

The applications of leak sound correlativity in leak surveys

王炳鑫* 撰

摘要：本文探討之主要目的，在於利用漏水音相關性原理及有關儀器，諸如：日本富士相關式漏水探知裝置LC-1000型及日本日昌相關式漏水發現裝置JEK-42B型等對地下漏水之調查，冀求開發新的檢漏技術，提昇現場作業能率，並嘗試建立新式尖端儀器引進應用上之可行模式，俾提供今後檢漏作業推展之參考，期能降低現場作業成本，並增進檢漏同仁現場檢測技術能力，是所企盼。

一、前言：

在地下漏水調查方法一系列的研究中，經過歷年來實務上的探討和應用，使我們深刻的體會到，地下漏水的調查，其方法雖多，但要求一有效且準確性高之方法，到目前為止，可以說尚在摸索的階段，詳情請參考附表一本處各類漏水檢出方法適用性調查表，分析其主要原因，還是由於引起地下漏水調查上最大之技術瓶頸乃在於檢測時無法完全消除干擾原因，以及其漏水音頻發生的複雜性，在波動學上的探討迄今尚未達到可以立即判明的階段，這當然是由於地下漏水的發生往往牽涉到極為廣泛的內外因素，尤其漏水地點地層構造的複雜以及外界諸多的干擾，以致加深了地下漏水調查上的困難。

本案研究之主題，除了欲求降低作業成本，節省調查的時間和人力外，更重要的是想藉此提高調查上的精確度為依歸，希望藉由直接對管體偵測所獲數據，導入理論上相關式程式，能在不被周圍土壤或干擾原影響之下，瞬間偵知正確漏水地點之可行性探討，更由於現行的調查方法，諸如止水栓聽音檢查，管線聽音檢查，不明流水檢查，笑氣追蹤法……等等皆因主、客觀因素之影響，使操作上適確性和可靠度皆有若干瑕疵，致產生無從精確證實的弊端，筆者從事漏水調查工作多年，亦曾對上述諸多方法進行現場實務上之研究探討分析，其結論一致顯示出最主要之癥結乃與漏水地點周圍外在環境之干擾因素有著極為密切的關係存在，而上述干擾因素又無法由偵測者予以事先確實掌握，僅能以經驗去加以臆測，故其在地下漏水調查技術上，即形成一障礙無法突破。因此筆者咸認為利用漏水音相關性調查法，來正確的計算地下漏水發生地點，若能再配合上述諸方法之對照，方能獲得消除地下漏水發生干擾的潛在因素，並取得正確情報，俾提供今後檢修漏作業上之參考。

二、漏水音相關性在檢漏上之應用：

(一)緒論：英國、法國、日本等自來水先進國家，於二十多年前即針對漏水音相關性技術上運用層面，從事多方面的研究和開發迨至今日已有突飛猛進的成果，其中英國自來水研究所(Water Researchcenter W. R. C.)首度於西元1976年結合現代電子科技，完成了一部實用性的「相關性漏水探知機」，嗣後各國亦陸續研究開發出更精進類型的儀器公開上市推廣，目前世界上已有很多國家先後引進上述儀器進行檢漏作業，而國內亦於民國七十三年間開始引進該技術，本公司於民國七十四年正式購置兩部分別配撥一區和七區使用。目前雖已引進上述精密儀器供現場實務操作，惟在此尖端儀器引進過程中，針對操作技術層面和自來水漏水防止實質效益上是否應有一充分探討的必要？則

*臺灣省自來水公司 第八區管理處 檢修隊隊長

問題答案應是肯定的。諸如針對現階段各供水系統其地域性、規模別、經營成本和條件皆各異其趣，不盡相同的狀況下，就其操作問題，檢出性能問題，人力運用經濟效益分析，和儀器本身性能優劣之探討……等等問題，其各層面上的適應性和效果探討，實為刻不容緩之課題。本處有幸，承蒙一區和七區同意支援上述儀器供現場作業，乃有機會初步對此問題，予以涉獵，並提出數端膚淺建言，供諸先進同仁參考，並冀能收拋磚引玉之效，使此新穎技術能更趨實用和普遍。

(二)原理概述：

吾人皆知目前使用的漏水探知儀器，絕大部份仍以「聽音法」為主，亦即經由捕音器 (Pick up) 或感知器 (Sensor) 將漏水音在地層的傳播由地表面加以檢測，並以漏水音感度最大之點為判定漏水點之依據，此法堪稱簡便，惟此種方法有必要根據熟練操作者的經驗和感覺，而且又限於夜晚雜音少的時間來檢測，效果方能顯示，此種對操作者的經驗依賴度過高，且儀器本身功能，易受到外界複雜因素之干擾，致影響檢測之可靠度和精密性，是惟一遺憾和待突破之瓶頸。

有鑑於此，故漏水音相關性儀器，其檢測方法則和上述不同，如圖一所示，係把管線上的附屬物如消火栓、制水閥、止水栓、水表等做為檢測點，在管線上任意相鄰兩點分別安裝上振動感知器，以便從漏水點檢出所發生的漏水振動音，再將到達各感知器的漏水音，就兩點的傳達時間差，以相關方式予以正確地測定；然後從兩個感知器之間的距離和聲音的傳達速度，以內藏電腦來計算漏水位置。

圖一中，A、B兩點為測點，假設B點距管線漏水點為L公尺，當漏水點發振出聲音後，即向左右兩端以同樣的速度傳達出去，當漏水音到達B測點時，另一方向之漏水音理論上也應該到達同距離之C點，而此方向之漏水音若欲傳達到A測點時，尚有段距離即C點至A點之距離，則A、B兩測點在接收漏水音訊號上，即產生在距離上的時間延差 (Time Delay T_d)，而此時間差即可運用遲延回路之功能來加以截取兩測點接收訊號後所產生之漏水音波形之間的相關程度，加以比較分析，然後再透過本體內電腦予以計算而得，請詳附圖二所示；理論上 $f \times y(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \int_0^N \times(t) Y(t + \tau) dt$ ，其中 $\tau = T_d = N$ 距離之耗時 = 兩測點之音波傳遞時間差。 $\Delta \tau =$ 各波峰之峰點。 $\Delta = 100 \mu s$ 。吾人由上述公式可知，當 T_d 求得後，乘上管路漏水音傳達速度 (V)，即能由此計算出該段差距 (N)，所以 $N = V \times T_d$ ，那麼漏水點距基點 (B 測點) 的距離 $L = \frac{D - (V \times T_d)}{2} = \frac{D - N}{2}$ 。

(三)實驗儀器和探討內容：

1. 實驗儀器：

(1) 富士 LC-1000 型相關式漏水探知器 (向本公司第七區檢修隊調借)

(A) 構成：(a) 本體 (leak Noise correlater) 一台

(b) 增幅放大器 (charge amplifier) 二部

(c) 加速度型捕音器 (acceleration pick up) 二只

(d) 電纜輪座 150 公尺 (Cable reels) 二卷

(B) 規格：(a) 本體體積：200 % H × 320 % W × 480 % D

- (b)本體重量：15 kg
 - (c)電源：10 ~ 15 V D C × 6.5 A
 - (d)頻率範圍：250 H z ~ 5 K H z
 - (e)延遲範圍：第一段 0.853 ~ 5.120 ms
第二段 5.120 ~ 30.72 ms
第三段 30.72 ~ 184.32 ms
 - (f)無線受訊頻率：V H F 頻帶
 - (g)相關方式：極性相關
 - (h)電波記憶點數：8192 點
 - (i)平均化處理：1 ~ 99 回
 - (j)捕音器電壓感度：1.0 V / g 以上 (400 H z)
- (2)日昌 J E K - 42 B 相關式漏水發現裝置 (向本公司第一區檢修隊調借)
- (A)構成：(a)本體 (Correlative leak detector) 一台
 - (b)增幅放大器 (charge amplifier) 二部
 - (c)加速度型捕音器 (acceleration transducer) 二只
 - (d)電纜輪座 150 公尺 (Cable reels) 二卷
- (B)規格：(a)本體體積：250 % H × 430 % W × 480 % D
 - (b)本體重量：20 kg
 - (c)電源：120 V D C + 20 % × 6.5 A
 - (d)頻率範圍：300 H z ~ 5 K H z
 - (e)延遲範圍：第一段 0.1 m s
第二段 0.2 m s
第三段 0.5 m s
 - (f)無線受訊頻率：U H F 頻帶
 - (g)相關方式：振幅相關
 - (h)電波記憶點數：1024 點
 - (i)平均化處理：1 ~ 2 回
 - (j)捕音器電壓感受：0.5 V / g

2. 探討內容：

- (1)對大區域作業區檢出率的評估
- (2)對單獨漏水嫌疑案件確認率的評估
- (3)誤差容許值之認定
- (4)觀察漏水波形在 C R T 上的變化
- (5)調查漏水存在與測點變化的互動性
- (6)確認作業之應用和探討
- (7)比較各種操作模式，找出效果最佳的條件
- (8)就測定結果之判斷，應用合理的解釋尋求結論

四 實驗結果探討分析

1. 依據附表二相關式測漏器檢出率暨作業工率評估表所顯示，目前採用此法其檢出率約在 80 % 之間，而平均作業工率約在 0.98 KM / 人日之間，若與目前傳統工法比較尚符經濟原則，尤其整個作業程序目前係初次實驗尚不熟練依所獲現場經驗將來應可再予簡化並利用一些現場技巧，予以輔助則在工率上相信約可再節省三分之一以上，故堪值引進應用。
2. 依據附表三相關式測漏器現場作業功能調查統計分析表所示，目前實驗階段其確認率若以修理挖掘範圍在 1.0 M 以內者為認定條件，則該確認率為 86.67 %；再就傳統地面聽音比對試驗其結果顯示其確認率為 53.33 %，且其中有 20 % 屬未檢出者，足見本法在精確度上優於目前傳統工法，若再深入探討其誤差原因，仍以輸入資料錯誤造成之偏差為主因，茲假以時日累積現場經驗，減低人為誤差，則其效率可期。
3. 根據前述以及附表二和附表三所獲現場數據顯示，利用此工法檢漏仍存在有相當值的誤差，其主要發生原因，除了各該儀器在性能上的殊異所生之額定誤差外，其餘仍以人為因素居大部份，茲分析如後：
 - (1) 兩側點間距離丈量誤差：由於管線埋於地下高低起伏未知，而丈量距離係由路面以水平丈量，則難免有所誤差，尤其用戶給水外綫部份之管長丈量更是困難而且誤差值甚大，若依基本公式 $L = \frac{D - V \times T d}{2}$ 換算每誤差 1 公尺管長，則漏水檢出點位置誤差將可達 50 公分左右，故對此差異應特別注意防範，方能提昇本工法之功能。
 - (2) 音速資料輸入錯誤所生之誤差：管內音速之傳播常受管種材質之影響而生差異，而前述所應用之儀器，其基本音速係採理論值和原廠商現場實驗值之修正平均值作為電腦軟體資料檔，故應用於現場廣大層面所遭遇之影響因素可能更多，比方管垢或膠圈接頭等皆會有影響，故測定值亦會有所誤差，此外吾人從上述基本公式中，亦能夠明瞭音速之誤差與遲延時間 (T d) 成正比例，故音速誤差愈大遲延時間 (T d) 愈長，其檢出點誤差值將更大；另外由於管種資料輸入不確，亦將造成嚴重誤差，比方 DIP 和 CIP 之音速和 PVCP 其音速差距約在 3 倍以上，由此可見其梗概。
 - (3) 根據現場實驗數據和基本公式理論推演，吾人可確信今後欲廣泛運用此工法時，對於管綫資料之整備應全面加強和落實，方能確實發揮儀器功能，提高現場檢出率和確認率。
4. CRT 波形之變化和探討：(就單波形 Signal Monitor 與相關波形 Correlation check 兩者予以比較其差異變化)
 - (1) 用戶表內大量進水 (用水音) 之情形：詳附圖三，進水一方測點所顯示之單波形振幅甚大，當停止進水時，則顯然的降低振幅，而相關波形並不受進水影響，而顯示有漏水相關波峰出來。
 - (2) 制水閥未全開 (亂流音) 之情形：詳附圖四，兩端測點所顯示之單波形振幅甚明顯，且出現漏水相關波峰來，惟將制水閥全開時則情形迥異，單波形振幅明顯降低，且漏水相關波峰消失。
 - (3) 外界環境強風干擾 (風速音) 之情形：詳附圖五，強風吹掠一端之測點其單波形振幅

