

# 出國報告（出國類別：洽公）

## 國外化工廠靜態設備智慧型檢測管理

服務機關：石化事業部林園石化廠  
姓名職稱：吳瑞傑 課長/許曉鋒 工程師  
派赴國家：新加坡  
出國期間：112/04/10~112/04/14  
報告日期：112/04/27

## 摘要

石化相關上下游產業鏈繁多，可做為塑膠、橡膠、電子、汽車…等行業發展所需原料之一，所以身為石化業上游的林園石化廠除專注於產量與品質外，更須考量的是如何永續安全的運營。另依近 20 年統計 100 件損失較重大的石化廠事故，發現歸因 MI(Mechanical Integrity, 設備完整性)分類中的管線系統造成的問題佔了約 70%。

本次出訪 Emerson 在亞洲最大的基地(新加坡)，主要是藉由參訪來獲取下列目的：學習國外公司對管線如何進行智能化管理與更全面化的管控思維與流程、了解如何降低非計畫停車及洩漏風險與預測性/規定的維護與設備維護和風險管理的決策之技術交流。

隨著 5G-AIOT 的技術發展，設備智能化管理已是企業永續運營的未來趨勢，也逐漸會導入各工廠進行運作，建議對於不同設備的安全管理，應盡早引入統整性的平台管理，並透過可視化的介面與資訊提示，使工廠能即時介入找出問題根因與進行相關的預測性維護管理。

**關鍵詞：**化工廠、靜態設備、智慧化、檢測管理

## 目次

一、目的	4
二、過程	4
三、具體成效	8
四、心得	10
五、建議	11
參考文獻	11

## 內 文

### 一、目的

石化相關上下游產業鏈繁多，可做為塑膠、橡膠、電子、汽車…等行業發展所需原料之一，所以身為石化業上游的林園石化廠除專注於產量與品質外，更須考量的是如何永續安全的運營。另依近 20 年統計 100 件損失較重大的石化廠事故，發現歸因 MI(Mechanical Integrity, 設備完整性)分類中的管線系統造成的問題佔了約 70%【1】，如下圖所示。再者，管線橫跨廠內各工場之單元/設備操作或輸送至其他下游廠家，因此，企業面對如此繁眾的管線要如何妥善地進行風險評估與維護保養，就是個很重要的課題了。

本次出訪 Emerson 公司在亞洲最大的基地(新加坡)，主要是藉由參訪來獲取下列目的：

1. 學習國外公司對管線如何進行智能化管理與更全面化的管控思維與流程。
2. 了解如何降低非計畫停車及洩漏風險與預測性/規定的維護。
3. 設備維護和風險管理的決策之技術交流。

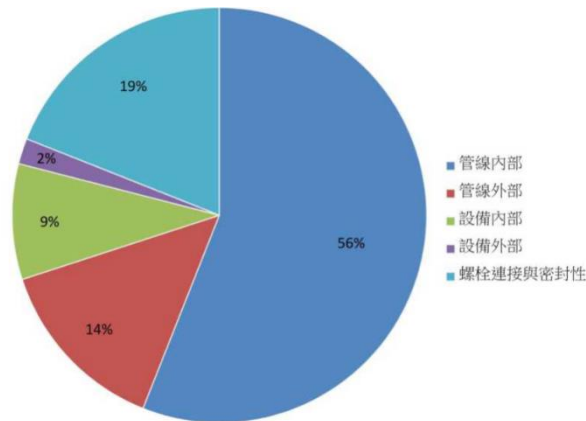


圖 1、近 20 年 100 件損失較重大的石化廠事故原因(設備完整性)

### 二、過程

#### 1. 腐蝕的形成與加劇

管線腐蝕可分為內腐蝕與外腐蝕，腐蝕的形成主要為管線內容物或其特性(pH值、含硫量…等)、管線材質、製程操作條件(如溫度)等所致；然而，製程原廠公司在設計階段時，已進行相關考量，所以可避免出一部分的腐蝕劣化類型，但對某些機制就比較不容易防範了，例如 Erosion(沖蝕)或 CUI(保護層下的腐蝕)…等。腐蝕的加劇，主因為製程操作非屬穩定性，會有偏移的情況，且有時的偏移可能會加速或促進腐蝕/劣化的發展。

