

## 气体平均相对分子质量变化规律

贵州省遵义市遵义县第一中学 563199 孙思海

在化学平衡问题中,经常遇到气体平均相对分子质量的计算与判断问题,这是化学平衡理解的一个难点,应认真总结,全面掌握。

### 一、总体思路

要判断气体平均相对分子质量的大小,应首先计算气体平均摩尔质量,可用公式为:  $\bar{M} = \frac{m}{n}$ 。

### 二、分类讨论

#### 1. 反应物与产物均为气体的可逆反应

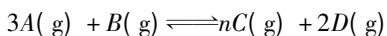
该类题目关系简单,反应前后物质均为气体,故反应过程中气体总质量不变,平均相对分子质量仅与物质的量有关。若平衡移动使气体物质的量增加,则平均相对分子质量减小;平衡移动使气体物质的量减小,则平均相对分子质量增大。对反应前后气体物质的量不变的可逆反应,无论平衡如何移动,平均相对分子质量不变。以上规律反之亦成立。

例1 在  $t_1^\circ\text{C}$  反应  $2A(\text{g}) \rightleftharpoons B(\text{g}) + Q$  达到平衡时气体平均相对分子质量为  $\bar{M}_1$ ,  $t_2^\circ\text{C}$  时该反应达到平衡时混合气体平均相对分子质量为  $\bar{M}_2$ 。当平衡从  $t_1^\circ\text{C}$  升到  $t_2^\circ\text{C}$  时,下列说法正确的是( )。

- A. 若  $\bar{M}_1 > \bar{M}_2$ , 平衡向右移动,  $Q < 0$   
 B. 若  $\bar{M}_1 < \bar{M}_2$ , 平衡向左移动,  $Q < 0$   
 C. 若  $\bar{M}_1 > \bar{M}_2$ , 平衡向左移动,  $Q > 0$   
 D. 若  $\bar{M}_1 < \bar{M}_2$ , 平衡向右移动,  $Q > 0$

解析 根据公式  $\bar{M} = \frac{m}{n}$ , 气体质量  $m$  一定, 若平衡右移, 则  $n$  值减小,  $\bar{M}$  增大, 若平衡左移, 则  $n$  值增大,  $\bar{M}$  减小。现在温度由  $t_1^\circ\text{C}$  升到  $t_2^\circ\text{C}$  ( $t_2 > t_1$ ),  $Q > 0$  平衡向左移动,  $\bar{M}_1 > \bar{M}_2$ , 答案选 C。

例2 在一个  $x\text{ L}$  的密闭容器中放入  $A(\text{g})$  和  $z\text{ L } B(\text{g})$ , 在一定条件下发生反应:



达平衡后  $A$  的浓度减少  $\frac{1}{2}$ , 混合气体的平均相对

分子质量比原气体增大  $\frac{1}{8}$ , 式中  $n$  值为( )。

- A. 1      B. 2      C. 3      D. 4

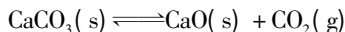
解析  $A$  的浓度减少  $\frac{1}{2}$ , 混合气体平均相对

分子质量增大  $\frac{1}{8}$ , 说明正反应是气体体积减小的反应, 则有  $3+1 > n+2$ , 故  $n < 2$ , 所以  $n=1$ 。答案 A。

规律 反应物与产物均为气体的可逆反应, 若反应前后气体物质的量相等, 无论增大还是减小压强, 气体平均相对分子质量不变; 若反应前后气体物质的量不等, 增大压强, 气体平均相对分子质量增大; 减小压强, 气体平均相对分子质量减小。

#### 2. 有固体参加或生成的可逆反应

(1) 反应前后仅一种气体, 则气体相对分子质量就是该气体式量, 故无论平衡如何移动, 气体相对分子质量不变。如



气体只有  $\text{CO}_2$ , 气体相对分子质量为 44。

(2) 一般的有气体参加的可逆反应, 则

①若反应是从含固体的一侧开始, 则规律较容易。试看下面两个反应:

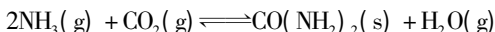
在反应



中, 反应开始加入  $\text{PCl}_5$ , 反应过程中生成  $n(\text{PCl}_3) : n(\text{Cl}_2) = 1:1$ 。

故无论化学平衡如何移动,  $n(\text{PCl}_3)$  与  $n(\text{Cl}_2)$  比值总为 1:1。即平均相对分子质量不变, 其数值为 104.25。

在反应

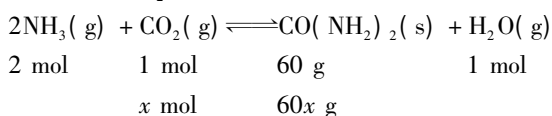


中, 反应从  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  和水开始建立平衡, 按极值法, 开始时气体相对分子质量为 18。全部转化为  $\text{NH}_3$  和  $\text{CO}_2$  时, 生成的  $n(\text{NH}_3) : n(\text{CO}_2) = 2:1$ , 二者  $\bar{M} = 26$ 。当改变外界条件时, 平衡左移, 则气体相对分子质量增大; 若平衡右移, 则气体相对分子质量减小。但无论如何移动, 其数值总介于 18 ~

26 之间。

②若反应从不含固体的一侧开始或不能确定开始时进行的方向,则应进行讨论。以

$2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 为例:反应开始时加入  $\text{NH}_3$  和  $\text{CO}_2$ , 设建立平衡时气体相对分子质量为  $M_1$ , 气体的总物质的量为  $n_1$  mol。通过改变外界条件(如加压)使平衡右移, 达新平衡时气体平均相对分子质量为  $M_2$ 。设平衡移动使  $\text{CO}_2$  减少  $x$  mol。则



