

模板 03 工艺流程中条件控制与选择、分离和提纯

本节导航

识·题型解读 考情分析+命题预测/技巧解读

明·模板构建 答题模板+技巧点拨

技法 01 化工流程中条件的控制与选择

技法 02 化工流程中物质的分离和提纯

通·模板运用 真题示例+模板答题+变式训练

悟·举一反三 触类旁通 举一反三



题型解读

化学工艺流程题是将化工生产中的生产流程用框图形式表示出来,并根据生产流程中有关的化学知识步步设问,是无机框图的创新。它以现代工业生产为基础,与化工生产成本、产品提纯、环境保护等相融合,考查物质的制备、检验、分离提纯等基本实验原理在化工生产中的实际应用,要求考生依据流程图分析原理,紧扣信息,抓住关键、准确答题。这类试题具有较强的实用性和综合性,是高考化学命题的常考题型。



模板构建



答题模板

第一步: 粗读题干	明确生产目的、原料、杂质和目标产品的成分。
第二步: 分析流程	对照原料和产品, 确定核心反应和核心辅料; 依核心反应, 明确流程主线、支线和除杂任务。
第三步: 解答设问	结合设问进一步分析流程, 运用化学语言进行规范作答。



技巧点拨

技法 01 化工流程中条件的控制与选择

1. 温度的控制(常用水浴、冰浴或油浴)

(1)加热的目的：加快反应速率或溶解速率；促进平衡向吸热方向移动；除杂，除去热不稳定的杂质，如 NaHCO_3 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 KMnO_4 、 NH_4Cl 等物质；使沸点相对较低或易升华的原料汽化。

(2)降温的目的：防止某物质在高温时会溶解(或分解)；使化学平衡向着题目要求的方向(放热方向)移动；使某个沸点较高的产物液化，使其与其他物质分离；降低晶体的溶解度，减少损失。

(3)控制温度在一定范围的目的：结晶为获得所需物质(用水浴带温度计便于控温且受热均匀)；防止某种物质(如 H_2O_2 、草酸、浓硝酸、铵盐等)因温度过高时会分解或挥发；使催化剂的活性达到最高；防止副反应的发生。

(4)降温或减压可以减少能源成本，降低对设备的要求，达到绿色化学的要求。

(5)控制固体的溶解与结晶

趁热过滤：减少因降温而析出的溶质的量。

蒸发浓缩：蒸发除去部分溶剂，提高溶液的浓度。

蒸发结晶：蒸发溶剂，使溶液由不饱和变为饱和，继续蒸发，过剩的溶质就会呈晶体析出。

从溶液中得到晶体的过程：蒸发浓缩→冷却结晶→过滤→洗涤、干燥。

2. pH 的控制

(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。如在酸性环境中 KMnO_4 的还原产物一般为 Mn^{2+} ，中性(或弱酸性)环境中 KMnO_4 的还原产物一般为 MnO_2 。

(2)控制一定的 pH，以改变元素的存在形式。如铝元素在强酸性条件下以 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 AlO_2^- 或 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 的形式存在。

(3)控制一定的 pH，使金属阳离子形成氢氧化物沉淀。

3. 反应物用量或浓度的控制

(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。

(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 O_2 以提高 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具体分析。

4. 加入物质的目的

(1)加碱：去油污，去铝片氧化膜，溶解铝、二氧化硅等。

(2)加沸石或碎瓷片：防止液体暴沸。

(3)加有机溶剂：萃取某些物质，或降低某些物质的溶解度。

(4)加氧化剂：与原体系中还原剂发生氧化还原反应。

5. 在空气中进行的反应或操作

要考虑 O_2 、 H_2O 、 CO_2 或其他气体是否参与反应；或能否达到隔绝空气、防氧化、防变质、防分解、防水解、防潮解等目的，例如使用保护气抑制弱离子的水解(如 HCl 氛围)。

技法 02 工艺流程中物质的分离和提纯

1. 物质分离与提纯的常用方法

(1)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。

(2)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。

(3)蒸发结晶：提取溶解度随温度变化不大的溶质，如 NaCl 。

(4)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 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 等。

(5)蒸馏或分馏：分离沸点不同且互溶的液体混合物，如分离乙醇或甘油。

(6)冷却法：利用气体液化的特点分离气体，如合成氨工业采用冷却法分离平衡混合气体中的氨气。

(7)离子交换法：利用离子交换剂与溶剂中的离子发生交换，进行分离，分离效率高，设备简单，树脂可以重复使用，但耗时过多。

2. 常用的结晶方法

(1)从溶液中获取不带结晶水的晶体，如 NaCl 、 K_2SO_4 等，用蒸发结晶的方法。

(2)从溶液中获取带结晶水的晶体，如 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 等，用蒸发浓缩、冷却结晶、过滤的方法。

