

# 水質管理及淨水處理

## Water Quality Management and Purification Treatment

謝啓男

### 1. 前言

水質管理是盡可能的保持水源的潔淨，做好淨水程序各階段的檢驗控制工作，並須確保送供清水最終水質的穩定安全。

淨水處理是針對原水水質中超限的不純物，選用適當的處理方法，達到要求的水質。

經由物理學、化學、生物學及細菌學等檢驗的結果，來判斷水質管理的好壞，依據淨水過程中，原水、沈澱水及過濾水的水質檢驗結果，可瞭解各階段處理效果。因此淨水場內設實驗室配備水質監視，檢測所須之儀表、器具、藥品，是理所當然。

將原水中超限的不純物加以去除，使能符合飲用水標準，是淨水技術問題，做好水源水質的保護，以維持水源的潔淨，是污染防治，環境保護問題，而針對特定水源，找尋最佳處理程序，涉及的是成本問題，因此就日趨污染的水源追尋高效果，低成本的處理方式，為自來水界一直努力在探求的目標。

本文的內容首先就本公司目前主要水源水質現況加以評估，其次就現階段水質管理工作，加以檢討，然後在水源已嚴重污染的今日，為了降低處理成本、提升淨水技術，嘗試提供研究發展的方向。

### 2. 本公司水源現況評估

#### 2-1 開發利用情況

十年來水源開發利用(1)列如表 1.

由表 1.顯示，十年來水源開發利用成長量相當大，由1976年的 234.21 萬立方公尺/日到1985年的 516.44 萬立方公尺/日，年平均成長超過 28萬立方公尺/日。就水源別而言，開發利用量均有相當成長，但其利用率，却有明顯的變動，地下水由 49.21 % 降到 32.6%，河川水由 20.15 % 上升到 21.72 %，水庫水由 30.64 % 上升到 45.68 %，現今地下水的開發利用量漸趨飽和且受若干限制，河川水因豐枯季節變化大，直接取用已不能滿足有效運用，往後的水源開發將靠水庫的興建，但是本省優良填址恐亦不復多見，且水庫興建成本高，不符經濟效益，因而衍生一些問題，諸如水價應否適度反映成本，水源開發經費是否應全部由政府負擔……。

#### 2-2 水質污染情況

##### 2-2-1 河川水源部分

採用我國水體分類標準(2)及日本環境廳水道水源環境基準(3)，就本公司各區處所提報74年度水質統計資料(4)及省環保局74年度水質年報(5)，選用生物需氧量，懸浮固體量，溶氧量及大

※謝啓男：臺灣省自來水公司企劃處經理

腸菌類數做為評估指標，整理得西部主要淨水場在河川取水口處，水質現況列如表2。位置分佈如圖1。

由表2明顯可知，本公司目前以六堵廠之取用基隆河，新營廠之取用急水溪及港西廠之取用東港溪，污染最為嚴重，其次是浦雅廠之取用頭前溪，而豐原廠之取用大甲溪，已有漸趨污染之跡象。

至於歷年來（68～74年度）污染的變化情形，由其年平均值點繪所成的圖2到圖9上可約略看出，大致情況分述如下：

(1)大漢溪板新廠取水口：

以70～71年度水質較差，至74年度其氨氮，生物需氧量及大腸菌類數已有下降，顯見上游有機污染源似未再增加，而懸浮固體量由71年度之180 ppm降至74年度之24 ppm，濁度亦維持低值，顯示河床盜採砂石及上游水土保持，似已有效管制。

(2)基隆河六堵廠取水口

懸浮固體量含量均超過25 ppm，生物需氧量亦高，除72年度高達6.5 ppm外，其它各年度尚穩定，但亦在3～4 ppm間，氨氮含量高，溶氧量及大腸菌類數稍有下降而濁度有上升之跡象，顯示基隆河污染已相當的嚴重。

(3)頭前溪浦雅廠取水口

歷年來水質尚可，除於70及73年度有機污染較高外，至74年度氨氮含量，生物需氧量，均有明顯之下降，污染情況已有改善。

(4)大甲溪豐原廠取水口

水源已稍受污染，尤其是生物需氧量之增加非常明顯，因上游東勢市區家庭污水排入故大腸菌類數亦急劇上升，另外濁度及懸浮固體量呈下降之趨勢，上游山坡地濫墾及採砂石似已減少。

(5)急水溪新營廠取水口

生物需氧量逐年上升，溶氧量甚低，雖氨氮含量，懸浮固體量及大腸菌類數稍呈下降狀，但含量均甚高污染情形非常嚴重。

(6)曾文溪山上廠取水口

水源稍受污染，生物需氧量稍高，歷年水質尚可，溶氧量稍有回升，氨氮及懸浮固體量有下降情形，但懸浮固體量平均居高。

(7)高屏溪、澄清湖給水廠九曲掌取水口

自68到71年度間水質情況稍呈好轉，但71年度後各項污染又告回升，尤以生物需氧量，及懸浮固體量有顯著上升之跡象水源水質已堪慮。

(8)東港溪港西廠取水口

溶氧量逐年下降，氨氮量逐年急劇上升，生物需氧量高，顯示有機污染物已相當嚴重。

2-2-2 水庫、湖泊水源部分

本公司所屬單目標水庫、湖泊水源水質，因檢驗項目未包括溶氧量、懸浮固體量、化學需氧量或生物需氧量等項，因此，僅依大腸菌類數(2)(3)加以評估如表3。

由表 3 知，以大腸菌類數為評估指標，則新山水庫，西勢水庫及蘭潭水庫均已超限，顯示已受人畜污染。近年來水庫優養化情形逐漸受到各界重視，雖然我國目前對於水庫優養化標準之認定及劃分，尚無規定。但如何利用國外已建立的優養化分類方法來瞭解水庫之優養情形，則是刻不容緩了，因是之故，如何增訂及統一本公司所屬水庫湖泊水質分析項目，以逐步建立水庫湖泊優養化資料，實為目前重要課題。依據本公司水質研究中心調查(6)明德水庫依 OECD 優養化分類標準來評定已可列為中養。依經濟部水資源統一規劃委員會(7)對德基水庫優養研究指出，德基水庫已可列為優養。而本公司委請國立成功大學環工所針對澄清湖水庫之調查(8)，發現澄清湖水庫已達中養。至於國立台灣大學環工所對台北地區蓄水庫優養潛勢研究(9)，亦指出翡翠水庫已達輕養階段。

### 2 - 2 - 3 地下水水源部份

關於地下水水源水質分類標準，世界各國均未有規定。但從本公司水質統計年報(10)及各區處所提報之水質資料(4)，選擇其中氨氮、鐵、錳含量來做為評估，並將含量較高廠、站歷年平均變化情形繪如圖 10.到圖 12.來觀察，大體上說明如下：

- (1)氨氮含量：由圖 10.所示，各地下水源中，氨氮含量大致以八區四城淨水廠，五區石龜淨水場，十一區彰化第一淨水場及花壇淨水場，五區虎尾第二水源，二區新莊服務所，及三區之後龍淨水場之含量較高，而尤以四城及石龜淨水場最高，分別達 2.2 及 1.25 ppm。依其歷年變化情形看，四城及石龜淨水場之氨氮有明顯上升之趨勢，而彰化第一淨水場，則有上升之跡象。
- (2)鐵含量：如圖 11.所示，含量較高之地下水源計有拷潭淨水場，淡水第二淨水場，石龜淨水場，彰化第一淨水場，沙鹿淨水場，花壇淨水場，虎尾第二水源，後龍淨水場，麻豆大內淨水場，四城淨水場等。尤以前四場為最，另依歷年變化情形看，以石龜淨水場呈現快速升高現象。
- (3)錳含量：如圖 12.所示，含量相當高的地下水源計有石龜淨水場、拷潭淨水場，彰化第一淨水場，大內淨水場、後龍淨水場、淡水第二淨水場及虎尾第二水源等。近一、二年來以石龜淨水場、彰化第一淨水場、後龍淨水場及大內淨水場呈現升高現象。
- (4)其他：比較特殊的有烏脚病地區含神量超限，以及澎湖馬公地區諸多氯鹽含量過高。

## 3. 水質管理

### 3 - 1 水質監測之執行情形

#### 3 - 1 - 1 管理體制

本公司水質管理體制為在總管理處設水質研究中心，負責水質處理相關研究問題並做重金屬、農藥、三鹵甲烷，檢驗以及各區管理處人力設備無法辦理之項目，另須督導各區處水質檢驗室和廠、所實驗室。區處水質檢驗室對水質研究中心負責，廠所實驗室則對區處檢驗室負責。

區檢驗室及廠所實驗室的檢驗工作，分每日檢驗及定期檢驗，其所需檢驗項目及設備，依淨水處理程序別而異，列如表 4。

### 3 - 1 - 2 進廠原水水質監測

爲有效應用水源水質資料使淨水場能及時採取適當因應措施。在源水濁度監測方面出水能力超過五萬立方公尺/日的淨水場則採用濁度自動檢測器來監測。至於小型淨水場則利用人工抽驗方法監測源水濁度的變化。

由於水源污染日趨嚴重，而一般監視作業無法及時有效監視毒性污染，本公司自71年7月起對於以地面水爲水源的淨水廠全面推動辦理進水養魚試驗，做爲生物毒性監視指標。

### 3 - 1 - 3 三鹵甲烷監測

三鹵甲烷之產生與水源污染有非常密切的關係，水質研究中心已針對污染嚴重的供水系統進行三鹵甲烷之調查與研究(1)。

本公司爲避免三鹵甲烷問題之形成，已要求水源污染嚴重的淨水場，以延後加氯或使用二段式氯化，以期降低最初之加氯量。

### 3 - 1 - 4 水源水質保護區之劃定與公告

本公司根據自來水法第十一條之規定，並彙集現行之水污染防治法規，向政府申請劃定水源、水質、水量保護區範圍及訂定管制事項，目前業經公告二一九處水源水質水量保護區範圍，八十八處已訂定管制事項，正由主管機關核辦中者卅六處，辦理中者九十五處。本公司以水源利用單位之立場，曾召開「研商公告水源水質水量保護區域遭受污染執行事宜座談會」，懇切籲請主管之各縣市政府加強配合，以對貽害水體之行為能作有效之取締。

目前污染較嚴重之水源，如基隆河水源、急水溪水源，已分別進行由貢寮及烏山頭水庫供給部份水量，以避免繼續增加該河川較污染原水之使用量。又高屏溪原水於曹公圳遭受污染，亦投資鉅大工程費分別設抽水站及導水管，將高屏溪原水直接引入澄清湖淨水廠，以杜絕污染。又爲改善東港溪原水水質，將東港溪原水導入鳳山水庫沈澱後，再引入淨水廠處理。

爲因應原水水質日益惡化，本公司正進行新淨水技術之開發，目前正進行生物接觸氧化之模廠試驗及臭氧模廠試驗，並將着手研究微篩及磁落模廠試驗，以確保給水水質之安全。

### 3 - 2 杯瓶試驗與實廠操作

按照本公司淨水處理程序別第四類經膠凝處理者每日須作杯瓶試驗，杯瓶試驗對膠凝處理之水質控制非常重要。廠、所實驗室所做的水質檢驗，除應依照飲用水水質標準所規定必須辦理的外，尚須因應操作管理上之必要做試驗控制。表面水常因暴雨後濁度驟增，如試驗控制不當，將影響處理成效。檢驗人員藉杯瓶試驗做膠凝最佳組合後，通知操作人員施加藥品種類、濃度及數量，並應將杯瓶試驗成效與實際單元處理成效加以比較，如有大幅度變異，應檢討分析原因並謀求改善之道。爲使試驗控制與實廠操作盡可能趨於一致，除停留時間採用一樣外，應依實廠設備造成的速度坡降值，調整杯瓶試驗機之轉速或依杯瓶試驗最佳組合之速度坡降值調整實廠設備之轉速，因是之故，杯瓶試驗機之G-rpm檢定圖，應全面建立，以利操作管理。

杯瓶試驗機以Pbilips & Bird, Inc., Richmond, Virginia 出品，附3" × 1" 葉片，6個1公升燒杯者爲例，計算其G-rpm檢定值如表5。並繪成圖13。

