



# 高考中关于压强平衡常数 $K_p$ 的常见题型

李魁菊


(贵州省湄潭县湄江高级中学)


压强平衡常数  $K_p$  是高中化学平衡知识中比较重要的一个知识点,也是高考中常见的考点.解答这类问题,学生不但要有坚实的理论基础,还要有一定的计算能力.在高考中,对压强平衡常数的考查通常有多种题型,包括单一平衡体系和多重平衡体系.单一平衡体系和多重平衡体系又可分为恒压、恒容体系.本文将结合高考试题,总结各类题型的解题策略.

## 1 单一平衡体系

### 1.1 恒压单一平衡体系

恒压体系下,求  $K_p$  的关键是求出各组分散体的物质的量分数,在解答问题时,可以根据题目信息设未知数,而后一步步求解,在此基础上灵活运用三段式,便可顺利解答.

 **例 1** (2022 年全国乙卷 28,节选)已知  $\text{H}_2\text{S}$  热分解反应为  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ ,在 1 470 K, 100 kPa 下,将  $n(\text{H}_2\text{S}) : n(\text{Ar}) = 1 : 4$  进行  $\text{H}_2\text{S}$  热分解.平衡时,  $\text{H}_2\text{S}$  与  $\text{H}_2$  分压相等,平衡常数  $K_p =$  \_\_\_\_\_.

 **解析** 设 1 470 K, 100 kPa 下,  $\text{H}_2\text{S}$  和 Ar 的起始物质的量分别为  $a$  mol 和  $4a$  mol,设  $\text{H}_2\text{S}$  变化量为  $x$  mol,则列三段式为

	$2\text{H}_2\text{S}(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{S}_2(\text{g})$	$+$	$2\text{H}_2(\text{g})$		Ar	
$n_{\text{始}}/\text{mol}$	$a$		0		0		$4a$	
$\Delta n/\text{mol}$	$x$		$0.5x$		$x$		0	
$n_{\text{平}}/\text{mol}$	$a-x$		$0.5x$		$x$		$4a$	

平衡时,  $\text{H}_2\text{S}$  与  $\text{H}_2$  分压相等,则有  $a-x=x$ ,解得  $x=0.5a$ ,则

$$n(\text{H}_2\text{S})=0.5a \text{ mol}, n(\text{Ar})=4a \text{ mol},$$

$$n(\text{S}_2)=0.25a \text{ mol}, n(\text{H}_2)=0.5a \text{ mol},$$

$$n(\text{总})=5.25a \text{ mol},$$

$$X(\text{H}_2\text{S})=\frac{2}{21}, X(\text{S}_2)=\frac{1}{21}, X(\text{H}_2)=\frac{2}{21},$$


平衡常数为


$$K_p = \frac{p(\text{S}_2) \cdot p^2(\text{H}_2)}{p^2(\text{H}_2\text{S})} =$$

$$\frac{\frac{1}{21} \times 100 \text{ kPa} \times (\frac{2}{21} \times 100 \text{ kPa})^2}{(\frac{2}{21} \times 100 \text{ kPa})^2} \approx 4.76 \text{ kPa}.$$

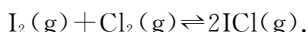
### 1.2 恒容单一平衡体系

恒容体系  $K_p$  的计算过程中,可以直接运用压强之间的关系,列出三段式,并不需要计算各物质所对应的物质的量.

 **例 2** (2021 年全国乙卷 28,节选)氯铂酸钡 ( $\text{BaPtCl}_6$ ) 固体加热时部分分解为  $\text{BaCl}_2$ , Pt,  $\text{Cl}_2$ , 376.8 °C 平衡常数  $K_p=1.0 \times 10^4 \text{ Pa}^2$ ,在一硬质玻璃烧瓶中加入过量  $\text{BaPtCl}_6$ ,抽真空后,通过一支管通入碘蒸气(然后将支管封闭).在 376.8 °C,碘蒸气初始压强为 20.0 kPa.平衡时,测得烧瓶中压强为 32.5 kPa,反应  $2\text{ICl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  的平衡常数  $K =$  \_\_\_\_\_.

