

出國報告（出國類別：開會）

天然氣事業所屬管線與設備之 檢測、維護、修復技術應用

服務機關：台灣中油公司天然氣事業部

姓名職稱：廖本聖 北區營業處副處長

鄭智鴻 北區營業處管線組經理

派遣國家：新加坡、馬來西亞

出國期間：112年9月11日至112年9月15日

報告日期：112年10月3日

摘要：

T.D. Williamson 是一家專注於管道維護和修復的公司，他們開發了一系列先進的設備和技術，用於管線的維修和維護工作，如不停氣和不排氣維修管線技術、智慧型封堵技術、IP 檢測。

T.D. Williamson 的不停氣和不排氣維修管線技術包括鑽孔機器（Tapping Machines）和封堵機器（Plugging Machines）的使用。透過九個步驟使得在不停氣的情況下，或者排掉短距離的管存氣，可以完成地下管線的維修和地上設備的維護。除此之外 T.D. Williamson 還開發了智慧型封堵技術，這種技術適用於大直徑的管線，並具有高壓封堵的能力。因為雙封堵機構確保了封堵效果，並且這種技術實務上驗證可以執行長達三年的封堵。另外本次也拜訪了 T.D. Williamson IP 檢測專案經理 Michael Ciszek，提供了一些在智慧型通管器檢測的重要的技術交流信息。包含清管頭的設計應該使用偏心而不是同心，清管頭快開蓋使用法蘭型式連接在清管頭上的優點，以及如何在管線上使用 1.5D 的彎頭，還能保證未來 IP 檢測的可行性。

Oil and Gas Asia 2023 年度展覽會（OGA）是亞洲地區一個重要的石油、天然氣和石化工程展覽會。此展覽會為能源和石油化工專業人士、企業和供應商提供了一個平台，以交流、展示最新技術、設備和服務。

本次參訪的主題是關於管線防腐蝕材料與維修檢測技術，我們參觀了一些相關廠商，第一家廠商是 IN-SITU GROUP OF COMPANIES，該公司提供了 Oxifree Thermoplastic Coating、VISCOTAQ™ CASING END SEAL SYSTEM 和 Denso™ Profiling Mastic 等材料，這些材料能夠有效防止金屬設備的腐蝕，並提供持久的保護。此外，我們還了解到 3X Stopkit，這是一種線上止漏夾具，能夠迅速止漏，且能永久性修復洩漏。

第二家廠商是 Cumulus Digital Systems，他們提供智能焊接檢查工具，使用相控陣超音波測試來評估結構鋼和管道焊接的品質，大幅提高檢查效率。此外，他們還有 Bolted Joint Management 螺栓接頭管理系統，能夠預防螺栓接頭洩漏，並數位化記錄施工數據，提高鎖固的成功率。

第三家是 IP Pipeline Technology，這是一家中國的智慧型通管器檢測公司。他們開發了先進的磁通漏檢測儀器，能夠檢測腐蝕、裂縫和管道變形，並提供精確的數據，以協助管線維護和修復。這些公司的技術和產品在石油和天然氣行業的管線保護和維護方面具有重要的應用價值，將有助於確保能源供應的安全和可靠運營。

目錄

第一章	前言	5
1、	台灣使用天然氣發電現況.....	5
2、	目的.....	5
第二章	行程簡介	7
第三章	參訪 T.D. Williamson 亞太地區營運中心	8
1、	不停氣、不排氣維修管線設備包含鑽孔機器(Tapping Machines)、封堵機器 (Plugging Machines).....	8
2、	智慧型封堵技術(smart plug technology).....	11
3、	IP 檢測技術交流.....	11
第四章	參加 Oil and Gas Asia 2023 年度展覽會	14
1、	Oil and Gas Asia 2023 年度展覽會簡介.....	14
2、	IN-SITU GROUP OF COMPANIES.....	14
3、	Cumulus Digital Systems.....	16
4、	IP Pipeline Technology.....	17
第五章	具體成效	19
第六章	心得與建議	21
第七章	附錄：	23
1、	附錄 1-1：台電系統各能源別歷年發購電量.....	23
2、	附錄 3-1：實現不停氣、不排氣維修管線方式的九大步驟.....	24
3、	附錄 3-2：不同的需求使用不同的鑽頭.....	25
4、	附錄 3-3：防止鑽破的管線鐵片掉入管線內部的機械構造.....	26
5、	附錄 3-4：STOPPLE® Train Isolation Machine，雙封堵機構.....	27
6、	附錄 3-5：POLYSTOPP® Plugging System.....	28
7、	附錄 3-6：智慧型封堵器的雙封堵機構.....	28
8、	附錄 3-7：清管頭的設計偏心與同心.....	29
9、	附錄 3-8：清管頭快開蓋法蘭型式與焊接型式的示意圖.....	29

10、	附錄 3-9：兩個 1.5D 彎頭的示意圖.....	29
11、	附錄 4-1：Oxifree Thermoplastic Coating 有關產品資訊以及施工影片	30
12、	附錄 4-2：VISCOTAQ™ CASING END SEAL SYSTEM.....	31
13、	附錄 4-3：Denso™ Profiling Mastic.....	32
14、	附錄 4-4：3X Stopkit.....	33
15、	附錄 4-5：Intelligent Weld Inspections 智能焊接檢查.....	33
16、	附錄 4-6：Bolted Joint Management.....	34
17、	附錄 4-7：IP Pipeline Technology.....	34
18、	附錄 5-1：拜訪照片與相關人員聯繫資料.....	35

第一章 前言

1、 台灣使用天然氣發電現況

配合國家能源政策，台灣使用天然氣發電比例日益增加，依據台電系統各能源別歷年發購電量統計(附錄 1-1)，台灣自 1990 年天然氣發電量的 10.1 億度，開始逐年增加，一直到 2022 年天然氣發電量的達 1089.1 億度，增加幅度達 100 倍。

又 2022 年發購電量結構顯示(附錄 1-1)，2022 年台電系統總發電量為 2,507.5 億度，其中燃氣發電量占比 43.4%，是各種發電方式中，占比最高的發電量，(其他包括燃煤 34.8%、燃油 1.4%、汽電共生 1.4%、再生能源 8.6%、抽蓄水力 1.2%、核能 9.1%)，可見天然氣發電已成為國內重要發電方式之一，所以提升天然氣管線可靠度及相關設備維護工作效率，刻不容緩。

2、 目的

天然氣事業部北區營業處負責供應轄區各燃氣電廠、工業用戶、瓦斯公司、及苗栗以北天然氣 NG1 摻配作業等之輸供氣任務。

每當國內重要天然氣管線及相關設備維護工作執行期間，經常必須停止供氣才能施作，這將衍生以下問題：

1. 離峰時段施工：為了減少停止供氣造成用戶困擾，一般執行維護工作通常安排在用氣離峰時段，例如過年、例假日或夜間等作，這除了造成工作人力安排不易，倘若遭遇天候不佳，又必須等待下次離峰時段，造成施工延宕。
2. 協調用戶安排停氣時間：影響用氣用戶數量若太多，必須召開多次協調會議，溝通程序冗長，好不容易定案後，也可能因為天候不佳再次延期，必須重新再次協商。
3. 復氣異常：施工時如有注氮吹趨，復氣時，必須小心確認天然氣濃度，確保供氣品質，避免用戶無法正常用氣。

若能透過不停氣、不排氣維修管線設備包含鑽孔機器(Tapping Machines)、封堵機器(Plugging Machines)、智慧型封堵技術(smart plug technology)。使天然氣管線及相關設備維護工作執行期間，減少排氣時間與次數，勢必能夠增加國內天然氣供氣穩定，提升施工效率，避免施工時程緊迫，或者非預期事件發生，例如雨天，造成工期延宕或者趕工等情況發生，更能掌握工作進度。

天然氣屬於溫室氣體，將對環境造成溫室效應的衝擊，對於國家未來 2050 年的淨零排放方針，衍伸的氣候變遷因應法、溫室氣體減量及管理法以及碳權交易

等，都是對於未來天然氣排放的一大考驗。

除此之外計畫性管線工程導致的天然氣排放，非計畫性的天然氣管道的腐蝕洩漏，也會在緊急應變的程序中，這都必須包含停排氣作業，不預警的臨時停氣會造成用戶無法用氣的損失，增加客訴案件，而所排放的天然氣對於環境的衝擊，未來也可能衍伸額外的碳排放支出。

總之，我們應該透過多種的管線檢測與維護技術，使得管線供氣可靠度增加，減少計畫性排氣量，避免非計畫性的排氣發生，提升供氣穩定、減少環境衝擊、降低成本、確保公共安全。

第二章 行程簡介

本次行程分成兩部分，第一是至新加坡參訪 T.D. Williamson 亞太地區營運中心(T.D. Williamson Asia Pacific Pte Ltd Operations Center)，了解不停氣、不排氣維修管線設備包含鑽孔機器(Tapping Machines)、封堵機器(Plugging Machines)、智慧型封堵技術(smart plug technology)。

