

# 化学反应原理助力“碳达峰、碳中和”

南京市秦淮中学 丁志芬

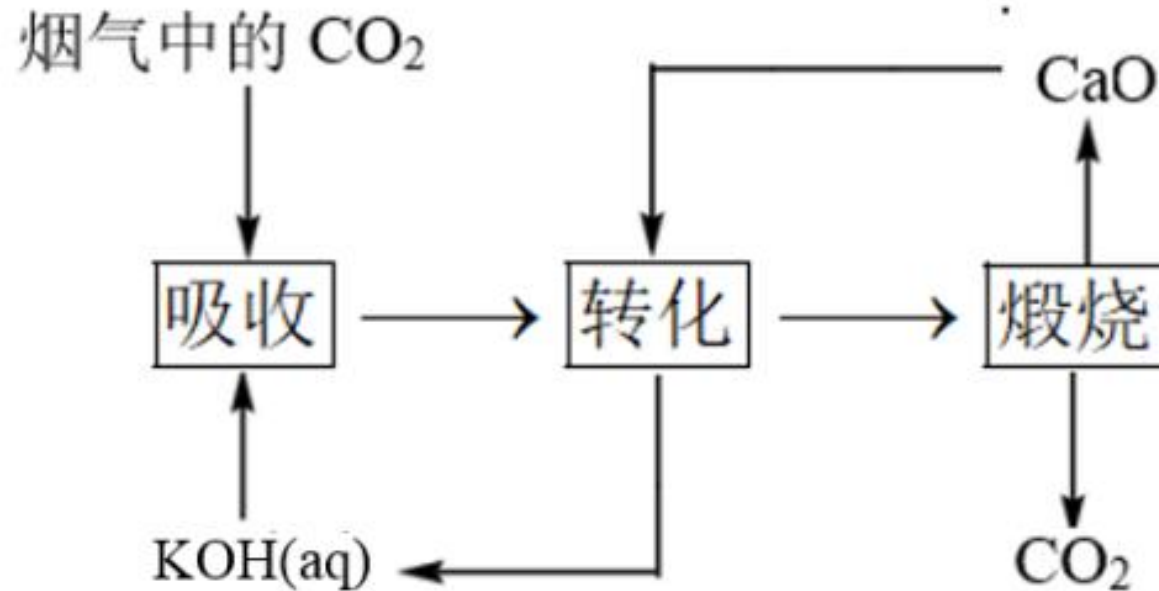
2030年前 **碳达峰**  
2060年前**碳中和**

碳达峰和碳中和被首次写入我国政府工作报告

## 任务一：碱性溶液吸收法实现碳达峰、碳中和

**例1.**一种捕集烟气中 $\text{CO}_2$ 的过程如图所示。室温下以 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KOH}$ 溶液吸收 $\text{CO}_2$ ，若通入 $\text{CO}_2$ 所引起的溶液体积变化和 $\text{H}_2\text{O}$ 挥发可忽略，溶液中含碳物种的浓度 $c_{\text{总}}=c(\text{H}_2\text{CO}_3)+c(\text{HCO}_3^-)+c(\text{CO}_3^{2-})$ 。

$\text{H}_2\text{CO}_3$ 电离常数分别为 $K_{a1}=4.4\times 10^{-7}$ 、 $K_{a2}=4.4\times 10^{-11}$ 。下列说法正确的是



# 认知模型

分析体系物质的组成

分析微粒间的相互作用

分析微粒种类或数量的变化

找全微粒种类  
(溶质、溶剂)

作用类型 (电离平衡、水解平衡等)  
作用主次

定性分析 (离子浓度比较)  
定量分析 (守恒关系, 基于  $K_a$ 、 $K_b$ 、 $K_h$  等数据计算)

弱酸酸式盐溶液的  
酸碱性判断

$K_{a2} > K_h$ , 溶液显酸性

$K_{a2} < K_h$ , 溶液显碱性

## 模型应用1

室温下，以 $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水吸收 $\text{SO}_2$ ，若通入 $\text{SO}_2$ 所引起的溶液体积变化和 $\text{H}_2\text{O}$ 挥发可忽略，溶液中含硫物种的浓度 $c_{\text{总}} =$

