

核心素养导向下真实情境驱动的高中化学复习课教学研究——以“双碳”背景下“锑的绿色冶炼”之路为例

党燕

江苏省外国语学校，江苏 苏州 215000

DOI:10.61369/ECE.2026050005

摘 要： 本文以“锑的绿色冶炼”为主题，围绕“金属的冶炼”高三第一轮复习内容，构建了“情境导入—基础回顾—传统工艺诊断—技术改良探究—湿法与电解法创新应用—总结展望”的教学框架。通过引入战略金属锑的冶炼案例，整合氧化还原、电解原理、化工流程分析与绿色化学等核心知识，引导学生在真实工业问题中实现知识建构与迁移应用。教学中通过对比工艺流程图、分析原理、书写反应方程式等活动，促进学生核心素养的全面发展。本设计旨在突破传统复习课的浅表化学习，实现从“解题”向“解决真实问题”的转变，为高中化学情境化教学提供实践参考。

关 键 词： 核心素养；情境化教学；锑的冶炼；高中化学

Core Competency-Oriented and Context-Driven Chemistry Review Teaching: A Case Study of Green Antimony Smelting under the Dual-Carbon Background

Dang Yan

Jiangsu Foreign Language School, Suzhou, Jiangsu 215000

Abstract： Focusing on the theme of "green smelting of antimony" and based on the first-round review of the senior high school chemistry module "metal extraction", this instructional design constructs a teaching framework following the sequence: context introduction, basic knowledge review, diagnosis of traditional processes, exploration of technological improvements, innovative application of hydrometallurgy and electrolysis, and summary and prospect. By introducing the smelting case of antimony, a strategic metal, this lesson integrates core chemical knowledge including redox reactions, electrolysis principles and chemical process analysis, as well as the concept of green chemistry. It guides students to complete knowledge construction and transfer through authentic industrial problem-solving. Teaching activities such as comparative analysis of process flow charts, mechanistic reasoning and chemical equation writing boost the all-round development of students' core literacy in chemistry. This design aims to address the superficial learning prevalent in traditional review classes, realize the shift from "solving examination problems" to "solving real-world practical problems", and provide a practical reference for context-based chemistry teaching in senior high schools.

Keywords： core competencies; context-based teaching; antimony smelting; senior high school chemistry

当前高中化学教学长期受浅表化学习困扰，传统课堂模式亟待革新。素养导向下的课程实施愈发强调情境教学的重要性，核心素养的培养难以通过机械记忆陈述性知识实现，唯有在真实、合理且多元的情境中，学生的学科素养才能真正落地生根。情境教学作为培育核心素养的关键路径，不仅注重知识与其相关背景的有机融合，更倡导理论与实践相统一的教学模式，密切关注学习者的主体建构与社会性发展。通过情境教学，学生在习得知识的同时能够提升知识理解、问题解决与迁移应用的能力，强化社会责任感，从而为核心素养的培育提供了有效的实施场所与实践可能。

一、核心素养与情境化教学的内涵与联系

1. 高中化学核心素养的内涵

高中化学核心素养的五个维度并非彼此孤立，而是一个相互关联、有机融合的整体，共同指向学生通过化学学习逐步形成的正确价值观念、必备品格与关键能力^[1-3]。学生通过观察外显现

象，深入分子、原子层面理解其内在结构与反应机理，实现宏观与微观的思维贯通。在此基础上，认识到物质处于永恒运动之中，化学变化不仅伴随能量转化，更在一定条件下可以达到动态平衡，进一步建立变化观念与平衡思想^[4-5]。在探究具体化学问题的过程中，学生需要基于实验现象与数据展开证据推理，并运用各类模型（原子结构模型、认知模型）进行抽象与简化，形成模

型认知能力^[6]，以此揭示事物的本质规律。而这一切认知与实践活动的深入开展，离不开科学探究与创新意识的驱动^[7-8]。最终归到价值引领的层面，以化学的视角理解和参与社会议题，践行绿色化学与可持续发展理念^[9-10]。这五大素养相互支撑、层层递进，使学生能够在真实、复杂的情境中综合运用所学，实现知识向素养的真正转化。

2. 高中化学情景化教学的内涵

知识需作为动态过程植根于真实情境才能焕发活力。高中化学教学中，教师应创设联系生活与生产实际的情境，引导学生亲历知识的发现、建构与应用，激发探究动力。情境是认知发展的桥梁与素养转化的载体，唯有置身情境，知识才能被激活，素养才能真正落地。

3. 核心素养与情境化教学的关联

核心素养为情境教学提供目标导向，情境教学为核心素养落地提供实践路径。^[5]两者内在统一：素养赋予情境育人价值，情境回应素养发展诉求，共同促进学生关键能力与必备品格的生成。教师应依据素养内涵设计情境活动，避免情境脱离素养，确保“情境为素养而立”。