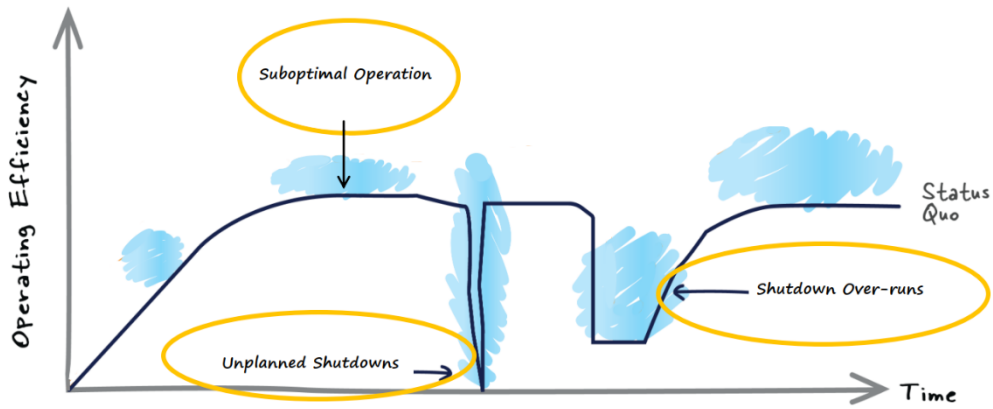


圖 2、操作效率可能影響腐蝕風險與對工場健康衝擊

由上圖可知，隨著工場的持續操作，可能會因設備老舊、進料成分不穩定或其他因素等，無法持續讓操作維持在最佳效率，而落在較次佳的操作狀態 (Suboptimal operation)；設備故障或製程出現重大異常，也會衍生造成非計畫性停爐 (Unplanned shutdown) 或超速關機 (Shutdown over-runs) 等情況，這也會對管線設備的腐蝕風險可能造成衝擊，而形成隱患。

## 2. 腐蝕量測的方式

腐蝕的量測技術，主要可分為試片 (coupons)、破壞性檢測、非破壞性檢測 (如射線照相 (RT)、超音波 (UT)、滲液 (PT)、電磁超音波 (EMAT) … 等) 來達成腐蝕的評估；每種技術皆有其使用的條件、可檢測缺陷類別與優缺點，所以較好的量測方式，應就其特性選用與互補，才可真正達到良好的腐蝕量測。

	ET210	ET310	ET410	WT210
Temperature range	Up to 120°C (250°F)	Up to 160°C (320°F)	Up to 270°C (518°F)	Up to 600°C (1100°F)
Measurement technique	Ultrasound – EMAT			Ultrasound – Waveguide
Data Quality	Automatic thickness compensation for material and temperature			
Battery life	Up to 9 years			
Hazardous area	Class 1 Div 1 / Zone 0			
Data Retrieval	Sharing WirelessHART infrastructure – all data viewed in DataManager at desk			

圖 3、非破壞性監測腐蝕設備

由上圖可知，本次參訪的公司所研發的無線量測儀器，可在任何位置或任何溫度，均有適當型式可選擇；其固定主要是依靠設備上有裝設強力磁鐵，

所以可適用於大部分的金屬材質，對於較高溫的部分，也會進行溫度補償，且量測時也無須去除油漆，即可進行。

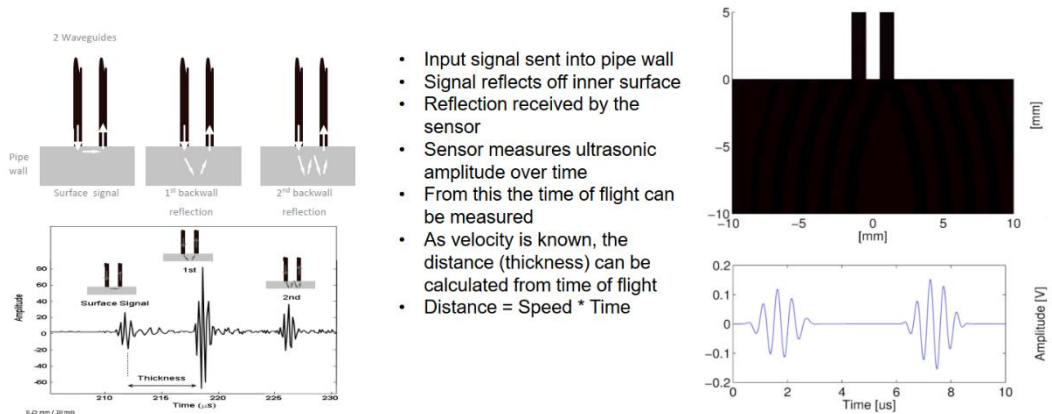


圖 4、量測器的作動原理(以 WT210 為例)