(3)从混合液中获取溶解度受温度影响较小的溶质，如从含少量 KNO_3 的 NaCl 溶液中获得 NaCl 晶体，用蒸发结晶、趁热过滤的方法。

(4)从混合液中获取溶解度受温度影响较大的溶质，如从含少量 KCl 的 KNO_3 溶液中获得 KNO_3 晶体，用蒸发浓缩、冷却结晶、过滤的方法。

(5)重结晶是指析出的晶体经过溶解后再次从溶液中结晶析出的过程，是一种利用被提纯物质与杂质在同一溶剂中的溶解度不同而进行提纯、分离的方法。

3. 金属离子的萃取与反萃取

(1)溶剂萃取简称萃取——利用溶质在两种不相溶的液体之间的溶解度或者分配差异，达到分离和富集的目的。经过反复多次萃取，可将大部分化合物提取出来。

(2)反萃取和洗脱——与萃取过程相反，用一定的酸、碱或盐溶液把金属离子从有机相中再次返回到水相中的过程。

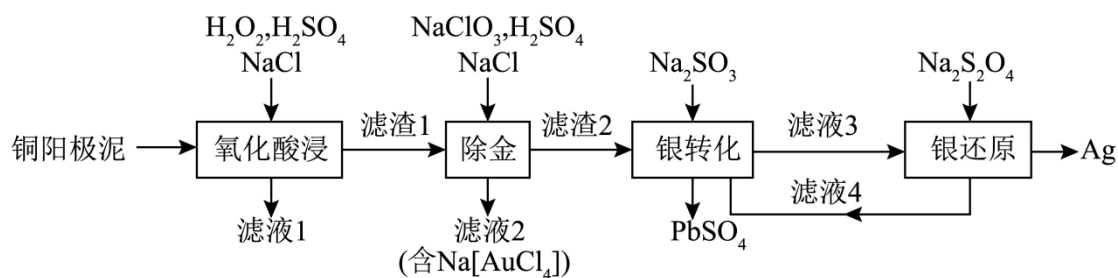


模板运用



真题示例

1. (2024·湖南卷) 铜阳极泥(含有 Au 、 Ag_2Se 、 Cu_2Se 、 PbSO_4 等)是一种含贵金属的可再生资源，回收贵金属的化工流程如下：



已知：①当某离子的浓度低于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，可忽略该离子的存在；

② $\text{AgCl(s)} + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons [\text{AgCl}_2]^{-}(\text{aq})$ $K = 2.0 \times 10^{-5}$ ；

③ Na_2SO_3 易从溶液中结晶析出；

④不同温度下 Na_2SO_3 的溶解度如下：

温度/ $^{\circ}\text{C}$	0	20	40	60	80
溶解度/g	14.4	26.1	37.4	33.2	29.0

(3) “氧化酸浸”和“除金”工序均需加入一定量的 NaCl ：

①在“氧化酸浸”工序中，加入适量 NaCl 的原因是_____。

(5) 滤液 4 中溶质主要成分为_____ (填化学式)；在连续生产的模式下，“银转化”和“银还原”工序需在 40°C 左右进行，若反应温度过高，将难以实现连续生产，原因是_____。

