

# 例析高考化学新情景下电极反应式的书写

四川省成都市华阳中学 610213 林明勇

电化学基础专题是高中化学基本理论中的重要内容,是每年高考化学中的必考点,电极反应式书写是电化学的核心,更是教学的重点和难点。因此采用行之有效的办法突破电极反应式书写这一难点在实际教学过程中显得尤为重要。本文通过对电池类型进行分类,总结不同类型电池电极反应式的书写,建立其书写模式,为教学实践提供参考,对学生正确、快速解题具有指导意义。

## 一、新情景下化学电源电极反应式书写

### 1. 二次电池电极反应式书写

试题往往会给出电池总反应方程式,在此情

况下其电极反应式书写的第一步是标出电池总反应方程式电子转移的方向和数目,确定氧化剂和还原产物以及得电子数目或还原剂和氧化产物及失电子数目。第二步通过氧化剂与还原产物(或还原剂与氧化产物)二者比较找出该电极反应的其他反应物和生成物。第三步写出并配平该电极反应式。第四步用电池总反应方程式减去该电极反应式即可得到另一电极反应式(当然也可按上述步骤直接书写)。如果是二次电池则充电的电极反应与放电的电极反应过程相反,充电的阳极反应为放电的正极反应的逆向过程,充电的阴极

►的浓度不再变化,反应达到平衡状态,c正确;d项由图可知,当 $c(\text{AsO}_4^{3-}) = y \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,浓度不再发生变化,则达到平衡状态,由方程式可知此时 $c(\text{I}^-) = 2y \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,所以 $c(\text{I}^-) = y \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时没有达到平衡状态,d错误。

答案:a、c

例2 在某体积为2 L的密闭容器中充入0.5 mol  $\text{NO}_2$ 和1 mol CO,在一定条件下发生反应:



假设此反应在5 min时达到平衡。

下列事实能够说明上述反应在该条件下已经达到化学平衡状态的是( )。

- A. 容器内气体的质量保持不变
- B.  $\text{NO}_2$ 的物质的量浓度不再改变
- C. 容器内气体的颜色不变
- D.  $\text{NO}_2$ 的消耗速率与CO的消耗速率相等

解析 A项容器内的气体反应前后遵循质量守恒,容器内气体的质量保持不变,不一定是平衡状态,A错误;B项 $\text{NO}_2$ 的物质的量浓度不再改变,可说明达到平衡状态,B正确;C项容器内气体的颜色不变,说明二氧化氮的浓度不变,达到平衡状态,C正确;D项 $\text{NO}_2$ 的消耗速率与CO的消耗速率都为正反应,不能说明达到平衡状态,D错误。

答案:B、C

例3 100 °C时,将0.1 mol  $\text{N}_2\text{O}_4$ 置于1 L密闭的烧瓶中,然后将烧瓶放入100 °C的恒温槽中,烧瓶内的气体逐渐变为红棕色:



下列结论不能说明上述反应在该条件下已经达到平衡状态的是( )。

- ① $\text{N}_2\text{O}_4$ 的消耗速率与 $\text{NO}_2$ 的生成速率之比为1:2
- ②气体总物质的量保持不变
- ③烧瓶内气体的压强不再变化
- ④烧瓶内气体的质量不再变化
- ⑤ $\text{NO}_2$ 的物质的量浓度不再改变
- ⑥烧瓶内气体的颜色不再加深
- ⑦烧瓶内气体的平均相对分子质量不再变化
- ⑧烧瓶内气体的密度不再变化

- A. ②③⑥⑦
- B. ①④⑧
- C. 只有①④
- D. 只有⑦⑧

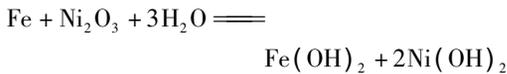
解析 判断一个反应是否达到平衡状态的实质是正逆反应速率相等,标志是所给条件是否从“变”达到“不变”,在判断时注意避免上述七种“陷阱”。①中 $\text{N}_2\text{O}_4$ 的消耗速率与 $\text{NO}_2$ 的生成速率,都表示正反应;④气体的质量始终不变;⑧烧瓶内气体的密度 $\rho = m/V$ , $m$ 不变,容器为1 L密闭的烧瓶,故密度从始至终没有变化。

答案:B

(收稿日期:2018-12-03)

