

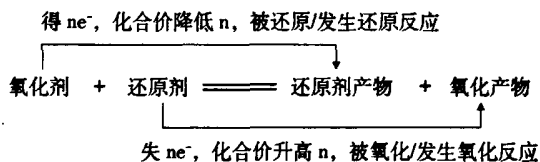
# 如何突破氧化还原反应中转移电子数问题

■佛山市高明区纪念中学 雷范军

氧化还原反应是高中化学的主干知识之一，历年高考的重现率几乎为100%，其中转移电子的有关计算是高考命题的重点和热点。考纲要求“了解氧化还原反应的本质是电子转移，了解常见的氧化还原反应。”近年高考化学试题中考查电子转移数的设问趋势主要是“判断一定量物质在反应中转移多少摩尔电子”和“推断一定量物质得到或失去多少摩尔电子后生成某物质的化学式”等。解答此类问题的主要依据是氧化还原反应的基本规律。

一、掌握判断氧化还原反应有关概念的方法是基础

氧化还原反应是在反应前后元素的化合价（准确地讲，应该叫氧化数，下同）具有相应的升降变化的化学反应，这种反应可以看成由元素化合价升高的反应和元素化合价降低的反应构成，即由氧化反应和还原反应这两个半反应构成，有关概念及内涵如下图：



二、理解电子转移数的计算规律及方法是关键

1. 电子转移数的计算原理。

氧化还原反应中有物质所含元素化合价升高必有物质所含元素化合价降低，且元素化合价降低总数必等于升高总数。或者说有物质失去电子必有物质得到电子，且得电子总数必等于失电子总数。

2. 电子转移个数的计算方法。

(1) 配平及标出电子转移的方向和数目的规律。

①氧化剂得电子，且  $N(e^-)_{\text{得}} = N(\text{氧化剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值 (高价-低价)}$  [或  $N(\text{还原产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值 (高价-低价)}$ ]。

②还原剂失电子，且  $N(e^-)_{\text{失}} = N(\text{还原剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值 (高价-低价)}$  [或  $N(\text{氧化产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值 (高价-低价)}$ ]。

③电子一定从还原剂转移给氧化剂，且  $N(e^-)_{\text{得}} = N(e^-)_{\text{失}}$ ，即  $N(\text{氧化剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值 (即高价-低价)}$  [或  $N(\text{还原产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}$

(高价-低价)] =  $N(\text{还原剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值 (即高价-低价)}$  [或  $N(\text{氧化产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值 (高价-低价)}$ ]。上述三个规律既是配平氧化还原反应方程式的规律，也是单线桥法（通式如下）表示氧化还原反应中电子转移数目和方向的前提。



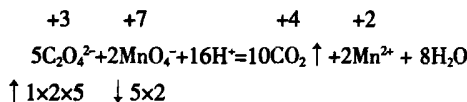
例 1. (1) 配平氧化还原反应方程式：□ $C_2O_4^{2-}$  +



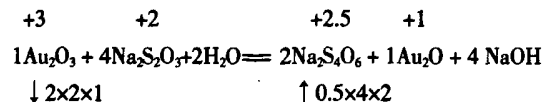
(2) 某反应体系中的物质有：NaOH、 $Au_2O_3$ 、 $Na_2S_4O_6$ 、 $Na_2S_2O_3$ 、 $Au_2O$ 、 $H_2O$ ，请将  $Au_2O_3$  之外的反应物与生成物分别填入以下空格内，配平并标出电子转移的方向和数目。



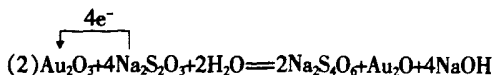
解析：按“一标（变价元素的化合价）、二列（列出元素化合价的变化值）、三定 [根据元素化合价升降总数相等确定氧化剂（或还原产物）、还原剂（或氧化产物）的化学计量数]、四平 [根据质量（或原子）守恒、电荷守恒配平未发生氧化还原反应的物质的化学计量数]、五查”的步骤进行。



