

電解中陽極和陰極 酸鹼度之速測法

方金祥

國立高雄師範學院化學系

當電解質水溶液通入電流時，陽離子會向陰極移動，而陰離子會向陽極移動，使電荷能橫越兩極溝通電流而導電。同時由於陽離子與陰離子在兩極表面發生電子的得失而引起化學反應，此一現象即所謂電解（electrolysis）。

電鍍與電解質之關係也很密切，因電鍍乃是利用電解的原理將某金屬以化學方法鍍在另一金屬之表面上。電鍍之主要目的是爲了增加美觀，防止生銹、增加表面光亮或增加機械強度等功用。然而爲了達到此一目的，除了必須選擇適當的電解質、調整適宜的電流、控制溫度及攪拌外，電解質溶液之 pH 值在通入電流後之變化對電鍍之結果影響頗大。

在國中理化與高中化學實驗中有水的電解及電解質水溶液之電解實驗，由這些電解過程不難看出在兩個電極上起了交互作用（化學反應）。如水的電解在陽極產生氧氣，陰極產生氫氣。而電解質水溶液之電解除了產生氣體之外，也常見到在陰極析出金屬的現象。但是在此一電解過程中陽極與陰極附近溶液的酸鹼性是否改變？pH 值多大呢？此一問題頗值得來探討，筆者有鑑於此，利用簡單的電解裝置直接在廣用 pH 試紙（universal pH paper）上來電解。本實驗所需電解液用量很少，只要 1 毫升以下，且可在 2 秒鐘內測出兩極反應後之 pH 值（0～14），因此本方法可供電解質溶液在電解前後酸鹼性的簡便測定。

