

非破壞式金屬管線材料/陽極材料檢驗應用

Material Identification for New and Existing Alloy Piping Systems

高雄市石化管線氣爆帶給社會的衝擊，至今仍影響著社會的氛圍，石化產業運輸管線的安全與否，重新被國人一一的檢視。此時若無一套完整且具有顯著效果的標準驗證準則，人民與工作人員的安全將會暴露在危險之下。

美國石油協會(American Petroleum Institute; API)所擬定的API RP 578正是一個為新建或現有金屬管線系統提供一個完整的材質檢驗建議規章，其目的在於提供一種用於石油或天然氣產業中所使用各種金屬部件的驗證準則；依據這個準則，可追溯使用於管線或零組件的合金牌號，確保適當的合金材料被使用在正確の場合上，透過陽極材料鑑識(Positive Metal Identification; PMI)，將可以大幅降低管線失效損毀的風險。現今的PMI檢測工具，最常見的應屬非破壞式檢驗(Non-destructive Testing/Inspection; NDT/NDI)的手持式X光螢光分析儀(X-ray Fluorescence Spectroscopy; XRF) (圖一)以及用於碳(C)含量檢測的移動型分光光譜儀(Optical Emission Spectroscopy; OES)。

昔日我們開採原礦石來製造所需要的



▲ 圖一 X光螢光分析儀



▲ 圖二 Thermo NITON手持式X光螢光分析儀產品外觀

金屬，但現今使用的金屬原料大部分都來自回收的廢金屬，當鋼鐵廠熔煉了大量的廢舊金屬時，很難確保不會有其他微量殘餘的元素摻雜在其中；而以往的材料測試報告(Material Test Reports; MTRs)只列出主要元素(Main Element)，卻不包含次要或殘餘元素(Residual Element)；根據API 939-C提到的煉油廠管線硫化腐蝕失效準則，有1/3的管線高溫硫化腐蝕失效是因為微量的矽(Si)所導致。由此可見，次要或者殘餘元素將會嚴重影響到石化管線輸運的安全。

面對這些次要或殘餘元素的檢測，藉由使用手持式X光螢光分析儀(Hand-held XRF; HHXRF) (圖二)於現場進行材質分析，利用其快速、簡單且準確的分析技術，可有效率地達到石化管線、合金材質的追溯性管理。

手持式X光螢光分析儀檢測項目

在石化及天然氣產業中，可以利用HHXRF執行以下5項非破壞式檢測：

- ① 碳鋼中的殘餘元素檢測：特別用於

(a)		(b)	
<pre> 7 General Results NAV Tools Me Off Time 29.5 sec #LA-1215 0.0 #Iron/CS 0.0 #Si 1.1 #Fe #Carbon 0.001 Mo 0.002 0.001 Mn 0.003 0.001 Cu 0.018 0.007 Fe 99.92 0.06 Mn 0.098 0.021 Cr 0.051 0.007 </pre>		<pre> 8 General Results NAV Tools Me Off Time 20.5 sec #LA-C Steel 1.1 Pipe Sample #Si 1.1 #Fe #C 0.150 Mn 0.630 0.045 Ni 0.115 0.027 Cr 0.043 0.016 Mo 0.033 0.003 Cu 0.043 0.019 #ml 09.041 </pre>	

▲圖三 利用HHXRF執行(a)碳鋼中的殘餘元素；(b)碳當量的計算

碳鋼製成的氫氟酸烷基化裝置(Hydrofluoric Acid Alkylation Units)，可以利用手持式X光螢光分析儀來檢測碳鋼管線中的銅(Cu)、鎳(Ni)等金屬是否有達到規範所要求的含量(圖三(a))。

②流體加速腐蝕(Flow-accelerated Corrosion; FAC)檢測：流體加速腐蝕是一種腐蝕機制，其機制為金屬表面的氧化保護層被快速流水溶解掉的現象，表層下的金屬溶蝕後，會再重新形成氧化層，因此，金屬含量便會不斷地流失；而為了避免產生流體加速腐蝕現象，必須控管管線內的特定金屬含量濃度。

③碳當量(Carbon Equivalent; CE)的計算：管線焊接(Welding)時，所受到的加熱處理，會因為其微量元素的的不同，而產生不同的熱反應，其結構材料的可塑性一般都用碳當量當作參考的指標。影響碳當量的元素是錳(Mn)、鉻(Cr)、鉬(Mo)、釩(V)、鎳(Ni)、銅(Cu)、矽(Si)、硼(B)，我們可在XRF儀器中建立起這些元素的計算公式，於即時的檢測中便可以計算出碳當量因子(EQF)(圖三(b))，隨時掌握材料加熱後的應力變化。

④汞(Hg)污染物的檢測：原油中的汞以化合物的方式存在，如硫化汞，經過長時間的累積，可能會殘存於設備表面，造成汞污染問題。針對表面污染的檢測，手持式X光螢光分析儀提供了快速且低成本的汞表面污染快篩工具，可以快速檢測待



▲圖四 持HHXRF於現場進行檢測

測物的汞含量百分比，也可以利用鍍層模式(Coating Mode)，藉由單位面積中汞的重量，來精密計算出汞的總量。

⑤硫化物腐蝕(Sulfidic Corrosion)檢測：在石化工業中，管道和設備的硫化物腐蝕一直是一個重大風險事件，低矽含量的碳鋼會加速腐蝕的速率，若是用於檢測矽含量的工具應該要能表現出良好的精度和再線性，手持式X光螢光分析儀是最佳的選擇。

經驗常常告訴我們，不能單單只依賴材料測試報告，因為人為的失誤易造成無法彌補的後果；實際調查結果發現，高達40%的材料測試報告與現場的元素分析結果不同，使得材料測試報告僅作為供應商提供的證明，而針對庫存或是現場使用的材料仍需透過XRF進行直接的分類和品質管控(圖四)。

特別是與石化產業相關的設備(管線、儲存槽等)材質鑑定，一旦因使用錯誤的材質所導致的事件，皆對人員的安全和環境保護產生重大威脅，因此我們堅信—「大膽信任，小心求證(Trust, but Verify)」！這就是PMI的精神！

廠商聯絡資訊：

山衛科技股份有限公司
陳金亮 / 洪詠華 / 嚴子傑
TEL:02-26921400
E-mail:Julian@samwells.com
http://www.samwells.com