較寬廣，但無漏水相關波峰出現，當吾人設法以擋風板消除風速干擾因素時，其單波形振幅即縮小成狹窄波形。

- (4) 管路 45 度彎管段（流水音）之情形：詳附圖六，管中流水音於靠近管件地段，常因流速稍許之變化產生部份亂流噪音，則在靠近管件之測點所傳輸之單波形會有較明顯之振幅，但並未出現漏水相關波峰。
- (5) 管路漏水（漏水音）之情形：詳附圖七，當管路發生漏水時，其接近漏水點一端之測點所顯示之單波形為較不規則之振幅，而另一端振幅却較有規律，在相關波形上出現明顯漏水相關波峰。
- (6) 管路分歧支管漏水（漏水影響干擾音）之情形：詳附圖八，當管路分歧支管發生漏水時，在主管上之兩測點其顯示之單波形差異不大，亦出現漏水相關波峰，惟檢出地點並不在真正漏水點，而係該分歧丁字處之位置。

5. 漏水存在與測點變化的互動性探討：

- (1) 兩測點間有一處漏水：詳附圖九，此為標準漏水測定狀況，此漏水點約處於兩測點之中間，故基本上很容易檢出漏水，只要輸入之管線資料無誤其檢出率和確認率皆相當高。
- (2) 兩測點外單邊漏水：詳附圖十，此漏水點正好處於測點外側任一端，則第一次測定時，經分析相關波形圖確有相關漏水波形出現，經資料輸入後，其結果為靠近漏水之測點距離為零，而遠離漏水之測點距離則為全距當出現此現象時，即可知漏水不在兩測點之內，應重新移動靠近漏水之測點設法將漏水涵蓋在測定範圍內，則必可檢出漏水點。
- (3) 兩測點外雙邊漏水：詳附圖十一，此狀況為兩測點外雙邊皆有漏水現象，即由單波形和耳機監聽上，皆可確認有漏水發生，惟經相關分析後，其漏水相關波形並不顯示出來，亦即兩端各漏水點在測定上並不發生相關，故遇到此情況時，應逐一移動任一測點再予以個別測定；或則設法關閉下游之測點（制水閥），然後再比照前述(2)之情形予以測定。
- (4) 配水管上之栓（閥）和分歧給水外線上之止水栓（用戶水表）間發生一處漏水：詳附圖十二，此狀況說明可利用配水管和分歧給水外線兩種不同類型之測點來檢測漏水，如本列 No. 14D 係用戶分歧給水外線上之用戶水表，而 No. 14 係配水本管上之制水閥，從圖例上亦可分析出用戶水錶上測點其單形波所顯示者較為明顯，經探討係小口徑之漏水音頻較高之故，而配水本管上之制水閥上測點其單形波所顯示則甚平穩；而相關波形經測試後顯現出有漏水相關之波形來，證明在兩測點間確有漏水現象存在。
- (5) 配水管上之栓（閥）和分歧給水外線上之止水栓（用戶水表）間，漏水發生在測點外側者：詳附圖十二，此狀況說明了靠近漏水點之測點（No. 10）其單形波較另一測點（No. 9）之單形波突顯，且經由耳機之監聽亦能分別查覺出，但兩測點間在相關波形顯示上，並未出現有明顯的漏水相關波形來，足證漏水點應在測點 No. 10 之外側，在現場作業時遇到此種狀況時，應將測點 No. 9 之捕音器（acceleration pick up）移至測點 No. 11，俾續予追蹤其漏水位置，若情況仍如上述，則仍應採此跳蛙方式進行檢測，直到檢出漏水點為止，此例之漏水點請詳參附圖七。

- (6)配水管與分歧給水外線上之止水栓（用戶水表）間，發生一處漏水：詳附圖十四，類似此類漏水情形，其檢出誤差值較大，究其原因乃在於分歧給水外線在丈量其管線實際距離時必有相當誤差存在，就本例言，其相關漏水波形已相當明確，惟當將資料輸入時，所顯示之漏水點係在接合管附近（經挖掘修理結果確係接合管管套節漏水），惟以其中鉛管長度 4.0 M 和修正後 3.4 M 分別輸入時，其漏水點顯示分別為 0.5 M 和 0.2 M，足證輸入資料精確度之重要性，就本例言，鉛管長度差 0.6 M，而其漏水點檢出距離竟高達 0.3 M 之譜，故類似此種情況於作業時，務必確實掌握給水外線之管種、口徑和長度，並儘量予以提高其準確度，則必能提昇此工法之效能。
- (7)配水管與分歧給水外線上之止水栓（用戶水表）間，漏水發生在測點外者：詳附圖十五，此種漏水型態，在監聽耳機上可從較接近漏水之測點聽悉漏水音，惟漏水相關波形所顯示之波峰相當複雜，無法輕易加以分辨，亦即其漏水音在此兩測點上，產生複數相關，更因距離上之差異，導致漏水音頻傳遞上的遲延線重疊或偏移等不定因素的誤差現象，若將資料輸入後所獲結果，其漏水點距離必為負數值，此點相當重要，在操作上尤應注意。
- (8)配水管上栓閥兩測點間，分歧給水外線漏水之情形：詳附圖十六，此種漏水型態，於兩測點間可同時接收到漏水音，而各測點所顯示之單波形，差異不大，且漏水相關波形亦會出現在 CRT 上，經輸入資料後即能指出漏水點，惟所指示之漏水點並非百分之百係真正漏水點，其中可能就是分歧給水外線之分歧點，故在現場操作時尤應注意此情況確認附近無分歧管線，否則應再進一步探測，俾探測出真正漏水點，在本例附圖吾人將分歧外線原有之漏水因素設法消除後，再行重測，其結果顯示配水本管上並無漏水，由上述提供之前後波形圖，吾人將可一目了然，其差異之大即在此，不得不加以注意。
- (9)兩端輸入環狀管路有漏水之情形：詳附圖十七，此種漏水型態為漏水點正處於環狀管路上，當利用播音器在此環狀管路任二測點作業時其接收到之漏水聲頻有雙向傳輸之現象，惟愈接近漏水點之測點其接收訊號較強，此原則絕不會改變，故吾人即可利用此法循線找出漏水之大概區段，然後將資料輸入求出漏水點，惟根據現場實務經驗前述求出之漏水點並無法百分之百正確指出漏水地點，最好能利用下述兩種技巧再予確認為宜，其一為或然率統計分析法，其二為相關圖解分析法。至於兩種技巧何者為優？因實務應用之數據有限，尚無法真正評估其優劣，且限於篇幅，擬俟爾後蒐集相當數據後，再行比較分析，為文專予探討，在此不再贅述。
- (10)單向迴路環狀管路有漏水之情形：詳附圖十八，此種漏水型態在本次實驗中並未涉及，惟根據有關文獻之記載，仍有可能發生，故特予摘錄，併文提及，根據圖例顯示，此種漏水之檢出，很有可能造成意外，故在現場作業時，應特別注意類似此種狀況之可能性。

6. 確認作業之應用和要領探討：

綜觀前述各項之探討，吾人可知漏水位置之確認，往往無法憑藉兩測點一次的測定，即能輕易的予以檢出確認無誤，而必須經由測點的移動，所獲致一致的相關結論，方能加以確認，至於檢測現場周圍環境之研判以及配管狀態之徹底瞭解也是必要的動作程序，

當檢出漏水點後，若發現有第二個可疑漏水點時，亦必須加以分析研判，不得忽視，否則將大意遺漏了另一個漏水點。茲就現場確認作業上應行注意之操作要領贅陳於後，供諸先進同仁參考。

- (1)當漏水檢出點為給水管分歧附近（例接合管附近）時，在漏水確認上應注意該分歧管綫表內是否有在進水，若有時，應設法予以關閉止水栓，排除其干擾因素後再行檢測確認之。
- (2)當漏水檢出點在制水閥附近時，在漏水確認上應注意該制水閥是否有全開，否則應予以開啓，俾排除先前未全開時所造成之管內流速噪音干擾因素，然後再行檢測確認之。
- (3)當移動測定點時，其相對所顯示之漏水檢出點未能一致時，其可能原因為：
 - (A)輸入測點間之距離錯誤（即管長誤差）
 - (B)輸入管種音速錯誤（即管種誤差）
 - (C)測定中，正好被使用水音或其他雜音介入，以致影響了T d正確數值，導致測定錯誤（即T d誤差）在現場確認作業上，經常會遇到此種情況發生，對於此漏水檢出點不一致之情況，吾人在判斷上，建議以測定距離短，T d小的條件下，所檢出之漏水點為漏水確認點依據，其原因係根據前述造成誤差原因，採誤差最小值之原則為確認經驗準則。
- (4)在同一測段所測出之漏水相關波形，出現兩個波峰（Peak）時，其漏水確認作業要領如下：一般出現雙波峰之原因，不外A、此測段確有二處漏水點，B、制水閥或接合管漏水，其漏水音頻率高，所造成之干擾假象，茲針對以上兩種情況，分別討論之：
 - (A)此測段確有二處漏水點時，其確認要領為：
 - (a)雙波峰（Double Peak）出現。
 - (b)兩波峰間無相關性存在（利用相關圖解分析法判定）
 - (c)各單一波峰之漏水音有相關性存在（利用相關圖解分析法判定）
 - (B)當制水閥或接合管漏水時，一般而言其漏水頻率普遍偏高，而其相聯管綫又係屬於金屬材質時，則很易造成所謂「共鳴」之音效來，導致產生漏水相關波形有雙波峰之假象發生；另一種現象則係金屬管綫漏水，其漏水頻率亦甚高，以致在其相關制水閥或分歧處附近亦會發生漏水音假象，針對以上情形，吾人在現場確認作業時，對於周圍環境之調查，以及雙波峰中有一方係測定在分歧處或制水閥附近者時，吾人應再利用監聽耳機重新聽音判斷，並利用傳統測漏器和探勘棒進行輔助確認作業。
 - (C)若針對B點所述之確認要領，在操作上有困難時，比方說管綫埋設過深，無法使用探勘棒或利用測漏器檢測（傳統測漏器檢測敏感度為1.5 M左右）聽音時，吾人根據經驗，皆從雙波峰中較大波峰所檢出之漏水點先行開挖修理，俟修妥後再行實施測試，如果原來次高波峰為前述之共鳴假象，則將消失不再出現，若仍出現有漏水波峰則應屬該測段有二處漏水點之情況。
- (5)當管種不明之情況時：由於資料整備不夠完善，往往現場作業時，會遇到此種情況，以致無法將正確數據輸入，求算漏水點，不過吾人可利用前述之相關圖解分析法來加以應用，設法克服之，其應用要件如下：
 - (A)取任一點為基準點，然後再選擇三個以上之測點分別和此基準點搭配，逐一求出其

