

加油站地下油管腐蝕問題診斷技術

王瑞坤 論著

Corrosion Diagnostic Technologies for Underground Pipelines of Gas Stations

Ruey-Kuen Wang

摘 要

本研究是累積多年執行管線破損分析之經驗，所歸納出之加油站油管腐蝕破損分類，並參考加油站之土木、機械及電機設計，以腐蝕防蝕的觀點來研判加油站之油管及油槽的腐蝕原因，並實際至加油站嘗試各種不同檢測技術，確實找出所有可能造成油管及油槽加速腐蝕之證據，經過多次現場應用後，所建立之一套完整且確實的加油站腐蝕檢測技術。

關鍵詞：加油站，地下管，腐蝕損壞

ABSTRACT

This study summarizes the corrosion failure of underground pipe line for several years, especially on the gas station. Apart from the view of corrosion and anti-corrosion, it also considers the civil construction, mechanical and electrical design to investigate the corrosion phenomenon on gas station. In order to find the actual reason for causing the failure of underground pipe line and gas station, an application of different measurement techniques was adopted to obtain the deleterious situation of gas station in practical. An attempt is to establish an integrated measurement system to identify the corrosion of gas station.

Key words: Gas station, Underground pipelines, corrosion failure

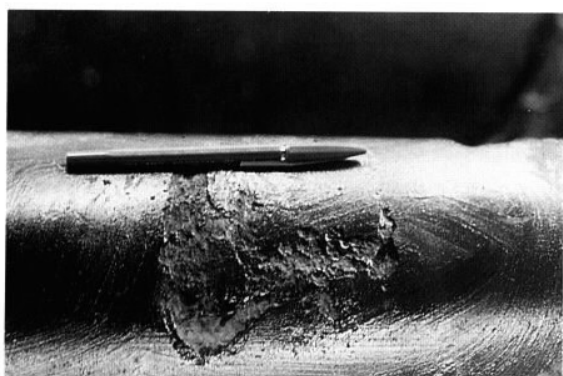
一、前言

近幾年來台灣地區車輛數目都以幾何級數增加，以中油公司原有的加油站已不敷使用，因此政府不得不開放民營加油站的設立，以致全省的加油站到處林立大概有幾千座之多。而這些加油站幾乎都設立在人口稠密的都市或交通要道旁，如果發生事故將會造成很大的災害。從最近幾則

可怕的爆炸報導，都與瓦斯或汽油洩漏有關係，因此不禁讓我們擔心，國人防蝕觀念普遍不足而工程施工品質又不良的情況下，每個加油站無疑的都像是一個個定時炸彈一般。從資料顯示加油站漏油破損案件有逐年增加之趨勢，如果加油站地下油管及油槽腐蝕問題不加以重視，徹底找出問題之癥結所在並給予有效改善，往後問題將會更嚴重。因此為了事業的保障及公共的安全，每



照片一 管線均勻腐蝕型態



照片二 管線局部腐蝕型態

個加油站除了做好防蝕措施外，定期的做好地下油管及油槽腐蝕問題檢查是絕對必要的。

二、破損分析

(一)外觀檢視（腐蝕型態分類）

A. 自然腐蝕：

①均勻腐蝕：腐蝕均勻發生在管線表面，腐蝕生成物覆蓋在腐蝕位置表面，腐蝕生成物成褐色或黑色（見照片一）。由於金屬是種結晶體，晶粒與晶界成分不同，雖然埋在均質的土壤中，仍然會造成許多微觀的電池腐蝕，其它仍有許多原因會造成管線均勻腐蝕。

②局部腐蝕：腐蝕位置發生在局部區域，腐蝕生成物覆蓋在腐蝕位置表面，腐蝕生成物成褐色或黑色（見照片二）。

③伽凡尼腐蝕：如果管線由兩種不同金屬連接，或與其它金屬搭接，且四周有電解質存在的情況下，任何不同金屬間就會產生電位差而造成伽凡尼腐蝕。而陽極與陰極須視兩金屬在電動勢序位中的位置而定，一般而言電位較負者為陽極，而電位較正者為陰極。腐蝕速率與兩金屬電位差值成正比；而與陽極面積比陰極面積之值成反比。

