

硝酸鈉對碳鋼抗蝕性之影響

方又興*・徐聰仁* 著

The Effect of Sodium Nitrate on the Corrosion Resistance of Carbon Steel

Y. S. Fang and C. J. Hsu**

摘要

本研究以動電位極化掃描方法探討：(1)硝酸鈉在氯化鈉水溶液中對碳鋼抗蝕性之影響；(2)鉻酸鹽在 pH=3 之硝酸鈉水溶液中的抑制行為。其結果歸納如下：1. 當 pH=3 時，腐蝕速率隨硝酸根離子濃度增加而上升。在 pH=5 和 11 時，腐蝕速率隨硝酸根離子濃度增加而下降。在 pH=7 和 9 時若硝酸鈉濃度大於 0.2M，腐蝕速率異常昇高。2. 鉻酸鹽在 pH=3 的硝酸鈉溶液中為腐蝕抑制劑。

ABSTRACT

The study was executed by potentiodynamic polarization method to investigate: (1) the effect of sodium nitrate on the corrosion of carbon steel in sodium chloride aqueous solutions; (2) the inhibition effect of chromate on the corrosion of carbon steel in sodium nitrate aqueous solution at pH=3. The results are summarized as follows: 1. At pH=3, the corrosion rate increases with the increasing concentration of NO_3^- . At pH=5 and 11, the corrosion rate decreases with the increasing concentration of NO_3^- . At pH=7 and 9, if $[\text{NaNO}_3] \geq 0.2\text{M}$ the corrosion rate increases unnaturally. 2. Chromate acts as an inhibitor in sodium nitrate solutions.

Key words: Inhibition effects of sodium nitrate, Effect on carbon steel corrosion, by pH and chromate

一、簡介

台灣的大氣成份中富含著能形成酸雨的硫化物與氮化物^(1,2)，它們在大氣雲層中藉著光能和充足的空氣污染物，進行複雜的化學反應⁽³⁾。反應生成的硫酸鹽和硝酸鹽，會隨著雨水或自行下降至地面，而對鋼鐵構造物的腐蝕發生影響⁽⁴⁾。雖然大氣腐蝕的研究為許多先進所重視，但相較於硫酸鹽—鋼鐵腐蝕系統研究的發表數量，關於硝酸鹽者就略顯不足了。

有鑑於硝酸鹽—碳鋼腐蝕系統參考數據的不易取得，並承襲本實驗室對於各種陰離子水溶液在廣大 pH 範圍內對碳鋼之腐蝕或保護行為，提供較完整參考資料的一貫努力。我們決定執行此一研究計畫，以滿足吾人對硝酸鹽水溶液（包括鐵表面水汽與硝酸鹽共同吸附者）腐蝕作用的好奇。根據一些學著在期刊中發表的報告⁽⁵⁻⁷⁾，及 J. Tousek 在 1985 年出刊的書中⁽⁸⁾提到，硝酸根似乎並不單純為一種腐蝕性離子，其複雜的本質

*逢甲大學材料科學系

將使此一研究更具意義與趣味。

二、實驗方法

本實驗分為兩部份：

第一部份：分別選取 4 種氯化鈉濃度（0.001、0.01、0.1 和 0.62M）及 5 種硝酸鈉濃度（0.001、0.01、0.1、0.2 和 0.5M），在 5 種不同 pH 值環境下（3、5、7、9 和 11）進行動態極化曲線掃描，並求出碳鋼在各種環境中之腐蝕速率。試片以砂紙研磨，正面至 1200 號，反面至 400 號無銹為止，水洗吹乾後備用。將試片置入調整好 pH 值之溶液中，其曝露面積為 1.0cm^2 ，浸漬時間 1 小時（通空氣加攪拌）。動電位掃描由 -950mV 向陽極極化至 $+900\text{mV}$ ，掃描速率為 1mV/sec 。

第二部份：分別選取 4 種硝酸鈉濃度（0.001、0.01、0.1 和 0.5M）及 3 種鉻酸鈉濃度

（ $[\text{CrO}_4^{2-}] = 0.04, 0.24 \text{ 和 } 1.44\text{M}$ ）在 pH 值固定為 3 的水溶液中進行極化曲線掃描，試片之處理及極化步驟與第一部份者相同。

三、實驗結果與討論

3.1 硝酸根離子濃度對腐蝕速率之影響

1. 不含氯化鈉的腐蝕系統

圖 1 顯示在每一固定的 pH 值下，硝酸鈉濃度對腐蝕電流密度變化的影響，其變化趨勢可大略分為四類：

(1) 在 $\text{pH}=3$ 系統

腐蝕電流密度隨硝酸鈉濃度之增加而上升。並由極化曲線圖 8 發現未有鈍化之現象，我們推論硝酸根為強腐蝕劑，將鐵氧化成 Fe^{2+} ，而自身被還原為 NO ，此可能為腐蝕速率上升之主因。硝酸根與鐵之反應如下⁽⁹⁾：