模板答题

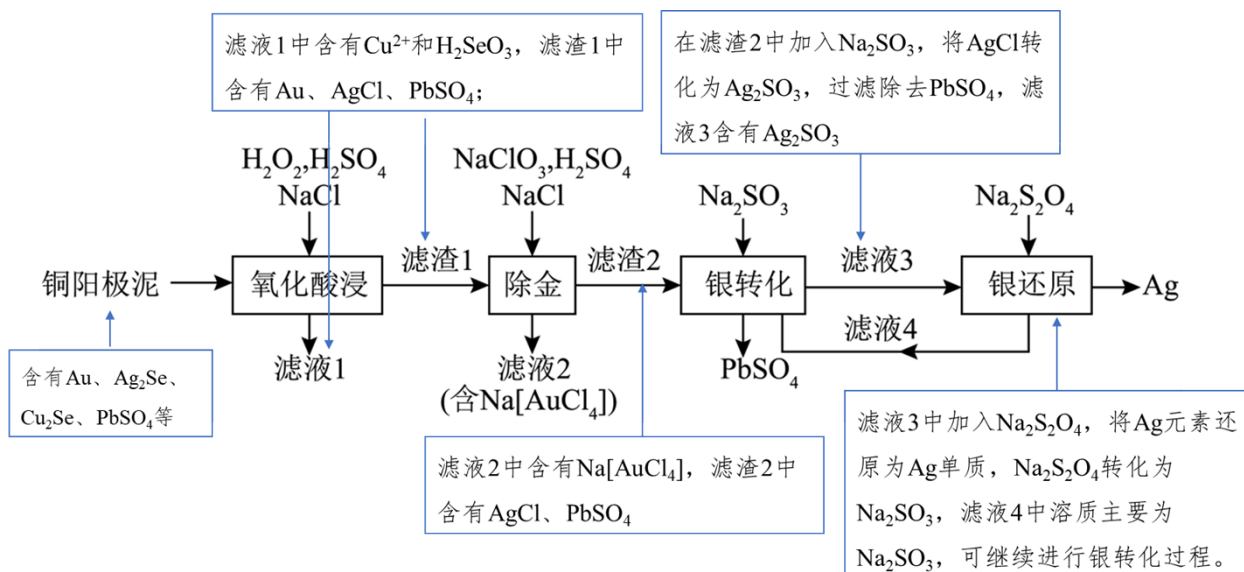
【答案】(3) 使银元素转化为 AgCl 沉淀

(5) Na_2SO_3

高于 40°C 后， Na_2SO_3 的溶解度下降，“银转化”和“银还原”的效率降低，难以实现连续生产

【第一步 粗读题干】铜阳极泥(含有 Au 、 Ag_2Se 、 Cu_2Se 、 PbSO_4 等)，回收贵金属的化工流。

【第二步 分析流程】

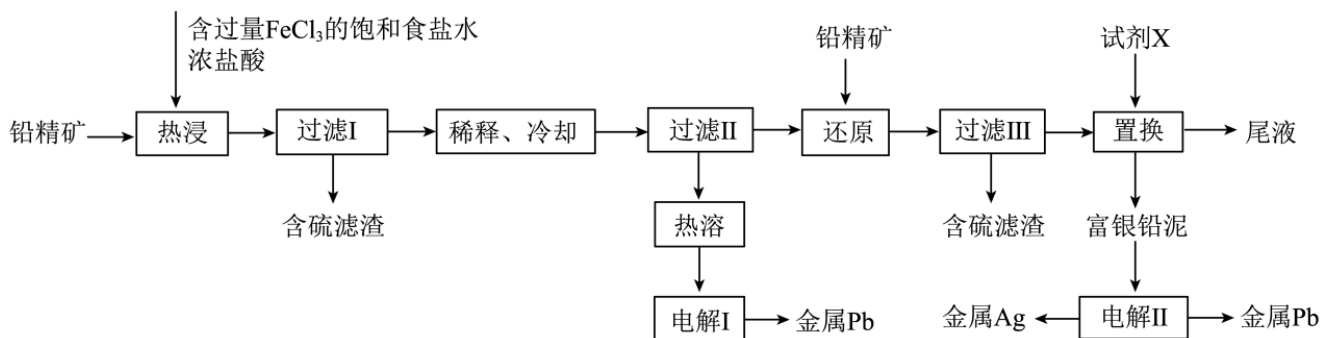


【第三步 解答设问】

(3) ①在“氧化酸浸”工序中，加入适量 NaCl 的原因是使银元素转化为 AgCl 沉淀；

(5) 由分析可知滤液 4 中溶质主要成分为 Na_2SO_3 ；由不同温度下 Na_2SO_3 的溶解度可知，高于 40°C 后， Na_2SO_3 的溶解度下降，“银转化”和“银还原”的效率降低，难以实现连续生产。

2. (2024·山东卷) 以铅精矿(含 PbS ， Ag_2S 等)为主要原料提取金属 Pb 和 Ag 的工艺流程如下：



(1) “热浸”时，难溶的 PbS 和 Ag_2S 转化为 $[\text{PbCl}_4]^{2-}$ 和 $[\text{AgCl}_2]^-$ 及单质硫。溶液中盐酸浓度不宜过大，除防止“热浸”时 HCl 挥发外，另一目的是防止产生_____ (填化学式)。

(2) 将“过滤 II”得到的 PbCl_2 沉淀反复用饱和食盐水热溶，电解所得溶液可制备金属 Pb “电解 I”阳极产物用尾气吸收后在工艺中循环使用，利用该吸收液的操作单元为_____。

(3) “还原”中加入铅精矿的目的是_____。

(4) “置换”中可选用的试剂 X 为_____ (填标号)。

A. Al B. Zn C. Pb D. Ag

“置换”反应的离子方程式为_____。

模板答题

【答案】(1) H_2S

(2) 热浸

(3) 将过量的 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+}

(4) C $\text{Pb} + 2[\text{AgCl}_2]^- = 2\text{Ag} + [\text{PbCl}_4]^{2-}$

【第一步 粗读题干】以铅精矿(含 PbS ， Ag_2S 等)为主要原料提取金属 Pb 和 Ag。

【第二步 分析流程】

本题以铅精矿(含 PbS ， Ag_2S 等)为主要原料提取金属 Pb 和 Ag，“热浸”时，难溶的 PbS 和 Ag_2S 转化为 $[\text{PbCl}_4]^{2-}$ 和 $[\text{AgCl}_2]^-$ 及单质硫， Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+} ，过滤 I 除掉单质硫滤渣，滤液中 $[\text{PbCl}_4]^{2-}$ 在稀释降温的过程中转化为 PbCl_2 沉淀，然后用饱和食盐水热溶，增大氯离子浓度，使 PbCl_2 又转化为 $[\text{PbCl}_4]^{2-}$ ，电解得到 Pb；过滤 II 后的滤液成分主要为 $[\text{AgCl}_2]^-$ 、 FeCl_2 、 FeCl_3 ，故加入铅精矿主要将 FeCl_3 还原为 FeCl_2 ，试剂 X 将 $[\text{AgCl}_2]^-$ 置换为 Ag，得到富银铅泥，试剂 X 为铅，尾气为 FeCl_2 。