 **解析** 376.8 °C 时,  $\text{BaPtCl}_6$  发生分解反应:  
 $\text{BaPtCl}_6(\text{s}) \rightleftharpoons \text{BaCl}_2(\text{s}) + \text{Pt}(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g})$ ,  
 反应平衡常数  $K_p = p^2(\text{Cl}_2) = 1.0 \times 10^4 \text{ Pa}^2$ ,则平衡时  $p(\text{Cl}_2)=0.1 \text{ kPa}$ .

376.8 °C 时,过量  $\text{BaPtCl}_6$  通入碘蒸气,发生反应



设达到平衡时  $\text{I}_2(\text{g})$  的压强变化  $x$  kPa,则列三段式为

	$\text{I}_2(\text{g})$	$+$	$\text{Cl}_2(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2\text{ICl}(\text{g})$	
$p_{\text{始}}/\text{kPa}$	20.0				0	
$\Delta p/\text{kPa}$	$x$				$2x$	
$p_{\text{平}}/\text{kPa}$	$(20.0-x)$		0.1		$2x$	

由题意得  $(20.0-x) \text{ kPa} + 0.1 \text{ kPa} + 2x \text{ kPa} = 32.5 \text{ kPa}$ ,解得  $x=12.4 \text{ kPa}$ .平衡时,  $p(\text{I}_2)=7.6 \text{ kPa}$ ,  $p(\text{ICl})=24.8 \text{ kPa}$ ,则  $2\text{ICl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  的平衡常数

$$K = \frac{p(\text{Cl}_2) \times p(\text{I}_2)}{p^2(\text{ICl})} = \frac{0.1 \text{ kPa} \times 7.6 \text{ kPa}}{(24.8 \text{ kPa})^2} = \frac{0.1 \times 7.6}{24.8^2} \approx 1.2 \times 10^{-3}.$$

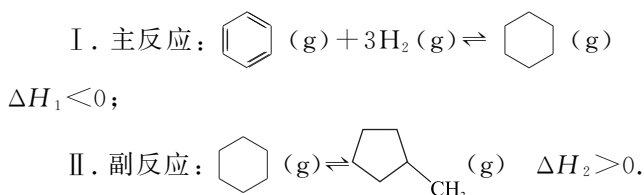


## 2 多重平衡体系

### 2.1 恒压多重平衡体系

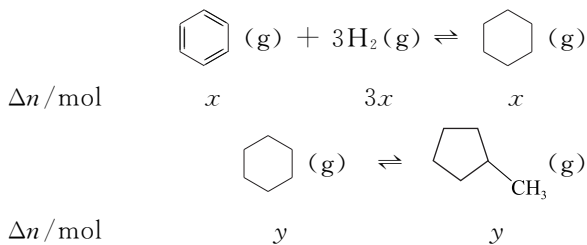
多重平衡体系中,在体系达到平衡时,体系内所包含的所有反应均处于平衡状态,参与多个反应的同一物质只能拥有一个平衡浓度.在恒压多重平衡体系中,气体的物质的量之比等于气体的体积比,以此为基础,首先根据题目信息,设出每个反应的变化量,而后可以借助三段式、守恒法求出未知量.

**例 3** (2021 年辽宁卷 17,节选) 苯催化加氢制备环己烷是化工生产中的重要工艺,一定条件下,发生如下反应:



恒压反应器中,按照  $n(\text{H}_2) : n(\text{C}_6\text{H}_6) = 4 : 1$  投料,进行上述反应,  $p_{\text{总}} = p_0$ , 平衡时,  $\text{C}_6\text{H}_6$  的转化率为  $\alpha$ , 环己烷的分压为  $p$ , 则反应 I 的  $K_p =$  \_\_\_\_\_ (列出计算式即可,用平衡分压代替平衡浓度计算,分压 = 总压  $\times$  物质的量分数).

