

# 利用“框架法”指导学生 正确书写电极方程式的尝试

河北省青县第一中学 062650 周国亮

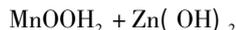
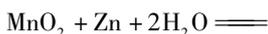
在电化学中,电池和电解池电极方程式的书写已成为教学的重点和难点,如在原电池的教学中,一般是按照“在书写电极反应式时,先根据化合价的变化确定电池的正、负极,写出在该电极发生反应的反应物和生成物,然后再根据题目所给的条件进行补充,使之符合电极反应式的要求”,同时强调电极反应本质上是离子反应,应将易电离的物质写成离子形式。面对问题复杂的情况时由于“此过程对学生要求较高,教师应适当加以指导”。那么如何“根据题目所给的条件进行补充,适当加以指导”呢,有没有一种适用于各种情况通用的方法呢,笔者为此在课堂上尝试利用“框架法”帮助学生准确书写电极方程式收到了较好的效果,愿与同行们分享。

具体的思维过程为:

明确池的种类(原电池、电解池) → 列出电极

的名称 → 理清电极与电子得失间的关系 → 明确在各电极具体的反应物和生成物 → 确定反应物与生成物在介质中的具体呈现形态(分子、离子),至此就算确定了电极方程式的框架;然后依次利用电子守恒、电荷守恒和原子守恒配平出最终的电极方程式。一般说来,确定了正确的框架,即成功了一大半。现举例详解过程如下。

例 1 碱性条件下 锌锰电池的化学方程式为:



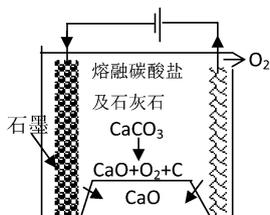
试写出该电池的电极反应方程式。

解析 根据化学方程式确定  $\overset{0}{\text{Zn}}$  失去电子生成  $\overset{+2}{\text{Zn}}(\text{OH})_2$ ,  $\overset{+4}{\text{MnO}_2}$  得到电子生成  $\overset{+2}{\text{MnOOH}_2}$ , 四种物质在碱性介质条件下均不可拆分成离子,以化学式形式写入框架(见表 1)。

表 1

书写的具体步骤		过程意图
①负极: $-e^- \text{ —— }$	正极: $+e^- \text{ —— }$	明确池的类型,写出相应电极名称;理清电极与电子转移关系
②负极: $\text{Zn} - e^- \text{ —— Zn}(\text{OH})_2$	正极: $\text{MnO}_2 + e^- \text{ —— MnOOH}_2$	明确反应物和生成物在介质中的形态表现,确定框架
③负极: $\text{Zn} - 2e^- \text{ —— Zn}(\text{OH})_2$	正极: $\text{MnO}_2 + 2e^- \text{ —— MnOOH}_2$	配平电子守恒
④负极: $\text{Zn} - 2e^- + 2\text{OH}^- \text{ —— Zn}(\text{OH})_2$	正极: $\text{MnO}_2 + 2e^- \text{ —— MnOOH}_2 + 2\text{OH}^-$	利用介质( $\text{OH}^-$ )配电荷守恒,“ $-2e^-$ ”相当于带 2 个单位正电荷,“ $+2e^-$ ”相当于带 2 个单位负电荷
⑤负极: $\text{Zn} - 2e^- + 2\text{OH}^- \text{ —— Zn}(\text{OH})_2$	正极: $\text{MnO}_2 + 2e^- + 2\text{H}_2\text{O} \text{ —— MnOOH}_2 + 2\text{OH}^-$	配平原子守恒

例 2 据近期英国皇家化学学会的《化学通讯》报道,华盛顿大学的研究人员研究出一种方法,可实现  $\text{CO}_2$  零排放,当电解低于  $800^\circ\text{C}$  时,熔



融的石灰岩形成石灰、碳和氧气。其基本原理如上图所示。上述电解反应在温度小于  $800^\circ\text{C}$  时进行,碳酸钙先分解成为  $\text{CaO}$  和  $\text{CO}_2$ , 电解质为熔融的碳酸钠,则阳极的电极方程式为 \_\_\_\_\_; 阴极的电极方程式为 \_\_\_\_\_。

解析 由于碳酸钙已首先分解成为氧化钙和二氧化碳,那么发生电解的物质应为  $\text{CaO}$  和  $\text{CO}_2$ , 根据图示中其生成物中有  $\text{CaO}$ , 最终确定真正发生电解的物质应为  $\text{CO}_2$ , 即  $\text{CO}_2$  在熔融碳酸钠中

电解生成碳和氧气,介质为熔融的碳酸钠(见表 2)

