

化工流程题是高考化学的“重头戏”

江苏省宜兴市宜兴中学 214200 葛懿斌

一个化工流程题可以涉及化学考点的方方面面,如:① 常见元素的化合价及根据化学式判断化合价;② 金属元素、非金属及其化合物的性质与应用;③ 离子反应概念;④ 氧化还原反应的本质与配平;⑤ 质量守恒定律的含义;⑥ 化学方程式、离子方程式与电极反应的书写;⑦ 反应条件对产物的控制与影响;⑧ 常见化学电源的种类及其工作原理等等。

化工流程题可以用如图 1 所示的流程图表示。

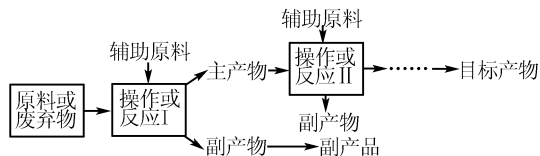


图 1

化工流程题就是高考化学的“重头戏”。

一、要善于挖掘化工流程题所提供的“有效信息”

规范的“工艺流程”应该呈现出以下四方面信息:1. 表示物料(或物质)走向。即什么步骤加入了哪些物质,每种物质发生了什么反应或转变,又以何种形式得到。2. 表示工艺的主要步骤。实际化工生产非常复杂、步骤很多,难以一一表示出来,流程图只要将主要步骤表示出来即可,一些无关紧要的环节或步骤可不在流程图中表示出来。3. 用“方框”框起来的部位表示有操作。传统化工的实际生产中往往要设置岗位,需要工人在某些岗位工作,不加方框表示没有操作,往往是些名词。4. 标注操作或反应的主要条件。如用量、pH 控制、温度等。看工艺流程图时,只要从这几个方面入手,就可以在明白各操作目的与原理的基础上,弄清物料走向,获取主要信息与有用信息,从而为正确解题提供依据。

例 1 (2015 年新课标全国卷 I) 硼及其化合物在工业上有许多用途。以铁硼矿(主要成分为 $Mg_2B_2O_5 \cdot H_2O$ 和 Fe_3O_4 , 还有少量 Fe_2O_3 、

FeO 、 CaO 、 Al_2O_3 和 SiO_2 等) 为原料制备硼酸 (H_3BO_3) 的工艺流程如图 2 所示。

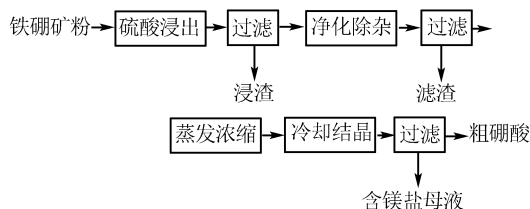


图 2

(1) 写出 $Mg_2B_2O_5 \cdot H_2O$ 与硫酸反应的化学方程式_____。为提高浸出速率,除适当增加硫酸浓度外,还可以采取的措施有_____(写两条)。

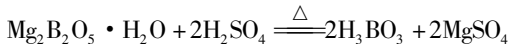
(2) 利用_____磁性,可将其从“浸渣”中分离。“浸渣”中还剩余的物质是_____(化学式)。

(3) “净化除杂”需先加 H_2O_2 溶液,作用是_____。然后再调节溶液的 pH 约为 5,目的是_____。

(4) “粗硼酸”中的重要杂质是_____(填名称)。

(5) 以硼酸和金属镁为原料可制备单质硼,用化学方程式表示制备过程_____。

解析 本题主要考查制取硼酸的工艺流程分析,意在考查考生对化工流程图的分析能力和解答综合问题的能力。题目中给出了铁硼矿的主要组成成分以及需要达到的目的(制备硼酸),同时展示了工艺流程,涉及了浸出、过滤、浸渣、冷却结晶等操作。 $Mg_2B_2O_5 \cdot H_2O$ 与硫酸反应得到硼酸和硫酸镁:



结合影响反应速率的因素,提高反应速率可以适当升高温度、减小铁硼矿粉粒径或适当提高硫酸的浓度等。给出的物质中只有 Fe_3O_4 有磁性,二氧化硅不溶于水,硫酸钙属于微溶物,所以“浸渣”中还有 SiO_2 和 $CaSO_4$ 。能与 H_2O_2 反应的是 Fe^{2+} , H_2O_2 把 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} 。调节溶液 pH 约为 5 时 Fe^{3+} 和 Al^{3+} 都形成沉淀,过滤除去。“粗硼酸”中的杂质主要是硫酸镁。结合铝热反应知识,可写出镁置换出 B 的化学方程式:



二、要把握好处理化工流程题的“流程”

1. 明确原料中含有的杂质和提纯需要得到的物质。

2. 阅读流程图 明确提纯的流程。

3. 明确常用的六种提纯方法(如图3所示)。

水溶法	除去可溶性杂质
酸溶法	除去碱性杂质
碱溶法	除去酸性杂质
氧化还原法	除去还原性或氧化性杂质
灼烧法	除去受热易分解或易挥发的杂质
调 pH 法	如除去酸性铜溶液中的 Fe^{3+} 等