第二是參加 Oil and Gas Asia 2023 年度展覽會，拜訪各家天然氣管道維護檢測技術廠商。

預定起迄日期	天數	到達地點	地區等級	詳細工作內容
112年9月11日	1	台灣→新加坡	394	1.啟程並抵達(航班7:50-12:25) 2.參訪 T.D.W.公司之不停氣、不排氣維修管線設備技術，如：鑽孔機器(Tapping Machines)及封堵機器(Plugging Machines)。
112年9月12日	1	新加坡	394	參訪 T.D.W.公司之智慧型封堵技術(Smart Plug Technology)。
112年9月13日	1	新加坡→馬來西亞	196	上午：參訪 T.D. Williamson 公司 下午：搭車前往吉隆坡
112年9月14日	1	馬來西亞	196	1.參加第19屆 OGA 展覽會，並拜訪管線防蝕、檢測、維修、安裝等天然氣管道維護廠商。
112年9月15日	1	馬來西亞→台灣	196	2. 返程並抵台(航班吉隆坡14:45-19:35)

第三章 參訪 T.D. Williamson 亞太地區營運中心

- 1、不停氣、不排氣維修管線設備包含鑽孔機器(Tapping Machines)、封堵機器(Plugging Machines)

鑽孔機器(Tapping Machines)、封堵機器(Plugging Machines)示意影片如下：



<https://www.youtube.com/watch?v=XvnaRAhwfpw>

不停氣維修管線(鑽孔機器+封堵機器)



<https://www.youtube.com/watch?v=VWhmva4pQlQ>

不排氣維修設備(鑽孔機器+封堵機器)

從以上影片可知 T.D. Williamson 鑽孔機器(Tapping Machines)與封堵機器(Plugging Machines)兩項設備結合使用，實現在不排氣的情況下，或者排掉短距離的管存氣，即可完成地下管線的維修與地上設備的維修。

有關於實現不停氣、不排氣維修管線方式，總共有九大步驟(示意文件詳如附錄 3-1)：

步驟一：在管線上焊接配件、鑽孔配件、螺紋閥桿。

這些配件被永久性地固定在管道上，以利後續安裝鑽孔和封堵機器。

步驟二：安裝三明治閥和螺紋閥。

這些閥門位於配件上，可以使設備插入和拆卸時，而不會讓天然氣大量洩露。

步驟三：對所有管線進行鑽孔。

使用活線鑽孔機器，穿透管道壁，鑽出後續封堵設備可置入的通道。

步驟四：安裝旁通管。

安裝旁通管並使天然氣由旁通管道流動，繞過需要維修與封堵的管段，使後續維修與封堵時，天然氣能夠繼續輸送不受影響。

步驟五：部分置入上游端第一段封堵頭。

置入上游端第一段封堵頭，這時主線的天然氣輸送量會開始減少，旁通管的輸送量增加。

步驟六：完全置入下游端第一與第二段封堵頭。

通過置入第一與第二段封堵頭，此時兩個封堵頭將可承受管道的全壓力，封頭將不會有天然氣流過。

步驟七：完全置入上游端第一與第二段封堵頭。

一旦置入完成，被封堵的區域將不會有天然氣流入，然後可將其封堵區域內的管存天然氣排空。

步驟八：打開排氣孔。

通過打開排氣孔，操作人員可以透過監測排氣孔的天然氣壓力，確認雙重封堵的效果，天然氣是否無洩漏。

步驟九：執行管線維護工作，並恢復供氣。

執行管道維護工作後，除了步驟一的焊接配件、鑽孔配件、螺紋閥桿需留在原管線上。旁通管道、封堵器以及所有臨時設備燈可以被移除，再恢復正常供氣。

以下再對於兩項設備在逐一細部討論。

首先 T.D. Williamson 鑽孔機器(Tapping Machines)能夠製造活線鑽孔的尺寸直徑從 1/2 英吋至 60 英吋，機器工作壓力最高可承受至 100 公斤/平方公分，而天然氣事業部北區營業處的管線直徑大為 36 英吋，輸氣壓力最高為海管氣源，88 公斤/平方公分，所以該設備能夠應用的管線尺寸與輸氣壓力，符合天然氣事業部北區營業處的既有輸氣設備系統。

T.D. Williamson 鑽孔機器(Tapping Machines)的鑽頭是鑽孔機最核心的設備部分，鑽頭具備各種形式，T.D. Williamson 使用顏色管理，針對不同的需求使用不同的鑽頭，如附錄 3-2 所示，一般活線鑽孔的鑽頭與搭配封堵機器的鑽頭是不一樣的，搭配封堵機器的鑽頭的直徑會略大於一般只有活線鑽孔需求的鑽頭。

T.D. Williamson 鑽孔機器(Tapping Machines)的鑽頭也具有防止鑽破的管線鐵片掉入管線內部的機械構造，在鑽頭上面佈滿可滑動的鐵鉤，當鑽頭鑽入管線時，鐵鉤也一起鑽入管線，但鑽入的鐵鉤會因為重力影響而展開，使得鑽頭退出時，一同將鑽破的管線鐵片勾在鑽頭上，同時將鐵片取出，如附錄 3-3。

T.D. Williamson 的封堵機器(Plugging Machines)總共有四種，適合應用於天然氣事業部北區營業處既有供氣系統的封堵機器為 STOPPLE® Train Isolation Machine，該封堵機器能夠封堵直徑從 4 英吋至 36 英吋，封堵壓力最高可承受至 100 公斤/平方公分，採用雙封堵機構(示意圖如附錄 3-4)，封堵原理藉由上下游壓差來啟動封堵頭膨脹，所以當上下游壓差越大時，封堵效果越顯著。

由於採用雙封堵的方式，兩個封堵器間的空隙可以透過壓力偵測，來確認第一道封堵是否成功，兩道封堵器的封堵效果是獨立，不互相影響，即使第一道失效，也有第二道能夠封堵的保險機制。

除了上述高壓天然氣鋼管的應用，在相同封堵原理也能夠應用在 PE 管線上，但是採用單封堵的方式，適合應用於天然氣事業部公用營業處的既有供氣系統，如 PE100 與 PE8 型式的 PE 管線，該封堵機器為 POLYSTOPP® Plugging System(示意圖如附錄 3-5)，封堵機器能夠封堵直徑從 4 英吋至 8 英吋，封堵壓力最高可承受至 10 公斤/平方公分，封堵後留在既有管線的相關配件皆以 PE 材料製作，與管線材質一至。

應用於 PE 管線封堵技術的一大特色是，封堵時並不使管線產生太大的變形，一般使用夾具使 PE 管線變形來達成封堵效果的方式，必須仰賴施工人員的經驗，不當的使用夾具使管線過度變形，容易造成管線永久損傷，日後不易評估該管線耐壓程度的影響。

除此之外天然氣管內壓力低於 20 公斤/平方公分的封堵設備，封堵時管線不需要再管線上安裝排氣孔，封堵設備自身有排氣裝置，對於封堵後的管線留下的管配件將可減少一部份，減少日後可能的洩漏源。

2、智慧型封堵技術(smart plug technology)

不排氣維修設備(智慧型封堵技術) 示意影片如下：



<https://www.youtube.com/watch?v=PrzfymqLM6E>

從以上影片可知智慧型封堵技術(smart plug technology)與先前提到的鑽孔機器(Tapping Machines)與封堵機器(Plugging Machines)兩項設備結合使用，都可以實現在不排氣的情況下，或者排掉短距離的管存氣，即可完成地上設備的維修。

T.D. Williamson 的智慧型封堵技術(smart plug technology，適合應用於天然氣事業部海管使用，在維修站內設備時，可以避免排放海管內的管存氣，智慧型封堵技術能夠封堵直徑從 8 英吋至 48 英吋，封堵壓力最高可承受至 350 公斤/平方公分，也是採用雙封堵機構(示意圖如附錄 3-6)，封堵原理也是藉由上下游壓差來啟動封堵頭膨脹，所以當上下游壓差越大時，封堵效果越顯著，另外 TDW 提到該智慧型封堵技術的經驗，曾經有過連續封堵時間長達 3 年，封堵器仍然能正常運作。

採用雙封堵的方式，優點也與先前提到的相同，兩個封堵器間的空隙可以透過壓力偵測，來確認第一道封堵是否成功，兩道封堵器的封堵效果是獨立，不互相影響，即使第一道失效，也有第二道能夠封堵的保險機制。

但智慧型封堵技術有其他限制，第一必須要有清管頭置入封堵器才能達成封堵作業，第二封堵器所經過的管段必須有良好的真圓度，提供封堵器經過並抵達封堵位置，第三封堵器抵達的位置必須在管線外部偵測，確定抵達位置後才能進行封堵，所以推動封堵器的動力以及確認封堵器是否底的正確位置，都會限制該技術的使用情境。

