

基于模型认知的电化学复习策略研究

广东省汕头金山中学南区学校 515071 陈永利

“证据推理与模型认知”是2018年1月18日教育部发布的《普通高中化学课程标准(2017年版)》中普通高中化学学科素养的一个方面,其具体表述为“素养3 证据推理与模型认知具有证据意识,能基于证据对物质组成、结构及其变化提出可能的假设,通过分析推理加以证实或证伪;建立观点、结论和证据之间的逻辑关系。知道可以通过分析、推理等方法认识研究对象的本质特征、构成要素及其相互关系,建立认知模型,并能运用模型解释化学现象,揭示现象的本质和规律。”本文以电化学的复习为载体,探索基于模型认知的电化学复习的策略,通过构建以四重表征为依托的电化学解题模型,让学生从“解题”中学会“解决问题”。实践证明,运用模型认知不仅能够提高电化学的复习效率,而且更有利于培养和提高学生的化学学科素养。

一、问题的提出

《2018年普通高等学校招生全国统一考试大纲(理科)》指出“对学生学习能力要求”中有“1. 接受、吸收、整合化学信息的能力……(2)通过对自然界、生产和生活中的化学现象的观察,以及实验现象、实物、模型的观察,对图形、图表的阅读,获取有关的感性知识和印象,并进行初步加工、吸收、有序存储。……2. 分析和解决化学问题能力……(2)将分析和解决问题的过程及成果,能正确地运用化学术语及文字、图表、模型、图形等进行表达,并做出合理解释。”两方面的能力分别提到了“对模型的观察”和“能正确地运用……模型、图形等进行表达……”,已经照应了《普通高中化学课程标准(2017年版)》中化学的核心素养之“证据推理与模型认知”。在“考试范围与要求”中指出必考内容“……⑧理解原电池和电解池的构成、工作原理及应用,能书写电极反应和总反应方程式。了解常见化学电源的种类及其工作原理。”

可是学生的实际学习情况还是存在很多问题的。比如,学生可以通过识记、类比、模仿等方法较好地掌握简单的电化学知识,可是,在处理一些

情景新颖、综合性强、难度较大的问题时往往存在这样那样的困难,比如,2018年理科综合全国卷I第13题以协同去除二氧化碳、硫化氢的新型电化学转化装置背景考查电化学的基本原理,涉及电极反应式的书写、元素化合物性质等知识点,侧重考查学生分析、判断和综合运用知识的能力,当然,还涉及比较电解池阴极、阳极的电势高低的跨学科知识的综合考查,对学生的提出了更高的要求。题型新颖,学生需要从文字信息和图像中获取信息并解决问题。学生的答题情况是不尽如人意的,高考后很多学生反映看不懂题意,笔者将题目印给2019届考生做,很多学生更是一头雾水,好多学生只能乱猜一个选项,高二重点班的学生此题的得分率也只有42.8%。

当然,学生存在的问题还有:不能准确判断是原电池还是电解池或者原电池与电解池的组合装置;不能判断、分析新型电池(比如膜电池、新型燃料电池等)装置模型图中的电极、电极产物;不会分析内电路和外电路中主要微粒的迁移方向;不能正确书写电极反应式和电池总反应方程式等等。

二、基于模型认知的电化学复习策略的理论依据

1. 新建构主义

新建构主义是在信息技术突飞猛进的时代产生出来的,其核心思想就是应对网络时代的挑战、实现知识创新。应对挑战是该理论的出发点,知识创新则是该理论关注的终极目标。新建构主义主张“学习就是建构,建构蕴含创新”,提出“为创新而学习、对学习的创新、在学习中创新”,认为在网络时代,学习、应用和创新可以三步并做一步,创新是学习的最高也是最终的目标。新建构主义提出的一系列策略与方法,都是围绕如何应对挑战、实现知识创新这个中心的。可以说,新建构主义是网络时代学习与知识创新有机结合的重要理论流派之一。

2. 三重表征理论和四重表征理论

1982年苏格兰格拉斯哥大学科学教育中心

的约翰斯顿(A. H. Johnstone)教授首先提出化学学习的三种水平,他认为学习宏观或微观的化学学科,应该从三个水平上去学习,即(1)描述性和功能性的(descriptive and functional);(2)表征的(representational);(3)解释说明的(explanatory)。