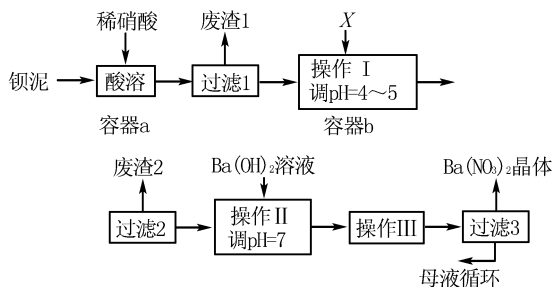
图3

4. 明确常用的分离方法(如图4所示)。

过滤	分离难溶物和易溶物, 根据特殊需要采用趁热过滤或者抽滤等方法
萃取和分液	利用溶质在互不相溶的溶剂里的溶解度不同提取分离物质, 如用 CCl_4 或苯萃取溴水中的溴
蒸发结晶	提取溶解度随温度变化不大的溶质, 如 $NaCl$
冷却结晶	提取溶解度随温度变化较大的溶质、易水解的溶质或结晶水合物, 如 KNO_3 、 $FeCl_3$ 、 $CuCl_2$ 、 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 、 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 等
蒸馏与分馏	分离沸点不同且互溶的液体混合物, 如分离乙醇和甘油
冷却法	利用气体易液化的特点分离气体, 如合成氨工业采用冷却法分离氨气与氮气、氢气

图4

例2 钡盐生产中排出大量的钡泥[主要含 $BaCO_3$ 、 $BaSO_4$ 、 $Ba(FeO_2)_2$ 等]某主要生产 $BaCO_3$ 的化工厂利用钡泥制取 $Ba(NO_3)_2$ 晶体及其他副产物, 其部分工艺流程如图5所示:



已知: i. $Fe(OH)_3$ 和 $Fe(OH)_2$ 完全沉淀时, 溶液的 pH 分别为 3.2 和 9.7。

ii. $Ba(NO_3)_2$ 在热水中溶解度较大, 在冷水中溶解度较小。

iii. $K_{sp}(BaSO_4) = 1.1 \times 10^{-10}$, $K_{sp}(BaCO_3) = 5.1 \times 10^{-9}$ 。

(1) 该厂生产的 $BaCO_3$ 因含有少量 $BaSO_4$ 而不纯, 提纯的方法是: 将产品加入足量的饱和 Na_2CO_3 溶液中, 充分搅拌, 过滤, 洗涤。用离子方程式说明提纯原理: _____。

(2) 上述流程酸溶时, $Ba(FeO_2)_2$ 与 HNO_3 反应生成两种硝酸盐, 化学方程式为: _____。

(3) 该厂结合本厂实际, 选用的 X 为 _____ (从下列选项中选择)。

- ① $BaCl_2$; ② $Ba(NO_3)_2$; ③ $BaCO_3$; ④ $Ba(OH)_2$

(4) 过滤 3 后的母液应循环到容器 _____ 中。(填“a”、“b”或“c”)

(5) 称取 w g 晶体溶于蒸馏水, 加入足量的硫酸, 充分反应后, 过滤、洗涤、干燥, 称量沉淀质量为 m g, 则该 $Ba(NO_3)_2$ 的纯度为 _____。

解析 (1) 根据题目信息 $K_{sp}(BaCO_3) \gg K_{sp}(BaSO_4)$, $BaSO_4$ 尽管难溶, 也存在一定的溶解度, 只要加入足量的饱和 Na_2CO_3 溶液, 使 $c(Ba^{2+}) \cdot c(CO_3^{2-}) > K_{sp}(BaCO_3)$, 就可以发生沉淀的转化, 使 $BaSO_4$ 不断溶解, 最后转化为 $BaCO_3$, 用离子方程式表示为 $BaSO_4(s) + CO_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons BaCO_3(s) + SO_4^{2-}(aq)$; (2) 上述流程酸溶时, $Ba(FeO_2)_2$ 与 HNO_3 反应生成两种硝酸盐, 硝酸钡、硝酸铁, 同时产生水, 根据质量守恒定律可得该反应的化学方程式为: $Ba(FeO_2)_2 + 8HNO_3 = Ba(NO_3)_2 + 2Fe(NO_3)_3 + 4H_2O$; (3) ① $BaCl_2$ 可以与 SO_4^{2-} 发生沉淀反应, 但是不能与 H^+ 发生反应, 因此不能调节溶液的 pH, 而且会引入杂质离子 Cl^- , 错误; ② $Ba(NO_3)_2$ 不能与 H^+ 发生反应, 因此不能调节溶液的 pH, 错误; ③ $BaCO_3$ 能与 H^+ 发生反应, 因此能调节溶液的 pH, 也不引入新的杂质离子, 符合题意, 正确; ④ $Ba(OH)_2$ 能与 H^+ 发生反应, 能调节溶液的 pH, 但是该物质是强碱, 制取物质成本高, 造价大, 不经济, 错误; 故正确选项是 ③; (4) 过滤 3 后的母液是析出 $Ba(NO_3)_2$ 晶体后的 $Ba(NO_3)_2$ 的饱和溶液, 为使物质循环利用, 根据各个容器中物质的成分可知应循环到容器 c 中; (5) $Ba(NO_3)_2$ 晶体溶于水与加入的硫酸溶液发生反应: $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$, $n(BaSO_4) = m \text{ g} \div 233 \text{ g/mol} = m/233 \text{ mol}$; 由于 $Ba(NO_3)_2$ 的式量是 261, 因此 w g 晶体中含有 $Ba(NO_3)_2$ 的质量是 $m [Ba(NO_3)_2] = m/233 \text{ mol} \times 261 \text{ g/mol} = 261m/233 \text{ g}$ 所以该晶体中硝酸钡的 ►