其相關係數及斜率如下：

$$[ ( 1,498337 ) ( \log ( \text{rpm} ) ) \div ( -.8468106 ) ]$$

(1)  $5^{\circ} \text{C} = G = 10$

相 關 係 數 ( Correlation coefficient ( R ) ) = 1.000002

斜 率 ( Slope ) = 1.498337

$$[ ( 1,498334 ) ( \log ( \text{rpm} ) ) \div ( -.8168171 ) ]$$

(2)  $10^{\circ} \text{C} = G = 10$

相 關 係 數 ( Correlation coefficient ( R ) ) = .9999992

斜 率 ( Slope ) = 1.498334

$$[ ( 1,498314 ) ( \log ( \text{rpm} ) ) \div ( -.7859242 ) ]$$

(3)  $15^{\circ} \text{C} = G = 10$

相 關 係 數 ( Correlation coefficient ( R ) ) = 1.000001

斜 率 ( Slope ) = 1.498314

$$[ ( 1.498324 ) ( \log ( \text{rpm} ) ) \div ( -.7576881 ) ]$$

(4)  $20^{\circ} \text{C} = G = 10$

相 關 係 數 ( Correlation coefficient ( R ) ) = .9999981

斜 率 ( Slope ) = 1.498324

$$[ ( 1.498308 ) ( \log ( \text{rpm} ) ) \div ( -.7328541 ) ]$$

(5)  $25^{\circ} \text{C} = G = 10$

相 關 係 數 ( Correlation coefficient ( R ) ) = 1.000001

斜 率 ( Slope ) = 1.498308

$$[ ( 1.498305 ) ( \log ( \text{rpm} ) ) \div ( -.708922 ) ]$$

(6)  $30^{\circ} \text{C} = G = 10$

相 關 係 數 ( Correlation coefficient ( R ) ) = .9999999

斜 率 ( Slope ) = 1.498305

$$[ ( 1.498314 ) ( \log ( \text{rpm} ) ) \div ( -.6872495 ) ]$$

(7)  $35^{\circ} \text{C} = G = 10$

相 關 係 數 ( Correlation coefficient ( R ) ) = 1.000003

斜 率 ( Slope ) = 1.498314

顯示相關程度很高，且直線斜度為 1.5，與 Rafael Andreu - Villegas and Raymond D, Letterman (12) 利用因次分析所得相同。表 5 及圖 13 應可使用。為方便葉片尺寸變更或更高轉速需要，將計算程式列如附錄，供作參考。

### 3 - 3 膠凝的沈降性與過濾性

膠凝程序中，通常以混和強度G值，停留時間T值及加注之膠凝劑溶液濃度C值來支配其成效，因之，在水質管理上，應特別做到GTC的最佳組合。當然淨水處理各單元程序是相互關連的。比如說，膠凝的改善，可能使化學劑量減少，降低用藥成本，同時可能允許更高的沈澱負荷及濾率，而有助於過濾水的品質改善。

懸浮在水中的質點，因不能避免重力作用，所以都會沈降，只是有時要花很長的時間來完成。經過膠凝程序的膠羽團狀，自然期許在繼續的處理過程中加以去除。如能控制膠羽使之具有密度大、體形大，顆粒濃度高的沈降特性，對沈澱成效將更有益。所以在水質管理上，應經常持續進行沈澱圓筒實驗。由圓筒實驗所得的結果，雖僅代表試驗時懸浮體的沈降性質與沈澱池的實際情況可能不一致，但已能提供實質意義。比如說，實場沈澱池一旦發現沈澱水挾帶膠羽，或底泥翻轉浮起，除可能因水力特性影響外，常可藉改善沈降性質獲致改善。當然，如能利用續流式模廠試驗，對於膠羽顆粒的沈降情形，想必可獲得較正確的結果，最近澳大利亞Austep提出磁落程序(Sirofloc process)(3)，無非是在強調快速完成膠羽沈澱特性，而認為過濾設備可以省略。

過濾與沈澱同為淨水處理上固液分離的方法。過濾的行為，或可說是沈澱行為的持續進行。強膠羽，常能延長濾程，提高濾水品質，弱膠羽則易貫穿，使濾水水質在短時間就變差，縮短濾程，甚至使濾料沖洗不易乾淨，浪費洗砂水量。最近十幾年來，很多文獻報導，直接過濾的膠羽，以期省略膠凝池及沈澱池，朝向如何產生低濃度強膠羽的方向在努力。本公司已廣泛使用無煙煤和砂的雙層介質濾料，對變更直接過濾程序應更可行，在水質管理上，應予重視。

### 3 - 4 最終水質穩定性之檢討

從水質管理的觀點來看處理水質是否穩定，可從下述兩種因素加以考慮。

#### (1) pH 值與鹼度的關係

#### (2) 鹼度與游離二氧化碳的關係

由(1)的關係，可以知道處理水在送配水管線中是否能形成碳酸鈣保護膜。由(2)的關係可以知道碳酸鈣保護膜是否會被溶解。

送配水管線中的水，如能確保形成碳酸鈣膜，且不再被溶解破壞，則除能保護管線，避免腐蝕造成紅水問題外，送供用戶之水質，可確保穩定安全。這是水質檢驗人員，責無旁貸應該認真執行工作。

依紐約州衛生署公佈(4)，pH 值與鹼度的關係如圖 14.所示鹼度與游離二氧化碳的關係如圖 15.所示。由圖 14.可知，鹼度愈低，則必須要愈高的pH值，才能防止腐蝕作用。如果pH值與鹼度值的交點落在A線的右上方，則此種水在送配水管線中，將能形成碳酸鈣保護膜，如交點落在A線與B線的中間，則已經形成的碳酸鈣膜將不會被溶解，如交點落在B線與C線的中間，則水質將稍具腐蝕性但不致以引起紅水問題，當交點落在C線的下方，則碳酸鈣膜將被溶解破壞，造成腐蝕紅水問題。由圖 15.可知，減少水中二氧化碳含量或增加鹼度，均有助於防止腐蝕作用，如果鹼度與二氧化碳的交點落在A線左上方，則此種水在送配水管線中，將破壞碳酸鈣膜，引起腐蝕紅水問題，如交點落在A線與B線的中間，則水質將稍具腐蝕但不足以引起紅水問題，如交點落在B線的右下方，則能確保已形成的碳酸鈣膜，水質穩定，不腐蝕。

利用圖 14.及圖 15.檢查本公司 72~73.年水質檢驗統計年報(10)中 300 個水源地送供的清水，具穩定性良好的淨水場有 69 個。尚可的有 86 個其他則具相當程度的腐蝕。

送供用戶水質，除須符合飲用水標準各項要求外，應對其穩定性質加以控制，當然，為了健康的理由，消毒作業非常重要，並應隨時檢核餘氯量，以維持餘氯量中 85% 以上的自由有效餘氯，以確保衛生安全(15)。

### 3 - 5 廢污特性

淨水廠在淨水過程中所產生的廢棄物，以洗砂廢水及沈澱池污泥較具困擾而容易引起環境污染公害問題。

本公司目前對這些廢污的處理，是將洗砂廢水及沈澱池污泥先行引入廢水池，上澄液是否回收使用，則依經濟分析決定，廢污在廢水池中存留約一個半小時後送入濃縮池中重力濃縮約二個小時後，固體含量可達 2 ~ 6 %，再送到乾燥床處理。操作上採用回分式，即待污泥乾燥刮除後再灌入新的。

廢污特性受原水水質及加入水中之殘餘藥劑影響很大，水質管理上，應對廢水量及污泥量加以測定及分析。比如說，一般洗砂在最初 3 分鐘左右洗出的廢水濁度最高，繼續幾分鐘廢水濁度下降而趨平穩，再繼續洗下去，只是浪費水量，對洗淨濁度並無幫助，應即停止，以節省水量，這就需要化驗人員來測定。一般淨水廠，以明礬為膠凝劑，則應測定分析其中氫氧化鋁所佔百分比，如百分比愈高，則稠黏性將愈大，脫水處理愈困難(16)，是否應予化學調理，也要化驗人員來做實驗。

因此，廢污特性的分析，建立資料，有其實質的意義。

## 4. 淨水處理成效之評估

要對各階段淨水處理成效加以評估，須先將淨水廠操作結果的數據加以統計分析，然後與杯瓶試驗結果的數據相互比較，求其相關程度。

以濁度去除效果評估為例，一般可將分析數據按照每天發生最高原水濁度的大小分成等級，在每一級中，標列原水、沈澱水、過濾水濁度以及使用的膠凝劑量，採用的數據資料時間愈長愈好，然後將操作數據點繪成圖去發現其相關性。

本公司水質管理上，並未明文要求各淨水場對其淨水各階段成效加以檢測，所以無法針對某一成效因子，判定何種設施最有效，且成本最低，這項工作，有待規定加強。

## 5. 水源水質與藥品成本

原水水質好壞反映於淨水成本中，最直接顯著的是藥品費用。本公司過去實際用藥單位成本(17)(18)可由表 6 中看出，由 65.年度至 71.年度呈現巨幅上升，由 72.年度起實施供水系統成本分析作業以來，單位成本有升有降。71.年度的藥品成本占出水成本 9.1 %，而 75.年度已下降到 7.5 %。然十年間實際用藥單位成本，却上升達 1.9 倍，值得注意。

擇錄本公司七十五年度不同廠站水源別，藥品單位成本顯示如圖 16。七十五年度全公司總平均用藥成本為 0.106 元/立方公尺，以直接取用河川水源用藥成本最高，如新營淨水場取用

急水溪水為 0.72 元／立方公尺，而水庫、湖泊水源及地下水源一般均低於總平均成本，圖 16 亦顯示，水源水質愈差，用藥成本愈高。

因是之故，做好水源水質保護工作，追求合理操作模式，進而建立合理用藥成本，是水質管理上很重要的一環。

本公司各供水系統為處理原水水質而使用的各種藥品，以氯、膠凝劑及鹼劑為大宗，其加藥模式(9)或可歸納如下：

(1)單純加氯消毒

$$\text{加氯率} = a + b$$

式中 a = 維持配水管末端所需自由餘氯量，其值依台灣省飲用水標準為 0.2 ~ 1.5 mg/l。

b = 在配水管中繼續可能耗去之氯量。

(2)去除氨氮、鐵、錳

$$\text{加氯率} = a + b + c$$

式中 a = 維持濾前餘氯量。

b = 去除氨氮、鐵、錳所需氯量 =  $10 \times \text{NH}_3\text{-N} + 0.64 \times \text{Fe} + 1.3 \times \text{Mn}$ 。

c = 其他什質耗氯量。

(3)膠凝劑及助凝劑

加氯率須藉助杯瓶試驗求之，較為科學。

(4)因預氯或膠凝及維持供水水質穩定添加鹼劑。

$$\text{加鹼率} = \left[ a + \frac{0.45 \times \text{固態硫酸鋁 mg/l}}{0.24 \times \text{液態硫酸鋁或 PAC mg/l}} + 1.22 \times \text{預氯量} - b \right] \times c。$$

式中 a = 為維持供送清水穩定所須保留之鹼度。

b = 原水鹼度。

c = 每加 1 mg/l 鹼劑所提高鹼度係數：

如使用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  時為 0.74 / 純度，

使用 NaOH 時為 0.80 / 純度。

常數 = 0.45，表示每加 1 mg/l 之固體硫酸鋁將消耗鹼度 0.45 mg/l。

= 0.24，表示每加 1 mg/l 之液體硫酸鋁或 PAC 將消耗鹼度 0.24 mg/l。

= 1.22，表示每加 1 mg/l 預氯將消耗鹼度 1.22 mg/l。

為追求合理的操作模式，本公司委由中華自來水暨下水道研究社進行「實施標準成本之研究」並責由廠站依其所提供之加藥模式作長時間之試驗，以求取合理的加藥率。有合理的加藥率，自然可算出合理用藥成本。

## 6. 未水研究方向之探討

現有自來水水源水質的特徵，大致上或可歸納如下：

#### a 地下水源水質

- a-1 鐵、錳含量常偏高。
- a-2 因缺氧或污染，呈現相當量的氮。
- a-3 常含多量的游離碳酸及少量的有機物，利於微生物、細菌繁殖，產生臭與味。
- a-4 沿海地區常見過高的氯鹽含量，尤以澎湖最為嚴重。

#### b 河川水源水質

- b-1 水溫隨季節性的變化差異很大。
- b-2 濁度及懸浮固體量隨豪雨、颱風在短時間內變化差異很顯著。
- b-3 有機物質含量偏高，尤以上游承受家庭污水或工礦廢水排入之河川，在枯流量期間已嚴重變色，而且產生臭與味。
- b-4 污染的河川，氮、鐵、錳、細菌、農藥以及重金屬含量經常較高。

