

# 十字交叉法应用中的常见问题及解析

李 薇

(闵行中学, 上海 200240)

**摘要:** 通过对一道计算题的详细分析, 阐明十字交叉法背后代表的二元混合体系所产生的具有平均意义的数值含义, 特别是差值比代表的物理量配比含义, 提出如何帮助学生掌握快速判断物理量含义的方法。

**关键词:** 十字交叉法; 差值比配比含义

**文章编号:** 1005-6629(2012)5-0063-03

**中图分类号:** G633.8

**文献标识码:** B

十字交叉法是一种简化、快速的解题方法, 受到广大师生的欢迎。在教学中发现, 许多学生对十字交叉法的理解和掌握尚存在问题, 尤其是对十字交叉法背后代表的二元混合体系所产生的具有平均意义的数值的计算问题的含义并未理解。于是笔者整理了该题中出现的十字交叉法, 并对其进行分析。例题和方法见

下:

**例题:**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  混合物 9.5 g 加入稀盐酸, 到不再产生气体为止, 恰好用去 50 g 稀盐酸, 将生成的气体通入过量的石灰水中, 得到沉淀 10 g。求: 混合物中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{NaHCO}_3$  各多少克?

此题为典型的二元混合体系计算题, 可用多种方

管均会压缩具支试管内气体, 造成气压变大, 导管内液面下降, 最终低于试管中液面。因此若要使气柱上升就必须填补已经下降的高度, 自然需要更长时间。在选项中提供的几个装置中, A、B、C 均可使具支试管内外大气相通, 这样便可使得导管内外液面相平, 不影响后续实验。

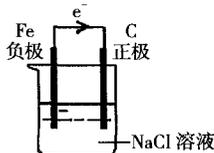
第(3)题根据气柱的体积(即  $\text{O}_2$  的体积)可换算出反应消耗的  $\text{O}_2$  的物质的量, 再换算成  $\text{Fe}^{2+}$  的物质的量即可计算反应速率。在后来所测数据中可看出反应越来越慢, 原因是  $\text{O}_2$  被消耗使其浓度降低的缘故。

第(4)问旨在通过检验正、负极反应的两种产物( $\text{OH}^-$  和  $\text{Fe}^{2+}$ )来找出吸氧腐蚀正负极反应发生的大体位置, 也可直观地推测出正、负极反应式。由于 b 点有  $\text{Fe}^{2+}$  生成, 自然 b 点较易腐蚀, 这一实验也改变了部分师生认为较易腐蚀部位发生在 a 点这一固有观念。

第(5)问中可根据题中所给实验现象(金属上的溶液显红色的先后顺序)推导出几种金属腐蚀的快慢顺序与其金属活动性一致, 铝最慢的原因在于其表面极易形成致密的氧化铝薄膜从而保护了内层金属不受腐蚀。

## 5 参考答案

(1)



(2) A、C、D; 用热水浴替换酒精灯; 有; A

(3)  $0.79 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ , 氧气的浓度

(4)

| 实验操作                                    | 实验现象       | 实验结论   |
|---|------------|--------|
| 酚酞指示剂                                   | a 点附近溶液显红色 | 发生正极反应 |
| $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液 | \          | \      |

b 点, 理由: 此处有蓝色沉淀, 说明生成  $\text{Fe}^{2+}$ , 铁钉已经腐蚀

(5) 金属活泼性, 原因: 装置容易形成稳定的氧化膜, 延缓了腐蚀的进程

## 参考文献:

[1] 宋心琦主编. 化学 4 (选修) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2004: 85.

[2] 雷和平, 刘美丽. 铁的吸氧腐蚀的实验改进 [J]. 化学教学, 2009, (8): 50.

[3] 唐宗培. 金属电化学腐蚀的实验探究 [J]. 化学教育, 2004, (8): 50~51.

[4] 南京大学物理化学教研室编. 物理化学 (第四版). 上册 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 681~682.

法求解。最简单的方法莫过于列二元一次方程组求解，这里不予展开。这里想介绍十字交叉法求解。十字交叉法是二元一次方程组的图解法，是一种能快速方便解题的方法。

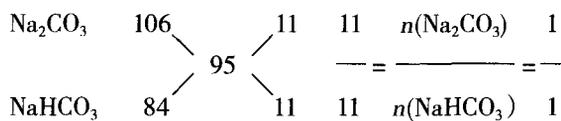
### 1 解法例析

#### 1.1 从平均相对分子质量入手

由方程式可知  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  与产生的  $\text{CO}_2$  的比例分别为 1:1。

根据 C 元素守恒： $n(\text{C})=n(\text{CO}_2)=0.1 \text{ mol}$ ， $n(\text{Na}_2\text{CO}_3)+n(\text{NaHCO}_3)=0.1 \text{ mol}$

$\bar{M}_{混} = \frac{9.5}{0.1} = 95 \text{ g/mol}$ ， $\text{Na}_2\text{CO}_3$  摩尔质量 106 g/mol， $\text{NaHCO}_3$  摩尔质量 84 g/mol，化成十字交叉法如下：



