

# 科研问题导向的无机化学教学实践探索

## ——以配位化合物为例

马路璐\*, 尹晓杰, 吴蓉, 秦国旭, 孔亚琼, 韩阳  
巢湖学院化学与材料工程学院, 安徽 合肥 238000

DOI: 10.61369/ETR.2026110034

**摘要:** 针对当前地方院校无机化学课程中普遍存在的学生学习内驱力弱化、理论教学与科研实践脱节等突出问题, 本文以配位化合物为例, 探索性构建科研问题导向的新教学模式。通过建立科学前沿问题与基础理论的内在关联(如 MOF 孔结构与气体吸附量之间的关系), 引导学生开展深度探究, 有效提升学习兴趣与专业期望, 破解“学用割裂”的困境。实践表明, 该模式不仅显著提升了学生的深度学习能力和学科认同度, 更通过知识体系构建、科研能力训练与学科价值引领的协同培养, 打通了从理论认知到科学研究的转化路径, 为化学课程改革提供了可推广的实践方案。

**关键词:** 无机化学; 教学改革; 科研问题导向; 配位化合物

## Exploration of Inorganic Chemistry Teaching Practice Guided by Research Questions-A Case Study of Coordination Compounds

Ma Lulu\*, Yin Xiaojie, Wu Rong, Qin Guoxu, Kong Yaqiong, Han Yang

College of Chemistry and Materials Engineering, Chaohu University, Hefei, Anhui 238000

**Abstract:** To address the common issues in inorganic chemistry courses at local universities, such as the weakening of students' intrinsic motivation and the disconnect between theoretical teaching and research practice, this paper takes coordination compounds as an example to explore the construction of a new research problem-oriented teaching model. By establishing intrinsic connections between cutting-edge scientific questions and fundamental theories (such as the relationship between MOFs material stability and crystal field theory), students are guided to engage in deep exploration, effectively enhancing their learning interest and professional expectations, thereby breaking the dilemma of "separation between learning and application." Practice has shown that this model not only significantly improves students' deep learning abilities and disciplinary identity, but also, through the coordinated cultivation of knowledge system construction, research skill training, and disciplinary value guidance, bridges the pathway from theoretical understanding to scientific research, providing a replicable practical solution for chemistry curriculum reform.

**Keywords:** inorganic chemical; teaching reform; research problem-oriented; coordination compounds

无机化学作为化学学科的重要分支, 其教学内容既包含丰富的理论知识, 又与科学前沿问题紧密相连<sup>[1]</sup>。然而, 在当前的教学实践中, 普遍存在理论与实践(实验、实际应用)脱节的问题, 导致学生难以将抽象概念转化为解决实际问题的能力, 甚至超过半数的学生认为无机化学理论抽象难应用。尽管近年来教育工作者通过优化课程体系、引入案例教学等多种方式加以改进, 但如何真正实现知识的内化与迁移, 仍是亟待深入探索的课题。配位化合物作为无机化学的核心内容之一, 是衔接基础理论与前沿应用的理想载体, 但由于其抽象的理论知识要点, 大多数学生不能将理论知识与实际应用结合起来, 学习期望值不高<sup>[2]</sup>。巢湖学院作为一所地方性应用型高校, 其核心任务是培养兼具专业性与实践能力的应用型人才, 科研问题导向的课程模式不仅可以激发学生的学习兴趣, 还能使学生更早的树立职业目标。本文以配位化合物为例, 探讨科研问题导向的无机化学课程新模式构建的具体实践策略, 以期为地方院校提供无机化学课程改革提供参考。

为了更好的了解我校学生对现有教学模式的学习情况和诉求, 我们通过学习通 App 上发布调查问卷, 对巢湖学院的 2025 级应用

### 项目信息:

巢湖学院博士科研启动基金项目 (No: KYQD-2024036);

安徽省质量工程项目 (No: 2024xsxx081);

巢湖学院校级教学改革与研究项目 (No: x24jyxm08, x24jyxm21);

安徽省高等学校省级质量工程项目六卓越一拔尖项目 (No: 2023zybj053);

安徽省质量工程应用化学传统专业改造提升项目 (No: 2023zygzts085);

安徽省质量工程大中小学课程思政一体化示范课程 (No: 2024dzxkc114);