#### c 水庫湖泊水源水質

- c-1 鐵、錳、氮、磷含量較常出現且偏高。
- c-2 雖然懸浮固體量較少，但往往是很細的膠體。
- c-3 常有大量藻類繁殖，使水體呈優養現象。

由於水源水質中，經常存在以上這些特性，所以在淨水處理上，必須設法找尋高效率，低成本的處理程序，也是研究發展上永遠在追求的目標，藉此提出個人的看法：

#### A 關於地下水源水質方面

鐵、錳、氮與有機物緊密結合之情況，要去除並不容易。目前的處理方式以大量使用前加氯，因為原水中含高量鐵、錳、氮時，不管是設計人員、水質檢驗人員或操作人員，直覺的做法就是前加氯，而且很快的可以利用化學計量方法算出要加入多少量的氯，這樣的作法有錯嗎？錯在那裏呢？如果處理成效不彰，送供用戶的清水中尚含微量有機物，它是微生物成長營養物質將易在管網中產生相當量的微生物膠團，不但阻礙水的運送，且會造成臭與味。另外，最近幾年來，發現氯與有機化合物交互作用後，會產生三氯甲烷或其他鹵素化合物，這些被認為是致癌物質，而一旦產生三氯甲烷或鹵素化合物，恐怕已無法去除，僅能測出其含量多少而乾瞪眼。

#### B 關於河川水源水質方面

本省河川流量，豐枯季節變化很大，而且一旦暴雨或颱風雨，濁度及懸浮固體量突然驟升，使淨水場有時被迫減量出水。由於沒有明文規定淨水程序各階段單元成效檢測，所以，從目前的資料中，尚無法就同一濁度或懸浮固體量指標，來瞭解那一種設備效果較好，成本較低。同時，也不知道那一種設備，對濁度及懸浮固體量的承受程度。

另外，河川承受家庭污水或工礦廢水排入造成有機物含量偏高，河川變色，產生臭與味，如何定有機物的污染指標，來顯示污染程度，就不同的污染程度，選用不同的淨水程序，相信值得進一步的研究。

#### C 關於水庫、湖泊水源水質方面

恐怕要針對藻類去除達到臭與味的控制方面下功夫。藻類會增加有機物含量引起臭與味，

而三鹵甲烷化合物的形成與藻類代謝產物間有密切的關係，藻類不但易於阻塞濾池，縮短濾程，浪費洗砂水量，若存在於送供清水中，將消耗餘氯及溶氧，引起臭與味，並且意味其他微生物的存在，如濾過性病毒細菌或寄生蟲等等，引起衛生安全問題。

在現今科技應用上，似宜尋找共同可以接受的指標，然後依指標的變化範圍，去試驗找尋最經濟可行的淨水程序。是否可以設想共同可以接受的指標是浮游生物量 (Biomass)，則浮游生物量在什麼程度下，可以僅經消毒即可供用，又在什麼範圍時，須要先經微篩 (micro-strainer) 或預濾 (pre-filter)，再經消毒即可供用。或者經微篩或預濾後，經混凝而採直接過濾，可以省略沉澱池，或者採用氣浮過濾，也可省沉澱池。或者不採用微篩或預濾，然經混凝、磁落沉澱 (Sirofloc settling)，可以省略過濾池。也許水質惡化到浮游生物量超過某程度濾池濾料須要更換為活性炭濾床，或者是在砂濾池前先做預臭氧 (preozonation) 並在活性炭濾床前，再做後臭氧 (postozonation) 而省略或不省略沉澱設備。另外設想是否可以將浮游生物量當做水庫，湖泊優養程度判定的指標，而不用總氮、總磷來界說，畢竟階段自來水界工程師們對微生物學接觸的較少。

## 7. 結語

淨水處理在水質管理作業上，除應注重各項實驗外，應全面建立檢查制度。比如說：檢查杯瓶試驗是否正確。檢查化學藥劑注入點是否適當，瞬間及累積加藥量是否定時查對。即使是自動化加藥，加氯系統是否真正達到自動化功能。控制室中所有水質監測設備的讀數，是否定時校核。對淨水各階段單元效能是否定時檢測。對於供送清水穩定性是否隨時注意調理。

不論是水質研究中心，各區處的檢驗室，以及廠所的實驗室是維護產銷品質不可或缺且根本需要的單位，對其人員的配置及作業經費應予充裕，以期加速研究發展。

## 8. 誌謝

本文很多資料之整理、分析繪圖，承逢甲大學土木水利工程研究所研究生陳孝倫先生，本處同仁蔡朋枝先生、林裕美小姐、林松銘先生及蔡水鈞小姐等的幫忙，特此誌謝。

## 9. 參考資料

1. 臺灣省自來水公司企劃處水源組統計資料。
2. 中央法規、水體分類及水質標準 74.9.25. 行政院衛生署發佈，臺灣省政府公報七十四年冬字第二十二期)。
3. Journal of Water Works Industry.  
Water Japan. Japan's Water Works yearbook, 1985 / 86.
4. 臺灣省自來水公司各區處 74 年度提報之水質統計資料存企劃處水源組。
5. 臺灣省河川水質年報 (七十四年度)，臺灣省環保局。
6. 明德水庫水質與浮游生物之調查研究。臺灣省自來水公司水質研究中心，中華民國七十五年四月

- 7.德基水庫層化及優養化之研究，經濟部水資源統一規劃委員會，中華民國七十四年六月。
- 8.陳是瑩、曾怡禎 澄清湖水質的評估，第一屆給水技術研討會論文集。
- 9.駱尚廉、曾四恭、程樹森、張懿花 臺北地區蓄水庫優養潛勢。國科會NSC74-0410-E002-10  
中華民國七十五年二月
- 10.臺灣省自來水公司72~73年水質檢驗統計。水質研究中心 民國七十四年四月
- 11.吳美惠，臺灣西部主要地面水源及其供水系統中三鹵甲烷之調查與研究。第二屆給水工程技術研討會論文集 中華民國七十四年十二月
- 12.Rafael Andreu—Villegas and Raymond D. Letterman. A.M. ASCE.  
"Optimizing Flocculator Power Input", Journal of The Environmental  
Engineering Division. April, 1976, EE 2。
- 13.王瑞仁 磁落程序應用於淨水處理——發展原理及程序
- 14.大寮地下水處理研究報告，臺灣省建設廳公共工程局，中華民國五十八年十二月
- 15.George . C. white, "Chlorination and Dechlorination, A Scientific and  
practical Approach." A paper presented on Oct, 26, 1967 at the California  
Section Meeting . Los Angeles .
- 16.淨水過程所產生廢物之處理研究國立臺灣大學環境工程研究所 中華民國六十八年十一月
- 17.臺灣省自來水公司，各供水系統成本報告，企劃處編
- 18.臺灣省自來水事業統計年報，臺灣省自來水公司編印中華民國七十四年七月
- 19.實施標準成本之研究，第一期中報告 中華自來水暨下水道研究社 中華民國七十四年十二月

表 3. 臺灣省自來水公司崑崙山標水庫湖泊水質評估

水庫、湖泊	水質現況及分類	
	MPN 大腸菌類數/100ml	我國水體分類
新山水庫	41,000	超過丙類
西勢水庫	13,000	超過丙類
崑山堰	220	乙類
蘭潭水庫	1,013	乙類
鏡面水庫	140	乙類
澄清湖水庫	380	乙類
鳳山水庫	261	乙類
成功水庫	50	甲類
興仁水庫	162	乙類
東筍水庫	51	乙類

註：1. 資料以74年平均值計。

2. 寶山水庫及永和水庫尚無資料

表 4. 臺灣省自來水公司淨水處理程序別水質檢驗項目及檢驗設備

淨水處理程序	無過濾處理者	經氣曝或預氣處理後過濾者 (無膠珠處理)。
每日檢驗	(一) 原水及清水：天氣、氣溫、水溫、外觀、臭氣、pH值、餘氯。 (二) 送水及配水：(表示用戶給水栓水，以下均同)：餘氯。 (三) pH比色器、餘氯比色器。 (四) pH比色器、餘氯比色器、氣比色器、蒸餾水製造器、加熱板(試劑、濃度標準液及溫度計等玻璃器具由區檢驗室供應)。	(一) 原水、濾水及清水：天氣、氣溫、水溫、外觀、臭氣、pH值、餘氯、餘氯。 (二) 送水及配水：餘氯。 (三) pH比色器、餘氯比色器、氣比色器、蒸餾水製造器、加熱板(試劑、濃度標準液及溫度計、納氏比色管等玻璃器具由區檢驗室供應)。
定期檢驗	(一) 原水及清水：天氣、氣溫、水溫、大水樣檢驗項目(註1)、硝(限於地下水)、重金屬、農藥(註2)(限於地下水)。 (二) 配水：小水樣檢驗項目(註3)	同
設備	除重金屬、農藥兩項使用水質研究中心設備外，其餘項目使用區檢驗室設備。	同

表 1. 臺灣省自來水公司十年來水資源開發利用

年別	水源別	地下水 (萬立方公尺/日)%	河川水 (萬立方公尺/日)%	庫水 (萬立方公尺/日)%	合計 (萬立方公尺/日)%				
1976		115.26	49.21	47.18	20.15	71.77	30.64	234.21	100
1977		112.34	41.13	65.28	23.91	95.49	34.96	273.11	100
1978		123.84	42.39	72.85	24.93	95.49	32.68	292.18	100
1979		131.33	41.21	92.08	28.89	95.29	29.90	318.70	100
1980		136.02	38.81	101.06	28.84	113.36	32.35	350.44	100
1981		146.28	38.23	103.69	27.10	132.61	34.67	382.58	100
1982		152.28	36.38	106.74	25.84	153.93	37.28	412.95	100
1983		158.88	36.85	116.91	27.12	155.31	36.03	431.10	100
1984		164.53	35.56	110.79	23.94	187.41	40.50	462.73	100
1985		168.34	32.60	112.19	21.72	235.91	45.68	516.44	100

表 2. 臺灣省自來水公司西部主要淨水場在河川取水水質評估

水質現況 淨水場 河川名稱	BOD		S.S		D.O		大腸菌類數	
	mg/l	日本類級	mg/l	日本類級	mg/l	日本類級	MPN/100ml	日本類級
大漢溪	1.25	乙	24.1	未列	8.8	甲	220	乙
基隆河	3.46	丙	41	超三	6.1	乙	100,480	超丙
頭前溪	2.35	丙	33	"	7.5	甲	59	乙
大甲溪	3.24	丙	9	"	8.5	甲	1,532	乙
急水溪	14.60	超丙	38	"	3.4	超丙	1,040	乙
曾文溪	1.88	乙	41	"	8.5	甲		
高屏溪	2.74	丙	78	"	6.9	甲		
東港溪	4.66	超丙	13	"	3.7	超丙	244	乙

註：1. 水質資料以74年度平均值計。

2. 環保局分類為甲、乙、丙三類，超丙為超過丙類河川標準。

3. 日本環境類分類為水道一、二及三等三級，超三為超過水道三級標準。



表 5. 杯瓶試驗機

G~rpm 檢 定 表

U(kg/m.s)	.00151	.00131	.00114	.001	.000891	.000797	.00072	
P(kg/m <sup>3</sup> )	1000	999.7	999.1	998.2	997	995.7	994	
rpm	v	G(5°C)	G(10°C)	G(15°C)	G(20°C)	G(25°C)	G(30°C)	G(35°C)
10	.03	4.48	4.809	5.154	5.5	5.824	6.154	6.469
20	.06	12.672	13.603	14.578	15.558	16.472	17.405	18.296
30	.09	23.28	24.99	26.781	28.581	30.261	31.975	33.612
40	.12	35.842	38.475	41.232	44.004	46.59	49.228	51.75
50	.15	50.091	53.771	57.623	61.497	65.111	68.79901	72.322
60	.18	65.846	70.683	75.748	80.84	85.59101	90.43801	95.07
70	.209	82.38301	88.436	94.77201	101.143	107.087	113.152	118.947
80	.239	100.743	108.144	115.893	123.684	130.953	138.369	145.456
90	.269	120.295	129.133	138.385	147.688	156.367	165.224	173.686
100	.299	140.97	151.326	162.169	173.071	183.242	193.62	203.536
110	.329	162.71	174.663	187.178	199.761	211.5	223.479	234.925
120	.359	185.465	199.09	213.355	227.698	241.079	254.733	267.779
130	.389	209.192	224.56	240.649	256.827	271.92	287.321	302.037
140	.419	233.852	251.032	269.018	287.103	303.975	321.192	337.642
150	.449	259.412	278.469	298.421	318.483	337.199	356.298	374.546
160	.479	285.84	306.839	328.824	350.93	371.553	392.597	412.704
170	.509	313.11	336.112	360.194	384.409	406.999	430.051	452.077
180	.539	341.195	366.261	392.503	418.89	443.507	468.626	492.627
190	.569	370.074	397.261	425.725	454.345	481.045	508.29	534.323
200	.598	398.723	428.015	458.682	489.518	518.285	547.64	575.688

