

浅谈高考化学工艺流程题的解题策略

广东省深圳市龙津中学 518100 杨 涛

化学工艺流程题是传统“无机框图题”的变革与创新,题目考查的对象以无机物为主。复杂的工业情景、抽象的工艺流程、化学知识的综合运用在题目中都得到了充分的体现。此类试题的陌生度较高,试题综合性强,对考生的能力要求较高。题目把对化学知识的考查转化为对化学学科素养的考查,培养了学生的科学精神和社会责任感,同时对选拔具有创新思维能力的学生大有裨益,充分显示了高考评价体系中“一核四层四翼”的引领功能,使其成为高考中的“明星”题目。

一、考点分析

考查方向 从原料转化为产品的流程设计;以除杂,分离和提纯为目的的流程设计;提高产量和效率、降低工业成本;绿色环保、综合知识的考查。

考查内容 元素及其化合物性质、离子反应、氧化还原反应;实验设计,实验仪器及操作,离子的检验;化学平衡,水解平衡,电离平衡和溶解平衡;绿色化学,节能减排,循环利用;化学反应速率和平衡常数的计算(K 、 K_a 、 K_b 、 K_h 、 K_{sp});电化学知识等。

考查方式 工业原理方程式的书写、生成性方程式的书写、氧化还原方程式的配平;仪器的名称、分离操作和方法、滴定实验和相应的计算、pH 的调控和试剂的选择;计算浸取率、产率、转化率、产品纯度、原子利用率;尾气处理、循环利用、产物的富集、工业三废的处理;电极反应式的书写、电化学的相应计算等。

二、解题框架

如图 1 所示。

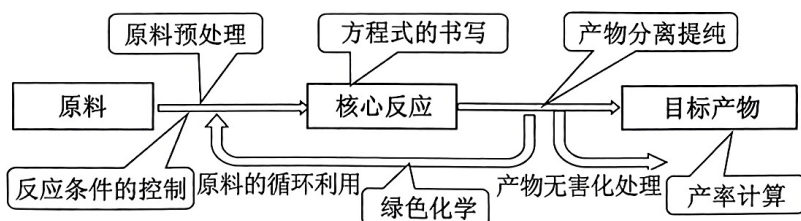


图 1

三、解题策略(见图 2)

例 1 (2021 年山东卷)工业上以铬铁矿(FeCr_2O_4 , 含 Al、Si 氧化物等杂质)为主要原料制

备红矾钠($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)的工艺流程如图 3 所示。回答下列问题:

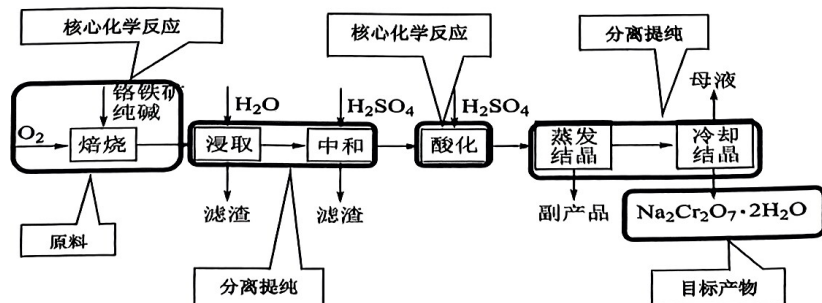


图 3

(1) 焙烧的目的是将 FeCr_2O_4 转化为 Na_2CrO_4 并将 Al、Si 氧化物转化为可溶性钠盐,焙

烧时气体与矿料逆流而行,目的是_____。

(2) 矿物中相关元素可溶性组分物质的量浓

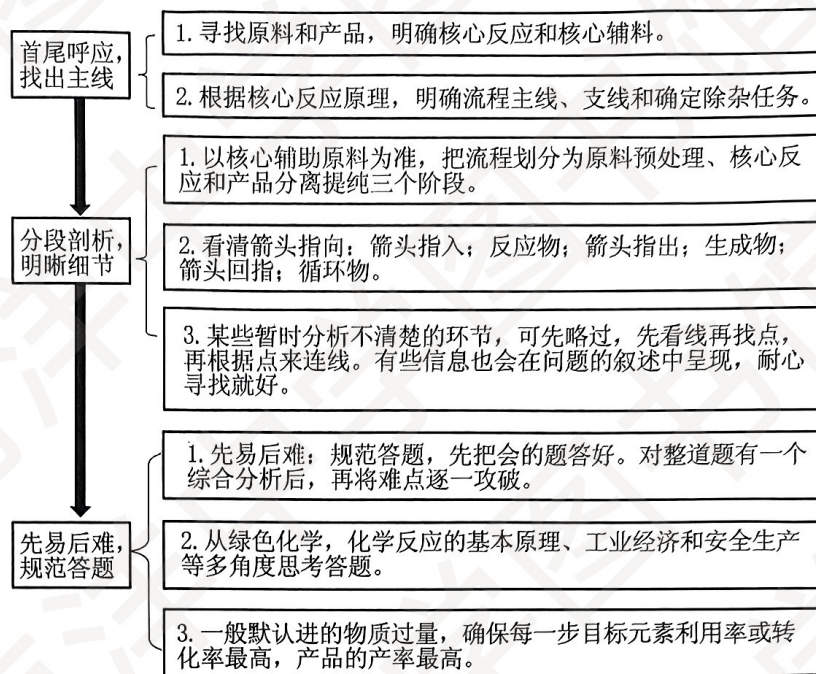


图 2

度 c 与 pH 的关系如图 4 所示。当溶液中可溶组分浓度 $c \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 可认为已除尽。

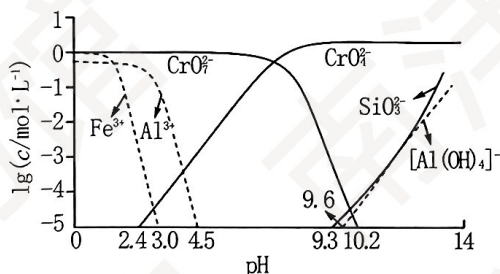
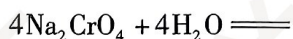


图 4

中和时 pH 的理论范围为____; 酸化的目的是____; Fe 元素在____(填操作单元的名称)过程中除去。

(3) 蒸发结晶时, 过度蒸发将导致____; 冷却结晶所得母液中, 除 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 外, 可在上述流程中循环利用的物质还有____。

(4) 利用膜电解技术(装置如图 5 所示), 以 Na_2CrO_4 为主要原料制备 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的总反应方程式为:



则 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 在____(填“阴”或“阳”)极室制

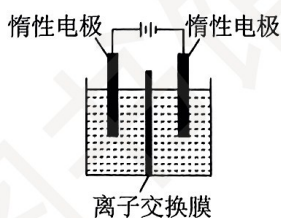


图 5

得, 电解时通过膜的离子主要为____。

答案: (1) 增大反应物接触面积, 提高化学反应速率

(2) $4.5 \leq \text{pH} \leq 9.3$; 使



平衡正向移动, 提高 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的产率 浸取

(3) 析出 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ H_2SO_4 (4) 阳 Na^+

解析 本题是以过渡元素铬为主线合成工业产品红矾钠。

题目中“(1) 焙烧的目的是将 FeCr_2O_4 转化为 Na_2CrO_4 并将 Al 、 Si 氧化物转化为可溶性钠盐”可作为解题的信息。

工业原料: 含 Al 、 Si 氧化物等杂质的铬铁矿 (FeCr_2O_4), 目标产品 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

核心反应: (FeCr_2O_4) 和纯碱反应, 焙烧生成 Na_2CrO_4 , Na_2CrO_4 通过酸化作用, 结晶得到目标产物 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

水浸可除去不溶性杂质, 中和的目的是调节 pH 生成氢氧化铝和硅酸, 过滤分离。

过度蒸发在高考中首次出现, 高中教材中没有相关的知识点。大学教材里指出, 过度蒸发就是蒸发浓缩温度高, 时间长, 使含结晶水的物质的结晶水部分甚至全部失去。目标产品得到含水的红矾钠, 从提高产品产率的角度来答题, 过度蒸发的后果是: 生成了失水的 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 。

