

# 建构电化化学认知模型 发展高级思维能力

北京钱学森中学教师 郭春红

思维是人类独具的高级认知活动,是将外界输入信息与脑内存储信息对接并实施心智操作的系列过程,它考查的是大脑的精准算力和快速反应能力。本文以高三电化化学复习为例,通过建构电化化学认知模型,结合“电化化学”典型例题进行解析,促进学生学科思维进阶,提升分析理解、抽象概括、逻辑论证等综合能力。

## 一、建构电化化学认知模型

电化化学知识体系主要涉及电化化学原理、能量转化、装置设置三个方面的内容,其中电化化学原理是解决问题的锚点。因此,采用思维导图方式建构电化化学认知模型,使头脑中清晰呈现知识框架和脉络,可以有效提高检索效率和快速反馈能力(见图1)。

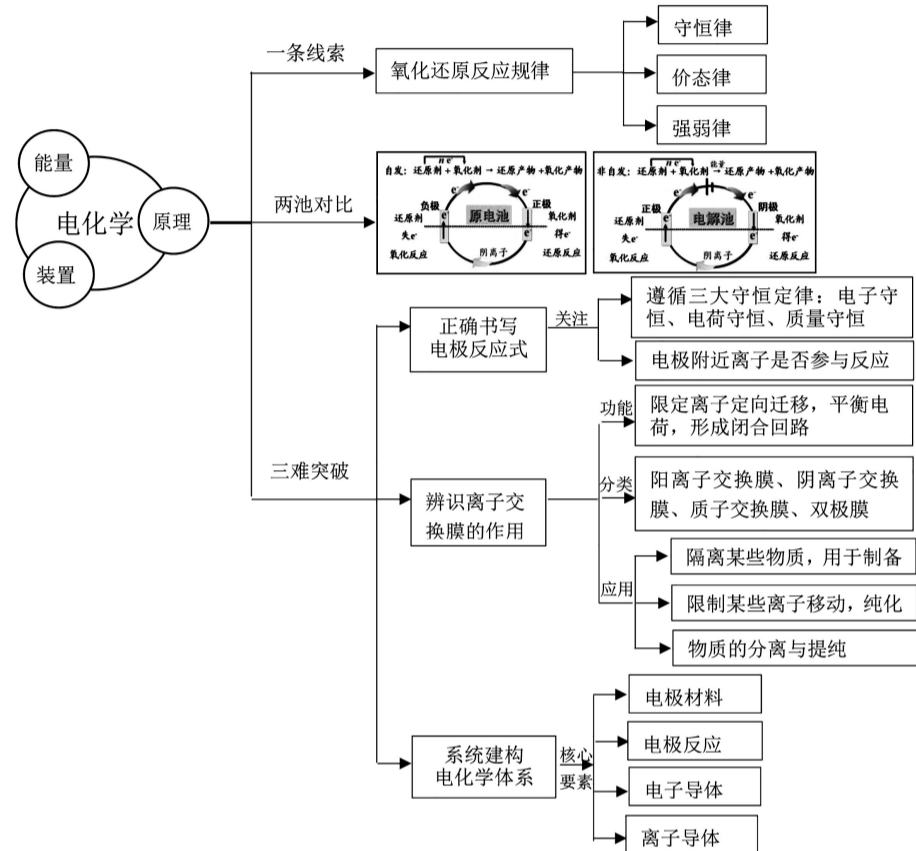


图1 电化化学认知模型

## 二、电化化学考查核心内容

### 1. 准确书写电极反应式

中学阶段深入理解氧化还原反应规律至关重要,电化化学是氧化还原反应规律的综合应用。追根溯源,电极反应式的书写也是基于氧化还原反应,可以拆写成氧化反应和还原反应两个半反应。书写电极反应式时要注意:

- (1)仔细审题。根据题意或图示所给信息确定电极反应物的氧化性或者还原性,分析化合价变化情况,关注环境中的 $H^+$ 、 $OH^-$ 、 $H_2O$ 等是否参与反应,最终确定生成物。
- (2)遵守三个守恒。书写电极反应式要遵守电子守恒、电荷守恒和质量守恒。
- (3)审验。如果题中给了总反应式,可以将两个电极反应式相加,与之对照进行验证。

### 2. 电化化学两池的整合

电化化学体系是由电极材料、电极反应物、电子导体和离子导体四个核心要素组成。对于陌生情境的电化化学装置,首先通过有无外接电源判断是原电池还是电解池,结合题中已给电极、电极反应物、电子导体和离子导体四个核心要素中的一项,回归电化化学双池基本模型,分析得出其他核心要素(见图2)。

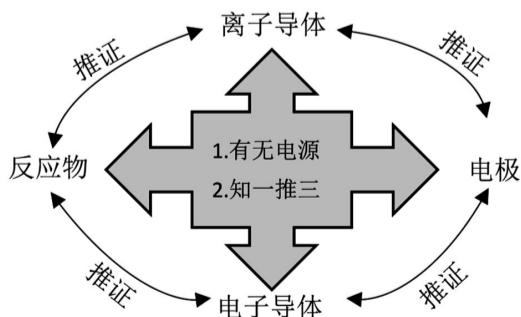


图2 电化化学四位一体相互推证模式

### 3. 含离子交换膜的电化化学装置

离子交换膜在原电池和电解池中作用不同:在原电池中替代盐桥,形成闭合回路,起到平衡电荷的作用,可以提高电流效率;在电解池中起到隔离的作用,通过限制某些离子的定向移动,避免电解质溶液中的粒子与电极生成物反应,提高产品纯度,起到分离提纯作用。

