

# 构建答题模型 提高复习效率

## ——浅析化学工艺流程题的解题策略

江苏省海门中学 226100 张盛

新课改以来的高考试题非常重视与生产、生活的密切联系,充分体现化学是有用的.其中与化工生产实际相联系的元素化合物流程题(化学工艺流程题)已逐渐成为近年来高考试题的新亮点.

### 1. 题型特点

化学工艺流程题命题背景源于教材中的化学工业知识、实际化工物质生产流程和最新的科技及环境保护等知识素材,注重考查学生化学实验基本操作能力、综合运用知识(包括化学反应原理、元素化合物)解决实际问题的能力和获取信息及加工信息的能力,具有信息量大、情境陌生、选材新颖、综合性强等特点.

它取代了传统的框图题考查元素化合物转化的形式,更贴近生产生活和科学研究实际,能节省大量文字去说明反应和操作步骤,清晰地表示出生产过程的相关步骤及其反应物的来源和生成物的去向.有利于学生迅速有效地掌握试题的相关信息.

试题通常在题干中给出化工生产流程图(有时增加图表数

据信息),以填空题的形式呈现,考查内容涉及工业技术、实验技术、元素及化合物知识及基本反应规律、化学反应原理、反应条件的控制(温度、pH、投料比)、能量、绿色化工等多个方面.

流程图中箭头进入的是反应物(投料),箭头出去的是生成物(产物、副产物),返回的箭头一般是“循环利用”的物质.

化学工艺流程题根据生产流程一般可分为四个阶段:初始阶段——原材料混合溶解反应阶段;中间阶段——除去杂质阶段;最后阶段——产品分离提纯阶段;后续阶段——产品分析阶段等.各阶段设置的常见问题见图1.

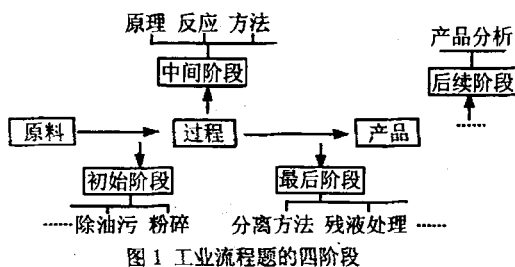


图1 工业流程题的四阶段

◁ 除此以外的10种非金属元素都存在数目不同同素异形体.在金属元素中已发现的存在同素异形体的有Sn和Pb,这两种元素处在周期表对角线附近,具有表现金属性和表现非金属性的两种同素异形体,正是金属与非金属相互过渡的例证.绝大多数金属都以金属键形成密堆的金属晶体,不存在同素异形体.

### 2. 同素异形体的构成

同种元素可形成多种单质,其原因是原子间能以多种方式相结合,根据原子的结合方式,可把同素异形体的构成分为3种情况.

(1)分子构成不同,最常见的是O<sub>2</sub>和O<sub>3</sub>,N<sub>2</sub>和新制得的固态的N<sub>3</sub>、C<sub>60</sub>和C<sub>720</sub>等,C<sub>60</sub>是由60个碳原子构成的足球状分子,C<sub>720</sub>则是更大的椭圆球状分子,目前C<sub>60</sub>的衍生物C<sub>60</sub>H<sub>60</sub>、C<sub>60</sub>F<sub>60</sub>都已制得.我们知道,在有机化学里苯及其衍生物自成一家,被称为芳香族化合物,那么C<sub>60</sub>的衍生物是否也能组成一个新的“大家族”呢?相信这些新的衍生物会使物质世界更加丰富多彩.

### (2)晶体类型不同

碳有多种同素异形体,金刚石是原子晶体,C<sub>60</sub>是分子晶体,石墨等都属于过渡型晶体;白磷是分子晶体,红磷是链状的,黑磷是层状的,都属于过渡性晶体;灰锡是原子晶体,白锡是金属晶体.

### (3)晶格类型不同

硫也有多种同素异形体,其中主要是菱形硫和单斜硫,这两种单质都是由S<sub>8</sub>分子构成,但在晶体中分子的排列方式不

同,所以宏观上前者的晶体接近菱形,后者的则呈柱状,它们的性质也略有差异.

通过以上分析可以看出,当元素的价电子数较多时,同一元素可形成不同分子,不同晶型或不同晶格的同素异形体.

