

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書
(出國類別：實習)

類比式聲波電測儀與 ECLIPS 電腦電測系統之整合、操作及維修出國報告

出國人：服務機關：中油公司台灣油
礦探勘總處

職務：石油開採工程師

姓名：王志銘

出國地點：美國

出國期間：89年11月12日至11月25日

報告日期：90年02月20日

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書
(出國類別：實習)

類比式聲波電測儀與 ECLIPS 電腦電測系統之整合、操作及維修出國報告

出國人：服務機關：中油公司台灣油
礦探勘總處

職務：石油開採工程師

姓名：王志銘

出國地點：美國

出國期間：89年11月12日至11月25日

報告日期：90年02月20日

摘 要

本此研習主要在學習舊類比式聲波電測儀與 ECLIPS 電腦電測系統之整合、操作及維修。系統之整合需修改地面資料擷取控制盤及下井儀器。電測之操作亦有一些新觀念，必須徹底瞭解方能迅速而確實的操作。維修方面則有一些不在維修手冊上的技巧值得學習，同時瞭解問題的徵兆，正確維修保養下井儀器。

本報告即以此三方面分三個章節詳述系統之整合、操作及維修，最後再概述該公司新電測儀之功能。

類比式聲波電測儀與ECLIPS電腦電測系統之整合、操作及維修出國報告

目 錄

1.	目的	1
2.	過程	1
3.	心得	3
	壹、系統之整合	3
	一、資料擷取控制盤之修改.....	3
	二、1603 類比式聲波電測儀修改	5
	貳、電測操作說明	5
	一、地面設定：.....	6
	二、儀器命令選單.....	8
	三、參數視窗.....	9
	四、施測步驟.....	16
	參、電測儀維修簡述	20
	肆、新電測儀器簡介	21
4.	觀感及建議事項	21

1. 目的

本次派員赴美國實習之目的為使舊類比式聲波電測儀能與新式電腦電測系統整合施測。舊類比式聲波電測儀已使用超過十年且舊類比式電測系統已不堪使用，欲使用於新電腦電測系統則必須修改地面及下井儀器，且其操作方式亦截然不同，經由此次的實習可使舊儀器再生，維持本總處基本電測之能力。

2. 過程

本次出國實習案經奉派本公司台灣油礦探勘總處鑽探室王志銘工程師，於89年11月12日至25日赴美國實習類比式聲波電測儀與ECLIPS電腦電測系統之整合、操作及維修技術，實習課程摘錄如下，行程如表一：

實習課程一：5710地面資料擷取控制盤及1603類比式聲波電測下井儀修改研討。

實習課程二：類比式聲波電測儀施測操作實習。

實習課程三：1603類比式聲波電測下井儀電路解析及維修實習。

實習課程四：1603類比式聲波電測儀水泥封固電測模式研討。

實習課程五：新電測儀器簡介。

表(一)實習行程

日期	地點	主題
11月12日	台北 Odessa	行程
11月13~17日	Odessa	系統整合修改研討 施測操作實習 電路解析及維修實習
11月18日	Odessa 休士頓	行程
11月19~23日	休士頓	水泥封固電測模式研討 新電測儀器簡介
11月24~25日	休士頓 台北	回程

