



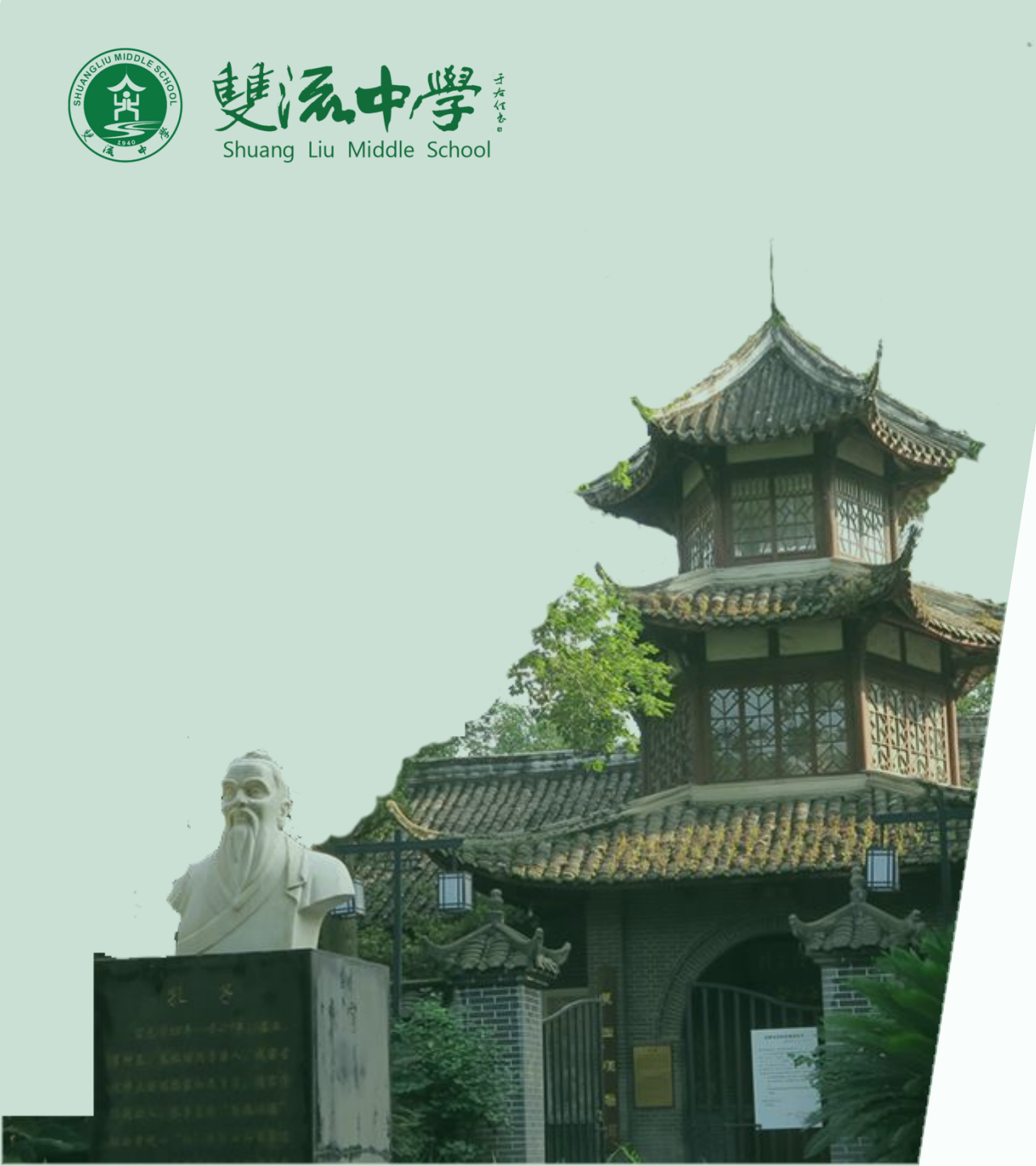
双流中學
Shuang Liu Middle School

以金属为主线的化工流程题 考情解读与一轮复习单元教学设计

四川省双流中学 高三化学备课组



雙流中學
Shuang Liu Middle School



目录 CONTENTS

1 考什么?

2 怎么考?

3 如何备考?

4 如何教与学?

2019年6月，国务院办公厅关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见。（十五）深化考试命题改革。学业水平选择性考试与高等学校招生全国统一考试命题要以普通高中课程标准和高校人才选拔要求为依据，实施普通高中新课程的省份不再制定考试大纲。

2020年1月9日，教育部公布《关于做好2020年普通高校招生工作的通知》，继去年提出“减少单纯死记硬背的知识性考查”后，首次明确“加强关键能力考查，优化试题情境创设，增强基础性、综合性、应用性、创造性。”

2020年9月11日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在京主持召开科学家座谈会并发表重要讲话。第四，加强创新人才教育培养。要加强数学、物理、化学、生物等基础学科建设。要高度重视青年科技人才成长，使他们成为科技创新主力军。

2020年10月13日，中共中央和国务院印发了《深化新时代教育评价改革总体方案》。20. 深化考试招生制度改革。稳步推进中高考改革，构建引导学生德智体美劳全面发展的考试内容体系，改变相对固化的试题形式，增强试题开放性，减少死记硬背和机械刷题现象。

国家顶层设计



雙流中學
Shuang Liu Middle School

一核：为什么考？

四层：考什么？

四翼：怎么考？



《 目录 》

第一部分

考什么？

以金属为主线的化工流程题中的“立德树人”与核心价值

以金属为主线的化工流程题所体现的学科素养

以金属为主线的化工流程题所体现的关键能力

以金属为主线的化工流程题所体现的必备知识

考什么？

化学“核心价值”



雙流中學
Shuang Liu Middle School

学科社会价值



展示中国传统文化
弘扬爱国主义情怀

学科本质价值



化学视角看待问题
具备正确化学观念

学科育人价值



体会化学学科魅力
激发化学学习动力

1、**精选我国科学家发表的前沿研究成果为情境**，在考查学生化学知识的基础上，**增强学生的科技成就感和民族自豪感，激发学生的爱国主义情怀。**

试卷	我国科学家的成果
2020（I）	蒋馥华《分段溶解法从废钒催化剂中回收五氧化二钒》； 梁江龙《酸浸法从黏土钒矿中提钒》
2020（Ⅲ）	王景峰《废镍催化剂回收镍并生产高纯硫酸镍的研究》
2020 山东	徐旺生《软锰矿氧化硫化钡制高纯碳酸锰和氢氧化钡工艺研究》
2019（Ⅱ）	戴良卿《反射炉还原重晶石生产立德粉试验》
2019（Ⅲ）	李昌新《以高硫锰矿制备电池用硫酸锰的净化除杂工艺研究》
2018（Ⅱ）	孙明生《铁闪锌矿湿法冶炼浸出渣的资源综合利用无害化处理技术与应用》

2、**以实际的工业生产为背景，展示化学的巨大应用价值**，培养学生对化学的认同与兴趣，强化化学学科知识与社会生产的联系，提升学生运用学科观念解决生活中实际问题的能力，激励学生应用化学知识为社会主义事业的发展不断努力。

考什么？

高中化学“核心素养”

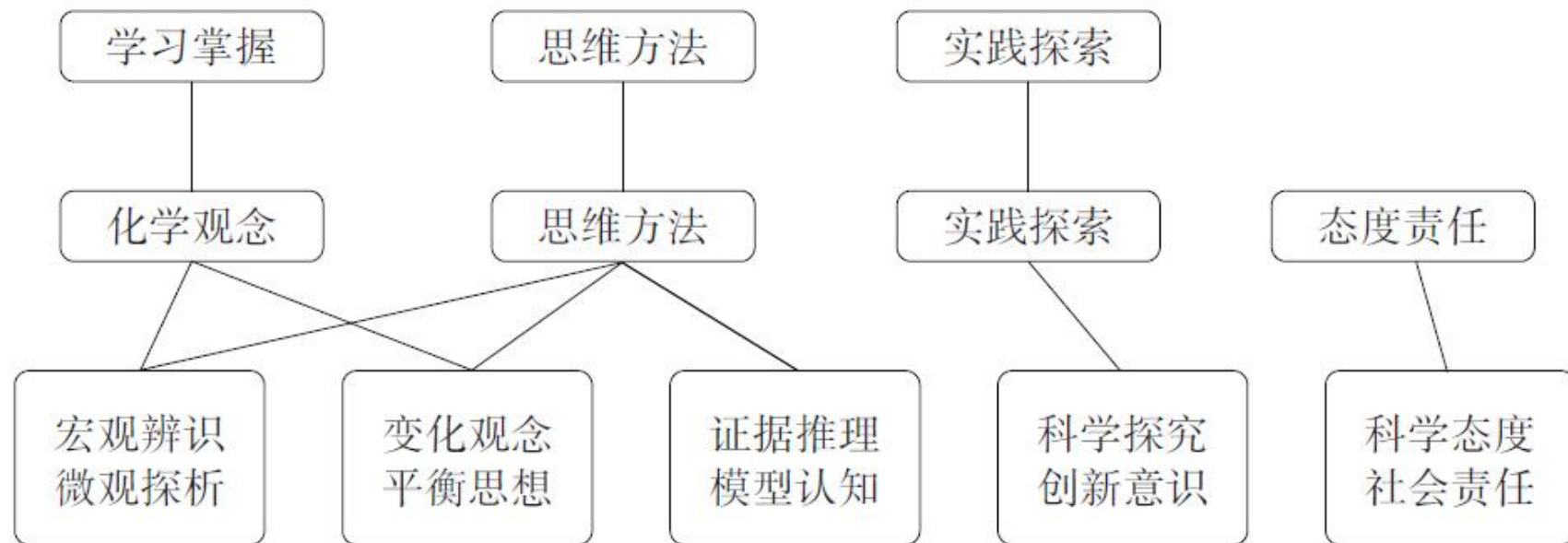


雙流中學
Shuang Liu Middle School

高考评价体系的学科素养

化学科考试中的学科素养

《化学课程标准》的学科核心素养



单旭峰 (2019) 《基于高考评价体系的化学科考试内容改革实施路径》
教育部考试中心《贯彻高考评价体系 深化高考内容改革——2020 年高考化学全国卷试题评析》

单旭峰《对接高中课程改革，深化高考内容改革——2019高考化学试题剖析》

单旭峰《科学命题，深化改革——2018年高考化学试题解析》

考什么？

【1.2 以金属为主线的化工流程题所体现的学科素养】



雙流中學
Shuang Liu Middle School



- 1、证据推理与模型认知
流程分析与物质推断，反应条件选择，产率计算
- 2、宏观辨识与微观探析
根据流程图与题干信息书写方程式
- 3、变化观念与平衡思想
沉淀溶解平衡，电解池工作原理等
- 4、科学探究与创新意识
物质的分离操作，流程图创新
- 5、科学态度与社会责任
化学知识在实际工业生产中的应用

掌握基础知识
辨析基本概念
获取有关信息

理解与
辨析

化学学科
关键能力

分析与
推测

判断物质结构
分析物质性质
预测反应现象
推断反应结果

探究与
创新

设计探究方案
描述实验现象
分析实验数据
评价探究方案

归纳与
论证

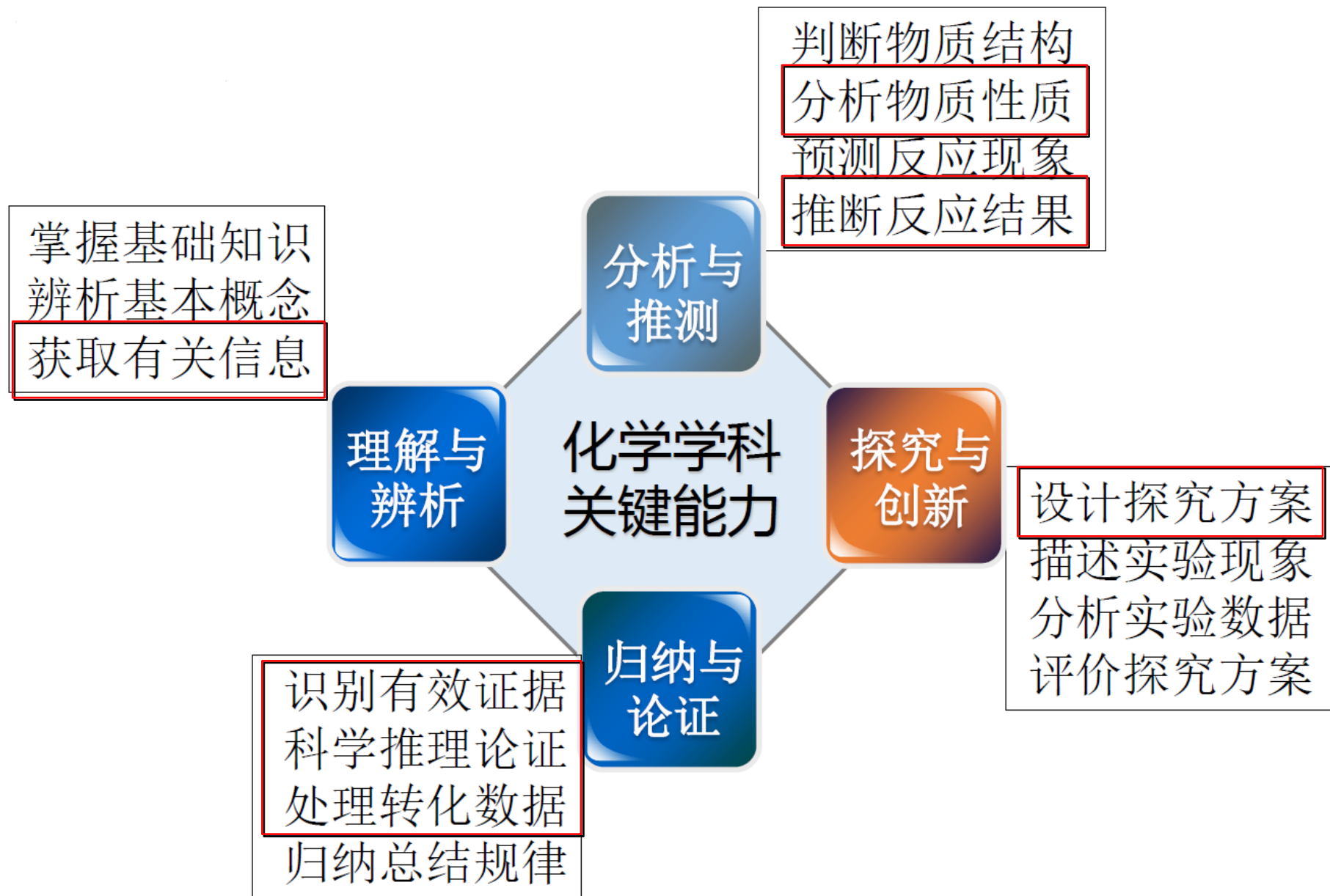
识别有效证据
科学推理论证
处理转化数据
归纳总结规律

考什么？

【1.3 以金属为主线的化工流程题所体现的关键能力】



雙流中學
Shuang Liu Middle School



考什么？

化学的必备知识



雙流中學
Shuang Liu Middle School

典型无机物的性质、有
机物的性质与转化关系

物质转化与应用

反应变化与规律

必备
知识

物质结构与性质

原子结构与性质
分子结构与性质
晶体结构与性质

化学语言与概念

实验原理与方法

元素符号与方程式

实验安全，常用仪
器，基本操作，数
据处理与分析

电解质溶液，
电化学，热力
学，动力学等

考什么？

【1.4 以金属为主线的化工流程题所体现的必备知识】



雙流中學
Shuang Liu Middle School

典型无机物的性质、有
机物的性质与转化关系

物质转化与应用

反应变化与规律

必备
知识

物质结构与性质

原子结构与性质
分子结构与性质
晶体结构与性质

化学语言与概念

元素符号与方程式

实验原理与方法

实验安全，常用仪
器，基本操作，数
据处理与分析

电解质溶液，
电化学，热力
学，动力学等

2019考纲

1、化学用语

能正确书写化学方程式和离子方程式，并能进行有关计算

2、化学反应速率与平衡

了解化学反应速率和化学平衡的调控在生活、生产和科学研究领域中的重要作用

3、电解质溶液

了解难溶电解质的沉淀溶解平衡。理解溶度积 (K_{sp}) 的含义，能进行相关的计算

4、常见无机物及其应用

常见金属元素与非金属元素知识的综合应用

5、化学实验

掌握常见物质检验、分离和提纯的方法

考什么？

2017年版2020年修订课程标准中的学业质量水平



雙流中學
Shuang Liu Middle School

质量描述

现在的考查水平 VS

水平
等级性考试的命题依据

3

3-1能采用模型、符号等多种方式对物质的结构及变化进行综合表征
3-2说明影响化学反应速率和化学平衡的因素；能运用宏观、微观、符号等方式描述、说明物质转化的本质与规律；分析化学能与电能相互转化的原理及其在生产生活中的应用；能分析评估物质转化过程对环境的影响
3-3能选择合适的实验试剂和仪器装置完成实验
3-4 能结合生产和生活实际问题情境说明化学变化中能量转化、调控反应条件等的重要应用；能运用化学原理和方法解释或解决生产、生活中与化学相关的一些实际问题；能分析化学品生产和应用过程中对社会和环境可能发生的影响，能提出降低其负面影响的建议

4

4-1能在物质及其变化的情境中，依据需要选择不同方法，从不同角度对物质及其变化进行分析和推断；能从宏观与微观、定性与定量等角度对物质变化中的能量转化进行分析和表征；**能基于物质性质提出物质在生产、生活和科学技术方面应用的建议和意见**
4-2能从调控反应速率、提高反应转化率等方面综合分析反应的条件，提出有效控制反应条件的措施；能依据化学变化中能量转化的原理，提出利用化学变化实现能量储存和释放的有实用价值的建议；**能基于绿色化学理念设计无机化合物制备方案**
4-3**能设计有关物质转化、分离提纯、性质应用等的综合实验方案**
4-4**能运用化学原理和方法对解决生产和生活中的热点问题提出创造性的建议；能依据绿色化学思想分析某些化学产品生产和应用存在的问题，提出处理或解决化学问题的方案**

考什么？

近三年全国卷以金属为主线化工流程题的考点



雙流中學
Shuang Liu Middle School

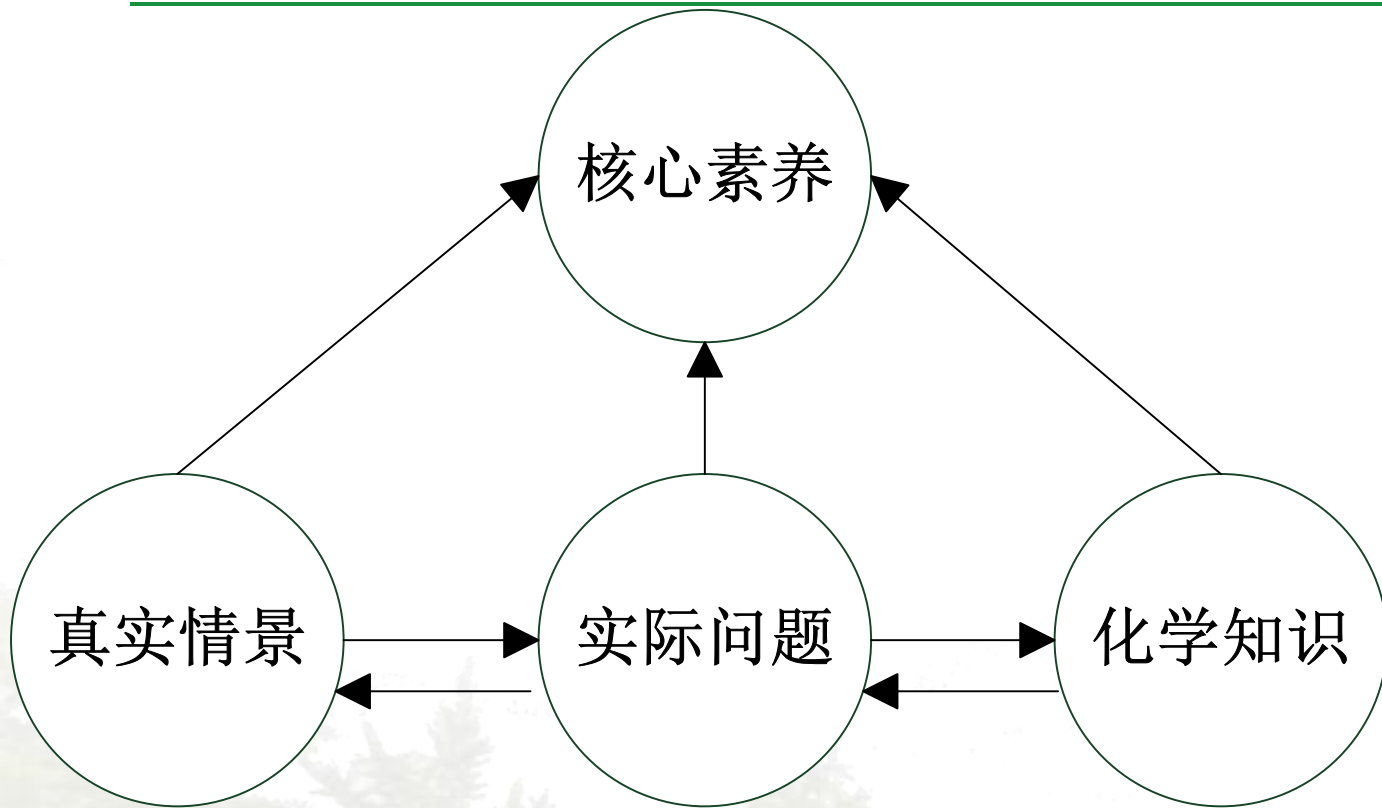
	近三年试卷中分值	20 (I)	20 (III)	20 (山东)	19 (II)	19 (III)	18 (II)	合计
	载体物质	NH_4VO_3	$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	MnCO_3	$\text{ZnS} \cdot \text{BaSO}_4$	MnSO_4	Zn	
考点	物质转化中“核心反应”方程式的书写	4	4	4	6	4	4	26
	实验操作及原因分析	4	3	2		4	4	17
	转化过程中产物的判断	6	3		2	3	2	16
	条件选择		3	3		2		8
	产物的循环利用			1			2	3
	溶度积的计算		2					2
	电极反应的书写						2	2
	纯度、转化率等计算				2			2
	其他			2	3	1		6
	合计	14	15	12	13	14	14	

第二部分

怎么考？

近几年全国卷以金属为主线化工流程题的考查方式分析

高考试题情景



1、日常生活

食物营养，合成药物，常见材料，能量转化

2、生产环保

自然资源利用，生产条件优化，废物回收利用，
毒害物质处理

3、学术探索

最新合成方法，新颖功能物质，新型催化剂

4、实验探索

定性与定量分析，物质制备与纯化，条件对反应影响

5、化学史料

研究方法，研究过程，创新思维

基础知识
基本技能
基本方法
基本操作

基础性

应用性

解释生活中现象
解决生产问题
阐释社会中热点
解答实验中疑问

内容创新
形式创新
方法创新
思维创新

创新性

综合性

学科内综合
学科间综合
方法综合
形式综合

怎么考？

2020年 I 卷



雙流中學
Shuang Liu Middle School

26、钒具有广泛用途。黏土钒矿中，钒以+3、+4、+5价的化合物存在，还包括钾、镁的铝硅酸盐，以及 SiO_2 、 Fe_3O_4 。采用以下工艺流程可由黏土钒矿制备 NH_4VO_3 。

该工艺条件下，溶液中金属离子开始沉淀和完全沉淀的pH如下表所示：

回答下列问题：

金属离子	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Al^{3+}	Mn^{2+}
开始沉淀 pH	1.9	7.0	3.0	8.1
完全沉淀 pH	3.2	9.0	4.7	10.1

(1) “酸浸氧化”需要加热，其原因是_____。

(2) “酸浸氧化”中， VO^+ 和 VO^{2+} 被氧化成_____，同时还有_____离子被氧化。写出 VO^+ 转化为_____反应的离子方程式_____。

(3) “中和沉淀”中，钒水解并沉淀为_____，随滤液②可除去金属离子 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、_____，以及部分的_____。

(4) “沉淀转溶”中，_____转化为钒酸盐溶解。滤渣③的主要成分是_____。

(5) “调pH”中有沉淀生产，生成沉淀反应的化学方程式是_____。

(6) “沉钒”中析出 NH_4VO_3 晶体时，需要加入过量 NH_4Cl ，其原因是_____。

(1) 加快酸浸和氧化反应速率（促进氧化完全）

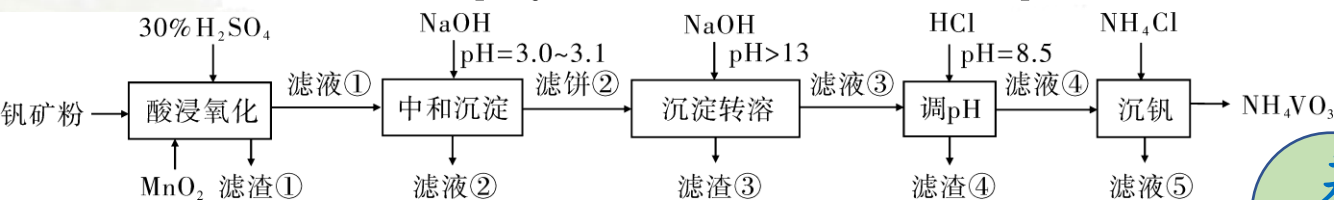
(2) $\text{Fe}^{2+} + \text{VO}^+ + \text{MnO}_2 + 2\text{H}^+ = \text{VO}^{2+} + \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

(3) Mn^{2+} Fe^{3+} 、 Al^{3+} (4) $\text{Fe}(\text{OH})_3$

(5) $\text{NaAlO}_2 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaCl} + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 或

$\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

(6) 利用同离子效应，促进 NH_4VO_3 尽可能析出完全



立意：考察以金属为主线的化工流程分析

情景创设：由黏土钒矿制备 NH_4VO_3

问题设计：方程式书写，流程分析，物质推断，操作分析

基础性：加热原因，铁、铝元素的性质

综合性：流程分析，陌生方程式书写，物质推断，操作分析

应用性：偏钒酸铵的制备

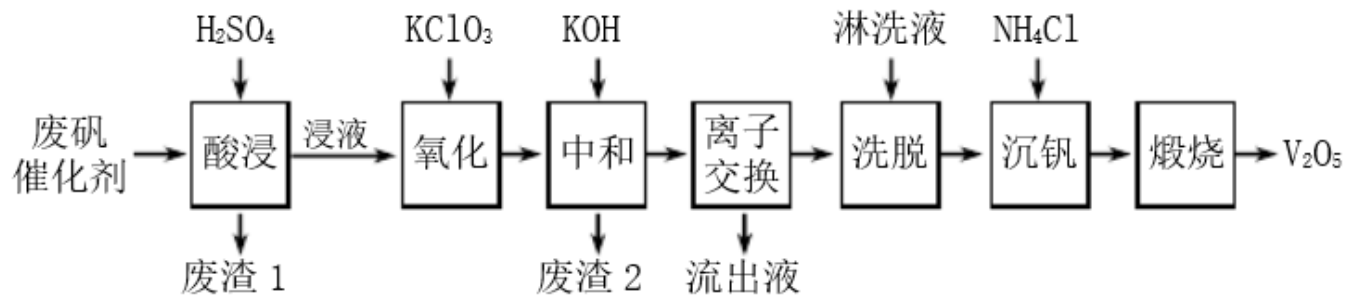
创新性：流程图，金属离子部分去除，同离子效应

【2016·新课标Ⅲ卷】(14分)以硅藻土为载体的五氧化二钒(V_2O_5)是接触法生成硫酸的催化剂。从废钒

催化剂中回收 V_2O_5 既避免污染环境又有利于资源综合利用。废钒催化剂的主要成分为：

物质	V_2O_5	V_2O_4	K_2SO_4	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
质量分数/%	2.2~2.9	2.8~3.1	22~28	60~65	1~2	<1

以下是一种废钒催化剂回收工艺路线：



回答下列问题：

(1) “酸浸”时 V_2O_5 转化为 VO_2^+ ，反应的离子方程式为_____

要成分是_____。

(2) “氧化”中欲使 3 mol 的 VO_2^+ 变为 VO_2^+ ，则需要氧化剂 $KClO_3$ _____

(3) “中和”作用之一是使钒以 $V_4O_{12}^{4-}$ 形式存在于溶液中。“废渣 2” _____

(4) “离子交换”和“洗脱”可简单表示为： $4ROH + V_4O_{12}^{4-} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} R_4$ (交换树脂)。为了提高洗脱效率，淋洗液应该呈_____性 (填“酸”“碱”“中”)。

(5) “流出液”中阳离子最多的是_____。

(6) “沉钒”得到偏钒酸铵 (NH_4VO_3) 沉淀，写出“煅烧”中发生反应的化学方程式_____。



雙流中學
Chuang Liu Middle School

分段溶解法从废钒催化剂中回收五氧化二钒

蒋馥华 张 萍* 申照全

(武汉冶金科技大学化工系 武汉 430081)

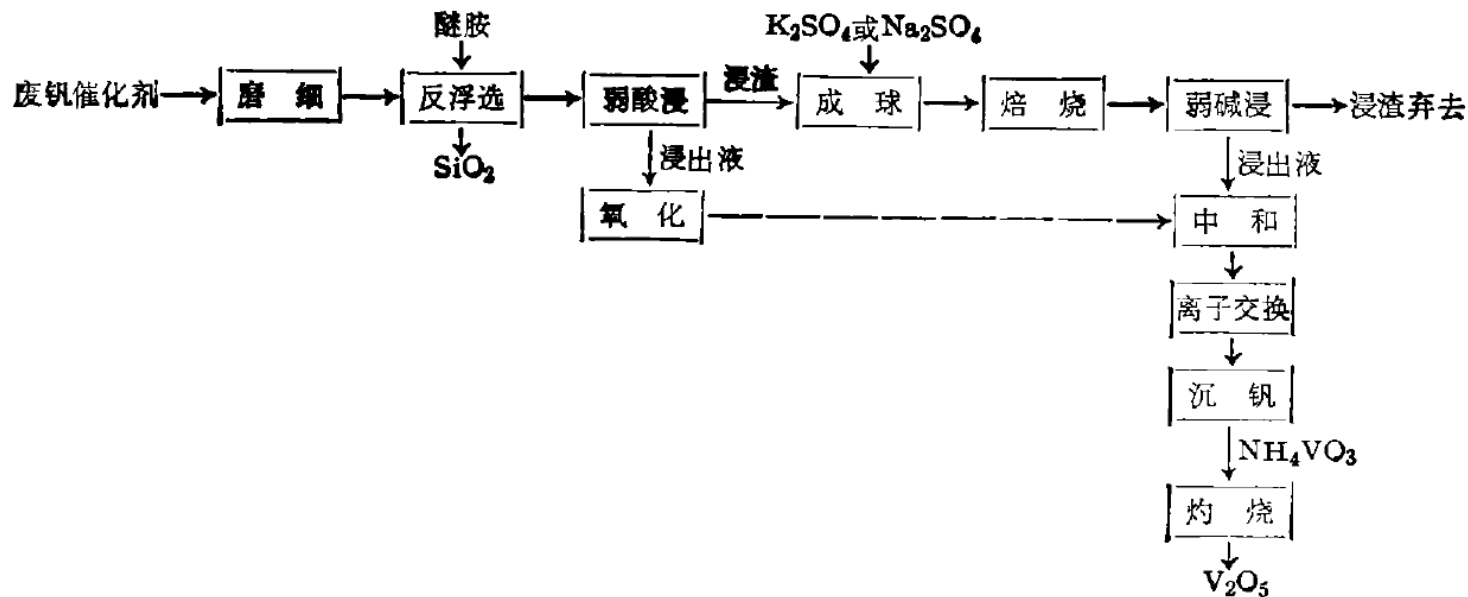


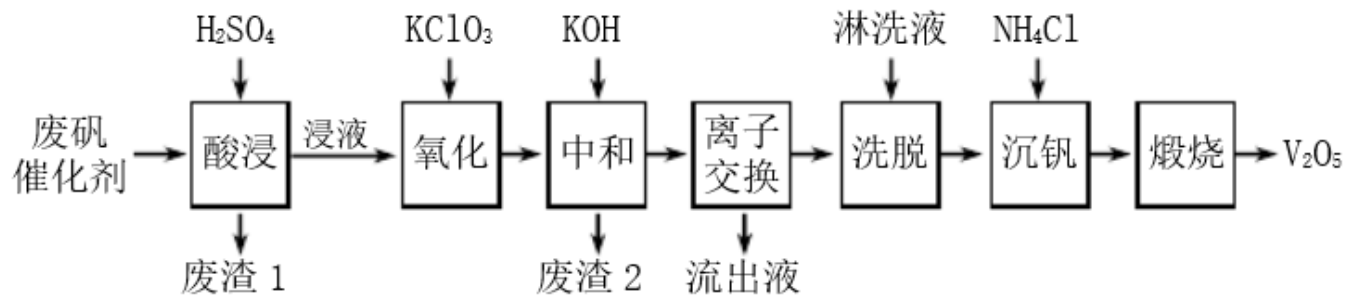
图 1 分段溶解法路线示意图

【2016·新课标Ⅲ卷】(14分)以硅藻土为载体的五氧化二钒(V_2O_5)是接触法生成硫酸的催化剂。从废钒

催化剂中回收 V_2O_5 既避免污染环境又有利于资源综合利用。废钒催化剂的主要成分为：

物质	V_2O_5	V_2O_4	K_2SO_4	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
质量分数/%	2.2~2.9	2.8~3.1	22~28	60~65	1~2	<1

以下是一种废钒催化剂回收工艺路线：



回答下列问题：

(1) “酸浸”时 V_2O_5 转化为 VO_2^+ ，反应的离子方程式为_____，同时 V_2O_4 主要成分是_____。

(2) “氧化”中欲使 3 mol 的 VO_2^+ 变为 VO_2^+ ，则需要氧化剂 $KClO_3$ 至少为_____mol

(3) “中和”作用之一是使钒以 $V_4O_{12}^{4-}$ 形式存在于溶液中。“废渣 2”中含有_____

(4) “离子交换”和“洗脱”可简单表示为： $4ROH + V_4O_{12}^{4-} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} R_4V_4O_{12} + 4OH^-$ (交换树脂)。为了提高洗脱效率，淋洗液应该呈_____性 (填“酸”“碱”“中”)。

(5) “流出液”中阳离子最多的是_____。

(6) “沉钒”得到偏钒酸铵 (NH_4VO_3) 沉淀，写出“煅烧”中发生反应的化学方程式_____。



雙流中學
Shuangliu Middle School

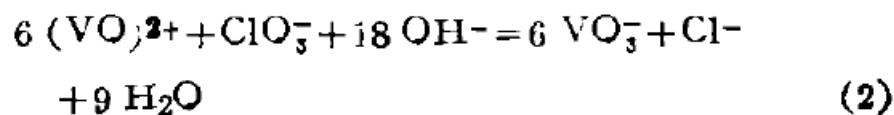
分段溶解法从废钒催化剂中回收五氧化二钒

蒋馥华 张 萍* 申照全

(武汉冶金科技大学化工系 武汉 430081)