$c(\text{H}_2\text{SO}_3) + c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{SO}_3^{2-})$ 。已知： $25^\circ\text{C}$ 时， $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 的电离常数为 $K_b = 1.7 \times 10^{-5}$ ， $\text{H}_2\text{SO}_3$ 的电离常数分别为 $K_{a1} = 1.3 \times 10^{-2}$ ， $K_{a2} = 6.3 \times 10^{-7}$ 。下列说法正确的是

A.  $c_{\text{总}} = 0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 溶液中存在： $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}) = c(\text{SO}_3^{2-}) + c(\text{HSO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{SO}_3)$

B. 向氨水中通入 $\text{SO}_2$ 至 $\text{pH} = 7$ ： $c(\text{HSO}_3^-) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$

C. 反应 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ 的平衡常数 $K = 2.21 \times 10^7$

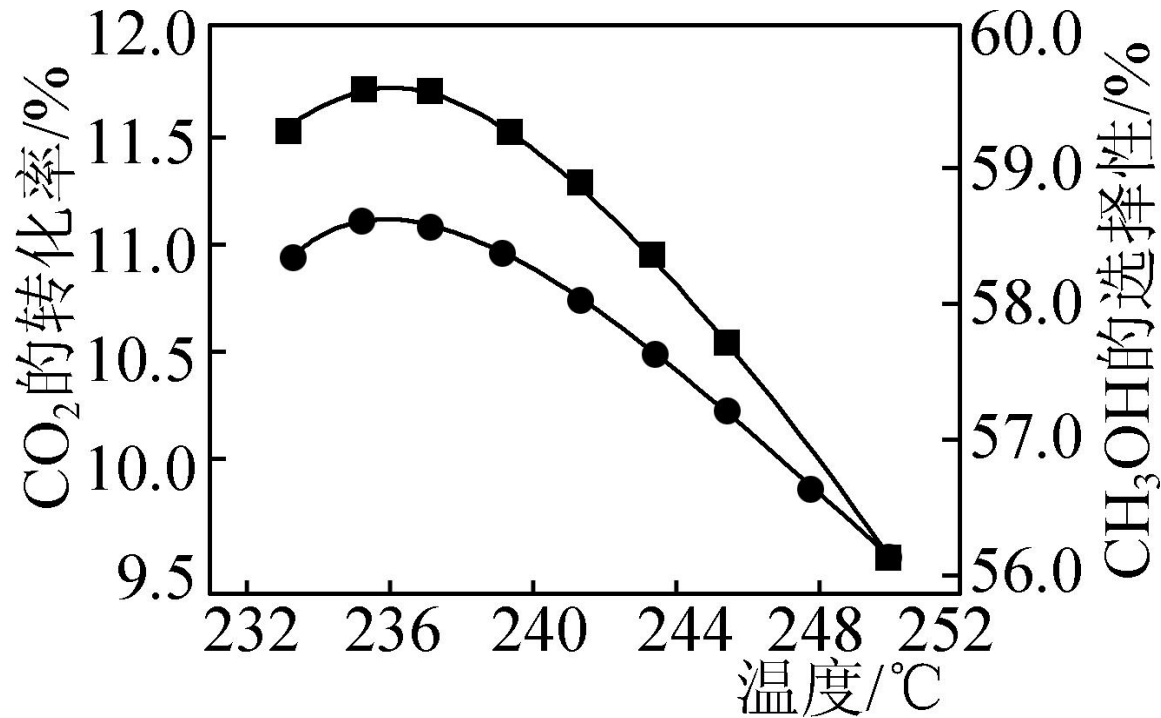
D.  $\text{NH}_4\text{HSO}_3$ 溶液中加入过量 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 发生反应的离子方程式： $\text{HSO}_3^- + \text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- = \text{BaSO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$