当平衡向右移使  $\text{CO}_2$  减少  $x$  mol 时, 整个反应气体物质的量减少  $2x$  mol, 于是可得

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{M_1 n_1 - 60x}{n_1 - 2x} \\ &= \frac{M_1(n_1 - 2x) + (2M_1 x - 60x)}{n_1 - 2x} \\ &= \frac{M_1(n_1 - 2x) + 2x(M_1 - 30)}{n_1 - 2x} \\ &= M_1 + \frac{2x}{n_1 - 2x}(M_1 - 30) \end{aligned}$$

根据平衡移动原理可知  $2x > 0$ ,  $n_1 - 2x > 0$ 。

若  $M_1 - 30 > 0$ , 则  $M_2 > M_1$ , 即当  $44 > M_1 > 30$  时, 平衡右移使气体平均相对分子质量增大。

若  $M_1 - 30 = 0$ , 则  $M_1 = M_2$ , 即当  $M_1 = 30$  时, 平衡右移, 但气体平均相对分子质量不变。

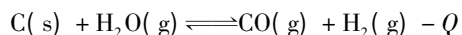
若  $M_1 - 30 < 0$ , 则  $M_2 < M_1$ , 即当  $17 < M_1 < 30$  时, 平均右移使气体平均相对分子质量减小。

例3 在固定容积的密闭容器中, A 和 B 发生下列反应  $A(\text{s}) + 2B(\text{g}) \rightleftharpoons 2C(\text{g}) - Q$  ( $Q > 0$ )。在一定条件下达到平衡, 若升高温度则达平衡后混合气体的( )。

- A. 平均相对分子质量增大 B. 密度增大  
 C. 平均相对分子质量减小 D. 密度减小

解析 升温使平衡向右移动, 由于固体 A 的消耗使气体质量增大, 混合气体的平均相对分子质量增大, 密度增大。答案选 AB。

例4 一定温度下碳与水蒸气在密闭容器中发生反应, 建立化学平衡:



(1) 平均混合气体的平均相对分子质量  $\bar{M}_1$

的取值范围为  $\underline{\hspace{1cm}} > \bar{M}_1 > \underline{\hspace{1cm}}$ 。

(2) 若使用  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$  从逆反应方向在相同温度下建立平衡, 则平衡混合气体的平均相对分子质量  $\bar{M}_1$  的取值范围为  $\underline{\hspace{1cm}} > \bar{M}_1 > \underline{\hspace{1cm}}$ 。

此时若加压, 平衡将  $\underline{\hspace{1cm}}$  (填“向左”、“向右”或“不”) 移动, 设原平衡时混合气体的物质的量为  $a$  mol, 加压重新达到平衡后, 气体比原平衡减少  $b$  mol, 新平衡混合气体平均相对分子质量  $\bar{M}_2$  与  $\bar{M}_1$  的关系为  $\bar{M}_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  (用  $\bar{M}_1$ 、 $a$ 、 $b$  的代数式表示)。

(3) 在(2)建立的平衡中, 当

①  $\bar{M}_2 = \bar{M}_1$  时,  $\bar{M}_2 = \underline{\hspace{1cm}}$ , 此时反应开始时, 所用  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  的物质的量之比 =  $\underline{\hspace{1cm}}$ 。

② 当  $\bar{M}_1 < \underline{\hspace{1cm}}$  时,  $\bar{M}_2 < \bar{M}_1$ 。

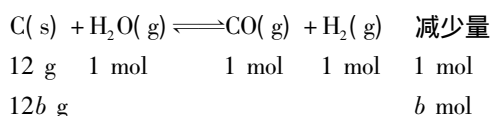
③ 当  $\bar{M}_1 > \underline{\hspace{1cm}}$  时,  $\bar{M}_2 > \bar{M}_1$ 。

(4) 由(3)得出结论: 从逆反应方向建立平衡时,  $\bar{M}_2$  与  $\bar{M}_1$  的相对大小主要取决于  $\underline{\hspace{1cm}}$ 。

解析 (1) 反应由碳和水蒸气开始, 开始气体只有水,  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ , 随反应的进行生成  $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$ , 二者物质的量相等, 平均式量  $\bar{M} = 15$ 。在建立平衡的过程中, 气体相对分子质量逐渐减小, 但不能小于 15, 故  $15 < \bar{M}_1 < 18$ 。

(2) 反应从逆反应方向开始, 则  $M(\text{H}_2) < \bar{M}_1 < M(\text{CO})$ , 即  $2 < \bar{M}_1 < 28$ 。

加压时可使平衡向左移动, 则



$$\text{所以 } \bar{M}_2 = \frac{a\bar{M}_1 - 12b}{a - b}$$

$$(3) \bar{M}_2 = \frac{a\bar{M}_1 - 12b}{a - b} = \frac{(a\bar{M}_1 - b\bar{M}_1) + (b\bar{M}_1 - 12b)}{a - b}$$

$$= \bar{M}_1 + \frac{b}{a - b}(\bar{M}_1 - 12)$$

①  $\bar{M}_2 = \bar{M}_1$  时,  $\bar{M}_1 = 12$ , 即反应过程中气体平均式量不变, 开始时  $\text{CO}$  与  $\text{H}_2$  平均相对分子质量亦为 12, 则  $n(\text{CO}) : n(\text{H}_2) = 5 : 8$ 。

② 当  $\bar{M}_1 < 12$  时,  $\bar{M}_2 < \bar{M}_1$ 。

③ 当  $\bar{M}_1 > 12$  时,  $\bar{M}_2 > \bar{M}_1$ 。

(4) 从逆反应建立平衡时,  $\bar{M}_2$  与  $\bar{M}_1$  的相对大小主要取决于起始时  $\text{CO}$  与  $\text{H}_2$  的物质的量之比。