

方法与技巧

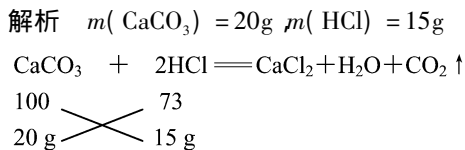
巧用“十字法”速解化学题

江苏省洪泽中学 223100 刘启成

一、十字相乘法

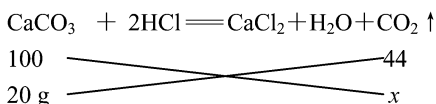
十字相乘法在化学中多用来判断两物质反应时是否有一种物质过量,哪种物质过量,按十字相乘法判断过量的方法是:关系量与已知量交叉相乘,积大者其中所含已知量对应物质过量。

例1 25 g 纯度为 80% 的石灰石与 100 g 质量分数为 15% 的稀盐酸充分反应,试确定反应生成二氧化碳的质量。



因为 $100 \times 15\text{g} > 73 \times 20\text{g}$, 所以 HCl 过量。

CaCO_3 完全反应,根据碳酸钙质量进行计算,设反应生成 CO_2 的质量为 x , 则



由十字相乘法有: $20 \times 44\text{g} = 100 \times x$, $x = 8.8\text{g}$, 即反应生成 CO_2 为 8.8 g。

十字相乘法是比例法的变形,可以判断过量问题及简化计算。以上判断过量方法只适用于两种物质间反应的计算。判断过量时,若比值相等或乘积相等或计算所得反应物或生成物相等,则说明两反应物恰好完全反应。同一物质必须单位一致,不同物质间单位可以不一致,但关系量之间一定要注意对应关系。

二、十字架法

电解质溶液电解时,涉及到的离子比较多,容易弄错。我们可以用“十字架法”。同一物质电离产生的阴、阳离子固定写在“十字架”的同一行,阳离子、阴离子固定写在“十字架”的同一侧,再根据离子放电顺序,分析电极反应。

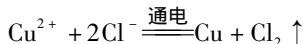
以电解 CuCl_2 溶液为例,用“十字架”法分析。

如图 1 所示, Cu^{2+} 、 H^+ 向阴极移动, Cu^{2+} 得电子能力大于 H^+ , 阴极反应式为: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- =$

Cu ; Cl^- 、 OH^- 向阳极移动, Cl^- 失电子能力大于

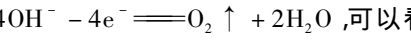
OH^- , 阳极反应式为: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ 。

不难看出,电解 CuCl_2 溶液实质是溶质本身电解,水没有变化。总反应式为:



再以电解 CuSO_4 溶液为例,如图 2 所示,根据离子移动方向及放电顺序,可得电极反应式。

阴极反应式为: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$; 阳极反应式为: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 可以看出溶质和水都参与了电解,将两极反应式相加,可得总反应式为:



相加时一要注意电子守恒,二要注意 OH^- 来源水,不能写成 OH^- 。

例 2 常温下电解 200 mL 一定浓度的 NaCl 与 CuSO_4 混合溶液,理论上两极所得气体的体积随时间变化的关系如图 3 所示(气体体积已换算成标准状况下的体积),根据图中信息回答下列问题。

(1) 求原混合溶液 NaCl 和 CuSO_4 的物质的量浓度。

(2) t_2 时所得溶液的 pH。

解析 根据十字架法分析,将 NaCl 、 CuSO_4 和 H_2O 电离产生的阴阳离子固定在十字架上(如图 4 所示),再根据离子的放电顺序判断两极的电极反应。

电解 200 mL 一定浓度的 NaCl 与 CuSO_4 混合

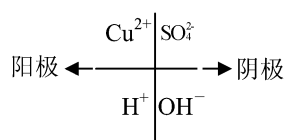


图 1

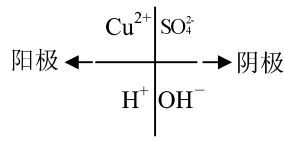


图 2

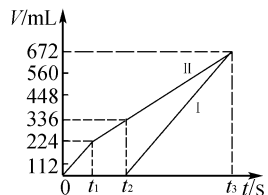


图 3

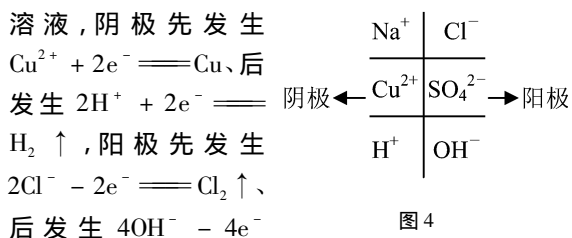


图4

结合图3可知 I为阴极气体体积与时间的关系 II为阳极气体体积与时间的关系。

(1) ①由图可知, 产生氯气为 224 mL $n(\text{Cl}_2) = 0.224 \text{ L} \div 22.4 \text{ L/mol} = 0.01 \text{ mol}$

