

化工生产流程题的立意、转化及解题分析

江苏省徐州市侯集高级中学 221121 孙洪登

化工生产流程题主要考查考生运用化学反应原理及相关知识来解决工业生产中实际问题的能力。在近几年的理综高考中,此类题目承接了化学知识及能力考查的主体之一。对学生利用所学知识解决实际问题能力有了很好的体现,特别是在全国卷的高考中此类题目出现频度越来越高。

一、化工生产流程题的立意

化工生产流程题是无机化学综合应用的考查,主要涉及环境保护和原料的综合利用、能量的合理利用,同时大型的化工生产还要注重规模和厂址选择等方面,从题目的立意上主要考虑以下几点:

1. 产品的生产原理:考查复分解反应、氧化还原反应、水解反应等。
2. 除去杂质及产品的分离提纯:考查物质分离提纯的实验操作。
3. 提高产量与产率(转化率):考查化学反应速率和化学平衡。
4. 减少污染:考查绿色化学生产。
5. 原料的来源:考查物质的来源和成本问题。
6. 工业生产:考查生产设备,生产工业等。

要准确、顺利地解答无机化工生产流程题,除了要掌握物质的性质、物质之间相互作用的基本知识以及除杂、分离、提纯物质的基本技能外,还要具备分析工业生产流程的能力。

二、化学工业生产流程题的转化设计

化学工业生产主要解决的问题就是流程转化问题(框图关系或文字表述),主要从六方面设计问题:一是将原料转化为产品的化学生产原理;二是产品的分离提纯;三是要考虑节约成本并提高产量与产率;四是环保问题,减少污染,在“绿色化学”的基础上进行生产;五是考虑原料的来源要丰富,有利于成本问题;六是生产设备简单的简易和优化,生产工业简便可行等工业生产问题。化学工业生产流程题主要围绕这六个方面设问求解。要顺利准确、解答化学工业生产流程题,就必

须要掌握物质的性质和物质之间相互作用的基本知识外,还要注意除杂、分离提纯物质的基本技能等,最后关键的问题是要具备分析工业生产流程的方法和能力。

三、解决化学工业生产流程题的策略方法

1. 抓首尾,看中间

从原料到产品为一条龙的生产工序类试题,解题关键是认真对比分析原料与产品的组成,从中得出将原料转化为产品和除去原料中所含杂质的基本原理和所用的生产工业。

2. 用交叉,看分流

有些化工生产选用多组原料,解题关键在于找准中间产品和相互交叉的流水生产线,在分析过程中,抓住中间产品的关联作用,逐一破解。

3. 明目的,读流程

化工生产流程综合题目一般是有关物质的制备,解题时,首先明确是制取什么物质,从题干或问题中获取有用信息,了解产品的性质,然后将基本概念和反应原理与元素及其化合物知识相结合,从质量守恒的角度分析未知物质,寻找解题的突破口。箭头进入的是投料(反应物),箭头出来的是生成物。

4. 看控制,找分离

物质制备工业都涉及物质的分离提纯,注意制备过程中所需的原料、条件的控制(如溶液pH与沉淀、溶度积常数与沉淀等)以及物质分离方法的选择(如过滤、萃取分液、蒸馏等),尽可能写出主要的化学反应方程式或制备原理。若出现工业评价问题,从成本、环保、现实等角度考虑分析即可。

四、典型例题剖析

例题1 污染物的有效去除和资源的充分利用是化学造福人类的重要研究课题。某研究小组利用软锰矿(主要成分为 MnO_2 ,另含有少量铁、铝、铜、镍等金属化合物)作脱硫剂,通过图1所示流程既脱除燃煤尾气中的 SO_2 ,又制得电池材

料 MnO_2 (反应条件已省略)。

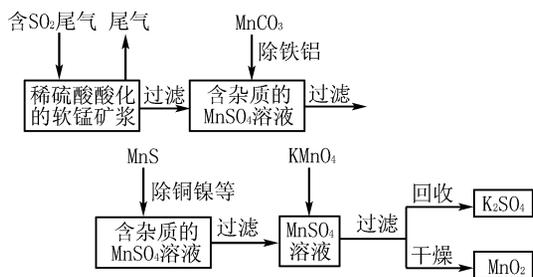


图1

请回答下列问题:

(1) 流程中多次涉及到过滤操作,实验室进行过滤操作时需要用到的硅酸盐材质的仪器有玻璃棒、____、____;其中玻璃棒的作用是_____。

(2) 用 $MnCO_3$ 能除去溶液中的 Al^{3+} 和 Fe^{3+} , 其原理是_____。

(3) 已知 $K_{sp}(CuS) = 8.4 \times 10^{-45}$, $K_{sp}(NiS) = 1.4 \times 10^{-24}$; 在除铜镍的过程中,当 Ni^{2+} 恰好完全沉淀时 [此时溶液中 $c(Ni^{2+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$] 溶液中 Cu^{2+} 的浓度是_____ $\text{mol} \cdot L^{-1}$ 。

