

# 电化学复习的结构化设计与实践\*

林 亮, 朱鹏飞

(江苏省灌云高级中学, 江苏灌云 222200; 无锡市第一中学, 江苏无锡 214031)

**摘要:** 在分析课程标准要求、综述已有文献研究后, 提出了教学内容结构化设计思路模型。针对学生电化学学习过程存在的问题, 依据思路模型建构、基于氧化还原反应原理和装置等维度的电化学内容结构化认知模型, 帮助学生提升对电化学内容的系统化认识。在运用结构化模型解决实际问题的过程中, 促进学生学科知识结构化, 提高化学认识思路 and 核心观念的结构化水平, 发展化学学科核心素养。

**关键词:** 高三复习; 电化学; 教学内容结构化; 核心素养

**文章编号:** 1005-6629(2020)11-0041-07      **中图分类号:** G633.8      **文献标识码:** B

## 1 问题的提出

普通高中教材中涉及的电化学知识主要是指原电池和电解池的工作原理及其应用。电化学是普通高中化学核心知识之一, 是化学反应原理板块中的重要组成部分, 其特点是概念多而集中, 原理抽象且复杂。根据每年对学生的课堂表现以及电化学问题解决方法等方面的调研统计分析, 发现学生在电化学的学习中总是存在不少困难。从开始接触到电化学(必修2), 尤其是原电池后再进行的电解池知识相关学习时, 这些困难和问题会进一步显现, 进而持续到高三后期的复习, 可以说伴随整个电化学的学习过程, 尤其是在陌生情境的电化学装置分析过程中显得更为突出。

电化学尤其是新型电池的研究是目前的热点领域, 也是高考重点关注的内容, 是学生的得分难点。据此, 在近两年的高三复习迎考中, 课题组组织了多次研讨, 开展了电化学有关的高考真题的收集整理, 试卷的数据分析和深度挖掘, 精心筛选了学生存在的问题(困难), 从“电池电极判断、电极反应方程式的书写、陌生情境电池分析”等维度对部分学生进行了访谈。访谈发现, 学生的电化学问题(困难)主要集中在“电极反应类型判断、电子(电流)和离子流向、电极反应式书写、

陌生情境电池分析”等方面。经过查阅相关文献、深度研讨及教学实践, 发现存在以上问题的根本原因是: 学生对于原电池或电解池的工作原理(基于氧化还原反应原理)和形成闭合回路的条件及过程未能深度理解, 故仅凭浅层印象识记一些简单的原电池或电解池的反应和装置; 关于学生在学习过程中存在许多偏差认识, 目前的教学普遍未能有效地转变学生的这些偏差认识, 真正建立起电化学结构化的核心观念; 传统的高三复习重在题型训练, 学生在面对新型电池情境时仍然束手无策, 缺乏分析电化学问题的结构化思维、认识思路 and 迁移应用(如正确书写电极反应式、陌生情境电池分析)的能力, 换“外形”而忘“本质”<sup>[1]</sup>。

针对已有的电化学复习的相关文献进行分析, 发现研究的重点内容主要包括: 学生学习过程存在的问题研究以及解决电化学问题的教学方式和方法的研究。王维臻、王磊<sup>[2]</sup>等通过分析高中化学课程标准和整理已有的学生学习研究及大量的课堂证据, 从原理维度、装置维度和任务维度3个方面建构了电化学认识模型, 并以此进行了高三原电池的复习教学研究。丁雯<sup>[3]</sup>提出用系统思维去理解电化学的原理及其应用, 突出思维过程培养。黄毓展等<sup>[4]</sup>从微粒在电化学

\* 江苏省教育科学规划 2018 年度立项课题“发展核心素养的高中化学教学案例结构化设计研究”(项目编号: D/2018/02/207)阶段性研究成果。



装置中的行为角度出发,分析电化学装置的工作过程,帮助学生建立起解决电化学装置工作原理问题的思维模型,提升解决这类问题的能力。许奕欣<sup>[5]</sup>则从氧化还原的本质——电子转移这一思维模型来认识电化学,突破电化学习难点。

