

出國報告（出國類別：洽公）

參加印尼國際地熱會議暨展覽會 (IIGCE)及參訪地熱鑽井現場

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：葉治宇 石油開採工程師

派赴國家：印尼雅加達

出國期間：112 年 9 月 18 日 至 112 年 9 月 23 日

報告日期：112 年 10 月 19 日

目錄

壹、目的.....	(04)
貳、過程.....	(04)
參、心得及建議事項.....	(05)
肆、具體成效.....	(14)
伍、參考文獻.....	(15)

摘要

第 9 屆印度尼西亞國際地熱會議及展覽會（Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition，下稱 IIGCE）於 2023 年 9 月 20 日至 2023 年 9 月 22 日在印尼雅加達國際會議中心舉辦。本次 IIGCE 的宗旨是推動地熱能源在當今社會中的重要性，透過減少化石燃料使用，促進地熱等再生能源的應用，並加速能源轉型。隨著全球對於能源轉型、綠色能源、淨零排放等議題的關注，國際各大石油公司積極參與綠能和相關技術的開發，並在此次會議及展覽中展示最新技術和相關應用成果。本公司亦派員參加，與眾多鑽井服務公司和設備供應商交流，以深入了解地熱行業的最新技術，並獲取寶貴的經驗。

此外，在地熱鑽井領域透過空氣鑽井(Air Drilling)、充氣泥漿鑽井(Aerated Mud Drilling)等負壓鑽井技術用以提高鑽進率、改善遇裂隙易產生漏泥問題之相關技術已行之有年，此次出國除參加 IIGCE 展覽會場進行交流外，亦前往位於印尼萬隆 Patuha 地區的空氣鑽井現場參訪，了解充氣泥漿在地熱鑽探中的實際應用、所需的設備和操作流程等，期藉此引進相關技術及設備以提升地熱鑽井效率及安全性。

壹、目的

印尼是一個擁有龐大地熱資源潛力的國家，因此印尼政府在地熱能源開發方面一直積極拓展，此次本公司鑽探工程處派員參與印尼地熱協會(INAGA)於2023年9月20日至22日在印尼雅加達舉辦第九屆印尼國際地熱會議暨展覽會(IIGCE)，以尋找應用於未來業務中的機會，並與國際各大能源及服務公司、設備供應商等行業內技術領先之公司建立聯繫管道，交流鑽井經驗與技術，並瞭解國際上目前最新的鑽井設備、操作技術及工法，以更安全、更有效率的方式進行地熱鑽井作業。

在地熱鑽井工程中，為解決泥漿漏失甚至無法循環的問題，使用空氣鑽井、充氣泥漿鑽井等工法是較常見的做法，同時亦能有效提高鑽進率，為瞭解空氣鑽井、充氣泥漿在地熱鑽探中的實務應用，前往位於印尼萬隆 Patuha 地區的鑽井現場參訪。

貳、過程

本次奉派赴印尼參加「印尼國際地熱會議暨展覽會(IIGCE)及參訪地熱鑽井現場」，自112年9月18日至9月23日，包括啟程、返程時間共6天。主要行程如下表：

日期	地點	工作內容
112.09.18	桃園>雅加達> 萬隆	自桃園啟程至印尼萬隆
112.09.19	萬隆>雅加達	參訪印尼地熱空氣鑽井現場(PT Geo Dipa Energi Unit Patuha)
112.09.20	雅加達	參與印尼國際地熱會議暨展覽會及洽談
112.09.21	雅加達	參與印尼國際地熱會議暨展覽會及洽談
112.09.22	雅加達	1.參與印尼國際地熱會議暨展覽會及洽談 2.參訪 PT Brothers Indonesia Asia (空氣鑽井服務商)
112.09.23	雅加達-桃園	返程

參、心得及建議事項

一、印尼國際地熱會議暨展覽會(IIGCE)

印尼國際地熱會議暨展覽會(IIGCE)會場中，聚集眾多專家學者、公司、設備供應商，彼此互相交流、研討有關地熱能源開發經驗、創新技術及未來的發展方向(IIGCE 日程表如圖 1)。展覽會包含近 60 個展位(如圖 2)，各家廠商展示最新的技術、產品和服務，包含從探勘、鑽探至生產等相關應用及解決方案。這提供了一個難得的機會，不僅能了解全球能源行業的最新趨勢和創新技術，也促進彼此間的交流與合作。

