

## 編者絮語

### ～博觀約取 論正文之本源

本期《清雲學報》計收來稿 44 篇；校內 37 篇、校外 7 篇，包括來自中國大陸之投稿。經邀請論文對話人與談結果，不予刊登者 6 篇、修改後再議者 11 篇、修改後刊登者 13 篇、同意刊登者 14 篇。感謝全體作者及審查人對本學報的支持。付梓在即，綜理與來稿相關之事項六件，報告如下：

#### 一、請勿一稿數投；已於他處刊行之文稿切莫再投遞。

本期有一篇來稿，經受邀審查人反應：「本篇文章已審過，為何再投稿。」引起注意。

經本刊查閱有關記錄，則《清雲學報》於 2004 年 3 月印行之 24 卷 1 期、有相同題目與全文已曾發表於 2003 年 12 月及其後 2005 年之某《論文集》，且以上三篇內容完全相同。

又《清雲學報》於 2005 年 9 月印行之 25 卷 2 期、有已曾發表於 2005 年 1 月及同年之某《論文集》；此三篇題目與內容皆同。

本刊感謝所有投稿人的踴躍賜稿與支持，故每篇來稿均經審慎行政作業流程；於付梓前，又徵詢每位作者版權讓渡與簽授。故誠摯請託投稿人：勿將已印行之作品，投遞本刊，以免徒增人力、作業耗損及學校支持之經費，甚或日後智慧財產權之紛爭。

#### 二、論文寫作有一定格式與研究方法

本期付梓在即，仍在等候將刊登之論文三篇必須補繳英文摘要與關鍵詞。又針對來稿之寫作格式、選題與內容，略舉注意事項如下，供有志論文寫作者參考：

稿件務請編列頁碼，俾便文稿對話人閱讀。

若非全篇皆屬作者自創，則請開列參考文獻。

論文寫作之常規應包括：清楚列出註腳、參考書目。

行文格式宜統一。若引用文獻時，年份應民國或西元擇一；圖表標題應明顯且一致。

校稿宜仔細，贅字與錯別字應自行校正。如：「永就性」改為「永久性」；「數據」不是「數鉅」、「鮮豔分配」應作「先驗分配」……等。

論文題目不宜太大，且內容應「言有物，言有序」。是故，論述不宜蜻蜓點水、一語帶過，亦不宜浮光掠影、點到即止。學術論文須尊重事實、尊重證據；有一分證據、說一分話。避免憑一己之感覺、自由心證，以免寫來空泛。若提出某項調查結果或研究時，應詳細說明所依據者為何；必須對於知識的積累作一綜合分析論證，若僅有資料的綜合而沒有新的主題和論點，不具擴張知識之要素，皆不合現代論文的作法。

妥善運用方法論 (methodology)，以符合學術寫作的要求；論文寫作除有「結果」，「結果」前端尚須有「為什麼」，以符合寫作邏輯與論述周延。

「All the terms in this article were against the academic formula. Those terms were misused by Mandarin pronunciation transliteration first, and spell it without following specific system of phonograhpy. 」均不符論文寫作規範。

論文寫作不同於閉門造車，如何在他人既有的研究成果上，精益求精，方不致徒勞無功。至於潤色、修訂、鎔裁、補強後，能否擊中議題之關鍵要害，而非仍舊「beat about the bush」，畢竟，拐彎抹角或旁敲側擊，絕不適用於論文寫作。如何直指議題核心，論點得以不拖泥帶水，持之有故、言之成理的清楚陳明，方為上策。

### **三、學報期刊不同於別集專著，故同一作者每期至多刊登一篇。**

本期來稿又見三起同一作者賜稿二篇，除感謝賜稿及研究工作之辛勤，本刊仍是同一作者、一期刊登一篇。畢竟，此為學報，而非個人別集，故在此再次報告：即令是不世出之作，本學報將不見同一作者於同一期刊登二篇。

### **四、投稿請早，俾利作者生涯規劃。**

本期收到校外來稿 7 篇，或為取得博士學位的 final defense，必須依該校規定有論文一篇發表於國內學報，故投遞本學報者；或為撰寫碩士學位論文，期待本學報代為潤色研究方向或鎔裁寫作內容。無論投稿之緣由為何，竭誠期待日後來稿請早，以免十月初口試、八月中來稿，期待九月刊登；或為申請三月截止之計畫案，須繳交發表於學術期刊之論文，遂於二月中旬投稿本刊，期待三月刊登，隨即頻頻催問審查結果。本刊雖有一周內審查完畢之作業記錄，惜因稿件與談人通常要求兩至三個月為合理之審查時間，故再次報告：如欲三月出刊之論文，請於前一年年底（12 月 31 日前）賜稿；如欲九月出刊之論文，請於同年 6 月 30 日前擲交大作，以免影響作者學位口試、申請計畫案，或升等之生涯規劃時程。

## 五、英文，已是學術論文的國際語言。

若謂「全民英檢」，已成全民運動；則「英文寫作」，已是發表學術論文的國際共同語言。本（2）月初，收到一審查人之電子郵件，告以有關審查來稿：

「是否可以請准許我不要繼續審查？以免耽誤學報的正常作業。……我拖了很久，實在讀不下去。以英文撰寫，作者的英文似乎有待加強，每個句子不是太長的複句，就是沒有動詞，很像是以翻譯機寫作。」

為免遺珠，我們立即另邀論文對話人。然而，針對來稿之英文寫作，上例並非唯一案例。僅為修改英文題目，本期即有：

「論文的研究水準很高，但英文寫法有些問題，若要繼續投稿至第一流的期刊，可考慮找專人修正英文。英文題目原為 Adjustable optical gain three terminal double emitter phototransistor，可考慮作適度修正：Adjustable optical-gain for (or in) three-terminal double-emitter phototransistors.」

「The English title of the paper is “Apply the Sliding Mode Control to Chaotic Systems.” It might be changed as “An Application Study of Sliding Mode Control in Chaotic Systems.”」

「This article seems directly translated from Chinese to English obviously. Lots of words

and sentences are both intricate and obscure. It is inappropriate for general usage custom for English.」

又建議修改英文摘要者，諸如：

「The English abstract of “Analysis of Shipboard Fluid Conduit” has many grammatical errors. Furthermore, the abstract is not well written – not only difficult to read, but also misleading. The abstract should be rewritten before its acceptance for publication. 」

「在 The Design of Waveform Generators Using Current-Mode Active Components 的英文摘要要有重寫的必要，非常不順。」

本刊 26 卷 2 期〈編者絮語〉曾引清、袁枚《小倉山房詩集·遣興詩》說到寫詩推敲的景況：

愛好由來落筆難，一詩千改始心安；

阿婆猶是初笄女，頭未梳成不許看。

論文寫作，恰似白髮阿婆不減少女心態，非修飾乾淨不肯見人。所以不厭修改，在求理得心安，也是對讀者的一種禮貌，故本刊於媒合作者與對話人之後，仍願勉勵作者：在沒有改掉小疵以前，不必急於發表。面對名山之業，「修正」、「鎔裁」、「潤色」、「斧藻」，較「刊登」更為重要。故來稿務請修改、潤色英文題目、摘要，俾使「細節體現本質」。

## 六、歡迎「內情」、「外采」兼備之稿件。

本學報感謝作者支持並賜稿，致我們不缺稿件。又「修正後再議」之稿件，或等待修改後刊登之稿件，積累甚夥。是故，竭誠歡迎內情、外采兼備之稿件。

### （一）內情：木體實而花萼振

樹木有堅實的本質，鮮豔的花卉始得在枝頭綻放。論文內容之重要性，於此可見。唯本期收到之審查意見，針對內容者，列舉一二如下：

「The revised version of the paper has made some progress. However, some critical points might need to be discussed before being accepted for publication. The authors pay more attention on the introduction of the previous researches rather than their contributions. This paper will have more value if it talks more about the detail of the implementation, such as the difficulties, suggestions, or experiences.」

「本文的構思一點都不創新；應用無創新，技術更沒創新。如果我出一個題目問學生，如何做一個未來車的防盜系統，我相信 3/4 以上的學生都可以想出如同本文內容一樣的流程；況且這樣的防盜偵測並不可靠。國內外廠商早就有未來車防盜系統的研究，作者應該多探討（survey）與本文相關的研究。」

「多讀、多寫、多思考」為寫作的金鍼；唯有以「上窮碧落下黃泉，動手動腳找資料」的態度，融會貫通、博觀約取，方為論文寫作的不二法門。

## （二）外采：虎豹無文則鞞同犬羊

虎豹若沒有花紋色彩，其皮毛就與狗、羊一般；犀和兕的皮雖然堅韌可作戰甲，也需賴丹紅的漆塗飾。本期有審查人針對遣詞用字之提醒，包括：

「The overall writing quality of this paper is low that I have problem trying to understand what the authors were trying to say. This paper should not be published at all in this stage. I suggest that the paper be edited by an English technical writer before it accepted to your university journal. The biggest problem of the writing lies in the poor grammars and the fact that the author simply tries a direct Chinese to English translation thus producing many sentences that make no senses at all.」

《文心雕龍·情采》曰：「夫鉛黛所以飾容，而盼倩生於淑姿；文采所以飾言，而辯麗本於情性。故情者文之經，辭者理之緯；經正而後緯成，理定而後辭暢。此正文之本源也。」文采是用來修飾言辭，而文章的厚實豐富卻本源於內在的思想。所以情理內容似文章的經線，遣辭用字似文章的緯線；經線要端直之後，緯線才能織上去，思想內容要確定之後，文辭語言才能通暢。此乃論文寫作的根本。

**結語：博觀約取；依照審查建言「修正」，較「刊登」更為重要。**

從古至今，著述者多如恆河沙數，且書籍浩瀚，既不能徧讀，又不能不讀，只有乞靈於博觀約取。博觀在於略讀，一方面可知道所讀之大要，認識其價值；一方面在刺取資料，所謂「一目十行」，即是略讀的方法。論文寫作即須從略讀起步，其作用與果效大矣哉，晚明、張岱（1597-1679）嘗謂：

學海無涯，書囊無底，世間書怎讀得盡？只要讀書之人，眼明、手辣、心細、膽粗；眼明則巧於掇拾，手辣則易於剪裁，心細則精於分別，膽粗則決於去留。《瑯環文集·廉書小序》

可作為論文寫作之初階須知。唯有「上窮碧落下黃泉，動手動腳找資料。」蒐集資料、看完相關議題之資料，雖會走馬觀花，不夠仔細和深入；又略讀不免遺漏，心得太少。然新理論、新體系之發現與建立，誠非易事，故退而求其次，發現新方法，創造新品物或典範，亦足以流傳千古，或爭勝一時，則博觀約取不失為論文寫作的第一步。

博觀約取，復繼之以審慎的寫作態度。唯以「敬謹修正」代替「倉促脫稿」，「採納雅言」取代「只求刊登」。立言，是需要心力專注的名山之業；任何創作，均需佐以人為，是故，文章，是寫出來的；好的文章，是改出來的。

**姚 振 黎 謹 識**

2008年2月28日  
於清雲館710室

# 《清雲學報》第二十八卷 第一期

## ～～目 錄～～

網頁流量分析資訊系統實作 The Implementation Research on Analysis Platform of Webpage Flow 陳維魁、沈志鴻、李增奎、詹君治、林啟賢、陳運豪-----	1
電池動態放電之殘電量預估研究 Research on State of Charge for Dynamic Loaded Battery 盧樹台、廖炯州、盧冠榮-----	9
並網型太陽光發電教學系統 Grid Connected PV Tutorial System 王金標、張政富-----	25
滑動模式控制於混沌系統之應用 An Application Study of Sliding Mode Control in Chaotic Systems 郭姿君-----	37
可調光增益式三端雙射極光電晶體 Adjustable Optical-gain for Three-terminal Double-emitter Phototransistor 譚仕煒、廖繼文-----	47
提昇二維光子晶體完全帶隙之寬度設計 Design of a Two-dimensional Photonic Crystal with a Large Complete Bandgap 周趙遠鳳、孫郁興、洪榮木、鄭任欽、葉翰軒-----	59
廚餘堆肥代處理廠商評選暨廚餘回收量分配分析 Research on Selecting Substitute Food Waste Composting Plants and Allocating Recycle Food Waste among Them 張美香、葉亞柔、薛哲夫-----	67
船用流體管路之分析研究 Analysis of Shipboard Fluid Conduit 傅明南、李慶忠、廖珊慧、龍清勇-----	85

應用模糊理論於調整生產率之整合存貨模式 The Integrated Inventory Model with Adjustable Production Rate Using Fuzzy Set Theory 楊明峰、羅明正、沈群英 -----	105
台灣半導體產業股價走勢預測模型之研究 Forecasting Taiwan Semiconductor Industry Stock Price 王啟秀、孔祥科、羅少廷、左玉婷、林玉玲 -----	115
建構通路成員交易公平性之量表 Construct Measurement of Justice for the Members in Channels of Distribution 婁文信、李政達、孔祥科 -----	139
金庸武俠小說於中國二十世紀末年成功之原因 Causes for the Success of Jin Yong Fiction in Reform Era China 米丹尼 -----	157
台灣大學生使用電腦輔助語言學習之學習成效探究 The Relationship between the Background of University Students in Using Computer-Assisted Language Learning and Students' Performance in Taiwan 吳慧盈 -----	173
台灣當前教育政策下的有效教學 Effective Teaching Methods of the Current Educational Policy in Taiwan 姚振黎 -----	185



## 網頁流量分析資訊系統實作

### The Implementation Research on Analysis Platform of Webpage Flow

陳維魁<sup>1</sup> 沈志鴻<sup>2</sup> 李增奎<sup>3</sup> 詹君治<sup>4</sup> 林啟賢<sup>5</sup> 陳運豪<sup>6</sup>

Wei-Kuei Chen<sup>1</sup>, Jih-Hong Shen<sup>2</sup>, Tseng-Kuei Li<sup>3</sup>, Jiun-Chi Jan<sup>4</sup>, Ci-Sian Lin<sup>5</sup> and Yun-Hao Chen<sup>6</sup>

清雲科技大學 資訊工程系<sup>1,3,4,5,6</sup>

中原大學 資訊工程系<sup>2</sup>

[\\* \(wkchen, tkli, jcjan, b9313138, b9313139\)@cyu.edu.tw](mailto:(wkchen, tkli, jcjan, b9313138, b9313139)@cyu.edu.tw)

[zhshen@gmail.com](mailto:zhshen@gmail.com) \*\*

#### 摘要

隨著網際網路(internet)的普及，各種機關團體藉由網頁系統，或達成媒體宣傳的效果，或運用以為資訊服務提供的基礎，網頁可以說是目前一般人接觸到的資訊事物中最多也最廣泛的部份，對於網頁瀏覽行為的分析也自然成爲一個很重要的課題。本研究實做出一套網頁流量分析的資訊系統，以「清雲科技大學學生網頁空間系統」所得之系統瀏覽記錄為資料來源，分別針對每日、每月流量、熱門排名、使用作業系統、使用瀏覽器、及轉介來源加以分析，於資料之呈現上則採 ASP.NET 2.0 最新的 Generic Handler 機制繪製各項分析所得之圖表，讓使用者可得到立即的、最新的資料分析結果，也不會因此而加重伺服器上儲存空間的負擔。本套系統同時亦可適用於類似架構之網站流量分析。

**關鍵字：**Generic Handler 機制、IIS、ImageServices.ashx、紀錄檔、web、ajax、ASP.NET。

## **Abstract**

By the spread of internet, people use web sites to advertise their groups or institutes or to service customers. Web pages may be the mostly and widely used thing in information area by people. To analyze the behavior of people in web sites became an important and interested subject in computer science. In this study, we implement an information system on a web site as an analysis platform on the flow of web sites. We use the log obtained from the web site which offers the free space to student in Ching-Yun university to locate their personal sites. Our analysis are on the flow in days, in months, the popular order of sites, operating systems and explorers of clients, and the referral sources. We use a new technology – Generic Handler of ASP.NET 2.0 – to show the diagrams obtained from the analysis. By the way, we can display the result of analysis immediately and do not increase the loading of the server. This system can be applied to the analysis of the web sites of the similar structure.

**Key words:** Generic Handler mechanism, IIS, ImageServices.ashx, record file, web, ajax, ASP.NET.

## 一、簡介

在目前網際網路普及率這麼高的現在，有越來越多的網站注意到了使用者的使用喜好，開始在網頁中加入了網頁流量數據分析，讓使用者藉由網頁今日或累積的總流量得知網頁人氣指數，來清楚瞭解自己所管理的 Blog、相簿...等。但是，不可否認的，市面上已經有幾款常見的網路流量分析軟體（Ethereal、MRTG、PRTG），可以幫助管理者監控流量狀況。不過，這些軟體的功能有限可能沒辦法完全符合管理者的需求，因此期望能透過自製的網頁流量分析系統，來收集、整理出符合自己所要的資料，將這些有用的資料以圖表的方式呈現出來。

本文實作對象是針對於清雲科技大學的學生網頁空間管理系統[5]。由於該系統是以 IIS 6.0 架設，而其擁有多達一千名的網頁空間使用者，每天都會產生龐大的紀錄資料，卻無適合的分析工具，針對內部不同網站加以分析。因此實做一個將該紀錄存入資料庫，加以分析並且濃縮為一般使用者容易掌握的資訊的系統。利用 ASP.NET 2.0 的 Generic Handler 機制[3]繪製各項分析所得之圖表，讓使用者可得到立即的、最新的資料分析結果。

本文將於第二節介紹系統實做所應用的 .NET Framework 基礎簡介，第三節將對我們所實做的系統架構進行分析，而第四節是我們的實做成果，最後則是我們的結論。

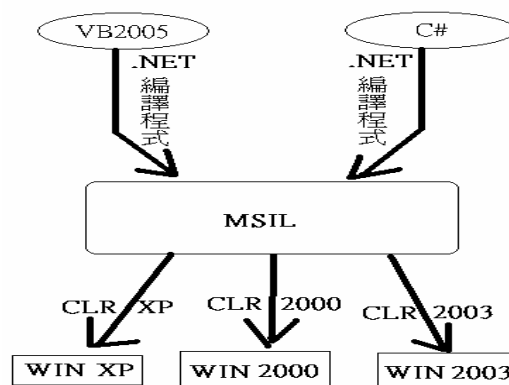
## 二、.NET Framework 基礎簡介

本系統以 ASP.NET 2.0 進行系統程式的開發，在此先簡介 ASP.NET 的基本概念以及本系統所應用的相關技術的說明。

### 2.1 .NET Framework 架構

ASP.NET 可以自己選一個自己喜愛的程式語言來撰寫網頁(VB.NET, C#)，並且這 2 個不同的語言還可以互相分享資源(因為這 2 個語言的程式被 .NET 編譯過都是相同的 MSIL)，而且

撰寫出來的程式，還可以跨不同 Windows 的平台[4] (因為在不同 Windows 的底下會用對應的 CLR 來編譯 MSIL 成機械碼並且執行)。



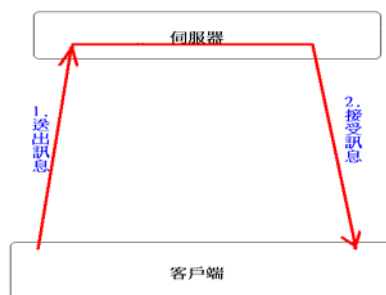
圖一、.NET Framework 架構示意圖

### 2.2 ASP.NET 1.1 跟 2.0 的較大的差別

- (1)2.0 帶入了 Call Back 的機制跟 AJAX 的概念。
- (2)推出了一些的可以大量縮短了連結資料庫所需要的大量程式碼的物件。
- (3)增加了一堆的控制列的套件。

### 2.3 傳統 Web 的流程

當用戶端要求伺服器一個請求的時候，客戶端會把自己的整個網頁傳給伺服器，伺服器處理完後再把整個網頁傳送回來，而這時候所等待伺服器回傳訊息的時候，網頁是空白的。



圖二、傳統 Web 運作流程

### 2.4 Ajax 的流程

當客戶端送出要求的數據的時候，會先丟給用戶端的 AJAX 來稍作處理(只傳資料的部份，而

省掉了大量的 HTML 標籤與固定圖文資訊，而減少了傳送大筆資料所消耗傳輸的時間，在處理的時候也會順道送出訊息來通知用戶端目前的資料在處理中(才不會出現使用端的網頁是一片空白，並告知使用者資料在處理中)，當伺服器處理好了時候，會把處理好的數據交給客戶端的 AJAX，AJAX 會用 JavaScript 的 DOM 的技術來更新網頁(因為僅更新部份資料，而更新的速度很快，所以客戶端感覺不到網頁的閃爍)。



圖三、Ajax 處理流程圖

### 2.5 傳統的 Web 跟 Ajax 的差異處

(1)對客戶端來說的話，Ajax 是用定時輪詢的方式來對伺服器詢問是否有新的訊息，如果有的話一邊下載新訊息，並通知用戶端資料正在更新中，這樣就可以減少重複更新所浪費的網路資源，也不會出現網頁瘋狂閃爍的情況。

(2)對伺服器端而言，當有客戶端要求的訊息的話，都是經過客戶端的 PC 先行整理過了，因此伺服器所要負擔的工作就變少了。

(3)因為 AJAX 是用 javascript 來進行處理的，因此程式碼會跟 html 產生分離，來提升程式的安全性。

### 三、系統架構分析

在 ASP.NET 1.0/1.1 時期，繪圖沒有統一的繪圖機制，而且繪製出來的圖表會存放在伺服器端的硬碟內，如果沒有特別指定要清除硬碟內的圖表的話，將一直存放在硬碟內，導致伺服

器端的硬碟可用空間變小，而 ASP.NET 2.0 的繪圖機制 Generic Handler 繪製出來的圖表則是存放在伺服器端的記憶體內，只要瀏覽者關閉瀏覽後，伺服器端就會釋放該圖形所佔用的記憶體位址。

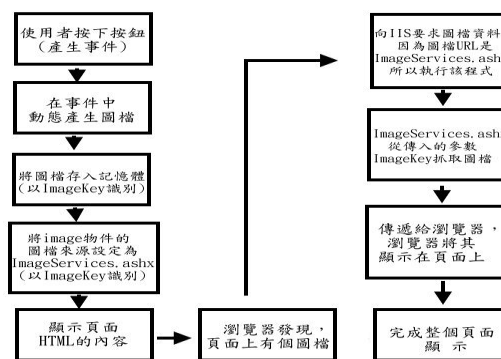
### 3.1 系統概述

一張網頁的完整顯示，其實是透過多次的 IIS 和瀏覽器之間的溝通來完成的，在流程圖中，我們不透過實際產生圖檔，而是透過以 ImageServices.ashx 動態產生圖檔的方式來完成圖檔的顯示。

而這樣的流程有三項好處：

- (1)要動態產生圖檔的頁面，可以專心完成圖檔產生的工作。
- (2)整個系統都可以透過 ImageServices.ashx 來呈現圖檔資料。
- (3)伺服器端不需要殘存任何的圖形檔案資料。(沒有清理 gif 或 jpeg 的困擾)。

Generic Handler 機制運作流程說明如圖一：

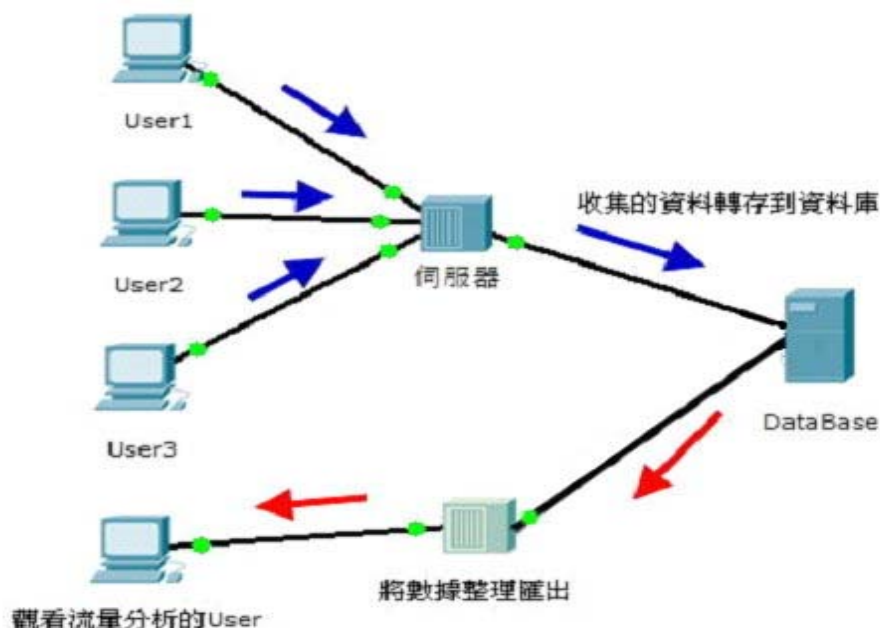


圖四、Generic Handler 機制運作流程

### 3.2 系統架構圖

首先要做的就是對進入系統的瀏覽者進行資料的收集，因為收集到的資料都是以記錄檔的型式儲存，所以在資料分析前，我們就以寫好的程式將其資料轉存到 SQL Server 的格式內存放，當使用者點選了想要閱讀的資料時，系統就將使用者指定的資料統計匯出，同時也將啟用 Generic Handler 機制來對統計出來的資

料做圖表的繪製動作。



圖五、系統介面/架構圖

### 3.3 系統達成之性能

以本系統功能來看，當然基本的功能就是統計出網路的資料流入、流出量，除了這些功能外，系統也能做到在收集到的資料中，以經過運算處理的方式，整理得到的資料把它以有用的資訊數據表示出來，像是能統計瀏覽方所使用的作業系統，如果是使用 Microsoft 的作業系統又是使用哪些版本的，XP、2000、Me、98、NT...等。除了做了瀏覽器的分類外，還有做到資料流動量最大的前五名排名表、伺服器端所回應的平均時間、瀏覽者是從哪個網站進入本網頁的。

### 3.4 新穎概念

- (1)統計報表圖形輸出:針對使用者所選的條件進行流量的分析，以文字搭配各式的圖形輸出，提供各式統計圖表以供參考。
- (2)排名的排序:以天或小時為單位，做出以當天的流量的前十名來做排序。

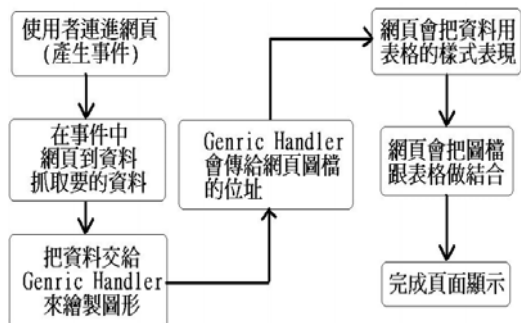
## 四、實做成果

本文實做分析系統的資料來源為「清雲科技大學學生網頁空間系統」每日 IIS 所產生的紀錄檔，時間為 06 年 7 月至 06 年 12 月的資料。該網頁空間管理系統支援 ASP.NET 1.1 以及 PHP 4 動態網頁。透過該系統可讓學生註冊帳號，每一帳號有固定大小的空間，可透過 FTP 上傳動態網頁。因此該系統之紀錄存有學生所製作的各式各樣網站，透過我們所實做的系統將資料加以分析，排名出學生製作的網站熱門度、流量等。

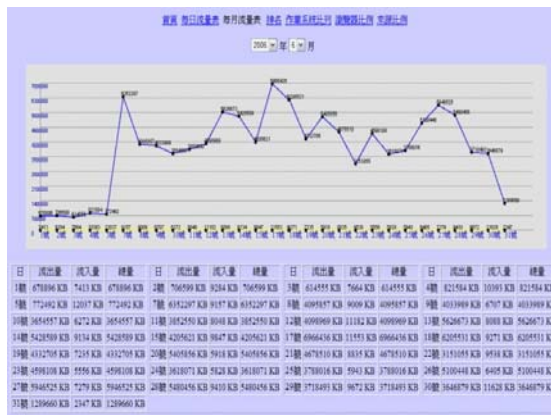
### 4.1 系統運作流程

當瀏覽者進入網站後，系統將會收集瀏覽者的資訊，收集到的資料會以紀錄檔型式儲存資訊。而後，系統預設固定時間，將資料透過寫好的程式轉存到 SQL Server 2005[1-2]裡。接著再根據資料欄位加以分析與統計，分析後的資料數據將交與 ASP.NET 2.0 的 Generic

Handler 機制繪製各項圖表並顯示於管理界面上。系統運作流程如圖六所示。



圖六、系統運作流程圖



圖八、每月流量表折線圖

#### 4.2 基本功能

系統的功能包括了：每日流量表、每月流量表、排名、作業系統比例、瀏覽器比例等功能，以下將一一介紹及說明各功能。

(1)下圖是在系統中點選”每日流量表”所顯示的圖表，系統製作時是採用折線圖的方式來顯示。如圖七：



圖七、每日流量表折線圖

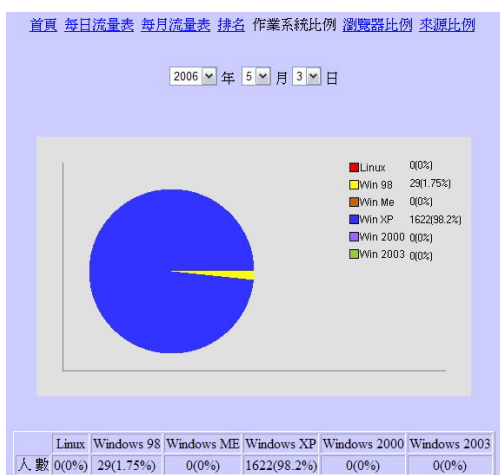
(2)每月流量表:使用者可以選擇想要觀看選定的月份流量狀況，系統除了匯出當月的每日流量數據，同時也會將數據以折線圖的方式輸出。如圖八：

(3)排名:在排名內提供了指定日期內流量的TOP10 的排名，還有熱門網站、檔案的排名，而最下方也做了平系統平均的回應時間。如圖九：



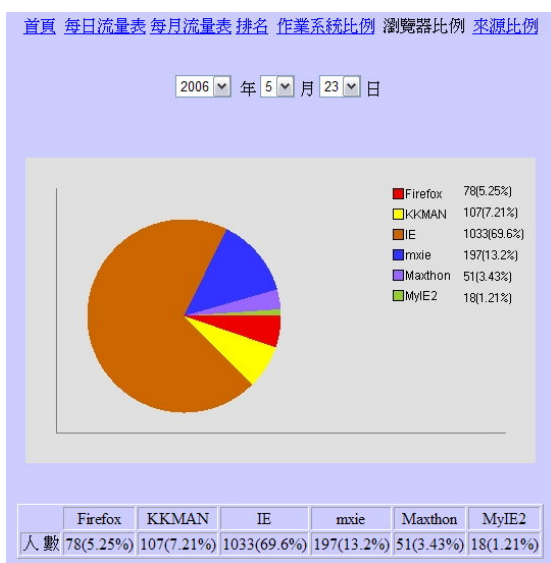
圖九、各項資料的排名

(4)作業系統比例：其功能最主要就是要統計出瀏覽者所使用的作業系統，在圖十中不難發現使用 Windows XP 的使用者還是佔大多數。



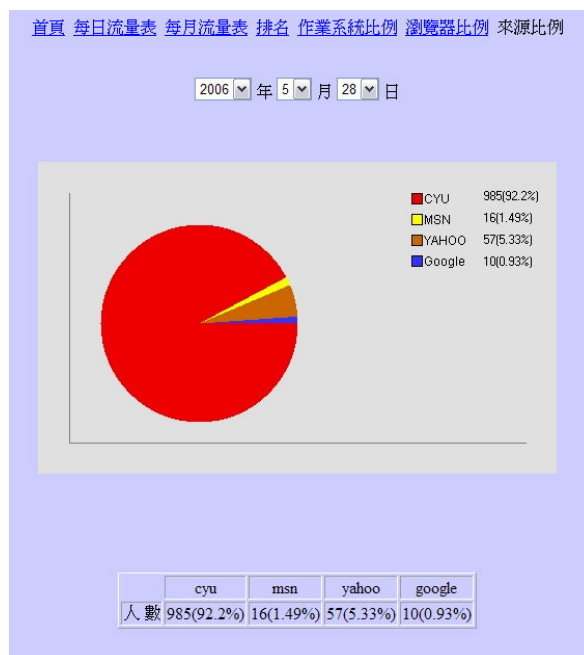
圖十、作業系統比例圓餅圖

(5)瀏覽器比例：此選項的功能是在統計使用者在瀏覽本系統時是使用哪種瀏覽器，在圖中可以看見除了 Internet Explorer 外，還有多家公司所推出的瀏覽器。



圖十一、瀏覽器比例圓餅圖

(6)來源比例：來源比例最主要所以表示的就是使用者是從哪個網站連結進入本站的，圖中可以找到 MSN、YAHOO...等名稱。



圖十二、來源比例圓餅圖

## 五、結論

在目前網際網路普及率這麼高的現在，上網際網路占了人們大部分的時間，所以在網路上消費、分享文章...等行為，也日漸頻繁。這時，伺服器要如何迎合使用者的喜好就特別重要了，所以使用流量分析系統就可以用清楚數據讓伺服器瞭解到這點。另外，這次的所製作的系統內容中也去統計了現在作業系統和瀏覽器的使用趨勢走向，可以在內容中發現比例相差的非常懸殊，微軟的產品還是占了大部份。

此外，在製作的過程中，因為原本 ASP.NET 並不是很熟悉，所以說一開始從理論切入到實作時，會遇到一些撰寫的小錯誤，而導致系統在數據的統計上，不是很精準，像是在排名內的累積人數就是出現類似這種問題，明明是屬於同一 IP，可是他只要一直重覆進出網頁系統就會誤判是新的瀏覽者進入，還好最後發現了這個嚴重的程式上的判斷錯誤，也在後來的程式修正中解決了這個問題。

大致上系統的架構是完成的，在經過多人多次的重覆測試中是沒問題的，再來剩下後面如果

有需要新增一些數據分析的部分，只要再多撰寫新的部份就好了，不需要修改到主程式的部份，因為在製作初期就是採用各個程式分開撰寫的模式，對日後功能上的刪除或新增有很好的便利性。

#### 參考文獻

- [1] 施威銘研究室，Microsoft SQL Server 2005 設計實務，旗標出版股份有限公司。
- [2] 桂思強，資料庫設計實務，碁峰資訊股份有限公司。
- [3] 陳會安，ASP.NET 2.0 網頁製作徹底研究 第二版，旗標出版股份有限公司。
- [4] 董大偉，ASP.NET 2.0 深度剖析範例集，博碩文化股份有限公司。
- [5] 陳維魁、沈志鴻，一個兼具可靠及易使用特性的動態網頁空間管理系統實作，第十一屆資訊管理暨實務研討會，2005。



## 電池動態放電之殘電量預估研究

### Research on State of Charge for Dynamic Loaded Battery

盧樹台<sup>1</sup> 廖炯州<sup>2</sup> 盧冠榮<sup>3</sup>

Shuh-Tai Lu<sup>1</sup>, Chiung-Chou Liao<sup>2</sup>, Kuan-Jung Lu<sup>3</sup>

清雲科技大學資訊工程系<sup>1</sup>

清雲科技大學電子工程系<sup>2,3</sup>

[Shuhtai@cyu.edu.tw](mailto:Shuhtai@cyu.edu.tw)<sup>1</sup>

[ccliao@cyu.edu.tw](mailto:ccliao@cyu.edu.tw)<sup>2</sup>

[ashug4162@yahoo.com.tw](mailto:ashug4162@yahoo.com.tw)<sup>3</sup>

#### 摘要

本論文主要是利用模糊理論為基礎，探討一種電池動態放電後的殘電量預估方法。首先對電池以動態電子負載分別進行方波、鋸齒波、正弦波等動態電流波形放電以及定電流放電的實驗，觀察其電壓與電壓變化率的特性，設計出模糊理論預估方法。之後再以不同頻率的方波、鋸齒波、正弦波等波形對模糊理論預估方法進行驗證，以探討模糊理論預估方法在動態放電方面的準確性。事實上，一般的電能消耗是隨使用者的需要在變動；而與固定負載的放電情形相比較下，動態負載的電池量測會比較複雜且難以預料。目前國內外對於動態放電方面的研究仍然只在少數，所以本論文著重在探討電池動態放電的部分，而本論文最後所設計出來的模糊理論預估方法，在經過動態放電的驗證之後，誤差的結果為  $\pm 7\%$ 。

**關鍵字詞：**電池、動態負載、殘電量。

## **Abstract**

A method of predicting state of charge (SOC) of dynamic loading battery by using fuzzy theory is introduced in this paper. Three kinds of well-known current waveforms, sine, square, and saw-tooth, will be considered as dynamic loadings. The idea comes from the real energy consumption of an automobile battery is dynamic also. At first, some loading conditions, such as constant-current and the three well-known dynamic loadings were used in experiments where voltages and voltage variations of batteries were recorded as reference data. Base on the reference data, a fuzzy SOC predicting method was organized. Then, the method was verified by using other dynamic conditions with different frequencies. Actually, the SOC predicting for dynamic loadings is very complicated and not many researchers touched on this topic. After a lot of efforts have been done, we find the best accuracy of our SOC predicting method for dynamic loading experiments in this paper is approaches 93%.

**Key words:** battery, dynamic loading, state of charge.

## 前言

目前國內電動機車的主流仍為鉛酸電池，雖然已有其他新型態的電池，如鎳鎘、鎳氫及鋰離子等電池被研發出來，但因其成本高、價格昂貴；而鉛酸電池的價格不但較低廉且製造技術已經成熟，所以目前國內的電動機車大部分還是採用鉛酸電池[2]。而且目前使用在電動機車的鉛酸電池，續行力最高也只有 74~88 公里。因此，如何準確的測量出電動機車行駛中電池的殘電量，也就成了當前主要的課題[3-7]。

而現在一般所使用的鉛酸電池量測方法有以下幾種：1.電解液比重法、2.開路電壓法、3.內阻測定法、4.負載電壓法、5.庫倫量測法[8,9]。但是在上面所述的幾種量測方法中，電解液比重法已不適用於現在的密閉式鉛酸電池；而開路電壓法則必須靜置一段時間，等待電解液濃度擴散均勻，所量測到的數值才會準確；內阻測定法又是經由量測內阻來進行殘電量的判斷，因此當電池開始老化時，就會造成量測的誤差，且內阻量測法的四種基本方法中，所量測到的數值，往往有些微的差距；負載電壓法則是只適用於定電流放電的情形下；庫倫量測法是目前較為準確也較常見的預估方式，但卻必須求得初期使用時的剩餘電量，才能藉由減去累積消耗能量的差值來預估殘電量，且大電流放電所造成的電池容量誤差也是個問題。因此，以上幾種方法幾乎都沒辦法在短時間內進行殘電量的量測。但是電動機車在實際上的行駛狀態下，應該是動態且即時的，所以我們決定採用模糊理論量測法[10-12]來進行實驗，下面將會對我們所採用的模糊理論量測法與整個實驗架構進行詳細的說明。

## 壹、模糊理論量測法的原理

模糊理論是由美國加州柏克萊大學的 L. A. Zadeh(札德)教授在 1965 年所提出，是為了解決真實世界中普遍存在的模糊現象而發展的一門學問，主要用以將模糊概念量化。其應用主要偏重於對人類經驗及問題特性的掌握程度，而不使用

繁雜的數學分析及數學模式來解決問題。一般傳統集合之特性為非 0 即 1，但是這樣的二分法與人類平日的思維模式其實是格格不入的。因此，根據參數對集合歸屬程度的強弱，在 0~1 之間取值，形成所謂的模糊集合，再建立模糊規則庫，並解模糊化，得出我們所需要的答案，即為模糊理論的原理。

而在模糊理論量測法的設計中，主要可分為三個部分，分別是：1.模糊化與歸屬函數、2.建立模糊規則庫與選擇模糊推論工廠、3.解模糊化。這三個主要的部分，我們將在下面的小節進行介紹。

### 1.1 模糊化與歸屬函數

模糊化的過程即是將取樣輸入值，經由映射方式對應至語句變數之歸屬函數上，以“模糊”之型式作為模糊推論的輸入。所以必須先設計模糊控制中的前件部(輸入)及後件部(輸出)語句變數的個數與種類，並根據變數需求及經驗法則建立各語句變數之歸屬函數。模糊控制的基本架構如圖1：

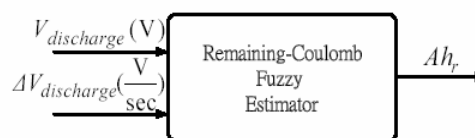


圖1 模糊控制基本架構圖

如上所述，首先必須得先決定模糊控制中的前件部(輸入)與後件部(輸出)，而前件部及後件部的設定，其實是根據每個人的需要來加以決定的。而在這裡，我們假設在前件部當中，若是單純只以電壓來決定殘電量的多寡，並無法準確的將殘電量計算出來，因此另外加入了有載後的電壓變化，來增加殘電量估測的準確度。所以最後就可以定義出，模糊控制的輸入為電壓值與電壓變化量，輸出則為殘電量大小。

當我們將語句變數(前件部與後件部)決定之後，接著就可以將歸屬函數的形狀定義出來，而歸屬函數形狀及個數的定義，是從所參考的資料

中，依據需求及經驗來決定的，所以我們可以將前件部輸入  $V_{\text{discharge}}$  定義為五個種類，如圖 2 所示。另一個前件部輸入  $\Delta V_{\text{discharge}}$  則定義出三個種類，如圖 3 所示。最後再將後件部輸出  $Ah_r$  定義出五個種類，如圖 4。

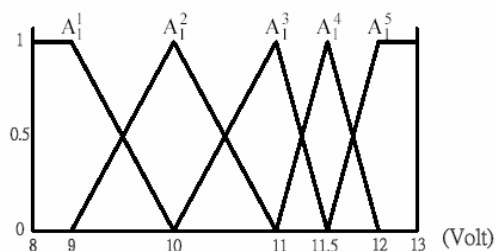


圖2 電壓歸屬函數

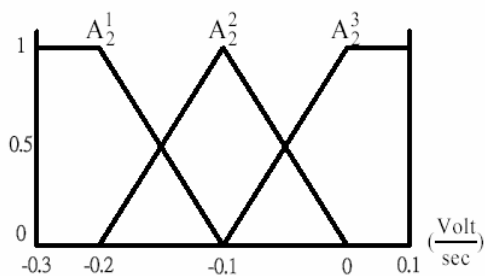


圖3 電壓變化率歸屬函數

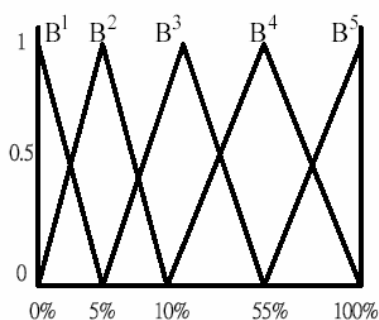


圖 4 殘電量歸屬函數

## 1.2 模糊規則庫與模糊推論工廠

接下來第二步就必須要決定模糊規則的形式，並且列出所有相關的規則，完成模糊控制所

需要的模糊規則庫。而模糊規則庫其實是根據常理的判斷與適當的依據，以及實際上獲得的各種經驗累積，加以建立而成的。所以在鉛酸電池中，這些模糊規則的訂定，就必須根據電池使用時間的長短以及多次放電所得數據資料將規則合理化，並以IF-THEN的形式來表示。以下列出此模糊控制的模糊規則庫，如表1。

表 1 模糊規則表

$V_{\text{discharge}}$ $\Delta V_{\text{discharge}}$	$A_1^1$	$A_1^2$	$A_1^3$	$A_1^4$	$A_1^5$
$A_2^1$	$B^1$	$B^1$	$B^1$	$B^2$	$B^3$
$A_2^2$	$B^1$	$B^1$	$B^2$	$B^3$	$B^4$
$A_2^3$	$B^1$	$B^2$	$B^3$	$B^4$	$B^5$

表1的模糊推論工廠觸發規則 $R^n$ 說明如下例：

$R^1$ ：若 $V_{\text{discharge}}$ 為 $A_1^1$ 、且 $\Delta V_{\text{discharge}}$ 為 $A_2^1$ ，則 $Ah_r$ 為 $B^1$

$R^2$ ：若 $V_{\text{discharge}}$ 為 $A_1^1$ 、且 $\Delta V_{\text{discharge}}$ 為 $A_2^2$ ，則 $Ah_r$ 為 $B^1$

再來必須決定要採用何種模糊推論引擎，對於這個模糊控制而言，每一秒鐘所量測到的電壓值與電壓變化值均為單值輸入，因此我們可以選取最普遍使用的最小推論工場 (Minimum Inference Engine)。其計算如下方程式(1)

$$B^i(Ah) = \max_{i=1}^m [A_i^j(V_d) \wedge A_i^k(\Delta V_d) \wedge B^i(Ah)] \quad (1)$$

假設有一組輸入值(  $V_{\text{discharge}}$  ,  $\Delta V_{\text{discharge}}$  ) = (11.1 , -0.1)，則此模糊推論工廠觸發了兩條規則，分別為 $R^8$ 及 $R^{11}$ ，由觸發的高度取其交集，可以得到被切斷之模糊集合(灰色區域)  $B^2$ 及 $B^3$ ，如圖5所示，其中灰色區域之高度就是不同規則下的適合度，由圖中可以看出， $R^8$ 的適合度為0.8、 $R^{11}$ 的適

合度為0.2，再來只要將這兩個模糊集合聯集起來，就可以得到如圖6的後件部模糊集合。

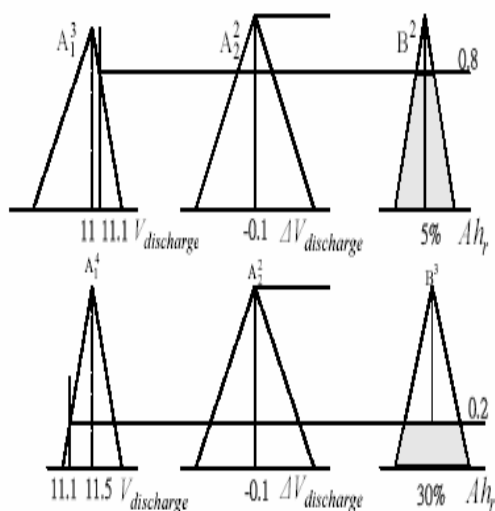


圖5 觸發之模糊規則與適合度

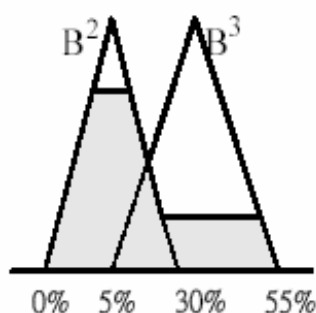


圖6 後件部模糊集合

### 1.3 解模糊化

最後一步只需要將模糊集合解模糊化，即可得到所估測的殘電量。解模糊化最主要的功能，就是將經過模糊規則與推論工廠所得出的後件部模糊集合，進行解模糊化的動作，以得出一明確的最後輸出值。

解模糊化的方法很多，而因為這裡所設計的模糊集合是屬於對稱的，只需要選取最方便計算且常用的中心平均值解模糊化法( Center Average

Defuzzification )就足夠了，同時，此法亦稱為高度解模糊化法( Height Defuzzification )。其式子如方程式(2)：

$$Ah_r = \frac{\sum_{i=1}^m P_i \times h(B_i^i)}{\sum_{i=1}^m h(B_i^i)} \quad (2)$$

其中 $h(B_i^i)$ 表示每個 $B_i^i$ 之高度、 $P_i$ 表示所觸發規則下之模糊集合的中心點 $Ah_r$ 值。因此，在上面假設的輸入值 $(V_{discharge}, \Delta V_{discharge}) = (11.1, -0.1)$ 情況下，所得到的分母部分為：

$$\sum_{i=1}^m h(B_i^i) = 0.8 + 0.2 = 1 \quad (3)$$

分子部分則為：

$$\sum_{i=1}^m P_i \times h(B_i^i) = 0.05 \times 0.8 + 0.3 \times 0.2 = 0.1 \quad (4)$$

最後，就可以得出殘電量為：

$$Ah_r = \frac{\sum_{i=1}^m P_i \times h(B_i^i)}{\sum_{i=1}^m h(B_i^i)} = 10\% \quad (5)$$

如上所述，模糊理論量測法是以電池放電時的電壓以及電壓變化量為輸入值，再經由模糊規則庫與推論工廠進行推論，得出最後的殘電量。因為是以放電時的電壓及電壓變化量為輸入值，因此能夠對電池進行即時的量測，而不須再等待一段時間。

## 貳、實驗架構與方法

### 2.1 實驗架構

本論文實驗的硬體架構是由廣隆鉛酸電池、動態電子負載、USB 資料擷取盒、MATLAB 程式

語言及一台電腦所構成，如圖 7 所示。首先將鉛酸電池配合動態電子負載進行放電，再以 USB 資料擷取盒擷取其每秒的電壓值，儲存於電腦，最後再經由 MATLAB 程式語言進行分析及研究。

而在圖 7 所顯示的實驗架構圖中所使用的電子負載，是以我們所設計的動態放電電路來完成，用來取代動態電子負載的作用，如圖 8。其中變壓器 T1、二極體 D1 至 D4 及電容 C3、C4，形成了降壓與整流濾波電路，由 U1、U2、U3 及 U6 穩壓 IC 供應+16.5V、+12V 及-12V、+10V 直流電壓給其他的電路使用。U4 為比較器，當電池電壓低於 10 伏特時，繼電器會動作使放電動作停止，以避免電池過度放電。電阻 R8 是設定避免電池過度放電電壓 (10 伏特) 的關鍵元件，調整 R8 可以設定放電動作停止電壓。

U5 與其週邊之元件形成電壓至電流轉換器 (Voltage to current converter)，可將來自 Signal Input 的動態輸入電壓  $V_s$  轉換成動態放電電流  $I_{discharge}$ ，對鉛酸電池放電。當需要定電流放電時，僅需將 Signal Input 的輸入端接一定電壓即可。如果動態輸

入電壓  $V_s$  是來自電腦控制的數位至類比轉換電路 (Digital to analog converter)，則任意動態放電可經由此電路實現。電阻 R4 是設定電池放電電流的關鍵元件，在一定電壓下，調整 R4 可以設定放電電流大小。圖 8 中，當 SW2 導通時，電池開始放電，電晶體 Q4 及 Q5 則可以讓電路有足夠的放電能力。動態放電電流  $I_{discharge}$  與動態輸入電壓  $V_s$  的關係可以表示如方程式(6)：

$$I_{discharge} = V_s \cdot \frac{R5}{(R4 + R5) \cdot R7} \quad (6)$$

## 2.2 實驗方法

本論文所使用的實驗方法為：首先針對一顆廣隆 WP26-12 的鉛酸電池，配合動態電子負載，依次選擇方波、鋸齒波及正弦波電流放電，量測有載電壓值並進行每秒一次的紀錄，然後觀察電池有載電壓與時間的關係。如此，即可得到方波、鋸齒波及正弦波電流放電之殘電量 100%、80%、60%、40% 及 20% 的放電電壓波形。

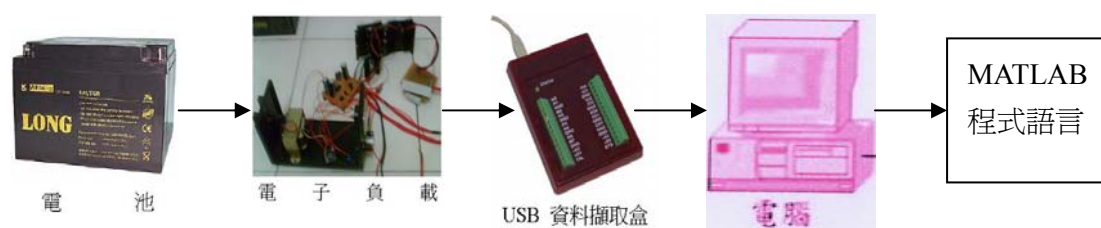


圖 7 實驗架構圖

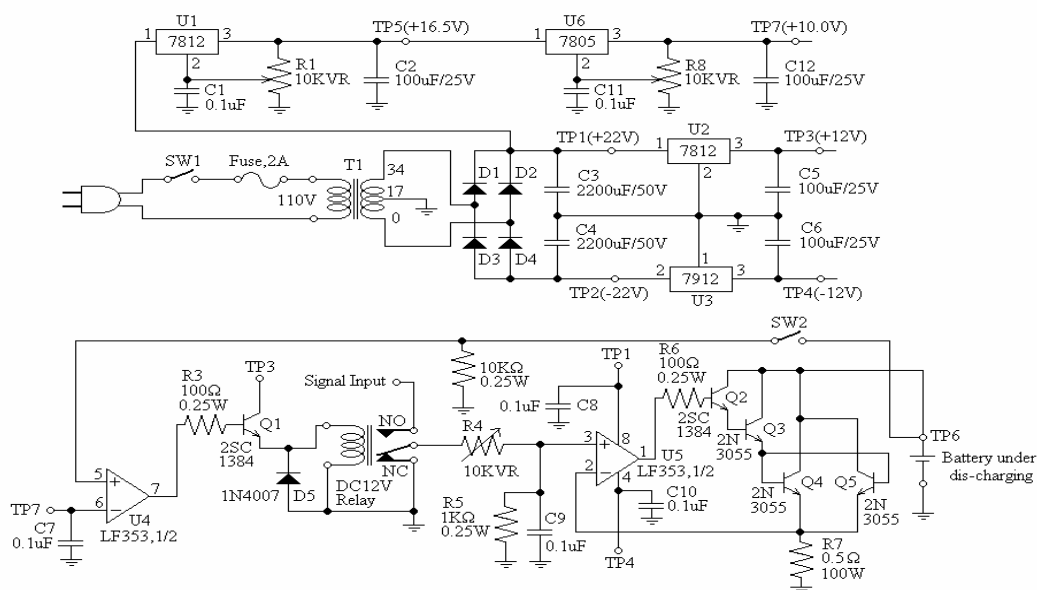


圖 8 鉛酸電池動態放電電路圖

同時，為了與定電流放電進行比較，也依序量測出定電流放電下之殘電量 100%、80%、60%、40% 及 20% 的放電電壓波形。

然後再依據我們的需要，定義出模糊控制的前件部(輸入)為電壓值與電壓變化量，後件部(輸出)則為殘電量大小。並且根據殘電量 100%、80%、60%、40% 及 20% 的放電電壓波形，可以定義出電壓值與電壓變化量都是 5 個種類，而殘電量也是定義出 5 個種類。再來就要決定模糊規則的型式，必須根據之前所量測的殘電量資料及電池使用時間的長短將其規則合理化，並製作出模糊規則表。之後就是決定模糊推論工廠，因為前件部每一秒鐘所量測到的電壓值與電壓變化量均為單值輸入，因此我們只須選取最普遍使用的最小推論工場 (Minimum Inference Engine) 即可。最後則是要將推論出來的模糊集合解模糊化，而因為我們設計的模糊集合是屬於對稱的，所以本文所選擇的解模糊方法是最方便計算也最為常用的中心平均值解法(高度解模糊化法)，在經過計算之後，就會得到電池殘電量的預估值，此即為「模糊理論量測」的基本雛形。

在之後的結果驗證方面，我們會將信號產生

器產生不同頻率後，以方波輸入至電子負載，模擬其動態負載情形放電一段時間，且每次的放電時間均不相同。再以我們所做出的模糊理論量測雛型來進行殘電量的預估，然後量測實際上的殘電量值，與雛型所預估的值進行比較，若是不夠精確，則再進行修正。最後，重覆上面的方法，分別再以正弦波、鋸齒波進行比較及修正，直至所預估出來的殘電量精確為止。

## 參、成果與驗證

### 3.1 實驗成果

我們首先利用圖 8 的動態放電電路，依次測量出鉛酸電池以方波、鋸齒波、正弦波及定電流進行放電的波形，結果如下圖 9 至 28。其中圖 9 至圖 13 是鉛酸電池在 100%、80%、60%、40%、20% 的情況下以  $7.8A \pm 1.8A$ , 1 Hz 方波放電所得到的結果；圖 14 至圖 18 是鉛酸電池在 100%、80%、60%、40%、20% 的情況下以  $7.8A \pm 1.8A$ , 1 Hz 鋸齒波放電所得到的結果；圖 19 至圖 23 是鉛酸電池在 100%、80%、60%、40%、20% 的情況下以  $7.8A \pm 1.8A$ , 1 Hz 正弦波放電所得到的結果；圖 24 至圖 28 則是鉛酸電池在 100%、80%、60%、40%、20% 的情況

下以定電流 7.8A 放電所得到的結果。若放電頻率太高,動態放電特性將不易顯現,此為我們選擇 1Hz 為放電參考的理由。

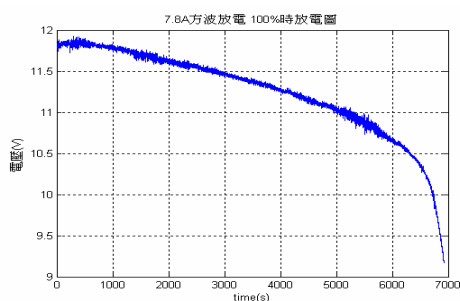


圖 9 鉛酸電池 100%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 方波放電圖

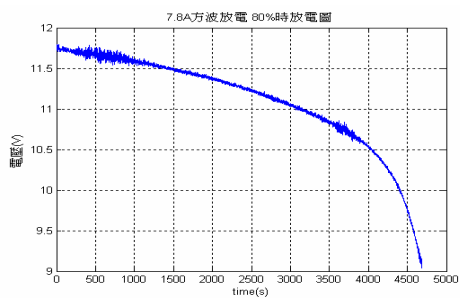


圖 10 鉛酸電池 80%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 方波放電圖

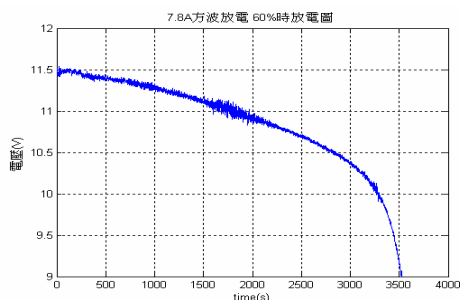


圖 11 鉛酸電池 60%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 方波放電圖

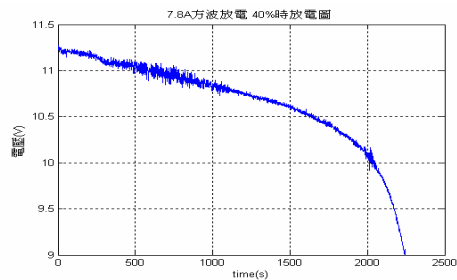


圖 12 鉛酸電池 40%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 方波放電圖

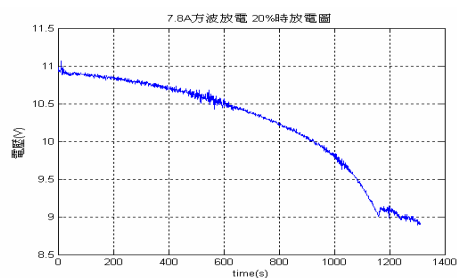


圖 13 鉛酸電池 20%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 方波放電圖

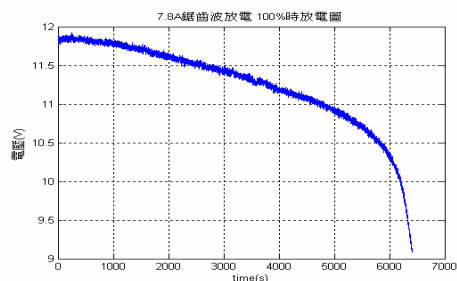


圖 14 鉛酸電池 100%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 鋸齒波放電圖

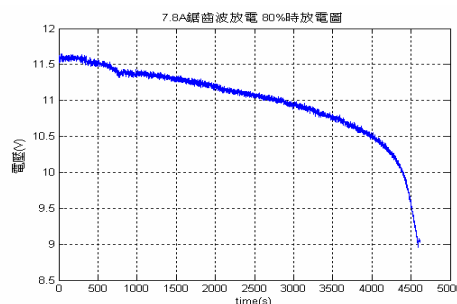


圖 15 鉛酸電池 80%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 鋸齒波放電圖



放電圖

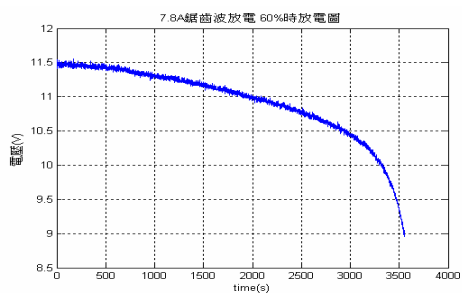


圖 16 鉛酸電池 60%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 鋸齒波放電圖

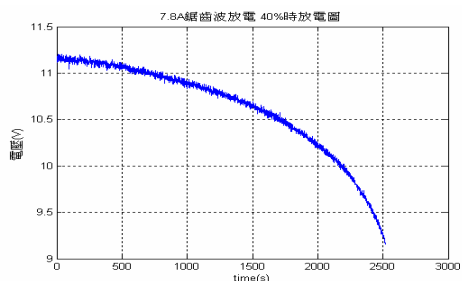


圖 17 鉛酸電池 40%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 鋸齒波放電圖

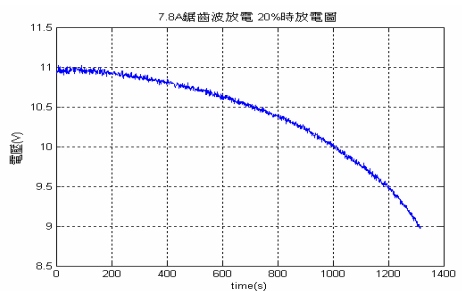


圖 18 鉛酸電池 20%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 鋸齒波放電圖

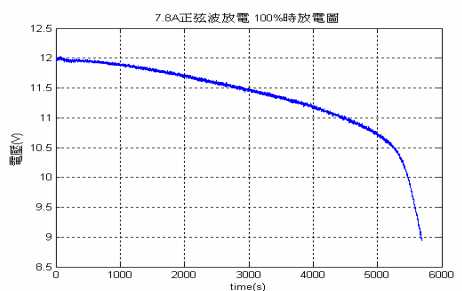


圖 19 鉛酸電池 100%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 正弦波放電圖

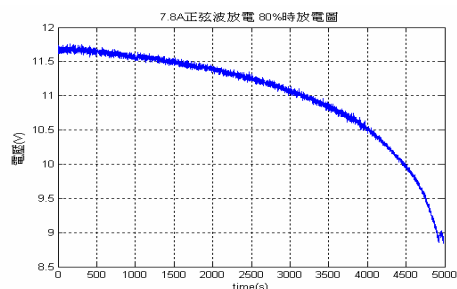


圖 20 鉛酸電池 80%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 正弦波放電圖

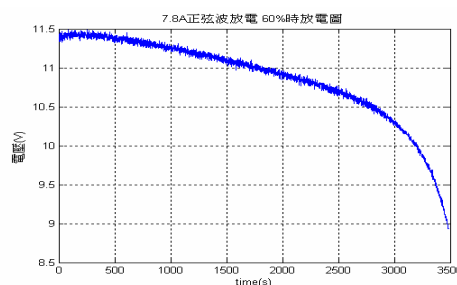


圖 21 鉛酸電池 60%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 正弦波放電圖

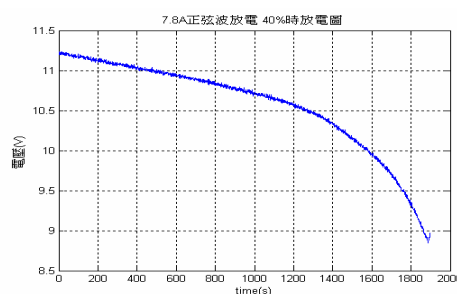


圖 22 鉛酸電池 40%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 正弦波放電圖

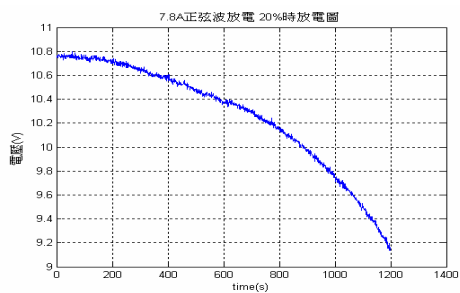


圖 23 鉛酸電池 20%時以 7.8A±1.8A, 1Hz 正弦波放電圖

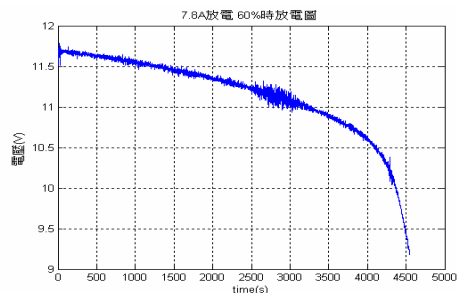


圖 26 鉛酸電池 60%時以 7.8A 定電流放電圖

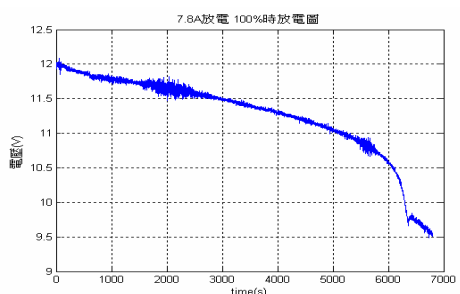


圖 24 鉛酸電池 100%時以 7.8A 定電流放電圖

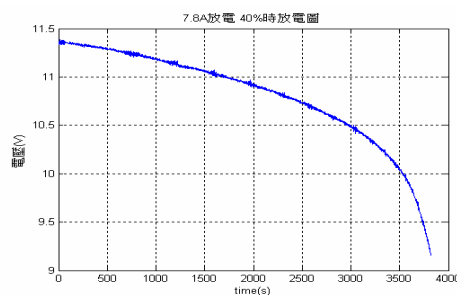


圖 27 鉛酸電池 40%時以 7.8A 定電流放電圖

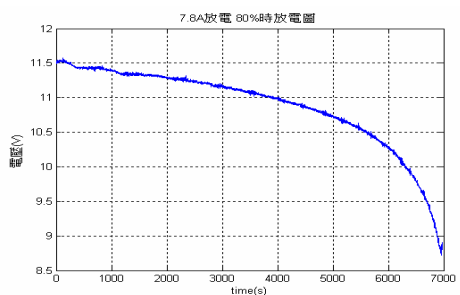


圖 25 鉛酸電池 80%時以 7.8A 定電流放電圖

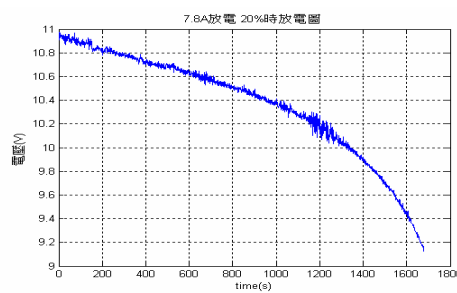


圖 28 鉛酸電池 20%時以 7.8A 定電流放電圖

利用這些結果，我們就可以設定出一個基本的模糊集合參數，之後再以下面的結果驗證對其進行比對及調整，即可得到完整的殘電量預估方法。我們所設計出的模糊集合歸屬函數如下圖 29 至圖 31，其中圖 29 和 30 各為前件部輸入 Volt(電壓值)及 Volt/sec(電壓變化量)的歸屬函數，圖 31 則為後

件部輸出 AH(殘電量)的歸屬函數。

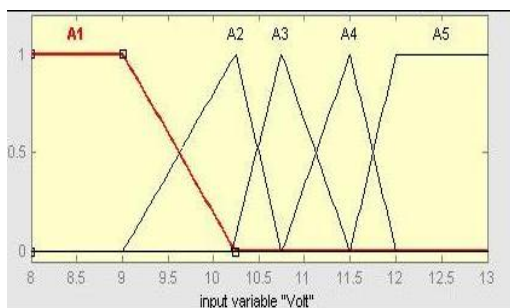


圖 29 第一輸入變數 Volt 歸屬函數分佈圖

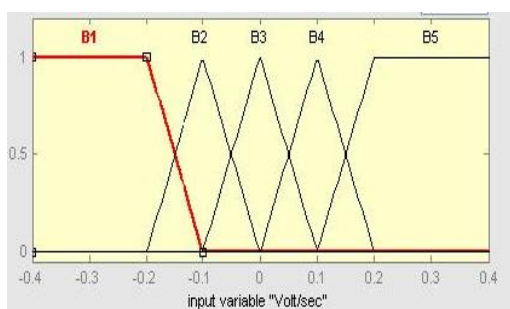


圖 30 第二輸入變數 Volt/sec 歸屬函數分佈圖

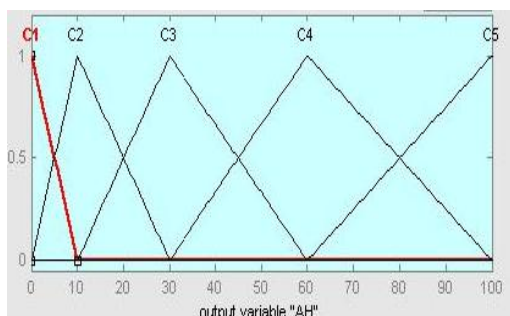


圖 31 輸出變數 AH 歸屬函數分佈圖

而我們所設計的模糊規則表如下表 2：

表 2 本論文模糊規則表

Volt/Sec	Volt				
	A1	A2	A3	A4	A5
B1	C1	C1	C3	C4	C4
B2	C1	C1	C2	C4	C4

B3	C1	C2	C3	C4	C5
B4	C1	C2	C3	C5	C5
B5	C2	C3	C2	C4	C5

其模糊規則說明如下例：

$R^1$ ：若 Volt 為 A1、且 Volt/sec 為 B1，則 AH 為 C1

### 3.2 結果驗證

當我們設計出上面的模糊集合歸屬函數及模糊規則表之後，還需要再進行測試，驗證其是否準確。首先，我們將信號產生器產生不同頻率後，以方波輸入至電子負載，模擬其動態負載情形放電一段時間，且每次的放電時間均不相同，放電圖形為圖 32 至圖 37。其中圖 32 是以  $7.8A \pm 1.8A$ , 0.5 Hz 方波放電 10 分鐘、圖 33 是以  $7.8A \pm 1.8A$ , 2 Hz 方波放電 20 分鐘、圖 34 是以  $7.8A \pm 1.8A$ , 10 Hz 方波放電 30 分鐘、圖 35 是以  $7.8A \pm 1.8A$ , 5 Hz 方波放電 40 分鐘、圖 36 是以  $7.8A \pm 1.8A$ , 1 Hz 方波放電 50 分鐘、圖 37 是以  $7.8A \pm 1.8A$ , 0.2 Hz 方波放電 60 分鐘所得到的結果。

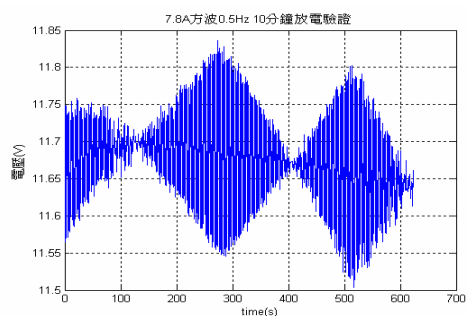
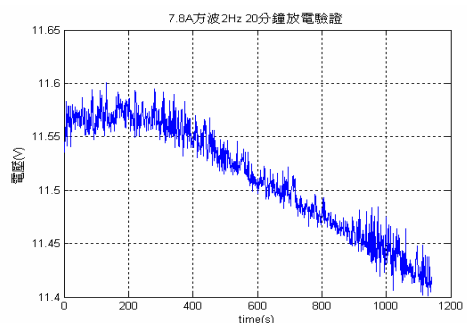


圖 32 以  $7.8A \pm 1.8A$ , 0.5Hz 方波 10 分鐘放電圖



圖

33 以  $7.8A \pm 1.8A, 2\text{ Hz}$  方波 20 分鐘放電圖

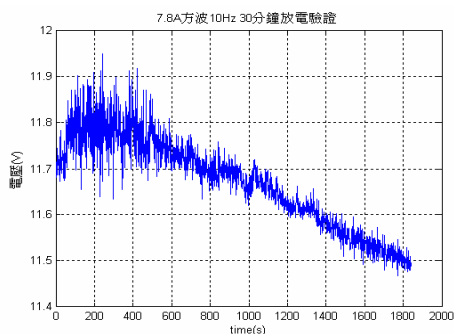


圖 34 以  $7.8A \pm 1.8A, 10\text{Hz}$  方波 30 分鐘放電圖

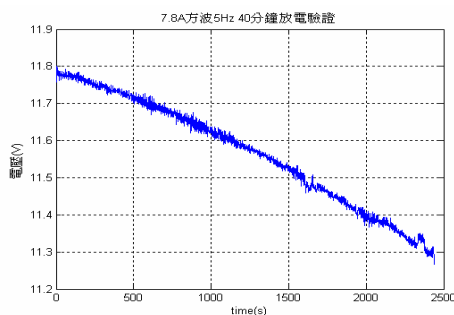


圖 35 以  $7.8A \pm 1.8A, 5\text{Hz}$  方波 40 分鐘放電圖

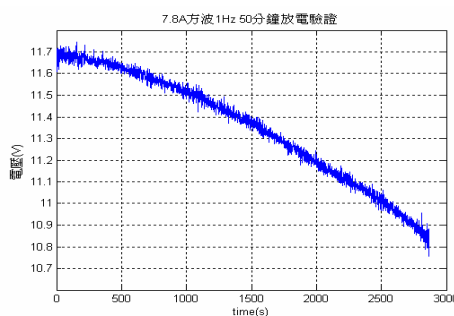


圖 36 以  $7.8A \pm 1.8A, 1\text{Hz}$  方波 50 分鐘放電圖

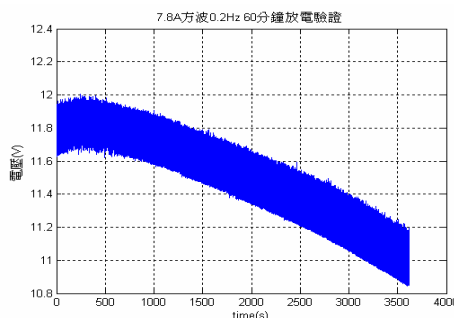


圖 37 以  $7.8A \pm 1.8A, 0.2\text{Hz}$  方波 60 分鐘放電圖

然後再以我們所設計出來的模糊集合歸屬函數對其進行預估，預估的結果如下：圖 32 的預估結果為 68.4 %、圖 33 為 60.7 %、圖 34 為 62.8 %、圖 35 為 57 %、圖 36 為 36.6 %、圖 37 為 50.3 %。而圖 32 至 37 的實際殘電量值分別為 75 %、55 %、68.5 %、50 %、32 %、44 %，經過比較之後可以發現，誤差值分別為 -6.6 %、+5.7 %、-5.7 %、+7 %、+4.6 %、+6.3 %，其誤差均在  $\pm 7\%$  之內，具有相當的準確度。

量測完方波方面的驗證之後，我們再依照上面的方法，同樣的進行鋸齒波的驗證，所得到的放電圖形為圖 38 至圖 43。其中圖 38 是以  $7.8A \pm 1.8A, 1\text{ Hz}$  鋸齒波放電 10 分鐘、圖 39 是以  $7.8A \pm 1.8A, 10\text{ Hz}$  鋸齒波放電 20 分鐘、圖 40 是以  $7.8A \pm 1.8A, 2\text{ Hz}$  鋸齒波放電 30 分鐘、圖 41 是以  $7.8A \pm 1.8A, 0.5\text{ Hz}$  鋸齒波放電 40 分鐘、圖 42 是以  $7.8A \pm 1.8A, 0.2\text{ Hz}$  鋸齒波放電 50 分鐘、圖 43 是以  $7.8A \pm 1.8A, 5\text{ Hz}$  鋸齒波放電 60 分鐘所得到的結果。

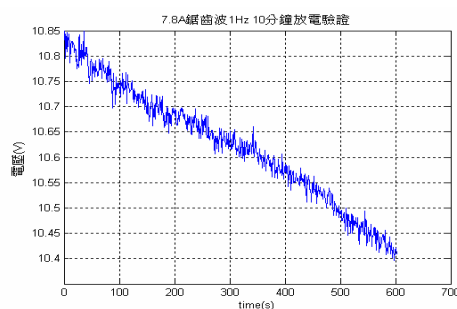


圖 38 以  $7.8A \pm 1.8A, 1\text{Hz}$  鋸齒波 10 分鐘放電圖

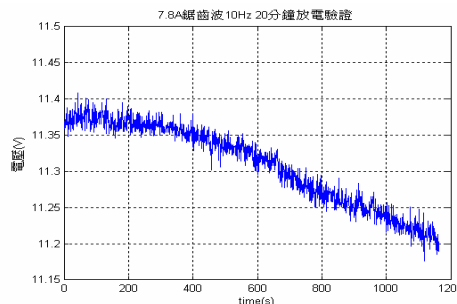


圖 39 以  $7.8A \pm 1.8A, 10\text{Hz}$  鋸齒波 20 分鐘放電圖

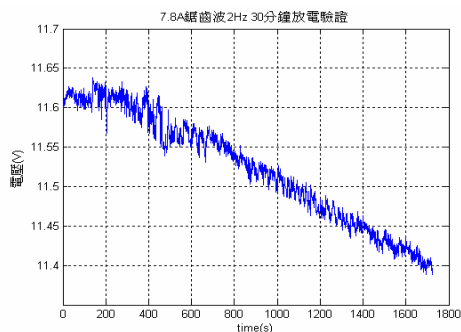


圖 40 以  $7.8A \pm 1.8A, 2Hz$  鋸齒波 30 分鐘放電圖

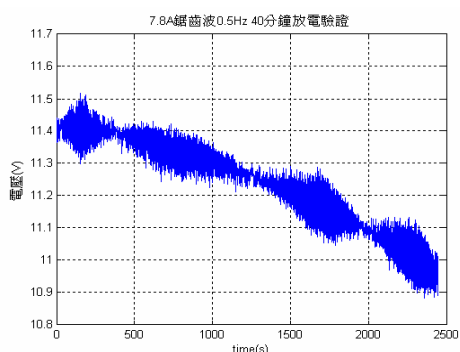


圖 41 以  $7.8A \pm 1.8A, 0.5Hz$  鋸齒波 40 分鐘放電圖

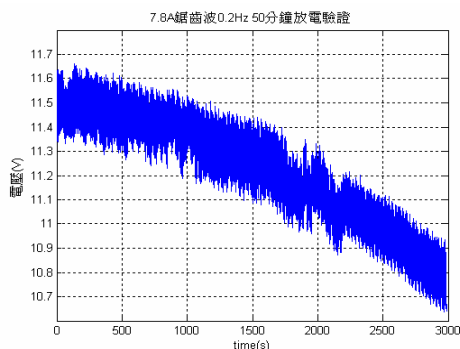


圖 42 以  $7.8A \pm 1.8A, 0.2Hz$  鋸齒波 50 分鐘放電圖

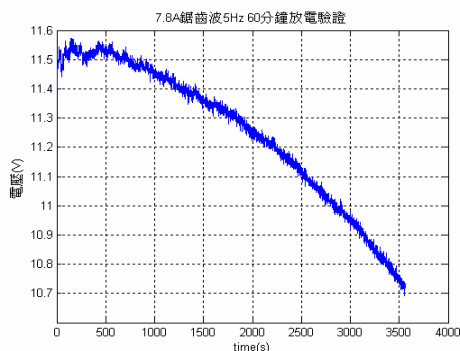


圖 43 以  $7.8A \pm 1.8A, 5Hz$  鋸齒波 60 分鐘放電圖

同樣的也以我們所設計出來的模糊集合歸屬函數對其鋸齒波放電進行預估，預估的結果如下：圖 38 的預估結果為 25.2 %、圖 39 為 52.6 %、圖 40 為 60.4 %、圖 41 為 39.6 %、圖 42 為 24.3 %、圖 43 為 32.9 %。而圖 38 至 43 的實際殘電量值分別為 23 %、84.5 %、60 %、37 %、30 %、36.5 %，經過比較之後可以發現，誤差值分別為 +2.2 %、+3.6 %、+0.4 %、+2.6 %、-5.7 %、-3.6 %，其誤差均在  $\pm 6\%$  之內，也有相當的準確度。

最後，再以同樣的方法進行正弦波的驗證，所得到的放電圖形為圖 44 至 49。其中圖 44 是以  $7.8A \pm 1.8A, 10 Hz$  正弦波放電 10 分鐘、圖 45 是以  $7.8A \pm 1.8A, 0.2 Hz$  正弦波放電 20 分鐘、圖 46 是以  $7.8A \pm 1.8A, 0.5 Hz$  正弦波放電 30 分鐘、圖 47 是以  $7.8A \pm 1.8A, 2 Hz$  正弦波放電 40 分鐘、圖 48 是以  $7.8A \pm 1.8A, 5 Hz$  正弦波放電 50 分鐘、圖 49 是以  $7.8A \pm 1.8A, 1 Hz$  正弦波放電 60 分鐘所得到的結果。

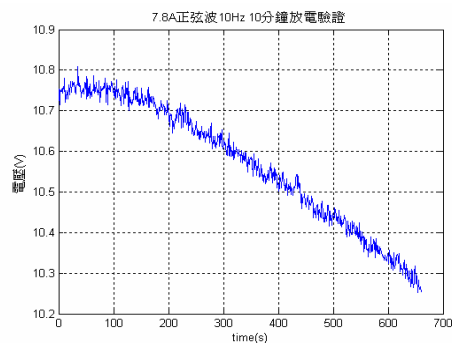


圖 44 以  $7.8A \pm 1.8A, 10Hz$  正弦波 10 分鐘放電圖

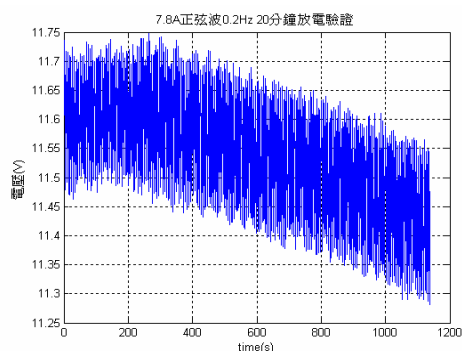


圖 45 以  $7.8A \pm 1.8A, 0.2Hz$  正弦波 20 分鐘放電圖

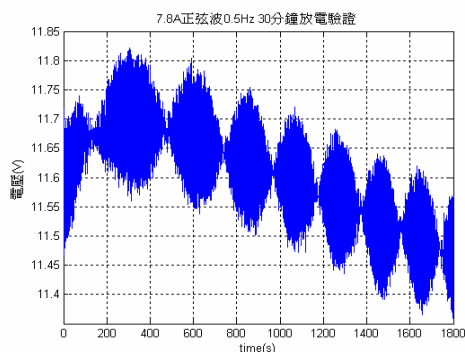


圖 46 以  $7.8A \pm 1.8A, 0.5Hz$  正弦波 30 分鐘放電圖

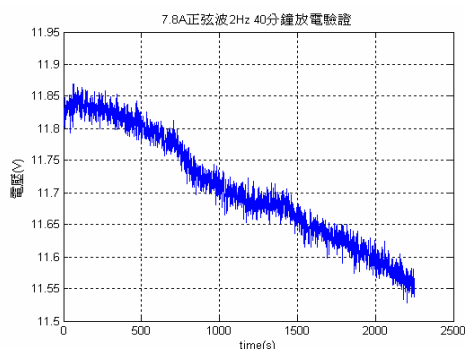


圖 47 以  $7.8A \pm 1.8A, 2Hz$  正弦波 40 分鐘放電圖

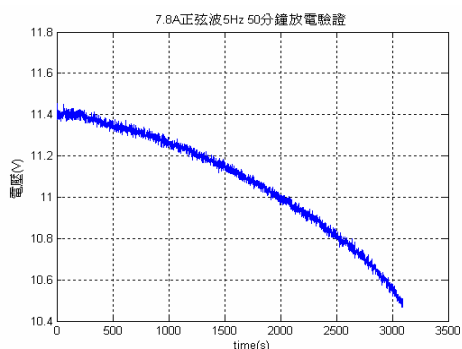


圖 48 以  $7.8A \pm 1.8A, 5Hz$  正弦波 50 分鐘放電圖

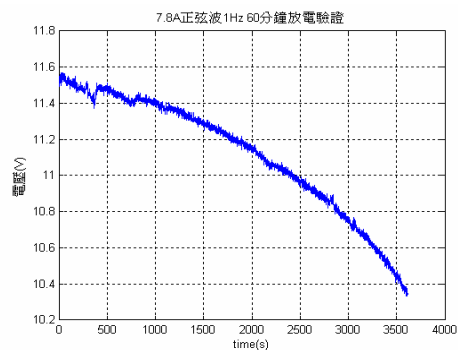


圖 49 以  $7.8A \pm 1.8A, 1Hz$  正弦波 60 分鐘放電圖

並且同樣的也以我們所設計出來的模糊集合歸屬函數對其正弦波放電進行預估，預估的結果如下：圖 44 的預估結果為 18.1 %、圖 45 為 53.1 %、圖 46 為 59.1 %、圖 47 為 65.5 %、圖 48 為 27.3 %、圖 49 為 22.7 %。而圖 44 至 49 的實際殘電量值分別為 14 %、58 %、64.5 %、72.5 %、24 %、18 %，經過比較之後可以發現，誤差值分別為 +4.1 %、-4.9 %、-5.4 %、-7 %、+3.3 %、+4.7 %，其誤差均在  $\pm 7\%$  之內，亦具有相當的準確度。

#### 肆、討論與結論

目前國內外對電池殘電量量測技術的研究不勝枚舉，如各種改良後的庫倫量測法、快速充電策略之研究、類神經或模糊理論量測法等，但對各種動態負載的模擬比較之研究仍然只是少數。事實上，由於鉛酸電池電極板的毛細孔作用，使電池在定電流負載與動態負載下所呈現的特性不同，因此必須針對各種動態負載的部分加以改良。

在本論文中，我們首先針對目前各種鉛酸電池的殘電量預估方法進行探討，之後我們決定利用動態電子負載產生出方波、鋸齒波及正弦波這三種動態波形進行放電，並以模糊理論量測法來預估殘電量，探討其準確度及可行性。

而經過上述的三種波形在不同頻率、不同時間下所進行的驗證之後，可以證明我們所設計的模糊集合歸屬函數具有相當的準確度，同時也表示模糊理論量測法應用在動態放電的情況下，亦具有相當的可行性。而且模糊理論量測法最主要的

特點，在於能夠即時的預估出鉛酸電池的殘電量，符合電動機車在實際狀態行駛時的需要。

#### 伍、致謝

本文感謝行政院國家科學委員會專題研究計畫 NSC 95-2221-E-231-042 提供研究經費，特此致謝。

#### 參考文獻

- [1] 行政院環保署，「中華民國電動機車推廣現況」，民國八十六年。
- [2] 李世興，電池活用手冊，全華科技圖書，台北，民國八十五年。
- [3] 何文隆，「電動車輛變動負載之電池殘電量研究」，私立大葉大學，碩士論文，民國九十三年。
- [4] 蔡家豪，「智慧型電動機車殘餘電池容量估測之研製」，國立台灣大學，碩士論文，民國九十二年。
- [5] J. H. Aylor, A. Thieme and B. W. Johnson, "A battery state-of-charge indicator for electric wheelchairs", IEEE Industrial Electronics, vol. 39, 1992, pp. 398-409.
- [6] A. Kaswamura, T. Yanagihara, "State of charge estimation of sealed lead-acid batteries used for electric vehicles", IEEE Power Electronics Specialists Conference, vol. 1, 1998, pp.583-587.
- [7] Takahiro Yanagihara, Atsuo Kawamura, "Residual capacity estimation of sealed lead-acid batteries for electric vehicles", IEEE Power Engineering, 1997, pp. 943 - 946.
- [8] 張永昌，「鉛酸電池殘量預測及壽命分析之研究」，國立彰化師範大學，碩士論文，民國九十二年。
- [9] A.H. Anbuky, P.E. Pascoe, "VRLA Battery State-of-Charge Estimation in Telecommunication Power Systems", IEEE

Industrial Electronics, vol. 47, 2000, pp. 565-573.

