

## 出國報告（出國類別：洽公）

# 參加「1,250hp 自動化成套陸上鑽井設備廠驗及訓練」-出國報告

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：

1. 陳建穎／鑽井工程師、賴政雄／鑽井工程隊班長
2. 蘇晉立／組長、吳昌其／鑽井工程隊班長、王崇旭／電氣技術員

派赴國家：義大利皮亞琴察

出國期間：

1. 112 年 9 月 23 日至 10 月 9 日
2. 112 年 11 月 4 日至 11 月 20 日

報告日期：112 年 12 月 12 日

## 摘要

鑽探工程處現有 1250hp 級成套陸上鑽井設備自 76 年啟用至今，已超過耐用年限，部分重要零件及配件面臨原廠停產無法採購之窘境；且因機械設備老舊，故障率及維修費用均高，致鑽井成本增加，此外，鑽機能力衰減易造成卡鑽及不可預期之工程事故，已無法符合現金鑽井作業需求。

本處以汰舊換新陸上鑽井設備為目標，於 111 年公開招標決標簽約採購 Drillmec 公司生產之 1500hp Land Rig（一套）及 HH220 Rig（兩套），此新式鑽機具備起下鑽輔助系統等操作安全設計，可減輕作業人員勞動強度、減少暴露在高危險作業環境之工作時間，有助於提升人員安全性及工作效率，也能藉此降低鑽井人員因擔心安全問題而請調的比例。

Drillmec 新式鑽機操作方式及設備維護要點與傳統鑽機有顯著的不同，因此藉由參加原廠機械設備訓練及廠驗之機會，熟悉設備基本操作及維護保養重點，以確保鑽井現場工作安全性及設備順利運行。

## 目次

壹、目的.....	(04)
貳、過程.....	(04)
參、心得及建議事項.....	(04)
肆、具體成效.....	(13)

# 「1,250hp 自動化成套陸上鑽井設備廠驗及訓練」

## 壹、目的

本次參加 Drillmec 製造廠廠驗及訓練有以下主要目的：

1. 識別潛在問題：藉由廠驗過程，深入瞭解新設備生產過程、材料選擇、組裝流程等細節，以提前辨識潛在問題，從而在原廠組裝中即時進行討論及修正，節省時間及成本。
2. 操作安全：熟悉各項主要機械設備之正確操作方式，同時理解其基礎設計原理及緊急狀況處理方式，以降低工作場所的安全風險。
3. 設備維護保養及減少停工時間：學習快速識別 HMI Alarm 並解決常見問題，以減少鑽井工程的停工時間。並掌握各項設備正確的維護保養程序及周期，以確保設備運行正常，降低機器故障風險及維修成本，提升工作效率。

## 貳、過程

### 一、行程（第一批）

日期	地點	工作內容
112.09.23-24	台北→ 皮亞琴察	啟程
112.09.25-29	皮亞琴察	1.Drillmec 義大利廠區簡介 2.1500hp 及 HH220 鑽機設備簡介 3.廠驗主要設備 3.機械操作與維護課程 (1) 各機械設備詳細介紹(頂驅、機械手臂、液壓卡瓦、轉盤…等) (2) 液壓系統設計圖及現場液壓設備說明 (3) 各式感測元件說明 (4) 鑽機操作安全注意事項說明 (5) 基本設備故障排除說明 (6) HMI 人機介面操控說明
112.09.30-10.01	皮亞琴察	義大利例假日
112.10.02	皮亞琴察	PCR、MCC及HPU系統說明
112.10.03	Minerbio	Hydro Drilling公司井場作業實地觀摩
112.10.04-07	皮亞琴察	1 模擬司鑽房操控練習 (1) HH220 Simulator 司鑽房操控實作(起鑽、下鑽、自動鑽進設定、ACS 校準設定、自動供管系統設定) (2) 1500hp Simulator 司鑽房操控實作(起鑽、下鑽、單支接管、自動鑽進設定、ACS 校準設定、自動貓道系統設定) 2.Drillmec Pro-Rig 簡介 3.DrillmecHoD 簡介 4.IWCF 課程簡介
112.10.08-9	皮亞琴察 →台北	返程

二、行程（第二批）

日期	地點	工作內容
112.11.04-05	台北→ 皮亞琴察	啟程
112.11.06-10	皮亞琴察	1. Drillmec 義大利廠區簡介 2. 1500hp 及 HH220 鑽機設備簡介 3. 廠驗主要設備 3. 機械操作與維護課程 （1）各機械設備詳細介紹（頂驅、機械手臂、液壓卡瓦、轉盤…等） （2）液壓系統設計圖及現場液壓設備說明 （3）各式感測元件說明 （4）鑽機操作安全注意事項說明 （5）基本設備故障排除說明 （6）HMI 人機介面操控說明
112.11.11-12	皮亞琴察	義大利例假日
112.11.13	皮亞琴察	PCR、MCC及HPU系統說明
112.11.14-15	皮亞琴察	Hydro Drilling公司井場作業實地觀摩 1. 模擬司鑽房操控練習 （1）HH220 Simulator司鑽房操控實作（起鑽、下鑽、自動鑽進設定、ACS校準設定、自動供管系統設定） （2）1500hp Simulator司鑽房操控實作（起鑽、下鑽、單支接管、自動鑽進設定、ACS校準設定、自動貓道系統設定） 2. Drillmec Pro-Rig簡介 3. DrillmecHoD簡介
112.11.16	拉迪肯多利	ENEL Drilling公司井場作業實地觀摩
112.11.17-18	皮亞琴察	1. 模擬司鑽房操控練習 （1）HH220 Simulator司鑽房操控實作（起鑽、下鑽、自動鑽進設定、ACS校準設定、自動供管系統設定） （2）1500hp Simulator 司鑽房操控實作（起鑽、下鑽、單支接管、自動鑽進設定、ACS校準設定、自動貓道系統設定） 2. IWCF 防噴課程簡介
112.11.19-20	皮亞琴察 →台北	返程

## 參、心得及建議事項

### 一、Drillmec 公司簡介

Drillmec S.p.A (簡稱 Drillmec) 是一家總部位於義大利的國際鑽井設備及服務供應商。公司的歷史可以追溯到成立於 1906 年之 Massarenti 公司，該公司專門生產陸上鑽機。隨著時間的推移，Drillmec 發展成為一家擁有超過 100 年鑽機製造歷史的企業。目前主要提供陸地及海上鑽探設備，並提供各種鑽探設備所需的相關配件和服務。

Drillmec 公司原隸屬 Trevi Group (義大利公司)，2020 年 3 月 Trevi Group 將其石油和天然氣部門 (包括 Drillmec 及 Petreven 公司) 出售，由 MEIL Group (印度公司) 接手。近年來 ONGC (印度國營石油天然氣公司) 向 MEIL 及 Drillmec 公司訂購超過 50 套新鑽機，目前廠內產線上多為將交付至本公司及 ONGC 之設備。

目前 Drillmec 公司義大利製造廠約有 400 名員工，美國廠約有 100 名員工，而印度廠則有約 7,000 名員工。本公司採購的 1500hp 及 HH220 鑽機主要設備皆在義大利廠進行組裝及測試。廠區正在進行 HH 系列車載井架、泥泵、Drawworks、PCT、TDS、HPU、PCR、MCC 的組裝及測試工作。義大利廠生產線員工採互相調度支援，按圖進行組裝作業，同時在廠區內設有 Rig up 組裝驗收區，可供客戶及第三方公司進行交貨前測試。



