

# 化学生产与实验中的条件控制及其常见考点

江苏省新海高级中学 222006 惠海涛

## 一、温度控制

温度控制是化学实验中最常见的一种条件控制,其常见目的是改变化学反应速率、使化学平衡发生移动或结合物质的溶解度进行物质的分离提纯等。在考题中常见的设问方式及答题角度如下。

1.加热的目的:加快化学反应速率或使化学平衡向某方向移动。

2.降温的目的:防止某物质在高温时分解、挥发或使化学平衡向某方向移动。

3.控制温度在一定范围的目的:若温度过低,则反应速率(或溶解速率)较慢;若温度过高,则某物质(如  $\text{H}_2\text{O}_2$ 、草酸、浓硝酸、铵盐等)会分解或挥发。

4.水浴加热的好处:受热均匀,温度可控,且温度不超过  $100^\circ\text{C}$ 。

5.冰水浴冷却的目的:防止某物质分解或挥发。

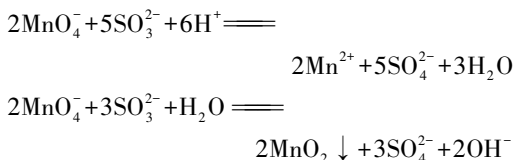
6.趁热过滤的原因:保持过滤温度,防止温度降低后某物质析出。

7.减压蒸发的原因:减压蒸发降低了蒸发温度,可以防止某物质分解或失去结晶水。

## 二、pH 控制

在化工实验和生产中对反应体系的 pH 控制,一般有以下目的。

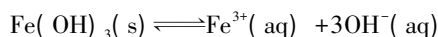
1.控制一定的 pH,以提供反应所需环境。反应环境的不同会导致反应产物的差异,比如在酸性环境中  $\text{KMnO}_4$  的还原产物一般为  $\text{Mn}^{2+}$ ,碱性环境中  $\text{KMnO}_4$  的还原产物一般为  $\text{MnO}_2$ ,则  $\text{KMnO}_4$  在酸性及碱性条件下氧化  $\text{SO}_3^{2-}$  的离子方程式分别为:



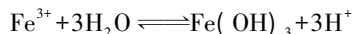
2.控制一定的 pH,以改变元素的存在形式。比如铝元素在强酸性条件下以  $\text{Al}^{3+}$  形式存在,当体系的 pH 增大,铝元素将以  $\text{Al}(\text{OH})_3$  甚至以  $\text{AlO}_2^-$  的形式存在。类似的,随着体系 pH 增大,铬元素分别以  $\text{Cr}^{3+}$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_3$  和  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$  为主要形

式存在。

3.控制一定的 pH,使金属阳离子形成氢氧化物沉淀。下面通过计算说明在  $0.1\text{mol/L CuCl}_2$  溶液中含有  $0.01\text{mol/L Fe}^{3+}$ ,如何通过调节溶液的 pH 除去  $\text{Fe}^{3+}$  ( $25^\circ\text{C}$  时  $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 2.6 \times 10^{-39}$ ,  $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 2.2 \times 10^{-20}$ )。由



则  $c(\text{Fe}^{3+}) \times c^3(\text{OH}^-) = K_{\text{sp}}$ ,刚开始生成沉淀时:  $c(\text{Fe}^{3+}) = 0.01\text{mol/L}$ ,即  $0.01 \times c^3(\text{OH}^-) = 2.6 \times 10^{-39}$ ,解得  $c(\text{OH}^-) = 6.38 \times 10^{-13}\text{mol/L}$ , $\text{pH} = 1.8$ ;当  $\text{Fe}^{3+}$  完全沉淀时(通常认为当残留的离子浓度  $< 1 \times 10^{-5}\text{mol/L}$  时,该离子被沉淀完全):  $1 \times 10^{-5} \times c^3(\text{OH}^-) = 2.6 \times 10^{-39}$ , $c(\text{OH}^-) = 6.38 \times 10^{-12}\text{mol/L}$ , $\text{pH} = 2.8$ 。同理求得  $0.1\text{mol/L}$  的  $\text{Cu}^{2+}$  开始生成沉淀和沉淀完全时所需 pH 分别为 4.7 和 6.7。可见将溶液的 pH 调节到 2.8~4.7,可以除去  $\text{CuCl}_2$  溶液中的  $\text{Fe}^{3+}$ 。那么该如何调节 pH 呢?由



可向溶液中加入  $\text{CuO}$  或  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{CuCO}_3$ 、 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  等中和  $\text{H}^+$ ,促进  $\text{Fe}^{3+}$  水解成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀以除去  $\text{Fe}^{3+}$ 。若  $\text{CuCl}_2$  中混有  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ ,则可先通  $\text{Cl}_2$  或加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ (不用高锰酸钾或硝酸氧化  $\text{Fe}^{2+}$ ,会引入新杂质),再加入  $\text{CuO}$  等调节 pH 进行除杂。

## 三、反应物用量或浓度控制

对实验过程中反应物用量或浓度的控制,常见考点如下。

1.酸浸时为了提高矿石中某金属元素的浸取率,可以适当提高酸的浓度。此外,将矿石粉碎、搅拌、适当升温、延长浸取时间也能提高浸取率。

2.对有多种反应物的体系,增大便宜、易得的反应物的浓度,可以提高其他物质的利用率,使反应充分进行。如工业制硫酸过程中,通入过量的  $\text{O}_2$  以提高  $\text{SO}_2$  的转化率。