3.5 氧化与中和

向酸浸后所得含钒溶液加入少量氯酸钾，使低价钒氧化，然后与碱浸所得含钒溶液混合中和。调节 pH 值至 6~8 左右。氧化与中和反应可表示如下：

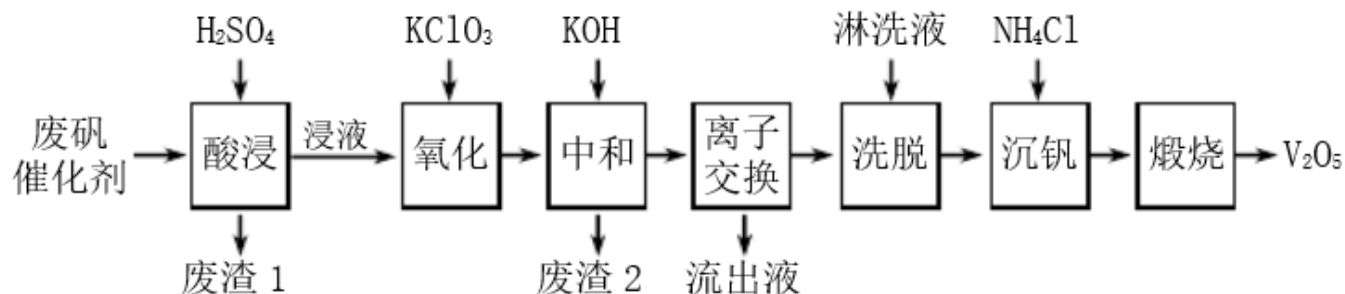


【2016·新课标Ⅲ卷】（14分）以硅藻土为载体的五氧化二钒（ V_2O_5 ）是接触法生成硫酸的催化剂。从废钒

催化剂中回收 V_2O_5 既避免污染环境又有利于资源综合利用。废钒催化剂的主要成分为：

物质	V_2O_5	V_2O_4	K_2SO_4	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
质量分数/%	2.2~2.9	2.8~3.1	22~28	60~65	1~2	<1

以下是一种废钒催化剂回收工艺路线：



回答下列问题：

（1）“酸浸”时 V_2O_5 转化为 VO_2^+ ，反应的离子方程式为_____，同时 V_2O_4 转成 VO_2^+ 。“废渣 1”的主要成分是_____。

（2）“氧化”中欲使 3 mol 的 VO_2^+ 变为 VO_2^+ ，则需要氧化剂 $KClO_3$ 至少为_____mol。

（3）“中和”作用之一是使钒以 $V_4O_{12}^{4-}$ 形式存在于溶液中。“废渣 2”中含有_____。

（4）“离子交换”和“洗脱”可简单表示为： $4ROH + V_4O_{12}^{4-} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} R_4V_4O_{12} + 4OH^-$ （以 RO 交换树脂）。为了提高洗脱效率，淋洗液应该呈_____性（填“酸”“碱”“中”）。

（5）“流出液”中阳离子最多的是_____。

（6）“沉钒”得到偏钒酸铵（ NH_4VO_3 ）沉淀，写出“煅烧”中发生反应的化学方程式_____。



雙流中學
Shuangliu Middle School

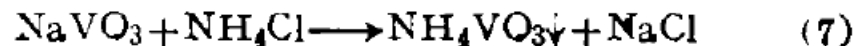
分段溶解法从废钒催化剂中回收五氧化二钒

蒋馥华 张 萍* 申照全

（武汉冶金科技大学化工系 武汉 430081）

3.7 沉钒与脱氨

经过吸附与解吸后的含钒母液浓缩至 V_2O_5 含量约达 20 kgm^{-3} 即可进行沉钒：溶液中过量 NH_4Cl 存在时，偏钒酸铵溶解度急剧降低而析出：

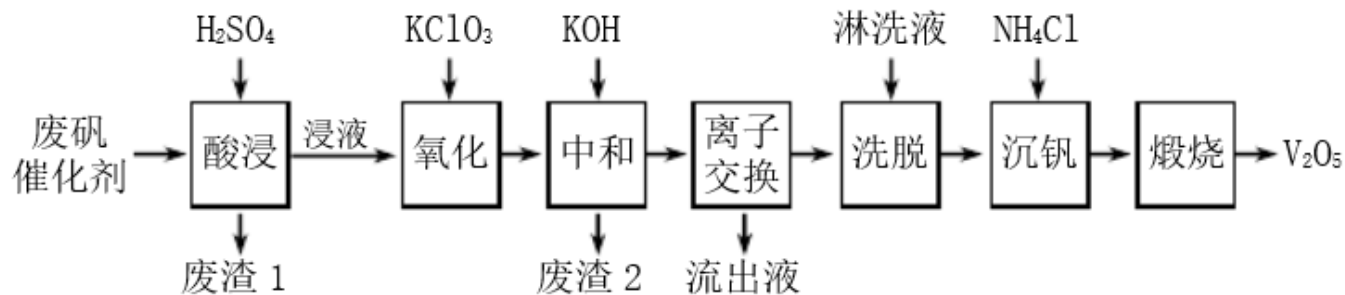


【2016·新课标Ⅲ卷】(14分)以硅藻土为载体的五氧化二钒(V_2O_5)是接触法生成硫酸的催化剂。从废钒

催化剂中回收 V_2O_5 既避免污染环境又有利于资源综合利用。废钒催化剂的主要成分为:

物质	V_2O_5	V_2O_4	K_2SO_4	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
质量分数/%	2.2~2.9	2.8~3.1	22~28	60~65	1~2	<1

以下是一种废钒催化剂回收工艺路线:



回答下列问题:

- (1) “酸浸”时 V_2O_5 转化为 VO_2^+ , 反应的离子方程式为_____, 同时 V_2O_4 转成 VO_2^+ 。“废渣”要成分是_____。
- (2) “氧化”中欲使 3 mol 的 VO_2^+ 变为 VO_2^+ , 则需要氧化剂 $KClO_3$ 至少为_____mol。
- (3) “中和”作用之一是使钒以 $V_4O_{12}^{4-}$ 形式存在于溶液中。“废渣 2”中含有_____。
- (4) “离子交换”和“洗脱”可简单表示为: $4ROH + V_4O_{12}^{4-} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} R_4V_4O_{12} + 4OH^-$ (以 ROH 为强碱交换树脂)。为了提高洗脱效率, 淋洗液应该呈_____性 (填“酸”“碱”“中”)。
- (5) “流出液”中阳离子最多的是_____。
- (6) “沉钒”得到偏钒酸铵 (NH_4VO_3) 沉淀, 写出“煅烧”中发生反应的化学方程式_____。



雙流中學
Chuang Liu Middle School

分段溶解法从废钒催化剂中回收五氧化二钒

蒋馥华 张 萍* 申照全

(武汉冶金科技大学化工系 武汉 430081)

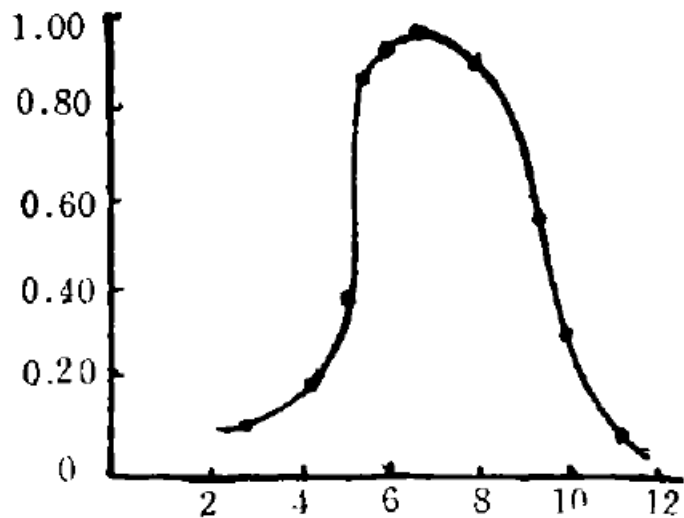


图 4 20°C 下, $[V_2O_5] = 5 \text{ kgm}^{-3}$ 的进柱液中, pH 与交换效率的关系

酸浸法从黏土钒矿中提钒

梁江龙¹, 方正¹, 李浩然², 冯雅丽³

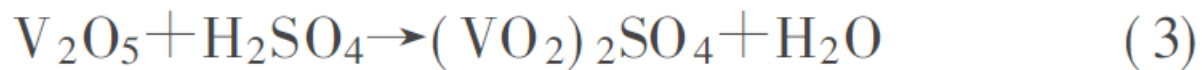
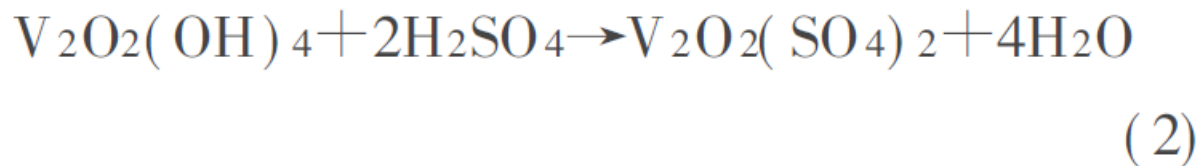
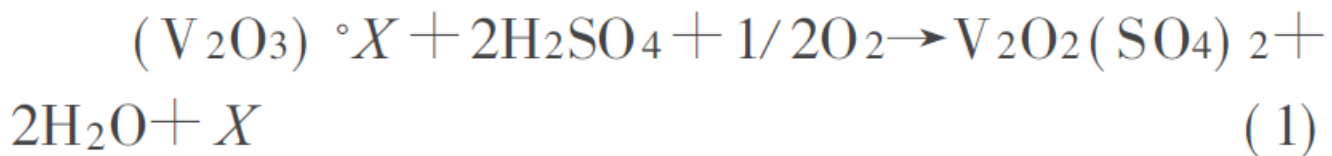
(1. 中南大学 化学化工学院, 长沙 410083; 2 中国科学院过程工程研究所 生化工程国家重点实验室, 北京 100080; 3. 北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083)

摘 要: 研究采用直接加氧化剂酸浸法处理河南浙川黏土钒矿, 对酸浸提钒阶段各影响因素进行优化。结果表明, 在 100℃, 二氧化锰用量为 3%, 硫酸浓度为 30%, 酸浸时间为 9h, 液固比为 4:1 的条件下, V_2O_5 浸出率可达 92%。与传统的钠化氧化焙烧法相比, 减少了焙烧过程, 有利于环境保护。



酸浸法从黏土钒矿中提钒

用酸破坏伊利石和钒云母的结构,即在一定的温度和酸度下,让氢离子进入伊利石和钒云母晶格中置换 Si^{4+} 和 Al^{3+} ,使离子半径发生变化,从而将钒释放出来。酸浸钒的反应式如反应(1)~反应(3)所示。



为雅丽³

院过程工程研究所 生化工程
环境工程学院,北京 100083)

凡阶段各影响因素进行优化。结果表明,在下, V_2O_5 浸出率可达 92%。与传统的钠化氧



酸浸法从黏土钒矿中提钒

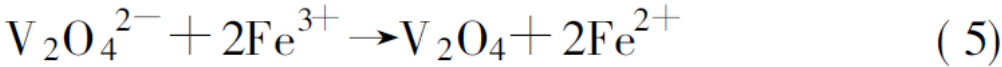
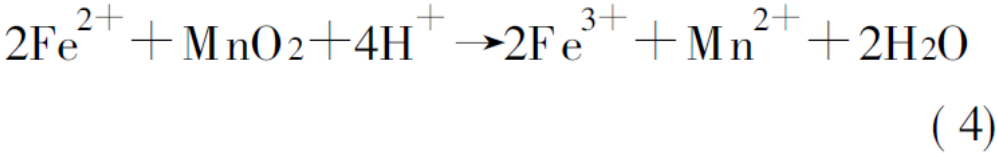
梁江龙¹, 方正¹, 李浩然² 2.2 二氧化锰的用量的影响

表 2 添加剂种类及其对浸出率的影响

Table 2 Additives and V²O⁵ leaching

添加剂 种类	无	氯酸钠	二氧 化锰	硫酸 亚铁	单质硫	硫铁矿
V ₂ O ₅ 的 浸出率/ %	57.3	81.1	79.4	57.5	59.9	60.5

根据上述分析, 所用添加剂为二氧化锰, 其氧化过程是先使 Fe²⁺ 氧化成 Fe³⁺, 然后 Fe³⁺ 再将 V³⁺ 氧化成 V⁴⁺。反应式为式(4) ~ 式(5)。



酸浸法从黏土钒矿中提钒

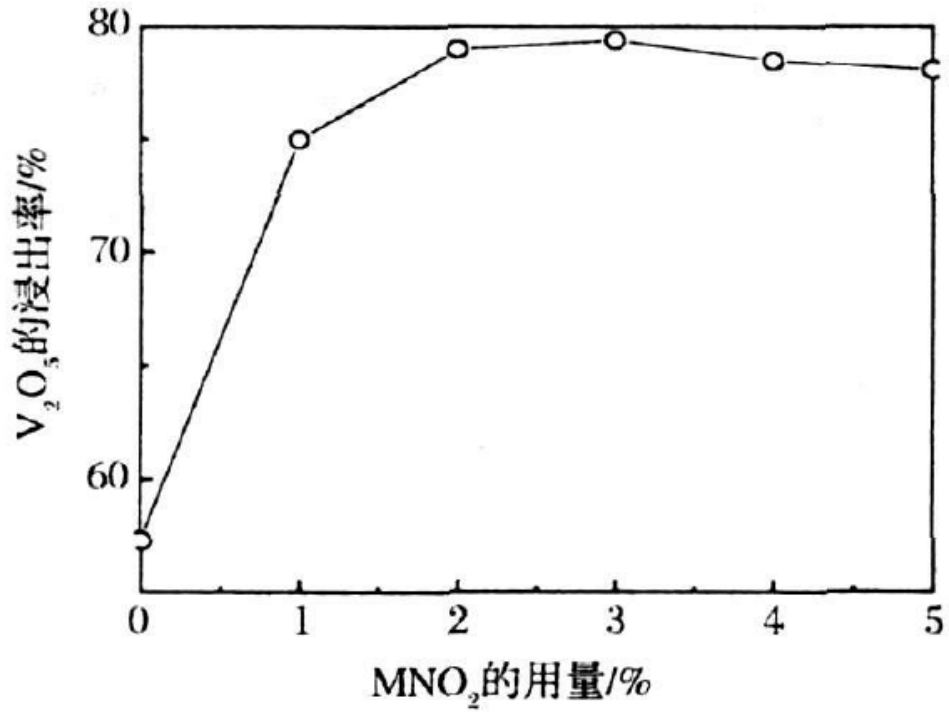


图 1 二氧化锰的用量对 V_2O_5 浸出率的影响

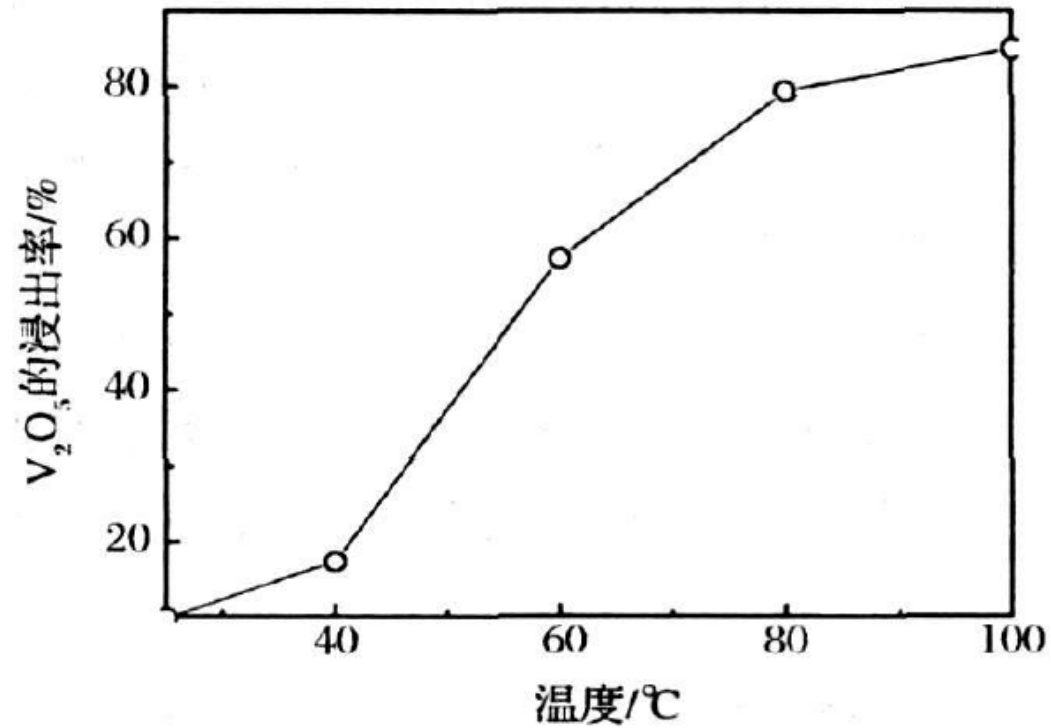


图 2 温度对 V_2O_5 浸出率的影响

酸浸法从黏土钒矿中提钒

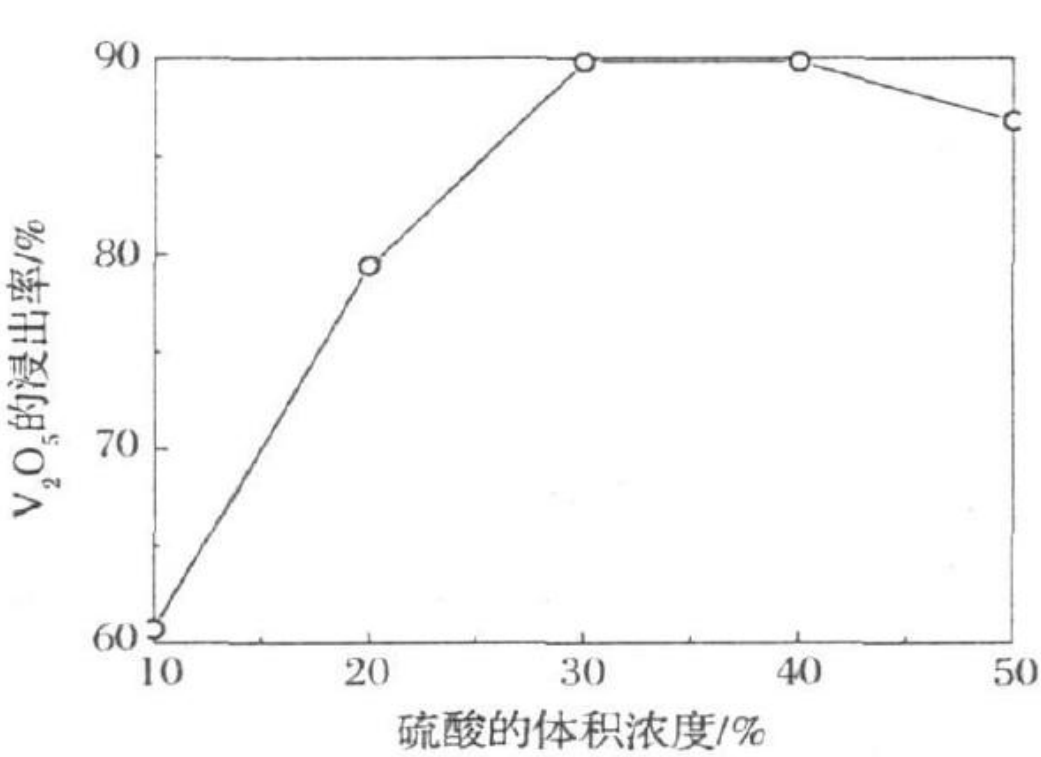


图 3 硫酸用量对 V_2O_5 浸出率的影响

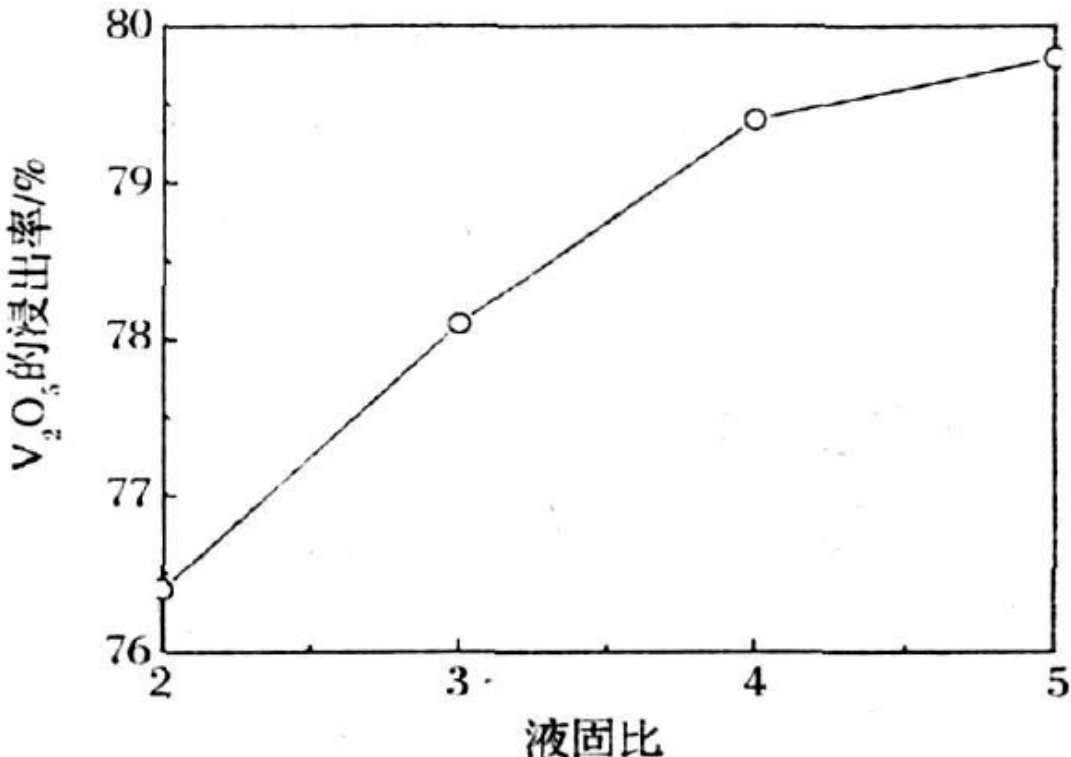


图 4 液固比对 V_2O_5 浸出率的影响

怎么考？

2020年III卷



雙流中學
Shuang Liu Middle School

27、某油脂厂废弃的油脂加氢镍催化剂主要含金属Ni、Al、Fe及其氧化物，还有少量其他不溶性物质。采用如下工艺流程回收其中的镍制备硫酸镍晶体($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)：

(1) “碱浸”中NaOH的两个作用分别是_____。为回收金属，用稀硫酸将“滤液①”调为中性，生成沉淀。写出该反应的离子方程式_____。

(2) “滤液②”中含有的金属离子是_____。

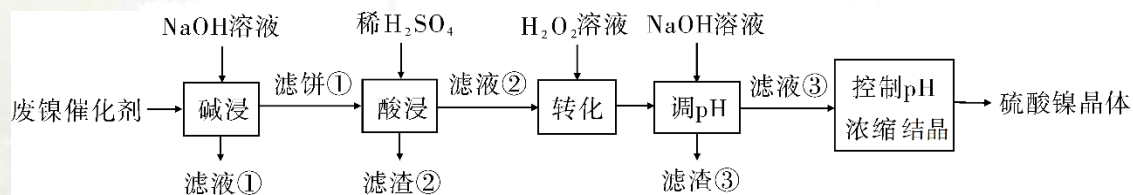
(3) “转化”中可替代 H_2O_2 的物质是_____。若工艺流程改为先“调pH”后“转化”，即“滤液③”中可能含有的杂质离子为_____。

(4) 利用上述表格数据，计算 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 的 $K_{\text{sp}} =$ _____ (列出计算式)。如果“转化”后的溶液中 Ni^{2+} 浓度为 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则“调pH”应控制的pH范围是_____。

(5) 硫酸镍在强碱溶液中用NaClO氧化，可沉淀出能用作镍镉电池正极材料的 NiOOH 。写出该反应的离子方程式_____。

(6) 将分离出硫酸镍晶体后的母液收集、循环使用，其意义是_____。

金属离子	Ni^{2+}	Al^{3+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}
开始沉淀时($c=0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)的 pH	7.2	3.7	2.2	7.5
沉淀完全时($c=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)的 pH	8.7	4.7	3.2	9.0



(1) 除去油脂、溶解铝及其氧化物 $\text{AlO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 或 $\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

(2) Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} (3) O_2 或空气 Fe^{3+}

(4) $3.2 \sim 6.2$

(5) $2\text{Ni}^{2+} + \text{ClO}^- + 4\text{OH}^- = 2\text{NiOOH} \downarrow + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

(6) 提高镍回收率

立意：考察以金属为主线的化工流程分析

情景创设：硫酸镍晶体制备

问题设计：方程式书写，流程分析，物质

推断，操作分析，条件选择，溶度积

基础性：氢氧化钠作用，偏铝酸根性质

综合性：流程分析，陌生方程式书写，物质推断，操作分析，溶度积计算

应用性：硫酸镍的制备

创新性：流程图，先“调pH”后“转化”

文章编号:1007-2853(2011)07-0033-03

废镍催化剂回收镍并生产高纯硫酸镍的研究

王景峰

(吉林化工学院 化学与制药工程学院, 吉林 吉林 132022)

摘要: 研究了从废镍催化剂中生产硫酸镍, 废镍催化剂通过碱洗酸溶, 除去杂质钡和硅之后, 通过调节溶液的 pH 值进行精制和浓缩, 以除去铁锌等杂质, 在液固比 (mL/g) 为 5、硫酸质量浓度为 40%, 浸泡时间为 100 min, 浸泡温度是 95 ℃ 时镍的浸出率最高, 可达到 97.5%。最终得到的晶体通过 X 射线衍射和热重分析表明, 其结构为 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 化学分析表明镍含量为 22.6%。

怎么考？

2020年山东卷



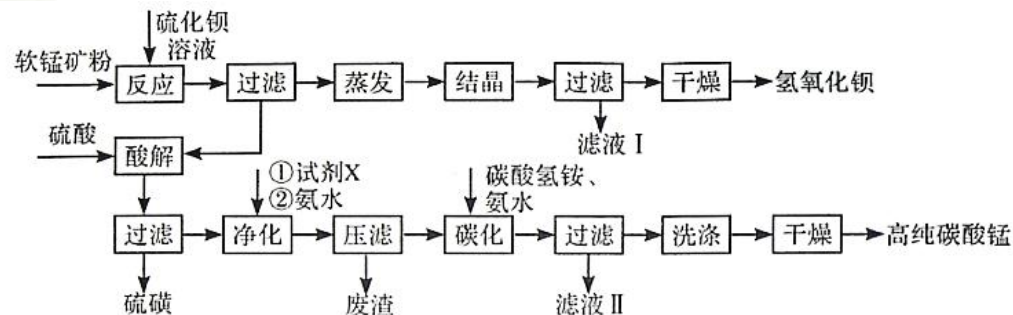
雙流中學
Shuang Liu Middle School

16、用软锰矿(主要成分为 MnO_2 ，含少量 Fe_3O_4 、 Al_2O_3)和 BaS 制备高纯 MnCO_3 的工艺流程如下：

- (1) 软锰矿预先粉碎的目的是_____， MnO_2 与 BaS 溶液反应转化为 MnO 的化学方程式为_____。
- (2) 保持 BaS 投料量不变，随 MnO_2 与 BaS 投料比增大，S的量达到最大值后无明显变化，而 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的量达到最大值后会减小，减小的原因是_____。
- (3) 滤液I可循环使用，应当将其导入到_____操作中(填操作单元的名称)。
- (4) 净化时需先加入的试剂X为_____ (填化学式)。再使用氨水调溶液的pH，则pH的理论最小值为_____ (当溶液中某离子浓度 时，可认为该离子沉淀完全)。
- (5) 碳化过程中发生反应的离子方程式为_____。

物质	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
K_{sp}	$1 \times 10^{-16.3}$	$1 \times 10^{-38.6}$	$1 \times 10^{-32.3}$	$1 \times 10^{-12.7}$

- (1) 增大接触面积，充分反应，提高反应速率；
(2) 过量的 MnO_2 消耗了产生的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$
(3) 蒸发 (4) H_2O_2 4.9
(5) $\text{Mn}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$



基础性：粉碎目的，铁、铝性质

综合性：流程分析，陌生方程式书写，物质推断，操作分析，条件选择

应用性：碳酸锰的制备

创新性：流程图，氢氧化钡量减少原因，碳化过程加氨水和碳酸氢铵

立意：考察以金属为主线的化工流程分析
情景创设：碳酸锰的制备

问题设计：方程式书写，流程分析，物质推断，操作分析，条件选择

开发与研究

国家火炬项目 高科技环保型

微生物法丙烯酰胺(AM)

董事长:李万峰 总经理:吴庆祥

总工:时敏江 邮编:454100

地址:焦作市解放西路 马涧段

电话:0391-2627572,2636368(传)

焦作多生多化工股份有限公司

软锰矿氧化硫化钡 制高纯碳酸锰和氢氧化钡工艺研究

徐旺生¹, 徐莹², 杜阳², 何秉忠¹

(1. 武汉化工学院 化学系, 湖北 武汉 430073; 2. 中国五环化学工程公司, 湖北 武汉 430073)

摘要: 软锰矿同硫化钡溶液在较低温度下进行氧化还原反应, 当硫化钡含量控制在 26~75g/L 范围内, 软锰矿与硫化钡的物质的量比为 2.5~3, 反应时间 50~60min, 软锰矿被硫化钡还原为 MnO , 其还原率可达 93.5% 以上; 还原后的锰用硫酸浸取, 溶液经除杂后, 与碳酸铵反应而制成高纯碳酸锰。硫化钡则被氧化为氢氧化钡, 经蒸发、结晶而制得八水氢氧化钡, 其回收利用率高达 95%。

开发与研究

国家火炬项目 高科技环保型

微生物法丙烯酰胺(AM)

董事长:李万峰 总经理:吴庆祥

总工:时敏江 邮编:454100

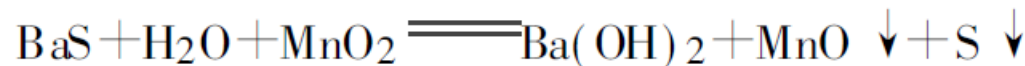
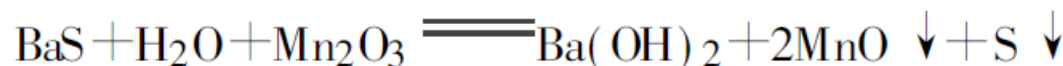
地址:焦作市解放西路 马涧段

电话:0391-2627572,2636368(传)

焦作多生多化工股份有限公司

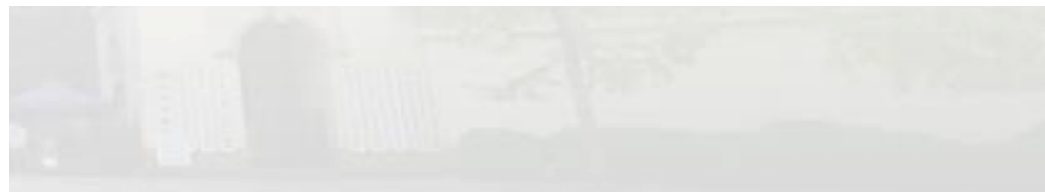
软锰矿氧化硫化钡 制高纯碳酸锰和氢氧化钡工艺研究

(1. 武汉化工学院)

反应过程中生成的 Mn_2O_3 进一步与 BaS 反应:

反应结束后, 过滤出不溶性固体物质(内含有 MnO 、未反应的 MnO_2 、硫黄及其它杂质), 将溶液进行真空蒸发, 冷却后结晶出 $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 产品。

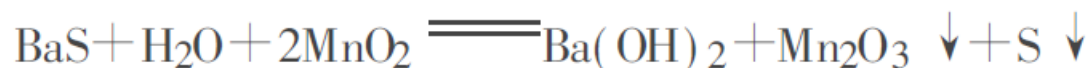
硫化钡则被氧化为氢氧化钡, 经蒸发、结晶而制



1.2 工艺原理

1.2.1 软锰矿粉氧化处理硫化钡

软锰矿(MnO_2) 粉与硫化钡(BaS) 在不断搅拌下进行激烈的化学反应, 反应式如下:



开发与研究

国家火炬项目 高科技环保型

微生物法丙烯酰胺(AM)

董事长:李万峰 总经理:吴庆祥

总工:时敏江 邮编:454100

地址:焦作市解放西路马涧段

电话: 0391-2627572, 2636368(传)

焦作多生多化工股份有限公司

软锰矿氧化硫化钡 制高纯碳酸锰和氢氧化钡工艺研究

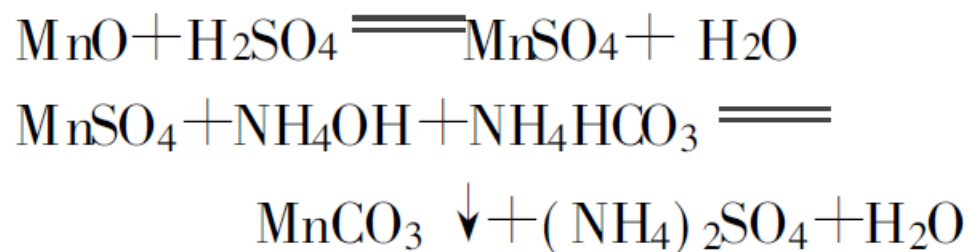
徐旺生¹, 徐莹², 杜阳², 何秉忠¹

(1. 武汉化工学院 化学系, 湖北 武汉 430073; 2. 中国五环化学工程公司, 湖北 武汉 430073)

摘 要:软锰矿同硫化钡溶液在钡的物质的量比为 2.5~ 锰用硫酸浸取,溶液经除得八水氢氧化钡,其回收:

将分离出来的固体物质,在搅拌下用硫酸溶解,滤去残渣,用氨水与碳酸氢铵混合物进行中和,再经脱水(洗涤)、干燥、粉碎等过程制得高纯碳酸锰。

上;还原后的
发、结晶而制



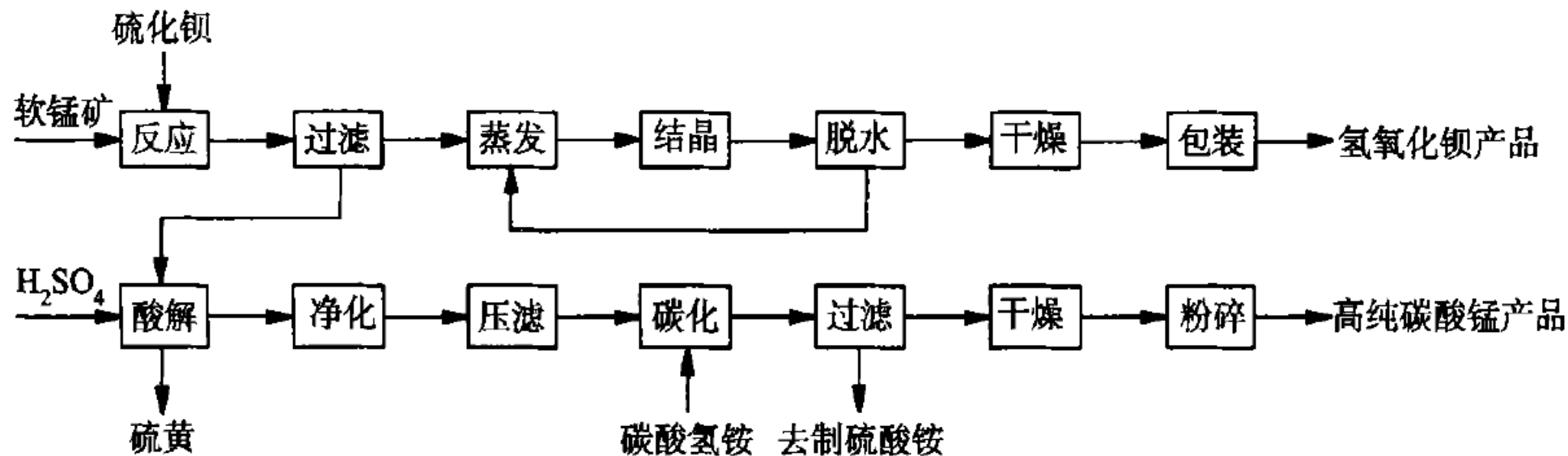


图 1 工艺流程示意图

摘要: 软锰矿同硫化钡溶液在较低温度下进行氧化还原反应,当硫化钡含量控制在 $26 \sim 75\text{g/L}$ 范围内,软锰矿与硫化钡的物质的量比为 $2.5 \sim 3$,反应时间 $50 \sim 60\text{min}$,软锰矿被硫化钡还原为 MnO ,其还原率可达 93.5% 以上;还原后的锰用硫酸浸取,溶液经除杂后,与碳酸铵反应而制成高纯碳酸锰。硫化钡则被氧化为氢氧化钡,经蒸发、结晶而制得八水氢氧化钡,其回收利用率高达 95% 。

国家火炬项目 高科技 环保型

微生物法丙烯酰胺(AM)

董事长:李万峰 总经理:吴庆祥

总 工:时敏江 邮 编:454100

地址:焦作市解放西路 马涧段

电话:0391-2627572,2636368(传)

焦作多生多化工股份有限公司

制

(1. 武汉化工)

由表 2 可知, MnO_2/BaS 为 1 ~ 3.0, 氢氧化钡转化率随 MnO_2/BaS 增大而增大; 但比值超过 3.5 以后随 MnO_2/BaS 增大而减小。因为 MnO_2 为两性氧化物, 而 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 为强碱, 随着反应不断进行, 溶液中 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 含量不断增加, 若 MnO_2 过量太多, 则容易发生反应, 生成难溶于水的亚锰酸钡。所以, 软锰矿不宜加得过多, 一般将 MnO_2/BaS 值控制在 2.5 ~ 3, 可获得较高的氢氧化钡转化率。

摘 要: 软锰矿同硫化钡溶液在较低温度下进行氧化还原反应, 当硫化钡含量控制在 26 ~ 75g/L 范围内, 软锰矿与硫化钡的物质的量比为 2.5 ~ 3, 反应时间 50 ~ 60min, 软锰矿被硫化钡还原为 MnO , 其还原率可达 93.5% 以上; 还原后的锰用硫酸浸取, 溶液经除杂后, 与碳酸铵反应而制成高纯碳酸锰。硫化钡则被氧化为氢氧化钡, 经蒸发、结晶而制得八水氢氧化钡, 其回收利用率高达 95%。

怎么考？

2019年III卷



雙流中學
Shuang Liu Middle School

27、高纯硫酸锰作为合成镍钴锰三元正极材料的原料，工业上可由天然二氧化锰粉与硫化锰矿（还含Fe、Al、Mg、Zn、Ni、Si等元素）制备，工艺如下图所示。

(1) “滤渣1”含有S和_____；写出“溶浸”中二氧化锰与硫化锰反应的化学方程式_____。

(2) “氧化”中添加适量的 MnO_2 的作用是_____。

(3) “调pH”除铁和铝，溶液的pH范围应调节为_____~6之间。

(4) “除杂1”的目的是除去 Zn^{2+} 和 Ni^{2+} ，“滤渣3”的主要成分是_____。

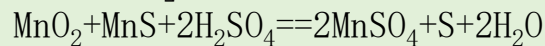
(5) “除杂2”的目的是生成 MgF_2 沉淀除去 Mg^{2+} 。若溶液酸度过高， Mg^{2+} 沉淀不完全，原因是_____。

(6) 写出“沉锰”的离子方程式_____。

(7) 层状镍钴锰三元材料可作为锂离子电池正极材料，其化学式为 $LiNi_xCo_yMn_zO_2$ ，其中Ni、Co、Mn的化合价分别为+2、+3、+4。当 $x=y=$ 时， $z=$ _____。

金属离子	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Ni^{2+}
开始沉淀的 pH	8.1	6.3	1.5	3.4	8.9	6.2	6.9
沉淀完全的 pH	10.1	8.3	2.8	4.7	10.9	8.2	8.9

(1) SiO_2 （不溶性硅酸盐）

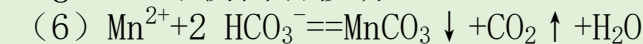
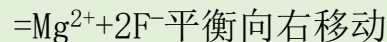


(2) 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+}

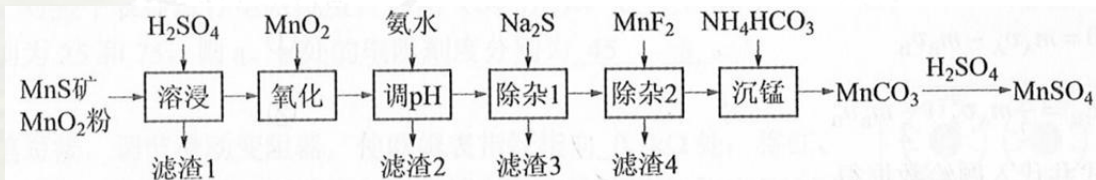
(3) 4.7

(4) NiS 和 ZnS

(5) F^- 与 H^+ 结合形成弱电解质HF， MgF_2



(7) 1/3



立意：考察以金属为主线的化工流程分析

情景创设：硫酸锰的制备

问题设计：方程式书写，流程分析，物质推断，操作分析，条件选择

基础性：硅、铁等元素的性质

综合性：流程分析，陌生方程式书写，物质推断，操作分析，条件选择

应用性：硫酸锰的制备

创新性：流程图，镁离子沉淀不完全原因，化合价相关的计算

以高硫锰矿制备电池用硫酸锰的 净化除杂工艺研究*

李昌新¹, 李秋月¹, 喻 源¹, 钟 宏^{2,3}, 王 帅^{2,3}

(1. 南京工业大学安全科学与工程学院, 江
3. 中南大学锰资源高效清

1.3 电池用硫酸锰制备工艺流程

图 1 为以高硫锰矿为原料制备电池用硫酸锰的工艺流程。使用 MnF_2 作为沉淀剂, 沉淀反应过

高硫锰矿
↓
混合
↓
 $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

在以下 3 个平衡^[8]:



图 5a、5b 分别为 $\text{Mg-F-H}_2\text{O}$ 系和 $\text{Ca-F-H}_2\text{O}$ 系 φ -pH 图。从图 5 中可以看出, pH 为 4~12 时, CaF_2 和 MgF_2 均能稳定存在, CaF_2 和 MgF_2 稳定存在范围较大, 适合氟化沉淀去除。而只有当 $\text{pH} < 3.5$ 时, CaF_2 和 MgF_2 才能溶解。此外, 要使硫酸锰溶液中的钙镁离子含量降低达到电解的要求, 就必须有足够浓度的 F^- 。而 C_{F^-} 又与 C_{H^+} 直接相关, 如果 pH 太小, 由于氢氟酸属于弱酸, 氟主要以 HF 形式存在, 这样一方面严重腐蚀设备, 另一方面减少参与反应的 F^- 数量, 降低脱除钙镁的效果。

图 1 以高硫锰矿为原料制备电池用硫酸锰的工艺流程

《 目 录 》

第三部分

如何备考？

研究高考

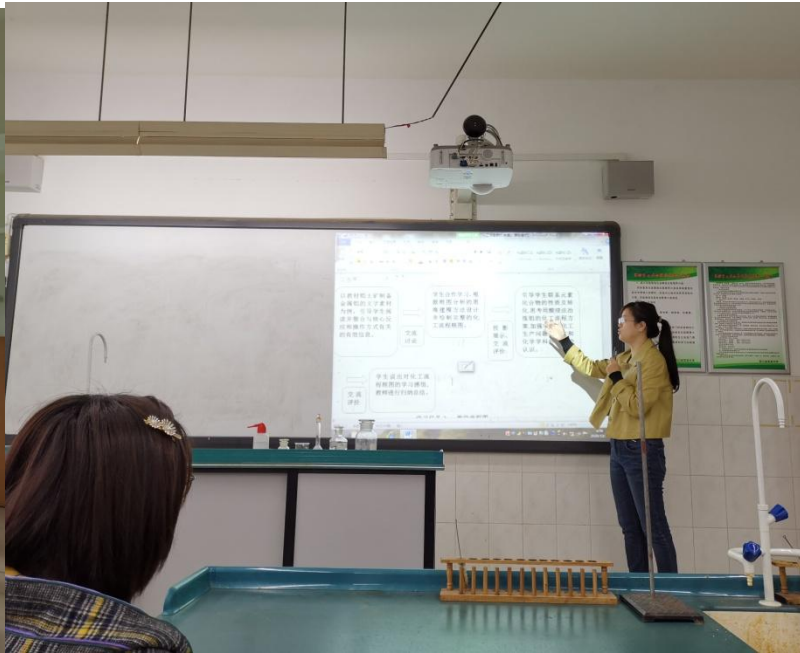
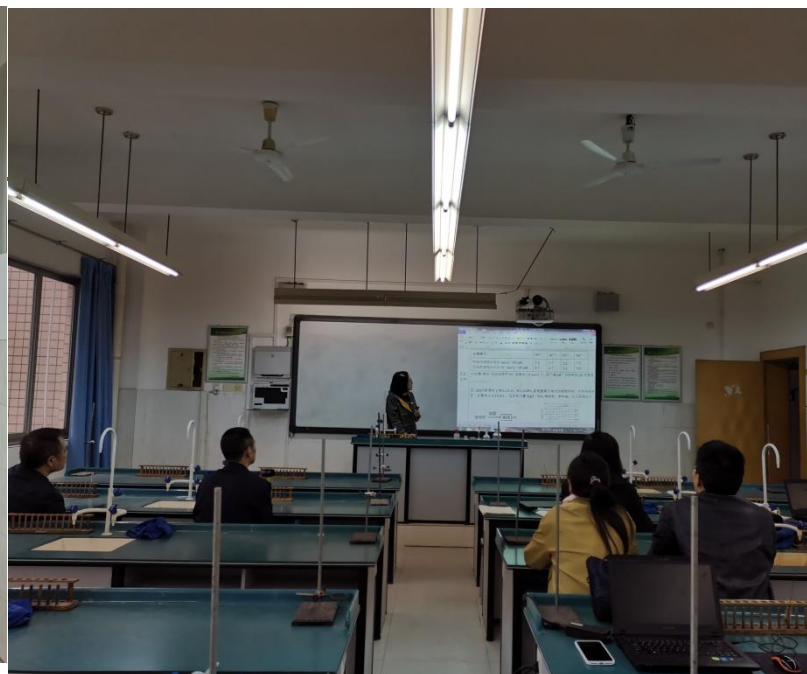
研究教材

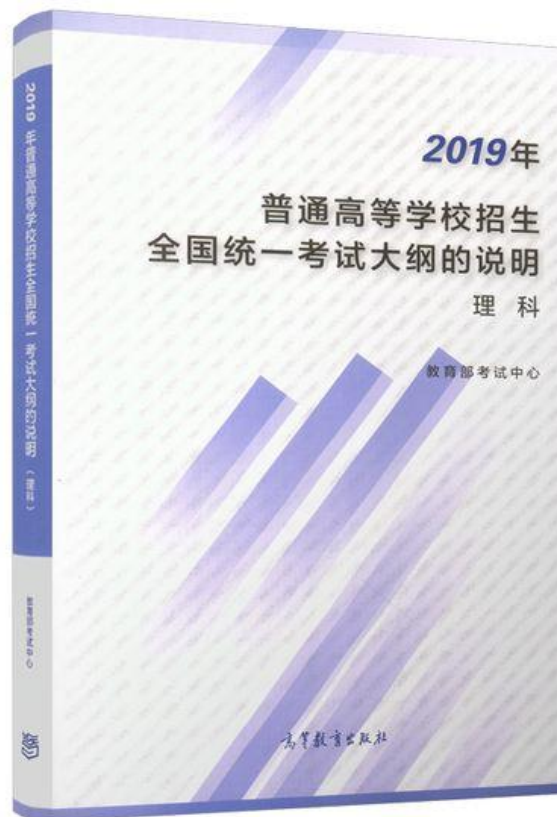
研究资料

研究各类试题的命制


指导学生复习与答题方法


研究教学








- 专题01 STSE 与化学用语-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题02 化学计量与化学计算-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题03 离子反应与氧化还原反应-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题04 元素及其化合物-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题05 物质结构 元素周期律-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题06 反应速率、化学平衡与能量变化-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题07 电化学及其应用-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题08 水溶液中的离子平衡-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题09 化学实验基础-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题10 有机化合物-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题11 化学工艺流程-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题12 化学反应原理综合-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题13 化学实验综合探究-五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题14 物质结构与性质 (选修3) -五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解
- 专题15 有机化学基础 (选修5) -五年 (2016-2020) 高考化学真题分项详解


 贯彻高考评价体系 深化高考内容改革——2020年高考化学全国卷试题评析


 《中国高考评价体系》解读12


 【新课程】【培训资料】05高中化学学业质量标准、化学教学评价与考试命题改革（定稿）周青


 2021新高考化学命题趋势 化学


 对接高中课程改革深化高考内容改革——2019年高考化学试题剖析


 基于高考评价体系的化学科考试内容改革实施路径_单旭峰


 科学命题 深化改革——2018年高考化学试题解析


 深化改革 平稳过渡——2016年高考全国卷化学试题特点剖析


 在继承的基础上探索创新——2017年高考全国卷化学试题解读


 高考化学工艺流程题命题探讨_岳庆先


 高考化学工艺流程题统计分析及教学策略研究_唐洁


 工艺流程图题升级版-夏建华


 化学工艺流程题答题策略吴填平


 学科核心素养下鉴赏2017年全国卷_化工流程题_周曼文


 一轮复习——金属及其化合物拓展


 真实情境视角下化工流程题教学研究_裴婉冰


 从废钒催化剂中回收五氧化二钒_孙德功


 反射炉还原重晶石生产立德粉试验


 废镍催化剂回收镍并生产高纯硫酸镍的研究_王景峰


 分段溶解法从废钒催化剂中回收五氧化二钒_蒋馥华


 固体碱熔氧化法制备重铬酸钾的实验研究_李杰

 软锰矿氧化硫化钡制高纯碳酸锰和氢氧化钡工艺研究_徐旺生

 酸浸法从黏土钒矿中提钒_梁江龙

 铁闪锌矿湿法治炼浸出渣的资源综合利用无害化处理技术与应

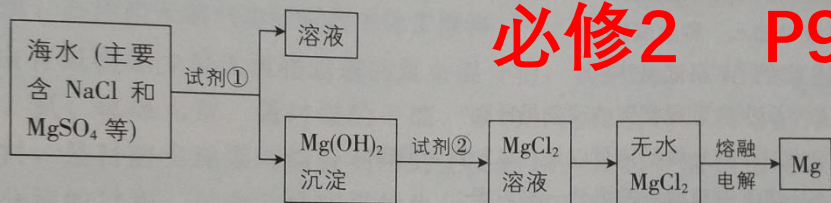
 以高硫锰矿制备电池用硫酸锰的净化除杂工艺研究_李昌新

 综合利用钛铁矿制备二氧化钛_钛酸锂和磷酸铁锂_李新海

•在一轮复习中，要紧扣教材，重视教材的重点知识，如实验部分，科学

探究，学与问，课后习题等内容。

镁及其合金是一种用途很广的金属材料，目前世界上 60% 的镁是从海水中提取的。主要步骤如下：

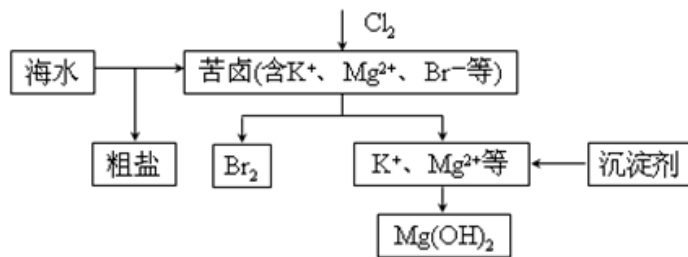


必修2 P93

- (1) 为了使 MgSO₄ 转化为 Mg(OH)₂，试剂①可以选用_____，要使 MgSO₄ 完全转化为沉淀，加入试剂①的量应_____；
- (2) 加入试剂①后，能够分离得到 Mg(OH)₂ 沉淀的方法是_____；
- (3) 试剂②可以选用_____；
- (4) 无水 MgCl₂ 在熔融状态下，通电后会产生 Mg 和 Cl₂，该反应的化学方程式为：_____。

(2015 年全国卷 II) 12. 海水开发利用的部分过程如图所示。下列说法错误的是

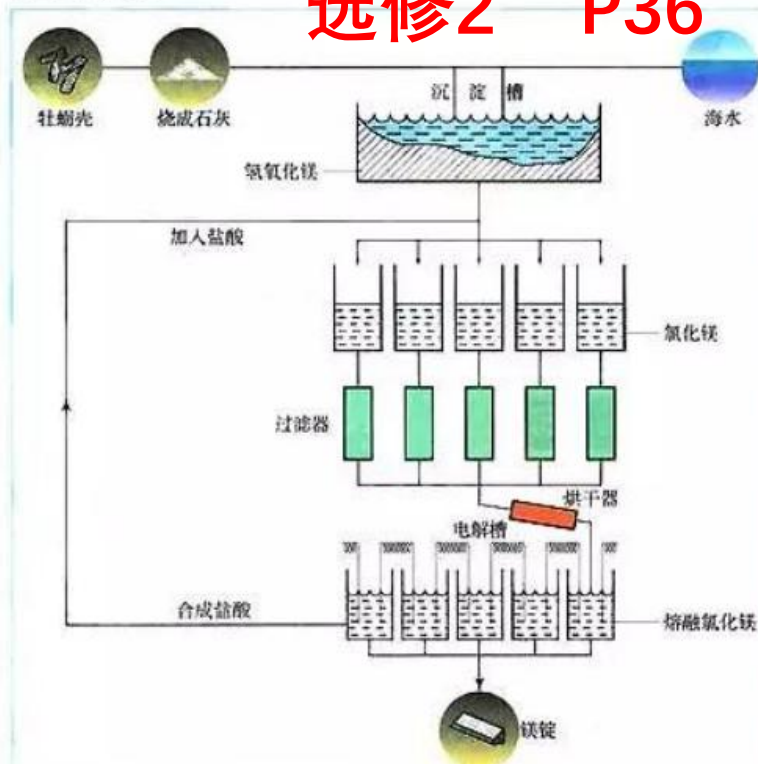
- 向苦卤中通入 Cl₂ 是为了提取溴
- 粗盐可采用除杂和重结晶等过程提纯
- 工业生产常选用 NaOH 作为沉淀剂
- 富集溴一般先用空气和水蒸气吹出单质溴，再用 SO₂ 将其还原吸收



工业规模海水提镁的一种方法是，将海水抽入反应槽(沉淀槽，如图 2-14 所示)中，加入石灰乳(或用海洋中的牡蛎壳烧成石灰粉末)，使海水中的镁转变成 Mg(OH)₂ 沉淀；加入盐酸转化成 MgCl₂ 溶液，过滤、烘干，然后电解熔融 MgCl₂ 得到镁和氯气；氯气可用来制盐酸，再循环使用。

海水制盐分离出食盐后的卤水中含有氯化镁，也可以从卤水中提取镁。

选修2 P36



9. 孔雀石的主要成分为 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ 。某同学设计从孔雀石中冶炼铜的方案如下:

① 将孔雀石粉碎后加过量的稀硫酸;

② 将反应后的混合物过滤;

③ 向滤液中加入一种金属粉末。

根据上述实验方案, 试回答:

必修2 P94

(1) 第①步反应中可观察到的现象是什么?

(2) 第③步加入的金属粉末可以是什么? 说明理由。

(3) 设计从滤液中获得铜的另外一种方案。

(2020·新课标Ⅲ) 宋代《千里江山图》描绘了山清水秀的美丽景色, 历经千年色彩依然, 其中绿色来自孔雀石颜料(主要成分为 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$), 青色来自蓝铜矿颜料(主要成分为 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$)。下列说法错误的是

A. 保存《千里江山图》需控制温度和湿度

B. 孔雀石、蓝铜矿颜料不易被空气氧化

C. 孔雀石、蓝铜矿颜料耐酸耐碱

D. $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ 中铜的质量分数高于 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$

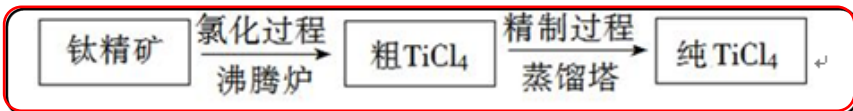
必修2 P94

10. 以金红石(主要成分 TiO_2) 为原料生产金属钛的步骤主要有:

- (1) 在高温下, 向金红石与焦炭的混合物中通入 Cl_2 , 得到 TiCl_4 和一种可燃性气体;
- (2) 在稀有气体(如氩)氛围和加热的条件下, 用镁与 TiCl_4 反应可得到钛。

请写出上述两步反应的化学方程式, 并分析反应(2)时稀有气体氛围的作用。

【2017·北京卷】(13分) TiCl_4 是由钛精矿(主要成分为 TiO_2) 制备钛(Ti) 的重要中间产物, 制备纯 TiCl_4 的流程示意图如下:



资料: TiCl_4 及所含杂质氯化物的性质

化合物	SiCl_4	TiCl_4	AlCl_3	FeCl_3	MgCl_2
沸点/ $^\circ\text{C}$	58	136	181 (升华)	316	1412
熔点/ $^\circ\text{C}$	-69	-25	193	304	714
在 TiCl_4 中的溶解性	互溶	——	微溶	难溶	

(1) 氯化过程: TiO_2 与 Cl_2 难以直接反应, 加碳生成 CO 和 CO_2 可使反应得以进行。

已知: $\text{TiO}_2(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{TiCl}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +175.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -220.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

① 沸腾炉中加碳氯化生成 $\text{TiCl}_4(\text{g})$ 和 $\text{CO}(\text{g})$ 的热化学方程式: _____。

选修2 P18

二、联合制碱法

侯氏制碱法
Hou's process
(for soda manufacture)

我们已经知道，合成氨工艺中需要将 CO 转化为 CO_2 除去，排空的二氧化碳使原料的利用不尽合理，还会对大气造成一定的影响。为了解决这一问题，我国化工专家侯德榜提出了将氨碱法与合成氨联合生产的改进工艺，这就是联合制碱法，也称侯氏制碱法。

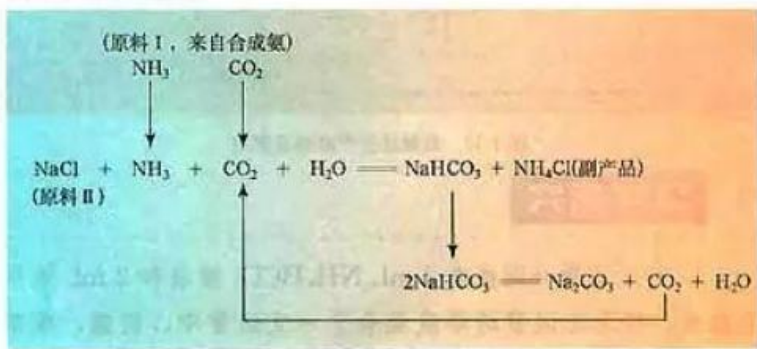
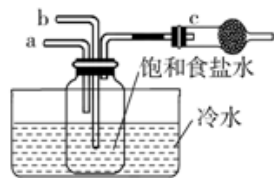


图 1-12 联合制碱法生产原理示意图

(2014·上海高考)如图是模拟“侯氏制碱法”制取 NaHCO_3 的部分装置。下列操作正确的是()



- A. a 通入 CO_2 ，然后 b 通入 NH_3 ，c 中放碱石灰
- B. b 通入 NH_3 ，然后 a 通入 CO_2 ，c 中放碱石灰
- C. a 通入 NH_3 ，然后 b 通入 CO_2 ，c 中放蘸有稀硫酸的脱脂棉
- D. b 通入 CO_2 ，然后 a 通入 NH_3 ，c 中放蘸有稀硫酸的脱脂棉

- 将铝土矿中的氧化铝水合物溶解在氢氧化钠溶液中：



- 向铝酸钠溶液通入二氧化碳，析出氢氧化铝：



- 使氢氧化铝脱水生成氧化铝：

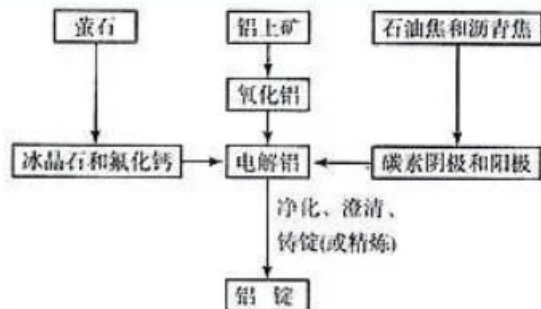
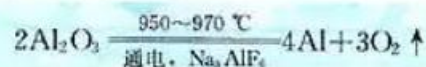


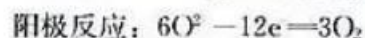
图 3-20 铝的生产流程图

电解铝时，以冰晶石(Na_3AlF_6)——氧化铝熔融液为电解质，其中也常加入少量的氟化钙等帮助降低熔点；阳极和阴极以碳素材料做成，在电解槽(如图 3-21)的钢板和阴极碳素材料之间还要放置耐火绝缘材料。

电解铝发生的化学反应为：



可简略地用下式表示两极的反应：

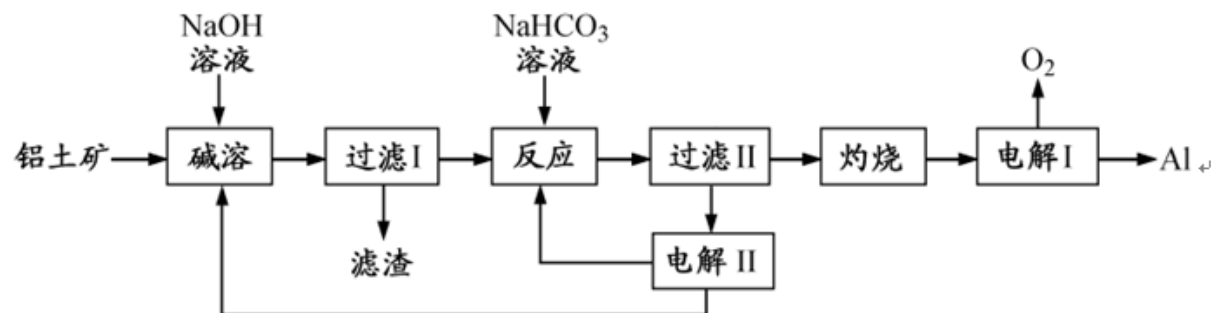


由于阳极产生的氧气与阳极材料中的碳发生反应，因此，阳极碳块因不断地被消耗而需要定期更换，而阴极一般采用无烟煤制成，在电解过程中，阴极基本不消耗。一次电解所得到

3.2 研究教材

选修2 P61

【2017·江苏卷】(12 分)铝是应用广泛的金属。以铝土矿(主要成分为 Al_2O_3 ，含 SiO_2 和 Fe_2O_3 等杂质)为原料制备铝的一种工艺流程如下：



注： SiO_2 在“碱溶”时转化为铝硅酸钠沉淀。

- (1) “碱溶”时生成偏铝酸钠的离子方程式为_____。
- (2) 向“过滤 I”所得滤液中加入 NaHCO_3 溶液，溶液的 pH_____ (填“增大”、“不变”或“减小”)。
- (3) “电解 I”是电解熔融 Al_2O_3 ，电解过程中作阳极的石墨易消耗，原因是_____。

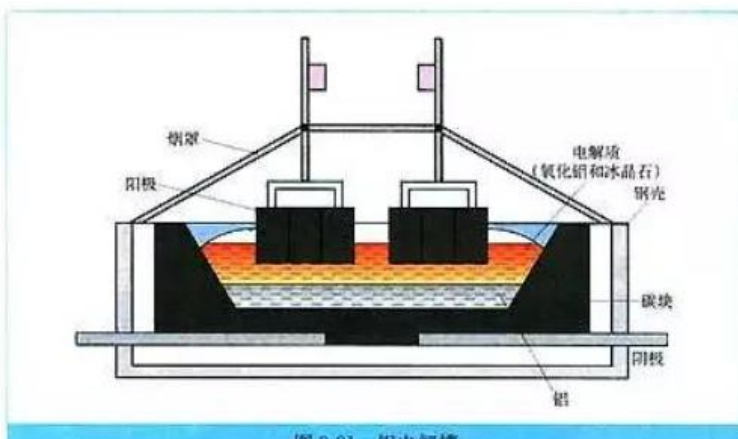


图 3-21 铝电解槽



选修四 P66

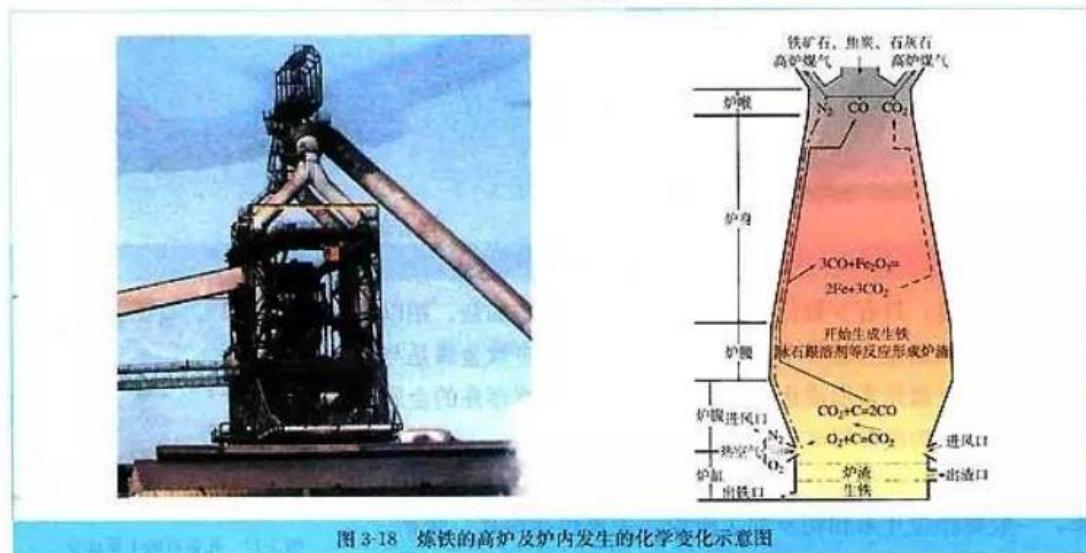
2. 在粗制 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 晶体中常含有杂质 Fe^{2+} 。在提纯时, 为了除去 Fe^{2+} , 常加入少量 H_2O_2 , 使 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 然后再加少量碱至溶液 $\text{pH}=4$, 可以达到除去铁离子而不损失硫酸铜的目的。试解释原因。



冶金
metallurgy

1. 钢铁的冶炼

铁在自然界的分布很广，地壳中含铁 5% 左右，在金属元素中仅次于铝，主要以氧化物、硫化物等形式存在，如磁铁矿（主要成分 Fe_3O_4 ）、赤铁矿（主要成分 Fe_2O_3 ）、褐铁矿（主要成分 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）和黄铁矿（主要成分 FeS_2 ）等。生铁的冶炼原理是在高温下用还原剂将铁从其氧化物中还原出来，工业上一般以铁矿石、焦炭、石灰石和空气等为原料在高炉（如图 3-18 所示）中炼制生铁。



选修2 P59

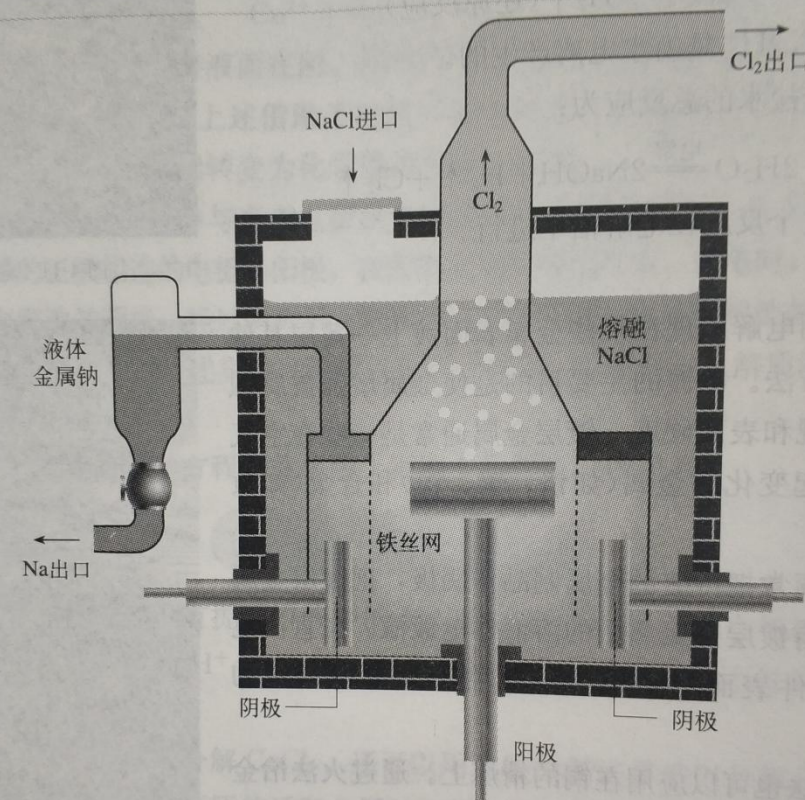
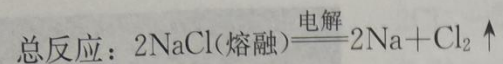


图 4-13 电解熔融氯化钠制钠

选修四 P82

• 一轮复习不能照搬资料，每周二集体备课研讨时，中心发言人要对负责的章节内容指出校本课程资料的使用建议（包括内容的删减补充，习题的使用，重点知识，重点习题，易错知识，易错题，高考题梳理，知识过手等），尽可能重新整理成新的学案。

1、化学实验基础	林莉 尹静
2、化学实验综合题	
3、化学计量与阿伏伽德罗常数	李果 黄莎莎
4、STSE 化学用语	
5、离子反应	罗毅 林华娟
6、氧化还原反应	
7、物质结构 元素周期表	胡洋溯 徐聪
8、物质结构与性质(选三)	
9、元素及其化合物综合应用	林莉 尹静
10、化学工艺流程	
11、有机物分类、结构和性质选择题	李果 黄莎莎
12、电化学 金属的腐蚀选择题	罗毅 林华娟
13、化学反应原理选择题	
14、化学反应原理综合题	胡洋溯 徐聪

知识过手 分离提纯操作

1. 分离操作规范

问题 1: 怎样除去 NaCl 中的 Na_2SO_4 ? 取少量样品于试管中, 加水溶解。

①首先加入过量的_____溶液, 判断是否沉淀完全: _____。

②应采取_____操作。③怎样洗涤沉淀: _____。

④判断沉淀是否洗净的方法: _____。

附: 过滤操作装置及口诀 **斗架烧杯玻璃棒, 滤纸漏斗角一样。**

过滤之前要静置, 两低三靠不要忘。



问题 2: 怎样分离溴水中的溴?