## 任务二：催化重整法实现碳达峰、碳中和

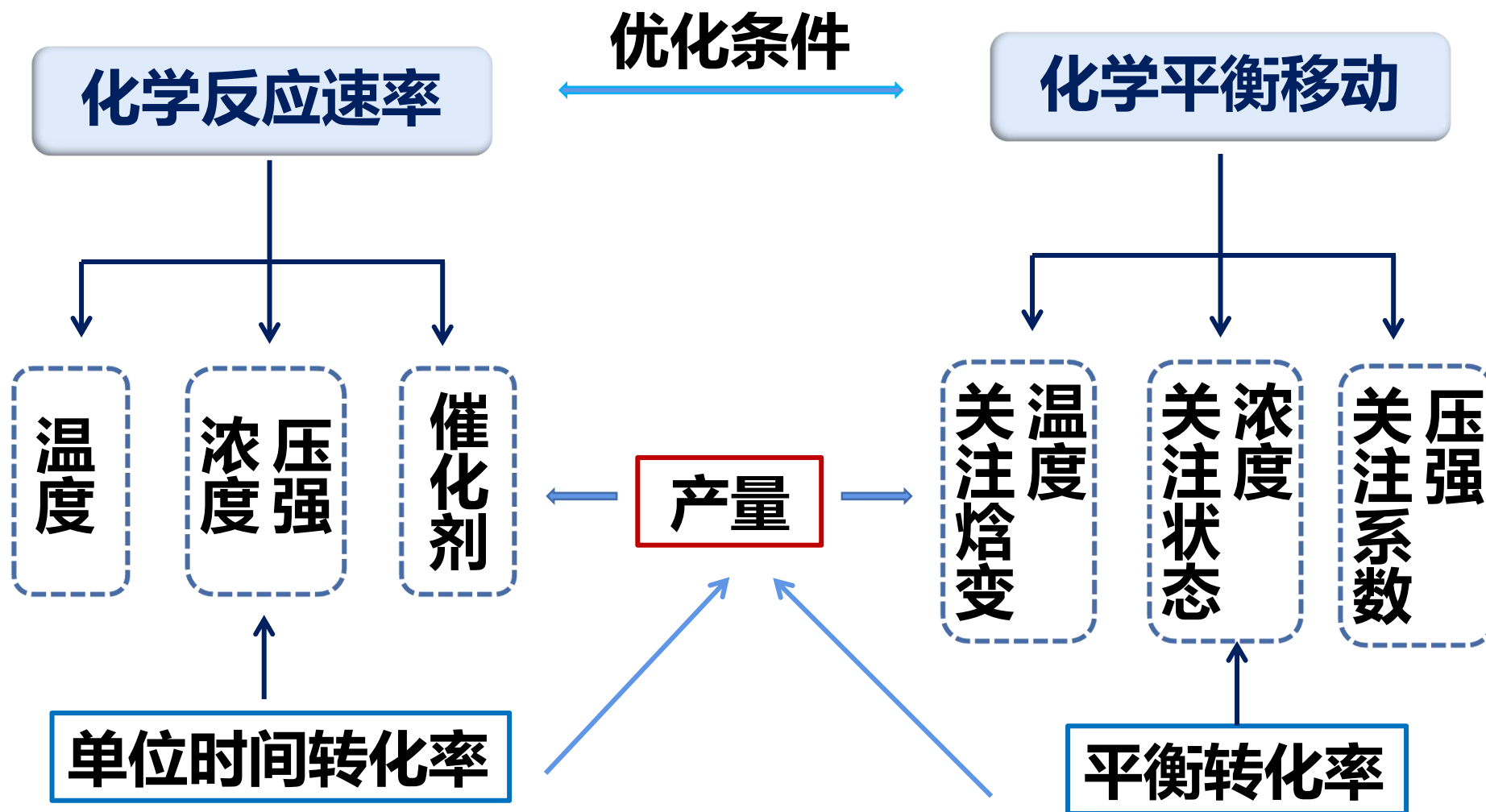
**例2.**  $\text{CO}_2\text{-H}_2$ 催化重整可获得 $\text{CH}_3\text{OH}$ 。其主要反应如下。