圖 1、Drillmec 義大利皮亞琴察廠區圖



圖 2、廠房產線作業區環境明亮，各項標示清晰。

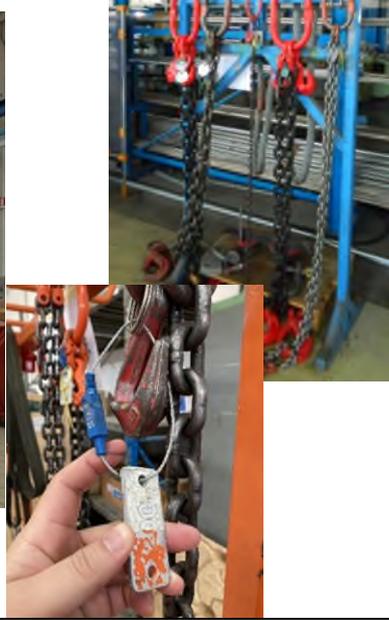


圖 3、產線設備吊掛作業採用吊鍊為主（每季檢查並標示）。



圖 4、Rigup 1 區 HH Series rig 組立作業中



圖 5、HH Series 主井架後方液壓管線錯綜複雜



圖 6、頂驅、鑽機等設備出廠前測試



圖 7、Trip Tank 設備可用於防噴預警



圖 8、HH220 的底座滑軌系統(skidding system)



圖 9、Skidding system 之主要液壓缸



圖 10、伸縮式井架組裝產線廠驗



圖 11、車載升降系統與伸縮式井架連接作業



## 二、Drillmec 1500hp 及 HH220 鑽機廠驗及訓練簡介

本公司採公開招標購入新一代 Drillmec 鑽機，包括一套 1500hp Land Rig 及兩套 HH220 Rig。預計於 113 年驗收完成後逐步啟用，以逐漸汰換傳統鑽機。所採購的成套鑽機包含多項機械化液壓設備，其中包括頂驅系統、自動上退扣機械手臂、液壓貓道、液壓卡瓦、液壓吊卡、套管驅動設備、管架 Guide Arm 及 Mast Raising cylinders 等。相較於目前使用的傳統鑽機，新型鑽機引入了許多未曾使用過的液壓系統和各種傳感器。因此，本次參加製造廠廠驗及訓練將主要聚焦在以下三個主要重點：

1. 廠驗識別潛在問題：藉由本次實地廠驗，深入了解各機械設備其生產過程、材料選擇、組裝流程等細節，識別交貨後可能發生的潛在問題，提前於原廠組裝過程即時改正。
2. 機械設備操作與維護課程：這項原廠課程聚焦於鑽機的機械部分，特別是液壓系統。訓練將包括如何操作液壓系統，以達高效的設備運作，以及如何進行日常維護，以確保鑽機的長期性能及可靠性。這包括學習如何檢查和更換液壓油、各種部件的正確日常維護，並進行基本故障排除。
3. 模擬司鑽房操控實作：這部分訓練將利用模擬器技術，讓我們有機會在模擬司鑽房中操作，掌握各項設備的基本操控技能。包括 HMI 操作控制系統，以及應對不同情境下如何處理緊急情況。

本次的廠驗及訓練部分由 Drillmec 訓練中心及業務部門共同主辦，訓練課程分為 Classroom Training、Simulator Training 以及 On-field Training，並在適當時間前往產線進行廠驗，深入瞭解各項細節。



圖 14、車載升降系統及液壓系統



圖 15、以設計圖對照實際現場設備，進行液壓元件 Pulldown Block 廠驗。



圖 16、HPU 主液壓泵產線廠驗



圖 17、液壓泵電控馬達



圖 18、Drawworks 生產線



圖 19、講師講解 Drawworks 內部機械構造



圖 20、車載井架 Rig up 系統經由獨立 HPU 控制，



圖 21、Rig up 液壓缸安全注意事項說明。

以便籌鑽初期即可立起井架。



圖 22、泥泵本體生產線



圖 23、深入瞭解泥泵內部構造及組裝流程

### 三、機械設備操作與維護

目前傳統鑽機操作大部分仍仰賴人工作業，包括起下鑽、移動鑽具、鑽進接管等各種工作，只要班長一聲令下，工作人員即會按照 SOP 步驟依序完成各項工作程序。

新一代鑽機的主要目標是降低人員勞動強度，同時提升本質安全。為實現這一目標，新一代鑽機廣泛採用各種機械設備，以取代人工作業。這些機械設備主要透過液壓系統來作動各個致動器，達成旋轉或線性動作。同時配備各種感測元件以取代人眼的作用，並整合 PLC（程式邏輯控制器）以取代人腦的處理能力，最後透過 HMI 介面（人機介面）達成機械與操作員能夠有效地互動，完成各項工作程序。

在機械操作與維護課程中，講師從鑽機各機械設備的液壓系統圖及各式感測元件逐步為我們解釋概念。從最基礎的致動器開始認識，深入了解各項設備背後的運作原理，包括液壓系統運作方式，各種感測元件如何提供回饋訊號至 PLC 邏輯控制器，以及軟體上的程序限制與安全措施。這些有助於我們更好地理解機械系統的運作，確保操作及維護過程中的安全性。

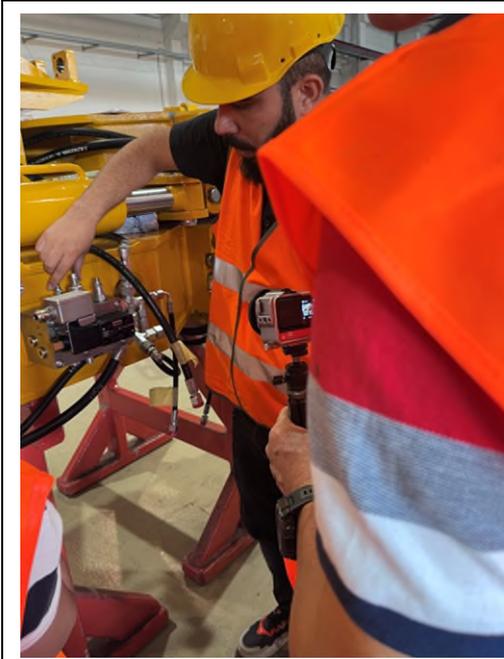


圖 24、上退扣機械手臂產線廠驗及訓練



圖 25、講師以圖面搭配現場實體設備詳細說明油壓控制系統及各感測元件。



圖 26 控制系統廠驗及訓練



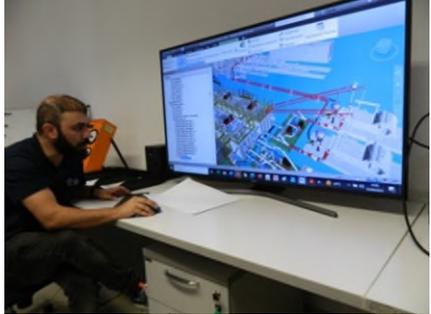
圖 27、以設計圖和實際現場設備，進行控制系統廠驗。



圖 28、HPU 系統廠驗及訓練



圖 29、講師以圖面搭配現場實體設備詳細說明 HPU 系統。

	
<p>圖 30、訓練中心 Classroom Training</p>	<p>圖 31、液壓系統故障排除演練</p>
	
<p>圖 32、泥漿系統將大量連接管線設計於槽內，取代現有之各式外接管線。</p>	<p>圖 33、講師以 3D 設計圖解說泥漿系統及內外部連接管線。</p>

#### 四、模擬司鑽房操控實作

新一代的鑽機司鑽房與傳統鑽機之純機械式操作不同，主要依賴 HMI（人機介面）多功能軟體介面及操作輔助搖桿完成各項工作程序。與傳統鑽機採六人分工合作完成起下鑽相比，新一代鑽機的起下鑽幾乎完全由司鑽房的操作員控制，因此操作員的責任非常重大。除了必須熟悉操作流程，更需要熟悉軟體操作及其限制。這一系列新技術應用，主要能大幅提升工作安全，進而增進工作效率。