①应选择_____ (填仪器名称), 该仪器怎样查漏? _____。

②选择_____或_____作萃取剂, 然后操作步骤是_____。

附: 分液操作装置及口诀 **萃取原液不互溶, 质溶程度不相同。**

充分振荡再静置, 下放上倒切分明。

问题 3: 怎样从 NaCl 溶液中制取 NaCl 固体? 按要求回答。

①制取方法: _____; _____。

②操作步骤: _____。



附: 蒸发操作装置及口诀 **皿中液体不宜多, 防止飞溅要搅动。**

较多固体析出时, 移去酒精灯自然蒸。



问题 4: 怎样从 Na_2CO_3 溶液中制取 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 晶体? 按要求回答。

①制取方法: _____; ②操作步骤: _____。

问题 5: 怎样分离乙醇和乙酸? 按要求回答。

①应先加入_____, 采取_____ (填分离方法)。

②在实验时, 应加入_____防_____, _____在支管口, 冷凝水进出方向_____。

附: 蒸馏操作装置及口诀

隔网加热冷管倾, 上缘下缘两相平。

需加碎瓷防暴沸, 热气冷水逆向往。

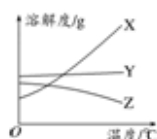
瓶底液限掌握好, 先撤酒精灯再停。



问题 6: 下图是 X、Y、Z 三种固体物质的溶解度曲线。按要求回答下列问题:

(1) 若 Y 溶液中混有少量的 X, 怎样提纯 Y? _____。

(2) 若 X 溶液中混有少量 Y, 怎样提纯 X? _____。

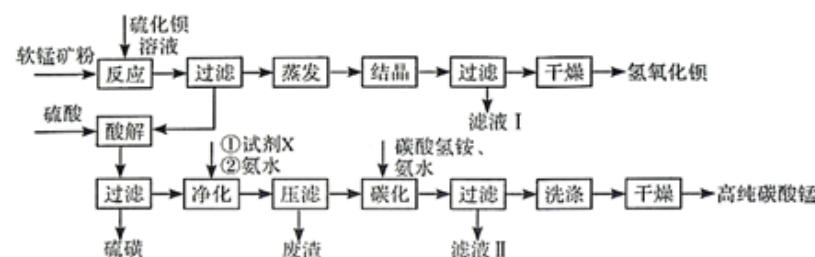


以金属为主线的化学工艺流程高考真题

【2020 年】

1. (2020 · 山东卷) 用软锰矿(主要成分为 MnO_2 , 含少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3) 和 BaS 制备高纯 MnCO_3 的工艺流程

如下:



已知: MnO_2 是一种两性氧化物; 25°C 时相关物质的 K_{sp} 见下表。

物质	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$
K_{sp}	$1 \times 10^{-16.3}$	$1 \times 10^{-38.6}$	$1 \times 10^{-32.3}$	$1 \times 10^{-12.7}$

回答下列问题

(1) 软锰矿预先粉碎的目的是_____, MnO_2 与 BaS 溶液反应转化为

MnO 的化学方程式为_____。

(2) 保持 BaS 投料量不变, 随 MnO_2 与 BaS 投料比增大, S 的量达到最大值后无明显变化, 而 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的

量达到最大值后会减小, 减小的原因是_____。

(3) 滤液 I 可循环使用, 应当将其导入到_____操作中 (填操作单元的名称)。

(4) 净化时需先加入的试剂 X 为_____ (填化学式)。再使用氨水调溶液的 pH, 则 pH 的理论最小值为

_____ (当溶液中某离子浓度 c_i $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 可认为该离子沉淀完全)。

(5) 碳化过程中发生反应的离子方程式为_____。

2. (2020 · 新课标 I) 钒具有广泛用途。黏土钒矿中, 钒以 +3、+4、+5 价的化合物存在, 还包括钾、镁的铝硅

酸盐, 以及 SiO_2 、 Fe_2O_3 。采用以下工艺流程可由黏土钒矿制备 NH_4VO_3 。



如何备考？

3.4研究各类试题的命制



雙流中學
Shuang Liu Middle School

	考试定位	时间安排	难度系数	考查内容	命题要求
月考	已复习的核心知识的过关检测，把握考试方向	每月一次	0.65	已复习的核心知识+选三（选五）	有命题人与审题人，提前一周命制完成并在集体备课时研讨，要有双向细目表、详细解析与命题意图，易错题整理出专题补偿练习。
理综 周考	熟悉理综考试模式与方法，已复习的易错知识巩固	两周一次	0.6	已复习的易错知识+简单的未复习知识轮考+选三（选五）	
化学 单科 周考	知识全面覆盖，检查学生知识漏洞，见识各种考试题型	每周一次	0.55	综合练习+各类题型轮考	

1、指导学生高效复习

课堂上带领学生阅读教材，构建核心知识的思维导图，精选练习题并控制作业量，晚自习明确布置学习任务并争取面批面改。

2、指导学生规范答题

每次周练和月考，收集典型问题，制作成PPT通过平板推送给学生晚自习观看，不断规范答题习惯，并指导学生进行错题整理。

3、关注踩线生

做好一本和本科踩线生工作，通过考后谈话对踩线生进行必要的心理疏导，帮助他们调整学习方法，树立复习与考试的信心。

如何备考?

3.5 指导学生复习与答题方法

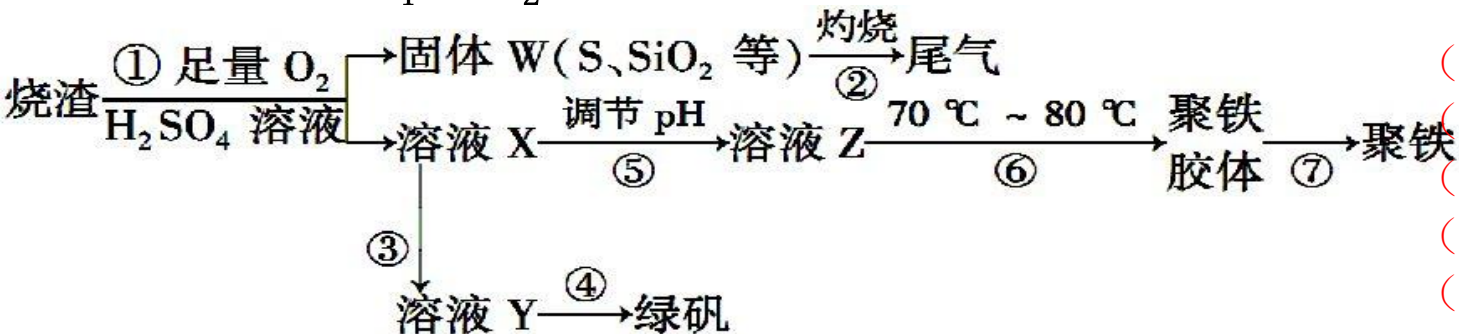


雙流中學
Shuang Liu Middle School

九月月考

年级平均分: 6.77

27. (14分) 实验室里用硫酸厂烧渣(主要成分为铁的氧化物及少量FeS、SiO₂等)制备聚铁(碱式硫酸铁的聚合物)和绿矾(FeSO₄·7H₂O), 其过程如下:



(1) 铁粉

(2) c

(3) $4\text{FeS} + 3\text{O}_2 + 12\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{S}$

3N_A

(4) 蒸发浓缩、冷却结晶

(5) 促进Fe³⁺的水解生成聚铁胶体

(6) $4\text{SO}_2 + 4\text{NO}_2 + 12\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 4\text{NH}_4\text{NO}_3$

(1) 过程③中, 需要加入的物质名称是_____。

(2) 过程②中产生的尾气会对大气造成污染, 可选用下列试剂中的_____吸收。

a. 浓硫酸

b. 蒸馏水

c. NaOH溶液

d. 浓硝酸

(3) 过程①中, FeS和O₂、H₂SO₄反应的离子方程式为_____, 1mol FeS参与该反应, 转移的电子数为_____。

(4) 过程④的实验操作是_____, 过滤、洗涤、干燥。

(5) 过程⑥中, 将溶液Z加热到70℃~80℃, 目的是_____。

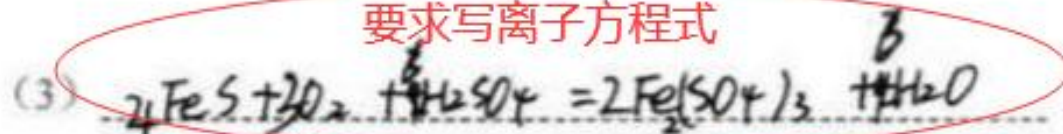
(6) 某种脱硫脱硝工艺中将废气经处理后, 与一定量的氨气、空气反应, 生成硫酸铵和硝酸铵的混合物作为副产品化肥。设废气中的SO₂、NO₂的物质的量之比为1:1, 则该反应的化学方程式为_____。

27. (14分, 每空2分)

(1) 铁 (2) C

8分

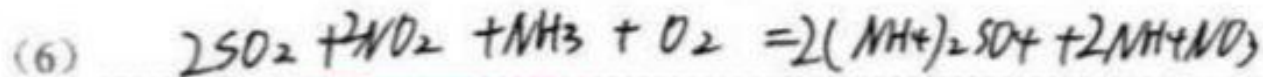
要求写离子方程式



3/NA

(4) 蒸发浓缩, 冷却结晶

(5) 使反应稳定进行



方程式书写困难

操作的原因不会分析

如何备考?

3.5指导学生复习与答题方法



雙流中學
Shuang Liu Middle School

九月月考

27. (14分, 每空2分)

6分

(1) 过氧化氢 (2) C

(3) $4\text{FeS} + 9\text{O}_2 + 14\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 4\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 8NH

(4) 蒸发浓缩, 冷却结晶

(5) 加快 Fe^{3+} 水解形成胶体 聚铁

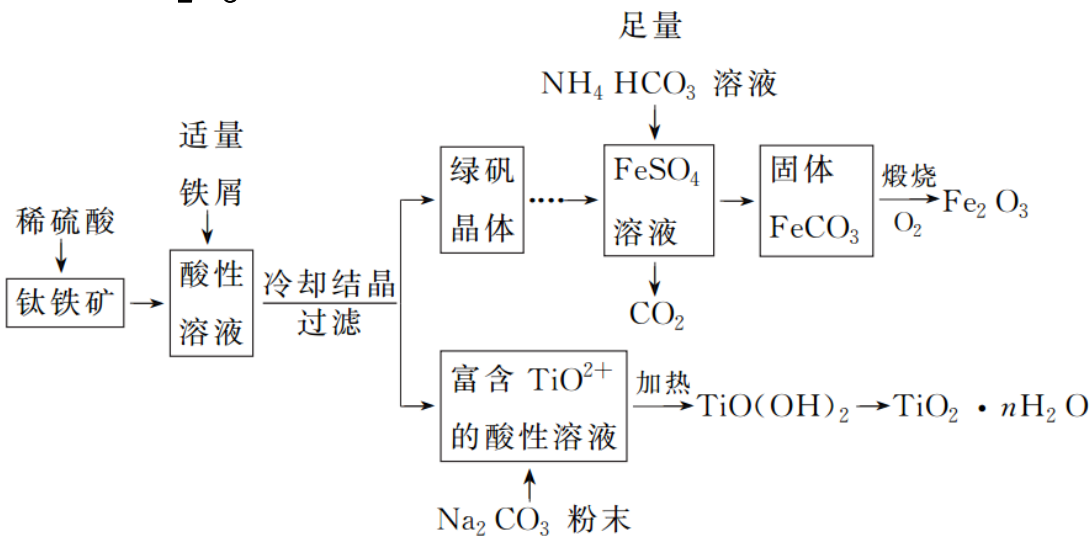
(6)

流程图与物质分析困难

周练

年级平均分: 7.78

27. (14分) 铁红(Fe_2O_3)和钛白粉(TiO_2)均为重要的墙面装修颜料。一种利用钛铁矿(主要成分为 FeTiO_3 , 还含有少量 Fe_2O_3)联合生产铁红和钛白粉的工艺流程如图所示:



(1)+2 (1分)

(2) 采用钛铁矿粉末、升高温度、使用浓度较大的稀硫酸等 (2分, 任写两个, 一个1分)。

将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} (1分)。

(3) 减少 NH_4HCO_3 分解 (1分), $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (2分)。

(4) 促进水解, 加快反应速率 (2分, 一个1分), $\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{TiO(OH)}_2 \downarrow + 2\text{H}^+$ (2分, 或者写 $\text{TiO}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{TiO(OH)}_2 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow$)。

(5) $K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3) = c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})$, 故 $c(\text{Fe}^{2+}) = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = 8.5$, 则 $c(\text{OH}^-) = 10^{-5.5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 故 $c(\text{Fe}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 10^{-16} < K_{\text{sp}}[\text{Fe(OH)}_2] = 8.0 \times 10^{-16}$, 故所得的 FeCO_3 中无 Fe(OH)_2 。(3分, 过程2分, 结论1分)

(1) FeTiO_3 中Fe的化合价为_____。

(2) 为加快钛铁矿在稀硫酸中的溶解, 可采取的措施有_____ (任写两种)。

酸性溶液中加入适量铁屑的目的是_____。

(3) FeSO_4 溶液与 NH_4HCO_3 溶液的反应温度应控制在 35°C 以下, 其原因是_____, 该反应的离子方程式是_____。

(4) TiO^{2+} 转化为 TiO(OH)_2 需要加热, 加热的目的是_____, 该反应的离子方程式为_____。

(5) 常温时, 在生成的 FeCO_3 达到沉淀溶解平衡的溶液中, 测得溶液中 $c(\text{CO}) = 3.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, pH 为8.5, 通过列式计算说明所得的 FeCO_3 中是否含 Fe(OH)_2 ? _____ {已知 $K_{\text{sp}}(\text{FeCO}_3) = 3.0 \times 10^{-11}$, $K_{\text{sp}}[\text{Fe(OH)}_2] = 8.0 \times 10^{-16}$ }。

周练

27. (14分)

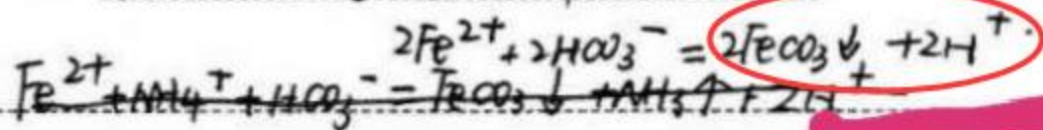
(1) $+3$

6分

(2) ① 粉碎铁矿石 ② 增加 H_2SO_4 的用量

将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} , TiO_3^{3+} 还原成 TiO^{2+}

(3) 防止 NH_4HCO_3 受热分解



(4) 促进 TiO^{2+} 水解



(5) 含 $CaCO_3^{2-}$ $= 2 \times 10^{-6}$ 且 $K_{sp}(FeCO_3) = 3 \times 10^{-11}$

$C(Fe^{2+}) = 1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, $pH = 8.5$ 则 $C(H^+) = 1 \times 10^{-8.5} \text{ mol/L}$

$C(OH^-) = 1 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$

复杂体系推理过程不清晰

K_{sp} 的计算与应用还不熟练

周练

27. (14分)

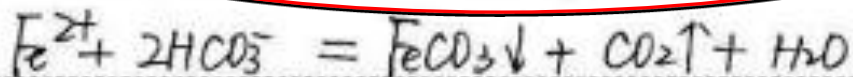
12分

(1) +2

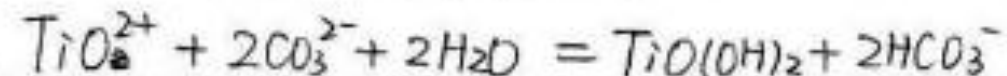
(2) ①加热 ②研磨铁屑 ③搅拌, 防止 Fe^{2+} 被氧化, 同时使 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+}

酸性抑制 Fe^{2+} 水解, 温度过低, 反应速率慢,

(3) 防止 Fe^{2+} 被氧化, 温度过高, NH_4HCO_3 易分解.



(4) 使 Na_2CO_3 水解平衡右移, 增大 OH^- 浓度, 同时加快反应速率



$$(5) c(Fe^{2+}) = \frac{K_{sp}(FeCO_3)}{c(CO_3^{2-})} = \frac{3 \times 10^{-11}}{3 \times 10^{-6}} = 10^{-5} \text{ mol/L. } Fe(OH)_2 \text{ 中}$$

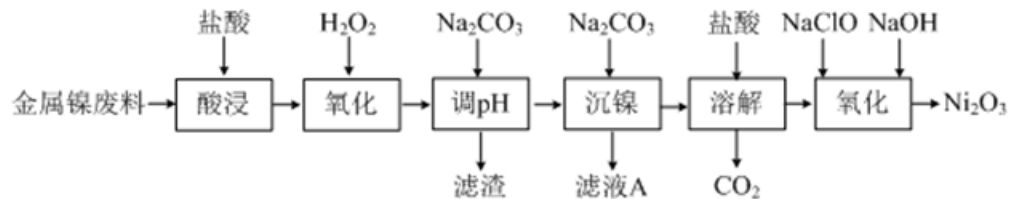
$$c(OH^-) = \sqrt{\frac{8 \times 10^{-16}}{10^{-5}}} = \sqrt{8 \times 10^{-11}} = 2\sqrt{2} \times 10^{-5.5} \text{ mol/L. 现在 } c(OH^-) = 10^{-5.5} \text{ mol/L}$$

则 $Fe(OH)_2$ 还未沉淀, 则不含 $Fe(OH)_2$.

书写规范还需加强

周练

28. (14分) 三氧化二镍(Ni_2O_3)是一种灰黑色无气味有光泽的块状物,易碎成细粉末,常用于制造高能电池。工业上以金属镍废料生产 NiCl_2 ,继而生产 Ni_2O_3 。工艺流程如下:



下表列出了相关金属离子生成氢氧化物沉淀的pH(开始沉淀的pH按金属离子浓度为 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 计算)。

氢氧化物	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$
开始沉淀的 pH	1.1	6.5	3.5	7.1
沉淀完全的 pH	3.2	9.7	4.7	9.2

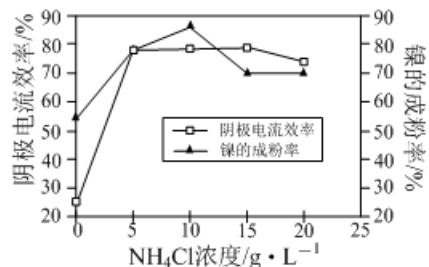
(1) 为了提高金属镍废料浸出的速率,在“酸浸”时可采取的措施有:①适当升高温度;②搅拌;③_____等。

(2) 酸浸后的酸性溶液中含有 Ni^{2+} 、 Cl^- ,另含有少量 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 等。沉镍前需加 Na_2CO_3 控制溶液 pH 范围为_____。

(3) 从滤液 A 中可回收利用的主要物质是 Na_2CO_3 和_____。

(4) “氧化”生成 Ni_2O_3 的离子方程式为_____。

(5) 工业上用镍为阳极,电解 $0.05 \sim 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NiCl_2 溶液与一定量 NH_4Cl 组成的混合溶液,可得到高纯度、球形的超细镍粉。当其它条件一定时, NH_4Cl 的浓度对阴极电流效率及镍的成粉率的影响如右图所示,则 NH_4Cl 的浓度最好控制为_____。



(6) 如果在“沉镍”步骤把 Na_2CO_3 改为加草酸,则可以制得草酸镍晶体($\text{NiC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。草酸镍晶体在热空气中干燥脱水后在高温下煅烧三小时,可以制得 Ni_2O_3 ,同时获得混合气体。草酸镍晶体受热分解的化学方程式为_____。

28. (14分,除标注外,其余每空2分)

(1) 增大盐酸的浓度(或将镍废料研成粉末或增加浸取时间等)

(2) 4.7~7.1

(3) NaCl

(4) $2\text{Ni}^{2+} + \text{ClO}^- + 4\text{OH}^- = \text{Ni}_2\text{O}_3 \downarrow + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ (3分)

(5) $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

(6) $2\text{NiC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ (3分)

周练

28. (14分, 除标注外, 每空2分)

(1) 提盐酸浓度

(2) 4.7~7.1

(3) ~~NaCl~~ NaClO

(4) $2\text{Ni}^{2+} + \text{ClO}^- \xrightarrow{+4\text{OH}^-} \text{Ni}_2\text{O}_3 + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ (3分)

(5) $10\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

(6) $2\text{NiCl}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{O}_2\uparrow + \text{CO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (3分)

物质推断困难

如何备考?

3.5指导学生复习与答题方法



雙流中學
Shuang Liu Middle School

周练

条件选择困难

28. (14分, 除标注外, 每空2分)

(1) 粉碎金属镍废料

(2) 4.7~7.1

(3) NaCl

(4) $2\text{Ni}^{2+} + \text{ClO}^- + 4\text{OH}^- = \text{Ni}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$ (3分)

(5) 1g/L

(6) $2\text{NiC}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Ni}_2\text{O}_3 + \text{CO}_2 + \text{CO}\uparrow$ (3分)

9分

28. (14分, 除标注外, 每空2分)

(1) 将镍研磨成粉

(2) 3.2~7.1

(3) NaCl

(4) $2\text{Ni}^{2+} + \text{ClO}^- + 4\text{OH}^- = \text{Ni}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$ (3分)

(5) 10g/L

(6) $2\text{NiC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Ni}_2\text{O}_3 + 8\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CO}\uparrow$ (3分)

6分

如何备考?

3.5 指导学生复习与答题方法



雙流中學
Shuang Liu Middle School

双流中学 2018 级高三 9 月月考成绩分析及自我总结

1. 成绩分析表

科目	语文	数学	英语	物理 (政治)	化学 (历史)	生物 (地理)	综合	总分	年级 名次	与上次考试 比较成绩、 名次升降
本次成绩	107	113	115.5	55	55	63	173	509	443	成绩: ↑ 7 名次: ↑ 64
与年级平均 分比较	104	114	108.6	61.5	63	61	190.5	517.1		
下次增长 目标	114	120	120	60	70	70	200	554	320	

2. 各学科考试试卷分析

学科	分析一、考试所暴露的知识掌握问题 如: 最不应该丢的 5-15 分的知识内容及丢分原因。 分析二、考试所暴露的应试技巧问题 如: 有无审题问题; 有无时间分配不合理; 有无多处涂改、字迹不清; 有无因前面科目没考好的情绪问题; 有无遇难就慌。	对应的解决办法 (可以来源于自己思考, 或与同学交流, 或科任老师指导等)
语文	文言文: 断句、文章理解: 不细心! 古诗赏析: 思想感情理解错误, 但	多积累文化知识, 审题再仔细一些
数学	二项式定理: 公式背错 圆锥曲线: 不敢动手做	及时整理公式, 敢于动手
英语	听力: 走神了 作文: 具体内容不会描述 语法填空: 改错了	坚定自己, 少修改, 多积累词汇
物理 (政治)	受力分解模型: 分解方向错误 牛顿运动定律的综合应用: 过于依赖物理量	敢于动手写
化学 (历史)	化学平衡: B 选项条件当成 D 选项条件做 化工流程题: 时间分配不合理, 导致没时间 价电子排布: 审题不仔细, 漏掉价	审题时注意圈点, 合理分配考试时间
生物 (地理)	减数分裂: 记错了 植物芳香油提取: 复习时不细节, 漏掉细节	复习时抓细节

15

双流中学 2018 级高三 9 月月考成绩分析及自我总结

1. 成绩分析表

科目	语文	数学	英语	物理 (政治)	化学 (历史)	生物 (地理)	综合	总分	年级 名次	与上次考试 比较成绩、 名次升降
本次成绩	99	99	108	59	75	73	207	513	418	+74
与年级平均 分比较	-5	-15	-0.6	-7.5	+12	+12	20	563		
下次增长 目标	108	110	115	70	78	82	230	563	<400	

2. 各学科考试试卷分析

学科	分析一、考试所暴露的知识掌握问题 如: 最不应该丢的 5-15 分的知识内容及丢分原因。 分析二、考试所暴露的应试技巧问题 如: 有无审题问题; 有无时间分配不合理; 有无多处涂改、字迹不清; 有无因前面科目没考好的情绪问题; 有无遇难就慌。	对应的解决办法 (可以来源于自己思考, 或与同学交流, 或科任老师指导等)
语文	① 诗句填写 - 4, 裴正中题词, 句意不相对。 概括题 - 3, 没把握, 答案要点。 ② 选择题 - 10, 计算出错。	① 根据题意, 选出诗句 ② 分析概括 ③ 抓住要点 ④ 注意题型
数学	① 选择题 - 10, 计算出错。 ② 填空题 - 10, 混淆 \sin 和 \cos 。 ③ 求圆方程 - 5, 计算出错 ④ 时间分配不合理	A. 计算时仔细一点, 别粗心。 B. 合理分配时间。
英语	① 听力 - 6, 听不清, 没抓住关键信息。 ② 语法填空 - 3, 知识点混淆。	A. 认真听听力。 B. 把握语法填空规则与规律。
物理 (政治)	① 实验题 - 4, 公式记错, 计算出错 ② 光学 - 3, 计算出错 ③ 传送带模型 - 5, 没分析清楚	A. 加强公式记忆。 B. 注意计算过程。 C. 分析题。
化学 (历史)	① 化工流程 - 3, 做题太慌, 没想明白。 ② 平衡 - 3 ③ 时间分配不合理, 记错时间, 导致做题不冷静	A. 读清题意, 规范回答。 B. 记清时间, 合理安排。
生物 (地理)	① 选择题 - 10, 基础知识。 ② 4 - 基因工程, 基因对应遗传物质的类型, 没明白出题人意图。	A. 多记知识清单。 B. 多做新题。

3. 各科最不应该丢的 5—15 分的题目所属的知识板块及错因分析

科目	语文	数学	英语	物理 (政治)	化学 (历史)	生物 (地理)
最不该丢的 5—15 分的题目所属知识板块	① 诗句与语境对应 ② 语段题概括 ③ 选段与原文的意思是否出入。	① 函数图像变换 ② 坐标系中 X、Y 对应表 ③ 圆方程求解	① 听力重要词汇 ② 阅读题 ③ 词语辨析	① 电路计算 ② 光学中光的折射分析 ③ 传送带的受力分析	① 平衡常数求解 ② 化工流程中特殊装置和试剂的作用 ③ 质量分数的计算 ④ 药品作用效果	① 化合物中元素组成 ② 基因工程

4. 应试技能诊断

常见应试技能方面的问题	在应试技能方面的自我诊断
阅读审题专注细致, 抓住了关键词。有无因审题过错导致失分?	1. 审题过快会导致漏题。
考试时间分配心中有数。综合科三科时间分配是否恰当? 是否确保各科做得起的题都做了?	2. 时间分配不合理, 需调整做题顺序。
卷面整洁, 清晰、规范。卷面是否有多处涂改? 是否有因自己书写潦草, 导致老师给你“误判”? 是否有因缺乏关键步骤, 而没有得到满分?	3. 计算还需更加准确。
合理使用草稿纸, 计算准确。考试时是否规划如何使用草稿纸? 因计算原因, 丢了多少分?	4. 情绪易被时间限制。
人易我易, 我不大意; 人难我难, 我不畏难。考试遇到不熟悉的问题, 心中是否犯怵? 能否快速调整应对?	1. 大部分应得分题已得。
抗挫折与困难的能力。考试时被卡在一个“简单”题, 能否果断暂时放弃并保持情绪的平稳? 前面的科目发挥不理想, 能否淡然处之, 从容准备应对下一堂考试?	2. 试后心态良好。
	3. 试中状态调整及时。
	4. 敢放弃。

5. 指导老师寄语

指导教师签字:

2020 年 月 日

- 1、研究高三一轮复习课与习题课教学模式，并举行校内人人赛课。
- 2、每周二（除了参加区市教研会外）进行基于教学评一致性的公示课教学活动，探讨更加有效的复习课教学方法。

周次	3	4	5	6	7	8	9	10
教师	林莉	李果	罗毅	林华娟	胡洋溯	黄莎莎	徐聪	尹静

第四部分 怎么教与学？

以金属为主线的化工流程一轮复习单元教学设计



内容建议

了解化学在工农业生产中的具体应用，认同在化学反应原理、化学技术的应用中必须坚持“绿色化学”的思想，形成“化学·技术·社会·环境”的基本理念。

化学与资源开发利用：通过开展围绕矿山资源等资源开发利用的主题学习活动，了解我国在资源利用方面的基本情况，认识化学科学发展对自然资源利用的作用，以及化学对废旧物资再生与综合利用的作用和可能途径，形成自然资源综合利用、废旧物资再生利用的观念。

化学与材料的制造、应用：通过开展围绕无机材料制造、应用的主题学习活动，了解金属材料和其他新材料的特点及其生产原理，认识化学对材料科学发展的促进作用，了解新材料的发展方向。

化学与工农业生产：了解精细化工产品的生产及其生产过程中的工艺特点，体验如何根据物质的性质开发应用前景广阔的产品，认识化工生产过程对人类环境的可持续发展可能产生的影响。

教学提示

“化学与技术”主题以资源利用、材料制造、工农业生产中的化学问题为素材，将生产和技术问题线索、技术知识线索、化学知识线索相融合，让学生在学习化学知识、技术知识的同时，建立从化学、技术、社会和环境等多角度综合考虑、系统分析的意识。在教学过程中，充分运用本地教学资源，开展交流讨论、调查探究等多样化的学习活动。

学业要求

能举例说明化学在自然资源开发利用、材料制造和工农业生产中的应用，能运用所学知识对与化学有关的技术问题作出分析和解释。能依据“绿色化学”思想分析某些化工生产过程的特点和存在的问题，探讨系统化处理或解决问题的基本思路。

考试重难点与学生较难得分点

1、流程图分析

流程图结构分析，推导出流程图中的物质的组成与性质。

2、陌生化学方程式书写

根据题目与流程所给信息书写陌生方程式。学生对流程图中所给信息敏感度不够。

3、反应条件选择（说理分析）

需要对反应流程中试剂的选择、温度控制、pH调节、分离提纯手段进行分析选择并说明理由，需要从学科角度（平衡、速率、绿色化学）、工程思维角度进行分析说明。

工艺对比：对多种生产工艺，从给定角度（转化率、绿色化学、能耗等）对其进行对比分析。



学生问卷

1、在每次考试中，你解答“以金属为主线的化工流程题”的感受？
A、信心十足 **B、比较有把握** C、有点害怕 D、十分恐惧

5、对于“条件选择及其原因分析”，你能很好的分析这类问题吗？
A、能很好的分析解答，极少失误 **B、能较好分析解答，偶有失误**
C、经常丢分 D、完全不会

6、你是否曾经将“以金属为主线的化工流程”涉及到的金属元素化学性质、物理性质等方面联系到教材中相关知识？
A、每次周练后 B、每次月考后 **C、偶尔** D、从未

选择率	A	B	C	D
1题	8.5%	50.9%	23.7%	16.9%
5题	6.8%	61.0%	30.5%	1.7%
6题	35.5%	18.6%	40.7%	5.1%

学生问卷

2、在阅读“以金属为主线的化工流程题”题干、框图、信息时你对哪些方面最为困惑?在审题过程中曾经犯过哪些错误?

困惑:对于框图中每一步的内容的理解,每一步作用的透析
对于有些复杂的描述(如具体操作,新的装置)会割目
错误:对于题意理解错误,对于一些迁移性问题不能
结合题意回答

3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时,针对常见考点你的障碍点在哪里?

- ①语言表达不够准确
- ②对于金属浸取的pH范围,具体要去除的是哪些物质
- ③回收利用的是哪些物质

4、在解答“陌生方程式书写”这种问题时你易犯的错误有哪些?

- ①给定反应物,生成物,在工艺流程中,不能观察出需添加的
反应,生成物
- ②不能判定常见离子对氧化还原反应的物质
- ③易少打气体,沉淀(题目中写到固体)并且易忘温度等条件
- ④不能判断是否是氧化还原反应 ⑤对于计算类题目升降化合价易

2、在阅读“以金属为主线的化工流程题”题干、框图、信息时你对哪些方面最为困惑?在审题过程中曾经犯过哪些错误?

框图最为困惑

审题: ①离子和化学方程式看错 ②实验目的错误
③产物判断错误

3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时,针对常见考点你的障碍点在哪里?

- ①产物的判断 ②某些金属的性质
- ③原因等长句答题回答不完整
- ④氧化还原产物无法判断导致方程式写错

4、在解答“陌生方程式书写”这种问题时你易犯的错误有哪些?