巢湖学院校级教学改革与研究项目 (No: x24jyxm05)。

通讯作者: 马路璐 (1993—), 女, 讲师, 研究方向为配位化合物的设计与合成, 气体吸附与分离。

化学、环境生态工程两个专业，共计127名同学做了相关调查。调查结果显示：（1）仅36%的同学对现有授课模式满意，学习兴趣浓厚，并且能够熟练掌握、运用相关知识点；（2）超过一半的同学认为配位化合物章节知识点较为抽象，知识点难理解；（3）64%同学希望能够通过改变教学模式来增加自己的学习期望。

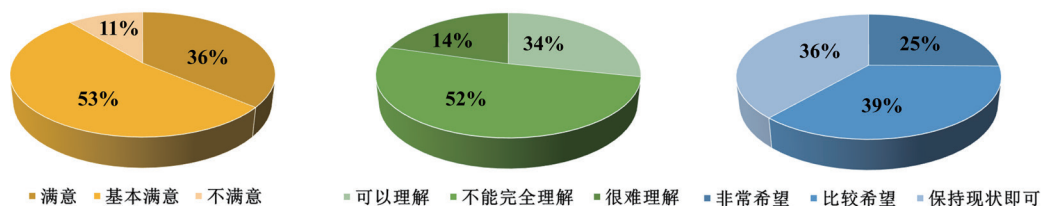


图1 我校学生对配位化合物章节学习情况的统计分析

## 一、地方院校学生对无机化学课程学习的问题

地方院校学生的化学基础存在明显的个体差异，这种差异在很大程度上影响着无机化学课程的教学效果<sup>[3]</sup>。由于基础教育阶段的学科发展不均衡，部分学生在中学阶段就培养了扎实的化学基础和浓厚的学习兴趣，这类学生通常能够快速适应大学课程的教学节奏，保持良好的学习习惯并取得优异成绩。然而，更多学生面对无机化学课程的理论深度和抽象性时显得准备不足，他们中有的因基础薄弱而学习吃力，有的则因缺乏兴趣而动力不足，导致相当比例的学生将学习目标仅仅定位于考试及格。这种差异化的学习状态不仅给教师的教学组织带来挑战，更重要的是制约了学生对专业知识的系统掌握和深入理解，影响了课程的整体教学质量。

### （一）当前教学模式的问题剖析

当前教学中，传统的教师主导型模式仍占主流，这种单向知识灌输的教学模式是导致师生互动不足、课堂氛围沉闷的主要原因，学生学习积极性也难以有效激发。尤其值得注意的是，课程本身的理论抽象性与教学进度的紧凑性形成叠加效应，导致学生在课堂上普遍出现跟不上进度、知识理解碎片化等问题，严重制约了学习效果的提升<sup>[4]</sup>。在考核评价方面，现行机制存在明显的结构性失衡：过度依赖期末笔试的终结性评价，忽视了课堂参与度、小组讨论贡献度等过程性评价指标；考试内容设计偏重于知识点的机械记忆，对概念理解深度和实际应用能力的考查明显不足，这种评价导向客观上强化了学生的应试化学习策略，不利于化学思维的培养和实践能力的提升。

### （二）学生对当前教学模式的评价与建议

为了深入了解学生对现行教学模式的真实感受，本研究采用问卷调查法对2024级学生开展了教学评价调研。通过对反馈数据的系统分析，主要发现如下：

（1）课堂教学模式仍以传统的单向灌输模式为主，存在课堂互动不足、学习驱动力弱化现象。超过半数的受访学生建议教师加强理论联系实际的教学设计，通过生活化案例解析抽象化学原理。这种情境教学法不仅能显著提升学习兴趣，更有助于培养学生知识应用能力。

（2）现有考核过度依赖期末笔试，导致“突击应试”现象普遍，忽视系统学习专业课程的重要性。建议老师构建更加科学合

理的评价体系，适当提升过程性评价比重，将课堂参与度、小组讨论贡献等纳入考核范畴，这种多元化的评价导向不仅能够全面反映学习成效，更能有效引导学生重视学习过程的积累和实践能力的提升，从而实现从应试学习向能力培养的根本转变。