3、IP 檢測技術交流

雖然天然氣管線執行 IP 檢測工作已執行多年，但仍在工程設計的思維有時並沒有與時代的進步而改變，管道設計與清管頭設計概念，常常不符合 IP 檢測需求，又或者太過保守，本次參訪與來自德國的 T.D. Williamson IP 檢測專案

經理 Michael Ciszek 進行技術交流，獲得許多在管線與清管頭設計概念，以下整理出三個重要的資訊：

第一是清管頭的設計應該使用偏心而不是同心(附錄 3-7)，特別是在發射端的清管頭，智慧型通管器重量重達數百公斤，並且帶有強力磁鐵，當檢測儀器置入清管頭時，容易吸附在清管頭六點鐘方位，如果使用偏心設計，可以輕易的將檢測儀器推入清管頭內，而檢測儀器推入的重點是必須要把檢測儀器的第一個密封蓋塞入大小頭，這樣才能順利使檢測儀器發射。

依照 Michael Ciszek 的經驗，檢測儀器發射失敗，往往都是第一個密封蓋未完全塞入大小頭，特別是在同心設計的清管頭，檢測儀器置入同心設計的清管頭時，因為第一個密封蓋在塞入大小頭時，受到同心的大小頭影響，有個角度容易造成推進力量的分散，造成第一個密封蓋未完全塞入大小頭，導致密封不確實，最後發射失敗，造成檢測工作延誤。

至於接收端也可以採用偏心設計，因為流體流向是可以改變的，所以現在的接收端未來也可以能是發射端，所以 Michael Ciszek 建議清管頭設計不論發射端與接收端，採用偏心設計最佳。

第二是清管頭快開蓋可採用法蘭型式連接在清管頭，而不一定要直接焊接在清管頭上(示意圖請參考附錄 3-8)。

以前的設計概念都是直接把快開蓋直接焊在清管頭上，但其實不一定要這樣做，清管頭的快開蓋的密封效果依靠橡膠的環形墊圈，每個不同廠牌型式的快開蓋都有不同的環形墊圈，所以即使是相同尺寸，現場備品也需要準備不同廠牌型式，但如果採用法蘭型式連接在清管頭將有三的好處：

一是同一尺寸的清管頭快開蓋可以重複在不同地方使用，節省採購快開蓋的費用，二是快開蓋的種類將減少，可以提升同仁學習開啟快開蓋的效率，不需要學太多種的快開蓋開啟方式，三是快開蓋的使用頻率並不高，長期暴露在室外，環形墊圈容易老化，增加快開蓋的維護頻率，所以 Michael Ciszek 建議一般操作時，清管頭末端維持盲法蘭狀態，快開蓋存放在室內的倉庫，等到需要使用快開蓋時再用法蘭安裝，如此可以使得開蓋的維護變得容易。

第三是如何將曲率半徑 1.5D 的彎頭管道應用在天然氣管線中，又能夠正常施作智慧型清管器檢測工作，Michael Ciszek 表示，一個 1.5D 的彎頭，TDW 的檢測儀器能夠通過，他相信有一定技術的檢測公司也能夠達成這項工作，他不認為這是個困難的工作，但是如果是兩個 1.5D 的彎頭的話，這兩個彎頭間的直管段，必須要有大於 3D 的長度(D 為管線內徑)(示意圖請參考附錄 3-9)，這個

長度有一定技術的檢測公司也能夠達成這項工作，但是 TDW 的技術不僅於此，Michael Ciszek 展示了 TDW 的儀器規範，以 12 吋的管線，他們檢測儀器能夠通過兩個彎頭間長度為 0D 的直管段，也就是說，兩個直徑為 12 吋的 1.5D 彎頭直接對焊，TDW 的檢測儀器仍然能通行，但是前提是兩個彎頭焊接的角度必須準確，不能有偏移的情況。

以上我們可以知道，天然氣管線使用 1.5D 的彎頭的可行性，一般而言，檢測儀器是可以通行過一個 1.5D 的彎頭。檢測儀器若要通行兩個 1.5D 的彎頭，則必須要在兩個彎頭間設計有 3D 以上長度的直管段，如果不能有 3D 以上的直管段，Michael Ciszek 建議將相關的管線設計資料提交給檢測公司，讓他們評估儀器的通行可行性，因為檢測儀器日新月異，當初的不可行情境，未來也許可行。

第四章 參加 Oil and Gas Asia 2023 年度展覽會

1、 Oil and Gas Asia 2023 年度展覽會簡介

2023 年 19th Asian Oil, Gas & Petrochemical Engineering Exhibition (OGA) 是亞洲地區一個重要的石油、天然氣和石化工程展覽會。該展覽會旨在提供一個平台，讓能源和石油化工行業的專業人士、企業和供應商能夠交流、展示最新的技術、設備和服務，並促進業務合作和發展。

在 19th OGA 展覽會上，參展商可以展示他們的產品和服務，與業界專業人士和潛在客戶進行面對面的交流，探索業務合作機會，了解行業趨勢和最新技術。同時，參加者可以獲得行業資訊，了解最新的技術和解決方案，擴大業務網絡。

該展覽會還會舉辦一系列的研討會、論壇和技術研討會，提供一個學習和討論的平台，讓參加者能夠深入了解行業的挑戰和機會。

本次參訪主題以管線防腐蝕材料與維修檢測技術為主，參觀下列廠商，了解業界相關技術產品的發展：

(1) IN-SITU GROUP OF COMPANIES

(2) Cumulus Digital Systems

(3) IP Pipeline Technology

2、 IN-SITU GROUP OF COMPANIES

IN-SITU GROUP OF COMPANIES 是一家專注在石油及天然氣產業相關的工程公司，本次主要了解該公司代理業界管線防腐蝕材料與管線止漏材料，各項材料的重點說明如下：

(1) Oxifree Thermoplastic Coating

有關產品資訊以及施工影片請參閱附錄 4-1

Oxifree Thermoplastic Coating 是一種防止金屬設備腐蝕與污染的材料，該材料有許多優點，從上述施工影片可以知道，該材料能夠應用在不規則形狀的設備上，例如法蘭的螺栓部分、閥體、管線支撐等。

該材料不具有強度，所以能夠容易的拆除，便於檢查是否有包覆層下的腐蝕情形發生，即使是局部拆除後，也能夠輕易將拆除的部分回復原有到包覆型態。

該材料應用在明管段部分，具有抗紫外線功能，材料能夠承受攝氏 80 度以下的環境，完工後能夠持續 10 年的有效保護期間，可以應用在沿海地區，並且暴露在強烈陽光下的環境。

但該材料不適合與土壤接觸，所以不能應用在地下管線設備。

(2) VISCOTAQ™ CASING END SEAL SYSTEM

有關產品資訊以及施工照片請參閱附錄 4-2

Viscotaq™是用於在管線有使用套管時，防止水滲入套管內，避免造成管線腐蝕。

Viscotaq™套管端部密封系統是基於 Viscomastic™與 Viscowrap™和 Glass Wrap 的結合使用。

管線與套管之間的縫隙使用 Viscomastic 填充，該材質不屬於高密度發泡，使用時間久後，不會有脆化的問題，能夠應用在輸送天然氣的管線，並且耐水、酸、鹽或土壤有機物等侵蝕性土壤條件，抗紫外線，永不破裂或變脆、柔韌，輕鬆貼合不規則形狀。

填充完畢後，再使用 Viscowrap，將管線與套管之間已用 Viscomastic 填縫的縫隙包覆，使交界面更為平整與密封，以上兩種材料符合防腐蝕工程規範 (NACE 0109:2019 和 ISO 21809-3:2016)，最後再加上 Glass Wrap 包覆，其主要功能增加上漆的附著力，即可以在最外層上管線相關顏色管理的面漆。

(3) Denso™ Profiling Mastic

有關產品資訊以及施工照片請參閱附錄 4-3。

先前提到使用 T.D. Williamson 鑽孔機器(Tapping Machines)與封堵機器(Plugging Machines)兩項設備結合使用，可實現在不排氣的情況下，或者排掉短距離的管存氣，即可完成地下管線的維修，但在工程結束後，將會在管線留下兩處的法蘭，如果為高壓封堵，則會再留下兩處排氣孔，這些配件最後都會埋在地下，可能造成腐蝕洩漏的風險，所以對於留在管線的配件，防蝕工作必須要額外加強，我們必須要像對地下管線一樣，給予該配件防蝕包覆。

但是該配件為不規則的形狀，無法直接使用防蝕帶將配件纏繞，所以我們必須要把該配件的形狀修飾成類似圓柱狀，才能使用防蝕帶來包覆，而 Denso™ Profiling Mastic 則是給予該配件修飾的最佳材料。