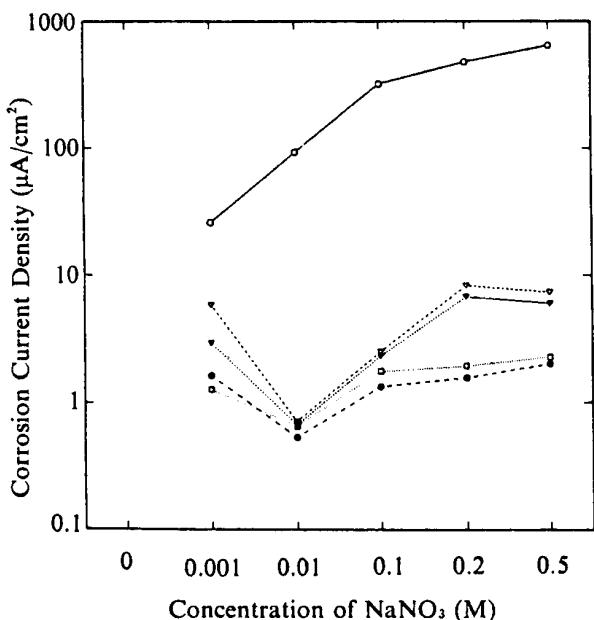


圖 1 碳鋼在不含 NaCl 水溶液，不同 NaNO_3 濃度不同 pH 之腐蝕電流密度

Fig. 1 Corrosion current densities for carbon steel in nitrate solutions without chloride at various pHs.

◦ $\text{pH}=3$; • $\text{pH}=5$; ▽ $\text{pH}=7$;
▲ $\text{pH}=9$; □ $\text{pH}=11$

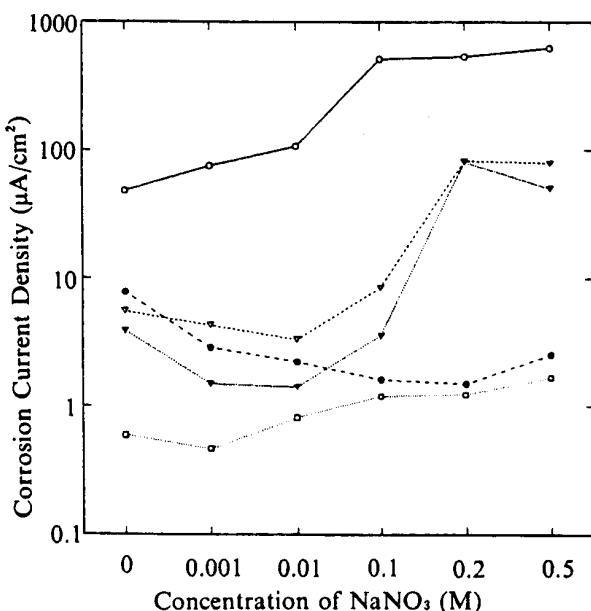


圖 2 碳鋼在 $[\text{NaCl}] = 0.001\text{M}$ ，不同 NaNO_3 濃度，不同 pH 之腐蝕電流密度

Fig. 2 Corrosion current densities for carbon steel in solutions of $[\text{NaCl}] = 0.001\text{M}$ and various $[\text{NaNO}_3]$ at various pHs.

◦ $\text{pH}=3$; • $\text{pH}=5$; ▽ $\text{pH}=7$;
▲ $\text{pH}=9$; □ $\text{pH}=11$

硝 酸 鈉 對 碳 鋼 抗 蝕 性 之 影 響

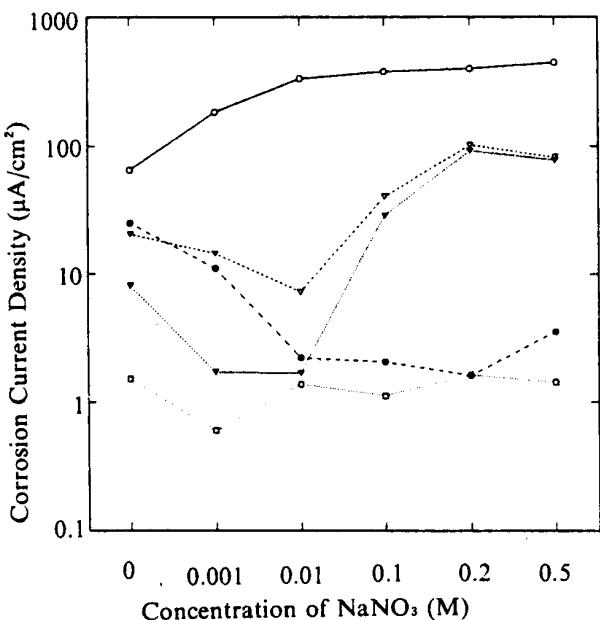


圖 3 碳鋼在 $[\text{NaCl}] = 0.01\text{M}$, 不同 NaNO_3 濃度, 不同 pH 之腐蝕電流密度

Fig. 3 Corrosion current densities for carbon steel in solutions of $[\text{NaCl}] = 0.01\text{M}$ and various $[\text{NaNO}_3]$ at various pHs.

◦ pH=3; • pH=5; ▽ pH=7;
▲ pH=9; □ pH=11

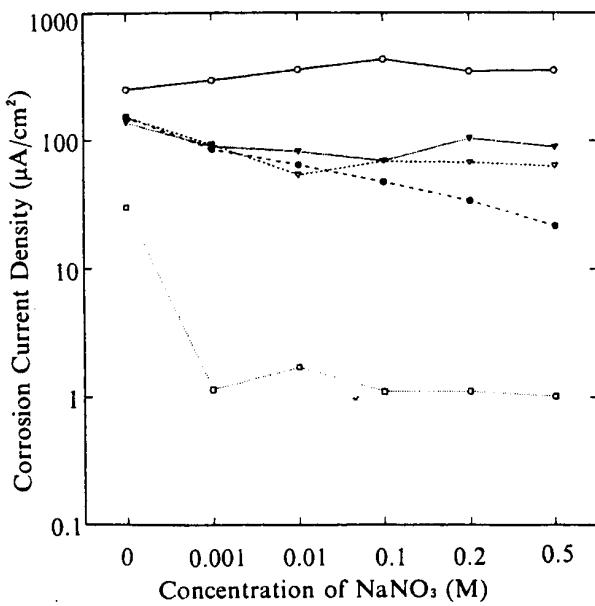


圖 4 碳鋼在 $[\text{NaCl}] = 0.1\text{M}$, 不同 NaNO_3 濃度, 不同 pH 之腐蝕電流密度

Fig. 4 Corrosion current densities for carbon steel in solutions of $[\text{NaCl}] = 0.1\text{M}$ and various $[\text{NaNO}_3]$ at various pHs.