會展期間參訪了許多公司(如圖 3~5)，包含 Baker Hughes、Schlumberger (SLB)、Halliburton 等國際知名油服及能源公司、提供先進的閉環式地熱技術之 Greenfire Energy 公司、提供地熱電廠設備及解決方案之 Ormat Technologies、Toshiba、Mitsubishi 等公司，以及地熱設備供應商、印尼本地的能源公司及地熱服務承包商等，經與各家廠商進行交流後，將所獲得之資訊進行整理(詳如表 1)，相關資料可供本公司鑽探工程處或其他單位作為地熱設備採購、技術及服務引進之參考依據。

Day 1 - Wednesday, 20 September 2023	Day 2 - Thursday, 21 September 2023	Day 3 - Friday, 22 September 2023
05:30 - 06:00 REGISTRATION 06:00 - 06:15 OPENING 06:15 - 06:30 WELCOME SPEECH 06:30 - 06:45 OPENING REMARKS 06:45 - 07:00 KEYNOTE SPEECH & OPENING CEREMONY 07:00 - 07:15 KEYNOTE SPEECH 07:15 - 07:30 PRESS CONFERENCE 07:30 - 08:00 PLenary SESSION 08:00 - 08:15 KEYNOTE SPEECH 08:15 - 08:30 TECHNICAL SESSION (PARALLEL 6 CLASSES) 08:30 - 08:45 NETWORKING DINNER 08:45 - 09:00 BANQUET	07:30 - 08:00 MORNING COFFEE & NETWORKING, EXHIBITION 08:00 - 08:15 PLenary SESSION 08:15 - 08:30 PLenary SESSION 08:30 - 08:45 TECHNICAL SESSION (PARALLEL 6 CLASSES) 08:45 - 09:00 NETWORKING DINNER 09:00 - 09:15 BANQUET	05:00 - 05:30 FIELD TRIP TO MUARA LABOH GEOTHERMAL POWER PLANT 08:00 - 14:00 VISITOR EXHIBITION LABOUR EXHIBIT

圖 1、2023 第 9 屆印尼國際地熱會議暨展覽會(IIGCE)日程表



圖 2、參展廠商名單及會場展位圖



圖 3、IIGCE 會展相關照片



圖 4、PT Geo Dipa Energi (印尼國營能源公司) 介紹其地熱開發與永續發展經營理念



圖 5、與 Baker Hughes 及 Greenfire Energy 團隊於 IIGCE 會場合影

表 1、相關廠商資訊表

公司名稱	公司產品、服務及特色	網頁連結
Wilhelm (S.E.A.) Pte Ltd.	該公司主要產品為井口裝置:透過堆焊技術(CRA)及特殊鍍層(cladding)使井口裝置具有更高的耐腐蝕及耐磨性,適用於油氣、地熱、碳封存井。	https://www.wilhelmcladding.com/product-application.html
Baker Hughes	此次展覽 Baker Hughes 公司發表新一代 Hybrid drill bits (業界俗稱獅虎獸);其結合牙輪(roller cones)及聚晶金剛石鑽頭(PDC)之特性,能同時擁有牙輪鑽頭對岩石的破碎性以及 PDC 鑽頭的優秀切削能力,能有效提升鑽進穩定性及鑽進率。	https://www.bakerhughes.com/drilling/drill-bits/hybrid-drill-bits
GreenFire Energy	該公司以發展先進型地熱系統(AGS)、閉環式地熱技術(Closed-Loop Technology)聞名。本公司於本(112)年1月與該公司簽署合作備忘錄。	https://www.greenfireenergy.com/greenloop-technology/
Vallourec	該公司除提供鑽桿、重鑽桿外,亦有提供閉環式地熱技術專用之真空絕緣管件,即 Vacuum Insulated Tubing (VIT)。	https://solutions.vallourec.com/Low-Carbon-Energy/THERMOCASE-VIT
Schlumberger (SLB)	此次 SLB 工作人員介紹 Reda Thermal ESP: 地熱電潛泵,其能承受較高之井下溫度,且運轉之功耗較低及壽命長,曾使用於土耳其 Zorlu Enerji 地熱發電廠,有效提高產能約 55%,並增加 1.7MW 發電量。	https://www.slb.com/resource-library/case-study-with-navigation/al/reda-thermal-zorlu-enerji-