- [10] 王文俊，認識 Fuzzy，全華科技圖書，台北，民國八十六年。
- [11] 鄭錦聰、莊鎮嘉，MATLAB 進階 含 Simulink，全華科技圖書，台北，民國八十六年。
- [12] P. Singh, Fennie C. Jr, D.E. Reisner and A.J. Salkind, "Fuzzy logic-enhanced electrochemical impedance spectroscopy (FLEEIS) to determine battery state-of-charge", Battery Conference on Applications and Advances, 2000. The Fifteenth Annual, 1999, pp.199-204.





## 並網型太陽光發電教學系統 Grid Connected PV Tutorial System

王金標<sup>1</sup> 張政富<sup>2</sup>

J. B. Wang<sup>1</sup>, C. F. Chang<sup>2</sup>

清雲科技大學電機系

[jbw@cyu.edu.tw](mailto:jbw@cyu.edu.tw)

### 摘要

本文研製一並網型太陽光發電教學系統(grid connected PV tutorial system)，並設計日照模擬器(insolation simulator)用以研究太陽光電池發電較不受自然環境限制。為達到此目的，首先調查太陽光電池能產生電力的有效太陽光頻譜範圍，據此選擇符合上述有效太陽光頻譜且低成本之光源。接著使用功因校正電路及微處理器控制降壓轉換器為其光源調節器，以模擬太陽光日照變化。當研製完成日照模擬器後，即設計一具有最大功率追蹤(maximum power point tracking, MPPT)控制之升壓轉換器，藉由微電腦調控其責任週期，以使其升壓式轉換器等效輸入電導與太陽光電池模組的最大功率輸出的負載電導匹配，以獲得最大功率追蹤控制。據此所得電能暫存於直流鏈電容中，使得電容電壓會隨太陽光電模組發電量而變化。為有效將暫存於電容中電能轉換為交流電流注入電網路，利用一直流鏈電壓控制器以產生並網型變頻器之電流控制命令，使得注入電網路電流與太陽光電模組發電量成正比。最後並以一些模擬及實驗結果，驗證所提方法之有效性。所研擬相關電路及日照模擬器，可運用於太陽光發電設計課程教學。

**關鍵字：**太陽光電池、最大功率追蹤控制、並網型變頻器。

## **Abstract**

A grid connected PV tutorial system and sunlight insolation simulator were designed and implemented, which can be used to study photovoltaic power generation without the limitation of the natural environment, is presented in this paper. In order to obtain this goal, the sunlight spectrum was investigated firstly. As a result, one can select low cost light source to resemble the sunlight spectrum. Subsequently, an insolation regulator, which consists of PFC converters and microprocessor controlled buck converters, was built to simulate the actual sunlight radiation change. Here after, a boost converter with MPPT control algorithm was also designed via microprocessor to adjust duty ratio so the equivalent input conductance can match PV load conductance with maximum power tracking control. The derived energy was stored at DC link capacitor temporarily to let DC link voltage vary in accordance with sunlight insolation change. In order to transfer the temporal energy to injected sinusoidal current into utility grid, a DC link voltage was implemented to generate injected current command of the grid connected inverter with respect to PV generated power. Finally, some simulation and experimental results were provided to demonstrate the effectiveness of the proposed scheme. In addition, the derived circuits and sunlight simulation can be used in PV power generation design course.

**Key words:** PV system, MPPT, grid connect inverter.

## 一、簡介

由全球暖化及石化能源枯竭，使得再生能源的研究獲得全世界的重視及支持，以能在兼顧環保及能源需求下，找出一永續可行方案。大部份的再生能源的研究是屬於太陽能，如風力、潮汐及太陽能電池發電等，但是進行上述研究受限於自然條件，而無法於實驗室中連續進行。為改善此問題，必須在實驗室中設立模擬自然現象的風場及日照，以利研究進行並驗證各項理論及硬體電路。

為了模擬自然日照對應太陽能電池模組的輸出特性，在先前研究均是利用一可程式化電源，將太陽能電池模組電流及電壓的特性曲線輸入，使電源輸出特性如同太陽能電池[1]。亦有使用直流截波器控制其輸出電流及電壓如太陽能電池[2]。但大部份的研究均是使用光源模擬陽光，而且僅能步級有段變化光源，對所採用光源與太陽光頻譜之差異並無進一步探討。因此本文先調查太陽光頻譜及太陽能電池發電原理，以選擇適當光源做為太陽光模擬光源。在考慮成本及控制性，所選用光源為白熾燈泡。為了使模擬光源能如太陽光自然平滑變化，燈泡控制使採用降壓式轉換器調控其輸出電壓，利用微處理機可根據不同日照樣式控制燈泡亮度，而且前級使用功因校正電路改善電力電路功率因數及輸入電流諧波。

當日照模擬器研製完成後，即刻評估所欲採用並網型太陽光發電系統之架構，由先前研究分析得知[1-14]，並網型太陽光發電系統主要為太陽光電池模組、直流對直流轉換器及並網型變頻器。再考慮僅有兩片 Siemens SP70 75W 太陽光電池模組後，所採用架構為一升壓式轉換器及電流控制變頻器。因所產生交流電壓太低，無法將產生有效交流電流注入電網路，所以在電流控制變頻器後接一隔離式升壓式變壓器，以改善上述問題。所研擬並網型太陽光發電系統的升壓式轉換器可執行最大功率追蹤控制，在分析不同日照下太陽能電池模組的電

流及電壓曲線，可將其區分為定電流及定電壓區，藉由微處理機調控升壓式轉換器的責任週期，使得升壓式轉換器的等效輸入電導與太陽能電池模組最大功率輸出下之負載電導線匹配，以使太陽能電池模組能維持最大功率輸出。由前述升壓式轉換器執行最大功率追蹤控制所轉換電能均暫存於直流鏈電容中，使其電壓隨日照強度變化。為能將所得電能轉換為交流電流注入電網路中，所採用電流控制變頻器之電流命令為由一直流鏈電壓控制器產生，藉由調控電流命令大小使直流鏈電容電壓為定值，據此可得注入電網路電流與太陽光電池模組發電量成正比。

## 二、日照模擬器

圖 1 為所研製的日照模擬器，其中包含功因校正電路、直流電磁干擾濾波器、降壓轉換器、白熾燈組及太陽電池模組。太陽電池模組的額定電壓及電流分別為 17V 及 4.4A。為節省空間，系統架構採雙層設計，每層放置一片太陽電池模組，並有排風扇協助散熱，以免白熾燈組溫度過高造成危險，而且有轉換器均置最上層以利電路測試，下面分別簡單說明原理。

### 模擬光源選擇

對矽太陽能電池而言，當光子波長大於  $1.11 \mu\text{m}$  時，其具有光能量小於  $1.12\text{eV}$  帶隙能量 (band gap energy) 而無法激發電子跳至傳導帶形成電流。當光能波長小於  $1.11 \mu\text{m}$  時，其光能量大於  $1.12\text{eV}$  帶隙能量，可激發電子跳至傳導帶形成電流，光能量比  $1.12\text{eV}$  多出的能量將轉換為熱能消耗。由此可得太陽光模擬光源的波長應小於  $1.11 \mu\text{m}$  才可使太陽光電池發電[3]。圖 1 為在 AM=1.5 時太陽光的頻譜，矽太陽能電池發電的有效波長範圍，由  $0.3$  至  $1.11 \mu\text{m}$  的光能量佔全部光能量的 49.5%。基於成本及與太陽光頻譜有較佳的近似性，模擬光源為使用 10 顆 100W

白熾燈。使用 CM110 1/8m Monochromator 雷射鏡及 Keithlet 6485 PicoAmetor 所測得模擬光源的頻譜亦描繪於圖 2 中白色部分，受限於雷射鏡解析度，所能量測的範圍為 0.35 至 0.8  $\mu\text{m}$ ，所測得光譜能量密度為原太陽光有效使 PV 發電光譜能量密度之 60%。

為了更進一步瞭解模擬光源與實際太陽光對太陽電池模組電氣上的差異，於 2006/3/23 AM12:00 晴天日照充足，實測其輸出電壓對電流曲線，並在以模擬光源 10x100W 白熾燈距太陽電池模組 10cm 進行相同測試，其結果如圖 3 所示。由實驗結果知實際太陽光的最大輸出功率大於模擬光源輸出功率，如前所述模擬光源光譜能量密度較低實際太陽光。但更進一步測得兩種光源 IV 及 PV 曲線則非常近似，所以使用 10x100W 白熾燈為模擬光源是可接受，接下來即設計電力轉換器以調控模擬光源照度，用以模擬實際日照變化

### 降壓轉換器

降壓轉換器總共有兩組，分別調控 4 及 6 顆 100W 白熾燈組，兩組降壓轉換器的 PWM 控制信號由微處理機調控，微處理機是採用 PIC16F877 如圖 1 左下所示。

### 三、並網型太陽光發電系統

所研製並網型太陽光發電系統如圖 4 所示，其中包含一具有最大功率追蹤控制的升壓式轉換器、並網型電流控制變頻器及一升壓隔離變壓器。並網型電流控制變頻器包含電感電流及直流鏈電壓控制迴路，下面分別說明其設計方法：

#### (1) 太陽能電池模組的電路模型

由先前研究知太陽能電池的等效電路模型，為一代表日照強度的電流源、二極體、並聯電阻及輸出串聯電阻。但就以太陽能模組的輸出電流及電壓外部特性曲線如圖 5(a)所示，太陽能電池模組的電路模型可以如下表示[5]：

$$I = -m_i V + b_i \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

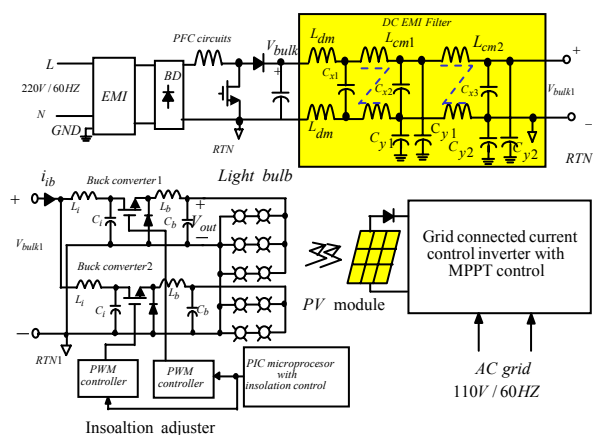


圖 1 日照模擬系統

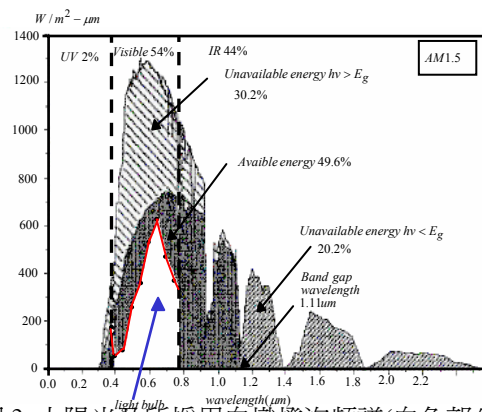


圖 2 太陽光及所採用白熾燈泡頻譜(白色部分)

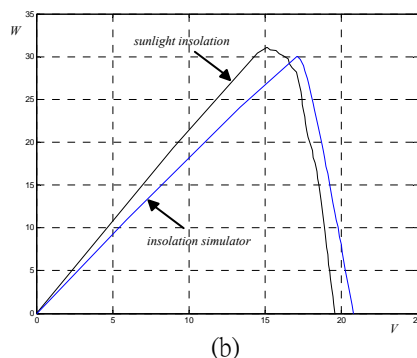
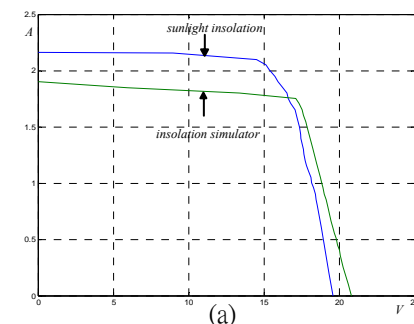


圖 3 太陽能電池模組於太陽光及在責任週期為 0.9 時,白熾燈泡光源輸出特性比較:(a)輸出電流對電壓特性曲線;(b)輸出功率對電壓特性曲線

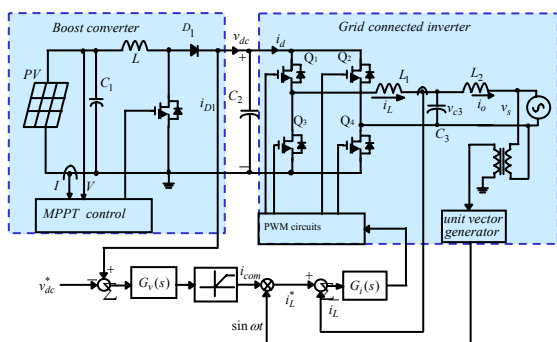


圖 4 並網式太陽光發電系統

其中下標  $i$  為 1 及 2 分別表太陽能電池模組工作於定電流區及定電壓區,所對應的參數為

#### 定電流區

$$m_1 = \frac{I_{sc} - I_m}{V_m}, \quad b_1 = I_{sc} \quad (2)$$

#### 定電壓區

$$m_2 = \frac{I_m}{V_{oc} - V_m}, \quad b_2 = \frac{I_m V_{oc}}{V_{oc} - V_m} \quad (3)$$

其中  $V_{oc}$  及  $I_{sc}$  表示在此日照下太陽能電池模組的開路電壓及短路電流,  $V_m$  及  $I_m$  表示在此日照下最大輸出功率  $P_{max}$  的電壓及電流,而且  $m_i$  及  $b_i$  均為日照及負載的函數。太陽能電池模組的輸出功率為

$$P = VI = -m_i V^2 + b_i V \quad (4)$$

在最大輸出功率  $P_{max}$  輸出時, (4)對電壓的導數為零,即

$$\frac{dP}{dV} = -2m_i V + b_i = I - m_i V = 0, \quad I = m_i V \quad (5)$$

將(5)、(2)及(3)代入(4)即得太陽能電池模組最大輸出功率  $P_{max}$  為

$$P_{max} = V_m I_m \quad (6)$$

此時太陽能電池模組所對應的負載電導為

$$G_m = I_m / V_m \quad (7)$$

(2)具有最大功率追蹤控制之升壓式轉換器

太陽能電池模組的最大功率追蹤控制有許多方法及轉換器[1,3,5-9],但受限於單片太陽能電池模組的輸出電壓,本文採用升壓式轉換器以執行上述控制,藉由 PIC16F877 微處理器調控其責任週期以使太陽能電池模組可獲得最大功率輸出。若升壓式轉換器的負載電阻為  $R$ ,在穩態操作時及最大功率追蹤控制的迴路頻寬遠小於升壓式轉換器的切換頻率,且假設轉換過程無能量損耗,則可得太陽能電池模組的等效輸出電導為

$$G = ((1 - D)^2 R)^{-1} \quad (8)$$

其中  $D$  表示升壓式轉換器工作責任週期。換言之,調整升壓式轉換器工作責任週期  $D$ ,使得(8)等於(7)即可獲得最大功率控制。接下來即運用這個觀念及升壓式轉換器實際操作狀況來推衍最大功率追蹤控制的控制法。

#### 調節(Regulation)

假設目前日照不變下如圖 5(a)曲線 2,此太陽能電池模組必存在一最大輸出功率點  $m$ ,相對太陽能電池模組所對應的負載電導線為  $G_m$ ,並將此負載電導線繪製於圖 5(a)上。對任意兩未知負載電導線  $G_{m1}$  及  $G_{m2}$ ,分別交於太陽能電池模組特性曲線 2 於定電流區及定電壓區點  $a_2$  及  $c_2$ 。根據(8)負載電導線  $G_{m1}$  交於日照曲線 2 之  $a_2$  點,必須減小升壓式轉換器工作責任週期,才可往最大功率輸出點  $m$  之負載電導線為  $G_m$  逼近。同理負載電導線  $G_{m2}$  交於日照曲線 2 之  $c_2$  點必須增加升壓式轉換器工作責任週期,才可往最大功率輸出點  $m$  之負載電導線為  $G_m$  接近。

由此可得使用 PIC 微處機調控升壓式轉換器工作責任週期,若初始工作責任週期是由最小值開始調整,其調整模式是由太陽能電池模組定電壓區開始,由曲線右邊往左邊調整。在

依目前功率狀態在調整工作責任週期，增加責任週期，使負載電導線  $G_{m2}$  往上向負載電導線為

負載電導線  $G_{m1}$  向下向負載電導線為  $G_m$  逼近。最後，PIC 微處機控制升壓式轉換器工作責任週期在負載電導線為  $G_m$  平衡擾動，以獲得最大功率輸出。

追隨(Tracking)

若日照增加使得太陽能電池模

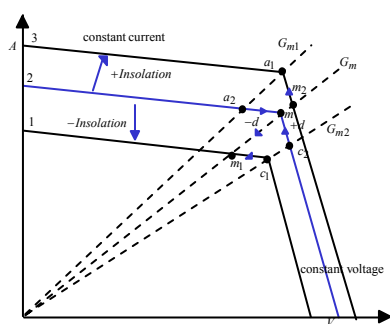
組的 IV 曲線 2 上升至曲線 3，此時最大功率輸出點  $a_1$  的負載電導線變

為  $G_{m1}$ 。很明顯的，原負載電導線為  $G_m$  對應到新的 3 曲線為  $m_2$  點在定

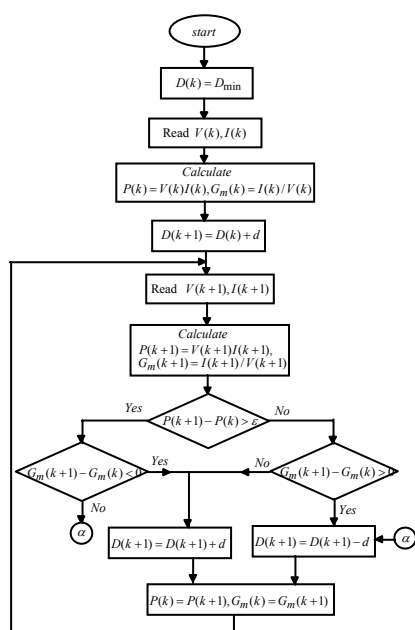
電壓工作區，此時增加升壓式轉換器工作責任週期即可往新負載電導線  $G_{m1}$  逼近，以獲得最大功率輸出。

反之，日照減少，使得太陽能電池模組的 IV 曲線 2 下降至曲線 1，原負載電導線為  $G_m$  對應到新的 IV 曲線 3 點  $m_1$ ，為在定電流工作區，此

時減少升壓式轉換器工作責任週期即可往 IV 曲線 3 最大功率點  $c_1$  移動，向新負載電導線  $G_{m2}$  逼近。當到達最大功率之負載電導線即依上述



(a)



(b)

圖 5 (a)不同日照強度的太陽能電池 IV 曲線及其相對負載電導曲線；(b)利用負載電導曲線所推行出的 MPPT 控制流程圖

$G_m$  逼近。反之，若初始工作責任週期是由最大值往回調整，其調整模式是為於太陽能電池模組定電流區開始，逐漸減少責任週期，使

調節方式近行調控。根據上述最大

功率追蹤原理所得控制流程圖如圖

5(b)所示。

### (3)電流控制變頻器

圖 4 中為一使用單極性 PWM 控制之單相電流控制全橋式變頻器，含橋式功率電路及輸出電感  $L_1$ 、交流電容  $C_3$  及升壓隔離變壓器所組成，若考慮升壓隔離變壓器之二次側漏感  $L_2$ ，則此變頻器為具有 L-C-L 型式輸出濾波器[12]，其中電感電流及直流鏈電壓控制器分別為  $G_i(s)$  及  $G_v(s)$ 。並網型變頻器的市電同步單位弦波向量由另一變壓器產生，以使輸出電感電流命令能與電網路同步。接著分別說明電感電流及直流鏈電壓控制迴路的設計方法。

### 電感電流控制迴路

若忽略掉輸出電感電阻及升壓變壓器二次側等效電阻，可得具有 L-C-L 型式輸出濾波器的電流控制並網型變頻器的電路模型為

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{1}{L_1}(v_{in} - v_{c3}) \quad (9)$$

$$\frac{dv_{c3}}{dt} = \frac{1}{C_3}(i_L - i_o) \quad (10)$$

$$\frac{di_o}{dt} = \frac{1}{L_1}(v_{c3} - v_s) \quad (11)$$

其中電路主要參數如表 1 所示。由(9)至(11)可得電感電流控制迴路方塊圖如圖 6(a)所示，其中電流控制器  $G_i(s)$  為比例積分控制器  $K_p + K_i/s$ ，而全橋式變頻器的 PWM 增益為  $K_{PWM}$ 。由圖 6(a)中可得電感電流  $i_L$  對 L-C-L 輸出濾波器輸入電壓  $v_{in}$  轉移函數為

$$G_{icl}(s) = \frac{s^2 L_2 C_3 + 1}{s(s^2 L_1 L_2 C_3 + L_1 + L_2)} \quad (12)$$

據此所得簡化電感電流控制迴路方塊圖如圖 6(b)所示，相對閉迴路轉移函數  $G_{ic}(s)$  為

$$\frac{i_L}{i_L^*} = \frac{K_{PWM}(K_p s + K_i)(s^2 L_2 C_3 + 1)}{s^4 L_1 L_2 C_3 + s^3 L_2 C_3 K_{PWM} K_p + s^2 (L_2 C_3 K_i K_{PWM} + L_1 + L_2) + s K_{PWM} K_p + K_i K_{PWM}} \quad (13)$$

若設計使電流控制器  $G_i(s)$  的  $K_p$  及  $K_i$  分別為 10 及 10000，則(12)、電流控制器  $G_i(s)$  及開迴路轉移函數  $G_{io}(s)$  的波德圖如圖 7(a)所示，開迴路轉移函數  $G_{io}(s)$  在 60Hz 的增益有 40dB 可有效降

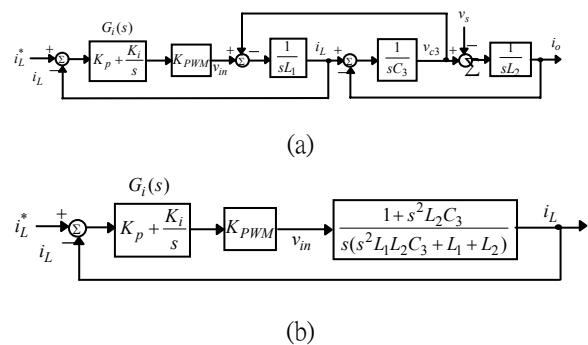


圖 6 (a)使用 LCL 輸出濾波器之電流控制變頻器控制方塊圖;(b)簡化後之電感電流控制迴路

低電流追隨誤差，並可衰減切換頻率雜訊。更進一步可得閉迴路轉移函數  $G_{ic}(s)$  的波德圖如圖 7(b)所示，由圖中可看出 60Hz 的增益為 0dB，表示電流誤差為零，而且(13)可近似為一階系統如下

$$G_{ic}(s) \cong \frac{1}{sT_i + 1} \quad (14)$$

，其中  $T_i = 80\mu$ 。由前述設計所得參數，更進一步用電路模擬器[13]驗證其控制性能，圖 8(a)為電感電流追隨特性，圖 8(b)為電源電壓及注入電流，由圖 8 之模擬結果可知所設計電流控制器  $G_i(s)$  參數滿足需求。

### 直流鏈電壓控制器

由於圖 4 中具有最大功率追蹤控制的升壓式轉換器的直流鏈電壓  $v_{dc}$  並未受到最大功率追蹤控制調節，使得直流鏈電壓會隨著日照強度變化。此時升壓式轉換器在每個切換週期  $T_s$

所傳送至直流鏈電容的能量為

$$W = \begin{cases} \frac{1}{2} Li_{Lb,peak}^2 = \frac{(VDT_s)^2}{2L}, & DCM \\ \frac{1}{2} L\Delta i_{Lb}^2 = \frac{(VDT_s)^2}{2L}, & CCM \end{cases} \quad (15)$$

其中  $D$  ,  $i_{Lb,peak}$  及  $\Delta i_{Lb}$  分別表示責任週期, 不連續工作模式(DCM)電感電流峰值及連續工作模式(CCM)電感電流變動量。若負載無法吸收此能量將導致直流鏈電壓  $v_{dc}$  上升, 為有效轉換此能量為注入電網路, 並防止直流鏈電壓過高, 必須使用直流鏈電壓控制技巧以產生相對注入電流命令  $i_{com}$ 。由圖 6 所得直流鏈電壓  $v_{dc}$  為

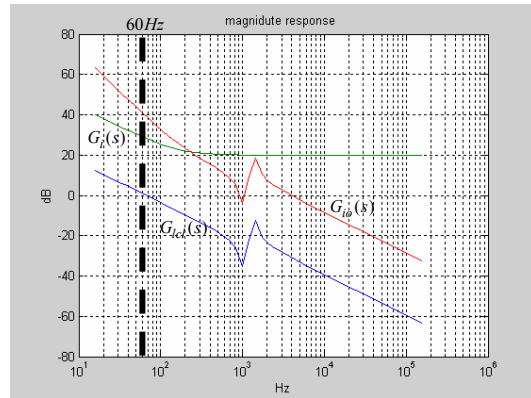
$$\frac{dv_{dc}}{dt} = \frac{1}{C_2}(i_{D1} - i_d) \quad (16)$$

其中  $i_{D1}$  及  $i_d$  分別表示升壓式轉換器二極體電流以及全橋式轉換器的直流鏈電流, 由於全橋式轉換器採用單極性 PWM 切換方式, 其直流鏈電流  $i_d$  近似一整流後之脈波狀弦波電流 [14]。因此, 由(14)及(16)可得直流鏈電壓控制方塊圖如圖 9 所示, 其中電壓控制器  $G_v(s)$  為比例積分控制器  $K_{pv} + K_{iv}/s$ , 單方向限制器(limiter)以確保當直流鏈電壓  $v_{dc}$  低於命令電壓  $v_{dc}^*$ , 注入電流命令為零。由於直流鏈電流  $i_d$  包含 120Hz 諧波成分, 為避免對電流控制迴路進行干擾, 所以此直流鏈電壓控制迴路頻寬須低 20Hz。若不考慮非線性元件, 由圖 9 所得直流鏈電壓控制開迴路轉移函數  $G_{dco}(s)$  如下

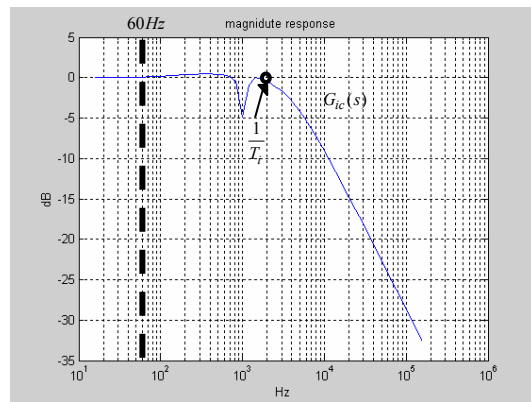
$$G_{dco}(s) = \frac{sK_{pv} + K_{iv}}{s^2 C_2 (sT_i + 1)} \quad (17)$$

圖 10 為電壓控制器  $G_v(s)$  的  $K_{pv}$  及  $K_{iv}$  分別為 0.4 及 0.4 之波德圖, 圖中直流鏈電壓控制開迴路轉移函數  $G_{dco}(s)$  頻寬為 20Hz 滿足設計要求。為進一步驗證所提直流鏈電壓控制技巧之有效性, 將上控制方法外加於電感電流控制迴路外如圖 6 所示, 並以電路模擬器進行模擬。圖 11(a)為電感電流  $i_L$  及命令  $i_L^*$  隨著直流鏈電壓及電流控制命令增加而增加, 圖 11(b)為電網路電壓及注入電流, 圖 11 (c)為升壓式轉換器建立

電壓且由所設計直流鏈電壓控制器調節於所設

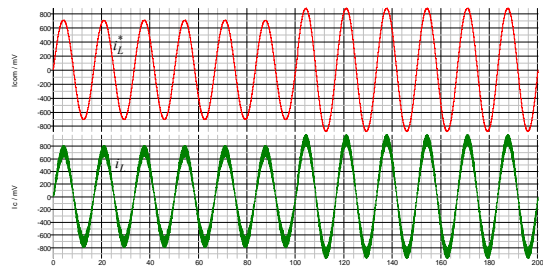


(a)

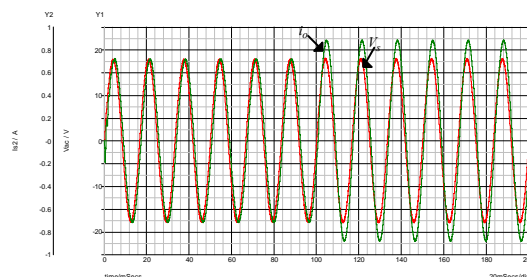


(b)

圖 7 電感電流控制迴路:(a)開迴路及控制器波德圖;(b)閉迴路波德圖



(a)





(b)

圖 8 電流控制變頻器的模擬波形: (a)電感電流命令對電感電流之追隨響應;(b)電源電壓及注入電流

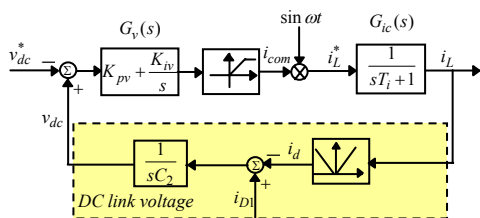


圖 9 直流鏈電壓控制方塊圖

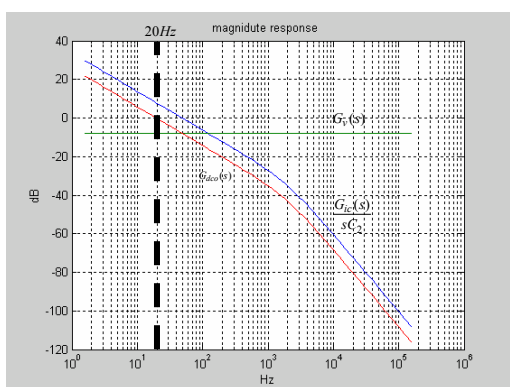


圖 10 直流鏈電壓控制迴路波德圖

計額定直流鏈電壓 35V, 圖中亦可看出直流鏈電壓上有些許 120Hz 漣波電壓。

#### 四、實驗

爲了能在實驗室中進行太陽能電池發電各項研究, 先依圖 1 研製日照模擬器, 並將各種日照模式儲存於 PIC16F877 單晶片中, 輸出不同責任週期以調控降壓轉換器輸出電壓, 藉由調整燈泡量度。圖 11(a)爲滿載 220VAC 輸入電壓功因校正電路的輸入電流及電壓波形, 輸入電流稍爲落後輸入電壓波形。圖 11(b)爲降壓器轉換器在責任週期 0.62 時, 飛輪二極體電壓及電感電流波形。當太陽光模擬器研製完成, 即以 PIC16F877 依圖 5(b)的最大功率追蹤控制撰寫控制程式, 並製作圖 4 並網式太陽光發電系統之升壓式轉換器及電流控制變頻器。圖 12(a)爲模擬太陽光日照步級變化, 使用 MPPT 控制升壓式轉換器, 使太陽能電池模組輸出功率由 8W 追隨太陽光日照變化上升至 22W, 並維持在 22W

功率輸出。圖 12(b)爲利用 PIC16F877 產生陽光由強變弱的週期性變化如一日中之日照變化, 圖中可很明顯看出所研製 MPPT 控制升壓式轉換器, 調控太陽能電池模組輸出功率追隨日照強度其變化。圖 13 所示爲在不同日照強度電流控制變頻器的電感電流命令、實際電感電流及電源電壓, 太陽光電池模組所產生電能利用所設計電流控制變頻器經由一 12V/110V 隔離變壓器注入電網路。

#### 五、結論

本文研製一並網式太陽光發電教學系統, 利用負載電導線匹配方法推導出 MPPT 控制法則, 並將太陽能電池模組所產生電能暫存於直流鏈電容。接著設計一直流鏈電壓控制器產生電感電流命令, 使得電感電流命令大小可隨日照強度變化, 最後藉由電流控制變頻器將所產生電能注入電網路。更進一步, 研製日照模擬器以改善研究太陽光發電所遭遇自然環境影響的因素, 使得研究可順利進行。結合日照模擬器及並網式太陽光發電系統更可應用於太陽光發電設計課程教學, 尤其可改善夜間部同學學習上的問題。

#### 六、參考資料

- [1] 蔡國隆、藍啓哲、林育宗及鄒應嶼, "數位控制並網型太陽光變頻器之研製," 第 26 屆電力研討會, pp.2253-2260, 2005.
- [2] Q. Zeng, P. Song and L. Chang, "A photovoltaic simulator based on DC chopper," Canadian Conference on Electrical and Computer engineering, pp. 257-261, 2002.
- [3] G. M. Masters, Renewable and efficient power systems, John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [4] R. W. Erickson and D. Maksimovic, *Fundamentals of Power Electronics*, Kluwer Academic Publishers, 2<sup>nd</sup>, 2001.
- [5] S. J. Chiang, K. T. Chang and C. Y. Yen, "Residential photovoltaic energy storage system," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 45, no. 3, pp. 385-394, 1998.
- [6] Y. C. Kuo, T. J. Liang and J. F. Chen, "Novel maximum power point tracking controller for photovoltaic energy conversion system," IEEE

- Transactions on Industrial Electronics, Vol. 48, Issue 3, pp. 594 - 601, 2001.
- [7] J. Arias, F. F. Linera, J. Martin-Ramos, A. M. Pernia and J. Cambrero, "A modular PV regulator based on microcontroller with maximum power point tracking," Conference Record of the 2004 IEEE 39th Industry Applications Conference, vol. 2, pp. 1178 - 1184, 2004.
- [8] S. Jain and V. Agarwal, "A new algorithm for rapid tracking of approximate maximum power point in photovoltaic systems," IEEE Power Electronics Letters, vol. 2, Issue 1, pp. 16-19, 2004.
- [9] C. C. Hua, J. R. Lin and C. M. Shen, "Implementation of a DSP-controlled photovoltaic system with peak power tracking," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 45, Issue 1, pp. 99-107, 1998.
- [10] S. B. Kjar, J. K. Pederson and F. Blaabjerg, "A review of single phase grid connected inverters for photovoltaic modules," IEEE Transactions on Industrial Applications, vol. 41, no. 5, pp. 1292~1306, 2005.
- [11] J. M. Chang, W. N. Chang and S. J. Chang, "Single phase grid connected PV system using three arm rectifier inverter," IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 42, no. 1, pp. 211~219, 2006.
- [12] T. Abeyasekera, C. M. Hohnson, D. J. Atkinson and M. Armstrong, "Suppression of line voltage related distortion in current controlled grid connected inverters," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 20, no. 6, pp. 1393~1401, 2005.
- [13] *SIMatrix/Simplis advance power system simulation - Simplis reference manual*, available at <http://www.transim.com>, 2005.
- [14] N. Mohan, T. M. Undeland and W. P. Robbins, *Power electronics: converters, applications and design*, John Wiley & Son Inc. 1989.

$L$	225uH	$C_3$	25uF/250V
Boost MOSFET	K2843	Full bridge MOSFET	IRF640
Boost Diode	RURP3060		

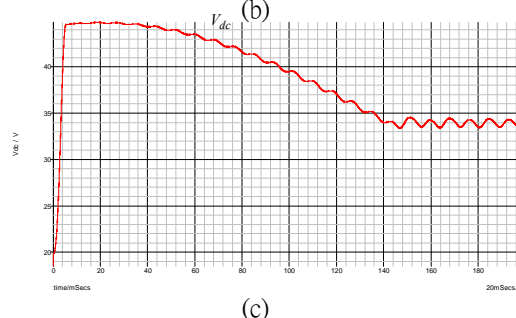
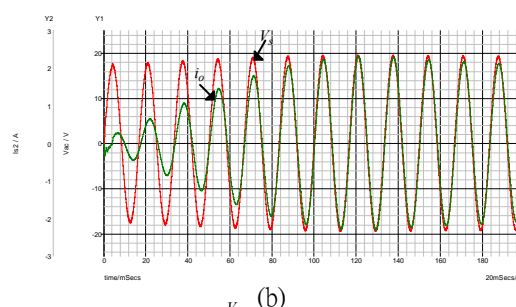
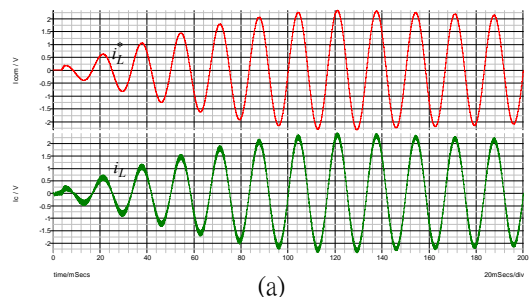
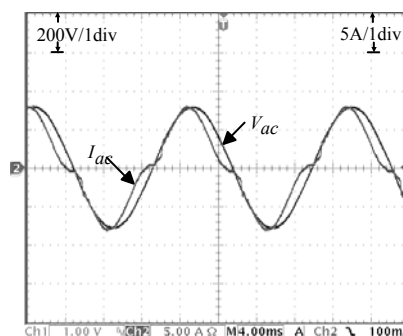


圖 11 模擬直流鏈電壓控制迴路響應: (a)電感電流命令對電感電流之追隨響應; (b)電源電壓及注入電流; (c)直流鏈電壓響應

表 1 主要電路參數

降壓式轉換器切換頻率	40KHz	電流控制變頻器切換頻率	10KHz
$L_b$	1mH	$C_b$	68uF/450V
$L_i$	10uH	$C_i$	68uF/450V
$L_1$	1.5mH	$C_1$	220uF/50V
$L_2$	903uH	$C_2$	68uF/50V



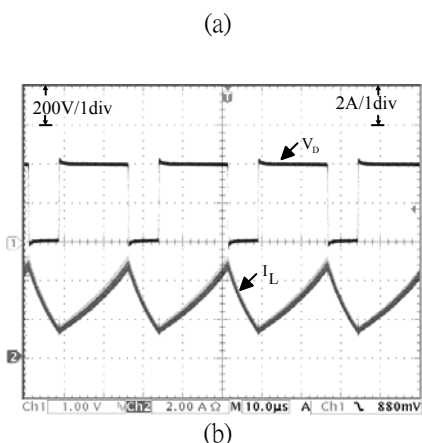


圖 12(a)為滿載 220VAC 輸入電壓功率校正電路的輸入電流及電壓波形；(b)為降壓器轉換器的飛輪二極體電壓及電感電流波形

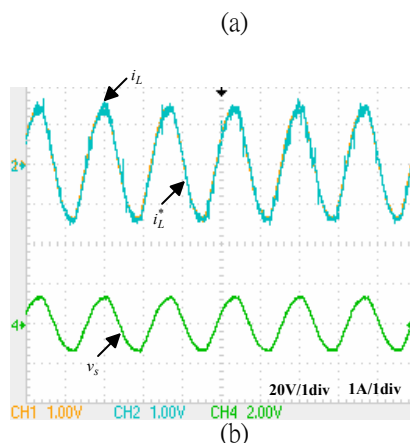


圖 13 在不同日照下市電並聯電流控制變頻器的電源電壓  $v_s$ ，電感電流命令  $i_L^*$  及電感電流  $i_L$  : (a)  $i_{L,peak}^* = 1A$ ; (b)  $i_{L,peak}^* = 2A$

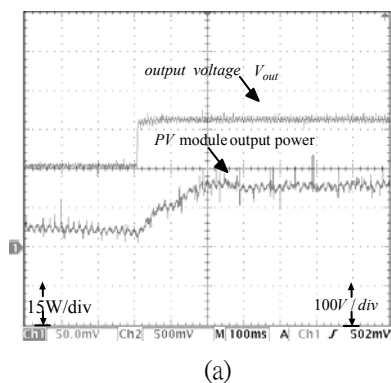
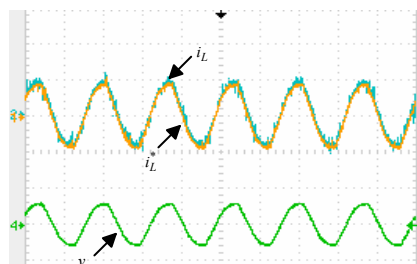


圖 12(a)為模擬太陽光日照步級變化，MPPT 控制升壓式轉換器追蹤輸出功率步級變化情形；(b)為利用 PIC16F877 產生模擬陽光由強變弱的週期性變化，MPPT 控制器使太陽能電池模組輸出功率追隨日照強度變化





## 滑動模式控制於混沌系統之應用

### An Application Study of Sliding Mode Control in Chaotic Systems

郭姿君

Tzu-Chun Kuo

清雲科技大學 電機工程學系

[tck@mail.cyu.edu.tw](mailto:tck@mail.cyu.edu.tw)

#### 摘要

本論文開發兩種混沌系統的滑動模式控制應用，針對參數擾動與外來雜訊的系統提出具強健性的滑動模式控制器，並且利用邊界層的技術來改善輸入訊號的切跳現象。此外，也提出本控制方法滿足滑動條件的證明，系統軌跡在上了滑動平面後就會朝著目標點前進。最後以電腦模擬圖來驗證本方法的可行性。

**關鍵字：**混沌系統，強健性，滑動模式控制，滑動條件，邊界層。

### **Abstract**

A sliding mode control design is presented for a class of chaos in this paper. The control scheme is robust against parametric uncertainties and external disturbances. The proposed control law satisfies the sliding condition and ensures the control system stability. Input chattering is remarkably eliminated by using boundary layer technique. Simulation results show that the proposed control method effectively controls the chaotic systems.

**Key words:** chaotic systems, robustness, sliding mode control, sliding condition, boundary layer.

## 一、前言

自然界中確定性現象與隨機性現象之間存在一類由確定性方程式描述的非確定性現象，或稱為確定性的隨機現象，這就是所謂的混沌現象[1]，但它並不是人們所想像那樣混亂、無序的狀態，混沌現象是指那些不具有週期性和對稱性的有序狀態。在工業系統中，典型的非線性動力學系統，一般都存在混沌現象，例如電力系統，電路系統，通訊系統，機器手臂，機械系統等[1-7]。

混沌現象的特性是對初始值和擾動非常敏感，在大多數的情況下，這種現象的存在會使得系統的特性變壞，所以對混沌系統的控制是使用各種控制方法使得系統由混沌運動轉變為規則的週期運動[1]。混沌系統的控制由早期的 OGY 方法提出後，相繼出現了自適應控制方法，非線性迴授方法，模糊控制方法，類神經網路方法及滑動模式控制方法等[1, 7-12]。滑動模式控制是一種非線性控制方法，它的設計方式是先定義一個滑動平面，使得系統的狀態在滑動平面上不會受到參數擾動與外來干擾的影響，接著是推導控制法則，使系統狀態的軌跡往此平面接近並且保持在此平面上，最後系統的軌跡朝目標點前進[13, 14]。滑動模式控制已廣泛地被應用到各個領域，如馬達控制，衛星姿態控制，機器手臂定位控制等[15-17]。

使用滑動模式控制方法來控制混沌系統的有：提出積分方式控制法則的滑動模式控制[11]，結合 Lyapunov 函數與滑動模式控制提出一個最佳化的控制法則[18]，將適應性 PID 控制器與滑動模式控制結合[19]，利用兩個低通濾波器來改善滑動模式的切跳現象的滑動模式控制[20]。本文則提出一個簡單且容易實現的滑動模式控制方法來控制具有參數擾動與外來雜訊的

混沌系統，並與其他方法比較[19, 20]，吾人所提出的方法不但具有強健性，且可以達到追蹤目標的效果，利用邊界層[13]的方法將令人詬病的輸入切跳現象消除。

## 二、滑動模式控制

### 2.1 定義系統

考慮一個具有參數擾動與外來雜訊的二階非線性系統，如下所示：

$$\dot{x} = a_1(t)x + a_2(t)x^2 = b(t)(u + d(t)) \quad (1)$$

其中  $x$  為系統的狀態， $u$  為輸入訊號，系統的參數  $a_1(t)$ ， $a_2(t)$ ， $b(t)$  與雜訊  $d(t)$  的邊界定義如下：

$$\begin{cases} \beta_{\min} \leq b^{-1}(t) \leq \beta_{\max} \\ \alpha_{1\min} \leq b^{-1}(t)a_1(t) \leq \alpha_{1\max} \\ \alpha_{2\min} \leq b^{-1}(t)a_2(t) \leq \alpha_{2\max} \\ \max|d(t)| < D \end{cases} \quad (2)$$

### 2.2 滑動模式控制的設計

滑動模式控制的設計分成兩個步驟，步驟一為定義滑動平面，步驟二為設計控制法則。首先定義滑動平面為

$$s = \dot{x} + ce \quad (3)$$

其中  $e$  為追蹤誤差， $e = x - r$ ， $r$  為追蹤目標，滑動平面的係數  $c > 0$ ，其值可由設計者決定。

接下來是設計如(1)式所示的系統之控制法則，

$$u = u_o + u_s \quad (4)$$

其中  $u_o$  為正規輸入，由系統的正規值所決定， $u_s$  為切換輸入，是用來抑制參數擾動與外來雜訊， $u_o$  與  $u_s$  如下所示：

$$u_o = \hat{\alpha}_1 x + \hat{\alpha}_2 x + \hat{\beta}(\alpha_1 c - c) \quad (5)$$

$$u_s = -(\lambda_1 |x| + \lambda_2 |x| + \lambda_3 |\alpha_1 c - c| + \lambda_4) \text{sgn}(s) \quad (6)$$

其中

$$\begin{cases} \hat{\beta} = \frac{\beta_{\max} + \beta_{\min}}{2}, \Delta\beta = \frac{\beta_{\max} - \beta_{\min}}{2} \\ \hat{\alpha}_1 = \frac{\alpha_{1\max} + \alpha_{1\min}}{2}, \Delta\alpha_1 = \frac{\alpha_{1\max} - \alpha_{1\min}}{2} \\ \hat{\alpha}_2 = \frac{\alpha_{2\max} + \alpha_{2\min}}{2}, \Delta\alpha_2 = \frac{\alpha_{2\max} - \alpha_{2\min}}{2} \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} \lambda_1 > \left| \beta_{\min}^{-1} \Delta\alpha_1 \right| \\ \lambda_2 > \left| \beta_{\min}^{-1} \Delta\alpha_2 \right| \\ \lambda_3 > \left| \beta_{\min}^{-1} \Delta\beta \right| \\ \lambda_4 > \left| \beta_{\min}^{-1} D \right| \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{sgn}(s) = \begin{cases} +1, & s > 0 \\ -1, & s < 0 \end{cases} \quad (9)$$

因此，由(7)式可將  $b^{-1}(t)$ ， $b^{-1}(t)a_1(t)$  與  $b^{-1}(t)a_2(t)$  重新表示如下：

$$\begin{cases} \hat{\beta} - \Delta\beta \leq b^{-1}(t) \leq \hat{\beta} + \Delta\beta \\ \hat{\alpha}_1 - \Delta\alpha_1 \leq b^{-1}(t)a_1(t) \leq \hat{\alpha}_1 + \Delta\alpha_1 \\ \hat{\alpha}_2 - \Delta\alpha_2 \leq b^{-1}(t)a_2(t) \leq \hat{\alpha}_2 + \Delta\alpha_2 \end{cases} \quad (10)$$

定理：如(1)式所示的系統，若採用如(4)-(8)式的輸入訊號，則此系統將會滿足滑動條件  $s \leq 0$ 。

證明：首先將(1)式，(5)式和(6)式代入(3)式的微分式後可得

$$\begin{aligned} \dot{s} = & b(t) [-\Delta a_1(t)x - \Delta a_2(t)x - \Delta\beta(\alpha_1 c - c) + d] \\ & - (\lambda_1 |x| + \lambda_2 |x| + \lambda_3 |\alpha_1 c - c| + \lambda_4) \text{sgn}(s) \end{aligned} \quad (11)$$

對(11)式左右兩邊乘以  $s$ ，則可得

$$\begin{aligned} s\dot{s} = & sb(t) [-\Delta a_1(t)x - \Delta a_2(t)x - \Delta\beta(\alpha_1 c - c) \\ & + d] - (\lambda_1 |x| + \lambda_2 |x| + \lambda_3 |\alpha_1 c - c| + \lambda_4) |s| \\ \leq & |s| b(t) [|\Delta\alpha_1| |x| + |\Delta\alpha_2| |x| + |\Delta\beta| |\alpha_1 c - c| + |d|] \\ & - (\lambda_1 |x| + \lambda_2 |x| + \lambda_3 |\alpha_1 c - c| + \lambda_4) |s| \\ = & |s| [(|b(t)| |\Delta\alpha_1| - \lambda_1) |x| + (|b(t)| |\Delta\alpha_2| - \lambda_2) |x| \\ & + (|b(t)| |\Delta\beta| - \lambda_3) |\alpha_1 c - c| + (|b(t)| |d| - \lambda_4)] \end{aligned} \quad (12)$$

由(8)式可證明(12)式會小於零，因此，可證明可知吾人所提出的控制法則(4)-(9)式可以滿足滑動條件  $s \leq 0$ ，因此系統的軌跡就會追蹤到目標值。

### 三、混沌系統描述

混沌是來自希臘字 Xaso，其意思是混亂、紊亂。混沌是呈現混亂，貌似隨機，且對初始條件十分敏感。

李天岩與約克在「美國數學月刊」共同發表論文「周期三意味混沌」(Period three implies chaos)中指出一個有「三周期點」的疊代函數就會有一切的周期點，也就是說，這個函數將會飄忽不定[21]。李天岩與約克對混沌的定義為[21, 22]：在區間中連續自映射函數  $f(x)$  若滿足以下條件，便可確定它為混沌現象。

- (1)  $f(x)$  的週期點的週期無上界。
- (2) 閉區間上存在一個混亂集合(不可數的不變集合  $S$  且包含沒有週期的點) 必須滿足：
  - (a) 對任意  $\xi \in S$  和  $f(x)$  的任意週期點  $x$ ，

$$\limsup_{n \rightarrow \infty} |f^n(x) - f^n(\xi)| > 0 \quad (13)$$



(b) 對任意  $\chi, \xi \in S$ , 當  $\chi \neq \xi$  時,

$$\limsup_{n \rightarrow \infty} |f^n(\chi) - f^n(\xi)| > 0 \quad (14)$$

(c) 存在一個不可數的集合  $S_0$ ,  $S_0$  為  $S$  的子集合, 對任意  $\chi, \xi \in S_0$ ,

$$\liminf_{n \rightarrow \infty} |f^n(\chi) - f^n(\xi)| = 0 \quad (15)$$

常見的混沌系統有很多[1, 8, 10, 19, 20, 23, 24], 本論文以典型的 Duffing-Holmes 系統與 Van der Pol 系統為受控對象, 以下將為這兩種混沌系統未控制前的狀態。

### 3.1 Duffing-Holmes 混沌系統

非線性 Duffing-Holmes 混沌系統的數學模式描述為[19]

$$p_1 \ddot{x} + p_2 \dot{x} + x^3 - q \cos(\omega_1 t) = 0 \quad (16)$$

其中  $p_1 = 0.25$ ,  $p_2 = -1$ ,  $q = 0.3$ ,  $\omega_1 = 1$ , 未控制的 Duffing-Holmes 混沌系統的相位平面圖如圖 1 所示。

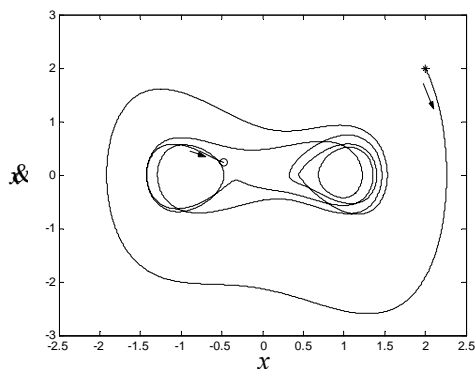


圖 1: 未控制的 Duffing-Holmes 混沌系統之相位平面圖

### 3.2 Van der Pol 混沌系統

考慮一個 Van der Pol 電路[20, 23, 24], 如圖

2 所示, 其動態方程式為

$$3(1-x^2)\dot{x} + 2x = 0 \quad (17)$$

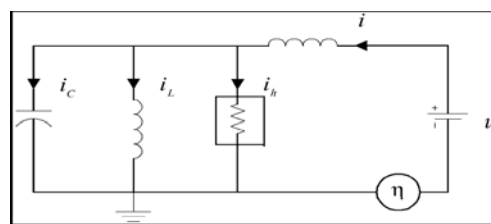


圖 2: Van der Pol 電路圖

未控制的 Van der Pol 電路的相位平面圖如圖 3 所示。

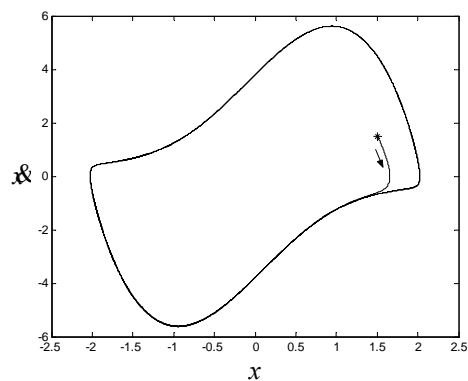


圖 3: 未控制的 Van der Pol 電路之相位平面圖

## 四、電腦數值分析

### 4.1 範例一

對於具有參數擾動與雜訊的 Duffing-Holmes 混沌系統[19], 其動態方程式為

$$p_1 \ddot{x} + p_2 \dot{x} + x^3 - q \cos(\omega_1 t) + f = u + d \quad (18)$$

其中  $p_1 = 0.25$ ,  $p_2 = -1$ ,  $q = 0.3$ ,  $\omega_1 = 1$ ,  $d$  為有界的雜訊, 即  $|d| \leq 0.2$ ,  $f$  為有界的參數擾動, 即  $|f| \leq 0.1|x|$ 。

首先定義滑動函數為

$$s = \dot{x} + 3e, \quad e = x - r \quad (19)$$

其中狀態  $x$  的追蹤目標為  $r = \sin(1.1t)$  [19]。根據 2.2 節所描述的步驟設計輸入訊號為

$$u = -2.75\dot{x} - x + x^3 - 0.3\cos(1.1t) + \ddot{r} + 3\dot{x} - 15\text{sat}(s/0.01), \quad (20)$$

吾人使用邊界層的方法來改善輸入訊號的切跳現象，即以飽和函數  $\text{sat}(\cdot)$  來取代符號函數  $\text{sgn}(\cdot)$ 。飽和函數  $\text{sat}(\cdot)$  的定義為

$$\text{sat}(s/\delta) = \begin{cases} +1, & s > \delta \\ s/\delta, & -\delta \leq s \leq \delta \\ -1, & s < -\delta \end{cases} \quad (21)$$

其中  $\delta$  為邊界層的厚度，在此範例中，吾人使用  $\delta = 0.01$ 。

電腦模擬圖形如圖 4~9 所示。取樣時間為 0.001 秒， $x$  的初始值為 2， $\dot{x}$  的初始值為 2，圖 4(a)~9(a) 是採用參考文獻[19]的控制法則來控制 Duffing-Holmes 混沌系統，而圖 4(b)~9(b) 是使用本文所提出的方法所模擬出來的圖形，兩個控制方法都是在時間為 5 秒時開始加入輸入訊號。由圖 4 可看出本文所提出的方法明顯地改善輸入的切跳現象，且輸入的最大值也比參考文獻[19]的控制方法小很多，確實改善輸入的切跳現象與高增益輸入這兩個滑動模式控制的問題。滑動函數也比參考文獻[19]的控制方法早一點收斂到零，如圖 5 所示。圖 6 和圖 7 分別為狀態與誤差的相位平面圖，由圖形可看出吾人所提出的方法可以有效地改善混沌現象，且當系統軌跡到達滑動平面後，就沿著此平面滑向目標點。由追蹤誤差的響應圖可看出狀態訊號確實有追蹤到目標值且花較短的時間就追蹤到目標訊號，如圖 8 所示。系統狀態的時間響應圖如圖 9 所示，本論文所提出的方法會使得系統的軌跡比參考文獻[19]的控制方法早一點追蹤到參考訊號。

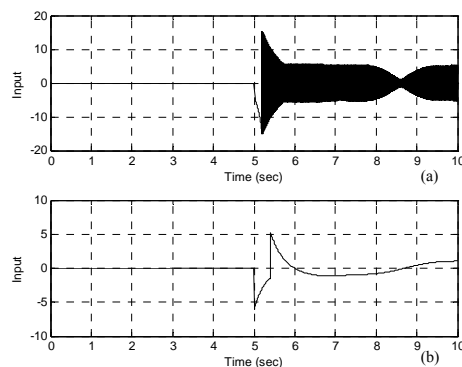


圖 4：Duffing-Holmes 混沌系統之輸入響應圖形，(a)參考文獻[19]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

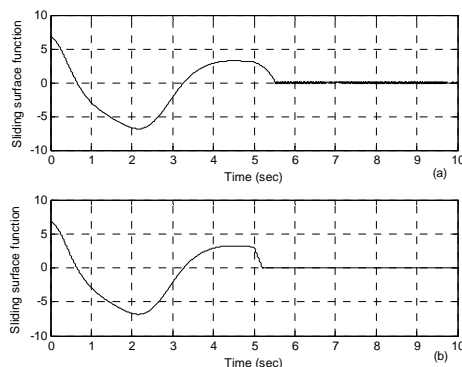


圖 5：Duffing-Holmes 混沌系統之滑動函數響應圖形，(a)參考文獻[19]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

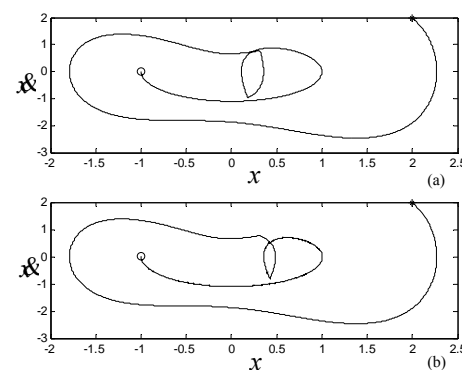


圖 6：Duffing-Holmes 混沌系統之狀態相位平面圖形，(a)參考文獻[19]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

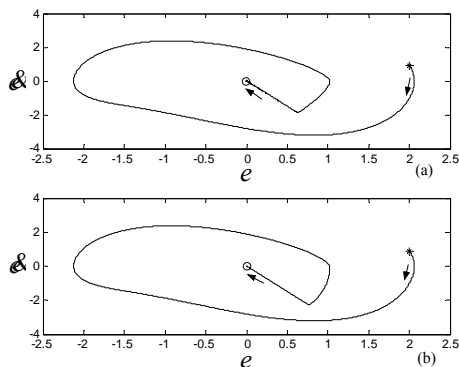


圖 7：Duffing-Holmes 混沌系統之誤差相位平面圖形，(a)參考文獻[19]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

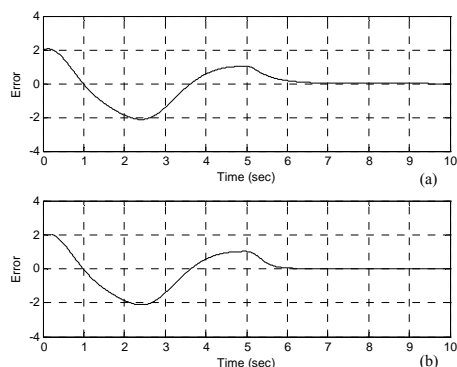


圖 8：Duffing-Holmes 混沌系統之誤差時間響應圖形，(a)參考文獻[19]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

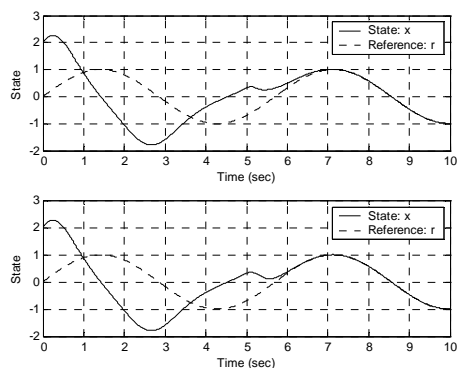


圖 9：Duffing-Holmes 混沌系統之狀態時間響應圖形，(a)參考文獻[19]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

#### 4.2 範例二

對於具有雜訊的 Van der Pol 電路[20]，其動態方程式為

$$\ddot{x} + 3(1 - x^2)\dot{x} + 2x = u + \eta \quad (22)$$

其中  $\eta$  為雜訊， $\eta = 10\sin(5\pi t) + 5\sin(2\sqrt{t+1})$ 。

首先定義滑動函數為

$$s = \dot{x} + e, \quad e = x - r \quad (23)$$

此系統的參考模型的動態方程式為  $\ddot{r} = -r + (1 - r^2)\dot{r}$ [20]。根據(4)-(8)，(21)式，輸入訊號為

$$u = -\dot{x} + 2x + \ddot{r} + \dot{x} - 13.5 - 45\text{sat}(s/0.05) \quad (24)$$

電腦模擬圖形如圖 10~14 所示。取樣時間為 0.001 秒， $x$  的初始值為 1.5， $\dot{x}$  的初始值為 0，圖 10(a)~14(a)是採用參考文獻[20]的控制法則來控制 Van der Pol 電路，而圖 10(b)~14(b)是使用本文所提出的方法所模擬出來的圖形。圖 10(a)是採用兩個濾波器來改善切跳現象[20]，但其改善效果有限，輸入訊號仍然出現切跳現象，而採用本文所提出的控制法則可以有效地改善輸入的切跳現象且輸入的最大值較參考文獻[20]的小，如圖 10(b)所示。本文所提出方法之滑動函數的暫態響應也比參考文獻[20]好一點，如圖 11 所示。圖 12 為狀態的相位平面圖，由圖形可看出吾人所提出的方法可以有效地改善混沌現象。圖 13 顯示本方法的穩態誤差比參考文獻[20]小一點。圖 14 為狀態時間響應圖，由圖形可看出本文所提出的方法在 1 秒後系統的狀態就追蹤到參考訊號，而參考文獻[20]的控制方法則需花 2 秒才可追蹤到參考訊號。

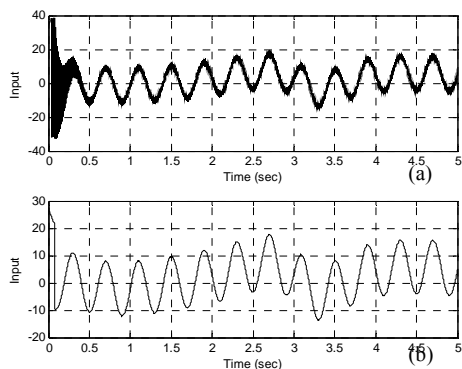


圖 10：Van der Pol 電路之輸入響應圖形，(a)參考文獻[20]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

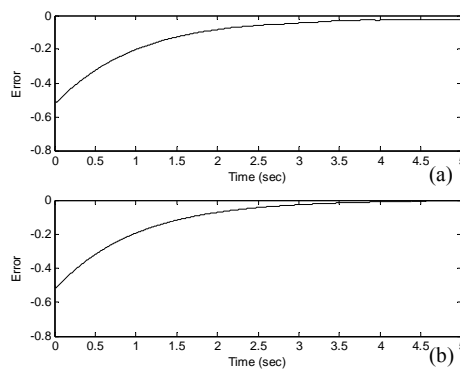


圖 13：Van der Pol 電路之誤差時間響應圖形，(a)參考文獻[20]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

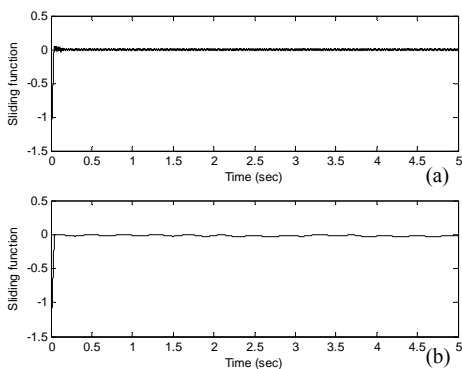


圖 11：Van der Pol 電路之滑動函數響應圖形，(a)參考文獻[20]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

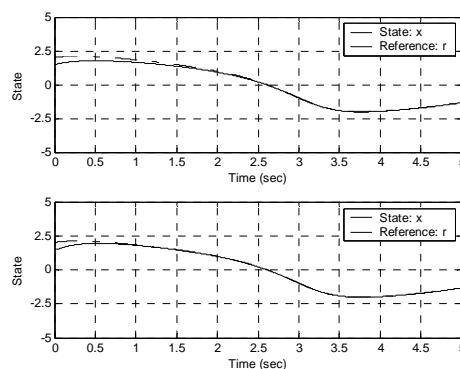


圖 14：Van der Pol 電路之狀態時間響應圖形，(a)參考文獻[20]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

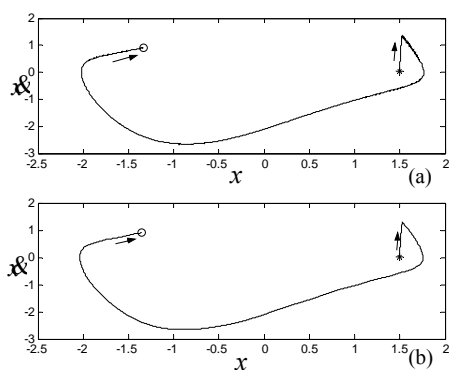


圖 12：Van der Pol 電路之狀態相位平面圖形，(a)參考文獻[20]之控制法則，(b)本文所提出的控制法則

## 五、結論與未來展望

本論文針對混沌系統提出滑動模式控制，利用滑動模式控制對參數擾動及外來雜訊的強健性，並使用邊界層的技术來改善輸入訊號的瞬間切跳現象。最後以電腦模擬將所提出的控制法則應用到 Duffing-Holmes 混沌系統和 Van der Pol 電路。由電腦模擬圖形可看出吾人的滑動模式控制器可以有效地控制混沌現象，並且輸入訊號沒有出現切跳現象，證明了本控制方法的可行性。未來則將進一步進行實作，以使理論與實務相輔相成。

## 參考文獻

- [1] G. Chen, *Controlling chaos and bifurcations in engineering systems*, CRC Press, New York, 2000.
- [2] Y. Nakamura and A. Sekiguchi, "The chaotic mobile robot," *IEEE Transactions on Robotic and Automation*, Vol. 17, No. 6, pp. 898-904, 2001.
- [3] Y. H. Lim and D. C. Hamill, "Chaos in spacecraft power systems," *Electronics Letters*, Vol. 35, No. 6, pp. 510-511, 1999.
- [4] G. Poddar, K. Chakrabarty, and S. Banerjee, "Control of chaos in DC-DC converters," *IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications*, Vol. 45, No. 6, pp. 672-676, 1998.
- [5] N. J. Corron and D. W. Hahs, "A new approach to communications using chaotic signals," *IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications*, Vol. 44, No. 5, pp. 373-382, 1997.
- [6] P. Arena, L. Fortuna, and M. Frasca, "Chaos control by using motor maps," *Chaos*, Vol. 12, No. 3, pp. 559-574, 2002.
- [7] J. Awrejcewicz and C. H. Lamarque, *Bifurcation and chaos in nonsmooth mechanical systems*, World Scientific, New Jersey, 2003.
- [8] Y. C. Chang, "A robust tracking control for chaotic Chua's circuits via fuzzy approach," *IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications*, Vol. 48, No. 7, pp. 886-895, 2001.
- [9] A. S. Poznyak, W. Yu, and E. N. Sanchez, "Identification and control of unknown chaotic systems via dynamic neural networks," *IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications*, Vol. 46, No. 12, pp. 1491- 1495, 1999.
- [10] S. Mascolo and G. Grassi, "Controlling chaotic dynamics using backstepping design with application to the Lorenz system and Chua's circuit," *International Journal of Bifurcation & Chaos*, Vol. 9 No. 7, pp. 1425-1434, 1999.
- [11] H. T. Yau, C. K. Chen, and C. L. Chen, "Sliding mode control of chaotic systems with uncertainties," *International Journal of Bifurcation and Chaos*, Vol. 10, No. 5, pp. 1139-1147, 2000.
- [12] Yongai Zheng, "Controlling chaos based on an adaptive adjustment mechanism," *Chaos, Solitons and Fractals*, Vol. 30, No. 5, pp. 1069-1073, 2006.
- [13] V. I. Utkin, *Sliding modes in control optimization*, Springer, Berlin Heidelberg New York, 1992.
- [14] J. Y. Hung, W. Gao, J. C. Hung, "Variable structure control: a survey," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 40, No. 1, pp. 2-22, 1993.
- [15] Y. J. Huang and T. C. Kuo, "Robust output tracking control for nonlinear time-varying robotic manipulators," *Electrical Engineering*, Vol. 87, No. 1, pp. 47-55, 2005.
- [16] H. Elmali and N. Olgac, "Satellite attitude control via sliding mode with perturbation estimation," *IEE Proceedings-Control Theory and Applications*, Vol. 143, No. 3, pp. 276 - 282, 1996.
- [17] C. Lascu, I. Boldea, and F. Blaabjerg, "Very-low-speed variable-structure control of sensorless induction machine drives without signal injection," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 41, No. 2, pp. 591 - 598, 2005.
- [18] Z. Lu, L. Shieh, and G. Chen, "On robust control of uncertain systems: a sliding-mode synthesis via chaotic optimization," *Chaos*,

- Solitons and Fractals*, Vol. 18, No. 4, pp. 819-827, 2003.
- [19] W. D. Chang and J. J. Yan, "Adaptive robust PID controller design based on sliding mode for uncertain chaotic systems," *Chaos, Solitons and Fractals*, Vol. 26, No. 1, pp. 167-175, 2005.
- [20] J. X. Xu, Y. J. Pan, and T. H. Lee, "Sliding mode control with closed-loop filtering architecture for a class of nonlinear systems," *IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Express Briefs*, Vol. 51, No. 4, pp. 168-173, 2004.
- [21] T. Y. Li and J. A. Yorke, "Period three implies chaos," *American Mathematical Monthly*, Vol. 82, pp. 958-992, 1975.
- [22] X. Li, G. Chen, and Z. Yuan, "Chaotifying linear Elman networks," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 13, No. 5, pp. 1193-1199, 2002.
- [23] Z. M. Ge, M. Y. Hsu, "Chaos in a generalized Van der Pol system and in its fractional order system," *Chaos, Solitons and Fractals*, Vol. 33, No. 5, pp. 1711-1745, 2007.
- [24] G. M. Mahmoud and A. A. M. Farghaly, "Chaos control of chaotic limit cycles of real and complex Van der Pol oscillators," *Chaos, Solitons and Fractals*, Vol. 21, No. 4, pp. 915-924, 2004.

## 可調光增益式三端雙射極光電晶體 Adjustable Optical-gain for Three-terminal Double-emitter Phototransistor

譚仕煒<sup>1</sup> 廖繼文<sup>2</sup>  
Shih-Wei Tan,<sup>1</sup> Chi-Wen Liao<sup>2</sup>  
清雲科技大學 電機工程系  
[tanshwei@cyu.edu.tw](mailto:tanshwei@cyu.edu.tw)

### 摘要

我們提出以射極電壓偏壓操作模式下，磷化銦鎵/砷化鎵雙射極異質接面光電晶體，同時其特性並與傳統以 p-i-n 操作模式下，浮置基極異質接面光電晶體以及基極電壓操作模式下異質接面光電晶體來比較。雖然傳統異質接面光電晶體的光增益以功率與電壓來調整可分別以基極浮接與基極電壓偏壓兩種操作模式來達成，但是傳統異質接面光電晶體卻無法達到同時以功率與電壓來調整的光增益。相反地，在雙射極異質接面光電晶體中，可同時以射極電壓與入射光功率來調整其光功率，實驗結果為傳統異質接面光電晶體中，在基極浮接的操作模式下，以功率調整光增益其範圍為 11 至 29，在基極偏壓的操作模式下以電壓調整光增益其範圍為 0.83 至 1.6，增益調整效率為  $4.4 \text{ V}^{-1}$ ；雙射極異質接面光電晶體中，在射極偏壓及基極浮接的操作模式下可增加光增益，增益調整效率為  $43.4 \text{ V}^{-1}$ 。最後，我們以一個基極區電流分流觀念來解釋以功率與電壓來調整光增益的特性並與實驗結果相當吻合。

**關鍵字：**異質接面光電晶體、光增益。

### **Abstract**

InGaP/GaAs double-emitter heterojunction phototransistors (DEHPTs) with an emitter biased using a voltage is reported for comparing to heterojunction phototransistors (HPTs) with a floating base operated in the p-i-n and transistor modes and to the HPTs with a base biased using a voltage. Although the power- and voltage-adjustable optical gains are expected when the base of the HPT is floated and biased using a voltage, respectively, conventional HPT's configuration does not simultaneously exhibit both. On the contrary, both the voltage applied to the emitter and the incident optical power can tune the optical gains of the DEHPT. Experimental results show that (1) the power-adjustable optical gains are in the range of 11~29 determined by the incident optical power upon the HPT with a floating base, (2) the small optical gains tuned by a voltage are 0.83~1.6 with a gain-tuning efficiency of  $4.4 \text{ V}^{-1}$  for the HPT with a base electrode, and (3) the DEHPT with an emitter biased using a voltage exhibits an enhanced optical gain and gain-tuning efficiency of  $43.4 \text{ V}^{-1}$  when compared to the HPT with a floating base. Finally, a new concept of current-sharing effects in the base region is introduced to explain power- and/or voltage-adjustable characteristics with good agreement found.

