

## 例析化学平衡图像问题

江苏省邗江中学 225012 赵园园

化学平衡图像题,是高中化学的重点、难点问题,也是高考的常考题型。特别是在图表题比重有所增加的现阶段,化学平衡图像题的考查频度也有所增加。

从考察类型看:一是以时间为自变量的图像;二是以压强或温度为自变量的图像。从知识载体角度看,其一判断化学平衡特征;其二应用勒夏特列原理分析平衡移动过程;其三逆向思维根据图像判断可逆反应的有关特征;其四综合运用速率与平衡知识进行有关计算。

解题关键:一是读图,弄清图像含义,通过观察弄清横坐标、纵坐标的含义及单位;搞清特殊点的意义,如坐标轴的“0”点,曲线的起点、终点、交叉点、极值点、转折点等;分析曲线的变化趋势如斜率大小、升降。二是识图,进行信息提取,挖掘隐含信息、排除干扰信息、提炼有用信息,在统摄信息的基础上进行逻辑推理或运用数据计算。三是用图,联想化学原理解答问题。

### 1. 以速度-时间( $v-t$ )图像计算平衡浓度

例 1 在容积固定为 2 L 的密闭容器中,充入 X、Y 气体各 2 mol,发生可逆反应:  $X(g) + 2Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g)$ ,并达平衡,以 Y 的浓度改变表示的反应速度  $v_{正}$ 、 $v_{逆}$  与时间  $t$  的关系如图 1

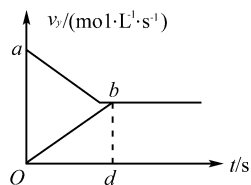


图 1

所示,则 Y 的平衡浓度表达式正确的是(式中  $S$  是对应区域的面积) ( )。

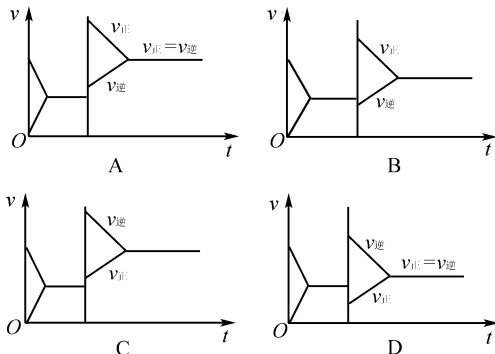
- A.  $2 - S_{aOb}$       B.  $1 - S_{aOb}$   
C.  $2 - S_{abdO}$       D.  $1 - S_{bOd}$

解析 根据  $v-t$  曲线计算反应物的平衡浓度,初看题目似乎无从下手,若静心思考,从定义出发, Y 减少的浓度,随着反应进行,逆反应同时生成部分 Y,因此 Y 的平衡浓度为初始浓度与消耗浓度之差。瞬时速率与时间的乘积即为微小矩

形的面积,累积计算则 Y 减少的浓度表示为  $S_{aOb}$ , Y 增加的浓度表示为  $S_{bOd}$ ,则 Y 的平衡浓度表示为:  $1 - (S_{aOb} - S_{bOd})$ , 故选 B。

### 2. 以 $v-t$ 图像描述化学平衡移动的本质

例 2 已知合成氨的反应为:  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ,  $\Delta H = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  在一定条件下达到化学平衡,现升高温度使平衡发生移动,下列图像中能正确描述正、逆反应速率( $v$ )变化的是( )。



解析 此题易误选 D,以为逆反应速率升高了正反应速率必然降低,其实升高温度放热、吸热方向的反应速率都增大,但吸热反应增大的幅度大,因此平衡向吸热反应方向移动,合成氨的正反应为放热反应,应选 C。图 A 和图 B 分别是加压、增加反应物浓度后速率的变化情况。

### 3. 以物质的量(浓度)-时间( $n(c)-t$ )图像描述可逆反应达平衡的过程

例 3 在一定温度下,容器内某一反应中 M、N 的物质的量  $n$  随反应时间  $t$  变化的曲线如图 2 所示,下列表述中正确的是 ( )。

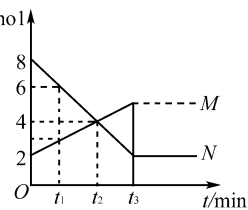


图 2

A. 反应的化学方程式为  $2M \rightleftharpoons N$

B.  $t_2$  时  $v_{正} = v_{逆}$  达到平衡

C.  $t_3$  时  $v_{正} > v_{逆}$

D.  $t_1$  时浓度  $c(N) = 2c(M)$

解析 解题关键是抓住起点和  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  等特殊点。在 0 到  $t_2$  时间内(或选取 0 到  $t_3$  之间的任一点)  $n(N)$  从 8 mol 到 4 mol 减少了 4 mol,  $n(M)$  从 2 mol 到 4 mol 增大了 2 mol, 因此  $N$  为反应物, 方程式为  $2N \rightleftharpoons M$  (从反应趋势看,  $N$  没有完全转化为  $M$ , 故为可逆反应)。  $t_2$  时  $n(N) = n(M)$ , 瞬时浓度也相等, 但浓度变化并不相等, 实际是  $v_{正} > v_{逆}$ 。  $t_3$  时  $n(N)$ 、 $2n(M)$  不再改变, 达到了平衡状态  $v_{正} = v_{逆}$ 。  $t_1$  时  $n(N) = 2n(M)$ , 体积相同  $c$  与  $n$  成正比, 因此只有选项 D 正确。

