

问题讨论与思考

同一个化学方程式可能有无数种配平结果

周芝勇*

(贵阳市第十四中学 贵州贵阳 550007)

摘要 利用质量守恒定律和电荷守恒原理建立多元一次方程组配平化学方程式和离子方程式,可以判断同一个化学方程式或离子方程式是否有无数种配平结果。通过对多元一次方程组的解的内在规律的探索,可以得到同一个化学方程式或离子方程式有无数种配平结果的配平方法和配平通式,有无数种配平结果的化学方程式和离子方程式的关系,有无数种配平结果的离子方程式和电对的关系。

关键词 化学方程式 离子方程式 配平通式 质量守恒定律 电荷守恒定律

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2015070043

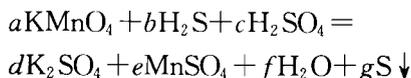
化学方程式是重要的化学用语,其书写遵守“以客观事实为基础”和“质量守恒定律”2个原则。利用最小公倍数法、奇数配偶法、观察法、氧化数法、离子—电子法或待定系数法等配平化学方程式,所得配平结果都是唯一的,即化学方程式中各物质之间的质量比都是一个定值,这是利用化学方程式计算的理论依据。虽然用上述各种经典配平方法都不能判断同一个化学方程式是否有多种配平结果,但是一些化学方程式确有无数种配平结果,也就是说同一个化学反应的所有反应物和生成物的种类保持不变,但是化学反应中各物质的物质的量之比却有无数种,即同一个化学反应的各物质之间质量比不是一个定值。

1 化学方程式配平实例

【例1】完成并配平下列化学方程式。



解:设 KMnO_4 , H_2S , H_2SO_4 , K_2SO_4 , MnSO_4 , H_2O 和 S 的化学计量数分别为 a, b, c, d, e, f, g , 即:



$$\text{得:} \begin{cases} a=2d & (\text{钾原子数守恒}) \\ a=e & (\text{锰原子数守恒}) \\ 4a+4c=4d+4e+f & (\text{氧原子数守恒}) \\ b+c=f & (\text{氢原子数守恒}) \\ b+c=d+e+g & (\text{硫原子数守恒}) \end{cases}$$

$$\text{化简得:} \begin{cases} a=2d \\ e=a \\ b=f-c \\ c=0.25f+d \\ g=f-3d \end{cases}$$

解方程组,得如下结果。

第1组解:若 $d=1$, 则 $a=2, e=2$; 若 $f=4$, 则 $c=2, b=2, g=1$ 。

第2组解:若 $d=1$, 则 $a=2, e=2$; 若 $f=8$, 则 $c=3, b=5, g=5$ 。

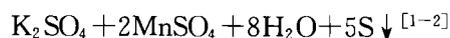
第3组解:若 $d=6$, 则 $a=12, e=12$; 若 $f=20$, 则 $c=11, b=9, g=2$ 。如此类推,若 $d=y$, 则 $a=2y, e=2y$; 若 $f=x$, 则 $c=0.25x+y, b=0.75x-y, g=x-3y$, 得无数组解,见表1。

表1 化学方程式的化学计量数与方程组的解的关系

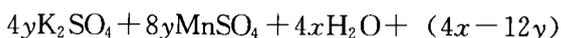
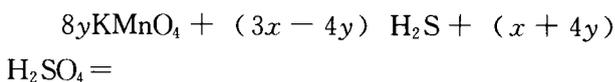
Table 1 Relationship between the stoichiometric number of chemical equations and the solution of equations

化学计量数	a	b	c	d	e	f	g
第1组解	2	2	2	1	2	4	1
第2组解	2	5	3	1	2	8	5
第3组解	12	9	11	6	12	20	2
.....
规律	$2y$	$0.75x-y$	$0.25x+y$	y	$2y$	x	$x-3y$

最简整数比相同的为同一组解,其中第2组解具体如下:

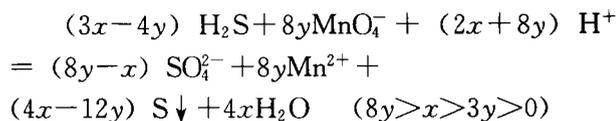


将上述规律中的各项乘以4得该化学方程式的配平通式:

