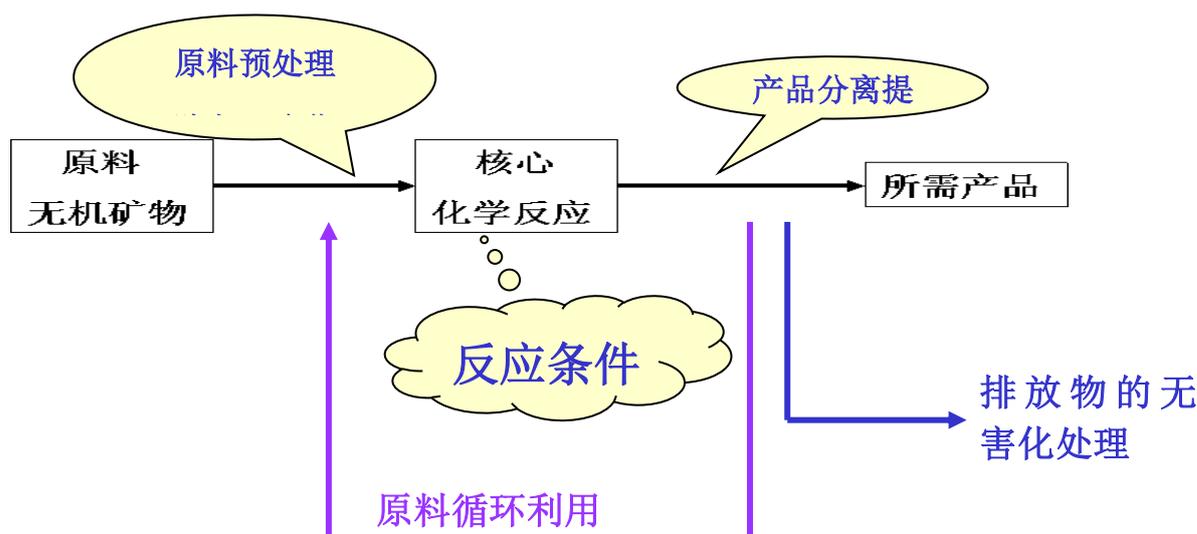


史上最详尽工艺流程题的答题要点

化学工艺流程试题是高考化学必考题型。此类试题具有较高的融合性，涉及知识面广、考察问题全面、题干信息量大，既能考察学生基本物质的相关性质和相关的实验操作的掌握还能考察基于基本概念原理基础上的学习能力。能够充分考查学生的化学学科核心素养的关键能力。这道题学生的得分率一直比较低，如何能突破它，对高考化学提分有重要的意义。

一、工艺流程题的主体框架



核心考点：物质的分离操作、除杂试剂的选择、生产条件的控制。这类题常围绕以下几个知识点进行设问：

- (1) 对矿石原料的预处理；
- (2) 速率与平衡理论的运用；
- (3) 化学反应的能量变化，盖斯定律的运用；
- (4) 流程中细节考察，特别是氧化还原反应以及改变方案对产物的影响；
- (5) 反应条件的控制（常考温度、pH 的控制）
- (6) 常用的除杂、分离、检验、洗涤、干燥方法及操作；

酒精洗涤的目的：减少洗涤时晶体的损失，酒精易挥发带走晶体表面的水分，干燥晶体。

(7) 物质的转化和循环、资源的回收和利用；

(8) 环境保护与绿色化学评价。

二、工艺流程题考察内容

(一)、原料预处理

1. **原材料:** 矿样 (明矾石、孔雀石、蛇纹石、大理石、锂辉石、黄铜矿、锰矿、高岭土, 烧渣), 合金 (含铁废铜), 药片 (补血剂), 海水 (污水)、软锰矿 (MnO_2) …

近五年高考流程题考查的元素

年份	省份	涉及元素	处理方法
2019	全国 I	Fe、Mg、B、Al、Si	调 PH、复分解反应
2018	全国 II	Fe、Cd、Pd	调 PH
2017	全国 I	Ti、Fe	调 PH 水解
2017	全国 II	Fe、Mg、Ca、Al、Si	调 PH
2017	全国 III	Fe、Cr、Al、Si	溶解性、调 PH
2016	全国 III	Fe、V、Al、Si	加试剂生成氢氧化物
2015	全国 I	Fe、Mg、Ca、Al、Si	磁铁, 调 PH
2013	全国 I	Li、Al、Co	萃取、调 PH
2013	全国 II	Fe、Zn	调 PH、置换反应