◦ pH=3; • pH=5; ▽ pH=7;
▲ pH=9; □ pH=11

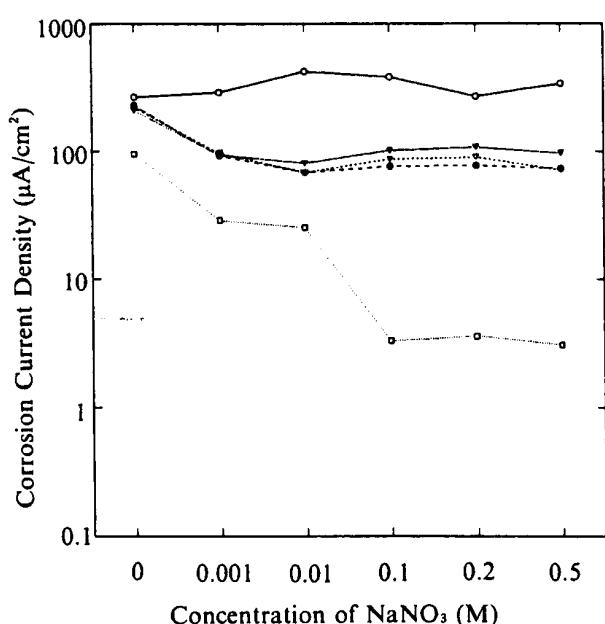


圖 5 碳鋼在 $[\text{NaCl}] = 0.62\text{M}$, 不同 NaNO_3 濃度, 不同 pH 之腐蝕電流密度

Fig. 5 Corrosion current densities for carbon steel in solutions of $[\text{NaCl}] = 0.62\text{M}$ and various $[\text{NaNO}_3]$ at various pHs.

◦ pH=3; • pH=5; ▽ pH=7;
▲ pH=9; □ pH=11

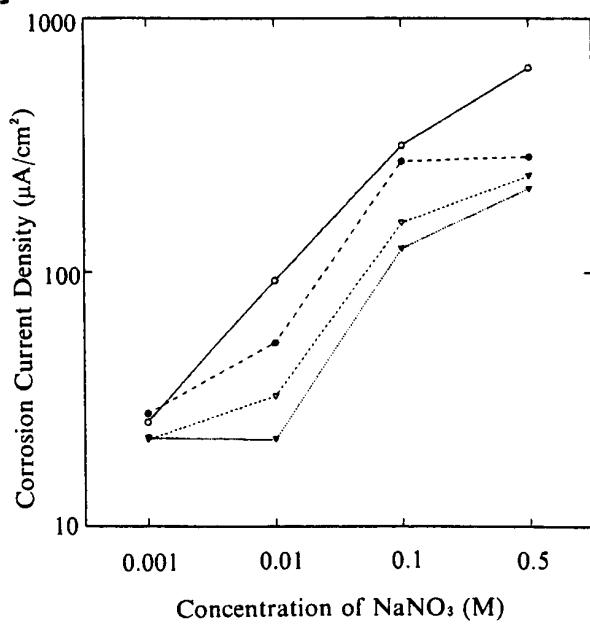


圖 6 碳鋼在 pH=3, 不同 CrO_4^{2-} 濃度, 不同 NaNO_3 濃度之腐蝕電流密度

Fig. 6 Corrosion current densities for carbon steel in solutions containing various $[\text{NaNO}_3]$ and $[\text{CrO}_4^{2-}]$ at pH=3

[CrO₄²⁻]: ◦ 0; • 0.04; ▽ 0.24;
▲ 1.44 g/l

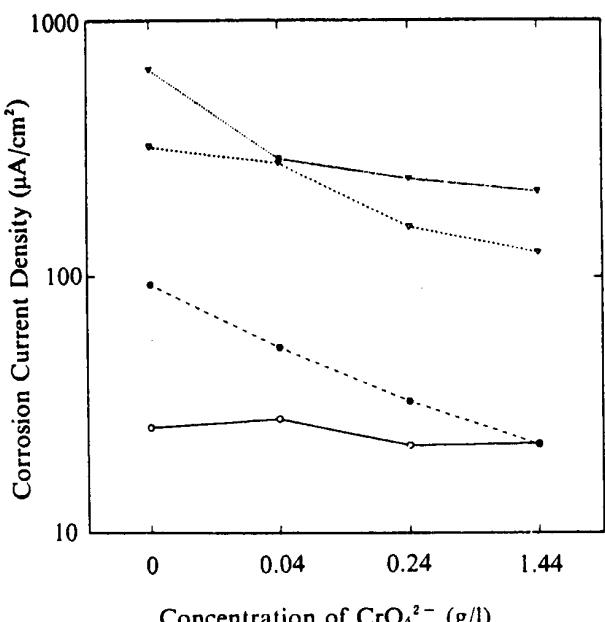
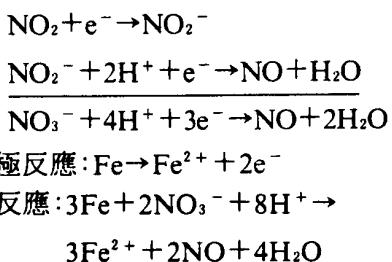