		turkey-cs-2#Solution
Halliburton	Halliburton 介紹該公司之整體地熱解決方案，包含地熱資源評估、鑽井工程、完井設計、生產優化等相關技術及服務。	https://www.halliburton.com/en/resources/geothermal-services-brochure
Cladtek International Pty Ltd.	該公司提供地熱專用之蒸氣輸送管線、各式閥件、法蘭等，亦有提供地熱用之井下套管。	https://cladtek.com/geothermal/
Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation	提供地熱電廠設備(渦輪機、發電機等)及系統解決方案(適用自 1 MW 到 200 MW); 該公司特別介紹小尺度的地熱發電廠，適合使用區域有限之電廠建置，如型號 GXP-2C: 安裝面積約 252m ² (約一個網球場大小)、發電量適用 4MW 以下。	https://www.global.toshiba/ww/products-solutions/renewable-energy/products-technical-services/geothermal-power.html

二、參訪印尼地熱空氣鑽井現場及空氣鑽井服務商工廠

本次規劃前往 PT Geo Dipa Energi 公司 Patuha 地熱發電項目之鑽井現場，其鑽井工程由 PT Asia Petrocom Services 公司負責，因該井場位於印尼萬隆附近之 Patuha 火山地區，位置偏僻且路途遙遠(路程約 5~6 小時)，故 9/18 先由雅加達抵達萬隆市區，9/19 早上在 PT Brothers Indonesia Asia 及 PT Yahentama Persada 公司的協助下，啟程前往 Patuha 地區。

Patuha 地區海拔約 2000 公尺，整個地熱開發項目坐落在 Patuha 火山，周圍環繞著美麗的茶園景色(如圖 6)，這裡環境宜人，除了地熱開發外，還結合了當地茶農種植茶葉、咖啡等作物，形成了一個大型地熱園區的自然資源體系，其地熱資源開發模式極具永續發展的價值。



圖 6、Patuha 地熱電廠周圍遍布美麗的茶園景色

抵達 PT Geo Dipa Energi Unit Patuha 地熱電廠後，即前去拜訪該開發項目總經理 Ilen 先生，他表示 Patuha Unit 1 地熱電廠(如圖 7)從 2014 年開始啟用，發電容量為 60MW，目前發電量已接近容量上限，約 58MW，該區域可開發潛能共約 400MW，目前正持續開發 Patuha Unit 2 中；該區域之地熱資源以蒸氣型地熱為主 (Vapor-dominated)，主要熱源分布於海平面以上 500 公尺至 1000 公尺間，溫度介於 209°C 至 241°C，該區域目前已完成鑽探 14 口井，其深度介於約 1,000 公尺至 2,200 公尺 (如圖 8，參考自 Layman, E.B., and Soemarinda, S., 2003)。



圖 7、PT Geo Dipa Energi Patuha 地熱電廠(左一為 Patuha 地熱項目總經理、左二為 PT Yahentama Persada 公司負責人、右二為 PT Brothers Indonesia Asia 公司負責人)