一、目的

利用簡易的電解組合在廣用 pH 試紙上做各種電解質之電解反應，可迅速測出電解時陽極與陰極之酸鹼度。

二、儀器

乾電池 (9V) 1 個

試管 (20×180mm) 30 支

pH 試紙 (0~14, Merck) 1 盒

pH 試紙 (0~6, Merck) 1 盒

導線 (30 cm) 2 條

迴紋針 2 支

pH 試紙 (5~10, Merck) 1 盒

三、藥品

氯化鈉 NaCl

氯化鉀 KCl

氯化鋇 BaCl₂

氯化亞鈷 CoCl₂

硫酸銅 CuSO₄

硫酸鈉 Na₂SO₄

硫酸亞錳 MnSO₄

硫酸鋰 Li₂SO₄

硫酸亞鎳 NiSO₄

硫代硫酸鈉 Na₂S₂O₃

過氧硫酸鉀 K₂S₂O₈

黃血鹽 K₄Fe(CN)₆

赤血鹽 K₃Fe(CN)₆

碘酸鉀 KIO₃

過錳酸鉀 KMnO₄

硝酸鉀 KNO₃

硝酸亞鎳 Ni(NO₃)₂

硝酸鋅 Zn(NO₃)₂

硝酸鉛 Pb(NO₃)₂

硝酸鎘 Cd(NO₃)₂

硝酸銅 Cu(NO₃)₂

鉻酸鉀 K₂CrO₄

重鉻酸鉀 K₂Cr₂O₇

醋酸鈣 Ca(CH₃COO)₂

碘化鉀 KI

碘化鉛 PbI₂

碳酸鈉 Na₂CO₃

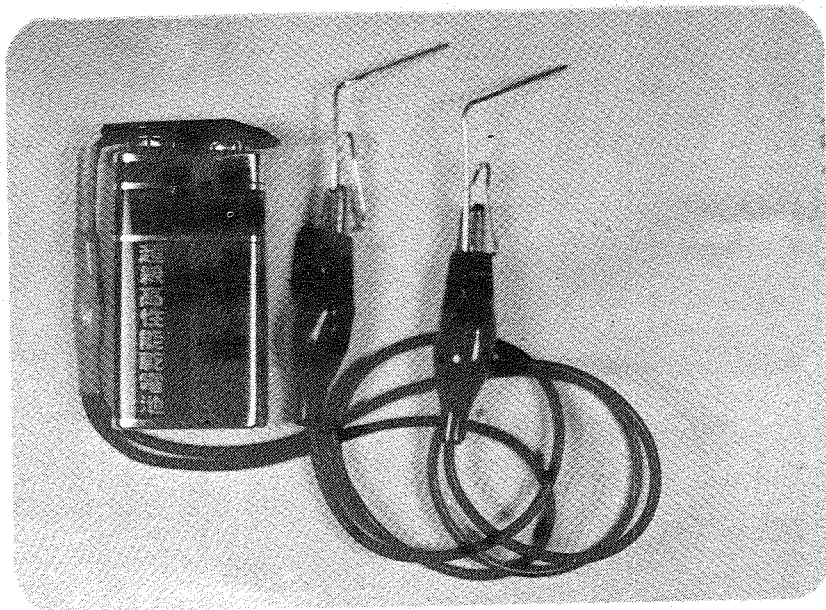
碳酸氫鈉 NaHCO₃

鉻明礬 K₂Cr₂(SO₄)₄·24H₂O

硫酸銨鐵 FeSO₄·(NH₄)₂SO₄·6H₂O

四、實驗步驟

將9V乾電池與導線組合起來，並以一端拉直的迴紋針連接在紅色導線上當作陽極，另一迴紋針連接在黑色導線上當作陰極，組成一簡易電解裝置，如相片一。



相片一 簡易電解裝置

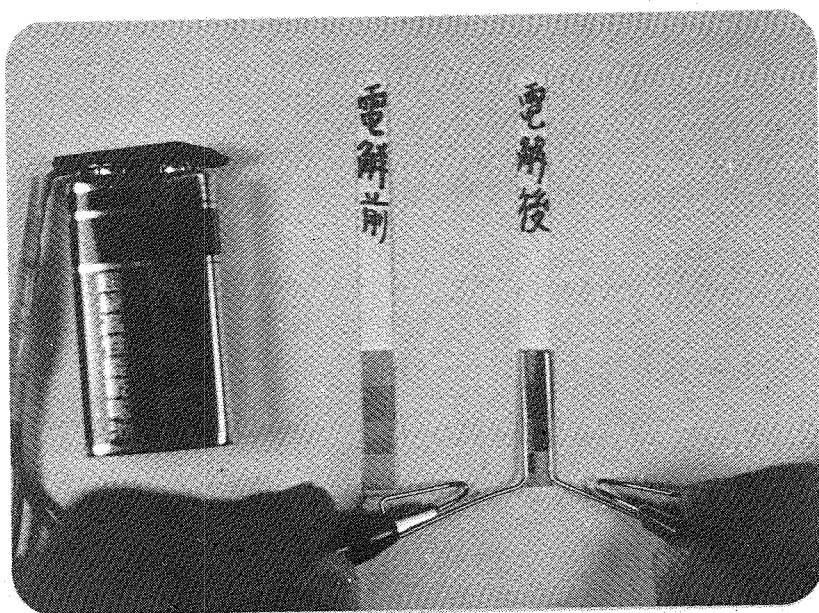
1. 為便於配製水溶液及測定其 pH 值，乃將上述各種藥品各取一小粒（約一個米粒大小），放入試管中，並用 10 毫升蒸餾水溶解之。

2. 分別以 pH 試紙插入各個電解質之水溶液中，以測出電解前之酸鹼性。本實驗所用之 pH 試紙（廣用）為西德依默克（E. Merck）公司產品，以四種不同的指示劑分別處理在濾紙上，然後再固着在一塑膠片（5mm × 80mm）上，四種指示劑分別遇到不同的酸鹼性溶液時，便分別呈現出不同的顏色，並與標準色對照，即可查出其 pH 值（0～14）。

3. 將上述 pH 試紙分別由各電解質溶液中移出，然後迅即用電解裝置之陽極與陰極平行並排平放在 pH 試紙上，使電極橫置在四種指示劑上，如相片二。

4. 約經 2 秒後，即可由 pH 試紙上看出在陽極與陰極所接觸之位置上顏色之變化。

5. 將電解過之 pH 試紙與標準色（附在 pH 試紙盒上）對照，便可查出兩極之



相片二 氯化鈉水溶液之電解（左為陽極，右為陰極）

pH 值，如下頁表一所列。

五、試試看

如將上述電解裝置中之兩電極尖端去碰觸 pH 試紙上四個不同的指示劑，則可呈現出點狀的顏色變化，再將四個顏色與標準色一起對照，亦可看出電解後兩極大約之 pH 值，不過此法較上法費時且較不易觀察。若用一般廣用試紙或石蕊試紙代替廣用 pH 試紙，則只能判斷出呈酸性或鹼性，較難判斷其 pH 值。如果將 pH 試紙浸入裝有電解質水溶液之培養皿中，並以兩支電極尖端分別在不同距離來電解，亦可很迅速的測出兩極之 pH 值。

六、結 論

1. 以一般實驗室之電解裝置來測電解後之 pH 值時，較為費時，且不易在陽極與陰極兩處分別測出 pH 值。
2. 本方法電解時所需電解質水溶液只需將 pH 試紙濕潤即可，因此其用量很少，