可能原因：1. 新管與舊管連接。

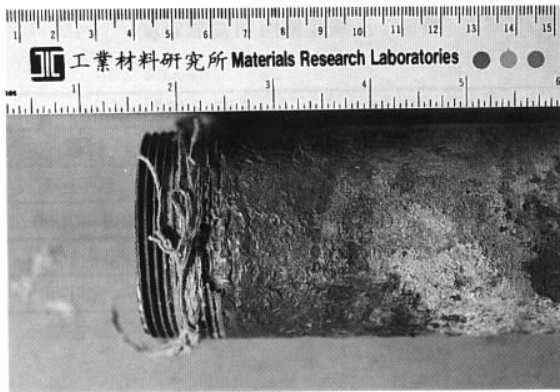
2. 管線連接銅製法蘭、閥、開關。

3. 管線與接地棒或建築結構鋼筋連接。

④異種土壤腐蝕：管線穿過不同土壤也會產生腐蝕，因為相同的金屬處在不同電解質中會產生不同的電動勢，因此如同異種金屬連接產生電位差一般，最明顯的例子是管線穿過水泥與土壤部份，埋在水泥中的管線為陰極，埋在土壤的管線為陽極，這也是重要的局部腐蝕原因之一。

⑤氧濃差腐蝕：另外一種嚴重的局部腐蝕原因是不同氧濃差所造，當管線埋設在均勻的土壤中，某部份的土壤通氣性較好，而另外一部份土壤因其它因素通氣性較差，則通氣性較好部份之管線為陰極，通氣性較差部份之管線為陽極，而陽極部份發生腐蝕。

B. 電蝕：當有迷失電流經由管線表面流向土壤時，鋼管表面就會發生電解作用($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{+2} + 2\text{e}^-$)稱為電蝕，而其腐蝕速率與所流出管線之電流密度成正比，如果流出之位置發生在局部區域時，其孔蝕速度將加快進行。一般而言電蝕類似電解拋光作用，如果迷失電流連續性的流出腐蝕區域，則腐蝕區域無腐蝕生成物覆蓋而呈現金屬光澤（見照片三）；但如果迷失電流非連續性的或電流密度較小時，腐蝕生成物可能覆蓋腐蝕區域



照片三 管線電蝕（箭頭處）

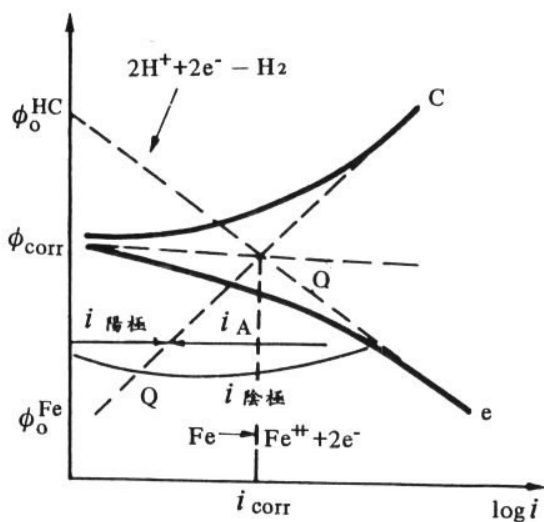


圖 1 極化曲線圖

表面，必須清除腐蝕生成物再依腐蝕形狀及位置加以判斷。

可能原因：1. 漏電。

2. 迷失電流干擾。

3. 靜電荷累積。

4. 高電壓感應。

(二)腐蝕速率測量

腐蝕速率的測定是利用電化學理論，了解管線不受外來因素影響下，在原土壤中之正常腐蝕速率，再比較實際管線腐蝕速率則可了解是否有

外力加速管線腐蝕。腐蝕速率的測定是利用定電位儀作出如圖一之極化曲線 (polarization Curve)。通常計算鋼鐵的腐蝕速率可利用極化曲線得到Tafel Slope。B_a（陽極極化）及B_c（陰極極化）代入線性極化的極化阻抗 (polarization Resistance)，由Stern-Geary的腐蝕速率近似法：