表 6. 臺灣省自來水公司 65.~75. 年度實際用藥成本

年別	項目	出水成本(元)*	藥品成本(元)	百分率%	配水量 m <sup>3</sup>	單位成本 元/m <sup>3</sup>
65.		370,406,933	25,604,910	6.9	457,412,351	0.056
66.		419,478,996	31,050,070	7.4	516,302,457	0.060
67.		445,810,673	37,835,603	8.5	593,325,381	0.064
68.		520,881,388	44,143,930	8.5	706,101,330	0.063
69.		701,156,199	64,881,397	9.3	751,603,003	0.086
70.		983,964,521	92,768,061	9.4	812,861,879	0.114
71.		1,176,649,797	107,170,643	9.1	899,407,357	0.119
72.		1,320,834,060	115,828,406	8.8	987,573,658	0.117
73.		1,435,341,440	116,439,304	8.1	1,055,871,581	0.110
74.		1,561,428,579	128,942,007	8.3	1,127,879,122	0.114
75.		1,700,308,002	126,791,238	7.5	1,201,403,746	0.106

\*出水成本=原水成本+淨水成本

原水成本=原水貯、取、導入淨水場進水口前之各項費用

淨水成本=含淨水場進水口起至清水池止之各項費用

圖 1 各河川淨水場取水口分佈圖

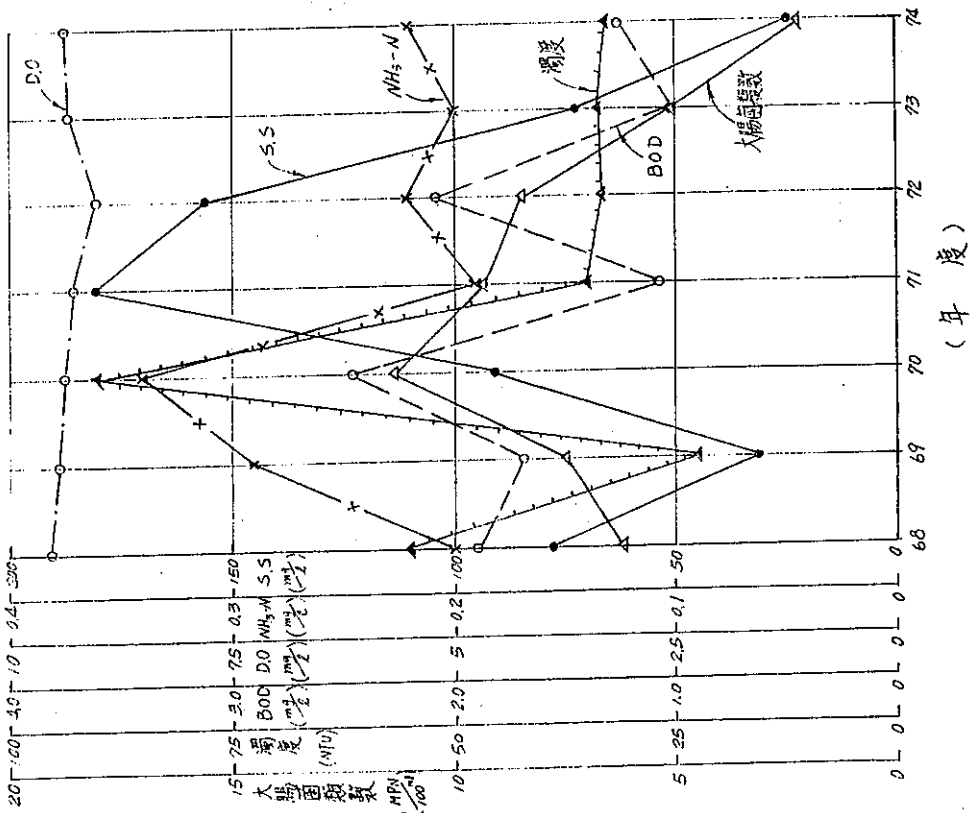
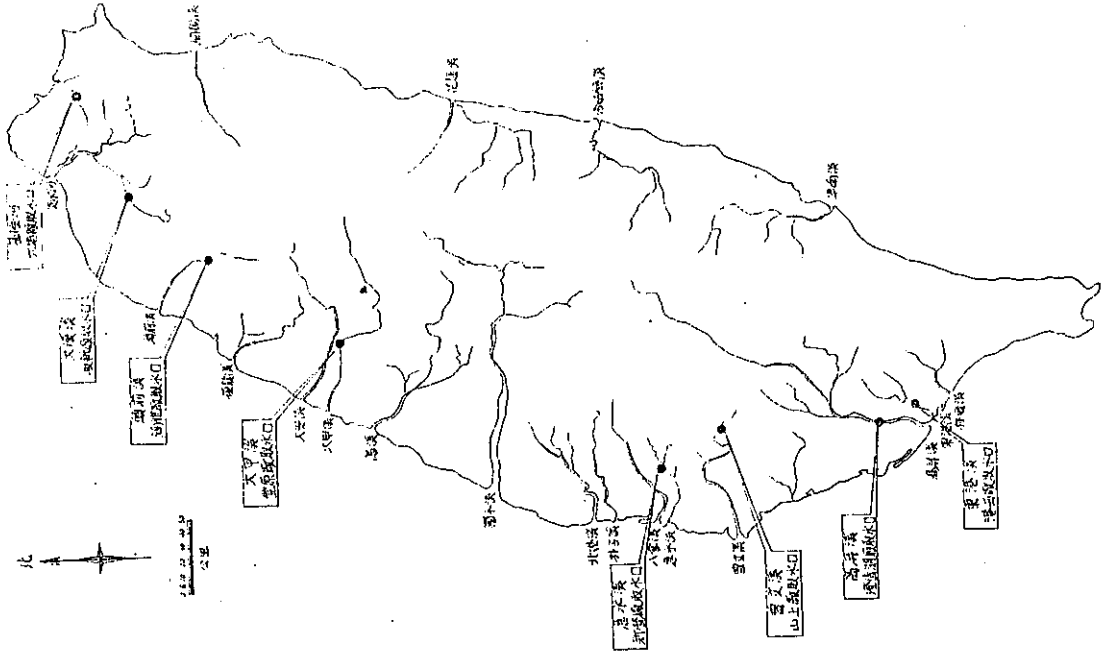
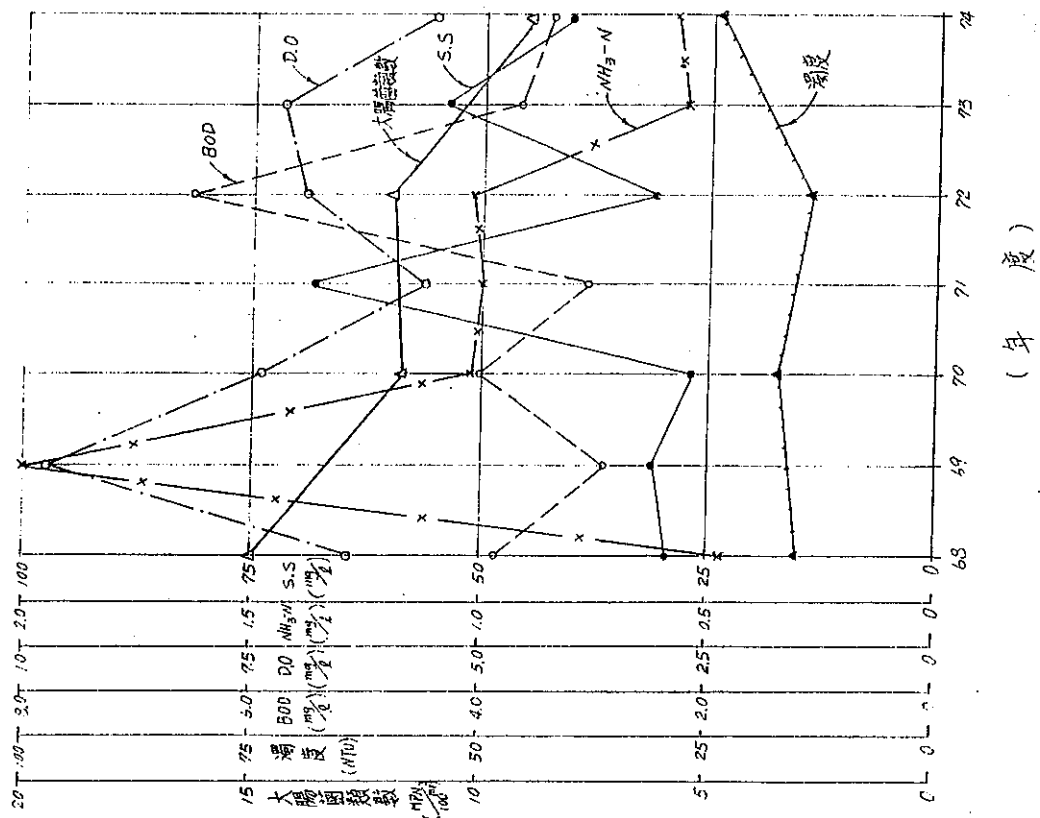
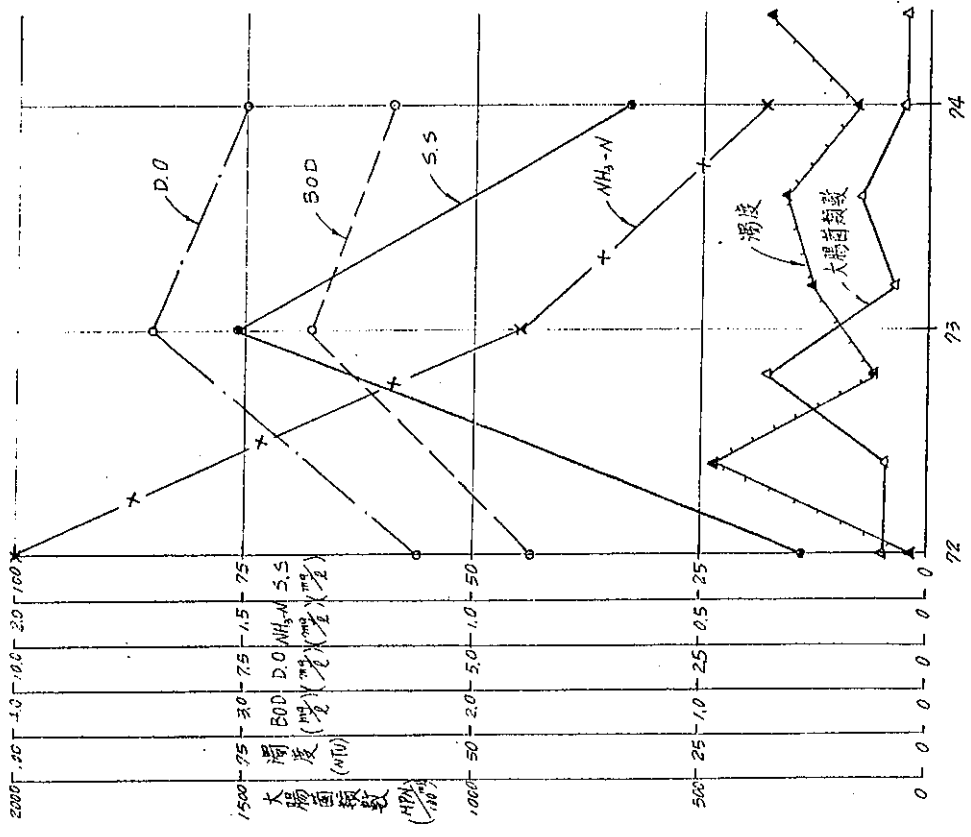


圖 2 大漢溪歷年水質變化情形 (年度)