Denso™ Profiling Mastic 是一種輕量的填充材料，可以阻隔水氣，材料不受水氣、酸性、鹽分影響，不會因為氣溫下降而變硬，拆除容易，日後包覆層下的腐蝕檢查也容易進行，可以附著在金屬、PVC、PE、混凝土材質上，也能夠應用於天然氣管線設備其中不規則的地方，如法蘭面及螺栓位置，經過該輕量的填充材料填充後修飾，使得該設備不規則的位置，外觀變得更佳規則，即可以在外層增加防蝕帶。

外層防蝕帶必須根據地上或地下的環境選用，地上環境必須選用抗紫外線的包覆帶，例如 DENSO™ HI-TACK，若是地下環境為例，則可選用 Denso™ bitumen tapes，這是柏油材質的膠帶，但是用冷包覆工法，不需要對於該材料加熱即可包覆，適合用於地下管線使用。

(4) 3X Stopkit

有關產品資訊以及施工照片請參閱附錄 4-4

3X Stopkit 適用於線上止漏的夾具，線上止漏指的是，當天然氣管線有發生洩漏時，可以立即使用該夾具止漏，不需要將管內的氣體排空。該止漏夾具能夠使用在直管與彎管洩漏處，當洩漏孔直徑為 1 公分時，該夾具最高能夠承

受壓力 80 公斤/平方公分，若洩漏孔直徑為 10 公分時，該夾具最高能夠承受壓力 30 公斤/平方公分。

該止漏材料最大的特色是使用非金屬材質，並且能夠搭配複合材料進行永久性修復，也就是說，當我們在洩漏處使用該線上止漏夾具，完成止漏作業後，能夠在該夾具外層，再度包覆複合材料，包覆複合材料的層數可以完全依據 ASME PCC-2 - Repair of Pressure Equipment and Piping 的規範來計算，這也就與一般管線腐蝕發生，利用複合材料進行修復的方式一致，可以達成永久性修復。

但必須注意，線上止漏必須要成功，才能再使用複合材料包覆，因為在複合材料包覆前必須對於管線進行表面處理，包覆的鋼管必須要製造一定程度的粗糙度，雖然會使用防爆的打磨機器，但考量安全方面，還是必須要止漏後再來進行表面處理。

除此之外，複合材料在硬化前，仍然不具強度，洩漏的氣體會影響複合材料藥劑的塗布均勻性，為使施工品質完善，止漏工作務必確實，再進行複合材料的修復。

3、Cumulus Digital Systems

Cumulus 是一家設立於美國的公司，該公司主要是將一些關鍵任務的施工與維護行動數位化，以確保工作每次都能正確完成。透過整合感測器、數位工具和其他物聯網設備，來提升工作人員螺栓緊固、焊接和壓力測試等安全關鍵工作流程的效率和品質，本次瞭解了有關焊接工作與螺栓緊固，如何應用 Cumulus 的產品來進行品質管理。

(1) Intelligent Weld Inspections 智能焊接檢查

有關 Intelligent Weld Inspections 智能焊接檢查的產品資訊請參閱附錄 4-5。

智能焊接檢查工作流程使用 AI 來徹底評估結構鋼和管道焊接的相控陣超音波測試 (PAUT) 掃描，這項專有技術最初是在殼牌內部開發，可大幅縮短檢查員的評估時間。殼牌公司的應用證明，它可以將檢查和資料處理時間減少 50% 以上。

目前該產品預設的程式是依照 API RP2X 來設計，該規範是主要目的是確保海上油氣生產作業的安全性，引用該規範內容對於焊接過程和程序、焊接檢驗和測試、焊接材料、焊接監督和品質控制程序來設計，該公司表示如果要參考其他規範，軟體也能夠配合修改。

該項設備能夠應用於天然氣管線，可以偵測管線製造時的軸向焊道，以及管線銜接時的環向焊道，任何的管線直徑都能夠量測，焊縫長度依目前他們的實際經驗有量過最長的焊縫為 4 公尺。

目前管線施工都使用放射線檢查，而該項技術用相控陣超音波測試 (PAUT)，所以檢測時候不會有放射線，除此之外檢測結果能夠數位化保存。

該項技術在市場上還十分新穎，目前大規模使用的只有殼牌公司。

(2) Bolted Joint Management

有關 Bolted Joint Management 螺栓接頭管理系統的產品資訊請參閱附錄 4-6。

Bolted Joint Management 螺栓接頭管理系統主要的目的是使得螺栓接頭在經過鎖固後，回復通氣時，螺栓鎖固位置不會有洩漏，也就是一開始就能防止的螺栓接頭洩漏。

一般的螺栓鎖固工作，完全仰賴施工人員的經驗與技術，哪幾個位置的螺栓應該先鎖、鎖固的順序是什麼、每個螺栓應該要使用多少扭力鎖固等，這些施工細節都是以當天施工人員的行動來決定，管理者當天必須要隨時在施工人員的身邊觀察才能知道是否有依照程序施作，最後在恢復通氣後透過測漏來評估是否有鎖固。

而 Bolted Joint Management 採用是主動預防螺栓接頭洩漏，不同於一般螺栓鎖固工作的地方是，他將螺栓鎖固工具結合數位化與物聯網，數位化指的是螺栓固工具能夠將鎖固的位置與鎖固扭力以數據表示，並且透過物聯網將數據記錄下來，使得管理者能透過所記錄下來的數據，確認施工人員是否有依照程序鎖固，該數據能夠成為經驗累積下來，建立每次成功與失敗的鎖固數據，提升日後每次鎖固的成功機率。

該項技術不改變螺栓型式，所以使用該技術也能夠使用原本的螺栓鎖固，該項設備也能夠提供 IEC(國際電工技術委員會)的防爆區域劃分等級為 Zone1、2，使得物聯網設備也能夠在天然氣場域中使用。

4、IP Pipeline Technology

IP Pipeline Technology 是一家位於中國的智慧型通管器檢測公司，也稱為寧波匯普管道科技有限公司，是一家新成立的智慧型通管器檢測公司，該公司技術來自於瀋陽工業大學 YANG Lligian 教授，該公司自 1995 年開始研究管道內檢測工具，2000 年至 2004 年期間成功開發第一套磁通漏檢測儀器，2005 年至 2009 年將檢測儀器的技術規格提升到國際標準，2010 年至 2023 年開始將檢測服務應用於於全球各地的管道公司。

經查該公司的磁通漏檢測儀器規範相當優異，優於總公司長途管線處制定的公版智慧型通管器工作說明書內的要求，除此之外除了一般的磁通漏檢測工具，該公司也有其他更特殊與進階的檢測儀器，以下列舉三項(詳如附錄 4-7)。

第一，中油公司要求的磁通漏檢測儀器，主要是針對均勻腐蝕(general metal loss)、點蝕(pitting)、軸向溝槽(axial grooving)、環向溝槽(circumferential grooving)來檢測，對於較腐蝕寬度小的軸向與環向裂縫(axial slotting and circumferential slotting)是沒有要求檢出的，而該公司有能夠檢出腐蝕寬度小的軸向與環向裂縫的儀器。

第二，自走式的幾何與磁通漏檢測儀器，該儀器是不需要天然氣推動，由檢測儀器自帶電力提供動能移動，最長檢測距離可達 200 公里，電力持續時間 200 小時，最令人驚豔的是產品價格，分別各一次 26 吋的自走式幾何與磁通漏檢測儀器檢測一次，在中國內地的檢測價格約為 500 萬元台幣。

第三，檢測管道嚴重變形的位置儀器，一般的幾何檢測儀器對於管徑變形量太大者，將無法通行，該公司開發了能夠通過管線變形量達 30%的檢測儀器，並且通過輪距來推測出該變形的位置，這可以對於管線因為變形而無法執行智慧型通管器檢測的管線，提供了維修位置的方向。

第五章 具體成效

參訪 T.D. Williamson 亞太地區營運中心：

T.D. Williamson 是一家專注於管道維護和修復的公司，他們開發了一系列先進的設備和技術，用於管線的維修和維護工作。本次參訪主要是了解 T.D. Williamson 公司的不停氣和不排氣維修管線技術、智慧型封堵技術、IP 檢測的相關內容。

1、不停氣和不排氣維修管線技術

T.D. Williamson 的不停氣和不排氣維修管線技術包括鑽孔機器（Tapping Machines）和封堵機器（Plugging Machines）的使用。這些設備的結合使用使得在不停氣的情況下，或者排掉短距離的管存氣，可以完成地下管線的維修和地上設備的維護。