【第三步 解答设问】

(1) “热浸”时, Fe^{3+} 将 PbS 和 Ag_2S 中-2 价的硫氧化为单质硫, Fe^{3+} 被还原为 Fe^{2+} , 溶液中盐酸浓度过大, 这里主要考虑氢离子浓度会过大, 会生成 H_2S 气体。

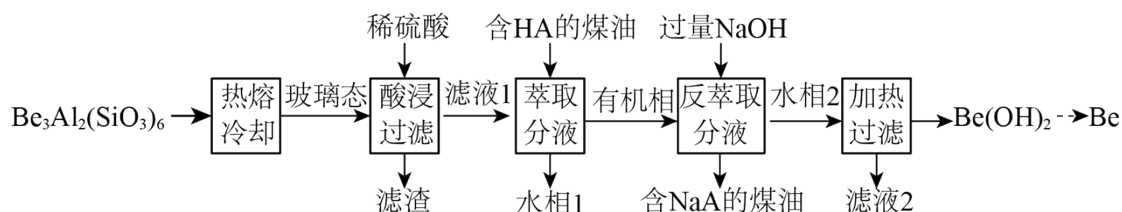
(2) “过滤 II”得到的 PbCl_2 沉淀反复用饱和食盐水热溶, 会溶解为 $[\text{PbCl}_4]^{2-}$, 电解 $[\text{PbCl}_4]^{2-}$ 溶液制备金属 Pb , Pb 在阴极产生, 阳极 Cl^- 放电产生 Cl_2 , 尾液成分为 FeCl_2 , FeCl_2 吸收 Cl_2 后转化为 FeCl_3 , 可以在热浸中循环使用。

(3) 过滤 II 所得的滤液中有过量的未反应的 Fe^{3+} , 根据还原之后可以得到含硫滤渣, “还原”中加入铅精矿的目的是是将过量的 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} 。

(4) “置换”中加入试剂 X 可以得到富银铅泥, 为了防止引入其他杂质, 则试剂 X 应为 Pb , 发生的反应为: $\text{Pb} + 2[\text{AgCl}_2]^- = 2\text{Ag} + [\text{PbCl}_4]^{2-}$ 。

变式训练

1. (2024·湖北卷) 铍用于宇航器件的构筑。一种从其铝硅酸盐 $[\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6]$ 中提取铍的路径为:



已知: $\text{Be}^{2+} + 4\text{HA} \rightleftharpoons \text{BeA}_2(\text{HA})_2 + 2\text{H}^+$

(2) 为了从“热熔、冷却”步骤得到玻璃态, 冷却过程的特点是_____。

(3) “萃取分液”的目的是分离 Be^{2+} 和 Al^{3+} , 向过量烧碱溶液中逐滴加入少量“水相 1”的溶液, 观察到的现象是_____。

(4) 写出反萃取生成 $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ 的化学方程式_____。“滤液 2”可以进入_____步骤再利用。

(5) 电解熔融氯化铍制备金属铍时, 加入氯化钠的主要作用是_____。

模板答题

【答案】(2) 快速冷却

(3) 无明显现象

(4) $\text{BeA}_2(\text{HA})_2 + 6\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + 4\text{NaA} + 2\text{H}_2\text{O}$ 反萃取

(5) 增强熔融氯化铍的导电性

【第一步 粗读题干】一种从其铝硅酸盐 $[\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6]$ 中提取铍。

【第二步 分析流程】

本题是化工流程的综合考察, 首先铝硅酸盐先加热熔融, 然后快速冷却到其玻璃态, 再加入稀硫酸酸浸过滤, 滤渣的成分为 H_2SiO_3 , “滤液 1”中有 Be^{2+} 和 Al^{3+} , 加入含 HA 的煤油将 Be^{2+}

萃取到有机相中，水相 1 中含有 Al^{3+} ，有机相为 $\text{BeA}_2(\text{HA})_2$ ，加入过量氢氧化钠反萃取 Be^{2+} 使其转化为 $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ 进入水相 2 中，分离出含 NaA 的煤油，最后对水相 2 加热过滤，分离出 $\text{Be}(\text{OH})_2$ ，通过系列操作得到金属铍，据此回答。

【第三步 解答设问】

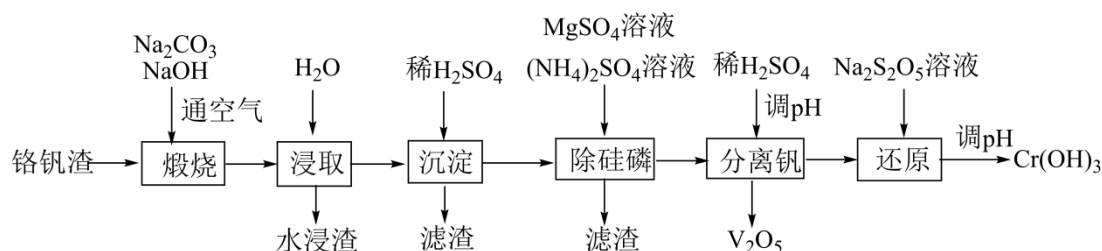
(2) 熔融态物质冷却凝固时，缓慢冷却会形成晶体，快速冷却会形成非晶态，即玻璃态，所以从“热熔、冷却”中得到玻璃态，其冷却过程的特点为：快速冷却。

