

東南學報

第三十四期

JOURNAL
OF
TUNGNAN UNIVERSITY
VOLUME 34

東南科技大學編印

中華民國九十八年七月出版

東南學報

第三十四期

東南科技大學
中華民國九十八年七月

目 錄

1. Prescribed Subfilter Design of FIR Bandpass Digital Filters.....戴永龍..... 1
2. 可抵擋肩窺攻擊的圖形通行碼設計之研製.....曹茂勁..... 13
3. 空調機室內溫度與耗能之研究.....謝桂平、謝建新、郭仰、曾國隆..... 23
4. 工業日語系統外來語表音資料庫的建立.....黃錦鐘、郭仰..... 37
5. 晶圓製造廠工程資料分析系統之人機介面特徵化.....王俊程、鄭友盛..... 55
6. 相對密度測量實驗之誤差分析.....郭 仰、黃錦鐘、謝建新..... 67
7. 直接類神經網路應用於負載變動直流伺服馬達速度調節適應控制及收斂性分析
.....朱明輝、曾國隆、池德明..... 83
8. 生物神經及類神經網路控制之研究.....曾國隆、朱明輝、池德明..... 97
9. 側向樁彈塑性與非線性土壤模式之相關性研究.....周義娟.....117
10. 三明治教學實習適應之探討—以休閒事業管理系為例.....鄧宏如、陳怡如.....129
11. 一般旅館住宿環境安全、安靜、安心三安評核—以台北市為例
.....張裕芳、徐銀樹、林正鄰.....139
12. 校園雨污水回收再利用對 CO₂排放當量削減推估
.....林奇剛、秦孝偉、尤文廷、陳建豐、楊廖陞.....151
13. 利用超音波震盪處理法去除焚化底渣中重金屬去除特性之研究
.....林奇剛、秦孝偉、陳建豐、尤文廷、楊廖陞.....163
14. 水洗震盪與超音波震盪去除垃圾焚化底渣中水溶性氯離子之探討
.....秦孝偉、林奇剛、周尚義.....175
15. 新竹縣大氣 VOCs 檢測與臭氧產生潛勢分析
.....華梅英、巫健次、殷志鴻、顏有利、張秀慧.....185
16. 效能佳淨水前處理技術之研究.....蔡景松.....197
17. 利用厭氧氨氧化程序進行生物除氮之研究.....馮宇柔、夏聰惠、何俊明.....207
18. 新竹地區氣相汞(gaseous mercury)研究..... 謝坤嶧、林玟辰、張正芬、郭天和.....219
19. 以非即時運算方式來提昇虛擬攝影棚影像品質之研究.....李修珍、陳俊豪.....231
20. 高關懷個案與家長互動關係之研究.....陳莉榛、呂欣茹、賀昌林.....243
21. 文化創意產業的推展與大學視覺藝術教育.....王 玫.....253

22. 耐力運動、重量訓練與香功運動對血脂肪與血壓的影響
.....陳德海、張玉治、林信佑.....269
23. 籃球運動從業人員專業認知量表之信效度分析.....張芳文.....277
24. 未婚女性國外自助旅遊動機與阻礙關係研究...
.....洪福源、陳琇純、白春榮、沈宗仁.....289

Prescribed Subfilter Design of FIR Bandpass Digital Filters

戴永龍 劉振源

Yang-Lung Tai¹ Chen-Yuan Liu²

東南科技大學資訊科技與通訊系

Department of Information Technology and Communication, Tungnan University

摘要

在此提出一個帶通函數以利於用前置子濾波器以設計有限脈衝響應帶通濾波器。而完整濾波器由原型濾波器與前置子濾波器經頻率轉換決定。子濾波器的實現是不需乘法器的，因此完整濾波器在實現時所需乘法數相等於原型濾波器所需乘法數。它是小於由直接最小最大法所需的乘法數。

關鍵詞：子濾波器，原型濾波器，前置，帶通濾波器

ABSTRACT

A novel bandpass function is proposed as the prescribed subfilter for the design of an FIR bandpass filter. The overall filter is determined by the prototype filter and the prescribed subfilter through the frequency transformation. The implementation of the prescribed subfilter is multiplierless. The prototype filter can be designed by the standard FIR design program. The number of multipliers required to implement the overall filter is equal to that required by the prototype filter. It is less than that designed by the direct form minimax method.

Keywords: prototype filter, subfilter, transformation method, bandpass, multiplierless

I. INTRODUCTION

Finite impulse response (FIR) filters have been employed in a wide range of applications such as digital audio, video, and mobile telephony. But, to implement the digital FIR filter requires considerably more arithmetic operations and hardware components than that required by the IIR equivalents. During the past years, many design methodologies have been proposed to reduce the realization complexity of FIR filters. One method to reduce the computational and hardware complexity is to design the filter by multiple use of a number of identical subfilter with the aid of a few additional adders and multipliers. This method is proposed by Kaiser and Hamming in the paper [1] and is extended in the paper [2]. The method proposed in the paper [3] is to design the filter by the tapped cascaded interconnections of identical subfilters with relatively relaxed frequency responses. This results in a desired filter with superior characteristics. This approach has been extended and generalized in the paper [4-5]. This design technique is to decompose the desired overall filter into a prototype filter and some subfilters through the frequency transformation. The passband and stopband edges of the subfilter are the same as that of the desired filter. The passband ripple and the stopband attenuation of the prototype filter are the same as that of the desired overall filter. Many design schemes are discussed for the different selection of the prototype filter and subfilter. The computational and hardware complexity of the overall filter can be determined by the relaxed ripple and attenuation of the subfilter and the relaxed transition band of the prototype filter. The zero-phase frequency response $H(e^{j\omega})$ of the overall filter can be expressed as

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{n=0}^N a(n)[H_M(e^{j\omega})]^n. \quad (1a)$$

where

$$H_M(e^{j\omega}) = \sum_{r=0}^M h_{sub}(r) \cos(n\omega). \quad (1b)$$

The transfer function of $H_M(z)$ is a linear-phase filter of length $2M+1$. The subfilter is determined by the frequency transformation. The $a(n)$ coefficients are determined by the prototype filter.

The advantage of the filter designed by this method [4] is that the frequency response of the overall filter can be controlled by changing the tap coefficients of the prototype filter. Another advantage is that the filter's modular structure gives the ability to reuse a subfilter to save area by means of scheduling and resource sharing for lower frequency applications.

In the paper [6], it is to extend the method [4-5] to design a filter with the prescribed subfilter. The proposed subfilter is multiplierless. It results that the number of multipliers and the multiplication rate of the overall filter are small. A modified transformation technique is also developed. The lowpass filter and high pass filter design are discussed. In the paper [7], the design of subfilters using identical subfilters of even length is discussed. However, the design of a filter with the multiplierless bandpass function and the transformation method is not developed in the past papers.

In this paper, a new bandpass function is developed. It is efficient for the design of a bandpass filter by the transformation method. The proposed bandpass subfilter function is multiplierless. It results that the number of multipliers and the multiplication rate of the overall filter is reduced. It is less than that designed by the standard FIR design program.

II. GENERAL TRANSFORMATION

A zero-phase FIR filter transfer function $H(Z)$ of length $2N+1$ can be written as

$$H(Z) = \sum_{n=0}^N h(n) \left(\frac{Z^n + Z^{-n}}{2} \right). \quad (2)$$

As we define $Z = e^{j\Omega}$, the frequency response of the filter can be written in equivalent form as

$$H(e^{j\Omega}) = \sum_{n=0}^N h(n) \cos(n\Omega). \quad (3)$$

Using the equivalence

$$\cos(n\Omega) = T_n[\cos(\Omega)] \quad (4)$$

where $T_n[x]$ is the n -th degree Chebyshev polynomial, thus $H(e^{j\Omega})$ can be written as

$$H(e^{j\Omega}) = \sum_{n=0}^N h(n) T_n[\cos(\Omega)] \quad (5)$$

With the frequency response in this form we can now make a transformation of variables. For example, if we make the substitution

$$\cos(\Omega) = F(w).$$

We obtain another 1-D frequency response.

$$H(e^{jw}) = \sum_{n=0}^N h(n) T_n[F(w)] \quad (6)$$

We call $F(w)$ as subfilter(SF) and $H(e^{j\Omega})$ as prototype filter(PF). Another 1-D frequency response results if a 1-D transformation function is substituted for $\cos(\Omega)$.

Consider the specifications of the desired 1-D FIR filter as follows:

$$H(e^{jw}) = \begin{cases} 1 \pm \delta_p, & \text{for } 0 \leq w \leq w_p \\ 0 \pm \delta_s, & \text{for } w_s \leq w \leq \pi \end{cases} \quad (7)$$

where w_p : passband edge, δ_p : passband deviation.

w_s : stopband edge, δ_s : stopband deviation.

To meet the desired specifications, the PF and SF must satisfy the following conditions:

(a) For the prototype filter,

Passband edge:

$$\Omega_p = \cos^{-1}(F(w_p)) \quad (8a)$$

Stopband edge:

$$\Omega_s = \cos^{-1}(F(w_s)) \quad (8b)$$

The deviations of passband and stopband are the same as that of the desired filter.

(b) For the subfilter,

$$\cos(\Omega_p) \leq |F(w)| \leq 1 \quad (9a)$$

$$0 \leq |F(w)| \leq \cos(\Omega_s) \quad (9b)$$

From eqn.(7-9), the overall filter can be determined by the prototype filter and subfilter through the frequency transformation. The coefficients of the prototype filter and subfilter can be designed by the standard FIR design program.

III. PROPOSED BANDPASS FUNCTION

For a bandpass FIR filter design by the frequency transformation method with a prescribed SF (PSF), the PSF can be a bandpass function. In this paper, the following new function is proposed.

$$PSF(w, w_0, k) = 2\left(1 - \left(\frac{\cos(w) - \cos(w_0)}{1 + \text{abs}(\cos(w_0))}\right)^2\right)^k - 1, \quad (10a)$$

where w_0 is a real value, k is an integer and $|w_0| \leq \pi$. The function $\text{abs}(x)$ is the absolute value of x . For the convenience, we define $q = \left(\frac{1}{1 + \text{abs}(\cos(w_0))}\right)^2$. The eqn.(10) can be rewritten as:

$$PSF(w, w_0, k) = 2(1 - q(\cos(w) - \cos(w_0))^2)^k - 1 \quad (10b)$$

For $k=1$,

$$PSF(w, w_0, 1) = 1 - 2 * q(\cos(w) - \cos(w_0))^2 \quad (10c)$$

The $PSF(w, w_0, k)$ function provide the rough shape of a bandpass filter. The maximum value of $PSF(w, w_0, k)$ occurs at the point $w = w_0$. If a different value of w_0 is chosen, a different bandpass function determined by the function $PSF(w, w_0, k)$ is derived. The frequency response of $PSF(w, w_0, k)$ with the different values of w_0 is depicted in the figure 1.

As considering the implementation of the subfilter, the $PSF(w, w_0, k)$ function is rewritten as

$$PSF(w, w_0, k) = 2(A(w, w_0))^k - 1 \quad (10d)$$

where $A(w, w_0) = 1 - q(\cos(w) - \cos(w_0))^2$

The structures to implement the $PSF(w, w_0, k)$ and $A(z)$ are shown in figure 2.

By taking the replace,

$$F(w) = PSF(w, w_0, k), \quad (11)$$

in the eqn.(6), the resulting overall filter can be expressed as:

$$H(e^{jw}) = \sum_{n=0}^N h(n)T_n[PSF(w, w_0, k)] \quad (12)$$

From the eqn. (8,9,12), it is easy to find that a bandpass filter can be derived by the transformation between the low-pass prototype filter and the prescribed subfilter. The number of multipliers required to implement the subfilter is $3k+1$. If the value q and $\cos(w_0)$ are expressed as a sum of powers of two(SOPOT), to implement the subfilter requires no multipliers. To implement the overall filter, the eqn.(12), requires N multipliers and $(4k+2)N+1$ adders. The multiplication rate is also N . For $k=1$, it requires N multipliers and $4N+1$ adders. The overall filter length is $4kN+1$.

The structure to implement the overall filter or eqn.(12) is proposed in the paper [4].

IV. FILTER DESIGN

Consider a desired bandpass filter with the following specifications:

$$H(e^{jw}) = \begin{cases} 0 \pm \delta_s & \text{for } 0 \leq w \leq w_{s1} \\ 1 \pm \delta_p & \text{for } w_{p1} \leq w \leq w_{p2} \\ 0 \pm \delta_s & \text{for } w_{s2} \leq w \leq \pi \end{cases} \quad (13)$$

where w_{p1}, w_{p2} : passband edge frequency,

w_{s1}, w_{s2} : stopband edge frequency,

δ_p :passband deviation,

δ_s :stopband deviation.

Thus the PF and SF must satisfy some conditions simultaneously such that the overall filter meets the desired specifications. For the SF, $PSF(w, w_0, k)$, we must select a suitable value w_0 to satisfy the desired filter specifications. The PF, $H(e^{j\Omega})$, must satisfy the following conditions:

(a)The PF is a lowpass filter. The passband edge frequency of the PF:

$$\Omega_p = \max [\cos^{-1}(PSF(w_{p1}, w_0, k), \cos^{-1}(PSF(w_{p2}, w_0, k))] \quad (14a)$$

where the function $\max[a,b]$ is the maximum value of a and b . The stopband edge frequency of the prototype filter:

$$\Omega_s = \min [\cos^{-1}(PSF(w_{s1}, w_0, k)), \cos^{-1}(PSF(w_{s2}, w_0, k))] \quad (14b)$$

where the function $\min[a,b]$ is the minimum value of a and b . From the eqn.(11,12,14), a bandpass filter design is derived.

Due to $PSF(w, w_0, k)$ being a powers of $\cos(w)$ with order k , it is easy to find that the function $PSF(w, w_0, k)$ possesses the sharper frequency response than that of the function $\cos(w)$. From the paper [8], an estimate of L of a 1-D FIR filter order can be found as:

$$L = \frac{-10 \log_{10} \delta_s \delta_p - 13}{14.6 \Delta f} \quad (15)$$

where Δf is the transition band width. It results that the order of the PF designed by the proposed method or the eqn.(12) is less than that directly designed by the standard FIR design program. If we carefully select the value of w_0 , the order of the PF is reduced.

Example 1. Consider a desired bandpass filter with the following specifications:

$$w_{p1} = (0.38) * \pi, \quad w_{p2} = (0.42) * \pi$$

$$w_{s1} = (0.35)\pi, \quad w_{s2} = (0.45)\pi,$$

$$\delta_p = 0.01, \delta_s = 0.01.$$

The minimum order of a direct-form design [9] to meet these criteria is 140. It requires 71 multipliers and 140 adders. The log magnitude response of the filter designed by the direct-form minimax method is shown in figure 3.

As designed by the proposed method, the w_0 can be select as $w_0 = 0.4 * \pi$. The value $k = 1$ and $q = \left(\frac{1}{1 + \text{abs}(\cos(0.2 * 2 * \pi))} \right)^2 = 0.5836$. If q is approximated as a SOPOT form, $q = 9/16$.

The resulting prototype filter specifications are shown as follows:

$$\Omega_p = (0.0282)\pi, \quad \Omega_s = (0.073)\pi,$$

$$\delta_p = 0.01, \delta_s = 0.01.$$

The order of the prototype filter $H(e^{j\Omega})$ is 93, requiring 47 multipliers. The log magnitude responses of the resulting prototype filter and the overall filter are shown in figure 4. The overall filter requires 47 subfilter, $2(1 - q(\cos(w) - \cos(w_0))^2) - 1$, to satisfy the desired

specifications. The number of multipliers required to implement the overall filter is 47. It is 66.2% of that designed by the direct form minimax method. It requires 189 adders to implement the overall filter. The overall filter length is 189. It is only 65% of that directly designed by the method[3].

The hardware requirements of the overall filter designed with the different $PSF(w, w_0, k)$ are shown in Table I. From Table I, we know that the order of the prototype filter is reduced as k is increased. The number of multipliers required to implement the overall filter is also further reduced.

Table I

The hardware requirements of the overall filter designed with the proposed method with the different $PSF(w, w_0, k)$

method	k	q	NM	NA	O
Direct –form minimax method			71	140	140
proposed method	1	9/16	47	189	188
proposed method	2	5/16	43	431	344

NM: the number of multipliers required to implement the overall filter.

NA: the number of adders required to implement the overall filter.

O: the order of the overall filter.

By combining the proposed method and the IFIR method proposed in [10], the design of a bandpass filter can be derived. The number of multipliers required to implement the overall filter can be further reduced to be very small.

V. CONCLUSIONS

In this paper, a frequency transformation method for the design of a bandpass filter is proposed. The $PSF(w, w_0, k)$ is proposed as the prescribed subfilter. To implement the function $PSF(w, w_0, k)$ requires no multipliers. It results that the number of multipliers and the multiplication rate of the overall filter is reduced. If the value k is increased, the number of multipliers to implement the overall filter is further reduced. It is also less than that designed by the direct form minimax method. The proposed method is efficient for the design of a bandpass filter. The method for the combination of the proposed method and the IFIR method will be developed in the future paper.

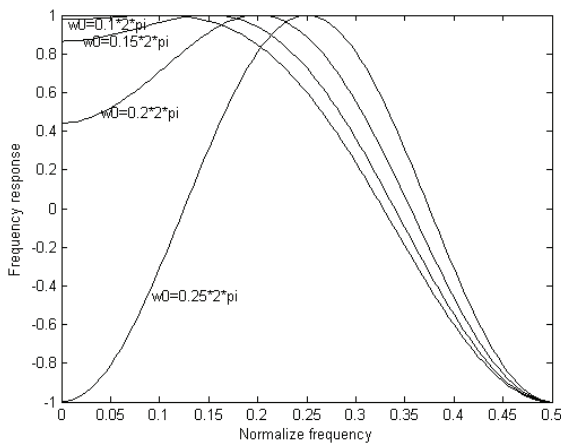


Figure 1. The plot of the frequency response of the function $BPF(w, w_0, 1)$ with the different values of w_0 .

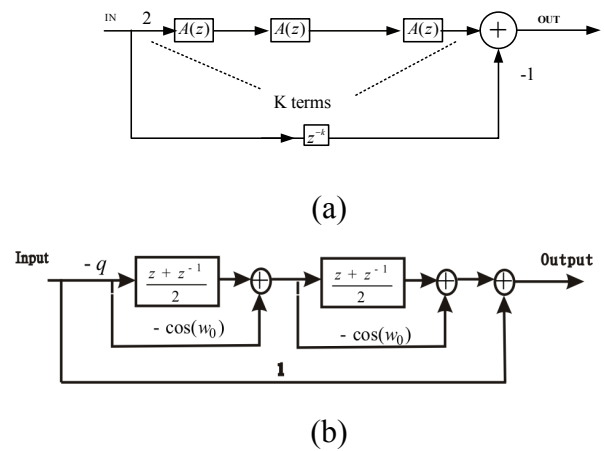


Figure 2. (a)The structure to implement the $PSF(w, w_0, k)$ function. (b)The structure to implement the $A(z)$ function.

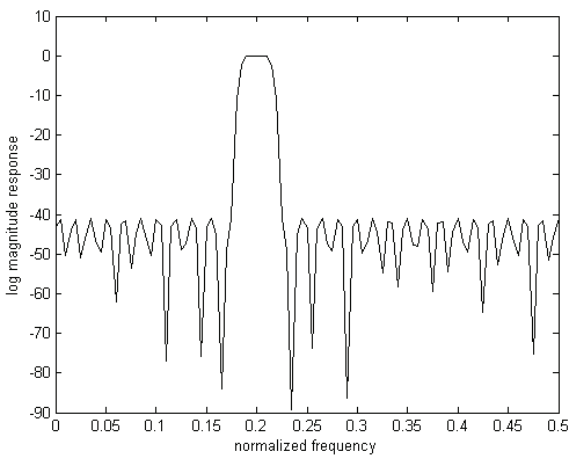


Figure 3. The plot of the log magnitude response for the filter designed by the direct form minimax method.

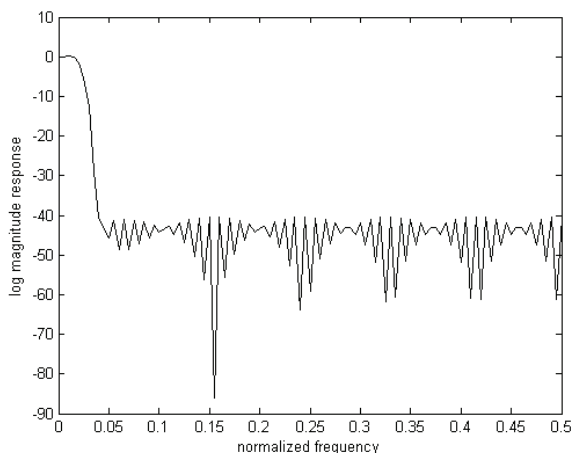


Figure 4(a). The plot of the log magnitude response for the prototype filter designed by the proposed method

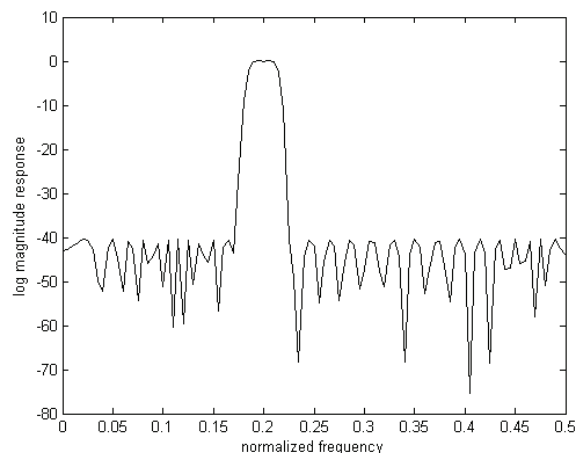


Figure 4(b). The plot of the log magnitude response for the overfilter filter designed by the proposed method

REFERENCES

- [1] J. F. Kaiser, and R. W. Hamming, "Sharpening the response of a symmetric nonrecursive filter by multiple use of the same filter," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-25, pp.415-422, Oct. 1977.
- [2] R. J. Hartnett, and G. F. Boudreaux-Bartels, "Improved filter sharpening," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 43, No. 12, pp 2805-2810, Dec. 1995.
- [3] A. V. Oppenheim, W. F. Mecklenbrucker, and R. M. Mersereau, "Variable cutoff linear phase digital filters," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. CAS-23, pp. 199-203, Apr. 1976.
- [4] T. Saramaki, "Design of FIR filters as a tapped cascaded interconnection of identical subfilters," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, CAS-34, pp. 1011-1029, Sep. 1987.
- [5] T. Saramaki, Y. Neuro and S. K. Mitra, "Design of computationally efficient interpolated FIR filters," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, Vol. CAS-33, pp. 357-364, April 1986
- [6] Y. L. Tai and T. P. Lin, "Design of FIR digital filters using prescribed subfilters" *INT. J.*

- Electronics, pp. 1039-1054, 1990.J. H.
- [7] Chun Zhu Yang and Yong Lian," Efficient Prefilter Structures for Narrow-band Bandpass FIR filter Design," *Proceeding of IEEE TENCON*, pp. 893-896.
- [8] J. F. Kaiser,"Nonrecursive digital filter design using I_0 -sinh window function," *Proc. 1974 IEEE Intsymp. Pn Circuits and Systems*, pp. 20-23, April 1974.
- [9] McClellan and T. W. Parks," A computerer program for designing optimal FIR linear phase digital filters," *IEEE Trans. Audio Electroacoust.*, pp. 506-526, 1973.
- [10] Y. Neuvo, C.-Y. Dong, and S. K. Mitra, "Interpolated finite impulse response filters," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-32, pp. 563-570, June 1984.

可抵擋肩窺攻擊的圖形通行碼設計之研製

A Graphical Password Scheme Resistant to Shoulder-surfing Attacks

曹茂勁

東南科技大學資訊科技與通訊系講師·輔仁大學應用與科學研究所博士候選人

摘 要

肩窺攻擊(shoulder-surfing attack)對傳統文字通行碼或圖形通行碼(graphical password)而言是一種常見而有效的攻擊方式。肩窺攻擊為直接利用觀察或側錄技術以取得通行碼的一種攻擊，其過程就好像透過使用者的肩膀窺探其私密資訊。以往為了抵擋肩窺攻擊，使用者必須以其它方式遮蔽住其所輸入的文字通行碼，但由於使用者必須改變其操作習慣及注意周遭環境，因此造成了使用者操作上的不便。故有一類圖形通行碼設計結合了圖形化容易記憶的優點及提供抵擋肩窺攻擊為其設計理念，此類設計以 Convex-hull Click 設計為代表，本論文介紹及分析 Convex-hull Click 設計，進而提出一可改進 Convex-hull Click 設計之圖形通行碼設計-Rectangular Keyin 設計，Rectangular Keyin 的優點為設計使用鍵盤輸入挑戰，如此可更進一步防止肩窺攻擊及提昇系統的使用度。

關鍵字：肩窺攻擊，圖形通行碼。

Abstract

The appeal of graphical passwords is primarily due to people's better memory of pictures over texts. Conventional dictionary attacks on graphical passwords are infeasible because workable dictionaries for graphical information are rare. Most graphical password schemes are vulnerable to shoulder-surfing attacks. The Convex-hull Click scheme is proposed to resist shoulder-surfing attacks. However, I find there is a potential weakness in the Convex-hull Click scheme. During the login process, the user must locate at least three pass icons. Sometimes, the user may carelessly use his mouse to point and stay momentarily at the location near the pass icon for his convenience. In this case, a shoulder surfer has a big chance to find out the pass icons. In this paper, I propose a variant of the Convex-hull Click scheme, the Rectangular Keyin scheme. I will show that the proposed scheme can eliminate the weakness of the Convex-hull Click scheme. The usability of the proposed scheme is better than the Convex-hull Click scheme.

Keywords: Shoulder-surfing attacks, graphical passwords.

壹、序論

網際網路盛行的今日，愈來愈多的資料及資源均分享與存取在網路上，然而，看似便利的網路實際上是一個暗潮洶湧的環境，在不知名的角落裡，或許有入侵者正嘗試攻擊與入侵各項資訊系統，所以如何提供一個安全的資訊系統對個人乃至於企業環境而言實為一項重要的課題。一般而言，當我們使用各項資訊系統時，首先要通過的程序便是使用者身份認證（user authentication）。透過身份認證的機制，資訊系統可以給予使用者適當的存取權限（access permission）及適當的權利。由於文字通行碼身份認證技術具有系統建置容易、不需額外裝置、運作成本低廉等優點，故被普遍地採用於各種應用系統中。文字通行碼可依其所受限制程度之不同而可大致區分成下列兩類：使用弱通行碼(weak password)及使用強通行碼（strong password）。弱通行碼是指長度較小、亂度（entropy）較低、使用者容易記憶的通行碼，弱通行碼易遭受通行碼猜測攻擊或字典攻擊(dictionary attacks)。弱通行碼遭受攻擊的方式可分為線上猜測攻擊與離線猜測攻擊[BM93]。而強通行碼是指長度較長、亂度較高、較難猜測的通行碼[Rhod03]，不可避免地，強通行碼的使用會帶給使用者較重的記憶負擔。不論使用強通行碼或弱通行碼，似乎都隱含著一個重要的問題，那就是使用者為了方便或減輕其記憶上的負擔而採取了不安全的行為。將通行碼設定的過於簡單或將強通行碼寫下並置於明顯處以方便其使用，因此這類不安全的使用者行為而造成重大資安事件是時有所聞，其影響往往造成個人或企業的重大損失，因此，為了有效減少使用者在記憶上的負擔，近年來有不少以圖形為基礎的通行碼設計[BI96, Jmm99, P05, Wwb05, Wwsb06, Dmb07]陸續被提出。

肩窺攻擊對傳統文字通行碼或圖形通行碼而言是一種常見而有效的攻擊方式。肩窺攻擊為直接利用觀察或側錄技術以取得通行碼的一種攻擊，其過程就好像透過使用者的肩膀窺探其私密資訊，例如：使用者在 ATM 以提款卡提領現金時以錄影設備取得使用者所輸入的 PIN 值。以往為了抵擋肩窺攻擊，使用者必須以其它方式遮蔽住其所輸入的文字通行碼，但由於使用者必須改變其操作習慣及注意周遭環境，因此造成了使用者操作上的不便。故有一類圖形通行碼設計結合了圖形容易記憶的優點及提供抵擋肩窺攻擊為其設計理念，這類設計以挑戰與回應機制為基礎，藉由系統每次挑戰的不同，而使用者必須給予正確的回應值以抵擋肩窺攻擊此類設計包括 Convex-hull Click 設計[Sb02]，Movable Frame 設計[Sb02]及 Intersection 設計[Sb02]。本論文首先介紹及分析 Convex-hull Click 設計，其次提出一可改進 Convex-hull Click 設計之圖形通行碼設計，最後，為本論文研究作結論並簡述未來接續研究之方向。

($3 \leq j \leq k$)個通行圖形物件放置於登入畫面上。為使混淆圖形物件及通行圖形物件出現的機率相同，系統需要符合 $(j/k) = (n/N)$ 。假定 $N = 500$, $n = 250$, $k = 10$, 則 $j = 5$ 。使用者需要經過 h (典型植為10)次回合的挑戰且每一回合的挑戰系統所挑選出來的 n 個混淆圖形物件和 j 個通行圖形物件並不完全相同，並且所有的混淆圖形物件和所有的通行圖形物件並不會在一回合的挑戰中全部出現，使用者在每一回合的挑戰需要正確地回應才能通過使用者身份認證。此外，為了克服中心區域點選機率過大的問題，Sobrado 和 Birget 提出 *Out-of-the-shadow Placement* 方法擺放通行圖形物件位置，此種方式為通行物件圖形 P_1 和 P_2 與中心點 O 連成一直線所構成的區域範圍為影子 (shadow)，當系統需要擺放第三個通行圖形物件 P_3 時應該會有較少的機率放至影子區域以減少中心區域點選機率過高的問題，圖2為 *Out-of-the-shadow Placement* 示意圖，圖3為 Convex-hull Click 設計範例，畫面上包含了3個通行圖形物件且由通行圖形物件組成 Convex-hull 區域範圍並沒有經過中心區域範圍。

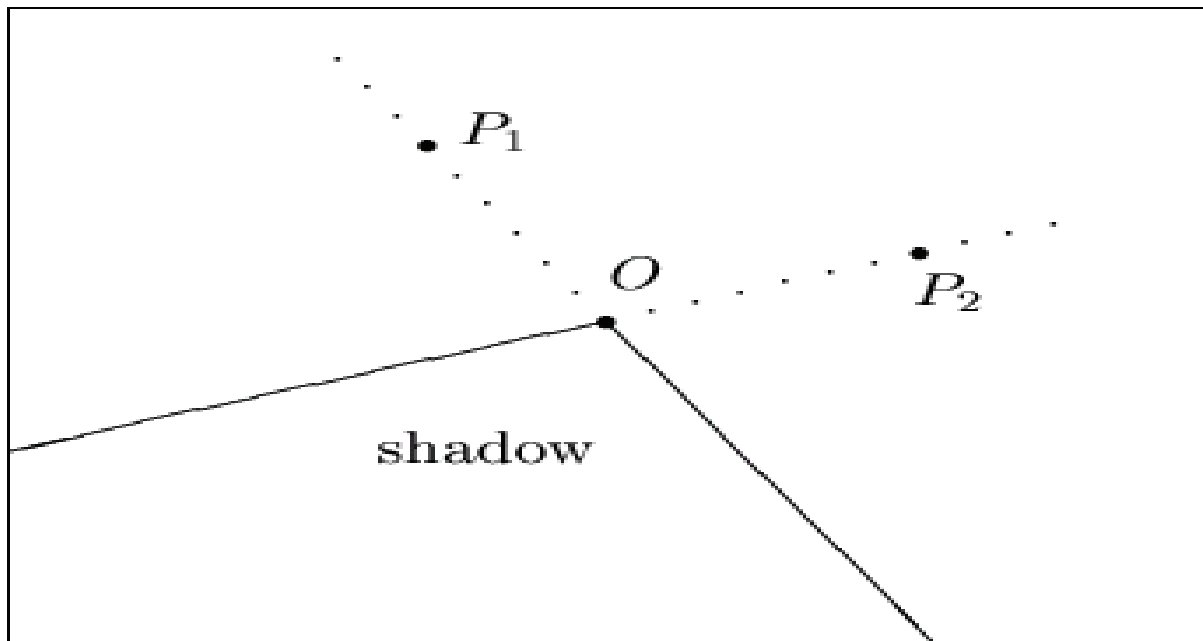


圖2：Out-of-the-shadow Placement



圖3：Convex-hull 區域範圍並沒有經過中心區域範圍(來源：[Sb 05])

二. Convex-hull Click 設計分析

Convex-hull Click 設計能提供的通行碼空間以 $C(N, k)$ 表示，其中 N 表示系統提供的混淆圖形物件， k 表示使用者所選擇的通行圖形物件。假設 $k=10$ ， $N=500$ ，則通行碼空間約為 $C(500, 10) \approx 2.5 \times 10^{20}$ ，其強度約為10個字元長度的文字通行碼（使用95個可列印 ASCII 字元）。若 $k=10$ ， $N=1000$ ，則通行碼空間約為 $C(1000, 10) \approx 2.6 \times 10^{23}$ ，其強度約為11個字元長度的文字通行碼（使用95個可列印 ASCII 字元），因此 Convex-hull Click 設計能提供足夠的通行碼空間。

假設攻擊者可以完全知道使用者的操作動作，並且想要藉由暴力攻擊取得使用者的通行圖形物件。當攻擊者觀察到使用者點選的動作，則攻擊者便可以計算所有可能的通行圖形物件所構成的 Convex-hull，由於系統每次挑戰所挑選的通行圖形物件 j 並不固定，因此攻擊者需要計算 $\sum_{j=3}^k \binom{N}{j}$ ，但由於這樣的結果對攻擊者而言很難記錄與比對，攻擊者很難藉由暴力攻擊成功得知使用者的通行圖形物件，因此 Convex-hull 設計可以有效抵擋暴力攻擊。

參、Convex-hull Click 設計之改進

Convex-hull Click 設計有兩個潛在的弱點。第一弱點為當在登入過程中，使用者為了找尋通行圖形物件，滑鼠不自覺的移至通行圖形物件並停留在通行圖形物件一會兒，肩窺攻擊者此時就可能知道通行圖形物件，進而破解了此設計。第二弱點為當使用者的電腦並無滑鼠時，Convex-hull Click 設計是無法動作的。本論文將提出使用 Convex-hull Click 設計的改進設計，此改進設計將稱為 Rectangular Keyin 設計，Rectangular Keyin 可讓使用者不需要滑鼠就可以使用。

一. Rectangular Keyin 設計

Rectangular Keyin 設計的註冊將與 Convex-hull Click 設計一樣，在此將不再重述，此次範例註冊選取的通行圖形物件如圖4所示。Rectangular Keyin 登入的方式為首先將看到由17列 27行的格子所組成視窗，每一格子隨機指定圖形物件或不指定圖形物件，此圖形物件包括3至5個通行圖形物件，並在視窗周圍給定格子所對應的一文數字，如圖5所示。使用者必需要輸入組成長方形3~5通行圖形物件的內部格子所對應的文數字。在圖6的視窗擁有3通行圖形物件(使用圓形外框特別標示)，其組成的長方形如圖6所示，使用者只要輸入在長方形內的任何位置相對應的文數字就算挑戰成功一次，在此範例中，使用者必需要輸入 H6至 HA，I6至 IA，J6至 JA，K6至 KA，L6至 LA，及 M6至 MA 中的任何一文數字才算挑戰成功一次。使用者必須要連續成功點選3至5次，才算登入成功。當有一次沒有輸入正確的文數字就算挑戰失敗，此次的登入也就失敗。

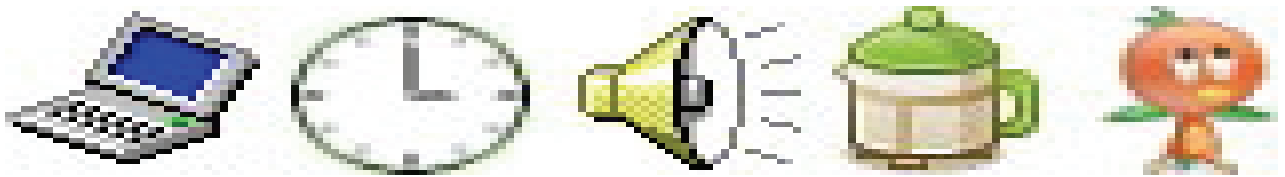


圖4：Rectangular keyin 設計中註冊選取的通行圖形物件



圖5：Rectangular keyin 設計



圖6：Rectangular keyin 設計中有三個通行圖形物件所組成的長方形

二. Rectangular Keyin 設計分析

Rectangular Keyin 設計能提供的通行碼空間以 $C(N, k)$ 表示，其中 N 表示系統提供的混淆物件圖形， k 表示使用者所選擇的通行圖形物件。假設 $k = 10$ ， $N = 500$ ，則通行碼空間約為 $C(459, 10) \approx 1.04 \times 10^{20}$ ，其強度約為10個字元長度的文字通行碼（使用95個可列印 ASCII 字元）。

Rectangular Keyin 設計抵擋暴力攻擊是與 Convex-hull Click 一樣。因為此兩設計通常定義使用者至少需要經過數次回合的挑戰方能登入系統。

Rectangular Keyin 設計使用通行圖形物件所組成的長方形來讓使用者輸入相對應的文數字，長方形比 convex-hull 好辨認，所以 Rectangular Keyin 設計使用度會比 Convex-hull Click 設計來得好。另外 Rectangular Keyin 設計使用鍵盤輸入挑戰，如此可

更進一步防止肩窺攻擊及提昇系統的使用度。

肆、結論

本論文所提出的可抵擋肩窺攻擊 Convex-hull Click 設計的改進 Rectangular Keyin 設計，Rectangular Keyin 設計與 Convex-hull Click 設計一樣可抵擋肩窺攻擊，另外在使用度會比 Convex-hull Click 設計來得好。Convex-hull Click 設計有兩個潛在的弱點。第一弱點為當在登入過程中，使用者為了找尋通行圖形物件，滑鼠不自覺的移至通行圖形物件並停留在通行圖形物件一會兒，肩窺攻擊者此時就可能知道通行圖形物件，進而破解了此設計。第二弱點為當使用者的電腦並無滑鼠時，Convex-hull Click 設計是無法動作的。Rectangular Keyin 設計，輸入挑戰時只允許鍵盤來輸入挑戰，但如此可能輸入挑戰的速度可能變慢，是否有更好的方法來輸入挑戰將是未來研究的重點。

參考文獻

- [Bl96] G. Blonder, "Graphical passwords," *United States Patent 5559961*, 1996.
- [Bm93] S. Bellovin and M. Merritt, "Augmented encrypted key exchange: A password-based protocol secure against dictionary attacks and password-file compromise," *Proceedings of the ACM Conference on Computer and Communications Security*, pp. 244–250, 1993.
- [Dmb07] A. E. Dirik, N. Memon, J.C. Birget, "Modeling user choice in the PassPoints graphical password scheme," Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS), July 2007, at Carnegie-Mellon Univ., Pittsburgh.
- [Dp00] R. Dhamija and A. Perrig. Déjà Vu: "A user study using images for authentication," *Proceedings of the 9th USENIX Security Symposium*, 2000.
- [Jmm99] Jermyn, A. Mayer, F. Monrose, M. Reiter, and A. Rubin, "The design and analysis of graphical passwords," in *Proceedings of the 8th USENIX Security Symposium*, 1999.
- [P05] Passlogix, "www.passlogix.com," last accessed in June 2005.
- [Rhod03] M. Rhodes, R. Bragg, and K. Strassberg, "Network Security: The Complete Reference," First Edition, McGraw Hill, Nov. 2003.
- [Sb02] Leonardo Sobrado and Jean-Camille Birget, "Graphical passwords," *The Rutgers Scholar*, Volumn 4, 2002.

- [Sb05] L. Sobrado, J.C. Birget, “Shoulder-surfing resistant graphical passwords,” Draft.
- [Wwb05] S. Wiedenbeck, J. Waters, J. C. Birget, A. Brodskiy and N. Memon, “PassPoints: Design and longitudinal evaluation of a graphical password system,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 63, pp. 102–127, July 2005.
- [Wwsb06] S. Wiedenbeck, J. Waters, L. Sobrado, J.C. Birget, “Design and evaluation of a shoulder-surfing resistant graphical password scheme,” in Proceedings of Advanced Visual Interfaces (AVI2006), Venice, Italy, 23-26 May 2006.

空調機室內溫度與耗能之研究

The study of Air Conditioner Temperature Control and energy consumption

謝桂平¹ 謝建新² 郭仰³ 曾國隆⁴

¹勤益科技大學冷凍空調與能源系 兼任講師 ²東南科技大學機電科技學系 副教授

³東南科技大學機電整合研究所 講師 ⁴東南科技大學機電整合研究所 研究生

摘 要

面對全球氣候暖化及有效減少用電的環保與節能觀念上，建築物內之冷氣設定溫度提高，可節省用電量，但應如何提高設定，又冷氣機的性能表現與空間環境的變化如何？至今尚未能有明確認定，非常值得探究。本研究依據中華民國國家標準 CNS3615 無風管空氣調節機性能測試要求於標準實驗室進行實驗量測，並選用一組 2.8kW(2500kcal/hr)及另一組 4.1kW(3550kcal/hr)不同類級的冷氣機，進行室溫高低差異的耗能比較。其結果顯示冷氣機噸數小，消耗電力時間長，但提高溫度一度，減少耗能 6~10%，而較大容量的冷氣機，設定溫度提高一度時，減少耗能 4~6%。

關鍵字：室內溫度設定，消耗能量，空調機，空調性能。

Abstract

In environmental protections and energy-saving concepts, it will reduce air conditioning power consumption when we increase the indoor air temperature for buildings. Whatever how to adjust temperature limits and what are the relations between air conditioning performance and room temperature range. There is no identification till now. Thus it is interested to study the power consumption relative to temperature setting. In the research, we select 2.8kW and 4.1kW two units to compare their performance in according to CNS3615 code. there are small capacity, running time longer but reduced 6~10% energy consumption and large capacity, running time shorter but reduced 4~6% energy consumption only in results.

Key words : Temperature setting, Energy consumption, Air conditioner, performance

壹、前言

面對炎炎夏季，使用冷氣機所產生的高耗能現象，就一再的被提出來探討，尤其是電視上每天都能看到室溫設定調高一度可節省6%用電量的宣導，這種說法的基準在哪？基於這樣的想法，因此乃投入此方面的相關研究，首先是購買兩組不同冷氣能力等級的分離式冷氣機，擬定測試方法，對這兩組冷氣機於不同的室內溫度設定下，分別進行累計消耗電力量的試驗，再將消耗電力量分別比較，以期能更確切的知悉其省能量。

貳、測試方法

本次試驗選用 A 廠牌2.8kW 級分離式冷氣機一組；及 B 廠牌4.1kW 級分離式冷氣機一組分別進行試驗，其各自規格如表1所示：

表1.測試機規格

項目 \ 規格	A 廠牌(2.8kW)	B 廠牌(4.1kW)
冷氣能力	2500kcal/hr	3550kcal/hr
電源	1 ϕ 220V 60Hz	1 ϕ 220V 60Hz
運轉電流	4.3A	6.4A
消耗功率	925W	1380W
能源效率比值	3.03 (W/W)	2.97 (W/W)

本研究依據中華民國國家標準 CNS 3615無風管空氣調節機[1]性能測試要求之實驗室進行試驗，實驗室尺寸及相關配置如圖1所示，室內側與室外側尺寸同為高度3.6m，寬度均為5m，深度均為4m。冷氣機試驗運轉時，空間熱量來源計有3HP 電動機一台及1.5HP 電動機一台，電動機功用為帶動風扇進行空間氣流循環之用。實驗室庫體為厚度10cm 之 PU 發泡保溫材，庫體內外牆壁間熱傳量很小，幾乎可以忽視不計。

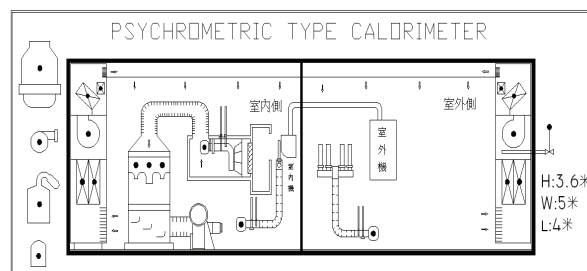


圖1.實驗室尺寸及相關設備配置圖

控制實驗室室內側環境溫度在 30.0°C DBT ； $25.5^{\circ}\text{C WBT}(70\%\text{RH})$ ，室外側環境溫度控制在 35.0°C DBT ； $24.0^{\circ}\text{C WBT}(40\%\text{RH})$ [2]。當室、內外側環境穩定於上述條件一小時之後，調好遙控器設定溫度，開啟冷氣機運轉，同時關閉室內側環境控制所需之冷凍主機、加熱器及加濕器，僅使空調箱內之風扇馬達繼續維持氣流流動所需之運轉，而室外側則維持原有之環境控制功能，並開始累計冷氣機消耗功率(kWh)，以作為試驗結果之比較。遙控器的設定溫度分別調整為 26°C 、 27°C 及 28°C 三個溫度，每個設定溫度的消耗電力累計時間為6小時。

進行 A 廠牌(2.8kW)冷氣機試驗時，累計消耗電力量的時間雖然長達6小時，但從試驗結果來看，冷氣機能力等級與空間及熱源大小的搭配似乎不佳，所以進行 B 廠牌(4.1kW)冷氣機試驗時，決定增加累計時間至8小時，但仍於運轉6小時之時，紀錄6小時所累計之消耗電力量，作為與 A 廠牌(2.8kW)冷氣機的性能比較。而且考量一般家庭使用冷氣機時的設定溫度；大都設定於 25°C 的溫度，因此 B 廠牌(4.1kW)冷氣機試驗時，加測了設定溫度為 25°C 時的累計消耗電力量。

參、測試結果與分析

3.1 符號說明

S25：遙控器設定運轉溫度為 25°C 時測試項目

S26：遙控器設定運轉溫度為 26°C 時測試項目

S27：遙控器設定運轉溫度為 27°C 時測試項目

S28：遙控器設定運轉溫度為 28°C 時測試項目

(2.8)：A 廠牌(2.8kW)冷氣機之測試項目數據

(4.1)：B 廠牌(4.1kW)冷氣機之測試項目數據

TEd：冷氣機室內側回風乾球溫度 ($^{\circ}\text{C}$)

TEw：冷氣機室內側回風濕球溫度 ($^{\circ}\text{C}$)

TLd：冷氣機室內側出風乾球溫度 ($^{\circ}\text{C}$)

TLw：冷氣機室內側出風濕球溫度 ($^{\circ}\text{C}$)

TOd：冷氣機室外側回風乾球溫度 ($^{\circ}\text{C}$)

Q：冷氣機運轉時之冷氣能力 (kcal/hr)

(W)：冷氣機運轉時之瞬時消耗功率 (W)

3.2 A 廠牌(2.8kW)冷氣機測試結果與分析

A 廠牌(2.8kW)冷氣機試驗時，各測試項目狀態變化如圖2至圖6所示。

S26(2.8)累計運轉的六小時內僅有一次 on-off cycle 現象，在開始運轉後之第4.73小時，壓縮機產生第一次 off 現象，壓縮機 off 時間約16分鐘後；壓縮機才再次 on 運轉，至第6.22小時，壓縮機才產生第二次 off 現象。在僅有的一次 cycle 現象裡，出風乾球溫度達11.58°C時，壓縮機 off；出風乾球溫度回升至22.84°C時，壓縮機再次 on 運轉。而回風乾球溫度則是在25.06°C時，壓縮機 off；回風乾球溫度回升至25.66°C時，壓縮機再次 on 運轉，之後的17分鐘之內，回風乾球溫度繼續回升至25.87°C時，室內回風溫度才開始又下降。也就是在17分鐘之內，回風乾球溫度依舊持續升溫了0.21°C之後，冷氣機的冷氣能力才逐漸掌控住室溫的下降。

S27(2.8)累計運轉的六小時內，有將近三次的 on-off cycle 現象，在開始運轉後之第3.06小時，壓縮機產生第一次 off 現象，在將近三次的 cycle 循環中，壓縮機 off 時間約為17~19分鐘後，壓縮機才再次 on 運轉，再次運轉約57~63分鐘之後，壓縮機才再次 off。在將近三次的 cycle 現象裡，出風乾球溫度達12.37~12.47°C時，壓縮機 off；出風乾球溫度回升至24.06~24.14°C時，壓縮機再次 on 運轉。而回風乾球溫度則是在26.08~26.13°C時，壓縮機 off；回風乾球溫度回升至26.65~26.66°C時，壓縮機再次 on 運轉，之後的約17~19分鐘之內，回風乾球溫度繼續回升至26.92°C時，溫度才開始又下降。回風乾球溫度在再次運轉的17~19分鐘之內，依舊持續升溫了約0.26~0.27°C。

S28(2.8)累計運轉的六小時內，有將近五次的 on-off cycle 現象，在開始運轉後之第1.87小時，壓縮機產生第一次 off 現象，在將近五次的 cycle 循環中，壓縮機 off 時間約為14~16分鐘後，壓縮機才再次 on 運轉，再次運轉約46~48分鐘之後，壓縮機才再次 off。在將近五次的 cycle 現象裡，出風乾球溫度達13.12~13.15°C時，壓縮機 off；出風乾球溫度回升至25.00~25.26°C時，壓縮機再次 on 運轉。而回風乾球溫度則是在27.26°C時，壓縮機 off；回風乾球溫度回升至27.70~27.73°C時，壓縮機再次 on 運轉，之後的約17分鐘之內，回風乾球溫度繼續回升至27.96°C時，溫度才開始又下降。回風乾球溫度在再次運轉的17分鐘之內，依舊持續升溫了約0.23~0.26°C。

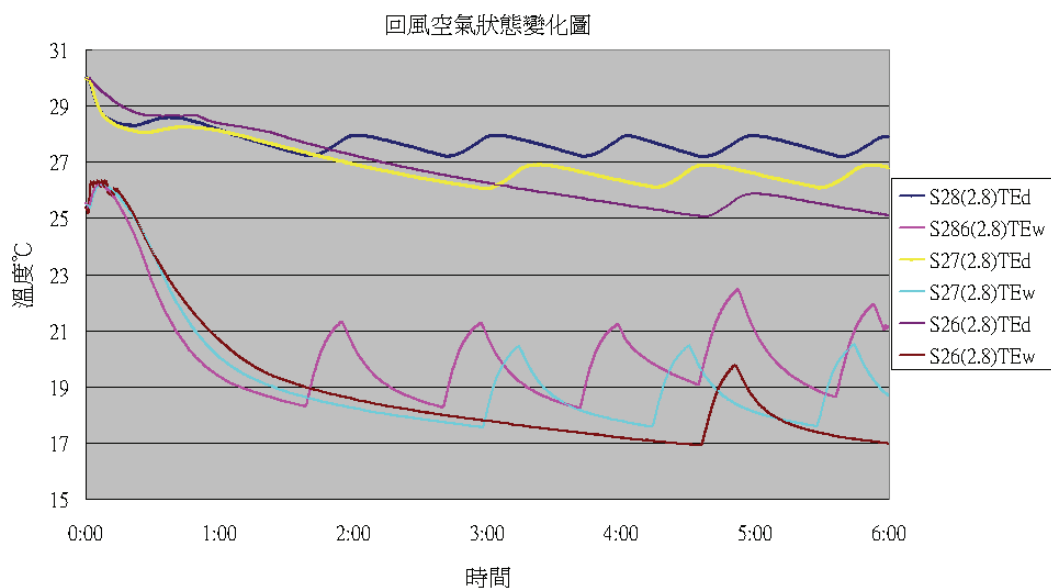


圖2. A 廠牌(2.8kW)冷氣機回風空氣狀態變化圖

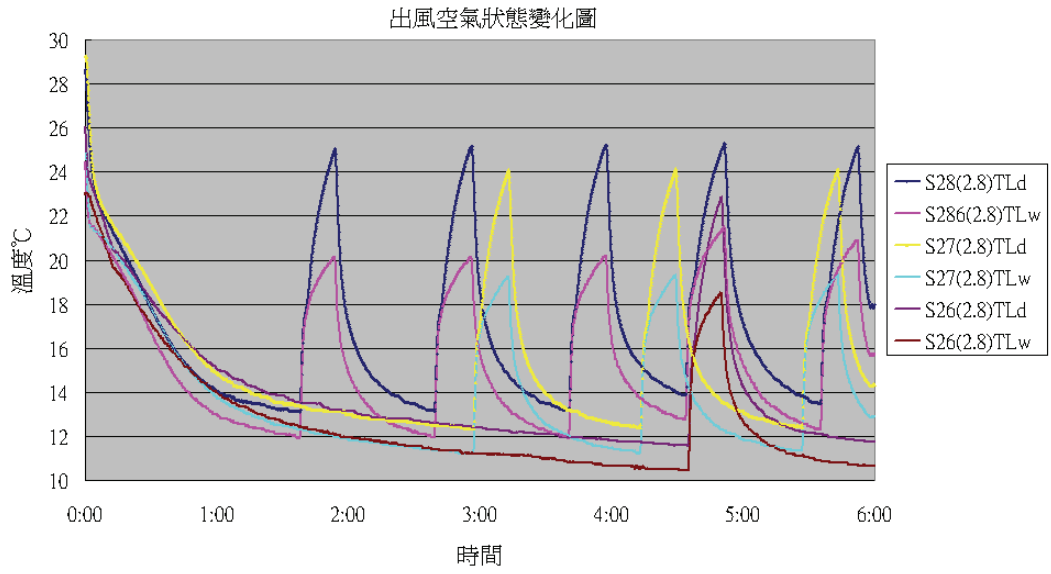


圖3. A 廠牌(2.8kW)冷氣機出風空氣狀態變化圖

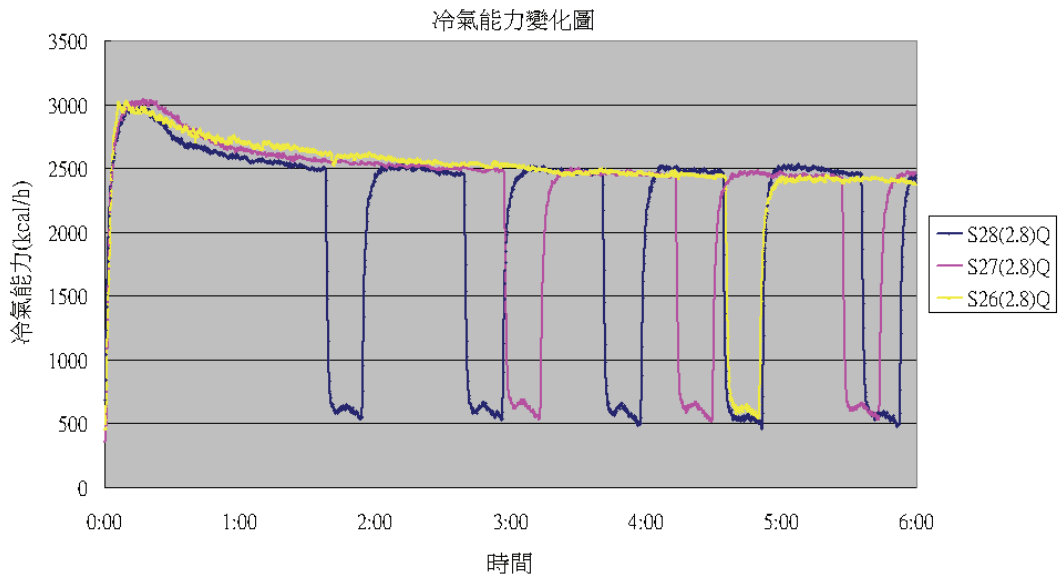


圖4. A 廠牌(2.8kW)冷氣機冷氣能力變化圖

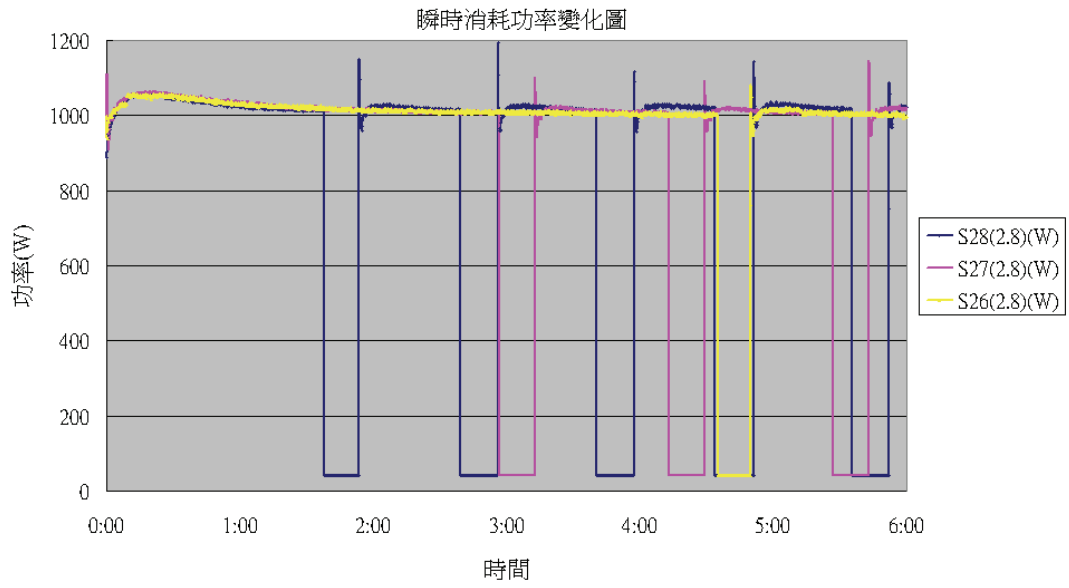


圖5. A 廠牌(2.8kW)冷氣機瞬時消耗功率變化圖

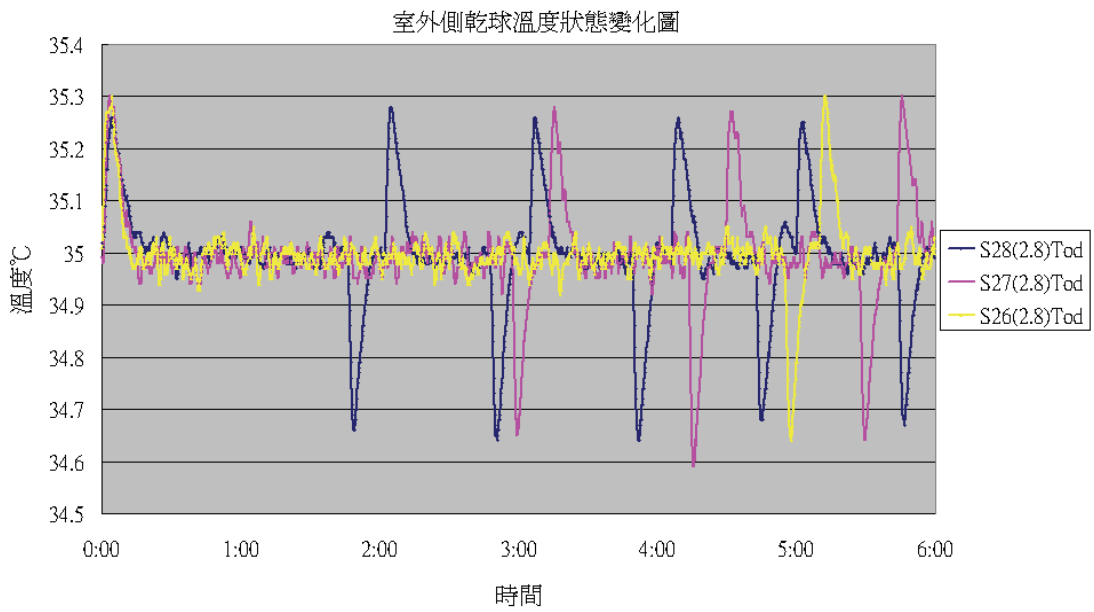


圖6. A 廠牌(2.8kW)冷氣機室外側乾球溫度變化圖

A 廠牌(2.8kW)冷氣機測試結果如表2所示。

表2. A 廠牌(2.8kW)冷氣機測試結果

S26(2.8)六小時累計消耗電力量	5.8340 kWh
S27(2.8)六小時累計消耗電力量	5.2815 kWh
S28(2.8)六小時累計消耗電力量	4.9794 kWh
S27(2.8) / S26(2.8)	0.9053
S28(2.8) / S27(2.8)	0.9428
S28(2.8) / S26(2.8)	0.8535

3.3 B 廠牌(4.1kW)冷氣機測試結果與分析

B 廠牌(4.1kW)冷氣機試驗時，各測試項目狀態變化如圖7至圖12所示。

S25(4.1)累計運轉的八小時內計有16次 on-off cycle 現象，在開始運轉後之第2.18小時，壓縮機產生第一次 off 現象，此時冷氣機回風乾球溫度為24.76°C；出風乾球溫度為9.53°C，壓縮機 off 時間為7分鐘時；壓縮機才再次 on 運轉，再次運轉時的回風乾球溫度為24.81°C；出風乾球溫度為18.47°C。之後壓縮機以每次 off 時間為7分鐘，on 時間為13~16分鐘的運轉模式進行 on-off cycle 運轉，此運轉模式下，出風乾球溫度從第2次 off 時的10.34°C循序攀升至第7次 off 時的11.02°C；此後每次壓縮機 off 時的出風乾球溫度即穩定在10.96~11.18°C之間時壓縮機 off；出風乾球則是從壓縮機第2次 on 時的24.81°C；之後的每次 on 的出風乾球溫度均穩定的在17.84~18.14°C之間時壓縮機再次 on 運轉。而此運轉模式下的回風乾球溫度則是在24.74~24.78°C之間時壓縮機 off；回風乾球溫度在24.79~24.83°C時壓縮機再次 on 運轉，之後的4~6分鐘之內，回風乾球溫度會持續升至24.91~24.99°C之間時，室內回風溫度才開始又下降。也就是回風乾球溫度在4~6分鐘內；依舊持續升溫了約0.11~0.19°C之後，冷氣機的冷氣能力才逐漸掌控住室溫的下降，此種情形比 A 廠牌(2.8kW)冷氣機試驗時，改善了很多。

S26(4.1)累計運轉的八小時內計有19次 on-off cycle 現象，在開始運轉後之第1.81小時，壓縮機產生第一次 off 現象，此時冷氣機回風乾球溫度為25.84°C；出風乾球溫度為10.11°C，壓縮機 off 時間為7分鐘時；壓縮機才再次 on 運轉，此時回風乾球溫度以回升至25.87°C；出風乾球溫度為19.22°C。之後壓縮機以每次 off 時間為7分鐘，on 時間約為12~15分鐘的運轉模式進行 on-off cycle 運轉，此運轉模式下，出風乾球溫度從第2次 off 時的11.28°C循序攀升至第7次 off 時的12.08°C；此後每次壓縮機 off 時的出風乾球溫度即穩定在12.11~12.50°C之間時壓縮機 off；出風乾球則是從壓縮機第2次 on 時的18.93°C；之後的每次 on 的出風乾球溫度呈現循序增高的在18.80~19.25°C之間時，壓縮機再次 on 運轉。而此運轉模式下的回風乾球溫度則是在25.76~25.82°C之間時壓縮機 off；回風乾球溫度回升至25.78~25.85°C時壓縮機再次 on 運轉，之後的4~6分鐘之內，回風乾球溫度會持續升至25.90~25.99°C之間時，溫度才開始又下降。也就是回風乾球溫度在4~6分鐘內；依舊持續升溫了約0.10~0.13°C之後，冷氣機的冷氣能力才逐漸掌控住室溫的下降，此種情形也是比 A 廠牌(2.8kW)冷氣機試驗時，改善了很多。

S27(4.1)累計運轉的八小時內計有將近22次的 on-off cycle 現象，在開始運轉後之第1.37小時，壓縮機產生第一次 off 現象，此時冷氣機回風乾球溫度為27.00°C；出風乾球溫度為10.91°C，壓縮機 off 時間為7分鐘時；壓縮機才再次 on 運轉，此時回風乾球溫度為26.99°C；出風乾球溫度為19.96°C。之後壓縮機以每次 off 時間為7分鐘，on 時間約為10~13分鐘的運轉模式進行 on-off cycle 運轉，此運轉模式下，出風乾球溫度從第2次 off 時的12.40°C循序攀升至第8次 off 時的13.15°C；此後每次壓縮機 off 時的出風乾球溫度即穩定在13.16~13.47°C之間時壓縮機 off；出風乾球則是從壓縮機第2次 on 時的19.93°C；之後的每次 on 的出風乾球溫度約在19.89~20.45°C之間時，壓縮機再次 on 運轉。而此種運轉模式下的回風乾球溫度則是在降至26.85~26.97°C之間時壓縮機 off；回風乾球溫度回升至26.86~26.94°C時壓縮機再次 on 運轉，之後的3~4分鐘之內，回風乾球溫度會持續升至26.97~27.06°C之間時，溫度才開始又下降。也就是回風乾球溫度在3~4分鐘內；依舊持續升溫了約0.09~0.12°C之後，冷氣機的冷氣能力就能逐漸掌控住室溫的下降。

S28(4.1)累計運轉的八小時內計有將近25次的 on-off cycle 現象，在開始運轉後之第0.94小時，壓縮機產生第一次 off 現象，此時冷氣機回風乾球溫度為28.07°C；出風乾球溫度為12.45°C，壓縮機 off 時間為7分鐘時；壓縮機才再次 on 運轉，此時回風乾球溫度為28.05°C；出風乾球溫度為20.61°C。之後壓縮機以每次 off 時間為7分鐘，on 時間約為9~11分鐘的運轉模式進行 on-off cycle 運轉，此運轉模式下，出風乾球溫度為第2次 off 時之13.77°C；此後每次壓縮機 off 時的出風乾球溫度約在14.23~14.67°C之間時壓縮機 off；出風乾球則是從壓縮機第2次 on 時的20.75°C；之後的每次 on 的出風乾球溫度呈現循序增高的在21.05~21.74°C之間時，壓縮機再次 on 運轉。而此運轉模式下的回風乾球溫度則是在27.95~28.02°C之間時壓縮機 off；回風乾球溫度在27.96~28.04°C時壓縮機再次 on 運轉，之後的3~4分鐘之內，回風乾球溫度會持續升至28.04~28.14°C之間時，溫度才開始又下降。也就是回風乾球溫度在3~4分鐘內；依舊持續升溫了約0.08~0.10°C之後，冷氣機的冷氣能力才逐漸掌控住室溫的下降。這些情形都比 A 廠牌 (2.8kW)冷氣機試驗時，改善了很多。

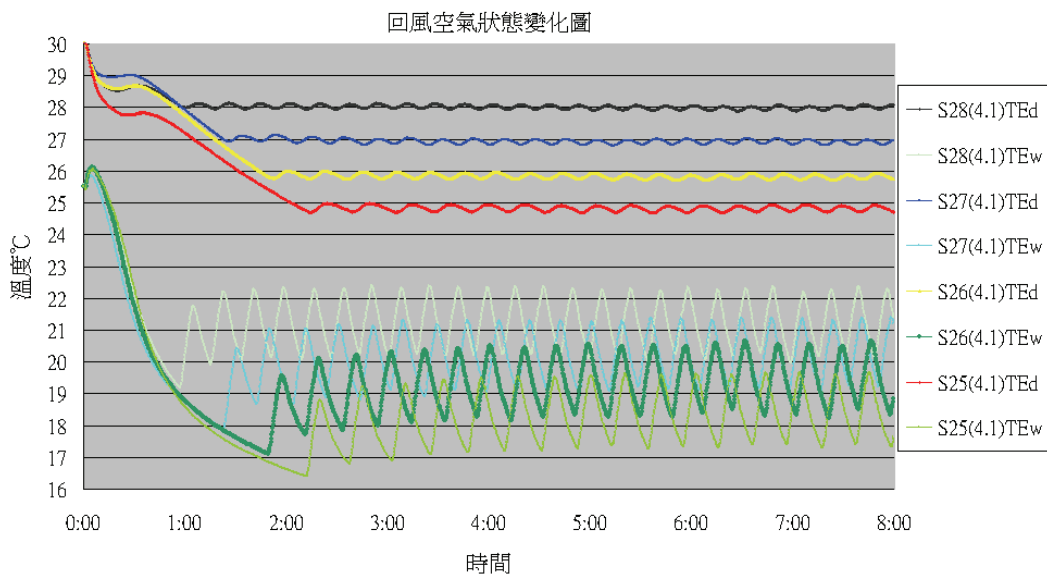


圖7. B 廠牌(4.1kW)冷氣機回風空氣狀態變化圖

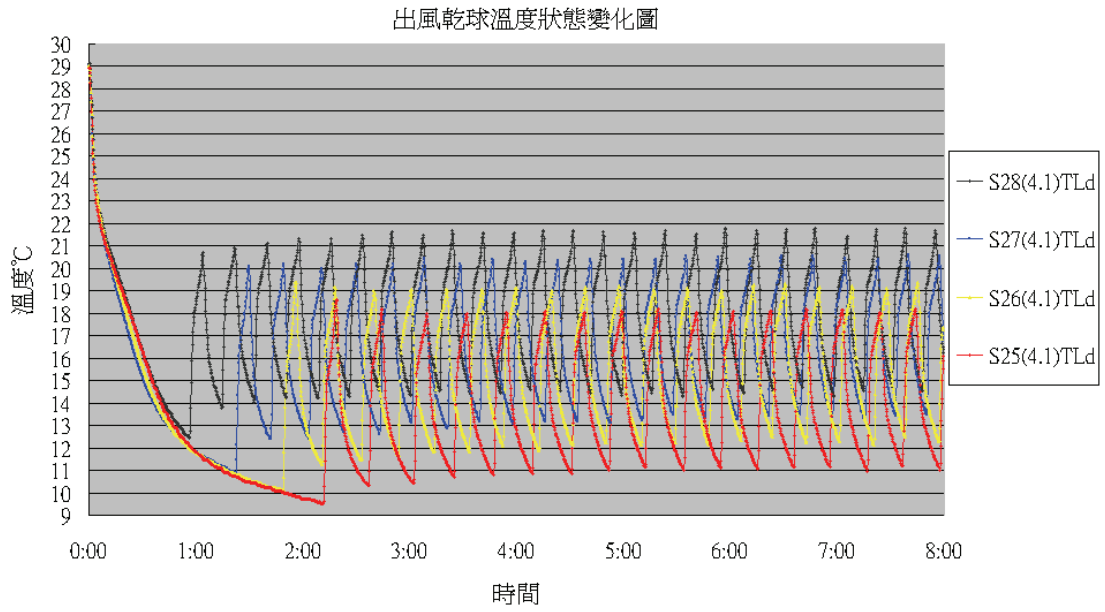


圖8. B 廠牌(4.1kW)冷氣機出風乾球溫度變化圖

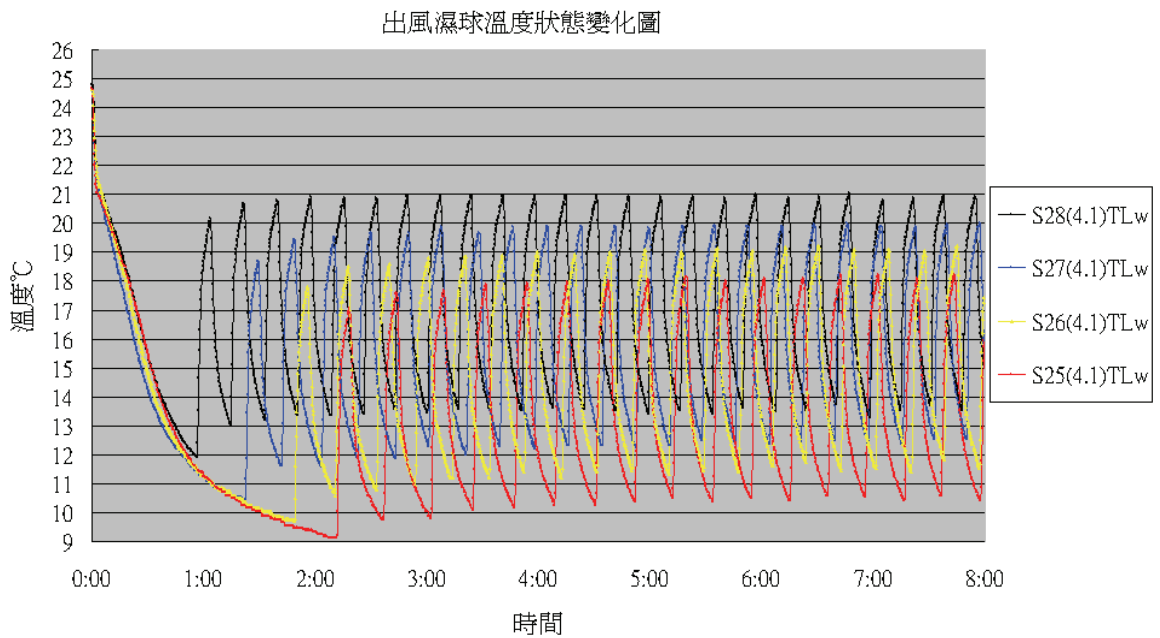


圖9. B 廠牌(4.1kW)冷氣機出風濕球溫度變化圖

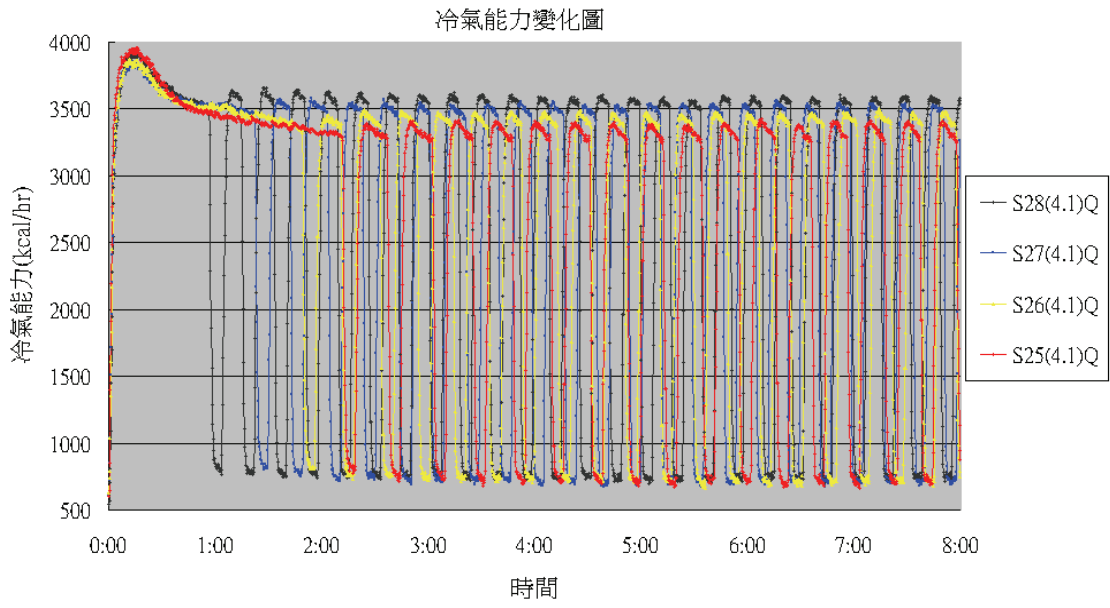


圖10. B 廠牌(4.1kW)冷氣機冷氣能力變化圖

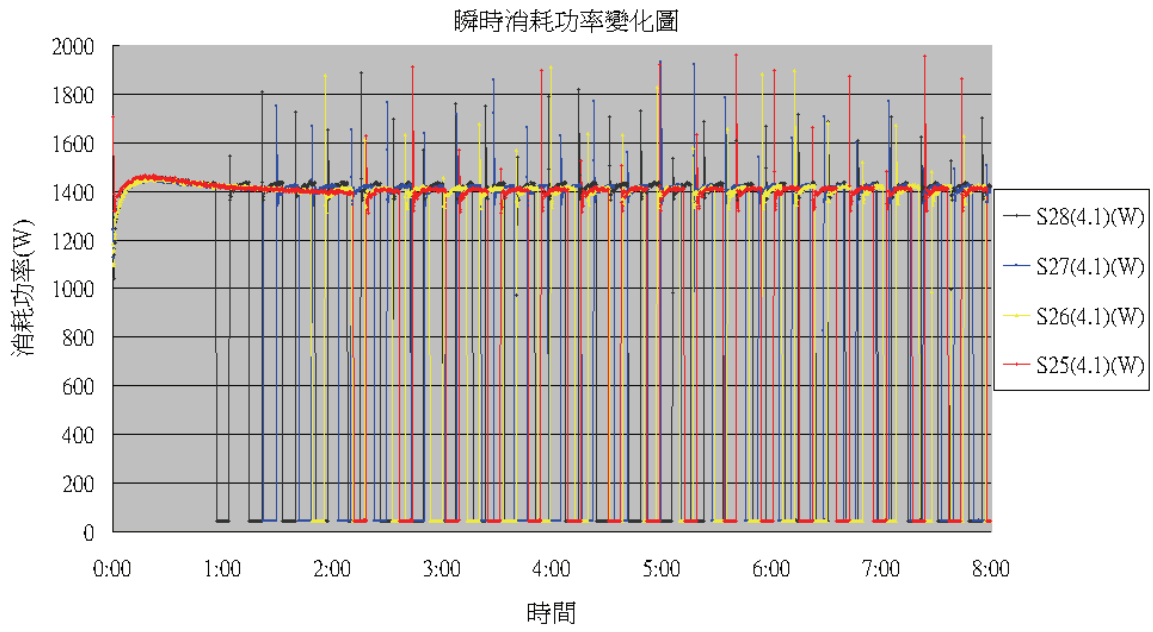


圖11. B 廠牌(4.1kW)冷氣機瞬時消耗功率變化圖

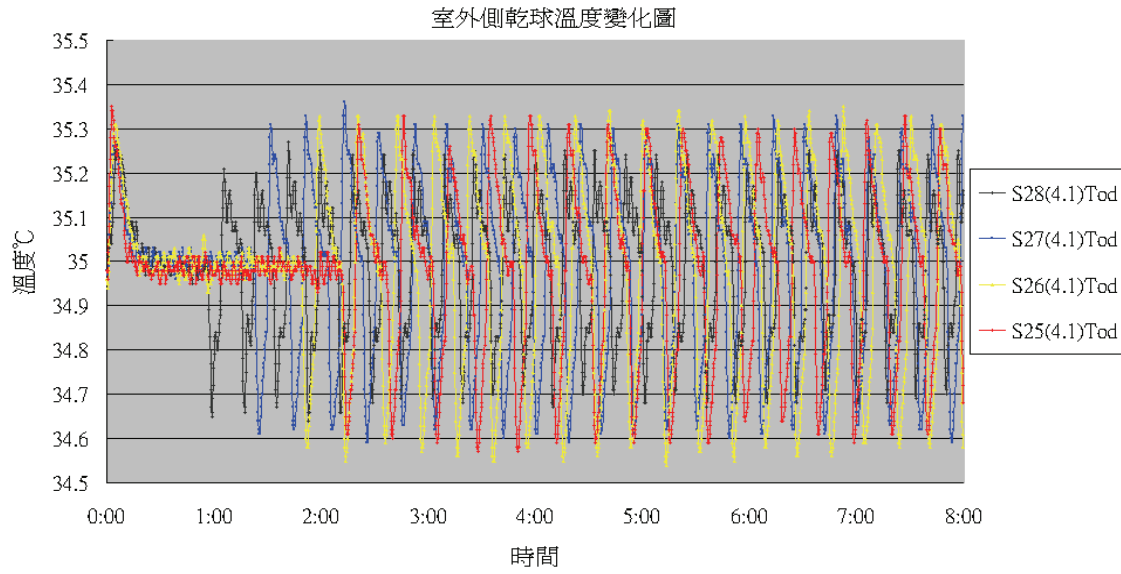


圖 12. B 廠牌(4.1kW)冷氣機室外側乾球溫度變化圖

B 廠牌(4.1kW)冷氣機測試結果如表3及表4所示。

表3. B 廠牌(4.1kW)冷氣機六小時累計耗功

S25(4.1)六小時累計消耗電力量	6.7438 kWh
S26(4.1)六小時累計消耗電力量	6.3978 kWh
S27(4.1)六小時累計消耗電力量	6.0888 kWh
S28(4.1)六小時累計消耗電力量	5.6551 kWh
S26(4.1)/ S25(4.1)	0.9487
S27(4.1)/ S26(4.1)	0.9517
S28(4.1)/ S27(4.1)	0.9288
S28(4.1)/ S25(4.1)	0.8386

表4. B 廠牌(4.1kW)冷氣機八小時累計耗功

S25(4.1)八小時累計消耗電力量	8.6772 kWh
S26(4.1)八小時累計消耗電力量	8.2014 kWh
S27(4.1)八小時累計消耗電力量	7.8010 kWh
S28(4.1)八小時累計消耗電力量	7.3800 kWh
S26(4.1) / S25(4.1)	0.9452
S27(4.1) / S26(4.1)	0.9512
S28(4.1) / S27(4.1)	0.9460
S28(4.1) / S25(4.1)	0.8505

3.4 A 廠牌(2.8kW)冷氣機與 B 廠牌(4.1kW)冷氣機試驗結果比較

一般消費者購買冷氣機時，一定會考量房間坪數來決定購買的冷氣機的噸數，那麼在此次實驗中；相同的空間及熱源下，A 廠牌(2.8kW)冷氣機與 B 廠牌(4.1kW)冷氣機的測試結果，如表5所示。

表5. A 廠牌(2.8kW)冷氣機與 B 廠牌(4.1kW)冷氣機六小時累計消耗電力量比較

S26(2.8)六小時累計消耗電力量	5.8340 kWh
S26(4.1)六小時累計消耗電力量	6.3978 kWh
S27(2.8)六小時累計消耗電力量	5.2815 kWh
S27(4.1)六小時累計消耗電力量	6.0888 kWh
S28(2.8)六小時累計消耗電力量	4.9794 kWh
S28(4.1)六小時累計消耗電力量	5.6551 kWh
S26(4.1)/ S26(2.8)	1.0966
S27(4.1)/ S27(2.8)	1.1529
S28(4.1)/ S28(2.8)	1.1357

肆、結論

從 A 廠牌(2.8kW)冷氣機測試結果來看，本試驗累計六小時消耗電力量，累計時間似乎稍嫌不足。各設定點之累計電力量，在第1次 off 之前佔了絕大部分，亦即將初始環境溫度從30.0°C 70%RH 降低至所設定的溫度條件部分。

還有壓縮機再次 on 之後，在長達10數分鐘內，回風乾球溫度仍緩慢持續上升的現象，可能原因即是空間或熱源太大；試驗機冷氣噸數過小的因素所造成，致使空間中的回風空氣消化慢，因此也大大的拉長了每段 on-off cycle 的時間，無形中增加了壓縮機更長時間的運轉，增加了累計消耗電力量。

但依各設定點的累計消耗電力量來看，A 廠牌(2.8kW)冷氣機在不同的設定溫度下，設定每提高一度，確實有減少能源消耗的現象。且減少的幅度相當的大，約在6~10%之間。

從 B 廠牌(4.1kW)冷氣機測試結果來看，冷氣機的噸數與空間的大小及熱源的比例就很足夠，這可從冷氣機的 on-off cycle 頻繁可以看出來。而且當壓縮機再次 on 時，回風溫度仍持續上升現象的溫度幅度與時間長度，均頗有改善。

而由 B 廠牌(4.1kW)冷氣機測試累計消耗電力量來論，設定溫度每提高一度，約有4~6%的節省耗能的結果，這與政策的宣導就頗為相近。但以空間環境或人員的舒適度來論，雖然設定溫度每提高一度可節省能源，但相對的，也會犧牲掉一些舒適度的感受。

試驗中，還發現一個很有趣的現象就是 B 廠牌(4.1kW)冷氣機；不管設定的溫度是多少，其 on-off cycle 循環中，壓縮機 off 的時間均為7分鐘，這點頗耐人尋味。或許是當冷氣機的冷氣能力大於空間內的熱負載需求時，此台冷氣機本身的起動及停止運轉的控制模式即是如此，也可能是回風溫度的感測元件，就是在那個時間點感測到必須再次啟動壓縮機，使冷氣機開始再次進行冷氣運轉也說不定。此現象與此次的試驗重點無關，所以在此就先不去探究其真正的原因。

前述提過，消費者購買冷氣機均會考量房間大小及熱源，在本次試驗中，相同的空間大小與熱源，對應不同冷氣能力噸數之冷氣機的測試結果來看，B 廠牌(4.1kW)冷氣機累計六小時的消耗電力量比 A 廠牌(2.8kW)冷氣機累計六小時的消耗電力量高出10~15%。雖然 B 廠牌(4.1kW)冷氣機比較耗能，但從測試資料來看，B 廠牌(4.1kW)冷氣機能使此試驗空間維持在比較恆定的設定溫度環境，也是不容置疑的事實。

但是，一般的觀念，我們均認為房間選用的冷氣機，其冷氣能力噸數若是過小，壓縮機會長期處於 on 運轉狀態，將會導致更耗能的結果，但此次的兩個試驗結果看來，卻有著不同於我們一般的想像，或許是因為兩組冷氣機的冷氣能力相差了兩個等級的原因，才會出現此種現象也說不定，若只差一個冷氣能力等級的話，其結果又會是如何？就不得而知了。因此預計未來將繼續購買一組3150kcal/h(3.6kW)等級的冷氣機，進行相同的試驗後，再做一次耗能比較，對這個問題進行探討。

另外，此次試驗空間及熱源均為固定，其結果似乎只說明了不同機種的運轉效率差異，未來將考慮使用不同等級的冷氣機，在相同的空間內，以適當比率之熱源進行耗能比較的測試，例如，以2500kcal/h(2.8kW)之冷氣機機種及空間內原熱源的累計消

耗電量的測試結果為基礎，改用3150kcal/h(3.6kW)等級的冷氣機測試時，於空間中增加650kcal/h 的熱源進行測試，或許能因此達到在相同的空調環境要求下；或者說是在相同的舒適度展現下，進行冷氣機的耗能比較，作為最符合空間大小與熱源之冷氣機種的選購參考。

站在『空調機』的立場上來看，『我』的運轉就是要對我所處的空間進行空氣調節，站在『人』的立場來看，『我』希望空調機能調節出我所處空間的舒適環境。大部分坊間的節能器所標榜的節能效果，都是站在『空調機』的立場上，限制空調機的運轉；而非提高運轉效率來節省能源，卻因此喪失了以『人』為本的立場；失去了「空調」的原意，犧牲了『人』的舒適；成就了節能的效益，這一點也是值得我們一再的強調「節能」時的另類省思吧！

無論如何，經由這次的試驗分析，獲得的結論是：冷氣機的設定溫度每調高一度，確實能節省累計消耗電力量，達到省能的效果。

伍、參考資料

1. 中華民國國家標準 CNS 3615[無風管空調機]；民國 93 年版。
2. 中華民國國家標準 CNS 14464[無風管空氣調節機與熱泵之試驗法及性能等級]；民國 89 年版。

工業日語系統外來語表音資料庫的建立

Establishment on the Database of Spelling Foreign Language in Industrial Japanese System

黃錦鐘¹、郭 仰²

¹東南科技大學 機電科技學系 副教授 ²東南科技大學 機電科技學系 講師

¹Jing-Chung Huang, Department of Mechatronic Technology, Tungnan University

²Yang Kuo, Department of Mechatronic Technology, Tungnan University

摘 要

現今蒐集的工業技術資訊，以語文為主要工具，除當今英語為主流外，另一與此匹敵的日語，已然成為一股不可忽略的洪流。

本文針對譯介成中文的工業日語系統中的外來語，採用字首、字中及字尾方式，透過當今出版的外來語字典，由日語一音整理出同音的英語拼音，足夠作為日語音還原原先英語的基礎用資料庫，以作為筆譯人員及電腦翻譯上的第一手譯介資料。

關鍵詞：外來語，拼音，工業日語，表音，資料庫。

ABSTRACT

This paper propose a method to establish a database of spelling foreign language in industrial Japanese system. It is easy to get a original language using a pro-word + mid-word + post-word pattern.

Key words : Foreign language, Spelling, Industrial Japanese, Voice-spelling, Database.