表 2

书写的具体步骤		过程意图
①阴极: $+e^- \text{——}$	阳极: $-e^- \text{——}$	
②阴极: $\text{CO}_2 + e^- \text{——C}$	阳极: $\text{CO}_3^{2-} - e^- \text{——O}_2$	明确具体的反应物质及在介质中呈现的形态,确定框架
③阴极: $\text{CO}_2 + 4e^- \text{——C}$	阳极: $\text{CO}_3^{2-} - 4e^- \text{——O}_2$	配平电子守恒
④阴极: $\text{CO}_2 + 4e^- \text{——C} + 2\text{CO}_3^{2-}$	阳极: $2\text{CO}_3^{2-} - 4e^- \text{——O}_2$	利用介质( $\text{CO}_3^{2-}$ )配电荷守恒 “ $+4e^-$ ”相当于带 4 个单位负电荷,“ $-4e^-$ ”相当于带 4 个单位正电荷
⑤阴极: $3\text{CO}_2 + 4e^- \text{——C} + 2\text{CO}_3^{2-}$	阳极: $2\text{CO}_3^{2-} - 4e^- \text{——O}_2 + 2\text{CO}_2$	配平原子守恒

如果学生步骤②阳极写成了  $\text{CO}_2 - e^- \text{——O}_2$ ,接下来的过程为③ $\text{CO}_2 - 4e^- \text{——O}_2$ 、④ $\text{CO}_2 - 4e^- + 2\text{CO}_3^{2-} \text{——O}_2$ 、⑤ $\text{CO}_2 - 4e^- + 2\text{CO}_3^{2-} \text{——O}_2 + 3\text{CO}_2$ ,进一步整理为  $2\text{CO}_3^{2-} - 4e^- \text{——O}_2 + 2\text{CO}_2$  获得同样结果。

例 3 已知反应:  $2\text{CO} + \text{O}_2 \text{——} 2\text{CO}_2$  设计成燃料电池,请写出当电解质溶液为①KOH 溶液②稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液时,负极上发生反应的电极方程

表 3

书写的具体步骤		过程意图
①负极: $-e^- \text{——}$	正极: $+e^- \text{——}$	
②负极: $\text{CO} - e^- \text{——CO}_3^{2-}$	正极: $\text{O}_2 + e^- \text{——OH}^-$	通过介质明确具体物质及形态,建立框架
③负极: $\text{CO} - 2e^- \text{——CO}_3^{2-}$	正极: $\text{O}_2 + 4e^- \text{——OH}^-$	配平电子守恒
④负极: $\text{CO} - 2e^- + 4\text{OH}^- \text{——CO}_3^{2-}$	正极: $\text{O}_2 + 4e^- \text{——} 4\text{OH}^-$	利用介质( $\text{OH}^-$ )配电荷守恒
⑤负极: $\text{CO} - 2e^- + 4\text{OH}^- \text{——CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	正极: $\text{O}_2 + 4e^- + 2\text{H}_2\text{O} \text{——} 4\text{OH}^-$	配平原子守恒

如果有学生将②写成正极:  $\text{O}_2 + e^- \text{——H}_2\text{O}$ ,则后续的过程为③ $\text{O}_2 + 4e^- \text{——H}_2\text{O}$ 、④ $\text{O}_2 + 4e^- \text{——H}_2\text{O} + 4\text{OH}^-$ 、⑤观察到左侧没有氢元素,说明左侧应该加  $\text{H}_2\text{O}$ (或同时右边删去

式。  
解析 在化学方程式中,CO 失去电子变成  $\text{CO}_2$ , $\text{O}_2$  得到电子在水溶液环境中可变成  $\text{H}_2\text{O}$ (或  $\text{OH}^-$ ) ,判断出 CO 在电池的负极、 $\text{O}_2$  在电池的正极反应;生成物  $\text{CO}_2$  在 KOH 溶液的介质中由于  $\text{CO}_2$  和 KOH 间的反应应以  $\text{CO}_3^{2-}$  形式,而  $\text{O}_2$  在硫酸溶液介质中只能以  $\text{H}_2\text{O}$  形式存在。

①在 KOH 溶液中(见表 3)

②在  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中(见表 4)

表 4

书写的具体步骤		过程意图
①负极: $-e^- \text{——}$	正极: $+e^- \text{——}$	
②负极: $\text{CO} - e^- \text{——CO}_2$	正极: $\text{O}_2 + e^- \text{——H}_2\text{O}$	通过介质明确具体物质及形态,建立框架
③负极: $\text{CO} - 2e^- \text{——CO}_2$	正极: $\text{O}_2 + 4e^- \text{——H}_2\text{O}$	配平电子守恒
④负极: $\text{CO} - 2e^- \text{——CO}_2 + 2\text{H}^+$	正极: $\text{O}_2 + 4e^- + 4\text{H}^+ \text{——H}_2\text{O}$	利用介质( $\text{H}^+$ )配平电荷守恒
⑤负极: $\text{CO} - 2e^- + \text{H}_2\text{O} \text{——CO}_2 + 2\text{H}^+$	正极: $\text{O}_2 + 4e^- + 4\text{H}^+ \text{——} 2\text{H}_2\text{O}$	配平原子守恒

