

## 例谈复杂氧化还原反应方程式配平方法

北京市日坛中学 100020 刘子远

氧化还原方程式的配平对于许多初学者来说具有一定难度。学生应该学会分析不同反应的特点,采用合适的方法进行配平。

本文介绍几种比较复杂的氧化还原方程式的配平方法。

### 一、电子得失法

适用范围:反应物和生成物化学式比较常规,比较容易判断其组成元素的化合价。这是最基础的一种应该重点掌握的配平方法,其主要配平过程有以下几个环节。

1. 标好价 标明反应前后化合价有改变的元素的价态;

2. 列变化 列出电子得失情况,可以把得、失分两大块来列(得电子的多种元素列在一起,失电子的多种元素列在一起);

3. 求总数 根据得失电子总数相等,求出得、失电子的最小公倍数;

4. 配系数 首先配平化合价有改变的元素的系数,然后再配平化合价没有改变的元素的系数,最后配氢、氧元素的系数。

以金属铜与稀硝酸反应生成硝酸铜、一氧化氮和水为例,详细介绍配平过程:

一般配平步骤如下:

(1) 根据题意正确书写反应式:

►和  $n_3$  个  $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{N}- \\ \diagdown \end{array}$  三种基团,无环状结构,三种基团的数目关系为  $n_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。若 A 的相对分子质量为 116,上述基团连接时碳原子跟碳原子相连,则 A 的结构简式是  $\underline{\hspace{2cm}}$

(4) 写出电解过程中阳极(惰性电极)发生反应的电极反应式  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(5) 该工艺最大亮点是它符合下列原理  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

- A. 化学平衡    B. 绿色化学    C. 质量守恒  
D. 能量守恒    E. 相似相溶    F. 酸碱中和  
G. 氧化还原反应

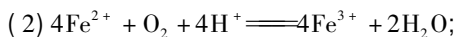
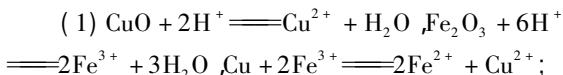
(6) 铜、银、金是人类认识最早的三种金属,因为很早就被人们用作钱币,因而有“货币金属”之称。由于铁的金属性比铜、银、金强,相对而言,人类认识铁稍晚。某研究性学习小组为了证明铁的金属活动性比铜强,设计了如下方案:①铁片置于硫酸铜溶液中有铜析出;②铁、铜和氯气反应分别生成  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{CuCl}_2$ ;③足量的铁粉和铜粉和浓硫酸反应生成  $\text{FeSO}_4$  和  $\text{CuSO}_4$ ;④铜片置于  $\text{FeCl}_3$  溶液中铜片逐渐溶解;⑤把铁片和铜片置于盛有稀硫酸的烧杯中,并用导线连接,铁片上无气泡产生,而铜片上有气泡产生;⑥把铁片和铜片置于盛有

浓硝酸的烧杯中,并用导线连接,铁片上有气泡产生,而铜片上无气泡产生。以上设计合理的有  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

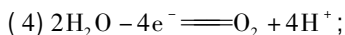
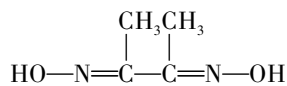
- A. 两种方案    B. 三种方案  
C. 四种方案    D. 五种方案

解题导引 本题难点在于第(3)小题,利用价键理论推断基团之间关系,深刻地考查有机物结构理论。

参考答案:



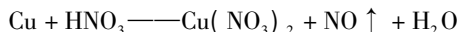
$$(3) n_3 = n_1 + n_2 - 2;$$



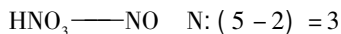
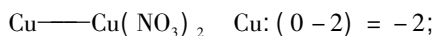
(5) B; (6) A。

高考中铜及其化合物考查难度并不太大,只有把基础知识综合应用,学会知识的迁移,对元素及其化合物的知识和相关原理融会贯通,还是可以解决相关问题,复习时对相关知识适当拓展,在高考中将有很大的帮助。

(收稿日期:2016-03-24)

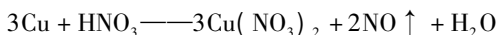


(2) 把化合价发生变化的元素找出并标上化合价:

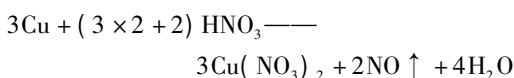


负号表示化合价升高,失去电子;正号表示化合价降低,获得电子。

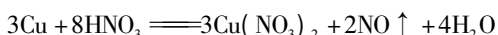
(3) 求出得失电子的最小公倍数:  $2 \times 3 = 6$ ; 然后在化合价有变化的元素符号前写上系数:



(4) 最后再配平化合价无变化的元素。



最终结果:



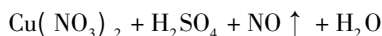
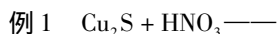
注:  $\textcircled{1}\textcircled{2}\textcircled{3}\textcircled{4}\textcircled{5}\dots\dots$ 表示配平系数的先后顺序。

配平过程口诀可以概括为:

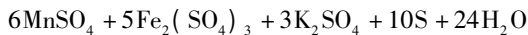
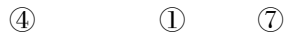
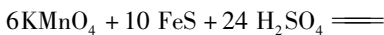
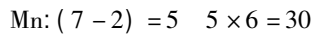
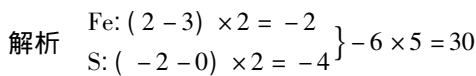
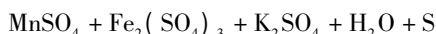
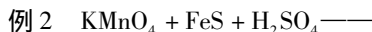
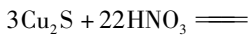
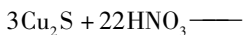
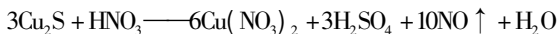
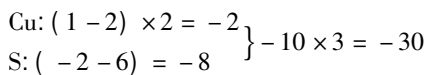
左边反应物,右边写生成,变化价态者,找它来配平。

前后价数差,脚码要放大,最小公倍数,用它来求系数。

先配变化者,后配无变化,最后看氢氧,观察来检查。

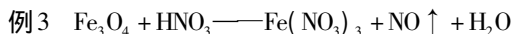


解析

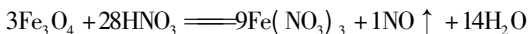
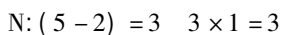
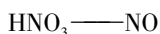
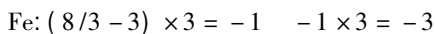
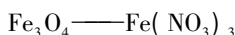


### 二、氧化数法

氧化数是一个原子的特定形式电荷数,电中性物质的形式电荷代数和为零。氧化数一般是按照化学式计算得到的,可以出现分数,常用于特殊物质元素不知道化合价或不易确定元素化合价的方程式的配平。其配平方法与电子得失法比较相似,只是首先要确定复杂元素的氧化数,然后步骤与配平方法一类似。

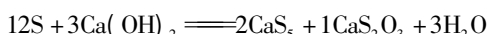
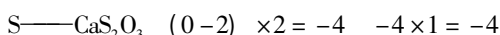
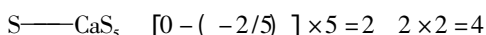


解析 在此方程式中  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  中 Fe 元素的化合价比较复杂,由 +2 价和 +3 价按一定比例组合而成。设  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  中 Fe 元素的氧化数为 X:  $3X + (-2) \times 4 = 0$ , 则  $X = 8/3$



解析 此方程式中比较特殊的物质是  $\text{CaS}_5$  和  $\text{CaS}_2\text{O}_3$ 。设  $\text{CaS}_5$  中 S 元素的氧化数为 X,根据电中性物质氧化数为零:  $+2 + 5X = 0$ ,  $X = -\frac{2}{5}$ 。

同理在  $\text{CaS}_2\text{O}_3$  中 S 元素的氧化数 2



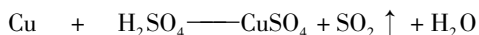
### 三、介质法

许多氧化还原反应中,除了氧化剂和还原剂之外,往往还有一些反应物反应前后的元素化合

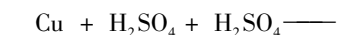
价不变,我们把这样的物质叫做介质。在配平氧化还原反应方程式时要分清氧化剂、还原剂和介质。通常有两种配平方法:一是分拆法(隔离法),二是填充法(也有人称做缺项配平法)。

1. 隔离法

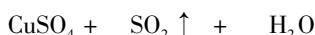
(1) 氧化剂部分做介质



硫酸在此反应中有两个作用:一是氧化剂,一是酸性介质,可拆分成:



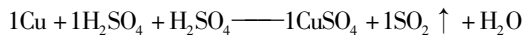
还原剂 氧化剂 介质



氧化产物 还原产物 介质产物

解析  $\text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4 \quad (0-2) = -2 \quad -2 \times 1 = -2$

$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2 \quad (6-4) = +2 \quad 2 \times 1 = +2$