(3) “滤液 1”中有 Be^{2+} 和 Al^{3+} ，加入含 HA 的煤油将 Be^{2+} 萃取到有机相中，则水相 1 中含有 Al^{3+} ，则向过量烧碱的溶液中逐滴加入少量水相 1 的溶液，可观察到的现象为：无明显现象。

(4) 反萃取生成 $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$ 的化学方程式为 $\text{BeA}_2(\text{HA})_2 + 6\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + 4\text{NaA} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，滤液 2 的主要成分为 NaOH，可进入反萃取步骤再利用。

(5) 氯化铍的共价性较强，电解熔融氯化铍制备金属铍时，加入氯化钠的主要作用为增强熔融氯化铍的导电性。

2. (2023·新课标卷) 铬和钒具有广泛用途。铬钒渣中铬和钒以低价态含氧酸盐形式存在，主要杂质为铁、铝、硅、磷等的化合物，从铬钒渣中分离提取铬和钒的一种流程如下图所示：



已知：最高价铬酸根在酸性介质中以 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 存在，在碱性介质中以 CrO_4^{2-} 存在。

(3) “沉淀”步骤调 pH 到弱碱性，主要除去的杂质是_____。

(4) “除硅磷”步骤中，使硅、磷分别以 MgSiO_3 和 MgNH_4PO_4 的形式沉淀，该步需要控制溶液的 pH≈9 以达到最好的除杂效果，若 pH<9 时，会导致_____；pH>9 时，会导致_____。

(5) “分离钒”步骤中，将溶液 pH 调到 1.8 左右得到 V_2O_5 沉淀， V_2O_5 在 pH<1 时，溶解为 VO_2^+ 或 VO^{3+} 在碱性条件下，溶解为 VO_3^- 或 VO_4^{3-} ，上述性质说明 V_2O_5 具有_____ (填标号)。

A. 酸性 B. 碱性 C. 两性

【答案】(3) $\text{Al}(\text{OH})_3$

(4) 磷酸根会与 H^+ 反应使其浓度降低导致 MgNH_4PO_4 无法完全沉淀，同时可能产生硅酸胶状沉淀不宜处理 会导镁离子生成氢氧化镁沉淀，不能形成 MgSiO_3 沉淀，导致产品中混有杂质，同时溶液中铵根离子浓度降低导致 MgNH_4PO_4 无法完全沉淀

(5) C

【分析】由题给流程可知，铬钒渣在氢氧化钠和空气中煅烧，将钒、铬、铝、硅、磷等元素转化为相应的最高价含氧酸盐，煅烧渣加入水浸取、过滤得到含有二氧化硅、氧化铁的滤渣和滤液；向滤液中加入稀硫酸调节溶液 pH 将 Al 元素转化为氢氧化铝沉淀，过滤得到强氧化铝滤渣和滤液；向滤液中加入硫酸镁溶

液、硫酸铵溶液将硅元素、磷元素转化为 MgSiO_3 和 MgNH_4PO_4 沉淀，过滤得到含有 MgSiO_3 、 MgNH_4PO_4

的滤渣和滤液；向滤液中加入稀硫酸调节溶液 pH 将钒元素转化为五氧化二钒，过滤得到五氧化二钒和滤液；向滤液中焦亚硫酸钠溶液将铬元素转化为三价铬离子，调节溶液 pH 将铬元素转化为氢氧化铬沉淀，过滤得到氢氧化铬。

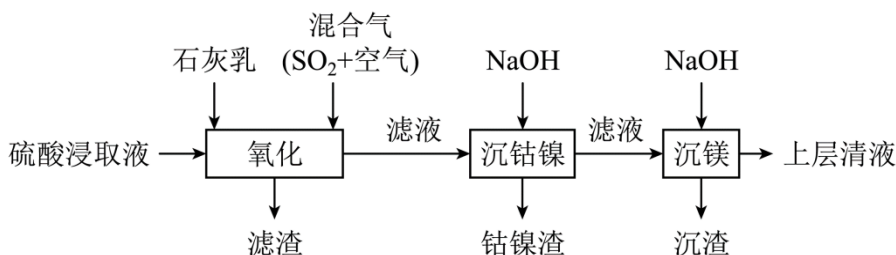
【解析】(3) 由分析可知, 沉淀步骤调 pH 到弱碱性的目的是将 Al 元素转化为氢氧化铝沉淀, 故答案为: $\text{Al}(\text{OH})_3$;