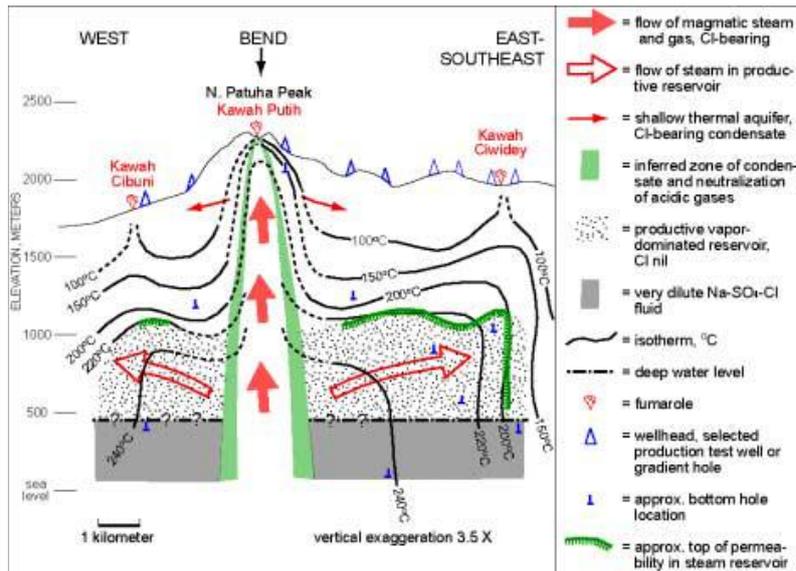


圖 8、Patuha 地區地熱資源分布圖(參考自 Layman, E.B., and Soemarinda, S., 2003)

在實際進入鑽井現場參觀後(圖 9)，便充分與 PT Asia Petrocom Services 工作人員及空氣鑽井承包商 PT Brothers Indonesia Asia 負責人謝先生請教空氣鑽井相關知識，並將充氣泥漿之原理、操作流程及所需設備整理如下。

充氣泥漿的原理為將大量壓縮空氣混入傳統泥漿中，能有效降低泥漿比重、減少泥漿柱壓，增加鑽進率、克服低壓及裂隙發達之地層遇嚴重漏泥問題的困擾、避免污染生產層、避免差壓黏卡、節省泥漿消耗、縮短鑽井工程時間及節省成本等諸多優勢。



圖 9、抵達鑽井現場當日該鑽井工程已鑽抵目標深度 1580 公尺
(因安全規定井場內部無法進行攝影)

此外，充氣泥漿使用之泥漿性質基本上與傳統泥漿大致相同，僅需在原有泥漿循環系統及設備之基礎上，增加所需設備(詳如表 2，參考自 Ramos, S.A.,2012)，其包含了空壓機、增壓機(Booster)、旋轉鑽進頭(Rotating Head)、空氣／泥漿分離器(Air/Fluid separator)等設備。

表 2、充氣泥漿鑽井所需設備表(參考自 Ramos, S.A.,2012)

Qty	EQUIPMENT	DESCRIPTION
3	Compressors	Air compressor, Ingersoll Rand, Model XHP 1170 scfm to 350 psi, Rotary screw, After cooler, CAT Engine diesel, Model C-15 ACERT, 540 BHP to 2100 RPM.
1	Booster	Air Booster, Gardner Denver JY-500, Joy WB12, 2475 scfm to 2500 psi, and 3200 scfm to 800 psi. Two stage 5.5" x 7" and 3.5" x 7", Piston stroke 7", with after cooler, CAT Engine diesel, Model C-18 ACERT, 630 BHP to 2100 RPM.
1	Mist pump (Injection pump)	Triplex Pump, plunger 1 ³ / ₄ ", stroke 4 ¹ / ₂ ", 49 GPM to 2500 psi, Brand West Texas, Model HP-100-M, with engine diesel, Deutz, model BF-4L914 – 97 BHP to 2300 RPM. Two tanks, 20 bbl/tank, open top.
2	Texsteam pump (Injection pump)	Plunger size 1 ¹ / ₄ ", work pressure 2000 psi, 500 gallons/day, DI Buna-n packing. For injecting chemical materials: Foaming agent, corrosion inhibitor agent, oxygen scavenger agent and other chemical products.
1	Rotating head	Rotating Head 13 ³ / ₈ " Assembly, Brand Washington, dressed with: Viton seal and O-rings, consisting 13 ³ / ₈ "-3000 Air bowl complete with clamp, 10"-2000 outlet, Lubrication system, HD 5 ¹ / ₄ " Hexagonal drive bushing, Stripper rubber wrench, 4 BU Butyl Stripper rubber.
1	Air / Fluid separator	Vertical Air – Fluid Separator (Figure 1), type Keystone, capacity of separation: Air 2400 scfm and Liquid 1200 gpm to 20 psi. Outside Diameter 61.2" and Length 5.2 meters.
1	Flowmeter (Daniel)	Daniel Simplex Orifice Plate Holder, Type of fitting welding neck end, ANSI CLASS 1500, 707C-TSC, 3705 psi work pressure, Sch 80, Orifice plate 2" x 1 ¹ / ₈ " model 500, universal type and Teflon seal ring.
1	Flow recorder (Barton)	Barton Flow Charts Recorder, model 202E, 9A – Recorder-DP-OD, Differential Pressure 0.0 to 100" water column, Static Pressure 0.0 to 2000 psi, Safe Working Pressure 2500 psi.
1	Choke manifold	Choke Manifold with Choke Valve Adjustable, 2" DN, LP, FIG. 602 M x F, Work pressure 6000 psi, Ball Valves 2" x 6000 psi work pressure and Daniel Flowmeter 2" DN, 1.939" ID, Sch 80, ANSI 1500.
	High pressure line and connections	Pup Joint, Chiksan Hose and flexible Hose 2"x 12 feet, FIG 602 M x F, work pressure 6000. Swivel Joint 2", Style 10 and Style 50, M x F, work pressure 6000 psi. Swing check valve flapper 2", work pressure 3000 psi, Ball valve 2" x 6000 psi work pressure.
1	Temperature register	Borehole return fluids temperature register from 0.0 – 350 °C.

