

利用“模型法”突破工艺流程图题

黄海云

(广州市萝岗区华峰中学, 广东广州 510530)

摘要: 通过对工艺流程图题中实例原型的提炼与概括, 抽象出分析解决常见问题的策略方法, 以形成分析式、归类式与程序式等模型, 为解决工艺流程图题提供类比参考。在应用“模型法”协助学生解决工艺流程图题时, 要注重引导学生绘制流程图, 并逐步丰富与完善模型, 以提升学生解决问题的正确性和创新性。

关键词: 模型; 模型法; 工艺流程图题

文章编号: 1005-6629(2015)1-0084-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

工艺流程图题是对化工生产过程(或化学实验研究过程)进行概括与抽象, 将主要操作步骤或物质转化用框图与箭头连接起来, 并以文字、表格或图像补充相关信息, 然后针对流程中涉及到的中学化学知识进行设问^[1]。工艺流程图题综合了元素化合物、反应原理以及实验操作等知识内容, 能考查学生分析问题与解决问题的综合能力, 已成为化学高考试题中常见的题型。

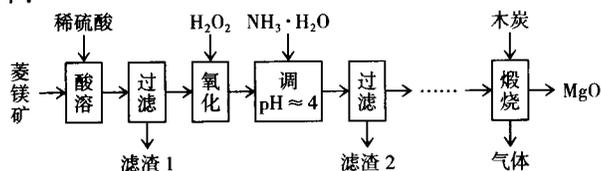
将分析与解决工艺流程图题中常见问题的策略方法进行提炼与概括, 抽象出解决此类问题的通用模式, 称之为模型。类比迁移模型去解决工艺流程图题, 可以使复杂的工艺流程问题变得简单而有规律, 能够使解题过程模式化、程序化与规范化, 从而能够有效地突破工艺流程图题。

1 建构模型

建构模型, 就是把研究对象, 即实例原型的一些次要细节及非本质内容舍去, 将解决问题的分析思路与步骤方案进行提炼与概括, 并用符号、线条与图形等形式, 简化和理想化原型中的各种复杂结构、功能和联系^[2]。依据实例原型建构模型会比较直观、具体, 学生应用起来也会比较自如。

案例1 建构工艺流程图分析模型

(2013 江苏, 16) 以菱镁矿(主要成分为 $MgCO_3$, 含少量 $FeCO_3$) 为原料制备高纯氧化镁的实验流程如下:



该工艺是先将化工原料菱镁矿用稀硫酸进行预处理, 然后除去不溶于稀硫酸的杂质——滤渣1。再将杂

质 Fe^{2+} 经 H_2O_2 氧化为 Fe^{3+} , 之后通过加入 $NH_3 \cdot H_2O$ 调高 pH 以除去 $Fe(OH)_3$ ——滤渣2。最后将 $MgSO_4$ 溶液蒸干得到 $MgSO_4$ 固体, 再用木炭还原制备高纯度 MgO 。在实验流程中, “用木炭还原 $MgSO_4$ 制备 MgO ” 是该实验的主要目的, 称之为核心反应, 其他实验操作都是为了铺垫或延续该核心反应。

结合其他一些工艺流程图, 可以概括抽象出工艺流程图的一般组成与流程顺序: 预处理原料→除杂→核心反应→分离产品→提纯产品等。其中制得目标产品是工艺流程的宗旨, 整个流程操作都是围绕此宗旨而进行。工艺流程图的一般分析模型如下:

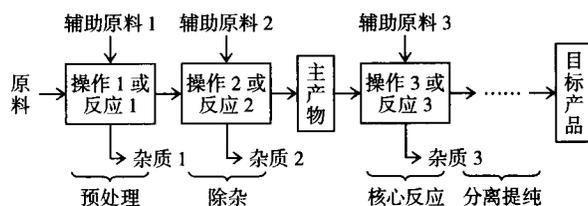


图1 工艺流程图的分析模型

流程图中箭头进入的是投料(即反应物)、出去的是生成物(包括主产物和副产物)。在工艺流程图中, 将各个部分按照一定顺序连接在一起的纽带称之为为主线, 常见的主线有: 以物质转化为主线、以物质转化的设备为主线、以物质转化的操作为主线以及混合型主线等^[3]。除主线之外, 杂质及副产物为支线, 可循环利用的物质则采用回头线。

2 模型的种类

根据模型的形态与应用功能, 模型可分为分析式模型、归类式模型与程序式模型等。

2.1 分析式模型

分析表征问题是解决问题的前提和条件, 分析式模型是以分析问题为主, 凸显问题的整体结构与分析思

路。比如,“案例1”为工艺流程图的分析模型。

2.2 归类式模型

将工艺流程中诸如原料的预处理、除杂、产品的分离与提纯等常见问题进行归类,以形成解决同类问题不同方法的归类式模型。归类式模型有利于学生优化认知结构,能够提升学生表征问题的准确性,这也是高三化学复习中常用的建模方式。