分析含离子交换膜的电化化学装置,务必结合电化化学体系四个核心要素展开。首先在

明确交换膜类型的前提下,分析交换膜的作用,通过书写电极反应式,判断两侧离子的变化,尤其是要关注离子迁移之后电极附近离子浓度变化情况,比如pH是否发生变化等,然后进行系统、完整表述。

### 4. 新型化学电源

为满足人类生产和生活需求,随着科学技术的发展,近年来新型化学电源更新迭代,凸显创新性、综合性、多变性。因此,要了解常见新型化学电源的反应原理及其特点。

分类	电池特点	解题备注
浓差电池	利用物质的浓度差产生电势的一种装置。两侧半电池中的特定物质有浓度差,离子均从“高浓度”迁移至“低浓度”,阴离子向负极迁移,阳离子向正极迁移。	浓差电池总反应式可以是非氧化还原反应。
锂离子电池	由金属锂或者锂合金为负极材料、使用非水电解质溶液的电池。电极材料可作为锂离子电池的载体。	在两极形成的电势差的驱动下, Li可以从电极材料提供的“空间”中“嵌入”或“脱嵌”。 总反应: $Li_{1-x}MO_2 + Li_xC_n \xrightleftharpoons[充电]{放电} C_n + LiMO_2$ 负极: $Li_xC_n - xe^- = xLi^+ + C_n$ 正极: $Li_{1-x}MO_2 + xLi^+ + xe^- = LiMO_2$
物质循环转化型电池	电池中有物质通过化学反应进行循环转化,提高利用率。	根据图中所给信息,注意箭头的指向,判断可循环转化的物质。要辨识化学反应是在电极上发生的电极反应,还是在体系中发生了氧化还原反应。
微生物电池	负极室为厌氧环境,有机物在微生物作用下失电子,发生氧化反应。质子通过质子交换膜迁移到正极,氧气在正极得电子,发生还原反应,与质子结合生成水。	1.温度不宜过高,否则微生物失活。 2.一般为非碱性环境。

## 三、习题示例

氮肥厂的废水中氮元素以 $NH_3 \cdot H_2O$ 、 $NH_3$ 和 $NH_4^+$ 的形式存在,对氨氮废水无害化处理已成为全球科学研究热点,下面是两种电化化学除氨氮的方法。

### 方法一:电化化学氧化法

(1)有研究表明,当以碳材料为阴极, $O_2$ 可在阴极生成 $H_2O_2$ ,并进一步生成氧化性更强的 $\cdot OH$ , $\cdot OH$ 可以将水中氨氮氧化为 $N_2$ 。

- ①写出 $\cdot OH$ 的电子式。
- ②写出 $\cdot OH$ 去除氨气的化学反应方程式。
- ③阴极区加入 $Fe^{2+}$ 可进一步提高氨氮的去除率,结合图1解释 $Fe^{2+}$ 的作用。

### 方法二:电化化学沉淀法

已知:常温下 $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ 、 $Mg_3(PO_4)_2$ 和 $Mg(OH)_2$ 的溶度积如下

物质	$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	$Mg_3(PO_4)_2$	$Mg(OH)_2$
溶度积	$2.5 \times 10^{-13}$	$1.04 \times 10^{-24}$	$1.8 \times 10^{-11}$

(2)用0.01mol/L  $NH_4H_2PO_4$ 溶液模拟氨氮废水,电解沉淀原理如图2,调节溶液初始pH=7,氨氮的去除率和溶液pH随时间的变化情况如图3。

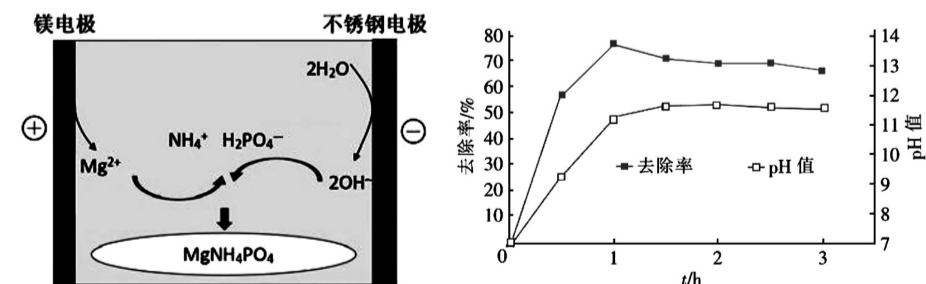


图2

图3

①用化学用语表示磷酸铵镁沉淀的原理: $Mg - 2e^- = Mg^{2+}$ , \_\_\_\_\_ (补全反应)。

②解释反应1h以后,氨氮的去除率随时间的延长反而下降的原因\_\_\_\_\_。

【答案】(1)① $\cdot \ddot{O} : H$  ② $6 \cdot OH + 2NH_3 = N_2 + 6H_2O$

③催化作用。或具体描述: $H_2O_2 + Fe^{2+} = Fe^{3+} + \cdot OH + OH^-$ ,  $Fe^{3+}$ 向阴极移动,阴极 $Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ 再生,循环使用。

(2)① $2H_2O + 2e^- = 2OH^- + H_2 \uparrow$ ,  $Mg^{2+} + 2OH^- + NH_4^+ + H_2PO_4^- = MgNH_4PO_4 \downarrow + 2H_2O$

②反应1h后,随着溶液中 $c(Mg^{2+})$ 和 $c(OH^-)$ 的增大,会形成 $Mg_3(PO_4)_2$ 或 $Mg(OH)_2$ 沉淀,同时,碱性条件下生成的 $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ 沉淀会部分转化为 $Mg_3(PO_4)_2$ 或 $Mg(OH)_2$ 沉淀,释放铵根离子,促使溶液中氨氮的去除率下降。