$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)=n(\text{NaHCO}_3)=\frac{0.1 \text{ mol}}{2}=0.05 \text{ mol}$$

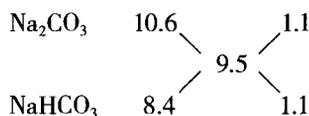
$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)=0.05 \times 106=5.3 \text{ g};$$

$$n(\text{NaHCO}_3)=0.05 \times 84=4.2 \text{ g}$$

#### 1.2 求质量差之比

这种方法出错率很高，原因在于学生搞不清楚比值对应的物理量含义。学生的答题思路如下：

假设 0.1 mol 的  $\text{CO}_2$  全由  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  产生，则需  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10.6 g；若全由  $\text{NaHCO}_3$  产生，则需  $\text{NaHCO}_3$  8.4 g，现有混合物 9.5 g：

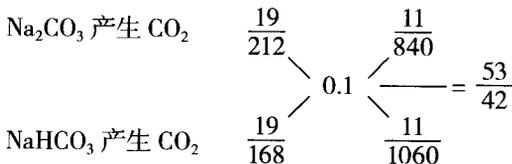


比值 1.1/1.1 到底表示什么含义呢？有些学生联想到方法 1，认为是碳酸钠和碳酸氢钠之间的摩尔配比，而另外一部分的学生则认为就是他们的质量配比。当然，计算结果肯定大相径庭。按物质的量配比算的结果和方法一致。而按质量配比算的话答案却变成了  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3)=m(\text{NaHCO}_3)=9.5 \text{ g}/2=4.25 \text{ g}$ 。显然，方法 2 错了。质量差的比值怎么变成了物质的量比含义了呢？

#### 1.3 从产物 $\text{CO}_2$ 入手

答题思路如下：

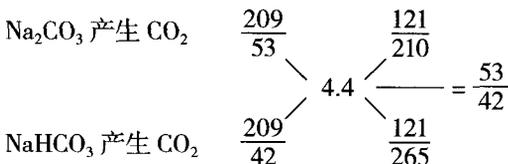
假设  $\text{CO}_2$  全由  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  产生，则  $n(\text{CO}_2)=\frac{9.5}{106} \text{ mol}=\frac{19}{212} \text{ mol}$ ；假设  $\text{CO}_2$  全由  $\text{NaHCO}_3$  产生，则  $n(\text{CO}_2)'=\frac{9.5}{84} \text{ mol}=\frac{19}{168} \text{ mol}$ ，现有  $\text{CO}_2$  0.1 mol，



$\frac{53}{42}$  又表示什么呢？部分学生用这种方法解题，却

卡在了 53/42 的含义上，导致后面算错，很是冤枉。如果从答案入手，会发现  $\frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m(\text{NaHCO}_3)}=\frac{53}{42}$ ，也就是说  $\frac{53}{42}$  是碳酸钠和碳酸氢钠之间的质量配比。问题又来了，物质的量差的比值含义怎么和质量比联系在一起呢？

假设  $\text{CO}_2$  全由  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  产生，则  $m(\text{CO}_2)=\frac{9.5}{106} \text{ g} \times 44=\frac{209}{53} \text{ g}$ ；假设  $\text{CO}_2$  全由  $\text{NaHCO}_3$  产生，则  $m(\text{CO}_2)'=\frac{9.5}{84} \text{ g} \times 44=\frac{209}{42} \text{ g}$ ，现有  $\text{CO}_2$  4.4 g：



虽然比值依然为质量比，但上述方法不同的是它的平均量 (4.4) 和分量 (209/52、209/42)。为什么不同单位的平均量、分量得到的差值比含义会一样？

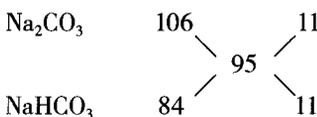
### 2 确定比值含义的简单有效的新方法

综上 4 种方法中提出的疑问：①平均量、分量表示为质量，差值比含义却为分量之间的物质的量配比；②平均量、分量物理量表示为物质的量，差值比含义却为分量之间的质量配比；③两种方法中平均量、分量的物理量含义不同，但差值比含义却相同。

这些疑问同样也是学生最大的困惑，正是由于搞不清它们的含义导致后续计算也一并错误。经过潜心研究笔者发现，十字交叉法中比值的含义与平均值分母的物理量具有高度的一致性。也就是说，只要理解平均值的分母单位是什么，该单位就是分量间的配比含义。下面就四种方法展开详细解说。

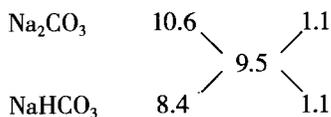
### 3 方法详解

方法 1：



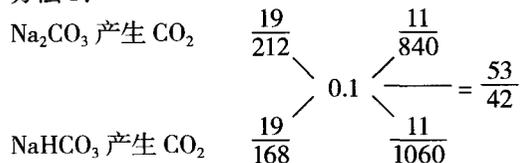
平均值 95 的含义：“每摩尔混合物的质量”，分母单位为摩尔，根据分母单位即分量配比的说法，因此 11/11 为分量碳酸钠与碳酸氢钠之间的物质的量配比。

