



精简、化归、融合： 氧化还原反应方程式配平的基本策略*

陈 益^{1**} 刘江田² 徐守兵¹

(1 金陵中学 江苏 南京 210005; 2 南京市教研室 江苏 南京 210001)

摘要:通过考查多种氧化还原反应方程式的配平方法,认为精简、化归、融合,是氧化还原反应方程式配平的基本策略,变换视角、价态归一、拆分反应、物质重组、待定系数等方法的灵活应用,可使配平过程变得简便。

关键词:精简;化归;融合;氧化还原反应;配平

文章编号:1008-0546(2016)02-0070-02

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

doi:10.3969/j.issn.1008-0546.2016.02.022

氧化还原反应是化学反应最常见和最普遍的一种类型。有关氧化还原反应方程式的配平方法一直为教学和评价所关注。针对氧化还原反应的不同类型和特征,人们概括归纳了多种配平方法。这些方法或技能的背后蕴含了怎样的策略和思想,其本质和内在联系是什么?笔者试图作一系统梳理,以博采众长、融会贯通。

一、精简——元素消元法的实质

徐琬迪^[1]提出了一种配平氧化还原反应方程式的新方法——元素消元法,令人耳目一新,颇受启迪。元素消元法的一般步骤:①元素消去:逐个消去没有发生价态变化的原子、离子或原子团;②电荷守恒:根据电荷守恒配平最简的“离子方程式”;③复原补全:将各项系数代入原方程式对应物质,并用元素守恒法将方程式配平完整,加上气体、沉淀、加热等符号。因为多数氧化还原反应中存在非氧化还原反应物质,即便是氧化剂和还原剂以及氧化产物和还原产物,也伴有价态未发生变化的元素,氧化还原反应的核心是氧化剂和还原剂中变价元素之间的反应。所以,第一步“元素消去”的本质是去冗存精,留下变价的“骨干元素”;第二步“电荷守恒”的本质是“电子守恒”,确定“骨干元素”计量数之比。

元素消元法采用逐步观察、逐次消去的“元素消去”法,这种层层“剥皮”法,层次清晰,但步骤繁琐,时间不经济。其实,只要理解本质,大可不必亦步亦趋,完全可以一步“瘦身”到位。如: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,

①“元素消去”得: $\overset{0}{\text{C}} + \overset{+6}{\text{Cr}} \rightarrow \overset{+4}{\text{C}} + \overset{+3}{\text{Cr}}$;

②“电子守恒”得: $3\overset{0}{\text{C}} + 4\overset{+6}{\text{Cr}} \rightarrow 3\overset{+4}{\text{C}} + 4\overset{+3}{\text{Cr}}$ 即,
 $6\overset{0}{\text{C}} + 8\overset{+6}{\text{Cr}} \rightarrow 6\overset{+4}{\text{C}} + 8\overset{+3}{\text{Cr}}$;

③“复原补全”得: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 4\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 16\text{H}_2\text{SO}_4 = 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{CO}_2 \uparrow + 22\text{H}_2\text{O}$,即先将“骨干元素”与核心物质“等效代换”得: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 4\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow 4\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{CO}_2 \uparrow$,再根据元素守恒将非变价物质配平。

再如: $\text{Na}_2\text{S}_x + \text{NaClO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$,

①“元素消去”得: $\overset{-2}{\text{S}}_x + \overset{+1}{\text{Cl}} \rightarrow \overset{+6}{\text{S}} + \overset{-1}{\text{Cl}}$

②“电子守恒”得: $\overset{-2}{\text{S}}_x + (3x+1)\overset{+1}{\text{Cl}} \rightarrow x\overset{+6}{\text{S}} + (3x+1)\overset{-1}{\text{Cl}}$

③“复原补全”得: $\text{Na}_2\text{S}_x + (3x+1)\text{NaClO} + (2x-2)\text{NaOH} = x\text{Na}_2\text{SO}_4 + (3x+1)\text{NaCl} + (x-1)\text{H}_2\text{O}$,即先将“骨干元素”与核心物质“等效代换”得: $\text{Na}_2\text{S}_x + (3x+1)\text{NaClO} \rightarrow x\text{Na}_2\text{SO}_4 + (3x+1)\text{NaCl}$,再根据元素守恒将非变价物质配平。