新一代鑽機之煞車系統皆採用 Negative break，需要施加外力以解除正常制動狀態。這點與傳統鑽機之 Positive break 剛好相反。因此，當使用 HMI 介面來控制鑽機時，首要任務即為確認煞車狀態，否則可能會在第一步就遇到困難。由於 HH220 鑽機作業方式與傳統鑽機有顯著差異，以下簡要說明 HH220 下鑽作業程序：

1. 於 Pipe handling system 頁面設定自動供應鑽桿之順序。
2. Pipe handling system 將會依設定之管串供應順序，適時地自動將單支鑽桿放置至 MH（Mouse Hole）。
3. 操作搖桿將 TDS（Top Drive System）由井心位置移至 MH 上方。
4. 操作搖桿將 TDS Spinning in 並緩慢向下與鑽桿連接妥。
5. 按下 MH 解除鎖定按鈕。
6. 操作搖桿將 TDS 及鑽桿舉起至完全離開 MH。

7. 操作搖桿將鑽桿由 MH 位移至井心位置上方。
8. 操作搖桿將 TDS Spinning in 並緩慢向下與鑽桿連接妥（井心需 1 人，協助塗絲扣油及扶正上端鑽桿，以利鑽桿連接）。
9. 操作搖桿將 PCT (Power Compact Tong) 移至工作位置。
10. 啟動 PCT 鑽桿自動上扣至設定扭力值。
11. 操作搖桿將 PCT (Power Compact Tong) 退回停等區。
12. 按下 PWS (Power Slip) 解除鎖定按鈕。
13. 操作搖桿將 TDS 及鑽桿拉起（使 PWS 打開）。
14. 操作搖桿將鑽桿下至定位。
15. 按下 PWS (Power Slip) 鎖定按鈕（確認卡瓦坐妥）。
16. 將 WOH 重量釋放至 TDS 重量。
17. 操作搖桿將 TDS Spinning out。
18. 重覆步驟 3~17 即可下鑽至井底。

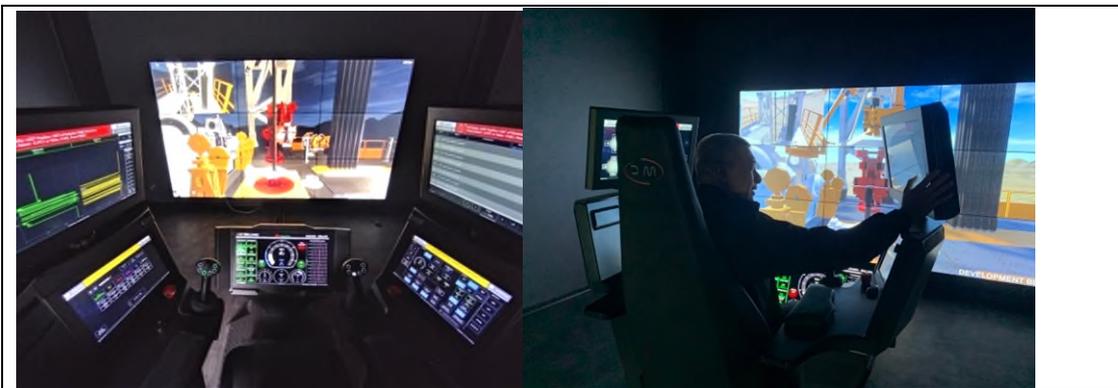


圖 34、Simulator 可模擬主要設備常用功能，操作員透過 4 台 HMI 觸控電腦及左右搖桿控制各設備，前方採 4K 螢幕取代傳統指重表。

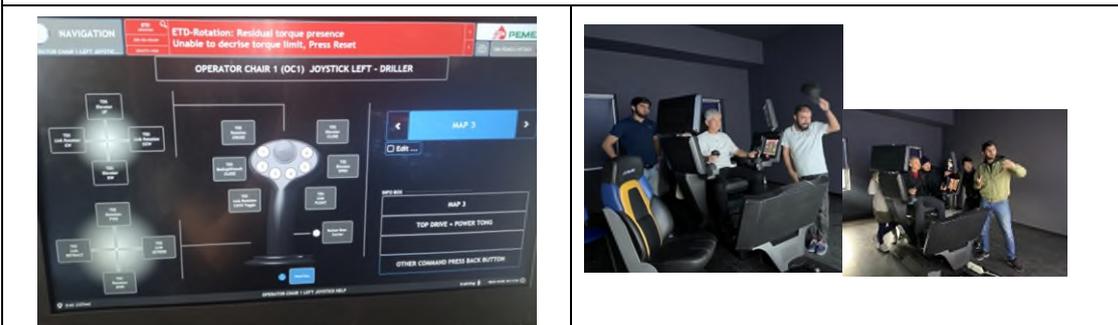


圖 35、因搖桿功能複雜，HMI 內具備功能提示頁面

圖 36、講師協助司鑽操控實作訓練

透過參加 HH220 模擬起下鑽作業，可以明顯感受增購 Range3 鑽桿的重要性。相較於 Range 2 鑽桿（長約 9 公尺），Range 3 鑽桿（長約 13 公尺）多了 4 公尺的長度，使用 Range 3 鑽桿可以減少接管次數，從而提高起下鑽作業的工作效率增加 30%，亦可能增加鑽井深度（HH220 垂直管架最多可放置 272 支 5 吋 Range 3 鑽桿）

相較於 HH220 鑽機，1500hp 鑽機的起下鑽作業程序與本公司現有的 2000hp (DE-603) 鑽機相似，但由於增加了四棚輔助系統、液壓吊卡、液壓卡瓦、液壓轉盤及液壓貓道，所有這些液壓設備的開關都整合在 HMI 軟體介面或操作輔助搖桿中。操作人員理應對 1500hp 鑽機起下鑽程序較熟悉，但由於 HMI 和操作輔助搖桿大幅升級後，功能變得更複雜，實際操作狀況仍待交機後才能確認。

因 HH220、1500hp、2000hp 三套鑽機操作方式皆不同，且容易混淆，操作人員需要更多的時間來反覆練習，熟悉各設備功能的操控方式，以確保工作安全及提高效率。

## 五、參訪 Hydro Drilling 公司 HH220 鑽機井場（第一批）

Hydro Drilling (HD) 公司為義大利籍國際鑽井承包商，井場正在執行 Snam 公司（義大利天然氣能源營運商）儲氣井工程，執行此工程之 Drillmec HH220 鑽機已使用超過 15 年，司鑽房控制系統為第一代機械式操作桿，Pipe handling system 具備 HMI 及自動化功能，採用 Pramac 發電機、Bentec PCR 及 Bentec 泥漿處理系統。因發電機位於隔音貨櫃內，現場作業主要噪音來源為井架升降之液壓系統噪音。

