

# 東南學報

第三十七期

JOURNAL  
OF  
TUNGNAN UNIVERSITY  
VOLUME 37

東南科技大學編印

中華民國一〇一年七月出版



# 東南學報

第三十七期

東南科技大學  
中華民國一〇一年七月

## 目 錄

### 工程類

1. The Implication of Insignificant Item Set: Creating an Intelligent Index of Association Rules..... 郎宏德.....1
2. 無線光通訊技術-CATV 短距傳輸模組之研究  
.....洪鴻文、張格瑜、張志宏、邱彥維、莊東樺..... 11
3. 觸控式最佳對比顯示 LED 反襯板..... 陳焜生..... 19
4. L 波帶單泵浦自動增益控制鉗平式摻鉍光纖放大器-回收逆向 C 波帶自發放射光  
.....魏水根、盧文皓、張育銘、黃凱威、黃昱超、陳瑩、賴正忠、張銓翔..... 25
5. 使用兩段分佈反饋式雷射之全光時脈回復..... 龔宏昌..... 33
6. 自動化電子電路模組參數測試系統於衛星通訊設備中的量測..... 王昌國..... 39
7. 轉換法設計平滑有限脈衝響應數位濾波器  
.....戴永龍、吳孝文、林煌彰..... 49
8. 雲端運算安全性的探討及研究..... 曹茂勁..... 57
9. 垂直 U 型地埋管熱交換器之無因次熱傳分析  
.....梁乃文、石肇圻、劉陳祥、黃錦鐘..... 65
10. Development on a cover with electronic cooling and heating device  
.....黃錦鐘、張志成、梁乃文..... 79
11. 應用類神經網路模擬生物神經元老化功能取代作用..... 朱明輝、曾國隆..... 91
12. 混凝土雕刻與上色方法之研究..... 黃明德、吳瑋欣.....103
13. 餘熱及 CO<sub>2</sub> 導入對膨化床底渣異味固定及穩定性之影響  
.....林奇剛、秦孝偉、蔣佳穎、蕭琦、張凱翔.....111
14. 添加液肥促進初沉槽污泥削減特性之解析  
.....林奇剛、秦孝偉、彭彥翔、鄭丞志、張凱翔.....121
15. 湖口新豐分區管網之規劃研究  
.....蔡景松、何俊明、江逸群、蔣建安、邱偲雅、黃乙婷.....131
16. 非機械控制可樞轉葉片之風車的數學原理..... 林玉斌、陳良和、廖國良.....139
17. 應用 EWMA 方法組合多國股價指數的波動幅度來預測台灣加權股價指數  
.....林成益、巫龍章、陳慈慧.....149

18. 虛擬攝影棚躍進之研究.....李修珍.....159
19. IMF 技能分享與互動學習平台  
.....連秀綿、黃韋智、黃浩育、劉紋瑋、潘冠慈、謝明軒、蔡鎧鴻.....175
20. 運用六標準差方法提升機械軸封品質之研究.....林俊雄、江世偉、張仁輝.....183

## 社會科學類

21. 圖書借閱行為之探討—以圖書館為例.....林政錦、鍾志豪.....195
22. 有機茶產品碳足跡研究.....陳亮清、沈伯憲、楊台富.....203
23. 大學生籃球運動參與動機與深度休閒之相關研究.....鍾隆文、曹瑞棋.....215
24. 發展【問題導向學習代理人】在虛擬校園中 訓練學生們批判性思考  
.....江啟忠、楊靖宇、洪雪娥、高士珮.....225
25. 科舉掄才與政治權謀—以《翁同龢日記》為例.....林文仁.....235
26. 清代臺北盆地南緣沿山地帶的開發—以萬盛庄為例.....詹 瑋.....243
27. 目標設定理論在籃球教學上之應用—以籃下投籃為例.....吳本元、王學中.....255
28. 優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術探討  
.....沈啟賓、陳金海、張富貴、侯淑玲、郭明珍.....265

# The Implication of Insignificant Item Set: Creating an Intelligent Index of Association Rules

## 探討無意義項目集合之涵義： 建立關聯法則的智能索引

郎宏德

Hong-Teh Lang

東南科技大學 電子工程系 助理教授 Department of Electronic Engineering, Assistant Professor

---

### ABSTRACT

This white paper would document the use of the Java programming language to try to simulate the existing programs that performs associative data mining. The program would use basic facts about the concepts of collection and set's manipulation particularly the extraction of power sets. This would be the difference of this paper to its main source wherein this paper would try to implement its pseudo-codes [Dun03].

**Keywords:** supersets, hash trees, power set

### 摘 要

本文使用 Java 程式語言嘗試去類比執行現有的關聯資料探勘文獻。程式設計將採用基本有關的事實收集和集合操作特別是冪集(power set)的抽出分離的概念。這篇文章將努力反應出它與資料探勘文獻主要來源假代碼 pseudo-codes [Dun03] 應用上的差別。

**關鍵詞：**超集合、雜湊樹、冪集合

## 1. INTRODUCTION

The flow of the market nowadays is being directed by the good management of the persons involved in it. Computer age had set a new standard on how the individual groups within the market would judge the performance of the products and services they offered. Computer had served as a data bank for the voluminous day to day transactions they had acquired. The concept of database management had developed in order to generate simplified reports from these voluminous data. These simplified reports would then give the company's market analyst an idea of how their company performed during the covered time of the evaluated transactions.

The problem is how the computer would generate such credible report. Programmers had this task to make an algorithm that would suffice the need for extraction of such reports. Programmers could work at any of the numerous programming languages available such as C, Java, and Cobol. The three samples were just an ample of all the high-level programs that is intended to make programming easy enough for programmers because they closely resembles the human's language then after the completion of the program, it is needed to undergo translations in order that the computer could understand what the programmers command to him.

Now, one of the problems the market analyst wants to solve is how a certain program would generate association rules for their set of products. To explain briefly the problem, they use this hypothetical thesis statement: If product(s) A is bought there is x percent chance that product(s) B is also bought.

## 2. LITERATURE REVIEW

### (2.1) Association Rules

To know that there would be a significant chance that product(s) A would be bought with product(s) B, data mining make use of its Association Rules Generator implementation. Association rules are now frequently used mainly by big retail stores such as malls and supermarkets to aid their marketing, advertising, floor placement, and inventory control. But association rules may also be used in other purposes as well. For example, in the education sector, through the association rule, most of the students enrolled in subject x is also enrolled in subject y. This idea would help in the time and room assignment of the classes of these courses [MTI94]. In the telecommunication sector, on the other hand, make use of association rules in order to predict faults in its networks [Dun03 ] [MTI94].

Suppose that a retail store chain keeps track all of its day-to-day transactions on all its branches. The manager of the chain wanted to have a summarized report of the transactions including the type of items sold and their quantity. They had acquired that 100% of the time that PeanutButter is purchased so is Bread. Furthermore, 33.3% of the time PeanutButter is purchased, Jelly is also purchased. However, PeanutButter exists in only about 50% of the overall transactions [Dun03].

A database that uses association rule is viewed as a set of tuples, where each tuple contains a set of items. For example, a tuple could be {PeanutButter, Bread, Jelly}, which consists of the three items: peanut butter, bread, and jelly. Items in the tuple are the items that are purchased at one time [Dun03]. In the methodology part of this paper we would not make use of a possible item name but instead of a hypothetical item name such item (A), item (B) and so on.

The support is the ratio of how many times an item or items occur to the total number of transactions. In the methodology part, we would consider five items named A, B, C, D, and E. we would then prove that there is an exponential growth in the sets of items being considered if we would want to know the association rules of all items with each other. With the existing knowledge of how to acquire the power set of a set, we would be sure enough that we would consider 31 sets from the original set of five items (ignoring the empty set).

Another concept to consider is the acquiring of confidence or strength ( $\alpha$ ) for a specific association rule. The confidence is determined by getting the percentage of the number of transactions that contain items A and B divided by the number of transactions that contain A.

## (2.2) Apriori Algorithm

The Apriori algorithm is the most used algorithm for acquiring association rules. Apriori algorithm makes use of the known fact that any subset of a large item set must be large. It is also necessarily true that the large item set that satisfies the minimum support requirements has all of its subsets to satisfy the minimum support requirements [Dun03]. This theorem is supported by figure 1 [Dun03].

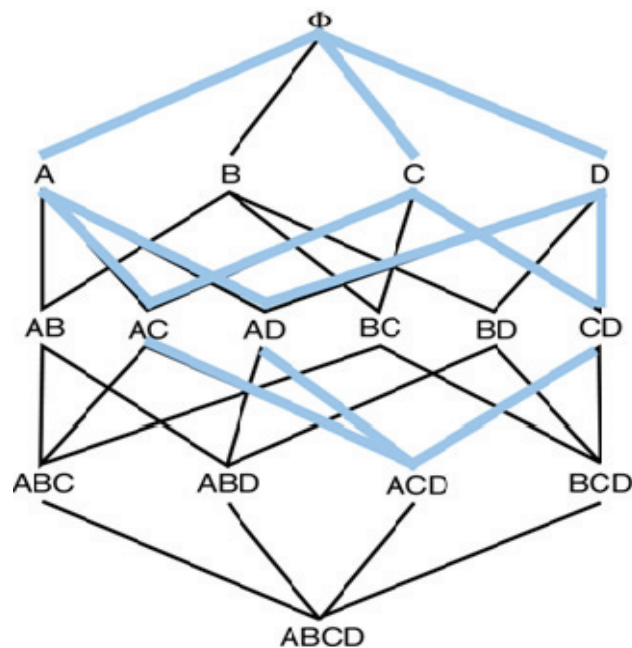


fig. 1 Large Itemset Property

### 3. METHODOLOGY

To implement the Apriori Algorithm we use the following programs:

- (1). Java™ SE Development Kit 6 Update 1      (2). JCreator LE 4.0

table 1 The text containing in transa.txt

abc

abcde

acd

acde

abcd

\*Note that instead of using sample names of products, we make use of letters to represent them.

Here is the simplified Java program implementation code (minus the use of hash tree) for the generation of the supports of the items in transa.txt. The code here makes use of the following references and is listed as follows.

[http://www2.cs.uregina.ca/~dbd/cs831/notes/itemsets/itemset\\_prog1.html](http://www2.cs.uregina.ca/~dbd/cs831/notes/itemsets/itemset_prog1.html),

<http://www.aicomponents.com/Algorithms/AssociationRules.aspx> and

<http://www.itu.dk/courses/OOP/E2006/2-objects/PowerSet.java>.

```

/*1 */ import java.io.*;
/*2 */ import java.util.*;
/*3 */
/*4 */ class supportGenerator
/*5 */ {
/*6 */ }
/*7 */
/*8 */ interface PowerArrayListInterface <A> {
/*9 */     public Iterator <ArrayList <A>> iterator ();
/*10*/ }
/*11*/
/*12*/ class PowerArrayList <A> implements PowerArrayListInterface <A> {
/*13 */     ArrayList <ArrayList <A>> p = new ArrayList <ArrayList <A>> ();
/*14 */     Set lessSupport = new HashSet();    [create a lessSupport symbol table]
/*15 */     Double support = 0.0;
/*16 */     PowerArrayList (ArrayList <A> l, Set set, int transactions, Double minSupport) {
/*17 */         p.add (new ArrayList <A> ());
/*18 */         for (Iterator <A> i = l.iterator (); i.hasNext ()); {
/*19 */             A x = (A) i.next ();    [hasNext(), returns true if there are more
elements]
/*20 */             ArrayList <ArrayList <A>> q = new ArrayList <ArrayList <A>> ();
/*21 */             for(Iterator <ArrayList <A>> j = p.iterator (); j.hasNext ()); [traverse p array]
/*22 */                 ArrayList <A> y = (ArrayList <A>) j.next ();    [add behind y array]
/*23 */                 ArrayList <A> z = new ArrayList <A> ();    [create z array]
/*24 */                 for(Iterator <A> k = y.iterator (); k.hasNext ()); { [traverse y array]
/*25 */                     z.add ((A) k.next ());

```



```

/*26 */      }           [next(), returns the next element as an Object]
/*27 */      z.add (x);
/*28 */      Collection c = (Collection)z;
/*29 */      if(prune(c, lessSupport)) continue;
/*30 */      Iterator it = set.iterator();
/*31 */      while (it.hasNext()) {
/*32 */          Set element = (Set)it.next();
/*33 */          if(element.containsAll(c)){
/*34 */              support++;
/*35 */          }
/*36 */      }
/*37 */      if(support/transactions>=minSupport){
/*38 */          System.out.println(c.toString()+"    Support: "+support/transactions);
/*39 */      }
/*40 */      else{
/*41 */          System.out.println("less Support");
/*42 */          lessSupport.add(c);
/*43 */      }
/*44 */      support=0.0;
/*45 */      q.add (z);
/*46 */      }
/*47 */      p.addAll (q);
/*48 */      }
/*49 */      System.out.println("lessSupport Set:"+lessSupport.toString());
/*50 */      }
/*51 */
/*52 */      public boolean prune(Collection c, Set lessSupport){
/*53 */          Iterator it = lessSupport.iterator();
/*54 */          while (it.hasNext()) {
/*55 */              Collection element = (Collection)it.next();
/*56 */              if(c.containsAll(element)) return true;
/*57 */          }
/*58 */          return false;
/*59 */      }
/*60 */
/*61 */      public Iterator <ArrayList <A>> iterator () {return p.iterator ();}
/*62 */ }
/*63 */
/*64 */
/*65 */ class transaRead{
/*66 */ public static void main(String args[]) throws Exception{
/*67 */     Set set = new HashSet();      [create a set symbol table]
/*68 */     Double minSupport=0.4;
/*69 */     int transactions=0;
/*70 */     String itemNames = "abcde";
/*71 */     char[] itemNamesChar = itemNames.toCharArray();
/*72 */     FileInputStream fstream = new FileInputStream("transa.txt"); [input transa.txt
file]
/*73 */     DataInputStream in = new DataInputStream(fstream); [input transa.txt data]
/*74 */     BufferedReader br = new BufferedReader(new InputStreamReader(in));
/*75 */     String strLine;

```

```

/*76 */    while ((strLine = br.readLine()) != null){ [transa.txt read out into strLine ]
/*77 */    System.out.println("update transactions: "+transactions);
/*78 */    transactions++;
/*79 */    Set items = new HashSet();    [create an items symbol table]
/*80 */    char[] itemArray = strLine.toCharArray();
/*81 */    for(int i=0; i<itemArray.length; i++){
/*82 */        items.add(itemArray[i]);
/*83 */    }
/*84 */    set.add(items);
/*85 */ }
/*86 */ in.close();
/*87 */ ArrayList <Character> l = new ArrayList <Character> ();
/*88 */ for(int i=0; i<itemNamesChar.length; i++){
/*89 */ l.add(itemNamesChar[i]);
/*90 */ }
/*91 */ PowerArrayList <Character> p = new PowerArrayList <Character>
(l,set,transactions, minSupport);
/*92 */ }
/*93 */ }

```

#### 4. DATA COLLECTION AND ANALYSIS

Compiling and then running the above code would generate these data shown in table 2.

table 2 Original Program Results

update transactions: 0	[a, b, d] Support: 0.4
update transactions: 1	[c, d] Support: 0.8
update transactions: 2	[a, c, d] Support: 0.8
update transactions: 3	[b, c, d] Support: 0.4
update transactions: 4	[a, b, c, d] Support: 0.4
	[e] Support: 0.4
[a] Support: 1.0	[a, e] Support: 0.4
[b] Support: 0.6	[b, e] less Support
[a, b] Support: 0.6	[c, e] Support: 0.4
[c] Support: 1.0	[a, c, e] Support: 0.4
[a, c] Support: 1.0	[d, e] Support: 0.4
[b, c] Support: 0.6	[a, d, e] Support: 0.4
[a, b, c] Support: 0.6	[c, d, e] Support: 0.4
[d] Support: 0.8	[a, c, d, e] Support: 0.4
[a, d] Support: 0.8	lessSupport Set:[[b, e]]
[b, d] Support: 0.4	

If the call for the prune step would be deleted (see line 29), these would be the results shown in table 3.

table 3 Modified Program Results

update transactions: 0	[a, b, c, d] Support: 0.4
update transactions: 1	[e] Support: 0.4
update transactions: 2	[a, e] Support: 0.4
update transactions: 3	less Support
update transactions: 4	less Support
[a] Support: 1.0	[c, e] Support: 0.4
[b] Support: 0.6	[a, c, e] Support: 0.4
[a, b] Support: 0.6	less Support
[c] Support: 1.0	less Support
[a, c] Support: 1.0	[d, e] Support: 0.4
[b, c] Support: 0.6	[a, d, e] Support: 0.4
[a, b, c] Support: 0.6	less Support
[d] Support: 0.8	less Support
[a, d] Support: 0.8	[c, d, e] Support: 0.4
[b, d] Support: 0.4	[a, c, d, e] Support: 0.4
[a, b, d] Support: 0.4	less Support
[c, d] Support: 0.8	less Support
[a, c, d] Support: 0.8	lessSupport Set:[[b, c, d, e], [b, d, e], [b, e], [b, c, e], [a, b, e],
[b, c, d] Support: 0.4	[a, b, c, e], [a, b, c, d, e], [a, b, d, e]]

Notice the difference between the first and second run of the program. The call for the prune procedure is necessary to ignore the supersets that were proven to have support that were not significantly large by the theorem of Large Item set Property.

Now that we have acquired the individual supports of each significant supersets in the data, we could now compute for the confidence whether buying product(s) X would imply buying product(s) Y. Suppose we want to know the confidence of  $a \rightarrow b$  (read as A implies B). To compute for its confidence we need to acquire the ratio of the support of [a,b] to the support of [a].

$$\text{Confidence of } a \rightarrow b = \text{support of [a,b]} / \text{support of [a]}.$$

$$\text{Confidence of } a \rightarrow b = 0.6 / 1.$$

$$\text{Confidence of } a \rightarrow b = 0.6.$$

Since this paper has not opted to tackle the use of hash trees, the computer generation of confidence of each significant element of the power set of the products involved is not possible.

## 5. RESULTS, CONCLUSIONS, AND RECOMMENDATIONS

The program was successfully enough to generate the supports of each element in the power set of the products involved. The products involved were {A, B, C, D, E} and the resulting power set minus the null set is {{a}, {b}, {a, b}, {c}, {a, c}, {b, c}, {a, b, c}, {d}, {a, d}, {b, d}, {a, b, d}, {c, d}, {a, c, d}, {b, c, d}, {a, b, c, d}, {e}, {a, e}, {b, e}, {a, b, e}, {c, e}, {a, c, e}, {b, c, e}, {a, b, c, e}, {d, e}, {a, d, e}, {b, d, e}, {a, b, d, e}, {c, d, e}, {a, c, d, e}, {b, c, d, e}, {a, b, c, d, e}}. The minimum support requirement used in the program is 40 percent and the two runs of the program prove that all supersets of an insignificant item set are also insignificant.

## REFERENCES

1. Artificial Intelligence Components: Association Rules. Retrieved July 1, 2007 from <http://www.aicomponents.com/Algorithms/AssociationRules.aspx>
2. T. Bayes. An Essay towards solving a problem in the doctrine of chances. Philosophical Transactions of the Royal Society in London, 53:370-418, 1763.
3. E.F. Codd. A relational model of data for large shared data banks. Communications of the ACM, 13(6):377-387, June 1970.
4. A.P. Dempster, N.M. Laird, and D.B. Rubin. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. Journal of the Royal Statistical Society, B39:1-38, 1977.
5. M. Dunham. Data Mining introductory and advanced topics. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
6. E.A. Feigenbaum and J. Feldman, eds., Computers and Thought. New York: McGraw-Hill, 1963.
7. R.A. Fisher. On the probable error of a coefficient of correlation deduced from a small sample. Metron International Journal of Statistics, 1(4):3-32, 1921
8. E. Fix and J.L. Hodges Jr. Discriminatory analysis; non-parametric discrimination: Consistency properties. Technical report, Technical report 21-49-004(4), USAF School of Aviation Medicine, Randolph Field, Texas, 1951.
9. E.B. Hunt, J. Martin, and P.J. Stone. Experiments in Induction. Boston: Academic Press, 1966.
10. J. H. Holland. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor.: University of Michigan Press, 1975.
11. H. Hamilton, E. Gurak, L. Findlater and W. Olive (2002). Computer Science 831: Knowledge Discovery in Databases: Apriori Algorithm. Retrieved July 1, 2007 from [http://www2.cs.uregina.ca/~dbd/cs831/notes/itemsets/itemset\\_prog1.html](http://www2.cs.uregina.ca/~dbd/cs831/notes/itemsets/itemset_prog1.html)
12. T. Kohonen. Self-organized formation of topologically correct feature maps. Biological Cybernetics, 43:59-69, 1982.

13. K. Florek, J. Lukaszewich, J. Perkal, H. Steinhaus, and S. Zubrzycki. Taksonomia wroclawska. Przegląd Antropologiczny, 17(4):93-207, 1951.
14. W.S. McCulloch and W. Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics, 5:115-133, 1943.
15. H. Mannila, H. Toivonen, A.I. Verkamo. Efficient Algorithms for Discovering Association Rules. University of Helsinki, Department of Computer Science, p181-192, July 1994.
16. N.J. Nilsson. Learning Machines. New York: McGraw-Hill, 1965.
17. J.R. Quinlan. Induction of decision trees. Machine Learning, 11(1):81-106, 1986.
18. M. Rosenblatt. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological Review, 65:386-408, 1958.
19. Naren Ramakrishnan and Ananth Y. Grama. Data mining: From serendipity to science. Computer, 32(8):34-37, August 1999
20. G. Salton. The SMART Retrieval System-Experiments in Automatic Document Processing. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1971
21. C. Schuermann (2006). Lecture 2: PowerSet Example. Retrieved July 1, 2007 from <http://www.itu.dk/courses/OOP/E2006/2-objects/PowerSet.java>



# 無線光通訊技術-CATV 短距傳輸模組之研究

## Study of the Module for CATV Short Distance Transmission with Free Space Optics Technology

洪鴻文<sup>1</sup>                      張格瑜<sup>2</sup>                      張志宏<sup>2</sup>  
 Hung-Wen Hung<sup>1</sup>        Ge-Yu Chang<sup>2</sup>        Chih-Hung Chang<sup>2</sup>  
    邱彥維<sup>2</sup>                      莊東樺<sup>2</sup>  
    Yen-Wei Chiu<sup>2</sup>        Tung-Hua Chuang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東南科技大學 電子工程學系 副教授    Department of Electronic Engineering, Associated Professor

<sup>2</sup> 東南科技大學 電子工程學系 大學部學生    Department of Electronic Engineering, Student of College and university department

### 摘 要

本文針對無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組之研究，使用650 nm 波長雷射光源，成功地展示了一套有效距離超過21公尺，短波長/空對空之有線電視射頻全光無線傳輸系統之實作，並量測特性參數以驗證系統性能。因本文主要訴求-低成本的系統架構，除光源取之市售廉價之雷射光筆，另外自行設計系統「對光機制」取代昂貴光學平台以大幅降低成本；由於採廉價雷射光源，導致系統傳輸頻寬受限與調變線性度不佳，故應用「降頻轉換」與「單一波道傳輸」技術克服前述困難，成功且能有效地傳輸有線電視下行頻帶共110頻道節目訊號。

**關鍵詞：**無線光通訊、降頻轉換、單一波道傳輸、對光。

### ABSTRACT

In this paper we propose the architecture for cable television (CATV) short distance transmission with Free Space Optics (FSO) technology, and use the laser source of 650 nm wavelength. We successfully demonstrated the implementation which is an air-to-air short wavelength of all optical transmission over twenty one meters for CATV radiation frequency signals, also measured some characteristic parameters of CATV system to verify its performance. To reach the goal for system cost down, there are some new ideas such as using

the cheapest laser pointer as light source and the self-design alignment mechanism instead of the expensive optics table. Finally we use the frequency down conversion and in-channel transmission to solve the bandwidth limitation and bad modulation linearity which is due to use cheaper laser source, then successful and effective transmitted 110 program channels of CATV down-stream band.

**Keywords:** Free Space Optics(FSO), Frequency Down Conversion, In-Channel Transmission, Alignment.

## 一、前言

傳統光纖網路不僅鋪設成本高，且施工耗時，遇有地形地物障礙，也常會因無法穿越而必需繞道遠行，或是利用較為昂貴的“點對點微波(microwave)傳輸”以避開地形障礙。現行利用雷射技術提供無線寬頻接取服務，已經證明「無線光通訊(Free Space Optics, FSO)系統」能夠克服“全光網路”中「最後一哩(the last mile)」寬頻接續之技術瓶頸[Cloetens, 2001]。FSO 相關技術最早出現在1980年的軍事通訊應用上，其電磁波頻帶屬於不可見光之紅外線頻譜，傳遞介質雖然是空氣，但傳輸效益與光纖有線方式相當，傳輸速率(達10 Gbps)已遠超過 ADSL 或纜線數據機(cable modem)。但 FSO 技術面臨最大的挑戰，莫過於傳輸訊號在空中被衰減的問題，像大氣中懸浮粉塵、雨滴以及濃霧等等無法避開的自然現象，均會影響雷射光束之傳輸效率。技術的可靠性與穩定度與否方能決定技術的普及率，雖然現行擁有 FSO 技術的廠商宣稱：在2哩範圍內 FSO 系統可靠度已能達到99.99%，但離電信服務業之可靠度標準99.999%則尚有努力空間[Red Herring, 2002]。

發生美國911事件後，充分暴露出「都會型」或「金融密集」區域一旦因天災人禍而造成企業斷訊，其影響將是全球性的，且損失也將是難以估計，FSO 技術無疑的能夠迅速打開上述僵局，且由於架構本身的靈活調度特性，具備了短時間內可集結連接成全新通訊網路之能力，有鑑於此遂引發本文之研究動機。

我們的構思源自實務教具研製，希望達成低成本、簡化系統架構訴求下，鎖定 FSO 技術應用：無線光通訊－有線電視射頻短距全光傳輸模組之研究為目標。考量安全因素故選用可見紅光/低瓦數( $\leq 2$  mW)雷射光筆作為光源，這樣雖然有效降低了光源成本，但必需克服隨之而來較窄傳輸頻寬與調變線性不佳之限制，為此本文應用「降頻轉換」與「單一波道傳輸」技術逐一克服前述困難，成功地實踐並驗證一套有效傳輸距離超過21公尺之有線電視射頻訊號短距全光空對空傳輸模組。

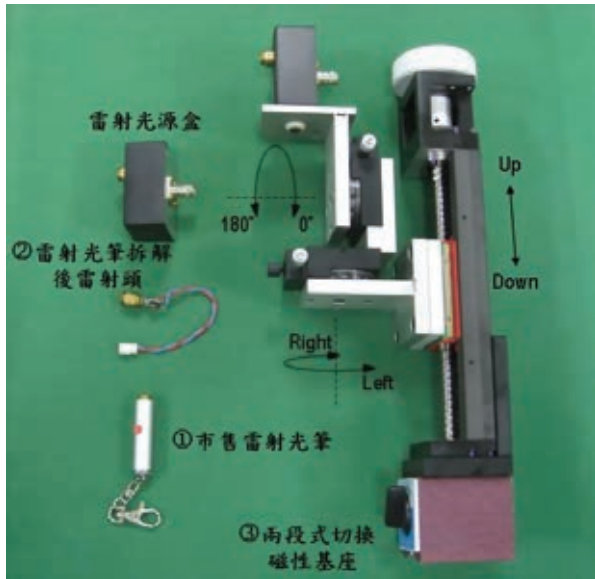
## 二、有線電視射頻訊號短距全光空對空傳輸模組之實作與解析

### (一)雷射光源與檢光二極體選用

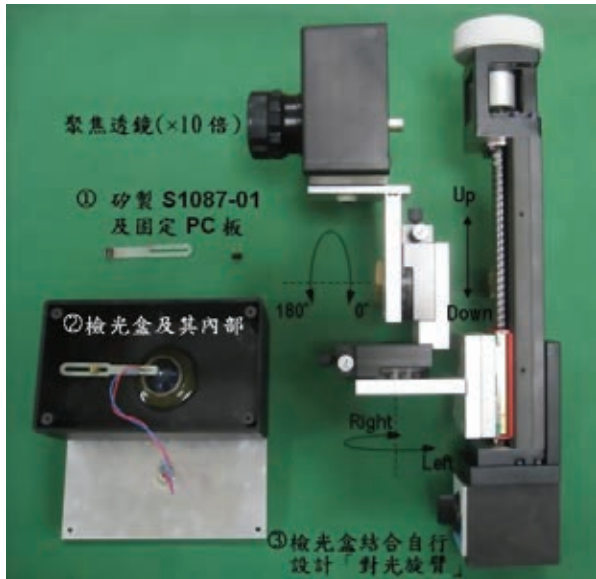
本文光發射機端光源，係用市售雷射指示光筆，一般額定輸出功率約為1~2 mW，



中心波長範圍：622~700 nm(可見紅光)，單支市售價格約新台幣50~100元，其拆解、改裝過程之實物相片說明圖一所示：①市售雷射指示光筆、②指示光筆拆解後雷射頭部分、③兩段式切換磁性基座，雷射光源盒結合自行設計「對光旋臂」。其次為光接收機端的檢光二極體，我們選用的是濱松(Hamamatsu, 2002)公司製品：Si photodiode/編號 S1087-01，檢光響應度(responsivity)  $\rho=0.38 \text{ A/W} @ 633 \text{ nm He-Ne laser}$ ，響應頻寬320~1100 nm[4]，單只售價約新台幣400元，請參考圖二所示：①矽製 S1087-01及固定 PC 板、②檢光盒、③檢光盒結合自行設計「對光旋臂」。



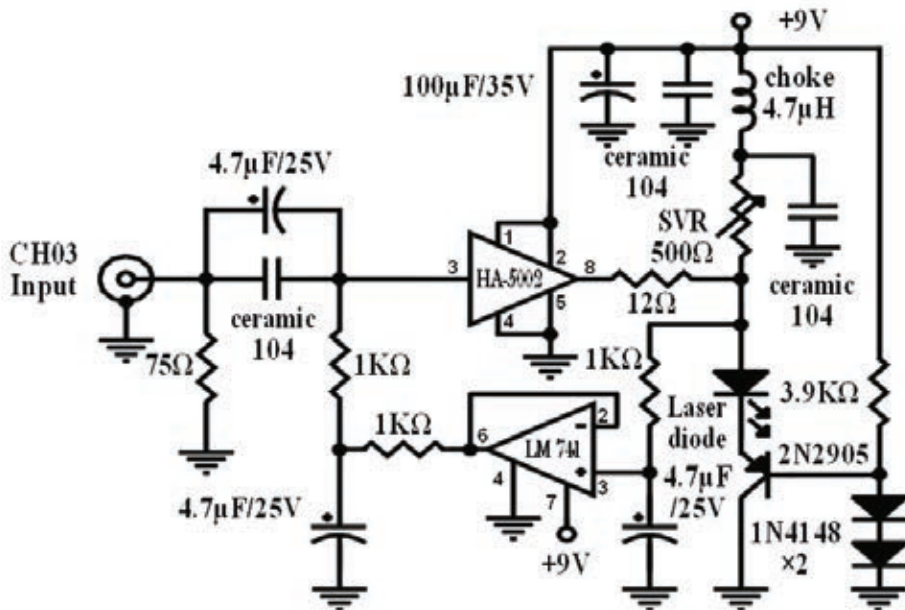
圖一、Tx 端自行設計「對光旋臂」。



圖二、Rx 端自行設計「對光旋臂」。

(二)光發射機研製

本文所提無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組架構之光發射機電路[蘇奕肇，1994]如圖三所示，光調變採「直調(direct modulation)」方式。



圖三、無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組架構之光發射機電路。

由實驗得知雷射光源在+9 V 供電情況下的驅動電流飽和值≐60 mA(此時雷射壓降可量測得到為 3.2 V)，可由(1)式求出限流電阻的最小值約為 62 Ω，雷射操作電流也可決定由 30 mA(電流飽和值一半)起往上試，其中 SVR 500 Ω 即是調控此值作用。

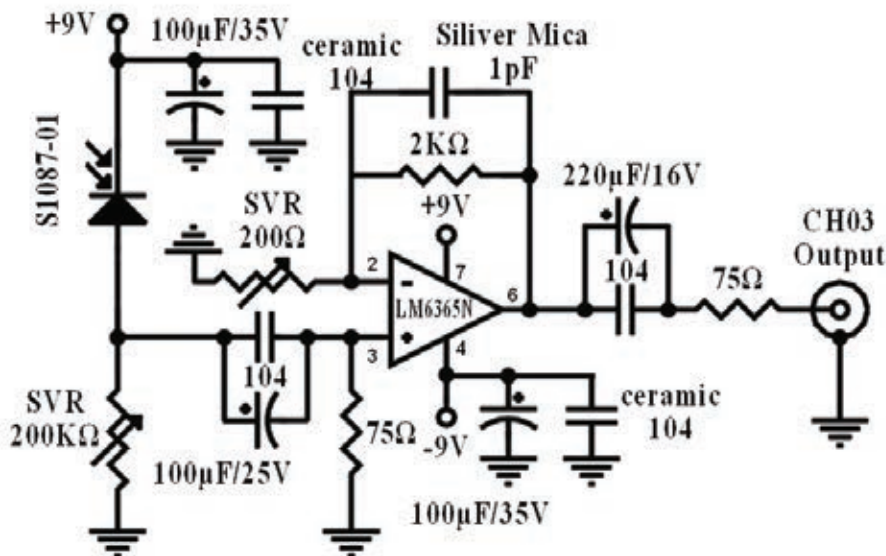
光發射機輸入訊號為 CH03，因為「降頻轉換(down conversion)」是將 CATV 下行頻帶內 RF 訊號(110 頻道：54~750 MHz)，在全頻段範圍內可選擇任何頻道訊號，之後移頻降至 CH03(視頻載波位置 61.25 MHz)作「單一波道(in-channel)」傳輸；輸入訊號經 4.7 μF/25 V 並接 0.1 μF 交連電容組後輸入緩衝器 HA5002[Harris Analog Corporation, 1991]，作視頻電流放大並輸出，HA5002 響應頻寬達 110 MHz 足以涵蓋降頻轉換後 CH03 射頻訊號雷射陰極(cathode)進行「強度調變」，完成“電/光轉換(E/O conversion)”；由於電路設計上具備「直流伺服(dc servo)」迴路功能 - 由 1 KΩ、4.7 μF/25 V、LM741、1 KΩ、4.7 μF/25 V 組成，可預防緩衝器輸出處 dc offset 滲入雷射直流偏壓迴路，造成發射端之雷射二極體操作電流偏移，如同雷射「自動功率控制(Automatic Power control, APC)」作用，可保證雷射功率作恒定輸出。

$$R_{s(\min)} = \frac{9V - 3.2V - V_{BE} - 2V_D}{60mA} \cong \frac{9V - 3.2V - 0.7V - 1.4V}{60mA} \approx 62\Omega \quad (1)$$

偏壓迴路中4.7 μH 屬於扼流線圈(choke)，可阻扼電源啟動時所產生直流暫態脈衝，防止燒毀雷射二極體，其兩端並聯二只旁路(bypass)電容/104(ceramic)下地，可讓扼流線圈在交流等效電路中失效；另外電晶體2N2905、二極體1N4148與3.9 KΩ 組成一 current sink，由 SVR 500 Ω 調控雷射操作電流大小。

### (三)光接收機研製

本文所提無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組架構之光接收機電路如圖四所示，是由「檢光解調迴路」與「低耗電視頻放大器(LM6365N)」兩部分組成，解調-光/電轉換設計上除應注意檢光入射功率不可超過飽和值，以及檢光迴路之輸出負載  $R_L$  值大小應適宜外，視頻放大還特別注重系統特性阻抗/75 Ω 匹配，故逆偏限流電阻改以 SVR 200 KΩ 調控，再和視頻放大器之  $R_i$  /75 Ω 並聯達成阻抗匹配。



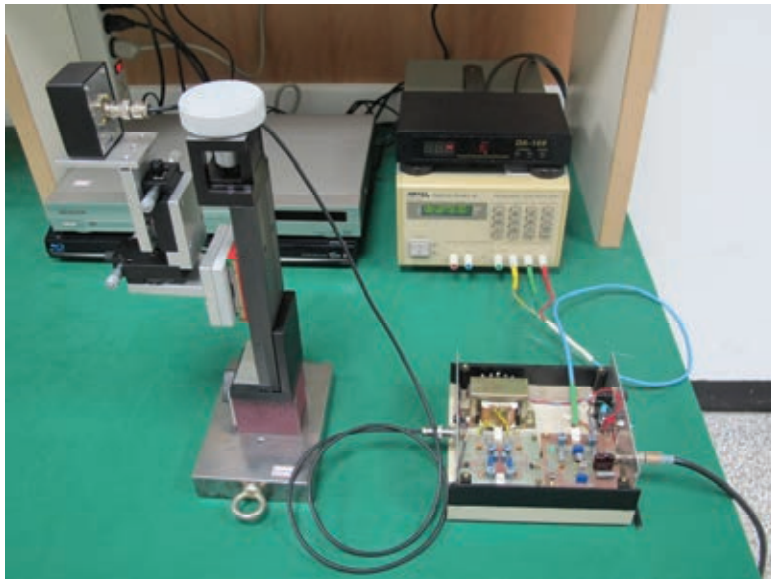
圖四、無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組架構之光接收機電路。

經查「矽製檢光二極體/S1087-01」datasheet 得知[Hamamatsu Co. Ltd., 2002]，當入射光源之中心波長範圍在630~650 nm 時，其檢光響應度應為  $\rho \doteq 0.4 \text{ A/W}$ ，假設希望檢光迴路輸出電壓  $V_o = 0.1 \text{ V}_{\text{rms}}$ ，且檢光入射之功率值  $P_i = 0.25 \text{ mW}$ ，可代入(2)式可求出檢光輸出負載  $R_L \doteq 75 \Omega$ ：

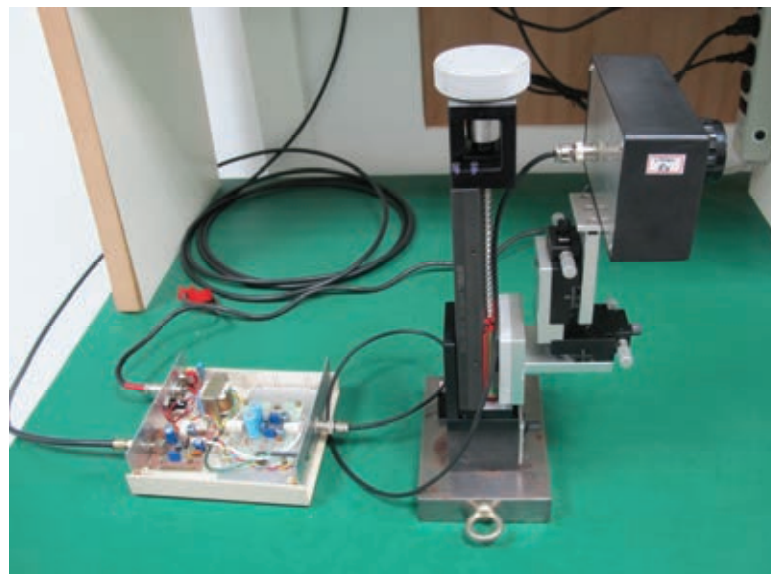
$$R_L = \frac{V_o}{\rho \cdot P_i} = R_i // 100\text{K}\Omega \quad (2)$$

其中100 K $\Omega$  為 photodiode 逆偏限流用電阻值，由 SVR 200 K $\Omega$  調出，而75  $\Omega$  則是緊接其後的視頻功率放大器(LM6365N)輸入端看入的  $R_i$  值。

#### (四)自行設計光學平台(optical table)[Zuev, 1976]



圖五、本文無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組發射端配置情形。



圖六、本文無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組接收端配置情形。



本文所提架構採用“雷射空對空全光”方式傳收，故其定位要求必需精準嚴謹，但制式光學桌(optical table)及相關必要附件之售價太過昂貴，為此我們自行設計對光用機械旋臂與定位用鐵板組合，達成本文實驗用光學平台之需求功能。

機械二段式切換磁性基座+立體半球面機械式旋臂 - 請參照前述發射端圖一與接收端圖二所示，磁性基座的磁性抓力可達30 Kg 以上，在鐵板上可連續任意位移後吸附固定，不像使用固定孔的制式光學桌，位移時會受挖孔間距所限，其中磁性基座有無「磁吸性」可作二段機械式切換，非常便利操作與控制；機械旋臂可視定位需求，作立體半球面座標位移，從而達成精確對光所需的調控功能。本文無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組發射端配置情形如圖五，而接收端配置情形則如六所示。

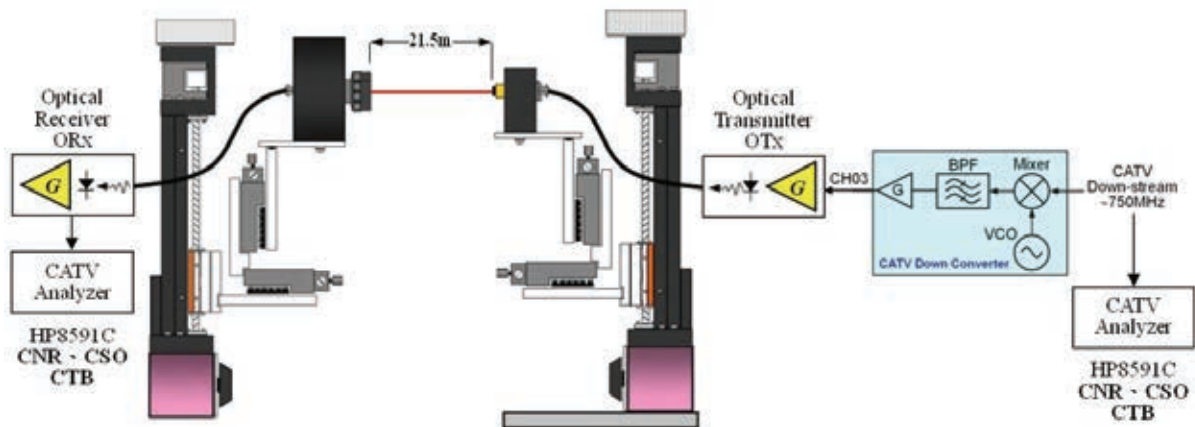
### 三、系統之實驗結果與特性量測

本文所提「無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組」系統架構，經在實驗室外面走廊(假設大氣環境條件在可控制情況下)進行實地量測，其效果非常良好 - 系統有效傳輸距離可超過21公尺，且在接收端之 CATV 視訊與音訊立體聲[G. Pang, 1999, 2001 ]，以目視/耳聞檢查，皆無失真現象發生。

#### (一)系統電力消耗實測

本文之系統低耗電特點訴求經實量測結果，其成效驗證如下：發射端 - OTx 直流電壓供電+9 V、電流消耗22 mA，故直流功率消耗可求出為198 mW，市售 CATV 降頻轉換器交流功率消耗為3 W；接收端 - ORx 直流電壓供電±9 V、電流消耗1 mA，故直流功率消耗可求出為18 mW。依此低電力消耗的成效，本文所提「無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組」系統架構採「電池供電」應是具體可行的。

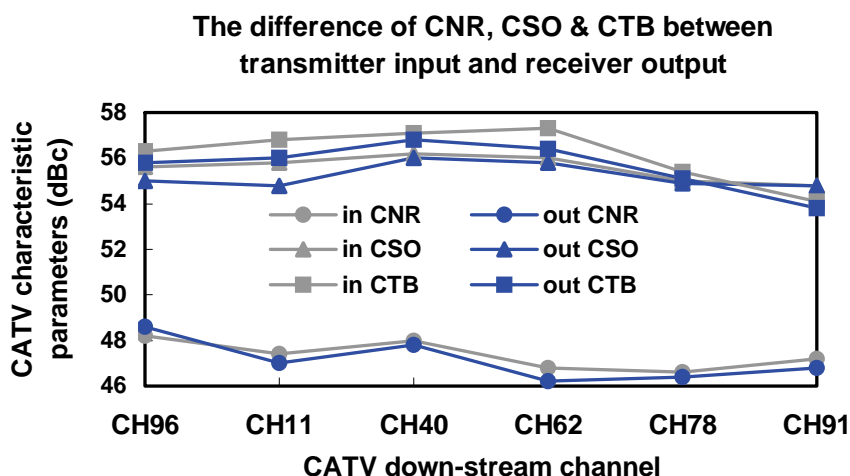
#### (二)系統性能實測



圖七、本文無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組性能測試架構示意圖。

本文所提架構屬於 CATV 射頻訊號傳輸，故就系統接收端 ORx 輸出之「載波雜訊比(CNR)」、「載波合成二次拍差比(CSO)」與「載波合成三次拍差比(CTB)」三項參數進行量測並與系統輸入端處測得數據比較，以驗證所提架構之系統性能。

最大有效傳輸距離為21.5公尺情況下，本文量測所提系統接收端 ORx 輸出 CNR、CSO 與 CTB 三項參數的性能測試架構可參考圖七所示。考量抽取測試頻道(54~750 MHz 共約110頻道)的平均性，我們選測頻道如下：低頻段 CH96/CH11、中頻段 CH40/CH62、高頻段 CH78/CH91。擔任 CNR、CSO 與 CTB 三項參數量測儀器為 HP8591C 有線電視分析儀[Hewlett Packard Co. Ltd., 1998]。為比較三項參數經本文所提架構傳輸有無劣化？我們在所提架構輸入處亦抽取這6個相同頻道，同樣量測 CNR、CSO 與 CTB 三項參數並進行比較，請參考圖八三項參數之量測與比較曲線。



圖八、本文無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組性能測試架構示意圖。

## 四、結論

本文所提「無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組」系統架構之有效傳輸距離被侷限在21.5公尺，這是受到雷射光束在空氣中傳輸必然會產生“射散現象”影響，隨傳輸距離增加，雷射光束之“射散現象”變大，因而降低本身的光功率，亦即形成傳輸光功率衰減，故導致有效傳輸距離受限。

CNR、CSO 與 CTB 三項參數經實測後比較結果如下，插入本文所提「無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組」系統架構前後：「載波雜訊比(CNR)」-劣化程度由-0.2 dB 到-0.6 dB；「載波合成二次拍差比(CSO)」-劣化程度由0 dB 到-1.0 dB；「載波合成三次拍差比(CTB)」-劣化程度由-0.3 dB 到-0.9 dB；總結而言，CNR 劣化最糟情況至46.2 dB、CSO 劣化最糟情況至54.8 dB、CTB 劣化最糟情況至53.8 dB，均能符合有線電視用戶終端訊號品質規範標準：CNR $\geq$ 43 dB、CSO $\geq$ 53 dB、CTB $\geq$ 53 dB。

本文所提「無線光通訊-有線電視短距射頻傳輸模組」系統架構經實作量測，已驗證確屬可行且效果良好，最重要的是我們成功地展示了一套有效距離超過21公尺，短波長/空對空之有線電視射頻全光無線傳輸系統之實作，並量測特性參數以驗證系統性能。在應用上，本文所提出之架構可用於小區域近距離之 FSO 通聯系統，例如校園內各教學大樓間視訊電話專線、視訊教學或會議、社區型警民聯防系統、警方特勤小組攻堅用視訊通聯或監視系統。

## 五、參考文獻

- [1]蘇奕肇，精選類比實用電路集，初版，第67~70、94~105頁，全華科技圖書股份有限公司，台北(1994)。
- [2]Cloetens L., “Broadband Access : The Last Mile,” in Session 1/Plenary/1.2, 2001 IEEE International Solid-State Circuits Conference, pp.18-21(2001).
- [3]Red Herring, “New solution of Last-Mile Fiber - Free Space Optics(FSO) system”, pp78~79(2002).
- [4]Harris Analog Corporation, Data Sheets : HA5002 application notes, November 1991.
- [5] Hamamatsu Co. Ltd., Data Sheets : Si Photodiode S1087/S1133 series, May 2002.
- [6]ZUEV, V.E. : “Laser-light transmission through the atomsphere” in HINKLET, E.D. (Ed.) : “Laser monitoring of the atomsphere”(Spring, Heidelberg, 1976).
- [7]G. Pang, C.H. Chan, K.L. Ho, T. Kwan, Edward Yang, “Visible light communication for audio systems”, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 4, pp.1112-1118(1999).
- [8]G. Pang *et al.*, “Optical wireless based on high brightness visible LEDs,” in Conf. Rec. IEEE-IAS Annu. Meeting, Phoenix, Az, Oct. 3-7, pp.1693-1699(1999).
- [9]G. Pang, C.H. Chan, K.L. Ho, T. Kwan, “Tricolor Light-Emitting Diode Dot Matrix Display System with Audio Output”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37, No. 2, pp.534-540(2001).
- [10]HP8591C Cable Television Analyzer : operation manual, Hewlett Packard Co. Ltd.(1998).

# 觸控式最佳對比顯示 LED 反襯板

## Optimum contrast available backboard of LED by touching

陳焜生

Chung Shen Chen

東南科技大學電子工程學系 副教授 Department of Electronic Engineering

---

觸控式最佳對比顯示 LED 反襯板，為一種控制高亮度 LED 電流之方式。特徵為：

- 1、摸指控式金屬導板 T1，25秒由全暗到全亮。摸指控式金屬導板 T2，25秒由全亮到全暗。同時控制 T1，T2，可獲取最佳對比(contrast)所需的亮度，並保持此狀態。
- 2、高亮度 LED 電流，是以波面積調變法(二維空間解像)，二維空間解像:是指波寬與振幅，有別於波寬調變(pulse width modulation)，僅止於波寬控制，因此解像度是平方比的。
- 3、取樣保持電路(sample and hold)，使調控後之最佳亮度可保持一段時間不變。

### ABSTRACT

The optimum contrast available backboard by touching is one way of current control for high brightness LEDs. Characteristic marks:

1. When touching the metal plate T1 it will change brightness from fully dim to complete bright in 25 seconds, while touching T2 it will reveal the reverse . By touching both the T1 and T2 plate , then optimum contrast is available.
2. PAM, pulse area modulation, a brand new way to improve brightness resolution, not only by pulse width but also amplitude said 2-D improving , thus it outpace PWM (pulse width modulation).
3. An sample and hold CKT included to let optimum contrast staying for awhile, therefore the best contrast image can be checked.

**Keywords:** PAM pulse area modulation PWM pulse width modulation, contrast

## 壹、學理基礎

觸控式最佳對比顯示 LED 反襯板，為一種控制高亮度 LED 電流之方式。特徵為：

- 1、摸指控式金屬導板 T1，25秒由全暗到全亮。摸指控式金屬導板 T2，25秒由全亮到全暗。同時控制 T1，T2，可獲取最佳對比(contrast)所需的亮度，並保持此狀態。
- 2、高亮度 LED 電流，是以波面積調變法(二維空間解像)，二維空間解像:是指波寬與振幅，有別於波寬調變(pulse width modulation)，僅止於波寬控制，因此解像度是平方比的。
- 3、取樣保持電路(sample and hold)，使調控後之最佳亮度可保持一段時間不變。可應用於：桌面文書處理，生物樣本觀測，內視鏡輔助光，印刷電路板製程，電子電路繪圖等。

## 貳、主題內容

(參看圖1)，一種觸控式最佳對比顯示 LED 反襯板，依訊號流程分為下列五模組：

### 1、二組同型之觸摸轉脈動直流模組：

其一控制變亮，另一控制變暗，因組態相同，僅分析變亮部份包括：一平方公分之金屬觸摸導板(T2)(可為印刷電路板之一部份)，電阻(R4)為大電阻，手摸導板(T2)，將感應60赫茲電磁波，將此訊號經運算放大器(U2)放大三倍， $(R5+R6)/R6=3$ ，運算放大器(U2)之輸出串電容(C2)，後接整流二極體(D4)，二極體(D3)充當飛輪二極體(提供持續直流之能力)，如此便提供運算放大器(U6)正端脈動直流，同理，運算放大器(U6)負端脈動直流，由金屬觸摸導板(T1)因手摸之觸發訊號提供。

### 2、取樣保持模組：

諾頓型運算放大器(U6)之輸出與負端輸入接電容(C3)，為一積分電路，運算放大器(U6)之輸出電壓，正比於電容(C3)上之積分電荷，而算放大器(U6)之輸入端為上述之二組同型之觸摸轉脈動直流模組，因此經導板(T1)導板(T2)，可控制算放大器(U6)之輸出電壓，唯當手不摸時，欲保持此電壓，須消除運算放大器(U6)之輸入端之直流偏移。將運算放大器(U5)之輸入正端接地，輸出以相同之大電阻同時接運算放大器(U5)，(U6)之輸入負端，以模仿零輸入時之輸入端直流偏移(DC-offset)補償，達成精準之取樣保持(sample and hold)。當手未觸摸時可保持積分輸出電壓在容許時間內不變，謂之取樣保持模組；

### 3、三角波產生器模組：

此模組是典型的，用以產生波寬調變(pulse width modulation)所需之比較波，三角波是由運算放大器(U7)之輸出取出備用)；運算放大器(U8)為典型之諾頓型運算放大器之比較器(comparator)，電阻(R17)為磁滯電阻，因磁滯權值為10(R16比 R17)，故比較



波之三角波振幅較大。運算放大器(U7)為三角波產生器，電阻(R13)為電流源，當運算放大器(U8)之輸出為低電位時，放電，三角波為負斜率，當運算放大器(U8)之輸出為高電位時，充電，三角波為正斜率(因電阻(R13)為電阻(R14)的2倍，要保持輸入端之電流鏡射之必然結果)，頻率約為160赫茲，大於視覺暫留。

#### 4、波面積調變模組:

包括運算放大器(U3，U4)，電阻(R11)，二極體(D5)所共構；其中運算放大器(U3)充當比較器，運算放大器(U3)正端接取樣保持模組之輸出，運算放大器(U3)負端接三角波產生器模組之輸出，以組成典型之波寬調變(pulse width modulation)電路，再將運算放大器(U3)之輸出，串電阻(R11)後以二極體(D5)，嵌位於諾頓型運算放大器(U6)之輸出(取樣保持模組之輸出)，而電阻(R11)，二極體(D5)中間接運算放大器(U4)輸入，運算放大器(U4)輸入與輸出短路，而此緩衝輸出即具備二度空間(波寬，振幅)調變能力之波面積調變模組；

#### 5、電流汲模組:

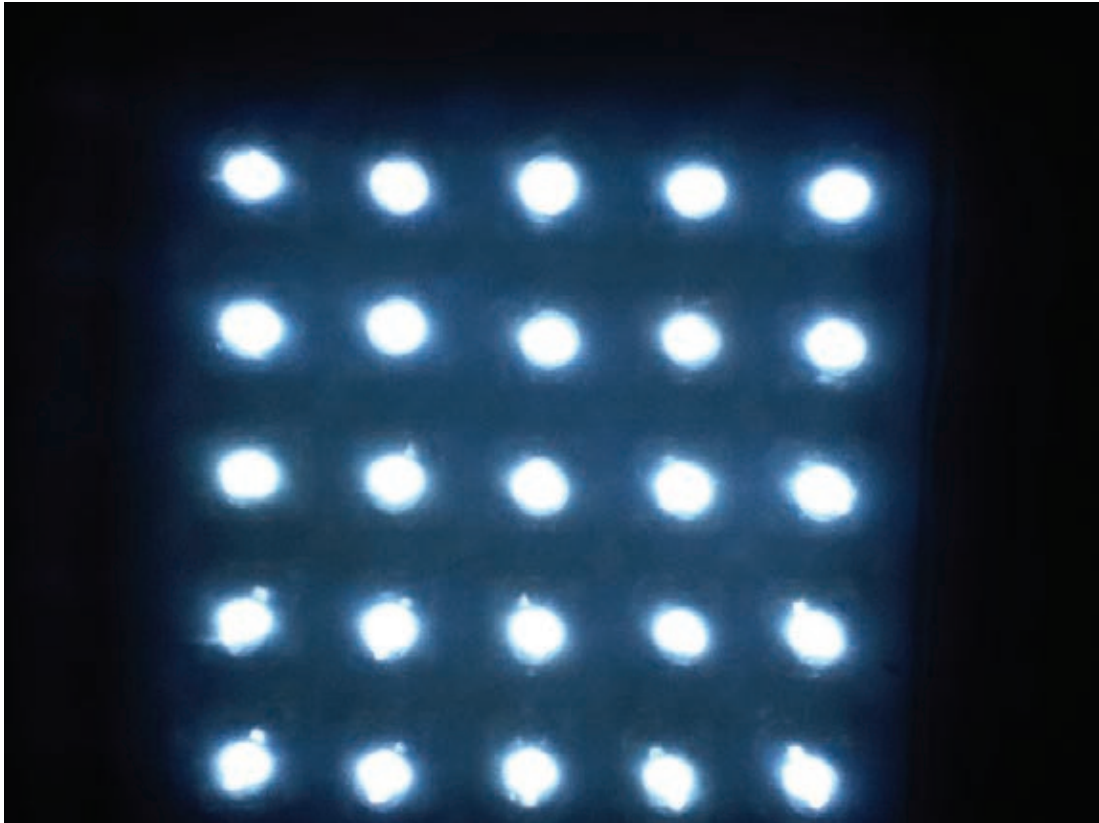
此模組是典型的，由含射極電阻(R12)之達靈頓電晶體(Q1，Q2)組成，唯輸入端以波面積調變模組之輸出訊號控制，以限制 LED 輸出電流於額定範圍下，而 LED 亮度具備二維空間解析能力；當運算放大器(U4)輸出振幅大時，波寬亦大(即波面積大)，此雙重效應，使電流汲變大，發光二極體變亮，或謂波面積正比於光功率。

## 參、方法技巧

圖1為本創作之電路圖。

U5 U6 U7 U8	為諾頓型運算放大器 LM3900
U1 U2 U3 U4	為運算放大器 LM324
Q1，Q2	為2N3904電晶體
Q3	為 TIP31電晶體
T1， T1	為印刷電路板之1平方公分金屬導板
LED1 ， ，LED25	為25個超亮型發光二極體

## 肆、實測結果與相片



上圖為一般手機拍攝，亮度已改變，實際亮度可達LED 最高限定值。



上圖為一般手機拍攝，亮度已改變，實際亮度可達視網膜感知 LED 亮度最小值。

## 伍、結 論

手機拍攝，亮度已遭修正，無法顯示亮度階層，實際上吻合理論預期，進一步可改進為無變壓器形式任意數 LED 呈現。

## 陸、參考文獻

**Linear DATABOOK national semiconductor corporation 1981 about LM324 LM3900**

# 柒、圖 式

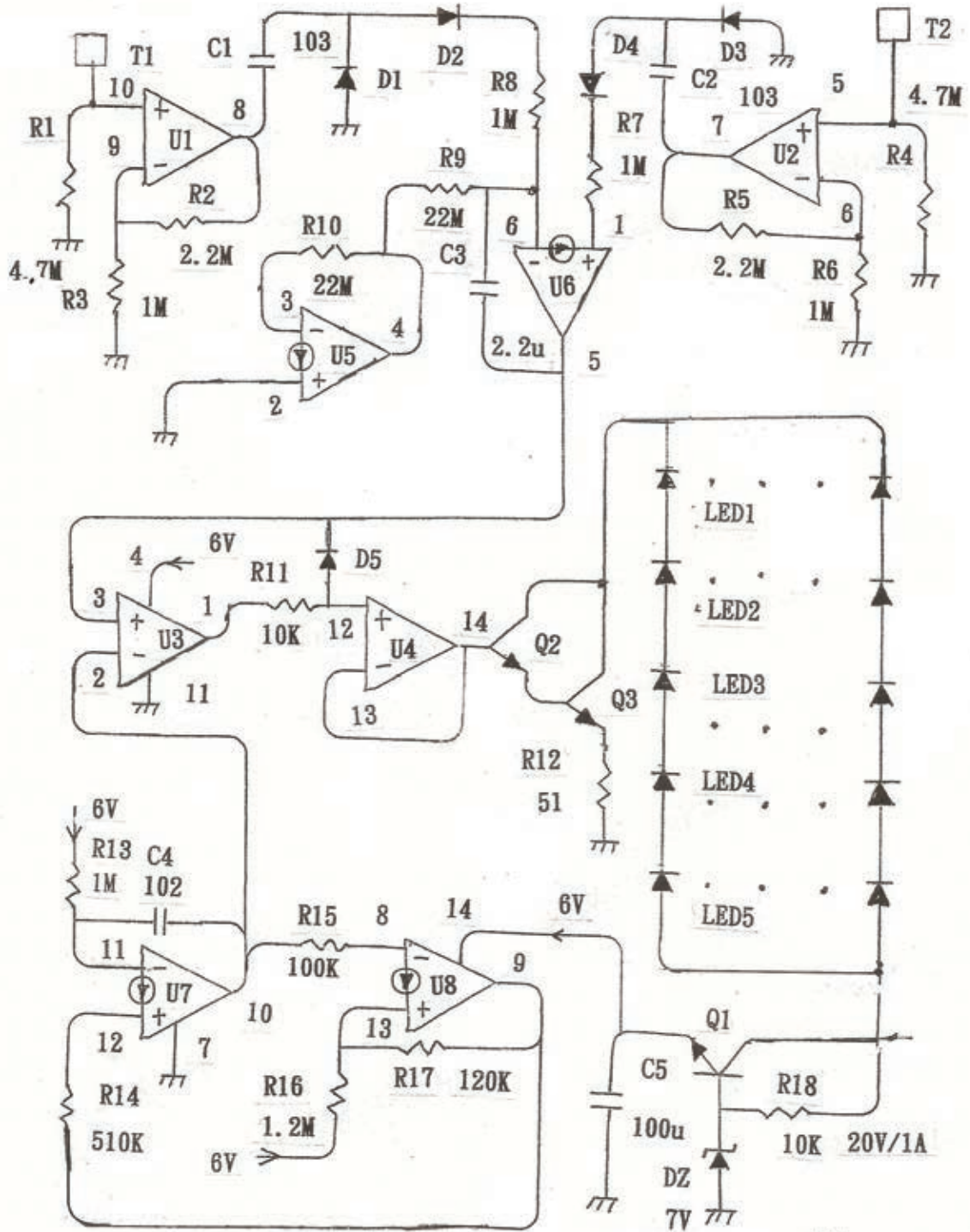


圖 1

# L 波帶單泵浦自動增益控制鉗平式摻鉕光纖放大器 -回收逆向 C 波帶自發放射光

## Single Pumped four-pass Gain-clamped L-band EDFA Utilizing C-band Backward ASE

魏水根<sup>1</sup>

盧文皓<sup>2</sup> 張育銘<sup>3</sup> 黃凱威<sup>3</sup> 黃昱超<sup>3</sup> 陳瑩<sup>3</sup> 賴正忠<sup>3</sup> 張銓翔<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東南科技大學 電子工程系 副教授 Department of Electronic Engineering,  
<sup>2</sup>東南科技大學 機械工程研究所 碩士生 Institute of Mechanical Engineering,  
<sup>3</sup>東南科技大學 電子工程系 大專生 Department of Electronic Engineering,

### 摘 要

本文提出 SPFP-EDFA 係採用自動控制增益鉗平式(Automatic Gain-clamped)的技術，並回收 C-band(Centered-band;1530 nm~1570 nm)逆向自發放射光 ASE(Amplified spontaneous emission)之四通路 L-band(Long-band;1570 nm~1610 nm)摻鉕光纖放大器 EDFA(Erbium-doped fiber amplifier)。整個系統只用一個 1480 nm 泵浦雷射光源，但靠回收 C-band ASE 作泵浦光源，以提高能量轉換效率及擴大帶寬。實驗結果證明 SPFP-EDFA 可以提供更平坦的 L-band，帶寬超過 45 nm，即從 1560 nm 到 1605 nm，放大器的輸出功率可以維持在  $36.75 \pm 0.54$  dBm 之內，輸出功率變動率約在 1.5% 以下。噪音指數 (NF) 相對低，約在 6.5 和 6.9 dB 之間，將可以應用於密集式的光分波多工 DWDM (Dense wavelength division multiplexing) 光纖通信傳輸系統。

**關鍵詞：**自動控制增益鉗平、自發放射光、摻鉕光纖放大器、密集式的光分波多工。

### ABSTRACT

A single pumped four-pass gain-clamped L-band EDFA (SPFP-EDFA) utilizing C-band backward ASE configuration is presented in this paper. A single 1480 nm laser is employed as the primary pump for stable amplification in dense wavelength-division-multiplexing (DWDM) transmission systems. To extend the bandwidth, the C-band ASE is recycled as the secondary pump to enhance the gain efficiency. Experimental results prove that the SPFP-

EDFA can provide flatter clamped gain in the L-band compared with other similar gain-clamped EDFAs. The 3 dB down bandwidth for the L-band is more than 45 nm and the gain flatness wavelength ranges from 1560 to 1605 nm within  $36.75 \pm 0.54$  dB, i.e. below 1.5 %. The range of noise figure (NF) is between 6.5 and 6.9.

**Keywords:** Automatic Gain-clamped, Amplified spontaneous emission, Erbium-doped fiber amplifier, Dense wavelength division multiplexing.

## 1. Introduction

EDFAs have been designed for use in a wide variety of DWDM communication systems in recent years. The properties of gain-flatness, efficiency, NF, and bandwidth have been thoroughly investigated in the conventional band (i.e. C-band, from 1530 to 1560 nm) (Srivastava, 1997) (Ahn and Kim, 2002). One method to attain L-band EDFA with clamped gain is by utilizing unwanted backward ASE as a secondary pump source (Jin, 2006). This ASE generated by a C-band portion of an EDFA system can be recycled to improve the L-band gain performance by generating a C- plus L-band EDFA. In the various configurations for L-band gain-flattened and noise figure improvement, the 980 nm and ASE broadband noise must be counter-directionally pumped to the direction of the input signal (Zhang, 2006). The EDFA gain is clamped regardless of the input power level. A simple broadband EDFA architecture has been presented that uses only one 1480 nm pump laser, but the gain and noise degradation still exist (Liang, 2008). An amplifier configuration that employs a fiber Bragg grating and double-pass to optimize gain and noise figure L-band EDFA has been demonstrated (Chang, 2006). To stabilize the signal gain in the DWDM multiple channel systems, applying a ring-shaped laser with a tunable band pass filter has been investigated. The two-stage or double-pass amplifier technique is able to improve the signal gain because the signal experiences amplification twice while propagating in the EDF (Mahdi and Sheih, 2004). These approaches have created some optical oscillation in a feedback loop incorporating the amplified power of the EDF, which maintains the constant signal gain. However, there is a lack of wider dynamics and more sensitive gain against the change of total power in the fiber when the random signals add/drop or the input power changes. Besides, the major problem of the high noise figure still exists.



## 2. Experimental Setup and Procedure

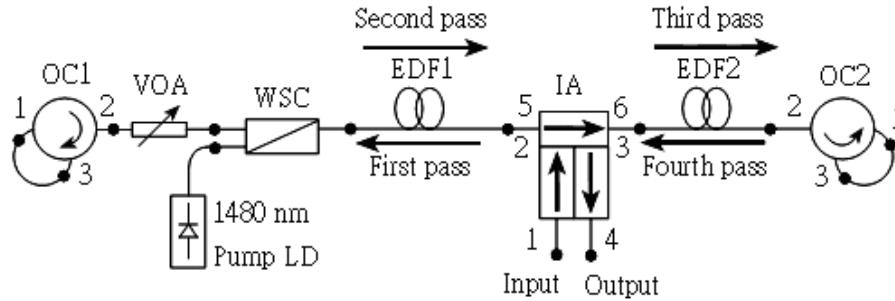


Fig.1. Configuration of SPFP-EDFA.

The simple configuration of the SPFP-EDFA consisting of two circulators (OC1 and OC2), one variable optical attenuator (VOA), one 6-port isolator array (IA), two sections of EDFs (EDF1 and EDF2), one single pump laser diode, and one wavelength selective coupler (WSC) is illustrated in Figure 1. EDF1 is pumped via WSC by a 1480 nm pump laser module used as the primary pump for stable amplification. The VOA is placed at the input port of the WSC. The IA at the output end with port 2 spliced with EDF1. Thus the input signal enters port 1 of IA and is amplified in the backward direction (First-pass). The amplified signal is reflected back into the input port of the WSC by a feedback U-turn loop which is formed by splicing ports 3 and 1 of OC1. The circulator with a U-turn can be used instead of a broadband reflector. This feedback U-turn loop is used to provide efficient ASE suppression along EDF1. The signal is then amplified again in the backward direction (Second-pass).

Afterward, the amplified signal passes through ports 5 and 6 of IA to feed into EDF2. The OC2 is used as another feedback loop on the other side of the EDFA to constitute the second double-pass (Third- and Four-pass) configuration. The amplification characteristics are the same as in the first- and second-pass C-band amplifier. The L-band signal has third- and four-pass amplification. The ASE generated in the C-band amplifier acts as a pump for the L-band EDF2 amplifier. The isolator between EDF1 and EDF2 rejects the backward ASE in the last two-pass section. The L-band amplified signal will come out from port 4 of IA.

Finally, the signal travels four passes in the gain medium of 32-m EDF1 and 85-m EDF2. As the length increases and the population inversion decreases, the peak of the gain spectrum shifts to longer wavelengths. Adjusting the matching fiber length to achieve gain in the L-band region can be used to control the gain spectrum. Only one 1480 nm laser diode (LD) is used as a counter-pump source with 150-mW power in the single stage amplifier. The WSC was used to multiplex and demultiplex the input signal and the 1480 nm pump source.

The input signal is provided by a tunable laser source (TLS, 8168F, Hewlett Packard, USA) which has a bandwidth from 1520 nm to 1620 nm. The output spectrum was measured with an optical spectrum analyzer (MS9710B, Anritsu, USA), which has a tuning range from 0.6  $\mu\text{m}$  to 1.75  $\mu\text{m}$ . Time series are measured by a digital phosphor oscilloscope (TDS5054B, Tektronix, USA) with a sampling rate of 5.0 Giga samples per second at 1.0 GHz measurement range.

### 3. Results and Discussion

Figure 2 shows the backward C-band ASE measured at port 2 of IA without an input signal. From this figure we can find that the higher power portion of the backward ASE is located in the C-band about -12.6 dBm/36 nm average power available to pump next EDF2. It is sufficiently high to recycle as the secondary pump source. The whole backward C-band ASE generated by EDF1 can be absorbed by EDF2 so as to improve the pump efficiency. To optimize the clamped gain, we change the value of the variable optical attenuator (VOA) to control the reflectivity of the left fiber loop.

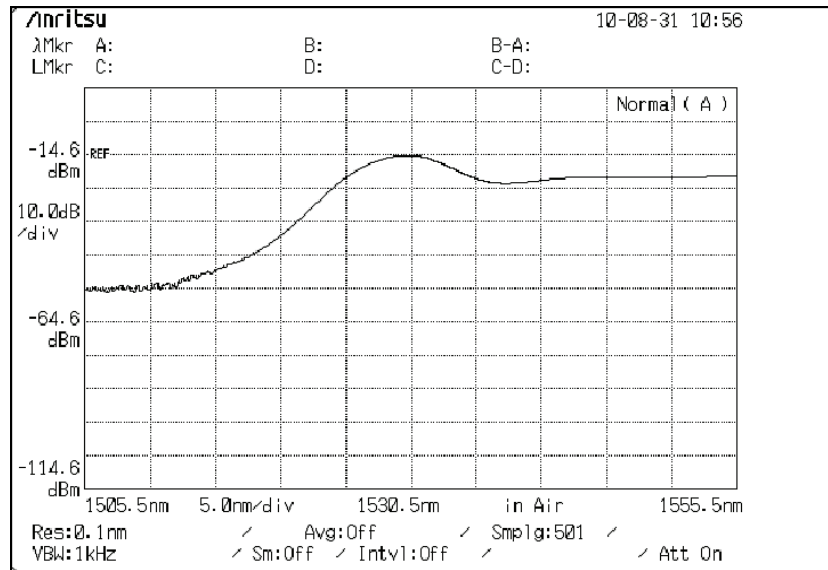


Fig.2. Backward C-band ASE spectrum measured at port 2 of IA without input power.

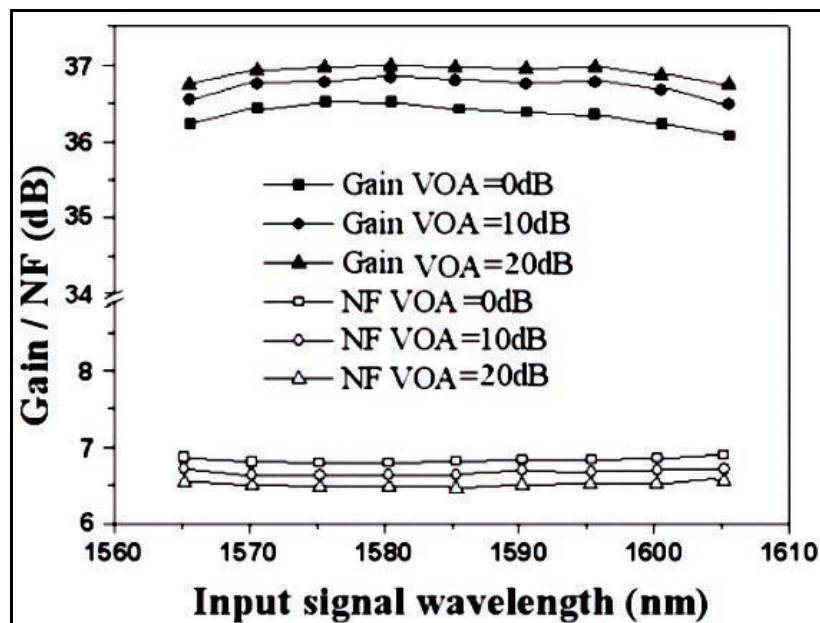


Fig.3. Gain and NF as functions of input signal wavelength at -30 dBm for different feedback attenuations, VOA = 0, 10 dB, and 20 dB.



Figure 3 shows Gain and NF as functions of input signal wavelength at -30 dBm for different feedback attenuations, at VOA = 0, 10 dB, and 20 dB. The lowest gain of the amplifier is at VOA = 0 dB, which is almost all backward ASE back into the loop, competing with the signal for the up-level erbium ions population so that the gain remains low. The highest gain of the amplifier is at VOA = 20 dB when no more backward ASE reflects into the U-turn loop. It is just the reverse for the noise figure. The average gains of this amplifier are 36.0 dB, and 36.9 dB at VOA = 0 dB and 20 dB, respectively. From this figure, it is apparent that the change of VOA does not have much influence on the noise figure. At VOA = 0 dB and 20 dB, the average noise figures are 6.5 dB and 6.9 dB, respectively.

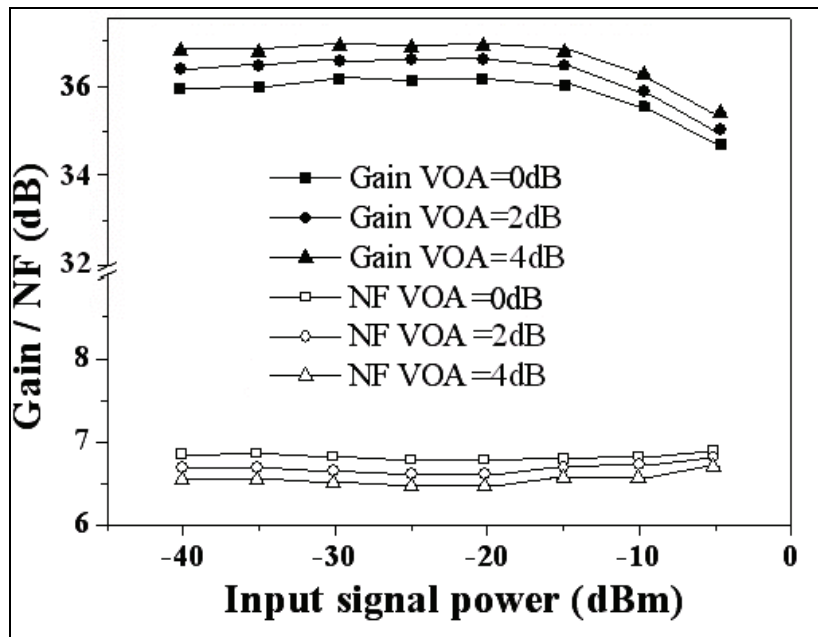


Fig.4. Gain and NF as functions of input signal power at 1585 nm for different feedback attenuations, VOA = 0, 2, and 4 dB.

To evaluate the static gain clamping property of the SPFP-EDFA, the performance comparison of gain and NF regarding the variation of the input signal have been investigated. Figure 4 shows gain and noise figure as functions of input signal power at 1585 nm for different feedback attenuations, VOA = 0, 2, and 4 dB. Figure 4 can be found that for input power of -40 dBm to -10 dBm, the gains are clamped at  $36.75 \pm 0.54$  dB. The gain flatness is from 1560 to 1605 nm, which is within  $\pm 0.54$  dB, i.e. below 1.5 %. It can also be seen that the lowest clamped gain, the highest noise figure and the maximum dynamic range are all at VOA = 0 dB. The maximum input signal power reaches -10 dBm. The gain increases with the decrease of feedback ASE, which is in agreement with the results shown in Figure 3.

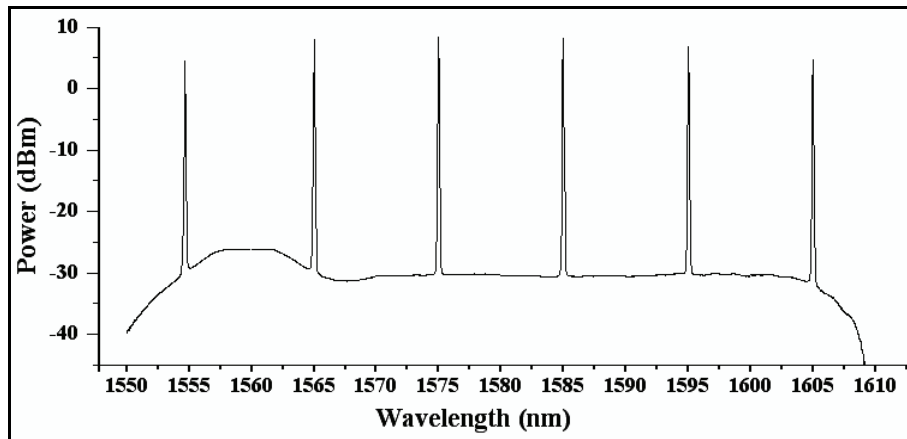


Fig.5. Measured tunable L-band SPFP-EDFA spectra by OSA at output port 4 of IA with -30 dBm input power each.

Figure 5 shows the measured tunable L-band SPFP-EDFA spectra by OSA at the output port of OI3 with -30 dBm input power each. The signal spacing is constant within 10 nm. The power of the first two output signals shows much variation due to the fact that they are located at the higher ASE absorption portion at 1555, and 1565 nm, respectively. The power of the output signals in the L-band range varies by 1.5 %. Further output signals wavelengths longer than 1605 nm illustrate that the power has a much larger decay. All components of the SPFP-EDFA were manually adjusted prior to each experiment to give the most stable L-band output signals. The power variations shown in Figure 5 are typical for that situation.

#### 4. Conclusion

In conclusion, a single pumped four-pass gain-clamped L-band EDFA (SPFP-EDFA) utilizing C-band backward ASE configuration has been demonstrated. To extend the bandwidth, the C-band ASE is recycled as the secondary pump to enhance the gain efficiency. Experimental results prove that the SPFP-EDFA can provide flatter clamped gain in the L-band compared with other similar GC-EDFAs. The bandwidth of 3 dB for the L-band is more than 45 nm, and the gain flatness wavelength range from 1560 to 1605 nm is within  $36.75 \pm 0.54$  dB, i.e. below 1.5 %. The range of noise figure (NF) is between 6.5 and 6.9.

#### Acknowledgements

This work was supported by the National Science Council of Taiwan under contract number: NSC 99-2815-C-236-010-E.

## References

- [1] A. K. Srivastava, IEEE photon. Technology Letter 9, 386-388, (1997).
- [2] Joon Tae Ahn, Kyong Hon Kim, Optics Communications 212, 275-278, (2002).
- [3] Yanli Jin, Qingying Dou, Yange Liu, Lingling Xu, Shuzhong Yuan, Optics Communications 266, 390-392, (2006).
- [4] Hao Zhang, Yanli Jin, Qingying Dou, Yange Liu, Lingling Xu, Shuzhong Yuan, Xianoyi Dong, Optics Communications 260, 150-154, (2006).
- [5] Tsair-Chun Liang, Shih Hsu, Optics Communications, 281, 1134-1139, (2008).
- [6] C.L. Chang, Likarn Wang, Y.J. Chiang, Optics Communications 267, 108-112, (2006).
- [7] Mohd Adzir Mahdi and Shou-Jong Sheih, Optics Communications 234, 229-233, (2004)



# 使用兩段分佈反饋式雷射之全光時脈回復

## All-optical Clock Recovery Based on Two-section DFB Lasers with Shift Layer

龔宏昌

Hong-Chang Kung

東南科技大學 電子工程學系 助理教授 Department of Electronic Engineering

---

### 摘 要

分佈回饋式雷射 (Distributed feedback lasers, DFB) 在滿足某些特定的電流注入條件下, 會產生自振盪 (self sustained pulsating) 效應。全光時脈回復為達到全光通訊之核心技術, 它必須有一頻率固定的時脈振盪源 (clock source) 作為取樣 (sampling) 信號, 本文使用二區段分佈反饋式雷射 (TS-DFB laser) 自振盪效應產生的訊號, 作為全光時脈回復之時脈振盪源 (clock source), 藉由調整注入電流條件, 二區段分佈反饋式雷射可依需要產生出不同振盪頻率的光時脈輸出。

### ABSTRACT

In some specific conditions of current injection, the self sustained pulsating effect will produce for DFB semiconductor laser. All optical clock recovery is the core technology for optical communications, we demonstrated stable self-pulsation as the source of clock recovery by using a two-section DFB laser, which utilizes the Bragg-wavelength-detuning design to achieve excellent mode stability. We can get the demanding frequency of self-pulsation by adjusting the injection current condition of DFB laser. All-optical clock recovery under the pseudorandom bit sequence data injection by using a two-section DFB laser when it was biased at the self-pulsating condition in single mode or in multi-mode competition case.

**Keywords :** Self sustained pulsation effect, Two-section Distributed feedback lasers, TS-DFB Lasers, Optical clock recovery

## 1 Introduction

Self-pulsation effect in a semiconductor laser can be used for generating optical clock signals. Many research groups have reported various self-pulsation phenomena from different types of semiconductor lasers. The dispersive Q-switching (DQS) and mode beating are the major mechanisms governing the self-pulsation process.

We demonstrated stable self-pulsation by using a two-section DFB laser, which utilizes the Bragg-wavelength-detuning design to achieve excellent mode stability. The pulsation occurs over a wide range of bias conditions. Next-generation all-optical networks require optical re-timing and high-speed multiplexing/demultiplexing of optical signals. Optical clock recovery is a key technology for signal processing in future high speed and flexible all-optical networks. Self-pulsating DFB lasers are developed for these applications. They are compact semiconductor devices, easy to operate, and tuneable in frequency via the driving dc currents. All optical regenerator in high speed optical networks for long distance communication systems, especially at high data rates of 40 Gb/s and above, is the most critical application. The 40 GHz all-optical clock has been applied in an all-optical 3R (re-amplification, re-timing, re-shaping) regenerator based on the “synchronous modulation” scheme. This 3R regenerator has been evaluated in loop experiments. Error free transmission of 40 Gb/s PRBS signals over more than 10.000 km was achieved.

On re-timing process the recovered clock must be locked in both phase and frequency with respect to the incoming optical data signal to complete clock recovery and to serve as the sampling pulse. Several all-optical clock recovery techniques have been proposed and demonstrated, e.g., Self-pulsating distributed feedback (DFB) lasers, optical phase locked loops, active mode locked fiber ring lasers and passive mode locked semiconductor laser. Clock recovery based on the self-pulsating DFB laser is one of promising approach owing to its simple structure and high speed operation. The dispersive Q-switching (DQS) and mode beating are the major mechanisms governing the self-pulsation process. The self-pulsating frequency that generated by DQS is in the range from 2 to 22 GHz, and above 20GHz that generated by mode beating mechanism.

In this paper, we characterize the DQS self-pulsation in a two-section distributed feedback (TSDFB) laser with Bragg wavelength detuning, as shown in Fig. 1. The detuning in Bragg wavelength arises from the removal of a thin shift layer in one of the sections. The design breaks the mode degeneracy of DFB lasers and provides stable single mode output. The Bragg wavelength detuning gives rise to the offset of the lasing modes of one section from the reflector spectra of the other section. By leveraging the injection currents, two different regimes of self pulsation can be achieved: one with purely sinusoidal output signal and the other with harmonic components.

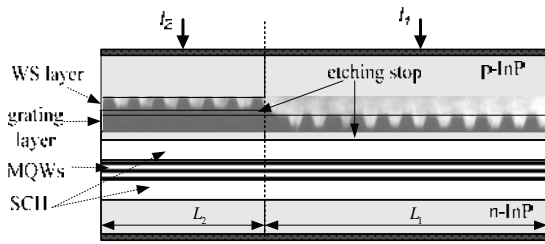


Fig. 1 Schematic of two-section DFB laser.

We demonstrated all-optical clock recovery by using a two-section DFB laser which characterizing the DQS self-pulsation with Bragg wavelength detuning. When we tuned the bias current condition of TSDFB laser, it will generate the frequency spectrum of self-pulsating, and we could get the related optical spectrum from OSA. We will show the optical spectrum of self-pulsating frequency in single mode and multi-mode competition case later. The dynamic properties of clock recovery such as lockup time, walk-off time and the phase stability( time jitter) between the recovered clock and incoming data are important for applications in optical communication networks. Lockup time on the order of sub-nanosecond and walk-off time of a few nanoseconds have been reported experimentally using both TS index- and gain- coupled DFB lasers.

## 2 Experiment

The experimental setup for generating DQS self-pulsation and clock recovery by using a TSDFB laser is shown in Fig.1. The self pulsation were characterized with an optical spectrum analyzer (OSA), a RF spectral analyzer (22 GHz bandwidth), and a real-time oscilloscope (12 GHz bandwidth). The injection currents  $I_1$  and  $I_2$  of the DFB laser were provided by two stable current sources. The single mode self-pulsating effects of the TSDFB laser occur either at the cases of  $I_1 \gg I_2$  or  $I_2 \gg I_1$ , but the output characteristics of these two cases are different<sup>4</sup>. The TSDFB generate self-pulsating frequency of single mode only in the range of  $0 \leq I_2 < 6\text{mA}$  for  $I_1 \gg I_2$  case, and  $11\text{mA} < I_1 < 25\text{mA}$  for  $I_2 \gg I_1$  case. The TSDFB laser has the possibility to generate self-pulsating effect by multi-mode competition case when the bias current condition of TSDFB laser was under the range except that single mode case. Fig.2 shows the optical and RF spectral results of single mode case when  $I_1 = 15.94\text{mA}$  and  $I_2 = 80\text{mA}$ . Fig. 3 shows the optical and RF spectrum of multi-mode competition case when  $I_1 = 85\text{mA}$  and  $I_2 = 37.6\text{mA}$ . There are three mode exist as fig. 3 shown.

When TSDFB laser was biased at the self-pulsating condition, we could inject one optical signal beam into the TSDFB laser. This optical signal beam carried a pseudo random binary sequence (PRBS) that generated by a tunable laser source, an E-O modulator and pulse pattern generator, as shown in fig.1. If the frequency of input signal is close to the fundamental self-pulsation frequency then the recovered optical clock could be observed experimentally from DCA output. Fig.4. shows the experimental results of optical clock recovery for single mode case when  $I_1 = 15.94\text{mA}$  and  $I_2 = 80\text{mA}$ . The self-pulsating fundamental frequency and output wavelength peak are 3.715GHz and 1562nm, respectively.

The output power of the TSDFB laser is about 1.7mW. The peak wavelength and power of injected PRBS signal beam are 1554.32nm and 8dBm, respectively. The locking range for clock recovery is about  $\pm 100$ MHz. The locking range of clock recovery can go up to 300MHz by optimizing the polarization condition for different data rates. Fig.5. shows the RF spectral and DCA output results of optical clock recovery for multi-mode competition case, with the same bias condition as fig.3. The wavelength and power of probed PRBS signal are 1554.32nm and 10dBm, respectively. In this case we could get the clock recovery result from each mode at the same time, by using optical filter. The recovery efficiency is different for each mode.

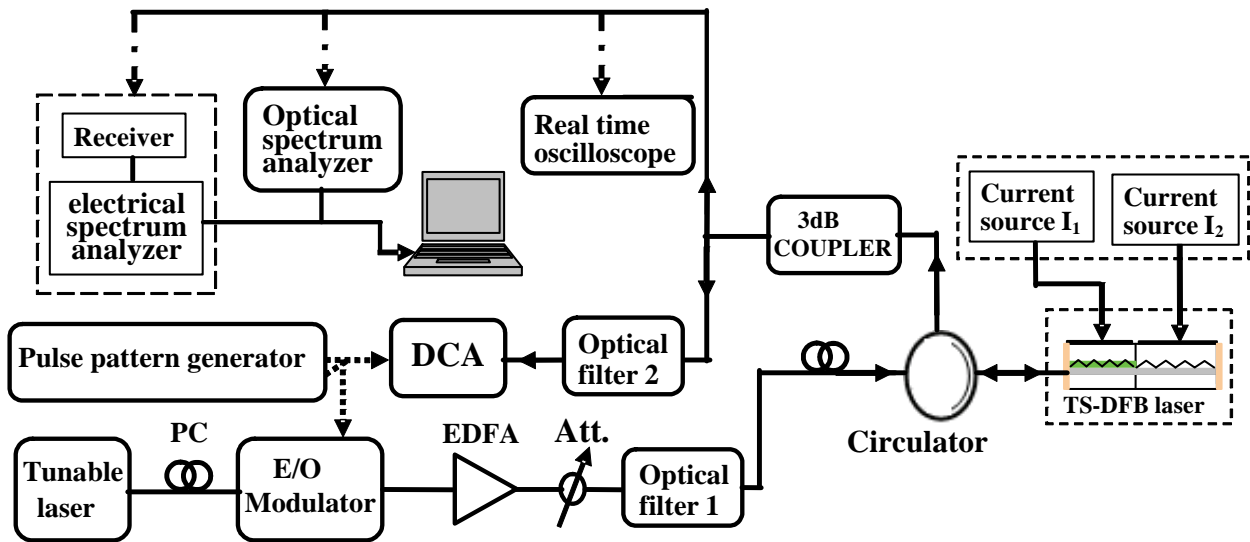


Fig.1. The schematic of the experimental set-up.