方法 2：



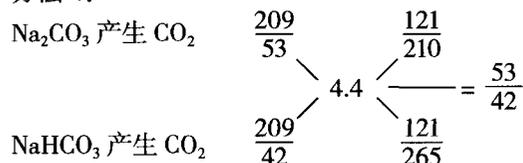
平均值 9.5 的含义：“每生成 0.1 mol CO<sub>2</sub> 需混合物的质量”，这和“每生成 1 mol CO<sub>2</sub> 需混合物的质量”概念一致，分母单位均为摩尔，因此比值 1.1/1.1 依旧为分量碳酸钠与碳酸氢钠之间的物质的量配比。

方法 3:



平均值 0.1 的含义：“每 9.5 g 混合物生成 0.1 mol CO<sub>2</sub>”，这和“每克混合物能生成多少摩尔 CO<sub>2</sub>”的概念一致。分母单位为克，因此比值 53/42 为分量碳酸钠与碳酸氢钠之间的质量配比。

方法 4:



十字交叉法涉及的解题类型非常广泛，除上述例题外凡平均值 4.4 的含义：“每 9.5 g 混合物生成 4.4 g CO<sub>2</sub>”，这和“每克混合物能生成多少克 CO<sub>2</sub>”的概念一致。分母单位为克，因此比值 53/42 为分量碳酸钠与碳酸氢钠之间的质量配比。

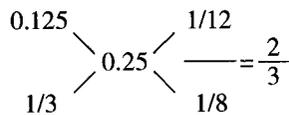
#### 4 其他案例

笔者特意找了时间详细地向学生分析了这道题，学生恍然大悟道个中还有这般讲究。不仅这道题，其他凡是符合双组份、物理量具有加和性的题目均能使用此方法。案例如下：

例 1 甲、乙两份硫酸铝，甲中的  $c(\text{Al}^{3+})=0.25 \text{ mol/L}$ ，乙中的  $c(\text{SO}_4^{2-})=1 \text{ mol/L}$ 。

将两份溶液混合成硫酸铝的浓度为 0.25 mol/L。求甲、乙两种溶液的体积比。(设混合后体积具有加和性)

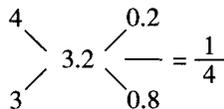
甲中硫酸铝浓度为 0.125 mol/L，乙中硫酸铝浓度为 1/3 mol/L，混合后的浓度为 0.25 mol/L。应用十字交叉法：



平均量 0.25 mol/L 的含义为“每 1 L 溶液中含有硫酸铝溶质 0.25 mol”，分母单位为溶液体积，因此比值 2/3 为两种硫酸铝溶液的体积分配比。

例 2 相邻两种烷烃的混合物 20 mL，完全燃烧后生成 30 mL 的 CO<sub>2</sub>，48 mL 的 H<sub>2</sub>O。求该烷烃的可能组合及体积比。

解：现求出该混合物的平均分子式：C 的个数为 30/20=1.5 个，H 的个数为 48×2/20=4.8 个，平均分子式为 C<sub>1.5</sub>H<sub>4.8</sub>。由于只有甲烷的碳原子数少于 1.5，所以肯定有甲烷 CH<sub>4</sub>。另一种烷烃为乙烷 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>。体积比用十字交叉法解，由平均分子式可知 H、C 原子个数比为 4.8/1.5=3.2，甲烷中原子个数比为 4，乙烷中原子个数比为 3，化成十字交叉法：



关键点：比值 1/4 的含义。切不可以为就是甲烷与乙烷的体积比。理由如下：平均值 3.2 的含义是“混合物中每个 C 原子对应 3.2 个 H 原子”。分母单位为 C 原子的个数，因此，比值 1/4 为甲烷和乙烷中 C 原子的个数配比。等摩尔的甲烷和乙烷中碳原子的个数不相等，为 1:2，现又要求 C 原子个数配比为 1:4，很容易就能得出甲烷与乙烷的体积比为 1:2。

至此可以发现，正确运用十字交叉法的关键在于读懂平均值的含义（等同于读懂分量含义），根据分母物理量得出比值的配比含义，必要时再根据题意进行转化。但不适用不具加和性的物理量，比如：求混合两种不同 pH 溶液后的 pH。该混合液的 pH 不是原各溶液 pH 的简单代数之和，因此不能使用十字交叉法。相信学生们在掌握了判断平均值分母单位这种方法后，在今后应用十字交叉法解题时明显减低错误率。

#### 参考文献:

- [1] 朱春清. 十字交叉法在化学计算中的应用 [J]. 化学教学, 2011, (5): 61~63.

## 欢迎订购 2011 年《化学教学》全年合订本

2011 年《化学教学》全年合订本现已开始征订。每本定价：120 元，数量有限，欲购从速。另有少量过刊亦可邮购。

邮局汇款：直接汇款至“200062 上海市中山北路 3663 号《化学教学》编辑部收”，汇款单上请注明数量、期号及邮购者详细地址和联系电话。

万方数据