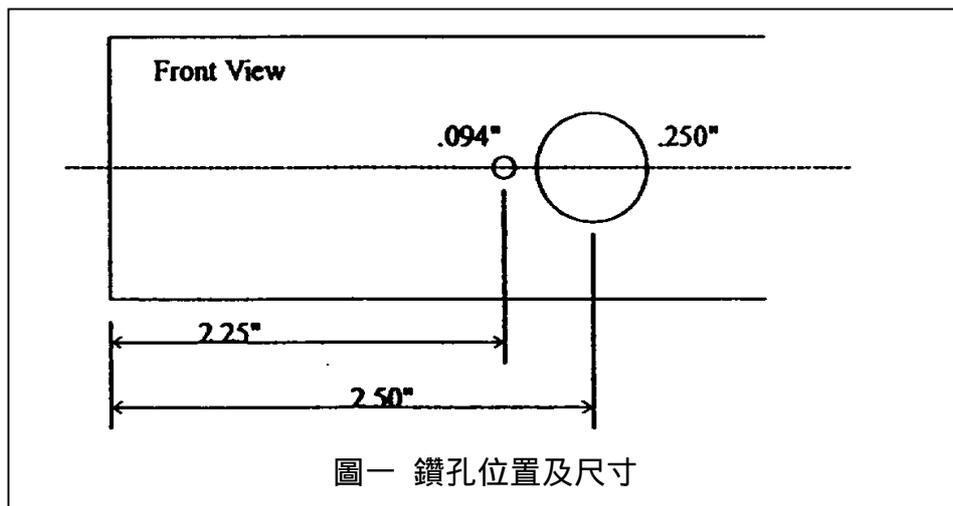
3. 心得

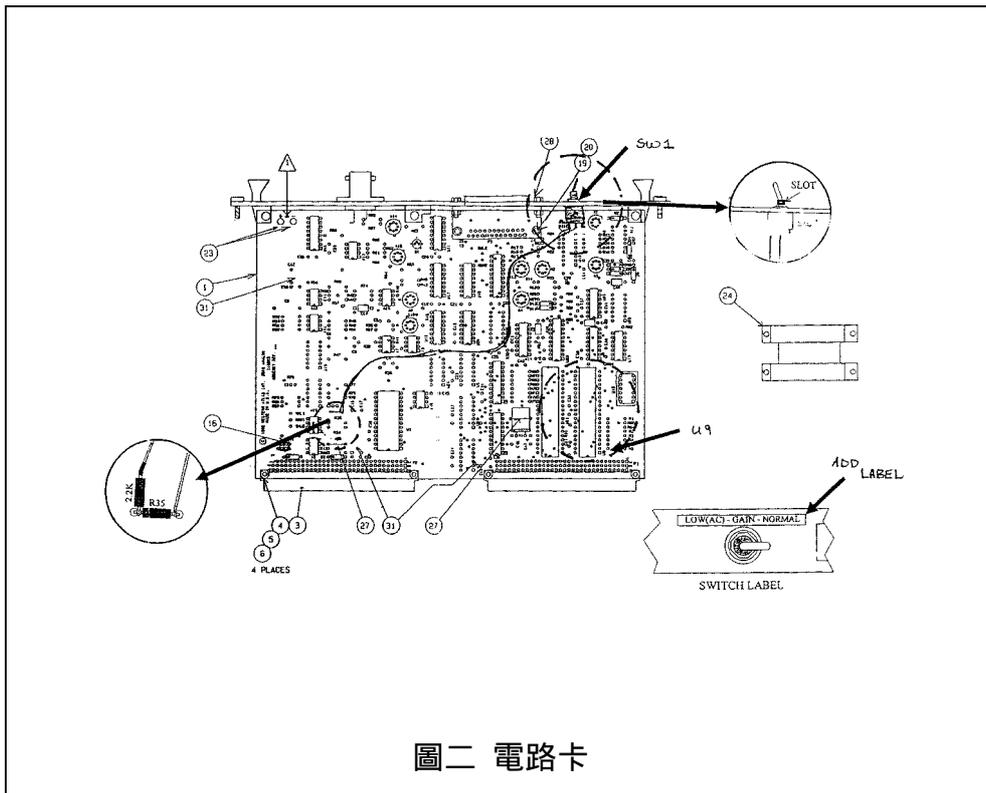
壹、系統之整合：

欲使用 ECLIPS 電測系統施測 1603 類比式聲波電測儀, ECLIPS 系統需修改 5710 資料擷取控制盤及 1603 類比式聲波電測儀。

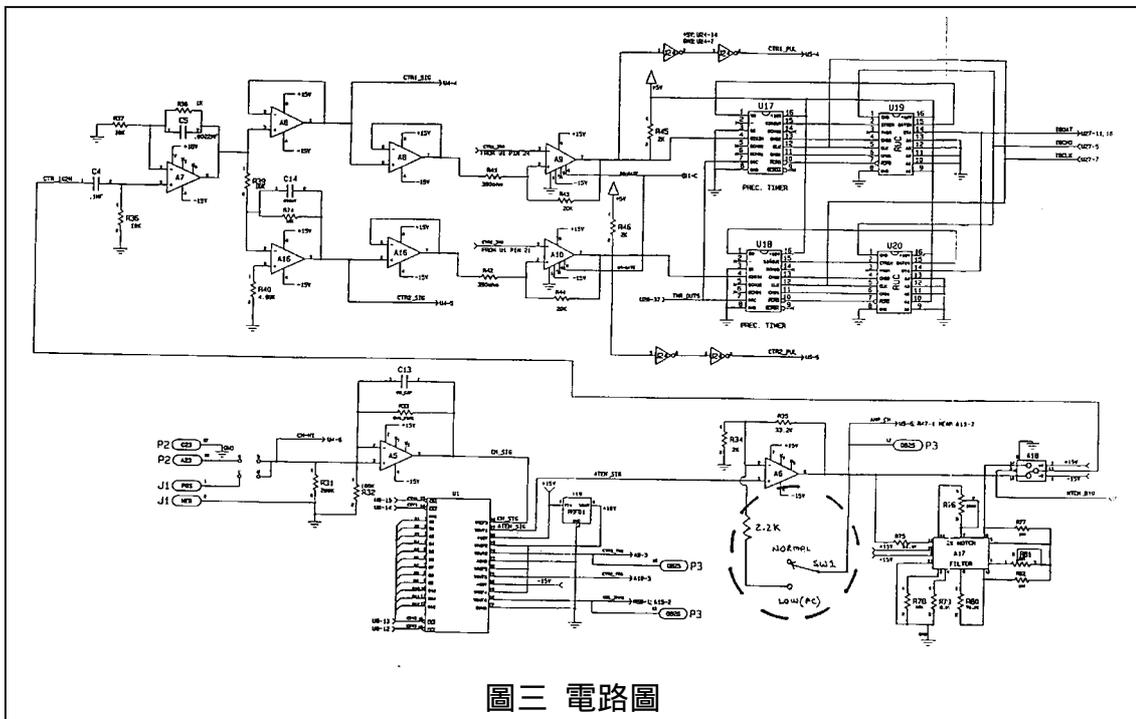
一、資料擷取控制盤之修改：

1. 拆出 6 號, 3506 數位訊號處理電路卡(PN.145991-000)。
2. 置換新 IC-U16, 版本 G。將電路版裝回。
3. 拆出 7 號, 3506 類比訊號處理電路卡(PN.145992-000)。
4. 如圖一在電路卡前方鑽兩個洞, 裝上開關及連接導線, 標上 "LOW(AC)—GAIN—NORMAL" 標示在開關上方。參考圖二。
5. 連接 2.2K 電阻至電阻 R35 接近 A6 的那一端, 2.2K 電阻另一端接至開關。開關另一端接至 R35 電阻另一端。參考圖二、三。
6. 置換新 IC-U9, 版本 L。將電路版裝回。





圖二 電路卡

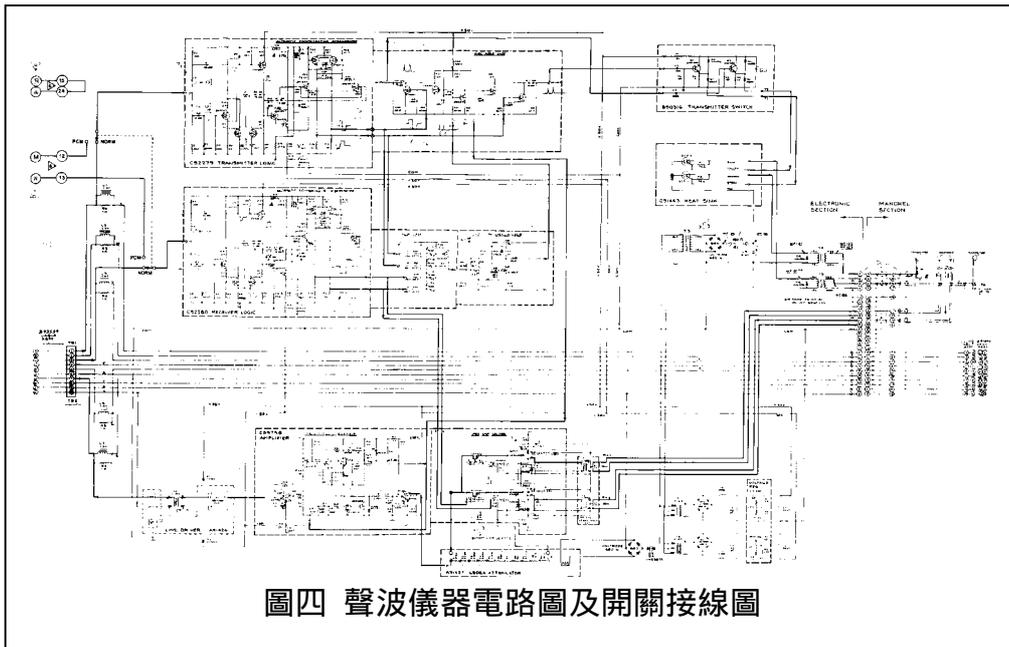


圖三 電路圖

二、1603 類比式聲波電測儀修改：

類比式聲波電測儀需修改，使能支援波數調變(Pulse Count Modulation)操作由導線 12 及 13 接收聲波邏輯訊號，配合 3506 井下信號轉換儀(telemetry)及 3517 模組連接儀(Modal Sub)以轉換導線連接方式，方能與 ECLIPS 電腦電測系統相容施測。

參考圖四，增加一開關使下井儀可在 PCM 及普通類比式電測間切換。



貳、電測操作說明：

操作時需注意，ECLIPS 電測系統係由聲波同步脈衝的前緣開始計時，因此會與理論上的管串總走時有點差異，但由於對稱補償的關係，仍可測得正確之聲波走時。但若聲波同步脈衝或訊號調整不良導致飽和，則會導致測量結果不準確。

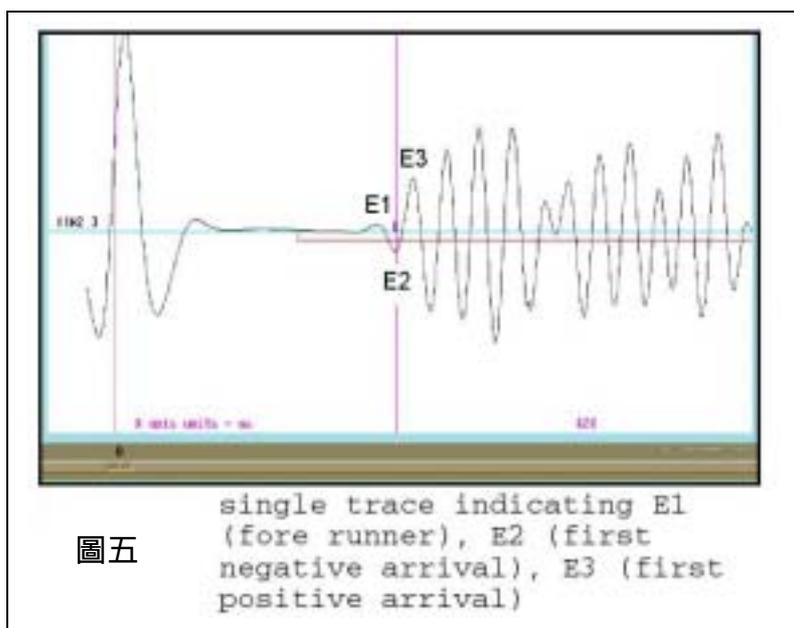
四個測得之波串及同步訊號各自使用獨立的地面增益，然後再數位化。增益的大小係根據前一個測得信號振幅自動調整。地面過濾器(Filter)可減少數位處理後信號之相移(Phase Shift)，四個測得波串皆使用同樣之過濾器參數。