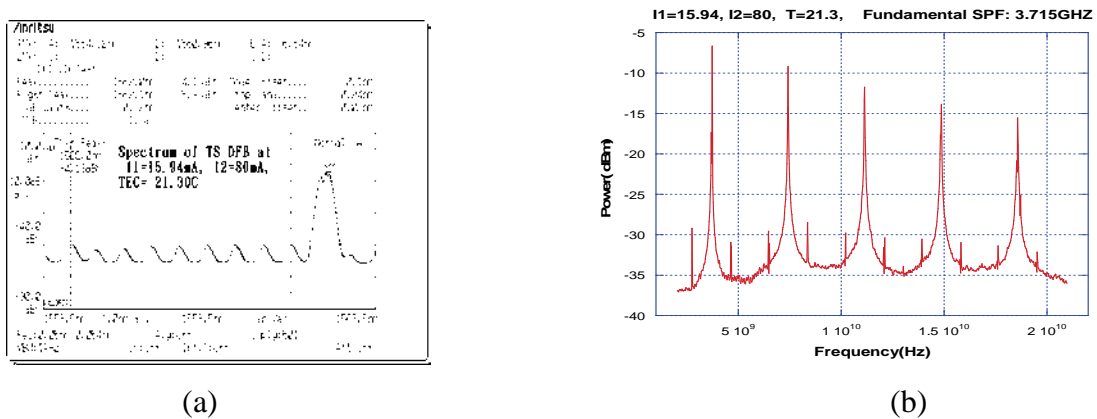
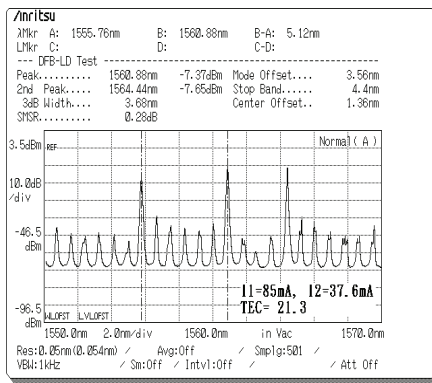
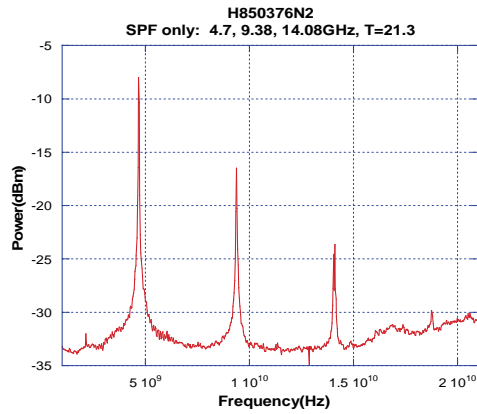


Fig.2. Self pulsation characteristics for single mode:(a) optical spectrum(b) RF spectrum



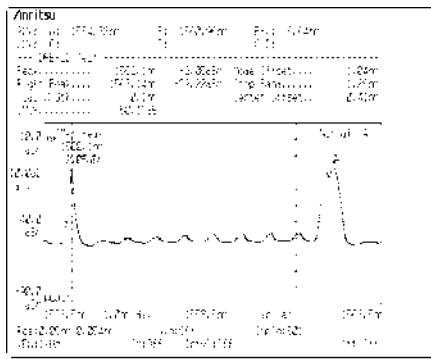


(a)

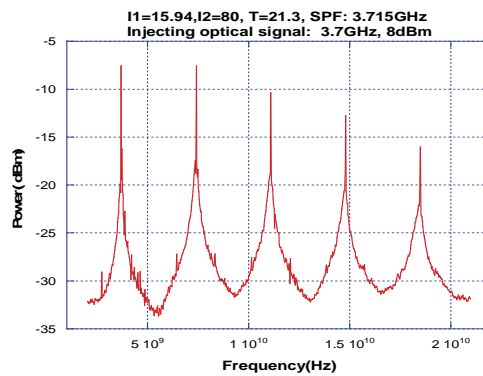


(b)

Fig.3. Self pulsation characteristics for multi-mode competition: (a) optical spectrum, (b) RF spectrum



(a)



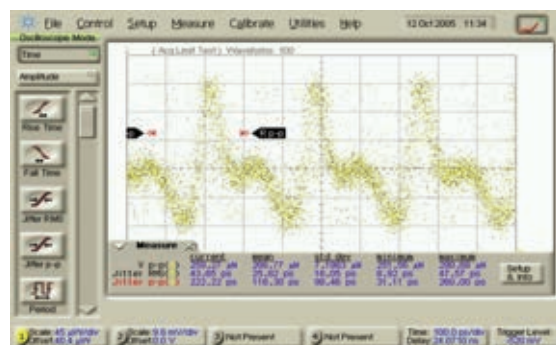
(b)

Fig.4. Clock recovery for single mode:

(a). optical spectrum of probe PRBS signal injected into TSDFB laser

(b).RF spectrum

(c). clock recovery observed from DCA.



(c)

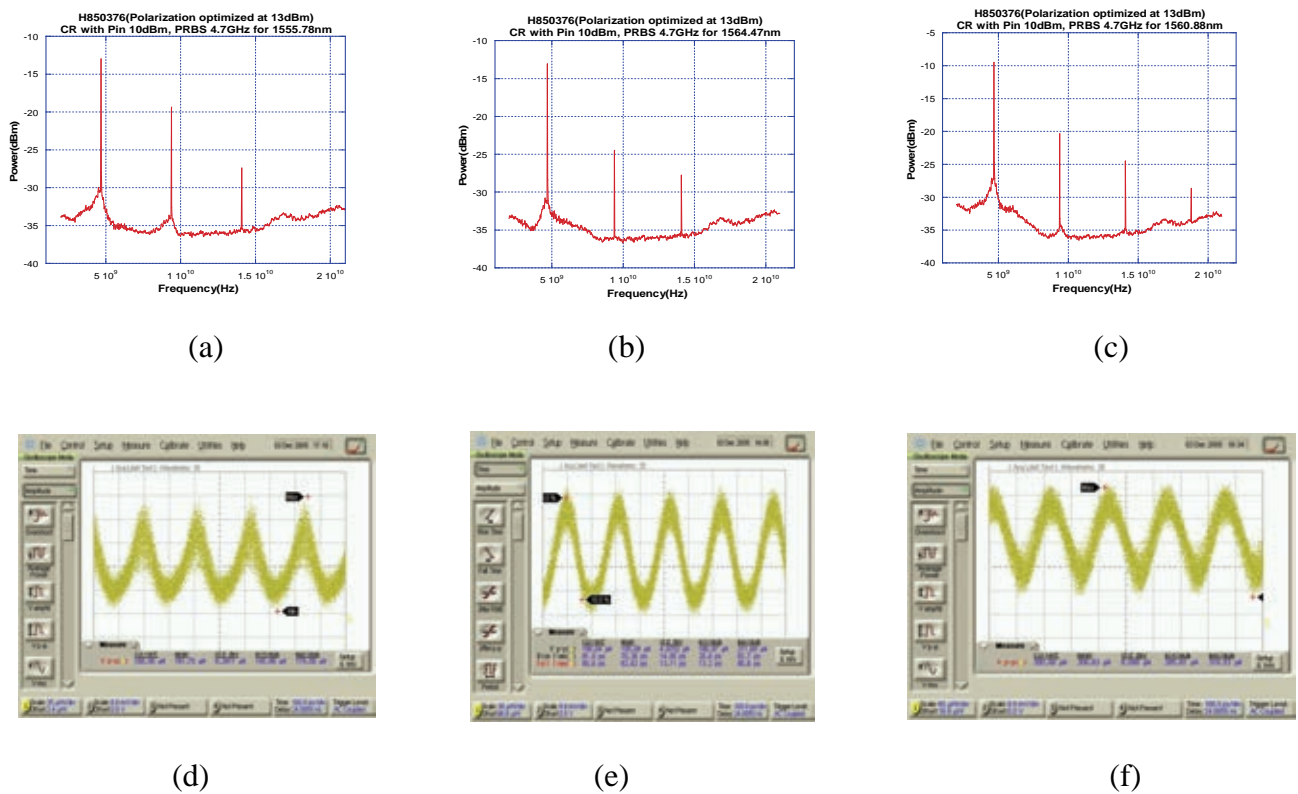


Fig.5. Clock recovery for multi-mode competition: (a), (d): DCA and RF spectrum for 1555.78nm. (b),(e): DCA and RF for 1560.88nm.(c),(f): DCA and RF for 1564.44nm

## SUMMARY :

We first demonstrated the self-pulsation of TSDFB laser in single mode and multi-mode competition case. When TSDFB laser was biased at the self-pulsating condition either single- or multi-mode, we get the experimental results of optical clock recovery under the pseudorandom bit sequence data injection. And the recovery efficiency among each mode is different in multi-mode competition case. The locking range for clock recovery is about  $\pm 100\text{MHz}$ . Since the mechanisms of self-pulsating effect, clock recovery and wavelength conversion could be observed by using a TSDFB laser. It can

serve as a multifunction device in all-optical networks

## Reference :

- [1].Marcenac.D.D,et.al,"Distinction between multimoded and singlemoded self-pulsations-in DFB lasers," *IEEE Electronics Letters*, Vol.30, No.14, pp.1137-1138, July 1994.
- [2].Sartorius.B, et.al,"Dispersive self-Q-switching in self-pulsating DFB lasers," *IEEE Journal of Quantum Electronics*, Vol.33, No.2, pp.211-218, Feb 1998.
- [3].John Carroll, et. al. "Distributed Feedback semiconductor lasers", chap.7 (1998).

# 自動化電子電路模組參數測試系統於衛星通訊設備中的量測

By using the automatic S parameters testing system in  
satellitic communication instrument

王昌國

Charn-Kuo Wang

東南科技大學 電子工程系 助理教授 Department of Electronic Engineering,

---

## 摘 要

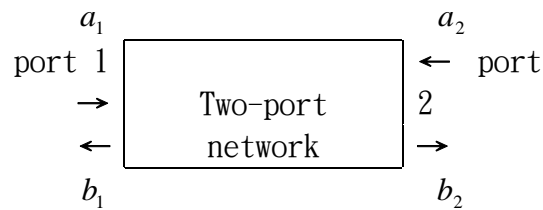
電子電路模組參數(S-parameter)對測試系統中之電子電路分析非常重要，尤其要達到自動化測試功能尤其不易。本研究除開發建立自動化電子電路模組參數測試系統，與控制軟體外。並配合科技界目前使用中之衛星通訊設備，以上述模組參數測試系統，量測分析此衛星通訊收發模組裝備之功率(Power)及頻率(Frequency)穩定度。結果顯示，其中長時間量測到之功率變異(Variation)小於  $\pm 1.5dB/24h$ ，頻率漂移(Frequency Drift)小於  $\pm 1KHz/24h$ 。

**關鍵字：**電子電路模組參數、功率變異、頻率漂移

## 壹、前言

訊號的傳遞，我們稱之為『通訊』，是一門新陳錯綜的科技學門。1972年 Claude Chappe 在法國首先提出 Telegraph 這個名詞至今，雖不過二百多年，但這短短期間通訊的進步與成就超過了過去萬年的總成。我們可說通信科技的歷程是近代科技的脈絡，社會演進的推手，使地球村的子民彼此溝通無礙，互道早安於千山萬水之間。

近幾十年來人們更將信號送上太空，使信號之傳遞距離更遠，即使在杳無人煙之窮山僻壤，仍能與繁華社會連絡傳遞即時訊息，但之愈來愈高的品質需求，使傳遞訊息之系統與設備也須愈來愈複雜與精密，裝備的好壞與穩定已須有一套標準來評定，因此通訊理論以矩陣觀點發展出雙埠網路 (two-port network) 的 2\*2 Scattering 矩陣，他的元素稱之為 S parameters (S 參數)，用這四個參數來描述通訊系統或單機的輸出輸入特性，S 參數定義如下：



$$S_{11} = \left( \frac{b_1}{a_1} \right)_{a_2=0} ; S_{21} = \left( \frac{b_2}{a_1} \right)_{a_2=0} ; S_{12} = \left( \frac{b_1}{a_2} \right)_{a_1=0} ; S_{22} = \left( \frac{b_2}{a_2} \right)_{a_1=0}$$

利用上述的參數在配合適當的儀表即可量測出通訊系統或通訊系統中單機模組的特性，進而研判裝備系統的故障原因，一般對於微波通訊系統(頻率約在1GHz 以上之通訊系統)，完整的四個 S 參數可用『網路分析儀』來量測，但因為此測試儀非常昂貴(Ku 頻段之向量網路分析儀約再台幣六百萬以上)，因此若不考慮相位問題可用頻譜、功率計、或頻率計等儀表代替，亦可獲得不錯的效果。

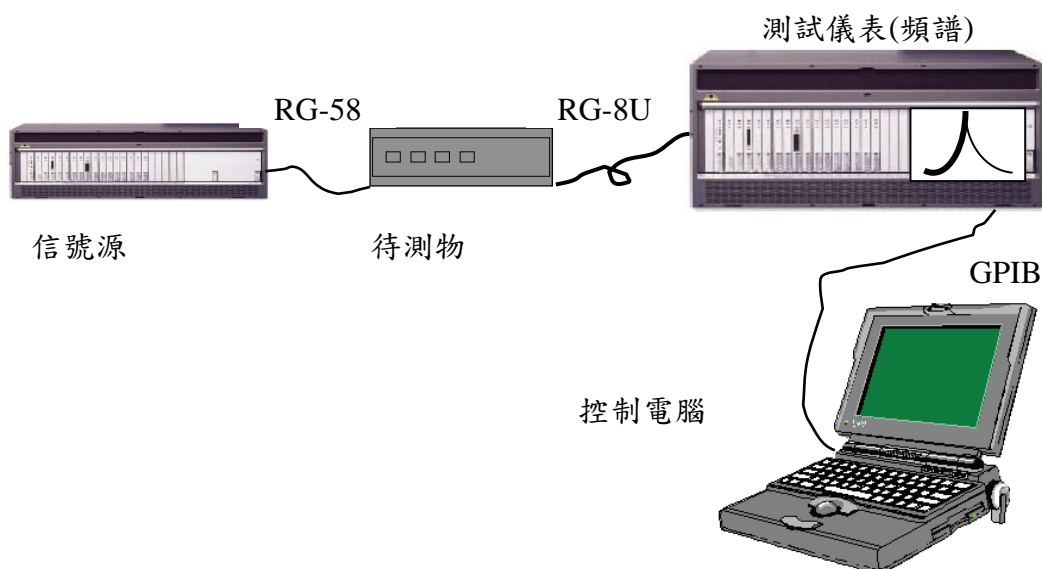
另外為簡化作業流程、減少人力的浪費或因應長時間的測試監控，自動化測試系統是現代科技產業希望積極建立的設備之一，而自動化亦講求人機介面之操作簡便，因此容易撰寫有人性化之物件導向程式因應產生，常見的有 Labview、HP VEE[1] 等。

基於前面所述，本研究將結合『S 參數測試』與『自動化程式撰寫』，規劃以 HP VEE 開發一個自動化測試程式來量測通訊裝備或系統的 S 參數，並實際應用在衛星通訊系統之 L 頻段收發機測試上。

## 貳、量測系統簡介

### 一、系統架構

本研究所設計之發射功率穩定度量測系統，它的基本的量測架構如圖一所示，

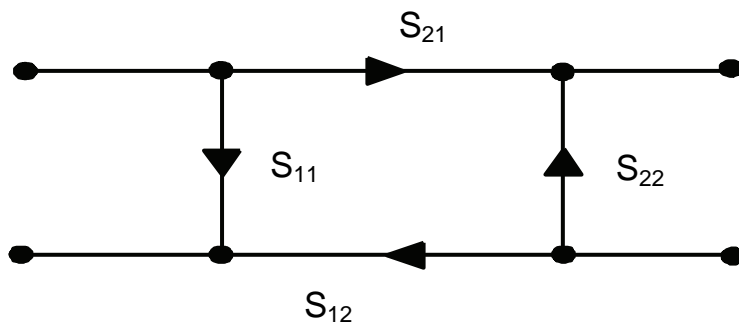


圖一  $S_{21}$ 測試架構

圖一中，信號源產生頻率140MHz、功率-20dBm的中頻訊號，經由RG-58同軸電纜線將訊號送入待測物(待測物為欲測試之通訊機)。訊號經過處理後(如升降頻、放大或濾波等)，被處理後之訊號經由測試裝備檢測訊號之功率，再利用控制程式控制儀表，將所需求的時間間隔擷取輸出功率值(dBm)，然後將功率值加上紀錄及計算，並分析是否符合規格需求。以上是「輸出功率穩定度測試之步驟與流程」。另功率的單位以dBm或dBw表示，是因為方便做功率運算，例如10W訊號經放大100倍其增益為20dB、放大1000倍其增益為30dB，亦即將較複雜之乘除運算變成加減之運算，不過一般的儀表均有單位轉換，可依照我們需要之單位做切換之動作。

### 二、量測基本原理

現行的微波射頻通訊系統、分系統或單機中的測試，例如駐波比(SWR)、輸出(入)功率平坦度、特性組抗、插入損(Insertion Loss)、頻率或功率穩定度等等，我們從另一個角度解釋，就是在執行線性通訊網路中(characterization of linear networks)的S參數量測，如圖二。



圖二 線性網路特性參數—S參數

由圖二中的四個 S 參數，它所相對應的相關測試可歸類如下：

- (一) $S_{11}$ ：用於輸入埠駐波比(Input SWR)、輸入埠回波損(Input Return Loss)及輸入埠特性阻抗等等的測試。
- (二) $S_{22}$ ：用於輸出埠駐波比(Input SWR)、輸出埠回波損(Input Return Loss)及輸出埠特性阻抗等等的測試。
- (三) $S_{21}$ ：用於發射功率穩定度、發射功率平坦度、增益量測等的測試。
- (四) $S_{12}$ ：用於接收功率穩定度、接收功率平坦度、增益量測等的測試。

其中發射(接收)功率穩定度及平坦度測試在展頻通訊中如 CDMA 特別重要，因為 CDMA 系統所接收的每個用戶(每一組碼)它的功率均需相等，如此才可將它們解調，因此本研究研究將方向專注在發射功率穩定度量測上( $S_{21}$ 參數)，但穩定度量測一般至少需持續測試二十四小時以上，故我們的第二個研究目標將放在以物件導向特性的 HP VEE 程式來開發一個「功率穩定度自動化量測」系統，以應用在長時間之自動化測試。

## 參、自動化測試系統設計

### 一、自動化測試控制軟體原理及設計

我們使用 HP-VEE 語言來控制測試儀表[2][3]，HP-VEE 是安捷倫公司所開發的控制軟體工具，是一種圖形程式化語言，目前廣泛的用在工業界、學術與研究機構使用為資料擷取與儀器控制的軟體，為 GPIB 介面，它跳脫傳統的程式設計環境進入到容易使用的圖形化程式。當其他程式系統使用以文字為主的語言來寫千百行的程式碼時，VEE 使用名為“G”的圖形程式語言，以方塊圖的畫圖形式來撰寫程式，因而消除了許多語法的細節，而使我們將注意力集中在資料流上。VEE 有三個主要的部分：

#### (一)人機介面：

是一個使用者與VEE間的介面，他模擬真正儀器的人機介面，如旋鈕、按鈕、標示圖表(刻度)與學多其他之控制元或顯示元，使用滑鼠與鍵盤輸入，並可在螢幕上看到結果，如圖三。

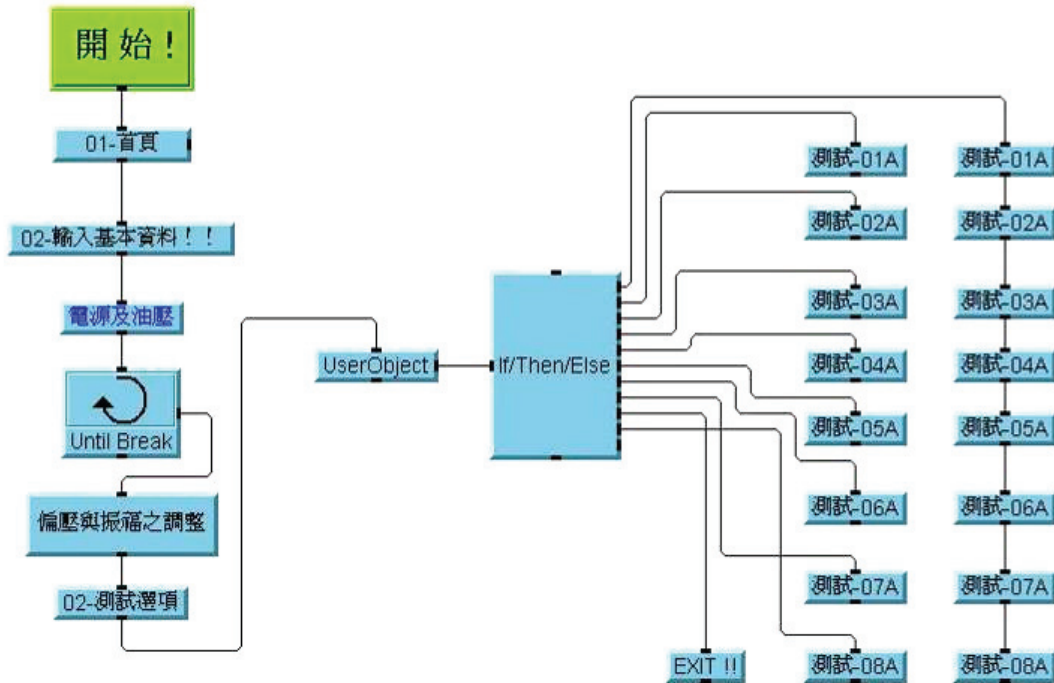


圖三 人機介面



(二)程式方塊圖

是 VEE 的原始程式碼，程式方塊圖是真正可執行之程式，只需劃線將適合之物件連結並指出物件間之資料流動，如圖四。



圖四 程式方塊圖

(三)連接器與圖示(icon)

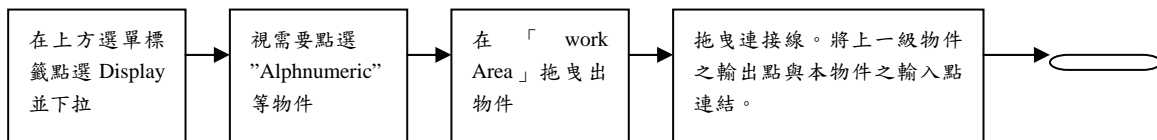
為了在一個 VEE 方塊圖中將另一個 VEE 方塊圖當作一個副程式來使用則必須有「圖示(icon)」與「連接器 (connector)」，另連接器定義了一個 VEE 方塊圖的輸入與輸出，猶如一個副程式之輸出入參數。

以下將列出我們所需開發「功率穩定度自動化測試」VEE 軟體之幾個重要指令與設計步驟：

1.如何建一個物件來控制一個儀器：

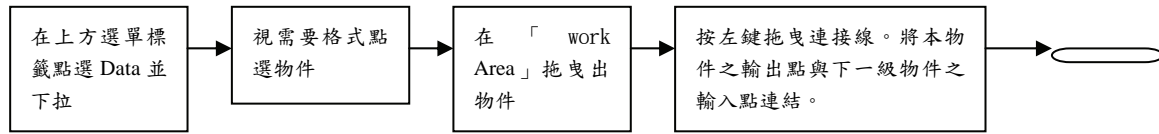


2.如何顯示資訊：

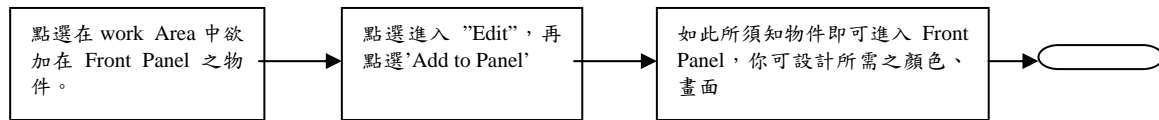




3.如何輸入 Data：如果你的程式需要輸入 Data 則為以下步驟



4.如何使用 Front Panel 來建立使用者介面：



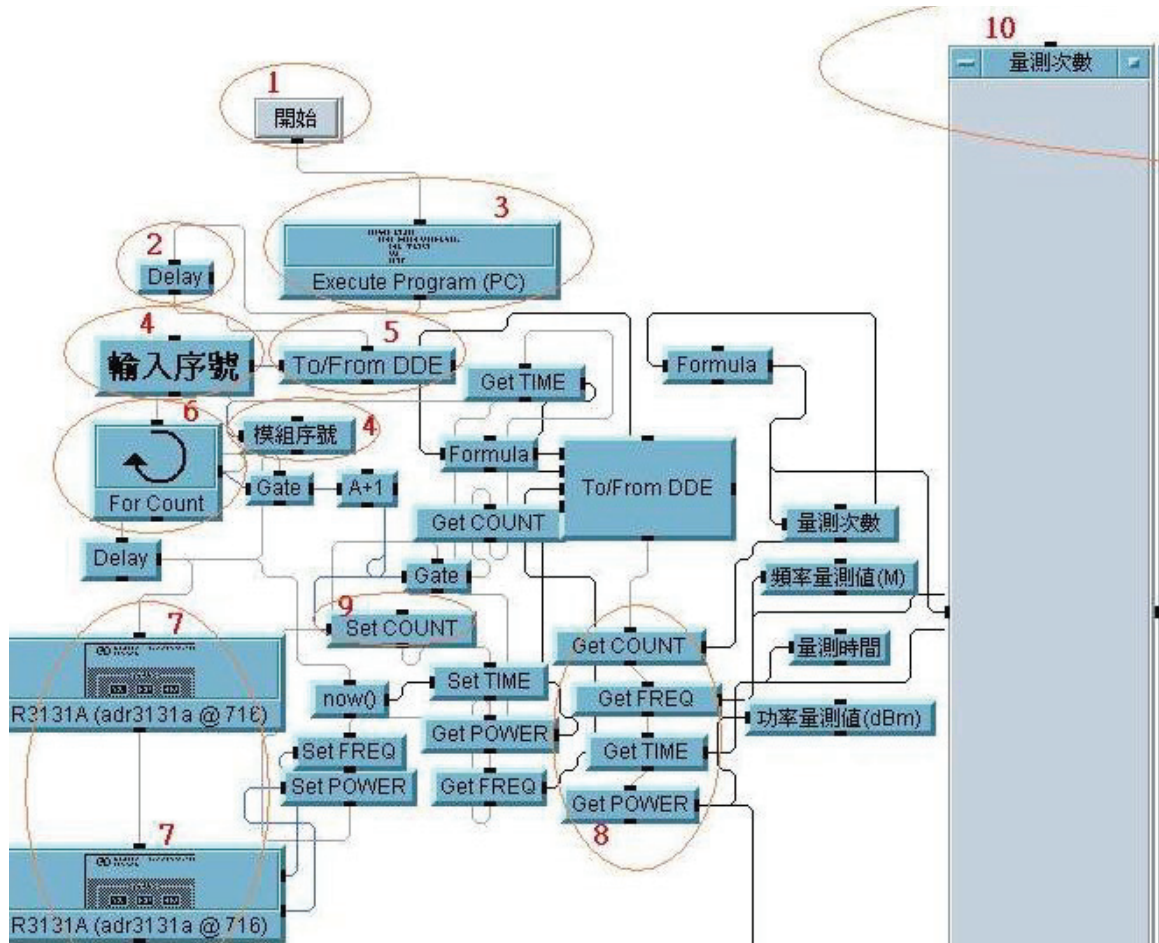
## 二、硬體界面設定及整合介面標準

IEEE-488即 GPIB(General purpose interface bus)為美國 IEEE 協會所定介面匯流排之標準。因為每家廠商儀器的介面不盡相同，而將幾個儀器或系統連接在一起時，需要一條通訊的途徑，以利彼此能互相傳遞訊息。所以我們利用 GPIB 的電纜線將電腦與儀器連接起來，利用使用器的面板，直接在電腦上利用程式(VEE)達成控制儀器的目的。

VEE 是類比電路模擬軟體很重要的一環，VEE 可以增加電路的設計時的便利性也可增加電路測試的正確性及穩定性，它還提供電路方塊圖輸入模型，模型 Data Base 與波形資料分析軟體，可提高電路設計能力縮短設計時間。交談式 VEE 軟體可執行不同分析功能與掃描任何電路變數，用以檢測電路功能。可分析交流；直流，暫態，雜訊、傅立葉，失真，溫度、功率、頻率及直流靈敏分析。

### IEEE-488匯流排信號

IEEE-488的介面信號有16條線 GPIB 匯流排電纜有24條線，其餘8調為屏蔽與接地用。16信號分三類有介面管理線、資料匯流排、交握線。



其執行方式與流程如下：

1. 啟動 VEE 程式執行之指示。
2. 可依所需的 Time 設定使程序執行延遲，通常可和迴圈指令配合使用，來調整每次迴圈執行得時間。
3. 呼叫執行 PC 內的應用程式，本研究式呼叫『Microsoft Office Excel』程式，主要市為了將待測物所測的頻呂與功率值紀錄在 Excel 表單中，以方便後續計算分析使用，亦可以看需求呼叫工程用軟體如 MatLAB 來作處理成運算
4. 輸入指令：本系統使用這指令是將待測物的序號由人機介面輸入。
5. 編輯呼叫程式『Microsoft Office Excel』之格式，欄位之位置，名稱等。
6. 迴圈指令，程式將依所輸入之數字執行，如”100”即執行 100 次。
7. 控制指令：本系統設計來控制\*\*的『R3131A』L 頻段的頻譜分析儀，目的是控制頻譜來量廁所需的功率與頻率值，共有\*\*指令說明如下：
8. Set、Get 指令為搭配使用，目的為取得受儀表的輸出端參數。
9. now()指令取得每次迴圈取值的時間。

顯示(紀錄)指令，可將所取的資料每筆依序累加紀錄，本指令可加在人機介面上讓測試人員隨時監看目前所測試的最新資料。

10. 啟動 VEE 程式執行之指示。
11. 可依所需的 Time 設定使程序執行延遲，通常可和迴圈指令配合使用，來調整每次迴圈執行得時間。
12. 呼叫執行 PC 內的應用程式，本研究式呼叫『Microsoft Office Excel』程式，主要市為了將待測物所測的頻呂與功率值紀錄在 Excel 表單中，以方便後續計算分析使用，亦可以看需求呼叫工程用軟體如 MatLAB 來作處理成運算
13. 輸入指令：本系統使用這指令是將待測物的序號由人機介面輸入。
14. 編輯呼叫程式『Microsoft Office Excel』之格式，欄位之位置，名稱等。
15. 迴圈指令，程式將依所輸入之數字執行，如"100"即執行 100 次。
16. 控制指令：本系統設計來控制\*\*的『R3131A』L 頻段的頻譜分析儀，目的是控制頻譜來量廁所需的功率與頻率值，共有\*\*指令說明如下：
17. Set、Get 指令為搭配使用，目的為取得受儀表的輸出端參數。
18. now()指令取得每次迴圈取值的時間。

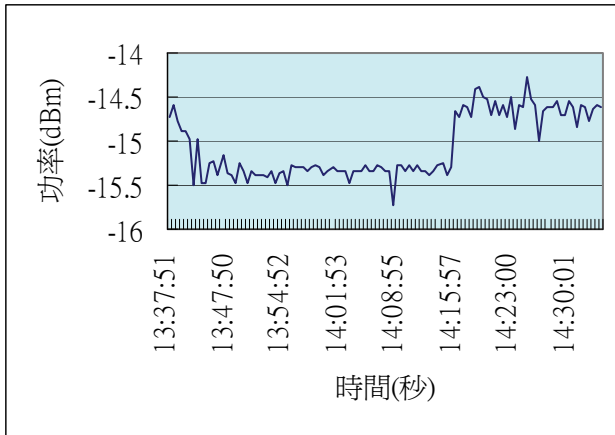
顯示(紀錄)指令，可將所取的資料每筆依序累加紀錄，本指令可加在人機介面上讓測試人員隨時監看目前所測試的最新資料。

## 肆、量測結果分析

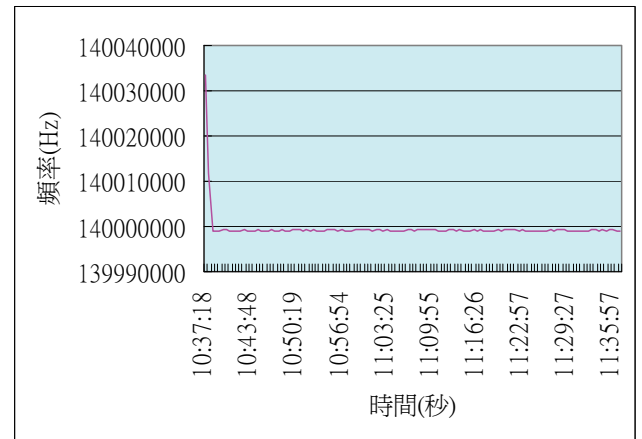
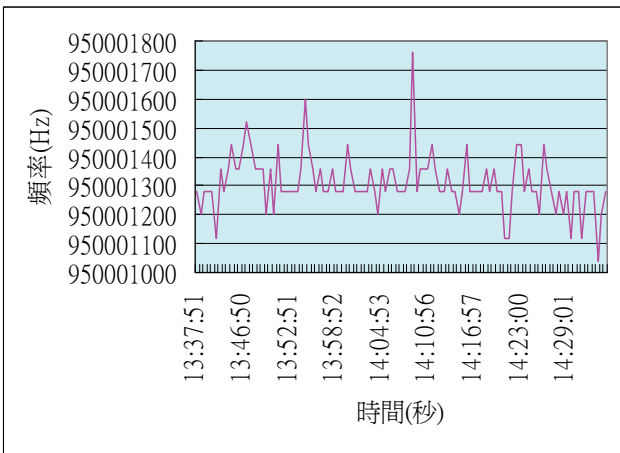
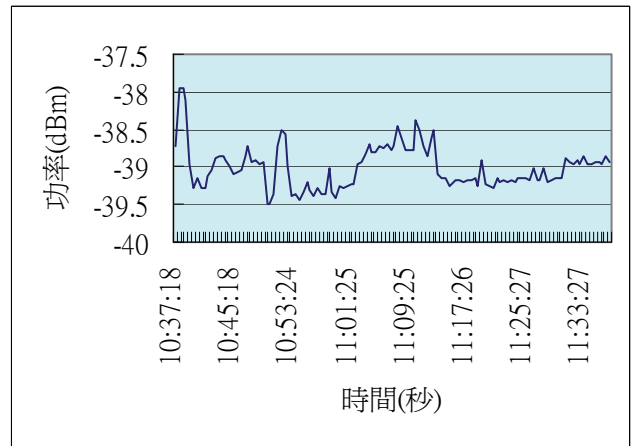
量測分為兩個步驟，分別為標準量測及待測物量測。標準量測其主要目的在於確認量測系統之正常工作與做為系統調校之用。在標準量測中，我們採用 Paradise Datacom P300 TURBO Satellite modem 做為標準信號產生器。P300 提供頻率140MHz、功率-39dBm 之測試信號。經過一小時量測，透過我們所設計之自動化測試系統，由 Advantest R313A 頻譜分析儀所截取資料分析結果顯示，其平均頻率為139.999MHz、頻率變異量(STD：Standard Deviation)3.341 KHz。平均功率為-39.007dBm，功率變異量為0.288dB，如圖五。

在待測物量測中，我們所要量測的是Advent APT4014室內型衛星通訊收發模組，衛星通訊收發模組主要做為輸入信號升、降頻之用。量測中，我們將在標準量測時 P300 P300 所產生之頻率140MHz、功率-39dBm 測試信號輸入到衛星通訊收發模組中、並且升頻到950MHz、功率亦放大至-15dBm 同樣進行一小時之測試。由自動化測試系統量測結果顯示，衛星通訊收發模組連續一小時工作之後，其平均頻率為950.002MHz、頻率變異量(STD：Standard Deviation)0.1 KHz。平均功率為-15.06dBm，功率變異量為0.362dB，如圖六。

圖五 待測物量測值



圖六 標準量測值



## 伍、結論

我們使用 HPP VEE 為工具開發了一個自動化測試程式，更成功的應用在衛星通訊裝備；L 頻段收發機的功率與頻率穩定度自動化測試。由測試結果分析我們所開發的系統完全符合我們的預期，本研究所探討之系統將來亦可持續發展，近一步控制其他儀表，或是將數部儀表連結成為更複雜之系統以量測更多的參數。

### 壹、參考文獻

1. "HP-IB Programming with the HP 35670A", HEWLETT PACKARD
2. "HP 3325B Service Manual, Synthesizer/Function Generator", HEWLETT PACKARD
3. "WR1000 Series Command Reference Manual", GRAPHTEC INC.
4. "Technical operation and maintenance manual", Advent Communications



# 轉換法設計平滑有限脈衝響應數位濾波器

<sup>1</sup>戴永龍 <sup>2</sup>吳孝文 <sup>3</sup>林煌彰

<sup>1</sup>東南科技大學 資訊科技與通訊學系 副教授 Department of Information Technology and Communication

<sup>2</sup>東南科技大學 電子學系 助理教授 Department of Electronic Engineering

<sup>3</sup>東南科技大學 資訊科技與通訊學系 副教授 Department of Information Technology and Communication,,

## 摘 要

本論文提出利用轉換法設計擁有平滑通帶與禁帶的有限脈衝響應數位濾波器。濾波器由子濾波器與原型濾波器構成，其中子濾波器在實現上不需要乘法器，而原型濾波器可由標準有限脈衝響應數位濾波器程式設計。最後濾波器所需乘法器數會被降低，若與 Bernstein 多項式設計的平滑有限脈衝響應數位濾波器所需乘法器比較還要低。

**關鍵詞：**有限脈衝響應，數位濾波器，轉換法，平滑，原型濾波器，子濾波器

## ABSTRACT

In this paper, we proposed a method to design an FIR filter with flat passband and stopband by transformation method. The overall filter is decomposed as a subfilter and a prototype filter. The implementation of the subfilter requires no multipliers. The prototype filter can be designed by the standard FIR design program. The number of multipliers to implement the overall filter is less than that designed by the Bernstein polynomial method.

**Keywords:** transformation method, FIR filter, prototype filter, subfilter, Bernstein polynomial

## 一、介紹

擁有非常平的通帶(passband)與禁帶(stopband)線性相位有限脈衝響應數位濾波器在一些應用上是重要的。例如當我們要使用低通濾波器移除一個低頻訊號中的高頻雜訊時，為了要降低由濾波器所產生的失真，考慮使用擁有非常平的通帶與禁帶線性相位有限脈衝響應數位濾波器是一種非常有效的方法。在過去時代裏，國內外有很多學者投入這方面的研究，其中相關文獻可見於[1-8]。其中 *Bernstein* 多項式 是一個常被用的方法。

考慮一函數  $f(x)$  定義於  $[0,1]$  之間，那麼  $f(x)$  的 *Bernstein* 多項式 可表示為

$$f(x) = \sum_{i=0}^m f_d\left(\frac{i}{m}\right) \binom{m}{i} x^i (1-x)^{m-i} \quad (1)$$

其中  $m$  為  $f(x)$  的階數。至於如何利用 *Bernstein* 多項式設計擁有非常平的通帶與禁帶線性相位有限脈衝響應數位濾波器，可在[1-2]找到相關資料。

另外利用頻率轉換法設計線性相位有限脈衝響應數位濾波器[9-14]，為一種有效的濾波器設計方法。在此論文中，提出結合轉換法設計擁有非常平的通帶與禁帶線性相位有限脈衝響應數位濾波器。由於子濾波器(subfilter)無需乘法器，最後濾波器在實現上所需乘法器數會小於 *Bernstein* 多項式 方法設計所需的乘法數。

## 二、轉換法

考慮一線性相位濾波器  $H_p(z)$  且其頻率響應表示如下：

$$H_p(e^{j\Omega}) = \cos^{2k}(\Omega/2) H_1(e^{j\Omega}) \quad (2)$$

式中  $K$  為一正整數。 $H_1(e^{j\Omega})$  必須正確設計以使得  $H_p(e^{j\Omega})$  符合所給的濾波器規格。這時我們可以利用標準 FIR 濾波器設計程式做一些修改來設計  $H_1(e^{j\Omega})$ ，相對的方法可參考[15,16]。在此我們定義  $H_1(e^{j\Omega})$  為一個 type-1 的線性相位有限脈衝響應數位濾波器且其長度為  $2N+1$ ，因此  $H_1(e^{j\Omega})$  可寫為

$$H_1(e^{j\Omega}) = \sum_{n=0}^N h_1(n) \cos(n\Omega) \quad (3)$$

隨即我們可將  $H_p(e^{j\Omega})$  重新表示如下：

$$H_p(e^{j\Omega}) = \cos^{2k}(\Omega/2) \sum_{n=0}^N h_1(n) \cos(n\Omega) \quad (4)$$

由(4)可知  $H_p(e^{j\Omega})$  其濾波器長度為  $2N+k+1$ 。我們稱  $H_p(e^{j\Omega})$  為原型濾波器 (prototype filter)，而  $H_1(e^{j\Omega})$  為等化器 (equalizer)。  $H_p(e^{j\Omega})$  的轉換函數可寫為

$$H_p(z) = z^{-N} \left( \frac{1+z^{-1}}{2} \right)^k \sum_{n=0}^N h_1(n) \left( \frac{z^{n/2} + z^{-n/2}}{2} \right) \quad (5)$$

由(4)利用 Chebyshev 多項式的關係， $\cos(n\Omega) = T_n[\cos(\Omega)] = T_n[2\cos^2(\Omega/2) - 1]$ ，在此  $T_n[x]$  為一個  $n$  階的 Chebyshev 多項式。如此一來我們得到(4)的  $H_p(e^{j\Omega})$  表示形式

$$\begin{aligned} H_p(e^{j\Omega}) &= \cos^{2k}(\Omega/2) \sum_{n=0}^N h_1(n) T_n[\cos(\Omega)] \\ &= \cos^{2k}(\Omega/2) \sum_{n=0}^N h_1(n) T_n[2\cos^2(\Omega/2) - 1] \end{aligned} \quad (6)$$

在此頻率響應的表示形式下， $H_p(e^{j\Omega})$  為  $\cos(\Omega/2)$  之變數函數，我們很容易的可以進行變數轉換。例如，我們進行如下轉換  $\cos(\Omega/2) = G(e^{jw})$ ，我們可以得到新的一度空間 (1-D) 的線性相位有限脈衝響應數位濾波器。新的式子如下：

$$H(e^{jw}) = (1 - G^2(e^{jw}))^k \sum_{n=0}^N h_1(n) T_n[2G^2(e^{jw}) - 1] \quad (7)$$

我們稱呼  $G(e^{jw})$  為 1-D 轉換函數。另外我們稱呼  $H_p(e^{j\Omega})$  為原型濾波器 (prototype filter) (PF)， $G(e^{jw})$  為子濾波器 (subfilter) (SF) 及  $H(e^{jw})$  為總濾波器 (overall filter) (OF)。  $H(e^{jw})$  及  $H_p(e^{j\Omega})$  的關係我們表示如下

$$\Omega = 2\cos^{-1}(G(e^{jw})) \quad (8)$$

當給定了一個所要的  $H(e^{jw})$  濾波器的規格如下

$$H(e^{jw}) = \begin{cases} 1 \pm \delta_p & \text{for } 0 \leq w \leq w_p \\ \delta_s & \text{for } w_s \leq w \leq \pi \end{cases} \quad (9)$$

在此  $w_p$  為 passband edge， $w_s$  為 stopband edge， $\delta_p$  為 passband deviation 及  $\delta_s$  為 stopband deviation。我們可根據(8)得到  $H_p(e^{j\Omega})$  及  $G(e^{jw})$  的相對濾波器規格。  $H_p(e^{j\Omega})$  的規格如下：

$$H_p(e^{j\Omega}) = \begin{cases} 1 \pm \delta_p & \text{for } 0 \leq \Omega \leq \Omega_p \\ \delta_s & \text{for } \Omega_s \leq \Omega \leq \pi \end{cases} \quad (10)$$



在此  $\Omega_p$  為 PF 的 passband edge,  $\Omega_s$  為 PF 的 stopband edge。  $G(e^{jw})$  必須滿足如下規格:

$$\begin{cases} \cos(\Omega_p / 2) \leq G(e^{jw}) \leq 1 & \text{for } 0 \leq w \leq w_p \\ 0 \leq G(e^{jw}) \leq \cos(\Omega_s / 2) & \text{for } w_s \leq w \leq \pi \end{cases} \quad (11)$$

如此一來新的濾波器設計方法就得到了。

### 三、平滑濾波器設計

為了要得到濾波器擁有平滑的禁帶與通帶, 我們考慮將  $G^2(e^{jw}) = 1 - \sin^{2p}(w/2)$  代入 (7), 改寫如下

$$H(e^{jw}) = (1 - \sin^{2p}(w/2))^k \sum_{n=0}^N h_1(n) T_n [2(1 - 2\sin^{2p}(w/2))^k - 1] \quad (12)$$

$G(e^{jw})$  與  $H(e^{jw})$  的關係由 (8), 我們可寫成

$$\Omega = 2\cos^{-1}(1 - \sin^{2p}(w/2)) \quad (13)$$

由 (12) 觀察我們發現  $H(e^{jw})$  在  $w=0$  及  $w=\pi$  擁有  $p$  與  $k$  階切點數 (tangency), 故  $H(e^{jw})$  在  $w=0$  及  $w=\pi$  擁有非常平滑的禁帶與通帶 [1]。

當給定了濾波器所要的規格如下:

$$1 - \delta_p \leq |H(e^{jw})| \leq 1 + \delta_p \quad \text{for } 0 \leq w \leq w_p \quad (14a)$$

$$-\delta_s \leq |H(e^{jw})| \leq \delta_s \quad \text{for } w_s \leq w \leq \pi \quad (14b)$$

$p$  與  $k$  階切點數在  $w=0$  及  $w=\pi$ 。

在此

$w_p$ : 通帶邊緣;  $w_s$ : 禁帶邊緣。

$\delta_p$ : 通帶偏差;  $\delta_s$ : 禁帶偏差。

當我們要使得 PF 與 SF 的複合大小響應 (magnitude response) 滿足所要的規格, PF 必須滿足以下條件:

PF:

$$1 - \delta_p \leq |H_p(e^{j\Omega})| \leq 1 + \delta_p \quad \text{for } 0 \leq \Omega \leq \Omega_p \quad (15a)$$

$$- \delta_s \leq |H(e^{jw})| \leq \delta_s \quad \text{for } w_s \leq w \leq \pi \quad (15b)$$

$$\Omega_p = 2\cos^{-1}(1 - \sin^{2p}(w_p/2)) \quad (15c)$$

$$\Omega_s = 2\cos^{-1}(1 - \sin^{2p}(w_s/2)) \quad (15d)$$

## 四、硬體實現複雜度

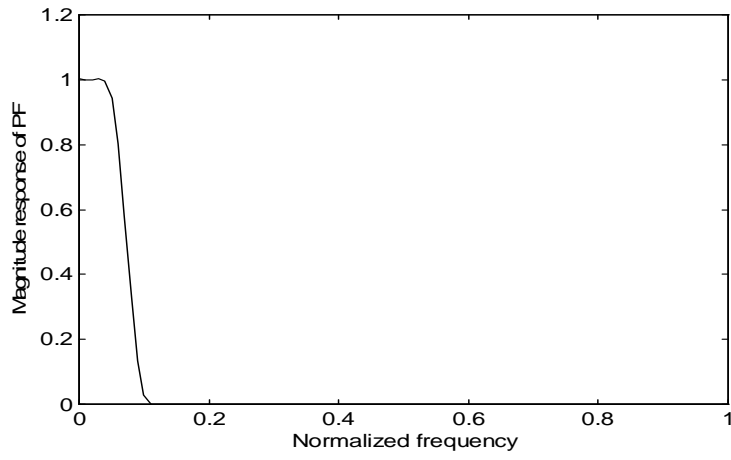
由於  $G^2(e^{jw}) = 1 - \sin^{2p}(w/2)$ , 在硬體的實現上,  $G(e^{jw})$  不需乘法器, 故整個濾波器所需的乘法器與乘法率, 只等於 PF 的  $N$  值。  $H_p(e^{j\Omega})$  的實現架構可參考文獻[9]。

## 五、例子與比較

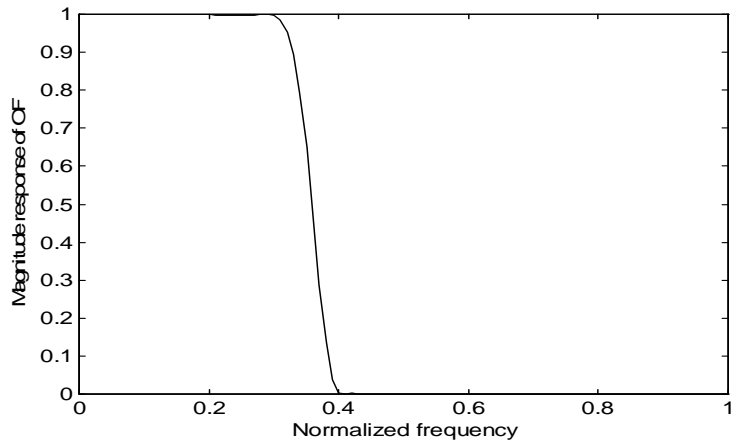
考慮一濾波器擁有如下規格:  $w_p = (0.3)\pi$ ,  $w_s = (0.4)\pi$ ,  $\delta_p = 0.01$ ,  $\delta_s = 0.01$ ,  $p = 3$ ,  $k = 3$ 。此時  $H_p(e^{j\Omega})$  必須擁有以下規格:  $\Omega_p = (0.0843)\pi$ ,  $\Omega_s = (0.1835)\pi$  及通帶, 禁帶的 deviation 與  $\delta_p, \delta_s$  相等, 此時  $H_p$  的濾波器階數須要 40, 需要 21 個乘法器。如果採用 [1],[7] 的設計方法需要的濾波器階數為 90, 需要 46 個乘法器。Fig.1 為  $H(e^{jw})$  與  $H_p(e^{j\Omega})$  的大小響應。由 Fig.1 知 OF 擁有平滑通帶及禁帶。

## 六、結論

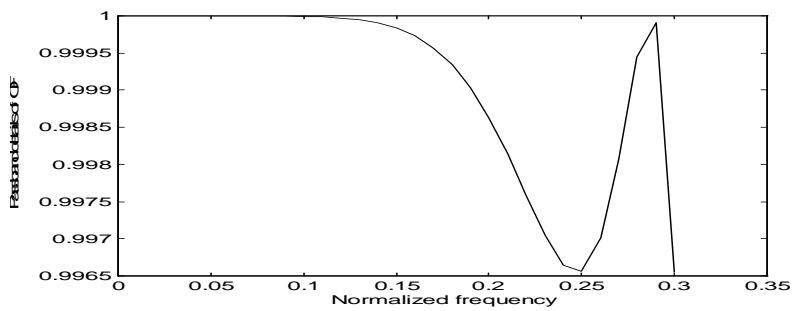
由以上知本設計法為利用轉換法設計平滑濾波器, 且所設計的濾波器所需的乘法數會小於 Bernstein 所設計的方法。



(a)



(b)



(c)

Fig.1 (a)原型濾波器大小響應(b)最後濾波器大小響應。

(c) 最後濾波器通帶詳情

## REFERENCES

- [1] L. R. Rajagopal and S. C. Dutta Roy, "Design of maximally-flat FIR filters using the Bernstein polynomial," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. CAS-34, pp. 1587–1590, Dec. 1987.
- [2] T. Cooklev and A. Nishihara, "Maximally flat FIR Hilbert transformers," *Int. J. Circuit Theory Applicat.*, vol. 21, pp. 563–570, 1993.
- [3] T. Cooklev, T. Yoshida, and A. Nishihara, "Maximally flat half-band diamond- shaped FIR filters using the Bernstein polynomial," *IEEE Trans. Circuits Syst. II*, vol. 40, pp. 740–751, Nov. 1993.
- [4] S. Samadi, Y. Igarashi, and H. Iwakura, "Design and multiplierless realization of maximally flat FIR Digital Hilbert transformers," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol.47, No. 7, July 1999.
- [5] I. R. Khan, and M. Okuda, "Narrow transition band FIR Hilbert transformers with flat magnitude response," *IEEE Trans. Signal Processing Letters*, vol. 14, No. 9, Sept. 2007.
- [6] S.-C. Pei and P.-H. Wang, "Closed-form design of maximally flat FIR Hilbert transformer, differentiators, and fractional delays by power series expansion," *IEEE Trans. Circuits Syst. I*, vol. 48, no. 4, pp. 389-398, Apr. 2001.
- [7] F. Kaiser. "Design subroutine (MXFLAT) for symmetric FIR lowpass digital filters. with maximally-flat pass and stop bands." in *Programs for Digital Signal Processing*. New York: IEEE Press. 1979. pp. 5.3-1-5.3-6.
- [8] S. C. Pei and J. J. Shu, "Design of FIR Hilbert transformers and differentiators by eigenfilter," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 35, pp.1457-1461, 1988..
- [9] T. Saramaki, "Design of FIR filters as tapped cascaded interconnection of identical subfilters," *IEEE Trans. Circuits and Syst.*, pp. 1011-1029, 1987.
- [10] J. F. Kaiser and R. W. Hamming., "Sharpening the response of a symmetry nonrecursive filter by multiple use of the same filter," *IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Processing*, pp. 415-422, Oct, 1977.
- [11] S. Nakamura and S. K. Mitra, "Design of FIR digital filters using tapped cascaded FIR subfilters," *Circuit system and signal processing*, pp. 43-56, 1982.
- [12] T. Saramaki, "Computationally efficient narrowband linear-phase FIR filters," *IEE Proc. G, Electron. Circuits and Syst.*, vol. 130, pp. 20-24, Feb. 1983:
- [13] T. Saramaki, "Computationally efficient circularly symmetric two-dimensional FIR filters," *IEE Proc. G, Electron Circuits and Syst.*, vol. 131, pp. 46\_50, Apr. 1984..
- [14] Zanjani, S. M. Mortazavi; Fakhraie, S. M.; Shoaie, O.; Salehi, Mostafa E., "Design of FIR Filters Using Identical Subfilters of Even Length," *Microelectronics, 2006. ICM '06*.

*International Conference on*, Page(s):83 – 86, 16-19 Dec. 2006

- [15] P. P. Vaidynathan, "Optimal design of linear phase FIR digital filters very flat passbands and equiripple stopbands," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 32, pp. 904-916, Sept. 1985.
- [16] I. W. Selesnick and C. S. Burrus, "Exchange algorithms for the design of linear phase FIR filters and differentiators having flat monotonic passbands and equiripple stopbands," *IEEE. Circuits and systems II*, vol 43, pp. 671-675, Sept. 1996.

# 雲端運算安全性的探討及研究

## Research and Study on Cloud Security

曹茂勁

東南科技大學 資訊科技與通訊系 副教授

---

### 摘 要

雲端運算不是遞送產品而是以遞送運算當作服務。雲端運算是以具成本效益方式來分享寶貴的雲端資源，使得雲端運算變得越來越流行。由於雲端運算需求量增加使得雲端運算安全威脅亦不斷的増加，雲端運算安全威脅成為一個重大的問題。本論文將探討有那些安全威脅可能會危害到雲端運算和它們如何能被避免。

**關鍵字：**雲端運算、雲端運算安全。

### ABSTRACT

Cloud computing is the delivery of computing as a service rather than a product. Cloud computing can be a cost effective way to share valuable resources, so companies are using cloud technology to improve their efficiency and performance. Cloud security has become a big issue to the researcher. This paper conducts a depth research on the cloud security and discusses its advantage and disadvantage.

**Keywords:** Cloud computing, cloud security.

## 壹、序論

雲端運算是基於網際網路來共享資源、軟體及資訊，並將它們提供給計算機和其他有需求的設備。雲端運算供應商的先驅 Amazon 簡單的儲存服務--S3 和 Amazon 彈性雲端計算—EC2 都是眾所周知的例子。雖然這些網路在線服務提供了大量的儲存空間和客製化的計算資源，此種運算平台同一時間轉移並消除了本機電腦資料的維護的責任。結果為使用者祈望雲端服務供應商提供可用性和資料的完整性。Amazon 的 S3 停機的就是這樣一個例子[4]。

雲端運算的三個主要的方面為軟體作為一種服務(SaaS)，平台作為一種服務(PaaS)和基礎建設為一種服務(IaaS)。一個 SaaS 供應商在他們自己的資料中心內託管特定的應用軟體，使此資料中心可提供許多用戶透過網路來使用。SaaS 可運行在另一些供應商所提供的 IaaS 或 PaaS 雲端服務，甲骨文公司(Oracle)的用戶關係管理(CRM)的需求、Salesforce.com、及 Netsuite 為一些熟知的例子，PaaS 是指提供了一個資訊開發人員的平台，最終用戶編寫自己的程式碼於 PaaS 的供應商上傳的介面或 API 服務，並在網絡上服務，SalesForce.com 的 Force.com 是 PaaS 的例子。PaaS 的發展提供服務、測試、部署和維護應用程序的主機在相同的集成開發環境，它還提供了一定程度的支持創建應用程序。因此，PaaS 的成本提供了一種更快，更有效的模型的應用開發和交付，PaaS 的供應商管理的升級，更新和其他日常系統維護。IaaS 是交付的資訊基礎設施作為一個完全外包服務。能提供基礎設施服務像是谷歌、IBM、Amazon.com 等，透過主機託管和發展環境，提供 IaaS 的服務項目。用戶可以根據需求購買基礎設施的服務，概念上只有使用者在特定時間付費，而非購買那些基礎設施的服務，也有可能該服務屬於短期性、暫時性。IaaS 的商業模式屬於“使用才付費”的模式，確保用戶僅需支付他們使用的服務，其供應商是透過虛擬化提供幾乎無限的用戶端服務，使承載的硬體效益更高。IaaS 的用戶認為享用企業級 IT 基礎設施和資源，如果自行建構可能會非常昂貴。因此，能夠動態調整，以使用才付費、特定使用範圍為基礎的定價，是能夠降低成本並獲得卓越的 IT 資源，這就是 IaaS 最大的優勢[5]。本論文將探討有那些安全威脅可能會危害到雲端運算和它們如何能被避免。

## 貳、雲端運算安全威脅

因為雲端運算和網路服務運行是在開放式網路，所以網路對於它們的攻擊是開放式的，雲端攻擊可以是分散式拒絕服務(DDOS)攻擊。如果用戶可以劫持一台伺服器，然後駭客可以停止網路的服務正常運行。等到駭客索取贖金後，才把服務連線重新打開。要停止這些攻擊，SYN Cookie 的使用和限制連接到伺服器的用戶，都有助於阻止分散式拒絕服務攻擊。雲端攻擊可以是中間人攻擊。如果 SSL(加密通訊協定)組態配置不正確，那麼用戶端和伺服器身份驗證可能不如預期，因此導致中間人攻擊[10]。

雲端攻擊可以是網路竊聽(network sniffing)，攻擊者使用封包竊聽器可以捕獲敏感資料，這些敏感資料包括未加密的密碼和其他網路服務相關的安全組態配置資料。通訊 port 掃描是一種可用於雲端攻擊的威脅，只要網路伺服器打開，port 80始終是打開的。然而，進出此伺服器可以很容易地進行加密，只要伺服器軟體的組態配置正確，那麼入侵是很困難的[3]。

資料隱碼 (SQL injection)也是可用於雲端攻擊的威脅。程式設計師在撰寫應用程式時，若對於使用者的輸入未做好妥善的過濾與處理，則當使用者輸入密碼之字串中含有一些對資料庫系統有特殊意義的命令或符號時，可直接對資料庫系統下達指令，而衍生造成資料外洩或遭到竄改等情形[9]。跨站腳本攻擊(Cross-Site Scripting attack)也是可用於雲端攻擊的威脅，其攻擊將導致緩衝區溢位(buffer overflows) 攻擊、拒絕服務(DOS)攻擊、間諜軟件和惡意代碼插入訪客瀏覽器，進而侵犯用戶隱私[12]。

## 參、其他可標記為高風險的雲端運算安全

### ● 失去治理

在使用雲端基礎設施時，用戶端必須讓出一些可能影響安全的問題的控制權給雲端服務供應商 (Cloud Provider; CP)，與此同時，服務層級協議(Service Level Agreement; SLA)中可能不提供 CP 的一部分服務的承諾，從而留下了安全防護的間隙。

### ● 鎖定

目前雲端用來保證資料、應用程序和服務的可移植性的工具、程序、標準資料格式或服務接口是比較少的，如此當用戶從一個供應商遷移到另一個供應商或遷移資料和服務回到一個內部 IT 環境很困難的。如此導致用戶對提供服務的特定雲端服務供應商的依賴性，尤其是資料移植性是無用的情形特別嚴重[7]。

### ● 資料保護

雲端運算帶給雲端的用戶和供應商的幾個資料保護的風險。在某些情況下，雲端用戶很難有效地檢查雲端服務供應商資料處理的做法，從而也很難確保資料是在合法的方式被處理。在多個資料傳輸的情況下，這個問題會更加嚴重，例如：資料在聯合的雲端之間傳輸。另一方面，有些雲端供應商確實提供其資料處理的做法的資訊，有的還提供他們的資料處理和資訊安全活動認證摘要，例如，SAS70認證[7]。

### ● 不安全或不完整的資料刪除

與大多數作業系統一樣，當一個刪除雲端資源請求發生時，這可能不會導致資料的真實刪除。從顧客的角度來看，適當或及時刪除資料是不可能的，其一的原因為額外的資料拷貝儲存是無法使用的，或者被破壞的磁碟在其他用戶端也儲存資料。在多個租約和硬體資源的再利用情況下，這表示給用戶專用硬體更高的風險[7]，這些攻擊與一個標準網路攻擊非常類似。可能不是針對雲端的其他攻擊包括缺乏實體驗證，如生物識別刷卡片認證。組態配置錯誤也可能導致資料丟失或讓一個駭客進入系統。其他可能包括未修補的作業系統軟體，雲端內部使用不受信任的軟體與工具。一些反制措施會在下一節討論。



## 肆、反制安全措施

為了進一步提高在雲端中的用戶的安全性，可以建立私有雲端。其中一個例子為 Amazon 的虛擬私有雲（VPC）。私有雲的想法是讓一個公司建立該公司現有的 IT 結構和 AWS(Amazon Web Services)雲之間的安全和無縫的橋樑。Amazon VPC 使企業能夠連接他們現有的基礎設施，通過虛擬專用網（VPN）連接到一個分離出 AWS 計算資源及擴展其現有的管理功能，如安全服務，防火牆，和入侵偵測系統，包括它們的 AWS 資源。如圖1所示是這樣的例子

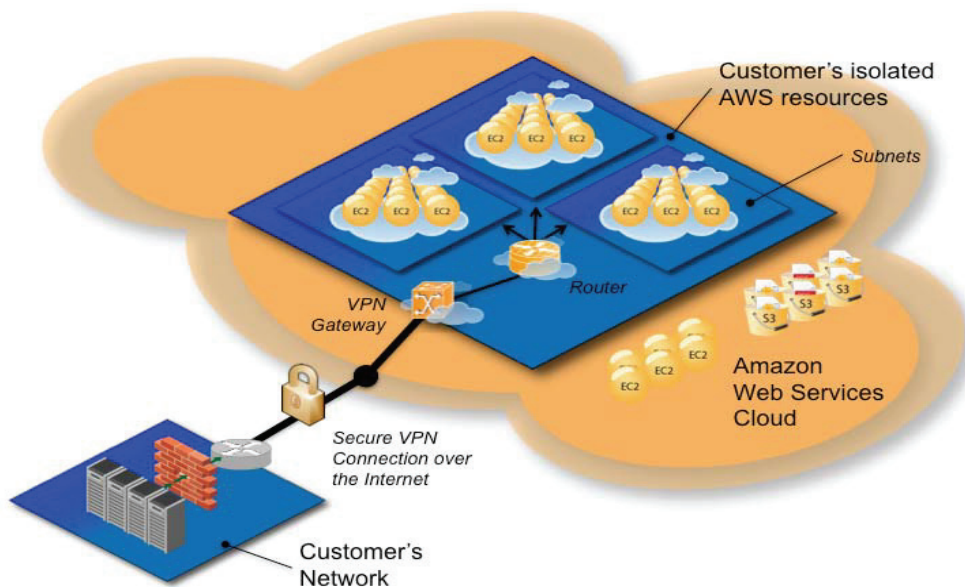


圖1：顯示一個可能幫助提高雲端安全的VPN[2]。

為了安全實作結構，我們需要安全分析處理過程。這將包括從公司的觀點什麼類型的資產需要保護，對公司造成什麼樣的威脅及什麼對策可以適當阻止這些攻擊發生。當我們處理資產時，需要查看什麼樣的資產是我們試圖要保護的以及檢查那些資產的屬性必須被保護。當我們處理威脅，我們必須檢視擁有這種類型的結構的一家公司可能發出什麼樣的攻擊[8]。當涉及到在一家公司資產的話題，我們需要看用戶資料，用戶應用程式和用戶端計算設備等方面。這將包括保密性，完整性和資料的可用性。保密性處理未經授權的存取，完整性保護資料不被修改，確保資料的真實、精確及完整。可用性確認用戶在任何時候都有可用的資料。可能發生威脅的類型包括供應商安全的故障，用戶或駭客的攻擊及可用性和可靠性問題。用戶必須信任供應商的安全性，因此定期監測它是至關重要的[8]。

對用戶的攻擊可以是供應商資源，像 CPU 使用率 and 不受信任的兩端共享儲存。用戶的資料和應用程式必須分開運行，不這樣做可能會影響保密性，完整性和可用性。為了防止這種情況，我們可以利用已經討論的措施，如 VPN 和 VLAN 和強大的加密和安全傳輸層安全。可用性和可靠性問題的威脅增加亦會造成故障增加，雲端是非常顯著的攻擊目標和網際網路的可靠性有時是不可靠的。為了對付這些規劃的停機時間，必須使用非必要的應用程式的公共雲[8]。另一種流行的安全方法是管理程式(hypervisor)，Amazon 在雲端的網路服務使用它。Amazon EC2目前採用一個高度客制

化版本的 Xen 管理程式，此程式有半虛擬化的優勢。由於半虛擬化用戶端依賴於管理程式提供的操作通常需要特權，沒有提升存取 CPU 的執行用戶作業系統是可能的，這種明確的實體資源的虛擬化導致一個用戶與管理程式之間的明確分離，也造成兩者之間強大的安全性分離 [2]。

防火牆也是必不可少的，Amazon Web 服務還建議實作防火牆方法。Amazon EC2 提供一個完整的防火牆解決方案。這種強制性的入站防火牆在預設組態配置為拒絕模式和 Amazon EC2 的客戶必須明確地打開任何 port 允許入站流量。此種流量可能會受到協定，服務端 port，以及通過來源 IP 地址限制（單一 IP 或 CIDR 區塊）。

防火牆可以被配置在不同類別及不同規則的實例，例如允許傳統的三層 Web 應用程式的情況下群體。Web 伺服器有 port 80 (HTTP) 和 port 443 (HTTPS) 開放給全世界。應用伺服器將有 port 8000 (特定應用) 只能訪問 Web 伺服器。資料庫伺服器將只開放 port 3306 (MySQL) 的應用程式伺服器。以上三類，將允許在 port 22 (SSH) 管理訪問權限，但此權限只限制從客戶的企業網路。高度安全的應用程式可以部署使用這種有表現力的機制。防火牆不是由主機 / 實例來控制而是需要客戶的 X.509 認證和授權變化的金鑰 (key)，如此可增加了額外的安全層 [2]。

在 EC2 上，主機管理員和雲端管理員可以隔離人，允許強制實施人的安全政策。除此之外，AWS 鼓勵用戶基於主機的防火牆申請每一實例都有過濾器的額外程式，例如 iptables。這可以限制每一實例程式傳入和傳出的流量。防火牆提供的安全等級是開放客戶哪些 port、開放時間長短和開放目的。防火牆預設的狀態是拒絕所有傳入的通信，開發人員在建立防火牆時應該仔細規劃何者將打開和如何保護他們的應用程式。交通管理和安全設計仍然需要在每一實例程式基礎上。圖2為一個防火牆 [2]

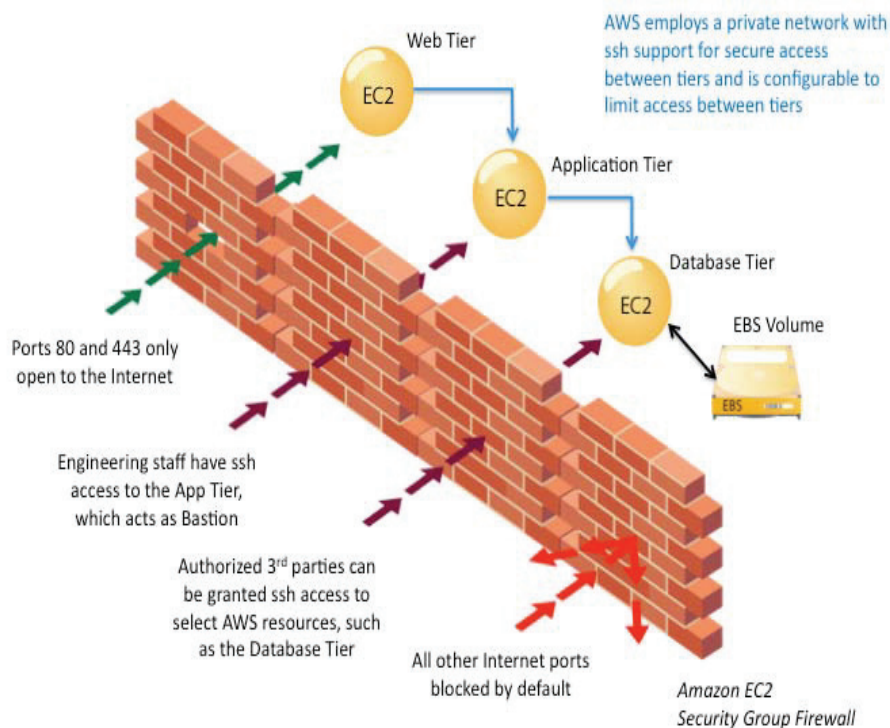


圖2：顯示了潛在雲端運算的防火牆解決方案[2]

## 伍、雲端運算的優點和缺點

雲端計算無疑是一個很有前景的科技，越來越多的公司都在為他們的公司投資雲端的技術。雲端計算展現出與組織本質上的相當不同的操作模式。利用 Web 應用程式和網路程式成熟度和提供 IT 服務計算系統相互程式操作度。雲端服務供應商專注於特定程式應用和服務，這種專門技術使他們能夠有效地管理升級和維護、備份、災難恢復、及故障切換功能。因此，雲端服務的用戶可能會看到更高的可靠性，即使由於規模經濟和其他生產要素的成本下降，其他優點包括資源共享減少成本和雲端內資源的重複使用 [6]。

因此，公平地說，一個公司的雲端計算的主要優點如下：

- ◇ 減少成本：雲端技術是逐步付費，幫公司儲蓄錢。
- ◇ 增加儲存：比對私人電腦系統，公司可以儲存更多的資料。
- ◇ 高度自動化：IT人員不再擔心軟體更新。
- ◇ 彈性：雲端計算提供了遠遠超過以往程式執行計算更好的彈性。
- ◇ 更多的流動性，員工可以隨時隨地存取資訊，而不是留在自己的辦公桌。
- ◇ 允許IT能夠重點轉移，不用再擔心伺服器持續的更新、其他計算問題和治理
- ◇ 組織將專注於創新[1]。

這項技術當然不是沒有它的缺陷。主要問題是安全。所有重要資料儲存在一個由外部供應商提供的外部伺服器。前面提到許多簡單網路攻擊對公司雲端一樣會成功。理論上，在雲端中儲存的資料通常是安全的，因為會在多台機器上保持同一份複製。不過還是有機會丟失資料，你並沒有實體或本地備份。另一個缺點是它需要一個持續性的連線。由於你使用網際網路連接到你的應用程式和文件，如果你沒有網際網路連線程式，你無法存取任何東西，甚至你自己的文件。這樣肯定算是對一個企業的損失。另一個問題和缺點是速度。做任何一切都與雲端有關，從你的電腦發送資料至在雲端電腦或是接收雲端電腦資料。延遲和性能問題是在雲端中常見的，因此充分地執行需要高速連接。當然地域和類似因素將開始發揮作用[11]。

## 陸、結論

雲端運算提供 IT 部門更高彈性和更低成本的改進方案。市場正在發展使用雲端遞送應用軟體、平台和基礎設施服務給 IT 部門。這些服務是易於在每次使用付費的基礎而且這些服務提供一個需要臨時租借基礎設施或降低成本的企業很大的替代方案。一旦雲端運算技術獲得到改善和網絡技術也得到了改善，未來存在一個真正的很好機會。然而，每一雲端解決方案是根據每家公司量身定做，但他們都可以從眾多的優勢及技術中獲益。雲端技術仍處於初期，但已經有太多雲端相關議題被炒作，目前為止許多印象深刻成果將繼續發展。許多安全的問題將隨著雲端技術的發展被發佈，未來必定將有許多解決方法被提出。

## 參考文獻

- [1] Anon, “*Six Benefits of Cloud Computing*,” Online at <http://web2.sys-con.com/node/640237>, 2008.
- [2] Amazon Web Services, “*Amazon Web Services: Overview of Security Processes*,” Online at <http://aws.amazon.com/ec2/>, 2009.
- [3] Amazon Web Services, “*Amazon Virtual private Cloud*,” Online at <http://aws.amazon.com/vpc/>, 2009.
- [4] C. Wang, Q. Wang, K. Ren , “*Ensuring Data Storage Security in Cloud Computing*,” Online at [www.ece.iit.edu/~ubisec/IWQoS09.pdf](http://www.ece.iit.edu/~ubisec/IWQoS09.pdf), 2009.
- [5] Eblog, “*雲端服務架構 IAAS/PAAS/SAAS*,” Online at <http://eblog.cisnet.org.tw/80366493/article/content.aspx?ArticleID=996>, 2011.
- [6] Educase, “*7 Things You Should Know About Cloud Computing*,” Online at <http://www.educause.edu/Resources/7ThingsYouShouldKnowAboutCloud/176856>, 2009.
- [7] D. Catteddu, “*Cloud Computing*,” Online at <http://www.enisa.europa.eu/act/rm/files/deliverables/cloud-computingrisk-Assessment>, 2010.
- [8] S. Hanna, “*Cloud Computing: Finding the Silver Lining*,” Online at <http://www.ists.dartmouth.edu/docs/HannaCloudComputingv2.pdf>, 2009.
- [9] iSecurity, “*SQL injection*,” Online at [http://www.i-security.tw/learn/learn\\_az.asp?Code=S](http://www.i-security.tw/learn/learn_az.asp?Code=S), 2010.
- [10] K. Scarfone, A. Singhal, T. Winograd. “*Guide to Secure Web Services*,” Online at <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-95/SP800-95.pdf>, 2007.
- [11] W. Miller , “*Disadvantages of Cloud Computing*,” Online at <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=1324280&seqNum=2>, 2009.
- [12] A. Yang, “*Guide to XML Web Services Security*,” Online at <http://www.cgisecurity.com/ws/WestbridgeGuideToWebServicesSecurity.pdf>, 2003.



# 垂直 U 型地理管熱交換器之無因次熱傳分析

## Dimensionless Heat Transfer Analysis of Vertical U-shaped Ground Heat-Exchangers

梁乃文<sup>1</sup>石肇圻<sup>2</sup>劉陳祥<sup>3</sup>黃錦鐘<sup>1</sup>

Nai-Wen Liang

Chao-Chi Shih

Chen-Shiang Liu

Jing-Chung Huang

<sup>1</sup>東南科技大學 機電科技學系 副教授   <sup>2</sup>台灣大學 機系博士班研究生  
<sup>3</sup>東南科技大學 機械工程系 講師

### 摘 要

本研究利用無因次分析的方法，探討垂直式 U 型地理管熱交換器之熱傳情況。鑽孔外之熱傳利用有限長線熱源模型，求解鑽孔壁面之溫度；而鑽孔內之熱傳則使用準三維熱傳導模式，以畫出上昇支管以及下降支管之無因次溫度分佈圖，由這些圖中探討，如何減少垂直式 U 型地理管熱交換器之熱回流效應。本研究亦近一步的繪出無因次熱傳率隨熱阻比改變之圖形，以探討增強垂直式 U 型地理管熱交換器之熱傳率的方法。本研究顯示：無因次參數 F2 之值較低者會有較低之上昇支管與下降支管之溫度分佈，熱阻比  $R_r$  較高者，熱回流效應會較為顯著；而增強熱傳率之方法有：降低無因次參數 F1 與 F2 之值，降低熱阻比  $R_r$  之值，提高  $(r_b/H)$  與  $(R_{11}/R_s)$  之值，這些結論均與實際工程運用相符合。

**關鍵詞：**U 型地理管熱交換器，地源熱泵，無因次化，熱阻比，熱回流

### ABSTRACT

The study applied dimensionless analysis method to investigate the heat transfer of vertical U-shaped ground heat-exchangers (UGHE). For the heat transfer outside of borehole, the study applied finite line-source model to calculate the dimensionless wall temperature of borehole. Inside of borehole used the quasi-three dimension heat conduction model to calculate the dimensionless temperature distribution of downward and upward branch pipe of UGHE. From these figures discussed the method of increasing the heat transfer rate of UBHE. The study shows the lower dimensionless parameter F2 the lower temperature distribution of UBHE. The higher thermal resistance ratio ( $R_r$ ) the more serious of heat flow-back effect. The methods of increasing the heat transfer rate of UGHE including: decreasing dimensionless parameter F1 and F2, decreasing thermal resistance ratio ( $R_r$ ), increasing the value of  $(r_b/H)$  and  $(R_{11}/R_s)$ . These conclusions are consistent with actual engineering applications.

**Keywords:** U-shaped ground heat-exchangers (UGHE), Ground source heat-pump, Dimensionless, Thermal resistance ratio, Heat flow-back.



## 壹、前言

淺層溫能的概念是利用地表下面約10~300公尺的範圍內，地層之溫度維持在一恆定的範圍內，以台灣而言，淺層地表溫度，夏天約為18~20°C，較大氣溫度低，而冬天約為13~15°C，較大氣溫度高，以此範圍內之地層作為一巨大之熱能儲存體，可以以此巨大之熱能儲存體為一熱源(heat source)或熱匯(heat sink)，在冬天時可把此熱能儲存體當作熱源，由此熱源來吸取熱量，對建築物或漁塢、溫室等進行加熱之動作，而在夏天時則可把建築物內過多之熱量排放於此淺層地層中，即以此熱能儲存體為熱匯，此種淺層溫能之利用最著名的即為地源熱泵 GSHP(ground source heat pump)，地源熱泵有明顯的節能及環保效益，為綠建築不可或缺之要素，一般稱為地平線下之綠建築。

地源熱泵雖然有這麼多的優點，但低階熱能的有效採集和穩定供應，一直是地源熱泵系統技術運用的主要瓶頸【1】，因此設計高效率之 U 型鑽孔熱交換器 UBHE(U-shaped borehole heat exchangers)，是地源熱泵系統的設計重點。此種淺層溫能之利用，主要是要靠 U 型鑽孔熱交換器之使用，U 型鑽孔熱交換器實現與地表淺層中熱量之交換，經由改變各相關幾何參數，可預估 U 型鑽孔熱交換器之熱傳效率，進而設計出最佳之 U 型鑽孔熱交換器。U 型鑽孔熱交換器之其他運用之實例【2】包含，水之加熱、LED 燈之散熱(如圖1)、農作物穀類之乾燥，溫室之運用、工業製程、食物之脫水處理和水產養殖業之加熱等等。

地源熱泵空調系統的設計，主要包含兩大部分，即建築物內的水環路空調系統設計，以及地源熱泵空調系統的地下熱交換器設計，地下熱交換器一般是以 U 型鑽孔熱交換器為主，大部分採用封閉循環系統，即冷(熱)源側的循環水在機組室外之熱交換器與 U 型鑽孔熱交換器間形成封閉循環，熱交換管路以垂直鑽井埋入地下10至300公尺，或水平埋入1.2至2.0公尺，在夏天將建築物內之熱能通過管路，送入地平線下之土壤內儲存，在冬天時管路中之流體則從地平線下之土壤內抽取熱能，帶入建築物中，所用管路為高密度聚乙烯管或其他防腐管路做為傳輸能量和地下熱交換器管材之材料。U 型鑽孔熱交換器是地源熱泵機組設計的關鍵，U 型鑽孔熱交換器一般採用垂直埋管式，具有節省用地，換熱性能良好，可安裝在建築物之地基、道路、操場、廣場和綠地等之下方而不影響地面上之使用功能，可以充分利用土地面積。

垂直 U 型鑽孔熱交換器的形成是從地面向下鑽孔到達預定深度後，將製作好的 U 型管熱交換器埋入鑽孔中，再回填不同材質之回填材料於鑽孔內，最後在接近地表處用水平集水，或分水管將所有 U 型管熱交換器並聯構成地下熱交換器。回填材料可選用澆鑄混凝土，回填沙石散料或回填土壤等，材料之選擇要考慮工程造價，熱傳導係數，施工方便等因素，一般之測試比較以澆鑄混凝土換熱性最好，但造價高、施工難度高。U 型鑽孔熱交換器之設計【3】，尚需考慮到管徑之選擇，一般要滿足兩個條件，即管路要大到足夠保持最小輸送功率，以及管路要小到足夠使管路內保持擾流，以保證流體與管路內壁之間的熱傳。上述兩要求相互衝突，故需綜合考量，一般並聯環路用小管徑，集管用大管徑，地下熱交換器埋管常用管徑有 20, 25, 32, 40, 50 mm，管內流速控制在 1.22 m/s 以下，對於更大管徑的管道，管內流速控制在 2.44 m/s 以下，或把管路各段每公尺當量長度的壓力損失控制在 0.04 m 以下。

## 貳、熱傳理論分析

地理管熱交換器之運用，最重要的是要能夠預估出整各 U 型管之無因次溫度分佈，進而求 U 型地理管熱交換器(UBHE)之熱傳性能，並儘量的避免熱回流效應之產生，而降低了 UBHE 之熱傳性能。目前只考慮討論穩定狀態之熱傳分析，且把地理管熱交換器區分為鑽孔內以及鑽孔外兩部份來討論，鑽孔外是以有限長線熱源的模型，求出鑽孔壁面之平均溫度( $\bar{T}_b$ )【4】，而鑽孔內之熱傳問題，則須考慮支管內流體溫度在深度方向之變化，以及支管內流體的對流熱交換，以及鑽孔截面兩支管間之熱傳。為了簡化模型，鑽孔內之回填土部份不考慮軸向(即深度方向)之熱傳導，此模型稱之為準三維熱傳模型【5】，鑽孔內以及鑽孔外均以穩定狀態來考慮。

### 一、鑽孔外之無因次熱傳分析

由有限長線熱源之溫度場分析【4】，以及參考文獻【6】可知無因次鑽孔壁面之溫度：

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

此處： $\bar{T}_b$  (鑽孔壁面之平均溫度): °C， $T_\infty$  (無限遠處之土壤溫度): °C

$T_{in}$  (UBHE 入口之流體溫度): °C， $T_{out}$  (UBHE 出口之流體溫度): °C

$\rho$  (流體之密度): Kg/m<sup>3</sup>， $C_p$  (流體之定壓比熱): kJ/kg°C

$Q$  (流體之流量): Liter/hr， $H$  (鑽井深度): m

$r_b$  (鑽孔半徑): mm， $K_s$  (鑽孔外周圍土壤之熱傳導係數): W/m°C

$$Fl: \text{無因次參數 } Fl = \rho C_p \frac{Q}{H K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi} \quad (2)$$

$Fl$  為無因次參數，即流體之熱容量熱傳導係數與鑽孔外土壤之熱傳係數之比(the ratio of fluid heat capacity thermal conductivity and soil thermal conductivity)， $Fl$  越大，即  $(\rho C_p Q)/(2H)$  大於  $K_s$  越多，對相同的熱流( $q$ )而言，熱傳導係數越大，則溫差越小，亦即  $(T_{in} - T_{out}) < (\bar{T}_b - T_\infty)$ ，故  $\Theta_1$  隨  $Fl$  之增加而增加。

### 二、鑽孔內上昇及下降支管之無因次溫度分佈

垂直式 U 型鑽孔熱交換器，在鑽井內其 U 型管中之上昇支管及下降支管內之溫度，可由準三維熱傳模式之參考文獻【5】得知，以下列之公式表示：

下降支管之無因次溫度分佈



$$\Theta_d(Z) = \cosh(\beta Z) - \frac{1}{\beta S_{12}} \left[ \left( \frac{S_{12}}{S_1} + 1 \right) - \frac{\beta S_1 \cosh \beta - \sinh(\beta)}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta} \right] \sinh(\beta Z) \quad (4)$$

上昇支管之無因次溫度分佈

$$\Theta_u(Z) = \frac{\beta S_1 \cosh \beta - \sinh \beta}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta} \cosh(\beta Z) - \frac{1}{\beta S_{12}} \left[ 1 - \left( \frac{S_{12}}{S_1} + 1 \right) \frac{\beta S_1 \cosh \beta - \sinh \beta}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta} \right] \sinh(\beta Z) \quad (5)$$

$$\text{此處 } S_1 = R_1^* = \frac{m C_p}{H} (R_{11} + R_{12}) \quad , \quad S_{12} = R_{12}^* = \frac{m C_p}{H} \frac{R_{11}^2 - R_{12}^2}{R_{12}} \quad , \quad \beta = \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{2}{S_1 S_{12}}}$$

把  $S_1$  寫成如下之型式： $S_1 = R_1^* = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} (1 + R_r) = f(F2, R_r)$

$$\text{令 } F2 = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} \frac{1}{3600} \quad (6)$$

可看成  $R_{11}/(2H/\rho C_p Q)$  之比； $F2$  之定義為  $R_{11}$  與流體熱容量熱阻之比， $R_{11}$ ： $q_1$  單獨出現時，對第一根支管造成  $(T_{f_1} - T_b)$  溫升之熱阻，亦可視為第一根支管到鑽孔壁面之熱阻； $R_{hc} = 2H/(\rho C_p Q)$ ：支管內流體之熱容量熱阻(heat capacity thermal resistance)， $R_r = R_{12}/R_{11}$ ，稱為熱阻比

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

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

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

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

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{2}{S_1 S_{12}}} = \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{2}{S_1^2 \left(\frac{1}{R_r} - 1\right)}} = \frac{1}{S_1} \sqrt{\frac{1 + R_r}{1 - R_r}} = f(F2, R_r)$$

所以下降支管及上昇支管之無因次溫度變化， $\Theta_d$  為  $\Theta_d(Z) = f(F2, R_r)$ ，亦即  $\Theta_d$  為  $F2, R_r$  之函數，同理  $\Theta_u(Z) = f(F2, R_r)$ ，亦即  $\Theta_u$  為  $F2, R_r$  之函數；因此，對固定之  $F2$  及  $R_r$  值，可以繪出其  $\Theta_d(Z) = f(F2, R_r)$  及  $\Theta_u(Z) = f(F2, R_r)$  之圖形， $F2$  取 0.5、1.0、2.0、5.0， $R_r = R_{12}/R_{11}$ ，取 0.8、0.6、0.4、0.2、0.1、-0.1、-0.2、-0.4 等值視其變化，可得圖2到圖6之圖，由這些圖可以看出，當  $F2$  之值較小時，如  $F2 = 0.5$  時，即表示  $R_{11} = 0.5 \times (H/(\rho C_p Q))$ ，即  $F2$  越小，即  $R_{11} < (H/(\rho C_p Q))$  越多，表示熱較容易經由鑽孔內之回填土，往鑽孔壁面散出，故  $\Theta_d$  及  $\Theta_u$  都會較低，即  $F2 = 0.5$  之圖(圖2)，與  $F2 = 5.0$  之圖(圖6)相比，會有較低之溫度分佈。且在  $F2$  值較低 ( $F2 = 0.5$ ) 之圖中，即圖2與圖3，可看出上升支管在  $R_r = R_{12}/R_{11}$  值較高時 ( $R_r = 0.8 \sim 0.2$ )，上昇支管之溫度分佈均有回昇之趨勢，此即熱回流現象之顯現，且在  $R_r = R_{12}/R_{11}$  值較大時 ( $R_r = 0.8$ )，下降支管之溫度呈現急速之下降趨勢，底部之

溫度會較低，而上昇支管之溫度也呈現急速之上昇趨勢，且有較高之出口溫度，而在  $R_r = R_{12}/R_{11}$  值較小時 ( $R_r = 0.2$ )，下降支管之溫度呈現較緩和之下降趨勢，底部之溫度會較  $R_r$  值較大者 ( $R_r = 0.8$ ) 高一些，上昇支管之溫度也呈現較緩和之上昇趨勢，且有較低之出口溫度 (與  $R_r = 0.8$  相比)，此二情況均為有熱回流之現象。

亦即在  $R_{11}$  (支管內流體到鑽孔壁面間之熱阻)  $< R_{hc}$  (支管內流體之熱容熱阻) 時，即表示熱大部份會經由鑽孔內之回填土散出，故會有熱回流之情形發生，且  $R_r = R_{11}/R_{12}$  值越大者，其熱回流情況越嚴重，可由  $R_r = 0.8$  之曲線，呈現較彎曲之現象看出其熱回流之情況較嚴重，也就是下降支管之溫度分佈呈現向下之彎曲，而上昇支管之溫度分佈呈現向上之彎曲現象， $R_r$  值越大者情況越嚴重，亦即熱回流情況較嚴重。

在  $F2$  較大時，如  $F2 = 5.0$  (圖 6)， $R_{11} = 5 \times (H/(\rho C_p Q))$ ，即  $R_{11}$  大於  $(H/(\rho C_p Q))$  (流體本身之熱容量熱阻)，即表示熱較不易由鑽孔中之土壤散出，故兩支管之溫度分佈 (包括出口溫度)，會較  $F2$  值較小的情況為高，且在上昇支管之溫度分佈均呈現下降之趨勢，並無回升之狀況出現，亦即無熱回流之現象，也就是說  $F2$  值大於 1 以上時，亦即  $R_{11}$  值大於  $(H/(\rho C_p Q))$  時，熱傳較不易經由鑽孔內之土壤散出，故上升及下降支管之溫度分佈，都有提高之趨勢，且無熱回流之情況，亦即上升及下降支管之溫度分佈都呈現平緩之下降趨勢，且  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之值較高者，下降及上升支管之溫度分佈及出口溫度均會有較高之值，意謂  $R_r = R_{12}/R_{11}$  較高者，其熱傳效果較差。

由上述圖中可看出，熱回流最嚴重之情況為， $F2$  之值較小 ( $F2 = 0.5$ ) 以及  $R_r = R_{11}/R_{12}$  之值較高者 ( $R_r = 0.8$ )，其熱回流相當嚴重，如圖 3 所示，其無因次出口溫度 (0.5) 會較底部之無因次溫度 (0.05) 上升 10 倍左右，故在設計時應避免此種狀況之產生，故要獲得較佳之熱傳效果 (較低之出口溫度)， $F2$  應取較小之值，而且  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之值也應取較低之值，以避免熱回流之狀況產生。

由圖 2 到圖 6 中可看出，要達到最佳之熱傳效果，亦即要有較低之出口溫度，亦即是要採用較低之  $F2$  值，亦即  $R_{11}$  要較小，或  $Q/H$  要較小，以及  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之值較低者，以避免熱回流之效應產生，而降低熱傳效率。

## 參、UBHE 之無因次穩態熱傳率分析

U 型鑽孔熱交換器 UBHE (U-shaped borehole heat-exchangers) 之熱傳率，可由公式  $q = \rho C_p Q (T_{in} - T_{out})$  直接算出其值，亦即實際之總熱傳量，在此也可由前述之公式 (5)，推導出無因次之總熱傳率，鑽孔熱交換器之無因次出口溫度  $\Theta_2$  如下 (即  $\Theta_u(0)$ )：

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

有限長線熱源之鑽孔壁面之溫度

$$\bar{T}_b = T_\infty + \frac{q_\ell}{4\pi K_s} \ln \left[ \frac{H}{2.718r_b} \right], \quad q_\ell \text{ 是以 } q_\ell = \frac{\dot{m} C_p (T_{in} - T_{out})}{2H} \text{ 來計算, 把 } q_\ell \text{ 代入 } \bar{T}_b \text{ 之}$$

表示式, 可得  $\Theta_1 = \frac{\bar{T}_b - T_\infty}{T_{in} - T_{out}} = \rho C_p \frac{Q}{H} \frac{1}{K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi} \ln \left[ \frac{H}{2.718r_b} \right]$ , 在此所解之情形為穩

定狀態, 鑽孔熱交換器所排出之熱, 完全經由鑽井內之回填土, 排放至鑽孔外之土壤內, 且假設無熱量之散失。

由以上之  $\Theta_1$ ,  $\Theta_2$  即可解出出口溫度

$$\text{令 } [A] = \frac{\beta S_1 \cosh \beta - \sinh \beta}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta}, \quad \text{代入公式(7)可解得}$$

$$T_{out} = [A] T_{in} + \{1 - [A]\} T_b \quad (8)$$

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

$$\text{令 } [B] = \rho C_p \frac{Q}{H} \frac{1}{K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi} \ln \left[ \frac{H}{2.718r_b} \right], \quad F1 = \rho C_p \frac{Q}{H} \frac{1}{K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi}$$

$$[B] = F1 \times \ln \left[ \frac{H}{2.718r_b} \right], \quad T_b = T_\infty + [B] (T_{in} - T_{out}) \quad \text{代入(8)式, 可得}$$

$$T_{out} = [A] T_{in} + \{1 - [A]\} \{ T_\infty + [B] (T_{in} - T_{out}) \} \quad (9)$$

$$\text{由(9)式可解得 } T_{out} = \frac{\{ [A] + (1 - [A]) \times [B] \} T_{in} + (1 - [A]) T_\infty}{1 + (1 - [A]) \times [B]} \quad (10)$$

把(10)式代入  $q = \rho C_p Q (T_{in} - T_{out})$

$$\text{可得 } q = \rho C_p Q (T_{in} - T_{out}) = \rho C_p Q \left( T_{in} - \frac{\{ [A] + (1 - [A]) \times [B] \} T_{in} + (1 - [A]) T_\infty}{1 + (1 - [A]) \times [B]} \right)$$

$$q = \rho C_p Q \frac{(1 - [A]) (T_{in} - T_\infty)}{1 + (1 - [A]) \times [B]} \quad (11)$$

$$(11) \text{式可轉化成 } \frac{q}{\rho C_p Q (T_{in} - T_\infty)} = \frac{(1 - [A])}{1 + (1 - [A]) \times [B]} \quad (12)$$

$$[A] = \frac{\beta S_1 \cosh \beta - \sinh \beta}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta}, \quad [B] = Fl \times \ln \left[ \frac{H}{2.718 r_b} \right]$$

$$1 - [A] = \frac{2 \sinh \beta}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta}, \quad Fl = \rho C_p \frac{Q}{H} \frac{1}{K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi}$$