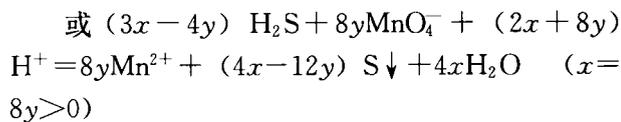


其离子方程式的配平通式有如下3种:

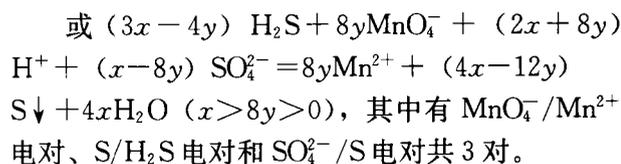
* 通信联系人, E-mail: 1509077580@qq.com



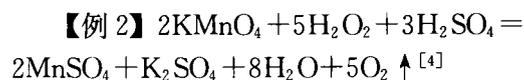
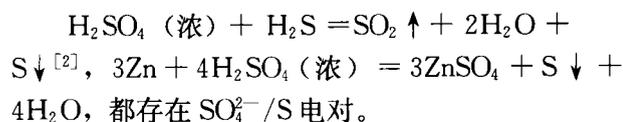
当氧化剂较强并且过量时, 硫化氢可被氧化为硫酸, 如 $\text{H}_2\text{S} + 4\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$, 上述离子方程式的配平通式中有 $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ 电对、 $\text{S}/\text{H}_2\text{S}$ 电对和 $\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{S}$ 电对共 3 对。



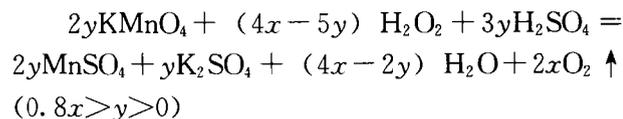
即: $5\text{H}_2\text{S} + 2\text{MnO}_4^- + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{S} \downarrow + 8\text{H}_2\text{O}^{[3]}$, 其中有 $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ 电对和 $\text{S}/\text{H}_2\text{S}$ 电对共 2 对。



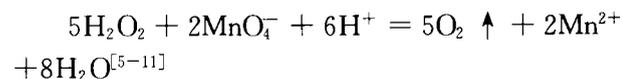
又如下列反应:



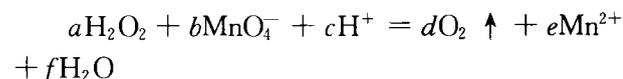
利用不定解方程组找规律的方法得该化学方程式的配平通式。



该反应的离子方程式如下:



其中有 $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ 电对和 $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ 电对共 2 对。若设 H_2O_2 , MnO_4^- , H^+ , O_2 , Mn^{2+} 和 H_2O 的化学计量数分别为 a , b , c , d , e , f , 则有:



$$\text{得: } \begin{cases} 2a+c=2f & (\text{氢原子数守恒}) \\ 2a+4b=2d+f & (\text{氧原子数守恒}) \\ b=e & (\text{锰原子数守恒}) \\ c-b=2e & (\text{电荷守恒}) \end{cases}$$

$$\text{化简得: } \begin{cases} b=e \\ c=3e \\ a=2d-2.5e \\ f=2d-e \end{cases}$$

解方程组, 得如下结果。

第 1 组解: 若 $e=2$, 则 $b=2$, $c=6$; 若 $d=4$, 则 $a=3$, $f=6$ 。

第 2 组解: 若 $e=2$, 则 $b=2$, $c=6$; 若 $d=5$, 则 $a=5$, $f=8$ 。

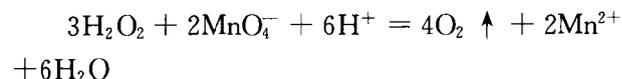
第 3 组解: 若 $e=10$, 则 $b=10$, $c=30$; 若 $d=14$, 则 $a=3$, $f=18$ 。如此类推, 若 $e=y$, 则 $b=y$, $c=3y$, 若 $d=x$, 则 $a=2x-2.5y$, $f=2x-y$, 得无数组解, 见表 2。

表 2 离子方程式的化学计量数与方程组的解的关系

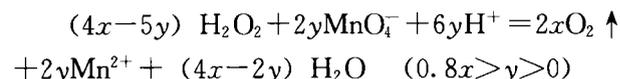
Table 2 Relationship between the stoichiometric number of ionic equations and the solution of equations

