例谈复杂氧化还原反应方程式的配平方法

◎黄有进

摘要:化学课程教学当中,氧化还原反应方程式的配平不仅是重点内容,同时也是教学中面临的难点问题。本文首先简要分析了复杂氧化还原反应方程式的配平原则,在此基础上,着重探讨分析了运用归一法、待定系数法、拆分法以及电子得失守恒法对复杂氧化还原反应方程式进行配平的基本原则和具体步骤以及注意要点,并对四种方法适用范围和主要特点进行认真分析,以供参考。

关键词:复杂氧化还原反应方程式;配平方法;待定系数法;探讨分析

通常情况下,对于一般的氧化还原反应化学方程式的配平,均可以通过采用离子电子法或氧化数法来实现,但是,对于少部分较为特殊的复杂氧化还原反应方程式的配平,如果使用这两种方法就很难实现。而且,部分复杂氧化还原反应方程式的配平存在多组解,似乎每一组都能够充分满足配平的要求。在这样的情况之下,不仅使得初学者感到头痛,就是连具有多年化学工作经验的教师也感到伤透脑筋。因此,为了使这些问题得到有效地解决,则必须不断探讨分析复杂氧化还原反应方程式的配平方法,从中探索出一条有效途径。

一、复杂氧化还原反应方程式的配平原则

从本质上来说,氧化还原反应方程式的配平原则是质量守恒,同时,在复杂氧化还原反应中还存在着由于电子发生转移而引起的元素化合价的升降问题,因此,针对这一问题,还需要严格遵循得失电子守恒这一基本原则,换而言之,就是指氧化还原反应方程式中所失去电子的总数必须与所得到的电子总数相等,具体表现出来就是化合价的升降守恒[1]。通常情况下,复杂氧化还原反应方程式的配平包括五个步骤:第一步,将发生变化的化合价标注出来;第二步,将变价元素化合价升降的具体值一一列出来;第三步,求解出元素化合价变化的最小公倍数,并且应该对所有参与氧化还原反应的化学物质的化学计量数进行标定;第四步,认真观察配平之后的氧化还原反应方程式中其它参与反应的物质的化学计量数;第五步,也是最后一步,需认真检查配平之后的氧化还原反应方程式是不是遵循了"质量守恒"和"电荷守恒"原则。

二、复杂氧化还原反应方程式的主要配平方法

1.运用归一法对复杂氧化还原反应方程式进行配平　运用归一法对复杂氧化还原反应方程式进行配平主要针对的是变价元素较多的复杂氧化还原反应方程式,具体而言,就是将反应物或是生物中某一物质系数确定为1,然后再遵循"质量守恒"原则对其它包含分数在内的物质系数进行配平,最后再将系数调整为整数[2]。以"$KNO_3 + S + C \rightarrow K_2S + N_2\uparrow + CO_2\uparrow$"这一复杂氧化还原反应方程式为例。首先,我们应该将KNO_3的系数确定为1,那么,K_2S的系数则为1/2,N_2的系数则为1/2,CO_2的系数则为3/2,进而可以得知,S的系数为1/2,C的系数为3/2。然后,我们应该将这些系数进行调整,使其成为整数,这样一来,我们便可以得到"$2KNO_3 + S + 3C = K_2S + N_2\uparrow + 3CO_2\uparrow$"这一配平之后的复杂氧化还原反应化学方程式。运用归一法对复杂氧化还原反应方程式进行配平的关键在于选择将哪一种物质的系数确定为1,如果选择恰当,便可以取得事半功倍的效果,但是如果选择不当,则必须对未知数进行假设,并且应该求解辅助配平,针对这一问题,本文不再展开讨论,以下通过一个实例来进一步说明运用归一法对复杂氧化还原反应方程式进行配平的关键点。以"$KI + K10_3 + H_2S \rightarrow I_2 + K_2S0_4 + H_20$"这一复杂氧化还原反应方程式为例。首先应该选择将$H_2S$的系数确定为1,配平系数之后,我们便可以得到"$1/3KI + 5/3K10_3 + H_2S \rightarrow I_2 + K_2S0_4 + H_20$"这一化学方程式,通过进一步调整配平之后,我们就可以得到"$KI + 5K10_3 + 3H_2S = 3I_2 + 3K_2S0_4 + 3H_20$"这一化学方程式。运用归一法对复杂氧化还原反应方程式进行配平,有助于学生理解,学生更加容易接受,而且有助于他们更加牢固地掌握这一知识点,尤其是针对比较复杂的分解反应方程式,将反应系数确定为1进行配平更加适用[3]。