$$I_{corr} = \frac{1}{2.3} \left(\frac{B_a \cdot B_c}{B_a + B_c} \right) \left(\frac{\Delta i}{\Delta \phi} \right) \Delta \phi \rightarrow 0$$

得到腐蝕電流，然後換算腐蝕速率。

(三)腐蝕生成物分析

對於破損管線微觀的分析，一般使用EDS（能量散佈分析儀）作成份定量或定性分析（見圖二）；微觀的腐蝕型態則利用SEM（掃描式電子顯微鏡）（見照片四）。

(四)土壤腐蝕性分析

A. 土壤PH：

一般土壤PH質介於5~8間僅發生均勻腐蝕，酸性較強的土壤（PH4以下）管線會發生激烈孔蝕。在PH10以上幾乎不發生腐蝕。

B. 土壤比電阻：

通常鋼鐵的腐蝕依法拉第法則與流出土壤的電流量成正比，而支配其電流量的重要因素除了電位差最重要的是迴路電阻，而迴路電阻包含活性極化電阻、濃度極化電阻及土壤比電阻，其中土壤比電阻佔的比例最大。腐蝕速率與土壤比電阻之關係可以表一表示。

C. 氧化還原電位：

若土壤中含有有硫酸鹽類而且通氣性差，則這種環境最適合厭氧硫酸還原菌繁殖，由於細菌會將硫酸鹽還原成下列二式：



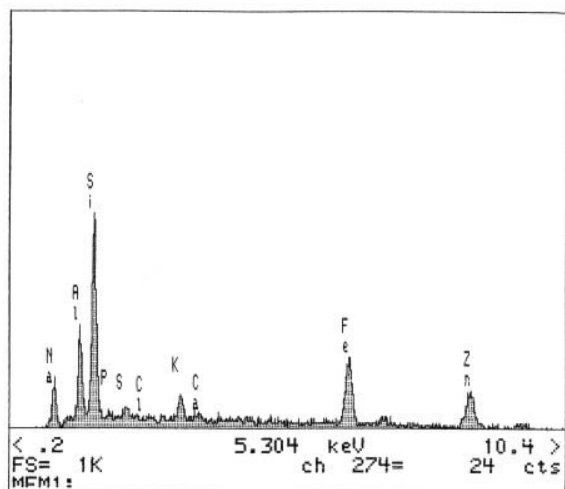
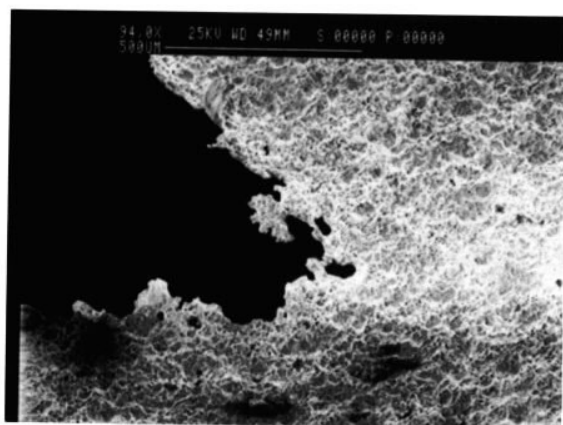