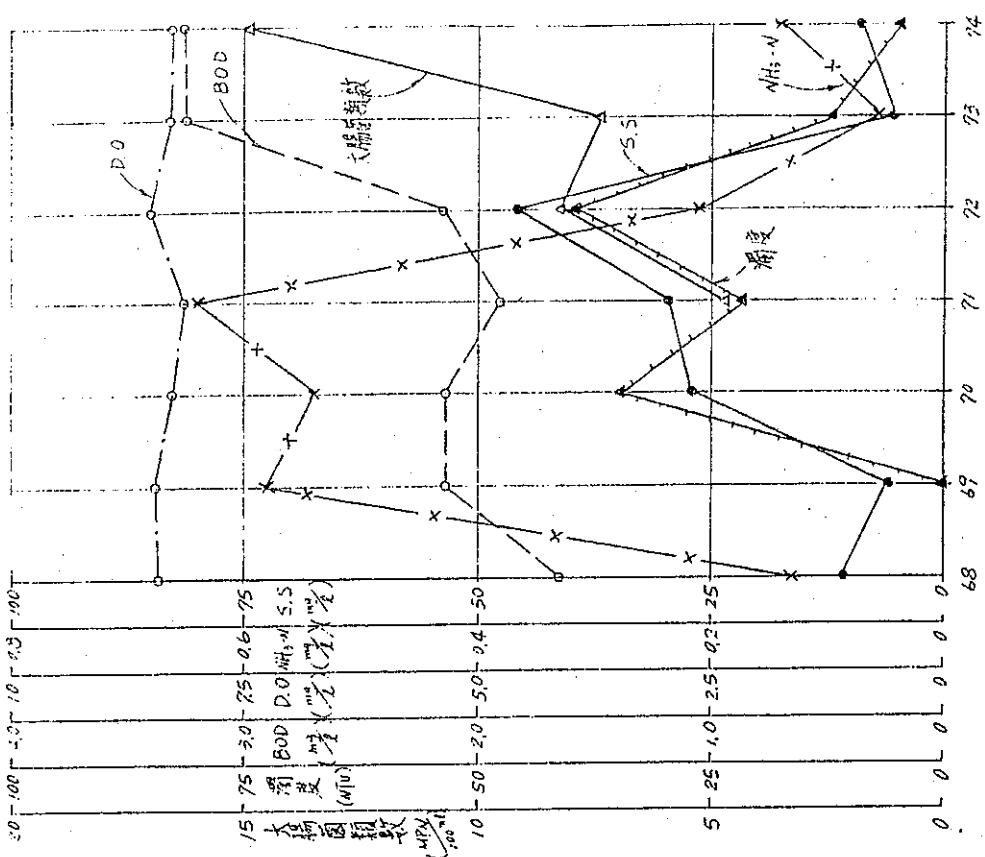
(年度)

圖3 基隆河歷年水質變化圖



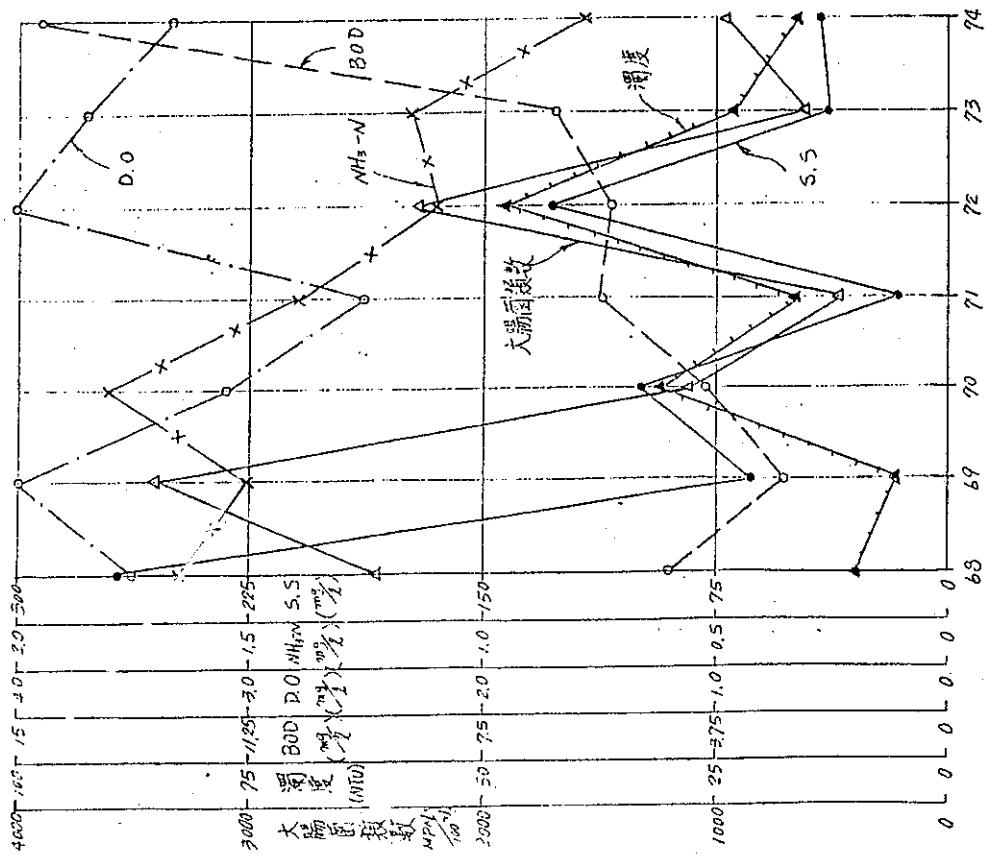
(年度)

圖4 頭前溪歷年水質變化情形



(年 度)

圖 5 大甲溪歷年水質變化情形



(年 度)