相互間之 T d 來。

(B)再根據前述所求得之數據，就測點相關編號，距離，T d 等三項予以列表，俾利圖解。

(C)以距離為縱軸 (X 軸) T d 為橫軸 (Y 軸)，分別將上表所列數據，填入此座標圖上，就圖上各點求其相關直線，當此相關直線與縱軸相交之點即為基準點至漏水點距離之 2 倍長，故根據公式 $L = \frac{D-N}{2} = \frac{D-V \times Td}{2}$ ，吾人只要求得此相關關鍵點，再由圖上所顯示之距離除以 2，即可求得由測定基準點至漏水點之確實距離。

(D)利用上述相關圖解分析法，經現場實驗，證明可克服管種不明之操作瓶頸 (詳附圖十九)，故將來應可利用個人電腦 (Person computer) 與此儀器併用，如此可簡化作業程序，毋須將資料携回辦公室繪圖求解，僅須先將該繪圖程序軟體事先輸入個人電腦內，將來在現場僅須輸入相關數據資料入電腦，則即能立刻求出漏水位置來。

7. 比較操作模式，找出效果最佳的條件：

綜合前述各項探討和分析，今後如何釐定一套操作模式，俾提昇此工法之操作功能，仍有待繼續鑽研開發，本處限於操作實驗期間甚短，純屬操作摸索作業，究竟何種操作模式，較為有利此工法之推展仍有待商榷，不過在此仍願根據本次實驗經驗，提供數端建言供諸先進同仁們參考應用。

(1)操作人力應用方面：實驗階段係以三人為一組，其中兩人分別操作播音器，並隨各測點來移動另一人操作主機並擔任車輛駕駛，因三方面皆無通訊設備，故操作聯繫上甚為不便，經常須藉助旗語、燈號或手勢等訊號來溝通，操作聯繫上無法密切配合，影響作業效率；另操作播音器人員在移動測點作業上皆以徒步進行，機動性不夠，亦浪費操作時效，故針對上述操作缺失，今後應設法配備一組 (兩台) 手携式無線電對講機，和一部可折合式之輕巧自行車 (最好有交通安全標誌之附帶設備) 供移動測點之交通工具，同時人員可精簡為二人，一人擔任車輛駕駛，操作主機和基準測點之探測，另一人以自行車為交通工具，擔任測點之移動，而雙方操作要領之溝通，就以無線電對講機來聯繫，如此一來相信在爭取操作效率和提昇本工法之工率上大有裨益。

(2)本工法所使用之儀器甚為精密，故輸入資料若無法相對提昇其準確度，則其最大缺失即為「垃圾進垃圾出」對現場操作反而毫無裨益，因此事前之圖面和資料整備，務必嚴謹，絲毫不苟，尤其就一個大區域的檢漏而言，對於各測點之規設和管長、管種、管徑和管深等之資料，最好能事前加以蒐集整備妥當，當携至現場作業時即能達到事半功倍之效。

(3)針對單獨件之可疑漏水案件之確認作業，事先應將其現場周圍環境各相關資料予以蒐集研判，並分析整備，儘可能於事前能理出一理想模擬狀況，則對於現場確認作業定能有所幫助。

8. 就測定結果之判斷，應用合理的解釋，尋求結論。

本項探討主題和目的，主要在於擬藉助既得結果之實例，應用合理的解釋和數學理論之

推演，尋求其結論，俾開發本工法爾後在現場作業上之模擬 (Simulation) 案例，提供操作同仁臨場之判斷參考依據茲舉例驗證如下：

- (1)例一：請詳附圖九例，如前述本例為單純標準漏水測定狀況，茲以略圖 (詳附圖二十) 表示測點和漏點之各相關數據，依本法基本公式 $L = \frac{D-N}{2}$ 分別將有關數據代入演算結果，其答案正符合檢出資料，並與開挖修理情況相符一致。其原因為當漏水音傳至測點(A)時，其距離為L，而(B)測點尚未收到訊號其Td應為 $D - 2L = N$ ，剛好符合本工法之理想狀況。
- (2)例二：請詳附圖十例，如前述本例漏水點，位於兩測點外側，茲以略圖 (詳附圖二十一) 表示，測點和漏點之各相關位置和有關數據，依本法基本公式 $L = \frac{D-N}{2}$ ，分別將有關數據代入，演算結果，其答案正符合檢出資料，亦即靠近漏水之測點(A)距離為零，而遠離漏水之測點(B)距離則為兩測點間之全距。其原因為當漏水音傳至測點(A)時，測點(B)尚未收到訊號，而(A)(B)兩測點間之Td剛好為其相同音速走完全距之值。
- (3)例三：請詳附圖十六例，如前述本例漏水點介於兩測點間之分歧管線上，茲以略圖 (詳附圖二十二) 表示，測點和漏點之各相關位置和有關數據，依本法基本公式 $L = \frac{D-N}{2}$ 分別將有關數據代入，演算結果其答案係出現在分歧點，其原因為當漏水音由漏水點分別向(A)(B)兩測點傳播時於(A)測點收到訊號時其距離為 $X + a$ (B)測點尚未收到訊號，惟其距離為 $X + a'$ ，則其兩測點間之Td距離N應為 $D - a - a' = D - 2a$ ($\because a = a'$)，經代入本法基本公式 $L = \frac{D-N}{2} = \frac{D - V \times Td}{2} = \frac{D - (D - 2a)}{2} = a$ ，故結果所指示之地點位置剛好係分歧地點。

三、現階段應用實務上之缺失探討：

(一)人員訓練培育計劃不周延，導致現場人力運用之僵化

人員訓練培育計劃，未能充分配合新式尖端儀器之引進應用，導致現場人力運用無法靈活操作精密儀器，抵銷了儀器本身大部份功能，其效率之減損與人力僵化不無關係，今後人員訓練培育務必與新式儀器技術之引進，齊頭並進，雙管齊下，方能收相得益彰之效，所謂儀器技術之訓練培育，並不獨單指基本操作要領之移轉而已，更應涉及現場操作要領等實務技術經驗之傳授和二級保養之維護層次的培訓，方能落實此人員培育計劃。

(二)交通運輸工具及通訊設備之欠缺，致影響作業機動性

爭取作業時效，提高現場作業績效，端賴操作人員間的密切配合，以及機動性的提昇，就以本工法實驗案例而言，諸如前述所提及若能於配備此儀器時，即能附帶將此因素考慮進去，則現場生產力定能提昇，促使作業工率的倍增。

(三)操作維護上無論技術或經驗窒礙仍多，亟待積極突破

現階段操作人員素質普遍偏低，尤其類似此電子專業智識之人才，更為欠缺，以致無法充分發揮儀器功能與著手自行建立良好的維修制度和規範，今後檢修隊人員之進用上，建議酌予考慮選用具有基本電子學識之人才，俾利爾後業務之推展。

(四)輸入資料準確性無法掌握，嚴重減損儀器功能

精密尖端儀器的引進，其目的在於克服外在環境對檢測功能的干擾，但目前所存在的最大問題却是自我內在因素的無法掌握，實在令人遺憾，目前管線設備資料整備不夠詳實，甚至無法落實至現場應用條件上，有待決策當局重視，再予強化整頓，否則將來諸多管線單位皆朝地下化後，其錯綜複雜可見一斑，屆時欲再加整備將事倍功半。

(四)儀器本身先天設計方面之缺失

本工法所用儀器，對於電波之干擾雜訊仍無法完全消除，對檢測不無影響，此外無防雨、防潮、抗震等完善保護設備，無法因地適宜，充分發揮儀器利用率，並減損損壞風險；尤其現階段機體仍屬笨重，攜帶不便，影響操作靈活度，希望屆此電子科技微電子日新月異的時代，能早日開發另一嶄新功能性且更輕便之產品，公諸於世。

五結論與建議：

(一)尖端科技引進，在投資上風險雖高，但若能妥予充分運用，則其經濟效益頗高，就以本案相關式測漏器之引進和運用而言，若能先行針對前述現階段應用實務上之缺失探討各點，加以評估改善，則本工法在今後檢漏技術上之發展潛能，將無可限量。

(二)本工法就本案實驗過程所獲數據和經驗有如下幾點經濟效益優勢，茲分述如下：

1. 增加檢修量（較傳統工法檢出更多漏水案件）。
2. 精減現場操作人力（在附屬配備能獲改善後即能精減三分之一之人力）。
3. 降低成本（本工法皆於白晝施行，傳統工法管綫聽音大部份於夜間施行，故用人費減少一半以上）。
4. 減少漏水修理工料費（正確漏水地點的檢出確認可減省路面挖掘面積，大量節省路面補修費和管溝挖掘回填工料費）。

(三)本工法雖屬新穎尖端科技，惟根據本案實驗經驗仍有如下幾點功能限制，亟待突破和在現階段應用實務上應瞭解溝通之處，茲分述如下：

1. 基於儀器有限的感測功率限制，以及因管徑及管材質互異導致其音速傳導率之不同，本工法目前檢測距離（兩測點間）仍受相當限制，尤其非金屬管綫（例PVC P）影響最大，故現場操作上，對於檢、閥設備及用戶接點較少之輸配水幹管之檢測，往往英雄無用武之地，而目前惟一克服之方法，僅有在相當距離上，試用探勘棒，穿鑿地表設法與管體接觸再行檢測，惟甚不經濟，將來儀器開發改善上若能朝間接檢測方式功能突破，則此難題將可迎刃而解，否則今後在管綫埋設工程規設中，即應設法預設此種專供檢測用之測點設備。
2. 在都市交通頻繁或一些噪音連續干擾的情況下，使用此類儀器仍無法得心應手，最好仍選擇雜訊干擾最少之時段來檢測，效果當較佳，否則若遇到漏水音比其他雜音小時，則將被其掩盖，無法顯示正常的漏水波峰來，而錯失檢出機會。
3. 在相關波形，漏水點波峰之顯示上，對於是否真正漏水波峰抑或連續使用水之其他雜音所造成之波峰，目前儀器本身功能並無法加以辨識，仍須賴操作人員根據個人聽音經驗來輔助分析。
4. 管綫被混凝土完全包裹段或是異形管部之防護用混凝土固定台處，往往檢測時會發生判斷上之困難，檢出點出現之數據前後無法一致，Td數值不穩定等操作困擾。而且若有與其他管綫交錯接觸之情況時，亦會發生上述現象，故在現場檢測確認時，此點

因素亦應特別注意防患。

四)歷年來檢修漏作業一直徘徊於勞力密集和經驗技術的層面上，無法開創其較具突顯之層次，今日得引進此類尖端科技於實務上，希望能屆此組織體制改革之際（修漏工作悉委於廠所辦理，而專精於檢漏業務時），充分利用此類科技，來提昇渠等檢漏層次，從而啓發智識工作者（Knowledge Worker）導向的組織架構，針對漏水原因之分析，管綫埋設環境及管體經年變化間之資料調查和分析，以及漏水音特性之調查和研究等專業知識之開發和貢獻來加強。並對今後整體事業營運發展上，有關於管路更新，管路診斷系統之建議，以及漏水檢測技術上的提昇等，全力以赴，若今後仍無法順勢推展，那麼檢修漏作業將永遠處於孤寂和艱辛的不歸路上，殊屬遺憾。