圖 2 腐蝕生成物之EDS成分分析



照片四 管線腐蝕SEM微觀

由於 S^{2-} 為強氧化劑因而加速腐蝕的進行。這種細菌腐蝕作用檢測的方法一般採用測量土壤氧化還原電位。氧化還原電位的測量方法是將白金電極插入土壤，再以飽和甘汞電極測量白金電極電位，並配合土壤pH校正，則可依 $E_{redox} = E + 0.247 + 0.059 \cdot (7 - pH)$ 求得土壤氧化還原電位，土壤氧化還原電位與細菌腐蝕作用之傾向可依表二表示。

D. 氯離子、硫酸根離子濃度：

氯離子及硫酸根離子主要的作用是破壞鈍態

表 1 土壤比電阻與腐蝕速度

腐蝕性	大約腐蝕速度 (mm/yr)	土壤比電阻(Ω -cm)	
		美國	蘇聯
甚大	>1	0~100	0~100
大	0.2~1	100~1000	500~2000
中	0.05~0.2	1000~6000	2000~10000
小	<0.05	>6000	>6000

資料來源：金屬防蝕技術便覽——日本腐蝕防蝕協會

表 2 氧化還原電位腐蝕性評估標準

E_{redox} 氧化還原電位	細菌腐蝕傾向
<100mV	激烈
100~200mV	中程度
200~400mV	輕微
>400mV	無

資料來源：金屬防蝕技術便覽——日本腐蝕防蝕協會

膜，使鋼鐵繼續往深層腐蝕，一般檢測的方法多採用化學定量分析。

三現場檢測技術

(一)管線及油管包覆阻抗測試

在地下管線的防蝕措施中，最有效的方法是選擇優良的管線包覆材料做為油管的第一道保護，再以陰極防蝕做為補充，如此則可達到完善的防蝕效果。但如果包覆做得不好，再做任何的防蝕措施都會事倍功半，因此管線的包覆品質是相當重要的。一般評估包覆的良窳，主要是判斷塗膜阻抗的大小，而塗膜阻抗的大小。則決定於包覆缺陷的多寡，包覆缺陷多的阻抗低，防蝕效果較差，包覆缺陷少的塗膜阻抗高，防蝕效果較好。包覆材料對電的有效程度常以每平方公尺之塗膜電阻表示之（ $\Omega \cdot m^2$ ）一個良好的包覆其阻

表 3 地下管線防蝕包覆評估標準

塗膜破損程度	每平方公尺之塗膜電阻($\Omega \cdot m^2$)	塗膜之評價
損傷皆無	~ 10000	非常優良
損傷極微(小點)	$10000 \sim 2500$	良好
損傷微小(少數)	$2500 \sim 500$	可接受
局部大面積損傷	$500 \sim 50$	不適用
非常大面積損傷	$50 \sim 5$	非常不適用
無塗裝	5	

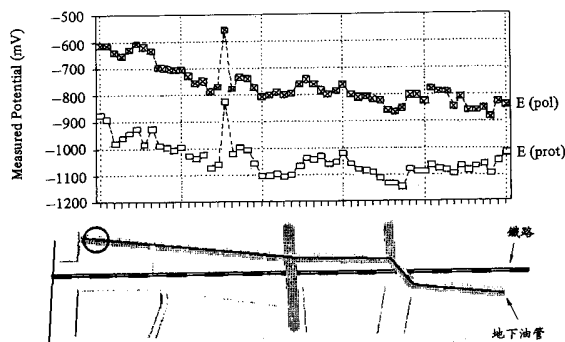


圖 3 緊密電位測量圖形分析

抗值可達 $10000\Omega \cdot m^2$ 以上，但一個有缺陷的包覆阻抗可能很低，一般判斷管線包覆好壞的標準可以以表三表示之。

(二)管對地電位測量

此方法是利用鋼鐵對地電位與管線位置之關係圖，藉以了解陰極防蝕效果或管線包覆效果，可有效的定出管線陰陽極的關係，藉以判斷可能的腐蝕位置。一般都採用緊密電位測量，利用記錄器收集數據，再利用分析軟體進行分析（見圖三）。