案例2 工艺流程中的除杂方法

在进行核心反应之前,要将无关杂质除去,以排除杂质对核心反应及提纯产品的干扰。因此,什么是杂质以及如何除去杂质都要依据核心反应及目标产品来确定。工艺流程中常见的除杂方法有:

(1) 沉淀法。既可以通过加入沉淀剂直接沉淀杂质离子,也可以通过沉淀转化间接除去。比如,(2014四川,11)加入 MnS ,通过转化为溶解度更小的沉淀物,以除去 MnSO_4 溶液中含有的 Cu^{2+} 与 Ni^{2+} 杂质。

(2) 调 pH 法。当原料用酸浸进行预处理后,溶液呈现强酸性,加入物质消耗部分 H^+ 会使溶液的 pH 升高,通过控制溶液 pH 的方法可以将杂质离子沉淀除去。比如,加入 CuO 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 CuCO_3 或 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 等将溶液的 pH 调高至 3.7~5.2,可以除去 CuSO_4 溶液中混有的 Fe^{3+} 杂质。

(3) 气体法。将影响目标产物的阴离子,如 CO_3^{2-} 、 SO_3^{2-} 等转化为气体而除去。

2.3 程序式模型

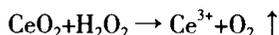
对问题进行分析表征后,就进入了解决问题的操作环节。将解决问题的关键环节或步骤以简明扼要的形式进行罗列,凸显其条理性与可操作性,便形成了程序式模型。

案例3 氧化还原反应类型离子方程式的书写程序

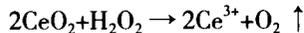
方程式的书写是分析工艺流程图题的工具,并据此来分析流程图中各部分的成分。方程式的书写除根据框图信息确定反应物、生成物外,对于氧化还原类型离子方程式的书写则需要依据一定的程序步骤。

比如,(2013安徽,27) H_2O_2 将 CeO_2 还原为 Ce^{3+} ,具体的书写程序为:

(1) 根据框图信息及元素化合价升降原理写出氧化剂、还原剂、氧化产物与还原产物等;



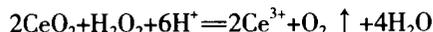
(2) 利用电子转移相等配平氧化剂、还原剂、氧化产物与还原产物;



(3) 根据电荷守恒在方程式两边补充相应数目的 H^+ 或 OH^- 。



(4) 根据原子守恒配平方程式,如补充相应数目的 H_2O 等。



3 “模型法”的应用策略

工艺流程图题是由题头、流程图、问题三部分组成,题头一般是简单介绍工艺生产的原料或工业生产的目的;流程图主要用框图的形式将操作或物质转换或原料到产品的主要工艺流程表示出来;问题部分主要是根据生产过程中涉及到的化学知识设计成系列问题。

在解决工艺流程图题时,首先要以流程图为分析平台,通过提取题头、问题信息分析流程图,同时借助于“工艺流程图分析模型”进行类比解读。然后将待解决的具体问题转化为容易解决的模型问题。最后将解决模型问题中的分析方法或程序步骤迁移至待解决的问题中,从而形成解决实际问题的策略方案。

应用“模型法”解决工艺流程图题的思路如下:

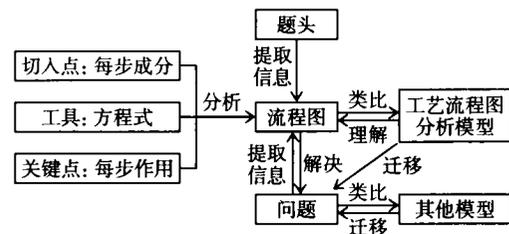


图2 “模型法”的应用思路

其中,解决工艺流程图题的关键是分析与理解工艺流程图,分析与理解流程图的程度直接决定了解题的准确度。

案例4 工艺流程图的分析方法

(2014江苏,16)实验室用粉煤灰(主要含 Al_2O_3 、 SiO_2 等)制备碱式硫酸铝 $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_x(\text{OH})_{6-2x}]$ 溶液,并用于烟气脱硫研究。

应用“模型法”分析解决此题时,首先要从粉煤灰的成分切入,利用各步反应的方程式,分析各步操作后混合液的主要成分,再根据实验目的并结合“工艺流程图分析模型”厘清各步操作的作用。

酸浸是为了将 Al_2O_3 处理转化为 Al^{3+} ,之后的过滤 I 操作是为了除去 SiO_2 杂质。接着加入 CaCO_3 粉末消耗 H^+ ,以调高混合液的 pH,使 Al^{3+} 水解为碱式硫酸铝,

之后进行过滤Ⅱ操作除去 CaSO_4 杂质。最后,再用碱式硫酸铝溶液吸收烟气 SO_2 并进行研究。具体分析如下:

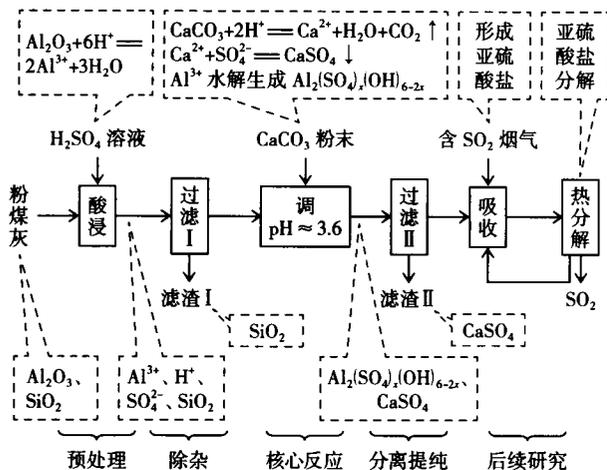


图3 工艺流程图的分析方法示例

化学模型是一种理想化的范式,而实际问题情境又复杂多样,因此,在应用模型类比迁移解决具体问题时,要审辨问题的本质和侧重点,这样才能够做到灵活地应用模型而不被模型所束缚。比如,上述流程图中,在“核心反应”之后,不仅有“分离提纯”以制备碱式硫酸铝,还增加了“碱式硫酸铝溶液继续作为吸收 SO_2 烟气脱硫研究”的“后续研究”内容。

4 “模型法”的教学策略

4.1 引导学生绘制工艺流程图

解决工艺流程图题的关键是学会分析流程图,引导学生绘制流程图,以直观、简洁的图式展示实验全貌,既能够消除学生对流程图的神秘感和畏惧感,还能够加深学生对实验中关键操作和核心物质的理解,并能够提升学生分析实验和概括实验的能力。因此,要积极开发课本中的实验素材价值,分模块、按章节逐步引导学生绘制并使用流程图。

案例5 绘制流程图

人教版必修2(2007年3月第3版)P91“实验4-2”,引导学生根据“检验海带中的碘元素”的实验步骤绘制实验流程图:

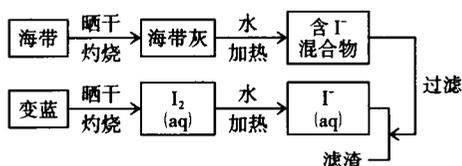


图4 “检验海带中的碘元素”实验流程图

课本中可引导学生画出流程图的实验还有:

(1) 人教版选修5(2007年2月第2版)P42“科

学探究”,引导学生设计“溴乙烷中溴元素检验”的实验流程图。

(1) 人教版选修5(2007年2月第2版)P82“科学探究”,引导学生设计“蔗糖水解溶液的还原性实验”的流程图。

4.2 丰富与完善模型

通过实例原型建构起来的模型,内容相对比较单一,随着应用内容与范围的不断拓展,模型的内涵与外延也在不断地丰富与完善。当累积到一定阶段,就有必要对模型进行重整与升级,以协助学生建构更加完善的知识结构,并提升学生解决问题的准确性与创新性。

案例6 晶体的制备方法与提纯

通过创设“从 NaCl 与 KNO_3 混合液中分别提纯制得 NaCl 晶体与 KNO_3 晶体”问题情境,将蒸发结晶法与降温结晶法整合在一起,具体整理如下:

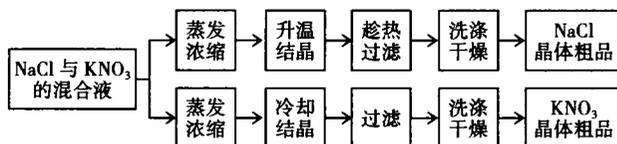


图5 NaCl 与 KNO_3 晶体的制备过程

当然,也可以把 NaCl 与 KNO_3 混合液趁热过滤得到 NaCl 晶体后,直接将母液冷却结晶,即可析出 KNO_3 晶体。

如果要对晶体粗品进行提纯,则要按照如下操作流程:将晶体粗品配成热的饱和溶液→升温结晶(或冷却结晶)→趁热过滤(或过滤)→洗涤→将晶体继续配成热的饱和溶液→……。将晶体粗品经过多次提纯后,便能得到一定纯度的晶体。上述多次结晶的操作称之为重结晶。

参考文献:

[1] 王保强. 化学工艺流程图题的命题特点和应对策略 [J]. 化学教学, 2013, (8): 64~66.
 [2] 张君梅. “建模思想”在化学解题中的应用 [J]. 江苏教师, 2011, (8): 46.
 [3] 姜雪青. 探索化学工艺流程尝试流程图命题 [J]. 中学化学教学参考, 2011, (5): 56~58.