

以多變量分析來探討配水管網中餘氯濃度之分佈

李連堯¹、李舒寧²、盧重興³、張進興⁴、黃國軒²、江柏霖²、朱振華¹、洪坤鈺²

摘 要

餘氯乃世界各國公認，研究配水系統中水質最好的參數，因此本研究希望利用統計學中的多變量分析來試著由網管中餘氯濃度的變化，找出這些變化所代表的潛在意義。

由研究顯示，總餘氯與自由餘氯呈良好的線性關係，而影響各取樣點的水質主因是餘氯、距離、自來水本身的水質；影響每日餘氯濃度變化的主因，就是上班工作用水量、睡眠用水量及休閒用水量；而影響餘氯濃度每星期變化的主因，就是上班用水量及放假用水量。若利用每日及星期餘氯濃度變化的群落分析可將某都市的管網分成三個區域，而各區餘氯濃度變化均有自己的特性。

關鍵字：配水系統、餘氯、變異數分析、迴歸分析、相關分析、群落分析、因子分析

前 言

控制自來水配水系統中的再污染問題是一件非常重要的事。事實上，這應是整個“系統”的問題，一個有效地解決方案不能只消極地研究氧化消毒劑的使用，應同時考慮到進入配水系統前、配水系統中及用戶大樓的所有步驟才可以。而在研究管網水質中，餘氯乃世界各國公認，研究配水系統中水質最好的參數。因此，水公司常利用維持自來水中的餘氯濃度，以確保管網及送達消費者的水質。然國內外的許多學者，在探討管網的餘氯濃度的變化時常以平均數的觀念或簡單的趨勢來探討餘氯濃度的變化，而無法充份且真實地表現出配水管網中餘氯的變化。

本研究是以台中縣豐原地區的自來水配水管線中餘氯變化為研究對象。其目的乃是希望利用統計學中的多變量分析來找出網管中餘氯和各種水質之間的關係及餘氯濃度變化的規則性。

¹ 國立中興大學環境工程系博士班

² 國立中興大學環境工程系碩士班

³ 國立中興大學環境工程系教授

⁴ 自來水股份有限公司第四區管理處

研究背景

實場研究的對象為台灣中部某一行政機關所在地，此區域的自來水是由位於東北方的自來水淨水廠。這處理廠供水範圍涵蓋了台灣中部大部份的地區，以提供足夠的自來水給民生用水、公共用水、工業用水、特定區之公共給水、船舶用水等。總供水人口約 140 萬人，總供水量約每天 58 萬 CMD，水源取自淨水廠上方水壩的蓄水。而本研究的區均範圍約 27km²，供水人口約 2 萬戶，每日的總用水量約為 12 萬 CMD 至 15 萬 CMD。

研究方法

在實驗設計方面，本研究共設計了 13 個取樣點(見圖 1，圖中黑色的圓點即為取樣點，圖內號碼即為取樣點編號，其中第 17 號的取樣點為自來水處理廠)。取樣方式為利用開啓規劃點附近的救火栓來取樣，每次取樣均先放流約 2 至 5 分鐘，以確保取樣到的水為管線中流動的水。而所有的分析項目都是現場立即分析，分析方法請參考表 1。研究時期為 2000 年 7 月 5 日至 2000 年 9 月 15 日，共計 30 天的結果。每天的採樣均為上午 6 時至隔天上午 6 時，平均每點的採樣時間間格約為 4 小時。

至於資料的整理方面，因考慮到資料的龐大，故在此我們將利用統計方法中的多變量分析(主要包括變異數分析、多元迴歸分析、相關分析、群落分析、因子分析等)來加以處理，至於各項分析的方法請參考表 2。

結果與討論

A. 總論

表 3 為各取樣點在研究期間各種物理性水質變化的總結果平均值。由表 3 的平均結果可看出，這 14 個取樣點的水溫平均約在 23~24 °C 之間，而比電導度平均為 0.18~0.19 ms/cm，pH 值平均為 7.1~7.3 中性偏弱鹼性，溶氧平均值為 5.8~6.4 mg/L 呈現富氧狀態，濁度平均約為 1~4 NTU 之間，但其中濁度部份因易受天氣影響而導致濁度的變異比其他水質的變異大許多。

再由各取樣點之間的餘氯分佈來討論，結果請參考圖 2，圖中各取樣點旁邊註明 T 者為總餘氯值，F 者為自由餘氯值。由圖 2 的餘氯分佈圖發現豐原市各點的總餘氯分佈均在 1.3~1.4 mg/L 之間；由平均結果來看，其濃度大致上是自東北向西南遞減。

為了比較平均數的差異，本研究利用了變異數分析(ANOVA)。在這要說明的是因為管網中的餘氯濃度有所謂的上游及下游，而下游的餘氯濃度會受上游影響，故這是屬於相依的事件。為了解決這個問題，我們利用先利用 Hardy Cross 的方法先推估管網中的流向，再利用共結果結合相依樣本單因子變異數分析的方法，來決定取樣點的餘氯平均數是否一樣。由結果得知，第 1 號、第 14 號及第 17 號(處理廠)取樣點與其他取樣點有明顯的不同。也就是說，在假設各取樣點均為獨立樣本時，除了第 1 號及第 14 號外，其餘取樣點的餘氯濃度平均數在 95% 的信賴區間內，可視為相等。參考實驗資料之後可知此第 17 號取樣點因是水廠的原因故餘氯濃度較豐原市區高，第 1 號及第 14 號取樣點因是離自來水廠最遠的兩點故餘氯值特別低。

再來討論各種水質之間的相關程度，表 4 為各種水質的相關係數分析表(表中粗黑字體表示相關係數大於 0.2)，由此分析表中可得知氣溫與各水質的相關性最差，也就是管網中的水質與氣溫無關但卻與水溫有關。在與總餘氯比較方面，水溫、比電導度及 pH 值有弱負相關而與自由餘氯則有 0.957 的強正相關。

若以線性迴歸來討論各水質間的線性組合與總餘氯之間的關係，可得表 5 的結果。表 5 中第一欄為分析水質、第二欄為迴歸係數、第三欄為迴歸係數的標準誤、第四欄為標準化迴歸係數、第五欄為 t 值、第六欄為機率、第七欄為容忍度、第八欄為變異數波動因素。由第七、八欄知，此迴歸自變項共線問題不嚴重。而由第四欄可知，在這些水質項目中自由餘氯對總餘氯的預測作用最大，其次是水溫，再其次是 pH 值。由第一欄可知總餘氯的迴歸方程式為：

$$\begin{aligned} \text{總餘氯} = & 0.53 - 0.0003 \times \text{氣溫} - 0.0063 \times \text{水溫} + 0.0004 \times \text{濁度} + 0.1114 \times \text{比電導度} \\ & - 0.0316 \times \text{pH 值} + 0.0053 \times \text{溶氧} + 0.9235 \times \text{自由餘氯} \quad r^2 = 0.958 \quad (1) \end{aligned}$$