- ①产物判断
- ②规范或气体符号
- ③涉及多个元素化合价变化时,无法正确配平

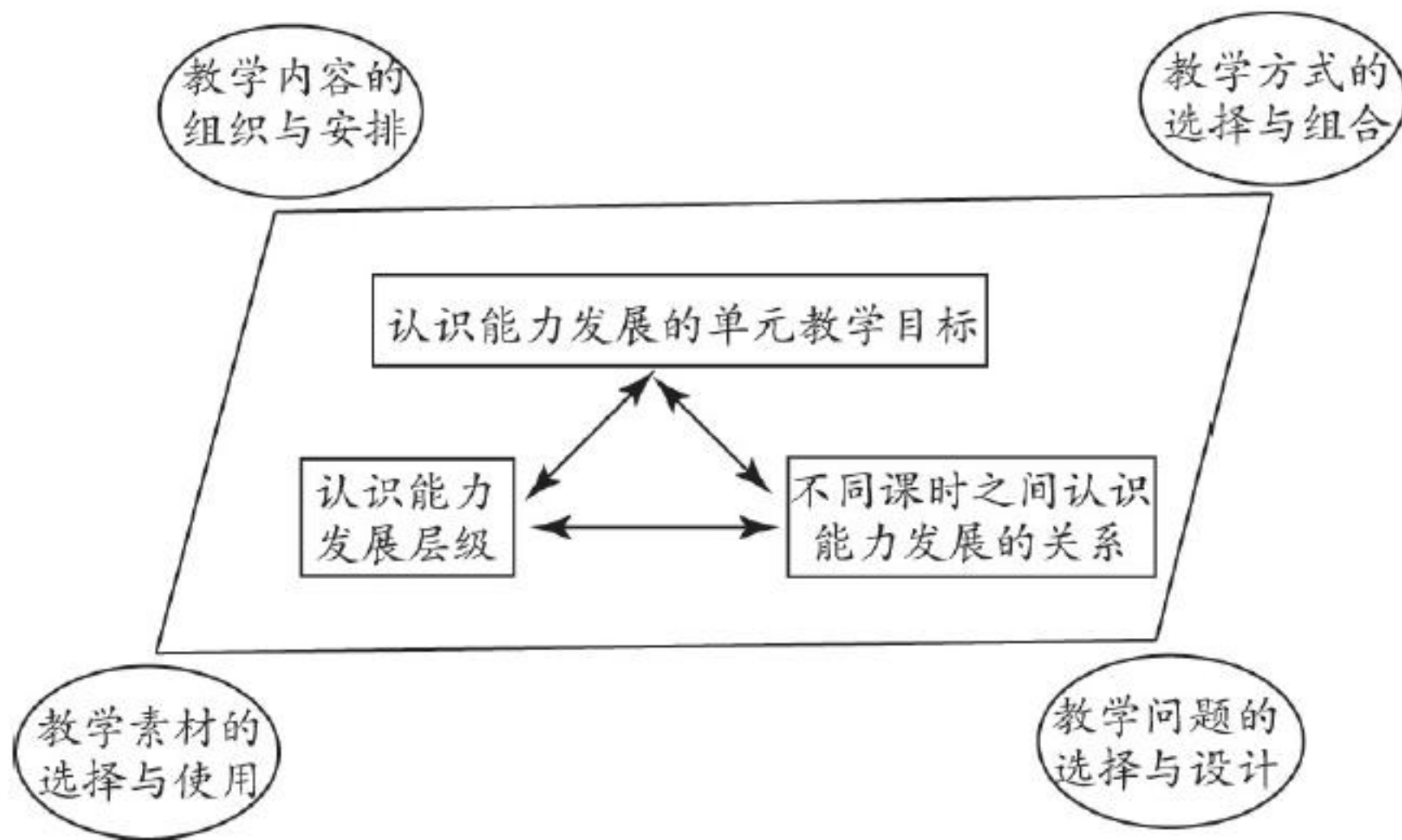
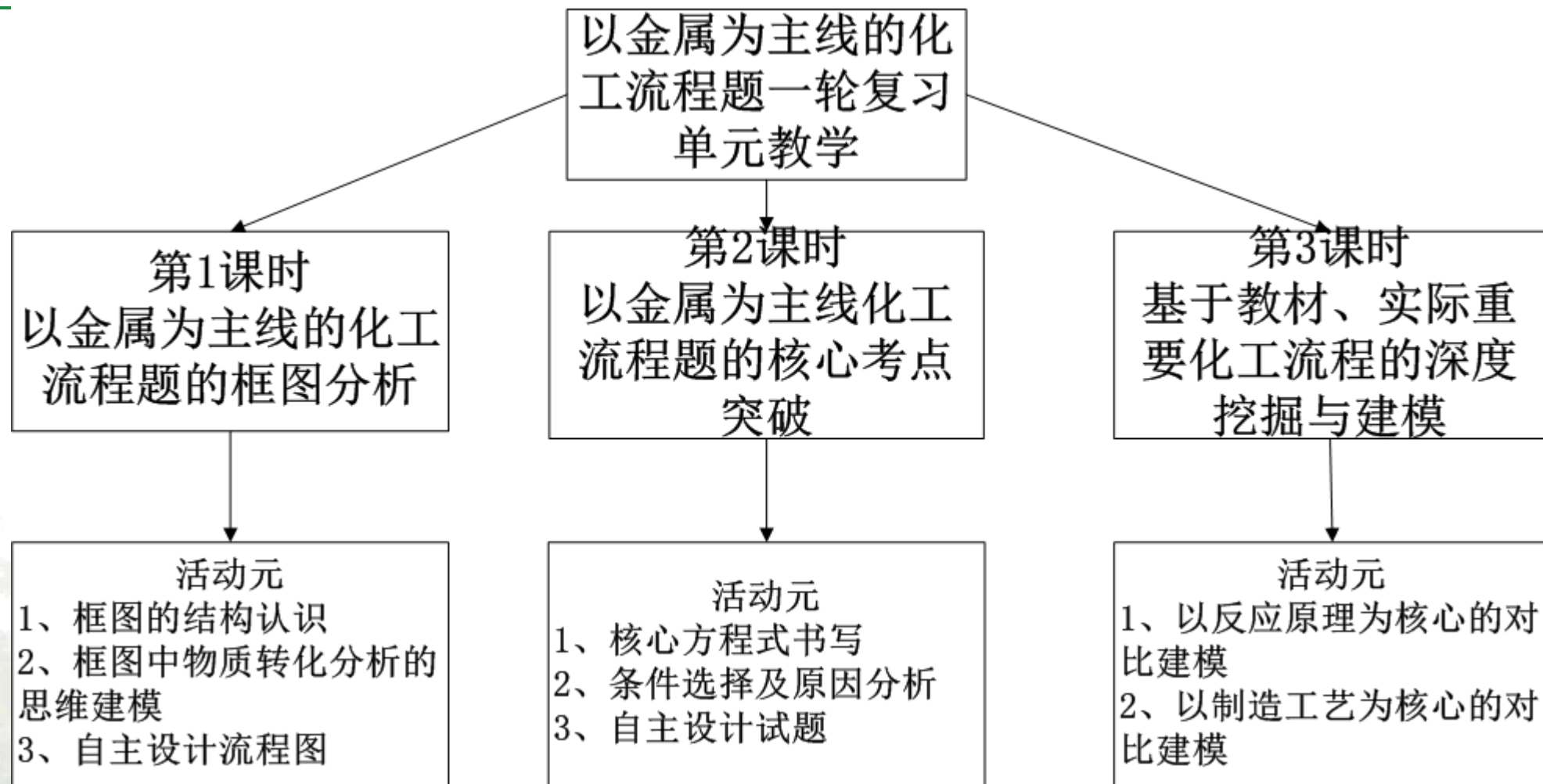


图 4 促进学生认识能力发展的单元教学设计



岳庆先《高考化学工艺流程题命题探讨》

唐洁《高考化学工艺流程题统计分析 & 教学策略研究》

裴婉冰《真实情景视角下化工流程题教学研究》



双流中學
Shuang Liu Middle School

第一课时 化工流程题框图分析的思维建模

四川省双流中学 高三化学备课组

教学目标



雙流中學
Shuang Liu Middle School

(1) 通过辨识化工流程题的框图设计形式和物质转化关系，引导学生概述化工流程题的考查模式，提高学生获取知识和应用信息的能力，发展学生“宏观辨识与微观探析”、“证据推理与模型认知”的学科素养。

(2) 通过追踪物质的元素价态变化和实验操作的作用分析化工流程框图的核心反应，构建“物质流”和“操作流”相结合的框图分析思维模型，发展学生“宏观辨识与微观探析”、“证据推理与模型认知”的学科素养。

(3) 通过应用框图分析的思维模型明确化工生产流程的主线和核心反应，设计并绘制化工流程框图，发展学生“证据推理与模型认知”“科学探究与创新意识”的学科素养。

2. 评价目标

(1) 通过小组合作辨识化工流程题框图的设计形式、分析物质转化关系和实验操作作用的讨论与点评，诊断并发展学生对化工流程框图的构成特点的认识水平（孤立水平、系统水平）。

(2) 通过对化工流程框图核心反应的元素价态变化的分析讨论、投影展示与点评，诊断并发展学生建构分析流程框图思维模型的结构化水平（视角水平、内涵水平）。

(3) 通过设计并绘制以金属为主线的化工流程框图的讨论和点评，诊断并发展学生对化学价值（学科社会价值视角）和应用模型解决问题的认识水平（孤立水平、系统水平）。

1. 以高考真题的化工流程题为例，小组合作学习讨论并对比分析流程框图的设计形式，从整体上使学生全面认识化工流程题的考察模式，让学生从元素价态观出发，结合情境，逐步明确框图中的物质转化关系。
2. 开展小组讨论交流，合作学习，在小组讨论、展示、评价的过程中发展学生的学科素养，对框图题进行思维建模。
3. 开展让学生设计并绘制化工流程框图的活动，激发学生的学习兴趣 and 积极性，让学生学会应用框图分析的思维模型分析化工生产流程的主线和核心反应。

学生课前调查问卷结果展示:



雙流中學
Shuang Liu Middle School

“以金属为主线的化工流程题”的学生调查问卷

- 1、在每次考试中,解答“以金属为主线的化工流程题”的感受? (B)
A、信心十足 B、比较有把握 C、有点害怕 D、十分恐惧 E、其它
- 2、在阅读“以金属为主线的化工流程题”题干、框图、信息时你对哪些方面最为困惑?在审题过程中曾经犯过哪些错误?
① 框图中物质的转化过程
② 框图的第一步中,不清楚所加的物质和原料中的哪些物质反应
- 3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时,针对常见考点你的障碍点在哪里?
① 洗涤晶体:选择洗涤试剂及原因
② 循环物质的确定和副产物的判断
③ 流程中某些条件控制(如控制温度、控制pH值)的目的(原因)
④ 产率、纯度计算

“以金属为主线的化工流程题”的学生调查问卷

- 1、在每次考试中,解答“以金属为主线的化工流程题”的感受? (A)
A、信心十足 B、比较有把握 C、有点害怕 D、十分恐惧 E、其它
- 2、在阅读“以金属为主线的化工流程题”题干、框图、信息时你对哪些方面最为困惑?在审题过程中曾经犯过哪些错误?
题干、框图
忽略题干主体提示信息,以致答题出错;
框图中忽略沉淀组成或可重复利用物质
- 3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时,针对常见考点你的障碍点在哪里?
可重复利用物质

“以金属为主线的化工流程题”的学生调查问卷

- 1、在每次考试中,解答“以金属为主线的化工流程题”的感受? (B)
A、信心十足 B、比较有把握 C、有点害怕 D、十分恐惧 E、其它
- 2、在阅读“以金属为主线的化工流程题”题干、框图、信息时你对哪些方面最为困惑?在审题过程中曾经犯过哪些错误?
框图中的信息最为困惑,比如每步涉及的反应,该如何反应,残留物有哪些……
经常在回答一些操作步骤的原因的时候丢分,还有实验如何改进,以及计算离子浓度或判断沉淀的pH范围上出错。
- 3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时,针对常见考点你的障碍点在哪里?
① 流程图的每一步详细过程
② 物质的性质(物理化学性质)
陌生

“以金属为主线的化工流程题”的学生调查问卷

- 1、在每次考试中,解答“以金属为主线的化工流程题”的感受? (B)
A、信心十足 B、比较有把握 C、有点害怕 D、十分恐惧 E、其它
- 2、在阅读“以金属为主线的化工流程题”题干、框图、信息时你对哪些方面最为困惑?在审题过程中曾经犯过哪些错误?
困惑:陌生背景知识还有实验操作的目的。
错误:看漏、看错、甚至读不懂。
- 3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时,针对常见考点你的障碍点在哪里?
计算离子浓度

“以金属为主线的化工流程题”的学生调查问卷

- 1、在每次考试中,解答“以金属为主线的化工流程题”的感受? (B)
A、信心十足 B、比较有把握 C、有点害怕 D、十分恐惧 E、其它
- 2、在阅读“以金属为主线的化工流程题”题干、框图、信息时你对哪些方面最为困惑?在审题过程中曾经犯过哪些错误?
① 因题而异
② 看错、看漏框图中加入的反应物、生成物;
未分析溶液酸碱性导致方程式错误
错误题干中的关键课外补充信息
- 3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时,针对常见考点你的障碍点在哪里?
复杂流程的计算

“以金属为主线的化工流程题”的学生调查问卷

- 1、在每次考试中,解答“以金属为主线的化工流程题”的感受? (C)
A、信心十足 B、比较有把握 C、有点害怕 D、十分恐惧 E、其它
- 2、在阅读“以金属为主线的化工流程题”题干、框图、信息时你对哪些方面最为困惑?在审题过程中曾经犯过哪些错误?
★ 步骤的作用存在困惑。
错误:即程式的一些书写。
- 3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时,针对常见考点你的障碍点在哪里?
① 一些步骤的作用。
② 有时存在流程推理问题,(不知下一步应做什么)。

学生课前调查问卷结果分析:



雙流中學
Shuang Liu Middle School

1. **问卷结果统计**: 50% 学生对化工流程题解答比较有把握, 24% 学生有点害怕, 对该类题的解答非常有信心和十分恐惧的学生各占10%。
2. **流程框图的困惑点**: 框图流程主线、不能准确分析和利用题干信息; 每一步的物质转化不能准确分析给解题造成困扰; 框图中的实验操作和条件控制不能准确分析目的和作用。
3. **学生解题障碍点**: 框图分析、操作作用、化学方程式书写和计算

学习目标:

1. 概述化工流程题的考查模式
2. 构建“物质流”和“操作流”相结合的框图分析思维模型
3. 应用思维模型设计化工流程框图

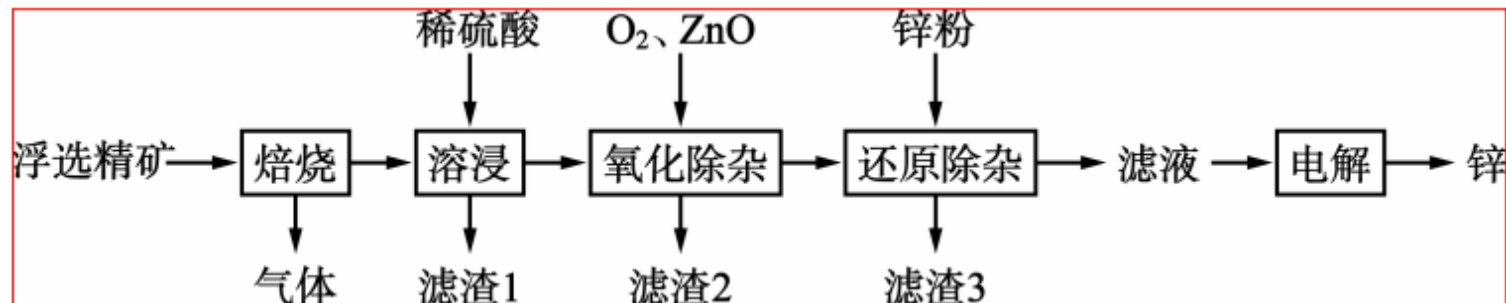
活动一：全面认识化工流程题的考查模式



雙流中學
Shuang Liu Middle School

【思考与交流1】

分析以下三个化工流程框图,从**箭头的方向**、**流程的走向**和**方框内**和**方框外的文字描述**等方面找出它们的设计形式的异同点?



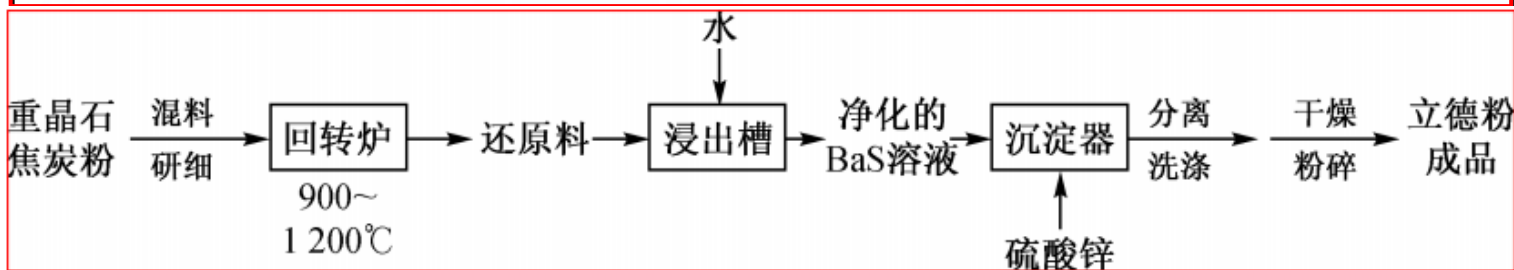
操作

2018 全国卷II



物质

2017·新课标3卷



设备

2019 全国卷II

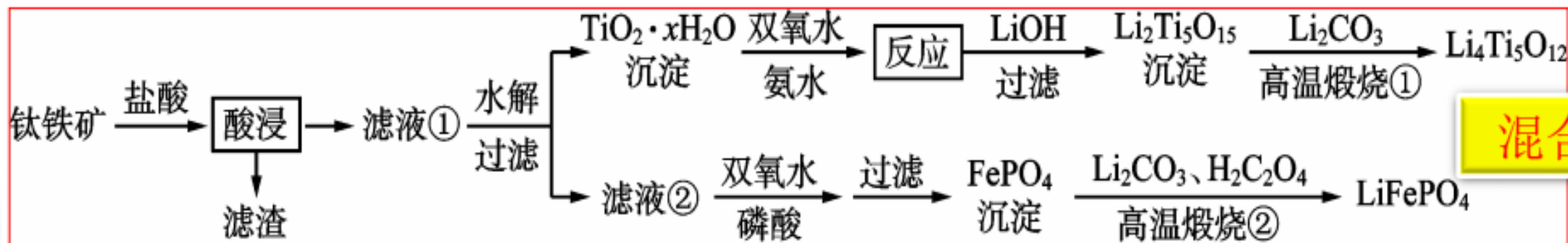
学生课前调查问卷结果展示:



【思考与交流1】

相同点：原料经过一系列试剂的添加和操作条件的控制进行**除杂分离提纯**得到最终的目标**产品**；

不同点：第一种框内是**操作方式**，框外是**试剂**；第二种框内是物质，框外是操作或反应条件；第三种框内是**化工设备**，框外是物质和操作相结合。

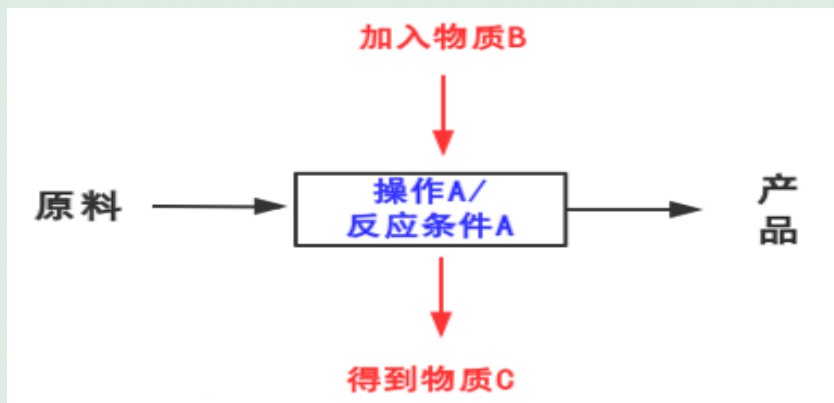


横看成岭竖成峰，左右上下各不同



雙流中學
Shuang Liu Middle School

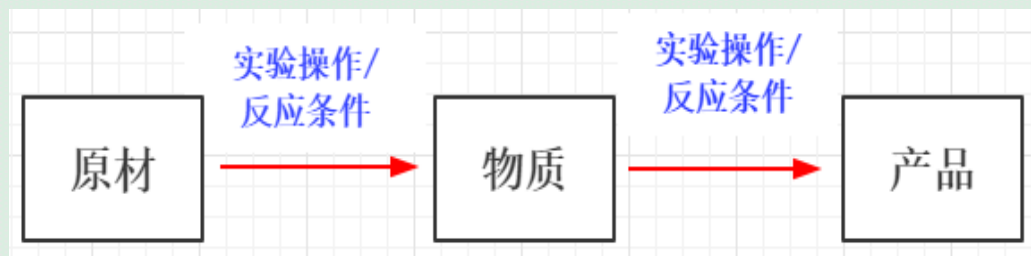
操作型



竖看：在操作A/条件A下，箭头进来的物质反应生成箭头出去的物质，关注竖向箭头



物质型



横看：框内物质在在操作A/条件A下得到新物质，关注横向箭头



横竖读图、关注箭头、关注三线

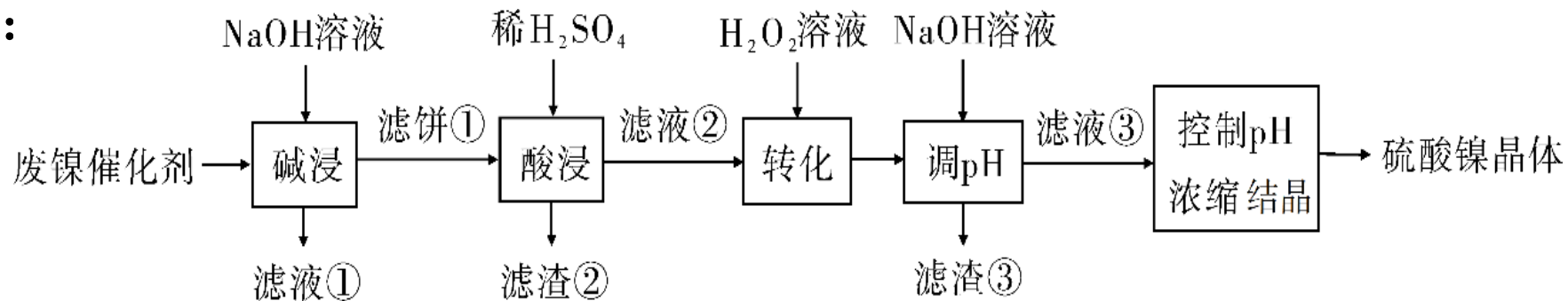
箭头——进入的是投料（反应物）、出去的是主产物或副产物（生成物）；

三线——出线 and 进线均表示物料或操作流程、循环线表示物质循环。

活动一：全面认识化工流程题的考查模式



【典例1】（2020·新课标III）某油脂厂废弃的油脂加氢镍催化剂主要含金属Ni、Al、Fe及其氧化物，还有少量其他不溶性物质。采用如下工艺流程回收其中的镍制备硫酸镍晶体($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)：



金属离子	Ni^{2+}	Al^{3+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}
开始沉淀时($c=0.01 \text{ mol L}^{-1}$)的pH	7.2	3.7	2.2	7.5
沉淀完全时($c=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$)的pH	8.7	4.7	3.2	9.0

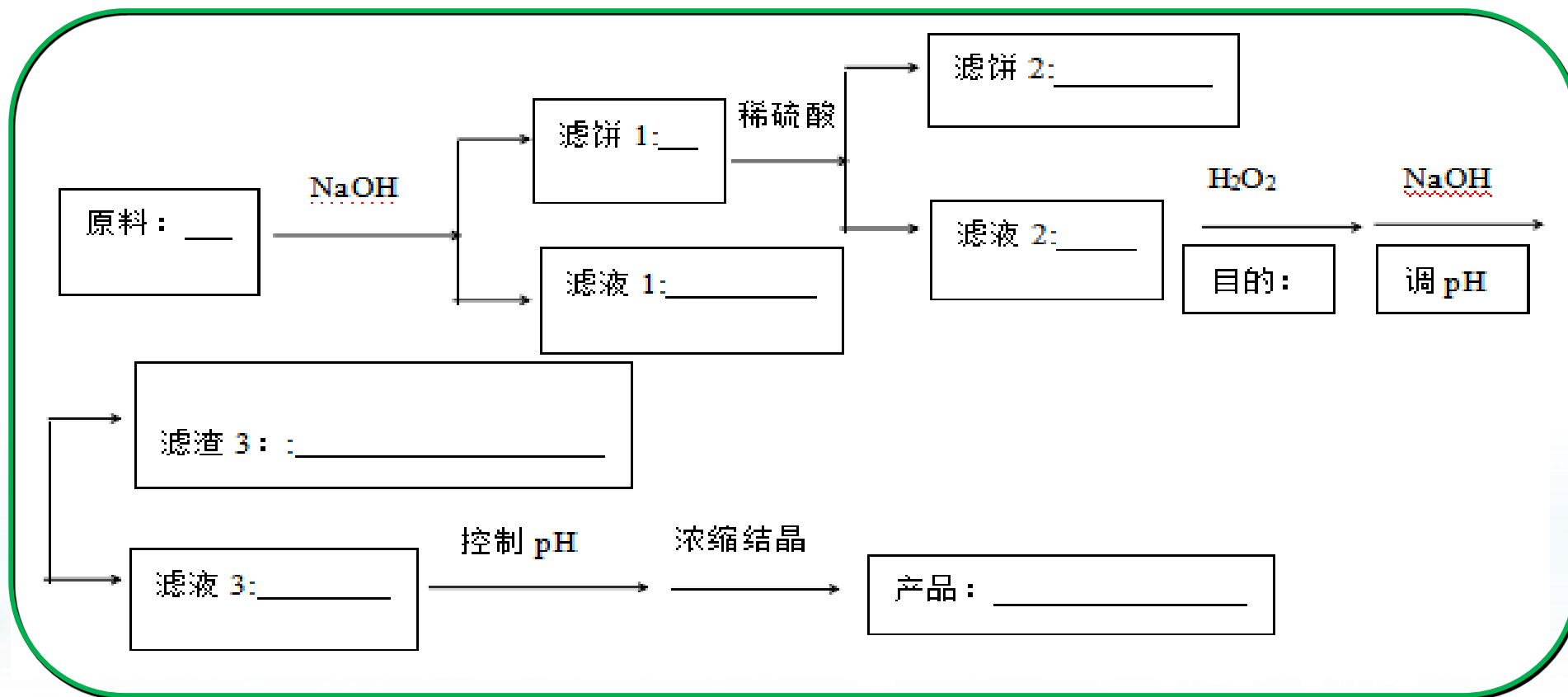
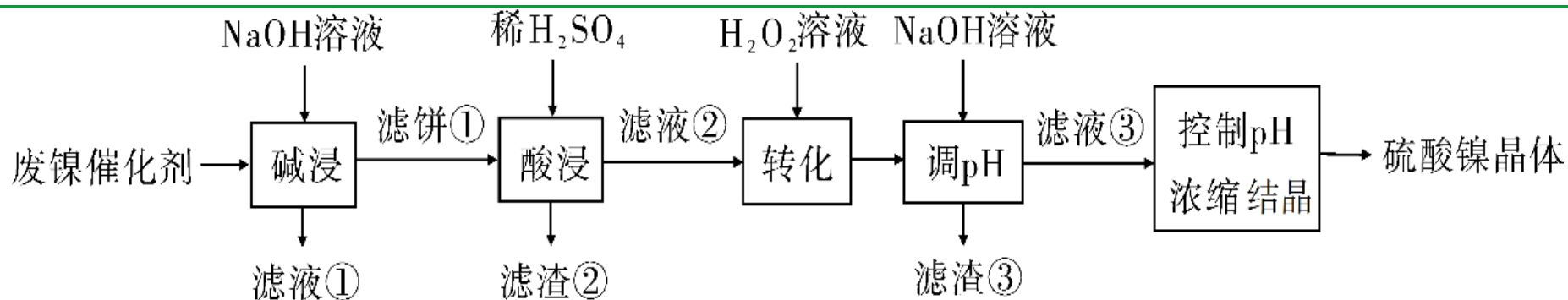
【思考与交流2】

(1) 分析硫酸镍晶体制备的化工流程框图, 找寻物质转化的关系, 在以下框图中填入具体的物质成分, 并划分出化工流程的三个阶段。

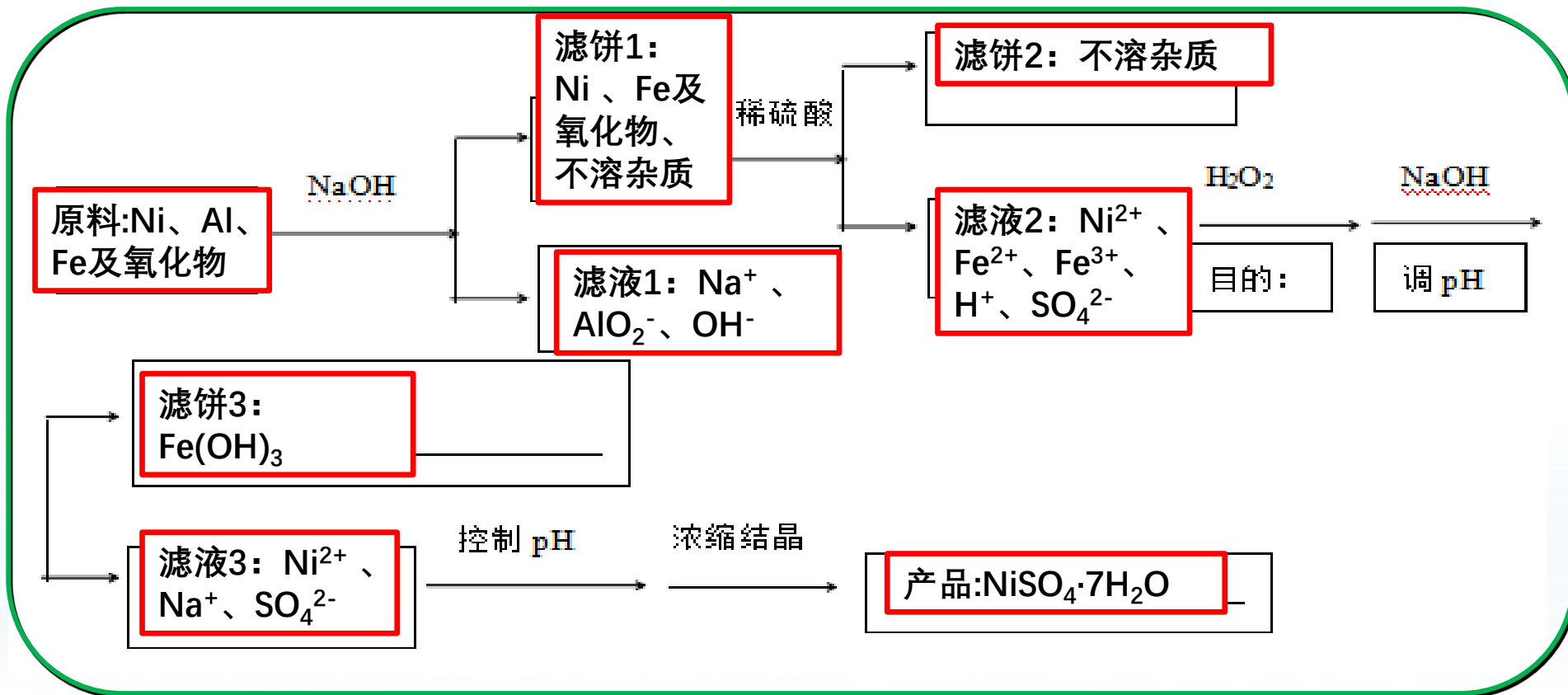
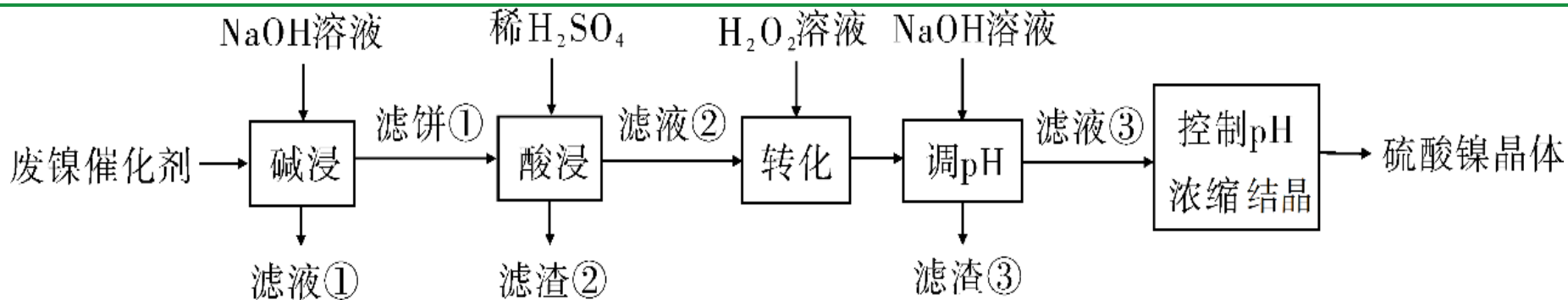
活动一：全面认识化工流程题的考查模式



雙流中學
Shuang Liu Middle School



活动一：全面认识化工流程题的考查模式



- (2) “碱浸”中NaOH的作用和“转化”中 H_2O_2 的作用是什么？
- (3) 要得到产品硫酸镍晶体应选用什么结晶方法？
- (4) 将分离出硫酸镍晶体后的母液收集、循环使用的意义是什么？

除去油脂, 溶解铝及其氧化物; 氧化 Fe^{2+} ;

