

污染監測與整治結果之統計判釋方法

李清華* 楊金鐘** 王興濬***

摘要

污染防治的工作重點一般包括污染監測與污染整治兩大項，而污染監測與污染整治，常須依調查區之性質(如土壤、地下水或空氣)，選擇適當取樣及分析方法，來分析樣品中污染物之含量，以判斷調查區是否被污染或污染整治效果是否良好。然而因為伴隨取樣及分析過程所衍生之誤差，使得依據這些分析數據所作出的判釋結果其可信度令人懷疑，而使用統計考驗方法 (statistical testing method) 可使調查者對污染監測與整治分析結果之判釋具有一定之信賴度 (confidence level)，本文乃針對下述三種常見狀況，分別介紹其適合之統計考驗方法。

1. 比較可疑污染區與未受污染區樣品之分析結果以決定調查區是否被污染，或者比較同一調查區在不同時間之分析結果，以決定目前是否被污染。
2. 將調查區樣品之污染物含量分析結果與法規中污染物濃度之最高允許值比較，以決定調查區是否被污染或是否具危害性。
3. 比較兩種不同整治技術處理後之分析結果，以決定何種整治技術之效果較佳。

一、前言

污染監測意即針對調查區以適當之取樣工具及方法，採取具代表性之樣品，然後以適當之物理或化學方法，分析樣品中所含污染物之濃度，而調查區是否被污染之判斷，通常是將調查區樣品與未受污染區樣品(背景樣品)中某特定污染物濃度之分析結果作一比較，或者將調查區樣品經分析所得之污染物濃度與法規中所定之最高允許值作一比較，亦即，如果調查區所採樣品中污染物之含量高於背景樣品中之含量或高於法規所定之

*工業技術研究院能源與資源研究所研究員

**工業技術研究院能源與資源研究所研究員

***工業技術研究院能源與資源研究所研究員

最高允許值，則調查者可判定調查區已被污染或具危害性。另外當確定調查區被污染後，則應選擇適當之整治技術予以清理，而適當技術之評估，則有賴於比較污染樣品經不同整治技術處理後，其污染物含量之分析結果，亦即所處理樣品中污染物濃度愈低者，則為愈佳之整治技術。

以上不論是污染監測或污染整治之結果判釋，均牽涉到取樣及分析工作。但眾所週知的，由於人為因素、儀器本身等問題，常會使取樣及分析工作產生誤差，因此，當兩分析結果間之差異並不很明確時，調查者如根據這些分析結果則很可能會作出不正確的結論（亦即，調查區是否被污染，是否具危害性及何種整治技術較佳），例如，某調查區內之監測井中測有32 ppb之苯(Benzene)，另背景水井中測有18 ppb之苯，雖然監測井之苯含量大於背景水井之苯含量，但是否能就此斷定調查區已被苯所污染，仍然存疑，因為這個差異也可能是由取樣及分析誤差所造成的，而並非兩井間苯含量有何真正的差異。如要剔除由取樣及分析所造成的誤差，以使調查判釋結果具一定之信賴度，使用統計考驗方法是一可行的辦法，本文中將根據不同狀況分別介紹其適用之統計方法來達成上述目的。

二、統計考驗方法

當尚未開始調查某一未知狀況前，調查者可依據其本身之智慧與經驗，對未知狀況先作一個合理假設，然後進行實際調查工作，以考驗此假設之真實性程度。這種假設稱為科學假設，如果把敘述性的科學假設，用數學或統計學上專門用語加以表達，並對未知狀況的性質做相關陳述，這便是統計假設。而以統計學上的特殊方法來考驗所作統計假設之真實性即為統計考驗。污染監測與整治上常用之統計考驗方法有student's 考驗（簡稱t 考驗）及F 考驗。t 考驗為兩個平均數(average) 的差異顯著性考驗，而F 考驗為兩個變異數(variance) 的差異顯著性考驗⁽¹⁾。

經由統計假設考驗，不論是接受或拒絕原始假說，不論作決定說原始假說是真或是假，均不能「證明」它是對或是錯。因為不論作任何判斷，都還是有犯錯的可能，只是所犯錯誤機率之大小不同而已。當依統計考驗方法無法拒絕原始假說時，並不表示原始假說為真，並且也不能證明相反的假說為假，只能說原始假說為真的可能性更大罷了。當分析者拒絕原始假說，而實際上原始假說是正確的，此時所犯的錯誤為第一類型誤差(type I error)，通常犯第一類型的機率是以 α 表示， α 又稱顯著水準(level of significance)。

