_{j=1}^z \{f_j | b_i \in P_j\} \leq m_i \quad \text{for each } i = 1, 2, \dots, p. \quad (1)$$

Equation (1) describes that the total flow through b_i can not exceed the maximal capacity of b_i . We denote such set of F as $U_M \equiv \{F | F \text{ is feasible under } M\}$. Similarly, F is feasible under $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ if and only if

$$\sum_{j=1}^z \{f_j | b_i \in P_j\} \leq x_i \quad \text{for each } i = 1, 2, \dots, p. \quad (2)$$

Equation (2) describes that the total flow through b_i can not exceed the current capacity of b_i . For clarity, let $U_X \equiv \{F | F \text{ is feasible under } X\}$. The maximal flow under X is defined as $V(X) \equiv \max \{ \sum_{j=1}^z f_j | F \in U_X \}$.

System performance evaluation Given the level d (the required document flow), the system performance index R_d is the probability that the maximal flow is not less than d , i.e.,

$R_d \equiv \Pr\{X|V(X) \geq d\}$. To calculate R_d , it is advantageously to find the minimal capacity vector in the set $\{X|V(X) \geq d\}$. A minimal capacity vector X is said to be a lower boundary point for d if and only if (i) $V(X) \geq d$ and (ii) $V(Y) < d$ for any other vector Y such that $Y < X$, in which $Y \leq X$ if and only if $y_j \leq x_j$ for each $j = 1, 2, \dots, p$ and $Y < X$ if and only if $Y \leq X$ and $y_j < x_j$ for at least one j . Suppose there are totally q lower boundary points for d : $X_1, X_2, \dots, X_q$, then the performance index R_d is $\Pr\{\bigcup_{i=1}^q \{X | X \geq X_i\}\}$.

Generation of all lower boundary points for d At first, we find the flow vector $F \in U_M$ such that the total flow of F equals d . It is defined as in the following equation.

$$\sum_{j=1}^z f_j = d. \quad (3)$$

Then, let $\mathbf{F} = \{F|F \in U_M \text{ and satisfies Equation (3)}\}$. we show that a lower boundary point X for d is existed if there exists an $F \in \mathbf{F}$ by the following lemma.

Lemma 2.1 *Let X be a lower boundary point for d , then there exists an $F \in \mathbf{F}$ such that*

$$x_i = \sum_{j=1}^z \{f_j | b_i \in P_j\} \quad \text{for each } i = 1, 2, \dots, p. \quad (4)$$

Proof. If X is a lower boundary point for d , then there exists an F such that $F \in U_X$ and $F \in \mathbf{F}$. Suppose there exists a k such that $x_k > \sum_{j=1}^z \{f_j | b_i \in P_j\}$. Set $Y = (y_1, y_2, \dots, y_{k-1}, y_k, y_{k+1}, \dots, y_p) = (x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, x_k - 1, x_{k+1}, \dots, x_p)$. Hence $Y < X$ and $F \in U_Y$ (since $\sum_{j=1}^z \{f_j | b_i \in P_j\} \leq y_i, \forall i$), which indicates that $V(Y) \geq d$ and contradicts to that X is a lower boundary point for d . $\square$

Given any $F \in \mathbf{F}$, we generate a capacity vector $X_F = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ via Equation (4). Then the set $\Omega = \{X_F | F \in \mathbf{F}\}$ is built. Let $\Omega_{min} = \{X|X \text{ is a minimal vector in } \Omega\}$. Lemma 2.1 indicates that the set Ω includes all lower boundary points for d . The following lemma further proves that Ω_{min} is the set of lower boundary points for d .

Lemma 2.2 Ω_{min} is the set of lower boundary points for d .

Proof. Firstly, suppose $X \in \Omega_{min}$ (note that $V(X) \geq d$) but it is not a lower boundary point for d . Then there exists a lower boundary point Y for d such that $Y < X$, which implies $Y \in \Omega$ and thus contradicts to that $X \in \Omega_{min}$. Hence X is a lower boundary point for d . Conversely, suppose X is a lower boundary point for d (note that $X \in \Omega$) but $X \notin \Omega_{min}$ i.e., there exists a $Y \in \Omega$ such that $Y < X$. Then $V(Y) \geq d$ which contradicts to that X is a lower boundary point for d . Hence $X \in \Omega_{min}$. $\square$

We then propose an algorithm in Section 3 to further filter out all non-minimal ones in Ω to obtain the set Ω_{min} .

III. Algorithm

Same as the approaches in the work of Xue (1985) and Lin (2007b), we suppose all MPs have been pre-computed (Chen, 2010). All lower boundary points are generated by Algorithm 1. Step (1) depicts that according to the MPs, the feasible F under Equation (1) and (3) is enumerated into set $\mathbf{F}$. Then, the candidate vector set Ω for lower boundary points can be derived from $\mathbf{F}$ under Equation (4) in step (2). Finally, the set Ω_{min} of lower boundary points is filtered out by comparing with each other from step (3).

Algorithm 1(Chen and Lin, 2008): Find all lower boundary points for d

1. Find all feasible ow vector $F = (f_1, f_2, \dots, f_z)$ satisfying both capacity and demand constraints.
 - (a) **enumerate** f_j for $1 \leq j \leq z, 0 \leq f_j \leq m_i$ **do**
 - (b) **if** f_j satisfies the following equations

$$\sum_{j=1}^z \{f_j \mid b_i \in P_j\} \leq m_i \text{ and } \sum_{j=1}^z f_j = d \quad \text{for } 1 \leq i \leq p$$
 - (c) **then** $\mathbf{F} = \mathbf{F} \cup \{F\}$
 - (d) **endif**
 - (e) **end enumerate**
2. Generate the set $\Omega = \{X_F \mid F \in \mathbf{F}\}$.
 - (a) **for** F in $\mathbf{F}$ **do**
 - (b) $x_i = \sum_{j=1}^z \{f_j \mid b_i \in P_j\} \quad \text{for } 1 \leq i \leq p$
 - (c) $U_X = U_X \cup \{X_F\}$ // where $X_F = (x_1, x_2, \dots, x_p)$.
 - (d) **endfor**
 - (e) **for** X in U_X **do**
 - (f) **if** $X \notin \Omega$ **then** $\Omega = \Omega \cup \{X\}$
 - (g) **endif**
 - (h) **endfor**
3. Find the set $\Omega_{min} = \{X \mid X \text{ is a minimal vector in } \Omega\}$. Let $\Omega_{nonmin} = \{X \mid X > Y; Y \in \Omega\}$ and $\Omega' = \{X \mid X \in \Omega; X \notin \Omega_{min}; X \notin \Omega_{nonmin}\}$.
 - (a) **for** X_i in 0 and $1 \leq i \leq |\Omega|$ **do**
 - (b) **for** X_j in 0 and $i < j \leq |\Omega|$ **do**
 - (c) **if** $X_j \leq X_i$ **then** goto step (3i)
 - (d) **else if** $X_j > X_i$ **then** $\Omega_{nonmin} = \Omega_{nonmin} \cup \{X_j\}$
 - (e) **endif**
 - (f) **endfor**
 - (g) **if** $X_i \notin \Omega_{nonmin}$ **then** $\Omega_{min} = \Omega_{min} \cup \{X_i\}$
 - (h) **endif**
 - (i) **endfor**

IV. Numerical examples

Shen-Fu Limited Co. is a automobile parts supplier for market at Taipei, Taiwan. We choose this company as the case study for the proposed approach (Lin, 2011). Figure 1 shows the corresponding ERP net for the order fulfillment process of the company. When the process starts, node b_1 will initiate the document flow and send it via either node b_2 or b_3 to node b_4 who sends document flow via b_5 or b_6 to b_7 who sends it to b_8 who ends the process, where b_2 and b_3 are considered to be the alternative persons for the selling operation. Table 1 gives the result of a test for the eight persons at some timestamp and Table 2 denotes the respective capability functions for the various capacities of 8 nodes under different results of an ERP examination.

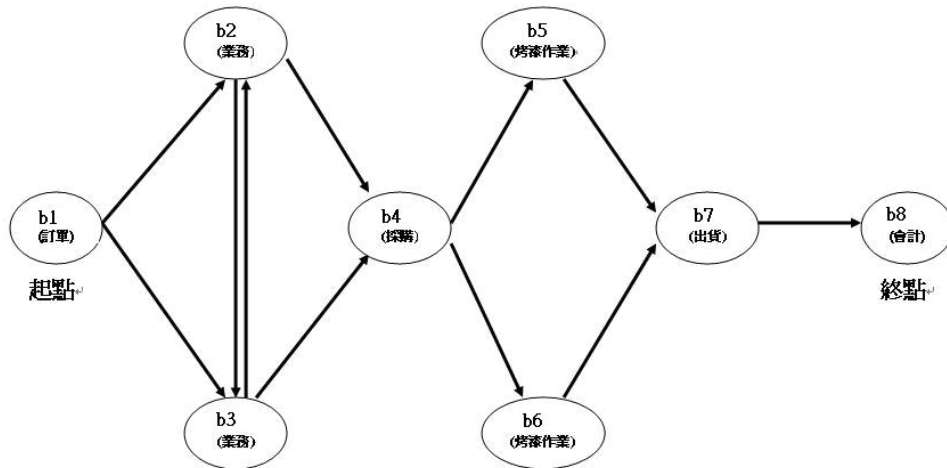


Fig. 1. The order fulfillment process for Shen-Fu Co.

Table 1: The test for the eight persons.

Persons(Nodes)	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8
Exam.	passed	failed	passed	passed	passed	failed	passed	passed
Probability Distribution	$D_1(1)$	$D_2(0)$	$D_3(1)$	$D_4(1)$	$D_5(1)$	$D_6(0)$	$D_7(1)$	$D_8(1)$

Table 2: The probability of various capacities for eight nodes.

Assume that an acceptable level of the document flow is required to at least three documents from b_1 to b_8 (i.e., R_3). Here, there are 8 MPs existed: $P_1 = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_7, b_8\}$, $P_2 = \{b_1, b_3, b_2, b_4, b_5, b_7, b_8\}$, $P_3 = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_6, b_7, b_8\}$, $P_4 = \{b_1, b_3, b_2, b_4, b_6, b_7, b_8\}$, $P_5 = \{b_1, b_2, b_4, b_5, b_7, b_8\}$, $P_6 = \{b_1, b_3, b_4, b_5, b_7, b_8\}$, $P_7 = \{b_1, b_2, b_4, b_6, b_7, b_8\}$, and $P_8 = \{b_1, b_3, b_4, b_6, b_7, b_8\}$. The calculation program coded by VB is as in the following Figures.

Mapping	Probabilities for different capacities						
Functions	0	1	2	3	4	5	6
$D_1(1)$	0.002	0.003	0.005	0.01	0.13	0.65	0.20
$D_1(0)$	0.23	0.60	0.10	0.055	0.012	0.003	0.0
$D_2(1)$	0.001	0.002	0.01	0.02	0.10	0.7	0.167
$D_2(0)$	0.20	0.67	0.11	0.012	0.007	0.001	0.0
$D_3(1)$	0.002	0.003	0.01	0.01	0.10	0.6	0.275
$D_3(0)$	0.30	0.55	0.125	0.012	0.01	0.003	0.0
$D_4(1)$	0.002	0.003	0.01	0.01	0.10	0.7	0.175
$D_4(0)$	0.175	0.50	0.30	0.012	0.01	0.003	0.0
$D_5(1)$	0.002	0.003	0.005	0.01	0.13	0.65	0.20
$D_5(0)$	0.23	0.60	0.10	0.055	0.012	0.003	0.0
$D_6(1)$	0.001	0.002	0.01	0.02	0.10	0.7	0.167
$D_6(0)$	0.20	0.67	0.11	0.012	0.007	0.001	0.0
$D_7(1)$	0.002	0.003	0.01	0.01	0.10	0.6	0.275
$D_7(0)$	0.30	0.55	0.125	0.012	0.01	0.003	0.0
$D_8(1)$	0.002	0.003	0.01	0.01	0.10	0.7	0.175
$D_8(0)$	0.175	0.50	0.30	0.012	0.01	0.003	0.0

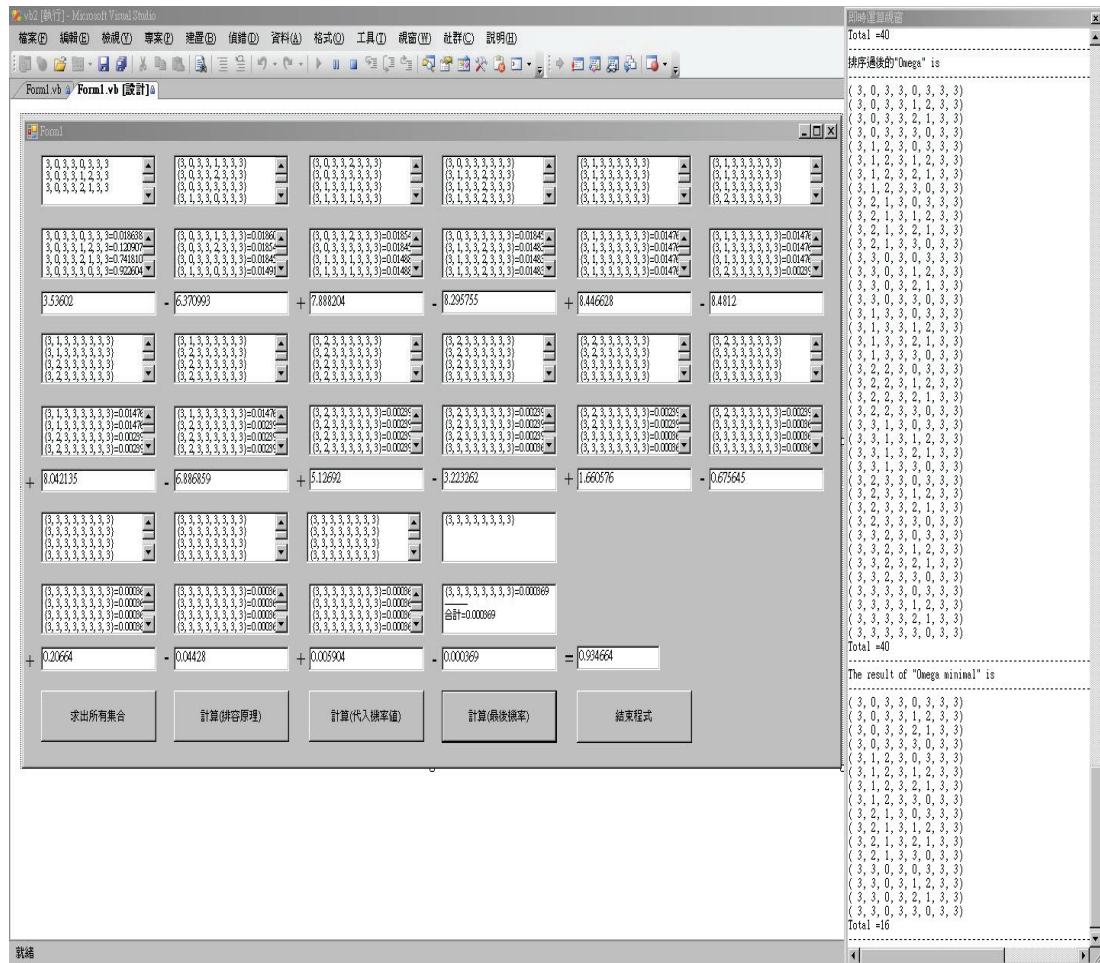


Fig. 2. The calculation for the example..

In the calculation, R_3 is 0.934664. The probability that the ERP system can complete at less 3 documents is 0.934664.

V. Conclusion

This paper proposed a novel method based on flow network model to evaluate the performance of an ERP system depending upon the results of an ERP test of the company user involved. At first, the ERP system is proposed to be modeled by a stochastic-flow network model. Then, through the algorithm proposed in this paper, the performance index R_d is calculated. By the illustration of numerical example via VB program, the proposed approach is easily to be fulfilled and can be took place at the ERP pre-implementing stage to help making decision about the date of system online, or at a regular interval within the system execution to assess the ERP performance under the company's people floating.

Acknowledgement

This work was supported in part by the National Science Council, Taiwan, Republic of China, under Grant No. NSC 99-2221-E-236-009.

References

1. Al-Mashari, M., Al-Mudimigh, A., and Zairi, M. (2003). Enterprise resource planning: A taxonomy of critical factors. European Journal of Operational Research, 146(2):352 - 364.
2. Amoako-Gyampah, K. and Salam, A. F. (2004). An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. Information and Management, 41(6):731 - 745.
3. Chand, D., Hachey, G., Hunton, J., Owahso, V., and Vasudevan, S. (2005). A balanced scorecard based framework for assessing the strategic impacts of ERP systems. Computers in Industry, 56(6):558 - 572.
4. Chang, I. C., Hwang, H. G., Hung, M. C., Chen, S. L., and Yen, D. C. (2007). A neural network evaluation model for ERP performance from scm perspective to enhance enterprise competitive advantage. Expert systems with applications, page doi:10.1016/j.eswa.2008.08.102.
5. Chen, S. G. (2010), Search for all minimal paths with backtracking, In: Proceedings of the 16th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, Washington DC, USA, Aug. 5-7, 2010.
6. Chen, S. G. and Y. K. Lin (2008), An evaluation method for enterprise resource planning systems, Journal of the Operations Research Society of Japan, 51(4): 299-309.
7. Chen, S. G. and Y. K. Lin (2009), On performance evaluation of ERP systems with fuzzy mathematics, Expert systems with applications, 36(3): 6362-6367.
8. Dowlatshahi, S. (2005). Strategic success factors in enterprise resource-planning design and implementation: A case-study approach. International Journal of Production Research, 43(18):3745 - 3771.
9. Ford, L. R. and Fulkerson, D. R. (1962). Flow in networks, NJ: Princeton University Press.
10. Jones, M. C. and Young, R. (2006). ERP usage in practice: An empirical investigation. Information Resources Management Journal, 19(1):23 - 42.
11. Lin, C. Y. (2011), The Bayesian performance evaluation for ERPS --- a case study on automobile parts supplier, Master Thesis, Tungnan University.
12. Lin, H. Y., Lai, K. Y., Shiau, W. L., Hsu, P. Y., Leu, J. D., Tsai, W. H., Cheng, M. S., and Fan, Y. W. (2004). The evaluation of post implementation ERP investment performance by dea approach. Journal of E-Business, 6(2):175 - 191.
13. Lin, W. T., Chen, S. C., Lin, M. Y., and Wu, H. H. (2006). A study on performance of introducing ERP to semiconductor related industries in Taiwan. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 29(1-2):89 - 98.

14. Lin, Y.-K. (2007a). On a multicommodity stochastic-flow network with unreliable nodes subject to budget constraint. European Journal of Operational Research, 176(1):347 - 360.
15. Lin, Y.-K. (2007b). Reliability evaluation for an information network with node failure under cost constraint. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, 37(2):180 - 188.
16. Lin, Y.-K. (2007c). Study on longer and shorter boundary duration vectors with arbitrary duration and cost values. Journal of the Operations Research Society of Japan, 50(2):73 - 81.
17. Lin, Y.-K. (2007d). System capacity for a two-commodity multistate flow network with unreliable nodes and capacity weight. Computers and Operations Research, 34(10):3043 - 3054.
18. Sebastianelli, R. and Rishel, T. D. (2003). Some survey results on ERP systems implementation. In Proceedings - Annual Meeting of the Decision Sciences Institute, pp. 547 - 552, Washington, DC, United States.
19. Tsai, W.-H., Fan, Y.-W., Leu, J.-D., Chou, L.-W., and Yang, C.-C. (2007). The relationship between implementation variables and performance improvement of ERP systems. International Journal of Technology Management, 38(4):350 - 373.
20. Wu, F., Liu, C., Li, H. Z., Gao, K., and Tian, J. (2007). The benefits evaluation of ERP project investment based on real options. In Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, volume 5, pages 4078 - 4083, Taipei, Taiwan.
21. Xue, J. (1985). On multistate system analysis. IEEE Transactions on Reliability, 34:329 - 337.
22. Yang, C.-C., Lin, W.-T., Pai, F.-Y., and Yeh, T.-M. (2007). The use of fuzzy measures in a performance-evaluation model for ERP implementation among Taiwanese semiconductor manufacturers. International Journal of Production Research, 45(20):4735 - 4752.
23. Yu, C.-S. (2005). Causes influencing the effectiveness of the post-implementation ERP system. Industrial Management and Data Systems, 105(1):115 - 132.

東南科技大學 東南學報 第三十六期 中華民國一百年七月出版 第179-188頁

小型圖書管理系統-以研究室書庫為例

A Small Library Management System-A Case Study of Laboratory Books

蔡佳麟¹ 陳妍蓉² 吳婉柔² 蔡麗卿² 陳建文²
Jia-Lin Tsai Yan-Rong Chen Wan-Rou Wu Li-Ching Chi Jian-Wen Chen

¹東南科技大學資管系 助理教授

²東南科技大學資管系 學士

摘 要

本專題題目為「小型圖書管理系統-以研究室書庫為例(A Small Library Management System-A Case Study of Laboratory Books, 簡稱 SLMS)」, 研究動機是承接 LMS 及 LMRS 專題成果[1,3], 以東南科技大學資管系303研究室(底下簡稱303研究室)的書庫為實作對象, 建置303研究室的 SLMS, 研究目標為:(1)確保資料庫一致性、(2)加強搜尋介面、及(3)設計 SLMS 書碼。

此專題成果獲得「第十五屆大專院校資訊服務創新競賽」決賽資格[19]。

關鍵詞：圖書管理、ASP.NET、資料庫

ABSTRACT

This paper describes a Small Library Management System (SLMS) developed by a student project team. Our research motivation is to develop a SLMS for the 303 Laboratory books based on the results of student project teams LMS and LMRS [1, 3]. Our research object is to achieve: (1) database consistency, (2) enhanced-book searching and (3) design a SLMS-code system for this study.

The SLMS has been developed and enter the final competition of “2010第15屆大專校院資訊服務創新競賽.[19]”

Keywords: Management Information System (MIS), ASP.NET, Database

壹、前言

本專題題目為「小型圖書管理系統-以研究室書庫為例(A Small Library Management System-A Case Study of Laboratory Books, 簡稱 SLMS)」, 以東南科技大學資管系303研究室(底下簡稱303研究室)的書庫為實作對象, 建置303研究室老師及學生的 SLMS。有關303研究室書庫歷史, SLMS 研究動機及研究目標分述如下:

1.1、303研究室書庫歷史

根據本組盤點, 303研究室共有445本書籍, 其中261本書籍之資料庫已建置完成, 此261本書中的98本書, 是由303研究室的97級「Web-based 圖書管理系統」畢業專題小組(簡稱 LMS 小組)完成[1], 其餘則由99級「圖書管理與推薦系統之建置」畢業專題小組(簡稱 LMRS 小組)完成[3], 故尚有184本書籍尚未登錄資料庫。

在盤點303書庫資料庫時, 我們發現四個問題:(1)資料庫與書籍資訊不符合,(2)書名鍵入不完整,(3)國際書碼(ISBN)錯誤及(4)書名與作者不符。為解決上述四項問題及達到本組專題研究目標, 本組將303書庫資料庫重新設計及建置。

1.2、研究動機

本專題的研究動機是承接 LMS 及 LMRS 專題成果[1,3], 以上述303研究室書庫為例, 建立一個小型圖書管理系統, 並嘗試說明 SLMS 書籍數量、特性及適用對象。

1.3、研究目標

根據研究動機, 本專題的研究目標如下:

- (一) **確保資料庫一致性**: 建置 303 書庫資料庫內容時, 增加核對人員, 核對輸入人員所建置資料, 以確保書籍實際資料與資料庫是一致的。
- (二) **加強搜尋介面**: 以搜尋方式, 加強圖書狀況、圖書資訊及圖書借閱功能。
- (三) **設計 SLMS 書碼**: 國際書碼相對小型圖書系統過於複雜, 所以本組設計 SLMS 書碼, 以方便管理者進行書籍歸類與上架及使用者查找書籍。

貳、文獻探討

本章為文獻探討, 分成三個小節, 首先為2.1節之「圖書館功能」, 接著是2.2節之「圖書館類型」, 最後是2.3節之「SLMS 書籍數量、特性及適用對象說明」。

2.1、圖書館功能

根據文獻[4, 5], 圖書館的功能可分為五項:

- (一) **文化方面**: 蒐集及保存文化資訊。以 SLMS 來說, 在規模上並沒有達到保存文化資訊的功能。

- (二) **社會、政治、經濟方面**：客觀、即時迅速提供各類資訊。以 SLMS 來說，著重於教育方面，在社會、政治、經濟方面，並無顯著功能。
- (三) **教育方面**：提供多元學習教材，肩負推動社會教育、終身學習的重責。由於本組 SLMS 主要在提供書籍教材，故教育功能顯著。
- (四) **學術研究方面**：圖書館匯集資訊，促進資訊交流，激發學術研究與創新發展。以 SLMS 來說，由於書籍訂購迅速，更替速度較快，對於學術研究方面幫助大，故學術研究功能顯著。
- (五) **滿足民眾日常資訊需求、提倡正常休閒方面**：例如圖書館為全人類提供服務，尊重以任何形式傳播而來的知識，及維護自由使用知識的權利等。以 SLMS 來說，服務對象是針對學生，可運用電子書讓同學在網路上就可以初步閱覽借閱書籍的內容。

根據上述分析，教育及學術研究是本專題 SLMS 發展的主要功能面向。

2.2、圖書館類型

根據文獻[4, 5]，圖書館可分為以下五種類型：**(一) 國家圖書館**：例如：「大英圖書館」[20]，**(二) 公共圖書館**：例如：「台北市立圖書館」[21]，**(三) 大專院校圖書館**：例如：「國立台灣大學圖書館」[15]，**(四) 中小學圖書館**：例如：「民權國中圖書館」[22]，**(五) 專門圖書館**：例如：「中國飲食文化圖書館」[23]。

由於小型圖書館並不適用於上述大型圖書館的分類，故底下2.3節特別說明小型圖書管理系統的書籍數量、特性及適用對象。

2.3、SLMS 書籍數量、特性及適用對象說明

本組發展的 SLMS，主要使用者為 303 研究室團隊的成員，書籍規模較小，我們對於小型圖書管理系統的書籍數量、特性及適用對象說明如下：

- (一) **書籍數量**：約三個書櫃可擺放的數量(1000 本左右)，書櫃規格：書櫃寬 79cm、深 29.2cm、高 179.6cm。
- (二) **特性**：書籍類別較少，專業用書較多，故客製化的書碼系統，有其必要性。
- (三) **適用對象**：小型組織單位，如實驗室、系學會及社團等。

參、系統分析

本章為系統分析，分成三個小節，依序說明 3.1 節之「系統架構」。接著是 3.2 節之「使用案例圖」，最後是 3.3 節之「LMS、LMRS 及 SLMS 的關係」。

3.1、系統架構

圖 1 是本系統功能架構，根據圖 1，第一層主要功能項有：首頁、圖書管理及線上活動，其個別功能說明如下：

發展快速搜尋及書籍資料後台管理，LMRS 則著重於借閱管理、推薦系統及書籍分類，除了上述5項功能外，我們認為 SLMS 書碼設計及試閱電子書，是建立一個客製化 SLMS 的重要功能。

表1是 LMS[1]、LMRS[3]及 SLMS[11]的系統比較表，根據表1，我們認為借閱管理、推薦系統、搜尋介面及書籍資料庫管理是 SLMS 必備的基本功能。除了這五個基本功能外，由於國際書碼對於小型圖書管理系統過於複雜，而書商書號又不適合客製化的小型圖書管理系統，故我們設計了 SLMS 書碼系統（詳見附錄一），以利書庫資料的整理，上下架及查找書籍的便利。最後，有鑑於電子書發展的熱潮，我們發展試閱電子書的系統，由於書籍版權問題，我們僅提供書籍封面及目錄做為試閱的材料。

表 1、LMS、LMRS 及 SLMS 功能比較

功能\級別	LMS(97級)	LMRS(99級)	SLMS(100級)
書庫總筆數	98	261	445
SLMS 書碼	無	無	有
線上借閱	無	無	有
試閱電子書	無	無	有
借閱管理	無	有	有
推薦系統	無	有	有
書籍分類	無	有	有
快速搜尋	有	有	有
SQL 管理	有	有	有

肆、系統簡介

底下是本組以 303 研究室書庫為實作對象，使用 ASP.NET 及 SQL 開發技術，建置 303 研究室 SLMS [6-8]的系統簡介。

4.1、首頁功能

我們發展的 SLMS 首頁主要功能有五項，(1)公佈欄、(2)書庫類別、(3)推薦排行、(4)熱門推薦及(5)新書首選，圖 3 為這五項功能在首頁相關位置圖。此五項功能說明如下：

- (一) 公佈欄：紀錄 SLMS 相關活動與書庫訊息。
- (二) 書庫類別：以書籍類別為區隔，展示該類所有書的封面、書名、國際書碼及 SLMS 書碼（參考附錄一及附錄二），圖4為「B 管理類」的書籍展示畫面。
- (三) 推薦排行：在選定的類別上點選想推薦的書籍，該推薦指數就會增加，推薦指數越高即可登上熱門推薦，圖5為「C 其他」的推薦展示畫面。

(四) 熱門推薦：推薦借閱五次以上的熱門書籍。

(五) 新書首選：由系統管理員根據每月新書進行新書首選編輯。



圖 3、成果系統首頁展示



圖 4、書庫類別展示-以 B 管理類展示

登入

帳號:

密碼:

☐ 記憶密碼供下次使用。

登入

[建立帳號](#)

書庫類別

推薦排行

相關連結

著作權相關法規
台灣國家圖書館
台灣大學圖書館
高雄市立圖書館
東南科大經國圖書館
蔡佳麟博士
YAHOO首頁
GOOGLE首頁

讚 7 個人說過讚。

A程式語言 B管理類 C其他 D軟體工程與方法學 E作業系統 F資料庫 G套裝軟體
H多媒體 I電子與行銷 J計算機與網路概論 K科結構 L網頁程式設計 M網頁設計

C-303-001 推薦

id	推薦指數	SLMS書碼	C其他
1	0	C-303-001	 書名: PROJECT 2003專案管理實務應用 類別: 其他 國際書碼: 978-986-150-546-6
2	0	C-303-002	 書名: 專案管理 專案經理人MS PROJECT 2003實務篇(CD) 類別: 其他 國際書碼: 986-421-677-5
3	1	C-303-003	 書名: 企劃案撰寫 理論與案例 類別: 其他 國際書碼: 986-226-214-1
4	0	C-303-004	 書名: 資料壓縮DATA COMPRESSION(CD) 類別: 其他 國際書碼: 978-957-442-517-4

圖 5、推薦排行展示-以 C 其他展示

4.2、圖書管理

圖書管理功能分為三項，(1)圖書狀況、(2)圖書資訊及(3)圖書借閱，此三項功能說明如下：

- (一)圖書狀況：可查詢書籍基本資料，包含是否在庫的資訊，圖 6 為圖書在庫狀況的畫面截圖。
- (二)圖書資訊：藉由線上閱讀系統，查看書籍目錄及簡介內容的電子書，圖 7a 為封面及對應的 SLMS 書碼畫面截圖，圖 7b 為線上試閱的電子書內容。
- (三)圖書借閱：提供老師及同學線上借閱書籍，圖 8 為圖書借閱畫面截圖。

登入

帳號:

密碼:

☐ 記憶密碼供下次使用。

登入

[建立帳號](#)

書庫類別

推薦排行

相關連結

著作權相關法規
台灣國家圖書館
台灣大學圖書館
高雄市立圖書館
東南科大經國圖書館
蔡佳麟博士
YAHOO首頁

搜尋

書名	類別	國際書碼	SLMS書碼	出版社	在庫狀況
Java由初學邁向認證	程式語言	978-986-149-166-0	A-303-001	金禾	是
JAVA2範例600輕鬆學	程式語言	986-125-674-1	A-303-002	松崗	是
剖析JAVA程式設計	程式語言	957-8573-55-3	A-303-003	金禾	是
Java網路程式設計	程式語言	986-125-807-8	A-303-004	文魁	是
JAVA2指令速查手冊	程式語言	957-566-916-9	A-303-005	碁峯	是
Java2 JDK5.0教學手冊 第三版	程式語言	957-527-822-4	A-303-006	博碩	是
Java物件導向程式設計 Learning Java in an object-oriented way(CD)	程式語言	978-957-442-519-8	A-303-007	旗標	是
掌握JAVA設計之鑰(CD)	程式語言	978-957-857-373-4	A-303-008	金禾	是
Visual Basic 2005網路程式設計(CD)	程式語言	978-986-125-835-5	A-303-009	文魁	是
Visual Basic 2008程式實例教學範本(CD)	程式語言	978-986-201-167-6	A-303-010	博碩	是

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...