總共有九個步驟來實現不停氣和不排氣維修管線：

- (1) 焊接配件、鑽孔配件和螺紋閥桿到管道上，以便後續安裝鑽孔和封堵機器。
- (2) 安裝三明治閥和螺紋閥，以便插入和拆卸設備時不會大量洩露天然氣。
- (3) 使用活線鑽孔機器穿透管道壁，以創建通道供後續封堵設備使用。
- (4) 安裝旁通管道，以繞過需要維修和封堵的管段，確保天然氣持續流動。
- (5) 部分置入上游端的第一段封堵頭，降低主線的天然氣輸送量。
- (6) 完全置入下游端的第一和第二段封堵頭，使得管道完全封閉。
- (7) 完全置入上游端的第一和第二段封堵頭，將封堵區域內的管存天然氣排空。
- (8) 打開排氣孔，通過監測排氣孔的天然氣壓力，確認封堵效果和是否有洩漏。
- (9) 執行管線維護工作，然後恢復供氣，除了留下一些固定配件外，可以移除旁通管道、封堵器和臨時設備，恢復正常供氣。

2、鑽孔機器和封堵機器

T.D. Williamson 的鑽孔機器可以處理多種管線尺寸，並且能夠應對不同的輸氣壓力要求。它的鑽頭設計和功能使得在鑽孔過程中可以防止管線鐵片掉入管內，這有助於維護工作的順利進行。

封堵機器有不同型號，適用於不同的管線尺寸和壓力要求。它們的封堵原理是利用上下游壓差來啟動封堵頭膨脹，提供可靠的封堵效果。雙封堵機構確保了更高的封堵效能，即使第一道封堵失敗，仍有第二道保險機制。

3、智慧型封堵技術

T.D. Williamson 還開發了智慧型封堵技術，這種技術可以單獨使用，也可以與鑽孔機器和封堵機器結合使用，實現在不排氣的情況下完成地上設備的維修。這種技術適用於大直徑的管線，並具有高壓封堵的能力。雙封堵機構確保了封堵效果，並且這種技術經過長時間的實際應用驗證。

然而，智慧型封堵技術也有一些限制，例如需要清管頭以進行封堵作業，管線必須有一定的真圓度，且封堵位置需要在管線外部偵測。對於管線曲率半徑較小的情況，可能需要額外的技術評估。

4、IP 檢測技術交流

T.D. Williamson IP 檢測專案經理 Michael Ciszek 提供了一些重要的技術交流信息。首先，清管頭的設計應該使用偏心而不是同心，尤其是在發射端的清管頭，以確保檢測儀器可以順利發射。

其次，清管頭快開蓋應該使用法蘭型式連接在清管頭上，而不是直接焊接。這樣可以節省成本，提高效率，並減少維護頻率。

最後，對於彎頭在管線上的應用，需要考慮到直管段的長度，以確保檢測儀器能夠通過。如果有特殊情況，建議提交相關管線設計給檢測公司評估。

總之，T.D. Williamson 公司的技術和設備在天然氣管線的維護和修復方面提供了重要的解決方案，並且不斷進行技術改進和創新。他們的專業知識和經驗可以幫助確保管線的安全運營。

Oil and Gas Asia 2023 年度展覽會 (OGA) 是亞洲地區一個重要的石油、天然氣和石化工程展覽會。此展覽會為能源和石油化工專業人士、企業和供應商提供了一個平台，以交流、展示最新技術、設備和服務，促進業務合作和發展。參展商能夠展示他們的產品和服務，與業界專業人士和潛在客戶互動，同時參加者能夠獲得行業資訊，了解最新技術和解決方案，擴大業務網絡。此外，展覽會還舉辦各種研討會、論壇和技術研討會，提供學習和討論的機會，讓參加者深入了解行業的挑戰和機會。

本次參訪的主題是關於管線防腐蝕材料與維修檢測技術，我們參觀了一些相關廠商，包括 IN-SITU GROUP OF COMPANIES，該公司提供了 Oxifree Thermoplastic Coating、VISCOTAQ™ CASING END SEAL SYSTEM 和 Denso™ Profiling Mastic 等材料，這些材料能夠有效防止金屬設備的腐蝕和污染，並提供持久的保護。此外，我們還了解到 3X Stopkit，這是一種線上止漏夾具，能夠迅速止漏，且能永久性修復洩漏。

另一家公司是 Cumulus Digital Systems，他們提供智能焊接檢查工具，使用相控陣超音波測試來評估結構鋼和管道焊接的品質，大幅提高檢查效率。此外，他們還有 Bolted Joint Management 螺栓接頭管理系統，能夠預防螺栓接頭洩漏，並數位化記錄施工數據，提高鎖固的成功率。

最後，我們參觀了 IP Pipeline Technology，一家中國的智慧型通管器檢測公司。他們開發了先進的磁通漏檢測儀器，能夠檢測腐蝕、裂縫和管道變形，並提供精確的數據，以協助管線維護和修復。

以上的拜訪照片與相關人員聯繫資料，詳如附錄 5-1，這些公司的技術和產品在天然氣行業中都具有應用的潛力，例如解決目前遭遇的困難、改善目前的工作環境、提升工作效率。

第六章 心得與建議

本次參訪的過程了解了許多國外業界使用的技術，每項技術都有其適用於天然氣產業的對象，以下則按各項技術來說明應用領域：

不停氣和不排氣維修管線技術具有潛力，對於需要維護的位置，若不能停氣或者想減少排氣問題，那麼可以使用鑽孔機器（Tapping Machines）和封堵機器（Plugging Machines）的結合使用，或者智慧型封堵技術。

以北區處的設備操作情境為例，如冬季無法進行的 NG1 管線與設備維護，配合電廠用電而無法進行維護的管線與設備，以及未來執行碳交易與溫室氣體排放管控後，這都是不停氣和不排氣維修管線技術的應用時機。

地下長途管線與沒有清管頭的管線與設備是適合使用鑽孔機器（Tapping Machines）和封堵機器（Plugging Machines）的結合使用，這適用於北區處的設備條件，而智慧型封堵技術是比較適合海管維修時使用。

T.D. Williamson 專案經理 Michael Ciszek，提供了一些在智慧型通管器檢測的重要的技術交流信息，特別是在設計方面，例如清管頭的設計應該使用偏心而不是同心，以後見之明來看，幾乎目前所有的清管頭都不符合該敘述，但也因為該設計並沒有造成檢測嚴重的困難，所以偏心設計沒有被重視。

清管頭快開蓋使用法蘭型式連接在清管頭上具有為簡易與減少操作訓練的優點，這是可以思考的應用在未來的設計，至於在管線上使用 1.5D 的彎頭，還能保證未來 IP 檢測的可行性，這對於日後工程設計上具有很大的幫助，例如簡化管線路徑的規劃。

透過 Oil and Gas Asia 2023 年度展覽會（OGA）讓我們更了解其他國家對於管線檢測與維護的技術，第一家廠商 IN-SITU GROUP OF COMPANIES，該公司總共有三種特色產品：

- 1、Oxifree Thermoplastic Coating，這對於北區處沿海地區的明管區域中，例如法蘭螺栓等不規則的金屬防蝕提供一種新的技術，並且有容易拆除與修補的特性，使得定期檢查包覆層下的腐蝕較容易。
- 2、VISCOTAQ™ CASING END SEAL SYSTEM 和 Denso™ Profiling Mastic 等材料則提供了地下管線及地下設備的金屬防蝕技術，這對於可結合應用不停氣和不排氣維修管線技術，使得維修管線後留下的法蘭與螺栓獲得防蝕保護。
- 3、3X Stopkit，這是一種線上止漏夾具，能夠迅速止漏，且能搭配符合材料包覆，完成永久性修復洩漏，不像一般克漏技術一樣，克漏工作完成後，還必須安排停氣維護的工作。

第二家廠商是 Cumulus Digital Systems，他們提供智能焊接檢查工具，使用相控陣超音波測試來評估結構鋼和管道焊接的品質，大幅提高檢查效率，這對於採購鋼管後的檢驗方式提供了一個方向。此外，他們還有 Bolted Joint Management 螺栓接頭管理系統，能夠預防螺栓接頭洩漏，並數位化記錄施工數據，提高鎖固的成功率，對於承攬商施工品質管理也能提高效率。

第三家是 IP Pipeline Technology，這是一家中國的智慧型通管器檢測公司，該公司技術來自於瀋陽工業大學 YANG Lligian 教授，經過 5 至 9 年的時間成功開發第一套磁通漏檢測儀器，經過 10 至 14 年的時間將檢測儀器的技術規格提升到國際標準，15 年後開始將檢測服務應用於於全球各地的管道公司。利用學術界的資源，產學合作，經歷 15 年的期間才達到國際標準，這樣的做法與里程碑，對於有意開發 IP 檢測的公司，提供一個經驗示範。

總之，以上這些公司的技術和產品在石油和天然氣行業的管道保護和維護方面具有重要的應用價值，將有助於確保能源供應的安全和可靠運營，提供中油公司在未來應用新技術的一個方向。