表 6 則為各水質利用逐步迴歸分析找出與總餘氯濃度間較重要的幾種水質，結果如下：

$$\begin{aligned} \text{總餘氯} = & 0.6267 + 0.9186 \times \text{自由餘氯} - 0.0074 \times \text{水溫} - 0.0314 \times \text{pH 值} \\ & \quad r^2 = 0.958 \quad (2) \end{aligned}$$

也就是說，我們可利用自由餘氯、水溫、pH 值三種水質的結果就可預測 95.8% 的總餘氯值。另外，由前面的相關性分析及迴歸分析結果均告訴我們總餘氯與自由餘氯關係最好，故利用 SPSS 軟體中的曲線推估方式我們發現，在總餘氯和自由餘氯之間的關係可以線性模式、二次曲線模式及三次曲線模式迴歸結果均一樣好，以線性模式結果來看其結果為：

$$\text{總餘氯} = 0.1805 + 0.9491 \times \text{自由餘氯} \quad r^2 = 0.916 \quad (3)$$

接著利用因子分析來討論影響管網水質的共同因子為何，表 7 即為因子分析的結果。表 7 中第一欄為分析水質、第二、三、四欄為未轉軸的因子矩陣(即為因子負荷量矩陣)，第五、六、七欄為轉軸的因子矩陣(即為因子負荷量矩陣，因為本研究是利用直交轉軸，故也可視為相關係數矩陣)。最下方的三列分別為特徵值、解釋變異百分比及累積解釋變異百分比。而表下方的 KMO 及 Bartlett's 值分別為 Kaiser-Meyer-Olkin 適當性檢定值及 Bartlett 球形檢定的機率值。

由表 7 可知利用因子分析可找出這 8 種水質分析事實上有三個共同因子，第一個因子(PF1)與總餘氯和自由餘氯關係最好，這表示影響本區域管網中的水質最重要的是自來水中餘氯的濃度，在這可稱之為餘氯因子，其可解釋 34.4% 的水質結果；而第二個因子(PF2)則與溶氧及濁度關係最好，觀察表 3 可發現(圖中粗黑的字)溶氧除在水廠的清水外，其值是隨距離而慢慢增加；濁度則是在配水管線中微量減少，因為這均是距離所造成的，故可稱之為距離因子，其可解釋 16.8% 的水質結果；第三個因子(PF3)則和 pH 值、比電導度及氣溫關係較高，這些值在網管均是均勻分佈，只和自來水剛處理完的水質有關，故此因子可稱之為本質因子，其可解釋 16.8% 的水質結果。也就是說，利用因子分析我們可以發現當我們在研究這 8 種水質時，事實上就是在討論餘氯、距離、自來水本質對管網水質的影響。

圖 3 則是各水質在以第一及第二種因子的分佈情形。由圖 3 可以更明顯原始水質變數和各因子之間的關係。如總餘氯及自由餘氯對第一種因子為正強相關；濁度及溶氧則和第二種因子有正強相關；其餘水質則和 PF1、PF2 關係較少，但這些水質均在第三象限中。

B. 每日變化分析

1. 群落分析

群落分析的目的是根據變項來計算出觀察體之間的相似或相異性。故在此，我們以各取樣點每日不同時段(我們將一天分成 12 時段，每段 2 小時)的總餘氯平均值濃度進行群落分析，以期能將每日總餘氯變化類似的取樣點加以分群。研究的過程中，我們是利用合併後的組內差異係數變化量來決定群落的數目。

圖 4 為利用每日用水時段的群落分析結果。圖 5 為其樹狀圖(Dendrogram)，上方的數目表示相對組內變異誤差。由分析結果發現利用每日的餘氯濃度變化，可將豐原市的管網分成三個區域：市郊的第一、四、十四及十五點歸於同一群落(在此我們稱為第三區，以方便日後分析)；市中心的第五、十一及十二點歸於同一群落(在此我們稱為第二區)；離水廠較近的第八、九、十、第七與第十三點歸於同一群落(在此我們稱為第一區)。接著，為了研究各區域之間的不同，我們分別繪出第 12 號取樣點、第 13 號取樣點及第 14 號取樣點的總餘氯濃度每天隨時間變化的情形，以分別表示第二區、第一區及第三區的每天餘氯變化結果(圖 6、圖 7 及圖 8)。

比較這三張圖可發現，圖 6 的第 12 號取樣點的餘氯濃度在早晨 6~8 時餘氯上昇之後便持續下降，這是因為此區在市區，故餘氯濃度隨著商店營業而上升，但之後就一直下降；圖 7 的第 13 號取樣點的餘氯濃度變化較不大，這是因為此區距離水廠較近、用水量少及所連接的為大管徑之配水管所致；圖 8 的第 14 號取樣點的餘氯濃度兩個波峰，分別為早晨 8 點至中午 12 點及晚間 6 點至晚間 10 點，造成這現象的主因是因為此區的住宅區相對的較多，故除了商業活動外，民生作習也會影響到本區餘氯濃度的變化。

2. 因子分析

接著，我們分別針對各區進行因子分析，希望能找出影響每日管網餘氯濃度變化的主因，同時能應證我們上面所提出的觀念。表 8 是所有取樣點利用每日的餘氯濃度變化的結果所得到的因子分析表。由分析結果可以發現每日餘氯濃度的變化方面，可以抽取出三個主要因子，第一個因子為每天 6 點至 18 點，因這時段主要是上班工作的時段，故可稱之為工作因子，也就是研究這時段的餘氯濃度變化，本質上就是在研究工作時段對餘氯濃度的影響，其可解釋所有餘氯結果的 34.39%。第二個因子為每天 22 點至隔天 6 點，這段時間的特色就是此時段是一般居民睡眠的時間，故研究本時段的餘氯濃度就是在研究深夜睡眠時間的餘氯濃度變化，故此因子可稱為睡眠因子，其可解釋所有餘氯結果的 15.08%。至於第三個因子，則為每天的 18 點至 22 點，這是一般居民每天下班休閒的時段，故此因子可稱為休閒因子，其可解釋所有餘氯結果的 14.54%。故每日餘氯濃度變化的研究，其本質上就是研究上班工作、睡眠及休閒對餘氯濃度的影響。

圖 9 是各時段在第一因子和第二因子的散佈圖。由圖中可發現大部份的時段和第一因子或第二因子有強相關，且自成一類。

事實上，比較第一區至第三區的餘氯濃度變化，其一天中最大的差別，就在於每天早上上班時段及下午下班時段餘氯濃度的變化；此兩時段都沒變化，就是第一區的結果；若只有每天早上上班時段餘氯濃度上升，則就是第二區的每天餘氯濃度變化結果；若早上上班時段及下午下班時段餘氯濃度都有上升，就屬於第三時段。而這現象與因子分析的結果是一樣的。