圖 6、圖書在庫狀況顯示畫面

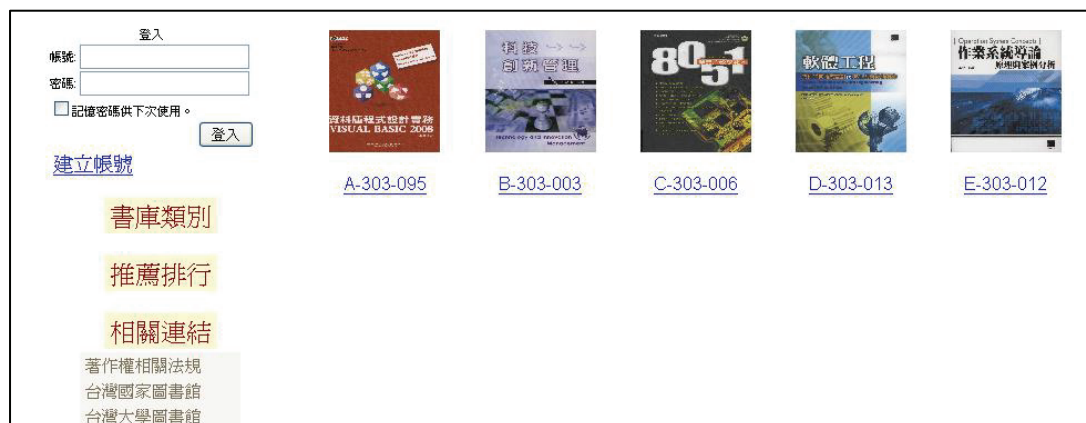


圖 7a、圖書資訊展示-封面及對應的 SLMS 書碼

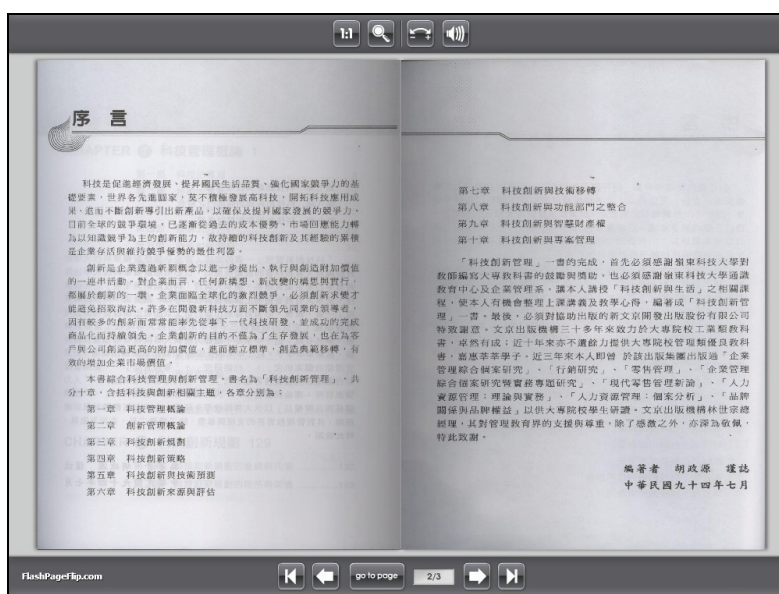


圖 7b、圖書資訊展示-翻閱圖書內容

登入

帳號:

密碼:

☐ 記憶密碼供下次使用。

登入

登入帳號 slms

登出

書庫類別

推薦排行

相關連結

著作權相關法規

台灣國家圖書館

台灣大學圖書館

高雄市立圖書館

東南科大經國圖書館

蔡佳麟博士

YAHOO 首頁

GOOGLE 首頁

搜尋

書名:

出版:

借書者:

SLMS書碼:

出借日期:

學號:

送出

id	書名	SLMS書碼	出版	出借日期	歸還日期	借書者	學號
191	1111	111	1111	111		111	11111
190	333	333	333	333		333	3
189							
188	2222	111	111	111		222	111
187	MySQL 設計與管理	F-303-017	文魁	99.08.09	n/a	李修珍	T3013
186	ASP.NET 3.5 初學指引	M-303-074	博碩	99.08.03	n/a	范舒雅	49607038
185	Illustrator CS4 範例應用 36 例	H-303-039	松崗	99.08.03	n/a	劉鎮綾	49607043
184	PhotoShop 技術精粹與平面廣告設計	H-303-037	上奇	99.08.02	99.10.06	蔡麗卿	49607058
183	DreamWeaver CS3 魔法書	M-303-022	旗標	99.08.02	n/a	蔡麗卿	49607058
182	CMIS 畫面報告	Team13	303_Lab	99.07.27	99.09.07	王意宏	49607027

圖 8、圖書借閱資訊顯示畫面

伍、結論

本專題以303研究室書庫為例（445本書），分析與建置一個客製化小型圖書管理系統，此系統是網路應用程式，採用分散式系統架構，使用者只要透過瀏覽器便可使用本系統。根據我們分析，小型圖書管理系統的書籍規模在一千本以內，試用對象為小型組織，如研究室及系學會等。

我們認為小型圖書管理系統，其實跟社群服務系統類似，如臉書的社團或是粉絲專頁，除了本專題發展的 SLMS 功能外，可再著重於互動討論及數位內容（知識）分享上，因此，如何透過小型圖書管理系統來關連讀者的閱讀心得，推薦資訊及延伸閱讀材料等，讓小型圖書管理系統具備社群服務的精神與功能，以有別於一般圖書管理系統著重於讀者服務，將是我們發展下一代小型圖書管理系統的重要方向。

專題製作已告一個段落，我們希望此專題系統可以傳承給加入303研究室的同學。

致謝

在此感謝專題指導老師 蔡佳麟博士，他帶領我們「小型圖書管理系統」團隊進行專題製作，在製作過程中老師指導我們口頭報告、系統製作等技巧，老師也給予我們很多的建議，帶領我們團隊不停的進步，使我們在專題製作過程中獲益良多。

也要感謝303團隊的每位同學，在每次的模擬報告中給予寶貴的意見，也要感謝畢業學長姊專程回母校給我們鼓勵與指導。謝謝本專題團隊共同合作完成此專題製作。

參考文獻

中文部分：

1. 吳孟修，郭懿輝，林克威，陳寬穎，2008，Web-based 圖書管理系統，東南科技大學資管系 97 級畢業專題書面報告。
2. 葉光舜，杜尚俊，梁志偉，張雅筑，郭雅婷，2008，知識管理系統之分析與探討，東南科技大學資管系 97 級畢業專題書面報告。
3. 李佩瑾，陳盈靜，丁家祥，呂恩琦，王茵潔，2010，圖書管理與系統之建置，東南科技大學資管系 99 級畢業專題書面報告。
4. 胡英麟，2008，圖書資訊利用，台北新文京出版社。
5. 黃湫淑，2007，圖書館資訊運用，新文京出版社。
6. 呂高旭，2008，ASP.NET 3.5 精要剖析，松崗出版社。
7. 小野 哲、藤本 亮，2008，SQL 基礎講座，博碩文化。
8. 施威銘研究室，2008，SQL Server2008 設計實務，旗標。
9. Hoffer 等著(陳鴻基、嚴紀中 譯)，2008，系統分析與設計，華泰文化。

網路部份：

10. 東南科技大學日四技 100 級 SLMS 畢業專題小組協同系統，
http://140.129.143.209/std_project/100/slms_team17/project/
11. 東南科技大學日四技 100 級 SLMS 畢業專題成果系統，
http://140.129.143.209/std_project/100/slms_team17/portal/
12. 高雄市立圖書館網站，<http://www.ksml.edu.tw/>

13. 東南科技大學 經國圖書館, <http://www.lib.tnu.edu.tw/>
14. 圖立台灣科技大學圖書館, <http://library.ntust.edu.tw/front/bin/home.phtml>
15. 圖立台灣大學圖書館, <http://www.lib.ntu.edu.tw/>
16. 圖家圖書館, <http://www.ncl.edu.tw/mp.asp?mp=2>
17. 圖書館資訊系統架構規範, http://catweb.ncl.edu.tw/datas/2-1-19_89/hd.pdf
18. 蔡佳麟博士教學網站, <http://mail.tnu.edu.tw/~tsaijl/>
19. 第十五屆大專院校資訊服務創新競賽, <http://csim.tca.org.tw/>
20. 大英圖書館, <http://www.bl.uk>
21. 台北市立圖書館, http://www.tpml.edu.tw/MP_104021.html
22. 民權國中圖書館, <http://163.21.39.115>
23. 中國飲食文化圖書館, <http://www.fcdc.org.tw/index-a1.htm>

附錄 1、SLMS 書碼系統(書籍分類代碼對應表及書碼格式)

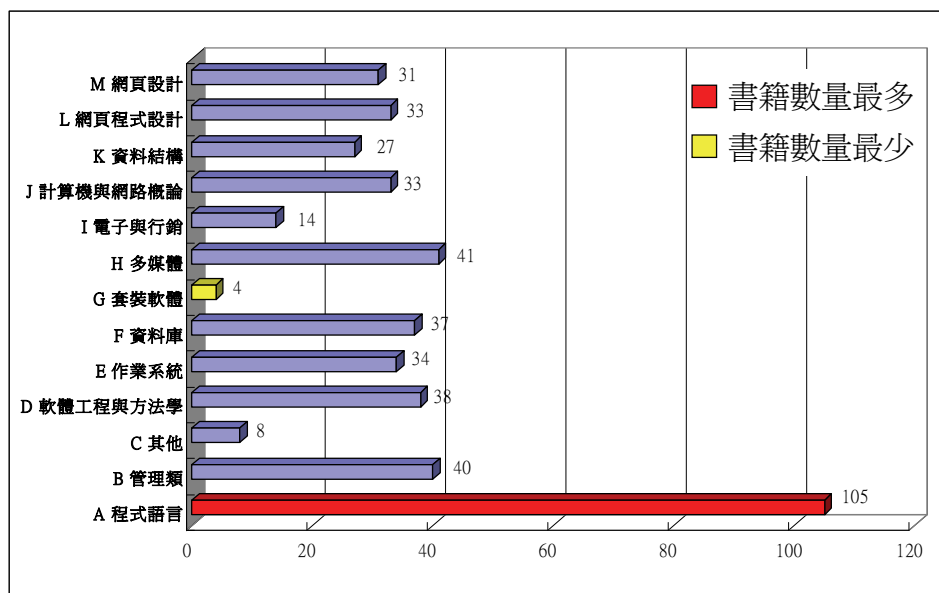
書籍分類代碼對應表：

- A. 程式語言
- B. 管理類
- C. 其他
- D. 軟體工程與方法學
- E. 作業系統
- F. 資料庫
- G. 套裝軟體
- H. 多媒體
- I. 電子與行銷
- J. 計算機與網路概論
- K. 資料結構
- L. 網頁程式設計
- M. 網頁設計

SLMS 書碼格式：書籍分類-研究室-編號

例：A-303-001，A 代表程式語言類，303 代表 303 研究室，001 代表 A 類第一本書。

附錄 2、303 研究室書籍分類統計表



東南科技大學 東南學報 第三十六期 中華民國一百年七月出版 第189-198頁

台灣夜市小吃之研究與探討- 以大台北夜市小吃為例

Taiwan Night Market Snack Research and Discussion- A Case Study of Taipei Area

蔡佳麟¹ 謝慧潔² 謝明樺² 陳湘琳² 方世豪² 呂欣龍²

Jia-Lin Tsai Huei-Jie Sie Ming-Hua Sie Siang-Lin Chen Shih-Hao Fang Sin-Long Lyu

¹東南科技大學資管系 助理教授

²東南科技大學資管系 學士

摘 要

本研究題目是「台灣夜市小吃之研究與探討-以大台北夜市小吃為例(Taiwan Night Market Snack Research and Discussion-A Case Study of Taipei Area)」，研究目標有二：其一是進行實地探訪及市場問卷調查，其二是以實地探訪及問卷調查資料為基，建置一個大台北夜市小吃數位入口網(A Taipei Night Market Snack Digit Web，簡稱TNSD)。此 TNSD 共有三個子系統：(1)分類搜尋、(2)市場調查、及(3)互動專區，其中分類搜尋有夜市、小吃及地區搜尋，後兩項多數夜市相關網站並未提供。我們實地探訪七個夜市，並於景美、萬華及饒河夜市進行市場問卷調查，受訪者共150位(含5位外國觀光客)。此專題成果獲得「第十五屆大專院校資訊服務創新競賽」決賽資格[24]。

關鍵詞：數位入口網、問卷調查、ASP.NET、資料庫

ABSTRACT

This paper describes a Taipei Night Market Snack Digit Web (TNSD) developed by a student project team. The two research objects of this study are: (1) conduct Taipei night market questionnaire surveys and (2) develop a TNSD based on the questionnaire surveys. The TNSD has three sub-systems: (1) category searching, (2) night market questionnaire survey and (3) interactive function. The TNSD category searching includes of by-market, by-snack and by-area. In this study, we have investigated seven night markets in Taipei area and conduct 150 questionnaire surveys (including 5 foreign tourists). The TNSD has been developed and enter the final competition of “2010第15屆大專校院資訊服務創新競賽.[24]”

Keywords: Digit Web, questionnaire survey, ASP.NET, Database

壹、介紹

本研究成員對於台灣夜市小吃非常有興趣，而成員居住地皆位於大台北地區，所以專題以大台北地區之夜市做為研究對象。我們在瀏覽相關夜市網頁[8-20]及觀看美食節目[21,22]時，常常發現商家及商品的相關資訊並不詳細，譬如：店家位置、商品價位等，另外欠缺實地探訪與市場問卷調查的資料。

表1、知名夜市相關網站搜尋資料方式比較表

網站名稱 \ 搜尋資料方式	依夜市搜尋	依小吃搜尋	依地區搜尋
台灣夜市-夜市美食之旅[9]	✓	×	×
台北旅遊網[12]	✓	×	×
夜市文化[13]	✓	×	✓

表1為台灣夜市-夜市美食之旅[9]、台北旅遊網[12]及夜市文化[13]三個知名夜市(根據小組成員瀏覽經驗討論決定)相關網站的搜尋資料方式比較表，由表1，此三個網站皆提供依夜市搜尋的功能，但皆未提供依小吃搜尋的功能，另外，只有夜市文化[13]提供依地區搜尋的服務，我們認為表1上所列的三個搜尋資料方式，對於瀏覽者而言，是系統應該提供的基本搜尋資料方式。

本 TNSD 專題小組於2010年1月組成，在蔡佳麟博士[25]指導下，進行為期一年的專題研究，實地探訪了七個夜市，以 SQL Server 2008設計與建置大台北夜市小吃資料庫，運用 ASP.NET 技術，建置一個大台北夜市小吃數位入口網(A Taipei Night Market Snack Digit Web，簡稱 TNSD)。此 TNSD 提供依小吃、夜市及地區搜尋資料方式，並展示我們實地探訪的資料與問卷分析結果。

貳、系統比較

本組針對我們的 TNSD 及三個知名夜市相關網站的系統主要服務項目進行比較，表2為比較的結果。

表2、TNSD 與三個知名夜市相關網站系統主要服務比較表

服務項目 \ 網站名稱	依夜市搜尋	依小吃搜尋	依地區搜尋	夜市小吃小遊戲	實地探訪市場調查
台灣夜市-夜市美食之旅[9]	✓	×	×	×	×
台北旅遊網[12]	✓	×	×	×	×
夜市文化[13]	✓	×	✓	×	×
TNSD[7]	✓	✓	✓	✓	✓

表2所列的四個夜市小吃相關網站之系統主要服務項目比較，分別說明如下：

1. 台灣夜市-夜市美食之旅：該網站以提供旅遊資訊為主，在夜市小吃介紹的資料介紹上面，資料比較簡略[9]。

2. **台北旅遊網**：該網站以提供台北地區旅遊景點為主，在夜市小吃介紹的方面，僅提供夜市的地理位置及交通資訊[12]。
3. **夜市文化**：提供明確的夜市及小吃資訊，提供依地區搜尋，讓瀏覽者可以根據區域查找夜市資訊，但該網站的資料多以文字方式呈現，且無實地探訪及問卷調查資料[13]。
4. **大台北夜市小吃數位入口網**：本組建置的TNSD，提供依小吃、依地區、依夜市三個搜尋方式，讓瀏覽者更方便更快速的查找夜市資訊。而夜市小遊戲，目的在讓瀏覽者可以藉由趣味遊戲來了解夜市小吃資訊。另外，實地探訪及市場調查則為本組攝影及相片紀錄、店家訪查及市場問卷調查內容，讓瀏覽者可以透過多媒體內容或問卷分析等，以更多元方式了解夜市及小吃相關資訊[7]。

參、系統簡介

3.1 系統架構

3.1.1 TNSD 系統架構

本系統採用 ASP.NET 技術來建置，使用開發工具為 Microsoft Visual Web Developer Express 2010和 Microsoft SQL Express 2008 資料庫，網站架構屬於兩層式架構(Two-Tier)。

3.1.2 系統功能架構

圖1是本系統功能架構，根據圖1，第一層主要功能有：回首頁、分類搜尋、市場調查、互動專區及開發團隊，其個別功能說明如下：

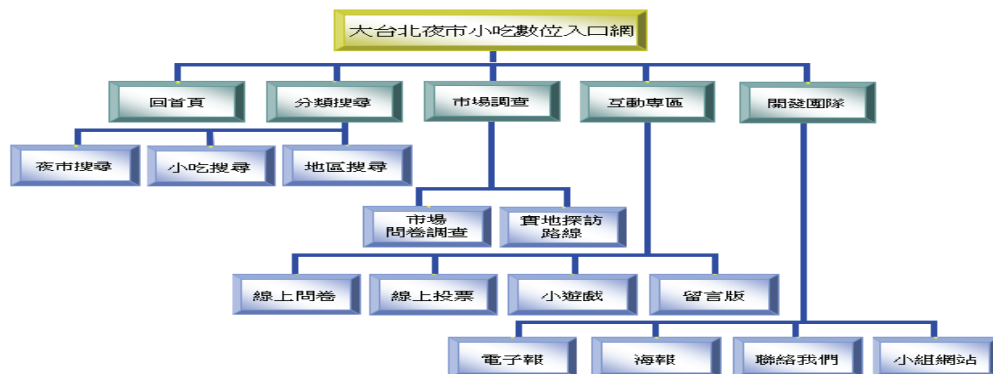


圖1、TNSD 系統功能架構

- **回首頁**：我們採用 Google Analytics 技術，來提高網站流量及行銷成效，並於首頁上方擺置了 Google 站外搜尋功能，根據本組測試，目前若以「大台北夜市小吃入口網」為關鍵詞以 Google 搜尋，TNSD 為搜尋結果的 Top 1 網站；
- **分類搜尋**：分為夜市搜尋、小吃搜尋及地區搜尋，我們使用資料庫整合夜市小吃資

訊，使瀏覽者可以透過三種不同搜尋方式，更快速便利地查找到想要查找的夜市小吃資訊，其中地區搜尋的部份，本組增加了 Google Map 連結，採用了 Google 地圖來繪製夜市的美食地圖，提供瀏覽者了解店家的地理位置與週邊資訊；

- **市場調查：**分為市場問卷調查及實地訪查路線，利用團隊成員實際走訪夜市的經驗，為瀏覽者做更詳細且清楚的介紹。市場問卷調查是本組在景美夜市、饒河夜市及萬華夜市的實地訪查過程中，針對夜市民眾進行之問卷調查；實地訪查路線則是本組探訪的行前路線規劃及店家資訊，以提供瀏覽者做為探訪夜市的參考；
- **互動專區：**針對夜市小吃，我們設計了線上問卷、小遊戲及不定期更新的線上投票議題，其中線上問卷部份，是採用 Google 文件來設計，問卷分為中、英文兩種版本(附錄 1 及 2)。此專區是瀏覽者與本組互動的網頁應用服務；
- **開發團隊：**分為電子報、海報、聯絡我們及小組網站，其中「聯絡我們」為提供本組 Google Mail 共用帳號，透過此帳號可讓瀏覽者與我們聯繫，開發團隊的部分是提供瀏覽者可以更加清楚了解本組。

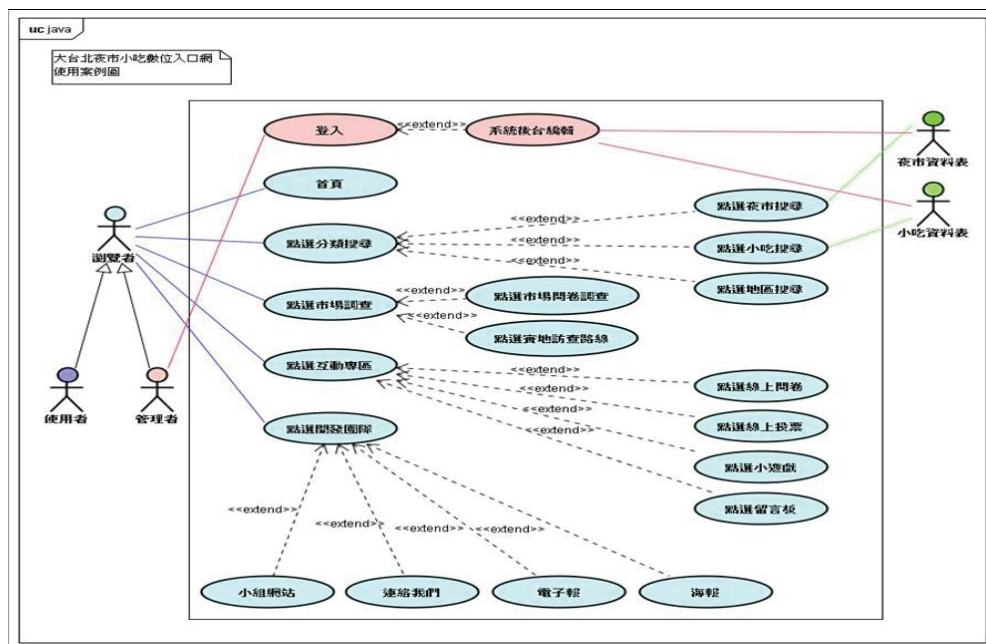


圖2、TNSD 使用案例圖

圖2為 TNSD 的使用案例圖，根據圖2，TNSD 角色分為一般使用者及管理者，一般使用者除了後台編輯系統無法瀏覽外，其他使用案例都可瀏覽，而管理者登入系統後，可透過後台編輯系統編輯系統資料庫。

3.2 後台編輯系統角色活動分析

圖3為 TNSD 後台編輯系統活動圖，顯示管理者、系統及資料庫三個角色在後台編輯系統流程中的互動狀況，底下按角色簡要說明：

- **管理者：**管理者為本研究小組成員帳號(設定為管理員角色)，成功登入驗證後，即可開啟 TNSD 後台編輯系統；

- **系統：**管理者登入 TNSD 後台編輯系統後，可新增、刪除及修改 TNSD 資料庫的資料表內容，若結束編輯，將登出並離開 TNSD 後台編輯系統；

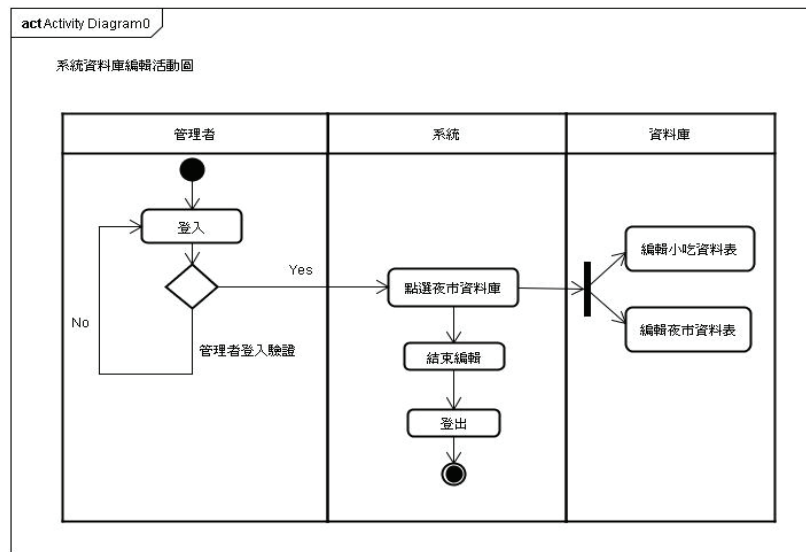


圖3、TNSD 後台編輯系統活動圖

- **資料庫：**TNSD 資料庫由兩個資料表組成，分別是小吃資料表及夜市資料表，管理者可透過後台編輯系統編輯其內容。

3.3 系統畫面

圖4為 TNSD 網站整體配置圖。如圖4所示，TNSD 分成八大區塊，分別為專題 LOGO、專題題目、分類選項、Google 站外搜尋、照/影片分享區、最新消息公布欄、熱門連結及投票區。其中分類選項又區分三個標籤頁面，頁面內容文字和圖片為擷取自資料庫或我們編寫的 Google Doc 及美食 Google Map。



圖4、TNSD 網站整體配置圖

肆、實地探訪與問卷調查

本研究結果發表時，共進行四次知名夜市實地探訪，2010年6月8號為景美夜市、2010年7月22號為萬華夜市、2010年8月13號為饒河夜市及2010年9月3日號為樂華夜市，其間進行店家訪問、資料蒐集、拍照攝影及問卷調查(景美、萬華及饒河夜市)。

4.1 問卷調查與結果

為了解民眾對實地探訪的夜市評價與消費型態，我們設計了中文版(本國人)及英文版(外國人)問卷。問卷分為二個部分調查，即基本資料及消費型態。中文版問卷共10題單複選題(附錄1)，而英文版問卷(附錄2)共6題單複選題，問卷皆有意見欄供受訪者提供意見。本研究，問卷分為中英文兩版，調查主軸皆為夜市評價與消費型態。中文版問卷設計的題目較為多樣，因受訪對象為本國人，而英文版則為簡易型問卷，受訪對象為外國人，因考量外國人也許是第一次造訪夜市，問卷設計就較為簡易。

我們將這次實地探訪所做出的紙本問卷分析結果放置於網站上，也使用 Google 文件功能將問卷放置於本網站上，所有結果都採公開化，讓消費者也可以觀察，透過這些分析之研究成果，除了可以讓我們研究出消費者對夜市的評價與看法外，夜市店家也可透過我們的研究結果來加以改進或是更加進步，來提升夜市的觀光效益。

4.1.1 背景資料

我們於景美、萬華及饒河夜市進行市場問卷調查，三個夜市皆有50位受訪者，故共計150位受訪者(包含5位外國觀光客)，其市場調查統計分析結果放置在 TNSD 之「市場調查」選項裡，提供給瀏覽者參考。

4.2.2 問卷結果

問卷1至4題為調查夜市消費者基本資料。表3為1至4題的消費者基本資料統計分析結果。根據表3，夜市的消費族群以女性居多(64%)，年齡介於18~25歲為逛夜市的最大宗年齡區段(38%)，受訪者職業過半為學生(52%)，居住地以大台北地區民眾為主(83%)。

表3、問卷第1至4題消費者基本資料統計分析結果

題目	壹.1 性別	壹.2年齡	壹.3 目前職業	壹.4 居住地
Top 1	女性	18~25歲	學生	台北縣市
Top 1(%)	64%	38%	52%	83%

表4、問卷第4、6及7題民眾消費型態統計分析結果

題目	貳.4 平均花費	壹.6評價	壹.7 設備需求
Top 1	100~300元	★★★	廁所
Top 1(%)	40%	48%	50%

表5、英文問卷統計結果(饒河夜市5位外國觀光客受訪者)

題目	I.2年齡	I.3居住地	II.2喜愛小吃	II.3評價
內容	18~25歲	澳洲(2位)、馬來西亞(2位)、中國(1位)	芒果冰(2票)、珍珠奶茶(2票)、雞排(2票)	★★★★★(5票)

問卷4、6及7題為調查夜市民眾消費型態。表4為4、6及7題的消費型態統計分析結果。根據表4，夜市消費者逛夜市平均花費主要區段為100~300元之間(40%)，評價以3顆星為主(48%)，消費者對夜市設備大多希望增設廁所(50%)及垃圾桶(46%)，我們認為這是台灣夜市常見的問題，因為有些夜市雖然設有廁所及垃圾筒，但數量都是少數甚至於沒有，如這點可改善，本國消費者對夜市評價會更高。

表5為英文問卷之分析結果，由於饒河夜市屬台灣著名觀光夜市，吸引到許多外國觀光客，因而特別製作簡易版英文問卷來對外國觀光客進行市調。此5位外國觀光客，有2位澳洲籍觀光客、2位馬來西亞籍觀光客及1位中國籍觀光客，這5位外國觀光客的年齡都介於18~25歲，他們最喜愛的小吃為芒果冰、珍珠奶茶及雞排，這三項小吃也是國人票選之十大夜市小吃[23]的美味，5位外國觀光客給予饒河夜市的評價皆為5顆星。

伍、結論

本研究完成兩個研究目標，研究目標一是建置一個「大台北夜市小吃數位入口網(TNSD)」[7]，研究目標二是進行實地探訪及市場問卷調查。

研究目標一建置的 TNSD，目前已建置85筆店家資料，涵蓋13個大台北夜市，根據[8, 9, 10, 12, 13, 14, 17, 18]，我們統計出：大台北觀光夜市約有31個，流動夜市約有16個。表6為本組討論選定的三個官方及三個非官方夜市美食網站與 TNSD 搜尋功能的比較表。根據表6，不管是官方還是非官方，多數夜市相關網站提供的搜尋，是以夜市搜尋為主，而本組建置的 TNSD，不僅提供夜市搜尋，還提供以地區及以小吃搜尋的搜尋服務，達到更方便使用者搜尋資料的目標。

我們除了透過實地探訪問卷紙本調查外，也在互動專區中以 Google 文件的功能，將問卷放置於此，可使瀏覽者透過此功能來做問卷調查，提供我們意見，而我們也將紙本調查結果及分析，以電子書方式放置於網站的市場調查，不只我們可以觀看問卷結果，瀏覽者也可觀看。藉由此問卷資料統計，我們可了解瀏覽者對夜市的評價及意見，也可將這些意見納入我們改進 TNSD 網站的參考，提升滿意度，而瀏覽者也可透過這些調查，觀察瀏覽者對夜市的意見或是推薦哪些小吃，行前就可透過此網站服務，來得知此夜市美食資訊、交通位置及推薦評價等。