2. 原料的预处理

① 研磨 (适用于有机物的提取 如苹果中维生素 C 的测定等)、粉碎; 搅拌、振荡; 逆流、雾化、沸腾炉。

目的——增大固液、气液、固固、液液、气气的接触面积, 加快溶解速率或反应速率, 提高反应物转化率 (或溶解浸出率)。

②溶解：加水溶解；加酸溶解；加碱溶解；有机溶剂溶解

目的：使可溶性金属（非金属）离子（或有机物进入溶液，不溶物通过过滤除去

浸出：固体加水（酸）溶解得到离子

浸出率：固体溶解后，离子在溶液中含量的多少（更多转化）

注意：多次溶浸或延长溶浸时间只提高浸出率不能提高速率（类比煲老火靓汤及煲中药）

③灼烧——除去可燃性杂质或使原料初步转化，如从海带中提取碘时的灼烧就是为了除去可燃性杂质。

④煅烧——如煅烧高岭土，改变结构，使一些物质能溶解，并使一些杂质在高温下氧化、分解。

（二）、反应条件的控制（温度、压强、催化剂、原料配比、PH调节、溶剂选择）

控制反应条件的方法

①控制溶液的酸碱性使其某些金属离子形成氢氧化物沉淀 —— pH 值的控制。

例如：已知下列物质开始沉淀和沉淀完全时的 pH 如下表所示

物质	开始沉淀	沉淀完全
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	2.7	3.7
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	7.6	9.6
$\text{Mn}(\text{OH})_2$	8.3	9.8

问题：若要除去 Mn^{2+} 溶液中含有的 Fe^{2+} ，应该怎样做？

调节 pH 所需的物质一般应满足两点：

①、能与 H^+ 反应，使溶液 pH 值增大；不引入新杂质。

例如：若要除去 Cu^{2+} 溶液中混有的 Fe^{3+} ，可加入 CuO 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 等物质来调节溶液的 pH 值

②蒸发、反应时的气体氛围 如从溶液中析出 FeCl_3 、 AlCl_3 、 MgCl_2 等溶质时，应在 HCl 的气流中加热，以防其水解。

(1)如果在制备过程中出现一些受热易分解的物质或产物，则要注意对温度的控制。如：侯德榜制碱中的 NaHCO_3 ；还有如 H_2O_2 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 KMnO_4 、 AgNO_3 、 HNO_3 （浓）等物质。

(2)如果产物是一种会水解的盐，且水解产物中有挥发性的酸产生时，则加相对应的酸来防止水解。如：制备 FeCl_3 、 AlCl_3 、 MgCl_2 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 等物质时，要蒸干其溶液得到固体溶质时，都要加相应的酸或在酸性气流中干燥来防止它水解，否则得到的产物分别是 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 MgO 、 CuO ；而像 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 NaAlO_2 、 Na_2CO_3 等盐溶液，虽然也发生水解，但产物中 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 H_2SO_4 、 NaHCO_3 、 NaOH 都不是挥发性物质，在蒸发时，抑制了盐的水解，最后得到的还是溶质本身。