## 二、科研问题导向的无机化学课程新模式构建

科研问题导向教学是贯通理论认知与科研实践的关键纽带，不仅为知识迁移应用提供真实场景，更能显著提升学生的批判性思维和创新能力<sup>[5]</sup>。更重要的是，以科学前沿问题为驱动的学习模式，可有效衔接地方院校应用型人才培养目标与区域产业发展需求，为学生的职业发展和科研素养奠定坚实基础。然而，在传统知识传授型课堂中成长的学生，普遍缺乏将抽象理论转化为科学问题的能力——调查显示超60%的学生认为：配位化合物章节知识抽象、实际应用不强，主动探索学习的动力不足。因此，我们以学生诉求和学校定位需求为双基点，构建科研问题导向的无机化学课程新模式。

### （一）新教学模式的构建框架

本模式以解决科研问题为驱动核心，构建“问题导向-理论衔接-知识解析”的教学路径，贯穿无机化学核心理论体系。

课前预习阶段：教师精准投放与课程章节深度融合的前沿科学问题。例如在“配位化学”模块，以经典配位化合物MOF（金属有机框架化合物）为例提出“什么样的配合物可以实现储氢？为什么不同结构的配合物储氢能力差异颇大，储氢能力与什么因素有关？”并配套提供相关文献<sup>[6-8]</sup>。学生通过阅读文献，自主梳理问题解决所需的理论工具（如配位模式、晶体场理论、分子轨道理论），标注认知盲区，此过程迫使学生在科研实景中主动识别知识缺口，建立“为用而学”的内驱动机，教师通过在线平台实时采集预习困惑，动态调整课堂内容。

课堂知识衔接：教师首先展示预习阶段学生提炼的关键概念和遇到的普遍困惑。将“配合物储氢能力差异”这一核心问题，拆解为三个子问题，分别指向：金属中心电子结构的影响、配体及空间结构的作用、以及氢气与配合物的作用方式。最终以“结构决定性”为主线，系统整合晶体场理论、分子轨道理论和吸附热力学。构建逻辑推演链，从配位几何/配体场强→金属中心d轨道分裂与

电子排布→配合物的结构特点(如孔尺寸、孔道化学环境)→引出配合物与氢气的作用力模式→决定氢气结合能与吸附热→最终表现为宏观储氢性能的差异。使用经典 MOF 储氢材料(如 MOF-74 系列)作为贯穿案例,演示配合物吸附氢气的动态过程<sup>[9]</sup>。

课后深研阶段:将学生的认知从“解释已知”引向“探索未知”,自然过渡到后续的深度学习或科研案例分析环节。学生以小组自选拓展文献(教师提供策略库:如配体功能化修饰、MOF 孔化学环境调控),开展“结构-性能-机制”三个层次深度解析。要求解析材料的关键特征(如配位数、键角畸变),运用课程理论诠释性能数据(如吸附量)<sup>[10]</sup>。

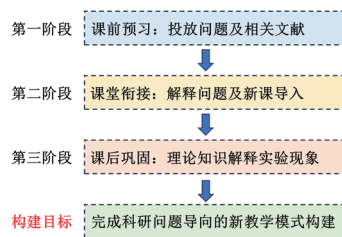


图2 科研问题导向的新教学模式的构建框架

## (二) 新教学模式的构建原则

新教学模式的构建遵循以下核心原则,旨在实现从“知识传授”向“能力与思维培养”的根本性转变:

### (1) 问题导向原则

以学科前沿、产业需求或科学探索中的真实复杂问题作为教学切入点,将问题解决过程贯穿教学全环节。该原则强调通过具有挑战性的真实情境激发学生的认知冲突与探索动机,引导学生围绕问题自主构建知识体系,培养学生从现象中提炼科学问题、运用理论工具分析问题的能力,实现从“被动接受知识”向“为解决问题而主动学习”的认知模式转变。

### (2) 能力与思维融合原则

以知识学习为载体,系统设计阶梯式能力训练路径,注重科研思维能力与专业实践的协同发展。该原则强调在解决复杂问题的过程中,培养学生综合运用多学科理论工具的能力(如晶体场理论与分子轨道理论的交叉应用),并渗透批判性思维、模型化思维与系统思维的训练,促进知识理解、方法掌握与思维提升的深度融合,实现从“记忆知识”到“运用思维”的能力跃迁。

### (3) 动态调整原则

推动知识传授、科研训练与价值引领的有机统一,构建开放、反馈驱动的教学生态系统。该原则强调将学科发展前沿、国家战略需求与课程内容深度融合,在科研实践过程中强化科学伦理与学科使命感的培育;同时依托实时学情反馈与动态评估机制,实现教学内容与方法的持续优化,形成“教学-反馈-迭代”的适应性闭环,保障育人目标的全面达成。

