

水中設施電氣防蝕的監測方法

葉江榮

一、前言

水中鋼鐵結構物（例如港灣碼頭設備、船舶機器設備等）視腐蝕環境多採行電氣（陰極）防蝕，一般都定期測定鋼鐵厚度，觀察其表面狀態，或利用試片腐蝕減量的測量，或鋼鐵表面極化電位的監測等，做為有力的管理項目。

影響陰極防蝕結果的有季節變化（水質、水溫、污染程度、水流速度、海生物附生情形等）以及結構物運轉狀況等因素。監測防蝕效果是防蝕管理上的極重要工作，於下予力介紹應用實例以供參考。

二、防蝕監測系統

2-1 防蝕監測的目的

在陰極防蝕設備中附設的監測裝置，用以判斷鋼鐵結構物的「受保護程度狀況」，腐蝕起因與防蝕效果其經濟效益如下：

- (1)能够集中管理「被保護設備的防蝕狀況」。
- (2)可以預防腐蝕損壞所引起的故障災害發生，因而可提高設備的經濟運轉效率。
- (3)可以減低維護保養管理費用。

(4)可獲得有關防蝕的實際情報，而改善此後之防蝕設計。

2-2 防蝕監測的方法

防蝕監測的主要功能在於監視：(1)電氣防蝕裝置的正常運轉，以及(2)電氣防蝕效果的發揮。兩者互應，則防蝕管理達到完善。圖1表示流電陽極方式及外加電流方式電氣防蝕的管理系統。

2-2-1 流電陽極方式

防蝕體表面的流電陽極依環境條件及適用條件可選用鋁合金陽極，鋅合金陽極，或鎂合金陽極。此等陽極受(1)~(5)項環境變化而改變其發生電流大小及耐用壽命長短，結果也影響到其可發揮的防蝕效果。

- (1)水溫（水的電阻率）。
- (2)水質（污染情形）。
- (3)流速（水的流動狀況）。
- (4)塗膜劣化（被防蝕體表面原有塗裝層的破損）。
- (5)海生物的附着（海水中貝介類及海藻類之繁殖生長附結情形）。