③加热的目的 加快反应速率或促进平衡向某个方向移动

④降温反应的目的 防止某物质在高温时会溶解或为使化学平衡向着题目要求的方向移动

⑤控制压强 改变速率，使平衡向需要的方向移动

⑥使用正催化剂 加快反应速率，缩短达到平衡需要的时间。

⑦趁热过滤 防止某物质降温时会有晶体析出

⑧冰水洗涤 洗去晶体表面的杂质离子，并减少晶体在洗涤过程中的溶解损耗。

⑨用有机溶剂洗涤的优点：a、减少目标物的溶解损耗（一般用 75% 的乙醇） b、增加有机杂质的溶解量 c、由于有机溶剂易挥发，能使晶体快速干燥。

乙醇或乙醚洗涤的目的：降低被洗涤物质的溶解度，减少其在洗涤过程中的溶解损耗，得到较干燥的产物。（乙醇易挥发，有利于干燥，同时可防止溶质与水反应生成结晶水合物）

⑩保护气：充入氮气（二氧化碳，稀有气体）等，隔绝空气，防止还原性的物质或离子被氧化或防止弱离子水解。

(11)事先煮沸溶液的原因：除去溶解在溶液中的气体(如氧气)防止某物质被氧化。

(三)、反应原理（离子反应、氧化还原反应、化学平衡、电离平衡、溶解平衡、水解原理、物质的分离与提纯）

①过滤——固、液分离，根据特殊需要采取趁热过滤或者抽滤等方法

②结晶——固体物质从溶液中析出的过程（蒸发溶剂、冷却热饱和溶液、蒸发浓缩）

其中结晶应注意：

结晶方法一般为2种：

一种是蒸发结晶（适用于溶质的溶解度随温度变化而变化不大的）。

一种是降温结晶（适用于溶质的溶解度随温度变化而变化较大的）。

（后者具体形式又分为①冷却结晶。②蒸发浓缩、冷却结晶。③蒸发浓缩、趁热过滤、冷却结晶。）

（1）当溶液是单一溶质时

①当溶质的溶解度随温度变化不大：（如 NaCl）：蒸发结晶。（至有大量晶体出现）

②溶质的溶解度随温度降低而变化较大：（如 KNO_3 ）：冷却结晶（高温下先配成饱和溶液）。

③溶质的溶解度随温度降低而变化较大：（易水解的溶质或结晶水合物）要从稀溶液得到带结晶水的晶体（如 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、摩尔盐即硫酸亚铁铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）：蒸发浓缩（至有晶膜出现），冷却结晶（过滤）。

（2）当溶液中有两种或以上溶质时：

A、要使受温度影响最大、溶解度最大的溶质最先结晶析出：（如除去 KNO_3 中的少量 NaCl）：蒸发浓缩、冷却结晶（过滤、洗涤、干燥）。

B、要使受温度影响最小、溶解度最小的溶质最先结晶析出：（如除去 NaCl 中的少量 KNO_3 ）：蒸发浓缩（至结晶）、趁热过滤、（洗涤、干燥）。

C、要使受温度影响大、溶解度大的溶质留在滤液中：必须趁热过滤。

③蒸馏或分馏——分离沸点不同且互溶的液体混合物，如分离乙醇和甘油

- ④分液——互不相溶的液体间的分离
- ⑤萃取——用一种溶剂将溶质从另一种溶剂中提取出来。
- ⑥升华——将可直接气化的固体分离出来。
- ⑦盐析——加无机盐使溶质的溶解度降低而析出
- ⑧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和氮气、氢气。

(四)、绿色化学(物质的循环利用、废物处理、原子利用率、能量的充分利用)

- ①成本意识：转化率、利用率、原料价格、能耗的控制、原料、能量的循环利用。
- ②效率意识：生产速率、催化剂的使用、反应条件的选择。
- ③环保意识：绿色化学
- ④解决将原料转化为产品的生产原理；
- ⑤除去所有杂质并分离提纯产品；
- ⑥提高产量与产率；
- ⑦减少污染，考虑“绿色化学”生产；
- ⑧原料的来源既要考虑丰富，还要考虑成本问题；
- ⑨生产设备简单，生产工艺简便可行等工艺生产问题

(五)、化工安全(防爆、防污染、防中毒)等。

三、工艺流程题简答题

1、沉淀洗涤的目的：除掉附着在沉淀表面上的可溶性杂质离子

沉淀洗涤的操作：沿玻璃棒往漏斗中(工业上改为往过滤器中)加入适量蒸馏水(或其他溶

剂), 至液面刚好浸没沉淀, 待水自然流下后, 重复以上操作 2-3 次。

关于洗涤的几种特殊情况

冷水洗涤——减少沉淀的溶解; 防止温度高时, XX 物质溶解

酒精洗涤——减少晶体溶解, 得到较干燥的沉淀

2、检验沉淀是否完全的操作: 静置, 取上层清液少量于试管中, 滴加沉淀剂 (通常可继续滴加原来的沉淀剂), 若没有 (X X) 沉淀产生, 则说明沉淀已经完全, 反之, 则说明沉淀没有完全。