當天由 Tool pusher 進行基本介紹，並帶領我們觀察正在進行的下鑽作業。這套 Drillmec HH220 鑽機只需要兩名工作人員即可進行下鑽作業，分別是司鑽房的一人和井心的一人（負責塗抹絲扣油並將鑽桿下方扶正），平均每次接鑽桿約 30 秒。HD 公司井場作業人員總共有 21 人，採兩班制輪班作業，每班約 10 人，每天工作 12 小時，工作兩週，休息兩週。此外，現場還有一些服務公司，包括 Weatherford、Halliburton、Baker Hughes、Italfluid 以及 Sering Italia S.r.L（負責 HSEQ）。

HD 公司擁有兩台 HH220 鑽機，主要用在人口密集地區和需要降低噪音的保護區進行鑽井活動，以減少對環境的影響。現場工作人員對 HH220 設備的性能和安全性都給予了正面的評價。



圖 37、HH220 井場



圖 38、立式泥漿儲罐（水化搬土泥漿）



圖 39、本公司人員、Drillmec 團隊及 HD 工作人員於現場合影

## 六、參訪 ENEL Drilling 公司 HH300 鑽機井場（第二批）

ENEL 為義大利國家電力公司，ENEL Drilling 為該公司旗下的鑽井公司，本次參訪的井場為鑽鑿地熱發電用途，位於風景優美的托斯卡尼地區，距離 Drillmec 所在地皮亞琴察約 4 小時車程。本次參訪由該井平台經理及駐井工安主管陪同，當下正在進行 CBL 作業，由第三方服務公司 Weatherford 負責。由於該井作業已近尾聲，所以未能實際觀看 HH 系列鑽機的操作情形，但仍在過程當中看到幾點值得未來去研究探討：

1. 泥漿冷卻系統（水冷式）：井內循環出的泥漿（溫度高）進入熱交換器，內有蛇形管供泥漿流動，蛇形管外為冷水，泥漿以熱交換方式降溫後再回到井內。而水則是經過冷卻塔降溫後進入熱交換器內，將泥漿的溫度攜帶出來，然後進入沉澱池，接觸空氣後（微降溫）在進入冷卻塔內降溫一次，確保進入熱交換器的水溫是低的。
2. 現場原已有配備高空作業車（移動式），仍在底座設計安裝數個高空作業車（僅能在滑軌上前後移動），大幅增加工作人員作業方便性及安全性。
3. 進出管制嚴格：參訪人員除安全帽、安全鞋等一般個人安全裝備外，亦規定全程要穿反光背心，增加辨識度。進場前查驗身分，並確實安全告知。參訪期間，駐井工安主管全程陪同，時刻叮嚀參訪人員，確保無意外發生可能。



圖 40、泥漿冷卻系統的熱交換器（銀色），內有蛇形管供泥漿流動。



圖 41、泥漿冷卻系統的冷卻塔，外型似大型空調。

	
<p>圖 41、固定式高空作業車，直接安裝於底座。</p>	
	
<p>圖 40、井場入口處，工安告示清楚明瞭</p>	<p>圖 41、參訪人員進場前等待 HSE 主觀查驗身分及安全告知</p>
	
<p>圖 42、參訪期間，駐井工安主管（右一）全程陪同。</p>	<p>圖 43、參訪人員與 ENEL Drilling 人員於井場入口合影。</p>

## 七、IWCF 課程簡介

IWCF (International Well Control Forum) 是一個國際井控組織，專注於提供井控訓練及認證，旨在確保油氣井作業中的工作人員具備處理緊急情況及確保安全的能力。其訓練之主要目標是確保鑽井工程人員具備足夠的知識和技能，能夠迅速有效地控制井口壓力，以防止井口失控事件的發生。IWCF 的訓練課程涵蓋井口壓力管理、井口安全、緊急事件應變、井口設備操作等各方面的知識和技能。井控專業人員需要參加 IWCF 認證考試，以獲得相應的資格 (Level 1~4)，以確保他們具備足夠的專業能力，能夠應對井口壓力管理方面的各項工作任務。

IWCF 主要透過授權合格機構辦理訓練，機構在每次辦理訓練前需提供詳細

的訓練計劃，包括每個主題的詳細說明方式及相應的課程時間表，並經審查合格後才能辦理訓練。

IWCF 人員將會在訓練的最後一天親臨現場，監督受訓人員參加電腦試題和實作測驗。通過這一系列考試後，受訓人員將獲得不同等級的 IWCF 證照，這些證照的有效期為 2 年。當證照有效期屆滿後，受訓人員需要重新報名參加訓練並通過測驗，以獲得新的證照。

雇用經過井控專業認證的人員有助於降低相關事故的風險，保護人員及環境的安全。因此，IWCF 證照在國際鑽井業界具有重要地位，並被視為擔任相關職位的必備基本證照。

課程等級	課程內容	建議參訓人員
Level 1	於 IWCF 網站註冊後，可免費參加線上 Level 1 基礎課程	井場設備維修人員
Level 2	井控程序、控壓循環計算	井場基層鑽井工及支援服務工程師
Level 3	增加壓井前準備作業之實作測驗	司鑽及副司鑽
Level 4	增加控壓循環實作測驗	井場及辦公室主管、Company Man、Tool Pusher

表 1、IWCF 分級簡介

Drillmec 訓練中心的主要業務之一為提供 IWCF 井控訓練，訓練中心的講師皆具有石油工程背景及 IWCF 認證之講師資格。透過這次訓練及廠驗，講師讓我們有機會深入了解 IWCF 井控訓練，供本公司未來評估參加相關訓練。



## 八、HoD (Heart of drilling)

Drillmec 的 HoD 系統是為了實現持續循環系統（Continuous circulation systems, CCS），主要目的是確保在鑽井接管過程中無需停止泵送泥漿，以實現連續循環。此外亦可以與控壓鑽井（Managed Pressure Drilling, MPD）同時進行。

HoD 系統必須在每立根鑽桿的頂端加入特殊的 HoD Sub。這款 HoD Sub

具有特殊的循環接頭開關閥設計，因此在鑽井接管過程中，即使頂驅與鑽桿分離，循環泥漿仍然可以透過鑽井台上的自動夾緊裝置(Automated Clamp)迅速進入鑽桿內，循環流量和壓力可達到 1,000 gpm 和 7,500 psi，進而達到連續循環的目標。

這堂課的講師 Angelo Calderoni 是鑽井領域的著名專家，目前擔任 Drillmec 的顧問。在課堂中，他詳細解釋了鑽井技術的發展過程。他提到，早期使用 Kelly 鑽井技術時，每根鑽桿(長度約 9 公尺)需要進行一次接管，而到了 90 年代，隨著頂驅系統的應用，每次可接管更長的鑽桿(長度約 27 公尺)。而新一代的技術更採用連續循環系統，實現了接管過程無需停泵，同時維持井內穩定的等效循環比重(ECD)。

由於停泵和開泵過程會導致環空壓力的變化(Annular Pressure Loss)，進而影響等效循環比重(ECD)，因此連續循環系統特別適用於地層孔隙壓力和破裂壓力之間範圍狹窄或 Claystone 岩層卡鑽的井況。此外，這種技術還適用於地熱領域的超臨界高溫系統，能夠有效降低井內溫度並提高操作的安全性。