當分析者接受原始假說，而實際上原始假說是不正確的，此時所犯的錯誤稱為第二類型誤差(type II error)，通常，犯第二類型誤差的機率以 β 表示之。

使用統計考驗方法之最主要目的是希望在有限經費下，完成具相當可信度的調查結果，並且不要花費超過真正需要的經費。

三、比較兩調查區之調查結果是否有顯著差異

在污染監測上常須比較兩不同區之污染物分析結果以作為判斷某調查區是否被污染之依據。污染監測工作通常包括：1. 在污染場址四周設置監測站。2. 從監測站中採取樣品。3. 分析樣品中某特定污染物之含量。4. 比較分析結果以決定污染範圍之大小。以地下水而言，一般的作法是將污染源上游或不在污染範圍內之背景水井的監測結果與污染源下游監測井的監測結果作一比較，或者將監測井目前的監測結果與以前的結果作一比較，以決定污染情形，及是否需要何種整治措施。

一般此類型污染監測結果判釋之統計考驗方法以t-test方法最為常用，現以地下水污染監測為例來介紹 t-test 之應用⁽²⁾。

t-test的第一步是做一個假說(hypothesis)，假設井A與井B中的地下水其性質是相同的，或者假設井A與井B中的地下水其性質是不一樣的。為了方便以後的解說工作，在此假設井A中的地下水與井B中的地下水其性質是相同。第二步則從井A及井B中採取地下水樣品，並分析水中欲測污染物之濃度，並根據下列公式計算 t_s 值：

$$t_s = \frac{|\bar{X}_b - \bar{X}_a|}{[(S_a^2/N_a) + (S_b^2/N_b)]^{1/2}} \quad (1)$$

其中， \bar{X}_a = 井A地下水樣品所含污染物之平均濃度

\bar{X}_b = 井B地下水樣品所含污染物之平均濃度

S_a^2 = 井A水中污染物測值之變異數

S_b^2 = 井B水中污染物測值之變異數

N_a = 井A所採地下水之樣品數

N_b = 井B所採地下水之樣品數

另從表1⁽¹⁾中，根據井A樣品之自由度 (degree of freedom, $d_f = N_a - 1$) 與B樣品之自由度($d_f = N_b - 1$)及所選擇的顯著水準(α)，分別查出井A之 t_a 值與井B之 t_b 值，通常顯著水準是採用 5% 或 1%，也就是相當於具有 95% 或 99% 的信賴度。然後根據 Cochran 所發展出來的方法以下列公式計算 t_c 值⁽¹⁾：

$$t_c = \frac{[(S_a^2/N_a)t_a] + [(S_b^2/N_b)t_b]}{(S_a^2/N_a) + (S_b^2/N_b)} \quad (2)$$

再將公式(1)所計算出的 t_s 值與公式(2)所計算出的 t_c 值作一比較，如果 t_s 值小於 t_c 值，則應接受原始的假說，即井A之地下水與井B之地下水其性質是相同的（亦即，兩者所含污染物之濃度並無顯著差異），若 t_s 值大於或等於 t_c 值，則應拒絕原始的假說，即井A與井B中地下水其性質並不相同。

表1 Student's t 值⁽¹⁾

t 自由度, d_f	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
1	3.078	6.314	12.706	63.657
2	1.886	2.920	4.303	9.925
3	1.638	2.353	3.182	5.841
4	1.533	2.132	2.776	4.603
5	1.476	2.015	2.571	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.707
7	1.415	1.895	2.365	3.499
8	1.397	1.860	2.306	3.355
9	1.385	1.833	2.262	3.250
10	1.372	1.812	2.278	3.169
15	1.341	1.753	2.131	2.947
20	1.325	1.725	2.086	2.845
25	1.316	1.708	2.060	2.787
30	1.310	1.697	2.042	2.750
60	1.296	1.671	2.000	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.617
∞	1.282	1.645	1.960	2.576

註: t 為雙側考驗 (two-tail test) 之值；

0.2雙側考驗之t值 = 0.1 單側考驗之t值。

現以一假想例子來介紹 t-test的計算過程⁽²⁾:

例1：

假設狀況：從井A中(背景水井)採取四個地下水樣品，其苯之量測濃度分別為23, 48, 53及36 ppb，另從井B監測水井中亦採取四個地下水樣品，其苯之量測濃度分別為83, 41, 35及61 ppb。

$$\Sigma X_a = 23 + 48 + 53 + 36 = 160$$

$$\Sigma X_a^2 = (23)^2 + (48)^2 + (53)^2 + (36)^2 = 6,938$$

$$\Sigma X_b = 83 + 41 + 35 + 61 = 220$$

$$\Sigma X_b^2 = (83)^2 + (41)^2 + (35)^2 + (61)^2 = 13,516$$

$$N_a = N_b = 4$$

$$S_a^2 = \frac{\sum X_a^2 - [(\sum X_a)^2 / N_a]}{N_a - 1} = \frac{6,938 - [(160)^2 / 4]}{4 - 1} = 179.3$$

$$\bar{X}_a = \sum X_a / N_a = 40$$

$$S_b^2 = \frac{\sum X_b^2 - [(\sum X_b)^2 / N_b]}{N_b - 1} = \frac{13,516 - [(220)^2 / 4]}{4 - 1} = 472$$

$$\bar{X}_b = \sum X_b / N_b = 55$$

建立假說：井 A 中苯濃度與井 B 中苯濃度是相同的，且此假說具有 95% 的信賴度（即 5% 顯著水準）。

由公式(1)

$$t_s = \frac{|55 - 40|}{[(179.3/4) + (472/4)]^{1/2}} = 1.176$$

$$\text{井 A 樣品之自由度} = N_a - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{井 B 樣品之自由度} = N_b - 1 = 4 - 1 = 3$$

由表 1，當顯著水準 = 0.05 及井 A 之自由度與井 B 之自由度分別查得
 $t_a = 3.182$, $t_b = 3.182$ ，因此根據公式(2)

$$t_c = \frac{[(179.3/4) \times 3.182] + [(472/4) \times 3.182]}{(179.3/4) + (472/4)} = 3.182$$

因為 $t_s = 1.176$ 小於 $t_c = 3.182$ ，故可以做一結論：即井 A 與井 B 地下水中苯之含量並無明顯差異，且此結論具有 95% 之信賴度。上例中，井 A 為背景水井，而井 B 為污染場址上之監測井，如分析者不做 t-test 僅比較兩井地下水中苯之平均值，則會導致錯誤結論：即井 B 之地下水被苯所污染，因井 B 之平均苯含量 (55 ppb) 大於井 A 之平均苯含量 (40 ppb)。但經由統計方法 (t-test) 考驗後獲得一個具有 95% 信賴度的結論：即井 A 與井 B 地下水苯含量並無顯著不同，亦即井 B 之地下水未被苯所污染。由上可知，經由 t-test 的統計分析可使分析者在一定的信賴度下做出井 A 與井 B 地下水其性質是否相同或不同的結論。

在前面的例子中，雖然說井 A 與井 B 之地下水性質並無顯著不同，但也許因為樣品數太少，以致井 A 與井 B 之差異性並不顯著，如此就可能犯了第二類型的錯誤。 β 本身與樣品數及變異數有關。至於 t_s , t_c , α 及 β 間的關係則綜合歸納於表 2 中。由於統計考驗結果之準確性與樣品數目成正比關係，但是增加樣品數目將會增加調查費用，故如何在調查經費與調查結果準確性間取得平衡，是一個十分重要的課題，但因篇幅所限，將不在本文中討論，讀者如有興趣，請參閱參考文獻⁽²⁾。

表 2 統計考驗結果與附隨之錯誤類型

t 值	結 論	實際情形	決 定	錯誤類型	錯誤機率
$ts < tc$	$A = B$	$A = B$	正 確	無	-
$ts \geq tc$	$A \neq B$	$A = B$	錯 誤	第一類型	α
$ts < tc$	$A = B$	$A \neq B$	錯 誤	第二類型	β
$ts \geq tc$	$A \neq B$	$A \neq B$	正 確	無	-

原始假說：井 A 與井 B 中污染物之平均濃度是相同的

四、比較某調查區之污染物含量是否超過法定允許值

通常有害廢棄物的判定是依據廢棄物中某些特定化學污染物，其含量或溶出量是否超過法定允許值(RT, regulatory threshold)，目前國內有關有害事業廢棄物之判定請參閱參考文獻⁽⁸⁾⁽⁹⁾。現以下列例子來介紹如何以統計考驗方法來作如此判定⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

