

思维进阶促进学生模型认知素养的发展——以“金属的腐蚀与防护”为例

彭梦梵*

西华师范大学化学化工学院

DOI:10.12238/mef.v7i10.9699

[摘要]思维是智慧的核心，发展学生的思维对落实学科核心素养具有重要意义，本文以“金属的腐蚀与防护”为例，开展课堂实践活动，从立足、实践和发展电化学认知模型的视角，提高学生理解辨析、归纳论证、评价创新、应用迁移的思维能力，从而实现思维和电化学认知模型的进阶。

[关键词]思维进阶；模型认知；高阶思维；金属的腐蚀与防护

中图分类号：G4 文献标识码：A

Advanced Thinking Promotes the Development of Students' Model Cognitive Literacy——Taking “Corrosion and Protection of Metals” as an Example

Mengfan Peng

School of Chemistry and Chemical Engineering, China West Normal University

[Abstract] Thinking is the core of wisdom, and developing students' thinking is of great significance to the implementation of the core literacy of the subject. Taking “Corrosion and Protection of Metals” as an example, this paper conducts classroom practical activities from the perspectives of establishing, practicing, and developing electrochemical cognitive models. It aims to enhance students' thinking abilities in understanding and discrimination, inductive reasoning, evaluation and innovation, as well as application and transfer, thereby achieving the advancement of both thinking and electrochemical cognitive models.

[Keywords] Advanced thinking; Model cognition; Higher-order thinking; Corrosion and protection of metals

引言

化学学科核心素养是学科育人价值的集中体现，化学思维是关于物质组成、结构、性质、变化的关联，是认知、掌握和发展化学的智慧，是探究活动的灵魂^[1]，思维进阶的过程是实现素养发展的内在、本质和必然要求。“证据推理与模型认知”是化学学科核心素养的思维核心，要求学生通过分析、推理等方法认识研究对象的本质、要素及相互关系，建立认知模型，应用已有模型解释现象的本质和规律^[3]，设计方案进行验证并分析证据，从而完善模型、应用模型、发展模型，这是一个螺旋上升的过程^[4]。

欲引领学生深度思考，提升学生思维的关联化水平和模型认知素养，应引领学生在真实问题情境驱动下，进行预测、推理、实证的课堂实践活动，并通过(与宏观世界、伙伴世界、自我世界)对话，发展“具象到抽象、归纳到演绎、模仿到创新、孤立到系统”认识化学现象与化学变化的思维能力^[5]。“金属的腐蚀与防护”课程中学生难以将电化学认知模型与

陌生情境相关联，表现为较浅层次的机械记忆无法厘清概念的本质，在解释金属腐蚀和设计防腐措施的过程存在一定障碍，其主要因素为缺乏将抽象概念与具体实践相结合的高阶思维能力。笔者将以“金属的腐蚀与防护”教学为例，发展关于“概括关联、解释说明、推断预测、设计验证、分析评价^[6]”的高阶思维。

1. 思维课堂设计

本研究旨在通过电热水器的说明书，构建真实的问题情境，激发学生从生活的视角发现问题，并基于个人经验探讨电热水器内胆腐蚀的原因。这一过程不仅促进学生思维从具象到抽象的转变，而且深化对问题本质的分析。

在此基础上，进一步从学科视角出发分析热水器内胆腐蚀原因提取电化学模型探究金属腐蚀原理（立足电化学认知模型）；随后，引导学生从“条件、装置、反应、方法”四个关键要素出发，分析“镁棒”和“电子镁棒”的功能，并将其应用于电热水器内胆的防腐设计和改进（实践电化学认

知模型)。从要素提取到逻辑分析的过程学生问题解决能力提高,促进思维从表象到本质、从归纳到演绎、从模仿到创新的转变。

最后环节在科技前沿的跨学科迁移创新性应用中,学会辩证地看待金属腐蚀问题(发展电化学认知模型)。金属腐蚀与防护的知识不再是孤立的,而是形成了一个完整的体系,构建起解决一类问题的思维框架和模型(见图2)。通过“生活视角、学科视角和学科前沿”三个有梯度的环节,本研究引导学生进行科学的分析,推动了思维进阶,发展了认知模型。