(2) 根据题目所给信息推断，Au 由 +3 价降低或被还原为 +1 价， $Au_2O_3$  作氧化剂、 $Au_2O$  作还原产物，则 S 由 +2 价升高或被氧化为 +2.5 价， $Na_2S_2O_3$  作还原剂、 $Na_2S_4O_6$  作氧化产物，根据 S、Na、H 原子守恒可知 NaOH 为生成物、 $H_2O$  为反应物，即  $\square Au_2O_3 + \square Na_2S_2O_3 + \square H_2O = \square Na_2S_4O_6 + \square Au_2O + \square NaOH$ ；再根据配平的一般方法：



答案：(1) 5 2 16 10 2 8



(2) 电子转移的物质的量的有关计算规律。

①氧化剂得电子,且  $n(e^-)_{\text{得}}=n(\text{氧化剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}$  (高价-低价) [或  $n(\text{还原产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}$  (高价-低价)]。

②还原剂失电子,且  $n(e^-)_{\text{失}}=n(\text{还原剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}$  (高价-低价) [或  $n(\text{氧化产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}$  (高价-低价)]。

③  $n(e^-)_{\text{转移}}=n(e^-)_{\text{得}}=n(e^-)_{\text{失}}$ , 即  $n(\text{氧化剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}$  (高价-低价) [或  $n(\text{还原产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}$  (高价-低价)] =  $n(\text{还原剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}$  (高价-低价) [或  $n(\text{氧化产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}$  (高价-低价)]。

例 2. 下列说法错误的是 ( )

A. 已知  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 3\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{AlN} + 3\text{CO}$  制氮化铝时, 每生成 1mol AlN 需转移 3mol 电子

B.  $3\text{Cl}_2 + 2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 6\text{HCl}$  用于检查氯气管道漏气, 生成 1mol  $\text{N}_2$  时有 6mol 电子转移

C. 已知  $8\text{HNCO} + 6\text{NO}_2 \xrightarrow{\Delta} 7\text{N}_2 + 8\text{CO}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ , 消除 1 mol  $\text{NO}_2$  时转移的电子为 4mol

D.  $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ , 制标准状况下 5.6 L 氧气转移电子数为 1mol

解析: 氮由 0 价降低或被还原为 -3 价, 氮气是氧化剂、AlN 是还原产物, 则  $n(e^-)_{\text{转移}}=n(e^-)_{\text{得}}=n(\text{还原产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}=1\text{mol} \times 1 \times [0 - (-3)]=3\text{mol}$ , 故 A 正确; 氮由 -3 价升高或被氧化为 0 价, 氮气作还原剂、氮气作氧化产物, 则  $n(e^-)_{\text{转移}}=n(e^-)_{\text{失}}=n(\text{氧化产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}=1\text{mol} \times 2 \times [0 - (-3)]=6\text{mol}$ , 故 B 正确;  $\text{NO}_2$  中 N 由 +4 价降低或被还原为 0 价,  $\text{NO}_2$  作氧化剂, 则  $n(e^-)_{\text{转移}}=n(e^-)_{\text{得}}=n(\text{氧化剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}=1\text{mol} \times 1 \times (+4 - 0)=4\text{mol}$ , 故 C 正确;  $n(\text{O}_2)=5.6\text{L} \div 22\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}=0.25\text{mol}$ , 氧由 -1 价升高或被氧化为 0 价,  $\text{H}_2\text{O}_2$  作还原剂, 氧气作氧化产物, 则  $n(e^-)_{\text{转移}}=n(e^-)_{\text{失}}=n(\text{氧化产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}=0.25\text{mol} \times 2 \times [0 - (-1)]=0.5\text{mol}$ , 故 D 错。

答案: C

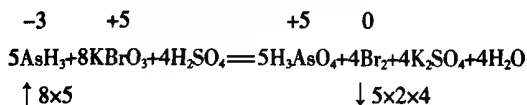
例 3. 某反应中反应物与生成物有:  $\text{AsH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{KBrO}_3$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_3\text{AsO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和一种未知物质 X。