本题考查了陌生方程式的书写、物质的除杂和分离的方法及电化学原理。在酸化过程中体现了平衡思想。

例 2 (2022 年广东卷) 稀土 (RE) 包括镧、

钇等元素,是高科技发展的关键支撑。我国南方特有的稀土矿可用离子交换法处理,一种从该类矿(含铁、铝等元素)中提取稀土的工艺如图 6 所示。

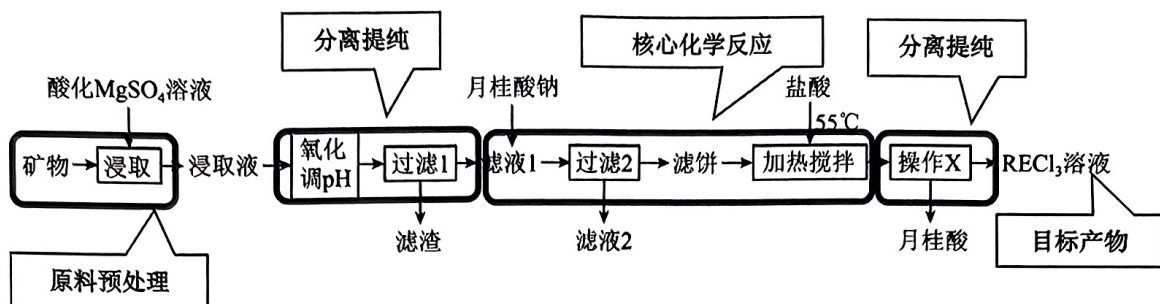


图 6

已知:月桂酸($C_{11}H_{23}COOH$)熔点为 $44^{\circ}C$;月桂酸和 $(C_{11}H_{23}COO)_3RE$ 均难溶于水。该工艺条件下,稀土离子保持 +3 价不变; $(C_{11}H_{23}COO)_2Mg$ 的 $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-8}$, $Al(OH)_3$ 开始溶解时的 pH 为 8.8;有关金属离子沉淀的相关 pH 见表 1。

表 1

离子	Mg^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	RE^{3+}
开始沉淀时的 pH	8.8	1.5	3.6	6.2~7.4
沉淀完全时的 pH	/	3.2	4.7	/

问题省略...

解析 本题考查的是陌生稀土元素的化合物的合成。

原料预处理之后,调节环境的 pH 沉淀铝和铁元素进行分离提纯:加入月桂酸钠沉淀分离出稀土元素,最后加盐酸生成目标产物 $RECl_3$ 。

题目的设置趋向于将基础知识与陌生的工业生产情境相结合。从真实的情境入手,让情境融入教学、引领教学的研究,正是基于《普通高中化学课程标准(2017 年版)》以及新的高考评价体系要求。教师在教学中创设真实而富有价值的问题情景,是新时代化学教师贯彻和落实新课改的使命和担当。

四、解题“四线”(见图 7)

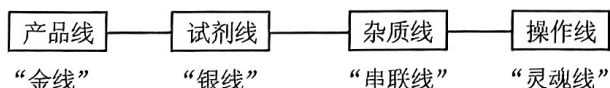


图 7

五、工业生产的三个意识

化学是和生产、生活密切联系的。通过关注与化学有关的社会热点问题,让学生认识到环境保护和资源合理开发的重要性。在培养学生“绿色化学”观念和可持续发展意识的同时,让学生能较深刻地理解化学、技术、社会和环境之间的相互关系,并能运用已有知识和方法综合分析化学过程对自然可能带来的各种影响,提升参与有关化学问题的社会决策的能力。工艺流程题中体现了以下三种意识:

成本意识:浸出率,转化率,利用率,原料的价格,能耗控制,物质和能量的循环利用。

效率意识:化学反应热力学和动力学的综合思考,反应条件的选择。

环保意识:绿色化学,无污染,无腐蚀。对工业三废:废气,废液,废渣的处理。

化学工艺流程题通常以生产流程为载体,用流程图呈现生产过程。流程部分主要用框图形式呈现,将原料到产品的主要生产工艺表示出来。并针对流程中有关的化学知识步步设问。工艺流程从要解决的问题看,这类试题通常有两种题型:一类是从混合物中分离、提纯某种物质。另外一类是利用某些物质制备另一物质。题目通过表格,图表,实验装置及仪器图片,文字及化学符号的综合表达力争给学生创造出真实的工业情景和工业实践的环境。试题文字信息量大,情境陌生,考查内容涉猎广泛,考计算,考简答,考原理,考设计等等。主要考查学生通过对相关图形图表的