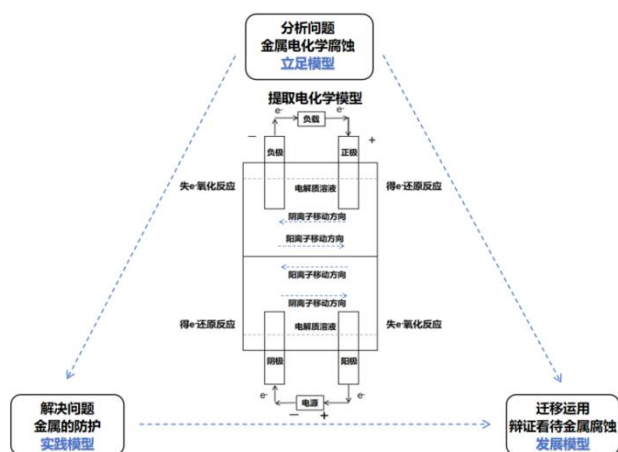


图1 金属电化学腐蚀及防护的一般研究思路及方法

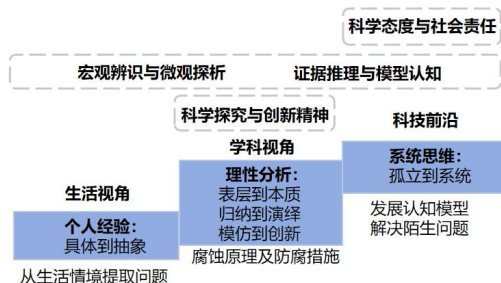


图2 思维的建构

2. 教学目标

本文将从“懂分析、会设计、能改进、可迁移”四个维度设计教学目标。通过热水器内胆腐蚀原理的实验探究,能够运用“宏-微-符”三重表征金属电化学腐蚀的原理,解释金属腐蚀的原因。通过“镁棒”防腐设计的分析,应用原电池认知模型掌握“牺牲阳极法”的电化学防腐原理。通过“电子镁棒”的防腐改进,应用电解池认知模型改进金属的防腐措施,掌握“外加电流法”电化学防护方法。了解医疗领域镁合金腐蚀的创新运用,体会化学对生产、生活及人类发展的重要作用,形成解决问题的一般思路与方法。

3. 教学流程

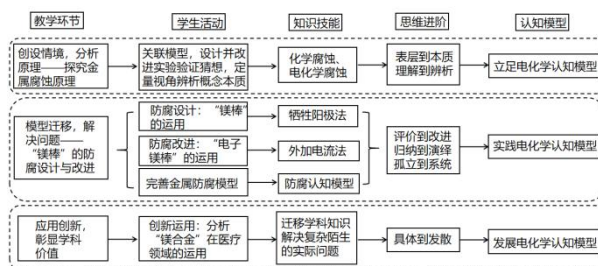


图3 教学流程

4. 教学实录

4.1 创设情境, 分析原理——探究金属腐蚀原理

【PPT】展示电热水器说明书及维修流程图

说明书[摘要]为确保热水器能够高效运行,建议每三年应清洗一次内胆并联系售后更换镁棒(“电子镁棒”免更换),以预防内胆腐蚀发生漏电等安全事故。

【问题探究】外壳较完好,为何内胆更易腐蚀呢?请尝试从环境和材料组成两个角度进行分析。

【学生】外壳金属有涂层保护减少与外界接触而相对完好,内胆长期接触高温自来水,更容易和水中物质反应而被腐蚀。内胆为Fe和C构成的不锈钢合金,易与自来水构成原电池,加速铁的腐蚀。

【教师】请同学们尝试绘制内胆腐蚀的简易装置图,并用化学方程式预测的腐蚀机制。

【预测】负极: $\text{Fe}-2\text{e}^-=\text{Fe}^{2+}$; 正极: $\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}+4\text{e}^-=4\text{OH}^-$
总反应: $2\text{Fe}+2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2=2\text{Fe}(\text{OH})_2$;

【教师补充】最终形成铁锈的原因:

$4\text{Fe}(\text{OH})_2+2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2=4\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 失去部分水生成为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (铁锈)

【定性探究】设计实验以验证电极反应的猜想。

【学生1】可以检验负极是否产生 Fe^{2+} , 可以将 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液加入电解质溶液中, 观察是否出现蓝色沉淀来检验负极反应。

【学生2】将适量碳粉、铁粉及自来水置于矿泉水瓶中拧紧瓶盖, 若容器内氧气被消耗导致容器凹陷, 可证明氧气参与正极反应(见图4)。

【教师】实验设计的很巧妙,但是铁粉在自来水中腐蚀时间过长不便于实验观察,并且资料表明:洁净的Fe粉与 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液反应会产生 Fe^{2+} 干扰实验现象^[7], 如何克服难题改进实验?