資料擷取包含聲波及 PCM 資料，若與 PCM 間之通訊出問題則聲波訊號亦無法正確擷取，即使在示波器量得導線聲波訊號為正常亦然。

發音器到接收器的距離及聲波電測儀是否維持在井孔中心為影響聲波走時測量準確度的因素，接收器的距離我們無法改變而電測儀則可以井徑儀(Caliper)、找中器(Centralizer)及保護套(Stand off)儘量保持正心。另一項主要

因素為前首達波(fore-runner)的選擇,事實上類比式聲波儀由於信號經長距離電纜線的衰減及雜訊干擾,要正確檢出前首達波並不容易,測井人員需根據理論值加上經驗的累積方能正確檢出,新一代數位式聲波儀則在井下即由電腦處理故無此問題。

如圖五所示,測井人員需正確的檢出前首達波 E1。有時由於井下增益調得太高導致雜訊太大,可能電腦會將雜訊波誤檢為前首達波,此時正確的保養儀器可提高信號雜訊比,提升電測品質(參考儀器維修章節報告)。



操作者可由操作軟體的示波器選項 CH 及 AMP_CH 將聲波信號顯示在示波器上, CH 是未經處理的導線上信號, AMP_CH 則是經 U1 衰減再經單線增益級(SINGLE COND gain stage)及開關放大級(switched gained amplifier stage) A6 而出來之信號。

當 1603 在鋁管中檢查時,若兩個進端或兩個遠端的聲波走時不同時,應檢查儀器是否置中,同樣的下井時這兩對曲線可做品質校驗,判斷儀器是否正心,資料是否可靠。不同測次時不可改變聲波同步信號偵測參數,聲波走時可能相同(由於對稱補償作用),但總走時由於同步信號偵測點不同會偏移。

測得之聲波資料無法改變地面增益設定重新處理,只能改變濾波器參數及前首達波搜尋窗和偵檢參數,然後重新處理,重新偵檢前首達波。

若信號及雜訊比良好,則井下增益越低越好,較低的井下增益可得較可靠之聲波走時。

注意,儀器運送及組立時需套上鋁管保護,必須先將接點清乾淨再連接儀器。下井速度不可超過 30m/min,否則可能損壞儀器。

一、地面設定：

1. 地面開關控制盤設定：

3765 :	LOG/SAFE	LOG
	MOTOR	LOG
	LOG/SIM/MOD	MODAL SUB
	INPUT	7 COND
	SERVICE	7 SC
5716 :	LOG IN SIG	MODAL
	SP REF	MUD/DOWNHOLE
	3765 SIG	LOG IN
2061 :	AC power	CH 2

電測速度太快時，系統會出現“Telemetry Overrun”提示，趕緊放慢速度可防止資料流失，開太多顯示視窗亦會增加電腦負擔，可能造成資料流失。

2. 下井儀開關位置：
 - 1603 聲波下井儀內之開關必須設到 PCM 位置。
3. 增益設定（地面及下井儀）：
 - A. 載入並啟動含 1603 之操作檔案（OCT），送電(180 Vac)至 1603 下井儀，下井儀之增益開始時設在第 2 段（共 12 段）。
 - B. 將軟體上的 AGC 控制啟動，並設定上下限約 30 至 40%，聲波同步訊號參數（Acoustic Sync Threshold Factor）則設為 0.7，將單芯導線增益設為 25%，若開關置於“AC LOW”時，運算放大器 A6 的放大倍數為 2，此時處理後的信號（AMP-CH）應與導線上（CH-HI）之信號相同。有時上下限 30 至 40% 無法正確抓到信號並自動調整增益，此時可將上下限調至 30 40%。
 - C. 觀察 th0XY 之數值，將此值除以 0.7 即為同步訊號真正之振幅，若同步信號為全波串之最高值，則 th0XY 即為同步訊號之振幅。若 th0XY 之值為 1434 表示同步信號飽和了，應避免進入飽和。送電旋轉下井儀增益開關可增加波串增益，因此可降低地面增益而防止同步信號進入飽和。
 - D. 調整 AGC 起始點在預測最快到達聲波前至少一個半週波。調整 AGC 長度比預測最慢到達聲波後至少一個半週波或任何可能剪波之前，這些值必須在儀器下井時決定。
 - E. 當儀器下井時，調校前首達波搜尋窗的起始點及長度，使能包含所有可能的壓縮波並決定最佳的挑選方式，最好以 2 或 4 sample/ft 先往下記錄電測。必須隨時注意調整上下限，一般而言可用與 AGC 一樣的起始點及長度。

二、儀器命令選單 (Tool Command Menu) :

如圖六, 聲波擷取控制視窗讓使用者可以控制地面擷取系統及下井儀增益開關。現在細述此視窗各控制單元之意義。



圖六 聲波擷取控制視窗

1. SUBSET : 此開關無法動作, Sub Set 乃是在 OCT 載入時即以預設值設定, 使用者無法改變。
2. CABLE DELAY : 用於選擇開始將波串數位化的起始點。此參數應設於聲波同步信號稍前, 最好之前 200~300us 的位置。
3. GAIN, SIGNATURE X : 為各接收聲波信號的地面增益, 參數從 0.125 到 3.75。1603 聲波儀沒有聲波信號 5 及 6。
4. REP RATE CONTROL : PCM 邏輯的重複時間 (Time in microsecond between PCM logic), 預設為 50us , 電測速度欲加快時則需降低此重複時間。
5. LOG MODE : 此開關如同改變 5710 資料擷取面盤內兩個 3506 信號擷取卡的取樣速度, 此開關選項如下

1 us at 1000 samples
2 us at 1000 samples
4 us at 1000 samples
8 us at 1000 samples

當然取樣速度的不同會影響電測速度。此開關預設值為 2us。

下表為電測時之最高測速

4 samples/ft at 25us rep. rate 為 45ft/min
4 samples/ft at 50us rep. rate 為 45ft/min
4 samples/ft at 100us rep. rate 為 45ft/min

4 samples/ft at 150us rep. rate 為 25ft/min

若使用 2 samples/ft 則電測速度如上表加倍。

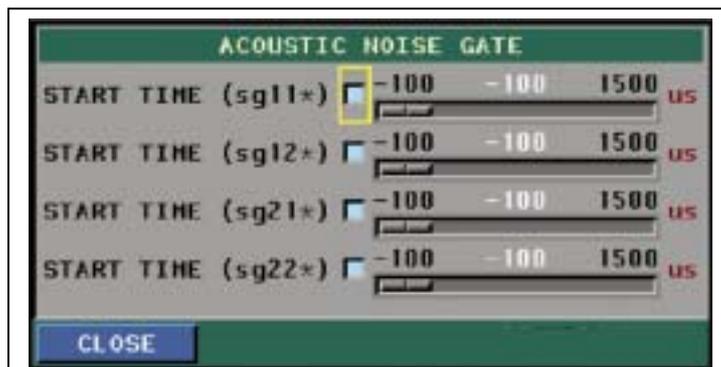
6. DOWNLOAD：此開關將會把此視窗內之設定值載入電腦。
7. DOWNHOLE ACOUSTIC GAIN：下井儀之增益必須由 3765 導線控制面盤上之 AC GAIN 開關控制，無法在此控制。