圖 7 碳鋼在 pH=3，不同 CrO_4^{2-} 濃度，不同 NaNO_3 濃度之腐蝕電流密度

Fig. 7 Corrosion current densities for carbon steel in solutions containing various $[\text{CrO}_4^{2-}]$ and $[\text{NaNO}_3]$ at pH=3
 $[\text{NaNO}_3]$: \circ 0.001; \cdot 0.01; ∇ 0.1;
 \blacktriangle 0.5 M



(2)pH=5 系統

腐蝕電流密度隨硝酸鈉濃度的增加，呈現出先降後昇的趨勢，其最低值出現在 $[\text{NaNO}_3] = 0.01\text{M}$ ，但是昇降的幅度並不大，與 pH=11 者有相同趨勢。參考極化曲線圖 9 與 12 得知兩者型態並不相同，因此我們提出二種不同解釋。pH=5 時，要在 $[\text{NaNO}_3] = 0.01\text{M}$ 以上才有鈍化現象，使其腐蝕電流密度開始下降。然而，隨著硝酸鈉濃度從 0.01M 增加到 0.5M，腐蝕速率亦隨之微微上昇，可能是由於發生間隙腐蝕之傾向漸增之故。觀察實驗後的試片表面發現：所

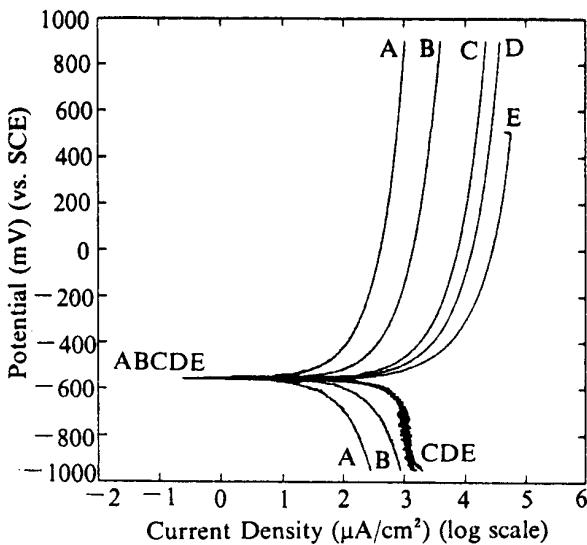


圖 8 碳鋼在不含 NaCl , pH=3, 30°C 通空氣水溶液中不同 NaNO_3 濃度之極化曲線圖

Fig. 8 The electrochemical polarization curves of carbon steel in nitrate solutions without chloride: pH=3, 30°C, aerated.
 $[\text{NaNO}_3]$: (A) 0.001; (B) 0.01; (C) 0.1;
(D) 0.2 (E) 0.5M

有試片大致上仍維持光亮，而僅出現極輕微的間隙腐蝕。此可推測 pH=5 時，硝酸根離子吸附於鐵表面上形成鈍化膜，且未如在 pH=7 和 9 般，形成較大規模的間隙腐蝕（間隙腐蝕見以下(3)之說明），故其腐蝕電流密度在高硝酸鈉濃度時，上昇不多。吾人推測鈍化膜可能係由於硝酸隨著 pH 增加而增大，尤其在 pH=9 時氫氧根離子增加，將使試片中心的區域得到更良好的陰極性保護，而減緩或避免孔蝕的發生，然而間隙根離子吸附於鐵表面而形成，但其組成及性質須進一步研究。

(3)pH=7 與 9 系統

腐蝕速率的變化趨勢，隨硝酸鈉濃度之增加而先降後昇，在 0.2M 和 0.5M 時又約略持平。觀察極化曲線圖 9、10 得知：除 $[\text{NaNO}_3] = 0.001\text{M}$ 之外，在其他較高的濃度時均有鈍化現象，使腐蝕速率下降。但隨後又因生成氧濃度差電池（間隙腐蝕）之趨勢增大，而令其腐蝕速率上昇，在 $[\text{NaNO}_3] = 0.2\text{M}$ 和 0.5M 時有約略相

硝 酸 鈉 對 碳 鋼 抗 蝕 性 之 影 響

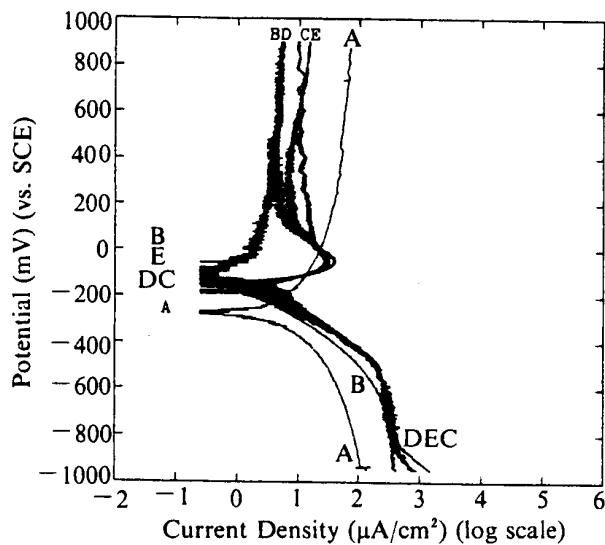


圖 9 碳鋼在不含 NaCl , $\text{pH}=5$, 30°C 通空氣水溶液中不同 NaNO_3 濃度之極化曲線圖

Fig. 9 The electrochemical polarization curves of carbon steel in nitrate solutions without chloride: $\text{pH}=5$, 30°C , aerated.
 $[\text{NaNO}_3]$: (A) 0.001; (B) 0.01; (C) 0.1;
(D) 0.2 (E) 0.5M