过滤, 取少量滤液于试管中, 滴加沉淀剂 (通常可继续滴加原来的沉淀剂), 若没有 (X X) 沉淀产生, 则说明沉淀已经完全, 反之, 则说明沉淀没有完全。

注意: 有“是否”答两方面, 有“已经”答一方面 (肯定方面)

3、检验沉淀是否洗涤干净的操作: 取最后一次洗涤液少量于试管中, 滴加沉淀剂 (看沉淀中的杂质来选沉淀剂), 如没有 (X X) 沉淀产生, 则说明沉淀已经洗涤干净, 反之, 则说明沉淀没有洗涤干净。

4、析出晶体的操作: **A:** 蒸发 (加热) 浓缩、趁热过滤、(冷却结晶) 过滤、洗涤、干燥 (一般指混合液且溶解度受温度影响较小的是主要)。加热到有大量晶体出现时, 停止加热。 **B:** 蒸发 (加热) 浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥 (一般指单一溶液且溶解度受温度影响较大或混合液且溶解度受温度影响较大的是主要); 加热到有少量晶膜出现时, 停止加热 **C:** 蒸发结晶 (一般指单一溶液且溶解度受温度影响不大); 加热蒸发到出现较多晶体, 剩余较少水时, 停止加热。

5、调节 PH 值的作用: 抑制 XX (离子) 的水解; 促进 XX (离子) 水解完全, 形成 X X 沉淀, 以便除去; 除去 XX (离子), 以免干扰 XX