因而需要圖2中A、B所示的管理。

A：為明瞭防蝕狀態，在被防蝕體表面選定適當位置

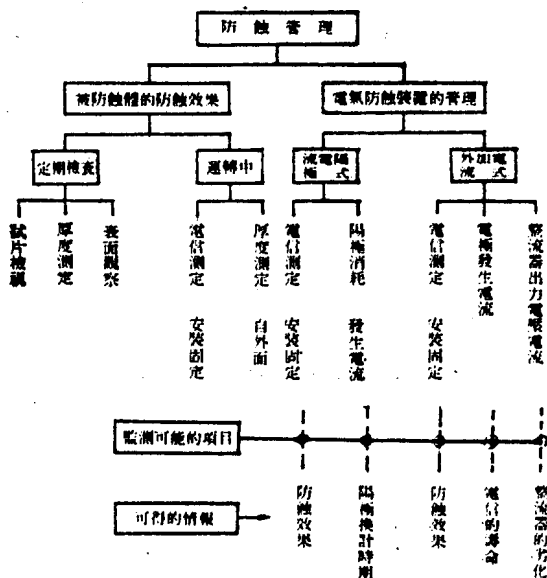


圖-1 電氣防蝕管理系統的分類

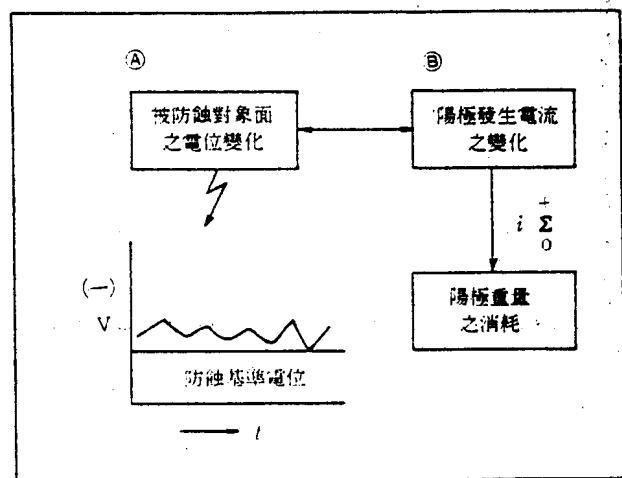


圖-2 電位變化與陽極消耗之關係

裝設鋅參考電極或氯化銀參考電極，實行電位測試，依所得電位數據是否在防蝕基準電位負方向而加以判別。

⑥：陽極發生電流大小的測知方法是，選定任意一種陽極後使其與被防蝕體間介置分流電阻器(Shunt)互相連接，從該分流電阻器的電壓降低值計得陽極發生電流。

2-2-2 外加電流方式

選用外加電流方式陰極防蝕注應考慮條件為：

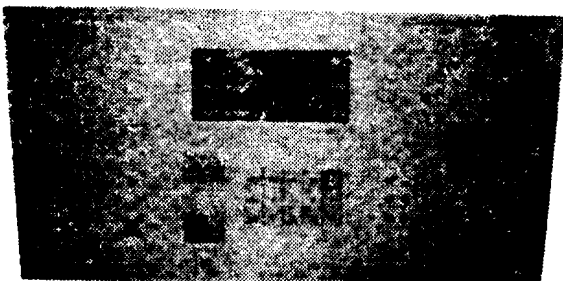
- (1)所需要的防蝕電流相當大。
- (2)腐蝕環境條件變化顯著。
- (3)外加電流用交直流電源供應容易獲得。
- (4)防蝕系統設備的保養管理容易。

外加電流方式陰極防蝕主要設備為輔助電極裝置，直流電源裝置(整流器)以及現場配電電路電線設備等，正確的通電操作則可獲得良好的防蝕效果。因此，其需要管理為④、⑤兩項的測定：

④：直流電源裝置(數流器)的輸出電壓與電流。

⑤：被防蝕體表面的防蝕電位。

目前，外部電源方式陰極防蝕用直流電源裝置內部已可附設防蝕管理裝置，有多種研究參考。照片1為市售品之一例。本裝置可在防蝕通電中，每隔一定時間將設備中電源裝置輸出電壓，電流，及利用裝設在各不同位置參考電極測知的電位狀態，加以測定並印於記錄紙上。圖3表示防蝕電位與防蝕裝置間的關係。



照片1 防蝕管理裝置的外觀

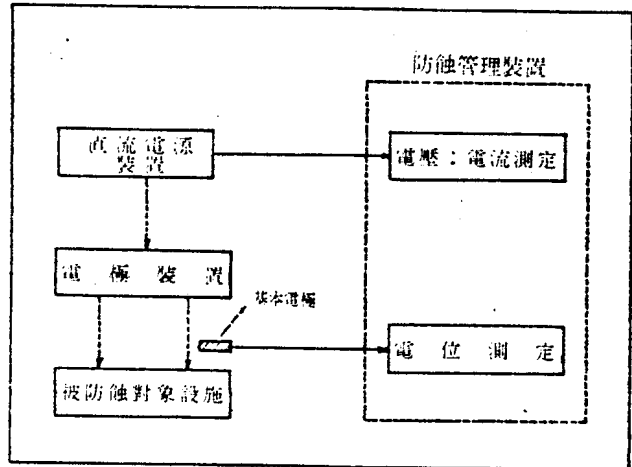


圖-3 電位與防蝕裝置之關係

蝕發生，同時提高發電效率的標準對策。

在此種情況下，對於冷凝器的防蝕維護，不應僅單獨考慮電氣防蝕裝置系統設計，也應考慮冷凝器系統全部的運轉管理，尤其有關腐蝕與防蝕的「周邊技術」，以改進新的電氣防蝕裝置。圖4表示有關周邊技術與電氣防蝕的關係。