表6、系統搜尋服務比較表

網站名稱	服務項目	夜市搜尋	小吃搜尋	地區搜尋
(官方) 台北旅遊網[12]		✓	×	×
(官方) 交通部觀光局[17]		✓	×	×
(官方) 桃園觀光夜市官方網站[16]		✓	×	×
(非官方) i-city 全國夜市入口網[8]		✓	×	×
(非官方) 夜市通[19]		✓	×	×
(非官方) 夜市文化[13]		✓	×	✓
(本組) 大台北夜市小吃數位入口網[7]		✓	✓	✓

研究目標二進行的實地探訪部分，我們已探訪了四個知名夜市和三個小型流動夜市。每一次的探訪行程都是經過小組討論規劃出來的。而市場問卷調查部分，根據我們的統計分析，逛夜市的民眾大部分年齡介於青少年到青年，職業大多為學生、服務業或者自由業。另外，我們亦針對外籍遊客設計了簡易版英文問卷，在這個部分，我們共計訪問了2位馬來西亞、1位中國及2位澳洲籍遊客，其中又以2位澳洲籍遊客印象最為深刻。因為整個訪談過程中皆以英文交談，雖然彼此間並沒有太多的對話，但對於不曾與外籍人士交談的我們，也算是跨出了一大步。

在整個專題過程中，我們一共建置了兩個系統，分別是專題協同系統[6]和專題成果系統[7]。專題協同系統是用來紀錄我們在專題學習中的所有學習過程，利用專題協同系統紀錄整個專題的發展及所有工作事項。在專題課程中，我們學習到許多在書本上所學習不到的處事方式及經驗，例如團隊合作、專案規劃及企劃書製作等。未來我們將增加網站介紹的深度及廣度，提高網站的資訊豐富度，並可針對單一夜市做深度報導與探討，並與外部相關網站進行相互連結，以增加 TNSD 網站曝光度。

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，每個團隊都有專屬的協同網站和專題系統。而隨著時間一年一年的過，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

- [1] 台灣老字號：張尊禎著。初版。台北市上旗文化，2004。
- [2] 台灣新舊地名數位入口網站-以台北地區為例：楊莉芳等撰。夜間部二技98級畢業專題，2009。
- [3] 班級入口網站：郭耀文等撰。夜間部二技98級畢業專題，2009。
- [4] ASP.NET 2.0深度剖析範例集：董大偉著。博碩文化，2006。
- [5] 打好基礎-學會 UML 與 JAVA 塑模的理論與實作：周明憲譯，2005。
- [6] 學生專題協同系統，柯智騰及蔡佳麟，東南學報第33期，2008。

網站部份

- [7] 本研究系統網址：http://140.129.143.209/std_project/100/tnsd_team18/portal/
- [8] i-city 全國夜市入口網：<http://www.i-city.com.tw/markets/view/sl>
- [9] 台灣夜市 - 夜市美食之旅：<http://tw10006.tw.tranews.com/>
- [10] TW 台灣夜市網：<http://www.tw-yeshi.com/index.htm>
- [11] 美食天堂 - 台北夜市吃透透：<http://gofuntaiwan.net/index.asp>
- [12] 台北旅遊網：<http://www.taipeitravel.net/user/Article.aspx?Lang=1&SNo=04000267>
- [13] 夜市文化：<http://www.csulb.edu/~jwinter2/chin410/projects2004/ilee/nightmarket.html>
- [14] 台灣夜市美食大搜尋：<http://nightmarket.funp.tw/?&page=10>
- [15] 台灣小吃美食網：<http://www.taiwanesefood.com.tw/chinesefood/>

- [16] 桃園觀光夜市官方網站：<http://www.taoyuan-yes.com.tw/>
- [17] 交通部觀光局：<http://www.taiwan.net.tw/m1.aspx?sNo=0001090&key=>
- [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] 食尚玩家：<http://www.supertaste.com.tw/>
- [22] 非凡大探索：<http://ustvshopdetail.blogspot.com/>
- [23] 票選台北十大主題網：
<http://www.tcg.gov.tw/ct.asp?xItem=42142&CtNode=5380&mp=100027>
- [24] 第15大專院校資訊服務創新競賽：<http://csim.tca.org.tw>
- [25] 蔡佳麟博士教學網站，<http://mail.tnu.edu.tw/~tsaijl/>

附錄 1

東南科技大學日四技資管100級甲班 TNSD 專題小組夜市小吃調查表

親愛的先生、小姐您好：

我們是就讀資訊管理學院的學生，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民眾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！

TNSD 專題組員20100604

壹、基本資料

壹.1 性別：☐男 ☐女

壹.2 年齡：☐18以下 ☐18~25 ☐26~35 ☐36~45 ☐46以上

壹.3 目前職業：☐工業 ☐商業 ☐軍公教 ☐服務業 ☐自由業 ☐學生 ☐其他_____

貳、民眾消費型態

貳.1 夜市名稱：景美夜市

貳.2 針對此夜市您最喜愛或最推薦的小吃：（可複選，至多三項）

☐鄭記碳烤 ☐上海生煎包 ☐阿昌麵線 ☐鵝媽媽切仔麵 ☐景美豆花 ☐119米粉湯 ☐景美夜市油飯 ☐其他_____

貳.3 您每月造訪此夜市的平均次數：

☐一次 ☐兩次 ☐兩次以上 ☐不一定 ☐其他_____

貳.4 您每次造訪夜市於飲食方面大約花費：

☐100以下 ☐100~200 ☐200~300 ☐300~400 ☐400~500 ☐500以上

貳.5 您如何得知此夜市的小吃資訊：（可複選）

☐電視節目 ☐報章雜誌 ☐親友推薦 ☐網路介紹 ☐其他_____

貳.6 您對於此夜市整體的評價：

☐一顆星 ☐二顆星 ☐三顆星 ☐四顆星 ☐五顆星 ☐其他_____

貳.7 您認為此夜市需要增設什麼設備？

☐廁所 ☐垃圾桶 ☐其他_____

參、意見欄

- 感謝您的配合，祝您一切順心！

附錄 2

Tungnan University Information Management TNSD night markets survey panel

I、Basic information

I.1 Gender: ☐ Male ☐ Female

I.2 Age: ☐ 18 the following ☐ 18 ~ 25 ☐ 26 ~ 35 ☐ 36 ~ 45 ☐ 46 or more

I.3 From where: ☐ Asia ☐ America ☐ Europe ☐ Africa ☐ Other _____

II、consumer spending patterns

II.1 Night Market Name: **Raohe Night Market**

II.2 Want to eat food in Taiwan: ☐ Steamed Buns ☐ Oyster-filled Omelet ☐ Stinky tofu ☐ Oyster Vermicelli ☐ Super Size Huge Chicken Cutlet ☐ Bubble Tea ☐ Wok-fried Squid ☐ Health spareribs soup with Chinese medicine ☐ Mango Ice ☐ Fried Buns ☐ Small sausage in Glutinous Rice ☐ Bun in a Bun ☐ Snow Flakes Crushed Ice ☐ Other

II.3 Your overall rating for the night market:

☐ 1 star ☐ 2star ☐ 3star ☐ 4star ☐ 5star

III、Advice column

* Thank you for your cooperation Wish you a happy travel !

Are Inductive Approaches to Grammar Better than Deductive Approaches?

用歸納法教文法效果會比演繹法好嗎？

程映蒨¹

吳宇光²

¹Ying-chien Cheng

²Brian C. Turton

^{1,2}東南科技大學 ^{1,2}Tungnan University

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the effects of both the inductive approach and the deductive approach on the learning of the English three tenses (the simple past, the present perfect, and the past perfect) for sixty-two junior college freshman students in a private institute of technology in the northeast area of Taiwan. A three-hour quasi-experimental design, a survey questionnaire, and two kinds of grammar tests (a multiple choice grammar recognition test and a sentence tense transformation test) were employed in the study. The major finding of this study is that students receiving instruction using the inductive approach significantly outperformed those receiving instruction using the deductive approach in the two grammar tests, which agrees with Bourke's (1996) study. Based on the findings of this study, several recommendations for future study are discussed.

Key words: the inductive approach, the deductive approach, a quasi-experimental design

摘 要

本研究的目的是探討歸納法以及演繹法對於學習英語的三種時態——過去式、現在完成式和過去完成式所呈現的效果。本研究以臺灣東北地區的一所私立技術學院62位五專一年級學生學習英語的三種時態的成效作為判斷的依據。本研究用了3小時的準實驗設計、1份開放式問卷和2種文法測驗(文法選擇測驗和有關時態的單句變型語法測驗)作為施測的依據。透過本研究的施測結果發現，接受歸納法的學生們在文法選擇測驗以及有關時態的單句變型語法測驗上英語的三種時態的成績表現，顯著優於接受演繹法的學生們，而此結果和1996年 Bourke 的研究結果是一致的。根據本研究的發現，會討論對未來相關研究的一些建議。

關鍵字：歸納法、演繹法、準實驗設計。

I. INTRODUCTION

The issue of whether grammar should be taught has been persistently debated in the fields of second and foreign language acquisition. Some researchers such as Krashen (1982) claim that grammar is acquired naturally if learners are exposed to sufficient comprehensible input, and that it does not need to be taught. Pienemann's (1985) findings explain the natural order of acquisition on the basis of learnability and teachability. However, others hold an opposing view, urging the inclusion of formal instruction. Ellis (1994), for example, states that formal instruction does facilitate in some way the process of learning a second language. Richards, Gallo, and Renandya (2001) pinpoint that "direct grammar teaching would result in more accurate language use" (p. 55). Robinson (1996) asserts that explicit grammar instruction benefits second language learners through longer memory retention of difficult language rules and structures; formal instruction not only enhances the acquisition of grammar, but accelerates the process.

However, consensus about how best to teach grammar has not been achieved (Borg, 1999). The issue of whether inductive approaches or deductive approaches are more effective in teaching grammar remains controversial. According to Dekeyser (1994), the teaching of rules has long been a debated issue because many different variables tend to be confounded in pedagogical discussions. The terms of inductive versus deductive learning (Shaffer, 1989) and implicit versus explicit learning (Scott, 1989), in particular, are problematic.

Deductive, according to Dekeyser (1994), means that the rules are provided before any examples are given; inductive means that rules are inferred (implicitly or explicitly) through exposure to examples or sentence pairs. Nitta and Gardner (2005) defines inductive approaches as characterized by developing an understanding of the target grammar through manipulating tasks, while deductive approaches are realized through grammar explanation. The results of Nitta and Gardner's (2005) study show a striking preference for an inductive approach. However, Ellis (2004) asserts that conscious knowledge of grammatical rules are learned through formal classroom instruction. It is still uncertain whether inductive approaches or deductive approaches contribute to more effective learning.

Therefore, the purpose of this study is to investigate the effects of two different grammar teaching approaches (inductive vs. deductive) on the learning of the English three tenses (the simple past, the present perfect, and the past perfect) by 62 tenth graders in a private institute of technology in the northeast area of Taiwan. The study also explores students' perceptions of the inductive grammar teaching approach by using a questionnaire designed by the researcher. The following section contains a review of the relevant literature along with the research hypotheses for the study.

II. LITERATURE REVIEW

As noted above, deductive and inductive approaches can be applied in teaching grammar. As Nitta and Gardner (2005) states, an inductive approach is task-based whereas a deductive approach is explanation-based. The deductive approach, according to Widodo (2006), can also be called rule-driven learning. The deductive approach maintains that a teacher teaches grammar by presenting grammatical rules, which then is followed by examples where the rules are applied. This approach is particularly suitable for those learners who have a more analytical manner of language learning (Widodo, 2006). Krashen (2002) claims that the deductive approach is related to the conscious learning process. Through the deductive approach, a teacher tries to present the rules explicitly to the learners and puts great emphasis on error correction. Learners learn the rule explicitly and consciously in the context of formal instruction (Krashen, 2002). Therefore, the deductive approach to teaching grammar encourages a teacher-centered classroom whereby students are passive learners, and thus might hinder learner involvement and interaction (Widodo, 2006).

The inductive approach, according to Widodo (2006), can also be called rule-discovery learning because learners understand grammatical rules from the examples. Krashen (2002) maintains that the inductive approach relates to subconscious learning processes similar to the processes of L1 language acquisition. Through the inductive approach, the learners learn the rules implicitly and subconsciously. Meaningful communicative interactions in the target language are more salient than the structure or form of the language. Through collaborative problem-solving activities, learners obtain opportunities for extra language practice to reinforce their pattern-recognition activities (Widodo, 2006). Therefore, the inductive approach to teaching grammar involves learners' participating actively in the learning process, which could enhance learning autonomy and self-reliance (Widodo, 2006). As to the types of inductive approaches, there are two types: implicit induction and explicit induction. In implicit induction, students do not consciously learn the basic grammar rules, as for example, in rote memorization (DeKeyser, 1994, 1995). Students induce the underlying grammar rules subconsciously through memorizing course materials, instead (Dekeyser, 1994, 1995). In explicit induction, students learn the basic grammar rules and are able to use the induced rules in class (Shaffer, 1989). Student awareness when discovering grammar rules differentiates explicit induction from implicit induction (DeKeyser, 1994, 1995). Robinson (1994) and Rosa and O'Neill (1999) assert that awareness plays a crucial role in learning rules. The present study adopts the explicit inductive approach.

According to Ellis (1994), research in second language acquisition has been primarily focused on grammar. Formal instruction does, to some extent, enhance L2 acquisition. As to the effects of inductive and deductive approaches, however, the results have been inconclusive (Ellis, 1998). The question of whether inductive approaches or deductive approaches to teaching grammar achieve better learning results has long been debated in the fields of language pedagogy and L2 acquisition. DeKeyser (1995) confirms that the learners taught through the deductive approach perform better in terms of being able to produce simple categorical rules in new contexts than those taught through the inductive approach. In Galotti, Komatsu, and Voelz's study (1997), they conclude that students in the deductive group accurately answer syllogistic questions faster than those in the inductive group, and student

confidence is higher when taught through the deductive approach than when taught through the inductive approach. Erlam's (2003) study confirms that students taught via deductive instruction outperform those taught via inductive instruction on the acquisition of French direct object pronouns. Sheen (1992) claims that a deductive approach is the most effective way of teaching grammar.

Bourke (1996), on the other hand, argues that an inductive approach is more effective. Bourke (1996) maintains that deductive approaches to teaching grammar are apt to accentuate form over meaning and foster learners' passive participation in the learning process. Krashen (1985) proposes that language acquisition occurs only through comprehensible input rather than through explicit rules. He claims that EFL learners acquire grammatical structures inductively through environmental exposure (Krashen, 1992). Herron and Tomasello's study (1992) reveals that college students in the inductive group answer French grammatical questions more accurately than those in the deductive group. Bolitho and Tomlinson (1995) agree that deductive approaches may intimidate learners. They assert that consciousness-raising inductive approaches facilitate learners' understanding of the language and build learners' confidence. Ellis (1997) states that assisting learners in ascertaining the underlying patterns and rules of the target language positively influences retentivity. Reber, Kassin, Lewis and Cantor (1980) assert that explicit induction is better when the structural regularities are made salient by grouping similar patterns together. Nitta and Gardner's (2005) findings show a marked preference in ELT coursebooks for inductive presentation because contemporary coursebook writers design grammar syllabuses built upon both consciousness-raising and practice.

Despite the arguments over which approach is more effective for language learners, so far no studies have compared the effects of grammar instruction on the learning of the three English tenses for junior college students through both inductive and deductive approaches. This limitation leads to the following research questions and the corresponding hypotheses of the present study.

1. How do the inductive and deductive teaching approaches compare when the focus is on students' grammar recognition? (This comparison is done with a multiple-choice grammar recognition test which examines verb tenses.)
 2. How do the inductive and deductive teaching approaches compare when the focus is on students' sentence transformation performance? (This comparison is done with a sentence-level tense transformation test.)
- Ho1: There is no statistically significant difference in student performance on a multiple choice grammar recognition test of English tenses between students who have received instruction by the inductive approach versus those who have received instruction by the deductive approach.
- Ho2: There is no statistically significant difference in sentence transformation performance with English verb tenses between students who have received instruction by the inductive approach versus those who have received instruction by the deductive approach.

III. METHOD

1. Research participants

The 62 subjects in this study—25 boys and 37 girls—were Taiwanese first-year junior college students from the Department of Applied Foreign Languages at Lan-yang Institute of Technology, located in the northeastern part of Taiwan. All students had had at least three years of learning experience with English as a foreign language. Although they had been learning English tenses since junior high school, they did not really have a clear notion of tenses. The subjects were selected by convenience sampling.

2. Research design, instrumentation, data-collection, and scoring procedures

The study used a quasi-experimental design involving treatment and a post-test. The researcher randomly divided the 62 first-year junior college students into two groups: the experimental group, who were taught using inductive instructional methods; the control group, who were taught using deductive instructional methods.

The research study was designed to compare the effects of using inductive versus deductive instruction on the learning of the three English tenses and explore students' attitudes toward inductive grammar instruction. Thus, this study's dependent variable was the two groups' actual performance on the two tasks, and the independent variables were the varying teaching methods. The researcher spent three hours teaching the following three tenses to the two respective groups: the simple past tense, the present perfect tense, and the past perfect tense.

Throughout the instructional period, the researcher used the same materials to teach the three tenses but employed different teaching approaches (inductive vs. deductive instruction) for the two treatment groups. The researcher gave each student in the experimental group a handout to practice the three English tenses in group discussions at the end of the lecture. The classroom materials used in this study were based on the two books: *Fundamentals of English grammar* (Azar, 2003), *Understanding and using English grammar* (Azar, 2002). After three hours of instruction, the researcher gave the two groups of students an immediate post-test on the three tenses. The instruments used in this study include a post-test containing a multiple choice grammar recognition test and a sentence tense transformation test. Additionally, students of the experimental groups were required to fill out a questionnaire querying students' attitudes toward the inductive instructional method.

As to the scoring procedures, there were a total of forty-two questions in the immediate post-test. For both the multiple choice grammar recognition test and the sentence tense transformation test, each correct answer was worth one point in the scoring. The participants received a score of zero if they chose the wrong answer or failed to transform the sentence into the correct form. The total score for both tests was 42 points.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

A descriptive statistical analysis was performed to summarize means and standard deviations for the two items of the post-test of both the experimental and control groups. As shown in Table 1, with respect to the total scores on the multiple choice grammar recognition test, the mean score of the experimental group (16.87) was higher than that of the control group (12.32). The variation of the experimental group ($SD= 4.740$) was also larger than that of the control group ($SD= 4.527$). Overall both groups' mean score on the multiple choice grammar recognition test was 14.56 and their standard deviation (SD) was 5.133. To answer the first research question pertaining to students' performance on the multiple choice grammar recognition test, the results showed that students who received instruction using the inductive approach outperformed those who received instruction using the deductive approach.

With respect to the total scores on the sentence tense transformation test, the mean score of the experimental group (5.07) remained higher than that of the control group (2.71) and the variation of the experimental group ($SD= 3.713$) remained larger than that of the control group ($SD= 2.132$). Overall the two groups' mean score on the sentence tense transformation test was 3.87 and their standard deviation was 3.217. Therefore, in response to research question 2, concerning the comparison of the two groups' sentence transformation performance of English tenses, the results indicated that the students receiving instruction using the inductive approach performed better than those receiving instruction using the deductive approach. The findings contradicted Lin's (2007) study and corroborated Wang's (2002) and Chan's (2004) findings in Taiwan that the inductive approach is more effective.

One finding worth noting was that from students' responses from the three open-ended questions from the survey questionnaire and the researcher's private conversations and classroom interactions with these students, students thought that there were several advantages to discovering the grammar rules from the given examples when being taught English grammar (i.e., being taught the grammar rules inductively). These advantages include getting students more actively involved in the learning process, training students to become independent learners, letting students better understand what they have already learned (and what they need to practice more), better attracting students' attention (and thus improving their motivation), adding variety to learning, and teaching students a new learning strategy. The findings correspond with Chen's (2006) and Sharkey's (1995) studies that compared with the traditional way of teaching grammar, the inductive instructional method is more effective and benefits students in the above-mentioned seven areas.

Table 1

Descriptive Statistics of Proportion of Correct Answers on the Two Items of the Post-test for Both Experimental and Control Group

	Number	Mean	SD	SE	95% Confidence Interval (Mean)	
					Lower Bound	Upper Bound
I.Gr.Recog.Test						
(1)Exper.Group	31	16.87	4.740	.865	15.10	18.64
(2)Contr.Group	31	12.32	4.527	.813	10.66	13.98
Sum	62	14.56	5.133	.657	13.24	15.87
II.S. Trans.Test						
(1)Exper.Group	31	5.07	3.713	.678	3.68	6.45
(2)Contr.Group	31	2.71	2.132	.383	1.93	3.49
Sum	62	3.87	3.217	.412	3.04	4.69

To determine whether there were statistically significant differences in the post-test results of the multiple choice grammar recognition test and the sentence tense transformation test for both the experimental and control groups, the one-way repeated-measures analysis of variance (ANOVA) was conducted. Table 2 shows that on the post-test, the F value of the multiple choice grammar recognition test was 14.668 and the significance level approached 0.000. The significance level was set at $p < .05$ for all statistical analyses and the null hypotheses were rejected at $p < .05$ level. Therefore, one-way repeated-measures ANOVA results revealed a statistically significant difference in student performance of the multiple choice grammar recognition test between students who received the inductive approach and those who received the deductive approach. Therefore, null hypothesis 1, which states that there is no statistically significant difference, was rejected.

As to null hypothesis 2, the results of the one-way repeated-measures analysis of variance (ANOVA) indicated that statistically significant differences in student performance of the sentence tense transformation test were found to exist between the students who received the inductive approach and those who received the deductive approach. The F value of the sentence tense transformation test was 9.319 and the significance level reached .003 ($p < .05$). Therefore, the second null hypothesis stating that there are no statistically significant differences was also rejected.

Table 2

One-way ANOVA Results Regarding Two Groups' Performance on the Post-test

Sources of Variation	SS	Df	MS	F	Sig.
I. Gr.Recog.Test					
Between Groups	314.808	1	314.808	14.668	** .000
Within Groups	1266.241	59	21.462		
Sum	1581.049	60			
II. S.Trans. Test					
Between Groups	84.697	1	84.697	9.319	** .003
Within Groups	536.254	59	9.089		
Sum	620.951	60			

*p-value<0.05

**p-value<0.01

LIMITATIONS AND SUGGESTIONS FOR FURTHER STUDY

The study employed both quasi-experimental and survey techniques. Although the research was carefully designed and administered to gather information, there were some inevitable limitations. Based on the findings and within the limitations of the study, several recommendations for further investigation are presented.

1. This study was limited to two intact classes from Lan-yang Institute of Technology. Future research may consider selecting subjects from a larger stratified random sampling of the student population in order to examine the effects of different instructional approaches.
2. This study focused on only three English tenses and one age group in a private institute of technology. More research needs to be conducted to investigate the effects of teaching other English grammatical structures and the performance of other student age groups such as junior or senior high school students. A wider range of student ability groups and locations throughout Taiwan would be helpful in generating the results and thus are strongly recommended for future studies.
3. A longer period to conduct the quasi-experimental instruction would be more comprehensive. In this study, both groups of students only received three hours of instruction and the short-term instruction may have affected the results. Therefore, future researchers may consider examining instruction of different types within a longer time frame to see if the results are in accordance with those in this study.

Although the results of the study suggest the superiority of the inductive approach over the deductive approach on the learning and use of the three English tenses, it is difficult to state conclusively whether the differences observed between the two groups were due to a result of the varying levels of proficiency, the structures they employed, or the age of the learners. As Azar (2007) states, "inductive and deductive approaches intermingle" (p. 8). She

believes that students should be encouraged to figure out grammatical patterns on their own, as well as also be given explicit information about grammar. The present study demonstrates that the integration of the two approaches provides an optimum situation for effective grammar learning. Through the combination of both inductive and deductive approaches, students not only learn the rules explicitly and consciously but construct grammatical patterns from the examples on their own.

REFERENCES

1. Azar, B. S. (2002). *Understanding and using English grammar* (3rd ed.). New York: Longman.
2. Azar, B. S. (2003). *Fundamentals of English grammar* (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall Regents.
3. Azar, B. S. (2007). Grammar-based teaching: A practitioner's perspective. *TESL-EJ*, 11 (2), 1-12.
4. Bolitho, R., & Tomlinson, B. (1995). *Discover English*. Oxford: Heinemann.
5. Borg, S. (1999). Studying teacher cognition in second language grammar teaching. *System*, 27, 19-31.
6. Bourke, J. (1996). In praise of linguistic problem solving. *RELC Journal*, 27 (2), 12-29.
7. Chan, T. P. (2004). *The effects of CALL approaches on EFL college students' learning of verb-noun collocations*. Unpublished master's thesis, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan.
8. Chen, P. Y. (2006). *The effects of Exploration method on grammar learning*. Unpublished master's thesis, National Chung Cheng University, Chia-yi, Taiwan.
9. Dekeyser, R. M. (1994). Implicit and explicit learning of L2 grammar: A pilot study. *TESOL Quarterly*, 28, 188-194.
10. DeKeyser, R. M. (1995). Learning second language grammar rules: An experiment with a miniature linguistic system. *Studies in Second Language Acquisition*, 17 (3), 379-410.
11. Ellis, R. (1994). *The Study of Second Language Acquisition*. Oxford : Oxford University Press.
12. Ellis, R. (1997). *SLA Research and language Teaching*. Oxford: Oxford University Press.
13. Ellis, R. (1998). Teaching and research: Options in grammar teaching. *TESOL Quarterly* 32, 39-60.
14. Ellis, R. (2004). The definition and measurement of L2 explicit knowledge. *Language Learning*, 54(2), 227-275.
15. Erlam, R. (2003). The effects of deductive and inductive instruction on the acquisition of direct object pronouns in French as a second language. *Modern Language Journal*,

- 87, 242-260.
16. Galotti, K. M., Komatsu, L.K., & Voelz, S. (1997). Children's differential performance on deductive and inductive syllogisms. *Developmental Psychology*, 33, 70-78.
17. Herron, C., & Tomasello, M. (1992). Acquiring grammatical structures by guided induction. *French Review*, 65, 708-718.
18. Krashen, S. (1982). *Theory versus practice in language training*. Oxford: Pergamon Press.
19. Krashen, S. (1985). *The input hypothesis issues and implications*. London: Longman.
20. Krashen, S. (1992). Under what circumstances, if any, should formal grammar instruction take place? *TESOL Quarterly*, 26, 409-411.
21. Krashen, S. (2002). *Second language acquisition and second language learning* (1st Internet ed). Retrieved December 14, 2010 from http://www.sdkrashen.com/SL_Acquisition_and_Learning/
22. Lin, M. H. (2007). *The effects of the inductive and deductive approaches on elementary school students' English grammar acquisition*. Unpublished master's thesis, Chaoyang University of Technology, Taichung, Taiwan.
23. Nitta, R., & Gardner, S. (2005). Consciousness-raising and practice in ELT coursebooks. *ELT Journal*, 59 (1), 3-13.
24. Pienemann, M. (1985). Learnability and syllabus construction. In K. Hyltenstam & M. Pienemann (Eds.), *Modeling and assessing second language acquisition* (pp. 23-75). Clevedon, UK: Multilingual Matters Ltd.
25. Reber, A., Kassin, S., Lewis, S., & Cantor, G. (1980). On the relationship between implicit and explicit modes in the learning of a complex rule structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 492-502.
26. Richards, J. C., Gallo, P. B., & Renandya, W. A. (2001) Exploring teachers' beliefs and the processes of change. *PACJournal*, 1, 1, 41-58.
27. Robinson, P. (1994). Computers, corpora and language. *The Teacher Trainer*, 8, 3-8.
28. Robinson, P. (1996). Learning simple and complex second language rules under implicit, incidental, rule-search, and instructed conditions. *Studies in Second Language Acquisition*, 18 (1), 27-67.
29. Rosa, E., & O'Neill, M. D. (1999). Explicitness, intake, and the issue of awareness. *Studies in Second Language Acquisition*, 21, 511-556.
30. Scott, V. (1989). An empirical study of explicit and implicit teaching strategies in French. *The Modern Language Journal*, 73, 14-22.
31. Shaffer, C. (1989). A comparison of inductive and deductive approaches to teaching foreign languages. *The Modern Language Journal*, 73 (4), 395-403.
32. Sharkey, J. (1995). Teaching grammar inductively: Tag questions. *Houghton Mifflin Academic Success Newsletter*, 33 (1). Retrieved December 17, 2010, from

<http://exchanges.state.gov/forum/vols/vol133/no1/p32.htm>

33. Sheen, R. (1992). Problem solving brought to task. *RELC Journal*, 23 (2), 44-59.
34. Wang, L. Y. (2002). *Effects of inductive and deductive approach on EFL learning collocation patterns by using concordancers*. Unpublished master's thesis, National Yunlin University of Science and Technology, Douliou, Yunlin County, Taiwan.
35. Widodo, H. P. (2006). Approaches and procedures for teaching grammar. *English Teaching: Practice and Critique*, 5 (1), 122-141.

Appendix A

Survey Questionnaire

Now that you have learned the present perfect, the simple past, and the past perfect tenses, we have the following questions for you to answer.

1. I had a clear concept of the three tenses (the present perfect, the simple past, and the past perfect) before Kristin's instruction.
Yes. _____ No. _____
2. Does this way (Kristin first wrote several sentences related to the three English tenses on the blackboard and asked students to discover the rules of the three English tenses on their own before she started explaining the usage of the three English tenses) of teaching help you more to learn the three English tenses (the present perfect, the simple past, and the past perfect)? Why?
Yes, the reasons are _____
No, the reasons are _____
3. After finishing the section on the structure of the three English tenses, Kristin gave each student a handout to practice the three English tenses in group discussions. Does this practice really facilitate students' learning of the three English tenses? Why?
Yes, the reasons are _____
No, the reasons are _____
4. In your opinion, what kind of teaching methods can facilitate your grammar learning or what should the teacher do to help you learn grammar in a more efficient way?

Appendix B

A Multiple Choice Grammar Recognition Test

本部份共30題，每題含一個空格，請就試題冊上 A. B. C. D 四個選項中選出正
確的答案

- () 1. _____ you home alone when I called you last night?
a) Were b) Did c) Are d) Was
- () 2. They didn't want to. They _____ to the beach the weekend before.
a) have driven b) had driven c) drove d) will have driven
- () 3. As soon as the light turned red, David _____ his car.
a) was stopping b) stops c) stopping d) stopped
- () 4. Before I went to visit him, he _____ for Japan.
a) left b) has left c) had left d) is leaving
- () 5. I _____ English for ten years and I enjoy it very much.
a) am studying b) study c) have studied d) studied
- () 6. After he _____ his work, he went to bed.
a) had finished b) has finished c) finish d) will finish
- () 7. I saw *Jurassic Park* yesterday. I _____ it before.
a) never saw b) have never seen c) didn't see d) had never seen
- () 8. Grace _____ three books since 2000, and she is working on her fourth.
a) writes b) has writing c) has written d) wrote
- () 9. He said he _____ me three years before.
a) has met b) met c) had met d) will meet
- () 10. Peter left his office early because he _____ a bad backache.
a) would have b) has c) having d) had
- () 11. Sara isn't at home now. She _____ to Taipei on business.
a) goes b) has gone c) had gone d) is going
- () 12. He _____ his homework before I came.
a) did b) had done c) has done d) does
- () 13. As soon as the alarm clock rang, Crystal woke up and _____ out of bed. a) was getting b) had gotten c) getting d) got
- () 14. Tom and Bella were driving to work when they _____ the car accident. a) have seen b) saw c) had seen d) were seeing
- () 15. Almost everyone _____ for home by the time we arrived.
a) had left b) will leave c) has left d) leaves
- () 16. The Wang family have been living in the Yung-ho area since they _____ back to Taipei. a) have moved b) had moved c) moving d) moved

- () 17. Since I started working in this company, I _____ much spare time. a) haven't had b) didn't have c) had not d) don't have
- () 18. Have you seen Ivan lately? He _____ here the other day. a) has been b) was c) is d) had been
- () 19. We are going to work hard tonight until we _____ this project. a) will finish b) finished c) have finished d) are finishing
- () 20. The thief took the diamond necklace, opened the door, and _____ away. a) run b) has run c) had run d) ran
- () 21. He knows that place well; he _____ there many times. a) has come b) have gone c) has been to d) has been
- () 22. The president _____ the meeting before it adjourned. a) had left b) will leave c) has left d) leaves
- () 23. The weather _____ fine for three days. a) is b) has been c) had been d) was
- () 24. Our teacher _____ that lesson to us last time. a) explain b) have explained c) explained d) had explained
- () 25. "When did the discussion begin?"
"The discussion began after we _____ tea." a) have b) has c) have had d) had had
- () 26. So far we _____ nothing from my brother. a) did not hear b) have not heard c) have been heard d) will not hear
- () 27. Although they _____ early, they arrived late. a) leave b) have left c) leaves d) had left
- () 28. The first steamboat _____ the Mississippi in 1836. a) navigates b) navigated c) has navigated d) had navigated
- () 29. I got wet in the rainstorm because I _____ my umbrella. a) had forgotten b) has forgotten c) will forget d) forget
- () 30. I _____ Jessica recently. a) had never visited b) never visit c) have never visited d) never visited

A Sentence Tense Transformation Test

請依提示改寫句子的時態

例：What are you doing now? → What did you do yesterday?