2.运用待定系数法对复杂氧化还原反应方程式进行配平　运用待定系数法对复杂氧化还原反应方程式进行配平是一种有效的配平方法。本文以"$FeS_2 + C + O_2 \rightarrow Fe_3O_4 + CO + S$"这一复杂氧化还原反应方程式为例。根据上文所提到了"质量守恒"原则和配平步骤,假设Fe_3O_4前面的系数为x,C前面的系数为y,O_2前面的系数为z。笔者为什么没有将反应物FeS_2前面的系数设为x,而是将生成物Fe_3O_4前面的系数为x呢,这是因为生成物Fe_3O_4中有较多的铁原子,因而避免了其它物质前面的系数出现分数形式,增加计算的难度[4]。这样一来,我们便可以得到"$FeS_2 + yC + zO_2 \rightarrow xFe_3O_4 + CO + S$"这一化学方程式。然后再根据三个未知数进行配平,从而得到"$3xFeS_2 + yC + zO_2 \rightarrow xFe_3O_4 + yCO + 6xS$"这一化学方程式。紧接着,再根据还没有考虑过的氧元素,可以列出"$2z = 4x + y$、$z = (4x + y)/2$"这两个数学方程式,我们对"x、y、z"三者的合宜值进行确定,以反应式系数的要求为重要依据,y的合宜值应该取偶数,由此,我们可以得到多组配平解,将其中任意一组数值带入到以上反应式中均能够完全满足配平反应方程式的相关要求。因此,这一复杂氧化还原反应方程式其实有多组配平解。如果x、y、z分别取1、2、3,那么,便可以得到"$3FeS_2 + 2C + 3O_2 = Fe_3O_4 + 2CO + 6S$"这一化学方程式;而如果x、y、z分别取1、12、8,便可以得到"$3FeS_2 + 12C + 8O_2 = Fe_3O_4 + 12CO + 6S$"这一化学方程式。通常情况下,判断一个复杂氧化还原反应方程式的配平是不是有多组解,往往可以根据反应物的物质种数与元素种类之间的关系来予以确定。在绝大多数氧化还原反应化学方程式当中,物质种数与元素种类之间的关系是"元素种数 + 1 = 生成物种数 + 反应物种数",例如"$H_2 + Cl_2 = 2HCl$",即三种物质两种元素;$8HI + H_2SO_4$(浓)$= H_2S + 4H_2O + 4I_2$",即五种物质、四种元素[5]。诸如此类的氧化还原反应方程式被称之为正常简单的氧化还原反应方程式,这类反应方程式占氧化还原反应中的绝大多数,且通常不会有多组配平解。因此,通过这一规律有助于人们判断所书写的氧化还原反应方程式是否正确。