总的来看,对于如何帮助学生完成电化学内容的结构化建构,形成系统化认识,解决认识角度、系统思维缺失等问题,研究者关注较少。相对而言,王磊等提出的电化学认识模型,是学生整个高中阶段电化学认识发展的系统思维模型,体现了知识的系统性和能力发展的进阶性。它不仅能帮助教师更好地理解电化学主题的核心问题和认识角度,也有利于学生知识的结构化,以及学生科学素养的提升<sup>[6]</sup>。

然而,在一线教师的教学实践中开展针对电化学内容复习结构化设计的研究文献相对较少。如何对该部分内容进行结构化处理,基于怎样的认知模型开展教学内容结构化设计,从而实现原电池和电解池的知识关联,使其统一于氧化还原反应原理的结构化认识思路和学科观念之下?有待进一步挖掘和研究,这也是本文尝试达成的目标。

## 2 教学内容结构化设计及模型

### 2.1 教学内容结构化的涵义

郑金洲<sup>[7]</sup>指出,教学内容结构化是指“在新旧知识之间、新知识各构成部分之间、新知识与学生生活世界之间寻找关联,形成对知识的整体性认识”。《高中化学课程标准(2017年版)》(以下简称《课程标准》)也指

出,化学教学内容的结构化是促进学生从化学学科知识向化学学科核心素养转化的关键,强调教师在组织教学内容时应高度重视化学知识的结构化设计,充分认识知识结构化对于学生化学学科核心素养发展的重要性。可以看出,教学内容结构化设计是新课程改革的必然选择。

教学内容结构化设计不仅适用于新授课,更适用于复习课。好的复习课具有唤醒、重组、提升的功能,既要能提高学生的学科知识系统和核心观念的认识水平,又要避免将复习课变成笔记抄写课或习题讲评课。人类的记忆首要问题不是储存而是检索,而检索的关键则在于结构组织。如果能将零散的知识组织成结构整体,可大大增强记忆的牢固性,并提高检索提取的效率。《课程标准》也明确提出,“单元与模块复习应依据内容要求,围绕化学核心概念和观念的结构化来进行,通过提问或绘制概念图等策略,诊断学生化学核心概念和观念的结构化水平;对于处在‘知识关联’水平的学生,应引导他们进一步概括核心概念的认识思路,形成基于‘认识思路’的结构化,从而提升化学核心概念和观念的结构化水平,发展化学学科核心素养”<sup>[8]</sup>。

### 2.2 教学内容结构化设计思路

根据多年的教学实践和课程标准中关于教学内容结构化的要求,开展了基于“视角-表征-实施”3个维度的教学内容结构化设计的探索与实践,形成了教学内容结构化的设计思路(如图1所示)。