例 2：

假設狀況：某廠之污水池其沈澱污泥中含有鉻污染物，又假設根據法規，其TCLP試驗之法定允許值(RT)為100ppm，另先前由四個舊污泥樣品之TCLP萃取液所量得的鉻離子濃度分別為86, 90, 98及104 ppm。

建立假說：污泥中之鉻溶出並未超出法定允許值，且此假說具有80%的信賴度（即20%的顯著水準）。

計算步驟及結果：

(1) 從舊有資料計算鉻濃度平均值(\bar{X})及變異數(S^2)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{86+90+98+104}{4} = 94.5 \quad (3)$$

N=樣品數

$$S^2 = \frac{\sum X^2 - (\sum X)^2/N}{N-1} = \frac{35,916 - 35,721}{4-1} = 65 \quad (4)$$

(2) 由預估之 \bar{X} , S^2 , 及從表 1 中所查出之t值($d_f = 3$, $\alpha = 0.2$)，以下列方式計算出適當之樣品數(N_1)

$$N_1 = \frac{t^2 S^2}{\Delta^2} = \frac{(1.638)^2 (65)}{(100-94.5)^2} = 5.77 = 6 \quad (5)$$

$$\Delta = RT - \bar{X}$$

(3) 由上可知計算出適當的樣品數(N_1)應為6個，但是為了保險起見，多取3個額外樣品，且應妥善保管以備將來不時之須。

(4) 假設六個污泥樣品經TCLP 試驗後其萃取液中的鉻離子濃度分別為89, 90, 87, 96, 93 及 113 ppm。

(5)以最新獲得的TCLP分析數據重新計算 \bar{x} , S^2 , S 及 S_x 值。

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{N_1} = \frac{89+90+87+96+93+113}{6} = 94.67$$

$$S^2 = \frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / N_1}{N_1 - 1} = \frac{54,224.00 - 53,770.67}{6 - 1} = 90.67$$

$$S = \sqrt{S^2} = 9.52 \dots \quad (6)$$

$$S_x = S/\sqrt{N_1} = 9.52\sqrt{6} = 3.89 \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

(6)以下列公式計算信賴區間 (CI,confidence interval)

$$CI = \bar{x} \pm t \cdot s_x = 94.67 \pm (1.476)(3.89) = 94.67 \pm 5.74 \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

由上可知信賴區間的上限值(100.41)超過法定允許值(BT=100)

因此可將此廢棄物暫定為有害事業廢棄物。

(7) 重新估算適當的樣品數 (N_2)

$$N_2 = \frac{t^2 \cdot S^2}{\Delta^2} = \frac{(1.476)^2 (90.67)}{(100-94.67)^2} = 6.95 = 7 \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

由上可知至少須多取一個額外的樣品。

(8)因已有3個多餘的樣品，故直接從其TCLP萃取液分析B_a離子濃度，其結果為93, 90及91ppm。加上先前的6個樣品，可重新計算 \bar{X} , S^2 , S , $S_{\bar{X}}$ 及CI值。

$$\bar{x} = \frac{89+90+\dots+91}{9} = 93.56$$

$$S^2 = \frac{79,254.00 - 78,773.78}{9-1} = 60.03$$

$$S = \sqrt{S^2} = 7.75$$

$$S_x = S/\sqrt{N} = 7.75/\sqrt{9} = 2.58$$

$$CI = \bar{x} \pm t \cdot s_x = 93.56 \pm (1.397)(2.58) \\ = 93.56 \pm 3.60$$

由上可知新求出的CI上限值(97.16 ppm)小於法定允許值(100 ppm)，因此可斷定此污泥並不因含銀而成為有害事業廢棄物。

(9)如果重新計算出之 N_2 值太大，以致應採之額外樣品($N_2 - N_1$)數目過多，使取樣工作無法完成，則應終止判斷工作，且將此調查區判為污染區或有害廢棄物。反之，如 N_2 值並不離譖，則採取 $N_2 - N_1$ 個樣品，然後重覆步驟(3)~(8)，直到廢棄物被判為無害，或者直到額外的樣品數($N_2 - N_1$)太大，以致採樣分析工作變為不可行為止，亦即此廢棄物將被判為有害。

雖然本例中， t 值係依 80% 信賴度(亦即 $\alpha = 0.2$) 所查得之值，但此例屬單側考驗(因本例只須考驗信賴區間CI之上限值是否小於RT值即可)，故犯第一類錯誤之機率僅有 10% 而非 20%，所以本例所得之結論(亦即污泥所含之鉻溶出量並未超出法定允許值)應具有 90% 之信賴度。