連續循環系統因具備以下優點，海上鑽井及陸上深井已逐漸採用

- Elimination of potential gas influx during connections
- Easier influxes and losses detection
- Maintained formation integrity and borehole stability
- Enabled drilling through narrow PP-FG window
- Higher ROP through continuous hole cleaning
- No data interruption from MWD, LWD
- No downhole temperature fluctuations
- More effective solids control
- Reduced likelihood of stuck and consequent expensive fishing job and LIH
- Reduced circulation time spent prior connection
- No time spent by re-drilling cuttings accumulated after connection
- Reduced tripping time and circulation time prior POOH
- Reduced wiper trips, back reaming for wellbore quality



圖 46、HoDSub

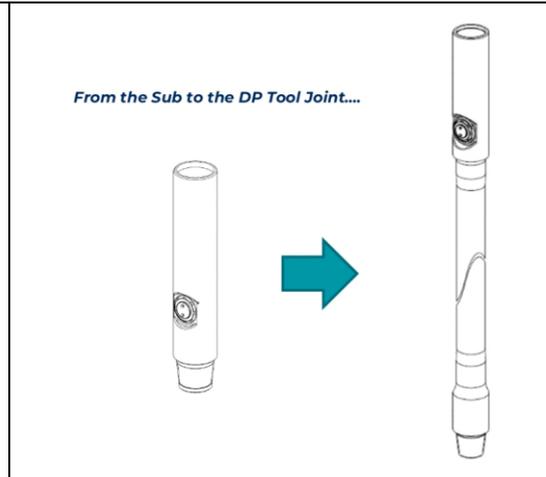


圖 47、HoDSub 接於鑽桿上方



圖 48、HoD 設備控制之油壓系統

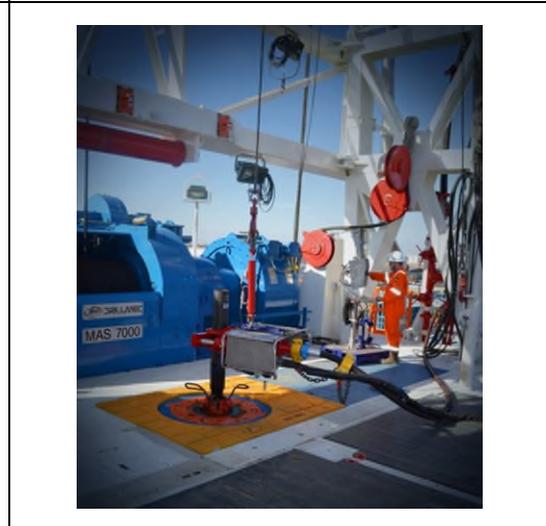


圖 49、鑽井檯面 Automated Clamp 快速接頭，循環泥漿即可進入鑽桿內

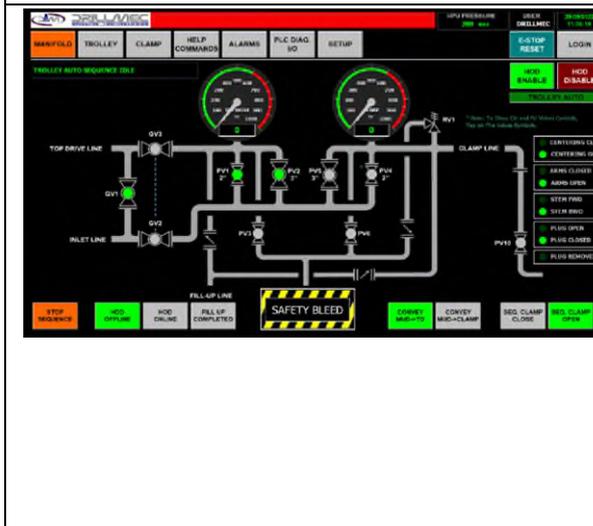


圖 50、HoD 系統 Control panel

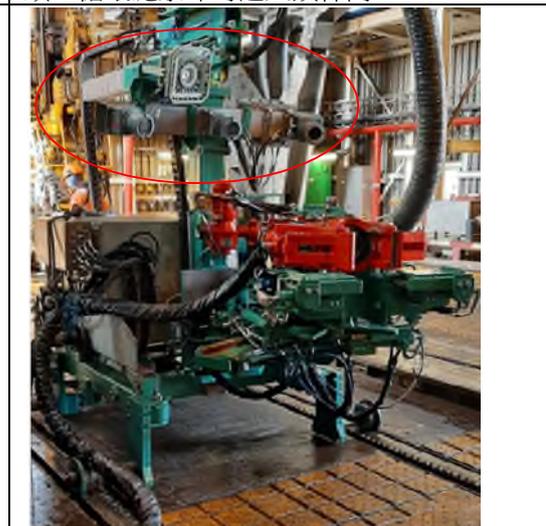


圖 51、具備三顆鏡頭輔助 Clamp 與 Sub 連結

## 肆、具體成效

新一代鑽機在提高安全性方面具有顯著進展，不僅大量引入機械化設備取代多項人工操作，更充分利用電腦數據化的優勢。相較於傳統鑽機，新一代鑽機擁有即時記錄各項設備內部數據的能力，這一特點在工程事故發生時至關重要。在傳統鑽機中，由於缺乏這些即時數據，一旦發生工程事故，通常只能依賴當時操作員的口述，並嘗試推測可能的原因。這樣的情況使工程檢討變得更加困難且不確定。而新一代鑽機的電腦數據化技術使我們能夠更精確地追蹤和分析各種數據，有助於事故的預防及調查檢討，提高了整體的安全性及工作效率。這套新 HMI 系統亦可升級 Pro-Rig 系統，讓遠方辦公室主管可以即時通過雲端數據，了解現場工程之即時狀況，共同討論工程優化方案。

此外，在設備維修方面，也受益於數據化優勢。原廠專業工程師可以透過遠程連線協助查修，並借助最新的 AR 即時視訊連線技術，逐步引導本公司人員進行快速查修。同時，司鑽房模擬訓練系統也提供租售服務，以便公司培訓新進人員的使用，進一步提高操作安全性及培訓效率的優勢。

這次的廠驗及訓練讓我深刻體會到，鑽井工程正在經歷自動化和數據化轉變。設備的升級帶來了機械化設備取代人力操作的變化，同時也引入了新的工作項目，包括 HMI Debug、液壓設備的維護和修復，以及數據的收集、整理和分析。鑽井工程不再是體力勞動為主的工作，而是轉向自動化及數據驅動的新時代。為了適應這一變革，所有人員必須不斷學習，提升技能，以確保工程作業更有效率且符合更高的安全標準。

出國報告（出國類別：洽公）

赴義大利進行「1,250hp 自動化成套  
陸上鑽井設備」廠驗工作及人員訓練  
- 自動化成套陸上鑽井設備及車載鑽  
機購案實地檢核及技術交流  
出國報告