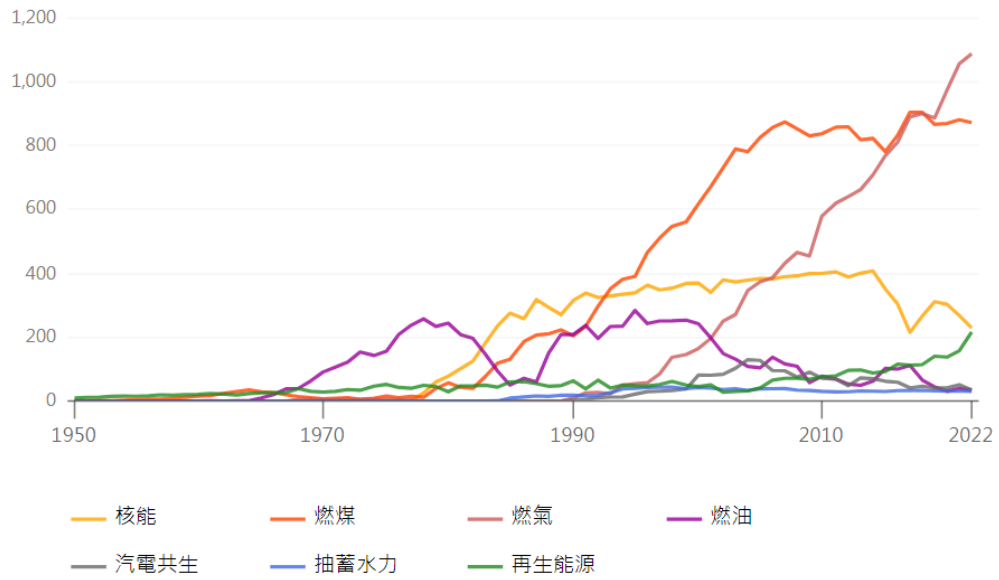
第七章 附錄：

1、附錄 1-1：台電系統各能源別歷年發購電量

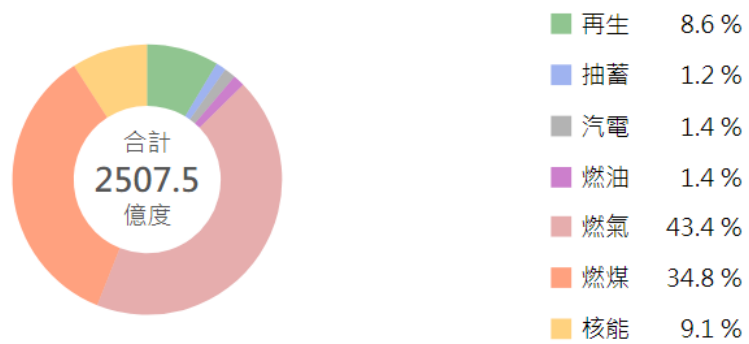
台電系統各能源別歷年發購電量

單位：億度

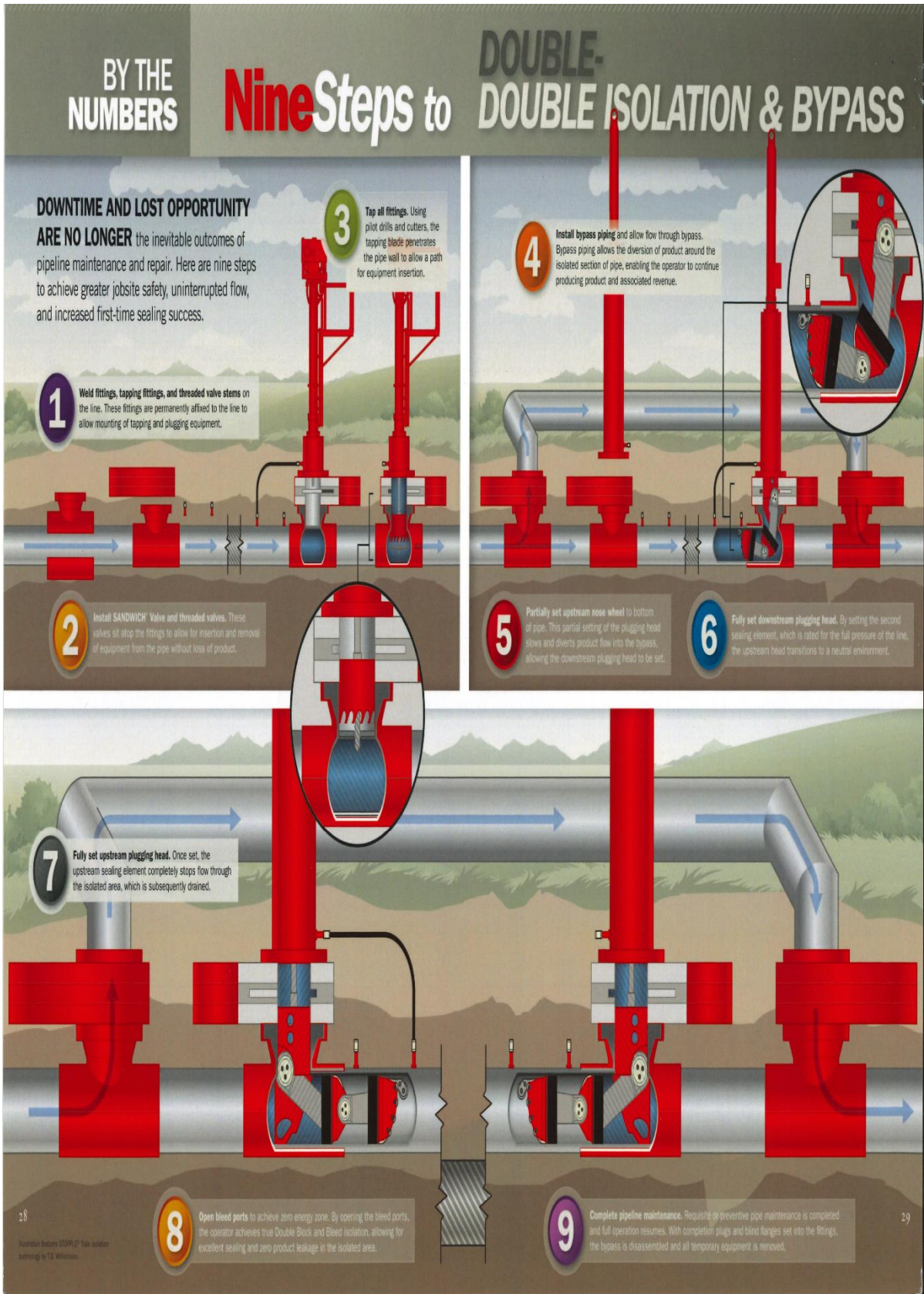
整體



2022 年發購電量結構



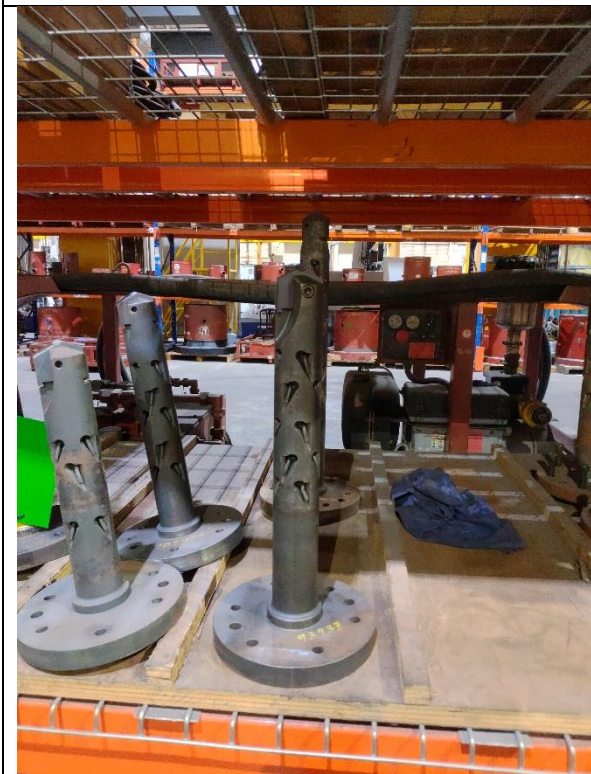
2、附錄 3-1：實現不停氣、不排氣維修管線方式的九大步驟



3、 附錄 3-2：不同的需求使用不同的鑽頭



4、 附錄 3-3：防止鑽破的管線鐵片掉入管線內部的機械構造



5、附錄 3-4：STOPPLE® Train Isolation Machine，雙封堵機構



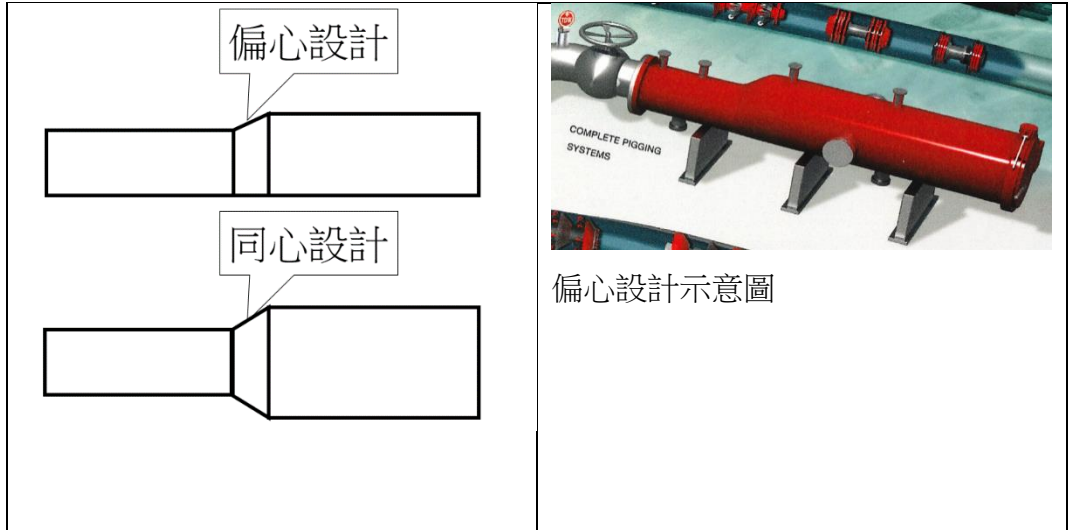
6、 附錄 3-5：POLYSTOPP® Plugging System



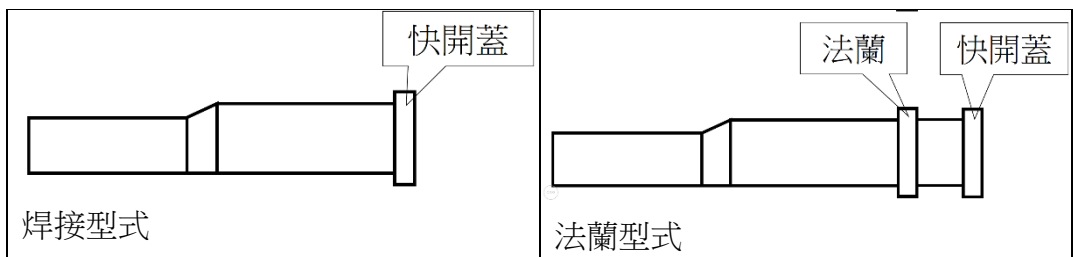
7、 附錄 3-6：智慧型封堵器的雙封堵機構



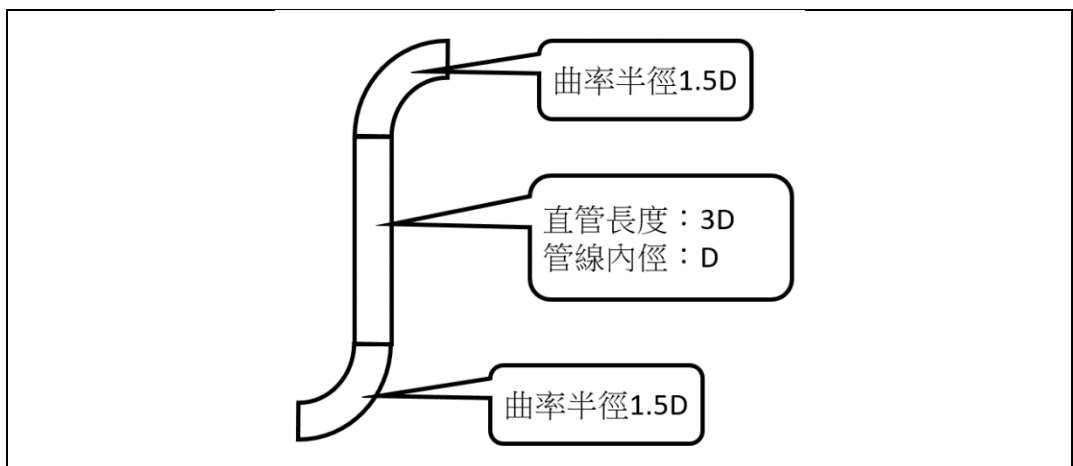
8、附錄 3-7：清管頭的設計偏心與同心



9、附錄 3-8：清管頭快開蓋法蘭型式與焊接型式的示意圖



10、附錄 3-9：兩個 1.5D 彎頭的示意圖



11、附錄 4-1：Oxifree Thermoplastic Coating 有關產品資訊以及施工影片

 <p>產品網站</p> <p>https://www.in-situgroup.com/oxifree-thermoplastic-coating/</p>	
 <p>實際施作影片</p> <p>https://youtu.be/daSF6a4ad8I</p>	 <p>模擬施作影片</p> <p>https://youtu.be/yRWtEASpPPI</p>

12、附錄 4-2：VISCOTAQ™ CASING END SEAL SYSTEM



產品網站

[https://www.denso.net/products/viscotaq-casing-end-seal-system/?ref\[\]=/application/buried-onshore-coatings/&ref\[\]=/product-groups/viscotaq-visco-elastic-products/&reftitle\[\]=Buried%20Coatings&reftitle\[\]=Viscotaq%3Csup%3E%26trade%3B%3C%2Fsup%3E+Visco-Elastic+Products](https://www.denso.net/products/viscotaq-casing-