三、參數視窗（parameters）：

工程師必須使用參數視窗輸入各項參數以獲得聲波孔隙率、聲波走時及振幅等資料，參數視窗之內容可分為六大類

1. ACOUSTIC NOISE GATE（圖七）：聲波雜訊閘讓工程師可選擇每一個數位處理後之波串的起使時間，因此可以消除基準線上之雜訊，防止挑錯前首達波。此起使時間僅影響前首達波的挑選而不會影響同步信號（即使同步信號被雜訊閘遮蓋而無法顯示）。

此參數應設為-100，非必要不要修改，改變雜訊閘起使時間會從頭遮蓋聲波波串，使用者若不注意很容易造成混淆。



圖七：聲波雜訊閘

2. ACOUSTIC SYNCH THRESHOLD（圖八）：聲波同步信號選取參數係根據每一個波串最大振幅的百分比來決定同步信號偵測的基準，電腦將所測得之最大振幅值乘上此參數即為同步信號偵測基準值，在下一波串中從第一個選取樣（First Threshold Sample）開始比對，首先找到振幅值大於此基準值的即為下一波串之同步信號，亦即時間零。

通常聲波同步信號振幅高於真正收到的波串信號。同步信號選取參數可由工程師或第一個選取樣改變。降低選取參數表示同步信號的偵測會較靠同步信號的前緣。第一個選取樣（First Threshold Sample）應維持在預設值零。



圖八：聲波同步信號選取參數

- ACOUSTIC AGC (圖九)：此參數控制表提供一個自動增益回饋 (AGC Feedback) 開關，可將自動增益調整功能關閉而以手動控制方式設定地面增益。

增益調整的範圍則可由最大增益改變 (MAX. GAIN CHANGE) 開關來設定，建議使用預設值—無限制 (No Limit)。無限制表示系統可使用任何倍數來調整增益。

上限參數百分比 (Upper Threshold %) 為信號可被放大後之最大值，下限參數百分比 (Lower Threshold %) 為信號希望被放大後之最小值，前一次的波串如果超出限制值，自動增益 (AGC) 即會根據上下限設定值自動調整增益。

近端及遠端接收器的 AGC 起使時間及長度可在任何操作模式下進行調整，電測中更需隨時注意調整此設定。



圖九：聲波自動增益

- ACOUSTIC WAVEFORM FILTER (圖十)：使用者可以開或關地面波形過濾器，預設為 ON，且初始截止值為 500Hz 到 50000Hz。波

形過濾器最好是 ON，可以將基準線濾平，提高低頻截切頻率可消除基準線上之雜訊，通常使用 5000Hz 低頻截切頻率，使用地面濾波器會造成相移，即波串會向前移數個微秒，但聲波走時 T 由於補償作用，並不會改變。



圖十：聲波波形過濾器

5. ACOUSTIC PICK CONTROL (圖十一)：聲波走時首達波的挑選係由此視窗控制，近端及遠端的搜尋窗起始時間及長度乃由視窗內的滑動桿設定，程式會在搜尋窗內試圖尋找首達波。

首先，當嘗試尋找首達波（E2—第一個負波）時，軟體使用極



圖十一：聲波走時挑選控制

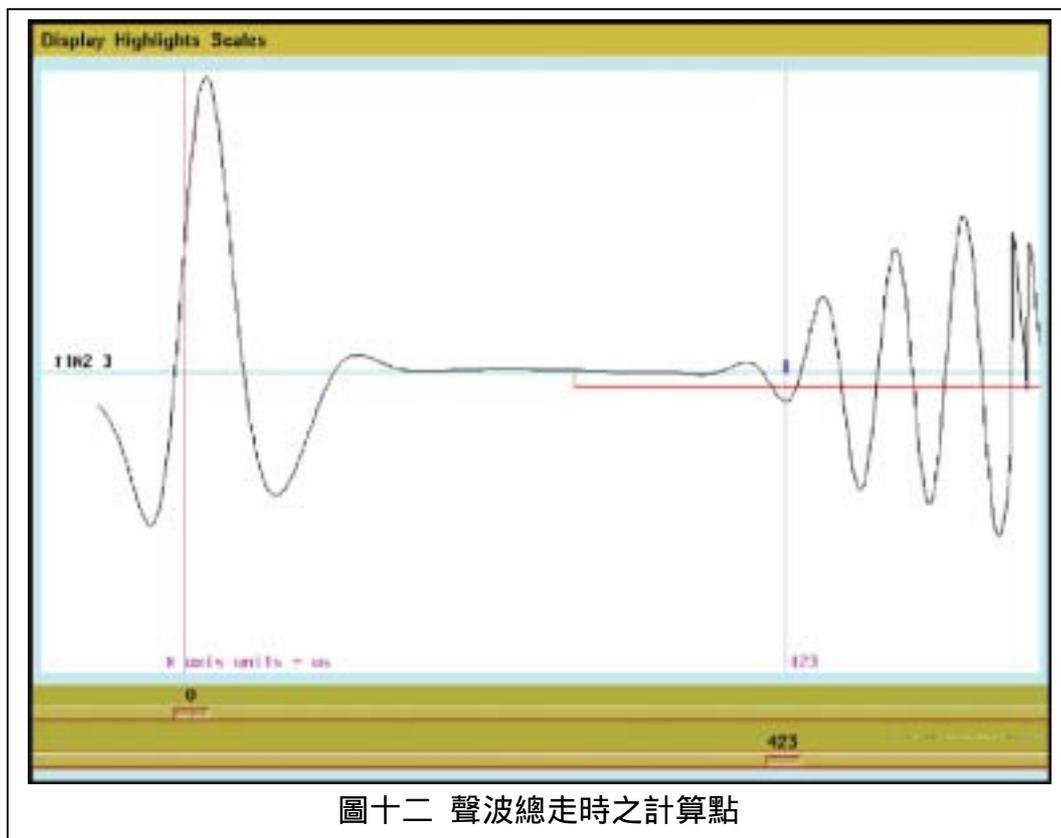
限因子 (Threshold Factor) 及最小極限(Threshold Minimum)來評估每一個聲波到達的波串，自搜尋窗起始時間開始直至 E2 的條件符合，或至搜尋窗結束而沒有搜得。

極限因子決定現在的極限值，真正的極限值是前一個挑得之首達波振幅乘上極限因子。若搜尋窗內到達的波幅大於最小極限(Threshold Minimum)或大於極限值即被視為有效的聲波走時。

剪波 (shear) 及史東力波 (Stoneley) 之振幅遠大於壓縮波，願工程師必須小心操作，將 AGC 長度縮小使這兩個波排除在偵檢範圍內才不會影響壓縮波之振幅。

視窗內每一個滑動桿旁都有一個開關，此開關按下時可獨立調整極限因子及最小極限，若不按下則四個相似參數會同步調整。

一旦 E2 尋獲，軟體的第二步是用插入法找出 E2 波的最低點，而由此點算出首達波總走時 (如圖十二)。工程師應注意另一個影響聲波走時偵測準確度的因素是井下信號由於下井儀增益過大而飽和，導致波形尖點變為平直而無法計算出最低點，此情況下電腦選取的點可能在波形平直段游移，應避免此情況的發生。



