

解答无机工业流程实验题的几种视角

江苏省南京市行知实验中学 210007 陈子健

一、流程图中加入物质后发生的复杂反应或所起的作用,有时要结合题干的信息来解答

工业流程题的题干一般较长,会提供了很多新的信息,有些信息是无关信息,而有些信息却是解题的题眼,要善于从繁杂的信息中筛选出解题的有用信息。

例1 聚合氯化铝是一种新型、高效絮凝剂和净水剂,其单体是液态的碱式氯化铝 $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]$ 。本实验采用铝盐溶液水解絮凝法制备碱式氯化铝。其制备原料为分布广、价格廉的高岭土,化学组成为: Al_2O_3 (25% ~ 34%)、 SiO_2 (40% ~ 50%)、 Fe_2O_3 (0.5% ~ 3.0%) 以及少量杂质和水分。已知氧化铝有多种不同的结构,化学性质也有差异,且一定条件下可相互转化;高岭土中的氧化铝难溶于酸。制备碱式氯化铝的实验流程如图1:

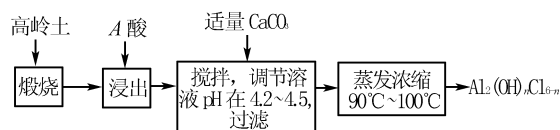


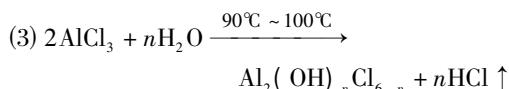
图1

根据流程图回答下列问题:

- (1)“煅烧”的目的是_____;
- (2)“浸出”选用的酸为_____;
- (3)实验中制备碱式氯化铝反应的化学方程式为_____。

解析 高岭土中的 Al_2O_3 不溶于酸,必须经煅烧改变结构使其溶于酸中。对比原料与产品可知,加酸溶解 Al_2O_3 时不能引入新的杂质,只能用盐酸。

答案: (1)改变高岭土中氧化铝的结构,使其能溶于酸; (2)盐酸;



二、流程图中加入物质后发生的复杂反应或所起的作用,有时要结合后面流程图的转化来解答

流程图中经常要求书写比较复杂的化学方程式,由于添加的反应原料较多,而生成物也不能直

接看出时,必须要根据原子守恒结合后续反应来寻找突破。只要把反应物生成物都找出来了,最后根据质量守恒去配平就简单了。

例2 工业上可以利用氟硅酸(H_2SiF_6)、碳酸氢铵制造冰晶石(Na_3AlF_6)。其工艺流程如图2:

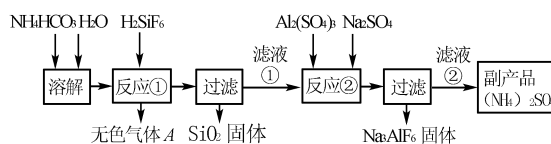
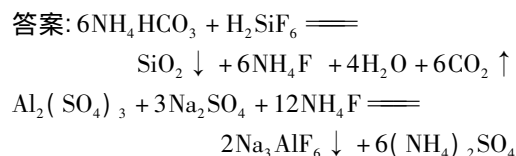


图2

(1)反应①的化学方程式为_____;

(2)反应②的化学方程式为_____。

解析 本题单从框图中流程正向思维可能难以推导出反应①和②的生成物,只有结合流程图中后面加入的物质和分离出的物质以及最终副产品才能帮助推理。反应①生成的气体是 CO_2 , 沉淀是 Al_2O_3 , 结合反应②的反应物和产物推知滤液①中应含有 NH_4^+ 、 F^- , 故滤液①是 NH_4F 。找出了反应①和②的反应物和生成物,再根据质量守恒写出发生反应的化学方程式就不难了。



三、流程图中加入物质后发生的复杂反应或所起的作用,有时要结合题目的问题中题干的提示来解答

分析流程图中加入某种物质所发生的反应或所起的作用,有时仅仅从题干的信息无从下手,不妨浏览一下预设的问题,问题中提供的信息可能就会让你的困惑豁然开朗的。

例3 无铁硫酸铝是制造高档纸张和高级织物的主要原材料,制取无铁硫酸铝的工艺流程如图3所示。铝土矿酸溶后得到含铁(Fe^{2+} 和 Fe^{3+})的硫酸铝溶液,再经过后续加工,最终得到成品无铁硫酸铝(溶液中各种金属离子开始沉淀和沉淀完全时的pH见表1)。