**Key words:** heterojunction phototransistor (HPT) 、 optical gain.



## I. INTRODUCTION

Heterojunction phototransistors (HPTs) using III-V compound semiconductors have been extensively studied in the past two decades.<sup>1-9)</sup> They were used as two-terminal devices with a floating base in the early stage of development and application. The optical gain of the HPT with a floating base is usually dependent on the incident optical power that determines the quiescent operating point of the heterojunction bipolar transistor (HBT). Thus, the optical gain is small at the low optical power where the current gain of the HBT determined is low. It is also noted that the optical gain and hence the photocurrent are not adjustable when the incident optical power is fixed. Recently, there have been several reports on the HPT with a base biased using a current source.<sup>9-16)</sup> The key feature of the HPT with a current-bias base is that an additional base current is used to tune the operating point of the HBT to the higher current level where the current gain is larger. The HPT with a current-bias base is really reported to exhibit enhanced optical gains and photocurrents.<sup>10-16)</sup> However, the HPT with an independent current source are not suitable for integrated optical receivers in practice. Biasing base with a voltage source is the most common way used in practical circuits to tune the operating point of the HBT. Tan et al. addressed that no enhancement was obtained in the performance of the HPT using a voltage source to bias the base.<sup>10,11)</sup> Moreover, the optical gain obtained in the voltage-bias HPT is even smaller than that of the HPT with a floating base.

In this paper, a new double-emitter phototransistor (DEHPT) has been proposed and addressed as a three-terminal device. One emitter is designed as the ground electrode and the other as the control electrode with a voltage connected to the ground electrode. There are two HPTs with a floating base

in the single DEHPT. Thus typical optical characteristics, such as power-dependent optical gains, obtained in conventional HPTs with a floating base are still available in the DEHPT. The collector photocurrent and hence the optical gain in the DEHPT can be enhanced and tuned by both the positive and the negative voltages applied to the control electrode. Furthermore, we introduce the current-sharing effects occurring in the base region to well describe power- and/or voltage-adjustable optical gains for the HPTs with a floating base and with a voltage-bias base and the DEHPT with a voltage-bias emitter.

## II. HPT/DEHPT STRUCTURE AND FABRICATION

The InGaP/GaAs HPT/DEHPT structure used in this study was grown on a (100)-oriented GaAs substrate by LP-MOCVD. It consists of a 0.5- $\mu\text{m}$   $n^+$ -GaAs ( $n^+=5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) sub-collector layer, a 0.6- $\mu\text{m}$   $n^-$ -GaAs ( $n^-=5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ ) collector layer, a 0.14- $\mu\text{m}$   $p^+$ -GaAs ( $p^+=4\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ ) base layer, and emitter layers including a 0.07- $\mu\text{m}$   $n$ -InGaP ( $n=5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ) wide-gap layer and a 0.3- $\mu\text{m}$   $n^+$ -GaAs ( $n^+=5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) cap layer. Carbon and silicon are used as the p- and n-type dopants, respectively. The transmission-line patterns indicate the base sheet resistance of 155  $\Omega/\square$ .

0.3- $\mu\text{m}$	$5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$	$n^+$ -GaAs
0.07- $\mu\text{m}$	$5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$	n-InGaP
0.14- $\mu\text{m}$	$4\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$	$p^+$ -GaAs
0.6- $\mu\text{m}$	$5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$	$n^-$ -GaAs collector
0.5- $\mu\text{m}$	$5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$	$n^+$ -GaAs subcollector
S. I. GaAs substrate		

Fig.1 Epitaxial structure for InGaP/GaAs HPT/DEHPT.

The fabrication of the DEHPT started with Au/Ge/Ni metal deposition for the double-emitter formation. Then the metal together with patterned photoresist was used as an etching mask during the emitter mesa. Etching selectivity between the GaAs (etched in  $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=3:1:50$  solution) and the InGaP (etched in  $\text{H}_3\text{PO}_4:\text{HCl}=1:1$  solution) layers was employed throughout this work.<sup>17)</sup> After the base mesa, Au/Ge/Ni metal was again deposited and alloyed as the collector electrode. The exposed extrinsic base layer defined by the base mesa was employed as the absorption region with an area of  $4 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ . Finally device isolation mesa was performed. Figure 2(a) shows the schematic cross-section diagram of a fabricated DEHPT with one emitter ( $E'$ ) area of  $A_{E'}=100 \times 150 \text{ }\mu\text{m}^2$  and the other ( $E$ ) of  $A_E=50 \times 150 \text{ }\mu\text{m}^2$ . The HPT with a base electrode is also fabricated using conventional triple-mesa technique. As shown in Fig. 2(b), the HPT exhibits an emitter area of  $A_{E'}+A_E=150 \times 150 \text{ }\mu\text{m}^2$  and the same absorption area of  $4 \times 10^{-4} \text{ }\mu\text{m}^2$  as that of the DEHPT.

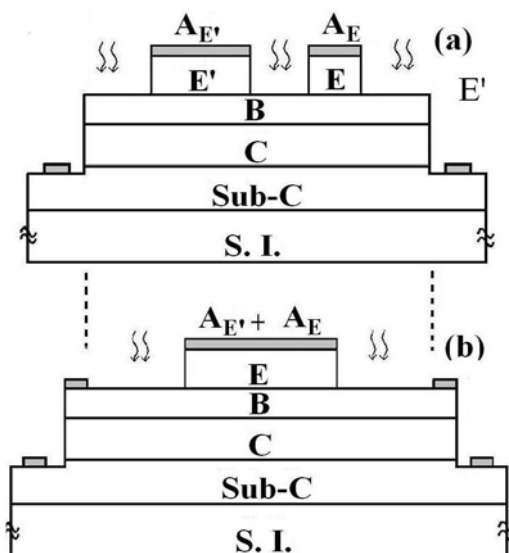


Fig. 2 Schematic cross-sectional view of (a) a fabricated DEHPT with double emitters, and (b) a conventional HPT with a base electrode.

Thus the total device area of the conventional HPT with a base electrode is larger than that of the newly proposed DEHPT. Furthermore, the new three-terminal DEHPT has its fabrication much simpler.

### III. ELECTRICAL AND OPTICAL EXPERIMENTS

Firstly, shown in Fig. 3(a) are the common-emitter current-voltage characteristics for the conventional HPT measured in the dark. A small collector-emitter offset of 120 mV is obtained due to the benefit of excellent band lineup between the InGaP and the GaAs layers. Fig. 3(b) shows the corresponding Gummel plots for the same HPT in the dark. The measured characteristics show ideality factors of 1.02 and 1.50 for the collector and the base currents, respectively.

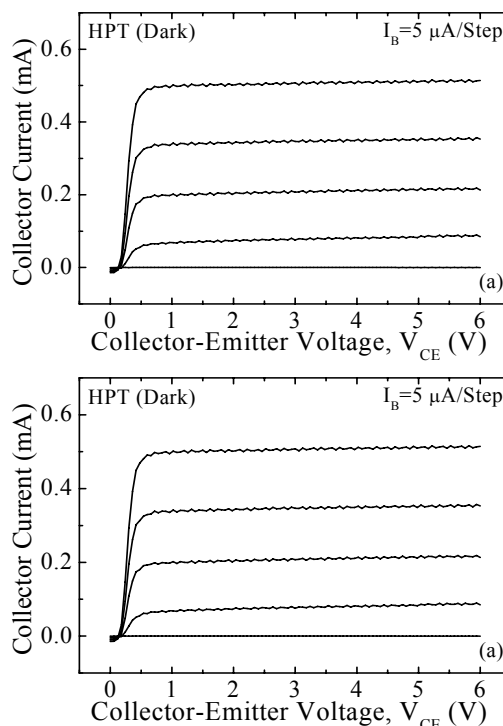
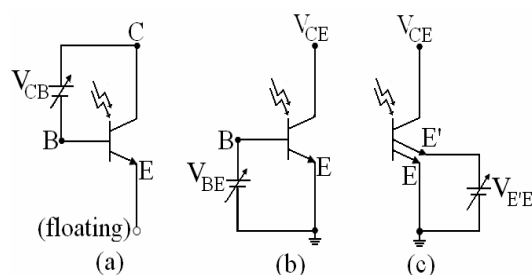


Fig. 3(a) Common-emitter current-voltage characteristics and (b) corresponding Gummel plots and dc current gains for the HPT measured in the dark.

As a result, the dc current gains are increased with increasing base (and hence collector) current density. The saturated current gain is 46 while is only 13 at a base current density of  $1\text{mA}/\text{cm}^2$ . These results indicate that (i) successful control of the exposed extrinsic base as the absorption region for our experiments in the DEHPT can also be implemented using the selective etch and (ii) the low optical gain is expected when the incident optical power upon the HPT/DEHPT is small.

In addition to the electrical measurements (common-emitter and Gummel-plot modes) by HP4145A, three kinds of voltage-controlled modes for the fabricated phototransistors were employed for optical measurements. Our measurements include the case when a series of different levels of optical power is incident upon the HPT/DEHPT. Figure 4(a) shows the circuit for the HPT operated in the p-i-n mode where a voltage source ( $V_{CB}=0\sim 10\text{ V}$ ) is connected between the base and the collector while the emitter is floated. The circuit of the transistor-mode HPT with a base biased using a voltage source ( $V_{BE}=-0.4\sim 2.0\text{ V}$ ) is illustrated in Fig. 4(b). The circuit shown in Fig. 4(c) is the DEHPT operated in the common-emitter mode where a voltage source ( $V_{E'E}=-0.4\sim 2.0\text{ V}$ ) is connected between the control electrode ( $E'$ ) and the ground electrode ( $E'$ ). Optical measurements were performed using an ACM(LD1469)X16 semiconductor laser operating at 850 nm controlled by power supply (Model GPS-1850D). The laser beam is focused onto the HPT/DEHPT by front side illumination. The optical power was measured using a photodetector (AC25HD) and an optical meter (Vector H410). The key merit of the phototransistor is the optical gain which is defined as  $G=h\nu\times\Delta I_{CP}/(q\times P_{in})$  with the assumption of 100 % quantum efficiency. Where  $h\nu$  is the photon's energy,  $\Delta I_{CP}$  is the collector photocurrent resulting from optical injection, and  $P_{in}$  is the incident optical

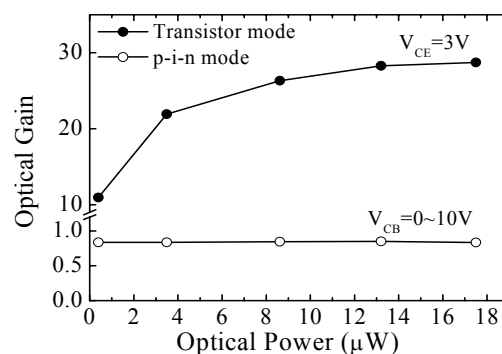
power.



**Fig. 4 Optical measurements for (a) the p-i-n mode HPT with a floating emitter, (b) the transistor-mode HPT with a base biased using a voltage source ( $V_{BE}$ ), and (c) the DEHPT operated in the common-emitter mode where a voltage source ( $V_{E'E}$ ) is connected between the emitter  $E'$  and the emitter  $E$ .**

#### IV. RESULES AND DISCUSSION

Figure 5 shows the optical gains as a function of incident optical power for the conventional HPT operated in the p-i-n and transistor modes.



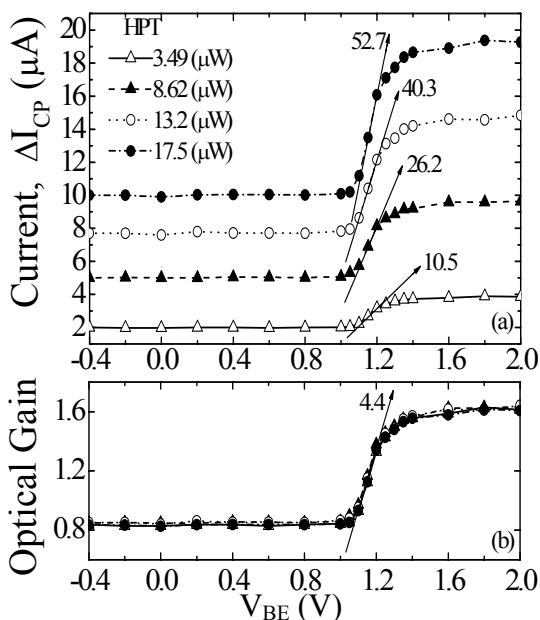
**Fig. 5 Optical gains as a function of the incident optical power for the HPT operated in the p-i-n and transistor modes.**

The optical gains from the p-i-n mode are nearly independent of the optical power. The calculated optical gains in the range of 0.83~0.86 are almost not tuned by both the applied voltage ( $V_{CB}$ ) and the incident optical power ( $P_{in}$ ). Clearly, the base, collector, and sub-collector of the HPT form the p-i-n diode where the photocurrent generated cannot be amplified by the transistor action. This is due to

the floating emitter, resulting in a low optical gain. In the case of the HPT operated in the transistor mode (i.e., with a floating base), the photocurrent generated within the p-i-n region will entirely flow through the base-emitter junction. Under that situation, the p-i-n photocurrent is in the role of the electrical base current and is then amplified by the transistor action. The larger the p-i-n photocurrent is the higher the dc current gain is. That is, the final collector photocurrent is directly proportional to the dc current gain and hence the p-i-n photocurrent. We thus find that the optical gain available is as high as 29 at  $P_{in}=17.5 \mu\text{W}$ . Since the p-i-n photocurrent is strongly dependent on the incident optical power, the power-adjustable optical gain is then seriously degraded when the optical power is reduced. When the incident optical power is reduced to  $P_{in}=0.4 \mu\text{W}$ , the optical gain is even down to 11. Because of two-terminal device, the voltage-adjustable optical gains are not available, either. These are coherent problems associated with the HPT with a floating base and explain why the HPT with a biased base is under intensive investigation.

Figs. 6(a) and 6(b) show the measured collector photocurrents ( $\Delta I_{CPs}$ ) and calculated optical gains as a function of base-emitter voltage ( $V_{BE}$ ) for the HPT with a base electrode, respectively. Our measurement includes the case when the HPT is under a series of different levels of optical power. At the low  $V_{BE}$ , we first find that the collector photocurrents under a series of different levels of optical power are independent and nearly unchanged. The voltage-independent  $\Delta I_{CPs}$  are 2, 5, 7.7 and 10  $\mu\text{A}$  for those incident optical powers of 3.49, 8.62, 13.2 and 17.5  $\mu\text{W}$ , respectively. Note also that these measured  $\Delta I_{CPs}$  are nearly the same as those measured from the p-i-n mode. When the applied  $V_{BE}$  is larger than 0.96 V, the turn-on voltage of the HPT ( $V_{ON}$ ), the  $\Delta I_{CP}$  starts increasing no matter what

the incident power is. Then it saturates at some  $V_{BE}$  according to the incident optical power. The current-tuning efficiency is defined as  $\eta=\Delta I_{CP}/\Delta V_{BE}$ . The maximum  $\eta$  within the adjustable region is increased from 10.5 to 52.7  $\mu\text{S}$  when the incident optical power is increased from 3.49 to 17.5  $\mu\text{W}$ .



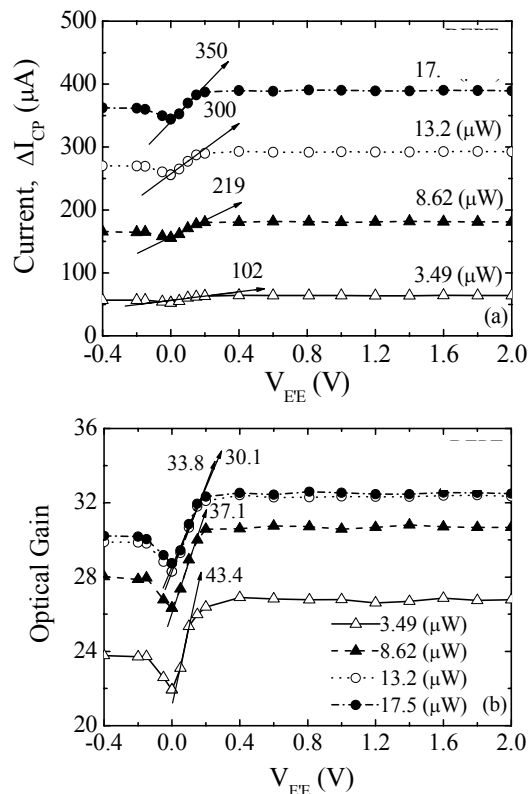
**Fig. 6 (a) Measured collector photocurrents ( $\Delta I_{CPs}$ ), and (b) calculated optical gains as a function of base-emitter voltage ( $V_{BE}$ ) for the HPT with a base electrode.**

In other words, the higher the optical power is the larger the maximum  $\eta$  is. Besides, the enhancement of the  $\Delta I_{CP}$  as compared to that of the p-i-n mode is available only when the applied  $V_{BE}$  is larger than  $V_{ON}$ . However, the calculated optical gain at the low  $V_{BE}$  is as small as 0.83~0.85, which is also nearly the same as that obtained from the p-i-n mode. Even if the  $V_{BE}$  larger than  $V_{ON}$  is applied, the optical gain is still small (0.83~ 1.6) and much lower than that (11~29) obtained from the HPT with a floating base. Furthermore, it is also found that the voltage-adjustable optical gains with a gain-tuning efficiency of only 4.4  $\text{V}^{-1}$  are independent of the incident optical power (i.e., no power-adjustable optical gains). These experimental

results are in good agreement with previous reports.<sup>10,11)</sup> Instead of performance enhancement, degraded optical gains are found for the HPT with the base biased using a voltage source as compared with the HPT with a floating base.

Figure 7(a) shows the measured  $\Delta I_{CP}$  as a function of  $V_{EE}$  for a fabricated DEHPT. Note also that  $V_{EE}=0$  V means the DEHPT behaves like a conventional HPT with a floating base. It is found that the DEHPT with a biased emitter exhibits enhanced  $\Delta I_{CP}$ s as compared with that in the case of  $V_{EE}=0$  V. In particular, both the positive and negative voltages can be applied to enhance the  $\Delta I_{CP}$ . Concerning with polarity of the applied  $V_{EE}$ , we find that saturated  $\Delta I_{CP}$ s are quite different for such a proposed DEHPT with its double emitters having different areas. The DEHPT biased with a positive  $V_{EE} > 0.4$  V exhibits the saturated  $\Delta I_{CP}$  at 64.0, 181.1, 292.3, and 389.4  $\mu$ A while with a negative  $V_{EE} < -0.4$  V at 56.8, 165.4, 270.1, and 362.1  $\mu$ A for the incident optical power of 3.49, 8.62, 13.2, and 17.5  $\mu$ W, respectively. Furthermore, the current-tuning efficiency is as high as 350  $\mu$ S for the DEHPT under 17.5  $\mu$ W. Shown in Fig. 7(b) are the calculated optical gains as a function of  $V_{EE}$  for the DEHPT under a series of different levels of optical power. Not only the incident optical power but also the applied  $V_{EE}$  can be used to tune the optical gains. In the case of the voltage-adjustable behavior, we first refer to the optical gains of the DEHPT under 3.49- $\mu$ W optical power injection. Initially, the calculated optical gain is increased with increasing the positive  $V_{EE}$ . Then it saturates. The gain-tuning efficiency is 43.4  $V^{-1}$ , which is ten-folds that of the HPT with a base biased using a voltage. Another feature obtained is that the tuning voltage starts at  $V_{EE}=0$  V, instead of the turn-on voltage of the HPT. Furthermore, a negative  $V_{EE}$  can also be used to tune the optical gain with a gain-tuning efficiency of

18.4  $V^{-1}$ . The final optical gains are 26.8 and 23.8 when the  $V_{EE}$  is larger than 0.4 V and smaller than -0.4 V, respectively. For the DEHPT under the larger optical power injection, their optical gains as a function of  $V_{EE}$  exhibit the same trend described above.



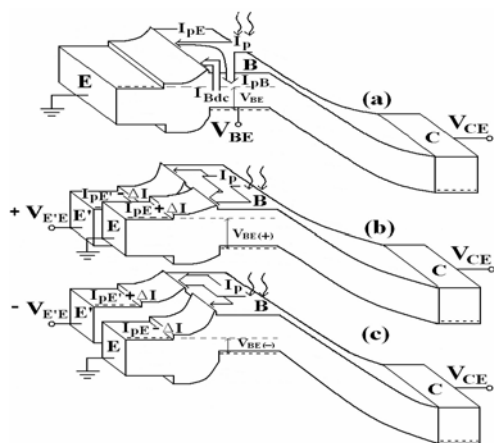
**Fig. 7 (a) Measured  $\Delta I_{CP}$ s and (b) calculated optical gains as a function of  $V_{EE}$  for the DEHPT under a series of different levels of optical power.**

Furthermore, the optical gains are increased with increasing optical power, just like those obtained from the HPT with a floating base. Thus at the same optical power level, the power-adjustable optical gains of the DEHPT with a biased emitter are always larger than those of HPT with a floating base. However, it is worthily noted that the gain-tuning efficiency is reduced with increasing the optical power. For example, the DEHPT under 17.5- $\mu$ W optical power injection exhibits the maximum gain-efficiency of 30.1  $V^{-1}$ , while is 37.1  $V^{-1}$  under 8.62  $\mu$ W. This means the DEHPT with a biased emitter is particularly useful for optoelectronic

application when the incident optical power is low.

## V. THEORETICAL ANALYSIS

In order to explain how the power- and/or voltage-adjustable optical gains are available in the HPT and proposed DEHPT, a new concept of the current-sharing effects occurring in the base region is introduced.



**Fig. 8 Corresponding band diagram for (a) the HPT with a base electrode, (b) the DEHPT applied with a positive  $V_{E'E}$ , and (c) the DEHPT applied with a negative  $V_{E'E}$ , showing the current-sharing behaviors in the base region.**

Fig. 8(a) is the case for the HPT with a base electrode where the  $I_p$  generated within the p-i-n region is equal to  $I_{pB}+I_{pE}$ . The  $I_{pB}$  is denoted as the current flows into the base electrode while the  $I_{pE}$  as that injects across the base-emitter junction. When the base is floated, the  $I_p$  is forced to entirely inject across the base-emitter (B-E) junction, resulting in  $I_{pE}=I_p$  and  $I_{pB}=0$ . Thus the  $I_p$  is now in the role of the input base current and the  $V_{CE}$  provides the required  $V_{BE}$ . Accordingly, the final  $\Delta I_{CP}$  is expressed as  $\Delta I_{CP}=[\beta(J_p)+1]\times I_p$ . Implied in above-expression is that  $\beta$  is a function of  $J_p=I_p/(A_E+A_E')$ . That is, the  $\Delta I_{CP}$  depends on both of the  $\beta$  and  $I_p$  for the HPT with a floating base. Since the  $I_p$  is directly proportional to the incident optical power, the

optical gain defined only depends on the dc current gain,  $\beta$ . The larger the optical power is the higher the  $\beta$  is. This explains why power-adjustable optical gains can be obtained in the HPT with a floating base. When the base of the HPT is biased using the  $V_{BE}$ , however, the electrical characteristics of the base-emitter junction and hence the current-sharing behaviors of the  $I_p$  in the base region are determined by the applied  $V_{BE}$ . For a negative  $V_{BE}$ , the reverse-biased B-E junction provides an extremely large equivalent resistance. Almost all of  $I_p$  will flow into the base electrode, resulting in  $I_{pB}=I_p$  and  $I_{pE}=0$ . Even if a positive  $V_{BE}$  smaller than the  $V_{ON}$  is applied,  $I_{pB}\approx I_p$  and  $I_{pE}\approx 0$  are still valid due to the off-conduction B-E junction. In other words, the HPT with a base biased using a  $V_{BE}$  smaller than  $V_{ON}$  will behave like a p-i-n diode formed by the base, collector and sub-collector layers. Increasing  $V_{BE}$  beyond the  $V_{ON}$ , there are a dc biased current ( $I_{Bdc}$ ) injecting across the B-E junction and a reduced equivalent resistance of the B-E junction. Increasing  $\beta$  due to the  $I_{Bdc}$  while maintaining the  $I_p$  entirely injecting across the B-E junction is an effective way to improve HPT's performance. However, we do not obtain such a significant enhancement for the HPT with a base biased using the  $V_{BE}$  larger than  $V_{ON}$ . Although the  $V_{BE}$  is used to tune the operating point of the HPT to a higher current-gain regime, the  $I_p$  shared to the B-E junction (i.e.,  $I_{pE}$ ) is much smaller than that to the  $V_{BE}$  source ( $I_{pB}$ ). Almost all of the  $I_p$  still flow into the base electrode instead of the B-E junction. Even at the high  $V_{BE}$ , there is few portion of the  $I_p$  injecting across the B-E junction. The current-sharing concept explains why the HPT with a base biased using a voltage source exhibits small voltage-adjustable optical gains. On the other hand, the increased  $I_p$  due to the larger incident optical power offers no contribution to the final dc current gain because of  $I_{pE}\approx 0$ . Thus no power-adjustable optical gains are obtained for the HPT with a base

biased using a voltage source.

On the contrary, there are two HPTs with a common floating base and a common collector in the single DEHPT. One emitter (E) is served as the ground electrode and the other (E') as the control electrode. Clearly, the  $I_P$  is now entirely injected across and shared by both of the B-E ( $I_{PE}$ ) and the B-E' ( $I_{PE'}$ ) junctions. Thus the  $I_P$  is the sum of the  $I_{PE}$  and  $I_{PE'}$ . Whereas, the respective magnitude of the  $I_{PE}$  and the  $I_{PE'}$  is determined by the voltage connected between the control and ground electrodes ( $V_{E'E}$ ). In the case of  $V_{E'E}=0$  V, the final collector photocurrent for the DEHPT with a  $A_{E'}:A_E=2:1$  is expressed as

$$\Delta I_{CP}(V_{E'E} = 0) = \left[ \beta \left( \frac{I_{PE}}{A_E} \right) + 1 \right] \times I_{PE} + \left[ \beta \left( \frac{I_{PE'}}{A_{E'}} \right) + 1 \right] \times I_{PE'} \quad (1)$$

where  $\beta(I_{PE}/A_E)$  and  $\beta(I_{PE'}/A_{E'})$  are the dc current gains at the base current densities of  $J_{PE}=I_{PE}/A_E$  and  $J_{PE'}=I_{PE'}/A_{E'}$ , respectively. Fig. 8(b) shows the corresponding band diagram when the control electrode of the DEHPT is applied with a positive  $V_{E'E}$ . In that situation, the B-E' junction is less conductive while the B-E junction is more conductive than the case of  $V_{E'E}=0$  V. Thus the final collector photocurrent with the sharing current of  $\Delta I$  is now expressed as

$$\Delta I_{CP}(+V_{E'E}) = \left[ \beta \left( \frac{I_{PE} + \Delta I}{A_E} \right) + 1 \right] \times (I_{PE} + \Delta I) + \left[ \beta \left( \frac{I_{PE'} - \Delta I}{A_{E'}} \right) + 1 \right] \times (I_{PE'} - \Delta I) \quad (2)$$

and the enhanced collector photocurrent as

$$\Delta I_{CP}(+V_{E'E}) - \Delta I_{CP}(V_{E'E} = 0)$$

compared to the case of  $V_{E'E}=0$  V is

$$= \left[ \beta \left( \frac{I_{PE} + \Delta I}{A_E} \right) \right] \times (I_{PE} + \Delta I) + \left[ \beta \left( \frac{I_{PE'} - \Delta I}{A_{E'}} \right) \right] \times (I_{PE'} - \Delta I)$$

$$- \beta \left( \frac{I_P}{A_E + A_{E'}} \right) \times I_P \quad (3)$$

With increasing  $V_{E'E}$ , the B-E' junction turns into much weaker conduction and ultimately into off conduction. In the ultimate situation,  $\Delta I=I_{PE'}$  and  $I_{PE}+\Delta I \approx I_P$ , resulting in the enhanced collector photocurrent as

$$\Delta I_{CP}(+V_{E'E}) - \Delta I_{CP}(V_{E'E} = 0) = \beta \left( \frac{I_P}{A_E} \right) \times I_P - \beta \left( \frac{I_P}{A_E + A_{E'}} \right) \times I_P \quad (4)$$

In the negative direction, the B-E' junction becomes more conductive as compared to the case of  $V_{E'E}=0$  V, as shown in Fig. 8(c). More portion of the  $I_P$  is injected into the control electrode but the base potential with respect to the ground electrode is increased (i.e.,  $V_{BE}$  is reduced) to turn gradually off the B-E junction. Finally, the collector photocurrent coming totally from the control electrode is equal to

$$\Delta I_{CP}(-V_{E'E}) = \beta \left( \frac{I_P}{A_{E'}} \right) \times I_P \quad (5)$$

and the enhanced collector photocurrent is expressed as

$$\Delta I_{CP}(-V_{E'E}) - \Delta I_{CP}(V_{E'E} = 0) = \beta \left( \frac{I_P}{A_{E'}} \right) \times I_P - \beta \left( \frac{I_P}{A_E + A_{E'}} \right) \times I_P \quad (6)$$

For the  $A_E:A_{E'}:(A_E+A_{E'})=1:2:3$ , it is clear that

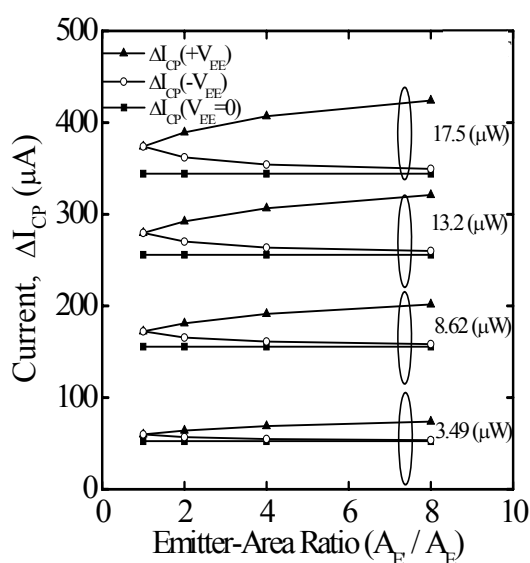
$$\beta \left( \frac{I_P}{A_E} \right) > \beta \left( \frac{I_P}{A_{E'}} \right) > \beta \left( \frac{I_P}{A_E + A_{E'}} \right) \quad (7)$$

Thus we obtain that

$$\Delta I_{CP}(+V_{E'E}) > \Delta I_{CP}(-V_{E'E}) > \Delta I_{CP}(V_{E'E} = 0) \quad (8)$$

Figure 9 summarizes the measured  $\Delta I_{CP}(+V_{E'E})$ ,  $\Delta I_{CP}(-V_{E'E})$ , and  $\Delta I_{CP}(V_{E'E}=0)$  as a function of emitter-area ratio ( $A_{E'}/A_E$ ) for the DEHPT under a series of different levels of optical power. When the area ratio is larger than one, the measured results really agree with the eq. (8) for all levels of optical power. It should be pointed out that the higher emitter-area ratio is achieved by increasing  $A_{E'}$ , reducing  $A_E$  but maintaining a constant  $A_E+A_{E'}$ .

Therefore, the  $\Delta I_{CP}(V_{EE}=0)$  is independent of the emitter-area ratio because the B-E junction is matched to the B-E' junction. However, the higher emitter-area ratio is the larger the  $\beta(I_p/A_E)$  is. It is found that the  $\Delta I_{CP}(+V_{EE})$  coming totally from the ground electrode increases with increasing the emitter-area ratio. On the contrary, the higher emitter-area ratio is the smaller the  $\beta(I_p/A_{E'})$  is. This is why the  $\Delta I_{CP}(-V_{EE})$  coming totally from the control electrode reduces with increasing the emitter-area ratio.



**Fig. 9 Measured  $\Delta I_{CP}(+V_{EE})$ ,  $\Delta I_{CP}(-V_{EE})$ , and  $\Delta I_{CP}(V_{EE}=0)$  as a function of emitter-area ratio for the DEHPT.**

Clearly, the current-sharing concept together with related analyses is used to well explain why the enhanced collector photocurrents are obtained and to describe the polarity-dependent characteristics in good agreement with experiments. Knowing also that the absolute value of  $V_{EE}$  of several hundred milli-volt is enough to turn off the B-E or the B-E' junction. Since the single DEHPT is considered as two parallel HPTs with a common floating base, the power-adjustable optical gains are certainly expected.

## VI. CONCLUSION

New proposed double-emitter HPTs have been successfully fabricated and investigated for comparing to conventional HPTs with a floating base and with a base biased using a voltage source. Typically, the HPT with a base biased using a voltage source behaves like an extended p-i-n diode formed by the base, collector, and sub-collector layers. Since the optical gains obtained in the p-i-n diode are small, the voltage-adjustable optical gains in the HPT with a base biased using a voltage are still small and in the range of 0.83~1.6. The DEHPT reserves the optical characteristics obtained from the HPT with a floating base. In addition to the large, power-adjustable optical gains, the optical gains can also be enhanced and tuned in the single DEHPT. In particular, the gain-adjustable efficiency is more significant when the incident optical power upon the DEHPT is low. Thus, the proposed DEHPT is very promising for low-power optical receivers.

## REFERENCE

- [1] S. Bansropun, R. C. Woods and J. S. Roberts (2001). Evidence of optical gain improvement in AlGaAs/GaAs heterojunction phototransistors using an emitter shoulder structure. *IEEE Trans. Electron Devices*, 48, 1333.
- [2] L. M. Lenardi, S. Chandrasekhar, A. H. Gnauck, C. A. Burrus and R. A. Hamm (1995). 20-Gb/s monolithic p-i-n/HBT photoreceiver module for 1.55- $\mu$ m applications. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 7, 1201.
- [3] K. Kamitsuna, Y. Matsuoka, S. Yamahata and N. Shigekawa (2001). Ultrahigh-speed InP/InGaAs DHPTs for OEMMICs. *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, 49, 1921.
- [4] A. L. Gutierrez-Aitken, K. Yang, X. Zhang, G. I. Haddad, P. Bhattacharya P and L. M. Lenarde (1995). 16-GHz bandwidth InAlAs-InGaAs monolithically integrated p-i-n/HBT photoreceiver. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 7, 1339.
- [5] S. A. Bashar and A. A. Rezzazadeh (1995). Optically transparent ITO emitter contacts in the fabrication of InP/InGaAs HPT's. *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, 43, 2299.
- [6] M. Ghisoni, O. Sjolund, A. Larsson, J. Thordson, T. Andersson, S. M. Wang, and L. Hart (1997). A comparative study of strain



- relaxation effects on the performance of InGaAs quantum-well-based heterojunction phototransistors. *IEEE J. Select. Topics Quantum Electron.*, 3, 768.
- [7] H. Fukano, Y. Takanashi, and M. Fujimoto (1994). *IEEE J. Quantum Electron.*, 30, 2889.
- [8] S. Chandrasekhar, L. M. Lunardi, A. H. Gnauck, R. A. Hamm, and G. J. Qua (1993). High-speed monolithic p-i-n/HBT and HPT/HBT photoreceivers implemented with simple phototransistor structure. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 5, 1316.
- [9] R. Sridhara, S. M. Frimel, K. P. Roenker, N. Pan, and J. Elliott (1998). Performance enhancement of GaInP/GaAs heterojunction bipolar phototransistors using dc base bias. *J. Lightwave Technol.*, 16, 1101.
- [10] S. W. Tan, H. R. Chen, W. T. Chen, M. K. Hsu, A. H. Lin, and W. S. Lour (2005). The influence of base bias on the collector photocurrent for InGaP/GaAs heterojunction phototransistors. *J. Appl. Phys.*, 97, 034502.
- [11] S. W. Tan, H. R. Chen, W. T. Chen, M. K. Hsu, A. H. Lin, and W. S. Lour (2005). Characterization and modeling of three-terminal heterojunction phototransistors using an InGaP layer for passivation. *IEEE Trans. Electron Device*, 52, 204.
- [12] H. R. Chen, W. T. Chen, M. K. Hsu, S. W. Tan, and W. S. Lour (2005). Comparisons and modeling of heterojunction phototransistors operated in the Gummel-plot and common-emitter modes. *Semicond. Sci. & Technol.*, 6, 548.
- [13] C. K. Song, S. H. Lee, K. D. Kim, J. H. Park, B. W. Koo, D. H. Kim, C. H. Hong, Y. K. Kim, and S. B. Hwang (2001). Optical characteristics of InGaP/GaAs HPTs. *IEEE Electron Device Lett.*, 22, 315.
- [14] S. Chandrasekhar, M. K. Hoppe, A. G. Dentai, C. H. Joyner, and G. J. Qua (1991). Demonstration of enhanced performance of an InP/InGaAs heterojunction phototransistor with a base terminal. *IEEE Electron Device Lett.*, 12, 550.
- [15] S. W. Tan, W. T. Chen, M. Y. Chu, and W. S. Lour (2003). Optical and electrical characteristics of InGaP/AlGaAs/GaAs composite emitter heterojunction bipolar/phototransistors (CEHBT/CEHPT). *Superlattices & Microstructures*, 33, 209.
- [16] H. Kamitsuna (1995). Ultra-wideband monolithic photoreceivers using HBT-compatible HPT's with novel base circuits, and simultaneously integrated with an HBT amplifier. *J. Lightwave Technol.*, 13, 2301.
- [17] W. S. Lour, W. L. Chang, Y. M. Shih and W. C. Liu (1999). New self-aligned T-gate InGaP/GaAs field-effect transistors grown by LP-MOCVD. *IEEE Electron Device Lett.*, 20, 304.



## 提昇二維光子晶體完全帶隙之寬度設計

### Design of a Two-dimensional Photonic Crystal with a Large complete bandgap

周趙遠鳳<sup>1</sup> 孫郁興<sup>2</sup> 洪榮木<sup>3</sup> 鄭任欽<sup>4</sup> 葉翰軒<sup>5</sup>

Yuan-Fong Chau<sup>1</sup>, Yuh-Sien Sun<sup>2</sup>, R. M. Hong<sup>3</sup>, Ren-Chin Cheng<sup>4</sup>, Han-Hsuan Yah<sup>5</sup>

清雲科技大學 電子工程系

[yfc01@cyu.edu.tw](mailto:yfc01@cyu.edu.tw)

#### 摘要

本文以數值模擬方法，利用平面波展開法針對二維光子晶體正方晶格介質圓柱以交叉格子狀連結，經由參數之最佳化選擇後，發現能有效增加光子晶體帶隙的寬度，當格子寬度為 65nm，介質柱半徑為 295.3nm 時，帶隙寬度可達  $\Delta \omega = 0.10664 (2\pi c/a)$ 。其中  $a$  是晶格常數， $c$  是真空中的光速，此結果遠大於文獻 10 所提出之  $\Delta \omega = 0.0762 (2\pi c/a)$ ，帶隙寬度明顯提昇約 40%，另外發現當交叉格子狀介質之半寬長  $d > 65\text{nm}$  時，雖然帶隙寬度逐漸縮小，但卻發現可提供完全帶隙的介質圓柱半徑  $R$  值之範圍則愈來愈大，本文的結果可提供如何加寬光子晶體完全帶隙設計上新的思考途徑。

**關鍵字：**光子晶體、平面波展開法、完全帶隙。

## Abstract

Optimal design of a two-dimensional photonic crystal with a square lattice of dielectric rods with cross veins in GaAs is investigated numerically using plane wave expansion method. It is shown that how a maximum complete two-dimensional band gap is obtained by optimally connecting the dielectric rods with cross veins. The complete two-dimensional photonic bandgap of our optimal design reaches  $\Delta \omega = 0.10664 (2\pi c/a)$  ( $a$  is the lattice constant,  $c$  is light speed in vacuum) when the radius of dielectric rod is 295.3 nm. Our result shows 40% higher than that obtained from Ref. 10. In addition, we found that the complete bandgap can be obtained in a large range of radius  $R$  when the half width of cross veins  $d$  larger than 65nm. This analysis provides a new design method in bandgap engineering and gives a guideline for practical fabrication.

**Key words :** photonic crystal, plane wave expansion method, complete bandgap.

## 一、前言：

由於光子晶體帶隙 (photonic bandgap) 的存在，近年來光子晶體已引起學界廣泛的研究與討論[1,2,3,4,5,6]，而如何設計出帶隙寬且兼具完全帶隙的光子晶體結構，並進而製造它，已成為奈米光電與材料工程應用的重要任務之一。

光子晶體中高低折射率的材料交替排列形成週期性結構就可以產生光子晶體帶隙，類似於半導體中的禁帶 (forbidden band)。而週期排列的低折射率位點之間的距離大小不同，導致了一定距離大小的光子晶體只對一定頻率的光波產生帶隙效應。也就是只有某種頻率的光才會在某種週期距離的光子晶體中被完全禁止傳播。目前有關光子晶體的研究主要是二維結構。在二維光子晶體中，不同偏振的電磁波有不同的帶隙，所謂偏振 (polarization) 就是指電場方向。在二維的情況下電磁波可以分解成E偏振 (TM模，電場平行柱子方向，磁場垂直柱子方向) 及 H偏振 (TE模，電場垂直柱子方向，磁場平行柱子方向)，對某些頻率範圍，如果光子晶體同時反射這兩種偏振態的電磁波，就稱作完全帶隙 (complete bandgap)，因而頻率處在此帶隙範圍內所有模式的光及電磁波都不能在其中傳播。假如在完全禁帶的光子晶體中引入點缺陷，便可形成共振腔，若引入線缺陷便可形成波導，但無論如何，若材料結構所能提供的光子帶隙寬度愈寬，所能應用的範圍也相對愈廣。因此，如何加寬帶隙寬度的設計，已成為目前研究光子晶體與新穎材料(Metamaterials) [7,8,9] 研究發展的重點之一。

## 二.數值模擬方法：

在計算帶隙的方法中，最常用的方法為平面波展開 (plane wave expansion, PWE) 法[3,4,6]，平面波展開法可在頻域中求解可傳播之光波模態，對於某一固定的波向量 (wave vector)，基於週期性條件下的 Bloch 定理，將磁場展開成許多平面波 (各波向量與原先之固定波向量差一倒置空間向量) 之和，代入磁場滿足之偏微分

方程式，可得一矩陣形式之代數本徵值 (eigenvalue) 問題。解此本徵值問題，即可得多個本徵頻率，分別對應多個頻帶 (band)，改變原先之波向量，重複前述之步驟；將這些頻率對波向量作圖，便可得光子晶體帶隙之結構圖，平面波展開法的優點是可以直接得到光波模態的頻率，其缺點是運算時間與展開平面波的個數與 N 的三次方成正比，故需耗費大量計算時間，另外平面波展開法假設折射率分佈要具有 Hermitian 型式且與頻率無關，以下是關於本文所應用到有關平面波展開法求帶隙之相關推導過程。

正方形晶格排列的圓柱光子晶體如圖一(a)所示。假設在空間中存在一個在 z 軸無限長的二維光子晶圓柱，圓柱的介電值為  $\epsilon_a$ ，背景環境的介電值為  $\epsilon_b$ 。而所對應的向量空間中的圖形則如圖一(b)所示。而向量空間中的高對稱性點  $\Gamma, X, M$  則是定義了布里淵區的縮減區域 (irreducible Brillouin zone)。其中：

$$\vec{\Gamma} = \frac{2\pi}{a} [0,0] \quad (1)$$

$$\vec{M} = \frac{2\pi}{a} \left[ \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right] \quad (2)$$

$$\vec{X} = \frac{2\pi}{a} \left[ \frac{1}{2}, 0 \right] \quad (3)$$

基本上光子晶體帶隙可以經由馬克斯方程式(Maxwell's equation) 解得，在無源(source free,  $\sigma=0$ )、非時變與導磁係數  $\mu=\mu_0$  的情況下，馬克斯威爾方程式以磁場  $\mathbf{H}$  可表如下的型式：

$$\nabla \times \left[ \frac{1}{\epsilon(\mathbf{r})} \nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r}) \right] = \frac{\omega^2}{c^2} \mathbf{H}(\mathbf{r}) \quad (4)$$

其中  $\epsilon(\mathbf{r})$  是與位置相關的介電常數，c 是真空中光速，應用 Bloch 定理，磁場  $\mathbf{H}(\mathbf{r})$  與介電函數  $\epsilon(\mathbf{r})$  可以展開成如今之平面波的級數型式：

$$H(r) = \sum_{\vec{G}} \sum_{\lambda=1,2} h_{\vec{G},\lambda} \hat{e}_{\lambda} e^{i(\vec{k}+\vec{G})\cdot\vec{r}} \quad (5)$$

與

$$\varepsilon(r) = \sum_{\vec{G}} \varepsilon(\vec{G}) e^{i\vec{G}\cdot\vec{r}} \quad (6)$$

其中,  $h_{\vec{G},\lambda}$  為磁場分量的係數,  $k$  為平面波於如圖一(c)之第一布里淵區 (first Brillouin zone) 的波向量,  $\vec{G}$  是倒晶格向量 (reciprocal-lattice vector), 兩個互相獨立的極化單位向量可表示成  $\hat{e}_{\lambda} (\lambda=1,2)$  且垂直於傳播向量  $(\vec{k} + \vec{G})$ 。(6)式

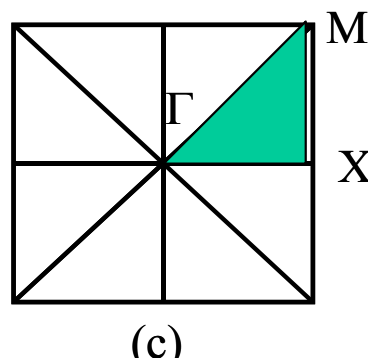
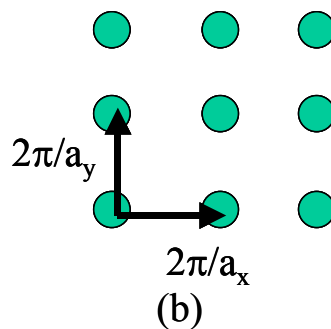
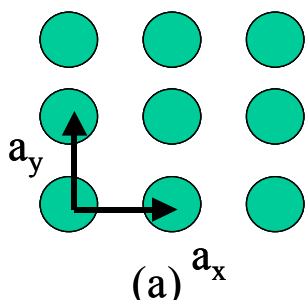
中之係數  $\varepsilon(\vec{G})$  經由傅立葉轉換可表示如下:

$$\varepsilon(\vec{G}) = \frac{1}{A_{cell}} \int_{cell} \varepsilon(r) e^{-i\vec{G}\cdot\vec{r}} dr \quad (7)$$

$A_{cell}$  (光子晶體單胞面積) 經由積分後, 將(5)、(6)式代入(1)中可得如下之矩陣型式:

$$\sum_{\vec{G}} \left| \begin{matrix} \vec{k} + \vec{G} & \vec{k} + \vec{G} \\ \hat{e}_2 \cdot \varepsilon_{\vec{G},\vec{G}}^{-1} \cdot \hat{e}_2 & -\hat{e}_2 \cdot \varepsilon_{\vec{G},\vec{G}}^{-1} \cdot \hat{e}_1 \\ -\hat{e}_1 \cdot \varepsilon_{\vec{G},\vec{G}}^{-1} \cdot \hat{e}_2 & \hat{e}_1 \cdot \varepsilon_{\vec{G},\vec{G}}^{-1} \cdot \hat{e}_1 \end{matrix} \right| \times \begin{bmatrix} h_{1,\vec{G}} \\ h_{2,\vec{G}} \end{bmatrix} = \frac{\omega^2}{c^2} \begin{bmatrix} h_{1,\vec{G}} \\ h_{2,\vec{G}} \end{bmatrix} \quad (8)$$

其中  $\varepsilon_{\vec{G},\vec{G}}^{-1} = \varepsilon^{-1}(\vec{G} - \vec{G}')$  表矩陣  $\varepsilon(\vec{G} - \vec{G}')$  的反矩陣, 如此便可用對角矩陣的技巧求得式 (8) 中之特徵值(eigenvalue)。如此便可把波向量對應於正規化頻率( $\omega a/2\pi c$ )的關係求出, 進而得到帶隙之關係圖。



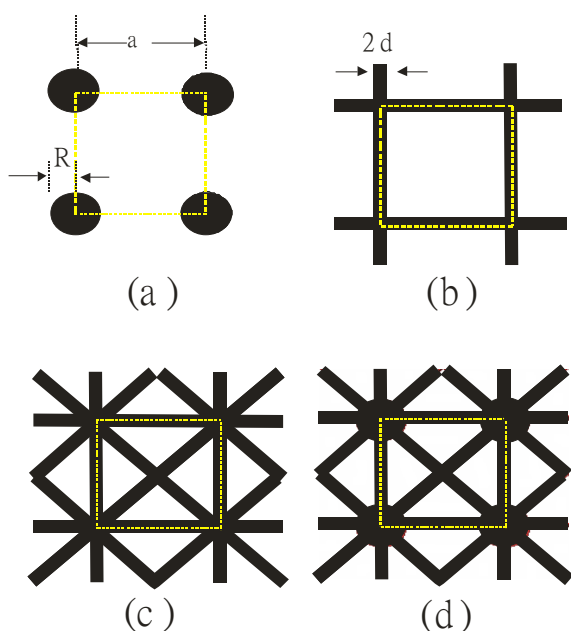
圖一：(a)表示二維方形晶格光子晶體，其中圓圈代表圓柱，為高介電值  $\varepsilon_a$ ，其所位於的環境則是低介電係數  $\varepsilon_b$  (空氣)。(b)表示二維方形晶格光子晶體所對應的向量空間 (k-space) 分佈情況。(c)表示二維圓柱光子晶體的第一布里淵區 (Brillouin Zone)。而右上方三角形的部分則是布里淵區的縮減區域。其中的  $\Gamma, X, M$  分別是向量空間中的高對稱性點。

### 三. 數值模型、結果與討論：

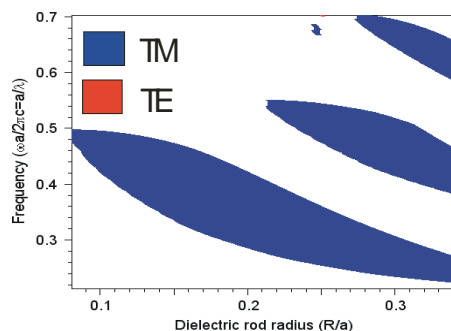
如圖二所示為以空氣 (折射率  $n=1$ ) 為背景之鉍化鎵 (GaAs) 介質 (折射率  $n=3.4$ ) 模型, 其中  $a$  代表晶格常數 (lattice constant), 本文所有模擬固定  $a=1\mu\text{m}$ ,  $d$  代表介質格子 (vien) 的半寬長,  $R$  代表介質圓柱的半徑, 虛線代表單胞 (unit cell) 範圍。針對圖二 (a) 之模型, 經由平面波展開法的計算, 可得如圖三的帶隙圖, 由圖三可知以空氣為背景改變 GaAs 介質圓柱半徑, 只出現 TM 模的帶隙, 另外針對圖二 (b) 之

格子模型，改變 GaAs 介質格子半寬的長度  $d$ ，TE 模的帶隙佔了大部份帶隙區域（如圖四所示），所以文獻 [10] 很技巧的結合圖二(a)與(b)的結構，經由參數  $(R,d)$  的最佳化選擇得到最大能隙寬度  $\Delta\omega=0.0762(2\pi c/a)$ ，其中  $c$  是真空中的光速，並得到兩點結論：(1)經由調變介質圓柱半徑大小可以得到 TM 模（沒有 TE 模的原因是因為介質柱隔離的關係）。(2) 經由調變格子的寬度可以得到 TE 模（TM 模佔少部分區域的原因是因為高介電區域被格子連結在一起之故）（詳如文獻[3]，第五章）。

如圖二(c)我們嘗試以交叉狀之格子模型觀察其帶隙結構，圖五便是以空氣為背景材料，變化如圖二(c) GaAs 交叉狀介質格子  $d/a$  值所對應的帶隙圖，我們發現帶隙圖只出現 TE 模。



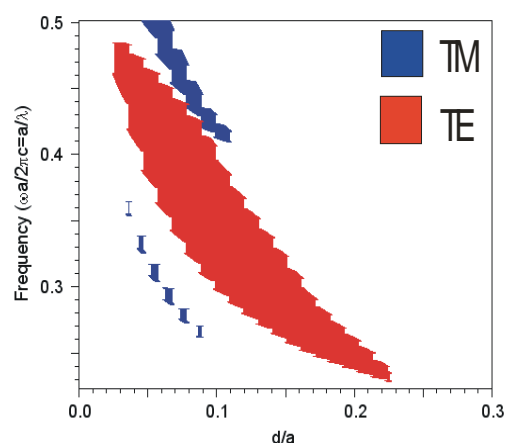
圖二 (a)以空氣為背景之鉍化鎵 (GaAs) 介質圓柱狀模型, (b) 以空氣為背景之鉍化鎵格子狀 (veins)模型,(c)交叉狀之格子模型, (d) 以空氣為背景之鉍化鎵介質柱結合交叉格子之模型。其中虛線範圍代表單胞(unit cell)， $a$  代表晶格常數(lattice constant)



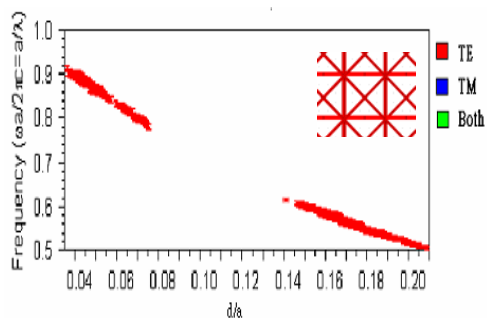
圖三 以空氣為背景材料，變化 GaAs 介質圓柱半徑的帶隙圖

若將介質圓柱與圖二(c)結合成如圖二(d)所示之結構，基於文獻 10 的結論我們可預期 TM 模的影響帶隙會更為明顯，因此可預期完全帶隙會產生。

圖六便是以空氣為背景材料，分別固定如圖二(d) GaAs 交叉狀介質格子寬度為 (a) $d=34.5$  nm, (b) $d=65$  nm 與 (c) $d=100$  nm 同時對介質柱半徑  $R$  由  $0\sim 0.4\mu\text{m}$  之範圍進行掃描所對應的帶隙圖，其中  $a=1\mu\text{m}$ ，綠色區域為 TM 模與 TE 模重疊的區域，也就是完全帶隙對應的區域。

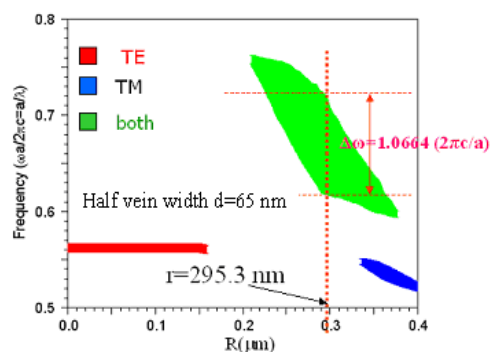


圖四 以空氣為背景材料，變化 GaAs 介質格子半寬長度的帶隙圖

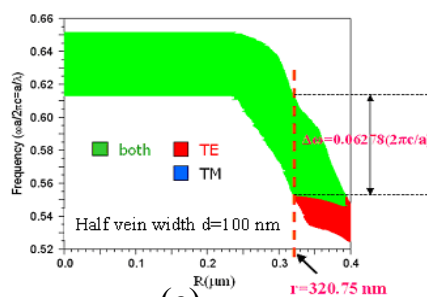


圖五 以空氣為背景材料，變化如圖二(c) GaAs 交叉狀介質格子  $d/a$  比值所對應的能隙圖，其中晶格常數  $a=1\mu\text{m}$ ，砷化鎵 (GaAs) 介質格子折射率  $n=3.4$

經由模擬分析得知完全帶隙寬度隨著  $d$  值的增加而逐漸加大，如圖六(a)，當  $d=34.5\text{nm}$  時完全帶隙的寬度約為  $\Delta\omega=0.02278(2\pi c/a)$ ，隨著  $d$  值的增加可得圖六(b)中當  $d=65\text{nm}$  時對應出帶隙寬度最大值為  $\Delta\omega=0.10664(2\pi c/a)$  (對應的圓柱半徑約  $295.3\text{nm}$ )，此值比文獻 10 之帶隙寬度的最大值提昇約 40%。當  $d>65\text{nm}$  時，帶隙寬度逐漸縮小，由圖六(c)知當  $d=100\text{nm}$  時雖然帶隙寬度縮小，但卻發現可提供完全帶隙的  $R$  值範圍愈來愈大，這意味著我們提出之模型較之於文獻 10 所提出的模型有較高的可靠度。



(b)

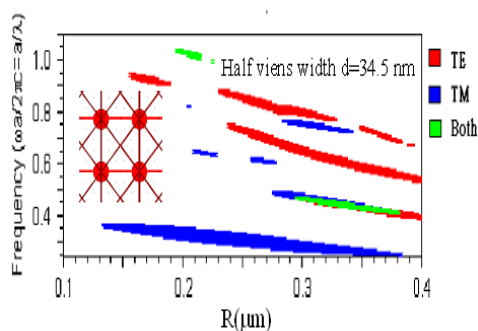


(c)

圖六 以空氣為背景材料，分別固定如圖二(d) GaAs 交叉狀介質格子寬度為 (a)  $d=34.5\text{nm}$ ，(b)  $d=65\text{nm}$ ，(c)  $d=100\text{nm}$  同時對介質圓柱半徑  $R$  由  $0\sim 0.4\mu\text{m}$  進行掃描所對應的能隙圖，其中綠色區域為 TM 模與 TE 模重疊的區域，也就是完全帶隙對應的區域

#### 四.結論：

本文利用我們提出的交差格子狀介質，配合介質圓柱的二維光子晶體結構，以平面波展開法分析如何增加光子晶體完全帶隙之設計，發現我們提出的模型經由參數之最佳化選擇後，能有效增加光子晶體帶隙的寬度，當格子寬度為  $65\text{nm}$  時，介質柱半徑為  $295.3\text{nm}$  時，帶隙寬度可達  $\Delta\omega=0.10664(2\pi c/a)$ 。此結果遠大於文獻 7 所提出之  $\Delta\omega=0.0762(2\pi c/a)$ ，帶隙寬度提昇約 40%，另外發現當  $d>65\text{nm}$  時，雖然帶隙寬度逐漸縮小，但卻發現可提供完全帶隙的  $R$  值範圍愈來愈大。



(a)



## 五.感謝

本文感謝國科會(計劃編號為: NSC 96-2112-M-234-001-MY3 及計劃編號為: NSC96-2120-M-002-17)在研究經費上的補助。

## 六.參考資料:

[1] E. Yablonovitch, "Inhibited spontaneous emission in solidstate physics and electronics," Phys. Rev. Lett. 58, 2059–2062 (1987).

[2] S. John, "Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices," Phys. Rev. Lett. 58, 2486–2489 (1987).

[3] J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, and J. N. Winn, Photonic Crystals: Molding the Flow of Light (Princeton U. Press, 1995).

[4] K. Sakoda, "Optical Properties of Photonic crystals", (Springer, 2001).

[5] L. Z. Cai, G. Y. Dong, C. S. Feng, X. L. Yang, X. X. Shen, and X. F. Meng, "Holographic design of a two-dimensional photonic crystal of square lattice with a large two dimensional complete bandgap", J. Opt. Soc. Am. B Vol. 23, 1708-1711, (2006)

[6] 欒丕綱、陳啓昌,《光子晶體—從蝴蝶翅膀到奈米光子學》,五南出版社 (2005).

[7] Zahyun Ku and S. R. J. Brueck, "Comparison of negative refractive index materials with circular, elliptical and rectangular holes," Optics Express, Vol. 15, 4515 (2007)

[8] Hou-Tong Chen, John F. O'Hara, Antoinette J. Taylor, Richard D. Averitt, Clark Highstrete, Mark Lee, and Willie J. Padilla, "Complementary planar terahertz metamaterials," Optics Express, Vol. 15, 1084-1095 (2007)

[9] Nils Feth, Christian Enkrich, Martin Wegener, and Stefan Linden, "Large-area magnetic

metamaterials via compact interference lithography", Optics Express, Vol. 15, 501-507, (2007)

[10] M. Qiu, S. He, "Optimal design of a two-dimensional photonic crystal of a square lattice with a large complete two-dimensional bandgap", J. Opt. Soc. Am. B., 1027-1030 (2000)



## 廚餘堆肥代處理廠商評選暨廚餘回收量分配分析 Research on Selecting Substitute Food Waste Composting Plants and Allocating Recycle Food Waste among Them

張美香<sup>1</sup> 葉亞柔<sup>2</sup> 薛哲夫<sup>3</sup>

Mei-Shiang Chang<sup>1</sup>, Ya-Rou Ye<sup>2</sup>, Che-Fu Hsueh<sup>3</sup>

中原大學土木工程學系<sup>1</sup>

中華大學經營管理研究所<sup>2</sup>

清雲科技大學行銷與流通管理學系<sup>3</sup>

[mschang@cycu.edu.tw](mailto:mschang@cycu.edu.tw)<sup>1</sup>

[ddoo219@gmail.com](mailto:ddoo219@gmail.com)<sup>2</sup>

[cfhsueh@cyu.edu.tw](mailto:cfhsueh@cyu.edu.tw)<sup>3</sup>

### 摘要

國內大部分縣市廚餘回收為初步階段，回收量不多，多經由鄉、鎮公所自行設置堆肥場或是委託少數民間廠商代為處理。鑑於廚餘回收數量將逐漸增加，政府資源有限，未來勢必需要尋求民間堆肥代處理廠商的協助，以解決廚餘回收再利用問題，故如何評選適合之堆肥代處理廠商，達環境保護與處理效率之雙贏，是未來各縣市政府將面對的問題。本研究建立之廚餘堆肥代處理廠商評選及廚餘回收堆肥量分配機制共有兩個階段，第一階段經由過去資料與文獻整理，採層級分析法(A analytical Hierarchy Process)，建立廚餘堆肥代處理廠商評選之層級架構，透過專家問卷訪談方式得其堆肥代處理廠商之評估項目各權重值，據以進行廠商評選，得到合作廠商之優先順序。第二階段則承接第一階段之合作廠商優先順序，採情境分析方式(Scenario Analysis)，並透過多時期隨機規劃模式，決定在不同之廚餘回收量情境下，各規劃年期應如何將回收之廚餘分配給各合作廠商，以最小化縣市政府總期望成本。並以新竹市為例進行實證分析，以決定其未來十年合作之廚餘堆肥代處理廠商及其廚餘回收量分配情形。

**關鍵字：**廚餘堆肥、層級分析法、情境分析、隨機規劃。

## **Abstract**

The food waste recycling is just at the starting stage in most of cities in Taiwan. The quantity of recycling is so limited that the food waste can be handled by the composting fields which are owned by city government or by outsourcing. As the recycling amount of food waste increases gradually, the limited capacity of official composting fields would be exhausted. In the future, outsourcing is an inevitable choice. How to choose the proper plants of food waste composting becomes an important issue to the authorities. Win-win situation between environment protection and dealing efficiency of food waste recycling would be the guiding principle of the selection of outsourcing suppliers. In this paper, we propose a two-stage evaluation framework to help make the multi-outsourcing decision. In the first stage, we adopt the analytical hierarchy process to determine the ranking of the alternative food waste composting fields by means of expert questionnaire and data collection. According to the ranking result, we formulate a multi-period stochastic programming model to determine the allocation of recycle food waste in the second stage. The objective is to minimize the total expected cost of the authorities in the planning periods. In addition, we take Hsinchu City to be the case study examples. The proposed multi-outsourcing decision procedure is given in details.

**Key words:** Food waste composting, Analytical hierarchy process, Scenario Analysis, Stochastic programming model.

## 壹、前言

民國77年至86年間垃圾總量不斷地上升，直至民國87年7月推動資源回收工作，使資源垃圾確實回收再利用或妥善處理。據環保署95年度統計年報顯示，資源回收率由87年度1.24%逐年攀升至94年22.59%，使得垃圾總清運量由87年度888.05萬公噸逐年降低至94年度552.53萬公噸。此外，有研究指出，垃圾中有20%~30%為家戶排放的廚餘，然而，過去垃圾處理方式多以掩埋、焚化方式處理，使得垃圾處理過程中，因為油脂與水分過高，使得臭味產生、水污染形成、廢氣排出、燃料成本增加，甚至降低焚化爐壽命等問題發生。為避免上述問題發生，及有效減低垃圾壓力與減少後續垃圾處理問題，於民國92年4月24日起便開始將家戶或非事業所排出的廚餘納入一般廢棄物回收項目中。

表 1 廚餘堆肥處理方式

縣市	廚餘堆肥處理方式	堆肥廚餘流向
台北市	於 92 年與台塑環保科技股份有限公司簽訂八年合作契約，主要由環保局負責將廚餘運送過去，由該公司免費處理該市廚餘及有機廢棄物。	部分肥料回饋於環保局，其餘則由台塑於有機肥料市場販售之。
新竹市	以每年對外公開招標方式，委託民間清運公司及堆肥處理廠進行廚餘回收工作。	部分肥料回饋於環保局，其餘則由堆肥處理廠販售。
苗栗縣	由各鄉鎮公所自行建置堆肥處理系統，少部份則委託民間堆肥廠代為處理	免費提供有機肥料給農民或供各鄉鎮公所自用。
雲林縣	與台塑東勢堆肥場合作，負責全縣廚餘堆肥量，且無須支付處理費。	台塑將肥料於有機肥料市場販售。
澎湖縣	自建堆肥場，每日可處理 5 噸，負責全縣廚餘堆肥量，且後續將興建較大型堆肥場(處理量 15 噸/日)。	供作植物栽種，以及民眾憑回收資源來換取。
金門縣	自建堆肥場。	供作「環保公園」土壤改良、行道樹肥料及民眾免費索取。

資料來源：本研究整理

台中市環保局在螞蟻雄兵廚餘堆肥示範計畫當中指出，廚餘再利用成品行銷管道有給予農民作土壤改良劑之用、供肥料廠之用、以有機肥名義直接販售或供路樹公園維護之用等，依其肥料登記證取得與否，各自有其不同標售價格，基本上每公斤 1~10 元不等；農委會於 90 年實施「有機肥料推廣輔導要點」，鼓勵農民向規定的合格廠商購買，每公斤補助一元方式推廣有機肥料銷售，政府的協助下，促使堆肥廠商的加入，提升

環保署94年度統計年報資料顯示，在廚餘回收工作中，供養豬佔74.80%，供堆肥佔22.24%。台灣動物科技研究所副所長楊平政指出，以廚餘養豬肯定會有疾病問題，不是只有動物傳染病，人畜共通疾病都有可能藉廚餘途徑傳染(陳文卿等人，2002)；農委會對此，亦持相同看法。使得近幾年廚餘養豬被視為防疫的漏洞，認為其可能造成傳播豬瘟與口蹄疫等疾病的發生，故不再建議廚餘養豬，而政府便努力朝廚餘堆肥方向發展。

目前以台北市、新竹市、苗栗縣、雲林縣、澎湖縣及金門縣堆肥比例較高，其採行的廚餘堆肥方式共分有兩大類，一則委託民間堆肥處理廠代為運作；一則由政府負責興建堆肥處理廠與運作，如表 1 所示。

廚餘回收再利用制度。

由此可知，目前各縣市在廚餘堆肥為初步階段，且堆肥方式大多經由鄉、鎮公所自行設置堆肥處理廠，或是委託民間堆肥廠商代為處理。但是，倘若未來大力推動廚餘回收堆肥工作，其回收量將是非常可觀，僅靠政府資源實至有限，故認為結合民間團體力量一同來處理，將是不錯選擇。然而，過去多數堆肥處理廠因廠區設備簡陋、環境汙染等原因，遭受居民抗爭，使得堆肥處理

廠被迫停止營運，為避免此問題發生，造成廚餘無法回收再利用，因此，本研究認為事先審慎評選堆肥代處理廠商有助於建立雙方合作之關係，故認為有建立堆肥代處理廠商評選機制的必要。再者，依過去廚餘回收狀況來看，未來廚餘回收數量將有逐年遞增趨勢，若僅由一家廠商處理，不足以應付，故認為有必要與多家廠商一同合作。

鑑於上述堆肥代處理廠商評選問題（如該處理廠附近居民對其反應、該處理廠設備簡陋、環境汙染、停止營運風險等）涵蓋有質化與量化評估因子，而層級分析法可同時處理質化、量化問題，故本研究試以層級分析法建立廚餘堆肥代處理廠商評選機制，此外，為考量廚餘回收數量有逐漸遞增趨勢，須與多家廠商共同合作，因此將各廠商評選結果之綜合表現作為未來廠商之合作優先次序。其次，由於未來廚餘堆肥數量無法確切掌握，本研究便以情境分析方式預測其數量，並依照層級分析法所評選之優先合作順序，透過多時期隨機規劃模式，針對不同情境，決定其廚餘回收量分配方式，以最小化縣市政府總期望成本。

本研究主要以北部地區為主，並針對目前已實施委託民間堆肥代處理廠商之縣市(如：新竹市、台北市)為研究範圍。針對曾經與政府合作過且有配合意願之五家廠商進行分析，本研究分別以 A 廠、B 廠、C 廠、D 廠，以及 E 廠代表之。

## 貳、研究方法

本研究方法將分為兩個階段進行，依序建立廚餘堆肥代處理廠商評選優先序及廚餘回收量分配機制。第一階段經由過去資料與文獻整理，採層級分析法(A analytical Hierarchy Process)，建立廚餘堆肥代處理廠商評選之層級架構，透過專家問卷訪談方式得其堆肥代處理廠商之評估項目各權重值，據以進行廠商評選，得到合作廠商之優先順序。第二階段則承接第一階段之合作廠商優先順序，採情境分析方式(Scenario Analysis)，並透

過多時期隨機規劃模式，決定在不同之廚餘回收量情境下，各規劃年期應如何將回收之廚餘分配給各合作廠商，以最小化縣市政府總期望成本。

### 一、堆肥代處理廠商評選階段

#### (一)相關文獻探討

舉凡像焚化場、掩埋場、垃圾場、核能場等，是一個地方上不願意接受，卻是達成公共福利不可或缺的設施，此類設施通稱為「鄰避設施」，而所謂「鄰避效應」為居民反對某種設施或土地使用所表現的態度(吳永裕，2004)。過去學者少有針對堆肥處理廠進行探討，文獻取得上多所限制，因此本文將從鄰避設施來探討堆肥處理廠之相關問題。以下為本研究蒐集有關鄰避設施文獻並加以整理成表格，如表 2 所示。

早期針對鄰避設施問題，只探討單一問題，如王鐸元(1989)在焚化爐區位選擇研究僅考慮成本層面問題，但之後隨著環保、社會公平等議題逐漸受到重視，紛紛將社會、環保、安全等非經濟因素列入考量。Maniezzo(1998)探討工業廢棄物處理廠之問題時，除了考量成本外，更納入環境品質做為考量。李永展及翁久慧(1995)、唐研理(1999)研究也都朝向居民的感受度做為衡量依據。後續學者一併考慮環境品質及居民對鄰避設施接受度(劉暉廷，2002)。當然，有關社會經濟面(土地使用狀況、取得可行性等)、安全面(廠區潛在之意外、運送過程之風險、停止營運之風險等)均是遴選鄰避設施之考量因子(李德威，2006)。整理上述文獻後，認為有關鄰避設施之廠商衡量因子，可從成本、環境品質、鄰避效應、社會經濟、安全等層面，做為其評選方向。以本研究而言，因評選的廠商為現有廠商，無需額外探討其社會經濟面(如土地使用狀況、取得可行性等)，故試圖從成本、環境品質、鄰避效應、安全層面來評選堆肥代處理廠商。

表2 鄰避效應相關文獻彙整

研究主題	作者	探討項目
焚化爐區位選擇之研究	王鐸元(1989)	考量成本因素
決策支援之研究－應用在工業廢棄物處理廠之區位問題	Maniezzo (1998)	成本、環境。
德爾菲法應用於廠址評選之研究－以花蓮縣北區垃圾焚化廠為例	唐研理(1999)	地理位置、土地取得難易、附近居民反應、各廠垃圾清運路線、對當地景觀之影響以及二次公害之波及性。
鄰避設施對主觀環境生活品質影響之探討－以居民對垃圾焚化場之認知與態度為例	李永展、翁久惠(1995)	居民的生活及環境影響。
事業廢棄物處理廠優選場址之決策支援系統	劉暉廷(2002)	環境品質、居民對鄰避設施接受度。
建築廢棄物收容處理廠所設置最佳區位評選之研究	李德威(2006)	社會經濟因素、自然因素、設施因素、安全因素、其他因素。

資料來源：本研究整理

從過去國內、外學者於廠商評選之相關文獻中可發現，其使用的評選方法包括有機率與統計、數學規劃法、顧客概況分析法、多屬性效用術、成本比例法、層級分析法、多目標決策法

(Multiple Objective Decision Method)、模糊綜合評判(Fuzzy Synthetic Decision)等方法，針對上述方法之作法，其適用時機整理，如表3所示。

表3 廠商評選方法及使用時機

研究主題	作者	評估方法	使用時機
模糊綜合評估在最佳供應商選擇之應用	李又樸(1983)	模糊綜合評判法	評估模式中兼具量化與語意變數時可適用。
供應商遴選模式之建立	黃子賢(1998)	多屬性效用法	可將複雜屬性轉換成共同比較基準之偏好感受；所有準則都必須可量化。
供應商遴選之決策支援系統之研究	陳曉琪(2001)	多目標決策法	評估準則均為可量化時較易實施。
An Approach to Vendor Performance valuation	Timmerman(1986)	成本比例法	限不需考慮其他非成本準則時。
Supplier Selection Strategies	Soukup(1987)	機率統計法	限廠商可能的表現、需求量可預估且其機率為已知狀況下使用。
Vendor Profile Analysis	Thompson(1990)	顧客概似法	限廠商表現可轉為機率分配時。
A Multiobjective Approach to Vendor Selection	Weber(1991)	數學規劃法	限所有變數必須皆可量化。
Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure	Nydick(1992)	層級分析法	適用於準則或方案較少且質化與量化屬性同時存在時。

資料來源：江柏謙(2003)、本研究整理

## (二)堆肥代處理廠商評選架構

透過鄰避效應相關文獻整理後，本研究試圖以成本、安全、環境品質、鄰避效應角度來探討堆肥代處理廠商。以本研究來說，其成本部分包括有廚餘運送至堆肥處理廠所需花費的運輸成本，以及委託該處理廠處理所須花費的處理成

本。此外，由於部分堆肥廠商會將部分有機肥料回饋於環保局，此部分可作為環保局與該廠商合作之利益(負成本)。因此，本研究試將上述之運輸成本、處理成本以及堆肥回饋量統稱為政府機構成本。至於安全面部份，其指的是運送過程之風險、處理過程之風險以及停止營運之風險(李德威，2006)，就本研究而言，廚餘運送過程所造成

的風險並沒有像運送有害廢棄物來的危險與迫切，因此假設廚餘運送過程對於周遭影響不大，此不予考量；而廚餘在處理過程的風險主要為堆肥處理廠排放的污染物對於環境的影響，此部分則以環境品質一併探討。有關停止營運風險，主要來自堆肥處理廠環境品質不良或堆肥品質不佳而導致(謝錦松等人, 1997)，為避免此問題造成環保局與廠商合作關係受到影響，認為有必要將堆肥處理廠公司規模、堆肥品質納入探討，故將其列入在代處理廠商運作情形探討。

承接上述之環境品質，由於目前堆肥處理廠的臭味檢定，有的採儀器檢驗，有的則直接由人體嗅覺的方式檢驗，其標準不一，無法比較。不過，環境品質的好壞亦可由附近居民對於該堆肥廠的評價可知，因此，本研究將其歸納在鄰避效應的部份。以下為本研究從政府機構成本、代處理廠商運作情形以及鄰避效應三大評估層面進行探討，該堆肥代處理廠商評選之層級分析架構，如圖 1 所示。

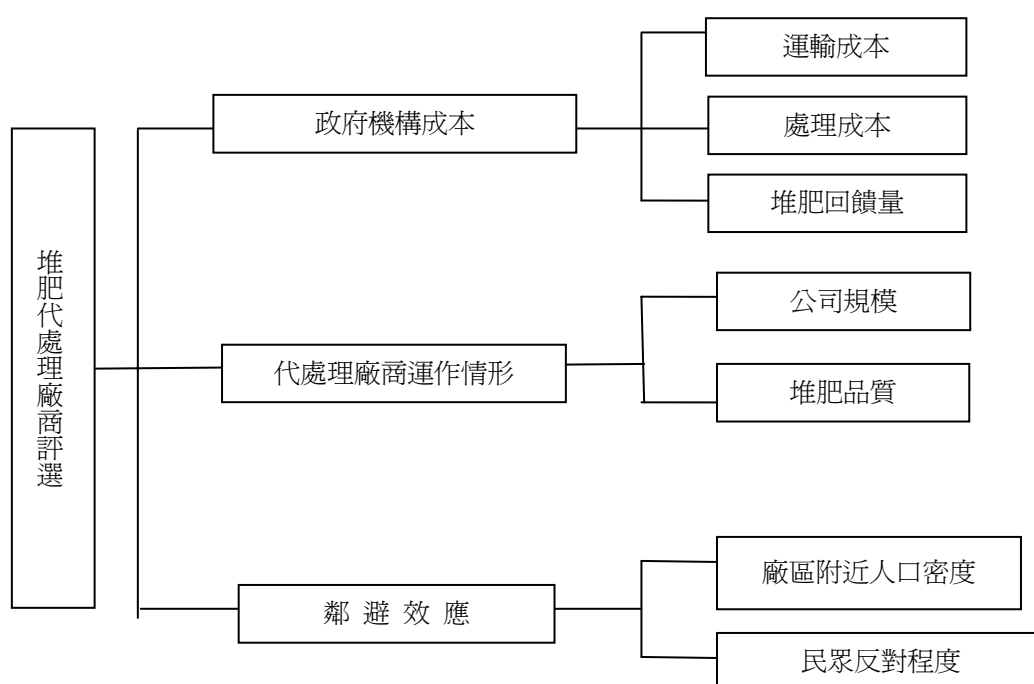


圖 1 堆肥代處理廠商評選層級分析架構

資料來源：本研究整理

### 1.AHP 問卷之變數定義

針對各堆肥代處理廠商評估層面定義，如下所示。至於有關堆肥代處理廠商評估項目操作型定義，詳見表 4 所示。

#### (1) 政府機構成本

定義：為環保局委託堆肥廠商進行合作時，環保局所需支付的相關費用及可獲取之相關利益。

選擇合作廠商時，必須考量往來之間所需花費的成本大小，才使得在有限經費下做最適切的運用。以環保局與堆肥代處理廠商之間的合作關係來說，需考量將廚餘送至堆肥場所需負擔的相

關費用(如運輸成本、處理成本)；並檢視該合作廠商是否有額外有機肥料作為回饋，及該有機肥料從堆肥場運回所需花費的運輸成本。

#### (2) 代處理廠商運作情形

定義：根據堆肥代處理廠商過去的實際運作狀況，做為未來合作參考。

以合作的角度來看，選擇一個合作廠商當然要儘可能挑選一個能夠與之維持穩定合作關係之廠商，才不會因廠商營運不佳而影響其合作。有鑑於過去幾年曾陸續發生堆肥處理廠因受到化學肥料價格較低或堆肥品質不佳的影響，而發生經



營困難紛紛停工的問題，因此，在評選廠商時，必須考量其專業人力規模及技術是否健全，是否足以生產高品質的有機肥料。本研究將此構面分成二項衡量準則：公司規模(以堆肥廠商營業額大小評估)、堆肥品質(藉由經濟部標準檢驗局、中興大學土壤調查試驗中心及農委會之試驗結果合格通過之肥料件數決定)。

(3)鄰避效應

定義：居民反對某種設施或土地使用所表現的態度。

由於堆肥處理廠主要是處理廢棄物，處理過程中，往往造成環境上的影響，而附近居民更是首當其衝的受害者，因此為降低對附近居民的影響，不致影響堆肥運作，有必要考量廠區附近居民人口密度，以及考量堆肥處理廠清運及處理時，附近居民對其的反應程度。