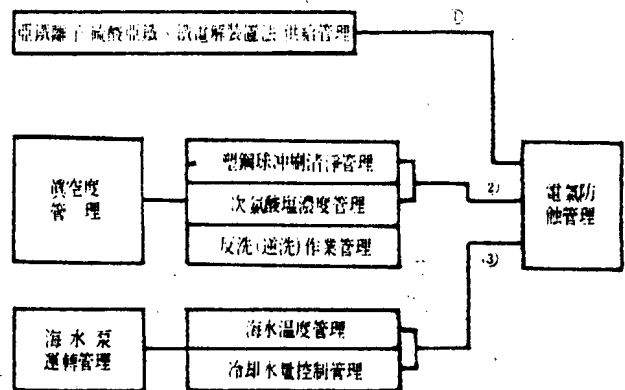


圖-4 在各種運轉管理下的冷凝器維護周邊技術與電氣防蝕裝置的關係

三、防蝕監測實施例

3-1 冷凝器的電氣防蝕裝置

3-1-1 一般說明

火力電廠用冷凝器管使用鋁黃銅 (Al Brass) 材料者居多，常受到冷却海水的嚴重侵蝕而發生破洞洩漏事故。其原因有多種，電廠運轉變動大，也是促使海水洩漏可能原因之一。因而，過去對於防止冷凝器洩漏海水所採取之對策，除了一面採用電氣防蝕法以外，一面加強整體設備的運轉管理的穩定性，做為改善設備維護保養，防止腐

關係。

3-1-2 新型自動控制式電氣防蝕系統

過去使用的電氣防蝕裝置為定電壓式，隨着腐蝕環境的變化需要以人工調節防蝕電流大小。近年來，已利用自動設備控制防蝕電位，將標準防蝕電位設定於固定範圍內。圖5及圖6為新式自動控制電氣防蝕系統的實例。

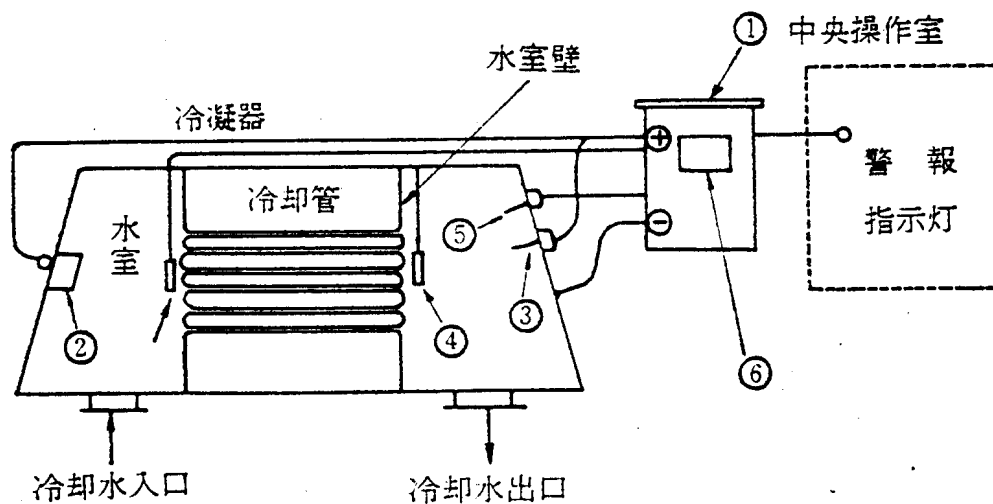


圖-5 新式自動控制式電氣防蝕系統

(圖5.中號碼說明)

- ① 直流電源裝置定(電位自動控制式)
- ② 鐵電解裝置(Fe^{++} 離子供應裝置)
- ③ 鉛銀合金電極裝置
- ④ 電位標準參考電極(鋅參考電極)裝置
- ⑤ 水位感應電極
- ⑥ 電位監視裝置(PAL)