6、控制 PH 值: 促进 (XX) 离子水解, 使其沉淀, (而其它离子不沉淀) 利于过滤分离

7、趁热过滤的目的是: 防止温度降低时, XX (晶体) 析出。

8、进行“趁热过滤”, 可采取的措施是: 用已预热的布氏漏斗趁热抽滤: 用热过滤装置过滤

9、加速某固体的溶解的措施: 加热和搅拌

10、水浸时采用加热和搅拌操作的目的是：使 XX 尽可能多和尽可能快地溶解在溶液中。答题扣住：增大 XX 的溶解度和提高 XX 的溶解速度

11、操作的名称是：过滤(洗涤)、萃取、分液、蒸馏等。

12、操作用到的玻璃仪器是：过滤：玻璃棒、烧杯、漏斗；分液：分液漏斗；高温灼烧：坩埚、坩埚钳

13、要求温度控制在具体的一个温度范围内：用水浴（100⁰C 以内）加热或用油浴加热

温度控制在具体的一个温度范围内一般有以下几个目的：

a、防止某种物质温度过高时会分解或挥发，也可能是为了使某物质达到沸点挥发出来。b、使催化剂的活性达到最好：

c、防止副反应的发生：

d、对于一些工艺来说，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。

14、冰水中反应或降温反应或低温加热的目的：防止某物质在高温时会溶解或分解或为使化学平衡向着题目要求的方向移动；

15、水浴加热的目的是：受热均匀，便于控制温度。

16、加入试剂的作用

(1) 酸： 溶解、去氧化物（膜）、调节 PH，抑制水解。

(2) 碱： 去油污，去铝片氧化膜，溶解铝，调节 PH，抑制水解。

(3) 氧化剂：氧化某物质，转化为易于被除去（沉淀）的离子。如除去 Fe²⁺，通常加入氧化剂（如 H₂O₂）将其氧化成 Fe³⁺，再调节 PH 使之沉淀。

(4) 氧化物：调节 PH，促进水解。如在酸性溶液中可加入 CuO，使 PH 上升。

17、实验过程中，可循环使用的物质为：关键看反应物

18、反应中副产品的判断：关键看涉及到的反应

19、过滤的滤渣（滤液）或沉淀的化学式（成分）为：关键看涉及到的反应和杂质成分

- 20、晶体进一步提纯的方法：重结晶
- 21、加入某种试剂过量的作用：保证 XX（另外一种反应物）反应完全
- 22、书写离子方程式或化学方程式：关键是判断反应物和生成物，氧化还原反应注意价态变化，无法配平时，可考虑方程式两边加 H_2O 、 H^+ 、 OH^- 注意写反应条件、配平、气体符号、沉淀符号。
- 23、保证反应顺利进行采取的措施：加过量的某种反应物（一般指易得或廉价的物质）；从反应体系中分离出 XX 物质
- 24、对综合生产效益有何影响或评价实验方案优缺点：如原料成本，原料来源是否广泛、是否可再生，能源成本，对设备的要求，环境保护（从绿色化学方面作答）
- 25、煮沸的目的：促进水解，胶体聚沉后利于过滤分离；除去溶解在溶液中的气体，如氧气
- 26、XX 装置的作用：安全瓶：导气，冷凝、除杂：除去 XX（杂质）、干燥：干燥 XX 气体、隔绝空气中的水蒸气（二氧化碳）
- 27、通入空气（或其他气体）的目的：赶尽装置中的 XX 气体（把装置中的 XX 气体排出），减少实验误差
- 28、控制流速的方法：控制单位时间内产生气泡的数目
- 29、判断达到滴定终点的依据是：当滴加最后一滴 XX 溶液，溶液 X 色刚好褪去，且半分钟内不恢复；当滴加最后一滴 XX 溶液，溶液刚好由 X 色变为 X 色，且半分钟内不褪色（不变色）。
- 30、提高平衡转化率的措施或提高产率：从反应体系中分离出某种产物；增加某种反应物的量

四、工艺流程题的考查过相关内容

1、“浸出”步骤中，为提高镁的浸出率，可采取的措施有：

答：适当提高反应温度、增加浸出时间，适当增大硫酸的浓度，边加硫酸边搅拌

2、如何提高吸收液和 SO_2 反应速率：

答：适当提高温度、增大吸收液或 NaClO_3 的浓度、增大 SO_2 与吸收液的接触面积或搅拌

3、从溶液中得到晶体：

答：注意“蒸发浓缩”后，是“冷却结晶”还是“趁热过滤”，结晶→过滤→洗涤→干燥

4、过滤用到的三个玻璃仪器：

答：普通漏斗、玻璃棒、烧杯

5、过滤后滤液仍然浑浊的可能的操作原因：

答：玻璃棒下端靠在滤纸的单层处，导致滤纸破损；漏斗中液面高于滤纸边缘

6、沉淀洗涤操作：

答：沿玻璃棒往漏斗中（工业上改为往过滤器中）加入适量蒸馏水（或其他溶剂），至液面刚好浸没沉淀，待水自然流下后，重复以上操作 2-3 次

7、检验沉淀 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 是否洗涤干净（含 SO_4^{2-} ）：

答：取少量最后一次洗涤液于试管中，加入 BaCl_2 溶液，若有白色沉淀则说明未洗涤干净，若无白色沉淀则说明洗涤干净

8、如何从 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 中得到无水 MgCl_2 ：

答：在干燥的 HCl 气流中加热，干燥的 HCl 气流中抑制了 MgCl_2 的水解，且带走 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 受热产生的水蒸气，故得到无水 MgCl_2

9、直接加热 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 易得到 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ 的方程式；加热 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 生成 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ 的方程式



10、 CuCl_2 中混有 Fe^{3+} 加何种试剂调 pH 值：

答： CuO 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 CuCO_3 、 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 。原因：加 CuO 消耗溶液中的 H^+ 的，促进 Fe^{3+} 的水解，生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀析出

11、调 pH 值使得 Cu^{2+} （4.7-6.2）中的 Fe^{3+} （2.1~3.2）沉淀，pH 值范围是：

答：3.2~4.7。原因：调节溶液的 pH 值至 3.2~4.7，使 Fe^{3+} 全部以 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀的形式析出而 Cu^{2+} 不沉淀，且不会引入新杂质