(4) 由分析可知,加入硫酸镁溶液、硫酸铵溶液的的目的是将硅元素、磷元素转化为 MgSiO_3 和 MgNH_4PO_4 沉淀,若溶液 $\text{pH}<9$ 时,磷酸根会与 H^+ 反应使其浓度降低导致 MgNH_4PO_4 无法完全沉淀,同时可能产生硅酸胶状沉淀不宜处理;若溶液 $\text{pH}>9$ 时,会导镁离子生成氢氧化镁沉淀,不能形成 MgSiO_3 沉淀,导致产品中混有杂质,同时溶液中铵根离子浓度降低导致 MgNH_4PO_4 无法完全沉淀,故答案为:磷酸根会与 H^+ 反应使其浓度降低导致 MgNH_4PO_4 ,同时可能产生硅酸胶状沉淀不宜处理;会导镁离子生成氢氧化镁沉淀,不能形成 MgSiO_3 沉淀,导致产品中混有杂质,同时溶液中铵根离子浓度降低导致 MgNH_4PO_4 无法完全沉淀;

(5) 由题给信息可知，五氧化二钒水能与酸溶液反应生成盐和水，也能与碱溶液发生生成盐和水两性氧化物，故选 C；

模板演练

1. (2023·辽宁卷) 某工厂采用如下工艺处理镍钴矿硫酸浸取液含 (Ni^{2+} 、 Co^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 和 Mn^{2+})。实现镍、钴、镁元素的回收。



已知：

物质	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
K_{sp}	$10^{-37.4}$	$10^{-14.7}$	$10^{-14.7}$	$10^{-10.8}$

(1) 用硫酸浸取镍钴矿时，提高浸取速率的方法为 _____ (答出一条即可)。

(3) “氧化”中，用石灰乳调节 $\text{pH}=4$ ， Mn^{2+} 被 H_2SO_5 氧化为 MnO_2 ，该反应的离子方程式为 _____ (H_2SO_5 的电离第一步完全，第二步微弱)；滤渣的成分为 MnO_2 、_____ (填化学式)。

(6) “沉镁”中为使 Mg^{2+} 沉淀完全 (25°C)，需控制 pH 不低于 (精确至 0.1)。

【答案】 (1) 适当增大硫酸浓度或适当升高温度或将镍钴矿粉碎增大接触面积

$$(3) \quad \text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + \text{HSO}_5^- = \text{MnO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+ \quad \text{Fe(OH)}_3$$

(6) 11.1

【分析】在“氧化”中，混合气在金属离子的催化作用下产生具有强氧化性的过一硫酸(H_2SO_5)，用石灰乳调节 $\text{pH}=4$ ， Mn^{2+} 被 H_2SO_5 氧化为 MnO_2 ，发生反应 $\text{H}_2\text{O}+\text{Mn}^{2+}+\text{HSO}_5^-=\text{MnO}_2+\text{SO}_4^{2-}+3\text{H}^+$ ， Fe^{3+} 水解同时生成氢氧化铁，“沉钴镍”过程中， Co^{2+} 变为 $\text{Co}(\text{OH})_2$ ，在空气中可被氧化成 $\text{CoO}(\text{OH})$ 。

【解析】(1) 用硫酸浸取镍钴矿时，为提高浸取速率可适当增大硫酸浓度、升高温度或将镍钴矿粉碎增大接触面积

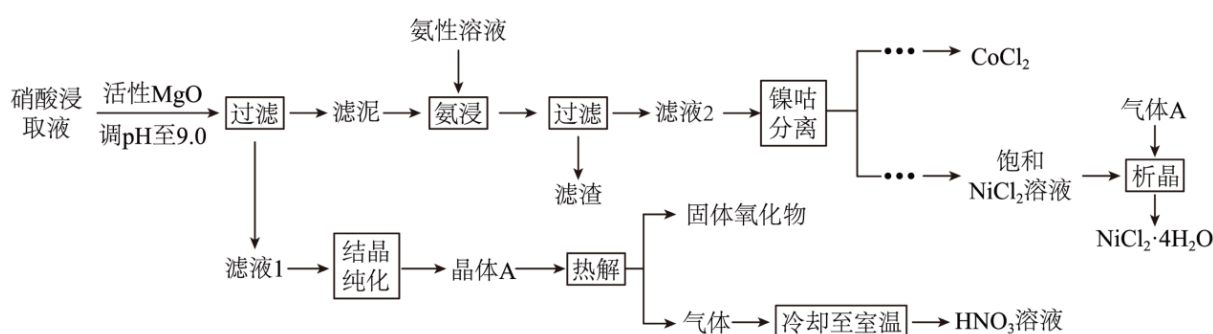
(3) 用石灰乳调节 $\text{pH}=4$ ， Mn^{2+} 被 H_2SO_5 氧化为 MnO_2 ，该反应的离子方程式为：

$\text{H}_2\text{O}+\text{Mn}^{2+}+\text{HSO}_5^-=\text{MnO}_2+\text{SO}_4^{2-}+3\text{H}^+$ ；氢氧化铁的 $K_{\text{sp}}=10^{-37.4}$ ，当铁离子完全沉淀时，溶液中 $c(\text{Fe}^{3+})=10^{-5}\text{mol/L}$ ， $K_{\text{sp}}=c(\text{OH}^-)^3 \times c(\text{Fe}^{3+})=c(\text{OH}^-)^3 \times 10^{-5}=10^{-37.4}$ ， $c(\text{OH}^-)=10^{-10.8}\text{mol/L}$ ，根据 $K_{\text{w}}=10^{-14}$ ， $\text{pH}=3.2$ ，此时溶液的 $\text{pH}=4$ ，则铁离子完全水解，生成氢氧化铁沉淀，故滤渣还有氢氧化铁；