1. Ken usually goes to work.

→ Ken _____ yesterday morning.

2. Helen lives in Kaohsiung.

→ Helen _____ since 1995.

3. Christine read a good book last week.

→ Christine _____ recently.

4. Jane is playing football now.

→ Jane _____ for six years.

5. Will you pick up Gloria at the airport tonight?

→ _____ last night?

6. The children don't watch TV.

→ The children _____ since school started.

7. I will have finished my report by the time you get here tomorrow morning. (改成過去完成式)

→ _____ yesterday.

8. The train will have left by the time we arrive at the station. (改成過去完成式)

→ _____ yesterday.

9. I say we will do a lot of things. (改成過去式)

→ _____

10. I come home and watch TV every day. (改成過去式)

→ _____ yesterday.

11. I have talked to Tim three times.

→ _____ last week.

12. I will have finished my examination by the time the bell rings. (改成過去完成式)

→ _____ yesterday.

東南科技大學 東南學報 第三十六期 中華民國一百年七月出版 第213-225頁

杜甫之書畫鑑賞與抒懷 ——以成都期為本

Appreciation and Sentiment of Painting and Calligraphy of Du Fu —The Base of Chengdu Period

林瑛瑛

Ying-ying Lin

東南科技大學通識教育中心講師
Lecturer of General Education Center, Tungnan University

摘 要

緣於生活經驗的累積與歷史、地理環境之影響，作家之創作風貌因而有所改變。杜甫藉書畫而吟詠的作品，以寓居成都時期為多，本文即以此期之書畫吟詠作品為本，先探究其原因，再分別闡述杜甫書畫鑑賞的特質，並進一步分析其觀畫情懷。

就杜甫所抒發之書法藝術觀，可發現其對書法源流及諸書家之體妙通神處，皆掌握得貼切允實；而杜甫對畫藝之品評，亦具專門鑑賞家之器識，融入一己之情懷，詩畫融合無間，極具特色。杜甫之書畫鑑賞皆具獨特之識見，其有關書畫之題詠，除表現獨特的鑑賞外，更投入對畫家之憐愛，涉及世事之議論，注入一己之情感，熔畫面與時代，個人的際遇為一爐，與之產生共鳴；可見其詩藝與畫藝、書藝融合無間，顯露其藝術修養。

詩人的思想藉景、物等形象流露，以渲洩心中蒼涼之思。綜其情意，可得二大端；一為戮力天下之襟抱，二為避世隱居之思。詩人心弦與畫面交感，藉咫尺之幅展開萬里天地，心中的鬱結方得淋漓抒發，我們亦能感受詩人面對世道的深摯關懷。

關鍵字：杜甫、題畫詩、成都時期、書畫鑑賞

Abstract

Due to the accumulation of life experience and the influences of history and geography environments, the writing styles of the writers have changed into their works. The chants of Du Fu's works were made by the painting and calligraphy, and lots of chants were made

when he lived in Chengdu.

This chapter was based on the chants of the painting and calligraphy to explore the reasons at first, and then described the characteristics of Du Fu's appreciation and sentiment of painting and calligraphy. Furthermore, analysed his emotions and feelings by watching paintings.

The expression of the art of calligraphy from Du Fu could be found he was good skilled at all original calligraphy and every type, and he could master in a appropriate way; however, Du Fu's comments on the painting of art were also had powers of connoisseurs, having the feelings on his own and mixing the poetry and the painting which were very unique. Du Fu's painting and calligraphy were shown in unique performances. The odes of the related painting and calligraphy could not only display the unique appreciations but also put the affection into the artists. Involving the comments of the events, infusing emotions with his feelings, melting the ages and aspects and having the personal fortune as a side which could sympathize with each other. It could see vividly that the poetry, paintings and calligraphy merged with together and revealed the artistic culture.

The poets' minds were revealed by scenes, images and so on. They could vent the bleak thought in their mind. By integrating the feelings, we can realize two points; one is to pull together in arms and the other is the thought of retreating and retiring from the world. The poets' hearts and scenes wove each other and they were expanded thousands of miles by a bit of distance. The depressing hearts could describe beautifully and we can feel the sincere concerns about the world from the poets.

Keywords: Du Fu, painting poetry, Chengdu period, painting appreciation

壹、前言

杜甫現存詩作中，藉書畫而吟詠的作品，以寓居成都時期為多，共計十二首^(註1)。題畫諸作，寫於成都期以前者有五：〈畫鷹〉、〈天育驃圖歌〉、〈奉先劉少府新畫山水障歌〉、〈題李尊師松樹障子歌〉、〈畫鵲行〉；作於成都期有十二：〈題壁上韋諷畫馬歌〉、〈戲題王宰畫山水圖歌〉、〈戲為韋諷雙松圖歌〉、〈嚴公廳宴同詠蜀道地圖〉、〈姜楚公畫角鷹歌〉、〈題玄武禪師屋壁〉、〈觀薛稷少保書畫壁〉、〈通泉縣署壁後薛少保畫鶴〉、〈丹青引贈曹將軍霸〉、〈韋諷錄事宅觀曹將軍畫馬圖歌〉、〈奉觀嚴公岷山沱江畫圖十韻〉、〈觀李固請司馬弟山水圖三首〉。成都期之後有二：〈楊監又畫鷹十二扇〉、〈畫馬讚〉。其原因可由時代、生活及地域環境之影響加以探討。一則唐之書畫藝術極為發達，而蜀地為人文薈萃之地，寺廟亦多，而唐人有題壁畫壁之習，真跡因以流傳；且當時蜀地受戰禍較輕，多有文人畫家流徙

1 題畫詩之起源詳不可考，竹書紀年有圖詩之名，〈曹子建集〉有〈畫贊序〉一文；六朝畫風盛，但只見庾信詠畫屏風，形同詠物。唐人題畫始見於張九齡之題畫山水障，直至李、杜，題畫詩漸多，宋代蔚為風行。

寓居。杜甫流寓至此，有機會與書畫界之友人交往，在交往過程中，相互影響，得以鑒賞書畫真跡，發而詠歎；三則緣於生活較安定，詩人因而有逸致觀詠，抒其觀畫情懷。基此三端，其書畫鑑賞之作因而較他期為多。

有關書畫之題詠中，杜甫除表現其獨特的鑑賞外，更投入對畫家之憐愛，涉及世事之議論，注入一己之情感，與畫面呈現的種種產生共鳴；其詩藝與畫藝、書藝見解皆展現獨到之境，顯露其深厚之藝術修養。本文即以成都期詩歌為本，闡述杜甫論書題畫詩之藝術鑑賞及觀畫情懷。

貳、書藝之鑑賞

中國之書法，本以線條書寫而成，書寫時重氣之直貫與運勢流轉，極具藝術性。有唐一代愛好書法之風頗盛，此時之書法風格發展為瘦勁秀美，各臻其妙。若歐陽詢之險絕刻勵，虞世南之圓融道逸，褚遂良之豐艷流暢，薛稷之結體道麗，顏真卿之剛毅威嚴，柳公權之遒勁豐潤，皆各具特色。而書法美學之論述亦頗多^(註2)，杜甫集中亦有不少抒發書法藝術觀的見解^(註3)，我們可以發現其對書法源流及諸書家之體妙通神處，皆掌握得極為貼切允實。其於成都時期，至射洪北訪陳子昂故宅時，見壁上存有趙彥昭及郭元振(一作震)之題字，乃云：

彥昭超玉價，郭振起通泉。到今索壁滑，灑翰銀鈎連。

雖只數語言及二人之書藝，然已足見其氣勢。後於通泉縣觀薛稷之畫鶴、題「慧普寺」三大字及西方諸佛變相壁畫時，對薛稷之書法讚歎道：

少保有古風，得之陝郊篇，惜哉功名忤，但見書畫傳，我遊梓州東，遺迹涪江邊，畫藏青蓮界，書入金榜懸。仰看垂露姿，不崩亦不騫，鬱鬱三大字，蛟龍岌相纏。(〈觀薛稷少保書畫壁〉)

薛稷為唐之書法名家，其外祖為魏徵，徵於太宗朝封鄭國，收藏許多虞世南及褚遂良之書法真跡(手寫表疏)；而稷則臨仿精銳，結體道麗。朱景玄之〈歷代名畫錄〉云其「學書褚河南，時稱買褚得薛，不失其節。」而杜甫此詩「仰看」下四句之描述，即掌握書法流變後的形態，就其特性而抒寫，道出薛稷勝書之凝重氣魄與雄厚氣勢，盡見其筆力道勁及筆畫位置關係之結構美；而「鬱鬱三大字，蛟龍岌相纏」二句，更見其賞愛運筆用墨間所展現的氣韻之美。試與他期論書作品參讀，如：

詞源倒流三峽水，筆陣獨掃千人軍。(〈醉歌行〉)

沉潮小篆逼秦相，快劍長戟森相同。(〈李潮八分小篆歌〉)

2 如唐太宗著有〈筆意〉、〈指意〉、〈論筆法〉等書，推崇王羲之的書法；歐陽詢亦提出八法之主張及諸體三十六法之說；孫過庭之〈書譜〉及張懷瓘以妍美為骨力之表現，作〈法書要錄〉；凡此，皆為有關書法美學之論述。

3 如〈送顧八分文學適洪吉州〉逕稱顧誠奢為顧八分，以其擅長八分書；又〈殿中楊監見示張旭草書圖〉、〈李潮八分小篆歌〉及〈寄張十二山人彪三十韻〉等皆論及，下文所提及〈陳拾遺故宅〉與〈觀薛稷少保書畫壁〉即為成都時期之作品；而〈書史會要〉則稱杜甫之楷、隸、行書皆佳，是其解書法頗深。

玉鞍金腰褭，宮硯玉蟾蜍。拜舞銀鉤合，恩波錦帕舒。(〈贈李八秘書三十韻〉)

霜雪迴光避錦繡，龍蛇動篋攀銀鉤。(〈寄裴施州〉)

其以「快劍長戟」、「筆陣掃軍」具象比喻筆力之重，以「銀鉤」稱美書法線條之力度，又以「龍蛇動篋」誦美裴施州，可見杜甫論書頗重堅勁之筆力，欣賞「書貴瘦硬方通神」(〈李潮八分小篆歌〉)之美。而初唐書法家歐陽詢、虞世南、褚遂良等趨於瘦硬，至中唐，顏真卿、柳公權漸呈厚重，杜甫論書之觀點，與當代書法創作之美學理念相合。

在成都時期，杜甫曾寫下〈莫相疑行〉：「憶獻三賦蓬萊宮，自怪一日聲輝赫。集賢學士如堵牆，觀我落筆中書堂。往時文彩動人主，此日飢寒趨路旁。……」其揮毫落筆能使集賢殿學士如堵牆觀賞，可想見其書藝之造詣，而其論書識見亦有獨到之處。觀其論書作品，雖多屬應酬之作，贊頌之詞多而論述較少，然將成都時期及他期相關詩作參讀，不難見出其重氣韻，賞筆力之美學觀，更能指出評賞作品之精要處。

參、畫藝之鑑賞

唐代除壁畫，卷軸畫及佛道人物畫盛行外，山水、花鳥及鞍馬畫亦各自成宗，蔚然獨立；且已漸脫政教之實用目的，而有自由發展之趨勢。純粹觀賞之繪畫，如山水、花鳥畫等，已漸取代道釋人物之地位。^(註4)關於畫藝鑑賞之論，唐以前，屬南齊謝赫所提出的畫有六法之說為著，其一為氣韻生動，二為骨法用筆，三為應物象形，四為隨類賦彩，五為經營位置，六為傳移模寫。^(註5)而唐之後有五代荆浩之「六要」說，其即繼「六法」之說發展而成。謝赫之「應物象形」及「隨類賦彩」，基本上適於人物畫之技法、構思，而「六要」中的思、景，氣、韻，筆、墨；則主要針對山水畫的意境而論^(註6)。其著眼點的不同，實與當時之流行畫風有關。詩與畫的結合乃中國文人畫重要的特徵之一。其結合的方法有二：一是依詩作畫，是為畫題詩；一是據畫吟詩，是為題畫詩。題畫詩原是由戰國以來的畫贊逐漸發展而成。到了唐朝，題畫詩的作者越來越多，如李白、杜甫與白居易等。杜甫是唐代著名的題畫詩人，其題畫詩題材頗為寬廣，包含山水、松樹、鷹、馬及佛像等，而大部份作於成都時期。成都為戰亂中較為安定之地，人才與文物聚集；此期之杜甫，見解與眼界更為精進，對畫藝之品評，頗具專門鑑賞家之器識，且時而融入一己之情懷，詩畫融合無間，極具特色。

其於此期所題詠的圖畫，依其題詠之內容，可分為山水，人物與生物兩大類；現分別論評之，以見其審美觀及觀畫情懷。

4 此參俞崑先生之〈中國繪畫史〉及李浴先生之〈中國美術史綱〉。

5 南齊謝赫著〈古畫品錄〉，其云：「夫畫品者，蓋眾畫之優劣也。圖繪者，莫不明勸戒，著升沈，千載寂寥，披圖可鑒。雖畫有六法，罕能盡該。而自古及今，各善一節，六法者何？一氣韻生動是也，二骨法用筆是也，三應物象形是也，四隨類賦彩是也，五經營位置是也，六傳移模寫是也。唯採微衡協備該之矣。」(見俞崑編著〈中國畫論類編〉上卷第三編「品評」目，華正書局，六十四年三月臺一版，頁335。)

6 荆浩六要之說見於其所著之〈筆法記〉一文，其云：「夫畫有六要，一曰氣、二曰韻、三曰思、四曰景、五曰筆、六曰墨。畫者華也，但貴似得真。」，見〈歷代論畫名著彙編〉沈子丞編，世界書局，六十三年六月初版，頁49-52。

一、山水畫之鑑賞

山水畫經六朝時期顧愷之、宗炳、王微等作家之努力，已有獨立發展之趨勢，至唐則完全獨立。大抵言之，初唐時期之畫已遠近分明，氣韻生動；而盛唐時代則已蔚為大宗，有更高的發展，如李思訓、昭道父子之用筆遒勁，設色金碧輝煌，稍後的王維、張璪、鄭虔、王宰等，皆為有創造性的畫家；如王維創破墨形勢，而餘如韋偃、楊炎、朱審、劉商、畢宏、項容等亦各有所長。整體言之，唐之山水畫仍以青綠工整為主，乃其時代精神之反映，亦為山水畫由寫實而來，風格統一的結果。^(註7)此為盛唐前山水畫之流行概況。

杜甫於此期論及山水圖畫者，計有〈戲題王宰畫山水圖歌〉、〈嚴公廳宴同詠蜀道地圖〉、〈題玄武禪師屋壁〉、〈奉觀嚴鄭公廳事岷山沱江畫圖十韻〉、〈觀李固請司馬弟山水圖三首〉。試觀〈戲題王宰畫山水圖歌〉：

壯哉崑崙方壺圖，掛君高堂之素壁。巴陵洞庭日本東，赤岸水與銀河通，中有雲氣隨飛龍。舟人漁子入浦漵，山木盡亞洪濤風。尤工遠勢古莫比，咫尺應須論萬里。焉得并州快剪刀，翦取吳淞半江水。

王宰之畫，據張彥遠〈歷代名畫記〉記載，其「多畫蜀山，玲瓏嵌空，巉嵯峭。」(卷十)朱景云之〈唐朝名畫錄〉云其「畫山水樹石，出於象外。」杜甫記圖中山水時，誌其山水自西而東之概，極為廣遠；而水勢浩盪，風濤激烈，漁舟避而山木搖，極為壯觀；「尤工」二句，提出「遠」的概念，將幾千萬里的立體空間，濃縮於有限的畫面，產生咫尺千里的藝術效果，充分表現詩人之鑑識。荊浩〈山水訣〉云：「遠則取其勢，近則取其質」^(註8)，杜甫所謂「尤工遠勢古莫比」，與荊浩同重主體對客體的表現過程之能動作用；而「咫尺應須論萬里」則為國畫之獨有特色^(註9)。凡此，具可見王宰之畫布置有序，恰如其分，將萬里之景收入咫尺間；且筆墨壯奇，氣韻生動，意匠經營創造畫中另一山水天地。杜甫則以其對真實世界之認知，寫畫之神理，而不在形模上議論。其馳騁新奇突兀之思，應用於對畫之感受與體會，畫中境界隨著詩人情感而波動起伏，二者相互交融疊合，使讀者耳目一新，由咫尺之幅步入廣闊天地。由此可見，杜甫具敏銳之觀察力，豐富之學養及細膩之情感，能於詩歌創作中，使人同有「咫尺萬里」之感。王嗣爽評曰：「筆端之畫，妙已入神。」(卷之三)乃詩畫融合無間之徵。

畫作之氣韻生動，逼真處使人若臨其境，其〈題玄武禪師屋壁〉詩提及畫家顧愷之在這片牆壁上，留下了一整幅的水濱勝景，展現杜甫賞畫重氣韻之觀點。詩云：

何年顧虎頭，滿壁畫滄洲。赤日石林氣，青天江水流。錫飛常近鶴，杯渡不驚鷗。似得廬山路，真隨惠遠遊。

「赤日」二句寫畫中之景逼真，而「嘗近」、「不驚」、「似得」、「真隨」以虛筆寫景之近似，更見畫之匠心構圖與生動氣韻。六法中的「氣韻生動」不易言詮，宋郭思曾云：「六法精論萬古不移，然而骨法用筆以下五法可學，如其氣韻，必在生知，

7 此參〈中國美術史綱〉，同註4，頁144。

8 〈山水訣〉之收錄同註六。其亦名〈山水賦〉（見詹景鳳〈王氏畫苑補益〉），然其文而言，仍如散體，故宜作〈山水訣〉（劉道醇之〈五代名畫補遺〉及湯垕之〈畫鑑〉皆作〈山水訣〉）。

9 〈歷代名畫記〉云：「梁蕭贲於曾扇上畫山水，咫尺內，萬里可知」（卷七），後人便以「咫尺萬里」論畫。

固不可以巧密傳，復不可以歲月到，默契神會，不知然而也。」^(註10)而董其昌亦以「氣韻不可學，此生而知之，自有天授。」^(註11)；在此二者之前，荊浩的〈筆法記〉曾由「真與似」談起，再逐漸引出形質之說，而及於六要之氣與韻；其云：「若不知術，苟似，可也；圖真，不可及也。」^(註12)苟不知技法，圖「似」則不能，更弗論圖之「真」。其又云：「心隨筆運，取象不惑。」蓋「取象不惑」乃技法成熟後之要求，即運筆時之「穩定」要求，苟運筆遲疑，則必定神氣索然。^(註13)杜甫此詩以「似得」、「真隨」形容其對玄武禪師屋壁之畫所產生的感受，顯示畫作本身之精神內涵，及畫家能把握事象之骨髓，以筆墨精熟，神乎其神之技法，而達形神統一之境。又當其觀及李固請司馬弟山水圖時云：

高浪垂翻屋，崩崖欲壓床。野橋分子細，沙岸繞微茫。紅浸珊瑚短，青懸薜荔長。(〈觀李固請司馬弟山水圖三首〉之三)

「高浪」二句寫畫之氣勢雄壯處，而「野橋」下四句，則寫畫中景色的細微處，其色彩、形象皆極鮮明。王嗣爽云：「『高浪』、『崩崖』、何等雄大！小之而『野橋』、『沙岸』，又小之而『珊瑚』、『薜荔』，粗中有細，此畫家之妙處。」(卷之五)是知杜甫頗重畫家之筆墨經營，匠心獨運。

上舉諸山水畫作，寫實成分較少；而在寫實之山水畫中，杜甫亦能識之。其五律〈嚴公廳宴同詠蜀道地圖得空字〉云：

日臨公館靜，畫滿地圖雄。劍閣星橋北，松州雪嶺東。華夷山不斷，吳蜀水相通。興與煙霞會，清樽幸不空。

寫實之畫，宜「應物象形」、「隨類賦采」(六法之三、四)，杜甫掌握此原則而道出畫之精神面貌；只領聯、頸聯四句，全蜀地形即如指掌，實「包羅宏闊，俯仰無際」(〈杜臆〉，卷之四)，此即地圖之「雄」處。又〈奉觀嚴鄭公廳事岷山沱江畫圖十韻得忘字〉更以刻劃秀淨之筆寫出「繪事功殊絕」處：

沱水流中座，岷山到北堂。白波吹粉壁，青嶂插雕梁。直訝松杉冷，兼疑菱荇香。雪雲虛點綴，沙草得微茫。嶺雁隨毫末，川蜨飲練光。霏紅洲蕊亂，拂黛石蘿長。暗谷非關雨，丹楓不為霜。秋城縣圃外，景物洞庭旁。繪事功殊絕，幽襟興激昂。從來謝太傅，丘壑道難忘。

詩之首八句並提江山，引出廳事畫圖，而「白波」及「青嶂」、「松杉」與「菱荇」、「雪雲」和「沙草」皆山水對言。後八句亦分頂山水，將遠近、高下，虛實、大小之處，皆形容刻劃之。詩人以其心靈與自然氣韻交流，或秀美或壯闊的江水景觀，隨其感情跌宕而展開，畫面形象與主觀心靈及自然景物因而凝為一體。當我們神遊於詩境時，正與詩人同訪蜀中山水，誠畫逼真生動，而詩藝純熟精煉，摹繪靈動精細，二者相輔以成也。

10見宋郭思所撰之〈畫論〉(見錄於王雲五主編之〈叢書集成簡編〉之第五〇一冊，商務印書館)

11見董其昌所撰之〈畫禪室隨筆〉(見錄於〈歷代論畫名著彙編〉，同註6，頁249)。林同華先生於〈中國美學史論集〉一書中指出，氣韻的概念，乃謝赫田當時人物畫的發展狀況而提山的美學範疇。與顧愷之的「傳神」美學概念緊密結合，而張彥遠將「氣韻」與「形似」聯繫起來，認為只求形似，不求骨氣，便無所謂的氣韻。故氣韻實際上仍為人物畫之「神似」。(見丹青圖書公司，七十七年再版，頁252)

12此與下之引語見〈筆法記〉，同註7，頁49。

13此參馬晉封先生之〈藝苑隨筆〉：「偶然會心」一文。漢光文化事業股份有限公司印行，頁23。

二、人物與生物畫之鑑賞

杜甫對人物與生物畫之鑑賞，多以神態生動，寫真傳神為上品。此期所詠的對象，有唐室之開國功臣、鶴、鷹、馬、松等；其多能掌握人物與生物之神態，而寫畫之生動傳神處。如〈丹青引贈曹將軍霸〉寫及曹霸所繪唐室功臣之形態時：

凌煙功臣少顏色，將軍下筆開生面。良相頭上進賢冠，猛將腰中大羽箭，褒公鄂公毛髮動，英姿颯爽尤酣戰。

據〈歷代名畫記〉記載，曹霸為唐玄宗時期畫家，能文善畫，在開元中，以修葺凌煙閣二十四功臣像及駿馬圖得名；天寶末年時，每受詔寫御馬及功臣。（卷九）此記其為凌煙功臣畫像，能掌握人物的身分、特性，以生動之筆使其栩栩如生地展現。

在動物畫中，詩人除掌握物之特性外，更賦予自己所領受的意象。如鶴之形貌灑然，具高逸出塵之氣質，自古即被視為吉祥之徵；其予詩人意象是「磊落如長人」，杜甫於〈通泉縣署壁後薛少保畫鶴〉云：「薛公十一鶴，皆寫青田真。畫色久欲盡，蒼然猶出塵。」，更寫其神態：「低昂各有意，磊落如長人。佳此志氣遠，豈為粉墨新。」，「萬里不以力，群遊森會神，威遲白鳳態，非是含鷗鄰。」，表其志意：「赤霄有真骨，恥飲洿池津。冥冥任何往，脫落誰能馴。」據〈唐書〉本傳及〈歷代名畫家〉之記載，薛稷之除了書法有名於唐，其尤善花鳥人物雜畫，而其畫鶴享名於當代，列為神品。而杜甫更以其精煉之筆，捕捉畫中神韻，足見薛稷之畫鶴非徒虛名。詩中鶴形象意志的創造，與詩人意志相合，其畫面雖開闊，卻揉入一股蕭瑟之情，隱含杜甫磊落不屈的人生執著。

鷹之天性矯健，而其飛翔之姿雄俊，具蓄勢待發之勢及銳氣逼人之概；在杜甫心目中，為「氣敵萬人將」之形象，故見姜楚公之畫角鷹時云：

楚公畫鷹鷹帶角，殺氣森森到幽朔。觀者徒驚掣臂飛，畫師不是無心學。此鷹寫真在左綿，卻嗟真骨遂虛傳。梁間燕雀休驚怕，亦未搏空上九天。

姜皎於玄宗時封為楚國公，為一畫鷹名家，〈歷代名畫記〉言其「善鷹鳥」（卷九）；詩中以「殺氣森森」形容角鷹，即掌握其凶猛本性，寫其威武之容，銳利之氣，幾於奪真。末聯則言其雖未沖天而燕雀已驚，此更襯托出鷹之雄姿邈世與逸氣橫生之概。寫真之畫尤難，杜甫於頸聯中以「寫真」、「真骨」形容姜皎之畫角鷹，言其繪畫之寫真形式雖在左綿，然其畫的真實精神和展露之骨氣，卻足遠傳^{（註14）}。林同華先生指出：「『虛傳』，是藝術的『假』。『假』中有『真』，真寫而有真骨，是通過特定的藝術形式，通過『虛傳』的幻覺，達到感染觀眾的審美目的」^{（註15）}則杜甫不僅透露畫藝之妙，更顯其鑑賞能力及審美角度。

杜甫生於與馬關係極密切之唐代，彼時公私養馬頗盛，馬與人之關係有普遍性的聯繫；繪馬藝術亦於此時大興，造就許多畫馬專家。^{（註16）}杜甫現存詩作中詠及馬者甚

14此參林同華先生之解（見〈中國美學史論集〉，同註11.頁169）。

15同註14。

16初唐時代的江都王李緒，盛中唐時代的曹霸，陳閔、韋鑾、韋偃、韓幹等人，皆為畫馬大師。其中以曹霸（西元七四二年前後）及其弟子韓幹（西元七五〇年前後）最為馳名。俞劍成〈中國繪畫史〉指出「唐代以前，畫鞍馬並無專門畫家。古人畫馬有八駿圖，或云史道碩之迹，或云史秉之迹。皆螭頸龍體矢激雷馳，見馬之狀茂者少。晉宋之間，顧陸一變其體；周朝之際，董、展又變其格；皆未能全脫古人窠臼，：玄宗好大馬，御廄至四十萬。遂有沛艾大馬。西域大苑歲有來獻，於是曹霸、韓

多，其詠馬諸詩正表達對國運興衰的關注和感慨；而馬之神駿致遠與鷹的飛騰搏擊，皆予詩人陽剛健雄之美感，此與其積極不挫之生命態度頗為契合。試觀其〈題壁上韋偃畫馬歌〉：

韋侯別我有所適，知我憐君畫無敵，戲拈秃筆掃驊騮，歛見麒麟出東壁。一匹
齧草一匹嘶，坐看千里當霜啼。時危安得真致此，與人同生亦同死。

朱景玄〈唐朝名畫家〉云韋偃「嘗以越筆點簇鞍馬山水雲煙，千變萬態，或騰或倚；或齧或飲；或驚或止；或走或起；或翹或跂。其小者或頭一點，或筆一抹。圖騏驎之良，畫銜勒之飾，巧妙精奇，韓幹之匹也。」（「妙品」上）可見偃之畫馬，不只求寫貌形似，亦講求簡化寫神之氣韻美。杜甫詩中所謂「戲拈秃筆掃驊騮」與〈歷代名畫錄〉之「或頭一點，或尾馬一抹」，同言偃之寫意筆法，而亦顯見杜甫能賞簡化的寫意畫風；詩中更以麒麟為比，足見馬於杜甫心目中乃屬獸類珍品。曹霸為玄宗開元、天寶年間的畫馬能手，因其曾任武將高職，數次與馬為伍，能真切體會馬之神采與風骨；杜甫此期即有二首長篇七古詠之，在〈丹青引贈曹將軍霸〉詩之開首云：

國初以來畫鞍馬，神妙獨數江都王。將軍得名三十載，人間又見真乘黃。．．．

江都王即李緒，其以畫鞍馬擅名，曹霸之鞍馬與之匹敵，是能得名三十載。據〈歷代名畫記〉記載，其工書畫，書乃學衛夫人，畫馬為唐代之最，兼善寫貌。在〈丹青引贈曹將軍霸〉及〈韋諷錄事宅觀曹將軍畫馬歌〉中，杜甫皆論及曹霸之作畫本領，前詩云：

先帝天馬玉花驄，畫工如山貌不同，是日牽來赤墀下，迴立閭闔生長風，詔謂將軍拂絹素，意匠慘淡經營中，斯須九重真龍出，一洗萬古凡馬空，玉花卻在御榻上，榻上庭前屹相同。．．．將軍善畫（一作盡善）蓋有神，偶逢佳士亦寫真。．．．

玉花驄與照夜白為明皇所乘大內名馬^{（註17）}，必與眾馬有別，畫家能於須臾間完成，其靈動有神若真馬，若非速描寫生之基礎佳，技藝純熟，不能至此。後詩云：

今之新圖有二馬，復令識者久歎嗟。此皆戰騎一敵萬，縞素蕩蕩開風沙。其餘七匹亦殊絕，迴若寒空動煙雪。．．．可憐九馬爭神駿，顧視清高氣深穩。．．．憶昔巡幸新豐宮，翠華拂天來向東。騰驤磊落三萬匹，皆與此圖筋骨同。．．．

在充滿戰爭的時代中，戰馬時而可見，亦被畫家捕捉入畫。在此詩中，可見戰馬在杜甫心中為器宇軒昂之象，其所重乃馬所顯現「顧視清高」之品德。此與詩人的人格及評鑑人之標準類似；王嗣爽云：「贊畫之妙，止於奪真，此云『真乘黃』則妙無可佳，而七字包括全篇矣。．．．『清高深穩』四字評馬，此公獨得之妙；馬有此四字，是謂國馬，士有此四字，是為國士，孔子所云驥德盡於此矣，正以之比君子矣。」（卷之六）所評極是。

