

出國報告（出國類別：實習）

定向鑽井設備技術研討

服務機關：台灣中油股份有限公司 探採事業部 鑽探工程處

姓名職稱：許瑞育 鑽井工程師

派赴國家：美國 休士頓

出國期間：104年8月21日至9月1日

報告日期：104年11月11日

定向鑽井設備技術研討

摘 要

目前中油公司使用之 MWD (Measure While Drilling)，自民國 91 年請購至今，已逾耐用年限(3 年)10 年，目前當年購買之廠商已被併購，零配件不再生產；故本次出國計畫，派許君前往美國休士頓，針對定向鑽井設備技術國際現有技術進行現場實習與了解，期能蒐集完整的 MWD/LWD 資料，作為日後招標作業之重要依據。

此次許君前往哈利波頓(Halliburton)公司定向鑽井部門，拜訪定向鑽井設備的生產製造工廠與保養、維護部門，及鑽頭生產製造與保養及維護工廠，另前往該公司的前線基地，係提供墨西哥灣海上鑽井平台與陸上的定向鑽井設備、零配件供應與補給作業。透過本次於現場實習之經驗，進而找出本處定向鑽井設備技術與能力之缺口，並針對明年欲採購之隨鑽測井儀的擴充性進行調查與了解，擬將採購具可擴充性之 MWD，以符國際趨勢，已普遍使用之 LWD(Logging While Drilling)/FEWD (Formation Evaluate While Drilling)。

本公司為石油公司，鑽井為獲得油氣之必要手段；因此，建議可安排人員出國培訓或是聘請國外專業技術人員來台授課，多加了解定向鑽井的服務，尤其是技術和設備，有哪些是我們沒有的，因為在國外技術、資訊不對等時，是很容易任人宰割的。相反的，強化定向鑽井能力(技術及設備)，對於可採資源量的提升，亦有所助益。

目錄

摘要	-----	1
目錄	-----	2
壹、 目的	-----	3
貳、 過程	-----	4
參、 現場實地學習	-----	5
肆、 心得與建議	-----	20

壹、目的

定向鑽井(Directional Drilling)，有別於一般直井鑽井，使井程能沿著預先設計的方向和軌跡鑽達目標層的鑽井技術，稱為定向鑽井。可應用於：(1) 受地形地面限制（如：油氣田埋藏在城鎮、高山、湖泊下）；(2) 海上叢式鑽井；(3) 因地質構造特殊（如：斷層、薄層、鹽丘，或地層傾角太大等）的需要，鑽定向井有利於油氣的探勘開發。

傳統定向鑽井使用管串造斜，以彎管(Bent Sub)及轉盤來控制定向鑽井井程，目前石油工業已普遍使用井底馬達（DHM, Down Hole Motor）及隨鑽側井儀(MWD, Measure While Drilling)進行定向鑽進與隨鑽錄井儀(Logging While Drilling)；透過調整井底馬達 AKO(Adjustable Kick Off)的彎度，及隨鑽側井儀可於鑽進時，測得井下管串的傾角(Inclination)與方位角(Azimuth)，同時進行井下電測(Logging)，冀求符合原預定之井程計畫，並獲得最即時且較不受泥漿影響的地質數據。目前中油公司使用之 MWD，係於 91 年時請購，僅能測量傾角與方位角，雖尚屬堪用，然當初購買之廠商已被併購，零配件購買不易；故本次出國計畫，派許君前往美國休士頓，針對定向鑽井設備技術國際現有技術進行現場實習與了解。

此次許君前往哈利波頓(Halliburton)公司定向鑽井部門，拜訪定向鑽井設備的生產製造工廠與保養、維護部門，及鑽頭生產製造與保養及維護工廠，另順道前往該公司的前線基地（如同中石油、長城鑽探公司在查德設有基地一般），該基地主要負責提供墨西哥灣海上鑽井平台與陸上的定向鑽井設備、零配件供應與補給作業。並針對明年欲採購之隨鑽測井儀的擴充性進行調查與了解，期能蒐集完整的 MWD/LWD 資料，作為日後招標作業之重要參考。

