

产学研融合视角下大一无机化学课程教学改革研究

——依托电解水制氢产业前沿推动学生学习模式转型

周道金*

化工资源有效利用全国重点实验室, 北京化工大学化学学院 北京

【摘要】大一时期是学生从应试学习向自主探究式学习转变、建立专业认知与科学思维的关键启蒙阶段。当前高校无机化学教学多采用传统讲授模式, 存在理论内容抽象、教学与产业实践脱节等问题, 致使学生长期依赖机械记忆, 缺乏问题探究与知识应用能力, 难以适配新时代创新型工科人才的培养需求。本文依托北京化工大学孙晓明教授团队电解水制氢的原创成果及产业化体系, 将超疏气纳米阵列电极、波动工况防护层等前沿案例嵌入大一化学键、电化学基础、配位化合物等章节教学。改革以气泡堵塞、腐蚀防护等产业痛点替代概念先行讲授; 删除机械默写, 增设探究任务; 降低背诵类试题分值至 40% 以下。123 份问卷显示, 65% 学生思维明显转变。该改革引导学生摒弃机械背诵, 树立学以致用思维, 增强专业认同, 为教改提供可复制范式。

【关键词】产学研融合; 无机化学; 大一新生; 学习模式转型; 电解水制氢; 双碳目标

【基金项目】北京市科技新星项目 (202604841180 和 20250484783)

【收稿日期】2026 年 7 月 23 日

【出刊日期】2026 年 9 月 15 日

【DOI】10.12208/j.ije.20260119

Teaching reform of freshman inorganic chemistry from the perspective of industry-education-research integration: Transforming student learning models via industrial frontiers in water electrolysis for hydrogen production

Daojin Zhou*

Dept. State Key Laboratory of Chemical Resource Engineering, College of Chemistry, Beijing University of Chemical Technology, Beijing

【Abstract】 The freshman year serves as a critical initiating stage for students to transform from exam-oriented learning to inquiry-based autonomous learning, and to establish professional cognition and scientific thinking. However, current inorganic chemistry teaching in most universities still adopts traditional lecture-based models, which suffer from abstract theoretical content and a disconnection between instruction and industrial practice. As a result, students tend to rely on rote memorization over a long period, lacking the capacity for problem exploration and knowledge application, and thus failing to meet the cultivation requirements for innovative engineering talents in the new era. This paper integrates frontier industrial cases from Professor Sun Xiaoming's team at Beijing University of Chemical Technology—including superaerophobic nanoarray electrodes and protective layers for fluctuating conditions—into freshman chemistry courses (Chemical Bonding, Electrochemistry, and Coordination Compounds). The reform replaces concept-first instruction with industry pain points (e.g., bubble blockage, corrosion protection) as chapter openers, eliminates rote memorization in homework in favor of inquiry-based tasks, and reduces recitation-type exam questions to below 40%. Survey feedback from 123 students indicates that 65% showed a significant shift in learning mindset. This reform steers students away from mechanical memorization toward application-oriented thinking, strengthens professional identity, and offers a replicable model for foundational chemistry curriculum enhancement and undergraduate talent development.

【Keywords】 Industry-university-research integration; Inorganic chemistry; Freshmen; Learning model transformation; Water electrolysis for hydrogen production, Dual carbon goals

*通讯作者: 周道金

1 引言

无机化学是化工、应化、材料、环境等工科专业的入门核心基础课，兼具构建化学理论框架、培育科学素养以及助力学生由高中应试学习向大学专业学习过渡的重要作用。高中化学围绕应试开展灌输式教学，学生长期依靠死记硬背、套路刷题备考。步入大学后，面对化学键、电化学平衡、配位化学等抽象知识，多数新生仍固守应试学习模式，机械背诵概念与方程式，只求考

试及格，不去深挖理论本质，也不会结合工程实际思考知识用途。同时新生专业认知较为薄弱，误以为基础理论实用性不强，学习积极性低下。仅优化传统授课模式难以解决现存教学弊病，需要结合国家战略性新兴产业需求与高校科研产业化实例，依托实际工程问题引领课堂教学，引导学生自主剖析、理解并灵活运用知识，推动学生由被动听课转变为主动探究，实现从应试刷题到学以致用用的根本性转变（图1）。