圖 6 急水溪歷年水質變化情形

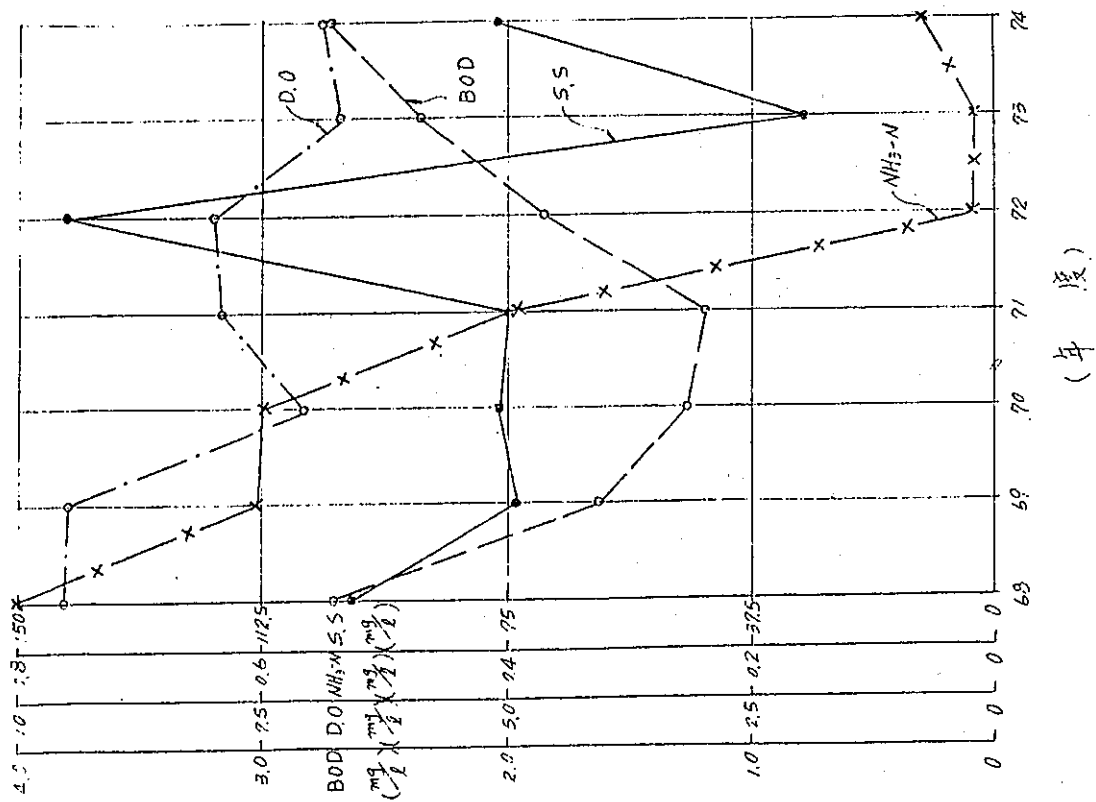


圖8 高屏溪歷年水質變化情形

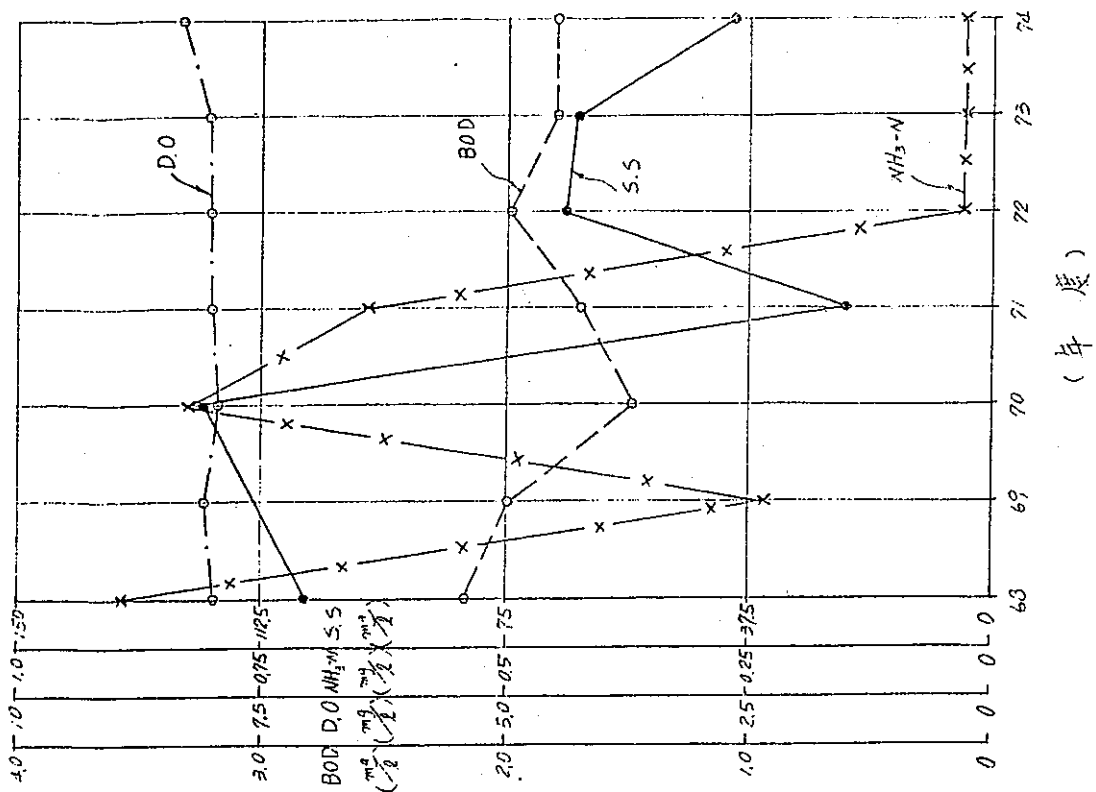


圖7 曾文溪歷年水質變化情形

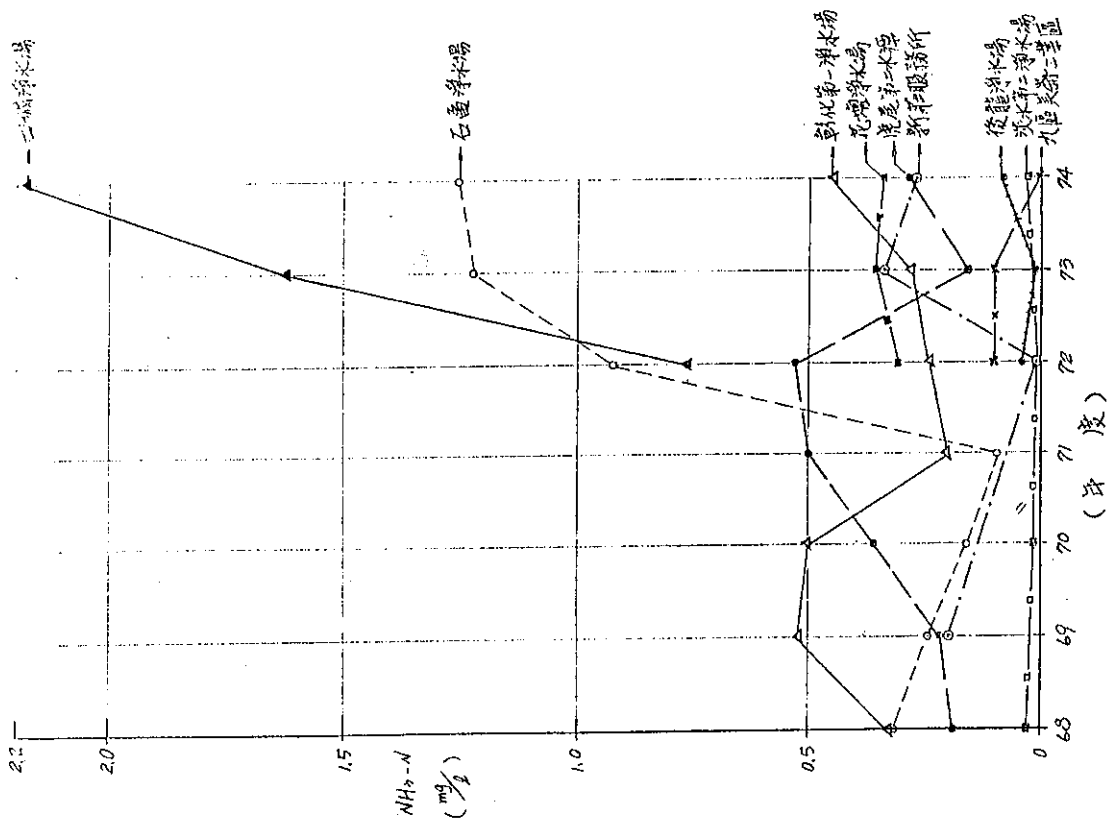


圖 10 本公司地下水淨化廠所歷年變化情形

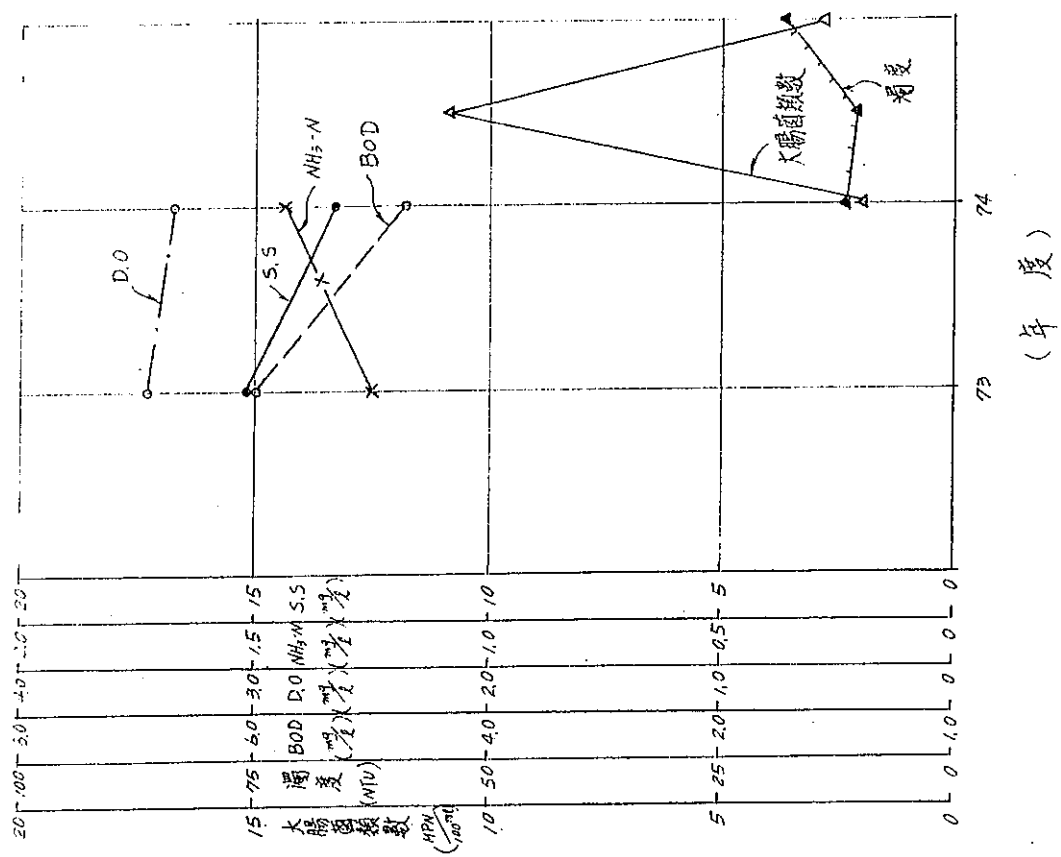


圖 9 東港溪歷年水質變化圖

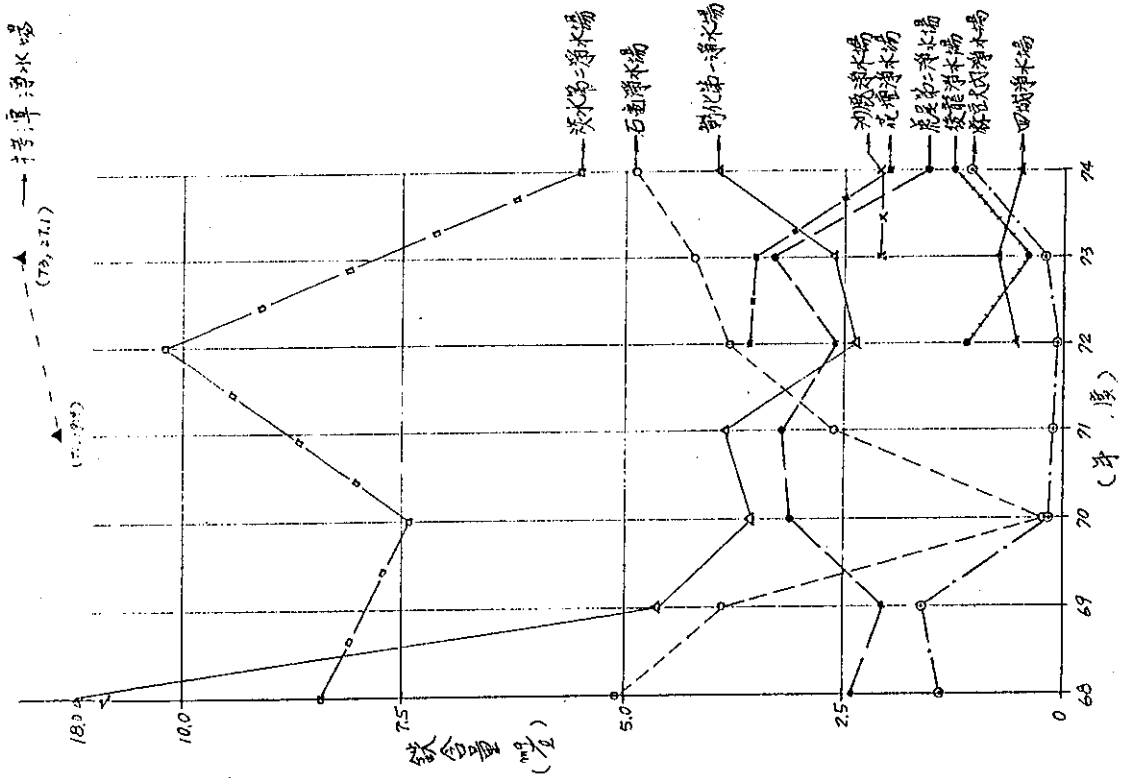


圖 11 本公司地下水源鐵含量較高之廠所歷年變化情形

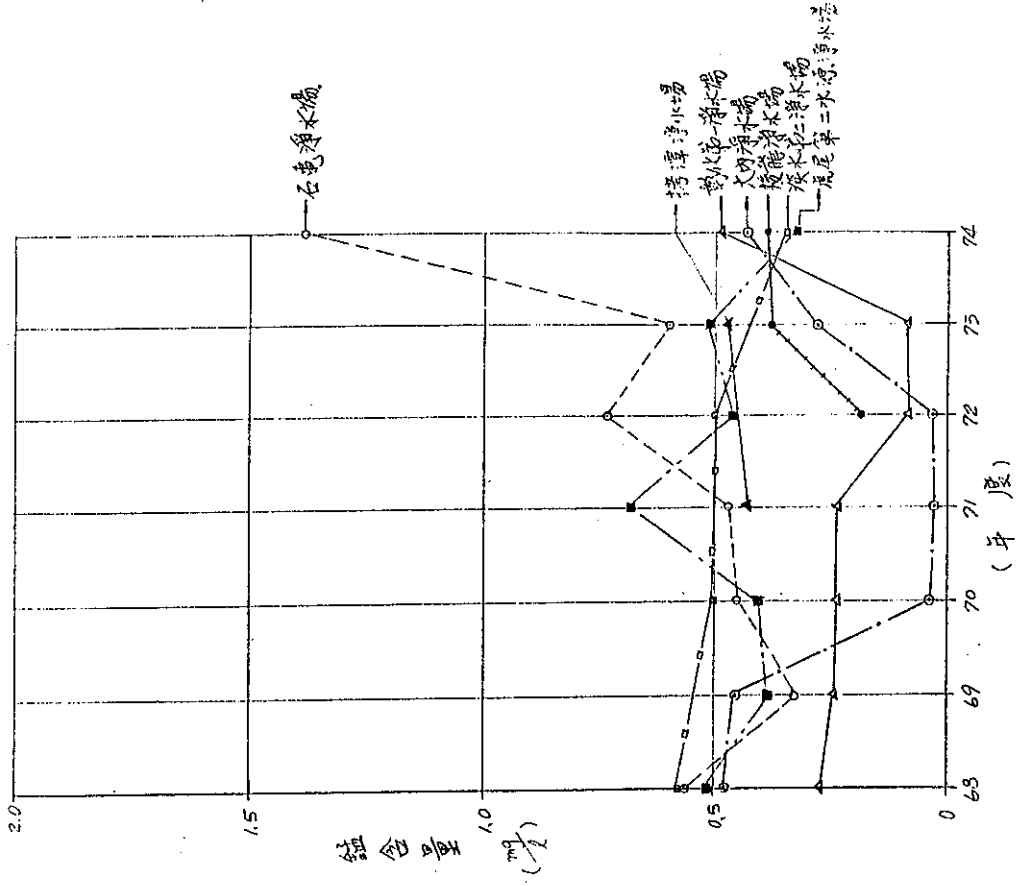


圖 12 本公司地下水源錳含量較高廠所歷年變化情形

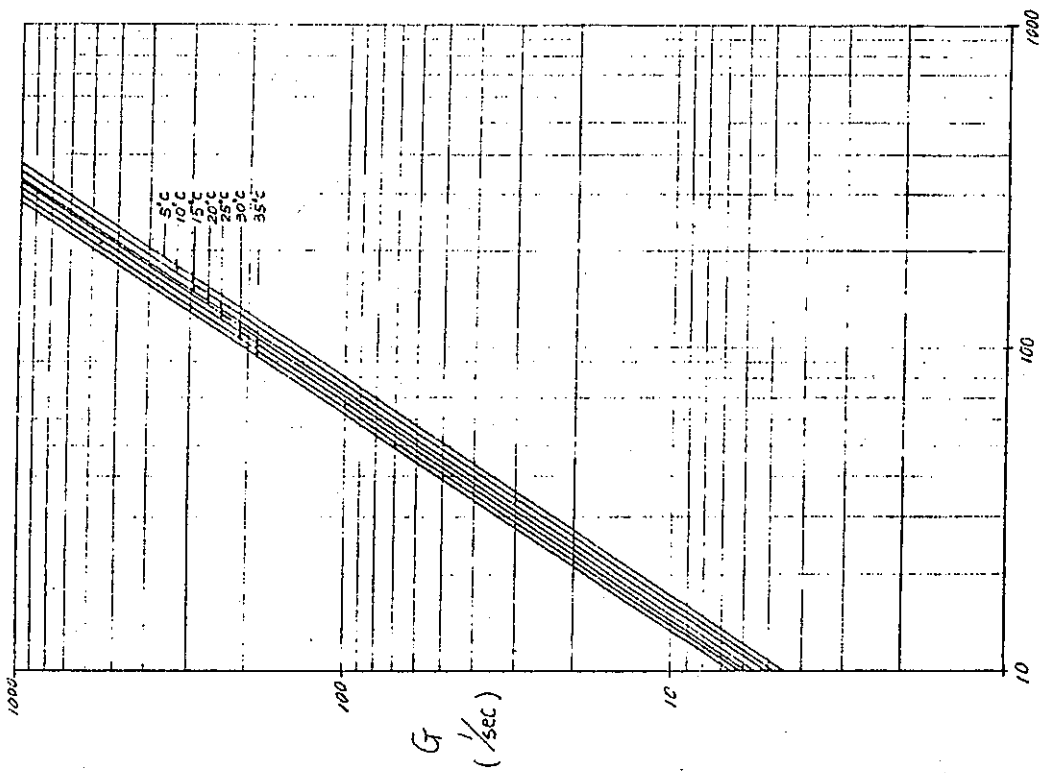


圖 13 打瓶試驗機 G ~ R.P.M. 檢定圖

圖 14 pH 值與鹼度的關係

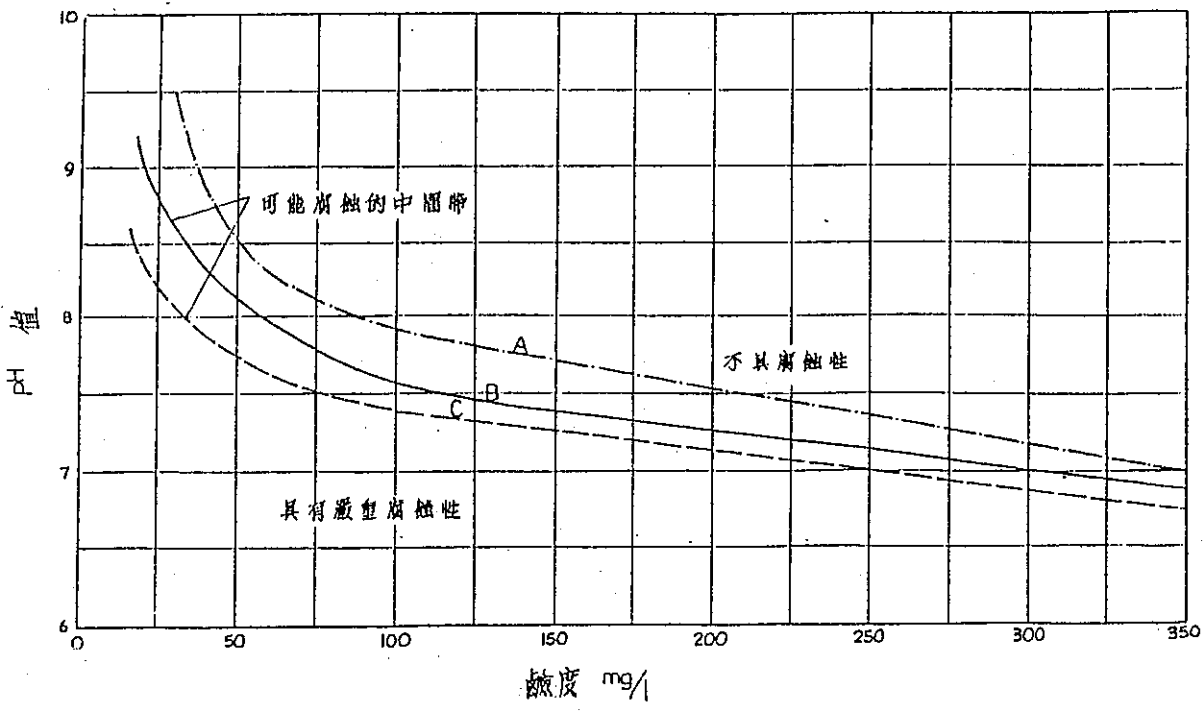


圖 15 鹽度與游離二氧化碳的關係

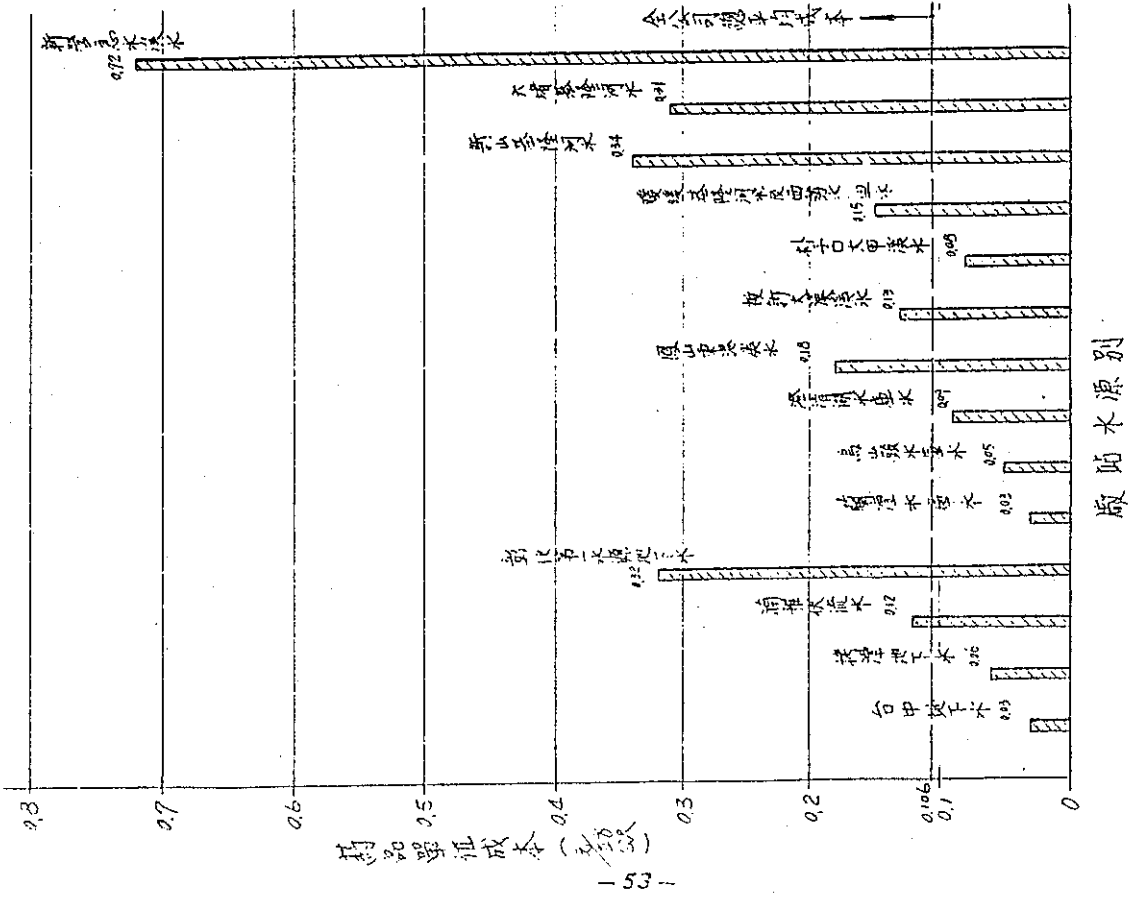
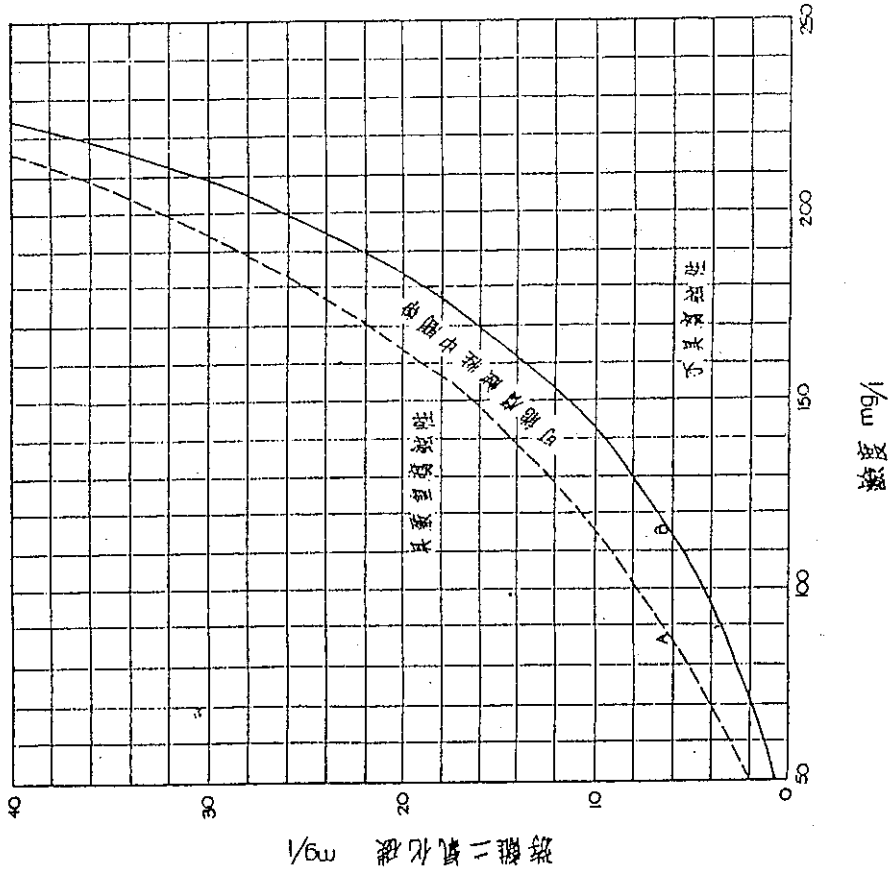


圖 16 本公司七五年度製藥水廠站水原別及產出藥品單價成本

```

10 REM =====
20 REM === Jar Test      G ~ rpm 檢定圖表 ===
30 REM =====
40 CLS
50 KEY OFF
60 LOCATE 3,18:INPUT "(1) Jar Test 檢定圖表 (1)進分 (2)英尺":CHOOSE
70 IF CHOOSE > 2 THEN BEEP:GOTO 50 ELSE 80
80 IF CHOOSE=1 THEN UNITS="進分" ELSE UNITS="英尺"
90 LOCATE 4,18:PRINT "(2) Jar Test 檢定圖表 (":UNITS:") ":INPUT LENGTH
100 LOCATE 5,18:PRINT "(3) Jar Test 檢定圖表 (":UNITS:") ":INPUT WIDE
110 LOCATE 8,28:PRINT "Jar Test      G ~ rpm 檢定圖表":INPUT WIDE
115 LPRINT " Jar Test      G ~ rpm 檢定圖表"
120 LOCATE 9,18:PRINT "=====
130 LOCATE 17,22:PRINT "Wait for a moment ,Please !!"
140 LOCATE 22,18 : PRINT "G - rpm 檢定表之後,請按 'Q' 回 G - rpm 行程
    ET!"
150 LOCATE 17,50 : PRINT " "
160 XM=7
170 DIM X(XM)
180 FOR I=1 TO XM
190 READ X(I)
200 NEXT I
210 YM=20
220 DIM Y(YM)
230 FOR I=1 TO YM
240 Y(I)=I*10
250 NEXT I
260 DIM DAT(XM,YM),U(YM)
270 SIT=66/XM : X(0)=0 : Y(0)=0
280 FOR I=1 TO XM
290 READ DE(I)
300 NEXT I
310 ON CHOOSE GOTO 320,340