等式子代入(12)，可得

$$\frac{q}{\rho C_p Q (T_{in} - T_{\infty})} = \frac{\frac{2 \sinh \beta}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta}}{1 + \frac{2 \sinh \beta}{\beta S_1 \cosh \beta + \sinh \beta} \times Fl \times \ln \left( \frac{H}{2.718 r_b} \right)} \quad (13)$$

定義無因次之熱傳率  $q^*$ ， $q^* = \frac{q}{\rho C_p Q (T_{in} - T_{\infty})}$  其意義為：實際熱傳率與最大可能熱傳率

$(\rho C_p Q (T_{in} - T_{\infty}))$  之比值，或稱為能量效率 (energy efficiency)

$$q^* = \frac{q}{\rho C_p Q (T_{in} - T_{\infty})} = f(\beta, S_1, \frac{r_b}{H}, Fl) \quad (14)$$

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

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

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{2}{S_1 S_{12}}} = \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{2}{S_1^2 \left( \frac{1}{R_r} - 1 \right)}} = \frac{1}{S_1} \sqrt{\frac{1 + R_r}{1 - R_r}}$$

由這些公式 可看出

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

$$R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}} \text{ 稱為熱阻比, } S_1 = f\left(\frac{\rho C_p Q}{H} R_{11}, R_r\right) = f(F2, R_r)$$

$$Fl = \rho C_p \frac{Q}{H} \frac{1}{K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi}, \quad F2 = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} \frac{1}{3600}$$

無因次之熱傳率 $q^*$ 可表示成

$$\frac{q}{\rho C_p Q(T_{in} - T_{\infty})} = f(\beta, S_1, \frac{r_b}{H}, F1) = f(S_1, S_2, \frac{r_b}{H}, F1) = f(F2, R_r, \frac{r_b}{H}, F1)$$

$$F1 \text{ 與 } F2 \text{ 之比可表示成, } \frac{F1}{F2} = \frac{1}{K_s R_{11} \times 8\pi} \quad (15)$$

$K_s$  為鑽孔外土壤之熱傳導係數，可轉換成鑽孔外土壤之熱阻，由圓柱體之熱阻公式

$$R_s = \frac{\ln(\frac{r_o}{r_i})}{2\pi K_s}, \text{ 可以把 } K_s \text{ (鑽孔外土壤之熱傳導係數), 轉換成鑽孔外土壤之熱阻 } R_s,$$

$$\text{取1000倍之鑽孔半徑為無窮遠處之溫度 } T_{\infty}, \text{ 故 } R_s = \frac{\ln(1000)}{2\pi K_s} \quad (16)$$

$$(16) \text{ 式代入}(15) \text{ 式, 可得 } F2 = 4 \ln(1000) \frac{R_{11}}{R_s} F1 \quad (17)$$

$F2$  可代換成  $F1$  與  $R_{11}/R_s$ ，故可得

$$q^* = \frac{q}{\rho C_p Q(T_{in} - T_{\infty})} = f(F2, R_r, \frac{r_b}{H}, F1) = f(F1, \frac{R_{11}}{R_s}, R_r, \frac{r_b}{H}) \quad (18)$$

故  $q^* = \frac{q}{\rho C_p Q(T_{in} - T_{\infty})}$  為  $F1$ ， $\frac{R_{11}}{R_s}$ ， $\frac{R_{12}}{R_{11}}$ ， $\frac{r_b}{H}$  等變數之函數，故可指定一  $F1$ ， $\frac{r_b}{H}$

值，改變  $\frac{R_{12}}{R_{11}}$ ， $\frac{R_{11}}{R_s}$  等值，而畫出無因次熱傳率之圖，如圖7至圖12。

由圖7至圖12中可看出，在相同之  $R_r = R_{12}/R_{11}$  值時， $R_{11}/R_s$  越小則熱傳率越大， $R_{11}/R_s$  表示  $R_{11}$  (支管內流體到鑽孔壁面之熱阻)與  $R_s$  (鑽孔外之土壤之熱阻)之比值， $R_{11}/R_s$  越小表示  $R_{11}$  越小，即熱量容易由支管內之流體往外傳出，亦即會有較高之無因次熱傳率，相反的， $R_{11}/R_s$  較大時，表示  $R_{11}$  越大，即熱不容易由支管內之流體往外傳出，亦即會有較低之無因次熱傳率，而在相同之  $R_{11}/R_s$  下， $R_r = R_{12}/R_{11}$  值越大，則無因次熱傳率越小，如參考文獻【8】所述  $R_r = R_{12}/R_{11}$  值越大(在  $F2$  值較小之狀況)，則熱回流會較嚴重，所以其無因次熱傳率之值也會降低，而在  $R_r = R_{12}/R_{11}$  值較小時，無熱回流之情形發生，故熱傳值會有提昇之現象，如圖7至圖12所示之趨勢，有左高右低之現象。

圖10至圖12為改變  $F1$  之值，而  $r_b/H = 1.1 \times 10^{-3}$  則保持固定。若  $F1$  之值變大時

( $F1=1.0$ )，則會有不同之無因次熱傳率之圖，由圖11可以看出，其趨勢與 $F1=0.1$ 之圖類似，但 $q^*$ 值卻下降到較小的值，熱傳效率變得較差，故應避免 $F1$ 值有較大之情形發生。

要有較好之熱傳率則應取較小之 $F1$ 值，較小之 $F1$ 值即表示 $(\rho C_p Q)/H$ 之值要小於 $K_s$ ，表示熱較容易從鑽孔外之土壤散出，同理 $F2(=4\ln(1000)(R_{11}/R_s)F1)$ 也要小， $F_2=(R_{11}/(H/\rho C_p Q))/3600$ ，亦即 $R_{11}<(H/\rho C_p Q)$ ，也就是說 $R_{11}$ (支管內流體到鑽孔壁面之熱阻)會較小，亦即熱較容易由鑽孔內之回填土散出，故無因次熱傳率會較大。

改變 $(r_b/H)$ 對熱傳率之影響，可由圖8與圖9之比較得知， $(r_b/H)$ 減小時其無因次熱傳率曲線之分佈，與原來 $(r_b/H)$ 值未減少時之分佈相似，但在 $(r_b/H)$ 值較低時，熱傳率之曲線圖在左邊之部分會往下降低，而在右邊之部分則沒有顯著之改變，且看出 $(R_{12}/R_{11})$ 值往+1增加時，會降低其無因次熱傳率，而 $(R_{12}/R_{11})$ 值往-1遞減時，會提升其無因次熱傳率。可解釋為，在 $(R_{12}/R_{11})$ 值往+1增加時，其熱回流之狀況就會較嚴重，故無因次熱傳率呈現下降之趨勢，但在 $(R_{12}/R_{11})$ 值往-1遞減時，熱回流之效應會減低，故其無因次熱傳值會有上升之情形出現，與前述之現象相同。從另外之觀點來看，減小 $(r_b/H)$ 值，會使其熱阻增加(鑽孔外之熱阻值)，故其無因次熱傳值，在 $(R_{12}/R_{11})$ 靠近-1處，會有降低之現象產生(與 $(r_b/H)$ 值較大之情況相比)，此即在 $(R_{12}/R_{11})$ 靠近-1處，無熱回流現象發生，故熱阻值增加，無因次熱傳率會降低；而在 $(R_{12}/R_{11})$ 靠近+1處， $(r_b/H)$ 值較大者之熱傳值，與 $(r_b/H)$ 值較小者之熱傳值相比，僅有微小之下降，差值甚小，此可解釋為，在 $F1$ 值較小且 $(R_{12}/R_{11})$ 較大時，熱回流之情況會較嚴重，即熱回流之情況大於熱流往外傳出之情況，以致無因次熱傳率在 $(r_b/H)$ 值較大與較小之兩種狀況時，幾乎有相同之熱傳值。

## 肆、工程實例說明

現以文獻【7】之案例分析之數據來探討，如何利用圖7到圖12，可以簡單的找出熱傳率，基本數據如文獻所述，代入相關之公式以計算相關之值。

$$R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}} = -0.00389, \quad \frac{R_{11}}{R_s} = 0.5281$$

利用圖12，( $F1=0.3254$ ， $\frac{r_b}{H}=1.1 \times 10^{-3}$ ， $q^*$ 隨 $R_{12}/R_{11}$ 變化之圖形)，找出在

$R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}} = -0.00389$ ，及  $\frac{R_{11}}{R_s} = 0.5281$  之下，即可找出無因次熱傳率為 0.3125 即

$$q^* = 0.3125$$

$q^* = (\text{實際熱傳率}) / (\text{最大可能熱傳率})$

$$\text{實際熱傳率} = \rho C_p Q (T_{in} - T_{out})$$

$$\text{最大可能熱傳} = \rho C_p Q (T_{in} - T_{\infty}) = 994.7082 \times 4.174 \times 500 / 3600 \times (32.8 - 21) = 6804.5w$$

$$\text{實際熱傳率} = 6804.5w \times 0.3125 = 2126.406w$$

單位井深之熱傳率 =  $2126.406w / 50m = 45.528w/m$ ，與文獻之單位井深熱傳率相符合。

## 伍、結論

經由以上之討論，得知要獲得較大之熱傳率，應盡量降低 F1 值及 F2 值，以及要採

用較低之  $R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}}$  值以及  $\frac{R_{11}}{R_s}$  值，而  $\frac{r_b}{H}$  值要較大，以期有最大之熱傳率。

$$F1 = \rho C_p \frac{Q}{H} \frac{1}{K_s} \frac{1}{3600 \times 8\pi}， F2 = \frac{\rho C_p Q}{H} R_{11} \frac{1}{3600}$$

$$\frac{r_b}{H}， R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}}， \frac{R_{11}}{R_s}， \frac{F1}{F2} = \frac{1}{K_s R_{11} \times 8\pi} \sim \frac{R_s}{R_{11}}， F2 \sim \frac{R_{11}}{R_s} \times F1$$

F1 值小，表示  $\rho C_p \frac{Q}{H} < K_s$ ，亦即熱較容易由流體本身往鑽井外之土壤散出。

F2 值小，表示  $R_{11} < \frac{H}{\rho C_p Q}$ ，亦即熱較容易由流體本身往鑽井內之土壤散出。

$R_r = \frac{R_{12}}{R_{11}}$  值較低，表示無熱回流之情況，即熱能較易往外散出以及有較高之熱傳率。

$\frac{R_{11}}{R_s}$  值低，表示在  $R_s$  固定之情況下， $R_{11}$  值較低，熱能較容易傳至鑽孔壁面，亦即較

易散熱以及有較高之熱傳率。

$\frac{r_b}{H}$  值較大，表示在 H (鑽井深度) 固定之情況下， $r_b$  值大即鑽井半徑較大，由公式

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

可看出， $\frac{r_b}{H}$  值較大時， $\Theta_1$  值會較小，

即  $T_b$  值會接近  $T_\infty$ ，故會有較佳之熱傳，亦即  $\frac{r_b}{H}$  值較大，其無因次熱傳率會較大。

## 參考文獻

- [1] 魏欣、張迪川、李威，瀋陽市推廣運用地源熱泵分析，建築節能，2007，35(201)：53-56
- [2] Mostafa H. Sharqawy，Esmail M.Hassan M. Badr，”Effective pipe-to-borehole thermal resistance for vertical ground heat exchangers” *Geothermics*,2007,38,pp.271-277
- [3] 胡建平，”土壤源熱泵系統設計方法”，暖通空調，2005，35(2)，pp.82-85
- [4] 曾和義，刁乃仁，方肇洪，地源熱泵垂豎直埋管的有限長線熱源模型，熱能動力工程,2003,18(2),pp166-169
- [5] 刁乃仁，曾義和，方肇洪，豎直 U 型管地熱熱交換器的準三維熱傳模型，熱能動力工程，2003，18(4)，pp.387-390
- [6] 梁乃文，黃錦鐘，吳春淵，朱敏德，U 型地理管熱交換器出口溫度之預估，東南學報，2011，pp. 87-98
- [7] 劉猛、何雪冰、劉憲英，某住宅地源熱泵系統夏季運行測試研究，暖通空調，HV & AC，2005，35(1)：118-122
- [8] 梁乃文，地理管熱交換器之理論分析與運用，國立台灣大學博士論文，2011，pp.57-62



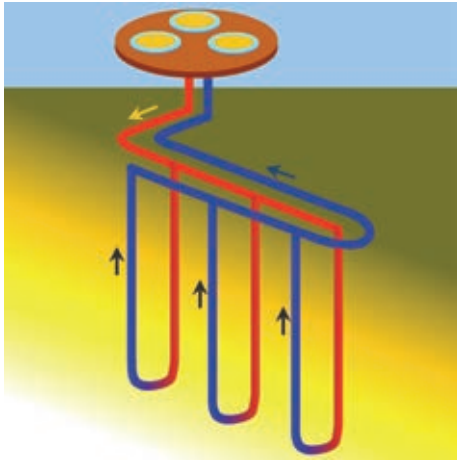


圖 1、LED 路燈使用 U 型鑽孔熱交換器之示意圖

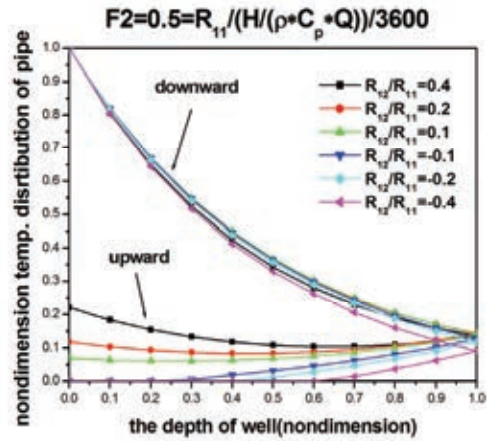


圖 2、 $F2 = 0.5$  時，不同  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之下，下降及上昇支管之無因次溫度變化

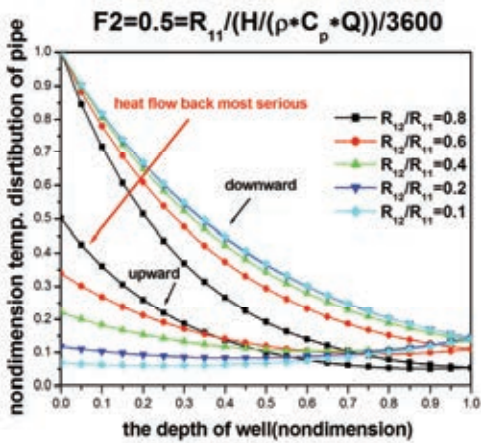


圖 3、 $F2 = 0.5$  時，不同  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之下，下降及上昇支管之無因次溫度變化

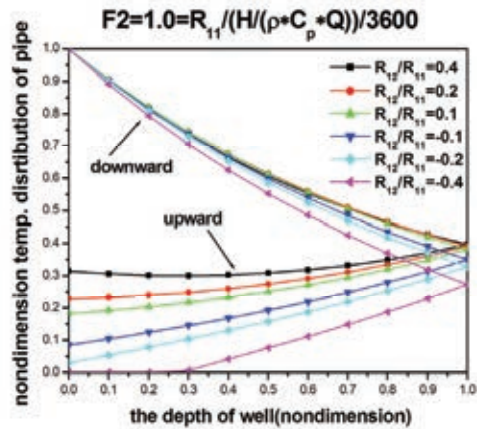


圖 4、 $F2 = 1.0$  時，不同  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之下，下降及上昇支管之無因次溫度變化

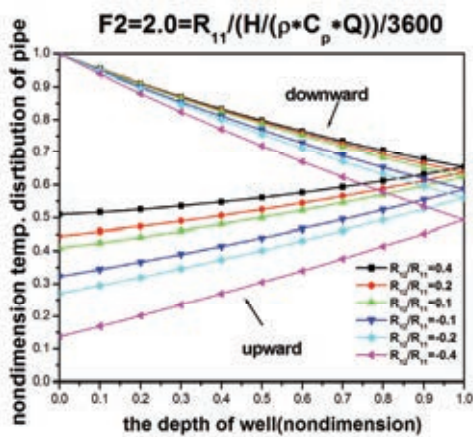


圖 5、 $F2 = 2.0$  時，不同  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之下，下降及上昇支管之無因次溫度變化

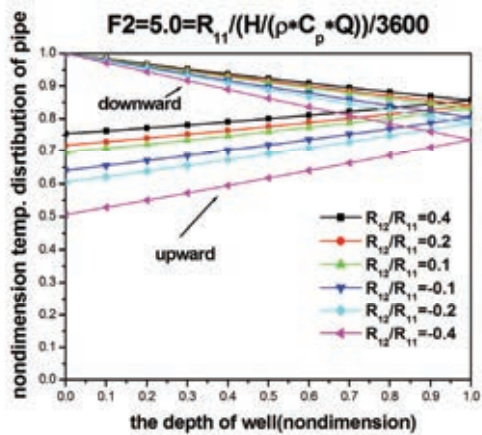


圖 6、 $F2 = 5.0$  時，不同  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之下，下降及上昇支管之無因次溫度變化

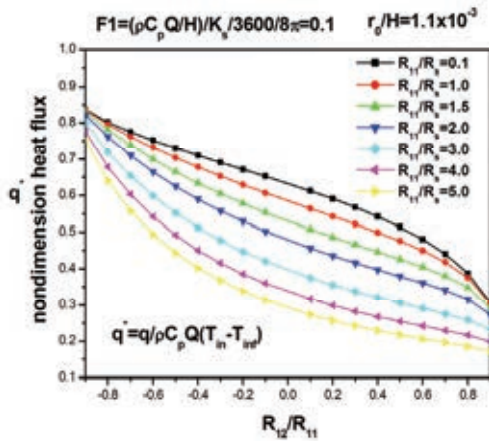


圖 7、 $F1=0.1$ ， $r_b/H=1.1 \times 10^{-3}$  時，無因次熱傳率隨  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之變化

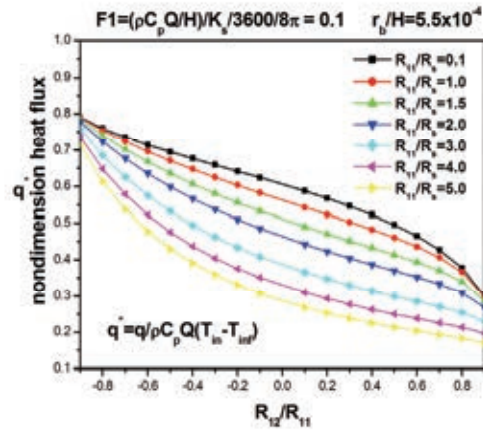


圖 8、 $F1=0.1$ ， $r_b/H=5.5 \times 10^{-4}$  時，無因次熱傳率隨  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之變化

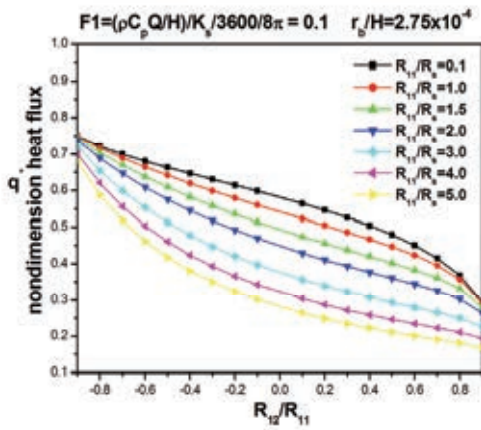


圖 9、 $F1=0.1$ ， $r_b/H=2.75 \times 10^{-4}$  時，無因次熱傳率隨  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之變化

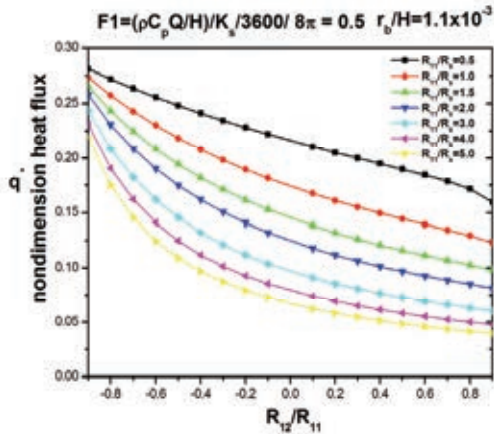


圖 10、 $F1=0.5$ ， $r_b/H=1.1 \times 10^{-3}$  時，無因次熱傳率隨  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之變化

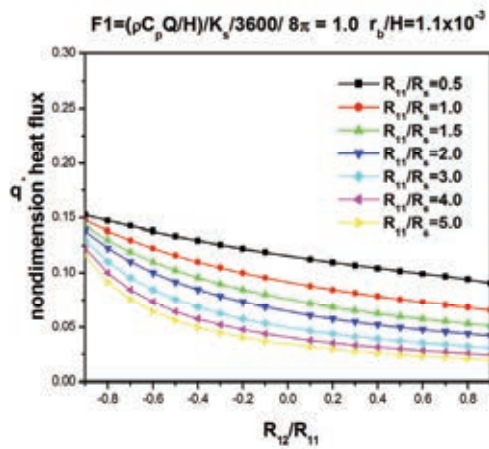


圖 11、 $F1=1.0$ ， $r_b/H=1.1 \times 10^{-3}$  時，無因次熱傳率隨  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之變化

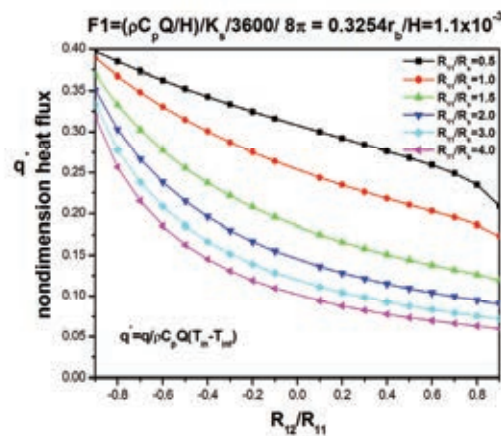


圖 12、 $F1=0.3254$ ， $r_b/H=1.1 \times 10^{-3}$  時，無因次熱傳率隨  $R_r = R_{12}/R_{11}$  之變化



# Development on a cover with electronic cooling and heating device

## 即時護敷(電子冷熱敷)的研發

黃錦鐘<sup>1</sup>

張志成<sup>2</sup>

梁乃文<sup>1</sup>

Jing-Chung Huang<sup>1</sup> Chih-Cheng Chang<sup>2</sup> Nai-Wen Liang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東南科技大學 機電科技學系 副教授 Department of Mechatronics Technology, Tungnan University

<sup>2</sup>台北市立內湖高工 冷凍空調科 教師 Department of Refrigeration & Air-Conditioning, Taipei Neihu Vocational High School<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Nowadays, a cooling chip is widely used in the various fields. There can be no injury without sports at leisure. But just now to put water or ice in a container is not easy. A cooling chip has its merits such as quick responding time, small area, portable technology, and fitting in with environmental protection. So it can be applied to the heating or cooling care.

A cover with electronic cooling and heating device developed is provided with stages of temperature control and a general switch to change to alternating current system or direct current system. The different temperatures (heating range : 45~73°C, cooling range : 2.5~11°C) can be used to reach the best effect on injured body parts within less than a minute according as various requirements. After used by many people, it gets a good appraisal. Now, a patent number M417910 from this result was awarded.

**Keywords :** A cooling chip, Environmental protection, Heating or cooling care.

### 摘 要

現今，致冷晶片廣用於各種領域上。在從事休閒活動中，難免會受傷。但當場使用容器裝水或冰塊，卻非易事。致冷晶片有許多優點，諸如反應時間快速、小面積、攜帶方便，且符合環保。因此，使用它作為冷熱敷照顧上。

本文研發出具有冷熱敷裝置的敷具，擁有多段溫度控制，藉一個總開關來切換成直流或交流系統，不到1分鐘時間，可使用不同溫度(加熱範圍：45~73°C，冷卻範圍：2.5~11°C)，滿足各種需要，以達到最佳效果。經多人試用後，咸認為甚具實用。本文結果，已申請到新型專利 M417910。

**關鍵詞：**致冷晶片，環保，冷熱敷。



## 1. Introduction

In rapid process of science and technology, energy exhaustion has been increased too. In shortage of gasoline and energy nowadays, humankind begins to focus on the topic of environmental protect. At the base of environmental and energy-saving awareness, green energy and recycle energy will be widely held by public attention, and then those are aimed at the target, various energy-saving wares begin to be developed in the world [1~14].

Until today, the freezing and air-conditioning field in energy consumption is the biggest. One of many useful devices is a cooling chip with the ability to control temperature in small range. Due to a small area, easy get power and less energy consumption than air-compressor, a cooling chip still can get about 50% of transfer efficiency [15].

Its applications are considerably broader. Two examples are well-known to a fishbowl and a mini-refrigerator in automobiles to control and to hold temperature [16]. Recently, it is also applied to improve on engine efficiency. Because of its efficiency is not so high, therefore a cooling chip can not be taken over the air - compressor. However, if it operates with an air-compressor, air-compressor can be decreased some loud but increased a certain efficiency [17].

According to the fact that its lead time is just less than a minute to cool or heat, so that it may be applied to a medical care field. It so happens that somebody is injured by sport or burn, even a child has a high fever heat, that time is just able to use a cooling chip to take care the uncomfortable skin by cooling cover or heating cover, and then medical care can be fulfilled. Of course, it just does an emergency measure only, to see a doctor is still necessary.

Generally speaking, no matter what he is injured by boiling water or by sport, all injuries are accidental. Due to accidents, this matter always can not be prevented. By tradition, the wounded is used for a simple recurring custom with soaking in ice water or heat water. For the sake of his recue, not only a big vessel with water is necessary, but also soaking time is very long. Especially when he is burned, large flashing water is enough to stand by. In case of getting a cold and run a fever, if his temperature doesn't decrease in time, a serious sequels such as mental retardation is easily residual. To use merits of a cooling chip shown in **Fig.1** that lead time is short and the temperature can be controlled to up or down quickly, thus a medical care cover touching on his skin is made.

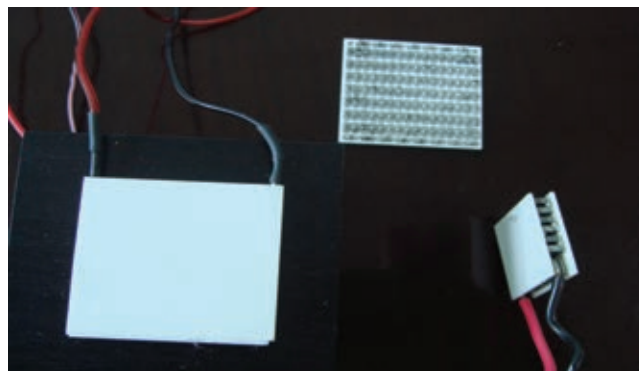


Fig.1 Cooling chips

To develop a cover with electronic cooling and heating device, there are four topics as follows to be discussed in detail.

- (1) Demand for working currents of a cooling chip.
- (2) Applicability of a cooling chip under direct-current (DC) or alternating-current (AC).
- (3) To prevent circuits to be burned down, restricting current to be segmented amperage with some special resistances named cement wire wound resistors (**Fig.2**) as switchers, so that the amperage of a cooling chip can be changed.
- (4) As mentioned above, fabricating a cover that its effect can be applied under DC or AC in various temperature ranges.



Fig.2 A cement wire wound resistor as a switcher

## 2. Thermo-electric Effect

First of all, this study searches for an interchange relation between heat and electricity, it means thermo-electric effect, including recycled energy using solar thermal power and non-mechanical type of thermo-electric cooling. In general, thermo-electric effect has contained three effects defined respectively as follows.

In 1821, Thomas Johann Seebeck first noticed the fact that when two terminals of one metal wire are contacted with two corresponding ones of other different metal wire, a potential difference (electromotive force,  $\Delta V$ , or simply thermo-voltage) is generated as shown **Fig.3** from the temperature difference ( $\Delta T$ ) between two contacted terminals. The phenomenon is called Seebeck effect. The relation between the temperature and the produced thermo-voltage is expressed in Eq. 1.

$$\Delta V = \alpha \cdot \Delta T \quad (1)$$

Where  $\Delta V$  is thermo-voltage,  $\Delta T$  is the temperature difference to be measured and  $\alpha$  is Seebeck coefficient.

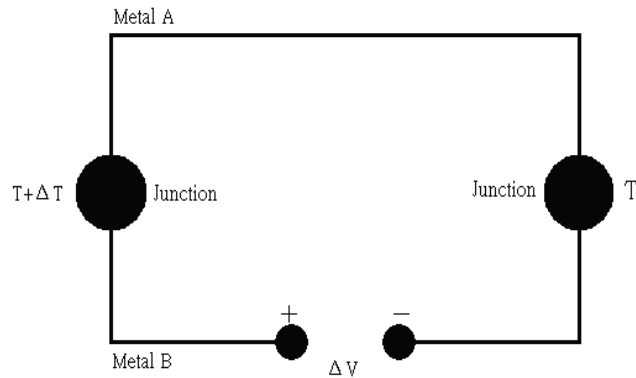


Fig.3 Seebeck effect

In 1934, Jean Peltier discovered the phenomenon (**Fig.4**) that if an electric current  $I$  is passed across the junction of two different conductors, a change in temperature at the junction is observed. The quantity of heat liberated per unit time is proportional to the current. Since the density of electrons in the two materials is usually not the same the phenomenon produces heat at the rate given by,

$$\pm Q = (\Theta_a - \Theta_b) \cdot I \tag{2}$$

Where,  $Q$  is the rate at which the heat is produced ;  $\Theta_a$  and  $\Theta_b$  are called the Peltier coefficients of the two dissimilar materials A and B. The sign of  $Q$  can either be positive or negative. A negative sign implies cooling of the junction. The extent of the temperature change depends on the conducting metals, the nature of change and the direction of current flow. The phenomenon is so-called working principles of a thermo-electric cooler.

Merits [18] of thermo-electric interchange technology reveal as follows :

- (1) High reliability (>250,000 hrs) ;
- (2) No noise ;
- (3) Not mechanical vibration ;
- (4) Mass system is light, so it's hardly not occupy space ;
- (5) Compressed cooling medium is not necessary ;
- (6) Fitting for environmental awareness.

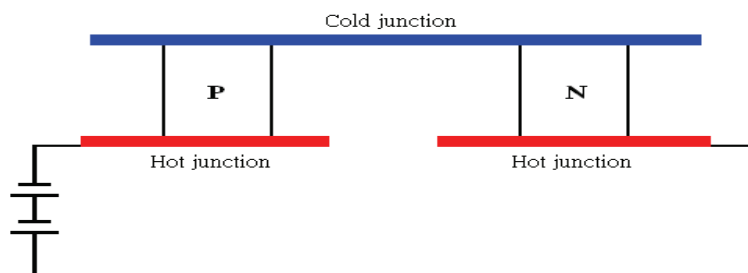


Fig.4 Peltier effect

When electric current  $I$  flows in a homogeneous conductor in the direction of a temperature gradient defined by  $dT/dx$ , heat will be released or absorbed depending on the material. This is known as Thomson effect shown in **Fig. 5**, and mathematically it can be expressed as,

$$Q = \alpha_t \cdot I \cdot \frac{dT}{dx} \quad (3)$$

Where,  $\alpha_t$  is called Thomson coefficient. The direction in which the heat flows depends on the sign of the Thomson coefficient, the direction in which the current flows and the direction of the temperature gradient.

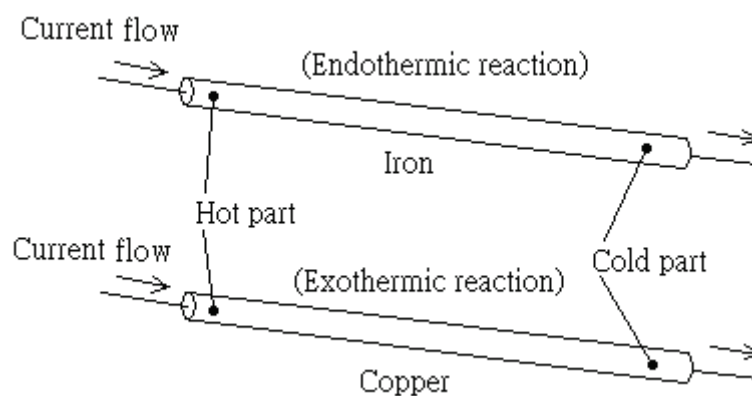


Fig.5 Thomson effect

Thermo-electric effect is a direct changeable system that a voltage can be occurred from a temperature difference ; on the contrary, a temperature difference can be also come from a voltage. In another words , when a thermo-electric device is set into a system, a voltage will be resulted from a temperature difference between two terminals ; a temperature difference will be happened if a voltage acts on this device. That effect can be applied to produce electrical energy , measuring temperature, and cooling or heating an object. For this reason of determining heating or cooling direction is controlled on an acted voltage, thus a thermo-electric device makes temperature control very easy.

A semiconductor structure with cooling chips is shown in **Fig. 6**, and a semiconductor structure with cooling chips and a sensor (S) is illustrated in **Fig. 7**.

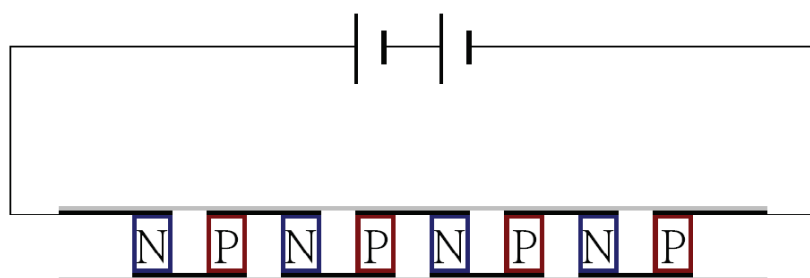


Fig.6 Schematic diagram of a semiconductor structure with cooling chips



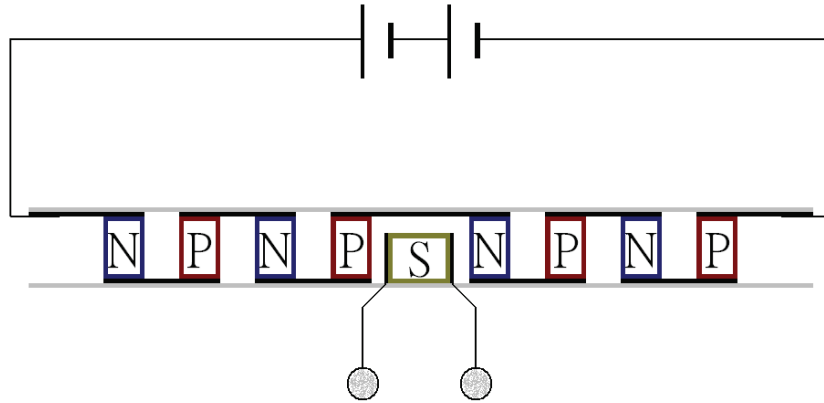


Fig.7 Schematic diagram of a semiconductor structure With cooling chips and a sensor

When an electric current passed across the close loop of two different conductors under the voltage, Jean Peltier found the fact that the two junctions will produce an endothermic end and an exothermic end. But it needs to have three ideal conditions as follows to get much more cooling or heating reaction.

- (1) Mast is a good electrical conductor that its resistance is little or no.
- (2) Mast is a bad thermal conductor, so that it can be prevented heat energy loss from a heating end to a cooling end.
- (3) High thermo-electric ability is necessary. In other words, it needs to have high thermo-electric potential and temperature variety.

The thermo-electric effect in past decades was applied to thermocouples only.

Because that the thermo-electric material was not so good. In recent years, it has been used to the good thermo-electric system for its electrical conductivity and bad thermal conductor.

Nowadays, a semiconductor with a cooling chip uses the special material ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ). It can be sorted to P type and N type. An electric cooling system will be formed when both P type and N type are connected in series and in parallel to a thermocouple set, and then are passed through a direct current.

### 3. Research Ways and Results

#### 3.1 Relation between direct currents and temperatures

At first, for the sake of obtaining data about a cooling chip, a simple circuit is made by use of a breadboard model and its experimental setup (**Fig.8**).

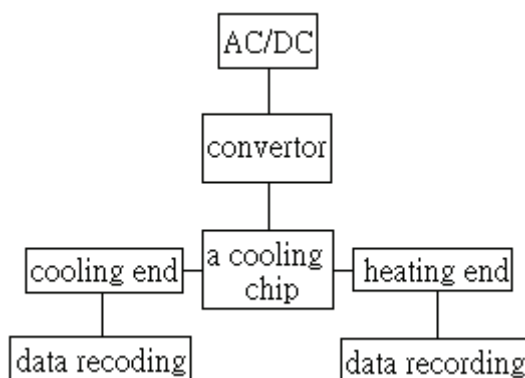


Fig 8 Experimental setup

A cooling chip is workable through direct current imported to heat or cool by electrode control as shown in **Fig. 9**. In the heating test through direct current, electric current is 1.2A and heating temperature is 45.4°C using a 9-volt dry battery ; electric current is 1.7A and heating temperature is 58°C using two 9-volt dry batteries in parallel ; electric current is 2.0A and heating temperature is 69.4°C using three 9-volt dry batteries in parallel.

Relatively, in the cooling test through direct current, electric current is 1.2A and cooling temperature is 6.2°C using a 9-volt dry battery ; electric current is 1.6A and cooling temperature is 3.2°C using two 9-volt dry batteries in parallel ; electric current is 1.8A and cooling temperature is 2.3°C using three 9-volt dry batteries in parallel.

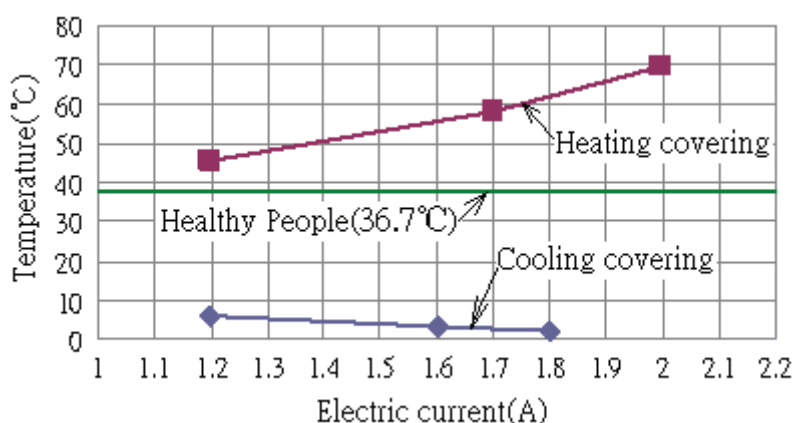


Fig.9 Relation between direct currents and temperatures

### 3.2 Relation between alternating currents and temperatures

To take a dry battery as a direct current of power have merits that **are** small, handheld and easy to use, but its defect that is inclined to fail will affect cooling or heating covering efficacy. For this reason, the alternating voltage must be decreased by use of a transformer. And the alternating current is transferred into direct current with a rectifier, so that a cooling chip can work if a plug inserts a socket.

**Fig.10** shows the heating test through alternating currents from various resistors, electric current is 1.1A and heating temperature is 45°C using 7.5Ω resistors in series ; electric current is 1.3A and heating temperature is 48°C using 6Ω resistors in series ; electric current is 1.6A and heating temperature is 58°C using 4Ω resistors in series ; electric current is 1.9A and heating temperature is 63°C using 3Ω resistors in series ; electric current is 2.1A and heating temperature is 73°C using 2Ω resistors in series.

Relatively, the cooling test through alternating currents from various resistors, electric current is 1.1A and cooling temperature is 11°C using 7.5Ω resistors in series ; electric current is 1.2A and cooling temperature is 8.2°C using 6Ω resistors in series ; electric current is 1.6A and cooling temperature is 5°C using 4.5Ω resistors in series ; electric current is 2.0A and cooling temperature is 2.5°C using 3Ω resistors in series.

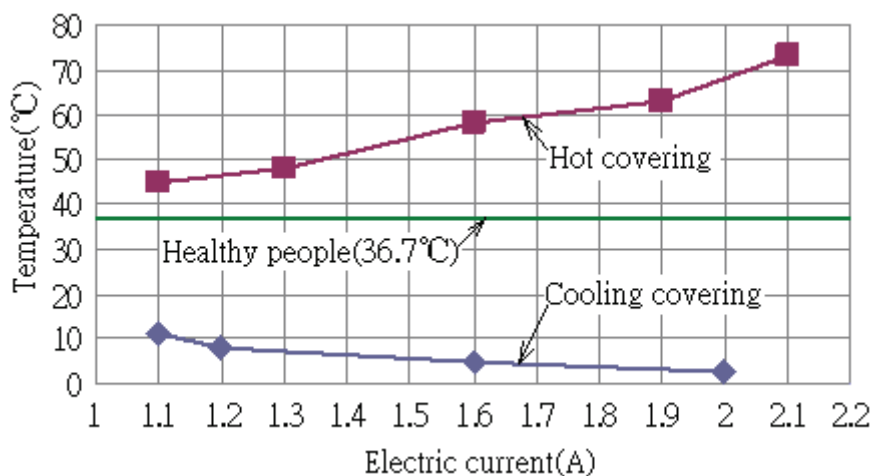


Fig.10 Relation between alternating currents and temperatures

### 3.3 To draw circuit diagrams and to make products

For the reason of various direct currents, three switches are connected in a circuit, and then a four-way switch is also connected to change to be a heater switch or a cooling switch in a cooling chip. This circuit diagram below direct current system shows in **Fig. 11**, and a product is made as shown in **Fig. 12**.

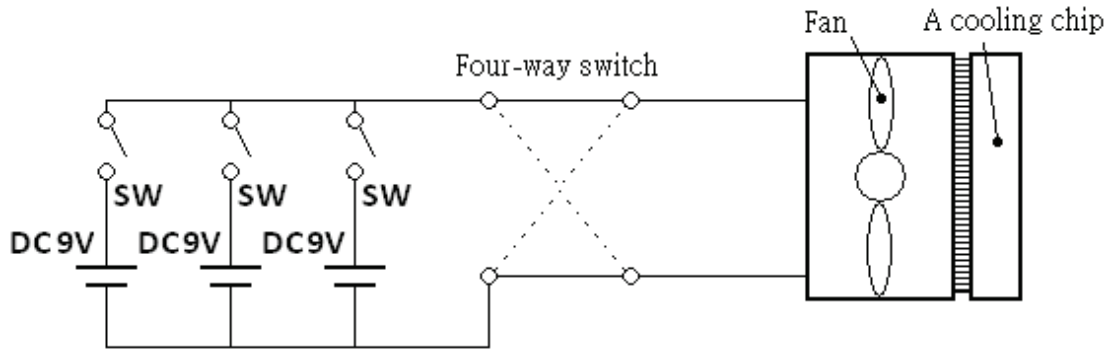


Fig.11 A circuit diagram of a direct current system

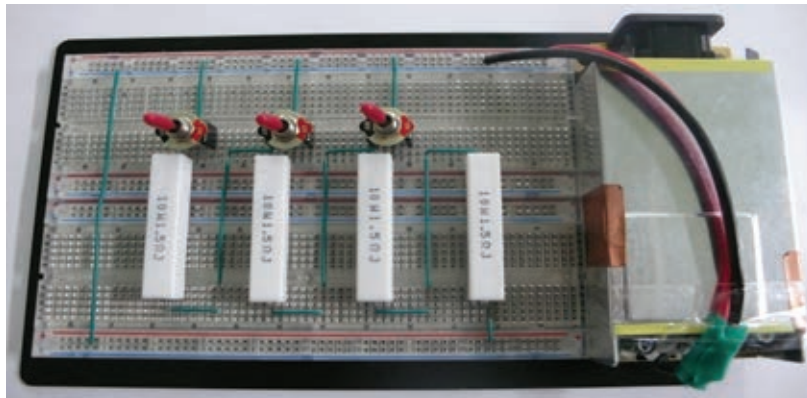


Fig.12 A product with a direct current system

The big merit that is easy to use will be lost due to the defect under direct current system needs to utilize batteries. Therefore, to use a cement wire wound resistor as a switcher to produce a voltage drop under an alternating current system may be a good idea. According to this idea, three-state of temperature control is necessary in a circuit diagram under an alternating current system (**Fig.13**). A product is made as shown in **Fig. 14**.

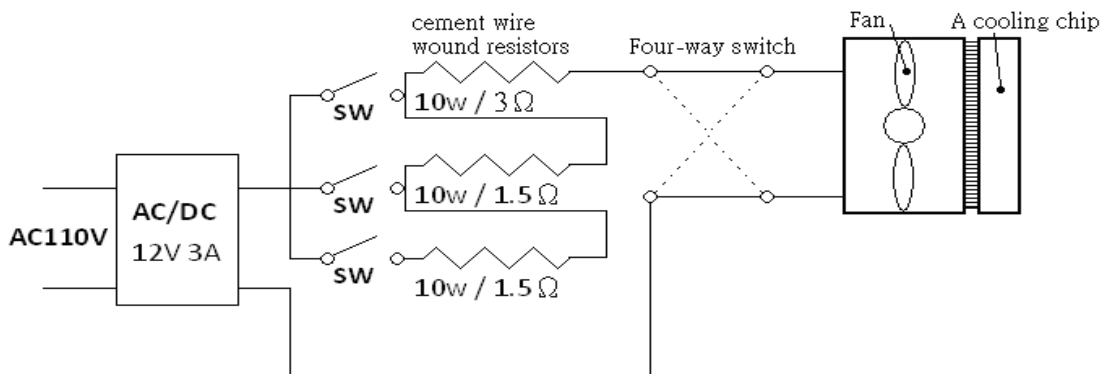


Fig.13 A circuit diagram with a three-stage of temperature control In an alternating current system

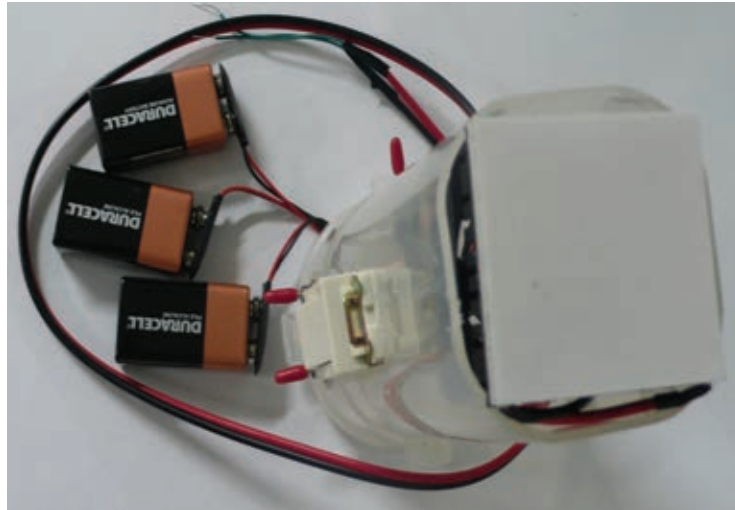


Fig.14 A product with an alternating current system

The cost will be increased on condition that a cover with electronic cooling and heating device makes use of two cooling chips. So a general switch can be designed to change to be an alternating current system or a direct current system , and the defect of a direct current system that needs to use three switches one time can be also improved. **Fig. 15** shows an ideal circuit diagram with a general switch. A product is made as shown in **Fig. 16**.

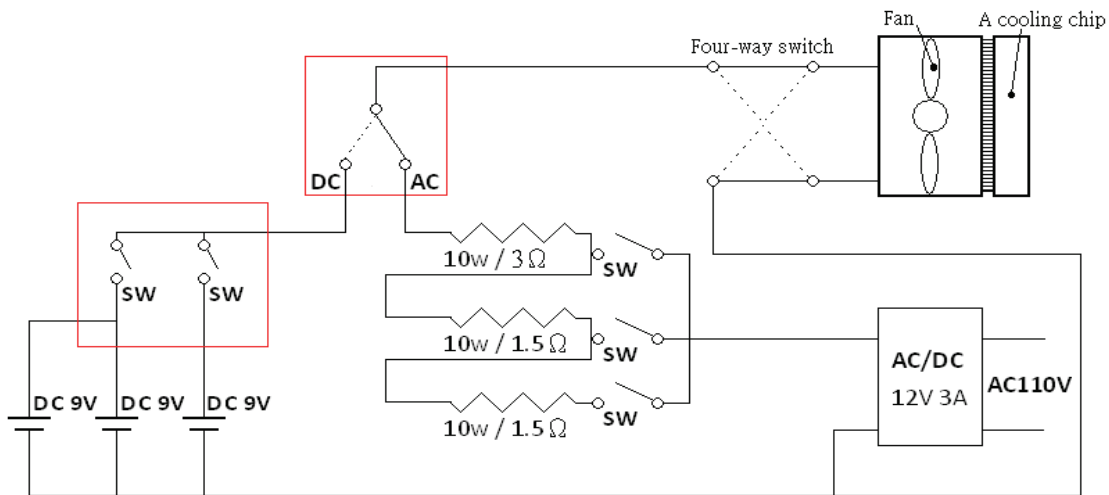


Fig.15 An ideal circuit diagram with a general switch

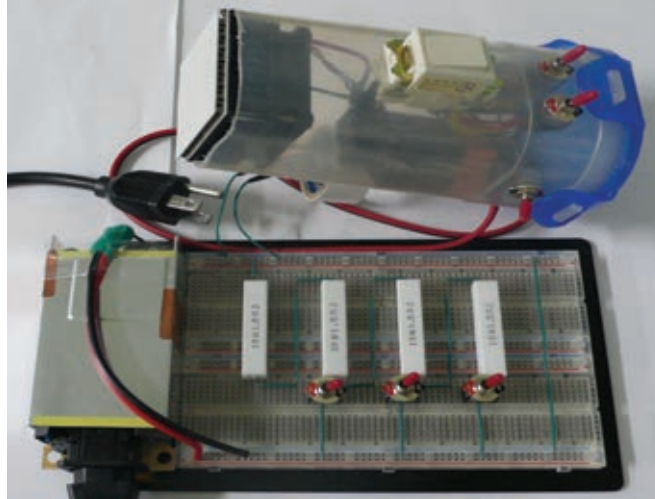


Fig.16 A product with a direct current system and an alternating current system

As mentioned above the tests, the device is characteristic of the initial velocity of electric currents to ascend too quickly, it can be reached in a steady situation by less than a minute, and then temperatures are also going up speedily with electric currents. At the steady situation of electric currents, temperatures are still increasing little by little, but it will be held a stable value under loading.

## 4. Conclusion

There can be no injury without sports at leisure. But just now to put water or ice in a container is not easy. A cooling chip has its merits such as quick responding time, small area, portable technology, and fitting in with environmental protection. So it can be applied to the heating or cooling care.

A cover with electronic cooling and heating device developed is provided with stages of temperature control and a general switch to change to alternating current system or direct current system. The different temperatures (heating range :  $45\sim 73^{\circ}\text{C}$ , cooling range :  $2.5\sim 11^{\circ}\text{C}$ ) can be used to reach the best effect on injured body parts within less than a minute according as various requirements. After used by many people, it gets a good appraisal.

Three 9-voltage dry batteries will be given way to a super-thin type of lithium cell in future. Because it not only can increase efficiency and life, but also has small and portable volume.

## References

- [1] White Paper On Energy Bureau, Ministry of Economic Affairs, Taiwan, 2010, pp. 15~18.
- [2] Patent No. M40692, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [3] Patent No. M40867, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [4] Patent No. M40887, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [5] Patent No. M41069, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [6] Patent No. M41091, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [7] Patent No. M41348, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [8] Patent No. M41375, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [9] Patent No. M41406, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [10] Patent No. M41456, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [11] Patent No. M41527, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [12] Patent No. M41563, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [13] Patent No. M41578, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [14] Patent No. M41605, Intellectual property office, Ministry of economic affairs, Taiwan.
- [15] Wei-Hao Qiu, The principals and applications of a cooling chip, Department of bio-industrial Mechatronics engineering, National Taiwan University, 2007.
- [16] Jun-Wei Zhang, Jun-Ming Yao, Automation systems for fishbowl cultivation, Southern Taiwan University, 2009.
- [17] Xu-San Zhu, Development and application between thermo-electric materials and elements, Technical subjects for heat management, 2005.
- [18] Xian-wen Ke, Thermoelectric transformation and its applications, The reports for technical policy, No. 5, 2011.

# 應用類神經網路模擬生物神經元老化功能取代作用

## The ANN Applied to Simulate The Compensation Phenomena For Function Loss of Biological Neuron Aging

朱明輝<sup>1</sup>曾國隆<sup>2</sup>

Ming-Huei Chu

Gow-Long Tzeng

<sup>1</sup>東南科技大學 機電科技學系 副教授 <sup>2</sup>東南科技大學 機械研究所 碩士

### 摘 要

本文簡介生物神經學，內容涉及生物神經元、生物神經細胞、分子生物學等。簡述神經系統內分子、細胞基礎和系統基礎變化過程，及這些過程的整合作用。因為生物神經學的發展使類神經網路蓬勃發展，類神經網路指模擬生物神經網路建立數學模式使得類神經網路可以具有學習及優化能力，本研究應用類神經網路模型模擬生物細胞神經元功能老化取代作用，以類神經網路模擬 XOR 邏輯閘功能，研究其學習過程收斂特性，並模擬單一生物細胞神經元老化或受損失去功能後，其他正常細胞神經元取代或學習其失去功能之過程，並研究其學習過程收斂特性。

**關鍵字：**類神經網路，倒傳遞網路，XOR 邏輯閘。

### Abstract

This study introduces the biological neurology (BN) and artificial neural networks. The content of involves the nerve, the dissection, the physiology, the pharmacology, the pathology, the biochemistry, the cytology, and the molecular biology. Because its duty learning nervous mol, the cell foundation and the system foundation change process, and these conformity function, until the most complex higher function, like learning, memory. Because of the artificial biological neurology development, makes the neural network research to be possible to establish the mathematical model and the neural network research can lie in understood that the humanity nervous systems function. The paper applies BPN to emulate the XOR gate, the convergent process is investigated. The first neuron of hidden layer lose function, other neurons can take place the lost function, and the process is investigated by simulation.

**Keyword :** artificial neural network, back propagation neural network (BPN), XOR gate.



## 壹、簡 介

神經生物學[1]的主要研究領域包括神經生物化學、神經解剖學、神經生理學、細胞神經生物學、行為神經生物學等。依其知識領域和研究範圍是屬於基礎神經科學，它是臨床神經生物學的基礎，亦是廣泛的臨床醫學基礎。從基礎與臨床的研究中，即可找到神經生物學理論及臨床實踐方法，並與人類健康密切相關。

世界各國普遍重視神經生物學研究，其原因可歸納為下列幾點[2]：

- 一、人類從小到大依靠神經系統學習各種行為，逐漸有了思考和探索、記憶和創造的能力，同時也越來越想瞭解人腦是如何使人具有這些能力，並做出種種行為。
- 二、大腦結構較為複雜，若能夠瞭解腦是如何工作的，將會對整個生物科學產生激勵作用。
- 三、大腦是思想的器官，若能瞭解清楚大腦是如何運作，致使人類瞭解其自身，有助於唯心主義哲學發展。
- 四、人是群體社會的動物，其在社會上的關係雖然極為錯綜複雜，但都由人腦所支配的，若能透過研究神經生物學，可對人類瞭解自身更為清楚，因此可以提高人類的素質，更可對緩解人類的矛盾有所裨益。

神經系統感知研究於20世紀較受重視，發展較快，於識別信號如何形成感知方面已有現階段的成果：

- 一、神經網路上側抑制的發現。出生於匈牙利的美國生理學家 Bekesy，發現在視覺中，有互相抑制的作用，有助於加強視覺中反差效應。他還發現在聽覺系統中也存在側抑制。這一作用原理已被應用於通信系統和工程系統的檢測。
- 二、神經纖維的感受域。這是英國生理學家 Adrian 在1930年前後所提出的概念。他的實驗發現許多感受器都會引起同一根神經纖維的反應，因此他把這纖維所聯繫的許多感受器的區域稱為感受域。
- 三、大腦皮層存在著「粒」狀細胞群的「功能結構」。60~70年代的研究初步發表，大腦有 $10^9 \sim 10^{11}$ 的細胞。它們是有序的，在感知外界事務的信息加工過程中遵循一定規則，而且各種感覺都有其共同規律。

生物神經元於1873年義大利人高爾基（Golgi）運用重鉻酸鉀固定組織材料，然後通過銀染在顯微鏡下，觀察到少數神經元結構。1885年高爾基發表了這一觀察結果，在當時這一方法並未引起解剖學家們的足夠注意。直到1888年，西班牙的組織學家 Santiago Romany Gajal 利用染色方法對多種動物的不同部位的神經系統進行組織化學觀察，然後對神經結構進行了系統描述。高爾基根據實驗推論：神經訊號通過細胞的樹突和軸突進行傳導，神經訊號在細胞間的傳遞是發生於軸突和樹突彼此相接觸的部位。

1891年，德國柏林的解剖學家和病理學家 Wilhelm Waldeyer 建議使用「神經元」這個術語，因此形成了後來著名的「神經元學說」。其中許多研究成果與 Golgi 的論點是相符。由於 Golgi 和 Cajal 對神經元學說的巨大貢獻，兩人於1906年共同獲得了諾貝爾生理醫學獎。

直到20世紀中葉，David Robertson、Eduardo De Robertis、Stanford Palay 和 George Palade 發表了電子顯微鏡下對神經元的觀察結果，指出神經細胞膜與其他細胞的單位膜類似。這些觀察結果支持關於每一個神經元與個體其他細胞一樣都是遺傳和解剖學單位的觀點，而且推測大量神經元組成的神經組織構築了神經系統的基本功能。

神經元是神經系統中最基本的結構和功能單位，通常越是高等的動物，其神經元的數量越多。能了解神經元中胞體的特性，有助於理解神經生物學的基本原理。生物神經學的發展，使得神經網路研究進一步模仿生物神經系統建立數學模式，稱為誤差倒傳遞網路(BPN)。研究目的在於將其應用於智慧型工業產品，使工業產品具有學習優化能力。本文並以 XOR 邏輯閘為例，模擬研究類神經網路數值模型演算過程及收斂特性。

神經生物學是一門在分子、細胞、組織器官整體等多種水準上研究神經系統的形態和功能的學科。美國神經科學學會對神經科學所作之定義為：神經科學是為了瞭解神經系統內細胞、分子基礎及細胞間變化過程，及這些過程在中樞功能控制系統內的整合作用而進行的研究。

神經生物學的內容涉及神經解剖、生理、生物化學、細胞生物學、分子生物學等。其任務是研究神經系統內分子、細胞基礎和系統基礎變化過程，及這些過程的整合作用，直到最複雜的高等功能，如學習、記憶等。其最終目的在於瞭解人類神經系統的結構和功能，及行為與心理活動的物質基礎，為改善人類感覺與運動效率，提高對神經系統疾病的防治水準、增進健康服務。

## 一、生物神經元概要

神經元即神經細胞是構成生物神經系統的結構和功能的基本單元，它主要包括細胞體和突起等部分，細胞體的形狀和大小是多種多樣化。從組織結構方面來看，各種神經元也有它們的共通性。

每一個神經元都是由胞體 (cell body)，又稱為核周體 (perikaryon) 和從胞體發出一個或幾個長短不等的突起構成。神經元突起分為樹突 (dendrite) 和軸突 (axon)，如圖一神經元基本結構圖。細胞體是神經元的主體，它由細胞核、細胞質和細胞膜三個部分所組成。從細胞體向外延伸出許多突起，其中大部分突起呈樹狀，起感受作用，接受來自其它神經元的傳遞信號，這些突起稱為樹突。細胞體伸出一條最長的突起，用來傳出細胞體產生輸出電信號，稱為軸突。軸突末端有許多細的分支是神經末梢。每一條神經末梢可以與其它神經元形成功能性接觸，該接處部位稱為突觸。所謂功能性接觸並不一定是永久性接觸，它是由於神經元之間信息傳遞的需要而形成的，且有很好的可塑性。

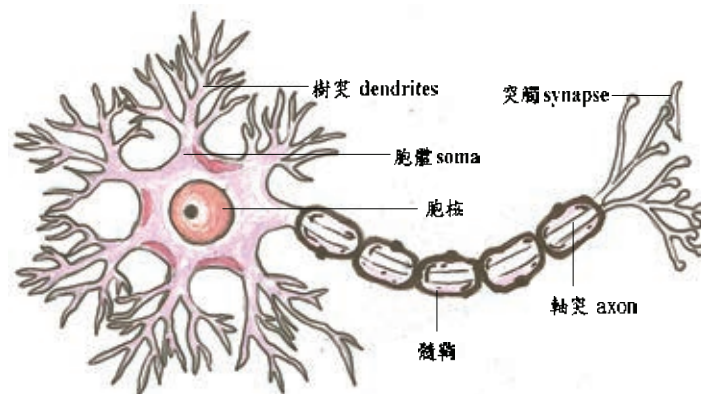
軸突可由周邊衛星細胞包圍，這些細胞稱為許旺細胞 (Schwan cell)，它可以提示神經電位信號在軸突中傳遞速度，也有可能有助於軸突代謝。在發育過程中有些神經纖維外面的許旺氏細胞環繞軸突生長，在軸突外包圍了幾圈，形成了絕緣的鞘，稱為髓鞘。

## 二、生物神經元結構

神經元是個體所有細胞中最令人感興趣和與眾不同的細胞。在發育期間，一些神經元內的細胞質和 DNA 增長的比率是 $10^5$ 。神經元的壽命很長，在年老時才死亡。細胞程序性死亡（programmed cell death）在神經系統的發育中可能發揮著重要的作用。初始時神經元產生的數量可能是比較多的，然而真正存活下來的卻是少數，這反映了神經系統發育的一個共同特徵。神經元所具有的長壽和穩定特性，對於維持腦中的訊號通路顯然極為必要的。若神經元的數目出現持續不斷的變化，這將引起突觸連接的不斷改變，而這對有效訊息的傳遞和記憶儲存是極為不利的。

它是由下列4個部份組成。

- （一）胞體（soma）又稱為神經核：神經細胞中呈核狀的處理機構。
- （二）樹突（dendrites）又稱神經樹：神經細胞中呈樹枝狀的輸出入機構。
- （三）軸突（axon）又稱神經軸：神經細胞中呈軸索狀的輸送機構。
- （四）突觸（synapse）又稱神經節：神經樹上呈點狀的連結機構。



圖一 生物神經元結構圖

## 貳、生物細胞神經元功能老化（或受損）探究與取代作用

生物界有一不可逆的規律，即是生、長、老（或病）、死的生命自然發展規律。大腦神經細胞於出生時即已分化細胞，不再進行分裂或繁殖，主要是因其生命過程很長。出生之後神經細胞的數量只減不增。人的腦細胞與人的壽命同時開始，也同時終止。因神經細胞不能再增生繁殖，也就容易受到內外的各種有害因素，因這些有害因素的不斷累積而造成損傷而受損；因為腦血流、氧化和能量代謝降低；突觸的傳遞訊（信）息數量也相對減少，其活動能力會出現降低的情形，導致神經細胞蛻（退）變和功能性障礙當機體代償機制的儲備能力下降時，老化現象就隨之出現，此種過程稱之為老化過程。在神經系統中之大腦，隨着年齡的增長而發生老化的情形是無法改變的事實。

在腦老化 (aging of brain) 的組織學表示為神經細胞內的線粒體減少、Nissl 體消失、顆粒空包形成及膠質細胞之增生等，同時伴有脂褐素的沉積。腦老化是指腦生長發育成熟到衰老過程中的後一階段，包括一系列生理、形態結構的和功能的變化。屬正常的生命過程，是生物學上不可避免的發展階段，由遺傳規律的生命周期所決定的。它和腦衰老是不同的概念，腦衰老是指腦的疾病變化。老化是始於生命過程約一半以後或最後1/4時期。神經系統是大腦隨着年齡增長而發生老化的改變，這是正常的老年改變，與病理性的老年性病變不同。在免疫學說對於衰老可分為兩類：一、免疫功能的衰退是造成機體衰老的原因。二、自身免疫學說認為是自身免疫在導致衰老作用，衰老並非是細胞死亡和丟失的被動過程，是積極的自身破壞過程。

人類在日常生活中，不斷學習一些技巧或將所學習之一切慢慢地形成一些固定習慣。當腦老化、腦衰老時，突觸結構可塑性的突觸連接會消退，突觸活性區數量與面積會變少及變小，突觸間隙也會變化，各種亞細胞結構也會改變，其突觸傳遞功能亦減弱，學習與記憶功能將隨之減弱。記憶中的訊息以增新及獲取，可以儲存在長時記憶中。增新及獲取之訊息不一定保存長時記憶裡，有時也會被遺忘。學習及遺忘是日常生活中普遍存在的，是很難避免。有些疾病會造成記憶嚴重喪失，如老化、中風、衰老、酒精中毒等都可損壞記憶及其他如學習等功能。

生物神經元當出現老化或損傷時，其臨近之神經元的軸突也會長出側支進入受損之神經元內膜髓鞘管內，這種機制稱為神經元側支神經再生 (collateral nerve regeneration)。神經元為一種終末分化細胞，其本身並不具有分裂增殖功能。實際上是指神經元軸突在一定範圍內具有可塑性，其重要原則是營養中心之胞體沒有死亡，且能夠合成軸突再生所需之物質，也就是胞體要得到足夠養份和保護。當在一定區域內若有數量過多老化或損傷時，此種機制很難形成，因養份的供應不足，保護區域會增廣而能力消退。

## 參、類神經網路

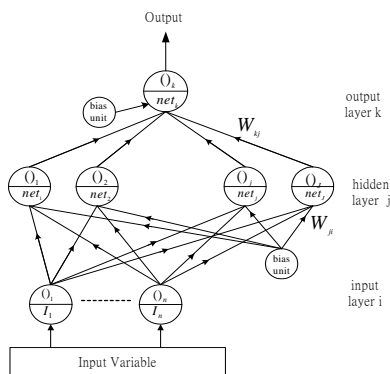
### 一、類神經網路

類神經網路 (artificial neural networks) [3]：引用生物神經網路的學習機制建構數學化模型，是一種強而有力且能夠捕捉和呈現複雜的輸入和輸出資料間相對關係的資訊處理模型。它是一種模擬生物神經網路對於外界資訊所做的接收、儲存、學習、反應等，一系列動作的一種數學運算網路。它可以利用一組或多組範例，當作系統輸入與系統輸出的資料來建立系統模型，透過學習輸入變數與輸出參數資料間的映射 (Mapping) 關係而取得適當的連結加權值，之後便可輸入資料後透過網路運算而得到相對應的輸出資訊，屬於平行分散式的處理計算模式，因此這樣的系統模型便可用於樣式辨認、推估、預測、決策和診斷。它能夠藉由輸入資料中學習線性和非線性的關係，而傳統的線性模型則無法處理資料中包含有非線性的特徵。

倒傳遞類神經網路 (Back propagation networks BPN)，是一種監督型類神經網路，為常用之類神經網路型式。倒傳遞類神經網路為多層神經網路 [4] (Multi layers neural networks)，通常是由三大部分所組成，輸入層和輸出層通常各為一層，隱藏層則可以為多層。多層神經網路須要決定隱藏層層數目及各層神經元數目。

本章提出三層誤差倒傳遞類神經網路即單一隱藏層類神經網路，下一章並舉出應用於 XOR 之結果範例。Lippmann 於1987年[5]提出單一隱藏層類神經網路即三層神經網路如圖二所示足以對應線性與非線性函數，單一隱藏層神經元數目可為  $M(N + 1)$ ， $M$ 為輸出層神經元數目， $N$ 為輸入層神經元數目，在實際應用時，使用較少的神經元數目，常常已足夠達成很好的收斂效果。

所以神經網路常常採用單一隱藏層結構，三層神經網路；含輸入層(以  $i$  代號)、隱藏層(以  $j$  代號)及輸出層(以  $k$  代號)，輸入層使用  $I$  個輸入變數、隱藏層有  $J$  個神經元、輸出層有  $K$  個神經元，輸入需將輸入變數正規化，使輸入量小於1大於-1，輸出層及隱藏層節點之激發函數常使用單調遞增函數或雙曲正切函數。



圖二 三層類神經網路結構

## 二、類神經網路之神經鍵更新演算（激發函數為單調遞增函數）

倒傳遞類神經網路的基本原理是利用最陡坡降法（the gradient steepest descent method）的觀念，將推論輸出值與目標輸出值相減後的誤差值以回饋方式修正網路的連結加權值，將誤差函數予以最小化，使網路能夠擷取一最適的權重，進而使推論輸出值能夠盡量逼近目標輸出值。在修正網路的連結加權值過程中，使網路誤差函數達到最小，也就是使推論輸出值趨近於目標輸出值，如此一來，網路已從訓練範例中學習到隱含在其中的內隱知識。整個演算法大致可分成兩部分：一、學習過程。二、回想過程。訓練範例不斷重複上述兩步驟，直到所有訓練範例皆輸入完畢為止，稱為一個學習循環（Learning cycle），一個網路可以將訓練範例反覆學習數個學習循環，直到收斂為止。類神經網路的學習過程中，採用批次（Batch）學習一個訓練範例的方式，直到學習完所有的訓練範例後，才完成一次的學習週期（Epoch）。

類神經網路[6]其結構如圖二所示，輸入層須將輸入信號正規化，使輸入量正規化至-1與+1之間，輸出層及隱藏層節點之激發函數可為雙曲線正切函數  $f(x) = \tanh(x)$  或單調遞增函數(Sigmoid)函數  $f(x) = 1/1 + e^{-x}$ 。對於隱藏層節點  $j$  之輸入為

$$net_j = \sum (W_{ji} \cdot O_i) + \theta_j \tag{1}$$

節點  $j$  之輸出為

$$O_j = f(net_j) = 1/1 + e^{-\beta \cdot net_j} \tag{2}$$

其中  $\beta > 0$  為調整。同理輸出層節點  $k$  之輸入為

$$net_k = \sum (W_{kj} \cdot O_j) + \theta_k \quad (3)$$

$$j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K$$

節點  $k$  之輸出為

$$O_k = f(net_k) = 1 / (1 + e^{-\beta \cdot net_k}) \quad (4)$$

兩式中  $W_{ji}$  及  $W_{kj}$  分別代表輸入層與隱藏層之間的神經鍵加權值，以及隱藏層與輸出層之間的神經鍵加權值； $\theta_j$  及  $\theta_k$  分別表示隱藏層及輸出層的偏權值。

$O_j$  及  $O_k$  分別對  $net_j$  及  $net_k$  之微分得到

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_j}{\partial net_j} &= \beta \cdot O_j(1 - O_j) \\ \frac{\partial O_k}{\partial net_k} &= \beta \cdot O_k(1 - O_k) \end{aligned} \quad (5)$$

輸出層節點  $k$  之輸出  $O_k$ ，對於第  $N$  次取樣時間之誤差能量函數定義為

$$E_N = \frac{1}{2} (X_N - X_{PN})^2 = \frac{1}{2} e_N^2 \quad (6)$$

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

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

其中  $\eta$  代表學習速率， $\alpha$  為慣性常數。因此，輸出層及隱藏層之間的能量梯度為

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial W_{kj}} = \delta_k O_j \quad (8)$$

其中定義

$$\begin{aligned} \delta_k &= \frac{\partial E}{\partial net_k} = \sum_n \frac{\partial E}{\partial X_p} \frac{\partial X_p}{\partial O_n} \frac{\partial O_n}{\partial net_k} = \sum_n \frac{\partial E}{\partial O_n} \frac{\partial O_n}{\partial net_k} \\ &= \sum_n \frac{\partial E}{\partial O_n} \beta \cdot O_n(1 - O_n), \quad n = 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (9)$$

同理，輸入層與隱藏層間之能量梯度為

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ji}} = \frac{\partial E}{\partial net_j} \frac{\partial net_j}{\partial W_{ji}} = \delta_j O_i \quad (10)$$

其中

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

$$= \sum_m \delta_k W_{km} \beta \cdot O_m (1 - O_m) \quad m = 1, 2, \dots, J \quad (11)$$

輸出層與隱藏層以及輸入層與隱藏層之第 N 次加權值

變量與前一次加權值殘留慣量項(momentum term)之關係分別如下：

$$\begin{aligned} \Delta W_{kj,N} &= -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{kj,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1} \\ &= -\eta \delta_k O_j + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{ji,N} &= -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{ji,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1} \\ &= -\eta \delta_j O_i + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1} \end{aligned} \quad (13)$$

其中， $\eta$  及  $\alpha$  分別為學習速率及慣量項係數， $\delta_j$  及  $\delta_k$  分別由式(9)及(11)所求得，神經鍵加權值矩陣由在第 N 次至 N+1次之更新為：

$$W_{kj,N+1} = W_{kj,N} + \Delta W_{kj,N} \quad (14)$$

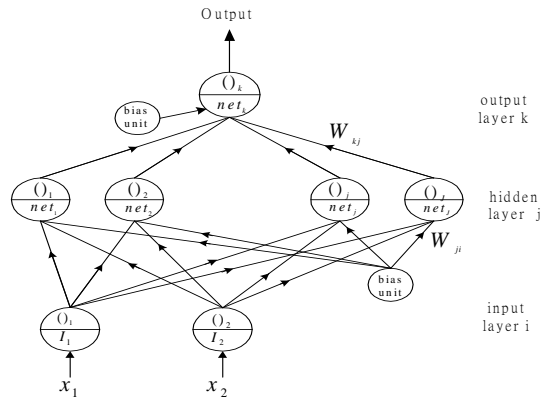
$$W_{ji,N+1} = W_{ji,N} + \Delta W_{ji,N} \quad (15)$$

## 肆、應用三層誤差倒傳遞類神經網路(BPN)模擬 XOR 邏輯閘功能

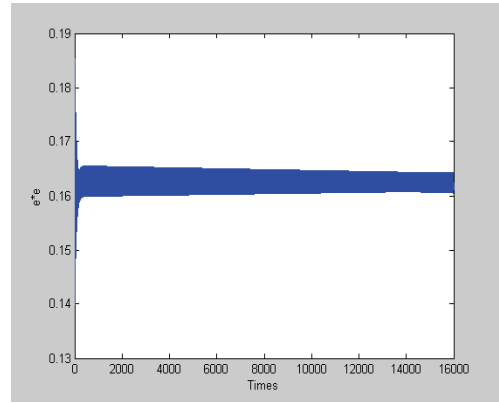
誤差倒傳遞類神經網路為三層結構如圖三所示[6]，含輸入層、隱藏層、輸出層，輸入層使用2個輸入變數、隱藏層有5個神經元、輸出層有1個神經元，學習速率 $\eta=0.1$ 、激發函數為  $f(x) = 1/(1 + e^{-\beta \cdot x})$  (Sigmoid 函數)，選擇神經鍵初始值為介於-0.5與+0.5之間亂數(Random number)。

在類神經網路的學習過程中，採用批次學習一個訓練範例的方式，直到學習完 XOR 邏輯閘4種訓練範例後，才完成一次的學習週期 (Epoch)。輸入層須將輸入信號正規化，使輸入量為0.9代表1；0.1代表0。XOR 邏輯閘輸入量定義0.9代表1；0.1代表0；輸出量以0.9代表1；0.1代表0。應用 MATLAB 軟體模擬訓練4000次學習週期 (Epoch) 共16000次訓練後，誤差平方  $e \cdot e$  變化如圖四、五，顯示結果無法收斂。

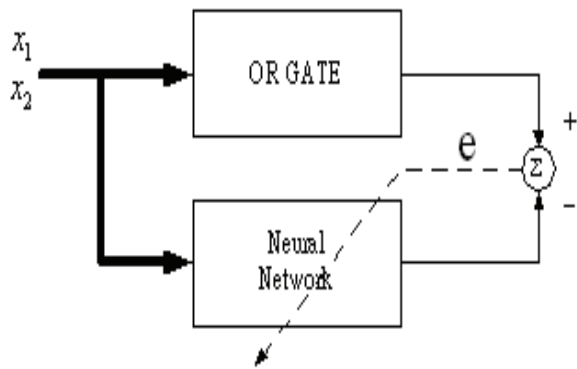
改進方法為先訓練類神經網路模擬 OR 邏輯閘功能，則可以達到收斂，訓練過程誤差平方  $e \cdot e$  變化如圖六。其收斂對應之神經鍵值定義為模擬 XOR 邏輯閘訓練之神經鍵初始值，模擬 XOR 邏輯閘功能，訓練過程誤差平方  $e \cdot e$  變化如圖七。顯示可以達到收斂。



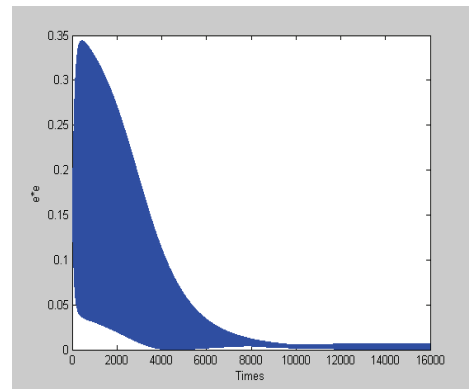
圖三 三層類神經網路結構  
模擬 XOR 邏輯閘[6]



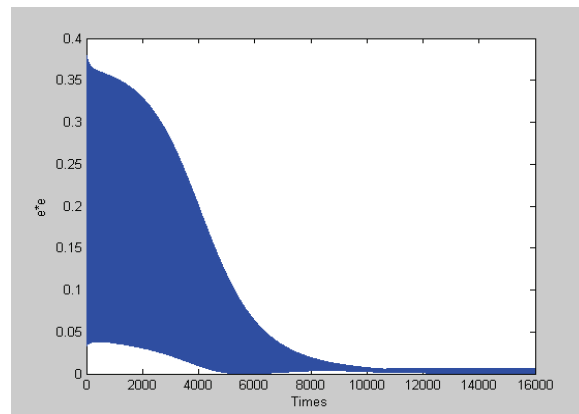
圖五 模擬 XOR 邏輯閘訓練  
16000次誤差平方  $e \cdot e$  無法收斂



圖四 類神經網路模擬2個輸入的  
OR 邏輯閘輸出輸入映設關係



圖六 模擬 OR 邏輯閘訓練  
16000次誤差平方  $e \cdot e$  收斂趨勢



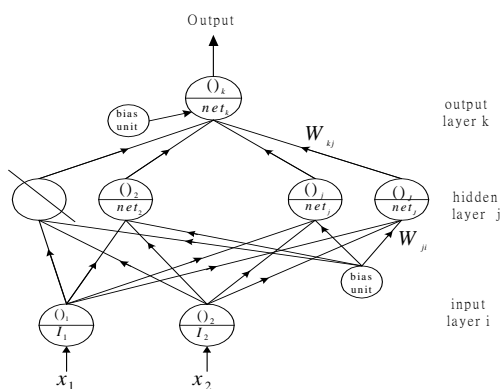
圖七 模擬 XOR 邏輯閘訓練16000次誤差平方  $e \cdot e$  收斂趨勢



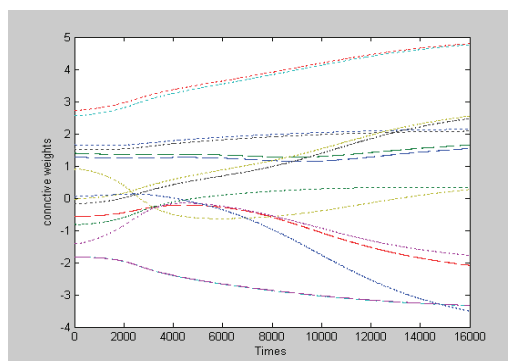
## 伍、應用倒傳遞類神經網路(BPN)模擬生物細胞神經元老化功能取代作用

模擬假設類神經網路，模擬 XOR 邏輯映射關係在學習訓練過程達到收斂時若隱藏層第一個神經元因老化或受損失去功能如圖八所示，則其餘神經元及神經鍵將逐漸取代第一個已老化細胞神經元過程。

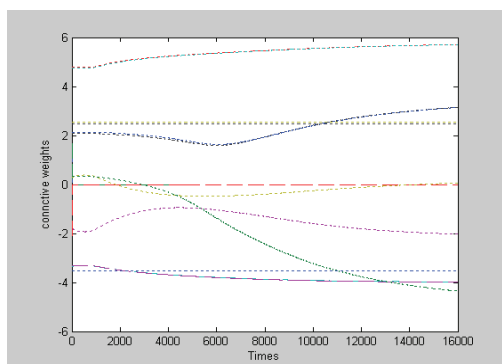
模擬假設隱藏層第一個神經元失去功能，則其餘神經元及神經鍵將逐漸取代第一個已老化神經元細胞功能。圖七顯示訓練16000次誤差平方  $e \cdot e$  逐漸收斂。圖九顯示完成模擬 OR 邏輯開訓練功能後，再模擬 XOR 邏輯開訓練16000次隱藏層至輸入層15個神經鍵反應過程，其中長虛線代表隱藏層第一個神經元連接之神經鍵。圖十顯示隱藏層第一個神經元老化失去功能後，模擬 XOR 邏輯開訓練16000次神經鍵反應，長須線代表隱藏層第一個神經元連接之神經鍵信號已歸零，其餘神經元及神經鍵將逐漸取代第一個已老化神經元細胞功能，圖十一所示隱藏層第一個神經元老化失去功能後神經網路持續模擬 XOR 邏輯開，訓練16000次誤差反應呈現收斂，代表其餘神經元及神經鍵將逐漸取代第一個已老化神經元細胞功能，使神經網路持續正確模擬 XOR 邏輯開功能。



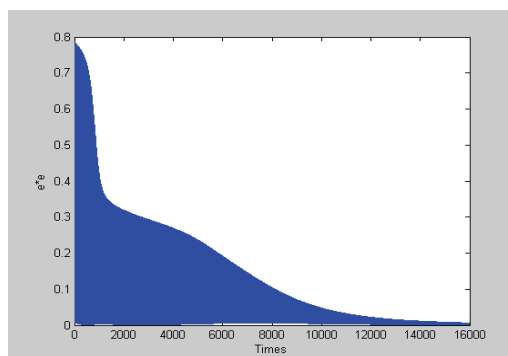
圖八 隱藏層第一個神經元老化



圖九 模擬 XOR 邏輯開訓練16000次神經鍵反應



圖十 隱藏層第一個神經元老化失去功能  
模擬 XOR 邏輯開訓練16000次神經鍵反應



圖十一 隱藏層第一個神經元老化失去功能後  
模擬 XOR 邏輯開訓練16000次誤差反應收斂

## 陸、結論

本研究應用類神經網路模型模擬生物神經元細胞老化後失去功能後，健康神經元細胞取代失去功能作用，本研究以類神經網路模擬 XOR 邏輯閘功能，研究其學習過程收斂特性。

模擬結果顯示隱藏層第一個神經元老化失去功能後，神經元連接之神經鍵信號已歸零，神經網路持續模擬 XOR 邏輯閘，其餘神經元及神經鍵將逐漸取代老化神經元細胞功能。訓練16000次誤差反應呈現收斂，代表其餘神經元及神經鍵成功取代第一個已老化神經元細胞功能，使神經網路持續正確模擬 XOR 邏輯閘功能。

本研究發現當隱藏層的元件過少，或無中間之隱藏層，其取代老化神經元細胞功能可能會喪失；若隱藏層的元件及中間之隱藏層數量較多，其取代老化神經元細胞功能會增強，甚至會恢復原有功能，但是有一原則神經元不能完全死亡（斷路），才有可能復原。

## 柒、參考文獻

- [1] 丁斐主編，神經生物學，科學出版社，北京，2007年9月，一版。
- [2] 王建軍，神經科學—探索腦，高等教育出版社，北京，2004年。
- [3] 王旭、王宏、王文輝，人工神經元網路原理與應用，東北大學出版社，沈陽，2000年12月。
- [4] J. de Villiers, E. Barnard, "Backpropagation Neural Nets with One and Two Hidden layers", IEEE Trans. Neural Networks, vol. 4, no. 1, pp. 136-141, Jan 1993.
- [5] R. P. Lippmann, "An Introduction to Computing with Neural Nets," IEEE Acoustics, Speech, and Signal Processing Magazine, pp. 4-22, April 1987.
- [6] 朱明輝、彭增榮，類神經網路控制，文京出版社，台北，2007年9月。



# 混凝土雕刻與上色方法之研究

## The Study of Carving and Colouring on Concrete Surface

黃明德<sup>1</sup>

吳瑋欣<sup>2</sup>

Min-Der Hwang<sup>1</sup>

Wei-Hsin Wu<sup>2</sup>

1東南科技大學 營建科技學系 副教授 Department of Construction Technology

2東南科技大學 營建科技學系 研究生 Department of Construction Technology

### 摘 要

本研究目的是想提昇混凝土表面的藝術美感。利用壓克力光滑的表面做模板，來製造表面光滑平整的亮面混凝土，再利用雷射雕刻機在其表面刻劃圖案。雷射的高溫會造成混凝土表面的破損，因而將圖案燒刻在混凝土表面。雷射雕刻機的好處是解析度高，又可以做點陣與向量圖的電腦刻劃。粗糙破損的表面有利於著色，也使圖案更突出明顯。本研究上色所用的材料有壓克力漆與色粉。有了彩色圖案，將使混凝土表面更加美觀，並增加其應用性。

**關鍵詞：**雷射雕刻機、色粉、混凝土。

### ABSTRACT

The purpose of this research is to increase the artistic value of the concrete. Using the smooth surfaces of acrylic boards as mold, the concrete slabs with similar smooth and reflective surfaces can be created. Then, using a laser engraving machine etches pictures and patterns into the surface of the concrete. The extreme temperature of the laser burns and creates breaks in the surface of the concrete. By placing the laser burns in a predetermined form or pattern, an image is etched onto the concrete. The advantages of using laser engraving as proposed to more conventional methods are its higher resolution, the speed of engraving, and its ease of use. The breaks in the surface of the concrete have a comparatively rougher surface to the surrounding surface, which provides a medium for coloring of the etched surface, accentuating the engraved image. The materials used for coloring include acrylic paints and colored powders. The coloring enhances the outward appearance of the concrete, thus increasing its practicality.

