

# 例谈反应焓变的比较与计算

江苏省华罗庚中学 213200 吴风琴

比较反应焓变  $\Delta H$  的大小,可从反应物的性质、反应物的物质的量、反应进行的程度等方面进行分析;而  $\Delta H$  的计算常可根据键能、能量关系图、一定量的物质反应所放出或吸收的热量、盖斯定律等进行计算。

## 一、关于 $\Delta H$ 大小的比较

### 1. 根据反应物的性质比较

等物质的量的不同物质与同一物质反应,由于不同物质的性质不同,其焓变不同。如等物质的量的不同金属或非金属与同一种物质反应,金属或非金属越活泼反应就越容易,放出的热量就越多  $\Delta H$  就越小。

例 1 下列各组对  $\Delta H$  的比较不正确的是 ( )。

- A.  $\text{Cu}(s) + \text{Cl}_2(g) = \text{CuCl}_2(s) \quad \Delta H_1$ ,  
 $\text{Mg}(s) + \text{Cl}_2(g) = \text{MgCl}_2(s) \quad \Delta H_2$ ; 则  $\Delta H_1 > \Delta H_2$
- B.  $\text{Fe}(s) + 2\text{H}^+(aq) = \text{Fe}^{2+}(aq) + \text{H}_2(g) \quad \Delta H_1$ ,  
 $\text{Mg}(s) + 2\text{H}^+(aq) = \text{Mg}^{2+}(aq) + \text{H}_2(g) \quad \Delta H_2$ ; 则  $\Delta H_1 > \Delta H_2$
- C.  $\text{H}_2(g) + \text{F}_2(g) = 2\text{HF}(g) \quad \Delta H_1$ ,  
 $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) = 2\text{HI}(g) \quad \Delta H_2$ ; 则  $\Delta H_1 > \Delta H_2$
- D.  $\text{Mg}(s) + \text{Br}_2(g) = \text{MgBr}_2(s) \quad \Delta H_1$ ,  
 $\text{Mg}(s) + \text{Cl}_2(g) = \text{MgCl}_2(s) \quad \Delta H_2$ ; 则  $\Delta H_1 > \Delta H_2$

►原 CuO 时,若“先点灯后通氢”容易发生爆炸, B 项错误;熄灭酒精灯火焰时要用灯帽盖灭, C 项错误;对于 D 项,容易产生倒吸使试管炸裂, D 项错误。故答案为 A。

## 五、忽视容量瓶的规格固定

例 5 实验室中需用  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液 480 mL,下列操作正确的是 ( )。

- A. 称取 14.88 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  配成 480 mL 溶液
- B. 称取 53.0 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  配成 500 mL 溶液
- C. 称取 53.0 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 加入 500 mL 蒸馏水配成溶液
- D. 称取 137.28 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , 配成 480 mL 溶液

解析 由上述规律可知金属或非金属越活泼反应就越容易,放出的热就越多,  $\Delta H$  就越小。故答案为 C。

### 2. 根据反应进行的程度比较

对于可逆反应,若正反应为放热反应,反应进行的程度越大,反应放出的热量就越多,  $\Delta H$  就越小;若正反应为吸热反应,反应进行的程度越大,反应吸收的热量越多,  $\Delta H$  就越大。

例 2 一定条件下,二氧化硫氧化为三氧化硫的热化学方程式为

$2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) = 2\text{SO}_3(g) \quad \Delta H = -197 \text{ kJ/mol}$   
 相同条件下,在密闭容器中加入 2 mol  $\text{SO}_2(g)$  和 1 mol  $\text{O}_2(g)$ ,充分反应后放出的热量为 ( )。

- A. 等于 197 kJ    B. 大于 197 kJ  
 C. 小于 197 kJ    D. 无法判断

解析 由题给热化学方程式可知,2 mol  $\text{SO}_2(g)$  和 1 mol  $\text{O}_2(g)$  完全反应生成 2 mol  $\text{SO}_3(g)$  放出的热量为 197 kJ;但该反应是可逆反应,在密闭容器中加入 2 mol  $\text{SO}_2(g)$  和 1 mol  $\text{O}_2(g)$  充分反应后不能生成 2 mol  $\text{SO}_3(g)$ ,则放出的热量小于 197 kJ。故答案为 C。

## 二、关于 $\Delta H$ 的计算

### 1. 根据键能计算 $\Delta H$

错解 有的同学忽视容量瓶的规格固定,误认为可以配制任意体积的溶液而错选 A、D。

解析 容量瓶常见的规格没有 480 mL,应选择 500 mL 的容量瓶(在配制一定物质的量浓度溶液时,所选择容量瓶的规格一般与所配制溶液的体积相同;当所配制溶液的体积与容量瓶的规格不一致时,所选择容量瓶的规格应略大于所配制溶液的体积),则需要称取  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的质量  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.500 \text{ L} \times 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 53.0 \text{ g}$  或需要称取  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  的质量  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.500 \text{ L} \times 286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 143.0 \text{ g}$ ,应配成 500 mL 溶液。故答案为 B。

(收稿日期:2018-06-25)

根据键能计算焓变的公式为:  $\Delta H =$  反应物的键能之和 - 生成物的键能之和。此法的关键是要明确各物质分子中化学键的类型与数目。

例3 通常人们把形成(或断开)气体物质中的1 mol 化学键时所释放(或吸收)的能量看作该化学键的键能。某些化学键的键能数据见表1。

表1

化学键	N—H	N—N	O=O	N≡N	H—O
键能/kJ/mol	$x$	193	498	942	463

已知:  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 $\Delta H = -539 \text{ kJ/mol}$ ; 肼的结构简式为  $\text{H}_2\text{N—NH}_2$ 。  
 则 N—H 键的键能  $x$  值为( )。

