

出國報告（出國類別：洽公）

新型水泥泵浦廠驗工作

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 石油開採工程師 及

林建穎、翁暉廷、涂皓雲井務技術員等 3 員

派赴國家/地區：新加坡

出國期間：111 年 12 月 26 日至 112 年元月 3 日

報告日期：112 年元月 17 日(初稿)

新型水泥泵浦廠驗工作報告

摘 要

本出國計畫係前往新加坡進行新型水泥泵浦廠驗工作，本公司技術人員於現場試車，針對該泵浦進行各項性能指標測試，並盤點相關附屬配件（含保養維護使用料），以及依合約應提交之電腦及模擬軟體等，經廠驗後無不符合項目，惟部分小地方需改善以提升工作安全性，並要求得標廠商(Baker Hughes 公司)提供合適的轉接頭以便本公司現場人員進行套管水泥作業時，可更快速連接管線；已將廠驗紀錄 E-mail 告知得標廠商，並請其提交改善前、後之照片及調試報告。

得標廠商(Baker Hughes 公司)預計於 1 月下旬以 FOB 海運方式將設備運往台灣。

目錄

摘要	-----	2
目錄	-----	3
壹、 目的	-----	4
貳、 過程	-----	5
參、 具體成效	-----	6
肆、 心得及建議	-----	17

壹、目的

- 一、本出國案為資本支出計畫，針對將交貨之新型水泥泵浦進行廠驗工作，冀能減少將來驗收設備與規範不符發生之機率。
- 二、瞭解最新水泥泵浦設備操作及技術發展，包含新型水泥混溶泵用於下水泥施工設計與操作，及模擬軟體與筆記型電腦，可於作業前進行模擬評估水泥封固效果，作為未來施工前之重要參考依據。
- 三、經實地瞭解與現場操作，新型水泥泵浦在排量、馬力上，相較於現有舊式水泥單泵組（HT-400 二套，係由 Halliburton 公司生產，於民國 77、79 年購入）已大幅提升，並搭配緩衝罐（可以穩定的壓力勻送水泥粉進入水泥乳混溶罐）、水泥乳自動控制系統（自動控制水泥乳比重，達設定之比重後再送至柱塞泵入井）、電腦控制系統（可輸入預設程序，讓水泥泵浦以特定流速、比重自動進行作業，除可隨時記錄工作壓力、流速、流量、比重…等參數外，亦有可加購遠端進行操作之模組），及液體添加劑系統等設備（可提供消泡劑、緩凝劑、增黏劑等藥品置入於置換液儲罐中，使水泥乳與液體添加劑混合更為均勻，可減少尺寸效應），應可減少實際施工作業時所需運輸車次及提高下套管水泥之工程品質，亦可降低現場作業人員體能負荷，提升作業安全。

貳、過程

本次職等奉派前往新加坡貝克休斯(Baker Hughes)工廠進行新型水泥泵浦廠驗工作，預計自 111 年 12 月 26 日至 112 年 1 月 4 日，包括啟程、返程時間共 10 天，但因途中有同仁身體不適，故行程略有變動，主要行程簡述如下：

預定起迄日期	天數	到達地點	詳細工作內容
111.12.26	1	台北→新加坡	啟程
111.12.27~ 111.12.30	4	新加坡	前往貝克休斯(Baker Hughes)新加坡分公司及其加工廠： 1. 進行新型水泥泵浦廠驗工作。 2. 瞭解國外目前最新的水泥泵浦之設備及操作技術。 3. 蒐集相關技術資訊，如：新型水泥混溶泵、筆電、模擬軟體等設備，以利日後更新、採購相關設備或是承攬下水泥服務等工作。 4. 順道參訪，貝克休斯之襯管掛製作工廠，及其協力廠商-生產防爆設備，對於未來若有鑽井相關防爆設施可向其洽詢、了解相關產品資訊。
111.12.31	1	新加坡→吉隆坡	原擬於 112/1/3 於貝克休斯新加坡分公司進行總結，因有一位同仁身體不適，擬提早於 111/12/31 日返台，但適逢新年連假，無適合航班，故前往吉隆坡(航程約 50 分鐘)，欲透過轉機方式回台，該名同仁抵達吉隆坡後身體不適感更加明顯(疑似中風，但不確定是堵塞型或出血型)，但當事人不願就醫，故先前往吉隆坡市區大醫院附近旅館觀察，次日見情況未好轉，聯繫其家屬後將其送醫、住院檢查。經 MRI 核磁共振診斷後，係因左右腦均有血管堵塞，而右腦堵塞情形較為嚴重，故左手左腳無法正常動作，112/1/2 與處內長官口頭報告檢查結果與家屬意向，下午與家屬聯繫並經醫生確認涂員可搭乘飛機後，訂 112/1/3 下午飛機返台。
112.01.01~ 112.01.02	2	吉隆坡	
112.01.03	1	吉隆坡→台北	
合計	9		