由上圖可知，當輸入訊號傳送到管壁時，信號會經由管內表面反射，並由傳感器(sensor)接受到反射信號，sensor 會隨時間測量超音波振幅；因此，我們可以從飛行時間計算距離(管壁厚度)，即距離 = 速度\*時間。

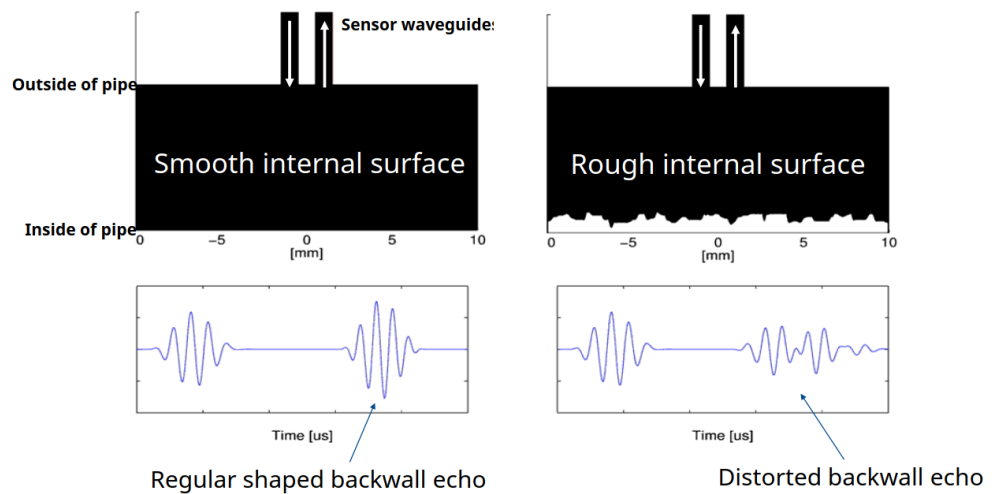


圖 5、量測結果之判斷(以 WT210 為例)

由上圖可知，管線在粗糙的管內表面相較於光滑的管內表面，所呈現的回波會是較為扭曲的，而扭曲的底面反射會導致厚度測量出現較大的明顯誤差。

### 3. 管線腐蝕智能化分析

工廠對於高風險管線、以往經驗較易產生腐蝕劣化而產生有管線內容物洩漏或是人員巡視較不便利之處(如高處彎管)，均可考量採用此監控裝置，並將資料做及時收集。

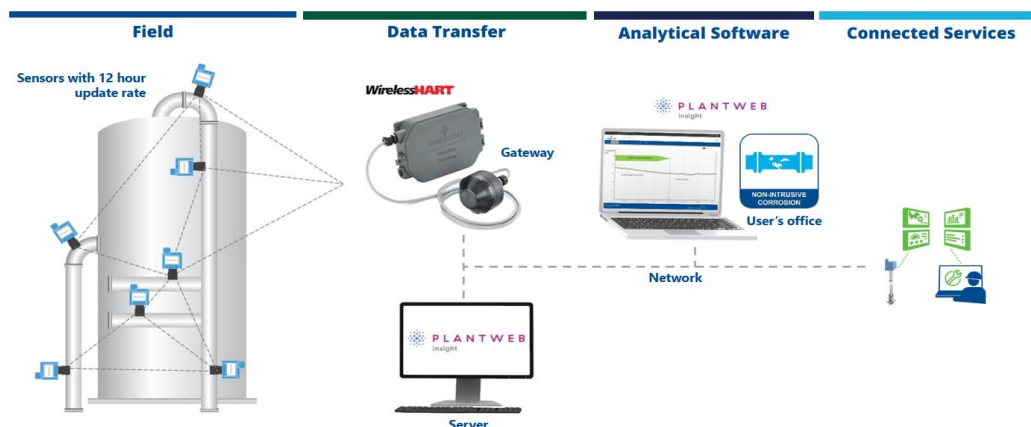


圖 6、管線腐蝕即時監控系統與智能化分析過程

由上圖可知，管線安裝並進行量測後，後續透由 Gateway(閘道器)傳輸資訊至伺服器(server)及相關軟體進行智能化分析。

### 4. 決策判斷與維護保養策略

即時完成的管線測厚資料，可以透過根因分析(Root cause analysis, RCA)了解發生腐蝕的因素是起因於製程操作哪個環節，並即時進行修正或調節，進而避免管線因腐蝕劣化而產生的破損洩漏。

