

例析高中化学工业流程题求解策略

福建省莆田第二中学

(351131)

李宇倩 蔡海涛

一、问题提出

本文以几道 2020 年各地高三质检工业流程题为例,从氧化还原反应和图像分析两方面入手探求求解策略,期抛砖引玉。

二、从氧化还原反应入手

氧化还原反应是高中化学课程的核心概念,对学生认识物质的化学性质、变化规律、化学基本原理均有重要的指导作用。因此氧化还原反应的考察备受命题者的青睐,对于综合性较强的工业流程题,几乎是必考知识点,同时考察的方程式是相对陌生并且难度较大。氧化还原反应方程式的题型分为两类,一类是教材有的,学生学过的元素的新形式,另一类是教材没有的,学生未学过的新元素。对于这两类笔者都采用三步法来进行解答:第一步根据题目所给信息与经验明确两剂(氧化剂和还原剂)两产物(还原产物和氧化产物);第二步根据题目提供的信息明确该反应所在的环境(环境决定元素存在形式);第三步根据得失电子守恒和电荷守恒进行配平。

例 1 (2020 年泉州市高三质检节选)从某矿渣(成分为 NiFeO_4 、 NiO 、 FeO 、 CaO 、 SiO_2 等)中回收 NiSO_4 的工艺流程如图 1 所示:

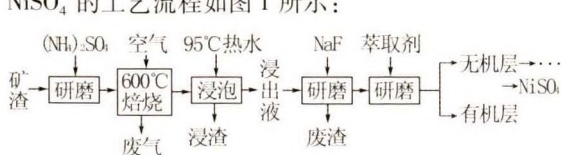


图 1

(6)将“浸渣”进一步处理后,利用图 2 所示流程可得到高铁酸盐。 K_2FeO_4 是倍受关注的一类新型、高效、无毒的多功能水处理剂。回答下列问题:

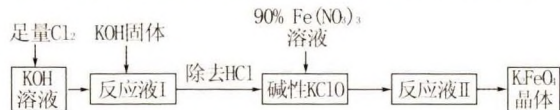


图 2

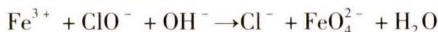
①反应液 I 和 90% $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液反应的离子方程式为_____。

解析 本题可通过三步法进行解答:

第一步:根据题目所给出的信息确定两剂两产物,明确还原剂为 Fe^{3+} ,氧化剂为 ClO^- , FeO_4^{2-} 为目

标产物即为氧化产物,则根据经验所知 ClO^- 的还原产物为 Cl^- 。

第二步:明确反应所在的环境为碱性,则可写出未配平离子方程式为:



第三步:通过电子得失守恒进行配平得到:



再用电荷守恒进行配平得到:



评注 本题考查的氧化还原反应类型为所学过的铁元素的新形式 FeO_4^{2-} ,题目提供了氧化剂 ClO^- 、还原剂 Fe^{3+} 与氧化产物 FeO_4^{2-} 以及反应环境为碱性,使用三步法可以清晰的分析题目、明确思路,找到还原产物和溶液中参加反应的离子,从而避免在遇到 FeO_4^{2-} 时感到混乱。

例 2 (2020 年福建省高三质检节选)实验室里,从废旧钴酸锂离子电池的正极材料(在铝箔上涂覆活性物质 LiCoO_2)中,回收钴、锂的操作流程如图 3 所示。

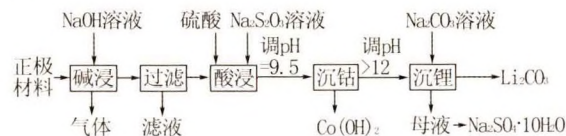


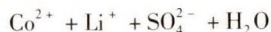
图 3

(3)“酸浸”时主要反应的离子方程式为_____。

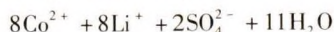
解析 使用三步法进行解答:

第一步:根据题目所知反应物为 LiCoO_2 (通过锂和氧元素的化合价判断钴的化合价为 +3) 和 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$,流程图中通过调整溶液 $\text{pH} = 9.5$ 时的产物为 $\text{Co}(\text{OH})_2$,而反应时的条件是酸浸则产物为 Co^{2+} ,则 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 产物为 SO_4^{2-} ;

第二步: $\text{LiCoO}_2 + \text{H}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow$



第三步:配平 $8\text{LiCoO}_2 + 22\text{H}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} =$



评注 本题考察的氧化还原反应是教材中未学过的新元素钴,难点在于找到还原产物,从题目所给

的流程图找到最后产物为 $\text{Co}(\text{OH})_2$, 使用三步法进行解答时, 在第二步要确定反应所在的条件为酸浸, 故在 H^+ 作用下还原产物为 Co^{2+} , 反应的环境决定元素的形式, 因此使用三步法进行解答可以察觉到题目所考察的细节。