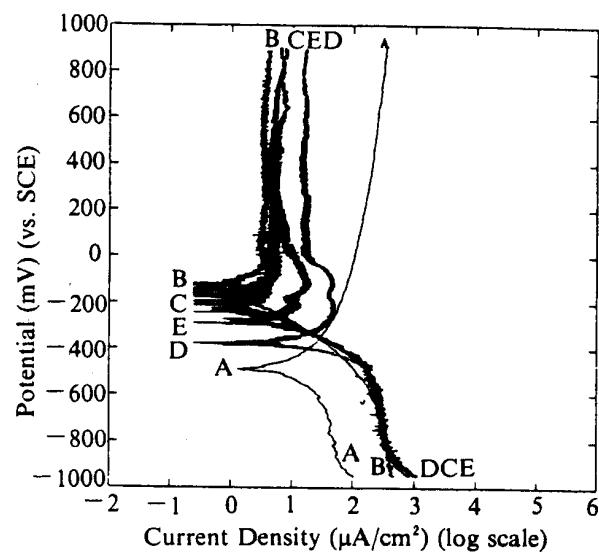


圖 10 碳鋼在不含 NaCl , $\text{pH}=7$, 30°C 通空氣水溶液中不同 NaNO_3 濃度之極化曲線圖

Fig. 10 The electrochemical polarization curves of carbon steel in nitrate solutions without chloride: $\text{pH}=7$, 30°C , aerated.
 $[\text{NaNO}_3]$: (A) 0.001; (B) 0.01; (C) 0.1;
(D) 0.2 (E) 0.5M

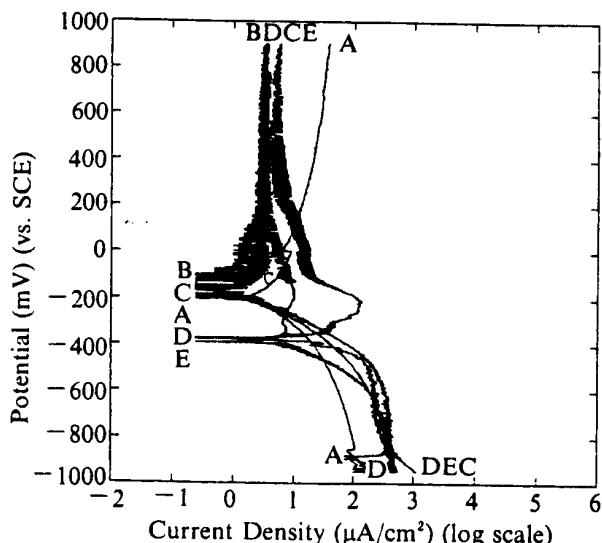


圖 11 碳鋼在不含 NaCl , $\text{pH}=9$, 30°C 通空氣水溶液中不同 NaNO_3 濃度之極化曲線圖

Fig. 11 The electrochemical polarization curves of carbon steel in nitrate solutions without chloride: $\text{pH}=9$, 30°C , aerated.
 $[\text{NaNO}_3]$: (A) 0.001; (B) 0.01; (C) 0.1;
(D) 0.2 (E) 0.5M

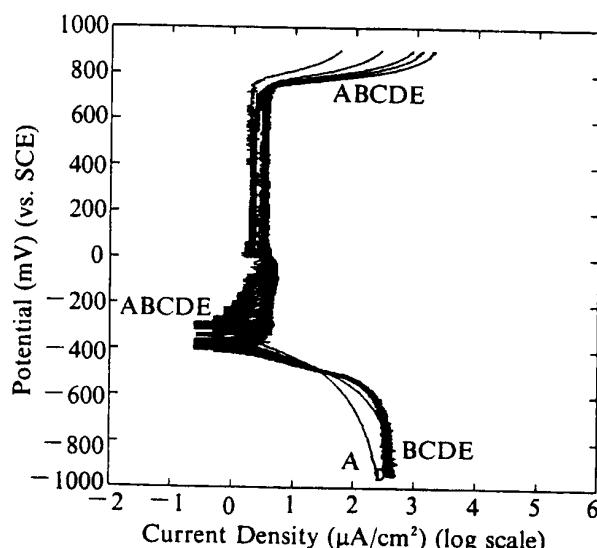


圖 12 碳鋼在不含 NaCl , $\text{pH}=11$, 30°C 通空氣水溶液中不同 NaNO_3 濃度之極化曲線圖

Fig. 12 The electrochemical polarization curves of carbon steel in nitrate solutions without chloride: $\text{pH}=11$, 30°C , aerated.
 $[\text{NaNO}_3]$: (A) 0.001; (B) 0.01; (C) 0.1;
(D) 0.2 (E) 0.5M

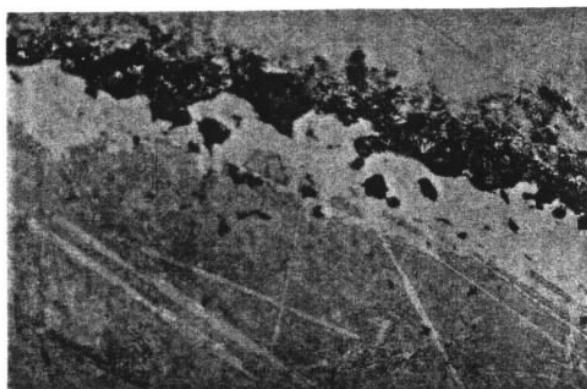


圖 13 碳鋼在 pH=9, [NaNO₃]=0.5M 之水溶液中, 光學顯微鏡照相圖

Fig. 13 The optical micrograph of corroded surface of carbon steel in aqueous solution: [NaNO₃]=0.5M and pH=9.