表 4 堆肥代處理廠商選擇之評估項目操作性定義

評估層面	評估項目	評估項目定義
政府機構成本	運輸成本	環保局委託清運廠商將各回收據點之廚餘運送到堆肥處理廠及將有機肥料從堆肥處理廠運至環保局之總運輸成本。
	處理成本	環保局委託堆肥廠商處理廚餘，環保局所需負擔的總處理成本。
	堆肥回饋量	環保局與堆肥廠商合作時，堆肥廠商給予環保局肥料之回饋比率。
代處理廠商運作情形	公司規模	堆肥廠商營業額大小。
	堆肥品質	堆肥廠商將所有製成肥料，通過經濟部標準檢驗局、國立中興大學土壤調查試驗中心或農委會農業試驗所之肥料驗證合格件數。
鄰避效應	廠區附近人口密度	以堆肥處理廠為核心，半徑 1 公里之居住人口數。
	民眾反對程度	堆肥處理廠附近的民眾對設置堆肥處理廠的反對情形。

資料來源：本研究整理

二、堆肥代處理廠商廚餘回收量分配階段

有鑑於廚餘回收工作目前尚在推廣初期，無大量的歷史資料可參考，造成廚餘回收數量估算不易，故本研究利用情境分析方式(Scenario Analysis)考量未來可能發生的各種狀況，預估未來十年可能之廚餘回收數量及其發生機率。

在考慮到未來廚餘回收數量可能的變異下，本研究建構一隨機規劃模式，以縣市政府總期望成本最小化為目標，依據第一階段 AHP 評估結果所得到之堆肥代處理廠商合作優先次序及各代處理廠商之實際處理限制，以決定各堆肥代處理廠商之分配量，此模式建構如下：

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \sum_w \sum_k \sum_t p(w)c'_k X'_k(w) + \sum_w \sum_k \sum_t p(w)c'_k \beta_k X'_k(w) \\
 & + \sum_w \sum_k \sum_t p(w)f'_k X'_k(w) + \sum_w \sum_k \sum_t p(w)b' [M' - \alpha_k \beta_k X'_k(w)] \\
 \text{(1)} \quad & \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_k X'_k(w) \geq d'(w) \quad , \forall w, t \\
 & X'_k(w) \leq \bar{S}'_k Y'_k \quad , \forall k, w, t \\
 & X'_k(w) \geq \underline{S}'_k Y'_k \quad , \forall k, w, t \\
 & \sum_w p(w) \sum_t X'_k(w) \geq \sum_w p(w) \sum_t X'_{k+1}(w) \quad , \forall k \\
 & X'_k(w) \geq 0 \quad , \forall k, w, t \\
 & Y'_k \in \{0,1\} \quad , \forall k, t
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

其中，

決策變數

- $X_k^t(w)$ : 第  $t$  年時, 於第  $w$  種廚餘回收情境下, 分配給第  $k$  合作順位之堆肥代處理廠之廚餘數量(噸/年)。  
 $Y_k^t$ : 為 0-1 變數, 第  $t$  年時, 環保局是否與第  $k$  合作順位之堆肥代處理廠合作, 若是, 則其值為 1; 反之, 則為 0。

參數

- $b^t$ : 第  $t$  年時, 有機肥料價格(元/噸)。  
 $c_k^t$ : 第  $t$  年時, 往返於廚餘集散點與第  $k$  合作順位之堆肥代處理廠間之單位運輸成本(元/噸)。  
 $d^t(w)$ : 第  $t$  年時, 於第  $w$  種廚餘回收情境下, 廚餘回收數量(噸/年)。  
 $f_k^t$ : 第  $t$  年時, 環保局需要支付給第  $k$  合作順位之堆肥代處理廠之廚餘代處理費用(元/噸)。  
 $M^t$ : 第  $t$  年時, 縣市政府所需之有機肥料數量(噸/年)。  
 $p(w)$ : 第  $w$  種廚餘回收情境之發生機率。  
 $\bar{S}_k^t$ : 第  $t$  年時, 第  $k$  合作順位之堆肥代處理廠之最大處理量(噸/年)。  
 $\underline{S}_k^t$ : 第  $t$  年時, 第  $k$  合作順位之堆肥代處理廠之基本處理量(噸/年)。  
 $\alpha_k$ : 第  $k$  合作順位之堆肥代處理廠之廚餘堆肥轉換比例。  
 $\beta_k$ : 第  $k$  合作順位之堆肥代處理廠之堆肥回饋比例。

(1)式為此模式之目標式, 尋求縣市政府期望總成本最小化。其中, 第一項為環保局所負擔之廚餘運送至各堆肥代處理廠之期望運輸成本, 第二項為廚餘堆肥運送回環保局之期望運輸成本, 第三項為環保局支付給各堆肥代處理廠之期望代處理成本, 第四項為縣市政府額外購買所需有機肥料之期望購買成本。相關限制式說明如下: (2)式限制在各種廚餘回收情境下, 每年分配至各堆肥代處理廠商之廚餘數量總和不得小於該情境該年度所回收之廚餘數量; (3)式要求在各種廚餘回收情境下, 每年分配給各堆肥代處理廠商之廚餘數量必須小於等於其該年度之最大處理量; (4)式則要求在各種廚餘回收情境下, 每年分配給堆肥代處理廠商之廚餘數量必須大於等於其該年度之基本處理數量; (5)式為反映合作優先順序之額外限制式, 其可以按照決策者的需要自行設定之。目前(5)式只是一種可能的形式, 此式要求合作優先順序在前的堆肥代處理廠商, 其所分配到之十年累積廚餘處理數量值之期望值必須大於等於合作優先順序在後的廠商所分配到的十年累積數量期望值。但是應用此形式限制式時必須注意廚餘處理量是否足夠的問題, 否則有可能發生無解的情況。亦可採用下式:

$$\sum_w p(w)X_k^t(w) = \bar{S}_k^t \quad \text{if } Y_{k+1}^t = 1, \forall k, t \quad (8)$$

(8)式要求如果會與第  $k+1$  合作順位之堆肥代處理廠合作, 分配給第  $k$  合作順位之堆肥代處理廠之廚餘代處理數量的期望值必定等於其最大處理量。

### 參、堆肥代處理廠商評選結果

#### 一、AHP 專家問卷之權重分析

過去Saaty(1980)提出九點尺度, 但係因五點尺度設計較適合一般人作為要素評點且一致性指標產生之相對矩陣較九尺度為佳(劉仁智, 1994), 因此本研究採五尺度進行問卷設計(如見附錄)。共計發放八份問卷且發放方式以email方式及親自訪談為主, 確保每份問卷具一致性(C.I. 值小於等於0.1), 才得以回收。再者, 本研究為使結果一致性不受制於樣本抽樣的限制, 因此將回收後問卷, 進一步檢驗其一致性比率(檢視C.R. 值是否小於等於0.2), 以及為考量層級間的重要性會不太一樣, 將各問卷進行整體層級結構一致性檢定(C.R.H 值是否小於等於0.1), 其一致性檢定結果如表5所示。結果顯示, 八份均為有效問卷, 包括有二位堆肥場工作人員、四位環保局官員、一位工研院研究員以及一位大學教授, 利用Expert Choice 2000計算其整合後權重值, 所得結果如表6所示。

針對表 6 權重結果得知：

1. 各評估層面權重由大至小依序為：政府機構成本(0.539)、代處理廠商運作情形(0.254)、鄰避效應(0.207)。因此本研究認為政府機構成本相較於其他二者，對於堆肥代處理廠商的評選權重佔有很大影響力。
2. 針對政府機構成本而言，各評估層面權重由大至小依序為：運輸成本(0.438)、處理成本(0.382)、堆肥回饋量(0.179)。因此本研究認為運輸成本相對於其他二者，對於政府機構成本具較高的影響力。
3. 針對代處理廠商運作情形而言，各評估層面權重由大至小依序為：公司規模(0.543)、堆肥品質(0.457)。因此本研究認為相較於堆肥品

質，公司規模對於代處理廠商運作情形有較高的影響力。

4. 針對鄰避效應而言，各評估層面權重由大至小依序為：民眾反對程度(0.682)、廠區附近人口密度(0.318)。因此本研究認為相較於廠區附近人口數，民眾反對程度對鄰避效應具有其影響力。
5. 在整個堆肥代處理廠商評選架構下，各評估項目權重由大而小依序為：運輸成本(0.236)、處理成本(0.206)、民眾反對程度(0.141)、公司規模(0.138)、堆肥品質(0.116)、堆肥回饋量(0.097)、廠區附近人口密度(0.066)。根據上述權重結果，顯示各界在堆肥代處理廠商評選時，各評估項目之重視程度情形。

表 5 專家問卷一致性檢定結果

受試對象	C.R.H.	評估層面		評估項目					
				政府機構成本		代處理廠商運作情形		鄰避效應	
		C.I.	C.R.	C.I.	C.R.	C.I.	C.R.	C.I.	C.R.
問卷一	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
問卷二	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
問卷三	0.04	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
問卷四	0.05	0.02	0.03	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
問卷五	0.08	0.00	0.00	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
問卷六	0.09	0.07	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
問卷七	0.1	0.1	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
問卷八	0.08	0.08	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
所有問卷		0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00

資料來源：本研究整理

表 6 各評估層面/評估項目之權重結果

評估層面/評估項目	層面權重	層級內權重	整體權重	排序
政府機構成本	0.539			
運輸成本		0.438	0.236	1
處理成本		0.382	0.206	2
堆肥回饋量		0.179	0.097	6
代處理廠商運作情形	0.254			
公司規模		0.543	0.138	4
堆肥品質		0.457	0.116	5
鄰避效應	0.207			
廠區附近人口密度		0.318	0.066	7
民眾反對程度		0.682	0.141	3

資料來源：本研究整理

## 二、堆肥代處理廠商之合作順序

本研究分別以新竹市為例，評選其堆肥代處理廠商之合作優先次序，而各廠商之相關評選資料整理如表 7 所示。針對表 7 各堆肥代處理廠商評選相關資料，以及新竹市與該廠商合作所需運輸成本(如表 8 所示)予以標準化，其標準化結果如表 9 所示。標準化之後，依表 6 有關堆肥代處理

廠商之評選權重，計算各堆肥代處理廠商綜合表現。則此五家堆肥代處理廠商綜合表現優勢程度為：D 廠(0.623)、A 廠(0.323)、E 廠(0.220)、C 廠(0.209)、B 廠(0.196)，因此本研究以此順序做為新竹市環保局選擇堆肥代處理廠商之合作優先順序。

表 7 堆肥代處理廠商資料

項目	堆肥代處理廠商				
	A 廠	B 廠	C 廠	D 廠	E 廠
處理成本(元/噸)	480	580	590	0	580
堆肥回饋量(%)	0.03	0	0	0.21	0
公司規模(千元)	22,110	240	1,000	1,000,000	134,600
堆肥品質(堆肥合格件數)	0	2	1	12	10
廠區附近人口密度(人/平方公里)	389.14	604.04	591.75	162.47	351.63
民眾反對程度	反對	反對	反對	反對	反對

備註：本研究採隨機抽樣電訪方式詢問附近居民意見，居民均持反對意見。

資料來源：本研究整理

表 8 新竹市環保局與各堆肥代處理廠商合作所需之運輸成本

堆肥代處理廠商	廚餘收集清運費用 (元/噸)	轉運單位成本 (元/公里-噸)	往返距離 (公里)	運輸成本 (元/噸)
A 廠	671.44	2.4	4.4	682.00
B 廠	671.44	2.4	97.0	904.24
C 廠	671.44	2.4	60.8	817.36
D 廠	671.44	2.4	357	1528.24
E 廠	671.44	2.4	260.6	1296.88

備註：1. 廚餘收集清運費用包括人力成本及車輛改裝費用，由 A 廠所提供之運輸成本資料反推而來

2. 轉運單位成本係指廚餘收集點至委託代處理場地所在地點之單位成本，因新竹市無此資料，故此數據係參考台北市環保局資料

3. 運輸成本=廚餘收集清運費用+轉運單位成本×往返距離

資料來源：本研究整理

表 9 堆肥代處理廠商評選資料標準化(以新竹市為例)

評估項目	堆肥代處理廠商				
	A 廠	B 廠	C 廠	D 廠	E 廠
運輸成本 <sup>c</sup>	1.000	0.737	0.840	0.000	0.273
處理成本 <sup>c</sup>	0.186	0.016	0.000	1.000	0.016
堆肥回饋量 <sup>b</sup>	0.143	0.000	0.000	1.000	0.000
公司規模 <sup>b</sup>	0.022	0.000	0.001	1.000	0.134
堆肥品質 <sup>b</sup>	0.000	0.167	0.083	1.000	0.833
廠區附近人口密度 <sup>c</sup>	0.487	0.000	0.027	1.000	0.572
民眾反對程度 <sup>c</sup>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

備註：<sup>c</sup> 標準化公式為：(最大值-原始數值)/(最大值-最小值)

<sup>b</sup> 標準化公式為：(原始數值-最小值)/(最大值-最小值)

資料來源：本研究整理

## 肆、堆肥代處理廠商廚餘回收量分配結果

### 一、廚餘回收量預估

參考新竹市民國 87 年至 94 年資源回收成長率約為 3%，且過去三年新竹市廚餘回收成長比例最多為 11%，故假設新竹市廚餘回收百分率之每年成長率可能有 3%、6%、9% 及 11% 等四種可能，因為沒有其他額外資訊可供參考，故假設其發生機率各設為 0.25。而 94 年新竹市廚餘回收百分比已達 26.8%，故針對此四種情境，新竹市 95 年至 104 年各年之廚餘回收百分比預估值如表 12 所示。根據此廚餘回收百分比，以及新竹市 94 年度每人每日垃圾產生量 1.058 公斤、戶籍人口數 389000 人、廚餘佔垃圾量百分比為 30%、每年人數成長 1.01 倍（環保署 93~95 年度統計年報）等資料，依照以下公式預估此十年間新竹市可能發生之廚餘回收數量，結果整理如表 13。

$$\begin{aligned} \text{廚餘回收量(噸/年)} &= \text{每人每日垃圾產生量(噸/人/日)} \times \text{日數(日/年)} \times \text{指定清除地區戶籍人口數(人)} \\ &\quad \times \text{廚餘佔垃圾量百分比} \\ &\quad (\%) \times \text{廚餘回收百分比}(\%) \end{aligned}$$

### 二、廚餘回收數量分配

依照上述評估所得之 D 廠、A 廠、E 廠、C 廠、B 廠之合作順序及未來十年各種廚餘回收量（表 11），且已知有機肥料價格 7000 元/噸、新竹市政府所需之有機肥料數量 302.5947 噸/年、各堆肥代處理廠商之廚餘堆肥轉換率為 30% 以及堆肥代處理廠商之廚餘處理數量資料（見表 12）。茲將上述資料代入本研究所提出之廚餘回收量分配

模式，並以 LINGO 數學規劃軟體求解。求解結果整理如表 13 及表 14。

若採用(5)式做為反映合作優先順序之額外限制式，則求解結果整理如表 13 所示。期望總成本為 456,763,100 元，D 廠、A 廠、E 廠、C 廠、B 廠之十年累計廚餘分配量期望值分別為：161146.94, 101319.49, 16648.82, 15868.01, 12284.91 噸。在此四種廚餘回收情境下，此模式建議每年合作之堆肥代處理廠商組合皆相同，只是分配數量有所不同。建議未來十年新竹市環保局可以與其距離最近、佔第二優先合作順序的 A 廠商維持長期的合作關係。隨著廚餘回收數量的增加，建議從 99 年才有必要與其距離最遠、佔第一優先合作順序的 D 廠商開始合作。而 E 廠、C 廠、B 廠則扮演著次要合作對象的角色，其分配數量主要係配合主要合作對象之處理數量而調整。

若採用(8)式做為反映合作優先順序之額外限制式，則求解結果整理如表 14 所示。其期望總成本為 492,311,600 元，較上述求解結果的期望總成本為高。由於佔第一優先合作順序的 D 廠商的最大處理量足以滿足新竹市未來十年的廚餘回收量，故建議新竹市環保局未來十年可與之維持長期的合作關係。唯此方式恐存在，一旦 D 廠商停擺，因為沒有其他的合作廠商可配合，該市廚餘將面臨無處可處置之風險。

表 10 新竹市廚餘回收百分比之情境設定

情境別	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年	第 10 年
一	29.8	32.8	35.8	38.8	41.8	44.8	47.8	50.8	53.8	56.8
二	32.8	38.8	44.8	50.8	56.8	62.8	68.8	74.8	80.8	86.8
三	35.8	44.8	53.8	62.8	71.8	80.8	89.8	98.8	100	100
四	37.8	48.8	59.8	70.8	81.8	92.8	100	100	100	100

資料來源：本研究整理

表 11 新竹市之各情境廚餘回收量估計值 單位(噸/年)

情境別	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年
一	13563.98	15078.77	16622.51	18195.61	19798.51
二	14929.48	17837.08	20801.35	23823.12	26903.24
三	16294.98	20595.4	24980.19	29450.63	34007.86
四	17205.31	22434.27	27766.09	33202.3	38744.46
情境別	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年	第 10 年
一	21431.65	23095.48	24790.43	26516.98	28275.58
二	30042.58	33242.02	36502.45	39824.76	43209.86
三	38653.52	43388.57	48214.46	49288.06	49780.94
四	44394.14	48316.89	48800.06	49288.06	49780.94

資料來源：本研究整理

表 12 堆肥代處理廠商處理數量

堆肥代處理廠商	基本處理量(噸/年)	最大處理量(噸/年)
A 廠	3,240	10,800
B 廠	7,992	26,640
C 廠	9,396	31,320
D 廠	16,200	54,000
E 廠	3,564	11,880

資料來源：本研究整理

### 三、敏感度分析

爲了進一步了解轉運單位成本、處理費用與廚餘回收情境機率對此廚餘回收量分配模式的影響，本節將分別變動此三個參數，進行一系列之敏感度分析，分析結果說明如下：

#### (一) 轉運單位成本調整之影響

本研究以轉運單位成本 2.4 元/噸/公里爲基準，變動範圍從-15%至+15%，每次調整 5%，則新竹市政府期望總成本的變化情形與此五家堆肥代處理廠商之十年累計廚餘分配量期望值及其分佈比例整理如表 15 所示。由此結果可知：轉運單位成本越高，則與距離最遠、佔第一優先合作順序的 D 廠商的比例會明顯的減少，減少的數量則轉移至 E 廠、C 廠、B 廠。但是隨著轉運單位成本的下降，其分配給 D 廠商的廚餘分配量則小幅上升。此外，分配給距離最近、佔第二優先合作順序的 A 廠商的廚餘數量則差異不大，基本上會隨著轉運單位成本越高其所分配到數量會小幅的增加。

#### (二) 處理費用調整之影響

根據各廠商與新竹市環保局所協定的處理費用(元/噸)爲基準，變動範圍從-15%至+15%，每次調整 5%，各家廠商處理成本採相同比例調整，則新竹市政府期望總成本的變化情形與此五家堆肥代處理廠商之十年累計廚餘分配量期望值及其分佈比例整理如表 16 所示。由此結果可知：其他廠商的處理費用越高，則與佔第一優先合作順序、免處理費用的 D 廠商的比例小幅的增加。但是隨著其他廠商處理費用的下降，分配給 D 廠商的廚餘分配量則會明顯的減少，改分配給 E 廠、C 廠、B 廠。此外，分配給第二優先合作順序的 A 廠商的廚餘數量則差異不大，基本上會隨著處理費用的增加其所分配到數量會小幅減少。

若進一步比較表 15 及表 16 的資料則可得知：相同的變動百分比下，變動轉運單位成本對期望總成本的影響會較變動處理費用對期望總成本的影響明顯，可能與期望總成本組成有關。以新竹市爲例，其中，期望運輸成本約佔 70%，期望代處理成本約佔 24%，有機肥料期望購買成本

僅佔 6%。

### (三) 情境發生機率調整之影響

本研究假設七種廚餘回收數量情境發生機率組合，並依照其所對應之十年累計廚餘回收量期望值由小至大排序，整理如表 17 所示。則新竹市政府期望總成本的變化情形與此五家堆肥代處理廠商之十年累計廚餘分配量期望值及其分佈比例整理如表 18 所示。由此結果可知：除了第 I 種及第 VII 種機率組合外，其餘五種機率組合下，此五家廠商之十年累計廚餘分配量期望值皆相同。

而在第 VII 種機率組合下，所獲得之各廠商十年累計廚餘分配量期望值其差異亦不大，只有在第 I 種機率組合下，才出現較顯著的差異。故可得知：本研究所建議之新竹市未來十年堆肥代處理廠商合作計畫並不會因為情境發生機率而有很大的變化，只有當廚餘回收數量原不如預期時（十年累計廚餘回收量期望值低於 299165.2 噸），必須特別注意。

表 13 廚餘回收量分配情形之一

單位(噸/年)

情境	規劃年期	堆肥代處理廠商				
		D 廠	A 廠	E 廠	C 廠	B 廠
情境一	第一年	-	9,999.98	3,564.00	-	-
	第二年	-	10,800.00	4,278.77	-	-
	第三年	-	8,630.51	-	-	7,992.00
	第四年	-	8,799.61	-	9,396.00	-
	第五年	16,200.00	3,598.51	-	-	-
	第六年	16,200.00	5,231.65	-	-	-
	第七年	16,200.00	6,895.48	-	-	-
	第八年	16,200.00	8,590.43	-	-	-
	第九年	16,200.00	10,316.98	-	-	-
	第十年	16,200.00	8,511.58	3,564.00	-	-
情境二	第一年	-	10,800.00	4,129.48	-	-
	第二年	-	10,800.00	7,037.08	-	-
	第三年	-	10,800.00	-	-	10,001.35
	第四年	-	10,800.00	-	13,023.12	-
	第五年	16,200.00	10,703.24	-	-	-
	第六年	19,242.58	10,800.00	-	-	-
	第七年	22,442.02	10,800.00	-	-	-
	第八年	25,702.45	10,800.00	-	-	-
	第九年	29,024.76	10,800.00	-	-	-
	第十年	28,845.86	10,800.00	3,564.00	-	-
情境三	第一年	-	10,800.00	5,494.98	-	-
	第二年	-	10,800.00	9,795.40	-	-
	第三年	-	10,800.00	-	-	14,180.19
	第四年	-	10,800.00	-	18,650.63	-
	第五年	23,207.97	10,800.00	-	-	-
	第六年	27,853.51	10,800.00	-	-	-
	第七年	32,588.57	10,800.00	-	-	-
	第八年	37,414.46	10,800.00	-	-	-
	第九年	38,488.06	10,800.00	-	-	-
	第十年	35,416.94	10,800.00	3,564.00	-	-

情境四	規劃年期	堆肥代處理廠商				
		D 廠	A 廠	E 廠	C 廠	B 廠
	第一年	-	10,800.00	6,405.31	-	-
	第二年	-	10,800.00	11,634.27	-	-
	第三年	-	10,800.00	-	-	16,966.09
	第四年	-	10,800.00	-	22,402.30	-
	第五年	27,944.46	10,800.00	-	-	-
	第六年	33,594.14	10,800.00	-	-	-
	第七年	37,516.89	10,800.00	-	-	-
	第八年	38,000.06	10,800.00	-	-	-
	第九年	38,488.06	10,800.00	-	-	-
	第十年	35,416.94	10,800.00	3,564.00	-	-

資料來源：本研究整理

表 14 廚餘回收量分配情形之二

單位(噸/年)

情境一	規劃年期	堆肥代處理廠商				
		D 廠	A 廠	E 廠	C 廠	B 廠
	第一年	16,200.00	-	-	-	-
	第二年	16,200.00	-	-	-	-
	第三年	16,622.51	-	-	-	-
	第四年	18,195.61	-	-	-	-
	第五年	19,798.51	-	-	-	-
	第六年	21,431.65	-	-	-	-
	第七年	23,095.48	-	-	-	-
	第八年	24,790.43	-	-	-	-
	第九年	26,516.98	-	-	-	-
	第十年	28,275.58	-	-	-	-
情境二	規劃年期	堆肥代處理廠商				
		D 廠	A 廠	E 廠	C 廠	B 廠
	第一年	16,200.00	-	-	-	-
	第二年	17,837.08	-	-	-	-
	第三年	20,801.35	-	-	-	-
	第四年	23,823.12	-	-	-	-
	第五年	26,903.24	-	-	-	-
	第六年	30,042.58	-	-	-	-
	第七年	33,242.02	-	-	-	-
	第八年	36,502.45	-	-	-	-
	第九年	39,824.76	-	-	-	-
	第十年	43,209.86	-	-	-	-
情境三	規劃年期	堆肥代處理廠商				
		D 廠	A 廠	E 廠	C 廠	B 廠
	第一年	16,294.98	-	-	-	-
	第二年	20,595.40	-	-	-	-
	第三年	24,980.19	-	-	-	-
	第四年	29,450.63	-	-	-	-
	第五年	34,007.97	-	-	-	-
	第六年	38,653.51	-	-	-	-
	第七年	43,388.57	-	-	-	-
	第八年	48,214.46	-	-	-	-
	第九年	49,288.06	-	-	-	-
	第十年	49,780.94	-	-	-	-



規畫年期	堆肥代處理廠商				
	D 廠	A 廠	E 廠	C 廠	B 廠
第一年	17,205.31	-	-	-	-
第二年	22,434.27	-	-	-	-
第三年	27,766.09	-	-	-	-
第四年	33,202.30	-	-	-	-
第五年	38,744.46	-	-	-	-
第六年	44,394.14	-	-	-	-
第七年	48,316.89	-	-	-	-
第八年	48,800.06	-	-	-	-
第九年	49,288.06	-	-	-	-
第十年	49,780.94	-	-	-	-

資料來源：本研究整理

表 15 轉運單位成本調整之影響

轉運單位成本變動率	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
目標值變動率	-5.36%	-3.53%	-1.70%	-	1.64%	3.08%	4.47%
堆肥代處理廠商	十年累計廚餘分配量期望值						
D 廠	182,502.06	182,502.06	161,146.94	161,146.94	119028.17	119028.17	107850.884
A 廠	96,558.77	96,558.77	101,319.49	101,319.49	103886.79	103886.79	104020.8106
E 廠	9,582.51	9,582.51	16,648.82	16,648.82	28117.74	28117.74	31798.82399
C 廠	9,582.51	9,582.51	15,868.01	15,868.01	28117.74	28117.74	31798.82399
B 廠	9,353.42	9,353.42	12,284.91	12,284.91	28117.74	28117.74	31798.82399
堆肥代處理廠商	十年累計廚餘分配量期望值分佈比例						
D 廠	59.33%	59.33%	52.45%	52.45%	38.74%	38.74%	35.10%
A 廠	31.39%	31.39%	32.97%	32.97%	33.81%	33.81%	33.85%
E 廠	3.12%	3.12%	5.42%	5.42%	9.15%	9.15%	10.35%
C 廠	3.12%	3.12%	5.16%	5.16%	9.15%	9.15%	10.35%
B 廠	3.04%	3.04%	4.00%	4.00%	9.15%	9.15%	10.35%

資料來源：本研究整理

表 16 處理費用調整之影響

處理費用變動率	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%
目標值變動率	-4.09%	-2.15%	-0.88%	-	0.82%	1.51%	2.20%
堆肥代處理廠商	十年累計廚餘分配量期望值						
D 廠	107,850.88	107,850.88	119,028.17	161,146.94	161,146.94	182,502.06	182,502.06
A 廠	104,020.81	104,020.81	103,886.79	101,319.49	101,319.49	96,558.77	96,558.77
E 廠	31,798.82	31,798.82	28,117.74	16,648.82	16,648.82	9,582.51	9,582.51
C 廠	31,798.82	31,798.82	28,117.74	15,868.01	15,868.01	9,582.51	9,582.51
B 廠	31,798.82	31,798.82	28,117.74	12,284.91	12,284.91	9,353.42	9,353.42
堆肥代處理廠商	十年累計廚餘分配量期望值分佈比例						
D 廠	35.10%	35.10%	38.74%	52.45%	52.45%	59.33%	59.33%
A 廠	33.85%	33.85%	33.81%	32.97%	32.97%	31.39%	31.39%
E 廠	10.35%	10.35%	9.15%	5.42%	5.42%	3.12%	3.12%
C 廠	10.35%	10.35%	9.15%	5.16%	5.16%	3.12%	3.12%
B 廠	10.35%	10.35%	9.15%	4.00%	4.00%	3.04%	3.04%

資料來源：本研究整理

表 17 情境發生機率組合

機率組合	情境一	情境二	情境三	情境四	十年累計廚餘回收量期望值(噸)
I	0.375	0.375	0.125	0.125	299165.2
II	0.375	0.125	0.375	0.125	313988.5
III	0.375	0.125	0.125	0.375	319620.6
IV	0.25	0.25	0.25	0.25	327691.8
V	0.125	0.375	0.375	0.125	333119.4
VI	0.125	0.375	0.125	0.375	338735.1
VII	0.125	0.125	0.375	0.375	353283.4

資料來源：本研究整理

表 18 不同情境發生機率組合之影響情形

機率組合	I	II	III	IV	V	VI	VII
目標值變動率	-9.83%	-4.15%	-2.02%	-	2.02%	4.15%	9.68%
堆肥代處理廠商	十年累計廚餘分配量期望值						
D 廠	119,028.17	161,146.94	161,146.94	161,146.94	161,146.94	161,146.94	182,502.06
A 廠	103,886.79	101,319.49	101,319.49	101,319.49	101,319.49	101,319.49	96,558.77
E 廠	29,474.44	16,648.82	16,648.82	16,648.82	16,648.82	16,648.82	9,251.63
C 廠	27,471.77	15,868.01	15,868.01	15,868.01	15,868.01	15,868.01	9,913.38
B 廠	27,407.01	12,284.91	12,284.91	12,284.91	12,284.91	12,284.91	9,353.42
堆肥代處理廠商	十年累計廚餘分配量期望值分佈比例						
D 廠	38.74%	52.45%	52.45%	52.45%	52.45%	52.45%	59.33%
A 廠	33.81%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	32.97%	31.39%
E 廠	9.59%	5.42%	5.42%	5.42%	5.42%	5.42%	3.01%
C 廠	8.94%	5.16%	5.16%	5.16%	5.16%	5.16%	3.22%
B 廠	8.92%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	3.04%

資料來源：本研究整理

## 伍、結論與建議

國內目前廚餘回收再利用方式以廚餘養豬為大宗，其次為廚餘堆肥。然而，為避免人畜共通疾病可能藉廚餘途徑傳染，目前，政府正極力推廣廚餘堆肥化。國內大部分縣市之廚餘回收工作雖然仍在初步階段，回收量不多，大多經由鄉、鎮公所自行設置堆肥場或是委託少數民間廠商則可處理，但是隨著廚餘回收數量的日益增加，勢必需要更多的堆肥處理能量方可處置。環保署於 92 年 10 月 9 日公告「促進民間機構參與一般廢棄物廚餘資源回收要點」，來鼓勵民間機構參與廚餘資源回收處理場之設置，未來勢必需要一套完整的評選方法，以挑選出較合適與之發展長期合作關係的堆肥代處理廠商，故本研究基於「先全面考量，再細部調整」之理念，提出一套二階段式堆肥代處理廠商評選模式。

此二階段式評選模式首先運用層級分析法融合產官學各界意見，經由專家訪談方式評估廚餘堆肥代處理廠商評選準則與權重。而此評選架構可分「政府機構成本」、「代處理廠商運作情形」、「鄰避效應」等三個層面，共有七個評估項目，其權重大而小依序為：運輸成本(0.236)、處理成本(0.206)、民眾反對程度(0.141)、公司規模(0.138)、堆肥品質(0.116)、堆肥回饋量(0.097)、廠區附近人口密度(0.066)。其次，則應用情境分析方法與隨機規劃模式，以縣市政府總期望成本最小化為目標，依據 AHP 評估結果所得之堆肥代處理廠商合作優先次序及各代處理廠商之實際處理限制，決定規劃年期內各種廚餘回收數量情境之各堆肥代處理廠商之廚餘分配量。最後，本研究則以新竹市為例，套用上述之二階段式堆肥代處理廠商評選模式，針對其提出未來十年合作廠

商優先順序及廚餘回收數量分配之具體建議。

此外，值得注意的是，目前有不少堆肥處理場因為廚餘回收量過少、環境汙染嚴重、堆肥品質不一等因素，導致停工、關閉局面，實非民眾之福。經本研究實際訪談亦發現，現階段民間廚餘堆肥處理廠與政府合作意願仍不高，未來政府機關應扮演更積極的角色，在符合法規要求下，思考更多與民間業者合作之可能並兼顧公平的市場機制。例如：由政府負責堆肥處理廠用地取得的工作，再交由有能力營運之民間廠商運作；或由政府協助民間業者改善現有防治汙染設備與技術等方式，以共創雙贏。

本研究尚有不盡周詳之處，有待後續研究繼續深入探究，茲說明如下：

- 1.由於本研究採用隨機電訪方式簡易詢問當地居民對於堆肥處理廠的觀感，以致居民對於處理廠的反對程度無法完整呈現出來，針對此部份，後續學者可設計具有語意變數之問卷，以充分瞭解當地居民、里民代表對堆肥處理廠之接受程度高低。
- 2.由於廚餘本身含水量及油脂高，運輸時間及處理時間若掌握不好，惡臭問題將越行嚴重，目前本研究並未將此因素納入考量，未來可再進一步深入探討之。
- 3.目前本研究僅參考歷年資源回收率成長趨勢，並應用線性模式預測未來廚餘回收數量成長情形，未來可考量更多的影響因子於預測模式中，或採用非線性模式，以做更精確的預測。
- 4.在堆肥代處理廠商評選層級分析架構中，評選因子之選擇可再進一步探討。例如代處理廠商運作情形評選因子中，是否可加入廠商單位處理成本、處理能力、汙染防治與應變能力、及評鑑等級等；鄰避效應評選因子中，是否可加入土地使用分區、緩衝綠帶及清運路線與距離等因子。
- 5.在廚餘回收量之推估預測方面，可再進一步加入垃圾費隨袋徵收、綠色生產、清潔生產、外

食人口比例等因素的影響。

## 參考文獻

1. 王鐸元，「焚化爐區位選擇之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，1989年。
2. 台中市環保局，推動螞蟻雄兵廚餘堆肥化示範計畫，網址：<http://recycle.tcepb.gov.tw/files/螞蟻雄兵期末報告第六章.pdf>
3. 江柏謙，「以層級分析法探討海軍裝備系統維修廠商評選之研究」，義守大學工業工程與管理學系碩士論文，2003年。
4. 行政院農業委員會，「肥料種類品目及規格」，農糧署全球資訊網，2000年。  
[http://www.afa.gov.tw/laws\\_index.asp?CatID=228](http://www.afa.gov.tw/laws_index.asp?CatID=228)
5. 行政院環境保護署，行政院環境保護署統計年報，2005年。
6. 行政院環境保護署，行政院環境保護署統計年報，2006年。
7. 吳永裕，「鄰避設施之廠址選擇及車輛途程問題」，雲林科技大學工業工程與管理學系碩士論文，2004年。
8. 李又樸，「模糊綜合評估在最佳供應商選擇之應用」，國立台灣工業技術學院管理技術研究所碩士論文，1983年。
9. 李永展、翁久惠，「鄰避設施對主觀環境生活品質影響之探討—以居民對垃圾焚化廠之認知與態度為例」，經社法制論叢，第16期，頁89-116，1995年。
10. 李德威，「建築廢棄物收容處理場所設置最佳區位評選之研究」，中央大學營建管理研究所碩士論文 2006年。
11. 肥料登記證之雜項堆肥申請件數查詢網站  
<http://agrapp.coa.gov.tw/WFR/>
12. 范陽添，「推動廚餘回收再利用之可行性研究—以苗栗縣為例」，中華大學經營管理研究所碩士論文，2004年。
13. 唐研理，「德爾菲法應用於廠址評選之研究-以花蓮縣北區垃圾焚化廠為例」，國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文，1999年。
14. 陳文卿、陳國帝、董時堅、陳文欽、劉俊清、林淑華，「廚餘資源化市場潛力之技術性評估與可行性調查」，工業技術研究院期末報告，2002年。
15. 陳曉琪，「供應商遴選之決策支援系統之研究」，義守大學工業工程研究所碩士論文，2001年。

- 16.黃子賢，「供應商遴選模式之建立」，國科會大學生參與專題研究計畫成果報告，1998 年。
- 17.新竹市/台北市綠地面積查詢網站  
[http://www.safelab.ncu.edu.tw/lab2004/m06-report/three%20year-report\\_DOC/05%A4T%A6~%A4u%A7@%B3%F8%A7i\\_%B6L930316.htm](http://www.safelab.ncu.edu.tw/lab2004/m06-report/three%20year-report_DOC/05%A4T%A6~%A4u%A7@%B3%F8%A7i_%B6L930316.htm)  
[http://w2.dbas.taipei.gov.tw/news\\_weekly/S4\\_2/96407.htm](http://w2.dbas.taipei.gov.tw/news_weekly/S4_2/96407.htm)
- 18.劉仁智，「多評準決策—分析層級法尺度之研究」，國防管理學院資源管理研究所碩士論文，1994 年。
- 19.劉暉廷，「事業廢棄物處理廠優選場址之決策支援系統」，台灣大學環境工程學研究所碩士論文，2002 年。
- 20.營業事業資本額查詢網站：財政部稅務入口網提供  
<http://www.etax.nat.gov.tw/wSite/sp?xdUrl=/wSite/query/CompanyQuery.jsp>
- 21.謝錦松、黃正義，「固體廢棄物處理」，淑馨出版社，四版，1997 年。
- 22.Maniezzo, V., "Decision Support for Sitting Problems," *Decision Support Systems*, Vol. 23, pp. 273-284(1998).
- 23.Nydick, R.L. and Hill, R.P. "Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure," *International Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 28, No. 2, pp. 31-36(1992).
- 24.Soukup, W.R., "Supplier Selection Strategies," *Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 23, Iss. 2. pp. 7-13(1987).
- 25.Thompson, K.N., "Vendor Profile Analysis," *Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 26, Iss. 1, pp. 11-19(1990).
- 26.Timmerman, E., "An Approach to Vendor Performance Evaluation," *Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 22, Iss. 4, pp. 2-9(1986)
- 27.Weber, C.A., Current, J.R. and Benton, W.C., "Vendor Selection Criteria and Methods," *European Journal of Operational Research*, Vol. 50, No. 1, pp. 2-18(1991).

## 船用流體管路之分析研究

### Analysis of Shipboard Fluid Conduit

傅明南<sup>1</sup> 李慶忠<sup>2</sup> 廖珊慧<sup>3</sup> 龍清勇<sup>4</sup>

Ming-Nan Fu<sup>1</sup>, Ching-Chung Li<sup>2</sup>, Shan-Hui Liao<sup>3</sup>, Ching-Yung Lung<sup>4</sup>

親民技術學院工業工程與管理科<sup>1,3,4</sup>

清雲科技大學資訊管理系<sup>2</sup>

[mnful204@yahoo.com.tw](mailto:mnful204@yahoo.com.tw)<sup>1</sup>

[profccli@gmail.com](mailto:profccli@gmail.com)<sup>2</sup>

[ginnie08@ms24.hinet.net](mailto:ginnie08@ms24.hinet.net)<sup>3</sup>

[a6677a@ms23.hinet.net](mailto:a6677a@ms23.hinet.net)<sup>4</sup>

#### 摘要

管路壓降的計算與動力源的選取對管路系統的設計非常重要。本文以假設的供油系統縮小模型，進行流量實驗、迴路疊代計算未知流量、利用 HyPneu 來模擬管路系統等三種不同方法來獲取流量及管路壓降數據，並將三者相互比較，以便分析各種管路解算方法與真實狀況之差異程度。再者利用泵浦的特性曲線與系統阻抗曲線來求取泵浦最小效率的工作點，並討論並聯泵浦的工作效率，俾利獲得管路設計時的各項參數。分析結果發現研究中所採用三種方法所計算的結果相當接近。本研究成果不僅提供一個可靠的管路設計方式，亦可作為爾後管路設計相關作業之重要參考依據。

**關鍵詞：**管路系統、供油系統、特性曲線、阻抗曲線。

### **Abstract**

The calculation of the head loss of the conduits and the selection of the motive power is very important for the design of a piping system. In this study, three methods were used to obtain data on flow rate and piping pressure loss, such as a scaled-down model of hypothetical fuel supply system was used to perform a flow rate experiment; to estimate the unknown flow rate of a circuit by iteration, and to simulate the piping system by HyPneu. The experimental, estimated value and simulated values were compared to establish a basic model for calculating the piping system. A pump characteristic curve and a system impedance curve were plotted to determine the working point where the pumping is least efficient. The efficiency of the parallel connection is also discussed to obtain the parameters of the piping system design. Results show the discrepancies are all within a tolerable range. A more reliable method for designing a piping system is provided and verified in this study. In addition, this work is an important reference for using in piping design.

**Key words:** piping system, fuel supply system, characteristic curve, impedance curve.

## 1. Introduction

The computational capacity of computers is increasing. Computers are being more commonly used to aid design and analysis. They eliminate the errors of associated with human calculation. Computers can especially save computing time in industrial tasks that require complicate schedules and involve repeated iterations, improving the accuracy and reliability of the analysis/design. Many pieces of software are useful in analyzing the characteristics of tubes, but a fluid system is enormous, complicated and has many components, so most research that emphasizes the loop drawing function or the component specification seems too rough. Analyzing huge and complicated piping systems in a way that captures the entire problem is difficult.

A large and complicated piping system depends on extensive knowledge of fluids and industrial technology. Traditionally, the design of a piping system (for example a system in a ship, or a fuel supply system), involves a calculator map to determine the pressure loss due to flow in the pipe, to be overcome by the pump at the end of the pipe. This method is based on testing beforehand to get obtain enough experimental data to calculate the pipe. However, such an experiment is not easy to perform for a huge and complicated piping system, when the information required to determine the inner fluid flow and the distribution of pressure is lacking. Improving piping systems and effectively analyzing them is becoming increasingly important.

This study used a scaled-down model of hypothetical fuel supply system to perform a flow rate experiment; to estimate the unknown flow rate of a circuit by iteration, and to simulate the piping system by HyPneu. The experimental, estimated value and simulated values were compared to establish a basic model for calculating the piping system. This study also includes a method for selecting pumps to solve design problems in piping system.

## 2. Research method

### 2.1 Experimental set-up

Figure 1 shows the experimental system, which is a scaled-down model of a fuel supply system. The system simulates the supply of fuel to the main power generator (such as the diesel engine or the generator engine) through simplified piping networks. The components are as follows.

(1) Motor: Operates an oil pump to cause the fluid to flow in the pipe. The rate of revolution is 1800rpm.

(2) Pump: Mono-directional pump, with a maximum flow rate of 70L/Min.

(3) Flow meter: A digital meter was used to measure the flow volume that passes through the tube per unit time, to detect the number of pulses while per unit liter flow pass. The flow meter X0 scale is 30.696 (pulse/liter). The flow meter X1 scale is 126.22 (pulse/liter) and the flow meter X2 scale is 126.08 (pulse/liter).

(4) Fuel tank: The aluminum fuel tank has dimensions 40cm x 20cm x 30cm.

(5) PLC (programmable logic controller): A PLC was used to count the number of pulses of the flow meter. The ladder control program was written using Winproladder software on a personal computer, to control internal tools (counter/timer/ calculator) to calculate and record the fluid flow rate.

(6) Main tube: Zinc-plated tube with an inner diameter of 1.5 inch and a length of 14.5 inch.

(7) Divide tube: Zinc-plated tube with an inner diameter of 0.75 inch; the tube includes a T-tube, elbow and ball valve; it has a total length of 24 inch.

(8) Fluid: Class-I diesel gasoline from the Chinese Petroleum Company was used.

### 2.2 Calculation of pressure loss

The pressure loss of tube was divided into major and minor pressure

loss. The major pressure loss was due to the friction between the fluid and the tube boundary when the fluid flows in the straight tube. Normally, the Darcy-Weisbach formula<sup>1)</sup> was used to calculate the major pressure loss:

$$h_{IT} = f \frac{Lv^2}{2Dg} = f \frac{L}{2D} \left( \frac{Q}{A} \right)^2 = K_L Q^2 \quad (1)$$

The minor pressure loss is due to sharp variation in the cross-section when the fluid flows or passes the different joints, manifolds or valves. These change the flow velocity and the flow direction, causing energy to be lost, the primary reason for which is that the fluid flows produce velocity separation. The minor loss is stated as follows:

$$h_m = K_m \frac{v^2}{2g} = f \frac{L_e v^2}{2Dg} \quad (2)$$

Where  $L_e$  is the effective length of all joints and elbows, while  $K_m$  is a loss coefficient that is normally obtained experimentally, and depends on the type of fluid and the geometry of the tube.

### 2.3 Iterative estimation

Hardy Cross<sup>2)</sup> introduced the first, and now widely applied, method of looping-balancing, yielding the pressure at the nodes and the distribution of flow in a complex pipe system, under an analysis of steady flow. The main unknown quantities are the rate of flow in the pipe system. The analogous network-loop method is this used<sup>3-6)</sup> to compute of the electronic circuits and then obtain simultaneous equations for continuity and energy equation. The original flow and the amendable flow are maintained within the error range determined by the trial and error method of continuous iteration. This study adopts Jepson's linear theory method<sup>7,8)</sup> to compute flow results by applying the equation of continuous at nodes and the energy equation, based on a loop, and thus elucidate the flow in the

pipe. The iterative method was used to turn non-linear equations into linear equations and determine pipe pressure loss in the pipe during flow.

First, the pipe diagrams were drawn by assuming the fuel supply system model shown in Fig. 2. The concept of the pseudo loop involves connecting the two extremities at fixed pressure by a hypothetical pipe and thus constructing a suppositional loop. The unknown flow at both exits can be conveniently determined when the balance is satisfied the continuous conditions. No fluid flows inside the hypothetical but it still the pressure loss is fixed. Nodes 5 and 6 are connected to node 1 with a hypothetical pipe to make a loop to determine easily the unknown flow. Therefore, the equations of continuity at every node and the equations of the two loops can be solved simultaneously.

$$Q_1 - Q_2 - Q_3 = 0 \quad (\text{in node 2}) \quad (3)$$

$$Q_2 - Q_5 = 0 \quad (\text{in node 3}) \quad (4)$$

$$Q_3 - Q_4 = 0 \quad (\text{in node 4}) \quad (5)$$

$$\Delta H_{P1} - \Delta H_{V1} - \Delta H_1 - \Delta H_3 - \Delta H_4 = 0 \quad (6)$$

$$\Delta H_{P2} - \Delta H_{V2} - \Delta H_1 - \Delta H_2 - \Delta H_5 = 0 \quad (7)$$

$\Delta H_1$  is the differential pressure between nodes 1 and 2;  $\Delta H_3$  is the differential pressure between nodes 2 and 4;  $\Delta H_4$  is the differential pressure between nodes 4 and 6;  $\Delta H_{P1}$  is the pressure loss in the pump and  $\Delta H_{V1}$  is the pressure loss in the global valve.

$$\Delta H_1 = K_1 Q_1^2 \quad (8)$$



$$\Delta H_3 = K_3 Q_3^2 \quad (9)$$

$$\Delta H_4 = K_4 Q_4^2 \quad (10)$$

$$\Delta H_{v1} = K_{v1} \frac{v^2}{2g} = K_{v1} \frac{Q^2}{2g(\rho A)^2} \quad (11)$$

$$H_p = A_0 + A_1 Q_p + A_2 Q_p^2 \quad (12)$$

To incorporate the pressure loss of the pump into the equations, the pressure loss coefficient must be multiplied by the square of the pipe flow, obtained using Eq. (12), according to the completing the square method;

$$\Delta H_{p1} = A_2 G_{p1}^2 + A_4 \quad (13)$$

$$G_{p1} = Q_4 + \frac{A_1}{2A_2}$$

Where

$$A_4 = A_0 - \frac{A_1^2}{4A_2}$$

These values are substituted into the energy equation. In the same way,  $G_{p2} = Q_5 + A_1/2A_2$  and the unknown flow is determined by integrating the seven simultaneous equations.

The previous equations have quadratic items, and so they are non-linear simultaneous equations, which cannot be solved by Gauss elimination, so the pipe pressure loss  $K_n Q_n^2$  is rewritten as follows;

$$\Delta H_n = K_n Q_n^2 = (K_n Q_n^{2-1}) Q_n = K_n' Q_n \quad (14)$$

The superscript is the number of the iteration. The flow rate of the pipe changes with the iterative flow rate. The coefficient of friction is related to the Reynolds number, so  $K_n$  is different for every iterative process. The flow was divided into two parts, the last iterative value and the other is the unknown flow,

to solve the approximate simultaneous equations. The correct convergence solution of flow through the repeated iterative method is finally obtained.

After Eq. (14) was simplified, the square items of the flow were evaluated iteratively and the non-linear equations were turned into linear equations. Finally, the unknown flow items were determined by Gauss elimination.

$$A_2' G_{p1} - K_1' Q_1 - K_3' Q_3 - K_4' Q_4 + K_{v1}' \frac{Q}{2g(\rho A)^2} + A_4 = 0 \quad (15)$$

$$A_2' G_{p2} - K_1' Q_1 - K_2' Q_2 - K_5' Q_5 + K_{v2}' \frac{Q}{2g(\rho A)^2} + A_4 = 0 \quad (16)$$

The initial flow was assumed to satisfy the continuity equations and the energy equations at all nodes. The solution to the approximate equations is therefore taken as the final result. To increase the accuracy of the result, the admissible error of the solution was set to correspond to the Hardy Cross trial and error iterative method<sup>9)</sup>; the flow was separated into

$$Q = Q_0 + \Delta Q \quad (17)$$

Where  $Q_0$  is the initial flow as assumed previously;  $\Delta Q$  is the correctional flow, and the pressure loss of each node is

$$\Delta H = K Q^2 = K(Q_0 + \Delta Q)^2 \quad (18)$$

Equation (18) was applied to every loop and the admissible error of the correctional flow was considered. When the error was less than the assumed value, then the corrected of the flow was the required value. The corrected value is

$$\Delta Q = - \frac{\sum K Q_0 |Q_0|^{2-1}}{2 \sum K |Q_0|} \quad (19)$$

The direction of flow in every pipe in the loop, can be ignored during the operation. The value gradually approaches the real solution when the iterative method is implemented with the admissible error. The time taken to perform the iterative process depends on whether the tolerated value reaches the assumed range. The results are confirmed by incorporating the solved flow into the energy equation.

## 2.4 Software Simulation

In this study, HyPneu's hydraulic pressure software, which is widely used in the industry, was applied to simulate the flow of a pipe system and the pressure loss in it. The unknown flow was computed; it is also the referable basis of the simulation of pipe system design by using computer in the future study. Figure 3 shows the loop diagram of the assumed fuel feed system, drawn by HyPneu.

Drawing a loop diagram needs to search applicable components to represent the simulated element. Besides, it needs to decide the interrelated factors of components for the accuracy of the simulation. A factory typically provides fabrication catalogs, according to the characteristics of each component along with the purchase. We could refer to the data of catalogs or computed from related formula. Components were divided into three main items.

(1)power component: These are the motor and pump; the catalog specified the capacity(  $in^3/rev$  ) the ratio of the rate of flow to the velocity of the motor, the point at which the speed changes, the diameter of the pipes, the volume efficiency and the mechanical efficiency; the volume efficiency is the norm of the measured component leakage and capitation. The

mechanical efficiency is affected by the viscosity drag and the mechanical fraction, the condition of the assumed parameter shown in Fig 4.

(2) Control devices: These are the components of the pipe system that control the flow of fluid, such as the valves and switches, among others. The input parameters were taken the manual; these include the cracking pressure, the flow rate, the ambi-pressure and others. It almost adopted the experiment data in the industrial application.

(3) Pipes: Many types of pipes are used in industry to suit pipe layout, the available space and the links among objects. The most important parameters taken from the manual are the diameter, length and material of the pipe.

Various characteristics of the pipe flow lead to different dynamics. The results of the analysis vary with the characteristics of the flow. Three fluid characteristics must be input.

(1) Viscosity: This is generally referred to as kinematics viscosity, which is closely related to the temperature, by the empirically derived formula<sup>10)</sup>

$$\log_{10} \log_{10}(\nu + c) = X \log_{10}(T) + Y \quad (20)$$

Where  $\nu$  is the kinematics viscosity coefficient;  $X$  and  $Y$  are constants;  $c$  is an empirically determined constant whose value is usually about 0.6 for a fluid, and  $T$  is the temperature in Celsius.

(2)Specific weight (  $\rho g$  ) : The ratio of the weight of the fluid to the weight of water, which is the density multiplied by the acceleration due to gravity.

(3) Bulk modulus: Compressibility is the rate of change of volume when a fixed quantity pressure is exerted in a thermally insulated environment.

$$\beta_T = -V_0 \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T = \rho_0 \left( \frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_T \quad (21)$$

Where  $\beta_T$  is the bulk modulus;  $V_0$  is the initial volume,  $T$  is the temperature, and  $\rho_0$  is the initial density.

Finally, comparing the results of the software simulation and the iterative calculation with the experimental results, and calculating the errors indicates the differences between the solution obtained using the proposed method and the data for real systems.

## 2.5 Selection of pumps

In design a fluid pipe, determining the standard pump size for the final pipe and calculating the loss of pressure in the pipe are important. Figure 5 plots the characteristic curve of a pump and the representative characteristic curve equation. Generally, the most specifications of the pump are as follow;

(1) rotational velocity of the working pump; (2) power of the pump, and (3) flow rate of the pump.

The initial rotational velocity of the pump was assumed to be  $N_A$ . Another pump with a rotational velocity of  $N_B$ , can be considered by applying the similarity theorem<sup>11)</sup> to the characteristic curve of the pump:

Relationship between rate of flow and rotational velocity

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{N_A}{N_B} \quad (22)$$

Relationship between pressure loss and rotational velocity

$$\frac{H_A}{H_B} = \frac{N_A^2}{N_B^2} \quad (23)$$

Relationship between efficiency of

pump and rotational velocity

$$\frac{BHP_A}{BHP_B} = \frac{N_A^3}{N_B^3} \quad (24)$$

Where  $N$  denotes the rotational velocity of the pump, and  $BHP$  is represents the brake horse power supplied by the pump. When rotational velocity changes it turns out to be the direct proportion between rate of flow and the ratio of the varied rotational velocity. The pressure loss is directly proportional to the ratio of the varied rotational velocity square; the efficiency of pump is directly proportional to the rotational velocity cubic. When the rotational velocity of the pipe system is  $N_A$ , the given rate of flow

is  $Q_A$ . The rate of flow  $Q_A \times \frac{N_B}{N_A}$  can be derived after changing the velocity  $N_B$ . Equation (23) can be used to evaluate the required pressure loss of the system:

$$H_B = \frac{N_B^2}{N_A^2} \times H_A = \frac{Q_B^2}{Q_A^2} \times H_A \quad (25)$$

The characteristic equation of the pump can be determined from equation (12). When the impedance curve of the pipe system intersects the characteristic curve of the pump at the working point,  $H_B = H_P$ , and the pressure loss of the pump just overcomes the impedance of the pipe system. The simultaneous equations from the equations (12) and (25) are stated as follows

$$I_B Q_B^2 = A_0 + A_1 Q_B + A_2 Q_B^2 \quad (26)$$

Where  $I_B = \frac{H_A}{Q_A^2}$ . Then, the quadratic solution can be calculated. The positive and negative value represent flow in opposite directions; the positive flow solution is considered<sup>12)</sup>.

$$(I_B - A_2) Q_B^2 - A_1 Q_B - A_0 = 0$$

(27)

$$Q_B = \frac{A_1 \pm \sqrt{A_1^2 - 4A_0(I_B - A_2)}}{2(I_B - A_2)}$$

(28)

The pressure loss of the pipe system can be evaluated after evaluating the flow  $Q_B$ , and then using the similarity theorem of pump to calculate the pump power at that rotational velocity.

$Q_B$  and  $H_B$  can be substituted into dynamic formula to calculate the power required to drive the flow of the fluid in the pipe. This is caused the Water Horse Power (WHP) :

$$WHP = \frac{\rho Q_p(L/\min)H_p(M)}{550} = \frac{\rho Q_p(GPM)H_p(FT)}{3960} \quad (29)$$

The values 550 and 3960 are constants used to transform the unit in equation (29); 550 is the rate of flow in metric units and 3960 is that in imperial units. Thus, the working efficiency of the pump can be evaluated by the specific values of WHP and BHP.

$$\varepsilon = \frac{WHP}{BHP} \times 100 \quad (30)$$

Finally, the similarity theorem for pumps and the dynamic formula can be used evaluates the rotational velocity, the power and the working efficiency in the design of the pipe system. The location of the working point can also be decided. All of the above calculations are using unitary pump to satisfy the flow and impedance of the system. Problems related to complex and enormous pipes, many-sided outlets, and distances in the large pipe system are such that more pumps must be connected in parallel. A single pump cannot handle the enormous impedance. All parallel pumps are assumed to be of the same type; the pressure loss of the system in the working point is  $H_A$ ; the flow

is  $Q_A$  and the number of parallel pumps is  $n$ , so the rate of flow in the unitary pump becomes  $Q_A/n$ .

However, the rate of flow in each unitary pump is  $Q_B$ , so the total rate of flow of the system at working point is  $nQ_B$ . The pressure loss of the system can be evaluated by the applying the similarity theorem to the pump. If parallel pumps are not of the same type, then the must be calculated separately for each.

### 3. Results and Discussion

(1) In the experiment, the PLC was used to obtain the flow rate in the main and the divided tube. The PLC's internal timer and counter function was used to record the flow rate of the fluid per time section and then to utilize the rate of flow of the fluid in each section, to calculate the tube pressure loss, from equation (1). The unknown flow rate find out is just between each section points. The total pressure loss is equal to the total flow rate of each section point<sup>13)</sup>.

$$h_{IT} = K_1 Q_1^2 + \Lambda \Lambda \Lambda + K_8 Q_8^2 \quad (31)$$

The system pressure loss curve is shown in fig. 6. The iterative method is used to calculate the unknown flow rate and  $\Delta Q$  using equation (19). The results are summarized as follows: First  $\Delta Q$  is set to 0.1; the unknown inertial flow rate is set to 1; the difference between the predicted  $Q$  after iteration and the initial predicted  $Q_0$  is  $\Delta Q$ , if  $\Delta Q$  is less than 0.1, then the estimated flow rate in the system is the unknown value of the system.

(2) After the relative component parameters are set using the HyPenu-software, the computer was used to simulate the tube flow rate and the pressure loss. Three data sets were

compared and analyzed to establish the flow rate vs. pressure loss chart as presents in tables 1 and 2.

(3) Table 1 shows that the flow rate in the tube is consistent with that from continuity theory. The total flow rate in each divided tube equals the flow rate in the main tube. Two data sets are obtained; one was predicted after iteration, the other was predicted using the simulation software. Comparing the two data sets with the experiment results revealed a difference error of below 1%.

(4) The predicted and simulated values are little higher than the experimental values, perhaps because of the characteristic parameters of the fuel and the characteristic coefficients in the simulation. The values pertained to the factory-gate standard of the Chinese Petroleum Monitor Center, instead of those for real diesel. The slight difference between the maximum and the minimum value was within the standard range. The coefficients of friction for each tube component, such as the elbow or the ball valve, were from experimental data widely used in industry. Therefore, the values were close to those for a real system. The difference was below 5% so the results were within a reasonable range.

(5) The difference between the predicted and simulated values was about 0.4%. General pipe simulation software was used to implement the iterative trial and error method cited by Hardy Cross to perform the simulation. Although we do not know the basic principles of Hypneu theory, the numerical simulation method is similar to that used by other simulation software. Applying the iterative method using simultaneous equations for each loop to yield the correct unknown value makes the prediction. The calculations of Hardy Cross flow rate correction were checked and the error (between the predicted and the simulated values) was found to be minor.

(6) The versatility of the methods for designing pipes is confirmed, and their

reliability and error values verified, using three data sets.

(7) Table 2 compares the pressure losses at each section point and indicates that the pressure loss in the straight tube is only a small fraction of the total loss. For example, between nodes 4 and 6 is installed an elbow and ball valve tube, the pressure loss in which is many times higher than that between node 1 and 2. The Reynold Number governs the laminar flow of a fluid system, although the flow becomes transitional sometimes. The frictional coefficient due to surface roughness is smaller than that in the turbulent area. Therefore, the factors that primarily affect loss of pressure are the flow rate and the number of minor tube components. Therefore, the experimental, predicted and simulated pressure losses in the straight tube,  $Q_1$ ,  $Q_2$  and  $Q_3$  are minor. (The difference is at hundredth point) The pressure losses of the three methods are assumed to be about the same.

(8) In the aspect of choosing motive power, from table 1, the total flow rate is 4.52L/Min and the system total pressure loss is 3.83m. A working point at the intersection between the system pressure loss curve and the pump characteristic curve is shown in Fig. 7. Therefore, the pump output horsepower just meets the power requirement of the entire piping system. Increasing the pump power would result in greater power consumption. If the power is reduced, the piping system's power requirement would not be met. In designing the piping system, the pressure loss curve and the pump characteristic curve were used to determine the flow rate and type of pump that met the requirements of the piping system. We can also utilized dynamic equation to calculate the pump efficient to realize whether the pump is suitable for the system?

#### 4. Conclusions

Many methods exist for

analyzing and designing systems of pipes. In this study an experiment was conducted on a scaled-down fuel model system, to obtain data on flow rate and piping pressure loss. The unknown flow rate and pressure loss were calculated using the node flow rate conservation equation and the energy equation of the loop. The piping was then drawn using the piping simulation software, HyPneu, which is widely used in industry to simulate flow rate data and pressure loss data. A comparison of three methods reveals their advantages and disadvantages, the accuracy of which, in relation to a real system, was verified. Additionally, work could be determined after the pump characteristics are known, and the relationship among the parallel pumps elucidated to clarify how the pump power should be selected during design phase. The following three conclusions are drawn.

(1) A computer is required to simulate a large scale piping system, as it can quickly perform speedy calculations. The feasibility of a piping system design was verified by software simulation, the iterative method, and experimentation. The discrepancies are all within a tolerable range. A more reliable method for designing a piping system is provided and verified.

(2) The piping analysis shows the loss of pressure is not only affected by the frictional force between the wall and the fluid, but also by the flow speed and its direction caused by the irregular shape of piping elements significantly. A complex piping layout must be avoided during design phase to reduce pressure loss. The working efficiency of the pump is a function of the power provided and power required to overcome the loss of pressure. If the power required to overcome the loss of pressure is less than the system requirement, then the fluid in the pipe can not be pushed to the end. However, if the power required to overcome the pressure loss overcoming is excessive, then resources will be wasted and the cost increased. In a general design, pumps are selected that required a power to overcome the loss of pressure that is just a little higher than the system requirement. The best approach is determined by analyzing the

power output, the flow rate and the pressure loss between single and multiple parallel output pumps.

(3) A piping system has many complicated elements. In real piping intensive system, there are many mechanism still can not be simulated, such as seal, oil-water separator, special material and special shape parts. The simplified model was used herein to calculate pressure loss and flow rate. In the future, we hope to develop more accurate calculation methods to resolve the complicated piping problem in practical engineering.

## References

- 1) White M. Frank: Fluids Mechanics, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1988.
- 2) Hardy Cross: Analysis of the Flow in Networks of Conduit or Conductor, Univ. Ill. Bull. 286, Nov., 1936.
- 3) Adams: Journal of the Institute of Water Engineers, **15** (1961) 415.
- 4) Dillingham: "Computer Analysis of Water Distribution System", Water and Sewage Works, Part 1-5, Jan-May, 1967.
- 5) Barlow: "Computer Analysis of Pipe Networks", Proceeding I. C. E., **43** (1996) 249, June.
- 6) M. Chamdrshekar: Journal Hydraulic Div. ASCE, (1980) No.Hy1, 133.
- 7) Roland W. Jeppson: Analysis of Flow in Pipe Networks, Butterworth Publishers, Boston, 1976.
- 8) Betamio A. De Almeida, and E. Koelle: Fluids Transients in Pipe Networks, Computational Mechanics Publications, Crown House, 1992.
- 9) Chich-Ko Ma: Auto CAD in Water Oil Pipeline System of Naval Vessels, The Plan Report of National Science Council, 1996.
- 10) Fitch E. C. and Hong I. T.: Hydraulic Component Fluid Power Design

Series, BarDyne Inc, Oklahoma, 1997.

- 11) Da-Ding-Chang-I: Whirl Pump Design, sixth ed., Cheng-Yen Publishers, Tainan, 1978.
- 12) Kung-Mo Lin: Analysis of Complex Piping System Including Power Source, National Chiao Tung University, Master Degree Thesis, Shin-Chu, 2001.
- 13) Ming-Der Fu: Naval Academic Monthly Journal, **34** No. 7 (2000) 80.

### **Table Captions**

Table1. Comparison of flow rate between each section point

Table 2. Comparison of the pressure loss between the nodes

### **Figure Captions**

Figure 1. Fuel supply system scaled-down simulation model

Figure 2. Summary of fuel supply piping system

Figure 3. Fuel system piping system plotted by HyPneu

Figure 4. Set pump parameters  
Set pump parameters

Figure 5. Pump characteristic curves

Figure 6. System pressure loss curve

Figure 7 Working point by Intersection of pump characteristic curve and system pressure loss

Table1 Comparison of flow rate between each section point

	Experiment	Iteration result		S/W simulation	
		Predict	Error	Simulation	Error
Node 1-2	4.45	4.56	0.3	4.52	0.3
Node 2-3	2.25	2.30	0.3	2.28	0.2
Node 2-4	2.20	2.26	0.4	2.24	0.3
Node 4-6	2.20	2.26	0.4	2.24	0.3
Node 3-5	2.25	2.30	0.4	2.28	0.3

( flow rate unit is L/Min ; error value is % )

Table 1 Ming-Nan Fu

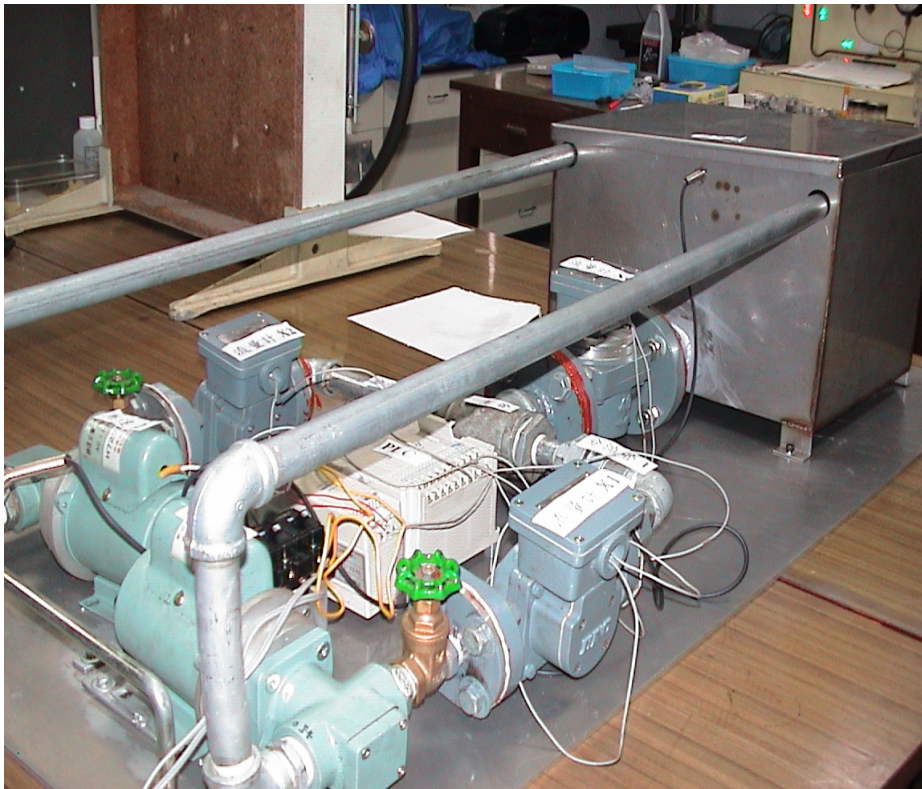


Table 2 Comparison of the pressure loss between the nodes

	Experiment	Iteration result		S/W simulation	
		Predict	Error	Simulation	Error
Node 1-2	0.030	0.030	0	0.030	0
Node 2-3	0.006	0.006	0	0.006	0
Node 2-4	0.005	0.006	0.2	0.006	0.2
Node 4-6	1.890	1.891	0.1	1.890	0
Node 3-5	1.890	1.894	0.3	1.892	0.2

( pressure loss unit m ; error % )

Table 2 Ming-Nan Fu



**Fig. 1 Ming-Nan Fu**

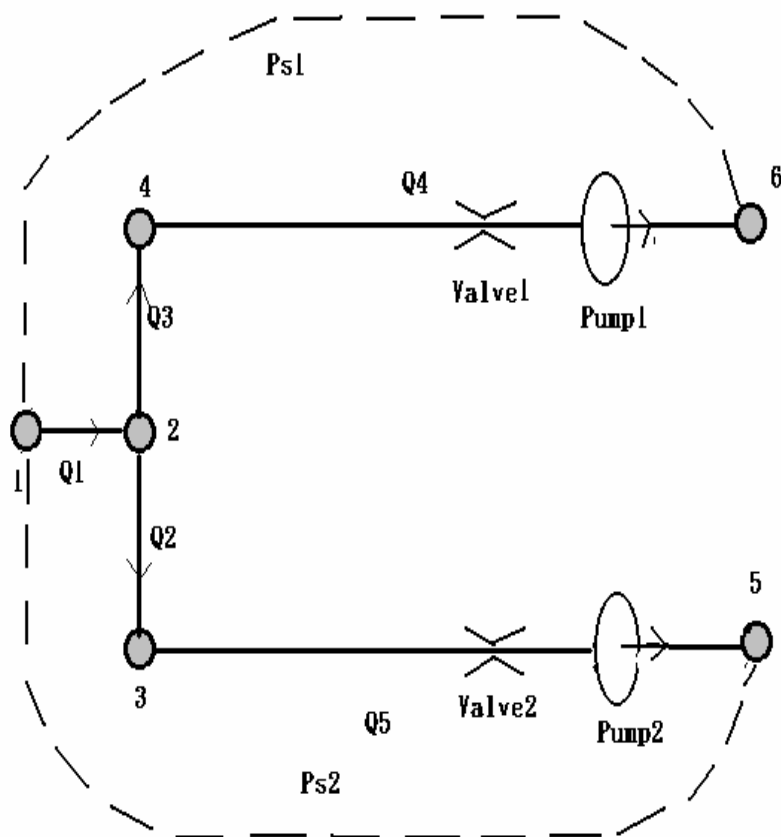


Fig. 2 Ming-Nan Fu

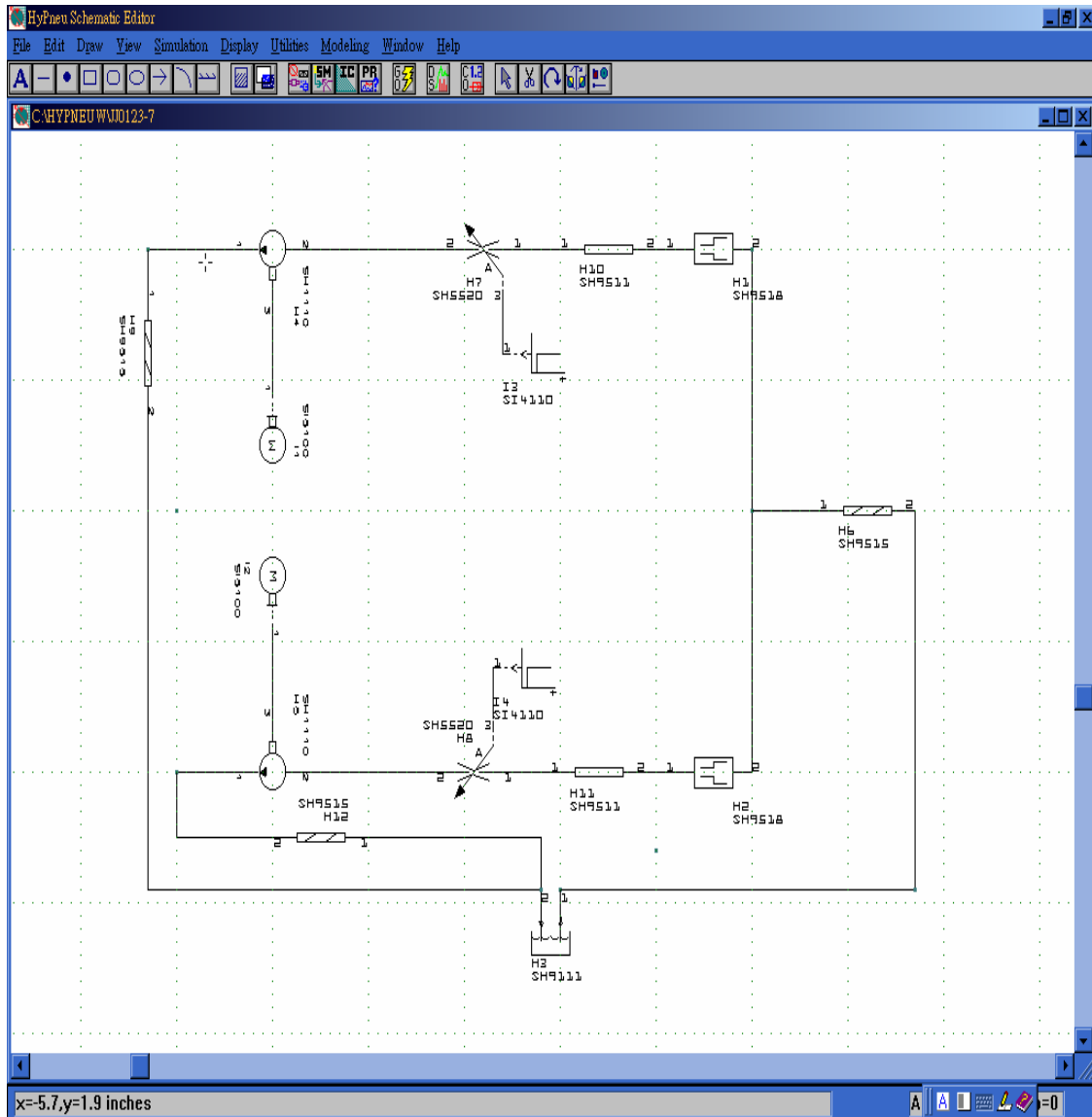


Fig. 3 Ming-Nan Fu

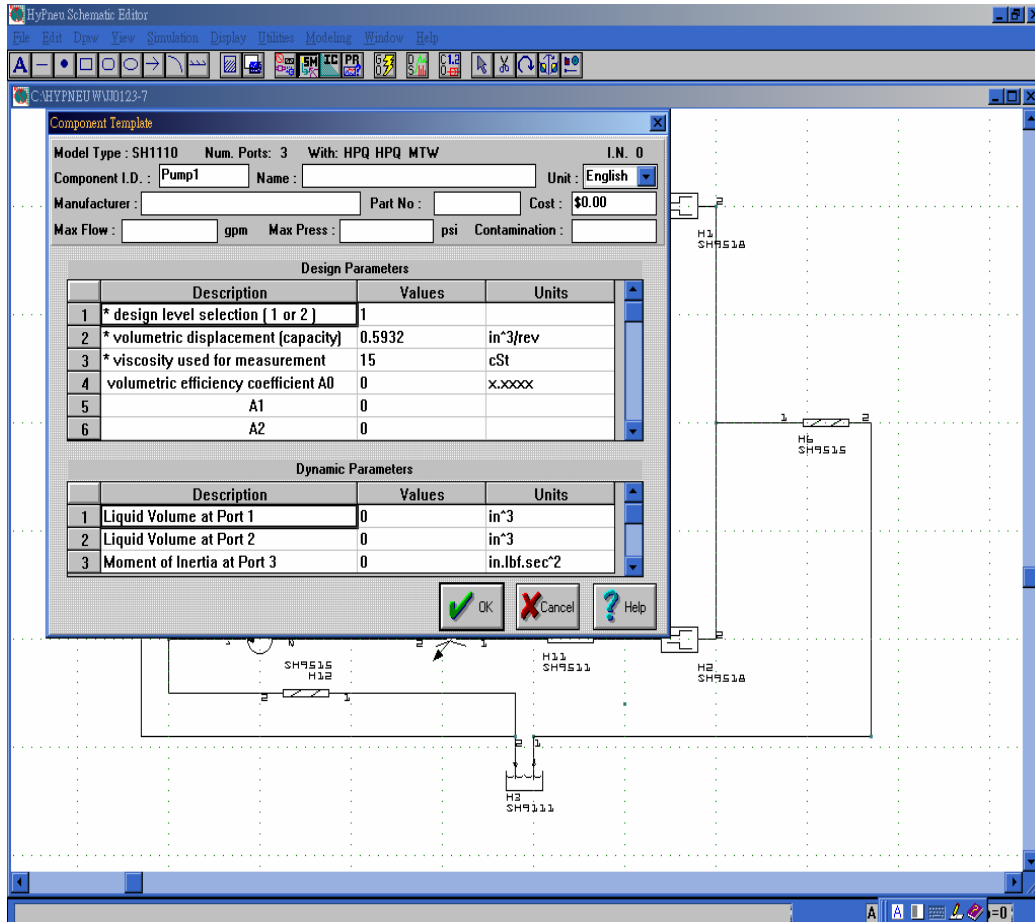
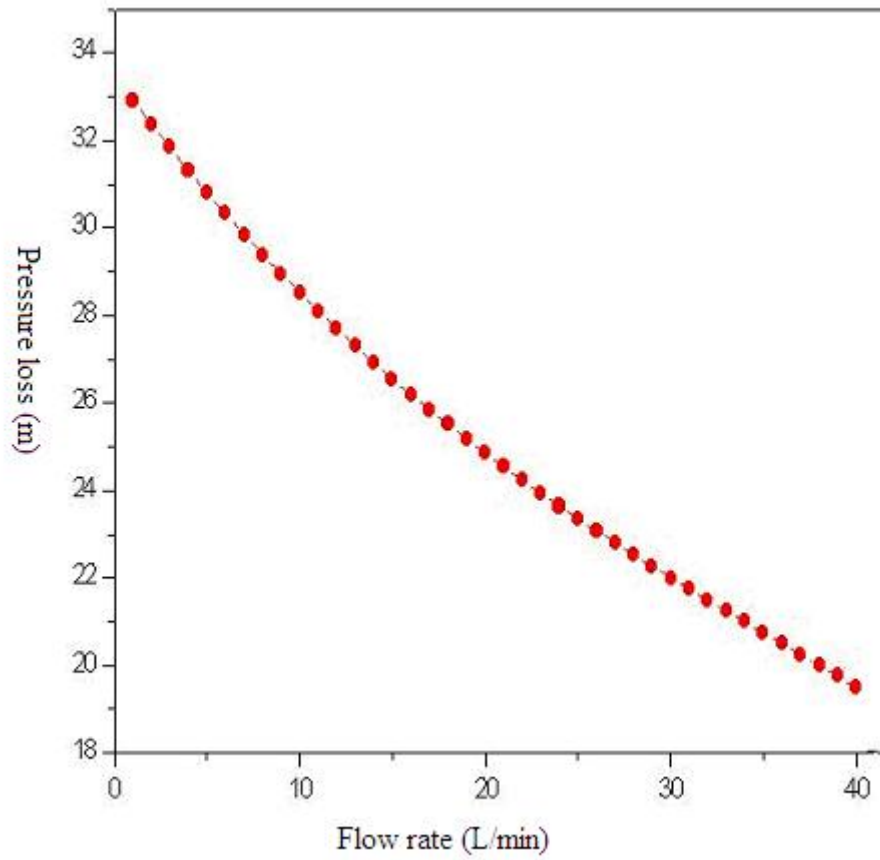
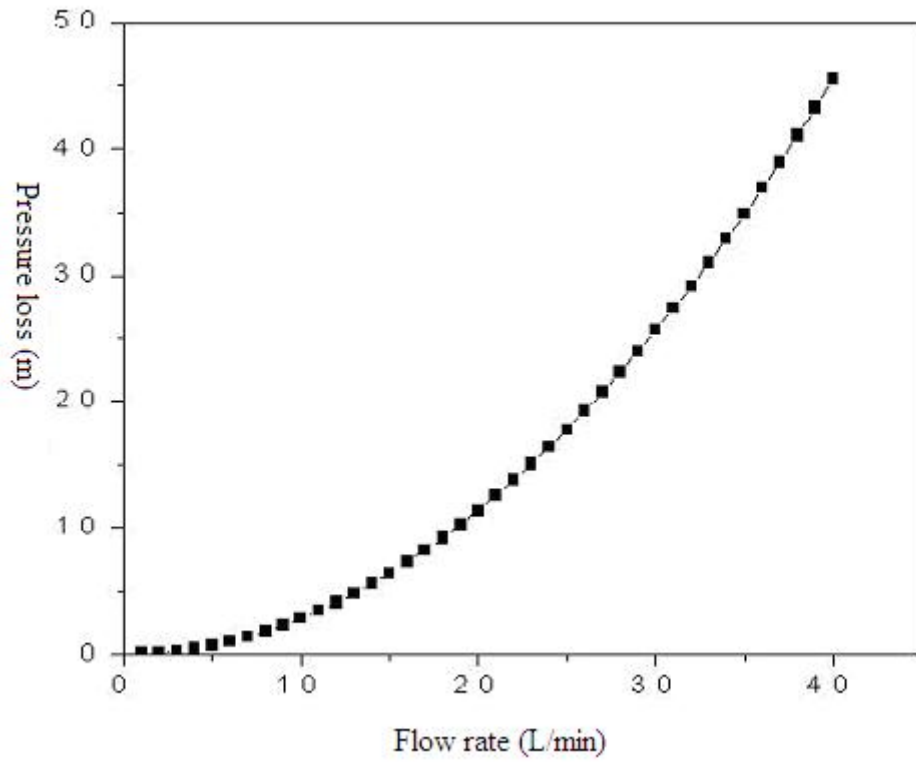


Fig. 4 Ming-Nan Fu



**Fig. 5** Ming-Nan Fu



**Fig. 6** Ming-Nan Fu

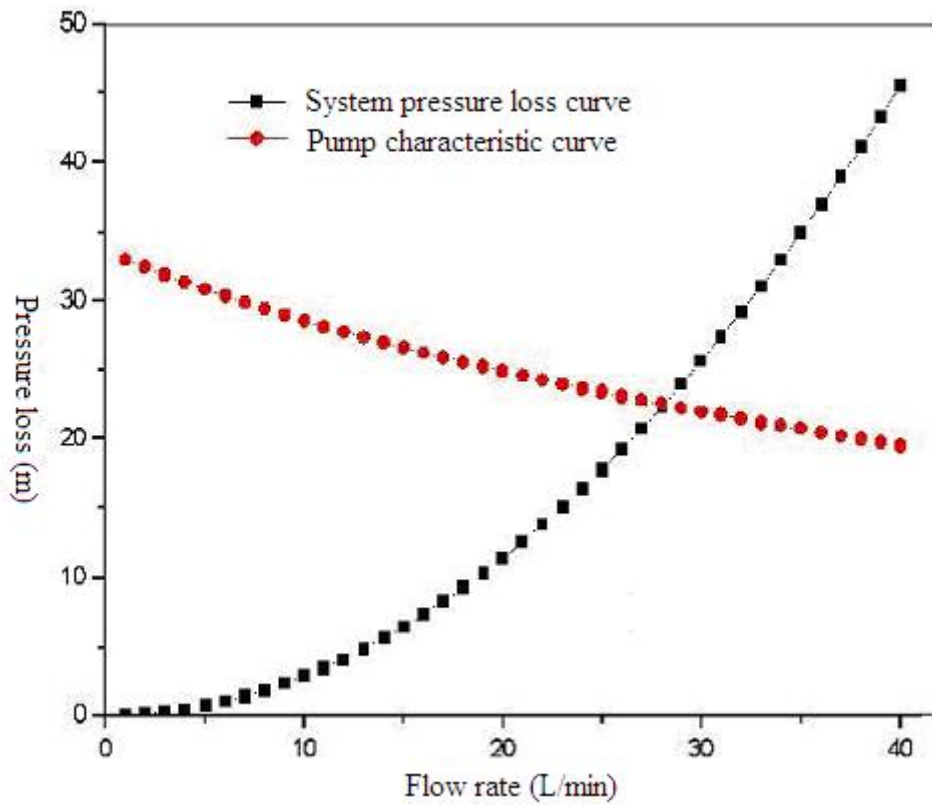


Fig. 7 Ming-Nan Fu



## 應用模糊理論於調整生產率之整合存貨模式

### The Integrated Inventory Model with Adjustable Production Rate Using Fuzzy Set Theory

楊明峰<sup>1</sup> 羅明正<sup>2</sup> 沈群英<sup>3</sup>

Ming-Feng Yang<sup>1</sup>, Ming-Cheng Lo<sup>2</sup>, Chun-Ying Shen<sup>3</sup>

育達商業技術學院資訊管理系<sup>1</sup>

清雲科技大學企業管理系<sup>2,3</sup>

[yang60429@pchome.com.tw](mailto:yang60429@pchome.com.tw)<sup>1</sup>

[lmc@mail.cyu.edu.tw](mailto:lmc@mail.cyu.edu.tw)<sup>2</sup>

[shency@mail.cyu.edu.tw](mailto:shency@mail.cyu.edu.tw)<sup>3</sup>

#### 摘要

在本研究中我們先建構一個系統化的模式去尋找在調整生產率下之整合存貨模式的最佳策略。這個模式是基於考慮總成本最佳化下之一般存貨策略。然而在大部份相關文獻中均假設調整生產率已知，並不實際。本論文中假設模糊調整生產率，運用解模糊重心法，去尋找估計模糊語意下的一般總成本，而後得到相應最佳買方的購買數量和每一個品項從賣方運送到買方的整數批次。最後以一個範例說明模糊模式與明確模式比較的結果。

**關鍵字：**整合存貨模式、調整生產率、模糊數。

### **Abstract**

In this study, we first construct a systematic model to search adjusted production rate with integrated inventory model under the best strategy. This model is considered to optimize total inventory cost under the general strategy. In many literatures, it is not practical that adjusted production rate is known. This study assumes fuzzy adjusted production rate, the use of the fuzzy focus, fuzzy language to find the estimated general total inventory cost. We can get the best number of the buyer's ordering quantity and a vendor delivered integer batches to the buyer. Finally, a numerical example is illustrated the results with the contrast between the fuzzy model and the certain model.

