

## 深度整合高考试题 精准突破重难点

### ——例谈电化学试题整合在高考复习中的应用

西安交通大学附属中学 710043 陈波 沈卫所

电化学是高考的难点、重点之一。它的难度主要体现在两个方面:1.装置新颖,如2016北京题12中“潜伏”型串联电解池等;2.需要一定的氧化还原功底、计算能力,如2013全国I题28、2015全国II题26中电化学学科交叉计算等。本文针对电化学中的几大重难点内容“潜伏”型串联电解池、离子交换膜有关计算、以电解装置为重点的考查、电化学学科交叉计算等)为例作以介绍。

#### 一、“潜伏”型串联电解池

例1 (2016 高考·北京题12改编) 已知如图1装置: a、b 为惰性电极, a、d 处试纸变蓝, b 处变红, 局部褪色。完成该电解池中所有电极反应式。

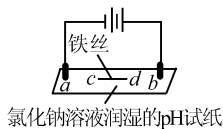


图1

答案: a、d 电极反应式为:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ ; c 电极反应式为:  $\text{Fe} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ ; b 电极反应式为:  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ,  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow$ 。

解析 a、d 处试纸变蓝, 说明溶液显碱性, 是

溶液中  $\text{H}_2\text{O}$  的  $\text{H}^+$  得到电子生成  $\text{H}_2$ ,  $\text{OH}^-$  剩余溶液呈碱性; b 处变红, 局部褪色, 说明是溶液中的  $\text{OH}^-$  和  $\text{Cl}^-$  共同放电; c 处为阳极,  $\text{Fe}$  失去电子生成  $\text{Fe}^{2+}$ ; 即本实验中 a、c 电极形成电解池, d、b 电极形成电解池。

点拨 本题考查新颖, 难点在于学生很难想到铁丝 cd 集导线与电极于一体。学生可以根据题目中所给出的现象推测发现, 铁丝 cd 的 c、d 端均为电极, 中间段起导电作用。由此, 可以得出规律: 置于电解池中的金属, 两端分别为阴极或阳极, 中间部分起导电作用。

变式题 完成图2所示电解池中铜球 m、n 上的电极反应式。

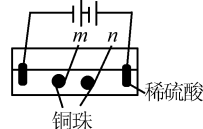
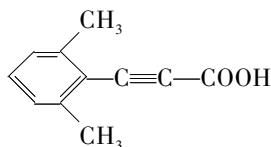
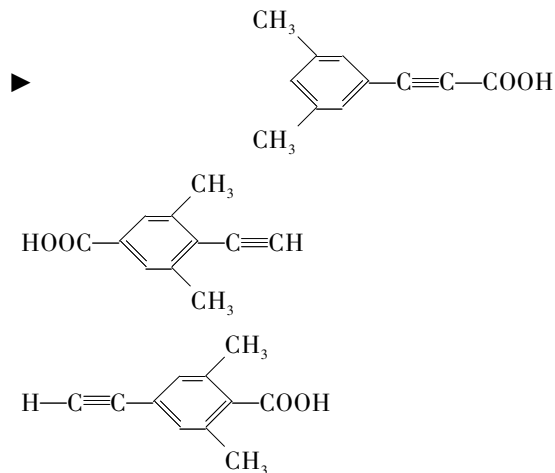


图2

答案: 左侧铜球 m 为阳极:  $\text{Cu} - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$ ; 右侧铜球 n 为阴极:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow$ ,  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$  (当阳极生成一定量  $\text{Cu}^{2+}$  时)。

#### 二、离子交换膜有关的计算

例2 (2013 高考·重庆卷题11节选改编)



从某种程度上看, 今年考查同分异构体的难度比以往有所下调, 过去考查符合某些条件的同分异构体共有多少种, 一个数字填错, 该题为0分。同分异构体既考查了学生对物质的分类能力(类别异构), 又考查了学生的发散思维能力以及逻辑(性质)推理能力, 深刻反映了一个学生的综合素质。而这种素质的提高, 重在平时的有目的训练, 并形成能力。

(收稿日期: 2017-10-28)

化学在环境保护中起着十分重要的作用,电化学降解法可用于治理水中硝酸盐的污染。电化学降解  $\text{NO}_3^-$  的原理如图 3 所示。

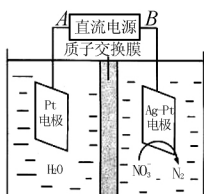


图 3

(1) 电源正极为\_\_\_\_(填“A”或“B”),阴极反应式为\_\_\_\_\_。

(2) 若电解过程中转移了 2 mol 电子,则交换膜两侧电解液的质量变化差( $\Delta m_{\text{左}} - \Delta m_{\text{右}}$ )为\_\_\_\_\_g。

答案:(1) A,  $2\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10\text{e}^- = \text{N}_2 + 12\text{OH}^-$  或  $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e}^- = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