六誌謝：

本案實驗承蒙總管理處邱組長翔榮先生鼎力協助，主動分別向一區處和七區處調借儀器供本區處進行臨時性之支援作業，致得以利用作業期間蒐集相關數據，完成本案實驗報告，同時亦感謝一區處和七區處慷慨借儀器支援，在此併致萬分謝忱。

各類漏水檢出方法適用性調查表

附表一

項 區 號 別	漏水種類暨 管線埋設環境	檢漏方法				傳統主方法					系統輔助方法				
		(甲)路面巡查	(乙)止水檢聽音檢查	(丙)檢閱聽音檢查	(丁)管線聽音檢查	(戊)不明流水檢查	(己)定點水壓調查	(庚)探測棒探測法	(辛)LEAK zone TEST	(壬)STEP TEST					
1.	止水栓漏水		A		B										
2.	管套節漏水		A		C										
3.	中止、鉛封不良漏水		A		C										
4.	水表漏水		A		C										
5.	水表失靈(含竊水嫌疑)		B		C										
6.	接合管漏水		C		A										
7.	殘存管漏水		C		A	C									
8.	地面漏水	B	B		B										
9.	用戶LP漏水		C		B										
10.	用戶GIP漏水		C		B										
11.	用戶PVC管漏水		C		B										
12.	排水滲下或側漏		C		C	B		B							
13.	用戶表內漏水		A		C										
14.	排水閘漏水(含排泥閘)	B		A	C	C									
15.	清污檢漏水	B		A	C					A					
16.	排氣閘漏水	B		A	C										
17.	管線地面漏水	B			C										
18.	CIP地下漏水				B										
19.	GIP地下漏水				B										
20.	PVCP地下漏水				B										
21.	PSCP地下漏水				B										
22.	埋設深度超過1.5公尺管線漏水				C										
23.	省道、縣(市)道交通量大之管線漏水				C			C		B	B	B			
24.	農路、紐配、土砂跨下之管線漏水									B			B		
25.	草皮、濕窪地、沼澤地之管線漏水									B				B	
26.	河床下之管線漏水									B				C	
27.	鐵路平交道旁管中管線漏水					C	C								
28.	鬧市街道管線漏水				C							B			
29.	其他事業管下或暗渠下管線漏水					B				B					
30.	地下水位高或飽和水層之管線漏水									C	C		C		
31.	漏水地點形成空洞之管線漏水									C					
32.	斜坡段之管線漏水						C			C				C	
33.	管線漏水點在管下側之漏水									C					

- 適用性程度等級:(A)優 (B)良 (C)可 (D)劣
- 各格空白部份即屬(D)劣者。

台灣省自來水公司 相關式測漏器檢出率暨作業工率評估表 (附表二)
 第八區管理處

儀器機型	LC-1000			JEK-42B		
實驗地區	中正港			蘇澳港		
管 線 資 料	管種	管徑 $\frac{mm}{\%}$	管長(KM)	管種	管徑 $\frac{mm}{\%}$	管長(KM)
	CIP	300	2.444	CIP	300	.245
		250	.342		250	.760
		200	.582		200	3.850
		150	2.506		100	.425
		100	.039		80	.105
		80	1.422	CIP	200	1.395
					100	.420
					80	.740
				PVCP	80	.070
				63	.820	
	合 計		7.335	合 計		8.83
實驗要領	一 三人一組一位操作本機二位操作捕音器。 二 先作單向漏水音波測試，次作波形相關分析，最後輸入資料求算漏水點位置。					
檢測點 (點)	44			52		
檢出數 (件) A	5			18		
失誤數 (件) B	1			4		
檢出率 (%) B/A	80			77.78		
作業天數 (日)	2.5			3		
作業人數 (人)	3			3		
平均工率 KM/人日	0.978			0.981		
預估檢出水量(CMD)	605			540		
備 註	一 因儀器係他借，致無法在相同作業區採同步實驗，僅能以條件較相似之地區分別實驗。 二 本實驗僅就類型上相同之儀器所作之作業成效分析，至於兩種儀器之性能差異比較，在此並不作深入之探討。					

台灣省自來水公司第八區管理處相關式測漏器現場作業功能調查統計分析表

(附表三之一)

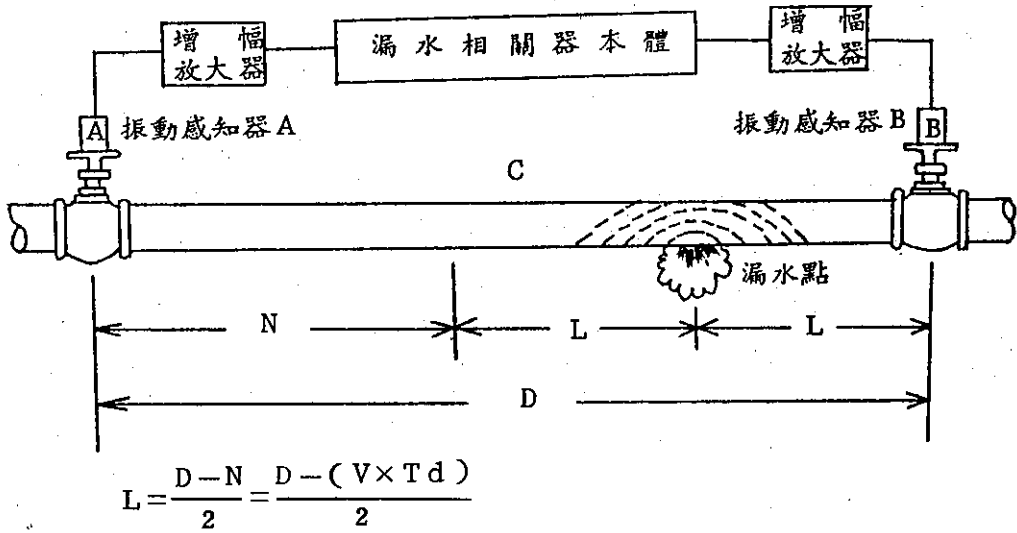
編號	現場地點	管徑(公厘)及管種		漏水種別	測定距離(M)	測定誤差(M)	推定檢修水量(C/D)	供水壓力(Kg/cm ²)		地面聽音比對試驗		備註	
		配水管	給水管					檢修前	檢修後	路面別	深度(M)		測定誤差(M)
1	中正港長安坑道前	50% CIP	25% GIP	φ25% 殘存管 地下漏水	42.4	0.1	1.16	1.0	1.2	RC	0.3	0.1	LC-1000 14F-14
2	中正港7號碼頭	150% 75% CIP		φ75% 碼頭加水 栓地下漏水	77.0	0	4.328	3.0	3.1	RC	1.3	0	LC-1000 27A-27B
3	中正港彈藥庫前	75% CIP		φ75% 伸縮接頭 破裂地下 漏水	30.6	0	263.647	3.7	4.2	石子土方	1.7	1.5	LC-1000 14A-14C
4	中正港特種碼頭前	150% CIP		φ75% 碼頭加水 水栓殘存 管地下漏水	60.6	0	270.0	3.7	4.3	RC	0.8	0.6	LC-1000 38-39
5	中正港油庫棧房前	150% DIP		φ150% 管線空洞 地下漏水	28.5	0	20.966	3.7	3.9	RC	1.5	未檢出	LC-1000 35-40
6	宜蘭市民權新路22號	200% CIP	13% LP	φ13% 接合管 地下漏水	17.4	0.1	6.452	2.6	2.9	AC	1.56	2.6	JEK-42B
7	宜蘭市民權新路94號	350% CIP	20% 20% PVP LP	φ20% 管套節 地下漏水	14.6	2.4	5.271	2.6	2.6	RC	0.1	0	JEK-42B 原輸入管線長度和管 種資料錯誤
8	宜蘭市同興街163號		13% 25% LP LP	φ20% 售止水栓 地下漏水	11.3	在25%支 線分歧處	7.28	1.6	1.9	RC	1.2	0.3	JEK-42B 原輸入管線長度資料錯誤
9	宜蘭市中山路255號		13% LP	φ13% 鉛管裂縫 地下漏水	17.5	0.7	3.918	1.6	1.7	RC	1.0	未檢出	JEK-42B

台灣省自來水公司第八區管理處相關式測漏器現場作業功能調查統計分析表

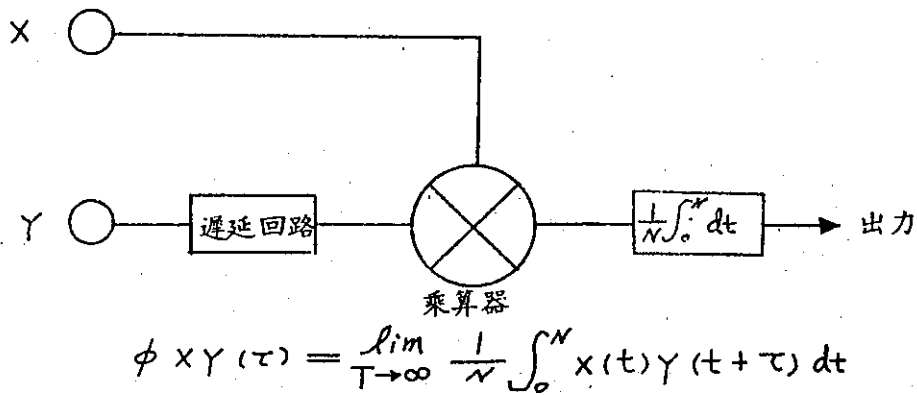
(附表三之二)

編號	現場地點	管徑(公厘)及管種		漏水種別	測定距離(M)	測定誤差(M)	指定檢修水量(QD)	供水壓力(Kg/cm ²)		地面聽音比較試驗		備註
		配水管	給水管					檢修前	檢修後	路面別	深度(M)	
10	宜蘭市慶和街9巷8號前		40% GIP 13% LP	φ40% GIP 接頭折斷 地下漏水	48.3	0.5	117.378	2.5	2.8	RC	0.7	JEK-42B 原輸入管種和口徑實 料錯誤
11	宜蘭市平民路5巷17號	75%	20% LP 20% PVC P	φ20% 接 合管地下 漏水	18.6	0.8	1.613	2.6	2.7	AC	0.8	JEK-42B 原輸入管種和長度實 料錯誤
12	宜蘭市林森路1號大門前	150%	25% LP CIP	φ25% 殘 存管地下 漏水	28.9	0.1	259.845	1.2	1.6	AC	1.2	JEK-42B
13	蘇澳鎮力行路26巷	80%	50% PVC P PVC P	φ80% PVC P 破裂	76.9	0.8	170.00	0.9	1.5	AC	2.7	JEK-42B 兩測點間有二處漏水 互為干擾
14	蘇澳鎮力行路36巷	80%	50% PVC P PVC P	φ80% PVC P 圓接頭漏水	76.9	0.6	1.700	0.9	1.5	AC	2.5	"
15	三星鄉大廳村大埔路泰福二村	80%	PVC P	φ80% 地下式消火 栓地下漏水	66	0	3.500	1.2	1.6	AC	1.1	LC-1000 4-5
分析比較					(15-2)件 / 15件	(A) × 100%	(15-7)件 / 15件	(B) × 100%				
						=86.67%						=53.33%
說明	<p>1. 「未檢出」者係以傳統地面聽音方法檢、測無法檢出漏水音現象者。</p> <p>2. 其餘各條件係能檢測出有漏水音現象，並能指示出測定之位置距離者。</p>											