C. 每星期變化分析

1 群落分析

考慮每星期內餘氯濃度的變化。同樣的，我們利用群落分析及因子分析對一週內各星期的總餘氯濃度平均值的變化進行研究。圖 10 是利用星期進行各取樣點的群落分析結果。圖 11 為其樹狀圖(Dendrogram)。

由分析結果發現利用星期餘氯濃度的變化，其結果如同利用時段一樣，均可將豐原市的管網分成三個區域(在這我們也是利用合併後的組內差異係數變化量來決定群落的數目)：離水廠較近(第八及十七號)的第一區、市中心及商業區的第二區(第七、九、十、十一、十二及十三號)及市郊住宅區的第三區(第一、四、五、十四及十五號點)。不同的是第二區的範圍向處理場的方向擴大，而第一區的範圍則因第二區的擴大而縮小。而為了能進一步研究各區域之間的不同，我們也分別顯示了第 12 號取樣點、第 14 號取樣點及第 8 號取樣點的總餘氯濃度每星期變化的情形，以分別表示第二區、第三區及第一區的每天餘氯變化結果(圖 12、圖 13 及圖 14)。

由這三張圖可發現代表靠近水廠區域(第一區)的第 8 號取樣點，每星期的餘氯平均濃度均很穩定，沒有什麼特別的變化；代表商業區(第二區)的第 12 號取樣點，一週內餘氯濃度雖有起伏(星期六濃度較高，星期日濃度較低)，但幅度並不大；代表住宅區(第三區)的第 14 號取樣點，其平均餘氯濃度的變化就比其它兩區來的明顯，尤其是非工作日(星期日)的餘氯濃度值較其他天為低。造成這三區濃度變化的不同，推測其原因在第一區因為距離水廠較近、用水量少且穩及所連接的為大管徑之配水管所致；第二區因介於第一區及第三區之間；再加上每星期的商業活動而使餘氯濃度有變化但變化不明顯；第三區則因受民生作習的影響較大所致。

2 因子分析

接著，同樣的我們分別針對各區進行因子分析，希望能找出影響星期管網餘氯濃度變化的主因，同時能應證我們上面所提出的觀念。表 9 是所有取樣點利用每星期的餘氯濃度變化的結果所得到的因子分析表，圖 15 是各星期在第一因子和第二因子的散佈圖。由圖 15 中可發現大部份的星期和第一因子有正的強相關，只有星期五和星期日與第二因子有負的強相關，至於星期六則同時和第一及第二因子有關。由表 9 分析結果可以發現每星餘氯濃度的變化方面，可以抽取出二個主要因子，第一個因子為星期一至星期四，因這幾天是上班工作的日子，故可稱之為上班因子，也就是研究這幾天的餘氯濃度變化，本質上就是在研究上班工作的日子對餘氯濃度的影響，其可解釋所有餘氯結果的 49.70%。第二個因子為星期五至星期六，這些日子是般民眾的放假休閒的日子為主，故研究這幾天的餘氯濃度變化就是在研究放假休閒日的對餘氯濃度的影響，故此因子可稱為放假休閒因子，其可解釋所有餘氯結果的 22.91%。而這兩個因子總共可解釋 72.62%餘氯濃度每天變化的原

因。換句話說，影響餘氯濃度每星期變化的主因，就是上班用水及放假用水。

結 論

1. 總餘氯濃度可由自由餘氯、水溫及 pH 值預估；總餘氯與自由餘氯呈線性關係。
2. 利用因子分析可以發現在研究這 8 種水質時，事實上就是在討論餘氯、距離、自來水本質對管網水質的影響。
3. 利用每日及星期餘氯濃度變化的群落分析，可將某城市的管網分成三個區域：市郊區、市中心區及近處理場區。
4. 影響每日餘氯濃度變化的主因，就是上班工作用水量、睡眠用水量及休閒用水量。
5. 影響餘氯濃度每星期變化的主因，就是上班用水量及放假用水量。

參考文獻

1. Edoardo Reisenhofer, Alessio Picciotto and Dongfang Li, "A factor analysis approach to the study of the eutrophication of a shallow, temperate lake (San Daniele, North Eastern Italy)", *Analytica Chimica Acta* 306, pp. 99-106 (1995).
2. Cheryl D. Norton and Mark W. LeChevallier, "Chloramination: its effect on distribution system", *Journal AWWA*, Vol. 89, Issue 7, pp. 66-77.
3. 高肇藩, 給水工程, 國立成功大學環境工程學系, 台南(1990)。
4. 張勁勳, 張勁評, 林秀娟, *SPSS For Windows 統計分析—初等統計與高等統計*, 下冊, 松岡電腦圖書資料股份有限公司, 四版, 台北(2000)。
5. 陳正昌, 程炳林, *SPSS、SAS、BMDP 統計軟體在多變量統計上的應用*, 五南圖書出版公司, 第二版, 台北(1998)。
6. 陳順宇, *多變量分析*, 華泰書局, 二版, 台南(2000)。

致 謝

1. 本研究承蒙國科會經費補助(NSC89-2211-E-005-004)，特此誌謝。
2. 本研究承蒙自來水公司台中縣豐原淨水廠的李春銓廠長、曾木坤先生及淨水廠各先進的大力幫助，而能順利推動，特此誌謝。
3. 本研究承蒙國立中興大學環工系望熙榮教授指導統計使用，特此誌謝。