有關充氣泥漿鑽井循環系統(如圖 10，參考自 Ramos, S.A.,2012)簡述如下，在入口端，空氣先經由空壓機(實務上需配置三台空壓機:兩台使用、一台備用)壓縮、增壓機升壓處理後，經 2 吋輸送管線，通過歧管，經由立管匯入泥漿後注入井孔。在空氣輸送管線中除了設置流量計用以監控壓力及流量外，亦設置有旁通閥、卸壓線等裝置，能供接管時排洩空氣而毋須停止空氣壓縮機的運轉，並做為排除管

內殘留壓力及氣體使用，以增加操作安全性；在出口端方面，當泥漿經環孔流出後，在進入泥漿篩前，須先經由空氣／泥漿分離器將泥漿中的空氣分離並排至大氣，再通過冷卻塔將泥漿冷卻，並經由泥漿機械處理設備回到循環系統中。

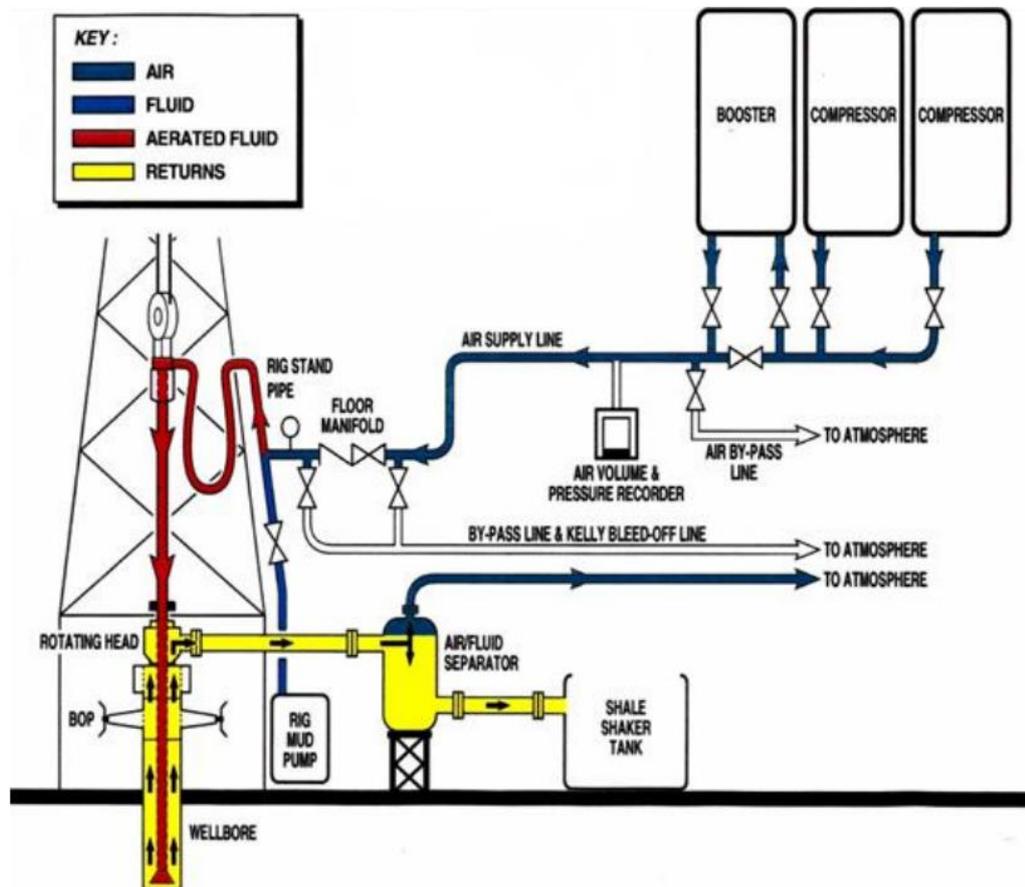


圖 10、充氣泥漿循環系統示意圖(參考自 Ramos, S.A.,2012)

為了更深入了解充氣泥漿鑽井設備，於 9/22 參訪了 PT Brothers Indonesia Asia 的工廠，其負責人謝先生再次向我詳細闡述各設備之用途及管線走向(如圖 11~13)，另有關噪音影響程度，當僅有一台空壓機運轉時，距離 5 公尺處的噪音量測值約為 95 分貝，然而鑽井工程的活動，如發電機運轉、鑽機煞車、起下鑽等操作，本身就會產生一定的噪音，當再加上空壓機等設備的運轉時，仍不可避免地會對周遭環境產生影響。因此，建議可以採取相應之降噪措施，如架設隔音牆或使用隔音布等作法，以盡量降低噪音對周圍環境的影響程度。

在人員配置方面，充氣泥漿鑽井的操作團隊共需 3 名成員，包括 1 位工程師和 2 位技術員，在操作過程中需要與井隊的鑽井技術人員和泥漿技術人員密切合

作，並調整適當的空氣泵送流量和壓力，以降低泥漿的比重，並確保充氣泥漿的運作穩定性和安全性。



圖 11、了解空氣鑽井所需空壓機及增壓機等設備及管線走向



圖 12、空氣鑽井所需空氣/泥漿分離器(使用時須直立起來)



圖 13、地熱鑽井用之旋轉鑽進頭及三通(鑽探工程處已有購入相似設備)

肆、具體成效