壹、前言

眾所周知，日語體系係由和語(日本人固有語言)、漢語及外來語三種組合而成，其中的漢語採用遠自中國春秋時代的吳國、漢朝、唐朝、宋朝等音〔1〕，由於當時的漢朝政經壯盛及完備，素為昔稱為蠻夷之邦的日本人所欽羨，因此流傳至今來自中國的語言文，泛稱為漢語或漢字。

日本自唐代大化改新以來，大量模仿中國的政經文物，自此以後只有語言而無文字且為部落族群狀態，一躍奠定成為初具國家規模的基礎。這時候的外來語，就是漢字、漢語，可表音兼表意，確實豐富了已屬貧乏的日本文化。

但時至歐洲列強的殖民侵略主義盛行之後，打破了日本鎖國政策，漸感現實體制無法進一步提升為強國，乃在明治維新以後，大量採掘德、法、英、葡、荷蘭、義大利等列強的制度與思想〔2〕，有很多新的名詞為了傳播，乃統一以片假名記述其音〔3〕，不再先譯成漢語，例如是「地球」、「哲學」、「有罪」等等〔4〕，其中英語又是世界共通語言，因而外來語才藉此擔當著傳遞最新資訊的重要橋樑角色。

從此，世界上只要有任何新發明、新發現、新文章，莫不經由外來語的仲介，快速傳播到全日本各個角落，進而化為自己的骨肉，並經過一再地改良，結果出現了許多產品，例如是原本為美國發跡的 NC 控制器予以改良，卻創造了數值控制式工具機，自此步入量產的紀元；即青出於藍而勝於藍，造就了今日日本工業強國。

工業日語，簡單地說，除了基本日語結構以外，就是專有名詞穿插其中，而專有名詞又絕大部分為外來語，並以片假名記述，不需花時間在如何譯成漢語或和語，而傷腦筋。只是一種記號，代表一種意思罷了。

一國經濟的進步，其後是以強大的科技為後盾，因此對鄰近的日本，不論在地理上、歷史上或漢語使用上，中國人佔有先天上的優勢；再加上現代科技競爭，又以資訊為其掌握先機的要件，因而學會了日語這個利器，即能在浩瀚無邊的日語科技知識中，獲得第一手資料。特別是日語的期刊雜誌著重實務性文章，對於技術人員的進修管道，確為目前最多且最佳來源之一。

本文有鑒於在譯介日語文資料成為中文意思的過程中，發覺外來語系統並非是單純音的併出，而是有其時代演進的變化，但基本上是外來語原音式併出與羅馬式併出兩大類。例如外來語的「火柴」意思，外來語原音式併為「マッチ」，而羅馬式併為「matchi」。所謂原音式併出，指照該文字發音而參照日語發音系統來對應外來語；而羅馬式併出，乃不參照原文字發音，逕自以文字的母音與子音結合成羅馬音。

由此本文提出依外來語字首、字中及字尾之方式，例如看到外來語「タバコ」之字首、字中及字尾的音分別為「タ」、「バ」、「コ」時，找對應的英語併出「ta」、「ba 或 va」、「co 或 ko」，即知原來音為「tabaco」，而中文的意思就是「香菸」，就現今發行給予國人查閱用辭典或用語工具書為對象，試圖找出以英語為主要來源的外來語之對照音，整理成基礎用途之資料，以建立電腦譯出原字及正確中文意思目的，作為準備。

貳、現今整理外來語情形與盲點

如圖1所示，一般找出外來語的中文意思，可分為三步驟，即先把外來語分割成獨立的發音單元，接著再由字首、字中及字尾逐一還原成原音，若不對再試圖找出可能的發音單元，一旦確認可以，即查閱專業字典或科技字典，如此經幾番嘗試錯誤，終於找出該外來語的原音及中文意思。

上述的步驟，關鍵在於「可能的發音單元」，若有足夠的發音單元，即使英文底子不好的人，也可輕而易舉地得到所想要的中文意思。亦即非專業人員，當可省下大部分以下步驟，一下子便可獲得。

外來語在日語系統中的角色，如圖2所示，係以片假名為表音工具，而現今在片假名系統內(圖3)，又區分為清音、濁音及複合音，其後再以長音附屬，各自衍生成為長清音、長濁音與短濁音，以及複合長音、複合短音、複合濁長音、複合濁短音，共計202個音。

其中舉漢語的「行」為例〔5〕，「修行」的「行」吳音讀成「ギョウ」，「旅行」的「行」漢音讀為「コウ」，而「行燈」的「行」唐宋音則讀成「アン」。同樣字，因時代與地方影響所生的差異而影響到至今日本人仍使用的音，所以在佛書上偏用吳音，而在孔孟學說則以漢音為主〔1,6〕。由於吳音與漢音長久以來處於彼此複雜、纏雜狀態，漸漸地造就了日語化漢語式語彙〔7〕。例如「無人島(ムジントウ)」由「無人」構成的，其中的「無」是漢音的「ム」，加上吳音讀為「ジン」的「人」兩者所結合的。

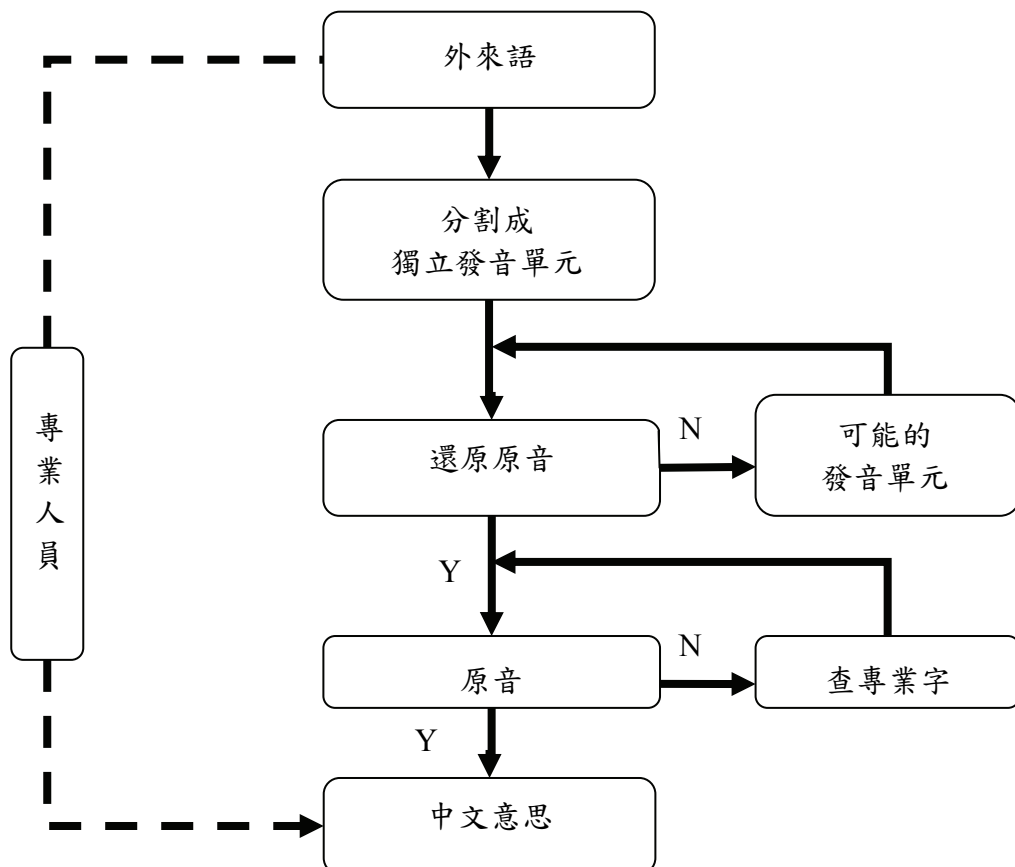
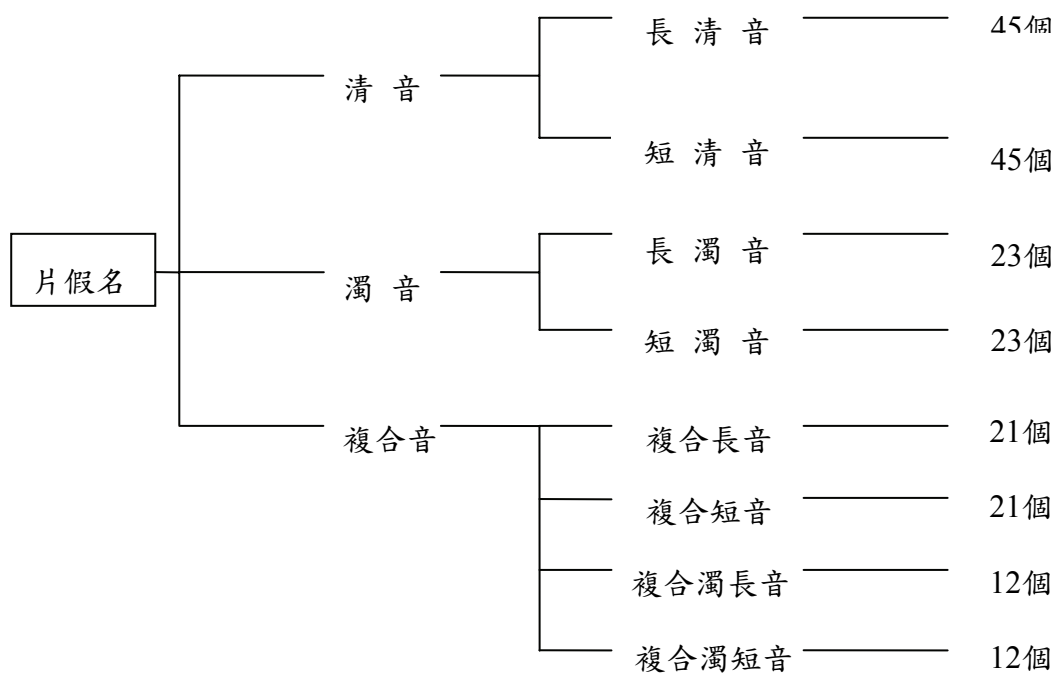


圖1 一般找出外來語中文意思的步驟



音 別	數 量
長清音	アー、イー、ウー、エー、オー、カー、キー、クー、ケー、コー、サー、シー、スー、セー、ソー、ター、チー、ツー、テー、トー、ナー、ニー、ヌー、ネー、ノー、ハー、ヒー、フー、ヘー、ホー、マー、ミー、ムー、メー、モー、ヤー、ユー、ヨー、ラー、リー、ルー、レー、ロー、ワー、ン
短清音	ア、イ、ウ、エ、オ、カ、キ、ク、ケ、コ、サ、シ、ス、セ、ソ、タ、チ、ツ、テ、ト、ナ、ニ、ヌ、ネ、ノ、ハ、ヒ、フ、ヘ、ホ、マ、ミ、ム、メ、モ、ヤ、ユ、ヨ、ラ、リ、ル、レ、ロ、ワ、ン
長濁音	ガー、ギー、グー、ゲー、ゴー、ザー、ジー、ズー、ゼー、ゾー、ダー、デー、ドー、バー、ビー、ブー、ベー、ポー、パー、ピー、プー、ペー、ポ
短濁音	ガ、ギ、グ、ゲ、ゴ、ザ、ジ、ズ、ゼ、ゾ、ダ、デ、ド、バ、ビ、ブ、ベ、ボ、パ、ピ、プ、ペ、ポ
複合長音	キヤー、キユー、キョー、シャー、シユー、シヨ、チャー、チュウ、チョー、ニヤー、ニユー、ニョー、ヒヤー、ヒユー、ヒョー、ミヤー、ミユー、ミョー、リヤー、リユー、リョ
複合短音	キヤ、キユ、キョ、シャ、シユ、シヨ、チャ、チュ、チョ、ニヤ、ニユ、ニョ、ヒヤ、ヒユ、ヒョ、ミヤ、ミユ、ミョ、リヤ、リュ、リョ
複合濁長音	ギヤー、ギユー、ギョー、ジャー、ジユー、ジョー、ビヤー、ビユー、ビョー、ピヤー、ピユー、ピョ
複合濁短音	ギヤ、ギユ、ギョ、ジャ、ジュ、ジョ、ピヤ、ピユ、ピョ、ビヤ、ピユ、ピョ

圖3 片假名表音用系統共有202個音

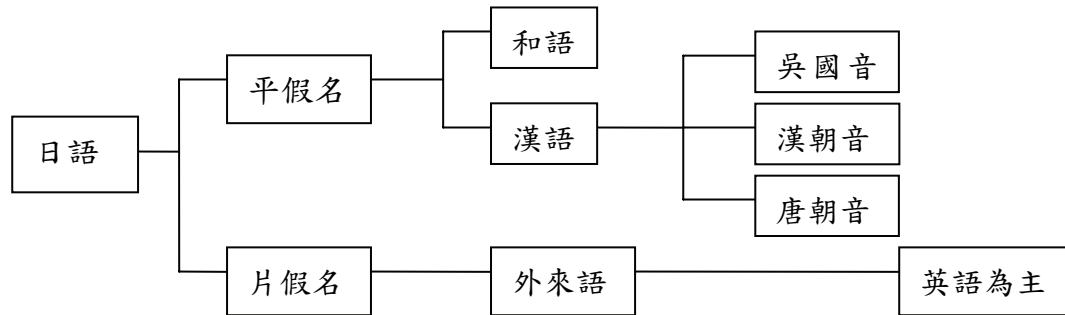


圖2 日語系統

有關日語外來語的整理工作上，目前只有1954年經日本教育部日語審議會的結論為基準，對外發布所謂的標準併音法[8]，規定外來語以片假名來書寫，不准以平假名記述，除50音(實際使用只有45個音)外，另追加複合短音----ウァ、ウィ、ウェ、ウォ及複合長音----ウァー、ウィー、ウェー、ウォー，但仍有使用上的侷限性。

另外，岡田氏[9]針對化學領域用外來語整理出母音與子音對照合成一音，亦即為50音的併音速查表，然對其他領域的外來語，並未整理。

反觀國內整理外來語工作者，僅見黃氏[10]提出英語母音與子音對照表，不過經由對照所能用的音，實用上仍然不足。

由上觀之，大量且完整的表音對照工作，至今日本人或他國尚無有系統整理提起，對我國使用日語者仍然陷入各自抓瞎的窘境，就汲汲龐大日語資訊而言，實是刻不容緩。

參、整理方法與步驟

一般而言，除極少數發音外，絕大多數外來語形態皆呈「字首+字中+字尾」型，因此就如表1所示市售的外來語字典，逐一依字首、字中及字尾對照，紀錄原音出現英語為主的外國音是何記號，調查是否不一樣或重複，再扣除重複者，即為這一個表音的可能數目。

表1 引用外來語辭典出處

項目	辭典名稱	編者	出版處
1	外來語辭典	陳祺銘	復文書局
2	日華外來語辭典	陳山龍	鴻儒堂
3	最新日華外來語辭典	史群	大新書局
4	日本外來語辭典	宗全	博元出版社
5	新日本外來語大辭典	田世昌	笛藤出版社
6	コンサイス外來語辭典	三省堂編修所	三省堂
7	マグローヒル科學技術用語大辭典	日刊工業新聞社編輯企畫群	日刊工業新聞社
8	圖解外來語辭典	吉澤典男、大澤泰夫	角川書店

此處的字中，意謂一字字首與字尾之間的發音單元皆是。而發音單元可為母音或子音，只要屬於圖3內者都算。

肆、整理結果與考察

4.1 長清音

所謂長清音，即50音的加長音。表2為長清音有無表音的統計。字首表音數目共有281個，字中及字尾的表音分別為133個、104個；每個表音扣除重複者，共有396個。此處的字首表音數目多於字中、字尾的總和，代表了字首表音種類繁多，說明了先查外來語字首的重要性。

表2 長清音有無表音的統計

長清音	字首	字中	字尾	合計	長清音	字首	字中	字尾	合計
アー	7	1	9	9	ネー	3	2	1	4
イー	8	2	1	8	ノー	6	3	3	9
ウー	5	×	×	5	ハー	7	1	×	8
エー	6	2	1	7	ヒー	5	2	2	7
オー	13	5	×	17	フー	4	2	1	4
カー	9	3	6	14	ヘー	4	1	×	4
キー	5	2	7	12	ホー	9	9	1	14
クー	7	2	×	8	マー	3	3	1	5
ケー	2	2	1	4	ミー	4	2	2	7
コー	10	6	1	13	ムー	5	2	×	6
サー	13	5	3	16	メー	3	2	1	3
シー	16	4	1	19	モー	6	2	×	7
スー	4	1	5	4	ヤー	4	×	5	9
セー	9	1	1	9	ユー	4	3	1	5
ソー	16	2	1	16	ヨー	7	1	2	12
ター	4	3	6	10	ラー	6	5	5	9
チー	4	2	1	7	リー	7	8	6	13
ツー	3	1	1	5	ルー	6	7	2	10
テー	7	2	×	8	レー	3	9	2	10
トー	7	2	4	9	ロー	13	8	7	18
ナー	5	1	4	8	ワー	3	5	3	9
ニー	5	4	5	10	ンー	×	×	×	0
ヌー	4	3	1	5	總計	281	133	104	396

進一步來看，字首表音數目較多者為：ソー、シー、サー、オー、ロー，而字中表音數目較多者為：レー、ホー、リー、ロー，至於字尾表音數目較多者有：アー、キー、ロー，其中的ソー者全無出現。就以在字首、字中及字尾出現頻率最多的「ロー」音為例，如表3所示，去除重複者，共得18個發同音的英語記述。

表3 長清音「ロー」在字首、字中及字尾的表音之例

字 首	字 中	字 尾
ra、ro、lo、raw、law、row、rol、rho、lor、low、lau、roa、loa	ro、lo、lou、roa、loa、roo、rrow、llow	lo、law、row、low、loe、rrow、llow

4.2 短清音

表4即為短清音有無表音之統計。短清音即為正規清音，因與長清音比較，故定此為短清音。依字首來看，表音數目較多者為：ソ、カ、チ，而在字中者有：サ、ラ、リ，至於字尾者計有：ア、ヤ、ル。

再以數目別統計，字首有252個音，而字中及字尾分別有202個、107個，也是字首表音種類較多者。至於所有短清音在扣除重複者之後，計有383個音。

表5 短清音「ラ」在字首、字中及字尾的表音之例

字 首	字 中	字 尾
r、l、wr、ra、la、ru、lu、ro、lo	r、l、la、ra、lu、ru、lo、ro、rra、lig、llu、llo、rou	la、ra、ro、lla、lar、ler

表4 短清音有無表音的統計

短清音	字首	字中	字尾	合計	短清音	字首	字中	字尾	合計
ア	6	5	8	12	ネ	2	2	1	3
イ	10	5	4	11	ノ	3	2	1	4
ウ	8	5	×	11	ハ	5	6	×	7
エ	8	4	2	11	ヒ	4	4	1	6
オ	5	2	1	6	フ	5	9	6	13
カ	13	3	×	14	ヘ	4	3	1	5
キ	4	6	4	11	ホ	7	5	×	10
ク	6	6	4	10	マ	4	7	3	9
ケ	6	3	1	6	ミ	4	4	1	5
コ	3	5	1	8	ム	3	3	4	7
サ	5	10	×	12	メ	3	3	×	4
シ	9	8	1	12	モ	2	2	1	3
ス	1	6	7	9	ヤ	4	4	8	11
セ	9	3	×	9	ユ	4	×	4	7
ソ	16	2	1	5	ヨ	2	4	3	5
タ	4	3	6	11	ラ	9	13	6	17
チ	13	3	1	13	リ	7	10	1	12
ツ	4	×	4	8	ル	8	8	8	17
テ	5	3	1	5	レ	8	8	2	12
ト	8	4	×	10	ロ	3	3	1	4
ナ	4	5	2	8	ワ	8	5	2	9
ニ	3	2	1	3	ン	×	3	2	4
ヌ	3	1	2	4	總計	252	202	107	383

茲以表音最多數目的「ラ」音為例，如表5所示，在字首、字中及字尾發ラの音完全一樣者經扣除重複後的數目，共得17個。

4.3 長短濁音

此可分為長濁音與短濁音兩種，如表6所示，左半部為長濁音而右半部為短濁音，而在長濁音的字首、字中及字尾音數目較多者，分別為：ダー、ボー、バー、パー及ジー、ギー；至於短濁音則分別為：ジ、デ、バ、ズ、バ、ジ及ズ、デ。今以「ボー」、「バ」為例，如表7所示，分別代表長濁音及短濁音。

表6 長短濁音有無表音統計

長濁音	字首	字中	字尾	合計	短濁音	字首	字中	字尾	合計
ガー	3	1	4	6	ガ	5	3	1	7
ギー	1	1	5	6	ギ	3	4	×	5
グー	2	×	2	4	グ	2	1	2	3
ゲー	4	×	×	4	ゲ	3	1	1	4
ゴー	6	×	1	6	ゴ	4	2	1	5
ザー	1	3	1	5	ザ	1	3	×	4
ジー	2	1	7	9	ジ	6	5	1	8
ズー	1	1	×	2	ズ	1	6	4	10
ゼー	3	3	×	4	ゼ	2	3	1	3
ゾー	2	2	×	3	ゾ	1	4	1	5
ダー	13	×	4	15	ダ	5	1	1	5
デー	4	×	1	4	デ	6	4	4	8
ドー	5	×	2	6	ド	4	2	×	5
バー	6	2	3	9	バ	6	5	2	10
ビー	7	×	1	8	ビ	5	3	×	6
ブー	3	×	×	3	ブ	4	4	3	6
ベー	6	2	×	6	ベ	3	2	1	3
ボー	11	2	1	12	ボ	2	2	×	2
パー	5	3	1	6	パ	4	4	1	5
ピー	6	×	2	7	ピ	3	2	×	3
プー	4	×	×	4	プ	2	3	3	4
ペー	3	1	×	4	ペ	3	2	2	4
ポー	6	1	2	7	ポ	1	1	×	1
總計	104	23	37	140	總計	76	67	29	116

表7 「ボー」與「バ」長短濁音表音之例

項目	字首	字中	字尾
長濁音「ボー」	bo、vo、bal、bor、bow、 boa、vol、boar、bau、 vau、boy	ve、vo	bo
短濁音「バ」	ba、bar、bir、bur、burr、v	ber、ver	be、ber、ver

由表6可看出不論長短濁音的字首表音數目如何，仍如前述長短清音一樣，顯現較多，但在長濁音的字中表音數目較少；至於字尾，數目不多。兩者共計256個音，亦較長短清音為少。

4.4 複合長短音

不論複合長音或短音，如表8所示，在字首、字中及字尾三者表音的數目差不多，兩者合計可得165個。其中在複合長音上，計有1個音，而複合短音上，共有6個音在字首、字中及字尾完全無出現發音。

與前述表音數目比較，顯著地減少了一半。此顯示複合長音或短音的利用率不多。表9顯示以「シュー」、「シャ」分別代表複合長短音發音之例。

表9 複合長音「シュー」與複合短音「シャ」的表音之例

項 目	字 首	字 中	字 尾
シュー	chu、schu、shu、su、 shao、sui、shoe、shoo	chu、shu、thu、ciu、 siu、sseu、shoo	shew、ssue、chou
シャ	cha、scha、sha、si、 shu、sho、sh	sa、sha、sza、shir、 sh、cia、sia、tia、 ceu、ciou、siou、 tiou、suou	sha、sher、sya

4.5 複合濁長短音

如表10所示，這一部分表音數目不多，複合濁長音、短音數目共有56個，分別在字首、字中及字尾出現4個、2個皆不曾發音情形，是上述表音中屬最弱的一群。

表10 複合濁長短音有無表音統計

複合 濁長音	字 首	字 中	字 尾	合 計	複合 濁短音	字 首	字 中	字 尾	合 計
ギャー	×	×	1	1	ギャ	2	1	×	3
ギュー	×	×	×	0	ギユ	1	1	×	1
ギョー	×	×	×	0	ギョ	×	×	×	0
ジャー	4	6	3	13	ジャ	5	6	1	9
ジュー	×	×	×	0	ジュ	4	4	1	6
ジョー	2	×	×	2	ジョ	2	2	1	4
ビャー	×	3	×	3	ビャ	×	2	×	2
ビュー	×	1	×	1	ビユ	×	2	×	2
ビョー	×	1	×	1	ビョ	×	×	1	1
ピャー	×	1	1	2	ピャ	×	2	1	3
ピュー	1	1	×	1	ピユ	×	1	×	1
ピョー	×	×	×	0	ピョ	×	×	×	0
總 計	7	13	5	24	總計	14	21	5	32

伍、結 語

以字首、字中及字尾方式，透過市售外來語辭典，依外來語發音，找出同音多種，以建立電腦檔資料庫之一的基礎整理結果如下：

- 1)依片假名系統202個音，順序地找出共有1256個發音單元(表11)，可以作為日本人及外國人找出原音的參考資料庫。
- 2)經過踏實的調查，外來語的字首表音最多，變化最多，其次為字中及字尾。因此查外來語原音單元宜以字首為先，接著字中及字尾。
- 3)在絕大多數的「字首+字中+字尾」型外來語表音中，一般呈現三者重複表音者，顯示因表音位置不同而有特異的表音單位以及同音的雙重特色。
- 4)在日語外來語系統中，以長短清音為主角，而以長短濁音為配角，加上複合音予以輔助，如此建構了整個外來新字變為外來語傳播意思的功能。

謝 詞

本文經製作專題研究報告四位學生---林青嫻、吳俊緯、謝忠利及林昶佑的團隊努力逐字整理，1年期間得以完成，在此謹致感謝之心。

參 考 文 獻

- [1] 文化庁；和語漢語，大藏省印刷局，1981，pp.48
- [2] 新日本製鐵株式會社能力開發室；日本--その姿と心，學生社，1982，pp.194～196
- [3] 文化庁；外來語，大藏省印刷局，1981，pp.87
- [4] 文化庁；外來語，大藏省印刷局，1981，pp.48
- [5] 金田一彥；日本語(下冊)，岩波新書，1988，pp.27
- [6] 文化庁；漢字，大藏省印刷局，1982，pp.55
- [7] 藤堂明保；漢字の知慧，德間文庫，1989，pp.172
- [8] 黃錦鐘譯；日語系中外來語的標準併音法，機械月刊，73期，1981，pp.225
- [9] 岡田 功；簡明化學命名法，才一ム社，1981，pp.2
- [10] 黃博治；談現階段的工業日文，機械月刊，34期，1978，pp.60

表8 複合長短音有無表音統計

複合長音	字首	字中	字尾	合計	複合短音	字首	字中	字尾	合計
キヤー	×	2	×	2	キヤ	×	2	×	2
キュー	×	3	×	3	キユ	1	4	1	4
キョー	×	1	×	1	キョ	×	×	×	0
シャー	7	×	6	13	シャ	7	13	3	20
シュー	8	7	3	19	シュ	5	4	4	7
ショー	6	2	2	7	ショ	2	4	1	6
チャー	4	1	3	7	チャ	3	4	1	7
チュー	1	5	3	9	チュ	1	5	1	5
チョー	1	1	×	1	チョ	1	3	2	4
ニヤー	×	4	×	4	ニヤ	×	2	1	3
ニュー	4	7	4	7	ニユ	3	2	1	4
ニョー	×	4	×	4	ニョ	×	3	×	3
ヒヤー	2	×	×	2	ヒヤ	×	×	×	0
ヒュー	2	2	×	2	ヒユ	×	×	×	0
ヒョー	×	×	×	0	ヒョ	×	×	×	0
ミヤー	×	1	×	1	ミヤ	×	1	×	1
ミュー	×	3	×	3	ミユ	×	1	×	1
ミョー	×	1	×	1	ミョ	×	×	×	0
リヤー	×	4	×	4	リヤ	×	2	1	3
リュー	×	2	×	2	リュ	×	1	×	1
リョー	×	2	×	2	リョ	×	×	×	0
總計	35	52	21	94	總計	23	51	16	71

表11 日語對應外來音的表音一覽表

音別	對應的外來語表音記述	合計
アー	aa、ah、al、ar、au、er、ur、a、re	9
ア	a、i、u、e、o、ha、ir、er、ar、re、or、oi	12
イー	i、e、ih、ea、ee、ye、yea、yie	8
イ	i、e、y、j、ai、ae、ei、hi、igh、ye、ij	11
ウー	ou、wo、woo、wor、whoo	5
ウ	u、o、v、w、wh、ou、wor、hou、ow、au、eu	11
エー	ae、ai、ei、ya、ye、eigh、a	7
エ	a、e、je、we、oe、ai、ae、iegh、ar、ea、er	11
オー	a、o、aw、au、wa、ho、oh、or、ow、oa、ou、oo、owe、oar、al、ar、oe	17
オ	e、o、or、ho、we、a	6
カー	ca、cal、car、cur、char、cour、ker、kaa、ki、kir、ski、cher、chor、quer	14
カ	c、ch、ca、cu、co、cou、cah、que、k、ka、ki、ko、kha、gha	14
キー	ki、ke、kee、key、quay、qui、ky、che、chy、cky、quis、quee	12
キ	ki、kh、chi、qui、ci、ch、cky、k、ke、ktur、que	11
クー	ku、kuh、koo、cou、coo、coup、caou、choo	8
ク	c、cu、ch、k、ku、qu、ck、ki、que、cht	10
ケー	ca、cha、ke、key	4
ケ	c、ca、cha、che、k、ke	6
コー	ko、co、coo、coa、cor、cal、cau、coor、caul、corps、ca、chor、cho	13
コ	c、co、ko、cor、cho、cio、guo、cot	8
サー	sa、sal、sar、sir、sur、ser、cir、cer、sanl、sear、thir、ther、psal、sser、acer、swer	16
サ	sa、su、so、sou、thu、ce、ci、cy、si、se、th、ssa	12
シー	se、sea、see、sie、sce、she、shi、the、cae、cei、cea、shea、shei、shie、shee、thie、si、cy、thy	19
シ	si、se、sy、ci、cy、zi、sci、thi、shi、ssi、sh、hci	12
スー	su、sui、sou、soe	4
ス	s、se、sh、ce、th、the、x、ss、sc	9
セー	sa、sai、say、sey、sha、cei、che、zee、swea	9
セ	ce、se、ze、che、she、sae、sce、seig、the	9
ソー	se、so、zo、sal、saw、sol、sor、soa、though、sau、tho、sore、soar、sour、thor、sword	16
ソ	sa、su、so、sau、tho	5
ター	ta、tar、ter、tur、tor、te、toe、tre、tha、teur	10
タ	ta、tu、te、the、tou、tow、ptar、ti、ty、tha、ter	11

表11 日語對應外來音的表音一覽表(續)

チー	chi、chie、chea、chee、ti、tee、ch	7
チ	j、t、z、ci、cy、ch、ti、ty、zi、zy、chi、thi、thy	13
ツー	too、tou、two、te、th	5
ツ	t、tu、to、chi、s、ts、tz、tes	8
テー	ta、tal、tae、tay、tee、the、thee、te	8
テ	t、ta、ti、te、the	5
トー	to、toa、toe、tor、tal、tho、tour、t、te	9
ト	t、tu、to、th、tou、tho、pto、te	8
ナー	na、nar、ner、nur、knu、kur、nor、nour	8
ナ	n、na、nu、no、ni、nnu、nou、ner	8
ニー	ne、nea、nee、knee、knea、ny、nya、nix、nni、nie	10
ニ	en、ni、ny	3
ヌー	nu、neu、nou、noo、noe	5
ヌ	nu、no、nou、nes	4
ネー	na、ne、nai、ney	4
ネ	na、ne、nee	3
ノー	no、nor、noo、nau、kno、know、na、now、noa	9
ノ	n、no、kno、nau	4
ハー	u、e、fa、ha、hal、har、fwr、her	8
ハ	h、ha、hu、ho、hi、fa、kha	7
ヒー	he、hy、hea、hei、hee、here、ffee	7
ヒ	fi、hi、hy、he、ch、chi	6
フー	fu、fou、foo、hoo	4
フ	hu、ph、f、fu、frof、v、ff、ffe、fte、pho、phu、fe、gh	13
ヘー	he、ha、hai、hay	4
ヘ	h、ha、he、hea、che	5
ホー	jo、haw、who、for、ha、ho、hoo、hoe、hor、pho、kho、fo、foa、hau	14
ホ	ha、ho、he、fo、wha、pho、wh、h、hor、ko	10
マー	mar、mur、mer、ma、mmer	5
マ	m、ma、mu、mo、me、mar、mou、mer、mor	9
ミー	mi、me、mea、mee、mme、my、mie	7
ミ	ma、mi、me、my、mmi	5
ムー	mu、mo、muu、mou、moo、mmo	6
ム	mu、mo、mou、m、me、ma、mme	7
メー	ma、me、mai	3
メ	ma、mi、me、mme	4

表11 日語對應外來音的表音一覽表(續)

モー	mo、mow、mor、mho、mau、mou、mmor	7
モ	ma、mo、mmo	3
ヤー	ja、ya、yar、year、ar、er、re、or、yor	9
ヤ	ja、je、ya、you、a、ar、er、or、re、ia、lla	11
ユー	u、eu、yu、you、lleu	5
ユ	u、ur、yu、ju、l、lle、llo	7
ヨー	jo、io、eu、yo、yaw、yea、you、a、ja、je、ya、yau	12
ヨ	jo、yo、o、llo、lio	5
ラー	ra、lar、lur、lor、lau、lear、la、ler、rer	9
ラ	r、lo、l、wr、ra、la、ru、lu、ro、rra、lig、llu、llo、rou、lla、lar、ler	17
リー	li、re、le、rea、lea、ree、lee、ri、ly、ry、lly、lie、lee	13
リ	li、ri、re、ry、ly、wri、rhy、le、yyi、lli、lle、ree	12
ルー	ru、lu、rou、lou、roo、loo、ro、llu、rue、lue	10
ル	ru、lu、re、ro、lo、lew、rou、lou、r、l、ll、lle、llu、rd、le、lic、loo	17
レー	ra、la、rai、rea、re、rra、lay、lla、lai、ray	10
レ	ra、la、li、re、le、rhe、rou、loe、rra、rre、lle、lea	12
ロー	ra、ro、lo、raw、law、row、rol、rho、lor、low、lau、roa、loa、lou、roo、rrow、llow、loe	18
ロ	ro、lo、wro、llo	4
ワー	wa、war、wor、i、ir、oi、ur、our、wer	9
ワ	o、w、wh、wo、we、wa、va、var、wi	9
ンー	無	0
ン	m、n、ng、ne	4
ガー	gar、gir、guar、ger、gger、gour	6
ガ	g、ga、gu、go、ge、gg、gre	7
ギー	ge、gie、gy、ggy、ghy、gey	6
ギ	gi、ge、gui、g、ggi	5
ゲー	gu、goo、gou、gout	4
グ	g、gu、gue	3
ゲー	ga、gay、gai、gau	4
ゲ	ga、gu、gue、ge	4
ゴー	go、gor、gho、guu、goa、gou	6
ゴ	g、go、gu、gou、ge	5
ザー	sa、zar、ther、sser、iser	5
ザ	the、z、za、sa	4
ジー	gi、zi、gy、gee、sy、sey、ssie、zy、zie	9

表11 日語對應外來音的表音一覽表(續)

ジ	gi、ge、gy、di、ji、zi、hi、si	8
ズー	zoo、zu	2
ズ	su、si、se、so、zu、th、the、s、ze、dze	10
ゼー	za、sa、they、ze	4
ゼ	ge、ze、se	3
ゾー	zo、zoo、so	3
ゾ	zo、so、sso、tho、zoo	5
ダー	da、do、dai、dar、der、dee、dir、dough、dor、doo、doe、daw、day、ter、tour	15
ダ	da、di、du、do、dy	5
デー	da、day、dee、dai	4
デ	d、da、di、de、du、dea、dy、do	8
ドー	daw、dor、doe、doo、dough、dde	6
ド	d、do、du、doo、da	5
バー	ba、bar、bir、ber、bur、ver、burr、bour、be	9
バ	v、ba、bu、bo、by、bi、be、va、bor、baar	10
ビー	be、bea、pea、pie、vea、vie、bee、by	8
ビ	bi、bu、be、vi、bee、vo	6
ブー	bou、boo、buh	3
ブ	b、bo、bu、buo、ve、be	6
ベー	ba、be、va、ve、bei、bay	6
ベ	ba、be、ve	3
ボー	bo、vo、bal、bor、bow、boa、vol、boar、bau、boy、vau、ve	12
ボ	bo、vo	2
パー	pa、par、per、pur、pear、pher	6
パ	p、pa、pu、pou、va	5
ピー	pe、pi、pie、pea、pee、peo、py	7
ピ	pi、pe、py	3
プー	bou、pou、poo、pul	4
プ	p、pu、pe、pp	4
ペー	pa、pe、pai、fe	4
ペ	p、pe、pa、pee	4
ポー	po、paw、poa、pou、pow、por、poo	7
ポ	po	1
チャー	cu、cue	2
キャ	ca、kja	2

表11 日語對應外來音的表音一覽表(續)

キュー	cu、cur、queu	3
キュ	cu、ccu、cur、gui	4
キョー	cue	1
キョ	無	0
シャー	cha、sha、shah、shar、shir、sher、shee、jor、cier、sher、shire、shure、ssure	13
シャ	si、sh、sho、shu、cha、scha、sa、sh、sha、sza、cia、sia、tia、cia、ceu、shir、ciou、tiou、sya、sher	20
シュー	si、sh、sho、shu、sha、cha、scha、sa、sza、cia、sia、tia、cia、ceu、shir、ciou、tiou、sya、sher	19
シュ	s、sh、su、che、csh、sho、ssue	7
ショー	shaw、shor、show、shoa、shou、schor、sho	7
ショ	cho、zio、tic、tio、sio、ssio	6
チャー	cha、char、chur、chao、cher、ture、teer	7
チャ	ch、cha、chu、che、tia、teou、dia	7
チュー	tu、cho、tiu、teu、tyu、tchou、tew、tue、chiu	9
チュ	tu、te、ty、chu、tur	5
チョー	cho	1
チョ	cho、tio、cheo、chun	4
ニャー	nu、new、neu、pneu	4
ニャ	niu、nio、lyo	3
ニュー	ne、nu、nnu、nur、new、niu、neu	7
ニュ	nu、ny、neu、nnu	4
ニョー	nu、nnu、new、nue	4
ニョ	ho、no、nio	3
ヒャー	fu、hu	2
ヒャ	無	0
ヒュー	hu、fu	2
ヒュ	無	0
ヒョー	無	0
ヒョ	無	0
ミャー	mu	1
ミャ	mu	1
ミュー	mu、mmu、miu	3
ミュ	mu	1
ミョー	mu	1
ミョ	無	0

表11 日語對應外來音的表音一覽表(續)

リヤー	la、lu、reu、rheu	4
リャ	ru、lu、lyo	3
リュー	lu、lue	2
リュ	lu	1
リョー	lu、lue	2
リョ	無	0
ギヤー	jiao	1
ギャ	ga、gua、gu	3
ギュー	無	0
ギユ	gu	1
ギョー	無	0
ギョ	無	0
ジャー	ja、ger、jer、jour、ju、jus、jew、jui、jou、deau、jo、jaw、geor	13
ジャ	g、ja、ju、je、jo、ge、dju、giu、ggia	9
ジュー	無	0
ジュ	du、ju、zu、jeu、ge、su	6
ジョー	ger、sure	2
ジョ	ja、jo、sio、gio	4
ビヤー	ju、view、beau	3
ビャ	bu、beyo	2
ビュー	bu	1
ビユ	bv、view	2
ビョー	view	1
ビョ	bio	1
ピヤー	pu、poy	2
ピャ	pu、py、pyo	3
ピュー	pu	1
ピユ	pu	1
ピョー	無	0
ピョ	無	0
202	總 計	1256

晶圓製造廠工程資料分析系統之人機介面特徵化

Characterization of Graphic User Interface to an Engineering Data Analysis System in Semiconductor Fabrication

王俊程¹鄭友盛²Jiunn-Cherng Wang¹Lit Cheng²¹東南科技大學 機電科技學系 助理教授 ²東南科技大學 機電整合研究所 碩士

摘 要

針對某半導體晶圓廠裡實際的工程資料分析 (EDA) 系統, 共進行兩部份的特徵化分析工作。首先分析其全部 EDA 功能程式名稱與階層性的關鍵字詞, 建構系統性名稱特徵值與表格, 此結果可以協助工程師快速搜尋所需的 EDA 功能程式, 進而找出生產線良率異常的根本原因。本文主要提出特徵化的另一部份工作, 探討 EDA 功能程式人機介面 (GUI) 的特徵。工程師使用本系統時, 依其操作流程順序, 檢視某程式輸入畫面時, 在輸入適當的資料後, 系統顯示對應的資訊於 GUI 畫面, 工程師再選擇一些選項或輸入資料, 並重覆類似流程數次之後, 系統最後呈現該功能程式的輸出圖表結果。本研究依照操作流程, 將功能程式的輸入畫面切割成數份區塊, 分析整理流程的路徑特徵, 加以編碼和分類後, 繪製畫面流程特徵值與佈署圖, 提出一套優質化的 GUI 畫面空間順序, 讓使用者更有效率的操作使用此系統。事實上, 此兩部分特徵化結果的結合, 可以作為次世代智慧型 EDA 系統的技術開發參考, 這也是先進晶圓廠 IT 部門為符合多數工程師愈多的需求, 必須改進現有的應用系統, 以提升使用者效率, 增強全球競爭力。

關鍵字：人機介面、工程資料分析、半導體製造、良率提升、特徵化

Abstract

Two types of characterization work were studied based on a real engineering data analysis (EDA) application in a semiconductor fabrication. It was achieved first by the keywords extracted from those function names with a hierarchical structure in an EDA system. These keywords were then summarized into a function name characterization table. Engineers will benefit from such a table for the quick search of those EDA functions on demand to solve the low yield events. This paper focuses on the other characterization work about the flow structure of function operation among the graphical user interface screens of EDA functions. There exists a flow sequence when engineers operating the EDA system. Namely, EDA system will show up the correspondent output after an engineer inputs some data needed. Since the result is not good, engineers need input other data and check the output again. Such operation will repeat several times. This study begins with some main categories and their respective categories about the flow structure of EDA system are first determined. GUI screens of function are then divided into several blocks. Characterization codes of function flow structure are extracted into a deployment table. An optimal GUI screen is therefore explored to speed up the operational efficiency of EDA functions. Finally, the combination of two types of characterization work will strengthen the development of next-generation intelligent EDA system.

Keywords : graphic user interface, engineering data analysis, semiconductor fabrication, yield enhancement, characterization

I Introduction

Engineering data analysis (EDA) system plays a key role in semiconductor fabrication (Liu, 2004). Engineers solve the low-yield event and find the root cause soon possibly by using such information system. The EDA system, discussed here, was developed more than 10 years by the fabrication independently (Wang, 2008). They hope providing more reliable services to their engineer users and generating new functions to meet extra needs in the future (Hsu, 2007).

There are hundreds of functions in the EDA system. Each function has its own name with a hierarchy structure and an interactive graphical user interface (GUI) image. The study focuses on the latter one here and explores the characteristic terms behind the GUI screens in the existing semiconductor EDA system. Characterization of GUI will upgrade the existing EDA system with efficient and interactive image screens.

Each function will be ideally recognized equivalent to these characterization words and terms. Characterization results both from the function name and GUI can be combined together and will bring the benefit for quick search of existing functions on demand and developing new functions promptly (Lee, 2007; Lit, 2008).

II Base of Study

Characterization work is based on the list of functions in Table 1 and the GUI image example in Fig. 1. Hundred of functions in EDA system had been studied in term of names with hierarchy (Wang, CSME 2008). Function of “WAT versus Equipment Correlation” is shown with the interactive GUI input image and will be analyzed here.

Table 1 Partial function list in an EDA system

NO	FUN_LEVEL	FUNCTION_NAME
1	0	EDA
2	01	WAT Analysis
3	01-01	WAT by Product
4	01-02	WAT Reporting
5	01-02-01	WAT Reporting (W afer & Site)
6	01-02-02	Lot Number Query
7	01-03	WAT Charting
8	01-03-01	Trend Charting (Lot/W afer/Site Mean)
9	01-03-02	Histogram Charting (Lot/W afer/Site)
10	02	Process Analysis
11	02-01	In-line Measurement
12	02-02	Lot-History Analysis
13	02-03-01	Operation-History
14	02-03-02	Measurement-History

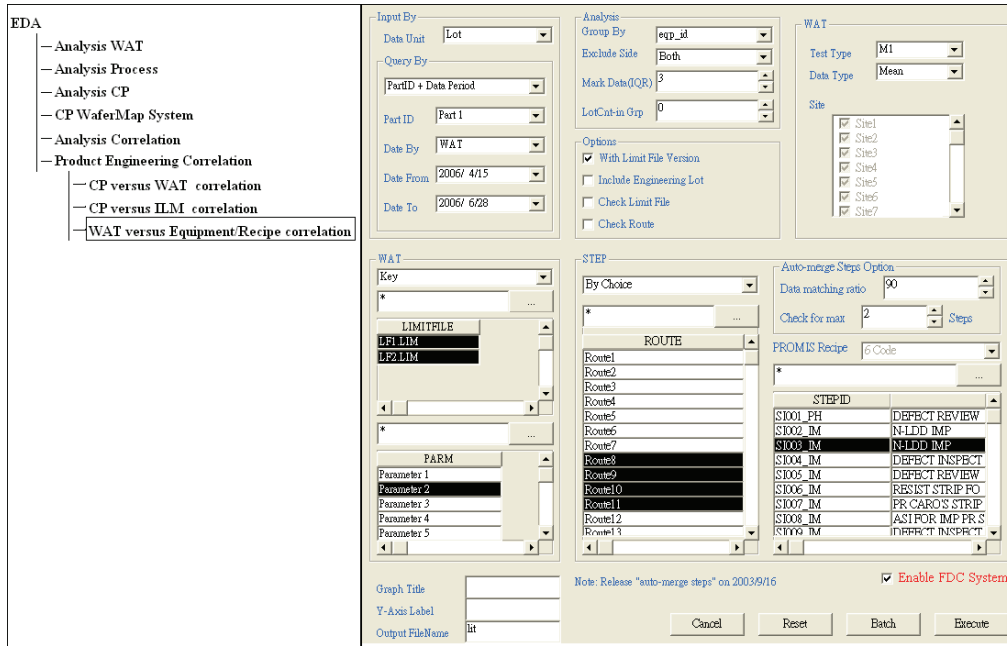


Fig. 1 Example of GUI image in “WAT versus Equipment/Recipe Correlation” function

There are two types of functions in EDA system. One is the type of correlation while the other belongs to the type of reporting. The former is the target of the study for sake of simplicity. Reporting functions only show those raw data collected from database by engineer’s request. Functions with correlation type will show the correlative information values among various data and help engineer judge the intelligent results. The characterization study only covers 36 functions and the result can be proven without the loss of generality (Wang, AEC/APC, 2008).

III GUI Operation Flow

There are six steps, EDA_S1~S6, shown in Fig. 2, which can be recognized as the sequential operation steps. The first three steps can be recognized as the “input graphics” and the last three steps the “output graphics”. Each step will be described as follows.

1. EDA_S1, named input data, is the main step in input graphics. Engineers are required to input those data needed in Fig. 1 The image consists of various *frames (f)*, such as the ‘Input By’, ‘Analysis’, and ‘WAT’, etc.. There are several *combo boxes (cb)* and sub-frames in each frame. For example, frame ‘Input By’ has the combo box ‘Data Unit’ and sub-frame ‘Query By’ which consists of five combo boxes with the first one chosen by either ‘PartID+ Data Period’ or ‘By Lot ID File’.

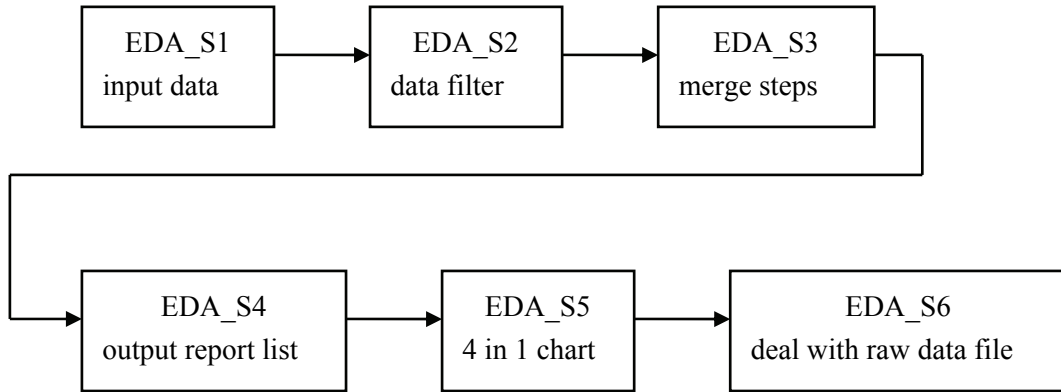


Fig. 2 Six sequential GUI steps to the EDA correlation functions

There are four items in frame 'Analysis'. The first two are combo boxes and the last two belong to *spinners* (*s*), 'Mark Data(IQR)' and 'LotCnt-in Grp'. Frame 'Options' is composed of four *check boxes* (*ckb*) with only the box 'With Limit File Version' chosen or not. Single choice in a frame is named as *option button* (*ob*) in special. Frame 'WAT' at the bottom-left side in Fig. 1 has the *list boxes* (*lb*) of 'LIMITFILE' and 'PARM'. And there are *text boxes* (*tb*) over there, 'Graph Title', 'Y-Axis Label' and 'Output FileName'. *Command buttons* (*c*) are shown at the bottom-right side with buttons of 'Cancel', 'Reset', 'Batch' and 'Execute'.

No.	Lot_id	WfrQty	Outlier	Data Value	USL	LSL	Target
00001	Lot 1	25		5	6	4	5
00002	Lot 1	25		5	6	4	5
00003	Lot 1	25		5	6	4	5

Delete Reset Cansel OK

Fig. 3 The image example of data filter

2. EDA_S2, called data filter, is the step to support EDA_S1 and engineer can manipulate and filter data. Fig. 3 shows the example of lot identification, wafer quantity, outlier, data value, upper/ lower specification limits, target and several command buttons.

EDA_S3 is named merge steps and will determine if process steps with different recipes are merged together or not. Step selection and matching step candidates are shown here.

EDA_S4 is named output report list. Different results will be shown after engineer select one among them, e.g. P Value report, Raw Data file, etc.. EDA_S5 will show the output result with n-in-1 charting, including trend chart, box plot, probability plot, etc.. EDA_S6 deals with raw data file for subsequent engineering analysis. For example, engineer usually shows their results through Microsoft Excel tool. Remember that functions with reporting type only have the steps EDA_S1 and EDA_S6 instead of the intermediate steps.

IV GUICT Approach

We begin with the construction of a GUI characterization table (GUICT). GUICT consists of five main categories, namely F1 ‘Target’, F2 ‘Variable’, F3 ‘X Variable’, F4 ‘Output’ and F5 ‘Complementary’, shown in Table 2. Such table is consistent with the EDA operation flow. Namely, engineers usually make sure the target lots/ wafers they want in the beginning. And “Y Variable” is usually determined prior to “X Variable”. Main category “Output” is sometimes needed to be made sure at the backend operation. Complementary buttons and notes are often needed to facilitate the EDA operation.

The categories in GUICT system are F1.1~ F1.2, F2.1~F2.4, F3.1~F3.4, and F4.1~F4.2 respectively. Namely, F2.2 is the category of ‘Filter Option’ and F3.3 the category of ‘X Variable Option’.

Table 2 Five main categories and their categories in GUICT

1. Target	2. Variable	3. X Variable	4. Output	5. Complementary
Input By	Analysis Option	X Analysis Option	Output File	Button
Target1.2	Filter Option	X Filter Option	Chart	Notes
	Y Variable Option	X Variable Option		
	Y Variable	X Variable		

The characterization result of the input image in function “WAT versus Equipment/ Recipe correlation” can be coded into Fig. 4 according to GUICT method. Namely, the image fragments at various location stand for the corresponding characterization categories. Considering the image of Fig. 4 as example, we obtain the category values as follows.

- Frame ‘Input By’ at top-left side belongs to F1.1,
- Frames ‘Analysis’ and ‘Options’ at top side belong to F2.1 and F2.2 respectively,
- Frame ‘WAT’ at top-right and left sides belong to F2.3,
- List boxes of ‘LIMITFILE’ and ‘PARM’ at left side are F2.4,
- Frame ‘Auto-merge Steps Option’ at right side is F3.1,
- Check box ‘Enable FDC System’ at bottom-right side is F3.2,
- Frame ‘STEP’ at center position and combo box ‘PROMIS Recipe’ at right side are

- F3.3,
- List box ‘STEPID’ at bottom-right side belongs to F3.4,
- Text boxes ‘Output FileName’, ‘Graph Title’ and ‘Y-Axis Label’ at bottom-left side are F4.1 and F4.2 respectively,
- Command buttons of ‘Cancel’, ‘Reset’, ‘Batch’, ‘Execute’ and note “Note: Release ‘auto-merge steps’ on 2003/9/16” located at bottom side are F5.1, F5.2 respectively.

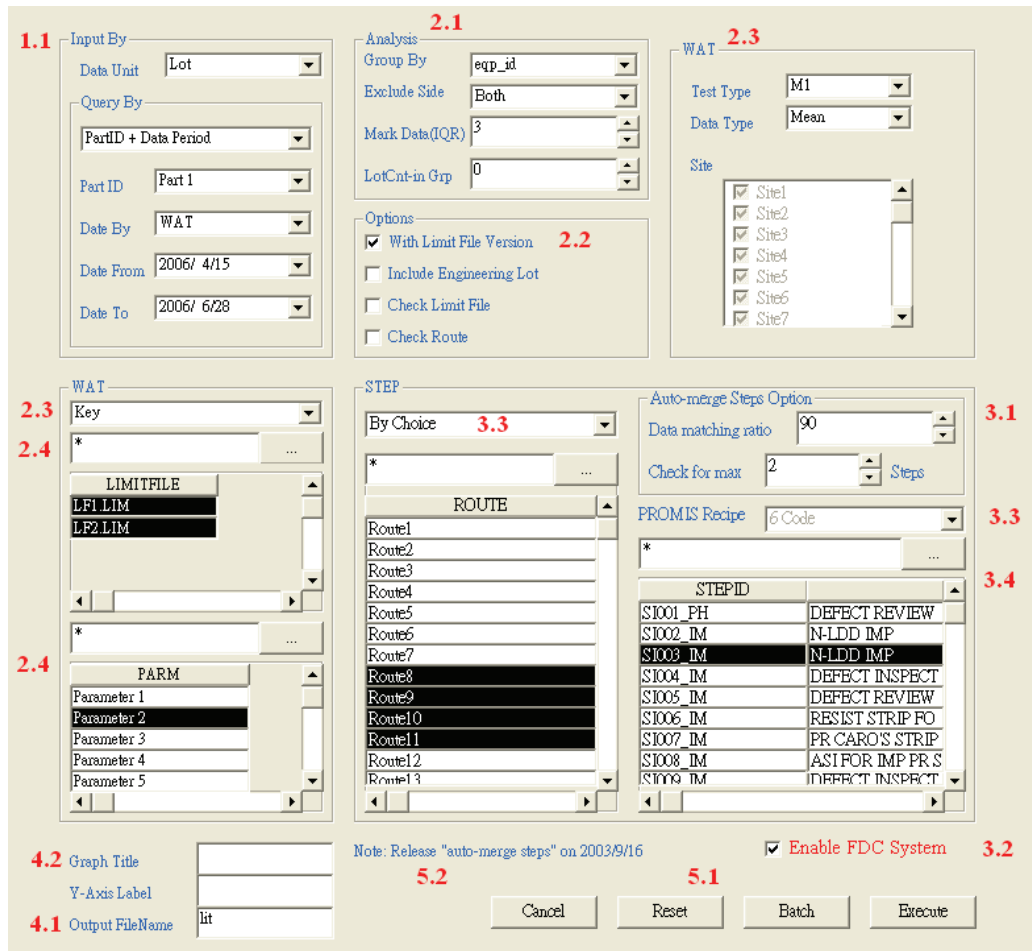


Fig. 4 Example of characterization coding to the input image of a function

The major difference between F1.1 and F1.2 in the main category ‘Target’ can be shown in Fig. 5. Category F1.1 contains sub-frame ‘Query By’ and can be used to select the target lots or wafers through several combo boxes, while category ‘Target 1.2’ in F1.2 directly input the lot ID and time. Once either of two items in ‘Query By’ is chosen, different interactive screens will pop up and wait for user’s choice. Similar results can be found from Table 3.

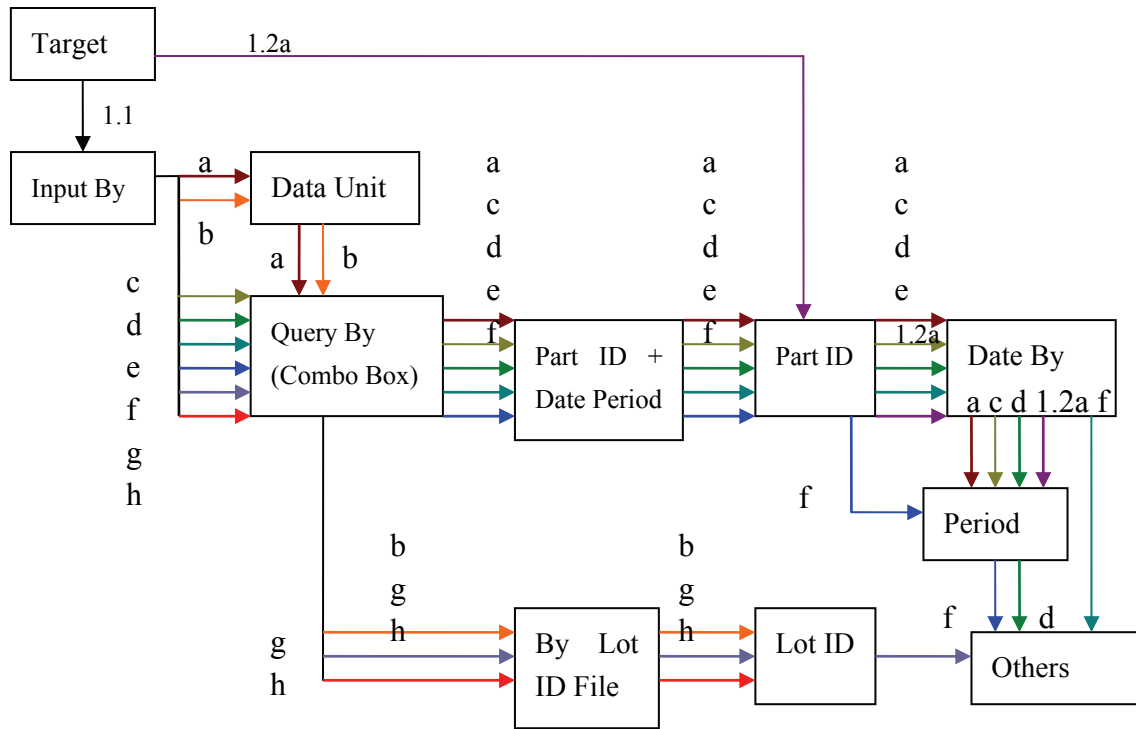


Fig. 5 The flow structure and route of main category ‘Target’

Table 3 Flow path of ‘Target’ main category in GUI Table

1.1a	Data Unit	Query By	Part ID + Date Period		Part ID	Date By	Period	
1.1b	Data Unit	Query By	By Lot ID File	Lot ID				
1.1c		Query By	Part ID + Date Period		Part ID	Date By	Period	
1.1d		Query By	Part ID + Date Period		Part ID	Date By	Period	Others
1.1e		Query By	Part ID + Date Period		Part ID	Date By		Others
1.1f		Query By	Part ID + Date Period		Part ID		Period	Others
1.1g		Query By	By Lot ID File	Lot ID				Others
1.1h		Query By	By Lot ID File	Lot ID				
1.2a					Part ID	Date By	Period	

There are four categories, namely “Analysis Option, Filter Option, Variable Option and Variable” in the 2nd and 3rd main categories. The 2nd main category is often recognized Y variable. The reason why is both the “Analysis Option” and “Filter Option” cover Y and X variables, while “X Analysis Option” and “X Filter Option” only cover X variable. Fig. 6 shows the flow structure of “Analysis Option” category. Other flow structures in main categories “Variable”, “X Variable”, “Output” and “Complementary” were analyzed and

simulated, which is consistent with the overall GUICT flow structure in Table 2. The flow path in Table 4 and Table 5 show the characterization results from the experiment data of ‘Analysis Option’ and ‘Filter Option’ categories. Detail descriptions can be found in the thesis (Lit, 2008).

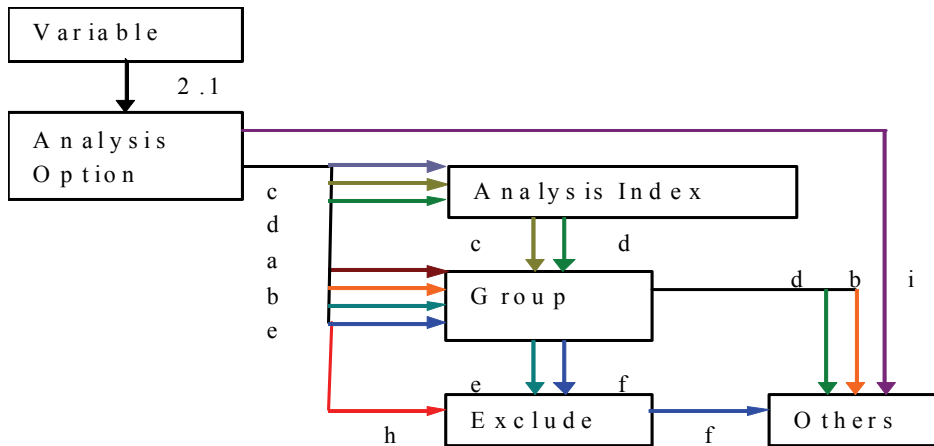


Fig. 6 Flow route of category F2.1 ‘Analysis Option’

Table 4 Flow path of ‘Analysis Option’ category in GUI Table

2.1a	Group			
2.1b	Group			Others
2.1c	Group	Analysis Index		
2.1d	Group	Analysis Index		Others
2.1e	Group		Exclude	
2.1f	Group		Exclude	Others
2.1g		Analysis Index		
2.1h			Exclude	
2.1i				Others

Table 5 Flow path of ‘Filter Option’ category in GUI Table

2.2a	Include Engineering Lot	CP		
2.2b	Include Engineering Lot	CP		Others
2.2c	Include Engineering Lot		Limit File	Others
2.2d	Include Engineering Lot			Others
2.2e				Others

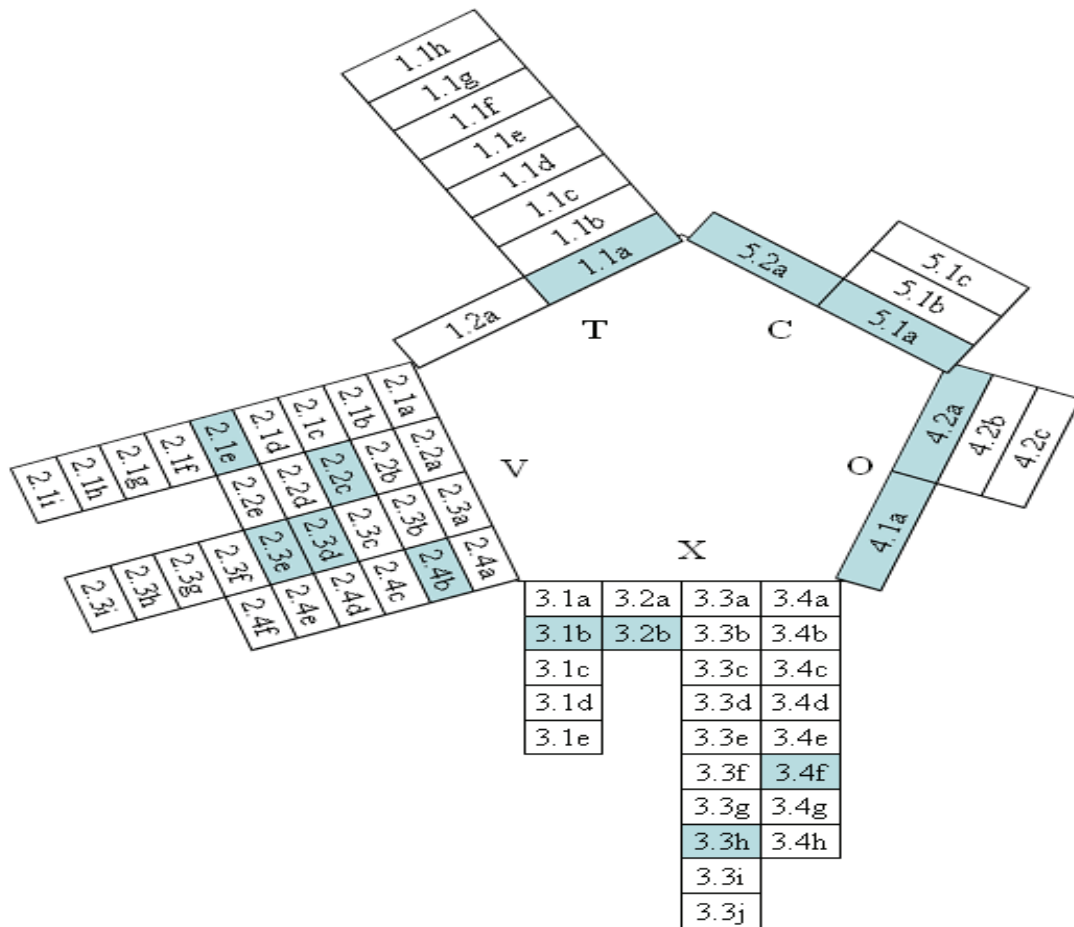


Fig. 7 GUI characterization deployment to the function example

Similarly, we can obtain all routes to all categories. Therefore we construct the GUI characteristic deployment in Fig. 7. There are 14 deployment codes in the example function, like F1.1a, F2.1e, F2.2c, F2.3d, F2.3e, F2.4b, F3.1b, F3.2b, F3.3h, F3.4f, F4.1a, F4.2a, F5.1a and F5.2a. Different functions will have different deployment codes. We can obtain the frequency distribution among 36 EDA functions analyzed here. They can represent the GUI characterization results of the real application. This will help the next new function development.

Besides, the optimal GUI interactive image can be constructed with higher operating efficiency when engineers operate EDA functions. The optimal image is fully consistent with the GUICT and is shown in Fig. 8. The image sequence is designed from left to right and from top to down. And it has the sequential flow from F1.1 to F5.1.

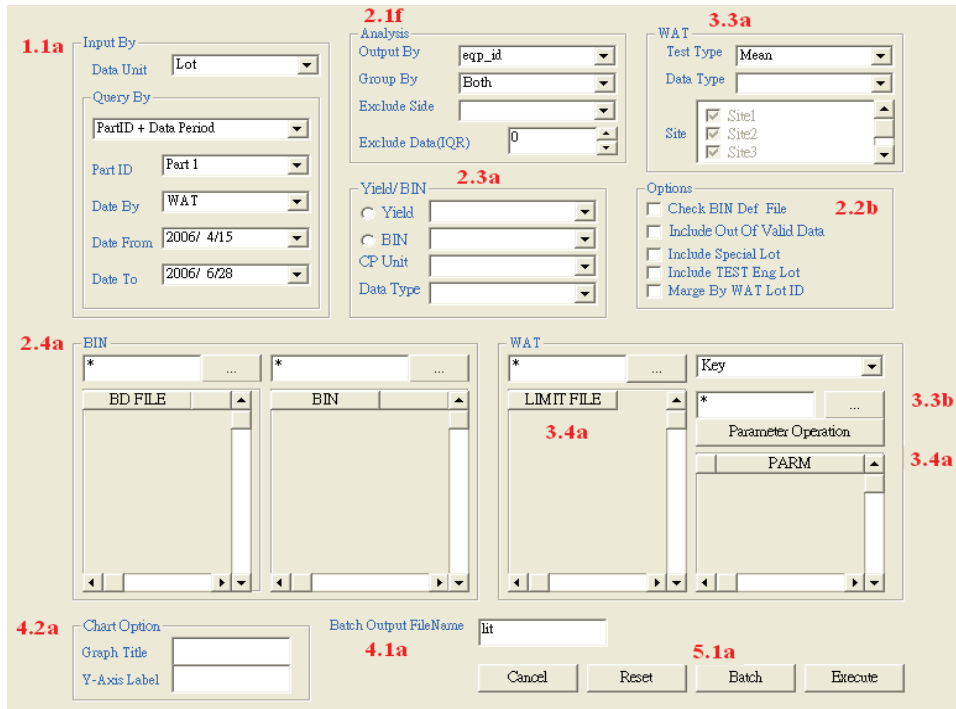


Fig. 8 Optimal GUI design of the example function

V Conclusion

Characterization work of a real engineering data analysis application in a semiconductor fabrication is composed of two parts. The first part is achieved by the keywords extracted from those function names with a hierarchical structure and a weighting algorithm in an EDA system (Lit, 2008;Chang, 1998). These characterized function name keywords will benefit engineers from the quick search of those EDA functions on demand.

The second characterization work is investigated here on the flow structure of function operation in the graphical user interface (GUI) screens of EDA functions. GUI characterization table contains five main categories, namely Target, Variable, X Variable, Output and Complementary ones. GUI characterization results in this study will speed up the efficiency as those engineers operating the EDA system. And the combination between two characterization parts will strengthen the development of next-generation intelligent EDA system.

Acknowledgement

The authors thank for the design, manufacturing and testing (DMT) project, with the title “Engineering Collaboration Platform Infrastructure Design - Phase I”, from May to October 2006 from YTL Industrial Research Institute, NTU.

References

- (1) S. J. Hsu (2007), “Design of an Enabling Mechanism for Effective Yield Analysis Procedure”, Graduate Institute of Electrical Engineering, National Taiwan University, Master Thesis, Taipei Taiwan.
- (2) J. R. Lee (2007), “Service Oriented Architecture Design for Engineering Data Analysis Flow Management System”, Graduate Institute of Information Management, National Taiwan University, Master Thesis, Taipei Taiwan.
- (3) Jiunn-Cherng Wang, Lit Cheng (2008), Characterization of an Intelligent EDA System in Semiconductor Fabrication, Tungnan Periodical, No. 32, pp. 69-82.
- (4) Jiunn-Cherng Wang, Lit Cheng (2008), A Characterization Work to an Engineering Data Analysis System in Semiconductor Fabrication, Joint Symposium of AEC/APC Asia and e-Manufacturing & DFM, Hsinchu, Taiwan.
- (5) Jiunn-Cherng Wang, Lit Cheng (2008), Practical Characterization by Function Name to an Intelligent Engineering Data Analysis System in Semiconductor Fabrication, Proceedings of the 25th National Conference on Mechanical Engineering of CSME, Zhanghua, Taiwan
- (6) Shu-Fan Liu, Fei-Long Chen (2004), “A Data Clustering Model for Wafer Yield Loss in Semiconductor Manufacturing”, Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, Vol 21, No4, pp. 328-338.
- (7) Chih-Shyang Chang, Arbee L.P. Chen (1998), “Supporting Conceptual and Neighborhood Queries on the World Wide Web”, IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics, Vol. 28, pp. 300-308.
- (8) Lit Cheng (2008), “Investigation on the Characterization Service to a Real Engineering Data Analysis System in Semiconductor Fabrication”, Graduate School of Mechatronic Engineering, Tung Nan University, Master Thesis, Taipei Taiwan.

相對密度測量實驗之誤差分析

On the measuring error analysis of the relative density measurement

郭 仰¹ 黃錦鐘² 謝建新³

¹東南科技大學機電科技學系 講師 ^{2,3}東南科技大學機電科技學系 副教授

摘 要

本文對流體靜力秤量法之相對密度量測誤差分析做深入的探討，實際推導流體靜力秤量法測量相對密度之誤差分布，從而證明傳統將測量值直接套入公式

$\frac{\rho}{\rho_w} = \frac{m_1}{m_1 - m_2}$ 計算得相對密度的估計值實際上是有偏差(bias)的，只有當

$\delta = \frac{\Delta}{m_x - m_y} \ll 1$ 時，此偏差才可忽略。對於固定儀器而言， Δ 為固定，要求

$\delta = \frac{\Delta}{m_x - m_y}$ 儘可能的小，相當於 $m_x - m_y$ 儘可能的大，相當於要求待測體的體積儘可能

的大。因此，推論體積大的物體要比體積小的物體有利於減少實驗誤差。另外本文也實際推導出估計相對密度之區間估計。

關鍵字： 相對密度，阿基米德原理，流體靜力秤量法，捨位誤差，均勻分布，區間估計，置換測量法

ABSTRACT.

In this paper, we made a thorough discussion on the measuring error analysis of the relative density measurement by the hydrostatic force weight method. The error distribution of experimental data was derived and we proved that the commonly used estimator $\frac{\rho}{\rho_w} = \frac{m_1}{m_1 - m_2}$ is in fact a bias estimator. The bias is negligible only for

$$\delta = \frac{\Delta}{m_x - m_y} \ll 1 \quad \text{and we conclude that increasing measurand volume is helpful to reduce the}$$

experimental error. We also propose the interval estimate for the estimate of the relative density.

Keywords: relative density, Archimedes' principle, hydrostatic force weight method, round-off error, uniform distribution, interval estimate, substitution measurement method

壹、前言

密度是表徵物質的特性的一個重要物理量，度量物質組成分子結構的緊密程度。每種物質都有一定的密度值，而且在一定的溫度與壓力下，一種物質的密度是不變的。

物理學上對密度的定義為「單位體積的質量」。假設物體的體積為 V 而質量為 m ，則定義其密度 ρ 為

$$\rho = \frac{m}{V}$$

物質密度 ρ 與參考物質密度 ρ_0 的比值 $d = \frac{\rho}{\rho_0}$ 稱為相對密度。物理實驗課本將 $\frac{\rho}{\rho_0}$

稱為比重，然而中文的「比重」一詞對應的英文有 Specific gravity 與 Specific weight 兩

者。前者通常指某種物質的密度與某固定條件的純水密度之比值，亦即相對密度，而後者則指單位體積的重量，因此比重一詞存在概念混亂與單位不統一的問題，現在已經很少用了。故課本中「固體比重之測定」改為「固體相對密度之測定」較佳。

密度的測量起源於冶金術和釀造業的需要，根據記載最早對密度作測量的科學家是阿基米德(Αρχιμήδης，西元前287年~西元前212年)，他為了判別希隆(Hiero)國王的皇冠是否為純金而發明了測量不規則固體體積的方法，從而計算了皇冠的密度以及純金的密度，據以比較皇冠中的純金含量，此故事最早見於維特魯威(Marcus Vitruvius Pollio，約西元前80年或前70年~約西元前25年)的《建築十書》中^[1]。常用測量密度的方法有三種：流體靜力秤量法、比重瓶法及浮計法。流體靜力秤量法的原理乃根據阿基米德原理：「浸沒在水中的物體重量的減少等於它所排開的水的重量」。對於固體的密度的測量較常用流體靜力秤量法。本文對流體靜力秤量法之密度量測誤差分析做深入的探討。

貳、測量原理

流體靜力秤量法是一種利用天平的相對測量法，適用於不溶於流體且不會在流體中產生化學變化或改變結構的固體。設物體的體積為 V ，質量為 m 根據定義密度

$\rho = \frac{m}{V}$ 。設物體在空氣中的重量為 W_1 ，懸在水中時視重為 W_2 ，則物體所受水的浮力 B

的大小等於 $W_1 - W_2$ 。根據阿基米德原理

$$W_1 - W_2 = B = \rho_w V g \quad (1)$$

(1)式中 ρ_w 為水的密度， V 為物體排開水的體積，對於完全沉沒於水中的物體而言即是物體體積， g 為重力加速度。

設物體在空氣中秤量時天平的砝碼值為 m_1 ，利用天平的載物臺，將物體掛在橫梁左側吊耳的掛鉤上，並使其懸在置於載物臺上的盛水燒杯中，如圖1，並秤得天平的砝碼值為 m_2 ，則 $W_1 = m_1 g$ ， $W_2 = m_2 g$ ，帶入(1)中，得

$$\rho = \rho_w \left(\frac{m_1}{m_1 - m_2} \right) \quad (2)$$

基於(2)式，進一步測出水的溫度，並從常數表中查出該溫度下的水密度 ρ_w 值，即可得物體密度 ρ 。

對於更精密的測量，則需考慮空氣的浮力與溫度的效應，則同樣根據阿基米德原

理可得^[2]

$$\rho_s = \frac{m_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\delta}\right) \left\{ \rho_{w2} - \rho_1 [1 + \alpha_v (t_1 - t_2)] \right\}}{m_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\delta}\right) - m_2 \left(1 - \frac{\rho_2}{\delta}\right)} + \rho_1 [1 + \alpha_v (t_1 - t_2)] \quad (3)$$

其中

m_1 : 在溫度 t_1 時，與在密度為 ρ_1 的空氣中的固體靜力平衡之法碼質量

m_2 : 在溫度 t_2 時，與在密度為 ρ_{w2} 的水中的固體靜力平衡之法碼質量

ρ_s : 待測物體在溫度 t_2 時之密度

ρ_1 : 在溫度 t_1 時，空氣之密度

ρ_2 : 在溫度 t_2 時，空氣之密度

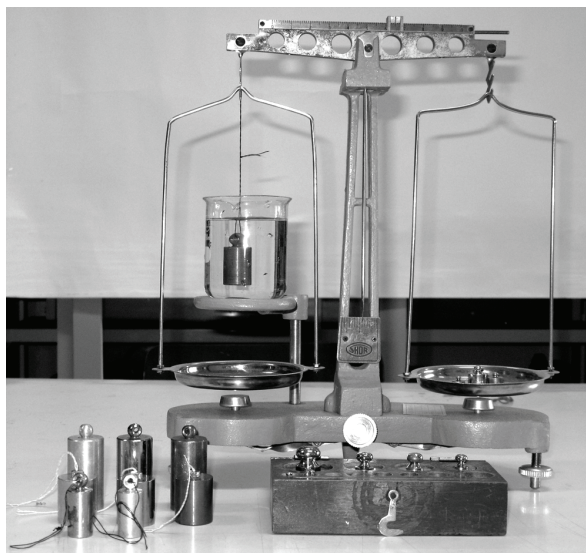
ρ_{w2} : 溫度 t_2 時的水之密度

δ : 法碼之密度

α_v : 待測物體之體積膨脹係數

參、量測誤差分析

普通物理實驗中的固體相對密度測量(課本上為「固體比重的測量」)使用的測量方法乃流體靜力秤量法，使用裝置如圖[1]。



圖[1] 實驗裝置

用來秤量質量的天平為等臂天平，其最小讀值(解析度)為0.1g。根據實驗誤差的模型，假設法碼讀值為 m ，而待測物體之質量的真值為 μ ，量測隨機誤差為 ε ，在沒有系統誤差的情形下， n 次測量的結果可表為

$$m_i = \mu + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

經典的誤差理論，乃是將每次測量之誤差 ε_i 視為遵從平均值為零，標準差為 σ 的常態分布的獨立隨機變數^[3]，即 $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma)$ i.i.d. (independent and identical distribution)。雖然有些文獻提及，大多數的實驗的隨機誤差都相當顯著地偏離常態分布，然而一般而言，對於實驗次數 N 夠大，至少根據中央極限定理， n 次測量的算術平均值的分布會趨近於 $N(0, \sigma)$ ^{[4][5]}。但是有一個問題必須指出，當實驗儀器的靈敏度或解析度不夠時，往往 n 次實驗的數據均得相同結果，以致樣本標準差為零，造成靈敏度或解析度低的儀器的測量精確度反而比靈敏度或解析度高的儀器來的高的不合理假象。仔細考察，靈敏度或解析度低的儀器所測得的結果，其實可視為經過捨棄測量值尾端某些位數的結果，因此必須考慮捨位誤差。

對於測量值1.36，我們可以將它看成是由介於1.355與1.365間的某一數值經由捨位或進位得到的結果。根據沙農(Claude Elwood Shannon, 1916 ~ 2001)的觀點，隨機變數 X 描述事件的不確定程度的度量是熵 $H = -\int_{-\infty}^{\infty} p_X(x) \ln(p_X(x)) dx$ ，觀測結果的不確定度在允許誤差確定的某些範圍內為最大，因此，當熵變為最大值時的分布 $p_X(x)$ 概率最大。對於一個有限區間 $[a, b]$ ，滿足 $\int_a^b p_X(x) dx = 1$ 與 $\int_a^b x p_X(x) dx = \mu$ 的條件下，使熵

$H = -\int_{-\infty}^{\infty} p_X(x) \ln(p_X(x)) dx$ 為最大值的分布 $p_X(x)$ 為均勻分布^[6]，即

$$p_X(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots(5)$$

因此對於捨位誤差的分布，一般多是採用均勻分布^[8]。

設待測物質量為 m ，天平讀到的讀數為 x ，捨位誤差為 e ，則有

$$x = m + e \quad \dots(6)$$

(6)式中的 e 為均勻分布 $U(-\frac{\Delta}{2}, +\frac{\Delta}{2})$ 的隨機變數， Δ 一般取天平最小讀數。

根據流體靜力秤量法的測量原理，對於相對密度的測量，我們需分別獨立測量物體在空氣中之質量，設為 x ，與物體在水中之質量，設為 y 。其中 x 與 y 的分布分別為均勻分布 $U(m_x - \frac{\Delta}{2}, m_x + \frac{\Delta}{2})$ 及 $U(m_y - \frac{\Delta}{2}, m_y + \frac{\Delta}{2})$ 。相對密度可根據(2)式計算而得

$$\frac{\rho}{\rho_w} = v = \frac{x}{x-y} \quad (7)$$

若 $x > y$ ，則 v 的分布 $f_V(v)$ 為

$$f_V(v) = \begin{cases} 0 & , v < \frac{\theta + \frac{\delta}{2}}{\delta + 1} \\ \frac{1}{2} \left(\frac{(\frac{\theta}{\delta} + \frac{1}{2})^2}{v^2} - \frac{([\frac{\theta-1}{\delta} - \frac{1}{2}])^2}{(v-1)^2} \right) & , \frac{\theta + \frac{\delta}{2}}{\delta + 1} \leq v < \theta - \frac{\delta}{2} \\ \frac{\theta}{\delta} \left(\frac{1}{v^2} \right) & , \theta - \frac{\delta}{2} \leq v < \theta + \frac{\delta}{2} \dots (8) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{[\frac{\theta-1}{\delta} + \frac{1}{2}]^2}{(v-1)^2} - \frac{(\frac{\theta}{\delta} - \frac{1}{2})^2}{v^2} \right) & , \theta + \frac{\delta}{2} \leq v < \frac{\theta - \frac{\delta}{2}}{1 - \delta} \\ 0 & , \frac{\theta - \frac{\delta}{2}}{1 - \delta} < v \end{cases}$$

其中 $\delta = \frac{\Delta}{m_x - m_y}$ 以及 $\theta = \frac{m_x}{m_x - m_y}$ 。(證明見附錄 A)

根據分布(8)式，計算 v 的期望值與 v^2 的期望值得

$$E(v) = \frac{1}{2} + \frac{(2\theta-1)}{2} \frac{1}{\delta^2} [(1+\delta)\ln(1+\delta) + (1-\delta)\ln(1-\delta)] ,$$

$$E(v^2) = 1 - \left(\left[\frac{(\theta-1)}{\delta} + \frac{1}{2} \right]^2 \ln(1-\delta) + \left[\frac{(\theta-1)}{\delta} - \frac{1}{2} \right]^2 \ln(1+\delta) \right)$$

當 $\delta \ll 1$,

$$E(v) \approx \theta + \frac{(2\theta-1)}{12} \delta^2 + O(\delta^4) \dots(9)$$

$$E(v^2) \approx \theta^2 + \frac{1}{12}(1-4\theta+6\theta^2) \delta^2 + O(\delta^4) \dots(10)$$

故

$$V(v) = E(v^2) - (E(v))^2 \approx \frac{1}{12}(1-2\theta+2\theta^2) \delta^2 + O(\delta^4) \dots(11)$$

由上面結果知，通常的實驗中用 $\frac{x}{x-y}$ 來估計 $\frac{m_x}{m_x-m_y}$ 是有偏差(bias)的，只有在當

$\delta \ll 1$ 時， $E(v) \approx \theta$ 。而 $\delta = \frac{\Delta}{m_x-m_y}$ ，對於固定儀器而言， Δ 為固定，因此要使 δ 盡可

能的小，相當於使 m_x-m_y 盡可能的大。而 $(m_x-m_y)g$ 表示待測體在流體中減少之重量，也就是待測體所受流體的浮力。根據阿基米德原理，要使浮力增大，相當於要求待測體的體積增大或選用密度較大的流體。因此，對於固定的天平與固定的流體而言，選體積大的物體要比體積小的物體有利於減少實驗誤差。

為了得出相對密度的區間估計，計算隨機變數 $\zeta = \frac{\frac{x}{x-y} - \theta}{\frac{\Delta}{x-y}} = \frac{(1-\theta)x + \theta y}{\Delta}$ 的分布

$f_z(\zeta)$ 為

$$f_z(\zeta) = \begin{cases} 0 & , \zeta < \frac{1}{2} - \theta \\ \frac{1}{\theta(\theta-1)}(\theta + \zeta - \frac{1}{2}) & , \frac{1}{2} - \theta \leq \zeta < -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{\theta} & , -\frac{1}{2} \leq \zeta < \frac{1}{2} \\ \frac{1}{\theta(\theta-1)}(\theta - \zeta - \frac{1}{2}) & , \frac{1}{2} \leq \zeta < \theta - \frac{1}{2} \\ 0 & , \zeta > \theta - \frac{1}{2} \end{cases} \dots(12)$$

(證明見附錄 B)

一般實驗總是會選取最小讀數小於待測值的儀器，因此 $x - y - \Delta > 0$ 是蠻合理的假設。因此 $P(\frac{1}{2} - \theta \leq \zeta \leq \theta - \frac{1}{2}) = 1 \Rightarrow P(\frac{x + \frac{\Delta}{2}}{x - y + \Delta} \leq \theta \leq \frac{x - \frac{\Delta}{2}}{x - y - \Delta}) = 1$ ，且區間 $[\frac{1}{2} - \theta, \theta - \frac{1}{2}]$

是所有使得 $P(\zeta \in I) = 1$ 的區間 I 中的最小者。比照一般信賴區間的取法^[10]，取 θ 的

100% 區間估計為 $\left[\frac{x + \frac{\Delta}{2}}{x - y + \Delta}, \frac{x - \frac{\Delta}{2}}{x - y - \Delta} \right]$ 。也就是說測量結果 $\frac{\rho}{\rho_w}$ 落在區間

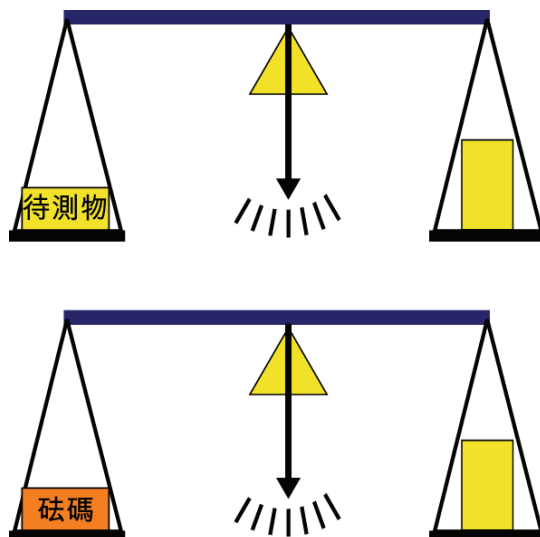
$\frac{x(x-y) - \frac{\Delta^2}{2}}{(x-y)^2 - \Delta^2} \pm \frac{\Delta}{2} \cdot \frac{(x+y)}{(x-y)^2 - \Delta^2}$ 的機率為 1。

肆、實驗結果

為了將前面的誤差分析應用於實際測量結果，我們測量了物理實驗室中的大、中、小三種不同尺寸的銅塊、鐵塊與鋁塊的密度。實驗裝置如圖[1]。

為了消除系統誤差，每次測量均採用置換測量法^[7]，操作方法說明如下：

1. 如圖[2]將待測物置於天平左邊秤盤上。
2. 將適當重的第三物體加入右邊秤盤上，直到天平平衡。
3. 然後移開待測物。
4. 取適當砝碼置於左邊秤盤上，直到天平平衡。則砝碼讀數即為待測物質量。



圖[2] 置換測量法基本原理

若系統誤差存在，則操作中，右端秤盤上之物質的質量不一定等於左端秤盤上之物質質量，但是因為待測物與砝碼均放在同一測，所以砝碼的質量等於待測物的質量。本次實驗之砝碼最小質量為0.1g，故 $\Delta=0.05g$ 。將數據代入(13)式求得相對密度之區間估計。測量數據與計算值結果如表[1]所列。

物質	尺寸	空氣中之質量 $m_1(g)$	水中之質量 $m_2(g)$	$m_1 - m_2 (g)$	相對密度 $\frac{\rho}{\rho_w}$ 估計
鐵	大	192.9	168.2	24.7	7.81±0.015
	中	112.7	97.9	14.8	7.62±0.024
	小	48.5	42.3	6.2	7.82±0.059
銅	大	210.7	185.8	24.9	8.46±0.016
	中	132.0	116.7	15.3	8.63±0.027
	小	54.8	48.6	6.2	8.84±0.067
鋁	大	67.4	42.5	24.9	2.71±0.004
	中	41.8	26.5	15.3	2.73±0.007
	小	16.5	10.4	6.1	2.71±0.018

表[1] 實驗數據表(因天平解析度的關係，重複測量讀值並無變化，表中之質量測量值為一次測量的結果。)

伍、總結與建議

本文以實際推導流體靜力秤量法測量相對密度之誤差分布，從而證明傳統將測量

值直接套入公式 $\frac{\rho}{\rho_w} = \frac{m_1}{m_1 - m_2}$ 計算得相對密度的估計值實際上是有偏差(bias)的，只有

當 $\delta = \frac{\Delta}{m_x - m_y} \ll 1$ 時，此偏差才可忽略。對於固定儀器而言， Δ 為固定，要求

$\delta = \frac{\Delta}{m_x - m_y}$ 儘可能的小，相當於 $m_x - m_y$ 儘可能的大。 $(m_x - m_y)g$ 等於待測體在流體中

的浮力，根據阿基米德原理，

$$(m_x - m_y) = V\rho_w \quad \dots(13)$$

，其中 V 為物體沉入流體中的體積 V ， ρ_w 為流體的密度。要使浮力增大，相當於要求待測體沉入流體中的體積 V 增大或使用密度 ρ_w 大的流體。因實驗設備的限制，本文僅探討使用單一流體(水)之測量誤差，對於 ρ_w 所造成的影響，有待更進一步的探討研究。對於相同的流體，體積大的物體要比體積小的物體有利於減少實驗誤差。另外本文也實際推導出相對密度之區間估計，即估計相對密度 $\frac{\rho}{\rho_w}$ 之 100% 信賴區間為

$$\left[\frac{m_1 + \frac{\Delta}{2}}{m_1 - m_2 + \Delta}, \frac{m_1 - \frac{\Delta}{2}}{m_1 - m_2 - \Delta} \right]。$$

對於靈敏度與解析度均不是很好的儀器，捨位誤差要比隨機誤差來得重要，故本文只考慮捨位誤差，考慮常態分布的隨機誤差的情形將是未來進一步的工作。

陸、參考文獻

- [1] 戴念祖等譯，物理學史，桂林:廣西師範大學出版社，2002
- [2] 李興華等著，密度計量，北京:中國計量出版社，1992
- [3] 朱鶴年著，物理實驗研究，北京:清華大學出版社，1994
- [4] 朱鶴年著，基礎物理實驗教程，北京:高等教育出版社，2003
- [5] 王立吉著，計量學基礎，北京:中國計量出版社，1993
- [6] 魯紹曾等譯，計量學原理，北京:中國計量出版社，1985
- [7] 張雄等人著，物理實驗設計與研究，北京:科學出版社，2001
- [8] Yonathan Bard, (1974), "Nonlinear Parameter Estimation", Academic Press, San Diego
- [9] Norman L. Johnson et al, (1970), "Continuous Univariate Distributions-2", Wiley, New York
- [10] George G. Roussas, (1973), "A First course in mathematical statistics", Addison-Wesley, Reading, Massachusetts

附錄 A

1. 設 $v = \frac{x}{x-y}$ ，若 $x \sim U(m_x - \frac{\Delta}{2}, m_x + \frac{\Delta}{2})$ 且 $y \sim U(m_y - \frac{\Delta}{2}, m_y + \frac{\Delta}{2})$ ， $x > y$ ，則 v 的分布

$f_V(v)$ 為

$$f_V(v) = \begin{cases} 0 & , v < \frac{\theta + \frac{\delta}{2}}{\delta + 1} \\ \frac{1}{2} \left(\frac{(\frac{\theta}{\delta} + \frac{1}{2})^2}{v^2} - \frac{([\frac{\theta-1}{\delta} - \frac{1}{2}])^2}{(v-1)^2} \right) & , \frac{\theta + \frac{\delta}{2}}{\delta + 1} \leq v < \theta - \frac{\delta}{2} \\ \frac{\theta}{\delta} \left(\frac{1}{v^2} \right) & , \theta - \frac{\delta}{2} \leq v < \theta + \frac{\delta}{2} \\ \frac{1}{2} \left(\frac{([\frac{\theta-1}{\delta} + \frac{1}{2}]^2)}{(v-1)^2} - \frac{(\frac{\theta}{\delta} - \frac{1}{2})^2}{v^2} \right) & , \theta + \frac{\delta}{2} \leq v < \frac{\theta - \frac{\delta}{2}}{1 - \delta} \\ 0 & , \frac{\theta - \frac{\delta}{2}}{1 - \delta} < v \end{cases}$$

其中 $\delta = \frac{\Delta}{m_x - m_y}$ 以及 $\theta = \frac{m_x}{m_x - m_y}$ 。

2. $E(v) = \frac{1}{2} + \frac{(2\theta-1)}{2} \frac{1}{\delta^2} [(1+\delta)\ln(1+\delta) + (1-\delta)\ln(1-\delta)] \approx \theta + \frac{(2\theta-1)}{12} \delta^2 + O(\delta^4)$

3. $V(v) = E(v^2) - (E(v))^2 \approx \frac{1}{12} (1 - 2\theta + 2\theta^2) \delta^2 + O(\delta^4)$

證明：

1. 令 $u = x$ ， $v = \frac{x}{x-y} \Rightarrow x - y = \frac{u}{v} \Rightarrow y = u \left(\frac{v-1}{v} \right)$

$$\frac{\partial x}{\partial u} = 1, \quad \frac{\partial x}{\partial v} = 0, \quad \frac{\partial y}{\partial u} = \frac{v-1}{v}, \quad \frac{\partial y}{\partial v} = \frac{u}{v^2}$$

變數變換的 Jacobian：

$$J = \frac{\partial(x, y)}{\partial(u, v)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial v} \\ \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial v} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ \frac{v-1}{v} & \frac{u}{v^2} \end{vmatrix} = \frac{u}{v^2} \Rightarrow |J| = \frac{|u|}{v^2}$$

隨機變數 U, V 的聯合機率密度函數：

$$f_{UV}(u, v) = \left| \frac{\partial(x, y)}{\partial(u, v)} \right| f_X(u) f_Y\left(u\left(\frac{v-1}{v}\right)\right) = \frac{|u|}{v^2} f_X(u) f_Y\left(u\left(\frac{v-1}{v}\right)\right)$$

隨機變數 V 的機率密度函數：

$$f_V(v) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|u|}{v^2} f_X(u) f_Y\left(u\left(\frac{v-1}{v}\right)\right) du = \frac{1}{v^2} \int_{-\infty}^{\infty} |u| f_X(u) f_Y\left(u\left(\frac{v-1}{v}\right)\right) du$$

$$\textcircled{1} x = b, y = a' \Rightarrow u = b, v = \frac{b}{b-a'}$$

$$\textcircled{2} x = a, y = a' \Rightarrow u = a, v = \frac{a}{a-a'}$$

$$\textcircled{3} x = b, y = b' \Rightarrow u = b, v = \frac{b}{b-b'}$$

$$\textcircled{4} x = a, y = b' \Rightarrow u = a, v = \frac{a}{a-b'}$$

$$b = m_x + \frac{\Delta}{2}, \quad a = m_x - \frac{\Delta}{2}, \quad b' = m_y + \frac{\Delta}{2}, \quad a' = m_y - \frac{\Delta}{2}$$

$$\text{令 } \delta = \frac{\Delta}{m_x - m_y} \text{ 且 } \theta = \frac{m_x}{m_x - m_y} \Rightarrow m_x - m_y = \frac{\Delta}{\delta}, \quad m_x = \frac{\theta}{\delta} \Delta \text{ 且 } m_y = \frac{\theta}{\delta} \left(1 - \frac{1}{\theta}\right) \Delta$$

$$b = m_x + \frac{\Delta}{2} = \left(\frac{\theta}{\delta} + \frac{1}{2}\right) \Delta,$$

$$a = m_x - \frac{\Delta}{2} = \left(\frac{\theta}{\delta} - \frac{1}{2}\right) \Delta,$$

$$b' = m_y + \frac{\Delta}{2} = \left[\frac{\theta}{\delta} \left(1 - \frac{1}{\theta}\right) + \frac{1}{2}\right] \Delta = \left[\frac{1}{\delta}(\theta - 1) + \frac{1}{2}\right] \Delta,$$

$$a' = m_y - \frac{\Delta}{2} = \left[\frac{\theta}{\delta} \left(1 - \frac{1}{\theta} \right) - \frac{1}{2} \right] \Delta = \left[\frac{1}{\delta} (\theta - 1) - \frac{1}{2} \right] \Delta$$

$$(1) \quad v < \frac{b}{b-a'} \Rightarrow v < \frac{\theta + \frac{\delta}{2}}{\delta + 1}, \quad f_V(v) = 0$$

$$(2) \quad \frac{b}{b-a'} \leq v < \frac{a}{a-a'} \Rightarrow \frac{\theta + \frac{\delta}{2}}{\delta + 1} \leq v < \theta - \frac{\delta}{2},$$

$$f_V(v) = \frac{1}{v^2 A} \int_{\frac{a'v}{v-1}}^b u du = \frac{1}{v^2 A} \left(\frac{u^2}{2} \right) \Big|_{\frac{a'v}{v-1}}^b = \frac{1}{2A} \left(\frac{b^2}{v^2} - \frac{(a')^2}{(v-1)^2} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{\left(\frac{\theta}{\delta} + \frac{1}{2} \right)^2}{v^2} - \frac{\left(\left[\frac{(\theta-1)}{\delta} - \frac{1}{2} \right] \right)^2}{(v-1)^2} \right)$$

$$(3) \quad \frac{a}{a-a'} \leq v < \frac{b}{b-b'} \Rightarrow \theta - \frac{\delta}{2} \leq v < \theta + \frac{\delta}{2},$$

$$f_V(v) = \frac{1}{v^2 A} \int_a^b u du = \frac{1}{v^2 A} \left(\frac{u^2}{2} \right) \Big|_a^b = \frac{1}{2A} \left(\frac{b^2 - a^2}{v^2} \right) = \frac{\theta}{\delta} \left(\frac{1}{v^2} \right)$$

$$(4) \quad \frac{b}{b-b'} \leq v < \frac{a}{a-b'} \Rightarrow \theta + \frac{\delta}{2} \leq v < \frac{\theta - \frac{\delta}{2}}{1 - \delta},$$

$$f_V(v) = \frac{1}{v^2 A} \int_a^{\frac{b'v}{v-1}} u du = \frac{1}{v^2 A} \left(\frac{u^2}{2} \right) \Big|_a^{\frac{b'v}{v-1}} = \frac{1}{2A} \left(\frac{(b')^2}{(v-1)^2} - \frac{a^2}{v^2} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{\left[\frac{\theta-1}{\delta} + \frac{1}{2} \right]^2}{(v-1)^2} - \frac{\left(\frac{\theta}{\delta} - \frac{1}{2} \right)^2}{v^2} \right)$$

$$(5) \quad \frac{a}{a-b'} < v \Rightarrow \frac{\theta - \frac{\delta}{2}}{1 - \delta} < v, \quad f_V(v) = 0$$

2. v 的期望值

$$\begin{aligned}
E(v) &= \int_{-\infty}^{\infty} f_v(v) v dv \\
&= \int_{\frac{\theta+\frac{\delta}{2}}{\delta+1}}^{\theta-\frac{\delta}{2}} \frac{1}{2} \left(\frac{(\frac{\theta}{\delta} + \frac{1}{2})^2}{v^2} - \frac{([\frac{\theta-1}{\delta} - \frac{1}{2}])^2}{(v-1)^2} \right) v dv + \int_{\theta-\frac{\delta}{2}}^{\theta+\frac{\delta}{2}} \frac{\theta}{\delta} \left(\frac{1}{v^2} \right) v dv + \int_{\theta+\frac{\delta}{2}}^{\frac{\theta-\frac{\delta}{2}}{1-\delta}} \frac{1}{2} \left(\frac{[\frac{\theta-1}{\delta} + \frac{1}{2}]^2}{(v-1)^2} - \frac{(\frac{\theta}{\delta} - \frac{1}{2})^2}{v^2} \right) v dv \\
&= \frac{1}{2} + \frac{(2\theta-1)}{2} \frac{1}{\delta^2} [(1+\delta)\ln(1+\delta) + (1-\delta)\ln(1-\delta)] \\
&\approx \frac{1}{2} + \frac{(2\theta-1)}{2} \frac{1}{\delta^2} \left[\left(\delta + \frac{\delta^2}{2} - \frac{\delta^3}{6} + \frac{\delta^4}{12} + \dots \right) + \left(-\delta + \frac{\delta^2}{2} + \frac{\delta^3}{6} + \frac{\delta^4}{12} + \dots \right) \right] \\
&\approx \theta + \frac{(2\theta-1)}{12} \delta^2 + O(\delta^4)
\end{aligned}$$

3.

$$\begin{aligned}
E(v^2) &= \int_{-\infty}^{\infty} f_v(v) v^2 dv \\
&= \int_{\frac{\theta+\frac{\delta}{2}}{\delta+1}}^{\theta-\frac{\delta}{2}} \frac{1}{2} \left(\frac{(\frac{\theta}{\delta} + \frac{1}{2})^2}{v^2} - \frac{([\frac{\theta-1}{\delta} - \frac{1}{2}])^2}{(v-1)^2} \right) v^2 dv + \int_{\theta-\frac{\delta}{2}}^{\theta+\frac{\delta}{2}} \frac{\theta}{\delta} \left(\frac{1}{v^2} \right) v^2 dv + \int_{\theta+\frac{\delta}{2}}^{\frac{\theta-\frac{\delta}{2}}{1-\delta}} \frac{1}{2} \left(\frac{[\frac{\theta-1}{\delta} + \frac{1}{2}]^2}{(v-1)^2} - \frac{(\frac{\theta}{\delta} - \frac{1}{2})^2}{v^2} \right) v^2 dv \\
&= 1 - \left(\left[\frac{(\theta-1)}{\delta} + \frac{1}{2} \right]^2 \ln(1-\delta) + \left[\frac{(\theta-1)}{\delta} - \frac{1}{2} \right]^2 \ln(1+\delta) \right) \\
&\approx 1 - \left(\left[(\theta-1) + \frac{\delta}{2} \right]^2 \left(-\frac{1}{\delta} - \frac{1}{2} - \frac{\delta}{3} - \frac{\delta^2}{4} + O(\delta^3) \right) + \left[(\theta-1) - \frac{\delta}{2} \right]^2 \left(\frac{1}{\delta} - \frac{1}{2} + \frac{\delta}{3} - \frac{\delta^2}{4} + O(\delta^3) \right) \right) \\
&\approx \theta^2 + \frac{1}{12} (1-4\theta+6\theta^2) \delta^2 + O(\delta^4)
\end{aligned}$$

 v 的變異數:

$$\begin{aligned}
V(v) &= E(v^2) - (E(v))^2 \\
&\approx \theta^2 + \frac{1}{12} (1-4\theta+6\theta^2) \delta^2 + O(\delta^4) - \left(\theta + \frac{(2\theta-1)}{12} \delta^2 + O(\delta^4) \right)^2 \\
&\approx \frac{1}{12} (1-2\theta+2\theta^2) \delta^2 + O(\delta^4)
\end{aligned}$$

附錄 B

$$\zeta = \frac{\frac{x}{x-y} - \theta}{\frac{\Delta}{x-y}} = \frac{(1-\theta)x + \theta y}{\Delta} \quad , \quad \theta = \frac{m_x}{m_x - m_y} \quad . \quad \text{若 } x \sim U(m_x - \frac{\Delta}{2}, m_x + \frac{\Delta}{2}) \quad \text{且}$$

$y \sim U(m_y - \frac{\Delta}{2}, m_y + \frac{\Delta}{2})$, $x > y$, 則 ζ 的分布 $f_Z(\zeta)$ 為

$$f_Z(\zeta) = \begin{cases} 0 & , \quad \zeta > \frac{1}{2} - \theta \\ \frac{1}{\theta(\theta-1)}(\theta + \zeta - \frac{1}{2}) & , \quad \frac{1}{2} - \theta \leq \zeta < -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{\theta} & , \quad -\frac{1}{2} \leq \zeta < \frac{1}{2} \\ \frac{1}{\theta(\theta-1)}(\theta - \zeta - \frac{1}{2}) & , \quad \frac{1}{2} \leq \zeta < \theta - \frac{1}{2} \\ 0 & , \quad \zeta > \theta - \frac{1}{2} \end{cases}$$

證明：

$$\text{令 } w = \frac{x}{\Delta} \quad , \quad \zeta = \frac{(1-\theta)x + \theta y}{\Delta} \Rightarrow y = \frac{\Delta}{\theta}(\zeta - (1-\theta)w)$$

$$\frac{\partial x}{\partial w} = \Delta \quad , \quad \frac{\partial x}{\partial \zeta} = 0 \quad , \quad \frac{\partial y}{\partial w} = \left(\frac{\theta-1}{\theta}\right)\Delta \quad , \quad \frac{\partial y}{\partial \zeta} = \frac{\Delta}{\theta}$$

變數變換的 Jacobian：

$$J = \frac{\partial(x, y)}{\partial(w, \zeta)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial w} & \frac{\partial x}{\partial \zeta} \\ \frac{\partial y}{\partial w} & \frac{\partial y}{\partial \zeta} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \Delta & 0 \\ \left(\frac{\theta-1}{\theta}\right)\Delta & \frac{\Delta}{\theta} \end{vmatrix} = \frac{\Delta^2}{\theta}$$

隨機變數 W, Z 的聯合機率密度函數：

$$f_{wz}(w, \zeta) = \left| \frac{\partial(x, y)}{\partial(w, \zeta)} \right| f_X(w\Delta) f_Y\left(\frac{\Delta}{\theta}(\zeta - (1-\theta)w)\right) = \frac{\Delta^2}{\theta} f_X(w\Delta) f_Y\left(\frac{\Delta}{\theta}(\zeta - (1-\theta)w)\right)$$

$$f_Z(\zeta) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta^2}{\theta} f_X(w\Delta) f_Y\left(\frac{\Delta}{\theta}(\zeta - (1-\theta)w)\right) dw$$

因為 $\theta > 1$ ，積分範圍的四個頂點分別為：

$$\textcircled{1} x = m_x + \frac{\Delta}{2}, y = m_y - \frac{\Delta}{2} \Rightarrow w = \frac{m_x}{\Delta} + \frac{1}{2}, \zeta = -\theta + \frac{1}{2}$$

$$\textcircled{2} x = m_x - \frac{\Delta}{2}, y = m_y - \frac{\Delta}{2} \Rightarrow w = \frac{m_x}{\Delta} - \frac{1}{2}, \zeta = -\frac{1}{2}$$

$$\textcircled{3} x = m_x + \frac{\Delta}{2}, y = m_y + \frac{\Delta}{2} \Rightarrow w = \frac{m_x}{\Delta} + \frac{1}{2}, \zeta = \frac{1}{2}$$

$$\textcircled{4} x = m_x - \frac{\Delta}{2}, y = m_y + \frac{\Delta}{2} \Rightarrow w = \frac{m_x}{\Delta} - \frac{1}{2}, \zeta = \theta - \frac{1}{2}$$

$$(1) \zeta < -\theta + \frac{1}{2}, f_Z(\zeta) = 0$$

$$(2) -\theta + \frac{1}{2} \leq \zeta < -\frac{1}{2}, f_Z(\zeta) = \frac{\Delta^2}{\theta} \int_{\frac{\theta\left(\frac{m_y-1}{\Delta} - \zeta\right)}{\theta-1}}^{\frac{m_x+1}{\Delta}} \left(\frac{1}{\Delta^2}\right) dw = \frac{1}{\theta(\theta-1)} \left(\zeta + \theta - \frac{1}{2}\right)$$

$$(3) -\frac{1}{2} \leq \zeta < \frac{1}{2}, f_Z(\zeta) = \frac{\Delta^2}{\theta} \int_{-\frac{1}{2}}^{+\frac{1}{2}} \left(\frac{1}{\Delta^2}\right) dw = \frac{1}{\theta}$$

$$(4) \frac{1}{2} \leq \zeta < \theta - \frac{1}{2}, f_Z(\zeta) = \frac{\Delta^2}{\theta} \int_{\frac{m_x-1}{\Delta}}^{\frac{\theta\left(\frac{m_y+1}{\Delta} - \zeta\right)}{\theta-1}} \frac{1}{\Delta^2} dw = \frac{1}{\theta(\theta-1)} \left(\theta - \frac{1}{2} - \zeta\right)$$

$$(5) \zeta > \frac{1}{2}, f_Z(\zeta) = 0$$

直接類神經網路應用於負載變動直流伺服馬達 速度調節適應控制及收斂性分析

The direct artificial neural controller applied to DC servo motor speed regulation with convergent analysis

朱明輝¹ 曾國隆² 池德明³

¹東南科技大學機電科技學系 副教授 ²東南科技大學機電整合研究所 研究生 ³東南科技大學機電科技學系 講師

摘 要

本文採用特定學習架構之直接類神經網路適應控制，設計直流伺服馬達之速度控制器，以調節馬達保持精確的輸出運轉速度。通常此種直接類神經網路適應控制器，須要建立控制器及受控系統之參考模型，以參考模型輸出及受控系統輸出之誤差進行誤差倒傳遞之線上訓練。本文應用輸入命令與受控系統輸出誤差及誤差微分之線性組合近似線上訓練所須之倒傳遞誤差項(BPE)，可以免於建立參考模型、受控系統數學模型及模擬器(emulator)，不須估測受控系統靈敏度，且加快神經鍵加權值之收斂速率。本文對前述方法進行收斂性分析，並以數值模擬及實驗，證明前述方法對直流伺服馬達速度調節具有良好效果。

關鍵字：直流伺服馬達，速度調節，類神經網路，適應控制

ABSTRACT

This paper utilizes the direct neural control (DNC) based on back propagation neural networks (BPN) with specialized learning architecture applied to regulate the speed of an DC servo motor. The proposed neural controller is treated as a speed regulator to keep the motor in constant speed without the specified reference model. A tangent hyperbolic function is used as the activation function, and the back propagation error is approximated by a linear combination of error and error's differential. The convergence analysis of the previous method is also proposed and the simulation and experiment results show that the proposed speed regulator is available to keep motor in constant speed with high convergent speed, and enhance the adaptability of the accurate speed control system.