貳、過程

本次奉派赴美 Halliburton(以下稱哈利波頓)公司，進行定向鑽井設備技術實地學習，自 104 年 8 月 21 日至 104 年 9 月 1 日，包括啟程、返程時間共 12 天，其主要行程簡述如下：

起程日期	天數	地點	工作內容
104.8.21	1	臺北—美國休士頓	啟程
104.8.22	1	休士頓	聯繫哈利波頓公司定向設備銷售經理
104.8.23	1	休士頓	洽詢銷售經理 MWD 及 LWD 設備功能與規範
104.8.24	1	休士頓	參訪哈利波頓公司、聽取簡報
104.8.25	1	休士頓	參訪哈利波頓 Sperry MWD/LWD/FEWD 製造工廠
104.8.26	1	休士頓	參訪哈利波頓公司 鑽頭製造、維修及檢測工廠
104.8.27~104.8.28	2	休士頓 拉法葉	參訪哈利波頓公司 陸上暨海上基地
104.8.29	1	休士頓	釐清採購 MWD 規範細部條件
104.8.30	1	休士頓	釐清採購 MWD 規範細部條件，並參訪休士頓自然科學石油工業博物館
104.8.31~104.9.1	2	美國休士頓—臺北	返程

參、現場實地學習

職於 104 年 8 月 21 日晚上 10 點 20 分啟程，搭乘長榮航空直飛休士頓，抵達時間為當地時間 8 月 21 日晚上 11 時 5 分；次日(22)即與哈利波頓公司之銷售經理(潘正利, Sebastian Phua)進行電話聯繫，確認參訪時間、行程及接送方式。同時也在旅館中先行了解本次欲採購之 MWD 設備所需內容，並於 23 日洽詢潘正利經理，以了解該公司所提供之 MWD 之基本功能與規範。

24 日前往哈利波頓公司，拜會其定向鑽井部門 Sperry Drilling，該部門業務經理(Alan Hollis)、技術經理(Bill Davis)、銷售經理(Sebastian Phua)及高級工程師數位，共同與會聽取簡報，介紹該公司歷史、定向設備演進過程及 MWD、LWD 設備簡介…等，隨後參訪該公司教育訓練中心，剛好看到他們各個教室的課程表(據銷售經理表示，課程係提供給購買產品之客戶訓練用)。於此訓練中心之課程，偏屬理論或軟體操作，有專門的電腦教室供實際模擬，其設備也相當先進，講師桌可以直接控制投影螢幕、麥克風、燈光、投影機…等，不輸本公司嘉義訓練所的新教室。

哈利波頓公司總部，占地約 500 英畝，訓練中心各個教室可容納 10~80 人，有會議室、也有實驗室，也有可以實際操作、安裝的設施與條件。其中 LWD 的訓練教室，剛好有人在上課，另一組人則在進行實際演練，教室旁放有各種尺寸的鑽鉸(Collar)，還有試驗井(Test well)，提供安裝、保養、維護等訓練，可以說是理論與實務並重。另有兩間電腦房，一個是測試、設定、電源供應用，另一間則是用來訓練品質管理，在現場工作，如品質不好，對於後續的解釋分析，或是送回給辦公室的人進行研究，也只是事倍功半。所以往後如購買 LWD 之相關模組(modules)，需考量與本事業部穿測組人員，共同前往培訓。

當日下午，技術經理 Bill 首先介紹 MWD+DHM(Measure While Drilling + Down Hole Motor)，是最基本的定向工具，主要包含探管(sensor)及造波器(Pulser)，探管可以測量井下的傾角(0~180 度)及方位角(0~360 度)，Pulser 則負責造波，以正脈衝方式透過泥漿將井下的壓力傳到地面設備，地面設備包含傳感器及電腦，傳感器可將泥漿之壓力波訊號轉為井下測井資料在電腦上顯示；探管外有一組定

子跟轉子，其連接到探管上方之發電機，利用泥漿帶動葉片旋轉方式發電，轉子上的葉片角度，可依所需泵送泥漿量選擇角度；當鑽井井孔較大時，所需泵量則越大，建議選擇角度較大之葉片，目的在給予其適當之泵壓。因此，本此擬購買的 MWD 設備是不用安裝電池，也因為正脈衝方式傳輸訊號，對於深井使用上也不用擔心訊號太弱或是電力不足問題。