圖 14 碳鋼在 pH=9, [NaNO₃]=0.2M 之水溶液中, 鏡照相圖

Fig. 14 The optical micrograph of corroded surface of carbon steel in aqueous solution: [NaNO₃]=0.2M and pH=9.

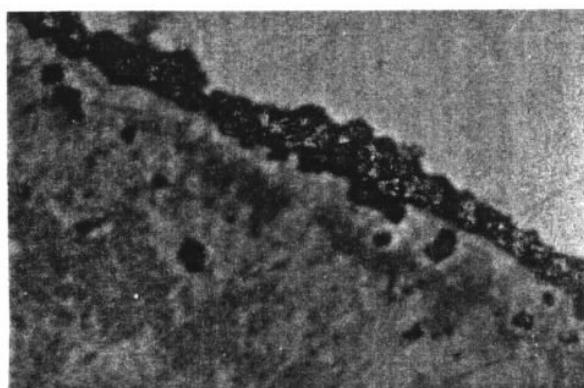


圖 15 碳鋼在 pH=7, [NaNO₃]=0.5M, [NaCl]=0.001M 水溶液中, 光學顯微鏡照相圖

Fig. 15 The optical micrograph of corroded surface of carbon steel in aqueous solution: [NaCl]=0.001M, [NaNO₃]=0.5 M and pH=7.

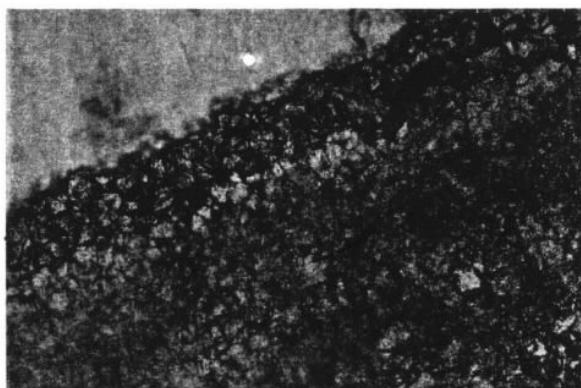


圖 16 碳鋼在 pH=9, [NaNO₃]=0.5M, [NaCl]=0.001M 水溶液中, 光學顯微鏡照相圖

Fig. 16 The optical micrograph of corroded surface of carbon steel in aqueous solution: [NaCl]=0.001M, [NaNO₃]=0.5 M and pH=9.

等程度之間隙腐蝕，腐蝕速率相差不大。關於間隙腐蝕之提出我們可由光學顯微鏡照相圖（圖 13-18）觀察得之，並提出以下假說：當硝酸鈉濃度增加到0.2M以上時，由於溶液中離子濃度增加使得溶氧量相對減少，溶液在攪拌的情況下，試片中心部份得到充份的氧補充，然而在試片邊緣由橡皮墊圈覆蓋所形成之間隙，因溶氧量較低顯現較強之陽極性而加速腐蝕。間隙腐蝕亦區卻顯現出較強之陽極性，增大腐蝕速率。但在

pH=11 時氫氧根離子的量較為充足，能在鐵表面上形成良好的保護膜，故並未發生嚴重的間隙腐蝕；相對的，在含高濃度之 NaCl 時（ $[NaCl] \geq 0.1M$ ），卻因 Cl⁻ 之強侵蝕性使得間隙腐蝕變得較不重要。

(4)pH=11系統

圖 1 顯示腐蝕在達到 $1\mu A/cm^2$ 處微幅降昇，可能係由於硝酸根離子亦能行吸附作用，而降低腐蝕速率（如上述 pH=7 和 9 的情況相

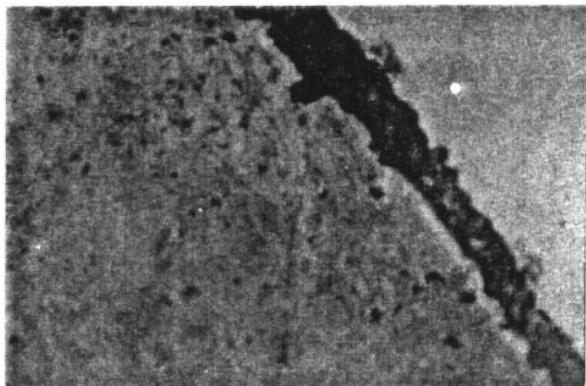


圖 17 碳鋼在 $\text{pH}=7$, $[\text{NaNO}_3]=0.5\text{M}$, $[\text{NaCl}]=0.01\text{M}$ 水溶液中, 光學顯微鏡照相圖

Fig. 17 The optical micrograph of corroded surface of carbon steel in aqueous solution: $[\text{NaCl}]=0.01\text{M}$, $[\text{NaNO}_3]=0.5\text{M}$ and $\text{pH}=7$.