320 LENGTH=LENGTH/100 : WIDE=WIDE/100
330 GOTO 350
340 LENGTH=LENGTH*2.54/100 : WIDE=WIDE*2.54/100
350 CD=(.82*LENGTH/WIDE)+1.1
360 AREA=WIDE*LENGTH
370 LHALF=LENGTH/2
380 FOR I=1 TO YM
390 U(I)=(.75*2*3.14159*LHALF*I*10)/60 :U(I)=INT((U(I)+.0005)*1000)/1000
400 FOR J=1 TO XM
410 DAT(J,I)=SQRT((.5*CD*DE(J)+AREA*(U(I)^3))/(X(I)*.981))
420 DAT(J,I)=INT((DAT(J,I)+.0005)*1000)/1000
430 NEXT J
440 NEXT I
450 REM =====
460 REM === Table of Jar Test      G ~ rpm 檢定表 ===
470 REM =====
480 CLS : PRINT CHR$(27);"S0"
490 SCREEN 2
500 YY=26*(YM+1)*14
510 LINE (2,0)-(630,YY),,B
520 LINE (100,26)-(630,26)
530 FOR X=100 TO 630 STEP (530/XM)
540 LINE (X,26)-(X,YY)
550 NEXT X
560 SIT=66/XM
570 FOR I=1 TO XM
580 LOCATE 1,13+SIT*(I-1):PRINT X(I)
590 LOCATE 2,14+SIT*(I-1):PRINT DE(I)
600 LOCATE 3,14+SIT*(I-1):PRINT "G(":I=5:"C)"
610 NEXT I
620 LOCATE 2,2 : PRINT "ρ (kg/m³ )"
630 LOCATE 1,2:PRINT "μ (Ns/m.s)":LOCATE 3,9:PRINT "2"
640 LOCATE 3,2:PRINT "rpm"
650 FOR Y= 54 TO YY STEP 14
660 LINE (2,Y)-(630,Y)
670 NEXT Y
680 FOR I=1 TO YM
690 LOCATE 3+I,2:PRINT I*10 :LOCATE 3+I,7:PRINT U(I)
700 NEXT I
710 LOCATE 6,7:PRINT " "
720 LOCATE 6,8:PRINT ".09"
730 FOR I=1 TO YM
740 FOR J=1 TO XM
750 LOCATE I+3,14+SIT*(J-1):PRINT DAT(J,I)
760 NEXT J
770 NEXT I
780 LINE (2,26)-(100,26):LINE(2,12)-(100,12):LINE(40,26)-(40,40)
790 LINE (100,26)-(630,26):LINE(100,12)-(630,12)
800 LINE (2,9)-(630,YY),,B
810 LINE (100,0)-(100,YY):LINE(40,40)-(40,YY):LINE(2,40)-(630,40)
820 LINE (100,12)-(100,12)
830 FOR X=100 TO 630 STEP (530/XM)
840 LINE (X,0)-(X,YY)
850 NEXT X
860 FOR Y= 54 TO YY STEP 14
870 LINE (2,Y)-(630,Y)
880 NEXT Y