Keywords: DC servo motor, Speed regulator, Neural networks, Adaptive control

第一章、導 論

在類神經網路控制器發展方面 Psaltis 及 Sideris 於1988年[1]研討數種多層類神經網路控制器學習架構，並比較基於誤差倒傳遞演算下，一般學習架構與特定學習架構之均方誤差 (MSE)，他們以模擬顯示特殊學習架構有較低之均方誤差。1990年[2]Narebda 及 Parthasarathy 提出應用類神經網路進行系統判別及動態系統控制之基本原理及相關理論。1992年[3]Fukuda 與 Shibata 提出類神經網路應用於工業控制的原理，比較傳統適應性控制與類神經網路適應控制器之不同點。Cybenko[4]提出具有激發函數之單隱藏層類神經網路，足以計算出任意具有固定邊界之輸入輸出值函數對映關係。雖然兩個隱藏層對某些問題可以提供更佳之趨近，但是 Villiers etc. [5]提出兩個隱藏層更有可能收斂至區域極小值(local minima)，而且需要更多 CPU 運算時間，所以本文使用單隱藏層類神經網路。一般利用多層類神經網路控制器，進行直流伺服馬達速度控制，大多使用間接類神經網路適應控制，使用此種控制架構必須設計離線或線上類神經網路模擬器 (emulator) [6-9]，促使控制系統複雜，增加了 CPU 運算時間。

類神經網路線上學習型控制器，常須求得受控系統之輸出對輸入之變化量(記以 $\partial y_k / \partial u_k$)，此值以離散模型加以近似處理，常會造成一種計算值失誤(ambiguity)，因為類神經網路訓練過程是經由輸入量與輸出量之因果關係(cause and effect)得到輸入量與輸出量之映射 (mapping) 函數。如系統受到外在干擾或本身具有大慣量時因果關係會受干擾，將使計算值錯誤，而非原始動態系統應有值。Zhang 及 Sen 於1995年[10]提出單隱藏層類神經網路線上學習型適應控制器，簡化系統 $\partial y_k / \partial u_k$ 計算，只取其正負號，以誤差倒傳遞作線上訓練，他們以模擬船舶航行控制，證明其方法可應用於具有大慣量之非線性系統，控制器對干擾有良好的適應性；但是，其收斂速率較慢，所以不適用於高反應性之系統。Lin 及 Wai[11]根據 Zhang 及 Sen 之方法，提出 δ 適應法則，免除 $\partial y_k / \partial u_k$ 之運算，以線上量得之誤差及誤差微分之線性組合近似倒傳遞誤差項，應用於特定學習架構之直接類神經網路控制。在永磁同步伺服馬達速度及位移之模型參考適應控制，以誤差適應法則作線上訓練，並以比例積分微分 (PID) 控制器補償後之系統動態模型為參考模型，經模擬及實驗證明以參考模型結合類神經網路控制高反應系統，可以得到良好之收斂性。Lin 等人[12] 並提出數學證明，將誤差適應法則應用於誤差倒傳遞類神經網路，作線上訓練結果為收斂。但上述方法仍需建立系統動態模型做為參考模型，其適應控制器為比例積分微分與類神經網路混合型控制器，控制器的設計仍依賴事前的系統分析及建模。

本文提出特定學習架構之類神經網路適應控制器，不須建立參考模型、不須求取系統動態模型，應用誤差適應法則，以輸入命令及輸出信號之誤差及誤差微分之線性組合來訓練類神經網路，完全基於學習法則，得到控制收斂性，因此本文將其運用為直流伺服馬達速度控制之適應控制器，不須求出受控系統之 $\partial y_k / \partial u_k$ 或設計受控系統之類神經網路模擬器，經由線上訓練達成穩定精確之速度控制。

本文並探討特定學習架構類神經網路控制器，對輸入量進行正規化之方法，經模擬及實驗，證明類神經網路控制器輸入量經適當之正規化，可改進收斂速率，使馬達速度控制有更好的穩定性與精確度。

第二章、直接類神經網路適應控制系統描述

直接類神經網路適應控制器應用於直流馬達轉速控制系統如圖1所示。 ω_r 為轉速命令， ω 為馬達輸出轉速。本文應用之直接類神經網路適應控制器為三層誤差倒傳遞類神經網路，含輸入層(以 i 代號)、隱藏層(以 j 代號)及輸出層(以 k 代號)，輸入層神經元數為2，隱藏層神經元數為5，輸出層神經元數為1。Lippmann 於1987年[13]提出單一隱藏層類神經網路足以對應線性與非線性函數輸入與輸出關係，單一隱藏層神經元最大數目應為 $M(N+1)$ ， 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，故選擇隱藏層神經元數為5。輸入層須將類神經網路之輸入量即轉速命令 ω_r 與馬達輸出轉速 ω 之誤差量及誤差量之微分進行正規化至-1與+1之間。本文應用輸入命令與受控系統輸出誤差，及誤差微分之線性組合近似線上訓練所須之倒傳遞誤差項，可以不須估測受控系統靈敏度，並以誤差倒傳遞方法訓練神經網路。輸出層及隱藏層節點之活化函數設計為雙曲線正切函數，故類神經網路之輸出量為-1至+1之間，經數倍增益後由 D/A 轉換器轉換為類比電壓再輸入伺服放大器提供充足之電流量以驅動直流馬達。

第三章、類神經網路控制器與誤差適應法則

類神經網路控制器，其結構如圖1所示，其類神經網路為三層結構，如圖2所示：含輸入層(以下標 i 表示節點數)、隱藏層(以下標 j 表示節點數)及輸出層(以下標 k 表示節點數)，輸入層須將輸入信號正規化如圖2所示。

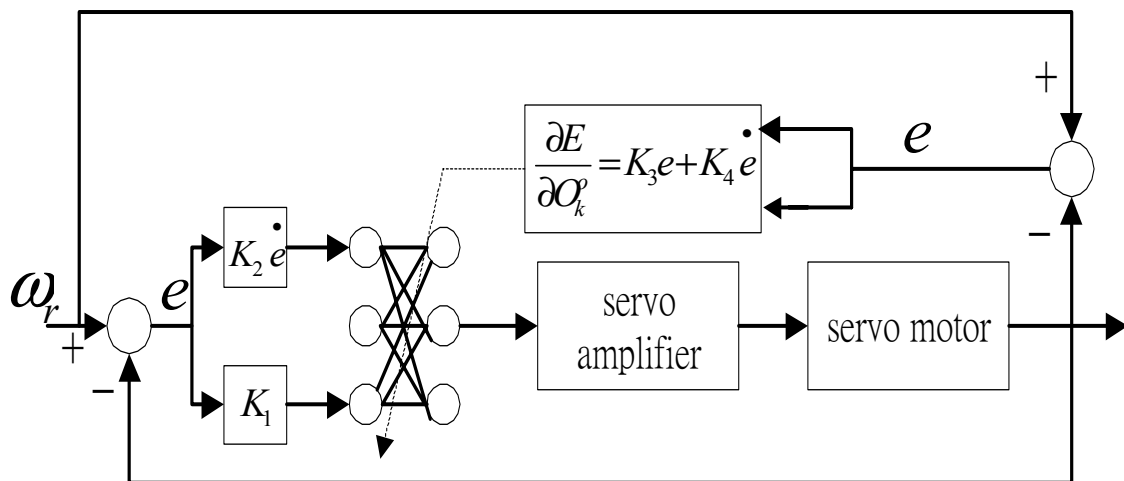


圖1 特定學習架構類神經網路適應控制器應用於直流馬達轉速控制

將輸入信號乘 K_1 ， K_2 ，使輸入量正規化至-1與+1之間，輸出層及隱藏層節點之轉移函數設計為雙曲正切函數，對於隱藏層節點 j 之輸入為

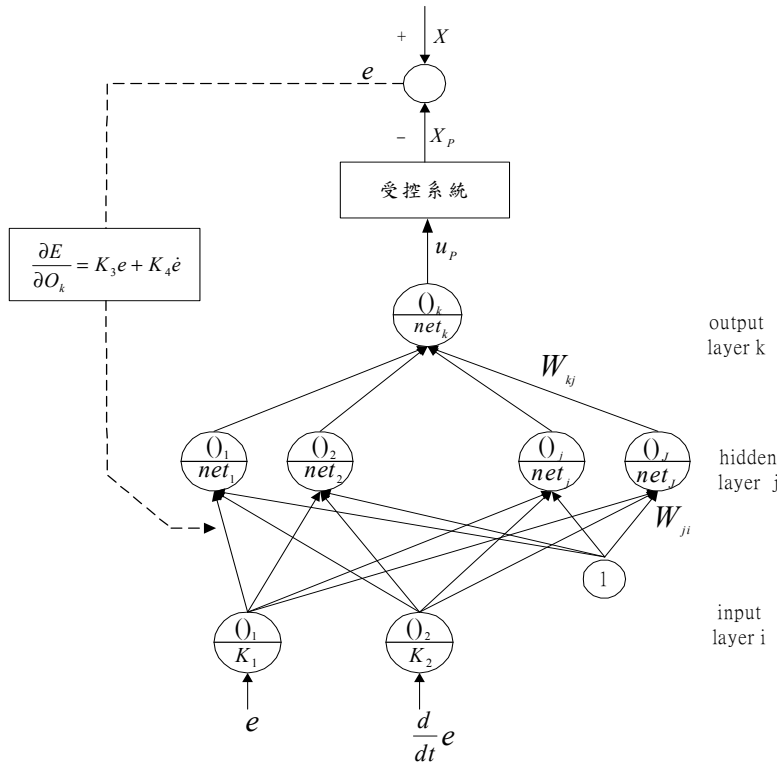


圖2 類神經網路三層結構

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

節點 j 之輸出為

$$O_j = f(net_j) = \tanh(\beta \cdot net_j) \tag{2}$$

其中 $\beta > 0$ 。同理輸出層節點 k 之輸入為

$$net_k = \sum(W_{kj} \cdot O_j) + \theta_k, \quad j=1,2,\dots,J, k=1,2,\dots,K \tag{3}$$

節點 k 之輸出為

$$O_k = f(net_k) = \tanh(\beta \cdot net_k) \tag{4}$$

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； θ_j 及 θ_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

$$\frac{\partial O_j}{\partial net_j} = \beta(1 - O_j^2)$$

$$\frac{\partial O_k}{\partial net_k} = \beta(1 - O_k^2) \tag{5}$$

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

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

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受控系統的真實輸出，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 η 代表學習速率， α 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

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

其 $\frac{\partial X_p}{\partial u_p}$ 為受控系統之敏感度，由於系統的不確定性，使 $\frac{\partial X_p}{\partial u_p}$ 計算困難，然而對單一輸入

單一輸出控制系統控制量只有一個時，根據誤差適應法則[4]，可以將其輸出層對能量函數之梯度近似為誤差及誤差微分之線性組合，即

$$\frac{\partial E}{\partial O_k} = K_3 e + K_4 \frac{de}{dt} \quad (10)$$

其中 K_3, K_4 為大於0之常數。

同理，輸入層與隱藏層間之能量梯度為

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ji}} = \frac{\partial E}{\partial net_j} \frac{\partial net_j}{\partial W_{ji}} = \delta_j O_i \quad (11)$$

其中

$$\delta_j = \frac{\partial E}{\partial net_j} = \sum_m \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial O_m} \frac{\partial O_m}{\partial net_j} = \sum_m \delta_k W_{km} \beta(1-(O_j)^2) \quad m=1,2,\dots,J \quad (12)$$

輸出層與隱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：

$$\Delta W_{kj,N} = -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{kj,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1} = -\eta \delta_k O_j + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1} \quad (13)$$

$$\Delta W_{ji,N} = -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{ji,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1} = -\eta \delta_j O_i + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1} \quad (14)$$

其中， η 及 α 分別為學習速率及慣量項係數， δ_j 及 δ_k 分別由式(12)及(9)所求得，神經鍵加權值矩陣由在第 N 次至 $N+1$ 次之更新為：

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

$$W_{ji,N+1} = W_{ji,N} + \Delta W_{ji,N} \quad (16)$$

第四章、收斂性分析

本文藉由 Lyapunov 定理，證明類神經網路之疊代運算為收斂。在類神經網路收斂性分析中，將受控系統視為權值固定不變的類神經網路。定義第 N 次取樣時間之誤差能量函數為 Lyapunov 函數如下：

$$E_N = \frac{1}{2}(X_N - X_{PN})^2 = \frac{1}{2}e(n)^2 = E(n) \quad (17)$$

誤差能量函數在第 n 次與第 $n+1$ 次間變化為

$$\Delta E(n) = E(n+1) - E(n) = \frac{1}{2}[e(n+1)^2 - e(n)^2] \quad (18)$$

當誤差能量函數 $E(n) > 0$ 和 $\Delta E(n) \leq 0$ 若成立則此類神經網路疊代運算為穩定收斂。

輸出層與隱藏層間權值之誤差變化為

$$\Delta e(n) = e(n+1) - e(n) = \frac{\partial e(n)}{\partial \mathbf{W}_{kj}(n)} \Delta \mathbf{W}_{kj}(n)^T \quad (19)$$

其中

$$\frac{\partial e(n)}{\partial \mathbf{W}_{kj}(n)} = \left[\frac{\partial e(n)}{\partial W_{11}(n)}, \dots, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{1j}(n)}, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{21}(n)}, \dots, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{2j}(n)}, \dots, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{k1}(n)}, \dots, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{kj}(n)} \right],$$

$\Delta \mathbf{W}_{kj}(n) = [\Delta W_{11}, \dots, \Delta W_{1j}, \Delta W_{21}, \dots, \Delta W_{2j}, \dots, \Delta W_{k1}, \dots, \Delta W_{kj}]$ 為類神經網路控制器輸出層與隱藏層間權值變化。

誤差對於輸出層與隱藏層間權值之微分為

$$\begin{aligned} \frac{\partial e(n)}{\partial W_{kj}(n)} &= \frac{\partial e(n)}{\partial O_k(n)} \cdot \frac{\partial O_k(n)}{\partial net_k(n)} \cdot \frac{\partial net_k(n)}{\partial W_{kj}(n)} = \frac{1}{e(n)} \cdot \frac{\partial E(n)}{\partial O_k(n)} \cdot \frac{\partial O_k(n)}{\partial W_{kj}(n)} \\ &= \frac{1}{e(n)} \cdot \gamma \cdot Q_{kj}(n) \end{aligned} \quad (20)$$

其中 $\gamma = [K_3 \quad K_4][e \quad \dot{e}]^T$ ， K_3 、 K_4 為大於0之常數，

$$Q_{kj}(n) = \frac{\partial O_k(n)}{\partial W_{kj}(n)} = \frac{\partial O_k(n)}{\partial net_k(n)} \cdot \frac{\partial net_k(n)}{\partial W_{kj}(n)} = (1 - O_k(n)^2) \cdot O_j \quad (21)$$

$$\frac{\partial O_k(n)}{\partial net_k(n)} = (1 - O_k(n)^2) \leq 1, \quad O_k(n) = \tanh(net_k(n)) \in [-1, 1], \quad O_j(n) = \tanh(net_j(n))$$

$\in [-1, 1]$ ，對單一輸出控制器 $K = 1$ ，定義 J 為控制器隱藏層節點總數，則

$$\mathbf{Q}_{kj}(n) \mathbf{Q}_{kj}(n)^T \leq \left(\max |O_j(n)| \right)^2 \cdot J \leq J \quad (22)$$

控制器輸出層與隱藏層間加權值變量 $\Delta W_{kj}(n)$ 為

$$\Delta W_{kj}(n) = -\eta_{kj} \frac{\partial E(n)}{\partial W_{kj}(n)} = -\eta_{kj} \frac{\partial E(n)}{\partial e(n)} \cdot \frac{\partial e(n)}{\partial W_{kj}(n)} = -\eta_{kj} \cdot \gamma \cdot Q_{kj}(n) \quad (23)$$

將式 (20) 與式 (23) 代入式 (19) 中，則

$$e(n+1) = e(n) \cdot \left(1 - \eta_{kj} \left(\frac{\gamma}{e(n)} \right)^2 \mathbf{Q}_{kj}(n) \mathbf{Q}_{kj}(n)^T \right) \quad (24)$$

當學習速率 η_{kj} 為

$$\eta_{kj} = \frac{\lambda}{\max(\mathbf{Q}_{kj}(n)\mathbf{Q}_{kj}(n)^T)} = \frac{\lambda}{K \cdot J} \quad (25)$$

並選擇適當之 K_3 、 K_4 使

$$\left(\frac{K_3 \cdot e + K_4 \cdot \dot{e}}{e}\right)^2 \leq 1$$

選擇適當之 λ ，且將式 (24) 等號兩邊取絕對值，則可得

$$|e(n+1)| = |e(n)| \left| 1 - \eta_{kj} \left(\frac{\gamma}{e(n)}\right)^2 \mathbf{Q}_{kj}(n)\mathbf{Q}_{kj}(n)^T \right| \leq |e(n)| \quad (26)$$

同理，隱藏層與輸入層間權值之誤差變化為

$$\Delta e(n) = e(n+1) - e(n) = \frac{\partial e(n)}{\partial \mathbf{W}_{ji}(n)} \Delta \mathbf{W}_{ji}(n)^T \quad (27)$$

其中

$$\frac{\partial e(n)}{\partial \mathbf{W}_{ji}(n)} = \left[\frac{\partial e(n)}{\partial W_{11}(n)}, \dots, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{1i}(n)}, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{21}(n)}, \dots, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{2i}(n)}, \dots, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{j1}(n)}, \dots, \frac{\partial e(n)}{\partial W_{ji}(n)} \right],$$

$\Delta \mathbf{W}_{ji}(n) = [\Delta W_{11}, \dots, \Delta W_{1i}, \Delta W_{21}, \dots, \Delta W_{2i}, \dots, \Delta W_{j1}, \dots, \Delta W_{ji}]$ 為類神經網路控制器隱藏層與輸入層間權值變化。

誤差對於隱藏層與輸入層間權值變化為

$$\frac{\partial e(n)}{\partial W_{ji}(n)} = \frac{1}{e(n)} \cdot \frac{\partial E(n)}{\partial O_k(n)} \cdot \frac{\partial O_k(n)}{\partial W_{ji}(n)} = \frac{1}{e(n)} \cdot \gamma \cdot Q_{ji}(n) \quad (28)$$

其中 $O_j(n) = \tanh(\text{net}_j(n)) \in [-1, 1]$ ， $\frac{\partial O_j(n)}{\partial \text{net}_j(n)} = (1 - O_j(n)^2) \leq 1$ ， $|O_i(n)| \leq 1$ ，和

$$\begin{aligned} Q_{ji}(n) &= \frac{\partial O_k(n)}{\partial W_{ji}(n)} = \frac{\partial O_k(n)}{\partial \text{net}_k(n)} \cdot \frac{\partial \text{net}_k(n)}{\partial O_j(n)} \cdot \frac{\partial O_j(n)}{\partial \text{net}_j(n)} \cdot \frac{\partial \text{net}_j(n)}{\partial W_{ji}(n)} \\ &= (1 - O_k(n)^2) \cdot W_{kj}(n) \cdot (1 - O_j(n)^2) \cdot O_i \leq |W_{kj}(n)| \end{aligned} \quad (29)$$

定義 I 為控制器輸入層節點總數，則

$$\mathbf{Q}_{ji}(n)\mathbf{Q}_{ji}(n)^T \leq \left(\max |W_{kj}(n)|\right)^2 \cdot J \cdot I \quad (30)$$

控制器隱藏層與輸入層加權值變量 $\Delta W_{ji}(n)$ 為

$$\Delta W_{ji}(n) = -\eta_{ji} \cdot \frac{\partial E(n)}{\partial W_{ji}(n)} = -\eta_{ji} \frac{\partial E(n)}{\partial e(n)} \cdot \frac{\partial e(n)}{\partial W_{ji}(n)} = -\eta_{ji} \cdot \gamma \cdot Q_{ji}(n) \quad (31)$$

將式 (28) 與式 (31) 代入式 (27) 中，則

$$e(n+1) = e(n) \left[1 - \eta_{ji} \cdot \left(\frac{\gamma}{e(n)} \right)^2 \cdot \mathbf{Q}_{ji}(n) \mathbf{Q}_{ji}(n)^T \right] \quad (32)$$

選擇學習速率 η_{ji} 為

$$\eta_{ji} = \frac{\lambda}{\max(\mathbf{Q}_{ji}(n) \mathbf{Q}_{ji}(n)^T)} = \frac{\lambda}{(\max |W_{kj}(n)|)^2 \cdot J \cdot I} \quad (33)$$

並選擇適當之 K_3 、 K_4 使

$$\left(\frac{K_3 \cdot e + K_4 \cdot \dot{e}}{e} \right)^2 \leq 1$$

選擇適當之 λ ，且將式 (32) 等號兩邊取絕對值，則可得

$$|e(n+1)| \leq |e(n)| \left| 1 - \eta_{ji} \cdot \left(\frac{\gamma}{e(n)} \right)^2 \cdot \mathbf{Q}_{ji}(n) \mathbf{Q}_{ji}(n)^T \right| \leq |e(n)| \quad (34)$$

為使誤差達到收斂，當選擇式 (25) 與式 (33) 中學習速率 η_{kj} 與 η_{ji} 時，則誤差能量函數 $E > 0$ 和 $\Delta E \leq 0$ ，滿足 Lyapunov 定理證明控制器為穩定收斂。

第五章、動態模擬

實驗使用 15W 直流伺服馬達，其編碼器(Encoder)規格為每 $2\pi rad$ 產生 500 次脈波 (Pulses)，負載變動下之伺服控制，模擬假設以單位步階轉速命令輸入直接類神經網路控制直流馬達轉速控制系統如圖 1 所示，故每一脈波代表馬達轉動角度為 0.01256 rad ，實驗使用 8 位元雙極性(Bipolar) D/A 轉換器，輸出電壓範圍為 $-5.13V$ 至 $+5.13V$ ；伺服放大器增益為 2.5。

安裝之轉速計規格為 $1/150.8 \text{ V/rad/s}$ ，並使用 12 bits 雙極性 D/A，轉速計電壓輸出規格為 $-5V$ to $+5V$ 搭配使用電流放大器其增益 2.3。T 直流馬達參數如表 1 所示：

表1直流馬達參數

Motor resistance R_a	3.18 Ω
Motor inductance L_a	0.53mH
Inertia of rotor J	24.3 $\times 10^{-7}$ kgm ²
Torque constant K_T	23mNm/A
Back emf K_B	0.00241V/rpm

實驗之直接類神經網路控制器輸入層神經元數為2，隱藏層神經元數為5，輸出層神經元數為1，控制系統如圖1所示，因為輸出層神經元數為1，因此直接類神經網路控制器輸出值大小在-1與+1之間，故須將其乘一增益值120再由8位元雙極性 D/A 輸出(控制器輸出+1時 D/A 輸出+4.847V，控制器輸出-1時 D/A 輸出-4.847V)，直接類神經網路控制器輸入信號大小須在-1與+1之間，因此須將輸入信號正規化，正規化之比例參數 K_1, K_2, K_3, K_4 ，將影響馬達速度反應，因實驗取樣時間為0.01s，輸入步階速度命令信號為120 pulses/0.01s..

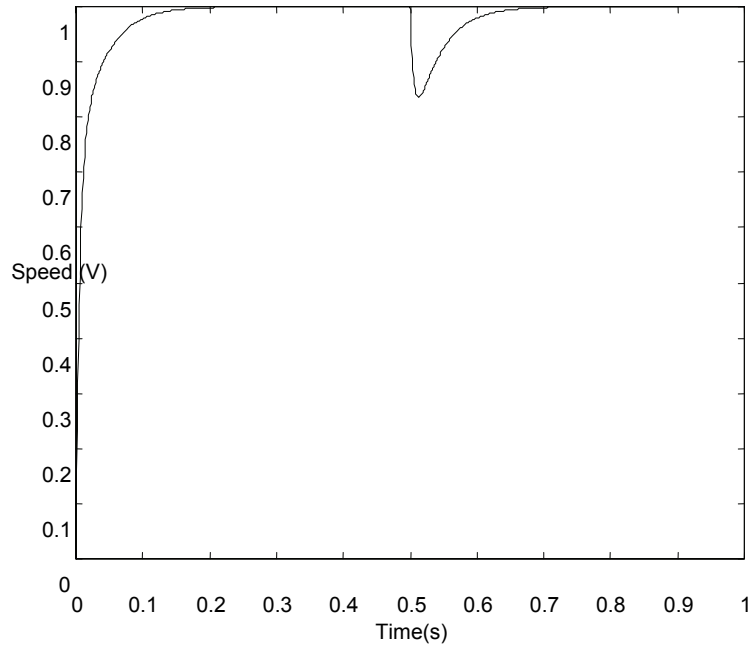
所設計之類神經網路控制器輸入層神經元數為2；隱藏層神經元數為5；輸出層神經元數為1，如圖2所示。因輸出層神經元數僅有1個，致直接類神經網路控制器之輸出信號值在-1至+1之間，那是由數位/類比(D/A)轉換器轉換為一個雙極性類比電壓信號。

類神經網路控制器之數位/類比(D/A)轉換器之輸出值為-5V 至+5V 之間，其相對應之輸出信號值在-1至+1之間。類神經網路控制器輸出方法是乘以一個轉換增益值5V。然後，由伺服放大器將電壓信號放大，產生高電流去驅動直流伺服馬達(電動機)。類神經網路控制器之輸入信號，在程序正規化程序必需調整 k_1 及 k_2 參數值，在模擬實驗時 k_3 及 k_4 參數值能設定為 $k_3=k_1$ 及 $k_4=k_2$ 。

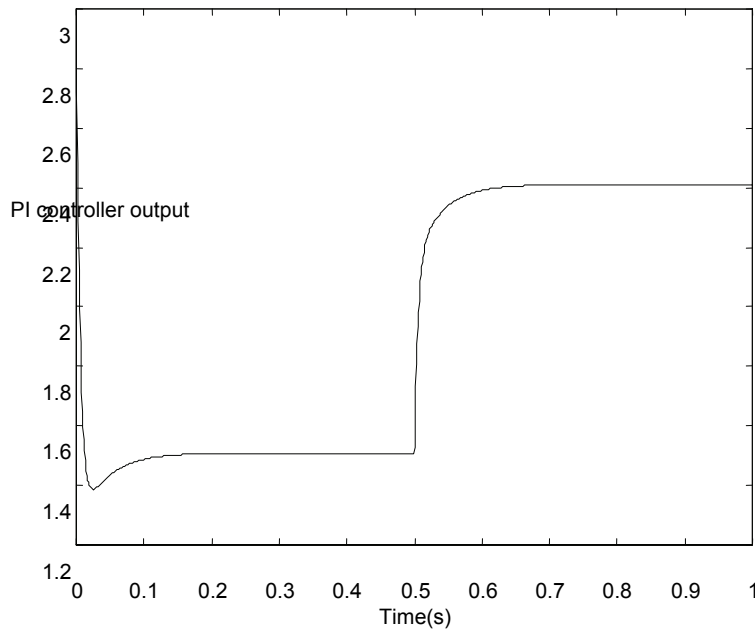
在模擬實驗時，1V 之步階信號相對應到延伸速度指令參數為150.8rad/s，取樣值設定為0.0001s，類神經網路控制器之學息速率 η 設定為0.1及指定係數 $\beta=0.5$ 。因最大誤差電壓信號為1V， k_1 及 k_2 參數值分別為0.6及0.01，類神經網路以這方式得到一個自適應正規化。類神經網路較佳速率參數設定為 $k_3=k_1=0.6$ 及 $k_4=k_2=0.01$ ，且一個傳統的比例積分(PI)控制器可改變參數不僅作模擬，還可應用在速度調節系統。假設一個不穩的轉矩負載值為0.015Nm，提供 $t=0.5$ 給控制系統。

圖3、圖4顯示模擬結果，圖3a 是使用 PI 控制器，並依性能指標調整馬達 PI 參數反應結果；圖3b 是顯示 PI 控制器輸出信號。圖4a 使用類神經網路控制器，顯示直流(DC)馬達速度響應；圖4b 顯示類神經網路控制器輸出信號，基本上速度響應穩態誤差是經由類神經網路控制器調節消除，使其保持以輸入趨近於0的狀態下，使其有正確電壓輸出。圖4c 顯示連結權重值，收斂時間小於0.01s。結果，有關類神經網路速度調節器，反應出速度控制系統的適應性。此外應注意對於轉矩負載干擾為0.015Nm，類神經網路速度調節器速度反應優於傳統 PI 控制器。另外，如果增加 PI 控制器性能使其趨近類神經網路速度調節器性能，PI 控制器就會有超過類神經網路速度調節器的輸出量。

經網路速度調節器性能優於 PI 控制器。模擬顯示類神經網路速度調節器適用於高精密度速度控制系統。若速度指令增加且超過1.66V， k_1 k_2 參數需調整 k_3 k_4 亦需更著調整至適當值，基本而言， k_2 k_4 值增加控制系統阻尼係數跟著增加。

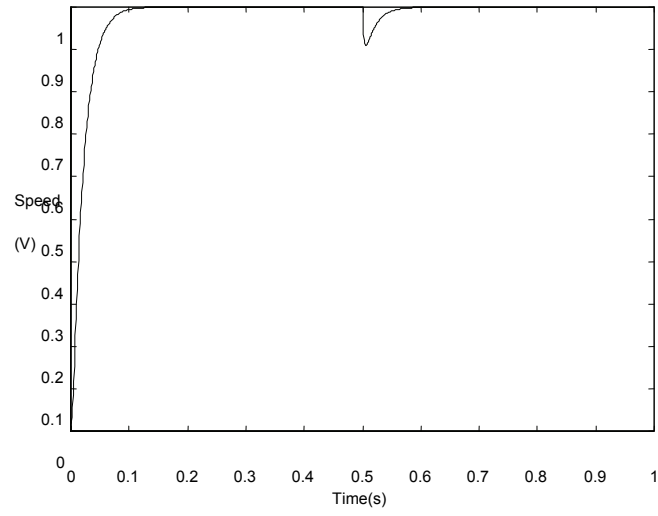


(a) 速度反應

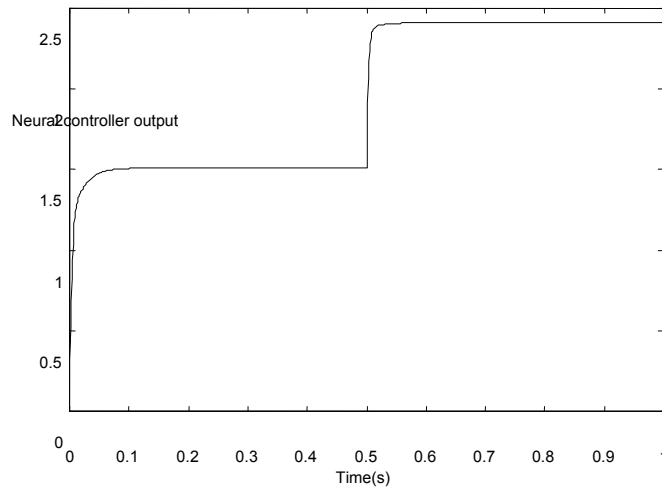


(b) PI 控制器輸出

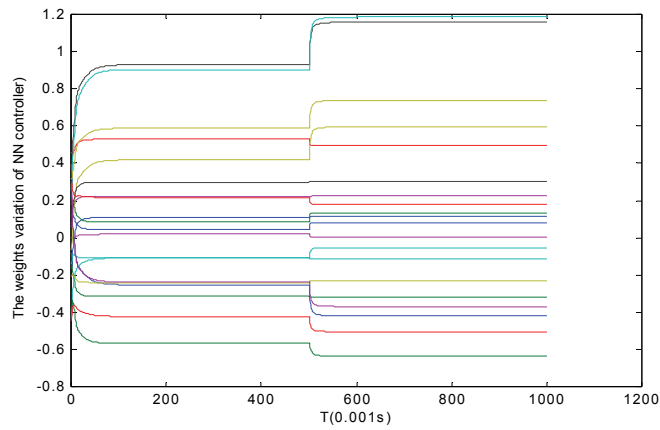
圖3. 使用 PI 控制器反應



(a) 速度反應



(b) 控制器輸出



(c)

圖4. 顯示連結權重值收斂反應

第六章、結論

特定學習架構之直接類神經網路控制器，適用於直流伺服馬達之速度控制系統，具適應性較傳統 PID 控制器反應優良。本文設計之控制器與傳統之類神經網路適應控制器比較，因不須要對受控系統預求參數，以及不須要建立系統參考模型，也不須要建立系統判別之類神經網路，即可完成線上自我學習，易於設計及實現(implement)，應用於直流伺服馬達之速度調節器，具有優良之控制效果。

參考文獻

- [1] D. Psaltis, A. Sideris, and A.A. Yamamura, "A Multilayered Neural Network Controller," *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 8, no. 2, pp. 17-21, April 1988.
- [2] K. S. Narebda, and K. Parthasarathy, "Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks", *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 1, no. 1, pp. 4-27, 1990.
- [3] T. Fukuda, and T. Shibata, "Theory and Applications of Neural Networks for Industrial Control Systems", *IEEE Transactions on Industry Electronics*, vol. 39, no. 6, Dec 1992.
- [4] G. Cybenko, "Approximation by Super positions of A Sigmoid Function", *Mathematics of Control Signals and Systems*, vol. 2, no. 4, pp. 303-314, Dec 1989.
- [5] 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.
- [6] R. S. Ahmed, K. S. Rattan, and I. H. Khalifa, "Real-Time Tracking Control of A DC Motor Using A Neural Network", *IEEE Aerospace and Electronics Conference*, vol. 2, pp. 593-600, 1995.
- [7] M. A. Hoque, M. R. Zaman, and M.A. Rahman, "Artificial Neural Network Based Controller For Permanent Magnet DC Motor Drives" *IEEE Industry Application Conference, Thirtieth IAS Annual Meeting*, vol. 2, pp. 1775-1780, 1995.
- [8] A. Rubaai, and R. Kotaru, "Online Identification and Control of a DC Motor Using Learning Adaptation of Neural Networks" *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 36, no. 3, June 2000.
- [9] F. M. EI-Khouly, A. S. Abdel-Ghaffar, A. A. Mohammed and A. M. Sharaf, "Artificial Intelligent Speed Control Strategies for Permanent Magnet DC Motor Drives," *IEEE*

- Industry Applications Conference, IAS Annual Meeting, vol. 1, pp. 379-385, 1994.
- [10] Y. Zhang, P. Sen, and G. E. Hearn, "An On-line Trained Adaptive Neural Controller," IEEE Control Systems Magazine, vol. 15, no. 5, pp. 67-75, October 1995.
- [11] F. J. Lin, and R. J. Wai, "Hybrid Controller Using Neural Network for PM Synchronous Servo Motor Drive," IEE Proceeding of Electric Power Application, vol. 145, no. 3, pp. 223-230, 1998.
- [12] F. J. Lin, R. J. Wai, and C. C. Lee, "Fuzzy Neural Network Position Controller for Ultrasonic Motor Drive Using Push-pull DC-DC Converter," IEE Proceeding of Control Theory Application., vol. 146, no. 1, pp. 99-107, January 1999.
- [13] R. P. Lippmann, "An Introduction to Computing with Neural Nets," IEEE Acoustics, Speech, and Signal Processing Magazine, pp. 4-22, April 1987.

生物神經及類神經網路控制之研究

The research of the biological neurology and artificial neural network control.

曾國隆¹ 朱明輝² 池德明³

¹東南科技大學機電整合研究所 研究生 ²東南科技大學機電科技學系 副教授 ³東南科技大學機電科技學系 講師

摘要

本文簡介生物神經學的內容涉及神經、解剖、生理、藥理、病理、生物化學、細胞生物學、分子生物學等。因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。因為類生物神經學發展，使得神經網路研究可以建立數學模式，及類神經網路研究其最終目的在於瞭解人類神經系統的結構和功能。可提高對神經系統疾病的防治水準、增進健康服務。本文並介紹類神經網路數值模型及其應用範圍。

關鍵字：生物神經學，類神經網路，數值模型，倒傳遞類神經網路。

ABSTRACT

This study introduces the biological neurology (BN) and artificial neural network control. The content of involves the nerve, the dissection, the physiology, the pharmacology, the pathology, the biochemistry, the cytology, and the molecular biology and so on. Because its duty is learning nervous system mol, the cell foundation and the system foundation change process, and these process conformity function, until the most complex higher function, like learning, memory and so on. 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 system's structure and the function. The research also can to neural system disease's prevention standard and improve the service human health. This paper and the introduction neural network can be applied to the scope of the numerical model and control.

Keyword : biological neurology (BN) , artificial neural network, numerical models, back propagation neural network (BPN) .

壹、簡 介

神經生物學[1]的主要研究領域包括神經生物化學、比較生物學、神經解剖學、神經生理學、細胞神經生物學、分子神經生物學、發育神經生物學、系統神經生物學、行為神經生物學等。神經生物學進行的是前述學科之跨學科基本理論研究，它體現了多學科互相聯繫和深入。

神經生物學依其知識領域和研究範圍是屬於基礎神經科學的，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，神經生物學即可找到研究課題的深厚淵源，又有明確目的歸屬。神經生物學並不僅是一門純理論的學科，也涉及臨床實踐，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：

- 1、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。
- 2、大腦在所有生物器官中結構較為複雜，若能夠瞭解腦是如何工作的，將會對整個生物科學產生較大激勵作用。
- 3、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，而對唯心主義哲學必將是一個最大挑戰。
- 4、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：

- 1、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。
- 2、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。
- 3、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。

日本於1996年[2]推出為期20年的「腦科學時代 (the age brain science)」計劃綱要，擬在20年內，以每年1000億日元的支持預算，大力推展人腦的研究，使日本的腦科學達到甚至領先於國際水準。其主要綱要計劃從「認識腦」、「保護腦」、「創造腦」等三個方面來推動腦科學的研究。

在「認識腦」的領域，主要研究目標是闡明認知、情感和意識等人腦結構和功

能，認清腦的通訊功能。在「保護腦」的領域，主要研究目標是控制腦發育及老化的近程及神經、精神性疾病的康復與預防。在「創造腦」的領域，主要研究目標是設計和開發仿造腦功能型的計算機（電腦）和信息（資訊）處理系統。

生物神經元於1873年[1]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1988年[1]，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[1]，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[1]，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。能了解神經元中胞器的特性，有助於理解神經生物學的基本原理。

貳、神經生物學

神經生物學[1]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、藥理、病理、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。

2.1 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) 和從胞體發出的的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1神經元基本結構圖。

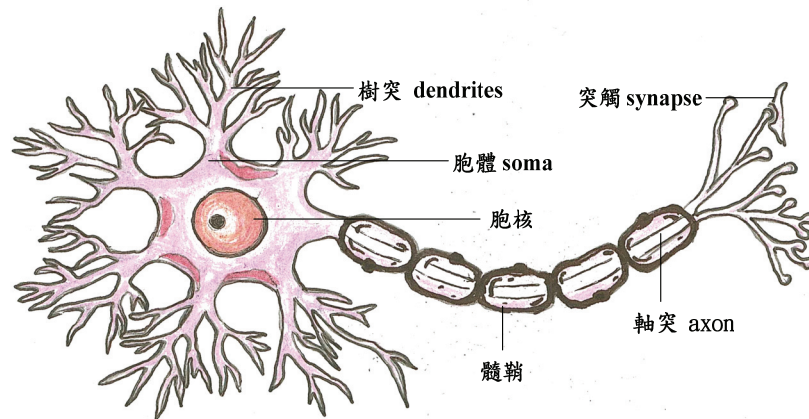


圖1 神經元基本結構圖

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。

2.2 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。

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

神經細胞膜是神經元的重要組織結構，具有獨特的功能。細胞膜參與跨膜物質的轉運和能量轉換、神經元與細胞外物質的識別、神經元跨膜訊號傳遞與代謝調控、神經衝動的傳導等，是極其複雜的生物學反應過程。

細胞核的大小可以隨著細胞體積的大小變化。脊椎動物中，最大的神經元胞體的直徑可達100 μm 以上，核的直徑至少可達20 μm ；最小的神經元胞體直徑為5 μm 。在這些細胞中，核幾乎充滿了整個胞體，而細胞質僅剩下薄薄的一層。

神經元中存在三種絲狀蛋白質，它們形成細胞骨架的內部網架。這種網架可透過冰凍刻蝕處理後，在電子顯微鏡下看到在軸突內，較大的長形結構是微管（microtubules），小的念珠狀結是神經細絲（neurofilament），最小的是微絲（microfilament）。微管、神經絲和微絲構成了神經細胞骨架。

微管是不分支的長形小管，直徑約20nm，管壁由微管蛋白的次單元組成。微管由13條圍繞中央核心的原絲構成。神經細絲是一種長的實心細絲，直徑約10nm左右。在細胞中，它們被稱為中間型細絲，主要因為它們的直徑位於微管和微絲之間。組成神經細絲的3種多肽已經被鑑定，分別是NF-1（ 7.0×10^4 ），NF-M（ 1.6×10^5 ）和NF-H（ 2.0×10^5 ）。神經細絲在大的軸突中特別明顯，它的數量多於微管。在小的軸突和樹突中，情況正好相反。神經細絲和微管的關係隨年齡的增長而變化。

神經元軸突和樹突內微管和神經細絲與物質的運輸有關，在生物化學方面的實驗已證實。胞體和突起之間的胞內運輸對神經元的功能是極為重要。從末梢向胞體的運輸被認為是逆向運輸（retrograde transport），從胞體到末梢的運輸被看作是順向運輸（anterograde transport）。

微絲是細胞內的第三種纖維結構。在生長中的神經突起，微絲的含量是相當豐富的，神經膠細胞中也很多。它們與細胞的質膜、膜骨架蛋白及細胞骨架的形成和運動有關。微絲可能與某些神經元的聯結有關，在許多可自由運動的細胞中，微絲存在於質膜的下方，推測它們控制膜的移動和原生質的移動。

2.3 人類大腦神經元網路結構

人的大腦約有上百億的神經元，而神經膠質細胞的數量則更為龐大，約為神經元的10倍。在腦的獨特功能中神經元最為重要，因神經元是高度分化的細胞，形態多樣結構複雜，在生理功能上具有接受刺激、傳導衝動和整合信息的能力。

人的大腦各部位，由神經元所組成，神經元包括神經細胞和神經纖維，它是腦神經系統的基本單元。人的大腦皮層中包含有數百億神經元，而每一神經元又與數千個其它神經元相連接。腦神經網路是由大量各種形態的神經元構成的一個複雜而又巨大的系統，雖然神經元之間極為複雜，卻非常有規律。

生物神經元網路[3]通常是指大腦神經元網路，而最重要的部分稱為大腦神經元網路。大腦皮層約有一百多億各種不同形態的神經細胞及其纖維聯繫所組成，皮層平均厚度為2.5mm，皮層表面每平方毫米約有5萬個神經元。大腦皮層又分為舊、新皮層兩部分，人類大腦皮層幾乎是新皮層，而舊皮層被包到新皮層內部。新皮層根據神經元的形態分類為六層如下：

- 1、分子層：神經元尺寸非常小，稱之為分子層。此層神經細胞數量較少，且神經細胞的軸突橫行於皮層表面，具有橫向傳導功能。

- 2、外顆粒層：由大量較密的小顆粒細胞組成，此層也有些微小的錐體細胞。
- 3、內顆粒層：又稱為星形細胞層，是由密集的星形細胞組成。
- 4、錐體細胞層：錐體細胞層較分子層、外顆粒層厚，由不同的錐體細胞層組成。位於不同的區域，其數量和大小不同，是取決於各個區域特性。錐體細胞層是很重要的皮層，其細胞頂樹突長達皮層表面。
- 5、神經節細胞層：又稱為大錐體細胞層，由大錐體細胞層組成，其細胞頂樹突可伸達皮層表面。
- 6、梭形或多形細胞層：由不同形式、不規則的梭形細胞組成，其軸突深入鄰近白質。

上述六層神經元之各層神經細胞類型及傳導神經纖維是不同。而同一層內神經細胞的類型相似，並有彼此相互間作用。不同層之間的神經細胞以各種形式相互連接、相互影響，並對信息（訊號）進行並聯和串聯的處理，以完成大腦對信息的加工處理。

大腦皮層延腦殼水平橫向還可區分為不同的區域。以功能來區分為感覺皮層、聯絡皮層、運動皮層等三大區域。枕葉為視覺區，接收和加工由視感覺傳來的信（訊）號、信息，聽覺區域在顳葉，軀體感覺區在腦中央後處，運動皮層在額葉中央前處。聯絡皮層包括額葉、頂葉和顳葉的大部分，主要進行信息的綜合、設計、推理等功能處理。

2.4 生物神經電信號在神經纖維中的傳導速率

神經元能夠接受來自內外的刺激，透過細胞膜電位的變化，將刺激的訊息轉變成動作電位的形式，使動作電位沿軸突傳遞給其它神經元或反應細胞。當一個神經元被輸入的訊號所激發時，神經元會產生一串脈衝列（pulse）沿著軸索傳遞，若是激發是在興奮突觸（excitatory synapse），則會增加脈衝列的速率（pulse rate）；若是激發是在抑制突觸（inhibitory synapse），則會減少脈衝列的速率。因此，脈衝列的速率是同時取決於輸入脈衝列的速率，及神經節的強度（strength）。而神經節的強度可視為神經網路儲存資訊之所在，神經網路的學習即在調整神經節的強度。

2.5 生物神經電位信號通過突觸傳遞的過程

生物細胞體相當於一個初等處理器，對於來自其他神經元的神經信號加總，產生一個神經輸出信號。因細胞膜將細胞體內外分開，所以細胞體內外具有不同的電位，通常是內部電位比外部低。把細胞膜內外電位之差稱之為膜電位；無神經信號輸入時的膜電位稱之為靜息膜電位，一般約為-70mV 左右。當膜電位比靜息膜電位高出約20mV 時，即超過閾值電位（-50mV）時，該細胞被激活，其膜電位自發地急速升高，在1ms 內比靜息膜電位上升100mV 左右。此後膜電位又急速下降，回到靜息時的值，這一過程稱為細胞的興奮過程。興奮結果產生一個幅值約在100mV 左右，寬度約1ms 的電位脈衝，這個電脈衝又稱之為神經動作電位。

當細胞體產生一個電位脈衝後，即使受到很強的刺激，也不會立即產生另一個動作電位，此段時間稱為絕對不應期。當絕對不應期過後，暫時性閾值變高，要激活這個細胞需要較強的刺激，這段時間稱為相對不應期。通常絕對不應期約1ms，相對不應

期約數毫秒，絕對不應期和相對不應期合稱為不應期。

不應期結束後細胞產生動作電位的閾值恢復正常，可再次被正常激活。神經電脈衝信號是沿軸突向其他細胞傳遞，一直傳到前突觸部分。由於電脈衝的刺激，前突觸會釋放出一些神經傳遞質，這些神經傳遞質通過突觸間隙擴散到後突觸，並在突觸後膜與特殊的受體結合，改變了後膜的離子通透性，使膜電位發生變化，產生電生理反應。

當一個神經衝動到達前突觸內，接續約0.5ms。根據後突觸膜電位的變化，將突觸分為兩種即為興奮性突觸和抑制性突觸。若後突觸膜電位隨傳遞質與受體結合數量的增加而向正電位方向變化，此種情形稱為突觸為興奮性的。相反，若突觸後膜電位隨傳遞質與受體結合數量的增加向更負電位方向變化，即稱之為突觸為抑制性的。

一個神經元是把來自不同樹突的興奮性和抑制性輸入信號累加求和進行整合。考慮到輸入信號的影響要持續一段時間（毫秒），因此神經元的整合功能是一種時空整合。當神經元經時空整合產生的膜電位超過閾值時，神經元產生興奮性電脈衝，處於興奮狀態；否則無電脈衝產生，處於靜息狀態。

參、類神經網路

3.1 類神經網路之神經鍵更新演算（激發函數為單調遞增函數）

類神經網路（artificial neural network）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。

因類神經網路控制器具適應性及學習性，應用於電液伺服閥控液壓系統位置控制能強化系統適應性、強健性及改善穩態誤差，為近年來液壓控制系統重要發展方向。本章提出誤差倒傳遞多層類神經網路並舉出應用於 OR、XOR 之結果範例。

Lippmann 於1987年[4]提出多層隱藏層類神經網路如圖2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。所以神經網路控制器常常採用單一隱藏層類神經網路，其結構如圖3所示，為三層結構；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如圖4所示。

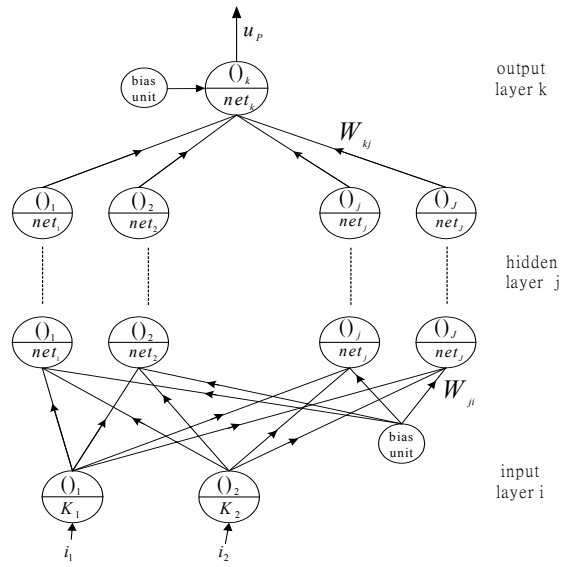


圖2 多層類神經網路結構

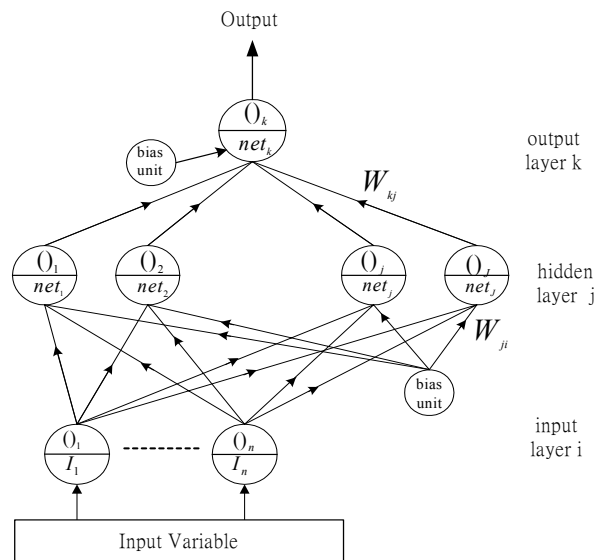


圖3 三層類神經網路結構

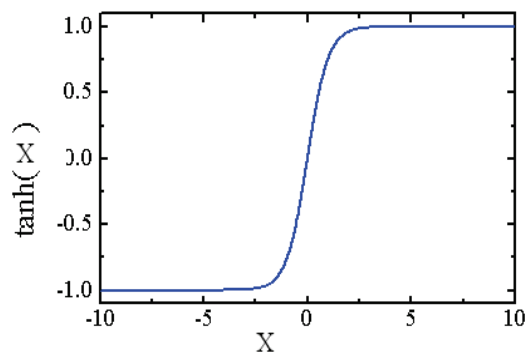


圖4 雙曲線正切函數曲線 $f(x) = \tanh(x)$

3.2 類神經網路之神經鍵更新演算(激發函數為雙曲線正切函數)

類神經網路其結構如圖3所示，其類神經網路為三層結構，含輸入層(以下標 i 表示節點數)、隱藏層(以下標 j 表示節點數)及輸出層(以下標 k 表示節點數)，輸入層須將輸入信號正規化，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為雙曲線正切函數 $f(net) = \tanh(\beta \cdot net)$ ， β 值為常數可以調節單調遞增函數的遞增梯度，藉以改變神經網路的收斂特性。對於隱藏層節點 j 之輸入為

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

節點 j 之輸出為

$$O_j = f(net_j) = \tanh(\beta \cdot net_j) \quad (2)$$

其中 $\beta > 0$ 。同理輸出層節點 k 之輸入為

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

$$j = 1, 2, \dots, J, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (3)$$

節點 k 之輸出為

$$O_k = f(net_k) = \tanh(\beta \cdot net_k) \quad (4)$$

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； θ_j 及 θ_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

$$\frac{\partial O_j}{\partial net_j} = \beta(1 - O_j^2)$$

$$\frac{\partial O_k}{\partial net_k} = \beta(1 - O_k^2) \quad (5)$$

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 η 代表學習速率， α 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

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

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

$$\begin{aligned} \delta_j &= \frac{\partial E}{\partial net_j} = \sum_m \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial O_m} \frac{\partial O_m}{\partial net_j} \\ &= \sum_m \delta_k W_{km} \beta(1-(O_m)^2) \quad m=1,2,\dots,J \end{aligned} \quad (11)$$

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， η 及 α 分別為學習速率及慣量項係數， δ_j 及 δ_k 分別由式(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：

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

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

3.3倒傳遞類神經網路

倒傳遞類神經網路[5] (back propagation neural networks, BPN)簡稱 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，如圖2所示。多層神經網路須要決定隱藏層層數目及各層神經元數目。

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)。

類神經網路其結構如圖3所示，其類神經網路為三層結構，含輸入層(以下標 i 表示節點數)、隱藏層(以下標 j 表示節點數)及輸出層(以下標 k 表示節點數)，輸入層須將輸入信號正規化，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為 Sigmoid 函數 $f(net) = 1/1 + e^{-\beta net}$ ，如圖4所示。對於隱藏層節點 j 之輸入為

$$net_j = \sum(W_{ji} \cdot O_i) + \theta_j \quad (16)$$

節點 j 之輸出為

$$O_j = f(net_j) = 1/1 + e^{-\beta \cdot net_j} \quad (17)$$

其中 $\beta > 0$ 。同理輸出層節點 k 之輸入為

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

$$j = 1, 2, \dots, J, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (18)$$

節點 k 之輸出為

$$O_k = f(net_k) = 1/1 + e^{-\beta \cdot net_k} \quad (19)$$

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； θ_j 及 θ_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

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_j}{\partial net_j} &= \beta \cdot O_j(1 - O_j) \\ \frac{\partial O_k}{\partial net_k} &= \beta \cdot O_k(1 - O_k) \end{aligned} \quad (20)$$

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

$$E_N = \frac{1}{2}(X_N - X_{PN})^2 = \frac{1}{2}e_N^2 \quad (21)$$

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：

$$\Delta W_N = W_{N+1} - W_N = \alpha \cdot \Delta W_{N-1} - \eta \frac{\partial E_N}{\partial W_N} \quad (22)$$

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

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial W_{kj}} = \delta_k O_j \quad (23)$$

其中定義

$$\begin{aligned} \delta_k &= \frac{\partial E}{\partial net_k} = \sum_n \frac{\partial E}{\partial X_p} \frac{\partial X_p}{\partial O_n} \frac{\partial O_n}{\partial net_k} = \sum_n \frac{\partial E}{\partial O_n} \frac{\partial O_n}{\partial net_k} \\ &= \sum_n \frac{\partial E}{\partial O_n} \beta \cdot O_n(1 - O_n), \quad n=1,2,..K \end{aligned} \quad (24)$$

同理，輸入層與隱藏層間之能量梯度為

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ji}} = \frac{\partial E}{\partial net_j} \frac{\partial net_j}{\partial W_{ji}} = \delta_j O_i \quad (25)$$

其中

$$\begin{aligned} \delta_j &= \frac{\partial E}{\partial net_j} = \sum_m \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial O_m} \frac{\partial O_m}{\partial net_j} \\ &= \sum_m \delta_k W_{km} \beta \cdot O_m (1 - O_m) \quad m=1,2,\dots,J \end{aligned} \quad (26)$$

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：

$$\begin{aligned} \Delta W_{kj,N} &= -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{kj,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1} \\ &= -\eta \delta_k O_j + \alpha \cdot \Delta W_{kj,N-1} \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{ji,N} &= -\eta \frac{\partial E_N}{\partial W_{ji,N}} + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1} \\ &= -\eta \delta_j O_i + \alpha \cdot \Delta W_{ji,N-1} \end{aligned} \quad (28)$$

其中， η 及 α 分別為學習速率及慣量項係數， δ_j 及 δ_k 分別由式(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：

$$W_{kj,N+1} = W_{kj,N} + \Delta W_{kj,N} \quad (29)$$

$$W_{ji,N+1} = W_{ji,N} + \Delta W_{ji,N} \quad (30)$$

肆、範 例

應用三層誤差倒傳遞類神經網路(BPN)，其結構如圖5。模擬2個輸入 OR 邏輯閘，OR 邏輯閘輸入輸出關係如表1之 OR 輸出入參數表。

已知 $I_1=0.1$ ， $I_2=0.1$ ，學習速率 $\eta=0.1$ ， $\alpha=0.1$ ，偏權值為 $1=W_{ji}^j=W_{11}$

激發函數 $f(x) = 1 / (1 + e^{-x})$, $E = \frac{1}{2} e^2$, $e = Y_r - O_k$

表1 OR 輸出入參數值表

I1	I2	yr
0.1	0.1	0.1
0.1	0.9	0.9
0.9	0.1	0.9
0.9	0.9	0.9

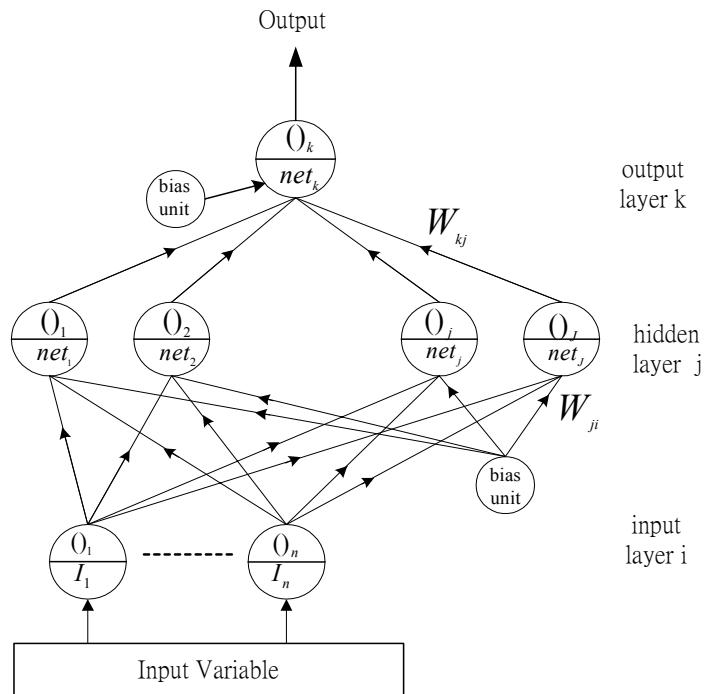


圖5 三層類神經網路結構

類神經網路模擬數2，輸入 OR 邏輯閘，學習週期如圖6所示

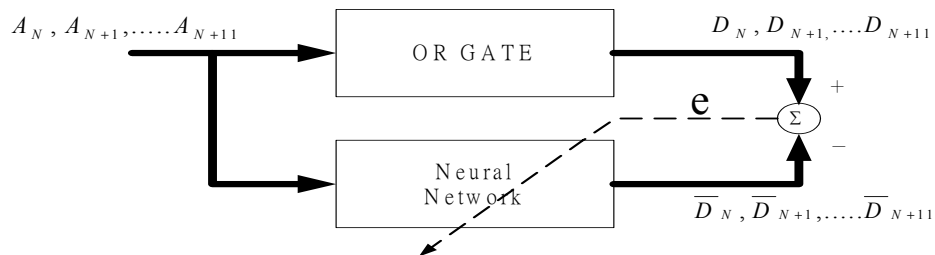


圖6類神經網路模擬2輸入 OR 邏輯閘結構

誤差倒傳遞類神經網路為三層結構如圖7所示；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 2 個輸入變數、隱藏層有 3 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)，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，直到學習完所有的訓練範例後，才完成一次的學習週期 (Epoch)。輸入層須將輸入信號正規化，使輸入量小於 0.9 大於 -0.9 訓練 24,000 次後類神經網路輸入輸出關係如表 2. OR 輸出入參考數值 (24000 次)，及圖 8. OR 類神經網路訓練 24,000 次誤差收斂過程。

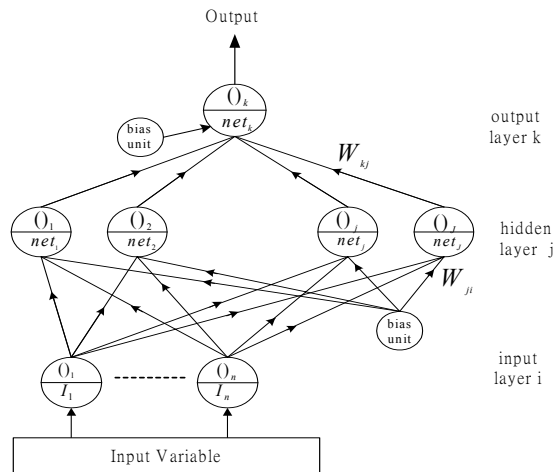


圖 7. 模擬 OR GATE 之三層誤差倒傳遞類神經網路

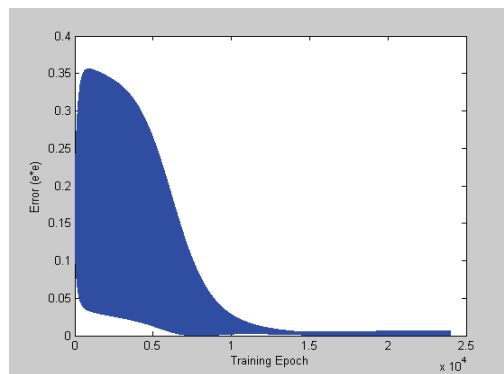


圖 8. OR 類神經網路訓練 24,000 次誤差收斂過程

表 2. OR 輸出入參數值 (24,000 次) 表

I_1	I_2	Y
0.1	0.1	0.1240
0.1	0.9	0.8860
0.9	0.1	0.8842
0.9	0.9	0.9776

先以 OR 邏輯閘作 Matlab 模擬可以達到所需之收斂效果，如圖9，10所示。

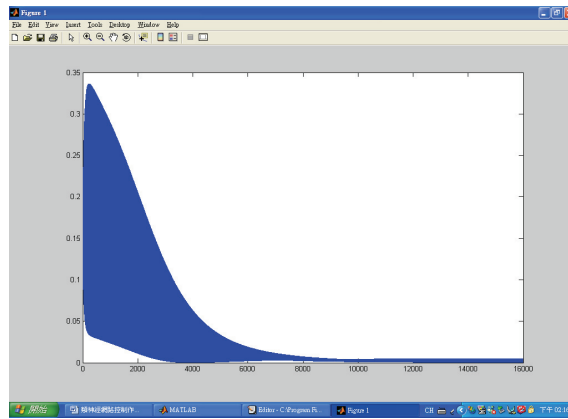


圖9. OR 邏輯閘作 Matlab 模擬圖

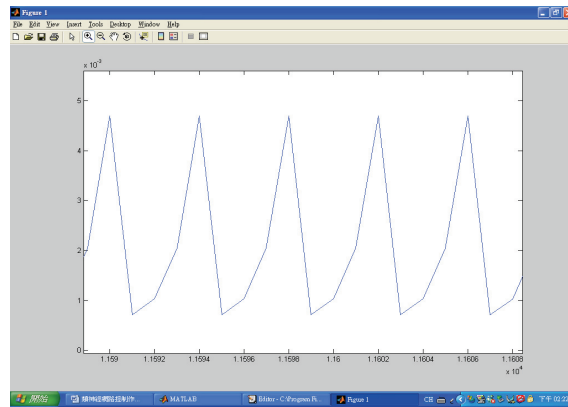


圖10. OR 邏輯閘作 Matlab 模擬取11590-11608取樣圖

經過模擬後之參數表如下：

表3. OR 輸出入參數值表

	I1	I2	yr
15997次	0.1	0.1	0.1427
15998次	0.1	0.9	0.9687
15999次	0.9	0.1	0.8746
16000次	0.9	0.9	0.8693

若以 XOR 邏輯閘作 Matlab 模擬可以達到所需之效果如何？

首先要修改 Matlab 模擬程式。即參考 XOR 邏輯閘 XOR 輸出入參數值表（布林代數表）數值顯示於表4，其學習週期如圖11，再修改 Matlab 模擬程式作模擬，結果如下：

表4. XOR 輸出入參數值表

I1	I2	yr
0.1	0.1	0.1
0.1	0.9	0.9
0.9	0.1	0.9
0.9	0.9	0.1

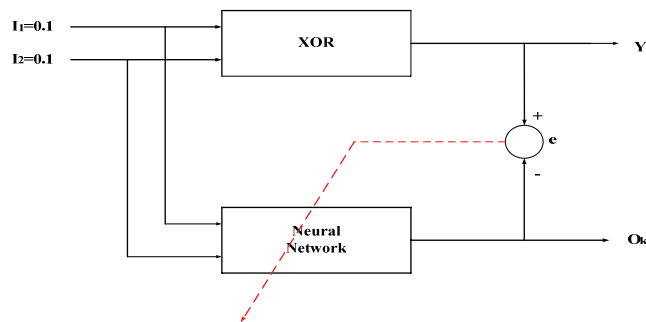


圖11. XOR 學習週期示意圖

以XOR邏輯閘作Matlab模擬結果無法收斂會產生發散效果，如圖12。

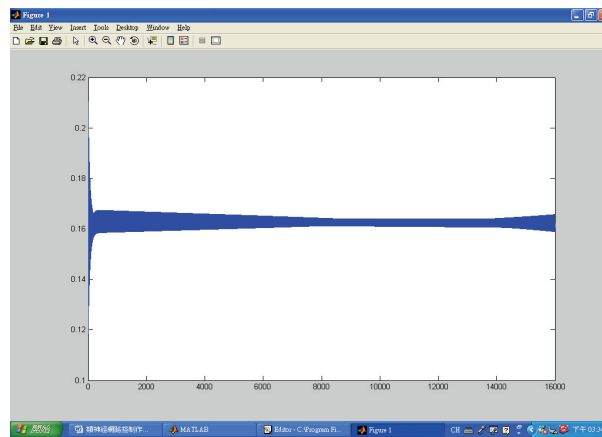


圖12. XOR 邏輯閘作 Matlab 模擬結果

依上述發散數值

$x =$

-0.4406	0.9128	0.6745	2.0187	2.2054	-0.4385	-0.0265	-0.3145	0.0628	-
0.6834	1.4293	0.5847	-1.3252	0.6869	-0.4346	-0.7333			
2.0101	0.0131	-1.2671	1.2273	-0.4532					

修正為取樣參數，修正Matlab程式再模擬一次。

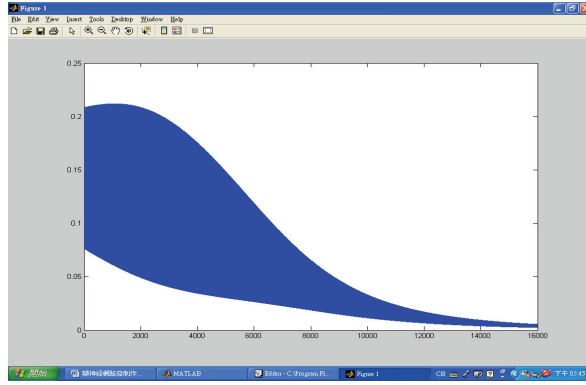


圖13 XOR 邏輯閘作第二次 Matlab 模擬結果

XOR邏輯閘作第二次Matlab模擬（共第32000次）結果能達到收斂成果。依圖4.9可發現在8000（24000）次時，即可發現逐次收斂，並且在15000（31000）次時達到收斂穩定。

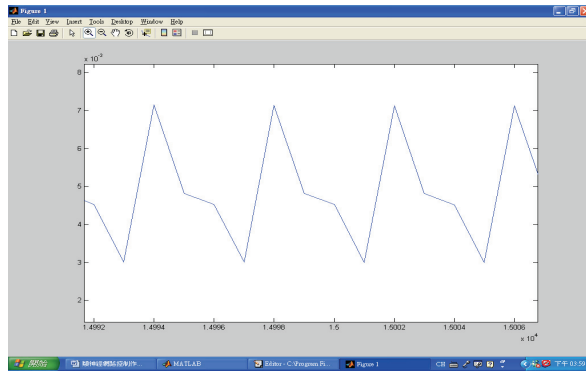


圖14. XOR 邏輯閘作 Matlab 模擬取14992-15002取樣圖

再依圖13取樣參數值

$x = -3.8150 \quad -3.8070 \quad 1.7763 \quad 1.1978 \quad 1.2029 \quad -1.6719 \quad -0.3765 \quad -0.9168$
 $0.5178 \quad -1.6108 \quad -1.4306 \quad 2.1606 \quad 0.6725 \quad 0.3406 \quad -0.2774 \quad -4.9105 \quad -2.2323$
 $1.3731 \quad 2.8576 \quad -0.9642 \quad -0.0550$

，及依上一Matlab程式作模擬一次後結果如下：

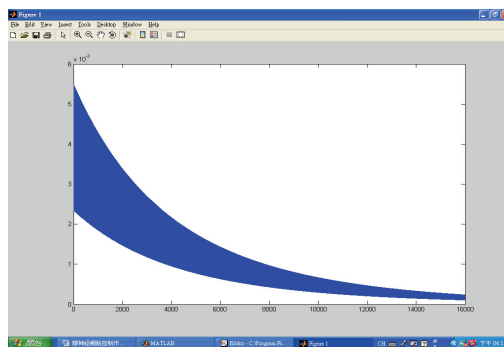


圖15. XOR邏輯閘作第三次Matlab模擬結果

依圖15. XOR邏輯閘作第三次Matlab模擬結果，證明它是一直再收斂。

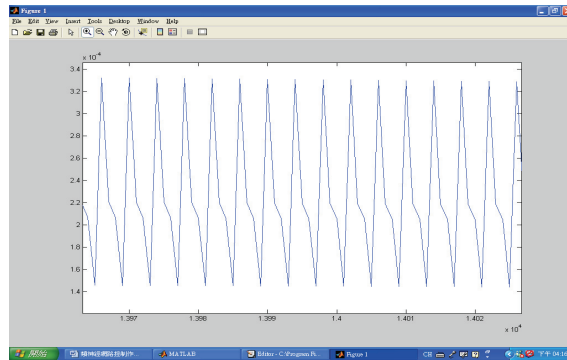


圖16. XOR 邏輯閘作 Matlab 模擬取14000 (46000) 次取樣圖

XOR邏輯閘作第三次Matlab模擬結果如圖16取樣參數值如下：

x = -4.0463 -4.0491 1.9668 1.3791 1.3622 -1.9614 -0.4005 -0.9439
 0.6094 -1.8280 -1.6853 2.5260 0.7086 0.3453 -0.3205 -5.4783
 -2.5589 1.4167 3.2152 -1.0778 -0.1411

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] R. P. Lippmann, “An Introduction to Computing with Neural Nets,” IEEE Acoustics, Speech, and Signal Processing Magazine, pp. 4-22, April 1987.
- [5] 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.

側向樁彈塑性與非線性土壤模式之相關性研究

The correlation of elasto-plastic and nonlinear soil model for the lateral loaded piles in clays

周義娟

東南技術學院營建管理系助理教授

摘 要

黏土層中分析側向樁樁頂最大位移與樁身最大彎矩，有彈塑性與非線性兩種土壤模式。應用彈塑性模式，已經發展了理論解，而應用非線性模式只有經驗曲線。由於彈塑性與非線性兩種模式所使用的主要參數並不相同，以致兩種模式難以溝通與比較。本文目的在探討如何建立兩種土壤模式之參數關係，以達成一致的分析結果。經由參數分析及案例資料驗證，本文提供樁頂為自由端時，三種分析情況下，兩種土壤模式參數之經驗關係，供基樁工程參考。

關鍵詞：側向荷重樁、彈塑性模式、非線性模式、正規化分析

ABSTRACT

There are two soil model, elasto-plastic and nonlinear, used to evaluate the maximum deflection and maximum moment of lateral loaded piles in clays. The theoretical solutions for the elasto-plastic soil model has been developed, however, empirical curves are obtained only for the nonlinear soil model. Due to the dominate parameters used in these two models are totally different, so it is hard to compare and communicate between two models. The purpose of this paper is to establish the relationship between two models. From parameter analysis and case study, the empirical relations have found for the reference to the pile engineering

Key words: lateral loaded pile, elasto-plastic model, nonlinear model, normalized analysis

壹、前言

工程上通常採用平面座標上單一曲線，表示兩個變數 x 、 y 之函數關係。若有第三變數 z 出現，則需要利用一組曲線顯示其變化。同理可知，如果有更多變數出現，則需要多組曲線才能顯示其變化，應用上十分不方便。在多變數出現情況下，假設所有曲線之縱軸與橫軸變數都能夠經過正規化處理，成為無因次單一曲線，稱為正規化曲線，即可消除多組曲線之困擾。

為了工程上應用簡便，Hsiung (2003)發現對於彈塑性土壤模式之側向樁受力系統，樁頂最大位移或樁身最大彎矩可從結構力學平衡條件導演公式而求得理論解，用正規化形式表現。另外，Duncan 等人(1994)採用非線性 p - y 曲線半經驗式，利用有限差分法，配合電腦程式分析，發展一組正規化曲線，求得側向樁之荷重行為。兩種方法分別代表兩種土壤模式，各有優缺點，各有不同的輸入參數。目前大地工程實務中，雖然兩種方法都被使用，但兩種方法相關性如何，尚未有正式文獻探討或發表。

本文之目的為探討，在達成一致分析的結果時，以上兩種模式主要參數之相關性。樁頂為自由端時，因施加外力及樁身位移或彎矩之不同，原有四種分析情況。從力學原理得知，彎矩作用下樁身最大彎矩等於所施加之彎矩，不需再加以說明，所以本文中只剩下三種情況進行探討：情況1；水平力作用下最大位移，情況2；彎矩作用下最大位移，情況3；水平力作用下最大彎矩。

貳、文獻回顧

對於側向荷重樁之行為，很早就有學者進行研究，設勁度為 EI 之樁， E 、 I 分別表示樁體之彈性模數、轉動慣量，樁頂自由端承受外力 P_0 作用，樁身側向位移為 u ，深度 z ，以地盤反力係數模擬彈簧常數，當地盤反力係數 k_h 為常數時，寬度(或直徑)為 d 的樁，見圖1a，經由結構力學導演，側向樁之荷重-位移行為由下列四階微分方程式控制，

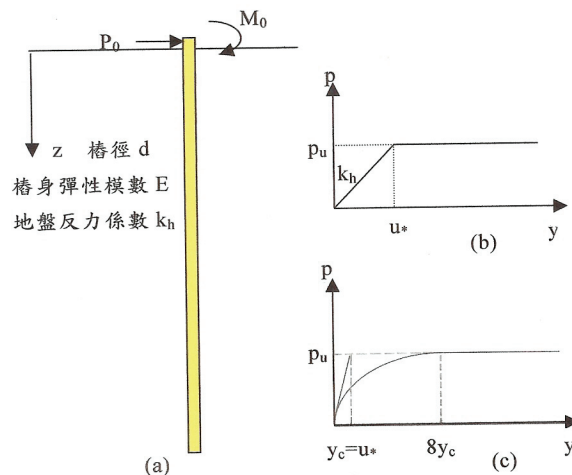


圖1側向荷重樁及彈塑性 p - y 曲線模式

$$EI \frac{d^4 u}{dz^4} + k_h u = 0 \quad (1)$$

Hetenyi (1946)方法---- Hetenyi 獲得式(1)不同荷重情況與周界條件之精確解。例如，水平力 P_0 作用下，自由端樁頂最大位移 u_0 ，

$$u_0 = \frac{P_0}{2EI\lambda^3} \quad (2)$$

其中 λ 表示側向樁與土壤相對勁度，定義如下：

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k_h d}{4EI}} \quad (3)$$

根據 Fleming 等人文獻(1992)，對於地盤反力係數為常數時，臨界長度定義如下：

$$\ell_c = 4 \sqrt[4]{\frac{EI}{k_h d}} \quad (4)$$

彈塑性與非線性土壤模式----彈塑性土壤模式將非線性土壤模式簡化為兩段直線，見圖 1b，即

$$\begin{aligned} p &= k_h u & u &\leq u_* \\ p &= p_u & u &> u_* \end{aligned} \quad (5)$$

u_* 為土壤屈服位移， p_u 表示極限壓力。Matlock (1970) 對於軟弱黏土採用之非線性 p - y 曲線為立方根函數，見圖 1c，寫成無因次形式如下，

$$\frac{p}{p_u} = 0.5 \sqrt[3]{\frac{y}{y_c}} \quad (6)$$

p_u 表示極限壓力， y_c 表示室內應力-應變曲線上，對應最大應力之應變下所產生的位移量。

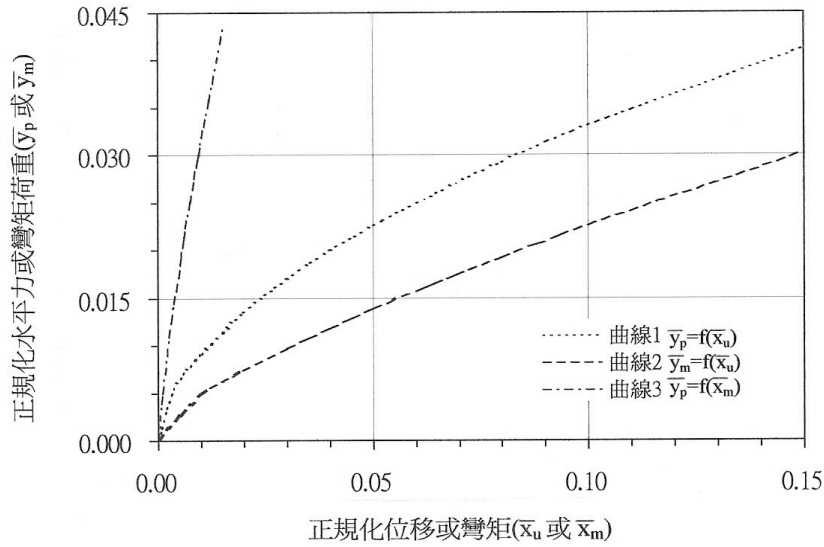


圖2 Duncan et. al (1994)側向樁分析曲線

所謂正規化曲線是將原始曲線之變數經正規化因子處理後，變成無因次曲線，應用上非常方便。Duncan et. al (1994)採用立方根函數 p-y 曲線，如式(6)，利用有限差分法配合電腦程式分析，得到側向樁之荷重行為，稱為特徵荷重法。黏土層中三種分析情況正規化曲線如圖2所示。Hsiung (2003) 假設地盤反力係數及基樁斷面為常數情況，如圖1a 所示，從結構力學平衡條件推導理論解，三種情況理論解繪於圖3：情況1；水平力作用下最大位移，情況2；彎矩作用下最大位移，情況3；水平力作用下最大彎矩。

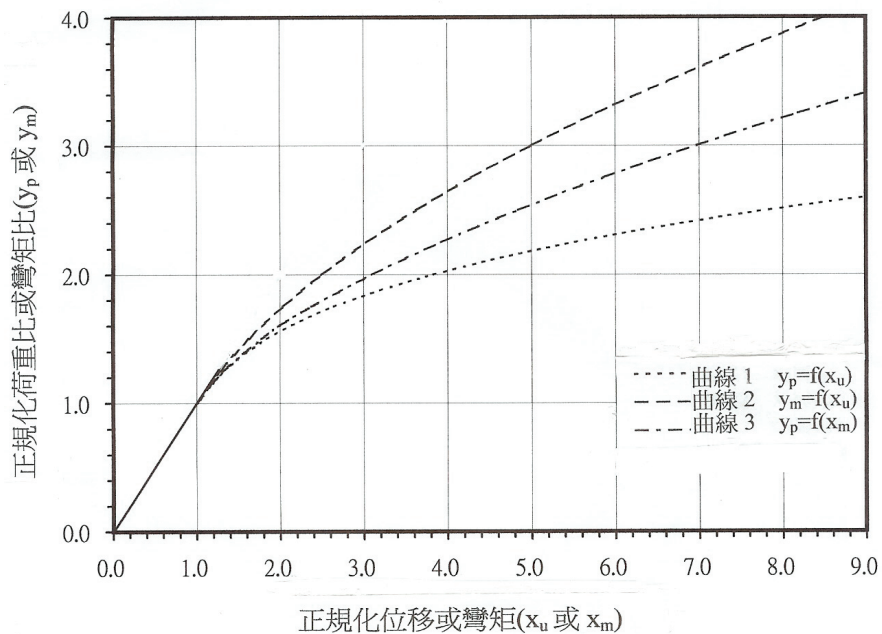


圖3 理論解正規化曲線

相關係數---統計學中定義相關係數來表示變數 x 、 y 之間線性關係，引用潘南飛(2003)文獻，其計算式如下：

$$r = \frac{\sum xy - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{(\sum x^2 - n\bar{X}^2)(\sum y^2 - n\bar{Y}^2)}} \quad (7)$$

上式中 n =資料筆數， x 、 y =理論解與經驗公式兩資料組， \bar{X} 、 \bar{Y} =兩資料組之平均值， r 值介於+1與-1之間， r 值愈接近1，表示相關程度愈強。

參、正規化因子與正規化曲線

文獻中表示荷重-位移關係曲線，習慣上縱軸(y 軸)代表荷重，橫軸(x 軸)代表位移，函數形式寫成 $y=f(x)$ 。但 Hsiung (2003)推導彈塑性理論解時，正規化曲線若用顯函數表示，必須寫成 $x=f(y)$ ，與傳統方式相反。為了方便與非線性模式比較曲線，本文荷重-位移關係曲線仍然採用傳統表示方式。

表1 正規化因子

方法	荷重條件	正規化荷重因子	正規化位移因子或正規化彎矩因子
Duncan (1994)	水平力 P_0 最大位移	$\bar{P}_c = 7.34d^2 E^{0.32} c_u^{0.68}$	d
	彎矩 M_0 最大位移	$\bar{M}_c = 3.86d^3 E^{0.54} c_u^{0.46}$	d
	水平力 P_0 最大彎矩	$\bar{P}_c = 7.34d^2 E^{0.32} c_u^{0.68}$	$\bar{M}_c = 3.86d^3 E^{0.54} c_u^{0.46}$
Hsiung (1997)	水平力 P_0 最大位移	$P_c = 2EI\lambda^3 u_*$	u_*
	彎矩 M_0 最大位移	$M_c = 2EI\lambda^2 u_*$	u_*
	水平力 P_0 最大彎矩	$P_c = 2EI\lambda^3 u_*$	$M_{mc} = 0.6448EI\lambda^2 u_*$

彈塑性與非線性土壤模式的正規化因子列入表1供參考，為了區別兩種土壤模式，非線性土壤模式符號上加一橫線。下面作進一步探討：

情況1. 水平力作用下最大位移---根據 Duncan et. al (1994)文獻，自由端承受水平力荷重 P_0 ，其縱軸正規化荷重因子為

$$\bar{P}_c = 7.34d^2 (ER)^{0.32} c_u^{0.68} \quad (8)$$

式中 d 表示樁之直徑， E 表示樁體之彈性係數， c_u 表示黏土不排水剪力強度，對於實心斷面基樁， $R=1$ 。Hsiung (2003) 理論解之正規化荷重因子為側向樁彈性介質中分析解。例如，

$$P_c = 2EI\lambda^3 u. \quad (9)$$

彈塑性土壤模式正規化因子 P_c ，表示樁頂土壤剛剛達到塑性界限之水平力，非線性模式正規化因子 $\overline{P_c}$ 在原始文獻中未作說明，不能確定代表的意義。為了比較兩種正規化荷重因子之大小，選擇一置於中等軟弱黏土中之混凝土基樁，假設黏土層平均不排水剪力強度為常數，等於 50kN/m^2 ，基樁彈性係數為常數，等於 $2.4 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ 。設定一組數據進行計算；樁徑為 $0.8\text{-}1.0\text{m}$ ，土壤屈服位移為 $0.01\text{-}0.02\text{m}$ ，地盤反力係數為 $8000\text{-}10000\text{kN/m}^3$ 。根據這些數據計算 P_c 、 $\overline{P_c}$ 以及兩者之比值，列入表2，可見兩者相差數十倍甚至百倍以上。

表2 正規化因子數值比較

K_h kN/m^3	d (m)	u^* (m)	P_c (kN)	$\overline{P_c}$ (kN)	$\frac{\overline{P_c}}{P_c}$	M_c (kN-m)	$\overline{M_c}$ (kN-m)	$\frac{\overline{M_c}}{M_c}$
8000	0.8	0.01	131	15023	115	532	110228	207
10000	0.8	0.01	154	15023	97	595	110228	185
8000	1.0	0.01	193	23473	122	929	215289	232
10000	1.0	0.01	228	23473	103	1039	215289	207
8000	0.8	0.02	261	15023	58	1064	110228	104
10000	0.8	0.02	309	15023	49	1190	110228	93
8000	1.0	0.02	386	23473	61	1859	215289	116
10000	1.0	0.02	456	23473	52	2078	215289	104

非線性土壤模式橫軸正規化位移因子為樁之直徑 d ，常用的尺寸大約在 40cm 至 150cm 之間，彈塑性模式橫軸正規化荷重因子為土壤屈服位移 u^* ，數值大約在 0.5cm 至 5cm 之間，可見兩者有數十倍以上之差距。

情況2. 彎矩作用下最大位移----自由端承受彎矩荷重 M_0 ，非線性模式縱軸正規化荷重因子為，

$$\overline{M_c} = 3.86d^3(ER)^{0.54}c_u^{0.46} \quad (10)$$

使用符號與(8)式相同。彈塑性模式自由端承受彎矩 M_0 作用下最大位移，縱軸正規化荷

重因子亦為側向樁彈性介質中分析解，

$$M_c = 2EI\lambda^2 u_* \tag{11}$$

使用符號與(9)式相同。非線性模式或彈塑性模式之橫軸正規化位移因子與情況1相同。彈塑性正規化因子 M_c ，表示樁頂土壤剛剛達到塑性界限之彎矩， M_c 在原始文獻中未作說明，不能確定代表的意義。為了比較兩種正規化荷重因子之大小，根據前段比較所設定的數據，計算 M_c 、 $\overline{M_c}$ 以及兩者之比值，列入表2中，可見兩者相差一百倍至兩百倍以上。

情況3. 水平力作用下最大彎矩----自由端承受水平力荷重 P_0 ，樁身最大彎矩，非線性模式其縱軸正規化荷重因子與(8)式相同，彈塑性模式其縱軸正規化荷重因子與(9)式相同。

非線性模式其橫軸正規化彎矩因子與(10)式相同，彈塑性模式橫軸正規化荷重因子基本上與(11)式相同，但係數有如下差別，

$$M_{mc} = 0.6448EI\lambda^2 u_* \tag{12}$$

文獻回顧中曾說明，彈塑性模式與非線性模式之分析結果均以正規化曲線表示，Duncan et. al (1994) 等人非線性模式沒有提供方程式，只有列表數據，正規化曲線如圖2所示。

表3 彈塑性模式之理論解

荷重條件	最大位移理論解
水平力 P_0	$x_u = \frac{1}{2} + \frac{y_p}{3} + \frac{y_p^4}{6} \quad x_u = \frac{u_0}{u_*} \quad y_p = \frac{P_0}{P_c}$
彎矩 M_0	$x_u = \frac{1}{2} + \frac{y_m^2}{2} \quad y_m = \frac{M_0}{M_c}$
荷重條件	最大彎矩理論解
水平力 P_0	$x_m = \frac{\sqrt{4 - 4y_p + 2y_p^2}}{0.6448} e^{-ac \tan(\frac{2-y_p}{y_p})} \quad \text{for } y_p \leq 2$ $x_m = \frac{6.2y_p^2}{8} \quad \text{for } y_p \geq 2 \quad x_m = \frac{M_m}{M_{mc}}$

Hsiung(2003)彈塑性模式提供理論解，函數形式列入表3，正規化曲線如圖3所示。分三種情況說明如下：水平力作用下最大位移理論解為四次多項式， x_u 代表正規化位移， y_p 代表正規化水平力荷重，如圖3中最下一條曲線所示。彎矩作用下最大位移理論

解為二次方程式，形式最簡單， x_u 代表正規化位移， y_m 代表正規化彎矩荷重，如圖3中最上一條曲線所示。水平力作用下最大彎矩理論解比較特別，是由兩段函數組合而成，當 $1 \leq y_p \leq 2$ ，方程式為指數函數， y_p 代表正規化水平力荷重，當 $y_p \geq 2$ ，曲線方程式即為拋物線函數，與情況2相似為二次方程式。兩段曲線連接十分圓滑，如圖3中間曲線所示。