蒸发浓缩, 冷却结晶

提高镍回收率

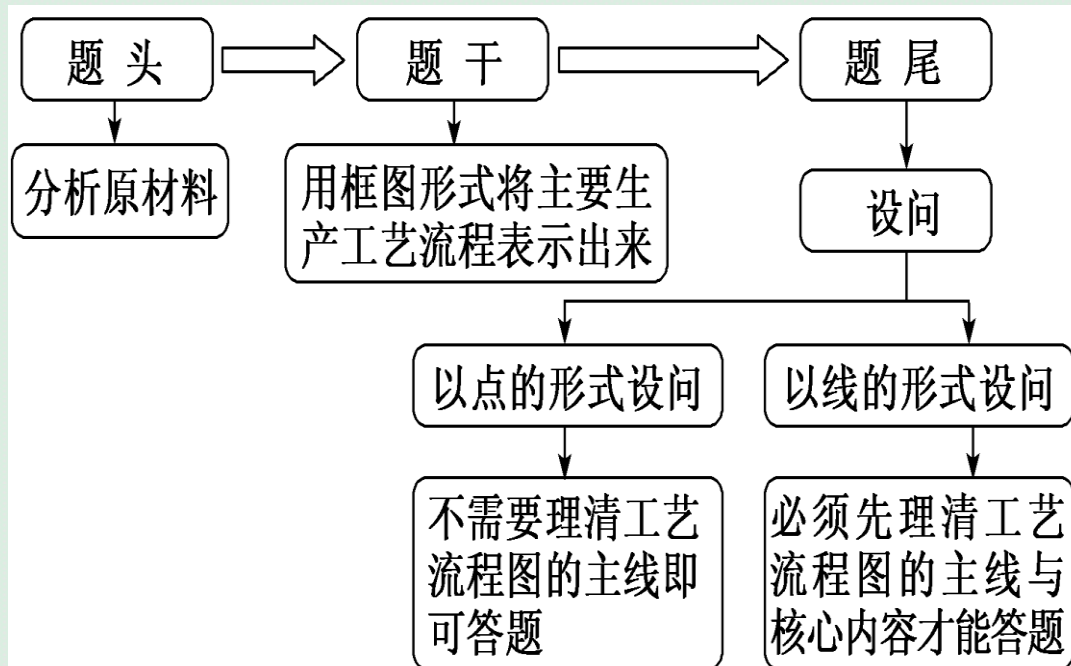
活动一：全面认识化工流程题的考查模式



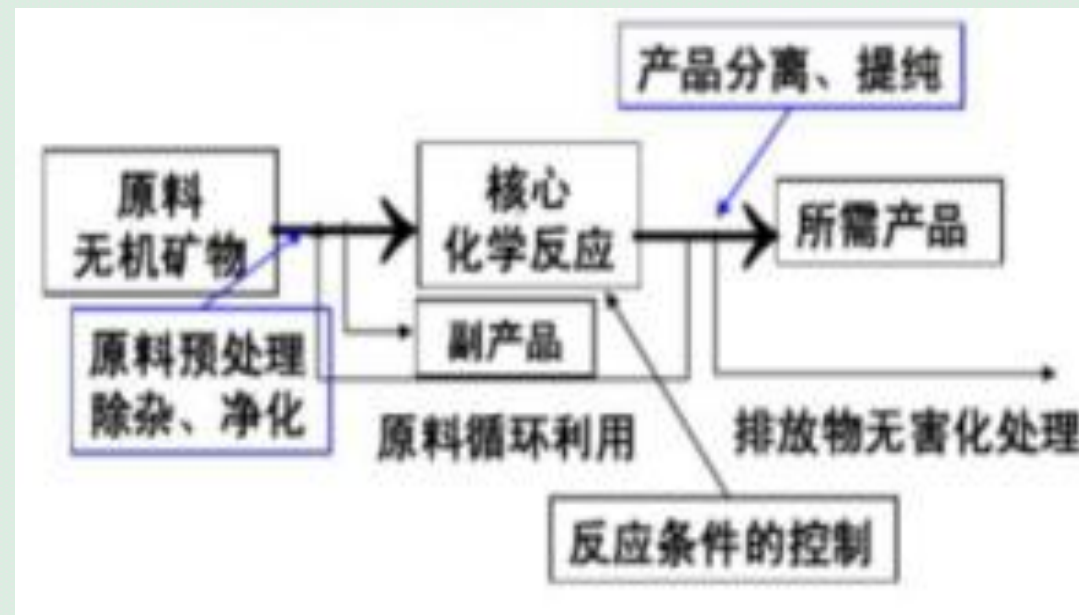
雙流中學
Shuang Liu Middle School

归纳总结1:

化工流程题的考查模式



化工流程框图的特点



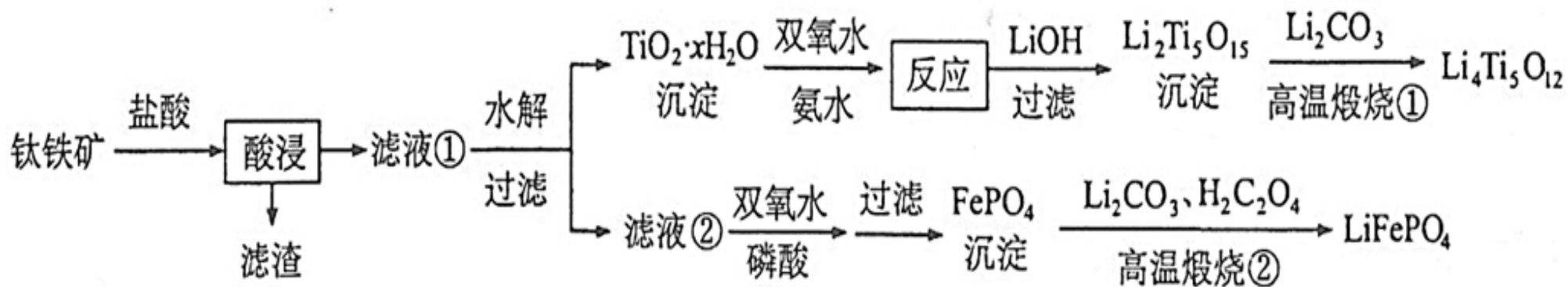
活动二：构建化工流程框图分析的思维模型



雙流中學
Shuang Liu Middle School

【典例2】（2017 新课标1卷）

$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 都是锂离子电池的电极材料，可利用钛铁矿（主要成分为 FeTiO_3 ，还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质）来制备，工艺流程如下：



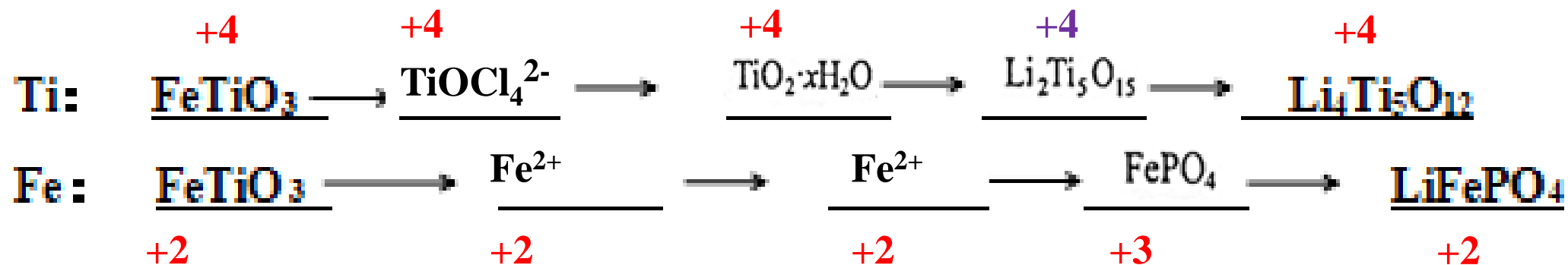
提示：“酸浸”后，钛主要以 TiOCl_4^{2-} 形式存在； $\text{Li}_2\text{Ti}_5\text{O}_{15}$ 中过氧键的数目为4。

【思考与交流3】



(1) 由钛铁矿制备上述两种锂离子电池电极材料，在除杂和物质分离提纯的过程中运用了哪些实验操作方式？

(2) 写出两条制备流程线中核心元素Ti、Fe的价态变化及存在形式。



(3) 结合题干信息写出该化工流程中滤液1和滤液2里的物质成分，尝试说出化工流程框图分析的方法有哪些？

酸浸、过滤、水解、沉淀反应、高温煅烧、加氧化剂；

滤液1: Fe^{2+} 、 TiOCl_4^{2-} 、 H^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+}

滤液2: Fe^{2+} 、 H^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+}

同学们，联系化工流程题的经验积累，你知道化工流程框图中常见的物质转化类型有哪些？常见操作和条件控制方式有哪些？

反应--氧化还原：置换反应；复分解应：酸碱中和、沉淀；络合反应等

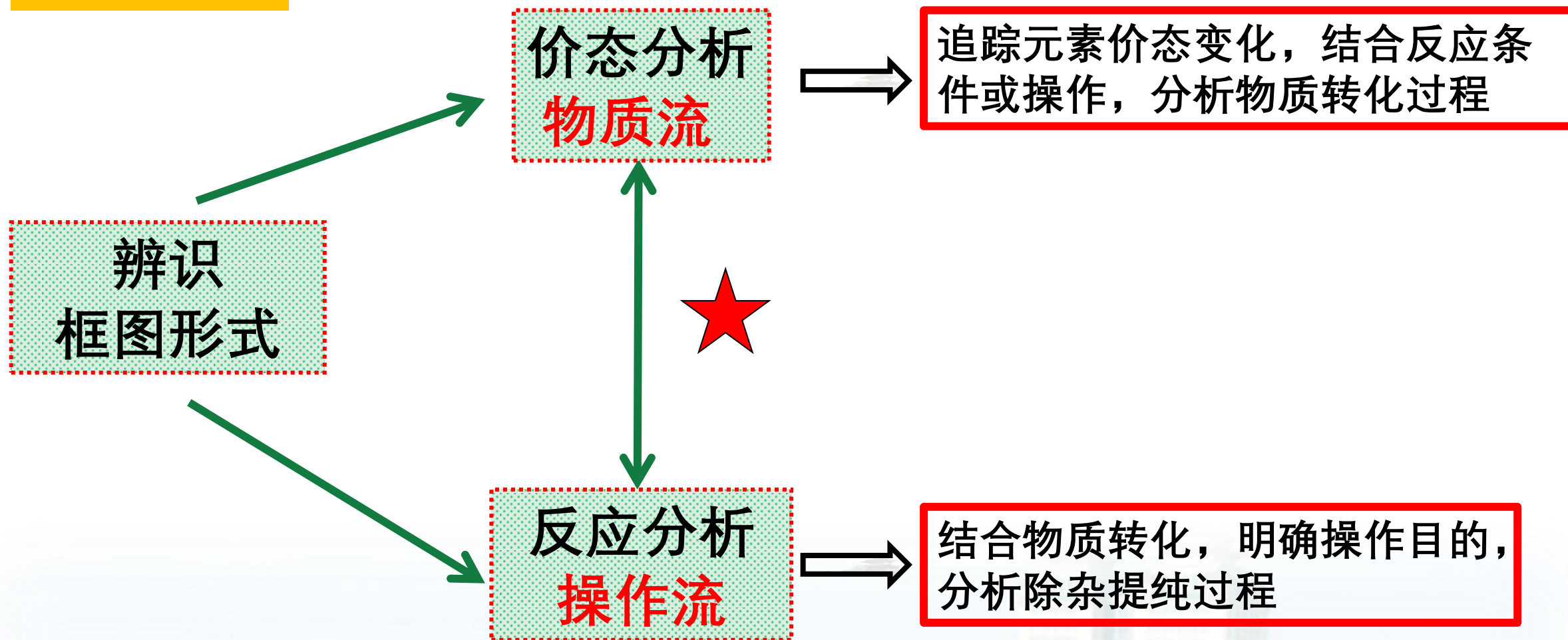
操作--煅烧、溶浸、调pH、电解、粉碎、蒸发、结晶、过滤、洗涤、干燥、控温、加催化剂、加氧化剂、加沉淀剂等。

活动二：构建化工流程框图分析的思维模型



雙流中學
Shuang Liu Middle School

归纳总结2:



活动三：结合材料情境设计绘制化工流程框图



雙流中學
Shuang Liu Middle School

【典例3教材改编】工业上以铝土矿(主要成分 Al_2O_3 、 $3\text{H}_2\text{O}$ 、 Fe_2O_3 、 SiO_2)原料生产铝，主要包括下列过程：

- (1) 将粉碎、筛选后的铝土矿加入足量氢氧化钠溶液，过滤；
- (2) 滤液1中通入过量二氧化碳沉铝，过滤；
- (3) 滤渣2充分焙烧脱水、干燥；
- (4) 对干燥后的固体进行电解制备铝。

【问题1】

- (1) 步骤(1)中加入氢氧化钠的作用是什么？
- (2) 步骤(2)中沉铝后，铝的存在形式是什么？
- (3) 步骤(3)中焙烧脱水的目的是什么？

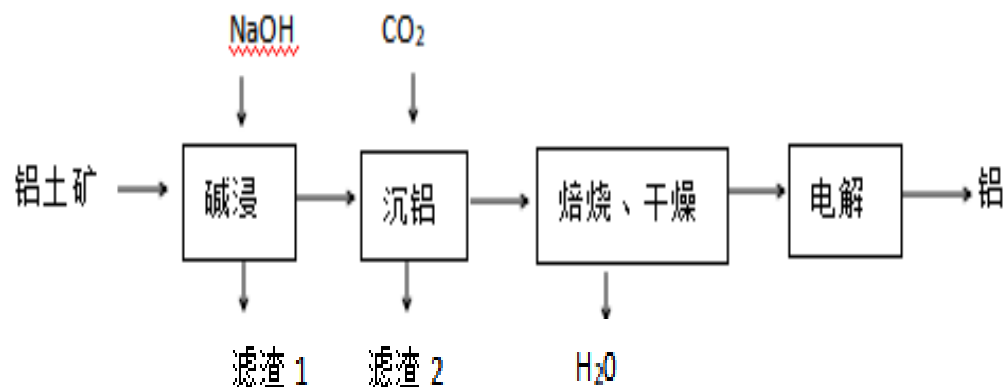
反应 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ； AlO_2^- ；反应生成 Al_2O_3

【思考与交流4】

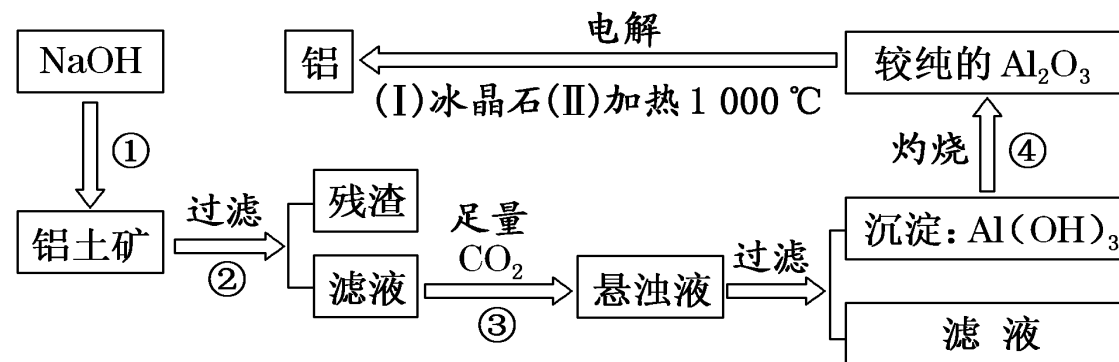


(1) 结合上述材料的分析，根据框图的设计形式绘制一个以铝土矿为原料生产铝的化工流程框图，分析物质之间的相互转化关系。

操作型



物质型



(2) 请你结合铝及其化合物的性质，按照“酸浸法”选择合适的试剂和操作，重新提出一个以铝土矿为原料冶炼铝的的化工流程方案，阐述其中的主要反应步骤。

(3) 化工流程的生产过程与化学学科知识有着密切的关联，通过本节课的学习你有哪些感悟？

备考建议--有志者，事竟成；苦心人，天不负！



雙流中學
Shuang Liu Middle School

高考理综化学怎么做好工业流程题？

一、【考点分析】

二、【工业流程题中常用的关键词】

原材料
灼烧(煅烧)
酸
碱
氧化剂
控制pH值
煮沸

三、【工业流程常见的操作】

(一)、原料的预处理
(二) 控制反应条件的方法
(三) 物质的分离和提纯的方法

四、【常见文字叙述方法】

五、【难点解析】

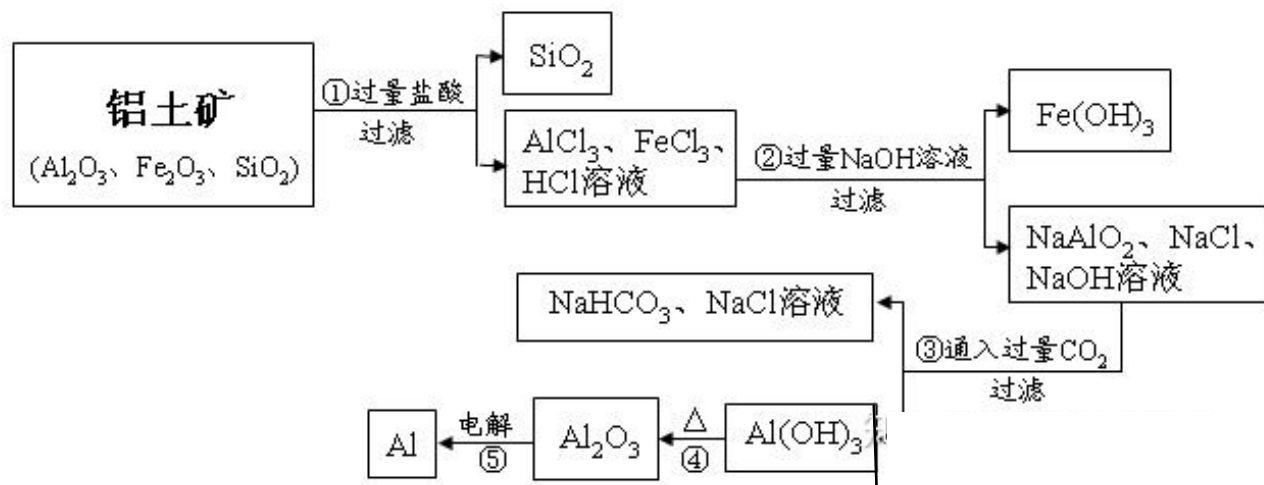
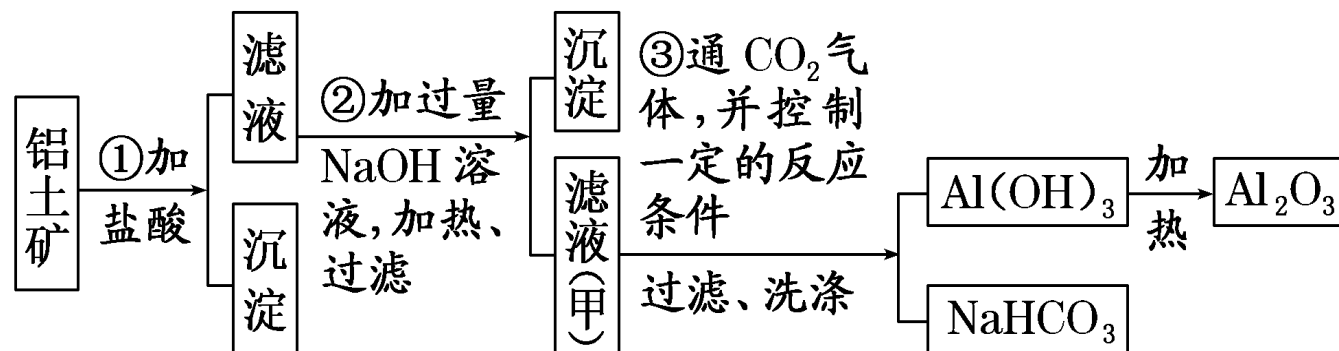
一、对于实验目的为一的题目,其实就是对混合物的除杂、分离、提纯。
二、对于目的为制备某一物质的流程题,要求学生注意以下几个方面

六、【化工流程图的一般模式】

【巩固练习】

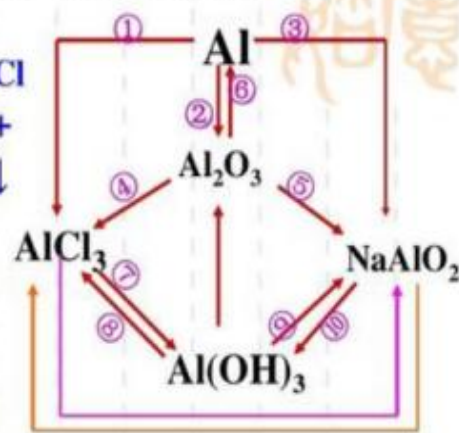
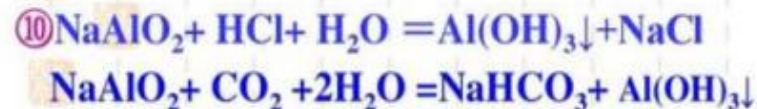
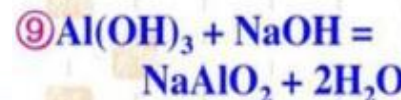
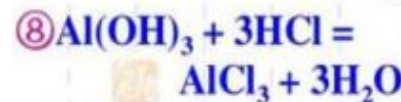
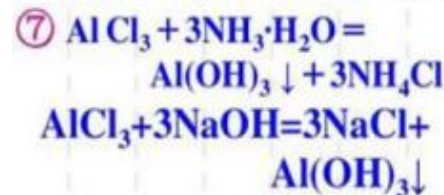


1. 请你对思考与交流4“酸浸法”冶炼铝的的化工流程方案绘制一个化工流程框图，说明物质转化关系和各种操作条件的作用。



寻找证据

铝及其重要化合物之间的转化



【巩固练习】



2. [2019 新课标II]立德粉 $\text{ZnS} \cdot \text{BaSO}_4$ （也称锌钡白），是一种常用白色颜料。以重晶石（ BaSO_4 ）为原料，可按如下工艺生产立德粉：



提示：在回转炉中重晶石被过量焦炭还原为可溶性硫化钡，尾气中含有有毒气体，生产上可通过水蒸气变换反应将其转化为 CO_2 和一种清洁能源气体。

根据反应历程绘制立德粉制备化工流程的框图，并从元素价态的角度分析“回转炉”和“沉淀器”中的物质转化关系。



双流中學
Shuang Liu Middle School

成都市双流区第九届高三课标高考考情学情解读 同题异构大赛

第二课时

以金属为主线的化工流程题核心考点突破

四川省双流中学 高三化学备课组

教学目标



雙流中學
Shuang Liu Middle School

- (1) 通过以金属为主线的化工流程题中陌生方程式的书写，构建元素转化过程中核心方程式的书写方法，能准确书写各类方程式。发展学生“宏观辨识与微观探析”、“证据推理与模型认知”的学科素养。
- (2) 通过对新情景下以金属为主线的化工流程题中的条件选择和原因分析，构建依据化工流程情境进行条件选择和原因分析的方法。发展学生获取和应用新信息的能力及“证据推理与模型认知”的学科素养。
- (3) 通过对第一课时绘制的化工流程图设计试题，明确化工流程的核心考点，学会分析新情境中的化工原理，发展学生理论联系实际的应用能力和创新意识。

- (1) 通过对以金属为主线的化工流程题中陌生方程式的书写和点评，建立对化学方程式书写的进阶认识（物质水平、元素水平、微粒水平），诊断并发展学生对元素转化过程中核心方程式书写的认识水平（孤立水平、系统水平）。
- (2) 通过对以金属为主线的化工流程题中条件选择、原因的对比分析和点评，诊断并发展学生对新情境中化工流程条件选择分析思路的结构化水平（视角水平、内涵水平）。
- (3) 通过对设计的化工流程图试题的讨论和点评，诊断并发展学生解决实际问题的能力水平（孤立水平、系统水平），诊断并发展学生对化学价值的认识水平（学科价值视角、社会价值视角、学科社会价值视角）。

- (1) 从高考真题的化工流程题入手，对比分析元素转化过程中核心方程式的书写、条件选择和原因分析，让学生从元素守恒观出发，结合情境，逐步深入解决问题。
- (2) 开展小组讨论、合作学习，在讨论、展示、评价的过程中发展学生的能力素养，体现学生的学习主体性。
- (3) 开展让学生以金属为主线的化工流程题的设计和讨论，激发学生的学习积极性，同时将学与考相结合，提高复习效率。

近三年全国卷以金属为主线化工流程题的考点



雙流中學
Shuang Liu Middle School

	近三年试卷中分值	20 (I)	20 (III)	20 (山东)	19 (II)	19 (III)	18 (II)	合计
	载体物质	NH_4VO_3	$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	MnCO_3	ZnS BaSO_4	MnSO_4	Zn	
考点	物质转化中“核心反应”方程式的书写	4	4	4	6	4	4	26
	实验操作及原因分析	4	3	2		4	4	17
	转化过程中产物的判断	6	3		2	3	2	16
	条件选择		3	3		2		8
	产物的循环利用			1			2	3
	溶度积的计算		2					2
	电极反应的书写						2	2
	纯度、转化率等计算				2			2
	其他			2	3	1		6
	合计	14	15	12	13	14	14	

学生课前调查问卷结果展示:



雙流中學
Shuang Liu Middle School

3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时, 针对常见

① 洗涤晶体: 选择洗涤试剂及原因

② 循环物质的确定和副产物的判断

③ 流程中某些条件控制(如控制温度、控制pH值)的目的

④ 产率、纯度计算

4、在解答“陌生方程式书写”这种问题时你易犯的错误

① 写化学方程式还是离子方程式

② 不能根据题意准确写出反应物或生成物

3、在解答“以金属为主线的化工流程题”时, 针对常见考点你的障碍点在哪里?

有些操作的目的不大明晰.

对原因、操作等回答时表达不规范

4、在解答“陌生方程式书写”这种问题时你易犯的错误有哪些?

缺少条件 复杂方程反应物/产物判断, 特别是生成混合

配平有时出现失误.

4、在解答“陌生方程式书写”这种问题时你易犯的错误有哪些?

① 氧化还原产物不确定, 为配平化合价升降硬凑.

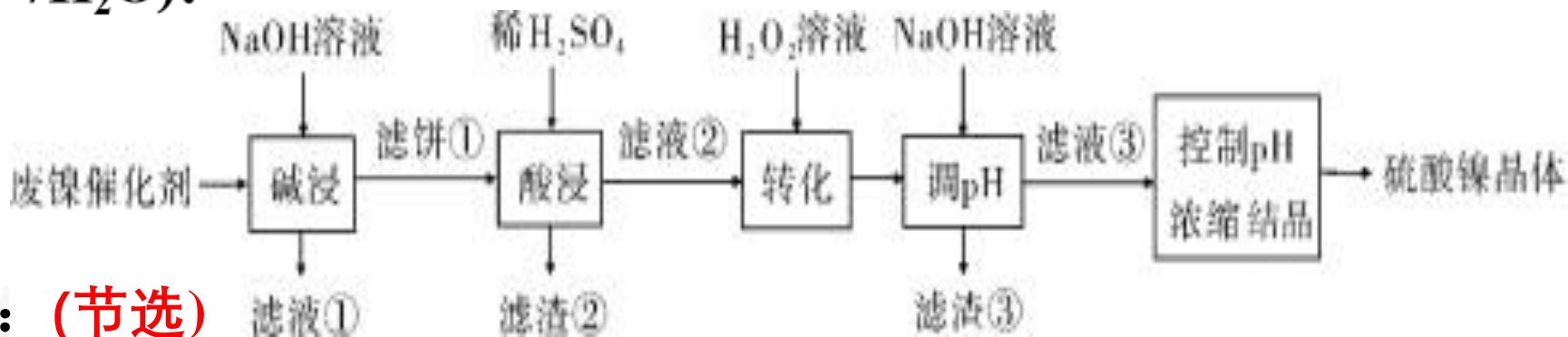
② 沉淀、气体符号遗漏

一、突破元素转化过程中核心方程式书写



学生活动——例题1：

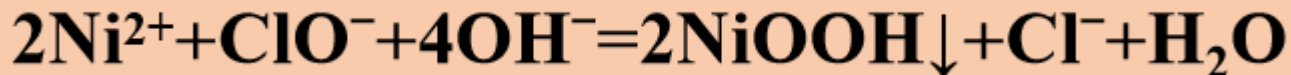
(2020·新课标III) 某油脂厂废弃的油脂加氢镍催化剂主要含金属Ni、Al、Fe及其氧化物，还有少量其他不溶性物质。采用如下化工流程回收其中的镍制备硫酸镍晶体($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$):



回答下列问题：(节选)

(1) 为回收金属，用稀硫酸将“滤液①”调为中性，生成沉淀。写出该反应的离子方程式

(5) 砷 $\text{AlO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 或 $\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
NiOOH。写出该反应的离子方程式_____。



学生活动——讨论1:

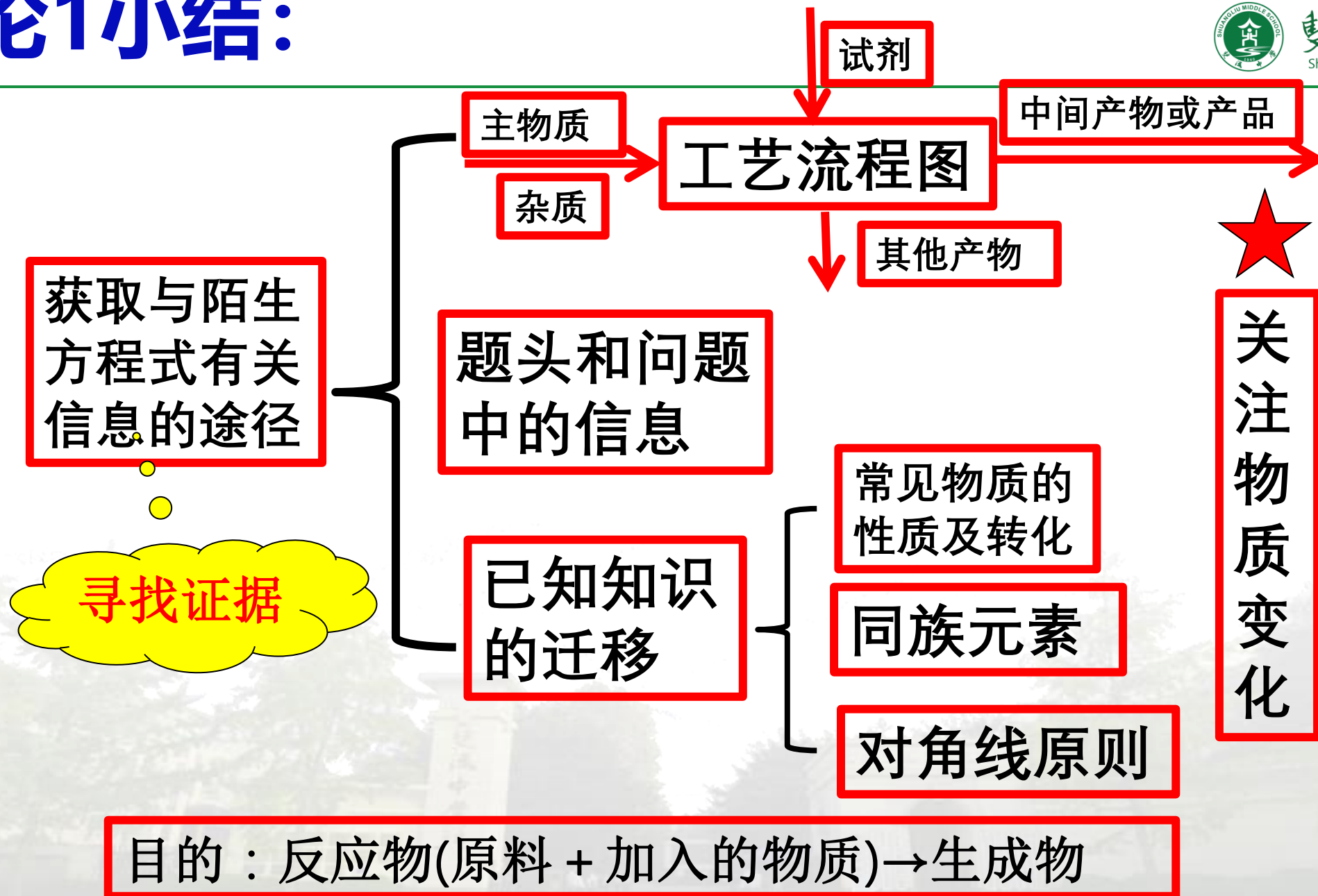


雙流中學
Shuang Liu Middle School

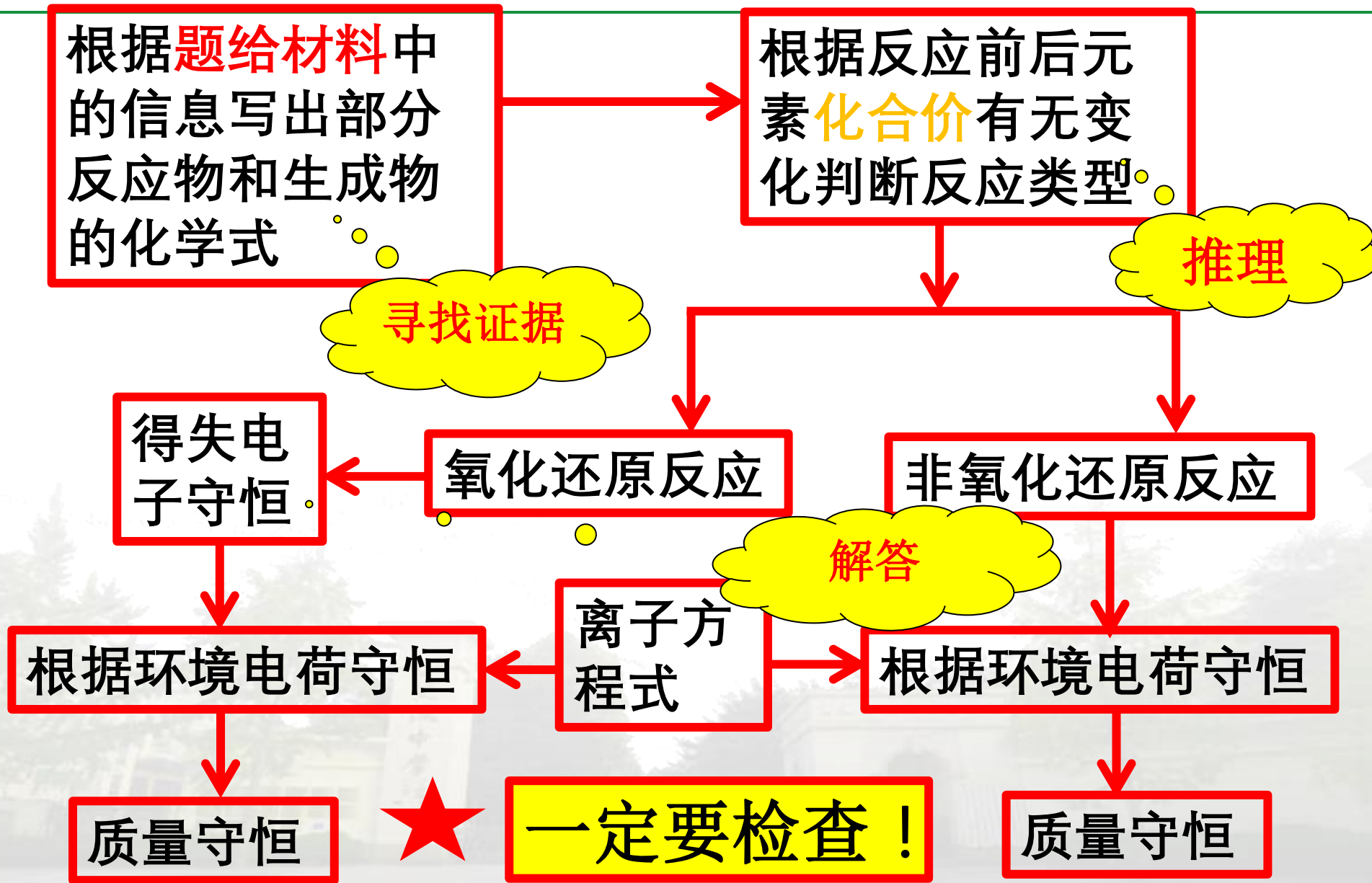
结合例题的分析，思考书写工艺流程中陌生化学方程式的解题思路或策略。

- 1、获取陌生方程式中反应物和产物的途径？
- 2、主要考查的化学反应的类型？

讨论1小结:



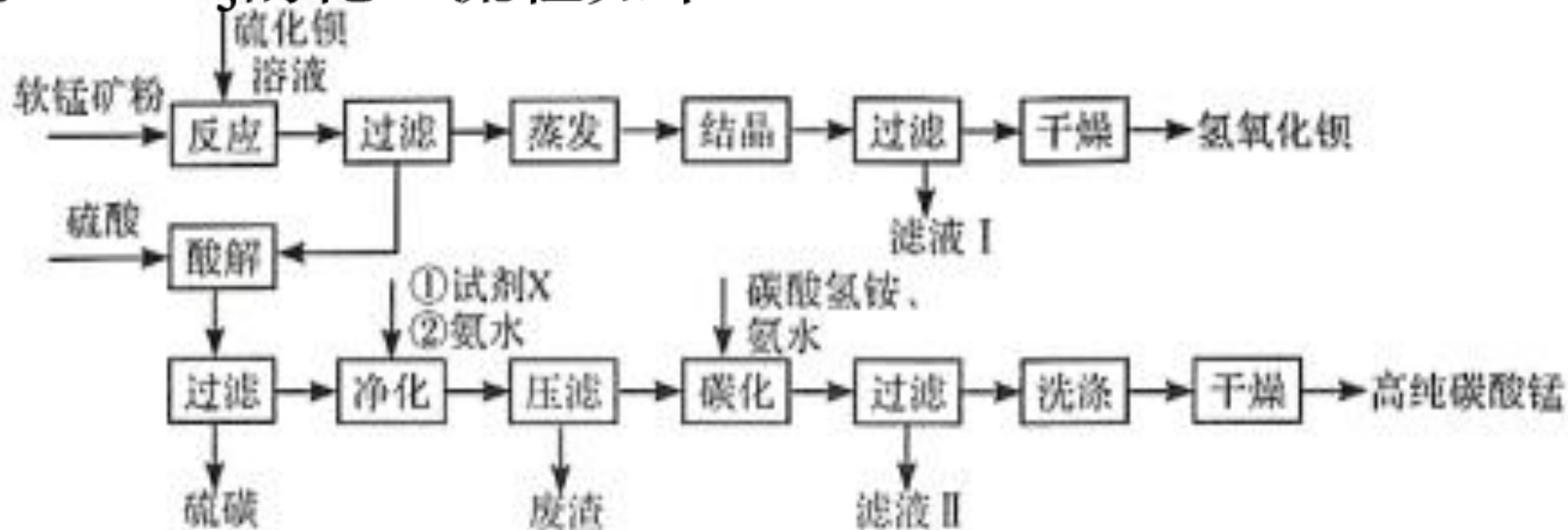
方法建模1：陌生反应方程式的书写方法



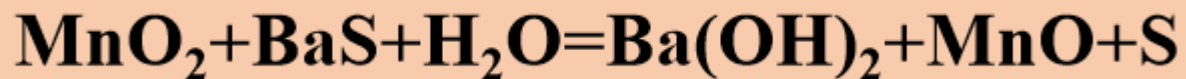
练习1:



(2020·山东卷) 用软锰矿(主要成分为 MnO_2 , 含少量 Fe_3O_4 、 Al_2O_3)和 BaS 制备高纯 MnCO_3 的化工流程如下:



回答下列问题: (节选)



(1) MnO_2 与 BaS 溶液反应转化为 MnO 的化学方程式为_____。

(5) 碳化过程中发生反应 $\text{Mn}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{MnCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$

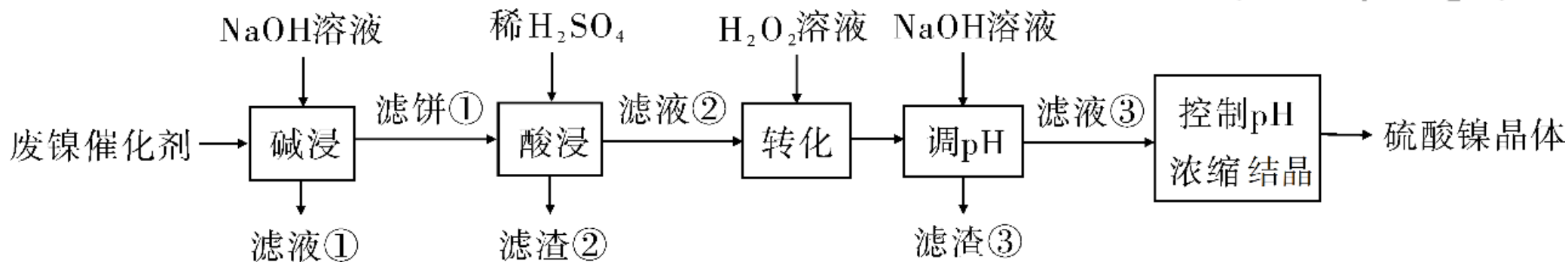
二、突破流程题中的条件选择及原因分析



1. 条件选择

学生活动——例题2:

I. (2020·新课标III) 采用如下化工流程回收镍制备硫酸镍晶体($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$):



溶液中金属离子开始沉淀和完全沉淀的pH如下表所示:

金属离子	Ni^{2+}	Al^{3+}
开始沉淀时($c=0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)的pH	7.2	3.7
完全时($c=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$)的pH	8.7	4.7

pH的选择

3.2~6.2

(4) 如果“转化”后的溶液中 Ni^{2+} 浓度为 $1.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 则“调pH”应控制的pH范围是_____。

二、突破流程题中的条件选择及原因分析

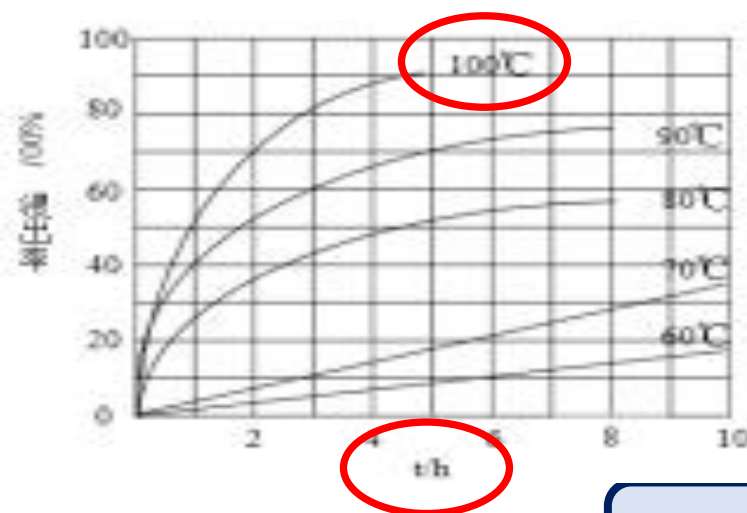


雙流中學
Shuang Liu Middle School

1. 条件选择

学生活动——例题2:

II. (2017·新课标1卷) $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 都是锂离子电池的电极材料，可利用钛铁矿（主要成分为 FeTiO_3 ，还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质）来制备，化工流程如下：



回答下列问题：

(1) “酸浸”实验中，铁的浸出率结果如图所示。由图可知，当铁的浸出率为70%时，所采用的实验条件为

100°C、2h, 90°C, 5h

温度、时间的选择

二、突破流程题中的条件选择及原因分析

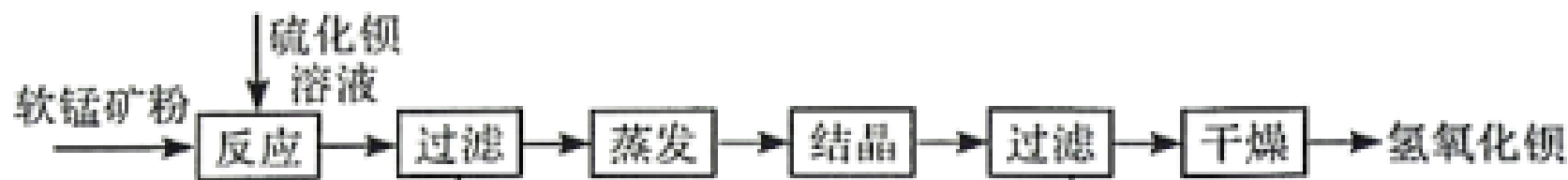


雙流中學
Shuang Liu Middle School

2. 原因分析

学生活动——例题3:

I. (2020·山东卷) 用软锰矿(主要成分为 MnO_2 , 含少量 Fe_3O_4 、 Al_2O_3)和 BaS 制备高纯 MnCO_3 的部分化工流程如下:



已知: MnO_2 是一种两性氧化物。

(2) 保持 BaS 投料量不变, 随 MnO_2 与 BaS 投料比增大, S的量达到最大值后无明显变化, 而 Ba(OH)_2 的量达到最大值后会减小, 减小的原因是_____。

过量的 MnO_2 消耗了产生的 Ba(OH)_2

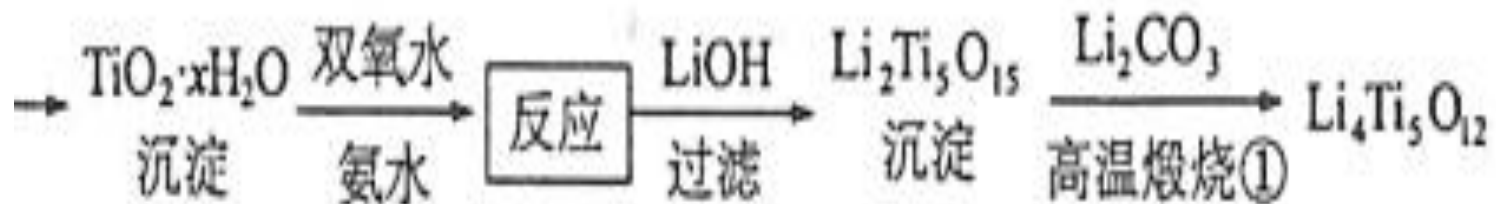
二、突破流程题中的条件选择及原因分析



2.原因分析

学生活动——例题3：

II. (2017·新课标1卷)可利用钛铁矿（主要成分为 FeTiO_3 ，还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质）来制备 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 ，部分化工流程如下：



(3) $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 沉淀与双氧水、氨水反应40 min所得实验结果如下表所示：

温度/ $^{\circ}\text{C}$	30	35	40	45	50
$\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化率%	92	95	97	93	88

分析**40 $^{\circ}\text{C}$** 时 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ **转化率最高**的原因_____。

低于40 $^{\circ}\text{C}$ ， $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率随温度升高而增加；

超过40 $^{\circ}\text{C}$ ，双氧水分解与氨气逸出导致 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 转化反应速率下降。

学生活动——讨论2:



雙流中學
Shuang Liu Middle School

结合例2和例3，讨论化工流程背景下的**条件选择**
的常见类型及原因分析。

方法建模2：1、温度的选择及原因分析



扬州市第一中学



关注物质变化与温度的关系

温度的选择

加热

加快反应速率或溶解速率；

促进平衡向吸热方向移动；（一般是有利于生成物生成的方向）移动

除杂，除去热不稳定的杂质，如 NaHCO_3 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 KMnO_4 、 I_2 、 NH_4Cl 等

使沸点相对较低的原料气化或升华。

降温

防止某物质在高温时会溶解(或分解)；

使化学平衡向着题目要求的方向移动(放热方向)；

使某个沸点较高的产物液化，使其与其他物质分离；

降低晶体的溶解度，减少损失。

控温

防止某种物质温度过高时会分解或挥发；

为了使某物质达到沸点挥发出来；

使催化剂的活性达到最好；

防止副反应的发生。

注意：题目中出现**物质的溶解度信息**，则要根据其溶解度随温度的升高而改变的情况，选择合适的结晶分离方法。

方法建模2：温度的选择及原因分析



温度选择在
一定范围的
原因

温度过低

反应速率过慢，溶解度低；

温度过高

物质易分解：如 H_2O_2 、浓硝酸、 NH_4HCO_3
物质会挥发：如浓硝酸、浓盐酸
物质被氧化：如 Na_2SO_3
促进物质水解：如 AlCl_3

温度不高
于 $\times^\circ\text{C}$ 的
原因

适当加快反应速率，但温度过高会造成挥发/分解/氧化/促进水解等，影响产品生产。

温度不低
于 $\times^\circ\text{C}$ 的
原因

加快反应速率；
对于吸热反应而言：平衡正移，增加产率。

方法建模2：2、pH的选择及原因分析



pH的选择及原因分析

调控pH的目的

使溶液中的某金属阳离子形成氢氧化物完全沉淀下来而除去

调控pH的原理

加入物质能与溶液中的 H^+ 反应，降低 H^+ 的浓度，增大pH

pH控制范围

大于除去离子的完全沉淀pH值，小于主要离子的开始沉淀pH值。

pH范围确定的原因

范围过小：导致某离子沉淀不完全；
范围过大：导致主要离子开始沉淀。

注意：熟练 K_{sp} 的计算

二、突破流程题中的条件选择及原因分析



雙流中學
Shuang Liu Middle School

学生活动——完成练习2、练习3



三、设计一道以金属为主线的化工流程试题



雙流中學
Shuang Liu Middle School

讨论3:

结合问卷结果和本课时的探析，小组讨论：

- 1、你还未解决的障碍考点有哪些？
- 2、利用本节课所学，思考如何突破这些障碍考点？

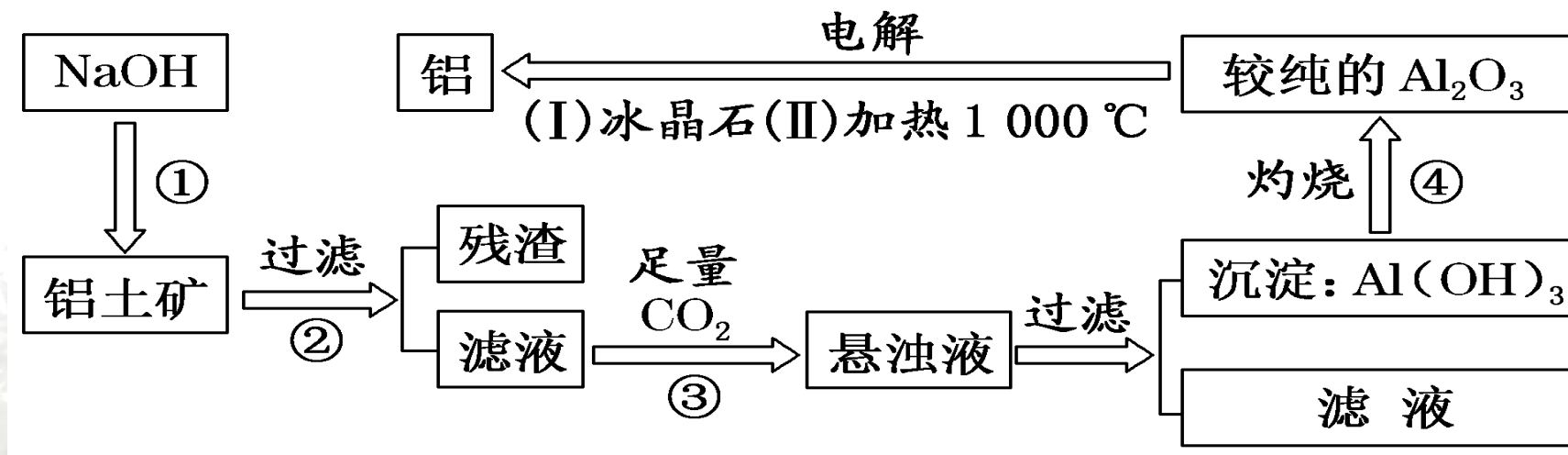
三、设计一道以金属为主线的化工流程试题



讨论4:

结合以下化工流程图，请从陌生方程式的书写、条件选择、原因分析等角度出发，设计问题：

教材改编题目：工业上以铝土矿（主要成分 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 ）原料生产铝。



请设计问题：

三、设计一道以金属为主线的化工流程试题



雙流中學
Shuang Liu Middle School

学生活动：

- 1、展示小组设计，各组相互评价试题设计的合理性。
- 2、小组修改试题。



雙流中學
Shuang Liu Middle School

第三课时

基于教材、实际重要化工流程的深度挖掘及建模



教学目标



雙流中學
Shuang Liu Middle School

- (1) 通过资料阅读、教材重读，知道教材相关的常见工业流程和实际工业流程之间是可以建立关联的。
- (2) 通过独立完成加小组合作对比讨论相关工业流程，发展证据推理与科学探究的化学学科素养。
- (3) 通过问题交换和切换视角进一步深度分析流程，发展多维度建模解决问题和主动理论联系实际的应用能力。

- (1) 通过对教材中工业流程和实际工业流程中所涉及物质的性质的了解，发展对化学教材及化学学科价值的认识水平（学科价值视角、社会价值视角、学科社会价值视角）。
- (2) 通过独立完成和小组合作讨论相关工业流程的对比的点评与总结，诊断并发展学生从元素到实际操作工艺角度对工业流程的认识思路的结构化水平。
- (3) 通过对常见工业流程的问题交换探析的讨论和点评，诊断并发展学生解决实际问题的能力水平（孤立水平、系统水平）。

- (1) 情景教学，从教材中涉及的重要工业流程切入，体现化学与人类生活、生产的密切联系。
- (2) 开展小组合作探究实验，在小组讨论、展示、评价的过程中发展学生的能力素养，体现学生的学习主体性。
- (3) 通过从对不同工业流程的不同要素的多维度共性寻找的过程，培养学生建构工业流程分析的一般思路。

资料1:

(1) 选修2第61页;

(2) **铝**: 地壳中含量最多的金属元素, 在自然界主要以化合态的形式存在于氧化铝中。铝土矿的主要成分是 Al_2O_3 , 此外还含有少量 SiO_2 、 Fe_2O_3 等杂质, 冶炼金属铝很重要的一个过程是 Al_2O_3 的提纯。由于 Al_2O_3 是两性氧化物, 而杂质 SiO_2 是酸性氧化物, Fe_2O_3 是碱性氧化物。**铍**: 铍的化学性质活泼, 能形成致密的表面氧化保护层, 即使在红热时, 铍在空气中也很稳定。铍即能和稀酸反应, 也能溶于强碱。**锌**: 一种蓝白色金属, 化学性质活泼。锌易溶于酸, 也易从溶液中置换金、银、铜等。氧化锌既能溶于酸也能溶于碱。

资料2:

(1) 必修2第P94

(2) 钛金属强度大，密度小，硬度大，熔点高，抗腐蚀性很强；高纯度钛具有良好的可塑性。它能缓慢地溶解在浓盐酸或热的稀盐酸中，生成 Ti^{3+} 。热的浓硝酸与钛作用也很缓慢，最终生成不溶性二氧化钛的水合物 $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。在高温下，钛能与许多非金属反应，如与氧、氯作用分别生成 TiO_2 和 TiCl_4 。在高温下，钛也能与水蒸气反应，生成 TiO_2 和 H_2 ，钛能与许多金属形成合金。

铁：铁是比较活泼的金属，是一种良好的还原剂。铁是变价元素，0价只有还原性，+6价只有氧化性，+2，+3价既有还原性又有氧化性。在置换反应中一般显+2价。在高温时，则剧烈反应，如铁在氧气中燃烧，生成 Fe_3O_4 ，赤热的铁和水蒸气起反应也生成 Fe_3O_4 。加热时均能同卤素、硫、硅、碳、磷等化合，除生成+2和+3价氧化物外，还有复合氧化物 Fe_3O_4 （磁铁的主要成分）生成。

钴：主要有二价和三价化合物存在，其中二价有： CoO 、 $\text{Co}(\text{OH})_2 \downarrow$ （粉红色沉淀）、 CoCl_2 、 CoCO_3 ，三价有： Co_2O_3 、 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 。

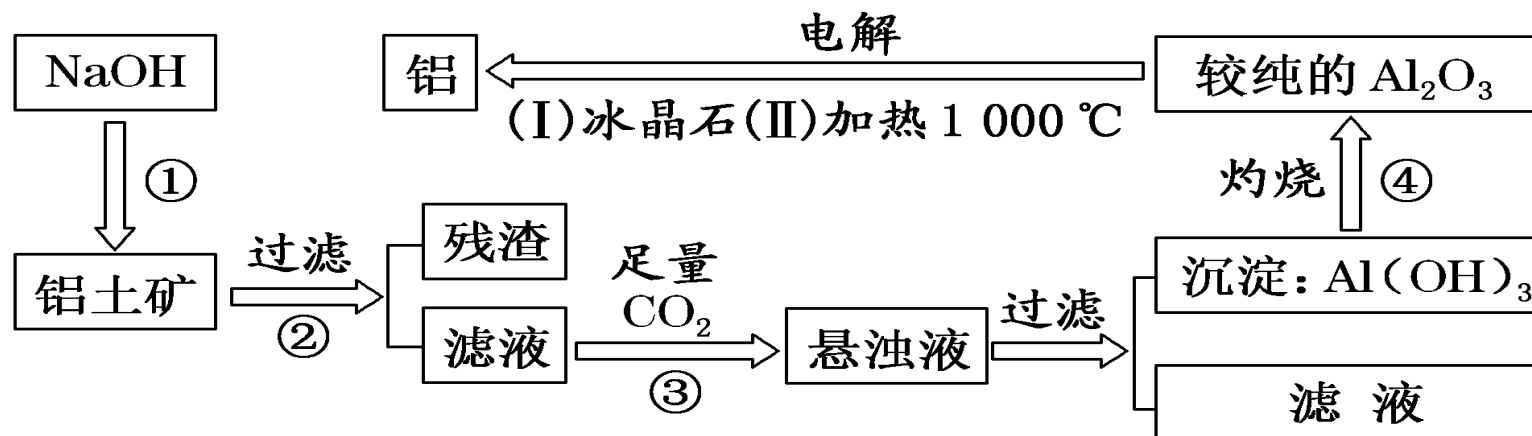
镍：氢化物： NiH_3 ，氧化物： NiO 、 Ni_2O_3 ，化合价：主要： Ni^{2+} 其、 Ni^+ 、 Ni^{3+} 、 Ni^{4+} 。

活动二：从反应原理挖掘工业流程—铝小组

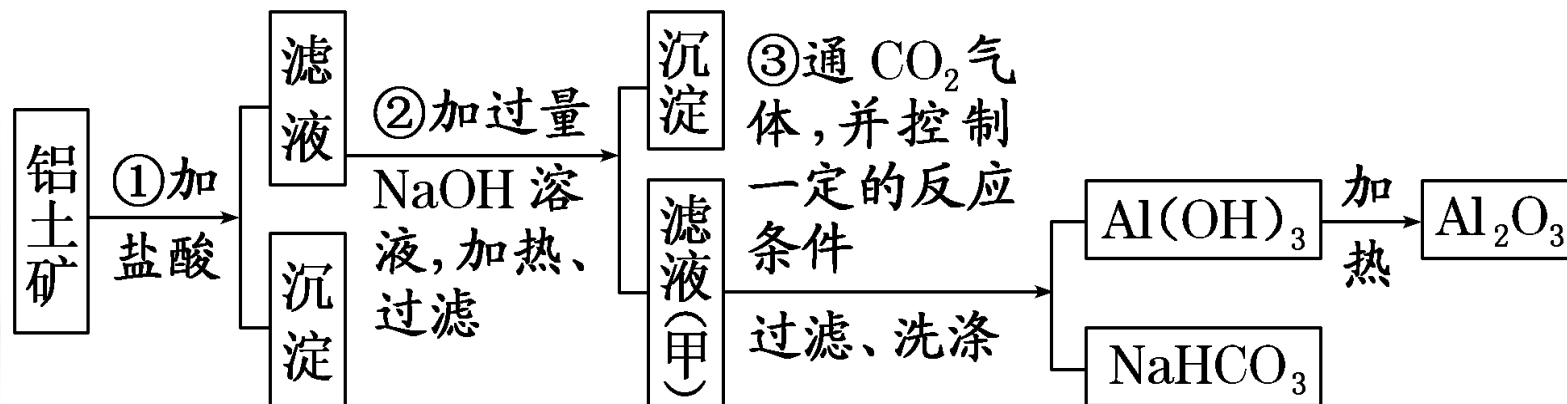


根据金属铝及其化合物特殊的化学性质（单质铝与酸碱反应，氧化物及氢氧化物也与酸碱反应），可设计出两种提纯氧化铝的方案。

1、碱溶法



2、酸溶法

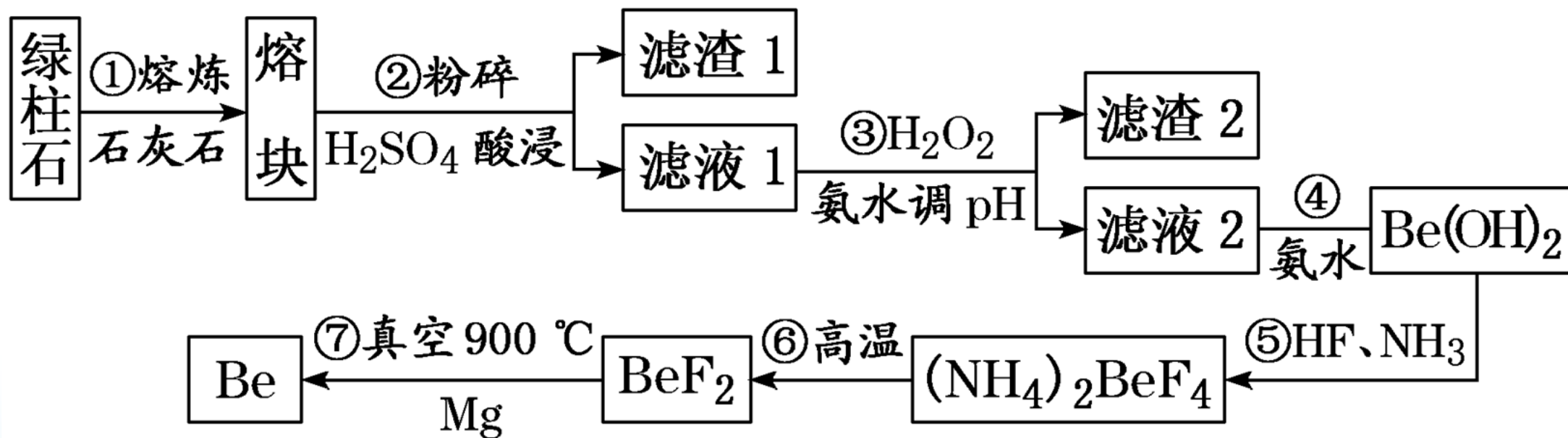


活动二：

铝小组—铝、铍、锌



3、铍作为一种新兴材料日益被重视，有“超级金属、尖端金属、空间金属”之称。工业上常用绿柱石(主要成分 $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ，还含有铁等杂质)冶炼铍，一种简化的工艺流程如下：



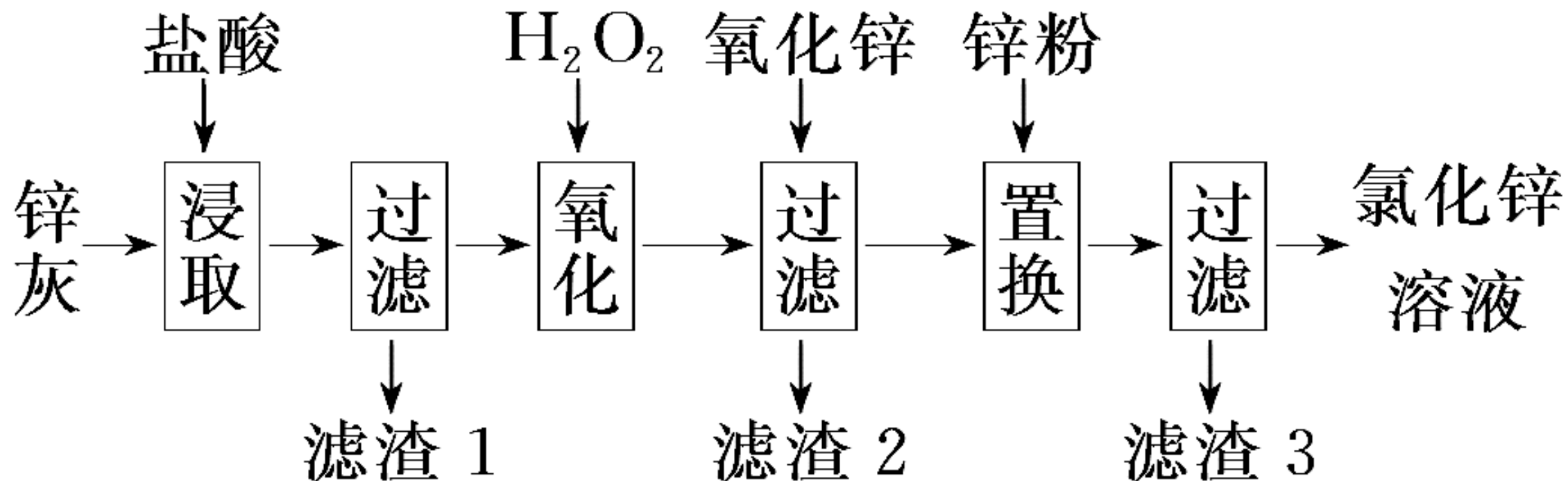
活动二-1:

铝小组—铝、铍、锌



雙流中學
Shuang Liu Middle School

4、利用工业炼铅产生的锌灰(主要成分为 ZnO 、 PbO 、 FeO 、 MnO_2 、 CuO)可回收制备 ZnCl_2 ，工艺流程如下：



活动二-2：铝小组—铝、铍、锌



问题1：流程所涉及的三种元素及其化合物的性质上有什么相似点？
核心元素单质或者其化合物具有与酸、碱反应的两性。

问题2：请分别书写出2、3、4流程中加入酸溶解时的反应原理？

方案1：_____。 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- = 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$

方案2：_____。 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

方案3：_____。 $\text{BeO} + 2\text{H}^+ = \text{Be}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

方案4：_____。 $\text{ZnO} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

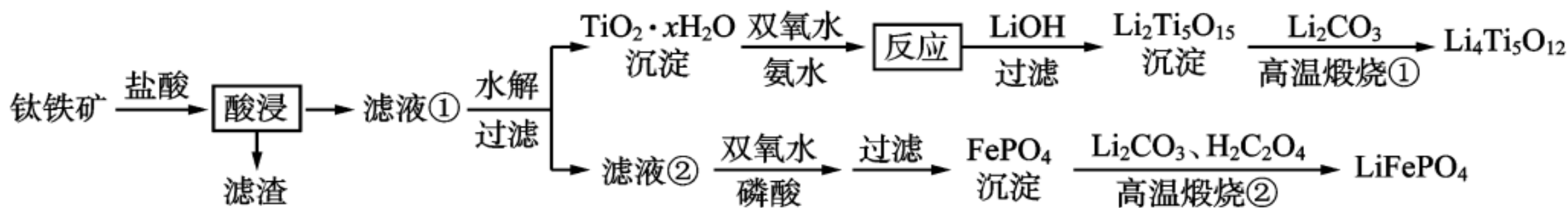
问题3：1中第③步与3中第④步分别通入的 CO_2 和加入的氨水，能否替换成强酸、强碱？

不能，否则产物会溶解于强酸、强碱！

活动二：从化合价角度挖掘—钛小组



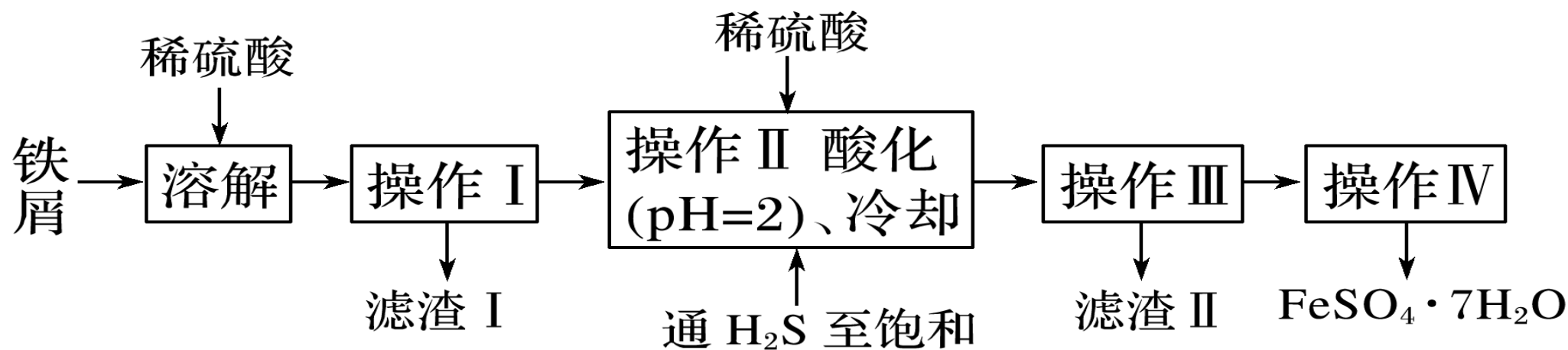
5、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 和 LiFePO_4 都是锂离子电池的电极材料，可利用钛铁矿（主要成分为 FeTiO_3 ，还含有少量 MgO 、 SiO_2 等杂质）来制备，工艺流程如下：



活动二：从化合价角度挖掘——钛小组



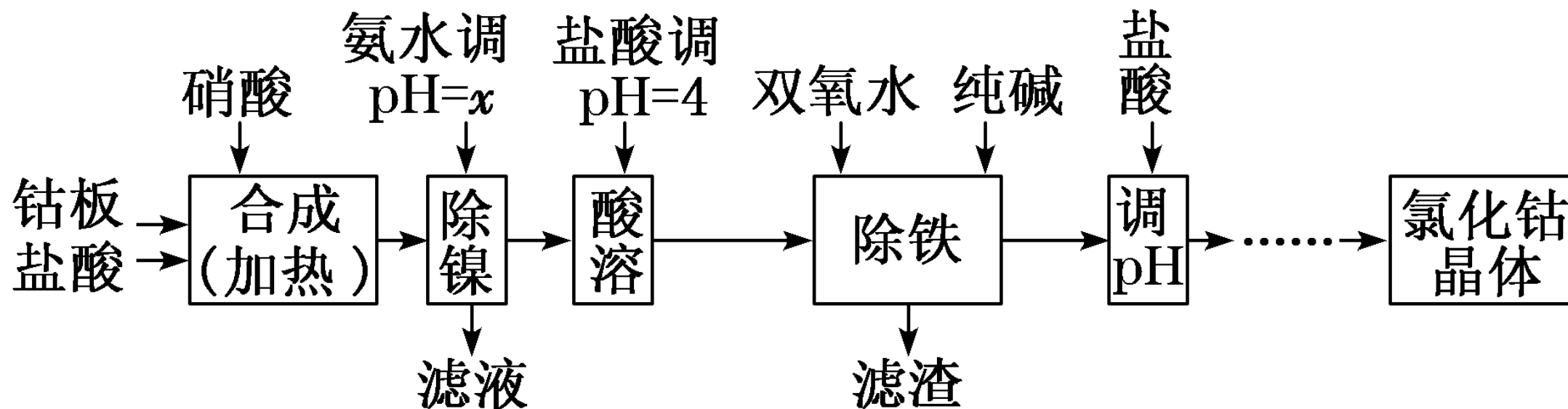
6、绿矾 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 是治疗缺铁性贫血药品的重要成分。下面是以市售铁屑 (含少量锡、氧化铁等杂质) 为原料生产纯净绿矾的一种方法：