化学计量数	a	b	c	d	e	f
第 1 组解	3	2	6	4	2	6
第 2 组解	5	2	6	5	2	8
第 3 组解	3	10	30	14	10	18
.....
规律	$2x-2.5y$	y	$3y$	x	y	$2x-y$

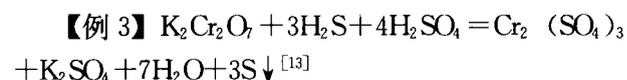
最简整数比相同的为同一组解, 第 1 组解具体如下:



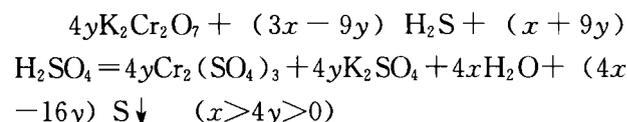
其中有 $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ 电对、 $\text{O}_2/\text{MnO}_4^-$ 电对和 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ 电对共 3 对^[12]。类似的, 不同配平结果的离子方程式其电对有所不同。将上述规律中的各项乘以 2 得该离子方程式的配平通式:



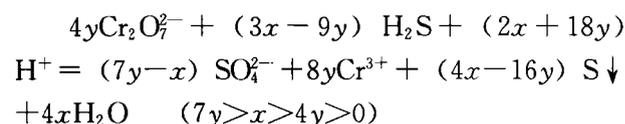
同样, 也可以依据该化学方程式的配平通式直接写出。



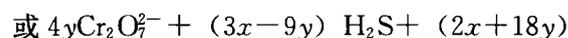
利用不定解方程组找规律的方法得该化学方程式的配平通式:

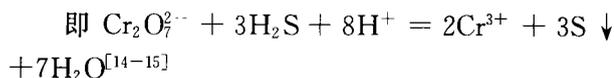
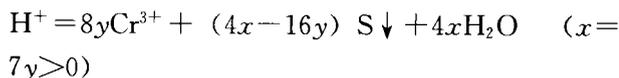


其离子方程式的配平通式有如下 3 种:

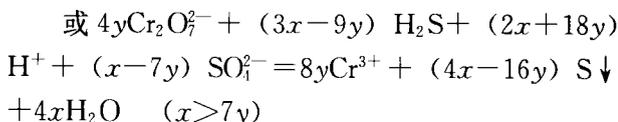


其中有 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ 电对、 $\text{S}/\text{H}_2\text{S}$ 电对和 $\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{S}$ 电对共 3 对。



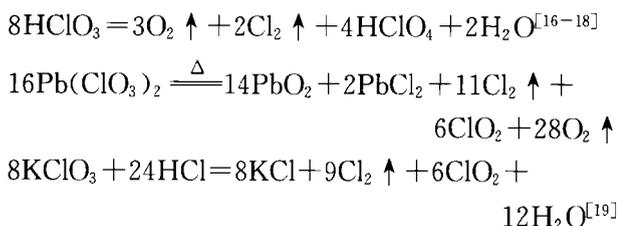


其中有 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ 电对和 $\text{S}/\text{H}_2\text{S}$ 电对共 2 对。

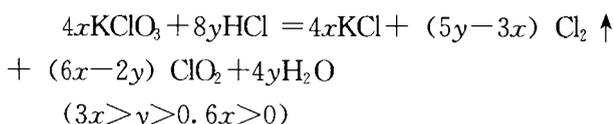
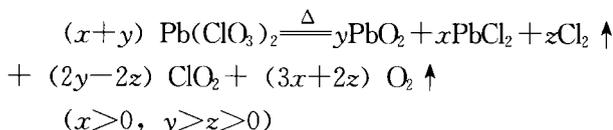
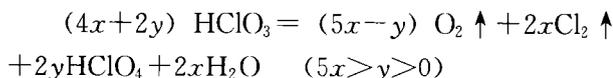


其中有 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ 电对、 $\text{S}/\text{H}_2\text{S}$ 电对和 $\text{SO}_4^{2-}/\text{S}$ 电对共 3 对。