(2) 14.4

解析 (1) 根据题图可知,电解池右侧  $\text{NO}_3^-$  转化成  $\text{N}_2$ ,发生还原反应: $2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 6\text{H}_2\text{O} = \text{N}_2 \uparrow + 12\text{OH}^-$  或  $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e}^- = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ,其电极应为阴极,则左侧发生氧化反应: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ,其电极作阳极,与其相连的 A 端为电源的正极;(2) 转移 2 mol 电子时,右侧产生 0.2 mol  $\text{N}_2$ ,质量为 5.6 g,左侧产生 0.5 mol  $\text{O}_2$ ,质量为 16 g,同时生成 2 mol  $\text{H}^+$ ,由于  $\text{H}^+$  可通过质子交换膜由左侧进入右侧,则右侧电解液质量实际减少:  $5.6 \text{ g} - 2 \text{ g} = 3.6 \text{ g}$ ,左侧电解液质量实际减少:  $16 \text{ g} + 2 \text{ g} = 18 \text{ g}$ ,则两侧质量差为 14.4 g。

点拨 此题属于电化学中难度较大题目,尤其关于“交换膜两侧电解液的质量变化差( $\Delta m_{\text{左}} - \Delta m_{\text{右}}$ )”的问题,此知识点的困难在于影响“ $\Delta m_{\text{左}} - \Delta m_{\text{右}}$ ”的因素有多种,既要考虑生成气体、沉淀等引起电解液质量的变化,又要考虑离子定向迁移引起电解液质量的变化。因此,此类题目的解题步骤可以分为三步。第一,完成电极反应式,根据电极反应式分别计算阴极、阳极区域电解液生成气体、沉淀引起质量的变化值;第二,根据离子交换膜类型,计算离子迁移引起阴极、阳极区域电解液质量的变化值;第三,综合以上两点分别计算阴极、阳极区域电解液质量总的变化值,即分别计算  $\Delta m_{\text{左}}、\Delta m_{\text{右}}$  的值,再做差计算出“ $\Delta m_{\text{左}} - \Delta m_{\text{右}}$ ”的值。

变式题 (2012 高考·重庆题 29 节选改编) 人工肾脏可用间接电化学方法除去代谢产物中的

尿素,原理如图 4 所示。

(1) 阳极室中发生的反应依次为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

(2) 电解结束后,阴极室溶液的 pH 与电解前相比

将\_\_\_\_;若两极共收集到气体 13.44L(标准状况),则除去的尿素为\_\_\_\_\_g(忽略气体的溶解),此时膜两侧电解液的质量变化差( $\Delta m_{\text{阳}} - \Delta m_{\text{阴}}$ )为\_\_\_\_\_g。

答案:(1)  $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$

$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 3\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{N}_2 + \text{CO}_2 + 6\text{HCl}$

(2) 不变; 7.2 9.36。

### 三、以电解装置为重点的考查

例 3 (2017 高考·江苏题 16 节选改编) 电解  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液装置如图 5 所示。

阳极的电极反应式为\_\_\_\_\_,阴极产生的物质 A 的化学式为\_\_\_\_\_。

答案:

$4\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{HCO}_3^- + \text{O}_2 \uparrow, \text{H}_2$

图 5

解析 由图中信息可知,阳极室中  $\text{H}_2\text{O}$  电离的  $\text{OH}^-$  放电生成  $\text{O}_2$ ,破坏了  $\text{H}_2\text{O}$  的电离平衡,产生  $\text{H}^+$ , $\text{H}^+$  再与电解液中  $\text{CO}_3^{2-}$  结合转化为  $\text{HCO}_3^-$ ,所以阳极反应式为: $4\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = 4\text{HCO}_3^- + \text{O}_2 \uparrow$ 。阴极室中  $\text{H}_2\text{O}$  电离的  $\text{H}^+$  放电生成  $\text{H}_2$ ,破坏  $\text{H}_2\text{O}$  的电离平衡,产生  $\text{OH}^-$  与迁移至阴极区的  $\text{Na}^+$  共同使阴极区电解液中  $\text{NaOH}$  浓度增大。

点拨 电解装置相关考查题目,综合考查通入电解液、流出电解液、气体产物、电极类型(阴极或阳极)等相关知识。此类题目的难点在于,在电极类型(阴极或阳极)未知的情况下,如何根据离子迁移方向、电极反应、电极产物等知识判断电极类型(阴极或阳极)、写出电极反应式,进而回答相关问题。因此,此类题目的解答关键在于准确确定电极类型(阴极或阳极)。

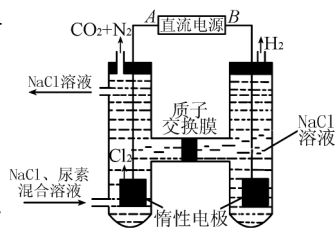


图 4

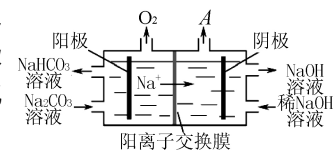


图 5

变式题 (2015 高考·上海题 5 节选改编)  
氯碱工业以电解精制饱和食盐水的方法制取氯气、氢气、烧碱和氯的含氧酸盐等系列化工产品。图 6 是离子交换膜法电解食盐水的示意图,其中的离子交换膜只允许阳离子通过。

