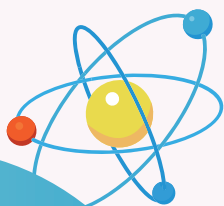




# 電化學析疑：“陽極是正極”； “陰極是負極”嗎？

文·圖 | 阮邦球 劉靜文



## 前言

物理化學是運用物理原理和方法來研究化學現象的一門化學分支。物理化學的其中一個範疇是電化學，它着重研究氧化還原反應與電能相關的課題，而氧化還原反應是與電子得失有關的化學反應。

電化學的基礎是氧化還原反應。電化學除了教授化學的基本概念以外，還涉及物理的電學概念和電化學實驗裝置。在電化學的課堂教學和實驗操作中，我們經常應用原電池和電解池來實施教學活動。在教學評的過程中筆者發現：學生對理解電極概念和使用電極名稱兩個方面，都存在着不少問題。本文以電化學裝置中的電極為主題，對電極概念進行探討，以期達到析疑與解讀的目的。

## 一、電化學裝置

電化學裝置主要包括原電池和電解池兩大類。原電池的英語詞彙眾多，常用的有 Galvanic cell; electrochemical cell; primary cell; 在舊式教科書亦使用伏特電池 (Voltaic cell) 和丹尼爾電池 (Daniell cell)。電解池的英語是 electrolytic cell。原電池是通過自發的氧化還原反應，把化學能轉化為電能的裝置；而電解池則必須提供外置電源，以電能作為驅動力，引發氧化還原反應的裝置。

原電池主要由電極、導線、電解質溶液三大部件所組成，而電解池則需添加外置電源。電化學裝置的電路分為外電路和內電路兩部分，外電路以電子導電，而內電路則以離子導電。電流方向由正極經外電路流向負極；而電子流動方向則由負極經外電路流向正極。外電路由導線和電極等硬件所組成，而內電路則由電極、電解質溶液和鹽橋所構成。電極是外電路和內電路的交匯點，它起着貫通內外電路的作用。

## 二、電極的概念

電化學裝置中的電極有三組常用名稱：

### 正極和負極或 (+) 極和 (-) 極

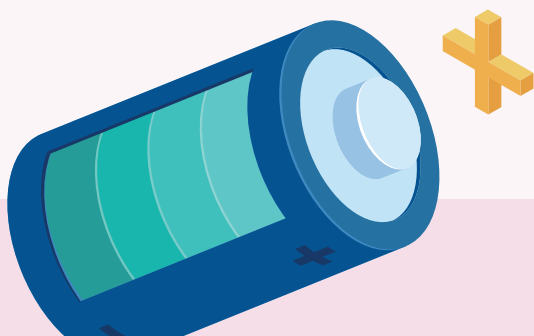
正極和負極由電化學裝置的外電路所界定。在電解池中，與外置電源 (+) 極相連結的電極，呈 (+) 極或正極；與外置電源 (-) 極相連結的電極，呈 (-) 極或負極。在原電池中，電子通過外電路，由起始電極傳遞往終點電極，起始電極呈 (-) 極或負極，而終點電極呈 (+) 極或正極，負極通常由較易失去電子的金屬材料所構成。

### 陽極 (anode) 和陰極 (cathode)

陽極和陰極的定義與電化學裝置中的內電路相關。在電解質溶液中，陽離子 (正離子; cation) 移向的電極為陰極 (cathode)；陰離子 (負離子; anion) 移向的電極為陽極 (anode)。

### 氧化極 (陽極; anode) 和還原極 (陰極; cathode)

氧化極和還原極的名稱與電極和電解質溶液之間的氧化反應和還原反應相關。在電解質溶液中，陽離子 (cation) 在陰極 (cathode) 得到電子，發生還原反應，陰極 (cathode) 被稱為還原極；而陰離子 (anion) 在陽極 (anode) 失去電子，發生氧化反應，陽極 (anode) 被稱為氧化極。



## 三、原電池電極的實例解讀

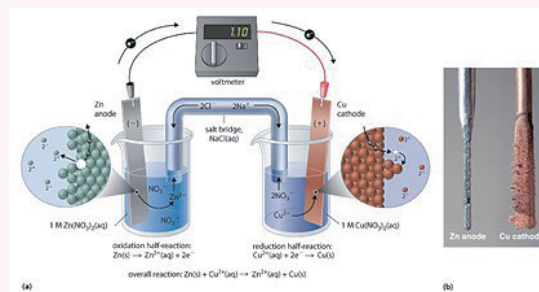
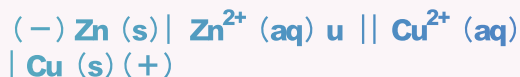