**Key words:** laser engraving machine, concrete, colored powder.

## 壹、緒論

一般傳統混凝土應用於工程上主要重視的是強度品質，較少研究混凝土所呈現出的美感【1】。清水混凝土表面品質已能讓人接受，但還有進步的空間【2, 3】。想要再提升混凝土表面的價值，雕刻是一項可行的方法，假如能再加上色彩應該會更好。上色的方法很多，雕刻方法的選擇卻有限。雷射雕刻機是一個不錯的選項，因為雷射雕刻機解析度高，操作容易，只要電腦可呈現之圖案都可以雕刻出來。現今科技的精密工業快速發展，雷射雕刻相關領域快速增加中。對任何一種雕刻技術而言，雕刻品的表面質相當重要，關係著雕刻後藝術品質精緻美觀，在這現今經濟發展快速的時代，若要達到雕刻品質省時省力快速又美觀，與電腦整合是非常重要的【4】。

其實，雷射雕刻機的能力也有其極限。雖然雷射雕刻機可以雕刻出高解析度的圖案，但是有限的雷射功率，也只能輕微地燒刻混凝土表面。功率太輕，對於本來就是粗糙粗造的混凝土表面，無法明顯的把燒刻圖案的美感，顯現出來。功率太重，燒破範圍大，圖案的解析度又會蕩然無存。所以選擇表面光滑的亮面混凝土【5】來配合一般的雷射雕刻機，是最好的選擇。亮面混凝土的表面均勻平整光亮，而且沒有氣孔。選擇適當的雷射功率，就可以將高解析度的圖案，明顯的顯現出來。其實，亮面混凝土的亮面是來自於與模板接觸的那個面，只要選擇平整光亮的模板，如玻璃或壓克力，就可以做出亮面混凝土。用一般傳統方法抹平的混凝土表面，仍是過於粗糙，無法達到藝術美感的要求，不宜使用。

## 貳、實驗步驟與方法

本研究分為三個步驟進行：一、亮面混凝土的製作，二、表面雕刻，三、上色。

### (一) 亮面混凝土的製作

本實驗亮面混凝土的配比設計是經由改良的活性粉混凝土【6, 7, 8】而來，如表一。目的是為了去除表面氣孔，與使高水灰比下之混凝土有較好之抗壓強度與耐久性。加入石英砂與石英細砂，能使混凝土更加緻密，提高抗壓強度及增加耐久性。製作過程中沒有添加矽灰，因為矽灰是幫助活性粉混凝土產生波蜀蘭反應，增加其強度的添加物，對於混凝土表面平整其實沒有幫助。所以有無矽灰毫無差別，因此在亮面混凝土設計配比時，不考慮使用矽灰。也不考慮高溫養治，高溫養治會造成混凝土表面霧化。

雖然本實驗之水灰比比一般活性粉混凝土高，但比一般普通混凝土小。所以其強度也應該高於一般之普通混凝土。

表一、亮面混凝土的配比（重量比）

項目	白水泥	水	石英砂	石英細砂	強塑劑
亮面混凝土	1	0.35	1.5	0.5	0.05

亮面混凝土的亮面主要是來自於模板的品質，因為表面平整光滑的模板，就會產生表面光亮的混凝土。所以本實驗選用壓克力做模板，因為壓克力便宜又容易加工。但是壓克力硬度低，容易磨損，再使用率也相對不高。

混凝土拌合時，先將骨材放置需小型拌合機中，乾拌均勻，拌合時間需視拌合量來決定。水與強塑劑混合，分2次加入乾拌骨材中，其每次加入需等水分與粒料充分混合後才能在加入。拌合完成的混凝土澆置於壓克力模板上，其澆置厚度約1.0公分至1.2公分，將試體放置震動台上震動，震動大約2分鐘，主要目的是要讓混凝土與壓克力接觸面的氣泡全部往上升，有時會有溢水發生，只有此方法才能達到氣泡震離表面之效果。拆模是試驗中另一個重要的考驗，拆模不小心，會使亮面混凝土表面有瑕疵。混凝土拆模時間大約2至3天，從透明的壓克力可以看見角落有混凝土脫離模板的跡象，就是脫模的時機。太早或太晚脫模，會造成混凝土表面脫皮，或霧面的情形，所以需特別小心。

## （二）表面雕刻

雷射雕刻機是由法國 Gravograph 公司所製造之 LS100，此款雷射雕刻機的規格是，雷射管為 CO2密閉式金屬雷射管(10.6u)，具備了自動對焦與紅光對位功能，切刻平台可上下調整，其最大輸出功率是30W，雕刻機之外型尺寸長寬高分別為：長76cm、寬44cm、高72.5cm，有效雕刻範圍:長46cm、寬30.5cm，如圖一所示。



圖一、雕刻機

雷射雕刻機有三種雕刻方式，有點陣圖、向量圖、點陣向量圖三種圖檔，點陣圖是由像素單個點所組成的，利用點來紀錄圖形中所有使用到的顏色，在拼成一整張圖，當圖片放大時，可以看見圖片許多小方格，因解析度是固定的，若圖片放大倍數後，圖片的邊緣會呈現鋸齒狀，點陣圖縮放大小不同時，會影響圖片的品質。向量圖是以數學運算來定義圖形的直線及曲線，所以圖形最基本的元件是線段而不是點，當圖形放大縮小時，數學函數都會從新計算過，圖片的品質也比較不會受到解析度影響造成失真，在向量圖檔中每一個圖形為一個物件，都為一個獨立的個體，定義個種不同的屬性，方便在繪圖時自由移動，能輕易的修改曲線而不會影響到其它物件，線條更平滑與連續性，更能保持作品的清晰度。操作步驟如下：

1. 利用 Coreldraw 軟體將圖檔開啟，將圖檔格式存為 jpg 檔，開啟圖形可利用 Coreldraw 之修圖功能將圖片做細部的調整，如灰階或黑白，以便更能始雕刻在混凝土上更加清楚。
2. 放入混凝土試體於雕刻機中，將欲雕刻之混凝土塊置於雕刻機中，考慮雕刻機之有效雕刻範圍長為460mm 寬為305mm，混凝土塊可以利用各種形狀與大小的壓克力盒，配合預製作之成品，先行製作完成，再將混凝土塊體放入雕刻機中，必需注意放入位置是否對齊。
3. 調整雕刻圖案大小及位置，使雕刻之圖形能正確刻於所設定之位置。
4. 設定雕刻機功率與速度，點陣圖需設為 Rast，向量圖需設定為 Vect，點陣向量圖需設定為 Rast/Vect。再利用電腦將圖檔傳送到雷射雕刻機中，需將雷管焦距自動對焦調整好，利用紅光對位刻在混凝土表面上。使用雕刻機需注意室內通風，雕刻時會產生高溫，需開啟雷射管旁的排氣系統及抽氣系統、把通風管放置窗外，使雕刻時的熱氣能排出窗外，抽氣系統能降低雕刻時的高溫。
5. 雕刻完成時，需把雕刻機板面上的粉塵清理乾淨，雷射鏡面也需常以棉花棒與酒精清理，以確保下次試驗之順利進行。

因材質的不同，其雕刻功率設定時也有所不同，所以在雕刻前，最好用同一批試體多試驗幾次，來選擇適當的功率，才能達到最好之雕刻品質。

雷射雕刻機在雕刻時，圖檔的好壞會影響雕刻出來的品質，用電腦轉為向量圖時，會使檔案錯誤「判讀」，相對解析度會失真，使得圖案中的結點產生不規則的變形。所以向量圖需使用人工描圖的方式進行圖稿的修正，以確保檔案無誤。

### (三) 上色

#### 1. 色粉上色

雕刻完成後的試體需保持乾燥，將色粉均勻塗抹在混凝土表面後，用刮刀將色粉填滿圖形內，最後用乾抹布擦拭乾淨。在擦拭乾淨的過程中，色粉將卡在破損粗糙的表面，而將圖案顯現出來。上色過程如圖二所示。



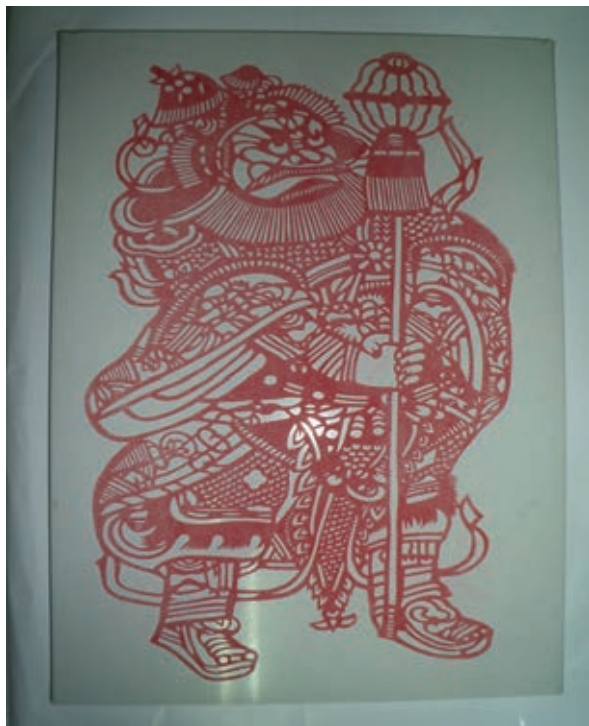


圖二、色粉上色與刮刀

混凝土有普通水泥做成的深色系與白水泥做成的白色系兩種，在選擇色粉上色時很重要，以美學角度來觀看，混凝土試體在上色時須有強力之對比色，因此在使用深色混凝土時需選擇淺色系色粉，白色系混凝土需選擇深色系色粉，才能有效發揮出混凝土與顏色的對比。

雕刻時功率過低，會使雕刻深度較淺，上色較不容易；雕刻功率過高時，雕刻深度較深，圖型內會有孔隙，色粉在塗抹時，孔隙內會積比較多色粉。因色粉的顆粒細度不均勻，在上色過程中，顆粒較細的色粉會先被附著，留下顆粒較粗的色粉，需來回刮塗均勻。圖形內雕刻面積較大的地方，色粉較不易附著，顏色會較淺，雕刻圖形內較細膩的線條，不宜用抹布擦拭，需用細小棉花棒把外框擦拭乾淨，如雕刻圖案較為精細時，將孔隙以外之色粉，利用棉花棒擦拭。白色混凝土上色時需選擇深色色粉，黑色混凝土上色時需選擇亮色色粉，上色時色粉需保持乾燥，如混凝土表面碰到水份時，則會影響混凝土表面品質。圖三是上色完成後之門神圖案。





圖三、上色完成

## 2. 壓克力漆上色

將少量壓克力顏料塗抹於抹布，輕輕擦拭雕刻完成後之混凝土表面。同樣地，比較粗糙的地方比較容易卡住壓克力漆。或許有少數光滑表面會被壓克力漆污染上，但是用力擦拭或是用溶劑，就可以將之去除。擦拭完成後就可以將圖形顯現。圖四就是壓克力漆上色之圖案。



圖四、壓克力漆上色

## 參、結論與建議

成果結論如下：

1. 混凝土表面品質，會影響雕刻時的美觀。混凝土在拆模時會顯現出拆模的紋路，所以在製作亮面混凝土時，壓克力模表面需平整無刮痕。混凝土拌合過程中，材料需注意，需使用品質較好之水泥與粒料，否則拌合會不均勻，澆置時易會產生氣泡，表面有孔隙，拆模時會脫皮或霧化不美觀。
2. 圖檔轉換時，容易發生錯誤判讀，而造成圖檔的品質變差，相對解析度失真，使得圖案中的結點產生不規則的變形。所以需使用人工描圖的方式進行修改，以確保檔案無誤。
3. 雷射雕刻機在混凝土表面上雕刻過後，會將靠近表面之氣孔顯現出來，於壓克力漆上色時，會看得見這些孔隙。但是，利用色粉上色之混凝土表面上，會將孔隙填滿，較不會呈現出孔隙之現象。
4. 雷射雕刻機使用時，如果中途拿起試體，再重覆雕刻時會失去原本調整好之焦距，雕刻完成後導致圖片不完美，因從低能量開始試起，再慢慢調高能量重覆雕刻，試體需確定雕刻完成後再拿起。
5. 壓克力漆上色可以使混凝土表面防水，但無法完全填滿混凝土雕刻後之孔隙，上色後表面空隙仍然存在。建議利用色粉或粉彩條上色可填滿混凝土雕刻圖案裡的孔隙，上色完後可用透明漆保護混凝土表面。

## 參考文獻

1. 黃兆龍，「混凝土性質與行為」，詹氏書局，2007。
2. 林若娟，「台灣清水混凝土建築源流與發展」，國立成功大學建築學系，碩士論文，2003。
3. 蕭小燕，「清水混凝土建築之施工管理探討」，國立台北科技大學土木與防災研究所，碩士論文，2005。
4. 葛寶娜，陳煥珍，劉學賢，「電腦雕刻機的特點及其在建築模型制作中的應用」，高等建築教育，第16卷增刊I，2007。
5. 廖家豪，「亮面混凝土之研究」，東南技術學院防災科技研究所，碩士論文，2007。
6. 李騰芳，徐力平，廖淑萍，姚錫麟，「活性粉混凝土(RPC)應用之探討」，土木技術，第二卷第十期，1999。
7. 覃維祖，「活性粉末混凝土的研究」，石油工程建設，第28卷第3期，2002。
8. 林宜貞，「用活性粉混凝土補強的研究」，東南技術學院防災科技研究所，碩士論文，2006。



# 餘熱及 CO<sub>2</sub>導入對膨化床底渣異味固定及穩定性之影響

## stability of odor in expanded bed bottom ash process

林奇剛<sup>1</sup> 秦孝偉<sup>2</sup> 蔣佳穎<sup>3</sup> 蕭琦<sup>3</sup> 張凱翔<sup>3</sup>  
Chi-Kang Lin Hsiao-Wei Ching Chia-Ying Chiang Chi Hsiao Li-Jyun Yu

1 東南科技大學 環境與安全衛生工程系 副教授  
2 東南科技大學 環境與安全衛生工程系 助理教授  
3 東南科技大學 環境與安全衛生工程系 學生

Department of Safety Health and Environmental Engineering, Tungnan University.

### 摘 要

本研究探討焚化後餘熱結合 CO<sub>2</sub>，進行底渣異味固定之探討。在批次試驗及實驗室規模膨化床反應槽連續操作中，以電子鼻(Electronic nose)及氣相層析質譜儀(GC-MS)分析底渣異味濃度，評估底渣異味及排放氣體組成關係。試驗顯示，底渣粒徑於2.00 mm 以上，總含水率約60 % 時，異味削減強度明顯低於較小粒徑之底渣，且隨含水率提升，底渣異味強度愈強。於熱處理中，提高溫度使異味固定效果提升(200 °C > 50°C )，且粒徑對於異味固定差異不明顯，推論底渣粒徑並非影響異味削減之主要因子。以餘熱結合 CO<sub>2</sub>及空氣一併導入膨化床反應，導入 CO<sub>2</sub>之異味固定效果迅速表現。此外，利用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>與 KMnO<sub>4</sub>之化學氧化削減底渣異味，其效果顯示依序添加量 15% > 10% > 5% > 3%，且 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>對底渣異味削減之影響較 KMnO<sub>4</sub>顯著。由 GC-MS 分析結果與電子鼻測得異味指數比對，異味強度固定趨勢一致。

**關鍵字：**底渣、熱脫附、碳酸鈣化、電子鼻、異味強度單位

## Abstract

The immobilization of odor intensity is evaluated by using electronic nose device as well Gas Chromatography-Mass Spectrophotometer (GC-MS) in a laboratory-scale reactor. As modulated as in situ e.g., induced of emission heat and CO<sub>2</sub> from incinerator flue which incorporated in the bottom ash, it is confirmed that these areas contain recalcitrant substances such as benzene, toluene, chloroform, etc. consequently for cancer risk. In order to immobilize those toxic compounds in situ, odor immobilization has been investigated with expel oxidants. To simulate a stack emissions of conditions, the reaction temperature and flow of results have shown that is set in a range of 50~200 °C, and CO<sub>2</sub> is induced at 10%, while mixing with air with a total flow at 1.0L/min. Before induce of heat and CO<sub>2</sub>, Odor intensity of bottom ash was 800, with toxic substances, which contain acetone, 2-butanone, also benzene, toluene, dichloromethane, chloroform, trichloroethylene and ketones were detected. After thermal reaction for 180 minutes, which was controlled at 200 °C, Odor intensity of bottom ash was reduced 50% as compared without CO<sub>2</sub> induced series. When heat and CO<sub>2</sub> induced in the optimal condition, desorption in the first 30 minutes treatment, effective Odor immobilization in bottom ash was observed as in the various temperature thermal treated series. In addition, 2-butanone, dichloromethane and trichloroethylene, other carcinogenic substances are not further detected in the extruded gas. As compared with oxidative treatment, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is more effective than KMnO<sub>4</sub> for odor elimination. After oxidative treatment or immobilization of odor, toxic residues could be persisted even after prolonged exposure.

**Keywords :** Bottom ash, Thermal desorption, Calcium carbonation, Electronic nose, Odor intensity unit (OIU).

## 壹、研究背景

台灣地區隨產業快速發展，使得一般廢棄物及事業廢棄物產量及有害成分不斷增加。而各地方垃圾收集、處理方式的不同，導致垃圾焚化後底渣成分有明顯差異。底渣成分複雜，其內除了含有重金屬、氯鹽、戴奧辛等有害物質，此外尚有造成異味等有機污染物的問題存在。焚化底渣的主要成分為無機物，其中有機物經高溫氧化後雖所剩無幾，但仍可導致形成底渣異味的主因之一，而造成底渣異味源包括不飽和烴、氮化物、硫化物、氯烴等化合物。然而，底渣運送至資源化廠之前即存有異味問題，另底渣經水淬降溫亦為其主因之一。針對如何預防底渣出廠(焚化廠)前及運送至底渣資源化廠後異味有機物對周遭環境造成污染，且96年垃圾焚化量達568萬噸，其中底渣產量為68.7萬約佔67.35%。後續是否能有效脫除，儼然是一門重要課題。

本研究主要係利用焚化廠焚化後煙道所排放餘熱並結合廢氣中 CO<sub>2</sub>，進行底渣異味削減之試驗。同時，為評估底渣異味削減效果及異味強度與氣體成分之相關性，於反應前後利用電子鼻(Electronic nose)與氣相層析質譜儀(GC-MS)測定氣味強度及其成分之變化。

## 貳、文獻回顧

Rendek (2007)在研究發現底渣中含有大量有機物質，有機物質含水量過高時，則使得此類有機性物質溶解於其中造成異味。環訓所(2001)指出一般惡臭物質具備揮發性高、蒸氣壓大、含氮或含硫化合物、含碳數較低且不飽和化合物及環狀化合物結構等特性。Fahrettin *et al.* (2007)已商業化之熱處理技術可分為曝曬法、低溫熱脫附法、焚化法及微波加熱法。Costa *et al.* (2007)垃圾經焚燒後殘渣，利用二氧化碳進行碳酸鹽化和穩定處理，且可將二氧化碳封存，以減少排放到大氣中。宋旻修(2005)利用二氧化碳用以安定袋式集塵灰，結果發現在灰渣表面有明顯碳酸鹽類產生。Kunii (1991)及 Chang (2005)分別針對固定床與流體化床對床質與流體間之摩擦力等餘重力時，粒徑間垂直分力消失，與床質粒徑成正比。溫鳳針(2003)利用強氧化劑將灰渣中主要之臭源予以氧化，其中添加磷酸容易最具消除異味之效力。呂信賢(2000)及 Takao (2002)分別利用電子鼻對臭異味分子分析，依不同對象組成與不同模組進行偵測，探討偵測時目標成分和干擾成分進行討論其交互作用與產生的偵測訊號間的關連性。國內學者周家德(2005)曾針對底渣異味分析後歸納出硫化物、氮化物、含氧烴、含氯烴、碳氫類等五大類。

## 參、實驗方法

本研究模擬煙道中 CO<sub>2</sub>流速(0.1 L/min)，各項實驗相關設定條件如 **Table 1**所示。本研究試樣源為台灣北部數座大型焚化廠之「底渣原物料」。底渣異味測定係使用生物性電子鼻(Electronic nose Cosmos XP-329III-R)裝置；底渣異味成分係利用氣相層析質譜儀(Gas Chromatography – Mass Spectrophotometer；GC-MS)進行，最後將電子鼻所測

量數據與 GC-MS 數據比對確定底渣異味削減之效果，研究架構如 Fig. 1 所示。

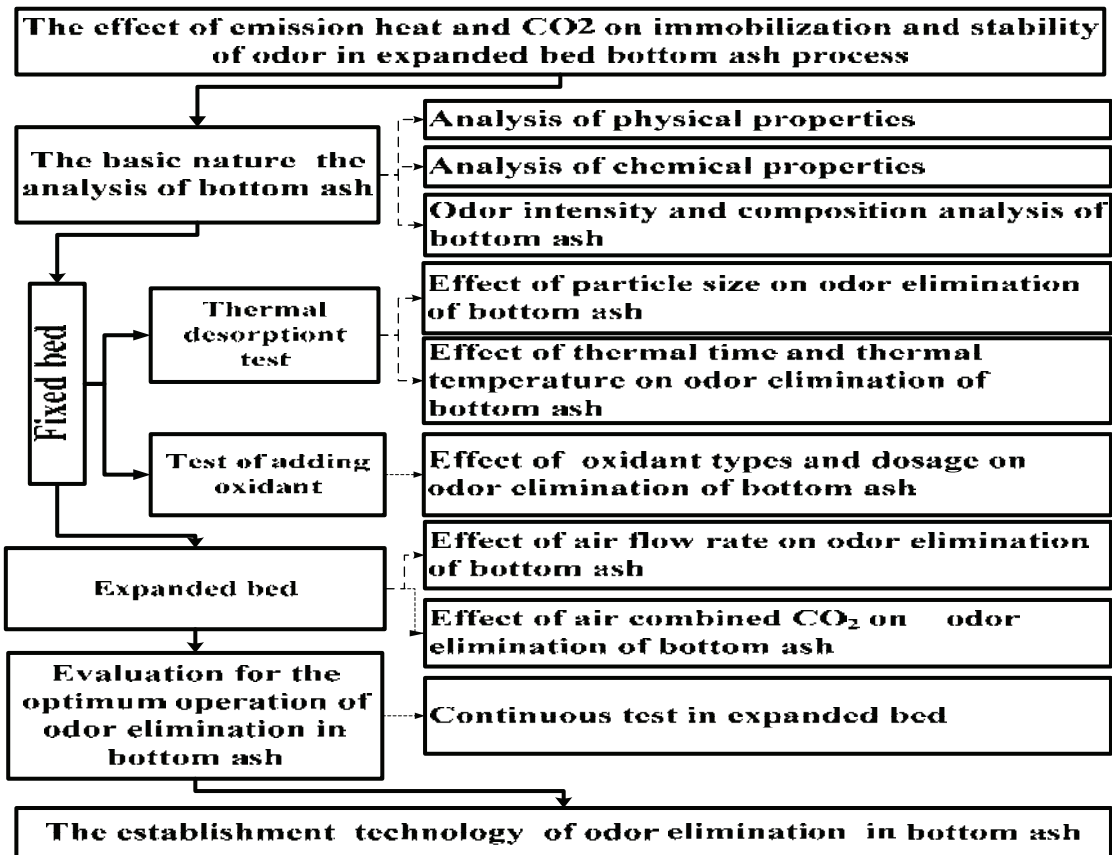


Fig. 1 Structure chart of the study

Table 1 Operation mode of odor intensity elimination

Lab.-scale test		Test condition	Experiment criteria
Fixed bed	Thermal desorption	Particle size [mm]	$\phi > 2.00\text{mm}$ 、 $\phi < 2.00\text{mm}$
		Thermal temp[°C]	50 , 100 , 150 and 200
		Thermal time[mins]	30 , 60 , 90 and 120
Fluidized bed	Air induced	Thermal temp[°C]	100 , 150 and 200
		Thermal time[mins]	30 , 60 , 90 , 120 and 180
		Flow rate[L/min]	1 , 2 , 3 and 5
	CO <sub>2</sub> induced	Thermal temp[°C]	150 and 200
		Thermal time[mins]	30 , 60 , 90 , 120 and 150
	Flow rate[L/min]	0.1	

### 3.1 底渣異味分析方法

- 一、電子鼻：利用量測的異味分子所造成的氧化還原反應、電導度變化或是接觸電壓變化，計算出異味強度。

二、化學儀器測量：氣相層析-質譜儀。

### 3.2 實驗材料與設備

本試驗裝置係模擬垃圾焚化爐煙道，主槽體採半流體化高溫爐，試驗中一般空氣及 CO<sub>2</sub> 分別由空氣壓縮機(compressor)及鋼瓶導入，分別由氣體經流量計配比後，製成均勻供試混合氣體由管線進入高溫爐反應瓶中進行反應，底渣中金屬氧化物與 CO<sub>2</sub> 氣體進行碳化反應後，排放氣體經管線進入冷凝裝置中，最後利用氣體採集方式，將反應後氣體收集進行分析，其模擬如 Fig. 2 所示。

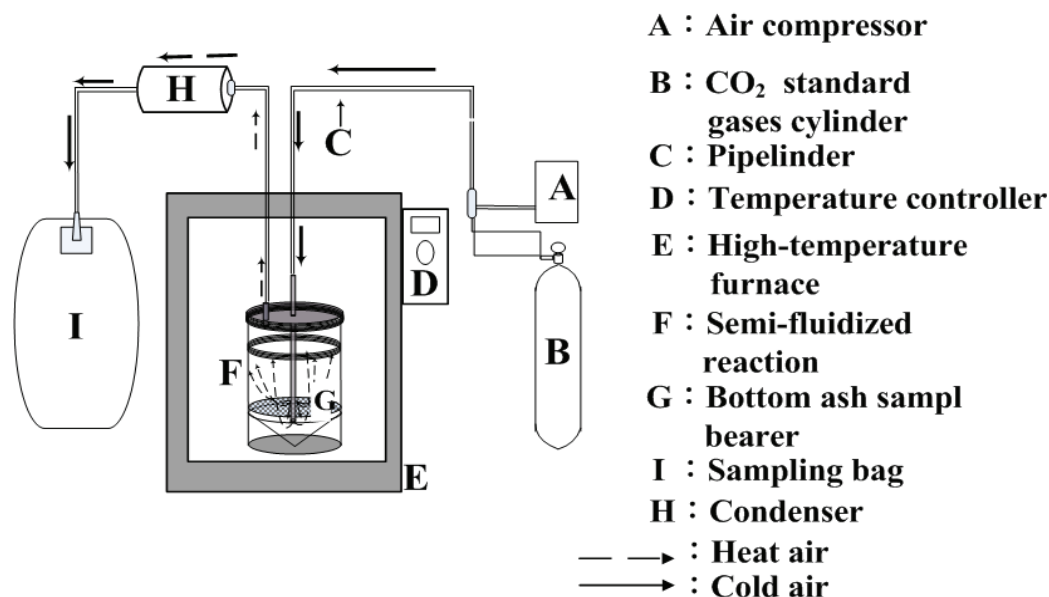


Fig. 2 Schematic diagram of simulation incinerator flue (heat and CO<sub>2</sub> emission) system for odor elimination

### 3.3 研究步驟

首先取100 g 底渣樣品，控制 CO<sub>2</sub> 注入流量(0.1 L/min)與空氣 (1、2、3及5L/min) 均勻混合後導入底渣內，並模擬煙道溫度於150°C及200°C，進行連續式底渣異味脫附試驗，反應時間設定30、90與120min，並在反應前、後利用電子鼻偵測底渣氣味強度、異味成分與變化並進行氣體採樣以 GC-MS 分析。

### 3.4 濕式氧化劑噴佈處理

取100g 底渣樣品，分別添加20mL 的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>及 KMnO<sub>4</sub> (調配濃度為3、5、10及15%)，在反應前(氧化劑添加)先測定底渣異味強度，後進行開放式空間試驗觀察底渣異味變化，於反應後固定時間測定底渣異味強度變化，直至底渣異味變化呈穩定，並分析底渣異味成分。



## 肆、結果與討論

### 4.1 異味削減批次試驗

#### 4.1.1. 試驗條件對底渣異味之影響

試樣選用粒徑分佈2.00mm 以上及2.00 mm 以下之反應時間為30min、60min、90min、120min，反應溫度為50℃、100℃、150℃及200℃。

試驗結果發現，不同粒徑底渣所獲得的異味削減效率差異不明顯，推論底渣粒徑可能並非異味削減之限制因子。於模擬焚化餘熱試驗結果，不同反應時間及餘熱溫度改變其底渣異味削減效果皆不同。於反應溫度對底渣異味削減效果，反應60min 後，粒徑2mm 以上底渣異味強度由800 OIU 左右降至300~500 OIU，而2mm 以下底渣粒徑由反應前550 OIU 降低至400~350 OIU(Fig. 3)。Fig. 4隨熱脫附溫度及時間增加，其異味削減效果愈明顯，因此反應時間為底渣異味削減之限制因素。

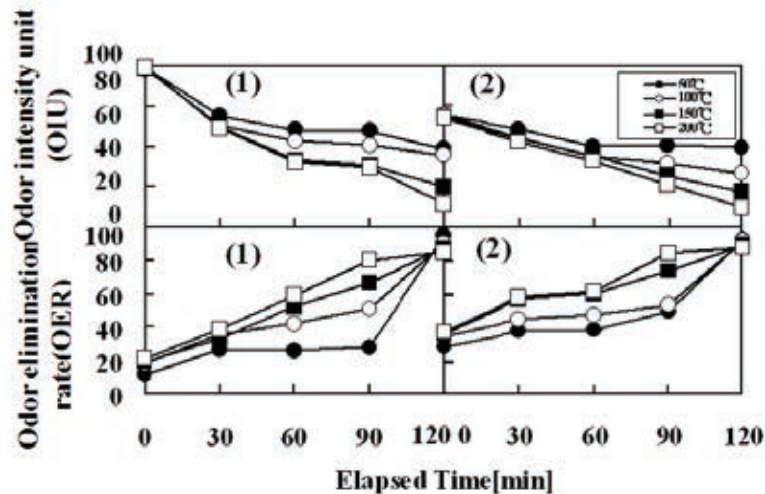


Fig. 3 Effect of thermal desorption temperature on odor immobilized of bottom ash

(1), particle size of bottom ash > 2.00mm; (2)particle size of bottom ash < 2.00mm.

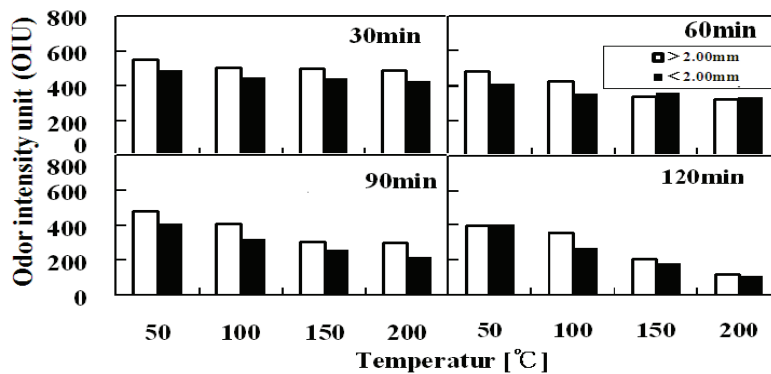


Fig. 4 Effect of thermal desorption time on odor Elapsed emission of bottom ash

#### 4.1.2. 批次式添加輔助氧化劑試驗

本試驗係利用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 與 KMnO<sub>4</sub> 分別以不同濃度添加反應，試驗中 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 與 KMnO<sub>4</sub> 添加濃度配置於 3%、5%、10% 及 15%，於添加後固定時間測量底渣異味強度變化。由 Fig. 5 結果發現，添加氧化劑 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 與 KMnO<sub>4</sub> 之底渣異味削減效果分別 15% > 10% > 5% > 3%，於反應 3 days 後其異味強度由 800 OIU 分別下降至 450~550 OIU 及 530~680 OIU 左右，當反應至 6 days 後分別削減至 50~120 OIU 及 90~150 OIU，結果推測 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 之影響高於 KMnO<sub>4</sub> 導致效果以高濃度較顯著。

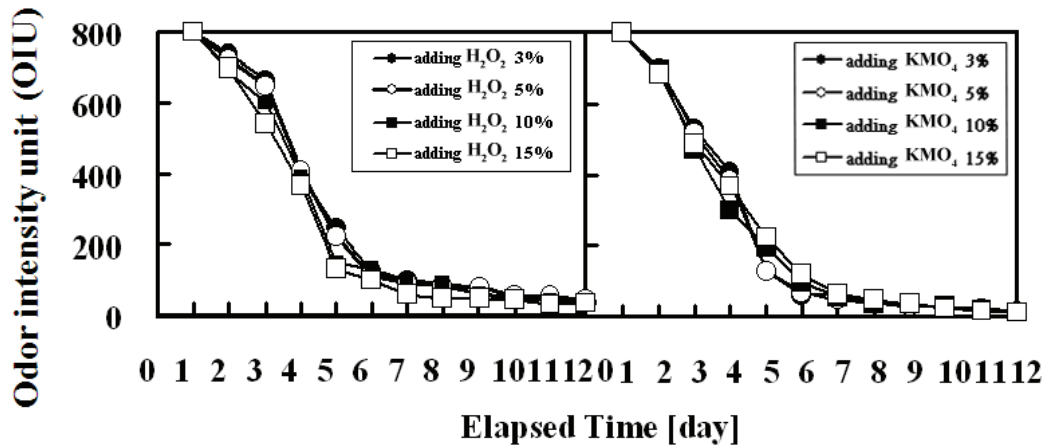


Fig. 5 Effect of addition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and KMnO<sub>4</sub> on odor elimination of bottom ash

## 4.2 膨化床異味削減試驗

空氣流速對底渣異味削減之影響，部分利用「膨化床」進行試驗。將空氣以反應鋼瓶提供並設定氣體流速，使空氣對底渣產生翻動作用形成膨化現象，進而將底渣中具有異味之氣體排擠、逸散。試驗中固定空氣注入速度 1、2、3 及 5 L/min，熱脫附溫度分別設定於 100°C、150°C 及 200°C。

### 4.2.1 流速對底渣異味削減之影響

首先，將空氣流速固定為 1、2、3 及 5 L/min，而反應溫度設定於 100°C、150°C 及 200°C 時，由 Fig. 6 試驗發現，空氣流速分別控制在 1 及 5 L/min，於反應 60 min 後，其異味強度由 800 OIU 分別下降至 400 OIU 及 380 OIU 左右。當反應持續至 180 min 後，其異味強度已分別削減至 50 OIU 及 10 OIU。隨著空氣流速之提高 (5 L/min > 3 L/min > 2 L/min > 1 L/min)，底渣異味削減現象愈加明顯。其原因推測因空氣的擾動，使得底渣層發生翻動增加底渣與熱氣接觸乾燥，由內部排擠有機性氣體而加速底渣內異味逸散。

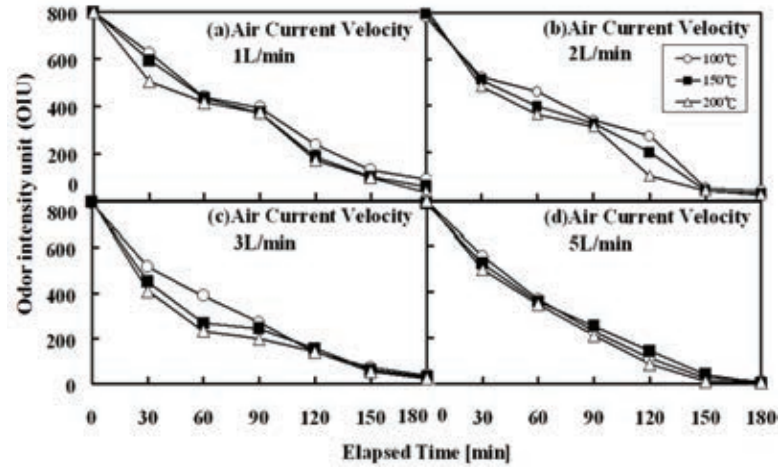


Fig. 6 Effect of air flow rate on odor Elapsed emission of bottom ash

#### 4.2.2 CO<sub>2</sub>對底渣異味削減之影響

焚化廠煙道排氣之溫度約為150~200°C，而煙道排氣中 CO<sub>2</sub>排放量約佔10~12%。為模擬煙道排氣而將試驗 CO<sub>2</sub>流速設為0.1 L/min，並與一般空氣混合後導入底渣內，藉此與底渣中金屬氧化物結合形成碳酸鹽類，以包覆有機污染物於底渣內部，期能因此降低其異味逸散之可能。

由 Fig. 7 結果所發現，導入 CO<sub>2</sub>至底渣反應後，其異味經過削減後氣味強度明顯降低。模擬脫附溫度調控於150°C、反應經150min 後，底渣氣味強度可降低至40。若將模擬脫附溫度調高至200°C時，更使底渣之氣味強度迅速降至30~18左右，效果較150°C時更明顯。針對此結果，推判可能為 CO<sub>2</sub>與底渣中金屬氧化物結合形成碳酸鹽類後，將有機污染物包覆於底渣內部，繼而降低其異味逸散所造成。

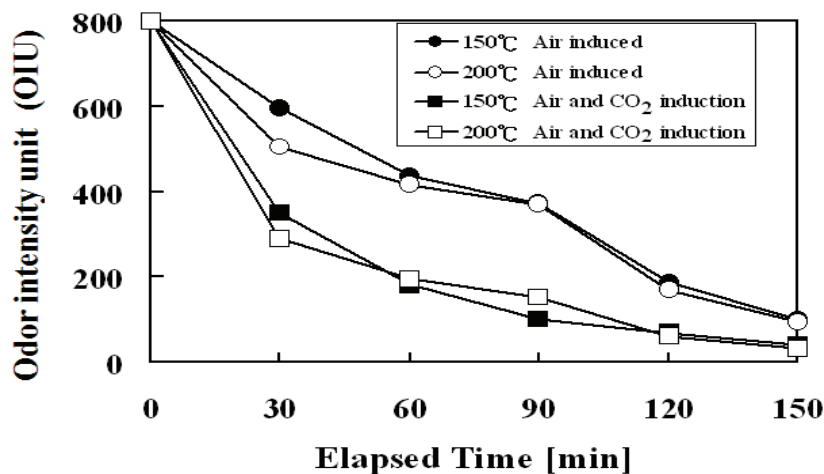


Fig. 7 Elapsed emission of odor in bottom ash after treatment by heat and CO<sub>2</sub>

#### 4.3 底渣異味成分變化及異味強度相關性分析

對「餘熱結合 CO<sub>2</sub>」後底渣內部異味氣體成分及濃度變化進行分析，其底渣經分析後，所測出異味氣體成分包含有酮類、醇類、苯類、烷類及其他成分等。其中測出包括苯、二氯甲烷等極微量致癌物質。Table 2彙整膨化床連續式試驗中，底渣異味成

分與異味強度之相關性分析結果，進行一次線性迴歸分析找出異味成分與異味強度之相關性，發現底渣成分、濃度之變化與異味強度削減趨勢相似，特別是部分具致癌性前驅物的氣體具有高相關性。

Table 2 Odor component and regression equation of odor intensity

Component	Regression equation	Correlation Coefficient (R)
Toluene	$Y=138.62X-69.045$	0.994
Benzene	$Y=465X-90.99$	0.991
Isobutyraldehyde	$Y=4.463X-31.58$	0.99
Allyl Chloride	$Y=315.3X+43.54$	0.977
2-Pentanone	$Y=3824X-9.784$	0.958
2 - butanol	$Y=38.34X-226.4$	0.937
2 - butanone	$Y=111.1X-49.17$	0.9
Hexane	$Y=60.67X-40.13$	0.895
Trimethylamine	$Y=53.55X+14.65$	0.894
Dichloromethane	$Y=48.19X-225.5$	0.835
Chloroform	$Y=-79.81X +552.2$	0.746
Acetone	$Y=0.953X+527.7$	0.727

## 伍、結 論

彙整模擬煙道餘熱結合 CO<sub>2</sub> 對底渣異味削減試驗結果，獲得以下四點結論，

1. 不同粒徑之底渣異味削減差異明顯，且隨溫度升高(200°C)底渣異味削減效果愈明顯；推論底渣之粒徑及溫度為削減異味限制因子，當 CO<sub>2</sub> 與底渣中金屬氧化物結合形成碳酸鹽類，使有機物被包覆於內部，異味不易逸散。
2. 添加輔助氧化劑 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 與 KMnO<sub>4</sub> 之底渣異味削減趨勢相似，但於反應前 5 天其削減速度有差異，且添加氧化劑濃度愈高(15%)，削減效果愈好。
3. 隨空氣流速提高，異味削減效果愈明顯，推測可能是因空氣擾動，促使底渣層發生翻動增加與熱氣接觸機會進而乾燥。
4. 經線性迴歸分析得知，與異味強度有高相關性的氣體如甲苯、苯、二氯甲烷、三氯甲烷、氯丙烯、丙酮等成分。其中，前四者屬致癌性物質前驅物。
5. 當反應時間、溫度及氣體流量分別控制在 120~150 min、200°C 及 3~5L/min 時，底渣異味削減效果較佳。

## §參考文獻

1. 環訓所，臭味及有害空氣污染物控制甲級空污防制專責人員訓練教材，2001。
2. 宋旻修，以二氧化碳安定化含高鹼性垃圾焚化袋式集塵灰之研究，碩士論文，屏東科技大學環境工程與科學系，2006。
3. 溫鳳珍，垃圾焚化灰渣臭氣控制之研究，碩士論文，國立台灣大學研究所，臺北，2003。
4. 呂信賢，生物電子鼻對臭異味分子的偵測及應用，碩士論文，國立東華大學生物技術研究所，2000。
5. 周家德，飼料乾燥排氣化學洗滌除臭，碩士論文，國立中山大學研究所，2005。
6. Chang Yu- min, C. M. Chou, K. T. Hung, and C. H. Wu, "Elutration characteristics of fine particuales from bubbling fluidized bed incineration for sludge cake treatment", *Waste Management*, Vol. 25, pp. 249-263, 2005.
7. Eva Rendek, Gaelle Ducom, and Patrick Germain, "Influence of waste input and combustion technology on MSWI bottom ash quality." *Waste Management*. Vol. 27, pp. 1403-1407, 2007.
8. Fahrettin Gogus, Z. Ozel Mustafa, and C. Lewis Alastair, "The effect of various drying techniques on apricot volatiles analysed using direct thermal desorption-GC-TOF/MS", *Talanta*, Vol. 73, pp. 321-325, 2007.
9. Giulia Costa, Renato Baciocchi, Alessanda Poletini, Raffaella Pomi, Colin D. Hills, and Paula J. Carey "Current status and perspectives of accelerated carbonation processes on municipal waste combustion residues", *Environmental monitoring and Assessment* 135(1-3), 55~75, 2007.
10. Kunii, D., and O. Levenspiel, "Fluiduzation Engineering", Butter-worth-Heinemann Publishing, Inc., 2thEd.1991.
11. Takao Y, Odor recorder for multi-component odor using two-level quantization method, *Sensors and Actuators*, Volume 89, Issues 1-2, 1, pp.120-125, 2002.

# 添加液肥促進初沉槽污泥削減特性之解析

## The Characteristics Dynamics of Liquid Fertilizer Addition for Solids Reduction in Primary Sedimentation Tank

林奇剛<sup>1</sup> 秦孝偉<sup>2</sup> 彭彥翔<sup>3</sup> 鄭丞志<sup>3</sup> 張凱翔<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東南科技大學 環境與安全衛生工程系 副教授

<sup>2</sup>東南科技大學 環境與安全衛生工程系 助理教授

<sup>3</sup>東南科技大學 環境與安全衛生工程系 學生

### 摘 要

本研究係針對添加廚餘資源化的液肥，對模擬污水處理設施初沉槽沉澱污泥減量化之可行性探討。試驗過程分析初沉槽水樣中的固形物(TS)，及其相關水質之變化趨勢。試驗經過9週過程，添加水取代液肥試程的 TS 之累積削減量僅達6.30%，但添加液肥試程的 TS 累積削減率(11.46%)約為添加水試程的2倍左右。二試程間之 VSS 與 TS 的累積削減趨勢差異不明顯，TS 之削減間接影響該槽體中有機物與無機物等水質變化。添加液肥對於 TS 等非懸浮性固體物的削減比率顯著(11.46%~32.32%)，但 SS、VSS 等懸浮性固體部分的削減比率相對地並不明顯(2.67%~5.89%)。綜合結果發現，初沉槽固體沉澱物之削減主要並非受槽中生物污泥的分解，而是由於槽中添加液肥後釋出氫離子並發生氧化反應，導致槽中發生酸化現象，繼而使得沉積物明顯削減。另氧化還原電位(ORP)檢測結果，發現混合液中 ORP 呈現上升趨勢形成酸化現象，有助於揮發性脂肪酸(VFA)之生成環境。經 VFA 檢測後，添加液肥使初沉污泥達到轉質作用產生乙酸、丙酸及丁酸，其中，乙酸生成濃度較為顯著，推測污泥削減與乙酸有相當關係。並針對 TS 削減量及乙酸削減量進行線性迴歸分析，得知體中污泥量足以和添加液肥達到充分反應時，二者之間成正相關，而揮發性脂肪酸逸散至大氣中以醋酸為主。

**關鍵字：**初沉污泥(PL)、資源化液肥(RLF)、氧化還原電位(ORP)、揮發性脂肪酸(VFA)

## Abstract

The major concerns of this research were to study the feasibility of the addition of resourced liquid fertilizer (R. L. F.) on reduction of sludge in a primary sedimentation tank. Batch experiment and continuous mode were conducted. To assess effects of R. L. F. added to the tank pH, ORP, DO, VSS, TS as well as VAF were measured to study the relationship between sludge reduction and states of R. L. F. In batch experiment 20%, 25%, 50%, 60% (R. L. F. / sludge, v/v) of R. L. F. were added to the tank in compared with 50% of tap water to analysis the effects of R. L. F. on solids reduction in the tanks. It was discovered that the sludge reduced 7.82%, 12.30%, 11.46%, 13.7% with various R. L. F. / sludge ratio stated above, respectively, while only 4.30% reduction in volume for that with tap water process. From batch experiment it could be inferred to the sludge reduction more significantly with R. L. F. than that without, and the greatest decrease could be achieved at the dosage of 60% of R. L. F. / sludge. In continuous mode 60% of R. L. F. was adopted and the process time of that was scheduled to be 2.0, 4.0, and 8.0 hours. Results revealed that TS could be eliminated up to 13.9%、12.7% 及 6.0%, yet COD would be increased 12.33%、9.43%、2.84% as well as VAF raised 93.66%、91.74%、77.14%, respectively. The major components of VAF were acetic acids, propionic acids and isobutyric acids, which distribute 76%、15%、8% of VAF constituents. It could be concluded that some settled sludge could be transformed to liquid phase due to the addition of R. L. F. and conveyed to a secondary treatment process, other settled sludge was converted to volatile gas released to atmosphere.

**Keywords** : Primary Sedimentation Sludge, Resourced Liquid Fertilizer (RLF), ORP, VFA

# 壹、研究背景與目的

近年隨著人口及工商業的發展，廢棄物產量持續增加，導致廢棄物污染問題日趨嚴重，其中包括污水處理設施之水肥以下簡稱「初沉污泥」，(Primary Sludge, P. S.)及由廚餘堆肥過程中所滲出之液體肥料以下簡稱「液肥」，(Liquid Fertilizer, L. F.)，依據陳文卿(2009)委託計劃資料顯示台灣污泥推估清運量為1900噸/日，而現有可處理量為1,400噸/日，可看出目前台灣水肥處理廠的缺乏窘境。

為了能迅速解決上述的難題，本研究係利用實驗室規模自組式反應槽模擬污水處理設施之初沉槽，於添加液肥至初沉槽，試驗中分別利用液肥添加比、進流速率等不同操作條件進行促進初沉污泥削減特性之解析。

# 貳、文獻回顧

## 2.1 初沉污泥特性

化糞池中大部分懸浮物質沉澱為初沉污泥，油脂及少量懸浮物則漂浮成為浮渣。相關國內、外初沉污泥特性如表1所示，水肥中 BOD<sub>5</sub>、COD 值相當高，含有高濃度有機氮、磷等成份(湯松霖，2008)。

表1 初沉污泥性質表

分析項目	台灣		日本		本研究分析結果	
	範圍	平均值	範圍	平均值	範圍	平均值
BOD <sub>5</sub>	8500~12200	10500	8000~15000	13500	49700~72300	61000
COD	19500~27800	24580	---	---	123000~183000	153000
TS	25400~35100	33260	25000~35000	3000	85200~137400	110500
VS	16300~21000	18360	15000~21000	18000	7500~9700	8600
SS	24100~32100	29100	---	21000	7300~103900	88500
T-N	3700~4720	4000	5000~6000	5500	370~445	407.2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2540~2940	2774	3000~4000	3500	---	---
TKN	---	---	---	---	95~125	220
NaCl	3850~4950	4470	5000~6000	5500	---	---
T-P	590~800	720	---	---	105~205	155
ALK	---	---	---	---	---	---
含水量	96.5~97.5	97.1	96~98	97	---	96
pH	9.30~8.42	8.37	7~9	8.5	7.04~6.76	7

資料來源: 湯松霖，桃園地區沉澱污泥處理機制探討，國立中央大學，碩士論文，2008。

單位：除了含水量為%之外，其他項目為 mg/L，另 pH 無單位。



## 2.2 台灣水肥之處理概況

國內既有運作的水肥處理設施的共有五個縣市，處理量總和為890公噸/日，其他利用垃圾滲出水處理廠、工業區污水處理廠、下水道污水處理廠處理之初沉污泥量為175公噸/日，全國初沉污泥總處理量為1,065公噸/日，而台灣地區每日初沉污泥清運量高達5,400公噸(行政院環境保護署，2006)。依據全台各縣市人口水肥產生量與處理容量，推估污水處理量的增加及水肥產生量隨著下水道普及率提昇而逐年降低，雖污水處理設施的改善使水肥處理量減少，但目前沉澱污泥尚未受到妥善的處理，故妥善處理處置含水量高、富含有機物質、易衍生臭味及滲出水等公害問題的初沉污泥是刻不容緩的環境議題(陳文卿，2008)。

## 2.3 廚餘資源化液肥特性

經試驗分析，廚餘特性分別為含水率81.5%~91.9%、乾物中粗蛋白質15.9%~25.1%、乙醚抽出物10.9%~19.4%、粗纖維1.1%~5.2%、灰分5.9%~7.9%及無氮抽出物66.2%~42.4%(陳文賢等，1997；謝佳慧等，1997)。其中，廚餘成份中的TVS/TS平均高於85%，顯示廚餘成份中的有機物可供厭氧消化處理，另外COD濃度增加能有效加速後續的酸化與甲烷化反應(黃亦聖，2010)。

# 參、研究流程、方法與設備

## 3.1 研究流程

本研究係針對添加液肥削減初沉污泥為主要探討內容，試驗以26 L壓克力槽以體模擬污水處理設施之化糞池，試驗中並分別利用液肥添加比、進流速率等不同操作條件使槽中污泥削減，並探討其削減機制之解析。其研究架構如圖1所示。

## 3.2 研究方法

本研究以資源化堆肥產出之液肥，添加於初沉污泥達到減量之試驗，以下列三種不同方式進行，各試驗設計參數與分析項目如表2所示。

### 一、自來水空白試驗(Tap Water Blank Test)：

利用固定添加比50%(V/V)之自來水添加於反應槽之初沉單元進行空白試驗，持續9週試驗，主要係與添加液肥於初沉單元作為對照試驗之用，進行液肥對初沉污泥削減之可行性探討。

### 二、不同添加比批次式試驗(Different Addition Ratio Batch Reaction)：

初沉槽中以不同添加比20%、25%、50%及60%(V/V)之液肥分別反應槽之初沉單元，持續9週試驗，分別進行批次式初沉污泥減量評估試驗，試驗目的係探討不同液肥添加比對初沉污泥減量效益之影響。

三、不同進流時間連續式試驗 (Different Influent Time Continuous Reaction) :

初沉單元中以固定添加比為60%，分別以調控在2.0、4.0及8.0 hr/day 等不同流速添加液肥，進行添加液肥削減污泥之連續試驗，持續5週，以探討其對初沉污泥減量之評析，並建立液肥對污泥削減之較適反應條件。

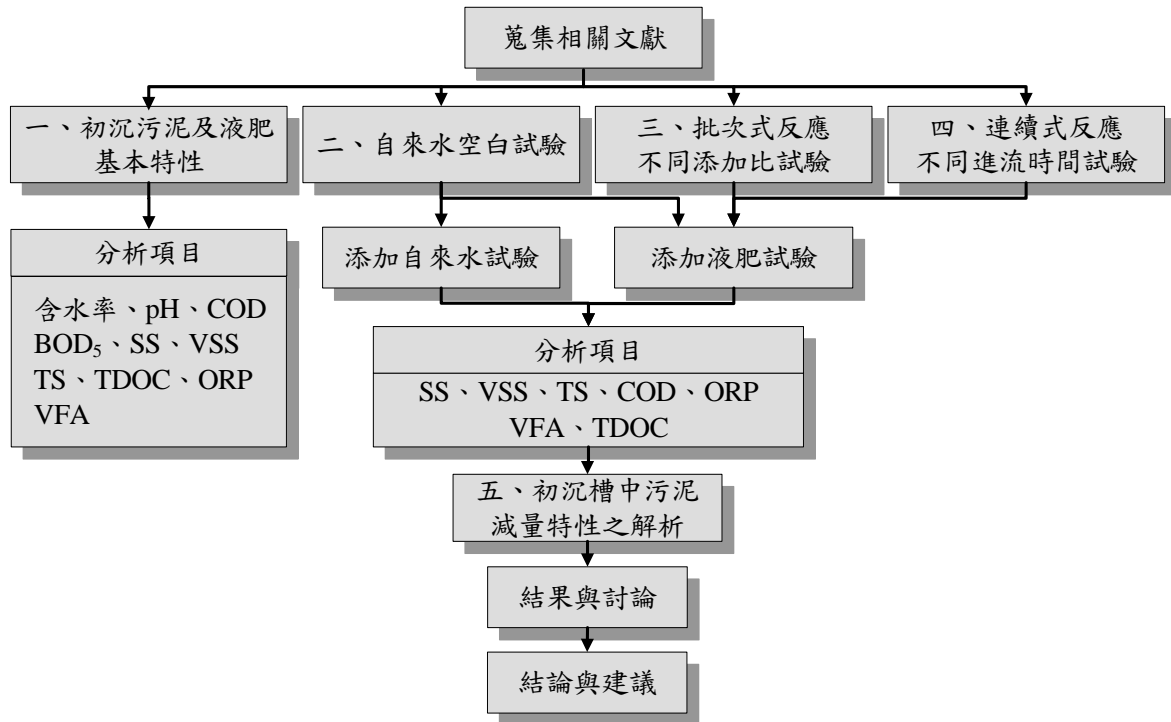


圖1 本研究架構

表2 各試驗設計參數與分析項目

試程名稱	添加物	添加比 [%]	添加方式	進流速率 [hr/day]	試驗週期 [week]	分析項目
自來水空白試驗	自來水	50	一次添加	---	9	SS, VSS, TS, COD, ORP, TDOC, VFA
不同添加比批次式試驗	液肥	20、25、50、60				
不同進流速率連續式試驗		60	連續式	2、4、8	5	

### 3.3 試驗設備

本研究設備係分別利用26 L 的壓克力反應槽及定量蠕動泵，以模擬污水處理設施之初沉單元之進行添加液肥促進污泥削減之試驗(如圖2所示)。

### 3.4 分析項目

水質分析項目係依據環保署公告分析方法進行檢測，分析項目包括含水率、pH、COD、SS、VSS、TS、VFA 及 ORP。

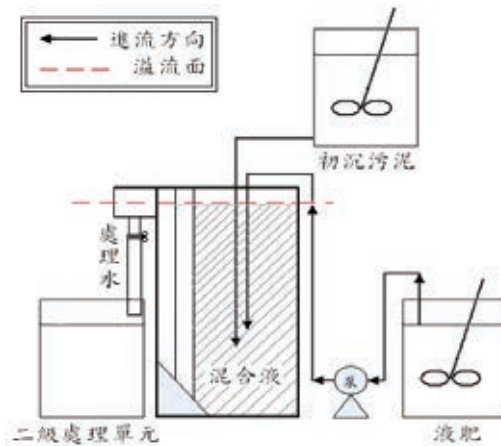


圖2 試驗初沉槽示意圖

## 肆、結果與討論

### 4.1 初沉污泥與液肥之基本特性

本研究以本校某教學大樓建築物下方設置化糞池之初沉槽沉澱污泥及新北市某區回收廚餘經由堆肥化滲出之液體肥料，作為本研究進行試驗之材料。其分別進行水質分析，其基本特性分析結果如表3所示。

表3 初沉污泥與液肥之水質分析結果

項目	單位	液體肥料	初沉污泥	項目	單位	液體肥料	初沉污泥
含水率	[%]	---	48~144	TS	[mg/L]	327~686	72.5~225
pH	[-]	2~6	6~10	NH <sub>3</sub> -N		---	110~242
COD	[mg/L]	84,230~93,220	75,500~159,650	TKN		751~1,577	203.6~610.2
BOD <sub>5</sub>		20,300~42,685	30,300~63,850	T-N		91.5~274	127~266
SS		9875~20,837	43,250~91,925	PO <sub>4</sub> -P	327~686	72.5~225	
VSS		10,000~21,302	4,250~8,980				

資料來源：本研究檢測彙整結果。

### 4.2 液肥不同添加比批次試驗 (添加比[%] = 20、25、50、60)

經9週批次式試驗(如表4所示)，依據自來水空白試驗結果驗證添加液肥能促進初沉污泥之削減效果，其批次式試驗中以添加比60%效果最佳，推測因添加液肥與污泥充分反應，使污泥削減，而被削減固態初沉污泥一部份可能先發生化學轉質，初步判斷污泥削減可能與揮發性脂肪酸有關。其自來水空白試驗中 COD 下降可能係因添加自來水稀釋作用所致。

表4 不同添加比批次試驗中初沉污泥之變化

試驗時間	9 週									
添加方式	一次添加									
變化趨勢	TS					COD				
添加物	自來水	液肥				自來水	液肥			
添加比例 [%]	50	20	25	50	60	50	20	25	50	60
削減率 [%]	3.99	7.8	9.8	14	16	9.54	26	30	49	52
實際削減率 [%]	---	3.8	5.8	9.7	12	---	16.4	20	39	42

### 4.3 液肥不同進流速率連續式試驗 (進流時間 [hr] = 2、4、8)

經5週連續式試驗後(如表5所示)，以進流時間2.0 hr/day 的 TS 削減濃度與一次進流批次試驗所獲得之污泥削減效果差異不大(分別為16.3%及15.75%)，推測主要是因試驗中，未能持續提供充分污泥參與削減反應所致。

其檢測溶解性總有機碳(TDOC)後，得知若液肥進流時間較短，在供應有機碳源上較於集中及充分，使混合液中 TDOC 濃度變化較明顯。在長時間供給有機碳源條件下，使槽體中微生物群於生長過程盡可能提早進入飽和狀態，推測反應槽中有機物濃度越大，對活性污泥 VFA 厭氧醱酵微生物群形之蓄積上形成較大的優勢環境。

表 5不同進流速率連續式試驗中初沉污泥之變化

試驗時間	5週					
添加方式	添加比固定60%，連續添加					
變化趨勢	TS			COD		
添加物	液肥			液肥		
添加速率 [hr/day]	2	4	8	2	4	8
削減率 [%]	16.3	9.61	2.61	12.36	7.94	2.69

## 4.4 初沉槽中污泥減量特性之解析

### 4.4.1 混合液中 ORP 變化趨勢

在批次式試驗中，當添加液肥後2.0 hr 時會使槽中 ORP 攀升，此時混合液中產生酸化現象並提供生成 VFA 之環境條件，約第4週後無明顯反應呈現平緩趨勢，推測槽中有機物質已經被液肥充分反應(如圖3所示)。2week 連續式試驗後，因進流速率2 hr/day 時間較短，造成槽中先形成酸化使混合液 ORP 攀升至最高，而4 hr/day 及8 hr/day 則因進流速率較長而酸化現象較為緩慢，約於第2週(336 day)後槽中 ORP 反應趨勢逐漸平緩，推測此時槽中因無持續提供污泥，原有污泥中有機物質已經大量被分解，使 ORP 呈現平緩趨勢，如圖4所示。

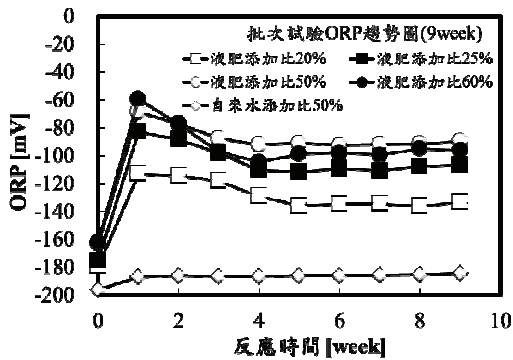


圖 3 批次試驗9 week 之 ORP 變化

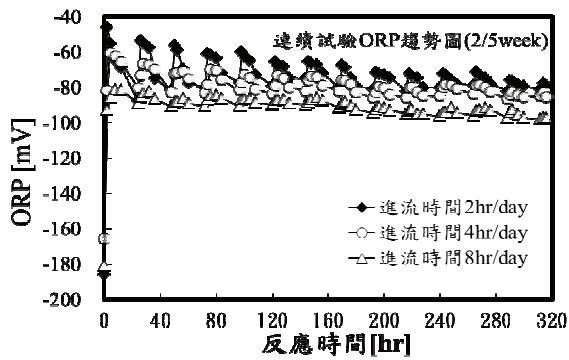


圖 4 連續試驗2week 之 ORP 變化

槽中混合液經 VFA 檢測後，推測添加液肥會使初沉污泥達到轉質作用，先以液態 VFA 暫存於混合液中，再與液肥持續反應轉質成氣態揮發性有機物(VOC)逸散至大氣中，此現象與 Koster(1988)、卓聖育(2007)、陳昫志(2010) 所提出之論點一致。添加液肥使初沉污泥達到轉質作用產生乙酸、丙酸及丁酸 (VFA)，過程中丙酸、丁酸有可能分別降解為低碳脂肪酸。由圖5顯示乙酸生成濃度較為顯著，推測污泥削減與乙酸有相當關係。

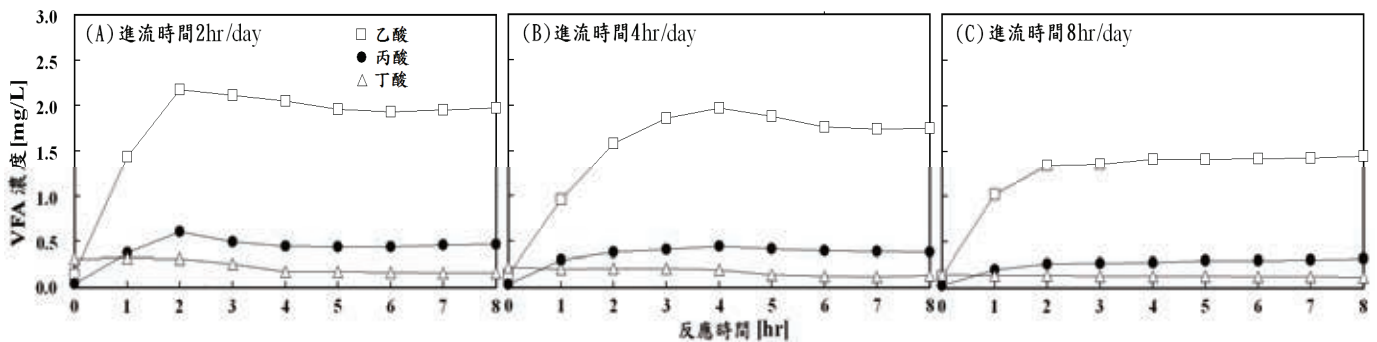


圖5不同進流時間(A)進流時間 2hr/day (B)進流時間4hr/day (C)進流時間 8hr/day VFA 濃度變化趨勢圖

### 4.4.2 不同液肥添加比之 VFA 中醋酸變化趨勢

#### (一)VFA 變化

利用批次式試驗結果進行 VFA 之分析以作為探討初沉污泥減量之依據，經批次式9週試驗後，自來水空白試驗之 VFA 削減率為5.45%，而批次式試驗之 VFA 削減率為

7.04%、9.47%、11.66%、19.21%。其中，自來水空白試驗中仍然有 VFA 的產生係因初沉污泥本身含有機碳源，但 VFA 卻無明顯的削減，可得知添加自來水並無法使 VFA 有效的轉換成氣態 VOC 逸散至大氣中。相對的，批次式試驗液肥添加比60%(V/V)的 VFA 削減率較為顯著，且與 TS 削減率大致相符。因此，將批次式試驗之 TS 削減量與 VFA 醋酸削減量做對照(如圖6所示)。推測污泥削減與醋酸確實具有相關性，當槽中污泥 TS 減少時醋酸也會隨之削減，其經單位換算後，平均單位時間添加液肥量以60%之污泥削減量及醋酸削減量較為明顯。

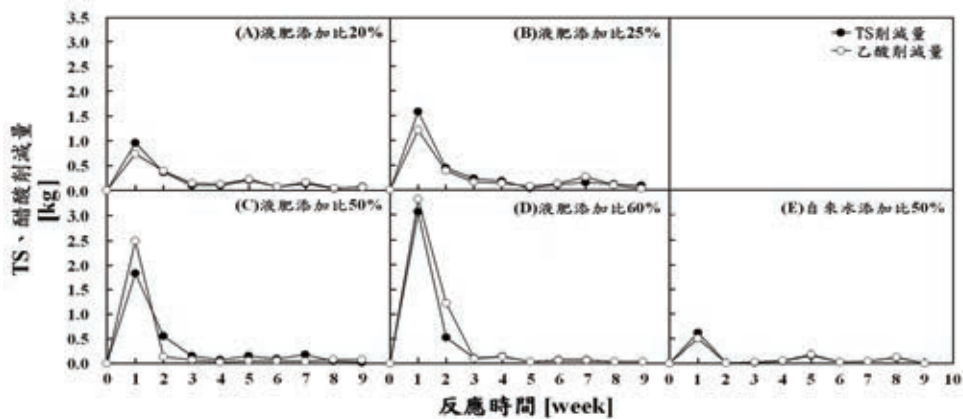


圖6 不同添加比之 VFA 變化

(二)VFA 中醋酸削減量與 TS 削減量關係

利用批次式試驗結果分析 VFA 中醋酸削減量與 TS 削減量之相關關係作為探討污泥減量之依據，於批次式試驗之 TS 削減量與 VFA 中酸削減量分別做一次線性迴歸(如圖7所示)，得知 TS 削減量與醋酸削減量呈現正相關，兩者間具有一定的影響性。推測添加液肥與槽中初沉污泥達到充分反應，使污泥轉質成液態 VFA 暫存於混合液中，再與液肥繼續反應以氣態 VOC 型態逸散至大氣中，而隨著液肥添加，污泥明顯削減的同時，揮發性脂肪酸逸散至大氣中以醋酸為主。

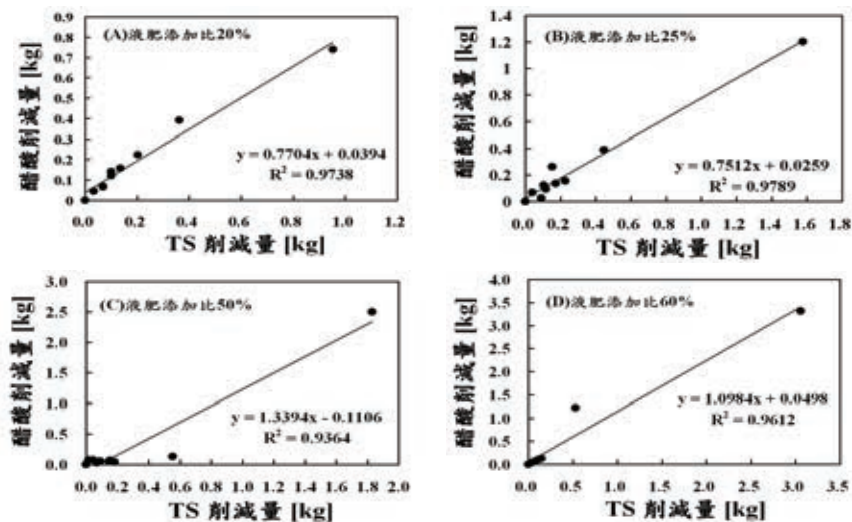


圖 7 不同添加比之 TS 削減量與醋酸削減量之相關關係

## 伍、結論

本研究依據三項不同設計參數進行功能成效評估試驗，同時，針對初沉槽中污泥減量特性進行解析，試驗探討結論與建議歸納如下。

1. 添加比為 60%時初沉污泥削減率(15.75%)較佳，而連續添加試驗為以每日進流速率 2hr 之削減率(16.3%)較為顯著。
2. 依據批次試驗 VFA 中乙酸及 TS 之削減量結果顯示，在污泥削減同時，逸散至大氣中的 VFA 以乙酸為主。
3. VFA 之生成主要係因槽體在厭氧狀態下，因酸化現象使污泥容易轉換為揮發性有機酸，繼而達到初沉污泥削減效果。
4. 由檢驗 VFA 中乙酸(Acetic acid)削減率較丙酸(Propionic acid)、丁酸(Butyric acid)顯著，並以 TS 及乙酸削減量作線性迴歸，兩者具有相關性。
5. 液態 VFA 可能流至後續的二級處理單元，造成污染負荷的增加，建議未來可針對添加液肥削減初沉污泥的同時，應盡量降低對後續二級處理單元造成污染負荷課題深入探討。

## 參考文獻

1. Koster I. W., "Microbial chemical and technological aspects of the anaerobic degradation of organic pollutants" pp. 285-316, 1988.
2. Chi-Kang Lin and Mitsumasa Okada, "The relationship between quinone and P-removal," *Water Res.*, pp. 181-190, 1998.
3. 陳文卿，「廚餘、水肥、養豬廢水及生活廢水產生之污泥集中處理及生質能源再利用可行性評估」，行政院環境保護署委託計畫，2008。
4. 湯松霖，桃園地區沉澱污泥處理機制探討，國立中央大學，環境工程研究所在職專班，碩士論文，2008。
5. 行政院環境保護署，九十五年推動全國水肥妥善清理計畫，2006。
6. 謝佳慧、龍沙平，台灣北部都會地區餵水養豬調查與評估，畜產研究 30 (3)，265~274，1997。
7. 黃亦聖，廚餘厭氧醱酵與資源化技術探討，元培科技大學，生物技術研究所，2010。
8. 卓聖育，廢棄活性污泥與廚餘厭氧共消化減量及能源回收之研究，長榮大學，職業安全與衛生研究所，碩士論文，2007。
9. 陳昫志，應用分子生物技術於污泥減量之厭氧消化菌種檢測研究，長榮大學職業安全與衛生研究所，碩士論文，2010。
10. 彭文良，酸化/鹼化對淨水場污泥減量與脫水性之影響，淡江大學，水資源及環境工程學系碩士班，碩士論文，2008。



# 湖口新豐分區管網之規劃研究

蔡景松<sup>1</sup> 何俊明<sup>2</sup> 江逸群<sup>3</sup> 蔣建安<sup>3</sup> 邱偲雅<sup>4</sup> 黃乙婷<sup>4</sup>

1東南科技大學 環境與安全衛生工程系 講師

2東南科技大學 環境與安全衛生工程系 助理教授

3東南科技大學 營建科技與防災研究所 研究生

4東南科技大學 環境與安全衛生工程系 學生

## 摘 要

台灣因雨季分布不均加上管網的自來水漏水，時常為缺水所苦。為了水資源的規劃及使用，有效改善檢測漏水作業和防止漏水，是非常重要的課題。本研究尋求可行之效能佳改善技術。台灣地區近年來致力於供水轄區管網之規劃，以更新清理老舊管線，以期降低漏水率、提高售水率，降低水資源持續開發之迫切性，使得水資源能充分利用及緊急分區供水之作業順利進行。將分區計量管網之規劃完成後，供水管控操作朝向標準化及自動化，期望整體營運績效可以顯著提昇，達到分區計量管網之終極目標。

關鍵字：管網規劃、監測、漏水

## Abstract

The uneven distribution of the rainy season and the drinking water leakage on the pipe network often suffer for the lack of water in Taiwan. It is very important issue to improve the detection of water leakage and prevent the water leakage for water resources planning and usage. This research tries to find efficient solutions for practice. The water supply pipe network of the planning area was updated and cleaned up old pipeline in order to reduce the leakage rate and increase water rate sales in Taiwan recently years. Reducing the urgent development of sustainable water resources makes full use of water and emergency water supply of the district operating smoothly. After the measure partition pipe network planning is completed, the water supply pipe controls operation towards the standardization and automation. Expectations can significantly improve overall operating performance to reach the ultimate goal of the region partition measurement tube network planning.

**Keywords:** Pipe network planning , Monitor , Leakage



## 壹、前言

湖口新豐地區位於新竹縣西北隅，東以丘陵山區與新埔鎮接壤，西鄰台灣海峽，南隔鳳山溪及鳳鼻山與竹北市為界，北接桃園縣新屋鄉及楊梅鎮，地形大致由東南向西北緩降。新豐【1】【2】湖口【3】【4】地區包括：新豐鄉面積約46.35平方公里，行政區劃分17個村；湖口鄉面積約58.43平方公里，行政區劃分20個村。參考全國人口統計表【5】截至民國98年12月底總人口為：新豐鄉52,761人；湖口75,546人，合計128,307人。湖口新豐兩鄉鎮因與隔鄰新竹市及竹北市發展，形成科技衛星城市，尤以轄內工業區與新竹科學園區上、中、下游半導體產業連結，促使工商繁榮、人口急速增加，供水量成倍數成長，供水來源已由單一變成多來源，造成供水量及漏水量無法確實掌控，亟待重新規劃整體區域管網，以提升供水穩定度及售水率，減少水資源開發壓力。

## 貳、文獻回顧

台灣雨量為世界平均2.6倍，但因雨季分布不均、地勢陡峭，時常為缺水所苦。但台灣自來水漏水率，高於世界自來水漏水率的平均值。由於地下漏水是「看不見」的嚴重問題，加上自來水管多為混凝土或塑膠材質，耐用年限只有20年又易破損，才會導致漏水問題如此嚴重。解決漏水問題、維護水資源，工業用水供應穩定，經濟才能成長。因此台灣近年來致力於供水轄區管網規劃調整，更新清理老舊管線，以期降低漏水率、提高售水率，而要提高售水率，必須加強營運管理，減少不計費水量及漏失水量才能達到目標，以降低水資源持續開發之迫切性。為掌控管網漏水率及供水穩定等之確實資料，擬將供水區劃分成若干分區計量管網，經常進行監測校核、漏水檢測、主動及時修漏、及緊急分區供水等之作業順利進行。

## 參、研究方法

### 一、研究方法

#### (一)基本資料收集、整理及分析

湖口新豐地區現有自來水相關供水資料，包括供水水源及配水現況、設施內容、管網配置及轄區用戶分佈情況等，近三年來供配水量（含抄見量、售水率）為基礎，加以整理研析，規劃未來新豐湖口地區之分區管網。湖口新豐地區（含新竹工業區）主要供水水源包括新竹第一、第二及滴雅等3座淨水場，供水轄區若有需求時，尚可由第二區管理處(桃園供水區)緊急支援送水。

#### (二)需水量推估及分析

由第三區管理處(新竹供水區)提供之95年1月至98年12月用戶售水量統計資料，經

先扣除大表用水戶(φ50mm(含)以上用戶水表)售水量後，求得每戶平均用水量，再依歷年售水率及供水人口，換算推估出目前單位供水量，進而由歷年人口成長趨勢，推估計畫成長水量，各分區計量範圍內發展情況亦可經由都市計畫區、人口密度、土地使用或開發等因素，研判供水量成長之多寡。湖口新豐地區平均每人每日供水量彙整如表1.1所示，其中98年供水量主要係因工業區受全球性經濟不景氣影響，用水量大幅衰退致年總供水量較往年為低，呈負成長現象，唯至98年下半年供水量則有回升跡象。本規劃擬以民國96、97全年及98年10月至12月間之平均數據360.2公升，擬以每人每日單位供水量擬以360公升作現況管網水力分析。

本規劃平均日、最大日與最大時供水量之變遷係數，參考民國95年「自來水工程設施標準解說」【6】，依北水歷年統計案例，最大日與平均日比值取1.17倍，最大時與最大日比值取1.3倍；另參考民國98年經濟部水利署編「北部區域供水系統聯合供水管理規劃總報告」【7】，有關新竹供水區最大日與平均日比值定為1.2倍。參酌前述文獻及地區發展特性，本規劃擬採最大日以平均日之1.2倍，最大時為最大日1.3倍計。

本規劃推估未來成長供水量之水力分析，經統計湖口新豐地區近3年來一般住戶平均每人每日供水量估算如表1.1。其中98年上半年各月份售水量較歷年偏低，致每人每日用水量最少，最近3個月(98年9月-11月)平均用水量較接近過去年平均值，較具參考意義。

湖口新豐地區近年來月累計售水率平均約在74%~85%間波動，未來供水設施改善及小區管網完成，營運績效應可再提升。每人每日用水量依過去3年來(98年採最近3個月數據)統計分析，並無明顯增加，可能與近年來景氣不佳，以及宣導節約用水成效有關，設每人每日用水量採近3年平均值282公升、326公升及258公升之平均數值289公升，與民國98年經濟部水利署編「北部區域供水系統聯合供水管理規劃總報告」【7】預估新竹地區民國110年目標值300公升(抄見率75.93%)接近，本計劃擬依300公升計。

表1.1湖口新豐地區平均每人每日供水量統計表

供水期間	每人每日用水量 (L)	平均售水率 (%)	每人每日供水量 (L)
96年1月~12月	282	81.00	348
97年1月~12月	326	80.62	404
98年1月~12月	174	79.11	220
近3個月(98年9-11)	258	85.27	303

參考表1.1歷年供水資料統計於民國96年至98年售水率在81.00%~79.11%間，平均80.24%，其中98年數值呈衰退現象不列入參考外，平均每年增加約0.47%計，推估至未來10年目標，售水率約成長 $(1+0.47\%)^{10年}=4.8\%$ 估算，亦即售水率為 $80.24\%+4.8\%=85\%$ ，每人每日供水量為 $300公升\div 85\%=352公升$ ，較目前實際供水量289公升 $\div 80.24\%=360公升$ 為低，本規劃擬參酌節約用水政策及用水現況，取中間值以355公升估算供水量作為未來成長之水力分析，最大日以平均日之1.2倍，最大時為最大日之1.3倍計。現況分析及未來十年每人每日供水量彙整如表1.2。

表1.2 平均每人每日供水量估算表

項 目	每人每日用水量(L)	平均售水率 (%)	每人每日供水量(L)
現況分析	289	80.24	360
未來十年推估	300	85	352
本規劃採用推估			355

政府近年來積極推動節約用水政策，參考民國98年經濟部水利署編「台灣北部區域水資源經理基本計畫」【8】，生活節用水目標為每人每日用水量由預估民國110年的331公升(民國90年為329公升)降低為283公升(降低48公升)。藉由節約用水、改善供水管網與相關設施更新等措施，以降低漏水率，提升用水效率，期每人每日用水量最終目標為降至250公升，降低水資源缺乏及開發之困難度。

## 二、研究方法

湖口新豐地區係自新竹系統送水供應，擬視同一個大供水區管網，大區管網依水分區調配之可行性，再分割成數個中區管網，中區管網進一步可細分為許多小區管網，形成封閉管網，俾擬訂分區自動化監控機制與抄表工作區配合，有利於進行配水及用水量分析，有效掌握可能漏水情況，必要時可依管網系統於缺水期時，藉自動化監控做分區供水機制。

### (一)小區管網劃設原則：

小區計量面積以20~50公頃為原則，區內如有公園、運動場、農田等佔地較廣而人口稀少處，則可酌予加大其面積。唯對於人口密度較高之分區，為求管理方便，小區面積可低於20公頃。人口數以5,000~10,000人，用戶數（總表+獨立表）1,000~2,000戶為原則。管線長度以1.7km~3.5km（限管徑50mm以上者，且不含用戶外線）為原則。管網內各用水點壓力於不浪費動力費下，可控制於2kg/cm<sup>2</sup>內。

小區管網之建置水力分析，原則上僅設置主取水點、副取水點（不取水）各一處。取水點依都市集中區、面積、規劃建置時程等考量設置窰井及總水表(如暫不裝表之小區，未來將以移動式量測設備檢測或已建置後小區計量其售水率已達要求，則建議將該小區計量水表移裝至擬建置區方式處理)，以供將來營管監控；副取水點處則設制水閥控制。管網分析時宜注意各種管材均有最小流速限制0.5m/s以維正常供水，最大流速限制3.0m/s以防過大造成管壁侵蝕破壞，並應考量最大、最小動水壓以維操作穩定(水頭損失分析以H-W計算C值不得高於110，本規劃C值採用100)。

水壓：當啟用消防栓或最大時用水時，水壓不低於1.0kg/cm<sup>2</sup>，長期目標為2.5kg/cm<sup>2</sup>，最大動水壓以4.0kg/cm<sup>2</sup>為限。選擇較大之道路足供配置幹管者；或為避免管線穿越河川、鐵路或高速公路等，增加管件成本，亦可考慮以河川、鐵路或高速公路等為分區之界線。都市內大樓若設有總水量表及用戶分表，且用戶有分攤總水量表差異水量時，不以面積、人口數、用戶數限制，概以管線長度及用水量不超過5,000CMD(不含)之基準為分割依據。新竹工業區包含東區及西區，其既設管網與湖口新豐地區其他供水管網，因縱貫鐵路及高速公路等交通設施區隔，故擬分別劃為一中區。其中新竹工業區西區內之住宅區，考慮本區工業及住宅區管網共用，擬予以分割

成一小區，而工業用水總用戶數僅百餘戶，具集中且同質性，擬視同一個小區。

## (二)分區計量管網水力分析

本規劃中之各大區管網、中區管網及小區管網水力分析係依據第三區管理處所提  
供管線圖及供水區之操作水頭、地面高程、配管供水量、既有減壓閥位置並儘量以充  
分利用既有管線為考量等，妥為分割設定為可封閉之管網型態後，進行水力分析。

本案擬採用美國環保署 EPANET2水力分析程式【9】進行各種管網型態之分析，  
供水量分別依最大日、最大時、最小時三種情況分析，各分區管網分析結果須求出接  
水點最大、中間、最小操作水頭及最大、中間、最小動水壓，以利進行監測比對。

# 肆、結果與討論

進行分區計量管網水力分析結果，按湖口新豐地區主要水源均來自中繼加壓站  
清水池以抽水機組直接加壓供水，目前尖、離峰操作方式，係依供水區各壓力監測站  
之壓力值情況，調整加壓抽水機組台數。中區管網目前之供水壓力檢測結果詳表1.3，  
中區管網供水壓力檢測之結果與現況水力分析略有差異，惟大致在容許範圍內。另外  
地勢較低配水區，目前則以閘類開度或減壓閥控制降壓因應，如縱貫鐵路以西之中區  
管網，現場實測水壓與現況水力分析結果差異大，經第2次現場實測水壓結果，與現況  
水力分析結果差異仍大，可能與供水區地面約自標高74m 之丘陵地帶，降至濱海地區  
之4m 左右，高低差懸殊，且供水管網大多有所連結，目前管網並未做妥善切割安排，  
謹依調水操作經驗，以控制相關管閘因應，須加以改善，本規劃擬於接水點處裝減壓  
閥或持壓兼減壓閥。

表1.3 中區管網目前之供水壓力檢測表

供水地點編號	0501	0502	0503
離峰水力分析壓力	5.79	5.85	5.42
離峰現場檢核壓力	5.30	5.40	5.10
尖峰水力分析壓力	4.72	4.72	5.08
尖峰現場檢核壓力	4.60	4.70	4.80

水力分析壓力及現場檢核壓力之壓力值單位為(kg/cm<sup>2</sup>)

湖口新豐地區除縱貫鐵路、公路，新竹工業區附近及山崎、新庄子等都市計畫區  
人口聚居程度較高外，其他多屬面積遼闊之農村地區，住戶分佈零散，供水管線源遠  
綿長，為提升適宜操作管理機制，本規劃乃劃設分區管網，有利於提高供水操作管理  
效率。新豐湖口地區目前共設有4處加壓站，未來本規劃區管網完成，仍因受限於天然  
地形，相關加壓設施仍將保留運作。本供水區辦理分區計量管網規劃，將供水區分割  
成數個可獨立計量之管網，藉以管控供水區水量、水壓設施維持正常狀態，期提升供  
水效率。本供水區於現有管網作分割規劃成大、中、小三個層次之分區，並可獨立計  
量為原則，經各分區管網水力分析結果，須新增或更新部份管線，有利於日後提高供  
水操作管理效率。

## 伍、結果與建議

### 一、結果

本規劃新豐湖口地區共劃分1個大區管網，5個中區管網及33個小區管網如附圖一、附圖二，為有效掌控各區之供水狀況，未來建置自動化監控系統，將有助於提升營運管理效益及供水品質。按中區管網係由大區管網劃分成數個可獨立供水中區之建置，自大區管網接水處設窰井，裝置計量水表、水壓計及電動閘類，並於窰井附近設水量及水壓計傳訊箱及相關設備，將現場相關累計或瞬間水量、水壓等資料傳輸至營運管理單位監控。另外，各小區管網均於接水點處設水量檢測窰井或視需求裝計量水表，並擇適當地點設壓力觀測裝置，將現場水壓資料傳輸至營運管理單位，隨時掌握小區管網相關供水基本數據狀況正常與否，供調配供水區最佳運轉狀態，並可藉由人機介面及早獲知異常狀況訊息，適時予以因應排除或加以妥善處理。為因應局部偏高地區及既有供水設備等需求，分別設置相關之配水加壓設施。

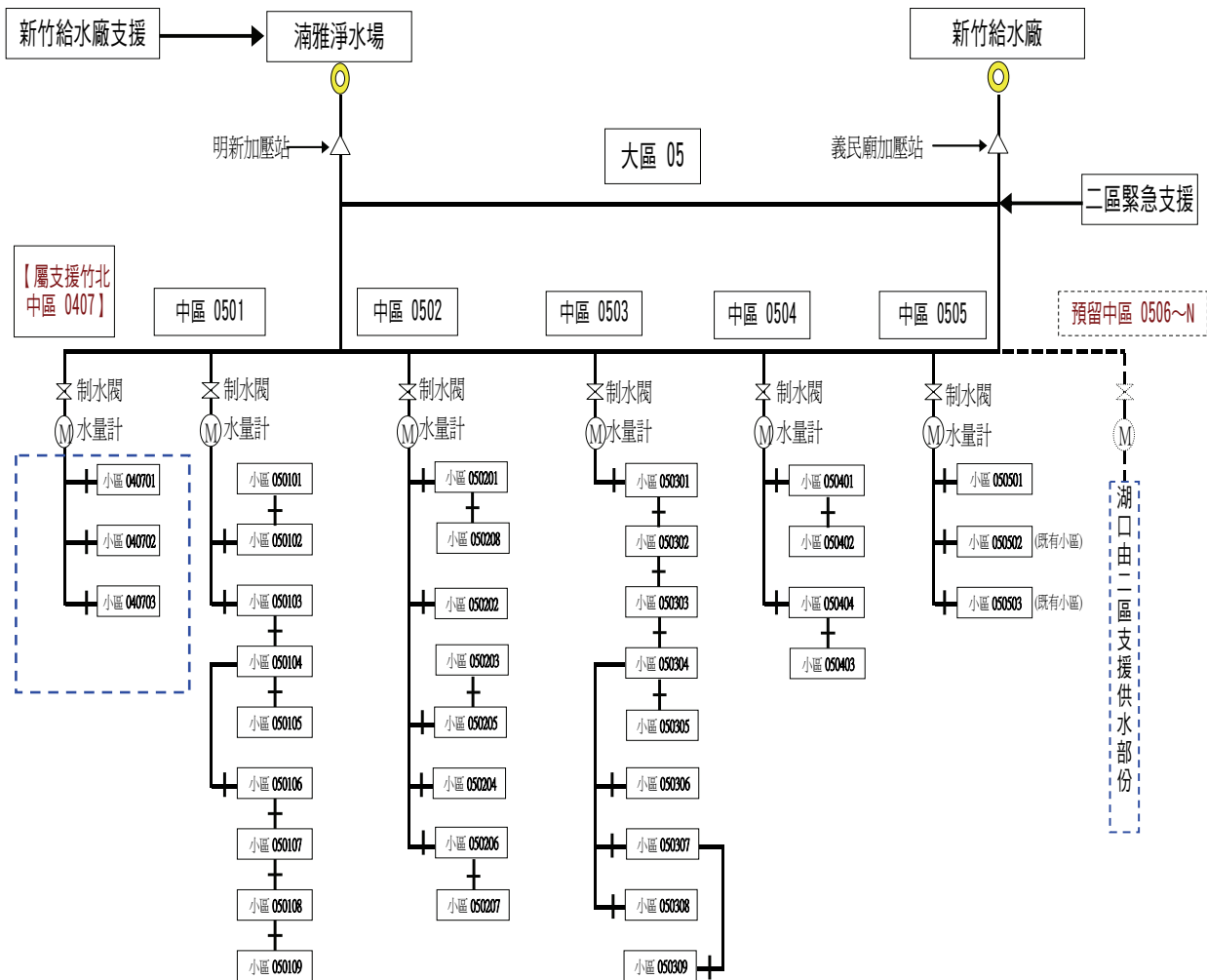
### 二、建議

- (一) 湖口新豐地區小區管網規劃成果，共劃設1個大區管網，5個中區管網及33個小區管網，中區管網於接水點後，均設窰井及裝置計量總水表、電動蝶閘，水量計、水壓計傳訊及電動閘等機電監控設備等；各小區管網接水點後設置計量用窰井(暫不裝設水表，未來將以移動式量測設備檢測，如擬裝小區水表，則選擇有需求之小區)及水壓觀測裝置。新竹工業區東、西區各自建置為獨立之中區管網，則須增埋該兩送水線間之連絡管，以利中區管網建置及分區水量調配操作。
- (二) 新豐鄉境內之新興路(台1線)沿線、山崎地區都市計畫區、新庄子地區都市計畫區等及其周邊範圍，較具都市化，人口聚居密度較高，建置小區管網較能符合規劃條件之一，其他範圍遼闊鄉村地區，農村聚落分佈零散，用戶稀疏，供水管線綿長等，難以按一般小區管網建置條件規劃，本計畫採依用戶數為主要考量，並按分區管網原理劃設小區，以節省初設經費，將來有需求時建議再劃分出次小區，以利營運管理。
- (三) 小區管網建置順序，以人口較密集之舊市區或新興社區為優先，都市街廓建設完整地區其次，其他須配合計畫道路開闢始埋管以及農村人口較少並且送配水管線到長遠等地區則列入最後階段。
- (四) 未來抄表工作區域宜配合小區管網酌予調整，以利小區建置後觀測及差異比對作業進行。
- (五) 本小區管網建置規劃完成後，未來供水管控操作將逐漸趨向標準化及自動化，管網檢測漏作業較易施行，期整體營運積效可漸次提昇，是為小區管網建置之理想目標。

## 陸、參考資料

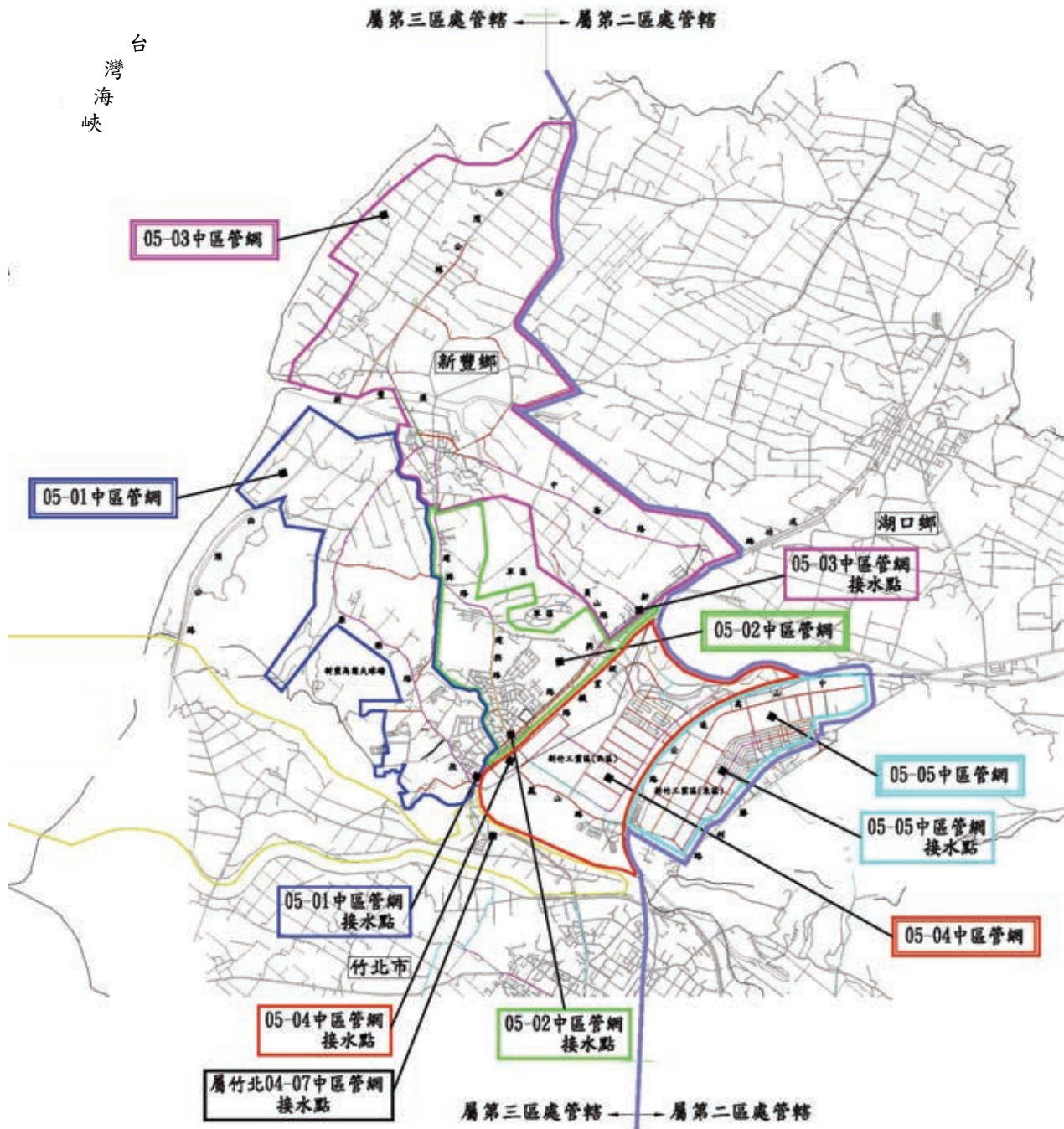
1. “湖口都市計畫”，新竹縣政府都市計畫網，2008。
2. “湖口(老湖口地區)都市計畫”，新竹縣都市計畫網，2008。
3. “新豐(新庄子地區)都市計畫”，新竹縣都市計畫網，2008。
4. “新豐(山崎地區)都市計畫”，新竹縣都市計畫網，2009。
5. “全國人口統計表”，內政部，2009。
6. “自來水工程設施標準解說”，台灣自來水公司，2006。
7. “北部區域供水系統聯合供水管理規劃總報告”，經濟部水利署，2009。
8. “台灣北部區域水資源經理基本計畫”，經濟部水利署，2009。
9. “EPANET2”，United States Environmental Protection Agency，2000。

附圖一 湖口新豐分區計量架構圖





附圖二 湖口新豐分區管網中區劃分圖



# 非機械控制可樞轉葉片之風車的數學原理

## Mathematics on a Windmill with Non-mechanical Control Pivoting Blades

林玉斌<sup>1</sup>陳良和<sup>2\*</sup>廖國良<sup>3</sup>Yuh-Bin Lin<sup>1</sup> Liang-Ho Chen<sup>2</sup> Gwo-Liang Liao<sup>3</sup><sup>1,2</sup> 東南科技大學 工程與管理系 副教授 Department of Industrial Engineering and Management, Tungnan University<sup>3</sup> 台東大學 資訊管理系 副教授 Department of Information Science and Management Systems, National Taitung University

\*通訊作者陳良和: lhechen@mail.tnu.edu.tw

### 摘 要

一種風車，利用一可旋轉之類似口型輪框，輪框凸出邊緣面設有一開放性凹形軌道、一可旋轉之框架及設於框架上可樞轉之葉片。利用軌道弧線之數學特性，不使用機械性控制；葉片會轉至較佳受風角度，達成減少阻力及產生較大受力設計之目的。本文在探討這弧線之數學的一些特性，以證明該機制運作之正確性。

**關鍵詞：**垂直軸式、風力機、風車、軌道弧線、數學特性

### ABSTRACT

A windmill which comprises of a relatively stationary round-like-box and a rotatable frame structure with rotatable blades is designed. Because of the special mathematical properties of the track trajectory, each blade can be guided to proper direction for power generation without using any other mechanical controls. We will discuss some mathematical properties of this track trajectory.