脈衝器之組裝與維護，建議為期 2 周於新加坡進行訓練（可中文授課），主要由技術員進行；MWD 之組裝與維護建議為期 3 周於休士頓進行訓練，其中包含原理說明、模擬現場操作、校正工作與品質管理訓練（目前僅英文授課）；在休士頓基地師資、組裝及維護設備、訓練場地一應俱全（如圖 1 ~ 圖 6），且該基地 5S 執行良好，值得本公司學習。



圖 1 無線麥克風



圖 2 演講廳

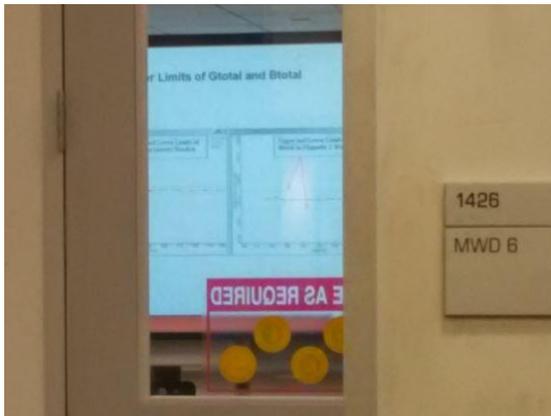


圖 3 MWD 課程訓練教室

（正在說明總重力及磁力場）



圖 4 電腦操作室

（可以監測井底角度及方向）

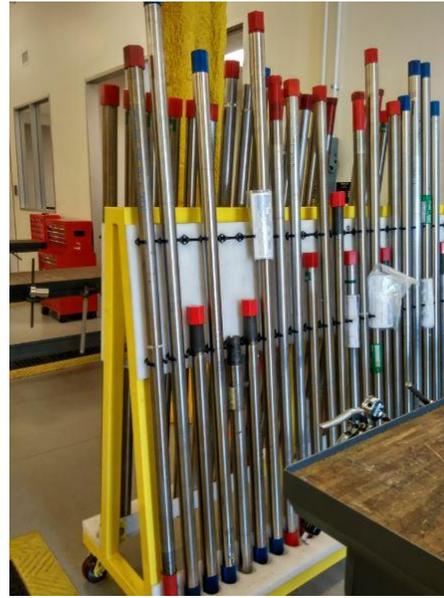


圖 5 擬真井孔 (讓培訓人員進行試安裝) 圖 6 各式探管

另外 RSS(Rotary Steerable System)，旋轉導向系統，係改良傳統 DHM 之定子及轉子傳送泥漿的方式，以固定軸心(轉子)旋轉帶動鑽頭，轉子與定子間有個控制元(控制轉子作動)，利用壓力系統(如圖 7)控制鑽頭方向與角度，控制鑽頭的街頭內為類似球閥構造，可透過環形翼片的轉動控制鑽頭上下左右，惟此接頭因位於製造工廠內無法拍照。控制元上下均有 O 型圈阻絕泥漿與壓力，保護轉子定子間電路正常作業；泥漿則從軸心內直接泵入鑽頭衝擊地層。RSS 一般搭載於地質導向(Geo-pilot)與 LWD，如欲僅搭載於 MWD 亦可，據潘正利經理表示，RSS 打出來的裸孔，較一般搭載 DHM 之鑽具，較為平順，對於往後下套管水泥工程及 Logging 均有所助益。在實驗室，透過紅點(如圖 8)顯示可以檢查測試鑽頭中心位置，也可測試由壓力系統控制結果。RSS 的運作亦可從實體模型(如圖 9)了解其運作原理。