服務機關：臺灣中油股份有限公司探採事業部鑽探工程處

姓名／職稱：林垠成副處長

派赴國家／地區：義大利／皮亞琴察

出國期間：112 年 11 月 13 日至 11 月 18 日

報告日期：112 年 12 月 18 日

## 摘要

本公司規劃購入 1250hp 自動化成套陸上鑽井設備及車載鑽機，以擴大地熱能源鑽探量能，全力配合國家發展綠色能源政策，惟 2 購案已出現延遲交貨情形，公司非常關切購案履約進度，特派探採事業部鑽探工程處主管前往義大利實地檢核主要設備製造執行進度，希望透過面對面溝通方式，從中了解延遲交貨原因予以適度協助並明確表達對購案履約進度的重視及設備品質的要求。

此外，藉由這次出國機會，針對引進市電鑽機的解決方案及鑽井相關設備技術與鑽機製造廠進行研討交流，也透過實地參訪地熱鑽井現場，擇其優而從之，以達精進鑽井設備技術之效。

# 目次

壹、目的.....	(04)
貳、過程.....	(05)
參、具體成效.....	(15)
肆、心得及建議事項.....	(15)

## 壹、目的

職本次奉派出國前往義大利 Drillmec 製造廠參訪之主要目的如下列三

點：

- 一、為配合國家發展綠色能源政策，本公司執行採購 1250hp 自動化成套陸上鑽井設備(CPC-10BW04)及車載鑽機(CPC-10BW06)，以達擴大地熱能源鑽探量能之目的，目前 2 購案正處於履約階段，惟鑽機製造廠商 Drillmec 公司，因供應鑽機發電機組之製造廠商 Caterpillar 公司生產進度未如預期，導致本案鑽機無法如期交貨，逾期交貨天數預計將超過 200 天，為確保購案廠商是否能具有如質履約的能力，透過實地檢核鑽機各主要設備製造進度情況，以供公司是否維持採購程序之重要判斷依據。
- 二、為消弭降低鑽井設備作業噪音對周遭環境產生衝擊與減少民怨，特與鑽機製造廠專案研討市電取代柴油引擎發電機作為鑽機動力來源之可行性，作為未來引進所需之相關設備之依據。
- 三、實地參訪國外地熱鑽井現場，透過觀察差異比較的方式，審慎評估引進適合中油公司之鑽井設備技術，以達提升設備實用便利性、強化作業人員安全與精進鑽井質量之功效。

## 貳、過程

### 一、實地檢核鑽機主要設備製造進度情況

11月14日抵達義大利後，隨即馬不停蹄地前往鑽機製造廠 Drillmec 公司位於皮亞琴察(Piacenza)的總部，於路程當中接獲通知，此次前往實地檢核重點之 2 鑽機購案全部所需之發電機組，原本預計於 112 年 10 月 16 日及 11 月 13 日分 2 批可全數交貨完成，但因“契約交期不符”與“付款信用狀之可使用期限已失效”未通過義大利海關審核，導致發電機組仍擱置於海關(圖 1)，無法辦理清關，抵達 Drillmec 公司總部立即與 Drillmec 公司執行長 Claudio Cicognani、業務總監 Paolo Cantalupo 等人，針對發電機組無法如期交貨、付款信用狀展期等議題進行商討會議(圖 2)，會議中 Drillmec 公司業務總監 Paolo Cantalupo 說明由於付款信用狀已過期，除了導致發電機組無法清關，還衍生銀行不再提供貸款服務，無法支付貨款給設備供應商等情事，嚴重影響鑽機組裝及交貨期程，希望中油公司可以提供協助展延付款信用狀期限，以利後續鑽機履約相關事宜，會議中職立即說明使用單位對於急切取得鑽機的立場不變，同時也表明需要在兼顧法遵與尊重採購單位維護公司權利的立場情況下，將有關展延付款信用狀期限之事攜回與採購單位討論，以尋求雙贏的解決之道。



圖 1、發電機組擱置於海關



圖 2、商討會議

出國前已先要求 Drillmec 公司提供(CPC-10BW04) 1250hp 自動化成套陸上鑽井設備(表 1)及(CPC-10BW06)2 套車載鑽機的主要設備製造進度之檢核清單(表 2、3)，以憑辦理實地檢核。

CHECK LIST LR1500HP	% of completion	
MAST & SUBSTRUCTURE ASSEMBLY	90%	supplier
DRAWWORKS GDS1500 AC GEAR DRIVEN	70%	
ROTARY TABLE 37 1/2" – HYDRAULIC DRIVEN	60%	
TRIPLEX MUD PUMP 12T1600GD	60%	
TOP DRIVE SYSTEM 375 TON AC	30%	supplier
PCT-130 POWER COMPACT TONG	10%	supplier
HYDRAULIC POWER CATWALK	90%	supplier
DIESEL GENERATORS	50%	at Livorno Customs
EMERGENCY GENERATOR	70%	
POWER CONTROL ROOM-VFD	30%	supplier
MUD SYSTEM	60%	
HIGH PRESSURE LINE	0%	
DRILLING EQUIPMENT	50%	
DRILLER CONTROL CABIN	30%	supplier
WELL CONTROL EQUIPMENT	50%	supplier

表 1、1250hp 自動化成套陸上鑽井設備主要設備製造進度檢核清單(完成率約 50%)

CHECK LIST HH220 #1	% of completion	
TELESCOPIC MAST	100%	
CROWN BLOCK	100%	
STAND PIPE	100%	
RIG MANIFOLD	70%	
AUXILIARY HYDRAULIC JIB CRANE	0%	
DRILLING FLOOR	100%	
BASE FRAME	100%	
OUTRIGGERS	100%	
WALKWAYS, HANDRAILS AND STAIRWAYS	80%	
MOUSE HOLE	100%	
BOP HANDLING SYSTEM	0%	
TOP DRIVE SYSTEM	60%	
TORQUE WRENCH	100%	
POWER TONG	80%	
ROTARY TABLE	100%	
HYDRAULIC POWER UNIT	95%	
RIG SEMITRAILER	100%	
RIG CONTROL AND MONITORING SYSTEM (driller control cabin)	98%	
SIDE CONTROL PANEL	100%	
VERTICAL PIPE BINS	98%	
PIPE BINS BASE FRAME	98%	
CATWALK & PIPE RACK	98%	
MUD PUMPS 9T1000 AC	94%	
MUD SYSTEM	70%	
DIESEL GENERATORS	70%	at Livorno Customs
EMERGENCY GENERATOR	70%	
POWER CONTROL ROOM VFD	99%	
WELL CONTROL EQUIPMENT	50%	

表 2、第 1 套車載鑽機主要設備製造進度檢核清單(完成率約 83%)

CHECK LIST HH220 #2	% of completion
TELESCOPIC MAST	90%
CROWN BLOCK	100%
STAND PIPE	50%
RIG MANIFOLD	0%
AUXILIARY HYDRAULIC JIB CRANE	0%
DRILLING FLOOR	100%
BASE FRAME	100%
OUTRIGGERS	90% supplier
WALKWAYS, HANDRAILS AND STAIRWAYS	100%
MOUSE HOLE	100%
BOP HANDLING SYSTEM	0%
TOP DRIVE SYSTEM	40%
TORQUE WRENCH	100%
POWER TONG	80%
ROTARY TABLE	100%
HYDRAULIC POWER UNIT	40% supplier
RIG SEMITRAILER	80%
RIG CONTROL AND MONITORING SYSTEM (driller control cabin)	70%
SIDE CONTROL PANEL	100%
VERTICAL PIPE BINS	60%
PIPE BINS BASE FRAME	60%
CATWALK & PIPE RACK	60%
MUD PUMPS 9T1000 AC	80%
MUD SYSTEM	60%
DIESEL GENERATORS	50% at Livorno Customs
EMERGENCY GENERATOR	70%
POWER CONTROL ROOM VFD	50% supplier
WELL CONTROL EQUIPMENT	50%