(1) 已知 0.2 mol  $\text{KBrO}_3$  在反应中得到 1mol 电子生成 X, 则 X 的化学式为\_\_\_\_\_。

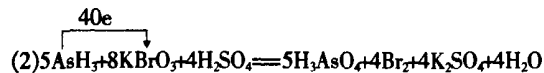
(2) 配平该氧化还原反应方程式, 并标出电子转

移的方向和数目:

解析: (1) 设溴由 +5 价降低或被还原为 +x 价,  $\text{KBrO}_3$  作氧化剂、X 作还原产物,  $n(e^-)_{\text{转移}}=n(e^-)_{\text{得}}=n(\text{氧化剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}=0.2\text{mol} \times 1 \times [+5 - (+x)]=1\text{mol}$ , 则  $x=0$ , 故 X 为溴单质, 分子式为  $\text{Br}_2$ ; (2) 根据已知条件推断, As 由 -3 价升高或被氧化为 +5 价,  $\text{AsH}_3$  作还原剂、 $\text{H}_3\text{AsO}_4$  作氧化产物, 根据钾、硫、氢原子守恒可知,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  作生成物、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  作反应物、 $\text{H}_2\text{O}$  作生成物, 则  $\square \text{AsH}_3 + \square \text{KBrO}_3 + \square \text{H}_2\text{SO}_4 = \square \text{H}_3\text{AsO}_4 + \square \text{Br}_2 + \square \text{K}_2\text{SO}_4 + \square \text{H}_2\text{O}$ , 则:



答案: (1)  $\text{Br}_2$



例 4. 设  $n_A$  代表阿伏加德罗常数 ( $N_A$ ) 的数值, 下列说法正确的是 ( )

A. 2.4g 金属镁变为镁离子时失去的电子数为  $0.1n_A$

B. 标准状况下, 2.24 L  $\text{Cl}_2$  与过量稀 NaOH 溶液反应, 转移的电子总数为  $0.2n_A$

C. 在  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl} + \text{O}_2$  反应中, 每生成 32g 氧气, 则转移  $2n_A$  个电子

D. 标准状况下, 铝跟氢氧化钠溶液反应生成 1mol 氢气时, 转移的电子数为  $n_A$

解析: 由于  $n(\text{Mg})=2.4\text{g} \div 24\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}=0.1\text{mol}$ ,  $\text{Mg}-2e^- = \text{Mg}^{2+}$ , 则  $n(e^-)_{\text{转移}}/n(\text{Mg})=2/1$ ,  $n(e^-)_{\text{转移}}=0.2\text{mol}$ ,  $N(e^-)_{\text{转移}}=0.2n_A$ , 故 A 错;  $n(\text{Cl}_2)=2.24\text{L} \div 22.4\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}=0.1\text{mol}$ ,  $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} - e^-$ ,  $n(e^-)_{\text{转移}}/n(\text{Cl}_2)=1/1$ ,  $n(e^-)_{\text{转移}}=0.1\text{mol}$ ,  $N(e^-)_{\text{转移}}=0.1n_A$ , 故 B 错;  $n(\text{O}_2)=32\text{g} \div 32\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}=1\text{mol}$ , 氧由 -1 价升高或被氧化为 0 价,  $\text{H}_2\text{O}_2$  作还原剂、 $\text{O}_2$  作氧化产物, 则  $n(e^-)_{\text{转移}}=n(e^-)_{\text{失}}=n(\text{氧化产物}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}=1\text{mol} \times 2 \times [0 - (-1)]=2\text{mol}$ ,  $N(e^-)_{\text{转移}}=2n_A$ , 故 C 正确; 由于  $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2 \uparrow - 6e^-$ , 则  $n(e^-)_{\text{转移}}: n(\text{H}_2)=6:3$ , 所以  $n(e^-)_{\text{转移}}=1\text{mol} \times 6/3=2\text{mol}$ ,  $N(e^-)_{\text{转移}}=2n_A$ , 故 D 错。