二、教学分析与教学设计

1. 教学内容分析

“金属的冶炼”选自苏教版高中化学必修2专题9《金属与人类文明》，是元素化合物知识与工业化学、电化学的重要衔接点，也是高三第一轮复习的核心模块。本节课突破教材中铁、铝、铜等常规金属案例，选取锑（Sb）这一我国战略优势金属为研究对象，以“绿色冶炼”为主题，整合金属冶炼原理、氧化还原反应、电解原理、化工流程分析、绿色化学等核心知识，契合新高考化工流程命题趋势。

2. 学情分析

高三一轮复习中，学生已掌握金属活动性顺序与冶炼方法的对应关系、氧化还原反应及电解池原理，能书写简单方程式与电极反应式。但存在知识碎片化、缺乏工业实际问题认知（如能耗、污染、成本、原料利用率），以及在陌生情境下信息提取、证据推理与流程分析能力较弱等问题。

3. 教学目标

需掌握富氧熔炼、还原固硫、氯化浸出、熔盐电解等工艺中的物质转化，能正确书写相关反应方程式与电极反应式；理解工艺条件对产物的影响，建立“原料—原理—条件—产物”一体化分析模型。能针对能耗、污染、资源利用率等问题提出改进思路，体验从传统到绿色的工艺优化，树立资源节约、环境友好的可持续发展理念，增强社会责任感和创新意识。

4. 教学思路

以“双碳”背景下“锑的绿色冶炼”为核心情境，遵循“情境导入→基础回顾→传统工艺诊断→技术改良探究→湿法与电解法创新应用→总结展望”的逻辑主线，层层递进展开教学。让学生从“回顾知识”到“诊断问题”再到“改进工艺、解决问题”，

完成从理论到实践、从解题到解决真实问题的转变。

三、核心素养导向下高中化学情境化教学过程

环节一：情境导入—锑的战略地位与“甜蜜的烦恼”

【展示资料一】锑是我国战略优势金属，储量占全球60%以上^[11]，广泛应用于阻燃材料、光伏玻璃、合金制造等领域，欧盟将其列入关键原材料清单。但我国锑的冶炼工艺统采用“鼓风炉挥发—反射炉还原”工艺，焦率大、能耗高，产生大量低浓度SO₂，环境污染严重。

【过渡引导】我国锑的储量丰富，应用广泛，因此合理开发与利用锑资源十分必要。锑的金属活动性处于中等水平（介于铁与铜之间），在此前提下，如何实现锑的绿色冶炼，成为值得关注的关键词。