**Keywords:** Vertical Axis, Turbine, Windmill, Track Trajectory, Mathematical property



## 壹、引言

地球能源資源有限，加上溫室效應造成氣候極端變化，威脅地球生態環境。1997聯合國氣候變化綱要公約，通過具有約束效力的京都議定書，規範工業國家未來溫室氣體減量責任。至2009年1月，已經184個國家簽署和批准該議定書(Kyoto Protocol, 2009)。利用再生能源，以降低溫室氣體排放，已是未來不可避免的趨勢。

海洋能和風力能，充滿我們四周，是重要的再生能源。透過流體能量轉換器，便能使用這種能源。流體能量轉換器，有二大類典型裝置：垂直軸式轉換裝置，及水平軸式轉換裝置。水平軸式風力機之風車，目前商業化程度高，技術較定型，效率受風向影響較大，曲線較複雜；成本較高。垂直軸式風力機之風車，目前的產品大多顯現出效率較差的現象。因為垂直軸式風力機之風車，可以直接受風，受風面積較大，又不受風向影響，相信在良好的設計下，必然能夠大幅度地提高其工作效率。

垂直軸葉片類流體能量轉換器之應用，早於水平軸葉片類流體能量轉換器之應用。早期之垂直軸葉片類流體能量接收機構之專利，可追溯到1846，C. Hand 取得美國專利“WATER WHEEL”。這發明參考並改善水車成為改良型的水車、風車或者通風設備(Hand, 1846)。

較傳統的垂直軸葉片類流體能量接收機構，葉片設計成不可樞轉之方式。因其受力葉片對中心軸旋轉180度時，反而形成阻力。故其大多發明與設計，都在考慮葉片的形狀變化、安裝的位置變化、或是集風的設計變化，以求降低阻力或提高受力效率；但仍然不能消除該項阻力之產生。

## 貳、先前技術

改變傳統垂直軸類流體能量接收機構的設計，將風車葉片設計成可樞轉之方式；當受力葉片對軸心旋轉180度時，葉片自身自轉90度以減少阻力。在葉片對軸心旋轉過程中，讓葉片自轉，使各葉片與風向間，動態地維持適當之不同夾角，可以達成減少阻力，及產生較大的受力。這是一種較新的思維，首見於1907。C. F. Whisler 於1907年發明“WIND WHEEL”，並獲得美國專利申請公開，該項發明係利用齒輪和鏈條，帶動葉片自轉。當葉片對機構軸心旋轉時，動態地讓各葉片與風向間維持適當之不同夾角，讓設計達成減少阻力，及產生較大的受力之目的(Whisler, 1907)。

葉片對機構軸心公轉時，如何讓葉片亦行自轉，達成減少阻力及產生較大受力。這樣問題，有甚多發明家，提出不同的發明方案，試圖來解決這個問題。近期出現的相關發明分述如下：

Eldon L. Stroburg 於2010年發明“WINDMILL WITH PIVOTING BLADES”，並獲得美國專利申請公開，該項發明係利用齒輪組，帶動葉片自轉，當葉片對機構軸心旋轉時，動態地讓各葉片與風向間維持適當之不同夾角，讓設計達成減少阻力，及產生較大的受力之目的(Stroburg, 2010)。

顧喬祺於2010年發明“垂直式風力發電機葉片組及風力發電機可變繞線結合之方

法”，並獲得台灣專利申請公開，該項發明係利用可調式連桿，帶動葉片自轉，當葉片對機構軸心旋轉時，動態地讓各葉片與風向間維持適當之不同夾角，來達成目的(Ku, 2008)。

梁良於2010年發明“流體能量收集裝置”，並獲得中國專利申請公開，該項發明係利用卡柱，當活動帆轉動到流體流向的一側時候，活動帆框架因流體作用下卡在卡柱上，等較複雜的機構，來達成目的(Liang, 2006)。

Lester Hostetler 於2010年發明“WIND AND WATER TURBINE”，並獲得美國專利申請公開，該項發明係利用葉片公轉圓形軌內部之一橢圓形軌道；並在軌道外部設立一機械開關，機械開關強制葉片之軌輪交替進入軌道；當葉片對機構軸心旋轉時，葉片公轉圓形軌內部之橢圓形軌道，帶動葉片自轉，來達成目的(Hostetler, 2010)。

近十年來國內在風車製作理論上的研究論文與著作相當可觀(如周鑑恒，2002、徐彬堯，2005、鄭泗滄等學者，2006、江培宏，2007、陳興加，2007、蘇振傑，2008與郭岱鑫，2010)，大大改善了風車運行的結構運動。

## 參、非機械性的控制之新設計

先前技術都要用到一些機械性的控制，強制葉片持續自轉。新設計的特點是，既不使用機械性的齒輪或連桿，去強制葉片旋轉，也不使用機械性開關，去強制葉片軌輪交替進入凹形軌道。而是，利用葉片公轉圓形軌，及其外部之軌道軌跡之間的數學關係，使葉片軌輪以自然的方式，交替地進入凹形軌道，讓葉片自然地旋轉到最佳的方位。最佳的方位，意指葉片移動至不同位置時，會變換葉片的方向，讓葉片和流體流動方向間，形成適當夾角，在推動圓柱狀框架旋轉方面，有助於減少阻力及產生較大受力。

新設計基礎機構內容，基礎機構的主要結構包括二項：可對某固定軸旋轉之類似門型輪框；輪框之凸出邊緣面，設有一開放性凹形軌道；和一可旋轉之圓柱狀框架及複數均勻間隔設於該框架內之矩形葉片；該等矩形葉片中線為自轉軸，且以可樞轉之方式設置於圓柱狀框架；葉片左右上方各有軌輪可滑行於輪框之凹形軌道。圓柱狀框架及類似門型輪框，有共同之旋轉軸心。

圓柱狀框架內，上下圓設有複數對上下支臂，恰好容許含軌輪之葉片，進行自轉運動；葉片自轉時，其軌輪不會碰撞支臂。輪框邊緣凸出之部分厚度，略大於上支臂厚度，凸出處之下方設有凹形軌道。葉片軌輪行走於凹形軌道時，會帶動葉片自轉。因此葉片對公轉軸心旋轉時，其肩上軌輪滑行於此軌道，接受軌道導引，造成葉片自轉，改變葉片方向。

類似門型輪框之凹形軌道，屬開放性軌道有一開口，供葉片軌輪進出。軌道軌跡曲線，係依稍後所敘述之特殊弧線來設計。弧線形狀類似於極坐標系統中的心臟線，在曲線尖點及其附近部分，不設軌道，成為葉片旋轉運動時，其軌輪之出入口。本設計軌道弧線，具有某些特殊的特性：不論何時，葉片肩上二軌輪，至少會有一軌輪在凹形軌道上；葉片肩上外側之軌輪永遠在軌道上。葉片旋轉運動時，二軌輪會交替進入凹形軌道；當二軌輪交替進入軌道之際，二軌輪會同時在凹形軌道上。

圓柱狀框架對公轉軸心旋轉時，在軌道導引下，葉片本身亦作自轉；彷彿地球對太陽公轉時自轉。唯葉片對公轉軸心公轉一圈時，僅同時自轉半圈；公轉180度時自轉90度，公轉90度時自轉45度。軌道弧線是對稱的圓滑弧線，有一對稱軸；當流體以垂直此對稱軸之方向流入時，流體粒子推擊圓柱狀框架內葉片之葉面，這推擊力，對於圓柱狀框架產生旋轉方面的推動，葉片方向讓框架有最佳受力作用。因此，在類似門型輪框表面，沿垂直軌道弧線對稱軸之方向，作一方向標記。當類似門型輪框上之方向標記，和流體流入方向一致時，流體對框架內每一之葉片的作用力，都是最有利於框架之旋轉運動。將風舵安裝在這流向標記之方向，風舵受流體牽動，使輪框上之方向標記，和流體流入方向一致。此時流體之流動力量，最有助於框架之旋轉運動。

這個機構的設計部分和相關部分，第一作者已向國家智慧財產局，提出發明專利申請，相關的數學部分將公開於本論文下述之論述。

## 肆、新設計之關鍵弧線

新設計關鍵之一，在於滿足上述特性要求之一種新弧線；利用這種新弧線，去除尖點附近，作為軌道槽之槽線基礎。

### 一、軌道弧線原理與方程式

這種新弧線是一曲線家族  $Tw$ ，個別弧線  $Tw(r,s)$  均含二參數  $r$ 、 $s$ 。 $r$  是本設計中可旋轉之圓柱狀框架的半徑，精確的說，是圓柱狀框架的軸心至葉片自轉軸心之距離； $s$  是葉片的寬，精確的說，是左右水準軌輪的軸心距離。 $Tw(r,s)$  具有下述特性：有一半徑長  $r$  且圓心為原點之圓  $O$ 。對於長度  $s < 2r$  之任一線段  $S$ ，當線段  $S$  之中點  $M$  在圓  $O$  之圓周上，且線段  $S$  一端點在弧線  $Tw(r,s)$  上時，則平行  $y$  軸之入射線對線段  $S$  產生一反射線，此反射線之平行向量恰好和圓相切於  $M$  點。 $Tw(r,s)$  形狀類似於極坐標系統的心臟線，是一對稱有一個尖點的曲線，曲線尖點在圓周上，曲線尖點外之點皆在圓外部。在本設計中，圓  $O$  之圓心是機構的軸心也公轉軸心，圓  $O$  是葉片在旋轉運動之公轉軌，也是葉片公轉運動時，葉片自轉軸心公轉之軌跡。 $Tw$  弧線是引導葉片自轉的凹形軌道，中點  $M$  是葉片的自轉軸心，線段  $S$  是葉片的寬，線段  $S$  二端點，是葉片左右軌輪的軸心。 $0 < s < 2r$ ， $Tw(r,s)$  之參數方程式如下：

$$x = (r + \frac{1}{2}s)\cos\frac{t}{3}\cos t - (r - \frac{1}{2}s)\sin\frac{t}{3}\sin t, \quad (1)$$

$$y = (r + \frac{1}{2}s)\cos\frac{t}{3}\sin t + (r - \frac{1}{2}s)\sin\frac{t}{3}\cos t, \quad (2)$$

$$\text{其中 } -\frac{3}{2}\cos^{-1}\frac{-s}{4r} < t < \frac{3}{2}\cos^{-1}\frac{-s}{4r}。 \quad (3)$$

此弧線具有各種數學特性，滿足上述軌道弧線之特性需求。圖1顯示上述弧線  $Tw(1,1.46)$  的形狀

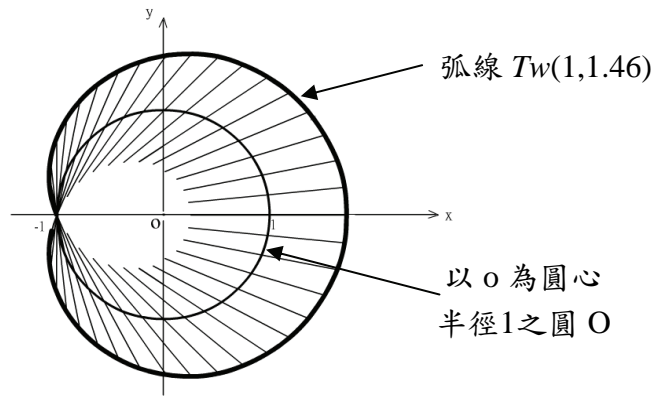


圖 1. 弧線  $T_w(1,1.46)$

## 二、數學證明

定理一：弧線  $T_w(r,s)$  在圓  $O$  之外部。

證明：若  $P(x,y)$  是  $T_w(r,s)$  弧線上之一點，則

$$\begin{aligned} |\overline{OP}|^2 &= (r + \frac{1}{2}s)^2 \cos^2(\frac{1}{3}t) + (r - \frac{1}{2}s)^2 \sin^2(\frac{1}{3}t) \\ &= r^2 + \frac{1}{4}s^2 + rs(\cos^2(\frac{1}{3}t) - \sin^2(\frac{1}{3}t)) \\ &= r^2 + \frac{1}{4}s^2 + rs \cos \frac{2}{3}t \end{aligned} \tag{4}$$

$$\text{由(3)知 } -\cos^{-1} \frac{-s}{4r} < \frac{2}{3}t < \cos^{-1} \frac{-s}{4r} \tag{5}$$

$$\text{由 } 0 < s < 2r, \text{ 即 } -\frac{1}{2} < -\frac{s}{4r} < 0,$$

$$\text{知 } \frac{1}{2}\pi < \cos^{-1} \frac{-s}{4r} < \frac{2}{3}\pi \tag{6}$$

$$\text{由(5)(6)知 } 0 \leq \frac{2}{3}t < \cos^{-1} \frac{-s}{4r} < \frac{2}{3}\pi,$$

$\cos$  在  $[0, \frac{2}{3}\pi]$  是單調減函數，故

$$1 = \cos 0 \geq \cos \frac{2}{3}t > -\frac{s}{4r} > \cos \frac{2}{3}\pi = -\frac{1}{2}$$

即  $t$  在  $[0, \frac{3}{2} \cos^{-1} \frac{-s}{4r})$  區間時， $\cos \frac{2}{3}t$  之極小值發生在  $t = \frac{3}{2} \cos^{-1} \frac{-s}{4r}$  定義域延

伸之端點；極小值為  $-\frac{s}{4r}$ ，代入(4)，得  $|\overline{OP}|^2 > r^2$ 。同理  $t$  在  $(-\frac{3}{2} \cos^{-1} \frac{-s}{4r}, 0]$  區間

時，可得  $|\overline{OP}|^2 > r^2$ 。故弧線  $Tw(r, s)$  在圓  $O$  之外部得證。此即，軌道軌跡在公轉圓形軌之外部。曲線尖點發生於  $t$  在延伸定義域  $[-\frac{3}{2}\cos^{-1}\frac{-s}{4r}, \frac{3}{2}\cos^{-1}\frac{-s}{4r}]$  之端點上，曲線尖點在圓上。

若  $P(x, y)$  是  $Tw(r, s)$  弧線上之一點，則

$$P(x, y) = \left( \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \cos t - \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \sin t, \right. \\ \left. \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \sin t + \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \cos t \right), \quad (7)$$

此時我們定義  $P(x, y)$  之共軛點為  $Q(x, y)$ ：

$$Q(x, y) = \left( \left( r - \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \cos t - \left( r + \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \sin t, \right. \\ \left. \left( r - \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \sin t + \left( r + \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \cos t \right). \quad (8)$$

**定理二：**  $P(x, y)$  是如上  $Tw(r, s)$  弧線上之一點， $Q(x, y)$  是  $P(x, y)$  之共軛點，則線段  $\overline{PQ}$  長為  $s$ ，且  $\overline{PQ}$  中點在圓  $O$  上。

證明：若  $M$  是  $\overline{PQ}$  中點，由(7)(8)知

$$M = (P+Q)/2 = r(\cos \frac{t}{3} \cos t - \sin \frac{t}{3} \sin t, \cos \frac{t}{3} \sin t + \sin \frac{t}{3} \cos t) \\ = r(\cos \frac{4}{3}t, \sin \frac{4}{3}t) \quad (9)$$

故中點  $M$  在圓  $O$  上。再看  $\overline{QP}$  向量，

$$\overline{QP} = \left( \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \cos t - \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \sin t \right. \\ \left. - \left( \left( r - \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \cos t - \left( r + \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \sin t \right), \right. \\ \left. \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \sin t + \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \cos t \right. \\ \left. - \left( \left( r - \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \sin t + \left( r + \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \cos t \right) \right) \\ = (s \cos \frac{t}{3} \cos t + s \sin \frac{t}{3} \sin t, s \cos \frac{t}{3} \sin t - s \sin \frac{t}{3} \cos t) \\ = s(\cos \frac{2}{3}t, \sin \frac{2}{3}t). \quad (10)$$

故  $|\overline{QP}| = s$ 。線段  $\overline{QP}$  長為  $s$ ，且  $\overline{PQ}$  中點在圓  $O$  上得證。此即， $\overline{PQ}$  代表葉片， $P$

代表葉片行走於軌道之軌輪，中點  $M$  代表葉片自轉軸心， $Q$  代表葉片另一軌輪。 $M$  在圓上行走時， $P$  在軌道上行走。

**定理三：弧線  $TW(r, s)$  對稱於  $x$  軸。**

證明：欲證  $TW(r, s)$  上點  $P(x(t), y(t))$  之  $x$  軸對稱點  $P(x(-t), y(-t)) = P(x(t), -y(t))$

$$\text{若 } P(x(t), y(t)) = \left( \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \cos t - \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \sin t, \right.$$

$$\left. \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos \frac{t}{3} \sin t + \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin \frac{t}{3} \cos t \right)$$

則其對  $x$  軸之對稱點為

$$P(x(-t), y(-t)) = \left( \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos\left(-\frac{t}{3}\right) \cos(-t) - \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin\left(-\frac{t}{3}\right) \sin(-t), \right.$$

$$\left. \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos\left(-\frac{t}{3}\right) \sin(-t) - \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin\left(-\frac{t}{3}\right) \cos(-t) \right)$$

$$= \left( \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos\left(\frac{t}{3}\right) \cos(t) - \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin\left(\frac{t}{3}\right) \sin(t), \right.$$

$$\left. - \left( r + \frac{1}{2}s \right) \cos\left(\frac{t}{3}\right) \sin(t) + \left( r - \frac{1}{2}s \right) \sin\left(\frac{t}{3}\right) \cos(t) \right)$$

$$= P(x(t), -y(t))$$

其中  $-\frac{3}{2} \cos^{-1} \frac{-s}{4r} < -t < \frac{3}{2} \cos^{-1} \frac{-s}{4r}$ 。

故  $P(x(-t), y(-t))$  在弧線  $TW(r, s)$  上；弧線  $TW(r, s)$  對稱於  $x$  軸得證。

**定理四： $\overrightarrow{QP}$  之向量角為  $\overrightarrow{OM}$  之向量角的一半。**

證明：由(9)知  $\overrightarrow{OM} = r(\cos \frac{4t}{3}, \sin \frac{4t}{3})$ ，即  $\overrightarrow{OM}$  之向量角為  $\frac{4}{3}t$ ，由(10)知  $\overrightarrow{QP} = s(\cos \frac{2t}{3}, \sin \frac{2t}{3})$ ，即  $\overrightarrow{QP}$  之向量角為  $\frac{2}{3}t$ 。 $\overrightarrow{QP}$  之向量角為  $\overrightarrow{OM}$  之向量角的一半得證。此即，支臂  $\overrightarrow{OM}$  向量角為 0 度時葉片  $\overrightarrow{QP}$  之向量角為 0 度，支臂向量角為 90 度時葉片之向量角為 45 度，支臂向量角為 180 度時葉片之向量角為 90 度。框架支臂對公轉軸心旋轉時，在軌道導引下，葉片本身亦作自轉。唯葉片對公轉軸心公轉一圈時，僅同時自轉半圈；公轉 180 度時自轉 90 度，公轉 90 度時自轉 45 度。

由(6)知  $\frac{1}{2}\pi < \cos^{-1} \frac{-s}{4r} < \frac{2}{3}\pi$ ，故

$\frac{3}{4}\pi < \frac{3}{2}\cos^{-1} \frac{-s}{4r} < \pi$ 。任取一整數  $n > 2$ ，令

$a = (\frac{3}{2}\cos^{-1} \frac{-s}{4r} - \frac{3}{4}\pi) / n$ ，此時

$0 < a < \frac{3}{2}\cos^{-1} \frac{-s}{4r} - \frac{3}{4}\pi$ ，同時  $a < \pi / 4n$ ，故

$-\frac{3}{2}\cos^{-1} \frac{-s}{4r} < -a - \frac{3}{4}\pi < a + \frac{3}{4}\pi < \frac{3}{2}\cos^{-1} \frac{-s}{4r}$ 。

縮小  $Tw(r, s)$  之定義域，即去除尖點附近曲線，令  $Tw(r, s)$  之新定義域為  $[-a - \frac{3}{4}\pi, \frac{3}{4}\pi + a]$ ，作為軌道槽之槽線基礎。

由(7)知

$$\begin{aligned}
 P(x, y) &= ((r + \frac{1}{2}s)\cos\frac{t}{3}\cos t - (r - \frac{1}{2}s)\sin\frac{t}{3}\sin t, \\
 &\quad (r + \frac{1}{2}s)\cos\frac{t}{3}\sin t + (r - \frac{1}{2}s)\sin\frac{t}{3}\cos t) \\
 &= (r(\cos\frac{t}{3}\cos t - \sin\frac{t}{3}\sin t) + \frac{1}{2}s(\cos\frac{t}{3}\cos t + \sin\frac{t}{3}\sin t), \\
 &\quad r(\cos\frac{t}{3}\sin t + \sin\frac{t}{3}\cos t) + \frac{1}{2}s(\cos\frac{t}{3}\sin t - \sin\frac{t}{3}\cos t)) \\
 &= (r(\cos\frac{4t}{3}) + \frac{1}{2}s(\cos\frac{2t}{3}), r(\sin\frac{4t}{3}) + \frac{1}{2}s(\sin\frac{2t}{3})) \quad (11)
 \end{aligned}$$

由(8)知

$$\begin{aligned}
 Q(x, y) &= ((r - \frac{1}{2}s)\cos\frac{t}{3}\cos t - (r + \frac{1}{2}s)\sin\frac{t}{3}\sin t, \\
 &\quad (r - \frac{1}{2}s)\cos\frac{t}{3}\sin t + (r + \frac{1}{2}s)\sin\frac{t}{3}\cos t) \\
 &= (r(\cos\frac{t}{3}\cos t - \sin\frac{t}{3}\sin t) - \frac{1}{2}s(\cos\frac{t}{3}\cos t + \sin\frac{t}{3}\sin t), \\
 &\quad r(\cos\frac{t}{3}\sin t + \sin\frac{t}{3}\cos t) - \frac{1}{2}s(\cos\frac{t}{3}\sin t - \sin\frac{t}{3}\cos t)) \\
 &= (r(\cos\frac{4t}{3}) - \frac{1}{2}s(\cos\frac{2t}{3}), r(\sin\frac{4t}{3}) - \frac{1}{2}s(\sin\frac{2t}{3})) \quad (12)
 \end{aligned}$$

軌道是定義於  $[-a - \frac{3}{4}\pi, \frac{3}{4}\pi + a]$  之  $Tw(r, s)$ ，因此  $t$  離開定義域  $[-a - \frac{3}{4}\pi, \frac{3}{4}\pi + a]$  時，表示軌輪  $P$  離開軌道。考慮  $P$  將離開軌道  $\frac{3}{4}\pi + a$  附近一邊； $t$  在  $[\frac{3}{4}\pi - a, \frac{3}{4}\pi + a]$  時， $P$  即將離開軌道之狀況。

令  $u = t - \frac{3}{2}\pi$ ，得  $\frac{2}{3}t = \frac{2}{3}u + \pi$ ， $\frac{4}{3}t = \frac{4}{3}u + 2\pi$ 。

此時  $P(x(t), y(t))$  之共軛點  $Q(x(t), y(t))$ ，

由(12)，(11)知

$$\begin{aligned} Q(x(t), y(t)) &= (r(\cos \frac{4t}{3}) - \frac{1}{2}s(\cos \frac{2t}{3}), r(\sin \frac{4t}{3}) - \frac{1}{2}s(\sin \frac{2t}{3})) \\ &= (r \cos(\frac{4}{3}u + 2\pi) - \frac{1}{2}s(\cos(\frac{2}{3}u + \pi)), r \sin(\frac{4}{3}u + 2\pi) - \frac{1}{2}s(\sin(\frac{2}{3}u + \pi))) \\ &= (r \cos(\frac{4}{3}u) + \frac{1}{2}s(\cos(\frac{2}{3}u)), r \sin(\frac{4}{3}u) + \frac{1}{2}s(\sin(\frac{2}{3}u))) \\ &= P(x(u), y(u)), \end{aligned}$$

由  $\frac{3}{4}\pi - a < t < \frac{3}{4}\pi + a$ ，知  $-\frac{3}{4}\pi - a < u < -\frac{3}{4}\pi + a$ 。

此時  $Q(x(t), y(t)) = P(x(u), y(u))$  成為  $T_w(r, s)$  上之點，代表另一軌輪  $Q$  已進入軌道另一邊。故可證明下列定理。

**定理五：** 去除曲線尖點附近之  $T_w(r, s)$  弧線，定義域為  $[-a - \frac{3}{4}\pi, \frac{3}{4}\pi + a]$ ， $t$  在  $[\frac{3}{4}\pi - a, \frac{3}{4}\pi + a]$  狀況之  $P(x(t), y(t))$ ，共軛點之  $Q(x(t), y(t))$  會在弧線  $T_w(r, s)$  上。

證明： $P$  即將離開軌道另一邊，也有同樣狀況，甚易證明。這說明瞭本設計軌道弧線，具有下述特性：不論何時，葉片肩上二軌輪，至少會有一軌輪在軌道上；葉片肩上外側之軌輪永遠在軌道上。葉片自轉運動時，二軌輪會交替進入軌道；當二軌輪交替進入軌道之際，二軌輪會同時在軌道上。

## 伍、結論

本論文所證明定理，已用計算機的數值和圖形動態模擬，驗證基礎機構之弧線軌跡運作正確無誤，另外也以實體雛型完成驗證。在風力發電上之應用，利用軌道軌跡的數學關係，使葉片軌輪以自然的方式，交替地進入軌道，讓葉片自然地旋轉到最佳的方位，葉片和流體流動方向間，形成適當夾角，在推動圓柱狀框架旋轉方面，不但減少阻力更產生較大受力。

## 陸、參考文獻

- [1] Kyoto Protocol, 2009, Status of Ratification. United Nations Framework Convention on Climate Change, pp 01-14.
- [2] C. Hand, 1846, Water Wheel, U.S. Pat. No. 4,517, May.



- [3] C. F. Whisler, 1907, Wind Wheel, U.S. Pat. No. 862,299, Aug.
- [4] Eldon L. Stroburg, 2010, Wind with Pivoting Blades, U.S. Pat. No. 7,766,602 B1, Aug.
- [5] Ku Chau Chi, 2008, The Blades Set in a Vertical Axis Wind Turbine, R. O. C. Pub. No.2008339453, Aug.
- [6] Liang Liang, 2006, Fluid Energy Collector, China Pub. No. CN1769668A, Oct.
- [7] Lester Hostetler, 2010, Wind and Water Turbine, U.S. Pat. No. 2010/0060008 A1, Mar.
  
- [8] 江培宏，2007，風車尾流效應之實驗研究，中央大學土木工程學系學位論文。
- [9] 周鑑恒，2002，利用微型風車演示風力發電和其負載，科學教育月刊，第 248 期。
- [10] 徐彬堯，2005，風車葉片運動模擬與動態分析，成功大學航空太空工程學系碩博士班學位論文。
- [11] 郭岱鑫，2010，新式垂直軸阻力型風車的理論分析與性能實驗之整合研究，國立臺灣科技大學機械工程系碩士論文。
- [12] 陳興加，2007，複合材料應用於風車葉片之研究，成功大學航空太空工程學系專班學位論文。
- [13] 鄭泗滄，尤芳恣，徐彬堯，翁慶隆，2006，風車葉片運動模擬與動態分析，航空太空及民航學刊，38 卷 2 期，p79 -87。
- [14] 蘇振傑，2008，輕型風車最佳化系統設計規劃與分析，中國文化大學數位機電科技研究所碩士論文。

# 應用 EWMA 方法組合多國股價指數的波動幅度來預測台灣加權股價指數

## Apply EWMA Method Combination of Multi-country Volatility of Stock Price Index to Predict the Taiwan Weighted Stock Index

林成益<sup>1</sup>                      巫龍章<sup>1</sup>                      陳慈慧<sup>2</sup>  
Cheng-Yi Lin<sup>1</sup>              Lung-Chang Wu<sup>1</sup>              Tzu-Hui Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東南科技大學 工業工程與管理學系 講師 Department of Industrial Engineering and Management  
<sup>2</sup>東南科技大學 工業工程與管理學系 副教授 Department of Industrial Engineering and Management

### 摘 要

全球化趨勢使得國際金融交易的波動性及關連性增加，國際股市的漲跌都或多或少會影響他國的股票市場，尤其是美國 DJ 工業指數在國際股市都扮演一個極重要的角色，過去的研究皆以美國股市來作為各種預測模式的因子，進行他國股價指數之預測。本論文應用指數加權移動平均(EWMA)方法，結合美國 DJ 工業指數、NASDAQ 指數及韓國 KOSPI 指數等多個國際股價指數的波動組合來預測台灣加權股價收盤指數，找出最小預測誤差的國際股市組合以及最佳組合的 EWMA 模式的參數設定值。

**關鍵詞：**多國國際股市；波動性預測；指數加權移動平均

### ABSTRACT

Globalization makes the volatility of international financial transactions and the related increased, the international stock market ups and downs will affect other country's stock market. Especially the American DJ industry index plays an extremely important role in the international stock market. Past studies use the U.S. stock market as a factor of various prediction models, for other country's stock index forecast. In this paper apply the exponentially weighted moving average (EWMA) method, combined with the American DJ Industrial Index, NASDAQ index and South Korean KOSPI index to predict the Taiwan's weighted stock closing index. find the smallest prediction error of the international stock market combination as well as the optimal EWMA parameter value.

**Keywords :** multi-country stock market, volatility forecast, EWMA

# 1.簡介

隨著全球化趨勢的發展與盛行，跨國企業資金在國際上的流動頻繁，使得各國經濟互相影響，並透過國際金融市場的交易，以及投資衍生性金融商品的管道增加，使得各國的經濟及金融市場的關連性更加密切，相對地增強了國際股市間的連動性。如2008年由美國次級房貸因素所引起的金融風暴，以及最近希臘問題所引起的全球股災，都說明了全球化因素所造成全球股市因連動密切而產生同步下跌的連鎖效應。Kim & Rogers (1995)的研究提出在金融市場自由化之下，國際股市間會產生相互影響，造成股票市場的波動，Eun & Shim (1989)的論文中提出，美國股市是國際股市連動的主要影響來源，是牽動世界各國股市波動的重要因素，因此，若藉由各國際股市間互相連動的影響，可以發現哪些國際股市對於台灣股市的影響較大，並可將幾個互相影響的國際股市指數漲跌與以組合，來預測下一個交易日的台灣股市收盤漲跌幅度。

而在預測台灣加權股價指數方面，亦有許多學者提出相關研究，如 Huarng, Yu, & Hsu (2007)建議採用美國 DJ 工業指數及 NASDAQ 指數做為模糊時間序列模式的預測因子，來預測台灣加權股價指數，Chang, Wei, & Cheng (2011)曾提出 ANFIS 模式 (adaptive network based fuzzy inference system) 來預測台灣加權股票指數，並採用 RMSE (root mean squared error) 來作為預測股價波動的績效評估。Hung (2009)曾利用 fuzzy logic systems 的方法應用於 asymmetric GARCH model，並採用台灣加權指數、日本 NI225 指數和香港恆生指數等資料來進行股價波動績效之預測。Hung (2011) 也曾利用 adaptive Fuzzy-GARCH model 去分析台灣、日本 和德國三個股票市場指數。Cheng & Wei (2009)提出以美國道瓊工業指數、NASDAQ 指數及台灣加權股價指數三者之間找到每年最佳的迴歸模式，並以此模式預測當年度的每日台灣加權股價收盤指數，並與其他模式進行預測績效評估。由以上諸位學者所提出的論文可知，由國際間股市的連動性，可找出較佳的組合模式來進行臺灣股市與外匯期貨的預測，並使其預測誤差降低。

在使用的預測模式中，早期許多學者大都採用 GARCH 模式 (Baillie, Bollerslev, & Mikkelsen, 1996; Bollerslev, 1986)，然而，Shin & Sohn (2007)曾提出以 EWMA 組合技術來預測匯率，得到比 GARCH 模式、neural network 模式和 random walk model 有較佳的預測結果，Kuen and Hoong (1992)的論文比較了天真預測法 (naive forecasts)、EWMA 與 GARCH 三個方法在波動性的預測能力上，其結果指出 EWMA 為最佳的預測未來波動性的方法。Brooks and Chong (2001)提出外匯期貨採用不同波動預測方法在避險績效上的比較，發現 EWMA 方法普遍優於各種 GARCH 模型。可見 EWMA 方法在預測未來股價或匯率波動性上，不失為一種簡單又易於了解的預測方法。

本論文應 EWMA 方法，結合各國股市之漲跌幅度來預測台灣加權股價收盤指數，並在國際股市組合的選擇上，參考 Cheng & Wei (2009)等學者的論文，採用美國道瓊工業指數及 NASDAQ 指數外，並加入同屬於亞洲地區之韓國 KOSPI 指數，並由不同國家股價指數組合之平均漲跌幅度來預測下一交易日的台灣加權股價收盤指數，期能對投資台灣股市提供一個好的預測組合模式。本研究有兩個主要目的：(1)在多個國際股價指數的波動組合中，以 EWMA 預測方法找出最小預測誤差的組合，提供投資台灣股市之參考。(2)對於 EWMA 預測方法中的參數，找出最佳組合的參數設定值。

本論文的結構如下：第二節將介紹 EWMA 模式的定義，第三節說明多國股價指數的組合模式及績效的評估方法，第四節進行實證性研究，找出在預測台灣加權股價指數之最佳組合模式，第五節提出本論文之結論以及參數值設定的建議。

## 2. EWMA 的預測模式

早期的預測模式經常採用指數加權移動平均(Exponentially weighted moving average, EWMA)的概念，此概念是由 Roberts 於1959年所提出(Roberts, 1959)，其定義公式如下：

$$y_t = \lambda x_t + (1-\lambda)y_{t-1} \quad (1)$$

初始值  $y_0 = \mu_0$ ， $\lambda$  為一常數，且  $0 < \lambda \leq 1$ 。

$y_t$  為指數加權移動平均值， $x_t$  為各期觀察值，若將  $y_{t-1}$  值帶入公式(1)，則公式(1)將轉變為

$$y_t = \lambda \sum_{j=1}^t (1-\lambda)^{j-1} x_{t-j+1} + (1-\lambda)^t y_0 \quad (2)$$

這裡的  $\{x_t\}_{t=1,2,\dots}$  是平均數為  $\mu$ ，標準差為  $\sigma^2$  獨立隨機變數， $y_0$  通常被假設為  $\mu$ ，由公式(2)可知，愈靠近當期的資料所佔的權值愈重，代表統計量  $y_t$  受到過去資料的影響就愈小， $\lambda$  為權值參數。

## 3. 多國股價指數的組合模式

本文提出一個新的國際股價指數波動組合來預測台灣加權股價指數，分別以美國 DJ 工業指數、NASDAQ 指數、及韓國 KOSPI 指數等三個國家之指數漲跌幅度組合來預測隔日台灣股價加權指數之漲跌，其組合數由一個國家到三個國家不等，以 EWMA 預測模式來預測台灣加權股價指數，屏除了過去時間序列模式必須依賴許多變數的假設，使用較為簡單的指數加權移動平均(Exponentially weighted moving average, EWMA)的概念來估計預測誤差，在實務的應用上，具有相當的方便性及簡易性，本研究除了要找出預測台灣加權股價指數的最佳多國股價指數組合外，並且探討 EWMA 模型中，參數值的設定對預測誤差的影響，以決定在何種參數值的設定下，能有較佳組合的預測值。為方便了解本研究的實證過程，茲將研究架構說明如圖1所示

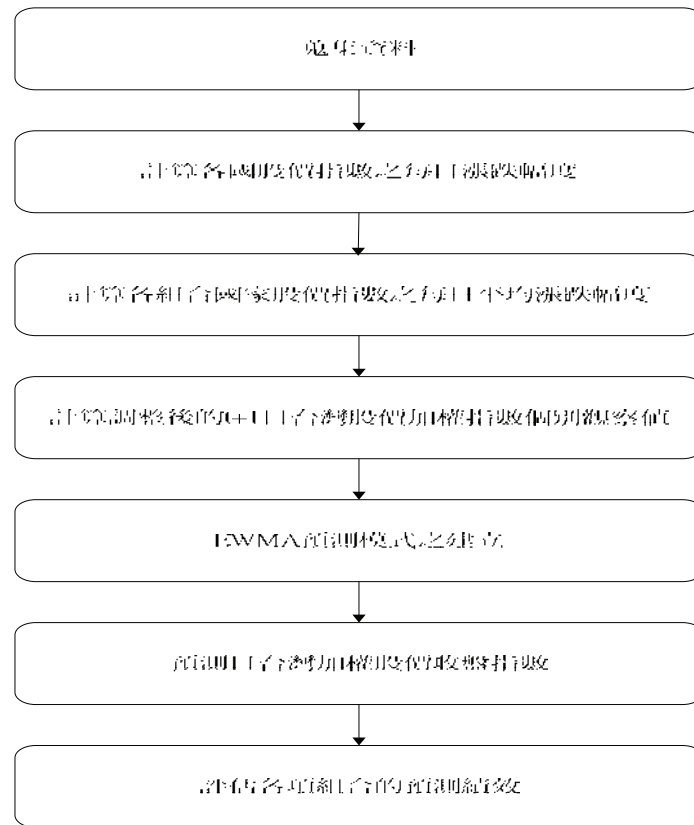


圖 1. 研究架構圖

### 步驟 1：蒐集資料

蒐集台灣加權股價指數、美國 DJ 工業指數、NASDAQ 指數及韓國 KOSPI 指數等四個國際股市的每日收盤之股價指數，時間從2006年1月1日到2010年12月31日，以每年1月1日到每年12月31日為一測試周期，共計五個測試週期，共測試了1237個交易日的資料，而每一周期的預測初始值為前一周期的最後一個交易日之收盤指數。

### 步驟 2：計算各國際股市股價指數之每日漲跌幅度

在 Cheng & Wei (2009)的研究中，以台灣股價指數、道瓊工業指數及 NASDAQ 指數之漲跌點數搭配所求得之最佳參數來進行預測，必須在預測前先找出該預測期間之最佳參數值，在本研究中，為採用較簡易的預測方式，只計算各國際股市股價指數的每日漲跌點數，如公式(3)，並將每日漲跌點數轉換為每日漲跌幅度，如公式(4)，若當日該國股市休市，則漲跌點數為0，若臺灣股市休市，則各國際股市漲跌點數以台灣股市休市期間之淨漲跌點數計算，如表1所示。

$$\Delta(t) = x(t) - x(t-1) \quad (3)$$

$$\% \Delta(t) = (\Delta(t) / x(t-1)) \times 100\% \quad (4)$$

表1. 每日漲跌計算表

Date	Dow Jones	$\Delta(D(t))$	NI225	$\Delta(NI(t))$
2006/1/2	10717.5		16111.43	
2006/1/3	10847.41	129.91		0
2006/1/4	10880.15	32.74	16361.54	250.11
2006/1/5	10882.15	2	16425.37	63.83
2006/1/6	10959.31	77.16	16428.21	2.84
2006/1/9	11011.9	52.59		0
2006/1/10	11011.58	-0.32	16124.35	-303.86
2006/1/11	11043.44	31.86	16363.59	239.24
2006/1/12	10962.36	-81.08	16445.19	81.6
2006/1/13	10959.87	-2.49	16454.95	9.76
2006/1/16		0	16268.03	-186.92
2006/1/17	10896.32	-63.55	15805.95	-462.08
2006/1/18	10854.86	-41.46	15341.18	-464.77
2006/1/19	10880.71	25.85	15696.28	355.1
2006/1/20	10667.39	-213.32	15696.69	0.41
2006/1/23	10688.77	21.38	15360.65	-336.04
2006/1/24	10712.22	23.45	15648.89	288.24
2006/1/25	10709.74	-2.48	15651	2.11

### 步驟 3：計算各組合國家股價指數之每日平均漲跌幅度

將步驟2所計算之每日漲跌幅度，以各組合國家股價指數之每日漲跌幅度計算平均漲跌幅度，如公式(5)

$$\overline{X}_{\% \Delta(t)} = \sum_{i=1}^N (\% \Delta(t)) / N \quad (5)$$

N 代表預測股價組合的國際股市數目，

本文採用3個不同國際股市之股價指數來進行組合，其組合數在單一國家有3個，兩個國際股市之組合數有3個，三個國際股市之組合數有1個，共有7種組合。

### 步驟 4：計算調整後的 $t+1$ 日台灣股價加權指數個別觀察值

將步驟3所計算之各組合國家  $t$  日平均漲跌幅度加計  $t$  日台灣加權股價收盤指數，得到調整後的  $t+1$  日台灣加權股價指數的個別觀察值  $Z_{t+1}$ ，其調整公式如下：

$$Z_{t+1} = (1 + \overline{X}_{\% \Delta(t)}) \times T(t) \quad (6)$$

$\overline{X}_{\% \Delta(t)}$  為各組合國際股市股價指數之  $t$  日平均漲跌幅度， $T(t)$  為  $t$  日台灣加權股價收盤指數， $Z_{t+1}$  為調整後的  $t+1$  日台灣加權股價指數的個別觀察值。

### 步驟 5：EWMA 預測模式之建立

本文採用 EWMA 方法，結合多國  $t$  日股價指數的波動幅度以及  $t$  日台灣加權股價收盤指數，來預測  $(t+1)$  日台灣加權股價收盤指數，依照公式(2)之 EWMA 模式，將  $t$  日台灣加權股價收盤指數之預測模式轉換如下：

$$F_t = \lambda \sum_{j=1}^t (1-\lambda)^{j-1} z_{t-j+1} + (1-\lambda)^t F_0 \quad (7)$$

$F_t$  為  $t$  日台灣加權股價收盤指數之預測值， $F_0$  為初始值，為預測年度之前一年最後一個交易日之台灣加權股價收盤指數。

### 步驟 6：預測 $(t+1)$ 日台灣加權股價收盤指數

由公式(7)之轉換，則  $(t+1)$  日台灣加權股價收盤指數之預測模式為

$$F_{t+1} = \lambda \sum_{j=1}^{t+1} (1-\lambda)^{j-1} z_{t-j+2} + (1-\lambda)^{t+1} F_0 \quad (8)$$

$F_{t+1}$  為  $t+1$  日台灣加權股價收盤指數之預測值。

### 步驟 7：評估各項組合的預測績效

本文以公式(8)來預測之  $t+1$  日台灣加權股價收盤指數之預測值，其中參數  $\lambda$  由 0.05 到 0.95，每個參數值間隔為 0.05，並與  $(t+1)$  日台灣加權股價收盤指數作比較，並計算 RMSE(Root mean square error) 值，其 RMSE 之計算公式如下：

$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=1}^n |T(t) - F(t)|^2 / n} \quad (9)$$

$T(t)$  為  $t$  日台灣加權股價收盤指數， $F_t$  為  $t$  日台灣加權股價收盤指數之預測值， $n$  為資料筆數。

由 EWMA 模式中之參數  $\lambda$  之調整，針對 7 個組合方式進行台灣股價加權指數之預測，並以最小的 RMSE 值為最佳之參數組合，找出從 2006 年至 2010 年之間，哪些國家之股價指數組合用來預測台灣加權股價收盤指數是較佳的選擇，並找出 EWMA 模式中，較佳的參數組合。

## 4. 實證性研究

### 4.1 多個國際股市股價指數組合

本研究從2006年1月1日到2010年12月31日，以每年為一測試周期，共計五個測試週期，並分別以1到3個國際股市之股價指數組合之漲跌幅度來進行台灣加權股價收盤指數之預測，其預測之結果如下：

#### (1) 單一國際股價指數

由表2可得知，單一國際股價指數對台灣加權股價收盤指數的預測績效，在這5年中都是以道瓊工業指數的漲跌幅度來預測為最佳，此與前面 Eun & Shim (1989) 論文中所提出，美國股市是國際股市連動的主要影響來源，不謀而合。

表2. 單一國際股價指數的最小 RMSE 值

國際指數組合	Year				
	2006	2007	2008	2009	2010
DJ	66 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	136 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>
NAS	69	98	136 <sup>a</sup>	100	80
KOSPI	74	124	148	107	85

a：最小 RMSE 值

#### (2) 兩個國際股價指數組合

由表3可得知，兩個國際股價指數組合對台灣加權股價收盤指數的預測績效，在這5年中以美國 NASDAQ 指數及韓國 KOSPI 指數之組合有3個測試週期的 RMSE 值最小，列為為最佳之組合，道瓊工業指數及韓國 KOSPI 指數之組合有2個測試週期的 RMSE 值最小，為次佳之組合，道瓊工業指數及 NASDAQ 指數之組合有1個測試週期的 RMSE 值最小，顯示不管是道瓊工業指數或 NASDAQ 指數，若加入韓國 KOSPI 指數組合，對台灣加權股價收盤指數的預測，可得到較佳的預測績效。

表3. 兩個國際股價指數組合的最小 RMSE 值

國際指數組合	Year				
	2006	2007	2008	2009	2010
DJ_NAS	67	96 <sup>a</sup>	135	99	76
DJ_KOSPI	67	106	133	97 <sup>a</sup>	75 <sup>a</sup>
NAS_KOSPI	66 <sup>a</sup>	106	132 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	77

a：最小 RMSE 值



## (3) 三個國際股價指數組合

表4列出三個國際股價指數組合對台灣加權股價收盤指數的預測績效。

表4. 三個國際股價指數組合的最小 RMSE 值

國際指數組合	Year				
	2006	2007	2008	2009	2010
DJ_NAS_KOSPI	65	100	130	96	74

## (4) 最佳的國際股價指數組合數

由表5可得知，在比較各個不同國際股價指數組合對台灣加權股價收盤指數的預測績效中發現，在這5年中除了2007年以單一美國道瓊工業指數的預測有最小的 RMSE 值外，其餘四年皆是以美國道瓊工業指數、NASDAQ 指數、及韓國 KOSPI 指數之組合有最小的 RMSE 值，顯示以多個國際股價指數之漲跌幅度組合來預測台灣加權股價收盤指數，以美國道瓊工業指數、NASDAQ 指數、及韓國 KOSPI 指數等三個國際股價指數之組合為最佳之組合。另外由表5的數值中可發現，在2008年之預測誤差值比其他四年都來得大，也顯示在2008年金融風暴下的股市較難以精準預測。

表5. 各國際股價指數的最佳組合之 RMSE 值比較

國際指數組合	Year				
	2006	2007	2008	2009	2010
DJ	66	96 <sup>a</sup>	136	99	74 <sup>a</sup>
NAS_KOSPI	66	106	132	97	77
DJ_NAS_KOSPI	65 <sup>a</sup>	100	130 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>

a: 最小 RMSE 值

## 4.2 EWMA 預測模式的最佳參數設定值

本研究採用 EWMA 預測模式來預測台灣加權股價收盤指數，隨著參數值的改變，預測誤差亦隨之變化，由表6可發現，各年度國際指數組合數之最小的 RMSE 值，其 EWMA 預測模式的參數  $\lambda$  大部分落在0.65至0.9之間。

表6. 各年度國際股價指數組合數之最小  $RMSE(\lambda)$  值

各國際股價指數 組合數 N	2006	2007	2008	2009	2010
N=1	66(0.80)	96(0.90)	136(0.70)	99(0.70)	74(0.65)
N=2	66(0.70)	96(0.85)	132(0.70)	97(0.70)	75(0.70)
N=3	65(0.75)	100(0.80)	130(0.70)	96(0.70)	74(0.70)

## 5. 結論

本論文應用EWMA模式結合多個國際股價指數的波動組合來預測台灣加權股價收盤指數，找出最小預測誤差的組合以及最佳組合的EWMA模式的參數設定值，經實證分析與討論後，本研究獲得以下幾點結論：

- (1) 在多個國際股價指數的波動組合中，美國DJ工業指數在任一組合中都扮演極重要的角色，在本研究中的單一國際股價指數對台灣加權股價收盤指數的預測績效，這5年中都是以道瓊工業指數的漲跌幅度來預測為最佳，而且在其他各組最佳國際股價指數的波動組合中，除了在兩個國際股價指數的波動組合外，每一個最佳預測組合皆包含美國DJ工業指數，所以在預測台灣加權股價收盤指數時，美國DJ工業指數是必須作為參考的因素之一。
- (2) 在兩個國際股價指數的波動組合中，NASDAQ指數及韓國KOSPI指數的組合為最佳組合，道瓊工業指數及韓國KOSPI指數之組合為次佳之組合，但將此三個國際股市組合，所得到預測誤差為最小，因此，在應用EWMA模式來預測台灣加權股價收盤指數，採用美國DJ工業指數、NASDAQ指數及韓國KOSPI指數來預測台灣加權股價收盤指數，可得到最佳的預測績效，這是有別於過去研究的論文，大都只以美國DJ工業指數及NASDAQ指數來預測，很少加入台灣鄰近國家的股價指數來進行預測，本文得到在台灣鄰近國家中，以韓國股市為預測台灣加權股價收盤指數的一個重要的參考因素。
- (3) 本研究採用EWMA預測方法來預測台灣加權股價收盤指數，各年度國際指數組合數之最小的RMSE值，其EWMA預測模式的參數 $\lambda$ 大部分落在0.65至0.9之間，顯示對國際股市的漲跌採用較高權值對隔日台灣加權股價收盤指數的預測較佳，也代表國際股市的漲跌對隔日台灣加權股價收盤指數影響甚大，股市連動性相當高。

本研究蒐集資料由2006年至2010年，歷經2008年金融風暴，除了2008年預測誤差值稍大外，其得到之結論與其他年度一致，顯見EWMA方法在預測上有一定程度的穩定性，不失為一個簡單又方便的預測工具。

## 參考文獻

- Baillie, R. T., Bollerslev, T., & Mikkelsen, H. O. (1996). Fractionally integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 74(1), 3-30.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327.
- Brooks, C., & Chong, J. (2001). The cross-currency hedging performance of implied versus statistical forecasting models. *Journal of Futures Markets*, 21(11), 1043-1069.
- Chang, J. R., Wei, L. Y., & Cheng, C. H. (2011). A hybrid ANFIS model based on AR and volatility for TAIEX forecasting. *Applied Soft Computing*, 11(1), 1388-1395.
- Cheng, C. H., & Wei, L. Y. (2009). Volatility model based on multi-stock index for TAIEX forecasting. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 6187-6191.
- Eun, C. S., & Shim, S. (1989). International transmission of stock-market movements. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 24(2), 241-256.
- Huarng, K. H., Yu, T. H. K., & Hsu, Y. W. (2007). A multivariate heuristic model for fuzzy time-series forecasting. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 37(4), 836-846.
- Hung, J. C. (2009). A Fuzzy Asymmetric GARCH model applied to stock markets. *Information Sciences*, 179(22), 3930-3943.
- Hung, J. C. (2011). Adaptive Fuzzy-GARCH model applied to forecasting the volatility of stock markets using particle swarm optimization. *Information Sciences*, 181(20), 4673-4683.
- Kim, S. W., & Rogers, J. H. (1995). International stock price spillovers and market liberalization: Evidence from Korea, Japan, and the United States. *Journal of Empirical Finance*, 2(2), 117-133.
- Kuen, T. Y., & Hoong, T. S. (1992). Forecasting volatility in the Singapore stock market. *Asia Pacific Journal of Management*, 9(1), 1-13.
- Roberts, S. W. (1959). Control chart tests based on geometric moving averages. *Technometrics*, 1(1), 239-250.
- Shin, H. W., & Sohn, S. Y. (2007). Application of an EWMA combining technique to the prediction of currency exchange rates. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 39(6), 639-644.

# 虛擬攝影棚躍進之研究

## Study of virtual studio leap forward

李修珍

Shiu-Jane Lee

東南科技大學 資訊管理系 講師

### 摘 要

虛擬攝影棚 (Virtual studio) 為最近幾年來在電視製作上較具突破性發展的數位產品之一。它的原理其實只是運用不同的攝影機追蹤方式，確定攝影機、場景以及表演者在空間中的絕對座標及相對座標，剷除現場拍攝畫面不要的部分，然後偵測攝影機的位移、旋轉、鏡頭縮放等變化資訊，以即時的方式傳送給電腦，而電腦以快速的更新頻率，將攝影機的變化情況，以同步的方式更新電腦所產生的畫面，此即為虛擬攝影棚的基本原理。為迎接高畫質電視 (HDTV) 的來臨，傳統的攝影棚搭建方式已有部分被虛擬攝影棚取代，他一改傳統攝影棚須拆搭景，以致於造成景片的刮傷毀損，以及畫面呈現受場地大小的限制等缺點，更加上它獨有的特點，如不同影片的更換非常迅速、場景修改方便、不受限於目前的施工技術及材質、與現場的互動性強、甚至衍生出虛擬廣告等不同的應用方式等，虛擬攝影棚的未來還有非常大的發展空間。

本文將針對虛擬攝影棚的架構及原理作四大部份的研究探討：(1) 虛擬攝影棚的製作原理及流程；(2) 不同處理方式的攝影機追蹤系統：包括電子機械式追蹤系統 (Electromechanical camera tracking system)、網格辨識系統 (The pattern recognition camera tracking system)、超聲波定位系統 (Ultrasonic tracking system) 及紅外線追蹤系統 (Infrared sensor camera tracking system)；(3) 虛擬攝影棚的優缺點；(4) 目前的應用方式及未來的發展方向。

**關鍵詞：** 虛擬攝影棚、高畫質電視、電子機械式追蹤系統、網格辨識系統、超聲波定位系統、紅外線追蹤系統。

## 壹、緒論

黑白電視時代的來臨，使得人們從日常書報的平面閱讀習慣，轉為動態影像的收視習慣，當時已開始將畫面中最亮或最暗的部分抽離，此種技術即為亮度嵌空（Luminance key）。再合成不同影像，以產生不同的視覺效果。

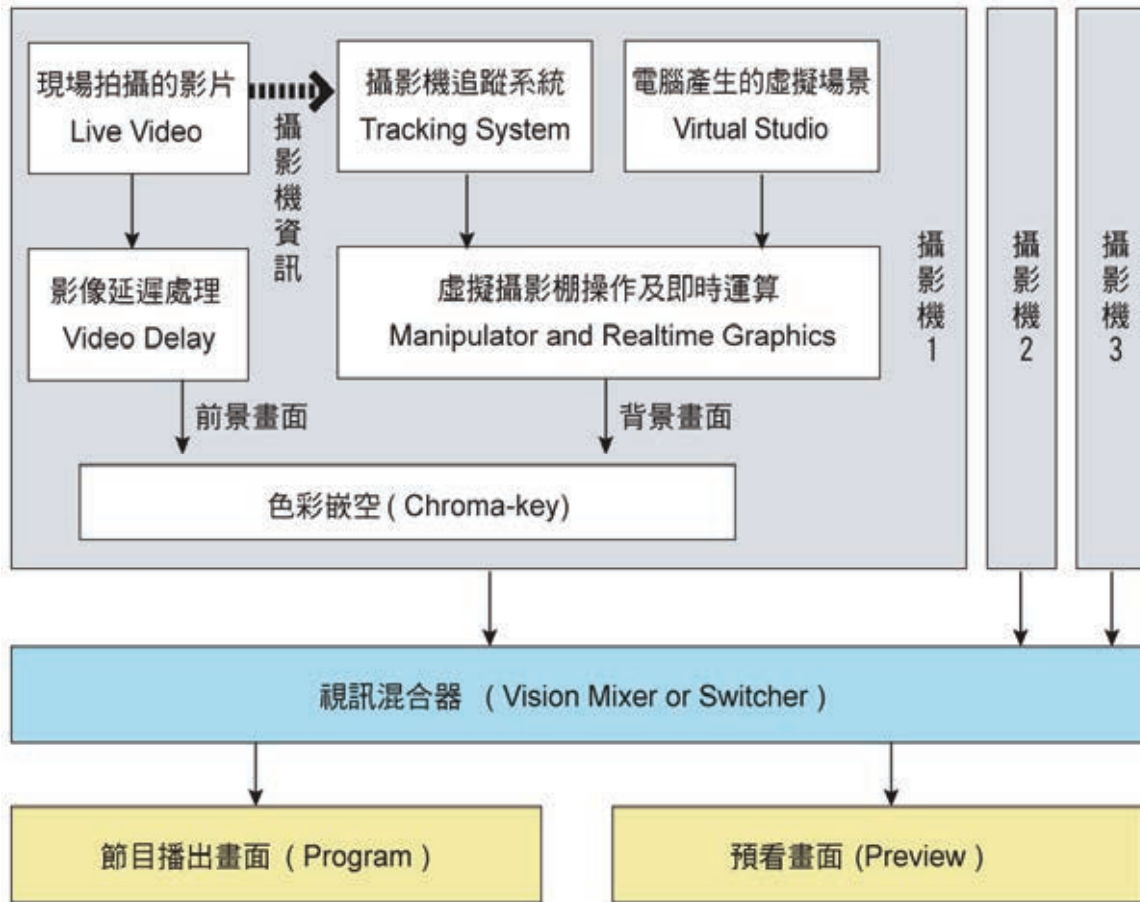
彩色電視時代迄今，更可看見各種不同的電視型態及方向，正在蓬勃的發展，許多技術被廣泛的利用及開發，其中將整個攝影棚漆成同一顏色（通常為藍色或綠色），將整個畫面的此種顏色抽離，合成不同的動態畫面或靜態影像，此種技術即為色彩嵌空（Chroma-key）為現今電影或電視最常採用的合成方式。

雖然 Chroma-key 廣泛的運用在新聞節目、氣象播報、娛樂性節目等不同的電視形態（蕭明，1999）但使用 Chroma-key 時，攝影機只能固定在原地，不能做任何的運鏡，否則會出現前後景不同步移動及縮放的穿幫現象，為了迎合市場的需求，西元1994年阿姆斯特丹所舉辦的國際廣播會議 IBC（International Broadcasting Convention），第一次將虛擬攝影棚呈現於世人眼前，它可算是 Chroma-key 的進一步運用（Moshkovitz，2000），也大大的影響傳統攝影棚的製作方式及流程，但當時的虛擬攝影棚處於草創期，許多技術不完備，操作困難且過於昂貴，但許多人相信這是未來攝影棚的發展方向，於是各家廠商投入相當大的人力物力，從事研發工作，從西元1995年至2000年，是第一次百家爭鳴的時刻，各種不同規格及技術的虛擬攝影棚陸續出現，經由市場的洗禮及公司的合縱連橫，目前主流市場僅剩數家技術成熟的公司繼續開發虛擬攝影棚及其延伸產品，本文將從虛擬攝影棚製作流程及系統架構、不同的攝影機追蹤方式、虛擬攝影棚的優缺點、及製作上的應注意事項、到目前的應用方式及未來的發展方向，做進一步的研究探討。

## 貳、虛擬攝影棚的製作原理及流程

虛擬攝影棚的製作橫跨了數個不同的專業領域，攝影機追蹤技術、Chroma-key 的進階使用、視訊及電腦動畫的即時處理等。它的原理其實只是運用不同的攝影機追蹤方式，確定攝影機、場景以及表演者在空間中的絕對座標及相對座標，剷除現場拍攝畫面不要的部分，然後偵測攝影機的位移、旋轉、鏡頭縮放等變化資訊，以即時的方式傳送給電腦，而電腦以快速的更新頻率，將攝影機的變化情況，以同步的方式更新電腦所產生的畫面，此即為虛擬攝影棚的基本原理。

不同系統的虛擬攝影棚，因採用不同的技術，故在系統架構上也略有差異，但都不脫離以下的製作流程(如圖一)。



圖一：虛擬攝影棚流程  
 (資料來源：Moshe Moshkovitz, 2000)

### 參、攝影機追蹤系統(Camera Tracking System)

攝影機追蹤系統計算在虛擬攝影棚中攝影機機身及鏡頭的移動量，此移動量包括攝影機外部的旋轉及位移，有六個不同自由度的旋轉方向 (PAN、TILT、ROLL)，三個不同軸向的空間移動參數 (X, Y, Z)，及兩個鏡頭內的變化 (ZOOM、FOCUS)。將此數值以資料的傳輸協定 (RS-232、RS-422) 傳送給電腦，這就是攝影機追蹤系統的任務，攝影機追蹤系統依其追蹤方式的不同，可分為以下四種不同的類型：

#### 一、電子機械式追蹤系統 (Electromechanical tracking system)

(一)原理：利用安裝在鏡頭及角架雲台上的機械式感應器，藉由齒輪的轉動而得知攝影機內部的鏡頭變化及外部的旋轉狀況 (如圖二)，而位移的部份也是運用相似的原理，攝影機可在軌道上運行 (如圖三)，而系統可得知目前的位移量，進而將這些資訊傳送給電腦，有些較先進的系統已不使用軌道的方式移動，而採用專門設計的腳架。



圖二：攝影機鏡頭的電子機械式追蹤系統（Zoom、Focus）  
（圖片來源：中科大洋使用手冊電子檔）



圖三：電子機械式追蹤系統所採用的軌道及攝影機搖臂  
（圖片來源：THOMA 公司網頁）

(二)特點：

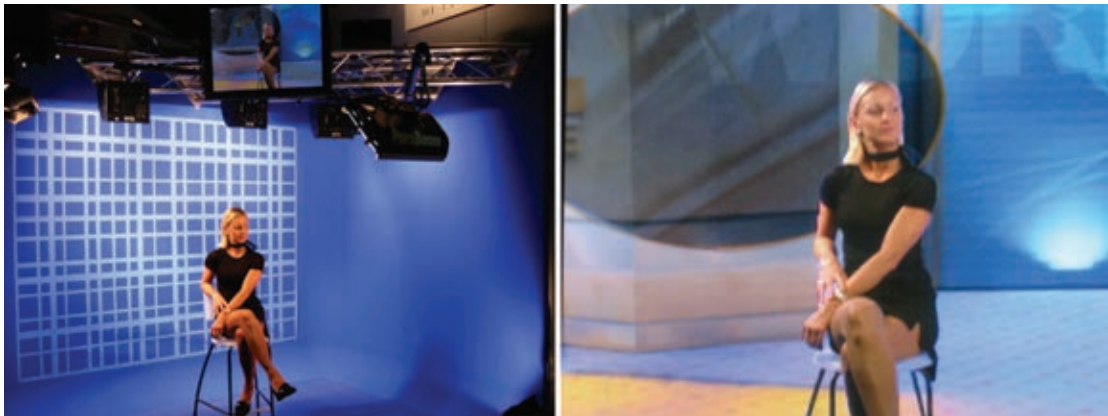
1. 精確度高且兼容性大：因採用機械追蹤的方式取得目前攝影機的所在位置，故不會受場地、燈光、攝影機拍攝範圍等因素的干擾，而導致精確度降低，目前已經非常精準，其刻度密度如下：旋轉 360 度可達一百萬個刻度、上下（Tilt）已達 70 萬個刻度、鏡頭縮放（Zoom）有 4000 個刻度、聚焦（Focus）有 300 個刻度。因為精確度高，故其系統常與此系統搭配使用，故在兼容度上比其他系統大。
2. 拍攝範圍較不受限制：只要電纜線可以達到的範圍，均可以進行拍攝，可拍攝藍板外的範圍，以鏡頭來描述整個場景的相關位置，通常可用來表現場景的壯闊及氣勢。
3. 攝影機的機動性較弱：依照攝影機能否做位移上的變化，可分為腳架固定式及軌道移動式兩種，無法採用肩揹式的攝影方式。腳架固定式無法作位移上的改變，只能做鏡頭的左右、上下、鏡頭縮放的變化；軌道移動式因攝影機是架設於軌道上，故受軌道範圍的限制，無法很自由的隨意拍攝，因此攝影機的機動性較弱。



4. 校正時間較長但延遲時間短：校正過程較為複雜，且攝影機移動過程都需再經過校正初始位置、方向及鏡頭變化，故所需的調校時間較長。而此系統因為直接採用機械運動產生的數據，故延遲時間較短，通常是一格影格 (Frame) 的延遲，此處指的是視訊延遲 (Video delay)。
5. 多機拍攝時成本較高：因每增加一臺攝影機的拍攝，則需新購一套追蹤系統，且目前大多局限於 ENG/EFP 型的攝影機，若採多機拍攝時，成本會迅速增加 (黃鈴翔，2002)，包括攝影機軌道 (Rails)、滑車 (Dollies)、搖臂 (Cranes)、吸頂式活動攝影機 (Ceiling mounted moving camera)。

## 二、網格辨識系統 (The pattern recognition camera tracking system)

(一)原理：在虛擬攝影棚的藍幕上，將已經過校正過不同粗細及間格的淺藍網格線，直接貼在藍幕上，這不同粗細及間隔的網格線，各自代表了在此平面範圍的座標位置，經由攝影機傳回電腦的網格畫面，與原本電腦內3D 空間已設計好的網格線範圍，做位置、大小等不同項目的校正，當攝影機拍攝到網格線的不同部份，則可確定攝影機目前的位移、鏡頭的伸縮等不同的攝影機相關資訊 (如圖四)。



圖四：網格辨識系統在藍幕前的現場拍攝及節目播出畫面

(二)特點：

1. 攝影機的自由度大且價格效能比較高：攝影機可以非常自由的移動及運鏡，可將攝影機採用手持式 (Hand-held)、肩揷式 (Shoulder-mounted)、或是用攝影機吊臂 (Crane)。相較於其他系統，場地的加大及攝影機的增加，都不需另購許多器材，故其價格效能比 (Cost performance ratio) 較高 (ORAD 公司網頁)。
2. 校正時間短但延遲時間長：因網格都是經過特別設計，故不需要做繁複程序的校正步驟，且更換及移動攝影機也不需要經過繁複的調校，故有校正時間短的特性；但因網格的計算過程較為複雜，故延遲時間較長，通常可達 2 至 4 格影格的延遲時間。
3. 拍攝區域受網格範圍限制：鏡頭的拍攝畫面，網格所佔畫面的比例，必須有近三分之一左右，或是同時觀察到四個網格點以上，否則瞬間無法進行網格的定位，進而造成畫面跳動的現象，同時攝影機必需與網格採取 30 度角以上的偏移

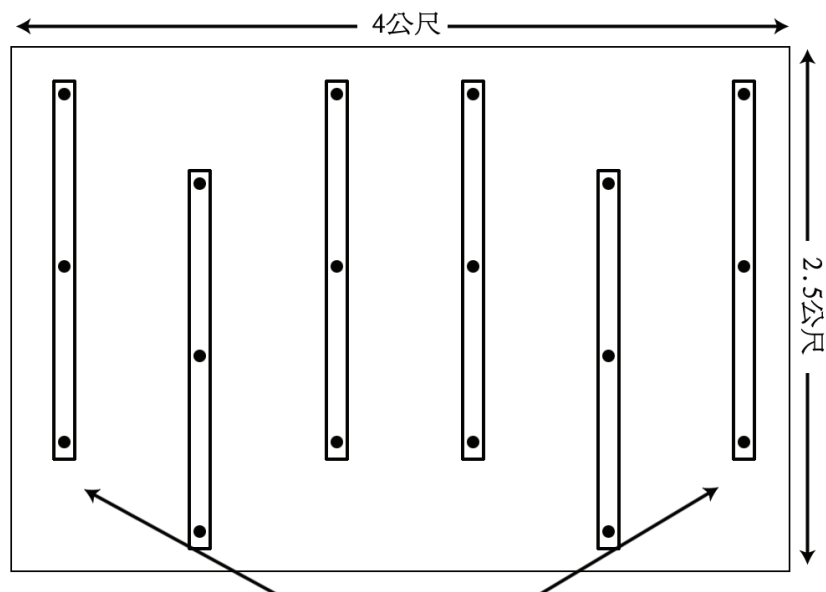


角度，方能準確定位。若欲採用特寫鏡頭時，可用不同攝影機的切換，以避免跳動的現象。這些限制使得主持人的活動範圍及攝影師的運鏡造成一定程度的不便。然而為了彌補拍攝角度的不足，廠商遂開發出兩面及三面網格系統，三面網格系統攝影機旋轉範圍可達 270 度。

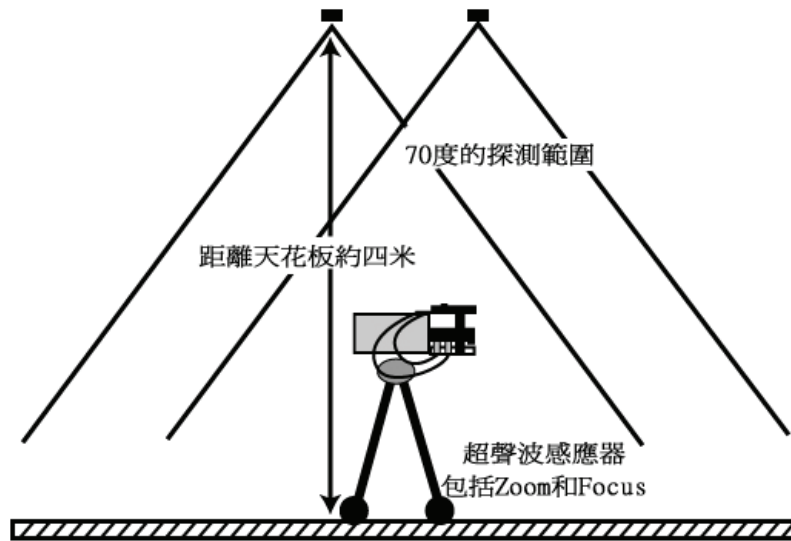
4. 較容易失焦且光源必須足夠：因為採用網格定位方式，網格的部份須時時清晰可辨，故表演者有時會出現失焦的情形，由於背景是採用深淺兩種不同的藍色，故對於燈光及 Chroma-key 的要求更為嚴格，因為在光源不足或燈光分布不平均的情況下，攝影機容易產生網格辨識不易，進而造成資訊的失真。
5. 可用於戶外：由於採用網格辨識的追蹤方式，所以只需要做網格的定位，即可進行拍攝，故此系統不受拍攝範圍、軌道等限制。為了方便攜帶，於是開發出縮小板的系統，例如虛擬告示板 (Virtual billboard)，可於其上呈現影像、圖片、表格等不同資訊。使用方向以機動式的播報為主，例如可用於攝影棚外的氣象預報，將氣象局所提供的氣象衛星影像，於虛擬告示板上呈現，直接於戶外做氣象的解說。

### 三、超聲波追蹤系統 (Ultrasonic tracking system)

- (一)原理：在離地面約四公尺高度的天花板上，安裝專門設計的超聲波金屬桿，每個金屬桿均附有3個超聲波發射器，每個發射器均有其獨立的號碼以供識別，並以等距離間隔安裝(如圖五)，故攝影棚的大小影響安裝數量的多寡，而每個超聲波發射器以接近70度的角度向下發射超聲波，進而探測安裝在攝影機上的感應器的移動距離及旋轉角度(如圖六)，而攝影機內部的鏡頭縮放及焦距變化，則是採用電子機械式的追蹤系統進行追蹤(VINTEN 公司網頁)，而將所有相關數據傳回至電腦做處理。



圖五：超聲波追蹤系統分佈狀況示意圖 (上視圖)



圖六：超聲波追蹤系統探測角度與距離示意圖（正視圖）

(二)特點：

1. 精確度高：在長寬各六公尺的場地內，誤差值不超過 1mm。
2. 攝影機的機動性較強：超聲波範圍內，攝影機可採用肩置式、手持式等方式進行拍攝，不受軌道、腳架等限制(BRAINSTORM 公司網頁)。
3. 延遲時間短：由於計算時間短，影像的延遲也較少，每秒約有兩格的延遲，聲音及影像的延遲過多，會造成影音不同步的現象。
4. 訊號受干擾的程度小：訊號由超聲波傳送及接收，不易受現場燈光、道具等影響，且訊號可繞過遮蔽物傳送聲波，可大幅降低因為訊號接收不良，而導致資料不正確的機率(中科大洋公司網頁)。
5. 對人體及攝影機無傷害：聲波發射器發射微量的超聲波，並不會對人體產生傷害。

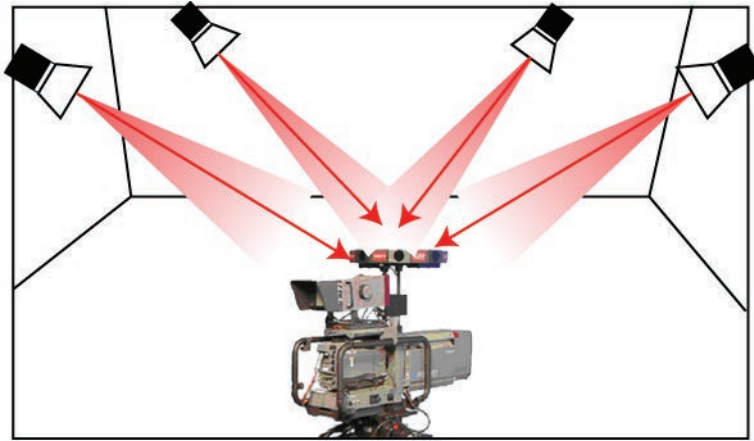
#### 四、紅外線追蹤系統 (Infrared sensor camera tracking system)

(一)原理：紅外線追蹤系統，依其追蹤方式的不同，可分為主動式及被動式兩種，主要差別是在攝影機上的追蹤資料的傳輸方式。

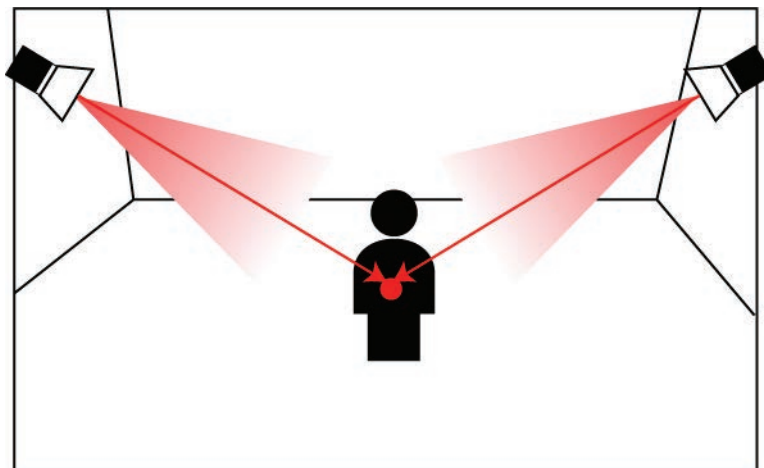
1. 主動式紅外線追蹤系統，於攝影棚的天花板或牆面上安裝 12 至 15 個監視攝影機 (Surveillance cameras)，而攝影機上裝設有紅外線發射器 (Infrared emitter)，將數個發射器以圓形排列的方式，安置於攝影機上 (如圖七)，此系統之所以使用如此數量的監視攝影機及紅外線發射器，主要是要確定同時間內至少有兩個監視攝影機，可判讀三個發射器位置，如此可確定攝影機外部的移動及旋轉資訊 (如圖八)；而攝影機內部的鏡頭縮放及焦距，則是由裝設在鏡頭的機械式解碼器 (Encoder)，負責傳送資料。採用同樣原理，將發射器置於表演者身上，只要兩個監視攝影機，即可用三角定位 (triangulation) 的方式，獲知表演者的所在位置 (如圖九)。



圖七：攝影機及裝置完成的紅外線發射器  
(圖片來源：XYNC 公司網頁)



圖八：主動性紅外線追蹤系統示意圖



圖九：追蹤表演者的主動性紅外線追蹤系統示意圖

2. 被動式紅外線追蹤系統，則是紅外線監視攝影機探測反射點 (Reflector) 的所在位置，將紅外線接收器，架於攝影機上數根長短不一的金屬桿的尾端，因整組金屬桿已經過校正，各有其各自的相對座標，利用兩組紅外線攝影機固定頻率發射紅外線 (約 50~60 Hertz)，得知計算目前攝影機上數個紅外線接收器的位

置，進而得知攝影機的位移及旋轉狀況（如圖十），而鏡頭縮放及聚焦狀況也是採用電子機械式的追蹤方式。



圖十：被動式紅外線追蹤系統（圖片來源：THOMA 公司網頁）

(二)特點：

1. 攝影機的自由度大：沒有軌道等限制，有 X, Y, Z, PAN, TILT, ROLL 六個自由度。
2. 延遲時間適中：約有兩格影格的延遲時間。
3. 可能對眼睛造成傷害：因紅外線攝影機以固定頻率射出紅外線，當光線交織時容易產生眩光，可能對現場的主播及攝影師造成視力上的傷害。
4. 較易受現場燈光影響：紅外線的發射及接收，有可能受現場燈光的影響，而造成資料不正確的現象。
5. 攝影棚大小及高度的限制：攝影棚太大會造成監視攝影機大量增加，投資成本大幅增加；攝影棚高度過低，則追蹤角度會過於傾斜，造成追蹤上的困難。

## 肆、虛擬攝影棚的優點

隨著電腦中央處理器、顯示卡等資訊相關產品運算速度的大幅提高，即時的虛擬技術便成為當今電腦動畫領域的顯學之一，相關技術廣泛的應用於科學模擬、電玩產業、網路及多媒體等不同領域，而應用於電視傳播領域的虛擬實境，即為虛擬攝影棚。

為因應在價位及功能上不同的需求，虛擬攝影棚可分為入門級的2D 及進階級的3D 兩種不同系統，限於文章篇幅，本文以3D 虛擬攝影棚為研究重點。然而虛擬攝影棚和傳統攝影棚的關係，就像數位相機與傳統單眼相機的關係一般，在真實度及質感上，雖然還達不到傳統的呈現方式，但隨著時間及科技的進步，差距正在快速的縮小，可預見的未來將可迎頭趕上並超越。相較於傳統攝影棚的搭建及運作模式，虛擬攝影棚具有如下的優勢：

## 一、有效率的空間利用及成本的大幅降低

虛擬攝影棚可以搭建比實際空間大非常多倍的攝影棚，而且許多不同的場景可共同使用同一個場地，而不需要如傳統攝影棚般，若須共用同一攝影棚，則需要重覆的拆搭景片，且耗費龐大的景片存放空間來堆放舊景片，然而在經過長時間的使用後，虛擬攝影棚的經濟價值將充分顯現，使得製作時的場景搭建成本大幅降低。

## 二、可搭建出傳統攝影棚無法建構的場景

一般搭建傳統攝影棚時，經費、場地大小、建材、施工技術及時間會影響場景的設計及搭建，而虛擬攝影棚不需要考慮這些因素，可天馬行空的設計傳統攝影棚無法搭建的場景，因此與電腦動畫的製作大同小異，唯一受限的是使用者的想像力，雖然目前虛擬攝影棚的成熟度還不夠，但可運用一些相關技巧來掩飾缺點，完成所欲搭建的場景。

## 三、場景修改容易

傳統攝影棚在景片已製作出來後，只能作極小幅度的修正，真要做到大幅度的修改，只有景片重作一途。而虛擬攝影棚全都是電腦檔案，因此在修改上極為方便，話雖如此，事前詳細的規劃及設計仍極為重要，勿因修改上的方便，而本末倒置的等場景設計出來後，才做一連串的修改。

## 四、互動性強呈現嶄新的視覺效果

傳統攝影棚在景片設計出來後，往往只是將景片放在攝影棚的某一處，表演者與場景，幾乎沒有互動的部分。而虛擬棚則不然，可設計許多道具及場景與表演者發生互動，例如美伊戰爭時，許多使用攝影棚的電視台，及採用非常生動的方式做沙盤推演，描述美軍的進攻方向、策略及使用的武器。

## 五、虛擬與真實的結合

除了即時合成現場真實的前景，與電腦虛擬的背景外，有些系統允許虛擬攝影機與真實攝影機做同步的互動及聯結，如此可巧妙地從電腦動畫較為誇張的運鏡方式，連接真實的運鏡，一般可用於節目的開場，或是片頭動畫直接進入現場錄影節目中，會讓人無法分辨真假。

## 六、重複再利用性高

傳統攝影棚雖然有部分景片，在經過修改後可再重複利用，但重複再利用的部分，卻遠遠比不上虛擬攝影棚。虛擬攝影棚只需要一個藍色攝影棚，只要在錄影時間不重疊的情況下，他可容納無數個場景，而且場景的轉換，可將3D 場景中的各個模型與材質，儲存整理為專屬的檔案資料庫，當需要用到時只要在場景中置入即可。



## 伍、虛擬攝影棚的限制及缺點

### 一、真實度有待提昇

虛擬攝影棚最常被指出的缺點，即是真實度不足的問題，癥結點在於目前即時運算速度的不足。畫面呈現主要依靠繪圖卡的運算能力，不管是目前 OpenGL、Direct3D，或是檔案支援格式（如 VRML2），其畫面呈現的真實度，均還未到達廣播級水準，例如無法即時運算過於複雜的場景、無法支援高真實度的算圖方式（如 Raytrace、Radiosity）等。目前看到許多做得還不錯的虛擬攝影棚場景，其實是靠繪圖設計人員的巧思及經驗，以許多作假的方式欺騙觀眾的眼睛，如假貼圖（包括材質屬性、光源、陰影、反射等）。新技術的出現及時間的等待，可能是目前所知的主要解決方式。

### 二、攝影棚大小的限制

虛擬攝影棚中，太大或太小都會衍生出不同的問題，長寬各勿小於6英尺以方便表演者的活動及走位；面積則不超過3000平方英尺，否則隨著場景的加大，在經費的需求及使用上的困難度都相對增加。例如紅外線追蹤系統，當涵蓋範圍越廣，為確定有足夠的資訊判定攝影機的旋轉狀況，監視攝影機則需要更多，如此會使的原本已屬高價位的虛擬攝影棚，在採購的預算上更顯龐大。

### 三、表演者人數的限制

人數的多寡也會影響虛擬攝影棚的使用，當在攝影棚的表演者人數超過15人，則在光源的配置上，譯音表演者交互重疊，造成因色階過多，導致無法將藍色的背景乾淨的去除，造成後續工作，如影像合成等困擾，而且因人數眾多，會對網格辨識系統造成判讀上的問題。

### 四、錄影耗費時間長

在虛擬攝影棚錄影之前，現場的表演者、攝影師、場景設計、導播等人員，都需要熟悉整個虛擬場景，尤其是互動性越高的節目，因為場景全都是藍色，為避免穿幫現象及與虛擬場景互動的自然程度，愈需要一再事先的彩排，尤其是表演者，所以錄影時間會比一般節目多出許多。

### 五、直覺性較差

在傳統的攝影棚錄影時，所見即所得；在虛擬攝影棚錄影時現場雖然可以從螢幕中看到合成的結果，但表演者無法一直觀看合成的畫面，以免眼神表情不自然，若不再參考畫面上的位置，又容易產生穿幫現象，雖然可以在虛擬棚的地板及牆面作記號，有些系統甚至提供虛擬提示燈（Virtual prompt light），但使用的直覺性上，仍比不上傳統攝影棚。

## 陸、如何提昇目前虛擬攝影棚的真實程度

虛擬攝影棚以目前的技術雖還不能與已經算圖 (Render) 過後的電腦影像媲美，但隨著中央處理器速度的提昇，繪圖運算卡能力的加強，可以預知未來電腦即時計算的能力，將超越目前經由後製算圖的影像品質。而在此階段，可運用以下方式提昇真實程度。

### 一、運用已製作好的燈光材質做假貼圖

由於即時計算能力的提昇，還需要時間及技術的醞釀才能達成，目前可運用3D 動畫軟體，先將場景中的畫面經由事先算圖，將材質、燈光都算成一張張的貼圖 (可運用 Raytrace、Radiosity 等不同算圖方式)，再將已經過運算的材質，貼於虛擬攝影棚的場景中，如此可降低即時運算的計算量，並有效率的提昇整體的質感。

### 二、運用局部的真實場景道具

如電腦動畫一般，在質感無法擬真實，可運用局部真實的物件(如盆栽、字畫、主舞台等)，混淆觀眾對於真實物件及虛擬道具的辨識程度，如此可讓真實度提高許多。

### 三、燈源及色溫的一致性

目前所見的虛擬攝影棚，常有現場人物與場景不是非常搭配的現象，其實仔細探究，常常是虛擬攝影棚與現場攝影棚在色溫及燈源的方向性不一致所造成，可行的做法是在現場表演者的後方打一盞色光(虛擬棚電腦背景的主色調)，亮度雖然不是很亮，卻讓攝影棚與現場產生顏色上的互相渲染的效果，用以模擬真實光源在環境中的反射現象。冷光(Cold light)是較被建議的光源，因為冷光照明均勻、陰影柔和、較不會對前景物體反射藍色、且長時間的錄影不會讓整個攝影棚非常酷熱。

### 四、陰影效果的產生

陰影是在日常生活中最常見，也最不被注意的部份，陰影可讓人物產生重量感及立體感，而不會產生人物漂浮在場景中的不真實感，在虛擬攝影棚產生陰影有以下兩種方式：

#### (一) 真實陰影(Real Shadow)的產生

現場的燈光各有其獨特的屬性及目的(如主光源、邊緣光、背光等)，通常是用主光源產生陰影，再調整 Keyer 的 Level，將主播即陰影一起 Key 出來，即可得真實的陰影，重點是降低光源的互相影響程度，以免陰影無法產生。

#### (二) 虛擬陰影(Virtual Shadow)的產生

有些虛擬攝影棚軟體，有支援虛擬陰影的功能，所以主播或現場的道具等，可以在虛擬的場景及虛擬的物件上產生陰影，而不僅止於地面上產生陰影。

### 五、景深效果(Depth of field effect)

在一般攝影棚軟體，若場景夠大則可在畫面上呈現聚焦(Focus)及(defocus)的效果、在景深的場景可讓表現主體明顯，且畫面層次更顯豐富(VIZRT 公司網頁)。而虛

擬攝影棚在拍攝的前景及電腦送出的背景，往往畫面都過於清晰，以致於真實度不夠。有些追蹤系統可提供聚焦變化的選項，即時就可看到景深的變化；另外一種常用的方式就是將電腦送出畫面，在算圖時即將景深部份一起計算，或用影像處理軟體將較遠的部份處理成模糊化的影像、降低色彩飽和度、降低明亮程度、以模擬真實景深的效果。

## 六、反射效果(Reflection)

當靠近反射程度高的材質時(如大理石、鏡子、金屬)，會產生物體的反射，在虛擬攝影棚產生反射的效果有以下三種方法：

### (一) 軟體本身提供

有些軟體為了產生即時的反射，而將現場的影像，以鏡射的方式當成虛擬物件的材質。

### (二) 使用透明反射的真實材質

為了取得現場立即影像的反射部份，常見將透明且具有反光性的材質(透明塑膠片、透明壓克力)，鋪於地板上或牆面，如此可馬上獲得現場人物或物件的倒影，在用此種方式取得反射時，需花費較多時間於燈光的方向及角度，以及 Chroma key 的微調。

### (三) 使用動態材質及假貼圖

可將貼於物件上貼圖處理成動態材質，如此可模擬一些反射的效果(如黑白漸層可用來做金屬的光澤變化)；或是直接將立體場景以算圖的方式，將反射、折射等無法即時計算的部份，計算成一張張貼圖，貼於現場的3D 立體模型中。

## 柒、選擇虛擬攝影棚應考慮的要素

選擇追蹤系統時，應針對應用需求考慮有哪些部份是必須的，目前為止沒有一套系統可涵蓋所有的優點，以下是選擇虛擬攝影棚時必須考慮的要素：

### 一、精確度

尤其是特寫鏡頭，更能顯出精確程度的重要性。目前精確程度最高的可算是電子機械式(Electromechanical sensors)，例如它可達到旋轉360度，高達一百萬個刻度的精確度。

### 二、資料傳遞及更新速度

當節目的節奏快速時(如電玩或即興節目)，鏡頭常會做快速的運鏡，此時若虛擬攝影棚資料更新不夠快速，則會產生拍攝的前景與電腦產生的背景不同步的現象，導致表演者或物件在場景中產生漂浮及滑動的現象，一般至少要達60次的資料更新。例如電子機械追蹤系統不像網格辨識系統需要較為複雜的計算過程，故資料傳輸速度更為快速。



### 三、價格效能比

2D 及3D 的虛擬攝影棚價格相差非常多，追蹤系統也是如此，例如電子機械式追蹤系統每增加一台攝影機，就要增加一套追蹤系統，網格辨識系統則不需添購太多設備，每一套設備均有其優缺點，確定所要達到的目的及效果，再考慮何者符合操作及成本需求。

### 四、攝影機的自由程度

攝影機的自由運鏡，常可為電視畫面帶來不同的視覺效果，不同的追蹤系統，在攝影機的自由程度也有所不同，現今電視節目攝影機多固定在原地，只有旋轉(Pan、Tilt)及鏡頭的變化，而沒有位移上的變化，僅有少數攝影機做位移上的變化(如肩置式、攝影機吊臂等)，因此攝影機的自由程度，會在價位上有不少的差距，建議採用混合搭配的方式，一方面可降低採購預算，一方面又可展現攝影機的自由運鏡方式。

### 五、支援市場上的主流規格

應能支援大多專業攝影機、鏡頭等攝影相關設備，否則將因相容性問題被主流市場所淘汰。

## 捌、虛擬攝影棚的未來發展方向

目前虛擬攝影棚發展的兩種方向，與電腦動畫的發展雷同，一為模擬真實，力求真實度能達到肉眼難辨的程度；一為創造虛幻，無限擴展人們的想像空間。

### 一、即時的虛擬角色與互動部份的增加

目前的虛擬攝影棚已廣泛的使用動作擷取系統(Motion capture system)，來產生虛擬角色的動作，但因受限目前影像即時運算的限制，所產生虛擬角色精緻程度還不夠，所以有些採取後製算圖的方式，將虛擬角色運用於虛擬棚，但其中所耗費的時間及人力相當可觀，且無法針對目前正在發生的事件，做立即的反應。但未來可望看到足以擬真的虛擬角色以即時的方式參與配合節目的演出。

### 二、虛擬出席

在未來可望將攝影機追蹤系統的資料，經由衛星或網路的資訊傳輸，與虛擬棚產生現場的即時互動，故身處不同地的主持人與來賓，可於虛擬攝影機非常自然的交談等互動。

### 三、真實度的提昇

科技的快速進步，讓目前虛擬攝影機真實度不足的問題，可望在未來的數年內被解決，廠商已陸續開發出可支援到高畫質電視甚至電影的虛擬攝影棚。

## 四、應用廣泛更廣

目前已廣泛的運用在體育賽事、新聞、氣象播報、音樂、電玩及兒童節目，隨著科技的快速進步，更為複雜的即時互動將被運用在虛擬攝影棚中，為了有效降低場景搭建費用、節省大量後製處理時間、以及提高拍攝時的準確性，未來可望用於電視節目、廣告、音樂錄影帶及電影的製作，以及大型戲劇節目及舞台劇的應用。

## 五、普遍性的提昇

虛擬攝影棚雖然只有幾年的歷史，價格效能比也在快速的提昇中，例如等級較低的入門級(Entry level)，價格從幾年前的50萬美金，到今日的10萬美金左右，且功能更形提昇，因為價格效能比的快速提昇，會造成普遍性的大幅提高，一般中小型的製作及傳播公司也將陸續採用。

## 六、跨越國界的場景設計

由於整個場景設計以數位的方式完成，故場景設計人員可藉由一般的3D 動畫軟體，如 Maya、3D Studio Max、Softimage |XSI 等套裝軟體，即可完成整個場景及物件的設計。檔案可經由光碟片等方式儲存及複製，更方便的是可經由網路傳輸的特性，傳送及修改檔案。尤其是當虛擬攝影棚即將普及化之時，許多公司為尋求最專業的設計、及降低公司內部的人事成本，會將整個設計部份委外處理。國外目前已有些專業設計公司，開始以跨國接案的方式承攬業務。

# 玖、結論

虛擬攝影棚的發展，與網路產業有許多相似之處，他們經歷了快速的成長期展露鋒芒，公司與技術的合併期，到目前的蟄伏期，他們是未來的明星產業，等待的是經歷時間的洗滌，與技術的再次革新。相較於美國、日本的動畫製作環境，有電影工業及大型電玩產業，而韓國有政府的大力扶持，在此種資金、人才及技術高度密集的國際性競賽中，台灣的動畫學習及製作環境相對十分艱苦，身為台灣動畫設計人員，除了持續於專業領域專研外，更需注意產業及趨勢的潮流，跨足相關領域，尋求新的製作方向及流程。以傳播領域為例，許多數位視訊設備的整合與簡化(包括虛擬攝影棚)，將讓傳統的節目製作方式，在未來將產生重大的衝擊及轉變。從前期作業的拍攝剪接、後期作業的視覺效果處理、聲音控制以至於整個節目的播出，都朝向一人化的作業模式。虛擬攝影棚是未來發展的方向之一，也是本人未來研究方向的第一步。

## 參考文獻

中科大揚公司網頁:<http://dayang.com.cn>

中科大揚使用手冊電子檔

黃鈴翔(2002):〈虛擬攝影棚追蹤技術探討〉,《數位世界2002年七月刊》。台北:國立台灣師範大學圖文傳播研究所研究生

蕭明(1999):NAB SHOW VR (虛擬實境)報告。台北:公共電視。

Moshkovitz, Moshe(2000) . The Virtudio Technology & Techniques .

BRAINSTORM 公司網頁：<http://www.brainsorm.es>

ORAD 公司網頁：<http://www.orad.co.il/>

PROCYC 公司網頁：<http://procy.com/main.htm>

THOMA 公司網頁：<http://www.thoma.de>

VINTEN 公司網頁：<http://www.vinten.com/en/>

VIZRT 公司網頁：<http://www.vizrt.com/>

XYNC 公司網頁：<http://www.xync.com/>

# IMF 技能分享與互動學習平台

## IMF Skill Share and Interactive Learning Platform

連秀綿<sup>1</sup> 黃韋智<sup>2</sup> 黃浩育<sup>2</sup> 劉紋瑋<sup>2</sup> 潘冠慈<sup>2</sup> 謝明軒<sup>2</sup> 蔡鎧鴻<sup>2</sup>

Hsiou-Mien Lien<sup>1</sup> Wei-Chih Huang<sup>2</sup> Hao-Yu Huang<sup>2</sup> Wen-Wei Liou<sup>2</sup> Guan-Ciu Pan<sup>2</sup> Ming-Xuan Xie<sup>2</sup> Kai-Hung Cai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東南科技大學 資訊管理學系 副教授 Associate Professor, Department of Information Management, Tungnan University

<sup>2</sup>東南科技大學 資訊管理學系 學生 Department of Information Management, Tungnan University

### 摘 要

電腦網路提供了一個虛擬的世界，實現了學習社群理念的環境與工具（邱貴發，1998），本論文之目的即是希望提供一個師生之間以及系友之間的 IMF（I'm Friend/Information Management Friend）技能分享與互動學習平台。此平台提供了一個管道，讓老師與學生在非上課時間仍能持續互動，促進更多學校、老師、學生之間的互動。每位使用者可以在平台內建置自己的網頁分享個人的作品及平日活動資訊；而彼此之間的作品觀摩，除了可增加腦力激盪精益求精，同時也可透過平台提出自己的觀點與疑問，以形成一種互相學習討論，互相激勵的良性競爭，發揮利用網路進行學與教的巧妙互動，達到網路學習社群之目的。

**關鍵詞：**網路學習，虛擬社群，互動

### ABSTRACT

Computer networks provide a virtual world which realizes the environments and tools of learning communities [3]. The purpose of this paper is to provide an IMF platform for teachers and students. The teachers and students can communicate with each other at any time on the platform. They can create their own pages to share their works and daily information. Besides, they can propose their own viewpoint and the question to form an encouraging competition and interaction which can achieve the purpose of network learning community.