由 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow$ 可知, $n(\text{NaCl}) = 0.02 \text{ mol}$, 所以 $c(\text{NaCl}) = 0.02 \text{ mol} \div 0.2 \text{ L} = 0.1 \text{ mol/L}$ 。由 t_2 时生成氧气为 112 mL, $n(\text{O}_2) = 0.112 \text{ L} \div 22.4 \text{ L/mol} = 0.005 \text{ mol}$, 此时电解过程共转移电子为 $0.02 \text{ mol} + 0.005 \text{ mol} \times 4 = 0.04 \text{ mol}$ 。

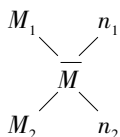
根据电子守恒可知 $n(\text{CuSO}_4) = 0.04 \text{ mol} \div 2 = 0.02 \text{ mol}$, 所以 $c(\text{CuSO}_4) = 0.02 \text{ mol} \div 0.2 \text{ L} = 0.1 \text{ mol/L}$ 。②由 t_2 时 $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} \sim 4\text{H}^+$, 可知 $n(\text{H}^+) = 0.005 \text{ mol} \times 4 = 0.02 \text{ mol}$, 则溶液的 $c(\text{H}^+) = 0.02 \text{ mol} \div 0.2 \text{ L} = 0.1 \text{ mol/L}$, 则 $\text{pH} = 1$ 。

三、十字交叉法

对于具有相同性质(指某些方面)的两种体系, 如果用 \bar{M} 表示与已知的两个量 M_1, M_2 有关的平均值, n_1, n_2 表示 M_1, M_2 对应的分数。则有:

$$n_1 M_1 + n_2 M_2 = (n_1 + n_2) \bar{M} \quad \text{整理得: } \frac{n_1}{n_2} = \frac{\bar{M} - M_2}{M_1 - \bar{M}}$$

以 \bar{M} 为中心可将上式中五个相关量组合成下列十字交叉计算式。

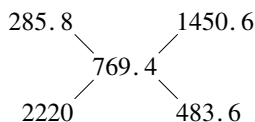


知道 M_1, M_2 及 \bar{M} 就可求两体系的比例, 这种运算方法称十字交叉法。

例3 已知下列两个热化学方程式: $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}), \Delta H = -571.6 \text{ kJ/mol}$, $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}), \Delta H = -2220 \text{ kJ/mol}$ 实验测得氢气和丙烷的混合气体共 5 mol 完全燃烧时放热 3847 kJ, 则混合气体中氢气和丙烷的体积之比是()。

A. 1:3 B. 3:1 C. 1:4 D. 1:1

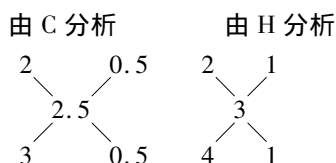
解析 1 mol 氢气完全燃烧放出的热量为: $571.6 \text{ kJ} \div 2 = 285.8 \text{ kJ}$, 1 mol 丙烷完全燃烧放出的热量为 2220 kJ; 1 mol 混合气体完全燃烧放出的热量为: $3847 \text{ kJ} \div 5 = 769.4 \text{ kJ}$ 。由十字交叉法可得: $V(\text{氢气}) : V(\text{丙烷}) = 1450.6 : 483.6 \approx 3:1$ 。



例4 由二种气态烃组成的混合物 20 mL 跟过量的 O_2 混合后完全燃烧, 当产物通过浓 H_2SO_4 体积减少 30 mL, 然后通过碱石灰体积减少 50 mL (气体体积均在同温同压下测得), 问: 这种混合物的组成可能有几种?

解析 可视混合烃为一种烃, 设平均分子式为 C_xH_y , 根据题意可得, 1 mol 烃完全燃烧可生成 2.5 mol CO_2 和 1.5 mol H_2O , 故平均分子式为 $\text{C}_{2.5}\text{H}_3$; 分析平均分子式, 由 H 分析: 必有一种烃 H 原子数小于 3, 只有 C_2H_2 符合; 再由 C 分析, 另一种烃的 C 原子数必大于 2.5, 可能为 C_3H_4 、 C_3H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_6 、 C_4H_8 、 C_4H_{10} 等。

再用十字交叉法分析, 若为 C_2H_2 和 C_3H_4 :



由碳原子数、氢原子数分析比例均为 1:1 符合题意。

同理可判断其它几种组合中, 只有 C_2H_2 和 C_4H_6 (比为 3:1) 符合题意, 另外的组合由碳、氢分析比例不一致。

十字交叉法简便、快捷, 一般只适用于两种已知成分组成的混合体系, 解题关键往往在于求平均。

要搞清十字交叉法中 $\frac{\bar{M} - M_2}{M_1 - \bar{M}}$ 比值的含义: 当

以一定质量的混合体系为基准, 所得比值为质量比; 当以一定物质的量或体积的混合体系为基准, 所得比值为物质的量比。十字交叉法广泛应用于有关同位素、相对原子质量、二组分混合物组成、化学反应中的物质的量、体积、电子转移数及反应热等方面计算。

(收稿日期: 2015-11-10)