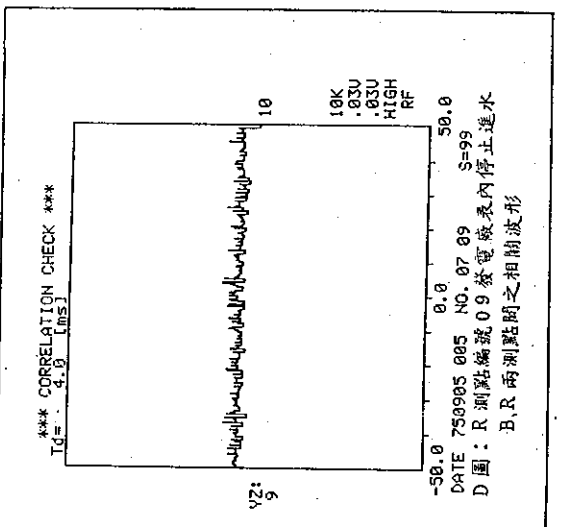
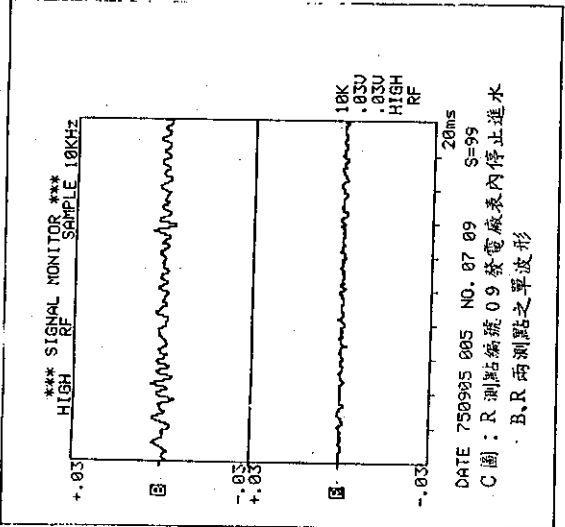
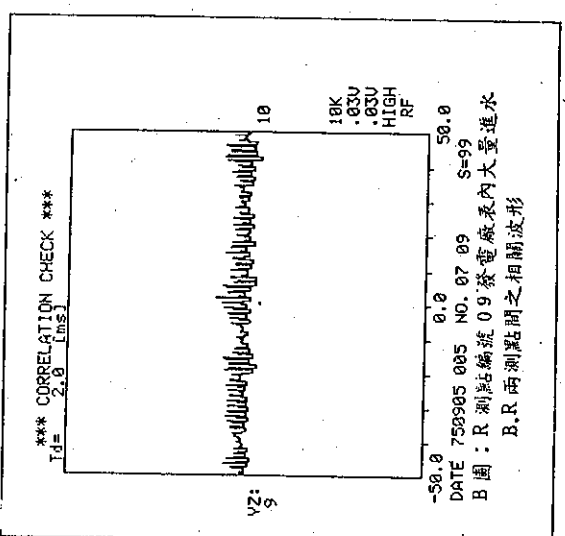
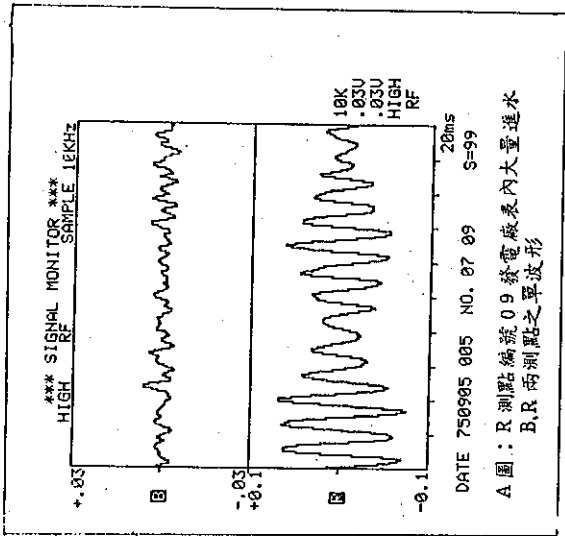
附圖一 漏水音相關性儀器原理



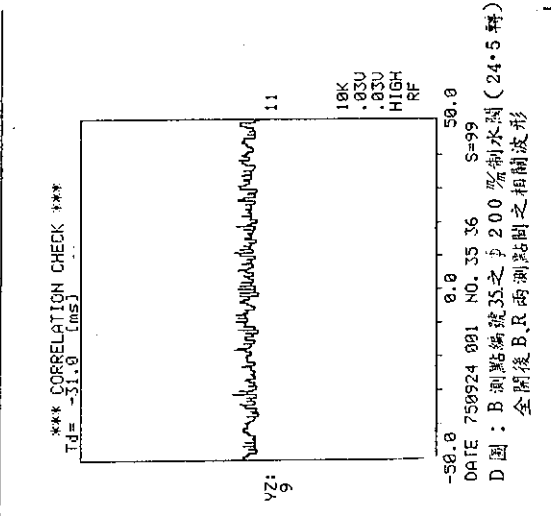
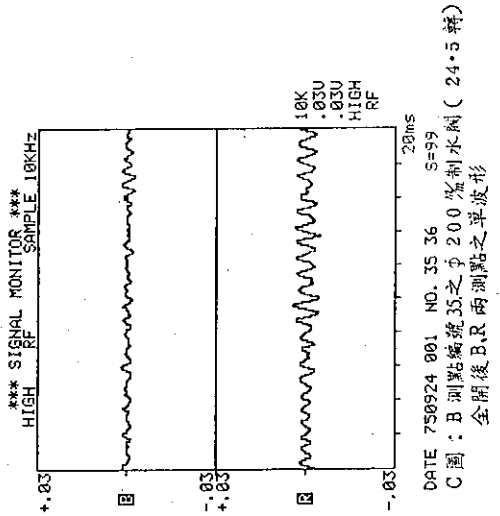
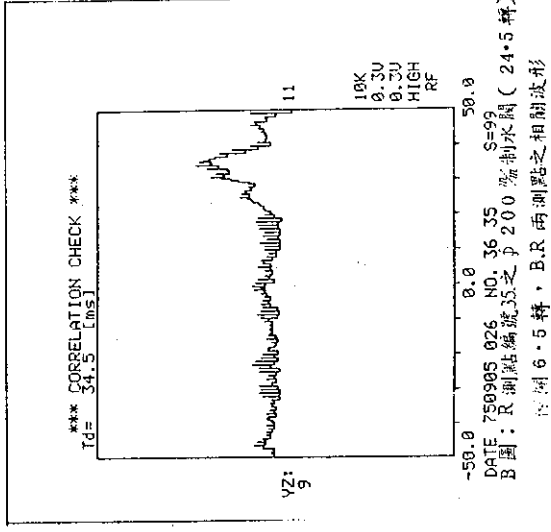
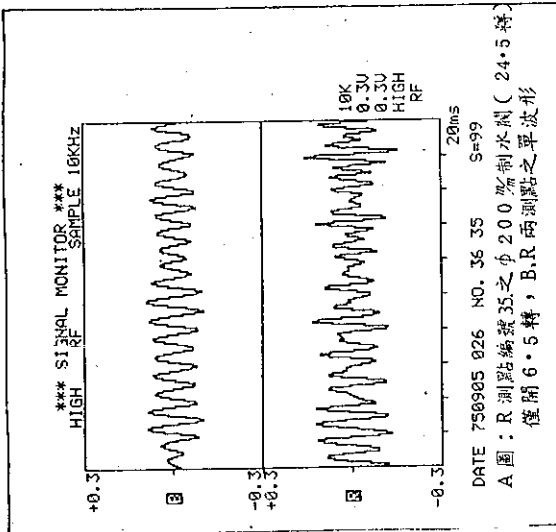
附圖二 漏水音相關性儀器功能操作方塊圖



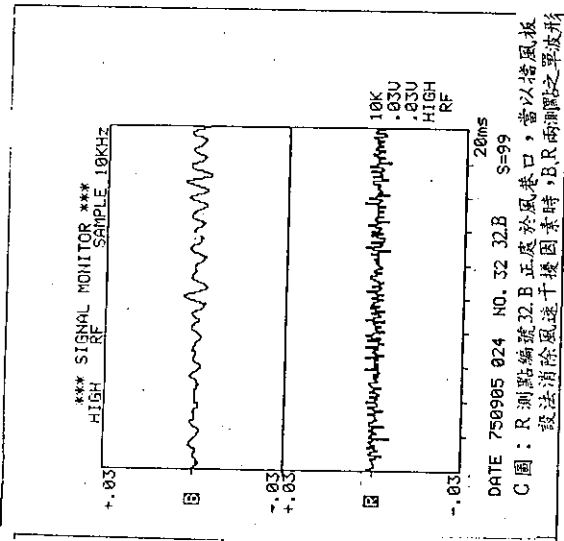
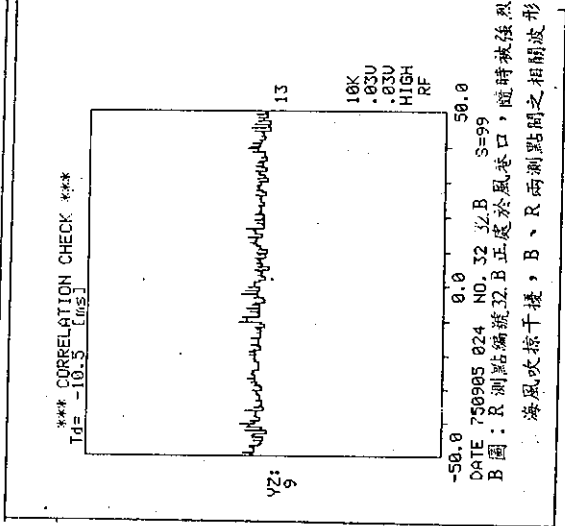
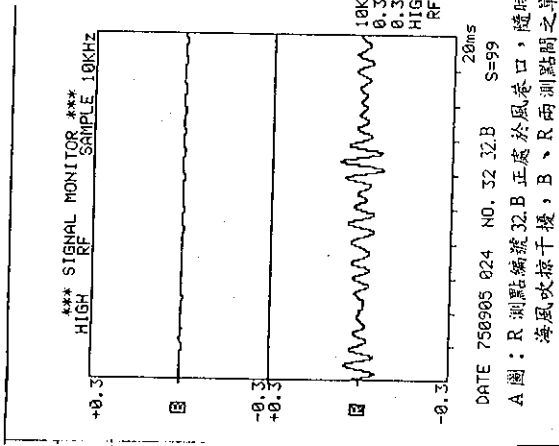
採樣地點：中正港發電廠附近
 附圖三：用戶表內大量進水（用水音）之情形
 C R T 波形之變化和探討之一