end-seal-system/?ref[]=/application/buried-onshore-coatings/&ref[]=/product-groups/viscotaq-visco-elastic-products/&reftitle[]=Buried%20Coatings&reftitle[]=Viscotaq%3Csup%3E%26trade%3B%3C%2Fsup%3E+Visco-Elastic+Products)

13、附錄 4-3：Denso™ Profiling Mastic



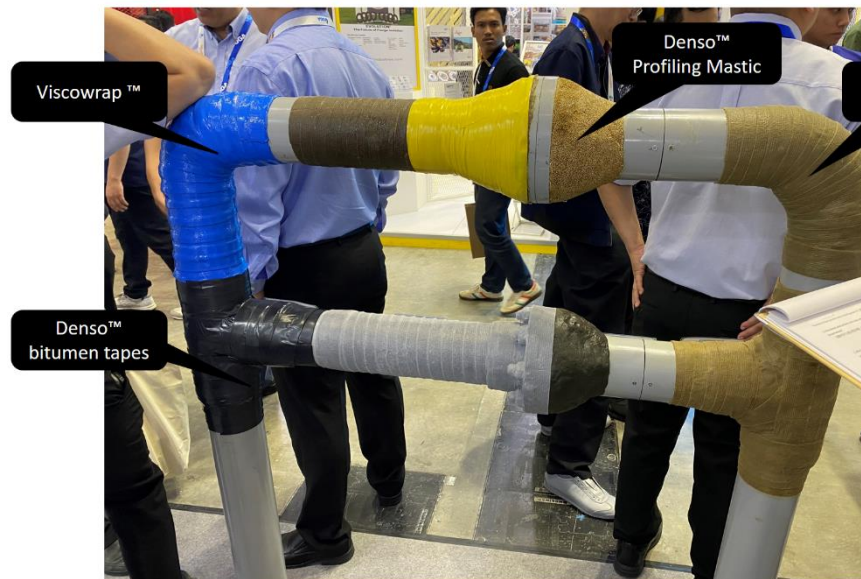
[https://www.denso.net/protection-of-above-ground-structural-steel-pipework/?ref\[\]=/latest&reftitle\[\]=News&ref\[\]=/latest/videos/&reftitle\[\]=Videos](https://www.denso.net/protection-of-above-ground-structural-steel-pipework/?ref[]=/latest&reftitle[]=News&ref[]=/latest/videos/&reftitle[]=Videos)

地上鋼結構和管道的保護



[https://www.denso.net/below-ground-fittings/?ref\[\]=/latest&reftitle\[\]=News&ref\[\]=/latest/videos/&reftitle\[\]=Videos](https://www.denso.net/below-ground-fittings/?ref[]=/latest&reftitle[]=News&ref[]=/latest/videos/&reftitle[]=Videos)

地下管道配件的保護



14、附錄 4-4：3X Stopkit



<https://www.youtube.com/watch?v=yqK0oKFg6RY>

STOPKIT® RANGE FROM 4" TO 56"

ONSHORE



STOPKIT® 50	STOPKIT® 100
Max. hole Ø 10mm	Max. hole Ø 50mm
Max. pressure 80 bars (1160 psi)	Max. pressure 30 bars (435 psi)
Pipe temperature -20°C / +80°C (-4°F / +176°F)	Pipe temperature -20°C / +80°C (-4°F / +176°F)

STOPKIT® IMPLEMENTATION STEPS (using STOPKIT® Positioner device)