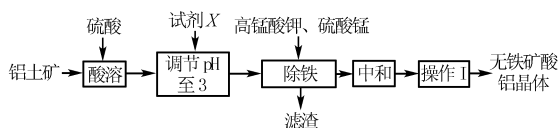


图3
表1

	开始	完全
Fe ²⁺	7.6	9.7
Fe ³⁺	2.7	3.7
Al ³⁺	3.3	5.0
Mn ²⁺	8.3	9.8

- (1)试剂 X 可以用下列试剂中的_(填编号);
 a. 铝土矿粉 b. 氢氧化钠 c. 氧化钙
- (2)除铁时,必须先加入高锰酸钾溶液,目的是____;高锰酸钾溶液和硫酸锰溶液反应生成活性二氧化锰,写出反应的化学方程式____;
- (3)滤渣的含铁成分是____,用离子方程式表示其成因____;
- (4)活性二氧化锰能和 Fe(OH)₃ 发生吸附共沉作用,用化学平衡理论解释活性二氧化锰的作用____。

解析 此题加入高锰酸钾溶液和硫酸锰溶液除铁的目的只有结合题目第(2)、(4)小题的题干才能得到解答。高锰酸钾一方面可以把 Fe²⁺ 氧化为 Fe³⁺,另一方面可以和硫酸锰溶液反应生成活性二氧化锰,活性二氧化锰吸附 Fe(OH)₃,促使 Fe³⁺ 水解完全而除去。

答案: (1)a; (2)把 Fe²⁺ 转化为 Fe³⁺;
 $2\text{KMnO}_4 + 3\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 5\text{MnO}_2 \downarrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
 (3)Fe(OH)₃、Fe³⁺ + 3H₂O \rightleftharpoons Fe(OH)₃ + 3H⁺
 (4)吸附 Fe(OH)₃,促使 Fe³⁺ 水解而充分沉淀。

四、流程图中条件的控制和发生的反应有时要结合附带的图像来解答

为了增加流程图类试题的综合度和难度,题目经常会提供一些情景型图像,在选择试剂和控制条件时,必须要参考这些图像才能得到正确的答案。所以一定要先把这些图像分析清楚,一般可以从横纵坐标的单位、曲线的变化趋势、曲线的最高点和最低点的含义等几个方面去分析。

例4 “温室效应”是全球关注的环境问题之一。CO₂ 是目前大气中含量最高的一种温室气体。因此,控制和治理 CO₂ 是解决温室效应的有

效途径。

文献报道某课题组利用 CO₂ 催化氢化制甲烷的研究过程如图4:

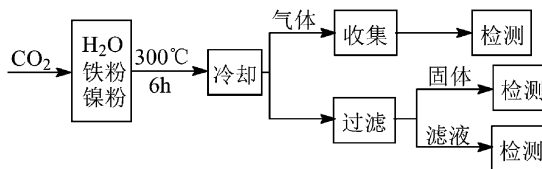


图4

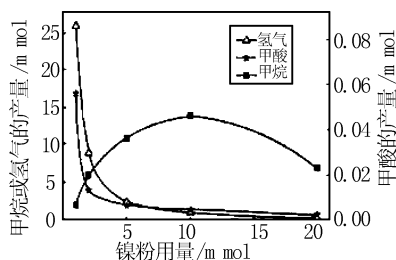


图5

反应结束后,气体中检测到 CH₄ 和 H₂,滤液中检测到 HCOOH,固体中检测到镍粉和 Fe₃O₄。CH₄、HCOOH、H₂ 的产量和镍粉用量的关系如图5所示(仅改变镍粉用量,其他条件不变)。

研究人员根据实验结果得出结论: HCOOH 是 CO₂ 转化为 CH₄ 的中间体,即:



- (1)写出产生 H₂ 反应的化学方程式____;
- (2)由图可知,镍粉是____;(填字母)
 a. 反应 I 的催化剂 b. 反应 II 的催化剂
 c. 反应 I、II 的催化剂 d. 不是催化剂
- (3)当镍粉用量从 1mmol 增加到 10mmol,反应速率的变化情况是____;(填字母)
 a. 反应 I 的速率增加,反应 II 的速率不变
 b. 反应 I 的速率不变,反应 II 的速率增加
 c. 反应 I、II 的速率均不变
 d. 反应 I、II 的速率均增加,且反应 I 的速率增加得快
 e. 反应 I、II 的速率均增加,且反应 II 的速率增加得快
 f. 反应 I 的速率减小,反应 II 的速率增加