在〈丹青引贈曹將軍霸〉曾提及韓幹之畫馬：

幹、韋偃等畫馬大家乃應運而生。」（見第九章「唐朝之繪畫」，商務印刷館，七三年十一月台九版）

17據〈歷代名畫記〉載：「時主好藝，韓君問生，遂命悉圖其駿，則有玉花驄，照夜白等。」（卷九）

弟子韓幹早入室，亦能畫馬窮殊相，幹惟畫肉不畫骨，忍受騂驄氣凋喪。杜甫此論曾引起眾議，或以其不知畫；或以其非不知畫，乃借以形容曹霸，非抑韓幹；或以其乃稱揚韓幹之善於畫馬，仗其師曹霸更為光彩。^(註18)孰是孰非，宜作一探討。韓幹之畫馬，頗特異，其作品至今猶可見。確如杜甫所形容，高大碩壯，皮肉豐腴。〈歷代名畫記〉言其「初師曹霸，後自獨擅。」（卷九）其能獨擅，自成一格，誠達宋劉道醇於〈聖朝名畫評〉中所云：「宗師造化，自創景物」、「在古無法，創意自我」^(註19)之境。其畫馬雖「初師曹霸」，然因以真馬為本，故重寫真逼肖，而能獨樹一格，別開生面^(註20)。杜甫之〈畫馬贊〉一文則專評韓幹之畫馬，其云：「韓幹畫馬，毫端有神。騂驄老大，腰褭清新。魚目瘦腦，龍文長身。雪垂白肉，風蹙蘭筋。逸態蕭疏，高驤縱恣。四號雷電，一日天地。御者閑敏，去何難易？愚夫乘騎，動必顛躓。瞻彼駿骨，實惟龍媒。……」（卷二四）足見杜甫亦能賞其肉中有骨之畫藝，是杜甫非不能賞韓幹之畫馬也。再者，簡恩定先生由章法剖析其詩意，以王嗣爽之評：「至韓之畫肉，非失於肥，蓋取姿媚以悅人者，於馬非不婉肖，而骨非千里，則『騂驄氣喪』矣。」（卷六）是即以韓幹所畫之御馬，時人多悅之，其迎合豐美肥厚之體，缺乏骨相，未能將騂驄真馬圖寫傳世，難免使之遺憾喪氣，此即隱含志士潦倒人未識之嘆，與全篇記曹霸由盛轉窮，而至遭俗之白眼的章法結構同。是杜甫此論，非真對韓幹之畫技而作褒貶，乃由韓幹畫馬之特殊性而引出潦倒志士之慨，繼而轉入曹霸之際遇。^(註21)

杜甫所題植物畫，集中所見共二首，而皆題松。此或因花鳥畫於晚唐始盛，詩人接觸機會較少^(註22)；再者，松為林木中之主要樹木，夭矯多姿，榆柳桑槐雖各有佳蔭，然比之松，則皆為凡品；且松之剛健勁直，可以「枉而不曲」四字盡其堅毅精神。荊浩於〈筆法記〉曾狀松之體貌：「勢高而險，屈節以恭，葉張翠蓋，枝盤赤龍。」^(註23)是以其形、性取得詩人認同，並取之以自比（如〈四松〉之詠）；而其對繪畫之偏好亦以陽剛為美，如〈題李尊師松樹障子歌〉云：「老夫生平好奇古，對比興與精神聚。」，故取以吟詠。^(註24)此期所作之〈戲為韋僊雙松圖歌〉云：

18以杜甫不知畫者，以張彥遠之〈歷代名畫記〉為始，後清錢謙益亦採其說；認為杜甫非不知畫，乃釋此為「韓幹亦凡手，『早入室』、『窮殊相』，已極形容矣，而借以形曹，非抑韓也。」（見王嗣爽〈杜臆〉卷之六），清楊倫從此說。而黃明理先生則提出異說，以杜甫此四句乃形容韓幹畫馬之得神，故使庭前御馬自漸喪氣；並謂韓幹於曹霸受詔畫馬亦在列，此四句乃稱揚韓幹善於畫馬，使其師更加光彩（見〈國文天地〉44期，頁87）。簡恩定先生則指出黃先生立說前提：「韓幹似亦在列」，無法成立，另由章法結構以解（詳本文之說）。（簡先生之文見〈國文天地〉47期，頁92-93）此外，〈抱真堂詩畫〉以韓幹為酒肆中物，必得罪於工部，故杜甫有「畫肉不畫骨」之譏。（見〈清詩話讀編〉，藝文印書館，七十四年九月出版，頁119）此說尤偏。

19此二引說見〈聖朝名畫評〉之「山水林木門」，前者為評李成之語，後者為評范寬之語。此書見錄於〈中國畫論類編〉，同註5頁412。

20〈西陽雜俎〉云：「韓幹，藍田人，少時嘗為賣酒家送酒。王右丞兄弟未時每賒酒漫遊，幹嘗徵債于王家，戲畫地為人馬，右丞奇其意趣，乃歲與錢二萬，令幹軟畫十餘年，始克精其技。」天寶初年入為供奉，官至太府寺丞。時陳闓已在御府，玄宗令師之，惟畫法別異，怪而詰之，則對曰：「臣自有師，陛下內廄之馬，皆臣師也。」（見〈韻語陽秋〉卷十四之記載。收錄於何文煥訂之〈歷代詩話〉，藝文印書館，四十八年八月再版。頁379）

21簡先生之論見註18。

22鄭昶先生之〈中國畫學全史〉將唐之書史依政教劃分為三期；武德至開元之前為前期，開元天寶年間為中期，德宗以後為後期；花鳥畫於中期漸露頭角，而於後期為盛。（見第七章〈唐之畫史〉，中華書局印行，未註出版年月日）

23同註六。

24董其昌曾云：「子美論畫殊有奇」（見〈畫禪室隨筆〉，收錄處同註11，頁252）此可見杜甫審美觀

天下幾人畫古松，畢宏已老韋偃少。絕筆長風起纖末，滿堂動色嗟神妙。兩株慘裂苔蘚皮，屈鐵交錯迴高枝。白摧朽骨龍虎死，黑入太陰雷雨垂。松恨胡僧憩寂寞，龐眉皓首無住著。偏袒右肩露雙腳，葉裡松子僧前落。

韋偃為韋鑒之子^(註25)，張彥遠〈歷代名畫記〉謂韋偃乃「工山水，高僧奇士，老松異石，筆力勁健，風格高舉，人知鷗善馬，不知松石更佳。咫尺千尋，駢柯攢影，煙霞翳薄，風雨颼颼，輪囷盡偃蓋之形，宛轉極盤龍之狀，過其父遠甚。」（卷十）而畢宏之「樹木改步變古」，可見其對樹木有所創新，且以「樹石擅名於代」（〈歷代名畫記〉卷十）。杜甫於此詩之開首即將韋偃與老一輩的畫松能手並舉，表其對韋偃之推崇，「絕筆」二句則寫其運筆奇崛、生動靈活之妙；「兩株」下四句乃寫松之狀態；而以「慘裂苔蘚」言松皮之剝蝕龜裂，長滿青苔，顯露松有千年之齡；「屈鐵交錯」則寫松枝之交叉盤錯，松幹的蒼勁有力，「白摧」為寫畫色之較淡處，「黑入」乃寫畫色濃潤處，其松葉之濃密陰森，有若雷雨密佈。王嗣爽贊此四句之妙云：「寫老松止四句耳，而冥思玄構，幽致深情，更無剩義。」是詩畫之相映生輝也。「松恨」以下四句則寫松下僧人修行氣度，更添化之神氣。由此可見杜甫能掌握松幹、皮、枝、葉等狀態，以真筆寫出，而畫松之枯淡濃潤處亦刻劃深入，使松之蒼勁挺直明然躍於紙上。而詩中展現之生澀拙重之異常美，及變曲盤旋之老松形象，在慘澹而蕭瑟的氣氛中，蘊藏著不屈與旺盛的生命力。

在上引諸詠生物畫中，可見詩人能體會作家之慘澹經營，著重寫真逼神，此皆可由其吟詠字句間尋繹。蓋畫家作畫，以其技藝將天地事物納入尺幅中，詩人觀畫，間接體會畫家之修飾，將自己對天地事物之體驗與畫融合，就畫取豹，因畫而起與吟詠豐沛其創作，畫亦因之而靈動生色，二者本為互動。陸時雍云：「詠畫者多詠真，詠真易而詠畫難。畫中見真，真中帶畫，尤難。」^(註26)能於「畫中見真」，需有敏銳之觀察，深厚之藝術鑑賞能力；而「真中帶畫」則更需細膩之情感，豐厚之學養以成之。

肆、詩人之觀畫情懷

在探討杜甫對畫藝之鑑賞時，我們可發現其詠畫諸作，乃熔畫面、時代與個人的際遇為一爐，詩人的思想藉由景、物等形象而流露，其心中之蒼涼挫傷亦得以渲洩。綜其內涵，可得二大端；其一為戮力天下之襟抱，其二為避世隱居之思。現分別說明：

一、戮力天下之襟抱

杜甫此期的詠畫詩，多擇取深雄之意象，如其對畫馬畫骨之所寄，對角鷹銳氣逼人之摹寫，以及對老松盤旋變曲形象之抒寫，皆隱含了詩人不屈有力的意志。試見其〈題壁上韋偃畫馬歌〉云：「韋侯別我有所適，知我憐君畫無敵。戲拈秃筆掃驂騮，歛見麒麟出東壁。一匹吃草一匹嘶，坐看千裡當霜蹄。時危安得真致此，與人同生亦

之一端。

25 〈歷代名畫記〉載：「韋鑒工龍馬，妙得精華。」

26 陸時雍之說見仇註本卷一三〈韋諷錄事宅觀曹將軍畫馬圖歌〉詩末引語。

同死？」此乃感於朋友之知遇，而更愛韋僊臨行留蹟之畫馬圖，慕其神駿，而欲與之同生死。其於〈高都護驄馬行〉中曾云：「此馬臨陣久無敵，與人一心成大功」（卷二）是亦情感之投注。詩人將其人格，精神與思想襟抱投注於詩中，在短短數語中，即寫朋友知遇之感，匡濟時危之心及渴求賢才之念。又〈韋諷錄事宅觀曹將軍畫馬圖歌〉一詩乃因畫馬而論及真馬，因真馬而追述天子巡幸事，在俯仰感慨間寄寓故君之思。宋黃徹評曰：「杜集及馬與鷹甚多，亦屢用屬對。……蓋其致遠壯心，未甘伏櫪，嫉惡剛腸，尤思排擊。語曰：『驥不稱其力，稱其德也。』左氏曰：『見無禮於其君者，如鷹鷂之逐鳥雀也。』少陵有焉。」^{（註27）}觀此期詠馬、鷹之詩，確寓戮力天下之志，具是詩人情懷襟抱之流露。

二、避世隱居之思

杜甫偶有遁世歸隱之思，此種思想之流露，主要緣於生活之流離與時代感之負荷不堪，因而暫時顯現消極避世之思。杜甫亦曾對畫生慨，因畫家之寫真傳神，畫中之山水世界，不禁令詩人嚮往。其〈觀李固請司馬弟山水圖歌三首〉：

簡易高人意，匡床竹火爐。寒天留遠客，碧海掛新圖。雖對連山好，貪看絕島孤。群仙不愁思，冉冉下蓬壺。（之一）

方丈渾連水，天台總映雲。人間長見畫，老去恨空聞。範蠡舟偏小，王喬鶴不群。此生隨萬物，何路出塵氛。（之二）

高浪垂翻屋，崩崖欲壓床。野橋分子細，沙岸繞微茫。紅浸珊瑚短，青懸薜荔長。浮查並坐得，仙老暫相將。（之三）

杜甫因觀賞李固之弟畫的山水畫而讚詠其畫境宛如仙境，而詩末聯「群仙不愁思，冉冉下蓬壺。」、「此生隨萬物，何路出塵氛？」及「浮查並坐得，仙老暫相將。」則表達身逢動亂，一生只能隨著萬物飄浮，無法跳脫世俗塵氛的感慨。又〈題玄武禪師屋壁〉云：

似得廬山路，真隨惠遠游。

皆觀畫寄詠，借以抒懷，遊仙之思因而結於畫外。蓋緣於生活與時代之影響，詩人所閱所歷愈廣，其所感便愈深，凡充耳之音，觸目所見，皆揚動著詩人愛國憂民之思與遲暮之感。清薛雪評杜詩云：

隨所遇之人，之境，之事，之物，無處不發其思君王，憂禍亂，悲時日，念朋友，弔古人，懷遠道。凡歡愉、憂愁、離合，今昔之感，一一觸類而起。因遇得題，因題達情，因情敷句，皆由有胸襟以為基，如時雨一過，夭矯百物，隨地而興，生意各別，無不具見。^{（註28）}

故其題畫詩乃其心思之外化，為詩人心弦與畫面交感時產生的情感共鳴，是以咫尺之幅展開萬里天地，其心中鬱結方得淋漓抒發。

27見〈蛩溪詩話〉卷二，收錄於丁福保輯之〈歷代詩話續編〉木鐸出版社，七十二年九月初版。頁352-353。

28 見〈一瓢詩話〉第三條，錄於丁福保輯之〈清詩話〉，木鐸出版社，七十七年九月初版。頁678。

伍、結語

杜甫被譽為「詩聖」，乃因其詩歌創作臻於「備百體，傳百情」之境。因其詩藝學養深厚，對書畫藝術亦涵養至深，因能以詩詠評書畫，並能於書畫評賞中見其涵養。杜甫借詩以論詩題畫，不僅拓展詩歌之題材與內涵，更傳達其藝術鑑賞之美學觀。成都時期的杜甫，於動亂中暫得歇息，創作豐富的藝術鑑賞作品，其鑑畫賞畫諸作，能於靜觀中與品評對象心神凝聚，不論是欣賞或評論，皆為藝術的「再創作」，給予後人品賞及創作啟發。再者，杜甫處於離煙塵，消息蔽塞之成都，一種與時代分隔的疏離感，時而與老病無成、歸鄉未得、世亂未已之悲交織而流露於詩歌。其雖暫得歇息，但為生活，為人際關係所承受之心理壓力，其沈重較之入蜀前，實未消減；因而其題畫諸作，自然流露關懷家國、戮力天下之懷抱，歸隱恬退之思偶有萌生。

在成都時期的論書題畫諸作中，杜甫藉由藝術作品的鑑賞，表達其主觀的審美情趣，更在心神投射、凝聚的過程中，詩心與書畫藝術相映成趣，值得細細品思與體會。

陸、參考文獻

一、專書

- 宋 王洙(1967), 杜工部集，臺北市，學生書局
 明 王嗣爽(1986), 杜臆，臺北市，中華書局
 清 仇兆鰲(1985), 杜詩詳解，臺北市，文史哲出版社
 清 楊倫(1986), 杜詩鏡詮，臺北市，華正書局
 清 浦起龍(1979), 讀杜心解，臺北市，鼎文書局
 清 施鴻保(1986), 讀杜詩說，臺北市，中華書局
 清 何文煥(1959), 歷代詩話，臺北市，藝文印書館
 丁福保(1988), 歷代詩話續編，臺北市，木鐸出版社
 郭紹虞(1985), 清詩話讀編，臺北市，藝文印書館
 劉維崇(1969), 杜甫評傳，臺北市，商務印書館
 簡明勇(1984), 杜甫詩研究，臺北市，學海出版社

- 唐 朱景玄 唐朝名畫錄 文淵閣四庫全書本，臺北市，商務印書館
 唐 張彥遠 明 毛晉校訂(1970), 歷代名畫記，臺北市，廣文書局
 沈子丞(1974), 歷代論畫名著彙編，臺北市，世界書局
 俞崑編著(1975), 中國畫論類編，臺北市，華正書局
 俞崑(1975), 中國繪畫史，臺北市，華正書局 鄭昶(1982), 中國畫學全史，臺北市，中華書局

- 劉文潭(1978),藝術品味,臺北市,商務印書館
- 李浴(1983),中國美術史綱,臺北市,華正書局
- 祝嘉(1983),書學簡史,臺北市,華正書局
- 俞劍成(1984),中國繪畫史,臺北市,商務印刷館
- 徐復觀(1984),中國藝術精神,臺北市,學生書局
- 朱孟實(1985),中國古代美學史論叢,臺北市,木鐸出版社
- 馬晉封(1985),藝苑隨筆,臺北市,漢光文化事業股份有限公司
- 林同華(1988),中國美學史論集,臺北市,丹青圖書公司
- 張懋鎔(1989),書畫與文人風尚,臺北市,文津出版社
- 張少康(1989),古典文藝美學論稿,臺北市,淑馨出版社
- 李栖(1993),題畫詩散論,臺北市,華正書局
- 王伯敏(1993),唐畫詩中看,臺北市,東大圖書公司書局
- 歷代書法論文選(1997),臺北市,華正書局
- 黃奕珍(2005),杜甫自秦入蜀詩歌評論,臺北市,里仁書局

二、論文

- 黃明理(1989) 論杜甫〈丹青引〉之韓幹畫馬 國文天地 44期
- 簡恩定(1989),杜甫〈丹青引〉：「幹惟畫肉不畫骨，忍受騷騷氣凋喪。」
國文天地 47期
- 傅含章、楊雅惠(2006) 論杜甫題畫詩之審美觀 嘉義大學通識學報 第4期
- 戴麗珠(2008) 李杜題畫詩之意涵 孔孟學報 86期
- 戴麗珠(2009) 題畫詩之起源與演變 孔學與人生第46期
- 傅含章、楊雅惠(2006) 李杜題畫詩之意涵 孔孟學報 86期
- 施筱雲(2009) 杜甫論詩題畫詩中的美學關 新生學報第4期
- 康湘敏(2010) 宋元之際逸民畫家題畫詩研究 中央大學中國文學系碩士論文

高低負向情緒反應的大學新生在家庭互動品質之比較研究

Comparative study of the relationships between negative emotional response and family interaction quality for college students

陳莉榛

Chen, Li-jane

東南科技大學通識教育中心副教授 Associate Professor, General Education Center, Tunghan University

摘要

本研究旨在以臺灣大學生為對象，探討「負向情緒反應」與「親職互動品質關係」間之關聯，以提供校園諮商輔導實務之參考。採「身心生活適應量表」、「家庭互動關係量表」為測量工具，從「負向情緒反應」之題項得分高者共179人，作為探究之對象。再採等組配對方式選擇得分低者179人，所得資料採 SPSS13.0套裝軟體，進行獨立樣本 t 考驗。結果發現，兩組學生在「家庭互動關係量表」上達顯著差異 ($p < .01$)，顯示兩組的同學感受到與父母親職互動與關懷支持上是有顯著差異。而在家庭互動關係的三個分量表，兩組在「參與支持」、「獨立自主」均達顯著差異，唯「指導約束」兩組未達顯著水準。據此，提出討論與建議，供校園諮商輔導實務者之參考。

關鍵字：負向情緒反應、家庭互動品質、參與支持、獨立自主、指導約束

ABSTRACT

In this study, we investigated the relationships between negative emotional response and family interaction quality for college students in Taiwan. The scales including 「physiological mental scale」、「family interaction scale」 were administered to students. One hundred seventy nine participants who have high score in 「negative emotional response」 were selected as experimental group, while another 179 participants having low score in 「negative emotional response」 was selected as control group. Data analysis utilized t test by SPSS13.0 package. The results indicated that the two groups differs

significantly ($p<.01$) in 「**family interaction scale**」, implying students whether receiving supports from their parents will affect their emotional response. Regarding three subtype scales in family interaction, the two groups differed significantly in 「**participation/support**」, 「**dependence//active**」, but in 「**guidance/restriction**」 they were not different significantly. Discussion and suggestions for assisting counselors practice are included in this article.

Keywords : negative emotional response, family interaction quality, participation and support, independence、**guidance/restriction**

壹、前言

大學生剛離開家庭進入校園，須自行處理人際關係與學習適應問題，有些人因應的很好，有些人卻出現適應欠佳，甚至出現心理疾患，因而使得此問題持續被探討（Somerfield & McCare,2000）。在生活適應與學習適應交錯下，多重時間的切割與多樣角色任務的負荷，大學生可能出現生活適應的問題。

家庭是個體最早接觸的系統環境，父母的言行舉止深刻的印記在孩子腦海中；以人類發展來說，家庭提供了孩子社會化的環境，而父母對子女的態度與行為，結合了管教方式，成為父母對子女關愛的表達方式，直接影響孩子未來的發展。早期生命與重要他人（尤指父母）的互動過程中，個體會產生認同作用，並將照顧者對待他的方式內化（internalization）為個體對待他人的人際行為，以反映父母的原型。也就是說在孩子世界的父母、重要他人等影響孩子建立內在的心理組織，這個組織和人格的建立是來自內化，亦即心理歷程藉由個體調整與他人和環境特徵的互動，轉換為內在的規則與特徵（Schafer,1968，引自陳莉榛，2004）。

研究心理病理發展和臨床工作，幾乎著墨於孩子的家庭是培育心理病理的最重要因子（Dadds,1987; Dishion et al., 1995; L'Abate,1998; Leone,1990; McCord,1990; O'Donnell et al.,1995; Patterson,Reid,& Dishion,1992）。過去十年研究顯示，家庭互動關係及資源對孩子的發展與幸福具有其重要性（Kelly,2000）。在很多研究中，像是更多的父母支持、監控、控制、花時間與孩子相處、及其他有益於孩子更幸福的行為等，這些父母的行為與孩子的適應結果之間有著線性關係（Kelly,2000）。

Dekovic', Buist, & Reitz(2004)研究顯示，父母提供溫暖關懷、孩子感受到父母的親密關係，易使親子關係的功用像個保護因子，可對抗外化和內化的問題行為。父母溫暖關懷與無所不談的態度，在對抗孩子心理病理上，例如情緒沮喪症狀和自我傷害，扮演著一個預防的角色。研究證實安全依附和父母支持行為會使憂鬱和焦慮的症狀較少出現（Duggal, Carlson,Sroufe, & Egeland

,2001; Sigueland,Kendall,& Steinberg,1996）。此外，Hollis（1996）也指出，自傷的病

人在家裡較少有溫暖關懷。顯然地，父母-孩子間的衝突、拒絕、敵意與缺少獎賞的態度，已經全部證實和日後的憂鬱（Cole & Mcpherson,1993; Cole & Rehm,1986; Lefkowitz & Tesiny,1984; Muris, Meesters, Schouten & Hoge,2004）、焦慮有關（Allan,Kashani,Dahlmeier, Beck, & Reid ,1998; Muris, Meesters, Schouten & Hoge, 2004）。綜合上述文獻顯示，親職互動關係品質之良窳和個體情緒反應、生活適應有密切關聯。

貳、文獻探討

（一）何謂「健康」？

根據世界衛生組織（World Health Organization；WHO）對於健康的看法如下：「健康是身體心理及社會的一種完全安寧（well-being）的狀態，而不只是沒有疾病或虛弱而已」。Antonovsky（引自林惠琦，1997）則認為健康是一種「適應」（adaptation）的狀態，指愈健康的人就愈能以高度的信心、合理的預期個人內在環境及外在環境，愈能夠適當的處理各類生活事件。張郁芬（2001）則認為健康的定義，除了不僅是身體功能正常、沒有疾病發生之外，尚包括個人心理及社會等各層面，呈現一種適應狀態。

從上述對健康的認定與觀點中，可知所謂健康，不僅包含生理健康（疾病）與心理健康（疾病），更是一種個體面對複雜環境下的適應狀態與因應環境的彈性。本文即採用上述對健康的定義，意圖了解大學生其負向情緒反應、家庭互動關係、及其兩者之關聯。

（二）壓力與身心健康關係

所謂的「壓力」係指當個體面對刺激事件時，個人評估此事件對他造成的負荷，或個人資源無法應付，且危及個人的福祉及身心健康時之反應，此反應以個人的特質、經驗與認知歷程為媒介（程一民，1996）。依此歸納兩點，一為個體會產生壓力通常並不是定義在事件所耗費的能量大小，而是事件所耗費的能量已經超過個體的資源所能應付。二是對壓力事件的認知，常因不同的個體而有個別差異。壓力對個體的影響，文獻得知壓力會造成個人憂鬱、焦慮、害怕、沮喪、生氣等情緒反應，甚至有藥物濫用、自殺等反應（江承曉，1991；周文欽、孫敏華、張德聰，2004；引自汪敏慧，2008）。精神方面，短期來說，壓力會影響個人記憶能力、不易專心、創造力較低、不能自我控制及自我尊重；長期來說，會造成輕微的偏執、迷糊、容易忘事、不易下決策或快速的下決定等（崔珮玲，2004；引自汪敏慧，2008）。此外，當個人遭遇壓力時，容易從社會人際關係中產生退縮行為，如表現恐懼沮喪、自閉、表現幼稚行為等。有人會以自我防衛方式來應付，如壓抑、投射、合理化、認同作用、反射作用、否認等，這些自我防衛方式通常只能短暫的防禦焦慮及罪惡感，如果壓力一直持續無法解決，則容易產生身心疾病（崔珮玲，2004；鄭照順，1997；引自汪敏慧，2008）。本文的調查對象為大學日間部新生，他們必須同時兼具剛入學的生活改變、人際新關係的變化與學習適應的壓力，所承受的壓力是多方面且沉重的。

但相同的壓力事件為何會對不同的人形成不同的影響？Lazarus 與 Folkman (1984) 提出「壓力模式」予以解釋。此模式從「外在壓力」（如經濟、教育、婚姻等）到「個人傾向」（包括情緒、認知），而有「因應」與「行為」，造成某種身心的「結果」。Cassidy (1999, 引自邱惟真, 2004) 則在因應中補充了「資源」的觀點，認為資源可以提昇個人在面對壓力時的因應能力。家庭是個體成長過程中的重要資源之一，特別是家庭成員彼此互動的親密關係更是重要。

從以上的說明可知，壓力的確會影響個人的身心健康及人際互動，但影響的程度與範圍，端視個人的傾向、因應採取的策略與擁有的資源，以及採取的解決壓力行為等影響。

(三) 身心生活適應量表的編制理念

本文採吳英璋、金樹人與許文耀 (1991) 編製的「身心生活適應量表」作為調查工具之一，此測驗測量影響健康的負向指標、促進健康的正向指標、以及自題項中篩選出特定負向情緒反應。唯有將正負向的影響因子均列入全面的評估，才能更了解個體的健康程度與適應狀態。

身心生活適應量表所根據的「壓力模式 (stress model)」建構而成 (吳英璋等, 1991)，測驗共分成三個分量表，其中「負向情緒反應」代表個人的心理情緒困擾，當得分越高，即代表個人現在面對生活中的應對方式較差，將更容易造成個人面對壓力時的沉重負擔，出現的負向情緒有憂鬱、自殺意念，進而產生人際疏離現象。學者研究指出，如果人們擁有滿意的親近人際關係，往往在身心方面較健康，且活的較久 (Baumeister & Leary, 1995; Myers & Diener, 1995, 引自 Chen & Chung, 2007)。因而本研究欲以此量表的「負向情緒反應」為變項，探討其與家庭互動關係之關聯。

(四) 家庭互動關係

家庭互動關係良好其特性是指家人間親切關懷、家人間有共同的活動、孩子在家裡可做某些決定 (陳莉榛等人, 2009)。孩子的幸福端賴家庭互動關係的品質 (Petersson, K., Petersson, C., & Hakansson, A., 2004)。在孩子的環境中，父母是最重要的，而且可以決定孩子的結果會是什麼 (Harris, 1998)。父母的風格在與子女互動時往往是種壓力，隱含著一些威脅 (Thompson, Raynor, Cornah, Stevenson, & Sonuga-Barke, 2002)。父母的風格就是家庭風格，像家庭偏好、活動、互動風格、參與文化活動事件、懲罰、鼓勵個人發展、允許孩子參與做決定等，這些主要的決定者是父母 (Bronstein, Duncan, D'ari, Pieniadz, et al., 1996)。

家庭互動關係品質，它包括親職互動的層面，像是父母對孩子的情緒、態度，父母接納或拒絕孩子，以及父母對孩子的依附等。親子間的關係品質可視為對孩子傳達一種長期的關係史，它創造一種親子間的情緒氛圍 (Darling & Steinberg, 1993; Mounts, 2002)。家庭互動關係的品質被視為親職實踐 (parenting practices) 的基礎 (Dishion et al., 1995)。在親子互動的過程中，情感關係和教養方式是交互影響的 (羅國英, 1995)。此種交互作用的歷程，一方面是父母對待子女的態度，也會受到子女對父母行為的方式所左右。正如家庭心理學者所指，問題的焦點不在個人之內 (within the individual)，而是來自關係的互動中 (within the relationship, 黃宗堅等, 2004)。

可知家庭互動關係不僅傳遞家族間的教養風格，更與孩子心理發展有重要關係，透過家庭互動關係了解個體對生活適應、情緒反應，將有助於協助學生在校園快樂健

康學習。

綜合上述，親子互動有著溫馨、參與、分享、教導等品質時，孩子呈現的自我傷害、鬱悶、人際疏離等情況會降低，換言之，來自家庭支持系統的保護因子愈多，將可使危害個體身心健康的危險因子愈少。

參、調查方法

（一）調查對象與篩選樣本

本文以臺灣某大學新生為研究對象，所謂新生意指第一年就讀日間部大一的學生，總施測人數1600人。其中「負向情緒反應」特殊題項篩選出得分高者共179人，作為探究之對象，即依據憂鬱題項與自殺意念題項填答均達4分以上者列為高分組，1分者為低分組；再採相同班級、性別等組配對方式選擇得分低者179人，以探討高低分組的學生，其家庭互動品質是否有差異，高低分不同組的學生，家庭提供的保護因子是否因互動品質之差異而有不同。這兩組學生均在新生入學時同時實施身心生活適應量表與家庭互動關係量表。

（二）調查工具

（1）身心生活適應量表

採用吳英璋、金樹人與許文耀（1991）編的「身心生活適應量表」測驗。測驗共分三部分，其中「負向情緒反應」部分共有25題，均為正向題，含括憂鬱、自殺意念、人際疏離等題項。量表形式採 Likert 五點量表，填答從未如此者得1分，填答偶爾如此者得2分，填答普通者得3分，填答經常如此者得4分，填答總是如此者得5分。得分越高，即代表個人已出現嚴重的心理困擾，即代表個人現在面對生活中的應對方式較差，特別是憂鬱題項填答達4分以上者，情緒上易有憂鬱傾向，不穩定的情緒會驅動個人做出自我傷害行為；自殺意念得分為4分以上者，較易出現自我傷害的想法，雖未立即採取自我傷害行為，已是屬於高度關懷之對象。填答者在憂鬱所有題項與自殺意念所有題項選答均達4分以上者，視為高分者。1分者為低分組。

（2）家庭互動關係量表

本量表參考 Gecas & Schwalbe(1986)的量表編製而成，其 Cronbach α 值為.8797。量表形式採 Likert 四點量表，4代表常常出現，3代表有時出現，2代表很少出現，1代表從未出現。本量表共有15題，其中第1、3、4、8題為反向題，其餘為正向題。正向題計分方式分別為4，3，2，1分，反向題則相反；分數愈高表示家庭互動關係愈和諧。

本量表經因素分析得出三個因素，分別命名為參與支持、獨立自主、指導約束。參與支持：參與支持分量表之總分。包含題目：8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15。獨立自主：自主分量表之總分。包含題目：2, 5, 6。指導約束：不控制分量表之總分。包含題目：1, 3, 4, 7。此四題需反向計分。本量表經因素分析得出三個因素，分別命名為參與支持、獨立自主、指導約束。『參與支持』是指父母花時間與孩子相處，且一起分享孩子的活動，傾聽孩子的活動概況，指支持程度。『獨立自主』是指父母企圖限制孩