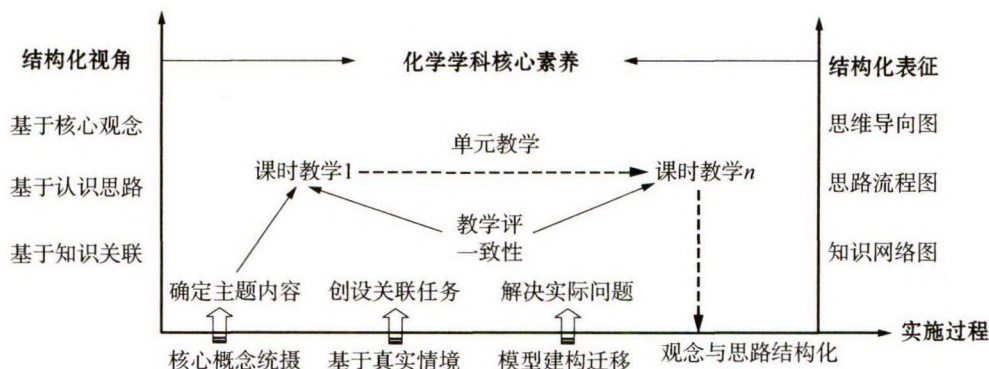


图1 教学内容结构化设计思路

(1) 视角维度。将教学内容基于某种视角进行结构化,是实现教学目标的阶梯与关键,也是实现教学内

容结构化的基本策略,可以直观地反映思维整合过程。根据教学内容的不同特点,可选择不同的结构化视角。



视角一是基于知识关联结构化,将教学内容中分散的、相对孤立的陈述性知识(化学概念和化学事实)整合为具有逻辑关联的知识结构,可以帮助学生用联系的观点审视化学事实,深度理解化学概念,建构知识体系;视角二是基于认识思路结构化,是从学科本原出发来融合、概括物质及其变化的认识,形成认知流程,有利于学生形成缜密的学科思维;视角三是基于核心观念结构化,是指进一步抽象和概括物质及其变化和其认识过程,将学科知识的建构、方法的运用、思维的训练等融入核心观念的建构与发展中。

(2) 表征维度:通过不同结构化视角,可以得到不同的教学内容结构化表征,这是抽象思维过程的直观呈现:知识网络图、思路流程图、思维导向图、价类二维转化图等,这样的结构化表征有助于清晰表达知识结构和思维优化,帮助学生整合知识碎片,形成知识网络,整体把握核心概念。

(3) 实施维度:教学设计需要通过教与学的行为来完成实施,通过不同思维视角进行的教学内容结构化后形成直观结构化表征,成为教学设计中的核心要素,是实施教学行为的重要载体。可以按如下过程实施:首先围绕核心概念的知识组织是高度结构化的知识组织<sup>[9]</sup>,根据教学内容中的核心概念或观念,确定教学主题和教学目标,就有了结构化的“魂”;然后围绕主题和目标创设真实、具有应用价值的问题情境,依据情境设置系列关联性学习任务,在“分析解释、论证预测、概括关联”过程中,基于不同视角进行教学内容结构化并借助内容结构化表征,形成解决问题的思维模型;最后再利用思维模型来解决化学中的实际问题,让学生在解决问题过程中体会学科价值,形成认识思路与核心观念结构化,发展学科核心素养。

从“视角-表征-实施”3个维度进行教学内容结构化设计,适合单元教学或主题复习。这样的教学设计有利于学生展开自主探究与深度学习,进而建构知识内在关联、掌握学科认识思路 and 核心观念,能够综合和灵活运用认识思路 and 核心观念来解决实际问题,在解决实际问题中发展学生的学科核心素养。

### 3 教学内容结构化实践——电化学复习结构化设计

围绕教学内容结构化设计思路,对电化学主题内

容复习展开结构化设计与实践,具体过程如下。

#### 3.1 核心概念统摄,确定主题内容

电化学是关于电能和化学能之间的互相转化以及转化过程中相关规律的科学,而能量的转变需要有一定的装置和介质,即原电池和电解池。从学科本原来看,都需要电极和形成闭合回路。但无论原电池还是电解池都需要知道电极和相应的电解质溶液中所发生的变化及其原理。

《课程标准》中选择性必修课程的内容要求如下:

(1) 认识化学能与电能相互转化的实际意义及其重要应用。(2) 了解原电池及常见化学电源的工作原理。(3) 了解电解池的工作原理,认识电解在实现物质转化和储存能量中的具体应用。(4) 了解金属发生电化学腐蚀的本质,知道金属腐蚀的危害,了解防止金属腐蚀的措施<sup>[10]</sup>。特别需引起关注的是《课程标准》将“重视化学能与电能之间转化的实际意义及其重要应用”作为第一条要求出现。从教学要求来看,对“金属的腐蚀”只是一般了解,对“原电池和电解池的基本原理及应用”要求较高,尤其是针对学生在电化学的学习中存在一些诸如认知角度、认识思路、系统性思维等关键性认识的缺失方面,《课程标准》对电化学内容的教学设计、思路和评价提出了具体的要求。