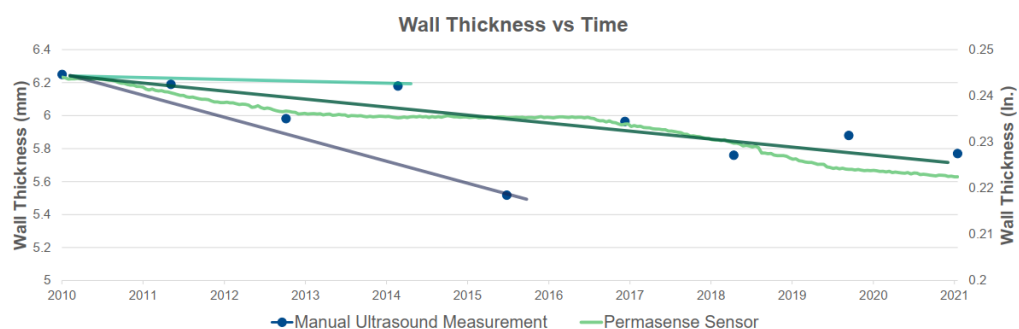


圖 7、傳統的測厚資料與腐蝕率判定

由上圖可知，傳統的管線腐蝕測定均為定期(如 1 年)執行，對於決策判斷無法提供所需的細節。

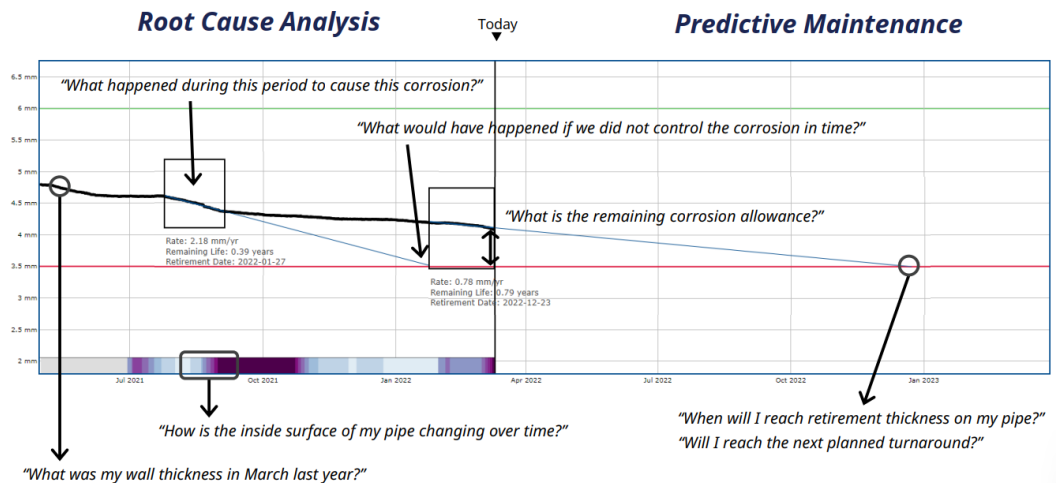


圖 8、即時監控腐蝕軟體，可找出根因分析並做預測性維護

由上圖可知，即時監控相較於傳統的管線腐蝕測定，更可在腐蝕率有顯著產生時，進行根因分析與共同開會研議，以防止在短時間產生腐蝕率低於容許裕度(corrosion allowance)，而產生內容物外洩事故，並提前採取製程調節或是預測性的維護保養作業。

### 三、具體成效

林園廠內雖在去年已有開始進行設備試點的即時腐蝕監控作業，目前仍在收集資料與觀察中，尚無法顯現其具體成效，所以下面會先以拜訪之 Emerson 公司設備應用於國外工廠執行的績效做相關說明；另即時腐蝕監測的效益(如下圖)與圖 2 相比較，有下列優點：

