

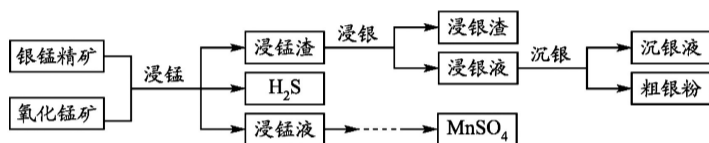
化学

化学工艺流程试题解决策略

北京市第十二中学 张素格 张青伟

在化学学习中,工艺流程试题是考生经常出现错误的题型,究其原因,主要有以下几点原因:1. 工艺流程试题通常选择生产实际中的真实情境作为载体,学生较为陌生;2. 试题形式一般为较长的生产工艺流程,要求学生具备长链条的思维力;3. 试题融合性较高,通常以元素化合物为载体,融合化学反应规律、化学反应原理等,考查学生“接受、吸收、整合化学信息的能力”及“分析并解决实际问题的能力”,对学生的化学素养要求较高。对此,本文以2023年北京化学高考第18题为例,帮助同学们分析总结此类试题的解决策略。

【例题】以银锰精矿(主要含 Ag_2S 、 MnS 、 FeS_2)和氧化锰矿(主要含 MnO_2)为原料联合提取银和锰的一种流程示意图如下。



已知:酸性条件下, MnO_2 的氧化性强于 Fe^{3+} 。

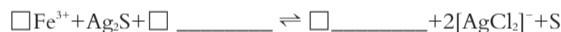
(1)“浸锰”过程是在 H_2SO_4 溶液中使矿石中的锰元素浸出,同时去除 FeS_2 ,有利于后续银的浸出;矿石中的银以 Ag_2S 的形式残留于浸锰渣中。

①“浸锰”过程中,发生反应 $\text{MnS} + 2\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$,则可推断: $K_{\text{sp}}(\text{MnS})$ $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{S})$ (填“>”或“<”)。

②在 H_2SO_4 溶液中,银锰精矿中的 FeS_2 和氧化锰矿中的 MnO_2 发生反应,则浸锰液中主要的金属阳离子有 。

(2)“浸银”时,使用过量 FeCl_3 、 HCl 和 CaCl_2 的混合液作为浸出剂,将 Ag_2S 中的银以 $[\text{AgCl}_2]^-$ 形式浸出。

①将“浸银”反应的离子方程式补充完整:

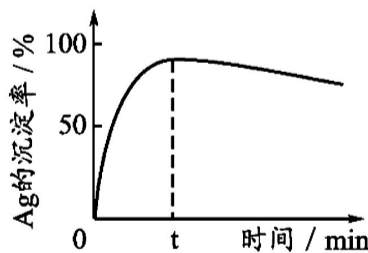


②结合平衡移动原理,解释浸出剂中 Cl^- 、 H^+ 的作用: 。

(3)“沉银”过程中需要过量的铁粉作为还原剂。

①该步反应的离子方程式有 。

②一定温度下, Ag 的沉淀率随反应时间的变化如下图所示。解释t分钟后 Ag 的沉淀率逐渐减小的原因: 。



(4)结合“浸锰”过程,从两种矿石中各物质利用的角度,分析联合提取银和锰的优势: 。

【解析】本题以银锰精矿和氧化锰矿联合提取银和锰,遵循真实工业生产流程,“浸锰”“浸银”“沉银”各步骤逻辑关系紧密。试题以关键元素“银”和“锰”的转化为线索,融合氧化还原反应规律、化学反应原理等基础知识和概念,既有对实际化学问题的具体分析,也有对工艺流程的总体评价。设问层层深入,从简单的理解记忆到复杂的说明论证,从必备知识的掌握到关键能力的运用均有考查。

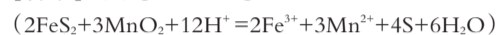
1. 基本概念、原理应用

(1)问考查学生“接受、吸收、整合题目信息”能力:①两种矿石中含有的物质有 Ag_2S 、 MnS 、 FeS_2 、 MnO_2 ,题目明确给出在 H_2SO_4 溶液中锰元素浸出,即 MnS 和 MnO_2 溶解, FeS_2 去除, Ag_2S 残留于浸锰渣中未溶解。“浸锰”过程中, MnS 溶于稀硫酸, Ag_2S 不溶,说明 $K_{\text{sp}}(\text{MnS}) > K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{S})$ 。如果学生对“实验室可用 FeS 或 ZnS 和稀 H_2SO_4 反应制备 H_2S ,但不能用 CuS 等制备 H_2S ”的知识有所了解,将有助于帮助学生理解 MnS 溶于稀硫酸,而 Ag_2S 不溶。这里需要强调的是,虽然 MnS 、 Ag_2S 不是同一类型硫化物,但由于 MnS 溶解度较大,是可以比较它们的 K_{sp} 大小的。

②中结合已知信息:酸性条件下, MnO_2 的氧化性强于 Fe^{3+} 。 FeS_2 被氧化为 Fe^{3+} , MnO_2 被还原为 Mn^{2+} ,因此浸锰液中主要的金属阳离子有 Mn^{2+} 、 Fe^{3+} 。同学们可以尝试