### 三、同位素和同素异形体的比较

同位素和同素异形体是两个不同范畴的概念,二者区别在于:

1. 同位素是同种元素的不同核素;同素异形体是同一元素的不同单质.前者针对核素,后者则指向单质.
2. 同位素化学性质基本相同,同素异形体的物理性质明显不同.
3. 同位素和同素异形体的存在原因,从原子结构的不同层面上看,出现多种同位素的原因是原子核内中子数不同,而产生同素异形体的原因是核外电子的成键方式不同.
4. 利用化学反应无法证实同位素的存在,也不能实现同位素间的转化;而通过化学实验可以识别同素异形体,也可以实现同素异形体之间的转化.

### 四、H<sub>2</sub>和D<sub>2</sub>是否属于同素异形体

H<sub>2</sub>和D<sub>2</sub>都是双原子分子,分子中化学键类型相同,键长、键能相同,不具备构成同素异形体的条件,不属于同素异形体.对同素异形现象的研究先于同位素的发现,所以同素异形体的概念建立在元素概念的基础上,并未考虑同位素的存在.换句话说,同位素的存在对同素异形体的确认没有影响.

在化学上H<sub>2</sub>和D<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>O和D<sub>2</sub>O都可称为同位素分子.

## 2. 解题策略

要解好这一类题,首先要尽量看懂流程图,把握文字材料和方框中有效信息,明确各步的反应原理和操作目的.善于利用题给信息和运用化学原理思考以下问题:①生产过程的目、作用,设计的原理;②化学反应条件控制的原理;③实验基本操作(物质的分离操作、除杂试剂的选择、生产条件的控制等);④资源的回收和利用;⑤绿色化学原理与环境保护等.

带着问题精心研究工艺流程的目的和过程,明确所需解答的问题,不纠缠于无关步骤,作答时要注意化学用语(化学式、化学方程式、离子方程式)的准确表达,文字表达要精准、到位.

## 3. 构建模型

注意积累各类操作的固定答题模式,注重提升表达能力.工艺流程题主要涉及到以下一些常考问题:

(1)初始阶段,常设置采取的一些措施的原因或目的,例如加热的原因、通入水蒸气的目的、酸浸等.答题时从加快反应速度和使反应充分进行、防止副反应的发生等角度回答.

例如:控制温度的目的(原因):防止反应速度太快;防止某些物质分解、挥发;使某些反应能充分进行;

(2)中间阶段——杂质除去阶段,一般采用将杂质逐一除去的考查方式.除杂时常采用的方法有调节 pH、促进水解,加入某种试剂等,答题时从含有的杂质有哪些?结合题给信息与所掌握的元素化合物等相关知识,将这些杂质除去.

例如:调节 pH 的目的:使某些离子完全水解以沉淀的形式除去;防止某些离子水解;防止发生某些反应;

常见离子的检验(如沉淀是否洗净、离子的鉴定)答题模型:取少量(上层清液、最后一次洗涤液、滤液)溶液于一试管中,加入(检验的试剂,如  $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{AgNO}_3$  等)溶液,出现(或不出现)(现象如白色沉淀、血红色等),则含有(不含有、洗净)(结论).

重点关注:  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{NH}_4^+$  离子的鉴定

(3)最后阶段——产品分离提纯阶段,得到产品的一般步骤:反应得到含产物的溶液→浓缩→结晶→过滤→洗涤→干燥.主要考查蒸发浓缩、冷却结晶、过滤(或趁热过滤)、洗涤、干燥等基本实验操作及相关问题.描述时还应注意采取的适当条件,如浓缩时是否应加入某物质抑制水解;描述过程“加热浓缩、冷却结晶”还是采用“加热浓缩、趁热过滤”;洗涤时为“水洗、热水洗还是乙醇洗”等.乙醇洗涤的作用可从以下三个方面考虑:除去杂质、降低溶解度、便于干燥等.

回答原因(目的)时也可用比较的方法,如真空干燥的目的与空气比较后可得防止空气中有关成分对产品的影响.

(4)后续阶段——产品分析,主要为氧化还原反应的配平、滴定终点的判断、计算等.