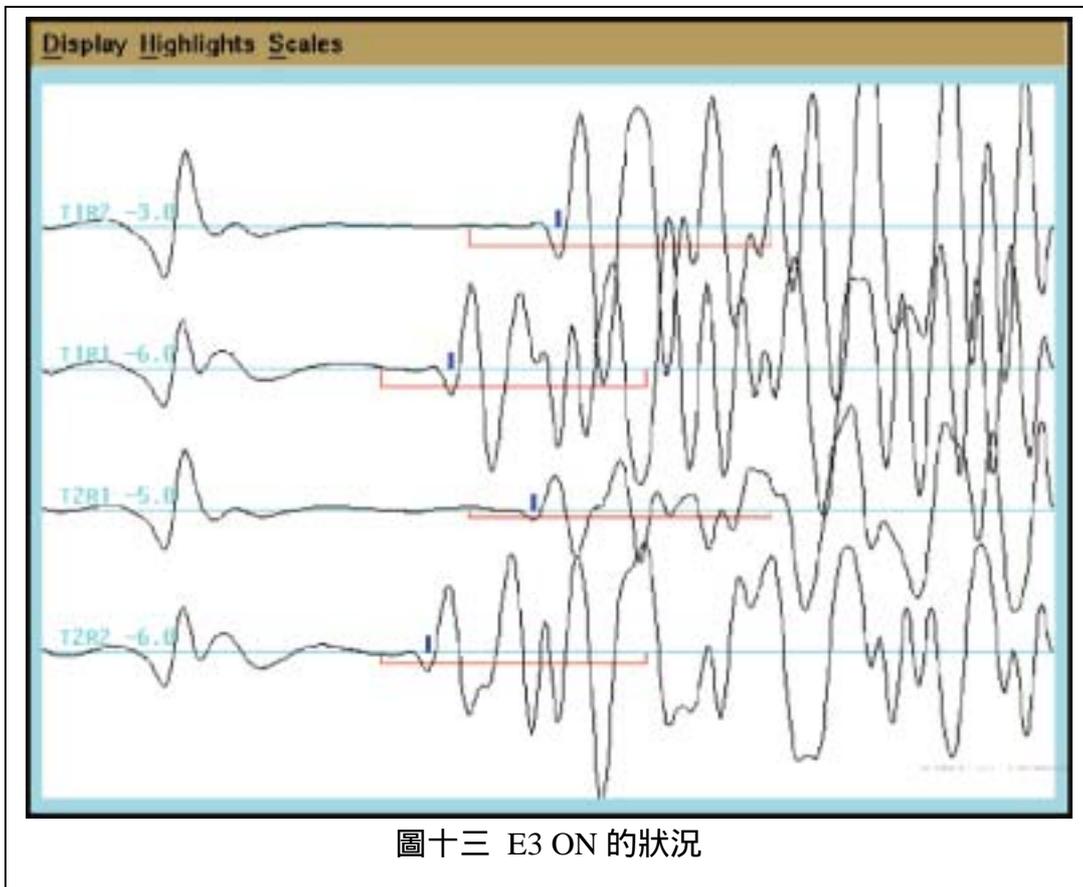
6. E3 THRESHOLD (圖十三)：E3 Threshold 開關 OFF，乃一般情況下之操作，僅偵測第一個負向波。但有時波串相當紊亂而不穩定，導致 E2 偵測不易而有 cycle skipping 現象，此時可考慮將 E3

Threshold 開關 ON。

當 E3 Threshold 開關 ON，軟體會搜尋振幅符合極限的第一個負向波及第一個正向波，只要其中的一個符合極限範圍則負向之波視為有效之首達波。亦即若 E2 因振幅過小而未被選取，但藉由 E3 的幫助，軟體可假設其前之負向波為 E2。在聲波走時挑選控制視窗內的最小極限值是以絕對值顯示在滑動桿上方。

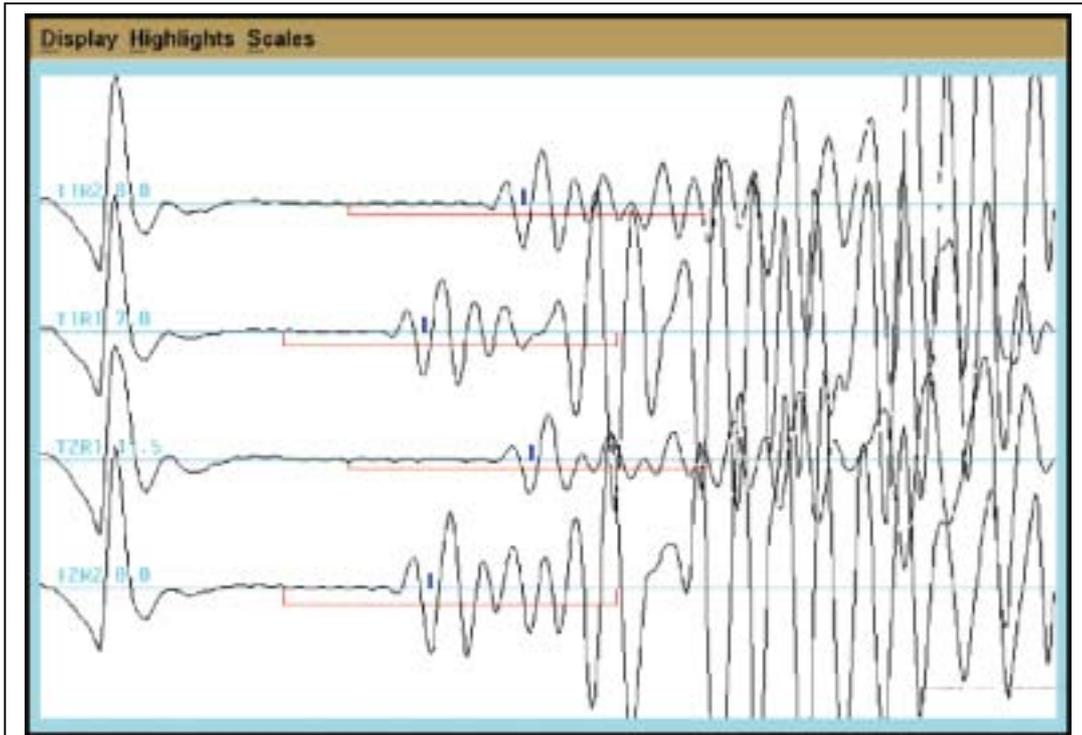
利用 E3 的偵測僅在信號很小，E1 幾乎不存在的情況下才可使用。可用地面濾波器降低 E1，E2 最小極限及極限因子可能需增加，以維持較佳之 E3 偵測。

圖十三顯示 E3 ON 的狀況，由圖可看出 E1 很小而 E3 很大，將 E2 的極限條件調得比平常高，防止錯誤挑選到基線上之雜訊，地面濾波器設為 10000Hz，同步信號後的雜訊是因為井孔大必須調高下井儀增益而導致。



圖十三 E3 ON 的狀況

圖十四顯示典型的 E2 (E3 OFF) 狀況，圖中顯示很強的 E1 及 E2，AGC 顯示適當的設定使後面剪波 (shear wave) 排除在外，而只根據壓縮波的信號振幅，自動調整地面增益。



圖十四 典型的 E2 (E3 OFF) 狀況

- ACOUSTIC POROSITY(圖十五): 聲波孔隙率的計算有四個公式 ;
Wyllie、R-H-G (Raymer-Hunt-Gardner)、Modified-Wyllie 及
Empirical , 這些公式及其相關參數和岩性傳播時間、流體及頁岩含
量可視實際情況而改變 , 詳細公式及參數可參考電測解釋書籍。



圖十五 聲波孔隙率

- ACOUSTIC PICK CONTROL CBL(圖十六 十七): 水泥封固(CBL)
參數表可讓工程師設定近端及遠端固定閘 , 並可調整取樣閘之長
度 , 使只有負向波 E2 落於閘內 , 此取樣閘必須稍大於套管傳回之
E2 尖峰處 , 因此只有 E2 振幅被偵測到。