以上三種情況之共同特性為下凹形單調上升曲線，由於正規化因子之差別，圖2與圖3所顯示的使用範圍有很大不同。對於彈塑性模式而言，縱軸(y 軸)由0至4，橫軸(x 軸)由0至9，其中0至1範圍為直線，土壤屬於彈性，大於1範圍為曲線，土壤屬於塑性。對於非線性模式而言，縱軸(y 軸)由0至0.04，橫軸(x 軸)由0至0.15，土壤屬於非線性。

圖2與圖3縱軸範圍相差100倍，橫軸相差60倍。若將非線性模式圖2中曲線縱座標數值乘以100，曲線橫軸座標數值乘以60，應該得到與圖3相似結果。但仔細觀察圖2與圖3中曲線，發現有兩點很大的差異；(1)圖2中的曲線1及曲線2上下位置與圖3相反；(2)圖2中的曲線3集中在左邊，而圖3中的曲線3分佈在整個橫軸上，根據表2數據可知，造成這些差異之原因，是由於兩種模式正規化因子數值差異很大，而同時將三條曲線繪在一個圖形上。

參考表2的數據，縱軸 \bar{P}_c / P_c 、 \bar{M}_c / M_c 大約有兩倍差距，如果將圖3中曲線1縱座標除以2，則曲線1及曲線2上下位置將改變，如圖4所示。另外，因為橫軸同時表示無因次位移及無因次彎矩，兩項無因次有相當差距。橫軸位移比值大約20倍，而彎矩比值大約200倍，相差10倍。若將圖2之曲線3乘以10，如圖4所示。如此處理後，圖4曲線與圖3頗為相似，暗示兩種模式之間應該存在某種相關性。

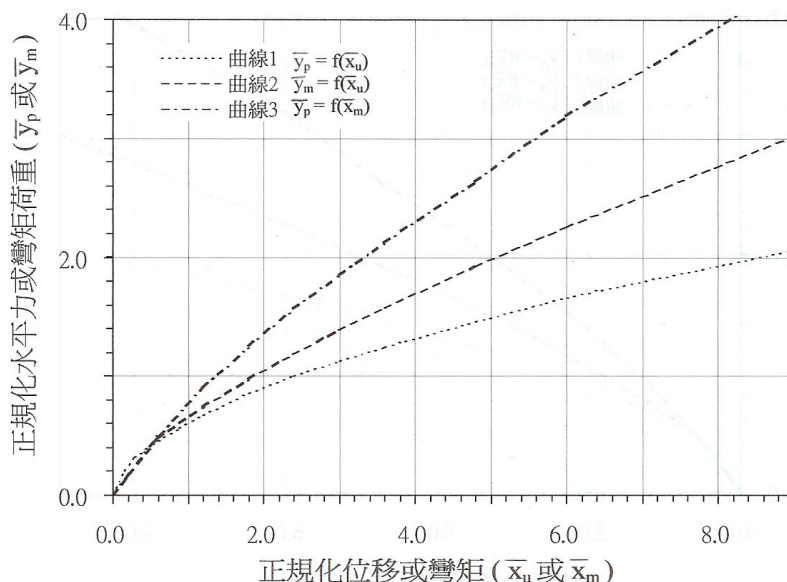


圖4 Duncan (1994)側向樁分析曲線重繪

肆、參數關係與參數分析

就正規化荷重因子之參數而言，比較式(8)與式(10)可見，非線性模式主要參數為土壤不排水剪力強度 c_u 及樁徑 d 。土壤強度參數雖然有不確定性，但室內或現場試驗方法多、累積數據多，容易獲得可靠值。將式(3)代入式(9)，彈塑性模式正規化荷重因子寫成，

$$P_c = 2EI\lambda^3 u_* = \frac{1}{\sqrt{2}}(EI)^{0.25} (k_h d)^{0.75} u_* \quad (14)$$

可見式(9)雖然計算簡單，但主要參數為地盤反力係數及土壤屈服位移，目前為止可用數據少，需要憑經驗決定，不容易獲得可靠值，本文依文獻中建議值作合理設定如下，並進行分析參數；

1. 地盤反力係數

地盤反力係數之定義文獻中雖然有建議值，但幅度甚廣，以致缺乏工作經驗者仍然不易選擇可靠值。如果將地盤反力係數乘以長度，變成應力單位，則容易與彈性係數或強度參數建立關係。Giroud (1968) 提供基礎面下沉陷量計算式，對於圓形斷面基樁，斷面直徑相當於基礎寬度，其關係如下，

$$s = \frac{qd(1-\mu^2)I}{E_s} \quad (15)$$

上式中， s 為沉陷量， q 為單位面積荷重， d 為樁徑或基礎邊長， E_s 為土壤彈性係數， μ 為土壤包松比， I 為影響係數。因為 q/s 等於地盤反力係數，因此上式提供地盤反力係數與土壤彈性係數之關係，上式可簡化為

$$k = \frac{qd}{s} = \frac{E_s}{(1-\mu^2)I} \quad (16)$$

k 表示相當於彈性係數之某種係數，為了與地盤反力係數 k_h 以及土壤彈性係數有所區別，本文稱為黏土勁度。對於剛性基礎而言， $I=0.88$ ，對於飽和黏土 $\mu=0.5$ ，則式(16)簡化為 $k=1.5E_s$ 。參考 Matlock(1970)之建議，正常壓密黏土 $E_s = 50 - 200c_u$ ，本文暫時採用平均值 $E_s = 100c_u$ ，合併(16)式，則

$$k = 150c_u \quad (17)$$

2. 土壤屈服位移

Duncan et. al (1994)對於軟弱黏土採用之非線性 $p-y$ 曲線為立方根函數，見式(6)，

如圖1c所示，縱軸為側向壓力 p ，橫軸為側向位移 y 。 p_u 表示極限壓力， y_c 表示室內應力-應變曲線上，對應最大應力之應變，所產生的位移量。Matlock(1970)建議 $y_c=2.5\epsilon d$ ， d 為樁徑， ϵ 為土壤應變。當 $y=8y_c$ 時，到達極限壓力，即 $p=p_u$ ，對於土壤應變，Matlock(1970)建議正常壓密黏土， $\epsilon=0.01$ ，脆性或靈敏性黏土 $\epsilon=0.005$ ，而重模黏土 $\epsilon=0.02$ 。

表4 參數分析數據

樁材	d (m)	E_p (kN/m ²)	C_u (kN/m ²)	P_0 (kN)
混凝土	0.30	2.1×10^7	20	$1.0P_c$
	0.65	2.4×10^7	60	$1.2P_c$
	1.00		100	$1.4P_c$
	1.35		140	$1.6P_c$
				$1.8P_c$

比較圖1b、圖1c可見，彈塑性模式與非線性模式之 $p-y$ 曲線十分相似，兩者都有極限壓力 p_u ，到達極限壓力之前，彈塑性模式為直線而非線性模式為曲線。對於彈塑性模式而言，假設 $u_* = y_c$ ，由上述關係求得正常壓密黏土之屈服位移等於，

$$u_* = 0.025d \quad (18)$$

為驗證式(17)及式(18)參數關係之正確性，考慮樁身為實心之混凝土樁進行參數分析。Hsiung (2003)彈塑性模式以表3所列理論公式計算，Duncan et. al (1994)非線性模式採用內插法從圖2曲線求值。

分析參數範圍：黏土考慮從軟弱至堅硬程度，不排水剪力強度介於20-140 kN/m²之間，分為四個等級，混凝土材料強度以210-260kg/cm²為原則，彈性係數介於 2.1×10^7 - 2.4×10^7 kN/m²之間，分為兩個等級。樁徑考慮一般現場施作尺寸，直徑介於0.3-1.35 m之間，分為四個等級。另外，施加外力 P_0 由 P_c 開始分為五個等級增加，數據見表4，每一情況總共160組，由程式自動執行。分析結果如下：

經過不斷調整式(17)及式(18)係數發現，當 $u_* = 0.02d$ ， $k = 115c_u$ 時，水平力作用下(情況1)及彎矩作用下(情況2)之樁頂最大位移，同時具有良好一致性，分析結果如圖5所示。兩種情況相關係數分別等於0.977、0.961，顯示兩種模式相關程度十分良好。調整式(17)及式(18)係數，發現當 $u_* = 0.025d$ ， $k = 70c_u$ 時，水平力作用下樁身最大彎矩(情況3)具有最好一致性，分析結果如圖6所示。相關係數等於0.993，幾乎等於1，表示相關程度十分良好。

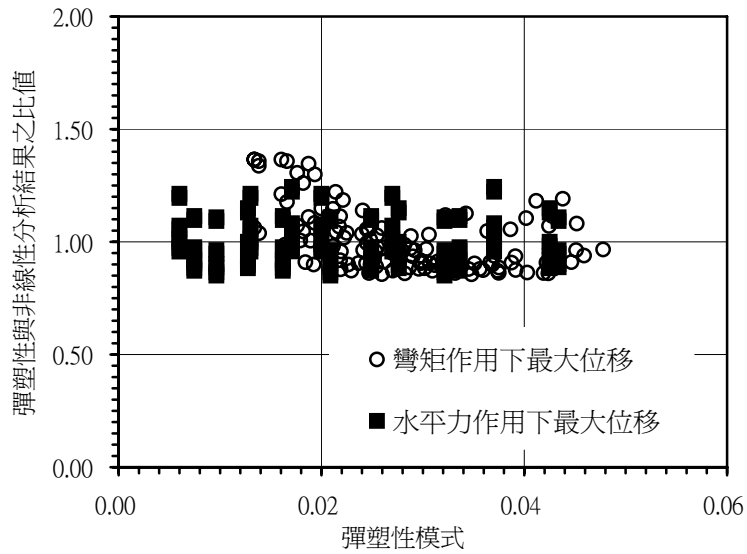


圖5 參數分析(水平力及彎矩作用下最大位移)

綜觀以上參數分析數據可見，兩種模式計算值之比值並非定值，大小變化受基樁與土壤相對柔度之影響，一般而言，基樁愈柔順比值愈接近1，基樁愈剛硬比值愈大於1。因為圖5、圖6中數據分佈幾乎在0.85-1.20之間，誤差在可接受範圍。從參數分析結果可見，式(17)及式(18)所示參數線性關係存在，但係數隨位移或彎矩分析項目而有調整。式(17) 係數原來為150，參數分析結果位移成為115，這種差異可能由於側向壓力與垂直壓力力學機制有所不同形成。Skempton (1951)曾提出 $k_h d = (80 - 320)c_u$ ，經驗關係，以上分析結果皆在其建議範圍內。

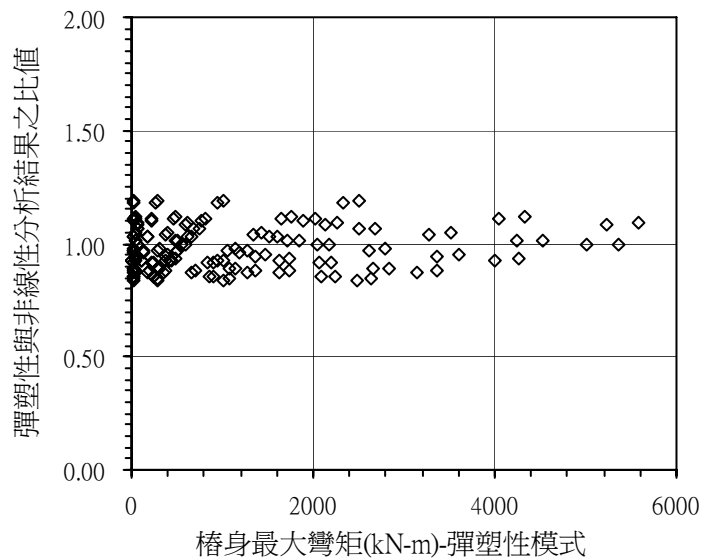


圖6 參數分析(水平力作用下最大彎矩)

伍、結論

本文之目的針對黏土層中側向荷重樁，進行彈塑性模式與非線性模式相關性之研究，綜合各項分析，獲得下列結論：

1. 本文透過基礎荷重沉陷理論公式，成功建構黏土勁度與不排水剪力強度之線性關係，以及土壤屈服位移與樁徑之線性關係。
2. 經過參數分析與案例分析發現：兩種模式使用 $k = 115c_u$ ， $u_* = 0.02d$ 線性關係，在水平力作用下樁頂最大位移分析值之相關係數等於0.96，在彎矩作用下樁頂最大位移分析值之相關係數等於0.96。兩種模式使用 $k = 70c_u$ ， $u_* = 0.025d$ 線性關係，在水平力作用下最大彎矩分析值之相關係數等於0.99。
3. 由於彈塑性模式與非線性模式具有良好的一致性，因此可同時享用彈塑性模式快速計算及非線性模式參數可靠之優點，供基樁工程分析使用。在應用上，主要參數之選取，根據結論2所得之線性關係著手，再用彈塑性模式理論解計算答案。

參考文獻

1. Duncan, J.M., Evans, L.T., and Ooi, P.S.K., (1994), "Lateral Load Analysis of Single Piles and Drilled Shafts", *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, Vol. 120, No.11, June.
2. Fleming, W. G. K., Weltman, A. J., Randolph, M. F., and Elson, W. K., (1992), "Piling Engineering", John Wiley & Sons, Inc..
3. Giroud, J. P., "Settlement of a Linearly Loaded Rectangular Area," *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, Vol.94, SM.4, pp. 813-831(1968).
4. Hetenyi, M., (1946), *Beams on Elastic Foundations*, Ann Arbor, Mich., Univ. of Mich. Press.
5. Hsiung, Y.M., (2003), "Theoretical Elastic-Plastic Solution for Laterally Loaded Piles", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, Vol. 129, No.5, pp.475-480.
6. Matlock, H. (1970), "Correlation for Design of Laterally Loaded Piles in Soft Clay," *Proceedings of the Offshore Technology Conference*, Huston, Texas.
7. Skempton, A.W., (1951), "The Bearing Capacity of Clays", *Build; Res., Congress, London, Inst. Gv. Engineering, Div.I:180*.
8. 潘南飛，(2003)，「工程統計」，全威圖書有限公司。

三明治教學實習適應之探討— 以休閒事業管理系為例

The Study of Internship Adoption in Sandwich Curriculum: The Case of Leisure Management Department

鄧宏如¹

陳怡如²

¹Deng, Horng-ju

²Chen, I-ju

¹東南科技大學休閒事業管理系講師

²東南科技大學休閒事業管理系助理教授

摘 要

實習制度是落實學術理論於實務運用的課程，同時也是培育學生建立專業能力的基石。本研究目的在探討四技休閒系實施三明治課程，休閒系學生於實習期間所遭遇到的問題及適應狀況。研究對象以某科技大學休閒系5位於國際觀光飯店實習的學生為研究對象。研究取向採訪談法為主，並蒐集實習學生的心情札記和實習報告做為參考資料。運用三角檢核法將訪談記錄、受訪者札記、業者意見回饋單等進行資料來源的分析基礎。研究結果發現休閒系學生在實習期間產生適應不良的原因為：1. 濃縮式職前訓練，期望差距大；2. 工作時間過長，體能難以負荷；3. 職場文化難適應；4. 薪資偏低，心理不平衡。建議未來：1. 加強實習訪視；2. 妥善規劃銜接課程。

關鍵詞：三明治教學、實習、訪談法

ABSTRACT

The internship system is designed to close the yawning gap between college-learnt theory and practical reality, and students can acquire professional skills while at the same time. This study aimed to investigate the sandwich curriculum, and to assess the problems and adoptions of leisure management students towards their internship program. Qualitative approach was used to explore the research issues of 5 students worked in international hotels during their internship. Data were collected through in-depth interviews, notes and employers' feedbacks. The results described four exist learning adjustment problems of this students: 1) initial training was insufficient 2) long working hours that may cause burnout, 3) enterprise cultural was different from school, 4) benefit are rare with poor employment conditions. The research conclusion indicates an unfavorable learning adoption of the students, some suggestions are proposed: 1) enhance site visit by school mentors, 2) the connected curriculum should be properly design.

Keywords: Sandwich Curriculum, Internship, in-depth interview

壹、緒論

一、研究背景與動機

技職教育的成功是過去創造「台灣經驗」重要原因之一。而技職院校的辦學宗旨之一乃是為產業界培養專業人才。技職教育與一般傳統教育的差別在於以「實務導向」為最大差異，而其中又以「實習課程」為落實理論學習於實務運用之技職體系為課程設計重點。

實習中所面臨之組織、工作環境，既等同一般職場環境，實習過程之訓練亦是學校理論課程於實務界之落實（溫金豐、張菡錚，2007）。三明治教學制度目的在培育技職產業專業人才，在課程設計上以校內課程與校外實習課程交互搭配，使學生可從中學習「實用」的知識與技能。黃英忠與黃培文（2003）也從生涯發展的觀點指出：大專學生正處於職業準備階段，要有明確的價值觀，才能作明確的生涯選擇，而模糊不清或錯誤的價值觀，常會導致生涯的困境。Tobis(1996)也認為學生日益需要具妥善規劃的實習課程來獲取專業技能，而業界也在尋求有效的方式訓練實習生，以降低未來聘僱階段的不確定性。因此，實習課程無疑正是大專學生嘗試生涯選擇的最佳模擬歷程。

由於實習學生並非企業的正式員工，其身份雖與契約人員類似，但在薪資、福利、訓練、生涯發展等方面又存在著諸多差異。再則，由於學生多半年紀輕、經驗不足，於校外實習時除需面對各種實務上的挑戰，同時還必須扮演學生與員工的雙重角色。實習學生在實習組織的權力位階上居於相對弱勢，當其面對初入職場的各種環境轉變，其初期面對的職場環境與在單純的校園環境相較下，將更顯得手足無措。因此，如果能加以了解學生的實習適應問題，不僅可以及時輔導學生建立正確的實習心態與工作價值觀，進而可為未來職業選擇建立紮實的基礎。

我國的三明治教學法始於民國八十五年，由國立高雄餐旅管理專科學校開始實施，由於績效顯著，普遍為教育界所肯定，廣為技職院校相關科系所普遍採行（李福登，1998）。三明治教學的目標有四：1.理論與實務相配合：三明治教學可以親自到場實習以了解業界真實環境，俾使實務工作與理論得以相互驗證、相互配合。2.增進就業機會：業者能從實習學生平日表現看出學生的工作態度、職業道德與專業知識，如果表現優秀，業者便會在其畢業後予以聘任，就業機會因而增加。3.增進學生人際關係：實習學生藉由三明治教學能與業界人士跟顧客真正接觸，可以實際了解人際間之互動關係。4.節省教學成本：學校限於經費而無法充分購買所需設備，但可經由實習合作關係讓學生習得真正實務的經驗。校方可以不必耗費大筆經費購買昂貴的實習設備，在經濟上有其莫大效益（李福登，1998；吳忠福，2002；許全守，2000）。

三明治教學早期由技職體系餐旅教育開始推行，近幾年隨著運動休閒及休閒科系所的增加，技職休閒系所也紛紛施行三明治教學，期盼學生能從實務經驗中獲取更多職場實務技能。然而，市場上休閒產業能提供的實習名額相較於餐旅業為少，許多休閒系學生為求完成實習要求，因而轉往飯店及餐飲業實習。在實習場所中，休閒系學生必須面對全國各地旅館管理、餐飲管理等相關科系的實習生，由於在校內所修讀的專業領域有所差異，也引發實習生之間的比較心態，以及實習單位主管的管理態度，休閒管理系學生在面臨不同的學習場域，其所面臨的實習適應問題不得不加以重視。

而吳武忠與江珮瑜（2004）亦指出：實習生在實習機構處於基層的職位，更應重視其適應的問題，否則適應不良將會衍生出更多「反教育」的問題，恐怕會失去餐飲技職教育的培育專業技術人才的美意，製造更多的學校問題與社會問題。因此，本研究將針對某科技大學休閒事業管理系學生參與三明治教學，至實習單位時所產生的實習問題與挑戰，以做為未來學校施行三明治教學的參考。

二、研究目的

「三明治」名詞取自西點麵包中的「sandwich」，其涵意為吐司之間夾層加料之意。即「校內學習」與「職場學習」相互轉換輪替，而每次職場學習時間通常為三至六個月，這種力求學用一體密切配合的教學方式，即為三明治教學（李隆盛，1999）。透過此種教學方式使學校與企業界建立一種夥伴關係，學校提供教育資源，企業界提供實習資源，雙方各自提供了互補資源，進而達到了培育職場所需人力的合作方式。可視為策略聯盟的合作關係，而學生則是此策略聯盟的核心主體（高玉芬、何志峰，1996）。

學生透過「學習－實習－學習」的方式，使學生在「做中學，學中做」，將所學實務與學理結合為一。然而，在學生分發至實習單位後，實習單位往往只提供三至五天的職前訓練，便要求學生開始正式服勤。學生在工作不熟悉的狀況下，需承受學習與工作的壓力，同時要面對職場其他實習生的比較，其所面臨的問題為何？

目前三明治教學實習分發方式分為：1.由系上與實習單位聯繫，學生選填志願後由業者面試決定錄取名單。此類的實習分發大多有明確的實習目標與實習場域，在實習的安排上較為詳細與明確。2.師長推薦，即師長利用自己的社會資源推薦學生，但具體的實習工作內容由用人單位安排。3.學生主動聯繫實習單位，但困難度高，通常還是需要經由老師出面協助，才能爭取到實習名額。

學生尋找實習機會，主要是希望能夠透過實習來提前獲取一定的職場經歷和體驗，以提升專業知識與技能。實習制度對實習生而言，雖然是一項學校要求的必修學分，但卻也懷著某種的期待，希望能在業界學習到更多實務上的經驗（周思穎，2006）。以工作滿意度的觀點來探討實習適應時，康裕民（2008）曾指出影響工作滿意度的原因有五：滿足需求、現實與理想之差距、價值感、公平性、個人特質。實習環境滿意程度不僅是環境與個人交互作用，而且是影響實習效果的重要因素。學生的學習動機與學習成效，會因個人對實習情境的喜惡而受到影響，並連帶影響其滿意度（張菡琿，2004）。

因此，本研究目的可綜整如下：

1. 了解實習生於實習期間面臨的壓力為何？
2. 探討實習學生對於實習工作的期待與實際感受的差距。
3. 梳理實習學生對於三明治課程的想法為何。

貳、研究方法

一、研究設計

本研究試圖探討休閒事業管理系學生於實習場域的學習適應狀況，希望從研究對象與重要他人的觀點蒐集資料，藉以建構多元實在（multiple-reality）。因此選擇質性研究的深度訪談法來蒐集資料，訪問問題將隨流程出現的焦點進行修正，以探求現象的意義與本質。

研究者透過開放性問題，與受訪者進行面對面的溝通，直接了解其實習狀況、生活經驗、對事件賦予之意義與價值，從受訪者的角度去看問題，並透過受訪者的話語來表達，從中尋找其意義與經驗型式。

二、研究對象與工具

本研究對象為五位某科技大學休閒事業管理系大三學生，為九十七學年度第一學期參與三明治教學，經由學校分發，飯店遴選至實習單位。五位受訪學生的實習場域均為負責餐飲外場服務，在校內有關餐服技巧的課程非常有限，學生報到後僅接受三天職前訓練即開始正式餐飲服務的工作。

本研究以深入訪談法為主進行資料蒐集工作，並輔以觀察記錄及其他相關書面資料之蒐集。由於質性研究經常採用「漏斗式的流程」，從一開始利用廣泛的問題蒐集一般性的資料，而後藉由檢查、考驗、確定問題，逐漸形成研究焦點（高敬文，1996）；因而在研究問題方面，研究者不設定具體的訪談題目，而只鎖定實習適應這個研究方向，列出訪談大綱，作為協助研究者資料蒐集之主要綱要，以引導受訪者談話之方向。研究者根據所欲探究方向或主題事先擬定半結構式訪談大綱，規劃出研究者所欲談論之主題，透過與受訪者的訪談，反覆進行資料蒐集與分析步驟，以求了解實習生在實習適應方面的經驗。

詳細地寫下研究者於現場看到、聽到或經驗到的人、事、物，並且記下自己的想法、反省與情感。於每次觀察之後，回憶重組在現場看到和聽到的景象，並整理成觀察記錄。研究者在觀察後以及與受訪者深度訪談之後，除了整理觀察及訪談內容於觀察記錄及訪談紀錄中，同時研究者會將該次的研究省思撰寫成研究日誌，希能藉此將體會到的想法保留下來。這些反省式的備忘錄或日誌，皆是研究者日後分析解釋資料和撰寫報告的重要依據。在研究過程中，受訪學生提供之實習週誌等相關資料，研究者亦一併收藏，以利後續分析。此外，研究者與受訪學生來往之電子郵件、MSN 通訊記錄等資料亦在保存之列。

三、資料蒐集與處理

本研究於九十七學年度第一學期開始進行，每位學生在其實習期間的第八週及第十二週各進行兩次的深度訪談，同時以半結構性問卷輔助，以期提高實習學生的應答效果。由於本文為探索性質性研究，訪談以「開放性問題」方式進行，在訪談的半結構設計上儘可能以「為什麼」及「如何」等問法進行心理層面態度與想法的探索，如：「實習會讓你覺得壓力很大嗎？為什麼會有壓力？從哪裡來的壓力？」、「在實習之期，你對於實習有什麼期待？」、「你現在感受到的實習，和你當初想的有沒有差

別？為什麼會有這種感覺？」。

研究者隨時省察自身之「聽人」偏見與「第三者」之預設立場，希望不致於影響研究進行方向，及與受訪者之互動。研究者的主觀並不是在寫報告時才需要面對的問題，從現場資料的記錄開始，研究者的選擇角度與語彙就開始滲透在所寫成或拍攝成的各種資料裡（蔡敏玲，1996）。因此研究者在資料收集與分析過程中，盡量呈現受訪者的原意，而非研究者的主觀想法或推論。

研究者同時也在訪談過程中試圖以同理心，縮短與受訪者之距離，使其願意敞開心胸受訪。並藉由多次訪談，了解受訪者多方面的訊息與意見。此外，研究者與受訪者透過不定時的電子郵件往返或 MSN 交談，研究者這方除了進一步釐清訪談內容中需要再說明事項外，也會適時給予實習上的鼓勵。

在資料的檢核方式採三角檢核法，三角檢核法的目的就是為了要建構事實，研究者需要不僅單一的資訊來源（李奉儒等，2002）。因此本研究採用訪談記錄、受訪者札記、業者意見回饋單等進行資料來源的分析基礎。

四、資料編碼

編碼作業流程希望符合「編碼者信度校正」的要求（Patton, 1990），作業流程簡介如下：首先，為保持研究者於編碼者間的「適當」距離，資料編碼工作由三位休閒領域之研究生執行。

其次，編碼作業流程依照傳統內容分析法作業原則進行：1. 本研究三位研究生分別就訪談全文進行編碼，建立變項之主類目與其下之次類目。2. 三位研究生共同討論其個別發現，進而建立與修改編碼原則，重複此步驟多次直至獲致彼此同意。3. 進行「編碼者間信度」檢驗，研究結果顯示，三位編碼者的「編碼者間信度」總信度為 83.92%，達可接受水準。

參、結果與討論

一、濃縮式職前訓練，實習期望差距大

學生初入職場實習，飯店提供為期三天的職前訓練，從服裝儀容管理、迎賓禮節到餐桌服務等技能均在三天的職前訓練中濃縮教學。面對其他學校專業技能較高的旅館系、餐旅系學生，休閒管理系學生在就讀休閒管理系期間，僅研修一門「餐旅業經營管理」是與飯店實習場域較為接近的，相形之下，休閒事業管理系的學生不僅在餐旅方面的專業知識較不足，餐服技巧也顯得生疏。

結束三天的職前訓練後，學生立即被指派到餐廳外場實際進行餐飲服務。面對生疏的餐服技巧，以及不熟悉的 SOP，學生在實習初期均承受很大的心理壓力與餐服壓力，深怕在與顧客直接面對面接觸時，會表現不佳而導致客訴或是被實習主管指責。與實習之前期待能夠有完整的職前訓練，有極大的差距。

飯店基於人事成本考量，希望實習學生在最短的時間內就能夠具有生產力，而學生因為技能的不純熟而產生壓力，在工作的自主性上也難以自由發揮。

Davies(1990)認為：實習是一種經驗的學習，學生利用機會將學校所學的理论應用到真實世界的情況，同時也提供學生整合與加強思考和行動的機會。Huyton(1991)指出學生在問題解決的能力上較弱，因為他們缺乏經驗而會被工作環境所嚇到。因此，未來在實習之前，校方應盡量安排相關課程或類似的體驗環境，讓實習學生加以了解即將面對的工作環境。

二、工作時間過長，體能難以負荷

飯店餐廳的外場工作，主要以體力勞動為主，並且要及時地滿足顧客不同要求。中餐廳外場通常為兩頭班，需要長時間待在飯店裡。如果在旺季或旺日，更需要配合宴會廳的業務量需要而加班，通常等到宴會結束及後續的整理與準備工作完成時，都可能需要加班到凌晨。受訪的學生中，曾有人加班到凌晨四點才下班，超過十八小時的勞動工作時間，實在令人難以負荷，也使得學生在實習初期，常會感到度日如年，難以堅持下去。

實習職位的工作本質通常需長時間的工作，也導致即使未來已設定餐旅職涯的人也會體力消耗殆盡(Pavesic and Brymer, 1990)。而實習的職位通常被認為是設定好的或是高度結構化的任務，缺乏工作輪調的機會也降低學生實習的興趣(Busby et al., 1997)。

餐飲業無論是在內場的食物製備或是外場的餐飲服務人員，都需要大量的勞動力，尤其工作性質又屬長時間的站立與體力勞動，其辛苦可想而知；加上國際觀光飯店是全年無休的服務業，在基層人力屬於高度的勞動密集。因此，在學生進入實習場域前，應先做好心理建設與輔導，同時鼓勵學生培養良好的體適能，才能應付實習期間高勞動力的需求。

三、職場價值感與公正性模糊

實習學生對於實習場域中人際關係間的隱性規則並不清楚，尤其傳統的師徒制度更感到難以適應。初進社會工作的建教合作生而言，「跟對老闆」將會是培養實習生工作價值觀的重要關鍵。然而主管的領導風格各異，不論是嚴厲型主管，或支持性主管，實習學生都能第一時間感受到對於主管的工作分配是否公平性、管理態度是否一視同仁。

某些資歷較深的大廚或主管，會以漫罵代替教導，不得有任何異議的管教方式，讓學生在實習初期的心理上難以承受。通常透過父母的鼓勵、同儕同事間的打氣，以及具不服輸的人格特質者才能具有較佳的適應能力。再則，若是正職職員工對於實習生的實習政策不完全了解時，很容易將實習生認為是填補勞力的短缺，而不會給予公平的對待。Fox(2001)指出：很多公司只選擇對某些特殊科目或技能有興趣的人，或是選擇他們需要在某個領域需要的人才，而不是透過實習發掘具潛力的員工。Huyton(1991)甚至發現：有些公司無法確認對實習生有什麼期望、在實習過程中如何訓練學生，以及學生可以獲得什麼技能。

胡夢蕾(2004)指出學校應慎選有規模有制度的實習場所，並確認實習單位提供實習學生良好的工作環境與氣氛、完整的訓練與福利及人性化的管理。學校要輔導學生在工作環境中獲得專業訓練及合理的對待，協調實習的業者提供適當的激勵因素，並應定期透過各種評量與管道，了解學生在工作時各方面的需求與變化。

四、薪資偏低，心理不平衡

目前仍實施傳統教學實習的學校實習生，多半利用寒暑假或課餘時間參與實習工作，取得學分似乎比經濟收入來得重要，對於薪資相對較不計較。三明治教學法的學生實習時，都是一整個學期半年的時間在業界工作，心態上覺得自己是業界的員工，也因此會在待遇與福利上會將自己與正式員工做比較，或將自己的總工作時數與工讀生的時薪做比較。實習生每個月的薪水約一萬八千元，與正職員工有一段差距；而工讀生的時薪每小時在一百到一百二十元左右，若以總工作時數計算，實習生的薪資偏低。因此，在實習初期常出現心理不平衡的情形，學生會認為自己淪為廉價勞工。McMahon and Quinn(1995)的研究也有類似的情況，即津貼或福利是罕見的，加班通常以以低時薪或無薪來計算。

餐旅服務工作的特質，在於服務的提供者為企業的員工，而服務的對象是顧客，在服務的過程中牽涉大量的人際互動，且服務流程包含了大量的顧客接觸點；基層員工除需面對顧客之外，也需與部門單位同事及跨部門的溝通協調上與人頻繁接觸，其每一件行為都與人有關（顧客、同事、主管）。因此，學生對實習的認知上需要了解，實習不單單只是服務流程及技能的學習，更應該要能意識到自己的實習工作是很有挑戰性且重要性（胡夢蕾，2004），才能捨棄以薪資水準來衡量自身的工作價值。

張菡瑋（2004）建議學校在學生實習前，實習中給予必要之協助與心理建設，辦理定期聚會及學生實習心得交流針對學生實習時所面臨之問題給予輔導與協助，以提升學生自我效能及實習經驗滿意度。

肆、結論與建議

一、加強實習輔導與訪視

學生初至實習單位，容易產生適應不良情形，而無法專心學習及工作。因此，在校期間應加強學生的學習輔導，灌輸職場文化與職場倫理的概念。較佳的方式是帶領實習學生先至未來實際的工作場域進行參訪或校外教學，建立切實的職場輪廓，避免實習學生的期待與實際的差距過大。再則，學生在校外實習期間，學校與實習單位應保持資訊暢通，隨時掌握實習學生的各方面需求與身心變化，以確保每一個環節都能兼顧學生的學習與發展為優先考量。

學生在校外實習視同校內學習之延伸，而非「放牛吃草」似的任其荒廢學業。定期舉辦「訪視座談」活動，由系主任、專業科目教師及導師等，分別前往探訪學生。一方面感謝業界的支持與合作，並徵詢業界對學校及學生應加強改進的意見後據以修正改善，切合業界實際之需求。另一方面鼓勵慰問學生的辛勞，並由學生提供學校在師資、課程及設備等應改進的地方，俾能使學生更加精進充實（李福登，1998）。

然而，McQuade and Graessle(1990) 也指出：大部分的實習代表是學校的教師職員，他們不僅要協調和安排實習課程，同時也要教學和研究。這些人的工作負荷量也導致實習課程協調功能上效率與效能的降低。因此，未來在訪視人力的安排上，有更

一步討論的空間。

二、學校課程需妥善規劃

學校的教學是以專業核心科目為主，而業界則是以實務技能訓練為主，如何讓產、學兩方面能做妥善的銜接，在外語能力、職業倫理、專業技巧的提升，均是未來在課程設計及學校硬體設施規劃上，尚需多加考量的重點。再則，三明治教學的實施勢必擠壓到一般課程的安排，對於未來想繼續升學的學生如何提供足夠的補充教學，也需要加以思考。

學生在實習過程中所獲得的學習經驗對其學習成果與未來就業態度具有相當程度的影響（林佩怡，1999）。而三明治教學法符合技職教育精緻化之趨勢，使學校教育與實務更貼近，校外實習應是學校教學的延伸，而業者也透過這種模式，提升其生產力與品質，使雙方互惠。學校實行三明治教學應與課程配合，同時能夠在教學內容與實習內容做相互的協調，及提供職前培訓，使學生能夠為就業做好準備。而學生在實習前應先清楚了解學校及企業對於工作的要求，積極參與實習活動，並準備繳交實習心得或工作報告，讓校方及業者能夠即時掌握實習學生的狀況，適時協助或溝通。企業則應與學校達成共識，清楚實習學生的能力以及所應達到的要求，與校方保持緊密的聯繫。如此密切配合，將可達到學校、學生、業者三方共贏的局面。

三、後續研究建議

本研究僅就單一實習場域進行研究，無法類推到其他實習場域，建議未來可針對不同的休閒產業實習場域進行探討。再則，本研究僅進行期初與期中的探討，較無法觀察出實習適應前後期的變化，未來可持續做縱貫性研究，以了解實習學生的實習適應歷程，將更具研究意義。

參考文獻

- Busby, G., Brunt, P., Baber, S., (1997). Tourism sandwich placements: an appraisal. *Tourism Management*. 18 (2), 105–110.
- Davies, L., (1990). Experience-based Learning within the Curriculum. *A Synthesis Study*. CNA, Sheffield.
- Fox, T., (2001). A sense of place. *Caterer and Hotelkeeper*. 189, 4160.
- Huyton, J.R., (1991). Industrial placements in hospitality management courses. *The International Journal of Educational Management*. 5(1), 28–31.
- McMahon, U., Quinn, U., (1995). Maximizing the hospitality management student work placement experience: a case study. *Education and Training*. 37(4), 13–17.
- McQuade, P., Graessle, L., (1990). *Making the Most of the Work Experience*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods*. (2nd ed.) Beverly Hills, CA: Sage.

- Pavesic, D., Brymer, R.A., (1990). Job satisfaction: what's happening to the young managers? *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*. 30(4), 90-96.
- Tobias, A.J., (1996). Internships, coop experience provide an edge. *Electronic Engineering Times*. 921, 4-6.
- 吳忠福 (2002) , 三明治教學法應用於技專校院流通管理科系之研究, 國立台北科技大學技術及職業教育研究所, 未出版碩士論文。
- 吳武忠、江珮瑜 (2003) 。高職餐飲管理科建教合作生自我概念與實習機構社會適應關係之研究。 *觀光研究學報*, 9(1), 91-106。
- 李奉儒等 (譯) (2002) 。質性教育研究理論與方法。台北市: 濤石。(Bogan, R. C. & Biklen, S. K., 2001)。
- 李隆盛 (1999) , 在三明治教學中如何結合師資課程與設備。全國技職校院三明治教學研討會, 15-17。
- 李福登 (1998) , 三明治教學法在技職教育學習效果上之驗證。高雄餐飲學報, 1, 1-7。
- 周思穎 (2006) 。餐旅業建教合作生實習滿意度與未來從事餐旅業意願之探討。國立中央大學人力資源管理研究所, 未出版碩士論文。
- 林佩怡 (1999) 。二專餐飲管理科學生學習滿意度之研究。中國文化大學生活應用科學研究所, 未出版碩士論文。
- 胡夢蕾 (2004) 。餐旅學生人格特質與實習工作滿意度關係之研究。教育研究資訊, 12(1), 103-132。
- 高玉芬、何志峰(1996), 由策略聯盟剖析建教合作。 *技術及職業教育雙月刊*, 35, 51-54。
- 高敬文 (1996) 。質化研究方法論。台北市: 師大書苑。
- 康裕民 (譯) (2008) 。組織行為。台北市: 普林斯頓。(Kreitner & Kinicki ,2007)。
- 張菡琤 (2004) 。實習情境對實習生專業承諾之影響—以餐旅業為例。國立中山大學人力資源管理研究所, 未出版碩士論文。
- 許全守 (2000) , 三明治課程在高等教育的實施策略, *技術及職業教育雙月刊*, 58, 46-51。
- 黃英忠、黃培文 (2003) 。實習工作價值觀的建構及其與工作投入的關係—以大專觀光、休閒、餐旅相關科系學生為例。 *觀光研究學報*, 10(1), 63-79。
- 溫金豐、張菡琤 (2007) 。三明治課程的實習情境對實習生專業承諾之影響—以國際觀光旅館業為例。 *人力資源管理學報*, 7(2), 49-70。
- 蔡敏玲 (1996) : 教育質性研究者請在文本中現身: 兩項重要思慮。 *國民教育*, 37(2), 21-30。
- 謝良足 (1999) 。建教合作與校外實習之實施與推行: 以商技學院應用外語科為例。第14屆全國技職及職業教育研討會論文集, 53-63。

一般旅館住宿環境安全、安靜、安心三安評核 —以台北市為例

Accommodation quality assessment of hotels in Taipei

張裕芳¹ 徐銀樹² 林正鄰^{3*}

¹東南科技大學 防災科技研究所 研究生 ²台北市旅館商業同業公會 理事長 ³東南科技大學 環境與安全衛生工程系 助理教授

摘 要

全球觀光產業的盛行及政府政策推動下，使來台旅客的人數日益增加，為更促進產業的成長，交通部觀光局95年推動優質住宿環境輔導計畫^[1]，以提升觀光飯店與一般旅館之住宿品質，而台北市觀光傳播局為強化一般旅館之住宿環境，更於95~97年推動了安全、安靜、安心(乾淨)的三安評核；本論文根據評核項目，以妥善率、維護率、不合格率，來探討一般旅館在安全、安靜、安心等構面的現況，分析結果顯示業者為滿足消費者及衛生單位之要求，在評比項目中對安心構面較著重，而安全構面則顯然較為不足，為強化評核工作對於餐旅業發展之貢獻，本論文提出五個方向的建議：調整構面與評核項目的界定、調整評核項目比重與區分通過評核之等級、加強安全構面的輔導與評核、研討相關法規對於餐旅業的適用性、強化同業公會整合功能。

關鍵字：觀光產業、三安評核、旅館、住宿環境

Abstract

Because of booming of tourism industry in the world and promotion of Taiwan's government, the number of visitors arrival in Taiwan increases day by day. To promote the continuous growth of the whole industry, in 2006, the Tourism Bureau of Ministry of

*通訊作者：林正鄰 Email: julianlin@mail.tnu.edu.tw Tel:02-86625935轉110
台北縣深坑鄉北深路三段152號 仁愛樓110室(產業安全研究室)

Transportation & Communications enhanced accommodation quality of all classification of hotels with Doubling Tourist Arrivals Plan.

In 2006~2008, Department of Information and Tourism, Taipei City Government assessed the hotel's accommodation in three dimensions: safety, quiet and health. In this paper, based on items of assessment, properly rate, maintenance rate and failure rate are calculated and analyzed to present hotel's accommodation quality in safety, quiet and health.

The analysis shows that to meet the requirements of consumers and related health rules, hotels pay more emphasis on the health dimension rather than on the safety dimension. According to the findings and conclusions of this study, the following recommendations are proposed:

- Redefining dimensions and items in the assessment more clearly,
- Adjusting proportion of dimension and defining the grade of assessment,
- Strengthening guidance and assessment in safety,
- Establishing suitable laws for tourism industry,
- Enhancing integration function of hotels association.

Keywords: Tourism industry, Safety & Health Assessments, Hotel, accommodation quality

壹、前言

近年來，由於國內產業外移嚴重又加上全球經濟不景氣的衝擊，以工業為主的台灣，經濟成長也明顯趨緩，有鑑於此政府希望藉由較不易外移的產業-服務業，尤其觀光產業的發展，來持續提升國民所得；交通部觀光局於2002年規劃「挑戰2008-國家重點計畫」開始，擬定了觀光客倍增計畫預定於「2008年觀光客倍增至200萬人次；來台旅客突破500萬人次」^[2]。

目前來臺旅客的每日消費，以旅館類支出最高，約佔44.74%的消費額(觀光傳播局資料，2007)，可見旅館業對觀光產業發展扮演舉足輕重的角色，住宿品質良窳是觀光客考量的重點，因此，住宿品質的提升則是目前政府與業者共同努力的重點工作。

台北市政府觀光傳播局為了改善一般旅館分級不清的情況，並輔導旅館業者在硬體及軟體雙方面都能提升品質，亦即推動「安全、安靜、安心」等三大面向的優質住宿環境輔導計畫，透過一般旅館「安全、安靜、安心」優質住宿環境輔導計畫，邀集產官學者專家，依安全、安靜、安心三項指標（三安構面架構圖參考附錄一），編撰操作手冊^[3]，進行「一般旅館安全、安靜、安心優質住宿環境」實地考核與輔導，考評成績優良的業者，於市政府相關網站或刊物加強宣導，亦在世貿展場展出期間推薦給參展單位，作為訂房的參考，同時建請交通部觀光局協助國際行銷。目前，已有96家

一般旅館通過該評核。在星級制度尚未落實之前，臺北市政府舉辦的「三安檢查制度」已成為觀光局公布的梅花分級評鑑之外，另一種旅館選擇的參考指標，同時也是鼓勵業者建立優質旅館業形象的方式之一。

本研究目的乃是希望透過評核結果之分析，以「鑑認(Identification)」、「評估(Evaluation)」、「控制(Control)」三階段來加以檢討，提出改善建議，協助政府與業者可持續提高三安構面的品質：

鑑認—鑑認三安評核項目之適用性與完備性，作為未來評鑑項目修訂之參考；

評估—三安評鑑的主管機關為何？評核項目合理比重與量化？通過評核業者如何分級？

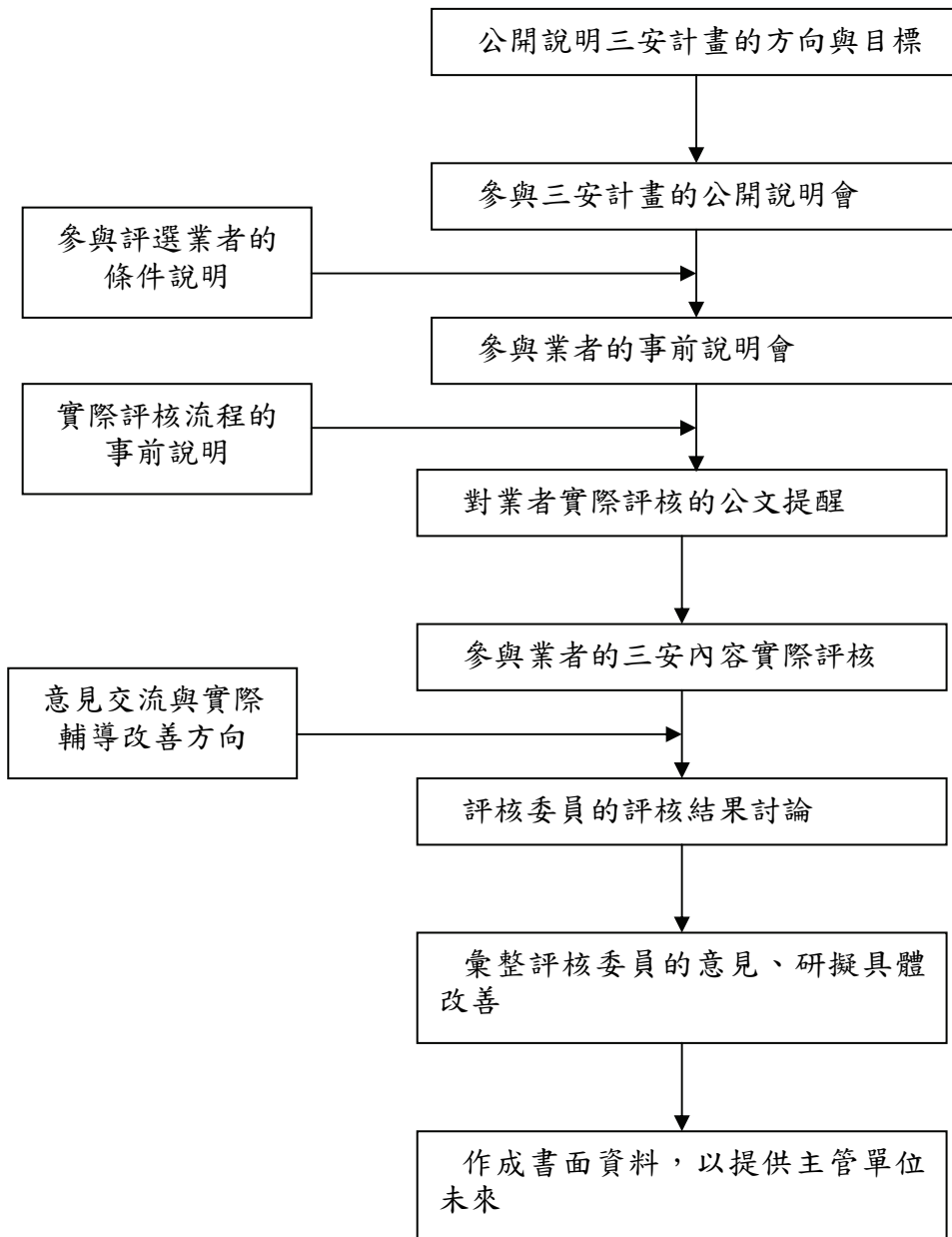
控制—針對各評核項目的優缺點，提出建議方案，以協助業者對於優質住宿環境的控制，甚至檢討相關法規對於餐旅業的適用性，提升對於此行業的輔導與管理功能。

關於旅館管理相關探討，2004年 John.Walker 於「餐旅管理概論」^[4]中提及，近年來許多國家在經濟發展之後，造成製造業與農業的衰退，失業率也隨之攀高，因此各國領袖必須設法將其經濟轉型為以服務業為主，而觀光事業是一種不斷發展和改變，而且以顧客為導向的一種事業(包含旅行業、旅館飯店、餐飲業等)且為世界上最大的產業，亦可以提供國民更多的就業機會及國民所得的提升(John.Walker, 2004)，觀光事業雖然是個發展成熟的產業，其專業性卻仍在發展中，目前業者僅針對服務品質的要求較為嚴謹，其他如安全方面則較為忽略，但是旅館依安全衛生措施而言，狹義係指確保旅館員工之安全、健康及衛生問題，廣義係指保護投宿旅客之安全、健康及衛生(詹益政、黃清澤,2005)^[5]，因此若要促進觀光產業升級，提升旅遊品質，則須強化廣義的安全衛生品質；政府將一般旅館業規劃推動「安全、安靜、乾淨」三安計畫提昇旅館服務品質，列入觀光政策白皮書中，聘請專家學者組成評核小組，受理一般旅館報名，篩選出50間一般旅館進行三安輔導，依旅館三安輔導操作手冊統計各旅館評核結果，並召開檢討會進行評核(台北市政府觀光局，2006)^[3]；但其三安檢查項目在構面劃分與項目訂定仍有檢討改進之空間。

貳、實施方法及流程

「安全、安靜、安心」三安評核計畫流程

該計畫流程如圖一所示(台北市一般旅館「安全、安靜、乾淨」優質住宿環境輔導計畫—操作手冊^[3])係由台北市政府為促使能將良莠不齊的一般旅館水平提升，首先邀集專家學者、餐旅公會與相關業者，召開說明會揭曉政府執行三安(安全、安靜、安心)計畫的方向與目標；在三安評核之評核項目與辦法確定之後，即召開三安計畫公開說明會，向業者說明參與三安評選的條件，在符合評核條件的業者報名之後，對於最後將參加評核的業者召開事前說明會，說明實際評核流程，包括業者該準備之簡報、備查資料與實地訪查重點等，在實際評核日期排定後，台北市政府將對受評業者發出正式公文；而在進行評核時評核委員也將與業者進行雙向交流，以作為未來評核工作修訂之參考，而受評業者則可依據評核委員提出之意見，進行三安改善；最後則將整體評核結果彙集成冊，以提供主管機關未來輔導方向之參考。



圖一 三安評核計畫的執行流程圖

在三安評核操作手冊中，委員初步規劃三大構面之評核題目共150題（附件一），但為考量業者之配合意願與實地評核可行性，故將實際評核題目篩選為50題（參考表一，括號內為該分類的題數，0表示該分項題目不參與實際評核，如人事制度、機密保護等）。

表一 輔導評核表分配

(壹) 安全類共22題	(貳) 安靜類共4題	(參) 安心類共24題
一、公共安全(15) (一) 環境(8) 1、建物結構(1) 2、維生系統(2) 3、客房設備(4) 4、安全維護(1) (二) 管理(7) 1、人事制度(0) 2、教育訓練(2) 3、營業管理(5) 4、機密保護(0) 二、衛生安全(4) (一) 水(1) (二) 空氣(2) (三) 消毒(1) (四) 廢棄物/環保(0) 三、消防安全(3)	一、噪音防治(3) (一) 環境(3) 1、餐廳(1) 2、客房(2) 3、其他(0) (二) 管理(0) 二、遮音(1)	一、餐廳(5) (一) 環境(1) (二) 器皿(1) (三) 服務(2) (四) 餐食(1) 二、廚房(2) (一) 環境(2) (二) 設備(0) (三) 器具(0) (四) 人員(0) 三、客房(10) 四、公共設施(4) 五、清潔作業(2) (一) 制度(2) (二) 管理(0) (三) 人員(0) 六、洗滌作業(1) (一) 毛、布巾類(1) (二) 客衣、制服類(0)

說明：

*每題目評核分為妥善維護維護尚可未達標準 三個等第供委員勾選

*若評核時，受評旅館並無該硬體設施(如無餐廳/廚房)，則”不列入”評核，在計算評核比例時，以實際評核題數(50題扣除不列入評核題數)計算，定義：

(1)妥善率=維護妥善題數/實際評核題數

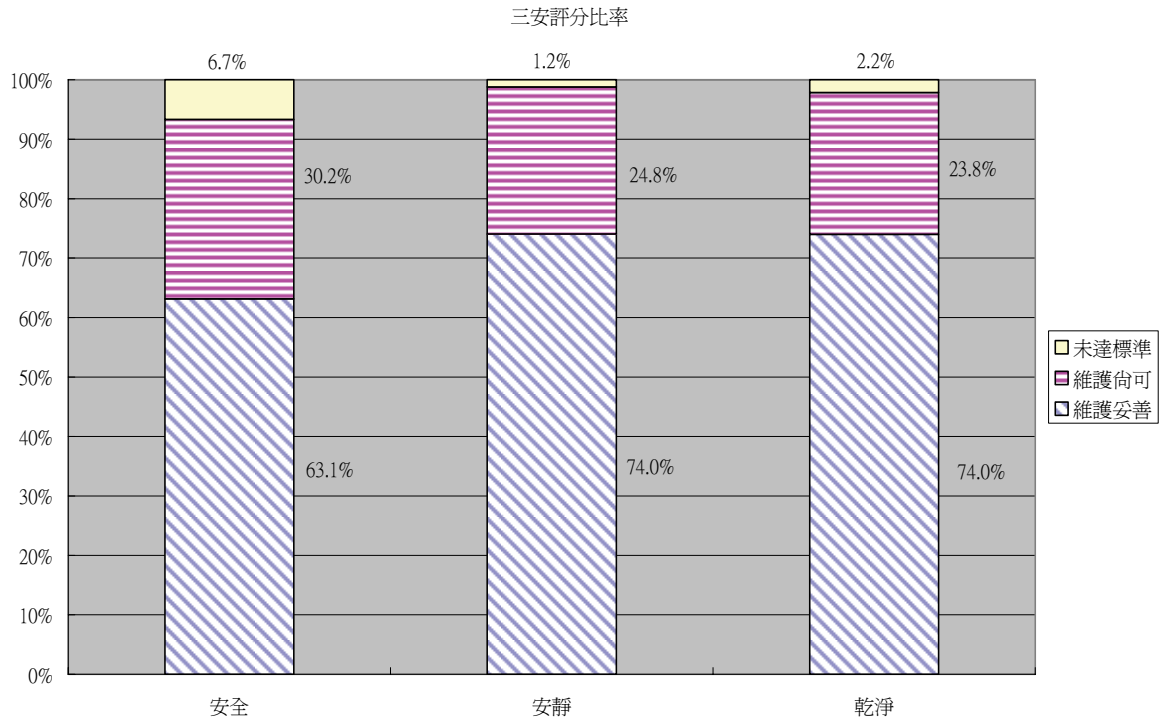
(2)維護率=(維護妥善題數+維護尚可題數)/實際評核題數

(3)不合格率=未達標準題數/實際評核題數

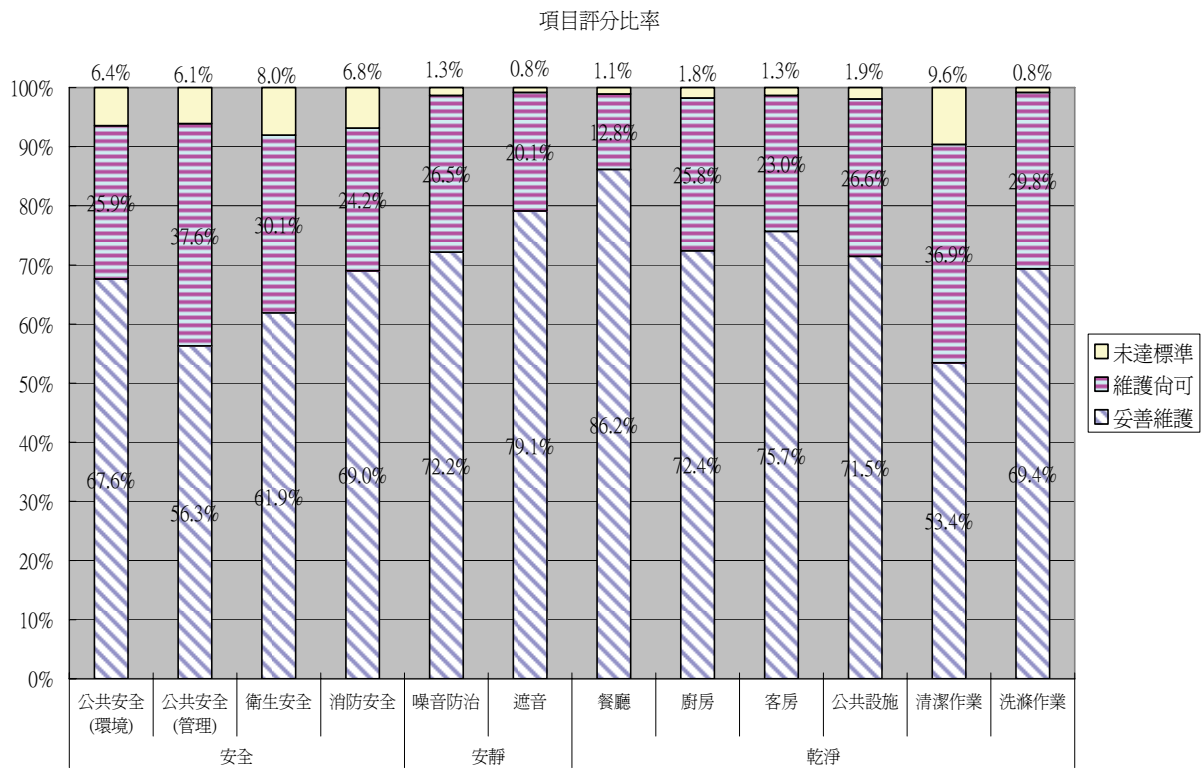
*每家受評旅館其不合格率必須不超過20%才算通過評核。

參、評核結果與討論

96年申請評核之一般旅館共50家，每家旅館均有五位評核委員實地評核，因此每一評核題目都可獲得250個結果以進行分析，圖二為三安三大構面的評分比率，其中，以安靜與乾淨的妥善率與維護率較高，可見業者為滿足消費者對安靜的要求與衛生局在衛生評鑑的查核而有較多的投入與較好的成效，但在安全方面，因為餐旅業職災發生率較低(相對於營造業與製造業等)，並非勞檢單位之加強查核重點，因此業者在安全方面仍有較大的改善空間(未達標準率6.7%最高)。



圖二 三安評分比率



圖三為各項目的評分比率圖

由圖三各項目的評分比率圖，可以發現雖然乾淨構面整體有較高的妥善率與維護率，但是清潔作業則是該構面應該加強的項目，同業對清潔與保養等作業的標準程序之建立與落實，仍應加以改善！另外，雖然安全構面的整體妥善率較低，但是因為配合每年消防檢查工作，消防安全仍有尚可的妥善率。圖三項目評分比率

表二～表四為各題的分析排序，表二為妥善率前十名，可以發現，前十名妥善率都超過80%，為了滿足消費者，客房與餐廳的乾淨仍是同業最為重視，十名中佔了九名；另外，為了配合保全之需要，安全維護（監視系統）的妥善率也在前十名中。

表三則為前十名維護率排序，由表二與表三之交叉比對，可以發現乾淨類的編號28、31、37、39、41除了具有較高的妥善率也仍有較高的維護率，但關於長髮服務人員挽髮（編號29）與餐具器皿的清潔方面（編號27、30、36等題），雖然多數業者維持較高的妥善率，但是少數業者的未達標準，使得維護率的排名不在十名之內；而少數業者監視系統的錄影與存檔功能未達標準，也使安全維護的維護率降低！另外，安靜方面（編號24、25）雖然妥善率未達80%，但是大部分業者為滿足消費者要求都能「維護尚可」，因此維護率名列前十名。

表四為不合格率的前十名，可以發現未達標準較高的都是委員較能客觀評分的題號，其中，安全類就佔了八個，與圖二表達的意義一致（安全類未達標準率6.7%最高）；另外兩項都屬於乾淨類的清潔作業（名列第四名與第十名），可見業者雖然能夠達到良好的乾淨水準，但是缺乏標準作業程序，對於飯店主管的查核與經驗傳承都較為困難！

如表四不合格率所示，可看出在客房內，浴室中未設置浴簾與扶手以及床頭吊掛容易掉落的壁掛為較常見的缺失（分別名列第一與第七名）；在衛生消毒方面，未定期實施（或未留下紀錄）的缺失則名列第二名；在消防安全方面，消防檢查並沒有針對飯店業特別要求電壓標示，因此部分業者未達標準造成不合格率較高（名列第五名）；另外，教育訓練未加落實與未穿著制服則分別名列第三、六、九名，也是仍待改善之重點。

表二 妥善率前十名

排序	編號	評分重點	類別	項目	妥善率	維護率	不合格率
1	28	服務：服務人員皆服裝儀容整潔。	乾淨	餐廳	90.1%	100.0%	0.0%
2	30	餐食：佐料瓶罐皆擦拭乾淨，牙籤有外包裝	乾淨	餐廳	86.3%	98.8%	1.2%
3	27	器皿：瓷器餐具完好無缺角、裂紋、刮痕等。	乾淨	餐廳	86.0%	99.4%	0.6%
4	37	毛布巾、床被單、枕套等無明顯破損、起毛球等不舒適感。	乾淨	客房	84.8%	99.6%	0.4%
5	31	地面保持乾燥，水溝排水暢通。	乾淨	餐廳	84.7%	100.0%	0.0%
6	29	服務：長頭髮女性服務人員都挽髮。	乾淨	餐廳	83.7%	96.5%	3.5%
7	39	垃圾桶內無污漬殘留。	乾淨	客房	81.6%	100.0%	0.0%
8	8	安全維護：在室內、戶外各主要區域裝設監視器，並全時錄影，影片至少存檔1個星期以上備查。	安全	公共安全(環境)	81.2%	97.2%	2.8%
9	41	各排水口皆潔淨無毛髮殘留。	乾淨	客房	80.8%	100.0%	0.0%
10	36	各式杯具徹底洗淨無污痕或水漬痕。	乾淨	客房	80.7%	98.8%	1.2%

表三 維護率前十名

排序	編號	評分重點	類別	項目	維護率	妥善率	不合格率
1	41	各排水口皆潔淨無毛髮殘留。	乾淨	客房	100.0%	80.8%	0.0%
1	39	垃圾桶內無污漬殘留。	乾淨	客房	100.0%	81.6%	0.0%
1	32	排油煙機常保持清潔。	乾淨	廚房	100.0%	69.8%	0.0%
1	31	地面保持乾燥，水溝排水暢通。	乾淨	餐廳	100.0%	84.7%	0.0%
1	28	服務：服務人員皆服裝儀容整潔。	乾淨	餐廳	100.0%	90.1%	0.0%
1	24	客房：臥室噪音阻絕：房間之隔間能有效隔絕來自臨房之噪音	安靜	噪音防治	100.0%	73.5%	0.0%
1	15	營業管理：旅客住宿期間如有突發疾病事件，能在最快時間內直接送往指定醫院診治	安全	公共安全(管理)	100.0%	68.7%	0.0%
8	37	毛布巾、床被單、枕套等無明顯破損、起毛球等不舒適感。	乾淨	客房	99.6%	84.8%	0.4%
8	34	房內天花板各角落無蜘蛛網。	乾淨	客房	99.6%	79.2%	0.4%
8	25	客房：器具噪音限制：房內本身之器具（如冰箱、空調、管線、衛生器具）能保持在可以接受之程度	安靜	噪音防治	99.6%	76.4%	0.4%

表四 不合格率前十名

排序	編號	評分重點	類別	項目	不合格率	妥善率	維護率
1	4	客房設備：浴室設置浴簾、扶手以免滑倒。	安全	公共安全(環境)	24.6%	42.6%	75.4%
2	19	衛生安全：【消毒】每月至少全面消毒2次。	安全	衛生安全	18.0%	58.4%	82.0%
3	11	營業管理：定期實施急救CPR訓練。	安全	公共安全(管理)	14.1%	40.2%	85.9%
4	48	確立「清潔」所含蓋之範圍、類別、與執行順序，並建立標準作業流程。	乾淨	清潔作業	12.9%	50.2%	87.1%
5	22	消防安全：各插座有電壓標示（110V、220V）。	安全	消防安全	12.1%	65.3%	87.9%
6	9	教育訓練：常態實施勞工安全衛生教育，並鼓勵員工考取相關證照。	安全	公共安全(管理)	10.8%	37.8%	89.2%
7	7	客房設備：壁掛擺設無掉落發生意外之虞。	安全	公共安全(環境)	9.6%	66.3%	90.4%
8	20	消防安全：公共區域、緊急出口（尤其是安全門）、客房走道均暢通無礙。	安全	消防安全	7.2%	67.5%	92.8%
9	14	營業管理：員工穿著制服、配戴名牌、保持微笑	安全	公共安全(管理)	6.9%	74.1%	93.1%
10	49	制定定期保養制度(如週保養、月保養、季保養等)，確實執行。	乾淨	清潔作業	6.4%	56.6%	93.6%

經輔導之後頗具成效，但在持續改善與精益求精的理念下，未來仍應將優點維持，缺點改善作為其他縣市與其他同業之典範。

肆、結論與建議

業者為滿足消費者的要求，與符合主管機關之輔導與稽核，在此次三安檢查中，乾淨與安靜兩個構面都有較高的妥善率與維護率，而安全則有較大改善空間，為能持續改善因此針對本年度的三安評核，提出下列五點建議：

1.調整構面與評核項目的界定

- 三安檢核「安全、安靜、安心」(附件一)，雖為優良旅館的重要三項構面，但若與 ISO9000/ISO14000/OHSAS18000 與國際星級評鑑整合，將有助於旅館同業滿足不同評核，達到事半功倍的效果。
- 評鑑項目應該與目前其他主管機關（環境保護局，衛生局與勞檢單位等）之評鑑或檢查相輔相成，避免疊床架屋，使業者能夠更有效率提升飯店的品質！
- 三安構面目前比重不夠均衡，安全類（81 項）、安靜類（19 項）、安心類（88 項），而且安全類中涵蓋了環境與衛生領域，但在安全衛生法規中，安靜與乾淨又屬衛生領域的範疇，因此構面的切割與項目分類宜配合環境與安全、衛生等法規分類再予以調整例如公共安全與客房安全應予區分，（浴室內未設置扶手與浴簾或房客穿著拖鞋進入浴室等應該屬於客房安全，不該屬於公共安全範圍）。

綜合上述三點，建議構面劃分如下表：

構面劃分	原來構面對應工作項目	相關主管機關	可配合認證／評鑑
品質	客房／餐廳／廚房 遮音／公共設施	觀光傳播局	ISO 9000 星級評鑑
環境	廢棄物／空氣／水 噪音防治	環保局	ISO 14000
安全	公共安全／公共設施 客房安全 消防安全	勞檢機構 消防局	OHSAS 18000 TOSHMS
衛生	客房／餐廳／廚房 洗滌作業／清潔作業	勞檢機構 衛生局	

2.調整評核項目比重與區分通過評核之等級—目前評核乃是以50題，相同配分，維護率達80%就算通過評核成為三安旅館(每年通過率約95%)，建議：

- 配合法規之強制性，加重法令相關要求之配分或比重，任何項目明顯違法則不予通過評核；
- 建議依據維護率與妥善率之高低，將通過評核之旅館區分為不同等級：

三安等級	維護率要求	妥善率要求
優良三安旅館	達90%	達80%
三安旅館	達80%	不要求

3.加強安全構面的輔導與評核—因目前勞檢單位人力的不足，勞檢機構進行實地檢查的頻率，不像營建業與製造業等之檢查頻繁，但業者本身為永續經營與照顧勞工及房客安全，在安全構面應該更加落實勞工安全衛生法之規定，根據本年度較常見缺失，建議：

- 教育訓練方面，應該依照「勞工安全衛生教育訓練規則」之要求，「將含訓練教材、課程表等之訓練計畫、受訓人員名冊、簽到紀錄、活動照片、課程內容等實施資料保存三年。」（勞工安全衛生教育訓練規則，第24條）
- 使用清潔劑與消毒藥品等有害物，瓦斯與柴油等危險物，都應依照「危險物與有害物通識規則」，推行危害物質之通識制度，做好標示，建立危害物質清單與物質安全資料表（MSDS），以供使用者填報做成紀錄，控管其數量。
- 在旅館中，鍋爐、發電機與車用升降機等較具危險性的機械與設備，大都設置於頂樓或地下室，雖為房客鮮少到達之處，但因有較高危險性，業者應依循相關安全衛生法規，定期做好自動檢查與維護保養工作及相關人員接受相關訓練。（可參考勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法、鍋爐及壓力容器安全規則、起重升降機具安全規則）

- 在局限空間中，有可能造成缺氧或可燃性氣體累積的工作場所，應該安裝氣體濃度偵測器，並定期測試與保養，避免造成缺氧與火災爆炸等事件之發生。
- 定期實施消防及緊急應變演練，使成員能熟悉應變程序，降低危害與風險。

4. **研討相關法規對於餐旅業的適用性**—目前關於旅館業的相關法規包括交通觀光、環境、安全衛生、消防、營造建築等類別，由於都並非為餐旅業所特別訂定，因此條文之適用性與對業者之管理效能，仍有改善空間，未來可參考安全衛生法規中之特別行業適用法規(如營造安全衛生設施標準，礦場勞工衛生設施標準等)，使業者有所依循，也提高主管機關的輔導與管理效能。

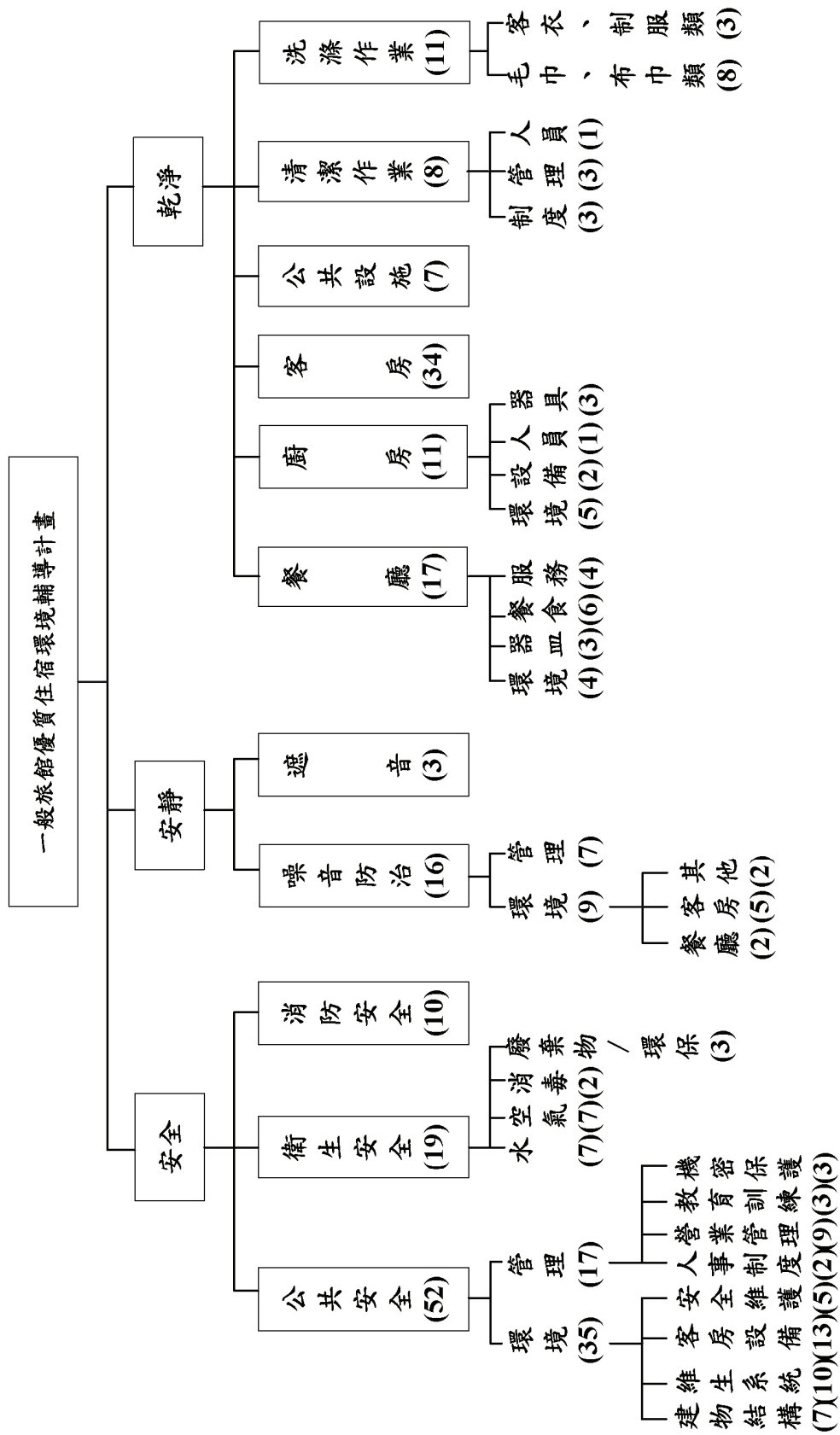
5. **強化同業公會整合功能**—同業工會可在主管機關協助下，主動結合業者(包含觀光飯店與一般旅館)與專家學者，依循國際管理標準PDCA管理循環，配合國內各法規與良好業界實務，建立經營所需各階文件範本，協助業者建立：

- 永續經營的政策與持續改善的目標
- 整合不同構面且易於落實的良好管理制度
- 清楚且可逐步查核的標準作業程序
- 易於自我考核與依循改善的評量辦法
- 經由符合標準的優良業者相互觀摩來學習及改善。

參考文獻

1. 臺北市政府(95年)觀光傳播局，觀光政策白皮書，臺北市，臺北市政府觀光傳播局
2. 交通部觀光傳播局(2002年)，挑戰2008年觀光客倍增計劃，台北市，交通部觀光傳播局
3. 臺北市政府交通局(2007年)，《台北市一般旅館「安全、安靜、乾淨」優質住宿環境輔導計畫—操作手冊》，台北市旅館商業同業公會
4. John R.Walker，鄭建瑋譯(93)，餐旅管理概論，台灣，台灣培生教育出版股份有限公司，p.38~40
5. 詹益政、黃清澤(94)，餐旅業經營館理，台灣，五南圖書出版股份有限公司，p.72-73
6. 行政院主計處(2006年)，國情統計通報-來台人數統計，10月期。
7. 曾志超(2009年)，台灣經濟衰退的原因與建議，國家政策研究基金會，科經(研) 098-010 號
8. 交通部(2008年)，觀光旅館業管理規則，交通部，公布日期2008.10.31
9. 交通部觀光傳播局(2004年)，觀光年報，台北市，交通部觀光傳播局
10. 行政院勞工委員會(2009年)，勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法，行政院勞工委員會，公布日期2009.02.05
11. 行政院勞工委員會(2007年)，鍋爐及壓力容器安全規則，行政院勞工委員會，修正日期2007.08.13
12. 行政院勞工委員會(2008年)，起重升降機具安全規則，行政院勞工委員會，修正日期2008.05.08
13. 臺北市政府觀光傳播局，臺北畫刊，488期。

附件一 三安構面架構圖(第一階段所設計題數)



校園雨污水回收再利用對 CO₂排放當量削減推估

The evaluation of reduction of carbon dioxide emission--- A case study of giving an impetus to recycle and reuse water resource in low carbon emission campus

林奇剛¹、秦孝偉²、尤文廷³、陳建豐³、楊廖陞⁴

Chi-Kang Lin¹, Shiao-Wei Ching¹, Chien-Fong Chen², Wen-Tin Yoo² and Liao-Sheng Yang²

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 防災科技研究所 研究生 4 東南科技大學 環境與安全衛生工程系 學生
1.Department of Safety Health and Environmental Engineering, Tungnan University,.
2.Institute of Technology for Hazards Mitigation, Tungnan University,

摘 要

近年，隨著氣候變遷與全球暖化議題，在國際間「省能源、省資源」的社會低碳經濟與低碳社會的新趨勢已經悄然形成。本研究係針對綠色永續的校園推動雨水貯留、污水處理後水資源回收再利用，藉由節約能源、節水、省電、減碳過程之相關分析結果，進行雨水貯留、污水回收處理後等水資源再利用，探討可節省用水量、用電量，並推估可能削減 CO₂排放量。

深坑國中經多次現場踏勘，得知深坑國中校園師生總共727人，年降雨量約3,288 m³，全年潛在雨水量約6,274 m³，洗手台用水量為1.87 m³/d，廁所用水量為5.33 m³/d。依據深坑國中95年度各月自來水水費單資料，並以每月上課22日計算，推估每月所使用水量來換算二氧化碳當量，深坑國中全年用水量為5,609度，為安全考慮，其中40%為用於廁所沖洗，而替代率以90%計算，故整年可節省自來水量為5,609 × 0.9 × 0.4 = 2,019度。

由於，雨污水回收淨 kgCO₂e/年削減量等於雨污水回收削減 CO₂量-處理回收再利用所需增加 CO₂量。因此，若水費每度以16.5元計算，推算將可節省水費為16.5 × 2,019 = 33,314元，扣除操作費用1,617元，每年可節省用水費33,314 - 1,617 = 31,697元。同時，若用水每度可排放1,161kg CO₂時，雨污水回收資源再利用將只需使用2,321度用水量。整年抽水量約為3288 m³，過濾機每半年反洗一次。用電度數估算為1,029度，二氧化碳排放656 kgCO₂e/年。因此，校園雨污水回收再利用措施，不但可以節省用水費及電費，可節省相當可觀的經費之外，同時亦能達到 CO₂排放削減之最終目的。

關鍵字：雨水/污水回收再利用、CO₂排放、低碳校園、全球暖化

Abstract

To give an impetus to recycle and reuse water resource for setting up rainwater store system at some sustainable green campus in Taiwan. In rainwater store system of Shen-Kun Junior high school, the economizing the use of water quantity, the supply of electric power and the possibility reduction of carbon dioxide emission were evaluated.

The average yearly precipitation, the yearly latent rainwater, water quantity of washbowl and lavatory were $3,288 \text{ m}^3$, $6,274 \text{ m}^3$, $1.87 \text{ m}^3/\text{d}$, and $5.33 \text{ m}^3/\text{d}$, respectively. The days for average monthly conduct a class are 22 days, and the yearly water quantity of Shen-Kun Junior high school was $5,609 \text{ m}^3$. To estimate the ratio of substitution and reuse rainfall resource for water quantity of lavatory is 90% and 40 %, respectively. The economizing the use of yearly water quantity of tap-water is $5,609 \times 0.9 \times 0.4 = 2,019 \text{ m}^3$.

Exactly, the net yearly reduction carbon dioxide emission of recycle and reuse of rainwater and sanitary sewer are the diversity between the yearly reduction carbon dioxide emission by recycle and reuse of rainwater and sanitary sewer and the yearly increase carbon dioxide emission for rainwater and sanitary sewer recycle and reuse treatment processes. If the fees of tap-water is 16.5 NT dollars per m^3 , and 33,314 NT dollars of the charge of water quantity can be economized. Furthermore, 656 kgCO_2e of carbon dioxide emission should be reduced in low carbon emission campus of Shen-Kun Junior high school.

Keywords : recycle and reuse of rainwater and sanitary sewer, carbon dioxide emission, low carbon emission campus, global warming.

壹、研究背景

近年，全球暖化為目前各國熱烈探討之一主要環境議題，聯合國跨政府氣候變遷小組(IPCC)先後提出對全球暖化危機的論述與相對之貢獻及歐盟各國在溫室氣體削減上的努力，可見國際社會對這個議題的重視。台灣對全球暖化的因應，早已著手進行，經由各層面之調查及相關計畫之推動，除了明確掌握台灣地區整體的溫室氣體排放量，更進一步擬定具體管制策略及目標，其溫室氣體減量策略係先由政府機關及學校等公部門率先做起，然後進一步輔導產業界跟進，再逐步擴大到民生部門，希望把溫室氣體的減量擴大一個全民性活動。國際間低碳經濟與低碳社會的新趨勢已經悄然形成，台灣各公私部門均卯足全力，朝向節約型的社會邁進。

以永續發展的環境出發，希望可以了解雨污水回收資源再利用、節省水處理藥劑費用以及河川污染減量等行動。本研究希望配合校外教學活動，同時有效運用校園資訊系統，以推動「綠色校園」。以推動「減碳校園」，以永續發展之觀念，透過使用者登錄的數據，由系統換算顯示用水量與二氧化碳排放量的關係。本研究係針對綠色永續的校園推動雨水貯留、污水處理後水資源回收再利用，藉由節約能源、添加處理藥劑、節水、省電、減碳過程之相關分析結果，進行雨水貯留、污水回收處理後等水資源再利用，探討可節省用水量、用電量，並推估可能削減 CO₂排放量。

貳、文獻回顧

內政部建築研究所(2002)編撰的「綠建築解說評估手冊」中明確指出，所謂「水資源指標」係指建築物實際使用自來水的用水量與一般平均用水量的比率，又名「節水率」。其用水量評估，包括廚房、浴室、水龍頭的用水效率評估以及雨水、中水再利用之評估。

教育部於民國88年委託台灣師大環境教育所擬定並實施「綠色學校」計畫，計畫在推動之初，即邀請不同領域的專家來參與，使計畫的推動得以多元化，擬以網路的「綠色學校」為中心，將國內正確的環境教育確實的推廣到各級學校，透過專家的支援，讓環境教育知識提昇，達到共同的社會學習(黃, 2003)。而所謂的綠色學校(綠校園)，就是將校園設計或改造成具有永續性、前瞻性及環保性的優質校園；融合硬體的空間建築，以及軟體的學校生活、教材；以軟、硬體的結合；將永續環保概念帶入教育體系(江, 2004)詳如表1及表2所示。

表1. 永續環保概念運用在教育體系 (江, 2004)

學校	校園永續環保內容
一、台北縣三芝國小	1.以學校屋頂來收集雨水 2.一樓教室外設置可愛的雨撲滿
二、臺北縣板橋市埔墘國民小學	1.加強用電政策與管理，從實務面檢討並落實政策執行。 2.改善建築與用電設備，減少耗能硬體採用省能高效率設備。 3.融入各科課程與教學，建立學生當用則用該省則省的正確觀念。 4.實踐校園生活與行為，教師行政為榜樣從校園生活中點滴做起。 5.規劃教師進修與成長，安排行政、教師與家長參與節能減碳研習活動。
三、中華大學	1.創造永續淨化的系統 2.採用風能源為動力 3.利用自然淨化機制淨化水質
四、台北縣大觀國中	1.雨水再生水利用 2.節約能源設計措施

表2. 我國外島雨水回收運用實例 (江, 2004)

外島機構	雨水回收運用內容
一、澎湖縣政府	每日約可取代沖廁(馬桶及小便器)用自來水 $10\text{ m}^3/\text{日}$ (設計處理量) 每年節省自來水水費 $3,000\text{元}/\text{月}\times 12\text{月}/\text{年}=36,000\text{元}/\text{年}$
二、馬公市公所	每日約可取代沖廁(馬桶及小便器)用自來水 $5\text{ m}^3/\text{日}$ (設計處理量) 每月節省水費 $30\text{日}/\text{月}\times 10\text{元}/\text{m}^3\times 5\text{ m}^3/\text{日}=1,500\text{元}/\text{月}$ 每年節省自來水水費 $1,500\text{元}/\text{月}\times 12\text{月}/\text{年}=18,000\text{元}/\text{年}$ 。
三、馬公市公所附設幼稚園	每日約可取代沖廁(馬桶及小便器)用自來水 $5\text{ m}^3/\text{日}$ (設計處理量) 每月節省水費 $30\text{日}/\text{月}\times 10\text{元}/\text{m}^3\times 5\text{ m}^3/\text{日}=1,500\text{元}/\text{月}$ 每年節省自來水水費 $1,500\text{元}/\text{月}\times 12\text{月}/\text{年}=18,000\text{元}/\text{年}$

依據政府間氣候變遷委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 2007年第4次評估報告致決策者摘要指出，全球科學家為研析氣候變化誘因所採集的2.9萬組科學資料中超過89%指向全球升溫是由人類活動所造成。為解決上述問題，首要之務即是思考如何穩定大氣中的溫室氣體濃度，第4次評估報告第3工作組評估報告「Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change」摘要更指出全球必須在2050年前，減少50~85%的年度二氧化碳排放量，以遏制全球暖化。

台電公司建置線上溫室氣體盤查申報作業，以掌控該公司排放現狀，其於 95 年度建置「溫室氣體資訊管理系統」，並開始進行溫室氣體盤查作業，每年初由公司各單位填報其後再經溫室氣體內稽查核、驗證確認填報屬實；目前已完成94、95 及 96 年度之盤查等作業。96 年度溫室氣體排放盤查之結果，排放總量為 83,956,547公噸 (CO₂當量)，其中火力發電直接排放83,379,170 公噸，總排放強度為0.543公斤/度(淨發電量)。

參、研究方法

3.1研究動機與目的

本研究之研究流程如圖1所示，主要工作包括相關文獻蒐集、校園水資源現況調查、設施設置地點現勘、校園廁所及洗手台用水量之調查、校園雨水供水量與沖廁用水量之比較、實際用水量與減少用水量之推估、二氧化碳實際排放量與排放削減量之推估，雨水與污水再利用之管線及引水方式、推動區域性社區校園與水資源化環境教育場所、建置深坑國中環境生態資源化全球資訊網站、工程細部設計與協辦工程招標與決標等內容。

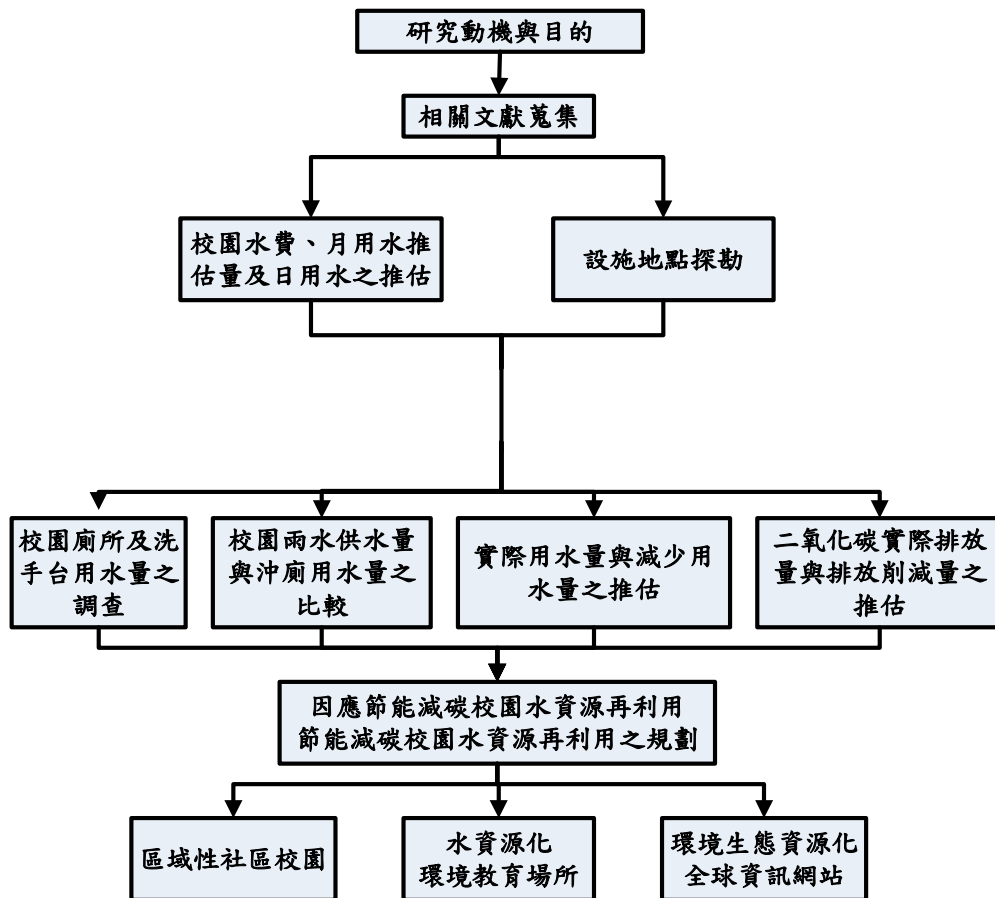


圖1. 研究流程圖

3.2 雨水供水潛勢

降雨量推估採用中央氣象局所設置的「石碇(2)」雨量測站1968年至2005年共38年紀錄之月平均降雨量如表3所示。降雨日數採用臺北 1971年至2000年之月平均降雨日數，全年降雨日數約以170天估計。各平均月收集量如表3所示，全部年潛在收集量約6272 m³。但是限於校內可供建造雨水貯集池之土地面積及用水需求量，並不全部予以收集。

表3石碇地區降雨量

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月
月平均雨量	142	197	199	175	284	337
月份	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月平均雨量	261	370	551	391	218	163
註：1968年至2005年月平均雨量紀錄						

【註】行政教學大樓需水量計算單位面積用水量以每日每平方公尺面積 10 公升

肆、結果與討論

4.1 本研究對象校園基本資料

經多次現場踏勘，得知本研究對象國中之教職員生總共727人，包括教師47人、職員16人、學生664人。該校全年潛在雨水量約6,274 m³，年降雨量約3,288 m³(如表4所示)。其中，5月~10月之間的平均降雨量約為261~391 mm，其屬豐水期。相對的，11月~4月之間的平均降雨量約為142~218 mm，降雨量明顯減少。另外，月潛在雨水收集量同樣以豐水期為主要雨水收集期，約為498~1,051 m³。相對的，枯水期之月潛在雨水收集量約為271~416 m³，兩者有明顯差異。因此，若能設置相當容量之雨水貯存槽，有效貯存雨水水資源，應能有效解決台灣地區全面水資源缺乏之困境。

表4深坑國中樓層屋頂月潛在雨水收集量

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	小計	平均
月平均降雨量(mm)	142	197	199	175	284	337	261	370	551	391	218	163	3,288	274
月潛在雨水收集量(m ³)	271	376	380	334	542	643	498	706	1,051	746	416	311	6,274	522.83

4.2 校園水費、月用水量及日用水量之推估

表5係深坑國中96年度各月份水費、月用水推估量及日用水推估量，此表中深坑國中96年度各月份自來水水費，寒假2~3月及暑假7~8月之水費(3,351~5,460元)較低廉，相對的一般上課期間之水費(6,817~12,049元)則有明顯增加。若以每月上課22日計算，進行校園自來水每日用水量之推估。其中，寒假日用水量為9.1~9.2 m³，平均約為每日9.2 m³，為整年用水量最低期間；暑假日用水量為14.6~15.0 m³，平均約為每日14.8 m³；相對的，於上課期間之日用水量為18.7~33.3 m³，平均約為每日25.9 m³。比較表4之月潛在雨水平均收集量(522.8 m³)，推測該校每月藉由雨水貯留系統貯存雨水水資源足以供應其平均用水量(467.42 m³)。

表5研究對象校園96年度各月份水費、月用水推估量及日用水推估量

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
月水費(元)	7,961	3,383	3,351	6,817	9,466	10,577	5,345	5,460	7,783	9,777	12,049	10,709	7,723.17
月用水推估量(m ³)	482	202	200	412	574	642	322	329	471	593	732	650	467.42
日用水推估量(m ³ /d)	21.9	9.2	9.1	18.7	26.1	29.2	14.6	14.9	21.4	27	33.3	29.5	21.24

4.3 廁所及洗手台用水量之調查

表6為該校校園內廁所及洗手台用水量之調查表，經過調查針對深坑國中教職員、師生使用廁所所排放出的水量估算，進行校園內每一棟建築物中各種大小便器可能產生的污水量及大小便器數量調查，主要目的是為了有效地統計校園總大小便池產生之總水量，以利進一步針對校園整體水資源回收處理再利用於廁所大小便沖馬桶時，用水量推估計算時參考之用。經調查結果得知，校園內設置廁所中小便斗計39個、蹲式馬桶計65個(含無障礙便器8個)，另外校園內設置洗手台計30座、水龍頭數量64個(含省水型水龍頭56個)。3月份調查校園用水量，發現校園內洗手台用水量為4.176 m³/d，而廁所用水推估量為6.33 m³/d，合計該校校園日用水量約為10.506 m³/d，此推估量與表5由水費所推估之日用水量(9.1 m³/d)相當接近。

表6 廁所及洗手台用水量

卓越樓、弘毅樓與德智樓						文化樓					
男廁		女廁	無障礙	洗手台數	水龍頭數量	男廁		女廁	無障礙	洗手台數	水龍頭數量
小便斗	蹲式					小便斗	蹲式				
24	6	21	3	9	33	15	10	20	5	21	31
平均用水量(m ³ /d)						10.506 m ³ /d					

圖 2 為研究對象國中 96 年度雨水供水量與沖廁用水量比較表，由此圖結果發現 3 月份該校之沖廁用水量為 3.7 m³/d，而上課期間雨水貯留資源化後日平均可供水量為 14.7 m³/d，因此該校之雨水可供水量與沖廁用水差異為 11.0 m³/d，顯示該校雨水經貯留資源化後雨水可供水量可滿足沖廁用水之需求。

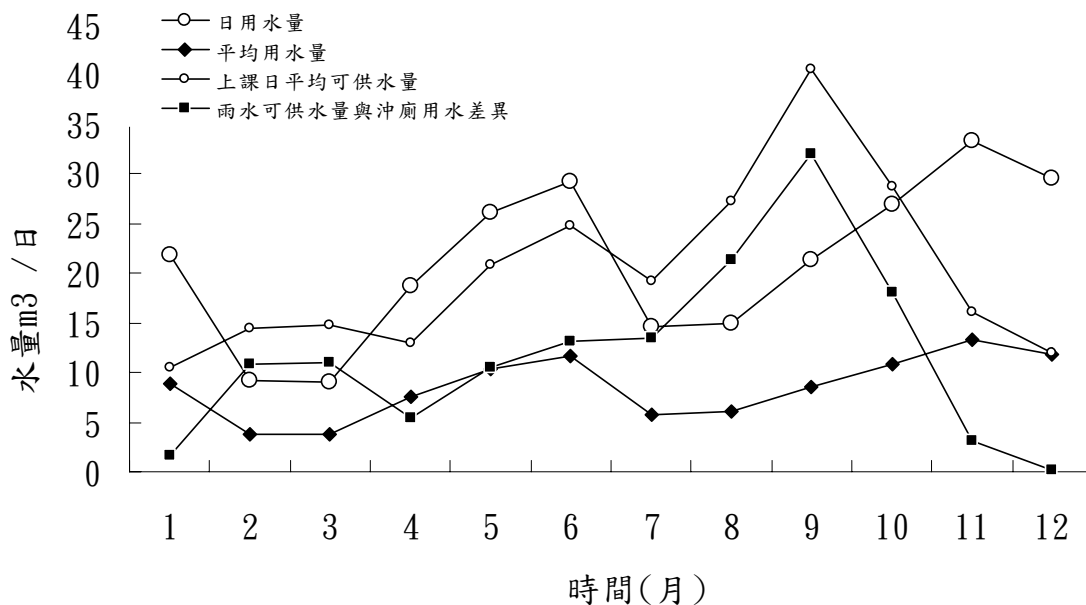


圖2深坑國中96年度雨水供水量與沖廁用水量比較表

若依據表3之月潛在雨水平均收集量，推測該校每月藉由雨水貯留系統貯存雨水水資源足以供應其平均用水量。本研究對象國中96年度各月份實際與減少用水量及其二氧化碳實際排放量與排放削減量之推估如表7所示，由本表之結果發現，該年度校園之用水量範圍約在200~732 m³/month 之間，其月平均用水量為467.42 m³/month，月潛在雨水收集量約在271~1,051 m³/month 之間，其月潛在雨水平均收集量為522.8 m³/month。因此，初步推算整年度各月份用水削減量約在142~551 m³/month 之間，其每月平均用水削減量可達274 m³/month 之多。

表7 96年度各月份實際與減少用水量之推估

96年各月	月潛在雨水收集量 (m ³)	實際月用水(度)	*月用水削減量 (m ³)
96年1月	271	482	142
96年2月	376	202	197
96年3月	380	200	199
96年4月	334	412	175
96年5月	542	574	284
96年6月	643	642	337
96年7月	498	322	261
96年8月	706	329	370
96年9月	1,051	471	551
96年10月	746	593	391
96年11月	416	732	218
96年12月	311	650	163
合計	6,274	5,609	3,288
平均月用水量	522.83	467.42	274

【註】*減少用水量係指雨水回收量替代自來水用水量

利用雨水貯集系統及資源化設施，省了資源及費用再利用公式換算推估減少二氧化碳排放量。表8係96年度各月份二氧化碳實際排放量與排放削減量之推估，依據96年度電力排放係數計算：（綜合電業溫室氣體（Greenhouse Gas, 以下簡稱「GHG」）- 廠用電量之 GHG 排放量）+ Σ 民營電廠 GHG 排放量扣廠用電量之 GHG 排放量+ Σ 汽電共生業 GHG - 廠用及自用電量之 GHG 排放量-線損之 GHG 排放量/總銷售電量，可獲得每度電排放量為 0.638 kg CO₂ /度。根據台灣電力公司和自來水公司的年報資料，顯示消耗1度電約可排放0.638KgCO₂e，而使用1度水相當於排放0.1029 KgCO₂e。

，每度用電量約可排放0.638 kg 的 CO₂。因此，用電所轉換之二氧化碳排放量由本表結果顯示，該年度校園用電量約在36.69~134.29 度之間，且其月平均用電量為85.75度，實際 CO₂排放量約在41~152 kg CO₂之間，其實際平均 CO₂排放量為96.75 kg CO₂，而削減CO₂排放量約在29~114 kg CO₂之間，其削減平均CO₂排放量為54.67 kg CO₂。因此，校園雨污水回收再利用措施，不但可以節省用水費及電費，可節省相當可觀的經費之外，同時亦能達到 CO₂排放削減之最終目的。

表8 96年度各月份二氧化碳實際排放量與排放削減量之推估

96年各月	實際月用電(度)	實際CO ₂ (kg CO ₂)	削減CO ₂ (kg CO ₂)
96年1月	88.42	99	29
96年2月	37.06	42	40
96年3月	36.69	41	41
96年4月	75.58	85	36
96年5月	105.31	119	59
96年6月	117.78	133	70
96年7月	59.07	67	54
96年8月	60.36	68	76
96年9月	86.41	97	114
96年10月	108.79	123	80
96年11月	134.29	152	45
96年12月	119.24	135	33
合 計	1,029	1,161	656
平均月排放量	85.75	96.75	54.67

伍、結論與建議

近年，隨著氣候變遷與全球暖化議題，在國際間「省能源、省資源」的社會低碳經濟與低碳社會的新趨勢已經悄然形成。本研究係針對綠色永續的校園推動雨水貯留、污水處理後水資源回收再利用，藉由節約能源、添加處理藥劑、節水、省電、減碳過程之相關分析結果，進行雨水貯留、污水回收處理後等水資源再利用，探討可節省用水量、用電量，並推估可能削減CO₂排放量。

依據深坑國中96年度各月自來水水費單資料，並以每月上課22日計算，推估每月所使用水量來換算二氧化碳當量，深坑國中全年用水量為5,609度，為安全考慮，其中40%為用於廁所沖洗，而替代率以90%計算，故整年可節省自來水量為 $5,609 \times 0.9 \times 0.4 = 2,019$ 度。若水費每度以16.5元計算，推算將可節省水費為 $16.5 \times 2,019 = 33,314$ 元，扣除操作費用1,617元，每年可節省用水費 $33,314 - 1,617 = 31,697$ 元。同時，若用水每度可排放1,161kg CO₂時，兩污水回收資源再利用將可減少2,321度用水量。整年抽水量約為3288 m³，過濾機每半年反洗一次。用電度數估算為1,029度，二氧化碳排放656 kgCO₂e/年。因此，校園兩污水回收再利用措施，不但可以節省用水費及電費，可節省相當可觀的經費之外，同時亦能達到CO₂排放削減之最終目的。

對於雨水貯集系統及雨水資源化設施除了節省水資源之外，還可以減少溫室氣體的排放。同時，對於座落於「非多降雨地區」之校園，其校園內洗手台所排放污水經回收簡易處理能進行廁所沖洗、澆灌再利用達到校園水資源永續利用目標，也省下少

許的能源。相對的，座落於「多降雨地區」之校園，除可回收再利用雨污水量，同時可減少能源消耗及降低二氧化碳排放量。

由上述結果初步提出以下三點建議：一、將學校節能管理面落實到教育與生活層面，期望藉由本研究節能減碳之教育工作，提供未來學校執行及教學參考之用。二、推動校園「環境教育教學活動」、「校園環境管理」。三、推動「綠色校園」與「減碳校園」網站架設，以永續發展之觀念透過使用者登錄的數據，由系統換算顯示用水量與二氧化碳排放量的關係。

參考文獻

1. 臺灣電力公司(95年)，「我國CO₂電力排放係數」，電力排放係數。
2. 臺灣電力公司(97年)，「溫室氣體管制策略」，公安環保處。
3. 臺灣電力公司(97年)，「台電溫室氣體基本看法及主張」，公安環保處。
4. 臺灣電力公司(97年)，「台電溫室氣體管制對電業之衝擊」，公安環保處。
5. IEA，「Key World Energy Statistics」2007。
6. IEA，「CO₂ Emissions from Fuel Combustion 1971~2005」2007 Edition。
7. 臺灣自來水公司(95年)，水費計價基準合理性修正。
8. 經濟部溫室氣體減量資訊網(96年)，溫室氣體減量案例。
9. 黃柏鈞(2002)：「綠色校園-空間規劃新思維」，綠色學校伙伴研討會第1-6頁。
10. 江哲銘(2004)：永續建築導論，建築情報，台北，第234-238 105-108頁。
11. 內政部(2001)，「綠建築推動方案」。
12. 經濟部水利署(2004)，雨水貯集手冊。
13. 陳亮清、廖朝軒、盧文俊(2001)，合理用水量及回收率訂定，第五屆水再生及再利用研討會，台灣大學環境工程研究所，台北。

利用超音波震盪處理法去除焚化底渣中 重金屬去除特性之研究

Study on the characteristics of heavy metal elimination in ultrasound sonication pre-treatment processes

林奇剛¹、秦孝偉²、陳建豐³、尤文廷³、楊廖陞⁴

Chi-Kang Lin¹, Shiao-Wei Ching¹, Chien-Fong Chen², Wun-Ting You² and Liao-Sheng Yang²

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 防災科技研究所 研究生 4 東南科技大學 環境與安全衛生工程系 學生

1.Department of Safety Health and Environmental Engineering, Tungnan University,

2.Institute of Technology for Hazards Mitigation, Tungnan University,

摘 要

本研究係利用酸性超音波震盪法(Ultrasound Sonication Treatment, 以下簡稱「UST」)作為底渣有害物質溶出前處理程序, 評估其去除效率。其中, 探討內容包括底渣顆粒大小、加酸種類、濃度、不同震盪強度及時間等最適反應條件。於研究數據中酸液萃取、水 UST 及酸液 UST 處理, 可發現藉由水 UST 處理後能由底渣額外析出部份重金屬 Zn。特別是藉由酸液 UST 震盪處理, 其效果明顯增加。推論, 經 UST 處理可藉由震動將能量傳輸使 Pb、Cd、Zn 能有效由底渣中析出, 其析出量也較「僅經萃取酸浸泡」及「水 UST 處理」的處理方法為高。就固液比1:10而言, 主要以硫酸及硝酸對三者同時析出的效果較佳。此外, 當萃取酸為低濃度時, 重金屬的析出量以硫酸為居多。相對的, 當萃取酸為較高濃度酸時, 重金屬的析出量則以硝酸居多。因此, Pb 析出量順序為混合酸>硫酸>硝酸>醋酸, Zn 析出量順序為硫酸=硝酸>混合酸>醋酸, 而 Cd 析出量順序為硝酸>硫酸>醋酸>混合酸。經 UST 反應後之底渣中重金屬(Pb、Zn、Cd)與一般反應條件 TCLP、水洗法及酸萃取法等比較後, 依據各試驗結果, 推論於 UST 處理效果下, 操作條件於震盪時間30min、震盪強度200W、萃取酸採用1M~5M 間的硫酸及硝酸具有較佳之析出效率, 可使 UST 具有顯著性的析出效率。依據試驗結果, 焚化爐底渣處理業者一般的水洗處理效果與本研究之 UST 比較, 可提供業者不同的處理方法, 將重金屬析出處理效率提高與操作成本降低。

關鍵字：超音波震盪、焚化底渣、重金屬酸萃取、震盪強度

Abstract

The effects of heavy metals, Pb, Cd, Zn, eliminated utilized acidic extraction together with ultrasound sonication treatment (UST) from incinerated bottom ash were studied. The principle parameters considered in this study were the liquid to solid ratio, the concentrations and varieties of acidic extraction solutions, reaction time and strength of sonication.