二、化归——不同配平方法的共谋

氧化还原反应的一般形式为:氧化剂+还原剂→氧化产物+还原产物,而其最简单类型就是一种物质作氧化剂,另一种物质作还原剂,且氧化剂中只有一种元素化合价降低,还原剂中只有一种元素化合价升高,如: $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 等。

事实上,氧化还原反应类型繁多,从元素价态变化分,有分子内的氧化还原反应、自身氧化还原反应、歧化反应、归中反应等;从氧化剂和还原剂种数分,有单一氧化剂、多种还原剂的氧化还原反应,单一还原

* 江苏省中小教研室第十一期规划课题“基于核心素养的高中化学教学评一致性研究”。

** 通讯联系人;E-mail:62chenyi@163.com



剂、多种氧化剂的氧化还原反应,多种还原剂、多种氧化剂的氧化还原反应等。与之对应的配平方法有多种,如逆向配平法、整体配平法、零价法、拆分配平法、半反应法、待定系数法等。仔细考察这些众多的配平法,其共同策略就是“化归”,采用变换视角、价态归一、拆分反应、物质重组、待定系数等方法,从而实现化生为熟、化繁为简、化难为易。

对于 $2\text{KClO}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \uparrow$ 这类分子内的氧化还原反应,和 $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ 这类歧化反应,变换反应方向,采用“逆向配平法”,将其转化为氧化还原反应的一般形式和简单形式。

对于 $\text{Fe}_3\text{C} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 这类一种物质含有两种(或两种以上)价态变化元素的氧化还原反应,采用“价态归一”法,保持铁元素反应前后价态不变,将 Fe_3C 中的铁视作+3价,则将碳视作-9价,即将物质中多价态元素变化,转化为单一元素价态变化,使问题简化。

对于 $\text{I}_3^- + \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{S} + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 这类多氧化剂或多还原剂的氧化还原反应,将“复合反应”拆分为“单一反应”: $\text{I}_3^- + \text{IO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{I}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$, 分别配平为 $5\text{I}_3^- + \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ \rightarrow 8\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 和 $8\text{IO}_3^- + 5\text{H}_2\text{S} \rightarrow 4\text{I}_2 + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$, 再叠加(按一定要求或方式)得总反应方程式: $5\text{I}_3^- + 9\text{IO}_3^- + 5\text{H}_2\text{S} + 4\text{H}^+ = 12\text{I}_2 + 5\text{SO}_4^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}^{[2]}$ 。

三、融合——多种配平方法的变通

氧化还原反应的配平,其正确率和效率的提高,有赖于具体问题作具体分析,把握正确方向和基本策略,灵活选择适应对路的方式方法^[3]。

例如: $\text{P} + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}_3\text{P} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$, 该反应中一部分 P 和 CuSO_4 作氧化剂,另一部分 P 作还原剂,并注意到还原产物 Cu_3P 中的元素比,可将“ $\text{P} + 3\text{CuSO}_4$ ”组合为氧化剂单元,即将反应化归为: $(\text{P} + 3\text{CuSO}_4) + \text{P} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}_3\text{P} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ 简单形式后,再配平为: $11\text{P} + 15\text{CuSO}_4 + 24\text{H}_2\text{O} = 5\text{Cu}_3\text{P} + 6\text{H}_3\text{PO}_4 + 15\text{H}_2\text{SO}_4$ 。本例还可以采用“价态归一”法,保持一部分磷元素反应前后价态为 0 价,则产物中 Cu_3P 中的铜也视作 0 价,即将 Cu_3P 中多价态元素变化,转化为单一元素价态变化,使反应简化为: $\text{P} + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$, 应用“元素消元法”: ① $\overset{0}{\text{P}} + \overset{+2}{\text{Cu}} \rightarrow \overset{+5}{\text{P}} + \overset{0}{\text{Cu}}$; ② $\overset{0}{2\text{P}} + \overset{+2}{5\text{Cu}} \rightarrow \overset{+5}{2\text{P}} + \overset{0}{5\text{Cu}}$, 即 $\overset{0}{6\text{P}} + \overset{+2}{15\text{Cu}} \rightarrow \overset{+5}{6\text{P}} + \overset{0}{15\text{Cu}}$; ③ $6\text{P} + 15\text{CuSO}_4 \rightarrow 5\text{Cu}_3\text{P} + 6\text{H}_3\text{PO}_4$, 反应物中再加上“未变价”