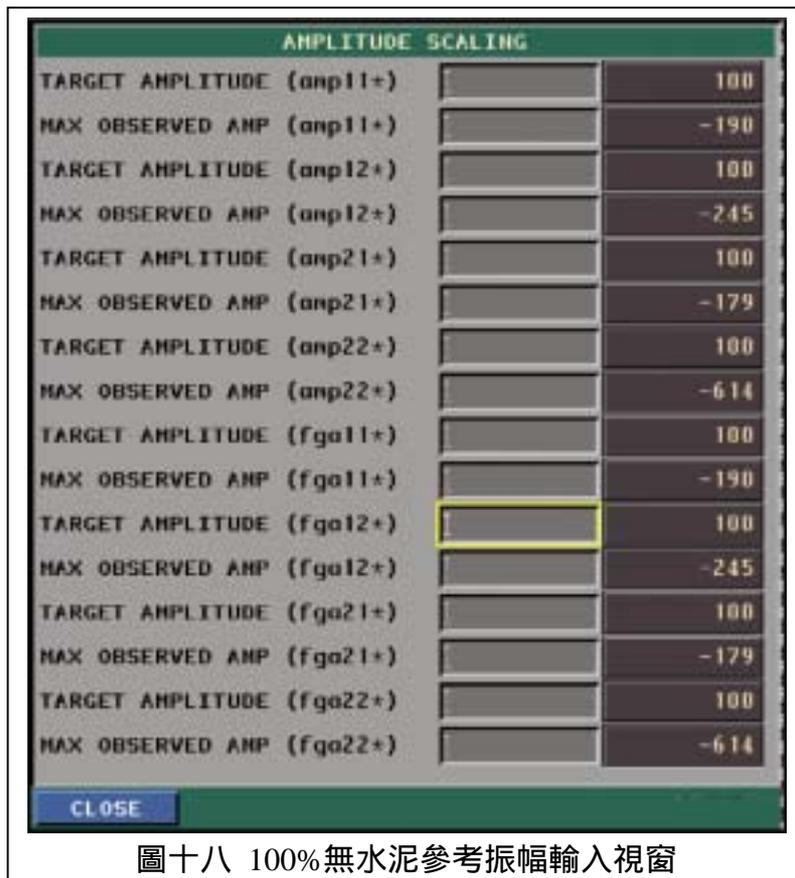
圖十六 遠端固定閘設定



圖十七 近端固定閘設定

一旦取樣固定閘設定完畢，每一波串之 E2 振幅峰值必須輸入標示為 Max Observed Amp 的方格內（圖十八），這是 100% 無水泥的參考值，fgaXY 曲線讀值應接近 100%。

9. ACOUSTIC CYCLE SKIP LIMIT：聲波跳脫限制功能在鄰近的聲波走時改變太突然超過某一限度時會發出訊號提示工程師，此限度值可由聲波挑選控制（Acoustic Pick Control）部分的一般處理參數（General Processing parameters）視窗中的 Cycle Limit box 輸入。每當聲波走時變化超過限度值時即會在 qpXY 曲線產生一個標記，可作為電測品質之指標。另外 sfaXY 曲線更是最好的品質指標，正常電測情況時兩對近端及遠端之聲波走時應完全一樣，曲線重合，一旦下井儀傾斜或跳波時則曲線會分離，當然工程師設定不當亦會造成曲線分離。一般而言，若曲線分離則表示該段電測資料不可靠。



圖十八 100%無水泥參考振幅輸入視窗

四、施測步驟：

1. 聲波走時 (T) 電測：使用 ECLIPS 電測系統施測 1603 電測儀會產生三條聲波走時電測曲線，dt 曲線是從所有四個接收到的波串計算出地層聲波走時，其值為 dt1 及 dt2 的平均。dt1 為第一個發音器 (T1) 測得之兩個波串計算後之地層聲波走時，dt2 為第二個發音器 (T2) 測得之兩個波串計算後之地層聲波走時。

聲波電測的準確度取決於測得之波形是否標準，且波串沒有飽和。亦即波串必須適當的濾除雜訊，使在收得正常正弦式的聲波信號之前信號基線很穩定。工程師亦需適當的設定 AGC 及搜尋窗參數。AGC 在正式施測前必須調校正確，一旦施測後並無法用原始檔 (RDR) 重新調整 AGC，只能重新調整搜尋窗參數。

當儀器下井時，預估可能的壓縮波到達時間設定搜尋窗起始點及長度，並決定最佳的挑選方式。以 2 samples/ft 或 4 samples/ft 的取樣率向下電測，電測時必須隨時注意極限值 (Thresholds)。

2. 水泥封固 (CBL) 電測：水泥封固電測與聲波電測相同由四個接收到的聲波信號測量其振幅及傳播時間，只是 CBL 需設定在欲電測之套管環境下所需之數值及參數，CBL 僅需一對接收信號，故而若有一個發音器故障，CBL 可使用另一個發音器所產生的一對信號。

操作程序是首先將 AGC OFF，手動設定地面增益，但不可使聲

波同步訊號飽和，輪轉調整下井儀增益至井下信號不飽和，可由觀察整個平滑圓弧形的波串證實不飽和。下井時應在確定 100%無水泥的管串處做上述的調整，以輸入相關參數。

3. 波形展示 (WAVE PRESENTATIONS) :

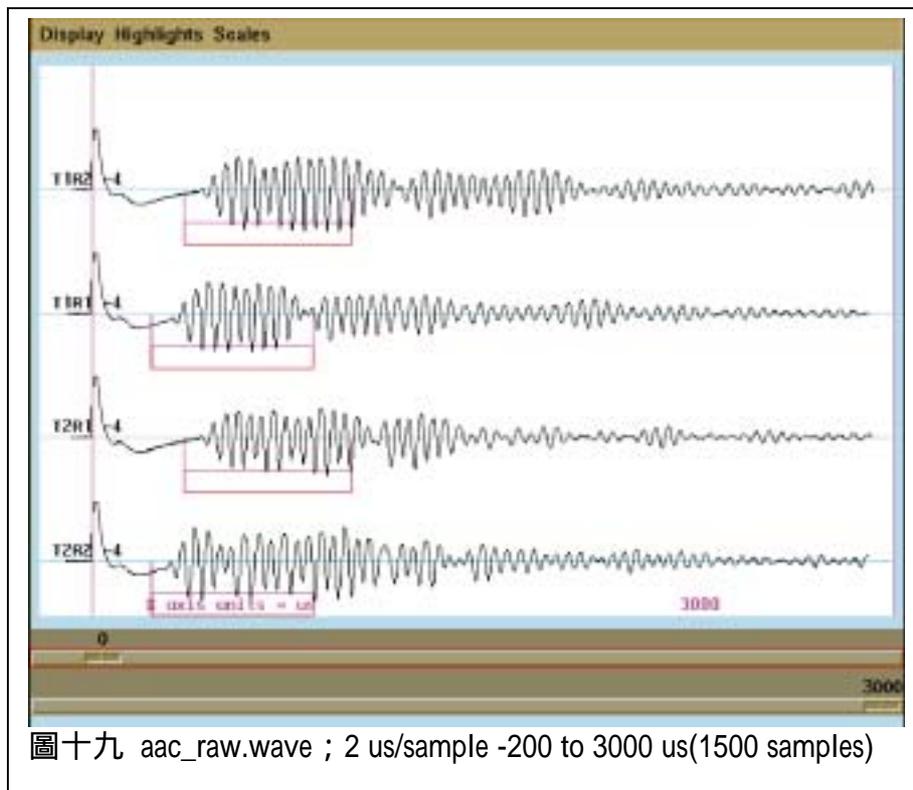
1603 類比式聲波儀電測時有數個展示視窗,視窗係以激發順序 T1R2, T1R1, T2R1, T2R2 來顯示的聲波信號。各視窗描述如下：

aac_raw.wave (圖十九)