圖 18 碳鋼在 $\text{pH}=9$, $[\text{NaNO}_3]=0.5\text{M}$, $[\text{NaCl}]=0.01\text{M}$ 水溶液中, 光學顯微鏡照相圖

Fig. 18 The optical micrograph of corroded surface of carbon steel in aqueous solution: $[\text{NaCl}]=0.01\text{M}$, $[\text{NaNO}_3]=0.5\text{M}$ and $\text{pH}=9$.

似)。但在 $\text{pH}=11$ 時氯離子的量較為充足, 能在鐵表面上形成良好的保護膜, 故並未發生嚴重的間隙腐蝕。而腐蝕速率最低點則可歸因於: 硝酸根及氯離子有效吸附引起的鈍化作用與形成氧濃度差電池之趨勢上升而起的腐蝕性, 這兩個相反因素互相妥協而產生的結果。但是因後者而引起的腐蝕電流密度上升並不明顯, i_{corr} 由 $0.65\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 上升至 $2.26\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 。

2. 水溶液中同時含硝酸鈉與氯化鈉之腐蝕系統

固定氯化鈉濃度與 pH 值, 而僅考慮硝酸鈉濃度對腐蝕電流密度的影響, 並將實驗結果歸納於圖 2 至圖 5 中。觀察圖形發現: $[\text{NaCl}]=0.001\text{M}$ 和 0.01M 時, 在各 pH 下的腐蝕速率變化有相似的趨勢。而 $[\text{NaCl}]=0.1\text{M}$ 和 0.62M 時, 其腐蝕速率變化的趨勢也較為相近。故依氯化鈉含量分為兩大類討論之。

(1) $[\text{NaCl}] \geq 0.01\text{M}$ 系統 (圖 2 與圖 3):

首先在 $\text{pH}=3$, 腐蝕電流密度隨硝酸鈉濃度增加而呈現上升趨勢, 此即表示硝酸根在酸性環境的腐蝕行為佔優勢 (如上所述), 而少量氯離子之作用並不明顯。

在 $\text{pH}=5$ 的系統中, 腐蝕電流密度隨硝酸鈉濃度增加而先降後昇。硝酸根離子的作用與不含氯離子的系統相似: 硝酸根吸附於鐵表面上形成鈍化膜, 抑制氯離子的腐蝕行為。但由於溶液中含有氯離子會攻擊鈍化膜, 使得鈍化作用必須在含較高濃度的硝酸鈉時才能發生。若將圖 2 和圖 3 與圖 1 作一比較, 可以發現腐蝕電流密度的最低值。由 $[\text{NaNO}_3]=0.01\text{M}$ 向右偏移到 $[\text{NaNO}_3]=0.2\text{M}$ 。而腐蝕速率在 $[\text{NaNO}_3]=0.5\text{M}$ 時的微幅上升, 可歸因於形成氧濃度差電池之趨勢增加所致。

在 $\text{pH}=7$ 和 9 時的腐蝕電流變化是先微降然後急昇, 下降的原因是由於少量硝酸根離子與氯離子競爭吸附, 形成鈍化膜減緩了氯離子的腐蝕。但是當硝酸根濃度再增加時, 溶液中的高離子濃度降低了試片邊緣附近的溶氧, 而引起間隙腐蝕, 導致腐蝕速速上升。

在 $\text{pH}=11$ 時, 腐蝕電流密度僅隨硝酸鈉濃度增加而呈現微幅上升的趨勢。因此情況氯離子濃度不大, 其腐蝕作用亦不明顯, 腐蝕速率的上升可能是受到形成氧濃度差電池之趨勢增加的影響。

(2) $[NaCl] \geq 0.1M$ 系統(圖4與圖5)：

在 $pH=3$ 時，可以發現腐蝕電流密度隨硝酸鈉濃度增加而上升，但在 $[NaNO_3] \geq 0.1M$ 時下降。此腐蝕速率異常下降之成因，則還無法解釋。

據實驗所得極化曲線圖(未示出)顯示，在 $pH=5, 7$, 和 9 皆未有明顯鈍化區，此可能由於在高氯離子濃度時，鈍化膜溶解速率(受氯離子攻擊)大於其形成速率。

在 $pH=5$ 時，腐蝕速率隨硝酸鈉濃度增加而下降。在此情況氯離子成為主要影響腐蝕速率之因素，當硝酸根濃度增加時，相對上鐵表面的氯離子濃度會減少，遂導致腐蝕速率下降。

在 $pH=7$ 和 9 時，硝酸鈉濃度的增加使腐蝕速率先微微下降而後上升或約略持平。腐蝕電流密度變化的成因與上述 $[NaCl] \geq 0.01M$ 者相似，但在高氯離子濃度時，如上述鈍化作用不易達成，即使腐蝕電流密度微微下降；在高硝酸鈉濃度($>0.1M$)時，腐蝕速率又會因間隙腐蝕加重而上升；而在氯離子濃度為 $0.62M$ 時，由於氯離子強侵蝕性，可抵銷一部份間隙腐蝕，導致腐蝕速率約略持平。至於在固定氯離子濃度($\geq 0.1M$)時，在 $pH=5$ 之腐蝕速率相應上較 $pH=7$ 和 9 時者為低，可歸因於後者發生間隙腐蝕之程度較為嚴重之故。