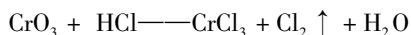


①      ③      ⑤      ②      ④      ⑥

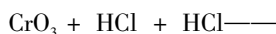
合并后为:



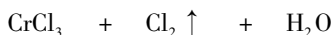
(2) 还原剂部分做介质



此反应中 HCl 中 Cl 元素化合价,有一部分由 -1 价变成了 0 价,有一部分没有变化。故 HCl 既是还原剂又是酸性介质。可以分拆成以下形式:



氧化剂 还原剂 介质

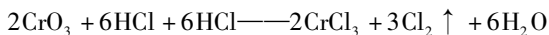


还原产物 氧化产物 介质产物

解析

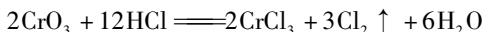
$\text{CrO}_3 \rightarrow \text{CrCl}_3 \quad (6-3) = +3 \quad 3 \times 2 = +6$

$\text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 \quad [(-1) - 0] \times 2 = -2 \quad -2 \times 3 = -6$



①      ④      ⑤      ②      ③      ⑥

合并后为:

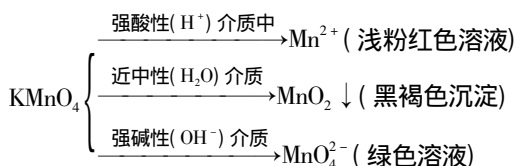


规律 从以上两例可以看出,氧化剂或还原剂如果化合价全部改变,则不起介质作用,如果只有部分改变,则不变的部分就起介质作用。

2. 填充法(缺项配平)

有些氧化还原反应中,介质的酸碱性不同,氧

化产物、还原产物可能不同。这种情况通常以化学方程式中反应物或生成物缺项的方式出现。例如常用的氧化剂  $\text{KMnO}_4$  在不同的介质条件下,它被还原的产物不同。(口诀是 2、4、6 酸、水、碱)

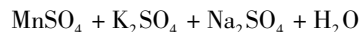
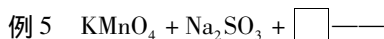


当介质不同时,加入什么物质,生成什么物质是较难想到的。对于非氢、氧原子一般可根据反应前后各种元素守恒配平,对于氢、氧原子的配平,可以参考以下经验处理方法:

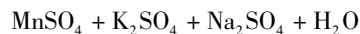
以 [O] 表示氧原子

介质种类	反应物中	
	多 1 个氧原子	少 1 个氧原子
酸性介质	结合 [O] + 2H <sup>+</sup> → H <sub>2</sub> O	提供 [O] + H <sub>2</sub> O → 2H <sup>+</sup>
碱性介质	结合 [O] + H <sub>2</sub> O → 2OH <sup>-</sup>	提供 [O] + 2OH <sup>-</sup> → H <sub>2</sub> O
中性介质	结合 [O] + H <sub>2</sub> O → 2OH <sup>-</sup>	提供 [O] + H <sub>2</sub> O → 2H <sup>+</sup>

介质产物的一般规律:酸中出水,碱中出水;水中出酸,水中出碱。

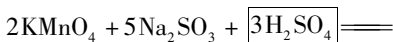


解析 方法一 由观察可知,反应前后 Mn 元素的化合价由 +7 价变到 +2 价,由此可判断此反应应该在酸性介质中完成,又根据反应前后出现的元素的种类判断,填充的物质可能是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{KHSO}_4$ 、 $\text{NaHSO}_4$  中的一种,但是不可能是  $\text{H}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{KHSO}_3$ 、 $\text{NaHSO}_3$  (可以考虑为什么?)

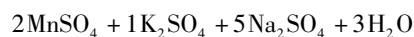


Mn:  $(7-2) = 5 \quad 5 \times 2 = +10$

S:  $(4-6) = -2 \quad -2 \times 5 = -10$

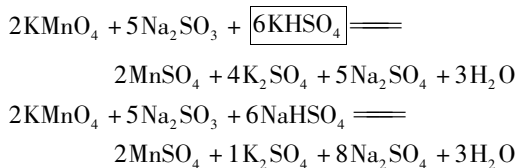


①      ④      ⑥

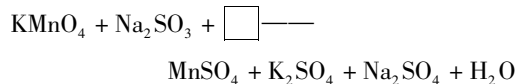


②      ③      ⑤      ⑦

同理可以推知以下结果:

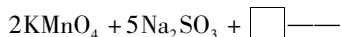


方法二 可以首先根据氧化剂和还原剂之间的氧化还原关系,配平已知物质的系数。然后前后观察对比 根据元素守恒填充物质。

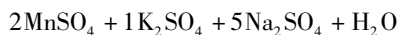


$$\text{Mn: } (7 - 2) = +5 \quad 5 \times 2 = +10$$

$$\text{S: } (4 - 6) = -2 \quad -2 \times 5 = -10$$

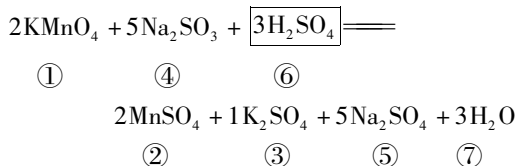


①            ④

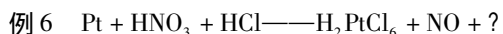
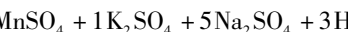


②            ③            ⑤

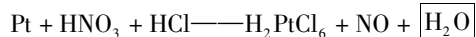
观察前后的元素守恒,除 K、Mn、Na 守恒外,反应前 O 原子  $8 + 15 = 23 < 8 + 4 + 20 + ?$ ; 反应前 S 原子  $5 < 2 + 1 + 5$ ; 反应物中缺少氢元素。故可以推断出填充物是由 H、S、O 元素组成的。因此应该填  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。根据  $\text{SO}_4^{2-}$  守恒确定  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的系数,最后确定  $\text{H}_2\text{O}$  的系数。



①            ④            ⑥

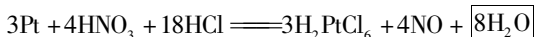


解析 根据反应前后化合价变化可知,Pt 做还原剂, $\text{HNO}_3$  做氧化剂,HCl 是介质。根据介质产物规律:酸中出水,故空缺物质应该为  $\text{H}_2\text{O}$ 。

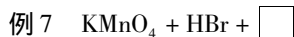


$$\text{Pt: } (0 - 4) = -4 \quad -4 \times 3 = -12$$

$$\text{HNO}_3: (5 - 2) = +3 \quad 3 \times 4 = +12$$

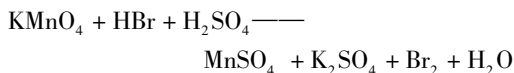


①            ③            ⑤            ②            ④            ⑥



解析 分析该反应可知此反应中氧化剂是  $\text{KMnO}_4$  还原剂是  $\text{HBr}$ ,又根据  $\text{KMnO}_4$  变价规律和反

应前后元素比较可知 酸性介质且应该是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。



$$\text{Mn: } (7 - 2) = +5 \quad 5 \times 2 = 10$$

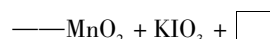
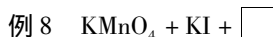
$$\text{Br: } [( -1) - 0] \times 2 = -2 \quad -2 \times 5 = -10$$



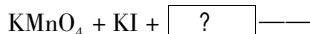
①            ⑤            ⑥



②            ③            ④            ⑦



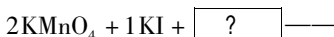
解析 此反应方程式反应前后均有空缺物质,但是一般不会让我们填充氧化剂或还原剂,只是考虑介质及其介质产物。



首先分析氧化还原关系:氧化剂是  $\text{KMnO}_4$ ,还原剂是  $\text{KI}$ 。

$$\text{Mn: } (7 - 4) = +3 \quad 3 \times 2 = +6$$

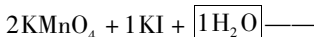
$$\text{I: } [( -1) - 5] = -6 \quad -6 \times 1 = -6$$



①            ③            ②            ④



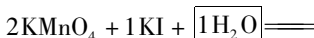
其次分析反应前后元素守恒关系:  $K_{\text{前}} > K_{\text{后}}$ ,  $Mn_{\text{前}} \equiv Mn_{\text{后}}$ ,  $O_{\text{前}} > O_{\text{后}}$ ,  $I_{\text{前}} \equiv I_{\text{后}}$ ,生成物中至少含 K、O 根据  $\text{KMnO}_4$  变价规律生成  $\text{MnO}_2$ ,应该中性环境,填  $\text{H}_2\text{O}$ 。根据介质产物规律水中出酸,水中出碱。结合题意,反应物中填  $\text{H}_2\text{O}$ ,生成物中填  $\text{KOH}$ 。根据 K 守恒,配平  $\text{KOH}$  系数为 2,则  $\text{H}_2\text{O}$  的系数为 1。



①            ③            ⑥



②            ④            ⑤



( 收稿日期:2016 - 04 - 15)