圖 1：Zn-Cu (鋅銅) 原電池的示意圖

還原反應半反應：



原電池的符號示意 (cell diagram)：



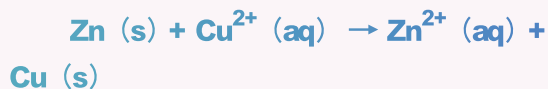
(-)：代表負極

(+)：代表正極

|：代表電極和電解質溶液間的界面

||：代表鹽橋

原電池的氧化還原全反應：



### Zn 電極

負極：從 Zn 電極 (作為起始電極) 往外電路方向失去電子，電子傳送至 Cu 電極。

陽極 (anode)：負離子 (陰離子; anion) 移入的電極或正離子 (陽離子; cation) 移離的電極。在圖 1 實例中，Zn 電極作為陽極 (anode)，往外電路失去



電子，同時  $Zn^{2+}$  移離 Zn 電極。

氧化極 (anode)：在 Zn 電極上，Zn 往外電路失去電子，發生氧化反應 (oxidation)，生成  $Zn^{2+}$  (cation)， $Zn^{2+}$  移離 Zn 電極溶入電解質溶液中。

**氧化反應半反應：**



**Cu 電極**

正極：Cu 電極 (作為終點電極) 由外電路從 Zn 電極得到電子。

陰極 (cathode)：正離子 (陽離子；cation) 移入的電極或負離子 (陰離子；anion) 移離的電極。在實例中，Cu 電極作為陰極 (cathode)， $Cu^{2+}$  (cation) 於 Cu 電極得到電子，生成 Cu。

還原極 (cathode)：在 Cu 電極上，電解質溶液中的  $Cu^{2+}$  (cation) 移向 Cu 電極並得到電子，發生還原反應 (reduction) 生成 Cu。

**表 1：原電池的電極名稱：**  
以鋅銅原電池為例

原電池 (Zn-Cu)	
Zn 電極	Cu 電極
負極	正極
(-) 極	(+) 極
陽極	陰極
氧化極	還原極

#### 四、電解池電極的實例解讀

電解池 (包括外置電源裝置)

(+) 極：左石墨電極

(-) 極：右石墨電極

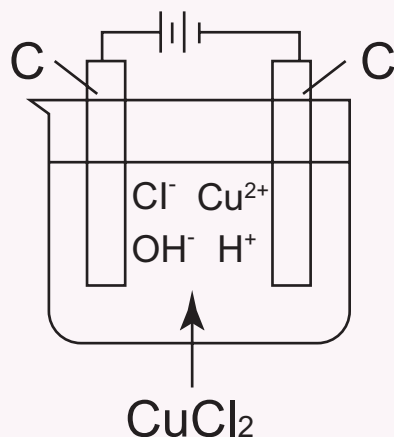


圖 2：電解  $CuCl_2$  水溶液的示意圖

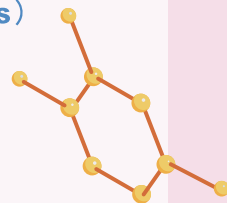
**還原反應半反應：**



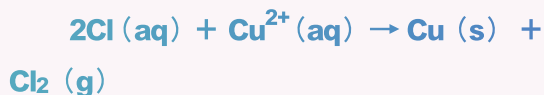
外置電池的符號：||

| (長線)：代表正電極

| (短線)：代表負電極



**電解池的氧化還原全反應：**



**左石墨電極**

正極：與外置電源裝置 (+) 極相連接的電極為正極。

陽極 (anode)：左石墨電極是陽極，它是負離子 (anion) 移向、正離子

## 結語

在應用中文詞彙和符號時，陰與負，負與（-）；陽與正，正與（+）皆可通用。舉例來說，陽離子 = 正離子 = （+）離子；陰離子 = 負離子 = （-）離子，在描述離子方面，這正確無誤。

在物理學科，電極名稱是基於電裝置外電路的電流方向來界定。從外電路流出電流的電極稱為正極，而流入電流的電極則稱為負極。電工常使用“紅正黑負”、“長正短負”、“凸正凹負”等述語來表示正極和負極。在化學學科，電極名稱是根據電極上的電化學反應來定義。陰離子（負離子）往電極失去電子，發生氧化反應，此電極稱為氧化極；而陽離子（正離子）從電極得到電子，發生還原反應，彼電極則稱為還原極。