宏观表征是指对人类感知器官可以直接感知到的物质及其性质的外部和内部表征,如物质的形状、颜色、气味等,具有生动、直观、可以再现等特点;微观表征是指对构成物质的微观粒子及其性质进行的外部表征,微观粒子包括分子、离子、原子、质子、电子、中子等;符号表征是指对表示化学物质组成、结构、性质、变化、状态、数量、单位等的符号进行外部和内部表征,如分子式、化学方程式等。

钱扬义教授于2009年首次提出“曲线表征”的定量分析方法,并构建化学“四重表征”教学模式,包括“宏观表征-微观表征-符号表征-曲线表征”。其中,“曲线表征”是指由某些自变量的变化引起因变量的变化以坐标图的曲线形式在学习者头脑中的反映,将坐标轴物理意义、曲线上的起点、终点与拐点曲线走向等与实验数据相结合,反映事物的变化趋势,也是将宏观表征和微观表征联系起来的桥梁。曲线表征有助于学生的定量图像信息处理能力的培养。

三、遵循认知规律,整合教学资源,实现对原电池模型和电解池模型的进一步认知

1. 通过教学资源的整合、理顺知识网络,实现原电池模型的不断完善

人教2003课标版《化学》必修2教材第二章第二节“化学能与电能”中的原电池装置图便于学生理解原电池的概念。复习课第一课时先提问学生什么是原电池,形成原电池的条件又是什么。[将化学能转化为电能的装置叫做原电池。形成原电池的条件是①有两种活动性不同的金属(或非金属单质)作电极。②电极材料均插入电解质溶液中。③两极相连形成闭合电路。简称“两极一液一连线”)。强调:前提条件是自发发生的氧化还原反应。]然后设计探究活动:给出几种装置的示意图,先让学生判断能否构成原电池,若能则找出单液原电池的共性,然后尝试着画出这一类单液原电池的初级模型,教师和学生一起探究后,归纳总结出原电池的初级模型,如图1所示。

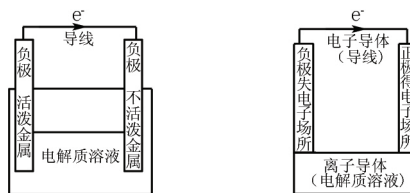


图 1

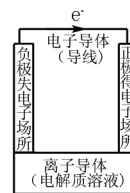


图 2

接着设计三个探究活动:探究活动1:给出Al|NaOH溶液|Mg的装置示意图,让学生判断能否形成原电池,若能请判断原电池的正负极。(结论:并不一定是活泼金属作负极。)

探究活动2:复习氢氧燃料电池后,让学生判断原电池的负极材料是否一定参加电极反应。(结论:原电池的负极材料不一定参加电极反应。)

探究活动3:简介电子导体和离子导体两个概念后,让学生对图1所示的原电池的初级模型进行改进,尝试着画出原电池的进阶模型一,如图2所示。

必修2所讲的原电池,是为了便于说明原电池化学原理的一种最简单的装置。如果用它作电源,不但效率低,而且时间稍长,因极化作用电流就不断减弱,因此不适合于实际应用。为了避免发生这种现象,选修4中设计了新的原电池装置,如图3所示。复习中可以开展以下研讨活动:教材图示原电池与图3铜锌原电池装置有没有相同点?图2所示原电池的进阶模型一是否适用于图3所示的铜锌原电池装置?经研讨后,得出原电池的进阶模型二,如图4所示。

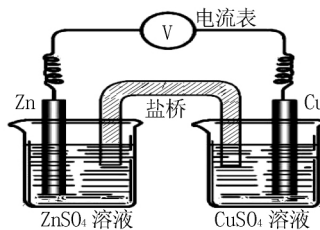


图 3

在原电池中,关于“如何形成闭合回路”以及微粒的移动方向的问题,学生总是搞不清楚,可以联系4×100m接力赛。比如,在原电池Zn|ZnSO₄(aq)||CuSO₄(aq)|Cu(即图3所示的原电池)中,先分析:第一棒是Zn失去的电子

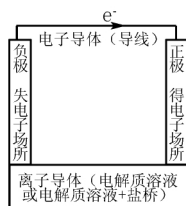


图4

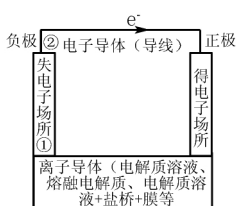


图5

经外电路流向 Cu 片；第二棒是 CuSO_4 溶液中的 SO_4^{2-} 和 OH^- 移向盐桥；第三棒是盐桥中的 Cl^- 移向 ZnSO_4 溶液；第四棒是 ZnSO_4 溶液中的 SO_4^{2-} 和 OH^- 移向 Zn 片，这样就形成了闭合回路。然后用一句话总结，实现感性认识到理性认识的转变，引导并强调“在闭合回路中，带负电荷的微粒移动方向一致。”接着让学生尝试画出原电池的理想模型，教师和学生共同研讨、修正，最后得出原电池的理想模型，如图5所示。