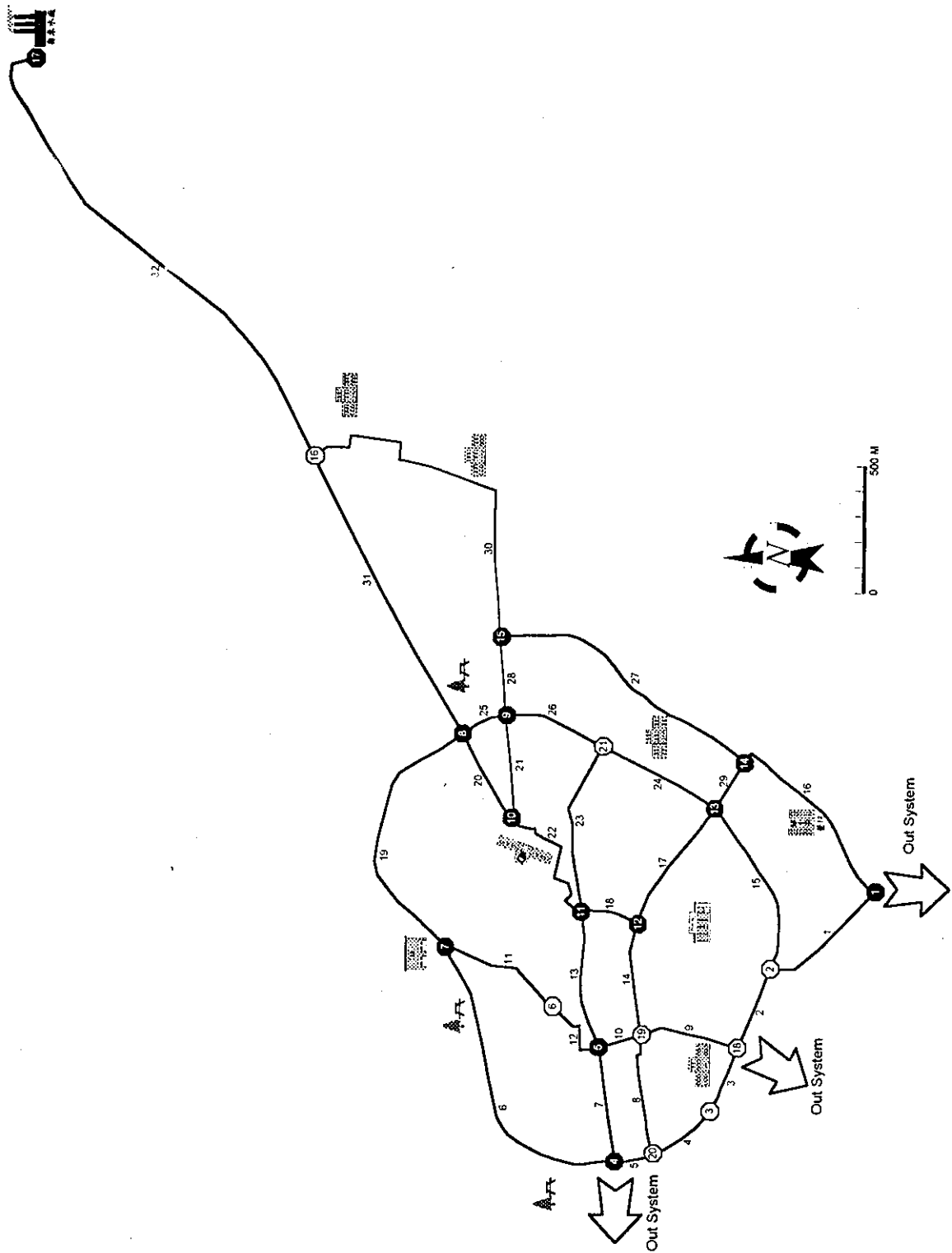


圖 1 寶場配水管線取樣點示意圖
 (圖中直線為管線；黑色圓點為取樣點，圓內編號為取樣點編號)

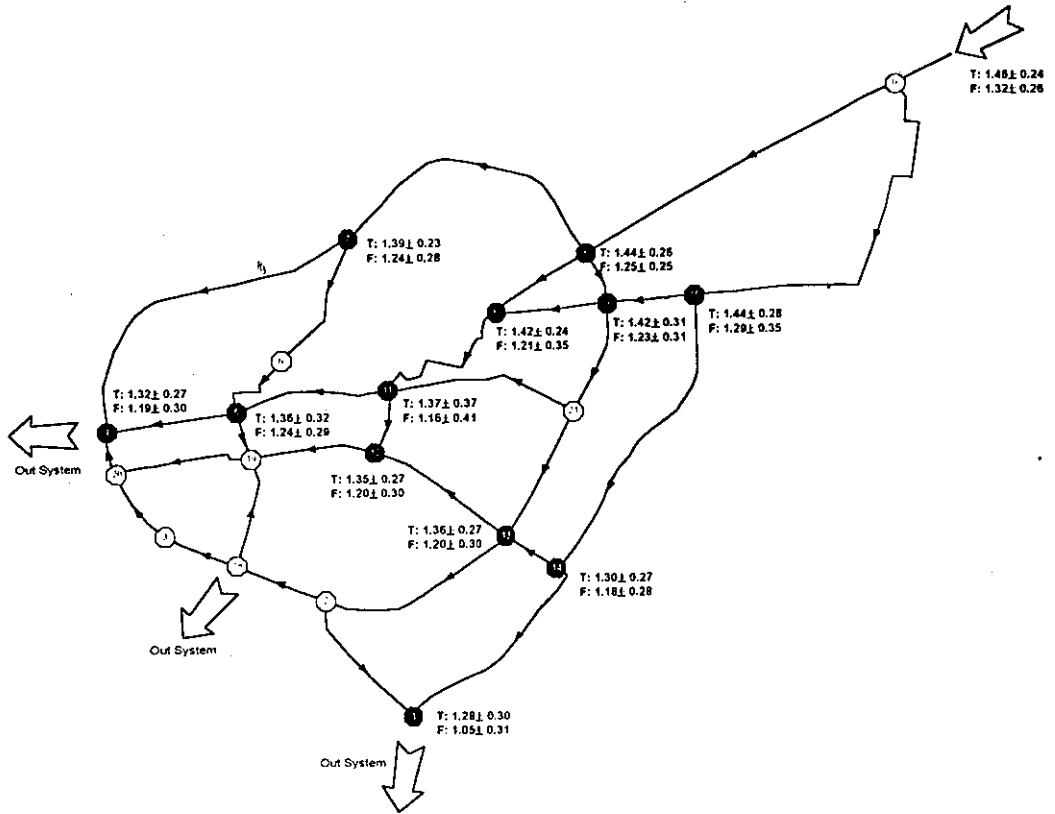


圖 2 各取樣點餘氯濃度變化情形
(圖中 T 表示總餘氯濃度；F 表示自由餘氯。單位：mg/L)