反应I:  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}); \Delta H_1 = -53.7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

反应II:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}); \Delta H_2 = +41 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

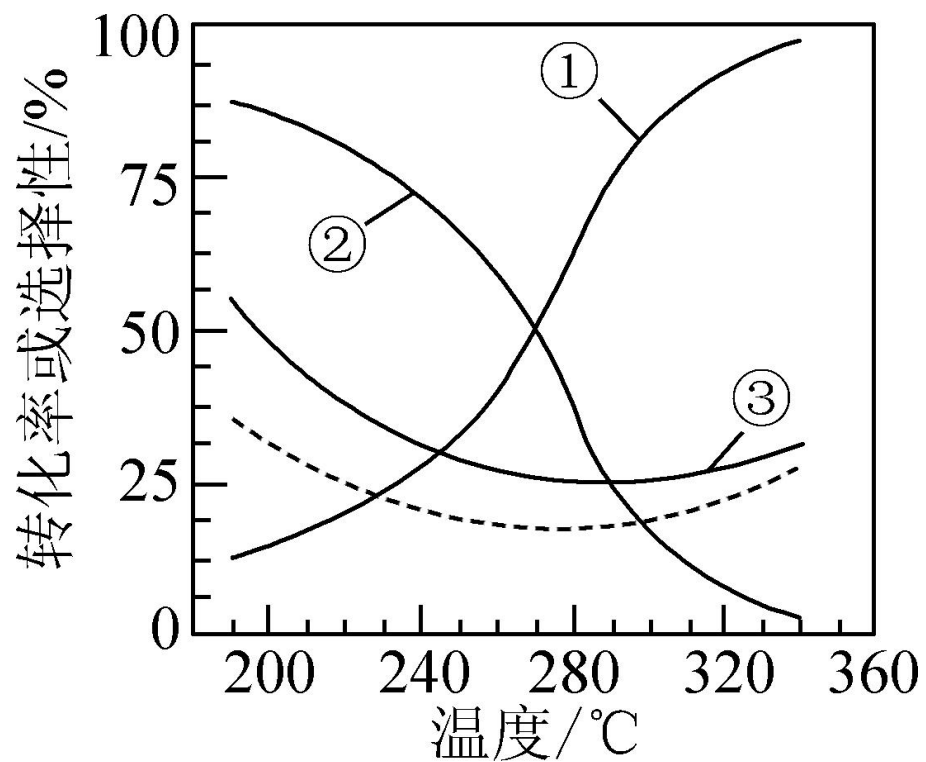
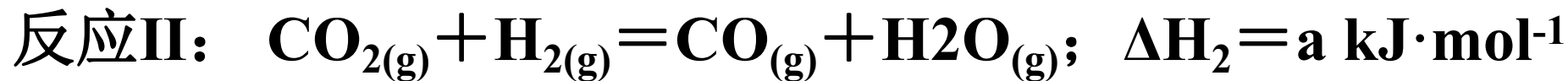
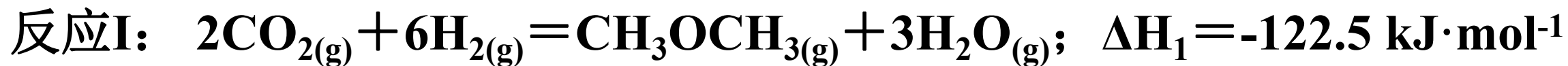