Higher elimination efficiency could be reached for the process of acidic extraction along with UST than that of only acidic extraction or UST. The effects of liquid to solid ratio (L/S) on metals (276.2 mg-Pb/L) eliminated were discovered. At L/S = 10 the capacities for extraction of Pb, Cd, Zn were maximum at the strength of 0.5M sulfuric acid or mixed acidic solution used in acidic extraction process. It was demonstrated that the amount of extraction of Cd at the strength of 0.5M of sulfuric acid solution and mixed acidic solution were 151.5 mg/L and 170.1 mg/L, while that of Zn at the same solutions were 14.98mg/L and 3.34mg/L. The extraction rates were significantly higher at strength of 5.0M and 10.0M of the acidic solutions than at the strength of 0.5M and 1.0M. The pH of residual solution after treatment of UST was discovered to be tended to neutrality or weak base.

Keywords : ultrasound sonication, incinerated bottom ash, heavy metals elimination, acidic extraction, sonication strength.

壹、研究背景

目前，台灣地區的垃圾經焚化後所剩下的底渣內含有重金屬、氯鹽、戴奧辛等有害物質的存在。因此，現有焚化底渣回收再利用過程中，重金屬之溶出問題為最迫切需解決的重要課題之一。本研究利用超音波震盪將底渣中重金屬物質析出，並達到各類資源化原料在利用上之法規規定，使在後續資源化再利用上達到安全與多元化之用途。其中焚化後底渣粒徑大小之不同，使超音波震盪強度導致影響底渣中各種物質成分之傳輸速率之程度有所不同。特別是，除了底渣粒徑之外，底渣孔隙之大小亦關係因超音波震盪對底渣中物質之輸送與擴散的實際效果。因此，底渣粒徑大小似乎是超音波震盪析出底渣內部重金屬之重要因子之一。根據底渣之物化特性及前處理包括加酸種類、濃度、反應時間、震盪強度等條件下，探究底渣粒徑經篩選後藉由 UST 處理之最適反應條件(如不同酸液種類、酸性強度、震盪強度等)，完成以下四項研究項目包括，(一)台灣北部地區垃圾焚化後底渣的組成與特性之探究(二)底渣中三種重金屬含量之分析(三)UST 底渣前處理程序操作條件之探討。

貳、文獻回顧

2.1 底渣中重金屬組成及其特性

一般焚化後底渣中重金屬含量以鐵(95%以上)含量最多，其次為銅(85%以上)及錳(75%以上)，再者為鉻(70~75%)、鉛(50~60%)、鋅(45~50%)，而鎘(15~30%)及汞(2~4%)之含量為最少。施氏(2006)^[1]之研究顯示，底渣中鉛重金屬全含量770~3,154mg/kg，平均鉛重金屬全含量為1,606mg/kg，平均鉛重金屬全含量為3,645mg/kg。一般而言，反應生成物中鉛重金屬全含量相較於飛灰及底渣來的高。章蕙蘭(2003)^[2]研究調查得知，重金屬總鉛、總鎘及總鋅之含量分別約為900~18,000mg/kg、6~600 mg/kg、2,000~65,000 mg/kg 之間。國內垃圾焚化底渣重金屬之全含量經 TCLP 溶出之分析結果，以反應生成物總鉛最容易超出管制標準，濃度範圍在4.17~8.65mg/L，平均7.10mg/L，係因反應生成物屬高鹼性物質，經酸性萃取，其 pH 值仍高達11~12左右。

2.2 UST 處理重金屬之相關研究

2.2.1 超音波特性的

所謂超音波係指音頻在 20 kHz 以上的聲波，當超音波在流體介質中產生過壓與負壓，負壓超越流體中分子的吸引力時，則以疏密波的方式傳遞，在擠壓循環過程因而產生空穴泡(Cavitation)，這些空穴泡不斷累積並傳輸至物質表面進而破裂，每秒約有百萬個空穴泡同時爆裂，進而產生局部區域之高溫高壓環境(Mason and Lorimer, 1988)^[3]。這種瞬間的高溫高壓可引發生成強氧化性的氫氧自由基(Schramm and Hua, 2001)^[4]，因而造成快速的氧化反應並氧化水中有機物，如含鹵素碳氫化合物、氯酚、酯類物質等，其主要機制為氫氧自由基的氧化作用、熱分解作用以及超臨界水氧化作用等(Hoffmann et al., 1996; Gonze et al., 1999)^{[5][6]}。另空穴泡的陷縮現象會引起許多物理化學的效應，一般而言水溶液中發生空穴泡時，主要可劃分為三個不同的反應區

域：(1)空穴泡崩潰時內部氣相區：此區域可產生高溫高壓，在此條件下水分子直接裂解為 H 和 HO，這些活性自由基可相互結合生成 H₂O 或與氣泡中的其他物質反應。(2)空穴泡介面區：此區域為高溫高壓的空穴泡氣相和常溫常壓的本體溶液之間的過渡區域，仍存在有局部的高溫。(Hart et al., 1986)^[7]。(3)常溫常壓的本體溶液相區，此區域可能存在其他氧化物種，如 H₂O₂ 等，溶質能與自由基發生氧化等反應。此外，當空穴泡在固體表面發生陷縮現象，產生非對稱性的凹陷，在繼起週期後產生微噴射現象 (Microjet)，藉由這個高壓噴射所產生的效應，使物質析出。

2.2.2 超音波試驗條件

張坤森(2002)^[8]研究結果，超音波整治法在土壤復育以低功率(40W)及中低功率(115W)，萃取酸為0.5、1.0硫酸經10min 超音波整治後即有效將 Cd 及 Pb 含量降低。根據國外學者 Li et al.(2008)^[9]研究，利用超音波萃取熔渣中金屬物質，其實驗操作變數共計五項，以對萃取效果之重要因素排列分別為熔渣的顆粒大小、萃取液體與固體之比率、酸類萃取原液添加量、超音波萃取時間及超音波萃取時之工作溫度，研究結果顯示超音波可加速酸類萃取熔渣中錳類金屬元素濃度，且實驗操作之最適條件為溶渣顆粒大小0.2 m/m、液/固比 4 mL/g、酸類萃取液8 mg/L、萃取時間 35 min 與操作溫度60 °C。國外學者 Kazi et al.(2006)^[10]則以歐盟之固體廢棄物標準萃取方法(BCR)與超音震盪連續萃取法，比較固體中之各類金屬物質效率，整體而言以超音波震盪可提升固體廢棄物中鎘、鉻、鎳、鉛、鋅金屬萃取析出濃度。

參、研究方法、材料與設備

3.1 研究方法

主要以超音波震盪器為主體，分別對底渣中主要的有害物質(重金屬等)，以 UST 析出有害物質，達分離去除之目的。就有害物質方面而言，底渣試驗樣品以 UST 溶出後，透過旋轉萃取裝置，取出樣品所含重金屬之析出量，最後再利用感應耦合電漿質譜儀 (Induced couple plasma mass; ICP MS)進行最後重金屬濃度之量測。

3.2 成分之分析方法

3.2.1 重金屬含量

本研究試驗用底渣係來自台灣北部地區某幾座大型焚化廠爐底淬火槽所排出之「底渣原物料」，經 UST 程序後分批採取水樣(上澄液水樣及殘留底渣經 TCLP 後之水樣)，經消化後以 ICP MS 測定重金屬(Pb、Zn、Cd)。

3.2.2 毒性溶出試驗(TCLP)^[11]

參考環保署公告之溶出程序，係為配合「有害事業廢棄物認定標準」之毒性特性溶出程序(Toxicity characteristic leaching procedure，以下簡稱 TCLP)溶出標準(NIEA R201.13C)^[11]，試驗中假設酸性未知樣品情況下，配取兩種不同之萃取液，其根據樣品不同之酸性範圍採加不同之萃取液來試驗，於 TCLP 旋轉裝置，以每分鐘 30±2 之轉速旋轉 18±2 小時，室溫維持在 23±2 °C，並於萃取過程中，有些樣品會產生氣體，而必須連續每隔 15 分、30 分或一小時，打開瓶蓋釋放氣體。萃取液再經由玻璃纖維

濾紙過濾，分離固相及液相，並收集濾液進行重金屬含量分析，其由原子吸收光譜儀分析底渣樣品之 TCLP 重金屬濃度在依據公式求得原萃取液濃度。

3.3 研究步驟

針對垃圾經焚化處理後所殘留之底渣進行試驗分析，並於超音波震盪單一步驟萃取試驗為依據，試驗分別包括三個試驗程序，其說明如下所述(如圖1所示)，

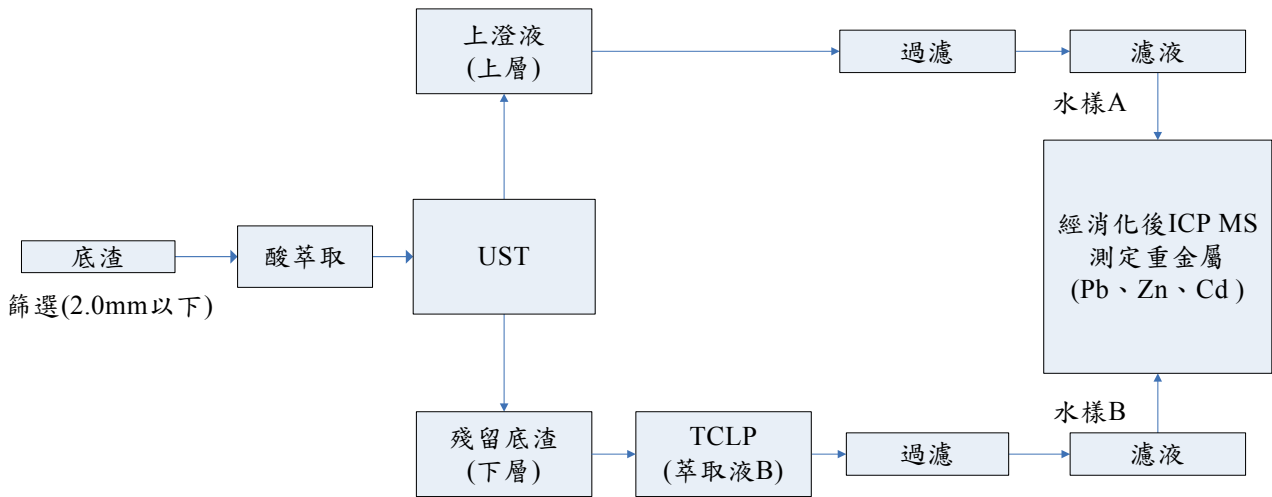


圖1 UST 試驗流程

- 一、底渣先進行過篩(2.0m/m 以下)使粒徑分佈平均，加入不同酸液進行酸萃取。
- 二、進行 UST 試驗，經時間反應後靜置待其沉澱(20分鐘)，使試樣固液分離成上澄液(上層)及殘留底渣(下層)。
- 三、上澄液取出過濾採樣(水樣 A)，經消化後以 ICP MS 測定重金屬(Pb、Zn、Cd)。
- 四、殘留底渣簡易濾過殘留酸液後，進行 TCLP 試驗，將殘留之重金屬物質繼續析出。
- 五、經 TCLP 試驗後，過濾採樣(水樣 B)，經消化後以 ICP MS 測定重金屬(Pb、Zn、Cd)。

3.4 UST試驗條件

表1 本研究 UST 之試驗條件

操作參數	酸種類	酸濃度	固液比	震盪強度	震盪時間
控制	水、 硫酸、 硝酸、 鹽酸、 醋酸、 混合酸	0.5M、 1.0M、 5.0M、 10.0M	1 : 2.5、 1 : 5.0、 1 : 10.0	200W、 400W	20min、 30min
範圍	(硫：硝 = 1/1，V/V)				

肆、結果與討論

本研究目的除了探討底渣經酸液萃取結合超音波震盪對重金屬析出效果的影響，藉由不同加酸種類、濃度、反應時間、震盪強度等條件之試驗，探究底渣粒徑經篩選後藉由 UST 之處理效果及最適反應條件，主要針對以下主要課題進行探討。

4.1 試驗底渣基本特性

本研究目的除了探討底渣經酸液萃取結合超音波震盪對重金屬析出效果的影響，一方面瞭解經焚化後底渣原物料含有重金屬鉛(Pb)、鋅(Zn)、鎘(Cd)含量之基本特性。試驗用底渣原物料之平均粒徑為683.6 μm ，試驗用底渣之重金屬成份為 CaO、MgO、Fe₂O₃、Al₂O₃、SiO₂之外，另含有多量 Pb、Zn、Cd 等重金屬氧化物。其物理及化學性質分析主要包括水分、pH 值及固定碳含量外，尚包括如鉛、鋅、鎘、汞、鎳、銅、鉻、鈦、砷等重金屬及 Na₂O、K₂O、CaO、Fe₂O₃、Al₂O₃、SiO₂、TiO₂等金屬氧化物、氯、硫酸離子之含量。其水中 pH(約9.5~12.0)偏鹼性，之間，而含水率約10.5~17.6%，粒徑分佈以0.84mm~2.0mm 之間為最多(佔約30~50%之間)，水溶性氯離子含量約為0.44~1.50%左右，密度約為1.5~1.9mg/m³。

4.2 經酸萃取、UST 水震盪處理與酸液萃取 UST 震盪處理差異之比較

將一般酸萃取(僅酸液)、以水作為萃取媒介經 UST 處理(以下簡稱「UST 水震盪處理」)、以酸液作為萃取液經 UST 震盪處理等前處理方法，在相同條件(包括固液比1:5、酸濃度0.5M、震盪強度200W、震盪時間30分鐘)下，進行三種重金屬析出量之比較與對照，其結果如圖2、圖3所示。由實驗結果發現經 UST 震盪反應後，底渣中 Pb、Cd、Zn 析出量分別為4.2~8.9 mg/L、0.2 mg/L 及90.4~171.5 mg/L，該析出量皆高於僅經「酸浸泡」(分別為0.5~0.7 mg/L、0.2 mg/L 及74.0~82.4 mg/L)或經「UST 水震盪處理」(分別為0.65~1.04 mg/L、0.40~0.06 mg/L 及25.51~29.62 mg/L)。

無論是藉由水或酸液萃取 UST 震盪處理，發現透過 UST 震盪處理後能由底渣額外析出部份重金屬 Zn。特別是，若藉由酸液萃取 UST 震盪處理，其效果明顯增加。此一結果反映，經 UST 處理可藉由震動將能量傳輸使 Pb、Cd、Zn 能有效由底渣中析出，其析出量也較「僅經酸浸泡」及「UST 水處理」的處理方法為高。

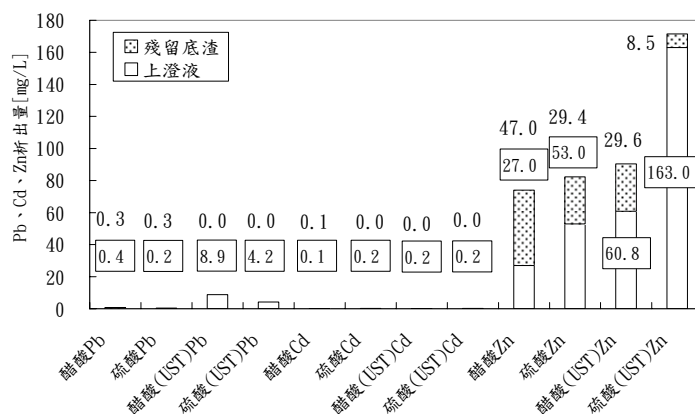


圖2萃取酸0.5M時，經酸萃取與酸液 UST 處理後 Pb、Cd、Zn 析出量之比較

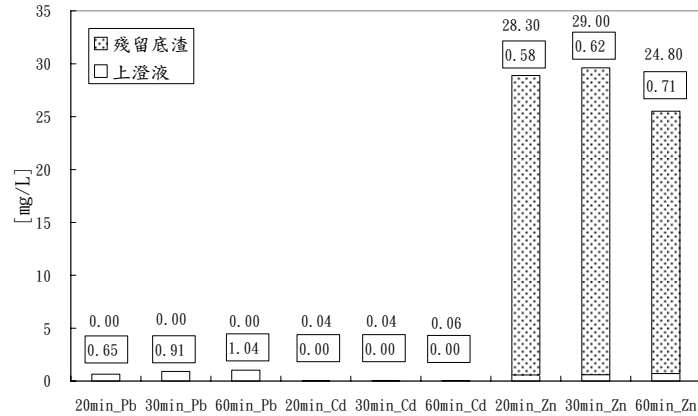


圖3含水 UST 處理後 Pb、Cd、Zn 析出之比較

4.3 萃取酸0.5M時，不同固液比對重金屬析出量之影響

利用三種不同的底渣與萃取液之體積比(以下稱為「固液比」)分別控制在1：2.5、1：5及1：10，進行0.5M 萃取酸液(包括醋酸、硫酸、硝酸、混合酸等) UST 震盪時間30分鐘，探討底渣中 Pb、Cd、Zn 之析出效果，其試驗結果如圖4、圖5、圖6所示。

首先，針對 Pb 析出量之探討，由圖4的結果發現經過 UST 震盪反應後，底渣中 Pb 析出量以固液比1：10獲得較多的析出量。另外，針對不同種類的萃取酸對於重金屬 Pb 之析出量順序為混合酸(132.9 mg/L) > 硝酸(117.1 mg/L) > 硫酸(102.4 mg/L) > 醋酸(86.4 mg/L)。其次，探討 Cd 之析出量，依據圖5的結果發現，經過 UST 震盪反應後底渣中 Cd 之析出量仍以固液比1：10可獲得最多析出量。同時，針對不同種類的萃取酸對於重金屬 Cd 之析出量之順序為硫酸(15.0 mg/L) > 混合酸(3.4 mg/L) > 硝酸(2.8 mg/L) > 醋酸(1.8 mg/L)。最後，關於 Zn 之析出量，圖6的實驗結果獲知，經過 UST 震盪反應後底渣中 Zn 析出量亦以固液比1：10具高析出量。此外，針對不同種類的萃取酸對於重金屬 Zn 之析出量順序，以混合酸(170.1 mg/L) > 硝酸(155.3 mg/L) > 硫酸(151.1 mg/L) > 醋酸(100.7 mg/L)。

彙整上述結果可獲得，當固液比控制於1：10時，底渣中三種重金屬之析出量大於其他二種固液比(1：2.5及1：5.0)。同時，當固液比控制於1：10時，以硫酸或混合酸作為萃取酸液，對於底渣中三種重金屬之析出量為最佳。

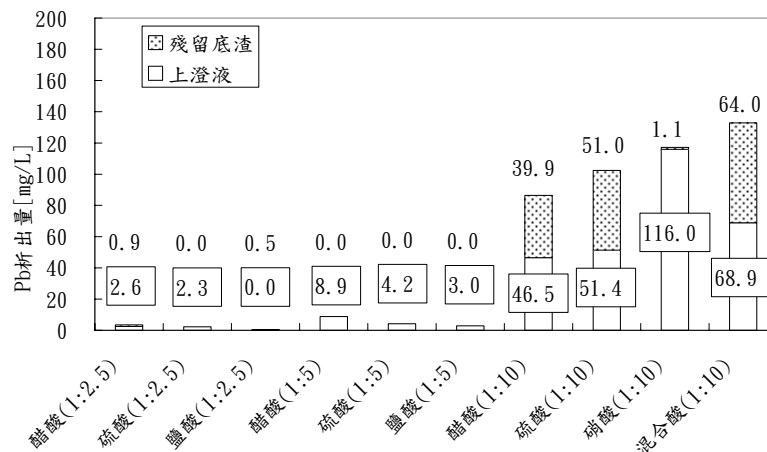


圖4萃取酸0.5M時，不同固液比(1:2.5、1:5、及1:10)對 Pb 析出量之影響

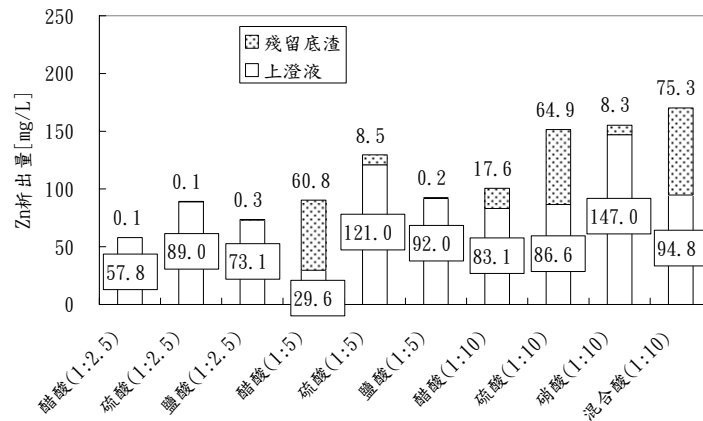


圖6萃取酸0.5M時，不同固液比(1:2.5、1:5、及1:10)對 Zn 析出量之影響

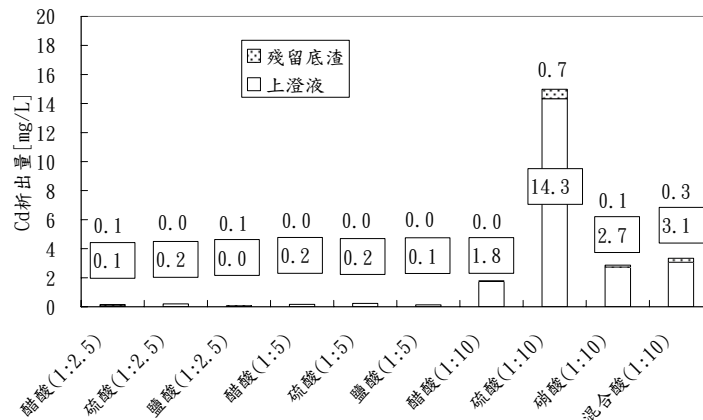


圖5萃取酸0.5M時，不同固液比(1:2.5、1:5、及1:10)對 Cd 析出量之影響

4.4 固液比1：10時，不同萃取酸濃度及種類對重金屬析出量之影響

由前面的實驗結果將固液比控制於1：10時，圖7、圖8、圖9分別為利用不同濃度之醋酸、硫酸、硝酸、混合酸等四種萃取酸液，進行 UST 震盪處理底渣，對三種重金屬 Pb、Zn、Cd 溶出效果之探討。

由圖7結果發現，Pb 析出量的多寡受酸液之萃取作用影響，當萃取酸濃度在0.5M時，其析出量多寡順序為混合酸(132.90mg/L) > 硝酸(117.1mg/L) > 硫酸(102.4mg/L) > 醋酸(86.4mg/L)。而當萃取酸濃度在1.0M時，其析出量多寡順序為硫酸(222.2mg/L) > 混合酸(183.8mg/L) > 醋酸(123.8mg/L) > 硝酸(107.9mg/L)。而當萃取酸濃度在5.0M時，硫酸(312.80mg/L) > 混合酸(256.8mg/L) > 硝酸(228.8mg/L) > 醋酸(198.5mg/L)。當萃取酸濃度在10.0M時，其析出量多寡順序為硝酸(276.2mg/L) > 混合酸(264.4mg/L) > 硫酸(236.9mg/L) > 醋酸(228.9mg/L)。其次，由圖8結果得知，當萃取酸濃度在0.5M時，Cd 析出量多寡順序為硫酸(14.98mg/L) > 混合酸(3.4mg/L) > 硝酸(2.8mg/L) > 醋酸

(1.8mg/L)。當萃取酸濃度在1.0M 時，Cd 析出量多寡順序為硫酸(20.8mg/L) > 硝酸(10.5mg/L) > 醋酸(10.2mg/L) > 混合酸(4.2mg/L)。當萃取酸濃度在5.0M 時，Cd 析出量多寡順序為硝酸(39.1mg/L) > 醋酸(24.9mg/L) > 硫酸(21.6mg/L) > 混合酸(7.0mg/L)。當萃取酸濃度在10.0M 時，Cd 析出量多寡順序為硝酸(52.1mg/L) > 醋酸(30.5mg/L) > 硫酸(28.5mg/L) > 混合酸(8.5mg/L)。

另外，由圖9結果可以獲得，當萃取酸濃度在0.5M 時，Zn 析出量多寡順序為混合酸(170.1mg/L) > 硝酸(155.3mg/L) > 硫酸(151.5mg/L) > 醋酸(100.7mg/L)。當萃取酸濃度在1.0M 時，Zn 析出量多寡順序為硫酸(623.0mg/L) > 醋酸(618.0mg/L) > 混合酸(339.0mg/L) > 硝酸(298.4mg/L)。當萃取酸濃度在5.0M 時，Zn 析出量多寡順序為硝酸(936.0mg/L) > 硫酸(428.0mg/L) > 混合酸(388.0mg/L) > 醋酸(251.8mg/L)。當萃取酸濃度在10.0M 時，Zn 析出量多寡順序為硝酸(1180.0mg/L) > 硫酸(860.10mg/L) > 醋酸(749.0mg/L) > 混合酸(645.9mg/L)。

三種萃取酸液在不同濃度下，對三種重金屬的析出效果並不一致。整體而言，主要以硫酸及硝酸對三者同時析出的效果較佳。另外，當萃取酸為低濃度時，析出量以硫酸為居多。相對的，當萃取酸為較高濃度酸時，重金屬的析出量則以硝酸居多。

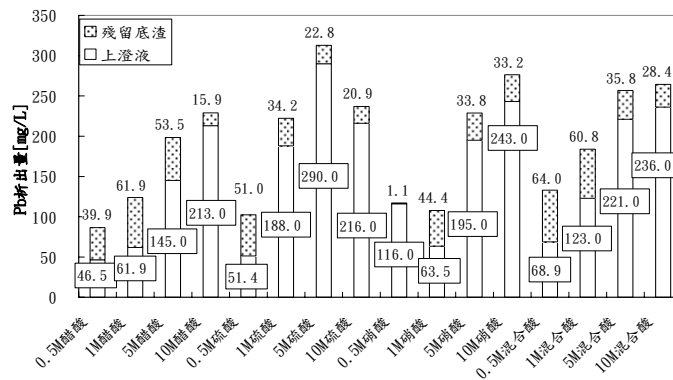


圖7當固液比1：10時，於不同萃取酸種類與其濃度對 Pb 析出量之影響

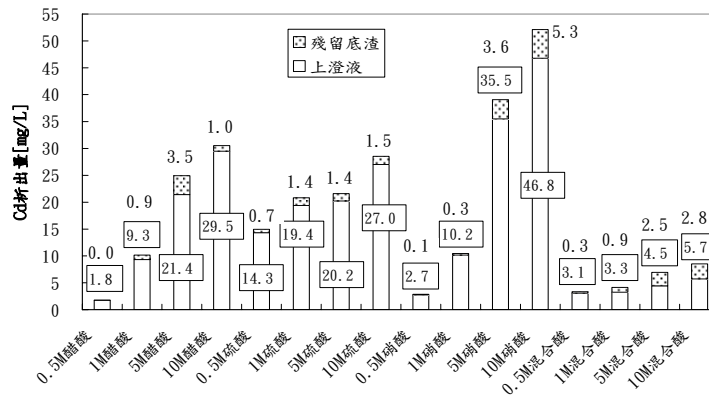


圖8當固液比1：10時，不同萃取酸種類與其濃度對 Cd 析出量之影響

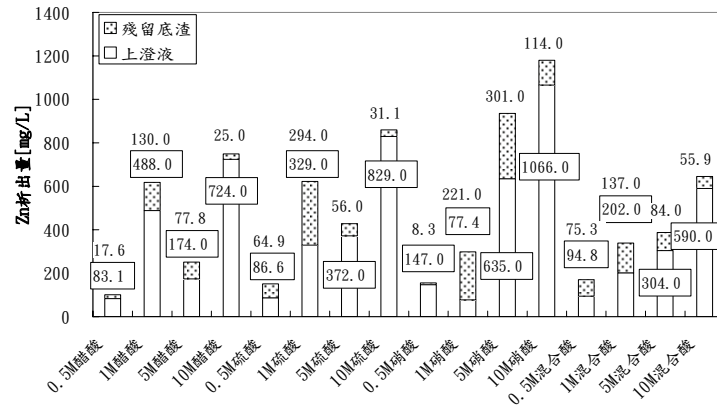


圖9固液比1：10時，不同萃取酸種類與其濃度對 Zn 析出量之影響

4.5 經 UST 處理後 pH 之變化

於 UST 震盪處理過程，反應前後底渣上澄液之 pH 變化於 UST 反應前，五種萃取酸液硫酸、硝酸、鹽酸、醋酸及混合酸之 pH 範圍分別約在 1.40~2.80、1.45~3.75、3.35~4.03、4.80~5.10 及 1.12~3.68 之間，經過酸萃取 UST 震盪反應後之 pH 值皆有顯著上升，其範圍分別約在 4.58~6.86、4.84~5.86、4.44~5.69、5.90~8.05 及 5.59~7.94 之間。於酸萃取 UST 震盪反應後，其 pH 值皆有明顯的上升且趨於中性或鹼性。推斷，若添加之萃取酸液之濃度或添加量不高時，因經 UST 反應後其 pH 值趨於中性或鹼性。

伍、結論

藉酸液萃取、水 UST 及酸液 UST 處理，發現藉由水 UST 處理後能由底渣額外析出部份重金屬 Zn。若藉由酸液 UST 震盪處理，其 Zn 析出效果明顯增加，但因人體所受 Zn 影響並不顯著且法規未管限制值。實驗數據推論，經 UST 處理可藉由震動將能量傳輸使 Pb、Cd、Zn 能有效由底渣中析出，其析出量也較「僅經萃取酸浸泡」及「水 UST 處理」的處理方法為高。

另外，當固液比控制於 1：10 時，底渣中 Pb、Cd、Zn 之析出量大於其他二種固液比 (1：2.5 及 1：5.0)。同時，當固液比控制於 1：10 時，以硫酸或混合酸作為萃取酸液，對於底渣中三種重金屬之析出量為最佳。最後，三種萃取酸液 (硫酸、硝酸、混合酸) 在不同濃度下，對三種重金屬的析出效果並不一致。就整體而言，主要以硫酸及硝酸對三者同時析出的效果較佳。此外，當萃取酸為低濃度時，重金屬的析出量以硫酸為居多。相對的，當萃取酸為較高濃度酸時，重金屬的析出量則以硝酸居多。

因此，Pb 析出量順序為混合酸>硫酸>硝酸>醋酸，Zn 析出量順序為硫酸=硝酸>混合酸>醋酸，而 Cd 析出量順序為硝酸>硫酸>醋酸>混合酸。經 UST 反應後之底渣中重金屬 (Pb、Zn、Cd) 與一般反應條件 TCLP、水洗法及酸萃取法等比較後，依據各試驗結果，推論於 UST 處理效果下，操作條件於震盪時間 30min、震盪強度 200W、萃取酸採用 1.0M~5.0M 的硫酸及硝酸具有較佳析出效率，可使 UST 具有顯著性的析出效

率。

參考文獻

1. 施忠賢，「垃圾進料組成影響飛灰中鉛重金屬含量之研究」，碩士論文，國立台北科技大學環境規劃與管理研究所，台北，2006。
2. 章蕙蘭、趙文成、林正芳、陳婉如，「垃圾焚化底渣應用於道路基層之可行性評估」，2003產業環保工程實務技術研討會，台北，2003，第519~541頁。
3. Mason, T. J., J. P. Lorimer, and D. J. Waltson, (1990). "Sonoelctro chemistry," *Ultrasonics*, Vol. 28, pp.333 Misik, V., N. Miyoshi., and P. Riesz, (1995).
4. Schramm, J. D. and I. Hua., (2001) "Ultrasonic Irradiation of Dichlorvos :Decomposition Mechanism," *Water Research*, Vol. 35, pp.665-674.
5. Hoffmann, M. R., I Hua, and R. Hochemer., (1996). "Application of Ultrasonic Irradiation for the Degradation of Chemical Contaminants in Water," *Ultrasonics Sonoc*
6. Gonze, E., L. Fourel, Y. Gonthier, P. Boldo, and A. Bernis., (1999). "Wastewater Pretreatment with Ultrasonic Irradiation to Reduce Toxicity," *Chemical Engineering Journal*, Vol. 73, pp.93-100.
7. Hart, E. J., C. H. Fischer, and A. Henglein., (1986). "Isotopic Exchange in the Sonolysis of Aqueous Solutions Containing 14,14N₂ and 15,15N₂," *Journal of Physical Chemistry*, Vol. 90, pp.5989-5991.
8. 張坤森，「受重金屬污染土壤之輔助整治技術新探—超音波應用技術之研究」，第五屆地下水資源及水質保護研討會，雲林，2002。
9. Li, Hui, Zhaohui Zang, Siping Tang, Yanan Li, Yongkang Z, Zhang, (2008) "Ultrasonically assisted acid extraction of manganese from slag", *Ultrasonics Sonochemistry*, 15, pp. 339-343.
10. Kazi, T.G., M.K. jamali, A. Siddiqui, G. H. Kazi, M. B. Arain, H. I. Afridi, (2006). "An ultrasonic assisted extraction method to release heavy metals from untreated sewage sludge samples," *Chemosphere*, 63, pp. 411-420.
11. 環保护法規，有害事業廢棄物認定標準，行政院環境保護署，台北，2007。

水洗震盪與超音波震盪去除 垃圾焚化底渣中水溶性氯離子之探討

Study of soluble chloride ions extraction from the incineration bottom ash
by the ultrasonic treatment (UST) and the shaking treatment (ST)

秦孝偉¹ 林奇剛² 周尚義³

H. W. Ching¹ C. C. Lin² S. Y. Chou³

1. 東南科技大學 環境與安全衛生工程系 助理教授 2. 東南科技大學 環境與安全衛生工程系 副教授
3. 東南科技大學 防災科技研究所環境組 研究生

摘 要

垃圾經焚化處理後所衍生出之底渣中含有水溶性氯離子，水溶性氯離子會造成鋼筋腐蝕，導致混凝土層龜裂，並使得混凝土強度減弱，因此，欲將底渣再利用於含有鋼筋混凝土之添加料時，須將底渣中水溶性氯離子含量降低方可使用。本研究分別探討以水洗震盪與超音波震盪作為底渣於再利用前之處理程序，期能有效降低底渣中水溶性氯離子含量。本研究結果顯示，單一階段實驗於相同震盪時間與相同液固比（L/S）條件下，使用水洗震盪（ST）對於底渣溶出氯離子之效果較超音波震盪（UST）為佳，其單一階段最適實驗操作條件 L/S 為 3，水洗震盪時間為 30 分鐘，此時水溶性氯離子溶出率可達 83%，後續提高 L/S 與震盪時間，並無相對提升水溶性氯離子之溶出效果。於二階段實驗，其對底渣中水溶性氯離子總溶出效率依序為 ST-ST > ST-UST > UST-ST > UST-UST，其總溶出率分別為 83%、78%、75%、57%。另於相同總 L/S 及總震盪時間時，單一階段（ST）與二階段（ST-ST）實驗對於水溶性氯離子總溶出效果差別不大，均約為 83%，顯示以二階段水洗並無法提升水溶性氯離子之溶出效果。

關鍵字：垃圾焚化底渣、水洗震盪、超音波、氯離子

Abstract

The bottom ash, derived from the incineration of refuse, always contains the water-soluble chloride ions. The water-soluble chloride ions can cause corrosion of steels, resulting in cracking of concrete layer and then weakening the strength of concrete. Therefore, to reuse of the bottom ash in concrete as the added ingredients, the concentration of residue chloride ion in the bottom ash must be reduced to lower than 0.024% (w/w). In this research, the ultrasonic treatment (UST) and the shaking treatment (ST) are employed as pre-treatment processes for extracting of the water-soluble chloride ion in the bottom ash. The results of this study show the ST has better chloride ion extraction efficiency, compared to the UST for one stage experiments under same reaction time and liquid/solids (L/S) ratio. The optimal operation conditions for one stage experiment are L/S ratio of 3 and shaking time of 30 minutes. The extraction percentage of soluble chloride ions can reach about 83% under the above conditions. For two stage experiments, the extraction efficiency of total soluble chloride ions follow the order of ST-ST > ST-UST > UST-ST > UST-UST, and the extraction percentages are 83%, 78%, 75%, and 57%, respectively. In addition, the similar extration efficiency (around 83%) are obtained for both one stage and two stages experiments under the same total L/S ratio and shaking time.

Keywords: Bottom ash; Ultrasonic treatment, UST; Shaking treatment, ST; Chloride ions

壹、研究背景

台灣地區垃圾處理現已由掩埋朝向焚化處理為主，垃圾經焚化處理可達到減量化、安定化、衛生化、無害化之目標。然垃圾經焚化後伴隨產生大量之底渣，其主要由矽、鋁、鈣及鐵等之氧化物所組成，底渣經高溫燒結後之氧化物在較為穩定的情況下，可作為資源材料化的物質，因此具有回收再利用的價值。

依行政院環境保護署於中華民國 96 年 7 月 26 日公告修正「一般廢棄物-垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，目前底渣多利用於第二、三類產品，如道路基層底層摻合級配、地下管溝回填材料及瀝青混凝土摻合骨材等。由於底渣內含有過量之水溶性氯離子，會增加鋼筋表面腐蝕之速率，進而產生大量鐵鏽，導致鋼筋混凝土建築物之混凝土保護層龜裂，使得建築物結構強度減弱，因此目前並無法再利用於第一類產品（鋼筋混凝土之級配料）。欲使底渣能應用於鋼筋混凝土之添加料時，必須將底渣中水溶性氯離子含量降低。本研究針對底渣再利用方式中第一類型產品（鋼筋混凝土之級配料）水溶性氯離子含量標準進行探究，擬利用不同前處理程序，探討不同試驗方法與操作條件對於降低底渣中水溶性氯離子含量之效果，期能提升底渣再利用之範疇。

貳、文獻回顧

一、超音波於固體萃取之應用

國外學者 Li 等人（2008）研究，利用超音波萃取熔渣中金屬物質，其實驗操作變數共五項，其對萃取效果之重要因素排列分別為熔渣的顆粒大小、萃取液體與固體之比率（L/S）、酸類萃取原液添加量、超音波萃取時間及超音波萃取時之工作溫度，研究結果顯示超音波可加速酸類萃取熔渣中錳類金屬元素濃度，且實驗操作之最適條件為溶渣顆粒大小 0.2 mm、L/S 為 4 ml/g、酸類萃取液 8 mg/L、萃取時間 35 min 與操作溫度 60 °C。國外學者 Kazi 等人（2006）以歐盟固體廢棄物標準萃取方法（BCR）與超音震盪連續萃取法，比較二種方法萃取固體中之各類金屬物質效率，整體而言，利用超音波震盪可提升固體廢棄物中鎘、鉻、鎳、鉛、鋅金屬萃取濃度。

Al-Merey 等人（2002）針對不同酸液（HCl、HNO₃、HClO₄）以超音波萃取固體廢棄物中銅及鋅類金屬物質進行探討，實驗結果顯示，在室溫 25 °C 及超音波頻率 40 KHz，萃取時間為 4 hr 之操作條件下，HCl 之效果最佳，其中鋅類及銅類金屬萃取濃度分別為 8 µg/g 及 12 µg/g。國外學者 Perez-Cid 等人（1998），採用三組不同實驗方式，以比對其污泥中銅、鉻、鎳與鋅之萃取結果，第一組為傳統三階段萃取試驗（BCR），第二組實驗則將 BCR 萃取試驗中之旋轉震盪步驟改為超音波震盪，第三組則合併第二組實驗中，第一與第二階段的萃取時間與 H₂O₂ 濃度，由實驗結果可知第三組實驗萃取效率最佳，不但可縮短實驗時間，並可降低使用超音波之功率。

二、液體溶出氯離子之應用

為降低焚化飛灰之體積量及飛灰中之氯化物含量，國外學者 Zhu 等人（2008）研

究使用單一、二階段、三階段水洗實驗，比較加入二種不同藥品之焚化飛灰水洗後特性，二種不同試驗樣品為加入 NaHCO_3 之飛灰 (NaFA) 與加入 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 之飛灰 (CaFA)。研究指出二種樣品焚化飛灰採單一水洗階段時，於液體與固體之比例 (L/S) 為 3 即獲得最高之氯化物溶出率，使用更多水量 (L/S:4-10) 並未增加氯化物之萃取率。於二階段水洗的實驗中發現易溶於水之化合物於第一階段已被溶出，而剩下難溶於水之化合物則是於第二階段溶出。於三階段水洗試驗後顯示，處理後之 (NaFA) 飛灰氯化物含量為 0.9%，而 (CaFA) 則於二階段程序為較適試驗條件 (L/S:3, 150 rpm, 5 min; L/S:10, 150 rpm, 30 min)，其處理後之飛灰氯化物含量為 1.2%。綜合各階段實驗結果得知，使用水洗降低焚化飛灰體積量及氯化物含量之試驗條件，其依照重要性排序為水洗次數、液體與固體的震盪時間、水洗震盪轉速、液體與固體之比例。

Abbas 等人 (2002) 研究利用水洗處理都市固體廢物經流體化焚化爐燃燒後之飛灰中鹽類物質。研究結果發現單一階段實驗 L/S 為 1 及 2 時，於試驗時間 20 min 即達最大氯離子溶出量，後續提升 L/S 至 4 並未增加氯離子溶出率。另於三階段水洗實驗結果發現，以 L/S 為 2 時，所萃取氯離子之效果最佳，並且以第一階段溶出率最高，顯示易溶於水之鹽類化合物大都於第一階段溶出，而剩餘之難溶於水之鹽類化合物，則於後續階段溶出。綜合各階段研究結果，以三階段實驗 L/S 為 2 之條件下，可獲得最佳氯離子萃取量。

為減少城市固體廢棄物焚化底灰中氯化物之含量，Boghetich 等人 (2004) 探討利用自來水去除之。實驗結果顯示，氯離子溶出曲線於試驗時間 15 min 時即到達平緩趨勢，其中溫度對於不同 L/S 與不同顆粒尺寸之底灰氯離子溶出變化，均有明顯的影響作用。Herck and Vandecasteele (2001) 使用水洗震盪方式 (Shaking) 去除垃圾焚化飛灰中之易溶性之物質，條件設定 L/S 為 200，震盪時間 3 小時。試驗結果顯示可去除 $85 \pm 4\%$ 之 Cl^- ， SO_4 去除率為 $90 \pm 1\%$ ，而與 Cl^- 及 SO_4 結合之相關金屬鹽類元素之 Na、K、Ca 之去除率分別為 $54.6 \pm 0.3\%$ 、 $71.1 \pm 0.2\%$ 、 $21.3 \pm 0.2\%$ ，結果指出使用水洗方式可去除飛灰中部分鹽類金屬化合物，如易溶性鹽類 (NaCl 、 KCl 、 CaCl_2)。

參、研究方法材料與設備

一、研究方法

本研究程序分為單一、二階段試驗。單一階段試驗分別採用水洗震盪 (Shake Treatment, ST) 與超音波震盪 (Ultrasound Sonication Treatment, UST)。二階段試驗將二種方法 (ST 及 UST) 相互搭配，探討二種處理方式交互搭配使用下，對於底渣溶出氯離子之變化，其結果並將與單一階段試驗結果比較之。

二、實驗原理

底渣中水溶性氯離子溶出機制 (Boghetich et al., 2004) 為利用萃取液與底渣表面或底渣內部孔隙可溶於水之氯化結晶物進行解離反應，其經解離反應後之物質須穿透底渣表面擴散薄膜至液體中，歸納水溶性氯離子溶出機制分為 (1) 液體溶解氯化物結晶體 (2) 底渣表面薄膜擴散作用 (3) 底渣內部孔隙離子擴散。本研究欲使用 ST 與 UST 之震盪能量，提升解離反應後水溶性氯離子擴散至液體之速率。

三、實驗材料

本研究材料取自北部某垃圾焚化底渣再利用廠未處理之底渣作為試驗樣品，底渣經美國標準篩網孔徑 4.76 mm 過篩後，再使用石蠟膜密封儲存於防潮箱內，並維持一定溫度與濕度，以利後續實驗樣品之一致性。

四、實驗設備

以恆溫震盪水槽 (Model DKW-40L, Deng Yen) 進行水洗震盪試驗 (ST)，震盪轉速設定為 75 rpm。超音波震盪試驗 (UST) 採用槽壁式超音波震盪機 (BRANSON 2510)，其震盪頻率 42 KHz，輸出功率 100 W。底渣重量以精密分析天秤 (METTER TOLEDO College B204-S) 量秤。分析萃取液與浸泡液中之氯離子濃度使用分光光度計 (HACH DR/2800) 測定之。使用美國標準尺寸之分析篩網 (KUANG YANG) 進行底渣篩分。將試驗後之殘餘底渣以烘箱 (PRECISION OVEN CH-60) 烘乾至恆重。

五、實驗流程

利用分析天秤量取 30 g 之底渣至小數 4 位，再加入去離子水萃取液至設定之液/固比 (L/S)，進行水溶性氯離子萃取試驗。試驗後之萃取液使用玻璃纖維濾紙過濾後，以 (HACH) DR/2800 Method 8113 Mercuric Thiocyanate Method 測定其氯離子含量，另將經震盪試驗後之底渣放置 105 °C 烘箱內，待烘乾至恆重及冷卻後，將底渣浸泡於去離子水，並依 CNS 13407 細粒料中水溶性氯離子含量試驗法之規定使其 L/S 為 0.5，靜置時間 24 小時，待浸泡時間終了，每隔 5 分鐘上下翻轉一次，共計三次，靜置數分鐘後抽取浸泡液 (上層液) 經過濾再測定其氯離子含量。

六、溶出率計算方法

利用 ST 與 UST 萃取之氯離子含量定義為水溶性氯離子溶出量，而經 ST 與 UST 試驗後之殘餘底渣，再經 24 小時浸泡所萃取之氯離子含量為底渣剩餘水溶性氯離子含量。各階段水溶性氯離子溶出效果以水溶性氯離子溶出率 (%) 表示之，其計算式如 3.6.1 式所示。

$$\text{水溶性氯離子溶出率}\% = \frac{A}{(A+B)} \times 100\% \quad (3.6.1)$$

A：水溶性氯離子溶出量 (mg/kg)；B：底渣剩餘水溶性氯離子含量 (mg/kg)

肆、結果與討論

本研究以 ST 與 UST 法於單一階段與二階段程序試驗，探討在總 L/S 與總震盪時間條件相同下，對萃取自底渣中水溶性氯離子溶出量之變化情形。主要包括單一階段試驗於不同時間與 L/S 條件下之水溶性氯離子溶出情形，以及依單一階段所獲致之較適試驗條件改採二階段程序，探討相同總處理時間及試驗條件下，多階段試驗對水溶性氯離子溶去效果之影響；另將二種方法相互搭配，期能獲得較佳之氯離子溶出效果。

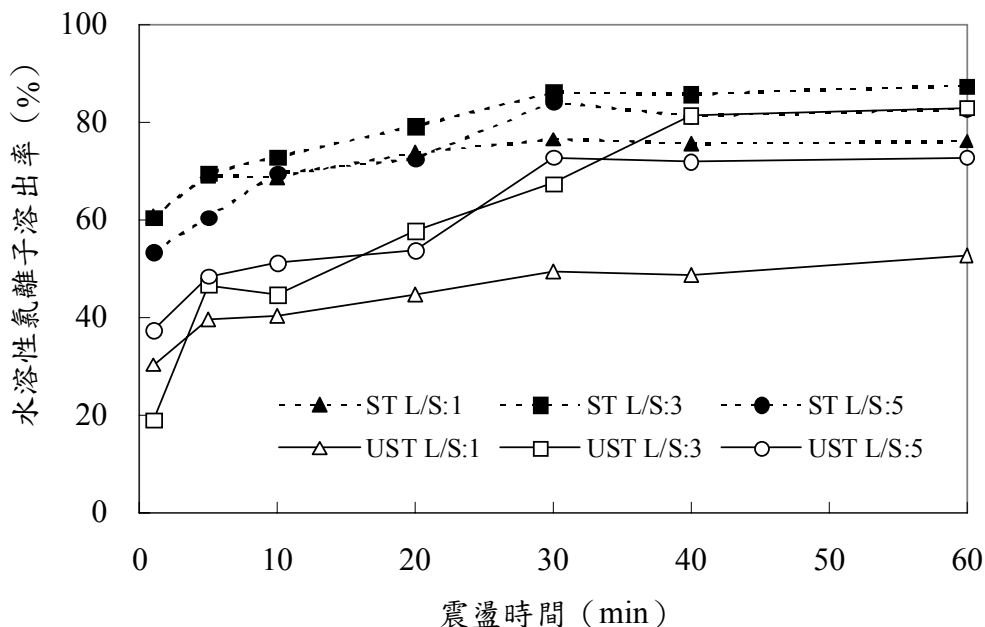
一、單一階段實驗

(一) 液固比 (L/S) 對於易溶性氯離子溶出之變化

利用UST與ST在不同L/S條件下，萃取底渣中水溶性氯離子情形如圖一所示。ST處理法於震盪時間 30-60 min時，不同L/S對於氯離子溶出效果為L/S:3 > L/S:5 > L/S:1，由此可知，增加L/S可提升萃取底渣中水溶性氯離子，但增加至一定之L/S時，對於萃取水溶性氯離子之情形並無相對提升，此研究結果與 (Abbas et al., 2003; Boghetich et al., 2005; Fenfen et al., 2008) 相同，相較之下使用UST法則於 40-60 min才可明顯看出L/S:3之溶出率高於L/S:5 溶出率，研判此結果為超音波之熱化作用關係所造成，由圖二顯示不同萃取液 (L/S為3及5) 用量對於溫度上升之趨勢。使用L/S為3之水溫於 5-10 min開始就與L/S為5時有差別，其中L/S為3溫度上升趨勢較為快速，此試驗結果得知，使用較少水量於UST試驗之水溫上升較快。此與 (Boghetich et al., 2005) 研究結果顯示，水溶性氯離子溶出之效率與溫度條件有關相符。

(二) 不同震盪時間對氯離子溶出之變化

由圖一結果顯示以 UST 與 ST 在不同震盪時間設定下，對溶出底渣中水溶性氯離子之關係。利用 ST 於 L/S 為 1、3、5，在震盪時間均至 30 min 時，其水溶性氯離子溶出率趨勢均呈現平緩之現象，後續提高震盪時間至 40 min 與 60 min，其水溶性氯離子溶出率並未增加。另以 UST 於 L/S 分別為 1 及 3，震盪時間 0-40 min 時，氯離子溶出趨勢隨震盪時間增加而有上升跡象，而於震盪時間大於 40 min，其溶出趨勢則開始顯示平緩現象。

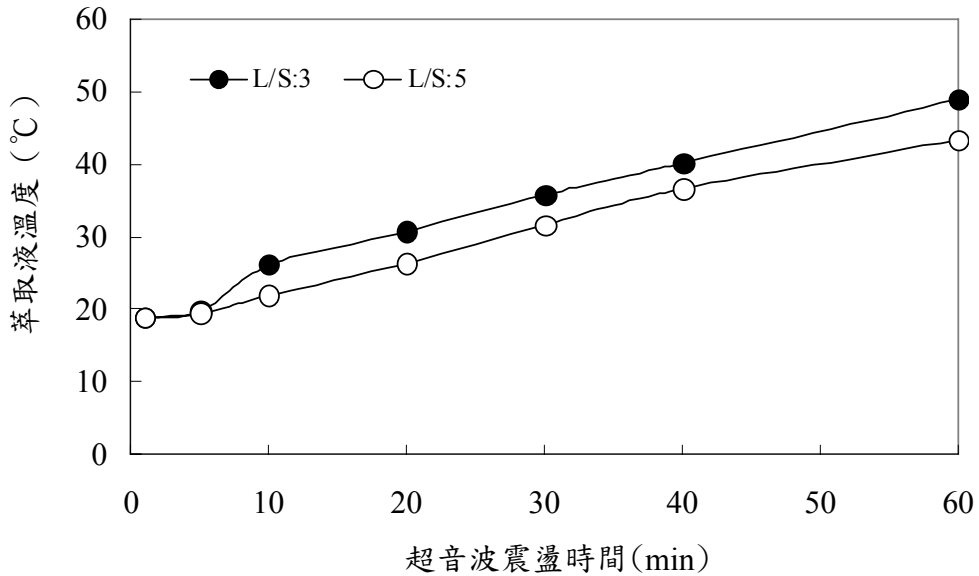


圖一、UST與ST於不同震盪時間及不同L/S下之氯離子萃取變化

(三) ST與UST萃取水溶性氯離子之效果比較

於不同 L/S (1、3、5) 與不同震盪時間 (1、5、10、20、30、40、60 min) 之實

驗操作條件下，ST 與 UST 實驗對萃取底渣中水溶性氯離子之效率如圖一所示。結果顯示，使用 ST 對底渣中水溶性氯離子溶出效率均比使用 UST 為高。其中 ST 於 (L/S 為 3，震盪時間 30 min) 與 UST 於 (L/S 為 3，震盪時間 60 min)，得到最佳之氯離子去除率分別為 86%及 83%。



圖二、L/S於3、5在不同超音波震盪時間下之趨勢

綜合第一階段實驗結果得知，使用 ST 於 L/S 為 3 及震盪時間 30 min，所萃取出底渣中水溶性氯離子之效果最佳，推斷其水溶性氯離子主要溶出機制可能為氯化物結晶體解離為氯離子，並擴散至萃取水溶液中，其中可能包括底渣表面或內部孔隙擴散至液體之水溶性氯離子。

二、二階段實驗

二階段實驗程序以 ST 與 UST 二種方法相互搭配，其目的為探究較佳之萃取底渣中水溶性氯離子之處理程序。二種處理方法搭配順序及試驗條件於表 1 所示。

表 1. 二階段實驗操作條件

樣品	處理程序	實驗條件
1	ST - ST	第一階段：L/S:1.5，15 min 第二階段：L/S:1.5，15 min
2	ST - UST	
3	UST - UST	
4	UST - ST	

(一) 第一階段去除率

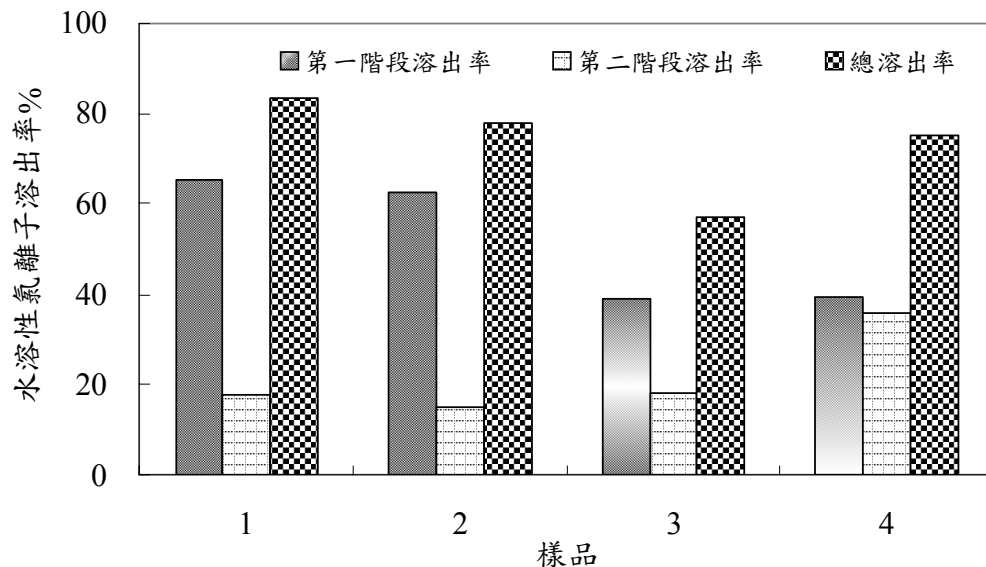
由圖三可看出第一階段使用 ST (樣品 1、2) 所溶出之氯離子溶出率 (樣品 1：

65.3%；樣品 2：62.3%）均高於使用 UST（樣品 3、4）之溶出率（樣品 3：40%；樣品 4：39.3%），此實驗結果與單一階段實驗結果相同，使用 ST 萃取之水溶性氯離子溶出率高於使用 UST 所萃取之水溶性氯離子溶出率。

（二）第二階段去除率

樣品 1 及 2 經第一階段 ST，第二階段分別使用 ST 與 UST 進行處理，經過第二階段處理後之水溶性氯離子溶出率分別為（樣品 1：18%；樣品 2：15.2%），顯示第一階段使用 ST 已將部分可溶於水之氯化物溶出，接續再分別使用不同萃取處理程序，對剩餘在底渣中水溶性氯離子看來，其萃取效果並未有明顯之差別。

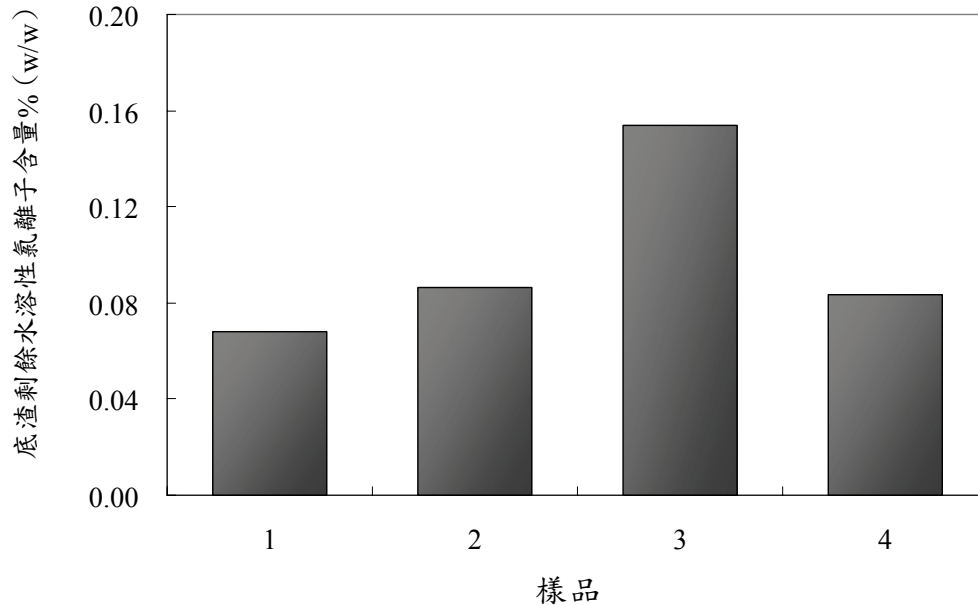
樣品 3 及 4 經第一階段 UST 後，第二階段分別使用 UST 與 ST 進行處理，經過第二階段處理後之水溶性氯離子溶出率分別為（樣品 1：18%；樣品 2：35.9%）。樣品 3 及 4 於第二階段之實驗結果，與樣品 1 及 2 於第二階段實驗結果不同，樣品 4 之水溶性氯離子溶出率約為樣品 3 水溶性氯離子溶出率的二倍，此現象研判為樣品 4 於第一階段 UST 時，因超音波之噴射作用與熱化作用，將底渣於垃圾焚化廠出廠前需經過水萃降溫，形成原細小顆粒之底渣進而凝結成大顆粒之底渣，分解為原較小之顆粒後，接續 ST 過程中，因於第一階段 UST 提高了底渣與萃取液之接觸面積，因而提高了 ST 萃取水溶性氯離子萃取效果。



圖三、二階段處理程序水溶性氯離子去除率

（三）經二階段實驗之總去除效果

樣品 1、2、3 及 4 總水溶性氯離子之溶出率分別為 83%、78%、57%、75%，試驗樣品依實驗結果水溶性氯離子總溶出率由高至低排序為 $1 > 2 > 4 > 3$ 。經二階段處理程序後之剩餘底渣，再經過 24 小時以去離子水浸泡後，所溶出之水溶性氯離子含量於圖四所示，測定結果之水溶性氯離子含量重量百分比為（樣品 1：0.068%；樣品 2：0.0865%；樣品 3：0.1539%；樣品 4：0.0835%），其含量由低至高依序為 $1 > 4 > 2 > 3$ ，此結果顯示，二階段程序使用 ST-ST 處理對於底渣中水溶性氯離子之萃取效果最佳。



圖四、經二階段程序處理後之底渣剩餘水溶性氯離子含量

伍、結論

1. 單一階段實驗結果顯示，以相同實驗條件下，使用水洗震盪（ST）萃取底渣中水溶性氯離子溶出率較超音波震盪（UST）為佳，最適實驗操作條件為 L/S 為3，水洗震盪時間為30 min，此時氯離子溶出率可達86%。
2. 提高 L/S 與震盪時間，並無法相對提升水溶性氯離子之萃取效率。
3. 使用二階段處理程序對於水溶性氯離子總溶出效率由高至低排序為 ST-ST > ST-UST > UST-ST > UST-UST，分別為83%、78%、75%、57%。
4. 設定總 L/S 為3及總震盪時間為30 min 時，單一階段 ST 與二階段（ST-ST）實驗，其水溶性氯離子溶出效果相似，因此分二階段水洗並無法提高水溶性氯離子之萃取效率。

參考文獻

- Abbas, Zareen., Azadeh Partovi Moghaddam., Britt-Marie Steenari, (2003) "Release of salts from municipal solid waste combustion residues", *Waste Management*, 23, pp. 291-305.
- Al-Mery, R., M. S. Al-masri, R. Bozou, (2002) "Cold ultrasonic acid extraction of copper, lead and zinc from oil samples", *Analytica Chimica Acta*, 452, pp. 143-148.
- Boghetich, Giancarlo., Lorenzo Liberti, Michele Notarnicola, Maria Palma, Domenico Petruzzeli, (2005) "Chloride extraction for quality improvement of municipal solid waste

- incinerator ash for the concrete industry”, *Waste Management & Research*, 23, pp. 57-61.
- Herck, Peter Van, and Vandecasteele Carlo, (2001) “Evaluation of the use of a sequential extraction procedure for the characterization and treatment of metal containing solid waste”, *Waste Management*, 21, pp. 685-694.
- Kazi, T.G., M.K. jamali, A. Siddiqui, G. H. Kazi, M. B. Arain, H. I. Afridi, (2006) “An ultrasonic assisted extraction method to release heavy metals from untreated sewage sludge samples”, *Chemosphere*, 63, pp. 411- 420.
- Li, Hui, Zhaohui Zang, Siping Tang, Yanan Li, Yongkang Z, Zhang, (2008) “Ultrasonically assisted acid extraction of manganese from slag”, *Ultrasonics Sonochemistry*, 15, pp. 339-343.
- Pérez-Cid, B., I. Lavilla, C. Bendicho, (1998) “Speeding up of a three-stage sequential extraction method for metal speciation using focused ultrasound”, *Analytica Chimica Acta*, 360, pp. 35- 41.
- Schramm, J. D. and I. Hua, (2001) “Ultrasonic Irradiation of Dichlorvos: Decomposition Mechanism”, *Water Research*, Vol. 35, pp. 665-674.
- Zhu, Fenfen., Masaki Takaoka, Kazuyuki Oshita, Nobuo Takeda, (2008) “Comparison of two types of municipal solid waste incinerator fly ashes with different alkaline reagents in washing experiments” *Waste Management*.

新竹縣大氣 VOCs 檢測與臭氧產生潛勢分析

Ambient VOCs and Ozone Formation Potential in Hsin-Chu County

華梅英¹、巫健次²、殷志鴻³、顏有利⁴、張秀慧⁵

¹東南科技大學 環境與安全衛生工程系 副教授 ²新竹縣環保局 局長 ³新竹縣環保局空氣污染防治課 課長
⁴聯合大學環境與安全衛生工程系 副教授 ⁵東南科技大學 防災科技研究所 研究生 暨 台北縣環保局評估及規劃科 (技士)

摘 要

本研究分別於2008年5月9日及9月26日，在新竹縣五處測點進行二次大氣中揮發性有機物(VOCs)採樣分析，其方法依據環保署 NIEA A715.12B 之不鏽鋼瓶採樣及GC/MS 分析，檢測 VOCs 物種共計59項。五處測點包括工業區、加油站、商業區及湖口站(環保署工業區測站位於信勢國小)與竹東站 (環保署一般測站位於大同國小)，以比較各處同時間之濃度差異性。此外本研究亦利用最大增量反應(MIR)方式評估各處臭氧產生潛勢。

由研究結果顯示，測點中以商業區的 VOCs 總濃度最高，污染物主要為乙烯、乙炔、甲苯、乙烷、MTBE 及異戊烷等；以竹東站總濃度最低，主要物種為乙烷、丙烷、甲苯等。各測點前十大 VOCs 物種濃度佔全量至少60%以上比例，大多數污染物種 VOCs 之高濃度值出現在上午7-8時之間，明顯受交通尖峰之影響。將 VOCs 濃度依類別區分，由高至低分別為烷類、烯類、苯類、醚類，前二者分別佔約四至八成與二至三成，比較而言商業區之烷類較低，加油站及商業區之醚類較高。在臭氧產生潛勢方面，潛勢值以商業區平均 $6700 \mu\text{g O}_3$ 最高、二處測站較低平均為 $330 \mu\text{g O}_3$ ，主要因商業區 VOCs 中以 MIR 高之物種濃度較高，如1,2,4-三甲苯、乙烯、二甲苯及丙烯等物質。在臭氧貢獻比例上，以烯類與苯類貢獻量最多，合計約為七至八成。

關鍵字：揮發性有機物、新竹縣、空氣品質、臭氧產生潛勢、最大增量反應

Abstract

In this study concentrations of volatile organic compounds (VOCs) were measured on May 9 and September 26, 2008 in the Hsinchu County at five sampling sites in order to compare the background concentration between them. The five sites included industrial area, gas station, shopping center and two Environmental Protecting Administration's (EPA's) monitoring stations—Jhudong and Hukou, which located at Xinshi and Datong primary school. About 59 species were measured and the testing method followed the NIEA A715.12B, announcing by EPA, which samples are collected by canisters and analyzed by GC/MS. The Maximum Incremental Reactivity (MIR) were used to estimate photochemical ozone formation potential. The results showed that shopping center has the highest concentration and acetylene is the most abundant VOC, followed by acetylene, toluene, ethane, MTBE and isopentane; EPA's Jhudong monitoring station has the lowest concentration and the main species are ethane, propane and toluene. Top ten species accounted for more than 60% quantity of VOCs and the high concentration appears among 7-8 o'clock in the morning, which is probably effected by traffic-emission. The VOCs's main compositions in terms of the carbon bond classification are paraffin and olefins which assigning about 40-80% and 20-30%, respectively. MTBE concentration at Gas station and shopping center are higher than other place. It was found that shopping center has the highest ozone formation potential, about $6700\mu\text{gO}_3$, because of the high concentration of the high MIR species as 1,2,4-trimethylbenzene, ethylene, xylene and propylene; two EPA's monitoring stations have the lowest ozone formation potential averaging about $330\mu\text{g O}_3$. The main contribution of ozone with carbon bond classification are olefins and benzene, which is about 70-80%

Key Words : Volatile Organic Compounds (VOCs) 、 Hsin-Chu County 、 Air quality 、
Ozone Formation Potential 、 Maximum increment reactivity (MIR)

壹、前言

由於化石燃料的使用，導致空氣中揮發性有機物(VOCs)、氮氧化物、一氧化碳及懸浮微粒等污染物濃度增加，進而使衍生性污染物如臭氧等光化學產物濃度亦隨之提高，造成許多地區空氣品質不良現象。新竹縣亦不例外，依環保署自動測站紀錄統計，近六年所發生空氣品質不良，肇因於臭氧過量者即佔八成二。因此本研究就其前驅物VOCs之成分及濃度，做進一步之檢測分析，並由實測值推估臭氧產生潛勢。由於VOCs之物種多、來源複雜，國內外有許多相關研究：在環境背景量測方面，北美地區有Qin等(2007)在美國達拉斯，監測得知大量人為排放碳氫化合物的濃度，是相鄰緯度偏僻地區背景值的2-4倍，且有冬季濃度高與夏季濃度低之明顯的季節循環現象；中美地區Arriaga-Colina等(2004)在墨西哥都會區自1992起十年間之VOCs檢測，得知VOCs/NO_x及CO/NO_x比值較排放源目錄值高約2-3倍，故對VOCs及CO之排放有低估現象；亞洲的Srivastava (2004)以實測印度孟買之VOCs背景濃度值，套入CMB模式，找出主要污染源為蒸發排放；澳洲的Hinwood (2002)對四大城市所做的調查及台灣的Chiang (2007)以台灣南部設置的監測站探討VOCs圖譜等。在移動源方面，Tsai (2003)對不同行車型態之機車進行VOCs檢測，得知二行程機車之污染量，舊車比新車高5倍，比四行程新機車高15倍；在生物源方面，Chang (2005)以台灣地區排放源資料庫模擬，在1999年全台總VOCs排放量為21.4萬公噸，單位面積排放量超過歐洲任何國家的二倍以上；在建物排放方面，Huang (2003)以不同參數用數學模式模擬材料之VOCs排放狀況；可知VOCs相關問題為各世界各國所重視。新竹地區為我國高科技發展之根源地，人口成長快速，但缺乏VOCs相關之資料調查，本研究試圖以實地採樣分析方式，了解背景狀況，並推估其對臭氧可能產生之貢獻。

臭氧為二次光化污染物，在其光化反應中受 VOCs 濃度、成分、與氫氧自由基的反應速率、物種間的反應機制及 VOCs 光化反應後對於氫氧自由基濃度等參數之影響(張等1998)。美國學者Carter and Atkinson 1987 提出增量反應(Incremental Reactivity, IR)，係利用煙霧箱模擬大氣環境，外加六小時日光照射，取得單一 VOC 物種之濃度變化對臭氧產生之增量值，而得知其反應性。Carter (1994) 又以美國39個都會區的大氣環境，求出118種 VOCs 成分在不同的氮氧化物濃度下之臭氧生成量，並以較保守的最大反應增量(Maximum Incremental Reactivity, MIR)指標表之，此MIR模擬值作為評估交通源管制策略參考。1990年9月加州空氣資源局即通過交通工具低排放車輛與清淨油品法案，法規標準中首度以反應性校正因子(Reactivity Adjustment Factor, RAF)取代原替代燃料的碳氫化合物總量，其中反應性校正因子是以MIR指標作為重量分率之加權指標。另Russell (1995)以實驗比對標準汽油、Phaes II新配方汽油、M85(85%甲醇及15%汽油)、液化石油氣、壓縮天然氣的RAF值，分別為1.0、0.94、0.37、0.47及0.43。此在國內相關之應用有：張(1996, 1997)對台灣都會區臭氧趨勢之分析，結果得知以MIR反應性而言，最具光化反應重要性之VOCs為乙烯、丙烯、鄰/對-二甲苯及甲苯，而在交通污染上以二甲苯及甲苯、乙苯、苯、正丁烷等為主要項目。本研究基於MIR適合法規方面應用，選擇其作為臭氧產生潛勢之光化反應性指標。

貳、研究方法

本研究在測點選取上，採新竹縣人口最多之鄉鎮：竹北、竹東及湖口，並區分為商業區、工業區及加油站；亦在本縣境內之環保署自動測站處(竹東站及湖口站)設置測點。各測點地理位置如表1，採樣高度約0.2~1m。採樣時同步於五處測點進行，以比較各區污染濃度之差異。本年度採樣日期分別為2008/5/9及2008/9/26，採樣時間自上午6:20至10:00，每一測點陸續取六支鋼瓶，各污染物以該時段內最高濃度值作為代表。

在 VOCs 檢測上，分析 C₂-C₁₀ 共計59項物種。方法係依據環保署公告之 NIEA A715.12B 不鏽鋼瓶採樣及 GC/MS 分析。採樣時用負壓以300 ml/min 流量，採集大氣20分鐘，攜回實驗室以 Agilent 5970 GC/MSD 分析，其性質範圍則從極性的醇、酮、醛至非極性的烷、烯、芳香烴、酯、醚(MTBE)等。用空採樣瓶進行樣品的採集與保存，與其它採樣方式相較，因瓶內面經電解電鍍去活化處理過，故可達到全樣品採集之目的，包括保留完整非極性 VOCs、使極性物種的吸附減至最低等。且由於採樣前瓶內保持真空狀態，所以採樣時不需使用幫浦，同時還具可重覆分析樣品、樣品儲存穩定性佳等優點。包括美國環保署或國內環檢所之公告，均可證實不鏽鋼瓶採樣的可靠性。樣品分析設備如圖1：利用 GC/MSD 分析 VOCs，以 ENTECH 7100進行 VOCs 濃縮，以及 ENTECH 3100清洗採樣瓶，動態標準品配備系統 ENTECH 4600等。本研究所使用管柱 FID 為 GS-Pro 30m×0.32mm，膜厚1.4 μm；MSD 為 DB-624 60m×0.32mm，膜厚1.4 μm。

在臭氧產生潛勢估計方面，本研究以最大增量反應 MIR 作為推估的方法，運用採樣實測值加以計算，探討本縣 VOCs 之臭氧貢獻情形。

參、結果與討論

一、VOCs 濃度

圖2為2008/5/9之 VOCs 分析結果，可知商業區測點，除丙烷、丁烷、二丁烯外，其他物種濃度均較其他測點為高；其次依序為工業區、加油站、湖口站、竹東站。以下分別討論各測站污染物及濃度。(1)商業區測點以乙烯106ppb、乙烷95.8ppb 最高；其次為乙炔、異戊烷與甲苯濃度均在50ppb 以上 (2)工業區測點以丙烷329.3最高，可能受附近工廠排放之影響。異丁烷、正丁烷居次分別為75.1及61.8ppb、再次為甲苯值37.7ppb，其餘均在20ppb 之下。(3)加油站測點以異戊烷16.61ppb 最高，正丁烷6.94、乙烯6.64ppb 居次。(4)湖口站測點之 VOCs 依序為乙烯10.1ppb、甲苯8.8ppb 最高，其次為乙炔、乙烷，餘項均低於5ppb。(5)竹東站測點在大同國小校園內，其物種濃度最高為乙烷8.64ppb、丙烷5.59ppb，其餘均低於5ppb，以乙炔、乙烯、異丁烷、甲苯較高。多數 VOCs 物種在竹東商業區均有測值，其餘至少有十項以上物種低於偵測極限，在竹北加油站處甚至高達十五種物種低於偵測極限。表2為各測站十大污染物種，可知無論測點位置為偏遠郊區或都會地區，各測點高濃度之 VOCs 污染物多為乙烯、乙烷、丁烷、甲苯等項目。但因採樣日之空氣品質狀況屬良好，故各測站之污染物濃度均低。

圖3為2008/9/26各測點 VOCs 物種濃度之比較。可知商業區測點，除1,3-丁二烯外，其他物種濃度均較其他測點為高；其次依序為加油站、工業區、信勢湖口站、竹東站。以下分別討論各測站污染物及濃度。(1)商業區測點以 MTBE 139ppb、甲苯 105ppb 最高；乙炔、乙烯濃度均在50ppb 以上。(2)工業區測點測值較之前測值為低，其中以乙烯13.2ppb 最高，MTBE 及甲苯居次分別為11.8及11.4ppb、再次為丙烷、乙炔、正丁烷，其餘均在6ppb 之下。(3)加油站測點以 MTBE 23.8ppb、甲苯22.7 ppb 最高，異戊烷、乙烯及正丁烷居次，餘均低於10ppb 之下。(4)湖口站測點之 VOCs 依序為甲苯12.2ppb、丙烷7.3ppb 最高，正丁烷、乙烷居次，其餘項目均低於4ppb。(5)竹東站測點在大同國小校園內，其物種濃度最高為乙烷5.6ppb、甲苯5.0ppb、丙烷4.9 ppb，其餘均低於4ppb。大部分 VOCs 物種在竹東商業區均有測值，其餘測站將近十項以上物種低於偵測極限，在湖口及竹東二處環保署測站，測值均低，前者有十九項物種、後者有十五項物種低於偵測極限。大多數 VOCs 物種高濃度值出現在上午7-8時間。表3為各測站檢測十大污染物種，可知無論測點位置為偏遠郊區或都會地區，各測點高濃度之物種多為 MTBE、甲苯、乙烯、丙烷、丁烷、乙炔等項目。

圖4及圖5為檢測結果各測點之 VOCs 濃度分類比率，可知以烷類最多約在四成至八成間，烯類居次約在二成至三成間。以區域間之比較，商業區之烷類較低，加油站及商業區之醚類較高，此與採樣點附近往來之車輛較多有關。

二、臭氧產生潛勢

在臭氧產生潛勢方面，由圖6中可明顯比較得知，五處測點在竹東商業區有最高之臭氧產生潛勢；新竹工業區測點於五月實測、竹北加油站於九月實測居次；最低者為大同國小(環保署竹東站)測點。竹東商業區之單位體積臭氧潛勢值高達 $6980 \mu\text{g O}_3$ ，約為新竹工業區 $2323 \mu\text{g O}_3$ 值之3倍，比竹東站 $297 \mu\text{g O}_3$ 亦高出約一個數量級。主要因商業區所測之 VOCs 中，MIR 高之物種濃度較高，如1,2,4-三甲苯、乙烯、二甲苯及丙烯等物質，主要為交通污染。依環保署近七年之資料顯示，竹東地區發生臭氧值超過空品標準的次數較湖口地區為多(圖7)，可見該區於適當氣象條件下，易造成臭氧高值現象。圖8為二採樣日，湖口及竹東地區自動測站紀錄之臭氧小時值變化圖，由上午九點以後開始向上增加，至中午12~14時為最高值，但均未超過60ppb，因此該二日測出之 VOCs 濃度並不高。表4為5/9採樣各測站處對臭氧貢獻量最大之十項 VOCs 物種，以及其所佔之比例。由表中可知列於前十大貢獻者，在五測點均有之物種包括甲苯、二甲苯、丙烯、丁烯等，在四測點有之物種包括乙烯、1,2,4-三甲苯、反-2-丁烯等。因此，若要解決臭氧問題，應將此等污染物列為主要管制對象，以達有效到防制目的。表5為9/26採樣各測站處對臭氧貢獻量最大之十項 VOCs 物種，以及其所佔之比例。由表中可知列於前十大貢獻者，在五測點均有之物種包括甲苯、乙烯、丙烯、二甲苯、丁烯、MTBE 等。較特殊者，在環保署湖口及竹東自動測站處，均測有較高濃度之異戊二烯，分別於湖口站排第七、於竹東站排第一。異戊二烯之主要來源為植物源，故此二處之臭氧貢獻源除交通及工廠外亦包括植物。圖9及圖10為所估計分類貢獻比，可知以烯類與苯類貢獻量最多，合計約為七至八成。

肆、結論

由研究結果得知竹東站之 VOCs 濃度最低，商業區最高，污染物以乙烯、乙炔、甲苯、乙烷、MTBE 與異戊烷等為主。各測點均有之高污染物種包括甲苯、乙烯、丙烯、二甲苯、丁烯、MTBE 等，其前十大 VOCs 物種濃度佔所有污染量至少60%以上比例，且大多數污染物種 VOCs 之高濃度值出現在上午7-8時之間。將 VOCs 濃度依類別區分，由高至低分別為烷類、烯類、苯類、醚類，前二者分別佔約四至八成與二至三成。在臭氧產生潛勢方面，潛勢值以商業區平均6700 $\mu\text{g O}_3$ 最高，其次為工業區、加油站，二處測站最低平均為330 $\mu\text{g O}_3$ ，商業區 MIR 高之物種為1,2,4-三甲苯、乙炔、二甲苯及丙烯等物質。在臭氧貢獻比例上，以烯類與苯類貢獻量最多，合計約為七至八成。

參考文獻

- 張能復、蔡俊鴻、吳義林 (1996) (1997) (1998)都會區臭氧污染趨勢分析及防制之研究-第一年~第三年，環保署
- Arriaga-Colina J.L., J. Jason Westb, C.G. Sosaa, S.S. Escalonaa, R.M. Ordun˘ eza, A.D.M. Cervantes, (2004) Measurements of VOCs in Mexico City(1992 - 2001) and evaluation of VOCs and CO in the emissions inventory, Atmospheric Environment, 38, 2523-2533
- Carter, W.P.L., R. Atkinson, (1987) An experimental study of incremental hydrocarbon reactivity. Environmental Science and Technology 21, 670-679
- Carter, W.P.L. (1994) Development of ozone reactivity scales for volatile organic compounds, Journal of Air and Waste Management Association 44, 881-899
- Chang K.H., T.F. Chen, H.C.Huang, (2005) Estimation of biogenic volatile organic compounds emissions in subtropical island—Taiwan, Science of the Total Environment, 346 , 184-199
- Chiang H.L., J.H. Tsai, S.Y. Chen, K.H. Lin, S.Y. Ma, (2007) VOC concentration profiles in an ozone non-attainment area:A case study in an urban and industrial complex metroplex in southern Taiwan. Atmospheric Environment, 41, 1848-1860
- Hinwood A.L., Marco Di P.N., (2002) Evaluating hazardous air pollutants in Australia, Toxicology. 181_/182, 361-366
- Huang H. , Fariborz Haghightat, (2003) Building materials VOC emissions—a systematic parametric study. Building and Environment, 38, 995-1005
- Qin Y., T. Walk, R. Gary, X. Yao, S. Elles (2007) C2 - C10 nonmethane hydrocarbons measured in Dallas,USA—Seasonal trends and diurnal characteristics, Atmospheric Environment, 41, 6018-6032
- Russell, A.G., J. Milford, M.S. Bergin, S. Mcbride, L. Mcnair, Y. Yang, W.R. Stockwell , B. Cores, (1995) Urban ozone control and atmospheric reactivity of organic gases, Science, 269, 491-495

Srivastava Anjali, (2004) Source apportionment of ambient VOCS in Mumbai city. Atmospheric Environment, 38, 6829-6843

Tsai J.H., H.L.Chiang, Y.C. Hsu, H.C. Weng, Y.Y.Chang, (2003) The speciation of volatile organic compounds (VOCs) from motorcycle engine exhaust at different driving modes, Atmospheric Environment, 37, 2485-2496

表 1 測站基本資料

編號	所屬區位	鄉鎮	地點	編號	所屬區位	鄉鎮	地點
1	商業區	竹東	朝陽路與莊敬路口	4	環保署工業區測站	湖口	信勢國小
2	工業區	湖口	光復路,工業二路口	5	環保署一般測站	竹東	大同國小
3	加油站	竹北	竹北加油站				

表 2 2008/5/9採樣日,各測站前十大物種之濃度和(ppb)及其所佔比例

測站	湖口站	工業區	加油站	竹東站	商業區
濃度前十大之污染物種	Ethylene	Propane	Isopentane	Ethane	Ethylene
	Toluene	Isobutane	n-Butane	Propane	Ethane
	Acetylene	n-Butane	Ethylene	Acetylene	Acetylene
	Ethane	Toluene	MTBE	Ethylene	Isopentane
	Isopentane	Trans-2-Butene	Isobutane	Isopentane	Toluene
	Propane	1-Butene	Ethane	Toluene	Propylene
	Propylene	Propylene	Propane	n-Butane	MTBE
	n-Butane	Cis-2-Butene	Toluene	Isobutane	Propane
	1-Butene	Ethylene	n-Pentane	Propylene	(m,p)-Xylene
	Isobutane	Ethane	Acetylene	1-Butene	Trimethylbenzene
十大濃度和ppb	50.02	575.24	63.08	37.86	544.41
所佔比例	67.2%	92.5%	72.0%	73.7%	60.2%

表 3 2008/9/26採樣日,各測站前十大物種之濃度和(ppb)及其所佔比例

測站	湖口站	工業區	加油站	竹東站	商業區
濃度前十之污染物種	Toluene	Ethylene	MTBE	Ethane	MTBE
	Propane	MTBE	Toluene	Toluene	Toluene
	n-Butane	Toluene	Isopentane	Propane	Acetylene
	Ethane	Propane	Ethylene	Ethylene	Ethylene
	Ethylene	Acetylene	n-Butane	MTBE	Isopentane
	Acetylene	n-Butane	1-Butene	n-Butane	1-Butene
	Isobutane	Isopentane	Acetylene	Isopentane	Ethane
	Isopentane	Propylene	Ethane	Acetylene	Propylene
	MTBE	Ethane	Isobutane	Isobutane	Methylpentane
	Propylene	1-Butene	Propane	Isoprene	Benzene
十大濃度和ppb	43.88	76.65	123.02	35.91	626.49
所佔比例	80.4%	69.6%	70.8%	70.8%	70.3%

表 4 2008/5/9 採樣各測點處對臭氧貢獻量最大之十項 VOCs 物種及貢獻比例

測站	湖口站	工業區	加油站	竹東站	商業區
臭氧潛勢前十大之污染物種	Toluene	Trans-2-Butene	Isopentane	Ethylene	1,2,4-Trimethylbenzene
	Ethylene	Toluene	Ethylene	Toluene	Ethylene
	(m,p)-Xylene	1-Butene	1-Butene	1-Butene	(m,p)-Xylene
	Propylene	Propane	Trans-2-Butene	Propylene	Toluene
	1,2,4-Trimethylbenzene	Cis-2-Butene	Toluene	(m,p)-Xylene	Propylene
	1-Butene	Propylene	Propylene	1,2,4-Trimethylbenzene	o-Xylene
	o-Xylene	Isobutane	Cis-2-Butene	Isoprene	1-Butene
	Isopentane	n-Butane	MTBE	o-Xylene	1,2,3-Trimethylbenzene
	Trans-2-Butene	1-Pentene	(m,p)-Xylene	Trans-2-Butene	1,3,5-Trimethylbenzene
	1,3-Butadiene	(m,p)-Xylene	Trans-2-Pentene	Isopentane	Isopentane
前十大之和(μg)	409.8	2041.7	367.7	207.3	4945.4
所佔比例	75.9%	87.9%	69.4%	69.8%	70.8%

表 5 2008/9/26 採樣各測點處對臭氧貢獻量最大之十項 VOCs 物種及貢獻比例

測站	湖口站	工業區	加油站	竹東站	商業區
臭氧潛勢前十大之污染物種	Toluene	Toluene	Toluene	Isoprene	Toluene
	Ethene	Ethene	1-Butene	Toluene	1-Butene
	Propylene	Propylene	MTBE	1-Butene	MTBE
	(m,p)-Xylene	1-Butene	Ethene	Ethene	Ethene
	1-Butene	MTBE	Propylene	Propylene	Propylene
	o-Xylene	1,3,5-Trimethylbenzene	Trans-2-Butene	MTBE	1,2,4-Trimethylbenzene
	Isoprene	(m,p)-Xylene	(m,p)-Xylene	Methylcyclopentane	(m,p)-Xylene
	MTBE	1,2,4-Trimethylbenzene	Cis-2-Butene	(m,p)-Xylene	o-Xylene
	n-Butane	o-Xylene	Isopentane	1-Hexene	1,2,3-Trimethylbenzene
	Isopentane	1,3-Butadiene	1,3-Butadiene	Isopentane	Trans-2-Pentene
前十大之和(μg)	232.87	571.74	919.05	237.60	4762.97
所佔比例	79.6%	74.5%	73.9%	75.6%	73.5%