在 $pH=11$ 時，腐蝕速率隨著硝酸鈉濃度增加而下降。原來由高濃度氯離子所引起的腐蝕，可因受到氯氧根離子硝酸根吸附形成鈍化膜的影響而顯著降低，另外當硝酸根濃度增加時，導致鐵表面上氯離子濃度相對地減少，亦使腐蝕速率下降。

3.2 鉻酸鹽對硝酸鈉水溶液腐蝕性的抑制作用

鉻酸鹽在本實驗室以往之研究會形成皮膜而抑制腐蝕^(10,11)。在電化學腐蝕實驗中，吾人發覺在 $pH=3$ 時，腐蝕速率隨硝酸鈉濃度增加而提高。故嘗試以鉻酸鹽作為抑制劑進行實驗，其

結果歸納於圖6與圖7。圖6顯示在不同的鉻酸鹽濃度，腐蝕速率均隨硝酸鈉濃度增加而上升，而且鉻酸鹽含量愈多腐蝕速率愈低。圖7更明確表示在某特定硝酸鈉濃度，鉻酸鹽濃度增加而使腐蝕速率下降之情形。

此時溶液中的硝酸根離子表現出其腐蝕性，而溶液中的鉻酸鹽可能以 $Cr_2O_7^{2-}$ 存在， $Cr_2O_7^{2-}$ 與 NO_3^- 競爭吸附於鐵表面上形成 $FeCr_2O_7$ 鈍化膜，且使鐵表面之硝酸根濃度減少，使得腐蝕速率下降。

四、結論

- 硝酸根離子在 $pH=3$ 時，因其具有強腐蝕性而使腐蝕速率隨其濃度增加而上升。
- 硝酸根離子在 $pH=5, 7$ 和 9 時，吸附於鐵表面上形成鈍化膜並抑制孔蝕，使腐蝕速率下降。但若在 $pH=7$ 和 9 ，且 $[NaNO_3] \geq 0.2M$ 時，則因氯濃度差而有擴大間隙腐蝕的傾向，使腐蝕速率上升。
- $pH=11$ 時，腐蝕速率隨硝酸鈉濃度增加而下降，此可歸因於硝酸根與氯氧根離子吸附於鐵表面上形成鈍化膜。
- 鉻酸鹽在 $pH=3$ 之硝酸鈉水溶液或有機溶液中，對碳鋼之腐蝕有抑制作用，此可能係形成 $FeCr_2O_7$ 之故。

五、致謝

本研究計畫係由國科會提供，NSC 82-0405-E-035-024，並由何吉修先生幫助若干資料之整理，在此謹致謝忱。

參考文獻

- 陳淨修，工業污染防治，第38期，p. 11-36, 1991。
- 蔡俊鴻，鄭福田，林金源，工業污染防治，第26期，p. 8-36, 1988。
- 陳錫金，李春齡，工業污染防治，第3卷，第1期，p. 29, 1984。
- 鄭福田，工業污染防治，第21期，p. 53, 1987。
- Mubecel Ergun and Ahmey Y. Turan, Corrosion

硝 酸 鈉 對 碳 鋼 抗 蝕 性 之 影 響

- Science, Vol. 32, No. 10, pp. 1137-1142, 1991.
- (6) 莊東漢, 防蝕工程, 第4卷, 第3期, p. 14-28, 1990。
- (7) Toshima-Y, Hashimoto-T, Kogawa-Y, Naitoh-K and Yamamoto-E, Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 15, No. 1, pp. 11-16, 1982.
- (8) J. Tousek, Theroretical Aspects of the Localized Corrosion of Metals, p. 83-95; p. 151-156, Trans Tech Publications Ltd., 1985.
- (9) Ulick R. Evans, An Introduction to Metallic Corrosion, 3rd ed., Edward Arnold Ltd., p. 70-73, 1981.
- (10) 吳重文, 底漆與顏料抗蝕性之研究, 逢甲大學化學工程研究所碩士論文1988。
- (11) 洪崇嶺, 鉻酸鹽對碳鋼在硫酸鹽水溶液中抗蝕性和電化腐蝕速率之研究, 逢甲大學化學工程研究所碩士論文, 1991。

防 蝕 工 程 徵 稿

為提昇“防蝕工程”雜誌之水準及可讀性，內容分為論著、論述、防蝕新知三種，每篇文章不得超出約7,500字，後兩種每千字之稿酬分別為800和400元，論著之圖每幅30元，其餘為10元，表以字計酬；所有作品之參考資料或出處必須標明清楚。論著主要以中文撰寫，但題目、著者、單位、摘要和圖表均需要有中、英文；若以英文撰寫，題目、著者、單位和摘要需要有中、英文，並附全文之中譯文或中文概述，撰寫規定詳見寫稿說明。論著和論述之作者可獲得30份免費單行本，另為提昇雜誌之品質，論著和論述將分別請兩位或一位專家鑑核，並且每篇稿會給作者校稿乙次，來稿盡量以稿紙書寫以利打字排版。此外，為強化雜誌封面效果，歡迎提供和腐蝕、防蝕相關圖片，並附說明，經採用，每幀1,000元。雜誌內容與腐蝕或防蝕有關的題目皆受歡迎，如：(1)腐蝕原理、機構，(2)表面處理，(3)防蝕技術，(4)材料選用，(5)損壞分析，(6)技術發展等。歡迎各界學者專家人士踴躍賜稿，來稿請寄“新竹市光復路國立清華大學材料科學工程研究所彭宗平教授”。

附註：各種案例之介紹和解決方法，亦歡迎投稿刊登。另外，對於工業上實際經驗擬撰寫刊登有需協助者，可洽學會（TEL：02-8364000）