3.运用拆分法对复杂氧化还原反应方程式进行配平　根据质量守恒原则,在运用拆分法对复杂氧化还原反应方程式进行配平应该严格按照以下步骤进行。以"$CH_2 = CH_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2\uparrow + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$"这一复杂氧化还原反应方程式为例,配平的第一步:应该将这一复杂氧化还原反应方程式拆分为两个比较简单的化学方程式,拆分后,我们便可以得到"$CH_2 = CH_2 \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O$"和"$KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4$"这两个简单的方程式。需要注意的是,在拆分的过程中,应该保证反应物和生成物种类的统一性,既不能减少,同时也不能增加,但是可以重复[6]。配平的第二步:应该严格遵循质量守恒原则,采用加减O、H原子的方法对两个简单的方程式进行配平,配平后,我们便可以得到方程式一"$CH_2 = CH_2 \rightarrow 2CO_2\uparrow + 2H_2O - 6O$"和方程式二"$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5O$",紧接着,再对两个方程式进行组合,方程式一乘以5,方程式二乘以6,最终便可以得到"$5CH_2 = CH_2 + 12KMnO_4 + 18H_2SO_4 = 10CO_2\uparrow + 6K_2SO_4 + 12MnSO_4 + 28H_2O$"这一配平之后的复杂氧化还原反应方程式。除了这种配平方式以外,还可以通过另外一种方式来实现配平,即在方程式一中加入若干个氧原子或氢原子,并在方程式二中加入若干个氢原子或氧原子,将其构造成水的形式。以"$Pt + HNO_3 + HCl \rightarrow H_2PtCl_6 + NO\uparrow + H_2O$"这一复杂氧化还原反应方程式为例,首先可以将其拆分为方程式一"$Pt + 6HCl \rightarrow H_2PtCl_6 + 4H$"和方程式二"$2HNO_3 \rightarrow 2NO\uparrow + H_2O + 3O$",然后,将两个方程式组合起来,方程式一乘以3,方程式二乘以2,最终便可以得到"$3Pt + 4HNO_3 + 18HCl = 3H_2PtCl_6 + 4NO\uparrow + 8H_2O$"这一配平之后的复杂氧化还原反应方程式[7]。通过这个例子,我们可以发现,针对具有多种元素化合价变化的复杂氧化还原反应方程式,或者是有有机物参与反应的复杂氧化还原反应方程式,运用拆分法对其进行配平是最好的选择,能够使配平更加快速准确。

4.运用电子得失守恒法对复杂氧化还原反应方程式进行配平　电子得失守恒法是依据氧化还原反应中电子得失守恒来配平复杂氧化还原反应方程式。在运用电子得失守恒法对复杂氧化还原反应方程式进行配平必须严格按照以下步骤进行。以"$Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + H_2O$"这一复杂氧化还原反应方程式为例,配平的第一步:以化合价的升降规律为重要依据,将变价元素的化合价标注出来,于是,我们可以得到的"$\overset{0}{Cu} + H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + \overset{+4}{N}O_2\uparrow + H_2O$"这一化学方程式。配平的第二步:对系数进行调整,当反应物和产物中的变价原子数出现不一致时,可以先添加系数。配平的第三步:以得失电子数的最小公倍数为依据,对标准物的系数进行确定。通常情况下,可以选择将化合价变化情况比较单一的1mol还原剂和氧化剂作为标准,再以元素的变价为依据,求出1mol还原剂和氧化剂中全部变价元素的得失电子数。从以上方程式中,我们可以发现,"$\overset{0}{Cu} \rightarrow \overset{+2}{Cu}$"消耗了1mol的Cu,转移了2mol$e^-$,而"$\overset{+5}{N} \rightarrow \overset{+4}{N}$"则生成了1mol的$NO_2$,转移了1mol$e^-$。配平的第四步:以得失电子数的最小公倍数为重要依据,求出标准物的系数,如果将Cu、$Cu(NO_3)_2$的系数均确定为1,将NO_2的系数确定为2,我们便可以得到"$Cu + 2HNO_3 - - Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + H_2O$"这一复杂氧化还原反应方程式。配平的第五步:采用观察法,对没有参与反应的元素原子个数进

行配平，并充分保证反应方程式符合质量守恒原则。通常情况下，在对没有变价的原子进行配平时，应该先确定四大物质的系数，即还原剂、还原产物、氧化剂、氧化产物的系数，紧接着再对其他物质的系数进行确定[8]。在这一复杂氧化还原反应中，有2mol 的硝酸发挥了酸的作用，因此，硝酸前面的系数应该为4，水前面的系数则应该为2。配平的第六步：对配平之后的化学方程式进行认真检查，将之前的短线改为等号，最后我们便可以得到"$Cu+4HNO_3 = Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow+2H_2O$"这一配平之后的复杂氧化还原反应方程式。在检查的过程当中，着重需要观察是不是充分满足电荷守恒、质量守恒以及电子守恒，针对离子型复杂氧化还原反应方程式，最为稳妥的检查方法就是对电子得失守恒进行检查，而最为便捷的方法就是对电荷守恒进行检查。