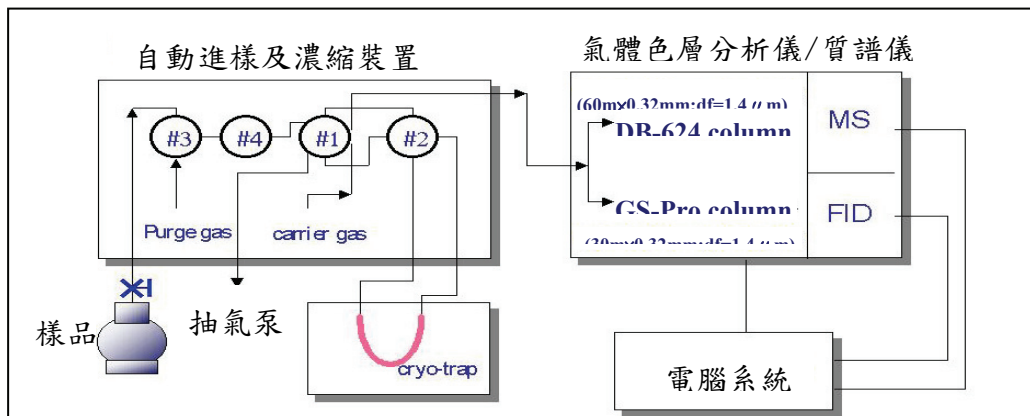


圖1 VOCs 之濃縮及分析裝置示意圖

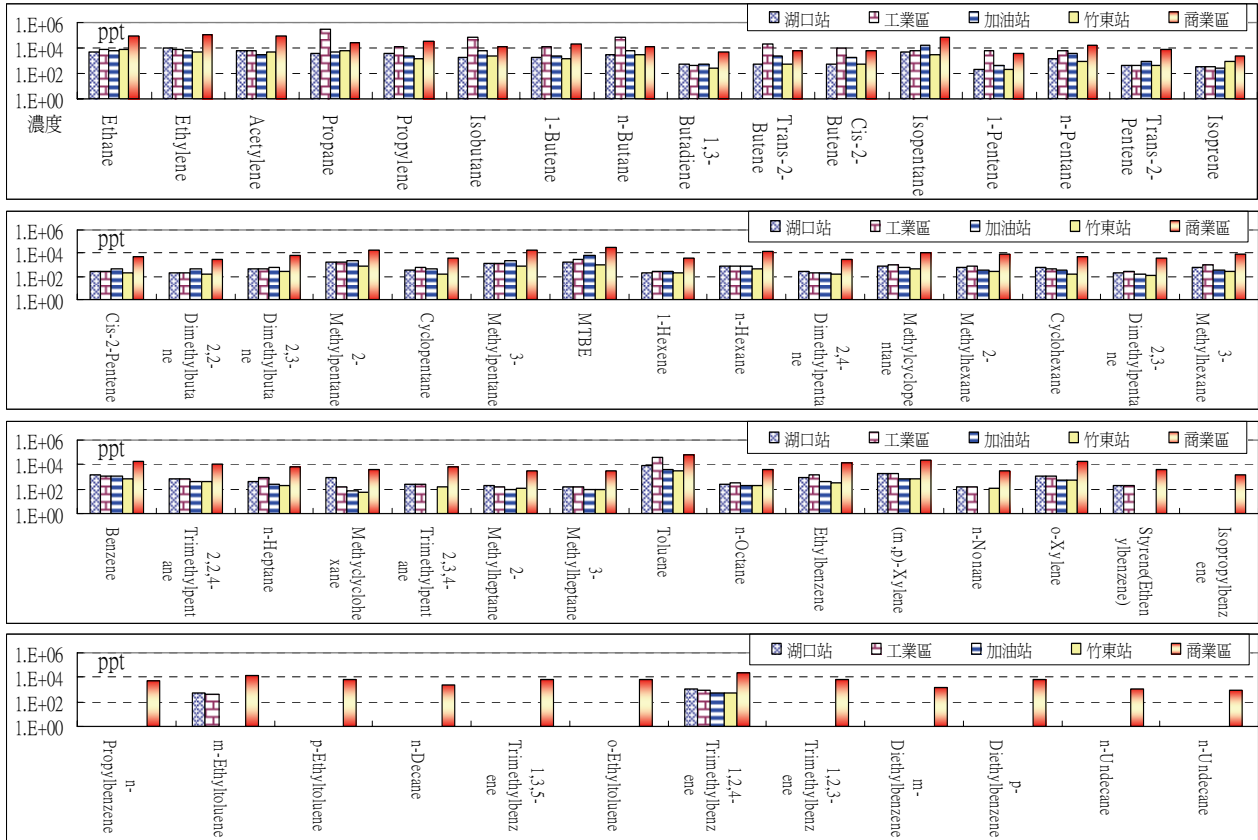


圖2 2008/5/9採樣分析結果，各測點 VOCs 以最高濃度比較

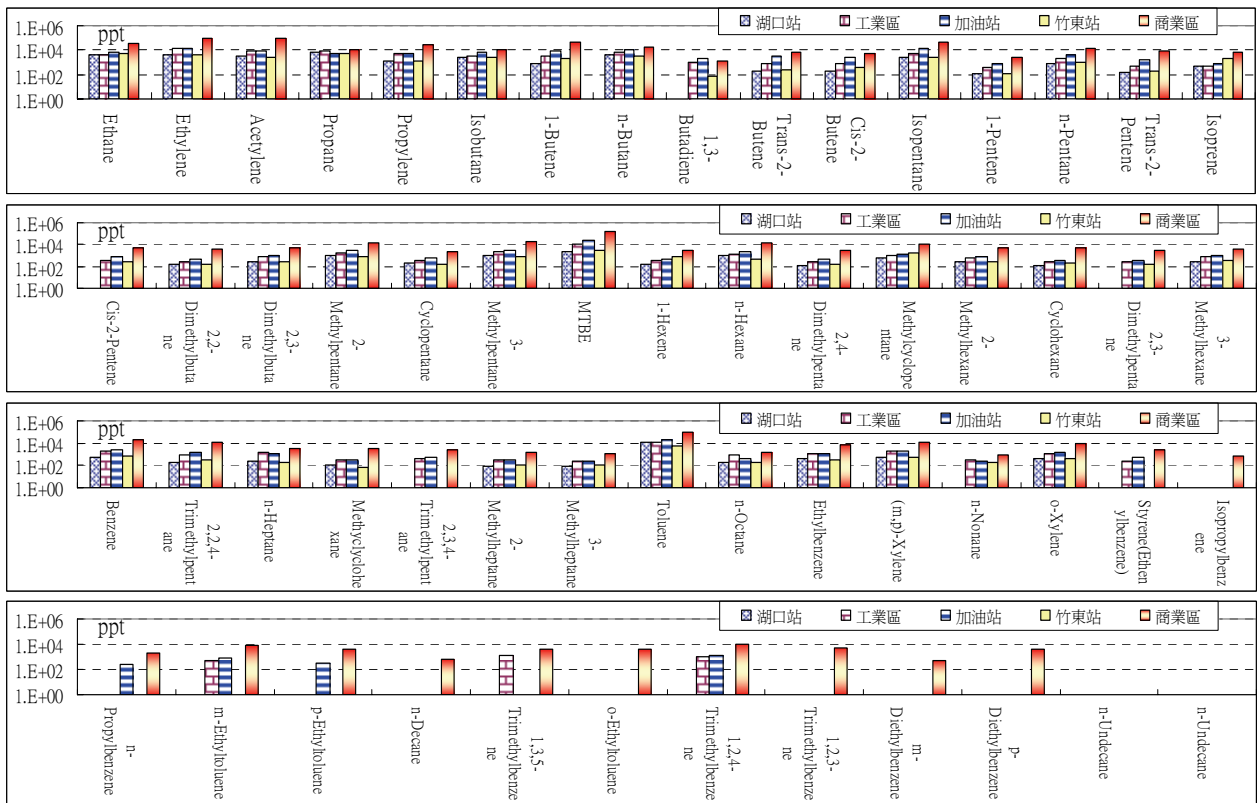


圖3 2008/9/26採樣分析結果，各測點以最高 VOCs 濃度比較

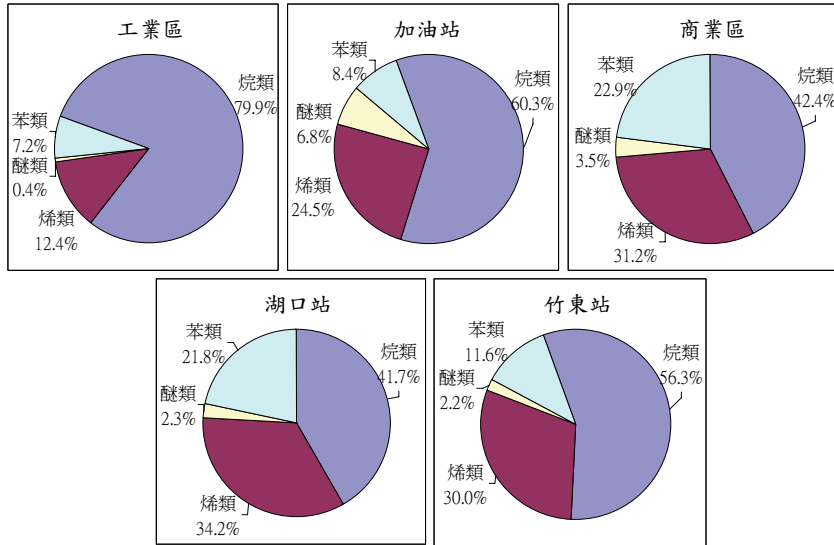


圖4 2008/5/9各測點 VOCs 實測值中，分類物種以重量濃度計算之比例

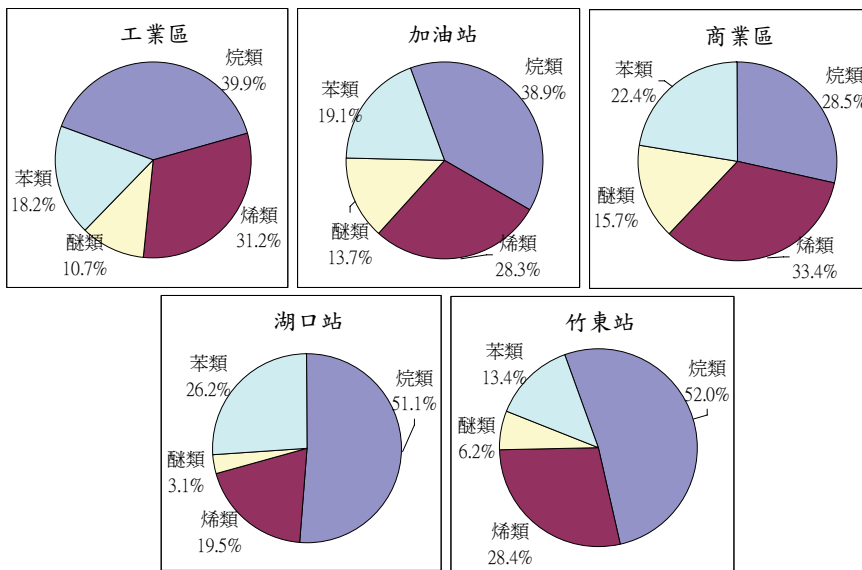


圖5 2008/9/26各測點 VOCs 實測值中，分類物種以重量濃度計算之比例

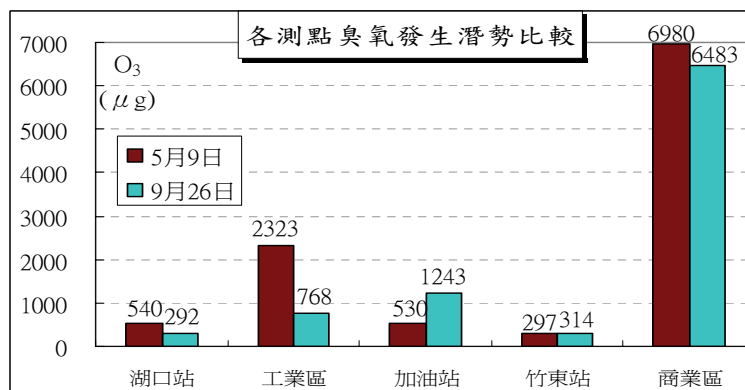


圖6 採樣日各測點依實測值運用 MIR 估算之臭氧產生潛勢值

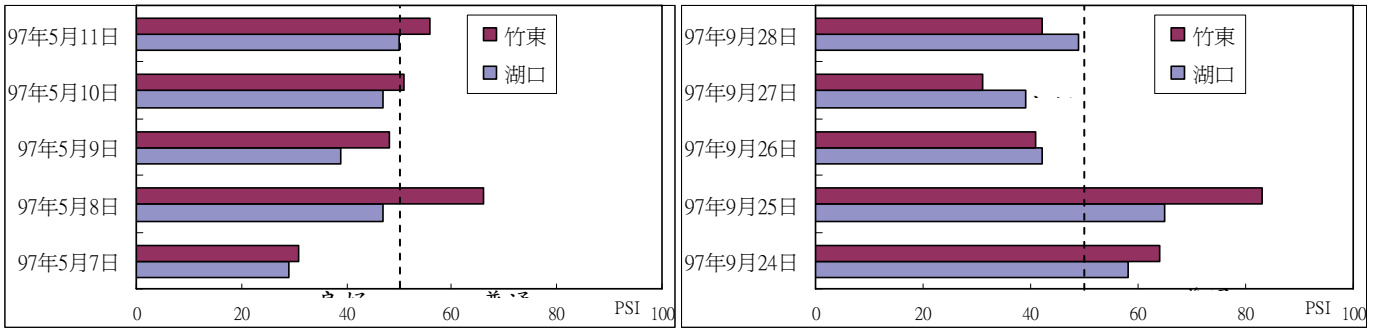


圖7 二次採樣日前後竹東站與湖口站之 PSI 值

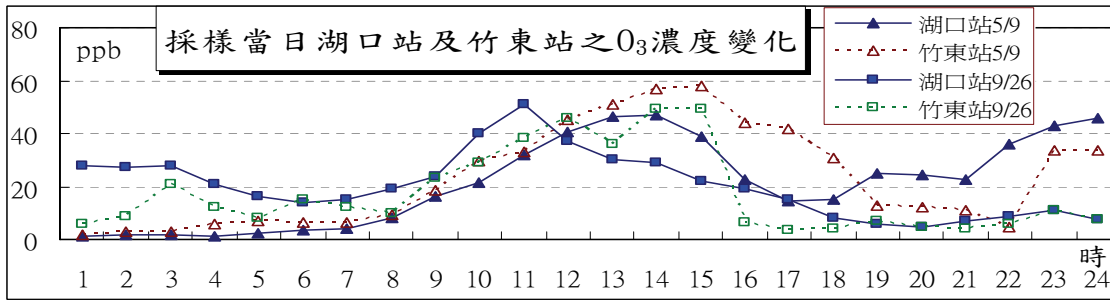


圖8 採樣日(2008/5/9及2008/9/26) 湖口站及竹東站之臭氧小時值

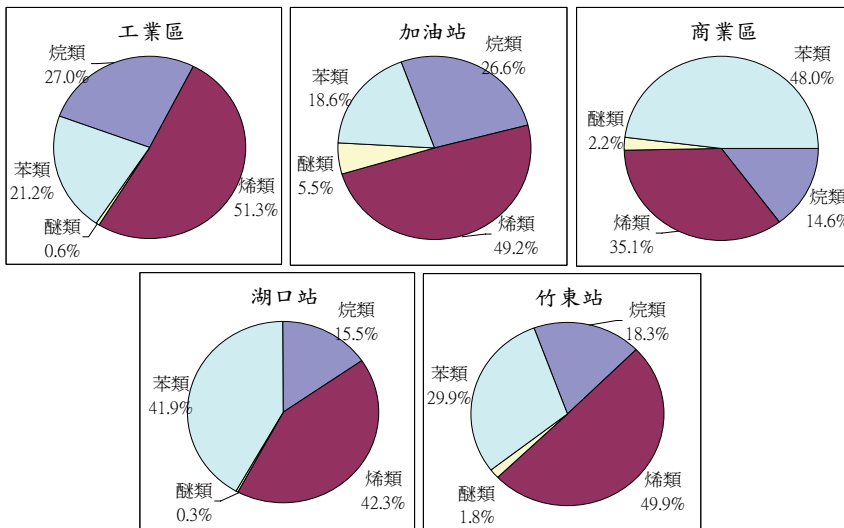


圖9 2008/5/9各測點 VOCs 實測值所計算，分類物種對臭氧產生潛勢之貢獻比

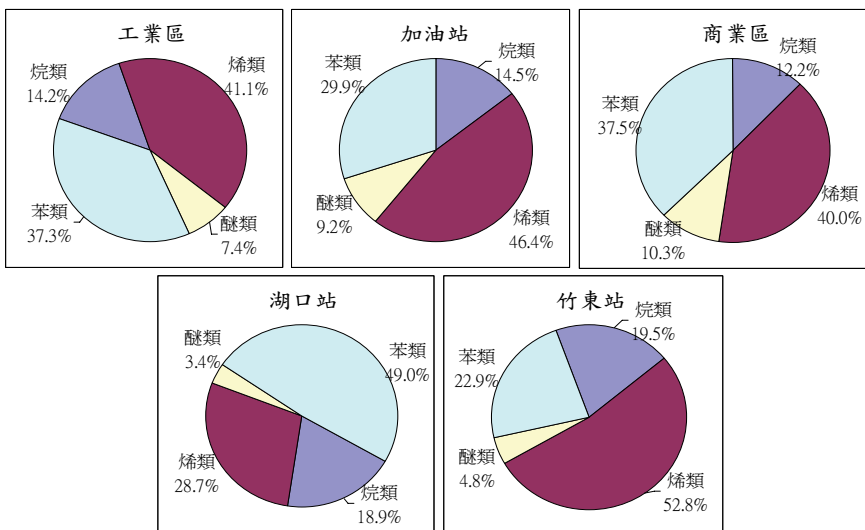


圖10 2008/9/26各測點 VOCs 實測值所計算，分類物種對臭氧產生潛勢之貢獻比

效能佳淨水前處理技術之研究

Efficient Research on Water Pretreatment

蔡景松

Jing-Sung Tsai

東南科技大學環境與安全衛生工程系講師

摘 要

台灣地區近幾年來颱風暴雨期地面水濁度飆高，造成淨水處理困難，本計畫研究尋求可行之效能佳處理技術。由於高濁水所含懸浮固體物特性為影響處理效果之主要因素，雖然高濁水所含懸浮固體物顆粒微細化，但仍以易沉降物質居多，混凝沉澱仍為效果較佳之處理方式；濁度越高，其競爭性越高。但為維持處理效果，傳統沉砂池停留時間需延長，混凝機制須強化，沉澱排泥效率需提高。高濁水發生期間，為避免整廠淤積堵塞而停擺，混凝沉澱之前須有緩衝前處理，並監控進入混凝沉澱單元之濁度須小於1,000NTU，進入快濾單元之濁度須小於30NTU。沉砂池、混凝沉澱及浮除均可作為前處理設施，然而以高濁度為單一處理目標，浮除由於成本偏高、操作不易，對混凝沉澱不具競爭性；但其等兼具重金屬、色度、藻類等其他物質去除之優勢，建議未來在提升自來水水質目標下，併同其他水質成分處理需求做整體之評估其適用性。本研究進行微氣泡浮除處理高濁水之模場試驗，其結果顯示在氣固比及加藥量適當控制之下，濁度去除率可達80%。

關鍵字：沉澱、高濁水、微氣泡浮除

Abstract

Soaring turbidity in typhoon and storm season causes water treatment problems in Taiwan recently years. This research tries to find efficient solutions for practice. Because of the performance is affected by the type and characteristics of suspended solids primarily. Although more fine in particle size but easy precipitation by high density, sedimentation still is the best treatment process for high turbidity raw water. And the greater the solids concentration, the more likely it is that horizontal-flow sedimentation will be better. But the grit chambers need longer detention time, strengthened coagulation process and high efficient sludge drain system are needed for sedimentation too. Preventing the whole plant suspended by clogging or silting up, the pretreatment is essential for high turbidity raw water. And the influent turbidity should be monitored not over 1,000NTU for chemical sedimentation and not over 30NTU for rapid filters. For turbidity subject, flotation can not be competitive with chemical sedimentation by high cost and operation difficulties. But for better treatment effects on water contain heavy metal、algae blooms and colored water, they still have the potential for higher water quality goal in the future. According to the results of Nano-sized bubble flotation pilot study, suitable air/solid ratio and coagulant dosage can get 80% turbidity removal rate.

Keywords: Sedimentation , High turbidity raw water , Nano-sized bubble flotation

壹、前言

台灣地區伴隨經濟發展，生活水準提高，社會大眾對自來水品質之要求也日漸提高；民國87年2月4日修訂公佈之「飲用水水質標準」亦分三階段逐步提升飲用水品質標準。因此國內各主管單位及學術研究單位已持續進行提升水質安全、改善自來水口感、味覺、硬度等適飲性品質等研究，包含水庫水優養化產生微量藻毒之研究、有機污染處理研究、硬度降低研究等。而台灣地區因具高山陡峻、河川短促之地理特性，且豐、枯水量差異大，豐水期河川流速湍急，河岸沖刷嚴重；加上近年來地震、颱風等造成水土保持設施破壞，部份集水區地質鬆軟，每遇暴雨發生時，河川地面水濁度即急遽上昇。台灣台北、台中、高雄都會地區主要水源多來自大漢溪、大甲溪、濁水溪及高屏溪等主要河川，近年來暴雨期原水濁度異常升高之現象日益嚴重，超出既有淨水處理設施處理能力。而台灣地區地狹人稠，增建沉砂池前處理所需用地難覓，亦造成傳統解決對策執行上之困難。台灣地區原水異常濁度對既有淨水廠處理功能影響，不同於前述水庫水優氧化之藻毒、地面水有機污染及硬度等影響，其對各地民眾生活用水作息影響日廣，已成為更迫切待解決之問題。本研究期能研究台灣地區既有淨水處理設施面臨暴雨期濁度異常升高時之對應處理方式，可有效降低用地面積，消弭用地取得之阻力，可供既有淨水場擴建及新建淨水場參考之用。

貳、文獻回顧

一、原水高濁度特性及對處理影響

一般水中固體物質依粒徑大小區分為懸浮性固體、膠體及溶解性固體三大類。懸浮性固體係指粒徑大於 $1\mu\text{m}$ 的固體顆粒，可藉由重力作用沉澱去除；溶解性固體部分則屬於分子大小，其粒徑小於 $10^{-3}\mu\text{m}$ ，可依不同需求，選擇吸附、離子交換及薄膜處理程序等高級淨水單元方式，控制其量至合理範圍。至於粒徑介於 $10^{-3}\sim 1\mu\text{m}$ 的微小顆粒，其為濁度及色度之主要來源。由於體積甚小、表面積大，故在水中呈現穩定狀態，並稱為膠體顆粒（colloid），需經由混凝程序及過濾程序去除。

除小規模屬簡易自來水系統性質之廠站可能採用直接慢濾處理外，目前國內多數淨水場均採混凝沉澱及快濾之淨水處理程序，如圖1所示。就國內淨水場操作經驗而言，混凝沉澱及快濾對濁度去除均有效能上之限制。

快濾為水質淨化處理最後控制之關卡，依現行飲用水水質標準（行政院環境保護署97.01.02環署毒字第0960100652號令修正），飲用水濁度限值如表1所示。而為提升供水品質，目前實際淨水場操作大多以快濾後清水濁度 0.5NTU 為處理控制目標。

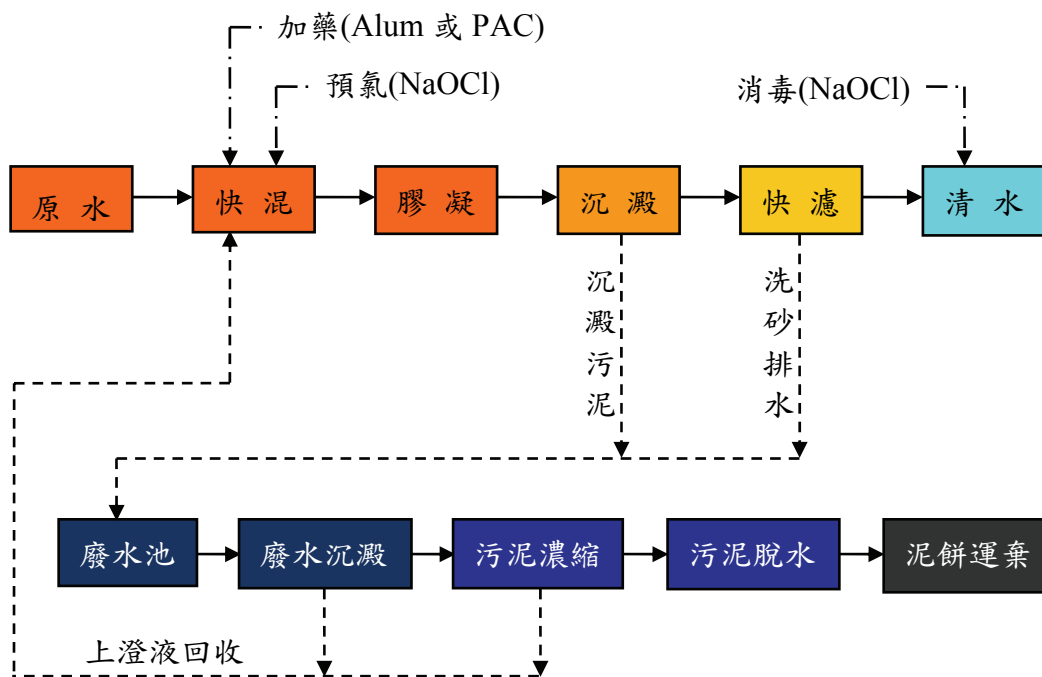


圖1 傳統淨水處理程序流程圖

表1 飲用水水質標準之濁度限值

飲用水水質濁度	濁度限值
水源濁度在200NTU 以下時	2 NTU
水源濁度超過200NTU， 而在500NTU 以下時	4 NTU
水源濁度超過500NTU， 而在1500NTU 以下時	10 NTU
水源濁度超過1500NTU 時	30 NTU

為達到濾後清水水質控制目標，進入快濾池原水濁度不能太高，按一般淨水處理設計準則，濾前原水濁度應小於10 NTU。而依國內淨水場操作經驗顯示，濾前原水濁度最高不宜超過30NTU，否則濾層迅速阻塞，反沖洗頻率亦大幅提升，造成操作困難。

為控制上述濾前濁度（即沉澱後濁度），依一般淨水處理設計準則，進入混凝沉澱單元之原水濁度以控制小於500 NTU 為宜，而依實場操作經驗顯示，最高不能超過1,500NTU；據了解，濁度超過1,500NTU 已達傳統矩形沉澱池刮泥機之負荷能力，當原水高濁度發生時，排泥不及，大量污泥迅速累積於池內，必然造成沉澱池淤積停擺。又混凝沉澱單元之膠凝池一般無連續排泥設計，若容積按一般設計30min 估計，當原水濁度超過1,500NTU 時，約半天即可為污泥淤滿，也因此會造成整體淨水處理停擺。高速膠凝沉澱池係較一般混凝沉澱單元可處理較高濁度原水，惟依據自來水工程設施標準第七十二條有關高速膠凝沉澱池規定之第一款：處理原水濁度之最高值以不超過三千濁度單位為原則，超過者應預先處理。

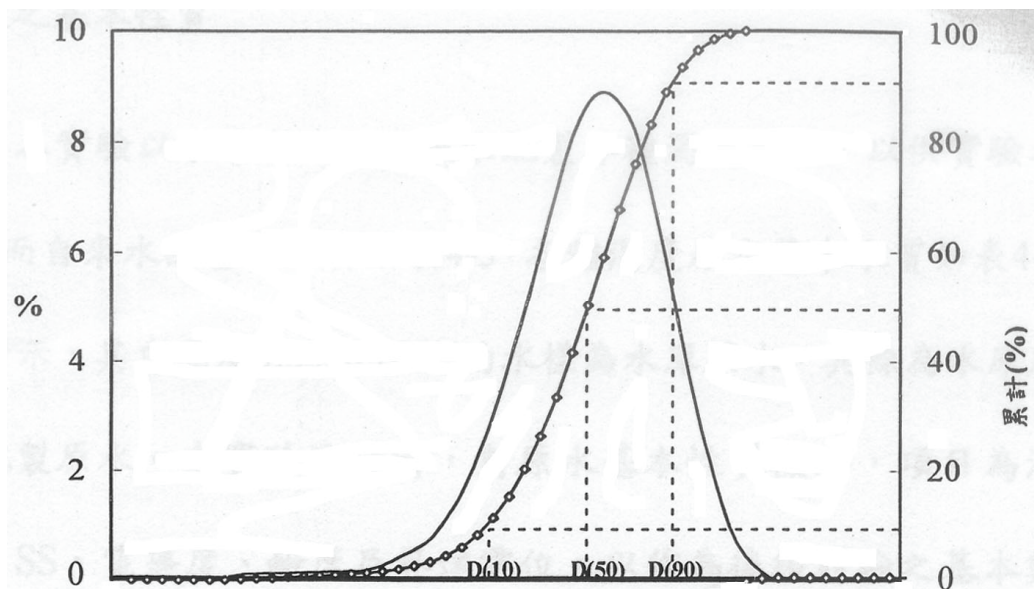
目前國內淨水場面對高濁度原水之處理，為避免濾層迅速阻塞及大量污泥累積於沉澱池內排除不及，大多採減量處理，表2為坪頂淨水廠（水源高屏溪）之減量操作控制。

表2 坪頂淨水廠原水高濁度時之減量處理

原水濁度	處理水量
0~600NTU	45~55萬CMD
600~1,000NTU	40~45萬CMD
1,000~2,000NTU	35~40萬CMD
2,000~6,000NTU	30~35萬CMD
6,000~10,000NTU	20~30萬CMD
10,000~15,000NTU	15~20萬CMD
15,000~20,000NTU	10~15萬CMD
20,000NTU以上	0~10萬CMD

資料來源：「高濁度原水最適化處理技術之研究」期中報告，2007.4。

為控制進入混凝沉澱單元前之原水濁度，目前仍習用沉砂池前處理。主要原因為利用懸浮顆粒自重沉降，設施構造簡單，操作維護成本低廉。傳統沉砂池設計規針對粒徑 $80\mu\text{m}$ 以上之懸浮固體物去除考量（沉降速率 0.6cm/sec 即溢流率 518m/day ），需去除粒徑較小之懸浮固體物，設計溢流率需降低，停留時間相對需延長。另外淡江大學之「高濁度水庫原水中粒狀物質之分離能力之探討」（李、宋，2006），取2005年8月9日馬莎颱風過後隔日石門大圳水樣（濁度 $50,000\text{NTU}$ ）分析，結果顯示 $D_{10}\sim D_{90}$ 範圍在 $2\sim 14\mu\text{m}$ 之間， D_{50} 在 $6\sim 7\mu\text{m}$ 之間，其粒徑分布曲線如圖2所示。



資料來源：「高濁度水庫原水中粒狀物質之分離能力之探討」（李、宋，2006）

圖2 石門大圳高濁度原水粒徑分佈圖

二、高效能淨水處理技術研究方向

由於高濁度原水處理之關鍵在對微細懸浮固體物之去除，交通大學「奈米微氣泡

浮除技術於半導體工業化學機械研磨廢水處理之應用」(林、蘇, 2004.7), 針對半導體工業化學機械研磨廢水(CMP)顆粒微細特性(粒徑30~400nm)之處理研究報告中, 可供我們概要了解各類處理技術之原理及優劣點。

針對高濁度淨水處理, 國內相關研究尚有:

(一)高濁度原水混凝技術之研究

葉宣顯(2003)以250NTU 人工原水進行各項試驗結果顯示, 單獨以 PAC 混凝劑可有效降低高濁度原水混凝後的殘留濁度, 但所需劑量極高, 連帶產生大量污泥; 以 polymer 為助凝劑可降低 PAC (多元氯化鋁) 加量及污泥量, 以上澄液殘留濁度而言, 陽離子 polymer 效果優於陰離子 polymer。

(二)高效率混凝沉澱模型場

周珊珊等(2005)利用瓶杯試驗及500m³/d 級模廠試驗, 評估台灣地區高濁度混凝沉澱最適化程序技術, 實驗採用 PAC 及三種環保署認可之有機混凝劑, 結果發現單獨有機混凝劑或 PAC/polyacrylamine(PAM)混合加藥, 雖然濁度去除效果較 PAC 相當或略差, 但可以增加濁度物質沉降速率及大幅減少污泥產生量。模廠評估各種程序組合對高濁度前處理效果, 實驗結果發現靜態攪拌器攪拌功能優於快混單元。採用管中靜態攪拌器與慢混(膠凝)之程序及有機混凝劑與無機混凝劑加藥之組合與搭配適當排泥量方式, 沉澱池溢流率可達500m/day。

(三)高效率混凝劑評估

林志麟等(2005)進行不同濁度人工原水之混凝試驗, 以評估二種混凝劑之效果, 一為試藥級之多元氯化鋁(PAC), 另一為高效能多元氯化鋁(EPAC)。結果顯示 EPAC 混凝劑具電性中和能力之鋁含量較多, 膠羽為單顆粒沉降形成污泥, 沉降性較佳, 處理高濁度水時加藥劑量較少即有良好效果。

另外針對溶解空氣浮除法(Dissolved-air flotation DAF)應用於淨水處理為沉澱之替代處理方式, 浮除法最大特性為停留時間僅5~15min, 又氣泡大小可藉由操作壓力、氣固比及迴流比等操作條件的改變, 以獲得較小直徑的氣泡, 得到最適合的浮除效果(Edzwald, 1995)。Shawwa (1998)以 Peclet 數和停留時間分佈(residence time distribution)描述 DAF 反應槽中氣-固相接觸層之混合程度與接觸時間之流體動力特性, 並得到在相同迴流比時, Peclet 數隨水力負荷之增加而增加; 以批次式進行實驗, 證明 DAF 去除率可由膠羽尺寸及附著氣泡數目預測。

參、研究方法

由文獻探討了解, 微細懸浮固體顆粒不易沉降為高濁度原水不易處理之關鍵, 而微氣泡浮除似乎為可行之解決方向之一, 惟目前相關研究不多, 對其各項操作控制條件所知甚少, 因此本研究針對微氣泡浮除進行研究, 以作為後續高效能淨水處理技術方案之選擇評估基礎。

一、研究方法

根據資料顯示, 近年來石門水庫集水區每逢豪大雨, 原水濁度驟增(例如海棠廳

風最高達23,000NTU；馬莎颱風最高達70,000NTU；艾利颱風最高達10餘萬 NTU），對既有淨水處理設施造成相當之影響。模廠試驗之浮除槽由鋼板加工製造，尺寸為1.9m×3.0m×2.0m（水深），槽中分隔為9小槽，其中第4、6槽各銜接一組氣泡生成器，槽底設置排泥管，槽頂設置浮渣收集槽。模廠試驗之浮除槽原設計槽中水流係水上下迴流通過各槽，本計畫開始進行第一階段試驗，結果顯示出水濁度有隨時間升高現象，懷疑水上下迴流式有可能造成槽底沉泥上揚，故本計畫修改浮除槽為水平流式（如圖3），並再開始進行第二階段試驗。微氣泡生成器，其構造主要由加壓泵及緩衝槽（氣體溶解槽）構成，附屬設施包含文氏管、減壓閥及聯絡管等。加壓泵抽取浮除槽迴流水，並與文氏管帶入之空氣經高壓送入緩衝槽形成乳化狀溶解，緩衝槽出口減壓閥瞬間減壓，類似超音波水震盪效果，產生微細氣泡打入浮除槽中，一組微氣泡生成器產生之空氣量為2,000~3,000ml/min。

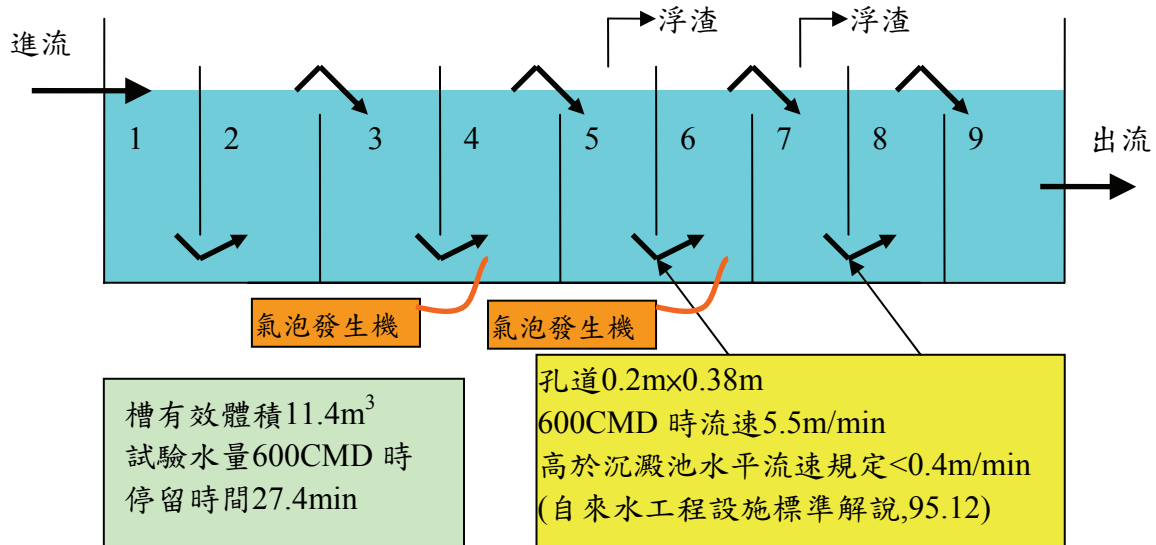
二、研究程序

每一試程之程序如下：

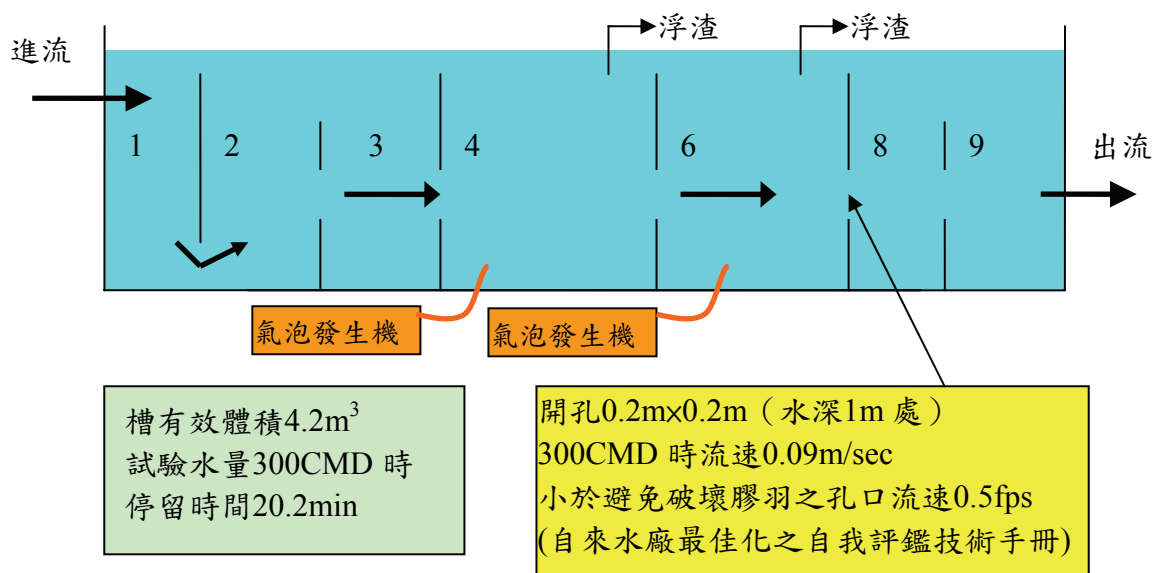
- (一)試驗設備檢查，包含浮除槽、泥水調理槽清洗。浮除槽蓄滿清水，泥水調理槽，依濁度配製泥水備用。原水來源為抽取板新淨水場分水井之進流原水，濁度配製來源取自自來水公司林內淨水場（原水來自濁水溪）之原水調節池沉泥，經曝曬乾燥後備用。
- (二)原水及泥水引入混合槽，調整適當比例流量，設定試驗流量及濁度。原水引入浮除槽，計算時間超過該流量之停留時間後，採取進流及出流水樣。啟動微氣泡發生器及第一階段加藥量，計算時間超過該流量之停留時間後，採取進流及出流水樣，再經10、20分鐘各採取一組水樣。
- (三)調整進行第二階段加藥量，計算時間超過該流量之停留時間後，採取進流及出流水樣，再經10、20分鐘各採取一組水樣。

肆、結果與討論

在原水高濁度情況下，停留時間20分鐘即可將濁度降低至1,000 NTU 以下，顯示微氣泡浮除對高濁度應有處理功能。而隨停留時間增加，處理效果提升，加藥量亦可減少。浮除處理槽內水流流路由第一階段之上下迴流式改為第二階段之水平流式，第二階段試驗之出水濁度仍有隨時間增高現象，顯示混凝劑加藥量亦對出水濁度惡化有影響，浮除槽內水流流路方向並非唯一影響因素，而修正混凝劑加藥量後則顯示處理效果良好且可穩定維持。



(第一階段試驗浮除槽斷面示意圖)



(第二階段試驗浮除槽斷面示意圖)

圖3模廠試驗浮除槽斷面示意圖

表3停留時間20min 加藥量與原水濁度關係表

加藥量 ppm	總進流濁度量 $\text{NTU}\cdot\text{m}^3/40\text{min}$	去除率 %	加藥量 ppm	總進流濁度量 $\text{NTU}\cdot\text{m}^3/40\text{min}$	去除率 %
80	9,025	33	200	9,052	59
80	5,492	33	200	5,492	60
140	9,025	47	280	32,975	33
140	5,492	53	280	13,992	64
160	16,958	61	400	32,975	71
160	13,992	30	400	13,992	81
160	4,742	51	600	71,317	88
			680	71,317	37

由表3分析之加藥量由80 ppm 增至680ppm 時，總進流濁度量之範圍為4742至71317 NTU-m³/40min 時，而出流水濁度量之範圍為2324至8558 NTU-m³/40min。最佳去除率下有最佳加藥量存在，由圖4可看出，停留時間20min 條件下，PAC 最佳加藥量約為原水濁度之0.15倍，濁度去除率可達80 %。

伍、結論與建議

台灣地區颱風暴雨期地面水濁度飆高，造成淨水處理困難，本研究探討結論如下：

- (一)傳統沉砂池：沉砂池構造簡單、操作容易，為針對高濁水處理最常用之前處理設施，係針對粒徑80 μ m 以上之懸浮固體物去除考量，但由於高濁水所含懸浮固體物顆粒微細化，馬莎颱風過後隔日石門大圳水樣結果顯示 D₁₀~D₉₀範圍在2~14 μ m 之間，停留時間需達2小時以上，因此所需廣大之用地空間造成執行上之困難。
- (二)微氣泡浮除：由於高濁水所含懸浮固體物顆粒以易沉降物質居多，混凝沉澱仍為效果最佳、操作較容易之處理設施，濁度越高，其競爭性越高。浮除處理藻類滋生、高色度、低鹼度、低濁度之原水，效果優於混凝沉澱，成本亦較低。尤其微氣泡浮除單位空氣可產生較多氣泡，更可提升顆粒間碰撞膠凝效果，更具優勢。

本研究試驗顯示浮除處理後之殘餘濁度仍達100 NTU 以上，故僅能作為混凝沉澱之前處理。尤其浮除槽除浮渣外仍會有大量沉澱污泥，亦須設置刮泥排泥設施，導致成本顯著高於混凝沉澱。又浮除操作對氣固比及加藥量控制相當敏感，操作較不容易，增設一組氣泡發生機，比較其試驗結果發現處理效果有提升，可見增加空氣量提升氣固比有助處理效果。本研究進行模場研究探討微氣泡浮除 (Nano-sized bubble flotation) 處理高濁水之結果顯示：

- (一)高濁水雖有懸浮固體微細化現象，但顆粒粗細對浮除之效率並無顯著影響。混凝劑加量雖然可能於初期獲得較佳處理水質，但出水水質濁度有隨時間升高現象，此應與混凝劑水解現象有關。
- (二)氣固比須控制於適當範圍及配合適當加藥量，方可得到穩定之出水水質，停留時間20min 之濁度去除率可達80 %，實驗結果顯示氣固比需高於0.02。

二、建議

- (一)由於主要淨水處理單元混凝沉澱及快濾對濁度處理能力均有所限，避免高濁水造成池槽淤積及濾層堵塞，整體淨水處理停擺，混凝沉澱之前應設置前處理緩衝設施，並設置水質濁度監控；進入混凝沉澱單元之濁度應小於1,000NTU，進入快濾單元之濁度應小於30NTU。若沉砂池無法連續排泥，應加大容量提供沉泥淤積空間。
- (二)傳統沉砂池應為優先考慮之前處理設施，為避免沉泥淤積減少適當之停留時間，排泥系統效率極為重要，故建議沉砂池宜建置於河川邊，並有足夠水頭差，高濁度時可將沉泥即時連續排入河川中（依環保法規中水污染防治措施申報及監測辦法：當原水濁度高於2,000NTU，沉泥可不處理直接排放）。

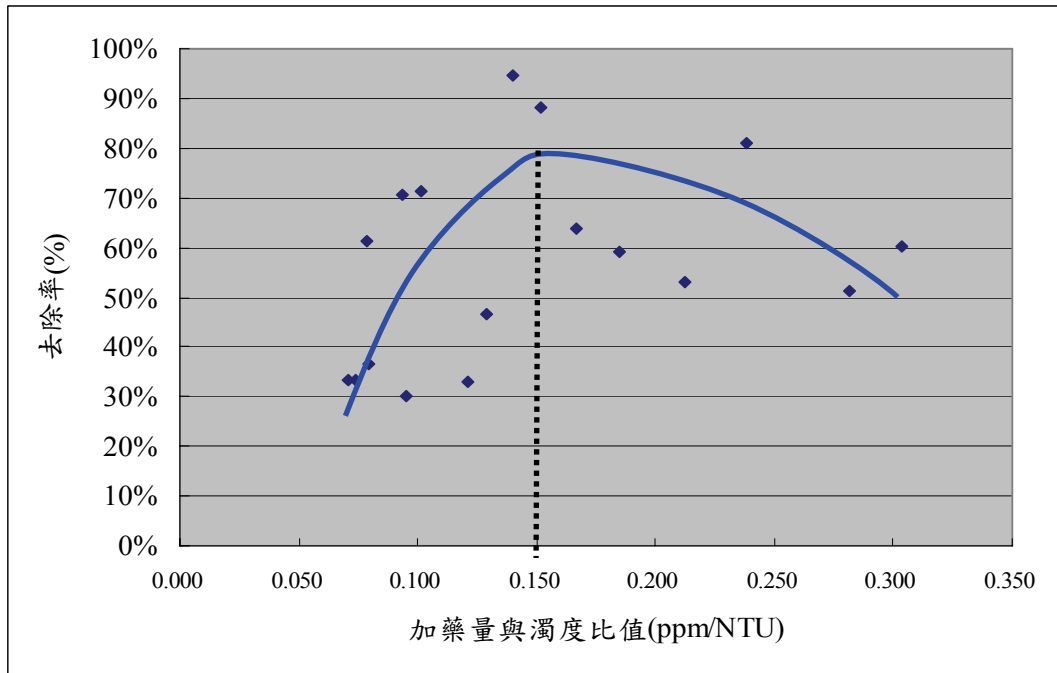


圖4停留時間20min 模場試驗結果之最佳加藥量

(三)微氣泡浮除有去除重金屬、色度、藻類等其他物質之優勢。故建議未來在提升自來水水質目標下，併同其他水質成分處理需求做整體之評估其適用性。由於微氣泡浮除過去研究甚少，本研究著重微氣泡浮除之效能探討，對微氣泡浮除之濁度處理主要影響因素初步已獲致結果；但對 PH、溫度等次要影響因素，浮渣及沉泥之濃度、特性及加氣、排渣之最佳構造安排等均尚未探討，建議可作後續之研究。

陸、參考資料

1. Edzward, James K., 1995. "Principles and application of dissolved air flotation", Water Science and Technology, 31.
2. Shawwa, A. R. and Smith, D.W., 1998. "Hydrodynamic characterization in dissolved air flotation (DAF) contact zone". Water Science and Technology, 38.
3. 葉萱顯、賴文亮、翁韻雅, "高濁度原水混凝技術之研究", 中華民國自來水協會, 2003.
4. 周珊珊、洪仁陽、彭明鏡、陳宜彰、袁如馨、黃志彬, "高濁度原水混凝前處理之研究", 第二十二屆自來水研究發表會, 2005.
5. 宋朝正、李柏青, "高濁度水庫原水中粒狀物質分離能力之探討", 2006.6
6. 台灣自來水公司, "高濁度原水最適化處理技術之研究", 期中報告, 2007.4.
7. 高肇藩, "衛生工程—給水(自來水)篇"

利用厭氧氨氧化程序進行生物除氮之研究

Biological Nitrogen Removal via Anammox Process

馮宇柔¹夏聰惠¹何俊明²Yu-Jou Feng¹Tsung-Hui Hsia¹Chun-Ming Ho²¹東南科技大學環安系 副教授 ²東南科技大學環安系 助理教授

摘 要

水體中若含有過量之氮氣，除了影響生態環境之外，還對人體健康造成危害。傳統之生物除氮程序包括硝化及脫硝兩階段，反應槽之建造成本較高且操作較複雜，新式之生物除氮程序乃利用部分硝化及厭氧氨氧化之原理除氮，可有效縮短傳統生物硝化及脫硝流程，節省氧氣需求量以達降低處理成本之目標。

在低碳氮比廢水或地下水之生物除氮技術發展方面，部分硝化程序係將廢水中大約一半之氮氣氧化為亞硝酸鹽氮，而後續之厭氧氨氧化程序則以氮氣為電子供給者並以亞硝酸鹽氮為電子接受者，將部分硝化反應槽出流水之殘餘氮氣與亞硝酸鹽氮一併轉變為氮氣。

本研究乃基於上述原理，藉由適當之操作條件控制，進行本土化自營性生物除氮技術之開發。廢水須先行部分硝化至氮氣與亞硝酸鹽氮之濃度大致相等，之後再進行厭氧氨氧化反應，此外並以分子生物技術進行菌相之定性與定量分析，以為日後反應槽實際應用之參考。

在厭氧氨氧化微生物之馴養方面，以一般都市污水處理廠之活性污泥於適當條件馴養約四個月，即可獲得具有穩定活性之 Anammox biomass，其沉降性良好呈淡褐色且無臭味。研究結果顯示 NO_2^- 之消耗速率較 NH_4^+ 為快，在適當之濃度範圍內且二者初始濃度相近時， NO_2^- 在短時間內有將近100%的去除率，過多的 NO_2^- 對於 Anammox 反應活性有顯著之負面影響，使除氮效率受限。

關鍵詞：生物除氮、自營脫硝、厭氧氨氧化、部分硝化

ABSTRACT

Many studies focused on the development of autotrophic nitrogen elimination technology such as combination of partial nitrification and the Anammox process, which is regarded as a promising new method for removing nitrogen from wastewater or groundwater with a low C/N ratio and a fairly large quantity of ammonium.

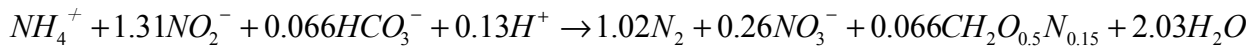
In this study, synthetic wastewater with an appropriate $\text{NH}_4^+/\text{NO}_2^-$ ratio was used to Anammox process to ensure total nitrogen removal. Molecular biotechnology method was applied to identify the bacterial community of the biofilm and the acclimated biomass.

Regarding the acclimation of Anammox biomass, the concentrated activated sludge collected from a local municipal WWTP was used as seed sludge. The macroscopic appearance of the enriched biomass remained a light brown color after cultivation under appropriate conditions for about 4 months. Additionally the settling efficiency of the biomass was very remarkable; the consumption of ammonium and nitrite resulted in the production of N_2 and a small amount of nitrate. Anammox is denitrification of nitrite with ammonium as the electron donor to yield nitrogen gas, in which reaction nitrite is consumed faster than ammonium.

Keywords: biological nitrogen removal, autotrophic denitrification, ANAMMOX, partial nitrification

壹、前言

利用部分硝化 (partial nitrification) 之原理結合厭氧氨氧化程序 (Anammox process) 可有效縮短傳統生物硝化及脫硝之流程，降低操作成本及複雜性，頗具發展潛力。厭氧氨氧化程序是以氨氮為電子供給者，以亞硝酸鹽為電子接受者，即可將氨氮與亞硝酸鹽一併轉變為氮氣，此一程序為自營性，完全不需外加任何有機碳即可脫硝 (Schmidt, 2003)、(Khin, 2004)、(Jetten, 2001)，其主要之化學反應計量式如下 (Strous, 1998)：



參與該反應之氨氮與亞硝酸鹽氮莫爾數比約為1:1.31，其主要之產物為氮氣及少量之硝酸鹽，參與該反應之自營性厭氧氨氧化菌 (Anammox bacteria) 於無氧或缺氧狀況下生長。國內有關 Anammox process 之研究甚少，更無類似之廢水處理實廠，故 Anammox process 實具有極高之研發價值與應用潛力，唯馴養該菌種耗時頗長且增殖緩慢污泥量少。本研究嘗試馴養本土性之厭氧氨氧化菌種，並藉由適當操作條件之控制，以重複之批次試驗針對氨氮及亞硝酸鹽初始負荷之高低及濃度比例之不同，來探討其對於 Anammox 反應之影響。

貳、研究設備與方法

一、人工合成廢水

本研究所採用之人工合成廢水係以分析級試藥配製，其成份包括 $(NH_4)_2SO_4$ (0.12~0.48 g/L)、 $NaNO_2$ (0.163~0.65 g/L)、 $KHCO_3$ (1.25 g/L)、 Na_2HPO_4 (0.018 g/L)、 KH_2PO_4 (0.03 g/L)、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (0.2 g/L) 以及微量元素溶液 (1.25 ml/L)： $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (2.2 g/L)、 $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (7.3 g/L)、 $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ (2.5 g/L)、 $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (0.5 g/L)、 $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ (0.5 g/L)、 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (5.0 g/L)、 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (0.2 g/L)。此一合成廢水並未添加有機碳，其最主要之成分為 NH_4^+ 及 NO_2^- ，初始 pH 值調至 7 ± 0.2

二、厭氧氨氧化菌之馴養

本研究擬建立本土性厭氧氨氧化菌之培養技術，以一般活性污泥植種再經適當之條件與時間，即可完成馴養。在實驗初始之馴養階段，於1公升之搖瓶中加入約800 ml 之人工合成廢水做為基質，並以台北市內湖污水處理廠之活性污泥大約200 ml 進行植種，隨即開始進行批次馴養。其馴養步驟為：先行配製理論之氨氮與亞硝酸鹽莫爾比之溶液，調節溶液之 pH 值至 7 ± 0.2 並添加微量元素溶液 (1 ml/l) 及磁石，再以氦氣 (Helium gas) 曝氣至溶氧低於 0.5 mg/l，瓶頂以橡皮塞 (rubber stopper) 封口，之後即將搖瓶置於攪拌器上，以大約 120 rpm 之轉速於恆溫箱內 (約 35°C) 進行馴養。初期每週更換基質一次並測定 pH 值，直到所監測之 pH 值明顯上升，污泥無臭味並具有良好之沉降性，且肉眼明顯可見瓶底之污泥持續產生細小氣泡而上浮時，開始每日以針筒 (syringe) 採集液體樣本，經孔隙 0.22 μm 之濾膜過濾，分析含氮化合物 (NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^-) 之濃

度變化，據以研判是否有 Anammox 反應正在進行中。此外，亦針對瓶內液面上之瓶頂空間(head space)的產氣量及氣體組成進行檢測，設若瓶內氣體組成分析證實有氮氣產生，且含氮化合物之濃度變化情形與 Anammox 反應之特性相符，則可確知 Anammox microorganisms 已馴養完成。

三、批次式厭氧氨氧化反應槽之配置與操作

厭氧氨氧化菌之污泥馴養完成後即進行批次試驗，藉由調整人工合成廢水之氨氮及亞硝酸鹽濃度，使厭氧氨氧化微生物能將氨氮及亞硝酸鹽一併轉變為氮氣，而達自營脫硝之目的。Anammox 反應之重要影響因子除氨氮及亞硝酸鹽初始負荷(initial loading)之外，其他如 DO、pH 值、有機碳含量、溫度範圍之控制等亦極為重要。本研究乃藉由重複之批次試驗(batch experiments)，針對氨氮及亞硝酸鹽初始濃度高低之影響進行探討，其他各項操作條件則維持不變：初始 pH 值為 7 ± 0.2 、初始 DO 值低於 0.5 mg/l 、於恆溫箱內(約 35°C)進行反應、合成廢水皆未添加有機碳等等。在為期48小時的批次試驗中，每隔一段時間以針筒直接刺入橡皮塞抽取液體樣本，再經孔隙 $0.22\ \mu\text{m}$ 之濾膜過濾後，分析各時段含氮化合物(NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^-)之濃度，以探討在不同初始負荷之下，氨氮及亞硝酸鹽之去除率，以及各種含氮化合物消長之計量關係(stoichiometry)。

四、分析方法

(一)反應槽內液相與氣相之分析

pH 值以 pH 計(Mettler Toledo MP220 pH meter)量測之，DO 值以溶氧計(YSI-550A DO meter)量測， NH_4^+-N 、 NO_2^--N 及 NO_3^--N 濃度以離子層析儀(DIONEX Ion analyzer, DX-120及DX-80)測定之，氣體樣本則以氣相層析儀(GC system)分析。

(二)無氧氨氧化菌之鑑定

污泥馴養工作完成之後即以 FISH 技術進行菌相鑑定，以確認污泥中是否含有厭氧氨氧化菌以及該菌所佔之比率，其過程如下：污泥樣本加入4% (w/v) paraformaldehyde solution 並於 4°C 固定30min，然後再依步驟進行 FISH 分析。表1為本研究用於菌相鑑定之探針，Schmid(2003)指出：Amx368 probe 對於厭氧氨氧化菌具有專一性，適合用於該菌之鑑定。樣本在 hybridization 程序結束之後隨即清洗與空氣乾燥，最後再以 fluorescence microscope 進行鏡檢照相，完成菌相鑑定工作。

表1 FISH 鑑定之探針特性(16S rRNA-directed oligonucleotide probes)

Probe	Target	Sequence of probe (5'-3')	Reference
EUB338 I	most Bacteria	GCT GCC TCC CGT AGG AGT	Amann <i>et al.</i> , 1990
EUB338 II	Planctomycetales	GCA GCC ACC CGT AGG TGT	Daims <i>et al.</i> , 1999
EUB338 III	Verrucomicrobiales	GCT GCC ACC CGT AGG TGT	Daims <i>et al.</i> , 1999
EUB338 IV	Bacterial lineages not covered by probes EUB338, EUB338II, and EUBIII	GCA GCC TCC CGT AGG AGT	Schmid <i>et al.</i> , 2005
Amx368	All anammox microorganisms	CCT TTC GGG CAT TGC GAA	Schmid <i>et al.</i> , 2003

參、結果與討論

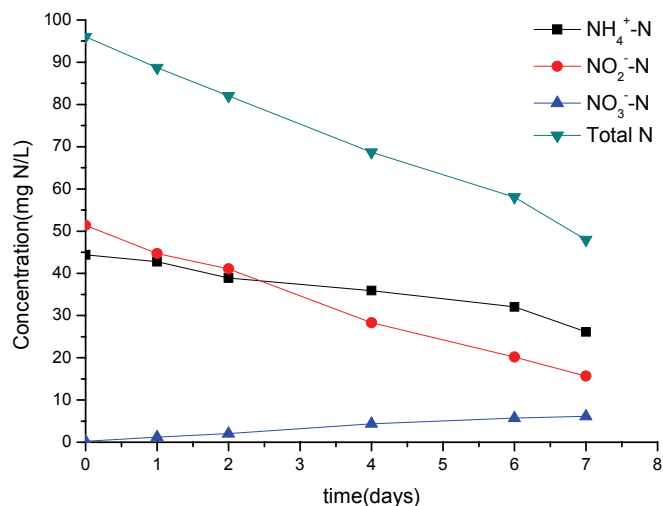
一、厭氧氨氧化菌之馴養結果

(一) 污泥外觀及特性

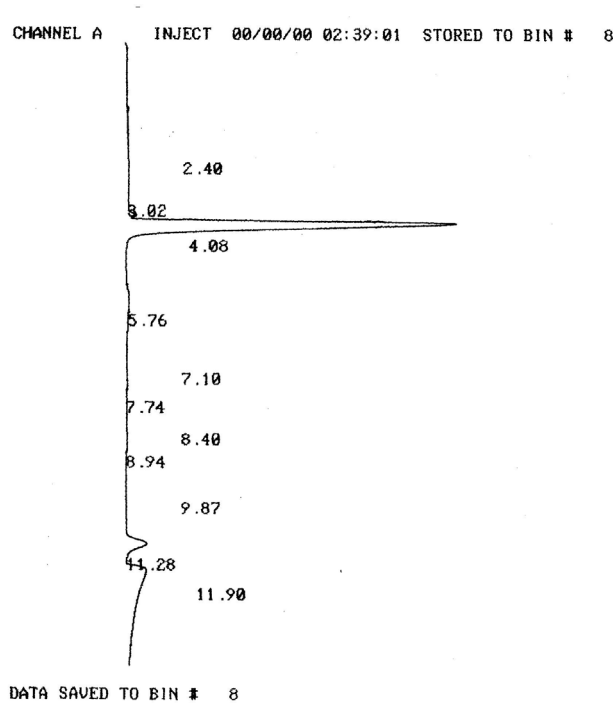
本研究之植種污泥係採自台北市內湖污水處理廠之活性污泥，以適合厭氧氨氧化菌生長之基質與條件進行完全自營性之馴養，經過大約六個月的馴養期，才獲得具有穩定活性之 Anammox microorganisms。此類厭氧氨氧化菌於馴養漸趨穩定時會逐漸聚集形成小污泥團，此污泥並無臭味且具良好之沉降性，待馴養完成時有明顯可見之氣泡不斷自污泥團中竄出並挾帶污泥團向上浮升，輕搖瓶身隨即沉降；此外，pH 值亦有上升之情形(由初始 pH 值 7 ± 0.2 上升至 8 ± 0.2)，符合生物脫硝反應 pH 值上升之特性。

(二) 馴養期含氮化合物之消長

圖一為馴養階段後期液體樣本過濾分析含氮化合物(NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^-)之濃度變化情形，其中，反應物 NH_4^+ 及 NO_2^- 之濃度由起始值大約 50 mgN/l 持續降低，而以 NO_2^- 之濃度降得較快，產物 NO_3^- 之濃度則漸增；若以總無機氮(NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^- 之濃度總和)的變化情形來看，則亦呈下降之趨勢，約由起始之 100 mgN/l 降至 50 mgN/l，由於 Anammox bacteria 之增殖極為緩慢，總氮減少量應可視為大部分被轉換為氮氣。圖二為瓶內之瓶頂空間(head space)的氣體組成檢測結果， N_2 為產氣之最主要的成分，由於瓶內基質係曝以氮氣來控制溶氧量，而至馴養後期則有大量氮氣產生，此乃脫氮反應發生之明證。由此可知，經過大約六個月的馴養期所得到之污泥具有典型 Anammox 反應之特性，故可視為具有穩定活性之 Anammox microorganisms。



圖一 馴養階段後期含氮化合物(NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^-)之濃度變化



圖二 馴養階段後期產氣之組成分析(GC spectrum)

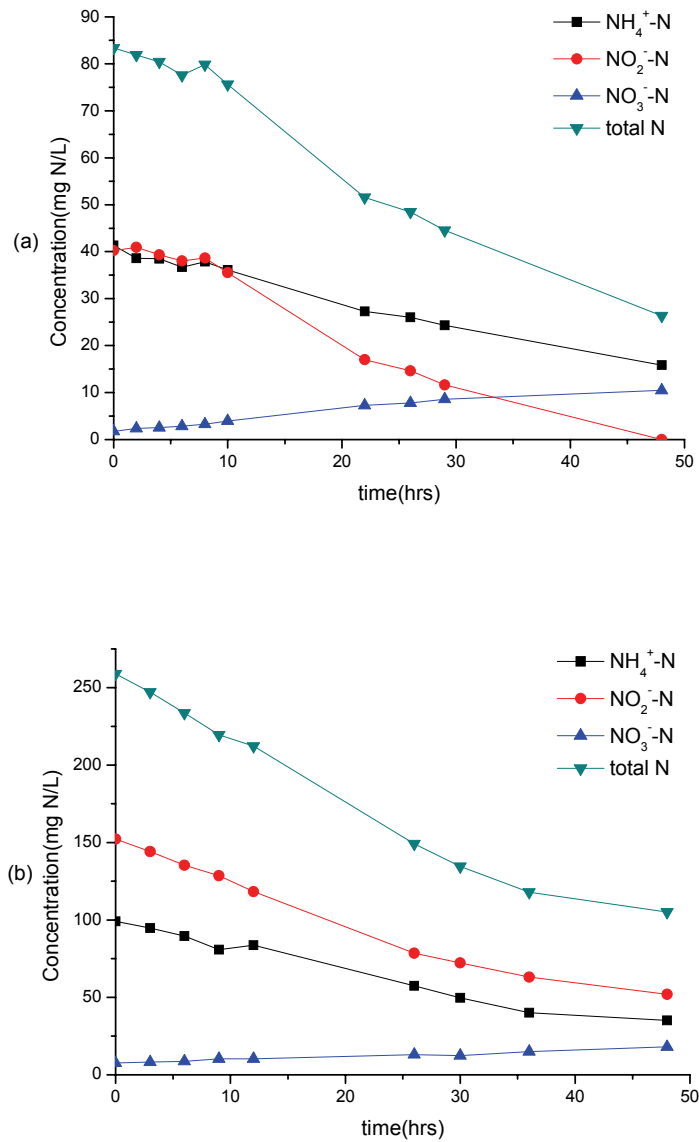
二、厭氧氨氧化菌之菌相分析結果

本研究以 Amx368 probe 對污泥樣本進行 Anammox microorganisms 之定性與定量分析，positive hybridization 可確認該菌之存在，首先以探針 EUB338 (I~IV, labeled with Cy3) 鑑定 Total cells，之後再以 Amx368-alexa fluorescein 350 探針鑑別 Anammox 菌，將 fluorescence microscope 鏡檢照相之結果疊合後，經由特定之計數軟體 LAS-AF (Leica Application Suite-Advanced Fluorescence) 估算出此種污泥樣本中 Anammox cell 之比例將近一半，換而言之，持續馴養約半年後之污泥有將近半數為 Anammox 菌。

三、厭氧氨氧化菌液之批次試驗結果

(一) 初始負荷高低與含氮化合物(NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^-)濃度變化之關係

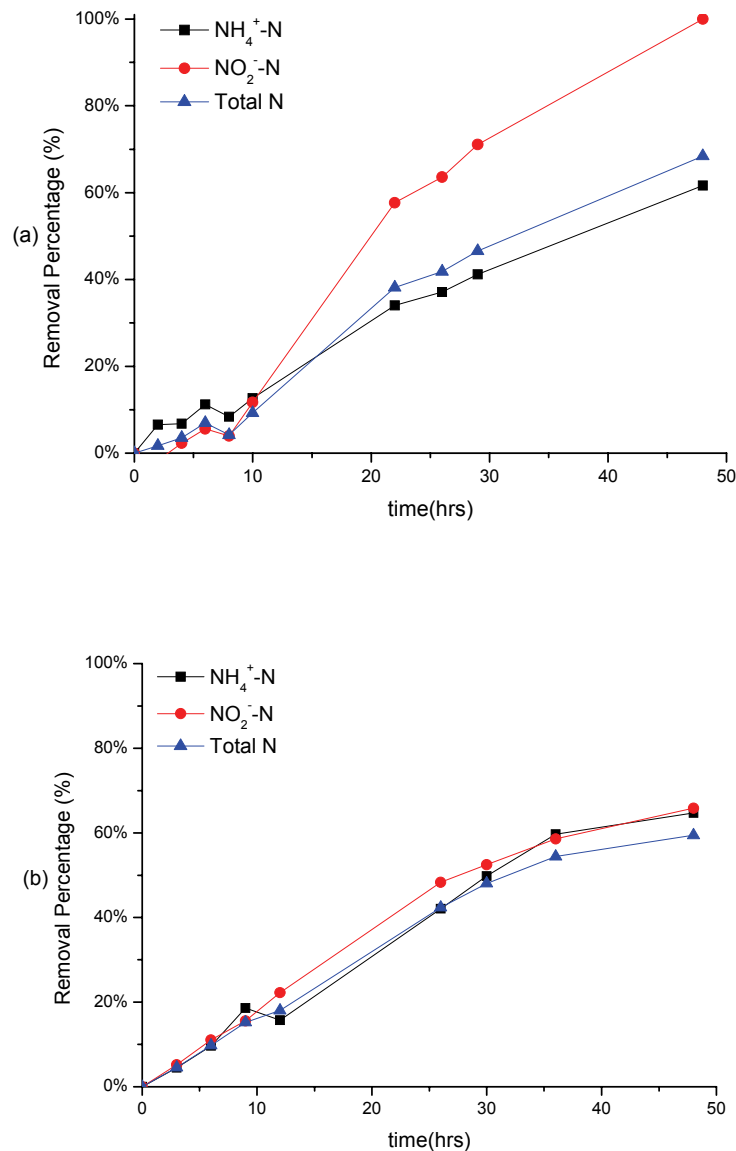
氮氮及亞硝酸鹽初始負荷高低對 Anammox 反應進行之影響如圖三所示，圖三(a)為初始氮氮及亞硝酸鹽濃度比大約1:1 (NH_4^+ 及 NO_2^- 約為40 mgN/l) 時之含氮化合物濃度變化，圖三(b)則為初始濃度比大約1:1.5 (NH_4^+ 及 NO_2^- 約分別為100及150 mgN/l) 時之情形。由 Strous *et al.*(1998)提出 Anammox 反應之化學計量式可知，該反應進行過程中，亞硝酸鹽之消耗速率比氮氮消耗得快，因此當二者初始負荷偏低且濃度相當時， NO_2^- 在48小時的批次試驗結束時已消耗殆盡，而 NH_4^+ 則因缺乏電子接受者而未完全轉化；當二者初始負荷較高且濃度比例增至1:1.5時，在48小時的批次試驗接近尾聲時仍有持續反應的趨勢，因此，在高負荷時極有可能藉由延長反應時間來達到完全去除 NH_4^+ 及 NO_2^- 之目的。



圖三 Anammox 菌液批次試驗含氮化合物之濃度變化 (a)初始 NH_4^+ 及 NO_2^- 濃度比1:1 (約為40 mgN/l) (b)初始濃度比1:1.5 (NH_4^+ 及 NO_2^- 約分別為100及150 mgN/l)

(二) NH_4^+ 及 NO_2^- 去除率隨時間之變化

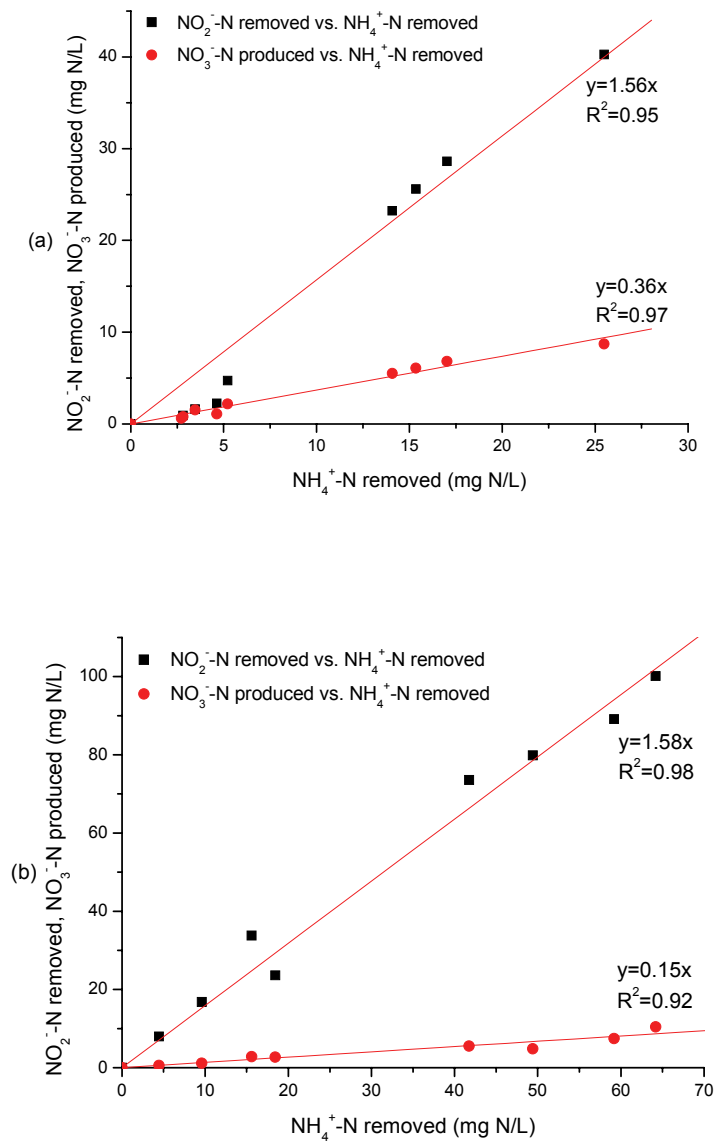
圖四(a)為初始氨氮及亞硝酸鹽濃度為低負荷(比值大約1:1, NH_4^+ 及 NO_2^- 約為40 mgN/l) 時, NH_4^+ 、 NO_2^- 及總氮去除率之變化情形, 圖四(b)則為相對較高負荷(濃度比值大約1:1.5, NH_4^+ 及 NO_2^- 約分別為100及150 mgN/l)時之情形。由圖四可知在低負荷時, 亞硝酸鹽在反應進行了48小時將近有100%的去除率, 氨氮去除率約為60%, 而總無機氮(NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^- 之濃度總和)的去除率與氨氮相去不遠, 此乃因為在此種濃度比例時, 亞硝酸鹽耗盡而氨氮因缺乏電子接受者而滯留於系統中, 故去除率上升得較為緩慢; 然而當濃度比增至1:1.5時, NH_4^+ 、 NO_2^- 及總氮之去除率則齊頭並進, 反應時間若能延長則去除率應能繼續向上攀升。



圖四 NH_4^+ 及 NO_2^- 去除率之變化 (a)初始 NH_4^+ 及 NO_2^- 濃度比1:1 (b)初始濃度比1:1.5

(三)含氮化合物(NH_4^+ 、 NO_2^- 及 NO_3^-)濃度變化之計量關係

圖五(a)及圖五(b)分別為氨氮及亞硝酸鹽初始負荷較低與較高時之 Anammox 反應化學計量關係，由 Strous *et al.*所提出 Anammox 反應之化學計量式可知，該反應進行過程中，亞硝酸鹽消耗得比氨氮為快，反應物氨氮與亞硝酸鹽之莫爾數比約為1:1.31，而氨氮與產物硝酸鹽之莫爾數比則為1:0.26，此乃意味著在 Anammox 反應中，每消耗1莫爾氨氮就同時會有大約1.31莫爾的亞硝酸鹽也被消耗掉，最後產生了0.26莫爾的硝酸鹽。本研究所馴養之 Anammox 污泥，其所表現之 Anammox 反應化學計量式雖有所不同，而亞硝酸鹽消耗較氨氮為快則如出一轍。由圖四可知，反應物氨氮與亞硝酸鹽之莫爾數比在初始負荷較低與較高時分別為1:1.56及1:1.58，而氨氮與產物硝酸鹽之莫爾數比則分別為1:0.36與1:0.15，其原因值得進一步探討與驗證。



圖五 Anammox 菌液之反應計量關係圖 (a)初始 NH_4^+ 及 NO_2^- 濃度比1:1 (b)初始濃度比1:1.5

肆、結論

1. 本研究由採自一般污水處理廠之活性污泥，以適合之基質與條件馴養大約六個月，即可獲得具有穩定活性之 ANAMMOX microorganisms。馴養完成之污泥並無臭味且沉降性良好，尚有明顯可見之氣泡自污泥團中竄升，pH 由初始值 7 ± 0.2 上升至 8 ± 0.2 ，符合生物脫硝反應 pH 值上升之特性。
2. 由馴養後期反應物 NH_4^+ 及 NO_2^- 之濃度持續降低，產物 NO_3^- 之濃度漸增，以及瓶內氣體組成之分析結果得知 N_2 為主要成分，此乃脫氮反應發生之明證。本研究馴養所得之污泥具有典型 ANAMMOX 反應之特性，可視為具有穩定活性之 ANAMMOX microorganisms。

3. ANAMMOX 反應進行過程中，亞硝酸鹽之消耗速率較氨氮為快，當二者初始負荷偏低且濃度相當時(NH_4^+ 及 NO_2^- 濃度比例大約1:1)， NO_2^- 在反應48小時已消耗殆盡有將近100%的去除率，而 NH_4^+ 則因缺乏電子接受者而未完全轉化，其去除率則僅有大約60%；而當初始負荷較高且濃度比例增至1:1.5時，在反應進行48小時卻仍有持續反應的趨勢，換而言之，在高負荷時極有可能藉由延長反應時間來達到完全去除 NH_4^+ 及 NO_2^- 之目的。
4. 本研究所馴養之 ANAMMOX 污泥，其所表現之 ANAMMOX 反應化學計量關係與文獻所提之計量式稍有不同，然而，亞硝酸鹽消耗得比氨氮為快則如出一轍。文獻所提之反應物氨氮與亞硝酸鹽之莫爾數比約為1:1.31，而本研究在初始負荷較低與較高時則分別為1:1.56及1:1.58；文獻所提之氨氮與產物硝酸鹽之莫爾數比為1:0.26，而本研究在較低與較高負荷時則分別為1:0.36與1:0.15，其原因為何頗值得進一步探討與驗證。

參考文獻

- Ahn, Y. H., 2006, Sustainable nitrogen elimination biotechnologies: A review, *Process Biochem.*, 41, 1709-1721.
- Amann, R. I., Ludwig, W. and Schleifer, K. H., 1995, Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation, *Microbiol. Rev.*, 59, 143-169.
- Ciudad, G., Rubilar, O., Munoz, P., Ruiz, G., Chamy, R., Vergara, C. and Jeison, D., 2005, Partial nitrification of high ammonia concentration wastewater as a part of a shortcut biological nitrogen removal process, *Process Biochem.*, 40, 1715-1719.
- Daims H., Brühl A., Amann R., Schleifer K.-H. and Wagner M., 1999, The domain-specific probe EUB338 is insufficient for the detection of all Bacteria: Development and evaluation of a more comprehensive probe set, *Syst. Appl. Microbiol.*, 22, 434-444.
- Güven, D., A. Dapena, B. Kartal, M. C. Schmid, B. Maas, K. van de Pas-Schoonen, S. Sozen, R. Mendez, H. J. M. Op den Camp, M. S. M. Jetten, M. Strous, and I. Schmidt., 2005, Propionate Oxidation by and Methanol Inhibition of Anaerobic Ammonium-Oxidizing Bacteria., *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 1066-1071.
- Jetten, M., M. Wagner, J. Fuerst, M. van Loosdrecht, G. Kuenen, and M. Strous, 2001, Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox') process, *Current Opinion in Biotechnol.*, 12(3), 283-288.
- Kenji, F., Joseph, D. R., Norihara, Y. and Hayato, H., 2003, Mass cultivation of anaerobic ammonium-oxidizing sludge using a novel nonwoven biomass carrier, *J. Chemical Engineering of Japan*, 36, 1163-1169.
- Khin, T. and A. P. Annachhatre, 2004, Novel microbial nitrogen removal processes *Biotechnology Advances*, 22(7), 519-532.
- Schmidt, I., O. Sliemers, M. Schmid, and E. Bock, 2003, New Concept of Microbial

- Treatment Processes for the Nitrogen Removal in Wastewater, FEMS Microbiology Reviews, 27, 481-492.
- Strous, M., Heijnen, J. J., Kuenen, J. G., and Jetten, M. S. M., 1998, "The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganism," Appl. Microbiol. Biotechnol., 50, 589-596.
- Third, K. A., A. O. Sliemers, J. G. Kuenen, M. S. M. Jetten, 2001, The CANON System (Completely Autotrophic Nitrogen-Removal Over Nitrite) under Ammonium Limitation: Interaction and Competition between Three Groups of Bacteria, Systematic And Applied Microbiol., 24(4), 588-596.
- Van Dongen, U., Jetten, M. S. M., van Loosdrecht, M. C. M., 2001, The SHARON-ANAMMOX process for treatment of ammonium rich wastewater, Water Sci. Technol., 44, 153-160.
- Wang, J. and Kang, J., 2005, The characteristics of anaerobic ammonium oxidation (ANAMMOX) by granular sludge from an EGSB reactor, Process Biochem., 40, 1973-1978.
- Zhao, H. W., D. S. Mavnic, W. K. Oldham, and F. A. Koch, 1999, Controlling Factors for Simultaneous Nitrification and Denitrification in Two Stage Intermittent Aeration Process Treating Domestic Sewage, Water Research, 33(4), 961-970.

新竹地區氣相汞(gaseous mercury)研究

Study of the Concentrations of Gaseous Mercury in Hsin-Chu County

謝坤嶧¹ 林玟辰¹ 張正芬² 郭天和³

Kun-Yi Hsieh¹ Wen-Chen Lin¹ Cheng-Fen Chang² Tien-Ho Kuo³

1:東南科技大學防災科技研究所 研究生 2:經國管理暨健康學院護理系 講師 3:東南科技大學環境與安全衛生工程系 副教授

1: Graduate student, Graduate Institute of Technology for Hazard Mitigation, Tunghan University

2: Lecturer, Department of Nursing, Chin-Kuo Institute of Management and Health

3: Associate Professor, Department of Environmental, Safety, and Health, Tunghan University

摘 要

本文章試著將2006年在新竹縣境內對大氣中氣相汞採樣結果進行分析並探討氣相汞與其他污染物(例如:SO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5}、NO_x..等)及氣象因子(例如:溫度、風速、方向、相對濕度..等)之間的相關性。採樣地點分別在竹東鎮大同國小及湖口鄉信勢國小內的環保署一般測站,藉由可攜式的自動汞分析儀(Model Gardis-3)進行採樣分析,並蒐集測站內其他污染物及氣象資訊加以分析。

結果顯示,在竹東地區氣相汞濃度(小時平均值)介於1.30~18.86 ng/m³,且氣相汞與SO₂、CO、NO_x及相對濕度也有正相關之關係。在湖口地區氣相汞濃度(小時平均值)介於1.38~11.58 ng/m³,且氣相汞與SO₂、CO、PM₁₀及PM_{2.5}等有正相關之關係,卻與溫度有些許負相關存在。這些資訊顯示在湖口地區應該有點污染源(point source)存在,不僅如此,兩地區內氣相汞濃度在白天均較夜晚來得高且與溫度並無明顯的相關性,因此可以推論大氣中的氣相汞是來自人類活動造成遠大於自然界排放。

既然此二地區所偵測到氣相汞濃度分別可高達18.86ng/m³及11.58ng/m³,表示應該有點污染源在採樣點附近,所以有必要更進一步把污染源找出,以避免汞污染對環境及生態所造成的傷害。

關鍵字:新竹縣、氣相汞、污染物

Abstract

This paper tries to analyze the sampling results of gaseous mercury in Hsin-Chu county in 2006, and also to investigate the relationships among concentrations, other pollutants (e.g. SO₂, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x .. etc.) and meteorological factors (e.g. temperature, wind speed, wind direction, relative humidity, .., etc.). Sampling sites were located at Datong Elementary School in Chutung and at Si-Shi Elementary in Hukou, and the concentrations were collected by using a portable automatic mercury analyzer (Model Gardis-3) as well. Meanwhile, the concentrations of the other pollutants and meteorological data were collected at the same time.

The results showed that the hourly averaged concentrations of gaseous mercury ranged from 1.30 ~ 18.86 ng/m³, and the concentrations were positively related to SO₂, CO, NO_x and the relative humidity in Chutung. While the concentrations ranged from 1.38 ~ 11.58 ng/m³, and the concentrations had positive relationships with SO₂, CO, PM₁₀ and PM_{2.5} in Hukou. According to the results of analysis, there existed point sources in Hukou and concentrations were higher in the daytime. The results also showed that there was no relationship between concentrations and temperatures. Therefore, it can be inferred that the gaseous mercury from human activities is much greater than natural emissions.

Since the concentrations of gaseous mercury reached as high as 18.86ng/m³ and 11.58ng/m³, respectively, it indicated that there existed point sources nearby the sampling point. Therefore, it is essential to further discover the source of pollution to prevent from injury to the environment and the ecology from gaseous mercury.