设计意图：结合我国资源现状和工业问题，创设真实情境，既让学生了解锑的重要性，又引发认知冲突，激发学生的探究兴趣，同时紧扣本节课的核心主题。

环节二：基础回顾，搭建框架

【回顾】金属冶炼的本质是什么？金属冶炼的常见方法有哪些？

【学生梳理】K-Al：电解法；Zn-Cu：热还原法；Hg-Ag：热分解法，强调冶炼方法的选择依据：金属的活泼性、原料特点、工业成本。

【提问】锑的金属活动性介于Fe和Cu之间，适合采用什么方法冶炼？

【学生定位锑的冶炼】理论上可采用热还原法，也可结合湿法、电解法进行。

【追问】实际上传统冶炼锑的工艺存在诸多问题，那么如何结合化学原理改进锑的冶炼工艺，实现绿色低碳炼锑？

设计意图：既让学生回顾了所学知识，又利用所学搭建了陌生金属锑冶炼的方法，做到“温故而知新”。

环节三：传统工艺的诊断（火法复习）

【展示】鼓风炉挥发—反射炉还原工艺图^[7]及传统工艺冶炼锑的流程图（见图1）



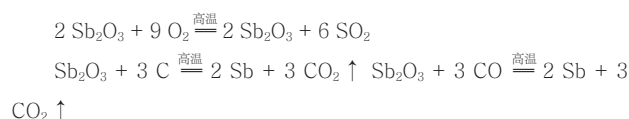
图1. 鼓风炉挥发—反射炉还原工艺流程图

【提问】锑精矿的主要成分是Sb₂S₃，用传统工艺冶炼锑时，是如何制备粗锑的？

【学生回答】锑精矿通过制粒后进入鼓风炉中被氧化为Sb₂O₃，再到反射炉中焦炭还原。

【学生补充】根据高炉炼铁，生成的Sb₂O₃也可能是被生成的CO还原。

【书写相关化学反应方程式】



【提问】整个冶炼过程中，除了鼓风机中氧化产生二氧化硫外，还有什么途径会产生二氧化硫？

【学生思考回答】可能在此条件下 Sb_2S_3 分解产生 S，单质硫进一步被氧气氧化生成二氧化硫。

【引导】此工艺是传统且最常用的冶炼锡的方法，但会产生低浓度的二氧化硫，难以回收，造成环境污染，不符合绿色化学工艺，那么可以如何改进呢？

【交流回答】可以提高二氧化硫浓度后即可回收，也可以从根源上将硫元素转化，最终不以二氧化硫形式释放。

设计意图：复习火法冶炼的基本原理，巩固方程式书写。同时引出传统工艺的痛点，为下一环节的“技术改进”埋下伏笔。

环节四：技术改良探究

【技术 A：富氧熔池熔炼—火法的改良】

【展示】富氧熔池熔炼流程图（见图2）

【提问】此改进方法与传统冶炼锡的工艺有何不同？这样做有什么好处？



图2. 富氧熔池熔炼流程图

【学生回答】在挥发熔炼时鼓入富氧气体，富氧气氛加快反应速率，提升 SO_2 浓度，便于后续制酸回收，一定程度上减少了环境污染。

【总结】此方法算是一次较大突破。随着技术的发展，进一步研究出从根源上减少二氧化硫排放的冶炼技术。

【技术 B：还原固硫熔炼—火法的革新】

【展示】还原固硫熔炼流程图（见图3）

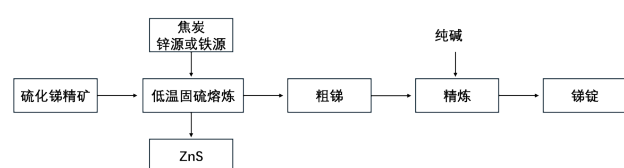


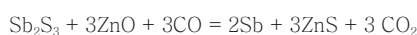
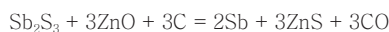
图3. 还原固硫熔炼流程图

【提问】此工艺在低温固硫熔炼时添加铁源或者锌源的目的是什么？

【回答】与硫元素结合生成 FeS 或者 ZnS，起到固硫作用。

【提问】若加入固硫剂氧化锌，反应原理是什么？请用化学反应方程式表示。

【书写相关化学反应方程式】



【设计意图】通过对火法冶炼改进技术的探究，强化对陌生化学反应方程式书写，加深对工艺流程原理的理解。

环节五：湿法与电解法的创新应用

【技术 C：氯化浸出—电沉积法】

【过渡】随着“碳达峰与碳中和”战略目标实施，碳排放和环境污染问题越来越得到重视^[12]。湿法炼锡的技术因其不产生 SO_2 和能耗低的工艺特征备受关注。

【讲解】湿法炼锡是利用氧化还原反应将锡从硫化锡矿中浸出，再通过电解法还原为金属锡。

【展示】氯化浸出—电沉积法工艺流程图（见图4）

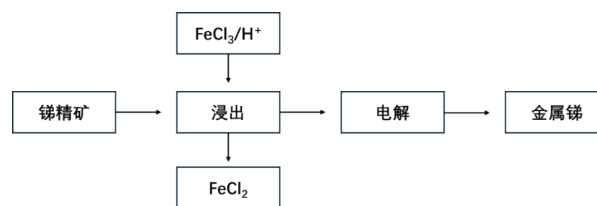


图4. 氯化浸出—电沉积法工艺流程图

【提问】在浸出时加入 FeCl_3 的作用是什么？浸出和电解的反应原理是什么？

【回答】 FeCl_3 做氧化剂

【书写相关化学反应方程式】浸出： $\text{Sb}_2\text{S}_3 + 6\text{FeCl}_3 = 2\text{SbCl}_3 + 6\text{FeCl}_2 + 3\text{S}$

电解：阴极： $\text{Sb}^{3+} + 3\text{e} = \text{Sb}$ 阳极： $\text{Fe}^{2+} - \text{e} = \text{Fe}^{3+}$

【过渡】随着光伏行业的快速发展，直接制取锡白 Sb_2O_3 供应光伏材料已经成为锡市场之一。 FeCl_3 浸出—水解法可以直接制备锡白，是利用 SbCl_3 易水解特征来实现的。

【技术 D：氯化浸出—水解法】

【展示】氯化浸出—水解法工艺流程图（见图5）

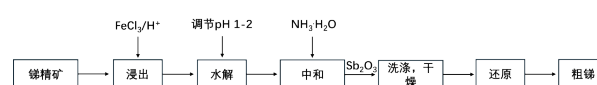


图5. 氯化浸出—水解法工艺流程图

【提问】酸性浸出液净化除杂后，调控 pH 至 1~2，使 SbCl_3 水解生成 SbOCl ，写出相关化学反应方式。

【书写相关化学反应方程式】 $\text{SbCl}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{SbOCl} + 2\text{HCl}$

【追问】添加氨水中和、洗涤、干燥得到 Sb_2O_3 （锡白）产品的原理是什么？

【书写相关化学反应方程式】 $2\text{SbOCl} + 2\text{NH}_3\text{H}_2\text{O} = \text{Sb}_2\text{O}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$