答案: C

例 5. 设阿伏加德罗常数 ( $N_A$ ) 的数值为  $n_A$ , 下列说法正确的是 ( )

A. 1mol  $\text{Cl}_2$  与足量 Fe 反应, 转移的电子数为  $3n_A$

B. 1.5mol  $\text{NO}_2$  与足量  $\text{H}_2\text{O}$  反应, 转移的电子数为  $n_A$

C. 23g 钠在氧气中完全燃烧失去电子数为  $0.5n_A$

C. 5.6g 铁粉与硝酸反应失去的电子数一定为  $0.3n_A$

解析:  $n(e^-)_{\text{转移}}=n(e^-)_{\text{得}}=n(\text{氧化剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}=1\text{mol} \times 2 \times [0 - (-1)]=$

# 2010年高考化学命题的热点背景与试题赏析

■山东省滕州市第一中学西校 柴勇

### 一、科技发展

1. 2010年1月11日中国在境内进行了一次陆基中段反导拦截技术试验, 试验达到了预期目的。

2. 2008年9月, 中国将宇航员送入太空轨道并进行了出舱活动。

3. 2007年10月24日, 中国第一颗月球探测卫星“嫦娥一号”在西昌卫星发射中心由“长征三号甲”运载火箭发射升空, 标志着中国实施绕月探测工程迈出重要一步。

**例1.** 2008年9月, 中国将宇航员送入太空轨道并进行了出舱活动。中国在太空领域的发展步伐是惊人的: 2003年首次载人航天成功; 2005年又将两名宇航员送入太空; 今年已是第三次, 3名宇航员进入太空而且进行了太空漫步。无论从哪个角度看, 在短短5年时间里, 取得这样的成就, 都是非常惊人的。“神州”系列飞船的发射都是由“长征二号”系列运载火箭完成的。火箭推进器中盛有强还原剂液态肼( $N_2H_4$ )和强氧化剂液态双氧水( $H_2O_2$ )。当它们混合反应时, 即产生大量氮气和水蒸气, 并放出大量热。已知: 0.4mol液态肼与足量的液态双氧水反应, 生成

氮气和水蒸气, 放出256.652kJ的热量。

(1) 该反应的热化学方程式为: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_。

(2) 又知 $H_2O(l)=H_2O(g)$ ;  $\Delta H=+44kJ/mol$ , 则16g液态肼与液态双氧水反应生成液态水时放出的热量是\_\_\_\_\_kJ。

(3) 此反应用于火箭推进, 除释放大量的热和快速产生大量气体外, 还有一个很大的优点是\_\_\_\_\_。

**解析:** (1) 本题的解题关键是先判断 $N_2H_4$ 、 $H_2O_2$ 中N、O元素的化合价, 根据H为+1价不难判断出 $N_2H_4$ 中N为-2价,  $H_2O_2$ 中O为-1价。根据氧化还原反应方程式的配平原则, 配平后的方程式为:  $N_2H_4+2H_2O_2=N_2+4H_2O$ 。所以该反应的热化学方程式为:  $N_2H_4(l)+2H_2O_2(l)=N_2(g)+4H_2O(g)$ ;  $\Delta H=-641.63kJ/mol$ 。(2) 若生成的水为液态, 其热化学方程式为:  $N_2H_4(l)+2H_2O_2(l)=N_2(g)+4H_2O(l)$ ;  $\Delta H=-817.63kJ/mol$ 。(3) 由方程式可以看出此反应用于火箭推进还有一个很大的优点是对环境无污染。