表 3、第 2 套車載鑽機主要設備製造進度檢核清單(完成率約 67%)

實地檢核設備製造進度的過程如圖 3~18 所示。



圖 3、CPC-10BW04 鑽機組裝



圖 4、CPC-10BW04 井架製造(供應商處)



圖 5、CPC-10BW04 井架底座製造(供應商處)



圖 6-1、CPC-10BW04 液壓貓道(供應商處)



圖 6-2、CPC-10BW04 液壓貓道(供應商處)



圖 7、CPC-10BW04 PCT-130 動力大鉗組裝



圖 8、CPC-10BW06 第 1 套鑽機大致組裝完成



圖 9、CPC-10BW06 第 2 套鑽機井架及天車



圖 10、CPC-10BW06 現場泥泵組裝情形



圖 11、CPC-10BW06 動力控制室(PCR)



圖 12、CPC-10BW06 第 2 套鑽機操作室組裝情形



圖 13、CPC-10BW06 液壓動力單元(HPU)組裝情形



圖 14、CPC-10BW06 第 2 套鑽機井架組裝情形



圖 15、CPC-10BW06 管架組裝情形(供應商處)



圖 16-1、CPC-10BW06 泥漿處理設備(供應商處)



圖 16-2、CPC-10BW06 泥漿處理設備(供應商處)



圖 17、CPC-10BW06 第 2 套鑽機泥漿吸罐



圖 18、CPC-10BW06 第 2 套鑽機泥漿歧管

## 二、市電鑽機專案研討

本次所購入鑽機未來將用於第三、四鑽井工程隊，大量投入地熱及 CCS 鑽探行列，回顧歷史經驗，臺灣地狹人稠，只要鑽井工程隊所到之處，鑽井作業所產生的噪音與空氣污染，常引來附近居民陳情抗議，進而影響鑽井工程進度。

有鑑於此，為消弭降低鑽井設備作業噪音與空污對周遭環境產生衝擊與減少民怨，善盡社會責任，本次出國特地安排與鑽機製造廠以「市電取代柴油引擎發電機作為鑽機動力來源」為重要議題，進行專案研討(圖 19)，研討過程中，職舉出臺灣電力系統概圖(圖 20)與市電鑽機技術相關疑問，鑽機製造廠則提出相關見解與技術解決方案回應，雙方進行熱烈的討論(圖 21)。

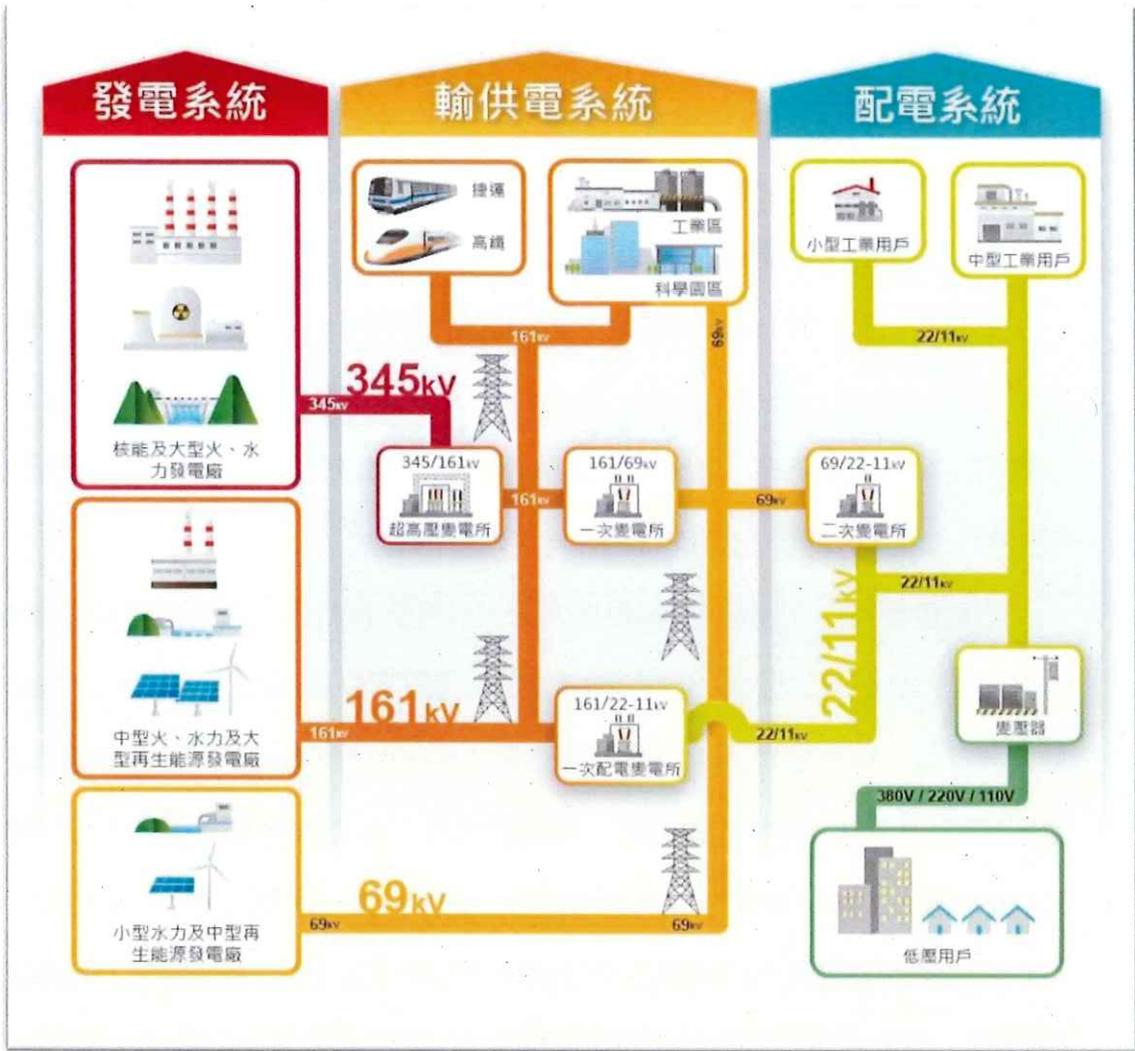


圖 20、臺灣電力系統概圖



圖 19、市電鑽機專案研討



圖 21、市電鑽機專案研討

製造廠說明市電鑽機的電力控制室(Power Control Room, PCR)須配置變壓器(Transformers)，PCR 再與市電電力線路連接，將市電中高壓(11KV)降壓至低電壓(600V)，以供鑽機所需電力使用，由於公司目前現有 DE-603 鑽機

與新購鑽機的 PCR 設計並沒有預留改裝 Transformers 的空間，如重新採購整套新的 PCR(內含 Transformers)將會非常不符合時間經濟效益，建議僅需加購外接式 Transformers container，即可改裝成市電鑽機。

### 三、實地參訪國外地熱鑽井現場

返國前一天(11/16)安排實地參訪距離皮亞琴察約 320 公里，位於拉迪孔多利(Radicondoli) Enel Green Power 公司所屬的地熱鑽井現場，由於單趟車程需花費約 3.5 小時，為順利抵達鑽井現場，所以安排一大早六點半天就必須出發，以避開擁擠的上班車流。