基于有机反应中的定量关系及应用

江苏省无锡外国语学校 214131 张应飞

有机反应常常存在一定的定量关系,理清关键点把握有机反应中的定量关系,能够加深对有机反应本质的理解,建构和增进学习化学知识的思维广度。

一、官能团(或基团)与氢气反应的定量关系

1 mol 碳碳双键、1 mol 羰基、1 mol 醛基均能与 1 mol H_2 发生加成反应,1 mol 碳碳三键能与 2 mol H_2 发生加成反应,1 mol 苯环能与 3 mol H_2 发生加成反应。

例 1 某有机化合物的结构简式如图 1 所示,在镍的催化作用下,该有机化合物能与氢气发生加成反应生成环状有机化合物,则 1 mol 该有机化合物与氢气发生加成反应最多消耗 H_2 的物质的量为()。

A. 5 mol B. 6 mol C. 7 mol D. 8 mol

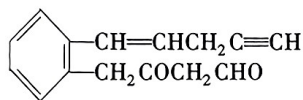


图 1

解析 因该有机化合物分子中含有 1 个苯环、1 个碳碳双键、1 个碳碳三键、1 个羰基和 1 个醛基,则 1 mol 该有机化合物与氢气发生加成反应最多消耗 H_2 的物质的量为 8 mol。所以,此题的答案为 D 项。

二、官能团(或基团)与溴单质反应的定量关系

烯烃和炔烃能与溴水中的 Br_2 发生加成反应,苯酚能与溴水发生取代反应;在 $FeBr_3$ 的催化作用下,芳香烃能与液溴发生取代反应。1 mol 碳碳双键能与 1 mol Br_2 发生加成反应,1 mol 碳碳三键能与 2 mol Br_2 发生加成反应,1 mol 苯酚能与 3 mol Br_2 发生取代反应(取代与连有羟基碳原

子的邻位和对位碳原子上的氢原子),1 mol 一烷基苯(如甲苯)在 $FeBr_3$ 催化作用下能与 3 mol Br_2 发生取代反应(取代与连有烷基碳原子的邻位和对位碳原子上的氢原子)。

例 2 间乙炔基苯酚的结构简式如图 2 所示,间乙炔基苯酚能与浓溴水反应,则 1 mol 间乙炔基苯酚最多消耗 Br_2 的物质的量为()。

A. 3 mol B. 5 mol C. 6 mol D. 7 mol

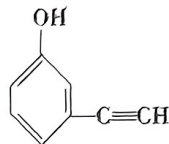


图 2

解析 间乙炔基苯酚分子中的 $-C≡CH$ 能与 2 分子 Br_2 发生加成反应,连有酚羟基碳原子的邻位、对位碳原子上的 3 个氢原子均能被 Br 原子取代,则 1 mol 间乙炔基苯酚最多消耗 Br_2 的物质的量为 5 mol。所以,此题的答案为 B 项。

例 3 下列关于有机化合物与单质溴反应的叙述不正确的是()。

A. 苯乙烯()与溴水反应,

1 mol 苯乙烯能消耗 1 mol Br_2

B. 在 $FeBr_3$ 的催化作用下,1 mol 乙苯()能与 3 mol Br_2 发生取代反应

C. 邻乙炔基苯酚()与浓溴水

► 观察,来获取解题有关的信息,并运用分析、概括、归纳等方法对所获得的信息进行加工与应用,考查学生利用化学知识分析问题、解决问题的能力。

解答时要看框内,框外,里外结合;边分析,边思考,从易处着手;先局部,后全盘,逐步深入。遇

到不懂的问题先掠过,抓头,抓尾,推敲题意,结合问题,利用信息整理出答案。根据《课程标准》中的化学学科核心素养要求,高考将会继续延续工艺流程题的考查。

(收稿日期:2023-01-10)