1
Set-up the 1st part of the positioner



2
Install the STOPKIT® and slide it over the leak



3
Set-up the 2nd part of the positioner



4
Tighten up to 40 Nm



5
Remove the positioner

15、附錄 4-5：Intelligent Weld Inspections 智能焊接檢查



<https://cumulusds.com/welding/>



16、附錄 4-6：Bolted Joint Management



<https://www.youtube.com/watch?v=fzKmUKvYsVo>



17、附錄 4-7：IP Pipeline Technology

磁通漏檢測儀器



● PERFORMANCE SPECIFICATIONS

	General metal-loss	Pitting	Axial grooving	Circum. grooving	Axial slotting	Circum. slotting
Depth at POD=90%	0.05t	0.05t	0.05t	0.05t	0.08t	0.08t
Depth sizing accuracy at 90% certainty	±0.10t	±0.10t	±0.10t	±0.10t	±0.10t	±0.10t
Width sizing accuracy at 90% certainty	±15mm	±15mm	±10mm	±10mm	±10mm	±15mm
Length sizing accuracy at 90% certainty	±8mm	±8mm	±5mm	±5mm	±10mm	±8mm

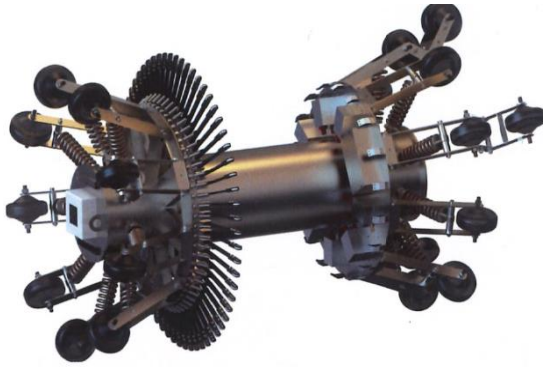
F、腐蝕檢測儀器檢測能力及精度

採用 MFL 技術檢測準確性最低要求(Detection and sizing accuracy for anomalies in body of pipe)

	General Metal Loss 均勻腐蝕	Pitting 點蝕	Axial Grooving 軸向溝槽	Circumferential Grooving 環向溝槽
Depth at POD 90% 最小檢測深度於 POD-90%檢出率	10% t	15% t	15% t	15% t
Depth sizing accuracy at 80% confidence 深度尺寸準確性於 80%信賴度	±10% t	±10% t	±15% t	±15% t
Width sizing accuracy at 80% confidence 寬度尺寸準確性於 80%信賴度	±20mm	±20mm	±20mm	±20mm
Length sizing accuracy at 80% confidence 長度尺寸準確性於 80%信賴度	±20mm	±20mm	±20mm	±20mm

註：t=公稱厚度，若 t<10mm，以 10mm 計算；上表之 Depth、Length 及 Width sizing 皆指 anomaly 尺寸，anomaly 定義參考 API STD 1163。

自走式的幾何



● STANDARD OPERATING SPECIFICATIONS

Maximum operating pressure	Normal pressure
Maximum operating time	≤200h
Maximum inspection length	200km
Temperature range	0°C-75°C
Minimum pipeline bend radius	≤1.5D
Operating speed range	Flat pipe: 1.6m/s; climbing slope: 0.3m/s (90°)

檢測管道嚴重變形的位置儀器



● DETECTION ACCURACY

	POD=90%	Certainty=90%
Deformability	≤30%	±1mm
Deformation detection accuracy	±3%	

● LOCATION ACCURACY

Axial location accuracy at Certainty=90%	The distance error between the feature and the reference girth weld is less than ±0.1m and the distance error between the reference girth weld and the reference point is less than ±1%	
Circumferential location accuracy at Certainty=90%	±5°	
		=90%

18、附錄 5-1：拜訪照片與相關人員聯繫資料



Rolf Gunnar Lie 介紹 TDW 團隊(Rommel Chan、Edmund Ang)



Edmund Ang 介紹智慧型封堵器



Rommel Chan 於 TDW 工廠介紹活線鑽孔機器



與 Michael Ciszek 技術交流後合影



Rommel Chan 於 TDW 工廠介紹封堵器



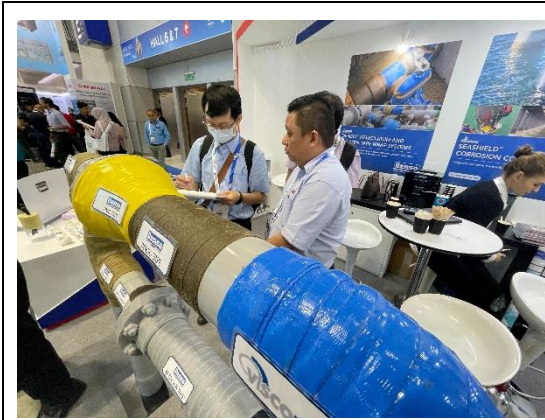
Rommel Chan 於 TDW 工廠介紹智慧型封堵器



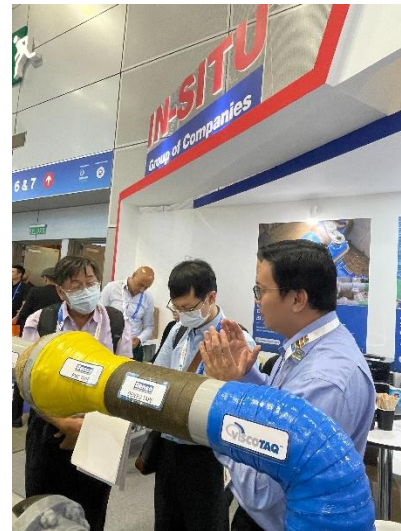
進入 TDW 工廠的安全措施



拜訪 TDW 後的合影



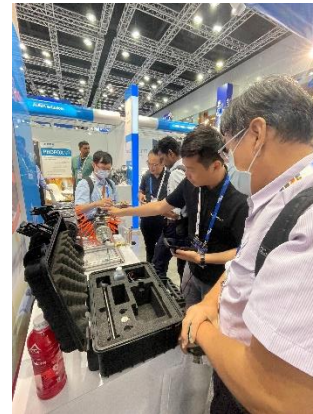
參觀 IN-SITU GROUP OF COMPANIES



參觀 IN-SITU GROUP OF COMPANIES (DENSO)



參觀 IP Pipeline Technology



參觀 Cumulus Digital Systems



T.D. Williamson
www.tdwilliamson.com

Edmund Ang
Senior Technical Consultant
Asia Pacific & Middle East

Singapore Operations Center
42A Penjuru Road #04-00
609164
SINGAPORE
Direct : +65 6797 0442
Mobile : +65 9647 1737

edmund.ang@tdwilliamson.com



T.D. Williamson
www.tdwilliamson.com

Rolf Gunnar Lie
Director Sales
Eastern Hemisphere, East

Singapore Operations Center
42A Penjuru Road #04-00
609164
SINGAPORE
Direct : +65 6797 0461
Mobile : +65 9651 3837

rolf.gunnar.lie@tdwilliamson.com



www.tdwilliamson.com

Michael Ciszek
Project Manager

T.D. Williamson (UK) Ltd
Faraday Road, Dorcan
Swindon, Wiltshire
SN3 5HF United Kingdom
Phone: +44 (0)1793 603 613
Mobile: +44 (0)7989 213 258
Michael.ciszek@tdwilliamson.com



T.D. Williamson
www.tdwilliamson.com

Rommel Chan
Channel Partner Manager
Asia Pacific

Singapore Operations Center
42A Penjuru Road #04-00
609164
SINGAPORE
Direct : +65 6797 0460
Mobile : +65 8168 7195
rommel.chan@tdwilliamson.com

Marcus Yap
Regional Manager SEA

Winn & Coales (Denso) Ltd.

myap@denso.net
+60 (0)12 648 7283
Denso House,
33-35 Chapel Road,
London, SE27 0TR
United Kingdom
+44 (0)20 8670 7511
www.denso.net

A MEMBER OF WINN & COALES INTERNATIONAL



Denso

SCOTAQ

SeaShield

STEELCOAT

PROTAL

ARCHCO

PREMIER SHIM SLEEVES

Denso STEEL

Ong Weng Soon Sales & Services Manager
+60 12 345-3530/+60 12 218-2160 ongws@in-situgroup.com

www.in-situgroup.com

IN-SITU
Group of Companies

In-Situ Maintenance Services Sdn. Bhd. (516215-H)
In-Situ Petro Services Sdn. Bhd. (949380-U)
2A, Jalan TPP 1/5, Taman Perindustrian Puchong,
47100 Puchong, Selangor, Malaysia.
T: +60 3 8068-3220 F: +60 3 8068-3550

Kemaman T: +60 9 858-6300 +60 9 850-5701

IP PIPELINE TECHNOLOGY

李冠英 博士
总经理

宁波汇普管道科技有限公司
香港公司：香港中環己連拿利1號
阿联酋公司：迪拜IFZA自贸区
手机：+86 159 6225 3969
fred.lee@pipelineip.com
www.chinamfi.com

PRABU GUNASAGARAN
Deployment Engineer

prabu.guna@cumuluds.com
+60 165 444 625 | mobile

智慧鎖注商