三大原则分别对应着教学改革三个维度:以真实问题为驱动激发学习动力,以能力生成为核心贯穿教学过程,以系统协同为支撑优化育人生态。三者相互关联、层层递进,共同构成一个以学生发展为中心的完整教育逻辑闭环,推动教学模式实现从“知识传授”向“素养塑造”的系统性转型。

## 三、新教学模式的实践效果

通过前后测对比发现,学生对配位化学的理解深度显著提升:能够准确描述配位结构、晶体场理论等要点的学生比例大幅提升;能够举例说明超分子配位化学应用的学生比例从21%提升至68%。学生反馈表示:这种从基础到前沿的教学方式帮助他们建立了完整的知识框架。总而言之,新教学模式的构建始终围绕“以真实问题为引擎,以理论实践融合为路径,以学生能力与思维发展为中心”这一核心,旨在培养出不仅具备扎实理论基础和熟练科研技能,更拥有创新思维与学科使命感的复合型人才。

## 四、结语

科学前沿问题引导的教学模式秉承“学生主体、能力本位”的教育理念,最大化发挥课程衔接科研前沿与产业实践的桥梁作用。教师通过引导学生解析配位化合物结构特征、解析 MOF 结构与性能关系的关键位点,驱动学生深度参与从理论推演到方案设计的全流程探究。该模式以配位化合物为实践载体,在培养学生科研思维与技术转化能力的同时,充分利用科研问题的探究性与前沿性激发学习内驱力,促成抽象理论向产业解决方案的跃迁。通过探索地方院校无机化学课程改革的范式,为同类院校提供了可复制的创新模板。

## 参考文献

- [1] 胡文远, 钟国清, 杨定明, 蒋琪英, 张欢. 基于“三维一体”线上线下混合式教学创新的探索与实践——以无机及分析化学课程为例[J]. 大学化学, 2021, 36(12): 2105064.
- [2] 翟全国, 薛东, 魏灵灵, 等. 突出“专业-能力-素质融合”是升华无机化学课程设计的核心——重构“基础无机化学”教学设计[J]. 大学化学, 2022, 37(11): 2205119.
- [3] 彭俊钰, 孔德龙, 崔环环, 闫春燕, 王峰. 问题导向预习下探究型教学模式的构建与实践——以无机化学元素性质实验为例[J]. 大学化学, 2026, 41(2): 73-81.
- [4] 刘洋, 侯磊, 张小娟, 李怀珠, 徐维霞, 高丰琴, 张引莉. 地方院校无机化学实验课程学习情况调查与分析[J]. 大学化学, 2023, 38(9): 60.
- [5] 刘军枫, 韩爱娟. MOF 的配体分析与结构设计——无机化学教学与前沿科学研究的融合[J]. 化工高等教育, 2024, 41(6): 31-36.
- [6] Yun-Hang Hu, Lei Zhang. Hydrogen Storage in Metal-Organic Frameworks[J]. Advanced Materials, 2010, 22(20): E117-E130.
- [7] Zhimeng Liu, Yuqiao Su, et al. Domain-Trained Language Model for Inverse Design and Synthesis of High-Performance Hydrogen Storage MOFs[J]. Angewandte Chemie-International Edition, 2025, 65(2): e13366.
- [8] Xiuyang Lu, Zhizhong Xie, Xuanjun Wu, Mengmeng Li, Weiyan Cai. Hydrogen storage metal-organic framework classification models based on crystal graph convolutional neural networks[J]. Chemical Engineering Science, 2022, 259, 117813.
- [9] Yongqing Wang, Zhiqiang Lan, Xiantun Huang, Haizhen Liu, Jin Guo. Study on catalytic effect and mechanism of MOF (MOF = ZIF-8, ZIF-67, MOF-74) on hydrogen storage properties of magnesium. International Journal of Hydrogen Energy[J], 2019, 44(54): 28863-28873.
- [10] Yu-Feng Zhang, Zong-Hui Zhang, Han Fang, Xin-Ai Guo, Ya-Nan Ma, Yue-Zhong Zhang, and Dong-Xu Xue. Highly Stable Amide-Functionalized Zirconium-Organic Frameworks: Synthesis, Structure, and Methane Storage Capacity[J]. Inorganic Chemistry, 2023, 62(49): 20513-20519.