# 认知模型



## 模型应用2

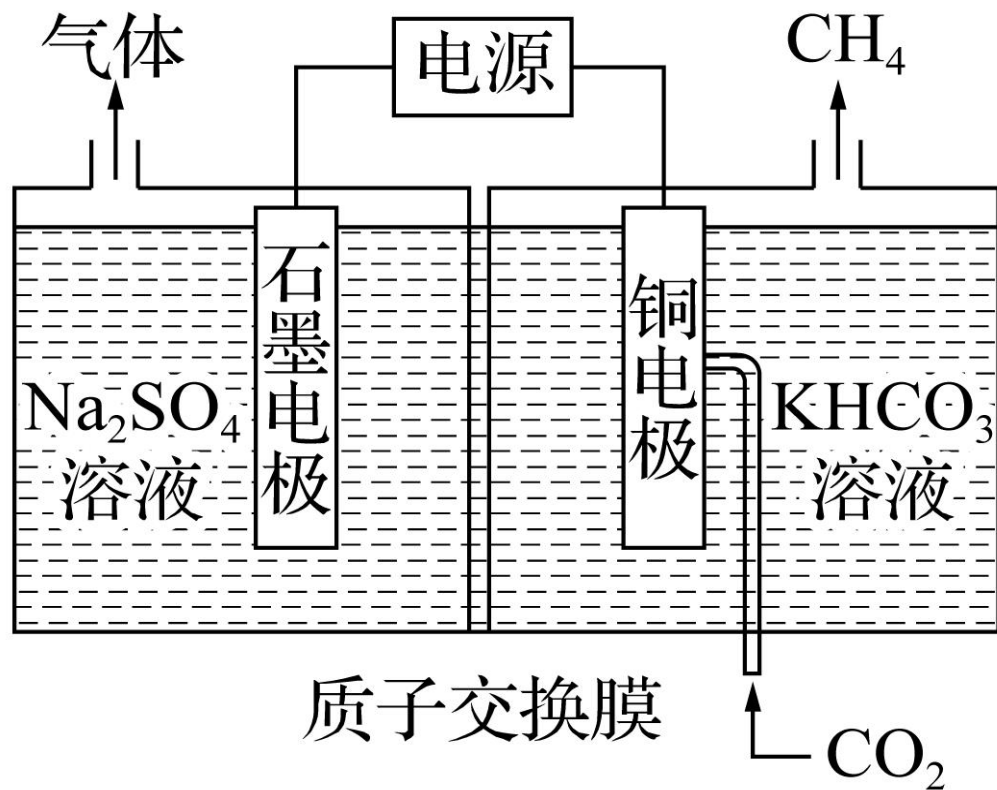
CO<sub>2</sub>催化加氢可合成二甲醚，发生的主要反应有：



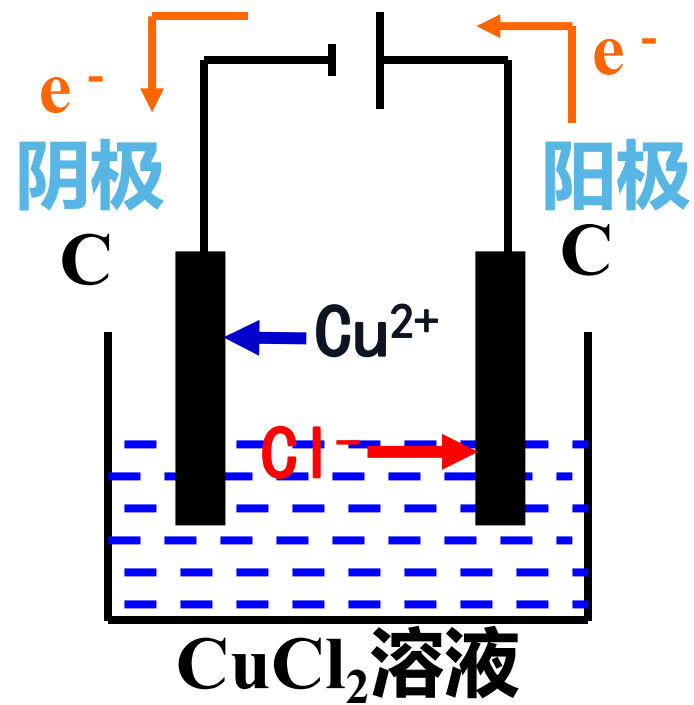
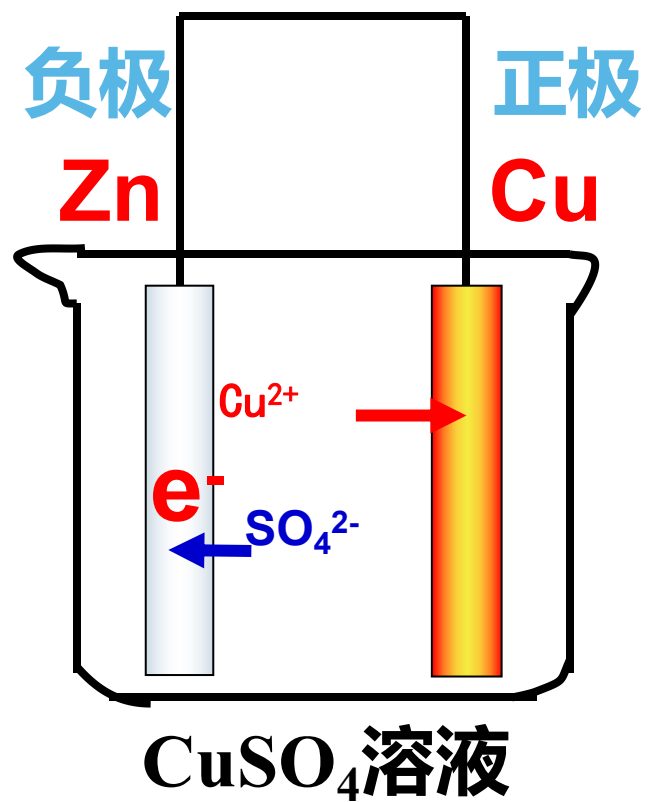