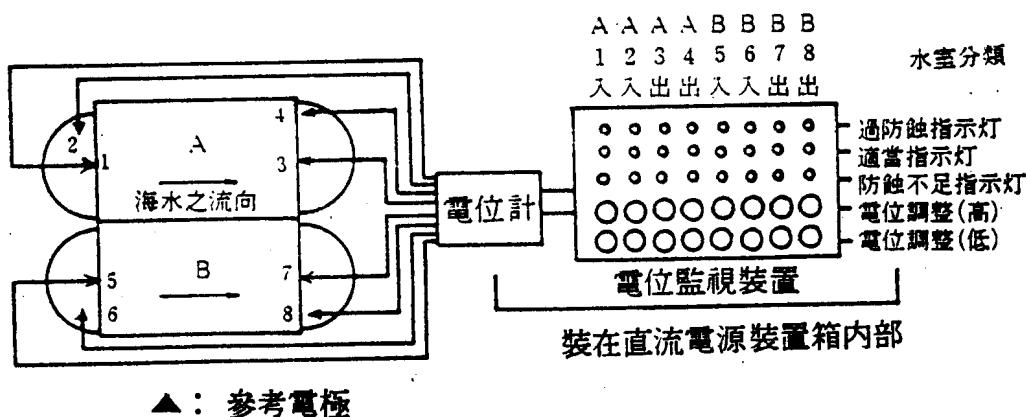


圖-6 電位監視系統圖

3-1-3 電位監視方式自動控制電流裝置的效能

使用新型的電位固定監視自動控制電流式電氣防蝕系統，對冷凝器水箱中管板實施防蝕的結果至為優異。其操作便利，現場監視指示燈的顏色變化，則可知異常電位，

可作適當調整，發揮最高的防蝕效用。

圖7係採用舊式（通電電流強度固定）電氣防蝕時，管板表面電位的變化情形。如圖所示，其電位變化達 200 mV，因而時時需要實施防蝕電流輸出大小的調整工作。

5 號冷凝器出口 Ab

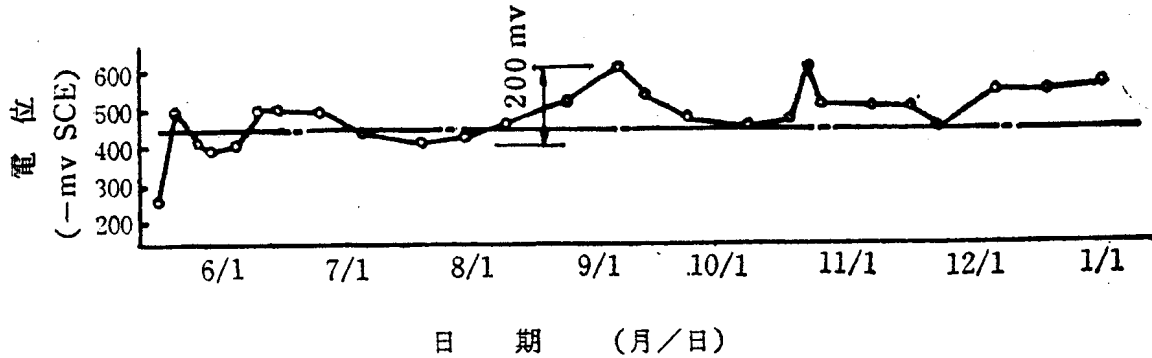


圖-7 防蝕電流固定方式陰極防蝕系統的冷凝器管端板電位變化情形實例

圖8係採行新方式（定電位與電位監視裝置）電氣防蝕時，管板表面電位因自動控制功能發揮作用，經常維持