參、具體成效

職等於 111 年 12 月 26 日早上 8 點 50 分啟程，搭乘星宇航空直飛新加坡，抵達時間為當地時間 12 月 26 日下午 13 時 45 分；人員順利取得行李後前往旅館 Check-in，準備廠驗行程。27 至 30 日前往貝克休斯新加坡公司及其加工廠，進行廠驗工作，針對規範要求，進行泵浦測試，測試結果均符合規範要求，惟操作台踏板側邊有一處間隙較大，恐有造成人員踩空、扭傷之虞，故請得標廠商進行改善；另有四處銜接水線及流體排出之接頭，已請原廠提供合適之轉接頭，以利本公司現場人員進行套管水泥作業時，可更快速連接管線，提升工作效率。並抽空參訪貝克休斯之襯管掛製造部門及協力廠商之工廠，了解鑽井相關防爆設備。

有關本次廠驗設備工作規劃及測試結果，如下表：

日期	FAT 項目	備註
2022.12.27 (二)	測試雙泵流量 630 加侖/分時，泵壓可達 1850psi，通過。 測試安全卸壓閥開關，通過。 分別測試單泵 B-side、C-side： 於 3 檔，流量為 218 加侖/分時，壓力可達 3730psi 以上；於 4 檔，流量為 285 加侖/分時，壓力可達 2800psi，通過。	詳 10BW02 規範及 BV 測試報告
2022.12.28 (三)	測試 C-side 單泵： 於 5 檔，流量為 407 加侖/分時，壓力可達 1970psi 以上；於 2 檔，流量為 117 加侖/分時，壓力可達 6820psi； 於 1 檔，流量為 54 加侖/分時，壓力可達 8000psi 通過。 盤點應交貨之相關附屬配件（含保養維護使用料，詳附件一）。並檢視配合設備之筆記型電腦及應提交之模擬軟體，並 DEMO 展示。	
2022.12.29 (四)	測試 B-side 單泵： 於 5 檔，流量為 407 加侖/分時，壓力	

	可達 1970psi 以上；於 2 檔，流量為 117 加侖/分時，壓力可達 6820psi；於 1 檔，流量為 54 加侖/分時，壓力可達 8000psi 通過。	
2022.12.30 (五)	進行管線高壓測試，15000psi，通過。 並進行 LAS 液體添加劑及計量罐操作，正常。 參訪貝克休斯之協力廠商，係以生產防爆設備為主，亦可提供鑽井用相關器材。	

現場作業過程及程序均順利，於 111 年 12 月 30 日大抵完成，廠驗過程以下列照片進行說明：



圖 1



圖 2

於貝克休斯加工廠內，見到其他正在製造中之水泥泵，圖 1 為海上用之水泥泵半成品，其墊架較寬，三缸柱塞泵間有通道供人員方便維修；圖 2 為三缸柱塞泵，正進行拋光及組裝。



圖 3



圖 4

首先，原廠技術人員先向本公司同仁簡介本次廠驗之水泥泵浦（圖 3），隨後開啟

水泥泵開關，以清水進行試運轉，可見水泥乳混溶罐內清水快速形成渦流（圖 4）。



圖 5



圖 6



圖 7

並視察本設備之各項主要設施之製造日期，是否符合合約規定（圖 5、圖 6、圖 7 分別為離心泵、水泥泵浦之墊架、三缸柱塞泵）。



圖 8



圖 9

接著進行安全閥測試，也就是先設定一固定安全壓力值，當壓力超過該數值時，即自動停機，作為安全保護措施，如圖 8 及圖 9，先設定安全壓力值為 1200psi，當管線壓力超過時即停機，並洩壓避免壓力持續上升造成工安事故，並顯示黃底紅字。



圖 10



圖 11



圖 12

調整安全閥設定值後，進行本設備規範所要求之最高流量 630 加侖/分（即 15 桶/分）時，壓力是否可達 1850psi 以上，測試結果符合要求。



圖 13

至於如何在固定泵量，調整壓力大小，係透過控制節流嘴大小（如圖 13），調整封閉循環中的水（或其他流體）在管線內流動面積，會影響其壓力升高或降低，以節流嘴方式控制壓力其優點是可以方便操作且節省空間，但缺點是管線內水溫會上升，易縮短橡皮使用壽命，故進行測試時，原廠技師不時會量測水溫，避免水溫過高（避免超過 60°C），若過高則需待水溫降低後再行測試。