的“5P”,最后将 H_2SO_4 和 H_2O 配平。

再如: $\text{RuS}_2 + \text{KClO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{RuO}_4 + \text{RuCl}_3 + \text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{S} + \text{KCl}$, 该反应价态变化涉及 Ru、S、Cl 多种元素,先进行以下化归: $\text{RuS} \cdot \text{S} + \text{KClO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{RuO}_4 + \text{RuCl}_3 + \text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{S} + \text{KCl}$, 这样将“未变价”的硫就消去了,并注意到 KClO_3 和 RuO_4 之比为 4:3,应用“元素消元法”: ① $\overset{2}{\text{Ru}} + \overset{+2}{4\text{Cl}} \rightarrow \overset{+8}{3\text{Ru}} + \overset{+3}{\text{Ru}} + \overset{-1}{4\text{Cl}}$; ② $\overset{2}{9\text{Ru}} + \overset{+2}{4\text{Cl}} \rightarrow \overset{+8}{3\text{Ru}} + \overset{+3}{6\text{Ru}} + \overset{-1}{4\text{Cl}}$; ③ $\overset{2}{9\text{RuS}_2} + \overset{+8}{4\text{KClO}_3} \rightarrow \overset{+8}{3\text{RuO}_4} + \overset{+3}{6\text{RuCl}_3} + \overset{-1}{9\text{H}_2\text{S}} \uparrow + \overset{0}{9\text{S}} + \overset{0}{4\text{KCl}}$, 最后配平为: $9\text{RuS}_2 + 4\text{KClO}_3 + 18\text{HCl} = 3\text{RuO}_4 + 6\text{RuCl}_3 + 9\text{H}_2\text{S} \uparrow + 9\text{S} + 4\text{KCl}$ 。如果该反应配平要求“系数取尽可能小的正整数”,可采用“待定系数法”: 设 RuCl_3 、 H_2S 、 S 系数分别为 a 、 b 、 c , 则有: $(3+a)\text{RuS}_2 + 4\text{KClO}_3 + 2b\text{HCl} \rightarrow 3\text{RuO}_4 + a\text{RuCl}_3 + b\text{H}_2\text{S} \uparrow + c\text{S} + 4\text{KCl}$, 由 Cl 原子守恒得: $2b = 3a$; 由 S 原子守恒得: $6 + 2a = b + c$ 。取 $b = 3$, $a = 2$, $c = 7$, 即满足要求,得配平结果: $5\text{RuS}_2 + 4\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} = 3\text{RuO}_4 + 2\text{RuCl}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \uparrow + 7\text{S} + 4\text{KCl}$, 当然,也可以利用电子守恒,建立有关 a 、 b 、 c 的关系式。本例还可以采用“拆分反应”法,即拆分为: $3\text{RuS}_2 + 4\text{KClO}_3 = 3\text{RuO}_4 + 6\text{S} + 4\text{KCl}$ 和 $2\text{RuS}_2 + 6\text{HCl} = 2\text{RuCl}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{S}$, 再叠加得: $5\text{RuS}_2 + 4\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} = 3\text{RuO}_4 + 2\text{RuCl}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \uparrow + 7\text{S} + 4\text{KCl}$ 。

综上所述,电子守恒、原子守恒、电荷守恒,是氧化还原反应方程式配平的根本大法。观察分析反应特征,精简、化归、融合,是氧化还原反应方程式配平的基本策略。变换视角、价态归一、拆分反应、物质重组、待定系数等方法的灵活应用,可使配平过程变得简便。

参考文献

- [1] 徐琰迪. 用元素消元法配平氧化还原反应方程式[J]. 化学教学, 2015, (10): 88-90
- [2] 胡列扬. 复杂氧化还原反应配平技巧[J]. 化学教育, 1996, (8): 38
- [3] 张建东. 氧化还原反应的类型及化学方程式配平方法[J]. 数理化学学习, 2015, (9): 42-45