活动二：钛小组—钛、铁、钴、镍



7、氯化钴可用于化学反应催化剂、油漆催干剂、干湿指示剂、啤酒泡沫稳定剂、陶瓷着色剂、制造隐显墨水等。用金属钴板(含少量Fe、Ni)制备氯化钴的工艺流程如下：

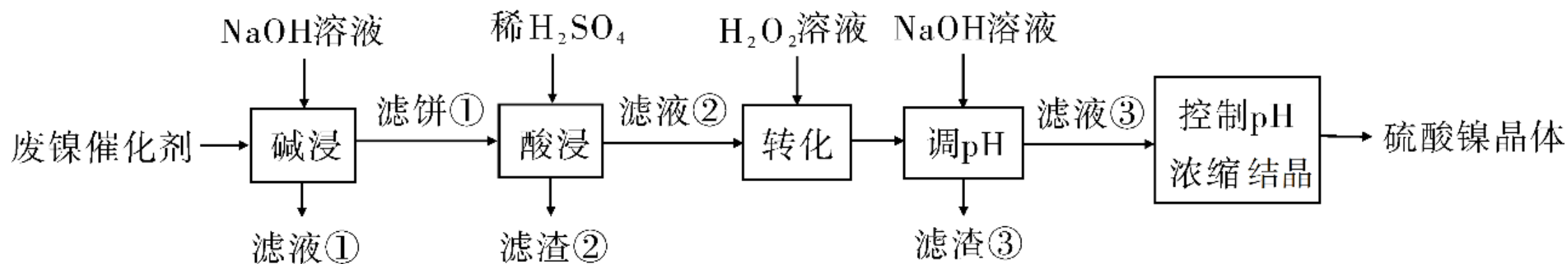


钴与盐酸反应极慢，需加入催化剂硝酸才可能进行实际生产。

活动二：钛小组—钛、铁、钴、镍



8、某油脂厂废弃的油脂加氢镍催化剂主要含金属Ni、Al、Fe及其氧化物，还有少量其他不溶性物质。采用如下工艺流程回收其中的镍制备硫酸镍晶体($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$):



活动二：钛小组—钛、铁、钴、镍



雙流中學
Shuang Liu Middle School

问题1：在四个工业流程中请根据框图和信息尽可能多的找出变价元素有哪些？

5中：_____。

钛、铁、钴、镍均变价！

6中：_____。

7中：_____。

8中：_____。

问题2：请回答以下问题：

5“酸浸”后，钛主要以 TiOCl_4^{2-} 形式存在，写出相应反应的离子方程式

_____。 $\text{FeTiO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{Cl}^- = \text{Fe}^{2+} + \text{TiOCl}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

6中操作II中，通入硫化氢至饱和的目的是(写两点)_____。

除去溶液中的 Sn^{2+} 和将 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+}

7中：“除镍”步骤必须快速完成，否则会有 $\text{Co}(\text{OH})_3$ 生成，写出方程式：

_____。 $4\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Co}(\text{OH})_3$

8中加入双氧水的目的：_____。将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+}

活动三： 从具体操作角度寻找流程相似性



雙流中學
Shuang Liu Middle School

问题1：请**交换**两组物质之间的**第一个问题**（即问题1），试着再次认识这些流程涉及的原理。

问题2：指出以上所有工业流程中两者或者两者以上的所有相似的工艺操作（如从分离提纯的方式、酸、水溶解以及升温、降温、调节pH值、加入试剂等具体操作），并指出其目的是否有相似点？



问题1：请**交换**两组物质之间的**第一个问题**（即问题1），试着再次认识这些流程涉及的原理。

问题2：指出以上所有工业流程中两者或者两者以上的所有相似的工艺操作（如从分离提纯的方式、酸、水溶解以及升温、降温、调节pH值、加入试剂等具体操作），并指出其目的是否有相似点？

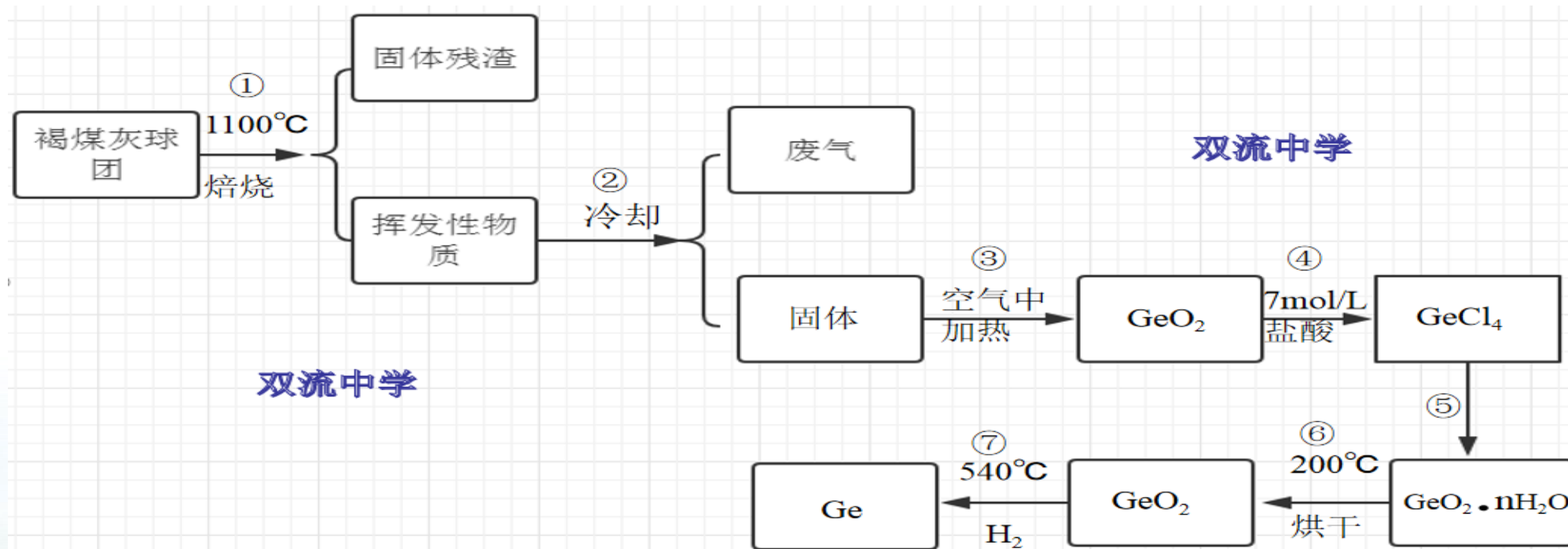
条件控制的探索——基于锗工业流程题原创题



双流中学
Shuang Liu Middle School

双流中学 胡洋溯

随着5G时代的到来，全球5G应用型光纤需求将达6.5芯公里以上，而将含锗化合物添加到光纤中——掺锗光纤，可大大降低信号传输中的能耗，因此对炼锗工艺的发展提出更高要求。采取还原焙烧挥发法提取褐煤灰（主要成分是 GeO_2 与 SiO_2 ，还含有C、S、Al、Fe、O等）中的锗，锗回收率高，其主要流程如下图：





从二次资源中回收锗的研究进展

李俊¹, 田庆华¹, 李栋¹, 郭学益¹, 许志鹏^{1,2}, 朱刘², 李伟³

(1. 中南大学冶金与环境学院, 长沙 410083;

2. 大冶有色金属有限责任公司, 湖北黄石 435005;

3. 广东先导稀材股份有限公司, 广东清远 511517)

摘要: 锗及其化合物在电子工业、红外光学、光纤通信、化工催化剂等领域应用广泛。伴随着市场对锗的需求显著增加, 固废资源化处置的形势严峻, 从二次资源中回收锗的技术日益受到关注。概述了从湿法炼锌浸出渣、废弃光纤纤维等二次资源中回收锗的方法, 并总结了各自的优缺点, 指出溶剂萃取法和离子交换法具有选择性好、回收率高等优点, 是未来锗回收的发展方向。

关键词: 二次资源; 锗; 回收; 研究进展

中图分类号: TF843.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-1744(2020)01-0047-08

Research Progress on Germanium Recovery from Secondary Resources

LI Jun¹, TIAN Qinghua¹, LI Dong¹, GUO Xueyi¹, XU Zhipeng^{1,2}, ZHU Liu², LI Wei³

(1. School of Metallurgy and Environment, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Daye Nonferrous Metals Co., Ltd., Huangshi 435005, China;

3. Guangdong First Rare Materials Co., Ltd., Qingyuan 511517, China)

Abstract: Germanium and its compounds are widely used in electronic industry, infrared optics, optical fiber communications, chemical catalysts and other fields. With the significant increase in the market demand for germanium and the severe situation of solid waste resource disposal, the technology for recovering germanium from secondary resources has attracted more and more attention. The methods of recovering germanium from secondary resources such as zinc leaching residue from hydrometallurgy and waste optical fibers, and their advantages and disadvantages are summarized. The solvent extraction method and ion exchange method have the advantages of good selectivity and high recovery rate and are the future development direction of germanium recovery.

Key words: secondary resources; germanium; recovery; research progress

锗是典型的稀散金属, 在地壳中的丰度为 0.00016%^[1], 极少独立成矿, 主要伴生于铅锌矿、煤矿和铜矿。锗具有良好的半导体性能, 是现代信息产业最重要的金属之一, 被世界各国列为战略储备资源, 在光纤、超导材料、太阳能电池等前沿领域正发挥着越来越重要的作用^[2]。

缺的现状, 如何从二次资源中回收锗已成为重要的研究课题。锗的二次资源主要来自湿法炼锌过程中的浸出渣, 煤燃烧过程的粉煤灰, 以及现如今越来越多的废弃光纤纤维等。锌浸出渣是锗二次资源的主要来源, 产量巨大, 若不加以有效利用, 不但会造成资源浪费, 还会严重污染环境。光纤纤维是锗的主

还原挥发法从低品位含锗煤灰中提取锗

金明亚^{1,2}, 陈少纯¹, 曹洪杨¹

(1. 广州有色金属研究院稀有金属研究所, 广州 510650;

2. 中南大学冶金与环境学院, 长沙 410083)

摘要: 以褐煤经过一次挥发焙烧后获得的煤灰为原料, 碳作为发热剂和还原剂, 采用还原焙烧法富集其中的锗, 考察煤灰和球团粒度、焙烧温度和时间、还原气氛等对锗挥发率的影响。结果表明, 在一定范围内, 还原气氛越强, 锗的挥发率越高; 煤灰和球团粒度对锗挥发率的影响较小; 在不需额外补充气体和活性炭的条件下, 在 1 000 ℃焙烧 2 h 可使锗挥发率达到 99.33% 以上。

关键词: 煤灰; 锗; 焙烧; 还原挥发

中图分类号: TF843 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-7545(2015)03-0050-04

Extraction Germanium from Low-grade Germanium-bearing Coal Ash by Reduction Volatilization

JIN Ming-ya^{1,2}, CHEN Shao-chun¹, CAO Hong-yang¹

(1. Research Department of Rare Metals, Guangzhou Research Institute of Nonferrous Metals, Guangzhou 510650, China;

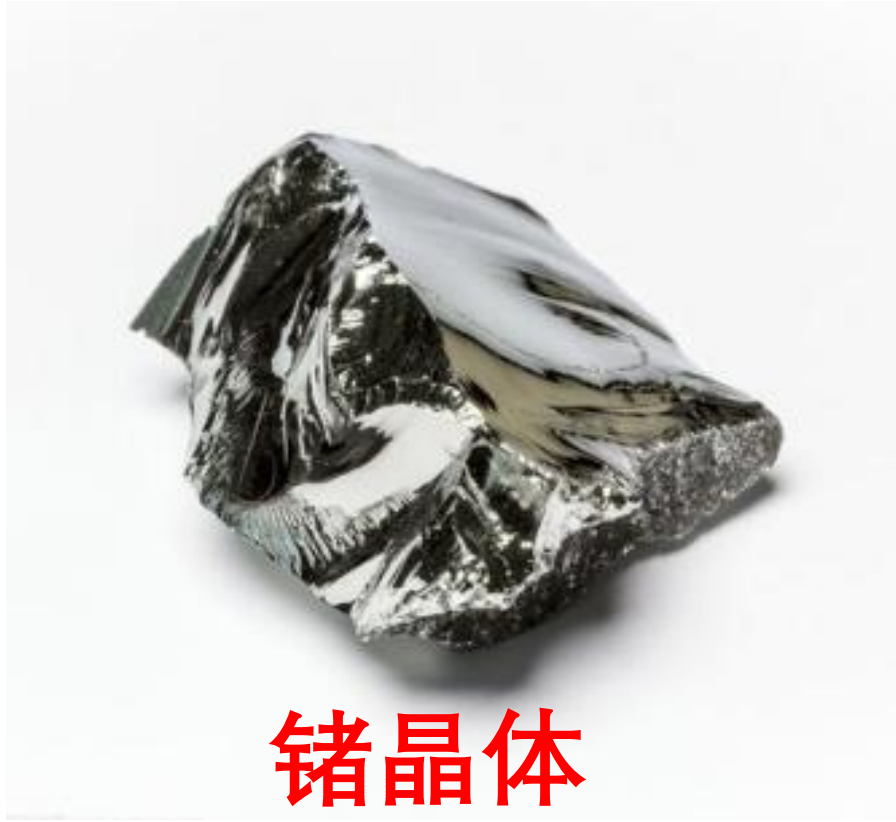
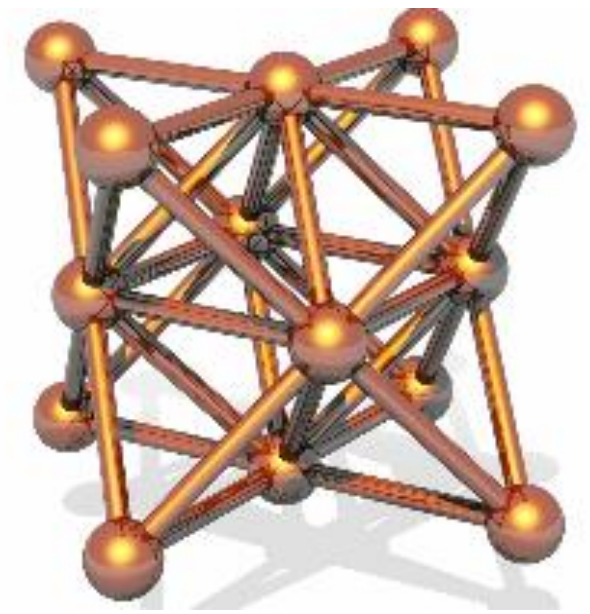
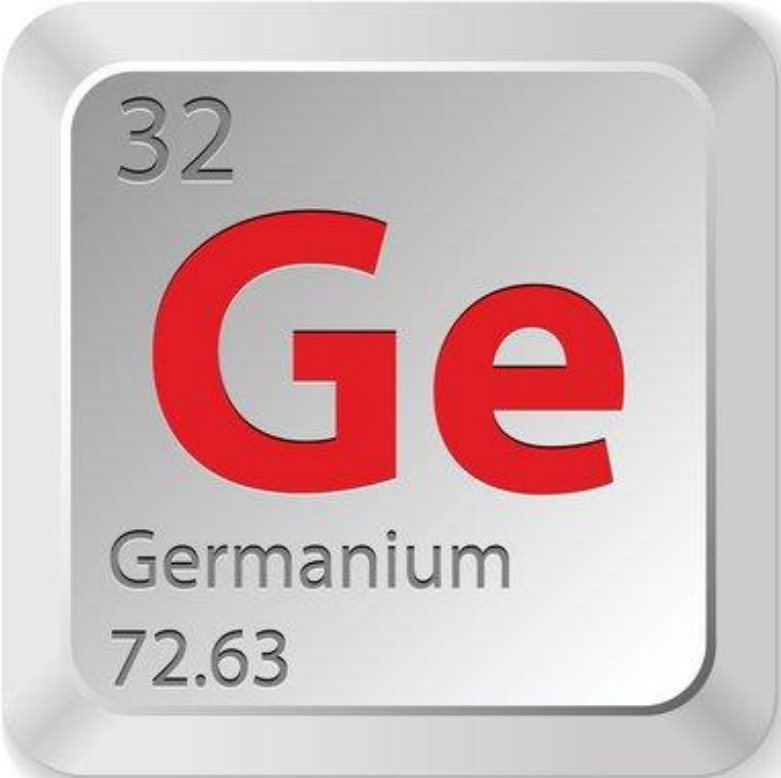
2. School of Metallurgy & Environment, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Germanium was enriched by reduction volatilization from germanium-bearing coal ash from lignite volatilization roasting with carbon as heating and reducing agents. The effects of particle size of coal ash and pellet, roasting temperature and duration, and reducing atmosphere on germanium volatilization rate were investigated. The results show that reducing atmosphere has greater impact on germanium volatilization than particle size of coal ash and pellet. Germanium volatilization rate is higher at strong reducing atmosphere within limits. Germanium volatilization rate is 99.33% above when roasted at 1 000 ℃ for 2 hours without supplemental oxygen and activated carbon.

Key words: coal ash; germanium; roasting; reducing volatilization

稀散金属锗在国民经济中的作用日趋重要^[1], 主要伴生在含锗煤和闪锌矿中, 煤中伴生锗资源远景看好^[2], 但含量极低, 分布广泛, 难以高效提取。我国含锗褐煤主要采用强化燃烧挥发的漩渦炉工

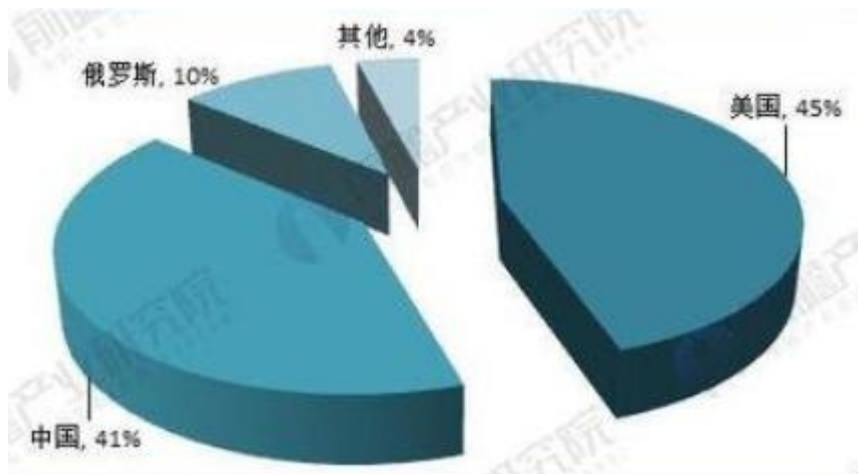
高锗品位才能用于蒸馏提锗, 而煤灰中锗与硅形成锗—硅氧化物固溶体 $\text{GeO}_2\text{-SiO}_2$ 的结构, 如何破坏此种结构是锗分离回收技术的难点。目前从含锗煤灰中回收锗的方法有: 合金法、碱熔—中和法^[3]、加

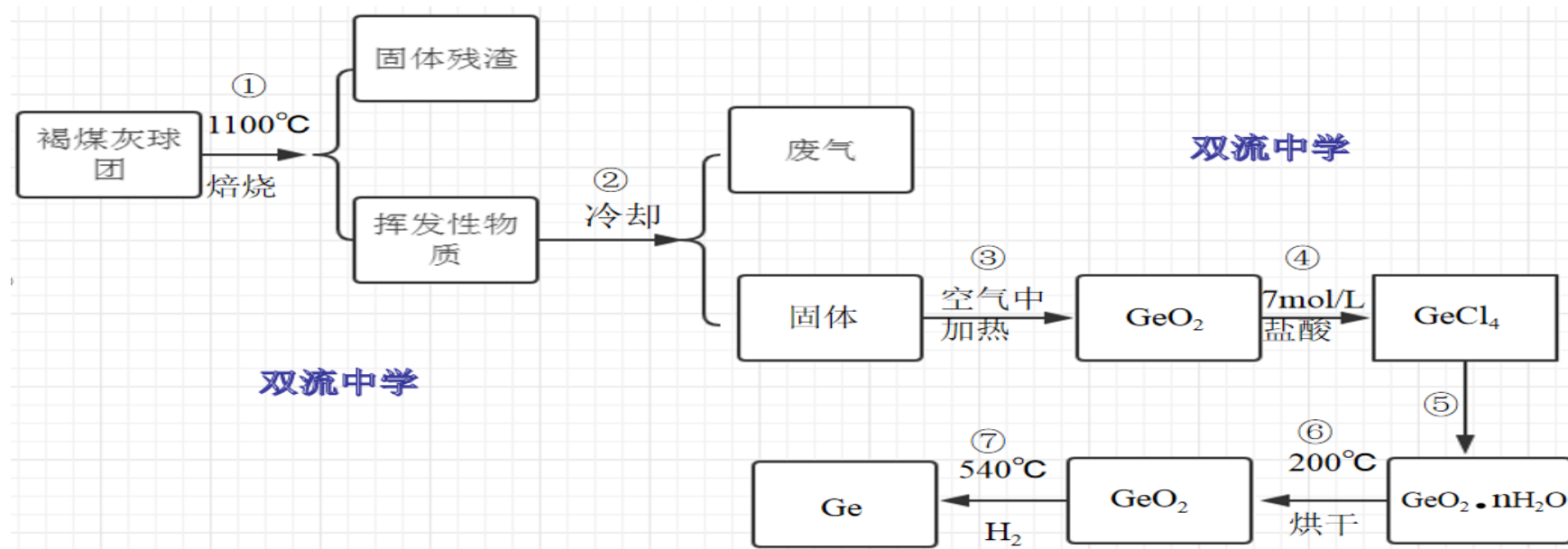


锗晶体



二氧化锗

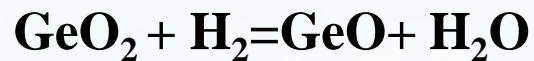


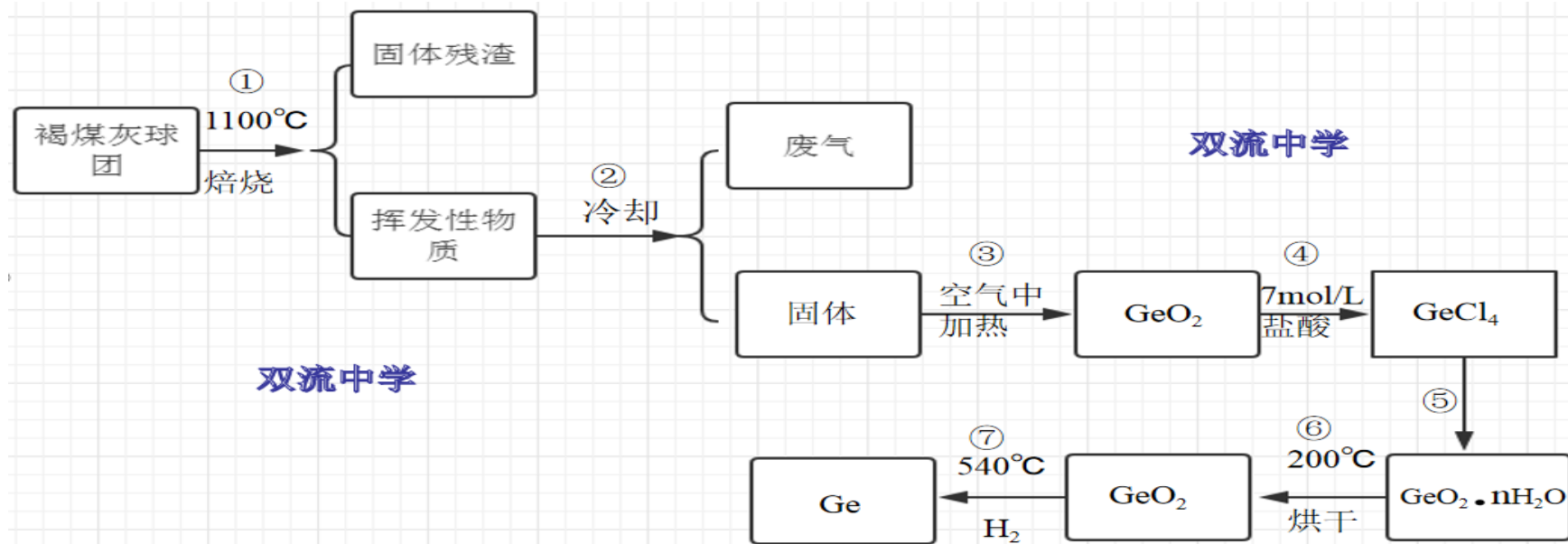


已知：(1)Ge：银灰色晶体，沸点 2830°C ；

GeO_2 ：白色粉末，主要存在六方型（ 1033°C 以上稳定存在，溶于水与酸）与四方型（ 1033°C 以下稳定存在，不溶于水与酸）两种晶体形态，；

GeO ：暗棕色粉末，易被氧气氧化成 GeO_2 ； GeCl_4 沸点 86.6°C ，易水解。





1、步骤①中褐煤灰球团过大或者过小锗“挥发率”都会降低，其原因可能是：_____。

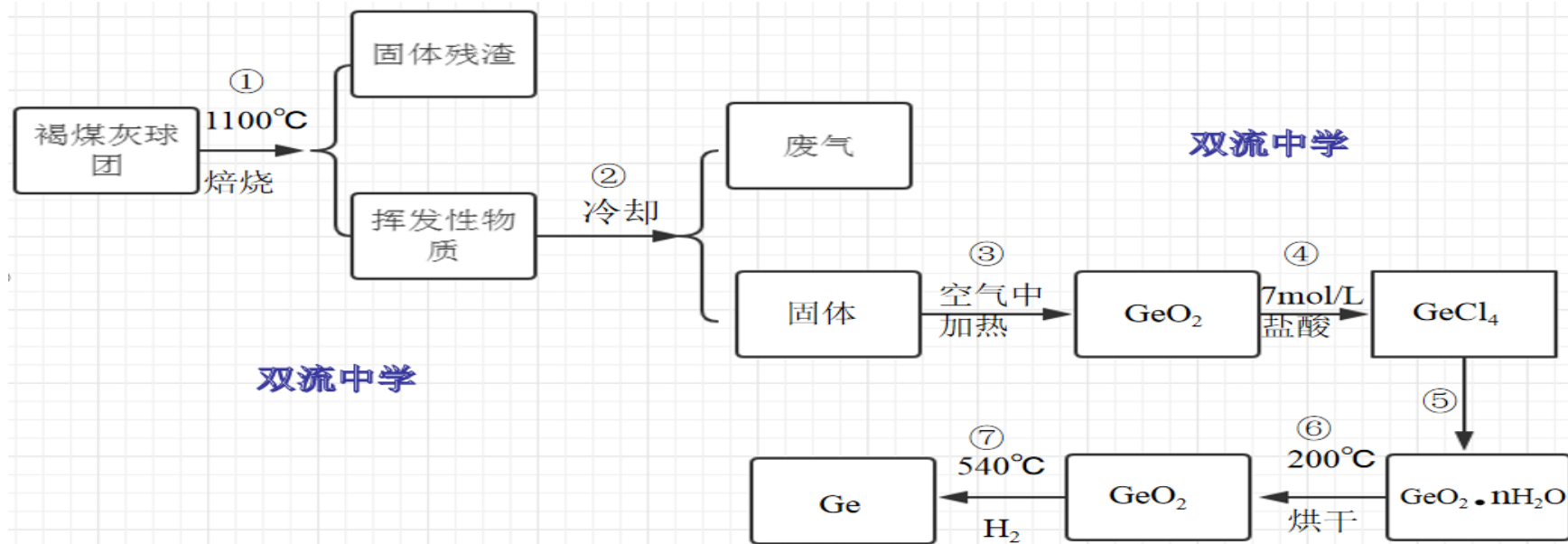
答案：过大：球团与还原性物质（CO）接触面积小，反应不充分。

过小：GeO₂会被还原成Ge。

2、焙烧温度选择在1100°C过高或者过低会有什么影响？

答案：过低：生成四方型GeO₂不溶于盐酸，导致锗产率下降。

过高：可能导致SiO₂与GeO₂共融，而无法分离。



3、步骤②后生成的含刺激性气味的废气可以用___处理，
其离子方程式为：_____；步骤②后生成咖啡色固体，其成分有：_____。

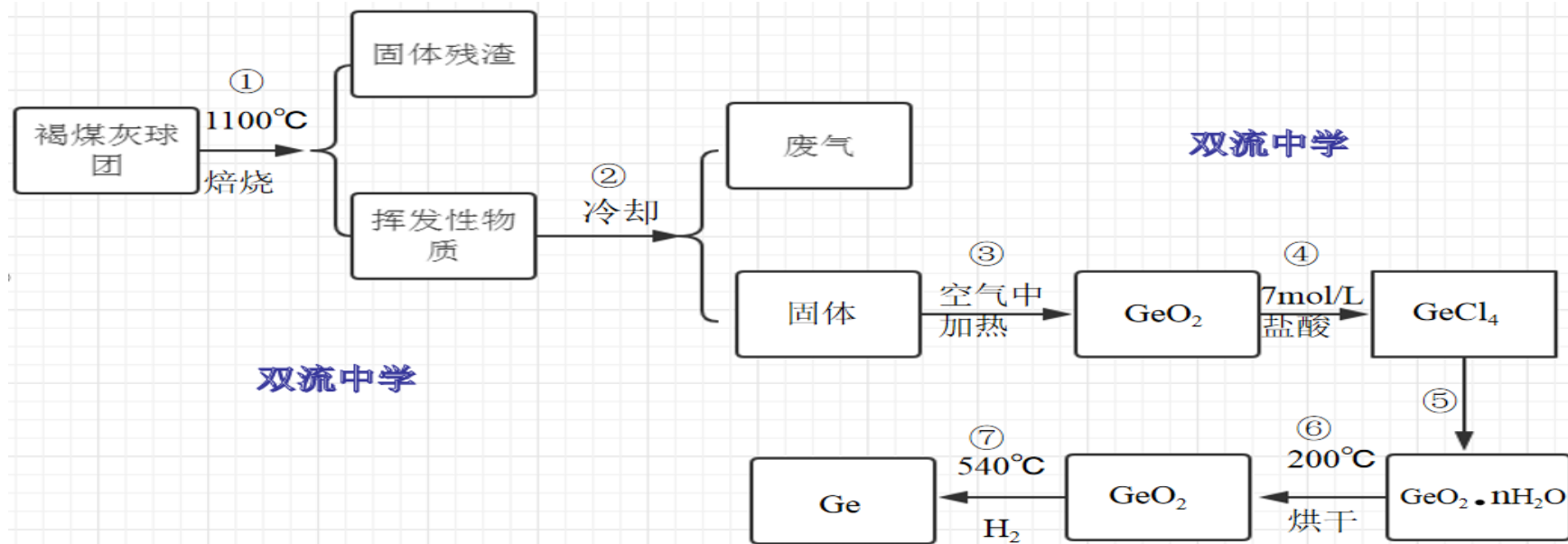
答案：氢氧化钠溶液； $\text{SO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ； GeO_2 、 GeO

4、写出步骤③、⑤中的化学反应方程式：

_____；

_____。

答案： $2\text{GeO} + \text{O}_2 = 2\text{GeO}_2$ ； $\text{GeCl}_4 + (n+2)\text{H}_2\text{O} = \text{GeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + 4\text{HCl}$ ；



5、步骤④要得到纯净的 GeCl_4 的操作为：_____，温度需要控制在_____范围内，步骤⑦中通入了过量的 H_2 后得到的锗任然不纯，原因可能是：_____。

答案：蒸馏， 86.6°C — 100°C ； GeO_2 固体体积过大，与 H_2 接触不充分等。

6、研究发现以上火法炼锗中的劣势是解除煤灰中 SiO_2 对锗的包裹很困难，因此双流中学刘鑫森同学提出可以采取湿法提炼（即溶液中通过离子反应实现物质分离提纯），他提出至少可以用两种常见试剂预先处理煤灰，均可解除这个困扰，这两种试剂可能是：

答案：氢氧化钠溶液、氢氟酸溶液。

【学业质量评价】

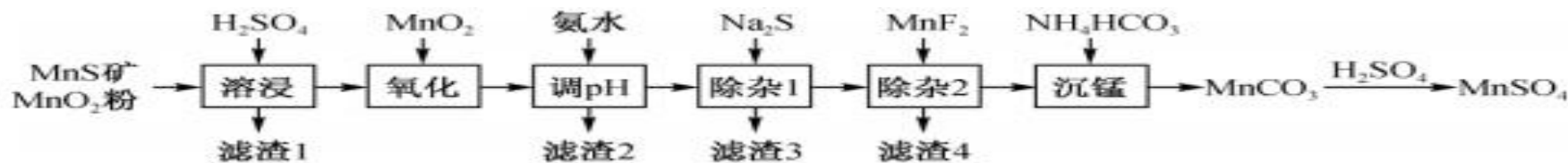


要求：

1、请完成以下工业流程题

2、寻找该工业流程与本节课所涉及的工业流程之间各个维度的相同点

1. (2019全国III, 26) 高纯硫酸锰作为合成镍钴锰三元正极材料的原料, 工业上可由天然二氧化锰粉与硫化锰矿(还含Fe、Al、Mg、Zn、Ni、Si等元素)制备, 工艺如下图所示。回答下列问题:



相关金属离子 $[c_0(\text{Mn}^{2+})=0.1 \text{ mol L}^{-1}]$ 形成氢氧化物沉淀的pH范围如下:

金属离子	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Ni^{2+}
开始沉淀的pH	8.1	6.3	1.5	3.4	8.9	6.2	6.9
沉淀完全的pH	10.1	8.3	2.8	4.7	10.9	8.2	8.9

(1) “滤渣1”含有S和_____；写出“溶浸”中二氧化锰与硫化锰反应的化学方程式_____。

(2) “氧化”中添加适量的 MnO_2 的作用是将_____。

(3) “调pH”除铁和铝, 溶液的pH范围应调节为_____~6之间。

(4) “除杂1”的目的是除去 Zn^{2+} 和 Ni^{2+} , “滤渣3”的主要成分是_____。

(5) “除杂2”的目的是生成 MgF_2 沉淀除去 Mg^{2+} 。若溶液酸度过高, Mg^{2+} 沉淀不完全, 原因是_____。

(6) 写出“沉锰”的离子方程式_____。

(7) 层状镍钴锰三元材料可作为锂离子电池正极材料, 其化学式为 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$, 其中Ni、Co、Mn的化合价分别为+2、+3、+4。当 $x=y=1/3$ 时, $z=$ _____。

寻找各个维度的相同点: _____。



感谢大家的聆听!

— THANK YOU FOR WATCHING —