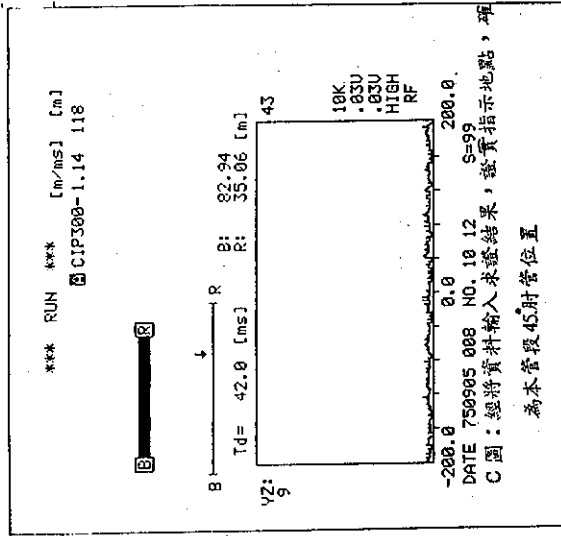
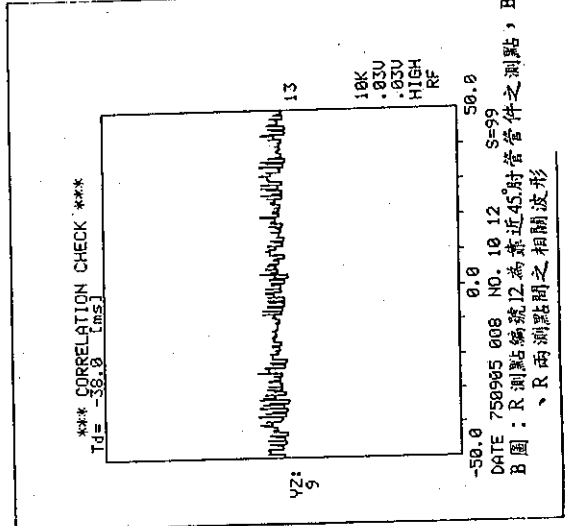
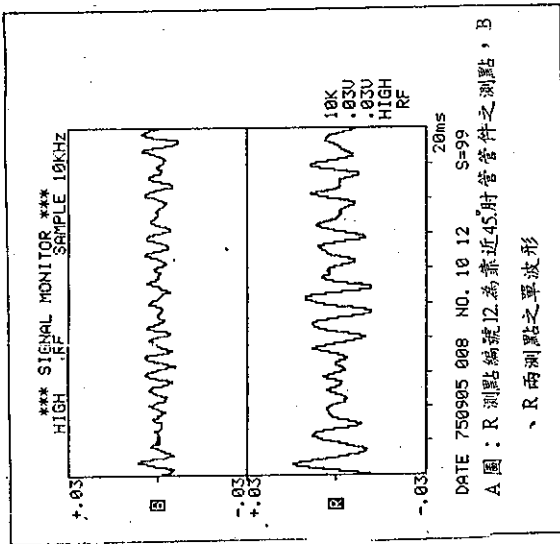
採樣地點：中正港油庫側
 附圖四：制水閘未全開（亂流音）之情形
 C R T 波形之變化和探討之二



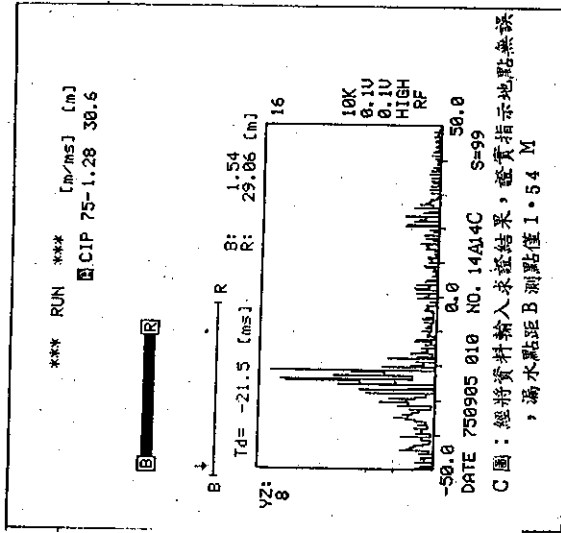
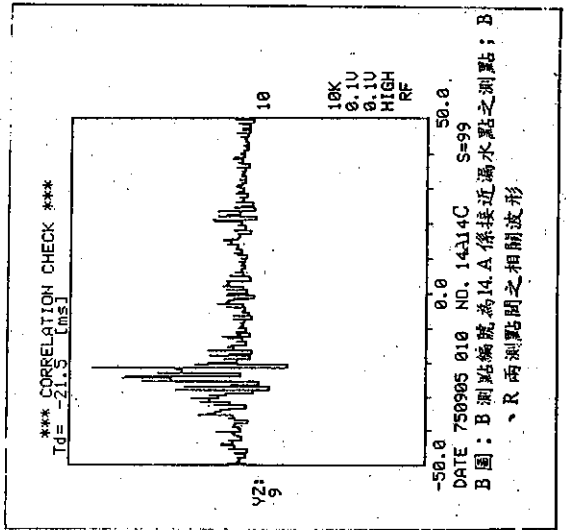
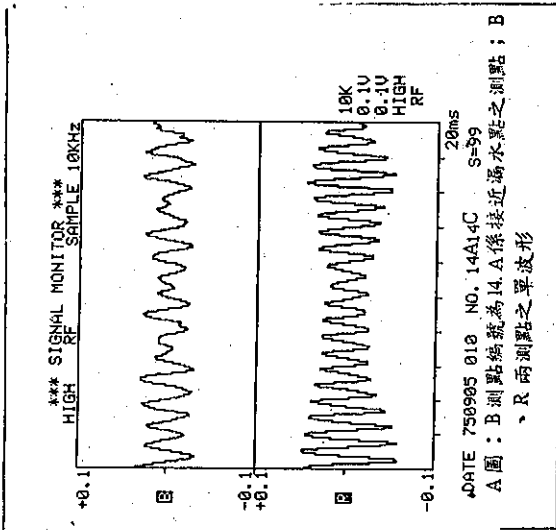
樣地：中正港艦隊部
 附圖五：外界環境強風干擾（風速音）之情形
 C R T 波之變化和探討之三

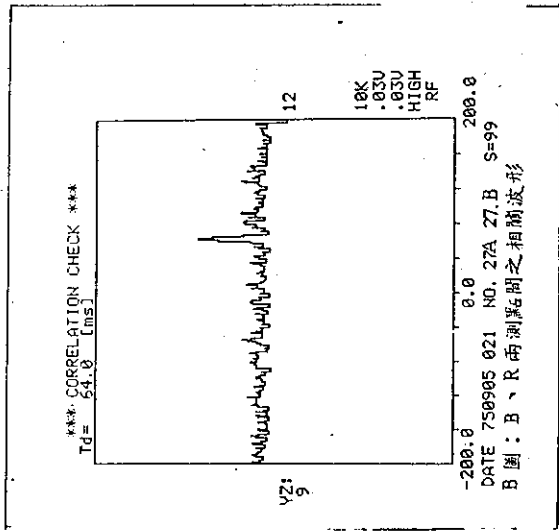
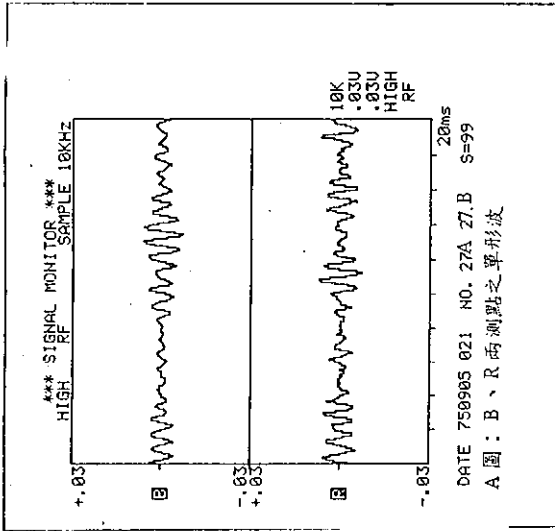


C R T 波形之變化和探討之四
 附圖六：管路45°彎管段（流水管）之情形
 採樣地點：中正港發電廠與彈藥庫間轉彎管段

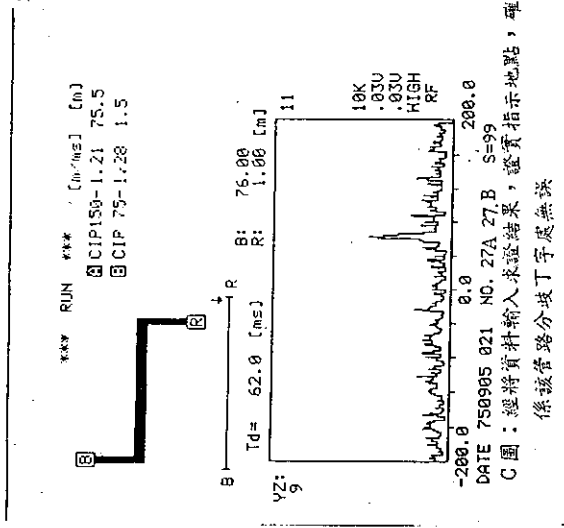


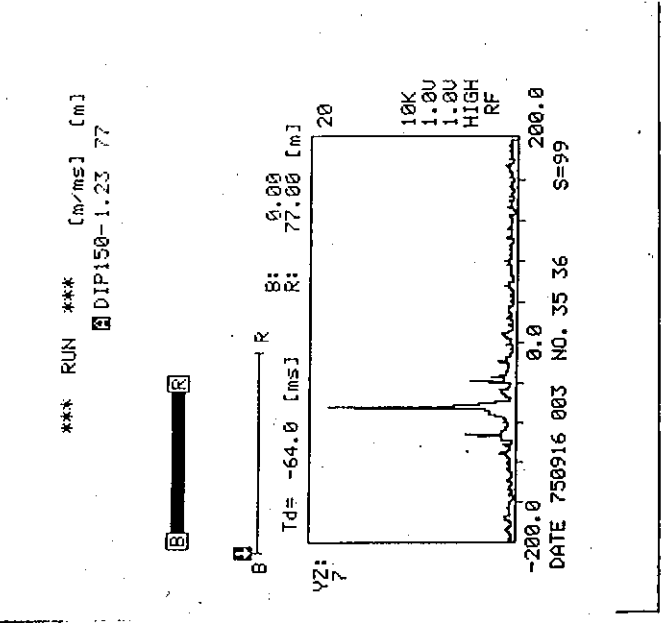
接樣地點：中正港彈藥庫圍牆內
 附圖七：管路漏水（漏水音）之情形
 C R T 波形之變化和探討之五



