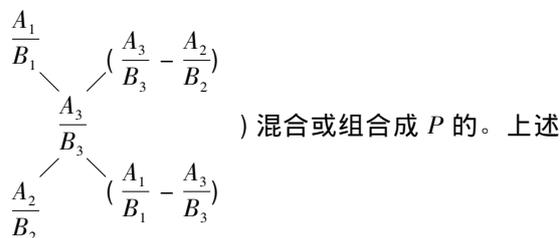
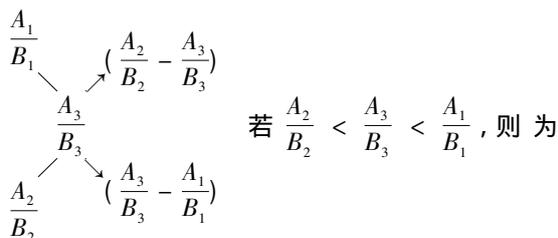


也说十字交叉法在中学化学计算中的应用

湖南省攸县教育科学教研室 412000 陈珊兰

关于十字交叉法在化学计算中的应用问题,很多杂志上都登载了不少的研究论文,大多文章是从二元组分(或相当于二元组分)的混合(或构成)的角度,并设法从学生熟知的二元一次方程组模型来解题,让师生们受益匪浅,但事实上不少学生并不能快速准确理解哪些情形可以构造二元一次方程组,所以只是从自己已有的经验出发来套用十字交叉法,所以常有误用情况。

笔者在教学中发现凡是按有比值意义($\frac{A}{B}$ 形式表示,且 $B_1 + B_2 = B_3$)的量的属性混合或组合,均可用十字交叉法来分析。若某体系以两组分 $M(\frac{A_1}{B_1})$ 及 $N(\frac{A_2}{B_2})$ 混合或组合可形成平均组合 $P(\frac{A_3}{B_3})$,且 $\frac{A_1}{B_1} < \frac{A_3}{B_3} < \frac{A_2}{B_2}$,则 M 与 N 必然是按 B 意义的某种比值(可用十字交叉法表示为



情形可以理解为一种模型,在中学阶段实际计算符合上述模型的情形有摩尔质量(质量/物质的量)、溶液中溶质质量分数(溶质质量/溶液质量)、摩尔反应热(热量/物质的量)、或者是具有比值意义的设定量,如摩尔某物生成气体体积或沉淀质量(气体体积或沉淀质量/反应物物质的量或质量)、摩尔电子质量(对应物质的质量/转移电子物质的量)、其他可用十字交叉法的情况等。下面以具体例子诠释十字交叉法的应用。

一、摩尔质量类

若试题是以摩尔质量或可转换成摩尔质量形式作为信息,如相对分子质量、相对原子质量或标准状况下气体密度,可用十字交叉法解题。

例 1 已知自然界中铀有两种质量数分别为 191 和 193 的同位素,而铀的相对分子质量为 192.22,求这两种同位素原子个数比。

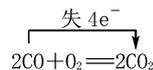
► 电子守恒关系可知反应式为: $2C_2H_6 - 28e^- + 36OH^- = 4CO_3^{2-} + 24H_2O$ 。同理可得正极反应式为: $7O_2 + 28e^- + 14H_2O = 28OH^-$ 。

若以盐酸溶液为介质,溶液中存在 H^+ ,其总反应方程式为: $2C_2H_6 + 7O_2 = 4CO_2 \uparrow + 6H_2O$ 。其电极反应式为:

负极: $2C_2H_6 - 28e^- + 8H_2O = 4CO_2 \uparrow + 28H^+$, 正极: $7O_2 + 28e^- + 28H^+ = 14H_2O$ 。

例 9 一种新型熔融盐燃料电池具有高发电效率而倍受重视。现有 Li_2CO_3 和 Na_2CO_3 的熔融盐混合物作电解质,一极通 CO 气体,另一极通 O_2

和 CO_2 的混合气体,制作 $650^\circ C$ 时工作的燃料电池,其电池负极反应式为: _____, 正极反应式为: _____。



解析 CO 为负极反应物,主要反应关系为: $2CO - 4e^- \rightarrow 2CO_2$,由原子守恒及电荷守恒关系可知反应式为: $2CO - 4e^- + 2CO_3^{2-} = 4CO_2$,正极电极反应是: $O_2 + 2CO_2 + 4e^- = 2CO_3^{2-}$ 。

(收稿日期: 2014-10-20)

思路 质量数可以在数值上理解为摩尔质量,即铀同位素 1 的摩尔质量为 191g/mol; 铀同位素 2 的摩尔质量为 193g/mol 平均摩尔质量 192.22g/mol,且物质的量可以严格相加(原子个数)符合上述模型。