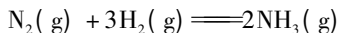
- A. 194      B. 391      C. 516      D. 782

解析 1 mol  $\text{N}_2\text{H}_4$  中含有 1 mol N—N 键和 4 mol N—H 键, 1 mol  $\text{O}_2$  中含有 1 mol  $\text{O}=\text{O}$  键, 1 mol  $\text{N}_2$  中含有 1 mol  $\text{N}\equiv\text{N}$  键, 2 mol  $\text{H}_2\text{O}$  中含有 4 mol H—O 键; 由公式“ $\Delta H =$  反应物键能之和 - 生成物键能之和”得  $\Delta H = (193 \text{ kJ/mol} + 4 \times x \text{ kJ/mol} + 498 \text{ kJ/mol}) - (942 \text{ kJ/mol} + 4 \times 463 \text{ kJ/mol}) = -539 \text{ kJ/mol}$ , 解得  $x = 391$ 。故答案为 B。

2. 根据能量关系图计算  $\Delta H$

根据能量关系图计算焓变的依据为:  $\Delta H =$  生成物的总能量 - 反应物的总能量。解题时应注意两点: 一是要认真观察分析图中反应物与生成物能量的相对大小; 二是要注意放热反应  $\Delta H$  的符号为“-”, 吸热反应  $\Delta H$  的符号为“+”。

例4 已知有关物质的能量关系如图1所示(图中  $a, b$  均为正值) 则反应



的反应热  $\Delta H$  为( )。

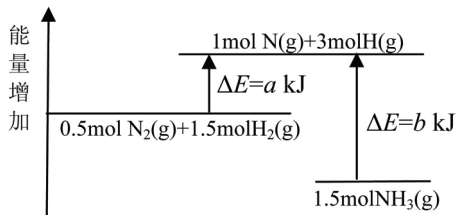
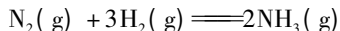


图1

- A.  $2(a - b) \text{ kJ/mol}$       B.  $(a - b) \text{ kJ/mol}$   
 C.  $2(b - a) \text{ kJ/mol}$       D.  $(b - a) \text{ kJ/mol}$

解析 由题意可知 0.5 mol  $\text{N}_2(\text{g})$  和 1.5 mol

$\text{H}_2(\text{g})$  的能量比 1 mol  $\text{N}(\text{g})$  和 3 mol  $\text{H}(\text{g})$  的能量小  $a \text{ kJ}$ , 1 mol  $\text{NH}_3(\text{g})$  的能量比 1 mol  $\text{N}(\text{g})$  和 3 mol  $\text{H}(\text{g})$  的能量小  $b \text{ kJ}$ ; 从而可知 0.5 mol  $\text{N}_2(\text{g})$  和 1.5 mol  $\text{H}_2(\text{g})$  的能量比 1 mol  $\text{NH}_3(\text{g})$  的能量高  $(b - a) \text{ kJ}$  [注意  $(b - a)$  为正值], 因此反应  $0.5 \text{ mol N}_2(\text{g}) + 1.5 \text{ mol H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 1 \text{ mol NH}_3(\text{g})$  的反应热  $\Delta H$  为  $(a - b) \text{ kJ/mol}$  [注意该反应为放热反应,  $(a - b)$  为负值]; 则反应

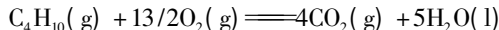


的焓变  $\Delta H$  为  $2(a - b) \text{ kJ/mol}$ 。故答案为 A。

3. 根据一定量的物质反应所放出或吸收的热量计算  $\Delta H$

此法的关键是理解热化学方程式的意义。且应当注意: 热化学方程式中的化学计量数只表示物质的量, 反应热与反应物或生成物的物质的量成正比。

例5 已知: 14.5 g 正丁烷( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) 气体完全燃烧生成  $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  放出的热量为 719.5 kJ, 则反应



的反应热  $\Delta H$  为( )。

- A.  $+2878 \text{ kJ/mol}$       B.  $-2878 \text{ kJ/mol}$   
 C.  $+1439 \text{ kJ/mol}$       D.  $-1439 \text{ kJ/mol}$

解析 因 14.5 g (即 0.25 mol) 正丁烷气体完全燃烧生成  $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  放出的热量为 719.5 kJ, 则 1 mol 正丁烷气体完全燃烧生成  $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  放出的热量为  $719.5 \text{ kJ} \times (1 \text{ mol} \div 0.25 \text{ mol}) = 2878 \text{ kJ}$ ; 因放热反应  $\Delta H$  用“-”表示, 则该反应的反应热  $\Delta H = -2878 \text{ kJ/mol}$ 。故答案为 B。

4. 根据盖斯定律计算  $\Delta H$

根据盖斯定律计算焓变的方法是: 找出已知的热化学方程式与所求的热化学方程式的联系, 将已知的热化学方程式进行恰当的叠加处理(进行加、减、乘、除运算), 即可得到所求的热化学方程式的反应热。将热化学方程式进行加、减、乘、除运算时  $\Delta H$  也应进行相应的加、减、乘、除运算(且要带“+”、“-”符号), 即把  $\Delta H$  看作一个整体进行运算; 热化学方程式反写时, 反应热的数值虽然不变, 但符号相反。

例6 (略)