## 任务三：电化学转化法实现碳达峰、碳中和

例3. 利用电解法将 $\text{CO}_2$ 转化为 $\text{CH}_4$ 的原理如图所示。下列说法错误的是

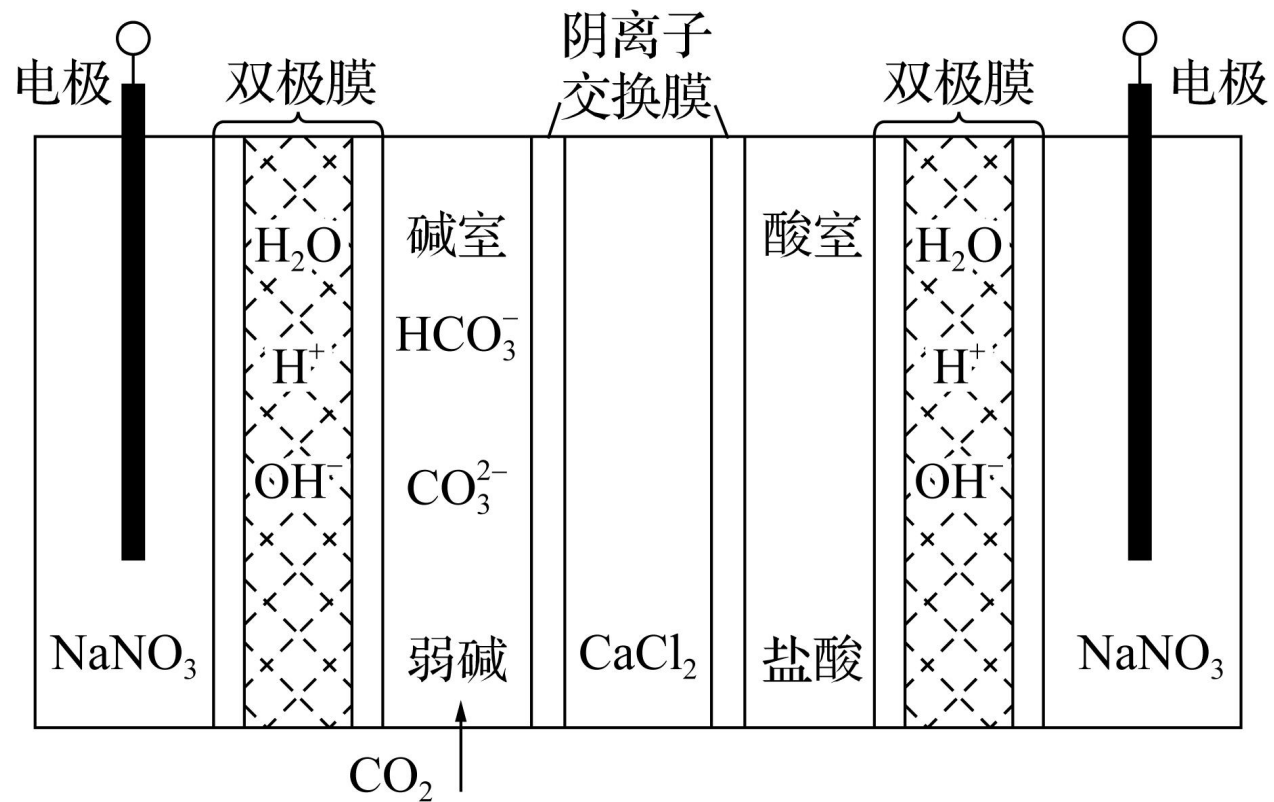


# 认知模型



## 模型应用3

双极膜电渗析法固碳技术是将捕集的 $\text{CO}_2$ 转化为 $\text{CaCO}_3$ 而矿化封存，其工作原理如图所示。双极膜中间层中的 $\text{H}_2\text{O}$ 解离成 $\text{H}^+$ 和 $\text{OH}^-$ ，并在直流电场作用下分别向两极迁移。



## 素养测评1

室温下以 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaOH溶液吸收含少量 $\text{SO}_2$ 