**答案:** (1)  $N_2H_4(l)+2H_2O_2(l)=N_2(g)+4H_2O(g)$ ;  $\Delta H=-641.63kJ/mol$  (2) 408.8 (3) 对环境无污染。

**例2.** 2007年10月24日我国“嫦娥一号”探月工

2mol,  $N(e^-)_{\text{转移}}=2n_A$ , 故 A 错;  $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO-2e^-$ ,  $n(e^-)_{\text{转移}}:n(NO_2)=2:3$ , 所以  $n(e^-)_{\text{转移}}=1.5mol \times 2/3=1mol$ ,  $N(e^-)_{\text{转移}}=1n_A$ , 故 B 正确;  $n(Na)=23g \div 23g \cdot mol^{-1}=1mol$ ,  $2Na+O_2 \xrightarrow{\Delta} Na_2O_2-2e^-$ , 则  $n(e^-)_{\text{转移}}:n(Na)=2:2$ , 故  $n(e^-)_{\text{转移}}=1mol$ ,  $N(e^-)_{\text{转移}}=n_A$ , 故 C 错;  $n(Fe)=5.6g \div 56g \cdot mol^{-1}=0.1mol$ , 由于变价金属铁可能被氧化为+3价、+2价、部分+3价部分+2价, 则  $n(e^-)_{\text{失}}=n(\text{还原剂}) \times \text{变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}=0.1mol \times 1 \times (+3-0)=0.3mol$  或  $0.1mol \times 1 \times (+2-0)=0.2mol$  或介于0.2~0.3mol之间,  $N(e^-)_{\text{失}}=0.3n_A$  或  $0.2n_A$  或  $0.2n_A \sim 0.3n_A$  之间, 故 D 错。

**答案:** B

**例6.** (2007四川理综, 10) 足量铜与一定量浓硝酸反应得到硝酸铜溶液和 $NO_2$ 、 $N_2O_4$ 、NO的混合气体, 这些气体与1.68L $O_2$ (标准状况)混合后通入水中, 所有气体完全被水吸收生成硝酸。若向所得硝酸铜溶液中加入5mol/L NaOH溶液至 $Cu^{2+}$ 恰好完全沉淀, 则消耗NaOH溶液的体积是( )

A. 60mL B. 45mL C. 30mL D. 15mL

**解析:** 足量铜与一定量浓硝酸反应时:  $n(e^-)_{\text{失}}=n(\text{氧$

化产物) $\times$ 它的变价原子个数 $\times$ 每个原子的化合价变化值= $n(Cu^{2+}) \times 1 \times [+2-0]=2n(Cu^{2+})$ ,  $n(e^-)_{\text{硝酸还原为氮氧化物时得}}=n(e^-)_{\text{失}}=2n(Cu^{2+})$ ; 在水作用下, 氮氧化物完全被 $O_2$ 氧化为硝酸时:  $n(e^-)_{\text{得}}=n(\text{氧化剂}) \times \text{它的变价原子个数} \times \text{每个原子的化合价变化值}=1.68L \div 22.4L \cdot mol^{-1} \times 2 \times [0-(-2)]=0.3mol$ ; 由于题中硝酸还原为氮氧化物与氮氧化物氧化为硝酸是可逆的反应过程, 则  $n(e^-)_{\text{硝酸还原为氮氧化物时得}}=n(e^-)_{\text{氮氧化物氧化为硝酸时失去}}$ , 所以  $2n(Cu^{2+})=0.3mol$ ,  $n(Cu^{2+})=0.15mol$  或  $n[Cu(NO_3)_2]=0.15mol$ ;  $Cu(NO_3)_2+2NaOH=Gu(OH)_2 \downarrow +2NaNO_3$ , 则  $n(NaOH)=n[Cu(NO_3)_2] \times 2=n(Cu^{2+}) \times 2=0.3mol$ , 则  $V[NaOH(aq)]=n(NaOH) \div c(NaOH)=0.3mol \div 5mol/L=0.06L=60mL$ 。

**答案:** A

综上所述, 氧化还原反应是高中化学的核心内容, 是高考命题的重要考点和热点之一。氧化还原反应中电子转移数的命题趋势是: 以社会实际问题为载体, 考查理解和应用氧化还原反应有关概念的能力; 将氧化还原反应与物质的分析推断结合在一起综合考查; 根据氧化还原反应原理书写未学过的氧化还原反应方程式等。

责任编辑 李平安