书写一下此离子反应方程式(提示: FeS_2 中S元素被氧化成S单质)。

【答案】(1)① > ② Mn^{2+} 、 Fe^{3+}



2. 化学反应原理在复杂情境中的分析应用

(2)①考查陌生氧化还原方程式书写。此题已给出主要产物,只需判断出还原产物是 Fe^{2+} ,然后配平即可。②对于浸出剂中 Cl^- 、 H^+ 的作用,学生可以按照“摆平衡”“说变化”“动方向”“定结论”的思路进行分析解释。回答 Cl^- 的作用时,不少学生会直接由(2)①中所配平的可逆反应解释:由于反应物 Cl^- 浓度增大,平衡向右移动,促进 Ag_2S 转化为 $[\text{AgCl}_2]^-$ 。这些学生显然没有认识到 Ag_2S 溶解的本质,没有找准平衡体系。对于浸银体系,其核心是 Ag_2S 的沉淀溶解平衡,即需要摆出的是: $\text{Ag}_2\text{S}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{S}^{2-}(\text{aq})$ 。分析此平衡, Cl^- 与 Ag^+ 结合形成 $[\text{AgCl}_2]^-$,使溶液中 Ag^+ 的浓度降低; H^+ 与 S^{2-} 结合生成弱电解质 H_2S ,使溶液中 S^{2-} 的浓度降低;二者共同作用,使平衡向右移动,促进 Ag_2S 溶解。

【答案】(2)① $2\text{Fe}^{3+} + \text{Ag}_2\text{S} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + 2[\text{AgCl}_2]^- + \text{S}$

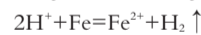
② $\text{Ag}_2\text{S}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{S}^{2-}(\text{aq})$, Cl^- 与 Ag^+ 生成 $[\text{AgCl}_2]^-$, H^+ 与 S^{2-} 生成 H_2S , Ag^+ 和 S^{2-} 浓度降低,可促进 Ag_2S 溶解。

3. 结合图像定量分析解释

(3)问①首先要分析清楚“浸银液”中存在的主要微粒: Fe^{3+} 、 H^+ 、 $[\text{AgCl}_2]^-$ 、 Ca^{2+} 和 Cl^- 。加入过量的铁粉,能与铁粉发生反应的微粒有: Fe^{3+} 、 H^+ 、 $[\text{AgCl}_2]^-$,因此需要把三个离子方程式写全。此问充分考查了学生思维的连贯性和缜密性,较多学生易漏写两个容易的离子方程式,为此丢分,实在可惜。②考查学生图像分析能力。同学们分析此类图像可按三个步骤:一看坐标含义,二看曲线变化趋势,三看特殊点。此图像表示的是银的沉淀率(即沉淀量)随时间的变化:先增大后减小,t时刻达到最大。接着,需判断回答问题的角度:速率、限度还是副反应?分析反应 $2[\text{AgCl}_2]^- + \text{Fe} = 2\text{Ag} + \text{Fe}^{2+} + 4\text{Cl}^-$,如果是速率减慢,图像应该始终是缓慢上升趋势,不符;由于该反应逆向进行的限度很小,不合理。那么只能从副反应角度寻找。体系和环境中还有什么微粒可以与 Ag 反应?只能是溶解的 O_2 (或由 O_2 将 Fe^{2+} 氧化成的 Fe^{3+})作为氧化剂,随溶液中 Cl^- 增大,将 Ag 氧化为 $[\text{AgCl}_2]^-$ 。

在之后的答题中,如果发现题目中涉及+2价Fe,+4价S,-2价S,-1价I(酸性条件)等,同学们不要忘记空气中的 O_2 造成影响的可能性。

【答案】(3)① $2[\text{AgCl}_2]^- + \text{Fe} = 2\text{Ag} + \text{Fe}^{2+} + 4\text{Cl}^-$



②溶解的 O_2 (或由 O_2 将 Fe^{2+} 氧化成的 Fe^{3+})可作为氧化剂,使 Ag 转化为 $[\text{AgCl}_2]^-$ 溶解。

4. 对总体工艺流程进行分析评价

(4)问考查学生对整体环节的清晰理解和深入思考:审题需要紧紧把握“物质利用”的回答问题角度,分析“联合提取”(相比单独提取)的优势。可先逆向思维:单独提取银和锰有什么弊端?如果单独提取银锰精矿中的银, MnS 中的锰就浪费了, FeS_2 作为杂质较难出去;单独提取氧化锰矿中的锰,需要额外加入还原剂。如此比较分析后,联合提取的优势就很明显了:两种矿石中的 MnO_2 和 FeS_2 互为氧化剂和还原剂,提高了银锰矿中锰的回收率,去除 FeS_2 有利于银的提取。

【答案】(4) MnO_2 作氧化剂, FeS_2 作还原剂,两者相互反应; MnS 中的锰得到了回收;有利于 Ag_2S 中银的提取。

综上分析,同学们在解决工艺流程类试题时,首先要克服畏难心理,不要惧怕陌生情境和较长的复杂流程,要学会获取、吸收、整合、加工题目所给信息,并结合已有化学基础知识、化学原理来解决问题;其次,复习备考过程中要从“解题”向“解决问题”转化,注重对基础知识的结构化梳理、对化学反应原理的深入理解和应用;最后,要加强图表信息的辨识以及从中获取有效证据的能力,学会从多角度分析生产实际问题,提升将所学知识运用在真实情境中的迁移能力。

工艺流程试题虽然难度相对较大,但北京高考试题非常注重试题的层次性,每道大题中总有几个小问相对简单,较易得分,即便是复杂的某几问,通常也会合理设计问题梯度,让不同水平的学生均有表现展示机会。