4. 以  $c-t$  图像描述等效平衡过程

例 4 在 425℃ 时, 1 L 密闭容器中进行反应:  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ , 以不同的方式加入反应物或生成物均达到平衡(如图 3)

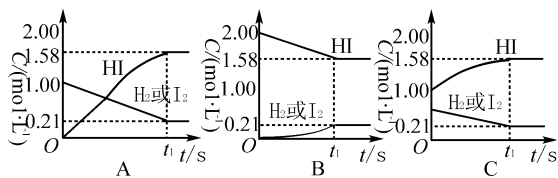


图 3

(1) 将图示 3 种情况的反应物、生成物的初始浓度和平衡浓度填入表格。

(2) 以上 3 种情况达到化学平衡是否为同一平衡状态? 由图中的事实可以说明化学平衡具有哪些特征?

(3) 等温、等容情况下, 等效平衡的条件是什么?

解析 (1) 将图像信息转化为数据信息是处理信息的基本能力, 如表 1。

表 1

图 象	$c / (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$					
	$H_2$ 起始	$H_2$ 平衡	$I_2$ 起始	$I_2$ 平衡	HI 起始	HI 平衡
A	1.00	0.21	1.00	0.21	0	1.58
B	0	0.21	0	0.21	2.00	1.58
C	0.50	0.21	0.50	0.21	1.00	1.58

(2) 达平衡时反应物和生成物浓度完全相同, 故为同一平衡状态。在一定条件下达到平衡

后, 正、逆反应速率  $v_{正} = v_{逆} \neq 0$ , 平衡混合物中各物质的浓度保持不变。

(3) 等温、等容时, 将生成物(或反应物)折算为同一侧的量完全相同时, 即为等效平衡。

5. 以物质的量(转化率) - 时间 ( $n(R) - t$ ) 图像描述温度或压强对平衡移动的影响

例 5 反应  $2X(g) + Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g) + Q$ , 在不同温度 ( $T_1$  和  $T_2$ ) 及压强 ( $p_1$  和  $p_2$ ) 下, 产物  $Z$  的物质的量与反应时间  $t$  的关系如图 4 所示, 下述判断正确的是

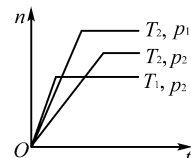


图 4

( )。

A.  $T_1 < T_2, p_1 < p_2$       B.  $T_1 < T_2, p_1 > p_2$

C.  $T_1 > T_2, p_1 > p_2$       D.  $T_1 > T_2, p_1 < p_2$

解析  $T$  相同时(上面 2 条曲线),  $p$  越大反应速率  $v$  越快, 达到化学平衡的时间  $t$  越短, 故  $p_1 > p_2$ ; 若从纵坐标  $n_Z$  来分析,  $p_2 \rightarrow p_1, n_Z$  增大, 平衡向正向移动, 对照反应特征(气体体积减小)可知  $p_1 > p_2$ 。同理, 压强相同时(下面 2 条曲线), 温度越高反应速率越快, 达到化学平衡的时间越短, 故  $T_1 > T_2$ , 或从  $n(Z)$  来分析,  $T_1 \rightarrow T_2$  减小, 平衡向逆向移动(正向放热则逆向吸热), 说明  $T_1 > T_2$ , 选 C。

6. 以转化率(体积分数) - 压强、温度 ( $R(\varphi) - p, T$ ) 图像判断平衡状态

例 6 如图 5, 条件一定时, 反应  $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2, \Delta H < 0$  中 NO 的转化率与  $T$  变化关系曲线图, 图中有  $a, b, c, d$  4 个点, 其中表示未达到平衡状态, 且  $v_{正} < v_{逆}$  的点是

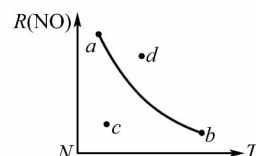


图 5

( )。

A.  $a$       B.  $b$       C.  $c$       D.  $d$

解析  $a, b$  在曲线上为平衡点,  $c, d$  点未达平衡。  $d$  点在曲线右上方, 从  $d$  点向横坐标引辅助线, 可知该温度平衡时  $R(NO)$  比  $d$  点的小, 说明该点未达平衡, 且  $V_{正} < V_{逆}$ , 平衡向逆向移动, 或从  $d$  点向纵坐标引垂线,  $d$  点  $T$  比平衡点的高, 该反应正向放热, 升高温度平衡向吸热的逆向移动, 同样得出结论  $V_{正} < V_{逆}$ , 而选 D。

(收稿日期: 2015-09-15)