

解答化工流程题的“锦囊妙法”

江西省赣州市赣县中学 341100 陈田凤

化工流程题是历年高考的必考试题,也是考生失分较多的题型,本文将常见的解题方法总结如下,希望对备考有所帮助。

一、目标分析法

制备类工艺流程题一般由多步连续的操作组成,每一步操作都有其具体的目标、任务。审题的重点要放在与题设有关操作的目标、任务上,分析时要从成本角度(原料是否廉价易得、试剂能否重复利用、物质如何进行循环)、环保角度(有毒物质如何处理、怎样达到绿色化学的要求)、现实角度(流程是否简单易行、设备能否达到标准)等方面考虑;解答时要看框图中的转化,结合题目所给信息;先局部分析,后全盘考虑,逐步深入,根据题目要求,得出正确答案。

例1 硼镁泥是硼镁矿生产硼砂的废渣,其中含25%~38%的MgO,可用于生产MgSO₄·7H₂O。MgSO₄·7H₂O在造纸、陶瓷和医药等方面都有广泛应用。

图1是利用硼镁泥制取MgSO₄·7H₂O的工艺流程。

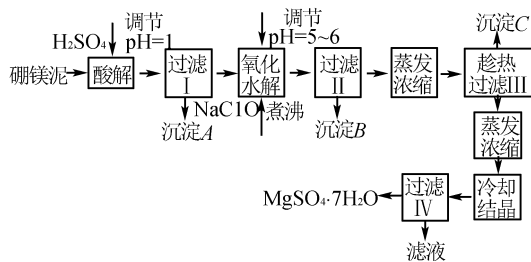
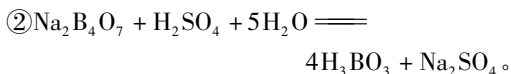


图1

已知:①硼镁泥的主要成分如表1所示。

表1

成分	MgO	SiO ₂	FeO/ Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ B ₄ O ₇	Al ₂ O ₃	MnO	CO ₂
质量分 数/%	25~ 38	11~ 25	6~ 15	1~ 3	1~ 2	1~ 2	1~ 2	15~ 20



③金属离子生成沉淀的pH范围:Fe³⁺为2.2~3.2,Al³⁺为3.7~4.7,Fe²⁺为7.5~9.0,Mn²⁺为8.6~10.1,Mg²⁺为9.6~11.1。

④MnO溶于酸,MnO₂难溶于水。

►生成的所有气体,全部排入后面装置中,使得B装置完全吸收反应产生的氨气。B中无SO₄²⁻,证明产物不含有三氧化硫;C中品红不褪色,证明产物无二氧化硫;D中碱性物质可以吸收尾气。(1)仪器X的名称是圆底烧瓶。(2)考查滴定溶液的操作方法;滴定前先验漏清洗,然后用标准液润洗,还需排净尖嘴内气泡,到达滴定终点后才可读数据,故顺序为dbaec。(3)B装置吸收反应产生的氨气,通过题意可知n(NH₃)=0.5000×70×0.001-0.200×25×0.001=0.03mol。实验2中,仪器的连接顺序发生改变,A中无残留物,证明铵盐完全分解;D吸收硫的氧化物,B吸收氨气。该题第(4)问为开放性问题,要描述出对应的实验操作和现象,是此题最难的部分,需同学整

合后答题,必须将两种离子都检验出来,答案为:取少量装置D内溶液于试管中,滴加BaCl₂溶液,生成白色沉淀;加入足量稀盐酸后沉淀完全溶解,放出无色刺激性气体。沉淀完全溶解,说明没有硫酸钡,进而没有SO₄²⁻,有刺激性气味,说明有SO₂进而证明原溶液中有SO₃²⁻。(5)B内溶液吸收的气体是碱性物质NH₃。(6)依据实验2的现象即可得出分解方程式。

小结:高考中实验题的考试,往往是通过文字表述来体现的。随着试题的开放性的加强,文字表述能力越来越重要,要求学生在文字表述方面是对实验步骤、实验现象以及对实验结果的解释的描述,应做到简洁明了,一目了然。

(收稿日期:2016-02-03)

⑤CaSO₄ 虽是微溶物,但在常温下溶解度较大,而随温度升高其在水中的溶解度下降。试回答下列问题。

- (1) 沉淀 A 的主要成分为_____。
- (2) 加入 NaClO 并调节 pH = 5 ~ 6 的作用是_____。除去锰元素涉及的离子反应方程式为_____。
- (3) 沉淀 B 的主要成分为_____、_____、_____。
- (4) III 中需趁热过滤的原因为_____。
- (5) 过滤 IV 得到的滤液中除含有 MgSO₄ 外,主要含有_____。