Keywords: Hsin-Chu County, Gaseous Mercury, Pollutants

壹、前言

歐美國家對大氣中汞污染物濃度調查工作已經進行了好一段時間，近幾年來亞洲地區(包含日本、韓國及大陸)也逐漸投入人力及物力進行調查研究工作，一同關心及重視汞污染問題。因為汞一旦被排放至大氣中，可經由不同程序(如濕沉降(wet deposition)或乾沉降(dry deposition))沉降至地球表面(如:海洋、土壤..等)。而且部份沉降於地表的汞，還會再以氣相或附著於微粒回到大氣中被傳輸數十公里至數萬公里後而沉降至其他地方，因此汞也被科學家認定為全球性污染物之一。不僅如此，沉降於地表或水體的汞，在合成甲基維生素 B₁₂的微生物作用或化學轉換下，便有機會轉換成毒性較強之甲基汞，一旦這些甲基汞進入食物鏈後，便有機會進入人體而對人類造成不可抹滅傷害。

汞污染物除了來自石化燃料使用外，還有其他排放源也會將汞污染物排放至大氣中。因此排放源可歸類成自然界排放源與人為活動排放源，其中自然界排放源包括火山、土壤、森林、湖泊、海洋、地熱及森林大火等；而人類活動排放源則包括燃燒(焚化爐、燃煤發電廠、汽電共生廠、鍋爐、汽機車排放...等)、製造業(鹼氣工廠、日光燈管製造工廠、溫度計製造工廠...等)、農業活動(農藥、殺蟲劑等使用)及其他。

歐美學者對於大氣中汞之研究做了許多，而且亞洲地區包括日本、韓國甚至中國大陸也陸陸續續地有學者也正積極從事此方面研究。至於台灣地區，對於大氣中汞濃度做監測調查非常少，尤其是氣相汞濃度調查。Lindqvist et al. (1991)提出地球上氣相汞濃度的背景值約介於1.5~2.0 ng/m³，而最近科學家(Kim and Kim, 2001)也提出在韓國漢城地區大氣中汞濃度也有往上升高的趨勢。大陸一直被認為增加大氣汞濃度的主要來源(Hylander,2001)，但是當地僅有少數學者對大氣中汞濃度加以調查及研究(Liu et al.,2002; Feng et al., 2003)。本文僅就2006年在新竹縣境內採樣分析結果加以討論，藉以瞭解當時大氣中氣相汞濃度及其與氣象或其他污染物之間的關係。

貳、實驗設計

一、採樣位置

本研究採樣地點分別在新竹縣內環保署所屬兩個測站(竹東測站及湖口測站)。竹東測站位於新竹縣竹東鎮大同國小內一棟大樓之頂樓，在環保署測站分類中歸類為一般測站，採樣口高度12.02公尺；而湖口測站位於新竹縣湖口鄉信勢國小內一棟大樓之頂樓，在環保署測站分類中亦歸類為一般測站，採樣口高度11.73公尺。

二、儀器設備及原理

本研究乃採用可攜式自動汞分析儀(Model Gardis-3, Institute of Physics, Lithuania)，此分析儀之偵測極限值為0.5 pg。其操作原理為金汞齊(gold amalgamation)原理將空氣中的氣相汞吸附於金砂上再利用熱脫附方式將汞排出後藉由原子吸收光譜(Atomic Absorption Spectrography)方式來測定汞的濃度。

標準汞蒸氣產生器(又稱自動劑量器(automated dosing device))，主要是將汞源加熱至固定溫度後，藉著滲透原理將定量汞蒸氣排出及藉由乾淨氣體，將汞蒸氣運送至汞蒸氣分析儀後作校正。

關於儀器校正方式有二：一為利用自動劑量器(automated dosing device)注入一定量的汞蒸氣來做校正；另外一種是手動校正，經由微量注射器注入一定量飽和汞蒸氣作校正。本研究是採用前者為主，後者為輔；將於每日凌晨二點至三點進行二點校正(0 pg 與8 pg)。若有校正誤差，則當日採樣所得數據必須利用下列公式作處理。

$$\text{數據} = \text{原採樣數據} / \text{校正因子}$$

$$\text{校正因子} = \text{分析儀讀值(自動劑量器作用時)} / \text{8(自動劑量器作用時之理論值)}$$

關於手動校正方面，將於每月採樣結束後做一次。藉此來校正自動劑量器的準確性。

三、實驗方法與步驟

首先將汞蒸氣分析儀，置放於一採樣點進行24小時連續監測數日(至少五日)後，移至另一採樣點繼續監測。採樣流速為200 ml/min 且每次採樣時間10分鐘，每小時採樣4次，並且同時取得採樣點其它污染物數據資料及氣象資料。而且儀器在每天的凌晨2:00至3:00進行自動校正。採樣設備裝置如下所述：

取一條預先經過酸洗乾燥過的 PTFE 管，在前端安裝一張 PTFE 濾紙(0.2 μm pore size,直徑47mm)，藉以去除空氣中微粒，避免進入汞蒸氣分析儀。並在管路末段加上氣泡瓶(bubbler,內裝 soda 溶液)，以去除空氣中一些酸性氣體，避免縮短金砂使用壽命，最後再取一小段預先酸洗乾燥過的 PTFE 管將氣泡瓶與分析儀作連接。

參、結果與討論

本研究採樣自八月份起在環保署所轄兩測站(湖口測站及竹東測站)分別進行為期五天至一個星期的連續採樣分析，並於每日進行自動校正，並於每月作一次手動校正。詳細之採樣結果與討論將就竹東地區及湖口地區分開討論之。

一、竹東地區

竹東地區的氣相汞採樣分析結果如表1所示，由此表得知平均濃度範圍為1.89~3.24 ng/m³、白天平均值範圍為1.90~3.56 ng/m³、夜晚平均值範圍為1.87~2.85 ng/m³、最大小時平均值範圍為3.26~18.86 ng/m³及最小小時平均值範圍為1.30~2.11 ng/m³；而且氣相汞平均濃度在十一月份時最高。不僅如此，白天的氣相汞平均濃度均較夜間來得高，此現象可能與人類活動或表面污染源有關，而且值也較2005年同時期來得高。

表1 八至十二月份竹東測站採樣分析結果統計表(單位：ng/m³)

	八月份	九月份	十月份	十一月份	十二月份
平均值	2.53	2.05	1.89	3.24(2.46)	2.67(2.12)
白天平均值	2.69	2.07	1.90	3.56(2.42)	2.80(2.13)
夜間平均值	2.32	2.02	1.87	2.85(2.44)	2.53(2.09)
最大小時平均值	3.98	4.21	3.26	18.86(3.75)	12.17(2.95)
最小小時平均值	1.30	1.61	1.42	2.00(1.85)	2.11(1.43)

()：2005年同月份採樣之結果。

竹東地區的風主要是來自東北方(27%)及東南方(19%)。針對氣相汞濃度對風向作圖(圖1)，由圖得知當風來自西南西時，其平均濃度(約4.0 ng/m³)較其它方向來得高。

圖2(a)~(e)為竹東地區八至十二月份氣相汞濃度分佈圖。在十一月份時，小時平均值由2.6ng/m³升高至19 ng/m³後再降至2.8 ng/m³。時間為下午1:00至6:00，且最高值出現時，風向為西方。在十二月份時，小時平均值由3.1ng/m³升高至12ng/m³後再降至3.0 ng/m³。時間為下午1:00至6:00，且最高值出現時，此時風向範圍為西北西方。因此可以推論，在竹東地區應該有點污染源存在，且其位置應該在竹東測站偏西方。

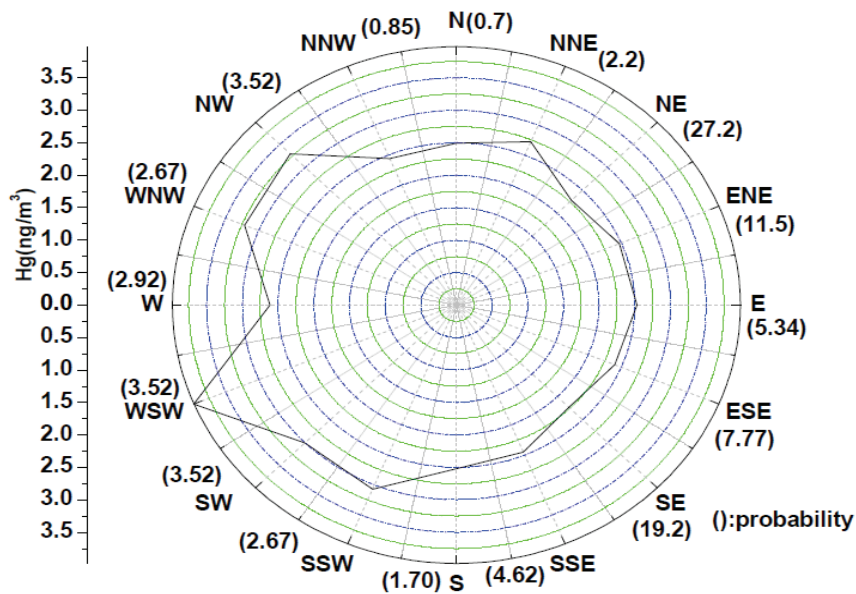


圖1 竹東地區氣相汞濃度風玫瑰圖

圖2(f)為氣相汞濃度小時分佈圖。在八月份及十月份時，24小時氣相汞濃度分佈非常均勻，並無因人類活動造成氣相汞濃度上升。然而在九月份、十一月份及十二月份時，日間濃度較夜間高，此現象可能是因人類活動或表面污染源造成氣相汞濃度上升。

將氣相汞採樣分析之數據及測站所量測之污染物及氣象資料，作成表2。由表2得知氣相汞與污染物 SO₂、CO 及 NO_x 的相關係數分別為0.17、0.24及0.18，顯示氣相汞濃度與這些污染物有正相關；且與相對濕度之相關係數為0.19，顯示氣相汞濃度與相對濕度也有正相關。雖然由表4.8得知氣相汞與雨量相關係數為0.27，但因在整個採樣期間下雨時間累計不到24小時，所以這個值較不具代表性。

表2 氣相汞與污染物及氣象因子相關係數一覽表(竹東地區)

	Hg	SO ₂	CO	O ₃	PM ₁₀	NO _x	NO	NO ₂	風速	風向	溫度	雨量	PM _{2.5}	相對濕度
Hg	1.00													
SO₂	0.17	1.00												
CO	0.24	0.35	1.00											
O₃	-0.04	0.24	-0.40	1.00										
PM₁₀	-0.07	0.49	0.27	0.38	1.00									
NO_x	0.18	0.31	0.76	-0.39	0.18	1.00								
NO	0.06	0.10	0.46	-0.31	-0.03	0.68	1.00							
NO₂	0.21	0.34	0.73	-0.34	0.25	0.93	0.36	1.00						
風速	-0.07	0.11	-0.36	0.52	0.12	-0.34	-0.14	-0.37	1.00					
風向	0.26	0.04	0.29	-0.19	-0.01	0.29	0.21	0.26	-0.45	1.00				
溫度	-0.09	0.15	-0.26	0.50	0.40	-0.02	-0.03	-0.01	0.10	0.00	1.00			
雨量	0.27	0.00	0.08	-0.03	-0.01	0.13	0.02	0.16	-0.04	0.13	-0.01	1.00		
PM_{2.5}	-0.04	0.44	0.29	0.36	0.92	0.14	-0.09	0.23	0.00	0.02	0.32	0.02	1.00	
相對濕度	0.19	-0.20	0.35	-0.74	-0.45	0.18	0.12	0.17	-0.34	0.17	-0.65	0.10	-0.37	1.00

二、湖口地區

湖口地區的氣相汞採樣分析結果之統計表如表 3 所示，由此表得知採樣期程中氣相汞平均濃度範圍為 1.90~3.82 ng/m³、白天平均值範圍為 1.94~3.77 ng/m³、

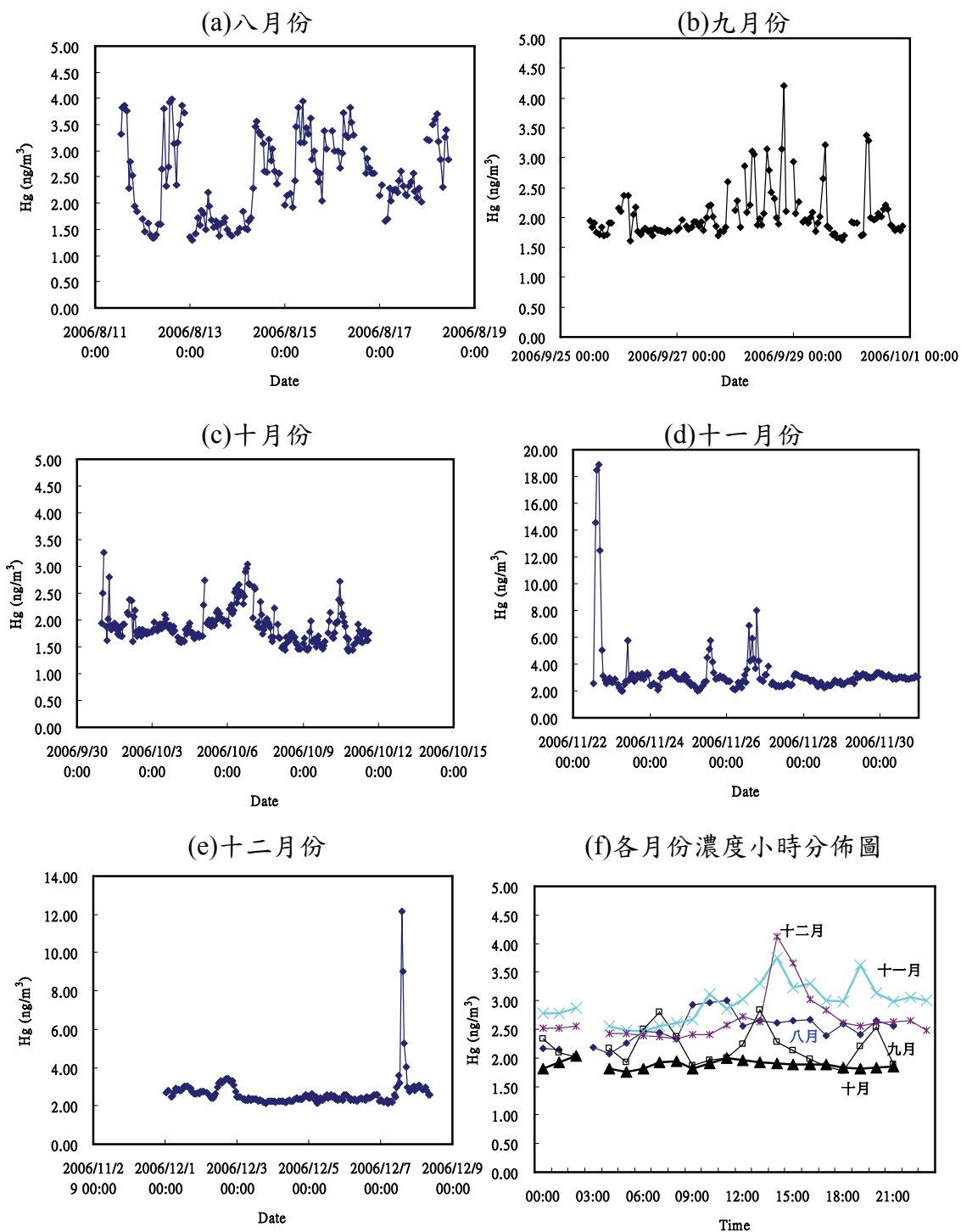


圖2 竹東地區八至十二月份氣相汞濃度分佈圖及小時分佈圖

夜晚平均值範圍為 $1.84\sim 3.88\text{ ng/m}^3$ 、最大小時平均值範圍為 $3.20\sim 11.58\text{ ng/m}^3$ 及最小小時平均值範圍為 $1.38\sim 2.31\text{ ng/m}^3$ ；而且氣相汞平均濃度在十一月份時最高。由此表得知於十一月份採樣期間，氣相汞平均濃度(3.82 ng/m^3)、白天平均值(3.77 ng/m^3)及夜間平均值(3.88 ng/m^3)均較其它月份來得高，且也較去年同時期高。

表3 八至十二月份湖口測站採樣分析結果統計表(單位： ng/m^3)

	八月份	九月份	十月份	十一月份	十二月份
平均值	1.90	2.26	2.00	3.82 (3.12)	2.85 (2.74)
白天平均值	1.94	2.24	2.03	3.77 (3.22)	2.84 (2.73)
夜間平均值	1.84	2.28	1.97	3.88 (2.97)	2.94 (2.78)
最大小時平均值	3.20	5.21	3.91	11.58 (5.97)	5.47 (9.00)
最小小時平均值	1.44	1.42	1.38	2.31 (1.87)	2.14 (1.82)

()：2005年同月份採樣之結果。

在整個採樣期程中，風主要是來自東北方(30%)及北方(30%)。將氣相汞濃度對風向作圖(如圖3)，由圖得知當風來自西南西及西北西時，其平均濃度(約 4.0 ng/m^3)較其它方向來得高。

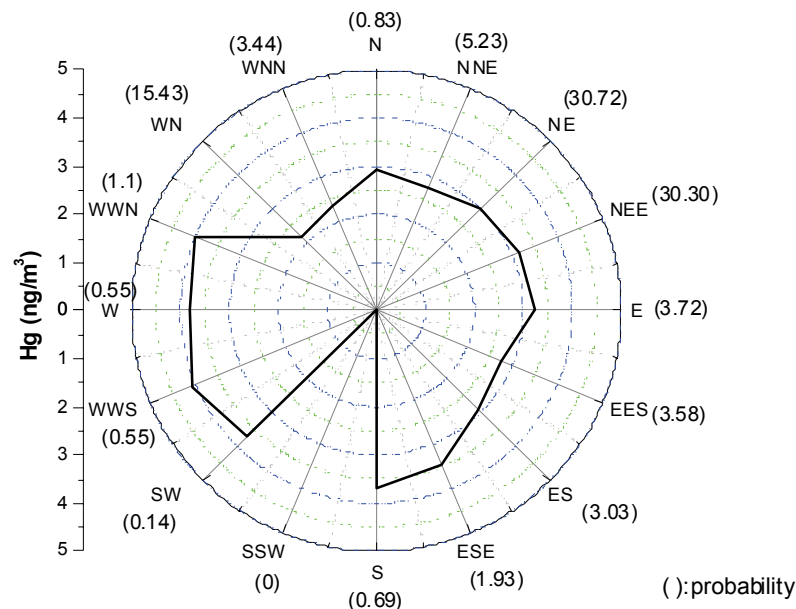


圖3 湖口地區氣相汞濃度風玫瑰圖

圖4(a)至(e)分別湖口地區八至十二月份氣相汞濃度分佈圖。值得一提的是，在十一月份時，小時平均值由 3.2 ng/m^3 升高至 12 ng/m^3 後再降至 4.7 ng/m^3 。時間為下午16:00至隔日早上2:00，且最高值出現時，風向為東北方。在十二月份時，小時平均值由 2.8 ng/m^3 升高至 5.5 ng/m^3 後再降至 2.9 ng/m^3 。時間為下午15:00至20:00，且最高值出現時，

此時風向範圍為東北方。不僅如此，探討其他月份出現氣相汞濃度出現最高值時，風向大部分來自東北方。因此可以推論，在湖口地區應該有點污染源存在，且其位置應該在湖口測站東北方。

圖4(f)為湖口地區各月份氣相汞濃度小時分佈圖。由圖得知在十一月份氣相汞濃度均較其他月份來得高，且濃度在早上八點起開始緩緩上升至十一點左右達到高點隨即緩緩下降，到了晚上七點又開始緩緩上升至晚上九點達每日最高點後隨即又緩緩下降。九月份氣相汞濃度數據也類似十一月份，惟獨值並不像十一月份那麼高。

將氣相汞採樣分析之數據及測站所量測之污染物及氣象資料，作成表4。由表4得知氣相汞與污染物 SO₂、CO、PM₁₀及 PM_{2.5}的相關係數分別為0.52、0.51、0.49及0.52，顯示氣相汞與這些污染物有正相關。而與氣象因子中的溫度之相關係數為-0.18，也顯示氣相汞濃度與溫度有些許負相關。由上述資料分析得知湖口地區應該有汞污染排放源，且可能是藉由燃燒後所排放出來。

表4 氣相汞與污染物及氣象因子相關係數一覽表(湖口地區)

	Hg	SO ₂	CO	O ₃	PM ₁₀	NOx	NO	NO ₂	風速	風向	溫度	雨量	PM _{2.5}	相對濕度
Hg	1.00													
SO ₂	0.52	1.00												
CO	0.51	0.45	1.00											
O ₃	0.25	0.22	-0.14	1.00										
PM ₁₀	0.49	0.58	0.56	0.47	1.00									
NOx	0.12	0.15	0.73	-0.54	0.15	1.00								
NO	0.10	0.03	0.57	-0.40	0.06	0.86	1.00							
NO ₂	0.10	0.23	0.70	-0.54	0.20	0.88	0.52	1.00						
風速	-0.02	0.05	-0.30	0.32	-0.05	-0.48	-0.34	-0.47	1.00					
風向	-0.22	-0.15	0.02	0.10	0.20	0.05	0.02	0.07	-0.14	1.00				
溫度	-0.18	-0.05	-0.12	0.31	0.11	-0.11	-0.04	-0.14	-0.08	0.37	1.00			
雨量	0.02	-0.16	-0.03	-0.03	-0.19	-0.07	-0.03	-0.08	-0.01	-0.11	-0.18	1.00		
PM _{2.5}	0.52	0.56	0.62	0.45	0.95	0.18	0.05	0.26	-0.05	0.20	0.06	-0.11	1.00	
相對濕度	-0.01	-0.25	0.04	-0.53	-0.41	0.22	0.23	0.15	-0.38	-0.13	-0.19	0.27	-0.30	1.00

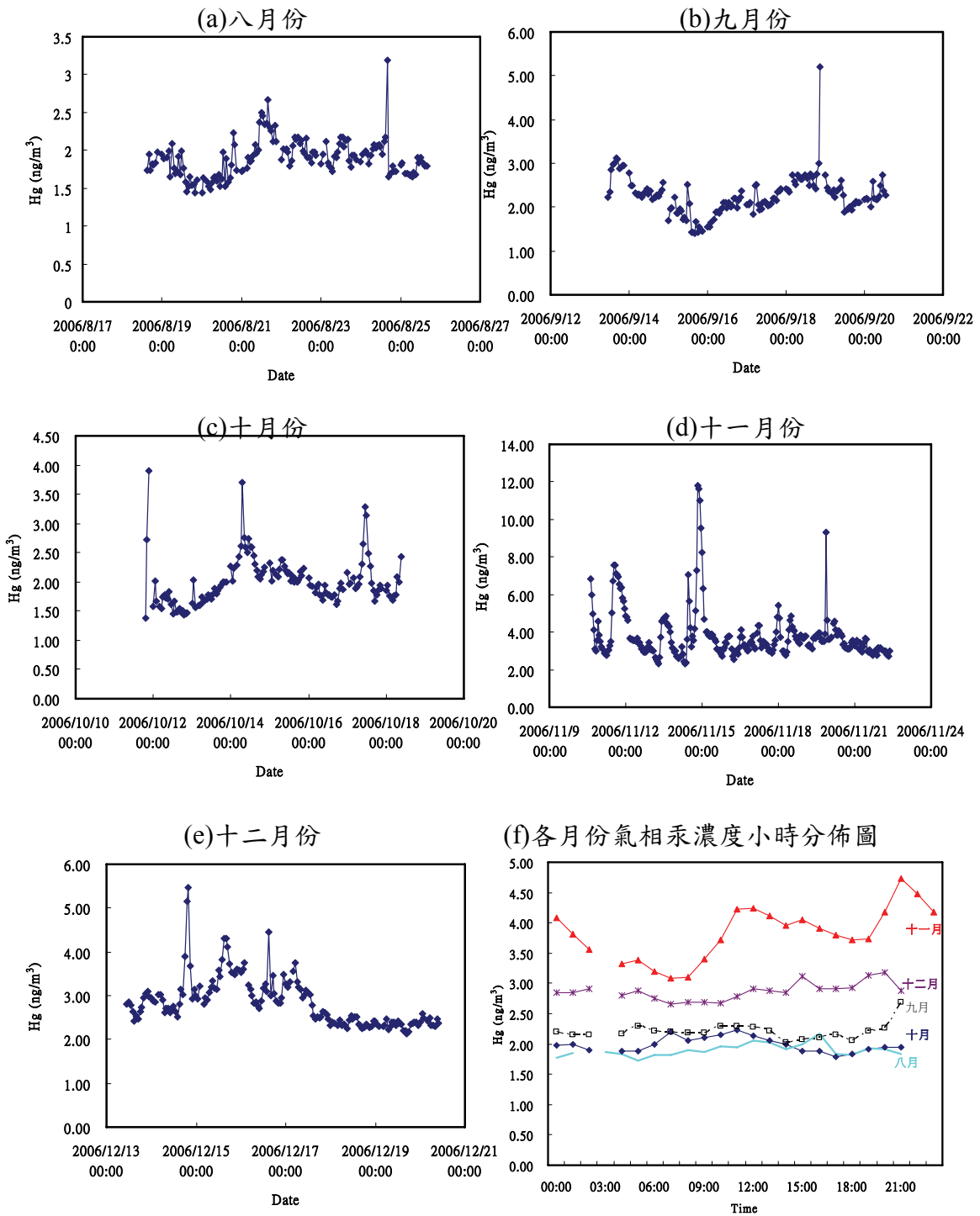


圖4 湖口地區八至十二月份氣相汞濃度分佈圖及小時分佈圖

肆、結論

竹東地區氣相汞平均濃度範圍為1.89~3.24 ng/m³、白天平均值範圍為1.90~3.56 ng/m³、夜晚平均值範圍為1.87~2.85 ng/m³。採樣期間內白天平均濃度均較夜間來得高，此現象可能與人類活動或表面污染源有關。且根據風向推測在竹東測站偏西方應該有點污染源存在。且其與污染物 SO₂、CO 及 NO_x 等有正相關之關係，而與相對濕度也有正相關之關係。

湖口地區氣相汞平均濃度範圍為1.90~3.82 ng/m³、白天平均值範圍為1.94~3.77 ng/m³、夜晚平均值範圍為1.84~3.88 ng/m³。其與污染物 SO₂、CO、PM₁₀及 PM_{2.5}等有正相關，而且與大氣溫度有些許負相關，由這些現象可以推論也許湖口地區的有汞污染排放源，且可能是藉由燃燒後所排放出來。再加上風向因素考量，污染源位置應該在湖口測站東北方。若由濃度風玫瑰圖來判斷，湖口測站偏西方也應該有污染源存在。

既然此二地區所偵測到濃度分別高達18.6ng/m³及11.6ng/m³，表示應該有點污染源在採樣點附近，所以有必要更進一步把污染源找出，以避免汞污染對環境及生態所造成的傷害。

參考文獻

- Hylander LD. (2001) Global mercury pollution and its expected decrease after a mercury trade ban. Water Air Soil Pollut ,125:331-44.
- Feng X, Tang S, Shang L, Yan H, Sommar J, Lindqvist O.(2003) Total gaseous mercury in the atmosphere of Guiyang, PR China. Sci Total Environ, 304:61-72
- Kim KH, Kim MY. (2001) The temporal distribution characteristics of total gaseous mercury at an urban monitoring site in Seoul during 1990-2000. AtmosEnviron,35:4253-63.
- Lindqvist O, Johansson K, Asatrup M, Anderson A, Bringmark L, Hovsenius G, et al.(1991) Mercury in Swedish environment: recent research on causes, consequences and corrective methods. Water Air Soil Pollut ,55:23-32.
- Liu S, Nadim F, Perkins C, Carley RJ, Hoag GE, Lin Y, et al.(2002) Atmospheric mercury monitoring survey in Beijing, China. Chemosphere, 48:97-107.

以非即時運算方式來提昇虛擬攝影棚影像品質之研究

Study of non real-time rendering to improve the image quality on virtual studio

李修珍¹ 陳俊豪²

¹東南科技大學 資訊管理系 講師 ²東南科技大學 資訊管理系 助理教授

摘 要

隨著高畫質電視（HDTV）及數位電視（Digital Television）時代的來臨，未來電視節目將更能呈現細微的光影及材質，隨著電腦科技技術在各個領域逐漸加強其影響力，過去十年來在傳播領域所產生的變化也十分鉅大，特別是在節目錄製及後製合成方面，所有的新產品均以輕薄短小且功能強大為開發方向。在傳統的節目錄製過程中，節目企劃案確定後，緊接著是場景道具的設計及搭建，節目錄製過後，場景及道具的拆解、運送及儲藏，這些過程其實耗費許多的人力、時間及金錢上的花費。

虛擬攝影棚（Virtual studio）的適時出現，提供了許多節目製作的新方向，它成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，充分結合了最新科技及藝術，也改變了傳統節目製作及畫面呈現的方式，它已將許多製作節目的限制解除，然而畫面品質的提昇，是目前虛擬攝影棚首先必須克服的難題，由於受限於電腦即時運算的能力，往往為了良好的執行效能而犧牲畫面品質，然而畫面品質的提昇方式，除了等待軟硬體的效能提昇外，非即時算圖方式（Non Real-time Rendering）是一個相當值得研究的方向。

本研究將以虛擬攝影棚的原理及相關技術為基礎，分析及研究以非即時算圖的方式，如何提昇製作品質為研究範疇，期望能對於國內的學界及業界有所助益。

關鍵詞：高畫質電視、數位電視、虛擬攝影棚、非即時算圖方式

Abstract

With the coming of HDTV and digital TV, they can present the subtle light and texture in design of the TV programs and this will help the whole TV programs show plasticity. Also, the influence of the computer technology prevails in many fields, such as electronics, publishing, broadcasting, etc. Especially in the broadcasting field, computer technology has been helping improve the recording of traditional TV programs and post-composition from the past ten years until now. In the procedure of the recording of TV programs created by traditional methods, once the project of a TV program is settled, the designing and the building of scenes are the next. Further, the disassembly, movement and storage of these tools do really cost much time, money and human energy. With the help of the computer technology, these difficulties will be easily solved and make it more efficient.

The coming of the Virtual Studio recently becomes one of the famous and developmental digital products, which not only offers a new direction for many TV programs to be designed, but also combines the art and the new technology to make it more efficient and to make it easier to create a scene that is hard to make it happen by traditional method. There is an bottleneck that Virtual Studio has to solve is about the improvement of the image quality of the scenes. The reason is the limitation of the operation of computer. In order to get a better efficiency of the computer operation, sometimes the designers should ignore the image quality of the scenes. Thus, except for waiting for the advancement of the software and hardware, using Non Real-Time Rendering provides a new direction of the study in this field.

keywords : *High Definition TV, Digital Television, Virtual Studio,*

Non Real-Time Rendering

壹、緒論

在即時算圖技術中，電腦針對不同的輸入方式，可以立即的方式產生圖形、波形、數值輸出等回應；為了追求更高的畫面品質呈現，可運用許多不是即時算圖的方式來提昇整體影像的品質，統稱為非即時算圖的方式。例如運用較為複雜的運算方式來計算出更細微的光影變化，如光跡追蹤法(Raytracing)、熱輻射演算法(Radiosity Lighting)、IBL(Image Based Lighting)等，這些電腦繪圖的演算方式，已讓許多電腦繪圖的影像與真實拍攝的影像達到真假難辨的地步，然而這些算圖方式都需要較長時間的計算，並不能以即時算圖方式呈現，這就屬於非即時運算的範圍。

貳、研究目的及方法

本研究主要目的：

由於台灣並沒有開發虛擬攝影棚相關的軟硬體的研發單位，目前居於領先技術的為以色列、西班牙、英國等國，日本、韓國及中國也都相當積極發展這方面的研究，而台灣於此領域僅為購買者及使用者。

故作者以研究相關的學理及專業技術，希望能有拋磚引玉般的效果，提供學術單位、設計者、製作單位有關虛擬攝影棚所需的相關專業知識，以更進一步發揮虛擬攝影棚的長處，研究虛擬攝影棚未來可能的發展方向，以累積台灣在這部分的相關經驗及技術，讓台灣能迎頭趕上虛擬攝影棚的領先國家，或許能開創出另一片寬廣的天空。

本研究主要方法：

攝影機追蹤系統可算是整個虛擬攝影棚的核心技術，雖然本論文是以影像品質為研究重點，但攝影機追蹤系統卻是不可不知的部份。以攝影機追蹤系統做分類，可以分為兩種類型。一種為以感應器為基準的系統 (sensor-based system)，一種為以影像分析為基準的系統 (image analysis 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)

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2-1)，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2-2），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2-1：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2-2：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）

特點：

（一）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、焦聚（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，故在兼容性上比其他系統大。

（二）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。

（三）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。

（四）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）。

（五）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）

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2-3）。

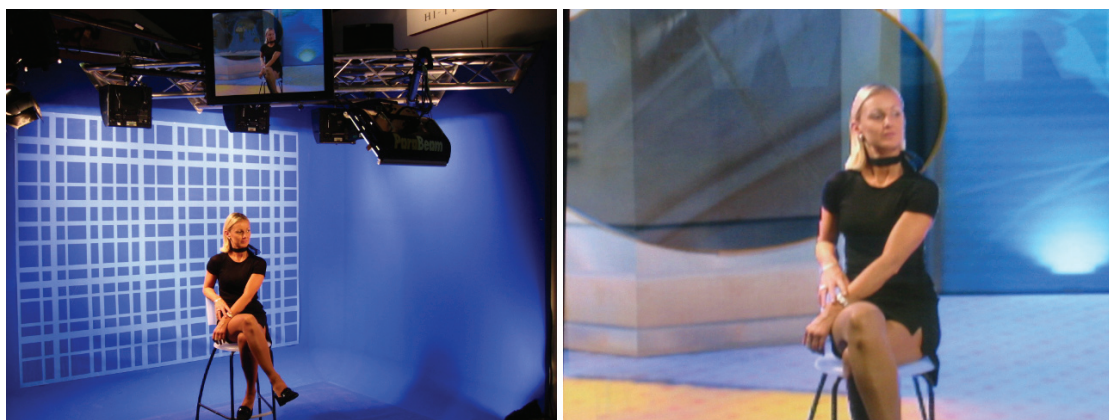


圖2-3：網格辨識系統在藍幕前的現場拍攝及節目播出畫面

特點：

(一) 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)、肩揹式 (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)。

(二) 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。

(三) 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 (如圖2-4)，三面網格系統攝影機旋轉範圍可達270度。

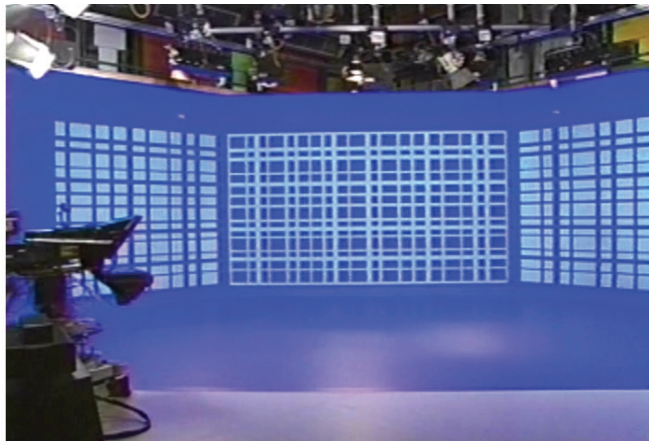


圖2-4：三面網格系統

(圖片來源：ORAD Demo reel, 2000)

(四) 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。

(五) 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，於是開發出縮小版的系統，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 (如圖2-5)。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。

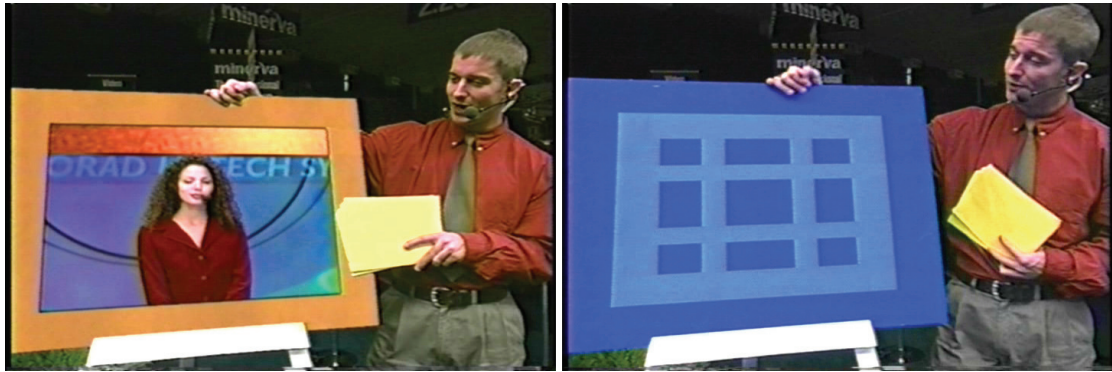


圖2-5：虛擬告示板

(圖片來源：ORAD Demo Reel，1998)

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

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2-6)，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 (如圖2-7)，在攝影機頂部安裝三個金屬點和陀螺儀，金屬點用於反射超聲波訊號，陀螺儀用於模糊定位，主要是用於攝影機傾斜與翻轉時的定位 (如圖2-8)。

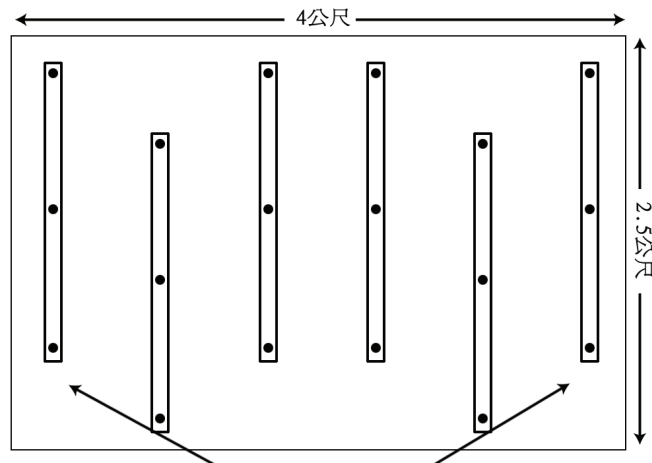


圖 2-6：超聲波追蹤系統分佈狀況示意圖 (上視圖)

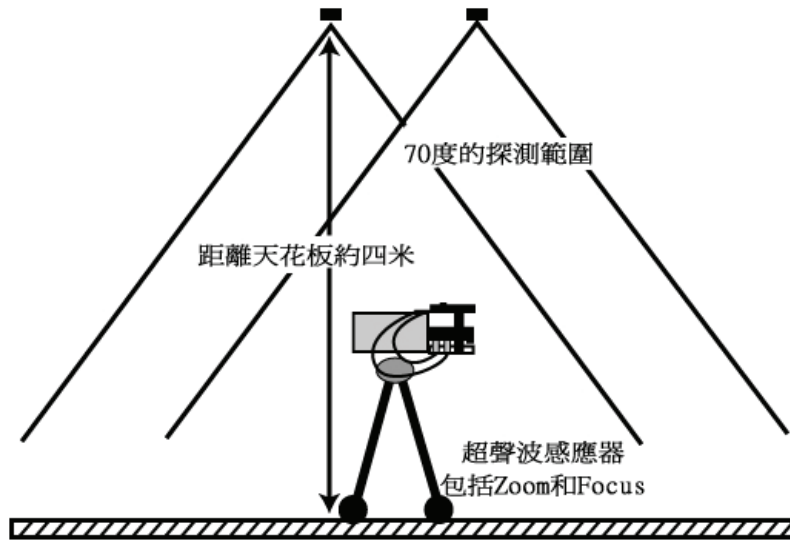


圖2-7：超聲波追蹤系統探測角度與距離示意圖（正視圖）

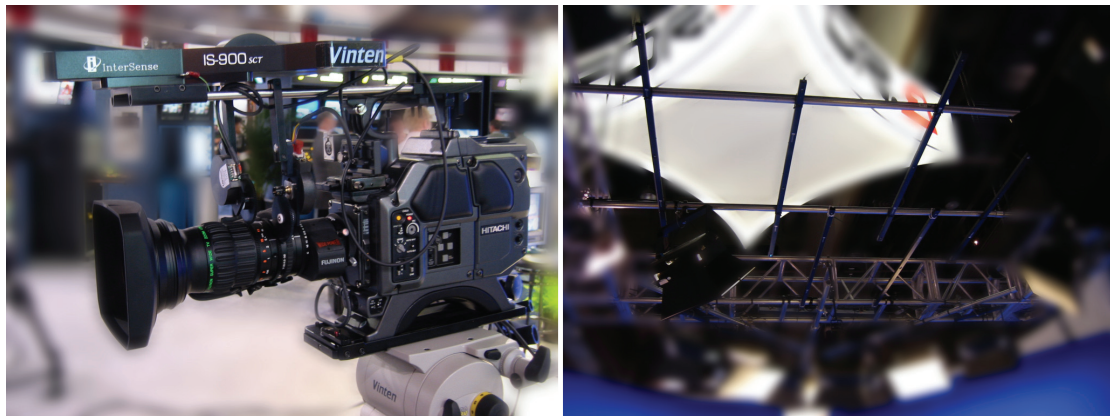


圖2-8：安裝於攝影機上及天花板的超聲波追蹤系統

特點：

（一）精確度高：

在長寬各六公尺的場地內，誤差值不超過1mm。

（二）攝影機的機動性較強

但有高度上的盲點區域：在超聲波範圍內，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。由於超聲波發射角度為70度，在靠近金屬桿區域有一部份因發射覆蓋範圍而造成的盲點，若是使用攝影機搖臂超過3米時，因高度正好位於盲點區域，故會發生定位上的問題。

（三）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。

(四) 訊號受電磁波干擾的程度大：

訊號由超聲波傳送及接收，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）。但是對電磁波的干擾卻很敏感，若是附近有電磁干擾，包括離燈光整流器過近，都會影響準確性，整個系統因為會與第二組互相干擾，故只能使用一組超聲波定位方式。

(五) 對人體及攝影機無傷害：

超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)

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。

(一) 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 2-9)，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，主要是要確定同一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 2-10)；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 2-11)。



圖2-9：攝影機及裝置完成的紅外線發射器

(圖片來源：XYNC 公司網頁)

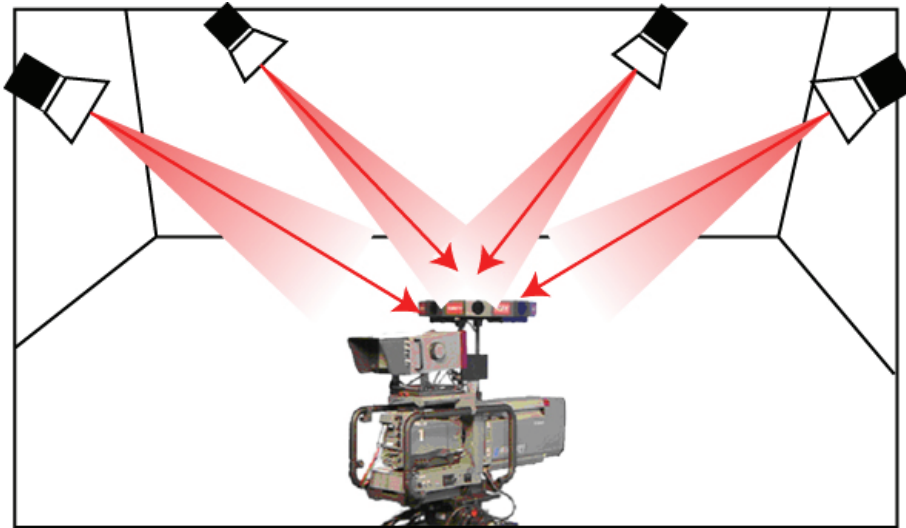


圖2-10：主動性紅外線追蹤系統示意圖

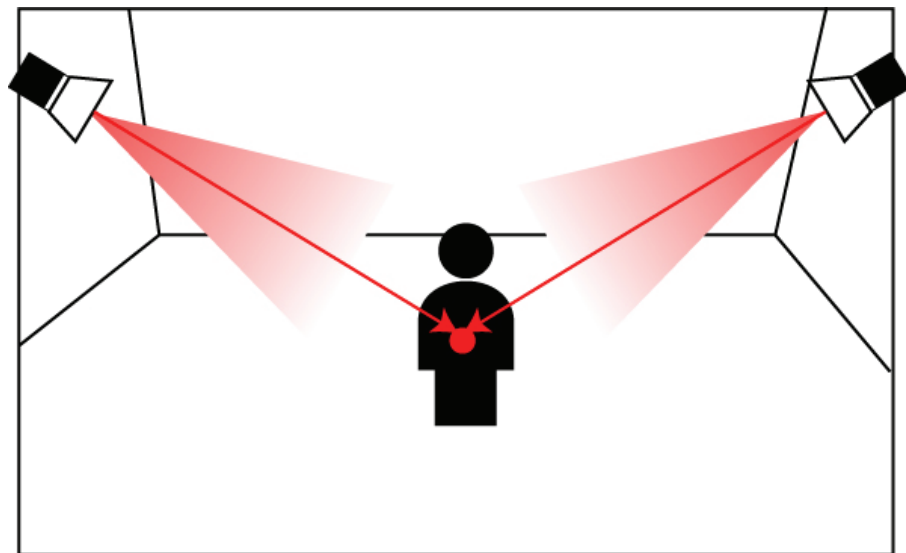


圖2-11：追蹤表演者的主動性紅外線追蹤系統示意圖

(二) 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的位置，進而得知攝影機的位移及旋轉狀況 (如圖2-12)，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2-12：被動式紅外線追蹤系統

(圖片來源：THOMA 公司網頁)

特點：

(一) 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。可安置於表演者身上；表演者身上佩帶紅外線發射器，進而得知表演者所處的深度位置，電腦遂計算出是否會被物件遮住。

(二) 延遲時間適中：約有兩格影格的延遲時間。

(三) 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。

(四) 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。

(五) 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、結論

一、研究成果

由於虛擬攝影棚的很主要的用途之一，是為了符合未來高畫質電視所採取的節目拍攝方式，在畫面質感的呈現上就必須達到一定程度，在同樣是即時運算的環境中，電玩遊戲只要畫面有非常好的流暢性，觀眾並不會太過注意畫面品質的問題，相對於虛擬攝影棚，由於鏡頭大多不會做大幅度的鏡位變化，觀眾有非常足夠的時間去仔細

觀察整個場景的細微部份，很容易就能發現缺點及與真實場景的差別，影像品質的提昇可增加虛擬攝影棚的真實程度、質感及實用價值。

畫面品質的提昇有許多不同的方式可以達到，有些是我們忽略卻極為簡單的方式，這與目前的電腦繪圖原理及技術採用類似的方向，多是以模擬自然為基礎。程式設計人員創造工具，而繪圖應用人員就仿如藝術家一般，為了作品的最佳狀態呈現，藝術家可用盡各種非從程式設計來改善的方式，克服工具不完美的問題，以達到畫面品質提昇的效果，

畫家以寫生來增加對自然光影的掌握，電腦繪圖未嘗不是如此。良好的觀察與模擬，即使運用最簡單的工具，許多都能完成非常高階的軟體不容易達到的效果。對於日常生活一些細微部份的描繪，對繪圖應用人員而言，有些運用一些小技巧就能克服或模擬；然而對程式而言，也許是另一個非常複雜的原理或計算方式，這也是程式設計與應用者時常出現的歧異處，運用非即時方式可適度解決所產生的歧異處，這也是本論文採用非即時運算方式來提昇虛擬攝影棚影像品質的原因。

二、研究意義與貢獻

軟體只是應用的工具，好的創意不應該受限於軟硬體的功能，本研究以非即時運算的方式，嘗試以非程式設計的方式來突破影像品質的限制，也許能提供非程式背景的藝術應用者，除了創作外另一種方向的思維。許多從事電腦藝術工作者，都各自有不同解決問題的方式，然而這些方式卻相當可惜沒有進一步的匯集整理，成為一些原理或原則，期望本篇的研究結果能對學界或業界有所助益

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/>

高關懷個案與家長互動關係之研究

陳莉榛、呂欣茹、賀昌林

1東南科技大學學生諮商中心主任 2桃園法院觀護員 3台北市立教育大學教心諮商所研究生

摘 要

本研究旨在以本校95年度入學新生為對象，探討「負向情緒反應」與「家庭互動關係」間之關聯。一方面探討本校學生特性，另一方面也提供輔導實務之參考。以本校95學年度的新生為研究對象，以「身心生活適應量表」、「家庭互動關係量表」施測，從「負向情緒反應」之特殊題項篩選出高關懷組學生共148人，作為探究之對象。再採等組配對方式選擇低關懷組學生148人，所得資料進行獨立樣本t考驗。

本研究發現，兩組學生在「家庭互動關係量表」上達顯著差異 ($p < .01$)，顯示低關懷組的同學感受到較多的家庭互動。而在家庭互動關係的「參與支持」、「獨立自主」、「指導約束」等三方面，兩組在「參與支持」和「指導約束」均達顯著差異，唯「獨立自主」方面兩組未達顯著差異。據此，建議本校在輔導負向情緒反應的高關懷組學生時，請以個案的整體成長脈絡來考量，亦即學生出現心理困擾往往不是單一事件，它可能涉及學生個人、家庭、校園、同儕等相關因素，特別是學生面臨壓力時，更需囊括家庭互動關係，以免失之偏頗。

關鍵字：高關懷、身心健康、家庭互動

Abstract

In this research, we investigate the relationship between negative emotional response and family interaction for college students. Participants include freshmen to Tunghan University in 2006. The physiological mental scale and family interaction scale are administered to the students. The samples, whose score in the special item of negative emotional response were

high, were termed as high risk group. While those who had low score in special item of negative emotional response were termed as low risk group. Each group consisted of 148 persons. Statistical analysis of data utilized t test.

Results indicated that the two groups significantly differ in family interaction scale ($p < .01$), implying that the low risk student had more family interaction than high risk student. In the scores for items of participation/support, guidance/restriction, two groups differ significantly. But the two groups did not differ significantly in dependence score. It is suggested that when students with high risk symptom seek counseling, counselor should consider their overall grown backgrounds in life span. The psychological problems might not be originated from single event, but probably related to personal experience, family relationship, campus environment, and peers influence. Especially, when students are under mental pressure, the factor of family interaction should be considered before the application of coping strategies.

Key words: high risk, mental health, family interaction.

壹、前言

大學生剛離開家庭進入校園，須自行處理人際關係與學習適應問題，有些人因應的很好，有些人卻出現適應欠佳，甚至出現心理疾患，因而使得此問題持續被探討（Sommerfield & McCare, 2000）。在生活適應與學習適應交錯下，多重時間的切割與多樣角色任務的負荷，可能出現身心健康與適應的問題。

研究心理病理發展和臨床工作，幾乎著墨於孩子的家庭是培育病理的最重要因子（Dadds, 1987; Dishion et al., 1995; L'Abate, 1998; Leone, 1990; McCord, 1990; O'Donnell et al., 1995; Patterson, Reid, & Dishion, 1992）。過去十年研究顯示，家庭互動關係及資源對孩子的發展與幸福具有其重要性（Kelly, 2000）。在很多研究的假設下，像是更多的父母支持、監控、控制、花時間與孩子相處、及其他有益於孩子更幸福的行為等，這些父母的行為與孩子的適應結果之間有著線性關係（Kelly, 2000）。

Dekovic, Buist, & Reitz (2004) 研究顯示，父母提供溫暖關懷、孩子感受到父母的親密關係，易使親子關係的功用像個保護因子，可對抗外化和內化的問題行為。父母溫暖關懷與無所不談的態度，在對抗孩子心理病理上，例如情緒沮喪症狀和自我傷害，扮演著一個預防的角色。研究證實安全依附和父母支持行為會使憂鬱和焦慮的症狀較少出現（Duggal, Carlson, Sroufe, & Egeland, 2001; Sigueland, Kendall, & Steinberg, 1996）。此外，Hollis (1996) 也指出，自傷的病人在家裡較少有溫暖關懷。顯然地，父母-孩子間的衝突、拒絕、敵意與缺少獎賞的態度，已經全部證實和日後的憂鬱

(Cole & Mcpherson,1993; Cole & Rehm,1986; Lefkowitz & Tesiny,1984; Muris, Meesters, Schouten & Hoge,2004) 、焦慮有關(Allan,Kashani,Dahlmeier, Beck, & Reid ,1998; Muris, Meesters, Schouten & Hoge, 2004)。綜合上述文獻顯示，親職互動關係品質之良窳和個體身心健康、生活適應有密切關聯。

本研究欲以本校95年度入學新生為對象，探討「負向情緒反應」與家庭互動關係間之關聯。一方面探討本校學生特性，另一方面也提供輔導實務之參考。

貳、文獻探討

(一) 何謂「健康」？

根據世界衛生組織 (World Health Organization ; WHO) 對於健康的看法如下：「健康是身體心理及社會的一種完全安寧 (well-being) 的狀態，而不只是沒有疾病或虛弱而已」。Antonovsky (引自林惠琦，1997) 則認為健康是一種「適應」(adaptation) 的狀態，指愈健康的人就愈能以高度的信心、合理的預期個人內在環境及外在環境，愈能夠適當的處理各類生活事件。張郁芬 (2001) 則認為健康的定義，除了不僅是身體功能正常、沒有疾病發生之外，尚包括個人心理及社會等各層面，呈現一種適應狀態。

從上述對健康的認定與觀點中，可知所謂健康，不僅包含生理健康 (疾病) 與心理健康 (疾病)，更是一種個體面對複雜環境下的適應狀態與因應環境的彈性。本文即採用上述對健康的定義，意圖了解本校日間部新生其負向情緒反應、家庭互動關係、及其兩者之關聯。

(二) 壓力與身心健康程度

所謂的「壓力」係指當個體面對刺激事件時，個人評估此事件對他造成的負荷，或個人資源無法應付，且危及個人的福祉及身心健康時之反應，此反應以個人的特質、經驗與認知歷程為媒介 (程一民，1996)。依此歸納兩點，一為個體會產生壓力通常並不是定義在事件所耗費的能量大小，而是事件所耗費的能量已經超過個體的資源所能應付。二是對壓力事件的認知，常因不同的個體而有個別差異。一般而言，壓力源的種類，包括重大變動的生活事件、日常瑣事、長期慢性的個人或社會性壓力、人際相處的壓力與人力不可抗拒的自然災害等。本文的調查對象為日間部新生，他們必須同時兼具剛入學的生活改變、人際新關係的變化與學習適應的壓力，所承受的壓力是沉重的。

過去有許多壓力與身心健康的研究，證明個體長期曝露在壓力事件中，伴隨壓力而來的生理可能產生改變，例如血壓與血糖升高、呼吸急促等等，也會消耗生理系統，進而在身體上顯現出各種變化，包括心臟病、高血壓、甚至是癌症 (Selye, 1976; 引自張滿玲，1999)。但相同的壓力事件為何會對不同的人形成不同的影響？Lazarus 與 Folkman (1984) 提出「壓力模式」予以解釋。此模式從「外在壓力」(如經濟、教育、婚姻等) 到「個人傾向」(包括情緒、認知)，而有「因應」與「行為」，造成某種身心的「結果」。Cassidy (1999, 引自邱惟真，2004) 則在因應中補

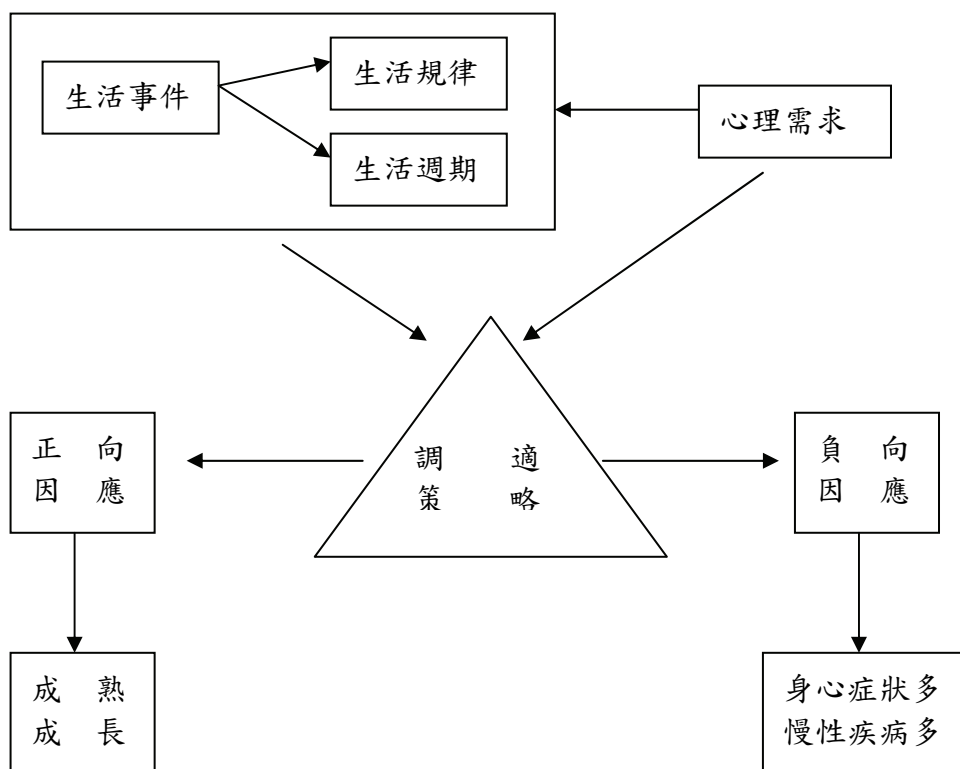
充了「資源」的觀點，認為資源可以提昇個人在面對壓力時的因應能力。家庭是個體成長過程中的重要資源之一，特別是家庭成員彼此互動的親密關係更是重要。

從以上的說明可知，壓力的確會影響個人的身心健康，但影響的程度與範圍，端視個人的傾向、因應採取的策略與擁有的資源，以及採取的解決壓力行為等影響。

(三) 身心生活適應量表的編制理念

過去國內外對身心健康的測量研究中，共可以區分出以測量健康負向指標（如：憂鬱/焦慮程度、身心症狀數等）與健康的正向指標（如：社會支持等）兩種觀點。當只測量一種觀點時，便無法有效的測量到健康的整體概念。為避免調查結果的偏頗，本文以吳英璋、金樹人與許文耀（民80）編製的「身心生活適應量表」作為調查工具之一，此測驗除綜合以上兩種觀點，既測量影響健康的負向指標（如：身心症狀數），也測量促進健康的正向指標（如：正向因應）外，也可以直接從題項中篩選出特定高關懷組群的學生。然唯有將正負向的影響因子均列入全面的評估，才能更了解個體的健康程度與適應狀態。

身心生活適應量表所根據的「壓力模式（stress model）」，其理念概念如圖一：



圖一、分析健康現象的理念架構

(引自吳英璋、金樹人與許文耀，民80)

本測驗共分成三個分量表，分別敘述如下：（1）「身心症狀類別」：此代表最近半年內身心的各種症狀數，當個體的身心症狀數越多，則代表其健康程度越差。（2）「正向因應」：此代表因應壓力的正向策略，如：自我評價、社會支持等。（3）「負向情緒反應」：此代表個人現在的心理困擾，當得分越高，即代表個人現在面對生活中的應對方式較差，將更容易造成個人面對壓力時的沉重負擔。本研究欲以此量表的「負向情緒反應」為變項，探討其與家庭互動關係之關聯。

（四）家庭互動關係

孩子的幸福端賴家庭互動關係的品質（引自 Petersson, K., Petersson, C., & Hakansson, A., 2004）。在孩子的環境中，父母是最重要的，而且可以決定孩子的結果會是什麼（Harris, 1998）。父母的風格在與子女互動時往往是種壓力，隱含著一些威脅（Thompson, Raynor, Cornah, Stevenson, & Sonuga-Barke, 2002）。父母的風格就是家庭風格，像家庭偏好、活動、互動風格、參與文化活動事件、懲罰、鼓勵個人發展、允許孩子參與做決定等，這些主要的決定者是父母（Bronstein, Duncan, D'ari, Pieniadz, et al., 1996）。

家庭互動關係品質，這是一個粗略的概念，它包括親職互動的層面，像是父母對孩子的情緒、態度，父母接納或拒絕孩子，以及父母對孩子的依附等。親子間的關係品質可視為對孩子態度的結晶（constellation），這些態度是對孩子傳達一種長期的關係史，它創造一種親子間的情緒氛圍（Darling & Steinberg, 1993; Mounts, 2002）。家庭互動關係的品質被視為親職實踐（parenting practices）的基礎（Dishion et al., 1995）。在親子互動的過程中，情感關係和教養方式是交互影響的，大多數的親子關係都涵蓋了親子的互動行為、情感關係及教養方式等內涵（羅國英，1995）。此種交互作用的歷程，一方面是父母對待子女的態度，也會受到子女對父母行為的方式所左右。正如家庭心理學者所指，問題的焦點不在個人之內（within the individual），而是來自關係的互動中（within the relationship，黃宗堅等，2004）。

綜合上述，家庭互動關係不僅傳遞家族間的教養風格，更與孩子心理發展有重要關係，透過家庭互動關係了解個體對生活適應、學習適應的反應，將有助於協助學生在校園快樂健康學習。

參、調查方法

（一）調查對象與篩選樣本

本文是以東南技術學院95學年度的新生為研究對象，所謂新生意指所有第一年就讀本校的日間部學生。共完成施測29個新生班級，總施測人數1023人。其中「負向情緒反應」特殊題項篩選出高關懷組學生共148人，作為探究之對象。再採等組配對方式選擇低關懷組學生148人，這兩組學生均在新生入學時同時實施身心生活適應量表與家庭互動關係量表。

(二) 調查工具

(1) 身心生活適應量表

採用吳英璋、金樹人與許文耀(民80)編的「身心生活適應量表」測驗。測驗共分三部分，(1)「身心症狀類別」，得分越高代表身心症狀數高，最近半年內的健康程度較差。(2)「正向因應」，得分越高代表擁有的正向資源較高，較能有效因應較多的生活變化。(3)「負向情緒反應」，得分越高，即代表個人已出現初步的心理困擾。

(2) 家庭互動關係量表

本量表參考 Gecas & Schwalbe(1986)的量表，將原量表的主詞由子女變更為家長，其量表題項的文辭陳述不變。將其翻譯為中文後，請本校應用英語系教授協助翻成英文，其文字陳述無異。再將中文版量表請本校大學部學生填答(N=184)，二週後的再測信度為.527，而其 Cronbeach α 值為.8797。量表形式採 Likert 四點量表，4代表常常出現，3代表有時出現，2代表很少出現，1代表從未出現。本量表共有15題，其中第1、3、4、8題為反向題，其餘為正向題。正向題計分方式分別為4，3，2，1分，反向題則相反；分數愈高表示家庭互動關係愈和諧。

本量表經因素分析刪除第七題，得出三個因素，分別命名為參與支持、獨立自主、指導約束。參與支持：參與支持分量表之總分。包含題目：8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15。獨立自主：自主分量表之總分。包含題目：2, 5, 6。指導約束：不控制分量表之總分。包含題目：1, 3, 4, 7。此四題需反向計分。『參與支持』是指父母花時間與孩子相處，且一起分享孩子的活動，傾聽孩子的活動概況與心情。『獨立自主』是指父母企圖限制孩子的自主，規劃孩子活動的程度。『指導約束』是指父母協助孩子、表現親切關心、讚許孩子的行動。

(三) 資料處理與分析：

本研究採 SPSS12.0套裝軟體，進行獨立樣本 t 考驗。高關懷組和低關懷組的受試在「家庭互動關係量表」上分數的平均數、標準差與 t 值，如表一：

表一 兩組在「家庭互動關係量表」量表上分數的平均數、標準差與 t 值一覽表

	低關懷組 (n=148)		高關懷組 (n=148)		t 值	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差	平均數	標準差		
總量表	46.14	7.12	43.51	6.78	3.243	.001**
參與支持(分量表)	25.30	5.36	23.49	5.29	2.926	.004**
獨立自主(分量表)	9.56	1.85	9.29	1.95	1.225	.222
指導約束(分量表)	11.28	1.51	10.74	1.66	2.938	.004**

**P<.01

由上表得知，低關懷組和高關懷組的同學，在家庭互動關係之品質有顯著差異，亦即低關懷組的同學認為與家長互動中感受到較多的互動關係。此外，低關懷組與高關懷組的同學感受到家長跟他們的互動中，在「參與支持」和「指導約束」兩個向度上有顯著差異。

肆、結果與討論

本調查結果發現，高關懷組與低關懷組的學生其家庭互動關係達顯著差異，同時在父母的「參與支持」和「指導約束」這兩方面亦達顯著差異，顯示家庭互動關係的品質確實與個體的負向情緒反應有關聯。特別是父母參與孩子的活動、一起分享孩子活動、父母真心協助孩子、父母親切讚許孩子的行動等，更與孩子的負性情緒反應有密切關聯。

Dekovic, Buist, & Reitz(2004)研究顯示，家長提供溫暖關懷、孩子感受與父母有親密互動關係，這對親子關係的功用來說，像個保護因子，它可對抗外化和內化的問題行為。青少年成長中雖依賴同儕的支持，但仍依賴父母的情緒支持和建議(Maccoby & Martin,1983)。父母-孩子互動關係若被認定缺少溫暖關係，則對青少年的幸福是個危險因子(Sroufe,Duggal,Weinfeld, & Carlson,2000)。正如 Bachman(1970；引自 Gecas & Schwalbe, 1986)研究也發現，家庭互動關係良好與高自尊有關，家庭互動關係良好其特性是指家人間親切關懷、家人間有共同的活動、孩子在家裡可做某些決定。

參與家庭例行的活動或節慶，不僅是實踐而已，還是組成家庭的圖像，它可製造家人彼此間的親密關係和孩子的社會化。雖然隨著孩子的成長，一些例行活動與節慶仍存在並未消失，而這些活動對個人來說，是與心理社會的發展有關。父母的參與似乎會傳遞他們自己原有的價值給孩子。父母提供指導訊息、原則和限制，如此孩子學習文化上適當地行為與價值、和生活技巧與正確的判斷。這也幫助孩子發展自己的才能和興趣，發現刺激智性發展的方法，同時激勵學業表現。

本研究中發現家庭互動關係中，「獨立自主」部分兩組未達顯著水準。在20世紀後期，美國主流文化強調個人主義、競爭、獨立、自我發展及自我滿足，父母管教孩子行為一般強調孩子的自主發展(Alwin,1990)。而亞裔美國孩子的社會化是以順從家庭權威和利益為主(Ishii-Kuntz,2000)；華人和亞裔美國孩子被教導要遵循儒家傳統，它強調和諧關係、忠誠、敬老尊賢、服從長輩等，尤其是父-子、夫-妻、兄-弟之間的關係(Chao,1994)。一般亞裔父母會控制孩子擇友、衣著、課外活動，且維持這份控制直到孩子念高中(Ishii-Kuntz,2000)。華人強調家族一切重於個人，個人的成長往往需配合家庭，個人自主性相當低，亦可解釋自主在本研究無法顯示出差異的原因。

伍、結論與建議

本研究探討95年度本校入學新生在「身心生活適應量表」中，負向情緒反應得分被列為高關懷組的148名學生，採等組方式選擇低關懷組148名學生，比較兩組在家庭互動關係量表上的差異。本研究發現，兩組學生在家庭互動關係量表上達顯著差異（ $p<.01$ ），顯示低關懷組的同學感受到較多的家庭互動。在家庭互動關係的參與、自主、指導等三方面，兩組在「參與支持」和「指導約束」均達顯著差異，唯「獨立自主」方面兩組未達顯著差異。

據此，建議本校在輔導負向情緒反應的高關懷組學生時，請以個案的整體成長脈絡來考量，亦即學生出現心理困擾往往不是單一事件，它可能涉及學生個人、家庭、校園、同儕等相關因素，特別是學生面臨壓力時，更需囊括家庭互動關係，以免失偏頗。

陸、參考文獻

- 江鴻鈞（民84）。台灣省國民小學初任校長工作壓力與因應方式之研究。台中師範學院國民教育研究所碩士論文。
- 吳英璋、金樹人、許文耀（民80）。面對壓力身心健康手冊。台北：教育部訓委會。
- 邱惟真（民93）。壓力模式與身心健康之促進。輔導季刊，40（2），27-34。
- 林金生（民92）。國民中學輔導教師工作壓力、因應策略與負向情緒經驗之研究。國立高雄師範大學輔導研究所碩士論文。
- 林惠琦（民86）。社區精神分裂病患主要照護者之負荷、社會支持與心理健康。高雄醫學院護理學研究所碩士論文。
- 程一民（民85）。國民小學教師工作壓力與因應方式之研究。台北市立師範學院初等教育研究所碩士論文。
- 黃宗堅、謝雨生、周玉慧（民93）。家人關係的測量與分類：以青少年原生家庭成員互動為例。中華心理學刊，46（4），307-328。
- 施雅薇（民93）。國中生生活壓力、負向情緒調適、社會支持與憂鬱情緒之關聯。國立成功大學教育研究所碩士論文。
- 張滿玲譯（民88）。社會心理學。雙葉書廊有限公司。
- 張郁芬（民90）。國小教師工作壓力、社會支持與身心健康之研究。國立嘉義大學國民教育研究所碩士論文。
- Allan,W.D., Kashani,J.H., Dahlmeier, J., M., Beck,N., & Reid, J.C. (1998). Anxious suicidality”: A new subtype of childhood suicide ideation? *Suicide & Life-Threatening Behavior*, 28,251-260.
- Alwin,D, F. (1990). Cohort replacement and changes in parental socialization values. *Journal of Marriage and the Family*,52,347-360.

- Bronstein, P., Duncan, P., D'ari A., Pieniadz, J., et al (1996) . Family and parenting behaviors predicting middle school adjustment. *Family Relations*, 45, 4, 415-426.
- Chao, R.K. (1994) . Beyond parental control and authoritarian parenting style : Understanding Chinese parenting through the cultural notion of training. *Child Development*, 65, 1111-1119.
- Cole, D.A., & McPherson, A.E. (1993) . Relation of family subsystems to adolescent depression : Implementing a new family assessment strategy. *Journal of Family Psychology*, 7, 119-135.
- Cole, D.A., & Rehm, L.P. (1986) . Family interaction patterns and childhood depression. *Journal of Abnormal Child*, 14, 297-314.
- Dadds, M.R. (1987) . Families and the origins of child behavior problems. *Family Process*. 26 : 341-357.
- Darling, N., & Steinberg, L. (1993) . Parenting style as context : An integrative model. *Psychology Bull.* 113 : 487-496.
- Dekovic, M., Buist, K.L., & Reitz, E. (2004) . Stability and changes in problem behavior during adolescence : Latent growth analysis. *Journal of Youth and Adolescence*, Vol. 33, No. 1, 1-12.
- Dishion, T.J., French, D.C., & Patterson, G.P. (1995) . The development and ecology of antisocial behavior. In Cicchetti, D., and Cohen, D.C. (eds.) , *Developmental Psychopathology. Vol. 2 : Risk, Disorder, and Adaptation*. Wiley, New York, 421-471.
- Duggal, S., Carlson, E., Sroufe, L.A., & Egeland, B. (2001) . Depressive symptomatology in childhood and adolescence. *Development and Psychopathology*, 13, 143-164.
- Gecas, V., & Schwalbe, M.L. (1986) . Parental behavior and adolescent self-esteem. *Journal of Marriage and the Family* .48, 37-46.
- Harris, J.R. (1998) . *The nurture assumption : Why children turn out the way they do*. New York : Free Press.
- Hollis, C. (1996) . Depression, family environment, and adolescent suicidal behavior. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 35, 622-630.
- Ishii-Kuntz, M. (2000) . Diversity within Asian American families. In D.H. Demo, K.R. Allen, & M.A. Fine (Eds.) . *The handbook of family diversity* (pp.274-292) . New York : Oxford University Press.
- Kelly, J.B. (2000) . Using child development research to make appropriate custody and access decisions for young children. *Family Conciliation Courts Rev.* 38 : 279-311.
- L'Abate, L. (1998) . *Family Psychopathology. The Relational Roots of Dysfunctional Behavior*. Guilford, New York.
- Lefkowitz, M.M., & Tesiny, E.P. (1984) . Rejection and depression : Prospective and

- contemporaneous analyses. *Developmental Psychology*, 20, 776-785.
- Leone, P.E. (ed.) (1990). *Understanding Troubled and Troubling Youth*. Sage, Newbury park, CA, 194-225.
- Maccoby, E., & Martin, J. (1983). Socialization in the context of the family : Parent-child interaction. In Heatherington, E. (ed.) . *Mussen Manual of Child Psychology, Vol, 4 4th ed.*, Wiley, New York, pp.1-102.
- McCord, J. (1990). Problem behaviors. In Feldman, S.S., & Elliott, G.R. (eds.) , *At the Threshold : The Developing Adolescent*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 414-430.
- Mounts, N.S. (2002). Parental management of adolescent peer relations in context : The role of parenting style. *Journal Family Psychology*. 16 : 58-69.
- Muris, P., Meesters, C., Schouten, E., & Hoge, E. (2004). Effects of perceived control on the relationship between perceived parental rearing behaviors and symptoms of anxiety and depression in nonclinical preadolescents. *Journal of Youth & Adolescence*, 33, 51-58.
- O'Donnell, J., Hawkins, J.D., & Abbott, R.D. (1995). Predicting serious delinquency and substance use among aggressive boys. *Journal Consult. Clin. Psychology*. 63 : 529-537.
- Patterson, G.R., Reid, J.B., & Dishion, T.J. (1992). *Antisocial Boys : A Social Interactional Approach*. Castalia, Eugene, OR.
- Petersson, K., Petersson, C., & Hakansson, A. (2004). What is good parental education? Interview with parents who have attended parental sessions. *Scand J Caring Sci* ; 18, 82-89.
- Siqueland, L., Kendall, P.C., & Steinberg, L. (1996). Anxiety in children : Perceived family environments and observed family interaction. *Journal of Clinical Psychology*, 25, 225-237.
- Sroufe, A.L., Duggal, S., Weinfeld, N., & Carlson, E. (2000). Relationships, development, and Psychopathology. In A.J. Sameroff, M. Lewis, & S.M. Miller (Eds.) . *Handbook of developmental psychopathology (2nd ed., pp.75-92)* . New York : Kluwer Academic/ Plenum Press.
- Thompson, M.J.J., Raynor, A., Cornah, D., Stevenson, J., & Sonuga-Barke, E.J.S. (2002). Parenting behaviour described by mothers in a general population sample. *Child : Care, Health and Development*, 28, 149-155.

文化創意產業的推展與大學視覺藝術教育

The Movement of Culture Creative Industry and Visual Arts Education in College

王 玫

Mei Wang

東南科技大學通識教育中心講師

Instructor, Center of General Education, Tungnan University

摘 要

在全球化浪潮與符號消費的趨勢下，以知識經濟為類型的文化創意產業伴隨美學的概念成為台灣未來轉型的契機。文化創意產業屬視覺文化產業，具高美學價值，發展台灣在地文化產業不僅可提供環境氣氛的營造、視覺景觀的美感、生活品質的提升、在地文化的認同，同時藉由休閒觀光產業活化社區、提高就業人口。台灣具有多元文化發展下遺留的政治文化遺產及珍貴的地理美質，應善用本土特色，以「全球思考，在地行動」啟動美學經濟。在面臨文創產業發展的趨勢下，大學藝術教育也該重新思考新方向。科技大學雖無法養成專門藝術人才，但仍可就培養學生閱讀風氣、拓展藝文欣賞人口、建立文化參與制度、增加文化設施使用率、全面提升國民美學觀等面向去努力。「視覺文化藝術教育」(Visual Culture Art Education, 簡稱VCAE)已成當代藝術教育新思潮，其將日常生活經驗的視覺文化納入教學活動中，大眾流行文化與精緻藝術不再有界線。透過研究者設計的課程單元-〈文化創意-城市美學〉，以文創產業及其相關的社會議題呈現，藉「視覺文化藝術教育」的理念，推廣藝術美學的知識，涵養學生美感價值、提升大眾公共藝術、增加社會人文的關懷。該課程以提倡VCAE的專家Duncumn的觀點檢驗教學內容，以符合其所倡行之1.VCAE以歷史及文化脈絡闡釋視覺文化2.VCAE透過影像觀看、批判(critique)及為學生賦權增能(empowerment) 3.VCAE同樣重視美感價值及社會議題。最後顯現本課程應用VCAE的實踐成果與具體成效，以彰顯本課程實施與文化創意產業推展的相關性。文創產業需要全民參與，大學藝術教育默默在推升國民的美學素養，期待本課程將文創美學經濟藉由「視覺文化藝術教育」的理念帶動社會美感價值、產業升級。

關鍵詞：文化創意產業、視覺文化藝術教育

Abstract

Culture creative industry belongs to an economy of knowledge. This industry companies with aesthetics and will be a good development opportunity of Taiwan in the future. Culture creative industry includes all kinds of visual cultures as well as has high economic values. Our living environment will be managed in a kind atmosphere and living quality will also be improved a lot as well as culture identify will be raised, if we are going to be toward the direction of culture creative industries. Besides, this cultural industries can make our domestic areas and local communities alive and increase employment rates, because it increases the leisure population and stimulates tourism. Base on the concept of “thinking globally, working locally”, Taiwan is supposed to make good use of many kinds of political heritages and precious geographic views around the island to develop this cultural industries.

Technology colleges have tough works to cultivate professional designers or artists, but there are still something we can do, like improving reading habits; inducing students to admire arts and watching performing arts; encouraging students to attend museums etc. Visual Culture Art Education (VCAE) is a new trend within arts education filed around the world. Researcher applies VCAE to Technology college art class. This research examines the teaching content according to the viewpoint of Duncumn. The conclusions are as the following: (1)VCAE bases on history and cultural text. (2)VCAE gives students abilities of critique and empowerment. (3) VCAE emphasizes aesthetic literacy and social issues. The purpose of this study is to display the connection between VCAE and culture creative industries. College art education tries to improve aesthetic literacy of students in order to conform with the development of culture creative industries in Taiwan.

Keyword: Culture creative industry 、 Visual Culture Art Education 、 VCAE

壹、前言

近年來「美學」伴隨著知識經濟快速的興起，已成為顯學。面對新世紀創意文化城市的需求，文化資源的利用和創意文化的生產蘊含著很高的經濟價值，形成「美學經濟」。同時，包括表演與視覺藝術等文化創意活動能夠創造優質的生活美感與文化氛圍，因之得以提昇民眾對國家文化的認同與自信。文化越來越成為國際間國力競爭的重要因素。「文化創意產業」納入「挑戰2008：國家發展重點計畫」，顯示台灣經濟發展面臨轉型的殷切，已經是全國的共識。在全球市場邁入新經濟時代，「全球思考、在地行動」已然成為主流思維，並在全球化與科技化兩股力量的推波下，大家都在思考如何透由藝術創作和商業機制的結合，彰顯發揚各地文化特色，將文化內涵強化創意設計動力，以推展城市行銷。

面臨二十一世紀生活風格的變遷與產業的轉型，大學藝術教育將面對新的挑戰。藝術教育著眼於後現代多元文化的觀點，漸從八〇年代「學科取向藝術教育」(Discipline-Based Art Education, 簡稱DBAE)轉向於「視覺文化藝術教育」(Visual Culture Art Education, 簡稱VCAE)，以因應社會多元及科技進步的轉變。視覺文化藝術教育涵蓋精緻藝術與大眾流行文化，將藝術教育與生活及社會脈絡作連結，期使學生不僅只在美學技巧與材料的精熟學習，而是著眼於人、文化與社會、自然環境之間的感知教育。基於國家文化產業發展方向的確立，一般大學藝術教育雖無法培育專業人力資源，但至少應從涵養公民美學著手，對整體社會文化創意的推動進一份心力，畢竟文化創意產業的發展需要更整齊的國民素養。

貳、文化創意產業

一、文化創意產業的發展趨勢

在全球化浪潮與符號消費的趨勢下，以知識經濟為類型的文化創意產業結合靈感、創意，並帶來發展潛能與就業，成為台灣未來發展及轉型的契機。台灣過去以製造業及技術發展為主的產業型態造就了經濟奇蹟。隨著全球化的趨勢，國與國之間的疆界逐漸消彌，開發中國家迅速崛起，其廉價的勞工與便宜的土地成本，使大量製造業外移，台灣漸失去其競爭優勢。而眾多產業類別中，知識經濟附加價值高，以創意為核心的生產領域，在台灣豐富多元的文化資產與教育水準的環境下，正適合經濟的轉型。

文化創意產業源自於英國，至今全球已有無數個國家包括丹麥、瑞典、德國、荷蘭、澳洲、日本乃至於中國將其視為國家發展的重點產業。在全球一片經濟不景氣中，文化創意產業市場不但在急速擴張，而且還可能是一帖經濟靈丹（夏學理，2008）。

台灣政府自2002年起，將「創意台灣」(Creative Taiwan)規劃為未來施政的目標與願景。自同年五月起，開始推動「文化創意產業發展計畫」，將視覺藝術、音樂及表演藝術、工藝、設計產業、設計品牌時尚、電視與廣播、電影、廣告、出版、建築設計、文化展演設施、數位休閒娛樂、創意生活等，納入「挑戰2008」的六年國家發

展計畫之中(文建會, 2003)。

二、善用台灣在地文化資源的美學知識

在全球化的過程中,各地域及族群的界線日益模糊,面貌漸趨近同,如何強調在地文化特色及藝術創作,是保有自我面貌的關鍵之一。能夠結合在地文化及全球性市場的深層思考,才能創造出兼具經濟與文化發展的美學知識。文化創意產業急速的擴展,各國政府同樣意識到「文化是個好生意」,以「古老」當作資本,以「生活」當作產品的生意已成為日益火紅的產業。

台灣歷史發展的進程造就其豐富多元的文化社會。不同時期的政府與民間均留下大批政治社會的文化遺產。包括荷蘭留下的熱蘭遮城遺址及普羅遮城(赤崁樓);西班牙的紅毛城;明鄭時期的安平古堡、台南孔廟;清時期政府舊城門與無數民間建造的四合院、城裡的洋式樓房、各地廟宇及教堂;日治台時期更留下大批西式與和式建築的政府機關、學校及房舍;國民政府來台以後多項大型公共建築均成為地標物,隨著後現代與解構主義興起,新興建築師也為台灣在二十世紀末留下有著玻璃、鋼骨與金屬材質,並呈現簡潔的結構力學美感的商業大樓於都市叢林中。這些均是台灣重要的文化瑰寶,是別的民族地域無法複製的珍貴遺產。

台灣特有的人文、生態環境亦是上天賜予我們的天然資產。善用台灣在地文化環境與美學知識的例證:如空間的文化創意像酒廠的藝文特區;街道的文化創意像三峽、深坑老街、台中綠園道;信仰的文化創意像大甲媽祖的進香活動;植物農產文化創意像白河蓮花季、苗栗桐花祭、陽明山花季;公共建設文化創意像宜蘭冬山河親水公園、八里左岸步道、鶯歌陶瓷博物館;庶民感官的文化創意像檳榔西施和夜市;社區參與的文化創意像新港文教基金會的成立與經營或各地創意市集;保育自然的文化創意像七股黑面琵鷺保護區、關渡自然公園;農業轉型的文化創意像休閒農場、民宿和景觀餐廳;娛樂休閒文化創意像KTV、24小時的誠品書店及精品汽車旅館等。

除了空間環境的硬實力外,台灣也孕育了許多文化的軟實力:如表演藝術團體像雲門舞集、相聲瓦舍、明華園;流行音樂像周杰倫與方文山青花瓷的組合;設計工藝美學像橙果、清廷、琉璃工房、琉園、法藍瓷、朱銘雕刻;娛樂產業像卡通、電玩遊戲與同人誌文化;影視文化像《色·戒》、《海角七號》及《超級星光大道》等。

本土是國際化的本錢,「Old is New」,我們應致力於保有本土的特質與內涵,並藉由國際交流使世界認識到台灣的價值。

參、文化創意產業的推動與大學教育的角色

隨著文化創意產業的蓬勃發展,我們應思考大學藝術教育所扮演的重要角色。研究者所任教的科技大學雖無法像藝術專門學校提供表演、設計或藝術專門人才,但培養學生閱讀風氣,拓展藝文欣賞人口,建立文化參與制度,增加文化設施使用率,全面提升國民美學觀,推廣藝術家進駐校園等(張譽騰, 2008),均是大學藝術教育培養文化公民可以使力的地方。

一、研究方法

「教師即研究者」就是行動研究的基本特色。蔡清田(2000)指出:行動研究是透過「行動」與「研究」結合為一,企圖縮短理論與實務的差距。強調實務工作者的實際行動與研究結合,採取質性研究和批判態度,在實務行動過程中進行反思,以改進實務工作,增進對實務工作的了解,並改善實務情境。

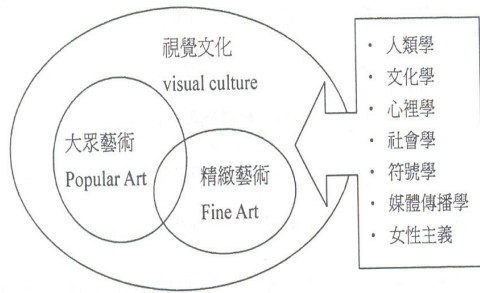
本研究透過學習單、回饋表、教學反思日誌、學生作業、網路討論及觀察行動以收集資料,藉由此質性研究進行自我專業反省的探索過程,以達成教學改進的目的。

二、視覺文化藝術教育的意涵

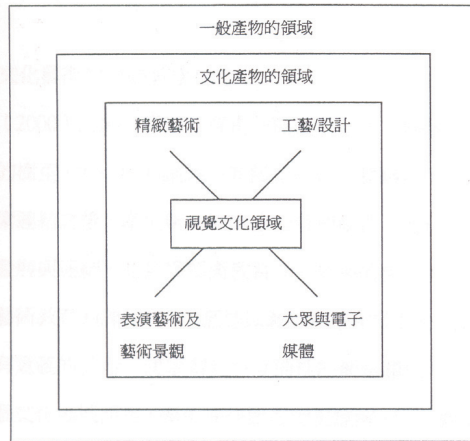
時代的轉變讓我們的閱讀從文字轉變為圖像接收訊息,影像隨著數位科技遍佈在我們的生活中,視覺文化成為社會的產物,日常生活就是視覺文化。Duncum (2002)認為在面對視覺文化的學習時,從各種器物到各地景像、從購物中心到旅遊紀念品、從主題公園到家庭攝影、從電視到網路、從廣告到速食餐廳、從流行服飾到異國流行文化,都需要新的學習方式來解讀其意涵。「藝術為一種文化的產物,強調唯有從認識文化的本源及其來龍去脈,並從文化的本源產生興趣和欣賞的能力,才能對藝術有深刻的了解。」(郭禎祥,1999)。文化、生活與社會隨著時代變遷影響學生、影響學校教育,故學校教育應隨之增加對於真實生活的學習。而藝術教育應提供給學生探索生活中人、事、物,包含環境中各類藝術品、人工物及自然物,並進一步了解時代、文化、社會、生活與藝術的關係(教育部,2001)。

當前文化創意產業的勃興,生活中充斥著視覺物像與大眾流行消費商品,城市社區努力建構博物館、文化遺產及藝術節慶等,這種種倡導城市美學運動的新趨勢,均讓從事藝術教育的工作者應認真思考藝術教育的新方向。

視覺文化藝術教育(Visual Culture Art Education, 簡稱VCAE)已漸成當代藝術教育新思潮。80年代以學科本位的藝術教育(Discipline-Based Art Education, 簡稱DBAE),其課程內容除創作外加入美學、藝術史及藝術批評,這種將藝術視為獨立學門的學科本位之教學取向,以精緻藝術為其教學範疇。這類著眼於藝術技巧與材料的精熟學習的教育方式,應順應時代趨勢轉變為視覺文化藝術教育,更貼近生活的教學形式。VCAE教導學生視覺圖像應從其文化脈絡及圖像背後的意涵去理解,而非僅憑外在形式,其將藝術定義擴展為精緻藝術、文藝表演、工藝和電腦媒介等活動(圖一、圖二),大眾文化和精緻藝術之間不再有界線(Mirzoeff,1999)。VCAE同時給予學生從生活經驗中透過視覺物件探索、理解、批判及統整自身與社會文化的學習(Siegesmund,1998)。



圖一視覺文化的範疇



圖二視覺文化研究領域

(Walker & Chaplin, 1997, p33)

三、課程設計

(一)、課程緣起

文化創意產業已是世界各國相繼投入的文化軟實力(soft power)競賽。台灣擁有多元社會的文化資本，包含殖民與後殖民、傳統與現代、大中華與本土多元價值，自是發展文化創意產業提供絕佳的豐潤土壤。但放眼望台灣，滿街樣式雜亂醜陋的各色招牌、機車飛竄的街弄巷道、鐵窗牢籠般的舊式公寓、毫無特色的觀光小販、沒有創意的形象商圈、聞之色變的公共廁所，即使在文建會努力推動的地方文化藝術節，也多熱鬧有餘卻內涵不足，常常慶典結束，人潮退去，什麼也沒留下。就算每年斥鉅資所舉辦如貢寮海洋音樂祭，活動過後竟留下頗受批評的垃圾、毒品與濫交。而從媒體廣為宣傳的泰山娃娃村-芭比的故鄉，卻是陳蕃鄉民活動中心所號稱的娃娃博物館，讓人大失所望。這種種都反映台灣文化創意產業預達到：「國人自我認同」、「改善生活環境」、「台灣文化行銷」、「全球的競爭力」等願景(張美艷，2007)，仍有許多努力的空間。

而身為一名科技大學的教師常憂心於社會「文化資本的輪迴」，我們的學子來自於不同的家庭階層，自是從小受到不同家族文化的洗禮或感染。社會階級化使得文化資本多集中於中產與白領階級家庭中，結果很明顯可從學生的美感經驗、氣質或教養中識得。我們無可抗拒「文化資本輪迴」的社會性，但孩子被送進大學受教育，通識藝術教育工作者即有責任將社會分配不均的文化資本澆灌於其身上，讓來自於藍領或弱勢家庭的學生在進入大學的殿堂中，也能同享精緻或高尚藝術文化的浸潤。

再者，文創產業乃符號消費的經濟行為，但有感於同學對大眾流行視覺文化的盲從，沒有自我及價值的判斷與澄清，只為霸權或主流文化宰制，不清楚自己要什麼，像先前英知名品牌打著環保標誌，以“I am not a plastic bag”為 logo 的購物袋，造成流血搶購的風潮，均顯示出我們社會在批判視覺文化能力上仍顯不足，因此開設此課程之目的，即是想以美學、生活、經濟、教育等面向去理解並以實踐行動改變生活態度。

(二)、教學目標

2009年年初行政院即邀請諸多文化界重量級人物進行文創圓桌論壇，此即揭示國

家對文化創意產業的重視，並將以此作為台灣未來迎向國際挑戰，發動第三波經濟革命的企圖心。在專家學者的建議下，除政府部門應投注更多經費、法令的修改外，教育的培養是一項大部分學者文化人所共同關心的議題。即便政府灑下龐大經費，建起超炫博物館、演藝廳或藝文中心，創意人展出無數絕佳作品，但沒有觀眾或消費者，一切只是空談。因此經營藝文參與人口即是我等從事通識藝術教育工作者不遑多讓可扮演的重要角色。藉由課程鋪陳，將精緻與大眾流行藝術介紹給學生，鼓勵實際參與藝文活動，將美感駐足於學生的經驗生活中。

而文創產業並非僅限於高尚藝術。文化生活本可視為一系列文本的交互作用，特別是現今無限串連的「超文本」，許多跨國企業如 McDonald's、Nike、Coca Cola...等製造許許多多符碼("I'm loving it"或"Just do it")，其無所不在，而文本存有各種可能被質疑和創造的空間，觀者與創作者在其中能進行重建的、解構的創造性對話。因此教育學生如何在此現今資訊流通爆炸的時代，從視覺文化中建立批判、反思、創造性態度來賦與學生更多的選擇、自主性及賦權增能(Empowerment)，益發顯得重要(張美艷,2007)。

文創產業也逐漸以非主流之民俗藝術、工藝等民間在地藝術為發展重點，傳遞了地方文化藝術之價值與美感經驗。本課程結合學校週邊深坑老街社區為題材，此可激發學生對週遭文化與環境的關懷，及自我文化認同，並以學習者為核心，透由小組實地調查參訪，建立起獨立、合作、溝通、分享與自主學習的價值，並以此發展出解決問題的能力，以因應未來社會艱巨的挑戰。

(三)、課程實施過程說明

藉由文化創意的美學經濟概念，台灣可以他國成功經驗為師，運用自身知識與環境的優勢，去創造龐大的美學商機。課程以【文化創意·城市美學】-他山之石單元，從斯德哥爾摩、巴黎、東京、北京及上海的美感價值運用在商品設計、科技產業、生活風格、城市空間、歷史文物、社區活化、企業精神等的經驗為借鏡，尋求台灣殺出自己創意風格的可能。

台灣特有的歷史背景，醞釀出多元精緻的華人社會。海島民族的韌性易於吸收外來資訊並融滲於自身文化裡。【文化創意·城市美學】-發現台灣單元，介紹台灣意象之美，包括人文歷史與自然生態，這些都足以發展成國際級的觀光景點。台灣令人驚豔的創意無數，舉凡：精品汽車旅館、誠品書店、檳榔西施、婚紗攝影、劇場文化、台灣美食、地方廟宇...。最後，以【台灣社區總體營造與新故鄉計畫】介紹社區活化的永續發展。台灣經歷九二一大地震，震垮了家園，卻垮不了台灣人的意志，課程中介紹災後社區的重建規劃與成果。也介紹台灣山區原住民生態保育的社區營造及地方產業與環境生態的平衡發展。

研究者以文化創意產業及其相關的社會議題呈現，透由 VCAE 的理念，推廣藝術美學的知識，涵養學生美感價值，提昇大眾公共意識，增進對社會人文的關懷，發揮藝術感染力。文化創意產業需要眾人的參與與支持，期待藉由大學藝術教育的訓練，將台灣推向高生活品質的境界。

(四)、以VCAE應用本課程

Duncum(2002)認為VCAE是將歷史的文本脈絡、社會與文化的觀點，帶入藝術教育中，透由社會學、文化學、視覺分析討論生活中的影像議題及影像創作(image-

making)，培養學生的批判理解能力(critique understanding)與為學生賦權增能(empowerment)。

以下就Duncum(2002)所提出的VCAE的觀點檢視本課程的實施:

1.VCAE 以歷史及文化脈絡闡釋視覺文化:

本課程經由各城市之間的歷史文本脈絡去探討城市影像，審視各國在科技、教育、人才培育、文化創意及消費、國家政策、經濟發展等不同面向，理解圖像在其社會文化脈絡下的意義及機能。再就台灣本身的歷史傳承與多元社會發展看本土城市與社區的視覺影像物，分析在地人文景象、地理美質、文化政治遺產、國家發展方向、國民素養等，在其視覺影像的背後，探討其社會背景的因循及文化的限制，找到台灣發展的可能。其次，於應用後現代理論進行視覺文化教學設計時，研究者亦採用跨領域課程設計之模式，將藝術教育結合社會、自然生態與生活科技領域，探討台灣視覺文化現象中哈日風潮背後的歷史淵源、韓流偶像劇大舉侵台、美式好萊烏影視文化長期壟斷本土視覺影像及其強勢消費文化移植壟斷全球性等社會議題。此課程透過講堂以文化敘述(cultural stories)、文本之間(intertextuality)透過文化學、社會學與視覺分析討論，同時兼具本土文化與世界觀，協助學生認識台灣並建立自我認同(self-identity)的價值觀。此正符合文化創意產業強調的「讓台灣走出去，讓世界走進來」的理念(張柏烟、許雯婷，2004)。

2.VCAE透過影像觀看、批判(critique)及為學生賦權增能(empowerment):

本課程在視覺圖像閱讀、理解之後，進行議題討論，目的在讓學生腦力激盪，透過彼此討論、批判、反思，了解視覺形式是如何提供他們表現、詮釋社會意義及文化的方法，最後得到價值澄清(Value clarification)。研究者邀請學生對於自身生活週遭之外來消費文化進行解構、批判與詢問:什麼是外來消費文化?這些外來文化是以那些視覺影像為其承載符號進行傳輸?這些視覺影像的來源是什麼?審美價值又是什麼?外來消費文化對學生自我及對全體社會的影響又為何?以及，什麼是本土消費文化?本土消費文化又是以那些視覺影像為其面相?這些視覺影像的來源是什麼?審美價值又是什麼?本土消費文化與外來消費文化的視覺相關影像的審美特質差異為何?兩者與學生的互動又為何?以此協助學生在與生活影像的互動中，釐清並建構自身的主體性，不要隨霸權文化而逐流，進而建立自我價值與認同。

3.VCAE同樣重視美感價值及社會議題

VCAE的課程，雖將學習的內容擴張為視覺文化的視覺產物，其意並非將此課程帶離藝術美感領域，而是以融入文化社會觀的方式，學習意識如何透過視覺、美感運作。因此，VCAE同樣重視美感價值及社會議題。這將有助於文化創意產業推動過程中，美感素養如何建構於地方產業的設計、推行。同時公民美學運動提昇之時，博物館、美術館、藝術祭、文化節等視覺及表演藝術經濟產業的推展，大眾的文化素質才足以增加活動的參與與支持。

同時，文創產業將提供大量就業人口，投入市場運作。本校多以理工、管理背景為主的學生，正有可能成為市場推動的主力。文創工業不只需要專業藝術設計人才，對於企畫、管理、文書、撰稿、文案、業務行銷、美編...等，都需要更多領域的人才進入。數位科技結合文創已是產業發展的必然形式，製造業、服務業與文創的跨產業整合，也成為未來產業加值的利基。數位典藏、數位博物館、數位導覽、數位內容、

線上遊戲、數位影音、數位行銷、電子報...等，都需要像本校的資訊相關背景的學生。但是，技術的運用需要人文的「腳本」及文化的內涵，更重要的是美感價值。因此，VCAE帶給修習本課的學生提昇美學概念及關心社會流行議題及趨勢的契機，以使專業之外，加值其美感素養，讓學生在未來就業市場上更具競爭力。

四、實施成果

(一)教師反思日誌

單元1：【斯德哥爾摩與哥本哈根】		教學日期：2008年 11 月 6 日
學生表現檢核	參與度 專心聽講 討論發言	學生遲到與翹課情形有待改善，但上課同學多專心聆聽。問及學生「想到瑞典你想到些什麼？」蕭敏中回應：諾貝爾獎；李智傑說：伏特加。我很高興學生想到一些我未想到的。當我提到瑞典的社會福利如此之好時，許多同學表示想移民。當我提到男女平權的意識時，有些男生不以為然。我藉此分析比較了社會主義與資本主義的優缺點。
	鑑賞能力	本周進入新的單元主題《文化創意·城市美學》，介紹斯德哥爾摩及哥本哈根兩個北歐城市及北歐設計美學。課堂中欣賞北歐設計風格，喜歡運用簡單、潔淨的線條，創造實用、人性又優雅的設計感，並且非常強調東西的實用性與功能性。不論瑞典、丹麥還是芬蘭，其工藝設計、家具設計、汽車工業、電信與視聽科技等均將其功能之外賦予美感價值，使用者充份感受其設計質感。
	批判思考	課堂中介紹一次逛 IKEA 的經驗，教學者感受到瑞典企業對人性的尊重及設想的周到。桃園 IKEA 門市一樓處有寄送暫放小孩的區域，小孩可在大哥哥姐姐的照顧之下，從事球池玩耍、看電視、閱讀，其中亦設有小孩專屬廁所，讓孩子感受被尊重，不必使用大人的馬桶，若孩子吵鬧，專屬人員可馬上通知家長領回，父母也可在無孩子喧鬧的情況下專心選購家飾用品。更令人驚訝的是走遍台灣大小公共廁所，在瑞典企業裡發現，男生廁所竟設置換尿布檯子，這顯示男女平權的觀念真正落實於生活中，誰規定換尿布一定是媽媽的工作呢？
	關心社會 資訊、脈動	北歐國家是社會主義國家，其以高稅率將財富集中，再以良好完善的社會福利照顧百姓，因此享有搖籃到墳墓完好的生活依靠。這也使得北歐居民養成人人平等的民主概念，即使一個杯子的設計，設計師都會以平權的想法加注在其設計理念中，好讓所有階級的人都能享受其設計帶來的尊重與美好。因為其人權與民主素養，所以重視「人體工學設計」與「民主化設計」。因其地處北極圈，晝夜長短分明，極地寒冷，陽光並非取之不盡、用之不絕，所以格外環保重視資源，也因發揮創意，以知識經濟取勝，不像許多熱帶國家懶散、怠惰，北歐五國創造出全世界高所得的經濟奇景。台灣人相對來說太幸福了，天然資源陽光、空氣、水源和地熱拂手皆是，不感到資源的珍貴。像另一個與海爭地的荷蘭，同樣受地理環境限制，發揮其智慧創意求生存的本能，和北歐一樣以文化創意創造龐大經濟效應，這都是值得台灣借鏡的。台灣應收拾起與對岸的劍拔弩張，大陸可以不是我的國家，但其廣大的市場可以是我的腹地。台灣擁有無限創意，在全球華人世界中，它是一個知識文明的透明櫥窗，他也影響著華人的流行並成為典範。我們應向北歐國家看齊，政府投入資金於教育外，更應仿效丹麥成立設計中心，成為國內設計產業的交流平台，它不僅是國內外設計作品的展示中心，同時提供設計與產業的聯繫，以便讓設計走向專業化、品牌化，成為具備市場價值的產業。

單元6：【台灣意象之美】		教學日期：2008年 12 月 30 日
學生表現檢核	參與度	課程進行學生反應良好，部分同學參與度佳，例如問起同學認為台灣意象為何？許多答案接連冒出，例如玉山、阿里山、櫻花鉤吻鮭、小吃、廟宇、101....等，可能與問題為易回答，不需經太多思考，與台灣在地環境認同有關，並且遇到同學熟悉的主題，其中一名同學對魚特別有研究，因為提到他的專長與熱愛，因此侃侃而談。但問及大家對東南的意象時，答案竟是樓梯、省電等親身經歷較負面的答案，教學者建議運用美感的角度去欣賞東南，例如龍谷山丘、藍鵲、烏鴉、鴉等生態鳥類及綠坡道，學生似乎沒什麼反應，東南認同可能須再加強。
	專心聽講	
	討論發言	

研究者於每周課程結束當日，必定完成教學日誌表，趁上課記憶鮮明，記下課程中與學生的對談與交流，常常在既定的內容之外，學生會引發教學者延伸的題材討論，這些往往是課程意外的收穫，經此反思日誌，不僅可以將延伸的內容做為未來課程的加值，更可藉此過程，看到自己需要改進的地方。

(二)學生作業

本課程探討文化創意產業，並以VCAE的教學策略貫穿之，以助於學生提高精緻與大眾流行文化藝術鑑賞的能力。因此，研究者設計了結合本校週邊的深坑老街之課程活動。以深坑文史工作室的資源，進行深坑老街導覽，介紹老街歷史、文物、建築及文化特色。老街自清以降，已有百年歷史，先後留下多座官家、富賈之三合院古厝、巴洛克建築，同時深坑近年極力發展休閒觀光，行銷豆腐。此距本校僅數百公尺外的老街，儼然是發展文創產業的最佳範例。因此，研究者以老街為活教材，設計作業，請學生以小組為單位，進行深入老街探訪行動，採訪耆老、訪問店家、尋找歷史、探詢故事，並以自由影像進行創作，將作業以文字、影像與音樂等多媒體方式呈現。更鼓勵同學以數位典藏型態，進行老街虛擬博物館的建造工程。在這樣的作業設計下，將美學感知應用於文化遺產與創意之間，並承載歷史與文化的脈絡，對現存的老街視覺文物進行批判省思，透過組員間的合作，發現深坑文化之美及需改進的地方，進而對其產生社區關懷與文化認同。

作品欣賞一：

永安居這棟黃氏古厝至今近一百年的歷史，當初花了十年的功夫才得以興建完成，觀察其所用石材均運至自日本，而木材也是大陸運船而至的福杉，為一座典型泉州安溪型的三合院紅磚大厝。.....

外觀大厝的正脊呈燕尾可見當時黃氏家族官位之顯赫，左右護龍之馬背則呈現金型及火型，厝身的線條自然姿態優美流暢，外牆上還隨時可見當時為防禦土匪特設的槍孔，建築安全的美觀與實用功能同時講究可見一斑。.....

以前覺得古厝沒什麼價值，已是舊時代建物，但在經過此次探訪，益發覺得深坑其實真美，其近在咫尺，我們卻只知豆腐，而不識深藏於其中的文化瑰寶，我們也從中認識閩南建築式樣的火庫起、魚懸、馬背、鳥踏、燕尾屋脊等，其引發對中式建築之美與深坑歷史的研究情懷。深坑既蘊藏如此多的珍貴遺產，就應該好好發展文化創意產業，讓其創造龐大商機，吸引更多人來認識它，典藏它。.....



作品欣賞二:

我們拜訪深坑在地居民黃先生，其熱心帶領同學參觀私人古厝，號稱深坑最美麗的房子--興順居68號，並介紹導覽古厝內的設施、器具用途、古井、磚瓦、鳥踏、馬背、槍孔、燕尾等，而燕尾代表著當年官宦人家的標誌，並讓我們進入屋內，解釋門門上老祖宗留下智慧型的設計，聽著黃先生描述當年祖先到唐山請建築師及工匠組團來台，為大戶人家服務，前三年找地，勘查地形，中間三年進行建築工程，再三年負責修補，歷時九年方能完成此一宅邸，堪稱工程浩大。期間還有風水師負責看風水，完成工程回鄉，所得也大約可安享晚年。黃先指著牆上紅磚，印有 S 及 T.S 的字樣，其為當年外商來台設廠燒製，牆的砌成由石灰混和糯米及黑糖，非常堅固，歷經百年仍未傾倒，而古井中的水竟仍十分清澈，不經令人讚嘆老祖宗的智慧創意，造出如此宜人、完美且人性的設計。歷經此一難得參訪經驗，領悟到深坑古厝其文化資產的保存價值。

黃先生帶我們參觀另一幢巴洛克建築，從其正門的華麗雕刻，可以遙想當年的繁華榮景。但歷經百年歲月，已在其門廊上看到滄桑。據黃先生描述，牆上使用之花雕凸面瓷磚當年從日本進口，飄海來台，屋主為中法戰爭的大將，難怪有如此雄厚的財力。可惜年久失修，瓷磚立面已染上厚厚的灰垢，讓這些文化遺產失了原本的樣貌。不過慶幸的是，老街已展開復修工程，希望能很快還原其本來面容。



(三) 部落格教學平台

March 27, 2009
北京新建築與舊胡同

meiwang1215 · 老師的話 | 2009-03-27 12:38:51

課堂中因談到綠建築，延伸討論到2008年北京才藝嘉烈熱關光彩的辦完一場世紀奧運，而其主題正是以《綠色、科技、人文》為主軸，非常符合現代社會的呼應與需求。而北京為將奧運辦得風光，推出許多世界大師級的建築作品，其當然也必須符合《綠色、科技、人文》的精神，我選擇介紹水立方、鳥巢、國家體育館等標榜科技與環保結合的巨型作品。雖社會上對這些作品評價不一，有人認為外國建築師並不懂中國文化，鳥巢僅是一個鋼筋細綁的繁複結構建築體，水立方也不過是會變換顏色的發光體的機械結構，缺乏深刻中華文化內涵，但北京方面運用媒體大規模行銷新建築，「兼」如家的比喻及外圓內方等賦予建築東方意涵。而於此同時，許多中國建築師也大聲疾呼別一再迷信外來新建物，老胡同才是無可替代的珍貴文化資產，這已引起官方重視，胡同文化代表了正宗北京，少了舊胡同，北京就不再是北京了。

meiwang1215在天空部落發表於12:38:51 留言 (0) | 引用 (0) | 編輯 | 人氣 (61) | 轉寄

累積人次: 665

我推薦誰

誰推薦我

誰來我家

RSS 訂閱

贊助商

其它資訊

相關閱讀

相關網誌 | 相關日記 | 相關相簿

留言 (8筆)

1. 我還滿喜歡古色古香的文化世界，然而(北京)卻是現在亞洲代表性很高的國家。許多帝王及人才出自於處，隨著時間和思想的證明與研發。北京卻是慢慢的在跳脫以往人民印象中的模樣。科技、藝術、甚至人文。以往的北京只有風純民儂四個字形容它現在卻是舊胡同與新科技建物相互存在北京想(除舊佈新)的意念。我覺得卻是不然因為是矛盾的，是現實的思考理念。但又不能放棄幾千年來舊胡同、舊人文氣息。陪伴北京至現今.....