【过渡引导】HCl 易挥发，会导致设备防腐蚀，且浸出溶液成分复杂，净化复杂，不利于连续化生产和工业化应用，在此基础上进一步对冶炼工艺进行改进。

【技术 E：新氯化浸出—隔膜电解法】

【展示】新氯化浸出—隔膜电解法工艺流程图

【提问】浸出时加入 SbCl_5 ，过滤，浸出渣中含有硫单质，请书写浸出过程涉及化学反应方程式。

【书写相关化学反应方程式】 $\text{Sb}_2\text{S}_3 + 3\text{SbCl}_5 = 5\text{SbCl}_3 + 3\text{S}$

【提问】隔膜电解除除了产生金属锡以外，阳极液可循环利用，请写出相应的电极反应方程式

【书写相关化学反应方程式】阳极： $\text{Sb}^{3+} - 2\text{e} = \text{Sb}^{5+}$

【总结】通过不断改进，此工艺能源消耗小，产品纯度高，但隔膜电解离子膜的价格昂贵且损耗较快使得该技术工业化应用仍存在一定挑战，技术仍在不断更新。

【技术 F：熔盐电解法—颠覆性创新】

【展示资料二】：自法拉第时代以来，开始尝试直接电解液态 Sb_2S_3 获得金属锑，但液态硫化物存在高电子导电性特征，阻碍其工艺应用。

【提问】工艺中采用熔盐介质离散 Sb_2S_3 进而使得电极表面电解形成液态金属锑和单质硫。其电解过程阴极和阳极反应是什么？

【书写电极反应方程式】

阳极： $\text{Sb}_2\text{S}_3 + 6\text{e}^- = 2\text{Sb(l)} + 3\text{S}^{2-}$ 阴极： $3\text{S}^{2-} = 1.5\text{S}_2(\text{g}) + 6\text{e}^-$

环节六：总结与展望—低碳视野下的化学担当

【展望】“双碳”背景下锑的“绿色冶炼”之路困难重重，但经过不断地努力，最终实现了摆脱“硫”毒，向“绿”而生。中国作为锑的主要供应国，推进绿色、低碳的锑冶炼新技术的开发与应用是锑冶炼企业可持续发展的必然趋势。

四、教学反思

本节课的设计，跳出了课本的局限，用一篇真实的工艺流程情境串联起一轮复习的核心知识，将枯燥的概念和方程式融入了解决真实问题的流程当中。不仅复习了旧知，更拓展了学生的科学视野，激发了他们的学习兴趣和社会责任感，符合新高考对学生核心素养的考查要求。

参考文献

[1] 高宇, 翟宏菊. 核心素养背景下高中化学责任化教学法研究与实践 [J]. 科技风, 2025, (32): 92–94.
[2] 张玲红. 核心素养导向下高中化学项目式学习的实践与探索 [J]. 文渊 (高中版), 2026(1): 869–871. DOI: 10.12252/j.issn.2096–6288.2026.01.290.
[3] 蒋宇. 新课标背景下高中化学大单元教学策略探究 [J]. 课堂内外 (高中版), 2025(30): 80–82.
[4] 杨锦荣. 以微课为载体的高中化学核心素养培养活动探究——以“变化观念与平衡思想”培养为例 [J]. 高考, 2022, (21): 66–68.
[5] 马娟娟. 变化观统领下的初中化学复习课教学设计——以“酸碱盐的化学变化”为例 [J]. 化学教学, 2025, (12): 57–62.
[6] 吕家兴. 核心素养视域下学生认知能力培养策略的探索 [J]. 实验教学与仪器, 2025, 42(11): 124–126.
[7] 陈同斌, 王玲. 浅谈在高中化学实验课教学中培养学生探究的能力 [J]. 考试周刊, 2019(15): 163. DOI: 10.3969/j.issn.1673–8918.2019.15.157.
[8] 李燕. 以科学探究与创新意识为导向的高中化学教学探究 [J]. 智慧引航, 2025, (32): 78–80.
[9] 郭鑫瑶. 绿色低碳视野下的化学 [J]. 化工管理, 2016, (32): 307.
[10] 苏森达, 魏文慧, 魏孔祥, 等. 浅谈绿色化学的发展与研究 [J]. 清洗世界, 2025, 41(9): 151–153.
[11] 葛杨, 吴晓松, 郭微, 等. 我国锑冶炼技术现状及富氧熔池熔炼研究进展 [J]. 稀有金属与硬质合金, 2025, 53(3): 51–57+65.
[12] 秦雪, 李玮, 於燕青, 等. “双碳”背景下我国钢铁领域碳减排路径研究 [J]. 科技风. 2024, (27). DOI: 10.19392/j.cnki.1671–7341.202427026.