在約 -650mV (SCE)，而只防蝕電流在 $32\text{A}\sim 70\text{A}$ 大小範圍內自動增減調節變化的情形。

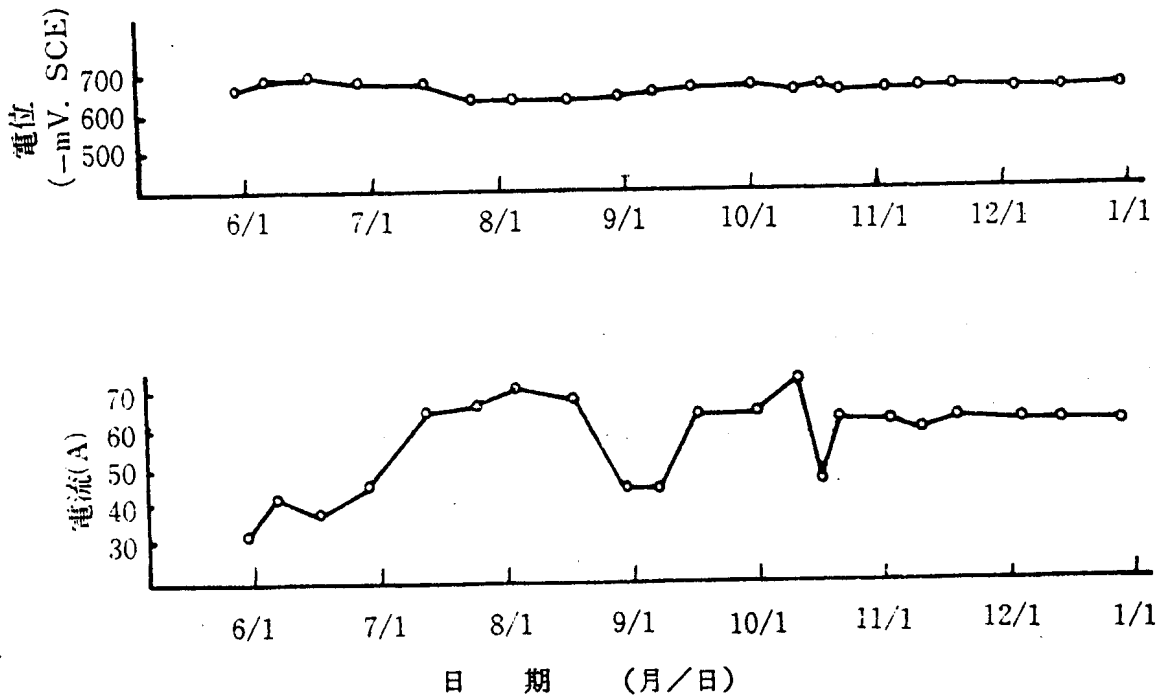


圖-8 管板表面電位固定時的防蝕電流變化情形

由此結果可知在冷凝器冷卻管與管板、水箱的陰極防蝕管理，為保持防蝕電位於標準範圍內，必需裝設電位監視裝置。

3-2 船體外殼鋼板的電氣防蝕裝置

3-2-1 一般說明

對於鋼鐵船體外殼的防蝕保護，自古則採行電氣防蝕

及防蝕塗裝並行實施方式。電氣防蝕用流電陽極則使用鋅合金材料者為多。最近為提高防護效果，開始採用定電位自動控制電流式外加電流陰極防蝕方法，以期充分補救長期航海期間，船板表面防蝕塗裝表層的磨損劣化缺點。

本方式防蝕裝置是，在船體裝設不溶性輔助電極及參考電極之後，將直流電源裝置的負極連接於船殼外板，同時將正極連接於不溶性輔助電極，利用海水的導電性從不溶性電極向船體鋼鐵外殼板放出防蝕電流，並且利用自動