此視窗顯示所有原始含增益但不含過濾及處理的聲波數位化信號。同步信號偵測點及增益亦顯示在各聲波信號旁，同步信號偵測點為各聲波信號之時間零點。利用本視窗可觀察電纜線延遲 (Cable Delay) 校正調整鈕之作用，工程師必要時可調整此鈕以消除不要的基線雜訊，建議的調整距離為起點至同步信號約 200 至 300 微秒。

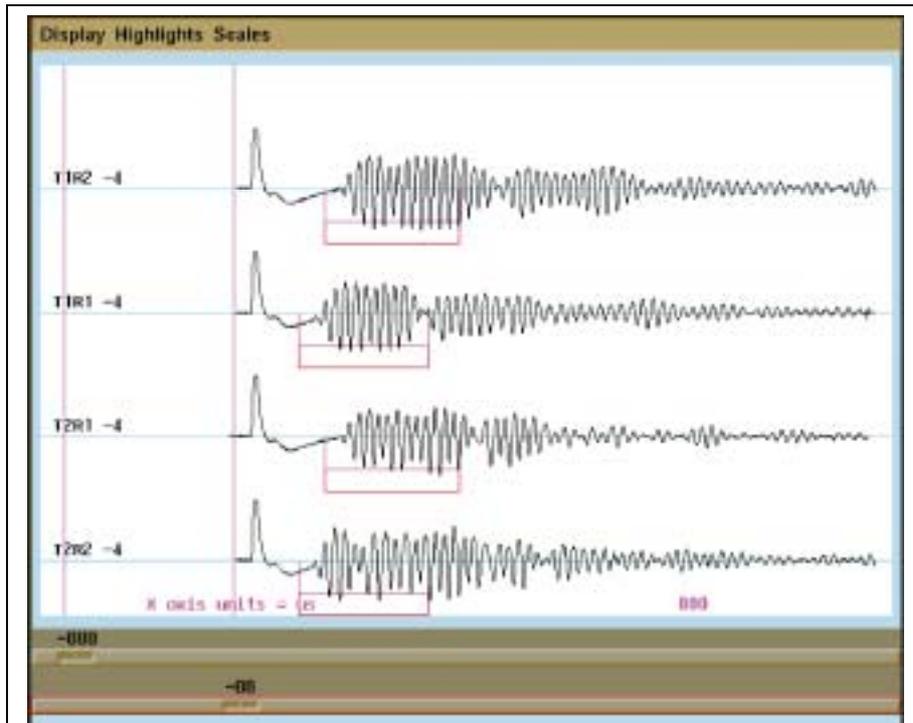
自動增益 (AGC) 的起使時間 (Start Time) 可由兩個限制值的起點觀察而得，而自動增益搜尋長度 (search length) 即為限制值之長度。上下限制值即為圖十九中長方形的區域。

圖十九顯示取樣頻率為 2 microseconds/sample 的原始聲波波形，Cable Delay 設為 800us。一般 aac_raw.wave 視窗上的 Scale 選項應設為 2%。



圖二十顯示 800us 的 Cable Delay 的原始聲波信號圖，兩條線標之間的距離即表示 800us 的基線被抹除，右邊的基線為起使數位化

之時間，同步信號則在時間為零之處。



圖二十 aac_raw.wave; 2us/sample, -1000 to 3000us, Cable delay 為-888 到 -88us 之間，同步信號在時間0us

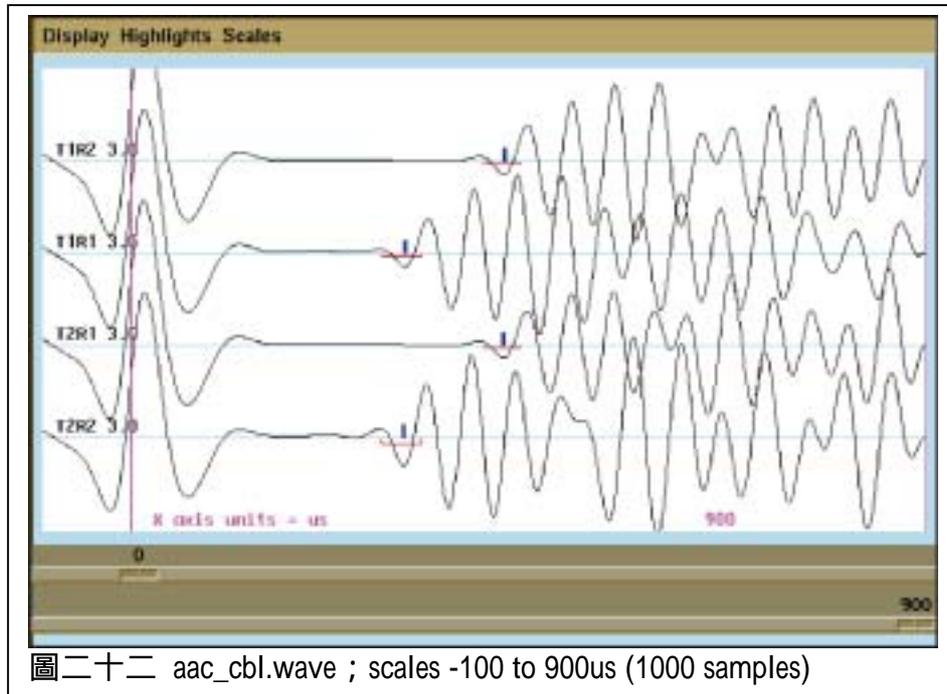
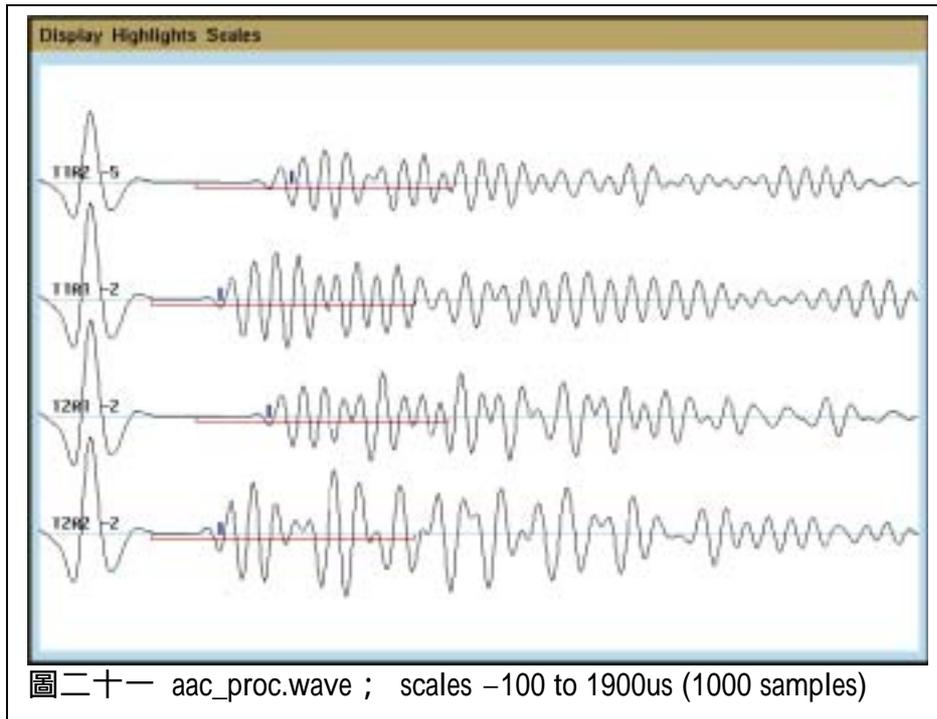
圖十九及二十中，自動增益起始點在近接收端約為 215us，在遠接收端約為 340us，自動增益會自動調整增益使搜尋窗內之信號最大振幅落於上下限制值內。

aac_proc.wave (圖二十一)