五、比較兩不同整治技術及何者效果較佳

對已被證實污染地區，應採取適當整治技術予以清理，但有時也許有不止一種技術適合此污染區，因此調查者通常想區分經不同整治技術處理後之結果是否有顯著差異，以便從中選擇最佳的整治技術。現行美國 EPA是以變異數分析 (analysis of variance, ANOVA) 之統計方法來決定何者為最佳整治技術，亦即經處理後之樣品，何者所含污染物之量最少，茲將以下述例子來介紹 ANOVA 法⁽¹²⁾：

例 3：

假設狀況：某廠排出之廢水含有三氯乙烯 (trichloroethylene)，現以蒸氣去除法 (steam stripping) 及生物處理法 (biological treatment) 兩種不同整治技術予以處理，其處理前及處理後三氯乙烯之含量如表 3。

建立假說：經蒸氣去除法與生物處理法處理後，兩者所得之整治效果並無不同。

計算過程及結果：

(1) 將所有數據轉換成自然對數值 (如表 3)

表 3 變異數分析 (ANOVA) 法之計算表⁽¹²⁾

三氯乙 煙 濃 度 ($\mu\text{g/l}$)							
A : 蒸氣去除法				B : 生物處理法			
處理前	處理後 (X_a)	$\ln(x_a)$	$[\ln(x_a)]^2$	處理前	處理後 (X_b)	$\ln(x_b)$	$[\ln(x_b)]^2$
7200	80	4.38	19.18	9206	1083	6.99	48.86
6500	70	4.25	18.06	16646	709	6.56	43.03
6075	35	3.56	12.67	49775	460	6.13	37.58
3040	10	2.30	5.29	14731	142	4.96	24.60
				6756	153	5.03	25.30
				3040	17	2.83	8.01
				3159	603	6.40	40.96
總 和		$T_a=14.49$	$Q_a=55.20$	總 和		$T_b=38.90$	$Q_b=228.34$
數據點數	$n_a=4$			數據點數	$n_b=7$		
平均值	$\bar{x}_a=49$			平均值	$\bar{x}_b=452.5$		

(2) 分別將每一技術之所有自然對數值相加求得總和T

$$T = \sum \ln X$$

(3) 以下列公式計算 SSB 值 (sum of squares between data sets) 及SSW值 (sum of squares within data sets)

$$SSB = \frac{T_a^2}{n_a} + \frac{T_b^2}{n_b} - \left[\frac{(T_a+T_b)^2}{N} \right] \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

$$T_a = \sum \ln(X_a), T_b = \sum \ln(X_b), N = n_a + n_b$$

n_a, n_b : 分別為 A 技術與 B 技術所有數據點之數目 (如表 3)

$$SSW = Q_a + Q_b - \left[\frac{T_a^2}{n_a} + \frac{T_b^2}{n_b} \right] \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

$$Q_a = \sum [\ln(X_a)]^2, Q_b = \sum [\ln(X_b)]^2$$

由表 3 得知 $n_a = 4, n_b = 7, N = 11, T_a = 14.49, T_b = 38.90$

$$Q_a = 55.20, Q_b = 228.34$$

由公式 10

$$SSB = \frac{(14.49)^2}{4} + \frac{(38.90)^2}{7} - \left[\frac{(14.49+38.90)^2}{4+7} \right] = 9.52$$

由公式 11

$$SSW = (55.20 + 228.34) - \left[\frac{(14.49)^2}{4} + \frac{(38.90)^2}{7} \right] = 14.88$$