#### 3.2 基于真实情境,创设关联任务

根据课程标准要求及电化学内容知识结构化特征,采用单元教学设计,基于真实性、多样性情境素材,创设关联性、功能匹配性的学习任务,在任务解决过程中形成认识思路 and 思维模型。考虑到学生的“最近发展区”及大多数版本教材中使用的电池原型,所以选择的第一个任务素材是单液铜-锌原电池,目的是要学生回忆起原电池基本知识,并认识电化学的四大基本要素。更重要的是通过简单电池为例唤醒学生“化学能转化为电能”的认识,并建立起基于氧化还原反应的角度认识电化学原理。

即使这样,仍会给学生造成偏差认识,如容易混淆电极材料与电极反应物的作用,电解质溶液的两重性易让学生误认为“离子导体必须参加反应”等。这就要求教师在教学过程中帮助学生厘清装置中各部分的作用,需后续选取变式素材电池及时纠正学生的偏差认识。此时适合安排双液铜-锌电池素材任务,胡久华<sup>[11]</sup>认为,其比单液铜-锌原电池更有利于学生建构原电池



的认识,突破“氧化反应、还原反应分开进行”的认识难点,有利于避免认识偏差的形成。

为进一步拓宽原理维度理解电化学,选取了氢氧燃料电池作为素材任务。目的有三个:一是加深学生对于能量转化的理解,体会研制新型电池的重要性;二是能很好地转变学生的认识偏差“离子导体必须参加反应”“电极材料与电极反应混为一谈”等,有利于对电化学构成要素作用的理解;三是通过氢气氧气不接触、不点燃的条件下产生电流,可以加深学生理解电化学原理就是“氧化还原反应”这一核心观念。在教学过程中要注意电极反应的书写,更重要的是要“建立电化学结构化模型”这一目标定位。

根据以往的教学经验,复习过程中要控制复习的难度与方向,如复习双液电池任务时,不宜过多探究电池的装置问题,而应该把重点放在建立原理维度这一教学目标上。这样通过对三种典型电池递进式、关联性分析,可以帮助学生巩固、丰富和发展对原电池的认识角度和认识思路。

化学能与电能一定条件下的相互转化是电化学实际应用中的价值所在,电解则是实现物质转化和储存能量最为重要的方法之一,所以电解池复习也是电化学复习的重点。另外,作为高三的复习课仍然不能忽略对学生“科学态度与社会责任”等价值观的培养,因此选取的第四个情境任务是非常贴近学生生活情境的

铅蓄电池(电动自行车等已广泛使用)作为分析型任务。这是一个真实且应用广泛的情境,通过组织学生对铅蓄电池形成闭合回路构成要素的分析,再次加深学生对电化学中“电极材料与电极反应”构成要素的理解与认识,更重要的是借助铅蓄电池充电电池的特征,推断预测充电时电极连接方式、反应类型等,让学生形成“电解的本质也是氧化还原反应”这一认知,统一对电化学原理认知维度的构建。再通过分析“ $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{H}^+$ ”等离子导体“电子导体”与放电时流动方向进行比较说明、概括关联,进一步构建电化学装置维度的认知。在此基础上继续设置设计型的任务情境,让学生综合设计论证,用铅蓄电池作为电源电解熔融氯化钠和饱和食盐水等任务素材,并进行问题分析与相互评价活动,发展电化学原理和装置维度的认识与应用。

### 3.3 构建认知模型,解决实际问题

综合上述真实情境素材的选取和任务的创设,利用教学内容结构化设计思路,并借鉴王磊等提出的关于电化学的认识模型,完成电化学内容结构化模型的构建(如图2所示)。其中原理维度和装置维度是2大核心要素,也是教学内容结构化的基本视角。借助基于氧化还原反应原理的认识思路将原电池和电解池知识进行关联,包括电极反应物、过程、电极产物,同时包含可观测量的反应现象,是对原电池和电解池原理认知的本质统一;基于装置维度认识思路将原电池或电解