**Key words:** Integrated Inventory Model, Adjusted Production Rate, Fuzzy Number.

## 一、前言

由於全球化的市場趨勢造成競爭壓力急遽增加，而消費者的需求型態也隨之迅速改變。這些因素導致產品生命週期縮短，迫使各產業往發展快速反應顧客需求的供應鏈管理的方向，以提昇整體產業競爭力。

一般存貨金額佔製造業營運資金相當高的比例，故存貨的控制更顯重要。若能有效利用存貨系統模型求解存貨問題，將有助於企業競爭力的提昇。因此如何降低存貨成本，一直是企業努力追求目標，所以許多學者探討與研究存貨模式以提供企業解決方案。存貨管理主要工作之一是建立存貨控制系統，以決定應訂購或生產多少數量與何時訂購或生產，使得存貨總成本達最小化；故控制存貨的數量，使其可和需求適當配合，不致產生存貨過多或存貨不足的現象，存貨過多會產生存貨成本增加及造成營運資金的積壓，導致流動資金不足，也會影響到企業的經營。存貨不足則會導致企業的生產線發生停工待料的情形使得客戶滿意度降低，造成缺貨、商譽和機會成本的損失。所以建立優良的存貨控制系統是非常重要的。

過去企業的優勢取決在於本身競爭力的提升，都是以自我的立場考慮如何減少成本、增加利潤。但是時至今日，只是提昇個別競爭力仍嫌不足，尚需整體產業中各企業間彼此合作。傳統的存貨模式只考慮單一買方或是賣方的立場，無法達到企業間整體成本最佳化。若以買賣雙方的立場作為考量，則共同的聯合成本可達到整體的最佳化，雙方也可以從中分享最佳共同利益。近年來，日式及時化(Just-in-time, JIT)的生產哲學日漸受到企業界的注意，並引起廣泛的研究及探討。及時化生產系統需買方(purchaser)與賣方(vendor)密切合作[9]，藉由長期採購合約約定賣方少量多次運送，以降低買方的存貨成本；但是賣方亦思降低總成本，故兩方需取得平衡以決定適當的存貨水準，進而達到高品質、低存貨、交貨頻繁及夥伴關係供應商的目標[10]。

整合性存貨模式是基於交易夥伴存貨總成本之最佳化，決定各企業之存貨決策，而及時化系統的主要目的為及時訂購或生產所需之數量，即為多批量運送的觀念。在 JIT 系統裡，生產中的產品移動與交貨運輸必須在時間上緊密地配合，亦即為小批量且多次的運送，並且當有問題發生時，也可立即處理。所以 JIT 採購可以降低企業營運成本、增加利潤，並且和供應商建立良好夥伴關係以促進所採購的原物料與零組件之品質穩定、價格合理、交期配合與良好之售後服務。因此要成功執行 JIT 系統買方與賣方需緊密合作。因此整合性存貨模式可以有效改善傳統存貨模式的缺點；在此模式之下，企業可與供應商發展長期、高信賴度的關係。

JIT採購環境中，認為買賣雙方關係應該是以合作、交換為基礎，強調影響買方決定產品供給的因素，不單是價格的高低，而是賣方是否具備快速地回應顧客需求的能力、生產一致性與高品質的產品、少量頻繁的運送等。同時賣方也可取得與其買方有關之商業技能與知識，進而確保商機。

存貨金額佔公司營運資金相當高的比例，故以適時、適量、適質及最低成本提供企業所需，一直是許多研究學者致力於發展有效存貨模式的目標。然而，在現實環境中，因經濟型態的演進，新技術的迅速發展，消費者的需求型態也不斷改變，種種因素導致產品生命週期縮短，故存貨的控制因此更顯重要。管理者在發展存貨模式時，必須考慮買賣雙方，正確地分析各影響的存貨因子對相關成本所造成的影響，以訂定最佳的存貨訂購策略。本研究在管理應用上，提出買賣雙方之交易及生產行為之整體性規劃模式，以提供買賣雙方在進行交易過程中，為追求成本最小化之目標，做出理性決策之依據，達成存貨控制之最大效益。若能有效利用整合性存貨系統解決存貨問題，對企業之決策將有所助益及提昇廠商競爭力。

## 二、文獻探討

本研究針對與本文研究範圍相關的文獻作探討，並對其發展過程作一簡單介紹說明，可進一步了解先前的學者們對相關領域所做的研究情形。本研究相關的文獻可分為整合性存貨模式、模糊理論、模糊存貨模式。

## 2.1 整合性存貨模式之相關文獻

及時化(just in time)系統主要目的為及時採購或製造所需要量。欲成功執行及時化生產系統需買賣雙方密切合作，存貨模式不能再單就個別企業的立場來考慮，而是強調供應鏈上下游企業建立緊密的合作關係(Kelle *et al.* [13] and Stefan *et al.* [20])，在面對不同市場需求時，能夠迅速反應且達到顧客所要求的目標。整合性存貨模式是少量多次運送，以降低存貨，制定買賣雙方之存貨總成本之最佳化決策。

Goyal [6]首先假設生產週期必須是訂購週期的整數倍，導出買賣雙方的存貨相關成本，再決定最佳的訂購與生產週期。

Banerjee [1]考慮以買方的訂購策略為整合性存貨模式，Goyal [7]放寬 Banerjee [1]的假設，提出生產批量等於買方訂購批量的假設，並為買方訂購批量的整數倍，結合買賣雙方的成本，求出適當的賣方生產批量與買方訂購批量，提出一個比 Banerjee [1]模式成本更低的整合性存貨模式。Goyal [8]並證明整合性存貨模式一方所得利益較損失一方為多。

Ha and Kim [10]在 JIT 環境下，假設在單一買方和單一賣方的情況下，在確定性的條件下對單一產品的存貨模式作探討，發展整合買賣雙方的批量存貨模式，即同時考慮買賣雙方的立場，以達成聯合總成本最低目標，並假設生產批量與訂購批量相等，而訂購批量為運送批量的整數倍。Lu [15]考慮單一賣方和多買方的情況下，建構一整合性存貨模式，並使買賣方所產生的成本最小。

Huang [12]發展一個整合買賣雙方的聯合存貨模式且對於每個品項都考慮其品質並對每個品項都給予一個不良率的機率密度函數。

Pan and Yang [16] 在 JIT 環境下，假設在單一買方和單一賣方的情況下，在確定性的條件下對單一產品的存貨模式考慮前置時間趕工作探討，發展整合買賣雙方的批量存貨模式，即同時考慮買賣雙方的立場，以達成聯合總成本最低目標，並假設生產批量與訂購批量相等，而訂購批量為運送批量的整數倍。

Yang and Pan [22] 在 JIT 環境下，假設在單一買方和單一賣方的情況下，在確定性的條件下對單一產品的存貨模式將品質水準視為決策變數，品質改善是以投資資金來改善生產製程，以降低不良率；其品質水準的高低由投資資金於改善生產製程的金額而定。針對可控制的前置時間與可改善的品質成本提出一個整合買方與賣方的存貨模式作探討，發展整合買賣雙方的批量存貨模式，即同時考慮買賣雙方的立場，以達成聯合總成本最低目標，並假設生產批量與訂購批量相等，而訂購批量為運送批量的整數倍。

Hill and Omar [11] 考慮一個供應鍊在一個賣方提供一項產品給一個買方的情況下的存貨模式。

## 2.2 模糊理論之相關文獻

柏克萊大學Zadeh[24、25]教授於1965年提出模糊集合(Fuzzy set)，將語意或口語化的敘述轉換成模糊集合(Fuzzy set)後透過一系列有系統的模糊運算過程轉換成可運用的資訊。

### 2.2.1 模糊數

模糊數(Fuzzy Number)是指一特殊的模糊子集，其歸屬函數(Membership Function)可以使隸屬度(Degree Membership)從實數R連續對映至論域(Universe of Discourse)於區間【0,1】之間，若模糊集合A為一模糊數，則它具有下列特性：

1.  $u_A(x)=0$ , 當  $x \in (-\infty, \alpha] \cup [\delta, \infty)$
2.  $u_A(x)$  在  $[\alpha, \beta]$  是嚴格遞增, 在  $[\gamma, \delta]$  是嚴格遞減
3.  $u_A(x)=1$ , 當  $x \in [\beta, \gamma]$
4. 當  $u_A(x)$  在  $[\alpha, \beta]$  與  $[\gamma, \delta]$  為直線

線段時，其歸屬函數  $u_A(x) : R \rightarrow [0,1]$  爲

$$u_A(x) = \begin{cases} (x - \alpha) / (\beta - \alpha) & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 & \beta \leq x \leq \gamma \\ (\delta - x) / (\delta - \gamma) & \gamma \leq x \leq \delta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

在上式中  $\alpha \leq \beta \leq \gamma \leq \delta$ ，此歸屬函數之形式有三種：

1. 當  $\alpha = \beta$  且  $\gamma = \delta$  時，此歸屬函數爲矩形模糊數 (Rectangular Fuzzy Number, R.F.N)
2. 當  $\beta = \gamma$  時，此歸屬函數爲三角形模糊數 (Triangular Fuzzy Number, T.F.N)
3. 一般情形時，此歸屬函數爲梯形模糊數 (Trapezoidal Fuzzy Number, Tr.F.N)

### 2.2.2 語意變數

所謂語意變數 (Linguistic Variable) 是將人類自然語言中，對於某種程度所描述的語句、片語、或單字視爲變數，並利用歸屬函數表示其隸屬度。語意變數可以用語意項的形式表示，而一個語意項可以一個模糊值 (Fuzzy Value) 表示，通常以單一值 (Singleton) 表示，例如： $A = u_A(x)$ ，而多個語意項則會有多個隸屬度來表示此模糊集合，便可更詳細表示輸入的資料 (Wang and Mendel[21])。

一般而言，一個語意變數包含四項資料：名稱 (Name)，種類 (Class)，範圍 (Range)，程度 (Degree)。

應用模糊理論衡量主觀判斷過程可分爲兩個步驟，首先將語意變數所使用的語意措辭 (Linguistic Term) 轉換成模糊數，再將模糊數透過運算轉換成明確值。

### 2.3 模糊存貨模式

因爲在現今多變的環境下，傳統存貨模式無法符合需求，因此有很多學者開始應用模糊理論去解決存貨與生產的問題。例如 Park [18]考慮模

糊存貨成本運用延展定理去求解其最小總成本。Chen and Wang [4]運用三角模糊數模糊化需求、訂購成本、存貨成本和欠撥成本到經濟訂購量的模式中，考慮允許欠撥的情況。Roy and Maiti [19]建構一個模糊經濟訂購量的模式而需求相依於單位成本在有限的儲存能力上。Lee and Yao [14]模糊化需求數量與每天的生產數量於經濟生產數量模式中。Yao et al. [23] 假設一個經濟訂購量的模式在這模式中訂單數量與總需求被模糊化成三角模糊數。Chang[3]應用模糊集合理論於品質檢驗項目與年需求在經濟訂購量的模式中。Pan and Yang [17]運用三角模糊數模糊化年需求於可控制前置時間下的混合存貨模式。Chang and Ouyang[2]與 Yao et al. [24] 運用模糊總存貨成本透過重心法與單一距離法。其結果得到使用單一距離法去模糊化的方式較爲重心法好，所以本論文採用單一距離法去模糊化得到模糊語意下的總成本。

### 三、模糊調整生產率之整合性存貨模式

本研究以推廣Pan and Yang [16]的研究爲出發點，採少量多次運送，並考慮品質、前置時間與批量之間的可能關係，進而提出一個模糊調整生產率下以訂購數量、運送次數、爲決策變數的模糊整合性存貨模式。

#### 3.1 符號與假設

本研究採用下列的符號與假設以建立模式。

符號定義：

$D$  = 買方每年的需求量

$\theta$  = 調整生產率

$Q$  = 經濟訂購量

$A$  = 買方每次訂購成本

$S$  = 賣方每次設置成本

$L$  = 前置時間的長度

$C_V$  = 賣方每單位生產成本

$C_P$  = 買方每單位購買成本

$n$  = 賣方每次生產量可分批交買方次數， $n$  爲正整數

$r$  = 每年每元持有成本

基本假設：

- (1) 賣方生產率為  $\theta D$ ，調整生產率  $\theta$  大於 1。
- (2) 前置時間內的需求量  $X$  服從常態分配，其平均數為  $\mu L$ ，標準差為  $\sigma\sqrt{L}$ 。
- (3) 再訂購點(reorder point,  $ROP$ ) = 前置時間內平均需求量+安全存量；即  $ROP = \mu L + k\sigma\sqrt{L}$ ，其中  $k$  為安全因子。
- (4) 根據永續盤存的方式盤查存貨水準，每當存貨量低於再訂購點時，即發出訂單。
- (5) 單位運輸成本為已知固定常數，為了簡化模式，故不考慮運輸成本。
- (6) 我們假設調整生產率  $\theta$  為三角模糊數，因為三角模糊數容易被一般決策者定義使用 (Kaufmann and Gupta [12], Zimmermann [26])。

### 3.2 模糊整合存貨模式

Pan and Yang [16]的基本模式，結合買方與賣方的年期望總成本(joint total expected annual cost,  $JTEC$ )，可以表示為全年期望訂購成本、全年期望設置成本、全年期望持有成本與全年期望趕工成本之和，即：

$$JTEC(Q, n) = \frac{D}{Q} \left( A + \frac{S}{n} \right) + \frac{Q}{2} r \left[ \left( n - \frac{1}{\theta} \right) - 1 + \frac{2}{\theta} \right] C_v + C_p + r C_p k \sigma \sqrt{L} \quad (3-1)$$

本研究假設  $\tilde{\theta} =$  為一個三角模糊數，其中  $\tilde{\theta} = (\theta - \Delta_1, \theta, \theta + \Delta_2)$ ， $0 < \Delta_1 < \theta$ ， $0 < \Delta_2$ ，且  $\Delta_1, \Delta_2$  是由決策者決定。因此在本模式中的聯合期望年總成本是一個模糊函數可以被表示成：

$$\tilde{W}(Q, n) = \frac{D}{Q} \left( A + \frac{S}{n} \right) + \frac{Q}{2} r \left[ \left( n - \frac{1}{\tilde{\theta}} \right) - 1 + \frac{2}{\tilde{\theta}} \right] C_v + C_p + r C_p k \sigma \sqrt{L} \quad (3-2)$$

**定理 1.** 從 George and Yuan [5]對於一個模糊

集合  $\tilde{B} \in \Omega$  且  $\alpha \in [0,1]$ ，這  $\tilde{B}$  集合的

$\hat{\alpha}$ -cut 是

$$B(\alpha) = \{x \in \Omega \mid \mu_B(x) \geq \alpha\} = [B_L(\alpha), B_U(\alpha)]$$

，其中  $B_L(\alpha) = a + (b - a)\alpha$  與  $B_U(\alpha) = c - (c - b)\alpha$ 。運用此方法解模糊化，我們稱為  $\mu_B(x)$  的重心法：

$$\tilde{B} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x u_B(x) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} u_B(x) dx} = \frac{1}{3} (2b + a + c) \quad (3-3)$$

$\tilde{\theta}$  由定理1得到

$$d(\tilde{\theta}, \tilde{\theta}_1) = \frac{1}{3} [(\theta - \Delta_1) + 2\theta + (\theta + \Delta_2)] = \theta + \frac{1}{3} (\Delta_2 - \Delta_1) \quad (3-4)$$

帶入(3-4)的結果到(3-2)，我們得到

$$\tilde{W}(Q, n) = \frac{D}{Q} \left( A + \frac{S}{n} \right) + \frac{Q}{2} r \left[ \left( n - 1 \right) - \frac{n - 2}{\theta + \frac{(\Delta_2 - \Delta_1)}{3}} \right] C_v + C_p + r C_p k \sigma \sqrt{L} \quad (3-5)$$

這裏  $W(Q, n)$ 被視為在模糊語意下的估計聯合期望年總成本。

這個估計聯合期望年總成本的目標定義為最佳期望買方的訂購數量  $Q^*$  與從賣方運送每一個產品的最佳整數運送批次，使得  $W(Q, n)$ 達到最小值。運用傳統最佳化的方法，我們令  $W(Q, n)$  對  $Q$  一次微分與二次微分我們得到

$$\frac{\partial \tilde{W}(Q, n)}{\partial Q} = -\frac{D}{Q^2} \left( A + \frac{S}{n} \right) + \frac{r}{2} \left[ \left( n - \frac{1}{\tilde{\theta}} \right) - 1 + \frac{2}{\tilde{\theta}} \right] C_v + C_p \quad (3-6)$$

與

$$\frac{\partial^2 \tilde{W}(Q, n)}{\partial Q^2} = \frac{2D}{Q^3} \left( A + \frac{S}{n} \right) \quad (3-7)$$

因為  $\partial^2 W(Q, n) / \partial Q^2 > 0$  所以  $W(Q, n)$ 是  $Q$  的凸集合且  $W(Q, n)$ 有最小值當  $\partial W(Q, n) / \partial Q = 0$  的  $Q$  值上。令(3-6)式等於 0 去求解  $Q$ ，我們得到最佳買方採購數量為：

$$Q = \sqrt{\frac{2D(A + \frac{S}{n})}{r[C_V(n(1 - \frac{1}{\theta}) - 1 + \frac{2}{\theta}) + C_P]}}$$

上式中  $\theta = \theta + 1/3 (\Delta_2 - \Delta_1)$ 。(3-8)式微分的計算列在附錄 1。

為了找到最佳的  $n$ ，我們採用(3-9)式，證明列在附錄 2。

$$n^*(n^* - 1) \leq \frac{S[C_P - (1 - \frac{2}{\theta})C_V]}{AC_V(1 - \frac{1}{\theta})} \leq n^*(n^* + 1)$$

因此，我們可以使用以下的程序去尋找最佳的  $Q$  與  $n$  值。

- 步驟 1. 由決策者決定  $\Delta_1$  與  $\Delta_2$  值。
- 步驟 2. 利用(3-9)式求得  $n$  值範圍並求得最佳解  $n^*$  值。
- 步驟 3. 代入  $n^*$  值利用(3-6)式求得  $Q^*$  值。
- 步驟 4. 則  $W(Q^*, n^*)$  為最佳聯合年總成本。

**註解 1.** 當  $\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta$ ，則(3-4)式簡化為  $\theta = \theta$ ，使得模糊語意聯合總期望成本的估計(3-2)式變成Pan and Yang [16]的模式。因此我們在這裡可以說Pan and Yang [16]的傳統整合存貨模式是本研究模糊買方年需求整合存貨模式的一個特殊案例。所以最佳買方的訂購數量(3-8)式，當  $\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta$ ，它將簡化為

$$Q = \sqrt{\frac{2D(A + \frac{S}{n})}{r[C_V(n(1 - \frac{1}{\theta}) - 1 + \frac{2}{\theta}) + C_P]}} \quad (3-10)$$

且不等式(3-9)式也將簡化為

$$n^*(n^* - 1) \leq \frac{S[C_P - (1 - \frac{2}{\theta})C_V]}{AC_V(1 - \frac{1}{\theta})} \leq n^*(n^* + 1)$$

#### 四、範例說明

為了說明求解的過程，我們沿用Pan and Yang [16]中範例的數值資料，有一整合存貨問題的相關資料列示如下： $D = 1000$  件/年， $\theta = 3.2$ ， $A = \$25$ /每次訂購， $S = \$400$ /每次設置， $L = 56$ 天， $C_P = \$25$ /件， $C_V = \$20$ /件， $r = 0.2$ ， $k = 2.33$ ， $\sigma = 7$  件/週。

表 3-1 模糊調整生產率模式之最佳解表

$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\theta$	$n^*$	$Q^*$	$W(Q^*, n^*)$	$V_Q(\%)$	$V_W(\%)$
0.5	1	(2.7,3.2,4.2)	4	130.7496	2142.71	-0.42%	0.38%
0.50.9	(2.7,3.2,4.1)	4	130.856	2141.156	-0.34%	0.31%	
0.50.8	(2.7,3.2,4.0)	4	130.9648	2139.569	-0.26%	0.23%	
0.50.7	(2.7,3.2,3.9)	4	131.076	2137.948	-0.18%	0.16%	
0.50.6	(2.7,3.2,3.8)	4	131.1899	2136.293	-0.09%	0.08%	
0.50.5	(2.7,3.2,3.7)	4	131.3064	2134.602	0.00%	0.00%	
0.60.5	(2.8,3.2,3.7)	4	131.4257	2132.873	0.09%	-0.08%	
0.70.5	(2.9,3.2,3.7)	4	131.5479	2131.106	0.18%	-0.16%	
0.80.5	(3.0,3.2,3.7)	4	131.6731	2129.3	0.28%	-0.25%	
0.90.5	(3.1,3.2,3.7)	4	131.8014	2127.452	0.38%	-0.33%	
1	0.5	(3.2,3.2,3.7)	4	131.9328	2125.562	0.48%	-0.42%

由本研究中，我們求解最佳買方採購數量與模糊語意聯合總期望成本  $W(Q^*, n^*)$  使用多組( $\Delta_1, \Delta_2$ )的數據去求解。注意在實際的狀況下  $\Delta_1$  與  $\Delta_2$  被決策者決定其數值在處理不確定性問題中。所有求解的結果彙總在表3-1中。

此外表3-1也列出當在本模式的狀況下那些情況與明確模式具有相同的計算結果。從Pan and Yang [16]在使用傳統最佳化技術下所得到的最佳買方數量為  $Q_C^*$ ，最佳聯合總存貨年成本為  $W(Q_C^*)$ 。因此，我們得到  $Q_C^* = 131.3064$  與  $W(Q_C^*) = \$2134.602$ 。同時為了比較本模式與明確模式在最佳訂購量與聯合最佳期望年總成本的相關變異，我們使用  $V_Q = (Q^* - Q_C^*)/Q_C^* \times 100\%$  與  $V_W = (W(Q^*, n^*) - W(Q_C^*)) / W(Q_C^*) \times 100\%$  來衡量，其比較結果在表3-1的最後兩欄。

從表3-1中我們觀察到：(3-11)

(1) 當  $\Delta_1 < \Delta_2$  則  $\theta > \theta$  又  $Q^* < Q_C^*$ ， $W(Q^*, n^*) >$

$W(Q_C^*)$ ，因此得到  $V_Q < 0$  與  $V_W > 0$ ；此外，

當  $(\Delta_2 - \Delta_1)$  遞增時，則  $V_Q$  遞減而  $V_W$  遞增；  
也就是，當  $\Delta_1$  與  $\Delta_2$  之間的產生較小的變動，  
則  $V_Q$  與  $V_W$  呈現相反變化。

(2) 當  $\Delta_1 > \Delta_2$ ，則我們得到  $\theta^a < \theta$ 。又  $Q^* > Q_C^*$ ，

$W(Q^*, n^*) < W(Q_C^*)$ ，因此得到  $V_Q > 0$  與  $V_W <$

$0$ 。當  $(\Delta_2 - \Delta_1)$  遞減時，則  $V_Q$  遞增而  $V_W$  遞  
減。

(3) 當  $\Delta_1 = \Delta_2$ ， $\theta^a = \theta = 3.2$ 。在此情況下，本模  
式的解與 Pan and Yang [16] 的傳統模式相同  
即， $V_Q = 0$  且  $V_W = 0$ 。與註解 1 的結果一  
致。

## 五、結論

在傳統整合存貨模式中，我們都是假設調整  
生產率是可以經由歷史資料取得年平均值，然而  
在現今競爭的供應鍊環境下，產品的生命週期變  
短，有很多產品根本上市不到一年就被另一種產  
品取而代之，如此一來傳統整合存貨模式就無法  
使用，因此本研究所建立的模糊調整生產率整合  
存貨模式，應用最普遍為一般決策者所使用的三  
角模糊數作為模糊化調整生產率的方式，同時採  
用解模糊的重心法來解模糊數。

由範例說明中我們知道傳統整合存貨模式僅  
為本研究模式的一個特例，同時我們也觀察到我  
們不一定保證我們所得到的解一定比傳統模式  
好，但是我們所擁有的優點就是彈性較大且由決  
策者依其專業來處理問題，更能符合在 21 世紀快  
速回應的需求。



參考文獻

1. Banerjee, A., 1986, A joint economic lot size model for purchaser and vender. *Decision Sciences*, 17, 292-311.
2. Chang H.C., and Ouyang L.Y., 2002, Determining the optimal inventory and investment strategies for quality improvement in the fuzzy sense. *Information and Management Sciences*, 13, 1-12.
3. Chang, H.C., 2004, An application of fuzzy sets theory to the EOQ model with imperfect quality items. *Computers & Operations Research*, 31, 2079-2092.
4. Chen, S.H., and Wang, C.C., 1996, Backorder fuzzy inventory model under functional principle. *Information Sciences*, 95, 71-79.
5. George J. and Yuan, K.B., 1995, Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications, Prentice Hall, New Jersey.
6. Goyal, S.K., 1976, An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem. *International Journal of Production Research*, 15, 107-111.
7. Goyal, S.K., 1988, A joint economic lot size model for purchaser and vendor: A comment. *Decision Sciences*, 19, 236-241.
8. Goyal, S.K., 1989, Integrated inventory models: The buyer-vendor Coordination. *European Journal of Operational Research*, 41, 261-269.
9. GUNASEKARAN, A., 1999, Just-in-time purchasing: an investigation for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 59, 77-84.
10. Ha, D. and Kim, S.L., 1997, Implementation of JIT purchasing: an integrated approach. *Production Planning & Control*, 8, 152-157.
11. Hill, R.M. and Omar, M., 2006, Another look at the single-vendor single-buyer integrated production-inventory problem. *International Journal of Production Research*, 44, 791-800.
12. Huang, C.K., 2002, An integrated vendor-buyer cooperative inventory model for items with imperfect quality. *Production Planning & Control*, 13, 355-361.
13. Kelle, P., Pawlowski, S. and Akbulut, 2002, A., The influence of quantitative and organizational factors on the cooperation in supply chain. *Twelfth International Working Seminar on Production Economics, Igls/Innsbruck Austria*.
14. Lee, H.M. and Yao, J.S., 1998, Economic production quantity for fuzzy demand quantity and fuzzy production quantity. *European Journal of Operational Research*, 109, 203-211.
15. Lu, L., 1995, A one-vendor multi-buyer integrated inventory model. *European Journal of Operational Research*, 81, 312-323.
16. Pan, J. C. H. and Yang, J. S., 2004, A study of an integrated inventory with controllable lead time. *International Journal of Production Research*, 40, 1263-1273.
17. Pan, C. H. and Yang M. F., 2006, Mixture inventory model in fuzzy demand with controllable lead time, *Journal of Statistics & Management Systems*, 9, 341-357.
18. Park, K.S., 1987, Fuzzy-set theoretic interpretation of economic order quantity. *IEEE Transaction on Systems Man Cybernetics*, 17, 1082-1084.
19. Roy, T.K. and Maiti, M., 1997, A fuzzy EOQ model with demand-dependent unit cost under limited storage capacity. *European Journal of Operational Research*, 99, 425-432.
20. Stefan, W. and Stefan, S., 2004, Christophe Van den Bulte, Philip Hans Franses. Vertical Marketing Systems for Complex Products: A Triadic Perspective. *Journal of Marketing Research*, 41, 479-487.
21. Wang, L.X. and Mendel, J.M. 1992, Generating fuzzy rules by learning from examples. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v 22, 1414-1427
22. Yang, J.S. and Pan, J.C.H., 2004, Just-in-time purchasing: an integrated inventory model involving deterministic variable lead time and quality improvement investment. *International Journal of Production Research*, 42, 853-864.
23. Yao, J.S., Chang, S.C. and Su, J.S., 2000, Fuzzy inventory without backorder for fuzzy order quantity and fuzzy total demand quantity. *Computers & Operational Research*, 27, 935-962.
24. Yao, J.S., Ouyang L.Y. and Chang H.C., 2003, Models for a fuzzy inventory of two replaceable merchandises without backorder based on the signed distance of fuzzy sets. *European Journal of Operational Research*, 150, 601-616.
25. Zadeh, L.A., 1975, The concept of a Linguistic Variable and Its Applications to Reasoning", *Information Science*, 8, 249-291.
26. Zadeh, L. A., 1965, Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8, 338-353.

附錄 1

從公式 (3-8)將等式移項得到

$$\frac{D}{Q^2} \left( A + \frac{S}{n} \right) = \frac{r}{2} \left[ \left( n \left( 1 - \frac{1}{\theta} \right) - 1 + \frac{2}{\theta} \right) C_V + C_P \right]$$

對  $Q$  進行求解，我們得到

$$Q^2 = \frac{2D(A + \frac{S}{n})}{r[(n(1 - \frac{1}{\theta^0}) - 1 + \frac{2}{\theta^0})C_V + C_P]}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2D(A + \frac{S}{n})}{r[C_V(n(1 - \frac{1}{\theta^0}) - 1 + \frac{2}{\theta^0}) + C_P]}}$$

**附錄2**

我們將(3-8)式代入(3-2)式中，則模糊語意聯合總期望成本為：

$$W(n) = [2rD(A + \frac{S}{n})(C_V(n(1 - \frac{1}{\theta^0}) - 1 + \frac{2}{\theta^0}) + C_P) + rC_P k \sigma \sqrt{L}]$$

$$+ rC_P k \sigma \sqrt{L} ,$$

暫時忽略變數n外的項式，並將上式平方可得下式：

$$(W(n))^2 = 2rD[A(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V) + SC_V(1 - \frac{1}{\theta^0})] + nAC_V(1 - \frac{1}{\theta^0}) + \frac{S}{n}(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V)$$

再次忽略變數n外的項式，並精減最小化問題為下式：

$$F(n) = nAC_V(1 - \frac{1}{\theta^0}) + \frac{S}{n}(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V) \text{ 當}$$

$n = n^*$ 為最佳解時，可得到 $F(n^*) \leq F(n^*-1)$  與 $F(n^*) \leq F(n^*+1)$ 。由不等式中我們可以得到：

$$nAC_V A(1 - \frac{1}{\theta^0}) + \frac{S}{n}(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V) \leq (n-1)AC_V(1 - \frac{1}{\theta^0}) + \frac{S}{n-1}(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V)$$

與

$$nAC_V A(1 - \frac{1}{\theta^0}) + \frac{S}{n}(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V) \leq (n+1)AC_V(1 - \frac{1}{\theta^0}) + \frac{S}{n+1}(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V)$$

也就是

$$AC_V(1 - \frac{1}{\theta^0}) \leq (\frac{1}{n-1} - \frac{1}{n})S(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V) \text{ 與}$$

$$AC_V(1 - \frac{1}{\theta^0}) \leq (\frac{1}{n} - \frac{1}{n+1})S(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V) \text{ 繼}$$

續化簡得到

$$AC_V(1 - \frac{1}{\theta^0}) \leq \frac{1}{n(n-1)}S(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V)$$

與

$$AC_V(1 - \frac{1}{\theta^0}) \leq \frac{1}{n(n+1)}S(C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V) ,$$

移項後得到

$$n^*(n^* - 1) \leq \frac{S[C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V]}{AC_V(1 - \frac{1}{\theta^0})}$$

與

$$n^*(n^* + 1) \geq \frac{S[C_P - (1 - \frac{2}{\theta^0})C_V]}{AC_V(1 - \frac{1}{\theta^0})} .$$

最後可得(3-9)式

## 台灣半導體產業股價走勢預測模型之研究

### Forecasting Taiwan Semiconductor Industry Stock Price

王啟秀<sup>1</sup> 孔祥科<sup>2</sup> 羅少廷<sup>3</sup> 左玉婷<sup>4</sup> 林玉玲<sup>5</sup>

Chi-Hsiu Wang<sup>1</sup>, Syang-Ke Kung<sup>2</sup>, Shao-Ting Lo<sup>3</sup>, Yu-Ting Tso<sup>4</sup>, Yu-Ling Lin<sup>5</sup>

清雲科技大學 企業管理系

[chihsiu@cyu.edu.tw](mailto:chihsiu@cyu.edu.tw)

#### 摘要

由於台灣許多民間投資均以高科技產業為主，所以對於大多數股市投資者而言，台灣的半導體產業已成為台灣股市中不可或缺的重要指標，這是因為台灣的股價指數是採市值加權，所以資本額便是權值大小的依賴，而半導體產業的資本額又較其他產業來得大，因此，半導體族群股價的漲跌對台灣股價指數的影響力自然不小。尤其以預測全球前兩大半導體晶圓代工公司：「台灣積體電路公司」與「聯華電子公司」的股票價格則顯的非常重要。

本研究的主要目的在於比較傳統單變量時間序列模型(ARIMA)與多變量動態時間序列模型—貝氏向量自我迴歸模型(Bayesian Vector Autoregressive)在預測效益上的優劣，經實證研究後，利用半導體產業領先指標等內生變數有助於提高產業與股價預測之準確性。並且成功的驗證出不論資料序列屬於長期或短期，多變量動態時間序列模型(Bayesian Vector Autoregressive) 模型均可以有較好的表現。

**關鍵字：**貝氏向量自我迴歸模型、股票預測。

## **Abstract**

For investors in Taiwan, stock price forecasting of high technology industries is very important because most investments are in high technology industry. The stock price of high technology influences the Taiwan stock's index frequent fluctuation, especially the price of two companies: TSMC and UMC. Stock price forecasting in high technology industries, however, is difficult. In this article we examine the forecasting performance of using Bayesian vector autoregressive (BVAR) forecasts. In our examination we use non-informative prior (diffuse prior) to compare with autoregressive (AR) by using two criterions. Our results showed that the non-informative prior (diffuse prior) BAVR is the better predictive model, and we recommend it to forecasting practice.

**Key words:** Bayesian vector autoregressive, Stock price forecasting.

## 1. 緒論

台灣半導體產業從 1970 年代開始發展至今，已成為全球第四大產值的生產國，僅次於美國、日本及南韓，半導體產業已成為台灣最具競爭力的產業。由於半導體產業的市場是屬於全球性，所以台灣產業也易受到全球的景氣波動所影響，當全球的半導體市場呈現成長或衰退時，台灣自然也會受到景氣衰退的影響。

長久以來，台灣股市與美國股市一直呈現一定關係的互動，但在亞洲金融風暴之後，台股與美股互動不再顯著，取而代之的是產業間的互動，半導體產業在全球產業中，可說是互動最頻繁的，而且在產業分工的情形下，台灣半導體產業自然成為其中的一份子，在高度競爭下，技術層級不斷提升，全球的半導體產業已經存在一定的合作性。然而，台灣的半導體產業已成為台灣股市中不可或缺的重要指標，這是因為台灣的股價指數是採市值加權，所以資本額便是權值大小的依賴，而半導體產業的資本額又較其他產業來得大，因此，半導體族群股價的漲跌對台灣股價指數的影響力自然不小。觀察半導體族群佔整體電子股的總市值比重，若是說台灣的電子業是以半導體為首，一點也不為過。而且電子產業佔台灣股市總市值的比重也有逐年增加的趨勢（以 2005 年 6 月底股價為準，電子股市值所佔比例 51.66%），電子股佔每天總成交量也達八成之強，電子股已成為市場資金追逐的焦點，以整體半導體產業來看，包括 IC 設計、晶圓製造、封裝測試，佔股市市值排名在前 50 名的半導體公司依序為台積電、聯電、聯發科、日月光、矽品、南科、聯詠、華邦前八大公司，以 2005 年 6 月底股價為準其市值就佔了整個台股指數的 16.53%，上市之半導體公司市值更高達 21.47%，因此，台灣股市的主流產業是電子產業，而電子產業中的主流族群是半導體族群，所以半導體族群對台股的影响極大。本研究的研究動機則藉由全球半導體領先指標探討研究期間是否與台灣半導體晶圓代工龍頭台積電與聯電的股價具有領先或落後的連動關

係，以期預測出未來股價之走勢。

## 2. 文獻回顧

探討股價報酬與變數之間關係的相關文章中，如 Fama (1981)，指出總合股價報酬有領先實質活動的現象。後續的相關文章也支持類似的結論，如 Canova and Nicolo (1995)。其他探討關於景氣指標的文章，也將總合股價報酬視為領先景氣指標之一，如 Stock and Watson (1990)。這些做法不論在考慮股價報酬與實質活動的關係上，或在預測景氣上，皆忽略了產業面上的訊息。並不是每個產業活動，皆會領先景氣循環，有些可能落後景氣，甚至是反景氣的。因此，如果將這些產業的差異納入考慮，將更能確認股價與實質活動的關係，也能增進預測景氣的績效。

本研究的主要目的是以台灣兩大晶圓代工廠商股價為研究對象。將觀察全球半導體產業產值之成長率與股價漲跌間，是否具有相互影響之作用，以進一步了解全球半導體產業景氣循環與股價間的整合程度。因此，本章在相關的理論基礎以及前人文獻回顧的整理上，將分成三個部分做探討：第一部份為向量自我迴歸 (Vector Autoregressive, VAR) 模型發展的過程與應用範圍；第二部分為股票市場變動因素；第三部份為產業因素對股價之研究。

### 第一節 向量自我迴歸發展過程

自從 Box 與 Jenkins (1970) 提出 ARIMA 模型後，時間序列的理論就快速地發展起來。然而在統計量分析中，皆以先驗理論建構變數間的因果關係，在利用迴歸分析求出模型之參數估計值，進而經由檢定的方法來驗證結果的正確性，Sims (1980) 認為採用先驗理論的估計值，無法由經濟變數的互動過程中證明，也無法確實表現出真正資料的特性，因此，Sims 提出的向量自我迴歸 (Vector Autoregressive, VAR) 模型，即針對資料本身的特性分析，建立動態的結構模型，以解決

結構模型的認定問題，並且能捕捉變數之間相互的影響性，據此則廣泛地應用在預測方面上。在總體經濟領域的研究有 Litterman (1984)；Lupoletti、William、Webb 與 Roy (1984) 預測總體經濟變數；Funke (1990) 利用 VAR 模型評價五個 OECD 國家經濟預測的精確度。就匯率部分的研究有 Hoque 與 Latif (1993) 利用 VAR 模型預測澳元對美元的匯率；Liu、Gerlow 與 Irwin (1994) 則是研究加幣、日圓、馬克分別對美元的匯率。

除了總體經濟與匯率的領域外，Litterman 與 Supel (1983) 利用 VAR 模型預測美國明尼蘇達州 (Minnesota) 的收益狀況；Kuprianov 與 Lupoletti (1984) 利用 VAR 模型預測五州地區性的經濟情況；Christiano、Eichenbaum 與 Evans (1997)；Evans 與 Kuttner (1998)；Rudebusch (1998) 研究 VAR 模型在貨幣政策上的應用。

Litterman (1980) 曾提出了貝氏自我迴歸 (Bayesian Autoregressive, BAR) 模型，發現 BAR 模型的預測能力比 AR 模型好；因此，Doan、Litterman 與 Sims (1984) 提出貝氏向量自我迴歸 (Bayesian VAR, BVAR) 模型，目的是除了克服原本 VAR 模型的多參數 (overparameterization) 問題，並在短期樣本期間下提供精確的預測。Spencer (1993) 發展出建立 BVAR 模型的步驟，依據 VAR 模型的落差期數來決定 BVAR 模型的落差期數。Kadiyala 與 Karlsson (1993, 1997) 研究 BVAR 模型中先驗分配的問題。

許多過去的研究都顯示了 BVAR 模型在經濟行為的預測能力是勝過 VAR 模型的。這之中包括 Amirzadeh 與 Todd (1984)、Cargill 與 Morus (1988)、Lesage (1989)、Litterman (1986)、McNees (1986)、Ashley (1988) 和 Holden (1995) 等學者研究美國的實質國民生產毛額，雖然模型內的變數與樣本期間不盡相同，但都發現 BVAR 模型所產生的預測結果比 VAR 模型精確。Dua 與 Ray (1995) 利用 BVAR 模型預測美國康乃狄克州 (Connecticut) 的區域經濟情況，發現 BVAR 模型不論是在短期或是在長期的樣本期間下都會產生出

最精確的結果，並且能夠預測出方向的變化。Sarantis 與 Stewart (1995) 比較 VAR 模型與 BVAR 模型對預測英鎊匯率的精確度，在一連串的試驗下，得到 BVAR 模型在短期樣本期間下的預測能力勝過 AR 與 VAR 模型的結論。

跟 VAR 模型一樣，BVAR 模型的應用亦十分廣泛。Dua 與 Smyth (1995) 利用 BVAR 模型來研究家庭收入對購屋意願之預測。Kumar、Leone 和 Gaskins (1995) 與 Curry、Divakar、Mathur 和 Whiteman (1995) 則利用 BVAR 模型決定行銷管理領域上的最佳決策。Joutz、Maddala 與 Trost (1995) 曾用以預測電力消耗量與價格，Marchetti 和 Parigi (2000)；Hsu、Wang、Shyu 和 Yu (2002) 分別預測義大利與台灣的產業生產力。Litterman (1986) 以 1948 年第 1 季至 1975 年第 4 季的美國實質國民生產毛額增加率的資料探討 BVAR 模型的預測效果。基於許多經濟變數具有隨機漫步 (random walk) 的特性，設計出 Litterman 先驗分配，並以預測均方差決定落差期數，該研究的最佳落差期數為 6。由於 Litterman 當時是在美國明尼蘇達州立大學發表此研究，此先驗分配亦常被稱為 Minnesota 先驗分配。之後有學者考慮新的先驗分配，像是 Kadiyala 與 Karlsson (1993) 考慮二種更具一般化的 Normal-Diffuse 與 Extended Natural Conjugate 先驗分配，目的是希望能更符合資料的型態。本文將採 Diffuse 先驗分配 (Geisser, 1965; Tiao Zellner, 1964)。在資料為常態分配且考慮均方損失函數時，貝氏估計量就是後驗分配的後驗均數 (posterior mean)，我們導出其相對應的後驗分配。我們也注意到此先驗分配下，對應的後驗分配具有明確的解析式 (closed-form)。除此之外，BVAR 模型並不僅限於經濟領域的研究，而且並非每一變數都符合隨機漫步的特性，應該針對不同的研究變數給予不同的先驗參數 (或者是先驗分配)，這樣才能反應出變數的特性。

## 第二節 股票市場變動因素

台灣股市自民國76年以來，加權股價指數歷經了三次萬點大關，但隨即就面臨劇烈的修正。然而三次多頭格局的時空背景均不相同，但卻造成許多投資人的受傷，到底股價的變動會受到那些因素的影響？過去引發許多學者研究興趣，本節將說明影響股價變動之因素與股價相關之理論，並從理論與實證文獻探討其與股價之關係。

King (1966) 利用多變量之因素分析法，針對美國股價變動因素的來源進行分析，結果發現平均約52%的股價變動可歸因於市場因素<sup>1</sup>，產業因素<sup>2</sup>者約佔11%以及公司因素<sup>3</sup>。林煜宗 (1978) 對我國股價變動之因素進行分析，結果發現約有69%可歸因於市場因素所引起。由此看來，總體經濟變數不僅反應了各國之經濟狀況，也與股票市場的報酬率有相當密切的關聯，如果大盤長期遵循總體經濟變數的走勢，對投資者而言，能夠掌握總體變數的未來走勢，自然就能夠清楚投資的時機。

在總體經濟變數中，如利率、工業生產指數、貨幣供給、通貨膨脹率及匯率等，因為量化，常被用來分析其與股價之關係，為了對股價的預測和評估做進一步的瞭解，本章將說明本研究採用的經濟變數與預測方法，並從理論與實證文獻探討其與股價之關係。

### (一) 利率

Spiro (1990) 與Cochrane (1991) 發現一國之景氣波動會影響股價且總體經濟變數中，如實質產出、利率對股價走勢皆具有顯著的解釋能力。Domian et al. (1996) 研究發現，美國國庫券利率與股價報酬率之間呈現負向關係。

Dayananda & Ko (1996) 使用台灣1981年至1989年月資料的研究發現股價報酬率與利率之間呈反向關係，但統計上的顯著性不強。

在國內學者部分，林炯堉和陳文燦 (1989) 研究利率變動對股價之影響，研究期間自民國65年至74年止，實證結果顯示，利率與股價二者之

間為負相關，即利率與股價具有反向關係，且股價會領先反映利率的降。

俞海琴與張錫杰 (1993) 利用向量自我迴歸模型來探討股價與利率、匯率的互動關係，實證結果說明了股價與利率間有因果回饋關係。

王志中 (1999) 利用VAR模型來預測股票報酬，實證結果發現利率與股票報酬呈同向的變動，且利率對股票報酬的解釋力很低。

### (二) 股價與工業生產指數

Chen, Roll & Ross (1986) 曾提出解釋股票報酬行為之四項具顯著性的變數，這些變數分別為工業生產指數、違約風險貼水之變動、到期收益曲線之改變及非預期通貨膨脹。股票價格為現金流量之現值，工業生產指數與獲利率有關，此獲利即為現金流量之來源，故股市報酬顯然與工業生產指數密切相關。

Schwert (1990) 研究1889至1988年間美國股票報酬和工業生產成長率之關係，結果顯示未來工業生產解釋了一大部分的股票報酬之變異，而且二者是呈正相關。

國內學者部分，陳翠玲 (1990) 利用臺灣股票市場之實際資料，研究自民國64年2月至77年12月的工業生產指數、貨幣供給額、匯率與股價的關係，以迴歸分析法進行實證研究，而結果顯示工業生產指數與股價間呈正相關。

黃柏農 (1998) 的研究發現工業生產指數對股價沒有直接的影響，然而由於工業生產指數對利率有負面的影響，利率對股價有負面的影響，因此工業生產指數對股價存在有間接正的關係。

徐國鈞 (1997)，採用Sim's (1980年) 向量自我迴歸模型，探討台灣金融類指數與非金融類指數及利率、匯率、工業生產指數及貨幣供給額等總體經濟的關聯性。結果發現：(1)金融類股價指數與非金融類股價指數之間具有雙向的回饋關係。(2)匯率有助於預測金融股價的走向。(3)工業生產指數有益於預測非金融類股價指數。

陳韻如 (1999)，以台灣電子業前十大上市公

司為研究對象，以基本面、總體資金面及市場面等三訊息變數建構動態向量自我迴歸模型，探討公司盈餘與股價間之關係。研究結果發現：每股盈餘對股價最具解釋力，貨幣供給(M1b)次之，加權股價指數影響最小。

### (三) 股價與貨幣供給

Sprinkel (1964) 指出貨幣供給額的變動會引起S&P指數的變動，貨幣供給增加，領先股價指數上漲二個月；貨幣供給緊縮，領先股價指數下跌最長達九個月之久。Fung & Lie (1990) 使用Granger 因果關係來討論貨幣供給、貨幣流通速度及通貨膨脹與股價波動之間關係，結果並未發現股價波動與前述的基本經濟變數之間存在任何的領先／落後的關係。

Dayananda & Ko (1996) 使用台灣1981年至1989年月資料的研究發現股價報酬率與貨幣供給之間呈正向關係，但統計上的顯著性不強。

Mookerjee & Yu (1997) 使用共整合及Granger 因果關係來檢定新加坡總體變數（貨幣供給、名目匯率及外匯存底）與股價的關係，結果發現，股價與貨幣供給之間及股價與外匯存底之間存在長期共整合的關係，使用Granger 因果檢定的結果發現，股價變動領先貨幣供給。

John Kraft 與 Arthur Kraft (1977) 採用時間序列分析法和迴歸分析法，探討1955至1974年間股票價格的決定因素，實證結果發現：貨幣供給額，貨幣供給額變動率，債券利率與股票價格之間，並沒有顯著之因果關係。因此，若要預測股價走勢，必須找尋其他的參數或使用其他的計量方法。

Gargett (1978)，利用1961至1976年10月美國道瓊 (Dow Jones) 股價指數，配合同一時期貨幣供給額及通貨膨脹資料，以圖解方法比較，發現下列現象：(1)道瓊 (Dow Jones) 股價指數之漲跌較實質貨幣供給額之增減，大約有三個月的時間落後 (Time Lag)。 (2)在1966年、1969年至1970年、1973年至1975年此三段期間內，雖然美國之

貨幣供給較以往為多，但因物價上升幅度更大，至實質貨幣供給額減少，導致股價下跌。(3)股價與實質貨幣供給額間的關係並無絕對的因果關係。

Unro Lee (1994)，以美國股價指數與貨幣供給為標的，採用Enger-Granger兩階段檢定法及Johansen最大概似法，探討股價與貨幣供給的關係，結果發現：(1)股價與M1、M2之時間序列資料為非穩定之序列資料。(2)股價與貨幣供給具有長期均衡關係。

Patelis (1997) 以貨幣政策變數及財務變數，預測股票超額報酬，以複迴歸模型探討長期股票超額報酬或貨幣政策的關係；以及使用VAR模型，探討短期區間的股票超額報酬率之預測誤差變異數分解，結果發現：(1)聯邦資金率與股票報酬率成反向關係，股利殖利率與股票報酬率成正向關係，期間價差和資金價差與股票報酬率成正向關係。(2)利用長期間複迴歸模型與短期間預測誤差變異分解，均能透過貨幣政策變數預測股票超額報酬。(3)由預測誤差變異分解，貨幣政策的衝擊效果主要經由預期股利成長來影響名目股票超額報酬。

王志中 (1999) 使用VAR模型來預測股票報酬，並以台灣股票市場為主要研究對象，研究變數以貨幣供給、匯率、利率三個總體經濟變數為主，研究發現貨幣供給和股票報酬呈同向的變動，且貨幣供給領先股票報酬。

### (四) 股價與通貨膨脹

Gultekin (1983) 依據傳統的投資觀點及費雪假說，對法國、德國、美國、英國、日本...等二十六個國家進行實證研究，結果顯示大部份的國家通貨膨脹率與股價報酬率之間存在正向關係，由實證結果得知其支持費雪假說。但Fama (1981) 透過一個簡單的理性預期觀念之貨幣數量模型，發現通貨膨脹與實質經濟變數（如工業生產成長率）呈負向關係，接著又觀察到這些實質經濟變數與股價報酬間呈正向關係，這兩個關係之結



合，得到股票報酬與通貨膨脹率負相關的現象。他認為股票報酬率和通貨膨脹率負相關並不是一個因果關係，而是由於替代效果（Proxy Effect）所引起。

#### (五) 股價與匯率

Richard & Mbodja (1996)，以八個已開發中國家的股票指數為樣本資料，探討與國家匯率波動間的長短期動態相關性，結果發現：(1)兩變數間顯著的存在著長短期的反饋效果，換言之，各國貨幣的折換價值對於其市場間會有短期及長期的負向影響。(2)在短期內由於貨幣價值的降低被解讀為未來通貨膨脹的壓力，因而使得投資人持有國內資產的意願銳減，以及進口成本的提昇，造成長期間國內經濟成長的負面影響，而使得股票價值向下修正。

孫維鴻 (1987)，從經濟理論上找尋經濟變數與股價之關係，並且進一步探討貨幣市場、外匯市場之成立對證券市場的影響。結果發現，第一階段 (1971年至1979年) 中，國內股價指數受工業生產指數、石油價格、匯率、貨幣供給額、利率等變數影響，其中貨幣供給額、利率兩項變數對股價的影響方向與理論不符；第二階段 (1980年至1986年) 中，國內股價指數受利率、工業生產指數及躉售物價指數之影響，而貨幣供給額也為股價變動的重要指標，由此可知，金融市場較為健全時，利用利率、貨幣供給額、工業生產指數及躉售物價指數等變數來預測股價走勢，具有相當高的解釋能力。

蕭夙妙 (1996)，以台灣八大產業類股指數與貨幣供給 (M1B)、匯率、利率等三項總體經濟指標變數，藉由單根檢定與Johansen最大似共整合分析法，探討八大產業指數與總體經濟指標的關係。結果發現：(1)長期而言，八大類股與總體經濟指標兼具有長期穩定的均衡關係，且大致成同方向變動。(2)匯率與分類股，塑膠類股、紡織纖維類股與利率成反向變動，表示匯率與利率上漲不利於股價表現。

### 第三節 市場因素與產業因素對股價之研究

由第二節之探討，市場因素對股價變動具有一定程度之影響，本節將針對半導體產業股價關聯性之研究 (產業因素) 作更進一步探討。

吳宗蓉 (2000)，探討以產業分類的類股股價指數報酬率與景氣循環之間，是否存在領先或落後的關係。以VAR模型來探討股價指數報酬與景氣循環關連性，結果發現：(1)金融保險類股報酬，比加權股價指數報酬以及其它產業類股報酬，具有更加的預測景氣績效。(2)金融保險類股報酬成為較佳預測景氣指標之一。

陳姿吟(2000)，依台灣半導體產業的製成階段，依次分為 IC 設計、光罩、IC 製造、IC 封裝測試，依序分別編列各生產階段的指數，以 VAR 模型來探討 IC 上、中、下游產業股價的關連性，以提供投資人作為股市投資決策的參考，結果發現：(1)光罩指數對 IC 設計、IC 製造、IC 測試封裝指數之間存在因果關係。(2)由預測誤差變異數分析得知四個指數均非絕對的內生產業，其中以光罩內生性最高，IC 測封業及 IC 設計業的內生性極低。(3)由衝擊反應分析顯示，任一種產業指數產生自發性干擾變動時，對其他產業指數的衝擊都極為小，且在一期內充分反應完畢。(4)四種指數間存在共整合的關係。

洪志傑(2000)，以半導體的垂直分工結構，將台灣半導體產業劃分圍上、中、下游，利用單根檢定、共整合關係、因果關係及遲延分配模型探討半導體股價間的互動關係，結果發現：(1)半導體上、中、下游股價長期間存在著穩定均衡關係，顯示其股價變動有亦步亦趨的現象。(2)半導體上游與中游兩變數之間之股價變動具有相互回應關係；中游股價變動引起下游股價變動，下游股價變動引起上游股價變動。(3)Almon延遲模型檢定發現，半導體上、中、下游股價分別有延遲變動現象。

蔣繼賢(1999)，將台灣半導體產業依不同生產

階段區分為IC設計、光罩、IC製造、IC封測及導線架等五組，分別透過整合分析來探討各生產階段之間的關係與股價之間的關係，結果發現：(1) IC設計的景氣榮枯與光罩的景氣榮枯之間有亦步亦趨的趨勢。(2) IC設計、光罩及IC製造是可以透過不同的組合來預測這三者的股價走勢。其中IC製造可透過光罩與導線架的組合或是光罩、導線架及IC封測之組合來預測IC製造之股價走勢；而IC封測與導線架則是無法透過任何共整合組合來預測這兩者的股價走勢。

Neil & Larry & Michael (1998 年) 以 SIA 每月公佈的 B/B 值為指標(即 news orders received/ chips shipped 的比例)，以事件研究法進行研究評估 B/B 值的發表和普通股股價兩者之間的關連性，結果發現：(1) B/B 值提供給投資者的是比財務報表更即時性的資訊，(2) 實証檢定得出半導體廠商的股東確實會利用 B/B 值來修正對未來廠商的價值。(3) 發現 22% 的 B/B 值宣告日在 10% 的顯著水準下與股價反應是有關的。(4) 發現在 B/B 值宣告日附近之投資組合報酬與增加的 B/B 值是有顯著的正向關係的。

上述論文之研究方向大都著重於以總體經濟指標與股價指數兩者之間的關聯性和國內半導體產業上下游股價的關聯性影響，而沒有考慮到直接產業資訊對股價指數的影響力為主，其中所使用的總體經濟變數不外乎是國內生產毛額、工業生產指數、利率、匯率及貨幣供給額五大項，尤其以利率和匯率與股價指數存在一定關係。本研究的主要研究目的就是探討基本面產業資訊對其股價指數的影響力。

### 3. 全球半導體產業概要

回顧半導體產業發展的歷史軌跡，隨著電子產品在日常生活應用層面擴大，且半導體應用於電子產品所佔的比例也逐漸增加，所以半導體在過去的 21 年以來，有高達 11.6% 的年複合成長率，而在產品功能日趨複雜、製程技術不斷進步的情況下，根據工研院經資中心的預

測，2001 年至 2010 年全球半導體市場之年複合成長率仍約可達到 10.4% (蔡淑芬，2002)。因為半導體是電子產品的重要零組件，所以一個國家的半導體產業發展狀況，將反映出其電子產業的興盛與否。另外，半導體產業也是高技術密集及高資本的產業，故半導體技術能力，也展現出一個國家在科技產業上之地位。

在此，本研究將對全球半導體產業的發展，從過去的發展歷程、目前的發展、未來的發展前景等，做一概述。

#### (一) 全球半導體產業之發展歷程

全球半導體產業的發展是由 1940 年代從美國開始。自 1970 年代開始，產業中出現了明顯的垂直分工趨勢及型態，首先是系統廠與 IDM 廠的分工，接下來則進一步出現專業晶圓代工及 IC 設計公司，進而相繼發展出其他的下游及支援性產業。在全球半導體產業的發展過程之中，以美國、日本兩國居主導地位，其相互競爭，領先優勢互有消長，但在主要技術的研發以及技術轉移、擴散上，仍是以美國為主。

#### (二) 全球半導體產業之發展現況

##### 1. 市場面

在 2000 年中，全球性 IC 需求逐漸地上升。最主要的二個因素，(1) 在個人電腦市場上由於 Y2K 帶領許多顧客延遲購買個人電腦，並且直到在 Y2K 以後臭蟲(bugs)不再是一個威脅，造成個人電腦的需求強勁成長。(2) 全球性電信產業以及特殊手機市場的需求。這兩種對 IC 的需求是世界經濟景氣登上榮景的最主要力量，促使全球性經濟成長了 4.7%。另一方面，全球性 IC 生產能力增加了 13.6%。由圖 1，全球半導體產業於 2000 年突破 2 千億美元的規模，成長率高達 36.8%，規模則為 1,390 億美元。然而，2000 年景氣榮景促使半導體業者大力擴充產能與過度投資，但在景氣驟然反轉直下，卻使 2001 年全球業者面臨前所未見的嚴峻挑戰。2001 年美

國經濟發生自 1990 年代以來首度衰退，而供給端亦因為半導體業者持續進行製程微縮和 IC 產能擴充，使得供需面嚴重失衡，WSTS 數據顯示全球 IC 市場產值亦萎縮 33.4%，僅達到 1,178 億美元規模。2001 年全球半導體業者飽受產能過剩之苦和降價壓力，經過一年 PC 和通訊庫存去化後，2002 年全球 PC 和手機市場較 2001 年微幅上揚，不過因為全球景氣仍僅在緩步復甦階段，2002 年全球半導體產值將僅較 2001 年微幅成長約 2.6%。根據全球半導體貿易統計組織(WSTS)的資料，全球半導體市場規模達 1,407 億美元，雖較 2001 年成長了 1.3%，但仍未到達 1999 年時的 1,494 億美元的規模。

2003 年全球半導體產業，上半年雖歷經美伊戰事開打，以及 SARS 疫情影響，為全球總體經濟復甦帶來變數，然在利空因素逐漸消逝，2003 年下半年全球景氣開始明顯復甦。根據 WSTS 統計 2003 年全球半導體市場銷售值為 1,664 億美元，較 2002 年成長 18.3%。至於產能利用率情形，根據 SICAS 統計，2003Q4 平均每週產能達 1,370 千片 8 吋約當量，產能利用率達

91.9%，為 2001 年以來最高。而 IC-Insights、Dataquest 更新半導體市場預估值當中，預估 2004 年全球半導體市場成長幅度分別為 27.1%、20.1%，抱持樂觀看法。就供給面而言，2001 年與 2002 年半導體廠商持續縮減資本支出，使得全球 IC 晶圓廠產能獲得有效的抑制。因此 2003 年全球半導體市場在需求復甦及供給有效控制的前提下，較 2002 年成長 16.6%，產值為 1,640 億美元。

由圖2，自1980年到2001年，半導體市場的年複合成長率為11.6%，若拆開成兩階段為，自1980年到1995年之中的年複合成長率約為17%，而自1996年到2001年的年複合成長率卻只有1%。而根據之前三點的假設，可以估計出從現在到2010年之間，半導體產業將以每年約為10%的速度成長。雖低於1980~1995年之間17%的成長率，但比1996~2001年遲緩的1%成長率將有所提升了，顯示出半導體長期發展潛力仍佳。

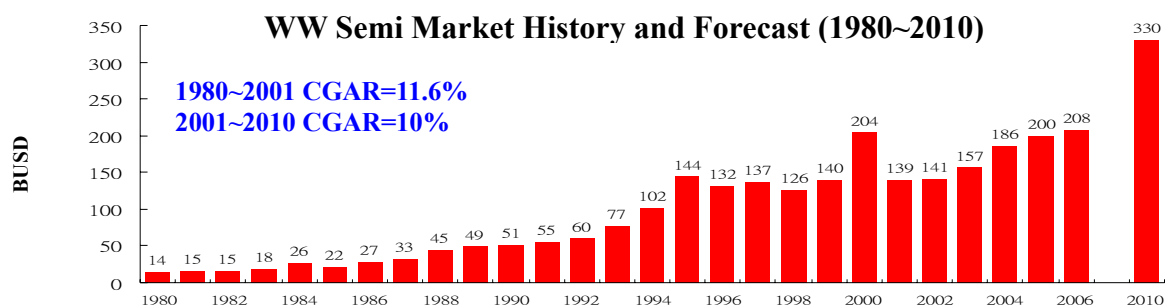


圖 1. 1980 年~2010 年全球半導體市場規模

資料來源: IEK-ITIS 計畫(2002/03, 2003/04)。

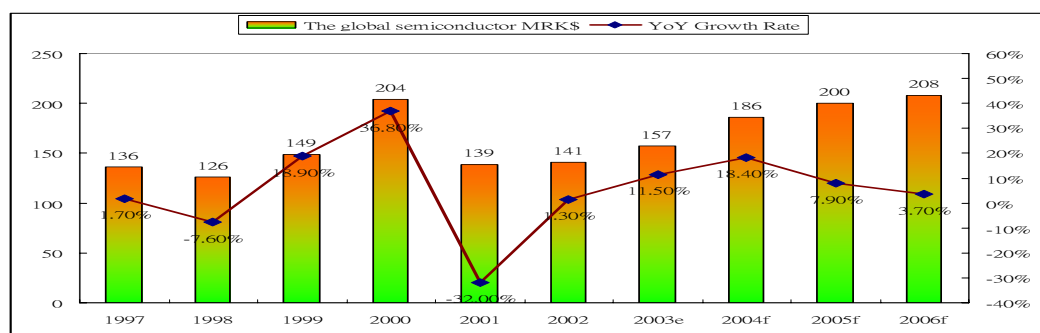


圖2. 1997 年~2006 年全球半導體市場規模 vs YoY Growth Rate

資料來源: WSTS、IEK-ITIS 計畫(2003 年 4 月)。

## 2. 供給面

半導體是一個「高度資本密集」的產業，就半導體廠商而言，欲維持自身在產業的競爭力，就需不斷的擴大投資。因此觀察半導體廠商資本支出的增減，通常能反映出半導體景氣循環是處於高峰或谷底，更能概略的估計未來半導體景氣的復甦時點進而影響股價。影響業者資本支出的因素，第一、為業者本身對於未來景氣動向的看法；第二、業者公司基於當時景氣，本身營運、財務狀況，來決定支出。由圖 3，根據過去半導體產業發展經驗，半導體市場與其資本支出成長率的變動方向大致為同向變動。根據過去二十幾年來，資本支出佔半導體市場規模比例的歷史資料，可以求得平均值約 24.5%。本研究以 24.5% 的這個數值作為衡量指標，用來評估資本支出的投資是否過當。觀察自 1995 年到 2001 年，各年的比值幾乎大於或趨近於 24.5%，這說明了最近幾年的半導體資本支出有投資相對過多的情形。所以，在過去幾年，業者持續投入資金，希望藉由產能的擴充來實現規模經濟的效益，而將其主要的投資

放在晶圓廠的興建上。而當大多數業者家都以同樣的產能發展策略，並且同時蓋廠，其結果導致近兩年來的產能供給相對過剩、產能閒置，投資報酬率相因此降低的主要原因。(謝東和，2002)。

由圖4，自從1996年以來，全球半導體的資本支出於2000年到達巔峰，成長率高達87%，投資相對過熱；2001年景氣急轉直下，衰退了27%。2002年由於景氣能見度極低，因此業者投資的態度持續謹慎保守，根據IC Insights的資料顯示，2002年半導體產業的資本支出已經到達底部，2003年成長15%；2004年，資本支出突破500 億美元，成長率可達55% (王建華等著，2003)。至於未來資本支出的標的，可以預期的是，業者主要是集中在十二吋廠的建置與高階產能的擴充上，但其設備成本會大幅提升，進而形成新加入者的進入障礙，這可避免重蹈過去半導體業者同時擴廠的行為發生，而可預估未來幾年資本支出的波動不會太大。

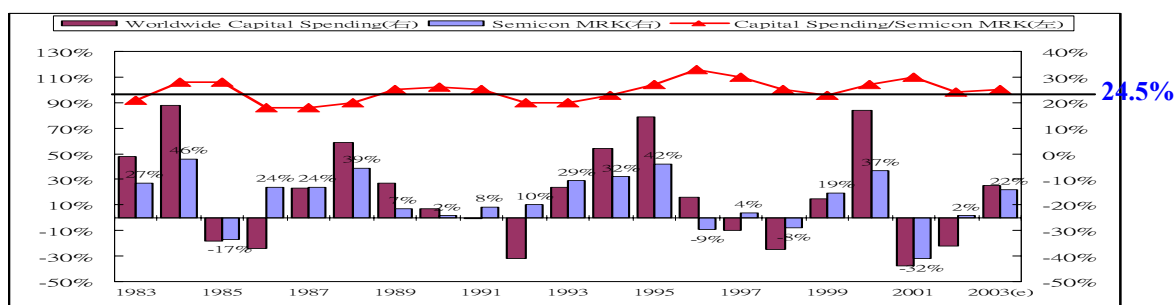


圖3. 全球半導體資本支出vs.半導體市場成長率

資料來源： WSTS(2002/05)、IC-Insights(2002/08)、Dataquest(2002/07)

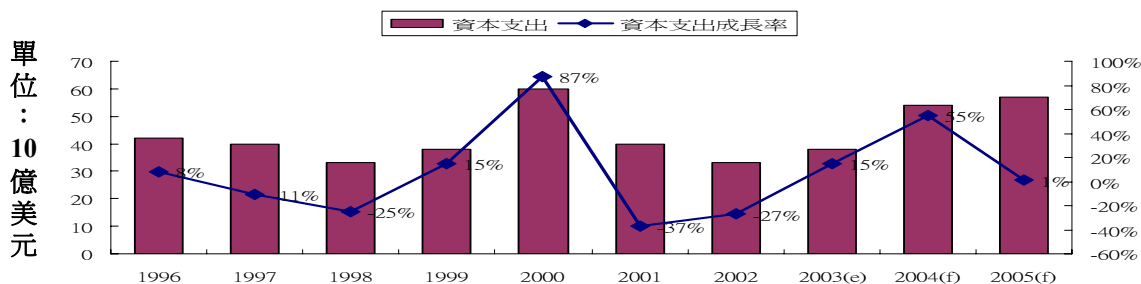


圖4. 全球半導體資本支出vs.半導體市場成長率

資料來源：IC-Insights(2003/01)；工研院IEK-IT IS 計畫(2002/07)

### (三) 全球半導體產業之發展前景

從全球總體經濟面來看，美國與日本仍處於經濟蕭條的情況；美國、日本與韓國等各國國際大廠半導體產品存貨過剩問題，再加上網路公司與傳統公司削減資本支出，均是導致從2000年末到2001年間全球半導體產業景氣由興往衰反轉的因素。另一方面，反觀亞洲地區的中國大陸正值經濟蓬勃發展，在未來的幾年之內，大陸的電腦市場與通訊設備等各種半導體相關的產品需求，將會有大幅而穩定的成長。

總而言之，全球的半導體產業在低價電腦、網際網路、電子商務、行動電話市場以及其他3C應用市場之成長互有消長的情況之下，未來之發展前景如下：

(1) 美國經濟的景氣好壞是重要的指標：由於目前美國仍是全球最大的半導體消費國，其經濟景氣的好壞直接影響了全球半導體產業的景氣。

(2) 市場供需的平衡及相關技術的發展仍是景氣循環的重點因素：過多的投資及技術進步造成產品成本暴跌，將使各產業廠商減少供給，調節自己的庫存及市場的供需。

(3) 後PC時代，低價電腦需求趨緩：在已開發國家的PC需求成長趨緩的情況下，下一波的成長將靠亞洲地區來支撐，例如未來在中國大陸地區的PC需求，仍將持續的成長。

(4) 在通訊網路與家用電器革命的帶動下，相關之消費性IC需求快速崛起；日本的電子公司最具創造新消費需求的能力，例如手機、MP3、數位像機、DVD、數位電視、電視遊樂器等各種新的應用需求，都帶來了無線的商機。

(5) 晶圓代工產業將進入高度成長的黃金時期：半導體產業已是高度專業分工的產業，未來，在IC設計訂單的快速成長及IDM 廠訂單的大量釋出之下，晶圓代工產業將進入長期高度成長的黃金年代。

(6) 跨國性的產業合作將會日漸盛行：整合國際間各半導體大廠的個別資源，共同投入基本的研發，並將成果作共享。

### (四) 產業發展總結

IMF 對 2004 年的 GDP 成長率預估高於 2003 年，顯示大家對全球總體經濟有相當的信心，而企業 IT 支出金額及電子系統產品的市場成長率也都可望優於 2003 年，因此半導體需求是說是處於相當熱絡的局面。就供給面來看，全球半導體廠商的資本支出態度，已漸漸從保守到積極樂觀，使得全球 IC 晶圓廠產能開始動起來。整體而言，2004 年全球半導體市場成長 20.3%，產值為 1,972 億美元。然而晶圓代工為我國 IC 製造業的重心所在，並以完整的產業鏈

與先進優異的製造實力領先全球，此成功模式使我國成為亞太地區眾多新興國家仿效的對象。隨著十二吋晶圓廠與奈米時代的來臨，建廠成本與研發成本快速提升，因此全球晶圓代工市場在設計業與 IDM 廠釋出訂單的趨勢下蓬勃發展，但也有國外 IDM 大廠開始搶食大餅。目前我國仍是全球晶圓代工重心所在，但未來宜往高附加價值之路邁進，首先仍需堅持投資，並往製造服務與製造研發邁進，以續保競爭力。

#### 4. 研究方法

##### (一) 單根與穩定序列

一般而言，資產價格的時間數列多為非穩定序列，但傳統計量模型在時間序列資料為穩定型態的假設下進行，Granger and Newbold (1974)指出，若對非穩定的時間序列進行迴歸分析，可能會產生虛無迴歸(Spurious Regression)的現象，而此時最小平方法的估計值將不一致性，殘差項的變異數會隨時間而趨向無限大。此外，根據 Yule-Walker Equations 的指導，當時間序列發生外部衝擊時，對穩定的時間數列只會造成暫時性影響，但對非穩定時間數列會造成永久性的影響。非穩定型態的序列，必須使其成為穩定性序列後才能進行計量模型研究。

判定變數是否平穩時，通常有圖形認定法和計量檢定法兩大類。圖形認定法是以變數的時間序列圖以及自我相關函數(autocorrelation function; ACF)來判斷變數是否平穩。計量檢定法是根據 Engle and Granger(1987)的研究指出，若時間序列呈現不穩定的型態，即是序列存在單根，若對具單根的時間序列資料進行差分，則可使其成為穩定序列。若原始資料必須經過  $n$  次差分才能使序列達到穩定，則表示序列有  $n$  個單根，以  $I(n)$ 表示，當時間序列呈現穩定型態時，序列則無單根，以  $I(0)$ 表示，所以非穩定型態的時間數列資料必須存在單根。

單根的檢定方法有很多，一般以

Dickey-Fuller(DF) 檢定法、Augmented Dickey-Fuller(ADF)檢定法及 Phillips-Perron(PP)檢定法為主，其中有以 ADF 檢定法最穩定，Engle and Granger(1987)亦建議使用 ADF 檢定法來檢定單根，目的在於改善 Dickey and Fuller(1987, 1981)之 DF 檢定法中誤差存在高階序列相關的問題，其修正的方法是將迴歸式右方加入被解釋變數的一階差分落後項( $\Delta S_{t-1}$ )。ADF 統計量的計算方式與傳統的  $t$  與  $F$  統計值相同，但其分配並非標準的  $t$  與  $F$  分配，而是 Brownian Motion 的函數，因此不適用於傳統的  $t$  與  $F$  臨界表，其漸進分配的臨界值需參考 Dickey and Fuller(1981)所建立的分配表。

##### (二) Granger 因果檢定

Granger (1969)是從變數預測能力的角度，來定義兩變數間的因果關係。假設有  $X$ 、 $Y$  兩變數，當我們對  $X$  做預測時，除了使用  $X$  過去數值提供的訊息外，若因為  $Y$  過去的數值加入，而使得對  $X$  的預測更為準確，即降低了原預測誤差，則稱  $Y$  是  $X$  的因( $Y$  Granger cause  $X$ )；反之，則稱  $X$  是  $Y$  的因( $X$  Granger cause  $Y$ )。而當上述兩種情形同時存在時，則稱  $X$  和  $Y$  之間有回饋(Feedback)關係。依據 Granger 所定義的因果關係如下並整理於下：

定義 1：因果關係 (Causality)

若  $Var(X_{t+1} | X_t) = Var(X_{t+1} | X_t, Y_t)$ ，且  $Var(Y_{t+1} | Y_t) > Var(Y_{t+1} | X_t, Y_t)$  則稱變數  $X$  是變數  $Y$  的因( $X$  is causing  $Y$ )。此即表示若額外加入一個訊息，如果變數  $X$  可以解釋更多變數  $Y$  的行為，則可以降低變數  $Y$  的變異數。

定義 2：回饋關係 (Feedback)

若  $Var(X_{t+1} | X_t) > Var(X_{t+1} | X_t, Y_t)$ ，且  $Var(Y_{t+1} | Y_t) > Var(Y_{t+1} | X_t, Y_t)$ ，則稱變數  $X$ 、 $Y$  之間具有回饋關係。此即表示  $X$  為  $Y$  之因且  $Y$  也為  $X$  之因。

定義 3：立即因果關係 (Instantaneous Causality)

若  $Var(X_{t+1} | X_t) = Var(X_{t+1} | X_t, Y_t)$ ，

$Var(X_{t+1} | X_t, Y_t) > Var(X_{t+1} | X_t, Y_t, Y_{t+1})$  且  
 $Var(Y_{t+1} | X_t) = Var(Y_{t+1} | X_t, Y_t)$  ,  
 $Var(Y_{t+1} | X_t, Y_t) > Var(Y_{t+1} | X_t, Y_t, Y_{t+1})$  , 則稱變數 X 立即影響 Y。此即表示若加入 X 與 Y 的過去值之後再加入 X 之當期值來解釋 Y, 則可以降低變數 Y 的變異數。