2. 通过类比迁移，构建电解池模型

通过对必修4第四章电化学基础第三节电解池的复习，类比原电池的理想模型，如图5所示。和学生一起探究得到电解池的理想模型，如图6所示。强调电解池中关于“如何形成闭合回路”以及微粒的移动方向的问题，同样可以联系 $4 \times 100\text{m}$ 接力赛，第一棒是电子从电源的流出经外电路流向阴极；第二棒是离子导体中的阴离子移向阳极；第三棒是阳极失去的电子经外电路流向电源的正极；第四棒比较隐蔽，是外接电源的内部阴离子由电源的正极移向负极，这样就形成了闭合回路。

四、构建以四重表征为依托的电化学解题模型，让学生从“解题”中学会“解决问题”

纵观2018年高考全国理综卷I化学部分，不难发现，今年的理综化学试题是在继承以往试卷传统的基础上，突出了化学学科价值、学科素养与能力的考查，让考生从“解题”中学会“解决问题”，能联系生产、生活、科学技术等方面的应用，具有创新意识、探究气息，对未来高三的复习也有着重要的指导意义。那么，怎样培养学生从“解题”中学会“解决问题”的能力呢？经过实践，笔者构建了以四重表征为依托的电化学解题模型，教学中达到了预期的效果。

1. 基于宏观表征的电化学解题模型

以2018新课标卷I第13题为例，最近我国科学家设计了一种 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$ 协同转化装置，实现对天然气中 CO_2 和 H_2S 的高效去除，示意图如图7所示。不少学生看到图中有类似盐桥装置，马上把它看成是原电池就错了，只要稍加留意图片上方的“光伏电池”四个字便知此装置为电解池，因为有外接电源。经过对大量原电池电解池的分析，可以总结出基于宏观表征的电化学解题模型，如图8所示。

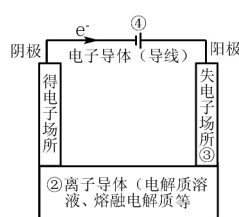


图6

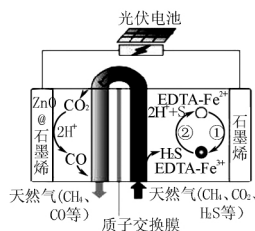


图7

2. 基于微观表征的电化学解题模型

根据原电池和电解池中电子的流向、阴阳离子的移动方向，不难得出基于微观表征的电化学解题模型，如图9所示。

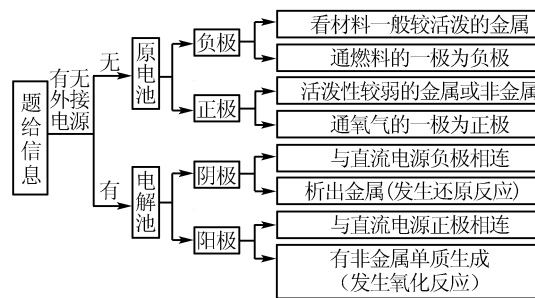


图8

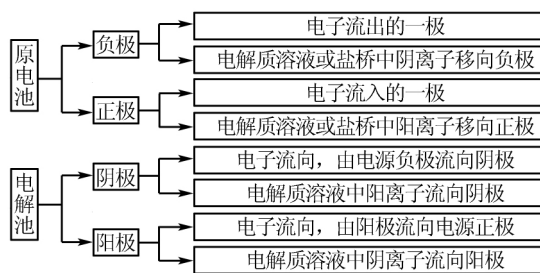


图9

关于离子导体中离子的移动方向，可以让学

生简记为:原电池中“正正负负”即在原电池中正电荷向正极移动,负电荷向负极移动;而在电解池中“阴阳阳阴”即在电解池中阴离子向阳极移动,阳离子向阴极移动。另外,题目中只要出现“溶液中通过多少摩尔电子”一定是错的,因为电子只能在电子导体中移动。