電化學的概念主要源於西方的科技成果，大部份中文詞彙是經翻譯而得，在學習時要注意中外語言的差異及其使用習慣。“cation 移向 cathode；anion 移向 anode”或“cation 移離 anode；anion 移離 cathode”是實驗現象的描述，亦是英語的表達方式。按科學法則而言，cation（陽離子；正離

（cation）移離的電極。在圖 2 實例中，溶液中的  $\text{Cl}^-$  和  $\text{OH}^-$ （負離子；anion）移向左石墨電極。

氧化極（anode）： $\text{Cl}^-$ （anion）在左石墨電極（正極；陽極；anode）失去電子，發生氧化反應（oxidation），生成  $\text{Cl}_2$ 。

### 氧化反應半反應：



### 右石墨電極

負極：與外置電源裝置的（-）極相連接的電極為負極。

陰極（cathode）：右石墨電極是陰極，它是正離子（cation）移向、負離子（anion）移離的電極。在實例中，溶液中的  $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{H}^+$ （正離子；cation）移到右石墨電極。

還原極（cathode）： $\text{Cu}^{2+}$ （cation）從右石墨電極（負極；陰極；cathode）得到電子，發生還原反應（reduction），生成  $\text{Cu}$ 。

表 2：電解池的電極名稱：以石墨電極為例

電解池（石墨電極）	
左石墨電極	右石墨電極
正極	負極
（+）極	（-）極
陽極	陰極
氧化極	還原極



子)一定從 cathode (陰極) 得到電子、anion (陰離子; 負離子) 一定往 anode (陽極) 失去電子, 所以陽極 (anode) 一定是氧化極, 陰極 (cathode) 一定是還原極。

值得注意的是, “正離子 (cation) 移向正極、負離子 (anion) 移向負極”, 或 “陽離子 (cation) 移向正極、陰離子 (anion) 移向負極”, 都是錯誤的表述。正確的表述是 “陽離子移向陰極或還原極, 陰離子移向陽極或氧化極” 或 “正離子或陽離子移向還原極, 負離子或陰離子移向氧化極”。

綜合而言, 中外語言的差異和學科術語的不同, 皆可能令師生對電極的描述和理解產生錯誤。最後, 將原電池和電解池的電極名稱整理於表 3 中。在電化學裝置中, 電解池的陰極 (cathode) 與負極相同, 陽極 (anode) 與正極相同; 而原電池的陽極 (anode) 是負極, 陰極 (cathode) 是正極。因應電化學裝置的不同, “陰極與負極” 並不同, 而 “陽極與正極” 亦不可互用。☞

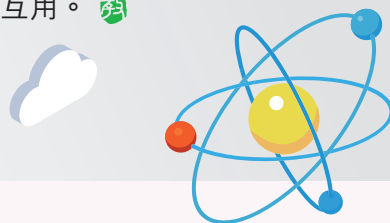
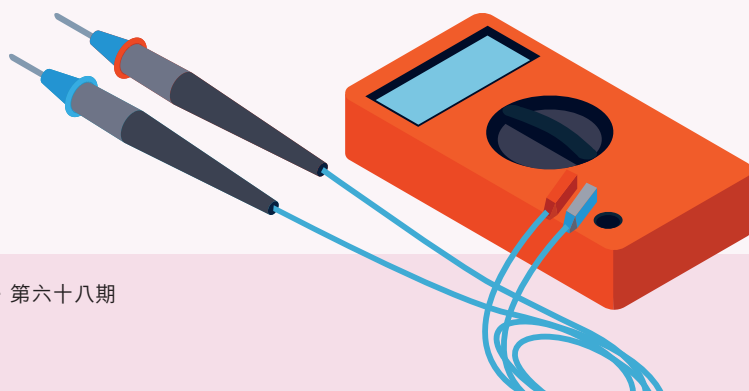


表 3：原電池和電解池：電極比較

原電池		電解池	
(-) 極	(+) 極	(+) 極	(-) 極
負極	正極	正極	負極
陽極	陰極	陽極	陰極
氧化極	還原極	氧化極	還原極
發生氧化反應的電極	發生還原反應的電極	發生氧化反應的電極	發生還原反應的電極
失去電子的電極	得到電子的電極	失去電子的電極	得到電子的電極



阮邦球

澳門化學會會長

劉靜文

澳門化學會監事長