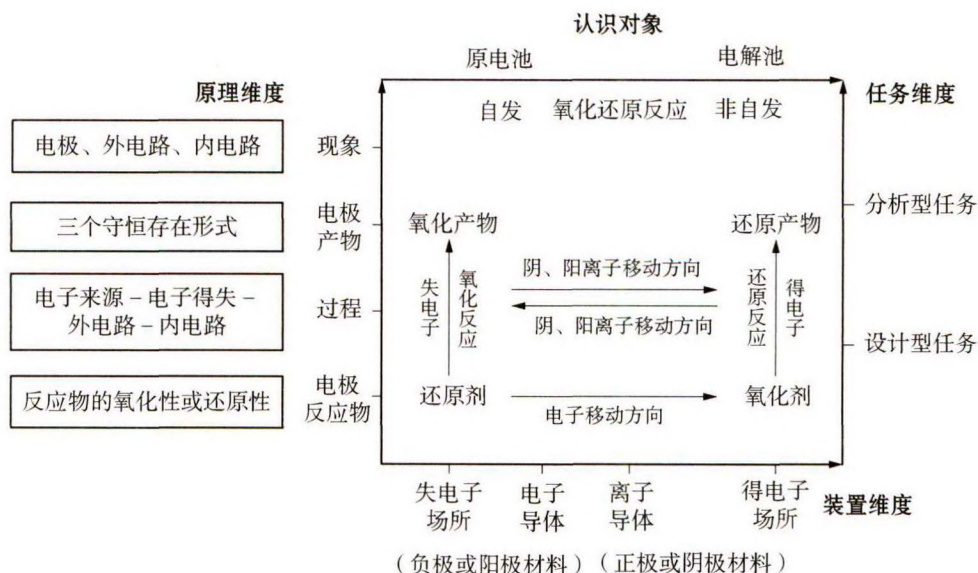


图2 基于内容结构化的电化学认知模型



池里面的所有装置要素即失电子场所(负极材料或阳极材料)、电子导体(导线)、离子导体(电解质溶液或盐桥)、得电子场所(正极材料或阴极材料)进行结构化关联。

对电化学所考查的任务而言主要是分析型和设计型。分析型任务主要包括已知装置分析、反应现象分析、反应原理分析等,其主体一般具备以下特征:陌生情境电池或是可充电电池、附带装置图像信息等,利用装置分析反应过程,采用分析型任务的教学策略更有利于学生对电化学原理的理解掌握;设计型任务主要是设计原电池和电解池,从装置与原理之间关系的建立及电化学分析思路的形成来看,设计型任务的效果往往是事半功倍的。所以结构化模型的构建是基于任务维度的创设与融合,它们是关联的,有了这个结构化认知模型,再复杂的电化学问题的解决便有“路”可循,有“法”可依。

基于电化学内容结构化的复习,目的是提升学生解决复杂和陌生电池的分析型任务的能力更强,所以还需要回归到运用电化学结构化模型去解决分析型任务,促使学生对比体会电化学结构化模型在习题性问题解决中的功能价值<sup>[12]</sup>。因此,继续创设真实的问题情境,组织学生开展基于能量需求来选择反应、设计能量转化路径和装置等活动,体会知识与学科的价值。如选取生活中常见的“暖贴原理的项目式探究、吸氧腐蚀原理探析”等真实情境素材作为分析型任务;组织“简单燃料电池的设计、电镀池设计”等作为设计型任务来发展和提升学生的认识思维能力,运用建构的结构化认知模型来解决实际问题的能力;选取“氯碱工业和电解精练铜”来认知电解在物质制备中的应用,形成合理利用化学反应中的能量变化的意识和思路<sup>[13]</sup>。最终让课堂任务延伸到课外,带着任务“走出课堂”,让学生走进网络,了解更多的有关2019年诺贝尔化学锂电池研究、应用与价值等信息,这是化学教学设计更高层次的追求,也是能更好地体现并实现《课程标准》所提出的要求。

#### 4 教学实录与教学效果

基于上述思想,本复习单元设计2课时组织实施,其中“化学能与电能相互转化”和“发展中的电化学”各1课时。第1课时主要帮助学生认识电化学的本质,基

于任务维度来建构原理维度和装置维度的电化学内容结构化模型;第2课时目的主要是运用电化学内容结构化模型解决实际问题,建立对电化学过程的系统分析思路,提高学生对电化学本质的认识<sup>[14]</sup>。第1课时的电化学内容结构化设计是核心,通过创设真实问题情境和设置关联性任务,让学生认识、构建并内化电化学内容结构化模型,很好地落实《课程标准》“观察记忆、分析解释、概括关联、论证预测、解决问题”等素养要求,培养学生的实验探究精神及思维结构化水平。实施过程见图3、图4。