抵達現場進入井場前，井隊現場 HSE 人員先對我們進入井場的相關安全規定說明(圖 22)，可以對設備拍照但不允許拍攝工作人員作業，進場前須先登錄人員資料，以便進場人數控管，整個參訪過程由 Drillmac 公司指派專人作設備解說(圖 23)，非常善盡職責，現場鑽機形式為 HH300(圖 24)與公司採購之 HH220 鑽機相較，雖然規格有些許差異，但是有部分附屬設備卻可以共用。

參訪過程發現有些設備與公司目前所使用的不盡相同，例如泥漿冷卻系統(圖 25)、套管水泥與泥漿材料利用儲罐存放於現場(圖 26、27)、高空作業車固定配置於鑽機底座上(圖 28、29)等作法，對於提升整體工作效率及工作安全有相當的助益，非常值得我們仿效與借鏡。



圖 22、進入井場相關安全規定告示(不同區域所須配戴之 PPE)



圖 23、Drillmac 公司全程專人設備解說



圖 24、參訪地熱井之 HH300 鑽機

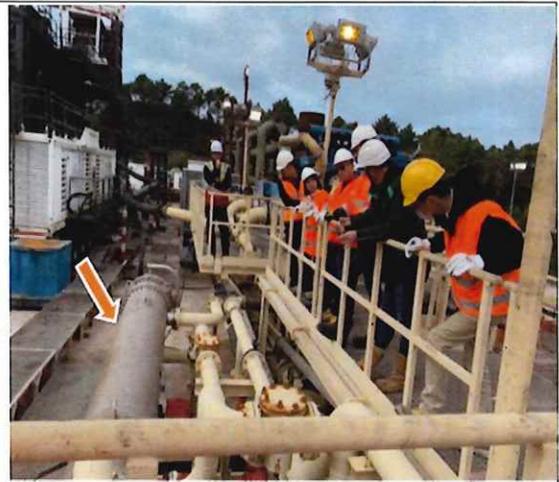


圖 25、泥漿冷卻熱交換系統(水冷部分)

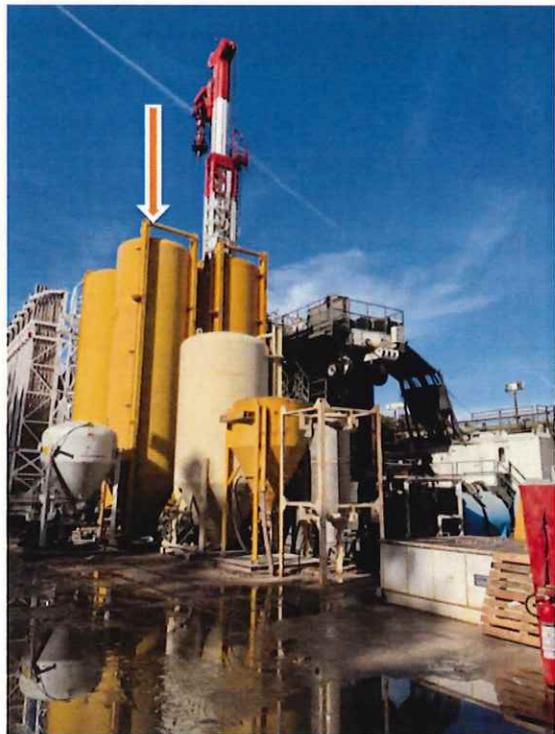


圖 26、套管水泥儲罐(箭頭處)

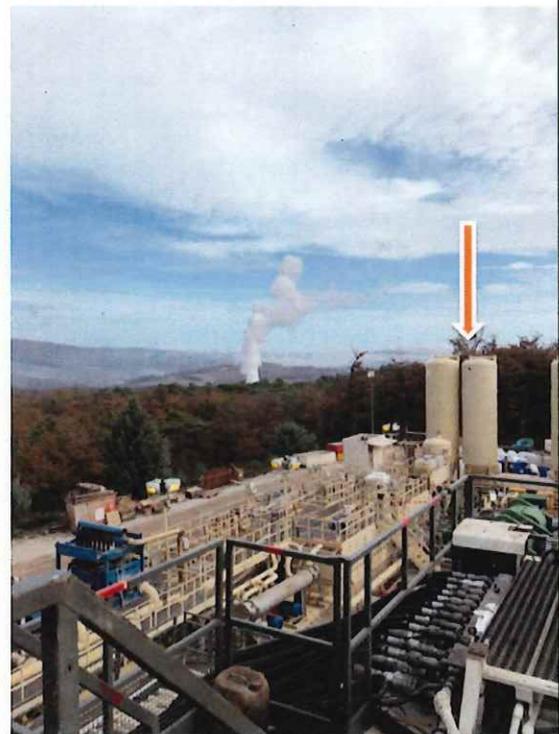


圖 27、泥漿處理設備與泥漿材料儲罐(箭頭處)



圖 28、高空作業車配置於鑽機底座(1)



圖 29、高空作業車配置於鑽機底座(2)



圖 30、與 Drillmec 團隊及 Enel Green Power 公司鑽井人員於現場合影

## 參、具體成效

職此次出國實地查核 CPC-10BW04 及 CPC-10BW06 2 購案的履約情況，一方面可以清楚掌握購案履約進度及檢視設備製作的品質，另一方面向 Drillmac 公司展現公司對購案的高度重視，同時也憑藉著與鑽機製造廠針對市電鑽機的專案研討，歸納出未來引進相關設備的工作規劃，如下四點：

- 一、研擬購置市電鑽機相關設備詳細規範
- 二、探討市電輸電轉換介面改置作法
- 三、釐清市電輸電申請程序步驟
- 四、評估市電輸電專線所需配合之相關設施及預算

也將此次出國任務內容，透過處務會議分享宣達給同仁，期望共同朝精進設備技術，以提升設備實用便利性、強化作業人員安全與精進鑽井質量之目標邁進。

## 肆、心得及建議事項

- 一、職這次非常難得能代表公司，前往義大利實地檢核 1250hp 自動化成套陸上鑽井設備(CPC-10BW04)及車載鑽機(CPC-10BW06) 各主要設備製造進度情況，截至 11/16 為止，透過實地訪查，CPC-10BW04 案鑽機製造完成率約 50%，CPC-10BW06 案鑽機平均製造完成率約為 75%，足以證明 Drillmec 公司實際具備製造組裝鑽機設備之能力，此次所購鑽機不但是配合國家發展綠色能源政策之重要關鍵設備，也是公司標榜強化工作安全及提升工作效率與鑽井工程技術邁向自動化的指標性設備，依職之淺見，建議在不違反政府採購法與契約之條件下，在雙方達成協議共識後，希冀公司採購單位可以提供協助展延付款信用狀期限，讓鑽機購案得以繼續進行。
- 二、經過此次有關市電鑽機的專案研討，釐清了我們原本對於柴電鑽機轉換市電鑽機所需配置相關設備的技術疑慮，引進相關設備指日可待。但是在市電輸電轉換介面改置作法與市電輸電申請程序步驟及所需配合之相關設

施及預算，目前仍未能明確掌握相關資訊，希冀能透過公司或主管的協調敦請台電公司指派聯絡窗口協助釐清與評估，以利後續引進市電鑽機之工作規劃。