(6) 氢氧化镁的 $K_{\text{sp}}=10^{-10.8}$ ，当镁离子完全沉淀时， $c(\text{Mg}^{2+})=10^{-5}\text{mol/L}$ ，根据 K_{sp} 可计算 $c(\text{OH}^-)=10^{-2.9}\text{mol/L}$ ，根据 $K_{\text{w}}=10^{-14}$ ， $c(\text{H}^+)=10^{-11.1}\text{mol/L}$ ，所以溶液的 $\text{pH}=11.1$ 。

2. (2023·广东卷) Ni、Co 均是重要的战略性金属。从处理后的矿石硝酸浸取液(含

Ni^{2+} 、 Co^{2+} 、 Al^{3+} 、 Mg^{2+})中，利用氨浸工艺可提取 Ni、Co，并获得高附加值化工产品。工艺流程如下：



已知：氨性溶液由 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 和 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 配制。常温下， Ni^{2+} 、 Co^{2+} 、 Co^{3+} 与 NH_3 形成可溶于水的配离子： $\lg K_{\text{b}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})=-4.7$ ； $\text{Co}(\text{OH})_2$ 易被空气氧化为 $\text{Co}(\text{OH})_3$ ；部分氢氧化物的 K_{sp} 如下表。

氢氧化物	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$\text{Co}(\text{OH})_3$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
K_{sp}	5.9×10^{-15}	1.6×10^{-44}	5.5×10^{-16}	1.3×10^{-33}	5.6×10^{-12}

(4) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 会使滤泥中的一种胶状物质转化为疏松分布的棒状颗粒物。

② $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 提高了 Ni、Co 的浸取速率，其原因是_____。

(5) ①“析晶”过程中通入的酸性气体 A 为_____。

【答案】(4) ②减少胶状物质对镍钴氢氧化物的包裹，增加了滤泥与氨性溶液的接触面积

(5) HCl

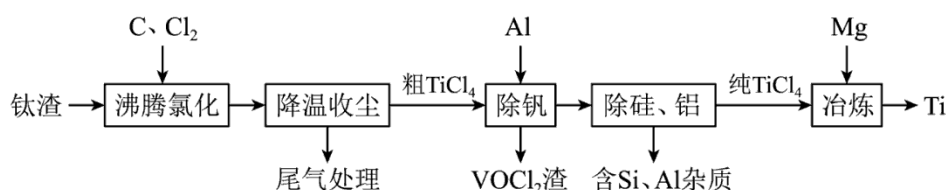
【分析】硝酸浸取液(含 Ni^{2+} 、 Co^{2+} 、 Al^{3+} 、 Mg^{2+})

)中加入活性氧化镁调节溶液 pH 值，过滤，得到滤液主要是硝酸镁，结晶纯化得到硝酸镁晶体，再热解得到氧化镁和硝酸。滤泥加入氨性溶液氨浸，过滤，向滤液中进行镍钴分离，，经过一系列得到氯化铬和饱和氯化镍溶液，向饱和氯化镍溶液中加入氯化氢气体得到氯化镍晶体。

【解析】(4) ②根据题意 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 会使滤泥中的一种胶状物质转化为疏松分布的棒状颗粒物，则 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 能提高了 Ni、Co 的浸取速率，其原因是减少胶状物质对镍钴氢氧化物的包裹，增加了滤泥与氨性溶液的接触面积。

(5) ①“析晶”过程中为了防止 Ni^{2+} 水解，因此通入的酸性气体 A 为 HCl；故答案为：HCl。

3. (2022·湖南卷) 钛(Ti)及其合金是理想的高强度、低密度结构材料。以钛渣(主要成分为 TiO_2 ，含少量 V、Si 和 Al 的氧化物杂质)为原料，制备金属钛的工艺流程如下：