【学生3】联想到海平面的金属腐蚀速度快,改用饱和食盐水增强溶液的导电性而不改变其酸碱度。

【学生4】检验是否有 Fe^{2+} 产生时不能让Fe粉与 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液直接接触,可以用两张叠放的滤纸盛适量混合均匀的铁粉和碳粉,往混合粉末上滴加饱和食盐水,移走

上层滤纸后再用 $K_3[Fe(CN)_6]$ 试液滴加在下层滤纸的滤液上, 出现蓝色则证明滤液中含有 Fe^{2+} 证实负极反应。

【演示实验】课前准备实验装置验证电极反应(见图4、5)。



图4 铁的吸氧腐蚀



图5 验证铁的吸氧腐蚀负极产物的改进实验

【结论】电热水器内胆腐蚀构成原电池这种腐蚀叫做电化学腐蚀, 比较活泼的金属 Fe 做负极被加速腐蚀。

【教师】电热水器内胆腐蚀是中性环境中发生, 但在生产中的金属设备则有可能暴露在强酸环境中, 请同学们使用化学方程式描述强酸环境下钢铁腐蚀的原理。

【学生5】钢铁与强酸环境构成原电池, 发生电化学腐蚀。

负极: $Fe-2e^- \longrightarrow Fe^{2+}$ 正极: $2H^++2e^- \longrightarrow H_2 \uparrow$ 总反应: $Fe+2H^+ \longrightarrow Fe^{2+}+H_2 \uparrow$

【学生6】活泼金属 Fe 在强酸中可直接与酸发生置换反应, 生成氢气 (H_2)。

【演示实验】用注射器将适量盐酸注入图4的矿泉水瓶中, 观察实验现象(见图6)。



图6 强酸环境下金属腐蚀的实验探究

【结论】金属腐蚀与其材料本身有关。纯金属与其表面接触的物质(如: O_2 、 Cl_2 、 SO_2)直接反应而引起的腐蚀

叫做化学腐蚀, 由于广泛使用合金, 化学腐蚀和电化学腐蚀往往同时存在。

【定量探究】分析资料卡片(见图7)的实验数据进一步定量的完善金属电化学腐蚀的结论, 让实验结论更具有说服力。请结合图像数据定量分析不同环境下正极放电的物质。

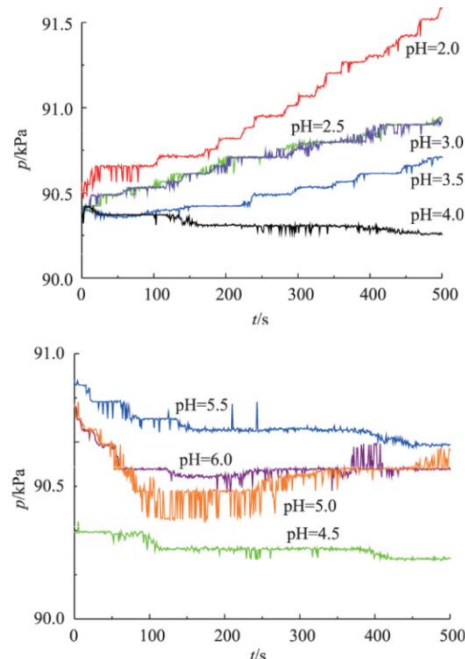


图7 基于传感器探究 pH=2.0-4.0 和 pH=4.5-6.0 体系压强随时间的变化^[8]

【学生讨论】当发生电化学腐蚀 pH 在 2.0-3.5 时, 随着反应进行气压呈变大趋势, 主要发生析氢腐蚀; pH 大于等于 4.0 时, 随着反应的进行气压呈减小趋势, 主要发生吸氧腐蚀, 电热水器内胆则发生的是吸氧腐蚀。

【教师补充】酸性条件下 (pH=2.0-6.0) 析氢腐蚀和吸氧腐蚀同时发生, 但二者为竞争关系。pH=2.0 时析氢腐蚀现象最明显; pH $\geq$ 4.0 时体系溶解氧和压强持续在减小, 主要发生吸氧腐蚀。