此視窗顯示所有過濾及地面增益處理過之信號，首達波擷取窗之起使值及長度以紅長棒標出，電腦會在此窗內嘗試選出首達波，選得之首達波則以藍短棒標示。

aac_cbl.wave (圖二十二)

此視窗顯示所有過濾及地面增益處理過之信號，並包括近接收端和遠接收端 CBL 固定閘起始時間及長度之標示，CBL 所測即為此固定閘內之負向波的振幅大小



4. 電測品質控制 (LOG QUALITY CONTROL)

sfaXY 曲線為最佳的品質較驗曲線，這兩條曲線應相互平行，

若有交叉或忽然的分離，則可能代表聲波跳波（cycle skipping），若忽大忽小則表示下井儀偏出正心，跳波之處應調整增益及電測速度重測。

由聲波計算得之孔隙率應與其他如密度或中子電測之孔隙率校對並應與經驗值符合，在鬆軟地層或含油氣地層，聲波測得之孔隙率可能高於密度或密度-中子交叉圖獲得之孔隙率。在晶簇或泥液侵入很淺的氣層，聲波測得之孔隙率可能低於密度或密度-中子交叉圖獲得之孔隙率。

如果主要欲紀錄壓縮波形（compressional wave），則調整適當的井下增益使首達波之信號雜訊比能在最佳情況。若欲辯明剪力波，則井下增益應調整使剪力波之振幅最大但不飽和。故而若欲分析壓縮波及剪力波，則須分兩次施測。

檢視電測品質的兩項重要指標為重複性及準確性，聲波電測儀之重複性為 ± 2 us/ft。準確性為 ± 2.5 us/ft。

在井壁很崎嶇、裂隙很多氣層、高壓地層、氣切泥漿或膠結不良的地層，信號品質亦即聲波走時之讀值可能會很差，此時應降低電測速度。電測時應含一段套管內之聲波走時，鋼管之聲波走時應為 57 ± 2 microsec/ft。聲波走時任何情況皆不應低於 40 us/ft。

下井儀首次下井時，可能儀器內的空氣會聚積在收發聲波器上而導致信號過小，只要照正常程序下井，幾分鐘內氣泡即會溶解而回復正常。

參、電測儀維修簡述：

本次赴美實習由於在操作實習時並不順利，第一天上課解說操作方法及步驟，第二天單獨練習操作聲波電測儀，發現信號品質並不理想，只能勉強施測。第三天擬組合并徑、珈瑪及聲波施測，結果井徑儀及珈瑪儀發生問題，經重新檢查電路，確定 4209 井徑儀必須置於儀器組合的最上方，而珈瑪儀因時間緊迫修復耗時，只好卸下不組合施測，僅組合并徑及聲波儀，施測過程中聲波信號品質仍然不甚理想，本組使用儀器亦有相同之情況，判斷係因電測儀內部儀器油流失，空氣泡聚集於聲波收發器上使信號大幅衰減所致，因此本人要求將聲波儀送至維修部，學習置換聲波電測儀之儀器油。

該公司原排定 3 天之操作實習，第四天只好使用該公司之第二訓練井，但施測時雜訊很大，經過一番檢查，確定該井架接地不良如同大型天線，導致雜訊過大無法施測。亦因此無法練習水泥封固電測，故而要求其工程師日後施測，待我在休士頓時傳至其總公司再由其總公司人員與我討論。本文為維持資料完整性，將水泥封固電測與聲波走時電測之操作合併纂寫。

操作實習的不順利使維修實習的時間縮短，因此電路解析部分只能略為描述，大部分是本人自己研讀，故本文不擬照章翻譯，僅提出一些維修手冊

上沒有的維修小技巧。

首先為判斷聲波收發音器的好壞，必須以電容計測量接至收發音器兩端接頭的端子，若其電容值低於 3 uF，則確定收發音器已損壞。正常值應約 7 uF。

再者測試儀器時若發現信號品質不良，則有兩種可能：一為儀器油流失氣泡積聚在收發音器，此時只好拆卸儀器添加儀器油，添加儀器油有一定的程序及步驟，不讓空氣進入儀器腔，並把儀器腔內之空氣儘量趕出，通常需要一天以上的時間來讓儀器穩定。另一個原因，是儀器外至校正鉛管間的流體聲波組抗太高所致，一般為方便計皆以自水灌入鉛管充當介面，但有時自來水之聲波組抗太高，會導致聲波信號品質不良，此時須於自來水加入清潔劑或將鉛管靜置一天，即可恢復聲波信號品質。

肆、新電測儀器簡介：

目前最新的電測儀器為核磁共振影像儀（MRIL, Magnetic Resonance Image Logging），此儀器之原理與醫學用之核磁共振儀類似，以永久磁鐵產生之磁場正交於射頻產生之磁場，將地層激磁後測量其回復時間。主要應用如下：

1. 滲透率：傳統電測儀並無法測得滲透率，祇能以圖表型的經驗公式估算，因此誤差極大。核磁共振影像儀則以直接測量之孔隙率及束縛水量來計算出滲透率，根據報告其準確度大為提昇。
2. 孔隙率：不管岩性的變化，可測得總孔隙率，但地層若富含鐵礦（iron-bearing）、黃鐵礦（pyrite）或鐵白雲石（ankerite）等則會使核磁共振影像儀測得之孔隙率偏低。
3. 不能縮減的水飽和率（irreducible water saturation）：地層中包含束縛（Bond）水即可自由移動的水，傳統電測儀並無法分辨此兩種水，祇能以總水飽和率的方式來判斷油氣層的生產潛能，因此會產生誤失之處。而核磁共振影像儀可補救此缺失，分辨出自由水及束縛水，因此在總水飽和率 60% 以上的地層亦可能因皆為束縛水而不會伴產水。
4. 定性上的分析顆粒大小分布：通常同一段砂層，束縛水隨深度遞減表示顆粒越粗，由束縛水的多寡可定性的分析顆粒大小、分布，配合地質資料可進一步分析沉積環境。

4. 觀感及建議事項

類比式聲波儀雖已屬老舊儀器，但以最小的成本獲得最大利益，使老儀器回復操作，增加基本電測項目，應屬值得。而儀器的操作方式與舊電測系統截然不同，尤其更牽涉到基本概念的改變，因此確實需要到該製造廠之訓練中心實習。

雖然在操作訓練中遭遇各種問題，但亦更增加維修實習的機會。電測儀器很少發生電路故障的問題，大多反而是容易輕忽的小問題而導致無法施測。例如前述的儀器油流失或自來水須加清潔劑等，而這些小問題並未在操作或維修手冊上提及，事實上亦不可能提及，因為有些問題是因為儀器老舊才發生，新出廠的儀器根本不會發現這些問題。以往只能猛翻維修手冊，瞎子摸象般的猜想及測試，藉著此次的實習與該訓練中心資深維修工程師討論，終能獲得解決，實為此行深感收穫最大者。

建議日後如添購新儀器時，應儘量派員赴原廠訓練中心實習，因為該訓練中心課程經研究安排，較能對使用設備徹底瞭解而無遺漏，況且該中心設備較齊全，設有訓練并可實際操作練習，確實達到實習成果。若只是該公司派人來台訓練，則一來該公司不可能同時派出操作及維修兩名工程師，另外亦沒有訓練井以供練習，而隨性式的指導更容易造成遺漏，導致不可知的失誤。