已知“降温收尘”后，粗 TiCl_4 中含有的几种物质的沸点：

物质	TiCl_4	VOCl_3	SiCl_4	AlCl_3
沸点/ $^{\circ}\text{C}$	136	127	57	180

(3) “除钒”过程中的化学方程式为_____；“除硅、铝”过程中，分离 TiCl_4 中含 Si、Al 杂质的方法是_____。

(4) “除钒”和“除硅、铝”的顺序_____ (填“能”或“不能”)交换，理由是_____。

【答案】(3) $3\text{VOCl}_3 + \text{Al} = 3\text{VOCl}_2 + \text{AlCl}_3$ 蒸馏

(4) 不能 若先“除硅、铝”再“除钒”，“除钒”时需要加入 Al，又引入 Al 杂质；

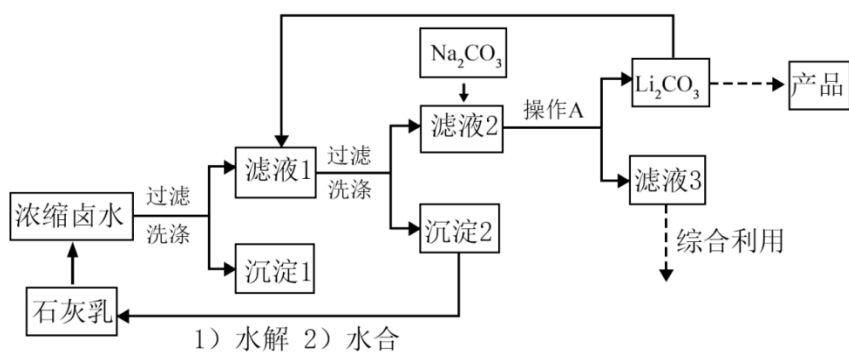
【分析】钛渣中加入 C、 Cl_2 进行沸腾氯化，转化为相应的氯化物，降温收尘后得到粗 TiCl_4 ，加入单质 Al 除钒，再除硅、铝得到纯 TiCl_4 ，加入 Mg 还原得到 Ti。

【解析】(3) “降温收尘”后钒元素主要以 VOCl_3 形式存在，加入 Al 得到 VOCl_2 渣，根据得失电子守恒和元素守恒配平方程式为 $3\text{VOCl}_3 + \text{Al} = 3\text{VOCl}_2 + \text{AlCl}_3$ ； AlCl_3 、 SiCl_4 与 TiCl_4 沸点差异较大，“除硅、铝”过程中可采用蒸馏的方法分离 AlCl_3 、 SiCl_4 ，故答案为： $3\text{VOCl}_3 + \text{Al} = 3\text{VOCl}_2 + \text{AlCl}_3$ ；蒸馏；

(4) 若先“除硅、铝”再“除钒”，“除钒”时需要加入 Al，又引入 Al 杂质，因此“除钒”和“除硅、铝”的顺序不能交换，故答案为：不能；若先“除硅、铝”再“除钒”，“除钒”时需要加入 Al，又引入 Al 杂质；

(5) 本工艺中加入 Mg 冶炼 Ti 的方法为热还原法；

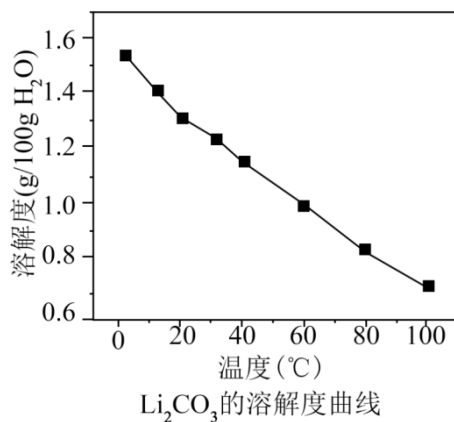
4. (2022·湖北卷) 全球对锂资源的需求不断增长，“盐湖提锂”越来越受到重视。某兴趣小组取盐湖水进行浓缩和初步除杂后，得到浓缩卤水(含有 Na^+ 、 Li^+ 、 Cl^- 和少量 Mg^{2+} 、 Ca^{2+})，并设计了以下流程通过制备碳酸锂来提取锂。



25°C 时相关物质的参数如下：

LiOH 的溶解度：12.4g/100gH₂O

化合物	K _{sp}
Mg(OH) ₂	5.6 × 10 ⁻¹²
Ca(OH) ₂	5.5 × 10 ⁻⁶
CaCO ₃	2.8 × 10 ⁻⁹
Li ₂ CO ₃	2.5 × 10 ⁻²



(2) 向“滤液 1”中加入适量固体 Li₂CO₃ 的目的是_____。

(3) 为提高 Li₂CO₃ 的析出量和纯度，“操作 A”依次为_____、_____、洗涤。

【答案】(2) 将 Ca²⁺ 转化成 CaCO₃ 沉淀除去，同时不引入新杂质

(3) 蒸发浓缩 趁热过滤

【分析】浓缩卤水(含有 Na⁺、Li⁺、Cl⁻ 和少量 Mg²⁺、Ca²⁺)中加入石灰乳[Ca(OH)₂]后得到含有 Na⁺、Li⁺、Cl⁻ 和 Ca²⁺ 的滤液 1，沉淀 1 为 Mg(OH)₂，向滤液 1 中加入 Li₂CO₃ 后，得到滤液 2，含有的离子为 Na⁺、Li⁺、Cl⁻ 和 OH⁻，沉淀 2 为 CaCO₃，向滤液 2 中加入 Na₂CO₃，得到 Li₂CO₃ 沉淀，再通过蒸发浓缩，趁热过滤，洗涤、干燥后得到产品 Li₂CO₃。

【解析】(2) 滤液 1 中含有 Na⁺、Li⁺、Cl⁻ 和 Ca²⁺

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/616141104113011101>