之後改以 B、C 兩側單泵進行不同檔位之測試：



圖 14

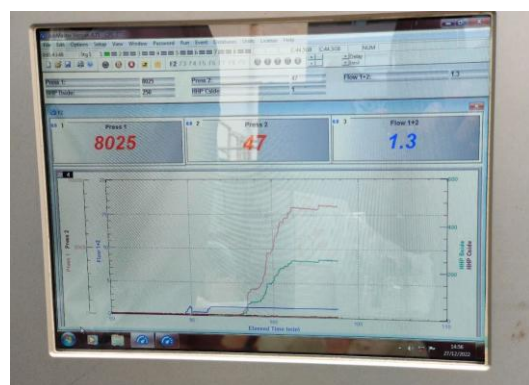


圖 15

於控制台上方右邊螢幕可即時看到流速、壓力，左邊綠色螢幕可顯示其瞬間流量、總流量、目標比重及目前比重（圖 14），圖 15 為 B-side 單泵以高壓（8000psi）

低泵量（1.3BBL/分）進行測試過程，以圖表化方式呈現之螢幕為外接式，可將泵浦作業之數據及時繪製於螢幕上，其放置位置為靠近控制節流嘴人員右手邊處，以便直接觀察（如圖 13）。



圖 16



圖 17

現場另有一 Martin 紀錄表，位於圖 16 右下方，以機械式圖表顯示雙泵隨時間之壓力紀錄，如圖 17。

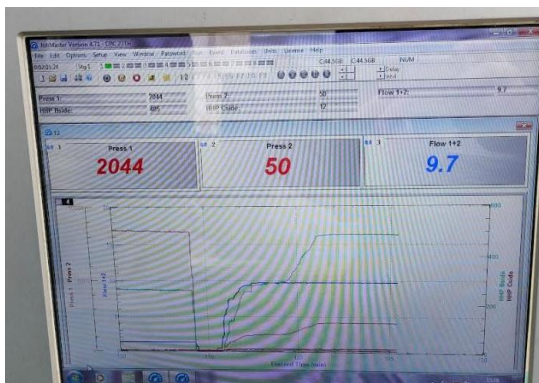


圖 18

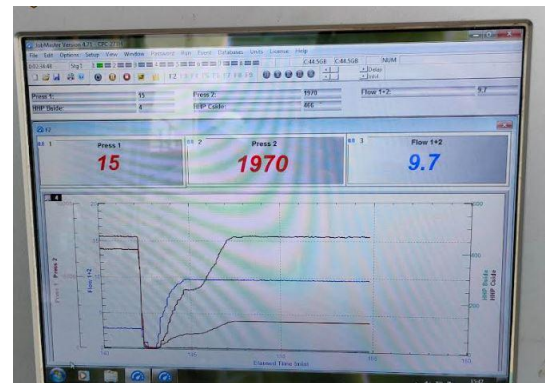


圖 19

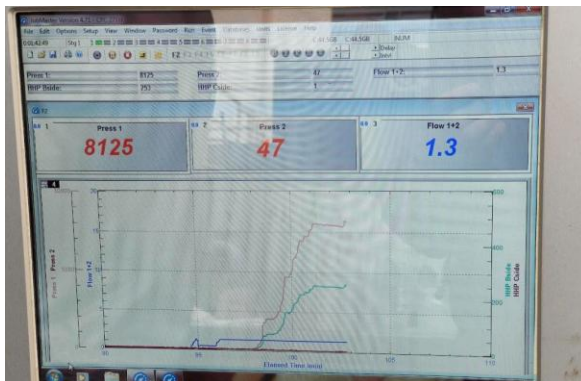


圖 20

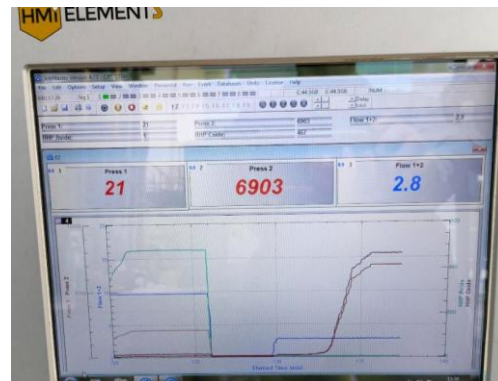


圖 21

圖 18、19 分為 B-side 及 C-side 單泵，以 5 檔進行壓力(1970psi)、高泵量(9.7BBL/分) 測試，符合要求。一般 5 檔用於下套管水泥或是置換井底流體時，訴求為高泵量，壓力不需太高；反之 1、2 檔多用於滲漏試驗 (leak off test) 或是壓井時，訴求為低泵量或高壓時使用，如圖 20 及圖 21，分別為 B-side 單泵以 1 檔及 C-side 單泵以 2 檔進行之測試過程。