**解析** 设投料  $\text{H}_2, \text{C}_6\text{H}_6$  为 4 mol 和 1 mol, I 中  $\text{C}_6\text{H}_6$  变化量为  $x$  mol, II 中环己烷变化量为  $y$  mol, 则有



结合题意可得  $\alpha = \frac{x}{1}$ , 即平衡时

$$\begin{aligned} n(\text{苯}) &= (1-\alpha) \text{ mol}, \\ n(\text{H}_2) &= (4-3\alpha) \text{ mol}, \\ n(\text{环己烷}) &= (\alpha-y) \text{ mol}, \\ n(\text{甲基环戊烷}) &= y \text{ mol}, \end{aligned}$$

由此可得

$$\begin{aligned} p(\text{苯}) &= \frac{1-\alpha}{(1-\alpha)+(4-3\alpha)+(\alpha-y)+y} p_0 = \frac{1-\alpha}{5-3\alpha} p_0, \\ p(\text{H}_2) &= \frac{4-3\alpha}{(1-\alpha)+(4-3\alpha)+(\alpha-y)+y} p_0 = \frac{4-3\alpha}{5-3\alpha} p_0, \\ p(\text{环己烷}) &= p, \end{aligned}$$

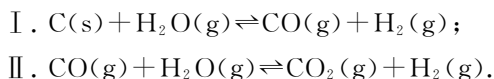
则答案为

$$K_p = \frac{p(\text{环己烷})}{p(\text{苯}) \cdot p^3(\text{H}_2)} = \frac{p}{\frac{1-\alpha}{5-3\alpha} p_0 \cdot \left(\frac{4-3\alpha}{5-3\alpha} p_0\right)^3}.$$

### 2.2 恒容多重平衡体系

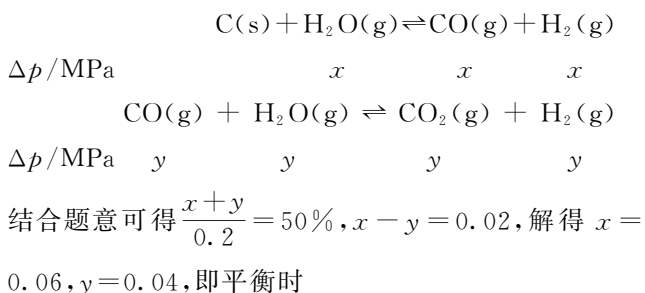
恒容体系的多重平衡计算中,要以起始、结束的压强条件为出发点,围绕这一问题进行深入分析,将题目所给信息进行转化,最后依托三段式解答问题.

**例 4** (2022 年湖南 16,节选) 在一定温度下,向体积固定的密闭容器中加入足量的  $\text{C}(\text{s})$  和 1 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 起始压强为 0.2 MPa, 反应如下:



平衡时,  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的转化率为 50%,  $n(\text{CO}) = 0.1 \text{ mol}$ , 反应 I 平衡常数  $K_p =$  \_\_\_\_\_ (以分压表示,分压 = 总压  $\times$  物质的量分数).

**解析** 恒容体系中,可以借助压强进行计算,结合信息,起始时有 1 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 压强为 0.2 MPa, 平衡时  $p(\text{CO}) = 0.02 \text{ MPa}$ , 设反应 I, II 压强变化分别为  $x \text{ MPa}$ ,  $y \text{ MPa}$ , 可得以下变化关系:



$$\begin{aligned} p(\text{H}_2\text{O}) &= (1-x-y) \text{ MPa} = 0.1 \text{ MPa}, \\ p(\text{H}_2) &= (x+y) \text{ MPa} = 0.1 \text{ MPa}, \\ p(\text{CO}) &= 0.02 \text{ MPa}, \end{aligned}$$

则反应 I 平衡常数

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2)}{p(\text{H}_2\text{O})} = \\ &= \frac{0.02 \text{ MPa} \times 0.1 \text{ MPa}}{0.1 \text{ MPa}} = 0.02 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

恒压、恒容最大不同在于,恒容时压强会发生改变,恒压则在整个过程中压强不发生改变.同学们在解题时,要先确定题目属于哪一类,而后根据相关方法解答问题.

(完)