的烟气(主要成分为空气), 并用 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 再生 $\text{SO}_2$ 的过程如下图所示。若吸收过程中溶液体积、温度变化可忽略,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ 电离常数分别为 $K_{a1} = 1 \times 10^{-2}$ ,  $K_{a2} = 5 \times 10^{-8}$ 。



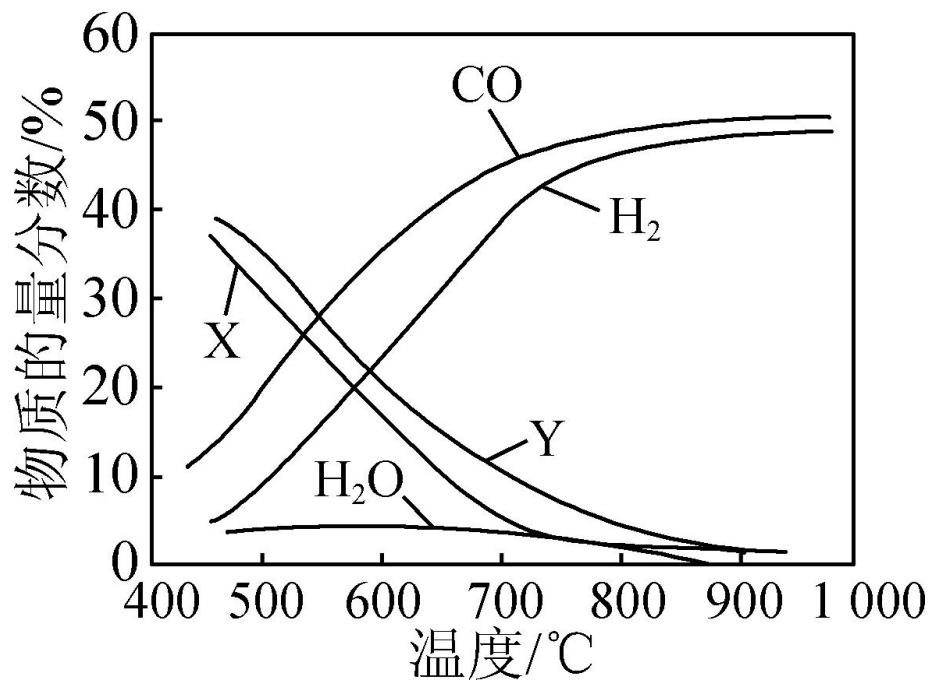
## 素养测评2

$\text{CO}_2\text{-CH}_4$ 重整可获得 $\text{H}_2$ 。 $\text{CO}_2\text{-CH}_4$ 重整反应的热化学方程式如下。