【设计意图】创设真实情境激发学习兴趣, 引导学生将金属腐蚀问题与原电池建立关联, 开展生成性活动设计实验验证腐蚀原理的猜想, 培养学生面对挑战时的批判性思维 and 创新能力。同时, 从现象深入本质辨析金属电化学腐蚀的两种类型, 从“定性和定量”两个维度深化学生的理解, 拓展学生的化学学习视角。

4.2 模型迁移, 解决问题——“镁棒”的防腐设计与改进

【教师】金属腐蚀的损失对经济、环境甚至生命安全等带来巨大影响。请各小组基于破坏腐蚀条件, 初步设计金属防腐方案。

【成果展示】从破坏腐蚀的条件出发找到对应的防腐措施及具体方法。(见图8)

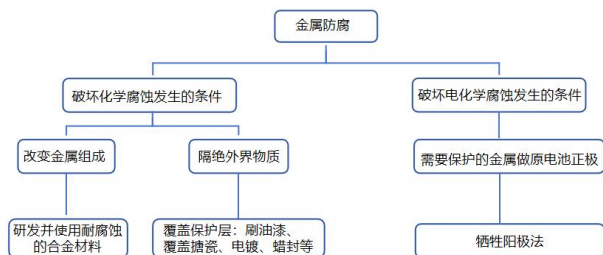


图8 金属防腐模型的初步设计

【深入探讨】请思考电热水器中的“镁棒”对内胆金属防腐的作用，为何需要定期更换定期清洗内胆？分析其工作原理和所需条件，并绘制简化装置图。（思维从归纳到演绎）



图9 镁棒防腐设计模型

【学生讨论】在电热水器中镁棒与内胆构成原电池，镁棒做负极，内胆的金属铁做正极，镁失去电子参与电化学腐蚀从而保护内胆并且有沉积物产生，因此需要定期清洗内胆更换镁棒。展示小组讨论成果（见图9）。

【教师】同学们分析非常到位，在此牺牲阳极法保护了电热水器内胆，然而用户可能忘记更换镁棒带来安全隐患，是否还有更好的防腐措施呢？

【资料卡片】产品介绍：经过技术的迭代“电子镁棒”实现了电热水器的终生免更换，但使用过程不能断电，纯钛阳极棒采用航天级纯钛材料真正实现“0”消耗免更换，保护热水器内胆经久耐用。

【进一步探讨】“电子镁棒”如何实现终生免更换？为何使用过程不能断电？请分析其背后的防腐原理、所需条件及绘制简易装置图。

【学生讨论】“电子镁棒”采用的是纯钛金属材料作电解池阳极，惰性电极材料不参与化学反应，溶液中阴离子在钛电极上放电，不会损失阳极材料无需更换电极；同时热水器内胆作为电解池阴极被保护不易发生腐蚀。板书展示小组讨论的简化装置、电极反应及构成条件。（见图10）



图10 “电子镁棒”防腐设计模型

【教师】利用“外加电流法”是热水器防腐的新突破，优于传统的“牺牲阳极法”。如今电热水器更是进入3.0时代，配备AI人工智能芯片可以满足多元的需求，真正实现“免修不漏水，终身免更换。”

【任务】“镁棒”更新迭代折射出科技的发展与科学探究的精神，但金属防腐问题并非一劳永逸，一些大型工程或设备需要后期进行实时监控以防潜在问题，防止酿成巨大经济损失和人员伤亡^[9]。请结合热水器防腐改进的探究，进一步完善金属防腐模型。

【成果展示】完善防腐方案增加时间维度进行全程的技术监控提升防腐效益。（见图11）

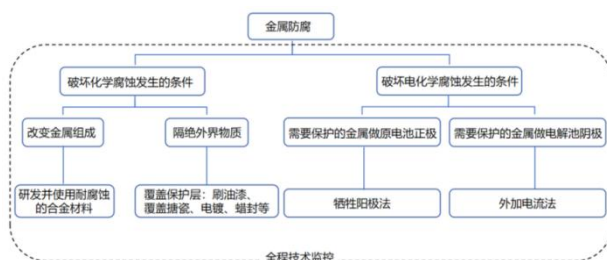


图11 完善金属防腐模型

【设计意图】引导学生应用认知模型综合分析并解决问题，最终自主完善金属防腐模型，思维从孤立到系统，发展了学生“归纳演绎”、“评价改进”的能力。从生活中来到生活与生产中去，在防腐的更新换代中感受科技发展与科学创新的精神，让学生体会化学对人类发展做出的重要贡献。