例3 (2020年莆田市高三质检节选) 废弃锂离子电池的资源化处理日益重要。从废旧磷酸铁锂电池的正极材料(LiFePO_4 、石墨粉和铝箔等)中综合回收锂、铁和磷等的工艺流程如图4所示。

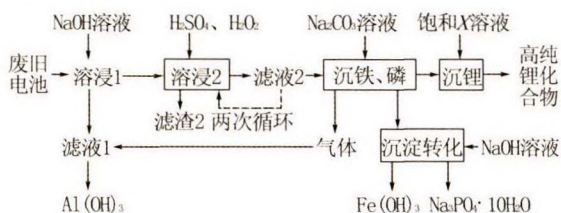
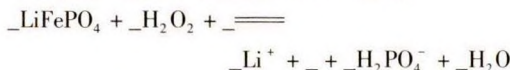


图4

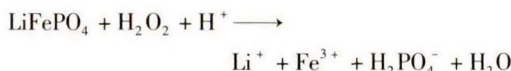
(2) 完成“溶浸2”反应的离子方程式：



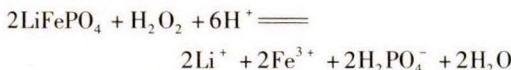
解析 使用三步法进行解答：

第一步： LiFePO_4 (可以推出铁元素为+2价) 为还原剂， H_2O_2 为氧化剂，还原产物为 H_2O ，则氧化产物是 Fe^{3+} 。

第二步：反应的条件为 H_2SO_4 溶液中，则补充为：



第三步：配平：



评注 本题给出了大致的氧化还原方程式，需要补充剩下的反应物和产物以及配平反应式。虽然题型发生变化，但与例1类似考查的是铁元素的新形式 LiFePO_4 ，难点在于铁元素产物的判断，根据题目所给的信息入手知道流程图的最终产物是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，使用三步法时第二步明确反应条件为酸性，故产物为 Fe^{3+} 。

由以上三道例题可以看出，在解题时只要运用三步法分析好流程，厘清问题的本质，就能以不变应万变，解一题而通一类了。

三、从图像分析入手

近年来，图像信息类试题在综合性较高的工业流程题中频频出现，图像信息的隐蔽性较表格数据、文字信息高，学生必须自己去捕捉图像所呈现出来

有用的信息以解决问题。因此此类型题目更有利于考察学生分析数据和解决问题的能力，更能有效地体现出化学是一门以实验为基础的学科。因此，在教学过程中，要引领学生关注课本实验，动手做实验、学会处理数据、分析数据，以培养学生获取图像信息的能力。对于化学教材中已有的溶解度曲线、酸碱中和滴定的 pH 变化曲线以及溶液导电率测定曲线等等，基于篇幅，本文不做说明，下面着重例析热重分析图。

例4 (2020年福建省高三质检节选) 在空气中加热 $\text{Co}(\text{OH})_2$ ，使其转化为钴的氧化物。加热过程中，固体质量与温度的关系如图5所示。290℃ ~ 500℃，发生反应的化学方程式为_____。

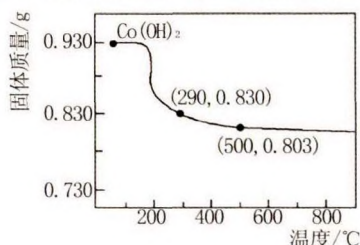
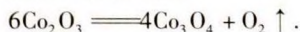


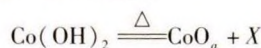
图5

守恒法 加热前的反应物为 $\text{Co}(\text{OH})_2$ (0.930 g)，其物质的量为 0.01 mol，依据钴元素的两不变可知： $n(\text{Co}) = 0.01 \text{ mol}$ ， $m(\text{Co}) = 0.590 \text{ g}$ ，当温度升至 290℃ 时，质量为 0.830 g，该氧化物中， $n(\text{O}) = \frac{0.830\text{g} - 0.590\text{g}}{16 \text{ g/mol}} = 0.015 \text{ mol}$ ，由此可确定该氧化物为 Co_2O_3 ；同理 500℃ 时， $n(\text{O}) \approx 0.0133 \text{ mol}$ ，则生成的氧化物为 Co_3O_4 ，所以 290℃ ~ 500℃ 过程中，发生反应的化学方程式为



另解 为方便计算，首先把加热前的反应物 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 的质量增大 100 倍，则 $n[\text{Co}(\text{OH})_2] = 1 \text{ mol}$ ，当温度升到 290℃ 时，该氧化物质量为 83g， $\Delta m = 10 \text{ g}$ 。

由题目可知转化为氧化物，则加热过程中失去的是 O 和 H 元素：



拼凑法：

$\Delta m(\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ g} = 0.5 \text{ mol} \times 16 \text{ g/mol}(\text{O}) + 2 \times 1 \text{ g/mol}(\text{H})$ ，故其化学反应式可表示为 $2\text{Co}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Co}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2 \uparrow$ 。此时，只有 O 元素可失去，同理 500℃ 时， $\Delta m = 2.6 \text{ g} \approx \frac{1}{6} \text{ mol} \times 16 \text{ g/mol}(\text{O})$ ，故其发生反应的化学方程式为

碘的学习很重要

安徽省灵璧县黄湾中学

1. 能否用酒精从碘水中萃取碘?