为了检验和测评电化学内容结构化模型的教学效果,对2019、2020届高三4个平行班作为平台组织实施教学。其中两个班按传统课堂模型授课,另选两个班采用教学内容结构化模型进行授课,在此基础上设置有关试题,开展授课后测试与再次访谈活动。通过采集相关数据对比,采用教学内容结构化设计的案例进行授课的班级相较采用传统方式授课班级学生,学生的电化学知识关联程度及解决问题的认识思路、核心观念结构化水平和能力都有显著的提升,相同试题的得分率和正确率均达到90%。连续两届学生统计所得数据变化规律相当,说明采用内容结构化模型设计授课的效果还是很显著的。

#### 5 教学反思

上述的教学设计实践表明,基于电化学结构化模型教学对于促进学生对电化学的本质认识发挥了积极作用,是复习电化学内容有效的教学模式。反思整个过程,对如何贯彻《课程标准》中有关教学内容结构化具体要求及对新课程改革后的教学都有一定的参考价值。

随着《课程标准》的发布,我国基础教育课程改革已进入一个新的历史阶段,重视以学科大观念为核心,以核心概念为引领,使教学内容结构化与情景化的教学设计将成为课堂教学的新趋势<sup>[15]</sup>。当然,结构化教学不单纯包含教学流程的结构化,它所追求的是流程结构化下面更深层次的诸如知识的结构化、方法的结构化乃至思想的结构化<sup>[16]</sup>。

本节课的教学设计是一种全新尝试:首先,立足《课程标准》要求,根据学生的学情来重新组织教学设计,从多维度的结构化视角来重新设计本单元教学内容;