4.3 应用创新，彰显学科价值

【任务】“镁”好时代并不遥远以“械”造福人类健康。尝试运用资料信息探讨在医学领域镁合金展现的优势。

【资料卡片】骨科领域应用：相对于传统骨科植入器械，镁合金植入器械可以在受损骨组织完成修复后降解吸收不需要二次手术取出，能减少患者痛苦和治疗成本。^[10]

镁合金降解的3种有效抗肿瘤产物：氢氧化镁、氢气和镁离子。（1）肿瘤细胞糖酵解产生的乳酸为pH 6.8的酸性微环境，氢氧化镁能够持续碱化肿瘤微环境，抑制肿瘤细胞增殖、激活抗肿瘤免疫；（2）氧化应激会促进肿瘤生长和侵袭转移，氢气具有显著抗炎、抗氧化的作用，增强抗肿瘤

药物的敏感性；（3）肿瘤患者多合并低镁血症，影响组织细胞的酶促反应和代谢功能，进而加速肿瘤的恶性进程。降解持续产生高镁离子能够抑制癌细胞恶性进展，实现综合抗癌疗效^[11]。

【学生】镁合金的力学性能优异且腐蚀速率较快，镁合金发生电化学腐蚀降解不需要二次手术取出可以减少患者痛苦和治疗成本，并且其降解过程的主要产物具有抗肿瘤的作用。

【教师】同学们有效地将电化学知识应用于实际问题的分析中。镁合金具有低密度、高比强度、可生物降解、生物相容性好诸多优点，是骨科、心血管和抗肿瘤医学领域的理想材料。我们在生活和生产过中亦需趋利避害，找到方法抑制有害的腐蚀，也要善于利用腐蚀的有益之处。

【设计意图】化学在生物医疗领域跨学科的运用展现了无限“镁”力，化“腐朽”为“神奇”发散学生思维，开拓了学生的视野，锻炼了学生迁移运用电化学认知模型解决问题的能力，鼓励学生辩证的看待科学现象，并在实际应用中寻求平衡。

5. 教学效果与反思

通过实施思维活动的课堂设计，有助于跳出旧框架提出新颖独特的思考与见解，思维进阶和模型发展的过程中高阶思维能力得到了锻炼，凸显了原电池和电解池认知模型的实际意义和功能价值，落实了对学生化学学科核心素养的培养。

在教学实践中，学生面临分析腐蚀原理、设计防腐方案、改进措施以及创新应用等一系列复杂探究活动的挑战。这对他们的能力提升提出了更高要求。因此化学教师要为学科知识找到可以“附着”的真实情境，设计富有逻辑的思维实践活动将其串联起来，以具有一定思维容量的问题，引导学生观察、预测、推理、证明，帮助学生树立根据信息建构模型，

运用模型分析解决问题的能力，从而推动他们的思维向更高层次发展，并促进其核心素养的全面提升。

【参考文献】

[1]吴俊明.关注化学思维研究化学思维[J].化学教学,2020,(3):1-9.

[2]中华人民共和国教育部.普通高中化学课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2020:30.

[3]单旭峰.对“模型认知”学科核心素养的认识与思考[J].化学教学,2019,(03):8-12.

[4]李发顺,叶跃娟.思维课堂的设计、实践与生成——“化学反应与热能”课例赏析[J].化学教学,2022,(10):60-63.

[5]房喻,徐瑞钧.普通高中化学课程标准(2017版)解读[M].高等教育出版社,2019.

[6]房寿高.铁氰化钾溶液与铁反应的实验探究[J].化学教学,2014,(10):59-61.

[7]吴晓红,徐建菊.基于传感器探究酸性条件下铁的吸氧腐蚀[J].化学教育(中英文),2019,40(01):50-53.

[8]王秋,赵书晨,刘国强.基于模型认知的板块任务式化学课堂教学设计——以“金属的腐蚀与防护”为例[J].辽宁师范大学学报(自然科学版),2022,45(01):65-71.

[9]镁途.镁应用:骨科植入器械用镁合金[EB/OL].[2022-4-1].<https://zhuanlan.zhihu.com/p/491467746>

[10]Binghui Xu, Yuna Song, Kairan Yang, Yichen Li, Bendong Chen, Xia Liao, Qingan Jia. Magnesium metal and its corrosion products: Promising materials for tumor interventional therapy[J]. Journal of Magnesium and Alloys, 2023, 11(03):763-775.

作者简介:

彭梦梵(1996-),女,汉族,广东人,硕士,研究方向:学科教学。