### (三) 模型建立

VAR(Vector Autoregressive)模型是由 Sims (1980) 提出的。假設  $\{y_t\}_{t=1}^T$  是一個 n 維的向量時間序列, VAR(p)模型表示成矩陣形式則為

$$y_t = C + B_1 y_{t-1} + \Lambda + B_p y_{t-p} + u_t, \quad t=1,2,K,T \quad (1)$$

其中  $C = [c_1, \Lambda, c_n]'$  為截距項向量,  $B_i$  為  $n \times n$  的參數矩陣,  $\varepsilon_t = [\varepsilon_{1,t}, \Lambda, \varepsilon_{n,t}]'$  為誤差向量, 並且  $\varepsilon_t$  為獨立同態地服從  $N(0, \Sigma)$  分配。將(1)式轉

$$\text{秩(transpose)成 } y_t' = C' + y_{t-1}' B_1' + \Lambda' + y_{t-p}' B_p' + u_t', \quad (2)$$

即  $y_t' = x_t' B + u_t', t=1,2,\Lambda,T$  ; 其中  $x_t = [1, y_{t-1}', \Lambda, y_{t-p}']$ ,  $B = [C, B_1, \Lambda, B_p]$ 。

再將各列向量  $y_t'$ 、 $x_t'$  與  $u_t'$  堆疊, (2)式可重新表示成

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ M \\ y_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ M \\ x_T \end{bmatrix} B + \begin{bmatrix} u_1 \\ M \\ u_T \end{bmatrix}$$

$$\text{即 } Y = XB + \varepsilon \quad \varepsilon \sim N(0, I_T, \Sigma) \quad (3)$$

所以, VAR(p)模型經由一些矩陣運算可有多種迴歸模型表示法。本文所介紹的先驗分配皆針對(3)式中涉及的參數而定。

因為方程式(3)的右邊沒有包含非落後期的內生變數(unlagged endogenous variables), 且每個方程式的右邊變數是相同的, 因此模型可以用 OLS 加以估計。而最適落後期數的選擇是以 AIC 或 SIC 來決定。

由上述對 VAR 模型的介紹可知: VAR 模型所需要估計的參數很多, 尤其是當模型中的變數或落差期數增加時, 所需要估計的參數亦會隨著大幅增加。因此當樣本期間短時, VAR 模型會產生過度配適(over fitting)的問題發生, 造

成參數估計的不正確, 影響預測的精確性。所以 Litterman (1986) 建議採用貝氏的統計方法來克服 VAR 模型的多參數問題, 企圖在短期樣本期間下提供精確的預測。

為了便於計算, 常用的關於參數的先驗分配之選用, 都不出多元常態的共軛分配的 Normal-Wishart 之範圍。至於其中參數的設定法, 則各有不同。本文將介紹 Diffuse 先驗分配。

Diffuse 先驗分配(Geisser, 1965; Tiao, Zellner, 1964)如下

$$p(B, \Sigma) \propto |\Sigma|^{-\frac{n+1}{2}}$$

經由導證後可以得到後驗分配如下

$$\begin{aligned} p(B, \Sigma | X, Y) &\propto |\Sigma|^{-\frac{n+1}{2}} |\Sigma|^{-\frac{T}{2}} \exp\{-\frac{1}{2}tr[\Sigma^{-1}(Y - XB)'(Y - XB)]\} \\ &\propto |\Sigma|^{-\frac{n+1}{2}} |\Sigma|^{-\frac{k}{2}} |\Sigma|^{-\frac{T-k}{2}} \times \exp\{-\frac{1}{2}\Sigma^{-1}(B - \hat{B})' X' X (B - \hat{B})\} \\ &\quad \times \exp\{-\frac{1}{2}tr[\Sigma^{-1}(Y - X\hat{B})'(Y - X\hat{B})]\}. \end{aligned}$$

$$\text{即 } \Sigma | X, Y \sim IW((Y - X\hat{B})'(Y - X\hat{B}), T - k)$$

$$B | \Sigma, X, Y \sim N(\hat{B}, (X'X)^{-1}, \Sigma).$$

其中  $\hat{B} = (X'X)^{-1} X'Y$ 。

將聯合後驗分配中的  $\Sigma$  積分掉後, 我們可以得到 B 的邊際後驗分配如下

$$B | X, Y \sim MT(\hat{B}, (X'X), (Y - X\hat{B})'(Y - X\hat{B}), T - k)$$

B 的邊際後驗分配為矩陣多變量 t 分配

(matricvariate-t distribution)

Kadiyala 與 Karlsson (1997)曾重新分析 Litterman 資料, 但樣本期間是依據 1948 年第 1 季到 1980 年第 1 季的數據。在探討美國的實質國民生產毛額增加率時, Diffuse 先驗分配所產生的預測雖比 VAR 模型來的好, 卻遠不如 Minnesota 先驗分配所產生的結果。而 Lee 與 Wang (2000) 在預測台灣高科技產業的生產力時, 發現 Diffuse 先驗分配有好的預測能力, 優於 M(s)與 M(l-w)模型。

### (四) 評量模型預測能力的方法

對於各種計量經濟模型而言, 預測能力的高低正是檢驗該模型的理論或假說優劣與否的

重要標準。一般而言，預測能力的評量可分為樣本內的比較和樣本外的比較，本文將使用樣本外的比較來評量模型的預測能力，這是因為樣本外預測能力的成功表示模型的設定被一組全新的樣本所證實，當然比達到好的樣本內配適度更具有說服力。

以下介紹本文用來評量預測能力高低的二種評量工具，分別是：絕對平均誤差(mean absolute deviation ;MAD),均方誤差根(root mean square error ;RMSE)。

### 1. 絕對平均誤差 (MAD)

MAD 計算方式為: 
$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^T |y_t - \hat{y}_t|}{T}$$

當分析之數列具有相同單位時，MAD 不失為一種有效偏差衡量的工具，且 MAD 經過絕對值運算後，其值大小可以用以評估模型預測值與真實值的差距。

### 2. 均方誤差 (RMSE)

RMSE 計算方式為: 
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2}{T}}$$

RMSE 可以表示模型預測能力的好壞，而且對於每個預測誤差值給予不同的平方加權方式，故可以得到較為精確的比較基礎。

### 3. 誤差標準差 (FESD)

FESD 計算方式為 
$$FESD = \sqrt{\frac{1}{T} \sum (e_t - \bar{e})^2}$$

### 4. 均方百分誤差 (RMSPE)

RMSPE 計算方式為 
$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{|Y_t|}}$$

### 5. 絕對平均相對誤差 (MARD)

MARD 計算方式為 
$$MARD = \frac{1}{T} \sum \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|$$

## 5. 資料收集與實證結果

### 第一節 資料收集與資料特性

在預測台灣半導體公司股價之年成長率中，資料來源為台灣證券交易所資料庫，收集時間自 1994/09 至 2003/06，「台灣積體電路公司」與「聯華電子公司」兩家公司股票價格(「聯華電子公司」為 1985/07/14 上市，「台灣積體電路公司」為 1994/09/05 上市)。並利用全球半導體協會產值與產量指標(WSTS IC\$ and IC Unit)<sup>4</sup>、經濟領先指標(LEI)<sup>5</sup>、電子綜合領先指數(CEI)<sup>6</sup>、綜合領先指數(CLI)<sup>7</sup>、以及設備商供應與購買領先指標(ISM-PMI)<sup>8</sup>等，作為本研究之資料。資料來源為經濟合作開發組織(OECD)與全球半導體貿易統計(WSTS)資料庫。從表 1、圖 5，股票價格的成長率，具有兩個高峰期。每個週期平均大約 30 個月，大致符合全球半導體成長之趨勢。

表 1. 「台灣積體電路公司」與「聯華電子公司」兩家公司股票價格年成長率循環週期

Company Cycle	TSMC		UMC	
	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
Cycle 1	1996/07~1997/12	1997/12~1998/12	1996/10~1997/11	1997/11~1998/11
Cycle 2	1998/12~2000/02	2000/02~2001/07	1998/11~2000/02	2000/02~2001/05
Cycle 3	2001/07~2002/05	2002/05~2003/05	2001/05~2002/08	2002/08~2003/06

資料來源：本研究整理



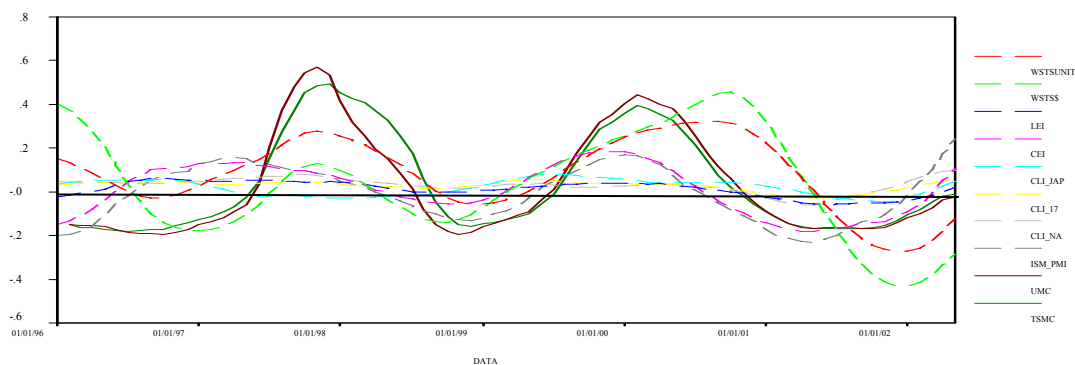


圖 5. 「台灣積體電路公司」與「聯華電子公司」兩家公司股票價格年成長率與領先指標關係

資料來源：本研究整理

至於採用月資料之原因，乃在於高科技產業中，產品生命週期變動較為快速，資料期取得太長，對產業風險性較不敏感。從資料上的特性我們首先區分成若干個子區間，進而檢查每個時期向上以及向下趨勢，在每個子區間中共選取 42 個觀測值，其中 30 個觀測值以及所選的變數是被用來建立模型的，我們稱之為樣本內的資料(In Sample)，剩下 12 個觀測值<sup>9</sup>則被用來了解自我迴歸模型(AR)與貝氏自我迴歸模型(BVAR)的預測能力，稱為樣本外的資料(Out-of-Sample)，所以樣本外的比率(out-of-sample ratio)為 28.6%(12/42)。

## 第二節 單一根檢定

根據Engle與Granger (1987)，單一根的測試提供了一個簡單的方法測試時間序列資料是否具有穩定性，許多研究人員建議VAR模型中，時間序列的資料應做一階差分以便了解是否具有單一

根(unit root)或者有趨勢存在， Augmented Dickey-Fuller (ADF)以及非參數型Phillips-Perron (PP)兩種檢定法，均可以測試單一根是否存在。為了確定各變數是否為平穩型時間序列，採用 ADF單根檢定法對各變數進行檢定，實證結果列於表2。由表2的結果可以明顯得知，在第一循環期(1996/07~1998/12)中，除了JAPAN-CLI Growth與 AMERICA-CLI Growth 需做二次差分外，其餘成長率皆很明顯的拒絕單根的存在，代表著六種成長率為穩定的狀態。在第二循環期(1998/12~2001/7)中，除了 LEI-Growth、JAPAN-CLI Growth與 ISM-PMI Growth 需做二次差分外，其餘成長率皆很明顯的拒絕單根的存在，代表著五種成長率為穩定的狀態。在第三循環期(2001/7~2003/5)中，除了IC unit Growth、ICS Growth與 AMERICA-CLI 不需做差分外，其餘成長率皆很明顯的均須作二次差分。

表 2.. 單一根檢定<sup>10</sup>

Time (1996/07~1998/12)	Augmented Dickey-Fuller Test		
	In Level	First Order Differentiation	Second Order Differentiation
IC unit growth (3/12)	-6.8130*		
IC \$ growth (3/12)	-9.1762*		
LEI-Growth	-3.5374*		
CEI-Growth	-3.4714*		
JAPAN-CLI Growth	-1.2444	-1.8915	-2.6105*
Germany-CLI Growth	-3.1823*		
AMERICA-CLI Growth	-1.5772	-1.0275	-4.1334*
ISM-PMI Growth	-3.0434*		

Time (1998/12~2001/07)	Augmented Dickey-Fuller Test			
	Groups	In Level	First Order Differentiation	Second Order Differentiation
IC unit growth (3/12)	-6.6967*			
IC \$ growth (3/12)	-2.8824*			
LEI-Growth	-1.6890		-1.9720	-3.8991*
CEI-Growth	-2.7854*			
JAPAN-CLI Growth	-2.1429		-0.8467	-2.6608*
Germany-CLI Growth	-2.6831*			
AMERICA-CLI Growth	-2.6424*			
ISM-PMI Growth	-2.2448		-1.4351	-3.2091*

Time (2001/07~2003/05)	Augmented Dickey-Fuller Test			
	Groups	In Level	First Order Differentiation	Second Order Differentiation
IC unit growth (3/12)	-12.4340*			
IC \$ growth (3/12)	-7.0747*			
LEI-Growth	-1.4447		1.0441	-2.9690*
CEI-Growth	-1.5793		0.9340	-4.0463*
JAPAN-CLI Growth	-1.6070		0.3736	-3.4715*
Germany-CLI Growth	-2.1935		-0.5022	-3.5300*
AMERICA-CLI Growth	-3.4466*			
ISM-PMI Growth	-1.4149		-0.1207	-4.6896*

資料來源：本研究整理

### 第三節 因果關係檢定

本節主要是利用前述向量自我迴歸模型進行實證，以達成態之資料，利用前述Granger(1969)因果關係定義與檢定，進行本研究變數間因果關係檢定。

Granger因果檢定法，通常是用於找出模型中有用的變數，尤其對於我們所研究的半導體產業模型更顯重要。若過去的X 變數觀察值有助於Y 變數之預測，則代表X 變數為Y 變數的前因，而Y 變數為X 變數的後果。雖然共收集了十組時間序列的資料(應變數時間序列兩組，自變數時間序列八組)，由圖5觀察得知，自變數中四個領先指標似乎較有可能，然而，我們仍然想了解那些變數對於向量自我迴歸模型(VAR)與貝氏向量自我迴歸(BVAR)是較為適合的，此外加入過多的無關變數，將會損失自由度。本文將用此定義透過顯著水準P 值，來判斷兩變數間的因果互動關係。

由於 Granger 因果關係測試對於落後期數是較為敏感的。所以設定落後期數為一期到六

期以確定不同落後期數的所選的變數是否不同，實證結果列於表 3，可得到各變數間的因果關係。

從表 3 得知，在 1996/07~1998/12 這一個循環期中本研究選擇 IC\$ growth、IC Unit growth、Japan CLI growth、Germany-CLI Growth 與 ISM-PMI Growth 五個變數。可知在本循環期中，兩公司股價除受到供給面(產值與產量成長率)外，亦受到兩個國家複合領先指標(日本與德國)與採購經理人指數之影響，此與在西元 2000 年以前全球半導體區域占有率中，日本佔 22%、歐洲地區佔 21%有極深的關係，而亞太地區所佔的比例較低，直到 2000 年以後亞太地區所佔的比例才攀升至 36%以上。(IEK-ITIS 計畫(2003 年 4 月))

在 1998/12~2001/07 這一個循環期中本研究選擇 IC\$ growth、IC Unit growth、CEI growth 三個變數，可知在本循環期中，兩公司股價除受到供給面(產值與產量成長率)外，複合電子領

先指標(包含：電子業新訂單、半導體設備市場 B/B 值、半導體與相關產業之 PPI、電子貨運投資比率、NASDAQ 指數、採購經理人指數)，說明了全球半導體的需求急速減緩，乃肇因於 2001 年美國經濟發生自 1990 年代以來首度衰退，而供給端亦因為半導體業者持續進行製程微縮和 IC 產能擴充，使得供需面嚴重失衡，與 Neil & Larry & Michael (1998 年) 利用 B/B 值實證研究所得的結果相近。

在 2001/07~2003/05 這一個循環期中本研究則選擇 IC\$ growth、IC Unit growth 兩個變數，可知在本循環期中，兩公司股價只受到供給面(產值與產量成長率)之影響，主要的因素乃因資訊、通訊與消費性產品進入微利時代，美國的各主要廠商因而尋求成本更低的晶圓代工廠，台灣與中國大陸為全球首選，再加上韓國 Samsung 投入 DRAM、LCD、與手機市場，使得亞太地區佔全球半導體規模的比例，可以超

過的三分之一(王建華等著，2003)，而美洲地區的市佔率卻從 1999 年的 32% 往下掉至約 20% 有極深的影響(IEK-ITIS 計畫(2003 年 4 月))。

由以上 Granger 之因果關係可了解：

1. IC\$ growth、IC Unit growth 兩變數不論在哪一個循環期中，均具有領先股價之變動，因此可以藉由此兩變數預測股價變動。
2. 在第一循環期與第二循環期中，則視當時外部環境不同選取不同領先指標。

在進行實證分析之前，尚須選定模式內變數的最適落後項期數，若選用的落後項期數過短，會因參數精簡 (parsimonious parameterization) 而產生偏誤；若選用的落後項期數過長，又會因參數過度化 (over-parameterization) 導致估計無效率。本研究使用 AIC 準則選取 VAR 最適落差期，以 AIC 值最小者為最適落差期，各期間最適落差期如表 4 所示。

表 3. Granger 因果檢定<sup>11</sup>

Time (1996/07~199 8/12)	P-value	IC \$ growth (3/12)	IC unit growth (3/12)	LEI-Growth	CEI-Growth	JAPAN-CLI Growth	Germany-C LI Growth	AMERICA- CLI Growth	ISM-PMI Growth
TSMC	Lag 1							0.00036*	0.03766*
	Lag 2					0.04007*	0.00367*		0.00782*
	Lag 3	0.00277*	0.00127*			0.01262*	0.00446*		0.03550*
	Lag 4	0.03254*	0.00505*			0.01529*	0.00942*		
UMC	Lag 5	0.04303*	0.00726*						
	Lag 6	0.03514*							

Time (1998/12~200 1/07)	P-value	IC \$ growth (3/12)	IC unit growth (3/12)	LEI-Growth	CEI-Growth	JAPAN-CLI Growth	Germany-C LI Growth	AMERICA- CLI Growth	ISM-PMI Growth
TSMC	Lag 1	1.5E-07*	9.2E-09*	9.1E-08*	2.1E-07*				1.9E-07*
	Lag 2	0.00080*			0.00196*				
	Lag 3	6.8E-05*	0.01775*		0.00030*				
	Lag 4	0.00024*	0.00425*		0.00785*				
UMC	Lag 5	0.00978*	0.02522*					0.00157*	
	Lag 6							0.04343*	

Time (2001/07~200 3/05)	P-value	IC \$ growth (3/12)	IC unit growth (3/12)	LEI-Growth	CEI-Growth	JAPAN-CLI Growth	Germany-C LI Growth	AMERICA- CLI Growth	ISM-PMI Growth
TSMC	Lag 1	4.9E-09*	2.7E-09*	1.9E-06*	5.4E-08*	0.00131*	2.0E-07*	0.00018*	3.8E-08*
	Lag 2	0.03235*	0.02612*						
	Lag 3	0.00660*	0.00062*						
	Lag 4	0.00493*	0.00013*					0.03642*	

UMC	Lag 5	0.04558*	7.9E-05*
	Lag 6		0.00266*

資料來源：本研究整理

表 4. 最適落差期之選取

組別	AIC	最適落差期
IC\$ growth、IC Unit growth、Japan CLI growth、Germany-CLI Growth、ISM-PMI Growth (1996/07~1998/12)	-62.4237	2
IC\$ growth、IC Unit growth、CEI growth(1998/12~2001/07)	-58.9905	1
IC\$ growth、IC Unit growth(2001/07~2003/05)	-77.2325	1

資料來源：本研究整理

#### 第四節 預測結果

台灣的股票市場中，全體散戶持有上市股票比率高達 87%以上，台灣股市為散戶市場。整體股價指數的變動關係對以散戶為主的投資人而言，並無實質的投資意義，針對個別產業及公司的股價變動與漲跌因素做分析與探討，對投資人而言會有較大的啟示與收穫。本研究期望投資者能藉由上述領先指標亦能成功預測出台灣半導體產業股價成長率循環期，投資者應何時大幅加碼，何時將股市資金轉移至其他金融商品。

藉由採用 DBVAR 模型與 AR(p)模型來比較預測能力。其中 DBVAR 模型中預測方法採用兩種不同的方式，首先以每月收盤價進行預測，其次以每月最高價與最低價進行預測在予以平均(本研究稱為 DBVAR (Average))。故在本研究中將探討下列兩項主題：

首先，股價成長率轉折發生時間與預測時間之準確性為何，投資人應於何時放空股票，何時應作多股票，謀取最大獲利。其次，在平均絕對離差(MAE)以及均方誤差 (RMSE) 兩種績效指標標準下，不同循環期預測值與實際值之差距大小，以便了解預測未來一年成長率是否準確，實證結果如表 5、表 6。

從表 5 比較兩家公司股價成長率轉折發生時間與預測時間之差異，得到下列結論：

1. 「台灣積體電路公司」三個循環期比較下，DBVAR 模型在第一循環期與第二循環期中可以提供投資人較準確的股價下跌

轉折時刻，使得投資人較早規避股價下跌風險。在第三循環期中則為 DBVAR(average)模型提供較接近的股價下跌轉折時刻，但是卻落後了接近 3 個月的時間，無法提供投資人規避股價下跌風險，究其原因，「台灣積體電路公司」在 2000/05 股價從 98 元下跌至 63 元，以至於比較基期過低，造成預測轉折時間點落後 3 個月。

2. 「聯華電子公司」三個循環期比較下，DBVAR(average)模型在第一循環期與第三循環期中可以提供投資人較準確的股價下跌轉折時刻，使得投資人較早規避股價下跌風險。在第二循環期中則為 AR(p)模型提供較準確的股價下跌轉折時刻。

從表 6 比較兩家公司預測能力比較，得到下列結論：

1. 「台灣積體電路公司」三個循環期比較下，DBVAR 與 DBVAR(average)模型在所有指標中，除了第三循環期中 FESD、RMSPE 與 MARD 三項指標外，其餘均較 AR(p)準確。舉例說明 FESD 所代表的涵義為誤差值之標準差，FESD 較小只能說明誤差值之分散趨勢較小，不一定代表預測較準。
2. 「聯華電子公司」三個循環期比較下，DBVAR 與 DBVAR(average)模型在所有指標中，除了第二循環期中 FESD、RMSPE 與 MARD 三項指標外，其餘均較 AR(p)準

- 確。
3. 不論是比較轉折點的時間與未來趨勢的走向，AR(p)的模型都是最差的。若在相同的 DBVAR 模型下，我們將股票每月最高價之成長率與最低價之成長率所做的預測值做平均(即 DBVAR (average))與每月收盤價成長率預測值(即 BVAR)比較，在表 6 中 1998/12~2001/07 與 2001/07~2003/05 此兩個週期，DBVAR 的趨勢較 DBVAR(average) 的趨勢接近，而在 1996/07~1998/12 週期中則為 DBVAR(average)之預測趨勢則較好。

表 5. 「台灣積體電路」、「聯華電子」股價成長率不同模型下循環期之比較

		循環期 1	循環期 2	循環期 3
TSMC	真實值	1997/12	2000/02	2002/05
	DBVAR	<b>1997/12*</b>	<b>2000/03*</b>	2002/09
	DBVAR(average)	1998/01	2000/04	<b>2002/08*</b>
	AR(p)	1998/04	2000/04	2002/11
UMC	真實值	1997/11	2000/02	2002/08
	DBVAR	1997/12	1999/10	2002/10
	DBVAR(average)	<b>1997/11*</b>	2000/04	<b>2002/08*</b>
	AR(p)	1997/12	<b>2000/02*</b>	2002/12

資料來源：本研究整理

表 6. 「台灣積體電路」、「聯華電子」股價成長率預測能力比較

		TSMC					UMC				
		RMSE	MAD	FESD	RMSPE	MARD	RMSE	MAD	FESD	RMSPE	MARD
Time (1996/07~ 1998/12)	AR(p)	0.02724	0.13893	0.09199	0.30854	0.68550	0.16503	0.13893	0.09199	0.30854	0.68549
	DBVAR(average)	<b>0.00110</b>	<b>0.02559</b>	<b>0.02172</b>	<b>0.09351</b>	<b>0.27457</b>	<b>0.03312</b>	<b>0.02559</b>	<b>0.02172</b>	<b>0.09351</b>	<b>0.27457</b>
	DBVAR	0.00286	0.04373	0.03173	0.13482	0.40618	0.05344	0.04373	0.03173	0.13482	0.40618
Time (1998/12~ 2001/07)	AR(p)	0.01463	0.10625	0.05986	0.43570	1.47546	0.08281	0.07445	<b>0.03788</b>	<b>0.41386</b>	<b>1.84858</b>
	DBVAR(average)	0.00368	0.04644	0.04043	0.25261	0.78281	0.0634	0.05116	0.03911	0.53354	2.12442
	DBVAR	<b>0.00086</b>	<b>0.02177</b>	<b>0.02037</b>	<b>0.11980</b>	<b>0.36853</b>	<b>0.0634</b>	<b>0.04855</b>	0.03956	0.52742	2.09873
Time (2001/07~ 2003/05)	AR(p)	0.00686	0.07445	<b>0.03788</b>	<b>0.41387</b>	<b>1.84858</b>	0.10935	0.09513	0.05684	0.39024	1.72842
	DBVAR(average)	0.00402	0.05116	0.03911	0.53354	2.12442	0.07023	0.06743	0.02065	0.35542	1.90914
	DBVAR	<b>0.00379</b>	<b>0.04855</b>	0.03956	0.52742	2.09873	<b>0.03234</b>	<b>0.03035</b>	<b>0.01177</b>	<b>0.19322</b>	<b>1.05985</b>

資料來源：本研究整理

## 6. 結論與建議

### 第一節 研究結論

股價與產業經濟變數間到底存在什麼樣的關係，一直是實務界與學術界關心的議題，如果股價的走勢遵循產業景氣循環，那麼只要能確實掌握景氣循環脈動，就可以預測股價的走勢。

本文研究標的為台灣兩大晶圓代工廠商，「台灣積體電路公司」、「聯華電子公司」股價之年成長率。研究的主要目的在於比較傳統單變量時間序列模型(ARIMA)與多變量動態時間序列模型(Bayesian Vector Autoregressive)在預測效益上的優劣，經實證研究後，主要結論如下：

1. 「台灣積體電路公司」、「聯華電子公司」股價與可能影響之經濟指標年成長率，經單根檢定後發現部分數列為非穩定數列，然而經差分後之數列則為穩定數列，且存在長期共整合關係，故應將誤差修正向納入模型中，才能使變數的短期動態關係不至於偏離長期均衡太多。

在「台灣積體電路公司」、「聯華電子公司」股價年成長率與經濟指標年成長率的關係中，樣本外的實證發現不論比較循環期與未來趨勢走向 AR(p) 是最差的，而 DBVAR 與 DBVAR(Average)的預測結果則互有其優缺點。所以本研究之貢獻有下列兩點：

1. 提出利用半導體產業領先指標等內生變數有助於提高產業與股價預測之準確性。並且成功的驗證出不論資料序列屬於長期或短期，BVAR 的模型均可以有較好的表現。
2. 對於投資人而言，投資股市就是想獲利。由於真實的股票市場受到諸多不確定風險與干擾因素的影響，而所採用的部分經濟指標也無法含括所有的風險可能因素，所以從樣本外預測中皆可發現實際股價成長率的波動幅度往往都比股價成長率預測值來的大，也因如此使得本文在對股價指數作未來預測值時很難做出吻合實際狀況的預估。投資人除了一般的基本分析與技術分析之外，本研究提供了產業領先指標與股價成長率的關係，或許可以作為投資決策的參考。

## 第二節 後續研究與建議

本研究在研究方法及過程上，仍有許多可供改善與思考的空間，本文對後續研究者提供下列建議，以供其作為進一步改進與研究參考

1. 由於 Litterman (1986)所提出BVAR 模型建議了 5 種先驗分配 (Prior Distribution)，本研究採用了 Non-Informative prior，目的考慮不對參數加入任何主觀資訊，後續研究者可針對不同先驗分配加以比較其預測能力。
2. 本研究所取得的資料與指標上的選取方式，乃參照業界所提供意見，在可能的 10 種變數中利用因果檢定方式萃取幾種相關程度較高的領先指標，而未考慮總體經濟指標上的變數(如：利率、匯率等)，後續研究者可針對變數選取方法加以改善。
3. 近來各國股票市場的表現往往除了受到整體經濟環境的影響外，盡其更受到各國產業間企業獲利或各家龍頭廠商財務報表水準的數據而左右了市場投資大眾進場的意

願，所以個體經濟數據也日益加深了對市場整體性表現的比重，因此後續而言就可以將個體經濟變數予以深入廣泛的研究。

## 參考文獻

- [1]. 孫維鴻，「金融因素與股價關係—台灣市場之實證研究」，中興大學企業管理研究所碩士論文，1987年6月。
- [2]. 蕭夙妙，「台灣分類股價指數與總體經濟變數共整合關係之實證研究」，淡江大學財務金融學系碩士論文，1986年6月。
- [3]. 徐國鈞，「臺灣金融類股價及非金融類股價與總體經濟因素關聯性之實証研究」，國立中興大學企業管理學系碩士論文，1987年6月。
- [4]. 黃柏農，「臺灣的股價與總體變數之間的關係」，證券市場發展季刊，第 10 卷第 4 期，89~109 頁，1998 年。
- [5]. 陳韻如，「盈餘與股價VAR 模型之實證研究— 台灣上市電子業」，朝陽科技大學財務金融研究所碩士論文，1999年6月。
- [6]. 蔣繼賢，「台灣積體電路產業之股價關聯性」，國立東華大學國際經濟研究所碩士論文，1999年6月。
- [7]. 吳宗蓉，「臺灣股價指數與景氣動向關聯性之探討」，國立台北大學經濟學系碩士論文，2000年6月。
- [8]. 洪志傑，「股價關聯互動之研究 - 我國半導體業上、中、下游個案」，大葉大學事業經營研究所碩士論文，2000年6月。
- [9]. 陳姿吟，「台灣股市上、中、下游股價關聯性之研究-----以積體電路產業為例」，實踐大學企業管理研究所碩士論文，2000年6月。
- [10]. Amirizadeh. H. and R.M Todd. "More growth ahead for ninth district states", Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review, 8, pp.8-17, 1984.
- [11]. Ashley. R. "On the relative worth of recent

- macroeconomic forecasts”, International Journal of Forecasting, 4, pp.363-376, 1988.
- [12]. Cargill, T.F. and S.A. Morus. “A vector Autoregressive model of NAVADA economy”, Economic Review, Federal Reserve Bank of San Francisco, No. 1, pp.21-32, 1988.
- [13]. Christiano, L. J., Eichenbaum, M., and Evans, C. L. “Monetary Shocks: What Have We Learned, and to What End?” Forthcoming in the Handbook of Macroeconomics, 1997.
- [14]. Curry, D. J., Divakar, S., Mathur, S. K., Whiteman, C. H. “BVAR as A Category Management Tool: An Illustration and Comparison with Alternative Techniques”, Journal of Forecasting 14, pp.181-199, 1995.
- [15]. Dayananda, Don and Wen-Yao Ko, “Stock Market Returns and Macroeconomic Variables in Taiwan,” in Bos Theodore and Fetherston, T. A(eds). Advance in Pacific Basic Financial Markets, 95-100, JAI pressm, 1996.
- [16]. Dickey, D.A. and W.A. Fuller. “Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, Econometrica 49, pp.1057-1072, 1981.
- [17]. Doan, T., RATS User’s Manual, Estima, Evanston, IL, pp.8-20, 1992.
- [18]. Doan, T., Litterman, R. B. and Sims, C. A. “Forecasting and Conditional Projection Using Realistic Prior Distributions”, Econometric Reviews 3, pp.1-100, 1984.
- [19]. Dreze, J. H. and J.-A. Morales. “Bayesian full information analysis of simultaneous equations”, Journal of the American Statistical Association, 71, pp.919-23, 1980.
- [20]. Dua, P. and Ray, S. C. “A BVAR model for the Connecticut Economy”, Journal of Forecasting 14, pp.167-180, 1995.
- [21]. Dua, P. and Smyth, D. J. “Forecasting US Homes Sales Using BVAR Models and Survey Data on Households’ Buying Attitudes for Homes”, Journal of Forecasting 14, pp.217-227, 1995.
- [22]. Engle, R.F. and C.W. Granger. “Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing”, Econometrica 55, pp.251-276, 1987.
- [23]. Enders, W. Applied Econometric Time Series, John Wiley & Sons, 1995.
- [24]. Evans, Charles L. and Kenneth N. Kuttner. Can VARs Describe Monetary Policy? Unpublished Manuscript, April, 1998.
- [25]. Fama, E.R., “Stock Returns, Real Activity, Inflation and Money,”American Economic Activity, September, pp.545-565, 1981.
- [26]. Fung, Hung-Gay and Chin-Jen Lie, “Stock Market and Economic Activities: A Causal Analysis,” in S.G. Rhee and R. P. Chang (ed.) Pacific-Basin Capital Markets Research, Else-vier Science Publishers, North Holland, 1990.
- [27]. Funke, M. “Assessing the forecasting accuracy of monthly vector Autoregressive models: The case of five OECD countries”, International Journal of Forecasting, 6, pp.363-378, 1990.
- [28]. Gargett, “The Link Between Stock Prices and Liquidity”, Financial Analyst Journal, pp.50-54, 1978.
- [29]. Geisser, S. “Bayesian estimation in multivariate analysis”, Annals of Mathematical Statistics, 36, pp.150-9, 1965.
- [30]. Geweke, J. “Bayesian inference in econometric models using Monte Carlo

- integration”, Econometrica, 58, pp.1317-39, 1989.
- [31]. Geweke, J. Monte Carlo simulation and numerical integration, in H. Amman, D. Kendrick and J. Rust (eds), Handbook of Computational Economics, North-Holland, Amsterdam, 1995.
- [32]. Hamilton, J. D. Time Series Analysis, Princeton Press, NJ, 1994.
- [33]. Holden, K. “Vector Autoregressive Modeling and Forecasting”, Journal of Forecasting 14, pp.159-166, 1995.
- [34]. Hoque, A. and Latif, A. “Forecasting exchange rate for the Australian dollar vis-à-vis the US dollar using multivariate time-series models”. Applied Economics 25, 403-407, 1993.
- [35]. J.C. Lee, P.H. Hsu, C.H. Wang. “Production forecasting for technology industries: A Bayesian vector Autoregressive (BVAR) model based on industrial clusters”, Working Paper, Institute of Statistics, National Chiao Tung University, 2000.
- [36]. John Kraft & Arthur Kraft, “Determinants of Common Stock Prices: A Time Series Analysis, ”Journal of Finance, vol2, pp.417-415, 1997.
- [37]. Joutz, F. L., Maddala, G. S. and Trost, R. P. “An Integrated Bayesian Vector Autoregressive and Error Correction Model for Forecasting Electricity Consumption and Prices”, Journal of Forecasting 14, pp.287-310, 1995.
- [38]. Kadiyala, K. R. and Karlsson, S. “Forecasting with generalized Bayesian vector Autoregressives”, Journal of Forecasting, 12, pp.365-78, 1993.
- [39]. Kadiyala, K. R. and Karlsson, S. “Numerical Method for Estimation and Inference in Bayesian VAR-Models”, Journal of Applied Econometrics 12, pp.99-132, 1997.
- [40]. King B.F., “Market and Industry in Stock Price Behavior”, Journal of Business, Jan. 1966, pp.139-190.
- [41]. Kumar, V., Leone, R. P. and Gaskins, J. N. “Aggregate and Disaggregate Sector Forecasting Using Consumer Confidence Measures”, International Journal of Forecasting 11, pp.361-377, 1995.
- [42]. Kuprianov, A. and W. Lupoletti. “The economic outlook for fifth district states in 1984: Forecasts from vector Autoregressive models”, Economic Review, 70, Federal Reserve Bank of Richmond, January/February, pp.12-23, 1984.
- [43]. Lesage, J.P. “Incorporating regional wage relations in local forecasting models with a Bayesian prior”, International Journal of Forecasting, 5, pp.37-47, 1989.
- [44]. Litterman, R. B. “A Bayesian Procedure for Forecasting with Vector Autoregressive”, Working Paper, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Economics, 1980.
- [45]. Litterman, R. B. and Supel, T. M. “Using Vector Autoregressives to Measure the Uncertainty in Minnesota’s Revenue Forecasts”, Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review, 7 (Spring), pp.10-22, 1983.
- [46]. Litterman, R. B. “Specifying Vector Autoregressives for Macroeconomic Forecasting”, Staff Report 92, Federal Reserve Bank of Minneapolis, Research Dept, 1984.
- [47]. Litterman, R. B. “How Monetary Policy in 1985 Affects the Outlook”, Quarterly



- Review - Federal Reserve Bank of Minneapolis, Minneapolis 9 (4), pp.2-14, 1985.
- [48]. Litterman, R. B. "Forecasting with Bayesian Vector Autoregressives – Five Years of Experience", Journal of Business and Economic Statistics 4 (1), pp.25-38, 1986.
- [49]. Liu, T., Gerlow, M.E. and S.H. Irwin. "The performance of alternative VAR models in forecasting exchange rates", International Journal of Forecasting 10, pp. 419-433, 1994.
- [50]. Lutkepohi, H. Introduction to Multiple Time Series Analysis. 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- [51]. Lupoletti, William M., and Webb, Roy H. "Defining and Improving the Accuracy of Macroeconomic Forecasts: Contributions From a VAR model", Working Paper 84-6, Federal Reserve Bank of Richmond, 1984.
- [52]. Marchetti, D. J. and Parigi, G. "Energy Consumption, Survey Data and the Prediction of Industrial Production in Italy: A Comparison and Combination of Different Models", Journal of Forecasting 19, pp.419-440, 2000.
- [53]. McNees, S.K. "Forecasting accuracy of alternative techniques: A Comparison of U.S. macroeconomic forecasts", Journal of Business and Economic Statistics, 4, pp.5-15, 1986.
- [54]. Mookerjee R. and Q. Yu, "Macroeconomic Variables and Stock Prices in a Small Open Economy: The Case of Singapore," Pacific-Basin Finance Journal, Vol. 5, No.3, July, pp. 377-388, 1997.
- [55]. Patelis, Alex, D, "Stock Return Predictability and the Role of Monetary Policy", Journal of Finance, Vol.5,pp.1951-1972, 1997.
- [56]. Po-Hsuan Hsu, Chi-Hsiu Wang, Joseph Z. Shyu, Hsiao-Cheng Yu. "A Litterman BVAR Approach for Production Forecasting of Technology Industries". Technological Forecasting and Social Changes, 2002.
- [57]. Ravishanker, N and Ray B. K. "Bayesian Analysis of Vector ARMA Models using Gibbs Sampling", Journal of Forecasting 16, pp.177-194, 1997.
- [58]. Richard and Mbodj, "On the dynamic relation between stock prices and exchange rates ", The Journal of Financial Research ; Vol.19 ,pp.193-208, 1996
- [59]. Rudebusch, Glenn D. "Do Measures of Monetary Policy in a VAR Make Sense?" International Economic Review, November 39, 4, pp.907-31, 1998.
- [60]. Sarantis, N. and Stewart, C, "Structural, VAR and BVAR Models of Exchange Rate Determination: A Comparison of Their Forecasting Performance", Journal of Forecasting 14, pp.201-215, 1995.
- [61]. Schwarz, G. "Estimating the Dimension of A Model", Annals of Statistics 6, pp.461-464, 1978.
- [62]. Sims, C. A. "Macroeconomics and Reality", Econometrica 48 (1), pp.1-48, 1980.
- [63]. Spencer, D. E. "Developing A Bayesian Vector Autoregressive Forecasting Model", International Journal of Forecasting 9, pp.407-421, 1993.
- [64]. Sprinkel, B. W., Money and Stock Price, Homewood: Richard D. Irwin, 1984.
- [65]. Tiao, G. C. and A. Zellner. "On the Bayesian estimation of multivariate regression", Journal of the Royal Statistical Society, B26, pp.389-99, 1964.

[66]. Unro Lee, "The Impact of Finance Deregulation on the Relationship Between Stock Price and Money Policy", Quarterly Journal of Bussiness & Economics, Vol.22 ,pp.37-50, 1994.

[67]. Zellner, A. An Introduction to Bayesian Inference in Econometrics, John Wiley, New York, 1971.

市場因素：可能影響整個股票市場變動的因  
素，如利率、貨幣供給、匯率、工業生產指數...  
等總體經濟變數。

<sup>2</sup>產業因素：可能影響某一產業股價的因素，如產  
業特性、產業生命週期、產業的競爭力、法令限  
制...等。

<sup>3</sup>公司因素：可能影響某一公司股價變動的因  
素，如內部的人事政策、公司盈餘、股利政策、董  
監事持股比例與改選、公司財務結構...等。

<sup>4</sup> (1) WSTS-IC-Worldwide (unit 3/12)：半導體產  
出數額三月平均較上年同期增加率。

(2) WSTS-IC-Worldwide (dollar 3/12)：半導體  
銷售金額三月平均較上年同期增加率。

<sup>5</sup> Leading Economic Index：由 11 個具領先特質  
的構成因子組成：平均每週工作時數、首度申  
請失業救濟人數、消費財新訂單、賣方業績、

廠房設備訂單、建築許可、實質 M2、股票價格  
(S&P500)、未來交貨訂單的變化(耐久財)、  
敏感性物料價格、消費者預期指數，領先經濟  
指標指數是設計用來預測未來的經濟活動。

<sup>6</sup> Composite Electronics Leading Index：由 6 個具  
領先特質的構成因子組成：電子業新訂單、半  
導體設備市場 B/B 值、半導體與相關產業之  
PPI、電子貨運投資比率、NASDAQ 指數、採  
購經理人指數。

<sup>7</sup> Composite Leading Index：工業生產指數、製  
造業生產指數、製造業銷售值、製造業平均每  
人每月薪資、票據交換金額、國內貨運量。

<sup>8</sup> Institute for Supply Management & Purchasing  
Manager's Index：採購經理人指數 (PMI) 是由  
供應管理協會 (ISM, 原國家採購經理人協會,  
National Association of Purchasing  
Management, NAPM) 於每月第一個營業日所  
公布的商業調查報告。ISM 指數的編製方式，  
是直接調查超過 250 家產業公司的採購經理人  
所得出的，調查範圍包括 50 個州的 21 個產業。  
受訪的採購經理就生產，訂單，商品價格，存  
貨，賣方業績與就業等範疇，回答一份問卷。

<sup>9</sup> 本研究共取 42 個觀測值，其中達到高峰前取  
36 個觀測值(前 30 個觀測值作為建立模型)，剩  
下 6 個觀測值與達到高峰後 6 個觀測值，則作  
為樣本外的資料。

<sup>10</sup> 設單一檢定之  $\alpha = 0.1$ 。

<sup>11</sup> 設 Granger 因果檢定之  $\alpha = 0.05$ 。

## 建構通路成員交易公平性之量表

### Construct Measurement of Justice for The Members in Channels of Distribution

婁文信<sup>1</sup> 李政達<sup>2</sup> 孔祥科<sup>3</sup>

Wen-shinn Low<sup>1</sup>, Jeng-da Lee<sup>2</sup>, Syang-ke Kung<sup>3</sup>

清雲科技大學 企業管理系<sup>1</sup>

清雲科技大學 經營管理研究所<sup>2</sup>

清雲科技大學 國際企業系<sup>3</sup>

[Wayne@mail.cyu.edu.tw](mailto:Wayne@mail.cyu.edu.tw)<sup>1</sup>

[Rick1317@yahoo.com.tw](mailto:Rick1317@yahoo.com.tw)<sup>2</sup>

[Kung@mail.cyu.edu.tw](mailto:Kung@mail.cyu.edu.tw)<sup>3</sup>

#### 摘要

以往公平性的概念多從組織行為的觀點，近年由於服務業的興起，此概念逐漸被擴大應用於組織外部的消費者面，但在通路的領域仍缺乏相關的研究，尤其是通路成員交易公平性量表之建構。本研究以北台灣零售商為研究對象，透過較嚴謹的結構方程式與驗證性因素分析檢驗量表的信度與效度，探討通路成員交易公平性之相關因素，瞭解零售商對各相關因素之評比，以建構一個穩定之量表，做為未來相關研究之參考。研究結果顯示，不管在建構效度與複核效度均達以往各學者建議之標準，顯示本研究量表有一定的穩定度。研究結果也發現，分配公平的因素負荷量最高，其次為互動公平性，再其次為程序公平性；表示零售商最在乎本身投入與所獲報酬之多寡。本研究並針對研究發現在理論與實務之涵義進行討論。

**關鍵字：**通路公平性、量表建構、複核效度、零售業。

## **Abstract**

Prior research into justice is mostly from a perspective of organizational behavior. Along with the emerging of service industry, justice is further applied outside of the organizations. However less attention has been paid to marketing channel, in particular, the robust of a measure of channel justice. Using Structure Equation Model (SEM) and confirmative factor analysis, this study examines the reliability and validity of the measurement of channel justice in order to construct a robust measurement for further research. Sampling from 407 non chain retailing companies, the results of this research demonstrate that most indices are qualified and achieve requirements of researchers, showing that the measurement has featured certain stability and robustness. The finding of this research also reflects that among the three justices, distributive justice has the highest loading, followed by interactional justice and procedural justice. It appears to imply that the retailing industry in north Taiwan are more concerned with the ratio between their input and rewards. Theoretical and practical implications are discussed.

**Key words:** Justice, Measurement construction, Cross validation, Retailing industry.

## 一、緒論

### 1.1 研究動機與目的

早在 1960 年初期，便有學者發現人們對公平與否的認知會影響其行為 (e.g. Adams, 1963; Vroom, 1964)，許多組織行為學者應用此觀念探討組織內部的公平性 (e.g. Field and Mary, 2000; Cohen-Charash and Paul, 2001; Ambrose and Schminke 2003; Greenberg, 2004; Lisa and Edward, 2004; 王滢婷和李美慧, 2004; Harif, 2005)。

近年來服務業發展迅速，公平性的概念被擴大至組織外部，尤其是企業與消費者之間(B to C) (e.g. Oliver and Swan, 1989; Seiders and Berry, 1998; Jen and Chia, 2005; Thomas, Chris and Charles, 2005)，但是對於企業與企業之間(B to B)公平性的研究仍相當缺少。隨者企業逐漸重視行銷通路，並且不於餘力建立自有通路或發展多重通路的同時，實有必要將公平性的觀念應用於行銷通路上，使得通路夥伴在交易過程中，有充分的溝通與互動，且得到合理的報酬，進而更加強彼此的合作。

國內學者在研究公平性之量表方面，大都直接自國外翻譯而成，未考慮跨文化，以及由 B to C 轉成 B to B 的差異；同時也忽略部份問項的變異量與因素結構(factor structure)改變所造成之偏誤(鄭健雄、劉孟奇, 2003)；且研究者都只針對一組樣本進行分析，無法檢驗所得到之研究是否穩定 (Robust) (譚大純等, 2000)。

基於上述動機，本研究希望能藉由結構方程模式 (Structural Equation Models, 簡稱 SEM) 當中的驗證性因素分析 (Confirmatory Factor Analysis: CFA)，來建構一個可以有效衡量「通路成員交易公平性」的量表，並探討何種公平性對於零售商最具影響性。為了增加建構量表之效度，除觀察變數之信度(Cronbach's  $\alpha$  與組合信度)、效度檢定(內容效度、區別效度、收斂效度與

因素效度)外，另外採用複核效度 (cross-validity) 檢驗，以增加本研究量表的穩定性。

## 二、文獻探討

### 2.1 公平性

研究公平性之學者大都由不同的觀點出發，例如組織行為、服務公平性、服務抱怨、服務補救、顧客滿意度、通路關係，來探討公平性(justice or fairness)的型態。Harif, Amali and Rifal (2005)由組織行為的觀點說明兩種型態的組織公平性：分配公平性和程序公平性；前者探討員工對公平性結果的認知，而後者關注在組織如何決定的過程。除分配和程序公平外，亦有學者加入了互動的觀念，例如 Lisa and Edward (2004)在顧客滿意度與組織公平性的研究中，提出三種型態的公平性：分配公平性、程序公平性與互動公平性，其中分配公平性偏重組織/廠商決策的「結果」；程序公平性關注組織/廠商決策的「過程」；而互動公平性的重點在於，關係廠商或客戶對於目標組織/廠商所發出溝通訊息的「感受」(sensitivity)。以下介紹三種公平性。

#### (一)、分配公平性(distribution justice)

分配公平性源自社會交易理論，指交易的雙方，對於所得的結果或是相對報酬是否感到公平，因為人們在社會交換的過程中，會將自己的投入-報酬的比例與參考對象進行比較，若發現其與參考對象的投入-報酬比率不同，則會產生不公平的感覺，進而改變其行為。Deutsch (1985)認為分配公平性普遍存在於社會所有的交換關係中，只要有交換關係，雙方就會對於實質結果的分配，產生分配公平性的認知。James, Anthony and Robert (2006)認為分配公平性是在有助於另一方之情境下，成員認知其所接受到公平的結果。Kumar, Scheer and Steenkamp (1995)認為分配公平性乃是零售商對製造商利潤或其他結果分享的認知。丁學勤(2003)認為分配公平性為零售商對於與供應商交易所獲得的實際結果，與其認為應得的

結果比較後的心理感受。

## (二)、程序公平性(procedural justice)

程序公平性是指對於達成協議過程中，政策、程序、方法的公平性而言(Alexander and Ruderman, 1987; Lind and Tyler, 1988)。Seiders and Berry(1998)認為程序公平乃是形成共同結果之過程或者是系統中之知覺公平。Maxham III and Netemeyer (2003)認為程序公平是顧客對公司服務補救過程或政策的做法是否知覺到公平。Folger and Greenberg (1985)認為程序公平是在決定產出過程之公平性，亦即對於決策之政策與過程之認知性公平。Kumar, Scheer, and Steenkamp(1995)從通路的觀點認為，程序公平性乃是零售商對製造商處理相關事務程序之知覺。由以上諸多之研究，不管是在服務補救、組織行為、行銷通路等各方面，學者大致的論述都是認為程序公平性是雙方共同決定的程序與過程。

## (三)、互動公平性(interactional justice)

Gilliland(1993)認為互動公平性是用以評斷服務事件，人們所遭受的人際對待的標準。Bies and Moag(1986)認為互動公平性乃是在組織程序進行中，個人所受之人際待遇，亦指在人際溝通的程序中所知覺到的公平。丁學勤(2003)認為零售商由供應商獲得的人際間對待的公平性知覺。以往探討通路成員公平性的研究近幾年的學者僅將公平性分為分配公平性、程序公平性兩種(e.g. Kumar et al., 1995; Cengiz, Bulent and Kabaday, 2004; Brown, Cobbb and Lusch, 2006)，但本研究認為在通路交易的過程中，社會面(人與人接觸)也是影響交易的一項重要因素，故應考量互動公平性，才能更完整的表達公平性的概念。綜合以上學者的論點，不管是在服務補救、行銷通路、組織行為等方面，大致上各學者的論述都是認為以良好的人際互動對待顧客、零售商與員工的方式，即是互動公平性。

## 2.2 公平性之衡量問項

Seiders and Berry (1998)在企業與消費者關係的研究中，指出分配公平性的三個原則：公平(equity)、平等(equality)、需求(need)。公平原則是指供應的結果與輸入的交換之比例；平等原則指不管任何貢獻的交換都是相同的結果；需求原則乃是不管什麼貢獻結果都是以需求為基礎。Kim and Mauborgne (2005)在「藍海策略」一書中認為，程序公平性包含三個相輔相成的要素：參與(engagement)、解釋(explanation)、期望透明化(clarity of expectation)。Kim and Mauborgne (2005)認為，不論高級主管或是銷售人員，都應重視這些因素，稱之為「公平程序的 3E 原則」。程序公平的判斷係依據這三個標準，缺少三者中任何一項，都不能產生公平程序。Tax, Brown and Chandrashekar (1998)在衡量互動公平性時，以解釋/描述原因(explanation/causal account)、誠實(honesty)、禮貌(politeness)、努力(effort)、體貼性(empathy)做為互動公平性的衡量變數。

本研究經由文獻回顧發現，Goodwin and Ross (1992), Seiders and Berry (1998), Tax, Brown and Chandrashekar (1998), Smith, Bolton and Wagner (1999), Maxham III and Netemeyer (2003), 丁學勤 (2003), Kim and Mauborgne (2005), James, Anthony and Robert (2006)等學者在衡量公平性時，除分配公平性較一致外，所使用的變數會因研究目的而有所不同。

例如，Goodwin and Ross (1992) 研究消費者對服務失敗的反應，發現程序公平性之資訊的重要性，亦即「抱怨要被聽得到，並獲得解決」，才會使消費者滿意，類似後續學者提出的發言機會(voice)；在互動公平性中，強調懷抱歉意會影響顧客的滿意度。Smith, Bolton and Wagner (1999)研究服務補救，將程序公平分為時間、彈性；將互動公平分為關懷、溝通、用心、禮貌。Tax, Brown and Chandrashekar (1998)同樣探討顧客抱怨處理，但其所是用的衡量變數較前者更廣泛，除分配公平僅以公平原則(equity)

衡量外，三位作者將程序公平分為過程控制、投訴對象、時間/速度、發言機會、彈性；互動公平分為誠實、解釋、同理心、禮貌、努力（指態度上用心）。

此外，Maxham III and Netemeyer (2003) 探討如何鼓舞員工做好服務補救，不同的是，調查對象為服務業的員工，研究結果發現，員工覺得被公司公平的對待之後，才會善待顧客。作者將程序公平構面分為時間/速度、無偏差、過程控制；互動公平分為禮貌、同理心、努力、誠實。Seiders and Berry (1998) 強調公平性在服務業中的重要性，將程序公平分為一致性、無偏見、正確性、更正能力、代表性、道德性；將互動公平分為尊重、誠實、禮貌，Seiders and Berry 的衡量指標也是許多後續研究者所參考的。

在廠商—廠商 (B to B) 方面，丁學勤 (2003) 調查零售商對於供應商公平性的認知，整合各種研究後，將程序公平衡量構面分為無偏見、可反駁、具知識性；將互動公平分為解釋、雙向溝通、禮貌；與前述廠商—消費者 (B to C) 研究不同之處，除衡量項目較少外，增加了「具知識性」，作者認為「供應商必須對零售商當地作業情況熟悉，p. 74」，顯示與 B to C 交易不同。最近，James, Anthony and Robert (2006) 也研究通路中批發商與供應商之公平性，其將程序公平分為一致性、發言機會、相互溝通；顯然，作者是將互動公平中的溝通併入了程序公平性之中。

整體而言，B to B 研究之衡量項目較 B to C 為少，其原因可能是因為消費者通常並不熟悉每家商店的服務過程，服務人員與消費者之間更多是第一次接觸，故服務的公平性，尤其是程序公平與互動公平，更需要人員細膩的操作，故公平性的衡量變項也較細緻。茲將三種公平性之構面與定義整理如表 1。

表 1 公平性三種型態構面衡量與定義

公平性種類	公平衡量問項	定義
分配公平性 (支出的決定或配置)	公平	供應的結果與輸入的交換成正比。
	平等	不管任何貢獻的交換都是相同的結果。
	需求	不管什麼貢獻結果都是以需求為基礎。
程序公平性 (程序或系統使用在形成的結果)	一致性	在所有的情形下行為相同。
	偏見抑制	阻止自我的利益。
	正確性	資訊的錯誤減縮到最小。
	糾正能力	允許決策的上訴與翻轉。
	代表性	價值反應所有的次群體。
	道德性	符合倫理和道德上的價值。
	流程控制	自由的溝通取決於決策的流程。
	決策控制	個體接受或拒絕一決策結果的自由程度。
	投訴對象	對於意見有告知的對象。
	時間/速度	完成一個程序所花的時間。
	彈性	分配的適應性去反映個體的情況。
	發言機會	表達意見以及對現況之感覺。
	可反駁	可反駁政策的程度。
	無偏見	對所有的通路政策都相同。
	具有知識	作業的熟悉程序。
參與	邀請員工參與表達意見，准許他們針對彼此的想法和建議進行辯論，讓他們參與會影響其工作策略決定。	
解釋	每個參與決策和受到決策影響的人，都應該瞭解最後的策略決是如何做成的。	
期望透明化	決定策略後，經理人必須明白宣示新的遊戲規則。	
互動公平性 (從服務的提供者得到個別人與人之間的對待)	解釋/描述原因	為失敗提供一個理由。
	誠實	察覺資訊提供的真實。
	禮貌	好的態度，謙恭的行為。
	努力	以正面的能量來解決問題。
	同理心	提供愛心對個體的照顧。
	尊敬	客感到被尊重之程度。
	公正	公平的行為並沒有偏頗。
	表達歉意	表現出殷勤、關心、努力、以及同理心，藉以提高顧客對於服務補救之評價。
	真誠	真誠並公平的態度。
	端莊	態度是適宜的。
	關懷	個體的注意力、關心的提供。

資料來源：本研究整理



### 2.3 效度與複核效度

所謂效度(validity)是指使用的測量工具(問卷)能否正確衡量出研究人員所想量測事物的程度。

本研究在模式的檢驗上，除了傳統的建構效度方法之外，進一步以複核效度檢驗量表在不同樣本上的穩定性。

複核效度(cross-validation)是指測量的結果具有跨樣本或跨情境的有效性，其概念非常接近測驗上「效度」的概念；亦即，研究者從不同樣本上重複獲得證據來證明測量分數有效性的一個動態性、累積性的過程。具體的作法是將某一個研究的樣本切割為兩個樣本，或是將同一套測量工具實施於另一個樣本，然後利用統計分析來進行效度數據的跨樣本檢驗。這兩個樣本當中，被用來產生參數估計者，稱為測定樣本(calibration sample)，被用來作為複核檢驗的樣本，稱為效度樣本(validation sample)(邱皓政, 2003)。

在 SEM 中，檢測複核效度之指標主要有三：AIC (Akaike's Information Criterion, Akaike 訊息指標)；CAIC (Consistent Akaike's Information Criterion, Akaike 一致訊息指標)；ECVI (Expected Cross Validation Index, 期望複核度指標) (Hair, Anderson, Tatham and Black, 1998)。AIC 是指模型的卡方值減去二倍的自由度，AIC 指數愈低，複核效度愈理想(Hair et al., 1998)。CAIC 是 AIC 指數的修正，改善了 AIC 在樣本數較少時會有低估的缺點(Cudeck and Browne, 1983)。ECVI 指數反應了在相同的母體之下，不同樣本所重複獲得同一個理論模型的契合度的期望值。ECVI 值越小，模型的波動性越小，該理論模型越好(邱皓政, 2003)。除了傳統的建構效度方法之外，本研究進一步利用以往學者所使用的 AIC、CAIC 與 ECVI 指標來檢驗測量模型的複核效度。

## 三、研究方法

### 3.1 衡量模式

本研究利用線性結構方程式中的驗證性因

素分析之方法，針對通路成員交易公平性之衡量模型進行信度與效度之檢驗，如 1 圖所示。

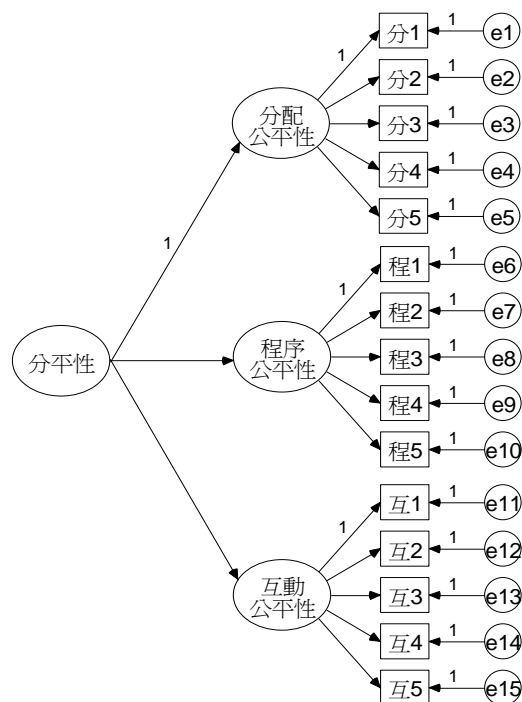


圖 1 公平性之二階驗證性因素分析模式

### 3.2 研究變項與操作性定義

由於本研究著重在零售商對供應商關係的知覺，因此問卷的敘述乃以零售商的角度而設計。為了提高問卷內容的信度與效度，本研究的問卷初步採過去國內外學者經過驗證發展不錯的量表，並再加以修改後，發展出合理的衡量問卷。

本研究依據各學者之建議將公平性的三種型態分為：分配公平性、程序公平性與互動公平性，其間的差異在於強調的範圍不同。分配公平性強調獲得結果的公平性，程序公平性強調過程的公平性，而互動公平性則強調人際間的互動，三種型態之操作性定義如下表 2 所示。

在公平性的衡量方面，除參考表 1 外，另外參考了 Kumar, Scheer, and Steenkamp(1995)、丁學勤(2003)和王滢婷和李美慧(2004)的量表，再加以修正。由於公平性的研究在組織行為理論上發展較早，如果將其直接運用到廠商行為上，可能有些題項不太適合，因此本研究將其修改並整合為通路可以適用的量表。例如，「正確性」與「糾正能力」在觀念上類似，故合併為一；「禮貌」、「尊

敬」及「端莊」亦即為接近，也合併為一；「解釋」與「代表性」較偏向個人行為概念，故捨去，經修正後共編製合計 15 題問項來衡量三種公平性。問卷採 Likert 五點量表，由非常不同意到非常同意，給予 1 到 5 分，分數越高者，代表認同度或滿意度越高；反之，則代表認同度或滿意度越低。

表 2 公平性構面與操作性定義

操作性變數	操作性定義
分配公平性	零售商與供應商之間交易所獲得的實際結果與心理報酬是否公平。
程序公平性	零售商對供應商執行相關程序及過程時的感受是否公平。
互動公平性	供應商所給予零售商一種人與人之間對待感受是否公平。

### 3.3 抽樣設計

本研究之抽樣以台北市、台北縣、新竹縣市、與桃園縣市非連鎖體系的零售商為研究對象，其中，零售商是指將產品或服務直接銷售給個人消費者的廠商；所謂連鎖體系指經營同類商品或服務的企業，在總部指導下提供標準化經營，以達

成規模經濟的組織型態。本研究之非連鎖體系的零售商是指，非上述經營型態且將產品或服務直接銷售給個人消費者的廠商。排除連鎖體系零售商是考量其供應商均為連鎖總部之獨家供應，零售商別無選擇，對於公平性的認知可能與非連鎖體系的零售商有所不同，故將連鎖體系的零售商排除。採立意抽樣 (purposive sampling)，選定了四大地區的鬧區(例如火車站或主要商圈)作為抽樣對象。調查期間於 95 年 1-3 月，共發出 700 份(電話傳真 167 份、郵寄問卷 120 份、直接或委託發送 413 份)，回收問卷 429 份，回收率 61%，有效問卷 407 份，有效回收率 58%。

回收之樣本特性如表 3 所示。在職稱方面，以負責人居多，佔 39.3%，主管與店長各佔 36.1% 與 24.6%。在地區方面，以臺北市居多，佔 40.3%，桃園縣市、臺北縣與新竹縣市各佔 25.1%、17.9% 與 16.7%。在合作時間方面，以 6 至 10 年為最多，佔 31.2%。在產業方面，家電用品與電腦通訊居多，各佔 12.5% 與 12.0%，以影音出租業與唱片行為最少，各佔 1.5%。

表 3 基本資料統計表

項目	變項	人數	百分比%
職稱	負責人	160	39.3%
	主管	147	36.1%
	店長	100	24.6%
受訪之地區	臺北縣	73	17.9%
	臺北市	164	40.3%
	桃園縣市	102	25.1%
	新竹縣市	68	16.7%
項目	變項	人數	百分比%
與供應商合作時間	1 至 5 年	95	23.3%
	6 至 10 年	127	31.2%
	11 至 15 年	92	22.6%
	16 至 20 年	68	16.7%
	21 至 25 年	16	3.9%

	26 至 30 年	5	1.2%
	30 年以上	4	1.0%
產業別	食品	37	9.1%
	雜貨店	34	8.4%
	房屋	8	2.0%
	教育服務	17	4.2%
	家電用品	51	12.5%
	汽車及零件	21	5.2%
	電腦與通訊	49	12.0%
	服飾	27	6.6%
	眼鏡	11	2.7%
	影音出租業	6	1.5%
	唱片行	6	1.5%
	花店	17	4.2%
	水果商	13	3.2%
	醫療	10	2.5%
	影印店	7	1.7%
	書局	17	4.2%
	傢俱商	14	3.4%
	電玩遊戲	7	1.7%
	美容業	21	5.2%
	運動用品	8	2.0%
	其他	26	6.4%

#### 四、調查結果

##### 4.1 探索性因素分析

本研究首先利用探索性因素分析探討公平性之構面進行因素分析，以利於研究資料的進一步分析，主要是採用主成份分析法 (Principal Components Method)，目的在於縮減構面。根據學者 Kaiser 之研究，若 KMO 值大於 0.7 以上，則適合進行因素分析。本研究之結果各構面的 KMO 值均大於 0.7 以上，且 Bartlett 的球型檢定相對應之顯著性(P)為 0.000，故符合學者所提出之研究標準，值得進行因素分析。

此部份將問卷公平性的 15 題問項進行因素萃取，如表 4 所示，可以發現本研究在公平性各問項上因素負荷量均大於 0.6 以上，並無刪除任何題項，共萃取出三個因素，其特徵值分別為 4.960、3.036 與 1.816，累積解釋量為 65.408%，

顯示出三個因素能代表原始資料之結構。在因素一的部份，本研究將 5、3、1、4 與 2 共 5 題。由於問項與原先之分類相同，未有變動，因此將命名為「分配公平性」；在因素二的部份，將 7、10、6、8 與 9 共 5 題問項，加以命名為「程序公平性」；在因素三的部份，本研究將 11、14、15、12 與 13 共 5 題問項，加以命名為「互動公平性」。

一個有效的因素分析必須符合下列條件：(1) 樣本數至少在 100 以上；(2) 樣本數與變項的比例至少在 2:1 以上；(3) 能夠透過適當的轉軸程序將適當數目的因素轉成簡單結構(Simple Structure)等條件(Kline, 1994)。見表 3 可以發現，因素負荷量矩陣符合簡單結構的要求；其中每一個因素皆有高度的相關(大部份相關係數皆在 0.6 以上)。並且與原先所設計之衡量問項相符，顯示探索性因素的結果相當成功。

表 4 公平性之探索性因素分析

衡量問項	因素一	因素二	因素三
5、該供應商提給我們的利潤是合理的	0.797		
3、有時候我們有一些特別的請求，該供應商也能予以配合	0.778		
1、與該供應商做生意至今，我投入的時間與金錢與所獲得的報酬是公平的	0.761		
4、我願意銷售該供應商所有的產品，因為可以獲得應有的報酬	0.731		
2、我感覺該供應商對待所有的零售商都是公平的	0.670		
7、該供應商處理退貨時，有一定作業的程序		0.833	
10、即使作業流程有出錯，該供應商也會很快的更正。		0.772	
6、該供應商調整進貨價格時，會對我們做適當的說明		0.771	
8、該供應商的作業程序與業界的標準一致		0.761	
9、該供應商的作業流程很少出錯		0.708	
11、該供應商對於決策變更或錯誤，不會主動向我們提供合理的解釋。			0.882
14、該供應商的業務人員對我們的權利表示關心			0.823
15、該供應商的業務人員會提供真實的資訊給我們			0.809
12、該供應商改變任何的政策時，會聽取我們的意見			0.800
13、該供應商的業務人員對我們的態度是有禮貌的			0.770
因素命名	分配公平性	程序公平性	互動公平性
特徵值	4.960	3.036	1.816
累積解釋變異量(%)	33.065	53.304	65.408
Cronbach' s $\alpha$	0.8251	0.8524	0.8803
KMO 值	0.824		
Bartlett 球型檢定顯著性	0.000		

#### 4.2 驗證性因素分析

驗證性因素分析是因素分析的擴展，是用來對因素負荷及因素間的相關性做檢定工作，通常是在因素分析後接著進行的程序。本研究採 AMOS 4.0 統計軟體，檢驗觀察變項與潛在變項之間的關係，以及問卷各問項與所衡量建構間之配適狀況，以符合建構效度(Construct Validity)。並依據多位學者 (Bagoozzi & Yi, 1988; Hari jr. et al., 1998) 建議，結構方程模式評鑑應從基本配適度、整體適配度及內在適配度三方面進行。

##### (一)、基本配適度 (Preliminary Fit Criteria)

本研究首先進行驗證性因素分析對各構面問項進行檢驗，依據 SEM 對資料分析所建議的修正指標(modification indicators)對各變項予以修改或刪除，以提高模式的解釋能力，並且需判斷衡量指標不能出現下列三種情況：(1)衡量誤差有負值；(2)因素負荷量不能低於 0.5 或高於 0.95；(3)因素負荷量未達顯達水準。見表 5 分析中顯示，各構面之觀察變項 C.R. (相當於 t) 值均達  $P=0.001$  顯著水準，以及各觀察值皆未出現負值，表示測量模型之基本配適度良好 (Bagözzi and Yi, 1988；Anderson and Gerbing, 1998)。

表 5 研究模式之因素負荷量分析表

構面	衡量問項	因素負荷量	誤差值	R <sup>2</sup>
第二階 驗證性因素分析				
分配公平性	與該供應商做生意至今，投入的時間與金錢與所獲得報酬是公平的	0.793***	0.601	0.628
	我感覺該供應商對待所有的零售商都是公平的	0.765***	0.751	0.685
	有時候我們有一些特別的請求，該供應商也能予以配合	0.824***	0.639	0.679
	我願意銷售該供應商所有的產品，因為可以獲得應有的報酬	0.660***	0.907	0.444
	該供應商提供給我們的利潤是合理的	0.761***	0.858	0.579
程序公平性	該供應商調整進貨價格時，會對我們做適當的說明	0.812***	0.594	0.660
	該供應商處理退貨時，有一定作業的程序	0.782***	0.780	0.611
	該供應商的作業程序與業界的標準一致	0.823***	0.600	0.677
	這家供應商的決策程序是合乎道德規範的	0.844***	0.510	0.713
	即使作業流程有出錯，該供應商也會很快的更正	0.763***	0.560	0.583
互動公平性	該供應商對於決策變更或錯誤，不會主動向我們提供合理的解釋	0.943***	0.271	0.890
	該供應商改變任何的 policy 時，會聽取我們的意見	0.926***	0.410	0.857
	該供應商的業務人員對我們的態度是有禮貌的	0.792***	1.498	0.627
	該供應商的業務人員對我們的權利表示關心	0.759***	1.052	0.576
	該供應商的業務人員會提供真實的資訊給我們	0.691***	1.633	0.478
第一階 驗證性因素分析				
	分配公平性	0.792***	0.379	0.627
	程序公平性	0.639***	0.709	0.385
	互動公平性	0.620***	1.294	0.408

註：\*P<0.05 \*\*P<0.01 \*\*\*P<0.00

(二)、整體配適度方面 (Overall Model Fit)

在模式配適度方面，本模式之卡方統計值 ( $\chi^2$ )=255.100；P=0.000； $\chi^2/df$  (卡方值/自由度) 值為 2.932 (<3)，在可接受數值的範圍。整體模式適合度指標(GFI)=0.918；調整後配適度指標 (AGFI)=0.887；殘差均方根(RMR)=0.082，根據經驗法則的判斷與推論，若要求數值均大於 0.9 會

略趨保守，宜從不同角度，參照多種指標作綜合判斷。漸進誤差均方根(RMSEA)=0.072；增量配適度指標 (IFI)=0.955；比較配適度指標 (CFI)=0.955。除了 AGFI 未達 0.9 與 RMR 未達 0.05 以外，所有的指標均優於過去學者建議的指標值 (Bagözzi and Yi, 1988；Hari jr. et al., 1998)，顯示本研究的整體模式配適度良好。

表 6 驗證性因素分析模式配適度指標

指標	理想評鑑結果	實證結果	指標符合度
$\chi^2/df$ (卡方值/自由度)	≤ 3	2.932	接受
整體模式適合度指標(GFI)	>0.9	0.918	接受
調整後配適度指標(AGFI)	>0.9	0.887	接近

精簡配適度指標(PGFI)	>0.5	0.666	接受
增量配適度指標(IFI)	>0.9	0.955	接受
漸進誤差均方根(RMSEA)	<0.08	0.072	接受
比較配適度指標(CFI)	>0.9	0.955	接受
殘差均方根(RMR)	<0.05	0.082	接近

(三)、內在配適度 (Fit of Internal Structure of Model)

本研究根據 Bagözzi and Yi (1988)之建議，應挑選最常用的個別項目指標來評鑑測量模式，敘述如下：(1)個別項目的信度(individual item reliability)：各測量變項反應了測量工具用在衡量研究構面時一致性的程度；(2)組合信度(Composite Reliability；CR)；(3)萃取變異量(Variance Extracted；VE)。本研究運用 AMOS 4.0 統計軟體分析，以平方複相關(Squared Multiple Correlations；SMC；在迴歸方程式中，相當於  $R^2$ )來判斷，該值可用於衡量個別變數之線性關係的強度，值愈大愈適合作為衡量的工具，本研究之測量模式的  $R^2$  大部份觀察變項 SMC 均大於 0.5 以上，表示該模式具有良好的內部品質 (Bagözzi and Yi, 1988)，如表 6 所示。

最後對整體結構方程模式評估方面，經由未標準化路徑圖，可得模式誤差變異  $\text{Var}(\zeta_1)=0.379$ ； $\text{Var}(\zeta_2)=0.709$ ； $\text{Var}(\zeta_3)=1.294$ ；以及從 AMOS Output 提供全體衍生共變異數(All Implied Covariance)中可得到  $\text{Var}(\eta_1)=1.016$ ； $\text{Var}(\eta_2)=1.153$ ； $\text{Var}(\eta_3)=2.187$ 。

$$|Cov(\eta)| = \begin{vmatrix} 1.016 & 0.532 & 0.755 \\ 0.532 & 1.153 & 0.630 \\ 0.755 & 0.630 & 2.187 \end{vmatrix} = 1.392$$

$$|Cov(\psi)| = \begin{vmatrix} 0.379 & 0 & 0 \\ 0 & 0.709 & 0 \\ 0 & 0 & 1.294 \end{vmatrix} = 0.348$$

所以整體判定係數為：

$$R^2_{TO} = 1 - \frac{|Cov(\psi)|}{|Cov(\eta)|} = 1 - \frac{0.348}{1.392} = 75\%$$

顯示本研究所提出之模式擬合度良好。

潛在變項的組成信度 (Composite Reliability, CR)：潛在變項的 CR 值為測量變項信度的組成，表示構面指標的內部一致性，信度愈高，顯示這些指標的一致性愈高，一般認為 0.7 是可接受的最低水準。若潛在變項的 CR 值愈高，則表示其測量變項愈能測出該潛在變項，從表 7 中得知，模式各變數的 CR 值都在 0.7 的標準以上，代表研究模式內部一致性良好。潛在變項的變異抽取量 (Variance Extracted, VE)：VE 值是計算潛在變項各測量變項對該潛在變項的變異解釋力。若 VE 值愈高，則表示潛在變項有愈高的信度與收斂效率，表 6 中顯示，研究模式的 VE 值均大於 0.5 標準值以上，符合 Fornell and Larcke (1981) 之建議值，證明本問卷各構面之測量具有相當程度的信度。

表 7 研究模式各變數之信度分析表

研究變項	測量變數	組成信度(CR)	萃取變異量(VE)
分配公平性	分 1、分 2、分 3、分 4、分 5	0.850	0.551
程序公平性	程 1、程 2、程 3、程 4、程 5	0.840	0.516
互動公平性	互 1、互 2、互 3、互 4、互 5	0.915	0.687

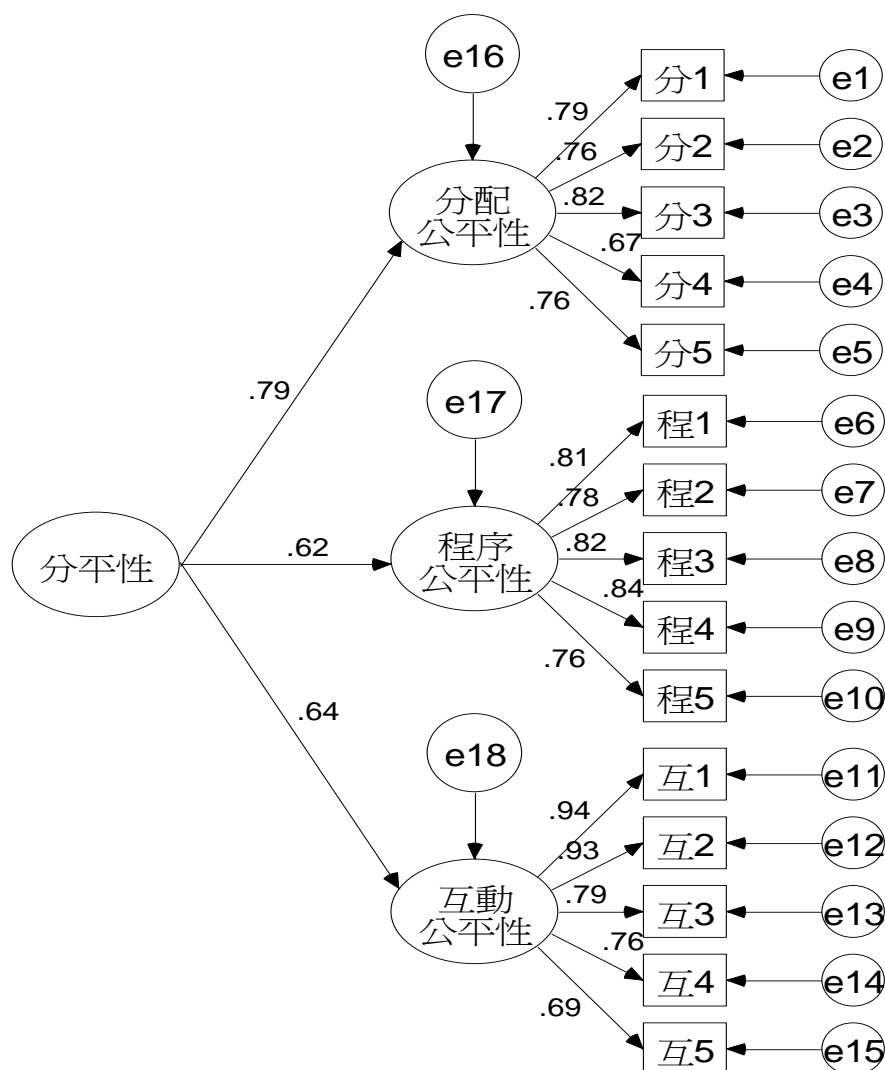


圖 2 公平性之二階驗證性因素分析

#### 4.2 效度分析

所謂效度是指使用的測量工具(問卷)能否正確衡量出研究人員所想量測事物的程度。Carmines and Zeller(1979)指出效度有內容效度、建構效度、效標關聯效度三種型式。本研究之量表基礎依據過去學者發展不錯量表中，從中選取與研究有關變數，並引用相關量表發展研究問卷，所以本研究之問卷具有一定的內容效度。

在區別效度方面，Anderson and Gerbing(1988)

指出將兩兩構面的相關係數限定為 1，然後將此受限模式與未受限模式之原衡量模式進行卡方差異性檢定。由表 8 的結果中得知，成對因素受限模式與未受限模式卡方差  $\Delta \chi^2 > \chi^2_{1,0.05} = 3.84$  均呈顯著，表示各因素間均有區別。因此，公平性三構面間有良好的區別效度。

此外，本研究亦以驗證性因素分析來分析建構效度，由表 5 可發現，因素負荷量方面大多達標準 0.5 以上，而  $R^2$  也達 0.5 以上，本研究已達相當的收斂效度。

表 8 公平性量表區別效度分析表

研究變項	成對變項	受限模式		未受限模式		$\Delta\chi^2$
		$\chi^2$	D.F.	$\chi^2$	D.F.	
分配公平性	程序公平性	841.4	37	151.3	36	690.1***
	互動公平性	978.1	37	218.2	36	759.9***
程序公平性	互動公平性	1400	37	213.5	36	1186.5***

註：1.受限模式，即限制相關係數為 1

2.未受限模式，即相關係數未設定任何限制

3.\*P<0.05 \*\*P<0.01 \*\*\*P<0.001

#### 4.3 複核效度分析

在複核效度方面，本研究以邱皓政（2003）的建議，將同一樣本切割為兩個樣本，利用多樣本模型分析同一個假設模型進行估計。本研究之樣本有 407 份，採隨機均等分配方式分為兩組樣本，其中一組 204 份為效度樣本(Validation Sample)，另一個 203 份為測定樣本(Calibration Sample)。經檢定後之結果顯示，以效度樣本為基礎模式時，ECVI 值為 0.959，落在 ECVI 之 90% 的信賴區間(0.829~1.128)中，以測定樣本為基礎模

式時，ECVI 值為 1.272，也落在 ECVI 之 90% 的信賴區間(1.093~1.490)中，符合 Cudeck and Browne(1983)提出之建議範圍內。另外，本研究進一步以 AIC 與 CAIC 指標來檢驗，結果顯示 AIC 與 CAIC 皆低於飽和模式值，符合 Cudeck and Browne(1983)、Bandalos(1993)與 Hair et al.(1998)相關學者所提及「理論模式之 AIC 與 CAIC 必須小於研究的飽和模式」之標準，顯示二組樣本具有複核效度。反應了研究樣本之有效性及模型穩定性(model stability)，分析結果見表 9 所示。

表 9 複核效度衡量指標

樣本分類	模式	ECVI	AIC	CAIC
效度樣本 (204)	樣本模式	0.959(0.829~1.128)	257.017	399.353
	飽和模式	1.188	240.000	757.585
測定樣本 (203)	樣本模式	1.272(1.093~1.490)	194.648	377.146
	飽和模式	1.182	240.000	758.174

## 五 結論與建議

### 5.1 結果與討論

本研究以非連鎖產業之零售商為研究對象，建構通路成員交易公平性之量表模型，研究結果分述如下：

1. 在信度之部份，本研究公平性各構面的 Cronbach's  $\alpha$  值均達到 0.8 以上、測量模式的  $R^2$  大部份觀察變項 SMC 均大於 0.5 以上以及組合信度(CR)也大於 0.8 以上，

顯示本量表具有良好的內部一致性。

2. 本研究以 15 題衡量問項對 3 種公平性進行探索性因素分析，研究結果與原測量問項群聚方式一致，顯示出有良好的因素效度。另外以驗證性因素分析再次檢定，所有衡量問項均達  $P<0.001$  之顯著水準，因素負荷量皆大於 0.7 以上，顯示本研究具有收斂效度。而區別效度方面，如表 7，成對因素受限模式與未受限模式卡方差  $\Delta\chi^2 > \chi^2_{1,0.05} = 3.84$  均呈顯著，表示公平性各



因素間具有良好的區別效度。

3. 在複核效度方面，以效度樣本為基礎模式時 ECVI 值為 0.959 落在 ECVI 之 90% 的信賴區間(0.829~1.128)中，以測定樣本為基礎模式時 ECVI 值為 1.272 落在 ECVI 之 90% 的信賴區間(1.093~1.490)中。再者，以 AIC 及 CAIA 指標來檢視，研究結果顯示兩項指標皆小於飽和模式，代表所選的二組樣本具有複核效度，亦表示本研究量表有一定的穩定度，可做為後續研究之參考。
4. 本研究所使用為二階驗證性因素分析，進一步發現，分配公平性構面，因素負荷量為最高(0.79)，其次為互動公平性(0.64)，再其次是程序公平性(0.62)，顯示出非連鎖產業的零售商其實最在乎的還是投入與產出是否有得到相對分配的結果，接近丁學勤(2003)所指的經濟面的領域。
5. 從程序公平性與互動公平性二構面來說，二構面之因素負荷量較為相近，各為 0.64 與 0.62，可見對於非連鎖產業之零售商而言，供應商能否在交易過程提供作業的透明度，以及多與零售商像朋友般之互動，也是公平性當中很重要的關鍵因素。

## 5.2 理論與實務意涵

1. 本研究將公平性由組織行為領域運用至通路管理，並以公平性為研究之主題，得到了本研究的初步驗證，可說是豐富了公平性理論的應用。
2. 研究結果發現，零售商對於分配公平性的認知高於程序公平性，此與 Smith, Bolton and Wagner (1999)的結論一致，但與其他學者 (e.g. Colquitt and Greenberg, 2003 ; Lind and Tyler, 1988 ; McFarlin and Sweeney, 1992 ; Kumar, Scheer and Steenkamp, 1995) 認為「程序公平優於分配公平」的結論不同。主要是因為本研究

僅以因素負荷量來比較兩種公平性，而其他研究是以兩種（或三種）公平性為自變數，以各種滿意度和承諾為應變數，而得出「程序公平對滿意度或承諾的影響高/低於分配公平對滿意度或承諾的影響」。其次可能是因為零售商與供應商之間的關係並不像員工與組織之間的緊密，尤其是對於非連鎖零售商而言，其實最在乎的還是自己的投資是否賺錢，故分配公平的重要性會高於程序公平，但仍需做進一步研究。

3. 在分配公平性方面，供應商在與零售商交易合作時，應該分配合理之利潤給予零售商，並且能在零售商有特別請求時，能予以配合，以增加彼此未來合作之機會。
4. 在程序公平性方面，供應商應該對零售商的進貨價格做適當的說明、作業流程應該更透明化，對每家零售商勿有不同的標準；即使作業流程有出錯，也應快速的更正，以減少下次出錯的機會。
5. 在互動公平性方面，為了與零售商培養良好的關係，業務人員(或負責人、主管)應透過主動與零售商維持良好關係，瞭解零售商的需求，並聽取其意見，建立一套完整的處理機制，藉以增加彼此雙方之間的關係來創造更高的績效。

## 5.3 研究限制與未來研究方向

雖然本研究在研究上得到初步的驗證，但仍受到以下的研究限制：

1. 抽樣設計之限制：因為時間與經費的限制，本研究有些樣本上採取便利抽樣，因此樣本之代表性可能不如隨機抽樣，在此種調查法中並無法保證所有的樣本均隨機且有相同的出現機率，故使得研究結果可能會有所偏誤。
2. 問卷衡量上的限制：由於本研究在各變數的衡量上採用李克量表來衡量零售商評估

- 供應商在各相關變數上的知覺情形，填答問卷者可能基於主觀判斷與認知，因此所收集的資料可能會發生某種程度的偏差或扭曲。
3. 實證資料上的限制：由於受到時間及經費上的限制，無法以縱斷面的研究方式來收集資料，因此在因果推論上必須小必謹慎。
  4. 本研究僅針對非連鎖產業的零售商進行研究，後續研究者可以僅針對單一個產業或連鎖業進行研究，來與本研究結果進行比較。
  5. 本研究針對非連鎖產業之零售商評估供應商之公平性做探討，僅蒐集到零售商單方面的資訊，希望後續的研究者可針對零售商與供應商雙方面做對偶性(dyadic survey)的方式蒐集資料，以獲得不同的資訊。

#### 參考文獻

- [1]. 丁學勤「公平性對通路關係品質影響之研究」，國立成功大學為出版之博士論文，民國九十二年。
- [2]. 王滢婷、李美慧，「績效評估公平性對組織承諾與工作績效的影響」，*商學學報*，第十二卷，3~34 頁，民國九十四年。
- [3]. 邱皓政，*結構方程模式，LISREL 的理論、技術與應用*，雙葉書廊有限公司，民國九十三年。
- [4]. 黃秀媛譯 W. Chan Kim, Renée Mauborgne 原著，*藍海策略*，臺北：天下雜誌，民國九十四年。
- [5]. 陳順宇，*多變量分析*，第二版，華泰書局總經銷，臺南市，民國九十四年。
- [6]. 鄭健雄、劉孟奇，「台灣本土化渡假生活型態表之建構—以多樣本為基礎之信效度分析」，*管理學報*，第二十卷，第六期，1221-1246 頁，民國九十二年十二月。
- [7]. 譚大純、陳政男、賴孟寬，生活型態量表之適合度檢驗、因素重組與趨勢比較：以 ICP 生活型態量表為例，*調查研究*，第八期，79-102 頁，民國八十九年。
- [8]. Adams, J. S., "Toward an Understanding of Inequity", *Administrative Science Quarterly*, pp. 271-288, Sep., 1963.
- [9]. Alexander, S. and M. Ruderman, "The Role of Procedural and Distributive Justice in Organizational Behavior." *Social Justice Research*, 1, pp.177-198, 1987.
- [10]. Ambrose, Maureen L.; Schminke, Marshall. "Organization Structure as a Moderator of the Relationship Between Procedural Justice, Interactional Justice, Perceived Organizational Support, and Supervisory Trust." *Journal of Applied Psychology*, Vol. 88, Issue 2, p. 295-305, 2003.
- [11]. Anderson, J. C. and Gerbing, D. W. "Structural equation modeling in practice: A review and Recommends two-step approach," *Psychological Bulletin*, 103(3), pp. 411-423. 1998.
- [12]. Bagözzi, R. P. and Yi, Y., "On the Evaluation of Structural Equation Models," *Journal of Academy of Marketing Science*, 16(1), pp. 74-94, 1988.
- [13]. Bandalos, D. L. "Factors influencing cross validation of confirmatory factor analysis models," *Multivariate Behavioral Research*, 28(3), p. 351-374, 1993.
- [14]. Bies, R.J., and Moag, J. S., "Interactional justice: Communication Criteria for Fairness" In B. Sheppard (Eds) *Research on Negotiation in Organizations*, Vol.1, pp. 43-55, 1986.
- [15]. Carmines, E. G., & Zeller, R. A., *Reliability and Validity Assessment*. Stage, CA: Beverly Hills. 1979.