子的自主，規劃孩子活動的程度，指自主程度。『指導約束』是指父母協助孩子、表現親切關心、讚許孩子的行動，並有清楚指令與限制，指涉入程度（陳莉榛等人，2009）。

（三）結果

本研究採 SPSS13.0套裝軟體，進行獨立樣本 t 考驗。高分組和低分組的受試者在「家庭互動關係量表」上分數的平均數、標準差與t值，如表一：

表一 兩組在「家庭互動關係量表」量表上分數的平均數、標準差與t值一覽表

	低分組 (n=179)		高分組 (n=179)		t 值	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差	平均數	標準差		
總量表	43.56	5.315	39.94	7.274	5.368	.000**
參與支持	25.6034	4.6355	22.9944	6.4176	4.409	.000**
獨立自主	9.8771	1.8257	9.0503	2.3011	3.766	.000**
指導約束	8.0782	2.0292	7.8994	2.2161	0.796	0.427

**P<.01

由上表得知，低分組和高分組的大學生，在家庭互動關係之品質有顯著差異，亦即低分組的同學認為與家長互動中感受到較多的互動、關懷與支持。此外，低分組與高分組的同學感受到家長跟他們的互動中，在「參與支持」和「獨立自主」兩個分量表上有顯著差異。

肆、討論

本調查結果發現，高分組與低分組的大學生其家庭互動關係達顯著差異，同時在「參與支持」和「獨立自主」這兩量表上亦達顯著差異，顯示家庭互動關係的品質確實與個體的負向情緒反應有關聯。特別是父母參與大學生的活動、一起分享大學生活或活動、父母真心協助大學生規劃未來、父母訓練大學生獨立的行動等，更與大學生的負性情緒反應有密切關聯。

Dekovic', Buist, & Reitz(2004)研究顯示，家長提供溫暖關懷、孩子感受與父母有親密互動關係，這對親子關係的功用來說，像個保護因子，它可對抗外化和內化的問題行為。當父母提供適當的情緒支持、適度地監控孩子行動、威嚴開明的管教、保有適合年齡的期望，則孩子有較佳的適應(Buchanan et al.,1996; Hetherington,1999; Maccoby & Mnookin,1992; Neighbors et al., 1993；引自陳莉榛等人，2009)。參與家庭例行的活動或節慶，不僅是實踐而已，還是組成家庭的圖像，它可製造家人彼此間的親密關係和孩子的社會化。雖然隨著孩子的成長，一些例行活動與節慶仍存在並未消失，而這些

活動對個人來說，是與心理社會的發展有關。父母的參與似乎會傳遞他們自己原有的價值給孩子。此外，父母給欲予孩子自主與其自尊有正相關，特別是自我效能。父母給孩子更多機會去探索世界，發展出勝任活動的能力，因而增進其效能感，也間接讓孩子明白父母信任孩子且視他為負責任的人，這些對孩子的自尊均有益處，面對壓力時有較佳的因應策略，較不易出現負向情緒反應。

本研究中發現家庭互動關係中，「指導約束」部分兩組未達顯著水準。表示兩組大學生在面對生活中的壓力其因應方式未有差異。Chao(1994)認為亞洲人和華人管教孩子的類型，強調儒家訓練的型態，並調和父母的愛、關心、涉入參與和身體上的親密，採嚴格的控制、支配且依此教導孩子，是種族中心主義的。事實上，華人文化強調孝順與服從，因此家長與孩子的互動常含有較多的訓練與管教的成分（Chao,1994），此意味著家長提供較高的行為控制與情感涉入，約束孩子的行為，而這樣的約束與涉入往往被理解為表達關愛的方式。當父母對孩子表達諸多關懷，提供了孩子面對壓力的情緒支持，賦權孩子處理或因應壓力的能量。此可解釋指導約束在本研究無法顯示出差異的原因。

五、結論與建議

本研究發現，兩組學生在家庭互動關係量表上達顯著差異（ $p<.01$ ），顯示低關懷組的同學感受到較多的家庭互動。在家庭互動關係的三個分量表上，兩組在「參與支持」和「獨立自主」均達顯著差異，唯「指導約束」兩組未達顯著差異。據此，建議在輔導負向情緒反應的高分組學生時，請以個案的整體成長脈絡來考量，亦即學生出現心理困擾、負向情緒反應往往不是單一事件，它可能涉及學生個人、家庭、校園、同儕等相關因素，特別是學生面臨壓力時，更需囊括家庭互動關係，以免失偏頗。

六、參考文獻

1. 江鴻鈞 (1995)。台灣省國民小學初任校長工作壓力與因應方式之研究。台中師範學院國民教育研究所碩士論文。
2. 汪敏慧 (2008)。被看重知覺對復原力啟動之研究—以高中課業壓力為例。政治大學心理系博士論文，未出版。
3. 吳英璋、金樹人、許文耀 (1991)。面對壓力身心健康手冊。台北：育部訓委會。
4. 邱惟真 (2004)。壓力模式與身心健康之促進。輔導季刊，40（2），27-34。
5. 林金生 (2003)。國民中學輔導教師工作壓力、因應策略與負向情緒經驗之研究。國立高雄師範大學輔導研究所碩士論文。
6. 林惠琦 (1997)。社區精神分裂病患主要照護者之負荷、社會支持與心理健康。高雄醫學院護理學研究所碩士論文。

7. 程一民（1996）。國民小學教師工作壓力與因應方式之研究。台北市立師範學院初等教育研究所碩士論文。
8. 黃宗堅、謝雨生、周玉慧（2004）。家人關係的測量與分類：以青少年原生家庭成員互動為例。中華心理學刊，46（4），307-328。
9. 施雅薇（2004）。國中生生活壓力、負向情緒調適、社會支持與憂鬱情緒之關聯。國立成功大學教育研究所碩士論文。
10. 陳莉榛（2004）。自體心理學。教育部學生輔導雙月刊。
11. 陳莉榛、呂欣茹、賀昌林（2009）高關懷個案與家長互動關係之研究，東南學報，第34期，第243-252。
12. 張郁芬（2001）。國小教師工作壓力、社會支持與身心健康之研究。國立嘉義大學國民教育研究所碩士論文。
13. Allan,W.D., Kashani,J.H., Dahlmeier, J., M., Beck,N., & Reid, J.C. (1998) . Anxious suicidality” : A new subtype of childhood suicide ideation? *Suicide & Life-Threatening Behavior*, 28,251-260.
14. Bronstein, P., Duncan, P., D’ari A., Pieniadz, J., et al (1996) . Family and parenting behaviors predicting middle school adjustment. *Family Relations*, 45, 4, 415-426.
15. Chao, R.K. (1994) . Beyond parental control and authoritarian parenting style : Understanding Chinese parenting through the cultural notion of training. *Child Development*,65,1111-1119.
16. Chen,Li-jane, & Chung,Shi-Kai.(2007) Loneliness, social connectedness, and family income among undergraduate females and males in Taiwan. *Social Behavior and Personality*, 2007, 35 (10), 1353-1364.
17. Cole,D.A.,& McPherson, A.E. (1993) . Relation of family subsystems to adolescent depression : Implementing a new family assessment strategy. *Journal of Family Psychology*,7,119-135.
18. Cole, D.A., & Rehm,L.P. (1986) . Family interaction patterns and childhood depression. *Journal of Abnormal Child*,14, 297-314.
19. Dadds,M,R. (1987) .Families and the origins of child behavior problems. *Family Process*. 26 : 341-357.
20. Darling,N., & Steinberg,L. (1993) . Parenting style as context : An integrative model.*Psychology Bull.*113 : 487-496.
21. Dekovic’,M., Buist, K.L., & Reitz, E. (2004) . Stability and changes in problem behavior during adolescence : Latent growth analysis. *Journal of Youth and Adolescence*, Vol.33,No.1, 1-12.
22. Dishion, T.J.,French, D.C., & Patterson, G.P. (1995) . The development and ecology of antisocial behavior. In Cicchetti, D., and Cohen, D.C. (eds.) , *Developmental*

- Psychopathology*. Vol.2 : Risk, Disorder, and Adaptation. Wiley, New York, 421-471.
23. Duggal, S., Carlson, E., Sroufe, L.A., & Egeland, B. (2001) . Depressive symptomatology in childhood and adolescence. *Development and Psychopathology*,13,143-164.
 24. Harris, J.R. (1998) . *The nurture assumption : Why children turn out the way they do*. New York : Free Press.
 25. Hollis,C. (1996) . Depression, family environment, and adolescent suicidal behavior. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*,35,622-630.
 26. Kelly,JB (2000) .Using child development research to make appropriate custody and access decisions for young children. *Family Conciliation Courts Rev.*38 : 279-311.
 27. L'Abate,L. (1998) . *Family Psychopathology. The Relational Roots of Dysfunctional Behavior*. Guilford, New York.
 28. Lefkowitz,M.M., & Tesiny, E.P. (1984) . Rejection and depression : Prospective and contemporaneous analyses. *Developmenta Psychology*,20,776-785.
 29. Leone,P.E. (ed.) (1990) . *Understanding Troubled and Troubling Youth*. Sage,Newbury park,CA,194-225.
 30. McCord, J. (1990) .Problem behaviors.In Feldman,S.S.,& Elliott,G.R. (eds.) ,*At the Threshold : The Developing Adolescent*. Havard University Press, Cambridge, MA,414-430.
 31. Mounts,N.S. (2002) . Parental management of adolescent peer relations in context : The role of parenting style. *Journal Family Psychology*. 16 : 58-69.
 32. Muris, P., Meesters, C., Schouten, E., & Hoge, E. (2004) . Effects of perceived control on the relationship between perceived parental rearing behaviors and symptoms of anxiety and depression in nonclinical preadolescents. *Journal of Youth & Adolescence*, 33,51-58.
 33. O'Donell, J., Hawkins,J.D.& Abbott,R.D. (1995) .Predicting serious delinquency and substance use among aggressive boys. *Journal Consult.Clin.Psychology*.63 : 529-537.
 34. Patterson,G.R., Reid,J.B., & Dishion,T.J. (1992) . *Antisocial Boys : A Social Interactional Approach*. Castalia, Eugene, OR.
 35. Petersson, K., Petersson, C., & Hakansson, A. (2004) . *What is good parental education? Interview with parents who have attended parental sessions*. Scand J Caring Sci ; 18, 82-89.
 36. Siqueland,L.,kendall,P.C.,& Steinberg,L. (1996) .Anxiety in children : Perceived family environments and observed family interaction. *Journal of Clinical Psychology*,25,225-237.
 37. Thompson, M.J.J., Raynor, A., Cornah, D., Stevenson, J., & Sonuga-Barke, E.J.S.

(2002) . Parenting behaviour described by mothers in a general population sample.
Child : Care, Health and Development, 28,149-155.

東南科技大學 東南學報 第三十六期 中華民國一百年七月出版 第237-248頁

工作生活品質與工作投入關係之研究 -以體育行政人員為例

A Study on the Relationship between Quality of Working Life and Job Involvement for Civil Servants in Physical Education Administrative Organizations

宋校年

Sung, Hsiao-Nien

東南科技大學 Tunghan University

摘 要

本研究旨在探討體育行政人員工作生活品質與工作投入之現況與關係，採用自編之「體育行政人員工作生活品質與工作投入關係之研究問卷」為研究工具，共計發出研究問卷351份，回收有效問卷183份，有效問卷回收率為52.14%，所得資料經統計分析後發現：體育行政人員之工作生活品質屬於中高程度；體育行政人員之工作投入屬於中高程度；體育行政人員之年資與學歷會影響其工作生活品質；體育行政人員之年資會影響其工作投入；體育行政人員工作生活品質與工作投入之間有顯著正相關；體育行政人員工作生活品質之部分構面對於整體工作投入具有預測力。最後，依據研究結果提出具體建議，供體育行政機關參考。

關鍵字：工作生活品質、工作投入

ABSTRACT

The purpose of this study was to explore the current situation of civil servants' quality of working life and job involvement in physical education administrative organizations, and analyze the relationship between them. This study employed the survey method. Three hundred and fifty-one civil servants in physical education administrative organizations were selected as samples, with the return of 183 questionnaires. The amount of the valid questionnaires stands for 52.14% of the total amount of the questionnaires those were distributed. The survey data was analyzed by using statistical methods. The findings of the study are as follows: (1) Civil servants in physical education administrative organizations feel that their quality of working life is at upper middle level. (2) Civil servants in physical

education administrative organizations feel that their job involvement is at upper middle level. (3) The perception of quality of working life was affected by seniority and educational background of civil servants in physical education administrative organizations. (4) The perception of job involvement was affected by seniority of civil servants in physical education administrative organizations. (5) There is a significant positive relationship between civil servants' quality of working life and job involvement. (6) Some parts of civil servants' quality of working life have significant predictability on their job involvement. In the end, based on the findings and conclusions of this research, some suggestions were given to physical education administrative organizations' authorities for reference.

Keywords: quality of working life, job involvement

壹、緒論

一、問題背景

政府體育行政機關負責全民與競技運動之推展、學校體育之興革、運動場館的建設與維護以及職業運動之發展，其組織效能之良窳是台灣體育運動事業發展之關鍵（盧心雨，2001）。而在政府體育行政機關中，體育行政人員之素質與能力也攸關政府體育施政之成效，政府體育相關政策能否落實，體育目標能否實現，端視體育行政人員之執行能力而定。吳福輝（2007）、游金玲（2005）研究發現，公務人員感受到來自於組織、職務、法令、人際、角色與個人等諸多層面之工作壓力，而高度的工作壓力又容易產生工作效率低落、職業倦怠、離職率偏高等負面效應（周勵志，2000），在這種情況下，是否會影響體育行政人員之工作生活品質，甚至影響其工作投入，值得深入探討。

工作生活品質之所以受到重視與關注，主要在於提供工作能力積極發揮的誘因，因為它創造一個令組織成員感到安全、滿足、參與、有意義的工作環境（廖堂輝，2005；Nadler & Lawler, 1983）。近年來政府機關所修訂攸關公務人員權益的法案，例如公務人員保障法、公務人員升遷法以及公務人員訓練進修辦法等，主要即在改善公務人員的工作生活品質，藉以提昇公務人員之生產力與競爭力。Cascio (1998) 研究發現，工作生活品質會影響組織成員之生產力；諸承明、潘士銘（2000）等人研究發現，工作生活品質愈高，組織成員之工作滿足、組織承諾與工作投入也會愈高，因此，政府體育行政機關若能採取有效措施，提高體育行政人員之工作生活品質，必能激發體育行政人員之工作士氣，並增加其工作投入。究竟體育行政人員工作生活品質與工作投入之現況為何？工作生活品質對於其工作投入之影響為何？也成為本研究之主要動機。

綜上，本研究藉由體育行政人員工作生活品質與工作投入之研究，來瞭解體育行政人員工作生活品質與工作投入之現況與關係，以及體育行政人員背景變項對於其工作生活品質與工作投入之影響，希望能將研究結果提供給政府體育行政機關，作為改進體育行政人員工作生活品質，以及提升體育行政人員工作投入之參考。

二、研究目的

- (一) 探討體育行政人員工作生活品質與工作投入之現況。
- (二) 探討體育行政人員背景變項在工作生活品質以及工作投入之差異情形。
- (三) 探討體育行政人員工作生活品質與工作投入之關係。
- (四) 探討體育行政人員工作生活品質對於其工作投入之預測力。

貳、研究方法

一、研究對象與範圍

本研究以97年度服務於中央政府體育行政機關（行政院體育委員會、教育部體育司）、各縣市政府體育行政機關（各縣市政府教育局、處所屬之體育保健科、課及相關單位）、各縣市體育場（處），具備正式公務人員資格，並實際執行體育與衛生工作之體育行政人員為研究對象。

二、研究工具編製與計分方式

(一) 研究工具初稿之編製

本研究採用自編問卷為研究工具，問卷命名為「體育行政人員工作生活品質與工作投入關係之研究問卷」，包含「體育行政人員工作生活品質量表」與「體育行政人員工作投入量表」等二個分量表，以及體育行政人員基本資料，包含性別（分為「男性」、「女性」等二組）、年資（分為「5年以下」、「6-10年」、「11-20年」、「21年以上」等四組）、學歷（分為「大專」、「碩士（含）以上」等二組）、服務機關（包含「中央政府體育行政機關」、「各縣市政府體育行政機關」、「各縣市體育場（處）」等三組）等四個題項。

「體育行政人員工作生活品質量表」初稿之編製，是以 Nadler & Lawler (1983) 所提出：「工作生活品質應從人、工作和組織等三方面來作評量」之觀點為基礎，並參考艾緣輝（2003）、林晴儀（2005）、陳煌正（2004）等人之研究工具，採用「工作成長」、「升遷獎酬」、「人際互動」、「生活保障」、「參與管理」與「環境支持」等6個構面30個題項來評量體育行政人員之工作生活品質。本量表初稿於預試完成後進行項目分析與信、效度考驗，項目分析結果，各題項之決斷值 (CR) 及各題項與總分之相關係數均達顯著水準；KMO 取樣適當性量數及巴氏球形檢定之結果發現，KMO 值為.85（Bartlett 球形檢定值 $p < .01$ ），顯示本研究量表適合進行因素分析；因素分析結果，計刪除因素負荷量小於.30之題項3題，所萃取出之6個因素與原量表初稿之構面相符，整體量表之解釋變異量為56.11%，顯示本量表具有良好的建構效度；信度分析結果發現，「體育行政人員工作生活品質量表」整體量表之 Cronbach α 係數為.92，各構面之 Cronbach α 係數介於.89-.92間，顯示本量表具有良好的信度（詳表一）。

表一 「體育行政人員工作生活品質量表」之 Cronbach α 係數摘要表

構面	題數	Cronbach α
工作成長	5	.89
升遷獎酬	4	.91
人際互動	5	.91
生活保障	5	.92
參與管理	4	.90
環境支持	4	.89
整體 Cronbach α 係數	27	.92

「體育行政人員工作投入量表」初稿之編製，是以 Lodahl & Kejner (1965) 所發展之工作投入操作性量表 (Lodahl & Kejner scale) 為基礎，並參考伍致霖 (2006)、高文宗 (2005) 等人之研究工具，採用「工作樂趣」、「工作評價」、「工作認同」與「工作專注」等4構面28個題項來評量體育行政人員之工作投入。項目分析結果，各題項之決斷值 (CR) 及各題項與總分之相關係數均達顯著水準；KMO 取樣適當性量數及巴氏球形檢定之結果發現，KMO 值為.89 (Bartlett 球形檢定值 $p < .01$)，顯示本研究量表適合進行因素分析；因素分析結果，計刪除因素負荷量小於.30之題項3題，所萃取出之4個因素與原量表初稿之構面相符，整體量表之解釋變異量為52.87%，顯示本量表具有良好的建構效度；信度分析結果發現，「體育行政人員工作投入量表」整體量表之 Cronbach α 係數為.88，各構面之 Cronbach α 係數介於.86-.89間，顯示本量表亦有良好的信度 (詳表二)。

表二 「體育行政人員工作投入量表」之 Cronbach α 係數摘要表

構面	題數	Cronbach α
工作樂趣	6	.87
工作評價	6	.87
工作認同	6	.86
工作專注	7	.89
整體 Cronbach α 係數	25	.88

(二) 計分方式

本研究問卷採用李克特 (Likert-type Scale) 五點量表計分，受試者在「體育行政人員工作生活品質量表」之得分愈高，代表其對於工作生活品質愈滿意；受試者在「體育行政人員工作投入量表」之得分愈高，代表其工作投入程度愈高。

三、研究程序

(一) 預試

本研究於97年3月份隨機選取150位體育行政人員為樣本進行問卷預試，計回收預試問卷118份，刪除填答不完全之8份問卷後，有效預試問卷回收率為73.33%。

(二) 正式問卷調查

研究者先行彙整中央政府體育行政機關、各縣市政府體育行政機關、各縣市體育場（處）體育行政人員之名冊，並於97年6月開始進行正式問卷調查。本研究採掛號郵寄方式寄發研究問卷，並進行多次電話催收，共計發出研究問卷351份，回收有效問卷183份，有效問卷回收率為52.14%。

四、資料處理

本研究採用 SPSS for Windows 10.0版統計套裝軟體進行資料分析，主要採用描述性統計分析、*t* 檢定、單因子變異數分析、Scheffe 事後多重比較檢定、皮爾遜積差相關、逐步多元迴歸分析等統計方法來驗證研究假設。

參、結果與討論

一、體育行政人員工作生活品質之現況

由表三可以看出，體育行政人員在「體育行政人員工作生活品質量表」總量表之平均得分為88.19，顯示體育行政人員之工作生活品質屬於中高程度（由於研究工具採用 Likert 五點量表計分，受試者在本量表最低可能得分為27分，最高可能得分為135分，平均得分88.19屬中高程度）。體育行政人員在「生活保障」構面之得分較高（單題平均得分為3.83），但在「升遷獎酬」構面之得分較低（單題平均得分為3.09），顯示體育行政人員對於升遷機會以及升遷之公平性不甚滿意。

表三 體育行政人員工作生活品質之現況分析摘要表

構面	題數	構面平均得分	標準差	單題平均得分
工作成長	5	16.81	2.96	3.36
升遷獎酬	4	12.34	2.53	3.09
人際互動	5	15.71	2.87	3.14
生活保障	5	17.13	3.13	3.43
參與管理	4	13.15	2.66	3.29
環境支持	4	13.05	2.61	3.26
整體	27	88.19	11.29	3.26
工作生活品質				

二、體育行政人員工作投入之現況

由表四可以看出，體育行政人員在「體育行政人員工作投入量表」總量表之平均得分為82.43，顯示體育行政人員之工作投入屬於中高程度（由於研究工具採用 Likert 五點量表計分，受試者在本量表最低可能得分為25分，最高可能得分為125分，平均得分82.43屬中高程度）。體育行政人員在「工作專注」構面之得分較高（單題平均得分為3.42），顯示體育行政人員對於體育行政工作能夠展現出高度熱忱，以及專注負責之工作態度；但體育行政人員在「工作樂趣」構面之得分較低（單題平均得分為3.14），則顯示體育行政人員較難從體育行政工作中獲得樂趣。

表四 體育行政人員工作投入之現況分析摘要表

構面	題數	構面平均得分	標準差	單題平均得分
工作樂趣	6	18.85	3.36	3.14
工作評價	6	19.96	3.51	3.33
工作認同	6	19.70	3.42	3.28
工作專注	7	23.92	3.87	3.42
整體工作投入	25	82.43	10.38	3.29

三、體育行政人員背景變項在工作生活品質之差異分析

研究結果發現，體育行政人員背景變項之「性別」與「服務機關」在工作生活品質各構面之得分並無顯著差異。但不同年資之體育行政人員，在工作生活品質之「人際互動」（ $F=3.26$ ， $p<.01$ ）、「參與管理」（ $F=3.11$ ， $p<.01$ ）與「環境支持」（ $F=3.13$ ， $p<.01$ ）等構面有顯著差異，經事後比較發現，年資為「21年以上」之資深體育行政人員，對於工作生活品質之「人際互動」、「參與管理」與「環境支持」等構面之滿意度較高；教育程度為「碩士（含）以上」之體育行政人員，對於「工作成長」（ $t=-2.66$ ， $p<.01$ ）、「升遷獎酬」（ $t=-2.71$ ， $p<.01$ ）、「生活保障」（ $t=-2.37$ ， $p<.01$ ）與「參與管理」（ $t=-2.63$ ， $p<.01$ ）等構面之滿意度較高。

表五 年資在體育行政人員工作生活品質之變異數分析摘要表

構面	組別	人數	平均數	標準差	F值	Scheffe 事後比較
人際互動	(1) 5年以下	38	15.03	2.78	3.12*	(4)>(1)
	(2)6-10年	46	15.63	2.83		
	(3)11-20年	71	15.86	2.86		
	(4)21年以上	28	16.38	3.09		
參與管理	(1) 5年以下	38	12.56	2.54	3.66*	(4)>(1)
	(2)6-10年	46	13.01	2.61		
	(3)11-20年	71	13.21	2.71		
	(4)21年以上	28	14.03	2.78		
環境支持	(1) 5年以下	38	12.52	2.55	2.56*	(4)>(1)
	(2)6-10年	46	13.05	2.58		
	(3)11-20年	71	13.21	2.62		
	(4)21年以上	28	13.36	2.71		

* $p<.01$

表六 教育程度在體育行政人員工作生活品質之 t 考驗分析摘要表

構面	組別	人數	平均得分	標準差	t 值
工作成長	(1)大專	112	16.42	2.92	2.62*
	(2) 碩士（含）以上	71	17.43	3.03	
升遷獎酬	(1)大專	112	12.00	2.48	3.11*
	(2) 碩士（含）以上	71	12.88	2.61	
生活保障	(1)大專	112	16.67	3.08	3.03*
	(2) 碩士（含）以上	71	17.86	3.21	
參與管理	(1)大專	112	12.76	2.63	3.29*
	(2) 碩士（含）以上	71	13.76	2.71	

* $p<.01$

四、體育行政人員背景變項在工作投入之差異分析

研究結果發現，體育行政人員背景變項之「性別」、「學歷」與「服務機關」在工作投入各構面之得分並無顯著差異。但不同年資之體育行政人員，在工作投入之「工作評價」($F=2.89, p<.01$)、「工作認同」($F=2.91, p<.01$)與「工作專注」($F=3.03, p<.01$)等構面有顯著差異，經事後比較發現，年資為「21年以上」之資深體育行政人員，在「工作評價」、「工作認同」與「工作專注」等構面有較高的投入程度。

表七 年資在體育行政人員工作投入之變異數分析摘要表

構面	組別	人數	平均數	標準差	F值	Scheffe 事後比較
工作評價	(1) 5年以下	38	19.43	3.39	3.58*	(4)>(1) (4)>(2)
	(2) 6-10年	46	19.47	3.43		
	(3) 11-20年	71	20.26	3.58		
	(4) 21年以上	28	20.73	3.63		
工作認同	(1) 5年以下	38	18.93	3.24	2.47*	(4)>(1)
	(2) 6-10年	46	19.71	3.43		
	(3) 11-20年	71	19.82	3.46		
	(4) 21年以上	28	20.42	3.55		
工作專注	(1) 5年以下	38	22.77	3.71	3.05*	(4)>(1)
	(2) 6-10年	46	23.92	3.87		
	(3) 11-20年	71	24.26	3.91		
	(4) 21年以上	28	24.62	3.99		

* $p<.01$

五、體育行政人員工作生活品質與工作投入之相關分析

本研究以皮爾遜積差相關求出體育行政人員工作生活品質與工作投入之相關係數。由表八得知，體育行政人員整體工作生活品質以及工作生活品質之各構面，與整體工作投入以及工作投入各構面均有顯著正相關。

表八 體育行政人員工作生活品質與工作投入之相關分析摘要表

構面	工作 樂趣	工作 評價	工作 認同	工作 專注	整體 工作投入
工作成長	.471*	.372*	.456*	.574*	.555*
升遷獎酬	.496*	.413*	.543*	.613*	.616*
參與管理	.502*	.398*	.525*	.607*	.603*
生活保障	.521*	.414*	.607*	.646*	.654*
人際互動	.478*	.398*	.508*	.618*	.579*
環境支持	.486*	.462*	.546*	.604*	.623*
整體工作 生活品質	.577*	.475*	.626*	.710*	.703*

* $P < .01$

六、體育行政人員工作生活品質對於工作投入之預測分析

多元逐步迴歸分析之結果發現（詳表九），體育行政人員工作生活品質之「生活保障」、「環境支持」、「升遷獎酬」與「參與管理」等4個構面共可以解釋整體工作投入之48.4%，各預測變項之標準化迴歸係數 B 均為正值，顯示體育行政人員工作生活品質之「生活保障」、「環境支持」、「升遷獎酬」與「參與管理」等構面對於整體工作投入具有正向的預測力，其中又以「生活保障」構面有最大的解釋力，其解釋量為42.8%。

表九 體育行政人員工作生活品質各構面對於整體工作投入
之逐步多元迴歸分析摘要表

預測變項 投入順序	R	R^2	R^2 改變量	F 值	標準化迴歸 係數 (B)
1. 生活保障	.654	.428	.428	396.465*	.377
2. 環境支持	.676	.457	.029	238.692*	.234
3. 升遷獎酬	.691	.477	.021	168.689*	.175
4. 參與管理	.696	.484	.007	128.861*	.078

* $p < .01$

肆、討論

體育行政人員之工作生活品質屬於中高程度，其對於工作之穩定性，以及相關福利感到滿意，可能與公務人員依法享有足夠的薪資、福利，以及公務員身份保障等有關；體育行政人員對於升遷機會以及升遷之公平性不甚滿意，可能與文官制度之設計屬於「金字塔」型結構，以及現行公務人員升遷制度之弊病與積習有關（吳家業，2005；賴富源，2002）。體育行政人員之工作投入屬於中高程度，其對於體育行政工作能夠表現出來高度的熱忱，以及專注負責之工作態度；但體育行政人員較無法從體育行政工作中獲得樂趣，可能與體育行政工作較為繁瑣，且較不具變化之特性，在心理上比較容易產生厭煩與倦怠之感覺，而讓體育行政人員較難從工作當中獲得樂趣有關（戴興豪、李惠芳，2007）。

資深體育行政人員對於工作生活品質之「人際互動」、「參與管理」與「環境支持」等構面之滿意度較高，深究其原因，可能與資深者對於職場環境較為熟悉，業已建立起完整的人際網絡（林晴儀，2005），且資深者在面對社會變遷與職場生態的轉變，更能滿足現況有關（張惠英，2001）；教育程度為「碩士以上」之體育行政人員對於工作生活品質部分構面之滿意度較高，可能與學歷愈高之體育行政人員，其職務列等較高，愈可能獲得升遷機會，也會有更多決策機會，並享有更好的薪資待遇與福利有關（王聖文、游文杉、張政治，2009），此一研究結果亦符合 Campbell (1981) 所提出：「教育程度與生活滿意呈正相關」之觀點。資深體育行政人員在「工作評價」、「工作認同」與「工作專注」等構面有較高的投入程度，深究其原因，可能與資深者較不受家庭生活之羈絆，較能心無旁騖的投入工作（董秀珍，2001），且因為服務年資較久，容易與組織建立起情感上的連結，而對組織有較高的認同與評價（陳世恩、林明珠，2008，5月）。

皮爾遜積差相關之結果得知，體育行政人員對於整體工作生活品質以及工作生活品質各構面之滿意度愈高，則其工作投入程度愈高，與沈哲生（2004）、陳其懋（2000）、盧淵源、陳孟修（1999）等人之研究結果相符；多元逐步迴歸分析之結果發現，體育行政人員工作生活品質之「生活保障」、「環境支持」、「升遷獎酬」與「參與管理」等構面對於整體工作投入具有正向的預測力，其中又以「生活保障」構面有最大的解釋力，此一研究結果，與姜永豐（2005）、陳孟修（1998）等人之研究結果相類似。因此，只要能夠提高體育行政人員對於「生活保障」構面之滿意度，就能夠提高體育行政人員之工作投入。

伍、建議

本研究發現，體育行政人員對於升遷機會以及升遷之公平性不甚滿意，可能與文官制度之設計屬於「金字塔」型結構，以及現行公務人員升遷制度之弊病與積習有關，因此，建議政府體育行政機關應依照公務人員升遷法之規定，來辦理體育行政人員之升遷，不僅應符合相關人事法規與作業程序，更應貫徹公平、公正、公開之原則，以確實拔擢人才，讓升遷制度具備激勵效果，而非私人酬庸之工具。此外，本研究發現，雖然體育行政人員之工作投入屬於中高程度，但較無法從體育行政工作中獲得樂趣，可能與體育行政工作較為繁瑣，且不具變化之特性有關，因此，建議政府體