(4) 工业上采用电解 K_2MnO_4 水溶液的方法来生产 $KMnO_4$, 其中惰性电极作阳极,铁作阴极,请写出阳极的电极反应式_____。

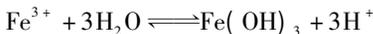
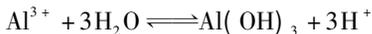
(5) 下列各组试剂中,能准确测定一定体积燃煤尾气中 SO_2 含量的是_____(填编号)。

- a. NaOH 溶液、酚酞试液
- b. 稀 H_2SO_4 酸化的 $KMnO_4$ 溶液
- c. 碘水、淀粉溶液
- d. 氨水、酚酞试液

(6) 除杂后得到的 $MnSO_4$ 溶液可以通过_____(填操作名称) 制得硫酸锰晶体 ($MnSO_4 \cdot H_2O$ 相对分子质量为 169)。已知废气中 SO_2 浓度为 $8.4 \text{ g} \cdot m^{-3}$, 软锰矿浆对 SO_2 的吸收率可达 90%, 则处理 1000 m^3 燃煤尾气,可得硫酸锰晶体质量为_____ kg(结果保留 3 位有效数字)。

试题分析 (1) 过滤操作需要烧杯、漏斗、玻璃棒,这三种仪器都是硅酸盐材质的,其中玻璃棒的作用是引流,防止液体飞溅。

(2) Al^{3+} 和 Fe^{3+} 均可以水解:



能与 H^+ 反应使溶液的酸性减弱,从而使平衡正向移动,生成氢氧化物沉淀而除去。

(3) 当溶液中 $c(Ni^{2+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 时,根据 $K_{sp}(NiS) = 1.4 \times 10^{-24}$ 可求得 $c(S^{2-}) = 1.4 \times 10^{-19} \text{ mol} \cdot L^{-1}$

在由 $K_{sp}(CuS) = 8.4 \times 10^{-45}$, 可求得 $c(Cu^{2+}) = 6.0 \times 10^{-26} \text{ mol} \cdot L^{-1}$

(4) 电解池中阳极发生氧化反应,元素的化合价升高,根据生产目的,应使 MnO_4^{2-} 放电生成 MnO_4^- , 电极反应式为 $MnO_4^{2-} - e^- = MnO_4^-$ 。

(5) a. SO_2 被 NaOH 溶液吸收,可能生成 Na_2SO_3 、 $NaHSO_3$, 或二者的混合物,即使使用酚酞作指示剂也不能准确判断或控制产物的组成,所以不能确定 SO_2 与 NaOH 的物质的量的关系,因而不能计算 SO_2 的含量;

b. SO_2 与酸性溶液发生氧化还原反应,产物固定,即 SO_2 与高锰酸钾存在确定的物质的量的关系,且反应终点现象明显,可以准确计算 SO_2 的含量;

c. SO_2 与 I_2 有确定的反应: $SO_2 + I_2 + H_2O = 2HI + H_2SO_4$, 淀粉可以显示反应终点,现象明显,所以能准确计算 SO_2 的含量;

d. 氨水是弱溶液,与 SO_2 反应的产物可能是亚硫酸铵、亚硫酸氢铵或二者的混合物。

产物不固定,所以不能准确计算二氧化硫的含量。答案选 bc。

(6) 要使 $MnSO_4$ 从溶液中析出晶体,可采用蒸发浓缩、冷却结晶的方法,过滤即得硫酸锰晶体; 1000 m^3 燃煤尾气中 $n(SO_2) = \frac{1000 \text{ m}^3 \times 8.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}}{64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 131.25 \text{ mol}$

SO_2 的吸收率是 90%, 根据 S 元素守恒, 则可以得到硫酸锰晶体的质量是 $131.25 \text{ mol} \times 90\% \times 169 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 20.0 \text{ kg}$ 。

答案: (1) 烧杯、漏斗; 引流, 防止液体溅出

(2) 消耗溶液中的酸, 促进 Al^{3+} 和 Fe^{3+} 水解生成氢氧化物沉淀

(3) 6.0×10^{-26}

(4) $MnO_4^{2-} - e^- = MnO_4^-$ (5) bc

(6) 蒸发浓缩、冷却结晶、过滤 20.0

(收稿日期: 2017-01-10)