



# 构建思维模型解析化工流程题

李晓文

(西安高新一中实验中学 陕西 西安 710000)

**摘要:**近年来高考必考的化工流程题以实际化工生产为载体,涉及《化学反应原理》中的大部分核心知识,对学生的化学核心素养进行综合考查。通过建立化工流程题分析模型,从“繁杂”中寻求“有序”,帮助高三学生养成有序思维的习惯,以便轻松应对高考。

**关键词:**化工流程;思维模型

文章编号:1002-2201(2023)12-0074-02

中图分类号:G632.429

文献标识码:C

化学科学引人入胜、魅力无穷,在于可实现化学物质之间的相互转化,创造新物质,为社会进步与发展提供坚实的物质支撑。化学工艺流程题以现代化学工业生产实际或科学实验中的真实情境为基础,一般以无机化合物转化过程中的化工单元操作为节点,呈现从原料到目标产物之间制备或生产的路线,与化学原理、生产成本、除杂净化、分离提纯、产品产率计算以及环境保护等知识相融合,考查考生对物质的溶解、检验、分离、提纯等基本实验原理在内的多方面的化学知识及其应用。本文建立了化学流程题的分析模型,并用其对2023年高考理综全国甲、乙卷中的两道化工流程题进行分析,以体现其实效性和实用性,帮助学生从“繁杂”中寻求“有序”,培养有序思维的习惯,提高高考应对能力。

## 一、化工流程题分析模型

分析化工流程题,首先要依据原料和产品找出中心元素,接着抓住中心元素每一步的变化方向,最后根据化学原理紧扣题设信息,厘清有关反应和操作的目的及其中涉及的化学知识(如化学反应速率及转化率的影响、沉淀的溶解及生成、电化学知识、产率的计算、绿色化学等)。化工流程题的分析模型如图1所示。

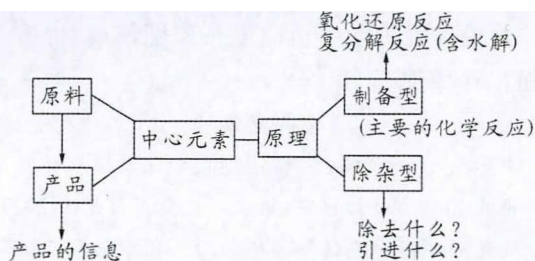


图1 化工流程题分析模型

## 二、题目分析

**例1.**(2023年全国甲卷26题)  $\text{BaTiO}_3$  是一种压电材料。以  $\text{BaSO}_4$  为原料,采用图2所示路线可制备粉状  $\text{BaTiO}_3$ 。

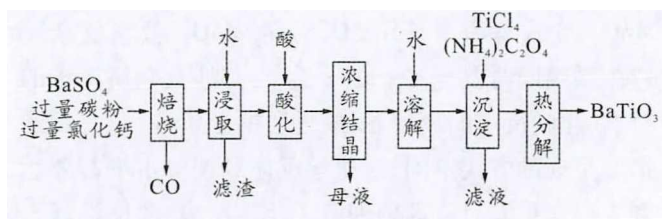


图2 合成路线

回答下列问题:

- (1)“焙烧”步骤中碳粉的主要作用是\_\_\_\_\_。
- (2)“焙烧”后固体产物有  $\text{BaCl}_2$ 、易溶于水的  $\text{BaS}$  和微溶于水的  $\text{CaS}$ 。“浸取”时主要反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。
- (3)“酸化”步骤应选用的酸是\_\_\_\_\_(填标号)。  
a. 稀硫酸    b. 浓硫酸    c. 盐酸    d. 磷酸
- (4)如果焙烧后的产物直接用酸浸取,是否可行? \_\_\_\_\_,其原因是\_\_\_\_\_。
- (5)“沉淀”步骤中生成  $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- (6)“热分解”生成粉状钛酸钡,产生的  $n_{\text{CO}_2}$ :  
 $n_{\text{CO}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

**分析:**依据化工流程题分析模型,先总览工艺流程图,首先要依据原料  $\text{BaSO}_4$  和目标产物压电材料  $\text{BaTiO}_3$  找出中心元素——Ba,接着分析中心元素Ba的每一步变化方向,最后根据化学原理紧扣题设信息



厘清有关反应和操作目的及其中涉及的化学知识。

“焙烧”：目标产物  $\text{BaTiO}_3$  是通过“沉淀”步骤得到的前驱体  $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$  沉淀热分解制得的。工艺流程图中“沉淀”步骤之前的操作都是为了获得游离的  $\text{Ba}^{2+}$ ，而原料  $\text{BaSO}_4$ （矿物重晶石的主要成分）是不溶于水及无机酸的。欲使不溶于水及酸的物质中的中心元素以  $\text{Ba}^{2+}$  形式进入溶液中，必须首先改变其存在形态（价态或抗衡异号离子），本题中改变了其阴离子，由  $\text{BaSO}_4$  转化为  $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{BaS}$ 。火法转变是常见的操作，称作焙烧。通过  $\text{BaSO}_4$  与碳粉和  $\text{CaCl}_2$  混合物的焙烧反应，将  $\text{SO}_4^{2-}$  转化为  $\text{S}^{2-}$ ，最后得到  $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{BaS}$  和  $\text{CaS}$  等易溶于水的混合物。从上述分析中可知(1)问中“焙烧”步骤中碳粉的主要作用是作还原剂。