控制裝置系統調節參考電極與船體鋼板間的電位差使其維持一定值。

此項自動控制方式電氣回路系統如圖9所示。目前已廣汎應用於大型油輪以及海洋開發研究作業船，發揮預期的防蝕效果。

3-2-2 裝設自動控制式外加電流陰極防蝕裝置後的效果監測實例

對如圖10所示一艘十二萬噸級日本油輪，裝設自動控

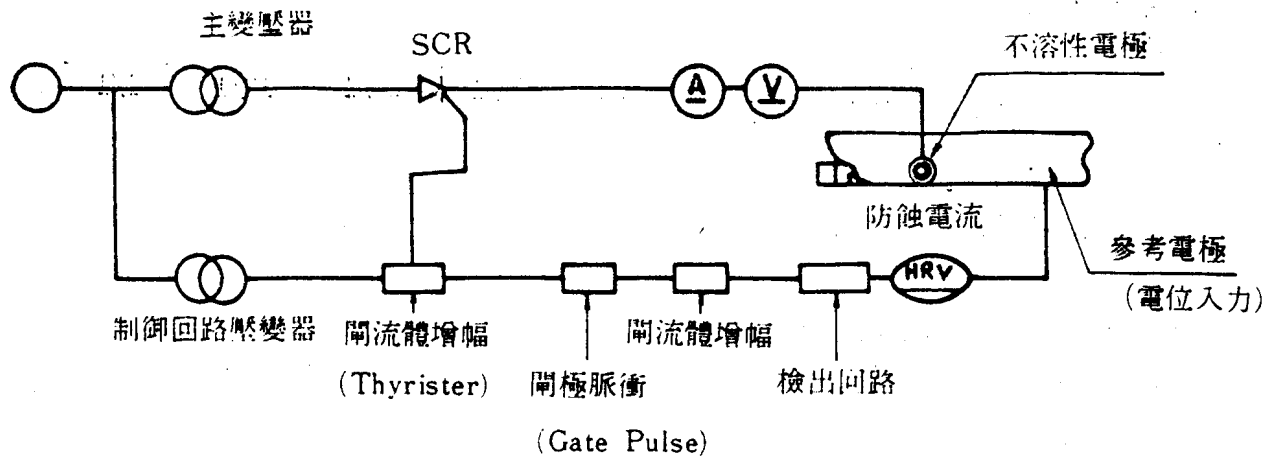


圖-9 自動控制電流式定電位陰極防蝕用電氣回路略圖

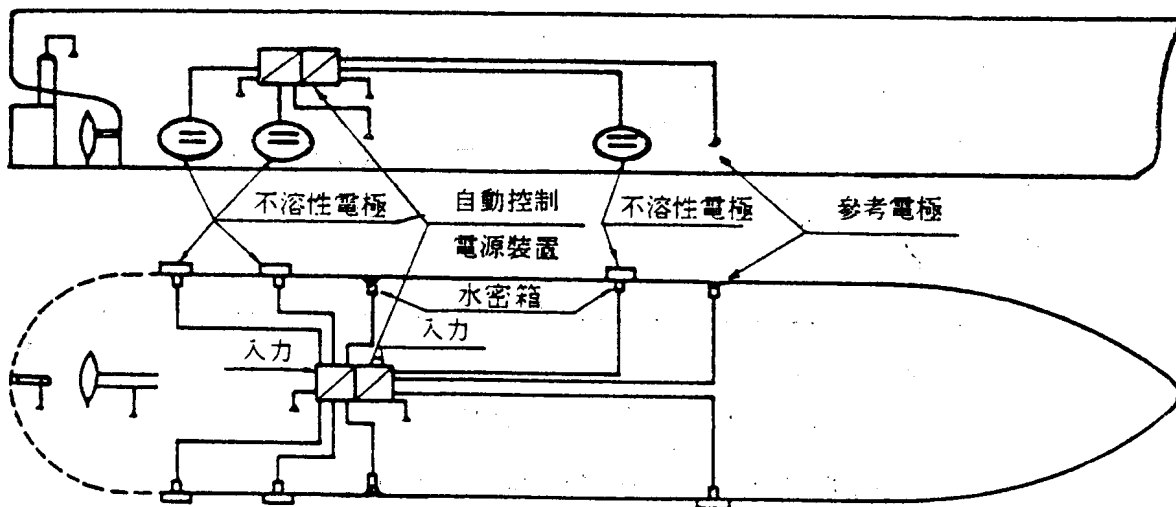


圖-10 油輪陰極防蝕裝置配線系統

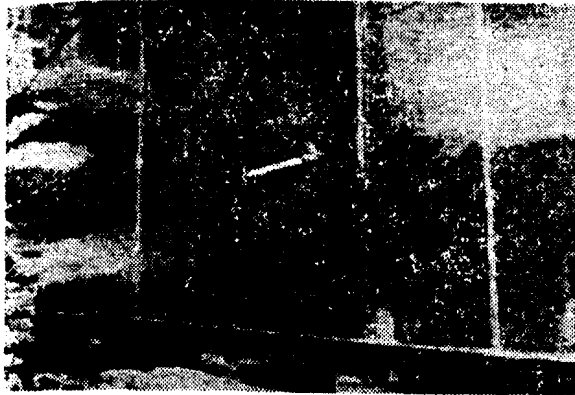
制電流式定電位陰極防蝕系統，在造船廠安裝防蝕設備部份如下（參閱照片 2 及照片 3）。

(1)不溶性電極 100A型，4支（裝於船尾附近）

(2)不溶性電極 150A型，2支（裝於船中央部）

(3)參考電極 Zn型，2支（裝於船尾附近）

(4)參考電極 Zn型，1支（裝於船中央部）



照片 2 不溶性電極（陽極）



照片 3 參考電極

航海中的船殼外板防蝕狀態的監測，可由直流電源裝置配電盤上的電流電壓錶及電位指示錶（以參考電極電位為準）所顯示的數據達成。