反应为放电的负极反应的逆向过程。

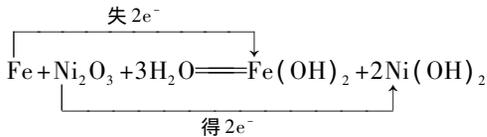
例如：铁镍蓄电池又称爱迪生电池，放电时的总反应为：



请写出该电池放电时负极、正极反应式\_\_\_\_\_；

充电时，阴极反应式为\_\_\_\_\_。

第一步：



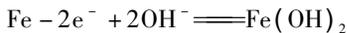
负极：还原剂 Fe，氧化产物 Fe(OH)<sub>2</sub>，失 2e<sup>-</sup>。

正极：氧化剂 Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，还原产物 Ni(OH)<sub>2</sub>，得 2e<sup>-</sup>。

第二步 负极：Fe - 2e<sup>-</sup> → Fe(OH)<sub>2</sub>，还原剂

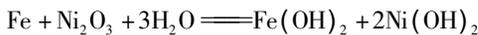
与氧化产物二者比较可知有 OH<sup>-</sup> 参加反应。

第三步 负极反应式为：



第四步

总反应：



负极：Fe - 2e<sup>-</sup> + 2OH<sup>-</sup> → Fe(OH)<sub>2</sub>

正极：



第五步：阴极：Fe(OH)<sub>2</sub> + 2e<sup>-</sup> → Fe + 2OH<sup>-</sup>

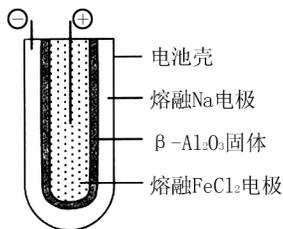


图 1

又如：熔融状态下，Na 的单质和 FeCl<sub>2</sub> 能组成可充电电池（装置示意图如图 1），反应原理为：

放电时，电池的正极反应式为\_\_\_\_\_，负极反应式为\_\_\_\_\_。

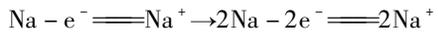


负极：还原剂 Na，氧化产物 Na<sup>+</sup>（为什么不是

NaCl？）失 2e<sup>-</sup>。

正极：氧化剂 Fe<sup>2+</sup>（为什么不是 FeCl<sub>2</sub>？）还原产物 Fe，得 2e<sup>-</sup>。

第二步 负极：

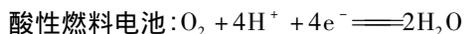
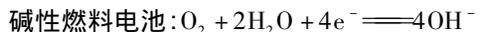


正极：Fe<sup>2+</sup> + 2e<sup>-</sup> → Fe

## 2. 燃料电池的电极反应式书写

燃料电池是一种连续地将燃料和氧化剂的化学能直接转化成电能的化学电池。燃料电池电极反应式书写的难点在于负极反应式的书写，其书写的第一步是明确燃料及燃烧的产物，判断燃烧产物能否与介质（电解质溶液）反应确定电极产物，根据前后化合价的变化确定失电子数目。第二步通过燃料 - ne<sup>-</sup> + (介质) → 电极产物，对二者进行比较找出参与该电极反应的其它反应物和生成物。第三步写出并根据电荷守恒、质量守恒配平该电极反应式。如果燃料为含碳燃料或氢气的燃料电池其负极反应式一般为：碱性燃料电池：C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub> + mOH<sup>-</sup> - ne<sup>-</sup> → xCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> + pH<sub>2</sub>O（其中根据电荷守恒 m + n = 2x）酸性燃料电池：C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub> + mH<sub>2</sub>O - ne<sup>-</sup> → xCO<sub>2</sub> + pH<sup>+</sup>（其中根据电荷守恒 n = p）（注意：书写时要准确分析反应中的待定系数 m、n 和 p），比如对于 C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub> 而言，当 x = z = 0 时，燃料为 H<sub>2</sub>；当 x = z = 1，y = 4 时，燃料为 CH<sub>3</sub>OH。而熔融电解质燃料电池的电极反应式的书写步骤与上述步骤基本相同，唯一差别在于熔融电解质燃料电池是一个无水环境，是通过阴阳离子导电，其参与电极反应的一般为熔融电解质电离的阴阳离子，而非 OH<sup>-</sup> 或 H<sup>+</sup>。

对于燃料电池其正极反应式而言一般为：



例如：化学家正在研究尿素（H<sub>2</sub>NCONH<sub>2</sub>）动力燃料电池，尿液也能发电！用这种电池直接去除城市废水中的尿素，

既能产生净化的水又能发电。尿素燃料电池结构如图 2 所示，工作时负极的电极反应式为\_\_\_\_\_；正极的电极反应式为：\_\_\_\_\_。

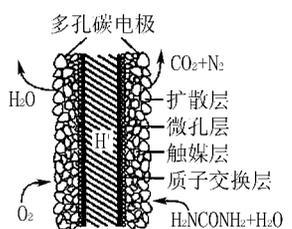


图 2

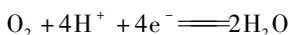
第一步:根据试题明确燃料( $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ ) $\rightarrow$ 电极产物( $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ ) $\rightarrow$ 根据前后化合价的变化确定失电子为 $6\text{e}^-$ 。