育行政機關可以檢討目前體育行政工作之職務設計，並將工作豐富化、工作擴大化、職務輪調等概念融入其中，俾增加體育行政工作內容之深度、廣度，讓體育行政人員從工作中獲得足夠的挑戰與樂趣，進而提升其工作投入。

本研究亦發現，資深、學歷較高之體育行政人員，對於工作生活品質之滿意度較高；資深體育行政人員，也有較高程度的工作投入，因此，政府體育行政機關應鼓勵體育行政人員取得更高學歷，並給予新進或資淺的體育行政人員更多關懷與輔導，以提高體育行政人員之工作生活品質與工作投入程度。此外，皮爾遜積差相關之結果得知，體育行政人員之工作生活品質與工作投入呈顯著正相關；多元逐步迴歸分析之結果發現，體育行政人員工作生活品質之「生活保障」、「環境支持」、「升遷獎酬」與「參與管理」等構面對於整體工作投入具有正向的預測力，因此，政府體育行政機關應致力於提高體育行政人員對於工作生活品質各構面之滿意度（特別是「生活保障」構面），進而提高體育行政人員之工作投入。

由於本研究僅以體育行政人員為研究母體，建議後續研究者可以將研究對象延伸至體育教師、運動教練等體育從業人員，來探討不同體育從業人員在工作生活品質與工作投入之差異，以深入瞭解工作生活品質與工作投入之關係。

參考文獻

1. 王聖文、游文杉、張政治（2009）。休閒滿意度與工作生活品質關係之研究-以高高屏國中體育教師為例。國北教大體育，3，137-146。
2. 艾緣輝（2003）。臺北市里幹事工作生活品質之研究。未出版碩士論文，中國文化大學，台北市。
3. 伍致霖（2006）。地方公務人員組織政治知覺、工作投入與工作滿足關係之研究-以澎湖縣政府為例。未出版碩士論文，國立澎湖科技大學，澎湖縣。
4. 沈哲生（2004）。組織變革工作再設計下員工工作特性、工作生活品質與工作投入關係之研究-以臺電公司電力調度自動化為例。未出版碩士論文，國立中正大學，嘉義縣。
5. 吳家業（2005）。我國地方機關公務人員升遷制度之研究。未出版碩士論文，暨南國際大學，南投縣。
6. 吳福輝（2007）。考試院及所屬機關公務人員工作壓力、工作滿足與離職傾向關係之研究。未出版碩士論文，國立政治大學，台北市。
7. 周勵志（2000）。職場壓力管理。人事月刊，179，34-37。
8. 林晴儀（2005）。臺北縣研考人員工作生活品質、組織承諾與離職意願之研究。未出版碩士論文，世新大學，台北市。
9. 姜永豐（2005）。工作生活品質與工作投入相關性之研究-以桃園縣高中職軍訓教官為例。未出版碩士論文，玄奘大學，新竹市。
10. 高文宗（2005）。主管領導風格對部屬工作投入與組織公民行為之影響-以高雄市政府消防局為例。未出版碩士論文，國立中山大學，高雄市。
11. 陳世恩、林明珠（2008，5月）。高中職體育組長工作價值觀與工作投入關係之研

- 究[摘要]。2008體育專業發展與休閒產業趨勢研討會海報發表，台中市。
12. 陳孟修（1998）。量販店員工工作生活品質對組織承諾與工作投入的影響之研究。正修學報，11，229-250。
 13. 陳其懋（2000）。臺灣職業棒球球員工作生活品質之研究。未出版碩士論文，國立中正大學，嘉義縣。
 14. 陳煌正（2004）。工作生活品質與工作績效關聯性之研究-以中區國稅局為例。未出版碩士論文，東海大學，台中市。
 15. 游金玲（2005）。公務人員工作壓力與因應策略之研究-以彰化縣政府為例。未出版碩士論文，國立彰化師範大學，彰化市。
 16. 張惠英（2001）。國民小學教師工作價值觀、工作生活品質與組織承諾關係之研究。未出版碩士論文，國立屏東師範學院，屏東市。
 17. 董秀珍（2001）。國小教師工作價值觀、角色壓力與工作投入關係之研究。未出版碩士論文，國立高雄師範大學，高雄縣。
 18. 廖堂輝（2005）。國稅稽徵人員工作生活品質之研究-以財政部台灣省中區國稅局為例。未出版碩士論文，國立彰化師範大學，彰化市。
 19. 盧心雨（2001）。政府體育行政組織文化與組織效能之研究。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，台北市。
 20. 賴富源（2002）。我國公務人員升遷制度之研究。未出版碩士論文，中國文化大學，台北市。
 21. 盧榮俊（2003）。公務機關員工之薪資制度、福利制度及升遷制度之知覺與其工作態度關聯性之研究-以中山科學研究院為例。未出版碩士論文，中原大學，桃園縣。
 22. 盧淵源、陳孟修（1999）。人格特質與員工工作生活品質對工作投入的影響。亞太經濟管理評論，3（1），79-93。
 23. 諸承明、潘士銘（2000）。工作生活品質、員工個人特性與員工效能關係之研究。中原學報，28（2），1-12。
 24. 戴興豪、李惠芳（2007）。體育行政人員工作壓力與職業倦怠關係之研究。運動與遊憩研究，2（1），44-55。
 25. Cascio, W. F. (1998). Managing human resource: Productivity, quality of work life, profits. Boston: Irwin McGraw-Hill.
 26. Campbell, A. (1981). *The sense of well-being in America*. New York: McGraw-Hill
 27. Lodahl, T. M., & Kejner, M. (1965). The definition & measurement of job involvement. Journal of Applied Psychology, 49, 24-33.
 28. Nadler, D. A., & Lawler, E. E. (1983). Quality of working life: Perspectives and directions. Organizational Dynamics, 11(3), 20-30.

競技啦啦隊墜落傷害探討與預防 -以東南科技大學為例

The Explorations and Safety Preventions of Cheerleading Fall-Related Injuries- Tungnan University

林慧美

Hui-Mei Lin

東南科技大學 體育室

摘 要

本研究主要目的為了解競技啦啦隊運動因墜落所造成傷害原因與預防，有別於其他運動傷害，墜落傷害多發生於進行高難度技巧。研究方法採用文獻回顧，針對2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件進行資料整理與分析。研究結果如下：競技啦啦隊專項運動傷害「墜落」最常發生在「練習」階段；最常發生的教練出席狀況為「教練出席，積極監督」；最常發生的技巧練習內容與動作模式為「各式技巧動作」、「金字塔」與「延伸」；最常發生的動作地面為傳統泡沫塑料地板、木質地板。研究結果作為墜落傷害防護的重要依據與參考。最後，針對東南科技大學競技啦啦隊的現況與發展，對於專項運動傷害「墜落」的預防，提出十一點建議事項。

關鍵字：高難度技巧，金字塔，延伸，傳統泡沫塑料地板，木質地板

ABSTRACT

The main purposes of this study were to explore the factors and preventions of cheerleading fall-related injuries. The fall-related injuries which often happened in doing stunt-related skills were different with other harm. The method of literature review was used to collect and analyze the fall-related injuries of National Collegiate Athletic Association (NCAA) in United States during 2006 to 2007. The results were as follow: "practice" was the most happened period; "coach present, actively supervising" was the most happened situation; "miscellaneous stunt", "pyramid", and "extension" were the most happened maneuver attempted; "traditional foam floor" and "wood floor" were the most happened performing surface. At last, this study dedicated eleven proposes to prevent the safety protections of cheerleading fall-related injuries for Tungnan University.

Keywords: stunt-related skills, pyramid, extension, traditional foam floor, wood floor

壹、前言

競技啦啦隊 (cheerleading) 是一種充滿活力的運動，是結合體操、特技、口號及舞蹈編排的有氧舞蹈。強調「競技」，因其有別於日本獨特的加油活動（如應援團），而華人文化所謂的啦啦隊，則包括傳統風格的加油形式（例以鑼鼓或舞獅助陣），亦稱為加油團或助威團。競技啦啦隊運動展現青春、活力、健康與團隊精神，為一種高難度與高合作性質的運動項目。陳柏丞（2010）提及教育部體育司以及大專體總為了推廣如此引人注目，同時充滿健康活力的啦啦隊運動，從87學年起開始舉辦大專院校啦啦隊錦標賽，且舉辦規模逐年增大，從第一屆僅三、四百人參賽，至2010年已經成長為43所學校、69支隊伍，超過一千兩百位學生的參賽規模，可見國內大專院校對於啦啦隊比賽的重視程度也逐年增加，當前國內啦啦隊活動興起，著實為校園氛圍注入一股清新活力。

啦啦隊本身是一種表演也是一種競賽，當加入競技的元素之後，運動的強度亦隨之提升。因此在追求力與美的極致發揮、挑戰肢體能力極限之餘，若啦啦隊員缺乏團結、積極與熱情，恐難達成目標；此外，高難度的動作技巧，如金字塔、籃型拋投以及各式進階的體操技巧，大多屬於多人一體的動作，具有相當高度與難度，稍有不慎，運動傷害很容易相形發生（陳宜君、張又文，2006；Mueller, 2009）。胡婉玲（2009）發現國內曾因練習受傷的大專院校啦啦隊員比例近八成五。Shields and Smith (2006) 針對美國競技啦啦隊運動在1990至2002年間，5至18歲啦啦隊員受傷送醫記錄調查，指出受傷人數大幅增加（95%平均年成長率）。

有鑑於此，在啦啦隊運動競技與訓練過程中，肇因於基本觀念、專業素養、安全措施、基本器材等無效率因素，造成選手或參與人員的專項運動傷害，突顯了問題嚴重性。正所謂「防患未然」，近年國內競技啦啦隊運動傷害研究的聚焦與討論（陳宜君等，2006；楊子享、涂瑞洪，2009；胡婉玲，2009）仍顯不足、有待國內研究人員的積極投入，建構成為完整的研究領域。因此，深入分析競技啦啦隊專項運動傷害發生的期間、教練監督、練習內容與動作地面等因素，同時提出國內競技啦啦隊運動環境的建議與改進事項，即為本研究之源起與主要目的。

貳、競技啦啦隊運動文獻探討

競技啦啦隊運動心理方面，呂雲梅、高三福（2008）從心理學角度探討集體效能與競技啦啦隊的關係，提供教練與指導者在帶隊與訓練提昇集體效能的可行策略。熊鴻鈞（2008）以啦啦隊為研究對象，進行個案研究，結果得知：一、兩性運動團隊文化再造之衝擊。二、研擬兩性運動團隊文化再造之領導策略。三、提升兩性運動團隊效能。胡婉玲（2009）探討：一、大專院校啦啦隊員普遍抱持高度熱情參與啦啦隊活動，且擁有偏執型熱情者占近2/3的高比例。二、雙元熱情越高，則得獎績效越好，且遭致的運動傷害也越多；其中偏執型熱情的影響力大於調和型熱情。三、除了偏執型熱情對得獎績效具正向直接效果之外，其餘路徑皆須透過參與資歷與投注時間，來間接影響得獎績效與運動傷害，凸顯時間變數的中介角色。林幼萍（2010）則從魅力領導的角度出發，經文獻探討啦啦隊與運動團隊的特性。心理方面議題大多探討指導員與選手的關係、兩性運動議題與參與熱情等主題，可作為競技啦啦隊運動訓練實務的

佐證與參考，提昇訓練成效。

競技啦啦隊運動實務與推展方面，黃旭男、孫美蓮、丁翠苓、吳文祥（2006）以我國大專院校體育總會啦啦隊評分標準為基礎，再參酌國內外評審指標，探索啦啦隊評審因素。並以中華民國大專院校啦啦隊錦標賽裁判為對象，提供啦啦隊錦標賽影片，並在重覆觀看影片後依據本研究提供之評審指標問卷進行評分。最後，本研究運用探索性因素分析後發現，裁判決定評分之主要因素為：「團隊精神及展現力」、「動作技巧難易度及創意」、「舞蹈動作與整體結構」、「動作熟練度、穩定性及安全性」及「道具運用」等五項因素。研究結果提供為啦啦隊競賽評審時之參考。郭銘勻、曾慶裕（2008）認為讓啦啦隊能在國內繼續發展，具有專業技術、正確觀念的指導教練是必要的。但持有啦啦隊教練證照的人仍為少數，因此探討目前啦啦隊教練證照制度及實施狀況，延續提出啦啦隊教練證照制度的發展現況，藉此希望提升國內啦啦隊運動素質，使其更加蓬勃。李敏玲（2009）探討國內校園啦啦隊競賽活動之推展實務，於各階段安全問題所採行的具體辦法及工作內容為實例，作為推展啦啦隊競賽活動單位之參考。簡彩完、黃長發（2009）探討競技啦啦隊的意義與內涵，並且說明競技啦啦隊在大專院校的效益及功能；透過不同的推展策略：一、有系統的建立管理制度。二、嚴格的比賽規範。三、加強啦啦隊的組訓工作。四、擴大招生的來源。五、提昇比賽的層級等策略，以期達到使大專院校的大學生能熱絡參與競技啦啦所帶給各大專院校歡笑與快樂。綜上所述，評分標準、證照、安全管理、學校效益等議題為競技啦啦隊實務推展的所面臨的主要問題，仍待主管機關與所有從業人員更積極的建立制度與品質提升。

競技啦啦隊運動傷害探討方面，陳宜君、張又文（2006）初探啦啦隊常見的運動傷害及發生原因，並提出預防方法，以期有效降低啦啦隊運動傷害的發生率。楊子享等（2009）針對啦啦隊底層（base），探討手腕尺側疼痛常見的部位-三角纖維軟骨複合體（triangular fibrocartilage complex, TFC）受傷之機轉、評估以及處理策略。胡婉玲（2009）首度針對國內大專院校競技啦啦隊員進行大規模調查，其研究結論在運動傷害方面結論，得知國內曾因練習受傷的大專院校啦啦隊員比例近八成五，突顯啦啦隊運動傷害之嚴重性。

目前國內競技啦啦隊運動相關文獻主要著重心理、實務推展、運動傷害等三大面向，各面向對於國內競技啦啦隊的發展深遠、影響層面亦不同。其中以運動傷害的聚焦與討論最顯不足，極待國內研究人員的積極強化，將其補正成為完整的研究領域。從此角度來看，國外運動傷害的探討便顯得相對進步與深化。Shields and Smith (2006) 探討美國競技啦啦隊運動在1990至2002年間，5至18歲啦啦隊員受傷送醫記錄調查，指出受傷人數大幅增加（95%平均年成長率）。Shields and Smith (2009a) 探討美國啦啦隊競賽，因運動員墜落所形成的運動傷害。Shields, Soledad, Fernandez, and Smith (2009) 針對美國競技啦啦隊比賽高難度技巧動作造成的相關運動傷害，探討事件發生的環境與種類型態。Shields and Smith (2009b) 則探討美國啦啦隊運動所形成的運動傷害分類，從預防發生與守護的角度提供建議與預防機制。Mueller (2009) 從美國大學運動協會（National Collegiate Athletic Association, NCAA）觀點，論述啦啦隊比賽的傷害與安全性，提出啦啦隊訓練與參與應注意下列15點注意事項，可作為我國大專院校競技啦啦隊發展的借鏡。

參、競技啦啦隊因墜落傷害發生事件期間、教練監督、練習內容與動作地面探討

為期一年（52週）的調查期間（2006年6月5日至2007年7月3日）

一、2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件發生期間探討

本研究彙整2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件發生期間，如表1。

在此期間，共計墜落傷害事件總數為16件，其中在練習階段發生12件（佔75.0%）、先前集合1件（佔6.2%）、運動員事件2件（佔12.5%）、競賽期間1件（佔6.3%）。所謂「先前集合」、「運動員事件」皆屬於團隊正式練習外所發生的情況。

以東南科技大學競技啦啦隊為例，本校代表隊練習時間，大約為每周四次、每次3-5小時，對照美國NCAA的情況，墜落的傷害最常發生於練習階段，先前集合與運動員事件其次，反而競賽期間最少發生。說明高強度的競賽期間，每個參與人員專注、繃緊神經，保護動作相對確實；而練習時間冗長，過程中較易失去警覺性，故唯有時時保持警覺，才能降低運動傷害發生。

表1 2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件發生期間彙整表

內 容		次數（百分比）
事件型態 (events)	練習 (practice)	12 (75.0)
	先前集合 (pre relay)	1 (6.2)
	運動員事件 (athletic event)	2 (12.5)
	競賽 (competitions)	1 (6.3)
事件總數		16 (100.0)

資料來源：Shields and Smith (2009a). 本研究摘錄整理。

二、2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件教練出席狀況探討

2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件教練出席狀況，詳如表2。在此期間，共計墜落傷害事件總數為16件，其中教練出席，積極監督10件（佔62.5%）、教練出席，未積極監督5件（佔31.3%）、教練出席，監督未知0件、教練未出席時1件（佔6.2%）。

Shields 等 (2009a) 提到大部分 (75%, 12/16) 的墜落傷害發生在練習時段與教練積極監督的情況下，這並不表示教練不認真或隊員練習不夠努力，而是練習時間長度及技巧動作高度所致，當時間與特技高度佔據整個競技啦啦運動練習的絕大部分時，墜落機率相對就提高，因此專注、強化觀念、加強防護作為等即列為重點事項。

以本校代表隊為例，專業教師在代表隊練習時間盡力參與，帶領全體隊員面對訓練的枯燥與挑戰，注重精神層面細節的投入對於團隊的凝聚產生正面意義。此外，教練出席並積極監督時，必須提升對於新的難度技巧的指導達到熟練與專精程度，期望

能夠減少肇因於不熟練與疏忽所造成的傷害。

表2 2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件教練出席狀況彙整表

	內 容	次數 (百分比)
教練出席與監督 (coach presence and supervision)	教練出席，積極監督 (coach present, actively supervising)	10 (62.5)
	教練出席，未積極監督 (coach present, not actively supervising)	5 (31.3)
	教練出席，監督未知 (coach present, supervision unknown)	0 (0.0)
	教練未出席 (coach not present)	1 (6.2)
事件總數		16 (100.0)

資料來源：Shields and Smith (2009a). 本研究摘錄整理。

三、2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件技巧練習內容探討

首先，關於競技啦啦隊高難度技巧動作，簡略說明如下：

- (一) 搖籃式接法：任何形式之拋投落下時，底層人員接住上層人員的動作方式。
- (二) 昇降姿：兩底層握住上層者不同腳，將上層推舉站立於兩底層肩部前。
- (三) 延伸：基本技巧的一種。兩底層在胸部位置握住上層者不同腳，保護者站於後方。底層人員從此位置伸直雙臂將上層人員舉高過於頭部。
- (四) 各式高難度技巧：一個或更多人將上層人員舉離地面的各式技巧。
- (五) 金字塔：彼此緊鄰的多層團體架高動作。
- (六) 籃型拋投：啦啦隊技巧中，3 或 4 名底層人員與一名上層人員所組成的一項困難度高的動作，因其能替上層人員爭取在空中較高的高度，使其能作出許多較為困難的技巧動作往往在比賽或表演中帶起一波波的驚呼。

本研究針對2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件技巧練習內容，詳如表3。該年度共計墜落傷害事件總數為16件，其中搖籃式接法1件 (佔6.2%)、昇降姿0件、延伸3件 (佔18.8%)、各式技巧動作4件 (佔25.0%)、金字塔3 件 (佔18.8%)、單底層技巧1件 (佔6.2%)、單腿技巧1件 (佔6.2%)、綜合搖籃式接法技巧動作1件 (佔6.2%)、過度動作2件 (佔15.0%)、籃型拋投0件。

在翻騰動作部份，包括翻筋斗（前手翻與後手翻）、直體翻騰、各式翻滾動作、抱膝式翻滾/輕拋皆未發生。

舞蹈部份、同樣未見傷害發生。

由表3可知，各式技巧動作、金字塔與延伸為發生墜落傷害最常見的動作模式。為因應高強度的競技難度，目前本校代表隊金字塔高度為三層、各項技巧動作難度亦逐步提升中，在競爭元素的驅使下，如何減少、甚至避免墜落傷害的發生，為最重要的課題。因此本研究建議：一、強化體操動作紮根、重量訓練、藝術與美感、營養強化；二、教練必須監督練習時的各項安全環節檢查；三、強化安全防護的概念並完善安全裝備；四、動作分級（例超過兩人高度的表演必須增加保護地墊）；五、熱身伸

展與循序漸進的練習；六、建立完備緊急措施與安全計畫（每一位參與者皆須明瞭相關內容）；七。提升教練的專業素養。

表3 2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件技巧練習內容彙整表

預 演 練 習 (maneuver attempted) 內 容	次數 (百分比)
技巧/金字塔 (stunt/pyramid)	
搖籃式接法 (cradle)	1 (6.2)
升降姿 (elevator)	0 (0.0)
延伸 (extension)	3 (18.8)
各式技巧動作 (miscellaneous stunt)	4 (25.0)
金字塔 (pyramid)	3 (18.8)
單底層技巧 (single-based stunt)	1 (6.2)
單腿技巧 (single-leg stunt)	1 (6.2)
搖籃式接法技巧組合 (stunt-cradle combo)	1 (6.3)
過度動作 (transition)	2 (15.0)
籃型拋投 (basket toss)	0 (0.0)
翻騰 (tumbling)	
翻筋斗 (handspring)	0 (0.0)
直體翻騰 (layout)	0 (0.0)
各式翻滾動作 (miscellaneous tumbling)	0 (0.0)
抱膝式翻滾/輕拋 (tuck/flip)	0 (0.0)
舞蹈 (dancing)	0 (0.0)
案例總數	16 (100.0)

資料來源：Shields and Smith (2009a). 本研究摘錄整理。

四、2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件動作地面探討

本研究彙整2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件動作地面，詳如表4。該年度共計墜落傷害事件總數為16件，其中手風琴墊0件、人工草皮2件（佔12.5%）、啦啦地墊0件、草地1件（佔6.2%）、塑膠跑道0件、彈性地板2件（佔12.5%）、地磚或鋪地板油布0件、傳統泡沫塑料地板8件（佔50.0%）、木質地板3件（佔18.8%）、摔角墊0件。

本校代表隊多於本校體育館練習，雖已具備相關護墊等保護措施，但整體軟硬體練習環境，包括防護器材、隊員裝備、物理治療師與訓練員等，相較 NCAA 仍存在一段差距，極待提升安全防護等級而努力。其次，了解並面對墜落等競技啦啦隊專項運動傷害，建立運動傷害資料庫與回報機制更應是現階段的重點工作。

表4 2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件動作地面彙整表

	內 容	次數 (百分比)
動作地面 (performing surface)	手風琴墊 (accordion mat)	0 (0.0)
	人工草皮 (artificial turf)	2 (12.5)
	啦啦地墊 (cheer mat)	0 (0.0)
	草地 (grass)	1 (6.2)
	塑膠跑道 (rubberized track)	0 (0.0)
	彈性地板 (spring floor)	2 (12.5)
	地磚 (tile) 或 鋪地板油布 (linoleum)	0 (0.0)
	傳統泡沫塑料地板 (traditional foam floor)	8 (50.0)
	木質地板 (wood)	3 (18.8)
	摔角墊 (wrestling mat)	0 (0.0)
案例總數		16 (100.0)

資料來源：Shields and Smith (2009a). 本研究摘錄整理。

肆、結論與建議

一、結論

本研究透過文獻探討，針對2006-2007年美國大學啦啦隊墜落運動傷害事件，結果如下：

- (一) 專項運動傷害「墜落」最常發生在「練習」階段12件 (佔75.0%，12/16)。
- (二) 最常發生的教練出席狀況為「教練出席，積極監督」10件 (佔62.5%，10/16)。
- (三) 最常發生的技巧練習內容與動作模式為「各式技巧動作」4件 (佔25.0%，4/16)、「金字塔」3件 (佔18.8%，3/16) 與「延伸」3件 (佔18.8%，3/16)。
- (四) 最常發生的動作地面為傳統泡沫塑料地板8件 (佔50.0%，8/16)、木質地板3件 (佔18.8%，3/16)。
- (五) 有別於其他運動傷害，墜落傷害多發生於進行高難度技巧。

本研究結果可作為墜落傷害防護的重要依據與參考。

二、建議

針對東南科技大學競技啦啦隊的現況與發展，對於專項運動傷害「墜落」的預防，提出十一點建議事項：一、強化專注力與安全防護觀念。二、加強精神教育。三、強化體操動作紮根、重量訓練、藝術與美感、營養強化。四、教練必須監督練習時的各項安全環節檢查。五、強化安全防護的概念並完善安全裝備。六、動作分級（例超過兩人高度的表演必須增加保護地墊）。七、熱身伸展與循序漸進的練習。八、建立完備緊急措施與安全計畫（每一位參與者皆須明瞭相關內容）。九、提升教練的專業素養。十、提升安全防護等級（防護器材、隊員裝備、物理治療師與訓練員等）。十一、建立運動傷害資料庫與回報機制。

參考文獻

1. 呂雲梅、高三福（2008）。從集體效能的觀點談競技啦啦隊。中華體育季刊，22卷1期，121-127頁。
2. 李敏玲（2009）。校園啦啦隊競賽活動之推展-以世新大學為例。大專體育，102期，45-51頁。
3. 林幼萍（2010）。運動團隊教練的魅力領導：以啦啦隊為例。大專體育，106期，69-76頁。
4. 胡婉玲（2009）。雙元熱情對競技啦啦隊員之影響。台灣體育運動管理學報，8期，55-74頁。
5. 陳宜君、張又文（2006）。論述啦啦隊常見的運動傷害。大專體育，90期，177-182頁。
6. 陳柏丞（2010，9月20日）。大專啦啦隊錦標賽活力四射。聯合新聞網。資料引自 http://mag.udn.com/mag/campus/storypage.jsp?f_MAIN_ID=11&f_SUB_ID=22&f_ART_ID=253241
7. 郭銘勻、曾慶裕（2008）。啦啦隊教練證照制度之探討。輔仁大學體育學刊，7期，197-208頁。
8. 黃旭男、孫美蓮、丁翠苓、吳文祥（2006）。建立啦啦隊競賽評審指標之研究。健康管理學刊，4卷1期，73-87頁。
9. 楊子享、涂瑞洪（2009）。手腕三角纖維軟骨複合體運動傷害之機轉、評估及處理策略-以啦啦隊底層支撐動作為例。屏東教大體育，12期，271-283頁。
10. 熊鴻鈞（2008）。兩性運動團隊文化再造之個案研究。大專體育學刊，10 卷3期，15-26 頁。
11. 簡彩完、黃長發（2009）。大專院校推動競技啦啦隊之策略分析。休閒保健期刊，1期，85-92頁。
12. Mueller, F. O. (2009). Cheerleading injuries and safety. Journal of Athletic Training, 44(6), 565-566.
13. Shields, B. J., & Smith, G. A. (2006). Cheerleading-related injuries to children 5 to 18 years of age: United States, 1999-2002. Pediatrics, 117, 122-129.
14. Shields, B. J., & Smith, G. A. (2009a). Epidemiology of cheerleading fall-related injuries in the United States. Journal of Athletic Training, 44(6), 578-585.
15. Shields, B. J., & Smith, G. A. (2009b). Cheerleading-related injuries in the United States: a prospective surveillance study. Journal of Athletic Training, 44(6), 567-577.
16. Shields, B. J., Soledad, M. S., Fernandez, S. A., & Smith, G. A. (2009). Epidemiology of cheerleading stunt-related injuries in the United States. Journal of Athletic Training, 44(6), 586-594.

意象練習對桌球發球技能學習效果之影響

How the Imagery Practice influences the Service learning result

謝瑄容¹

郭明珍²

黃振華³

陳金海⁴

Hsuan-Jung Hsieh

Ming-Cheng Kuo

Cheng- Hua Huang

King-Hai Chen

1清雲科技大學體運組 講師 2東南科技大學體育室 助理教授 3亞東技術學院 講師

4長榮大學運休系 教授

Department Office of Physical Education, Ching Yun University

Department Office of Physical Education, Tungnan University

Department Office of Physical Education, Oriental Institute of Technology

Department of Sports and Recreation Management, Chang Jung Christian University

摘 要

本研究目的在探討意象練習對桌球初學者發球技能學習效果的影響。以清雲科技大學75名女性學生為研究對象，平均年齡18.01(±0.71)歲，受試對象均為桌球初學者，無任何放鬆與意象練習經驗。以桌球發球為實驗項目，將受試者隨機分派至意象練習組、身體練習組、先意象練習後身體練習組、先身體練習後意象練習組、控制組等五組，各組實施五週，每週二次的技能練習並進行前測與後測。研究所得資料以相依樣本t考驗、獨立樣本單因子變異數分析及杜凱氏事後比較法進行統計分析。依研究結果顯示，獲得以下結論：一、意象練習對於桌球初學者發球技能的學習有助益。二、不同組別在桌球發球技能學習效果上有顯著差異，先身體練習後意象練習組顯著優於意象練習組、身體練習組與控制組，先意象練習後身體練習組顯著優於意象練習組與控制組，身體練習組顯著優於意象練習組與控制組。

關鍵詞：意象練習、桌球發球、技能學習

ABSTRACT

The purpose of this research was to discuss how the Imagery Practice influences the Service learning result for the beginners. The research targets are 75 female students of Ching Yun University, with the average age of 18.01(±0.71). All the research targets are table tennis beginners with no practice experience of the Imagery Practice. The experience item is service. The research targets are randomly divided into five groups : Imagery practice group、Body practice group、Imagery practice before Body Practice group、Body Practice before imagery practice group、Control practice group; each group will carry out the service practice twice a week for 5 weeks and at the same time carry out the pre-test and after-test.

All the data were be in statistics and analyzed by paired t test, one-way ANOVA, and Tukey method. The final conclusions were as following: 1.The imagery practice is of much advantage to the beginners to practice the service skills. 2. There are obvious differences between the five groups; Body Practice before imagery practice group is obviously better than Imagery practice group. Imagery practice before body practice group is obviously better than Imagery practice group and Control practice group. Body practice group is obviously better than Imagery practice group and Control practice group.