12、产品进一步提纯的方法： 答：重结晶

13、趁热过滤的原因即操作：

答：减少过滤时间、保持过滤温度，防止××杂质析出；操作：已预热的布氏漏斗趁热抽滤

14、水浴加热的好处：

答：受热均匀，温度可控，且温度不超过 100℃

15、减压蒸发（小心烘干）：

答：常压蒸发温度过高，××易分解；或者减压蒸发降低了蒸发温度，可以防止××分解

16、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀中混有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 应怎样除去：

答：加入 MgCl_2 溶液，充分搅拌，过滤，沉淀用蒸馏水洗涤

17、蒸发浓缩用到的主要仪器有_____、_____、烧杯、酒精灯等

答：蒸发皿、玻璃棒。还有取蒸发皿用坩埚钳

18、不用其它试剂，检查 NH_4Cl 产品是否纯净的方法及操作是：

答：加热法；取少量氯化铵产品于试管底部，加热，若试管底部无残留物，表明氯化铵产品纯净

19、检验 NH_4^+ 的方法是：

答：取××少许，加入 NaOH 溶液后加热，生成的气体能使润湿的红色石蕊试纸变蓝。（注意方法与操作的差别）

20、过滤的沉淀欲称重之前的操作：

答：过滤，洗涤，干燥，（在干燥器中）冷却，称重

21、“趁热过滤”后，有时先往滤液中加入少量水，加热至沸，然后再“冷却结晶”：

答：稀释溶液，防止降温过程中××析出，提高产品的纯度

22、苯甲酸的重结晶中粗苯甲酸全部溶解后，再加入少量蒸馏水的目的：

答：为了减少趁热过滤过程中损失苯甲酸，一般再加入少量蒸馏水

23、加 NaCl 固体减低了过碳酸钠的溶解度，原因：

答：Na⁺浓度显著增加抑止了过碳酸钠的溶解

24、检验 Fe(OH)₃ 是否沉淀完全的试验操作是：

答：取少量上层清液或过滤后的滤液，滴加几滴 KSCN 溶液，若不出现血红色，则表明 Fe(OH)₃ 沉淀完全。

25、检验滤液中是否含有 Fe³⁺的操作是：

滴入少量 KSCN 溶液，若出现血红色，则证明有 Fe³⁺

(或加 NaOH，根据情况而定)

26、趁热过滤采取的措施 答：用已预热的布氏漏斗

27、高铁酸钾在水中既能消毒杀菌，又能净水，是一种理想的水处理剂。它能消毒杀菌是因为高铁酸钾(K₂FeO₄)有强氧化性；它能净水的原因是高铁酸钾的还原产物水解产生的 Fe(OH)₃ 胶体有吸附性（有絮凝作用），使水澄清。

(自己也可以继续总结)

五、自我提醒，注意细节

提高得分：规范，细节，技巧

(1) 文字叙述类的题目要规范解答，防止出现因叙述不严谨导致的失分。如：

①如何洗涤沉淀：沿玻璃棒继续向漏斗中加溶剂（冰水、乙醇、水）至没过沉淀，待溶剂自然流下之后，重复操作 2~3 次。

②如何证明沉淀完全：如向含 XX 的溶液中加入 XX(如 BaCl₂) 溶液，将沉淀静置，取上层清液，再加 BaCl₂ 溶液，若无白色沉淀生成，说明沉淀完全。

③检验沉淀已洗涤干净的操作：取少许最后一次洗涤液于试管中，滴加少量 XX (BaCl_2) 溶液，若无白色沉淀生成，则已洗涤干净。

④如何从溶液中得到晶体：注意“蒸发浓缩”后，是“冷却结晶”还是“趁热过滤”，
结晶→过滤→洗涤→干燥

⑤在写某一步骤是为了除杂时，应该注明“是为了除去 XX 杂质”，只写“除杂”等一类万能式的回答是不正确的。

(2) 认真审题，不要因审题不细致而失分。如：

①填“化学方程式”还是“离子方程式”。

②填“名称”“符号”还是“代号”“序号”等。

③填“大于”还是“>”，“增大”还是“变大”等。

④填“化学式”“分子式”“结构式”“结构简式”“最简式”还是“电子式”等。

⑤书写化学方程式时要注意配平、注明反应条件以及“ ” “====” “ ” “↑” “↓”等。