解析 (1) 由题中信息可知沉淀 A 的主要成分为不溶于硫酸的 SiO₂ 和 Na₂B₄O₇ 与硫酸、水反应生成的 H₃BO₃。(2) NaClO 具有较强的氧化性,可以将混合溶液中的低价金属离子 Fe²⁺ 和 Mn²⁺ 氧化,后者直接生成 MnO₂ 以沉淀的形式析出,前者需要调节溶液 pH,然后以氢氧化物的形式析出。NaClO 将 Mn²⁺ 氧化为 MnO₂,同时 ClO⁻ 被还原为 Cl⁻。(3) 由(2)中分析可知沉淀 B 中含有 MnO₂ 和 Fe(OH)₃,调节溶液 pH = 5 ~ 6 时 Al³⁺ 也以氢氧化物的形式析出,故沉淀 B 中也含有 Al(OH)₃。(4) 由已知信息可知 CaSO₄ 在水中微溶,且其溶解度随温度升高而降低,III 中趁热过滤的目的是使 CaSO₄ 沉淀析出。(5) 由于工艺流程中加入了 NaClO、硫酸,过滤 IV 得到的滤液中含有 MgSO₄、Na₂SO₄、NaCl。

答案: (1) SiO₂、H₃BO₃ (2) 将 Fe²⁺ 和 Mn²⁺ 氧化并转化为沉淀除去 $Mn^{2+} + ClO^{-} + H_2O = MnO_2 \downarrow + 2H^{+} + Cl^{-}$ (3) Fe(OH)₃ Al(OH)₃ MnO₂ (4) 温度高时硫酸钙易沉淀析出,趁热过滤,防止降温其溶解度增大而溶解于水 (5) Na₂SO₄、NaCl

二、交叉分析法

化工生产中选用多组原料,先合成一种或几种中间产品,再用这些中间产品与部分其它原料生产所需的主要产品。以这种化工生产方式所设计的工艺流程题,解答时可将提供的工艺流程示意图分成几条生产流水线,上下交叉分析,构成交叉分析的类型。利用这种方法解题的关键在于找准中间产品(因为有时会出现多种中间产品)和生产中的各条流水线,在分析过程中,抓住中间物质的有关联系,逐一破解。

例 2 我国拥有丰富的海洋资源,海水制盐历史悠久。海盐除了供食用外还可以作为氯碱工

业的原料,相关工业过程如图 2:

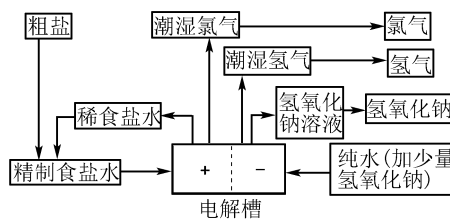


图 2

(1) 粗盐常含有少量 Ca²⁺、Mg²⁺、Fe³⁺、SO₄²⁻ 等杂质离子,实验室中欲除去溶液中的这些离子,应先加入沉淀剂(Na₂CO₃ 溶液、BaCl₂ 溶液、NaOH 溶液),过滤后再加入适量盐酸调节溶液的 pH。

- ① 沉淀剂的滴加顺序依次为__(只填化学式)。
- ② 加入沉淀剂(NaOH 溶液)是为了除去 Mg²⁺、Fe³⁺。某同学查阅资料得到 Mg(OH)₂、MgCO₃ 的 K_{sp}(K_{sp1} = 6.8 × 10⁻⁶ K_{sp2} = 5.61 × 10⁻¹²),但没有记录清楚两种物质与两个 K_{sp} 数据的对应关系,请你根据所学知识帮他判断哪个是 Mg(OH)₂ 的 K_{sp}? _____。

③ 沉淀过滤后要用蒸馏水洗涤沉淀表面附着可溶性杂质,检验沉淀是否洗净的方法是_____。

(2) 写出电解槽内电解总反应的离子方程式:_____。

(3) 氯碱工业的三种产品在工业上有广泛的用途,某兴趣小组设计了如图 3 实验装置(部分固定装置已略去),利用氯气与潮湿的消石灰反应制取少量漂白粉(该反应 ΔH < 0) 据此回答下列问题:

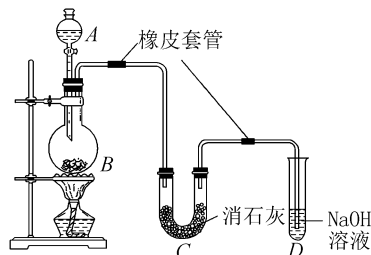


图 3

- ① A 仪器的名称是___,所盛试剂的名称是_____。
- ② 漂白粉将在 U 形管中生成,此反应的化学方程式是_____。

③ 此实验所得 Ca(ClO)₂ 产率太低。经查阅资料发现主要原因是在 U 形管中存在两个副反应:其中一个副反应是因为氯气不纯造成的,为避免此副反应发生,可采取的措施是_____。

另一个副反应是因为温度较高时氯气与消石灰反应生成了氯酸钙 $[Ca(ClO_3)_2]$,此反应的化学方程式是____,为避免此副反应的发生,可采取的措施是____。