緩衝罐(Surge Tank)如圖 22，於現場測試其開關閥閘板作動，可調控其開口大小如圖 23，並親自感受其吸力（吸水泥粉用）如圖 24；液體添加劑系統（LAS）亦於現場進行操作、測試，如圖 25，功能均正常。



圖 22



圖 23

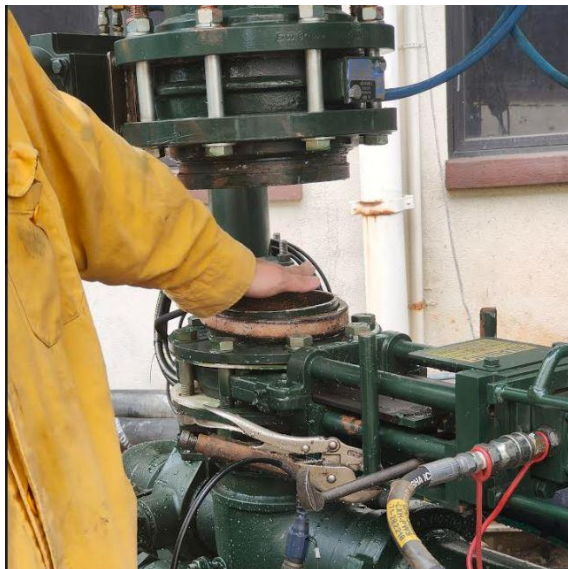


圖 24



圖 25

並於貝克休斯新加坡分公司由其人員展示模擬軟體（含一年效期使用序號），介面如圖 26~28，透過輸入井程（深度、傾角）、找中器位置、數量、泥漿、水泥、隔離液流變參數及比重、泵送速度等，於作業前輸入模擬軟體，以評估泵送套管水泥時，封固品質是否良好、以及壓力是否有過高情形造成地層破裂之虞。