“浸取”：由题中信息可知  $\text{CaCl}_2$  过量且水中  $\text{BaS}$  的溶解度大于  $\text{CaS}$ ，因此先对焙烧后固体物（焙砂）进行水浸取，使  $\text{BaS}$  转化为  $\text{BaCl}_2$ ，同时形成残渣  $\text{CaS}$  过滤除去。

“酸化”：接着再进行酸化，酸化试剂需要满足  $\text{Ba}^{2+}$  不形成沉淀的同时不引入杂质。(3)中“酸化”步骤应选用盐酸；(4)中如果焙砂不经过“水浸”，直接“酸浸”则会形成大量的  $\text{H}_2\text{S}$  有毒气体污染环境。

“沉淀”：利用草酸盐易于热分解获得金属混合氧化物的特点，继续加入草酸铵和四氯化钛得到目标产物的前驱体—— $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ 。

“热分解”： $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$  热分解获得目标产物  $\text{BaTiO}_3$ 。 $\text{BaTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$  热分解反应是一个陌生反应，其反应方程式的书写主要依据原子守恒和得失电子守恒来判断。显然，热解产物中  $n(\text{CO}_2):n(\text{CO})$  的比值取决于  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  中 C 的化合价，可见它们的比值为 1:1，无须通过书写完整化学方程式便可判断： $\text{BaTiO}(\overset{+3}{\text{C}_2}\text{O}_4) \longrightarrow \overset{+4}{\text{CO}_2} + \overset{+2}{\text{CO}}$ 。

例 2. (2023 年全国乙卷 27 题)  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  作为一种新型锂电池正极材料受到广泛关注。由菱锰矿 ( $\text{MnCO}_3$ ，含有少量 Si、Fe、Ni、Al 等元素) 制备  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  的流程如图 3 所示。

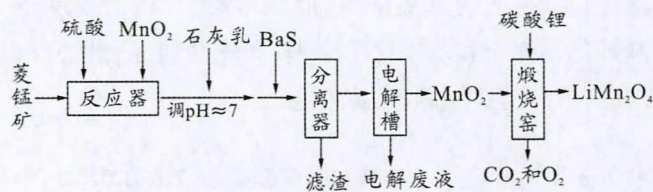


图 3 制备流程

已知： $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 2.8 \times 10^{-39}$ ， $K_{sp}[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1.3 \times 10^{-33}$ ， $K_{sp}[\text{Ni}(\text{OH})_2] = 5.5 \times 10^{-16}$ 。回答下列问题：

(1) 硫酸溶矿主要反应的化学方程式为\_\_\_\_。为提高溶矿速率，可采取的措施\_\_\_\_（举 1 例）。

(2) 加入少量  $\text{MnO}_2$  的作用是\_\_\_\_。不宜使用  $\text{H}_2\text{O}_2$  替代  $\text{MnO}_2$ ，原因是\_\_\_\_。

(3) 溶矿反应完成后，反应器中溶液  $\text{pH} = 4$ ，此时  $c(\text{Fe}^{3+}) = \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ；用石灰乳调节至  $\text{pH} \approx 7$ ，除去的金属离子是\_\_\_\_。

(4) 加入少量  $\text{BaS}$  溶液除去  $\text{Ni}^{2+}$ ，生成的沉淀有\_\_\_\_。

(5) 在电解槽中，发生电解反应的离子方程式为\_\_\_\_。随着电解反应的进行，为保持电解液成分稳定，应不断\_\_\_\_。电解废液可在反应器中循环利用。

(6) 煅烧窑中，生成  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  反应的化学方程式是\_\_\_\_。

分析：依据化工流程题分析模型，先总览工艺流程图，首先要依据原料菱锰矿  $\text{MnCO}_3$  和目标产物新型锂电池正极材料  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  找出中心元素——Mn，接着分析中心元素 Mn 的每一步变化方向，最后根据化学原理紧扣题设信息厘清有关反应和操作目的及其中涉及的化学知识。

“反应器”——浸取、氧化：原料为菱锰矿  $\text{MnCO}_3$  及含有的硅酸盐和某些无机金属化合物，浸取用硫酸和  $\text{MnO}_2$ ， $\text{MnCO}_3$  和硫酸反应生成的  $\text{MnSO}_4$  易溶于水，浸取获得游离的  $\text{Mn}^{2+}$ ；含硅化合物则以  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  形式作为残渣分离。本步为固液反应，(1)中加快反应的措施：一是研细固体反应物，二是提高浸取液酸度，三是适当提高反应温度。(2)中浸取液中加入  $\text{MnO}_2$  的目的是将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ ，同时引入核心元素但不引入杂质。不能用  $\text{H}_2\text{O}_2$  替代  $\text{MnO}_2$  是因为  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  及  $\text{Mn}^{2+}$  都可作为催化剂加速  $\text{H}_2\text{O}_2$  的分解，导致成本提高，而  $\text{MnO}_2$  作为氧化剂，本身反应后又是目标产物的成分，两全其美。