(4) 以下列公式計算 F_c 值

$$MSW = \frac{SSW}{(N-2)} \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

$$F_c = \frac{SSB}{MSW} \quad \dots \dots \dots \quad (13)$$

由公式 12

$$MSW = \frac{14.88}{(11-2)} = 1.65$$

由公式 13

$$F_c = \frac{9.52}{1.65} = 5.77$$

(5) 另外，從 F 考驗表中 (如表 4) 查出當顯著水準為 0.05 時， $F_t = 5.12$ 。

表4 F 分配的自由度與百分點⁽¹⁾

F_t $df=N-2$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.025$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.005$
1	161.4	647.8	4952.0	16211.0
2	18.51	38.51	98.50	198.5
3	10.13	17.44	34.12	55.55
4	7.71	12.22	21.20	31.33
5	6.61	10.01	16.26	22.78
6	5.99	8.81	13.75	18.63
7	5.59	8.07	12.25	16.24
8	5.32	7.57	11.26	14.60
9	5.12	7.21	10.56	13.61
10	4.96	6.94	10.04	12.83
11	4.84	6.72	9.65	12.23
12	4.75	6.55	9.33	11.75
13	4.67	6.41	9.07	11.37
14	4.60	6.30	8.86	11.06
15	4.54	6.20	8.68	10.80
16	4.49	6.12	8.53	10.58
17	4.45	6.04	8.40	10.38
18	4.41	5.98	8.29	10.22
19	4.38	5.92	8.18	10.07
20	4.35	5.87	8.10	9.94
21	4.32	5.83	8.02	9.83
22	4.30	5.79	7.95	9.73
23	4.28	5.75	7.88	9.63
24	4.26	5.72	7.82	9.55
25	4.24	5.69	7.77	9.48
26	4.23	5.66	7.72	9.41
27	4.21	5.63	7.68	9.34
28	4.20	5.61	7.64	9.28
29	4.18	5.59	7.60	9.23

表4 F分配的自由度與百分點(續)

F_t $d_f=N-2$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.025$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.005$
30	4.17	5.57	7.56	9.18
40	4.08	5.42	7.31	8.83
60	4.00	5.29	7.08	8.49
120	3.92	5.15	6.85	8.18
∞	3.84	5.02	6.63	7.88

(6)比較 F_t 及 F_c 值。如果 F_c 值小於 F_t 值，則表示經兩技術處理後之結果並無顯著不同。

如果 F_c 值大於 F_t 值，則表示兩技術處理後之結果的確有差異，此時污染物濃度平均值低者則為較佳之處理技術。

由本例計算結果得知 F_c (5.77)大於 F_t (5.12)，故可得一結論，兩技術處理效果的確不同，又由表3得知 \bar{X}_a ($49 \mu g/1$)小於 \bar{X}_b ($452.5 \mu g/1$)，故可推論A技術(即蒸氣去除法)比B技術(即生物處理法)有較佳的處理效果，且此一結論具有95%之信賴度。

六、結論

污染監測與整治工作主要是以各種物理化學方法來採取樣品及分析其中可疑污染物之含量，並依據分析結果，作為污染情形判斷之依據。然而由於採樣及分析誤差的存在，使得此判斷工作之準確性不確定，但是如果根據不同的情況，採用適當之統計考驗方法，將可使污染監測與整治結果所得之結論具有一定之信賴度，如此這些結論也才具有一定之意義。

七、參考文獻

- (1)林清山，心理與教育統計學，15版，東華書局印行，第229~231頁，民國78年。
- (2)李清華，楊金鐘，李哲元，地下水污染監測結果之統計判釋方法，工研院能資所。
- (3)Bone, L.I., Developing Guides for Sampling and Analysis of Groundwater., Hazardous and Industrial Solid Waste Testing and Disposal, Sixth Volume, ASTM Special Technical Publication 933, pp.337~342, 1986.
- (4)Cook, S.L., Groundwater Monitoring at Hazardous-waste Facilities, Chemical Engineering, pp.63~69, October 13, 1986.

- (5)U.S.EPA, Regulations for Owners and Operators of Permitted Hazardous-Waste Facilities,40 CFR 264, as Amended 1988.
- (6)Grossman, M. A., Goodwin, B.A., and Brenner, P.M. Statistical Analysis of Trace Metal Concentrations in Soils at Selected Land Treatment Sites, Proc. of the Seventh Annual Research Symposium on Land Disposal:Hazardous Waste. EPA-600/9/81-0026, March 1981.
- (7)Standard Guide for Sampling Groundwater Monitoring Wells,ASTM D4448-85a.
- (8)有害事業廢棄物認定標準，行政院衛生署環字第661276號公告，民國76年5月12日。
- (9)行政院(78)環署廢字第24233 號公告，民國78年8月8日。
- (10)Test Methods For Evaluating Solid Waste-Physical/Chemical Methods , U.S. Environmental Protection Agency, April 1984.
- (11)李清華,灰渣、污泥資源化計畫之取樣工作報告,工研院能資所,民國78年11月28日。
- (12)Best Demonstrated Available Technology(BDAT): Background Document for K071 , U.S. EPA/550-SW-88-031F, Aug. 1988.