$\frac{A_1}{B_1} = \frac{191}{1}$, $\frac{A_2}{B_2} = \frac{193}{1}$, $\frac{A_3}{B_3} = \frac{192.22}{1}$, 且物质的量可以相加,同位素 1 与同位素 2 物质的量之比(原子个数

$$\text{比) 为 } \frac{\frac{A_1}{B_1} - \frac{A_3}{B_3}}{\frac{A_2}{B_2} - \frac{A_3}{B_3}} = \frac{39}{61}。$$

例 2 在标准状况下氢气和一氧化碳的混合气体 7L 质量为 2.25 g 求 H₂ 和 CO 的体积之比。

思路 本题相当于已知气体密度,既而可转变为摩尔质量,本题中平均摩尔质量($\frac{A_3}{B_3}$)为 2.25 g ÷ 7 L × 22.4 L/mol = 7.2 g/mol,氢气的摩尔质量($\frac{A_1}{B_1}$)为 2 g/mol,一氧化碳摩尔质量($\frac{A_2}{B_2}$)为 28 g/mol 故符合上述模型,且 $A_1/B_1 < A_3/B_3 < A_2/B_2$, 则氢气和一氧化碳物质的量(体积)之比

$$\text{按 } \frac{\frac{A_1}{B_1} - \frac{A_3}{B_3}}{\frac{A_2}{B_2} - \frac{A_3}{B_3}} = \frac{28 - 7.2}{7.2 - 2} = \frac{4}{1}。$$

二、质量分数类

例 3 将 20% NaCl 溶液与 60% NaCl 溶液按质量比 1:3 混合,计算混合后 NaCl 溶液的质量分数。

思路 本题是溶液按质量分数混合,且已知溶液的质量比,符合上述模型。已知 $\frac{A_1}{B_1} = 0.2$, $\frac{A_2}{B_2} =$

$$0.6, \text{ 设 } \frac{A_3}{B_3} = x, \text{ 依模型故有 } \frac{\frac{A_1}{B_1} - \frac{A_3}{B_3}}{\frac{A_2}{B_2} - \frac{A_3}{B_3}} =$$

$\frac{0.6 - x}{x - 0.2} = \frac{1}{3}$ 则 $x = 0.5$, 即混合后溶液质量分数为 50%。

例 4 某 Na₂SO₃ 已部分氧化成 Na₂SO₄, 经测定该混合物中硫的质量分数为 25%, 求混合物中 Na₂SO₃ 和 Na₂SO₄ 的物质的量之比?

思路 本题已知的是质量分数,若求混合物中两种组分的质量比则符合上述模型,但本题求的是两组分的物质的量之比,故可先求出其质量之比再转化为物质的量之比。

$\frac{A_1}{B_1} = \frac{32}{126}$, $\frac{A_2}{B_2} = \frac{32}{142}$, $\frac{A_3}{B_3} = \frac{25}{100}$, 则混合物中 Na₂SO₃ 与 Na₂SO₄ 的质量之比为

$$\frac{\frac{A_1}{B_1} - \frac{A_3}{B_3}}{\frac{A_2}{B_2} - \frac{A_3}{B_3}} = \frac{25\% - 32/142}{32/126 - 25\%} = \frac{441}{71}$$

其物质的量之比 = $\frac{441/126}{71/142} = \frac{7}{1}$ 。

三、混合反应中物质的量比关系类

例 5 31g 磷(P) 在标准状况下 44.8L 氯气中充分燃烧,生成三氯化磷及五氯化磷的物质的量之比是多少?

思路 依据化学反应方程式可知,生成三氯化磷时氯气体积与磷物质的量之比 $\frac{A_1}{B_1} = \frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ mol}}$, 生成五氯化磷时氯气体积与磷物质的量之比 $\frac{A_2}{B_2} =$

$\frac{5 \text{ mol}}{2 \text{ mol}}$, 本题中氯气体积与磷物质的量之比 = $\frac{44.8 \text{ L} / (22.4 \text{ L/mol})}{31 \text{ g} / (31 \text{ g/mol})} = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ mol}}$, 故生成三氯化磷的磷与生成五氯化磷的磷的物质的量之比

$$\frac{\frac{A_1}{B_1} - \frac{A_3}{B_3}}{\frac{A_2}{B_2} - \frac{A_3}{B_3}} = \frac{2.5 - 2}{2 - 1.5} = \frac{1}{1}, \text{ 即生成三氯化磷及五氯化磷的物质的量之比是 } 1:1。$$

四、摩尔反应热类

例 6 已知 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, $\Delta H = -571.6 \text{ kJ/mol}$

$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\Delta H = -2220 \text{ kJ/mol}$

在标准状况下 112 L H_2 和 C_3H_8 的混合气体充分燃烧生成液态水和二氧化碳气体放出 3847 kJ 的热量, 求混合气体中 H_2 和 C_3H_8 的体积比。