“调 pH、加硫化物”——沉淀除杂：考查难溶沉淀溶解平衡：一是氢氧化物沉淀，根据溶度积常数，很容易计算出  $\text{pH} = 4$  时  $\text{Fe}^{3+}$  浓度以及  $\text{pH} = 7$  时何种离子开始沉淀，也能知道大部分  $\text{Ni}^{2+}$  也会以氢氧化物的形

# 基于“STEM”理念的化学跨学科作业设计\*

吴懿<sup>1</sup> 李璐<sup>2</sup> 周梦娇<sup>1</sup> 黄茜<sup>1</sup>

(1 长沙市雨花区雅境中学 湖南 长沙 410014; 2 宁乡市梅花初级中学 湖南 长沙 410100)

**摘要:**STEM教育作为当今时代全新的教育范式,受到全球教育领域的广泛关注。将STEM教育理念与我国初中化学作业设计现状相结合,在实践活动中构建和完善学生的跨学科知识,提高化学作业的有效性,发展学生的化学核心素养。

**关键词:**STEM;化学;作业设计

**文章编号:**1002-2201(2023)12-0076-03

**中图分类号:**G632.3

**文献标识码:**C

STEM教育是科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、数学(Mathematics)教育的简写,提倡跨学科教育,以学习者为中心,将其生活经验和多学科知识进行整合,既可以开阔学生的知识面,又能最大限度地提高学生运用综合知识解决问题的能力。STEM跨学科作业就是在融合STEM理念的教育方式下,将不同学科的教学内容有机结合在一起,在学习任务设计上调动学生的多重认知,使其较高质量地完成书面或综合性作业。

## 一、STEM作业目标分析

STEM作业将化学与生物、地理、语文学科充分融合,运用爱剪辑、剪映、美图秀秀等软件,通过班级小管家、智慧课堂、腾讯在线文档等平台记录综合性作业的过程性成果,最终达到制作盆栽、将垃圾变废为宝、处理圭塘河垃圾的目的。

### 1. STEM作业的功能

作业是课堂教学的补充和延伸,同时承载着检测

课程教学效果,促进学生全面发展,指导完善教学行为的功能<sup>[1]</sup>。通过调查(见图1)发现,绝大多数学生认为完成老师布置的化学作业能够帮助记住并运用知识;提高化学学习兴趣;拓展学习课外知识,开拓视野;帮助发现生活中的化学问题并解决问题;甚至有助于提高动手能力。STEM作业淡化学科界限<sup>[2]</sup>,使学生在不同学科知识的相互交叉、渗透和整合中开阔视野,激发学习兴趣,提高学习效率,培养学生的实践能力和创新能力。

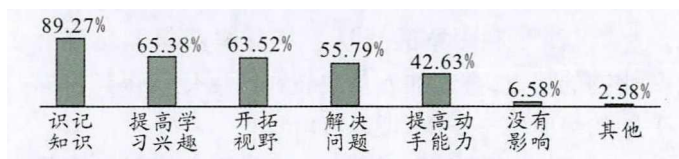


图1 完成作业对所学知识的影响

## 2. STEM作业的实施现状

目前学校实施的化学作业有习题册、自编作业、小论文、实验探究、制作发明、跨学科类作业等类型。

式沉淀除去。二是硫化物沉淀,残留的少部分 $\text{Ni}^{2+}$ 则形成溶解度更小的硫化物沉淀除去。

“电解槽”——电解工艺:电解工艺明确产物为 $\text{MnO}_2$ ,因而是一个电氧化过程,(5)中电解反应的离子方程式为 $\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + \text{MnO}_2 \downarrow + 2\text{H}^+$ 。由此可见,电氧化过程会使电解液的酸度不断增加,有必要加入碱降低其酸度,可以加入 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,不引入杂质。

“煅烧窑”——合成目标产品:最后一步为目标产物的制备,(6)中生成 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 反应的化学方程式为 $2\text{Li}_2\text{CO}_3 + 8\text{MnO}_2 = 2\text{CO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 。反应中, $\text{Mn}(+4) \rightarrow \text{Mn}(+3.5)$ 被还原,因而有氧气逸出。

总之,化工流程试题,虽然赋予了题目的应用性,接近化学生产的真实情境,但在本质上,仍需要基于基础化学知识和基本化学原理,立体性和综合性分析问题,最终解决问题,完成答卷。

\*雨花区教育科学研究所“十四五”规划课题“技术支持背景下初中化学作业设计的实践研究”(课题编号:YHGH202221)研究成果;湖南省教育信息技术研究课题“‘互联网+’条件下学生新型学习方式研究”(课题立项号:HNETR22002)研究成果。