本例的輪船開航後防蝕電流變動情形，及船殼鋼板防蝕電位的維持平穩情形如圖11所示。

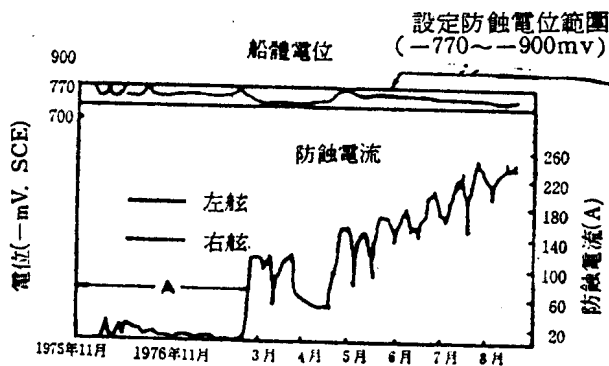


圖-11 開航後，油輪外殼鋼板的防蝕電流與防蝕電流變化

該輪船開航後經過A段期間（約一年），其防蝕電位經常維持在設定範圍（ $-770 \sim -900\text{mV}$, vs SCE）以內而通電（防蝕）電流也平穩，在 20A 左右增減。其後因發生觸礁擱淺在沙洲事故拖離沙洲，檢查船底結果，雖然船底漆有廣大面積的破損剝落，船身底部鋼鐵殼板殆無損傷。因此，觸礁事件發生後一週，再度開航。對於船身外殼鋼板的陰極防蝕影響，如圖 11 所示。開航後，通電電流較觸礁之前增加。其後，在九個月的航海中，由於船底漆皮膜陸續磨損剝落，通電（防蝕）電流也就繼續上升。因此，將船開到船埠重新補修防蝕塗裝約 2,500 平方公尺

。

防蝕再塗裝完畢，出航後兩個月陰極防蝕情況如圖12所示。開始一個月期間的防蝕電流稍為大些（60A~40A）之後，逐漸減低至 30A~20A，回復至原來的 20A 平穩狀態。船體鋼板的防蝕電位也穩定保持在設定範圍（ $-770\text{mV} \sim -900\text{mV}$ ）以內，情況至佳。