反应I:  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}); \Delta H_1 = 247 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

反应II:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}); \Delta H_2 = 41 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

反应III:  $\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}); \Delta H_3 = 75 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。



## 素养测评3

将 $\text{CO}_2$ 还原为 $\text{HCOOH}$ 是实现“碳中和”的有效途径。 $\text{CO}_2$ 通过电解法转化为 $\text{HCOO}^-$ 的反应机理如图1。Pt电极上覆盖的Nafion膜是一种阳离子交换膜，对浓度不高的 $\text{HCOO}^-$ 有较好的阻拦作用，可让 $\text{H}_2\text{O}$ 自由通过。

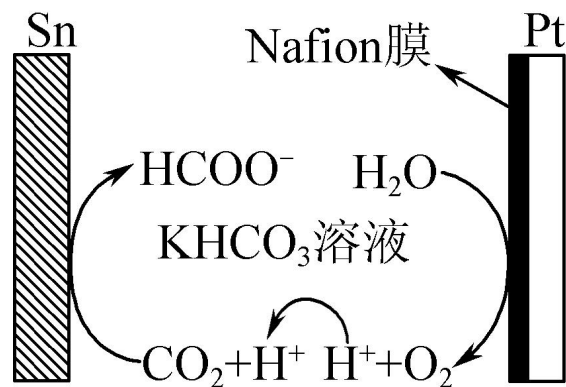


图 1

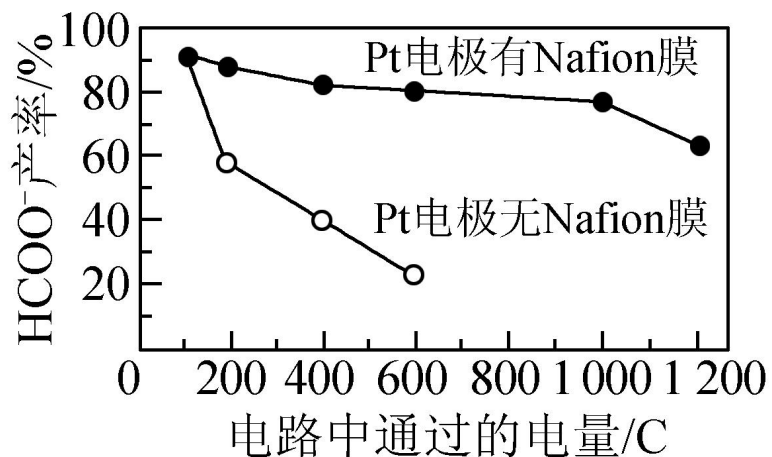


图 2

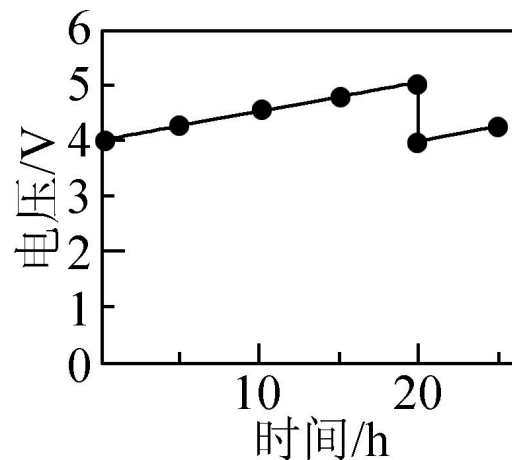


图 3

谢谢！