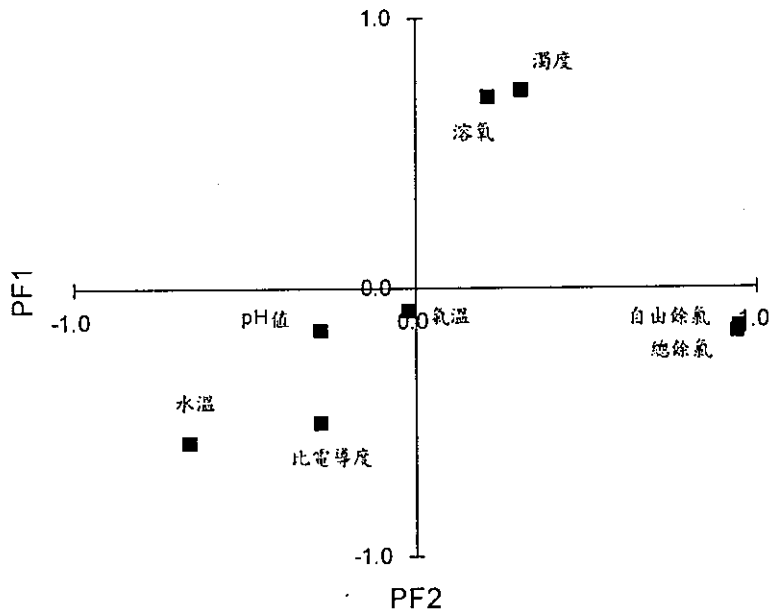


圖 3 各水質在第一因子(PF1)及第二因子(PF2)的散佈圖

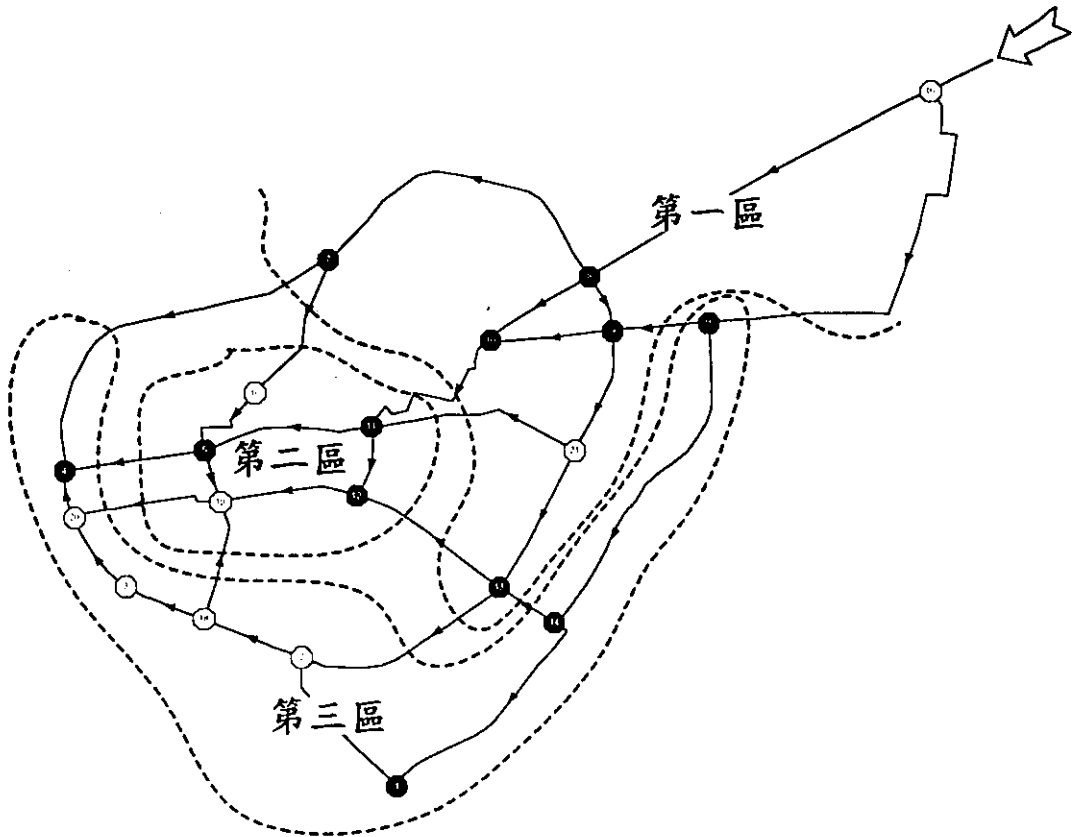


圖 4 用水時段進行各取樣點的群落分析結果

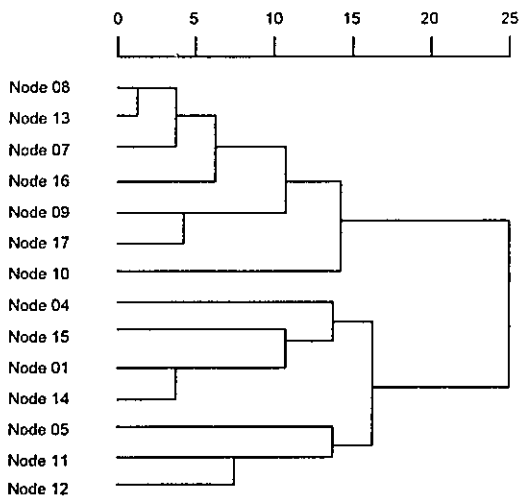


圖 5 用水時段進行取樣點群落分析的樹狀圖

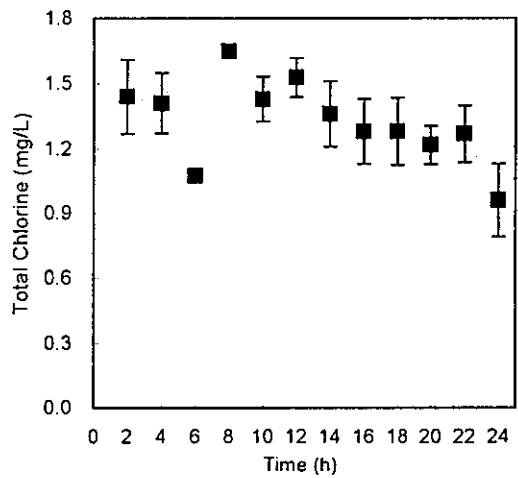


圖 6 12 號取樣點每日總餘氯濃度的變化

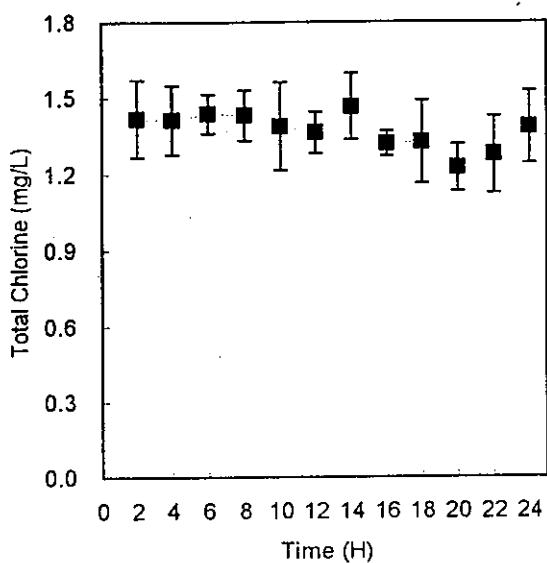


圖 7 13 號取樣點每日總餘氯濃度的變化

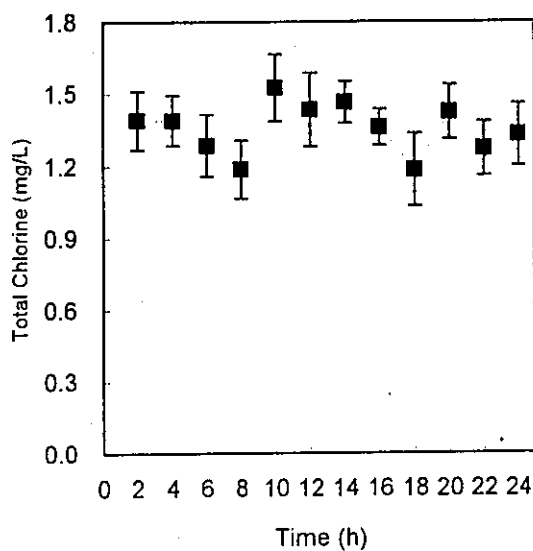


圖 8 14 號取樣點每日總餘氯濃度的變化

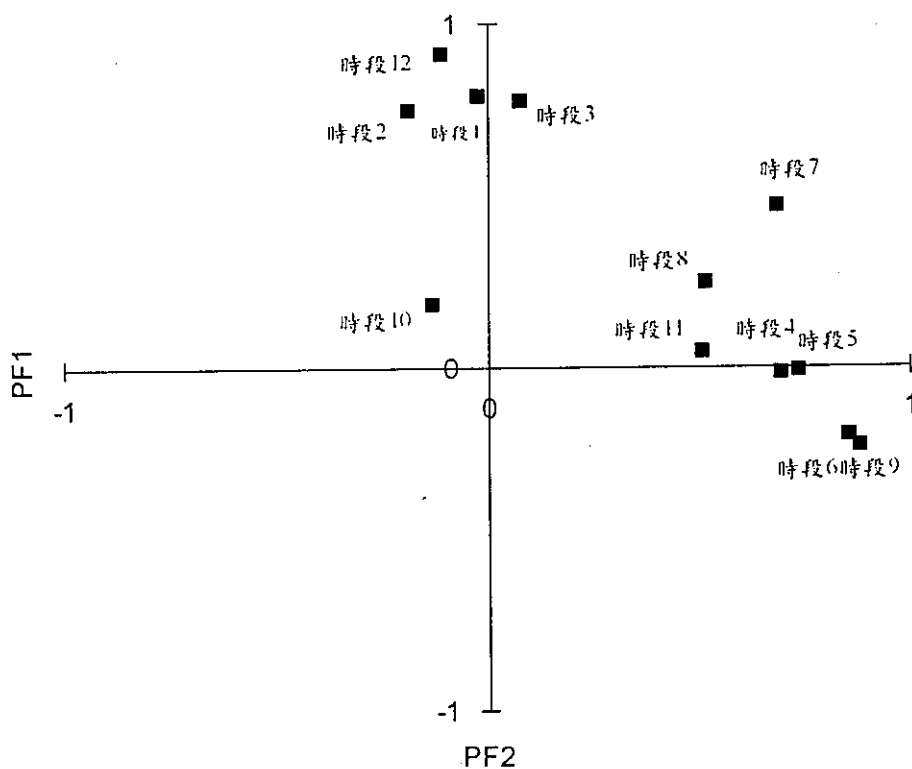


圖 9 各時段在第一因子(PF1)及第二因子(PF2)的散佈圖

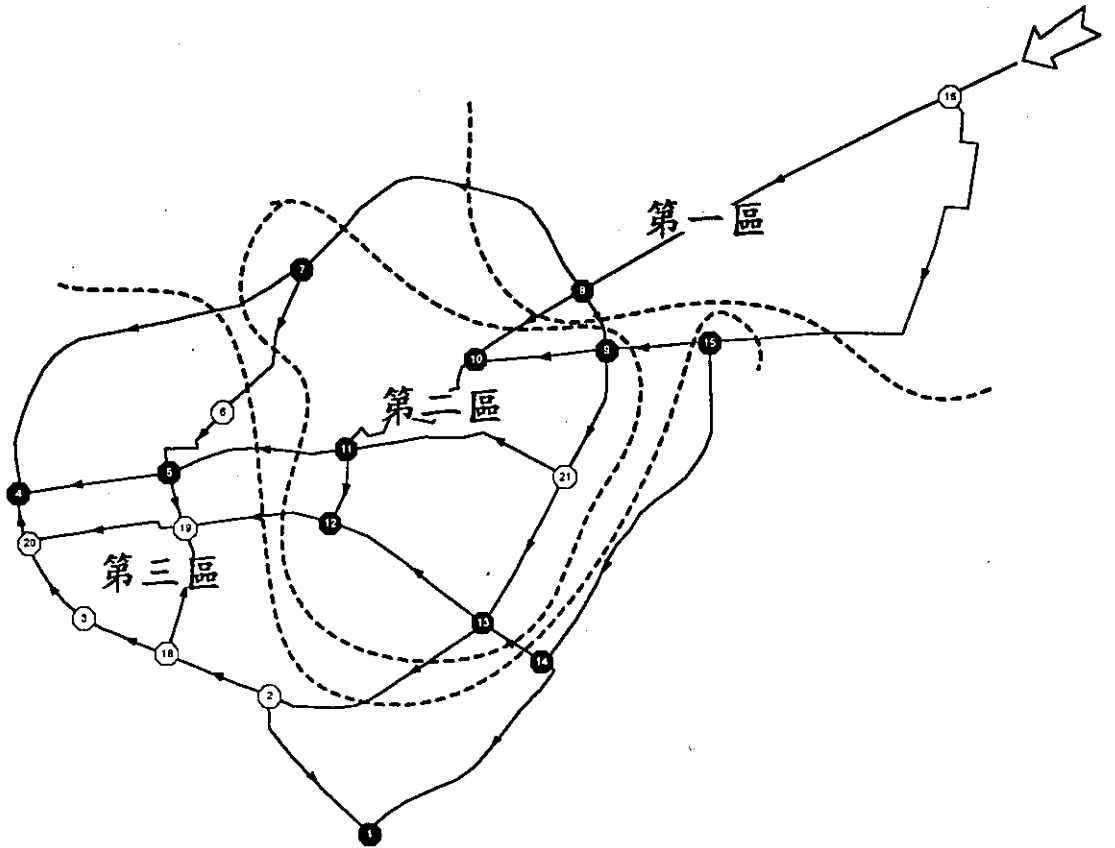