1. 維持較高產量。
2. 較少的事務發生與非計畫性停爐次數。
3. 較短的計畫性停爐時間。
4. 強化操作效率。

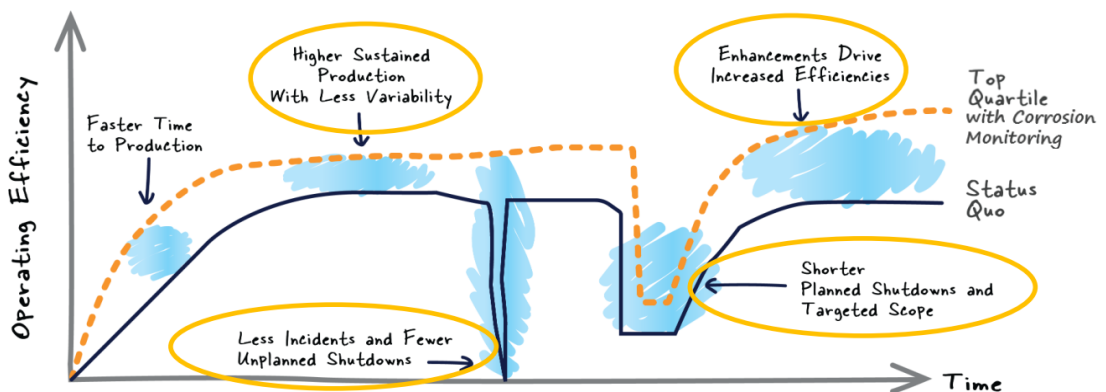


圖 9、腐蝕智能化監測可確保操作效率



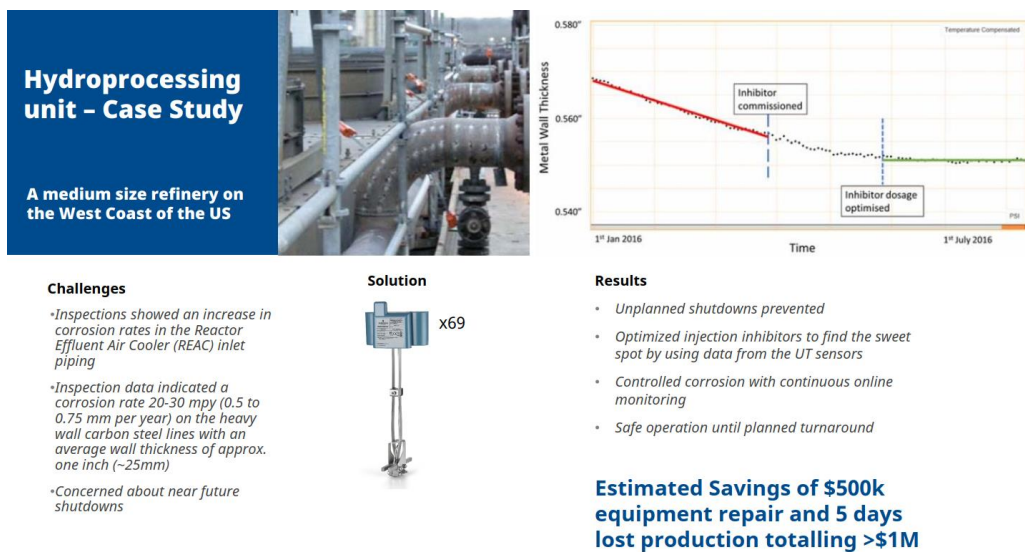


圖 10、國外某工廠氫製程案例-執行效益 1

由上圖可知，該工廠對反應器流出物空氣冷卻器 (REAC) 的入口管線 (管壁厚度約 25 mm) 檢查出腐蝕率有顯著增加 (20-30mpy，約每年 0.5-0.75 mm)，並擔心若沒有適當的即時處置，就可能面臨短期間停產的問題。經採取優化處理 (如加入抑制劑) 與連續的即時腐蝕監測，得以順利安全運轉到大修。本案預計為該廠節省 50 萬美元的設備維修費用和 5 天的生產損失總計超過 100 萬美元。