圖 7 RSS 液壓控制系統

圖 8 RSS 紅點顯示

圖 9 RSS 實體模型

25日，直接前往哈利波頓公司的定向設備製造工廠，但製造廠內規定不可拍照，因此部分內容僅能以文字作說明：

- 一、 工廠內有高溫(260 度 C)高壓(40,000 PSI)測試、垂直流動壓力測試、垂直流動高溫(230 度 C)壓力測試，目的在檢測所生產之設備，確實依規定通過檢測(如圖 10)，非一般小廠商號稱可耐多少溫度、壓力，或給不知名檢驗廠商檢測。一般而言，其定向設備可耐溫 150 度 C，亦有 175~200 度 C 之產品(哈利波頓公司表示，其產品曾於泰國灣使用過)，可依客戶需求提供。職在現場，正好看到他們在再進行測試，將 MWD 管串置入烤箱中，等溫度提升至測試溫度後進行測試，測試人員可在電腦螢幕上觀察到 MWD 的訊號，有正常傳送出來。
- 二、 LWD 的部分，有雙電阻、中子密度、電阻、伽碼...等，主要以鑽銼（Collar）形式為主(如圖 11)，部分舊式仍為探管型式，還有取樣管(地層流體油氣水等)，一次五支，一支有 1 公升，大多項目可以無線方式取代 Logging；這種資料是最新鮮、最直接之資料，也較具有代表性。



圖 10 溫壓控制條件圖



圖 11 LWD 設備(主要以鑽銼形式為主)

- 三、 另有一展示為負脈衝 LWD，在 Pulser 提供虛擬的資料後，傳到電腦上，傳輸過程中可聽到負脈衝器運作的聲音，早期要靠人來聽脈衝的聲音...目前則是直接用電腦紀錄測井結果，直接取得電阻、水飽和率、孔隙率等資料，進而評估砂層位置。但對於較深的井，訊號傳導會比較差。

- 四、 此外工廠內有試驗井，可以實際模擬井下地層的組成，如圖 12，將 LWD 放入已知介質，進行測試與校正，可透過 LWD 進行測井，甚至可看到地層電阻分布、裂隙分布、井底影響等。
- 五、 在研發部分，哈利波頓公司透過方形之管線，模擬井下深度(3000 公尺)，利用泥泵泵送流體，進行 LWD 之 Pulser 測試(如圖 13)，以相同一個壓力，運作 100 萬次，測試造波器本身內部用不同油質，所表現之結果，藉此評估如何讓造波器的壽命與效能最佳化。



圖 12 測試用的地下模塊

圖 13 測試中的 Pulser (NDC 短節)

- 六、 新技術研發：另一測試區，屬研發中之 RSS2 系統，但尚未商業運轉，未來可再加以了解。
- 七、 另外也看到了一般定向馬達中，橡皮部分有等厚之改良剖面模型，此舉可減少定子內橡皮的差異磨蝕，提升轉子運轉效能與壽命。(放圖)
- 八、 在泥漿部分，有專責人員進行泥漿測試(成分、流動性質等)，並以電腦模擬實際泥漿在井內流動情形，以針對不同地層、井深、井程、溫度，找出最佳化之泥漿性質。
- 九、 最後在出口處，有展示一些失效或被泥漿沖蝕的樣本(如圖 14、15)，包含定子、探管找中器等，一般而言定向的設備，會要求泥漿含砂量在 2%以下，但像是 LWD 或是地層導向 (Geo-pilot) 的設備，則需

比較嚴格之條件(含砂量在 1 ~ 0.5%以內)，以避免發生沖蝕現象。



圖 14 管件被沖蝕情形(一)



圖 15 管件被沖蝕情形(二)

26日，前往 Halliburton 鑽頭及服務公司，由 Kimberly Judd 進行簡單介紹，說明該公司目前有哪些服務項目，包括鑽頭客製化、Fixed cutter 的鑽頭修復，其中取岩心鑽頭，除一般取心作業外，可搭配鋼纜 (Wireline) 連續取心，即鑽進 30 呎後，可將岩心先吊取至地表，岩心鑽頭可留於井底繼續鑽進，依此流程重複作業，稱之為連續取心；另外也有一種服務是封閉取心，即是取岩心的同時，將地底下的流體包含油、氣、水與岩心一併隔絕，保留原本井底的初始狀態，也就直接可得到井底的壓力、溫度；但可惜的是取心鑽頭，並沒有在 Houston 設有製造與修復工廠，乃位於法國北邊，因此未能詳加了解。本次於工廠內，僅就金剛石及牙輪鑽頭的生產製造進行說明。