3. 基于符号表征的电化学解题模型

学生通常认为电化学部分最难的是电极反应式和总反应式的书写,经过大量习题的训练教师可以和学生一起总结出基于符号表征的电化学解题模型,如图 10、图 11 所示。

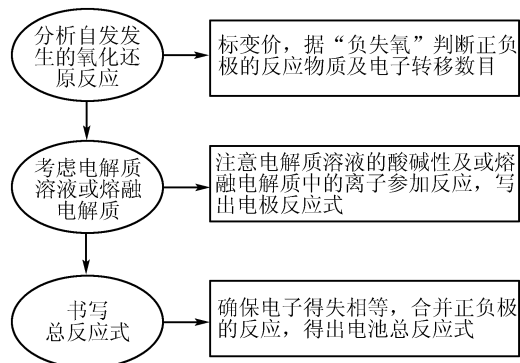


图 10

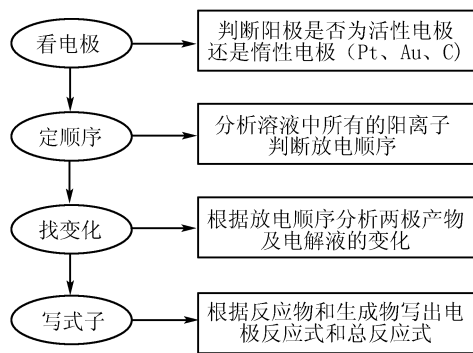


图 11

(1) 原电池电极反应式的书写

① 水溶液中电极反应式的书写方法

以碱性条件下 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 燃料电池电极反应式的书写步骤为例。步骤 1, 确定正负极和得失电子数目。负极为还原剂失电子: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} - 12\text{e}^- \rightarrow$; 正极为氧化剂得电子: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow$ 。步骤 2, 依据电解质溶液确定产物。负极: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} - 12\text{e}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-}$ (生成的 CO_2 会与 OH^- 反应生成 CO_3^{2-})、正极: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow$ (注意当还原

产物为 -2 价氧元素时, 因为不知其存在形式是 H_2O 还是 OH^- , 暂不需要写出)。步骤 3 配平: 用“ H^+ ”或“ OH^- ”配平电荷: (负极: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 16\text{OH}^- - 12\text{e}^- \rightarrow 2\text{CO}_3^{2-}$ 、正极: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$)。根据原子守恒补“ H_2O ”配平氢元素: (负极: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 16\text{OH}^- - 12\text{e}^- \rightarrow 2\text{CO}_3^{2-} + 11\text{H}_2\text{O}$ 、正极: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$)。步骤 4, 最后用“O”原子是否守恒检查电极反应式书写是否正确。依据得失电子守恒, 负极 + 正极 $\times 3$ 即得电池反应方程式。注意: ①电解质溶液呈酸性时, “ = ”前后均不能出现 OH^- ; ②电解质溶液为中性时, 电极反应式“ = ”前不能出现 H^+ 和 OH^- , “ = ”后可能出现 H^+ 或 OH^- ; ③电解质溶液呈碱性时, “ = ”前后均不能出现 H^+ ; ④水溶液中不能出现 O^{2-} ; ⑤生成物是否与介质发生反应, 如碱性介质中 CO_2 、 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 均会与 OH^- 反应。

② 非水溶液中电极反应式的书写方法

非水溶液中电极反应式的书写步骤与水溶液中类似, 只是步骤 3 中改用题中所给阴、阳离子配平电荷即可。

③ 分析实验现象、判断电极反应式的正误

分析电极及电极附近的 pH 的变化及实验现象时, 要从电极反应式入手; 分析电解质溶液的 pH 及实验现象时, 要从电池总反应式入手。

(2) 电解池电极反应式的书写

电解池电极反应式的书写可以为四步: 一看电极、二定顺序、三找变化、四写式子, 如图 11 所示。

一看电极: 判断阴、阳极后, 要分清阳极电极材料。对于铝、铁、铜、银等活泼电极, 则电极本身失电子变成阳离子进入溶液; 如果是惰性电极(用石墨、金、铂等制作的电极)材料, 则是溶液中的阴离子失电子。二定顺序: 阳离子向阴极移动, 在阴极得电子; 阴离子向阳极移动, 在阳极失电子。用惰性电极(用石墨、金、铂等制作的电极)电解时, 电解质溶液中阴阳离子的放电顺序为: 阳极: (还原性强的阴离子先失电子) $\text{S}^{2-} > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{OH}^-_{(\text{水})} > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{F}^-$ 。阴极: (氧化性强的阳离子先得电子) $\text{Ag}^+ > \text{Hg}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{H}^+_{(\text{酸})} > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{H}^+_{(\text{水})} > \text{Al}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$ 。(注意: 水溶液中一定不要漏掉 H^+ 、