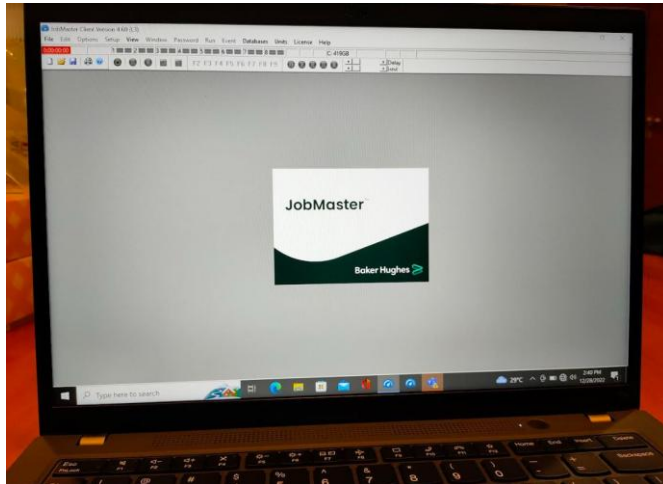


圖 26

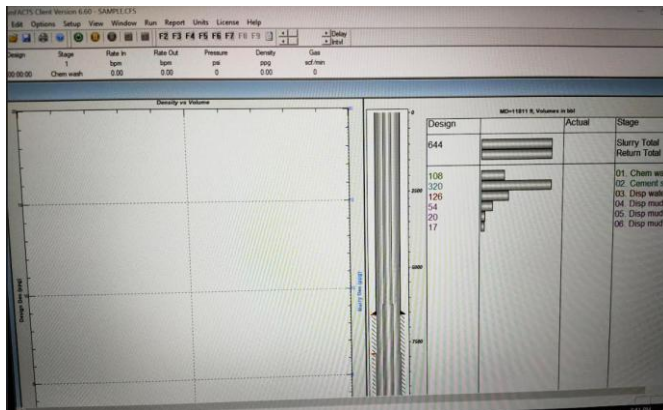


圖 27

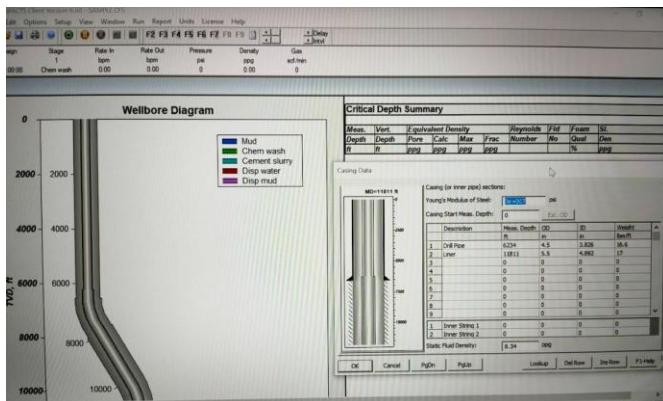










圖 28

在整體設備廠驗部分，均符合本公司規範要求及國際標準（已依契約規範通過 BV 第三方認證，詳附件二），除操作台區域之踏板側邊有一處間隙較大，恐有造成人員踩空、扭傷之虞；另有四處銜接水線及排出之接頭與本公司既有管線接頭型式不同，已請原廠提供合適之轉接頭，以利本公司現場人員進行套管水泥作業時，可更快速連接管線提升工作效率，該公司已先以照片回覆處理情形，如表 1。

表 1：廠驗後請貝克休斯公司進行調整、改善，已於 112 年 1 月 12 日以照片回覆。

項次	說明（改善前）	說明（改善後）
1	<p>操作台區域之踏板側邊有一處間隙較大，有造成人員踩空、扭傷之虞。</p> 	<p>將踏板延伸並形成階梯，方便人員作業，並降低工安風險。</p> 
2	<p>銜接水線及排出之接頭與本公司既有管線接頭型式不同</p>  <p>(混溶罐側邊)</p>  <p>(離心泵側邊)</p>  <p>(操作台前方左右兩側)</p>	<p>提供以轉接頭方式連接，以利管線銜接。</p>  <p>(混溶罐側邊)</p>  <p>(離心泵側邊)</p>  <p>(操作台前方左右兩側)</p>

此外，於貝克休斯新加坡分公司之加工廠內，亦有看到其襯管掛之設備，進行車工、製造作業，新型的襯管掛可依需求，應用於水平井、高溫地熱、超深井等特殊條件，提供不同型式之襯管掛。基本上組下管串時可旋轉，可增加下鑽速度，而目前本公司之襯管掛組下管串時為避免誤操作不可轉動，設置後亦無法轉動，而新型襯管掛則可轉動，能提升套管水泥作業時取代泥漿之效率，以提升水泥凝固品質。並可用液壓方式設置襯管掛及液壓方式使設置工具脫離襯管掛，適用於水平井及高角度定向井，舊式襯管掛若以機械重力方式設置或脫離時，因高角度或是水平井時重力無法傳遞至設置或脫離位置，易產生工程風險。於高溫地熱井，若需要以橡皮進行封隔襯管與上一期套管間之環孔，則需耐高溫之橡皮，又甚是在特殊條件下，於硫化氫、二氧化碳之腐蝕環境下，亦有適合之橡皮可供選擇。因本次申請進入的廠區只有水泥泵浦加工廠區，在襯管掛加工廠區只能在作業區外觀摩，無法就近拍攝紀錄。下圖 29~38 為新型襯管掛零組件及加工廠區一覽：



圖 29



圖 30



圖 31



圖 32



圖 33

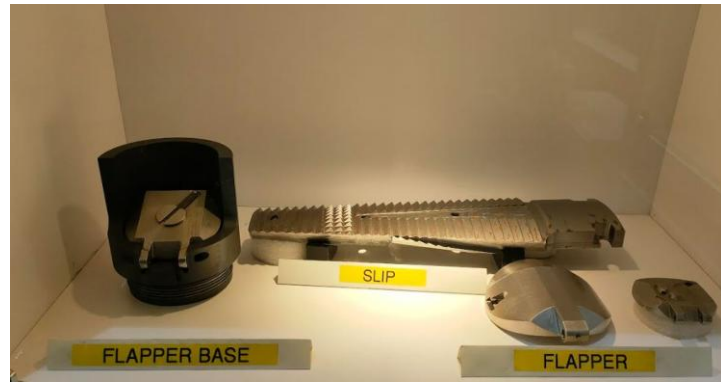


圖 34



圖 35



圖 36



圖 37



圖 38

可看出其工廠是非常的乾淨、明亮、整齊，加工廠內自動化程度相當高，有 3D 列印、透過先進的 5D 雷射切割機降低公差值，亦有機械手臂降低人員搬運風險，辦公室內亦透過顏色管理、動線規劃、連花園都有進行 5S，其實這就是一種管理模式與生活態度。