思路 本题中 H_2 燃烧的热量构建的 $\frac{A_1}{B_1} = \frac{571.6}{2}$
 $= 285.8 \text{ kJ/mol}$ H_2 C_3H_8 燃烧放出的热量构建的 $\frac{A_2}{B_2}$
 $= 2220 \text{ kJ/mol}$ C_3H_8 , 混合气体燃烧构建的 $\frac{A_3}{B_3} =$
 $\frac{3847 \text{ kJ}}{112 \text{ L}/22.4 \text{ mol/L}} = 769.4 \text{ kJ/mol}$ 混合气体, 混合气
 体中 H_2 和 C_3H_8 的物质的量之比, 也即体积比

$$\frac{\frac{A_1}{B_1}}{\frac{A_2}{B_2}} = \frac{\left(\frac{A_2}{B_2} - \frac{A_3}{B_3}\right)}{\left(\frac{A_3}{B_3} - \frac{A_1}{B_1}\right)} = \frac{2220 - 769.4}{769.4 - 285.5} = \frac{1460.6}{483.9} = \frac{3}{1}$$

五、摩尔电子质量类

平均摩尔电子质量是指混合物在发生氧化还原反应时平均转移 1 mol e^- 所对应的质量。

例 7 将 Mg 和 Al 混合金属 20 g 投入到足量的稀 H_2SO_4 溶液中, 产生 H_2 2 g, 求原混合金属中 Mg 的质量。

思路 本题有多种解法。若从电子转移角度分析, 1 mol Mg 反应转移电子 2 mol, 即其转移 1 mol e^- 对应金属质量为 12 g, $\frac{A_1}{B_1} = 12 \text{ g Mg/mol } e^-$; 1 mol Al 反应转移 3 mol e^- , 即其转移 1 mol e^- 对应质量为 9 g, 即 $\frac{A_2}{B_2} = 9 \text{ g Al/mol } e^-$; 本题中混合金属平均每摩尔 e^- 转移对应质量为 10 g, 即 $\frac{A_3}{B_3} = 10 \text{ g 混合金属/mol } e^-$, 且电子物质的量可以相加, 符合十字交叉法的适用范围。则对应 Mg 和 Al 反应时转移的电子物质的

$$\text{量之比} \quad \frac{\frac{A_1}{B_1}}{\frac{A_2}{B_2}} = \frac{\left(\frac{A_3}{B_3} - \frac{A_2}{B_2}\right)}{\left(\frac{A_1}{B_1} - \frac{A_3}{B_3}\right)} = \frac{10 - 9}{12 - 10} = \frac{1}{2}, \text{ 所以}$$

Mg 在反应中失电子 $(1/3) \times 2 = 2/3 \text{ mol}$, 其对应质量为 $(2/3) \times 12 = 8 \text{ g}$ 。

六、结构混合类

结构混合, 是指某些物质结构可以看成是两类结构的混合。

例 8 C_{60} 是由 60 个 C 原子组成的具有简单多面体形状的单质分子。这个多面体有 60 个顶点, 从每个顶点引出 3 条棱, 各面的形状分为五边形和六边形两种, 计算 C_{60} 分子中形状为五边形和六边形的面各有多少?

思路 在 C_{60} 中平均每个五边形中 $5/3$ 个顶点, 即 $\frac{A_1}{B_1} = \frac{5/3}{1}$; 平均每个六边形有 $6/3 = 2$ 个顶点, 即 $\frac{A_2}{B_2} = \frac{2}{1}$, 平均每个多边形有 $60/32$ 个顶点, 即 $\frac{A_3}{B_3} = \frac{60/32}{1}$ 故五边形与六边形的个数比可用十字交叉法

$$\text{表示} \quad \frac{\frac{A_1}{B_1}}{\frac{A_2}{B_2}} = \frac{\left(\frac{A_2}{B_2} - \frac{A_3}{B_3}\right)}{\left(\frac{A_3}{B_3} - \frac{A_1}{B_1}\right)} = \frac{2 - 60/32}{60/32 - 5/3} = \frac{12/96}{20/96} =$$

$\frac{12}{20}$ 由于五边形与六边形总数为 32, 故五边形个数为 12 个, 六边形个数为 20 个。

如上所述, 如果某组合是由有比值意义的量组合而成, 且分母意义量是严格相加的, 则可以运用十字交叉法立式求出两组份按分母意义对应量之比。做题时一定要找准比值意义量并弄清分子分母的含义, 而且要考虑若涉及溶液体积的量, 如溶液中溶质的物质的量浓度、溶液密度等虽具有比值意义, 但其体积不可以严格相加, 则严格意义上不能采用十字交叉法解题。只要把握了上述涵义, 使用十字交叉法解题就变得轻松易行了。

(收稿日期: 2014 - 10 - 15)