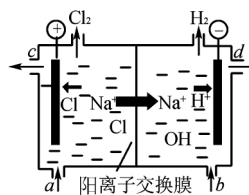


图 6

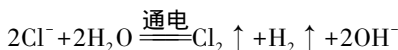
(1) 写出电解饱和食盐水的离子方程式: \_\_\_\_\_。

(2) 阳离子交换膜的作用为: \_\_\_\_\_。

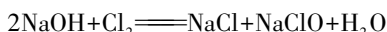
(3) 精制饱和食盐水从图中 \_\_\_\_\_ 位置补充, 氢氧化钠溶液从图中 \_\_\_\_\_ 位置流出。(选填“a”、“b”、“c”或“d”)

(4) 解释生成浓氢氧化钠的原因: \_\_\_\_\_。

答案: (1)



(2) 阻止  $\text{OH}^-$  进入阳极室与  $\text{Cl}_2$  发生副反应:



阻止阳极产生的  $\text{Cl}_2$  和阴极产生的  $\text{H}_2$  混合发生爆炸。

(3) a d。

(4) 右侧阴极发生反应:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$  不断生成  $\text{OH}^-$  与移向阴极的  $\text{Na}^+$  结合生成  $\text{NaOH}$ , 再从 d 口流出。

#### 四、电化学学科交叉计算

例 4 (2015 高考·全国 II 题 26 节选) 酸性锌锰干电池是一种一次性电池, 外壳为金属锌, 中间是碳棒, 其周围是由碳粉、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{ZnCl}_2$  和  $\text{NH}_4\text{Cl}$  等组成的糊状填充物。该电池放电过程产生  $\text{MnOOH}$ 。

(1) 该电池的正极反应式为 \_\_\_\_\_, 电池反应的离子方程式为 \_\_\_\_\_。

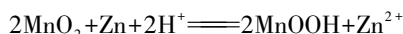
(2) 维持电流强度为 0.5 A, 电池工作 5 min, 理论上消耗锌 \_\_\_\_\_ g。(已知  $F = 96500 \text{ C/mol}$ )

答案: (1)  $\text{MnO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{MnOOH}$   $2\text{MnO}_2 + \text{Zn} + 2\text{H}^+ = 2\text{MnOOH} + \text{Zn}^{2+}$  (注: 式中  $\text{Zn}^{2+}$  可写为  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ,  $\text{H}^+$  可写为  $\text{NH}_4^+$ )。

(2) 0.05。

解析 (1)  $\text{MnO}_2$  在正极发生还原反应, 且  $\text{H}^+$  参与正极反应生成  $\text{MnOOH}$  结合负极反应式  $\text{Zn} -$

$2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ , 电池反应的离子方程式为:



(2)  $Q = It = 0.5 \text{ A} \times 300 \text{ s} = 150 \text{ C}$ , 则需消耗 Zn 的质量为:

$$\begin{aligned} m(\text{Zn}) &= \frac{Q}{F} \times M(\text{Zn}) \div 2 \\ &= \frac{150\text{C}}{96500\text{C} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \div 2 \\ &= 0.05 \text{ g} \end{aligned}$$

点拨 目前高考试题所涉及到的电化学学科交叉计算, 主要涉及两个公式:

$$\textcircled{1} Q = It = n(e^-) F$$

$$\textcircled{2} W = UIt = UQ$$

F 计算时一般取值 96500 (其含义是每摩尔电子所带电量为 96500C)。另外, 准确理解各物理量的含义也是解决此类问题的关键。

变式题 (2013 高考·全国 I 题 28 节选) 二甲醚 ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ) 是无色气体, 可作为一种新型能源。二甲醚直接燃料电池具有启动快、效率高等优点, 其能量密度高于甲醇直接燃料电池 ( $5.93 \text{ kW} \cdot \text{h/kg}$ )。若电解质为酸性, 二甲醚直接燃料电池的负极反应为 \_\_\_\_\_, 一个二甲醚分子经过电化学氧化可以产生 \_\_\_\_\_ 个电子的电量; 该电池的理论输出电压为 1.20 V, 能量密度  $E =$  \_\_\_\_\_ (列式计算。能量密度 = 电池输出电能 / 燃料质量,  $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ )。

答案:  $\text{CH}_3\text{OCH}_3 - 12\text{e}^- + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{CO}_2 + 12\text{H}^+$ , 12;

$$\frac{1.20\text{V} \times \frac{1000 \text{ g}}{46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 12 \times 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}}{1 \text{ kg}} \div [3.6 \times 10^6 \text{ J} \cdot (\text{kW} \cdot \text{h})^{-1}] \approx 8.39 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$6 \times 10^6 \text{ J} \cdot (\text{kW} \cdot \text{h})^{-1}] \approx 8.39 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

本文以电化学高考试题整合为例, 介绍了四种典型的电化学题目。针对每种类型题目, 首先通过例题呈现问题并分析、解答, 再通过点拨总结归纳此类问题的解题策略、方法, 最后通过变式题目加以巩固、强化, 力争达到使学生学以致用目的。以上是笔者在高考复习中关于试题整合的一些探索, 在此抛砖引玉, 希望得到各位同行的指导、帮助。

(收稿日期: 2017-10-10)