**Keywords:** E-learning, Virtual Community, Interactive

## 壹、研究動機與目的

隨著國內寬頻上網使用逐漸普及，真實世界中的人際互動已漸漸延伸到網路虛擬世界。人們已慢慢習慣運用 MSN 網路即時通訊或 Facebook 這類社交網站將平日與親朋好友、公司同事的互動模式帶入網路世界，此種透過網路也能在家與親朋好友輕鬆愉悅地閒話家常，以及進行社交與娛樂互動的方式，讓很多人可以更方便地維繫並拓展其人際關係。觀察周遭人的網路活動，我們發現對大多數人來說，在學期間與畢業後（或者校內與校外）的網路活動幾乎是各自獨立的，學生在校時利用學校的系統進行課程學習與互動，而這些活動大都必須隨著畢業而停止。但是，在實際生活中我們發現，人與人之間的互動並不會因為學習階段的告一段落而終止，尤其大學畢業後，同學之間以及系友（學長姐學弟妹）之間的交流，可能會隨著大家在工作上的需要而更頻繁。

本論文在於建置一個以系友為主、可永續參與的 IMF 互動社群。一方面此社群網站可做為學校中老師與學生之間班級活動與課程活動的互動學習平台；另一方面學生畢業後亦可延續做為系友之間以及師生之間情感聯繫的社交互動平台。與 Facebook 相較，IMF 系統將著重在校園中常用的服務，如：作品分享、班級網路資料夾等。提供使用者在學校完成個人作品後將檔案儲存至班級資料夾之功能，將方便大家可以隨時隨地修改作品，而無需擔心忘記帶隨身碟等儲存設備。至於作品分享之功能，則可透過彼此間之觀摩與講評來瞭解自己作品的優缺點，以提高自己的專業技能。也就是說，建置這個 IMF (I'm Friend/Information Management Friend) 互動社群是為了讓師生能夠不受時空的間隔而仍擁有共同互動的網路學習平台，讓使用者能更方便的找到老師、學長姐，增加系所班級的互動習慣，打破班與班之間的隔閡，並讓校園師生能結合校內與校外的網路活動，提供學生不因畢業而必須中斷在校期間的網路互動之平台。同時亦期許學生畢業後仍能抱著當初在校時與老師同學間的互動情懷與習慣，更進一步回饋新的就業資訊與就業心得給在校的青年學子們。

綜觀目前在校園內所使用的系統，其使用期間大多僅限於在學時使用，當學生畢業時必須選擇使用其他的系統平台來延續與同學或老師之間的網路活動。另一方面，每年針對畢業後的學生所舉辦的校友會/系友會，往往必須透過電話聯絡畢業校友，而同樣會透過電話進行聯繫的畢業生就業調查，也發現許多畢業校友或其家人在接獲母校來電詢問有關最新職位、薪水等問題時，不約而同的一致認為是新的詐騙手法而予以拒絕，最終使得校友會/系友會的出席率、就業資料更新都無法達到原先預估的效果。因此，我們思考從系友關係的角度出發，建立一個技術交流與情感聯繫的永續管道。

本論文之目的即是希望提供一個師生之間以及系友之間的 IMF (I'm Friend/Information Management Friend) 技能分享與互動學習平台。此平台提供了一個管道，讓老師與學生在非上課時間仍能持續互動，促進更多學校、老師、學生之間的互動。每位使用者可以在平台內建置自己的網頁分享個人的作品及平日活動資訊；而彼此之間的作品觀摩，除了可增加腦力激盪精益求精；同時也可透過平台提出自己的觀點與疑問，以形成一種互相學習討論，互相激勵的良性競爭，發揮利用網路進行學與教的巧妙互動，達到網路學習社群之目的。

我們希望透過建置一個 IMF 互動社群，讓在校學生習慣在此平台與學校老師、同學互動，並延續到其畢業後進入社會。此外，IMF 平台同時有助於學校相關行政單

位、校友會/系友會在蒐集就業、證照相關資訊與通知參加系友會等工作項目之進行能更有效率。所有用戶可透過用戶基本資料管理頁面填寫並更新個人最新就業資料、居住地點、行動電話等相關資訊，大家也可以在社群中分享不同課堂上的作品、證照考試準備及工作經驗，達到互動學習效果；而畢業校友也可在社群裡發佈公司的徵才訊息，使資管人之間的交流互動能永續並更頻繁。

本文第二部分就網路社群議題進行相關文獻探討，第三部分是系統功能說明，最後則是結論。

## 貳、文獻探討

網路社群的日漸成熟與快速發展，吸引了大量的網路使用者參與使用，透過網路學習社群，除了讓人們可以持續學習、接收新的資訊外，也可跟來自全球各地的使用者產生網路社群互動，達到自我能力提升且不淡化對終身學習的熱誠與初衷。林秋斌以其長期實際運作“全民學校”網路學習社群的經驗與研究，設計與建置了網路學習社群的策略，他認為其中最重要的四個元素為：設計有效益的學習活動、培養主動的參與者、網路課程的品質管理以及透過系統支援各種學與教的模式。其中，課程品質的控管與提升有助於參與者願意長時間參與網站的學習活動，同時藉由參與者在網路上的活動狀況適時的於網站舉辦線上活動，則可以增加新的使用者及提高參與者的忠誠度（林秋斌，2004）。

與現實生活的人際網路關係相結合的 Facebook，除了提供一般的上傳空間及 Blog 等功能外，以一些小遊戲、送小禮物及實用小工具等應用程式，讓使用者透過冰冷的電腦硬體設備在虛擬世界中建立起緊密的人際網路。辛莉萍以 Facebook 為例，探討社群使用者在參與網路社群的知覺價值，以及影響持續使用網路社群行為意向的關鍵價值因素。其研究結果發現，其所定義的「知覺情感價值：使用者主觀的認為採用 Facebook 將有助於情感的增進」是影響 Facebook 持續使用行為意向的關鍵價值（辛莉萍，2010）。由此可知，處於現代極度競爭壓力中的人們，仍然渴望人與人之間溫暖的情感交流。

網路社群通常是由一群有相同屬性，如同校或同班，或者對特定主題有共同興趣或經驗的人所組成的（陳麗真，2002），他們透過網際網路互相溝通彼此交換訊息。對於提供網路社群服務的系統平台而言，如何管理在其上運作的社群是一個很重要的項目。在鄭年亨等人的研究中（鄭年亨，2003），設計了一套管理者管理社群的工具來協助這些管理者發展各自的社群，以避免因為使用者不斷增加且不斷的申請各式各樣的社群時，造成系統管理者對社群討論區管理的負擔。我們的 IMF 技能分享與互動學習平台亦採用階層式的管理架構，協助社群管理者建立、管理和發展各自的班級及專長興趣之線上社群。

清華大學龍應台教授在天下雜誌校園論壇「你離世界有多遠」演講中提到，二十一世紀大學生面對全球化世界所需要的「基本配備」為：獨立思考（Critical thinking）、知識力、行動力及品格[6]。美濃鎮龍肚國小實施的農事體驗是行動力的落實，孩子們透過「動手做」體驗稻作農事的辛勞，並學會時間的利用及珍惜物品的重要性[7]。對現代的大學生來說，行動力也是最迫切需要加強者，而如何讓天馬行空的

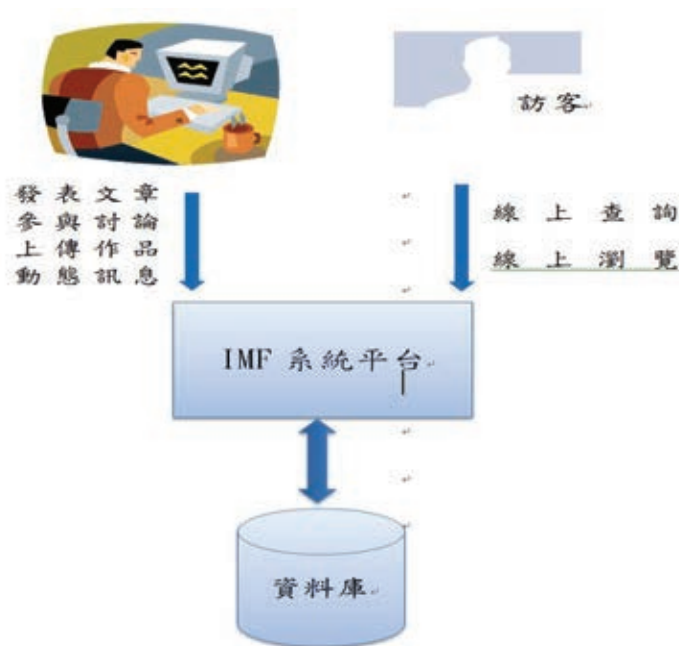
大學生有效的去實踐古人所說「坐而言，不如起而行。」除了透過實驗與作品製作讓學生「動手做」增加實務經驗並了解負責任與分工合作等重要性，也可利用現代的網路科技，將學生的作品放到網路社群上，讓更多同學及瀏覽者經由網路觀摩作品並對該作品發表看法，期望藉由彼此間的意見交流，讓創作者思考如何更加精進，以此方式希能達到培養現代大學生的「基本配備」之步驟。

## 參、系統架構與實作

### 一、系統架構

IMF 系統以目前廣為大家使用之軟體工具與應用軟體來開發，其中使用者端採用動態網頁程式 xampp 與 php 來開發，後台可以為 Linux 或 Windows 作業系統，搭配 Apache 網路伺服器，及使用 MySQL 資料庫管理系統來儲存相關資料。

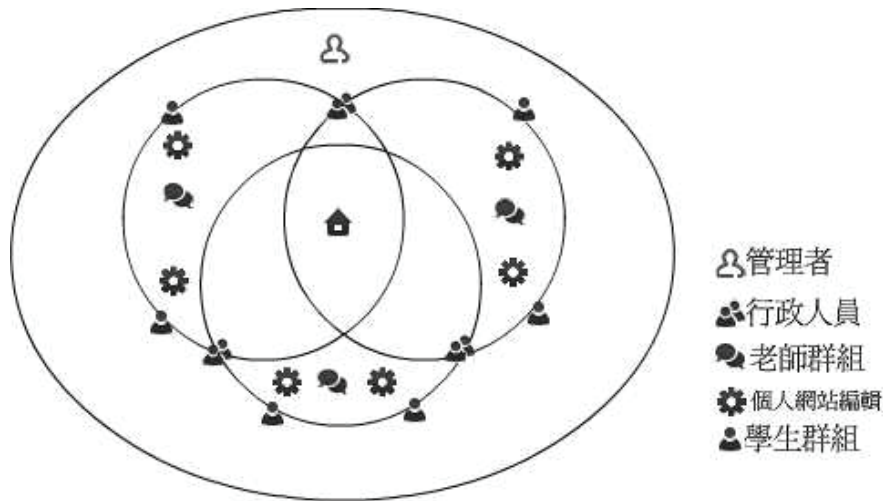
首先，依據我們的需求進行系統分析，規劃 IMF 技能分享與互動學習平台主要架構如圖一所示，提供主要使用者進行發表文章、參與討論、上傳作品、動態訊息等功能，並提供一般訪客對於公開資訊的線上查詢與瀏覽等功能。



圖一 系統主要架構圖

有別於一般網站由系統管理者負責網站上所有的功能、服務、與資訊內容維護之集中管理方式，此平台在設計與管理模式上採用「群組聯集與交集的整合型」模式（如圖二）（Wu, 2003），將網站的系統功能與資訊內容之維護工作分開，系統管理者僅負責系統功能的部份，並將網站依據班級與資訊內容的類別分成許多「群組」（或稱社群），每個社群由該社群之推舉管理者來負責管理該社群中的資訊內容，以及於各社群中的個人網站由網站申請者管理其個人資訊。





圖二 「群組聯集與交集的整合型」模式

## 二、系統功能

本系統主要是由系統管理者、學生、教師及行政相關人員這幾種角色透過學習平台共同參與、進行互動。在此技能分享與互動學習之社群平台中，各參與者之身份說明如下：

- **系統管理者**：即網站管理者，具有最高之權限，主要負責使用權限之設定與管理，以及網站功能之提供與整體系統之維護。
- **社群管理者**：負責該社群所有資料與活動之管理事宜，並可指定其他人為協同管理者。班級社群管理者為各班導師／各班推舉之管理者，課程社群管理者為各課程教師，一般社群之管理者則為該社群之發起者。
- **個人網頁管理者**：每位資管人（教師及學生、行政人員）皆可以建立個人網頁、上傳資料、發表意見、進行知識分享與合作學習等；每個人必須負責個人網頁之管理事宜。
- **一般瀏覽者**：一般瀏覽者可經由平台中對外公開之訊息及作品瞭解學生／教師之潛能，並提供工讀及產學合作機會。

IMF 系統平台從使用者介面來看，包括：

- 系統登入功能
- **系統管理者介面**：除了負責一般的系統管理，如：審核管理帳號、區塊分類與主題管理、系統自動管理/備份機制等功能外，亦須為每一位學生（含在校生與畢業生）建立以班級為單位的群組。
- **行政相關人員介面**：分為三方面，(1)系辦公室行政人員，主要為發佈校園公告及與學生相關之訊息發佈，如：比賽訊息、活動資訊、工讀資訊、徵才訊息等。並提供其蒐集就業資訊與考取證照資訊等功能。(2)系學會，主要為發佈系學會舉辦之相關活動訊號，如：迎新活動、系籃比賽、聯誼活動、送舊活動等。(3)系友會，主要為發佈系友會相關訊息，如：傑出系友、系友聯誼、活動資訊、工讀資訊、求才訊息、求職訊息等。



- ➊ **教師介面：**每位教師可擁有個人網頁發佈個人訊息及作品；另外，凡曾擔任導師者，系統會自動將老師加入該班級之群組，每一位老師可與歷任導師班（含在校與已畢業者）進行互動。另外，每位教師亦可以授課班級或課程為基礎建立課程群組進行課程活動。
- ➋ **學生介面：**每位學生可擁有個人網頁發表個人作品；另外，將在校生／畢業生以班級為基礎進行群組，每位學生除了可在所屬班級群組中與同班同學進行互動外，亦可在公共板塊內針對個人或同儕間有興趣的主題建立社群、發表文章進行知識交流與社交互動。

### 參、系統畫面

圖三至圖十為 IMF 系統操作之部分畫面，本系統只開放部分訊息供一般瀏覽者瀏覽，大部分的功能須登入系統後才能使用，作品展示與榮譽榜是依據系上活動所設計的，討論區與電子相簿則是目前大多數系統會提供的功能。



圖三 IMF 首頁



圖四 登入後頁面



圖五 修改個人資料畫面



圖六 網站導覽畫面



圖七 討論區畫面



圖八 電子相簿畫面



圖九 作品展示上傳頁面



圖十 榮譽榜畫面

## 肆、結論

IMF (I'm Friend/Information Management Friend) 技能分享與互動學習之社群平台是一個線上觀摩學習、知識與經驗分享交流的平台。對於系上及教師來說，可透過網路互動拉近師生距離，及經由此平台瞭解系友工作動態，並可經由系友對於課程規劃之相關回饋，做為未來開課規劃之參考。對於在校生來說，可經由網路展覽的模式增加作品的曝光率，並經由別人的講評瞭解自己作品的優缺點，以提高自己的專業技能。

對於畢業生來說，可瞭解系上及彼此動態，並延續在校時彼此間的信賴與互動，在彼此的工作上給予適時適當的支持與支援。而就業須知、企業徵才訊息之提供，不僅為資管人之工讀與就業提供了快速的第一手資訊，也可讓在校生瞭解就業市場的需求，進而調整自己的學習態度，充實自己的專業技能。

綜述，本系統的最終目的是要讓在校生與畢業生能夠經由網路齊聚一堂，在資管IMF這個大家庭中進行良性的互動。

## 參考文獻

1. 辛莉萍：《以網路社群使用者的知覺價值探討持續使用行為意向:以 Facebook 為例》，新竹市縣：中華大學碩士論文，2010 年，摘要。
2. 林秋斌：《建立一個非正規學習社群之策略》，桃園縣：國立中央大學博士論文，2004 年。
3. 邱貴發：《網路世界中的學習：理念與發展》，教育研究資訊雙月刊，6（1），pp.20-27，1998.
4. 陳麗真：《網路社群知識管理系統之研究—以社群討論區知識管理為例》，雲林縣：國立雲林科技大學碩士論文，2002 年。
5. 鄭年亨：《藉由提供社群管理工具建立階層式線上學習社群：亞卓鎮和亞卓村》，桃園縣：國立中央大學碩士論文，2003 年。
6. 影片標題："龍應台：二十一世紀大學生的「基本配備」"。天下雜誌網站，取自  
[http://video.cw.com.tw/pages/public/movie/player/tv\\_player.jsp?id=40288124173953fa01173953fb5300b3](http://video.cw.com.tw/pages/public/movie/player/tv_player.jsp?id=40288124173953fa01173953fb5300b3)，上網日期：2011 年 2 月 25 日。
7. 影片標題："迎向未來的關鍵能力：「動手做」的實踐"。天下雜誌網站，取自  
[http://video.cw.com.tw/pages/public/movie/player/tv\\_player.jsp?id=40288124173953fa01173953fb4300a1](http://video.cw.com.tw/pages/public/movie/player/tv_player.jsp?id=40288124173953fa01173953fb4300a1)，上網日期：2011 年 2 月 25 日。
8. Wu, Tung-Xiung(吳統雄); Gold Peach 1996-2002: Series Research on Developing A Learning Web Community; *Proceedings of E-Learn 2003, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education*; Phoenix, Arizona: AACE, Association for the Advancement of Computing in Education; pp.1837-1840; 2003.

# 運用六標準差方法提升機械軸封品質之研究

## Use six sigma to improve the quality of mechanical seal

林俊雄<sup>1</sup>      江世偉<sup>2</sup>      張仁輝<sup>3\*</sup>  
Jiun-Shiung Lin<sup>1</sup>      Shi-Wei Jiang<sup>2</sup>      Jen-Huei Chang<sup>3</sup>

1明志科技大學 工業工程與管理系 副教授 Department of Industrial Engineering and Management, Ming Chi University Of Technology

2明志科技大學 工業工程與管理系 研究生 Department of Industrial Engineering and Management, Ming Chi University Of Technology

3東南科技大學 工業工程與管理系 助理教授 Department of Industrial Engineering and Management, Tunghan University

\*通訊作者張仁輝：e-mail: jhchang@mail.tnu.edu.tw

### 摘 要

武器系統量產前，需性能測試，測試過程中發現品質不良時，必須運用品質改善計畫，改善不良狀況發生，以有效改善品質及性能。本研究以武器供應商某產品中的衝壓引擎為研究對象，於性能測試過程中，渦輪幫浦的機械軸封有大量漏油情況，未符合量產品質需求，本研究藉由六標準差方法運用，成功改善機械軸封漏油現象，完成該生產精進渦輪幫浦品質的過程，也由於此關鍵零件的性能提升，改善渦輪幫浦性能及品質的可靠度，降低量產時程延宕風險，有效提升量產良率及降低成本，研究成果可供六標準差運用於武器系統品質改善之參考。

**關鍵詞：**六標準差、武器系統、品質改善

### ABSTRACT

Before mass production of a weapon system, the performance testing is required. During the testing, quality defects are usually found. The quality improvement project is necessarily executed. In this paper, the ramjet engine used in some product provided by the weapon supplier is adopted as the research object. It is found that there is massive amount of oil leakage in the mechanical seal of the turbine-pump when the process of test is made. This paper utilizes a six sigma methodology to successfully improve the oil leakage situation so that the performance of the turbine-pump is a critical component of the ramjet engine can be enhanced. Since the problem of the turbine-pump has been solved, the overall performance of the ramjet engine can be further upgraded. It reduces the risk of production schedule delay and cost increase as well as enhances yield. The results from this paper can provide some references for the quality improvement of the weapon systems when using six sigma.

**Keywords:** six sigma, weapon system, quality improvement.

## 壹、緒論

武器系統的取得對我國而言實屬不易，對於自製的武器必須要適當的實施品質管理以能提升量產之品質，目前我國武器製造商現行廣為運用的 ISO、TQM 及 PDCA 等品質管理系統，因軍事機構高階管理者自身的理解及認知的差異，實施品質管理往往為被動且過於緊急的佈局推行，不易產生預期的效果。

在品質管理的領域中，「六標準差」(Six Sigma,  $6\sigma$ ) 是一個具持續改善(continuous improvement)的品質管理系統，其使用清楚明確的管理歷程，解決各類型的問題，並得到了極大的改善。1980年代，Motorola 公司等諸多企業採用此項管理模式，有效提昇經營管理成效。六標準差之定義起源於摩托羅拉公司，該公司將其定義為一種經營管理哲學，使顧客完全滿意(Total Customer Satisfaction; TCS)的經營策略。Peter 等三人(2000)則將六標準差簡短定義為：「六標準差係透過以客為尊、流程管理與執行、及善用資料和事實等方式，使公司維持長期興隆之企業系統」。Harry and Schroeder(2000)將六標準差定義為「六標準差是一種以目標為3.4 ppm 的管理哲學，並以突破式的策略(Breakthrough Strategy)做為達成目標的方法」。Antony and Banuelas(2001)解釋六標準差以追求「最小變異」為主要管理思維，以六標準差水準為目標。其經營理念與有效的管理工具、手法配合，從公司的管理、營運模式、產品研發、製程及品質改善去實行，以提升顧客滿意度為出發點，再找出關鍵問題並加以改善，最終以增加公司利潤為標竿。Eckes(2002)認為六標準差是一套管理哲學，其目標在改善顧客滿意度，使產品品質近乎完美，藉由流程改善的文化，達成更高水準的顧客滿意。潘哲楠(2002)說明六標準差是一個追求卓越品質的管理方法與系統，強調製程能力改善，透過一套完整訓練方法，執行專案計畫與目標，以達節省成本和時間的一種哲學。

推動六標準差活動，一般可以根據組織的策略性目標、組織內部流程的聲音、組織內部員工的聲音，或是根據市場、顧客的聲音、與競爭者的比較等來進行專案選擇。六標準差改善活動的進行，主要是以 DMAIC(Define, Measure, Analyze, Improve, Control)做為其改善的主要架構，簡稱為 DMAIC 模式。近年來，六標準差手法於各大企業中已經成為品質改善的一種熱門工具，有許多應用六標準差改善手法進行實務研究。曾慶毅(2003)以六標準差之理論架構與實務應用進行研究，執行國內某航太科技公司之飛機零件維修為例，利用 DMAIC 之品質改善方法，藉以改善解決為了達到目標而可能產生之問題。沈信亨(2004)運用六標準差手法改善某主機板製造公司製程中某項主要元件之不良率，由 DMAIC 之改善模式來降低其不良率，藉而提高公司生產力。Mukhopadhyay and Ray (2006)為解決印度某紡織公司對於錐形筒紗及平筒紗品質不良的問題，以六標準差方法來進行修正改善。陳昆暉(2006)以六標準差管理手法進行電漿顯示器材料濾光玻璃貼合實務研究。林俊蓮(2009)應用 DMAIC 手法提升封裝廠之晶片切割良率，最終解決公司生產線的異常，達到顧客滿意度，公司也有極大的獲益。鄭智仁(2011)利用六標準差手法，提升國內一 LCD Module 廠 TFT-LCD 產品製程良率，並降低維修及材料成本。

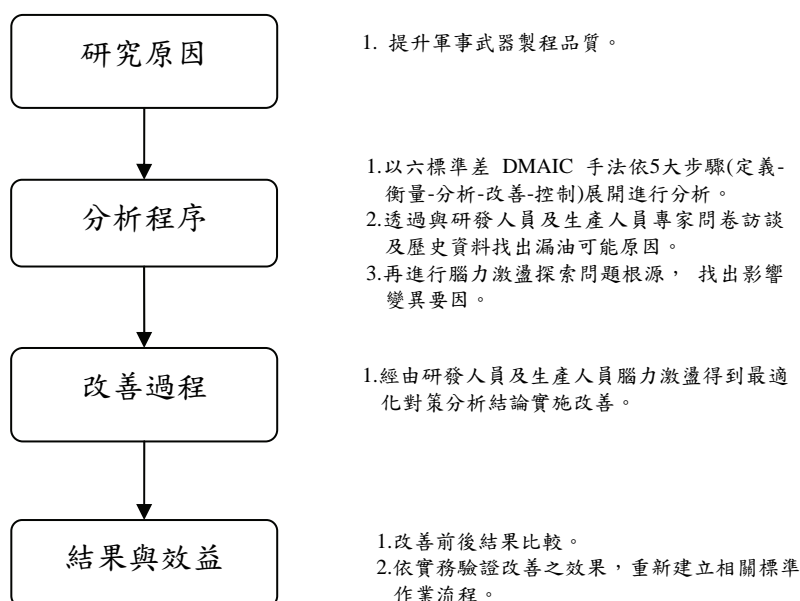
本研究以武器供應商委託 A 航太公司所生產關鍵零組件-渦輪幫浦為例，部分渦輪幫浦於性能測試過程中，統計發現其機械軸封常有大量漏油至渦輪端情況，致使燃油大量隨渦輪排氣而流失，若於實際應用會因漏油而減少提供飛行器所使用的燃油量，故而降低飛行器航程，嚴重影響飛行器作戰效益及增加故障機率。藉由六標準差的運



用發現案例公司機械軸封常有大量漏油事件後，探討其中產生之問題，並應找出相關肇因，尋找一個解決的製程改善模式，有效改善不良品的產生，尋求最適化品質管理運作模式，以發揮軍事機構國營或國有民營生產單位之最佳效能。

## 貳、研究方法

本研究利用六標準差 DMAIC 手法並結合專家訪談後，提昇國軍武器系統之製程品質，研究架構如圖一所示：



圖一 研究架構

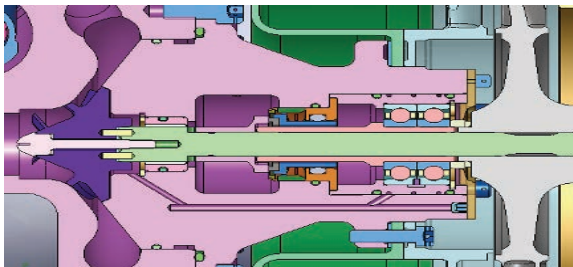
- (一) 研究原因：為了提升武器系統製程品質，武器供應商應用六標準差的改善手法(DMAIC)及特性，來改善製程中的不良率，以提升國軍使用的滿意度、降低不良率及節省生產成本，武器供應商想要成功導入六標準差活動，需要規劃三個面向：戰略、戰術與執行力。在戰略方面，六標準差需與武器供應商的研發生產管理策略相互結合，以產生好的六標準差專案；在戰術層面，針對所選出的六標準差專案，利用 DMAIC 進行問題的解決。最後也希望藉由生產人員觀念、溝通方式的改變，逐漸將六標準差融入到武器供應商的生產執行力中。
- (二) 分析程序：本研究利用六標準差 DMAIC 提昇國軍武器系統之製程品質(定義-衡量-分析-改善-控制)五大步驟展開檢視影響專案問題的內部流程，探討其績效表現，了解武器供應商對產品的要求及確定改善的方向後，進行績效衡量指標分析，並透過專家問卷訪談了解漏油原因，再以腦力激盪找出軍事武器生產關鍵品質特性瞭解造成問題的關鍵因素。
- (三) 改善過程：針對分析結果進行實際改善，執行改善對策測試，經實驗結果證實改善結果有效，提供下一階段制定新程 SOP/SIP。
- (四) 結果與效益：針對所驗證改善成果與效益分析，提供製程管制計畫來做為本研

究的結束，最後將這些改善措施制訂新製程 SOP/SIP 規範提供武器生產線遵循，以保持改善之成果，並確認改善後軍事武器生產製程能力。

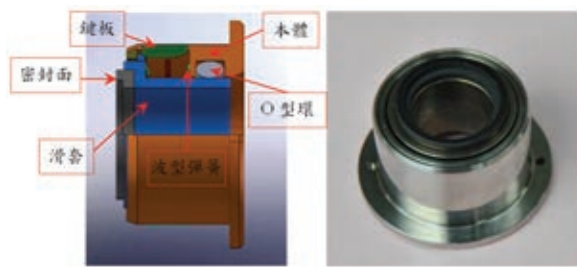
## 參、個案研究

### 一、個案問題敘述

衝壓引擎燃油控制系統中的重要組件渦輪幫浦，其功能是将低壓燃油增壓至所需要的高壓提供引擎所需。渦輪幫浦轉動組件的一端為燃油幫浦，四周均為燃油包覆；另一端為氣渦輪機，採用衝壓空氣驅動，其間即以機械軸封區隔開來，使高壓燃油不至於洩漏至渦輪機端，影響設計功能。如圖二所示，武器供應商某量產武器系統使用的渦輪幫浦，部分渦輪幫浦於 A 航太公司性能測試過程中，發現其機械軸封有大量漏油至渦輪端情況，致使燃油大量隨渦輪排氣而流失，導致降低武器系統航程，影響性能甚鉅。渦輪幫浦使用的機械軸封如圖三所示，利用六標準差方法，解決機械軸封品質不一致問題。



圖二 機械軸封組裝示意



圖三 高轉速機械軸封

### 二、DMAIC 手法的應用

#### (一) 定義階段 (Define)

在此階段藉由與 A 航太公司內部作業人員訪談及歷史資料分析，得知顧客對於公司多項產品的需求、產品不良項目及整體不良率相關資訊。

#### 1. 資料收集

接收測試時，發現洩漏液體影響安全與性能，經蒐集武器供應商驗收測試報告及 A 航太公司引擎滑套組裝生產數據等資料，發現渦輪幫浦高轉速的轉動件有硬度高的光滑鏡面，而固定不動的機械軸封中滑套有耐磨耗的碳質密封面，兩者以波形彈簧壓合密封，若是兩平面無法緊密貼合就會發生漏油事件。

#### 2. 將顧客聲音轉為需求

武器供應商將機械軸封驗收測試報告（合格率僅達45%）提供 A 航太公司實施研改精進，以達成合格率100%之合約要求，A 航太公司為了解武器供應商所反應機械軸封漏油情形，將該渦輪幫浦拆解取出機械軸封，發現機械軸封的滑套下壓後無回彈能力，與其他零件滑動配合處有干涉被卡住的現象。進一步將機械軸封本體外殼車開拆解，發現本體與鍵板採用點焊，焊疤突出且鍵板加工粗糙確實容易將滑套

卡住。經 A 航太公司研發人員評估，研判無法貼合發生漏油的主要原因分述如下：

- (1) 機械軸封本體與鍵板的焊道，設計於本體內側以點焊方式焊接，致突出焊疤容易將套筒滑溝槽卡住，使套筒前端耐磨碳質密封面無法壓合到轉動件密封面。
- (2) 機械軸封內的滑動件之間無倒角或圓角設計，且表面光滑度不夠，致使滑動不順暢，不容易達到壓合定位產生密封效果。
- (3) 機械軸封完成加工與組裝後無磨合製程，新品使用時摩擦力較大，套筒易致卡住無法密封。

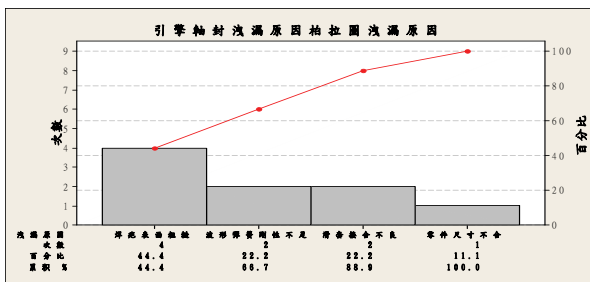
A 航太公司針對上述可能造成機械軸封漏油原因轉化成內部改善需求。

### 3. 找出改善目標

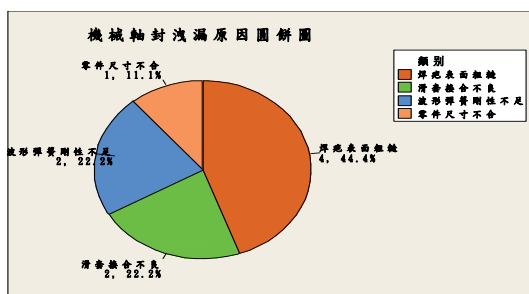
為了解決機械軸封在測試中所遭遇的漏油問題，達到武器供應商100%良率之合約要求，將機械軸封安裝於渦輪幫浦的良率提升至100%為訂定目標。

### 4. 利用柏拉圖分析找出關鍵品質特性

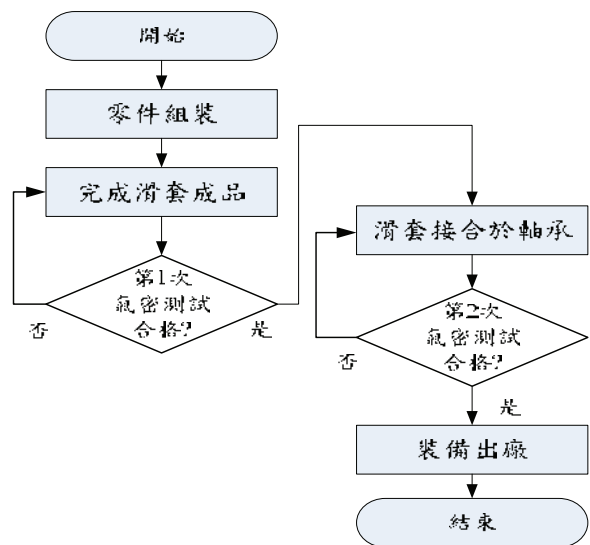
經機械軸封生產不良原因之柏拉圖分析(如圖四及圖五所示)，品質不良主要原因以焊接點無法氣密所產生的不良數最多，需優先改善，以有效降低製程不良率，進而節省生產成本。



圖四 A 航太公司機械軸封洩漏原因



圖五 機械軸封洩漏原因百分比



圖六 機械軸封組裝測試作業程序

5. 關鍵作業流程：機械軸封組測作業相關流程如圖六所示。

6. 繪製 SIPOC 圖：透過繪製高階流程圖 (SIPOC) 表達核心流程，從整體製程中找出重要的輸出與輸入及改善範圍，以便衡量階段進行更詳細的資料收集。如圖七所示，整體流程著重於精進藍圖設計、改善製造程序、建立品質管制、設定組測機制即可改善不良率。



(二) 量測階段 (Measure)

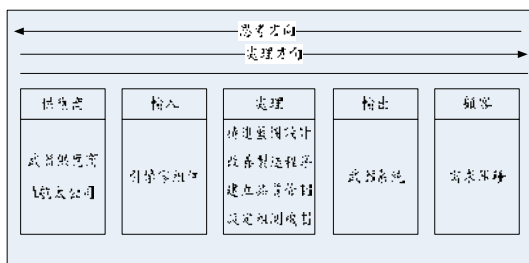
1. 檢視內部流程：經由定義階段，了解客戶對產品要求及確定改善方向後，藉先前資料與公司研發人員討論後，進行相關資料分析檢視生產流程各項步驟。
2. 資料分析：依武器供應商機械軸封驗收測試數據，進行績效衡量指標之整理計算，數據資料統計期間為民國99年一年為止。A 航太公司生產機械軸封數量為20個，而整體製程不良品個數為9個。
3. 訂定目標績效指標：依據武器供應商100%良率之合約要求，A 航太公司重新訂定機械軸封組裝的良率目標績效指標為100%。

(三) 分析階段 (Analyze)

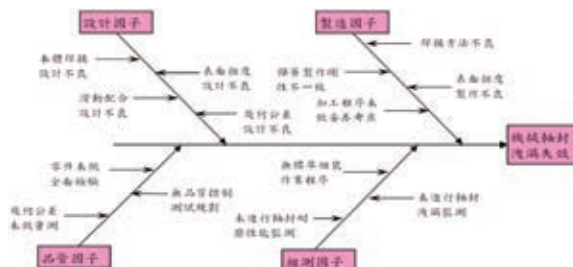
1. 資料與流程分析：首先透過與研發人員及生產人員專家問卷訪談及歷史資料找出漏油可能原因，再進行腦力激盪探索問題根源，找出影響變異要因。
2. 針對關鍵品質特性進行要因分析：如圖八所示機械軸封失效特性要因圖，可得知設計、製造、品管、組測等四項因子，皆有互相之影響力，並確認困難點（如本體焊接設計不良等14項）、類別（如設計因素等4項）與重要度之分析，如表一之重要度分析查檢表。
3. 找出可能會影響因子：依分析結果可發現機械軸封產生洩漏問題，主要包含設計、製造、品檢及測試等問題，並考慮問題點配合特性要因圖所得到的失效原因，再利用系統圖配合矩陣圖分析，尋求最適化對策，經研發人員及生產人員專家問卷訪談後，決定評分標準與僅採用最適化對策分析表內總計9點以上(含9點)決策，如圖九所示。

(四) 改善階段 (Improve)

1. 針對變異要因找尋解決方法：透過與相關作業人員進行討論給予建議，執行改善對策測試。
2. 選擇最佳解決方法：經由研發人員及生產人員專家問卷訪談後得到最適化對策分析，決議七點實施改善的方法，包括：



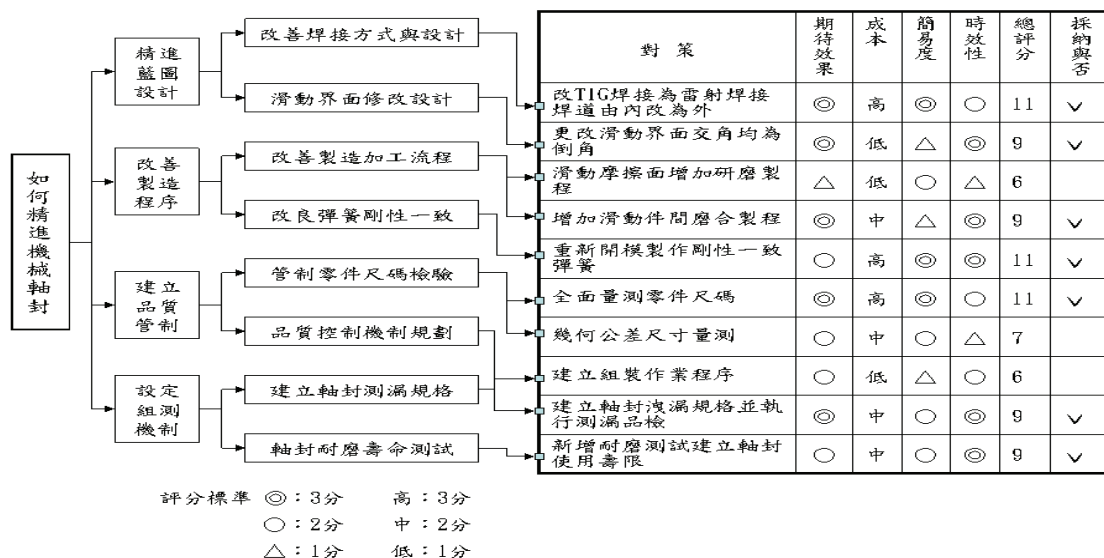
圖七 機械軸封製程 SIPOC



圖八 機械軸封失效特性要因

表一 機械軸封品質不良問題重要度分析查檢表

項目	困難點	類別	重要度	
			主要	次要
1	本體焊接設計不良	設計因子	●	
2	滑動配合設計不良		●	
3	表面粗度設計不良			●
4	幾何公差設計不良			●
5	焊接方法不良	製造因子	●	
6	加工程序未做妥善考慮			●
7	彈簧製作剛性不一致		●	
8	表面粗度製作不良			●
9	無品質控制測試規劃	品管因子	●	
10	零件未做全面檢驗		●	
11	幾何公差未做量測			●
12	未進行軸封洩漏監測	組測因子	●	
13	無標準組裝作業程序		●	
14	未進行軸封耐磨性能監測			●



圖九 機械軸封失效最適化對策分析

(1) 變更鍵板設計與焊接方式：鍵板與本體間採焊接結合，鍵板置於本體內側，原先設計在本體內側與鍵板間採用 TIG 點焊接，因此焊疤存在於兩者間的填角內，滑套在本體內移動時易受焊疤干涉，且鍵板表面粗糙，使滑套無法順利移動，致使密封壓合面無法順利貼合於轉動件的密封面，易產生洩漏現象。為解決焊道設計與製作缺失，A 航太公司變更藍圖設計及製程，在本體上先加工2個鍵板尺寸長方孔，將鍵板壓配入本體長方孔，外側再以雷射方式將兩者焊接，

加工階段再將突出焊道修平，藍圖並經研發單位審閱及討論後執行，重新製作本體及鍵板。

- (2) 更改滑動界面交角設計：滑套的滑槽與鍵板配合的滑動介面，兩者間的所有銳邊均增加倒角與圓角設計，使滑套能順利移動。
- (3) 增加滑動件間磨合製程：由研發單位建議 A 航太公司在各零件完成製作組合成機械軸封後，需要再增加移動面間的磨合製程，以確保機械軸封的品質。
- (4) 彈簧重新開模製作：滑套壓合兩個波形彈簧，在重新檢視波形彈簧的剛性過程中發現，原波形彈簧的剛性 K 值不一致，造成滑套壓合於轉動件密封面的壓力不一致，壓力太小不易密封，太大則密封碳平面容易磨損，研發單位要求彈簧預壓力必須準確於 $\pm 5\%$ 範圍內。另波形彈簧內孔應該為圓形，A 航太公司量測結果卻是橢圓型，易使套入孔內的滑套與其橢圓孔產生干涉，而使滑套移動不正常。基於上述兩項問題，A 航太公司尋求模具製作公司重新開模，製作出內孔為正圓且 K 值一致的波形彈簧，以徹底改善前述的干涉及壓合問題。
- (5) 全面量測零件尺碼：A 航太公司原來使用的機械軸封是其自行設計委外製作，完成後的機械軸封只能量測外部尺寸而無法量測內部元件的尺寸。為解決零件品質問題必須檢測零件尺寸，A 航太公司重新製作機械軸封所有零件，並由品檢單位量測零件所有尺寸，以確保機械軸封的品質一致性。
- (6) 建立軸封洩漏規格並執行：原機械軸封在組裝於渦輪幫浦之前未進行個別的密封測試，即使裝入渦輪幫浦也只有加壓 100PSI(6~7Kg/cm<sup>2</sup>)，觀察是否大量漏氣的檢測，而未訂出確切的洩漏規格。為了讓機械軸封的密封品質達到一定水準以上，武器供應商之研發單位依據渦輪幫浦功能測試及軸封洩漏測試的數據，與 A 航太公司討論協調後，訂定了各階段的軸封氣密洩漏規格，A 航太公司於完成機械軸封製作，與渦輪幫浦各組裝過程中進行階段性的氣密測試。
- (7) 增加耐磨測試建立使用信心：渦輪幫浦為高轉速的轉動組件，武器供應商依據採購驗收、正式組測及後續使用需求，估算機械軸封整個使用轉動次數總共約需 210 萬轉。為了證實該機械軸封的使用壽命可以達到此轉動次數，武器供應商提出機械軸封耐磨測試設計構想，並請 A 航太公司依照武器供應商要求，製作耐磨測試用測試夾具，以進行該公司機械軸封產品的轉動耐磨壽命測試。耐磨測試每 200 萬轉拆下機械軸封，量測軸封自由長度，計算氣密壓合的碳平面磨損量，以及進行氣密洩漏測試，以達到密封碳面磨耗量均在 0.05mm 以內，且每階段均通過 3 分鐘氣密測試之規格。

### 3. 改善前後結果比較

- (1) 鍵板焊接由 TIG 改為雷射焊接：此項設計及製程的變更，改善本體與鍵板內側和滑套配合移動之處的界面，不再有焊疤阻礙滑套的移動，使滑套可以順利移動，滑套上的密封壓合面可順利貼合於轉動件的密封面，容易產生氣密效果減少洩漏現象。另外鍵板壓入本體預先加工的長方孔內結合，而使其定位明確，改善原有的鍵板以對準畫線定位而產生位置不確定及歪斜的情況，大幅提昇零件製作品質。鍵板焊接改變前後情況如圖十所示。



圖十 研改前後的軸封本體與鍵板

- (2) 更改滑動界面交角均為倒角：滑套的滑槽與鍵板配合的滑動介面，兩者間的所有銳邊均增加倒角設計，此項更改於製作加工程序變更幅度小難度低，但可使兩者移動時減少磨擦力及咬住現象，滑套可順利移動，滑套密封壓合面可順利貼合於轉動件的密封面產生氣密效果。
- (3) 增加滑動件間磨合製程：機械軸封完成後，增加移動面間的磨合製程，以特製工具推動滑套來回進行磨合，使套筒移動更加順暢。磨合程序完成由品檢人員測試，若有滑套卡住或不順者即重新磨合或剔除，以確保機械軸封的品質。經磨合後機械軸封之套筒移動的合格率提昇至100%。
- (4) 重新開模製作彈簧：A 航太公司委由模具公司重新開模製作波形彈簧，經過模具公司多次修<sup>©</sup>製，製作出內孔為正圓而且 K 值一致的波形彈簧，滑套移動不再有干涉摩擦現象，波形彈簧 K 值均保持在 $0.395 \pm 5\%$  Kg/mm 以內，使密封面壓合力量趨於一致，改善滑套移動干涉以及壓合力量不一的問題。
- (5) 全面量測零件尺碼：為解決機械軸封品質不一問題，A 航太公司自行製作所有機械軸封零件，並由該公司品檢單位量測每項零件所有尺寸，以確保機械軸封的品質一致性，經此項重大的改變，所有組裝的零件均為合格產品，以確保機械軸封品質的一致性。
- (6) 建立軸封洩漏規格並執行測漏品檢：機械軸封由成品至完成組裝渦輪幫浦，經武器供應商與 A 航太公司研議，在不同階段共進行4次的氣密測試：

第1次-為完成機械軸封成品，將其組裝於測試夾具，進行氣密洩漏測試。

第2次-是正式組裝將機械軸封安裝於主軸及軸承上，裝入測試夾具進行氣密洩漏測試。前兩次的規格均以100PSI 持壓，三分鐘內壓力未完全洩漏為合格。A 航太公司第一批製作35個機械軸封，經第一次成品氣密測試，只有1個不合格，成功率達到97%以上。

第3次-為渦輪幫浦轉動組完成動平衡，組裝於幫浦主體後進行氣密洩漏測試。

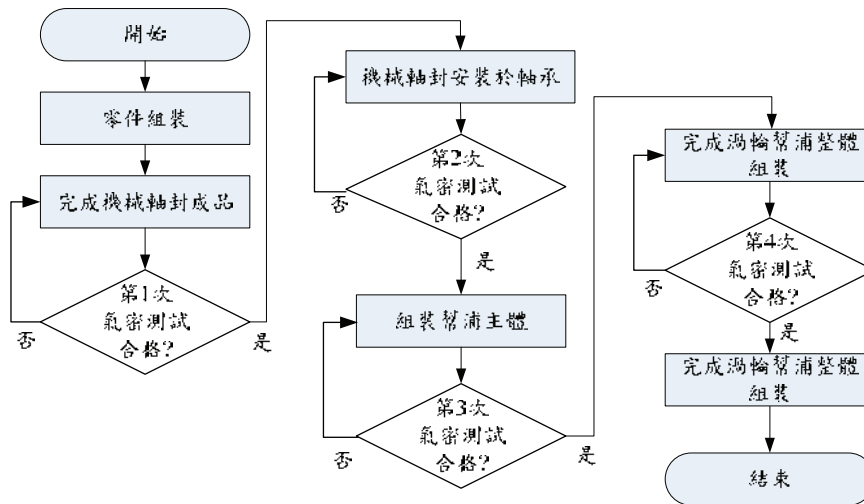
第4次-為完成渦輪幫浦整體組裝後，再進行一次氣密洩漏測試。這兩次裝於主體內因有軸承潤滑用氣孔增加洩漏量，故規格改為持壓100PSI，一分鐘內壓力未完全洩漏為合格，渦輪幫浦組裝由第三次至第四次的氣密測試，目前已經完成68具渦輪幫浦組裝，機械軸封氣密測試合格率已達到100%，避免氣密不合格必須重新組裝渦輪幫浦的工作負荷及成本。

進行上述4次的機械軸封氣密洩漏測試，不僅可保證機械軸封成品的品質，也可以監督組裝過程中機械軸封組裝於渦輪幫浦內的氣密品質。

(7) 耐磨測試建立軸封使用壽限信心：機械軸封完成整體的設計、製程、品檢、測試等研改後，武器供應商為了確保其安裝於渦輪幫浦經過驗收測試、功能測試及實際操作等，還能維持一定的品質，因此武器供應商之研發單位要求 A 公司的機械軸封必須再進行耐磨測試，依據任務需求機械軸封耐磨轉動次數至少需要210萬轉，A 航太公司由某年3月9日至3月15日進行編號4及9的機械軸封的耐磨測試，兩具機械軸封均測試到900萬轉，並於每200萬轉進行碳質密封面磨耗量測，以及氣密洩漏測試，最終其密封破面磨耗量均在0.05mm 以內，且每階段均通過3分鐘氣密測試規格，大幅提昇研發單位對此機械軸封的使用信心。

(五) 控制階段 (Control)

六標準差品質改善方法的控制階段，完善的控制計畫是相當重要的，為了確認改善的成效，需再進行改善的成效檢視作業，經實務驗證改善對策之效果良好，則建立相關標準作業流程，如圖十一所示，目的在於將機械軸封組測控制於最佳狀態。



圖十一 新機械軸封組裝測試標準作業程序

## 肆、成本效益分析

本研究運用 D-M-A-I-C 方法找出影響機械軸封品質良率的設計因子、製造因子、品管因子、組測因子等四項關鍵因素，再利用重要度分析查檢與最適化對策分析之後，成本效益分析彙總如表二所示，重點說明如下：

- (一) 原 A 航太公司之機械軸封品質一致性差，發生洩漏事件後，經武器供應商之研發單位進行原渦輪幫浦氣密測試，合格率只達56%。綜合研改團隊多次的討論分析，並提出上述幾項對策改進，經研改後機械軸封成品的氣密測試合格率達到97%，再經過品檢篩選後成品合格率已達到100%。
- (二) A 航太公司於99年3月完成機械軸封品質研改後至今，已經完成65具渦輪幫浦安裝新型態機械軸封，其中15具為原已經交貨再維修換裝新型態機械軸封；50具為新購，目前65具均已經完成兩次以上的功能測試，均無漏油失效情形再發



生，使其能滿足量產需求。

- (三) 機械軸封經過耐磨測試，其轉動壽命為需求的4倍以上，且於耐磨測試過程中每200萬次均通過氣密規格檢測，增加武器供應商對於該產品的品質信心。
- (四) 就討論研改與之後維護成本而言，A 航太公司研改增加製程及測試，使製作機械軸封的成本提升，但因其良率提升，反而降低整個再組裝及報廢等實際成本。單以機械軸封而言其成本約240萬元，其研改後增加加工及檢驗成本約43萬元（18%），但其報廢成本損失約105萬元（44%），相對成本節省約62萬元（26%）。另外機械軸封的改善，可節省因組裝於渦輪幫浦失效，需要增加渦輪幫浦的再組裝成本，約佔整個渦輪幫浦成本的3%。
- (五) 整體而言，導入六標準差方案，整合 A 航太公司既有管理模式，藉由實證研究，檢視 A 航太公司現有生產管理上之缺失，成功改善機械軸封漏油現象。

表二 機械軸封品質成本效益分析

衡量前/後	轉動壽命	機械軸封成本（單具）	合格率	備註
改善前	200萬轉	345萬元	56%	未達客戶需求
改善後	900萬轉	283萬元	100%	已達客戶需求

## 伍、結論與未來研究方向

本研究運用 D-M-A-I-C 方法找出影響機械軸封品質良率的設計因子、製造因子、品管因子、組測因子等四項關鍵因素，再利用重要度分析查檢最適化對策分析，實施改善的方法進行改善，本案例經研改後機械軸封成品的氣密測試合格率達到97%，再經過品檢篩選後成品合格率已達到100%，目前均無漏油失效情形再發生，並能滿足量產需求。

本研究是以實務面探討為主，將六標準差方法運用機械軸封製程良率提升上，探討以 DMICA 手法做為改善良率的流程，但對於六標準差法在組織面改革及改善步驟未做深入探討，故對於後續研究者建議可以使用其它組織架構變革與改善步驟進行改善，掌握問題核心，達到持續改善永續經營的目標。

## 參考文獻

1. 沈信亨(2004)，六標準差管理於製程改善之運用—以主機板製造為例，逢甲大學工業工程學系碩士論文。
2. 林俊蓮(2009)，利用六標準差手法提升封裝廠之晶片切割良率，清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文。

3. 陳昆暉(2006), Six Sigma 應用於貼合良率製程改善分析—以電漿顯示器材料濾光玻璃為個案分析, 元智大學工業工程管理學系碩士論文。
4. 曾慶毅(2003), Six Sigma 之實務應用方法研究—以飛機零組件為例, 元智大學工業工程與管理學系碩士論文。
5. 潘浙楠(2002), 孫子兵法與六倍標準差管理方法的比較分析, 品質月刊, 第三十八卷, 第三期, 頁59-69。
6. 鄭智仁(2011), 六標準差手法應用於 LCD Module 製程品質改善之研究—以個案公司為例, 高雄應用科技大學工業工程與管理系碩士論文。
7. Antony, J. and Banuelas, R., (2001) “A strategy for survival,” Manufacturing Engineer, Vol.80, No.3, pp.119-121.
8. Eckes, G.,(2002) “Making Six Sigma Last and Work,” Ivey Business Journal, Vol.66, No.3, pp.77-81.
9. Harry, M. and Schroeder, R.,(2000), Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World’ s Top Corporations, Doubleday, NY.
10. Mukhopadhyay, A. R. and Ray, S.,(2006) “Reduction of Yarn Packing Defects Using Six Sigma Methods: A case Study,” Quality Engineering, Vol.18, pp.189-206.
11. Peter, S. P., Robert, P. N. and Roland, R. C., (2000), The Six Sigma Way, Mc-Graw Hill.

# 圖書借閱行為之探討-以圖書館為例

林政錦<sup>1</sup>

鍾志豪<sup>2</sup>

Cheng-Chin Lin

Zhi-Hao Zhong

<sup>1</sup>東南科技大學 資訊科技與通訊學系 副教授

<sup>2</sup>東南科技大學 電機研究所 研究生

## 摘 要

在現今的互動式圖書館服務是一個重要的課題。除了被動等待讀者借閱圖書外，希望能主動提供推薦圖書之服務。圖書館自動化系統有圖書的借閱紀錄，如何適當將資料分析出來，並將資料活用，便是資料探勘最重要的課題。本文將從讀者之借閱紀錄分析其相關聯性，並以中國圖書分類法之分類針對不同圖書屬性分析其相關聯性，再依據這些結果來觀察讀者借閱的行為，進而利用此關聯性以及社群網路之觀念可建立一個良好的圖書推薦機制。

**關鍵詞：**資料探勘、圖書服務、社群網路

## ABSTRACT

Interactive service is an important service to modern library. A library doesn't only book services but also can provide more information, for example, recommended books for readers to choose. According relations of library borrowing record, reader behaviors can be classified. By reader behaviors and the properties of social networks, we propose a mechanism of books recommendation service.

**Keyword:** *Data mining, Library service, Social network*



## 壹、研究背景與動機

這個資訊爆炸的時代裡，知識和資訊的流通已經非常快速，促使人們生活型態的改變，而圖書館，儲存了人們多年的經驗、歷史以及紀錄，但在現今資訊化的世代下，圖書館也不應單純的被動，而未來要能夠適時的主動，推薦人們相關的借閱資訊[1]，用以提升資料的借閱率以及縮短浪費不必要之時間找尋不相關的資料。

網路服務不再只是單向的服務，而是互動的服務。現在許多網路服務均提供程度不一的客製化或是個人化的服務，也就是利用過去的行為模式來提供更親切或是更精準的服務。圖書館服務也是一樣，在龐大的圖書資源中如何讓讀者可以取得所需的資源是一項重要的服務。統計個人過去的借閱行為，可以瞭解讀者大致上是閱讀哪一類群的圖書，這種統計關聯的方法雖然可以瞭解讀者借閱之習慣，但因為個人的借閱量不大亦可能造成分析不易，那麼利用閱讀習慣與群體的關係，可以提升資料的分析與探勘，為了要提升服務，尋找讀者借閱喜好提供個人化的服務變成一個重要的課題。

資料探勘(Data mining)技術於圖書館應用中，探討項目為書目探勘[2]，利用圖書館的書目或是流通資料作為資料探勘的資料。在資料檢索相關研究中，利用各式探勘與分析的技術將資料分類後，以做為資料分群之基本動作，資料探勘可以提升資料分群的相關性，借閱紀錄是瞭解讀者利用圖書館資源的重要線索[3][4][5]。

為了瞭解讀者行為模式，本研究以讀者借閱資料為研究內容，將讀者借閱資料做分析，將資料分析的結果應用到分類分群上，利用分析的結果以提供個人化服務。除此外亦可依據分析結果了解到哪一個類別資料借閱率較高，並有利於圖書館館藏發展之參考 [1][6]。

## 貳、相關研究

資料探勘是尋找和分析資料的一個過程，利用資料探勘技術能找尋出具有價值與意義的資訊或知識[7][8]，本研究也會利用資料探勘方式尋找出讀者借閱紀錄間的關聯性，以此為依據，對於不同讀者的所需，能將相似的館藏資料推薦給讀者。在資料探勘中常見的技術有關聯法、分類法和分群法等。

關聯法則是在大量資料中找出關聯性，意即利用各種不同的判斷條件來找出資料間相關或不相關的關聯。關聯法則可以尋找出資料當中那些屬性有相當程度之關聯，如圖書借閱紀錄中，某讀者借了書籍 A，是否也會去借閱書籍 B，利用關聯性找出資料中的特性。分類法則是使用現有資料，將資料預先設定屬性，並設定分類規則分類，常見有的決策樹[9]等不同方法，例如採用讀者的級別、專業領域、圖書分類等。

分群法中需先定義何謂群組，意即找出具有相似物件之集合以分為群組。如當物件或物件屬性並無直接關聯不易使用關聯法，則可使用分群法。挑出各物件屬性中之無關連屬性，對其加以分析[10]。其中最具代表性的有 k-means[11]等不同的分群演算法。k-means 演算法是預設群數 k，並設定 k 個核心，然後計算各節點(node)到各核心的距離，節點接近那群便將該節點分之該群中，依此類推可將所有的節點分配到各群中。

資料探勘的方法有很多種，本論文將利用社群網路的觀念，將讀者之間以借閱圖書為關係，建立一個社群網路。因此本文將探勘讀者借閱圖書與其他讀者借閱圖書之間相互的關係，以瞭解讀者借閱的行為模式。

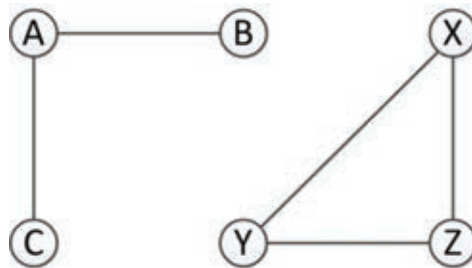
## 參、符號與定義

本章定義符號與相關定義。為說明本篇論文相關議題，本章定義所需之符號，如表一所示，本實驗定義了一些符號以方便後續說明。

表一 符號表

符號	說明
$G(V,E)$	$G$ 為一個無權重的節點網路。
$G'(V,C)$	$G'$ 為一個權重的節點網路。
$V$	網路 $G$ 中所有網路節點的集合。
$E$	網路 $G$ 中所有連結的集合。
$e_{i,j}$	節點 $i$ 到節點 $j$ 的連結。
$C$	網路 $G'$ 中所有連結的集合。
$c_{i,j}$	節點 $i$ 到節點 $j$ 的連結數量。
$T$	連結門檻值
$G$	群組數

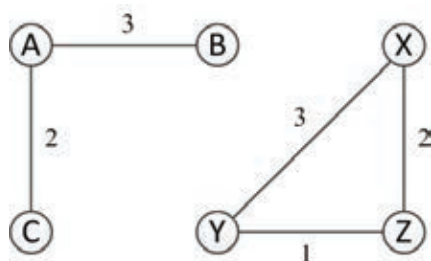
如表一，本章探討之議題定義在一個人際關係的網路  $G(V,E)$ 。其中一個節點(node)定義為一位讀者。一條連結(edge)表示是二個節點間有共同閱讀相同的圖書。 $V$  為所有節點的集合。 $E$  為所有連結的集合。若  $e_{i,j} \geq 1$  表示節點  $i$  與節點  $j$  之間至少有一本共同閱讀的圖書。



圖一 範例網路

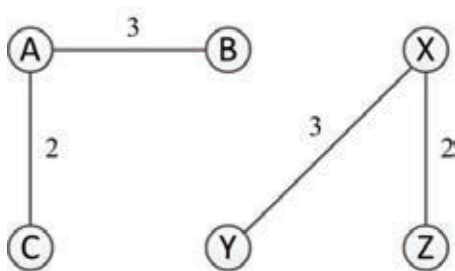
如圖一為一個範例網路。此網路共有六個節點  $V=\{A, B, C, X, Y, Z\}$ 。其中  $e_{A,B}=1$ ,  $e_{X,Y}=1$  且  $e_{B,X}=0$ 。所有連結的集合為  $E$ 。依據連結(edge)可以看到網路分成二個群組。

節點之間也有親疏的關係。在分析讀者行為時，僅共同閱讀過同一本書，或是多本書籍，二位讀者關係是不同的。如圖二所示，若二個節點之間借閱過相同的書籍超過一本以上，就可以呈現成一個權重網路(weighted network)  $G'(V,C)$ 。

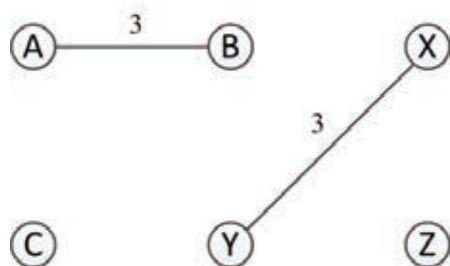


圖二 一個權重網路的範例

一個權重網路，如圖二所示，每個連結的值  $c_{ij}$  為超過1以上。例如， $C_{A,B}=3$ 表示節點 A 與節點 B 閱讀過相同的三本書。 $C_{B,X}=0$ 表示 B 和 X 之間並沒有借閱過相同的圖書。其餘依此類推。



(a)  $t \geq 2, g=2$



(b)  $t \geq 3, g=4$

圖三 權重網路的群組 (a)分成2群 (b)分成4群

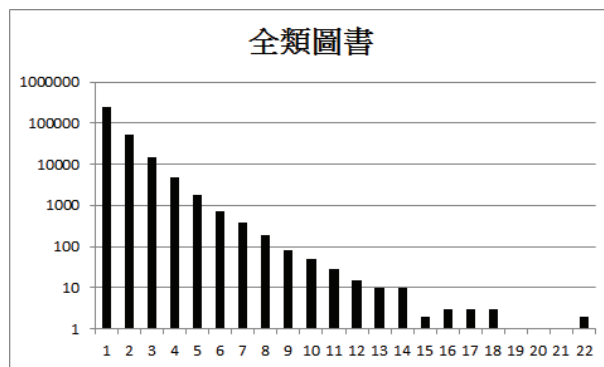
圖三是一個權重網路的群組範例。在圖二的範例網路中可以看到，整個網路可分成二個群組  $\{A, B, C\}$  和  $\{X, Y, Z\}$ ，但是利用權重為量度可呈現不同的網路分群結果，如圖三說明二個不同的分群結果。圖三(a)是將圖二中的網路中留下  $t \geq 2$  的連結，此時可以看到整個網路仍然是分成二群，但此時比較圖二與圖三(a)的群  $\{X, Y, Z\}$  的緊密度是不同的。圖三(a)的  $\{X, Y, Z\}$  群組成員間的關係較圖二為鬆散，因此當調整  $t$  時可呈現不同的分群結果。圖三(b)為  $t \geq 3$  的結果，此時可以看到整個網路分成4群， $\{A, B\}, \{C\}, \{X, Y\}$  和  $\{Z\}$ ，其中有二個獨立的群組  $\{C\}$  和  $\{Z\}$ 。若令  $t \geq 4$  則可以看出結果是六個獨立的群，每個群中只有一個節點，也就是相互之間沒有關聯。

由上述分析可以得知，權重  $c_{ij}$  的分布狀況會影響群組的結果。依據  $c_{ij}$  值的分布狀況，可以瞭解群組數量的狀況。由圖二到圖三的範例可知，設定一個門檻的  $t$  值就可以建構成不同群組的情形。 $t$  值太高則造成群組過於分散也就是  $g$  值較高，反之， $g$  值較低。因此在本篇論文將分析  $c_{ij}$  的分布狀況以瞭解讀者網路的可能結構，並能將此結果應用於圖書館應用上。

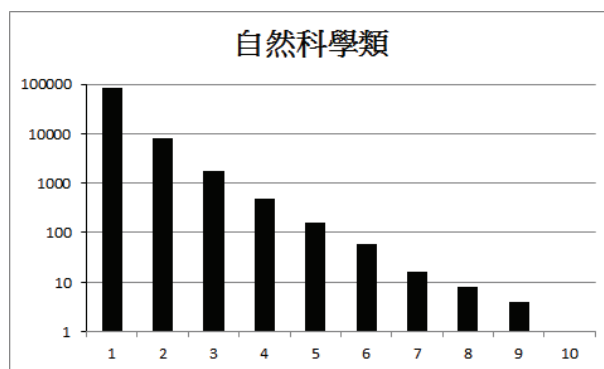
## 肆、分析與討論

前面章節說明了  $c_{ij}$  的分布將會影響分群的結果，本章將說明資料分析的結果。本實驗分析一年的圖書借閱資料，以探討前述相關議題。本分析實驗是依據將讀者與讀者之相同借閱紀錄(閱讀相同書籍)，作為相似度分析的依據。首先，本分析實驗建立不同資料表儲存讀者、圖書與借閱紀錄資訊。第二步資料過濾，因本實驗主要目的為建立讀者之間的關係，因此在借閱紀錄部分只討論借書的資訊，還書與續借等借閱紀錄不會影響讀者與圖書的關係，故此二項均不在此考慮範圍內。在觀察的內容分成全類圖書(所有圖書)與自然科學社會類圖書二種範圍。

首先，本實驗先觀察分析各個  $c_{ij}$  的結果。如下圖四是各獨立  $c_{ij}$  的分析結果， $x$  軸是  $c_{ij}$  的值， $y$  軸是連結數量。如四圖(a)， $c_{ij}$  最大值為22，也就是說有二位讀者間共同讀過22本書，整個  $c_{ij}$  的分布快速下降。依據各式不同應用，選擇適當的  $t$  值可以獲得不同分群的結果。



(a)全類圖書的  $c_{ij}$  分布圖



(b)自然科學社會類的  $c_{ij}$  分布圖

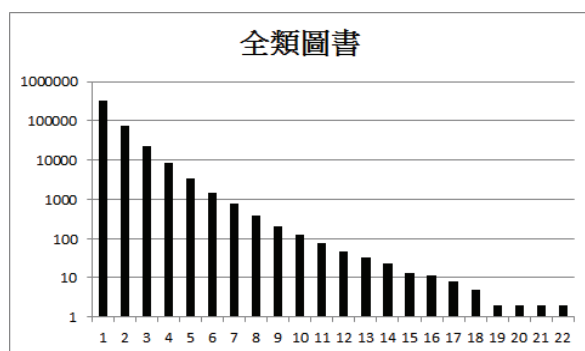
圖四 分析  $c_{ij}$  的結果。 $x$  軸是  $c_{ij}$  的值。 $y$  軸是連結(edge)數量。

圖四(b)則是依據中國圖書分類法取出自然科學與社會類之書籍的借閱資料後分析的結果。相較於圖四(a)所有借閱量的結果，二者的分布都是屬於下降趨勢。

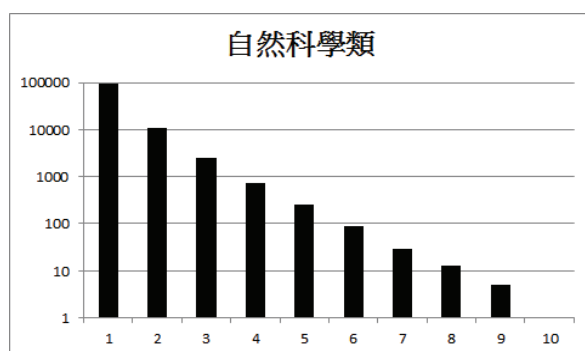
圖五表示所有連結  $c_{ij} \geq k$  值的分布狀況。圖四為獨立  $c_{ij}$ ，而計算時不一定取獨立值，以可採累加值，因此連結數量會增加。故依據此連結數量可以瞭解網路連結密集度的高低。當密集度高時，表示讀者之間的閱讀習慣相似度較高。如圖五所示，全類書籍的連結數量下降的速度比自然科學類的速度還快。這是表示部分讀者是落在自然科學類的領域範疇類且非集中在此領域中。由圖四與圖五可以瞭解自然科學是全類圖書的子集合，但是具有相依性且讀者在借閱關係上，自然科學社會類並沒有特別集中的現象。

圖六顯示網路分支度的分布圖，分支度的值會影響分群的結果。由圖六顯示分支度的分布與  $c_{ij}$  的分布不同，在分支度400-500時節點的數量又升高，到500以後才又下降。因此這些節點是很容易成為群組的一部分。

依據上述的結果可以得到  $c_{ij}$  的分布情形，此可作為分群的依據。由  $c_{ij}$  的分布再選擇一個適當的  $t$  值可以適當將讀者分群，再由分支度的分布也可以看到其並非完全下降的情形，可能在其中有一群讀者是廣泛閱讀不同書籍，所以造成其分支度較高。基於此種現象，圖二及圖三中的自然科學社會類的關係值也可以輔助分析群組成員的閱讀行為，希望藉由借閱行為的分析可以將讀者分群以作為圖書館服務之參考。

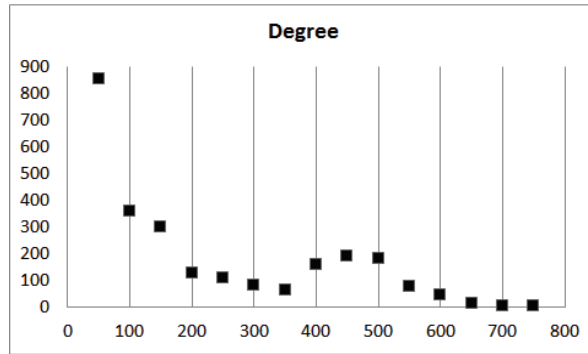


(a)全類



(b)自然科學社會類

圖五 分析  $c_{ij}$  的結果。x 軸是  $c_{ij}$  的值。y 軸是連結數量。



圖六 讀者分支度(degree)的分布圖。x 軸是分支度的值。y 軸是分支度的數量。

## 伍. 結論與未來研究

本論文中分析了讀者在圖書館借閱圖書習慣的行為。由於學校圖書館是屬於專業圖書館，因此全校師生在借閱書籍時，會呈現群聚的現象。本論文說明了讀者之間的關係，此關係是定義為二位讀者之間是否閱讀相同的書籍，若二者曾借閱相同的書籍則建立二讀者之間的關係。由前面章節分析的結果可以看出讀者之間有緊密的關係。換句話說，讀者之間由於閱讀的習慣會出現一個關聯性。

對於圖書館而言，利用本次分析結果可以提供館藏發展與瞭解讀者行為模式。由分析得結果，圖書館可依據群聚效應而進行新增館藏種類的參考。依據連結(edge)可以瞭解讀者 A 閱讀的書籍有很大的機會會被其他的讀者借閱。因此依據連結內容的分類號，可提供讀者喜愛閱讀書籍種類的傾向。

對於讀者行為模式分析上，可以瞭解讀者在閱讀書籍的群聚行為。在許多圖書館或是社會團體中有許多不同型態的讀書會，在讀書會中會員會閱讀相同或同類型書籍，凡是會員推薦書籍較容易被另一會員接受。基於此現象，依據前章節的連結(edge)的關係可以建立一個良好的圖書推薦系統。當二位讀者  $i$  與  $j$  的連結值( $c_{ij}$ )越高時，就表示二讀者閱讀種類相類似，因此當讀者  $i$  借閱某本書籍時亦可推薦給讀者  $j$ 。未來將持續討論如何利用關係連結來建立一個分群的機制。

圖書館是一個服務的單位，如何提供良好的服務也是圖書館努力的方向。基於本論文之研究結果可以提供一個良好的圖書推薦機制。由於學生的每年變動率會影響分析的結果，未來將探討讀者的變動對連結的影響分析。另外本次是針對二讀者的關係(連結)作為研究議題，未來將會針對如何將連結關係延伸到群組或其他方式來探討讀者行為模式，進而提出一個更好的圖書推薦機制與館藏發展建議機制。

## 陸、參考文獻

- [1] 陳垂呈，建置圖書館書籍推薦系統：資料探勘之應用，工程科技與教育學刊，第八卷，第三期，pp.469~478，民國100年
- [2] 謝建成 and 林湧順，書目探勘讀者使用圖書館之行為，教育資料與圖書館學，pp.35，44:1，2006
- [3] 卜小蝶，使用者導向之圖書分類關聯分析研究，圖書資訊學刊，pp.85，17期，2002
- [4] 楊錦潭，陳玟志，邱魏津 and 朱永方，圖書館顧客關係管理與資料探勘，國家圖書館館刊，第一期，pp.115~134，民國94年
- [5] 陳垂呈，利用資料探勘技術發掘圖書館個人化之書籍推薦，教育資料與圖書館學，43:1，pp.87~107，2005
- [6] 王建智，陳銘樹，徐正容，應用資料探勘方法中的分群分析技術來探究高階健檢客戶之型態組成以進行客戶關係管理----以台北某醫學中心之高階健檢客戶為例，健康管理學刊，第六卷，第一期，pp.49~60，民國97年
- [7] 曾永森，利用資料探勘技術增進圖書館之服務效益，碩士學位論文，pp.i，民國92年
- [8] 黃劭瑜，應用粒子群最佳化演算法分析圖書館閱覽者行為，碩士論文，民國97年
- [9] S. Rasoul Safavian and David Landgrebe, "A Survey of Decision Tree Classifier Methodology", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol.21 Issue.3, pp.660 - 674, 1991
- [10] 鄧世昌，以多層次關聯規則探勘技術探索圖書館使用者借閱行為模式，碩士論文，民國98年
- [11] Tapas Kanungo, David M. Mount, Nathan S. Netanyahu, Christine D. Piatko, Ruth Silverman, and Angela Y. Wu, "An efficient k-means clustering algorithm: analysis and implementation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24 No.7, pp.881 - 892, 2002



# 有機茶產品碳足跡研究

## Carbon Footprint Study of Organic Tea Product

陳亮清<sup>1</sup>                      沈伯憲<sup>2</sup>                      楊台富<sup>3</sup>  
Liang-Ching Chen    Po-Hsien Shen            Tai-Fu Yang

<sup>1</sup>東南科技大學 環境管理系 副教授

<sup>2</sup>東南科技大學 工業管理研究所 研究生

<sup>3</sup>東南科技大學 工業管理研究所 助理教授

### 摘 要

全球暖化問題日益嚴重，後京都時期各先進國家的政府與企業莫不積極進行溫室氣體管理，產品碳足跡(Carbon Footprint of Product)更是現今企業產品綠色消費與綠色管理之有力溝通工具。本研究以桃園縣龍潭鄉三水茗園有機茶葉為例，將產品生命週期分為原物料、製造、配送/零售、消費者使用、廢棄處理等五階段，蒐集有機茶產品產銷過程的活動數據與相關溫室氣體排放係數，進行產品碳足跡計算。案例產茶面積一公頃，春茶產量200公斤，功能單位為有機乾茶葉一公斤。

計算結果有機茶葉產品碳足跡為12.53kg CO<sub>2</sub>eq/kg。生命週期五階段之碳排放比例分別為原物料占48.87%、製造19.15%、配送/零售0.18%、使用30.09%、廢棄回收1.7%。研究結果顯示二氧化碳排放源主要來自於肥料產品、PVC 塑膠管、桶裝瓦斯、茶葉包裝與泡茶等項目。

產品碳足跡計算結果之不確定性可能包括農業活動數據於田野調查時農民經驗與紀錄，以及部分溫室氣體排放係數係引用非本土性資料。然而有機茶產品碳足跡之先期研究分析，可以協助提供農業產品碳足跡後續研究者之參考。

**關鍵詞：**有機茶、產品碳足跡。

**Keyword:** organic tea, carbon footprint of product.



## 壹、前言與文獻回顧

工業革命以來，大氣中二氧化碳濃度從十九世紀的280ppm 增加至380 ppm，照目前人類排放二氧化碳的速度，2050年時大氣中的二氧化碳將會升至550 ppm(IPCC,2006)，全球暖化問題將導致人類文明的危機。因此，降低溫室氣體(Green house gas, GHG)濃度為本世紀全人類的重大國際議題，各國政府與企業莫不積極投入推廣碳管理，包括歐盟、英國、日本等先進國家均通過溫室氣體減量法案，以綠色工業革命自我期許。產品碳足跡(Carbon Footprint of Product)更是現今企業產品綠色消費與綠色管理之有力的溝通工具。產品碳足跡一般採用英國標準協會2011年制定之PAS2050產品碳足跡規範進行碳足跡計算。此標準係2008年由英國環境、食品與農村事務部(DEFRA)及碳信託(Carbon Trust)聯合發佈的統一標準。但是國際標準組織(International organization for standardization, ISO)預計接著推出ISO14067產品碳足跡計算系列標準，原先 PAS2050部分內容包含於 ISO14067標準之中，仍然極具參考價值。因此本研究仍然以 PAS2050：2008產品碳足跡規範為基礎，將有機茶產品分為原物料、製造、配送/零售、消費者使用、廢棄處理等五階段供應鏈來代表產品生命週期，進行產品碳足跡分析與計算。此外，鑒於產品生命週期分析過程的繁複，本研究嘗試以 Excel 試算表做為農產品的碳足跡的計算工具。

碳足跡(Carbon Footprint)一詞的解釋有：「碳足跡是一種方法學，用以估算產品生命週期之溫室氣體總排放量，而以碳當量表示之，包括從原料、生產、製造到成品之廢棄處置(但不包括使用階段)的排放量」、「碳足跡是一種評估技術，用以確認及量測某產品供應鏈過程與階段架構中，各種活動所產生之溫室氣體排放量，並且分配至各產出之產品」(Carbon Trust, 2007)；「碳足跡是量測石化燃料經燃燒所產生之二氧化碳排放量。企業組織則是其日常營運活動直接或間接所產生的二氧化碳排放量。它亦可能反映最終產品之石化能源使用量」(Grub & Ellis, 2007)；「碳足跡是二氧化碳和其他溫室氣體，在產品整個生命週期過程之總排放量，並以單位產品之二氧化碳克當量(gCO<sub>2</sub>eq/unit)來表示」(POSTnote, 2006)。本研究碳足跡則採用 ISA<sup>UK</sup> 2007年之定義為「量測一項活動(activity)及產品的整個生命週期過程所直接與間接產生的二氧化碳排放量」(Wiedmann and Minx, 2007)，以公斤當量(kgCO<sub>2</sub>eq/unit)表示。碳足跡盤查之系統邊界即產品生命週期，從原料、製造，到最終廢棄處理階段，均納入碳足跡的計算範圍。一般採用生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)方法，以符合一致性原則。

以產品生命週期為基礎的碳足跡計算工具有 SimaPro、DoitPro、GaBi、Umberto 等，有些 LCA 軟體工具的缺點包括：完整製程與營運盤查需要大量資料支持、耗費時間冗長、計算工具不易學習、人力資源以及軟體成本增加等情況下，中小企業不易申請碳標籤，增加碳管理的難度(Herrmann et al, 2002; Frankl and Rubik, 2000；胡憲倫，許家偉，2005)。本研究仍然以 PAS2050：2008產品碳足跡規範為基礎，而且將有機茶產品分為原物料、製造、配送/零售、消費者使用、廢棄處理等五階段供應鏈來代表產品生命週期。以五階段供應鏈為時間軸，製程單元為縱向活動屬性，設備、能源、材料運輸、廢棄物回收利用為橫向活動屬性，進行產品碳足跡分析與計算。

## 貳、研究方法與步驟

### 2.1 有機茶栽培管理標準

行政院農委會對於有機農業之定義為：「遵守自然資源循環永續利用原則，不允許使用合成化學物質，強調水土資源保育與生態平衡之管理系統，並達到生產自然安全農產品目標之農業」(陳亮清等，2008；陳亮清、林起鳳，2009)。有機農產品之生產與銷售必須符合「有機農產品管理作業要點」、「CAS 有機農產品生產規範—作物」、「CAS 有機農產品品質規格標準與標示及標章使用規定」等有機農業之規範標準(有機農業全球資訊網，2011)。同時也必須遵照「有機栽培茶園實施準則」(行政院農業委員會台東區農業改良場，2004)進行栽培管理。因此有機茶的產銷過程是一種自然安全農產品之綠色供應鏈管理系統。

有機茶葉產品管理係依據「有機農產品生產基準」、「有機茶良好農業規範」與「有機茶葉的認證及規格」等規範(有機農業全球資訊網，2011；行政院農業委員會茶業改良場，2007；行政院農業委員會台東區農業改良場，2004)取得認證標章，有機認證重點如下所述：

- (1).環境條件：農地土壤重金屬含量應以不高於行政院環保署訂定之台灣地區土壤重金屬含量標準與等級區分表所訂第三級標準為原則；水質應符合政府機關訂定的相關灌溉用水水質標準；坡地農園必須為合法經營的宜農牧地。
- (2).雜草控制：以人工或機械中耕除草，不得使用化學合成除草劑，且採用數蓋、覆蓋、翻耕或輪作方式，減少雜草的發生。
- (3).肥培管理：有機栽培方式，應定期採取土樣進行分析，了解其土壤理化性及肥力狀況，作為土壤肥培管理的依據，並施用農家自產的有機質肥料、經充分發酵腐熟的堆肥、或其他有機質肥料，以改善土壤環境並供應所需養分；不得施用化學肥料(含微量要素)與含有化學肥料的微生物製劑及複合肥料。
- (4).病蟲害防治：有機栽培方式，採行栽培防治、物理防治、生物防治、種植忌避植物及天然資材防治等，以防病蟲害發生，並不得使用化學合成農藥，及對人體有害之植物性萃取物與礦物性材料。
- (5).收穫、調製與包裝：有機栽培之茶菁採收後應與一般茶菁分開製茶、儲存及包裝。有機農產品的收穫後處理不得添加或使用化學藥劑。
- (6).適用之技術及資材應符合「有機農產品生產基準」之規定。

有機茶葉的認證條件方面，政府設置有機產品驗證輔導小組，主要任務為訂定有機農產品生產基準與審核有機農產品驗證團體申請案及監督及考核驗證團體驗證工作的執行。認證條件包括：(1)生產過程經由茶改場技術指導及調查，確認係依照農林廳訂定之農作物有機栽培實施準則及田間管理方法栽培，並有完整之管理記錄者。(2)採收茶葉成品由茶改場各地區負責人依規定至試作農戶抽樣，送交農藥所或相關單位檢驗，確認無農藥殘留，並附有檢驗報告資料者。產品符合有機農產品之規格者。

有機茶葉綠色供應鏈分成生產與銷售兩部分，生產可從整地、扦插、育苗、農場

準備、定植、栽培管理、採摘茶菁、茶葉加工調製作業、加工後儲藏至出貨運送作業。銷售以產品直銷為主，通路可分為直接運銷與直接配銷。研究從這兩部份來分析碳排放的情形。

## 2.2 PAS2050產品碳足跡計算步驟

PAS2050 產品碳足跡之計算一般依照下列五個步驟進行：

- (1)建立製程地圖：由管理者、供應商、運送商以及消費者共同合作定義建立產品生命週期流程圖。
- (2)檢查邊界及優先順序：可利用產品類別規則(Product Category Rule, PCR)確認邊界。單一排放源之排放量若低於總排放量1%可以排除，排除總量不得超過該產品生命週期溫室氣體排放量的5%。
- (3)活動數據蒐集：依照 PAS2050的要求與建議開始蒐集細節資訊。應蒐集活動數據與排放係數兩種資料，所蒐集到的初級或次級數據應註明時間、地理區域、採用之技術、資料準確度、資料變異程度，並確認資料量化的完整性、分析方法的一致性，以及提供的資訊可供第三者重複驗算。溫室氣體暖化潛勢值(GWP)以最新公告版本為選用標準，目前以2007年 IPCC 之第四次評估報告為主要參考。此外在數據蒐集過程需補充說明產品生命週期內之可能變項、牲畜和土壤的非二氧化碳排放數據、再生電力生產相關的溫室氣體排放、碳儲存的評估、土地利用變更等重點。
- (4)計算碳足跡：使用基本公式「某活動的碳足跡=活動數據(質量/容積/千瓦小時/公里)× 排放係數(每單位之二氧化碳當量)」並予以加總。
- (5)不確定性評估：非強制要求項目，廠商可自行選擇是否進行不確定性分析。

研究方法以五階段供應鏈各階段活動，包括從原物料、製造生產、銷售、使用和廢棄物處理相對之機具、設備、能源、肥料等產生之碳排放。碳足跡計算依前述步驟(4)之基本公式進行活動數據與排放係數之蒐集。於田野調查與訪談、按前述步驟(1)建立製程地圖後，再分成五階段建立活動數據表與排放係數表，最後進行產品碳排放量計算。PAS2050產品碳足跡規範只規定原則，流程細項則顯示於製程地圖與計算表，不同農場之經驗亦可能產生計算上之差異與不確定性。雖然許多國家的產品 PCR 仍舊存在差異性，但仍可透過製程地圖與計算表，依五階段碳排放情形進行分析比較。

農業產品與工廠產品的溫室氣體盤查性質略有不同。農業活動的空間與時間分布比較分散，農業機具的盤查異於工廠的固定設備之盤查。農產品栽培時間長，工廠產品製程之時間較短；農業機具位置呈零星分散狀，工廠的設備位置分布比較固定集中。另外，同一農產品栽培在品種、氣候、土壤與農夫栽培習慣方面之差異性頗大。

## 參、案例分析結果與討論

案例為桃園縣龍潭鄉之三水茗園，茶園處於海拔約三到四百公尺，是當地的茶葉產銷驗證及生物防治之有機示範茶園。案例分析以2011年春茶一公頃之收成茶菁製成東方美人茶200公斤為主，功能單位為乾茶葉1公斤。圖一為有機茶產品生命週期五階段之流程圖；栽培歸類在原物料階段，烘焙歸類在製造階段。

計算茶葉產品碳足跡，首先必須建立二氧化碳排放係數表，如表1。建立排放係數考慮之優先次序為：溫室氣體排放係數管理表(6.0)、經濟部能源局、工研院、綠色建築及日本 CFP 事務局等參考資料，盡量確保資料的一致性。有些農業活動之排放係數基本上須考慮本土性問題，在有些本土性排放係數尚未統一建立之前，存在評估之不確定性。由於台灣大部分茶葉產品的生產規模不大，基於成本考量，一般小農不太可能申請碳標籤。因此本研究主要在於做為相關作業之先期分析與參考。

農業產品之活動數據大多經由多次農民訪談紀錄方式所建立。茶葉產品產銷活動包括栽培、製茶、包裝、運銷、使用與廢棄回收等五階段。茶樹栽培過程包含整地、育苗、灌溉、雜草管理、蟲害防治、肥培管理、採茶等活動。製茶過程包含日光萎凋、室內萎凋、浪菁、炒菁、揉捻、解塊、乾燥、茶葉成品。在茶葉產品產銷期間，針對設備、能源、運輸、肥料與農業資材可能造成溫室氣體排放之主要活動進行蒐集分析。

設備、能源、運輸機具使用之相關排放係數主要參考環保署的溫室氣體排放係數管理表(6.0)，相關之活動數量與排放係數詳列於表2。

### 1. 原物料階段與茶樹栽培期間之碳排放

整地之目的在培養地力，基肥為臺肥1號有機質肥料2800公斤(標示含氮：1.5%、磷：3.0%、鉀：2.0%)及黃豆粕1750公斤(含氮6%)，3年施肥一次，因此每年分配氮量14公斤、磷28公斤、鉀18.7公斤。肥料製品的氮、磷、鉀排放係數參考日本 CFP 事務局資料。另外，黃豆粕為回收品，暫不計入碳排放。肥料在土壤中因生物作用或轉化之碳排放量暫不計入。整地產生之碳排放量如表2所示。

育苗場的耗材包括鍍鋅鋼管與 PVC 塑膠管材之使用，鍍鋅鋼管可以80%回收再利用，而 PVC 塑膠管材破損率以10%計入生命週期第五階段的廢棄回收。

雜草管理與蟲害防治基本上禁止使用農藥，以人工除草、與物理生物防治為主。

肥培管理期間須進行追肥，以臺肥1號有機質肥料1000公斤(含氮：1.5%、磷：3.0%、鉀：2.0%)為主，每年施肥一次，每年分配氮量15公斤、磷30公斤、鉀20公斤；黃豆粕300公斤為回收品，暫不計入。另外自行堆肥1000公斤，。

灌溉用水為自然水體之地面或地下水時，若有使用抽水機之場合，必須計算抽水機電力所產生之碳排放，PVC 塑膠管材包含在內。

## 2. 製造階段之碳排放量計算

製茶期間主要之碳源來自於製茶設備電力、加熱瓦斯的使用。使用數量詳見於表2。桶裝瓦斯主要能源為液化石油氣(LPG)，排放係數參考溫室氣體排放係數管理表(6.0)，市售桶裝瓦斯以公斤計算，液化石油氣比重 $579\text{kg/m}^3$ 或 $1\text{kg} = 1.727\text{L}$ ，排放係數公升單位需換算成公斤單位。另外，將包裝材料歸屬於第二階段之製程階段。茶葉包裝為三次包裝，包括多層膜鋁箔袋、鐵罐、紙盒與紙袋。

## 3. 配送/零售階段之碳排放量計算

配送/零售階段之碳排放量只計算宅配運輸部分，銷售運輸之碳排放量之計算一般有兩種方式，其一為噸公里法(tkm 法)，其二為燃料法。如果交給宅配運輸公司，裝載率較高，可以噸公里法計算碳排放量；如果自行宅配可以燃料法計算碳排放量。200公斤之茶葉數量不多，設定為100公里之宅配，以 tkm 法進行宅配碳排放量計算即可，通常碳排放量不大。因為採用宅配方式，故暫不考慮零售碳排放。

## 4. 使用階段之碳排放量計算

茶葉產品以泡茶使用為例，使用階段碳排放量主要考慮項目包括沖泡加熱電力、自來水與生活廢水，茶渣產生之廚餘不考慮。本研究假設10克茶葉對一壺0.5公升自來水，以1.2Kw之Electrolux電熱水壺加熱一次約三分鐘，消耗約0.06度電力。產生生活廢水0.35公升(以自來水產生75%生活廢水計算)。200公斤之茶葉泡茶產生之總碳排放量為753.9 kg CO<sub>2</sub>eq，詳細計算請參考表2。使用階段每公斤茶葉泡茶之碳排放為3.77 kg CO<sub>2</sub>eq。

## 5. 廢棄回收階段之碳排放量計算

本階段之碳排放主要來自包裝材料，以及育苗期間、蟲害防治及灌溉期間所損耗棄置之PVC塑膠管，以焚化處理。紙類與鐵管大部份都可以回收，多層膜鋁箔袋比較不易回收，以掩埋方式處置。

全部活動數據、排放係數與計算結果請參考表1與表2之有機茶產品碳足跡計算。

案例春茶產量200公斤之總排碳量為2505.73 kgCO<sub>2</sub>eq，功能單位為乾茶葉1公斤，春茶之產品碳足跡為12.53 kgCO<sub>2</sub>eq/kg。各階段排碳量百分比分別為原物料占48.87%、製造19.15%、配送/零售0.18%、使用30.09%、廢棄回收1.7%，請參考表3計算。茶葉使用階段排碳量因人而異，若不計算使用階段，其總排碳量降為1751.88 kgCO<sub>2</sub>eq/kg，茶葉產品碳足跡為8.76 kgCO<sub>2</sub>e/kg；各階段排碳量百分比分別為原物料占69.90%、製造27.39%、配送/零售0.26%、廢棄回收2.44%，請參考表4計算。

表2顯示溫室氣體排放源主要來自於肥料產品、PVC塑膠管、桶裝瓦斯、茶葉包裝與泡茶等項目。因為農業產品栽培部份的排碳量通常計算在原物料中(安藤生大，2011；商品種別算定基準，2009)，所以原物料之碳排放比例偏高。

目前環保署網站之國內產品類別規則只有包裝茶飲料，環保署網站提供之日本、韓國與瑞典等之產品類別規則目前尚未列出茶葉產品。其他少許的包裝茶飲料產品亦有些碳排放研究，但是有機茶葉產品碳足跡之相關研究與文獻相對較少。本文僅提供部分包裝茶飲料產品之原物料階段的排碳量作為參考。原物料階段每公斤碳排放量約為：黑松茶花綠茶18.83 kg CO<sub>2</sub>eq、御茶園雙茶花綠茶18.71 kg CO<sub>2</sub>eq、御茶園日式綠茶20.28 kg CO<sub>2</sub>eq、統一麥香綠茶11.54 kg CO<sub>2</sub>eq、生活泡沫綠茶16.66 kg

CO<sub>2</sub>eq、日本 C G C おいしいお茶 13.00 kg CO<sub>2</sub>eq，以上只限於原物料部分之碳排放量。由於包裝茶飲料產品之流程定義與茶葉產品不同，無法與案例之有機茶產品碳足跡 12.48 kg CO<sub>2</sub>eq 進行詳細比較，僅能作為局部參考。

## 肆、結論

本研究經實例調查後，繪製有機茶產品生命週期五階段流程圖，於進行產品碳足跡計算後，獲得結論如後：

1. 三水茗園有機茶產品，在運距 100 公里範圍，含三級包裝，計算結果每公斤乾茶葉產品碳足跡為 12.53 kg CO<sub>2</sub>e，功能單位為乾茶葉 1 公斤。五階段供應鏈之比例分別為原物料占 48.87%、製造 19.15%、配送/零售 0.18%、使用 30.09%、廢棄回收 1.7%。其中二氧化碳排放源主要來自於肥料產品、PVC 塑膠管使用、桶裝瓦斯、茶葉包裝與泡茶等項目。
2. 若不考慮第四階段的使用階段，產品碳足跡為 8.76 kg CO<sub>2</sub>e/kg。各階段排碳量百分比分別為原物料占 69.90%、製造 27.39%、配送/零售 0.26%、廢棄回收 2.44%。
3. 有機茶葉產品碳足跡之相關研究與文獻相對較少。本文以包裝茶飲料產品之原物料階段的碳排放量作為參考，與茶葉相較，約介於 11.54 kg CO<sub>2</sub>e/kg 至 20.28 kg CO<sub>2</sub>e/kg 之間。因包裝茶飲料產品之原物料茶葉部分之流程不盡相同，無法與案例之有機茶產品碳足跡的 12.53 kg CO<sub>2</sub>e/kg 進行比較，僅能作為局部參考。

## 參考文獻

- 安藤生大 (2011)，米（千葉県東総産コシヒカリ）のカーボンフットプリントの試算，千葉科学大学紀要 第四期，11~20 頁，千葉科学大学危機管理学部動物・環境システム学科。
- 有機農業全球資訊網，2011，<http://info.organic.org.tw/supergood/>
- 行政院農業委員會台東區農業改良場 (2004)，有機栽培茶園實施準則。
- 英國標準協會 BSI (2011)，PAS 2050：2008 中文版-商品和服務生命週期溫室氣體排放評估規範，行政院環境保護署、台灣產業服務基金會。
- 胡憲倫，許家偉 (2005)，建置以簡化式生命週期評估為基礎之綠色設計決策支援系統，台灣環境管理學會期刊 第一卷第一期。
- 行政院農業委員會茶業改良場 (2007)，有機茶良好農業規範。
- 陳亮清，邱奕儒，何俊明 (2008)，台灣有機農業之現況與發展策略，東南學報，第三十二期，117~130 頁。
- 陳亮清，林起鳳 (2009)，利稻布農族製茶產業暨部落文化生態及信仰傳承，2009 生態人文旅遊產官學民大論壇暨研討會論文集，台灣徐霞客研究會。
- 商品種別算定基準 (PCR) (2009)，日本うるち米 (ジャポニカ米)，日本 Carbon Footprint of Products (CFP)。

Carbon Trust (2007), Carbon Footprint Measurement, Methodology, Version 1.1, 27 February 2007, The Carbon Trust, London, UK.