粗盐的提纯全景分析*

江苏省如皋市下原镇下原初中 226543 唐海燕

一、实验用品

烧杯、玻璃棒、铁架台(带铁圈)、漏斗、滤纸、蒸发皿、酒精灯、药匙、量筒、托盘天平、砝码、坩埚钳、粗盐、剪刀、火柴。

二、实验步骤图解(如图1所示)

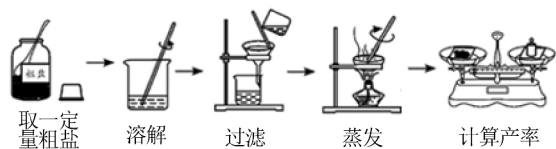


图1

三、实验步骤和方法

(1) 溶解: ①称量粗盐; ②加水溶解并用玻璃棒不断搅拌,直到粗盐全部溶解为止。

(2) 过滤: ①做好过滤器,装配好仪器; ②将粗盐水用玻璃棒引流到过滤器; ③如滤液浑浊应重新过滤。

(3) 蒸发: ①装配好仪器; ②将过滤后的澄清液倒入蒸发皿中,边加热边用玻璃棒搅拌,当有较多晶体出现时停止加热,利用余热将其蒸干。

(4) 计算产率: ①把蒸发皿中的晶体转移到纸上称量; ②将提纯的食盐放到指定容器中; ③产

►质量分数是 $[261m/233 \text{ g}] \div w \times 100\% = 261m/233w \times 100\%$ 。

三、化工流程题常见答题模板小结

1. 滴定终点的判断: 当滴入最后一滴标准溶液时,溶液颜色由某某颜色变为某某颜色,且半分钟内不恢复原色。(注:只写“变色”或“褪色”不得分)

2. 洗涤沉淀的方法: 往漏斗中加入蒸馏水至没过沉淀物,待水自然流下后,重复以上操作2次~3次。

3. 检验沉淀是否洗涤干净的方法: 取最后一次的洗涤液,滴加某某试剂(可与杂质的某些离子发生沉淀反应),如果没有沉淀生成,说明沉淀洗涤干净;否则说明沉淀未洗涤干净。(注:这种情况因为离子浓度较低,应该选用反应灵敏的特征反应。此时一般不用焰色反应实验检验)。

4. 检验沉淀是否完全的方法: 静置,向上层清

$$\text{率} = \frac{\text{精制质量}}{\text{粗盐样品的质量}} \times 100\%$$

四、实验中玻璃棒的作用(见表1)

表1

实验步骤	作用
溶解	搅拌,加速粗盐的溶解
过滤	引流
蒸发	搅拌,防止液体局部温度过高发生暴沸,使液滴飞溅
计算产率	转移固体

五、实验注意事项(见表2)

表2

溶解	①粗盐一次不宜加的太多,以免部分不溶解; ②溶解搅拌时,玻璃棒不能碰触烧杯底或烧杯壁
过滤	一贴: ①滤纸紧贴漏斗内壁 二低: ②滤纸边缘要低于漏斗边缘 ③漏斗里的液面应低于滤纸的边缘 三靠: ④玻璃棒紧靠三层滤纸处 ⑤烧杯口紧靠玻璃棒上端 ⑥漏斗下端尖嘴处紧靠烧杯内壁
蒸发	①蒸发皿应放在铁圈上,停止加热时,不要立即把蒸发皿直接放在实验台上,以免烫坏实验台 ②加热过程中,用玻璃棒不断搅动,防止液滴飞溅 ③当蒸发皿中出现较多量固体时,则停止加热,利用余热将滤液蒸干

液中继续滴加某某试剂,若没有沉淀生成,说明沉淀完全;若出现沉淀则说明沉淀未完全。

5. 萃取操作: 在分液漏斗中加溶液和萃取剂,右手堵住漏斗上口塞,左手握活塞,倒转用力振荡,放气,正立放铁圈上静置。

6. 从溶液中得到晶体: 蒸发浓缩 - 冷却结晶 - 过滤 - (洗涤)。若某一步骤是为了除杂时,应该注明“是为了除去某某杂质”。

总之,化工流程题承载了高考化学考查的众多知识点和技能要求,要解决好这一“重头戏”,需要认真读题,了解大意,分清题头、题干和题尾三部分的关系;仔细分析主要理清原料与产品、步骤与目的、感觉与迁移等各种关系。在此基础上大胆回答、规范书写定会收到满意的效果。

(收稿日期: 2016-04-10)