除傳統油氣資源探勘，本公司近年也著重於地熱資源的開發，並透過汰舊換新鑽井設備、引進新穎技術等方式以提升地熱探採技術，類似 IIGCE 這樣的國際型地熱會議暨展覽會即是個重要平台，通過此次參加 IIGCE 與各大公司交流後，帶回了許多有用資訊，如有效提升鑽進率的混合型態鑽頭、適用地熱及碳封存井之井口裝置及管件、提升生產優化之地熱電潛泵、先進地熱之閉環技術及其採用之真空絕緣管件、以及整體地熱解決方案、地熱電廠設備等相關資訊，均能作為未來設備採購及技術引進之重要參考依據。

此外，在地熱鑽探工程方面，因良好的地熱通道通常伴隨著發達的裂隙或有斷層帶通過，這使得在鑽井過程中易遭遇漏泥的風險，本公司亦曾在仁澤-土場地區多次遇有泥漿漏失、難以循環之問題，後續則通過不斷補充泥漿甚至以水泥硬堵等方式才予以克服；因國際上將充氣泥漿應用於地熱鑽井之技術已相當成熟，本次赴印尼空氣鑽井現場以及空氣鑽井服務商工廠，進一步瞭解充氣泥漿操作原理及步驟，並開始探討未來在地熱井使用充氣泥漿之可行性；目前鑽探工程處在充氣泥漿之設備面上尚缺乏空壓機、增壓機、氣體/泥漿分離器等主要設備，亦缺少實務操作經驗，故建議未來可引進相關設備及技術，期能有效幫助我們降低漏泥之工程風險，並進一步提升地熱鑽井效率。

伍、參考文獻:

1. Ramos, S.A.,2012, AERATED DRILLING, “Short Course on Geothermal Development and Geothermal Wells” , organized by UNU-GTP and LaGeo, in Santa Tecla, El Salvador, March 11-17, 2012.
2. Layman, E.B., and Soemarinda, S., 2003, The Patuha vapor-dominated resource West-Java,Indonesia. Proceedings, 28th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering (p. SGP-TR173) Stanford: Stanford University.