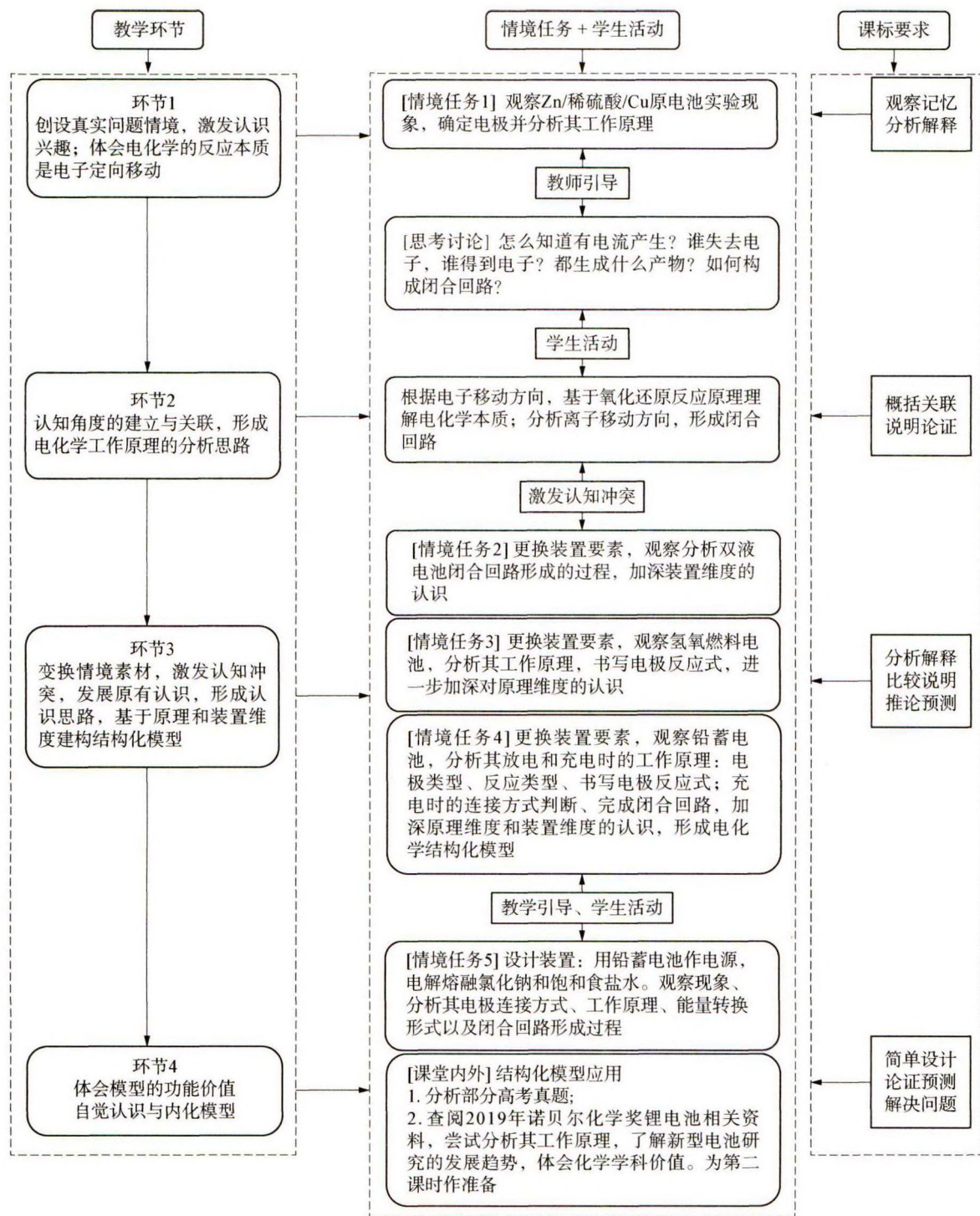


图3 电化学内容结构化教学实施过程1

其次,是努力创设真实的应用性情境和关联性学习任务,符合学生的认知规律,极大地促进学生深度思维与高阶思维的发展;最后,让学生运用结构化的思维模型与认识思路去解决现实生活或学习过程中的实际问题。应该说这样的教学活动提升了学生的核心概念和观念的结构化水平,让学生深刻地体验到化学学科价

值,培养他们的深度思维、关键能力和必备品格。

教学内容结构化设计是一个全新的研究方向,本次教学实践仍然存在诸多不足之处,如何将学习任务与设计意图高度吻合,如何让学生意犹未尽、感受到现有知识的局限性等,这些是后续教学需要加大研究和改进的地方。