- [16]. Cengiz Yilmaz, Bulent Sezen and Ebru Tumer Kabadayı, "Supplier fairness as a mediating factor in the supplier performance-reseller satisfaction relationship," *Journal of Business Research*, 57, pp. 854-863, 2004.
- [17]. Cohen-Charash, Yochi; Spector, Paul E. "The Role of Justice in Organizations: A Meta-Analysis." *Organizational Behavior & Human Decision Processes*, Vol. 86 Issue 2, p. 278-321, 2001.
- [18]. Colquit J, Greenberg J., "Organizational justice: a fair assessment of the state of the literature. In: Greenberg J, editor". *Organizational Behavior: The State of The Science*, 2nd ed. Hillsdale: NJ, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 165-210, 2003.
- [19]. Cudeck, R., & Browen, M. W. "Cross validation of covariance structures". *Multivariate Behavioral Research*, 18(2), p. 147-167, 1983.
- [20]. Deuthsch, M., *Distributive Justice: A Social-Psychological Perspective*, New Haven, CT: Yale University Press, 1985.
- [21]. DeVellis, R., *Scale Development: Theory and Applications*, CA: Sage, 1991.
- [22]. Fields, Dail; Mary Pang "Distributive and procedural justice as predictors of employee outcomes in Hong Kong." *Journal of Organizational Behavior*, Vol. 21 Issue 5, p. 547-563, Aug. 2000.
- [23]. Folger, R. & Greenberg, J., "Procedural justice: An interpretative analysis of personnel systems," *Research in Personnel and Human Resource Management*, Vol. 3, 1985.
- [24]. Fornell, C. and Larcker, D. F., "Evaluating Structural Equation Models with Unobservables and Measurement Error," *Journal of Marketing Research*, Vol. 18, no. 1, pp. 39-50, 1981.
- [25]. Gaski, John F.; Nevin, John R., "The Differential Effects of Exercised and Unexercised Power Sources in a Marketing Channel," *Journal of Marketing Research*, Vol. 22, Issue 2, p. 130-142, 1985.
- [26]. Gilliland, S. W., "The Perceived Fairness of Selection Systems: An Organizational Perspective," *Academy of Management Review*, Vol. 18 (4), pp. 694-734, 1993.
- [27]. Goodwin, Cathy; Ross, Ivan, "Consumer Responses to Service Failures: Influence of Procedural and Interactional Fairness Perceptions," *Journal of Business Research*, Vol. 25 Issue 2, pp. 149-163, 1992.
- [28]. Greenberg, Jerald. "Stress Fairness to Fare No Stress: Managing Workplace Stress by Promoting Organizational Justice." *Organizational Dynamics*, Vol. 33, Issue 4, p. 352-365, 2004
- [29]. Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. & Black, W.C., *Multivariate Data Analysis*, Prentice Hall, 1998.
- [30]. Harif Amali Rifai, "A Test of the Relationships Among Perceptions of Justice Job Satisfaction, Affective Commitment and Organizational Citizenship Behavior," *Gadjah Mada International Journal of Business*, 7 (2), pp. 131-154, 2005.
- [31]. James R. Browna, Anthony T. Cobbb and Robert F. Lusch, "The roles played by Interorganisational contracts and justice in marketing channel relationships," *Journal of Business Research*, Vol. 59, pp. 166 - 175, 2006
- [32]. Jen-Hung Huang; Chia-Yen Lin. "The Explanation Effects on Consumer Perceived Justice, Satisfaction and Loyalty Improvement: An Exploratory Study." *Journal of American Academy of Business*,

- Cambridge, Vol. 7 Issue 2, pp. 212-218, 2005.
- [33]. Kline, P., *An Easy Guide to Factor Analysis*, London: Routledge, 1994.
- [34]. Kumar, N., L. K. Scheer, and J.-B. E. M. Steenkamp, "The Effects of Perceived Interdependence on Dealer Attitudes," *Journal of Marketing Research*, 32 (August), pp. 348-356, 1995.
- [35]. Lind, E. Allan; Tyler, Tom R.; Huo, Yuen J., "Procedural Context and Culture: Variation in the Antecedents of Procedural Justice Judgments," *Journal of Personality & Social Psychology*, Vol. 73, Issue 4, p. 767-780, 1988.
- [36]. Lisa Campbell; Edward Finch, "Customer satisfaction and organizational justice," *Facilities*, Vol. 22, Issue 7/8, p. 178-189, 2004.
- [37]. Maxham III, James G.; Netemeyer, Richard G., Firms Reap What They Sow: The Effects of Shared Values and Perceived Organizational Justice on Customers' Evaluations of Complaint Handling," *Journal of Marketing*, Vol. 67, Issue 1, p. 46-62, 2003.
- [38]. McFarlin DB, Sweeney PD., "Distributive and procedural justice as predictors of satisfaction with personal and organizational outcomes". *Academy of Manage Journal*, Vol. 35, August, p. 626-37, 1992.
- [39]. Oliver, Richard L.; Swan, John E. "Equity and Disconfirmation Perceptions as Influences on Merchant and Product Satisfaction," *Journal of Consumer Research*, Vol. 16, Issue 3, pp. 372-384, 1989.
- [40]. Seiders, K. and L. L. Berry, "Service Fairness: What It Is and Why It Matters," *Academy of Management Executive*, 12 (2), p. 8-20, 1998.
- [41]. Smith, A. K., R. N. Bolton, and J. Wagner, "A Model of Customer Satisfaction with Service Encounters Involving Failure and Recovery," *Journal of Marketing Research*, Vol. 36, August, p. 356-372, 1999.
- [42]. Tax, S. S., S. W. Brown, and M. Chandrashekar, "Customer Evaluations of Service Complaint Experiences: Implications for Relationship Marketing," *Journal of Marketing*, Vol. 62, April, pp. 60-76, 1998.
- [43]. Thomas G. Brashear, Chris Manolis, Charles M. Brooks, "The Effects of control, trust, and justice on salesperson turnover," *Journal of Business Research* Vol. 58, p. 241-249, 2005.
- [44]. Vroom, V. H. 1964, *Work and Motivation*, Wiley, NY, Westbrook

## 金庸武俠小說於中國二十世紀末年成功之原因

### Causes for the Success of Jin Yong Fiction in Reform Era China

米丹尼

Daniel McMahon

清雲科技大學 應外系暨中亞研究所

[daniel@cyu.edu.tw](mailto:daniel@cyu.edu.tw)

#### 摘要

武俠小說家金庸是二十世紀中國最出名的作家之一。這篇文章探討金庸武俠小說於中國二十世紀末年成功的原因。金庸故事的吸引力不只於小說中傑出的性格描述，情節和文學貢獻而已。金庸小說的結構以及理想也對中國二十世紀末年之不同世代人民有特殊的意義，尤其是他們所關心的關於道德，傳統，現代性和個人主義等後文革時代議題。

**關鍵字:** 中國，改革時代，金庸，武俠小說，現代性，個人主義。

### **Abstract**

By the 1990s the martial art novelist Jin Yong had emerged as one of the most popular Chinese novelists of the twentieth century. This essay examines reasons for this success with a focus on the People's Republic of China's Reform Era (1980s and 1990s). It argues that the appeal of Jin Yong's stories extended beyond the work's strong characterization, plot, and contribution to the Chinese martial arts genre. The structure and idealism of Jin's work also spoke to burning contemporary issues of morality, tradition, modernity, and individualism. Partially as a result, this work evinced a distinctive resonance both with overseas Chinese at the time it was written and with multiple generations of Mainland Chinese in subsequent decades.

**Key words:** cultural nationalism, Chinese Cultural Revolution, Reform Era, Jin Yong, martial arts novels, modernity, individualism.

## 1. Introduction

Novelist Jin Yong 金庸(Cha Liangyong 查良鏞, 1924-) is one of most celebrated Chinese writers of the late twentieth century. His fourteen tales fathering a “New School” genre of martial arts (*wuxia* 武俠) fiction have captivated the Chinese world, with fans spanning the political spectrum from Deng Xiaoping to Jiang Jinguo (Chen Mo 1999a:2; Yan 1999a:8-12,29-30; Liu 2001:12-15; Hamm 2005). By 1994 Jin Yong’s books had sold some forty million (including pirated editions, upwards of one hundred million) copies, with over a hundred million readers. By 2000 he had become “arguably the most widely read living Chinese novelist” (Barmé 1999:83). This fame incited a commercial sensation extending into movies, television, comics, computer games, websites, and popular literary criticism.<sup>1</sup>

Jin Yong achieved enormous popularity in 1980s and 1990s China. This essay explores reasons why: a response to both John Hamm’s insight that “the migration of Jin Yong’s fiction to ever wider audiences is a fruitful topic for further study” and Yan Jianyan’s query concerning this fiction’s transcendence of political boundaries (Hamm 1999a: 116; Liu 2001:19). Existing “Jin Yong Studies” (*Jin Yong xue* 金庸學) identify the excellence of the author’s plot, characterization, and depiction of martial arts.<sup>2</sup> There were, however, other factors

---

<sup>1</sup> The “Jin Yong Phenomenon” itself has received scholarly examination. See, for example, Minford 1993:1-3; Chen Mo 1999b; Chen Pingyuan 1999; Song 1999; Yan 1999a:1-13; Wang 2001:1-22. For biographical information on Jin Yong, see Minford 1993:4; Leng 1995; Jin and Daisaku 1998; Fei and Zhong 2002; Hamm 2005.

<sup>2</sup> A bibliography of the “Jinology” literature to 1997 can be found in Xu 1997. The bulk of this literature is popular discussion, exemplified by the “Jin Yong Teahouse” series published by Yuan-liou. Work over the last decade, however, has also included new studies of scholarly orientation, characterized by more rigorous focus, critical inquiry, and methodology. See, for example, Song 1999 and

deserving attention. As this essay will illustrate, the structure and idealism of Jin Yong’s work also spoke powerfully to the concerns of both overseas Chinese and different generations of his Reform Era mainland Chinese audience, giving comforting commentary on popular issues of tradition, morality, modernity, and individualism.

## 2. The Early International Popularity of Jin Yong Fiction

Jin Yong wrote fourteen martial arts novels between 1955 and 1972, originally released in the form of Hong Kong newspaper serials. The success of these stories allowed Jin to launch his own paper, the *Ming Pao* 明報 in 1959. He served as editor of this budding publication, financing it with continued martial arts fiction – works such as *Shendiao xialü* 神鵬俠侶(The giant eagle and its companion), *Xiaoao jianghu* 笑傲江湖 (The smiling, proud wanderer), and *Luding ji* 鹿鼎記 (The deer and the cauldron). Jin’s stories enjoyed considerable popularity among Hong Kong and overseas Chinese audiences, but were banned in China and Taiwan, reaching these shores only in pirated editions (Hamm 2005: 114-167).

There were many reasons why Jin Yong’s stories enjoyed such international popularity and were able, through the strength of this popularity, to sustain the *Ming Pao* in its early years of publication. Jin’s writing is generally of high quality, encompassing intricate plots, strong characterization, creative martial arts, engaging locations, heroic moral values, romance, and history. It has strong appeal as fiction.

Arguably, however, it was Jin Yong fiction’s distinctive approach to traditional Chinese culture – critiquing it in the context of celebrating it – that gave

---

Yan 1999ab. Arguably one of the most valuable of the new works is Daisaku and Jin 1998, a collection of interviews with Jin Yong.

this work it deepest overseas resonance. As we will see, this vision of tradition, and the manner that it remained open to differing (and even contradictory) interpretation, later aided the spread of its popularity to China in the late twentieth century.

The novel *The Smiling, Proud Wanderer* (hereafter: *Wanderer*) provides an illuminating example. In this story we see a defense of essential elements of Chinese tradition, wielded flexibly to overcome the perennial hypocrisy and violence attributed to Chinese political competition. The plot spoke to overseas intellectuals particularly concerned about the anti-tradition Chinese Cultural Revolution of 1966-1976. Arguably, this story echoed in general form their own desired defense of China's tradition.

To understand the nature of this resonance and its broad appeal, it will be helpful to briefly review the tale of *Wanderer*. As we will see, this story had a strong attraction (if for different reasons) not just for overseas Chinese at the time it was written, but also for later generations of Chinese within China.

### 3. The Story of *Wanderer*

The story of *The Smiling, Proud Wanderer* is one of deception, false appearances, and power struggles between competing martial groups. As the tale begins there is a deteriorating détente. Formally upholding the banner of morality is the swordsman alliance of Song 嵩, Tai 泰, Heng 衡, Hua 華, and Heng 恒 mountains. Their nemesis, branded as wicked, is the "Divine Cult of the Sun and Moon" (*ri yue shen jiao* 日月神教). These opposing forces stand in unsteady balance, subject to the occasional intervention of outside groups from Shaolin 少林, Wudang 武當, Emei, and Kunlun.

The frail equilibrium established between, and within, the warrior cliques is disrupted by the reappearance of the *bixie jianfa* 辟邪劍法 (Evil

Evading Sword Technique) – a potent weapon capable of decisively shifting the political balance. Generations prior, war over the Evil Evading Sword Technique had rocked the martial arts world and, as the story begins, ambitious men are again drawn to it. The owners of this invincible fighting technique, the Lins of Fujian, are massacred, leaving only the son Lin Pinzhi 林平之, a weak young man hounded by powerful martial arts masters. Lin, obsessed with revenge, seeks to regain the *bixie jianfa*. Echoing him in intent, if with different designs, are Zuo Lengchan 左冷禪, the Song Mountain leader of the swordsmen alliance, and Yue Buqun 岳不群, the "gentleman" head of Hua Mountain.

Into this tumult stumbles the story's protagonist Linghu Chong 令狐沖, the mischievous but goodhearted head disciple of Hua Mountain. An innocent, he comes gradually to pierce the facade he has accepted as reality, revealing a seething world of political machination and betrayal. Zuo Lengchan strives to forcibly unite all of the sword cliques under his control. The deposed leader of the Cult of the Sun and Moon, Ren Woxing 任我行, struggles to regain and extend his power over the "rivers and lakes." And, surreptitiously, Linghu Chong's master (*shifu* 師父) Yue Buqun murders and lies to replace Zuo Lengchan. In this climate of power grabs and moral hypocrisy, Linghu is compelled to take sides according to circumstance and his sense of decency (a reflection of traditional Chinese morality) rather than formally drawn political lines. He comes to oppose Song Mountain, the Cult of the Sun and Moon, and eventually even his venerated master Yue Buqun.

This, however, is a long and difficult journey. As a Hua Mountain disciple, Linghu Chong is wrongly punished [inadvertently learning the *Dugu jiujian* 獨孤九劍 (Nine Blades of Dugu) fighting technique],



injured, and then expelled, forced to become a wanderer. Burdened by illness, gripped with remorse, pining for home, and contemptuous of his worth, Linghu yet clings to what is right. He befriends the “Sacred Girl” (*sheng gu* 聖姑) Ren Yingying 任盈盈, liberates Ren Woxing (Ren Yingying’s father), organizes a league of “Left Hand Path” rascals, rescues the nuns of Heng Mountain, becomes the Heng Mountain head, foils his master’s world-domination plot, and finally reestablishes peace in the world of martial arts. Having done this, as much by reflex as design, Linghu Chong then goes into reclusion with Ren Yingying as his bride.

#### 4. The Significance of *Wanderer* for Overseas Chinese Nationalists

The resonance of *Wanderer* for overseas Chinese thinkers alarmed by the Cultural Revolution’s destruction of traditional culture is reflected in the flexible action and ultimate success of Linghu Chong. Here the swordsman represented not the strict *form* of traditional culture, but rather its essence. His free action held a moral veracity that clearly contrasted with his opponents’ hypocritical manipulation of traditional morality. Linghu Chong, in effect, embodied a path of action in which the purity of Chinese tradition (flexibly defined) could overcome the challenge of China’s political power lust (more clearly defined). In this way, *Wanderer* presented a popular culture vision for how China’s tradition could survive and thrive (Hamm 2005: 114-136).

Jin Yong himself acknowledged the connection between the vision of *Wanderer* and the destructiveness of the Cultural Revolution in which “those in power and those in revolt against them shirked no extremes, and the foulest aspects of human nature were revealed in their most concentrated form.” His reactions to these events

were discussed in his fiery *Ming Pao* editorials, as well as “naturally reflected” in his concurrent martial arts fiction writing (Jin 1980: 1993-1994).<sup>3</sup>

Research by John Christopher Hamm reveals the parallel and inter-connected manner that Jin Yong’s media empire, particular the *Ming Pao* and *Ming Pao Monthly*, also appealed to overseas Chinese working beyond Communist China’s political influence. As the *Ming Pao* increasingly came to define itself in opposition to Mainland Chinese politics, Jin Yong displayed an “increasingly confident sense of mission” that concurrently shaped his media ventures and martial arts writing (Hamm 2005:114-136).

Although a precise relationship between the *Wanderer* text, *Ming Pao* editorials, and the reaction of overseas Chinese readers is impossible to fully corroborate, at least three important connections can be drawn. The first pertains to the nationalist imperative of Jin Yong’s response to the Cultural Revolution. Just as the setting of *Wanderer* includes all factions of the martial arts world, so too did Chinese culture purportedly encompass all Chinese, at home and abroad. “Although our bodies are overseas,” Jin Yong wrote on 8 June 1966, “we are yet the descendants of the Yellow Emperor; we should be intensely concerned with the developing struggle of the Chinese Communists” (Zhang 2005). This outlook was of particular practical importance to Hong Kong thinkers (and the *Ming Pao* audience) as it was clearly only a matter of time before the colony returned to the Chinese fold. Indeed, at the time Hong Kong was already being rocked by leftist Cultural Revolution-inspired riots and disturbances.

A solution was needed that would (as on the conflict-ridden world of *Wanderer*) bring peace to competing factions and restore much-desired order. As Jin wrote on 22 May 1967: “We must first seek

<sup>3</sup> This translation is from Hamm 2005:164.

peace and stability, then gradually seek out methods to eliminate mutual prejudice...The people of Hong Kong do not wish this vessel Hong Kong to capsize.” Ways, that is, were needed to ensure that there would be “a feeling of mutual concern for those in the same boat” (Zhang 2005: 174). Clearly Jin felt that he and fellow overseas Chinese thinkers had a responsibility – indeed, a unique one given their intellectual independence -- to find these ways (Hamm 2005:135).<sup>4</sup>

The second connection seen between Jin Yong’s *Wanderer* and his *Ming Bao* editorials lies in the perceived moral solutions to contemporary problems. Here the novel’s depiction of Linghu Chong as naturally moral in a traditional sense conflates the two most important elements of the overseas Chinese response. The first element, as Jin suggested in a 23 May 1967 editorial, was a call for “resolute self-control and calm rationality” in the face of bloodshed and mindless greed. “Who is right or wrong in the matter can be slowly debated and sorted out, “ he exhorted. “We have the time” (Zhang 2005:174-175). The resonance of this public view with the Shaolin abbot Fang Zheng’s call in *Wanderer* for all to “take a step back” is no coincidence. *Wanderer*’s final peaceful agreement between rational competing parties, bringing order to the world of martial arts (and the marriage of its disinterested chiefs, Linghu Chong and Ren Yingying) was Jin’s ideal resolution to the conflict between Chinese.

A related moral solution lay in a flexible new orientation toward China’s cultural tradition. When

the Cultural Revolution attacked China’s culture with, as Jin Yong wrote, the most destructive impact since the first Qin emperor’s “burning of books and burying of scholars,” opponents such as Jin Yong defended this tradition and looked to it for solutions to the contemporary plight. The 1966 launch of the *Ming Pao Monthly*, a “non-profit magazine promoting culture and understanding,” and the 1967 *Ming Pao* compilation of documents on the Culture Revolution reflected this aspiration (Jin 1967). In this context, consider the nature of Linghu Chong’s power in *Wanderer*. The moral imperative he obeys is not merely rational and selfless, it is a reflection of reimagined Chinese ideals – Jin Yong’s summation of the beliefs of “China’s ancient philosophers.” Linghu Chong’s respect for moral authority and Confucian relationships, love of Daoist freedom, delight in traditional (particularly wine) culture, and ability to fuse it all into natural but potent moral action created a larger social ordering. As hypocritical power-hungry attacks rend the world of *Wanderer*, it is Linghu’s devotion to China’s essence (if not always exact form) that eventually triumphs.

The third connection seen between Jin Yong’s *Wanderer* and his *Ming Bao* editorials lay in a defense of freedom of moral action. Promotion of culture and peace arguably requires flexibility to think and act as conditions warrant, a view most conspicuously seen in the *Ming Pao*’s fierce independence and “non-aligned’ solidarity with the Chinese people.” This freedom, Jin Yong said, was critical to “to making an active contribution to the future of Chinese culture and the Chinese population” (Hamm 2005:127; Zhang 2005:193-194). With the stark divisions of Hong Kong’s 1960s political scene, *Ming Pao* views came under intense attack for upholding independent views. Jin Yong responded with a series of editorials insisting that opposition to

---

<sup>4</sup> In a *Ming Bao Monthly* editorial, Jin Yong explained the special role he saw for Hong Kong: “While China is presently in a condition of chaos, Hong Kong is one of the few places to offer the freedom and the opportunities that will allow Chinese people to create a scholarly culture. Therefore Hong Kong’s unique environment seems to require that we take on a special mission.” (Quoted from Hamm 2005:135.)

the policies of the mainland government (such as nuclear weapons tests) was necessary and not a betrayal of the Chinese people (Jiang 2001:56; Hamm 2005:127-128). These conflicts eerily echoed the tenor and progression of the *Wanderer* story, as Linghu Chong is alienated, maligned, and threatened for acting correctly and in opposition to scheming power-seekers. Nevertheless, in *Wanderer* – and, Jin suggests, in the *Ming Pao* -- it is precisely this freedom that proves key to creating new peace and cultural order.

### 5. The Revision of Jin Yong's Martial Art Novels

Following the completion of the *Luding ji* in 1972, Jin Yong officially retired from martial arts fiction. The next decade was spent in the revision of his major works. This labor culminated in Jin's *Collected Works*, a series now found in virtually every bookstore in the Chinese world.<sup>5</sup>

The revisions found in the *Collected Works* were influenced by two important changes in Jin Yong's life. The first, and perhaps most profound, was the writer's conversion to Buddhism after 1976. Jin had long sympathized with Buddhist ideals, dignifying them disproportionately in his affirmation of traditional culture. His turn to religion and religious writing, however, provided added incentive to emphasize precepts he deemed key to China's spiritual regeneration. As he explained years later, Jin believed that market commercialism had obscured spiritual values. Humane ethics needed to be nurtured in response: the moral world-ordering of Confucianism and unconditional goodness-imperative of Buddhism. Sharpening these themes in his martial arts fiction, he promoted

the positive essence of Chinese tradition as he understood it (Chen Mo 1995:82-84; Jin and Daisaku 1998:185-186, 224-231, 392-393; Jiang 2001:63-67; Fei and Zhong 2002:71).

The second important change affecting Jin Yong's revision was China's political reform after Mao Zedong's death in 1976. The fall of the Gang of Four and rehabilitation of Deng Xiaoping ushered China into a period of political relaxation and economic liberalization, in which Deng's seminal "Four Modernizations" policy softened the rigid domination of culture in evidence during the Cultural Revolution. In this freer context, one desired by Jin since the early 1960s, the author found greater acceptance of his writing's themes of patriotism, humanism, and cultural identity. His depiction of tradition superceding overt political allegiances ceased to be seen as a threat of the same order. Such change and new optimism concerning it provided enhanced incentive to refine descriptions of cultural ideals (McDougall and Louie 1997: 329-336; Hamm 1999b; Hamm 2005: 168-197).

By the 1980s, Jin Yong's works – well-known in overseas communities -- had been opened to the wider Chinese world. The 1975 rescinding of a political ban in Taiwan led to the 1979 appearance of the *Collected Works* in Taiwan. Close on its heels, relaxed policy in the People's Republic of China ushered in the release of these novels in 1980. This transition set the stage for the writer's rise to international stature, commencing what Lin Bachun refers to as the "Age of Jin Yong" (Lin 2000:1-3; Fei and Zhong 2002:24-29).

### 6. General Causes of Success in Reform Era China

By the mid-1990s Jin Yong had emerged as one of the top writers in Asia, inspiring a raging controversy over his position in modern Chinese

<sup>5</sup> For an English version of the *Luding ji*, Jin Yong's famous *anti*-martial arts novel, see Cha 1997, translated by John Minford. The question of the revision of Jin Yong's serials, particularly *Sword of Loyalty*, is examined in Hamm 1999b.

literature -- ranking from “spiritual opium” to the fourth finest writer of the twentieth century. Regardless of dissenting scholarly opinion, the Chinese public clearly embraced Jin, with a “Jin Yong Craze” (*Jin Yong re* 金庸熱) that extended equally to both the “cultured” (*ya* 雅) and “uncultured” (*su* 俗) branches of society.<sup>6</sup> Widespread attention pulled this author’s stories into the mass culture of T.V. serials, movies, comics, and P.C. games. Devotion likewise sustained popular commentary of a quantity far exceeding anything amassed on modern Western counterparts such as R.K. Rowlings or J.R.R. Tolkien (Chen Mo 1999b; Song 1999:1-56; Yan 1999a:8-14).<sup>7</sup>

There are numerous reasons for Jin Yong’s success in the 1980s and 1990s. Again are the conventional reasons that explained this author’s success among overseas Chinese. Jin’s writing is generally of high quality, encompassing intricate plots, strong characterization, creative martial arts, engaging locations, heroic moral values, romance, history, and a general celebration of Chinese culture. At a distance from both elitist May Fourth and didactic Socialist Realist literatures, Jin Yong’s works also provide accessible “middlebrow” tales with a traditional favor and distinctive semi-classical language (Wen 1997:49-55; Chen Mo 1999a:1-18; Chen Mo 1999b; Yan 1999b:544-552). Scholars such as Song Weijie compare the author to Western

genre masters such as Ian Flemming and Arthur Conan Doyle. He argues that Jin’s martial arts stories likewise contribute to a post-industrial age “mythology” of literary substance, commercial potential, and broad cultural appeal. The utopianism inherent in his work connected in particular with the escapism of 1990s Chinese mass culture, with a strong marketability as entertainment (Song 1999:1-20).

The explosion of attention to Jin Yong’s work, as to popular fiction generally, must also be attributed to the broader rise of commercial publishing, emerging as a vital economic force in the 1990s. Looser restrictions enabled the *de facto* replacement of the existing “socialist literary system” with a publication network governed by the goal of profit and directed through an alternate “second channel” of distribution. In an environment in which publishing increasingly responded to public demand, martial arts, detective, and romantic fiction acquired unprecedented popularity. Jin Yong’s work, combining elements of these genres, found a powerful niche located between blurring boundaries of high and low brow literature (Zha 1997:136-140; Link 2000:35-36, 174).

In addition, Jin Yong works such as *Wanderer* had a distinctive appeal to the “Third Generation” of Chinese raised under the flag of the Chinese Communist Party: a key demographic of the Reform Era market. For those of this generation, Jin’s depiction of morality – in response to the Chinese Cultural Revolution -- offered comforting elements of both the familiar and the subversive. The protagonist of *Wanderer*, Linghu Chong, (somewhat ironically) mirrored the revolutionary heroes of Culture Revolution art, possessing common chivalry, humility, and affinity with the masses – all positioned in a world in need of political guidance (McDougal and

<sup>6</sup> Jin Yong’s (and martial arts fiction’s) rise to national prominence was not without its opponents. In the 1990s, writers such as Liu Jin, Wang Shuo, and Yan Lieshan criticized this work’s violence, incoherence, lack of realism, and inconsistency with May Fourth ideals of literature (Peng and Zhao 2003:289; 309-311). Wang 2001:11-113 provides related criticism that this fiction impedes the construction of a lawful society.

<sup>7</sup> The striking manner that Jin Yong has been able to reach both intellectuals and non-intellectuals is discussed in Chen Mo 1999b, Song 1999a, Yan 1999a, and Wang 2001.

Louie 1997:368-369). In this context, Chen Mo observes how this famed literary swordsman could be understood to play the role of anti-feudal hero (Chen 2001:166-170).

Concurrently, Jin Yong's stories, *Wanderer* in particular, also spoke to those who suffered during the Culture Revolution. Characters such as the Hua Mountain head Yue Buqun embodied the abuse of power and moral hypocrisy attributed to leaders like Mao Zedong, whereas the freedom-loving Linghu Chong provided an opposing – and prevailing – voice of non-political moral sincerity. Indeed, in *Wanderer's* cautionary tale of power's corruption of individuals one observes similarities with the anti-Cultural Revolution "Scar Literature" that emerged in the late 1970s. *Wanderer*, presaging Scar Literature, profited from the catharsis and "longing for a sense of cultural continuity" that fueled this fiction's popularity (Barmé 1999:83; Link 2000:4-5, 15-33; Chi and Wang 2002:53-54).

In considering the general causes of the success of Jin Yong fiction, one must also observe the rise of Jin Yong himself as a figure of international stature. By the 1980s, and indeed into the twenty-first century, this writer has risen to the position as not just a national treasure, but also a treasure of the Chinese people. In this regard, he stands with Sun Yetsen and Lu Xun as a rare figure of symbolic potency that spans the formidable political and national boundaries that divide Chinese populations.

Part of this success stems from Jin Yong's enthusiastic reception among Hong Kong and overseas audiences prior to 1980, both as a writer of martial arts fiction and as editorialist for the *Ming Pao*. This fame spread with his expansion of overseas publications such as the *Ming Pao Monthly* (Hamm 2005). Success was consolidated with the revision of the martial arts stories "canonized" in

Jin's collected works. This was followed by a sizable popular "Jinology" literature, discussing the author and his books, as well as several popular biographies. Jin Yong himself appears to have tried to consolidate this image via public appearances, meetings with national leaders in China and Taiwan, as well as publication of his views on tradition, literature, culture, and modernity – most notably, *Compassionate Light in Asia*, a collection of conversations with the Japanese philosopher Daisaku Takeda (Jin and Daisaku 1998).

Jin Yong's personal success has fed upon itself, not just in China, but also in other Chinese communities such as Hong Kong, Taiwan, and Singapore. There is a pervasive respect for the author as a good writer, the father of the "New School" of martial arts fiction, and as a transmitter of a common venerated Chinese cultural tradition. This respect for Jin has led to book sales and, in turn, contributed to a commodification and retranslation of his work in the form of movies, television serials, comics, and computer games. The success in these endeavors has further enhanced his fame and stature (Hamm 2005: 227-249). As one biographer put it, echoing the general hagiography that has developed around Jin Yong: "His fourteen martial arts novels have not only caused him to become the wealthiest of all Chinese authors at home or abroad, but, more important, have caused his name to become a kind of symbol: a symbol of learning, a symbol of success, a symbol of ideals, and a symbol of a kind of cultural phenomenon" (Hamm 2005: 247-249).

## 7. Jin Yong and the Reform Era Search for Modernity

The post-1978 success of the work of Jin Yong also stemmed from its resonance with concerns central to late twentieth-century Chinese society. As

John Hamm observes: “By the mid- to late 1980s, Jin Yong had emerged as one of the most recognizable representatives not only of martial arts fiction but of popular fiction in general, and, further, of popular fiction as a force in the radically shifting and heatedly contested configuration of the mainland’s literary and cultural fields” (Hamm 2005:231).

One of the most compelling of these concerns, approached in different ways in the 1980s and 1990s, was defining a vision of a distinctly Chinese modernity. This task – re-conceiving China’s future in relation to its past -- was confronted by intellectuals, government administrators, and society at large, reflected not just in scholarly debates, but also in the broader arena of mass culture.

The trends were mercurial. Partisans of the 1980s “Great Cultural Debate” (*da wenhua taolun* 大文化討論) varied in methodology and viewpoint, evidenced by the exploration of “Futurology,” “Methodology,” and “Culture: China and the World” publications. Concerned social thinkers shared an “obsession” with the role of tradition in change, in which China was measured vis-à-vis Western teologies of progress (Wang 1996; Zha 1997:113; Zhang 1997; Chen 2001). As the strident expostulations of the television series “River Elegy” (*Heshang*) indicate, many involved were critical of China’s past. Contemporary socio-economic problems, they maintained, were rooted in deep-seated patterns of traditional culture that made little rational sense in a modern context (Wang 1996: 208-209; Zhang 1997:45-46; Chen 2001).

Other observers, however, were less iconoclastic. The sweeping rejection of works such as *Heshang* reduced the possibility of a distinctive *native* modernity. The “Chinese Culturalist School,” in the vanguard of a softer synthesis, looked to tradition (or, at least, elements of it) for “a source of universal

values to transcend the transitional passage of modernity” (Zhang 1997:90). These values, it was assumed, could be indigenously defined and internationally integrated to yield an axiological alternative to the Euro-American model. Similar aspirations motivated the “Search for Roots,” (*zhao gen* 找根) movement, with its native-centered reconstruction of traditional aesthetics and history, as well as the Neo-Confucianism revival, with its calculated restoration of Chinese moral values (Wang 1996:64-79, 212-222; Zhang 1997:44-90, 137-142). Likewise, the “Enlightenment School” posited a “the drive within tradition to perpetuate itself in continuous self-rejuvenation” – a position later embraced by pundits who pinpointed the cardinal values of “harmony” and “humanity” as the key to Asia’s modern economic success (Zhang 1997: 79-80, 199-212; Xu 1999:177).

The dynamic inquiry characteristic of 1980s “Culture Fever” cooled in the years after the 1989 Tiananmen crackdown, but future-focused interest in the past persisted. Central was a “craze” for “National Studies” (*guoxue* 國學), including Confucian and folk research, that supported a more conservative and less critical affirmation of tradition (Yan 1998; Liu 2001:47-54; Tang 2001:128-133). With government support, these studies contributed to a new ideology of nationalism grounded in, as Ben Xu tells us, “primordial determinants, the Chinese language, the indigenous Chinese life, and the essentialized Chinese culture” (Xu 1999:33). Some scholars further alarmed by the adverse impact of commercialism and mass culture advocated an even more personal turn to native tradition. As the 1994 contributors to *Dushu* 讀書 argued, society had lost touch with the principles needed to build a modern identity, necessitating a turn to the past to reconstruct China’s “humanist” legacy. This was not a call for

political change, but rather for cultural purity and the primacy of individual conscience, revitalizing China-centered freedom, creativity, and artistic perfection (Xu 1999:34-55; Barmé 2001; Luo 2002:39-40).

Jin Yong's martial arts novels were at home with the modernity debates of the Reform Era and, indeed, this work exhibited an astounding capacity to support multiple points of view. Chen Pingyuan, for example, notes that Jin "illuminates aspects of traditional Chinese culture such as Confucianism, Buddhism, Daoism, music, chess, calligraphy, and painting. As a result, reading Jin Yong's novels serve as a gateway to Chinese culture" (Yan 1998). In this way, the author's writing fit well with the government's National Studies promotion of traditional folk culture. Such circumstances have been aggressively exploited by Jin Yong's publishers and promoters (Yan 1998; Liu 2000:128; Peng and Zhao 2003:290-295)

Other observers such as Yan Jiayan comment, in contrast, that Jin's fiction makes critical use of tradition – notably, history and politics – to identify values and actions important to modern life (Jiang 1986: 18-20; Yan 1999a:164-176; Song 1999:233). Others argue that Jin's work articulates essentially modern attitudes and models, providing a foil to tradition (Fang 1989:111; Yan 1999a:90-92, 160-161; Chen Mo 2001:79-86). Indeed, in Jin Yong's fertile rendering of China's tradition one is reminded of (in a different context) Mark Twain's boundary-crossing presentation of slavery in *The Adventures of Huckleberry Finn*: a depiction that, depending on the point of view, was read as either an affirmation or a critique.

Although variously interpreted in support of opposing views, Jin Yong's own opinions, and their intended relationship to China's future, are indicated

in both his *Ming Pao* editorials and personal statements. Jin's sympathies have consistently sided with the proponents of a non-political form of rational Chinese humanism and, like fellow proponents, he pursues a regeneration of ethical principles relevant to both the individual and Chinese society as a whole (Daisaku and Jin 1998: 173, 185-186, 224-226). Jin Yong's tendency to revere, but not rigidly adhere to, traditional distinctions (say, of age, status, gender, or public perceptions of morality) concurrently encourages an effacement of static social categories in favor of an open order flexibly united by truly moral people.

The author's penultimate story, *Wanderer*, most clearly illuminates this tendency. In this story, the essence of native traditional ethics (exemplified by the unconventional antics of the protagonist Linghu Chong) overcomes the corruption of these ethics by formal institutions and power-hungry men. It was part of the very nature of this character's success, and his eventual reordering of the martial arts world, that old ideas were retained in essence, but expressed in innovative ways that fit with new conditions. Linghu cleaved to what was "good" in the face of formal divisions that were arbitrary and essentially meaningless. In becoming a "smiling, proud wanderer," he was forced to find his own way, be it uniting with Left Hand Path rascals or rejecting his master, to uphold what is right. It was here in Jin's assertion of traditional Chinese culture as the key to creating a rational moral climate – but always with an assumption that this culture might be (indeed, had to be) adapted in surprising ways -- that he struck to the heart of the Reform Era search for China's internal, non-Western, transformation.

## 8. Jin Yong and Reform Era Individualism

Late twentieth-century Chinese individualism

constitutes a second social trend with which Jin Yong's martial arts novels resonated. The author's work, grounded in a personal moral worldview, offered solace to individuals striving to define their place in a rapidly changing society. Here, the humane, optimistic, and even subversive content of Jin's work had particular significance for intellectuals and youth – among those most alienated by Communist Party politics (Ch'i 1991; Xu 1999; Luo 2002).

The educated and the young both had cause for dissatisfaction. Following the founding of the PRC in 1949, intellectuals underwent a social reversal in which they *en masse* were reviled, bullied, dislocated, and imprisoned. The memory of these events lingered after the 1978 restoration of their political status, particularly as intellectuals' social position still remained low in the face of economic growth and public sentiment favoring wealth over literary endeavor (Ch'i 1991:260-271; Xu 1999, esp.35-40). Youth of the "Fourth Generation," raised after the Cultural Revolution, also questioned a "New China" in which the promises of their childhood educations were contradicted by the experiences of their lives. Of concern were political corruption, profiteering, bureaucratic inefficiency, and social inequality: troubles exacerbated by rising inflation, unemployment, and crime. Youth complaints culminated in the tragic 1989 demonstrations, the suppression of which stifled student activism while leaving the problems that motivated it largely untouched (Ch'i 1991:20-29; Benewick and Wingrove 1995:2-3; Pei 1997; Xu 1999:23).

Such national problems had an adverse impact on public outlook. Intellectuals' 1980s "crisis of faith and trust" faded to political apathy in the wake of the 1989 crackdown, prompting a search for moral self and study of culture as a cure for society's

degeneration (Ch'i 1991:260-271; Xu 1999:23-55). More broadly, it also engendered, as Dai Jinhua puts it, a "need for nostalgia" that could provide consolation and enhanced room for imagination (Dai 2000).

The concurrent response of youth was, if anything, more extreme. Disillusioned with the limited opportunity of the socialist system, and cognizant of the alternatives of the free market, many among the younger generations embraced individualism, self-reliance, pragmatism, and materialism (Rosen 1989; Wang 1996:261-286; Zha 1997; Luo 2002). For some, this included an ironclad antipathy not only towards things political, but also toward things moral and intellectual, in which an ethos of educated social responsibility gave way to self-centered interest in entertainment. This anti-elitism found famous expression in the so-called "Wang Shuo Phenomenon," named for the hip street cynicism of author Wang Shou's novels (Wang 1996: 261-277; Liu 2001:58).

Here again, Jin Yong's martial arts novels accommodated and even encouraged a range of individual-minded perceptions. As the author himself notes, his work is an affirmation of values relevant to moral individuals in a morally confused society (Daisaku and Jin 1998:383-384). Jiang Jingfang and John Hamm likewise comment on these stories' nostalgic and freedom-focused content, a complement to the fashionable rise of nostalgia themes in the 1990s mass culture of fiction, television, and songs (Jiang 1986:18; Hamm 1999a; Dai 2000). Stories such as Jin Yong's *Wanderer* and *The Giant Eagle* combine a native rectification of a troubled Chinese world with a more specific tale of the retreat of free and untainted individuals from its struggles. Hypocritical hyper-defined politics – easily observed in the Party policy of preceding decades –



disintegrates in the face of spontaneous sincerity and free action arising from society's margins.

Scholars such as Song Weijie argue that *Wanderer*, in particular, provided an expression of "individualized" youth, relevant to 1990s culture centered on the self. Characters such as Linghu Chong – youthful, socially pressured, constrained by moral distinctions that are not moral, in a fight for personal expression -- present a powerful model for the young (Song 1999:222-226).

Jin Yong's *Wanderer* was perhaps more appealing to social-minded intellectuals than to apathetic urban youth. That the work spanned this divide, read even by fans of Wang Shuo, is indication not just of its fertile ambiguity, but also of the enduring power of its themes. The work is based in a classical faith that people can appreciate goodness (and, in a related, manner Chinese tradition) and, under the right circumstances they can – in fact, are inclined to – act correctly to better their world. That is, *Wanderer's* message is one of hope: that society can be peaceful; people can be harmonious; and individuals can be free. It is this dream -- linked to popular concern, rooted in tradition, and expressed in mass culture -- which connected both the alienated to the mainstream of Chinese society and Jin's fiction to the far corners of this society.

## 9. Conclusion

As the scholar Yan Jiayan observes, Jin Yong fiction offers not escapist fantasy, but "a consistent critical attitude toward social phenomenon and historical events that is objective, lucid, and independent" (Yan 1999a:93). Jin's outlook, in which reverence for Chinese tradition is tempered by an idiosyncratic form of rational humanism, yield narratives infused with elements of both the traditional and the modern. As this essay indicates,

the author's work corroborates a range of intellectual stances: in support of tradition, modernity, patriotism, Chinese humanism, and individualism. It was, in part, precisely this fertile ambiguity connected with contemporary concerns that accounted for the novelist's astounding popularity in the final decades of the twentieth century. Jin's literary outlook, responding as a Hong Kong thinker to Maoist politics, resonated with a post-Mao climate in which Chinese social thinkers, and indeed China's public at large, increasingly looked to popular culture for corroboration on issues of modernity and individuality. To an extent that merits greater recognition, the author's martial arts sagas provided a bridge linking disparate and different-thinking Chinese groups. In Jin Yong's work Chinese people found – as they wished to find -- a comforting non-political vision of a future grounded in a rational and flexible unity of traditional ideals.

## 10. References

- Barmé, Geremie R. 1999. *In the Red: On Contemporary Chinese Culture*. New York: Columbia University Press.
- , 2001. "Times Arrows: Imaginative Pasts and Nostalgic Futures." In Gloria Davies, ed., *Voicing Concerns: Contemporary Chinese Critical Inquiry*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, Inc., 227-257.
- Benewick, Robert and Paul Wingrove. 1995. "Introduction." In Robert Benewick and Paul Wingrove, eds., *China in the 1990s*. Vancouver: UBC Press, 1-4.
- Cha, Louis. 1997. *The Deer and the Cauldron: The First Book*. John Minford, trans. Oxford and New York: Oxford University Press.
- Chen Mo 陳墨. 1995a. *Jin Yong xiaoshou yu Zhongguo wenhua 金庸小說與中國文化* (Jin

- Yong's novels and Chinese culture).  
Baihuazhou wenyi chubanshe.
- 1995b, *Jin Yong xiaoshou renwu* 金庸小說人物 (Characters of Jin Yong's novels), Baihuazhou wenyi chubanshe.
- 1999 (a). *Gudu zhi xia: Jin Yong xiaoshou lun* 孤獨之俠: 金庸小說論 (The lone knight-errant: discussions on Jin Yong's novels). Shanghai: Shanghai sanxing shudian.
- (1999b), *Gudu zhi xia: Jin Yong xiaoshou lun* 孤獨之俠: 金庸小說論 (The lone knight-errant: discussions on Jin Yong's novels), Shanghai sanxing chubanshe.
- 2001. *Langman zhi lu: Jin Yong xiaoshuo shenyou* 浪漫之旅: 金庸的小說神遊 (A romantic journey: travelling through the fiction of Jin Yong). Taipei: Fengyun shidai.
- Chen Pingyuan 陳平原. 1999. "Literature High and Low: 'Popular Fiction' in Twentieth-Century China." In Michel Hockx, ed., *The Literary Field of Twentieth-Century China*. Curzon, 113-133.
- Chi, Pang-yuan and David Der-Wei Wang, eds. 2002. *Chinese Literature in the Second Half of the Century: A Critical Survey*. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press.
- Ch'i Hsi-Sheng. 1991. *Politics of Disillusionment: The Chinese Communist Party Under Deng Xiaoping, 1978-1989*. Armonk and London: M.E. Sharpe, Inc.
- Dai Jinhua. 2000. "Imagined Nostalgia." In Arif Dirlik and Xudong Zhang, eds., *Postmodernism and China*. Durham and London: Duke University Press, 205-221.
- Fang Yu 方瑜. 1989. "Jin Yong wuxia zhong de zheng yu xie: yi 'Yitian Tulong Ji' yu 'Xiaobao Jianghu' wei li" 金庸武俠的正與邪以倚天屠龍記與笑傲江湖為例 (The upright and the wicked in work of Jin Yong: using "Yitian Tulongji" and "Xiaobao Jianghu" as examples). *Dangdai* (Contemporary) (July), #39, 102-112.
- Fei Yong 費勇 and Zhong Xiaoyi 鐘曉毅. 2002. *Jin Yong chuanqi* 金庸傳奇 (A biography of Jin Yong). Taipei: Yashutang wenhua.
- Hamm, John Christopher. 1999 (a). "The Marshes of Mount Liang Beyond the Sea: Jin Yong's Early Martial Arts Fiction and Postwar Hong Kong." *Modern Chinese Literature and Culture*. V.11, no.1 (Spring), 93-123.
- 1999 (b). "Creating Classic Literature: On the Revision of Jin Yong's *Sword of Loyalty*." In Wang Qiugui, ed., *Proceedings of the International Conference on Jin Yong's Novels*. Taipei: Yuan-liou, 425-446.
- 2005. *Paper Swordsmen: Jin Yong and the Modern Chinese Martial Arts Novel*. Honolulu: University of Hawai'i Press.
- Jiang Jingfang 江靜芳. 1986. "Wuxia xiaoshou de shehui yiyi" 武俠小說的社會意義 (The social significance of martial arts novels). *Youshi yuekan* 幼獅月刊 (Youth monthly) (March), #399, 18-20.
- Jiang Ti 江提, ed. 2001. *Jin Yong: Zhongguo lishi dashi* 金庸: 中國歷史大勢 (Jin Yong: general trends of Chinese history). Changsha: Hunan daxue chubanshe.
- Jin Yong 金庸 (1967), "Xu Zhonggong wenhua da geming ziliao huibian" 序中國文化大革命資料彙編 (Preface to Documents of the Cultural Revolution of the Chinese Communist Party). *Mingbao yuekan* 2 (10): 57.
- (1980) *Xiaobao jianghu* 笑傲江湖 (The smiling, proud wanderer), Yuan-liou publishing.
- and Daisaku Tkeda 池田大作. 1998. *Tanqiu yige canlan de shijie: Jin Yong, Daisaku Tkeda duitan lu* 探求一個燦爛的世界: 金庸, 池田

- 大作對談錄(Compassionate light in Asia).  
Taibei: Yuan-liou.
- Leng Xia 冷夏. 1995. *Jin Yong zhuan* 金庸傳  
(A biography of Jin Yong). Taibei: Yuanjing  
chubanshe.
- Lin Bachun 李保淳. 2000. *Jiegou Jin Yong* 解構  
金庸 (Explaining Jin Yong). Taibei:  
Yuan-liou.
- Link, Perry E., Jr. 2000. *The Uses of Literature:  
Life in the Socialist Chinese Literary System*.  
Princeton: Princeton University Press.
- Liu Kang. 2000. "Popular Culture and the Culture  
of the Masses in Contemporary China." In Arif  
Dirlik and Xudong Zhang, eds., *Postmodernism  
and China*. Durham and London: Duke  
University Press, 123-144.
- Liu Qingfeng. 2001. "The Topography of  
Intellectual Culture in 1990s Mainland China: A  
Survey." In Gloria Davies, ed., *Voicing  
Concerns: Contemporary Chinese Critical  
Inquiry*. New York and Oxford: Roman &  
Littlefield Publishers, Inc., 47-70.
- Luo Xu. 2002. *Searching for Life's Meaning:  
Changes and Tensions in the Worldviews of  
Chinese Youth in the 1980s*. Ann Arbor:  
University of Michigan Press.
- McDougall and Kam Louie. 1997. *The Literature  
of China in the Twentieth Century*. London:  
Hurst and Company.
- Minford, John. 1993. "The Deer and the  
Cauldron – the adventures of a Chinese  
trickster." *East Asian History*, no.5 (June),  
1-100.
- Pei Minxin. 1997. "Racing Against Time:  
Institutional Decay and Renewal in China." In  
William A. Joseph, ed., *China Briefing: The  
Contradictions of Change*. Armonk and New  
York: M.E. Sharpe, 11-49.
- Peng Hua 彭華 and Zhao Jingyi 趙敬立. 2003.  
*Fenghua zaixian – Jin Yong zhuan* 風華再現 --  
金庸傳 (Elegance and talent reemergent -- a  
biography of Jin Yong). Taibei: Banner  
Publishing.
- Rosen, Stanley. 1989. "Value Change Among  
Post-Mao Youth: The Evidence from Survey  
Data." In Perry Link, Richard Madsen, and  
Paul G. Pickowicz, eds., *Unofficial China:  
Popular Culture and Thought in the People's  
Republic*. Boulder and London: Westview  
Press, 193-216.
- Tang Yijie. 2001. "Some Reflections on New  
Confucianism in Mainland Chinese Culture of  
the 1990s." In Gloria Davies, ed., *Voicing  
Concerns: Contemporary Chinese Critical  
Inquiry*. Lanham: Rowman & Littlefield  
Publishers, Inc., 123-134.
- Song Weijie 宋偉杰. 1999. *Cong yule xingwei  
dao wutuobang chongdong: Jin Yong xiaoshou  
zaidu* 從娛樂到烏托邦衝動:金庸小說再讀  
(From entertaining conduct to utopian impulse:  
Jin Yong's fiction reexamined). Jiangsu  
renmin chubanshe.
- Wang, Jing. 1996. *High Culture Fever: Politics,  
Aesthetics, and Ideology in Deng's China*.  
Berkeley and Los Angeles: University of  
California Press.
- Wang Linlin 王淋淋. 2001. *Wentan sanhu -- Jin  
Yong, Wang Shuo, Yu Qiuyu: dangdai san da  
wenxue lunzheng banxi* 文壇三戶 – 金庸.王朔.  
余秋雨: 當代大文學論爭辦析 (Three  
households of the literary world – Jin Yong,  
Wang Shuo, and Yu Qiuyu: critiques of three  
great contemporary literary debates).  
Zhengzhou: Daxiang chubanshe.
- Wen Ruian 溫瑞安. 1997. *Tan Xiaobao jianghu*  
談笑傲江湖 (A discussion of the *Smiling*,

- Proud Wanderer*). Taipei: Yuanliu.
- Xu, Ben. 1999. *Disenchanted Democracy: Chinese Cultural Criticism after 1989*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- Xu Huimin 許彙敏. 1997. *Jin Yong wuxia xiaoshou xushi moshi yanjiu* 金庸武俠小說敘事模式研究 (Research on the narratives and models of Jin Yong's martial arts novels). National Zhongzheng University Masters thesis.
- Yan Huo 彥火. 1998. "Angrang jinru xueshu diantang" 昂然進入學術殿堂 (Proudly and boldly entering the Hall of Scholarship). *Jin Yong tushuguan* 金庸圖書館 (The Jin Yong library). Jinyong.ylib.com.tw. Yuan-liou Publishing Co.
- Yan Jiayan 嚴家炎. 1999a. *Jin Yong xiaoshou lungao* 金庸小說論稿 (A discussion of the fiction of Jin Yong). Beijing: Beijing daxue chubanshe.
- . 1999b. "Wenxue de yasu duidai yu Jin Yong de lishi diwei" 文學的雅俗對峙與金庸的歷史地位 (The opposition of highbrow and lowbrow literature and Jin Yong's place in history). In Wang Qiugui, ed., *Proceedings of the International Conference on Jin Yong's Novels*. Taipei: Yuan-liou, 543-552.
- . 1997. "China's Popular Culture in the 1990s." In William A. Joseph, ed., *China Briefing: the Contradictions of Change*. New York and London: M.E. Sharpe, 109-150.
- Zhang Guiyang 張圭陽 (2005), *Jin Yong yu Mingbao zhuanqi* 金庸與明傳奇 (Jin Yong & Ming Pao daily legend), Chongnong wenhua chubanshe.
- Zhang, Xudong. 1997. *Chinese Modernism in the Era of Reforms: Culture Fever, Avant-garde Fiction, and the New Chinese Cinema*. Durham and London: Duke University Press.

## 台灣大學生使用電腦輔助語言學習之學習成效探究

### The Relationship between the Background of University Students in Using Computer-Assisted Language Learning and Students' Performance in Taiwan

吳慧盈

Hui-Ying Wu

清雲科技大學應用外語系

[hywu@cyu.edu.tw](mailto:hywu@cyu.edu.tw)

#### 摘要

本文的目的在探討清雲科技大學的學生在旅遊英語這一門課的學習成效是否會因電腦輔助英語文學習的方式與傳統的學習方式的不同而有不同的學習成效，以期能提供具研究基礎與實際相關資訊給台灣的英語教學者。結果顯示旅遊英語知識經由電腦輔助英語文學習的方式比傳統學習方式有更顯著的學習成效。進而探討性別、社會經濟地位、以及在家使用電腦這三個因素與電腦輔助英語文學習成效的相關性，結果顯示社會經濟地位與電腦輔助英語文學習成效有相關。

**關鍵字：**電腦輔助英語文學習，傳統的學習方式，旅遊英語，學習成效。

## **Abstract**

The purpose of the study was to compare Ching-Yun University students' learning performance in computer-assisted language learning (CALL) versus traditional English learning method in order to provide research-based, best-practice information to Taiwanese English instructors. Results indicated that students obtained higher tourism English knowledge test scores in the CALL than in traditional English learning method. Also this study investigated the relationship between demographic variables and students' learning performance on CALL for tourism English curriculum. The results showed a moderate relationship between SES and students' learning performance on CALL for tourism English curriculum at Ching-Yun University in Chungli City, Taiwan.

**Key words:** Computer-Assisted Language Learning (CALL), Traditional Learning Methods, Tourism English, Learning Performance.

## INTRODUCTION

In traditional English curriculum, English knowledge includes a content of English listening, speaking, reading, and writing that are necessary for English knowledge. Veronin and Ramirez (2000) found that the changing nature of information delivery systems strongly affect the delivery of knowledge. Additionally, the rapid growth of computer-based communication allows individuals to assume more responsibility for personal learning decisions.

English information, transmitted computer-assisted language learning (CALL), has offered potential major benefits for all individuals; English teachers receive a much-needed boost in the form of computer technology and an English information catalyst for the growth of CALL. Using CALL, students can learn at an appropriate pace in a non-threatening environment. Matheson and Achterberg (1999) reported that “computers have been promoted as providing an interactive learning environment that helps students develop higher order thinking skills and enables them to create their own knowledge” (p. 106). CALL is a powerful learning method for both teachers and students. CALL supplies information on English and can be a rich source of teaching facts, advice, and support for individuals with access to personal computers.

In CALL environments, a variety of variables may influence attitudes and performance. These variables include gender, socio-economic status (SES), and computer usage at home. Gail (1995) examined whether reading CAI produced effective comprehension at the elementary school level. The experimental group had overall positive attitudes toward reading and computers. Reading scores and reading comprehension in males and females also increased. Spotts and Bowman (1993) have found SES

to be a factor which affects computer access and learning performance. Vanessa (1995) examined the effects of CAI on the reading achievement of third-grade through sixth-grade students in a low SES community. The results showed that reading scores were affected by computer access and usage (Vanessa). Hooper (1992) found that there was a significant difference in reading and writing scores related to the amount of computer use. Computer usage at home may be a critical factor which influences students’ performance.

In Taiwan, most teachers of English continue to use traditional face-to-face teaching methods. However, some teachers use newer methods, including CALL, which in turn, uses multimedia. Lee, Lee, Haun, Liao, and Guo (2000) reported that teachers are currently using CALL to teach English content.

There has been an increased interest in CALL in English curriculum because people are attracted to the high technology opportunities available to the general population and educational organizations. Studies have reported various conclusions about CALL that may or may not be applicable to educational settings in Taiwan. The purpose of the study was to compare Ching-Yun University students’ learning performance in CALL versus traditional English learning method in order to provide research-based, best-practice information to Taiwanese English instructors. Also this study investigated the relationship between demographic variables of gender, SES, and computer usage at home and students’ learning performance on CALL for tourism English curriculum at Ching-Yun University in Chungli City, Taiwan.

## REVIEW OF THE LITERATURE

CALL is an approach to language teaching and learning in which computer technology is used as an

aid to the presentation, reinforcement and assessment of material to be learned, including a substantial interactive element (Wikipedia Online, 2007). One advantage of using a computer in a classroom was suggested by Beatty (2003, p. 49) by quoting “they suggested that readers who enjoy reading tend to read more and more motivated to read and that a computer can be useful in promoting interest”. Therefore, computer technology can assist students in overcoming barriers faced by many of them in today’s schools (Peat, Taylor, & Fernandez, 2001). CALL is one part of computer technology and language learning.

According to Wikipedia online (2007), typical CALL programs present a stimulus to which the learner must respond. The stimulus may be presented in any combination of text, still images, sound, and motion video. The learner responds by typing at the keyboard, pointing and clicking with the mouse, or speaking into a microphone. The computers offer feedback, indicating whether the learner’s response is right or wrong, and in the more sophisticated CALL programs, attempting to analyze the learner’s response and to pinpoint errors. Branching to help and remedial activities is a common feature of CALL programs.

By using CALL, the learners can manipulate the variables and observe the outcome. This is a discovery learning in which students get the opportunity to experiment with quasi-real-life situations. Bloom’s cognitive theory requires complex concepts to be broken down into smaller parts which build upon each other until ideas or concepts can be generalized into other areas (Oliva, 1988). Students are permitted to analyze, integrate, and evaluate what they view. Hypermedia carries this process a step further; students can gather information from a variety of sources via cable, CD-ROM, stereo, web, international

databases and integrate them into a total, polished presentation. Program designers have used Bloom’s cognitive theory produce interactive and hypermedia software or website geared toward providing students with simulations where they obtain hands on experience, control sequence of learning experiences, and learn using their own particular modality.

Moreover, the number of computer software programs or websites for use in the English and mathematics field has increased markedly since descriptions of computer applications first appeared in the literature (Lee, Nieman, & Rainwater, 1995). According to Matheson and Achterberg (1999), there will be enormous growth and development of CALL in English curriculum in the future. Therefore, CALL can be both cost effective and also allow teachers to offer English curriculum more effectively.

McCullough (2000) reported that there were no significant differences in computer anxiety between males and females. Rozell and Gardner (1999) pointed out that “high computer anxiety was considered to reduce a person’s effectiveness when using a computer” (p. 4). McCoy et al. (2001) concluded that an intensive computing environment has a positive influence on academics, and differences between males’ and females’ use of and attitude toward computers are marked. Volman (1997) found that there were considerable differences between females and males in experience with and knowledge about computers. The knowledge scores indicated that gender was a significant factor for the following computer activities: (a) learning the computer, (b) learning the subjects, (c) learning the programming, and (d) learning the games. Posttest scores indicated that males answered better than females. Davis (2000)



noted that female students with higher mean high school and college GPAs are more likely to perform better and are likely to exhibit lower computer anxiety than male students.

Prior studies revealed that gender could be an important factor in students' learning performance when using computers as learning tools. Therefore, the researcher decided to use gender as one of the variables on students' learning performance in CALL in this study.

In a complex educational setting, computers are valuable tools because they provide support for students and teachers in obtaining, organizing, and displaying information. Spotts and Bowman (1993) investigated the factors that influence use of technology in new learning environments including (a) the certainty that technology contributes to improve students' learning, (b) availability of equipment, (c) funds to purchase materials, (d) advantages over traditional delivery methods, (e) contribution to improve students' interest, (f) time to learn the technology, and (g) school support. Becker and Riel (2000) found that students from poorer economic (low-SES) backgrounds have as many professional engaged teachers as do economic advantaged students. The findings indicated that teachers in low-SES schools use computers with students in more traditional ways than teachers in high-SES schools. Teachers in low-SES schools are more likely to have students use computers more for routine skill practice and to learn to work independently, and they are less likely to have students use computers to make presentations, to do analytic work, or to create writing assignments. Teachers in high-SES schools are more likely to have students become exemplary computer users. Klenow (1992) demonstrated that computers offer an instructional tool that can motivate students to

acquire knowledge and develop thinking skills.

Evidence also showed that in an urban setting (low-SES), with a sample of students representing minority populations, skills with using computers can be enhanced. Roedding (1990) found that students scored significantly higher after 2 months of computer use. Another study reported that the experimental group had an overall positive attitude toward reading and computers. Reading scores and reading comprehension increased. The implication for instruction is that when a group of students are given access to computer-assisted reading instruction, reading scores and reading comprehension will tend to increase (Gail, 1995). Therefore, the researcher adopted to use SES as one of the variables on students' learning performance in CALL in this study.

Computer usage at home has been found to affect learning performance when using CALL (Wiebe & Clark, 2001). Hooper (1992) found that there was a significant difference in reading and writing scores related to the amount of computer use. Some researchers have found that the level of computer confidence reported by students can be predicted by the frequency of computer use (Gardner et al., 1993). Steffen (1998) stressed that "direct and vicarious interaction with computers increased the user's sense of control, confidence and stimulated interest in learning more" (p. 42). This study concluded "overall professional orientation correlated with level of computer use for administrative purposes and for institutional purposes" (p. 45). Based on these studies, computer usage at home appears to be one of the variables on students' learning performance in CALL in this study.

## METHOD

The researcher employed a quantitative

methodology design. A true experimental design was used in this study. The analyses compared students' performance on CALL to a comparative sample of students' performance who received traditional English learning method. The experimental group was administered CALL while the control group received traditional English learning method on the required English content knowledge. The English knowledge test score was administered to the two groups before and after the treatment and the scores were analyzed

for significance. Moreover, this study also determined the relationship between demographic variables and student learning performance on CALL for tourism English curriculum.

Random selection and assignment of sample were used to establish the two groups from the 5,348 students who were enrolled in the 2nd, 3rd, and 4th-year of Ching-Yun University. The paradigm for this design is presented in Table 1.

**Table 1**

*Randomized Control and Experimental Groups Pretest and Posttest*

Group	N	Assignment	Treatment	Pretest and Posttest
E	48	R	X	Y
C	48	R	T	Y

*Note.* R = random assignment to groups; E = experimental group of six classes; C = control group of six classes; N = number of students in each group; X = received computer-assisted language learning; T = received traditional learning method; Y = received pretest and posttest.

The student participants were 96 students randomly registered from 5,348 students in the 2nd, 3rd, and 4th-year of Ching-Yun University located in the city of Chung-Li, Taiwan. The students in the school were from a variety of social economic backgrounds. The overall ratio of females to males was 6:4. Most of the students (95%) had prior computer experience; however, very few of these students had used CALL in the past. The selection was determined by using a table of random numbers to select students randomly according to their student ID number. Once determined, the 96 students were randomly assigned to either the control or experimental group by using the same process. Each group consisted of exactly 48 students in a class.

Ching-Yun University is in Chungli City, Taiwan,

served as the locations where the researcher conducted this study. The location of Taiwan is near mainland China and the Philippines. The study took place in classroom number A804 for the experimental group and classroom number A601 for the control group of Ching-Yun University.

Data were collected using the English content knowledge test in tourism English curriculum. The English content knowledge test was provided by the researcher. The researcher, selected English instructor, was assigned to teach both the control and experimental groups. The tourism English content knowledge test was administered to both groups before and after the experiment. This was done to determine initial tourism English content knowledge as well as changes that occurred over the 16 weeks treatment

period. All participants received the same instructional content in class by the same instructor during these 16 weeks.

The CALL program used for the experimental group in this study was *My English Tutor (MYET) — Traveling by Yourself* produced by Studio Classroom and L Labs Inc.. The interface layout is well organized. This program contains 4 innovative Interface such as (a) play and record interface, (b) vocabulary learning interface, (c) video viewing interface, and (d) tone and pronunciation distinguishing scoring interface. This program also contains a detailed student's register. The student's register allows for controlling the student's progress when studying English. Both the teacher and the student can check the results of the student's work and correct mistakes. The program tracks each participant's learning progress by recording each response choice on a screen-by-screen basis. The instructional reference used for the control group in this study was the print-out handouts of My English

Tutor (*MYET*) — Traveling by Yourself.

## RESULTS

The study compared the students' learning performance in CALL and traditional learning method. Data were analyzed using the means, standard deviations, dependent *t* test, and independent *t* test. The posttest English content knowledge score mean for the control group was higher than pretest English content knowledge score mean for the control group ( $M = 62.46, SD = 2.73; M = 39.27, SD = 2.17$ ). This was an indication that traditional English learning method had improved students' performance. The posttest English content knowledge score mean of the experimental group was higher than pretest English content knowledge score mean of the experimental group ( $M = 79.31, SD = 2.92; M = 39.81, SD = 2.50$ ). This was an indication that CALL had significantly improved students' performance (Table 2).

**Table 2**  
**Means and Standard Deviations for the Pretest and Posttest English Knowledge Scores for the Control and Experimental Group**

Group	<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Control	39.27	2.17	62.46	2.73
Experimental	39.81	2.50	79.31	2.92

**Note. n = 48 for each group.**

The pretest and posttest English content knowledge score means for the control group were

compared using the dependent *t* test at .05 level of significance; the pretest and posttest English

knowledge score means for the experimental group were also compared using the dependent *t* test at .05 level of significance. An independent *t* test was used for comparing experimental group's and control group's pretest means. An independent *t* test was computed for comparing experimental group's and control group's posttest means.

The results of the control and experimental groups dependent *t* tests are presented in Table 3 and indicate that the control group performed significantly better on the posttest than on the pretest,  $t(47) = -2.33$ ,  $p < .05$ . The results also show that the experimental group performed significantly better on the posttest than on the pretest,  $t(47) = -2.78$ ,  $p < .05$

**Table 3**  
**Dependent *t* Test Between the Pretest and Posttest Knowledge Score Means for the Control and Experimental Group**

Group	<i>t</i>	df	p
Control group	-2.33*	47	.020
Experimental group	-2.78***	47	.000

Note.  $n = 48$  for each group.

\* $p < .05$ . \*\*\* $p < .001$ .

Differences between the control and experimental groups pretest score means were examined by independent *t* test (Table 4). The result showed no significant difference between the means,  $t(94) = -1.48$ ,  $p > .05$ . This indicated that the experimental group pretest score mean was not significantly different from control group pretest score mean. Differences between the control and experimental groups' posttest scores were examined by independent

*t* test (Table 4). This produced a statistically significant difference,  $t(94) = -2.14$ ,  $p < .05$ . This indicated that the experimental group posttest score mean was significantly higher than the control group posttest score mean. These results indicated that the students using CALL showed a significantly better performance than students using traditional English learning method.

**Table 4**  
**Independent *t* Test for the Pretest and Posttest Knowledge Score Means for Control Group Versus Experimental Group**

Test	<i>t</i>	df	p
------	----------	----	---

Pretest	-1.48	94	.078
Posttest	-2.14***	94	.000

Note.  $N = 96$ .

\*\*\* $p < .001$ .

The study determined the relationships between demographic variables of gender, SES, and computer usage at home and student learning performance on CALL for tourism English curriculum. As noted in Table 5, the Pearson product-moment correlation coefficient between posttest scores and gender

was .273; the Pearson product-moment correlation coefficient between posttest scores and SES was .569; and the Pearson product-moment correlation coefficient between posttest scores and computer usage at home was .253.

**Table 5**

**Pearson Product-Moment Correlation Coefficients Between Gender, Socio-Economic Status, Computer Usage at Home and Posttest Score for the Experimental Group**

Variable	Posttest score	Gender	Socio-economic status (SES)	Computer usage at home
Posttest score	—	.273	.569	.253
Gender		—	.716	.801
Socio-economic status (SES)			—	.921

Note.  $n = 48$ .



## CONCLUSIONS

The research question was addressed regarding students' learning performance when using CALL versus traditional learning method at the Ching-Yun University. The control group's pretest and posttest tourism English content knowledge score means were examined by dependent *t* test. The results indicated that the control group performed better on the posttest than pretest. The means and standard deviations for the control group's pretest and posttest tourism English content knowledge scores were reported. The results indicated that traditional learning method had improved students' learning performance. The experimental group's pretest and posttest tourism English content knowledge score means were examined by dependent *t* test. The results of the experimental group's dependent *t* test indicated that the experimental group performed better on the posttest than pretest. The means and standard deviations for the experimental group's pretest and posttest tourism English content knowledge scores were presented. The results indicated that CALL had significantly improved students' learning performance.

Differences in the control and experimental groups pretest scores were examined by independent *t* test of the group score means. The results indicated that the experimental group's pretest score mean was not significantly different from the control group's pretest score mean. Therefore, performance on the pretest for both the control group and the experimental group was at a similar level. Differences in the control and experimental groups' posttest score means were examined by independent *t* test. The results indicated that the experimental group's posttest score mean was significantly higher than the control group's posttest score mean. The results indicated that the experimental group had higher posttest tourism English content knowledge scores than the control group. These findings indicated that CALL had significantly improved students' learning performance on tourism English content knowledge test compared to traditional learning method. Therefore, CALL had significantly improved students' learning performance when using CALL for the tourism English curriculum at Ching-Yun University.

**According to the findings of this study, CALL was found to improve students' learning performance better than traditional learning methods at the Ching-Yun University. The findings were congruent with prior research on CALL which indicates that most of the CALL and performance studies found that information or knowledge is encoded visually or verbally in the symbol systems enabled by various technologies (Jonassen & Reeves, 2001). Research on CALL design has shown how CALL can improve students' learning performance. The design of the interface provides a clear, consistent, and attractive communication since the quality of the interface contributes to the ability of the user to perform well (Levin & Donitsa-Schmidt, 1998). The visual design of the interface affects the impression that the user has of the interface, the understanding of the interface, and the desire to use it (Mayer, 1992).**

According to the findings of the current study,

SES was associated with students' performance when using CALL for the tourism English knowledge of English curriculum at the Ching-Yun University in Taiwan. These findings are congruent with prior literature on SES and performance. Reasons that the SES variable was associated with students' performance in using CALL may include (a) higher SES families had higher demand in English curriculum scores, and (b) higher SES families can support students' learning needs.

The findings in the present study were congruent with the literature review on gender and performance. Lu (2000) found a weak relationship between gender and learning performance in curriculum environments in Taiwan. These findings indicate that gender may have effects on mathematical learning. Gail (1995) examined whether reading CAI produced effective comprehension at the elementary school level. Reading scores and reading comprehension in males and females were increased. The findings of the current study indicated a slight relationship between gender and students' performance when using CALL in the tourism English curriculum at Ching-Yun University. Reasons may include (a) the English content that male and female students received in the present study was demanded by standard examination for students' grades to enter university; thus, this pressure forced all students to memorize, and (b) Taiwanese male and female students' learning styles may be similar.