首先，先介紹金剛石鑽頭的製造：

- 一、 開模製造鑽頭前端整體，包含平常會損耗的鼻翼、肩部等，全部的翼片 (Impellers)、牙齒 (cutter)、防磨 tensor carbine、絲扣、噴嘴及其通道等部分，都先以陰刻方式完成，本身的模型，由石墨雕刻完成。
- 二、 將牙齒 (cutter)、防磨 tensor carbine、噴嘴及其通道等部分一個一個放入模型內，放置妥後，將鋼材粉末填入模型中，以人工方式盡可能將粉末一層一層緊實地填滿在模型內。

- 三、 完成後，將模型高溫加熱到鋼材粉末成融熔狀，此時模型外觀成火紅色，加熱一定時間後，靜置緩慢冷卻。
- 四、 此時，粉末已重新一體成形鑄成金剛石鑽頭的初胚，再將牙齒（cutter）、防磨 tungsten carbide 以特殊黏著劑，一邊加熱同時鑲入槽內，另外製造工廠也會在金剛石鑽頭的側邊及頂部，倒上適量的熔融金屬液，加強保護鑽頭本體。鑽頭至此，已完成金剛石鑽頭。
- 五、 部分鑽頭會因材質問題，在絲扣製造上無法達到 API 要求，故以另一種鋼材，製造一端為 REG 絲扣，另一端以較細之絲扣與上述鑽頭進行對接。組合起來上色、包裝後，便可出貨。
- 六、 此種鑽頭，如鑽頭本體損壞程度沒有太多，可以送回原廠進行維修，牙齒（cutter）、防磨（tungsten carbide）部分可重新鑄上，惟翼片磨損嚴重者無法修復。

僅就製造工廠外展示的金剛石鑽頭，進行拍照：



圖 16 (A)、(B) 此類鑽頭建議使用於定向鑽井時使用



圖 17 (A)、(B)、(C) 客戶可依不同地層特性選用不同翼片及噴嘴之鑽頭

接著，介紹牙輪鑽頭 (Roller bit)：

- 一、 以批次作業，將圓形鋼塊，切削製造成三錐(Tri-cone)鑽頭的三個手臂(arm)，此時牙輪還沒形成。
- 二、 將手臂上的牙輪底部，進行細部切削（切削面呈金屬光澤(銀白色)）切削妥後（就看到像教科書上，尚未裝上牙輪的樣子），將每個 arm 塗上固定厚度的抗磨材質金屬液，靜待冷卻(會切剖面看厚度、還有原本鋼材(matrix)的最小厚度是否合乎標準，若太薄易斷)。
- 三、 牙輪的製造，可由客戶選擇牙輪上的鋼齒或是鑲齒的分布、形狀、長短、大小等。下方則由機械車床製造，包含其油路通道、培林位置、O-ring 位置等，均須與牙輪底部相配合。
- 四、 若是鋼齒鑽頭，牙輪本身會進行切削動作，再塗以抗磨材質金屬液分 1、2、3，完成鋼齒鑽頭，若為鑲齒鑽頭，則以機器鑽鑿固定大小方向之齒孔，再將牙齒填上，部分鑲齒鑽頭會在第一排、或是第一排及第二排鑲入鑽石，強化切削能力。

五、 將牙輪與手臂(arm)之牙輪底座組合，內有培林(bearing)、O-ring等，這部分"不由"鑽頭服務公司製造，但必須經過哈利波頓的實驗室檢測，組合妥後上色、包裝後，便可出貨。

六、 此種鑽頭，考量維護成本，均不予修復。

僅就製造工廠外展示的牙輪鑽頭，進行拍照：



圖 18 (A)鋼齒鑽頭及(B)鑲齒鑽頭



圖 19 牙輪鑽頭零組件

最後，前往他們鑽頭的實驗室，從一般的硬度(Hardness)檢測、金屬拋光(polishing)、蝕刻(etching)、碎屑(cutting & grinding)，到微觀的 XRF、XRD 等以放射線方式進行金屬檢測、金屬薄片觀察金屬成分組成及排列，還有電子顯微鏡 (SEM) 看金屬微裂隙等，一應俱全，也表示說如果從他們家購買的鑽頭，如在保固內損壞，可送回原廠檢查損壞原因。