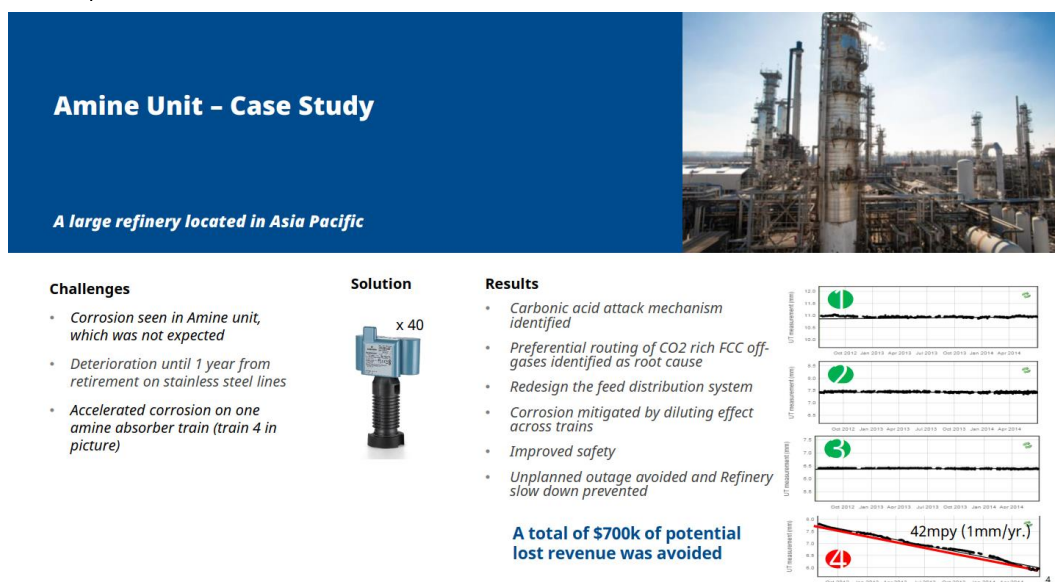


圖 11、國外某工廠胺製程案例-執行效益 2

由上圖可知，該工廠的胺吸收器有加速腐蝕的情況 (42mpy 約 1mm/yr)，經採取優化處理 (找出切確腐蝕機制並處理根因 (富含 CO<sub>2</sub> 的 FCC 廢氣)) 與連續的即時腐蝕監測，避免可能衍生的非計畫性停爐，共節省了 70 萬美元的收入損失。

#### 四、心得

本次出國參訪任務為「國外化工廠靜態設備智慧型檢測管理」，以往在靜態設備(如塔槽、管線)的檢測管理，較為定期方式(如塔槽每年的定點測厚)、操作經驗或巡檢發現異常再進行檢測等方式；而近幾年林園廠開始導入 RBI(Risk Based Inspection，以風險為基準的檢查)技術後，開始對靜態設備作風險分級，特別是在眾多管線中，提取出工廠應優先強化管理的對象，以降低非計畫性停爐及洩漏事故之發生。

然而，工場的操作不會是常態性的穩定，進料的成分也多少會依實際狀況有所不同，所以要如何即時了解管線是否有短時間產生腐蝕劣化的風險，就顯得相當重要；因此，對於工場的操作安全與永續運營，需要多種技術進行配合，才能更有效的全面管理。腐蝕監控的技術在實際執行面，雖有其優點所在，但仍有一些不足之處，所以在考量安裝時，必須召集相關單位人員進行研議，並定期檢視其效益，若有需要(如當國內外有相同/類似產業發生管線洩漏時)亦可進行適度調整或增設，如此才可發揮其較大的效益。

此次，在交流相關經驗中得知，國外較大型的化工廠(如 Exxon)在設備管理部分，均會透過平台整合系統，將工廠操作的重要設備即時動態進行監控/管理，而非傳統式的花費很多人力時間進行了解或分析；簡單來說就是，以往是由人去找尋設備相關資料，而新的設備智能化管理則是將數據資料主動呈現在管理者面前，進而可以做即時的決策判斷與選用適當的維護保養/應對策略；因此，我們可以思考在既有的設備檢查領域，有哪些設備可以採用現有的技術來提供管理者做好相關的設備管理。

#### 五、建議

現行廠內已有多套的設備管理系統，尤其有些智能化設備的現場資料傳輸皆須依靠 Gateway/Router，再後續傳至該軟體系統進行分析評估，而每個廠家的 Gateway/Router 目前大都僅能允許自己的產品傳輸，所以建議未來考量在現場安裝的 Gateway/Router，於安裝前應訂定出相關廠商可接受/相容的信號規範，再以此規範建立匹配的網路架構，以提升系統整合的便利性與降低重新安裝 Gateway/Router 的成本及空間需求。

隨著 5G-AIOT 的技術發展，設備智能化管理已是企業永續運營的未來趨勢，也逐漸會導入各工廠進行運作，然而隨著引進的廠家或設備種類越多，若沒有有效的統整，這些資訊仍無法有效的被運用；因此，建議對於不同設備的安全管理，應盡早引入統整性的平台管理，並透過可視化的介面與資訊提示，使工廠能即時介入找出問題根因與進行相關的預測性維護管理。

## 參考文獻

1. 楊文志，2021 年，石化廠管線腐蝕監測實務應用之研究，國立臺北科技大學碩士論文
2. 勞動部 勞動及職業安全衛生研究所，2020 年，應用物聯網(IOT)技術於石化管線安全監測研究
3. Emerson 公司，2023 年，參訪交流資料