```

```

878 LOCATE 23,2 :PRINT " "
888 AS=INKEY$
898 IF AS="Q" THEN 988 ELSE 888
908 SCREEN 8
918 PRINT CHR$(27);"ad"
928 REM =====
938 REM === Print G - Function ===
948 REM =====
958 LPRINT " G =  $\sqrt{(P/\mu \nabla)}$  " P =  $\frac{1}{2}C_D \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$  "
968 LPRINT " "  $\omega = (2\pi r N/60)(3/4)$  "
978 LPRINT " A = (L*LENGTH)*(W*WIDE) = AREA; m2 ; r = LHALF; m"
988 LPRINT " C_D = 0.02*(L/W) + 1.1 = CD
988 LPRINT :LPRINT
969 LPRINT :LPRINT " "
998 DIM LX(20),LY(7,20)
995 AS=INKEY$
996 IF AS="Q" THEN 1008 ELSE 995
1008 GOSUB 1928 ' === Regression G v.s. rpm ===
1018 REM =====
1028 REM === Plot line of G v.s. rpm ===
1038 REM =====
1048 CLS : PRINT CHR$(27);"SB"
1058 SCREEN 2
1068 CLS
1078 U2=18:U1=1888:W2=1:W1=1888
1088 VIEW (188,38)-(388,285),,1
1098 LX(8)=0 : LY(8,8)=0 : LNU2=LOG(U2)/LOG(18) : LNU1=LOG(U1)/LOG(18)
1108 LNW1=LOG(W1)/LOG(18) : LNW2=LOG(W2)/LOG(18)
1118 FOR I=1 TO 20
1128 FOR J=1 TO 7
1138 LX(I)=LOG(VA(I))/LOG(18) : LY(J,I)=LOG(DRI(J,I))/LOG(18)
1148 NEXT J
1158 NEXT I
1168 WINDOW (LNU2, LNW2)-(LNU1, LNW1) : LINE (LNU2, LNW1)-(LNU1, LNW2),.B
1178 SECTIONX=(LOG(U1/U2)/LOG(18))
1188 FOR J=8 TO SECTIONX-1
1198 FOR I=U2*18^J TO U2*18^(J+1) STEP U2*18^J
1208 LINE (LOG(I)/LOG(18), LNW2)-(LOG(I)/LOG(18), LNW1)
1218 NEXT I
1228 NEXT J
1238 SECTIONY=(LOG(W1/W2)/LOG(18))
1248 FOR J=8 TO SECTIONY
1258 FOR I=W2*18^J TO W2*18^(J+1) STEP W2*18^J
1268 LINE (LNU2, LOG(I)/LOG(18))-(LNU1, LOG(I)/LOG(18))
1278 NEXT I
1288 NEXT J
1298 PRINT
1308 FOR H=1 TO XH
1318 MY=LNU1/1000
1328 FOR GX=LNU2 TO LY(H,20) STEP MY
1338 GY=HH(H,1)+HH(H,2)+GX+LR(3,D+2)*(GX^2)+LR(4,D+2)*(GX^3)+LR(5,D+2)*(GX^4)+
LR(6,D+2)*(GX^5)+LR(7,D+2)*(GX^6)
1348 FX=GX
1358 FY=GY
1368 IF FY) LY(H,20) THEN 1428 ELSE 1398
1378 FY=LNWZ
1388 GOTO 1408
1398 IF FY) LNW1 THEN FY=LNW1
1408 PSET (FX,FY)
1418 NEXT GX
1428 NEXT H
1438 LOCATE 2,23:PRINT "G ~ rpm 的 定 律"
1448 LOCATE 23,28 :PRINT "r.p.m."
1458 LOCATE 8,5:PRINT "G"
1468 LOCATE 9,5:PRINT " "
1478 LOCATE 10,3:PRINT "1/sec"
1488 LOCATE 11,5:PRINT " "
1498 LOCATE 22,11 :PRINT U2
1508 SECTIONX=33/SECTIONX
1518 FOR I=1 TO SECTIONX
1528 LOCATE 22,12+SECTIONX*I:PRINT U2*18^I
1538 NEXT I
1548 SECTIONY=19/SECTIONY
1558 FOR I=0 TO SECTIONY
1568 AAAA=INT(W2*18^(SECTIONY-I)+.885)
1578 LOCATE 3+SECTIONY-I,7:PRINT AAAA
1588 LOCATE 16,7:PRINT " "
1598 LOCATE 15,3:PRINT "18"
1608 NEXT I
1618 LOCATE 21,8:PRINT W2
1628 LOCATE 22,79:PRINT " "
1638 AS=INKEY$
1648 IF AS="Q" THEN 1658 ELSE 1638
1658 REM =====
1668 REM === A given 'rpm' To find the G - Value ===
1678 REM =====
1688 CLS:PRINT CHR$(27);"ad":SCREEN 8
1698 PRINT " G =  $\sqrt{(P/\mu \nabla)}$  " P =  $\frac{1}{2}C_D \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$  "
1708 PRINT " "  $\omega = 2\pi r N/60$  "
1718 PRINT " A = (L*LENGTH)*(W*WIDE) = AREA; m2 ; r = LHALF; m"
1728 PRINT " C_D = 0.02*(L/W) + 1.1 = CD
1738 PRINT "=====
"
1748 LOCATE 6,3 : INPUT "(1) 結束本程式 (2) 查詢 G 值 (3) 輸入另一組 " : CHOOSE
1758 IF CHOOSE > 3 THEN BEEP:GOTO 1748 ELSE 1768
1768 ON CHOOSE GOTO 1888,1788,1778
1778 CLEAR : GOTO 18
1788 LOCATE 6,3 : PRINT "
1798 LOCATE 7,5 : PRINT "查詢 G 值 ....."

```

```

1899 LOCATE 8,7 : INPUT "請輸入溫度 (5°C-95°C) : " DEGREE
1910 LOCATE 9,7 : INPUT "請輸入轉速 (rpm) : " RPM
1920 DEGREE=DEGREE/5
1930 GVALUE=10^(HH(DEGREE,2)+LOG(RPM)/LOG(10)+HH(DEGREE,1))
1940 LOCATE 10,7 : PRINT "溫度為:" DEGREE*5;"°C :轉速為:" RPM;"rpm 之 G 值為:" GVAL
UE;"(1/秒)."
1950 LOCATE 15,3 : INPUT "(1) 常數方程式 (2) 選擇同一 G 值 : " CHOOSE
1960 IF CHOOSE > 2 THEN BEEP:GOTO 1850 ELSE 1870
1870 ON CHOOSE GOTO 1880,1790
1880 END
1890 REM =====
1900 REM === Regression G and rpm function ===
1910 REM =====
1920 LX(0)=0:LY(0,0)=0
1930 FOR I=1 TO MN
1940 FOR J=1 TO XN
1950 LX(I)=LOG(YA(I))/LOG(10):LY(J,I)=LOG(DAT(J,I))/LOG(10)
1960 NEXT J
1970 NEXT I
1980 D=1:M=YN
1990 FOR H=1 TO XN
2000 FOR J=2 TO 2*D+1 : A(J)=0 :NEXT
2010 FOR K=1 TO D+2 : T(K)=0 :NEXT
2020 A(1)=M
2030 FOR I=1 TO M
2040 FOR J=2 TO 2*D+1
2050 A(J)=A(J)+LX(I)^(J-1)
2060 NEXT J
2070 FOR K=1 TO D+1
2080 LR(K,D+2)=T(K)+LY(H,1)*(LX(I)^(K-1))
2090 T(K)=T(K)+LY(H,1)*(LX(I)^(K-1))
2100 NEXT K
2110 T(D+2)=T(D+2)+LY(H,1)^2
2120 NEXT I
2130 FOR J=1 TO D+1
2140 FOR K=1 TO D+1
2150 LR(J,K)=A(J+K-1)
2160 NEXT K
2170 NEXT J
2180 FOR J=1 TO D+1
2190 FOR K=J TO D+1
2200 IF LR(K,J) <> 0 THEN 2240
2210 NEXT K
2220 PRINT "***** No unique solution *****"
2230 GOTO 10
2240 FOR I=1 TO D+2
2250 S=LR(J,I)
2260 LR(J,I)=LR(K,I)
2270 LR(K,I)=S
2280 NEXT I
2290 Z=1/LR(J,J)
2300 FOR I=1 TO D+2
2310 LR(J,I)=Z*LR(J,I)
2320 NEXT I
2330 FOR K=1 TO D+1
2340 IF K=J THEN 2390
2350 Z=-LR(K,J)
2360 FOR I=1 TO D+2
2370 LR(K,I)=LR(K,I) + Z*LR(J,I)
2380 NEXT I
2390 NEXT K
2400 NEXT J : MD=0
2410 LOCATE 6,1:PRINT "-----"
2420 LOCATE 8,2:PRINT " 常 數 項 (Constant) = ";LR(1,D+2)
2430 HH(H,1)=LR(1,D+2)
2440 J=1
2450 PRINT J:" 階 係 數 (Degree coefficient) = ";LR(J+1,J+2)
2460 C(J)=LR(J+1,J+2)
2470 HH(H,2)=LR(J+1,J+2)
2480 PRINT
2490 LPRINT TAB(21);"I(";HH(H,2);") (log(rpm));";HH(H,1);")"
2500 LPRINT "(:;H;");H=5;"°C : G = 1 0"
2510 PRINT
2520 P=0
2530 FOR J=2 TO D+1
2540 P=P+LR(J,D+2)*(T(J)-A(J))*I(1)/N
2550 NEXT J
2560 Q=T(D+2)-I(1)^2/N
2570 Z=Q-P
2580 I=M-D-1
2590 LF=P/Q
2600 PRINT " 決定係數 (Coefficient of determination (R^2)) = ";LF
2610 LPRINT " 相關係數 (Correlation coefficient (R)) = ";SQR(LF)
2615 LPRINT " 斜 率 (Slope) = ";HH(H,2)
2617 LPRINT
2620 PRINT :IF SQR(LF)<.6 THEN PRINT "(因為 R 值小於 0.6, 方程式為近
相離方程式。)" ELSE 2630
2630 IF H=7 THEN 2660 ELSE 2640
2640 LOCATE 22,18 : PRINT " 請按 'O' 至 : (H+1)*5;"°C G - rpm 方程式"
2650 GOTO 2670
2660 LOCATE 22,18 : PRINT " 請按 'O' 至 G - rpm 決定圖 "
2670 AS=INKEY$
2680 IF AS= "0" THEN 2690 ELSE 2670
2690 NEXT H
2700 RETURN
2710 REM =====
2720 REM === DATA of Dynamic Viscosity ===
2730 REM =====

```