碘单质是非极性分子,易溶于酒精,因此有些学生会认为可用酒精从碘水中萃取碘.这种观点是错误的,萃取碘的一个重要条件是两种溶剂要互不相溶,然而酒精与水却可以以任意的比例互溶.因此利用酒精是不能从水中萃取任何物质的.

2. 碘遇到淀粉一定会变蓝吗?

许多同学都会认为,只要含有碘元素的物质遇到淀粉就会变成蓝色.事实上,碘与淀粉变蓝是单质碘(I_2)钻入螺旋状的直链淀粉内形成包含物,才能显出特殊的蓝色.由此可知只能用直链淀粉来检验碘单质.

3. 碘与铁粉反应的产物究竟是何种物质?

当铁与氯气、溴反应时,产物分别是 $FeCl_3$ 、 $FeBr_3$,铁的化合价均表现为 +3 价.有的学生据此推广认为:当碘与铁粉反应时,反应产物应为 FeI_3 .实际上,这种观点是错误的.原因是 I_2 的氧化性是卤族元素中比较弱的,不能将 Fe 单质氧化成 Fe^{3+} .从另一个角度来看,由于 $2Fe^{3+} + 2I^- \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + I_2$,因此铁粉与单质碘反应的产物不是 FeI_3 ,而应是 FeI_2 .

4. 氯水能否置换出碘化钾溶液中的碘?

由于碘单质在水中的溶解度很小,因此有些学生会认为,在碘化钾溶液中加入氯水时,氯置换碘化钾中的碘离子,会生成黑色的碘沉淀.实际情况是,碘在水中的溶解度虽然很小(25℃时,1 L 水中只能溶解 0.3 g 碘),可是碘单质在 KI 溶液中的溶解度却很大,这是由于每个碘离子可以与 1 个碘分子结合成三碘络离子($I^- + I_2 \rightleftharpoons I_3^-$).在 KI 溶

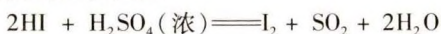
易错问题要知道

(234213) 王 晖

液中加入氯水时,氯置换出的少量碘立即与溶液中的碘离子结合成三碘离子,因此不可能产生沉淀.

5. 怎样制取 HI?

有些学生常常会根据 HCl 的实验室制法,推出 HI 的实验室制法,利用 NaI 与浓硫酸加热反应制得.这种认识是错误的,原因在于 HI 的强还原性和浓硫酸的强氧化性:



制取 HI 常用没有强氧化性的高沸点酸(H_3PO_4):



6. 氢碘酸的酸性如何?

由于 F、Cl、Br、I 的非金属性依次减弱,不少学生据此认为 HI 的酸性比 HF、HCl、HBr 的酸性弱.这种认识是错误的.

大家都知道,非金属氢化物的酸性主要表现在与氢原子直接相连的原子对氢原子的束缚能力上.一般来说,非金属原子对氢原子的束缚能力越强,氢化物的酸性就越弱.而非金属原子对氢原子的束缚能力决定于它所带的负电荷和原子半径,如果原子的负电荷数越多,原子半径越小,对氢原子的束缚能力就越强,这种酸的酸性也就越弱;反之,酸性就越强. HF、HCl、HBr、HI 中,虽然卤素所带的负电荷数相等,但 F、Cl、Br、I 的原子半径依次增大,对氢原子的束缚能力依次减弱,因此它们的酸性是依次增强的.据此可知 HI 是氢卤酸中酸性最强的.

(收稿日期:2021-02-23)



评注 这道题给出的信息为热重分析图,热重分析法是大学仪器分析的内容.当学生拿到这道题时,因背景新颖易造成情绪紧张,没有认真分析便草草放弃.究其原因,主要是因为学生缺乏派生机智,不懂得知识之间的迁移.其实,只要认真分析就不难得知热重分析的原理,每个温度下对应的质量题目都已提供,故可以使用物质的量守恒方法进行计算.另解的本质在于物质的量守恒法,并基于此法避开繁杂的计算.“多思少算”是高考命题的指导思想,在日常教学中,教师要善于引导学生领会方法,让他

们在“润物细无声”中感悟解题思想.

近年来,工业流程题中经常考察图像分析与氧化还原反应,工业流程题的综合性不断提高,对学生的要求也随之增加.氧化还原反应题型要求学生非常熟悉;图像分析题要求学生具有分析问题、分析数据、获取信息和解决问题的能力.教师要精选习题,引导学生分析流程图特征,考虑入手方向,做好方法的迁移,从而培养学生的思维,提升学生的核心素养.

(收稿日期:2021-02-24)