Frankl, P. and F. Rubik (2000), Life Cycle Assessment in Industry and Business, Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp.20-30.

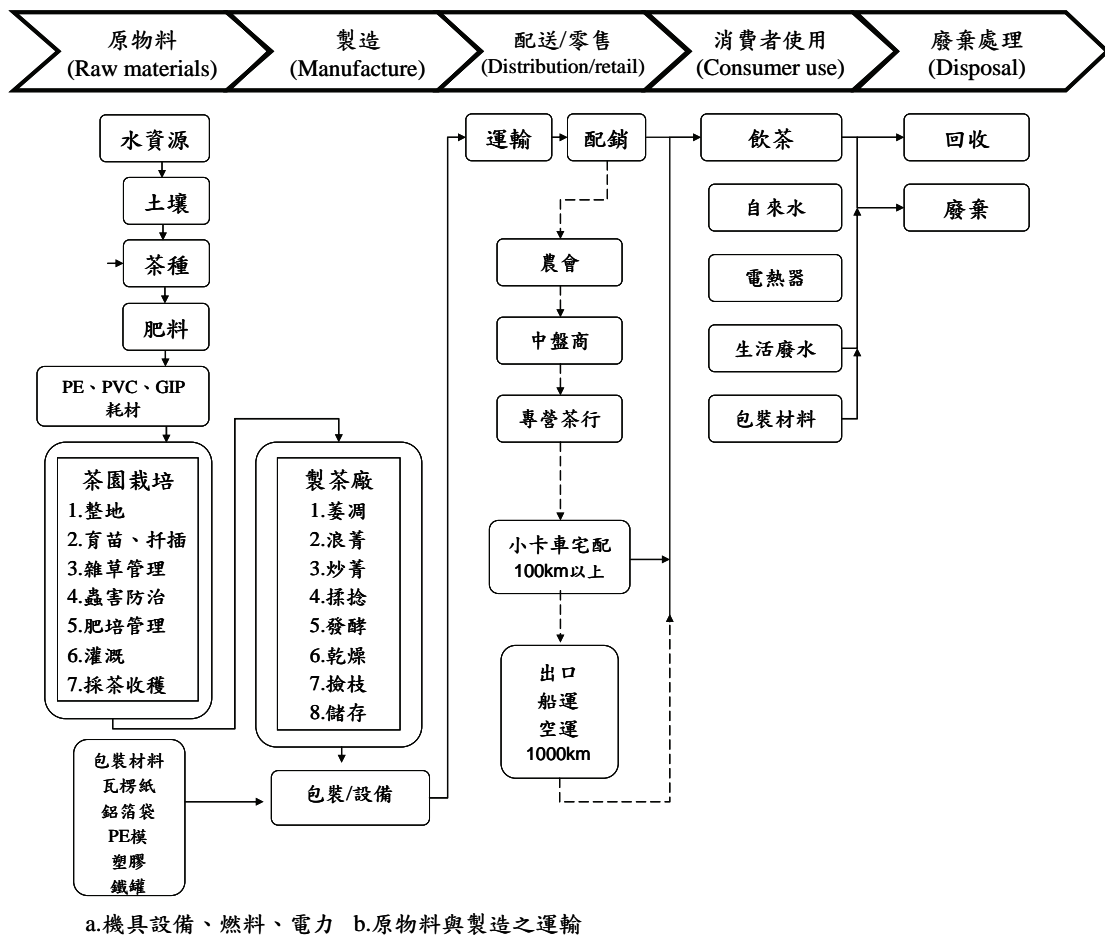
Grubb and Ellis (2007). Meeting the Carbon Challenge: The Role of Commercial Real Estate Owners, Users & Managers, Chicago.

Herrmann, J. W., Sandborn, P.A. and L.C. Schmidt (2002), Applying Decision Production Systems to Improve Environmentally Responsible Product Development, Maryland University, College Park.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)網站 <http://www.ipcc.ch/index.htm>

POSTnote (2006), Carbon Footprint of Electricity Generation, Paliamentary Office of Science and Technology.

Wiedmann T. and J. Minx(2007), A Definition of Carbon Footprint, ISA<sup>UK</sup> Research Report 07-01.



圖一 有機茶產品生命週期五階段流程圖



表1 茶葉產品生命週期使用之農業資材二氧化碳排放係數

生命週期階段	分類 項目		排放係數
	項目		
原物料階段	能源	柴油	2.606kg-CO <sub>2</sub> eq/L
		汽油	2.263kg-CO <sub>2</sub> eq/L
		桶裝瓦斯(LPG)	3.027kg -CO <sub>2</sub> eq/kg
		電力	0.623kg-CO <sub>2</sub> eq/kwh
	肥料	肥料(N 成分)	11.2kg-CO <sub>2</sub> eq/kgN
		肥料(P 成分)	0.72kg-CO <sub>2</sub> eq/kgP
		肥料(K 成分)	0.3kg-CO <sub>2</sub> eq/kgK
		有機質肥料(自行堆肥)	0.06kg-CO <sub>2</sub> eq/kg
	物料	塑膠製品(PVC 管)	0.86kg-CO <sub>2</sub> eq/kg
		鍍鋅鋼管(含回收80%)	0.97kg-CO <sub>2</sub> eq/kg
		水(自然水)，抽水另計	0kg-CO <sub>2</sub> eq/L
	短距搬運	使用能源	同上述能源排放係數
	製造階段	製造	製程使用能源
紙類包裝材			1.46kg-CO <sub>2</sub> eq/kg
塑膠包裝材(LDPE)			1.43kg-CO <sub>2</sub> eq/kg
短距搬運		使用能源	同上述能源排放係數
配送/零售	下游廠商	販賣能源	同上述能源排放係數
	運輸(tkm 法)	公路	0.231 kg-CO <sub>2</sub> eq/tkm
	運輸(燃料法)	使用能源	同上述能源排放係數
使用	泡茶	電力	同上述能源排放係數
		自來水	0.296kg-CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup>
		生活廢水	0.47kg-CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup>
廢棄處理	包裝廢棄	一般廢棄物焚化	0.81kg-CO <sub>2</sub> eq/kg
		塑膠類焚化	1.478kg-CO <sub>2</sub> eq/kg
		廢棄物掩埋	0.001 kg-CO <sub>2</sub> eq/kg
		紙類回收	(-0.191)kg-CO <sub>2</sub> eq/kg

表2 龍潭三水茗園有機茶產品碳足跡計算總表

生命週期 五階段	栽培	機具與物料	數量	單位	排放係數 CO <sub>2</sub> eq(kg)	碳排放量 CO <sub>2</sub> eq(kg)
1原物料	整地	挖土機(96.6HP)	6.2	L	2.606	16.16
1原物料		耕耘機(25HP)	3	L	2.606	7.82
1原物料		有機基肥(氮1.5%)	14	kg-N	11.2	156.8
1原物料		有機基肥(磷3%)	28	kg-P	0.72	20.16
1原物料		有機基肥(鉀2%)	18.7	kg-K	0.3	5.61
1原物料		中華得利卡1.73噸	2	L	2.606	5.21
1原物料	育苗	鍍鋅鋼管(含回收80%)	200	kg	0.97	194
1原物料		塑膠(PVC管)	150	kg	0.86	129
1原物料		中華得利卡(資材)	2	L	2.606	5.21
1原物料		中華得利卡(茶苗)	2	L	2.606	5.21
1原物料	雜草 管理	割草機(8HP)	8	L	2.263	18.1
1原物料		中耕機(8HP)	5	L	2.263	11.32
1原物料		人工除草	3	人	0.000	0.000
1原物料	蟲害 防治	鍍鋅鋼管(含回收80%)	120	kg	0.97	116.4
1原物料		塑膠(PVC管)	80	kg	0.86	68.8
1原物料		中華得利卡1.73噸	2	L	2.606	5.21
1原物料		綠網 PE	40	kg	1.43	57.2
1原物料	肥培 管理	中耕機(8HP)	6	L	2.263	13.58
1原物料		中華得利卡1.73噸	2	L	2.606	5.21
1原物料		有機基肥(氮1.5%)	15	kg-N	11.2	168
1原物料		有機基肥(磷3%)	30	kg-P	0.72	21.6
1原物料		有機基肥(鉀2%)	20	kg-K	0.3	6.0
1原物料		自行堆肥	1000	kg	0.06	60
1原物料	灌溉 用水	抽水機馬達(1HP)	20	kwh	0.623	12.46
1原物料		塑膠(PVC管)	100	kg	0.86	86
1原物料		中華得利卡1.73噸	2	L	2.606	5.21

表2 龍潭三水茗園有機茶產品碳足跡計算總表(接續上頁)

1原物料	採茶	雙人動力採茶機	6	L	2.263	13.58
1原物料		中華得利卡1.73噸	3	L	2.606	7.82
1原物料		動力搬運車(7HP)	1.3	L	2.263	2.94
2製造	室內 萎凋	熱烘萎凋槽 (1/2HP)	1	kwh	0.623	0.62
2製造	浪菁	浪菁機(3/4HP)	1	kwh	0.623	0.62
2製造	炒菁	炒菁機(1.5KW)	9.5	kwh	0.623	5.92
2製造	揉捻	望月式揉捻機 (2HP)	1.5	kwh	0.623	0.93
2製造	乾燥	甲種乾燥機	1	L	2.606	2.61
2製造		手拉式乾燥機	2	L	2.606	5.21
2製造	炒菁 乾燥	桶裝瓦斯(液化石 油氣)	50	kg	3.027	151.35
2製造	撿枝	撿枝機 TY-100DC	1	kwh	0.623	0.62
2製造	包裝 機	真空包裝機 HC- 601	6	kwh	0.623	3.74
2製造	包裝 材	大型塑膠袋 PE	30	kg	1.43	42.9
2製造		鋁箔袋(多層膜)	60	kg	2.48	148.8
2製造		鐵罐(含回收80%)	60	kg	0.97	58.2
2製造		紙類包裝	40	kg	1.46	58.4
3 配 送 零 售	宅配 運輸	公路運輸 (0.2ton*100km)	20	tkm	0.231	4.62
4使用	泡茶	電力	1200	kwh	0.623	747.6
4使用		自來水	10	m <sup>3</sup>	0.296	2.96
4使用		生活廢水	7	m <sup>3</sup>	0.47	3.29
5 廢 棄 回 收	包裝 材	紙類(回收80%)	32	kg	-0.191	-6.11
5 廢 棄 回 收		鋁箔袋(多層膜)掩 埋	60	kg	0.001	0.06
5 廢 棄 回 收		塑膠管焚化10%	33	kg	1.478	48.77

表 3 三水茗園有機茶產品生命週期碳足跡(含使用) 單位：kg 乾茶葉

原物料	製造	配送/零售	使用	廢棄處理	合計
6.12 kg	2.40 kg	0.02 kg	3.77kg	0.21 kg	12.53 kg
48.87%	19.15%	0.18%	30.09%	1.70%	100 %

表 4 三水茗園有機茶產品生命週期碳足跡(不含使用) 單位：kg 乾茶葉

原物料	製造	配送/零售	使用	廢棄處理	合計
6.12 kg	2.40 kg	0.02 kg	0.00kg	0.21 kg	8.76 kg
69.90%	27.39%	0.26%	0.00%	2.44%	100 %

# 大學生籃球運動參與動機與深度休閒之相關研究

## On Relationship of Motivation and Serious Leisure- A Case Study of Basketball in Colleges

鍾隆文<sup>1</sup>

曹瑞棋<sup>2</sup>

Lung-Wen Chung<sup>1</sup>

Jui-Chi Tsao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東南科技大學 休閒事業管理系 助理教授 Department of Leisure Management

<sup>2</sup>東南科技大學 休閒事業管理系 講師 Department of Leisure Management

### 摘 要

本研究透過問卷調查及量化統計方法探討大學生從事籃球運動的參與動機與深度休閒特質的現況，以及兩者之間的相關性。問卷發放對象為台北地區參加大專籃球聯賽三所大學的校隊與一般學生，總計發出250份問卷，共回收222份，有效問卷208份，有效率93.6%。研究發現大學生參與籃球運動的動機主要是「內在動機」，深度休閒特質主要是「持久利益」。透過相關分析發現參與動機與深度休閒特質具有顯著正相關，參與動機中相關性最強的構面是「內在動機」，深度休閒特質中相關性最強的構面是「堅持不懈」與「生涯性」。

**關鍵詞：**深度休閒、參與動機、大學生、籃球。

### ABSTRACT

The main objective of this research is to investigate in college student's motivation and serious leisure characteristics in basketball. A statistical analysis is performed. A number of 250 students from three universities of UBA in Taipei County are taken as samples and they are asked to fill out a four-paged questionnaire. 222 questionnaires are collected and 208 of them are valid. Our research shows that when it comes to motivation and serious leisure characteristics, both "intrinsic motivation" and "durable benefit" are the most important dimension. The research also shows that motivation is strongly related to serious leisure characteristic and "intrinsic motivation" is the most affecting dimension in motivation while "need to persevere" and "career" are the most affecting ones in serious leisure characteristic.

**Keywords:** Serious Leisure, Motivation, College Student, Basketball.

## 壹、緒論

對21世紀的大多數人而言，當他們一想到休閒，就想到看電視、看報紙、聊天、烤肉、到公園散步、逛街購物等。這類比較消極、被動的休閒活動，Stebbins(1982)的研究稱之為隨性休閒(casual leisure)。隨性休閒只需要經由少許的練習，或者根本不需要經由特別的訓練，就可以從活動中獲得立即性和實質性的回饋，例如放鬆自我、抒解生活壓力，並且融入其中，享受活動的樂趣。

這個研究經過多年的觀察，卻發現到另外一種較為積極、主動的休閒活動，這種休閒活動通常需要較多的特殊技巧、知識及經驗。人們透過持續穩定的參與和不斷的自我奉獻、自我挑戰，從休閒中找到樂趣，並肯定自己存在的價值。常見的例子包括游泳、攝影、球類活動、攀岩、藝術、集郵等。由於這種休閒活動參與者的投入程度與前述的隨性休閒有所不同，因此稱之為深度休閒(serious leisure)。區分休閒者是屬於隨性休閒或深度休閒，可以用深度休閒特質(serious leisure characteristics)來作為衡量的標準。當休閒者從事某項休閒活動的深度休閒特質越明顯時，其休閒型態越接近於深度休閒。反之，則越接近於隨性休閒。

Lu and Argyle(1994)、周秀華與余嬪(2005)都發現處於深度休閒時，休閒者的活動投入較多，擁有較多控制感，伴隨著更多的壓力和挑戰，使得他們的休閒滿意度較隨性休閒者更高。以歐、美、日等先進國家為例，人們對於休閒活動的認真追求就非常積極，他們參與休閒活動的目的，不只是希望能夠放鬆自我、抒解壓力，更希望能夠從休閒活動中學習新的知識與技能，或者表現自我、發揮潛能，獲得認同感與成就感，所以社會中的深度休閒隨之高度發展。

至於深度休閒形成的原因，周秀華與余嬪(2005)曾經對於國內的休閒活動參與現況，包括文化導覽、插花、布袋戲、合唱團、國畫、國標舞等不同種類的深度休閒者進行質性研究，發現個人意願及興趣，也就是參與動機的強弱，是影響參與者是否能夠持續投入，最終進入深度休閒狀態的重要關鍵因素。因此本研究以大學生從事籃球運動為例，透過問卷調查了解目前這項休閒運動的參與動機與深度休閒的現況，並以典型相關分析(canonical correlation analysis, CCA)釐清兩者之間的關係，最後則提出討論與建議，作為後續推行籃球運動的參考。

## 貳、文獻探討

動機是由拉丁語 *movere* 而來，是引起動作或是內在力量驅使的意思。動機是行為的原動力，有了動機才能促進有機體產生行為。動機與個人的性格有密切的關係，並且受到學習與知覺所支配、團體與文化所影響。動機也是個體內在的一種緊張狀況，它促發、維持並引導個體的行為朝向某些目標前進(陸君約，1984)。

Deci and Ryan (1987)主張將參與動機分為內在動機(intrinsic motivation)、外在動機(extrinsic motivation)與無動機(amotivation)三個構面：(一)內在動機：指的是一個人參與一項活動的目的，並非為了任何外在報酬，主要是該項活動能讓他覺得有興趣、很好玩，以及能滿足內心需要，這些回饋稱為「行為的內在酬賞」。當一個人的行為是受到這些內在因素所激勵時，他是出於個人意願的，沒有受到任何外在因素的影響。

(二)外在動機：指的是一個人參加一項活動的目的，是為了達到某種目標，例如金錢、社會認同或避免懲罰等，也就是所謂「行為的外在酬賞」。換言之，他是受到外來力量的影響而參與活動，而非純粹為了活動本身。一旦這些外在報酬消失，個體參與這項活動的行為便會減少或消失。(三)無動機：指的是一個人雖然有行為，但是卻缺乏行為的意圖。當一個人處於無動機的狀態下，他可能一點也不想從事該行為，或者是非常被動的從事該行為，參與者完全不知道從事該活動的目的為何。當個體參與某項活動的動機是屬於無動機時，並無法認知到自己的行為和行為的結果有何關聯的，因此既不屬於內在動機，也不屬於外在動機 (季力康，賴素玲，陳美燕，1995)。

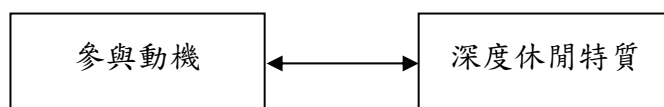
其次就深度休閒而言，Stebbins(1992)認為深度休閒特質可以從六個構面來看，分別是：(1)堅持不懈 (need to persevere)，指深度休閒者會以認真的態度來參與休閒，若面臨困難將排除困難、堅持不懈，這是和隨性休閒者非常不同之處。(2)生涯性 (career)，指深度休閒者會將休閒活動的參與當作是經營一項長期的事業，並視為個人生涯經歷的追尋。(3)持久利益 (durable self benefits)，指深度休閒者可以從參與休閒活動中得到長期持久的利益，這些利益包括自我實現、自我充實、自我表現、自我滿足等。(4)個人努力 (personal effort)，指深度休閒者會藉著休閒的參與，持續的培養自己的能力與技藝，不同於隨性休閒者的玩票性質。(5)次文化 (subculture)，又稱為獨特的精神 (unique ethos)，指深度休閒者對於自己所參與的活動會有特殊的信仰、價值觀與道德標準，自然而然的形成深度休閒者團體中的次文化。(6)認同感 (identify strongly)，指深度休閒者對於所選擇的活動有強烈的認同感，與他人談到這項休閒活動，會變的眉飛色舞、侃侃而談。

至於參與動機與深度休閒特質的關係，Stebbins(1992)認為休閒者的「內在動機」與「外在動機」皆會影響深度休閒特質的形成。周秀華，余嬪(2005)發現「內在動機」是影響持續投入，形成深度休閒的重要關鍵。楊原芳(2006)發現高爾夫球友中「內在動機」是深度休閒特質的必要條件。張婷婷(2006)發現攀岩者擁有自主性程度較高的「內在動機」，比較能有效預測深度休閒特性。鍾偉志(2006)與詹博閔(2006)分別發現網球與重型機車愛好者的參與動機會正向顯著的影響深度休閒特質的形成。

## 參、研究方法

### 一、研究架構

本研究主要在進行大學籃球運動者的參與動機與深度休閒特質調查，並分析兩者之間的關係，研究架構如圖一所示：



圖一 研究架構

### 二、研究工具

在參與動機的測量方面，Pelletier, Fortier, Vallerand, Tuson, and Blais(1995)曾經根



據 Deci & Ryan (1985)的自我決定理論，發展出參與動機的測量工具(Sport Motivation Scale, SMS)。陳美燕(1995)修訂 SMS 量表，提出適合國內使用的參與動機量表，共有三個構面，23個題項。這個量表經過探索性因素分析(exploratory factor analysis, FEA)和驗證性因素分析(confirmatory factor analysis, CFA)，結果顯示量表具有建構效度，三個分量表的信度 Cronbach  $\alpha$  係數分別為0.93，0.81，和0.67，代表該量表具有內部一致性。後來該量表也被相關的研究廣泛使用，例如季力康、賴素玲與陳美燕(1995)，簡瑞宇與陳東委(2006)運用於網球運動，何全進(2000)運用於籃球運動，黃郁琦與王清樞(2002)則應用於所有校隊與非校隊學生。本研究以該量表為基礎，經專家審查及學生試填後，完成的預試量表共包含三個構面，其中「內在動機」有13題，「外在動機」有6題，「無動機」則有4題，共有23題。

其次在深度休閒的測量方面，林佑瑾等(2004)、張婷婷(2005)、顏家芝等(2006)、楊原芳(2006)、梁英文與曹勝雄(2007)對於調查受訪者深度休閒特質使用的工具，基本上都是以 Stebbin(1993)的理論為基礎，將原始題項修正後，應用於國內不同領域的休閒活動。因此，本研究是以楊原芳(2006)所提出的深度休閒特質調查量表為基礎，題項並經過籃球領域的專家審查與學生試填加以修正增刪，以符合籃球運動的特性，共有18題。

至於人口背景變項分為性別(男或女)、年級(大一、大二、大三、大四或以上)、球齡(打球年資在2年以下、3-5年、6-8年、9年以上)、參與頻率(每週打球次數為不足1次、1-2次、3-4次、5次以上)與技能水準(是否參加籃球校隊)，共有5題。

本研究採用立意抽樣法(purposive sampling)進行調查，並以 SPSS 電腦套裝軟體作為資料分析工具。預試問卷發放對象為台北地區曾經派出校隊參加大專籃球聯賽(UBA)的三所大學的學生(包含校隊及一般學生，但不包含體保生)，施測地點為該校籃球場。問卷總共發出85份，回收85份，有效樣本80份，有效率94.1%，其中校隊學生有效樣本25份，佔31.3%，非校隊學生有效樣本55份，佔68.7%。預試問卷回收後，為確認各題項是否具有鑑別度與信、效度，以受訪者於各量表獲得總分取前27%排名為高分組，取後27%排名為低分組，以獨立樣本 t 檢定比較二組在每一題項的平均得分是否具有顯著差異，若有代表該題項具有鑑別度予以保留，其餘題項予以刪除。所有題目的填答結果經過分析，均具有鑑別度，全部獲得保留。其次進行建構效度(construct validity)的考驗，預試量表的填答結果經過分層因素分析(吳明隆，2003)，各構面均只能萃取出一個主要因素出來，沒有題項遭到刪除，符合原始的理論架構。各構面信度  $\alpha$  值均在0.79以上，整體信度  $\alpha$  值為0.96，顯示二量表均具有良好的內部一致性。預試完成後進行正式問卷發放，調查時段包含平常日及例假日，自上午9:00至下午17:30分為止，對象為預試時三所大學的學生，共發出250份問卷，回收222份，有效問卷208份，有效率達93.6%。

## 肆、資料分析

### 一、樣本摘要

問卷調查的結果受訪者中男性有效樣本較多，年級以大一及大二學生佔最多數，球齡以3-5年為最多數，參與頻率以每週1-2次為最多數，技能水準以非校隊學生為最多數，整理如下表所示：

表1 人口背景樣本特性

背景	類別	次數	有效百分比	排序
性別	男性	133	63.9	1
	女性	75	36.1	2
年級	大一	73	35.1	1
	大二	73	35.1	1
	大三	40	19.2	3
	大四或以上	22	10.6	4
球齡	2年以下	64	30.8	2
	3-5年	69	33.2	1
	6-8年	57	27.4	3
	9年以上	18	8.7	4
參與頻率	每週不足1次	79	38.0	2
	每週1-2次	84	38.9	1
	每週3-4次	32	15.4	3
	每週5次以上	16	7.7	4
技能水準	校隊	58	27.9	2
	非校隊	150	72.1	1

註：N=208

### 二、描述性統計

由表2顯示，受訪者的參與動機以「內在動機」得分最高(M=3.71)；其次為「外在動機」(M=3.05)與「無動機」(M=2.80)，如表2所示：

表2 參與動機描述性統計

構面	題項	平均數	標準差	構面平均	構面標準差	排序
內在動機	我會因為從事籃球運動，而感到生活興奮和愉快。	3.62	0.99	3.71	0.98	10
	我會因為在練習籃球中更瞭解籃球這項運動的特性而感到愉快。	3.75	0.96			8
	我會因為在打籃球中，發現許多新的籃球訓練技巧而得到樂趣。	3.83	0.97			5
	當我學會很多困難的籃球技巧時，我會覺得非常得意。	3.84	0.97			4
	當我改進自己的籃球技巧時，我會感到愉快。	3.94	0.88			1
	當我真正投入籃球運動時，會感到的興奮。	3.87	0.92			3
	當我覺得自己的籃球技巧熟練時，我會對自己感到滿意。	3.92	0.88			2
	我認為從事籃球運動是學習許多有用的事。	3.58	0.93			12
	當我能夠實行一連串困難的籃球動作和技巧時，會感到愉快。	3.81	0.96			6
	當我沒有花時間從事籃球運動時，我會感到不快樂。	2.98	1.05			16
外在動機	當我學習到一種新的籃球訓練技巧時，我會感到愉快。	3.79	0.85	7		
	我喜歡完全熱中並投入籃球運動的感覺。	3.73	0.99	9		
	我認為當我發現新的籃球比賽策略時，會讓我感到愉快。	3.62	0.97	10		
	我認為打籃球會讓我認識的人重視我。	3.28	0.98	14		
	我想打籃球的原因是我想在籃球界有好的聲望。	2.81	1.10	19		
	我認為從事籃球運動是別人發現自己的最好方法。	3.08	1.00	15		
	我認為只有在打籃球時，我才會感覺自己是很好的	2.80	1.16	20		
	我喜歡在大眾面前展現自己的籃球能力有多棒。	2.85	1.05	18		
	我認為從事籃球運動是維持自己和朋友良好關係的最好方式之一。	3.46	1.01	13		
	無動機	我會懷疑自己是否應該繼續打籃球。	2.80	1.12	20	
我認為自己在籃球這項運動上，已經沒有辦法突破，而且不可能會成功。		2.73	1.12	23		
當我在打籃球運動時，我會出現緊張的強烈情緒。		2.86	1.10	17		
	我常常地問自己:我好像不能完全自己在籃球運動中設定的目標。	2.79	1.13	22		

註：N=208，採用李克特(Likert)七點量尺評分，轉換為五點量尺分數

受訪者的深度休閒特質以「持久利益」得分最高(M=3.48)；其次依序為「次文化」(M=3.47)、「堅持不懈」(M=3.22)、「生涯性」(M=3.10)、「個人努力」(M=3.04)與「認同感」(M=3.03)，如表3所示：

表3 描述性統計結果

構面	題項	平均數	標準差	構面平均	構面標準差	排序
堅持不懈	01即使很忙碌，我仍會抽空參與籃球活動	3.14	0.97			12
	02即使面對籃球的多重技巧要求，我仍會堅持參與籃球活動	3.27	0.92	3.22	0.95	8
	03即使面臨低潮，我仍堅持參與籃球活動	3.25	0.97			9
生涯性	04籃球活動對我而言是生活中的一部份	3.13	1.10			13
	05生活中若缺少了籃球活動，我會感到無趣	3.00	1.14	3.10	1.11	15
	06我願意一輩子參與籃球活動	3.17	1.07			10
持久利益	07參與籃球活動，可以讓我獲得心理回饋感	3.39	0.99			4
	08參與籃球活動，可以讓我認識了許多朋友	3.29	0.95	3.48	1.00	6
	09參與籃球活動，可以讓我持續的維持身體體能	3.76	1.01			2
個人努力	10為了參與籃球活動，我投入許多個人的努力	3.17	1.05			10
	11為增加籃球的技能，我願意投入時間參加相關的訓練	3.13	1.01	3.03	0.94	13
	12為增加籃球的技能，我願意購買相關用品、書籍或VCD	2.78	1.02			17
次文化	13長期與籃球同好相處下，我們擁有共同的價值觀	3.29	0.90			6
	14如果我參加球隊，我會將團結和諧視為最優先考量	3.77	0.97	3.47	0.96	1
	15私底下，與籃球同好一起聚會時能讓我暢所欲言	3.36	0.93			5
認同感	16我認為較少其他休閒活動可以取代籃球運動	2.86	1.11			16
	17我喜歡觀賞有關籃球運動的節目	3.50	1.12	3.04	1.16	3
	18我會購買籃球明星廣告代言的產品	2.76	1.12			18

註：N=208，採用李克特(Likert)五點量尺評分

### 三、差異分析

本研究發現不同性別、年級、球齡、參與頻率與技能水準大學生的參與動機具有顯著的差異：男性、較高年級、球齡較長、打球頻率較高、加入校隊的受訪者具有較高的參與動機。另外不同性別、球齡、參與頻率與技能水準大學生的深度休閒特質具有顯著的差異：男性、球齡較長、打球頻率較高、加入校隊的受訪者具有較高的深度休閒特質。

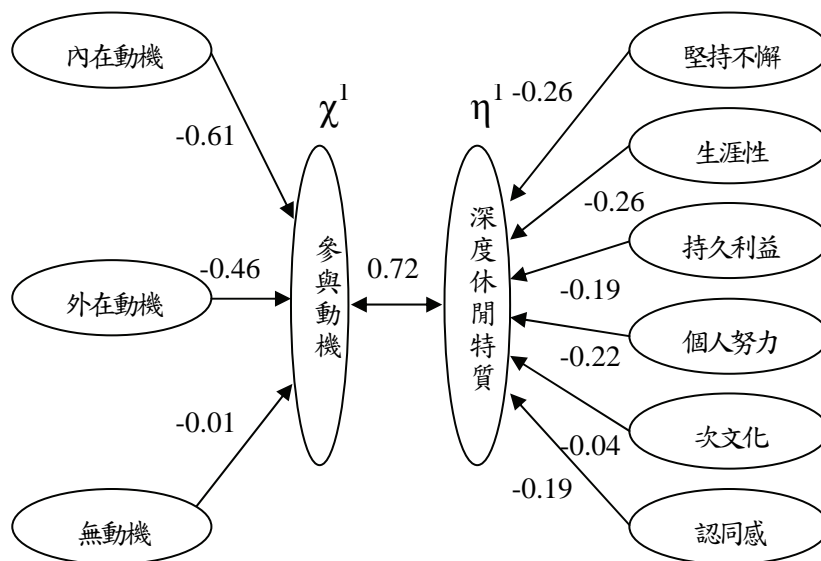
### 四、相關分析

經皮爾森積差相關(Pearson's product-moment correlation)分析發現參與動機與深度休閒特質的相關性達到顯著水準( $p < 0.05$ )，呈現中度的正相關(0.67)。為進一步了解變項各構面之間的關係，本研究對兩變項進行典型相關分析。一般變項之間達到顯著的典型相關係數  $\rho$  可能有一組以上，第一組變項稱為 $(\chi_1, \eta_1)$ ，第二組變項稱為 $(\chi_2, \eta_2)$ ，依此類推。所得典型權重有正有負，若兩構面的典型權重有相同的符號，代表兩構面之間為正相關；若有相反的符號，代表兩構面之間為負相關。根據 Hair, Anderson, Tatham, and Black(1998)的看法，必須下列幾個指標都達到時才符合解釋標準：(一)典型相關係數必須達到顯著水準( $p < 0.05$ )，(二)典型相關係數的平方代表解釋能力，至少為0.1。若以參與動機為預測變項，以深度休閒特質為效標變項，二者進行典型相關分析。前者有三個構面，後者有六個構面，因此其典型相關係數應該有三個 $[\min(3, 6)=3]$ 。經由檢定結果，發現只有二個典型相關係數達到顯著水準( $\rho=0.72, p=0.00$ ； $\rho=0.28, p=0.04$ )，但是第二個典型相關係數的平方只有 $0.08 < 0.1$ ，解釋能力不足，因此最終僅有一個典型係數符合解釋標準，如表4所示：

表4 參與動機與深度休閒特質典型相關分析

統計摘要	典型相關		
	1	2	3
Wilk's 值	0.43	0.91	0.98
卡方值	169.32	19.47	3.37
自由度	18	10	4
典型相關係數 $\rho$	0.72	0.28	0.13
$\rho^2$	0.52	0.08	0.02
顯著性 p	0.00	0.04	0.50
預測變項	$\chi^1$		
內在動機	-0.61		
外在動機	-0.46		
無動機	-0.01		
抽出變異量	68.2%		
效標變項	$\eta^1$		
堅持不懈	-0.26		
生涯性	-0.26		
持久利益	-0.19		
個人努力	-0.22		
次文化	-0.04		
認同感	-0.19		
抽出變異量	69.1%		

從上表中可以看出參與動機透過第一組典型相關影響深度休閒特質，兩者之間的典型相關係數  $\rho=0.72$ ，前者能解釋後者的能力為  $\rho^2=0.52$ 。參與動機各構面按權重高低依序為「內在動機」(-0.61)、「外在動機」(-0.46)與「無動機」(-0.01)；深度休閒特質各構面按權重高低依序為「堅持不懈」(-0.26)、「生涯性」(-0.26)、「個人努力」(-0.22)、「持久利益」(-0.19)、「認同感」(-0.19)與「次文化」(-0.04)，彙整如圖二所示：



圖二 參與動機與深度休閒特質典型相關圖

## 伍、討論與建議

### 一、綜合討論

- (一) 受訪者的參與動機以「內在動機」得分最高，「外在動機」居次，「無動機」最低。可見大學生打籃球的原動力還是因為本身對籃球有興趣，然後才是為了外在的因素。宋麗華(2006)曾發現國家級運動選手的「外在動機」大於「內在動機」，但是在本研究中並沒有這種現象，可能是因為本研究受訪者的技能水準尚未達到國家級運動員的程度所致。值得注意的是「無動機」有2.8分，表示有部分受訪者可能是被動的參與籃球運動，真正的原因值得後續的研究。
- (二) 受訪者的深度休閒特性以「持久利益」得分最高，其次為「次文化」，然後是「堅持不懈」，顯示大學生打籃球的深度休閒特質主要表現在希望從參與運動的過程中獲得長期而持久的益處，例如維持體能、獲得心理回饋感、認識朋友等，其次表現在與籃球同好之間知識的交流與經驗的分享，也表現在克服困難，持續不斷的參與。這個結果與林佑瑾等(2004)、梁英文與曹勝雄(2007)對於高爾夫球與賞鳥活動的研究結果是類似的。
- (三) 受訪者的參與動機與深度休閒特質具有顯著正相關。進一步分析，發現參與動機中與深度休閒特質相關性最強的構面是「內在動機」，其次是「外在動機」，而「無動機」的相關性接近於零。這個發現與之前的研究認為「內在動機」是形成深度休閒特質的主要關鍵(周秀華與余嬪, 2005)是一致的。另外「外在動機」也有可能促成深度休閒，這個發現與 Stebbins(1992)的看法相同。至於「無動機」幾乎是不可能形成深度休閒特質的。深度休閒特質中與參與動機相關性最強的構面是「堅持不懈」與「生涯性」，另外「個人努力」也和參與動機有很密切的關係。由以上結果發現，籃球運動參與者本身必須對籃球有高度的興趣，或是為了外在的好處，才有利於其深度休閒特質的形成，表現出來的就是對於籃球運動堅持不懈的投入，將籃球運動視為終身的休閒，並不斷的努力提昇自己的技術。

### 二、建議事項

- (一) 推廣大學生以籃球運動作為深度休閒，最主要的途徑就是提高其對於籃球運動的「內在動機」。建議在推廣籃球運動時，應該盡量培養大學生對籃球運動本身的興趣，強調自身對於活動技巧的精熟與學習，對於學習的態度著重在對於活動的相關知識與技巧是否進步或精熟，讓參與者漸漸感受到參與過程就是一種樂趣的「內在酬賞經驗」。此外，社會也要提供適當的鼓勵或獎金等外「外在酬賞」，以鼓勵大學生參加籃球運動，因為即使是「外在動機」對形成深度休閒也有幫助。
- (二) Stebbins(1982)認為深度休閒未來將在人們的休閒生活中扮演更重要的角色，而且任何的休閒活動都有可能出現深度休閒者。除了籃球運動以外，其他例如藝術性、科學性、運動性、表演性活動的業餘者、各行各業的志工等，同樣可以透過深度休閒，獲得更好的休閒品質。

## 參考文獻

1. 何全進(2002)，不同運動員自我認同之運動樂趣來源與運動動機之相關研究，興大體育，6，95-108。

2. 吳明隆。2003。SPSS 統計應用實務。台北：松崗，512 頁。
3. 宋麗華(2006)，國家級運動選手參與競技運動訓練之動機因素，台北市立體育學院運動科學研究所未發表碩士論文。
4. 周秀華、余嬪。2005。深度休閒者學習經驗之研究。教育與心理研究 28(2)：297-324。
5. 季力康，賴素玲，陳美燕(1995)，大專網球選手運動目標取向與運動動機之相關研究，中華民國體育學會學報，20，1-12。
6. 林佑瑾、李英弘、葉源鎰。2004。認真性休閒與休閒阻礙關係之研究-以高爾夫運動者為例。戶外遊憩研究 17(3)：51-79。
7. 張婷婷(2005)，攀岩者的參與動機與休閒知覺自由對休閒型態的影響，雲林科技大學休閒運動研究所碩士論文。
8. 梁英文、曹勝雄。2007。認真性休閒與場所依戀之關係：遊憩專門化扮演的角色。戶外遊憩研究 20(3)：1-24。
9. 陳美燕(1995)，運動動機量表的信度與效度分析，國立體育學院論叢，5(2)，185-196。
10. 黃仲凌，高俊雄(2005)，台灣離島大專學生休閒參與動機與滿意之相關研究，大專體育學刊，7(1)，51-66。
11. 黃郁琦，王清樞 (2002)，不同技能水準大專生運動參與動機與運動阻礙因素之分析研究，政大體育研究，15，25-36。
12. 楊原芳。2006。內在休閒動機與最適體驗的關係研究-以認真型休閒特性為中介變數。明新學報 32：65-76。
13. 詹博閔(2006)，大型重型機車參與者認真性休閒特質與休閒動機、休閒阻礙關係之研究，朝陽科技大學休閒事業管理研究碩士論文。
14. 路君約(1984)，心理學，台北：中國行為科學社。
15. 鍾偉志(2006)，「認真性休閒與參與動機、休閒阻礙關係之研究-以網球活動為例」，南華大學旅遊事業管理研究所碩士論文。
16. 簡瑞宇，陳東韋(2006)，大專網球選手參與動機研究，福爾摩莎體育學刊，1。
17. 顏家芝、薛雅丹、黃文卿。2006。從深度休閒理論探討太魯閣國家公園解說志工對解說服務之投入程度與其深度休閒特質之關係。戶外遊憩研究 19(1)：77-100。
18. Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1987). The support of autonomy and the control of behavior. Journal of Personality and Social Psychology, 53, 1024-1037.
19. Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1998). Multivariate data analysis (5th Ed.). Boston, MA: Pearson Education Inc.
20. Lu, L. & Argyle, M. (1994). Leisure satisfaction and happiness as a function of leisure activity. The Kaohsiung Journal of Medical Sciences, 10(2), 89-96.
21. Pelletier, Fortier, Vallerand, Tuson, Briere, & Blais(1995). Toward a new measurement of intrinsic motivation, extrinsic motivation, and amotivation in sports: The sport motivation scale (SMS). Journal of Sport and Exercise Psychology, 17, 35-53.
22. Stebbins, R. A. (1982). Serious leisure: A conceptual statement. Pacific Sociological Review, 25, 251-272.
23. Stebbins, R. A. (1992). Amateurs, professionals, and serious leisure. Montreal: McGraw-Queen's, 184p.
24. Stebbins, R. A. (1993). Social world, life-style, and serious leisure: Toward a mesostructural analysis. World Leisure Recreation, 35, 23-26.

# 發展【問題導向學習代理人】在虛擬校園中 訓練學生們批判性思考

## Developing "Problem-Based Learning Agents" in the Virtual Academy Training Students Critical Thinking

江啟忠<sup>1</sup>      楊靖宇<sup>2</sup>      洪雪娥<sup>3</sup>      高士珮<sup>3</sup>  
Akcell Chiang<sup>1</sup>    James C.Y. Yang<sup>2</sup>    Cher Hung<sup>3</sup>    S.P. Kao<sup>3</sup>

1東南科技大學 數位媒體系 助理教授 Department of Digital Media Design,  
2東南科技大學 數位媒體系 副 教授 Department of Digital Media Design,  
3東南科技大學 數位媒體系 講 師 Department of Digital Media Design,

### 摘 要

本文主要的目的，是要發展問題導向學習代理人，並且建立一套批判性思考教學模式，來改善理工科系同學們單純追求理論的學習習慣，成為更具有解決問題能力的大學生。我們研究利用有趣的社交網路環境，開設一所虛擬的問題導向學校，要求同學們扮演不同的情況角色。在問題討論的學習過程中，使用問題導向學習代理人來挑戰同學們思維上不夠邏輯性(logical)、一致性(consistent)、精細性(accurate)、準確性(precise)、公正性(fair)、明確性(clear)、深入化(deep)與顯著性(significant) 的問題。

**關鍵詞：**批判性思考(Critical Thinking)、問題導向(Problem-Based Learning)。

### Abstract

The main objectives of the project are to develop problem-based learning agents and institute a critical thinking pedagogy to assist our engineering students establishing problem-solving skills. We plan to use social networking environment to build a virtual problem-based school and ask the students play different roles in solving their learning problems. In discussions, we could thereafter use PBL-agents to challenge their problems and solutions in a form of logical, consistent, precise, accurate, fair, clear, deep and significant presentation during their learning conformations.

**Keywords:** Critical Thinking、Problem-Based Learning



## 壹、簡介

在國外的教育推廣上，整合批判性思維(考) (critical thinking) 到跨課程(cross curriculums) 的學習活動，已經是行之有年了[1, 2]。因為在教學上，老師們普遍認為批判性思考能夠提昇學生們統整學習的能力，使他們從不同的角度，更嚴謹推理、分析和評價他們所面對的學習問題。整體上說，批判性思維並不同「批評」(criticize)，而是找出自己與別人的思考與論證上的異同，來追求對事物更深入瞭解的技巧。在實務的教學應用上，老師們經常利用問題來導向學生學習批判性思維；學生們必需靈活且公正的評價，誠實面對個人的偏見，願意重新思考，有序的尋找相關信息，準確的追求調查主題情況，並且審慎地作出判斷。

在國內的教育，我們也可以看到在社會科學教育上，已有些許優秀老師們很辛苦的在推廣思維教育，教導同學們如何利用批判性思考，面對事業或學業、職場或人生、工作或生活上的種種問題，而且獲得不錯的回響 [3, 4]。但是省視國內的理工教育，本研究却發現大多數的老師仍停留在單純的知識傳授，缺乏訓練學生們面對問題，來產生研究統整的解決能力[5]；雖然，大部份的老師與同學們，都認同學習統整在科學教育上的重要性，但是却一直找不出一個比較有效的師生互動教學模式。

特別是在課堂上要求學生們討論時，台灣人（或中國人）「藏拙」的傳統特性就完全的顯露出來了，這正是東方與西方教育最大的差別。知道則說之，不知道則少說之，同學們通常不講他們不知道的事情或普遍認為不清楚的事情，藏拙才是學習者的本份；但是却很少同學們體認到提出好問題的重要性。反觀西方國家的學生通常會認為有問題是學習，大部份的同學認同會提出問題的才是好學生，所以大部份的西方學生喜歡在課堂上問問題 [6]。

本研究認同「好的問題是學習的開始」，如果我們凡事都知道，那麼我們似乎沒有必要到學校從事學習了 [7]。因此在過去研究中，為解決同學們不知道如何思考與表達問題，本研究一直在問題導向互動學習上作努力。我們在自己的教學課程上，實施分組問題討論，我們親身見識到，多組討論所產生的學習競爭與同儕合作的好處，同時也面臨到因小組輔助師資不足，所產生的課堂混亂 [8]。為尋求突破小組輔助師資不足所引發的問題，本研究開發不同的 PBL-agents 來擔任會議主席、輔導員與學習評量員，在小組討論時代理輔助老師，解決輔助師資不足的問題。

所以本研究的目的是計畫在有趣的社交網路環境中，建立一所虛擬的問題導向學校，要求同學們根據問題，扮演不同的情況角色互動學習。初期目標是發展問題導向學習代理人，在問題討論的學習過程中，利用代理人來挑戰同學們思維上不夠邏輯性 logical、一致性 consistent、精細性 accurate、準確性 precise、公正性 fair、明確性 clear、深入化 deep 與顯著性 significant 的問題。長期目標是在新一代的學習環境下，創立一套有趣的代理人批判性思考教學模式，來改善理工科系同學們單純追求理論的學習習慣，成為更具有解決問題能力的大學生。

公認培養成學生成為批判性思維者(critical thinker)是 PBL 教學很重要的目標。所以在一般問題引導學習討論中，挑戰思想矛盾與要求同學提出更清楚的回應問題，是所有輔導老師們共同責任。但是如何利用人工智慧，來發展代理人小老師的批判性思維推理能力，以減少實際 PBL 老師人力的需求，一直被人工智慧認為是教育應用(AI in Education)上有待突破性的問題。本研究為提供一套智慧型推理演算法，來發展 PBL 代

理小老師的具有批判性思考能力與學生進行互動，我們在最近的研究上，突破『蒙麗莎動腦』的知識表達問題，應用代理小老師來幫助同學們進行批判性思考與 PBL 討論。以下我們摘錄本人今年的會議文章 [1,7] 中的二個小節，

- (1) 『蒙麗莎動腦』問題導向會議的知識表示法 (Knowledge Representation at MALESAbraIn PBL meeting)
- (2) 批判性思考推理(Critical Thinking Reasoning)

中文翻譯說明如下：

## 貳、『蒙麗莎動腦』問題導向會議知識表示法

在 PBL 開會時，通常會設定有一個問題式的討論主題(topic)，要求同學們分成 6~12 人的學習小組進行討論，所以會議的討論議題通常會圍繞在如何有效的解決這個問題。在討論如何使用代理小老師在『蒙麗莎動腦 MALESAbraIn』平台上，要求同學們批判性思考之前，我們必需先說明本智慧系統的知識表示法；說明我們的代理人如何依據定義中的“評論知識”與“評分知識”來與開會者作互動。根據定義-1知識結構的內涵，所有參與 PBL 開會者所提出的議題與回應，都會依據其內容被整理到本知識表示法中，成為一個個的人工知識細胞 (AK-cell)。

**定義-1.** 在『蒙麗莎動腦 MALESAbraIn』會議中的每一項提案，會被視為一個知識單位，稱為【人工知識細胞  $k_i$ 】，表示成  $K_i = \langle Issue_i, C_i, W_i \rangle$  其中

【議案  $Issue_i$ 】 代表在會議中的第  $i$  項議案 issue,

【評論  $C_i$ 】，表示成  $C_i = \bigcup_j Comment_{i,j}$ ，其中

【評論知識  $Comment_{i,j}$ 】 是針對  $Issue_i$ ，其他會議參加者  $participant_j$ ，提供的個人評論意見

【評分  $W_i$ 】 表示成  $w_i = \sum_j w_{i,j}$ ，其中

【評分知識  $w_{i,j}$ 】 是針對  $Issue_i$ ，其他會議參加者  $participant_j$ ，表達個人贊成或反對(實數+1 ~ -1)的評分

讀者可簡要的閱讀本定義，至於更進一步的說明，在本節中本研究以圖1為例子，配合圖中的標記說明本定義中的知識內涵與 MALESAbraIn 代理人的應用。首先在圖的上方，我們可以看到討論的主題 topic「Is JAVA a proper language as the first year foundation course for computer science students — in preparing their programming skills? 請問爪哇語言是否適合用在培養電腦系科一年級學生 初習編寫程式的技巧?」。

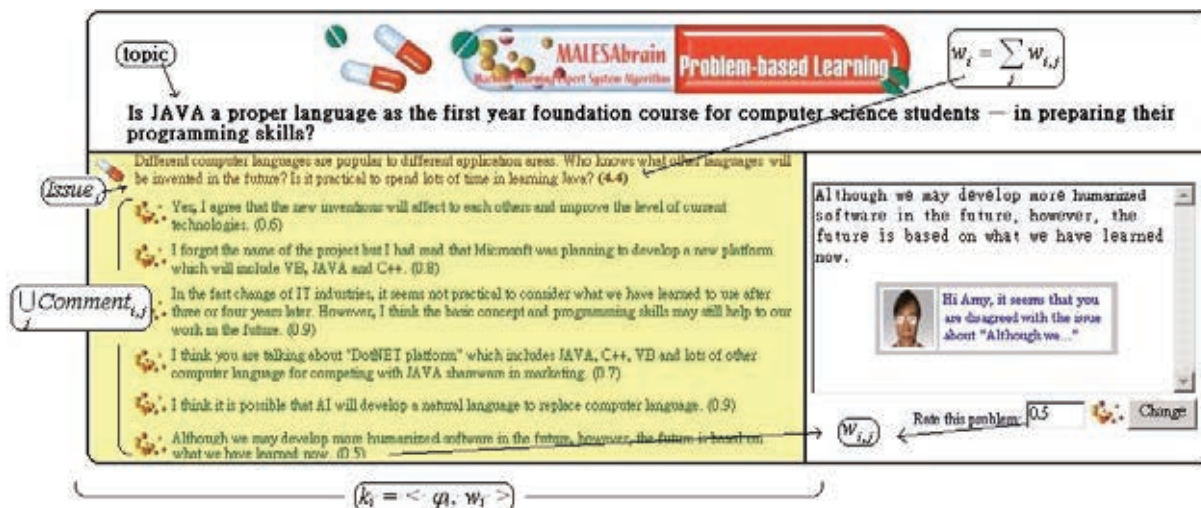


圖1: 使用『蒙麗莎動腦』進行問題導向會議

接在主題 topic 下方是一個議案  $Issue_i$  提議：「Different computer languages are popular to different application areas. Who knows what other languages will be invented in the future? Is it practical to spend lots of time in learning Java? 電腦語言各有所需，不同的語言會被推廣到不同領域去應用。誰又知道將來會有什麼其他的電腦語言會被發明出來呢？現在我們花費大量的時間在學習 Java，這是否實際呢？」。由於這位參議者  $participant_j$ ，是根據討論主題 topic 所提出的討論議案，所以我們的代理人小老師會主動的要求所有的參議者進行批判性思考並且回應本議案。因此在議案  $Issue_i$  的下方，我們可以看到非提案的會議參加者針對本議案的所有回應評論  $\cup Comment_{i,j}$  (在本圖中目前有6個評論)，與評論後面括弧的評分知識  $w_{i,j}$  (分別是0.6, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9 與 0.5的評分)。因此加總所有參議者的評分就合成了本研究的評分  $w_i = \sum_j w_{i,j} = 4.4$  置於  $Issue_i$  的後方，表達其他參加者對本議案贊成或反對的總體評分。

而在 MALESAbrain 系統的會議中，為了提供有效的會議知識給本研究的 PBL 代理小老師與同學互動，我們合併議案、評論與評分，稱為一個人工知識細胞  $K_i = \langle Issue_i, C_i, W_i \rangle$ ，來表示一筆 PBL 的討論記錄。其中代理小老師觀察的  $Comment_{i,j}$  與  $w_{i,j}$  的變化，就可以了解會議參加者  $participant_j$  對議案  $Issue_i$  的主觀性看法。在圖1的右手邊我們可以看見一個捲動文字框，裡面的內容就是我們的同學與代理小老師互動的結果；在圖框中，有一位參議同學對本議案回應道：「Although we may develop more humanized software in the future, however, the future is based on what we have learned now 雖然未來我們可能發展出更具有人性化的軟體，但是“未來的發展”還是根據我們目前所學的知識為基楚」；在文字評論後，代理小老師邀請這位同學，提供對相本議題的評分，小老師說明從-1~0 代表完全否定本議題的論述，0代表個人持中立無意見，從0 ~ +1代表支持本議題。在本圖框儘管這位同學提供 0.5 的正面回應評分，但是在他的評論的第一個字却是我們負性的批判字眼“although 雖然”；這種對討論議題提供正面評分但是却是負面評論，對本研究的小老師而言會視為一種矛盾。所以在下一節批判

性思考推理，我們會討論代理人小老師如何利用這種矛盾，來挑戰學生們的思考？

## 參、批判性思考推理

在圖2，本研究可以進一步將學生回應議題時，產生的諸如“甚至 even”、“然而 however”、“雖然 although”、“但是 but”、“不 not”、“無 no”和“不同意 disagree”等隱含批判性的關鍵字眼，根據語義的強度轉換成批判性數值(模糊數值)；再偵測這些批判關鍵字的數值是否與他們的回應評分之間產生正負示同的情況，我們稱之為矛盾。在圖2本研究利用一個二維平面座標來說明，其中 X 軸代表回應評分(quantitative 量性)，Y 軸代表評論意見(qualitative 質性)；在本批判性思維平面中，同學回應評分在 X 軸是0.5，評論意見“雖然在未來我們可能會發展出 Although we may develop more...”被轉換成-0.6的批判性分數在 Y 軸上。所以這個批判點(0.5, -0.6)就會落座在第4象限，產生了正評分與負意見的矛盾。

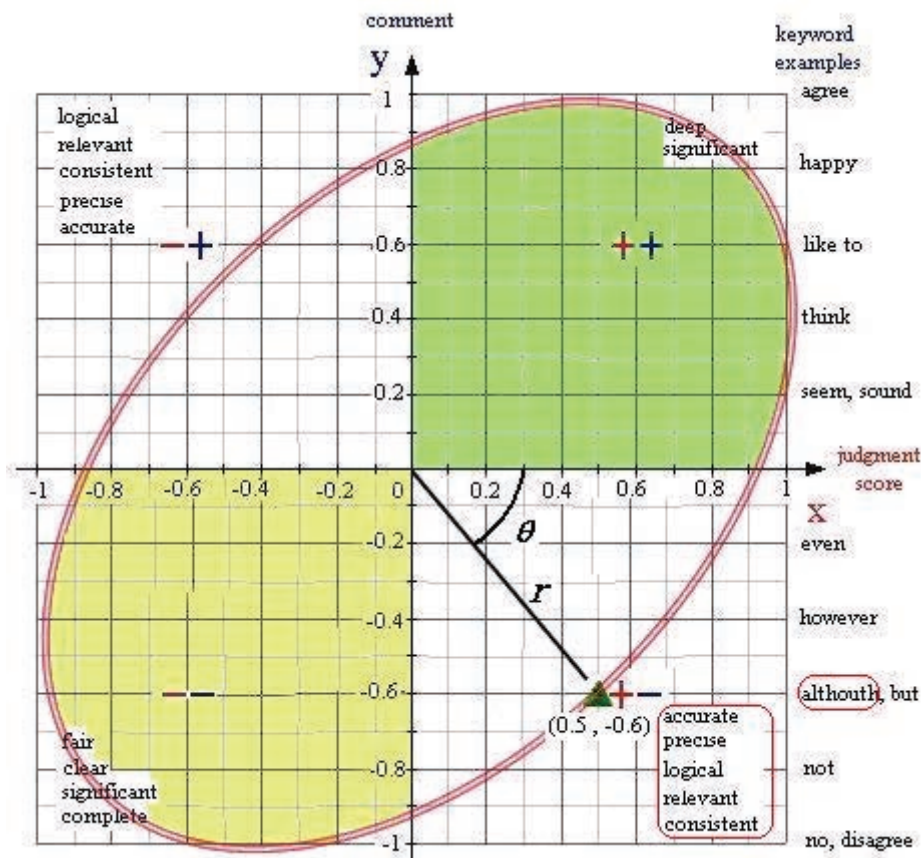


圖2：批判性思維推理 Critical Thinking Reasoning

在批判性思考推理平面，第一象限 ++ 的批判點 很明確表示回應者支持本題案，反之第三象限 - 的批判點也很明確的回應反對本題案。但是在第二象限 -+ 或 第四象限 +- 的批判點，却代表回應者不是全心表達支持或反對本題案，因此產生模糊地帶。所以如果我們提供代理小老師模糊詞彙，而經過訓練的代理小老師，就會注意到正負意見不一致的第二或四象限批判點，並且試圖與同學溝通；先告知該名學生評論中的語句問題，再指出它與評分之間的矛盾，要求同學進行研究、思考與說明。

此時，批判點會從平面坐標(0.5, -0.6) 轉換成為極坐標(0.78,  $-45^\circ$ )，讓代理小老師能對學生進行諮商。

- 首先，轉換距離  $r = (x^2 + y^2)^{1/2} = 0.78$ ，可以決定小老師用語的強度(中央距離  $1/2 * r = 1/2(x^2 + y^2)^{1/2} = 1/2(1^2 + 1^2)^{1/2} \doteq 0.7$ )，在本例中  $r = 0.78 > 0.7$ ，所以小老師會選用稍微強硬的詞彙來提醒學生；當然除了一些系統提供的基本詞彙用語外，我們可以隨時在  $-1 \sim +1$  之間設定我們自己的對應的強硬或是軟性詞彙，並且訓練小老師選擇相對應的詞彙。
- 其次，轉換角度  $\theta = \text{atan}(y/x) = -50^\circ$ ，可以讓代理小老師決定應該鼓勵學生往第一象限，還是應該詢問同學是否有支持第三象限的反對想法？代理小老師的工作目標是徵詢學生重新考慮回應意見？希望同學們能將回應意見收斂到第一象限的最大值(1,  $45^\circ$ )或第三象限(-1,  $225^\circ$ )，以圖2的橢圓頂端為目標，或是在第二、四象限中縮小長度。在本例中極角座標  $\theta > -45^\circ$  比較靠第一象限，本研究的小老師會提醒該生注意評論，因為修改評論有可能往第一象限靠近，而修改評分則可能向第三象限靠近。

當然並非所有的回應都會向第一或第三象限靠近，只要是學生能夠清楚說明個人提出的評分與評論之間的合理性，就達到我們要求學生批判思考的目的。

最後我們以圖3的流程步驟，說明批判性思維推理演算法：

1. 當學生登入『蒙麗莎動腦 MALESABrain』學習平台所屬的 PBL 小組時，代理小老師會就該生尚未參與討論的議題中目前累積總分最高的（也就是目前大家比較有共識的議題），要求他參與討論並且對該議題提出自己的看法。
2. 因為我們的 PBL 會議是利用問題引導學生們作互相批判性的討論，不像一般會議比較強調議事的決定，所以不論該生是否喜歡參與該議題與否，該生都有責任提出自己的看法，互相學習，明確的針對本議題輸入他的回應評論和評分。
3. 此時根據輸入的評論和評分回應，運用圖2的批判性思考推理，代理小老師可以計算出該回應的批判點在那一個象限。
4. 在每一個象限上，代理小老師可以得到不同的輔導策略順序表，小老師依據不同排序輔導學生提出更詳細的研究、思考與說明。
5. 接著本系統轉換該批判點座標成為極角座標。
6. 代理小老師根據極角座標的位置，可以選用不同的詞彙來輔導同學：
  - (1) 小老師視第一與第三象限為具有一致性的批判，會盡量鼓勵該生作更深入討論，或請他與提案者互動。
  - (2) 反之第二與第四象限則被視為不諧調，根據它的嚴重度，小老師會以評論或評分為主軸，挑戰學生批判思考的不一致性。
  - (3) 當然同學們也可能表示不想再更深入的討論本議題。
7. 小老師此時可以檢視該同學是否完成了所有議題的討論：
  - (1) 如果該生尚有未完成評論或評分的議題，小老師回到步驟1提出新的討論議題。



(2) 否則就表示該生已完成所有的議題，小老師會結束本次的輔導。請求該生回顧自己對議題所提出的意見與看法，想想看是否可以提出更具體的解決方案，提供大家討論。也看看大家會對我們的意見，會有什麼樣的看法？

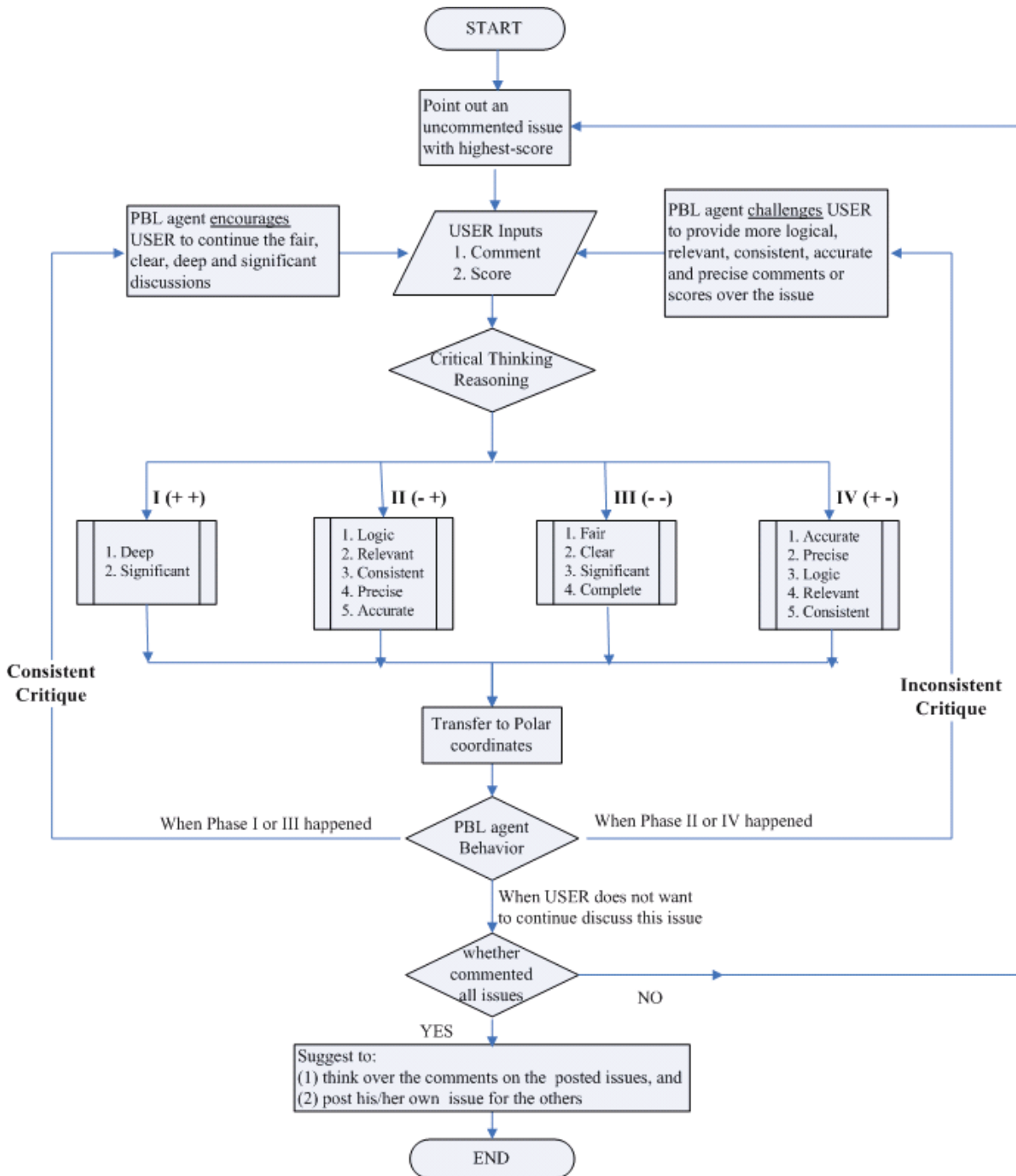


圖3: 批判性思維推理演算法流程步驟

## 肆、研究方法

本研究的目的是，是在理工課程中進階使用「問題導向學習代理人」訓練學生們批判思考。為突破傳統上，同學們因為擔心同儕壓力，而不能勇敢的在課堂上提出問題或發表自己的想法與意見，我們必需使用一套更創新、更有效學習方法。為此之故，我們研究開設一所虛擬的問題導向學校，嚐試在有趣的社交網路環境中，要求同學們扮演不同的情況角色。在問題討論的學習過程中，利用問題導向學習代理人來挑戰同學們思維上不夠邏輯性(logical)、一致性(consistent)、精細性(accurate)、準確性(precise)、公正性(fair)、明確性(clear)、深入化(deep)與顯著性(significant)的問題 [9]。

為了研究在傳統的教學法中加入問題導向學習的可行性，本研究選擇在東南科技大學資通系二年級下學期的「科技英語」學科中進行教學實驗。本課程原先被視為選修的進階英語，由共同科目的英語老師教授，但是因為沒有明確的教學目標所以成效不彰，目前已由專業教師接手。從專業課程的角度上，本科目可以視為是大三畢業專題製作的準備課程，教學目的是在幫助同學們提出專案建議書(Project Proposal)，所以個人認為非常適合以專題分組，以問題導向來討論。

### 1. 在學生的分組上，

因為本課程的選修同學的數量不足二個班，所以我們將控制組與實驗組分成二個班在不同的二個學期進行實驗。我們先利用98年下學期的班級當作控制組進行傳統式教學，共有選修學生26人，分成8個學習小組（分組原則為：每組學生以3人為主～最多到4人為限，因此前6組為3人，後2組為4人）；再於99年下學期進行實驗組的批判式教學，學生共有37人，分成12學習小組(前11組3人，後1組4人)。

### 2. 在二組的教學上我們力求一致，課程進行與評分要求規定如下：

- (1) 在教學上，我們教導同學們如何書寫中文建議書：包含英中翻譯、寫作格式與專案要求。(50%的平時成績，由出席與作業決定)
- (2) 在期中考時，每組同學必需 (1) 提出專題名稱，並且至少給系上的一位老師簽名，(2)使用 power point 在課堂上作簡要式的口頭概念報告。(只要有老師簽名同意，就達到60分的最低要求)
- (3) 在期中考後，我們要求各組同學根據口頭報告的缺點改進專題的內容。
- (4) 期末考成績，要求每組同學們交出一份完整的建議書，並且作第二次的改進式口頭報告(建議書成績，由任課老師 email“專題建議書”給簽名的未來可能專題老師來回覆該學生的成績；口頭報告成績，則由任課老師自行決定)。

### 3. 在實驗組的教學，我們完全延用教學規定，只有在期中考後進行必要的第(3)項批判式學習補強：

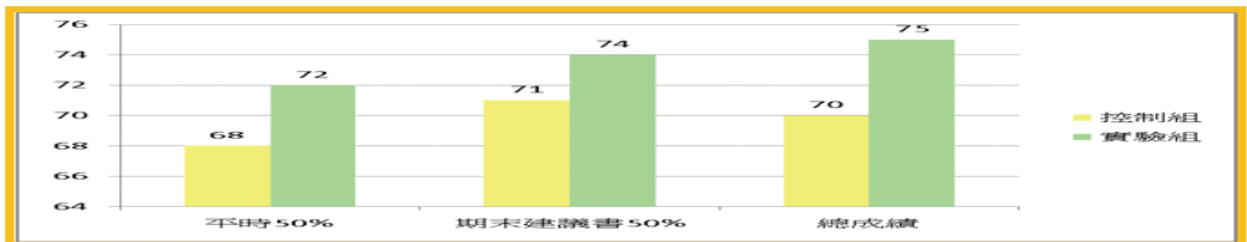
- (3) 在期中考後，我們利用虛擬校園，要求同學在專題小組中自己選擇扮演某一個職務角色；再根據自己的角色廣泛的收集國內外的科技網站資訊，
  - 以專題名稱為範圍，找尋相關的中英文網站。每位同學列出自己有興趣但是不太了解的3~5個科技名詞，學習利用 google 翻譯，解釋或定義這些專有名詞。
  - 我們利用【問題導向學習代理人】在虛擬校園中訓練學生們批判性思考，使同學在有趣的環境中學習到新的科技(專有)名詞觀念。

- 另外老師在觀察各組的討論進展情形後，可以在適當時機要求同學們在課堂上分享收集到的專有名詞；老師再適度的補充說明，清楚明白的解釋新科技觀念，建立學生們的專題先備知識。
4. 本實驗為了理解本教學法是否能幫助同學們增進思考能力？所以在本研究中，我們想知道，接受批判式教學是否比傳統教學的學生，在專題建議書書寫比較清楚與完整。

## 伍、實驗結果

在圖4，本實驗為匿名以專題小組為單位比較學習成效。其中發現無論在平時成期、期末建議書與總成績，實驗組都優於控制組；而且實驗組有11/12能完整的完成建議書，而控制組只有5/8完成。我們二組學生的成績採計方式是一樣的，平時成績50%，期末(建議書)成績50%。

- 在學期結束前，如果該組學生能找到老師簽名，期末總成績計算以60分登入，未能找到老師簽名者為不及格，只能採計50%的平時成績。
- 對於能完成第(4)項期末交出一份完整的建議書的各組同學，最後50%的專題成績由任課老師參考簽名專題老師的意見，二人平均計算之。



控制組進行傳統式教學				實驗組進行批判式教學			
組別	平時 50%	期末建議書 50%	總成績	組別	平時 50%	期末建議書 50%	總成績
1	70	73	72	1	88	83	86
2	82	91	87	2	85	81	83
3	60	77	69	3	76	71	74
4	78	60	60	4	77	68	73
5	70	75	73	5	53	68	61
6	78	74	76	6	82	71	77
7	45	60	60	7	87	75	81
8	60	60	60	8	70	84	77
平均	68	71	70	9	85	87	86
				10	85	77	81
				11	82	73	78
				12	35	60	60
				平均	72	74	75

圖4: 學習成效比較



## 陸、結論

整體而言，本實驗教學研究的目的，是在建立一套批判性思考教學模式，有趣的線上環境與代理人，來改善理工科系同學們單純追求理論的學習習慣，成為更具有解決問題能力的大學生。

傳統教學最大的問題是同學們沒有問題，同學們沒有辦法清楚的表達問題，所以教學常常變成只有單向的「教」而沒有「學」的部份。不只是人文教師們應推廣批判性思考，專業老師們也應該在教導與學習之間取得一個平衡點；教書並非只有講學，同時必需在學生學習過程中了解他們的困難。在我們的教學模式中，我們利用回應同學們在討論時提出的重要問題，作更深入的學習片段整合，使教與學可以達到雙向溝通。

實務上，企業徵才要的是可以解決問題的員工，而不是滿腹學術名詞，只有理論沒有實務經驗的大學生，所以我們必需正視這個如何改善科學教育的問題。如果我們大學的教育只能提供知識傳授，沒有在本科(系)進階課程中，培養出學生們如何統整思考，獨立研究，與解決問題的能力。那麼我們跟教學良好的補習班的差別何在？如果我們的大學畢業生，不知道如何有效的表達意見或陳述問題，不能批判性思考，那麼他們如何能解決工作上所面臨的實際問題呢？

總結我們期望本研究所提出的批判性思考教學法，能改善傳統專業科目「教」與「學」的互動關係，為企業培養出真正能解決問題的專業員工。

## 參考文獻

- [1] S. Şendağ and H.F. Odabaş, "Effects of an online problem based learning course on content knowledge acquisition and critical thinking skills," *Computers & Education*, vol. 53(1), pp. 132-141,(ISSN), 2009.
- [2] R. Alfaro-LeFevre, *Critical Thinking and Clinical Judgment: A practical Approach*, Saunders, 2003.
- [3] 陳家幸, "複合式批判性思考運作模式及其教學設計 Complex Critical Thinking and Its instructional Desi," *教育資料與研究*, vol. 76), pp. 89-104,(ISSN), 2007.
- [4] 馮容莊, et al., "探討某醫學中心臨床護理人員之批判性思考能力與意念 Critical Thinking Competence and Disposition of Clinical Nurses in a Medical Center," *The Journal of Nursing Research*, vol. 18(2), pp. 77-87,(ISSN), 2010.
- [5] 陳延興, "為了誰的教育? 學生作為教育主體之探討 For Whose Education? A Discussion on Students as the Subjects of Education " *教育資料與研究*, vol. 96), pp. 71-94,(ISSN), 2010.
- [6] 李琮敏, "中國社會的潘多拉盒子被打開了嗎?--對余華《兄弟》的批判性思考=Is the Pandora's Box of Chinese Society Opened?: Reflections on Yu Hua, Brothers " *二十一世紀*, vol. 120 ), pp. 126-136,(ISSN), 2010.
- [7] T. Barrett, I.M. Labhrainn and H. Fallon, *Handbook of Enquiry and Problem-based Learning - Irish Case Studies and International Perspectives*, AISHE readings, 2005
- [8] A.C.C. Chiang, "Integrating Cognitive Agents for Problem-Based Learning in an IT Environment," PhD Thesis, Faculty of Computer Science and Information Technology, University of Malaya, Kuala Lumpur, 2008.
- [9] J.P. Davis and J.W. Hall, "A software-supported process for assembling evidence and handling uncertainty in decision-making," *Decision Support Systems*, vol. 35), pp. 415-433,(ISSN), 2003.

# 科舉掄才與政治權謀—以《翁同龢日記》為例

## Imperial Civil Service Examination and Political Tactics in the Late Ch'ing Period : an Example of the Diary of Weng Tonghe

林文仁

東南科技大學 通識教育中心 助理教授

### 摘 要

本文藉由人所熟知之《翁同龢日記》中，有關晚清名士文廷式應試升遷曲折過程之記載，佐以時人私家筆記之相關內容，試著呈現傳統科舉考試中，「人」所發揮之決定性因素。就制度或技術面而言，此或理所當然，然而，當這些制度或技術面之先天局限，變成其他考量與動機滲透之縫隙時，科舉制度便已貶低為可能立場相異，但用心相同者之工具。無論結果如何，畢竟是對這套籠攝中國政治與社會運作千餘年之制度的嚴重扭曲。即此，本文將嘗試略探在諸種複雜條件糾葛下，形同政治文化縮影之科場真貌。

**關鍵詞：**科舉制度、政治、翁同龢日記、文廷式、翰林院

### ABSTRACT

This article would like to refer to the famous “Diary of Weng Tonghe” as well as other contemporaries’ notes about the experiences of his participation in the imperial examination and the rise and fall of Mr Wen Tingshi, a celebrity of the late-Ching dynasty, to reveal the decisive “human factor” in imperial examination.

The importance of the “human factor” in imperial examination may be viewed as a quite natural phenomenon from the perspectives of the imperial examination regime or its practice.

However, out of some considerations and motives, the defects and liabilities of the imperial examination regime may easily be manoeuvred as a political instrument, which will deteriorate the fairness and functions of the imperial examination in selecting the really excellent officials for the government. No matter what the results are, the political

considerations and motives has seriously distorted the imperial examination, an overarching regime which dominating and influencing China's politics and society for thousand years. Hence, this article will try to ascertain the entangled and complex factors which run behind the imperial examination, a nutshell of the political culture.