3.增大物质浓度可以加快反应速率,使平衡发生移动,应结合具体问题进行分析。▶

## 例谈高考试题对溶度积考查的题型

湖南省浏阳市第一中学 410300 晏雄

### 题型一: 基本概念的考查

例 1 实验: ①  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ AgNO}_3$  溶液和  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl}$  溶液等体积混合得到浊液  $a$ , 过滤得到滤液  $b$  和白色沉淀  $c$ ; ② 向滤液  $b$  中滴加  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KI}$  溶液, 出现浑浊; ③ 向沉淀  $c$  中滴加  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KI}$  溶液, 沉淀变为黄色。下列分析不正确的是( )。

- A. 浊液  $a$  中存在沉淀溶解平衡:  
 $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$   
 B. 滤液  $b$  中不含有  $\text{Ag}^+$   
 C. ③ 中颜色变化说明  $\text{AgCl}$  转化为  $\text{AgI}$   
 D. 实验可以证明  $\text{AgI}$  比  $\text{AgCl}$  更难溶

解析 A. 根据浊液  $a$  中含有  $\text{AgCl}$  沉淀, 存在沉淀溶解平衡, A 正确; B. 滤液为  $\text{AgCl}$  的饱和溶液, 也存在沉淀的溶解平衡, B 错误; C. 白色  $\text{AgCl}$  沉淀转化为黄色  $\text{AgI}$  沉淀, 实验证明  $\text{AgI}$  比  $\text{AgCl}$  更难溶, C、D 正确; 答案: B。

### 题型二: 溶度积常数的应用

#### 1. 利用溶度积常数判断沉淀的生成

例 2 某滤液中  $c(\text{Mg}^{2+}) = 0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  加入双氧水和磷酸(设溶液体积增加 1 倍), 使滤

液中  $\text{Fe}^{3+}$  恰好沉淀完全即溶液中  $c(\text{Fe}^{3+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 此时是否有  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  沉淀生成? (列式计算)。  $\text{FePO}_4$ 、 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  的  $K_{\text{sp}}$  分别为  $1.3 \times 10^{-22}$ 、 $1.0 \times 10^{-24}$ 。

解析  $\text{Fe}^{3+}$  恰好沉淀完全时,  $c(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{1.3 \times 10^{-22}}{1.0 \times 10^{-5}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.3 \times 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $Q_c = c^3(\text{Mg}^{2+}) \times c^2(\text{PO}_4^{3-}) = (0.01)^3 \times (1.3 \times 10^{-17})^2 = 1.7 \times 10^{-40} < K_{\text{sp}}[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2]$ , 因此不会生成  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  沉淀。

#### 2. 利用溶度积常数判断沉淀的溶解

例 3 向含有  $\text{MgCO}_3$  固体的溶液中滴加少许浓盐酸(忽略体积变化), 下列数值变小的是( )。

- A.  $c(\text{CO}_3^{2-})$       B.  $c(\text{Mg}^{2+})$   
 C.  $c(\text{H}^+)$           D.  $K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)$

解析  $\text{MgCO}_3$  部分溶解,  $c(\text{Mg}^{2+})$  增大,  $K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3)$  不变, 故  $c(\text{CO}_3^{2-})$  减小; A 正确。

#### 3. 利用溶度积常数判断沉淀的转化

例 4 已知:  $25^\circ\text{C}$  时  $K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 5.61 \times 10^{-12}$ ,  $K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2) = 7.42 \times 10^{-11}$ 。下列说法正

如何将反应物混合, 以使反应充分进行或避免副反应的发生, 常见考点如下。

1. 在反应设备中使反应物逆向接触, 充分反应。比如工业制硫酸过程中, 从吸收塔底部进入  $\text{SO}_3$ , 在吸收塔顶部喷洒较浓的硫酸, 以将  $\text{SO}_3$  被充分吸收。

2. 考查为了避免碱性太强而生成氢氧化物沉淀, 几种反应物的加料顺序问题。如  $\text{Fe}^{2+}$  开始形成氢氧化物沉淀的 pH 为 5.8, 则向显碱性的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中滴入  $\text{FeSO}_4$ , 一定会产生  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  沉淀。类似的, 若将  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  和  $\text{ZnCl}_2$  溶液混合制备草酸锌晶体, 应在搅拌下, 将  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  缓慢加入到  $\text{ZnCl}_2$  溶液中, 以避免生成  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  沉淀。

(收稿日期: 2017-10-25)

### ► 四、溶剂控制

与洗涤沉淀相关的操作及溶剂的选择常见考点如下。

1. 洗涤沉淀操作: 沿玻璃棒往漏斗中加蒸馏水至浸没沉淀, 待水自然流下后重复操作 2 次~3 次。

2. 用冰水洗涤晶体的目的: 洗去晶体表面的杂质, 并减少晶体在洗涤过程中的溶解损耗。

3. 用乙醇或其他有机溶剂洗涤晶体的目的: 一是洗去晶体表面杂质; 二是降低因晶体溶解而引起的损耗; 三是乙醇、乙醚等有机溶剂易挥发, 有利于晶体干燥。

4. 醇析法中加入乙醇的目的: 降低某物质溶解度, 有利于其析出。

### 五、加料方式控制

实验题中对加料方式控制的考查, 主要涉及