综上所述，在基础教育化学教学中，复杂氧化还原反应方程式的配平不仅是课堂教学的重点内容，同时也是面临的难点问题。从本质上来看，氧化还原反应的配平是反应中组成物质的原子或离子之间出现电子转移，其主要特征是反应前和反应后元素的化合价发生变化，其基本原则是变价元素的化合价升降总数相等。因此，运用归一法、待定系数法、拆分法以及电子得失守恒法对对复杂氧化还原反应方程式进行配平均属于有效的配平方法。但是，由于复杂氧化还原反应方程式的情况比较复杂，且反应种类较多，在实际教学过程当中，教师应该正确引导学生对不同类型的氧化还原反应的特点进行认真分析，灵活运用各种有效的配平的方法，以此来不断提高学生的分析能力和实际问题的解决能力。

参考文献：

[1]倪立刚."去氢加氧"与"加氢去氧"——谈有机氧化还原反应方程式的配平[J].化学教学，2012，66(09)：103－105.

[2]张吉良，孙德慧，张吉林.氧化还原反应方程式配平的新方法探讨[J].辽阳石油化工高等专科学校学报，2010，55(03)：2035－2037.

[3]王进贤，龚志智，董斌.系统观察法配平多解氧化还原反应方程式[J].西北师范大学学报(自然科学版)，2010，71(03)：89－90.

[4]孙会霞，职桂珍.线性方程组的基本理论在配平化学方程式中的应用——改进的线性代数法[J].郑州轻工业学院学报，2011，55(04)：76－77.

[5]吴勇.浅谈复杂氧化还原反应方程式配平的特殊方法[J].宁德师专学报(自然科学版)，2014，16(03)：89－90.

[6]秦裕昌.特殊复杂的氧化还原反应方程式的配平[J].徐州师院学院学报自然科学版)，2012，55(02)：76－77.

[7]王保玉，韩民乐，李云平，等.凝固点降低法测定摩尔质量实验装置的改进[J].洛阳师范学院学报，2012，86(02)：153－155.

[8]粟智，陈黎，陈慧杰，等.氧化还原反应方程式的半反应配平法[J].新疆师范大学学报(自然科学版)，2013，45(04)：79－80.

(作者单位：福建省福鼎市第四中学 355200)

解决抛物线中距离最值问题的方法

◎方琼

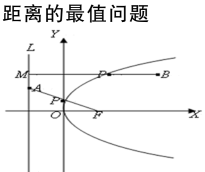
解析几何中距离的最值问题是高中数学的重点内容，同时也是难点内容，往往需要通过数形结合才能很好地解决这类问题，而抛物线定义中距离的相等关系为这类问题的命题埋下了伏笔，以抛物线为载体的距离的最值问题就成了高考命题的热点，下面归纳这两类问题的解决办法。

一、利用抛物线定义解决抛物线中距离的最值问题

【例1】设P是抛物线 $y^2=4x$ 上的一个动点，F为抛物线焦点

(1)求点P到点A(－1，1)的距离与P到直线 $x=-1$ 的距离之和的最小值；

(2)若点B(3，2)，求 $|PB|+|PF|$ 的最小值。



【解析】(1)∵ 抛物线的准线 l 为：$x=-1$，点P在抛物线上，焦点F(1，0)，设点P到准线的距离为d，根据抛物线定义知：

$|PF|=d$∴ $|PA|+d=|PA|+|PF|$，如图：连接FA，

当P为FA与抛物线交点时，$|PA|+d=|PA|+|PF|$

取得最小值 $|FA|=\sqrt{5}$

(2)∵ 抛物线的准线 l 为：$x=-1$，点P在抛物线上，

F(1，0)，设点P到准线的距离为d，根据抛物线定义知：

$|PF|=d$∴ $|PB|+|PF|=|PB|+d$，如图：过点B作 $BM\perp l$ 于M，

，当P为BM与抛物线交点时，$|PB|+|PF|=|PB|+d$

取得最小值 $|BM|=4$

【点评】例1的解法充分利用了抛物线定义及数形结合的思想求距离和的最值问题。

【变式训练】(2014，云南师大附中)已知点P是抛物线 $y^2=-6x$ 上的一个动点，Q为圆( )