(三)管線相關絕緣性測定

此測定主要是要了解油管及油槽，是否與其它金屬結構物（包括鋼筋、其它管線、接地棒…等）搭接在一起，因為如果油管与其它金屬搭接

（電位較鋼鐵更正之金屬）則會發生伽凡尼電池作用，造成油管的加速腐蝕。

(四)接地系統對地電阻測試

接地系統最主要的功能是，將一些因設備運轉造成的靜電及其它不慎的漏電電流或雷擊電流排除的系統。如果接地系無法發揮應有的功能，很可能這些電流會藉著油管或油槽排至大地，因而造成嚴重的電蝕。接地電阻可以用接地計量測，接地電阻愈低愈好，最好低於管對地電阻。

(五)管對地電位長時間變化測量

長時間管對地電位變化的目的，主要是要了解是否有外來的雜散電流，以週期性或非週期性的進入管線，如果配合現場周圍環境及記錄測量期間其它可能影響因素，則可判斷雜散電流之來源，藉以有效的加以阻擋或排除。一般做長期監測至少需連續24小時以上的時間，並且要詳細的記錄測量位置，（一般必須在加油站四周均勻量測5點以上），而記錄器讀取電位的頻率愈高愈好，一般測量結果（見圖四）最好能夠應用分析軟體，可配合外來影響因素之發生而做無限放大分析（如圖五）。

(六)各種設備漏電測試

主要測試加油機運轉時或其它電力系統是否有漏電情形，可利用示波器測量管對地電位之波

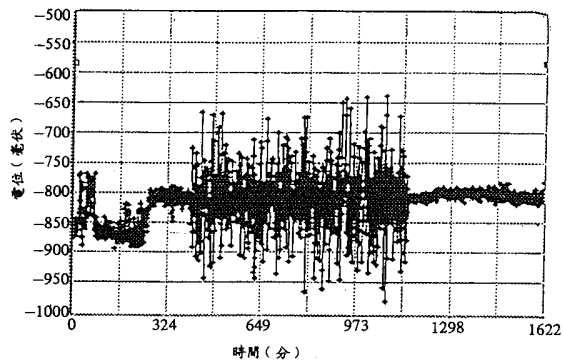


圖 4 長時間管對地電位變化圖

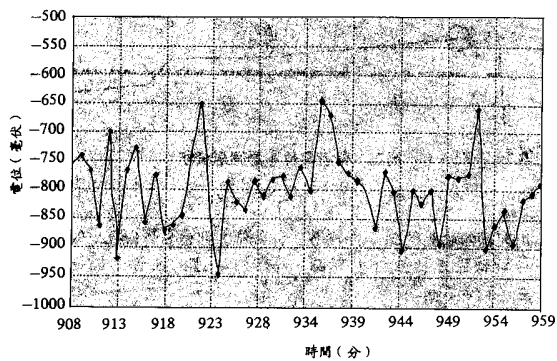


圖 5 圖四部分時間放大圖

形，由波形可了解電流之波形、頻率及電壓大小。

四、結論

以上各種測試，如果發現有異常的現象，可以再更進一步做定量檢測，確實找出問題之所在。至於改善的方法，仍然是針對各項缺失逐一解決，最重要的解決這些問題之後一定要做陰極防蝕以確保防蝕效果。

參考文獻

1. 金屬防蝕技術便覽—日本腐蝕防蝕協會。
2. 「電食、土壤腐蝕ハンドブック」日本電食防止委員會。
3. Pipeline Corrosion and Cathodic protection—Marshall. E. Parker Edward G. Peattie.
4. "Control of pipeline Corrosion", A. W. Peabody, Dec, 1967. pp. 9-18. NACE.
5. Cathodic Protection—Theory and Practice—V. Ashorth C. J. L. Booler.
6. “電氣防蝕法之實際”——中川雅央著。
7. 腐蝕と對策事例集——日本腐蝕防食協會。