[回覆或修改留言] | 刪除 | 營建三乙/49504073/李詩晴 於 2009-03-27 18:29:06 留言 |

2. 就像經濟跟環保工業發展時期經濟起飛但是卻種下了讓現在後悔的果想要賺錢但是又要兼顧環保的確不易復古文化與先進科技該如何選擇值得深處

[回覆或修改留言] | 刪除 | zu0205 於 2009-03-27 20:18:39 留言 |

3. 老師您好

部落格是一個非常方便的數位平台，在本課程實行過程中，研究者以此作為教學平台的利用，建立起教師與學生溝通的重要橋梁。教學者於課前與課後拋出相關議題，與學生進行討論。雖然經營此教學平台，需要投入相當的時間與心力，但藉由此數位技術，大大拉近教師與學生的距離，了解學生的想法與感受，這對傳統教學模式而言，無非是一項突破。

視覺美學-文化意象 <http://meiwang1215.er-webs.com/index.html>

部落格: <http://blog.yam.com/meiwang1215>

肆、結論與建議

一、結論

研究者服務之學校為科技大學，以工程與管理背景為主，看似對文化創意產業無太多連結，無法培育出專業藝術、設計或表演人才，但研究者開設藝術與人文類群通識課程之目的，即在於提供學生專業之外人文素質的培育，文化創意產業的發展為永續的經營策略，更有美學經濟的價值，但此知識產業的推動並非一朝一夕便能達成，其成效乃在於學校藝術教育溫火慢燉中，悉心培育學生對藝術生活的品味及涵養。台灣經濟需要轉型，政府機關扮演主導地位，專門學校培育專業人才養成，而一般大學藝術教育引動更大的集體參與，啟動學生對視覺藝術與文化的關心，文化創意產業才有發展成效的可能。再者，文化創意產業所需人力並非僅限藝術設計專才，本校管理學院學生可能因本課程引介，對藝術行政管理、企劃及策展人等相關行業產生興趣，而有所發揮。休閒管理系更對文創產業中結合社區總體營造與新故鄉計畫，培育資產保存、地方特色與文化觀光的經營人才等，有更多相關。尤其休管學生未來多投身於服務業領域，無論餐飲、旅館、咖啡店，其更需具備創意與風格，期待學生能運用美感經驗於其專業領域上，媒合文化創意與服務業，其將創造更大商機，此即美學經濟最佳例證。對工學院學生而言，修習本課程具強化其工藝美學的精神，可運用於未來工業製造與設計上。對機電學群而言，學生沉浸於網路視覺影像之中，更應學習運用美感知識表達視覺圖像，讓文創產業在視訊科技媒材運用上更具美感價值。期使本課程將美學、工學與商學作完美的結合。

二、建議

經過本單元實施，研究者對未來實行VCAE課程時提出以下建議：

- (一).教學者已從過去教室主導角色改變，在學習過程中，教師必須創造能引起學習者學習動機之教學環境，教學者的角色為催化者。
- (二).為引起學習者主動參與課程，建議將以問題為導向的學習型態，此以學習者為中心的設計，將使學生成為主要研究者。此次深坑探索行動，便成功導引學生投入主動學習，並發揮群組間的合作與服務，這對未來參與職場現實，提供很好的訓練。
- (三).為使課程內容更豐富，與學生現實生活更貼近，教學者在應用 VCAE 教學法時，應蒐集大眾流行視覺文化的相關議題，使用更多生活流行用語與符號，例如：近來火紅的“山寨版”、“殺很大”，企圖拉近與學生的距離與視線。但藝術教學的本質卻不能在流行文化嬉嬉鬧鬧中被活動掩蓋，在流行文化中教學者應找到足以讓學生思考、批判、反省的切入點，用批判教育學取向帶領學習者看到問題，而不是被文化編撰者主導與操弄。
- (四).VCAE 屬於後現代教學理論，其強調多元化、跨領域、整合性思考，因此，若以傳統評量方式只重視媒材、技法與知識型式的藝術教學評量，將無法滿足視覺文化中藝術多元價值的評量。因此，作業評量可以較為開放的報告形式，例如請學生參與藝文相關活動、講座或文化創意產業中的音樂祭、藝術季或文化節等，撰寫心得，為避免學生在網路上複製、拼貼、或挪移，需於報告中附上門票或本人

照片。另外，網頁或部落格的使用，可大大提昇學生參與課程的程度，鼓勵學生於課後進行議題討論，並於評分配置上加增網路討論評分比重，已收實際鼓勵之效。而學習單與回饋單的應用可以對學習者與教學者產生一定程度的效應。

大學藝術教育課程的使命在於，從生活及教育中培養學生從心出發參與、接觸、觀賞、聆聽及品味等五感經驗，深刻了解作者或文藝表演的展演精神，將「懂文化藝術」的價值觀導入學子，在潛移默化中推廣廣義人才培育及文藝人口，未來將主動參與文化藝術產業，台灣才有可能從仿冒王國搖身而變為創意王國。

參考書目

中文部分:

- 于國華，(2003)。文化·創意·產業—十年來台灣文化政策中的產業發展。典藏今藝術，128，頁46-49。
- 王俐容，(2005)。文化產業中的經濟論述:從精英文化到文化經濟。台北:文化研究，第一期，頁164-169。
- 文建會(2003)。「文化創意產業手冊」，頁24。
- 文化環境工作室，(1998)。台灣縣市藝術文化發展會—理論與實務。行政院文化建設委員會委託規劃研究報告。台北市：文建會，頁46。
- 郭禎祥，(1999)。描繪新世紀藝術教育藍圖。台北:美育，110，頁41-9。
- 夏學理，(2008)。台灣表演藝術團體之非票房收益評述：文化創意產業的觀點。2008海峽兩岸文化藝術管理論壇。台北:國立台北藝術大學，2008，頁34。
- 張美艷，(2007)。當代藝術教育中的批判取向:以文化工業為探索脈絡。台北:國際藝術教育其刊，52，頁235、237。
- 張柏烟、許雯婷，(2004)。視覺文藝術教育內涵分析。台東:台東大學教育學報，15，頁253。
- 張譽騰，(2008)。文化政策的擬定與實踐。2008海峽兩岸文化藝術管理論壇。台北:國立台北藝術大學，頁21。
- 教育部，(2001)，國民中小學九年一貫課程暫行綱要。台北市，教育部。
- 劉維公，(2004)。文化創意產業推動績效指標研究計畫期末報告。文建會委託之研究報告，頁4。
- 蔡清田(2000)，教育行動研究。台北:五南圖書出版公司。

英文部分:

- Duncum,P.(2002). *Clarifying visual culture art education*. Art Education 55(3),6-11.
- Dnato,A.(1997).*After the end of art: Contemporary art and the pale of history*.New Jersey: Princeton University Press. 57(2),147-149
- Mirzoeff,N. (1999). *An introduction to visual culture*. London:Routledge,12-13
- Siegesmund,R.(1998).*Why do we teach art today?* Studies in Art Education,39(3),197-214
- Walker,J.& Chaplin,S.(1997).*Visual culture: An introduction*. New York: Manchester University Press.47-58

群一《文化創融·城市美學》教學大綱：

議題	文化創意·城市美學					
單元名稱	他山之石-世界城市創意美學			發現台灣-台灣城市創意美學		
	西方城市創意美學		台北	台中	高雄	台灣社區營造
	斯德哥爾摩	巴黎	東京	北京	上海	深坑意象
核心概念	「人與自然和諧共處」的設計精神		販售「全球獨一無二的巴黎歷史」	皇城霸氣-新建築與老靈魂	東西合璧·殖民遺風	水岸、科技、台北城
	從生活中發現美學因子，從美學中引導文化創意，從文創中建造美麗環境					
核心問題	藉由單元圖像影音文化介紹，促進寬廣的國際美學觀，解讀不同文化下，民族創意的多元面貌，認識藝術作品的實質內涵，批判重建文化價值					
課程目標	每單元兩節課 共計 18 節(每節 50 分鐘、合計 900 分鐘)					
教學時間	觀察與描述：影像的觀看，反思與批判：影像的分析，對話與分析：影像的分析，創造與重建：影像的再製					
	藝術活動					
教學活動內容	鑑賞					
	由哥爾摩街景設計，感受沉穩現代的設計風格。「民主化設計」概念上平等、嚴肅與美感的生	從巴黎的發欣文化漫遊的咖啡館、雅間、豐厚的藝術去感受從法式美學。	透哥爾摩街景設計，感受沉穩現代的設計風格。「民主化設計」概念上平等、嚴肅與美感的生	偉大的當代建築群的東京。美而多功的公共空間。美而多功的公共空間。美而多功的公共空間。美而多功的公共空間。	消失中的胡同，已被新建築附帶僵化包圍，創造出新的火花。	殖民歷史的中西建築，浦江兩岸的風華，昔日繁華的上海。
教學資源	PPT簡報製作，單槍投影機，數位講台，上課參與度，線上討論與發表					
	教學活動所關影音圖像符號，教學活動所關影音圖像符號，數位相機，學生自我評量回饋單，創作表現					
教學評量	回饋單，學生自我評量回饋單，創作表現					

東南科技大學 東南學報 第三十四期 中華民國九十八年七月出版 第269-276頁

耐力運動、重量訓練與香功運動 對血脂肪與血壓的影響

EFFECTS OF ENDURANCE TRAINING, STRENGTH TRAINING AND QIGONG ON BLOOD LIPIDS AND BLOOD PRESSURE IN COLLEGE STUDENTS

陳德海¹ 張玉治² 林信佑³

¹Te-Hai Chen ²Yu-Chih Chang ³Hsing-Yu Lin

¹遠東科技大學 ²東南科技大學 ³長榮大學

¹Far-East University ²Tungnan University ³Chang Jung Cheistian University

摘 要

本研究旨在探討耐力訓練、重量訓練及香功對大專男生血脂肪和血壓的影響。採用78名健康的大專男生為受試對象(17~21歲, 平均 19.55 ± 0.93 歲)。彼等係志願參加並予隨機區分為耐力訓練組、重量訓練組、香功組以及對照組等四組。實驗組接受為期半年, 每週三次, 每次三十分鐘的運動訓練, 對照組則不做任何身體的運動訓練。實驗前後, 於安靜狀態下採集彼等之血液樣本, 並檢驗總膽固醇(Total cholesterol, TC)、高密度脂蛋白膽固醇(High density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白膽固醇(Low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、三酸甘油脂(Triglyceride, TG), 以及觀察收縮壓(systolic blood pressure, SBP)和舒張壓(diastolic blood pressure, DBP)。經變異數分析結果顯示: 四組間出現顯著的差異($p < 0.05$)。血壓方面, 收縮壓和舒張壓在組間並無顯著差異($p > 0.05$)。本研究亦發現: 耐力訓練可降低總膽固醇、低密度脂蛋白膽固醇和三酸甘油脂; 重量訓練會造成高密度脂蛋白膽固醇提高, 但會降低低密度脂蛋白膽固醇和三酸甘油脂; 香功則會使高密度脂蛋白膽固醇升高, 並降低低密度脂蛋白膽固醇和三酸甘油脂。因此, 香功對於心血管疾病應有較佳的預防和保護潛力。

關鍵詞: 耐力訓練、重量訓練、香功、血脂肪、血壓、比較性研究

ABSTRACT

To investigate the effects of endurance training, strength training and Qigong on blood lipids and blood pressure in college male students. Seventy-eight healthy male college students volunteered to participate in this study (age 17~21 years old, average 19.55 ± 0.93 years). They were randomly assigned into four groups (endurance group, strength group, Qigong group and control group). The experimental groups received a regular schedule on different training (30 minutes each time, three times a week) for 6 months. The control group received no exercise training. Blood samples were collected in the resting phase before and after the experiment. Plasma lipids (Total cholesterol, TC; High density lipoprotein cholesterol, HDL-C; Low density lipoprotein cholesterol, LDL-C; Triglyceride, TG) were determined. Both systolic blood pressures (SBP) and diastolic blood pressures (DBP) were observed in the resting phase before the blood samples were collected. ANOVA indicated that there were significant differences ($p < 0.05$) between the four groups. As for the blood pressure, both SBP and DBP demonstrated no significant differences among the groups ($p > 0.05$). We found in this study that endurance training tends to decrease TC, LDL-C and TG. Strength training may cause an increase in HDL-C and a decrease in LDL-C and TG. Qigong may serve to raise HDL-C and lower blood levels of LDL-C and TC/HDL-C, thus may have a better preventive and protection potential in cardiovascular events.

Key words: endurance training, strength training, Qigong, blood lipids, blood pressure, comparative study

INTRODUCTION

In recent years, more and more reports and rumors about qigong which could make people healthier and keep diseases away had appeared. Taking high blood pressure, low blood pressure, high blood lipids, deep vein thrombosis and other cardiovascular diseases for examples, all of above diseases could be improved and healed by the practice of qigong (Zhao, 1993). Hong, Y.; Chan, K.M. and Li, J.X. (1998) compared health-related physical fitness parameters of school children in Hong Kong and Mainland China, so as to provide information about the health-related physical fitness of youth and children living in areas of different development levels of economics, urbanization and industrialization. And suggested that with the development of economics, more attention should be placed on sports and physical activities for youth and children. Hills, A.P.; Byrne, N.M. and Ramage, A.J. (1998) explored some of the commonly employed submaximal markers of exercise intensity to work to derive health benefits, so as to understand the relationship between the more widespread recent interest in health-related fitness and physical activity for all, and to propose a number of approaches for improvements beyond generalized equations. Israel, P.K. (1999) indicated that physical fitness level in university students may be influenced by race, socioeconomic status, exercise habits, and attitude toward exercise. We think that not only physical fitness, but also blood lipids and blood pressure level may also be influenced by mode of exercises in university students.

Purpose

The purpose of this study was to investigate the effects of endurance training, strength training and qigong on blood lipids and blood pressure in college male students.

MATERIALS AND METHODS

1. Subjects

78 healthy male Far East University students (between 17 to 21 years old and average age was 19.55 ± 0.93 years old) volunteered to participate in this study. They were randomly divided into the following four groups: endurance group(E), strength group(S), qigong group(Q) and control group(C) which contained 19, 19, 20, and 20 students respectively. The experimental groups received a regular schedule on different exercise training (endurance group received jogging training, strength group received weight training, and qigong group received 15 types of basic qigong training) 30 minutes each time, three times a week for 6 months. The control group received no exercise training. Basic data such as age, height and weight in the two groups were shown in Table 1.

Table 1. Basic Variables of the Subjects

Group	Age (yr.)	Height (cm)	Weight (kg)
Endurance	19.65±1.04	172.85±4.61	68.35±3.83
Strength	19.58±0.84	176.47±5.36	77.53±8.37
Qigong	19.26±1.15	169.95±5.27	65.89±10.61
Control	19.70±0.66	175.25±5.55	74.80±9.12

2. Measurements

Blood samples were collected in the resting phase before and after the experiment. Plasma lipids (Total cholesterol, TC; High density lipoprotein cholesterol, HDL-C; Low density lipoprotein cholesterol, LDL-C; Triglyceride, TG) were determined. Both systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) were observed in the resting phase before the blood samples were collected.

3. Statistical Analysis

SPSS statistical package on a IBM/PC were used for all statistical analysis. Means and standard deviations were obtained for all variables.

One-way ANOVA, and Scheffe post hoc test were used to determine differences among the groups. An alpha level of 0.05 was taken as the criterion for significance.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The results were summarized in Table 2.

Table 2 Comparison of Blood Lipids and Blood Pressure Among the Groups

Group	Endurance	Strength	Qigong	Control	F-test	Sig.
TC	150.10±20.25	155.00±20.76	154.83±15.43	172.50±24.10	4.645	0.005
HDL-C	44.90±12.54	54.58±8.56	57.87±9.14	50.13±8.72	6.309	0.001
LDL-C	83.06±8.17	96.37±16.16	87.89±14.64	112.18±18.48	14.733	0.000
TG	60.40±11.18	70.53±34.75	92.16±52.35	117.80±59.50	6.761	0.000
TC/HDL	3.58±1.07	2.87±0.41	2.72±0.43	3.51±0.66	7.609	0.000
SBP	126.35±10.60	129.68±11.62	121.05±12.62	129.65±15.78	1.930	0.132
DBP	71.65±7.52	72.37±14.13	68.53±9.61	70.95±14.67	0.377	0.770

1. The differences of TC among the groups

An analysis of variance applied to means of TC of the four groups indicated significant difference ($p < 0.01$). Post hoc analysis between the means by Scheffe showed E group was significantly lower than C group ($p < 0.05$). See figure 1.

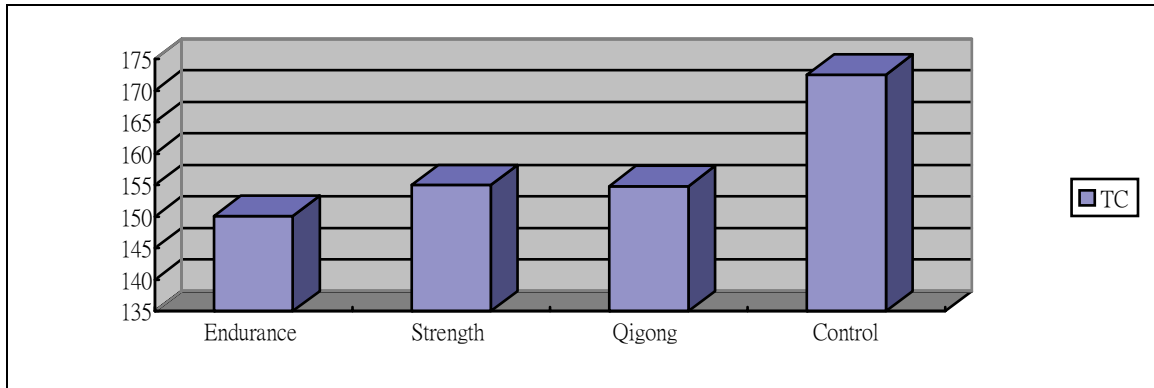


Figure 1 Comparison of TC Among the Groups

2. The differences of HDL-C among the groups

An analysis of variance applied to means of HDL-C of the four groups indicated significant difference ($p < 0.01$). Post hoc analysis between the means by Scheffe showed Q group and S group were significantly higher than E group ($p < 0.05$). See figure 2.

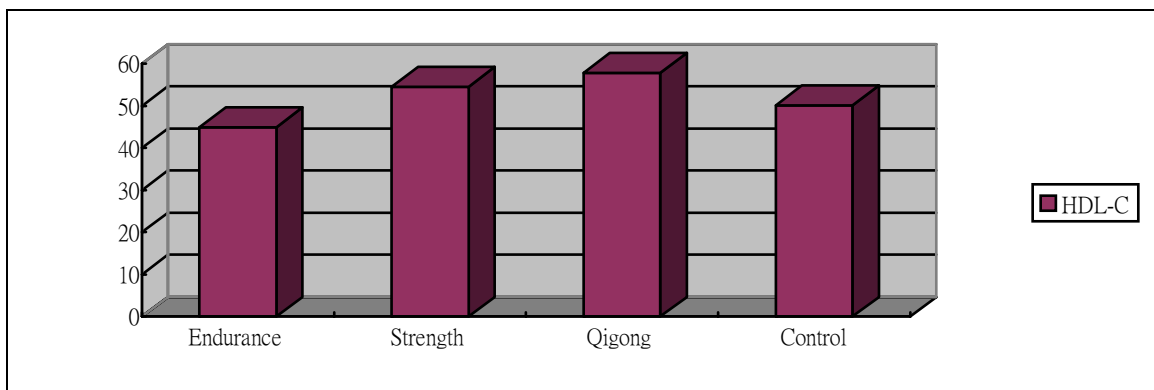


Figure 2 Comparison of HDL-C Among the Groups

3. The differences of LDL-C among the groups

An analysis of variance applied to means of LDL-C of the four groups indicated significant difference ($p < 0.01$). Post hoc analysis between the means by Scheffe showed C group was significantly higher than E group, S group and Q group ($p < 0.05$). See figure 3

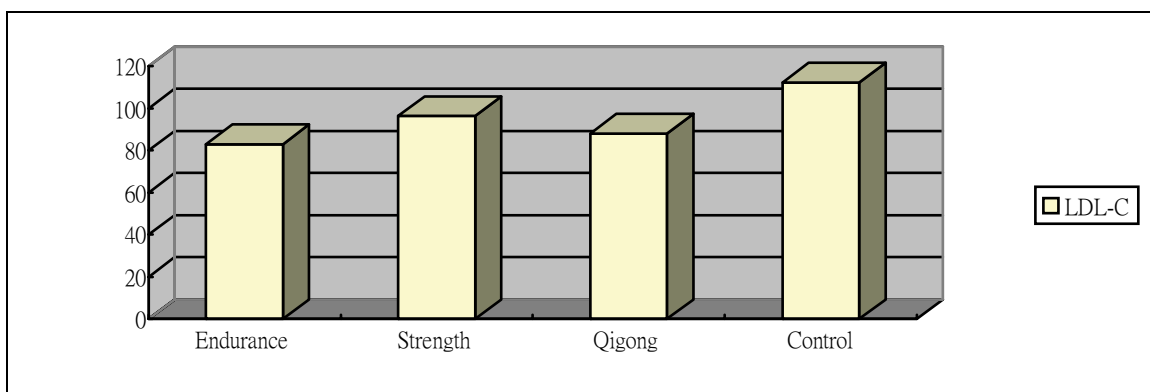


Figure 3 Comparison of LDL-C Among the Groups

4. The differences of TG among the groups

An analysis of variance applied to means of TG of the four groups indicated significant difference ($p < 0.01$). Post hoc analysis between the means by Scheffe showed C group was significantly higher than E group and S group ($p < 0.05$). See figure 4.

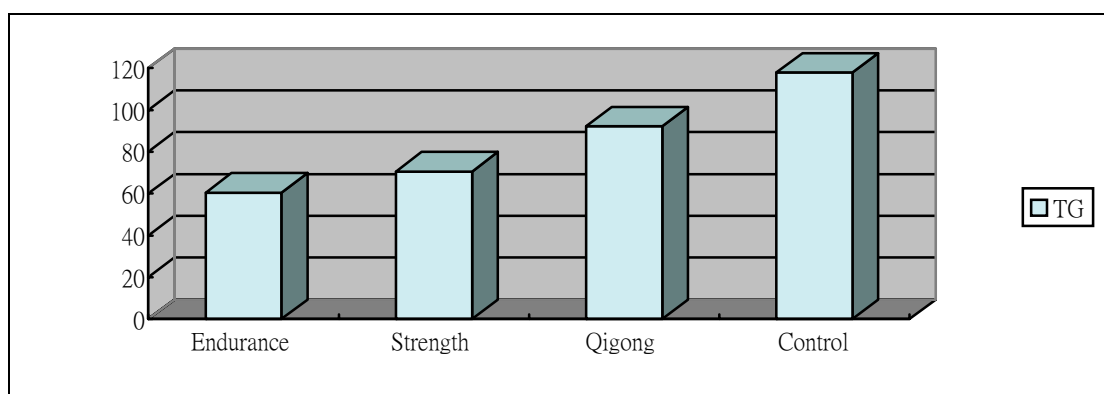


Figure4 Comparison of TG Among the Groups

5. The differences of TC/HDL-C among the groups

An analysis of variance applied to means of TC/HDL-C of the four groups indicated significant difference ($p < 0.01$). Post hoc analysis between the means by Scheffe showed (a) E group was significantly higher than S group and Q group ($p < 0.05$); (b) C group was also significantly higher than Q group ($p < 0.05$). see figure 5

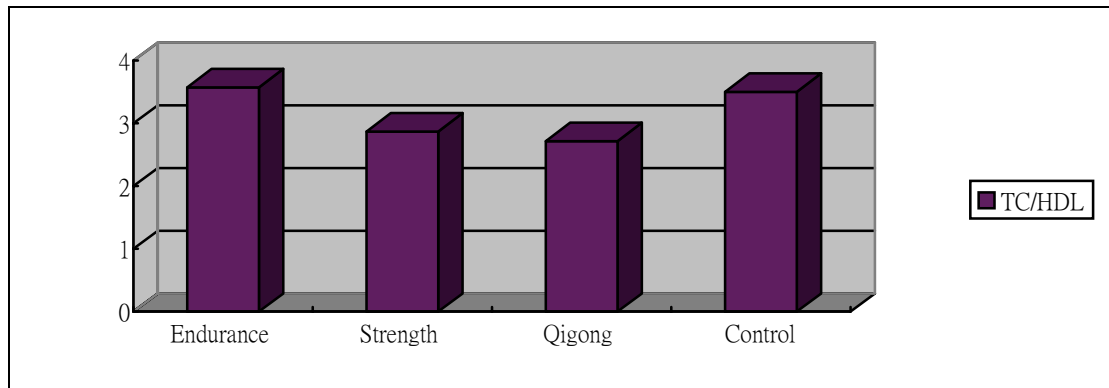


Figure5 Comparison of TC/HDL-C Among the Groups

6. The differences of blood pressure among the groups

An analysis of variance applied to means of SBP of the four groups indicated that there were no significant ($p > 0.05$) differences existed. An analysis of variance applied to means of DBP of the four groups also indicated that there were no significant ($p > 0.05$) differences existed. See figure 6 and figure 7.

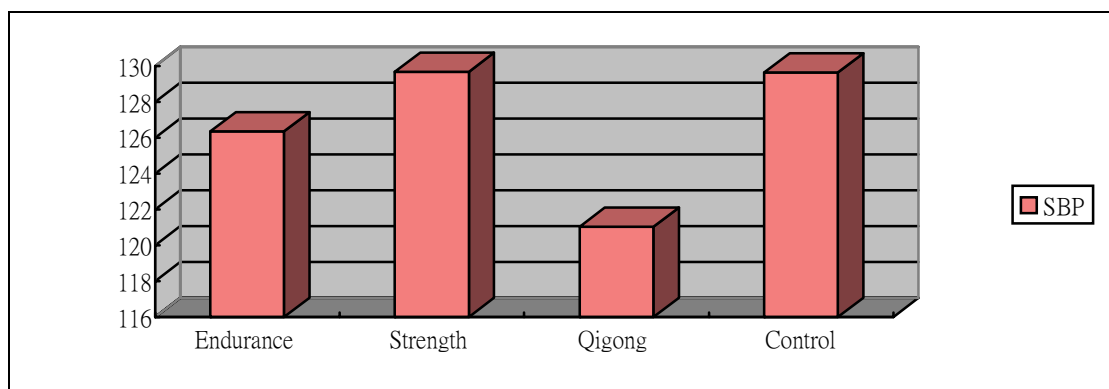


Figure 6 Comparison of SBP Among the Groups

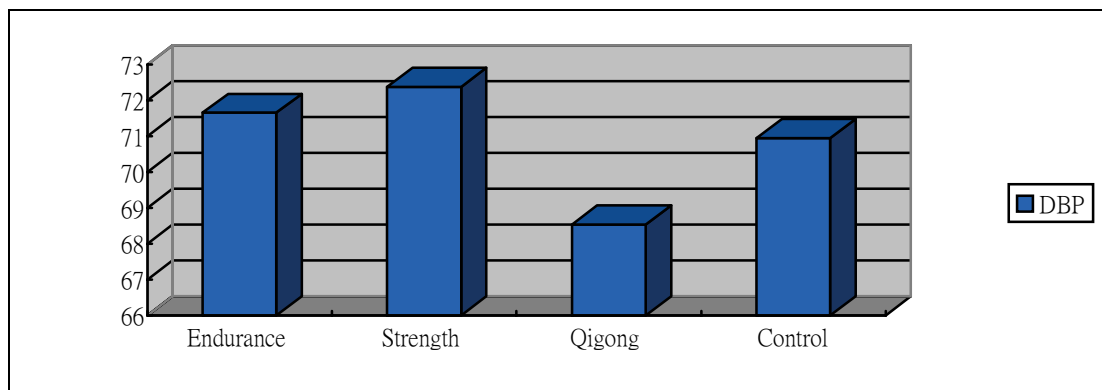


Figure 7 Comparison of DBP Among the Groups

CONCLUSIONS

Results of this study showed that there were significant differences ($p < 0.05$) between the four groups. As for the blood pressure, both SBP and DBP demonstrated no significant differences among the groups ($p > 0.05$). This study found that endurance training tends to decrease TC, LDL-C and TG. Strength training may cause an increase in HDL-C and a decrease in LDL-C and TG. Qigong may serve to raise HDL-C and lower blood levels of LDL-C and TC/HDL-C. This finding showed exercise could result in an improvement in the blood lipid. Moreover, we further found the effect of Qigong on improvement in the blood lipid was more obvious than other training. This result also implied Qigong may have a better prevention and protection potential in cardiovascular events.

REFERENCES

- Hills, A.P.; Byrne, N.M. and Ramage, A.J. (1998). Submaximal markers of exercise intensity. Journal of Sports Sciences (London) 16(Special Issue), Summer, S71-S76.
- Hong, Y.; Chan, K.M. and Li, J.X. (1998). Health-related physical fitness of school children in Hong Kong and Mainland China. Journal of Comparative Physical Education and Sport (Schorndorf) 20(1), 2-10.
- Israel, P.K. (1999). The relationship between physical fitness in university students and demographic, academic, and attitudinal factors. Microform publications, University of Oregon, Eugene, Or, 1999, 2 microfiche.
- Zhao, C.X. (1993). Classical case. Qigong. Tianjin City Qigong Association, 89-128.

籃球運動從業人員專業認知量表之信效度分析

張芳文

東南科技大學

摘 要

研究目的：探討國內籃球人口中對於了解籃球參與及比賽選手對於裁判規則：執法與詮釋紀錄人員正確性分析國內對籃球賽認知，何種程度之認同與裁判執法滿意程度。研究對象以國內籃球運動從業人員作為研究對象，透過問卷調查法並以描述性統計，探索性因素分析和內部一致性信度分析進行資料處理與分析。本研究發出180份問卷共回收160份，有效問卷154份（有效回收率85%）。研究結果部分探索性因素分析裁判執法滿意度量表信效度分析，結果共萃取出兩個因素，分別為「專業技術」因素、「專業一致性」因素，個別解釋變異量分別為8.55%；62.56%；紀錄員滿意度量表信效度分析，結果萃取出一個因素「專業技術水準」因素，個別解釋變異量為63.34%裁判紀錄員滿意度量表信效度分析，結果共萃取出三個因素，分別為「專業行為」因素、「專業技巧」因素、「專業素質」因素，個別解釋變異量表分別為35.04%；16.88%；15.63%。量表的Cronbach α 係數均在0.70以上，表具有可接受的信度。本研究的結論建議為，一場球賽除了球員與教練的參與外也需要裁判的公平、公正執法，透過本研究的結果在球員與教練、觀眾等，對球場中激烈拼賽之過程，多了解規則及裁判法。提高裁判員本身專業的技術，雙方球員在公平、公正的情況下，發揮球技以提升籃球運動之精神。

關鍵詞：籃球從業人員、裁判員、紀錄員、信效度分析

壹、前言

一、研究背景與動機

隨著國內體育戰線的深化改革，籃球運動的訓練競賽體制、制度、裁判人員的建設、訓練與管理方面，不斷求新、檢討、提高整體競爭質量。運動競技要創造良好的運動表現，需體能、技、戰術與心理的結合（陳全壽，1996）。籃球比賽是一項肢體碰撞、對抗激烈、錯綜複雜、瞬息萬變，比賽中可能出現許多意想不到的情況，此時裁判人員扮演執法的角色特別重要，一位好的裁判員不但要對籃球規則瞭若指掌，還要能體認籃球比賽所蘊含意義與精神（湯銘新、簡世豪、韓念錦、江正輝、崔仲仙，1997）。唯有如此才能使比賽在公平、公正與符合運動家精神的前提下，進行並讓選手在規則允許的範圍內，以各種技術運用來爭取勝利。

籃球運動是一種具備戰鬥力、鬥技、鬥智的遊戲，教練在臨場時除了熟練戰術與規則的運用外，更應具備全方位的能力表現。張榮三、王翔星(2005)說明一個好的教練應尊重以及仁慈的態度對待運動員，以關愛伴隨讓運動員能自主成長，更應培養運動員品德。

回顧近來國內的籃球比賽中，國內 SBL（超級籃球聯賽）在2004年2月7日九太對台啤比賽的第四節後段，也因為對於裁判的判決不滿以棄權、罷賽的方式抗議。轟動一時的 SBL 精采好戲，台啤大戰裕隆賽後，台啤總教練不滿裁判判決，在場邊出右腳踹裁判事件（2008.1.8，蘋果日報），及 UBA（大專籃球聯賽）文化大學對東南科技大學的比賽時，文化大學落後兩分最後五秒的罰球違例（裁判誤判落跑）事件（2006，蘋果日報）。93學年度 UBA 第一級冠軍賽台北體院對台灣師大的比賽時間終了時的犯規，認定最後演變成裁判落跑的烏龍事件。難怪職籃四年經過150場例行賽事後，季初新聘的22名裁判，在季後賽僅剩7名（張弓弘、王人生2001）。葉羽（2001）指出焦點判罰是指籃球比賽過程中裁判員的漏判與誤判，它是運動員與裁判員之間矛盾的焦點。籃球技術是籃球比賽所必須運用的專門動作方法的總稱。裁判員的焦點判罰，從籃球運動正式成為競技項目以來，就已經存在（陳順義、李鴻棋2006）。此外，蘇彥銘（2007）的研究發現教練及球員對於籃球聯賽最不滿意的部份是裁判的公平公正性而，裁判的公平公正性對比賽來說又是比賽中最重要的一環，因此承辦單位在競賽制度上應該有多重考慮。回顧國內有關於運動裁判的研究數量稀少且侷限在裁判法（王人生，1996；王仁堂，1997），至於裁判壓力事件（林英亮，1998；張弓弘、王人生，2001、陳順義、李鴻棋，2006）也分別少數的報導。

Anshel 與 Weinberg (1995)使用「籃球裁判壓力來源量表」，針對美、澳籃球裁判從事探索性研究。他們以70位來自美國西南部(年齡19歲到45歲，平均32.6歲)和62位來自澳洲新南威爾斯(年齡20歲到37歲，平均29.8歲)，至少擁有三年經驗的籃球裁判參與研究。該研究結果顯示在兩種不同文化下的籃球裁判，共通的壓力來源包括：「被教練語言侮辱」、「有爭議的吹判」、「球員五次犯滿」、「和沒有經驗的同伴共同執法」、「觀眾語言上的侮辱」、「和教練及場外球員距離太近」、「和場上球員距離太遠」、「被擋住視線無瑕正確判斷」、「執法位置不當」與「身體不適」等十項。

Anshel & 與 Weinberg (1996)使用「籃球裁判壓力來源量表」中十五項壓力來源，對美國以及澳洲籃球裁判壓力來源進行比較研究，發現在「做出錯誤判決」、「受到來自於球迷言語上得侮辱」、「與教練爭辯」、「受到球員言語上的侮辱」、「與球

員爭辯」等壓力來源項目，美、澳兩國裁判達顯著差異，美國裁判在「做出錯誤判決」、「受到來自於球迷言語上得侮辱」兩項壓力高於澳洲裁判，澳洲裁判則在「與教練爭辯」、「受到球員言語上的侮辱」、「與球員爭辯」等項目，感受壓力高於美國裁判。這些研究結果，對於壓力管理方面具有指標性的意義。

Kaissidis, Anshel 與 porter (1997)以133名澳洲籃球裁判為研究對象，研究籃球裁判在進行執法時，受到戰術壓力刺激的反應，結果發現比賽時遭遇「執法錯誤」、「教練及球員的侵犯」與「現場重要人士觀賽」等三項壓力來源時的反應，較傾向於選擇避開(avoid)而不是趨向(approach)的因應對策。他們認為壓力強度和趨向反應是正相關的，和避開之間則是相反的負相關。對壓力情境的評估、對壓力情境的掌握性、以及因應策略的選擇，也存在個別差異，尤其在比賽戰術進行時更是如此。現場比賽有監視系統，裁判會感到有比較高的壓力，並且也會比較注意控制現場狀況。

因此，本研究動機在於瞭解籃球運動從業人員（裁判員、記錄員）專業認知現況，並建構一份籃球運動從業人員專業認知量表，以提昇籃球專業水準。

二、研究目的

基於前述之研究背景及動機在研究之目的如下：

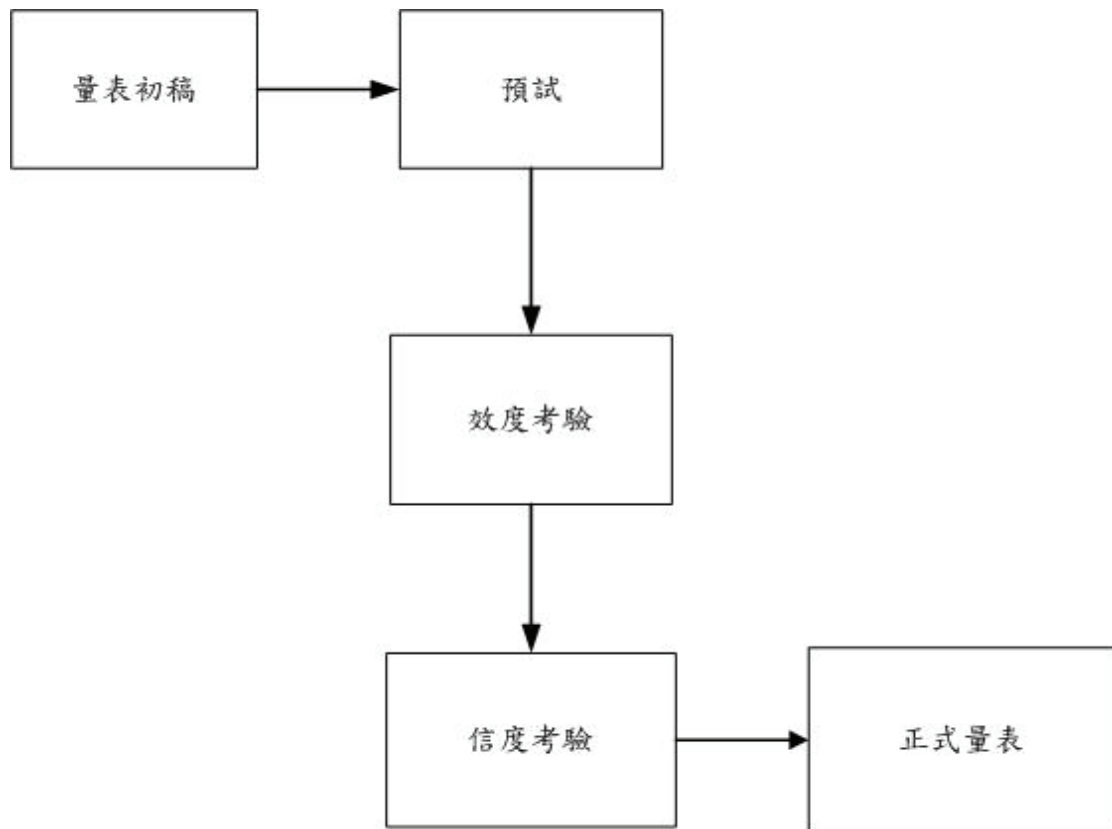
- (一) 瞭解籃球運動從業人員在比賽中之重要程度。
- (二) 建構籃球運動從業人員專業認知量表之信效度。
- (三) 提供未來相關研究工具的參考依據。

貳、研究方法

本研究以問卷調查法，針對籃球運動參與者和觀賞者，包括高中、大專、碩士生。其中以觀眾、選手、教練、隊職員、記者，受試人員大約（160）人進行調查分析研究，先以描述性統計、探索性因素分析，分析本問卷的主要因素成分，以Cronbach's α 內部一致性信度分析來考驗信效度，資料與處理分析。

一、研究流程

本研究流程預試問卷回收後，再進行探索性因素分析(exploratory factor analysis, EFA)，Cronbach's α 內部一致性信度分析以建構量表的信度和效度（邱皓政，2000），本研究流程如圖一。



圖一 量表建構的統計分析

二、研究工具

(一) 籃球裁判執法專業認知量表

為研究者依據相關文獻自編量表，指研究對象對於籃球專業一致性、專業技術等，共14題李克特五等量尺問卷。

(二) 記錄員專業認知量表

本研究依據相關文獻自編量表，民眾對於記錄員滿意度，採用李克特五等量表為記分方式。本研究採用8個李克特五等量尺的問項。

(三) 裁判記錄員整體表現重要性量表

本研究依據相關文獻自編量表，民眾、選手、教練等，對於裁判記錄員整體表現重要性。採用李克特五等量表為記分方式。本研究採用25題李克特五等量尺問項。

(四) 基本人口統計變項

包括性別（男女）、年齡（20歲以下，21~25歲，26~30歲）、身分別（觀眾、選手、職員、記者、其他）、參與年限（1-3年，4-6年，7-10年，10年以上）、學歷（高中、大學、碩士以上）。是否到現場觀賞籃球比賽等六項，做為比較的依據。

三、資料處理分析

本研究問卷施測完畢後，將回收之問卷，剔除無效問卷，將有效問卷加以編碼、登錄，運用 SPSS for windows 12.0 中文版統計軟體進行資料處理與分析。

(一) 以描述性統計探查各變項之分佈情形以瞭解受訪者的基本特性。

(二) 探索性因素分析 (EFA)

探索性因素分析主要的目的是減少資料和總結的一個多變量統計方法，它可以測量資料的建構效度，使用探索性因素分析，每個項目和它對應的結構之因素負荷量(factor loading)都是可以判定的。為了確認項目所選擇的制定結構，可採用主成分分析法(principal components analysis, PCA)中的最大變量轉軸法來轉軸，將因素負荷量排序並刪除小於0.4的因素量 (邱皓政, 2000)。

(三) 內部一致性信度分析(cronbach's α)

本研究利用 Cronbach's α 來要求問卷整體的內部一致性，瞭解量相同概念的題目。本回答時是否呈現一致的情形，若 Cronbach's $\alpha > 0.6$ 則表示內部一致性很高 (邱皓政, 2000)。

(四) 本研究顯著水準訂為.05。

參、研究結果

本章依據研究目的、研究問題及架構，將所得的資料經統計軟體分析後之結果加以呈現、對結果進一步的討論。

一、受試民眾之描述分析

本研究分析受試民眾統計變項結果。首先本參與者性別，男性有94位 (佔全體61.0%)，女性有60位 (佔全體39.0%)。年齡分佈20歲以下112位 (佔全體72.7%)，21-25歲40位 (佔全體26.0%)，26-30歲2位 (佔全體1.3%)。身份別方面觀眾99位 (佔全體64.3%)，選手49位 (佔全體31.8%)，隊職員2位 (佔全體1.3%)，記者1位 (佔全體0.6%)，其他3位 (佔全體1.9%)。參與年限方面1年-3年39位 (佔全體25.3%)，4年-6年 (佔全體36.4%)，7年-10年37位 (佔全體24.0%)，10年以上22位 (佔全體14.3%)。學歷方面高中3位 (佔全體1.9%)，大學147位 (佔全體95.5%)，碩士4位 (佔全體2.6%)，統計結果和下表一所示。

表一 研究對象人口統計變項摘要表

性別	人數 (人)	百分比 (%)
男	94	61.0
女	60	39.0
合計	154	100.0
年齡	人數 (人)	百分比 (%)
20以下歲	112	72.7
21-25歲	40	26.0
26-30歲	2	26.0
合計	154	100.0
身份別	人數 (人)	百分比 (%)
觀眾	99	64.3
選手	49	31.8
職員	2	1.3
記者	1	0.6
其他	3	1.9
合計	154	100.0
參與年限	人數 (人)	百分比 (%)
1-3年	39	25.3
4-6年	56	36.4
7-10年	37	24.0
10年以上	22	14.3
合計	154	100.0
學歷	人數 (人)	百分比 (%)
高中	3	1.9
大學	147	95.5
碩士以上	4	2.6
合計	154	100.0

再者，就受試民眾是否曾至現場觀賞過籃球賽，是有至現場觀賞129位（佔全體83.8%），否沒有至現場觀賞25位（佔全體16.2%），統計結果如下表二所示。

表二 研究對象是否曾至現場觀賞摘要表

是否曾至現場觀賞	人數 (人)	百分比 (%)
是	129	83.8
否	25	16.2
合計	154	100.0

二、籃球裁判執法專業認知量表信效度分析

本探索性因素分析結果其 KMO 值取樣適切性達0.92，接近1，球形檢定卡方值為1876.05 (P<.05)，表示資料適宜進行因素分析，所得結果共萃取出二個因素，個別解釋變異量分別為62.56%及8.55%，全量表解釋變量為71.11%，統計結果如下表三所示。

表三 籃球裁判執法專業認知量表探索性因素分析摘要表

題號	題目	平均數	標準差	因素一 負荷量	因為二 負荷量
a1	裁判對比賽節奏掌控	3.54	0.79	0.81	
a2	裁判執法流暢感	3.42	0.82	0.85	
a3	裁判哨音強弱	3.78	0.86		0.84
a4	裁判哨音清晰度	3.77	0.82		0.93
a5	裁判執法手勢	3.82	0.75		0.64
a6	裁判儀態	3.69	0.82	0.64	
a7	裁判身材	3.46	0.91	0.67	
a8	裁判判決正確性	3.25	1.02	0.72	
a9	裁判視線取位正確性	3.34	0.94	0.77	
a10	裁判對規則執法或運用正確性	3.50	0.92	0.76	
a11	裁判對於犯規判決一致性	3.30	1.05	0.82	
a12	裁判的判決是公正無偏袒	3.31	1.07	0.85	
a13	裁判對專業技術充分利用	3.51	0.95	0.79	
a14	裁判對比賽氣氛掌控	3.43	0.88	0.76	
特徵值				8.76	1.20
解釋變異量 (%)				62.56	8.55
累積的解釋變異量 (%)				62.56	71.11

經過探索性因素分析建構量表的效度後，籃球裁判執法滿意度量表方面建構出二個分量表，分別「專業一致性」因素、「專業技術」因素，最後再以 cronbach's α 係數檢定量表的內部一致性，所得結果如下表四所示。量表的 cronbach's α 係數均在0.70以上，表示具有可接受的信度。

表四 籃球裁判執法專業認知量表信度分析摘要表

分量表因素	內容題目	cronbach's α 係數
專業一致性	第 a1.2.6.7.8.9.10.11.12.13.14題	0.95
專業技術	第 a3.4.5題	0.84
總量表	共14題	0.93

三、記錄員專業認知量表信效度分析

探索性因素分析結果其 KMO 值取樣適切性達0.91，接近1。球形檢定卡方值為804.95 ($P < 0.5$)，表示資料適宜進行因素分析，所得結果收斂到一個因素，解釋變異量為63.34%，全量表的解釋變異舉為63.34%，統計結果如表5所示。

表五 記錄員專業認知量表探索性因素分析摘要表

題號	題目	平均數	標準差	因素負荷量
b1	記錄員的執法流暢感	3.54	0.69	0.83
b2	記錄員對雙方得分登錄的正確性	3.69	0.82	0.77
b3	記錄員執法手勢	3.57	0.79	0.81
b4	記錄員儀態	3.51	0.78	0.81
b5	記錄員對規則執行或運用正確性	3.58	0.76	0.82
b6	記錄員對於比賽秒數控制的正確性	3.47	0.92	0.78
b7	記錄員對於球隊申請暫停時機執行的正確性	3.68	0.77	0.85
b8	記錄員對於球隊申請換人時機執行的正確性	3.67	0.77	0.80
特徵值				5.23
解釋變異量 (%)				63.34

經過探索性因素分析建構量表的效度後，記錄員滿意度量表方面收斂為一個分量表。最後再以 cronbach's α 係數檢定量表的內部一致性，所得結果 cronbach's α 係數為.92>.70表示具有可授受的信度，統計結果如下表六所示。

表六 記錄員滿意度量表信度分析摘要表

分量表因素	內容題目	cronbach's α 係數
記錄員滿意度	第1~8題	0.92

四、裁判記錄員整體表現重要程度量表信效度分析

探索性因素分析結果其 KMO 值取樣適切性達0.94，接近1。球形檢定卡方值為3395.10 ($P<.05$)，表示資料適宜進行因素分析。所得結果共萃取出三個因素，個別解釋變異量分別為35.04%、16.88%、15.63%全量表的解釋變異量為67.54%，統計結果如下表七所示。

表七 裁判記錄員整體表現重要程度量表探索性因素分析摘要表

題號	題目	平均數	標準差	因素一 負荷量	因素二 負荷量	因素三 負荷量
c1	裁判對比賽節奏掌控	3.98	0.74		.75	
c2	裁判執法流暢感	4.01	.76		.68	
c3	裁判哨音強弱	4.12	.83		.72	
c4	裁判哨音清晰度	4.16	.84		.71	
c5	裁判執法手勢	4.10	.83		.70	
c6	裁判儀態	3.62	.97			.69
c7	裁判身材	3.29	.95			.65
c8	裁判判決	4.28	.84	.69		
c9	裁判視線取位	4.26	.77	.75		
c10	裁判對規則執法	4.30	.77	.80		
c11	裁判對規則運用	4.27	.85	.74		
c12	裁判對於犯規判決一致性	4.34	.88	.80		
c13	裁判判決是公正無偏袒	4.32	.89	.82		
c14	記錄員執法流暢感	4.06	.80	.52		
c15	比賽中記錄員對雙方得分 登錄正確性	4.20	.81	.63		
c16	比賽中記錄員執法手勢	3.96	.82			.61
c17	比賽中記錄員儀態	3.86	.85			.80
c18	比賽中記錄員對規則執行 運用正確性	4.10	.82	.57		
c19	比賽中記錄員對於比賽秒 數控制正確性	4.25	.85	.73		
c20	記錄員對球隊申請暫停時 機執行正確性	4.16	.84	.72		
c21	記錄員對於球隊申請換人 時機執行正確性	4.12	.84	.68		
c22	比賽中教練與裁判溝通	4.12	.89	.68		
c23	比賽中球員與裁判溝通	4.08	.89	.68		
c24	比賽中技術委員與裁判溝 通	4.17	.80	.65		
c25	比賽中主裁判與裁判員溝 通	4.27	.82	.67		
特徵值				8.76	4.22	3.91
解釋變異量 (%)				35.04	16.88	15.63
累積的解釋變異量 (%)				35.04	51.92	67.54

經過探索性因素分析建構量表的效度後，裁判記錄員整體表現重要程度量表方面建構出三個分量表，分別為「專業行為」因素，「專業技巧」因素，「專業素質」因素。最後，再以 cronbach's α 係數檢定量表的內部一致性，所得結果如下表八所示，量表的 cronbach's α 係數均在.70以上，表示具有可接受的信度。

表八 裁判記錄員整體表現重要程度量表信度分析摘要表

分量表因素	內容題目	cronbach's α 係數
專業行為	第 c8.9.10.11.12.13.14.15.18. 19.20.21.22.23.24.25題	.96
專業技巧	第 c1.2.3.4.5題	.91
專業素質	第 c6.7.16.17題	.79
總量表	共25題	.89

肆、結論與建議

一、結論

- (一)籃球運動在全國運動領域中，佔有大多數運動人口，再活動、競技中求各層次運動人口的認知，裁判員之重要程度。
- (二)探索性因素：分析顯示籃球裁判執法滿意度，效能建構出兩個因素，分別 專業一致性因素(62.56%)和專業技術因素(8.55%)，總解釋變異量為 71.11%。內部一致性信度為.93(α 專業一致性=.95 α 專業技術=.84)。
- (三)探索性因素分析顯示記錄員滿意度則收斂一個因素，解釋變異量為 63.34%，內部一致信度為.92。
- (四)探索性因素分析顯示裁判員記錄員整體表現重要程度，建構出三個因素分別為專業型為因素(35.04%)專業技巧因素(16.88%)和專業素質因素(15.63%)，總解釋變異量為 67.54%。內部一致性信度為.89(α 專業行為=.96， α 專業技術=.91， α 專業素質=.79)。

量表信制度分析結果顯示裁判員記錄員行為的裁判員滿意度，記錄員滿意度，裁判員、紀錄員整體表現重要性，都具有良好的信致度。

二、建議

裁判的判罰是籃球運動的發展過程，它經常會造成裁判員與球員、教練的衝突、

矛盾，也會給比賽造成球員、教練帶來負面衝擊，因此透過分析規則，裁判法及焦點判罰之心理。技巧及生理抗壓，提昇自身素質並學習耐心傾聽球員、教練的申訴。加強球員、教練熟稔規則，裁判執法之尺度，不要將比賽的成敗歸咎於裁判員。共同再教練、球員、裁判員三角關係的習題研習各種問題的發生及解決方式之探討，將籃球競技運動積極有效的發揚光大。

(一)籃球協會

籃球協會應有專業的分工，分工的時代來臨，運動賽會只靠專一組織是不足的，必須在各施其材的專業分工配合下，才能產生最大的效能。尤其和各球團間之溝通，及各球團之籃球觀念與技術、規則及裁判法凝聚共識。

(二)球迷

觀眾和比賽質量應是籃球運動發展的兩個關鍵因素，觀眾花錢買票看球，是希望喜愛的球隊或崇拜的球員能有好的表現，如果對方的球員犯規過大或是裁判出現失誤，往往會引起球迷的激動表現。應以增加球迷對球隊、球員、裁判員之認同感。

(三)媒體

莫季雍(1999)指出運動傳播現今運動發展佔有極大的影響力，透過有效的媒介(報紙、雜誌、電視)，透過運動傳播媒體的傳輸，運動的領域已漸漸打在一般群眾身上，體育運動新聞與賽會活動轉播節目，從以往的偶發性出現到現再專屬版面的頻道形成一個特定的內容與領域來滿足觀眾的需求。更需加強媒體對於運動賽會關懷及支持。

參考文獻

- 王人生(民 85)：現代籃球裁判應有的執法觀念與哲理。台灣體育.87期75-79頁
- 王仁堂(民86)：籃球規則的演變發展與裁判執法技巧之研究。光武學報.22期 339-599頁。
- 張弓弘、王人生(2001)：籃球裁判的壓力探討。大專體育.53期82-85頁。
- 湯銘新、簡世豪、韓念錦、江正輝、崔仲仙(1997)：國際籃球裁判執法(5頁)中華民國籃球協會編譯出版。
- 孟浩德(1999)：球類。北京:北京師範大學出版社。
- 葉羽(2001):焦點判罰與籃球運動員，規則和裁判員之間的相互關係。連雲港師範高等專科學校學報.3期79-81頁
- 陳順益、李鴻棋(2006):諸焦點判罰對籃球比賽的影響。大專體育84期152-157頁
- 邱皓政(2000):社會與型為科學的量化研究與統計分析。臺北市:五南圖書出版股份有限公司。
- 黃娟娟、張英智(2005):籃球裁判執法滿意度:以93年大專教職員工籃球錦標賽為例，大專體育.78期163-169頁。

陳全壽(1996):訓練法之理論與實際。85年大專院校運動教練會議手冊.94-99頁，大專體總。

蘋果日報(2006):蘋果日報體育版95年3月7日取自於<http://sport.1-apple.com.tw/>

蘋果日報(2008):蘋果日報體育版97年1月8日取自於<http://sport.1-apple.com.tw/>

張榮三、王翔星(2005):創造新世紀優質的運動訓練環境。大專體育77期、164-167頁。

莫季雍(1999):運動節目閱聽觀眾：一個偏靜閱聽眾群的社會人口面及傳播行為分析。中華傳播協會。

Anshel, M. H., & Weinberg, R. S. (1995), Sources of acute stress in American and Australian basketball referees. *Journal of Applied Sport Psychology*,7,11-22.

Anshel, M. H., & Weinberg, R. S. (1996), Coping with acute stress among American and Australian basketball referees. *Journal of Sport Behavior*,19,180-203.

Kaissidis-Rodafinos, A., Anshel, M. H., & Porter, A.(1997).Personal and situational factors that predict coping strategies for acute stress among American and Australian basketball referees. *Journal of Sport Sciences*,15,427-436.

未婚女性國外自助旅遊動機與阻礙關係研究

A study on the relationships on motives and barriers of unmarried women's backpack traveling abroad

洪福源¹

陳琇純²

白春榮³

沈宗仁⁴

¹Hong Fu-Yong

²Chen Hsiu-Chun

³Pai Chung-Jung

⁴Shen Tsung-Jen

1,2,台北海洋技術學院 助理教授

3 新生醫專 助理教授

4東南科技大學 副教授

摘 要

本研究旨在探討未婚女性國外自助旅遊的動機與阻礙的關係。本研究以立意抽樣方式抽取196名未婚女性，經自編量表施測後，以描述性統計、t 檢定、單因子變異數分析、積差相關、逐步多元迴歸進行資料分析，主要研究結果有以下五點：(1) 未婚女性國外自助旅遊動機得分中，以靜態動機平均得分最高，以實現需求每題平均得分最低；我國未婚女性國外自助旅遊阻礙得分中，以知識阻礙每題平均得分為最高分，而裝備阻礙每題平均得分為最低分。(2) 未婚女性的自助旅遊動機會因為教育程度、自助旅遊方式而有顯著差異(3) 未婚女性的自助旅遊阻礙會因為年齡、月所得、自助旅遊經驗、自助旅遊方式而有顯著差異(4) 自助旅遊推力動機分量表之實現需求與心理阻礙間有顯著負相關；自助旅遊拉力動機分量表中的靜態動機分別與心理阻礙、時間阻礙、裝備阻礙有顯著負相關存在；拉力與推力之間存在顯著正相關(5) 心理阻礙因素可以負向預測拉力動機因素。

關鍵詞：國外自助旅遊、旅遊動機、旅遊阻礙

ABSTRACT.

The main purpose of this study was to examine the relationships among unmarried women's backpack traveling motives and barriers. This research collected 196 by purposely sampling from unmarried women, and analyzed by descriptive statistics, t-test, one-way ANOVA, correlation, step-wise regression. The main results of this study were: (1) The variable of static motive was the main backpack traveling motive, and equipment barrier is the main backpack traveling barrier. (2) There were significant differences of the variables of education degree, backpack traveling style in backpack traveling motives. (3) There were significant differences of the variables of age, salary, backpack traveling times, and backpack traveling style in backpack traveling barriers. (4) Significant negative correlation between realization and mental barrier was found. Besides, significant negative correlation between static motive, mental barrier, time barrier, equipment barrier were found. (5) Mental barrier could significantly predict pull factor.

Keywords: Backpack Traveling, Travel Motive, Travel Barrier.

壹、研究動機與目的

國內資料顯示，1997年女性出境人口數至2007年，共增加了38.19%，較男性的27.69%為多(內政部社會司，2008b)，可見女性出境比率呈逐年增加的趨勢，不得不讓我們重視女性出國可能對旅遊觀光、商業的影響力，這種出國人口性別比率的變化，也反映在向來被視為男性專屬的國外自助旅行上，近來的研究顯示出國自助旅行的人口，女性較男性為多(周義隆，1993；曾煥玫，2000；黃振富，1996)。然而女性多被認為是較依賴、較不敢冒險的，是什麼原因、動力使她們想要到國外自助旅行呢？在決定要到國外自助旅行時，可能遭遇到什麼樣的阻礙呢？這些阻礙因素是否會對自助旅行的動力產生什麼樣的影響呢？以上問題均是本研究急欲探究之問題。

為解決以上的問題，首先必須從國內婚姻的人口結構加以探討。近來國人傾向晚婚、或不結婚，在沒有婚姻與家庭的束縛下，未婚女性可能有更多機會出國自助旅遊、體驗不同的文化、風俗民情。根據內政部社會司(2008a)資料顯示，國內介於25歲至35歲者之未婚女性，從1997年的536781人，至2007年的953,965人，增加了77.72%，較未婚男性從1997年的931,715人，至2007年的1,283,413人，僅增加37.74%，共多出了將近40%，如表1所示。正因為未婚女性人口數逐年快速增加，再加上她們早已進入職場，獲得經濟獨立能力，有足夠的金錢從事國外自助旅遊，因此本研究認為有必要對年齡介於25-35歲之未婚女性的國外自助旅遊做系統性的研究，以因應未來可能急遽增加的旅遊市場。

表1 1997年至2007年未婚人口數摘要表

	2007年		2002年		1997年	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性
25-29歲	834,316	651,403	685,717	484,142	613,976	375,220
30-34歲	449,097	302,562	350,873	214,539	317,739	161,561
合計	1,283,413	953,965	1,036,590	698,681	931,715	536,781

資料來源：內政部社會司 (2008a)。

其次，就旅遊動機而言，傳統旅遊動機多強調旅遊目的地特定的特徵，也就是「拉力因素」，例如有許多旅遊廣告或是促銷活動均強調特價、享受、禮品贈送等，但是卻忽略了遊客可能會因為社會心理需求的推力因素而激發旅遊的動機，所以旅遊動機之探討應著重融合「推力因素」與「拉力因素」之統整取向(Awaritefe, 2004; Dann, 1981)。然而，在女性國外旅遊動機的探討上，卻與傳統旅遊動機所強調的「拉力因素」有所不同，女性國外旅遊動機主要是以紓解壓力、享受獨處與自由、社交動機、擴展視野、學習、自我試練、體驗異國生活與文化等「推力因素」為主(李佳蓉, 2004; 林如瑛, 2005; 曾煥玫, 2000; 黃振富, 1996)。由此可知，女性國外旅遊動機有其特殊性，而本研究所欲探討之女性國外自助旅遊的動機是否與這樣的結果相符合，仍待進一步探究。反觀國內旅遊動機之研究，多利用質性的研究方法(李佳蓉, 2004, 曾煥玫, 2000)，或有以量化研究探討女性出國旅遊動機者，多將女性樣本視為性別比較之標準(例如周義隆, 1993; 陳勁甫、古素瑩, 2006)，或在研究對象上，未能聚焦於未婚女性(古素瑩, 2004; 林如瑛, 2005; 詹明甄, 2003)，或以未婚女性為研究對象卻未能探討自助旅遊之主題者(李明榮, 2005)，再加上最近對於旅遊動機的探究已有採用量化模式分析的取向(Awaritefe, 2004)，因此本研究將以量化方式探討未婚女性國外自助旅遊動機，以瞭解未婚女性的國外自助旅遊動機是否能符合「推力因素」與「拉力因素」之統整取向。

另一方面，雖然統整性觀點的旅遊動機足夠說明旅客的旅遊動機，但是旅遊推力因素與拉力因素間之關係卻少有研究者加以探討。本研究綜整李佳蓉 (2004)、李淑宏 (2000)、周義隆 (1993)、林如瑛 (2005)、陳勁甫、古素瑩 (2006)、曾煥玫 (2000)、黃振富 (1996)、蕭淑馨 (2006)、Awaritefe (2004)等人對旅遊動機的分析，將推力因素區分為生理需求、安全需求、愛與隸屬需求、自尊需求、求知需求、自我實現需求等；拉力因素則可區分為靜態、動態、流行趨勢。實徵性研究也顯示，推力動機可以有效地預測拉力動機(Correia, do Valle, & Moço, 2007)。因此本研究亦將探討旅遊推力因素與拉力因素兩者間可能存在的因果關係。

此外，旅遊阻礙會隨不同受試樣本、不同休閒領域而有不同的種類，不變的是大多數的研究多會採用 Crawford & Godbey (1987)的「休閒阻礙階層模型」做為理論基礎加以探究，他們將休閒阻礙區分為個人阻礙、人際阻礙以及結構阻礙等三大類。

許多研究均顯示阻礙旅遊的因素主要包括缺乏金錢、時間、身體健康較差、家庭不支持或缺乏興趣等(Blazey, 1987; Crompton, 1977)。Tian, Crompton, & Witt (1996)於美國德州當地居民參訪展覽館的阻礙包括金錢、時間、參訪的困難度、參展內容為複製品、展物有缺點、缺乏興趣等。Pennington-Gray & Kerstetter (2002)的研究即以「休閒

阻礙階層模型」來探究個人的旅遊阻礙概念結果發現，個人的旅遊阻礙會隨著社經地位、家庭生活與年齡而有所差異。Alexandris et al. (2002)的以運動為主題之研究顯示，受試者之休閒阻礙因素包括個人/心理、時間、缺乏知識、裝備、經濟因素、缺乏伴侶、興趣/過去負面經驗等七種。國內的研究者李佳如 (2006)研究發現自助旅行者對「我能流暢地與旅遊地居民溝通」阻礙感受最高，這種阻礙感受可能較常發生在初次或曾未有過自助旅遊者身上，是一個可以參考的阻礙因素。

因此本研究亦將利用「休閒阻礙階層模型」之概念探究女性國外自助旅遊可能產生的旅遊阻礙，由於質性研究方法對於旅遊阻礙經驗之探討，多強調整體性與動態性，例如女性主義研究，而不是強調旅遊阻礙的階層性，兩者間的差異可能是因為女性主義研究一般使用的是社會文化取向，然而許多休閒阻礙研究則傾向採用社會心理取向，所以本研究擬以量化、社會心理觀點探討旅遊阻礙經驗。

以往旅遊動機多被當成是旅遊意圖與行為的決定因素，卻很少有研究探討動機與阻礙間的關連性(Alexandris, Tsorbatzotidis, & Grouios, 2002; Carroll & Aiexandris, 1997)。Alexandris et al. (2002)的研究認為動機的角色於休閒阻礙階層模式中佔有相當重要的角色，且未來研究更應深入探討。Hubbard & Mannell (2001)也認為，不管動機是不是影響休閒阻礙的直接因素，動機對於抵消休閒阻礙有相當重要的角色存在，而當其他類型的休閒活動、動機與情境出現時，未來的研究亦應進一步探討其間的關係(p. 159)。更具體來說，本研究是想要藉由探討旅遊動機與旅遊阻礙間的關係，以瞭解休閒阻礙是否會影響旅遊動機？

Alexandris et al. (2002)的研究認為以往在探討阻礙與休閒參與的研究中，阻礙與個體參與間的關連性相當弱，可能是因為這些研究者未能考慮動機在休閒阻礙與休閒參與之間間接影響力，並且提出「阻礙、動機與運動參與次數關係模式」，認為某些類型的阻礙因素會對動機有負面的影響，這些動機也會進而影響參與。這將有助於解釋阻礙與休閒參與間所出現較弱關連性的情況。然而該模式是在運動情境中實施，與本研究以女性國外自助旅遊之休閒主題不同，因為自助旅遊的實施次數與可行性均較運動要少，且該研究之動機係採用 Deci & Ryan (1985)所提出「自我決定理論」(self determination theory)之動機觀點，而本研究目的不在考驗自我決定理論動機是否能夠適用國外自助旅遊，主要的目的是欲依據 Awaritefe (2004)所提出之旅遊動機統整取向、Crawford, Jackson, & Godbey (1991)的「休閒阻礙階層模型」等架構探討旅遊動機與旅遊阻礙間的關係。

若依據 Alexandris et al.的研究結果，缺乏知識、缺乏興趣、缺乏時間均為結構性阻礙因素，個人/心理阻礙因素則為個人阻礙因素，這二類阻礙因素均能顯著預測內在動機，若結合以 Dann (1996)的「推力因素」、「拉力因素」動機統整觀點，推力因素多包含個人需求，可視之為內在動機，拉力因素是指靜態(風景、氣氛、文化)、動態(裝備、美食、服務、可接近性)、流行趨勢(促銷、價格)等，可視之為外在動機，因此本研究認為結構性阻礙因素、個人阻礙因素可能顯著預測推力因素，而這樣的結果是否能類推至本研究之主題與研究對象仍待進一步証實。

綜合上述，本研究的目的是在探討未婚女性國外自助旅遊動機、旅遊阻礙之現況；探究不同未婚女性背景變項(年齡、教育程度、職業、每月所得、旅遊經驗、旅遊方式)各組間對於旅遊阻礙因素與旅遊動機之差異情形；瞭解未婚女性國外自助旅遊動機與旅遊阻礙之相關性；最後，探討旅遊阻礙因素對旅遊動機的預測情況。

貳、研究設計與方法

根據本研究的研究背景、文獻分析，將以問卷調查方式瞭解未婚女性國外自助旅遊動機與旅遊阻礙間的關係，期望能建立一個未婚女性國外自助旅遊模式，藉以減少自助旅遊阻礙，並且增強未婚女性國外自助旅遊動機。

為探討本研究所提出之研究問題、假設，共編訂了三份量表，分別是「國外自助旅行者基本資料表」、「國外自助旅行旅遊阻礙量表」、「國外自助旅行旅遊動機量表」。在方法上，本研究將採用描述統計分析、t 考驗、單因子變異數分析、皮爾遜積差相關(Person's product-moment correlation)分析等方法分析資料。

一、研究變項說明

(一)自變項

未婚女性國外自助旅行者之自變項包括年齡、教育程度、職業、每月所得、旅遊經驗、旅遊方式等六類，均為類別變項。

(二)依變項

本研究的依變項包括旅遊動機、旅遊阻礙，該二種變項均為連續變項。旅遊動機包括推力動機、拉力動機二種；旅遊阻礙則包括個人阻礙、人際阻礙、結構阻礙等三種。

二、研究對象

本研究主要目的在瞭解未婚女性國外自助旅遊動機與旅遊阻礙間的關係。有鑑於出國自助旅行的人口，女性較男性為多(周義隆，1993；曾煥玫，2000；黃振富，1996)、以及國內介於25歲至35歲者之未婚女性，人口比例由1997年至2007年增加77.72%(內政部社會司，2008a)，在研究對象的選取上，本研究預計選取25歲至35歲未婚女性為預試與正式施測對象，因此在樣本的選取方法，係採用立意抽樣(purposely sampling)。

由於本研究之目的並不只是在瞭解曾有過國外自助旅行經驗者之旅遊動機與旅遊阻礙，還包括那些未曾有過國外自助旅行經驗者，以利本研究進行兩種樣本之比較。所以，本研究之預試與正式施測對象的抽取地點包括火車站、捷運站、百貨公司、中正機場等，預試回收有效問卷為114份，正式回收有效問卷為196份。

三、研究工具

本研究根據研究目的與架構進行研究工具的編製與施測，藉以達成本研究之研究目的。本研究之工具共包括「國外自助旅行者基本資料表」、「國外自助旅行旅遊阻礙量表」、「國外自助旅行旅遊動機量表」。以下茲將量表的編製內容及過程述敘如下：

(一)國外自助旅行者個人基本資料表

未婚女性國外自助旅行者之背景變項包括年齡、教育程度、職業、每月所得、旅遊經驗、旅遊方式等六類。年齡區分為25-29歲、30-35歲兩種；教育程度區分為國中(含)以下、高中(職)、專科/大學、研究所(含)以上；職業區分為學生、軍公教、工商含(農林漁牧)、自由業、無業(家管、退休)；每月所得區分為20,000元(含)以下、20,001~40000元、40,001~60,000元、60,001~80,000元、80,001元(含)以上；旅遊經驗(近五年的旅遊經驗)則包括無經驗、低度經驗(1~2次)、中度經驗(3-4次)、高度經驗(5次以上)。

(二)國外自助旅行旅遊阻礙量表

「國外自助旅行旅遊阻礙量表」係研究者綜整文獻(Blazey, 1987; Crompton, 1977; Tian, Crompton, & Witt, 1996)，並且參考 Alexandris et al. (2002)之「阻礙量表」編製而成，目的在測量未婚女性國外自助旅行時可能遇到的阻礙因素。量表的計分採用 Likert 6點量尺，量表以內部一致性效標分析、相關分析法進行項目分析，刪除不符合標準之題項，經最大變異法之轉軸法進行因素分析，保留特徵值大於1且至少包含三個題項的因素，並選取因素負荷量大於.45，但小於.45的題目將予以刪除，共得到六個因素，分別命名為：「心理阻礙」、「時間阻礙」、「知識阻礙」、「裝備阻礙」、「金錢阻礙」及「伴侶阻礙」，可解釋68.052%的變異量，量表題目共計39題。至於 KMO 取樣適切性量數為.763，Bartlett 球形檢定 $\chi^2_{(210)} = 941.117$ ($P < .001$)，具有因素分析適合性 (Kaiser, 1974)。「國外自助旅行旅遊阻礙量表」的分量表信度介於.6575至.8135，全部題目之內部一致性 Cronbach α 係數為.8627，可見本量表信度良好。

(三)國外自助旅行旅遊推力動機量表

「國外自助旅行旅遊推力動機量表」係研究者綜整陳勁甫、古素瑩 (2006)、黃振富(1996)、曾煥玫(2000)等人的旅行動機量表自編而成，目的在測量未婚女性國外自助旅行可能的推力動機。量表的計分採用 Likert 6點量尺，本量表以內部一致性效標分析、相關分析法進行項目分析，刪除不符合標準之題項，經最大變異法之轉軸法進行因素分析，保留特徵值大於1且至少包含三個題項的因素，並選取因素負荷量大於.455，但小於.455的題目將予以刪除，共得到二個因素，分別命名為：「社會需求」及「實現需求」，可解釋61.795%的變異量。至於 KMO 取樣適切性量數為.902，Bartlett 球形檢定 $\chi^2_{(55)} = 609.081$ ($P < .001$)，具有因素分析適合性 (Kaiser, 1974)。「國外自助旅行旅遊推力動機量表」的分量表信度分別為.7991、.8841，全部題目之內部一致性 Cronbach α 係數為.9010，可見本量表信度良好。

(四)國外自助旅行旅遊拉力動機量表

「國外自助旅行旅遊拉力動機量表」係研究者綜整陳勁甫、古素瑩 (2006)、黃振富(1996)、曾煥玫(2000)等人的旅行動機量表自編而成，目的在測量未婚女性國外自助旅行可能的拉力動機。量表的計分採用 Likert 6點量尺，本量表以內部一致性效標分析、相關分析法進行項目分析，刪除不符合標準之題項，經最大變異法之轉軸法進行因素分析，保留特徵值大於1且至少包含三個題項的因素，並選取因素負荷量大於.35，但小於.35的題目將予以刪除，共得到二個因素，分別命名為：「靜態動機」及「動態動機」，可解釋58.359%的變異量。至於 KMO 取樣適切性量數為.759，Bartlett 球形檢定 $\chi^2_{(28)} = 283.906$ ($P < .001$)，具有因素分析適合性 (Kaiser, 1974)。「國外自助旅行旅遊拉力動機量表」的分量表信度分別為.5782、.8519，全部題目之內部一致性 Cronbach α 係數為.7439，可見本量表信度良好。

參、研究結果

一、未婚女性國外自助旅遊動機、旅遊阻礙之現況

本研究旨在瞭解未婚女性國外自助旅遊的動機及旅遊阻礙的現況，並依問卷調查所得的資料加以分析，各摘要表列出受試者在各層面上的平均數、標準差及該層面的題數、與每題平均得分。此問卷各題的填答方式均採六各量表，故可知受試者在該層面的反應情形，茲分述如下：

(一)、未婚女性國外自助旅遊動機與旅遊阻礙之現況分析

由表2可以發現，未婚女性國外自助旅遊動機問卷之「社會需求」、「實現需求」、「靜態動機」及「動態動機」，每題平均得分都大於3分，其中以「靜態動機」為最高分，顯示我國未婚女性國外自助旅行的動機傾向體驗異國當地生活與文化為主；而「實現需求」為最低分，顯示我國未婚女性國外自助旅行的動機較缺乏冒險、探險的精神。同時，未婚女性國外自助旅遊阻礙問卷以其符合程度，分別給於1-6分，在「心理阻礙」、「時間阻礙」、「知識阻礙」、「裝備阻礙」、「金錢阻礙」及「伴侶阻礙」，每題平均得分都大於3分，其中以「金錢阻礙」為最高分，顯示我國未婚女性國外自助旅行的阻礙大多認為自己無法負擔旅遊費用，也沒人願意資助自己國外自助旅遊；而「心理阻礙」為最低分，顯示我國未婚女性國外自助旅行的阻礙較不擔心國外自助旅遊無聊、無助、或感到疲倦。

表2 未婚女性國外自助旅遊拉力、推力動機與旅遊阻礙之現況摘要表

旅遊動機	人數 (N)	平均數 (M)	標準差 (SD)	題數	每題平均得分
社會需求	196	16.68	3.77	4	4.17
實現需求	196	26.73	6.06	7	3.82
靜態動機	196	18.05	4.09	4	4.51
動態動機	196	16.61	3.65	4	4.15
心理阻礙	196	9.35	3.34	3	3.12
時間阻礙	196	17.32	5.37	5	3.46
知識阻礙	196	10.69	3.69	3	3.56
裝備阻礙	196	13.49	4.44	4	3.37
金錢阻礙	196	10.78	4.08	3	3.59
伴侶阻礙	196	10.49	3.19	3	3.50

二、探究不同未婚女性背景變項(年齡、教育程度、職業、每月所得、旅遊經驗、旅遊方式)各組對於旅遊阻礙因素與旅遊動機之差異情形

(一) 不同未婚女性年齡在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

由表3所示，經 t 檢定結果發現，未婚女性年齡在國外自助旅遊的阻礙具有顯著差異。由平均數據可知，25-29歲未婚女性在國外自助旅遊的阻礙平均分數高於30-35歲未婚女性的平均分數，顯示年紀愈輕，國外自助旅遊阻礙愈大。然而國內未婚女性年齡在國外自助旅遊的拉力及推力等動機因素未見顯著差異，顯示未婚女性國外自助旅遊的動機並不因年齡而有所差別。

表3 未婚女性年齡在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

	25-29歲(人數)	30-35歲(人數)	t 值
推力	34.890(146)	33.980(50)	0.81
拉力	43.417(146)	43.400(50)	0.12
旅遊阻礙	74.753(146)	64.420(50)	3.502 ^{***}

^{***} $P < .001$

(二) 不同未婚女性教育程度在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

由表4所示，經單因子變異數分析結果發現，未婚女性教育程度在在國外自助旅遊的動機具有顯著差異。由平均數據可知，專科、大學教育程度未婚女性在國外自助旅遊動機的平均分數高於高中(職)及研究所教育程度未婚女性的平均分數，顯示教育程度在專科、大學的未婚女性，國外自助旅遊動機愈強。然而國內未婚女性教育程度在國外自助旅遊的阻力因素，則未見顯著差異，顯示未婚女性國外自助旅遊的阻礙並不因教育程度而有所差別。

表4 婚女性教育程度在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

層面	A.國中以下 (N=3)		B.高中(職) (N=38)		C.專科、大學 (N=129)		D.研究所以上 (N=26)		F 值	事後 比較
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
推力	36.3333	5.5076	39.8421	9.9091	44.9535	8.8263	41.8077	7.4513	4.286 ^{**}	C>B
拉力	30.6667	2.5166	32.2105	8.1611	36.1395	6.3181	31.3462	5.2379	6.528 ^{***}	C>B C>D
旅遊 阻礙	75.6667	11.547 0	70.3684	20.1889	72.5736	19.0590	72.0000	13.9628	.174	

^{**} $P < .01$; ^{***} $P < .001$

(三) 不同未婚女性職業在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

由表5所示，經單因子變異數分析結果發現，未婚女性職業在國外自助旅遊的動機與阻礙皆未有顯著差異，顯示我國未婚女性國外自助旅遊的動機與阻礙並不因職業而有所差別。

表5 婚女性職業在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

層面	A. 學生 (N=52)		B. 軍公教 (N=3)		C. 工商(農林漁牧) (N=64)		D. 自由業 (N=67)		E. 無業(家管、退休) (N=10)		F 值
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
	推力	44.7500	8.5219	42.3333	6.8069	42.2969	9.3667	44.0149	9.4556	39.9000	
拉力	36.1731	5.9499	38.6667	8.0208	34.0156	7.0271	34.1194	7.2311	33.3000	6.5668	1.246
旅遊 阻礙	77.2500	15.0800	61.3333	15.5671	69.8906	18.8899	70.5224	20.6026	73.6000	15.2476	1.645

(四) 不同未婚女性每月所得在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

由表6所示，不同未婚女性每月所得在國外自助旅遊的動機皆未有顯著差異，顯示我國未婚女性國外自助旅遊的動機並不因每月所得而有所差別。然而不同所得未婚女性之旅遊阻礙卻有顯著差異存在，且究其平均數發現，月所得卻低，則其旅遊阻礙得分便愈高，可見國外自助旅遊花費對未婚女性而言，仍是決定旅遊行為的重要因素。

表6 未婚女性每月所得在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

層面	A. 20,000元以下 (N=47)		B. 20,001~40,000元 (N=117)		C. 40,001~60,000元 (N=20)		D. 60,001~80,000元 (N=6)		E. 80,001元以上 (N=6)		F 值
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
	推力	41.9574	7.6895	43.1795	10.0350	45.5000	6.3784	51.0000	4.7749	44.8333	
拉力	34.383	6.7681	34.4359	7.2283	36.5000	5.3754	37.8333	5.0365	31.8333	4.1673	.992
旅遊 阻礙	78.3191	10.8550	71.2991	19.4259	69.6500	22.1556	65.5000	23.3131	54.3333	17.2704	3.173*

* $P < .05$

(五) 不同未婚女性旅遊經驗在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

由表7所示，未婚女性旅遊經驗在國外自助旅遊的動機具有顯著差異。經由本研究事後比較發現，無經驗的未婚女性在國外自助旅遊的阻礙平均分數，高於有經驗的未婚女性的平均分數，顯示無經驗國外自助旅遊的女性，國外自助旅遊阻礙愈大。然而國內未婚女性旅遊經驗在國外自助旅遊的拉力及推力等動機因素未見顯著差異，顯示未婚女性國外自助旅遊的動機並不因旅遊經驗而有所差別。

表7 未婚女性旅遊經驗在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

層面	A. 無經驗 (N=79)		B. 低度經驗(1~2次) (N=78)		C. 中度經驗(3~4次) (N=27)		D. 高度經驗(5次以上) (N=12)		F 值	事後 比較
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
推力	41.7722	7.8085	43.7821	10.3380	45.8148	9.1232	46.4167	6.2152	2.003	
拉力	34.0759	5.7507	34.9359	7.6741	35.1111	7.5770	35.6667	6.4573	.357	
旅遊 阻礙	77.0886	13.4013	72.2179	18.8835	61.0741	20.8934	63.5833	26.9054	6.444***	A>C

*** $P < .001$

(六) 不同未婚女性旅遊方式在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

由表8所示，未婚女性旅遊方式在國外自助旅遊的動機具有顯著差異。本研究進行事後比較發現，從事獨自一人旅遊的未婚女性在國外自助旅遊的動機平均分數高於與家人/親戚/同事/朋友/同學同行的未婚女性的平均分數，顯示獨自一人國外自助旅遊的女性，國外自助旅遊動機愈大；另外，與家人同行的未婚女性在國外自助旅遊的阻礙平均分數高於獨自一人的未婚女性的平均分數，顯示與家人同行國外自助旅遊的女性，國外自助旅遊阻礙愈大。

表8 未婚女性旅遊方式在國外自助旅遊的動機與阻礙之差異性分析

層面	A. 獨自一人 (N=9)		B. 與家人/親戚同行 (N=51)		C. 與同事/朋友/同學 同行 (N=61)		F 值	事後 比較
	M	SD	M	SD	M	SD		
推力	52.5556	6.4636	43.0392	8.3137	44.6230	10.6351	3.869*	A>B
拉力	38.3333	5.4083	33.8431	7.3277	35.2459	7.6804	1.556	
旅遊 阻礙	55.1111	21.0799	73.3725	17.2719	66.6557	22.0982	3.742*	B>A

* $P < .05$

三、瞭解未婚女性國外自助旅遊動機與旅遊阻礙(各層面)之相關性

(一)自助旅遊推力動機分量表之實現需求與心理阻礙間有顯著負相關存在($r=-.141, p<.05$)，顯示實現需求愈強，心理阻礙就愈小。

(二)自助旅遊拉力動機分量表中的靜態動機分別與心理阻礙($r=-.252, p<.01$)、時間阻礙($r=-.154, p<.05$)、裝備阻礙($r=-.167, p<.05$)有顯著負相關存在，顯示未婚女性的靜態動機愈強，心理阻礙、時間阻礙、裝備阻礙便愈小。

(三)旅遊阻礙與旅遊動機之推力、拉力因素間未存在顯著相關性。Carroll & Alexandris (1997)的研究發現，休閒阻礙因素與休閒動機存在顯著的負相關，本研究所獲得之結果則未能支持這樣的觀點，反而較能以微觀的角度檢視休閒動機與休閒阻礙因素之間的關係，因為本研究所得結果認為，未婚女性國外自助旅遊動機主要在體驗異國生活與文化，即便有阻礙，她們也都能加以克服，同時也支持本研究現況分析中的結果，即靜態動機為未婚女性國外自助旅遊動機每題平均得分最高者。且由表10可知，拉力與推力之間存在顯著正相關，這樣的結果亦與 Correia, do Valle, & Moço (2007)的研究相符合。

表9 未婚女性國外自助旅遊動機與旅遊阻礙各層面間相關係數摘要表(n=196)

		旅遊阻礙分量表						旅遊阻礙 總量表
		心理阻礙	時間阻礙	知識阻礙	裝備阻礙	金錢阻礙	伴侶阻礙	
推力 分量表	社會需求	-.084	-.042	-.054	-.024	.099	.056	-0.12
	實現需求	-.141*	-.111	-.099	-.084	-.018	-.002	-1.102
推力總量表		-.129	-.092	-.088	-.066	.029	.022	-.073
拉力 分量表	靜態動機	-.252**	-.154*	-.126	-.167*	-.034	-.036	-.169*
	動態動機	-.059	-.069	-.043	-.079	-.012	-.086	-.075
拉力總量表		-.182	-.129	-.099	-.142	-.027	-.067	-.141

* $p<.05$; ** $p<.01$

表10 未婚女性國外自助旅遊動機與旅遊阻礙各層面間相關係數摘要表(n=1,756)

		推力分量表		推力總量表
		社會需求	實現需求	
拉力 分量表	靜態動機	.641**	.809**	.807**
	動態動機	.455**	.548**	.555**
拉力總量表		.626**	.776**	.779**

** $p<.01$

四、分析未婚女性國外自助旅遊阻礙對旅遊動機的預測情況

為探討未婚女性國外自助旅遊阻礙對旅遊動機的影響，乃以未婚女性國外自助旅遊阻礙之心理阻礙、時間阻礙、知識阻礙、裝備阻礙、金錢阻礙、伴侶阻礙等分量表為預測變項，對旅遊動機之分量表推力與拉力等變項進行逐步多元迴歸分析。

本研究在進行各類旅遊阻礙因素對推力動機的預測分析時發現，各類旅遊阻礙因素無法有效預測推力動機。然而，由表11可知，心理阻礙因素可以顯著預測拉力動機因素，然而該預測變項僅能解釋拉力動機因素的3%，預測力有其參考意義，未來或可加入休閒動機與休閒阻礙間相互協商的變項(Frederick & Shaw, 1995; Henderson, Bedini, Hecht, & Schuler, 1995)，將動機與阻礙因素做更強的連結。若就拉力動機因素的標準化迴歸係數 β 值均為負值來看，顯示心理阻礙得分愈高，則拉力動機得分便愈低。

表11 預測變項對拉力動機因素之逐步多元迴歸分析摘要表

投入變項	累積R ²	R ² 改變量	B係數	t值	β 係數	F值
截距 (常數項)			38.134	26.618 ^{***}		
拉力動機	.033	.033	-.372	-2.576 [*]	-.182	6.64 [*]

* $p < .05$.; ^{***} $p < .001$.

伍、結論與建議

本研究旨在探討未婚女性國外自助旅遊的動機與阻礙關係之研究，為達成研究目的，首先進行相關理論及文獻探討，以建構本研究理論基礎，並進行問卷的編製。將未婚女性國外自助旅遊經驗相關資料進行統計資料分析工作。資料分析方法包括描述統計分析、t 考驗、單因子變異數分析、Pearson 積差相關及逐步多元迴歸分析等統計方法，經研究結果分析討論後，茲將本研究之主要發現、建議與研究限制分別說明如下。

一、研究結論

(一) 未婚女性國外自助旅遊動機得分中，以靜態動機平均得分最高，以實現需求每題平均得分最低；我國未婚女性國外自助旅遊阻礙得分中，以知識阻礙每題平均得分為最高分，而裝備阻礙每題平均得分為最低分。

(二) 未婚女性的自助旅遊動機會因為教育程度、自助旅遊方式而有顯著差異。

(三) 未婚女性的自助旅遊阻礙會因為年齡、月所得、自助旅遊經驗、自助旅遊方式而有顯著差異。

(四) 自助旅遊推力動機分量表之實現需求與心理阻礙間有顯著負相關；自助旅遊拉

力動機分量表中的靜態動機分別與心理阻礙、時間阻礙、裝備阻礙有顯著負相關存在；拉力與推力之間存在顯著正相關。

(五) 心理阻礙因素可以負向預測拉力動機因素。

二、研究建議

(一) 對政府及教育單位的建議

由於未婚女性國外自助旅遊動機的知覺主要在強調靜態動機，亦即可以體驗異國文化與生活的旅遊，而自助旅遊阻礙主要來自於金錢阻礙以及知識阻礙。因此政府在國外旅遊活動宣導上，可利用大眾媒體提供異國文化與生活資訊的傳播，尤其是在一些女性常看的節目中，更可提供休閒資訊。另外，有關知識、金錢、伴侶阻礙的個人問題，可透過阻礙協商來解決，當這些因素克服後，未婚女性可以安排國外自助旅遊的計畫、金錢支出等，以達到體驗異國文化與生活的目的。

(二) 對休閒服務提供者的建議

本研究建議應針對30-35歲年齡層未婚女性，並主打旅遊國家風光景緻、生活與文化、當地美食及禮品的意象，來吸引未婚女性國外自助旅遊的動機，並提供安全、有趣的旅遊行程，消除未婚女性個人阻礙因素，鼓勵未婚女性把握時機，獨自一人也能輕鬆愉快的體驗異國生活與文化，實現自己的夢想，進而消除人際的阻礙，規劃出能配合未婚女性的放假時間及可自由支配的金錢的旅遊方式，並主打華語國家，使未婚女性不必害怕語言能力不足而產生的不安全感，消除結構阻礙進而參與國外自助旅遊。

三、研究限制

本研究僅以年齡層介於25-35歲未婚女性為研究對象，未包含25歲以下、35歲以上未婚者，可能具有同源偏差之問題，亦無法適用至其他無子女婚姻狀態之女性，或許未來研究可以選取不同年齡層之未婚女性或無子女婚姻狀態之女性作為研究對象，透過差異比較或複製研究以擴大此類研究之成果累積。另本研究可能受到受試者居住地區的不同，因此本研究在填答國外自助旅遊拉力、推力動機因素與阻礙因素，在填答上可能有受到接觸到旅遊資訊的不同的影響，因此後續研究可以嘗試採取多元評量的方式收集資料，如此應較能反映個體的真實行為。

參考文獻

- 內政部社會司 (2008a)：現住人口婚姻狀況。取自 2008 年 2 月 27 日 <http://sowf.moi.gov.tw/stat/year/y02-03.xls>
- 內政部社會司 (2008b)：實際出境人數。取自 2008 年 2 月 27 日 <http://sowf.moi.gov.tw/stat/month/m6-03.xls>
- 古素瑩 (2004)：國外自助旅行動機、風險與價值之研究。南華大學旅遊事業管理學研究所碩士論文(未出版)。

- 李佳如 (2006)：應用 Rasch 模式探討自助旅行者之國外旅遊阻礙感。高雄餐旅學院旅遊管理研究所碩士論文(未出版)。
- 李佳蓉 (2004)：女性獨自從事自助旅行之動機與體驗。國立東華大學觀光暨遊憩管理研究所碩士論文(未出版)。
- 李明榮(2005)：女性出國旅遊動機之研究。亞洲大學經營管理研究所碩士論文(未出版)。
- 李淑宏 (2000)：因為旅行，所以存在-旅行世紀的台灣新世代。國立台灣大學新聞研究所碩士論文(未出版)。
- 周義隆 (1993)：國人出國自助旅行目的地選擇行為之研究。文化大學觀光研究所碩士論文(未出版)。
- 林如瑛 (2005)：女性出國旅遊動機之研究。亞洲大學經營管理研究所碩士論文(未出版)。
- 陳勁甫、古素瑩 (2006)：國外自助旅行者動機、知覺價值與市場區隔之研究。中華管理評論，9(4)，1-22。
- 曾煥玫 (2000)：女性自助旅行經驗。台灣大學森林學研究所碩士論文(未出版)。
- 黃振富 (1996)：自助旅行者的真實建構-以台灣旅歐女性自助旅行者為例。東海大學社會所碩士論文(未出版)。
- 詹明甄 (2003)：婦女出國旅遊動機、購物行為與旅遊體驗相關之探討。世新大學觀光學系碩士論文(未出版)。
- Alexandris, K., Tsorbatzondis, C., & Grouios, G. (2002). Perceived constraints on recreational participation: Investigating their relationship with intrinsic motivation, extrinsic motivation and amotivation. Journal of Leisure Research, 34, 233-252.
- Awaritefe, O. D. (2004). Motivation and other considerations in tourist destination choice: A case study of Nigeria. Tourism Geographies, 6(3), 303-330.
- Blazey, M. (1987). The differences between participants and non-participants in a senior travel program. Journal of Travel Research, 26(1), 7-12.
- Carroll, B, & Aiexandds, K. (1997). Perception of constraints and strength of motivation: Their relation to recreational sport participation. Journal of Leisure Research, 29, 279-299.
- Correia, A., do Valle, P. O., & Moço, C. (2007). Why people travel to exotic places. International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research, 1(1), 45-61.
- Crawford, D. W., & Godbey, G. C. (1987). Reconceptualizing barriers to family leisure. Leisure Sciences, 9, 119-127.
- Crawford, D. W., Jackson, E. L., Godbey, G. C. (1991). A hierarchical model of leisure constraints. Leisure Sciences, 13, 309-320.

- Crompton, J. (1977). A systems model of tourist's destination selection process with particular reference to the role of image and perceived constraints. Unpublished doctoral dissertation, Texas A&M University.
- Dann, G. M. S. (1981). Tourist motivation – an appraisal. Annals of Tourism Research, 8(2), 187-219.
- Dann, G. M. S. (1996). Tourists' images formation: an alternative analysis, in: D. Eesenmaier, T. O'Lcary & M. Uysal (Eds) Recent Advances in Tourism Marketing Research, pp. 41-55 (New York: The Haworth Press, Inc.).
- Deci, L., & Ryan, M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-determination in Human Behavior. New York: Plenum.
- Frederick, C. J., & Shaw, S. M. (1995). Body image as a leisure constraint: Examining the experience of aerobic classes for young women. Leisure Sciences, 17, 57-63.
- Henderson, K. A., Bedini, L. A., Hecht, L., & Schuler, R. (1995). Women with disabilities and the negotiation of leisure constraints. Leisure Studies, 14, 17-31.
- Hubbard, J., & Mannell, R. (2001). Testing competing models of the leisure constraint negotiation process in a corporate employee recreation setting. Leisure Sciences, 23, 145-163.
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. Psychometrika, 39, 31-36.
- Pennington-Gray, L. A., & Kerstetter, D. L. (2002). Testing a constraints model within the context of nature-based tourism. Journal of Travel Research, 40, 416-423.
- Tian, S., Crompton, J., & Witt, P. (1996). Integrating constraints and benefits to identify responsive target markets for museum attractions. Journal of Travel Research, 35(2), 34-45.

東南學報

第三十四期

- 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：何正信
總編輯：林寬泓
編輯委員：黃家智、劉振源、陳坤男、黃錦鐘、林明贊、蘇世豐、蘇堯銘、
林玉斌、廖文蘭、何俊明、徐貴新、游聖謹、林思毅、詹瑋、
董益吾
執行編輯：王華
學校地址：台北縣深坑鄉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：中華民國九十八年七月