表一 三十種電解質水溶液電解前後之 pH 值

電 解 質	電 解 前 之 pH 值	電解後之 pH 值	
		陽 極	陰 極
氯化鈉 NaCl	7	5	13
氯化鉀 KCl	6-7	4-5	13
氯化鋇 BaCl ₂	6-7	2	13
氯化亞鈷 CoCl ₂	5	5	8-9
硝酸鉀 KNO ₃	6-7	5	13
硝酸銅 Cu(NO ₃) ₂	3-4	4-5	4-5
硝酸鋅 Zn(NO ₃) ₂	1	1	5-6
硝酸鎘 Cd(NO ₃) ₂	5	1	6
硝酸鉛 Pb(NO ₃) ₂	4	1-2	5-6
硝酸亞鎳 Ni(NO ₃) ₂	3	1	6-7
硫酸銅 CuSO ₄	4-5	1	4-5
硫酸鈉 Na ₂ SO ₄	6	4	13
硫酸亞錳 MnSO ₄	5	5	12
硫酸鋰 Li ₂ SO ₄	6	5-6	12-13
硫酸亞鎳 NiSO ₄	5-6	5	10
鉻酸鉀 K ₂ CrO ₄	10	6-7	13
重鉻酸鉀 K ₂ Cr ₂ O ₇	5	3	11-12
過錳酸鉀 KMnO ₄	6	4	10
赤血鹽 K ₃ Fe(CN) ₆	5	3	12
黃血鹽 K ₄ Fe(CN) ₆	6	3	13
碘化鉀 KI	6	5	13
碘化鉛 PbI ₂	5	6	12
碘酸鉀 KIO ₃	6-7	5	13
鉻明礬 K ₂ Cr ₂ (SO ₄) ₄ ·24H ₂ O	4	4-5	9-10
硫酸銨鐵 FeSO ₄ ·(NH ₄) ₂ SO ₄ ·6H ₂ O	5	5-6	8-9
硫代硫酸鈉 Na ₂ S ₂ O ₃	6	5	13
過氧硫酸鉀 K ₂ S ₂ O ₈	1	3	13
醋酸鈣 Ca(CH ₃ COO) ₂	6-7	5-6	13
碳酸氫鈉 NaHCO ₃	8-9	7	13
碳酸鈉 Na ₂ CO ₃	10	8	13

約只需 1 毫升以下之量便足以在 2 秒內測出陽極與陰極大約之 pH 值 (0~14)。

3. 若欲更精確測出其 pH 值時，可配合其他 pH 試紙，如 pH0-6 或 pH5-10 之廣用 pH 試紙，便可精確到 1 個 pH 單位。

4. 本實驗中選擇 30 種不同的電解質來電解，其原溶液之 pH 值除了碳酸氫鈉 pH 8-9，碳酸鈉 pH 10，以及鉻酸鉀為 pH 10 外，其餘皆約在 4~7 之間。而經電解後很明顯的顯示出陽極與陰極之 pH 值有了變化，其中陽極除了碳酸鈉呈微鹼性 (pH 8) 外，其餘皆呈現酸性至中性 (1~6)。陰極之反應除了硫酸銅及鉛、鋅、鎘及鎳等硝酸鹽呈現微酸反應 (pH 4~7) 外，其餘大都呈現鹼性 (pH 8~13)。同時所有的鉀鹽和鈉鹽都呈現較強之鹼性 (pH > 10)。

5. 本實驗結果可了解電解時陽極與陰極附近之酸鹼性起了變化，此一酸鹼變化將有助於瞭解電解現象及陽極和陰極之反應，茲以下列通則說明之。

陽極反應：(a) $2X^- \rightarrow X_2 + 2e^-$ (X：代表鹵素原子，如 Cl, I)

或(b) $2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$ (呈酸性)

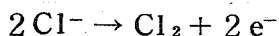
陰極反應：(c) $M^{2+} + 2e^- \rightarrow M$ (M：代表金屬原子，如 Cu, Cd)

或(d) $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ (呈鹼性)

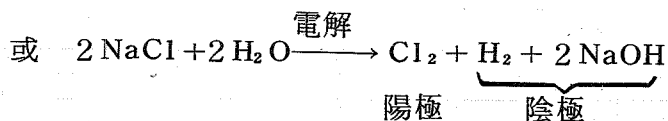
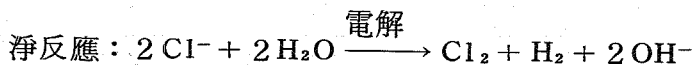
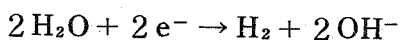
茲以二個典型的電解反應來說明上述之陽極和陰極的反應，由反應之產物便可了解到電解後陽極和陰極之酸鹼性變化。

(1) 食鹽 (NaCl) 水溶液之電解

陽極反應：(a)式反應

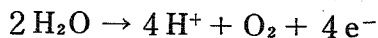


陰極反應：(d)式反應 (因 Na^+ 比水分子難還原)

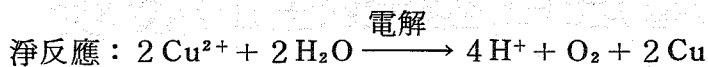
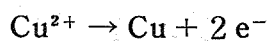


(2) 硫酸銅 ($CuSO_4$) 水溶液之電解

陽極反應：(b)式反應



陰極反應：(c)式反應 (因 Cu 比水分子容易還原)



七、參考資料

1. 蕭次融：化學示範實驗之設計，高雄師院化學系專題演講，七十六年三月。
2. 田福助：電化學——基本原理與應用，五洲出版社，七十一年八月出版。
3. 國立編譯館：高中化學，第二冊第八章，氧化還原反應——電解。
4. 國立編譯館：國中理化（下），第廿六章電池與電解質。