解析 分析流程图,理清每一条转化关系。
 (1) ①除去粗盐中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 和 SO_4^{2-} ,先加入适当过量的 $BaCl_2$ 溶液完全除去 SO_4^{2-} ,再加入适当过量的 Na_2CO_3 溶液完全除去 Ca^{2+} 和过量的 Ba^{2+} ,最后加入适当过量的 $NaOH$ 溶液完全除去 Mg^{2+} 和 Fe^{3+} ,将滤液的 pH 调至酸性除去过量的 OH^- 和 CO_3^{2-} 。②从酸、碱、盐的溶解性表知碳酸镁微溶于水、氢氧化镁难溶于水,则碳酸镁的溶度积常数较大。③取最后一次洗涤液,加入 $AgNO_3$ 溶液,如果溶液中无沉淀产生,说明沉淀已洗涤干净。
 (2) 电解槽内电解的是饱和食盐水。
 (3) 仪器 A 是分液漏斗,所盛试剂是浓盐酸;此实验所得 $Ca(ClO)_2$ 产率太低,如果是由氯气不纯造成的,则是氯气中的 HCl 所致,可用饱和食盐水除去;如果是由温度较高所致,可以将盛有消石灰的 U 形管置于冷水浴或冰水浴中冷却。

答案: (1) ① $BaCl_2$ 、 Na_2CO_3 、 $NaOH$ (或 $BaCl_2$ 、 $NaOH$ 、 Na_2CO_3 或 $NaOH$ 、 $BaCl_2$ 、 Na_2CO_3) ② K_{sp} 是 $Mg(OH)_2$ 的 K_{sp} ③ 取最后一次洗涤液加入 $AgNO_3$ 溶液,如果溶液中无沉淀产生则说明沉淀已洗涤干净
 (2) $2Cl^- + 2H_2O \xrightarrow{\text{通电}} Cl_2 \uparrow + H_2 \uparrow + 2OH^-$
 (3) ① 分液漏斗 浓盐酸 ② $2Cl_2 + 2Ca(OH)_2 = Ca(ClO)_2 + CaCl_2 + 2H_2O$ ③ 在 B、C 之间连接一个盛有饱和食盐水的洗气瓶
 $6Cl_2 + 6Ca(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} Ca(ClO_3)_2 + 5CaCl_2 + 6H_2O$
 将 U 形管置于冷水浴中

三、首尾分析法

对于直线型工艺流程(从最初原料到最终产品为一条主要的生产工序)试题,首先对比化工生产流程图中的第一种物质(最初原料)与最后一种物质(最终产品),从对比分析中找出原料与产品之间的内在关系,弄清生产流程过程中原料转化为产品的基本原理和除杂、分离提纯产品的化工工艺以及一些重要的实验操作,然后再结合题设的问题,逐一分析得出正确答案。

例 3 某一化工厂以废铁屑为原料制备

$FeCl_3$ 溶液,用作印刷电路板腐蚀剂,并对溶液 B 进行电解处理的实验流程如图 4:

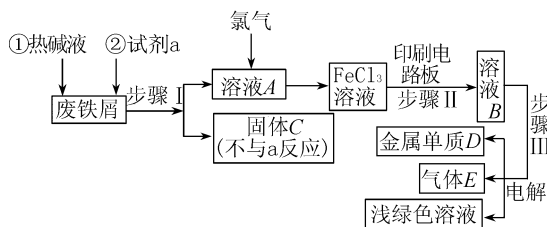


图 4

- (1) 试剂 a 应选用____(填写名称);
- (2) 步骤 I 用到的主要玻璃仪器有漏斗、____(填写仪器名称);
- (3) 写出步骤 II 中主要反应的化学方程式____;
- (4) 实验室制取气体 E 的离子方程式是____,欲对气体 E 进行干燥和吸收,需选用下列装置中的____(填写序号);



- (5) 如何用化学方法检验气体 E? ____。

解析 分析流程中的物质及其化学反应,废铁屑中加入热碱液是除去铁屑表面的油污,将 Fe 反应生成 Fe^{2+} 的试剂只能选用 HCl ,才能由 A 经 Cl_2 氧化后成 $FeCl_3$,若换成 H_2SO_4 、 HNO_3 等其他酸,则引入 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 等杂质,过滤需用的玻璃仪器有:漏斗、烧杯、玻璃棒; $2FeCl_3 + Cu = 2FeCl_2 + CuCl_2$,则 B 中含有 $FeCl_2$ 、 $CuCl_2$ 、 $FeCl_3$ 等溶质,将其电解时,根据阳离子放电顺序先析出 Cu ,阳极生成 Cl_2 ,但是由于氧化性 $Fe^{3+} > Cu^{2+}$,则 Fe^{3+} 一定放电成 Fe^{2+} 后才有 Cu 单质析出; Cl_2 的实验室制法为 MnO_2 与浓盐酸反应,则 Cl_2 中混有 HCl 、 H_2O 等杂质,干燥 Cl_2 用 ②,吸收 Cl_2 用 ④; Cl_2 的检验方法是用湿润的淀粉-KI 试纸。

- 答案: (1) 稀盐酸 (2) 烧杯、玻璃棒
 (3) $2FeCl_3 + Cu = 2FeCl_2 + CuCl_2$

(4) $MnO_2 + 4H^+ + 2Cl^- \xrightarrow{\Delta} Mn^{2+} + Cl_2 \uparrow + 2H_2O$ ②④ (5) 将湿润的 KI-淀粉试纸靠近集气瓶口,试纸变蓝,证明该气体为 Cl_2