例 4 用 Al 单质作阳极,石墨作阴极,  $\text{NaHCO}_3$  溶液作电解液进行电解,写出阳极的电极方程 ▶

# 全析水解反应

湖北省荆门龙泉中学 448001 舒中强  
上海新王牌教育 200030 张顺清

广义的水解观认为,无论是盐的水解还是非盐的水解,其最终结果都是反应中各物质和水分别解离成两部分,然后两两重新组合成新的物质。故水解的本质就是呈正价的原子或原子团结合呈负价的氢氧根,而呈负价的原子或原子团结合呈正价的氢离子。因此,水解反应一般都不是氧化还原反应(含有-1价H的化合物水解除外)。无机反应中一般把水解反应划分到复分解反应的范畴,有机反应中把水解反应划分到取代反应的范畴。

## 一、盐类的水解

盐类水解的实质是:盐电离出来的弱酸根阴离子与水电离出的 $H^+$ 结合成弱酸,盐电离出来的弱碱根阳离子与水电离出来的 $OH^-$ 结合成弱碱,从而促进水的电离平衡正向移动。25℃时,水电离出的 $H^+$ 和 $OH^-$ 浓度相等且都大于 $1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 。

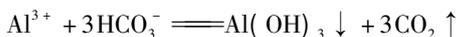
盐类水解反应都是吸热反应,升高温度促进水解。

盐类水解的规律是:有弱才水解,无弱不水解,越弱越水解,谁强显谁性。多元弱酸根阴离子水解分步进行,一次只能结合一个 $H^+$ ,水解程度逐渐减弱,碱性取决于第一步水解。多元弱酸的酸式根阴离子既能水解也能电离,高中阶段除 $H_2PO_4^-$ 、 $HSO_3^-$ 、 $HC_2O_4^-$ 电离大于水解趋势,溶液呈酸性外,其它多元弱酸的酸式盐都是水解趋势大于电离趋势,溶液呈碱性。

除下列三组常见的盐能发生完全水解外,其它盐的水解包括弱酸弱碱盐的水解都只能用“ $\rightleftharpoons$ ”不能打“ $\downarrow$ ”和“ $\uparrow$ ”。 $Fe^{3+}$ 与 $CO_3^{2-}$ 、 $HCO_3^-$ ;  $Al^{3+}$ 与 $CO_3^{2-}$ 、 $HCO_3^-$ 、 $S^{2-}$ 、 $HS^-$ 、 $SO_3^{2-}$ 、 $HSO_3^-$ 、 $AlO_2^-$ ;  $NH_4^+$ 与 $SiO_3^{2-}$ 、 $AlO_2^-$ 等能发生完全水解,化

►式\_\_\_\_\_。

解析 根据题意,因Al作阳极失去电子会生成 $Al^{3+}$ ,而 $Al^{3+}$ 能与 $HCO_3^-$ 反应:



故而确定铝阳极上的最终生成物为 $Al(OH)_3$

和 $CO_2$ ,发生的反应为: $Al - 3e^- + 3HCO_3^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow$ 而不是仅仅写为: $Al - 3e^- \rightleftharpoons Al^{3+}$ 。

其步骤见表5。

表5

阳极: $-e^-$ ——	明确电极与电子转移的关系
阳极: $Al - e^- + HCO_3^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 + CO_2$	将 $HCO_3^-$ 写入反应式,确定框架
阳极: $Al - 3e^- + HCO_3^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 + CO_2$	配平电子守恒
阳极: $Al - 3e^- + 3HCO_3^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 + CO_2$	配平电荷守恒,“-3e <sup>-</sup> ”相当于带3个单位正电荷
阳极: $Al - 3e^- + 3HCO_3^- \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3CO_2$	配平原子守恒

同样道理, $H_2$ 、 $O_2$ 在以 $CH_3COONa$ 溶液为电解液,多孔碳棒为两极时可构成原电池,其负极的电极反应式为 $H_2 - 2e^- + 2CH_3COO^- \rightleftharpoons 2CH_3COOH$ 。

利用“框架法”书写电极方程式,学生能很快

领会构建电极方程式书写的这一最基本的固定模式,易于上手和模仿训练,其书写关键在于根据介质环境推断产物的存在形式,往往也成为成功的关键。

(收稿日期:2014-05-27)