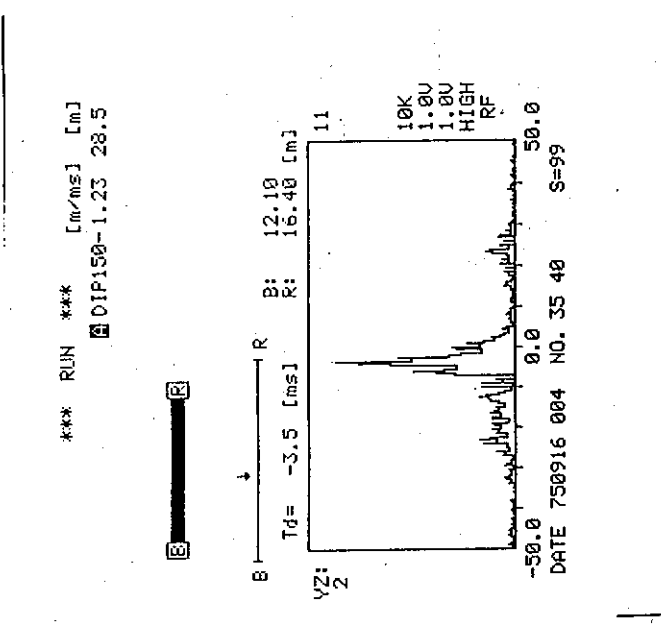


採樣地點：中正港第十八碼頭附近
 C R T 波之變化和探討之六
 八：管路分岐支管漏水（瀉水影響干擾音）之情形

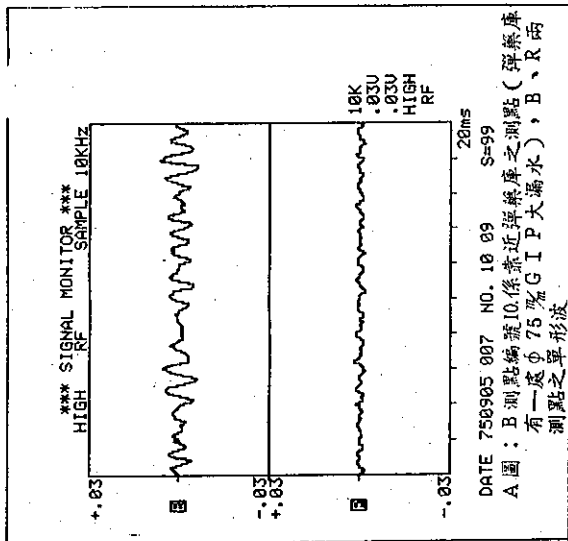




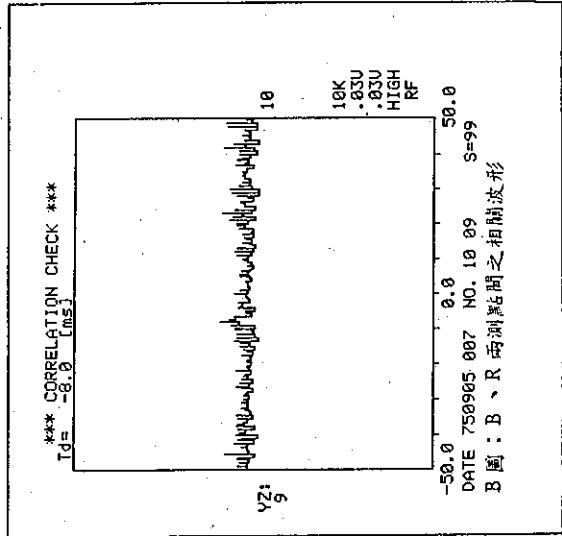
採樣地點：中正港油庫前
 附圖十：兩測點外單邊漏水之情形
 漏水存在與測點變化的互動性探討之二



採樣地點：中正港油庫機房附近
 附圖九：兩測點間有一處漏水之情形
 漏水存在與測點變化的互動性探討之一

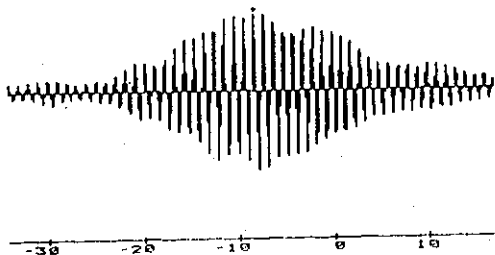


採樣地點：
附圖十三：彈藥庫中
漏水存在與測點變化的互動性探討之五



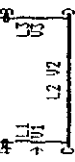
採樣地點：宜蘭市民權新路22號附近
附圖十四：
漏水存在與測點變化的互動性探討之六

CORRELATION
*** **
*** NO. ***
FREQUENCY (8.3-2.5)KHZ
LAG TIME - 8.6MS



A圖：漏水相關波形圖

75.10.22. 2 NO. 1-2
LEAK POINT 9.5H C-1A

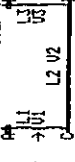


L1= 4.0H U1=1128M/S (LP 13)
L2= 8.0H U2=1238M/S (LP 200)
L3= 5.4H U3=1128M/S (LP 13)

CORRELATION
FREQUENCY (8.3-2.5)KHZ
LAG TIME - 8.6MS
HAMMER METHOD
FREQUENCY (8.3-2.5)KHZ
LAG TIME .0MS

B圖：輸入資料 L1φ13.1%
L P管長 4.0M之
漏水指示結果

75.10.22. 2 NO. 1-2
LEAK POINT 0.2H C-1A

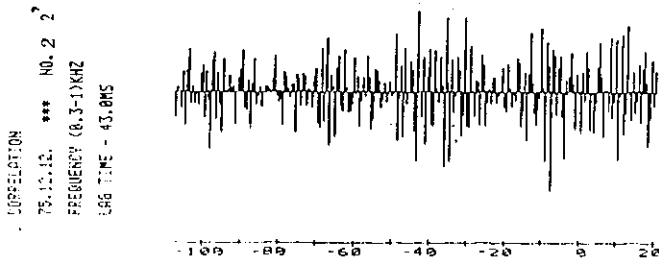


L1= 3.4H V1=1128M/S (****)
L2= 8.0H V2=1238M/S (****)
L3= 5.4H V3=1128M/S (****)

CORRELATION
FREQUENCY (8.3-2.5)KHZ
LAG TIME - 8.6MS
HAMMER METHOD
FREQUENCY (8.3-2.5)KHZ
LAG TIME .2MS

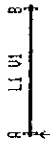
C圖：輸入資料 L1φ13.1%
L P管長修正為3
.4M之漏水指示
結果

採樣地點：蘇澳鎮力行街26巷附近
 漏水存在與測點變化的互動性探討之七
 附圖十五：配水管與分域給水外線上之止水栓（用戶水表）間，漏水發生在測點外者之情形



A圖：測點A編號2係配水管
 關閉，測點B編號2係
 用戶水表，A、B兩測
 點間之相關波形

75.12.12. *** NO. 2 2
 LEAK POINT -2.9M R->B

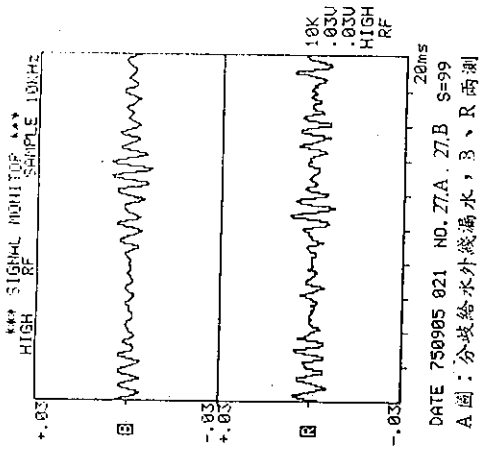


Li=14.5K U1=470MS (****)

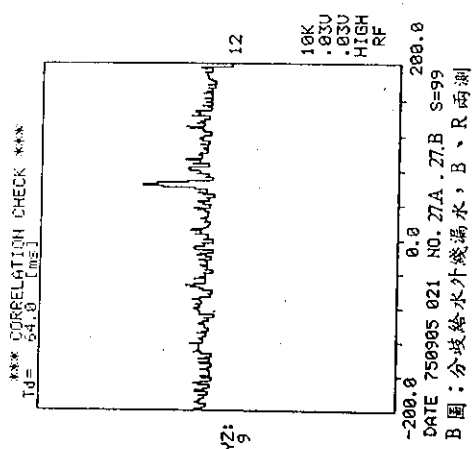
CORRELATION
 FREQUENCY (0.3-1)KHZ
 LAG TIME - 43.0MS
 HARMER METHOD
 FREQUENCY (0.3-2.5)KHZ
 LAG TIME .0MS

B圖：測點A編號2係配
 水管開關，測點B
 編號2係用戶水表
 。A、B兩測點間
 資料輸入後，求得
 之結果

漏水存在與測點變化的互動性探討之八
 附圖十六：配水管上關閉兩測點間，分域給水外綫漏水之情形
 採樣地點：中港第十八號碼頭附近

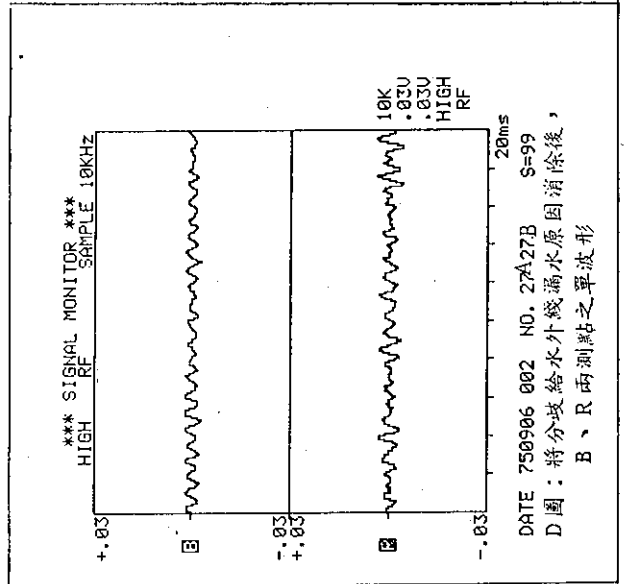
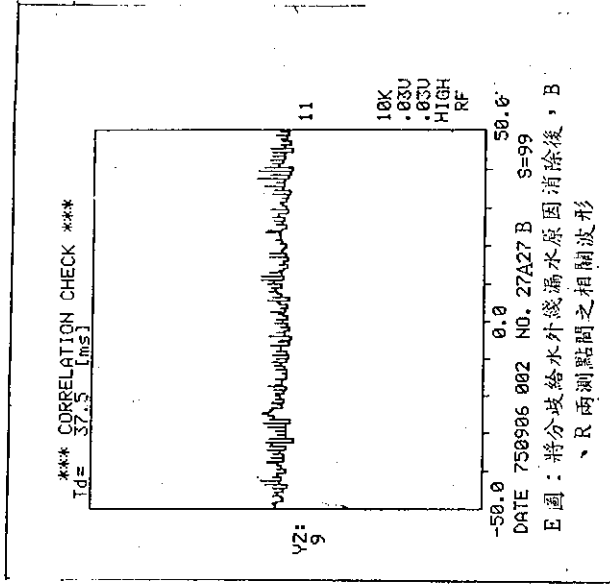
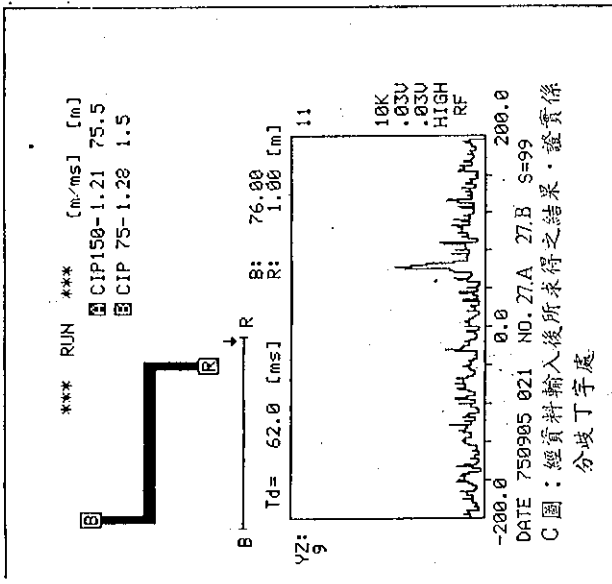