OH⁻)。三找变化:由放电顺序及题给信息确定电极产物。四写式子:根据反应物和产物书写电极反应式并配平。配平方法与原电池电极反应式基本相同:①依据电荷守恒配平电荷;②配平除氢、氧之外的其他原子;③用氧原子检查配平情况。

另外,关于电化学中的电极反应式和总反应式的书写,可以让学生简记为:在原电池中“负失氧”即在原电池中的负极(失电子的场所)失电子被氧化发生氧化反应;而在电解池中“阳氧”即在电解池中阳极发生氧化反应。

4. 基于曲线表征的电化学解题模型

原电池、电解池原理无论在工业生产、日常生活还是科学研究领域都有着重要用途,因此也是历年高考必考知识点之一。无论题型如何变化,只要把握原电池、电解池的工作原理、电极反应式和电池总反应方程式,问题便会迎刃而解。在题型上偶尔会出现曲线表征的问题,考查考生的信息提炼、收集与处理等方面的能力,曲线表征有助于学生的定量图像信息处理能力的培养。比如,2016年上海卷第8题“图12(1)是铜锌原电池示意图。图12(2)中,x轴表示实验时流入正极的电子的物质的量,y轴表示()。

- A. 铜棒的质量 B. $c(\text{Zn}^{2+})$
C. $c(\text{H}^+)$ D. $c(\text{SO}_4^{2-})$

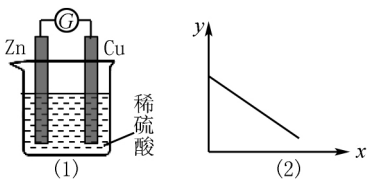


图12

这种类型的题目,首先要让学生在战略上要藐视,在战术上要重视,要有信心解决好这类题目,就像毛主席在《一切反动派都是纸老虎》一文中指出的那样“在战略上我们要藐视一切敌人,在战术上我们要重视一切敌人。”根据“曲线表征”的特点,只要将纵坐标和横坐标的物理意义、曲线上的起点、终点、拐点以及曲线的走向和趋势等与实验数据或理论知识相结合,便可解决问题。要解答此类题,可以参照基于曲线表征的电化学解题模型,如图13所示。首先要树立信心,其次做到“三看”:一看法(即纵、横坐标的含

义);二看线(即看线的走向和变化趋势);三看点(即曲线的起点、折点、交点、终点);再次,根据题中所给的数量关系,结合电化学的理论和模型便可循序渐进地解决问题。

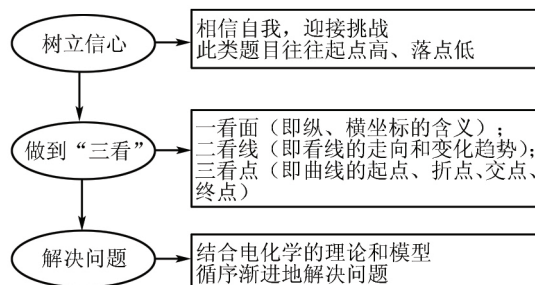


图13

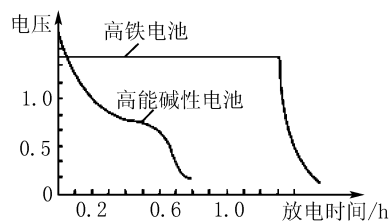


图14

再比如简答题:图14为高铁电池和常用的高能碱性电池的放电曲线,由此可得出高铁电池的优点有()。此题根据“三看”不难得出答案为:使用时间长,工作电压稳定。

北京师范大学化学学院教授、高中化学课程标准研制组负责人、修订组核心成员、北师大“新世纪”山东科技版高中化学教材主编王磊教授认为,证据推理与模型认知是化学核心素养的思维核心,概念原理就是模型认知;基于认识域(主题)将知识结构转换成认识模型,更有利于转变学的认识式,发展学的认识能,从而实现从知识到素养的转变。

高考对原电池、电解池的考查也常常考常新,新情境电池的种类很多,但考查的知识点基本是一样的。只要认真分析题目所涉及的原电池或电解池的模型,弄清楚其工作原理,运用以四重表征为依托的电化学解题模型,即可顺利解答此类题目。实践证明,让学生运用模型认知从“解题”中学会“解决问题”,不仅能够提高电化学的复习效率,而且更有利于培养和提高学生的化学学科素养。

(收稿日期:2018-09-26)