當然，鑽頭本身的培林 (bearing) 及 O-ring 也會進行測試、牙輪內油腔油質選擇並可進行分析，以及牙齒(包含金剛石鑽頭及鑲齒鑽頭)的角度設置、硬度測試等等，力求最佳化鑽頭效能及壽命。

27、28 日，前往 Louisiana 的 Lafayette，拉法葉是哈利波頓公司前往墨西哥灣的前線基地，此次前往主要是看本次欲採購的 MWD 零組件，及其保養維護部分。到了現場基地現場，此基地占地數十公頃，據稱除定向設備外，也依不同甲方要求存放各種井下工具，本次主要針對 MWD 的保養維護部分進行參觀且開放拍照，其次 LWD 及 Geo-pilot 僅做簡單介紹。

一進到 Lafayette 的前線基地，映入眼簾的就是工廠的驗證，還有百萬小時沒有工傷的紀錄，如圖 20，看在眼裡著實不得不佩服，這諾大的工廠，員工上千人，品質、衛生感覺都相當不錯。



如圖 20 (A)無工傷時數、(B) ISO 9001:2008 認證證書、(C) API 認證證書

本次由 Jason Fong 先生(定向設備維修部門，博士級工程師)領隊，一開始看到的是 MWD 及泥漿脈衝器的各種零配件，如用來發電的定子、轉子(均有不同尺寸及角度，可依不同泥漿泵量選擇，如圖 21、22、23)，轉子本身由磁性物質組成，

當泥漿從轉子外流通時，帶動翼片轉動，進而使轉子內的發電機進行發電，因此在鑽進過程中(只要有開泵都有在發電)都隨時在測量；為求精準，我們可以停鑽、停泵後靜止作測井動作。流管(Flow tube 置於無磁性鑽挺 (NDC) 與探管 (probe) 之間，用以保護 probe 以隔絕泥漿，如圖 24)、找中器(找中器可調整大小，如圖 25，讓同一支固定尺寸的探管，可一體適用於 6 至 17.5 吋鑽頭及 4.5 至 9.5 吋無磁性鑽挺，因此現場至少需準備二支探管，一支起鑽時另一支就可以進行測試準備入井)，還有各種尺寸的孔板 (Orifice)，如圖 26，用以控制泥漿脈衝器發送脈衝波到蘑菇頭上的壓力，地表上接收到的脈衝波幅度會因孔板內徑增加而減小，而泥漿脈衝器也必須在一定的脈衝信號強度下才能正常運轉，因此要選擇適當的孔板，配合泥漿泵量，輸出適當泵壓，因此孔板是調整定向管串設備泵壓的重要零件。如有購買 MWD 的產品，原廠會有提供定向管件尺寸對應不同泵量，所建議使用的孔板尺寸。



圖 21 不同尺寸定子



圖 22 不同尺寸轉子



圖 23 不同角度之轉子



圖 24 不同尺寸之流管 (僅有兩種尺寸)



圖 25 不同尺寸找中器 (橡皮材質)



圖 26 不同尺寸之孔板(依泵量選擇)

一般而言如搭載 MWD，鑽鉞部分會選用無磁性鑽鉞，因為有接井底馬達，為避免磁干擾，通常會選擇標準 31 呎長的無磁性鑽鉞，哈利波頓公司的無磁性鑽鉞，為專屬專用，外觀上有一個工具高邊如圖 27，裡面有一凹槽，用來固定探管位置。在下井之前，MWD 的測量高邊盡量與工具面高邊對齊，但實際上不可能對準，所以務必記錄其差異角度，這有關於在軟體上輸入的工具面偏移量。另外，用於 LWD 的定向探管 (Probe)，在其下方會視需要，會組接伽瑪/中子/密度/電阻率等測井設備，均為無磁鑽鉞型式，故定向探管外選用短鑽鉞(約 6 公尺長)即可。