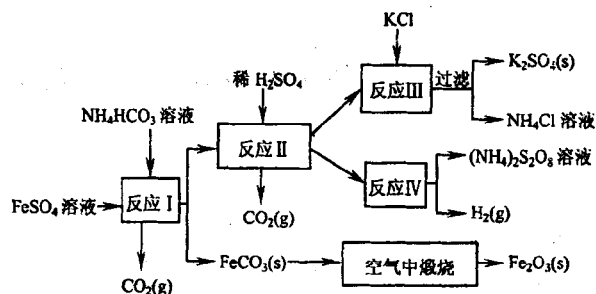
另外还有一些工艺的评价问题,回答主要从环境保护、资源利用、原料的利用率、产品的产率等角度.

## 4. 典例分析

例1 (2009年江苏卷第16题、2010年起江苏《考试说明》典型示例部分试题)

以氯化钾和钛白厂的副产品硫酸亚铁为原料生产硫酸钾、过二硫酸铵和氧化铁红颜料,原料的综合利用率较高.其主要流程如下:

(1)反应 I 需控制反应温度低于  $35^\circ\text{C}$ ,其目的是\_\_\_\_\_.



(2)工业生产上常在反应 III 的过程中加入一定量的醇类溶剂,其目的是\_\_\_\_\_.

解析 从流程图可以看出反应 I 处于流程的初始阶段,该阶段采取的措施主要是为了提高原料的利用率,防止副反应的发生.此处应该为了提高  $\text{FeSO}_4$  的利用率,故  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  过量.根据答题模型:控制反应温度“低于  $35^\circ\text{C}$ ”可从比较的方式回答,即温度高会出现什么情况?显而易见温度高可导致  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  分解、 $\text{Fe}^{2+}$  的水解程度变大,分析到此答案自会瓜熟蒂落了.

反应 III 处于流程图的核心阶段,该阶段采取的措施主要是为了多得产品.此处产品为  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . 根据答题模型:加入一定量的醇类溶剂的目的是降低  $\text{K}_2\text{SO}_4$  的溶解度,使其利于析出.

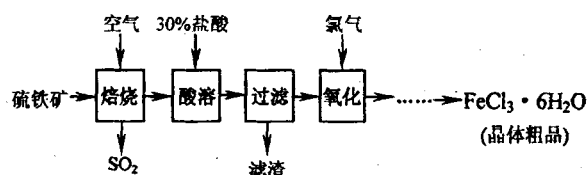
参考答案:

(1)防止  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  分解(或减少  $\text{Fe}^{2+}$  的水解)

(2)降低  $\text{K}_2\text{SO}_4$  的溶解度,有利于  $\text{K}_2\text{SO}_4$  析出.

例2 (2011年江苏卷第15题、2012年来江苏《考试说明》典型示例部分试题)

以硫铁矿(主要成分为  $\text{FeS}_2$ )为原料制备氯化铁晶体( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )的工艺流程如下:



(1)酸溶及后续过程中均需保持盐酸过量,其目的是\_\_\_\_\_.

(2)通氯气氧化后时,发生的主要反应的离子方程式为\_\_\_\_\_;该过程产生的尾气可用碱溶液吸收,尾气中污染空气的气体为\_\_\_\_\_ (写化学式).

解析 从流程图可以看出“酸溶”处于流程的初始阶段,该阶段采取的措施主要是为了提高原料的利用率,加快反应速率.此处应提高焙烧后产物的利用率,即提高铁的利用率.后续过程中盐酸过量即控制 pH 保持溶液呈酸性,根据答题模型显得其目的是抑制  $\text{Fe}^{2+}$  的水解.

“通入氯气”处于整个流程的中间阶段,该阶段为除去某种杂质.根据题意知该杂质为被氧化而除去,流程图提示该处不用过滤,说明该杂质氧化后可转变为产品,从而得出杂质为  $\text{Fe}^{2+}$ .为了除净杂质,氯气过量,故该过程尾气中必有  $\text{Cl}_2$ ,还有没有其他物质?问题(1)提醒,该处溶液中存有盐酸,其具有挥发性,将与过量的  $\text{Cl}_2$  一同逸出.

参考答案:

(1)提高铁元素的浸出率 抑制  $\text{Fe}^{3+}$  水解

(2)  $\text{Cl}_2 + \text{Fe}^{2+} = 2\text{Cl}^- + \text{Fe}^{3+}$   $\text{Cl}_2$   $\text{HCl}$