第二步:通过 $\text{H}_2\text{NCONH}_2 - 6\text{e}^- + (\text{介质}) \rightarrow \text{CO}_2 + \text{N}_2$ 通过二者比较得出参与该电极反应的其它反应物为 $\text{H}_2\text{O}$ ,生成物为 $\text{H}^+$ 。

第三步:根据电荷守恒、质量守恒配平该反应式为:



该电池为酸性燃料电池正极的电极反应式为:



3. 普通金属电池(一般为金属电池或金属的腐蚀)

对于普通电池不知道电池总反应方程式的这类题目,其电极反应式的书写的第一步是找出负极,负极反应一般是金属失电子: $M - \text{ne}^- \rightarrow \text{M}^{n+}$ 或 $M - \text{ne}^- + (\text{介质}) \rightarrow \text{电极产物}$ ,即负极:还原剂 $-\text{ne}^- + (\text{介质}) \rightarrow \text{氧化产物} + (\text{其他})$ 。第二步对于正极而言,若负极材料不与电解质溶液直接反应,则正极反应式一般为: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$ 。若负极材料能与电解质溶液直接反应,则正极反应物一般为正极材料或电解质溶液中的阳离子得电子,即:正极材料(或电解质溶液中的阳离子) $+\text{ne}^- + (\text{介质}) \rightarrow \text{电极产物}$ ,即正极:氧化剂 $+\text{ne}^- + (\text{介质}) \rightarrow \text{还原产物} + (\text{其他})$ 。第三步是根据负极反应与正极反应相加即可得到电池总反应方程式(注意:在将正负两极反应式相加时,两式中电子数 $\text{ne}^-$ 一定要相等,否则是错误的)。

例如:铝电池性能优越,Al-AgO 电池可用作水下动力电源,其原理如图3所示。该电池的正极反应式为:\_\_\_\_,该电池反应的化学方程式为:\_\_\_\_。

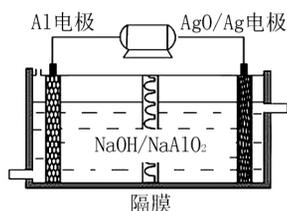
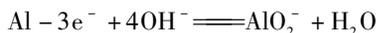


图3

第一步:根据试题信息负极为Al,考虑介质的影响负极反应为:



第二步:对于负极而言,由于负极材料Al能与电解质溶液直接反应可知则正极反应物为正极材料AgO得电子,即: $\text{AgO} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ ,进一步可知 $\text{H}_2\text{O}$ 参与反应,即 $\text{AgO} + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag} + \text{OH}^-$ ,进一步配平为: $\text{AgO} + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{Ag} + 2\text{OH}^-$ 。

第三步:电池总反应离子方程式:

负极:



正极:



总反应:



电池总反应方程式:



二、新情景下电解池电极反应式的书写

新情境电解池电极反应式的书写的第一步是明确试题的已知信息,确定阴阳两极电极反应物或电解产物。第二步根据阴阳两极电极反应物判断电极产物(根据化合价的升降判断)或电解产物判断电极反应物(根据元素守恒和化合价的升降判断)。第三步是结合上述判断书写电极反应式。

例如: $\text{MnO}_2$ 的生产方法之一是以石墨为电极,电解酸化的 $\text{MnSO}_4$ 溶液。请写出阴极的电极反应式是\_\_\_\_;阳极的电极反应式是\_\_\_\_。

第一步:试题信息为由 $\text{MnSO}_4$ 溶液电解制 $\text{MnO}_2$ 。

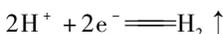
第二步:石墨为惰性电极, $\text{MnSO}_4$ 转化为 $\text{MnO}_2$ ,锰元素化合价升高,失电子,阳极反应物为 $\text{Mn}^{2+}$ ,阳极产物 $\text{MnO}_2$ 。

第三步: $\text{Mn}^{2+} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2$ ,比较二者得: $\text{Mn}^{2+} - 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{H}^+$

进一步得:



第四步:溶液中阳离子除 $\text{Mn}^{2+}$ 外为 $\text{H}^+$ ,可知阴极电极反应式为:



(收稿日期:2018-11-01)