圖 27 利用 NDC 外刻槽可對應測量高邊



圖 28 無磁環境下之探管校正室

探管 (Probe) 校正部分，哈利波頓公司會在無磁環境下進行校正，一般建議 2~3 年再校正即可，該公司表示產品品質良好，沒有買方 2 年就來作校正的。校正方式是將 probe 放到校正台上，如圖 28，用電腦控制轉動角度，分析 Probe 的運作狀態，校正台可以調整上下角度、旋轉方向，判斷探管輸出數值是否在誤

差值內，如不正常則需重新設定校正。通常現場在入井前，會先做 roller test，如果發現 probe 有問題，就不會使用了。

保養部分，除泥漿脈衝器為避免沙塵需在室內進行保養，如圖 29，建議 240~500 小時換油，因本公司未與哈利波頓公司購買換油設備，因此哈利波頓公司建議我們將泥漿脈衝器送回休士頓作換；其餘均可在現場進行保養維修。



圖 29 (A)造波器及其換油設備 (B)造波器測試盒

在運輸及零配件的管控上，建議將定向 MWD 的設備統一放置在箱子或櫃子內。如圖 30，這與本處的作法類似，可以方便管理與放置。另外他們會有電腦管控所有零配件的數量與庫存，因此在該基地取用或維修時，均會直接記錄建檔，這樣可以發現到那些零配件比較常更換；未來本組也可以透過此方式，估計未來可能的使用量。

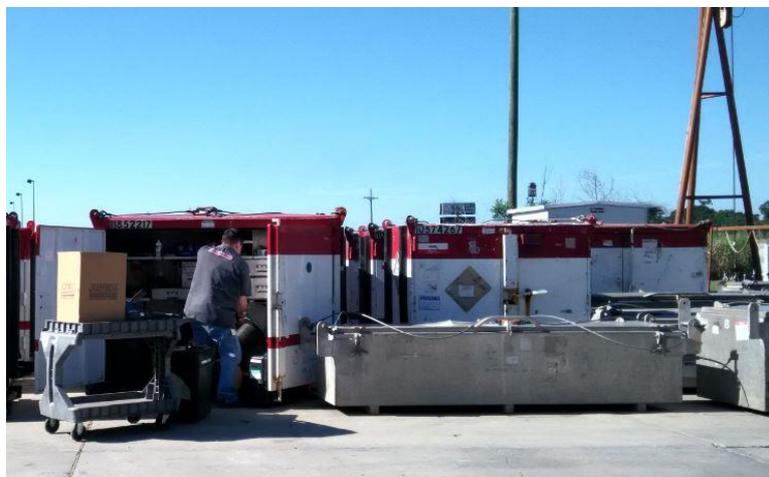


圖 30 一組 MWD/LED 管件存放於同一貨櫃中

29、30 日，拜會潘正利先生，詳細詢問該廠商所供應之 MWD 設備規格及未來擴充至 LWD 之相關配合設施。所得主要小結如下：

- 一、 因人力不足，及節省交通運輸時間，欲購買兩套隨鑽測井系統即包含兩套地面系統及定向測量系統，當其中一套有問題或者是要起揚時，另一套可隨時就緒準備繼續作業。
- 二、 地面系統，可在單純使用 MWD 時使用，也必須可在未來擴充成 LWD 時，不必變動或者外加地面設備，並具有防爆能力，以樽節成本及確保工作安全。
- 三、 定向測量系統可進行井底傾角(0~180 度)及方位角(0~360 度) 全方位測量和導向操作，及重力與磁力高邊兩種測量模式(可由操作人員設定)，且能將測量結果(井程座標及垂深)輸出成一般常用之資料檔(如：CSV，LAS，WITTS 和 ASCII 格式)。
- 四、 電力來源：採用渦輪發電機組，即透過泥漿動力帶動渦輪進行發電，提供 MWD 及 LWD 量測(惟部分 LWD 測量管件本身可能須搭載電池)，取代以往由鋰電池供應 MWD 電力的方式，避免電力殘餘量的不確定性，具有不用擔心電力不足及環保上的優勢。
- 五、 MWD 及造波器(Pulser)本身需能在現場進行維護，以方便現場操作，除能避免人員往返奔波(現場操作與返回工廠維修)，更能即時上工，減少現場人員待料機會。
- 六、 井底測量工具的外徑、長度及工作溫度：外徑在 1.75 英吋以內、長度在 6 英尺內，且可耐溫 150 度 C 以上。以方便人員於現場搬運及組裝。
- 七、 渦輪發電機：需可承壓 20000 PSI 以上，並可用於密度 18 PPG (2.16g/cm³)之水基及油基泥漿，且泥漿含砂量於 2%以下，避免泥漿沖蝕。
- 八、 本次購買之 MWD，需能直接擴充 LWD 設備，如：伽瑪/中子/密度/電