圖 10 以星期進行各取樣點的群落分析結果

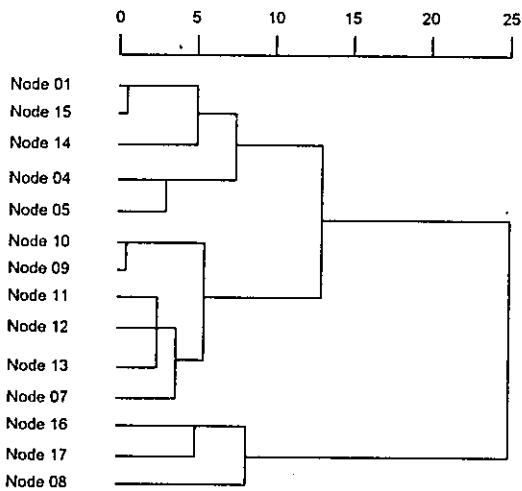


圖 11 星期進行取樣點群落分析的樹狀圖

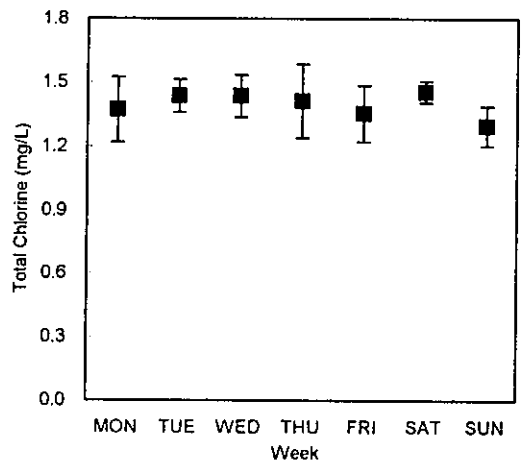


圖 12 12 號取樣點每星期總餘氯濃度變化

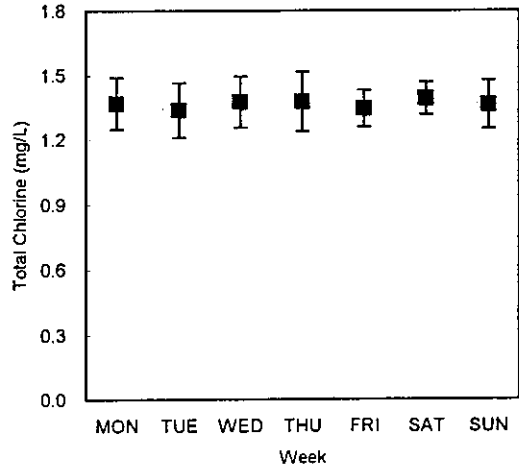
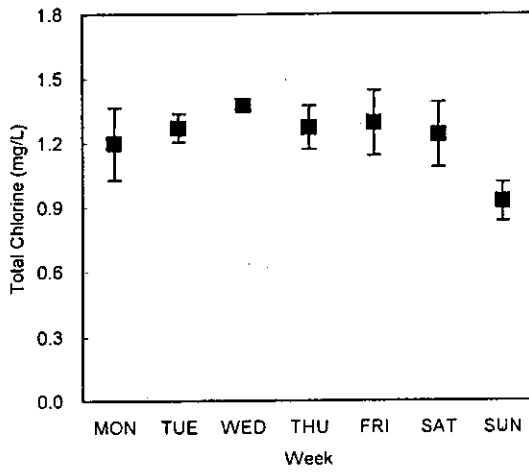


圖 13 14號取樣點每星期總餘氯濃度變化

圖 14 8號取樣點每星期總餘氯濃度變化

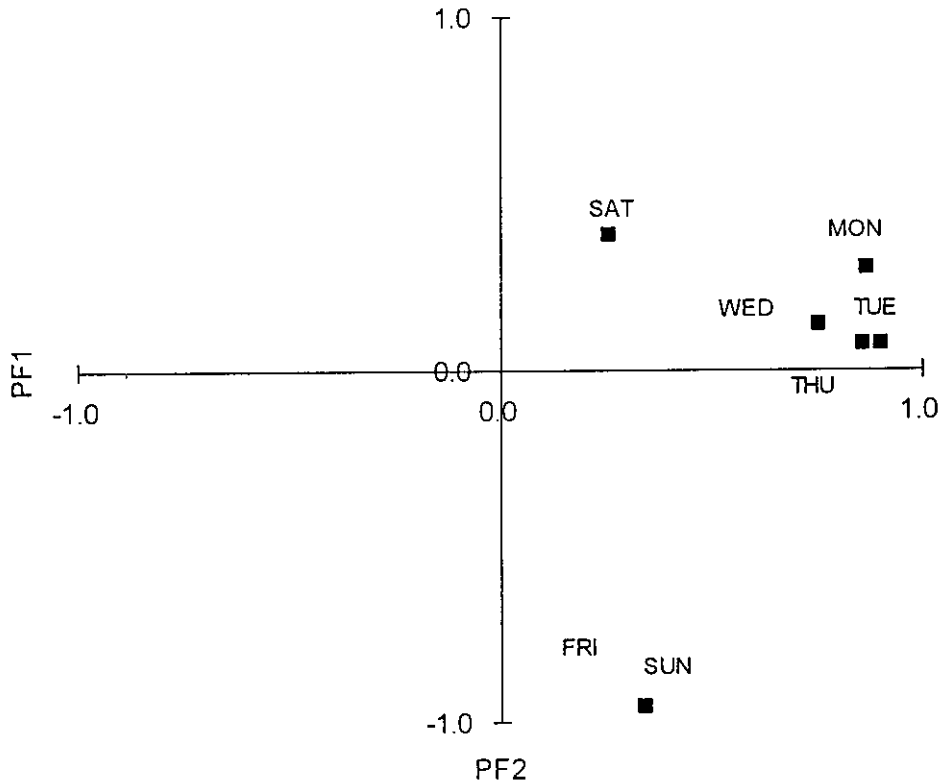


圖 15 各星期在第一因子(PF1)及第二因子(PF2)的散佈圖

表 1 實場水質分析方法

項目	分析儀器	分析範圍
水溫	WISEWIND Thermometer	-10~200°C
比電導度	SUNTEX SC-120 Portable Conductivity Meter	0.00 ~20.00 ms/cm
pH 值	HACH sension Portable Meter with Electode Models 519100-00	-2.00~19.99
溶氧	WTW Oximeter Oxi 330	0~19.99 mg/L
濁度	HACH Portable Turbidimeter, Model 2100P	0~1000 NTU
自由餘氯	HACH Pocket Colorimeter	0~2.0 mg/L

表 2 實場水質統計分析方法

分析項目	方法
●使用軟體	SPSS 10.0.5
●顯著水準	5%
●常態性檢定	Kolmogorov-Smimov
●變異數同質性檢定	Levene
●變異數分析	General Liner Model(Repeated Measures)
●迴歸分析	Linear、Enter、Stepwise
●因子分析	
→ 抽取方法	Principal Axes (PAF)
→ 共受因子數目	Kaiser
→ 轉軸方法	Varimax
●群落分析	
→ 分析方法	Agglomerative hierarchical
→ 合併準則	Average linkage
→ 相似準則	Squared Euclidean distance