解析 密闭容器中给出了铁和水蒸气,由此可以产生 H₂,即 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ 反

有关铁的典型中考题分类例析*

江苏省海门市临江初级中学 226133 朱海平

铁是初中化学中一种重要的金属,也是日常生活中学生比较熟悉的物质,所以其自然成为中考命题的热点,现将有关铁的典型中考题分类例析于下。

一、铁的化合物中铁元素质量分数的比较

例 1 现有①FeO、②Fe₂O₃、③Fe₃O₄、④FeS 四种含铁化合物,其含铁元素的质量分数由大到小的排列顺序是()。

- A. ③ > ② > ① > ④ B. ① > ③ > ② > ④
C. ④ > ③ > ② > ① D. ① > ② > ③ > ④

解析 要比较四种物质中铁元素的质量分数大小,只需分别求出四种物质中铁元素的质量分数进行比较即可,然而此法费时费力。因此,计算时往往先将四种物质的化学式变形为“XY_n”型,即 FeO、FeO_{3/2}、FeO_{4/3}、FeS(相当于 FeO₂),使得分子相同,只需通过比较分母大小即可,由于铁原子数相同,通过比较各化学式中氧原子的数目大小,便可知所给四种物质中铁元素质量分数由大到小的顺序为: FeO > Fe₃O₄ > Fe₂O₃ > FeS,选 B。

二、铁的混合物中铁元素质量分数的计算

例 2 (哈尔滨市中考题) 已知 FeSO₄ 和 Fe₂(SO₄)₃ 组成混合物中硫元素的质量分数为 22%, 则混合物中铁元素的质量分数为()。

- A. 34% B. 44% C. 66% D. 无法确定

解析 此混合物的质量及各物质的质量比均未知,故无从求出各元素的质量。但仔细观察不难发现,在 FeSO₄ 和 Fe₂(SO₄)₃ 中 S 和 O 的个数

比不随两种盐的质量分数的变化而变化,且 S 与 O 的原子个数比为 1:4,质量比为 1:2。硫元素质量分数为 22% 时,则氧元素质量分数为 44%,即含铁质量分数为 1 - 22% - 44% = 34%,选(A)。

三、铁元素化合价的计算

例 3 (甘肃武威中考题) 高铁酸钠 (Na₂FeO₄) 是一种新型高效的净水剂,高铁酸钠中铁元素的化合价为_____。

解析 本题以新物质为载体,考查化合物中元素化合价的计算。由于在化合物中 Na、O 的化合价分别为 +1、-2,设 Fe 的化合价为 x,依据化合物中正负化合价的代数和为零,可得: (+1) × 2 + x + (-2) × 4 = 0,解得: x = +6。

四、炼铁的有关计算

例 4 (江苏南通) 钢铁在生产、生活中有着广泛的应用。

(1) 钢铁属于____(填“纯净物”或“混合物”); 钢铁在空气中锈蚀是铁跟空气中的水蒸气和____共同作用的结果。为了防止钢铁的锈蚀,人们除采用在其表面涂油漆的方法外,还可____(任填一种方法); 工业上用稀盐酸除去铁锈(主要成分为 Fe₂O₃), 写出该反应的化学方程式:_____。

(2) 某钢铁厂为分析赤铁矿中 Fe₂O₃ 的质量分数进行如下实验: 准确称取 20 g 样品,在高温条件下用足量 CO 气体还原,充分反应(假设其他杂质不与 CO 反应)后冷却、称重,质量为 15.2 g。

答案: (1) 3Fe + 4H₂O $\xrightarrow{\text{高温}}$ Fe₃O₄ + 2H₂ (2)c (3)e。

总之,无机工业流程实验题的类型和解答技巧是非常复杂的,绝非只有上述四种情况能够囊括,笔者只是希望这四种题型和用到的解答方法能够对读者分析和解答无机工业流程题有所启发和借鉴。

(收稿日期: 2014 - 03 - 13)

► 应前后均有 Ni 粉,满足催化剂的条件。从图像看,随着镍粉的用量不同,曲线的走的趋势不同,即反应的快慢不同。从图像可以分析,随着 Ni 的加入, HCOOH 突然减小,说明反应 II 速率一定增大,但 HCOOH 来源于反应 I,说明生成的 HCOOH 也在增加,才能保证反应 II 的增大,故反应 I、II 的速率都增大。总的趋势在减小,说明减少的 HCOOH 比增加的 HCOOH 多,故反应 II 的速率增加得更快。