阻率…等，以符合國際潮流趨勢，進行定向鑽井時，多以 LED、甚是地質導向系統之定向管串入井，可一邊進行定向測井，也可對地層直接進行電測(logging)。

九、 餘詳情可參閱本處 104 年提出之(105 年)之 MWD 採購案(05BM01)。

職於 104 年 8 月 30 日晚即前往機場，搭乘長榮班機於 9 月 1 日凌晨返抵台灣結束本次行程。

肆、心得與建議

此行實習《定向鑽井設備技術研討》，心得與建議整理如下：

- 一、 本次欲採溝之 MWD，應以三大服務公司提供之設備為優先考量，避免未來成為儀器孤兒或是白老鼠，並包含其售後服務及培訓課程。至於是否要直接採購 LWD、FEWD(地質導向)，幾經考量，除人員高度不足外，還需考量人力斷層，加上現有鑽(定向)井數量較少外，未來實用性亦需考量；故本次仍先以 MWD 之採購為主。
- 二、 採購方向：發電方式需為渦輪發電機型式，除了環保之外，還能避免電池電量的不確定性；為了節省人力及運輸時間，MWD 設備需能在現場進行組裝及維修，因此尺寸上會有所限制，也會將能在現場進行維護的條件放入規範中。
- 三、 未來如擴充成 LWD，即入井時能同時測量伽瑪/中子/密度/電阻率等地質參數，建議考量本事業部電測人員也能共同培訓，或是增加本組人員編制，因為整套的 LWD，包含了我們事業部的井務組、穿測組及電測解釋的人員；以查德定向井使用 MWD 為例，是兩個工程師負責操作、兩個工程師負責維護，每人每天工作 12 小時，如是 LWD，另外會有負責 LWD 測井(logging)的品管人員，電測資料處理完後再後送解釋人員。
- 四、 本次購案雖僅採購 MWD，但長遠目標仍以擴充至 LWD、FEWD(地質導向)等設備，以符合國際趨勢，另 RSS（旋轉導向系統）也可考慮是否將其引進，取代井底馬達，減少在鑽進時的震盪擺動，讓井孔更

平順，以利電測、套管水泥工程；提昇本公司定向鑽井技術及能力，以增加鑽井成功率及資源蘊藏量。

五、設備上，本次在哈利波頓公司感受較深的，就是在管理上，他們幾乎都是用電腦操作，設備本體、零件、檢驗機器，都有電腦可以操控進行設定、檢測及記錄，還有模擬，包含在不同壓力、溫度、泥漿性質、甚至是不同岩層性質，都可透過實體模擬，真的是大開眼界。對本事業部長遠而言，建議可考量是否投入更多經費，提升這方面的能力。

六、訓練上，除了訓練教室(如：影音設備、通運設備)外，還有提供現場組裝、保養、維護的設施，這在我們公司，要先在場內練習組裝是還可以，但保養、維護這塊，較沒有這類設施供同仁演練，通常是在現地實際操作後，比較有機會進行實務操作，所以當打井次數減少時，加上資深同仁退休後，可能有些設備的保養、維護會較為生疏。

七、本公司為石油公司，鑽井為獲得油氣之必要手段；有能力將定向做好、做強、做大，將有更多機會獲得更多資源量。但在國外，當技術或是資訊不對等時，常常就是被人當潘仔貢（多花錢當大爺）、或是任人予取予求的時候。建議安排人員出國培訓或是聘請國外專業技術人員來台授課，拓展同仁在定向方面的知識與廣度，以因應公司國外自有礦區(如：查德…等)之需求，並提升本事業部之鑽井能力。