表 3 各取樣點的物理性水質總結果

取樣點	水溫(°C)	比電導度(ms/cm)	pH 值	溶氧(mg/L)	濁度(NTU)	次數
1	23.15±1.09	0.184±0.034	7.304±0.189	6.16±0.70	1.860±2.681	831
4	23.30±0.93	0.185±0.031	7.329±0.187	6.19±0.55	2.332±5.259	831
5	23.53±1.20	0.191±0.030	7.308±0.187	6.18±0.60	2.793±3.110	831
7	25.28±1.08	0.192±0.028	7.153±0.929	6.88±0.69	3.147±2.554	831
8	24.69±1.68	0.189±0.028	7.271±0.165	6.04±0.95	3.245±3.942	831
9	22.92±0.99	0.187±0.027	7.177±0.877	6.15±0.64	3.694±5.097	831
10	23.97±2.11	0.188±0.029	7.278±0.169	6.14±0.62	2.935±1.757	831
11	24.13±2.08	0.187±0.033	7.321±0.188	6.16±0.75	2.870±2.235	831
12	23.00±1.01	0.188±0.029	7.303±0.167	6.09±0.64	3.172±3.330	831
13	22.98±0.97	0.189±0.028	7.272±0.211	6.01±0.54	2.498±1.742	831
14	24.10±1.02	0.192±0.032	7.290±0.176	6.15±0.60	2.684±2.478	831
15	24.16±2.06	0.185±0.031	7.312±0.197	6.12±0.69	2.889±2.345	831
17	24.89±1.69	0.187±0.038	7.308±0.198	6.39±0.60	3.332±4.225	831

表 4 各種水質的相關係數分析表

	氣溫	水溫	濁度	比電導度	PH 值	溶氧	總餘氯	自由餘氯
氣溫	1.000							
水溫	0.121	1.000						
濁度	-0.012	-0.261	1.000					
比電導度	-0.117	0.035	0.133	1.000				
PH 值	0.085	0.295	-0.077	-0.050	1.000			
溶氧	0.057	-0.372	0.180	-0.059	-0.023	1.000		
總餘氯	-0.047	-0.597	0.084	-0.281	-0.234	0.154	1.000	
自由餘氯	-0.045	-0.590	0.072	-0.310	-0.208	0.141	0.957	1.000

表 5 利用強迫進入法求得各種水質和總餘氯的結果迴歸結果

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
常數	0.5321	0.1249		4.2613	0.0000		
氣溫	0.0003	0.0014	0.0021	0.2064	0.8365	0.9575	1.0443
水溫	-0.0063	0.0025	-0.0353	-2.5028	0.0125	0.4897	2.0420
濁度	0.0004	0.0013	0.0034	0.3250	0.7452	0.8996	1.1116
比電導度	0.1114	0.1489	0.0081	0.7483	0.4545	0.8343	1.1986
PH 值	-0.0316	0.0111	-0.0297	-2.8504	0.0045	0.8970	1.1148
溶氧	0.0053	0.0067	0.0086	0.7881	0.4308	0.8232	1.2148
自由餘氯	0.9235	0.0131	0.9311	70.4226	0.0000	0.5558	1.7993

相關係數 R=0.958

表 6 利用逐步選擇法求得各種水質和總餘氯的結果迴歸結果

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
常數	0.6267	0.0930		6.7369	0.0000		
自由餘氯	0.9186	0.0121	0.9261	75.9319	0.0000	0.6510	1.5360
水溫	-0.0074	0.0022	-0.0418	-3.3438	0.0009	0.6212	1.6097
PH 值	-0.0314	0.0110	-0.0295	-2.8578	0.0044	0.9114	1.0973

相關係數 R=0.958

表 7 各種水質的因子分析表

	未轉軸因子矩陣			轉軸因子矩陣		
	PF1	PF2	PF3	PF1	PF2	PF3
總餘氯	0.9173	-0.2118	-0.1090	0.9408	-0.1661	-0.1479
自由餘氯	0.9120	-0.2445	-0.1050	0.9462	-0.1424	-0.1235
水溫	-0.8070	-0.2941	-0.0523	-0.6633	-0.5757	0.0000
氣溫	-0.0922	-0.3261	0.6459	-0.0161	-0.0821	0.7098
溶氧	0.2901	0.6269	0.3618	0.2130	0.7057	0.2169
濁度	0.2335	0.6178	0.3406	0.3152	0.7319	0.1747
pH 值	-0.3773	-0.2990	0.3933	-0.2804	-0.1556	0.5631
比電導度	-0.1825	-0.3020	0.7025	-0.2830	-0.5037	0.5079
EigenValue :				2.7518	1.3462	1.1398
Pct. Of Var. :				34.3982	16.8261	14.2487
Cum. Pct. :				34.3985	51.2244	65.4734

KMO=0.656
Bartlett's Test=0.000

表 8 各取樣點的時段因子分析表

	未轉軸因子矩陣			轉軸因子矩陣		
	PF1	PF2	PF3	PF1	PF2	PF3
時段 1	-0.0576	0.7751	0.2644	-0.0216	0.7904	0.1975
時段 2	-0.0890	0.7599	-0.2342	-0.1908	0.7510	-0.2562
時段 3	0.1675	0.8117	-0.1996	0.0776	0.7743	0.4113
時段 4	0.7048	-0.0025	-0.0703	0.6969	-0.0150	-0.2081
時段 5	0.7261	-0.0655	0.1844	0.7380	-0.0096	0.1307
時段 6	0.8090	-0.4566	0.0795	0.8522	-0.2015	0.2063
時段 7	0.7202	0.0122	-0.4695	0.6889	0.4673	-0.2974
時段 8	0.5418	0.3911	0.2930	0.5170	0.2441	0.5092
時段 9	0.8862	-0.0389	-0.0815	0.8800	-0.2304	-0.0379
時段 10	-0.0941	0.5491	0.7188	-0.1325	0.1840	0.8844
時段 11	0.4411	0.2166	0.6537	0.5061	0.0483	0.6531
時段 12	-0.6124	0.6492	0.2078	-0.1106	0.9139	0.0004
EigenValue :				4.8244	1.8100	1.7449
Pct. Of Var. :				40.2031	15.0837	14.5410
Cum. Pct. :				40.2031	55.2868	69.8278

KMO=0.600
Bartlett's Test=0.009

表 9 各取樣點的星期因子分析表

	未轉軸因子矩陣		轉軸因子矩陣	
	PF1	PF2	PF1	PF2
SUN	0.68566	-0.70499	0.33835	-0.95318
MON	0.87479	0.17102	0.86845	0.28862
TUE	0.81386	0.38731	0.90106	0.07080
WED	0.70895	0.26131	0.75387	0.12758
THU	0.77730	0.36702	0.85941	0.07012
FRI	0.68566	-0.70499	0.33835	-0.95318
SAT	0.06576	0.47762	0.25490	0.38098
EigenValue :			3.4790	1.6044
Pct. Of Var. :			49.7001	22.9199
Cum. Pct. :			49.7001	72.6200

KMO=0.721
Bartlett's Test=0.000