如此，由於裝設自動控制電流式定電位電源裝置，雖然遇到觸礁磨破船底，仍能保護船身鋼板，避免其受到海水的嚴重腐蝕，可謂該項裝置系統為電氣防蝕監測功能之唯一有力法寶。

四、防蝕監測管理項目

對於水中設施電氣防蝕的實效，依其為流電（犧牲）陽極方式或外部電源式陰極防蝕方式，需要採取適合各方式優點的防蝕偵測管理方法。有關各類水中設備器材的防蝕管理項目如表 1。

對於腐蝕環境中各種器材防蝕效果與防蝕設備運轉情況的管理監視的重要性，可採取下述各點措施加以檢討：

(1)不僅對電氣防蝕效果加以偵測，也需要檢查油漆表面狀態及耐蝕金屬表面所發生孔蝕（Pitting）輕重程度，並檢討不容易防蝕的狹窄範圍內的補救對策。

(2)研究如何善加利用檢查偵測到的數據資料。因此，需要進行數據的統計處理，並同時進行研討包括腐蝕抑制劑，耐蝕性金屬材料以及環境改善等項目的防蝕對策。

(3)監視被防蝕設施運轉機能的正常情形，同時配合管理附設的防蝕措施，以期達到最高的綜合效果。

五、結 言

近年來各行業工廠的運轉管理，已逐漸趨向集中管理

、自動化、以及節約能源為工作目標，以期提高生產效率，減低成本。在防蝕工程方面也隨着各類科技的發展，及應用範圍的擴大，基本腐蝕理論的認識與實際防蝕措施的採用，及具體有效的防蝕保護成績，而普獲工業界的重視。

防蝕工程上的「正確靈敏的偵測與監視」技術與設備的開發研究，目前尚處在初步階段。其進步的關鍵在於多方面進行現場測試與改良，始克發展完善而且經濟便利的腐蝕偵測與防蝕監測裝置。

本文資料係日本著名防蝕工程公司——中川防蝕公司

技術部次長蜂谷實 (Minoru Hachia) 所發表於 1983 年 11 月號防鏽管理技術雜誌者。筆者於 1980 年間訪問東京電力公司考察電廠防蝕工務時，親受其講解指導除極防蝕實務，爰特譯述供有關業界參考。

參考文獻

(1)中川防蝕技報，No. 20, 1981, P. 3, 蜂谷實。

(2)中川防蝕技報，No. 20, 1981, P. 12, 木村朝夫。

本文轉載自臺電工程月刊第435期73.11.

作者：任職臺電電力研究所

新聞集錦

資料來源：日文報紙 (MR73—117)

資料分類：新聞集錦36

標 題：(一)利用電磁場早期發現埋設鋼管的缺陷所在 (日刊工業新聞 1984 年 9 月 10 日)

英國 Dynalog Electronic 公司開發出利用微感應器高速正確查出已埋設之鋼管渠道被覆物的缺陷、腐蝕、洩漏等缺點的檢查裝置「C-scan」系統。此檢查法的特色是利用電磁場原理，可使①檢查容易，②檢查時間大幅縮短，③各種地面的利用均宜。

「C-scan」是測定鋼管渠道上的電磁場而加以分析的裝置。電磁場以準備好的信號發生器誘導，信號發生器安置在鋼管渠道的適當場所並接地。對鋼管渠道全長而言，不需讀取其測定值，僅需在 50~100 公尺間隔的場合讀取檢查值即可，故有作業簡略、省力的優點。另外，可使用於檢查混凝土、凍結地等硬地面下的鋼管渠道，亦是「C-scan」的特長。

「C-scan」中，電磁場的變動本身並不顯示存在於鋼管渠道上的缺陷，而是據其變動來作分析處理，瞭解鋼管的正確位置，中心線的深度，一定區間，在和以前的測定資料比較分析下，表示出缺陷的有無。檢查資訊以數值表示，檢查資料存入資料庫可隨時讀取。

「C-scan」不僅用在已埋設的鋼管渠道上，還能檢查埋設中之鋼管渠道被覆物的損傷。

本文由葉江榮先生提供