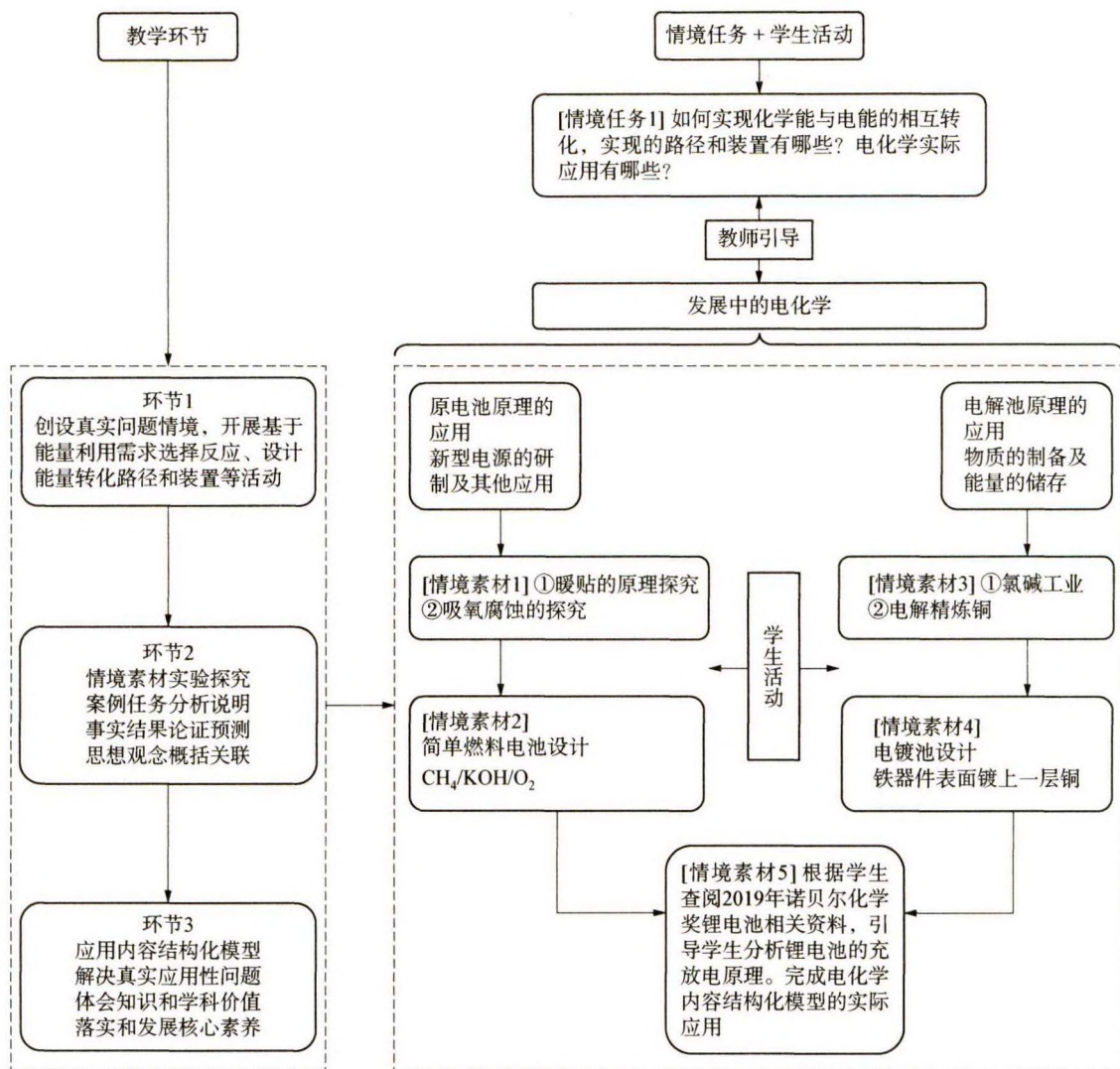


图4 电化学内容结构化教学实施过程2

## 参考文献:

- [1] 洪兹田, 罗德炳, 张贤金. 基于学科核心素养培养的高三化学复习教学重构——以“有机制备实验”复习教学为例[J]. 化学教学, 2019, (6): 60.
- [2][13] 王维臻, 王磊, 支瑶, 葛继宁, 李振玲, 于少华. 电化学认识模型及其在高三原电池复习教学中的应用[J]. 化学教育, 2014, (1): 34~37.
- [3] 丁雯. 系统思维在高三电化学复习中的实践与思考[J]. 化学教与学, 2018, (10): 40.
- [4] 黄毓展, 蔡立媚, 李震宇. 从核心素养中“微粒观”和“模型认知”角度出发分析电化学装置——高三电化学专题复习课[J]. 化学教与学, 2018, (5): 52.

- [5] 许奕欣. 模型认知在高三化学复习教学中的实践应用——以电化学复习教学为例[J]. 福建基础教育研究, 2019, (1): 111~112.
- [6] 史凡, 王磊. 促进学生学科能力发展的高一原电池教学关键策略[J]. 化学教育, 2018, (1): 20.
- [7] 郑金洲. 课堂教学变革的十个要点[J]. 教学理论与实践, 2007, (4): 30.
- [8][9][10][14][15] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准(2017年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018.
- [11][12] 胡久华. 教科书中电化学内容组织方式的分析研究[J]. 化学教学, 2011, (2): 9~11.
- [16] 经志俊. 基于教学内容结构化的教学主张[J]. 化学教学, 2019, (10): 28~29.