另外參訪協力廠商－生產防爆設備，對於鑽井相關所需設施，可提供安全防爆開關、防爆箱以及防爆燈具等，如圖 39~42，亦可客製化提供相關設施。



圖 39



圖 40

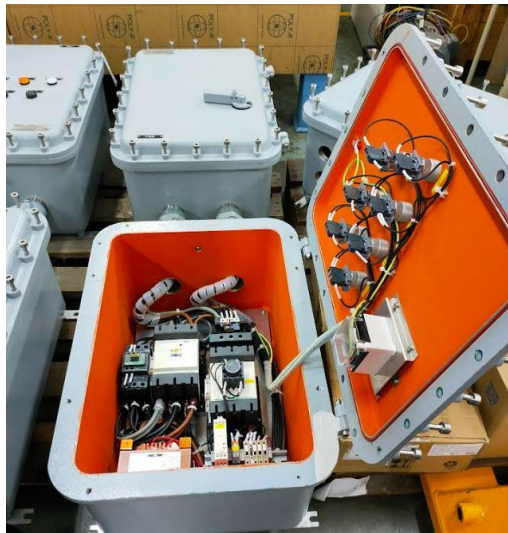


圖 41



圖 42

肆、心得及建議

此行前往新加坡進行《新型水泥泵浦廠驗工作》，心得與建議整理如下：

1. 新型水泥泵浦在馬力、泵量上均已提升，並搭配緩衝罐、水泥乳自動控制系統、電腦控制等設備及液體添加劑系統，將可減少實際施工作業時所需運輸車次及場地面積，並可提高下套管水泥之工程品質，亦可降低現場作業人員體能負荷，大幅提升作業安全。
2. 配合未來水平井之應用，相較於一般垂直井或是定向井，主要差異之重點為泥漿性質，其次為找中器設計與水泥泵浦能力，本次購入之新型水泥泵浦，未來在進行水平井鑽井工程時，應可使用自有水泥泵浦，只要配合適當的水泥乳、找中器，透過軟體模擬，即可進行水泥封固品質的評估，作為未來施工的重要參考及依據。
3. 對於水平井液裂方面，水泥泵浦(三缸/600HP/單泵)的能力仍稍顯不足，未來如有需要，需另採購適合水平井液裂之泵浦（普遍為五缸/1000HP/單泵）。
4. 配合地熱井發展，要注水或是進行地層滲漏或是壓裂試驗，本次廠驗新型水泥泵浦可提供更安全、更穩定、更優質的施工品質，也可以隨時記錄過程中的流速、流量、壓力、比重等重要參數，作業時間需多久可以完成，於施工前將所需參數設定好，即可預估所需工作時間，藉此可供水泥配方進行參考，避免作業時水泥提早凝固，有完整的工作程序與參數紀錄，對於未來要改善水泥配方、檢討作業程序，甚至是學術研究亦有所助益。

5. 本次廠驗的過程，從安全壓力測試、最高流速、兩邊單一泵浦進行各檔位之測試，過程中電腦及設備均穩定、順利按計劃進行，也了解到水泥泵可以透過遠端方式、也就是操作人員可以不在現場就控制水泥泵，依設定的程序進行作業，對於如果要在硫化氫或是風險比較高的地區進行操作，很適合以這種方式進行。廠驗時發現需改善處已於 111 年 12 月 30 日口頭告知原廠，並於 112 年 1 月 12 日以 E-mail 方式將廠驗記錄通知原廠，當日傍晚收到改善照片之回覆。但最讓我覺得驚豔的地方是貝克休斯廠區內，連花圍這樣的小地方竟然也執行 5S，一目瞭然清楚知道工具是否在固定位置，連辦公區域也有進行動線規劃、色彩管理，等於是把平常本公司三令五申的要求已融入在生活中，這樣的管理模式及生活態度，是非常值得我們借鏡、學習與思考的。
6. 身體健康非常重要，平常生活飲食也要多加注意，即使平時運動量充足、體能很好，出國或是出門時，一些常備藥或是個人之特殊藥物仍應帶在身上以備不時之需。