The findings of the current study indicated that computer usage at home is a weak relationship with students' performance when using CALL in the tourism English curriculum at Ching-Yun University. This finding is incongruent with the literature review on computer usage at home and performance. One reason that computer usage at home did not strongly influence students' performance may have been because of the limited time that the present sample had with CALL use.

**The findings of the current study concluded that CALL can indeed improve students' learning performance when using it for the tourism English curriculum of English education at Ching-Yun University. These research findings guide Ching-Yun University administrators' decisions about adopting CALL in English education. The goal in this study is to help our teachers make informed choices when evaluating current authoring tools and practices in the world of CALL. It is recommended that CALL can be used as a tool for helping university students in the English curriculum in Taiwan in the future.**

## REFERENCES

- Beatty, K. (2003). *Teaching and Researching Computer assisted Language Learning*, Great Britain: Pearson Education.

- Becker, H. J., & Riel, M. M. (2000). *Teacher professional engagement and constructivist-compatible computer use*. Retrieved June 24, 2002, from University of California, Irvine, Center for Research on Information Technology and Organizations Web site:  
[http://www.crito.uci.edu/tlc/findings/report\\_7/startpage.html](http://www.crito.uci.edu/tlc/findings/report_7/startpage.html)
- Davis, A. M. (2000). *Effects of gender, cognitive learning styles, and computer attitude on students' course satisfaction: A preliminary study II*. Unpublished doctoral dissertation, Grambling State University, Grambling, LA.
- Gail, T. (1995). *Will implementing reading computer assisted instruction compared to traditional reading instruction produce more effective comprehension at the elementary school level?* Brooklyn, NY. (ERIC Document Reproduction Service No. ED392025)
- Gardner, D. G., Dukes, R. L., & Discenza, R. (1993). Computer use, self-confidence, and attitudes: A causal analysis. *Computers in Human Behavior*, 9, 427-440.
- Hooper, S. (1992). Effects of peer interaction during computer-based mathematics instruction. *Journal of Educational Research*, 85(3), 180-189.
- Jonassen, D., & Reeves, T. (2001). *Handbook of research*. Bloomington, IN: Association for Curriculum Communications and Technology.
- Klenow, C. (1992). Electronic social studies: Teaching with technology. *Instructor*, 102(3), 65-68.
- Lee, H. Y., Lee, M. G., Haun, L. G., Liao, H. C., & Guo, T. W. (2000). The intervention program of body weight reduction on health indices among elementary school children. *Journal of Chinese Medical Science*, 1, 211-219.
- Lee, R. D., Nieman, D. C., & Rainwater, M. (1995). Comparison of eight microcomputer dietary analysis programs with the USDA nutrient database for standard reference. *Journal of the American Dietetic Association*, 95, 858-880.
- Lu, M. L. (2000). *Gender demographic difference in nutrition and computer learning*. Unpublished master's thesis, University of Chung-Yan, Taoyuan, Taiwan.
- Matheson, D., & Achterberg, C. (1999). Gender differences and nutrition assisted instruction learning. *Society for Nutrition Education*, 31(2), 105-109.
- Mayer, J. T. (1992). *The M-word: Multimedia interfaces and their roles in interactive learning systems*. Unpublished master's thesis, University of Aberdeen, Aberdeen, United Kingdom.
- McCoy, L. P., Heafner, T. L., Burdick, M. G., & Nagle, L. M. (2001, November). *Gender differences in computer use and attitudes on a ubiquitous computing campus*. Paper presented at the annual meeting of the American Education Research Association, Seattle, WA.
- McCullough, J. R. (2000). The computer gender gap: Quantitative and qualitative assessments of its existence (Doctoral dissertation, Indiana University of Pennsylvania, 2000). *Dissertation Abstracts International*, 61, 139.
- Oliva, P. F. (1988). *Developing the curriculum*. Glenview, IL: Scott, Foresman.
- Peat, M., Taylor, C., & Fernandez, A. (2001, July). *From informational technology in biology teaching to inspirational technology: Where have we come from and where are we going?* Paper presented at the annual meeting of the Australian Science Teachers Association, Sydney, New South Wales, Australia.
- Roedding, G. R. (1990). *Using computer assisted instruction to improve students' performance skills in social studies*. Ft. Lauderdale, FL: Nova Southeastern University. (ERIC Document Reproduction Service No. ED332950)
- Rozell, E., & Gardner, W. (1999). Computer-related success and failure: A longitudinal field study of the factors influencing computer-related performance. *Computers in Human Behavior*, 15, 1-10.
- Spotts, T. H., & Bowman, M. A. (1993). Increasing faculty use of instructional technology: Barriers and incentives. *Educational Media International*, 30, 199-204.
- Steffen, T. H. (1998). A positive approach to measuring attitudes toward computers: Microcomputer playfulness and computer efficacy in an industrial setting (Doctoral dissertation, University of Sarasota, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 888.**
- Vanessa, H. (1995). *Computer and reading achievement*. Chicago, IL. (ERIC Document Reproduction Service No. ED382923)**
- Veronin, M. A., & Ramirez, G. (2000). The validity of health claims on the World Wide Web: A systematic survey of the herbal remedy opuntia. *American Journal of Health Promotion*, 15, 21-28.
- Volman, M. (1997). Gender-related effects of computer and information literacy education. *Education Teacher Research and Development*, 23(5), 20-29.
- Wiebe, E. N., & Clark, A. C. (2001). Understanding the diversity of student computing activity. *Journal of Educational Technology Systems*, 29, 291-311.**
- Wikipedia Online. (2007) Retrieved November 6, 2007, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-assisted\\_language\\_learning](http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-assisted_language_learning)**



台灣當前教育政策下的有效教學  
—以國文科考試與經典閱讀為例  
Effective Teaching Methods of the Current Educational Policy in Taiwan

姚振黎

Chen-Li Yao

清雲科技大學

[chenliyao.ncu@gmail.com](mailto:chenliyao.ncu@gmail.com)

**摘要**

近年來，台灣國文教學面臨「白話文與文言文的比重」、「公職人員廢考國文」……等倡議，又「考試領導教學」，在台灣為長久以來存在之現象。本文針對現今台灣與教學有關之國文考試命題、教材教法、教學目標，提出現況、問題、因應辦法，甚至解決之道。寫作方法（methodology）為針對 2008 年伊始，各方所公布之教育政策與教學資訊，將教育理論與教學實務結合，蘄使國文教師教學相長，學生觀摩切磋，師生共學，且樂在其中，俾為達成國文教學目標、學習成效，效棉薄之力。

**關鍵詞：**國文教學、大學學科能力測驗（簡稱「學測」）、創造力教育、有效教學、經典閱讀。

### **Abstract**

Controversies over the proportion of vernacular and classical Chinese taught in Taiwan classrooms and abrogation of Chinese as a required exam subject in civil service qualification exam have been heightened in recent years. In addition, examination-oriented teaching has long been debated among teachers. This paper addresses issues concerning exam questions, pedagogy, goals of learning, whose current situations are assessed, surveyed and proposed solutions suggested. The methodology of this paper is solidly based upon 2008 officially-released data, educational policies and statistics to collide theories with practices to mutually benefit students and teachers alike so as to forge an ambient environment hospitable to education *per se*.

**Key words:** Chinese teaching, effective teaching methods, creative education, classics reading.

教師進行有效教學至關重要之五項行爲是：清晰授課、多樣化教學、任務導向、引導學生投入學習過程、確保學生成功率。<sup>8</sup>以此檢測 2008 年、大學學科能力測驗（以下簡稱「學測」或「大考」），約十五萬考生報名，雖是近六年來最少的一次，且爲最後一次依據舊教材命題，然關乎十餘萬家庭及成千上萬之中學國文教師能否有效教學與教師行動。

自古以來，「教育」與「政治」即密不可分，無論自宏觀（macro）、或微觀（micro）教育政治學（politics of education）視之，政黨與政治制度運作、利益團體、政治意識型態、群眾運動、政治人物……，在在與教育關係密切。

2009 年學測、將改依〈九五暫行課程綱要〉命題，社會科增公民與社會題目、歷史部分則大幅刪減中國史、增台灣史，國文的文言文比率也由目前的六成五減爲四成五，新課程對重考生、自然組考生較不利。本文以當前台灣中等學校國文教學之現狀，找出「在安定中求進步」之有效教學法。

## 壹、綜藝化考題背後的省思

2008 年、學測國文科考題，當紅的「色戒」入題，流行歌手周杰倫、蘇打綠等歌曲也出現，還有橫式信封寫作格式、漫畫等，國文輔導團老師認爲：題目生活化且靈活，是近五年來出得最好的一次。<sup>9</sup>

### 一、關於「五年來出得最好的國文考題」

2008 年大學學測國文考題，補教老師、高中國文老師紛紛發表看法：

國文沒有爭議題，但鑑別度很高；

國文考題跨領域取材，且跳開純文學，兼顧社會人文；

考題包括新詩、散文、論文、小說等，白話文較以往大量增加，約佔六十八分，較文言文四十分多，但文言或白話文比例多少並不重要；

取材有熱門藝文話題，如暢銷電影及小說〈色戒〉、賴聲川的創意學等，第 18 題從題目到選項都出自流行歌曲，包括周杰倫的〈青花瓷〉、蘇打綠的〈小情歌〉等。考生是否看過電影、小說，或會不會唱這些歌曲，都不致影響答題，考題考的是語意邏輯和修辭，需要多閱讀；

今年的題型、題數和配合跟往年差不多，曾出現過的漫畫，今年也有，第 9 題的漫畫出自蔡志忠的作品，考題融合中國儒家與道家思想；

多選題第 22 題用諧音方式引出歌手楊中偉（楊宗緯）、主持人陶青盈（陶晶瑩）等人物，還出現「新秀街」、「星光路」等路名，增加題目趣味性。

…… …… ……

凡此洋洋灑灑的稱美，不及徵引。綜言之，國文老師團認爲「不少題目都以課本詞語爲素材，卻設計成要考活用詞語的能力；跳脫課文的觀念命題，非常靈活。」<sup>10</sup>茲舉三題如下：

### （一）2008 學測國文科第 5 題 電影色戒入題

下列是一段現代小說，請依文意選出排列順序最恰當的選項：

平安戲院前面的場地空蕩蕩的，不是散場時間，也沒有三輪車聚集。

甲、一回頭卻見對街冉冉來了一輛，

乙、老遠的就看見把手上拴著一隻紙紮紅綠白三色小風車，

丙、她正躊躇間，腳步慢了下來，

丁、車夫是個高個子年輕人，在這當口簡直是個白馬騎士，

見她揮手叫，踏快了大轉彎過街，一加速，那小風車便團團飛轉起來。

（張愛玲〈色·戒〉）

<sup>8</sup> 參看 Gary D. Borich, (April 2006) *Effective Teaching Methods: Research-Based Practice*, Prentice Hall, 6th edition.

<sup>9</sup> 2008 年 2 月 2 日（星期六）《聯合報》A3 版、焦點：〈文言白話均衡 文學生活兼顧：國文、五年來最好的考題〉。

<sup>10</sup> 全註 2。

(A)甲丙丁乙 (B)乙甲丙丁 (C)乙丙丁甲 (D)  
丙甲乙丁

(二) 第 9 題 蔡志忠漫畫入題

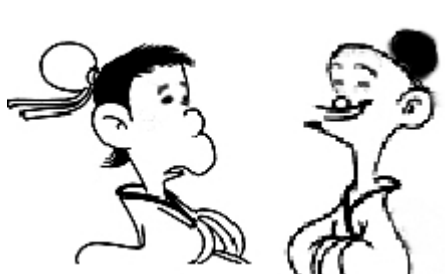
閱讀下列改編自《莊子·讓王》的漫畫，選  
出最適合形容原憲品德修養的選項：



1 原憲居魯，環堵之室，茨以生草，蓬戶不完，  
桑以為樞而甕牖。



2 子貢乘大馬，軒車不容巷，往見原憲。



3 子貢：嘻！先生何病？

憲聞之：無財謂之貧，學而不能行謂之病。  
今憲貧也，非病也。



4 子貢逡巡而有愧色。

(A)能見其過而內自訟者  
(B)敏而好學，不恥下問

(C)衣敝緼袍，與衣狐貉者立而不恥者  
(D)惡衣服，而致美乎黻冕；卑宮室，而盡力  
乎溝洫

(三) 第 18 題 流行歌詞入題

在「寒冷將靈魂凍結／我卻還不肯熄滅」這  
句歌詞中，作詞者運用「化虛為實」的技巧，  
將抽象的「靈魂」化為具象的水，可以被「凍  
結」，看似無理卻饒富妙趣。下列歌詞「  
」內的兩個詞語間，使用相同手法的選項是：  
(A)就算整個世界被「寂寞」「綁票」／我  
也不會奔跑  
(B)時光隧道裡／我「擺渡」著「憂愁」／孤  
獨疲憊的我／又將再流浪  
(C)「釉色」「渲染」仕女圖／韻味被私藏  
／而妳嫣然一笑如含苞待放  
(D)當所有的花都遺忘了你睡著的臉／「群  
星」在我等速飛行時驚呼「墜落」  
(E)有一個地方叫做故鄉／它留些「記憶」  
叫我「遺忘」／卻總在淚濕枕巾的  
午夜哦盪漾

由上列所舉三考題，做鼎鑿之嘗，或已得  
見全貌：2008 年、大學學測國文科考題很時事，  
也很綜藝<sup>11</sup>。〈色戒〉小說、融合儒家和道家的  
蔡志忠漫畫、歌手周杰倫的〈青花瓷〉、蘇打綠  
的〈小情歌〉、紀曉君的〈故鄉普悠瑪〉、陳昇  
的〈鄉〉、陳珊妮的〈乘噴射機離去〉，以及中  
國歌手趙薇的〈漸漸〉等歌曲歌詞都入題。<sup>12</sup>至  
於考題「色戒」和歌手周杰倫等的歌詞要怎樣  
解題及正確作答？國文老師說，前者考的是語  
感和文意邏輯，多閱讀就會答，例如選項中的  
丁敘述的是車夫，之前應該要談到車子，即可

<sup>11</sup> 改編自張愛玲原著《惘然記》之〈色戒〉、經  
李安導演拍成同名電影「色戒」，〈2007 年、  
台灣十大賣座電影中，搶得第四，為唯一上  
榜之華語片。〉：「李安的色戒，在香港票房  
超過港幣 3,900 萬元（約台幣 1 億 5,990 元。  
台灣票房大台北區突破 1 億 3,500 萬元，全省  
票房超過 2 億 6,000 萬元，締造李安個人最高  
票房記錄。」見 2007 年 12 月 19 日《聯合報》。

<sup>12</sup> 2008 年 2 月 2 日（星期六）《中國時報》。

正確研判；後者考修辭，與是否看過或聽過，沒有關係。

至於第 18 題題目和選項，都是流行歌曲的歌詞。題幹 (question stem) 引自趙薇的〈漸漸〉這首歌歌詞「寒冷將靈魂凍結／我卻還不肯熄滅」，表示作者用了「化虛為實」的技巧，要考生選出有相同技巧的文字，選項則包括蘇打綠〈小情歌〉中的「就算整個世界被『寂寞』『綁票』／我也不會奔跑」等，聽過歌的人不見得會答；只要把握抽象和具體的概念，應不會答錯。<sup>13</sup>

是故，解析 2008 年考題的台北市國文輔導團老師群咸以為：今年國文試題，命題者的用心，相當值得肯定，不僅以跨領域方式解讀文本，讓學生重新明瞭新的詮釋方式，同時取材廣泛而新穎，既有熱門藝文話題，如暢銷小說—〈色戒〉、暢銷作品—賴聲川的《創意學》，也有星光幫翻唱的流行歌曲。

若謂本件為「五年來出得最好的國文考題」，則更貼切之評語毋寧是：「答案清楚、肯定，致使作答時，不至模糊，故減少猶疑選項。蓋國文科選擇題在四選一時，嘗有兩個選項不對、一個正確，尚餘一個模稜兩可，令人爭議，游移難定。公布標準答案時，不得不作出『送分』之決議。」

## 二、城鄉差距下的媚俗化大考題目

關乎十餘萬考生入學成績的大學學測，2008 年命題內容與取向，自然又成為媒體報導重點。其中，「流行話題」入題，更是備受社會關注的議題。在數學科，考了分析棒球投手表現的 ERA 值；社會科則考到公投、總統民調、金融呆帳等台灣當今茶餘飯後最「夯」的話題；在國文科，電影「色·戒」原著、周杰倫及蘇打綠等流行歌詞、星光幫、蔡志忠漫畫都入題。參與試務工作者稱：看到這分題目，令人感覺很親切，沒有陌生、疏離感，無論考生是否看

過電影、聽過歌，並不影響答題；考的還是基本語文能力。<sup>14</sup>

學測考題的「流行化」，經常被稱許為「靈活」。然而，「流行話題」與基礎教育或學習的鑑別度有多少關係，卻往往被忽略。一個不知周杰倫歌詞、星光幫、蔡志忠或棒球規則的學生，就得終須被篩到末段班嗎？況且，出題宜靈活，固無可厚非，唯「流行文化入題」是否即意味「靈活」，恐不盡然<sup>15</sup>。職是之故，類此命題顯現的義涵有三：

第一，缺乏鑑別度。「流行」原是一種主觀的愉悅，自會影響學生對特定流行話題的興趣與深入程度進而影響考生解題的能力。如何避免學生因對特定話題的不熟悉而無法作答，以致使考題失去鑑別力，都是大考中心理應注意者。

再者，淪為反教育。既是流行文化，就存在「次文化」與分眾的問題。不喜歡周杰倫、不喜歡追星的人，對於他們的歌曲難道沒有不注意的權利？如今為了考試，許多學生被迫要去接受他們不喜歡的東西，這是教育的初衷嗎？苟如此，則可能落入強迫考生依附媚俗，豈不也是一種「反教育」？

第三，未見城鄉差距。追求流行文化，尚涉及城鄉差距問題。對於三餐不繼或下課還要幫父母擺攤勞動的家庭，買張 CD 或上網搜尋，都是奢侈的事。<sup>16</sup>對這些弱勢學生而言，大考學測還得通過「能否跟得上流行」的試煉，則又情何以堪？

這好有一比，面對一桌豪華宴飲，吃慣大餐的有錢人家子弟當然能如數家珍，一一道來；但對初識美味的窮苦小孩，除了食不知味，

<sup>13</sup> 2008 年 2 月 2 日 (星期六)《聯合報》A3 版、焦點：陳智華〈色戒考語感 歌詞考修辭〉。

<sup>14</sup> 2008 年 2 月 3 日 (星期日)《聯合報》C5 版、教育：張錦弘〈值得稱許：白話文增加 題目鑑別度卻高〉；2008 年 2 月 4 日 (星期一)《聯合報》A15 版、民意論壇：徐國淦〈大考題目的媚俗化〉。

<sup>15</sup> 2006 年 1 月 24 日《基督教論壇報》第 2549 期、第 2 版、綜合新聞〈姚振黎：語文教學應活學活用〉。

<sup>16</sup> 見兒童福利聯盟文教基金會網站 <http://www.children.org.tw/news>。

恐怕更徒增難堪和自卑。如果我們不希望流行文化階級意識導入教育，則宜節制這類過度媚俗的考題，別讓處於流行文化資本的弱勢學生，在如此考試制度中提前倒下。

### 三、深入淺出、活學活用、潛移默化的國文科教學

上述命題趨勢，已行之有年，使 2006 年大學學測考題出現火星文 Orz。若要出網路流行語為考題，應以約定成俗、都已被知悉或普遍接受者為宜。畢竟，命題的基本原則之一是，盡可能讓每位考生都站在公平的立場作答，而 Orz 尚未成為坊間或社會的「網路通識」，況且，出題老師不知 Orz 尚具有否定嘲諷的意思，莫怪來自離島的考生說：「實在…太不夠意思！」雖然，教師以學生習慣的思維或語言與學生溝通是值得鼓勵；老師與學生談學生關心的話題以拉近學生溝通的距離亦能夠理解，但師長切忌一知半解下使用，例如 Orz 還有負面、否定的意思。是故，語文教學的提升與改進，須思考三個方面：

一是深入淺出，親切有味，即使一百年、兩千年前的作品，仍可藉由教師之詮釋，以古喻今、古為今用。

二是將語文教學活學活用，從日常生活到為人處世、認知，所有讀者均可將所學放諸四海而皆準；藉前人經驗，豐富自己的經驗。

三為培養讀書人的風骨，藉由閱讀作品潛移默化，成就冷靜的腦、熱情的心。

近年來國文教學趨向活動化、學習單漫天飛舞<sup>17</sup>，凡此媚俗化甚或取悅學生之考題，值得關心國文教學者深思。

### 貳、專案計畫造就學校 M 型化

在歷史發展的軌跡中，吾人不難看見許多政治統治者掌握教育的企圖，因為教育一方面

可以增進國力，也可以作為其穩定政權的工具。相同的，藉由政治力量實現其教育理想之教育理論與實務者也不在少數。實際上，政府的生存和發展與教育息息相關，教育理想與實際也有賴政治體系以達成，兩者之間既然不必也不可分離。<sup>18</sup>

茲以每至歲暮年終，各項專案經費結算時之景況，探究計畫執行所承載之現象與待解決之處境。

#### 一、申請及執行計畫專案之現況

近幾年，台灣政府大砍學校的經常經費，改以計畫申請方式核發，從十二年國民基本教育、高中職社區化、優質化，至大學校院教學卓越計畫，五花八門，類目繁多。實則，有「計畫」的做事看似不錯，但問題在於這種選擇性、隨意性，亦可能是重複性的補助，根本無法顧全所有學校應興應革的事項。所以，當學生因「創意教學」、「提升創造力」而經費充裕，卻見眾多無力繳交兩菜一湯的營養午餐費而飢餓難耐的學童；或買進一大批新穎的單槍投影機，卻苦無電費可資運作，而任其報廢。

過去依迫切程度，由校長整體規劃運用的經常性經費，現今被這些計畫型經費大量稀釋而所剩無幾，乃是自初等教育至高等教育、從綜合大學到技職校院，共同面臨的難題。

當某國小被指控有經費美化校園，卻沒有經費改善附設幼稚園的危險遊樂設施，不過是冰山之一角。畢竟，在專款專用前提下，行政人員或執行計畫者只能含淚買五年也用不完的雷射印表機專用碳粉匣，卻眼睜睜地看著危險教室搖搖欲墜。

教育部基於拔尖原則，為打造能躋入國際排名的一流大學，同時考量國內高等教育區域均衡發展、人文社會學科與理工醫農學科平衡發展等因素，有五年五百億計畫，全名為「發

<sup>17</sup> 參看：姚振黎〈從寫作的認知歷程論有效教學策略〉，將發表於 2008 年 4 月 5-8 日、香港教育學院中文系、中國華南師範大學聯合主辦「中國語文課程改革中的有效教學與教師行為」國際研討會。

<sup>18</sup> Tim L. Mazzoni. (1991). Analyzing State School Policymaking: An Arena Model. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 13(2): 115-138. 林天祐《教育政治學·第一章·教育政治學的基本概念》，台北：心理出版社。頁 1。2004 年 9 月。

展國際一流大學及頂尖研究中心計畫」，其量化指標包括研究、國際化及產學合作三項；質化包括整體制度與組織運作、基礎設施、教學與輔導、重點領域或研究中心、人文社會發展策略、財務規畫與永續經營等六項，由審議委員會委員評定。

審議委員會包括政府相關部會、學界與產業界代表共十多位委員，籌組成立，依申請學校是否符合申請資格進行篩選，另再請八位學者專家組成審查小組，就各校申請書進行審查。當媒體披露某校可能會落榜，立即使該校「非常緊張」，「由學校研發長、主秘、老師等不斷在媒體投書，呼籲社會要重視高教人文領域，連校長都親自求見教育部長。」至於五年五百億計畫之落榜學校，則表示「無法接受」，並「質疑教育部政策前後矛盾」<sup>19</sup>。

當國立大學得到教育部的研究計畫經費，電腦買到沒地方可擺，該粉刷的牆壁都粉刷了，連學生的期末報告好一點的，也發數千元；私立技職校院拿到教育部的教學卓越經費，紛紛競相辦理各種比賽，從演講、寫作，到書法、作對聯，只需上台說話三分鐘、幾年來第一次拿毛筆寫字、無視對仗平仄，即可千元落袋。何況錢更多的五年五百億學校，要如何消化那驚人的預算。若問：何不將剩餘的經費繳回？則須有甘受預算執行不力之處分的行政人員或計畫執行者。

然而，在偏遠地區的學校，沒有都會學校的人多勢眾，原已缺少申請及執行專案計畫的切磋、商議者或學習、請益對象，接收專案計畫申請之資訊亦較遲緩，加以現今公佈徵求計畫與截止收件之時日，往往甚為緊迫，若無事先即有類此資料或準備，則既無力爭取專案，也無力承擔計畫，致使原有經費不足、亟需開關財源的情況雪上加霜。

## 二、專案計畫加速學校 M 型化

<sup>19</sup> 2008 年 2 月 6 日（星期三）《聯合報》C4 版、教育：陳智華〈政大奔走呼籲 擠進榜鬆口氣〉、〈元智：教部政策矛盾 無法接受〉。

日裔美籍經濟管理學者、大前研一針對中產階級消失的現象，以二十年時間觀察，於 2005 年寫成《M 型社會》<sup>20</sup>一書，震撼日本，成為亞洲第一本針對此現象提出全面解決方案之著作。小自個人、大至國家，大前以為：這是關鍵時刻，人們必須擬定新戰略。

所謂 M 型社會，即是在全球化趨勢下，富者在數位世界中，大賺全世界的錢，財富快速攀升；另一方面，隨著資源重新分配，中產階級因失去競爭力，而淪落至中下階層，整個社會的財富分配，在中間這塊，忽然有了很大缺口，與「M」的字型一樣，整個世界分成三塊，左邊的窮人變多，右邊的富人也變多，但是中間這塊，卻忽然陷下去，然後不見了。攤開台灣的學費數字，當最貴的國際學校一學期學費動輒二、三十萬元，而一般公立中學只需三、四千元，相差將近百倍。<sup>21</sup>當開學在即，很多家庭面臨要湊錢繳子女學雜費的問題，使就學貸款總申貸戶、總核貸額，雙創歷史新高，且學貸逾放比至 2007 年底達 12.11%，為本國銀行平均逾放比 2.13% 的 5.7 倍，學生逾期未繳的呆帳也持續飆高至 44 億元。<sup>22</sup>然因現在景氣不佳，學生畢業後就業困難，或即使就業之後，亦因薪資不高緣故，無從還清就學貸款，致使學生就學貸款逾放比，呈現出逐年遞增趨勢，凡此皆應證大前研一所斷言：「台灣已經出現日本當初的徵兆，成為 M 型社會！」

長期觀察台灣貧富差距現象者解讀，這代表台灣中間的族群正在撕裂中，「他們未來的機會越來越少，如果不能向上走（成為上流社會），就是往下沉淪（成為下流社會）」<sup>23</sup>。

<sup>20</sup> 參看：大前研一著《M 型社會》，商周出版。2006 年 10 月。

<sup>21</sup> 〈M 型化教育 學費差百倍〉，《時報周刊》第 1544 期。2007 年 9 月 21-27 日。頁 48-57。

<sup>22</sup> 2008 年 2 月 20 日《工商時報·社論》——慎防就學貸款呆帳飆高的惡性循環。「申請就學貸款的人數越來越多，據估計總申貸人數將突破九十萬人，總核貸金額也將突破一千五百億元。」

<sup>23</sup> 曠文琪〈M 型社會來了！〉，見《商業周刊》第 986 期〈封面故事〉2006 年 10 月 16 日出刊。

面對 M 型社會來臨，關心教育政策或站在第一線從事國文教學者，繼續苦抓計畫案時，是否思慮：教育政策可以製造所謂「卓越」學校的朱門酒肉臭，「貧賤」者卻路有凍死的 M 型發展。導致專案越出越多，然有學術熱誠者，良心難安；沒接計畫者，卻是更須經費挹注之弱勢，此一差距已在加速循環中。<sup>24</sup>

### 參、「創意教育」必佐以基本功

大學學測錄取率逐年攀升，2007 年錄取率高達 96.3%，僅有三千餘人落榜，四科加權後 18 分即可錄取。在台灣，人盡皆知：考不上大學、比考上大學，難多了。至於高中入學，亦不遑多讓，多元入學、推甄申請，五花八門，形成創意盡出，但知識、技術、基本功是否已被稀釋或輕忽。

以 2008 年為例，台灣基北區共計 176 所高中高職接受入學申請，又各校依發展特色，訂定招生目標及加分條件。除國語文競賽，擁有特殊技藝、在全國競賽得獎的學生相當搶手；五花八門的加分條件，除傳統國／英語文、科展成績，打撞球、武術或下圍棋等技藝超群者皆能加分。此外，有管弦樂背景的學生甚是吃香，北一女即鎖定全國音樂競賽好手，可望招募到一支頂尖的管絃樂團。

### 一、互為因果的「M 型化教育」與「申請入學」

2008 年、承辦申請高中入學之主委學校—大同高中，仍堅持語文程度的重要性，是全國唯一申請入學寫作測驗成績須達 10 分(5 級分)的學校，基於語文程度是一切學習的基礎，且台北市有一半學生作文達 5 級分，大同高中遂訂出寫作 5 級分的門檻。

政大附中將圍棋、象棋、撞球、武術等競賽項目列入加分，在全國競賽或曾代表國家參賽得名者，最高可加至 12 分。該校校長表示：武術、跆拳道都與中華文化有關，撞球運動很適合國人發展；申請入學著重多元性，故與基

<sup>24</sup> 2007 年 11 月 27 日(星期二)《聯合報》A15 版、民意論壇：鍾國朋〈學校 M 型化 都怪專案預算〉。

測登記分發有所區隔；加分是希望鼓勵學生多元發展。

北一女在加分條件、音樂類別中，列出直笛、長笛、雙簧管、低音號、法國號、小號、長號、大中小提琴等管弦樂器，及中胡、高胡、南胡、嗩吶、柳葉琴等國樂器，在全國性競賽個人組獲獎者，最高可以加至 10 分。

不僅高中申請入學，大學申請入學亦有不可少之準備，除須上網蒐集，廣徵參與主試者或有經驗人士之建議，曾參加過哪些社團、比賽及相關營隊的證明及得獎資料，也應提前蒐尋、整理、備妥、建檔。<sup>25</sup>則家長幫助，周遭奧援，成為申請入學、推甄闖關之重要幫補，此誠非每日須為三餐稻粱生計謀之家庭所能擔負者。

### 二、過度依賴筆試，製造「考試能手」vs.「多元入學」，造就量化的學習成果

「考試領導教學」，使入學選才的方式嚴重影響中、小學教育；長久以來，過度依賴筆試總被人詬病為：中小學生常被訓練成「考試能手」。教改為免製造背誦大量知識、探求制式標準答案、抹殺想像力、又忽略創造力的培養，進而鼓勵有道德、有理想、有創造力、身體健康、具團隊精神，可以一起合作解決問題的學生，凡此不是筆試能考得出來，「廢除聯考」、「多元入學方案」、「申請入學」、「推甄入學」即是在此背景下產生。

「多元入學」<sup>26</sup>實施迄今，城鄉差距、雙峰現象、M 型化教育……卻隨教改愈趨明顯。諾貝爾化學獎得主李遠哲謂：亞洲區大學太依賴筆試。<sup>27</sup>或許正反襯出美國大學可以由申請入學

<sup>25</sup> 2008 年 2 月 21 日(星期一)《聯合報》C3 版、教育：申請入學。

<sup>26</sup> 八十七學年度(1998 夏)入學之國一(七年級)新生開始適用高級中學多元入學方案，九十學年度(2001 年夏)起廢止高中聯招，並全面實施高級中學多元入學方案。參看：<http://www.edu.tw/high-school/bbs/one-1/one-1.htm>，及〈高中及高職多元入學方案〉中華民國九十一年(2002)八月二十九日頒佈。

<sup>27</sup> 2008 年 2 月 3 日(星期日)《經濟日報》李遠哲於 2008 年 1 月 26 日(星期六)應日本立



決定是否發給入學許可 (admission) 之令人羨慕, 唯因東方社會的「見面三分情」、「老子英雄兒好漢」, 出身門第、父母社經身分直接影響到關心孩子教育、參與子女的推甄申請, 致使學生繳交申請入學之準備工作或甄試之作品成果, 與父母參與、代勞介入成正比。若再佐以推甄學校、系所主試者之主觀好惡, 則現行申請入學誠多努力改進的空間。

蓋知識管理時代, 知識快速積累、更新, 人類遇到的問題更複雜。誠然, 高等教育應重視培養學生的創造力和想像力, 入學考試過度依賴筆試, 學生被訓練成考試能手, 卻摧毀創意發想。於是, 各種獎勵「創造力」、「創新」、「革新」、「創意」計畫的案件, 令人目不暇接。畢竟, 在知識經濟的時代, 重複操作即可處理或應用電腦軟體就能解決的問題, 皆會被機器取代; 留給人類者均屬複雜問題<sup>28</sup>, 在背誦大量知識及找尋制式標準答案中, 不僅忽略創造力的培養, 更抹殺想像力及創意。然而, 精緻包裝、細心打理之申請入學資料, 與父母社經身分及參與度成正比, 則考試公平性為何?

高教應重視「教育」, 而非「訓練」; 「萬貫家財不如一技在身」被「科際整合」

(interdisciplinary) 的跨領域學習所取代乃是必然之勢。然而, 強調創造力教育、創意教學的同時, 必須認知: 基本功—「技術」乃創意教學之根幹。

### 三、唯有源頭活水來— 以 Google 創意的基本功為例

為對抗搜尋引擎天王 Google, 微軟宣布: 向雅虎提出總價 446 億美元、折合台幣 1.43 兆的購併提案, 成為繼時代華納購併美國線上後, 全球最大的網路購併案; 溢價幅度達 62%。雖然微軟稱此購併是「天才工程師的結合」, 實則為迎戰網路巨人 Google; 顯然微軟與

Google 之爭未來將更加慘烈, 但鹿死誰手則尚未可知。

在 Google 尚未出現之前, 雅虎是搜尋引擎的霸主, 但因缺少競爭對手導致其技術進步緩慢, 且沒有在核心業務、網頁搜尋下功夫以求創新, 當 Google 以優異的搜尋技術席捲網路市場, 這時雅虎才開始反應幾乎已經回天乏術。

反觀微軟目前的主要獲利來自其作業系統和 Office 軟體, 基本上目前 Google 尚吃不到這一塊, 但網路的發達, 總有一天一開機上網, 所有上網者要的東西它都幫助提供, 屆時誰還需要微軟。

另一方面, 微軟及雅虎在網路搜尋或廣告方面, 與 Google 競爭均節節敗退, 微軟也很心急, 索性將雅虎買下, 準備展開與 Google 的正面對決, 希望結合兩者的人力和經驗, 能夠在技術與服務上超越 Google。

個人電腦的使用成就了微軟, 網路的興起打造了 Google, Google 之所以能夠成功, 除其技術上的優勢外, 公司的文化也很值得學習。

江山代有才人出, 台灣何時才能有如此世界性的大公司? 現今的教育一直強調創意; 教改強調創意, 為執行計畫案, 鼓勵開設創意課, 凡是課名有「創」字者均可, 因此「創意的發想與實踐」、「創意與行銷」、「創意思考」、「創意發明」、「創意製造」、「創意與人生」、「創造力與創意設計」、紛紛開設, 不一而足。<sup>29</sup>然莫忘微軟和 Google 皆以技術起家, 因為他們有好的技術, 所以才能利用此技術去發揮各種創意的應用, 正如李家同教授所一直鼓吹的: 教育應該是細水長流<sup>30</sup>, 一切從基本做起,

命館亞洲太平洋大學邀請, 在台師大演講, 講題為「亞洲高等教育面臨的挑戰」, 內容實則為針對台灣高等教育面臨的挑戰發言。

<sup>28</sup> 2008 年 2 月 2 日 (星期六)《中國時報》頭版頭條: 陳一姍〈微軟開價 1.43 兆購併雅虎〉。

<sup>29</sup> 筆者於 2003 年 2 月-2008 年 6 月, 執行教育部「創意的發想與實踐計畫」, 開設類此課程達五年餘。可參看教育部顧問室《創意的發想與實踐巡迴課程》頁 206-223, 2008 年 1 月。

<sup>30</sup> 張錦弘、薛荷玉〈入圍落選 也可拿到經費? 五年五百億將放榜 原只想給十校 出局者給經費延續上期計畫 新計畫不給錢〉:「李家同痛斥五年五百億計畫, 觀念根本就錯了。」見 2008 年 2 月 4 日 (星期一)《聯合報》C3 版、教育。

若五年五百億這種吃大力丸的做法，是於事無補的。<sup>31</sup>

#### 四、創意教學的正本清源之道

同理，2008 年寒假、當「校園主播選拔出爐」，電視新聞競相報導、報紙當作頭版「焦點新聞」呈現，包括優勝前幾名的三圍，無論電子或平面媒體均推波助瀾，其在校園造成之潛在影響，包括學生價值觀的定位與追逐，連帶校園氛圍、教師士氣，則社會價值觀對主播應有的標準為何？是美貌？是口才伶俐？是臨場反應？新聞熱誠與專業素養仍有需要嗎？將「流行」的玩意兒帶到新聞中，更深層的意義就值得討論。在校園中，教師不隨著這條「新聞」起舞者，幾希？<sup>32</sup>

當新學期開放學生選課，「中文經典英譯賞析」、「企業計畫撰寫」選課者寥寥，卻見「創意的發想與實踐」每每開放選課，立即爆滿，然授課教師為同一人，選課人數之冷門、熱門差異，卻不啻天壤。則一味鼓吹創意之餘，專業知識的基本功為何？能否強化背景知識？應如何有效教學？越發值得深思。

#### 肆、全球中文熱<sup>33</sup>下的經典閱讀

2007 年暑假，台灣教育部委託「台灣歷史學會」所作《教科書不當用詞檢核計畫》報告出爐，將五千多個常識用語定義為不適用用語，建議修改與中國相關之字詞。這項作法將改掉五千個用詞，中小學教科書全面更改。報告中建議將以往所用的「國父孫中山先生」應

改為「孫中山先生」，「國字」改為「中國文字」等。

2008 年伊始，教育部再推「正名」運動。<sup>34</sup>由教育部主導之國中小學九年一貫課程綱要修訂，通過國語文、英語、原住民語、綜合、健體等五領域的研修草案，將國語文能力指標中的「中國文字」改為「漢字」，「國語文」、「中文」改為「華語文」，「鄉土語言」改稱「本土語言」，新的課綱預計九十九或一百年實施。

#### 一、關於《教科書不當用詞檢核計畫》報告<sup>35</sup>

教育部將「國父、國畫、國文、國字」等五千個用詞全面更正，並表示：修改用詞只是貼近兩岸現狀，並譴責反對者「質疑從中正紀念堂改名、國營事業更名案、到教育部推動五千個用語，是整套意識型態掛帥。」官員以「反對者『小題大作』，必不得人民支持；且強加『大中國』意識型態給台灣人民，企圖搞『一國兩制』之舉終必無法獲得民眾認同。」<sup>36</sup>

本計畫報告將台灣官方語文「國語」、「中文」，過去主流的「國劇」、「國畫」等，被要求改成「中國話」、「中國文字」、「中國京劇」、「中國繪畫」等；海峽兩岸分治以來許多教科書和常識用語如「台灣地區」、「兩岸」、「全省各地」，也必須改為「台灣」、「兩國」。由於台灣自清朝、國民政府時代所承述的都是「中國文化」，因而長久以來，均將中國的文化稱作「我國文化」、「我們中國人」現則改作「中國文化」、「我們華人」甚至「我們台灣人」。

<sup>31</sup> 李家同〈五年五百億 能打造一流大學？一流大學須有一流教授、一流學生，豈是動用特別預算就能達成？且五年後如何驗收？〉見 2005 年 10 月 11 日《聯合報》民意論壇。又 2008 年 2 月 3 日（星期日）《聯合報》A15 版、民意論壇。張瑞雄〈Google 來勢洶 蓋茲心驚〉

<sup>32</sup> 彭芸〈校園主播選拔 放影劇版就行〉2008 年 1 月 28 日（星期一）《中國時報》A15 版。

<sup>33</sup> 《商業周刊》第 1057 期，專題：「全球小菁英拚中文」，2008 年 2 月 25 日出刊。

<sup>34</sup> 2008 年 2 月 14 日《聯合報》A6 版、話題〈教育部再正名 中文、國語改華語 九年一貫課綱修訂 中國文字→漢字 鄉土→本土 但「國語課」不會改叫「華語課」〉

<sup>35</sup> 韓國棟〈改掉 5,000 用詞：臺灣教科書全面去中國化〉，2007 年 7 月 21 日《中國時報》。

<sup>36</sup> 筆鋒〈植入假記憶 洗掉真記憶〉《亞洲週刊》第二十一卷、第三十期。2007 年 8 月 5 日出刊，頁 5。

該檢核標準包括多方面，如兩岸分治後，許多話語若「我國」，必須改為「台灣」；「王羲之是我國著名的書法家」這段課文中的「我國」應改作「中國」；又如課文作者部分，介紹作家詩人余光中，現在台居住，原文是「余光中，福建省永春縣人」，應改為「余光中，原籍中國福建省永春縣」。為稀釋和取消台灣與中國的歷史關係，將「中日戰爭」稱為「清日戰爭」，「中法戰爭」稱為「清法戰爭」；將屬於共同記憶的詞語，如「老祖宗」、「古代」、「中華民族」等改稱「中國古人」、「中國古代」、「華夏民族」；指稱中國特有的文物、書畫等，使用「國字」、「國畫」、「國劇」、「京劇」、「古典詩詞」等辭彙均應改正。

許多家長擔心孩子離開「國」學越來越遠，一些家長想法子以私塾或閱讀等方式，讓青少年接觸經典。<sup>37</sup>

## 二、閱讀文學，是一種情感教育

值此全球中文熱的浪潮，台灣卻「迫不及待把中文往外丟」，作家白先勇感到很心急<sup>38</sup>。他認為，提升中文力，還是非讀文學經典不可。他特別推崇中國古典小說，不僅是優美的白話文，而且寫盡中國人的人情世故。

「文學，是一種情感教育。」白先勇語重心長，就像西方教育將莎士比亞列為中學教育的基礎課程，文學是學習愛人與同理心的重要方式，是一個人變得「完整」的重要關鍵。今日強調的全人教育（holistic education）、通識教育，則捨博雅教育（liberal education）教育，何由致之？

### （一）閱讀經典，學好中文

<sup>37</sup> 江風〈教科書去中國化玄機〉：「台教育當局審定教科書中五千個『不當用詞』，建議修改五千個與中國相關的用詞。」《亞洲週刊》第二十一卷、第三十期。2007年8月5日出刊，頁25。

<sup>38</sup> 白先勇〈閱讀文學是一種情感教育〉，見《2007親子天下專刊》天下文化，頁242-244。

語文教育包括看、讀、說、寫；學中文，已經成為全球趨勢。就衝著這個原因，我們沒有理由不學好中文。吾人已能清楚感受到：全世界的人都在熱中學中文；還沒有任何一個時代比現在更重視中文。人們在學另一種語言時，都會有個學習動機（learning motivation）；現在大家學中文的動機很清楚，就是中國崛起了、現在是全世界的工廠和市場，凡欲與中國做生意、打交道，就非學會中文不可。<sup>39</sup>

但是，經濟上的需求，還只是第一波的浪潮，緊接著，就是文化上的需求。當東方熱在全球發燒，愈來愈多外國人對於中華文化充滿歎慕，文化的吸引力也會讓中文的重要性與日俱增，這股趨勢終是無法抵擋。據《洛杉磯時報》報導，長期被認為艱澀難學的中文，現隨中國經濟實力快速崛起，已成為未來的國際語言。美國國會的外國語言教學調查顯示：2000年約有五千名美國中小學生學習中文，現則超過五萬名、暴增十倍。2007年、美國大學委員會首次舉辦的大學預選課程中文測驗，更吸引超過3,000名高中生報名考試。又為把握語言學習黃金期，美國少年從小即開始咬文嚼字學中文。<sup>40</sup>不只是美國，歐洲其他國家，還有亞洲的韓國、泰國、馬來西亞等國家，即使以前排華，現在家長也積極送孩子學習中文。

中文，是世界上使用人數最多的語言，也是現存最古老的語言之一。中文字是方塊字，線條優美，對於中華文化有著相當深遠的影響。<sup>41</sup>中文還有一個重要的特色，就是幾千年來，累積了相當多的經典作品，這些豐富的中文遺產，正是吾人學好中文的不二法門。

<sup>39</sup> 筆者於1992年底-1996年在美教授中文，所遇美籍學生告以生涯規劃，或稱將至國務院中國事務科服務，然多謂為至中國企業界工作而學中文。

<sup>40</sup> 2008年2月2日（星期六）《中國時報》A17版、兩岸新聞〈美國少年從小學中文 人氣紅不讓〉。

<sup>41</sup> 左安民《細說漢字：1,000個漢字的起源與演變》台北：聯經出版。2007年12月。

唐詩、宋詞、元曲，都是有音樂性的文字；節奏優美，能捕捉瞬間的美感，熟讀詩詞作品，受用無窮，一旦下筆，對於文字節奏特別敏銳。

至於閱讀經典的三個層次，第一是知識，第二是經驗，第三是體悟<sup>42</sup>，從書本的文字，經過反芻、消化、吸收，不斷拓展、吸納、碰撞，終將享受「君子深造之以道，欲其自得之也。自得之，則居之安；居之安，則資之深；資之深，則取之左右逢其源。」《孟子·離婁下》體悟陶淵明「每有會意，便欣然忘食」〈五柳先生傳〉之樂趣。閱讀文學，隨著年紀增長，感受自會不同。除了詩詞，中國古典小說也是極佳的文學經典。相較於西方小說擅長戲劇效果和心理描寫，中國古典小說優勢在鮮明的人物刻劃，運用至對話中，十分靈活，使每個人物一開口，形象、當下處境與背景，宛然在目。

## （二）閱讀經典，通達人情世故

人生苦短，未及經歷或親嘗的事件遠超所能體會者，又不容一再犯錯。閱讀經典則可藉前人經驗，豐富自身經驗，消極的，避免重蹈覆轍；積極的，薪傳文化智慧。中國古籍，無論小說或史冊，亦無論二千五百年前的《論語》或一千七百年前的《三國》，均富載人情世故。小說描寫的就是眾生相，《三國》是廟堂，《水滸》是草莽，但骨子裡一樣都是「幫會政治」，把握歷史精神，對照台灣現在的政局，感受就更深刻。<sup>43</sup>至於《金瓶》、《紅樓》，則是透過一個家族的縮影，寫盡人生百態，像是社會的百科全書。若能閱讀、思考，則「世事洞悉皆學問，人情練達即文章。」《紅樓夢·第五回》庶幾不遠。

每個人所能接觸的世界，總是很有限，閱讀經典，卻可以幫助吾人突破現實的侷限框架，穿越時空，去體認各種人生的況味、思考不同的處境與守權達變之道。閱讀經典，不是

知識分子的獨享，亦不是高社經地位者關在象牙塔中的專利；小說、史冊所寫，就是人心、人性、人情，吾人閱讀時，就是在讀「人」，無論成王敗寇，尚友古人時，均值得省思、借鏡或參考。

不必每個學生都成為學者，甚至文學家，但是每個人都應該要接觸文學、閱讀文學。文學並不能使工業興盛、使商業發達，但是文學有一個很重要的價值，就是提供我們「情感教育」的機會；使我們生命中得以激盪出智慧，影響我們的生活方式。《禮記·曲禮上》曰：

鸚鵡能言，不離飛鳥；猩猩能言，不離禽獸。今人而無禮，雖能言，不亦禽獸之心乎？夫唯禽獸無禮，故父子聚麀。是故聖人作，為禮以教人，使人以有禮，知自別於禽獸。

畢竟，人的情感需要受到教育；我們必須學會「己立立人，以達達人。」從獨善其身的自處，至學習如何對待別人、愛人，對他人寬容，此乃人生中的重要課題；未經教育的情感，會變成「不文明的情感」，則不懂得如何與人互動。

在西方教育中，將莎士比亞列為重要教材，即是希望學生從閱讀莎劇中，去獲得情感教育<sup>44</sup>，培養對於他人的同理心，也就是 pity（同情）。即使學生不做文學家，無論去當企業家、工程師，甚至引車賣漿，也應該具備這種同理心及素養，進而使人與人之間，纔能夠展開和諧的交流。

## 伍、「廢考國文」政策下的有效教學

考試院院會於 2008 年 1 月 10 日討論考試委員李慶雄、林玉体等人所提「考試院舉辦的國家考試，列有的國文科目應予廢考」提案，因多數考試委員對現階段廢考國文仍有疑義，

<sup>42</sup> 于丹以為「第三是悟性」，唯此處改作體悟，意更顯豁。見《亞洲週刊》〈孔子關公項羽 起時空碰撞〉2007 年 8 月 5 日出版。頁 27。

<sup>43</sup> 白先勇〈閱讀文學是一種情感教育〉，見《2007 親子天下專刊》頁 242-244。

<sup>44</sup> 〈外文系大一新生 聖經、莎士比亞必讀〉《聯合報》2006 年 8 月 19 日（星期六）C4、教育版。

院會決議提案不通過；相關提案內容與考試委員意見，交考選部國文科考試改進推動小組參考。

### 一、關於公職人員「廢考國文」案

目前高考、普考、基層特考等公務員考試都要考國文；專技考試大部分已取消，僅剩律師、民間公證人、會計師、中醫師、社工師、不動產估價師、不動產經紀人、地政士尚須考國文。

考試委員李慶雄、林玉体、陳茂雄、劉武哲所提「考試院舉辦的國家考試，列有的國文科目應予廢考」之理由包括：

(一)、大中小學教育過程中，國文是必考科，國家考試的應考人除極少數之外，都是大學以上畢業生，應考人國文造詣，已接受過學校教學及考試的檢驗，因此不必再費心力及財力於此。

(二)、國家考試所列考國文，旨在評鑑應考人對國文的理解及運用能力，亦即文章是否切題通順，如果由其他方法可以評鑑國文能力，國文無加考的必要。

(三)、現行國文科目考卷包括測驗題、公文程式、作文三項，綜觀命題內容，或無效度、或無鑑別度、或難求客觀標準。

(四)、國家考試加考國文，舉世獨步；專技考試，除少數類科外，已廢考國文，無礙國文程度的檢定，社會也無反彈聲浪。

唯因多數考試委員不贊成廢考國文，認為不是國文科目考試的問題，是命題技術的問題，不該因噎廢食。<sup>45</sup>

### 二、「廢考國文 因噎廢食」<sup>46</sup>？

看到考試委員提出廢考國文之建議，讓憂心國文程度低落的教授，更為國家未來公務員

素質及行政效率的低落而憂心。以筆者參加高普特考閱卷或命題委員近三十年之身分，探究如下。

誠如考試委員所推論，國人從小學、中學，再到大學的教育過程中，國文都是必考科，而國家考試的應考人除極少數外，均為大學以上畢業生，應考人的國文造詣，已接受過學校教學及考試之檢驗。事實上，卻大為不然。以歷年國文閱卷發現許多考生，作文有時交白卷，有時如答申論題，甚或簡答題般，寫個幾行，或文不對題，有許多考生完全無法有條理的論述一篇文章。

#### (一) 審題能力

台灣的大學聯考國文科作文考題，六十二年（1973）為〈曾文正公云：「風俗之厚薄，繫乎一二人之心之所嚮。」試申其義〉；六十八年（1979）為〈憂勞所以興國，逸豫適足亡身〉；七十三年（1984）之〈海不辭細水故能成其大，山不辭土石故能成其高〉均為文言文題型，近年已鮮少出現，一方面因為文言與白話比重改變<sup>47</sup>，一方面則是現在的作文考題，多半傾向凸顯年輕學子的創意，以白話文出題較能達到目的。而古文能力固然重要，但藉由考題前半部分的選擇題，已經可以做到大致上的測驗效果。因此，在作文考題方面，就會出現以創意測驗臨場反應的新題型為主。例如九十一年學測的作文考題，要考生用老人的心情與身體、家庭狀況寫出老人的一天；九十三年學測作文考題：為何義士的最後一晚寫日記；九十七年學測應用寫作：試以楚國、齊國或第三國記者的身分，擇一立場報導「晏子使楚，楚人以小門延晏子。」凡此作文的新題型之最大特徵，即要考學生能否「設身處地、感同身受」，在寫作此類考題的過程中，年輕的考生要去設想

<sup>45</sup> 〈國家考試廢考國文提案 試院不通過〉（中央社記者謝佳珍台北電），參看 <http://www.epochtimes.com/b5/8/1/10/n1971865.htm>。

<sup>46</sup> 此一議題，引發諸多回響，特引用《中國時報》2008年1月10日、A15版：傅榮珂〈廢考國文 因噎廢食〉一文。

<sup>47</sup> 2008年、大學學科能力測驗（簡稱「大學學測」或「學測」）國文科考題，白話文出得比文言文多，有違課程標準之文言文65%、白話文35%的比率。若不含作文，文言文僅佔分46%，白話文佔54%。雖然2008年考題仍應依據舊課程出題，但文言文題目比率從去年六成降為約五成，已接近新課綱。

一個不同年紀、不同身分或不同時代的人，然後以其口吻與心境寫作。受教改及教育政策影響，公職人員考試論文寫作，亦朝向白話文出題。

以近日地方政府公務人員五等考試，作文題目「論文化多樣性」、並非古文題目，是很淺易的白話題目，卻有甚多考生將題目看錯，大幅度的論述「論文的多樣性」，大談論文寫作的種類；在早期就是以「文不對題」的零分計算，然現今太多考生如此，則是否該給筆墨分？甚至閱卷者懷疑是否命題語意不清，或不合現今年輕人語言表述方式、語意之約定俗成。使得小組召集人在閱卷會議時，必須考量此文不對題的給分標準。

又如四等特考題目「論國家尊嚴與個人尊嚴」，有考生竟謂個人尊嚴比國家尊嚴重要，因為個人尊嚴可以感受得到，而國家尊嚴與自己沒有什麼關連。

三等特考題目「論人文精神與其時代意義」，也有考生大談讀書精神所具之時代意義，卻未見「讀書」與「人文」之不同議題，令人驚訝其審題能力若此。一個普通白話的題目，都會看錯，甚至觀念偏差，若未經國文考試的篩選，遽爾擔任國家公務員，除非國家行政系統不再需用公文甚或文書，否則若公務員會錯意，或觀念偏差，豈非增加許多行政困擾？

誠如考試委員所提：國家考試列考國文科目，旨在評鑑應考人對國文的理解及運用能力，此為國文考試的最基本要求。若廢考國文，是否已有何替代方案？若謂專業科目之申論題可取代，此說誠為牽強，因為專業科目的申論是要求答案是否答對、申論是否有理，而非申論文章是否寫得好，則如何能夠測出國文的程度？至於考生的遣詞用字能否達意？邏輯思惟是否周延？價值觀或人生觀又如何？廢考國文，實乃因噎廢食。<sup>48</sup>

## (二) 公文程式

考試委員提出：現在初任公務員就職後，須至國家文官訓練所接受訓練，將專門訓練公文寫作，故有補救措施，公文程式不必加考。或謂：此理由誠倒因為果；將國家文官訓練所視為補習班，加諸國家考試尚需擔負教育公務員之功能。則為何不能直接錄取會撰寫公文的公務員？事實上文官訓練所公文課程僅有幾節課，又如何教導完全不懂公文撰寫的公務員？更何況公文程式自 2005 年元旦始，改為橫行格式；改變了許多項目，增加了許多難度。要一位完全不懂公文的錄取者，初任公務員即需先習作公文，又如何能提升行政效率？

## (三) 古文程度

若謂國文考試考古文，考生會看不懂，這僅證明目前國人國文程度之低落，未來出題減少古文命題即可，此屬命題技巧而言，不宜驟然提出廢考國文。

國家舉辦掄才考試，是為國家甄選優良人才；擔任國家公務員，可以立即幫助國家推行政務，歷代以來，任何執政者均對國文考試甄才頗為重視。不論何人執政，皆需優良的公務員協助推行政務，而非只懂專業、不懂行政文書，甚或會看錯文書的公務員。

國家考試全面廢止國文考試之影響，不僅是幾十萬名考生之權益，更影響國家政務推動是否順利？公務員品質是否提升？文官制度是否任遭破壞？國家是否能長治久安？且以「考試領導教學」觀之，影響國文教學至鉅，教育決策相關者不可不慎思。

## 二、「廢考國文」案之回響

近些年來，主張公務人員考試應「廢考國文」，時有所聞，甚至國家副元首亦呼應此一說法<sup>49</sup>，似乎公務人員今後在處理公務時，可以簡化到如同黨政要員，只要動口說話，毋須負責起草法規、研擬計畫、撰寫公文或報告，因

<sup>49</sup> 許毓園、《國政評論》〈公務人員考試不宜廢考國文〉財團法人國家政策研究基金會，台北市杭州南路一段 16 號。2002 年 7 月 12 日。

<sup>48</sup> 全註 39

之不必要求公務人員具備基本寫作能力，自然不必再考國文。果如是，則今後中小學校國文教學、大學校院之中文科系亦可撤廢，何勞莘莘學子苦讀，因國文「無用論」在行政高層倡導下將日趨盛行。

《淮南子·本經訓》曰：「昔者倉頡作書而天雨粟，鬼夜哭。」文字，乃傳遞知識、溝通意見、討論議題、處理公務之基本工具，亦為公務機關保存案卷、史料之主要憑藉，公務人員既代表國家處理公務，就實務而言，一位中、基層公務人員，無論至何機關任職，平日接觸最多之工作即為研擬法規、計畫、報告，或撰寫公文、通知乃至會議資料準備與記錄，均有賴流暢通順之中文素養始能得心應手、勝任愉快，因之公務人員具備中文基本寫作能力乃屬必要條件。而考選制度為文官制度之一環，考試科目之設定自須配合公務機關工作之需要，是以當前公務人員高普特考，有關國文一科，其內容包括論文、公文，與閱讀測驗，主要目的即在測驗應考人中文寫作與思維表達能力，文章詞意是否流暢通順，進而瞭解其組織與推理能力，及對文字之理解程度與製作公文書之基本要領，如果公務人員缺乏國文基本素養，勢必影響其公務之推動與工作效率。

考試委員職司為國掄才，故重視公務人員處理公務之基本修養，所提「廢考國文」，「國文」，其實就是「中文」。現今台灣學生中文程度和閱讀能力與其他國家同年齡孩子相較，「實在低到不行。單從拼經濟的角度觀察，未來的經濟市場在大陸，因此大家應該加強中文，何況有考試，大家才會唸中文，希望引領教化之居上位者正視中文能力對考生的重要性。」<sup>50</sup>

許多聽到要「廢考國文」的學者一致表示：「公務人員考試是否考艱澀古文可以討論，過於冷僻的考題確實可以少一些；但國家考試擬廢考中文就太離譜。」<sup>51</sup>「國文是立國的根本，

古文價值不只是文字，而是思考、組織、邏輯能力訓練，也是智慧和經驗的傳承。考試委員認為古文落伍了，但古文是國文的基礎結構，公務人員應該具備一定的古文素養和程度。」因此「搶救國文聯盟」認為：「國家考試」反而更需要考中文。

台師大國文系教授王開府認為，中文是文官應有的能力，不論在聽、說、讀、寫方面，雖然大學畢業有一定的中文能力，但考上大學後並沒有針對語文再加強訓練，所以應該要考。同時，有教育官員私下擔心，如果「國家考試」不考中文，對未來文官的語文能力可能也會有影響。大考中心國文科閱卷前召集人何寄澎亦稱：現在人表達能力已大不如前，閱卷十年多，發現要看到令人「過癮的文章」愈來愈難了，考生的文章大都平鋪直述，「沒有溫度」。<sup>52</sup>綜合上述所言，咸以為公職人員應有基本文字表達能力，故應認真思考：怎樣考才有鑑別度，而不是廢考中文。

### 三、「經典閱讀」的策略與實踐

欲提升學生國文程度，自教學言之，除消極的補苴罅漏，尚須積極的張皇幽渺。自「經典閱讀」始，即為積極補強的辦法。

「記憶」與「理解」是人類心靈的兩個認知能力，不僅可以並行不悖，且可相輔相成。<sup>53</sup>記憶力更是想像力的基礎，而背誦經典正是訓練記憶力的好方法。今天的知識發展極為多元，吾人不會固陋的說「讀經萬能」，但教師應提供適合學生心靈的讀經，而非以一己之成見剝奪學生應有的學習權利。

#### (一) 策略：養正；讀最有價值的書，且因材施教

---

報導〈國家考試不廢國文 命題將更合時宜〉。

<sup>52</sup> 2007年7月20日(星期五)《自由時報》〈寫作力倒退？作文鴨蛋多。〉

<sup>53</sup> Robert J. Sternberg, (2003) *Cognitive Psychology*。李文琇、蔣文祁合譯(2005)《認知心理學》新加坡：Thomson。

<sup>50</sup> 見《澳門日報》2008年1月17日〈社論〉、題為〈“去中國化”把戲要通通收場〉。

<http://www.chinareviewnews.com/20080117>

<sup>51</sup> 2008年1月11日《聯合報》／盧德允／台北

在現實生活中，吾人發現能思考、能創造者，往往也是博聞強記之人，且各學科、各行業莫不如此。<sup>54</sup>顏之推《顏氏家訓·勉學》曰：

夫學者猶種樹也，春玩其華，秋登其實；講論文章，春華也，修身利行，秋實也。……人生小幼，精神專利，長成已後，思慮散逸，固須早教，勿失機也。吾七歲時，誦《靈光殿賦》，至於今日，十年一理，猶不遺忘；二十之外，所誦經書，一月廢置，便至荒蕪矣。然人有坎壈，失於盛年，猶當晚學，不可自棄。

只要方法正確、肯背經典與記廣告其實沒有多大的差別，此一論點在現今的知識論、認知心理學、發展心理學中都已說得極為清楚，有待我們去精讀經典。經典背誦直接影響是：說話及作文的能力進步最多。

回顧民國元年（1912）1月19日、第一任教育總長蔡元培下令：「小學堂讀經科一律廢止。」按清末的新制小學堂，仍是有讀經。民國元年5月、蔡氏再次下第二道法令：「廢止師範、中、小學讀經科。」於是不僅沒有讀經的學生，也消滅了可教讀經的教師。同年7月、蔡氏且在全國第一屆教育會議上提出：「各級學校不應祭孔」之議案，認為祭孔是宗教迷信，而擬以「美育」代替「宗教」，學校祭孔之風從此斷絕。如此連續三告示，對民族文化之續絕關係甚大，在中國教育史上實應大書特書之大事。<sup>55</sup>迨乎民國6年（1917），出現白話宣言；8年（1919）、五四運動興起；9年（1920）、教育部聽從胡適建議，將國小語文課全面改用白話，影響中國人對古文閱讀的輕忽與困難，隨之而來的西化，「讀經」一事，誠如王守仁

所云：「無聲無臭獨知時，此是乾坤萬有基；拋卻自家無盡藏，沿門持鉢效貧兒。」<sup>56</sup>

窮則思變，剝極必復。歷經近百年，至今國文教學之活動化、學習單漫天飛、大學學測考題綜藝化，甚或媚俗化，已如上述；前有蔡元培的「美育」，今有《教科書不當用詞檢核計畫》，至於教育改革之目標，「全人教育」、「通識教育」、「人文素養」，人人能朗朗上口、掛在嘴邊，然如何實踐？唯自小者、近者切實做起，落實「君子之道，辟如行遠，必自邇；辟如登高，必自卑。」〈中庸〉之國文教學，亦即從根基做起，古人有謂「童蒙養正」，及早「養正」之方，應以讀經為便捷且實際之方。

或謂：今夕何夕？教導經典閱讀，可行乎？以何方法施行？則教材方面：使讀最有價值的書；教法方面：因材施教，先求熟讀，不急求懂；配合學生的心靈發展以施教。

## （二）實踐：藉經典閱讀，點起創意的火炬，從傳統智慧擁抱未來

經典，是引渡過去傳統、銜接未來希望的最佳通渠。從成立孔子學院，到于丹、易中天所掀起的經典閱讀熱潮<sup>57</sup>，啓導越來越多年輕一代走向從前，走向青年學子過去很陌生、甚至從未涉獵的世界，但也走向一個充滿希望的未來。引介莘莘學子嘗試與孔子、曹操或諸葛亮握手，在引領學生重新抓起飄遠的傳統智慧之同時，也開始擁抱未來的機先。

中華文化熱潮，是國際化、全球化下衍生的現象之一。甚至由年輕歌手唱出中華文化的新音符，也唱出未來智慧的希望。新加坡流行歌手林俊傑、台灣的周杰倫、S.H.E.都不約而同追尋古典的流行，將千百年前的文化遺產串拾成現代的靈感，不但推動當下的時尚，也構逐一個未來的夢。因此，林俊傑的〈曹操〉，唱得悲涼，也唱出一千七百年前的「三國」，當中原大地對於現代年輕人原已逐漸淡忘的情

<sup>54</sup> 黃盛雄《兒童讀經教育說明手冊·代序》國立台中師範學院語文教學研究中心，2004年，第31版。

<sup>55</sup> 毛禮銳、瞿菊農、邵鶴寧編，《中國古代教育史》，北京，人民教育出版社，1982；高明士（2004）《中國教育史》台大出版中心。

<sup>56</sup> 吳光等編校《王陽明全集》卷二十·〈詠良知〉四首、示諸生。

<sup>57</sup> 2007年8月5日出刊《亞洲週刊》，專題「于丹、易中天效應 中華文化新潮」。



懷，林俊傑，位在蕉風椰雨中長大的新加坡歌手，在「三國」的傳奇中發現中華文化的基因，也發現了多年來被簡單標籤化的「曹操」。

按曹操也許是文學中被責罵最多、但歷史上被瞭解得最少的人物；關羽也是在民俗中被「神化」得最多，而在歷史上被「簡化」得最多的人物。如今，從流行文化開始，打開了歷史知識的深奧窄門，讓年輕的心靈去探索那些似乎已灰飛煙滅的世界，尋回失去的傳統智慧。《論語》，是廟堂的、是道德的理想國；《三國》是江湖的、是權謀的實踐者，但廟堂與江湖也都在交叉滲透，彼此碰撞，我輩師生何其幸運，得以藉由經典閱讀，在華文為母語及中華文化的基因便利性中，已潛在的沉潛浸淫，現在及時享受薰陶漸染，帶領思想穿透千古塵埃，終得以在學習歷程中留下不可磨滅的烙印，並給予心靈撫慰及溫暖。

### 結語：閱讀經典，穿越時空、跨越地域， 擦出智慧火花

從「2008 年大學學測國文科考題」或被視為與高中課綱不合、古文出題太少，至《教科書不當用詞檢核計畫》出爐、「公職考試廢考國文」之提案，在在證明教育政治學（politics of education）所研究之：政治人物的思惟方式與行事邏輯，會影響其所推動的教育改革之成效。（謝幸芳，2003）

在政治系統與教育系統的運作過程中，政治人物扮演重要的調解者角色，必須發揮其個人特質因素以幫助政策制定與實施。另一方面，必須瞭解人民的生活互動與文化層面，循序漸進的推動教育改革，如此方能獲得人民的支持與認同；熟悉社會情境與人民特性，「民之所欲，長在我心。」是故，有效掌控國家行政系統運作與社會人民的需求；同時，在推行的順序上也勿躁進，方能使變革順利施行，造福國家人民。（林天祐，2004）

未來學大師 Alvin Toffler 嘗謂：「在未來的世界，唯有一樣不變的事：就是沒有不變的事。」

<sup>58</sup>政治人物、教改決策者、學生家長面對變動不居的世界，將何去何從？「百家騰躍，終入環內。」《文心雕龍·宗經》劉勰在一千五百年前，即已曉諭吾人。

閱讀經典，進而重新認識經典，在現代，必然會走向一個多元化詮釋的發展；孔子不再被董仲舒或朱熹所壟斷，曹操及諸葛亮也當然不能只聽羅貫中的「一家之言」。其實，在不斷閱讀經典、反思傳統的過程中，就是走進了連接經典與未來的祕密通道，從中擦出創意的火炬，照亮今天與未來。越來越多學者相信，傳統必須經歷「創造性轉化」<sup>59</sup>（creative transformation），將千百年的傳統智慧化為未來的智慧。

中華文化的歷史記憶會因為被政治干預而出現斷層，但如今在全球華人社會佐以全球化帶動下加速融合；在流行文化的普及化過程中，這些歷史又再重新連接、延伸至今日之人心深處。

從古典到現代，經典不再遙遠，《文心雕龍·宗經》謂：「經也者，恆久之至道，不刊之鴻教也。……根柢槃深，枝葉峻茂，辭約而旨豐，事近而喻遠；是以往者雖舊，餘味日新，後進追取而非晚，前修久用而未先；可謂太山遍雨，河潤千里者也。」矧乎人性是沒有斷層的，中華民族的歷史智慧也是沒有斷層的。當新加坡歌手林俊傑唱出〈曹操〉：

不是英雄／不讀三國／若是英雄／怎麼能  
不懂寂寞／獨自走下長坂坡／月光太溫柔  
曹操不囉唆／一心要拿荊州／用陰謀陽謀  
／明說暗奪的摸／東漢末年分三國／烽火  
連天不休／兒女情長被亂世左右／誰來煮  
酒／爾虞我詐是三國／說不清對與錯／紛  
紛擾擾千百年以後一切又從頭……

<sup>58</sup> 參看 Avin Toffler, (1970) *The Future Shock*. Random House.

<sup>59</sup> 參看 John David Garcia, (1990) *Creative Transformation*. Whitmore Publishing Co.

當國文科考題愈來愈多流行文化、時事生活入題時，期待學生在準備考試的龐大壓力下，能抽空聽一張 CD、閱讀一本小說，藉以紓解壓力，使身心平衡，進而認識教科書以外之閱讀或休閒乃源自經典，「性靈鎔匠，文章奧府。淵哉鑠乎！群言之祖。」《文心雕龍·宗經》經典內涵如此豐盛，不是文化人的專利，也絕非象牙塔中的故紙堆；而是世代相傳，至今仍散放生命中的智慧，供吾人各取所需。是故，無論劉勰和陶淵明，或林俊傑、周杰倫和 S.H.E，中華文化在經典的致化歸一下，與時俱進，沖走任何教育政治學上的動盪與變動不居。<sup>60</sup>

#### 參考書目與文獻 (依出版/發表時間排序)

- 毛禮銳、瞿菊農、邵鶴寧編《中國古代教育史》，北京：人民教育出版社，1982。
- 喻本伐、熊賢君著《中國教育發展史》，武昌：華中師範大學出版社，1991。
- 張隆華等編著《中國語文教育史綱》，湖南：湖南師範大學，1991。
- 林天祐《教育政治學》，台北：心理出版社，2004年9月。
- 《兒童讀經教育說明手冊》國立台中師範學院語文教學研究中心，2004年、第31版。
- 大前研一《M型社會》，台北：商周出版，2006年10月。
- 《教出寫作力》、《天下雜誌 2007 親子天下專刊》台北：天下文化，2007年。
- 〈越寫，越聰明〉專題、《商業周刊》1012期。2007.4.16.-2007.4.22。
- 〈于丹、易中天效應 中華文化新潮〉專題，《亞洲週刊》2007年8月5日。
- 〈M型化教育 學費差百倍〉專題，《時報周刊》第1544期。2007年9月21日。
- 于丹、易中天《經典，可以這樣讀》台北：印刻出版，2008年2月。

〈全球小菁英拚中文〉專題、《商業周刊》1057期。2008.2.25.-2008.3.2。

- Robert J. Sternberg (2003) *Cognitive Psychology*。李文琇、蔣文祁合譯 (2005) 《認知心理學》新加坡：Thomson。
- Gary D. Borich, (April 2006) *Effective Teaching Methods: Research-Based Practice*, Prentice Hall, 6th edition.
- Peter Serdyukov, Mark Ryan, (April 2007) *Writing Effective Lesson Plans: The 5-Star Approach*, Allyn & Bacon, Inc.
- Robert J. Marzano, (July 2007) *Art and Science of Teaching: A Comprehensive Framework for Effective Instruction*, Association for Supervision & Curriculum Development.
- Leonard Sax, (August 2007) *Boys Adrift: The Five Factors Driving the Growing Epidemic of Unmotivated Boys and Underachieving Young Men*, Basic Books.
- 姚振黎，〈知識管理之國文創意教學析論〉，見《第二屆國文教學研討會論文集》，國立成功大學中國文學系、國文科數位教學博物館編印，台北：萬卷樓圖書股份有限公司，頁123-174，2004年2月。本文亦蒐入《信息時代中國語文教育》，香港教育學院中文系、東北師範大學聯合編審，香港：文思出版社，2006年6月。
- 姚振黎，〈知識經濟時代之國文教學探究〉，見《經濟全球化與大學中國語文教育》，武漢：武漢大學、湖北人民出版社，頁31-41，2005年6月。
- 姚振黎，〈語文教學應活學活用〉2006年1月24日《基督教論壇報》第2549期、第2版。
- 白先勇，〈閱讀文學是一種情感教育〉，見《2007 親子天下專刊》台北：天下文化，頁242-244。
- 姚振黎，〈台灣語文教育改革的理念與實施〉，見《大學母語教育的現狀及其對策研究》，南京：南京大學出版社，頁171-187，2007年6月。
- 姚振黎，〈海峽兩岸聯考寫作測驗述評〉，2007年8月7日（星期二）上午10時，「第

<sup>60</sup> 邱立本《亞洲週刊》2007年8月5日出刊《亞洲週刊》，專題「于丹、易中天效應 中華文化新潮」。

九屆現代應用文國際研討會」專題演講。國際漢語應用寫作學會主辦，中國：新疆大學暨中央財經大學承辦。新疆、烏魯木齊：新疆大學。

傅榮珂，〈廢考國文 因噎廢食〉，2008 年 1 月 10 日（星期四），《中國時報》。

## 《清雲學報》投稿須知

民國 97 年 3 月 1 日

1. 本學報刊登與理工、資電、商管、人文有關的中、英文稿件，內容分學術論文及書評。學術論文部分刊登創始性論文 (original article)、回顧性文章 (review article)、提要(note) 及快訊 (communication)。學術論文稿件均須經編輯委員或專家審核。
2. 本學報設編輯委員會，處理來稿、審稿、編印及其他出版相關事宜。來稿一律送請一至三位學者專家審查，審查採雙匿名制；未獲採用者密退。
3. 來稿以未發表者為限；學位論文及網路文章視同已發表。
4. 來稿請務必清晰以雙列距 (double space) 打印在 A4 紙上。
5. 來稿請附個人簡介（註明所屬學校機關及職稱），並附通訊地址、電話、傳真或電子郵件等連絡資料。
6. 所有論文均須附 300 字以內之中文與英文摘要並加關鍵詞 (Key Words)。
7. 附表須同時以中文或英文述明題意，置於表首，附圖須墨繪在 A4 白紙上，且縮小後 (約 60%) 仍清晰可辨，並同時以中文或英文敘述圖意於下方。單位須用 SI 制 (The international system of units)。(請另附原圖)
8. 為加速出版您的來稿，稿件若以電腦打字者，請將您的磁片隨稿附寄，而且最好能使用 MS-Word 軟體，關於圖形則可使用各自專業領域之軟體。
9. 中文譯名請參考教育部公布之命名原則及學術研究約定俗成之名詞翻譯。第一次在文章中出現的專有名詞請附英文名稱。
10. 當文章內需引證文獻時，請在右上方標示括號數字，並依序標列於參考文獻中，參考文獻請註明作者姓名、期刊或書名、出版年份、卷數或版數及頁數。如：
  - (1) 陳志鴻; 王心心. *化學*, 1989, 47, 40.
  - (2) Zen, J.-M.; Tang, J.-S. *Anal. Chem.* 1995, 67, 1892.
  - (3) Yang, T.-K.; Shen, C.-Y. *Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis*, Hohn Willy, 1995.
  - (4) Chan, A. S. C.; Laneman, S. A. 1993, U.S. Patent 5, 198, 561.稿件若無法使用粗體及斜體方式打字者，而文中須使用粗體及斜體字形時，請於粗體字下加註 "(double underline)"; 斜體字下則加註 "(underline)"。如：  
陳志鴻; 王心心 化學, 1989, 47, 40.
11. 本刊著作者享有著作人格權，本刊則享有著作財產權；日後除著作者本人將其個人著作結集出版外，凡任何人任何目的之翻印、轉載（包括網路）、翻譯等皆須事先徵得本刊同意，始得為之。
12. 來稿請勿發生侵害第三人權利之情事。發表人須簽具聲明書，如有抄襲、重製或侵害等情形發生時，概由投稿者負擔法律責任，與本刊無關。
13. 經本期刊刊登的論文稿件，將贈送投稿人抽印本三十份，其他則酌收工本費。
14. 作者兩人以上時，請以上標 "\*" 註明聯絡人。
15. 投稿時請將稿件一式二份寄 320 中壢市健行路 229 號清雲科技大學《清雲學報》編輯委員會總編輯收。

16. 《清雲學報》第 28 卷第 2 期截稿日期為本（97）年 6 月 30 日。
17. 孟子說：「梓匠輪輿，能使人成規矩，不能使人成其巧。」各學門論文寫作格式，容或有不同之處，務請遵照各學門規定之標準格式書寫。

## 《清雲學報》投稿者基本資料表

97 年 3 月 1 日

字數/頁數				論文類別	<input type="checkbox"/> 中文 <input type="checkbox"/> 英文
論文名稱	中文				
	英文				
作者資料		姓名		服務單位及職稱	
第一作者	中文				
	英文				
共作者 A	中文				
	英文				
共作者 B	中文				
	英文				
共作者 C	中文				
	英文				
共作者 D	中文				
	英文				
論文類別		<input type="checkbox"/> 理工類	<input type="checkbox"/> 資電類	<input type="checkbox"/> 商管類	
		<input type="checkbox"/> 人文社會類	<input type="checkbox"/> 其他		
作者代表或聯絡人		(O)	(H)		
電話及聯絡地址		行動電話：			
		E-MAIL：			
		地址：			
<p>本篇著作未曾以任何方式出版或發行，且無一稿多投、抄襲等情況。如有不實而致使 貴學報違反著作權或引起糾紛，本人願負一切法律責任。本稿件授權：《清雲學報》以紙本、光碟片及網路出版方式發行。</p>					
投稿人簽名：_____		中華民國 年 月 日			

## 《清雲學報》第二十八卷 第一期

發行人／楊潔豪

出版者／清雲科技大學

總編輯／姚振黎

編輯委員／

理工：紀岍宇（清雲科技大學機械工程系所）  
王國雄（中央大學機械工程學系）  
史建中（淡江大學機械與機電工程學系）  
吳 究（中央大學土木工程學系）  
呂理裕（聖約翰科技大學自動化及機電整合研究所）  
林妙香（中央研究院統計科學研究所）  
康 淵（中原大學機械工程系）  
廖述良（中央大學環境工程研究所）

資電：王順源（台北科技大學電機工程系）  
周立德（中央大學資訊電機學院）  
姚立德（台北科技大學電機工程系）  
孫慶成（中央大學光電科學與工程學系）  
張涵郁（環宇中華積體電路設計公司董事長）  
陳博現（清華大學電機工程學系）  
廖德誠（交通大學電機與控制工程學系）

商管：朱筱蕾（清華大學經濟學系）  
徐之強（中央大學經濟學系）  
陳心田（明志科技大學經營管理系）  
陳文華（台灣大學工商管理學系）  
陳南光（台灣大學經濟學系）  
鄭明松（中央大學企業管理學系）  
蕭子誼（逢甲大學會計學系）  
游張松（台灣大學工商管理學系）

人文：王仲孚（中國文化大學史學系）  
王定士（政治大學俄羅斯研究所）  
林冠群（中正大學歷史學系）  
盧建榮（中央研究院歷史語言研究所）  
賴澤涵（東吳大學歷史學研究所）  
藍美華（政治大學民族學系）  
陳芳明（政治大學台灣文學研究所）

出版日期／2008 年 3 月 15 日

出版地點／台灣桃園縣中壢市健行路 229 號 清雲科技大學  
Ching-Yun University, Chung-Li, Taiwan 32097  
E-mail：[chenliyao.ncu@gmail.com](mailto:chenliyao.ncu@gmail.com)