Key words: imagery practice, service, skill learning

壹、緒論

一、研究背景與動機

練習是增進運動技能表現的重要因素，而練習的方法有很多，如何運用適當的方法來練習以增加學習的效果，在運動技能學習領域中非常重要(陳貞秀，1993)。一般而言，運動技能的學習可由身體及心理兩方面來著手，其兩者的表現互為作用缺一不可，也直接影響到運動技能的學習成效。而國內教師、教練在教學或訓練的過程中，往往都只強調身體動作的教學與訓練，而忽略了心理層面的練習，所以往往成效不彰。而意象練習(Imagery Practice)為心理訓練的一種學習方法，是涵蓋對各種事物的體驗，在從不同的空間統合成一個完整的經驗，因此意象練習是為增強動作技能提昇運動表現，是加深並強化個人學習經驗而獲得學習成果的一種途徑(林清和，1996)。

心象活動是一種不能被直接觀察的心智歷程(Weinberg & Gould, 1999)，意象練習透過一些心理的內在歷程與心理機轉，促使個體對正確動作的認知更為清楚且產生類似身體練習的成效，並更能有效地掌握技能表現時的壓力，而做出正確的技能動作(賴森林，2002；陳俊安、傅一峯，2008)。而有關技術動作學習初期，對技術動作的掌握不完全與練習次數有關，其與練習者對技術動作的認知、理解與大腦中的技術動作意象有很大的相關(楊毅，1998)。許多研究顯示意象練習對於提升運動技能的學習與表現，有其正面的效益存在，如陳冠錦(2002)；盧裕山(2003)；陳俊安與傅一峯(2008)均認為意象練習有益於技能的學習與表現。而有部分學者認為意象練習對閉鎖性運動技能及認知性動作的效果較佳(Feltz & Landers, 1983)，也有學者認為意象練習對簡單的動作技能成效較好(Howe, 1991)。另外也有一些研究顯示在技能的學習上身體練習優於意象練習，如張惠如與林清和(1994)、吳百彩(1998)等。雖然在過去意象練習的相關文獻中，大都偏向對優秀的高層次運動員具有正面效益，然而對於初學者的效益如何並未被大量研究證實(林啟賢，1998)。而運用在提昇運動技能學習表現的實驗設計方面通常包括意象練習組、身體練習組、綜合練習組或控制組(于文正，1999)，且大部分的研究

支持綜合練習組的功效優於意象練習組、身體練習組及控制組(Grouios, 1992；盧裕山, 2003；黃顯章、黃任閔, 2007)，但以身體練習為主再配合心理相關練習的相關研究卻未多見。尤其 Goginsky 在 1992 年對意象練習相關研究提出評論，認為他們忽略了在研究參與者每次練習時，身體練習和意象練習出現的順序。而 Etneir and Landers (1996) 即以籃球投籃為研究項目，發現身體練習和意象練習出現的順序會對技能學習效果產生影響，每次練習中先做意象練習，會比先做身體練習進步的更快。但在其他項目中以及不同練習順序是否也有相同結果，在過去的文獻中並未有類似研究，因此對於身體練習和意象練習出現的順序是值得進一步探討。

過去研究意象練習對技能表現影響的文獻雖然很多，但是有關桌球運動學習之意象練習卻是相當少見，在國家圖書館期刊文獻資訊網中有許多意象訓練練習相關文獻，諸如有排球、空氣步槍射擊、復健、健美、網球、棒球、跆拳道、高爾夫球、保齡球、射箭、花式撞球等，但都非桌球相關；而在國家圖書館博碩士論文中雖亦有許有意象訓練練習相關文獻，但與桌球運動學習之意象練習卻只有一篇，而其分組亦只有意象練習組、身體練習組與控制組等三組，其他均是不同項目之意象訓練練習，諸如足球、籃球、羽毛球、網球、扯鈴、推桿表現、擊劍、網球等。是以，對於桌球運動技能學習之意象練習是有其需要的。

從上述相關文獻內容中研究者認為意象練習對於技能學習有其正面功效，對於大學桌球初學者意象練習的相關研究卻很少探討，而桌球運動為大專院校相當熱門的課程之一，如何因應規則的改變提升桌球教學品質，實施有效果的教學方法，降低學生學習焦慮，以增進學生學習動機，達到良好的教學效果，是每一位體育教師所重視的。因此本研究試以清雲科技大學學生為研究對象，進行意象練習相關研究，期望研究結果能瞭解意象練習對桌球發球技能學習效果的影響。

二、研究目的

(一)探討意象練習對桌球初學者發球技能學習效果的影響。

(二)比較不同練習組別對桌球發球技能學習效果的差異。

三、研究範圍與限制

本研究以清雲科技大學一般科系一年級女學生為研究對象，以桌球發球為技能學習項目，實施五週，每週二次的技能練習，藉以探討意象練習對桌球發球技能學習效果的影響。在實驗期間研究者只能鼓勵受試者合作，在實驗期間不要額外做技能練習、不要觀察模仿同學動作或是應用意象練習。限於時間、人力、物力與教學上的便利，受試者以清雲科技大學一般科系一年級女學生為研究對象，研究結果僅適用於相同背景個體之桌球發球技能學習、意象練習等相關變項之推論。

四、名詞操作性定義

為使本研究的內容更加明確，茲將重要名詞界定如下：

(一)意象練習

意象是指意象形成的心理歷程(張春興, 1989)。意象是在大腦中去創造或再創造一個經驗，是一種模擬的形式，包括回想因經驗而儲存在記憶中的訊息，修改這些片段

記憶，變成有意義的影像(Weinberg & Gould, 1999/2002)。意象練習是指利用心理的認知去意識身體感官體驗過的經驗，包括視覺、聽覺、感覺、知覺等所有感官經驗(盧裕山，2003)。

本研究意象練習之操作性定義是指在實驗期間，對於意象練習組、先意象練習後身體練習組、先身體練習後意象練習組實施意象練習，內容包括觀看桌球發球動作技能示範帶、聽意象指導語及自我意象練習。

(二)桌球發球技能學習效果

本研究桌球發球是指正手發長的不旋轉球，球的高度不能超過球網 30 公分，遠度為本研究所設定之接球區域(如圖 1-1)，並依發球落點之位置，計算其發球之得分。每位受試者實施桌球發球 20 顆(所有受試者依序實施)，並記錄得分為其技能學習成績。

本研究桌球發球技能學習效果之操作性定義是指受試者藉由前測與後測的測驗數據中，瞭解桌球發球技能學習是否有所變化，此測驗結果稱為桌球發球技能學習效果。

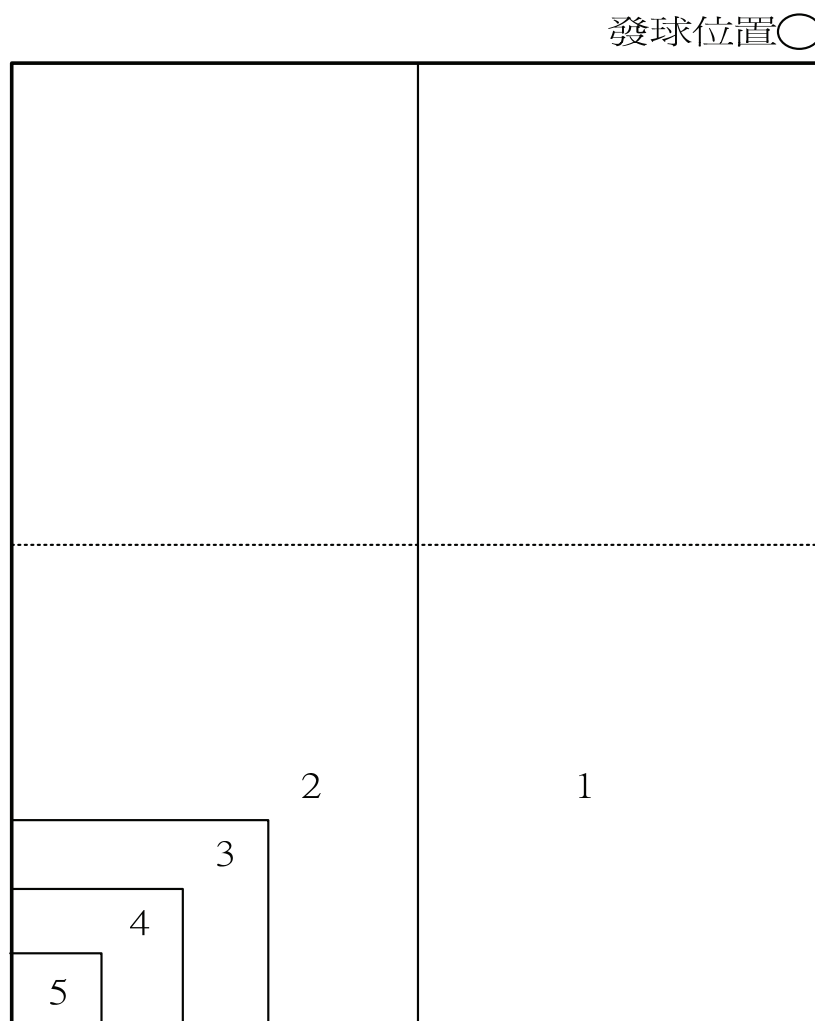


圖1-1 桌球發球測驗各區域分數圖

貳、研究方法

一、預測實驗

本研究之預測實驗目的為探討桌球發球意象練習課程較合適的學習週數，因此以意象練習組、身體練習組、先意象練習後身體練習組、先身體練習後意象練習組、控制組等五組進行相關的實驗。本研究的預測實驗之受試者為清雲科技大學一年級女生，無意象練習之經驗，為桌球初學者，共 50 位，平均年齡 17.80 ± 0.78 歲。以桌球發球為實驗項目。預測實驗前研究者向受試者示範講解桌球發球的動作要領與練習，經隨機分派至意象練習組、身體練習組、先意象練習後身體練習組、先身體練習後意象練習組、控制組等五組。分別進行五週，每週兩次，每次約 20 分鐘之練習課程。流程如下：熱身及練習桌球發球技能動作後隨即進行分組實驗，意象練習組進行桌球發球技能之意象練習課程；身體練習組進行桌球發球技能之身體練習課程；先意象練習後身體練習組隔次進行練習課程；先身體練習後意象練習組隔次進行練習課程；控制組進行閱讀課程，但只看休閒性質書籍，不看有關桌球方面的書籍。由預測實驗結果可以看出，在桌球發球的技能學習效果上，除控制組沒有明顯進步外，其餘各組均有明顯進步，且各組在第四週後之桌球發球技能學習效果上有趨於平緩現象。因此，本研究意象練習課程的學習週數將實施五週，然後進行各組技能學習的測驗，以分析各組間技能學習的效果。

二、研究架構

本研究目的為瞭解意象練習對桌球發球技能學習效果的影響。本研究主要架構是先教授全部受試者桌球發球動作技能一週兩次之後，將受試者隨機分派為：意象練習組、身體練習組、先意象練習後身體練習組、先身體練習後意象練習組、控制組等五組再進行前測，接著各組進行不同的實驗四週八次後，進行後測。

三、研究對象

本研究是以清雲科技大學一年級普通體育課程志願參加的女學生為受試對象，實驗前均無任何桌球經驗(初學者)，亦未參加過任何桌球相關社團、比賽或班級與學校之代表隊，無任何放鬆與意象練習經驗，且非運動休閒系相關之學生，以隨機分組的方式，將其分為意象練習組、身體練習組、先意象練習後身體練習組、先身體練習後意象練習組、控制組共五組，每組 15 人。受試者平均年齡為 $18.01(\pm 0.71)$ 歲，平均身高為 $162.05(\pm 5.91)$ 公分，平均體重為 $52.72(\pm 7.40)$ 公斤。

四、實驗時間與地點

本研究之預試實驗時間從 98 年 9 月 21 日至 98 年 10 月 23 日進行，確定桌球發球意象練習課程較合適的學習週數。正式實驗時間從 98 年 11 月 9 日至 98 年 12 月 11 日，於每週之體育課時間實施。共計五週，每週兩次，每次約 20 分鐘，共計十次，第一週實施教學、前測，接下來四週共八次的各組實驗處理，四週各組實驗處理結束後實施後測。本實驗地點為清雲科技大學桌球教室，進行桌球發球技能相關教學與相關測驗。

五、實驗儀器與工具

本研究工具包括參與者同意書、錄放影機、電視、錄放音機、桌球發球動作技能示範帶、桌球發球技能意象練習課程與指導語錄音帶、桌球發球意象練習問卷、桌球拍、桌球、桌球檯等。

六、研究程序

(一)本研究目的在探討意象練習對桌球發球技能學習效果的影響。以清雲科技大學75名女性學生為研究對象，實驗前先徵求志願者，均無任何桌球經驗(初學者)，無任何放鬆與意象練習經驗，非運動休閒相關科系學生，在填寫實驗參與同意書後參與實驗，實驗前將實驗器材、工具準備妥當。實驗分組前，對受試者實施一週兩次，每次約20分鐘之桌球發球技能教學，並於實驗前向受試者說明本研究之實驗相關規定。本研究練習計畫表如表2-1。

表 2-1 練習計畫表

週次	組別	第一次	第二次
第一週	意象練習組	教授桌球發球	教授桌球發球、前測
	身體練習組	教授桌球發球	教授桌球發球、前測
	先意象練習後身體練習組	教授桌球發球	教授桌球發球、前測
	先身體練習後意象練習組	教授桌球發球	教授桌球發球、前測
	控制組	教授桌球發球	教授桌球發球、前測
第二週	意象練習組	意象練習	意象練習
	身體練習組	身體練習	身體練習
	先意象練習後身體練習組	意象練習	身體練習
	先身體練習後意象練習組	身體練習	意象練習
	控制組	閱讀報章雜誌	閱讀報章雜誌
第三週	意象練習組	意象練習	意象練習
	身體練習組	身體練習	身體練習
	先意象練習後身體練習組	意象練習	身體練習
	先身體練習後意象練習組	身體練習	意象練習
	控制組	閱讀報章雜誌	閱讀報章雜誌
第四週	意象練習組	意象練習	意象練習
	身體練習組	身體練習	身體練習
	先意象練習後身體練習組	意象練習	身體練習
	先身體練習後意象練習組	身體練習	意象練習
	控制組	閱讀報章雜誌	閱讀報章雜誌
第五週	意象練習組	意象練習	意象練習、後測
	身體練習組	身體練習	身體練習、後測
	先意象練習後身體練習組	意象練習	身體練習、後測
	先身體練習後意象練習組	身體練習	意象練習、後測
	控制組	閱讀報章雜誌	閱讀報章雜誌、後測

- (二)教授桌球發球技能：本研究在分組前教授桌球發球技能，共計一週兩次，每次約20分鐘，先介紹桌球特性、現今之演變情況及握拍法與站位後，講解桌球發球基本動作要領，並說明發球在桌球運動之重要性，隨後以示範教學法配合口頭講解引導受試者參與學習，並讓受試者分組練習。
- (三)分組：本研究之分組以隨機分組方式將75位受試者分為：意象練習組(N=15)、身體練習組(N=15)、先意象練習後身體練習組(N=15)、先身體練習後意象練習組(N=15)、控制組(N=15)。
- (四)技能前測：本研究之技能前測，每位受試者實施桌球發球20顆(所有受試者依序實施)，並記錄得分為其前測之技能成績。
- (五)實驗處理：桌球發球之意象練習實驗進行四週，每週二次，每次約20分鐘，共計八次練習課程(練習計畫表見表2-1)。每次在實驗前會集體點名，並且共同做熱身操，各組依所需的實驗操作來執行，各組進行的程序如下：
1. 意象練習組：本研究意象練習教材包括外在意象之桌球發球動作技能示範帶，內在意象之桌球發球動作技能意象練習課程與指導語錄音帶，包含簡易放鬆練習指導語及桌球發球動作技能意象練習指導語。在完成共同熱身後(約5分鐘)，意象練習組受試者到該組實驗場地集合，靜坐休息3分鐘後，由該組主試者說明主題流程和重點提示，接著進行意象練習的實驗處理，開始播放桌球發球動作技能示範帶(約2分鐘)，接下來請受試同學閉上眼睛，隨即播放桌球發球動作技能意象練習課程與指導語錄音帶(約5分鐘)，最後自我意象桌球發球動作技能及意象自己成功發進桌球20次(約5分鐘)。在實驗流程結束後，以桌球發球意象練習問卷對受試者進行檢核，並請受試者需安靜不可交談，主試者會請受試者在非實驗期間，務必不可從事意象或身體任何有關桌球發球技能的動作。
 2. 身體練習組：本研究身體練習組的實驗內容運用講述、示範、分組練習等教學方法來進行，由研究者直接教導受試者以肢體學習桌球發球相關技術動作，內容包括身體姿勢、站位、持拍法、持球法、拋球方式、揮拍擊球及重心移動等動作要領，不涉及心理練習或其他特殊訓練，教材內容以黃國義(1997)所編著的國中體育第一冊修訂版之桌球發球技能課程內容為主。在完成共同熱身後(約5分鐘)，身體練習組受試者到該組實驗場地集合，由該組主試者說明主題和流程，接著進行身體練習的實驗處理，每次實驗時間約15分鐘。在實驗流程結束後，主試者會請受試者在非實驗期間，務必不可從事身體或意象任何有關桌球發球動作技能的活動。
 3. 先意象練習後身體練習組：本研究先意象練習後身體練習組是以意象練習與身體練習兩者綜合實施(先意象練習後身體練習)，在完成共同熱身後(約5分鐘)，先意象練習後身體練習組受試者到該組實驗場地集合，由該組主試者說明主題和流程，接著進行先意象練習後身體練習組的實驗處理，每次實驗時間約15分鐘。在意象練習實驗流程結束後，以桌球發球意象練習問卷對受試者進行檢核，並請受試者需安靜不可交談，主試者會請受試者在非實驗期間，務必不可從事身體或意象任何有關桌球發球動作技能的活動。
 4. 先身體練習後意象練習組：本研究先身體練習後意象練習組是以身體練習與意象

練習兩者綜合實施(先身體練習後意象練習)，在完成共同熱身後(約5分鐘)，先身體練習後意象練習組受試者到該組實驗場地集合，由該組主試者說明主題和流程，接著進行先身體練習後意象練習組的實驗處理，每次實驗時間約15分鐘。在意象練習實驗流程結束後，以桌球發球意象練習問卷對受試者進行檢核，並請受試者需安靜不可交談，主試者會請受試者在非實驗期間，務必不可從事身體或意象任何有關桌球發球動作技能的活動。

5.控制組：本研究控制組在完成共同熱身後(約5分鐘)，控制組受試者到該組實驗場地集合，進行控制組的實驗處理，每次實驗時間約15分鐘，進行閱讀課程，只看休閒性質的書，但不看有關桌球方面的書籍，每位受試者都須安靜不可交談。每次實驗流程結束後，主試者會請受試者在非實驗期間，不可從事身體或意象任何有關桌球發球動作技能的活動。

(六)技能後測：本研究之技能後測，每位受試者實施桌球發球20顆(所有受試者依序實施)，並記錄得分為其後測之技能學習成績。

七、技能學習效果的測驗方法

(一)本研究桌球發球技能測驗方式是以何榮桂與姚漢禱 (1996) 的桌球發長球給分標準為依據。

(二)測驗場地佈置：利用外圍45公分×45公分、內圍30公分×30公分與15公分×15公分之正方形紙板各一塊，在桌球檯設定區域，受試者位於球檯左邊，目標置於對面左邊角落，測驗場地佈置如圖1-1所示。

(三)測驗規定：1.練習兩顆球後開始正式測驗。2.若球觸網可以重新發球不計分數。3.發球時球的高度不能超過球網30公分，遠度為本研究所設定之區域。

(四)計分方法：1.每位受試者實施桌球發球20顆球，並記錄得分，總分最高為100分，最低分為0分。2.若球未發進則該次發球以0分計算。

八、資料處理

本研究的資料處理是以 SPSS for windows 12.0 中文版之統計套裝軟體，進行各項資料分析處理，所得資料分別進行相依樣本 t 考驗(paired t-test)、獨立樣本單因子變異數分析(one-way ANOVA)及杜凱氏事後比較法(Tukey method)等相關統計分析。各項統計考驗的顯著水準均定為 $\alpha=.05$ 。

參、結果與討論

一、實驗操弄檢核

為瞭解研究參與者每次參與意象練習的情況，以及是否正確聽入意象練習內容，本研究在意象練習後即以意象練習問卷對受試者進行檢核。問卷內容是以意象練習指導語的內容擷取片段編成是非題，共三十題，而為了防止研究參與者答題時出現反應心向，所以在 8、11、17、26、29 題加入了否定的題目。研究參與者必須在總分得到 27 分以上，且在否定題中不能答錯超過三題，才能視為通過檢核，在意象練習過程中正確聽入研究者所設計的意象練習內容。經過檢核後發現所有參與意象練習的研究參與者皆能通過事先所定下之標準。

二、各組桌球發球前測成績之差異比較

本研究以獨立樣本單因子變異數分析來考驗實驗前各組的均值性。各組桌球發球前測成績之基本資料如表 3-1 所示。

表 3-1 各組受試者桌球發球前測成績之平均數與標準差表

組 別	人 數	平均數	標準差
意象練習組	15	50.93	7.10
身體練習組	15	52.27	6.73
先意象練習後身體練習組	15	48.73	6.16
先身體練習後意象練習組	15	48.67	8.58
控制組	15	50.53	5.73

由表 3-1 可以得知，意象練習組的桌球發球成績平均為 50.93 分，身體練習組的桌球發球成績平均為 52.27 分，先意象練習後身體練習組的桌球發球成績平均為 48.73 分，先身體練習後意象練習組的桌球發球成績平均為 48.67 分，控制組的桌球發球成績平均為 50.53 分。

本研究各組桌球發球前測成績變異數分析考驗如表 3-2 所示。

表 3-2 各組受試者桌球發球前測成績之變異數分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
組間	141.28	4	35.32	0.74	.571
組內	3361.867	70	48.03		
全體	3503.147	74			

$p > .05$

由表 3-2 可以得知，本研究各組受試者桌球發球前測成績經獨立樣本單因子變異數分析考驗後，各組受試者桌球發球前測成績並無顯著差異存在($p > .05$)，各組桌球發球技能的前測成績具均質性(符合同質性要求)，因此可見各組教學前之能力水準相等。

三、各組桌球發球前測與後測成績之差異比較

本研究以相依樣本 t 考驗來檢定各組受試者桌球發球前測與後測成績的差異情形，結果如表 3-3 所示：

表3-3 各組受試者桌球發球成績之 t 檢定表

統計值 組 別	前測		後測		t 值	p 值
	平均數	標準差	平均數	標準差		
意象練習組 N=15	50.93	7.10	57.87	4.75	-3.55*	.003
身體練習組 N=15	52.27	6.73	68.13	9.43	-5.16*	.000
先意象練習後身體練習組 N=15	48.73	6.16	71.00	5.83	-9.67*	.000
先身體練習後意象練習組 N=15	48.67	8.58	76.40	7.11	-10.31*	.000
控制組 N=15	50.53	5.73	52.67	8.62	-0.85	.413

*p<.05

由表 3-3 可以得知，各組受試者的桌球發球成績，在經過五週的研究教學後，除控制組外，其他各組桌球發球技能的學習效果均達顯著效果(p<.05)。亦即除控制組外，各組的後測成績顯著地比前測成績進步，亦即此項教學有顯著效果。

四、不同練習組別桌球發球技能學習效果之差異比較

本研究以獨立樣本單因子變異數分析來檢定不同練習組別桌球發球技能學習效果的差異情形。表 3-4 為不同練習組別桌球發球技能學習效果之描述統計摘要表。表 3-5 為不同練習組別桌球發球技能學習效果之變異數分析摘要表。

表 3-4 不同練習組別桌球發球技能學習效果之描述統計摘要表

項目	練習組別	人數	平均數	標準差
技能學習效果	意象練習組	15	57.87	4.75
	身體練習組	15	68.13	9.43
	先意象練習後身體練習組	15	71.00	5.83
	先身體練習後意象練習組	15	76.40	7.11
	控制組	15	52.67	8.62

表 3-5 不同練習組別桌球發球技能學習效果之變異數分析摘要表

變異來源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
組間	5678.187	4	1419.55	26.26*	.000
組內	3784.400	70	54.06		
全體	9462.587	74			

*p<.05

由表 3-5 可以得知，本研究不同練習組別桌球發球技能學習效果經獨立樣本單因子變異數分析考驗後，各組別桌球發球技能學習效果達顯著差異(p<.05)，再經杜凱氏

事後比較後結果如表 3-6 所示。

表 3-6 不同練習組別桌球發球技能學習效果之杜凱氏事後比較表

平均數差異	意象練習組	身體練習組	先意象練習後 身體練習組	先身體練習後 意象練習組	控制組
意象練習組	—	-10.27*	-13.13*	-18.53*	5.20
身體練習組	10.27*	—	-2.87	-8.27*	15.47*
先意象練習後身體練習組	13.13*	2.87	—	-5.40	18.33*
先身體練習後意象練習組	18.53*	8.27*	5.40	—	23.73*
控制組	-5.20	-15.47*	-18.33*	-23.73*	—

* $p < .05$

由表 3-6 可以得知，各組受試者經過五週桌球發球相關練習後，在不同練習組別桌球發球技能學習效果之比較上顯示：身體練習組顯著優於意象練習組；身體練習組顯著優於控制組；先意象練習後身體練習組顯著優於意象練習組；先意象練習後身體練習組顯著優於控制組；先身體練習後意象練習組顯著優於意象練習組；先身體練習後意象練習組顯著優於身體練習組；先身體練習後意象練習組顯著優於控制組。

由以上分析結果可知先意象練習後身體練習組、先身體練習後意象練習組的桌球發球技能學習效果皆顯著優於意象練習組與控制組，而先身體練習後意象練習組亦顯著優於身體練習組，所以意象練習配合身體練習等相關的練習，對桌球發球技能學習皆具有一定的效果。本研究結果與劉永和（2003）的研究結果相符合，其探討意象練習法對桌球初學者正手發上旋球的學習效果，共分三組（心智練習組、身體練習組、控制組）進行 6 週 12 次的實驗。結果顯示：心智練習組與身體練習組的技能學習效果均達到顯著水準，控制組未達到顯著水準。而在其他項目研究上，本研究與王明鴻（2000）；林啟賢(1998)；林淑森（2007）；金松錡（2008）；康惠鴻（2008）；黃顯章和黃任閔(2007)；鄧正忠(2001)；賴森林(2002)的相關研究結果呈現相近的趨勢，意象練習有助於技能的學習。尤其是身體練習配合意象練習對運動技能的學習存在顯著正面的效果，但若是僅進行意象練習，雖對於技能學習雖有幫助，但其效果並不顯著。

本研究結果顯示在身體練習與意象練習的實施順序上，兩組間雖未達顯著差異，但兩組學習效果均較其他組別來的好。而在意象練習組與控制組間亦未達顯著差異，這顯示若單只使用意象練習對於技能的學習是較不足的。因此，在體育教學上必須配合實際身體練習才能相輔相成。而除了一般傳統身體練習方法外，如能配合意象練習等相關的心理訓練使用，更能達到相同的技能學習效果。因為實際的身體練習是獲得技術動作的基礎，是以必須強調多次重複技術動作，所以意象練習可以做為技能學習的另一種輔助手段，但其不能完全取代身體練習的方式。意象練習對於增進實際運動技能學習效果的價值是值得肯定的，而適當心理方面的練習對於運動技能的提昇，則佔有重要的地位，尤其心理相關練習伴隨著各種身體方面的練習更能發揮其功能。

意象練習是涵蓋對各種事物的體驗，在從不同的空間統合成一個完整的經驗，因此意象練習是為增強動作技能提昇運動表現，是加深並強化個人學習經驗而獲得學習成果的一種途徑(林清和，1996)。意象練習可以在學習動作技能過程中，建立回憶動作來意象，這樣可以提高學生主動參與學習的積極性，激發學生學習的興趣，並且避免學生對老師的示範講解成為被動的接受，轉而成為有興趣主動學習。在過去一般的傳統教學中，大多是示範、講解和練習都很多，普遍強化身體練習的作用，而往往都忽

視了強化意識和認知記憶，而意象練習可以多次重複，不受外在環境影響，意象練習與身體練習交互配合使用，不僅可以使學生自己強化認知意識並加強記憶，主動強化對該技能的認知與感受，更可充份發揮學生在教學中的主動積極作用，提高學生學習的興趣與動力。

肆、結論與建議

一、結論

- (一)意象練習對於桌球初學者發球技能的學習有助益。
- (二)不同組別意象練習在桌球發球技能學習效果有差異存在，身體練習組顯著優於意象練習組與控制組；先意象練習後身體練習組顯著優於意象練習組與控制組；先身體練習後意象練習組顯著優於意象練習組、身體練習組與控制組。

二、建議

- (一)不同組別意象練習在桌球發球技能學習效果上有差異存在，且以綜合練習(意象練習與身體練習互相配合)的方式效果較好，因此對於大學生初學者可以考慮多使用此種綜合練習方式以提高學習效果。
- (二)體育教學中可以適度地指導學生透過意象練習方式提昇技能學習活動之運動知覺，進而提昇技能學習的品質。

參考文獻

1. 于文正（1999）。**意象練習的心理機制**。未出版博士論文，國立台灣師範大學，台北市。
2. 王明鴻（2000）。**心智訓練對青少年網球選手發球與著地抽球學習效果之研究**。未出版碩士論文，臺北市立師範學院，台北市。
3. 何榮桂、姚漢禱（1996）。評分量尺模式在運動技能測驗上的應用。**測驗年刊**，43，141-152。
4. 吳百彩（1998）。**心智練習對舞獅動作學習及保留效果之影響**。未出版碩士論文，中國文化大學，台北市。
5. 林啟賢（1998）。**視覺動作行為複演法對學習足球踢球的影響**。未出版碩士論文，國立台灣師範大學，台北市。
6. 林清和（1996）。**運動學習程式學**。台北市：文史哲出版社。
7. 林淑森（2007）。**意象訓練對大學女子壘球隊心理技能、心理技能的態度與運動表現之影響**。未出版碩士論文，台北市立體育學院，台北市。
8. 金松錡（2008）。**意象訓練對國小高年級非初學兒童扯鈴技能學習之研究**。未出

- 版碩士論文，國立屏東教育大學，屏東市。
9. 康惠鴻（2008）。不同意象訓練形式對網球正手擊球技能表現之影響。未出版碩士論文，國立屏東教育大學，屏東市。
 10. 張春興（1989）。張氏心理學辭典。台北市：東華書局。
 11. 張惠如、林清和（1994）。回饋與心智練習對飛鏢投擲表現的影響。體育學報，17，411-426。
 12. 陳俊安、傅一峯（2008）。意象訓練在空氣步槍射擊的應用。大專體育，97，23-29。
 13. 陳冠錦（2002）。意象練習對籃球罰球技能學習的影響。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，台北市。
 14. 陳貞秀（1993）。視動行複演法對羽球初學者正手發短球學習效果的影響。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
 15. 黃國義（1997）。桌球。載於林正常(主編)，國中體育第一冊修訂版(56 頁)。台北縣：康和出版。
 16. 黃顯章、黃任閔（2007）。意象訓練教學法運用在體育教學及球隊練習之探討。嘉大體育健康休閒期刊，6(2)，152-159。
 17. 楊毅（1998）。表象訓練在排球墊球教學中的運用。淮北煤師院學報，19(3)，73-75。
 18. 劉永和（2003）。心智練習對桌球初學者正手發上旋球學習效果之研究。未出版碩士論文，國立臺灣體育學院，台中市。
 19. 鄭溫暖（1997）。運動競賽失常的探討。體育與運動，101，27-33。
 20. 鄧正忠（2001）。意象訓練與身體練習對網球初學者在發球動作學習效果上的影響。宜蘭技術學報，6，75-79。
 21. 盧裕山（2003）。意象練習對五步拳技能表現之影響。未出版碩士論文，中國文化大學，台北市。
 22. 賴森林（2002）。視動行為複演法對網球平擊式發球技能表現與狀態性焦慮之相關研究。高雄市：水月文化出版社。
 23. 簡曜輝、季力康、卓俊伶、洪聰敏、黃英哲、黃崇儒等（譯）（2002）。Robert S.Weinberg, Daniel Gould 著。競技與健身運動心理學。台北市：台灣運動心理協會。
 24. Etner, J. L., & Landers, D. M. (1996). The influence of procedural variables on the efficacy of mental practice. *Sport Psychology*, 10, 45-57.
 25. Feltz, D. L., & Landers, D. M. (1983). The effect of mental practice on motor skill learning and performance: A meta-analysis. *Journal Sport Psychology*, 5, 25-57.
 26. Goginsky, A. M. (1992). Physical practice is superior to mental practice in enhancing cognitive and motor task performance: Commentary. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 14, 101-103.
 27. Grouios, G. (1992). The effect of mental practice on diving performance. Howe, B. L. (1991). Imagery and sport performance. *Sport Medicine*, 11, 1-5. International Journal

Sport Psychology, 23, 60-69.

28. Weinberg, R., & Gould, D. (1999). *Foundations of sport and exercise psychology* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

東南學報

第三十六期

- 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：周文賢
總編輯：林寬泓
編輯委員：王昌國、劉振源、陳坤男、黃錦鐘、黃明德、陳平和、林楷、
林玉斌、梁晉綱、林正鄰、陶翼煌、游聖瑾、林思毅、詹瑋、
董益吾
執行編輯：趙枳瀆
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：中華民國一百年七月