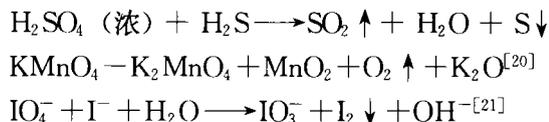
【例 4】



利用不定解方程组找规律的方法得上述化学方程式的配平通式分别为：



此外，还有下列化学方程式和离子方程式均有配平通式，都有无数种配平结果。



2 结论

根据化学反应前后各原子数守恒、电荷守恒的原理，建立不定解方程组，求解得各未知数大于零且互相之间的最简整数比不相同的解。若有几组这样的解，则该化学方程式或离子方程式就有几种配平结果。利用不定解方程组找规律的方法可以得到化学方程式或离子方程式的配平通式，能用通式配平的化学方程式或离子方程式都有无数种配平结果，一个有无数种配平结果的化学方程式可能存在几种电对不同的离子方程式，且各种离子方程式也可能存在无数种配平结果。其中，例 2 就是用

KMnO_4 法测定 H_2O_2 含量的依据，然而，该化学方程式有无数种配平结果，即该化学方程式中各物质之间的质量比不是一个定值，因此该滴定结果的计算依据就有待商榷。一个有无数种配平结果的化学方程式可能存在几种电对不同的离子方程式，有助于研究化学反应的机理。一个化学方程式有无数种配平结果，对化学合成和化工生产中确定最佳反应物配比具有指导作用，使化学合成和化工生产更加高效化、精细化、绿色化。一个化学方程式有无数种配平结果，具有这种可能的化学反应除是氧化还原反应外还有何特征，在无理数范畴内研究化学反应有何意义，这是个别现象还是普遍规律，在有机化学反应中是否也存在类似现象，亦或是这些化学方程式的书写违背了“以客观事实为基础”的原则，毋庸置疑，还有待进一步研究或重新构建与此相关的化学理论。

参 考 文 献

- [1] 庞锡涛. 无机化学(下册). 北京: 高等教育出版社, 1987: 62
- [2] 北京师范大学, 华中师范大学, 南京师范大学. 无机化学(下册). 4版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 497
- [3] 北京师范大学无机化学教研室等. 无机化学(下册). 3版. 北京: 高等教育出版社, 1992: 620
- [4] 北京师范大学无机化学教研室等. 无机化学(上册). 3版. 北京: 高等教育出版社, 1992: 456
- [5] 庞锡涛. 无机化学(下册). 北京: 高等教育出版社, 1987: 56
- [6] 北京师范大学, 华中师范大学, 南京师范大学. 无机化学(下册). 4版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 767
- [7] 赵玉娥, 王传胜, 徐雅君. 基础化学. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2009: 86
- [8] 贾之慎. 无机及分析化学. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2008: 170
- [9] 华中师范大学, 陕西师范大学, 西南大学, 等. 分析化学(上册). 4版. 北京: 高等教育出版社, 2011: 277
- [10] 王明德, 汪崇球. 分析化学. 北京: 高等教育出版社, 1988: 317, 318
- [11] 武汉大学. 分析化学(上册). 5版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 243, 267
- [12] 武汉大学. 分析化学(上册). 5版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 267
- [13] 庞锡涛. 无机化学(下册). 北京: 高等教育出版社, 1987: 63
- [14] 天津大学无机化学教研室. 无机化学. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2010: 387
- [15] 庞锡涛. 无机化学(下册). 北京: 高等教育出版社, 1987: 350
- [16] 庞锡涛. 无机化学(下册). 北京: 高等教育出版社,

- 1987; 28
- [17] 天津大学无机化学教研室. 无机化学. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2010: 295
- [18] 北京师范大学, 华中师范大学, 南京师范大学. 无机化学(下册). 4版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 478
- [19] 北京师范大学无机化学教研室等. 无机化学上册. 3版. 北京: 高等教育出版社, 1992: 435
- [20] 北京师范大学, 华中师范大学, 南京师范大学. 无机化学(下册). 4版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 766
- [21] 武汉大学. 分析化学上册. 5版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 256, 265

The Same Chemical Equation May Have Countless Balancing Results

ZHOU Zhi-Yong*

(Guiyang No. 14 High School, Guiyang 550007, China)

Abstract Using the law of conservation of mass and the principle of charge conservation to establish multiple linear equation group to balance chemical equations and ionic equations can determine whether there are countless balancing results with the same chemical or ionic equation. Through the exploration of the inner law of the solution of the multiple linear equation group, we can get the balancing methods and general balancing formulas of the same chemical or ionic equation with countless balancing results, the relationship between chemical equation with countless balancing results and ionic equations, and the relationship between the ionic equation with numerous balancing results and redox couples.

Keywords chemical equation; ionic equation; general balancing formula; law of conservation of mass; principle of charge conservation