$x^2+(y-6)^2=\frac{1}{4}$ 上的一个动点，那么P到Q的距离与点P到y轴距离之和的最小值是( )

A. $\frac{3\sqrt{17}-7}{2}$ B. $\frac{3\sqrt{17}-4}{2}$ C. $\frac{3\sqrt{17}-1}{2}$ D. $\frac{3\sqrt{17}+1}{2}$

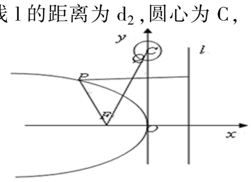
【解析】∵ 抛物线的准线 l 为：$x=\frac{3}{2}$，点P在抛物线上，焦点 $F\left(-\frac{3}{2},0\right)$，

设点P到y轴的距离为 d_1，点P到准线 l 的距离为 d_2，圆心为C，

根据抛物线定义知：$|PF|=d_2$∴

$|PQ|+d_1=|PQ|+d_2-\frac{3}{2}=$

$|PQ|+|PF|-\frac{3}{2}$，



如图：连接FC，当Q为FC与圆交点时，$|PQ|+d_1=|PQ|+|PF|-\frac{3}{2}$

$\geqslant|QF|-\frac{3}{2}$

$=|CF|-|CQ|-\frac{3}{2}=\frac{3\sqrt{17}-4}{2}$ ∴ $|PQ|+d_1$ 的最小值 $\frac{3\sqrt{17}-4}{2}$.

故选B

二、利用抛物线的方程解决抛物线中距离的最值问题

【例2】设P是抛物线 $y^2=2x$ 上的一个动点，求点P到直线 $y=x+1$ 距离的最小值，并求取最小值时点P的坐标。

【解析】方法一：∵ P是抛物线 $y^2=2x$ 上的一个动点，故设 $P\left(\frac{y^2}{2},y\right)$，$y\in R$

∴ 点P到直线 $y=x+1$ 的距离为 $d=\frac{|x-y+1|}{\sqrt{2}}=\frac{\left|\frac{y^2}{2}-y+1\right|}{\sqrt{2}}$

$=\frac{|y^2-2y+2|}{2\sqrt{2}}$

当 $y=1$ 时，距离d取得最小值 $\frac{\sqrt{2}}{4}$，此时点P坐标为 $P\left(\frac{1}{2},1\right)$

【点评】方法一的解法充分利用了点P是抛物线上任一点，设出点P坐标，转化成函数的最值问题来处理。

方法二：将直线平行移动至与抛物线相切的位置，记作L，设方程为：$x-y+c=0$，由 $\begin{cases}y=x+c\\y^2=2x\end{cases}\Rightarrow x^2+2(c-1)x+c^2=0$，∵ L与抛物线相切，

∴ $\Delta=4(c-1)^2-4c^2=0$，解得 $c=\frac{1}{2}$，∴ L的方程为 $x-y+\frac{1}{2}=0$，

∴ 点P到抛物线的最小距离为两平行线 $x-y+\frac{1}{2}=0$ 与 $x-y+1=0$ 间的距离，∴ $d=\frac{\left|1-\frac{1}{2}\right|}{\sqrt{2}}=\frac{\sqrt{2}}{4}$

距离d的最小值为 $\frac{\sqrt{2}}{4}$，此时点P坐标为 $P\left(\frac{1}{2},1\right)$【点评】方法二利用了数形结合的思想，通过平行移动直线，将问题转化成两平行相间的距离来处理。

解析几何的本质思想是数形结合，以上两种题型和解法都离不开图形，通过图形及抛物线定义，可以很快找到求解这一类问题的方法。

(作者单位：云南省曲靖市会泽县实验高级中学 654200)