**Keyword :** Imperial Civil Service Examination , politics , Diary of Weng Tonghe , Wen Tingshi , Academician courtyard

## 一、前言

自唐代逐步確立科舉制度，以為朝廷掄拔人才之主要途徑以降，直至二十世紀初最終走入歷史，科舉制度不但是社會階級流動之主要管道，也是古代中國一項具高度象徵意義的儀式。千餘年間，考試制度愈趨複雜，仕進之途挑戰亦愈大，發展至清代，堪稱已至極致。

僅以與本文相涉之清代進士系內考試制度說明，即不難感見：進士系內之各項考試，除會、殿二試外，此二試前尚分有舉人覆試、貢士覆試，考時文一篇、五言八韻詩一首，取入前三等者方可與會、殿試，四等以下前者即停科、黜革，後者不准參加殿試。此外，殿試後尚有朝考，考論、奏疏、詩各一，點為庶吉士或用為部員、外放知縣，即決於此。凡覆試、殿試、朝考，皆於交卷彌封而不謄錄，故若熟悉字跡，立可知何人作也。

此外，任職翰（林院）詹（事府）系統之官員，亦非一入其門便諸事太平，每三年猶須面對極具難度之翰詹大考。此等大考如能位居前列，超擢之速，遠勝每三年一次之考績；然若落於三等，乃至其下，大抵難可在此等清貴衙署再待下去。或外放，或轉部，立在眼前。升沈之幾，造化便大不同矣。

職是之故，科舉制度運作之更求公平唯才，也就成為歷代追求之目標。尤其每逢科場弊案，為宰輔者身罹大辟，與考差者棄市抄家之大動作，非只一二，凡此似皆顯示當政者維護國家掄才大典尊嚴之決心。

然而，以科舉考試整套過程衡量，我人又不得不承認：以經論、時文、策論、試帖詩等為內容的考試方式，進退取予之間，「人」的因素誠然極大。由正副主考到各房考官，個人風格與價值觀、師生、年誼、輩份等，都可能對闈場內關鍵之取捨過程，產生不為外人盡知之影響，從而斷人運途。就科場文化而言，此實是常態。然而，如若複雜之政治因素與權力關係，滲入掄才過程之中，則後果恐不只為對此一制度與儀式之傷害，更易演變為他日政治風暴形成前之低氣壓。

本文所將介紹者，即一例證也。藉由人所熟知之《翁同龢日記》中，有關晚清名士文廷式應試升遷曲折過程之記載，佐以時人私家筆記之相關內容，本文將略探諸種複雜條件糾葛下，形同政治文化縮影之科場真貌。

## 貳、關於翁同龢

翁同龢（1830-1904），字聲甫，號叔平，晚號瓶廬、松禪，江蘇常熟人。因其地望，時人與後世亦多有以「常熟」相稱者。相較於晚清漢官僚集團中其他著名的成員，翁氏堪稱出身顯宦之家。其父翁心存（1791-1862）官至體仁閣大學士，曾為穆宗帝師；其兄翁同書（1810-1865）、翁同龢（1814-1877），分別官至安徽巡撫、湖北巡撫署理湖廣總督；其姪翁曾桂（1837-1905）亦官至江西按察使，一度護江西巡撫印。<sup>1</sup>至於翁同龢本人，咸豐六年（1856）狀元及第，先後經翰、詹各職，復歷任都察院左都御史，刑部、工部、戶部尚書，協辦大學士，生平兩度於軍機大臣，一度於總理各國事務衙門大臣上行走，其顯重無疑更勝父兄；對晚清政局之影響力，更不在話下。然而，綜觀翁同龢政治生涯之發展，其久任同治、光緒兩朝帝師的資歷，其實對翁氏的榮枯，最為緊要。

翁氏初入權力核心，在光緒八年（1882）十一月，<sup>2</sup>蓋頂替甫因「雲南報銷案」而被北派攻倒之王文韶（1830-1908），在軍機行走。<sup>3</sup>但旋於光緒十年，因柄政的慈禧利用中法越南衝突和戰爭議之契機，意圖摒退長期輔政的恭親王奕訢（1833-1898），代之以光緒生父醇親王奕譞（1840-1891）人馬，而發動的「甲申易樞」事件，與恭王、寶鋆（1807-1891）、景廉（1823-1885）、李鴻藻（1820-1897）等軍機成員，一併出樞。當日諸人，皆於此過程中，各受極實際之打擊。<sup>4</sup>翁氏雖亦退出軍機，但只遭革職留任，且革留之處分，當年十月即蒙慈禧五旬壽慶，加恩開復；<sup>5</sup>更重要的是，易樞之諭中，令彼「仍在毓慶宮行走」，<sup>6</sup>保留了翁之權力紐帶中，最重要的一環，他日證明至為關鍵。

現存翁氏傳世之重要史料遺產—《翁同龢日記》，起自咸豐八年（1858年）六月二十一日，迄於光緒三十年（1904年）五月十四日，記敘了這一時期的許多重要史事，和記主本人的公私酬酢、從政思見、人事交誼，與時事觀照等，內容相當豐富，與王闓運的《湘綺樓日記》、李慈銘的《越縵堂日記》並譽為晚清三大日記。歷來迭有學者考證，翁同龢戊戌（1898）罷歸後，為避忌諱，曾對日記中有關戊戌變法和維新派的内容作過刪改。然而，翁氏刪削之間，所留下之隱筆，也成為研究晚清史方家解析的重要課題。

<sup>1</sup>見王鍾翰點校：《清史列傳》（北京：中華書局，1889年7月，初版），冊十二，卷四十五，〈翁心存〉，總頁3596。

<sup>2</sup>光緒八年（1882）十一月，與翁入軍機行走者，尚有時任刑部尚書之潘祖蔭，但甫月餘即以憂免，翁獨當其鋒，亦居於承繼南派領袖之有利地位。事實上，一次以二南士入樞，原即李鴻藻依其決策影響力，所完成之人事安排。參見拙撰：《南北之爭與晚清政局（1861-1884）—以軍機處漢大臣為核心的探討》（台北：國立政治大學歷史學系碩士論文，民國86年5月），頁112。

<sup>3</sup>「雲南報銷案」事起於光緒八年（1882）七月，原為一戶部官吏包庇報銷，圖利滇員的弊案，卻在其時派系惡鬥下，變為一場人事之爭。詳可參見拙撰：《南北之爭與晚清政局（1861-1884）—以軍機處漢大臣為核心的探討》，頁116-124。

<sup>4</sup>有關「甲申易樞」之來龍去脈，可參考拙撰：《南北之爭與晚清政局（1861-1884）—以軍機處漢大臣為核心的探討》，頁138-158。幾位軍機成員，恭王加恩仍留世襲罔替親王，賞食親王全俸，開去一切差使，並撤恩加雙俸；寶鋆則按原品休致；李鴻藻、景廉開去一切差使，降兩級調用；翁同龢加恩革職留任，退出軍機，仍在毓慶宮行走。見朱壽朋編，張靜廬等點校：《光緒朝東華錄》（北京：中華書局，1958年12月，初版），（以下簡稱《光緒朝東華錄》），冊二，光緒十年（1884）三月戊子日條，總頁1675-1676。

<sup>5</sup>《光緒朝東華錄》，冊二，光緒十年（1884）十月壬午日條，總頁1844。

<sup>6</sup>《光緒朝東華錄》，冊二，光緒十年（1884）三月戊子日條，總頁1676。

翁同龢對權力走勢的敏銳嗅覺，無論時人或後世學者，多有共見。以與翁同龢同被視為南派菁英，二人為仕宦門第總角之交，職務常相銜接，甚且於光緒八年（1882）同直軍機的潘祖蔭（1830-1890）所言名之，<sup>7</sup>或許更見貼切：

叔平……，其人專以巧妙用事，未可全信之也。……吾與彼皆同時貴公子，總角之交，對我猶用巧妙，他可知矣。然將來必以巧妙敗，君姑驗之。……叔平實無知人之才，而欲博公卿好士之名，實亦愚不可及。<sup>8</sup>

潘氏向以具識人之明稱，月旦之語，每見深意。潘氏描繪下翁同龢之政治性格，或非本文欲多著墨者，但在理解其應對進退背後之複雜內涵而言，不啻仍具畫龍點睛之效。也正是對翁氏此種性格之理解，由光緒十一年（1885）十一月起，翁同龢獲擢任攸關度支大權的戶部尚書，且直至光緒二十四年（1898）四月，彼奉旨開缺回籍方卸任，其間正經歷晚清史上至為詭譎跌宕的一段歲月，但亦由此更見翁氏之善處權勢。

自入光緒朝以來，隨翁同龢在官僚體系中地位之逐次拔升，與再為帝師之崇隆身份，其於各科衡文掄才大典之影響，亦愈巨大。甲申（1884）之後，以翁氏實際地位之不降反升，更使翁氏幾乎主導了每一場其所參與之重大考試。此不僅進一步確立其士林鉅子之地位，為常熟門下開一代人才之盛，亦成南派勢力再起之根本依憑。

總計翁氏從政期間，曾五典鄉試，兩典會試，並數任覆試、殿試、翰詹大考之讀卷大臣。由翰林而成崇官者，五典鄉試，或不在少，但翁氏於光緒十一年（1885）、光緒十四年（1888）、光緒十九年（1893）三典順天鄉試，便不多見。尤其「北闈」向集各省官卷，出身與水平之優，往往動見觀瞻，非他闈可比。加以兩提會試（光緒六年、十八年），門下愈燦。晚清政、學兩界少壯派名士，幾皆入常熟門下之列，如張謇、王懿榮、安維峻、沈曾植、沈曾桐、梁鼎芬、郭曾炘、王伯恭、王頌蔚、李慈銘、志銳、長麟、文廷式、劉若曾、汪鳴鑾、于式枚、廖平、黃思永、夏曾佑、吳魯等，五光十色，備載不及，各人於晚清史上幾皆有一番作為可論。翁同龢取士愛士，一向不遺餘力，蓋此舉不但為「翁同龢時代」之南派，能否重振門風之關鍵，亦為行將親政之德宗，培養一批可長可久之國士班底。輔成德宗，即鞏固南派；二者皆成，則翁氏國師而兼良相，不異登仙矣。因此，只要其信為忠愛之士，即令須放下身段，全力護航，亦一任無辭。其中，為日後帝黨代表人物之一的文廷式，於殿試時力爭一甲，不惜英雄欺人之事，即甚膾炙人口。

<sup>7</sup>翁同龢與潘祖蔭在晚清政壇，尤其光緒八年（1882）王文韶下野後，向被視為政壇「南派」之領袖，當中又以翁氏人望特孚，聖眷特優。二人常被人以「翁潘」並稱而不名，除二人皆被尊為士林魁首外，出身與宦途，巧合極多。翁為常熟人，潘為蘇州人，地緣極近；潘為道光朝入直軍機十五年之武英殿大學士潘世恩孫，翁則為咸豐朝體仁閣大學士翁心存幼子，故皆親貴子弟，且如潘云為總角之交；潘為咸豐二年（1852）探花，翁為咸豐六年（1856）狀元，俱在鼎甲之列；翁、潘二人一生皆未放外任，且皆以內廷行走差使，為政治生涯大開門面之關鍵（翁：弘德殿、毓慶宮行走，潘：南書房行走）；光緒改元後，彼二人之職務往往互為替補，且於光緒八年（1882）十一月，同入軍機。參閱清史稿校註編纂小組：《清史稿校註》（台北：國史館，民國78年9月，初版），冊十三，卷四百四十三，列傳二百二十三，〈翁同龢〉，總頁10415-10417；卷四百四十八，列傳二百二十八，〈潘祖蔭〉，總頁10453-10454。

<sup>8</sup>王伯恭：《蜷廬隨筆》（太原：山西古籍出版社，1999年9月，初版），頁67-68。

### 三、護航文廷式

文廷式（1856-1904），字道希，江西萍鄉人，素有文名。光緒八年（1882），以附監生領順天鄉薦，中式第三名，漸活躍於京師，並鑽研西學。其父為廣東候補道時，與時為廣州將軍長善締交頗深，<sup>9</sup>長善之姪即後與文氏同為帝黨要角之志銳（1853-1912）；而其弟戶部右侍郎長敘之二女，即瑾、珍二妃。以是因緣，文氏在京時，曾經長敘延為西席，為其二女授讀。後珍妃入宮見寵於德宗，似應已於帝前薦重文氏，德宗殆亦曾向翁同龢提過，故光緒十五年（1889）五月，文氏應考內閣中書得售，翁是日即有記：

柳門所取者為第一名，余曰或者江西名士文廷式中。<sup>10</sup>

顯然已早悉於前。甚至，藉此內閣中書之試，其實已開始為文氏造勢。

比至隔年（1890），文廷式赴春闈，翁氏即全力為德宗掄拔。先是於貢士覆試時，翁氏聯絡潘祖蔭，並與同為考官之門生汪鳴鑾（1839-1907），全力促成文氏奪下第一，為即將進行之殿試，先打響聲勢：

派閱貢士覆試卷，……余所分無好卷，見犢山處一本則挺拔有偉氣，辰正三畢。徐公歸，余與伯寅、柳門力贊以犢山所取本為壓卷，遂定。<sup>11</sup>

此記中，「犢山」為理藩院尚書嵩申（1841-1891），「伯寅」為潘祖蔭，「柳門」即汪鳴鑾。嵩申手中一本，群定為壓卷者，即文廷式。由於殿試讀卷大員向多與覆試重疊，此已令諸人對文氏有一先入為主之佳感；一旦讀至文氏之卷，誰願錯失得一可能為狀元門生之良機，必圈加之。如是，則殿試結果誠如翁氏之願，卻能不著痕跡。

詎料，臨事之間，文廷式卻為自己製造了一大紕漏，幾乎毀去翁同龢的用心：

殿試卷有『……閭閻而……』一句，『閭』下即書『而』，遺一『閭』字。卷紙本厚，在善於改誤者，可以刨字小刀去墨跡，以刀柄捶緊，書之略無痕跡。……文自負善書，以為不至有誤書之事，於此素未講求，大窘，……乃將『而』字添筆作『面』，其下復書『而』字，遂成『……閭面而……』矣。讀卷大臣八人，翁同龢、汪鳴鑾與其列，以文氏為名下士，亟思置之前列，正搜羅其卷，而此卷已入某大臣手。閱至『閭面』，病其杜撰，擬加簽抑之，為翁所見，審為文卷，因告以此人為名士，不宜吹求。某大臣曰『無論是否名士，閭面二字，如何可通？』汪曰：『此二字實有出處，古賦某篇以閭面對檐牙，是證並非杜撰。』翁亦和之，某大臣以翁、汪均博學……，遂不再言，而文乃得榜眼。使無『閭面』之事，翁等或使大魁也。<sup>12</sup>

<sup>9</sup>徐凌霄、徐一士：《凌霄一士隨筆》（太原：山西古籍出版社，1997年7月，初版），冊一，頁144；另亦見王伯恭：《蜷廬隨筆》，頁82-83。

<sup>10</sup>趙中孚編輯：《翁同龢日記排印本附索引》（台北：美國亞洲學會中文研究資料中心出版，成文出版社發行，1970年，初版），（以下簡稱《翁日記》），冊四，光緒十五年（1889）五月廿九日條，總頁1602。

<sup>11</sup>《翁日記》，冊四，光緒十六年（1890）四月十七日條，總頁1654。

<sup>12</sup>徐凌霄、徐一士：《凌霄一士隨筆》，冊一，總頁144。此說另有不同版本，乃據王闈運之記，彼指文氏乃誤書「閭閭」為「閭閭」，不及刮修，乃添數筆而成「閭面」，並舉以供參考。見王闈運撰，馬

按光緒十六年（1890）殿試之讀卷官，依序為吏部尚書協辦大學士徐桐（1819-1900）、戶部尚書協辦大學士福錕（1834-1896）、吏部尚書麟書（1829-1898）、戶部尚書翁同龢、刑部尚書嵩申、禮部左侍郎徐郃（1836-1908）、禮部右侍郎廖壽恆（1839-1903），及工部左侍郎汪鳴鑾等。其中，徐郃、廖壽恆，及汪鳴鑾，俱為翁氏南派人馬，支持翁氏不是問題；汪鳴鑾尤其突出，形同替翁氏發言。至於「某大臣」者，即位居首席之徐桐。此公之資質德性，清人筆記中頗多描繪：

時士論動稱翁潘，而不及桐，頗羞之。遇博瞻之士，則斥其福薄。迨戊戌，凡門人言新政者，皆屏不聽入謁。<sup>13</sup>

另書亦有：

天下之病莫過於陋，……若徐蔭軒協揆，固未嘗非端人，而其津津樂道者，乃以《太上感應篇》、《文昌陰騭文》為極則。翰林之無識者，靡然從之。以此為學，而欲內修政治，外攘夷狄，豈不難哉。<sup>14</sup>

此外，尚有：

徐桐嘗語人曰：「世界安有許多大國？大約俄羅斯、英吉利、法蘭西、日本，則真有之，餘皆漢奸所詭造，以恫喝朝廷者耳。」……徐桐生於萬國交通之日，且不知萬國形勢何若，宜夫其助拳匪以發大難，而甘受顯戮也。<sup>15</sup>

如此人才，即令非學養不固者流，面對狀元出身，士林魁首之翁同龢及其得意門人，衡文論學亦不能不在心理上先輸一截；縱然閱卷時發現問題，被以博學著稱之翁門中人一陣包圍，也很難不退縮以藏拙。只是，如此運作，便形同令讀卷官間之倫理蕩然，而翁氏儼然此中之真主事者矣。然而，換一個角度看，此或方為科舉制度運行之真實面貌。

文氏不得大魁天下，固難無憾，但亦因此一番曲折，更見翁為德宗與南派厚植實力，不惜以清望為器，務求擢取之心。蓋文氏之誤一旦真加簽提出，即令不落四甲，亦只能擠入三甲，連點庶吉士亦難指望，更遑論鼎甲直入翰林。但是，由翁日記中甚隱晦之記載，當日之事，似可容我輩解讀出更複雜之內涵：

午正集殿上議前十本，各持一、二本交徐相國品定，余卷居第一。余等復加評次，頗有所易，遂定，頃刻間升沈增異，豈非命耶。徐相竟無前十本之卷，可謂公道，一破俗例矣。……晚邀諸公飯，……燈下寫扇七柄。<sup>16</sup>

記文中雖未言名，已顯見文廷式由原訂第一，因「閩面」而一度被徐桐拉到三、四甲邊緣涮過一圈，終又回至榜眼之「升沈增異」；而一字之差，無以掄元，「豈非命耶」？將此段與前引《凌霄一士隨筆》內容比對，可互為增色。

但此記中最可究詰之處，莫如徐桐竟然放棄前十名進士之舉薦權，而令翁氏推以「可謂公道，一破俗例矣」云云。本文前已談及進士試內各項考試之進行規矩，以殿

積高主編：《湘綺樓日記》，卷三，光緒二十年（1894）四月十八日條，總頁1927。

<sup>13</sup>費行簡：《近代名人小傳》（台北：文海出版社，民國56年6月，初版），頁131。

<sup>14</sup>文廷式撰，汪叔子編：《文廷式集》（北京：中華書局，1993年1月，初版），下冊，〈聞塵偶記〉，頁742。

<sup>15</sup>李伯元：《南亭筆記》（太原：山西古籍出版社1999年4月，初版），頁323。

<sup>16</sup>《翁日記》，冊四，光緒十六年（1890）四月廿三日條，總頁1655-1656。



試毋須謄錄而直接閱卷，讀卷大臣多能由筆跡識出各自欣賞或親近之門生士子，得便加以推薦，以列優選，此本科場文化之一環。但徐桐竟一反常例，則絕非何高貴情操，或翁氏幾句門面話可帶過。

事實上，徐氏等於犧牲，甚或云出賣自己的門生，以讓出其享有不成文例中之席次，向翁氏與南派賣交情。所以如此，說穿了，其時光緒已親政，慈禧太后退居頤和園，翁氏與南派在新朝局結構中行情看漲，一向被視為親后人馬之徐桐，不能不有所表態。更何況文氏與珍、瑾二妃娘家之淵源，使整個過程指標意涵更見濃厚，這便顧不得一些原應更根本的面向了。政治權謀凌駕國朝功令，甚且扭曲科場文化，此誠一例也。徐桐固爾，翁同龢又何嘗非是？

有意思的是，當日記載之末，翁氏提及邀飯、寫扇七柄二事，明顯為向其他七位讀卷大臣謝人情之舉。為一新進士而綢繆至此，他日一班少壯名士豈不輸誠？尤其稍後此一爭議哄傳外聞，甚遭物議，為御史劉綸襄參劾，各讀卷大臣俱遭罰俸，<sup>17</sup>翁氏付出之代價，真非一般典試者可想及。

事實上，為壯大派系勢力考量，而以政治力介入試務者，又豈僅負有掄才重任之大僚，真有必要，則君臣聯手，亦非奇聞。在《翁日記》光緒二十年（1894）三月廿八日條中，有如下一段記載，主角仍是文廷式，時空場景則為當年之翰詹大考：

寅正至朝房，始知奉派覆看大考卷，張之萬、徐桐，及臣龢也。……有頃禮邸、孫毓汶傳旨，細看除第一及另束五本毋動外，餘皆可動。有頃奏事太監文德興傳旨如前，並云在上書房當差者，可酌提前。<sup>18</sup>

其中「第一毋動」者，即文廷式。揆德宗之意，殆非令文氏大考第一，以利超擢不可。按例，在每三年一次之翰詹大考中，如能列一等一名，即可超擢翰林院侍講或侍讀學士，連升數級。其時文廷式已因乃師翁常熟，與珍、瑾二妃之推薦，在上書房當差，且活躍於德宗親政以來，形同政權鐵衛隊之翁系南派陣營，堪稱簡在帝心。德宗於閱卷原則之指示，形同替文氏量身定作，如此露骨，諸臣何能不喻於心？謂之「欽點」，良有以也。而據時人側記，其事珍妃亦用了大力，甚且多有云彼事先已洩賦題於其師之說。毋怪乎時人有「玉皇大帝召試十二生肖，兔子當首選，月裡嫦娥為通關節」之譏語。<sup>19</sup>

只是，德宗對文廷式逾於常格之優遇，也使文氏在後日帝后黨立欲甚之際，更大地染上了帝黨之鮮明色彩，加以其或感於君德師恩，而有之積極表現，反使其在不及兩年後，便成為慈禧壓抑帝黨以示威之犧牲，仕途自此而輟。比諸其佞多名不稱於後世之同年，德宗或翁氏為彼不惜自身高度，苦心相護的大動作，真不知是愛之抑或害之了。

<sup>17</sup>《光緒朝東華錄》，冊三，光緒十六年（1890）七月癸酉日條，總頁2763。

<sup>18</sup>《翁日記》，冊四，光緒二十年（1894）三月廿八日條，總頁1877。

<sup>19</sup>劉體智：《異辭錄》（北京：中華書局，1988年10月，初版），頁135。

## 四、結語

本文藉由《翁同龢日記》中，有關文廷式應試升遷的幾段記載，試著呈現傳統科舉考試中，「人」所發揮之決定性因素。就制度或技術面而言，此或理所當然，然而，當這些制度或技術面之先天局限，變成其他考量與動機滲透之縫隙時，科舉制度便已貶低為可能立場相異，但用心相同者之工具。無論結果如何，畢竟是對這套籠攝中國政治與社會運作千餘年之制度的嚴重扭曲，任何理由皆難辭其咎。考試制度的完全公平，或許從來都只是一個「高貴的夢想」，但人為因素介入程度的降低，毋寧是一可能消極，但進步的表徵。如果單純的人為因素尚且如此，更遑論不管動機如何之政治因素考量。彰往考來，對今人之啟發其實甚為明顯。立法之美意云云，歸根結柢，亦繫諸人之自制。

也許，客觀地說，科舉制度固然長期影響社會價值，但這套制度實亦傳統政治文化下之產物，就某種意義上來說，政治文化，實亦社會文化之延伸耳。因此，科舉制度亦不過傳統中國整體文化之一活樣板；而這套制度之缺陷，原即傳統文化在其中開的一道活門。如果我人能同意這一點，則今日之下，對科舉制度與科場文化之反省，便不應只是一種消極的批判，也該是對今時社會價值與制度運作的惕勵，同時也是檢查。

東南科技大學 東南學報 第三十七期 中華民國一〇一年七月出版 第243-254頁

# 清代臺北盆地南緣沿山地帶的開發— 以萬盛庄爲例

詹 瑋

東南科技大學 通識教育中心 專任副教授

---

## 摘 要

萬盛庄為清代文山堡的一個庄，在景美溪與新店溪匯流處附近，今日屬於臺北市文山區的一部分，涵蓋範圍大約在羅斯福路五、六段兩側的地方。本文從清代官方資料、日治時期官方調查、地方志書與埤圳相關契約書中找尋資料，以萬盛庄為例，將清代漢「番」交界地區的開墾與水利發展做初步探討。

**關鍵字：**萬盛庄、文山地區、拳頭母山、瑠公圳

## 一、前言

康熙48年，陳賴章墾號開墾臺北大加臘地區，之後，一直到乾隆初年，臺北各地陸續開墾。其時臺北盆地南緣，地近番界，尤其是拳頭母山（今公館蟾蜍山）以南，朝廷禁止墾民任意越界。到了乾隆中期之前，拳頭母山以南出現了萬盛庄，成為在拳頭母山以南開墾的第一個漢人村庄，從此，漢人越過萬盛庄，向廣大的文山地區開墾。萬盛庄在臺北盆地的開墾史上，扮演著漢人向南方番界進墾行動中的橋頭堡的角色，地位十分重要。

但是研究本庄開墾的論文目前尚付之闕如，因為相關資料甚少，尤其是開墾契約。本文試圖以部分族譜資料、方志、官書資料、埤圳契約書等，初步拼湊出萬盛庄開發的零星圖像，至於更深入更完整的研究，有待於更豐富的資料。本研究時間斷限以清康熙54年（1715）漢人最早踏足萬盛庄為時間上限，以文中最晚的時間，同治11年（1873），林本源向萬盛庄業戶催繳水租之年為時間下限。

## 二、漢番界線地標的拳頭母山

要提到萬盛庄，必須先從拳頭母山說起。拳頭母山即蟾蜍山，位於臺北市公館與文山區交界。

在談漢番界線之前，要先說明什麼是生番界、番界。清廷統治台灣初期，漢人一批批來到台灣拓墾，清廷為隔離漢人與「生番」，畫了一條「番界」，一者為防漢民窩藏於「番地」，二者為使「生番」不能逸出為害<sup>1</sup>。此條「番界」，為「生番界」。從康熙年間至乾隆年間，前後調整數次。在〈清乾隆中葉臺灣番界圖〉中，熬酒桶山在北勢溪之南，今稱大桶山。「生番界」在其以南十里，可能在烏來和桶後溪一線。

至於熟番與漢人之間的「番界」，亦即一般通稱的土牛溝，在圖中為一條藍線，係從峰仔峙（汐止之平埔族）旁經南港仔山，沿著霧裡薛溪北岸而行，至內湖庄附近（大約在埤腹）。由此處開始，番界沿另一條溪之南緣向南繞一個半圈，繞至大坪林庄之對面，秀朗庄之南，一路西去。

<sup>1</sup> 施添福，〈清代台灣竹塹地區的土牛溝和區域發展——一個歷史地理學的研究〉，收入張炎憲、李筱峰、戴寶村主編，《台灣史論文精選》（台北：玉山社出版事業股份有限公司，1997年9月初版二刷），頁157。



圖一 清乾隆中葉臺灣番界圖

資料來源：中央研究院歷史語言研究所傅斯年圖書館藏

乾隆十四年，福建巡撫潘思榘，向皇帝報告地方情形的奏摺，首次出現了

「拳頭母山」字眼。

……再，8月27日，據臺灣道、府稟報，8月初4日接北路副將來札云：聞人傳說，淡水秀隴霧裡有人械鬥，又云拳頭母山有不法之徒作歹。等語，雖係訛傳，但既有所聞，不得不設法提防。…嗣據淡水同知陳玉友稟覆，守備趙永貴即由沿山一帶星馳赴淡，直抵內港，查一帶居民安堵，唯艍舢渡頭7月27、8日，百姓聞此訛言，間有搬移他處者，隨俱回安業。訊據保長黃元尚等云，拳頭母山細查，並無形跡。…

臣查拳頭母山內原生番外，係大洋南北，均有臺民，若有奸匪聚集，何至一無見聞。現據淡水同知陳玉友、都司陳林萬、守備趙永貴等親至其地，查無形跡，實為訛傳無疑。…<sup>2</sup>

在奏摺中，「淡水秀隴霧裡」其實就是指淡水廳秀朗社、霧裡薛社一帶，也就是在萬盛庄附近，當時在地方官的眼中，「拳頭母山內原生番外」，其實是將拳頭母山做為一個指標，漢人安全活動範圍只及於拳頭母山附近，再往山裡面深入，就已靠近

<sup>2</sup> 台灣史料集成編輯委員會編，《明清臺灣檔案彙編》，第貳輯，第20冊，（臺北市：中華文化復興運動總會、國立台灣大學圖書館、遠流出版事業股份有限公司，2006年12月20日），頁374-376。

生番界。由於人煙稀少，易成為不法之徒藏匿之地，所以一有傳言有不法之徒在此為非作歹，朝廷馬上神經緊繃，派員查察。

閩浙總督楊廷璋在乾隆25年8月所上的〈臺屬沿邊番界清楚已竣，酌定章程〉的奏文中指出：

又從前彰化縣屬之水沙連、淡水廳屬之拳頭母山，查出私墾禁地，於乾隆十六年經前督臣喀爾吉善奏明照官庄之例入官征租。該處耕種男婦編立保甲，懸掛門牌，責成員弁兵役會同巡查。如越界滋事，即行拏究。……至截出界外田園內，如淡水廳所屬之拳頭母山之內凹、暗坑仔、七張犁、五塊厝、霧裡薛埔、內湖近山等處，即係前督臣喀爾吉善奏明充公之田園，各該處因逼近生番，侵佔伊等採捕生計，以致時出擾害焚殺，業經佃逃田荒，各年之租粟無征。<sup>3</sup>

根據前文，乾隆十六年，拳頭母山一帶已被朝廷列為官庄，成為朝廷治下的地方，並為「該處耕種男婦編立保甲，懸掛門牌」。造成朝廷政策轉彎的原因，正是「拳頭母山，查出私墾禁地」，因此當時閩浙總督喀爾吉善奏明照官庄之例入官征租。此一現象，說明了朝廷雖然在漢人和原住民之間畫定番界，但是因移墾之民越來越多，到最後越過番界私墾。朝廷雖然將這些違法耕作的土地沒收，列入官庄，但同時也不得不承認既成事實，將番界再向山區調整。

拳頭母山原靠近番界，所以被查出的私墾地相當多，包括楊廷璋在奏摺中提到的「拳頭母山之內凹、暗坑仔、七張犁、五塊厝、霧裡薛埔、內湖近山等處」，都被查明充公。但是因為離番界太近，常被生番擾害焚殺，而至田荒佃逃。

### 三、地圖與方志中的萬盛庄

在〈乾隆中葉台灣輿圖〉（見圖二）之中，有一段文字值得注意：「拳頭山內湖、秀朗、大平、萬盛、興福等莊共有八百餘口」<sup>4</sup>。《乾隆中葉台灣輿圖》據考証其年代約在乾隆27年（1762）至乾隆30年（1765）之間。在圖上已出現了內湖、秀朗、大平（大坪林）、萬盛、興福等莊，這幾個拳頭母山以南的庄都在拳頭母官庄範圍內。

在〈清乾隆中葉臺灣番界圖〉（見圖一）中，萬盛庄已出現，位於秀朗溪（新店溪）與霧裡薛溪（景美溪）交界之處，其旁為興福庄，興福庄越過山為內湖庄。

根據乾隆12年（1747）刊行，由巡臺御史六十七與范咸纂輯的《重修台灣府志》中卷一坊里部分，淡水廳下二保，淡水保下，屬於今日臺北市的漢人村莊，有關渡莊、北投莊、八芝連林莊、奇里岸莊、瓦笠莊、大佳臘莊、圭母子莊。至於平埔族分布，則有雷裏社、了厘社、內北投社、麻少翁社、大浪泵社、答答悠社、奇武卒社、里族社、麻裡雞口社。<sup>5</sup>這些漢人村莊，大致分布在臺北市北半部，基本上可以看出，

<sup>3</sup> 柯志明，《番頭家—清代臺灣族群政治與熟番地權》（台北市：中央研究院社會學研究所，民國九十一年元月再版），附錄四，頁386-388。

<sup>4</sup> 陳漢光、賴永祥編，《北臺古輿圖集》（臺北市：臺北市文獻委員會，民國54年3月1日），〈乾隆中葉台灣輿圖〉，北部圖頁14。

<sup>5</sup> 六十七、范咸編，《重修台灣府志》（臺北市：成文出版社，民72年3月臺一版），冊一，卷二規制，坊里，頁213。



漢人開墾的走向，是由北向南的。

到了余文儀於乾隆25年（1750）至乾隆27年（1752）纂輯的《續修台灣府志》中，隨著漢人拓墾的腳步，屬於今日臺北市的漢人村莊又已增加不少。有周厝崙莊、萬盛庄、古亭莊、艋舺渡街、奇武卒、大浪泵庄、中崙庄、下埤頭庄、大加臘庄、上埤頭庄、興福庄、內埔仔庄、新庄子、嗒嗒悠庄、貓裏錫口庄、里族庄、內湖庄、南港仔庄、八芝蘭林庄、瓦笠庄、北投庄、奇里岸庄、干豆庄。<sup>6</sup>

根據以上資料，可見萬盛庄成庄的時間當在乾隆12年（1747）和乾隆27年（1762）之間。



圖二 清乾隆臺灣輿圖

資料來源：典藏於臺北故宮博物院圖書館

<sup>6</sup> 余文儀纂輯，《續修台灣府志》（臺北市：成文出版社，民72年3月臺一版），冊一，卷二規制，坊里，頁218、219。



## 四、地理形勢

萬盛庄位於今臺北市文山區，大約範圍在公館以南，羅斯福路五段、六段兩旁之地，北邊是拳頭母山（蟾蜍山）與寶藏巖所在之觀音山夾峙。而拳頭母山往東則山脈連綿。萬盛庄以北為林口庄，可見墾民當時來到這裡時，目睹的是一大片樹林及山巒。

在林口庄以南，山岳丘陵蜿蜒起伏，平地甚少。大體上，由北向南形成由低而高的重重山嶺。最北為公館之拳山（蟾蜍山），向東延伸至姆指山和南港山，其南自景美向東有景美山（溪子口山）、抱子腳山，至此東連土庫山系。再來是景美溪南岸，以二格山系為主；在青潭溪以南，有大崎頭山與直潭山；北勢溪南岸，有大桶山、呂奔山；烏來以南，山勢越高，大部份為一千多公尺的高山。大體上，由北向南形成由低而高的重重山嶺。大抵一進入文山地區，就有四面皆山的感覺，拳山的地名由來，有人認是因拳頭山（蟾蜍山）而得名，亦有人以為是因一眼望過去，群山連綿而以「群山」名之，其閩南音與「拳山」相近而得名。大致從拳山往南，愈南愈高。

新店溪流至溪子口附近，有景尾溪來會，從今日公館到新店店仔街的溪中有兩處大塊的溪洲，靠新店的一處叫頂溪洲，靠公館的一處叫下溪洲。在地圖上看，整個萬盛庄呈現瓶狀，上頭窄小，有拳頭母山和觀音山夾峙，左邊和下方是景美溪環繞，右上角為拳頭母山向東的山系，右下角則為景美山向東的山系。

墾民進入拳頭山範圍，一邊是山脈阻隔，一邊是溪水環繞，只有萬盛庄一帶是溪邊平原，土地適宜，遂在此農作定居。萬盛庄成為墾民進入拳頭山的橋頭堡。之後，或向南往新店、坪林，或向東沿景美山山稜線向木柵，或沿景美溪溯溪而上往深坑、石碇拓墾。總之，在整個拳頭山（文山）地區山脈連綿，愈往南、往東山勢愈高，增加了墾民開墾的困難，而且，越過景美溪之後，離生「番」界（約在北勢溪以南烏來忠治附近）越近，「番」害越頻繁，更大幅提高開墾的風險。



圖三 文山區圖

資料來源：大地地理別冊，《臺北老地圖散步》，附冊，今昔臺北，文山區圖。

## 五、萬盛庄開墾人

### (一) 最早來到萬盛庄的人

根據日人《深坑廳第二統計書》上的記載：「清康熙54年（1715），福建泉州人鄧宜生、高炘東二人至萬盛庄溪仔口，為漢人最早至景美（或文山堡）的紀錄。」<sup>7</sup>。根據《渤海高氏族譜》記載，高炘東，諱志朝，生於康熙癸丑（即康熙12年，1673年）。隨次子（培言）等往臺灣上淡水，卜居萬盛庄。<sup>8</sup>而鄧宜生在乾隆25年時也還是萬盛庄官佃。<sup>9</sup>唯據另一份資料顯示，目前所知最早來到萬盛庄的是廣東人廖順勉。根據《武威順勉系廖氏家譜》記載：

順勉公，順治14（丁酉，1657）年生。順勉公，妣何氏媽，生伯周公（約在西元1690年間）之後，攜眷自原籍，廣東省潮州府大埔縣坪顏鄉長教村，寓大灣北路淡水內港拳山保萬盛庄公館街，鴻開丕基。<sup>10</sup>

<sup>7</sup> 深坑廳總務課編，《深坑廳第二統計書》，〈管內狀況及沿革〉，第五，地方發達の概要，頁4-5。

<sup>8</sup> 高健仁編，《渤海高氏族譜》，（臺北市：編者自印，民56年），頁249。

<sup>9</sup> 〈乾隆二十五年合約〉，台北市文獻委員會藏，《瑠公圳沿革史附屬古文書》（稿本），頁16、17。

<sup>10</sup> 廖修廣編，《武威順勉系廖氏家譜》，頁9-10。此家譜為廖順勉後代所寫，其行政區依撰寫者當時之行政區劃，即拳山保萬盛庄公館街。

家譜中記載，廖順勉居住萬盛庄公館街時，擁有那一帶廣大的地基，含蟾蜍山。當時串單戶頭名為廖子德（廖順勉之子慨義之官名），年納官租谷五斗七合之記錄。<sup>11</sup>廖慨義出生於康熙32年（1693），出生後即被父母携來臺灣。他們家族有可能是萬盛庄最早的墾戶。

## （二）族群衝突

伊能嘉矩的《大日本地名辭書續編—臺灣》，其中對於文山堡的 述如下：

康熙末年，在森林北端，僅有林口庄建庄。雍正七年（1729），粵人墾首廖簡岳自淡水港溯新店溪而上，企圖開拓此地，而與秀朗社平埔族相衝突，一時共有百餘人遭殺害。後 方議和，漢人遂徐徐闢地，開圳成水田<sup>12</sup>。

上一段敘述呈現了開墾初期，不同族群衝突的面向。廖簡岳是確有其人，唯值得懷疑的是，如此百餘人遭殺害的大規模的族群衝突，在清廷官方記錄上居然未曾提及，令人百思不解。

此外，《臺北縣志》記載：「乾隆元年，泉州安溪人，復來（景美）闢地，與粵人爭，粵人悉去。」此段記載也顯示了開闢初期，閩粵爭地的衝突，但粵人並未全部離開，如廖簡岳在乾隆25年即仍在萬盛庄。<sup>13</sup>

## （三）最早的開墾人

《深坑廳第二統計書》又指出，乾隆元年（1736），吳東之子（吳東有五子：培章、培言、培孝、培津、培斐皆在臺<sup>14</sup>）高世用以墾戶身分向廖姓屯番購荒土開墾，為文山堡開墾之祖。乾隆二年（1737），羅松保向歸化番酋韓敬元給墾興福庄十五份，蘇傳祖拓殖挖仔庄...。乾隆六年（1741），萬盛、興福兩地方皆已開墾。<sup>15</sup>

對於《深坑廳第二統計書》的記載，不管是高吳東之子向廖姓屯番購荒土開墾，或是羅松保向歸化番酋韓敬元給墾興福庄十五份，由於缺乏資料佐証，只能存疑。但當時來到萬盛庄的墾民，應是透過向雷朗社原住民給墾，以取得土地，並無法購得。

而在《臺北縣志》上的記載：

公館：乾隆初年，安溪人陳玉壺開闢；頂公館：乾隆初，安溪許姓開闢。

挖內：乾隆間，安溪人開闢後他移；下溪洲：乾隆14年（己巳），同安浯洲人陳仲惠開闢；溪子口：乾隆初年，安溪金田鄉人王孟賈所闢；三塊厝：乾隆初，安溪積德鄉人林新起及周、陳二姓所闢；番婆厝：乾隆初，安溪積德鄉人

<sup>11</sup> 廖修廣編，《武威順勉系廖氏家譜》，頁17。

<sup>12</sup> 伊能嘉矩編，《大日本地名辭書續編—臺灣》（東京：富山房發行，明治42年12月），頁32。

<sup>13</sup> 〈乾隆二十五年合約〉，台北市文獻委員會藏，《瑠公圳沿革史附屬古文書》（稿本），頁16、17。

<sup>14</sup> 高挺深，《高氏族譜誌略》（臺北市：編者，民國41年出版）。頁67。

<sup>15</sup> 深坑廳總務課編，《深坑廳第二統計書》，〈管內狀況及沿革〉，第五，「地方發達の概要」，頁4-5。

林新起，與霧裡薛社山胞開闢。<sup>16</sup>

大致而言，在萬盛庄的北邊，公館、頂公館、挖內、下溪洲一帶，主要是以安溪人為主，且以陳姓為多。在萬盛庄的中部一帶，即今萬隆附近，也以安溪人為主，且以林姓為多。

在萬盛庄的西邊的溪子口地區，由於地當今新店溪與景美溪匯流之處，故名。其開闢事蹟如下：

乾隆初年，安溪積德鄉人高有禹、高志朝、高鍾涉、林嘉念、林嘉，與安溪歸善鄉人鄧士安等開闢<sup>17</sup>。

此地均為安溪人開闢，主要以高姓為主，林姓次之。

在萬盛庄的南方，也幾乎全為安溪高姓開闢。如高培皐、培炎二人開闢竹園內；高培圖開闢今景美捷運站附近；高培緣、高炅節開闢書房子。景美街一帶，則在乾隆中期，由安溪積德鄉人高炅顯與金田鄉人顏子富開闢<sup>18</sup>。

大體來看，萬盛庄在康熙末年即有漢人進入，而其開墾，大致完成於乾隆初年，且以開墾人的籍貫安溪人為主，至於姓氏分布則公館一帶陳姓為大姓，萬隆一帶林姓為大姓，溪子口與景尾街一帶則幾乎盡為高姓。

整個萬盛庄的開墾如果放在大臺北地區來看，大安庄與其有地緣關係，而大安庄以安溪人為主，而萬盛庄也以安溪人為主。再往東到木柵、深坑、石碇，再往南到新店、三峽，均是以安溪人為主，可見原先在福建安溪習慣多山的環境，來到台北後自然往南部山區發展，這與施添福所主張，「決定清代在臺漢人祖籍分布的基本因素是：移民原鄉的生活方式」不謀而合。

## 六、萬盛庄業戶與瑠公圳

墾民展開開墾事業時，最大的問題是灌溉，開墾的土地如果不能引水灌溉，土地就無法收穫。萬盛庄得天獨厚有兩條大圳經過，一條是霧裏薛圳，另一條是瑠公圳。霧裏薛圳是從木柵鯉魚山麓的霧裡薛溪石壩截流引水，通過埤腹，沿景美山腰開闢圳道，鑿穿石門，沿今日景後街到十五份（景美變電所附近），迴繞公館山麓至大安庄，然後再一分為九條中圳，灌溉大台北地區水田七百餘甲<sup>19</sup>。有關其開墾之人及開墾時間，資料上都不是很確定；和萬盛庄關係如何，也無資料可尋，姑且先置而不論。

萬盛庄在開墾初期，瑠公圳的開墾者郭錫瑠已於乾隆五年（1740）來到青潭口，破土鑿陂圳。後來克服種種困難，和大坪林五庄合作，在乾隆廿五年（1760）圳路穿

<sup>16</sup> 臺北縣文獻委員會編，《臺北縣志》，卷五，〈開闢志〉（板橋：臺北縣文獻委員會，民國49年），頁35。

<sup>17</sup> 《臺北縣志》，卷五，〈開闢志〉，頁35。

<sup>18</sup> 《臺北縣志》，卷五，〈開闢志〉，頁35。

<sup>19</sup> 詹璋，〈景美訪古〉，《歷史月刊》，第74期（民國93年3月1日），頁91。

過石腔。<sup>20</sup>

在瑠公圳要通過萬盛庄時，土地的取得成為必須解決的問題。乾隆25年（1750）郭錫瑠與拳頭母山萬盛庄業戶廖簡岳、鄧宜生等，雙方就有關開築大坪林埤圳，訂立合約，其原文如下：

合約人住拳頭母山（拳骨山）萬盛庄之廖簡岳、鄧宜生等，此次與居住大加臘撫來園朱厝崙之業戶（所謂業戶，乃指當時開墾主人）郭錫瑠就有關開築大坪林埤圳，訂立合約如下，應灌溉區域，為二庄之全部田園及應灌溉之處。所得持分達百十分，有關配水閘門上方之埤圳開墾方面所投資之各項費用，正如其他人所投資，應予均分償還。有關分水門下方處則由廖簡岳、鄧宜生等，與郭錫瑠專責共同進行開築，有關各項工程費則不拘其多少，概視其分水予出資，所著手之工程，其終點雖止霧裡薛溪仔邊，然延長至河對岸之諸項工程費，雖由郭錫瑠自行負擔而開始施工，無奈因資力關係，難於按預定所期予進行，延長至河對岸一事終於陷入不可能，而再度要求廖簡岳、鄧宜生等出資，至萬盛庄後之上崁各處完成圳路之築造工程，但有關合約人所有之田園地內，則無異議承諾由郭錫瑠開築一條直線埤圳至任意之外庄，絕不得拒絕，以便雙方之間之創立事業能盡速妥善完成，為使兩家彼此間之子子孫孫能絕對遵守本合約，於此為証實，合約各保存一份，並予切實履行。

但合約人岳等所有之田園，由於處在高處，若無法獲得自由灌溉之便時，得使用水車由本埤圳內抽水，不得加以拒絕，一併明記。

代書 李家元

立會 蕭月

立會 張元長

大加蚋業戶 郭錫瑠

乾隆貳拾伍年十二月 日 立合約人萬盛庄 廖簡岳 鄧宜生<sup>21</sup>

值得注意的是，萬盛庄這兩個業戶，廖簡岳是雍正七年（1729）率粵人來萬盛庄開墾的先鋒者，鄧宜生則是康熙54年（1715）足跡最早來到萬盛庄的人之一。兩人在萬盛庄應是經營已久，頗有財力。

合約內顯示，廖簡岳和鄧宜生原已出資開闢大坪林圳，但是因郭錫瑠在圳道通過霧裡薛溪（景美溪）時，（建造木規）所需工程費用龐大，於是再度要求廖簡岳、鄧宜生等出資，至萬盛庄後之上崁各處完成圳路之築造工程，由郭錫瑠取得圳道通過萬盛庄之權利，而廖、鄧兩業戶可以免費取得用水，甚至可以使用水車由本圳內抽水至自己田中。

到了乾隆32年，郭錫瑠之子郭元芬，因開圳財力不足，與居住萬盛庄之官佃高緣及佃戶32人簽訂共同開築埤圳的合約。<sup>22</sup>

<sup>20</sup> 〈全立公訂水路車路合約字〉（乾隆三十八年）。囑託山田伸吾，〈台北縣管內農家經濟調查復命書〉，第二卷。《臺灣總督府公文類纂》，明治三十二年，永久追加，第七卷，第十二門殖產，農業。

<sup>21</sup> 〈乾隆二十五年合約〉，台北市文獻委員會藏，《瑠公圳沿革史附屬古文書》（稿本），頁16、17。

<sup>22</sup> 〈乾隆三十二年埤圳合築之有關合約〉，台北市文獻委員會藏，《瑠公圳沿革史附屬古文書》（稿本），頁18。

道光9年（1829）12月，臺北平原的地權，逐漸轉入林本源手中，錫瑠之曾孫璋璣，乃將圳頂、圳寮、水橋、水路、規寮，及其他一切權益，以番銀四千二百元之代價讓渡給林益川（林本源家族）<sup>23</sup>。

到了同治11年（1873），林本源家族因萬盛庄佃戶久不繳納水租，再三催繳均無效果，憤而向官府申請發布諭告催繳，其未繳水費之佃農有：高派英、高華、王五合、王漢溪、張全、鄧海、蘇三奇、陳家飛、劉德源、劉燦郎、鄧宗慶、許惠、許德勝、高迪、王六、高五美、陳火、龍水、劉福、劉番、高栖、劉木、劉長生、高務、鄧萬生、高修、高陽、高玉柳、高甫、高庚、高才、高孫、林呆、林喜等<sup>24</sup>34人。

淡水總分府於是發布傳達告示於居住萬盛庄之各佃農每年應繳之新舊水租，應於傳達之同時即刻向業戶繳納，並取收據為証，確實遵守命令，若有不遵守官府命令即違反不繳之行為者，必加拘留，嚴辦不怠。<sup>25</sup>

萬盛庄未繳水租之34名佃農中，高姓占13人，為最多，劉姓占6人、鄧姓3人、王姓3人、陳姓2人、許姓2人、林姓2人，張姓1人、龍姓1人、蘇姓1人。從以上可知，在經過一百年拓墾之後，高姓已在萬盛庄占多數。其次為劉姓。根據劉氏族譜，乾隆15年（1750），安溪珊屏鄉人劉秉洲率領三個弟弟自福建泉州渡海來臺，自淡水河上溯，於景尾溪仔口登陸，到景尾十五份，之後並開枝散葉，向大坪林、景尾、木柵各地發展<sup>26</sup>。再來是鄧姓，應與鄧宜生家族有關，而陳姓、許姓、林姓等，這和萬盛庄各地早期開墾大姓是符合的。

對於萬盛庄34名佃農未繳水租之事，可見萬盛庄佃農和瑠公圳埤圳主的關係，自從瑠公圳頂給林本源家族之後已經有所變化，從當初建圳之初多次鼎力相助，到最後拒繳水租，其間一定有問題發生才會弄到需要官府介入。

大致而言，萬盛庄墾戶在成庄之後，即在積極尋求灌溉資源，於是主動出資協助在新店開圳的郭錫瑠，並規劃瑠公圳通過萬盛庄的埤圳用地，以取得埤圳水權，使得萬盛庄得以不必擔心灌溉用水，從而順利展開拓墾，這是個很重要的因素。

## 結論

文山堡最早有漢人足跡是廣東大埔人廖順勉，他於一六九〇年代來到萬盛庄公館街。回顧臺北地區的開墾史，最先官方發給的墾照，為康熙48年（1709）陳賴章開墾大佳臘的墾照。根據此一線索，康熙48年之前，應該就有不少漢人來到臺北地區了。他所開墾的土地應為界外私墾地，後來被官府收為拳頭山官庄地，至其子廖子德始有官方串單，至此土地已合法化了。廖順勉的例子，提供了我們去了解文山地區初墾者的一個具體樣貌。

<sup>23</sup> 〈瑠公圳讓渡合約〉（道光九年十二月），台北市文獻委員會藏，《瑠公圳沿革史附屬古文書》（稿本），頁52~54。

<sup>24</sup> 〈林本源向淡水總分府訴告佃農滯納水租請發給諭告案〉，台北市文獻委員會藏，《瑠公圳沿革史附屬古文書》（稿本），頁57、58。

<sup>25</sup> 〈林本源向淡水總分府訴告佃農滯納水租請發給諭告案〉，台北市文獻委員會藏，《瑠公圳沿革史附屬古文書》（稿本），頁59。

<sup>26</sup> 劉建輝編，《彭城堂劉氏族譜》（臺北市：劉氏族譜續修編纂委員會，民93年），頁890-891。



其次，從萬盛庄各地開墾者的籍貫顯示，絕大多數屬安溪人。拳頭母山內山脈連綿，這也印證了施添福指出，決定清代在臺漢人祖籍分布的基本因素是：移民原鄉的生活方式。安溪移民在原鄉居住於四處多山的環境，以植茶為生，來台後選擇同樣是多山的文山地區。

從萬盛庄開墾者的姓氏顯示，以高姓為最大宗，其他如劉姓、許姓、鄧姓也不少，可見開墾萬盛庄者以宗族或家族為主，在開墾人力和資金上可以相互支援。

最後，郭錫瑠和郭元芬父子，開墾了瑠公圳，對大臺北地區的灌溉有很大的貢獻。可是當初要是沒有萬盛庄業戶鄧宜生、廖簡岳、高培緣這些人，讓其圳道通過自己田地，並給予資金挹注，這條臺北地區最重要的圳道，可能已遭致失敗命運。

## 參考資料

1. 台灣史料集成編輯委員會編，《明清臺灣檔案彙編》，第貳輯，第12冊，（臺北市：中華文化復興運動總會、國立台灣大學圖書館、遠流出版事業股份有限公司，2006年8月30日）
2. 台灣史料集成編輯委員會編，《明清臺灣檔案彙編》，第貳輯，第20冊，（臺北市：中華文化復興運動總會等，2006年12月20日）
3. 臺灣銀行經濟研究室編，《清高宗實錄選輯》（上）（南投市：臺灣省文獻委員會，民86年6月30日）
4. 陳培桂，《淡水廳志》（南投市：臺灣省文獻委員會，民國82年6月）。
5. 伊能嘉矩編，《大日本地名辭書續編—臺灣》（東京：富山房發行，明治42年12月）
6. 陳漢光、賴永祥編，《北臺古輿圖集》（臺北市：臺北市文獻委員會，民國54年3月1日）
7. 六十七、范成編，《重修台灣府志》（臺北市：成文出版社，民72年3月臺一版）
8. 余文儀纂輯，《續修台灣府志》（臺北市：成文出版社，民72年3月臺一版）
9. 柯志明，《番頭家—清代臺灣族群政治與熟番地權》（臺北市：中央研究院社會學研究所，民國91年1月再版）
10. 臺北市文獻委員會藏，《瑠公圳沿革史附屬古文書》（稿本）
11. 臺北縣文獻委員會編，《臺北縣志》，卷五，〈開闢志〉（板橋：台北縣文獻委員會，民國49年）
12. 深坑廳總務課編，《深坑廳第二統計書》（深坑：深坑廳，明治40年3月）
13. 廖修廣編，《武威順勉系廖氏家譜》，（臺北：手抄影本，民71年）
14. 高焯深，《高氏族譜誌略》（臺北市：編者，民國41年出版）
15. 劉建輝編，《彭城堂劉氏族譜》（臺北市：劉氏族譜續修編纂委員會，民93年）
16. 溫振華、戴寶村著，《淡水河流域變遷史》（板橋市：臺北縣立文化中心，1998年2月）。



# 目標設定理論在籃球教學上之應用- 以籃下投籃為例

## Applying Goal Setting Theory into Basketball Teaching- A study of shooting near the basket.

吳本元<sup>1</sup>

王學中<sup>2</sup>

Pen-Yuan Wu

Hsueh-Chung Wang

<sup>1</sup>東南科技大學 體育室 副教授 office of physical education

<sup>2</sup>明志科技大學 體育室 助理教授 office of physical education

### 摘 要

目標設定理論已廣泛運用在體育教學及運動訓練領域，透過動機的引發與延續，足以影響學習者學習效果的展現。目標被視為一種誘因，它會引起動機、持續努力及增強行為，並將注意力和行動力投入整個學習歷程當中。本文在分析目標設定理論的內涵以及在籃球教學上之運用，以期提高籃球教學的實效性。

**關鍵詞：**目標設定、籃球教學

### ABSTRACT

The Goal setting theory has been widely used in the field of physical education and sports training, through the initiation and continuation of motivation, learning enough to affect the learner's show. Target is considered an incentive, it will lead to motivation, sustained effort and enhanced behavior and focus attention and action to force them into the whole learning process. This paper analyzes the meaning of goal setting theory and the teaching of the use of basketball, with a view to improving the effectiveness of teaching basketball.

**Keywords :** Goal setting 、Basketball teaching

## 壹、前言

體育課程是學校教育重要的一環，籃球則為體育課程中主要內容之一，籃球運動是一項綜合性的對抗運動，由跑、跳、投等基本動作組成進攻與防守的對抗，具有競爭性和趣味性的雙重特點，是集合體力、技術、戰術、智慧等聚合為一體的運動項目，深受廣大學生的喜愛。身為體育教師，期待能不斷的自我改進教學方式及提升學生學習表現。而動機是以一種隱藏在個體內部的一種力量，教師必須透過一些策略將其引發出來，藉此增進學生學習成效。在教學歷程中，引起學生的學習動機乃是正式教學活動的開始，如此一來才能使教學活動順利展開(林寶山，1990)。目標設定是一種可以改變並促進動機的有效方法(McClements & Botterill,1980；Locke,Shaw,Saari,& Latham,1981)尤其是學習動作技能初步階段之學生碰到學習瓶頸而無法進步時，可藉助「目標設定」來改善現況，因為目標提供了自我指引方向及自我調整的作用，同時也給與表現評量的功能。因此，目標被視為一種誘因，它會引起動機、持續努力及增強行為，並將注意力和行動力投入整個學習歷程當中(周文祥，1995；張宏明，2001)。被引發動機的學生會積極、並有高度熱忱去接受一項學習課題的挑戰，不被引發動機的學生，則會花更多的時間來規避這項課題。體育教學屬於技能學習，學習過程尤重練習，因此教師宜佈署一種足以讓學生自由練習的情境，鼓勵學生於課後，相約同伴一起練習，不僅可以拓展人際關係，增強體適能，排除壓力，增進身心健康，也是一種適當的休閒方式(曾雙郎、李宜芬，2002)。籃球運動是國人最喜愛的運動項目之一，也廣泛的風行於校園之中，更是體育教師對一般科系學生舉行體育測驗時，最常採用的測驗項目，尤其是籃下投籃，對於初學者而言，技術性較能被受試者所控制，且不易受到心理或生理性因素所影響。現今有關目標設定以籃球為施測項目的研究並不多，所以研究者認為有其研究的必要性。因此，如何促進學生學習動機和提升其籃球動作技能表現的方法，使得學生能夠自動自發的學習，是本研究的主要目的。

## 貳、目標設定的功能

自從 Locke(1968)提出目標設定(goal setting)理論後，陸續在組織與工業心理學實證研究上，驗證了目標設定有助於增進工作效率及工業生產力的評價，如今更是廣泛的被運用在運動領域中。Locke 與 Latham(1990)認為有意識目標和意圖主宰人們的行動，目標所代表的是一個人想要完成的東西，某一種行動的宗旨或目的。此外在目標設定的過程中，目標不但會引導個人將其注意力集中到所要做的事務上，對於完成該事務所需的技巧或重要元素，個人必定不遺餘力去發掘(王耀德、盧俊宏，2004)。目標設定可以引起學習者的動機，增加努力的程度，亦可維持學習與訓練的效果。過去工商企業的實證研究顯示，透過正確而適當的目標設定，可以增進16%的工作表現(Locke等,1981)。許泰彰(1999)、Burton 與 Weiss(2008)蒐集目標設定理論相關文獻，進行分析後發現有70~80%的文獻結果顯示，目標設定對提升運動表現有相當程度的效果。Weinberg,Bruya,與 Jackson(1990)提出目標設定的四點功能來提升運動表現：一、能專注在重要的任務上。二、投入更多的努力。三、增加達到目標的持續力。四、促進學習新策略。目標為何會影響工作表現，主要有四個機轉影響了個體的認知與動機，進而提昇工作表現(Locke 等,1981;Locke & Latham,1985)。目標設定的四個機轉如下所述：

- 一、目標會導引個體的注意力與行動目標對於注意力與行動的影響，主要有二方面：一是目標會使個體朝向與目標有關的活動上；二是在追求目標過程中，會促使個體收集與工作有關的知識與技能。
- 二、目標會調整個體的努力程度與能量個體對於目標的努力程度，可以由身體的努力、工作率或是表現率、主觀的努力率與生理的喚醒指標等方向上了解到目標對於個體努力的程度。
- 三、目標會增進個體的持續力，而持續力是指經過一段時間來維持努力。明確而困難的目標會使個體維持較長的努力。
- 四、目標會促使個體尋找最適當的工作策略，當個體發現或預期到無法完成目標時，他們會尋找一些較好的方法或策略來執行工作。

由上述可知，目標會調整個體的努力程度，目標也會促使個體在工作上持續他們的行動，直至目標達到為止，目標也會藉由導引個體的注意力與行動，使心力集中在與目標有關的活動上，而上述的機轉會促使個體發展出最能夠提昇工作表現的策略(周文祥，1993)。

## 參、目標設定的原則

國內學者曾雙郎、李宜芬(2002)指出整體性目標設定在體育教學上運用之原則須注意如下：

- 一、目標設定宜明確且具體，最好可以實際驗證。
- 二、掌握學生個別差異與平均性的程度，以了解教學起點情形，並設定適宜的目標。
- 三、自小目標至大目標形成系統化的設定。
- 四、儘早公布所設定的目標，尤其如有成績參照常模，更需要公布給學生知道。
- 五、設計多次機會的評量，以鼓勵學生追求更好的表現。
- 六、務必詳加記錄每一次表現，作為學習努力的參考。

具體的目標設定不僅可以引發學生的學習動機，滿足其對成就慾望的需求，造就其自我導向式的學習，對於學習目標的達成有相當的助益。教師在設定目標時，可以參考以下的 S.M.A.R.T.原則，將有助於學生達成學習的目標(高子梅，2005)：

- 一、具體明確(Specific)：必須具體被明確的制訂，才足以影響行為。即目標的範圍是明確的，而不是寬泛的。舉例來說，學生不要泛泛地說自己要「學好籃下投籃技術」，而是要明確設定範圍，自己在學習時，必須設定在多少時間的訓練下投進球數需進步到幾球，這些都要有一個明確的標準。
- 二、可以衡量(Measurable)：可以拿來衡量目標，目標不能只是停留在思想上的口號或空話。制定目標是為了取得進步，必須把抽象的、無法實施的、不可衡量的大目標簡化成實際的、可衡量的明確目標。一個可衡量的目標應該可以很容易地回答如下問題：如何確認該目標已完成？如何知道自己取得了進步？進步的程度是多少？例如：籃下投籃的進球數。

- 三、可以實現(Achievable)：目標必須很實際，可以實現，可以被受試者所接受。目標應當是可實現的，而不是理想化的。雖然我們都傾向於選擇有挑戰性的、能鼓舞自己士氣的目標，但是，如果目標無法實現完成，那麼，它不但沒有指導意義，還會形成反作用。因此，驗證一個目標是否可實現的方法是：問問自己能否實現該目標？自己是否有足夠的資源、技能和知識？是否需要他人的幫助？Locke 認為目標的設定必須是明確且具有困難度，最好是以不超越前10%受試者能夠達到的程度(許泰彰, 1999)。例如：在籃下投籃教學課程的動作講解後，進行籃下投籃測驗，以學生投籃成績之前10%進球數做為共同努力的設定目標。
- 四、成果導向(Result-oriented)：必須和具體成果有關。目標應該基於結果而非基於行動或過程。很多人習慣於把「行動」與「結果」混淆，例如，為了達到籃下投籃的教學目標，「行動」是「籃下投籃進球數增加」，而「結果」是「4週後籃下投籃進球數增加10顆」——顯然真正的目標應該是後者而非前者。如果經常陷入「是否已經達到目標」的困惑，這個目標就一定不是沒有選擇好。
- 五、有明確的時間表(Time-specific)：必須有時間上的限制，才能夠隨著時間的進展去追蹤它們的執行程度。目標應當有時間限制。時效性的要求可以讓你明確這個目標是短期、中期還是長期的目標。有些目標在「可實現」方面看起來似乎有問題，但只要改變其時間限制，該目標就會變得非常現實。例如，「1天內籃下投籃進球數增加10顆」在短期內可能無法實現，但「1個月內籃下投籃進球數增加10顆」可能就是一個容易實現的目標了。制定有時間限制的目標時，不妨問問自己：「為了完成目標，每隔多長時間就需要評估一次進度？」制定具體目標時，必須了解自己的實際能力。國內學者吳燕妮(2011)亦提醒目標設定時除了考慮上述各項因素外，亦應避免以下情事之發生：企圖一下子就給予太多目標、沒有針對運動的特殊性、設定較為籠統的目標、沒有修正不切實際的目標、沒有設定實施步驟和表現目標、沒有創造一個支持達成目標的環境等(Gould,2010)。由此可知，具體明確且具有挑戰性的目標較為可行，而過多與不切實際的目標則無法達成目標設定的功效。

## 肆、目標設定在籃球教學上之應用

國內學者周文祥(1993)認為在使用目標設定以提昇運動或教學表現時，必須要考慮下列五點因素：

### 一、設定明確具有挑戰性（難度）並可測量的目標。

目標設定理論認為明確且困難的目標，相較於簡單目標、無目標或模糊目標會有較好的工作表現(Locke & Latham,1985)。通常在技能學習或教學的過程中，老師會要求學生盡力而為，但以目標設定的觀點，盡力而為屬於模糊目標，到底需要學生盡力到何種程度！所有的行為和努力在目標設定和實踐的過程中應該均可測量的出來，以便作為評量的依據。所以教師在教學的過程中應該設定清楚且明確的行為目標，例如1分鐘籃下投籃需達30次等清楚明確的目標。同時在設定目標時要有參照的常模。通常目標設定若具有困難度，學生的成績會較好，但目標若定的太難或不切實際，會使學生在自我能力與目標認知上產生差距，因而減少努力的程度，甚至放棄目

標，目標難度與工作表現的關係如圖1。Locke 認為目標的設定必須是明確且具有困難度，最好是以不超過前10%受試者能夠達到的程度(許泰彰，1999)。

當然行為表現與受試者本身的動機有關，成就動機高者，會將目標設定在較困難的水準並盡力完成，成就動機低者會設定較低而易達成的目標。

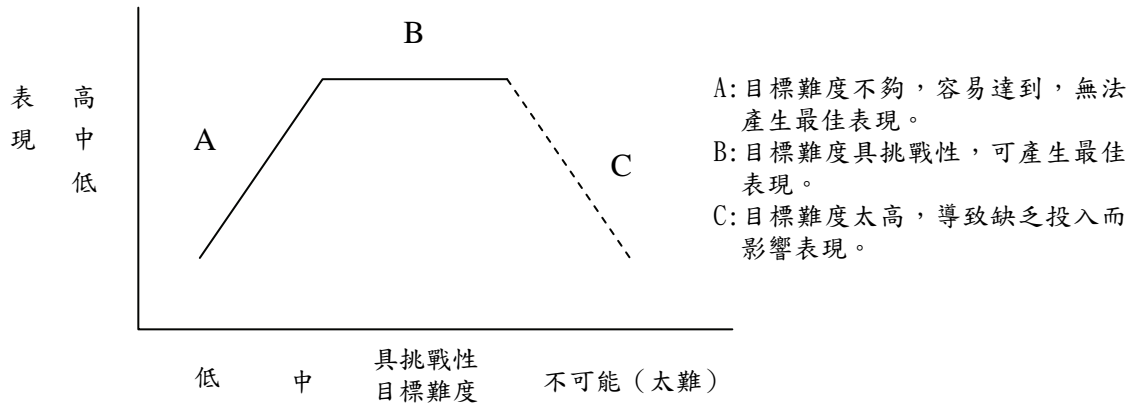


圖1 目標難度與工作表現關係圖（摘自 Locke & Latham, 1984, 頁22）

## 二、設定動作表現目標代替結果目標

所謂動作表現目標是指某一明確行為，而結果目標通常是指贏得球賽或擊敗對手而言 (Martens,1987)。動作表現目標如籃球罰球進球率達到80%、一分鐘籃下投籃進球數30顆，而結果目標則是贏得球賽或是擊敗對手等。Weinberg(1988)提出設定動作表現目標具有三點益處：（一）可使個體對自己的目標負責；（二）維持高度自我信心和技能水準；（三）可增加自我控制與專注於表現目標。設定表現目標會讓個體較不會擔心輸贏的問題，因此較能維持穩定的表現水準及享受比賽樂趣，同時 Weinberg 更認為成功應是超越自己的目標而不僅僅是擊敗對手而已。再者比賽結果是由許多因素所影響，如場地設備的條件、天候、比賽的水準、對手的能力、裁判、教練與隊友等。所以如果忽略了上述的影響因素，只注意輸贏的結果，那是不切實際的作法。

## 三、提供適當的回饋與評估

回饋一詞依照張春興（1989）的定義為個體反應後對反應後果了解，從而修正後續反應以增進反應效果的歷程。而 Schmidt(1991)則將訊息分類成與動作有關的訊息和與動作無關訊息，而回饋則是與動作有關的任何訊息。回饋又可分成內在回饋和外在回饋，內在回饋是指個體本身的知覺回饋系統，而外在回饋是指與動作本身的特徵或動作的結果，以及動作結果與目標的關係等訊息。一般的教學或訓練除了個體本身的內在知覺回饋外，外在回饋的提供亦可幫助學生或選手更了解自己目前的狀況及如何改正錯誤。而外在回饋的給予大都是以獲悉結果 (knowledge of result, 簡稱 KR) 的形式呈現。Magill(1989)認為 KR 是：「在一個反應完成或產生結果後，提供有關反應結果與表現特徵的訊息給個體」。回饋提供了導引與引起表現的功能，當個體經由回饋得知自己的進度或表現落後於目標，那麼他們會增加努力的程度以便達到目標，如果經由回饋的訊息得知自己的進度或表現比目標超前，那麼則會使個體維持努力的水準，同時經由回饋的提供更會促使個體發展一系列的策略，以達成所設定的目標。

Locke & Latham(1990)即認為回饋在目標設定過程中扮演著關鍵的角色，如果沒有內在和外在的回饋，評量將變得不可能。由此可知目標和回饋的提供對於增進表現是必要的，二者對於教學和訓練提供了較清楚的處方，所以不僅要有明確困難的目標，而且要有回饋的提供以便了解表現和目標的關係。

由上述可知在教學或訓練時，除了須設定明確而困難的目標外，更要透過回饋的提供讓學生了解目前表現與目標間的差異，若經由回饋得知自己的表現比所定的目標差，那麼學生會增加努力的程度和練習的次數，如果表現比目標好那麼學生會維持努力的程度或是訂定更高的目標。

#### 四、設定短期漸進式的目標與長期目標

目標導向是一個人努力的方向與準則，在體育教學或運動訓練時，都需設定明確具體可行的目標，以增進教學效果與訓練品質，但有時長期性的目標往往過於困難，而使得學生或選手怯步，甚至產生挫折感，所以如何設定短期接近式的目標，以幫助學生或選手在努力的過程中，不會產生倦怠感或失去信心的情形，是相當值得研究的課題。如 Bandura(1982)的研究中即指出短期或接近式的目標在增進表現上扮演著重要的角色，因為它提供了立即的誘因與回饋。另外，Weinberg, Bruya, Longina 與 Jackson(1988)等人的研究中亦指出子目標的達到，增進了受試者的能力感與信心，進而朝向長期目標前進。雖然在實際的研究論文中，並未一致支持設定短期接近式目標，加上長期目標的運動表現會比單獨的短期目標或長期目標好。但不能因此而忽略了短期目標對於長期目標的影響，因為唯有經由短期目標的達到有較多的機會完成長期目標。如 Weinberg 等(1991)的研究中即指出當社會比較與競爭的因素被有效控制後，短期目標與長期目標的合併運用，會比單獨的短期目標與長期目標產生較好的表現。Martens(1987)也指出短期目標較有效率是因為較能引起與提供立即行動的方向。除此之外，短期目標提供一種回饋的功能，藉此個體可以了解到是否朝著長期目標前進，同時短期目標也提供了增強的作用，因為個體可以在動作表現上看到立即的進展(Weinberg,1988)。

#### 五、設定個人目標與團隊目標

團隊目標大都傾向於模糊、責任無法釐清，同時也是一種結果目標，而這些因素通常不全然能由團隊或個人所能控制。大體而言，團隊目標的設定須繫於個人目標的基礎上，例如教練要籃球隊須於下一季比賽中達到五成的投籃命中率，這種團隊的目標實際上是毫無意義，因為若團隊每一成員沒有在投籃命中率上達到一個確實可行的目標，根本無法達到團隊目標。Brawley, Carron, 與 Widmeyer(1992)對大學校隊與社區運動代表隊的研究中指出，團隊目標的設定都偏向於一般性而非明確性，而且是結果目標的比率多過於過程目標。Bump(1989)亦提出三點理由說明為何個人目標較優於團隊目標：(一)大多數的團體目標都傾向於長期性的本質；(二)團隊目標多半是結果導向；(三)團隊目標缺乏明確的行為可依循。雖然團隊目標的設定可以幫助成員更有效率的在一起工作，但必須伴隨著確實可行的個人目標，因為透過個人目標的設定才能維持個體的責任，同時也使個人目標能在自己掌握中。

相信在運動訓練與體育教學上，多數的教練與教師都會認同動機的引起與持續是影響學習效果相當重要的因素，而目標設定就是一種簡單而又實用的技術，適當的應用可以引起學習者的動機，增加努力的程度，也可以維持學習與訓練的效果。

筆者依據上述目標設定考量之因素運用在籃球教學的活動設計：以籃下投籃為例：

#### (一)課程設計理念

- 1.採用目標設定方式，增加學習者學習動機與意願，進而提升籃下投籃運動技能。
- 2.運用短期漸進式目標設定，每週逐步增加籃下進球數，透過與學習者之學習回饋，增進學習效能。

#### (二)檢測方式

本活動設計採用「籃球籃下 30 秒投籃」作為動作表現的測驗工具，並以籃球籃下 30 秒連續投籃進球的次數作為動作表現的成績。就是在實施教學之前，先告訴學習者在一段練習時間之後，需要達到某一學習目標，而且此一目標必須是明確且具體的目標；在四週的練習過程中，於每週課程結束之前皆實施籃球籃下 30 秒連續投籃測驗，使學生瞭解自我的練習狀況，並且四週的練習內容及過程皆需詳實記錄，以提供學生學習參考。

本教學設計中所指的明確目標為短期漸進式目標，是指「在四週的籃球籃下 30 秒連續投籃的練習過程中，老師將依各位同學的程度，每週訂定一個達成的學習目標，第一週為籃下 30 秒連續投籃進 9 球，第二週為 11 球，第三週為 13 球，第四週為 15 球，並且在每一週課程練習之前才告知當週的學習目標。

#### (三)擬定目標難度

Locke & Latham(1984)認為有效的目標設定，至少需包括七個步驟：1.需界定所要完成之工作的一般目標及本質；也就是描述工作過程與結果。2.需說明如何來評量工作表現。3.需確定完成工作所需的時間，並定出底限。4.需以量化訂定所要達成的目標或標準，且盡可能讓目標具有挑戰性，亦就是困難但是可以完成。5.若是有多重目標的話，可將依其重要性及優先順序加以排列。6.如果有必要的話，可以量化方式來評估每個目標的重要性及難度，在評量整體表現時，可將各個目標的重要性、難度及達成的程度相乘，並將各結果加總。7.需做好達成目標所需的協調工作。

本教學設計所擬定之目標難度設定方法，採用隨機抽出的50名男同學在預試中實施籃球籃下30秒連續投籃，其目的在找出短期目標及長期目標的設定值，由受試學生中發現，在30秒籃下連續投籃的過程中，有60%的男同學能在30秒內投進 9 球，而有10% 的男同學能在30秒內投進15球，所以為了避免目標設定難度過高，而影響了同學，致使同學失去了練習的意願，因此將第一週的目標設定為較多同學且較易達成的短期目標“9球”，而 Locke(1991) 的研究曾指出設定明確而且具有困難度的目標，最好是以不超過10% 的受試者能達到的目標較為合宜，所以本教學設計以預試時，僅有10%的同學能達到的15球設定為長期目標。

#### (四)回饋與評估

目標設定是動機的一種型態，它提供了對個體自我指引及自我修正的作用，也給與表現評量的功用。所以，目標被視為是一種誘因，它會引起動機、持續力及增



強行為，並讓行動與注意力投入整個學習過程當中。Locke 與 Latham(1990) 則認為目標屬性、個人因素及情境因素會產生交互影響，而產生四種影響個體表現的中介因素，也就是個體對於目標或工作努力的程度、持續力、注意力與工作策略的發展。又認為個體經由回饋知道本身的實際表現後，會產生認知性的評量(目標實際與否)、價值性評量(重不重要)與情緒反應(喜不喜歡)。經由上述論點可發現運動表現直接受目標屬性、個人因素與情境因素的影響，三種因素的交互作用，則影響了個體對目標的努力程度、持續力、注意力及對工作策略的發展，進而影響到個體的表現，而運動表現與表現結果的因素影響了個體的滿意度，滿意度又會和個體本身的自我效能及個體對目標承諾的程度，發生交互影響，進而調整未來的目標或行動。

本教學設計詳實記錄每次籃下投籃成績，透過問答與學習日誌等方式獲得學生實質學習回饋，進行目標設定值的修正，並可考量加入學習者成就動機量表及讓學生參予設定或自設目標方式，增加學習動機，進而增進籃下投籃動作技能。

## 伍、結論與建議

### 一、結論：

目標設定在體育教學與運動訓練上多數教師與教練都會同意動機的引發與展延，是影響學習成效重要的一環，而目標設定即是一種簡單而實用的技術，透過適當的設計與應用，可以引發學生的動機，提升努力的程度，進而維持學習的效果。筆者深信，目標設定運用在體育教學方面，必然有助於學習動機的提升及體育教學學習目標的達成。

### 二、建議：

#### (一)結果應用：

- 1.將相關的目標設定運用在籃球罰球技能與運球上籃等項目，以增進教學成效。
- 2.相關理論運用於其他運動項目，如桌球與羽球項目等，以驗證其成效。

#### (二)後續研究方向：

- 1.增設攝影機，使學生更能看清楚動作的正確性，透過進一步的學習回饋，讓學生進行目標設定的修正，進而增加學習動機達到增進籃下投籃技巧技能。
- 2.考量目標設定對動作技能執行的困難度，重新規劃整體實驗設計的驗證時間之長短。
- 3.依據目標理論，增加研究變相，如成就動機的高低或是目標設定的方式，來探討對於運動表現的影響差異。

## 引用文獻

- 王耀德、盧俊宏 (2004)。不是炒冷飯！而是要進一步挑戰：再談運動領域中目標設定理論。大專體育雙月刊，70，130~135。
- 吳燕妮(2011)。目標設定在跆拳道專項訓練之應用。大專體育，114，54-60。
- 周文祥(1993)。目標設定的理論與應用。中華體育，6(4)，18-25。
- 周文祥(1995)。目標設定在運動領域中研究上的一些問題與觀點。中華體育，8(4)，23-32。
- 林寶山(1990)。教學論-理論與方法。臺北：五南圖書出版公司。
- 高子梅(譯)(2005)。總體績效積分卡。臺北：臉譜出版社。(Hubert,K.Rampersad,)
- 張宏明(2001)。目標來源與目標難度對大專學生投籃表現及內在動機的影響。體育學報，30，333-342。
- 張春興。(1989)。張氏心理學辭典。台北。東華書局。
- 許泰彰(1999)。目標設定理論在運動領域中的應用及其效果之探討。大專體育，45，125-131。
- 曾雙郎、李宜芬(2002)。目標管理與體育教學。中華體育，16(4)，102-109。
- Bandura, A. (1982). Self-Efficacy Mechanism in Human Agency. American Psychologist, 37,(2),122-147.
- Brawley, L., Carron, A., & Widmeyer, W. (1992). The nature of group goals in team sports: A phenomenological analysis. The Sport Psychologist, 6, 323-333.
- Bump, L. (1989). Sport Psychology Study Guide (and Workbook), Champaign, IL: Human Kinetics.
- Burton, D., & Weiss, C. (2008). The fundamental goal concept: The path to process and performance success. In T. Horn (Ed.). Advances in sport psychology (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gould, D. (2010). Goal setting for peak performance, In J.M. Williams (Eds.), Applied Sport Psychology. New York: McGraw-Hill. Written by Greg Reznich, Petersen Performance Lab coach, USAT Level II.
- Locke, E. A., Shaw, K. N., Saari, L. M., & Latham, G. P. (1981). Goal setting and task performance. Psychological Bulletin, 19,125-152.
- Locke,E.A.(1968).Toward a theory of task motivation and incentives. Organizational Behavior and Human Performance, 3,157-189.
- Locke, E. A.,& Latham, G. P.(1984).Goal Setting, A Motivational Technique That Works!.Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Locke, E.A., & Latham, G.P.(1985).The application of goal setting to sports. Journal of Sport Psychology,7,205-222.
- Locke, E.A., & Latham, G.P. (1990). A theory of goal setting and task performance. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- Locke,E.A.(1991). Problems with goal-setting research in sport and their solutions. Journal of Sport & Exercise Psychology,13,311-316.
- Magill, R. A. (1989) Motor learning: Concepts and applications (3 rd Edition). Dubuque, Iowa : Wm. C. Brown
- Martens,R.(1987). Coaches guide to sport psychology. Champaign, IL: Leisure Press.
- McClement, J.D, & Botterill, C. (1980). Goal setting and Performance. In R.N.Suinn(Ed.), Psychology in Sport:Methods and Applications. Minnesota: Burgess Publishing Company.
- Schmidt, R. A. (1991) . Motor learning and performance : From principles to practice. Champaign, IL : Human Kinetics.
- Weinberg, R. S. (1988). The mental advantage: Developing your psychological skills in tennis. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Weinberg,R., Bruya,L., Longino,J.,& Jackson,A.(1988). Effect of goal proximity and specificity on endurance performance of primary-grade children. Journal of Sport & Exercise Psychology, 10,81-91.
- Weinberg, R.S.,Bruya, L.D., Jackson, A.(1990). Goal setting and competition: A reaction to Hall and Byrne. Journal of Sport & Exercise Psychology,12,92-97.
- Weinberg,R., Tenenbaum,G, Pinchas,S., Elbaz.G,& Bar-Eli,M.(1991). Effect of goal proximity and goal specificity on muscular endurance performance: A replication and extension. Journal of Sport and Exercise Psychology,13,174,187.

# 優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術探討

## The Study of the Three-Staged Combined Techniques Employed By The Excellent Female Table Tennis Players

沈啟賓<sup>1</sup> 陳金海<sup>2\*</sup> 張富貴<sup>3</sup> 侯淑玲<sup>4</sup> 郭明珍<sup>5</sup>

Te-Peng Hsien King-Hai Chen FUH-GUEY CHANG Shu-Ling Hou Ming-Cheng Kuo

1台北市立體育學院運動教育所研究生 2長榮大學運動休閒系教授 3文化大學體育系講師

4長榮女中體育組教師 5東南科技大學體育室助理教授

\*通訊作者：陳金海 mail:king@mail.cjcu.edu.tw

### 摘要

本研究目的在探討優秀女子桌球選手比賽的三段綜合技術表現情形，以及探討桌球三段綜合技術對成績表現的預測效果，並比較我國與各國優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術的差異性。本研究以各國參加亞運會桌球比賽的13位優秀女子選手為研究對象，蒐集其參加亞運會期間的桌球比賽為研究範圍，以桌球三段技術分析表為研究工具，使用觀察法將所得資料以桌球三段技術評估法、逐步多元迴歸分析法、獨立樣本 t 檢定來進行分析。根據研究結果獲得以下結論：一、優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術的表現，在得分率方面以發球搶攻段為最高，其次依序為相持球段及接發球搶攻段；在使用率方面以發球搶攻段與接發球搶攻段為最多，其次為相持球段。二、桌球三段綜合技術中最能預測優秀女子桌球選手成績表現的是發球搶攻段得分率、相持球段得分率、接發球搶攻段得分率。三、我國與各國優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術的差異性，只有在相持段得分率上顯著差異（各國優秀女子桌球選手 > 我國優秀女子桌球選手），其他三段綜合技術則無顯著差異。

**關鍵詞：**優秀桌球選手、桌球比賽、三段技術

### Abstract

The purpose of this research is aimed to study the three-staged techniques usage status and to study the performance predictions by employing the three-staged techniques, and to compare the differences between our players and the excellent plays of other countries. The research targets are 13 excellent female table tennis players in the Asian Game. The research

scope includes those games they attended. The research tool is the three-staged techniques analysis chart and based on the observation method, the data collected are analyzed to authenticate the research assumption by three-part skill analysis in table tennis、stepwise regression、independent t test. The findings are as follows: 1. As for the performance of using the three-staged techniques for the excellent female players, the scoring rate for the stage in serving the ball to attack is the highest, followed by the standoff stage and the stage in receiving the serve to attack; the usage rates for the stage in serving the ball to attack and the stage in receiving the serve to attack are highest, with the standoff stage secondly. 2. The best methods to predict the players' performance are the scoring rate for the stage in serving the ball to attack, the scoring rate for the standoff stage, the scoring rate for the stage in receiving the serve to attack. 3. As for the difference between our players and the players of other countries in using the three-staged combined techniques, there is only significance in the scoring rate for the standoff stage (the excellent players of other countries > our excellent players); no obvious difference for other stages was noted.

**Keywords** : excellent table tennis players, table tennis games, three-staged techniques

## 壹、緒論

### 一、研究背景與動機

一個完整的運動訓練過程，應該包括運動員起始狀態的診斷、訓練目標的建立、訓練計劃的制訂、訓練活動的實施、訓練過程中的檢查評定以及訓練目標的實現等六個基本環節。而當運動訓練過程的控制者對檢查評定的結果不滿意時，還需提出調節期望，發出修正指令，並回饋給相應的環節，使運動訓練過程的進行更加接近理想的狀態，直到通過檢查評定得到令人滿意的結果，最終導致訓練目標的實現(田麥久,1988)。

而運動訓練的基本任務是充分地挖掘運動員的競技能力，最大限度地提高其競技能力。任何一個訓練過程開始時，作為運動員訓練的主體，也是訓練活動對象的運動員的競技能力，總是已經處於某一特定的狀態之中，而通過我們所組織的運動訓練過程，使運動員的競技能力發展到另一個新的水準，即實現競技能力狀態的轉移。為了實現這一目標，就必須正確地分析運動訓練過程的基本結構，必須深刻地認識運動訓練過程的基本特性(沈啟賓，1996)。

國內外學者專家常利用不同方法來分析桌球比賽技術表現且已行之多年，而其中三段技術評估法是最主要一種方式。三段技術分析法最早是由中國大陸學者吳煥群與李振彪於1990年發表，而張曉蓬於2004年加以改進。其將桌球二十四項技術分為發球搶攻段、接發球搶攻段、相持球段三段技術進行橫向和縱向探討以找出彼此差距為訓練找出方向和重點。

國內外相關研究者如孔祥智與張曉蓬(2001)；朱昌勇(1995)；余方亮、溫陽與殷俊(2009)；洪祺博(2008)；袁玉峰(2008)；張曉蓬(2004)；郭可雷、徐本力、龔健與張衛軍(2007)；郭明珍(2009)；黃振華(2009)；黃淑燕(2004)；顏光男(2008)等均相繼運用三段技術分析選手的比賽技術，可見三段技術對於桌球比賽技術分析之重要性，因此本研究利用桌球三段技術分析法來評估分析選手技術表現。

## 二、研究目的

根據上述的研究背景與動機，本研究之目的有：

- (一)探討桌球三段技術對2010年亞運會優秀女子桌球選手比賽成績表現的預測效果。
- (二)比較我國與各國優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術的差異性

## 三、研究範圍與限制

本研究以參加2010年亞運之13名各國優秀女子桌球選手為研究對象，以其比賽所蒐集到的9場賽程18筆資料，記錄每場單打比賽選手三段攻防技術得、失分表現為本研究範圍。本研究所有比賽資料皆於比賽後觀看錄影分析取得，無法將分析取得結果對教練或選手做即時回饋，而受限於比賽地點皆在國外舉行，所分析資料是購自桌球專業店或錄自衛視體育台實況轉播，而其中因為節目主持人講解、慢動作重播或廣告等因素，無法全程錄得比賽內容，所以僅以蒐集完整之比賽資料做為分析研究。

## 四、名詞操作性定義

### (一)女子桌球選手：

本研究中所指的女子桌球選手是指參加2010年亞運之各國優秀桌球選手，包括：李曉霞(中國)、郭炎(中國)、郭躍(中國)、黃怡樺(中華台北)、熊乃怡(中華台北)、鄭怡靜(中華台北)、平野早矢香(日本)、石川佳純(日本)、福原愛(日本)、王越古(新加坡)、李佳薇(新加坡)、馮天薇(新加坡)、卞美英(韓國)等13名，做為本研究探討對象。

### (二)三段技術：

三段技術分析法最早是由中國大陸學者吳煥群與李振彪於1990年發表，將桌球比賽中的各項技術分為發球搶攻段、接發球搶攻段和相持球段三段。本研究三段技術變項包括，發球搶攻段得分率、接發球搶攻段得分率、相持球段得分率、發球搶攻段使用率、接發球搶攻段使用率、相持球段使用率等六種。

### (三)得分率：

本研究中所指的桌球比賽得分率=某段得分÷(某段得分+某段失分)×100%。

### (四)使用率：

本研究中所指的桌球比賽使用率=(某段得分+某段失分)÷(全局得分+全局失分)×100%。

### (五)成績表現：

本研究中所指的成績表現以每場比賽的勝率為成績表現依據。每場比賽的勝率=得分÷(得分+失分)×100%。

## 貳、研究方法

### 一、研究對象

本研究以參加2010年亞運會的13名各國優秀女子桌球選手(李曉霞、郭炎、郭躍、黃怡樺、熊乃怡、鄭怡靜、平野早矢香、石川佳純、福原愛、王越古、李佳薇、馮天薇、卞美英)為研究對象。

### 二、研究工具

本研究工具包括光碟片、放影機、電視、個人電腦及桌球比賽三段技術記錄表格(張曉蓬, 2004)。

### 三、實施過程

本研究採用觀察法, 蒐集參加2010年亞運會的13名各國優秀女子桌球選手比賽的實況錄影, 共計9場(18筆資料)完整比賽。由記錄者觀看影片逐場記錄所有選手比賽的過程, 每場比賽皆有兩位記錄人員。記錄人員由筆者及長榮女中體育教師侯淑玲擔任協助登錄工作, 兩位記錄人員均為桌球專長出身, 在擔任選手與教練時經常在訓練比賽中, 利用桌球比賽三段技術記錄表格做為記錄比賽技術, 兩位記錄人員皆具備國內大專院校桌球教練資歷與技術涵養, 觀念清楚且對桌球比賽記錄皆有相當經驗與熟悉, 對於記錄表格的運用與記錄都非常熟悉, 並且在觀看比賽影片前均再次講解本研究記錄表格之特性與注意事項, 以具體充分了解記錄之標準。

在登錄後兩位記錄者立即做記錄表之驗證工作, 如有疑慮提出註解, 並進行影帶反覆觀看驗證後修正。所有比賽場次所登錄之記錄, 均經檢視影片核對驗證無誤後, 再進行統計處理。記錄者每次觀看影片時間均以一塊影片為限(約為兩小時), 以避免因疲勞而產生登錄上之誤差, 分別統計三段技術之得分、失分、得分率、使用率、比賽勝率。

本研究由兩位記錄者觀看影片並負責登錄同一場賽事, 採交互評分者信度進行信度考驗, 公式:  $\text{次數相同數} \div (\text{次數相同數} + \text{次數不同數}) \times 100\%$  (王文科, 1999; Sientop, 1983)。計算信度結果達.97, 顯示記錄者在界定上相當一致。

### 四、資料處理

本研究將所得原始資料驗證無誤後, 利用 PC 個人電腦分別以 Excel 及 SPSS for Windows 9.0版統計軟體進行統計分析, 各項統計考驗之顯著水準定為  $\alpha=.05$ 。

(一)以多元逐步迴歸分析統計法考驗桌球三段技術對成績表現的預測效果。

(二)以獨立樣本 t 檢定考驗我國與各國優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術的差異性。



## 參、結果與討論

### 一、優秀女子桌球選手三段綜合技術對成績表現的預測分析

本研究以亞運會各國優秀女子桌球選手比賽三段技術(發球搶攻段得分率、接發球搶攻段得分率、相持球段得分率、發球搶攻段使用率、接發球搶攻段使用率、相持球段使用率)對成績表現進行預測。預測變項為發球搶攻段得分率(X1)、接發球搶攻段得分率(X2)、相持球段得分率(X3)、發球搶攻段使用率(X4)、接發球搶攻段使用率(X5)、相持球段使用率(X6)等六項，效標變項為成績表現(Y)，經多元逐步迴歸統計歸納分析結果，見表一、表二、表三、表四。

表一 優秀女子桌球選手三段技術及成績表現的平均數與標準差

預測變項	資料數	平均數	標準差
成績表現	18	0.50	0.09
發球搶攻段使用率	18	0.37	0.06
接發球搶攻段使用率	18	0.37	0.06
相持球段使用率	18	0.26	0.10
發球搶攻段得分率	18	0.53	0.11
接發球搶攻段得分率	18	0.47	0.11
相持球段得分率	18	0.50	0.20

表二 預測變項與效標變項的相關矩陣表(N=18)

變項	成績表現	發球搶攻段使用率	接發球搶攻段使用率	相持球段使用率	發球搶攻段得分率	接發球搶攻段得分率	相持球段得分率
成績表現	1.00						
發球搶攻段使用率	0.08	1.00					
接發球搶攻段使用率	-0.08	0.49*	1.00				
相持球段使用率	0.00	-0.86*	-0.86*	1.00			
發球搶攻段得分率	0.82*	0.01	-0.40	0.22	1.00		
接發球搶攻段得分率	0.82*	0.40	-0.01	-0.22	0.76*	1.00	
相持球段得分率	0.60*	-0.17	0.17	0.00	0.16	0.16	1.00

\*p<.05

表三 多元逐步迴歸分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
迴歸變異	0.14	3	0.05	150.39*	.000
殘差變異	0.00	14	0.00		
總變異	0.14	17			

\*p<.05

表四 多元逐步迴歸分析摘要統計量表

變項	原始分數迴歸係數	標準化迴歸係數	標準化迴歸係數	決定係數	累積決定係數	t 值	p 值
發球搶攻段得分率(X <sub>1</sub> )	0.35	0.06	0.42	0.67	0.67	5.84*	0.00
相持球段得分率(X <sub>3</sub> )	0.21	0.02	0.47	0.90	0.23	9.88*	0.00
接發球搶攻段得分率(X <sub>2</sub> )	0.35	0.06	0.42	0.97	0.07	5.84*	0.00
常數	0.04	0.02				1.92	0.08

\*p&lt;.05

相關係數=0.98

原始分數迴歸公式如下：

$$Y=0.35X_1+0.21X_3+0.35X_2-0.04$$

標準分數化迴歸公式如下：

$$Z_Y=0.42Z_{X_1}+0.47Z_{X_3}+0.42Z_{X_2}$$

比較上述標準分數化迴歸係數可以得知預測力最高為發球搶攻段得分率(X<sub>1</sub>)，其後依序為相持球段得分率(X<sub>3</sub>)、接發球搶攻段得分率(X<sub>2</sub>)。這樣的排序，代表著本研究亞運會各國優秀女子桌球選手比賽中最能預測成績表現的三段技術依序為發球搶攻段得分率、相持球段得分率、接發球搶攻段得分率。本研究結果與林松青與沈啟賓(1995)、朱昌勇(1999)、沈啟賓(1988)、陳健全(1999)、孔祥智與張曉蓬(2001)、吳文嘉(2005)、黃振華(2009)、郭明珍(2009)的研究結果大致相符合。

本研究亞運會各國優秀女子桌球選手比賽中最能預測成績表現的三段技術依序為發球搶攻段得分率、相持球段得分率、接發球搶攻段得分率，其中發球搶攻段得分率為本研究預測力第一高的技術項目，可見其對比賽之重要性。發球搶攻段攻防技術旨在探討桌球選手比賽發完球後的主被動技術行為，即第一、三球的考驗。發球在比賽中的作用不言而喻，它可以不受對手限制，根據選手自身特點，與搶攻配套，形成最佳的發球搶攻組合，為取得比賽的勝利創造條件。發球搶攻段得分率為本研究預測力第一高的攻防技術項目，對於優秀女子桌球選手比賽成績表現非常重要，尤其是發球搶攻時自己本身可以站在主動有利的進攻地位，如發球運用得宜將可以有效打亂對手的部署，製造自己積極主動先發制人的進攻戰術，尤其是在關鍵時刻特別重要。而擁有優異高超的發球能力，不但可以按照自己的戰略意圖積極搶攻，更可以有效壓制對方的進攻，有效掌控整個比賽的節奏，並且提高比賽獲勝的機會，故發球搶攻項目亦應列為日後訓練的重要課目。

相持球段得分率為本研究預測力第二高的技術項目，其重要性亦是非比尋常，在優秀女子桌球選手的比賽中，雙方之實力往往不相上下，每一分均很有可能會來回打很多球才分出勝負，所以對於第五球後的相持能力非常重要，因為世界級高手過招在每球來回的得失往往一瞬間變化萬千，稍一失神判斷不佳就有可能吞下失分，因此要對每一不同來球的質量、力量、落點意識和節奏的變化，採用不同手段方法來加以應變轉換，誰能反應快、變化快、穩定沈著，誰就能佔上風而獲得比賽的優勢，因此若能在整體比賽節奏上運用得法，就常能打亂對方的整個戰略部署，造成對方的慌亂並失去信心，特別是在關鍵時刻相持能力一球的獲勝往往會振奮士氣提高比賽信心，甚至進而會主導接下來的比賽結果，所以在世界優秀女子桌球選手的整體比賽過程中相持能力可說非常重要，這也是未來世界桌壇頂尖選手所需具備的主要基本技術能力與重要的技術特徵之一。所以日後亦應加強女子桌球選手第五球後相持攻防轉換能力的訓練。

而接發球搶攻段得分率為本研究預測力第三高的攻防技術項目，其重要性也是非比尋常。這亦是因為在發球搶攻時自己本身可以站在主動有利的進攻地位，但在接發球搶攻時則是處於被動反控制的時候，若無好的接發球能力根本無法接續後面攻防技術之進行，尤其是在競爭激烈的高水準比賽中。因此擁有優異高超的接發球搶攻正手側能力，才能比較有效掌控整個比賽的節奏與進行，並且提高比賽獲勝的機會，這也是本研究女子桌球選手比賽成績表現非常重要的關鍵攻防技術，所以在未來也應針對接發球搶攻段之攻防能力予以特別加強訓練。

## 二、我國與各國優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術的差異性比較分析

我國與各國優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術差異情形，其結果見表五。

表五 我國與各國優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術的差異性比較表

變項	組別	個數	平均數	標準差	t 值	自由度	P 值																																																								
發球搶段使用率	我國	3	0.39	0.06	0.77	16	.454																																																								
	各國	15	0.37	0.06				接發球搶攻段使用率	我國	3	0.39	0.05	0.78	16	.449	各國	15	0.37	0.06	相持段使用率	我國	3	0.21	0.07	-0.90	16	.382	各國	15	0.27	0.10	發球搶攻段得分率	我國	3	0.48	0.16	-0.77	16	.452	各國	15	0.54	0.10	接發球搶攻段得分率	我國	3	0.44	0.10	-0.57	16	.576	各國	15	0.48	0.11	相持段得分率	我國	3	0.28	0.14	-2.34*	16	.032
接發球搶攻段使用率	我國	3	0.39	0.05	0.78	16	.449																																																								
	各國	15	0.37	0.06				相持段使用率	我國	3	0.21	0.07	-0.90	16	.382	各國	15	0.27	0.10	發球搶攻段得分率	我國	3	0.48	0.16	-0.77	16	.452	各國	15	0.54	0.10	接發球搶攻段得分率	我國	3	0.44	0.10	-0.57	16	.576	各國	15	0.48	0.11	相持段得分率	我國	3	0.28	0.14	-2.34*	16	.032	各國	15	0.54	0.19								
相持段使用率	我國	3	0.21	0.07	-0.90	16	.382																																																								
	各國	15	0.27	0.10				發球搶攻段得分率	我國	3	0.48	0.16	-0.77	16	.452	各國	15	0.54	0.10	接發球搶攻段得分率	我國	3	0.44	0.10	-0.57	16	.576	各國	15	0.48	0.11	相持段得分率	我國	3	0.28	0.14	-2.34*	16	.032	各國	15	0.54	0.19																				
發球搶攻段得分率	我國	3	0.48	0.16	-0.77	16	.452																																																								
	各國	15	0.54	0.10				接發球搶攻段得分率	我國	3	0.44	0.10	-0.57	16	.576	各國	15	0.48	0.11	相持段得分率	我國	3	0.28	0.14	-2.34*	16	.032	各國	15	0.54	0.19																																
接發球搶攻段得分率	我國	3	0.44	0.10	-0.57	16	.576																																																								
	各國	15	0.48	0.11				相持段得分率	我國	3	0.28	0.14	-2.34*	16	.032	各國	15	0.54	0.19																																												
相持段得分率	我國	3	0.28	0.14	-2.34*	16	.032																																																								
	各國	15	0.54	0.19																																																											

\*P<.05

由表五可以得知，我國與各國優秀女子桌球選手在桌球三段技術的相持段得分率達顯著差異(p<.05)，其他三段技術項目則無顯著差異(p>.05)。從平均數可以看出各國優秀女子桌球選手的相持段得分率顯著高於我國優秀女子桌球選手。

因此，在競爭激烈的世界女子桌球選手高水準桌球比賽中，如何強化我國優秀女子桌球選手的相持段得分技術，是未來需要加強訓練的一個重大環節。

## 肆、結論與建議

### 一、結論

- (一)桌球三段技術中最能預測優秀女子桌球選手成績表現的綜合技術為發球搶攻段得分率，其後依序為相持球段得分率、接發球搶攻段得分率。
- (二)我國與各國優秀女子桌球選手比賽三段綜合技術的比較，在相持段得分率上達顯著差異（各國優秀女子桌球選手>我國優秀女子桌球選手），其他三段綜合技術則無顯著差異。

### 二、建議

- (一)我國女子桌球選手可參考本研究的結果來做訓練調整。
- (二)未來研究可針對世界杯或奧運會蒐集更多優秀女子桌球選手技術做探討。

## 參考文獻

- 孔祥智、張曉蓬(2001)。孔令輝-瓦爾德納爾技戰術比較分析。*乒乓世界*，99，32-33。
- 王文科(1999)。教育研究法。台北：五南出版社。
- 田麥久(1997)。論運動訓練計畫。台北市：中國文化大學出版部。
- 朱昌勇(1995)。1994年世界盃男子桌球錦標賽技術分析研究。*政大體育*，8，130。
- 朱昌勇(1999)。1998年世界盃女子桌球賽三段技術分析研究。*大專體育*，41，53-58。
- 余方亮、溫陽、殷俊(2009)。對王皓在第29屆奧運會乒乓球男單決賽中技戰術的研究。*遼寧體育科技*，31，1。
- 吳文嘉(2005)。蔣澎龍準備參加2004年奧運會桌球單打比賽技戰術之探討。未出版碩士論文，中國文化大學運動教練研究所碩士論文，台北市。
- 吳煥群、李振彪(1990)。乒乓球運動員技術診斷方法的研究。*乒乓世界*，38，38-40。
- 李振彪(1991)。陳靜、李惠芬、焦志敏競技能力主要因素的診斷研究，*體育學院學報*，2，95-110。
- 沈啟賓(1988)。優秀桌球運動員技術分析與成績表現預測之探討。台北市：仰哲出版社。
- 沈啟賓(1996)。灰色系統理論在桌球運動員臨場比賽競技能力狀態診斷與目標設定運用之探討。台北市：文笙書局股份有限公司。
- 林松青、沈啟賓(1995)。1994年世界盃男子單打桌球錦標賽比賽綜合技術項目編製與比較分析研究。*光武工商專科學校學報*，20，287-335。

- 洪祺博(2008)。菁英選手桌球三段技術分析之研究-以周東昱為例-。未出版碩士論文，台北市立體育學院運動科學研究所碩士論文，台北市。
- 袁玉峰(2008)。雅典奧運會以來王皓、柳承敏動態實力比較。體育學刊。15(7)，15-18。
- 張曉蓬(2004)。中國乒乓球隊戰術訓練水平定量診斷方法及實踐效用。未出版碩士論文，北京體育大學博士學位論文，北京。
- 郭可雷、徐本力、龔健、張衛軍(2007)。2007年乒乓球男子世界盃柳承敏技戰術特點分析。山東體育學院學報。24(5)，58-61。
- 郭明珍(2009)。世界優秀男子桌球運動員比賽技術分析比較研究。台北市：今古文化事業股份有限公司。
- 陳健全(1999)。桌球運動技術分析。台灣省學校體育，51，50-56。
- 湯志賢(2003)。韓國乒乓球運動員柳承敏技戰術特徵研究。中國體育教練員，4，26-29。
- 黃振華(2009)。韓國優秀桌球運動員柳承敏的技戰術分析研究。台北市：眾文圖書股份有限公司。
- 黃淑燕(2004)。2002年世界殘障桌球錦標賽我國女子輪椅桌球國手三段技術分析研究。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學體育學系在職進修碩士班碩士論文，台北市。
- 廖學勇(1997)。大陸隊囊括第43屆世界桌球錦標賽所有金牌其主力球員戰術之解析。大專體育，30，60-68。
- 魯婷婷、閔振龍(2009)。第49屆世乒賽團體決賽直拍比賽的技戰術分析-兼談直拍進攻打法的發展趨勢，遼寧體育科技，31(1)，40-49。
- 顏光男(2008)。菁英選手桌球三段技術分析之研究-以鄭怡靜國手為例。未出版碩士論文，台北市立體育學院運動教育研究所碩士論文，台北市。
- Siedentop, D. (1983). *Developing teaching skills in Physical education*. CA : Mayfield Publishing Company.



# 東南學報

第三十七期

- 出版者：東南科技大學  
創辦人：蔣志平  
編輯者：東南學報編輯委員會  
主任委員：李清吟  
總編輯：林煌彰  
編輯委員：王昌國、劉振源、陳坤男、黃錦鐘、黃明德、陳平和、林楷、  
林玉斌、梁晉綱、林正鄰、陶翼煌、游聖瑾、林思毅、詹瑋、  
張玉治  
執行編輯：郭明珍  
學校地址：新北市深坑區北深路三段一五二號  
學校電話：(02)8662-5900（總機）、(02)8662-5828（綜合業務組）  
印刷廠：健榮國際有限公司  
印刷廠電話：(02)2738-7729  
出版日期：中華民國一〇一年七月