DATE 750905 021 NO. 27A. 27B S=99
 A圖：分域給水外綫漏水，B、R兩測
 點之單波形

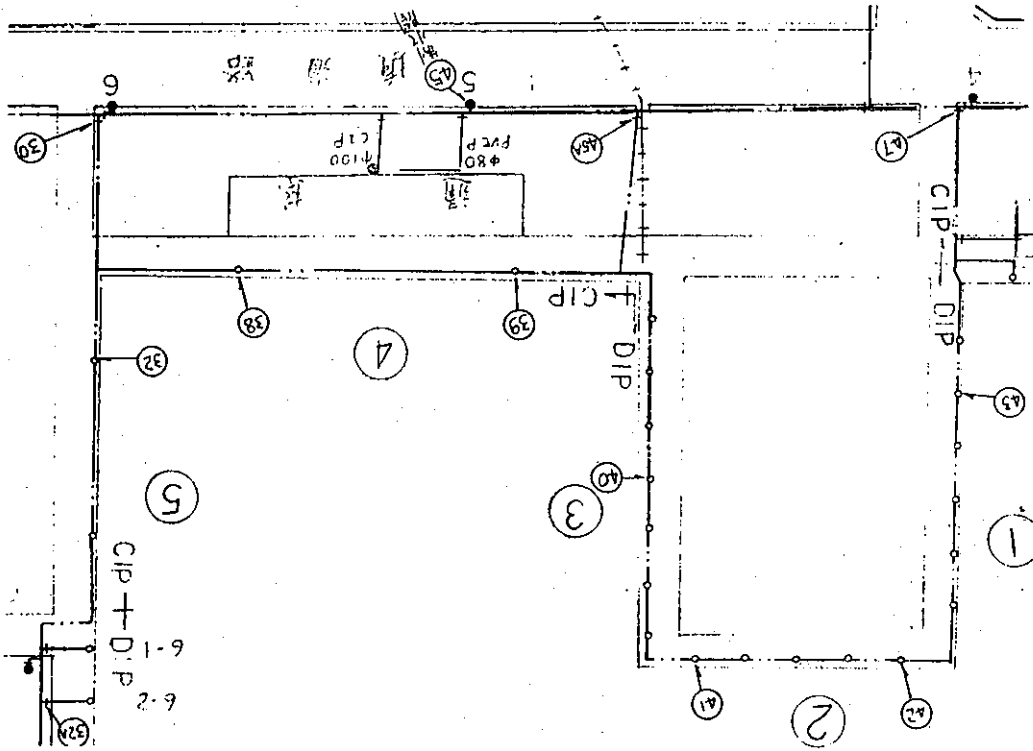


點間之相關漏水波形

採樣地點：中正港第十八號碼頭附近
 附圖十六：配水管上檢閥兩測點間，分坡給水外綫漏水之情形
 存在與測點變化的互動性探討之八



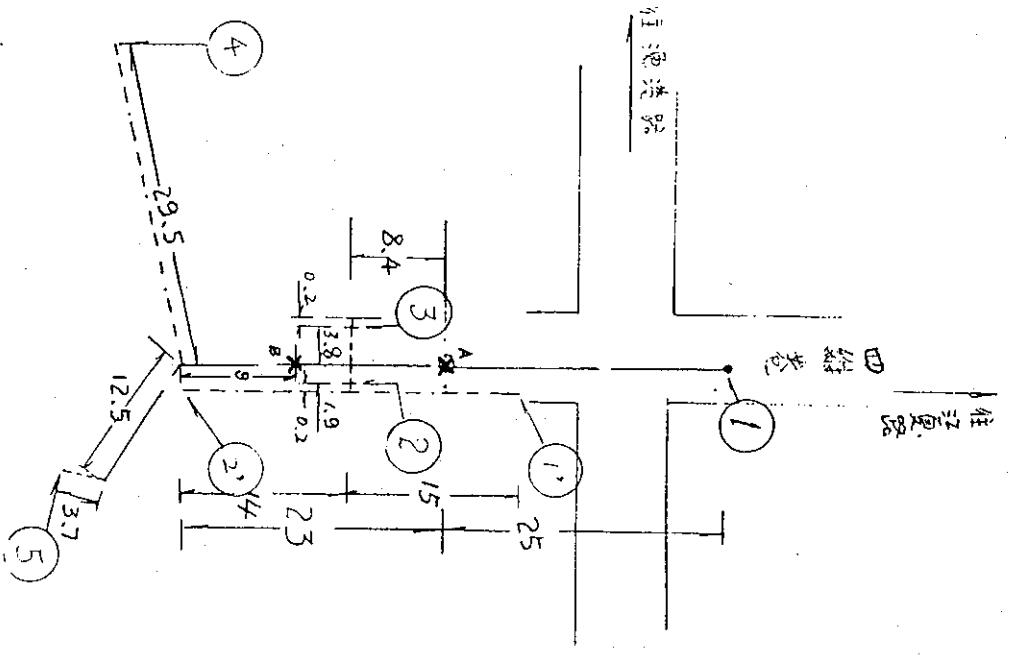
漏水存在與測點變化的互動性探討之九
 附圖十七：兩端輸入環狀管路有漏水之情形
 採樣地點：蘇澳港第 1. 2. 3. 4. 5. 號碼範圍圖



A 圖：兩端輸入環狀管路圖

測 定 點	指示位置
NO. 43 - 47	NO. 47
NO. 43 - 42	NO. 42
NO. 41 - 42	NO. 41
NO. 41 - 40	NO. 40
NO. 39 - 40	NO. 40
NO. 45A - 39	NO. 39
NO. 45A - 40	NO. 45A
NO. 39 - 3E	NC. 39
NC. 32 - 38	NC. 38
NO. 30 - 32	NC. 32
NC. 45 - 3C	NC. 3C
NC. 4E - 47	NO. 45

B 圖：測點相關位置分析表



點	測兵	距離 (m)	Td
A	1-2	35.3	-9.0
B	1-2	35.3	-105.0
C	1-3	37.2	-103.0
D	1-4	77.5	-44.0
E	1-5	64.2	-152.5 (5'用水)
F	1'-2'	29.0	148.5 (2'漏水) +
G	2-2'	14.2	-43.0
H	3-2	5.7	0.1
I	1-4	77.5	-60.0
J	1-4	77.5	59.0
K	1-4	77.5	-52.0
L	1-5	64.2	35.0
M	1-5	64.2	51.5
N	1-5	64.2	26.5
O	3-2	5.8	11.0

B 圖：測點相關編號，距離與 Td 等數據相關表

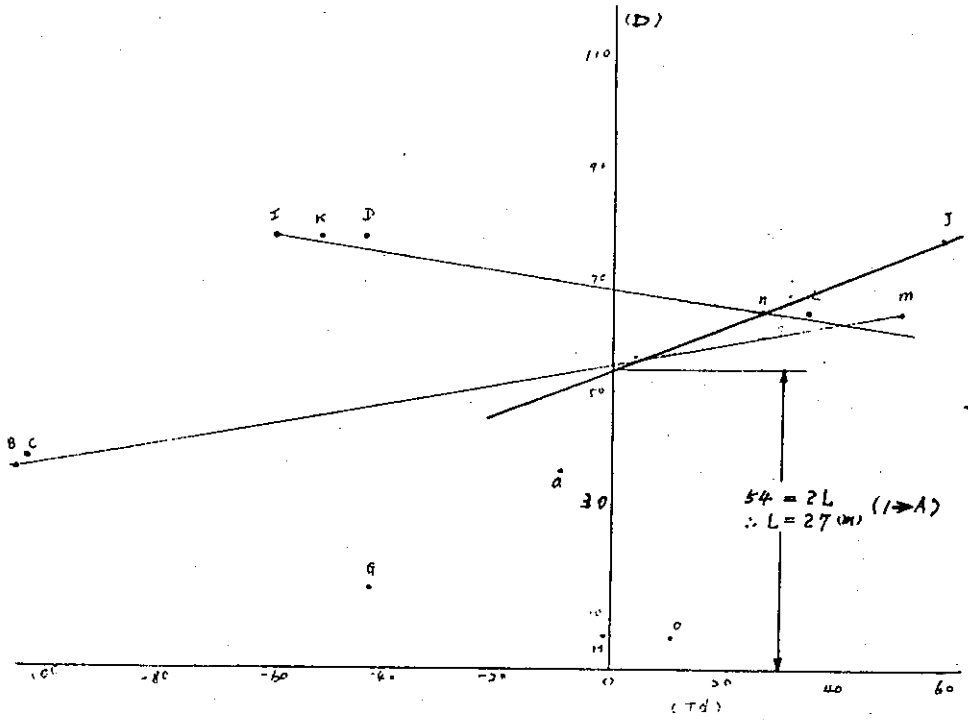
確認作業之應用和要領探討之一

附圖十九：當管線不明之情況時利用相關圖解分析法求解範例圖

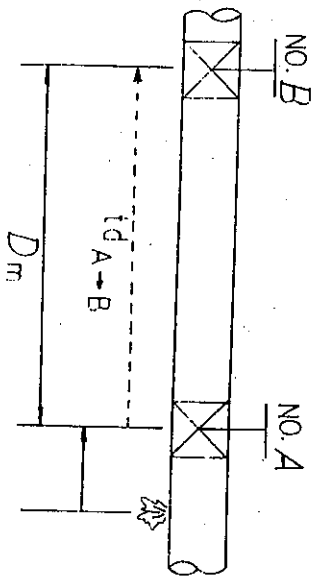
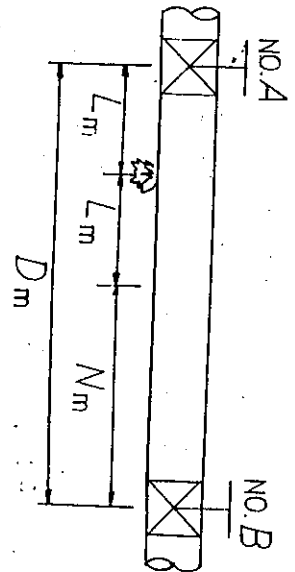
實驗地點：蘇澳鎮力行街26巷

A 圖：實驗場、地形管網關係位置圖

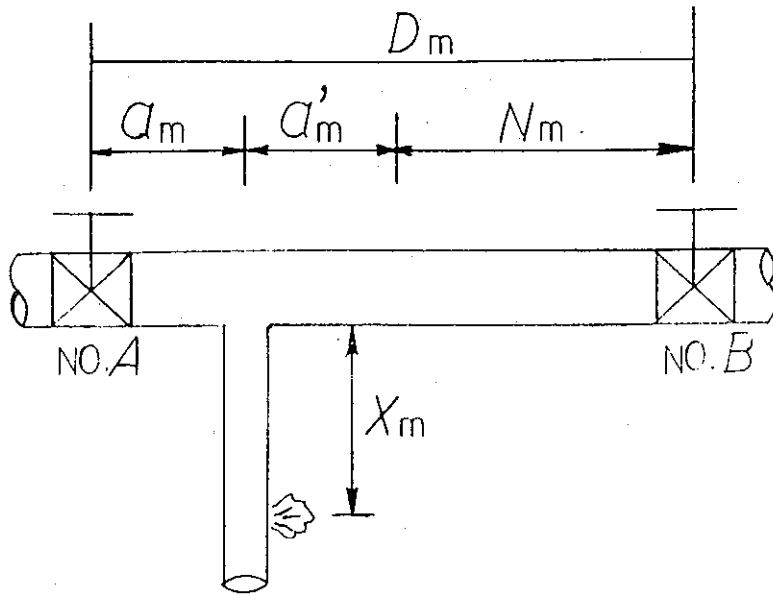
C 圖：相關圖解分析法座標圖



就測定結果之判斷、應用合理的解釋，尋求結論，例一
附圖二十：單純標準滲水測定狀況略圖



就測定結果之判斷，應用合理的解釋，尋求結論，例二
附圖二十一：滲水點位於兩測點外側情況之略圖



就測定結果之判斷，應用合理的解釋尋求結論，例三
 附圖二十二：漏水點介於兩測點間之分歧管綫上之略圖