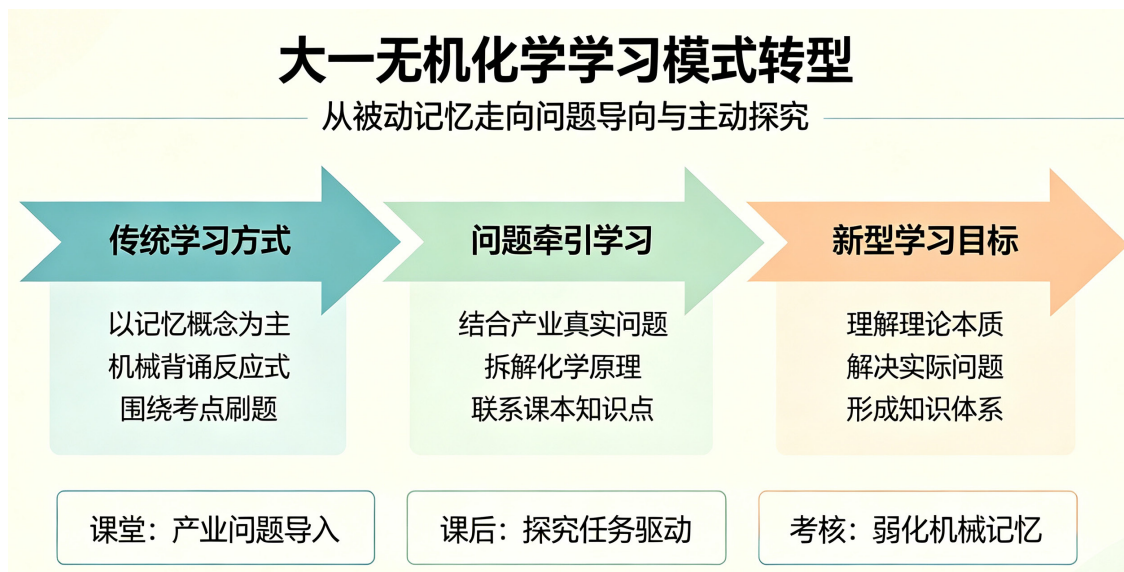


图1 学习模式转型示意图

从传统模式：课堂单向听讲、死记概念方程式、刷题应试、知识点碎片化向教改新模式：产业问题导入、主动拆解理论、小组研讨分析、学以致用搭建知识体系转变。

在我国碳达峰、碳中和的重大国家战略布局下，能源结构绿色转型、工业体系低碳升级成为各行各业的核心发展方向，可再生清洁能源的规模化开发与高效利用是实现双碳目标的核心关键。通过利用风电、光伏富余低谷绿电驱动水电解反应制备绿色氢气，既能够就地消纳波动性新能源电力，实现清洁能源的储能利用，又可以产出零碳排放的高品质绿氢。当前碱性电解水制氢技术是商业化最成熟、适配性最广的制氢技术路线，已广泛应用于工业规模化制氢场景，而整套电解水制氢装备的核心技术瓶颈主要集中在催化电极材料改性、固液气三相界面润湿调控、新能源波动工况下设备稳定性控制、电极抗腐蚀防护等关键领域。深入剖析相关技术痛点可以发现，所有产业卡脖子难题的破解，均植根于大一无机化学所讲授的电化学基本原理、元素配位特性、物质结构与性能构效关系、化学平衡移动原理、界面物理化学等核心基础知识点。随着绿氢产业的快速规模化扩张，行业亟需大

量具备扎实无机化学基础、能够从底层理论角度理解电极设计、材料改性、工况优化逻辑的一线技术人员与后备科研人才。

北京化工大学孙晓明教授团队深耕碱性电解水制氢界面与电极改性研究十余年，搭建起机理探究、电极研发、试验优化直至兆瓦级制氢装备量产的全链条产学研体系。针对行业气泡遮挡活性位点、传质效率低下、工况波动引发电极腐蚀等难题，团队研发超浸润电极、超疏气纳米阵列电极与适配波动电源的防护层三项原创方案，相关成果刊发于《Nature》等权威期刊，还落地全球首套兆瓦级制氢设备，突破海外产品技术垄断，助力国内绿氢产业低成本规模化发展。该系列技术创新均根植于大一无机化学核心内容：疏气电极依托界面浸润、微观结构与物化性能关联规律；防腐防护层运用氧化还原平衡、金属钝化、配位稳定等原理；催化剂改性依托过渡金属价态、晶体场理论等基础知识。这套从产业难题出发，经由理论剖析、科研优化到工业化验

证的完整案例贴合低年级学生认知，既可提振学生专业自信，也能把零散理论转化为实际工程问题，十分适合应用于无机化学产学研融合教学。

2 产学研融合融入大一无机化学教学的内在必要性

大一阶段是重塑学习思维、养成专业学习习惯的关键时期。高中应试学习侧重被动记知识点、套用解题模板，缺少探究思考；大学理工科讲究以问题为导向，

依托理论分析并解决实际问题，两种学习模式差异显著。传统无机化学单向授课，学生只需机械背诵知识点便能完成考核，应试思维难以转变^[1]。将电解水制氢行业气泡堆积、能耗偏高等现实难题引入课堂，以工程问题带动理论学习，促使学生主动运用电化学、表面化学等知识剖析问题。搭配轻量化探究作业，帮助学生整合零散知识点，构建应用型知识体系，扭转重记忆轻思考的心态，树立学以致用的专业学习观念。

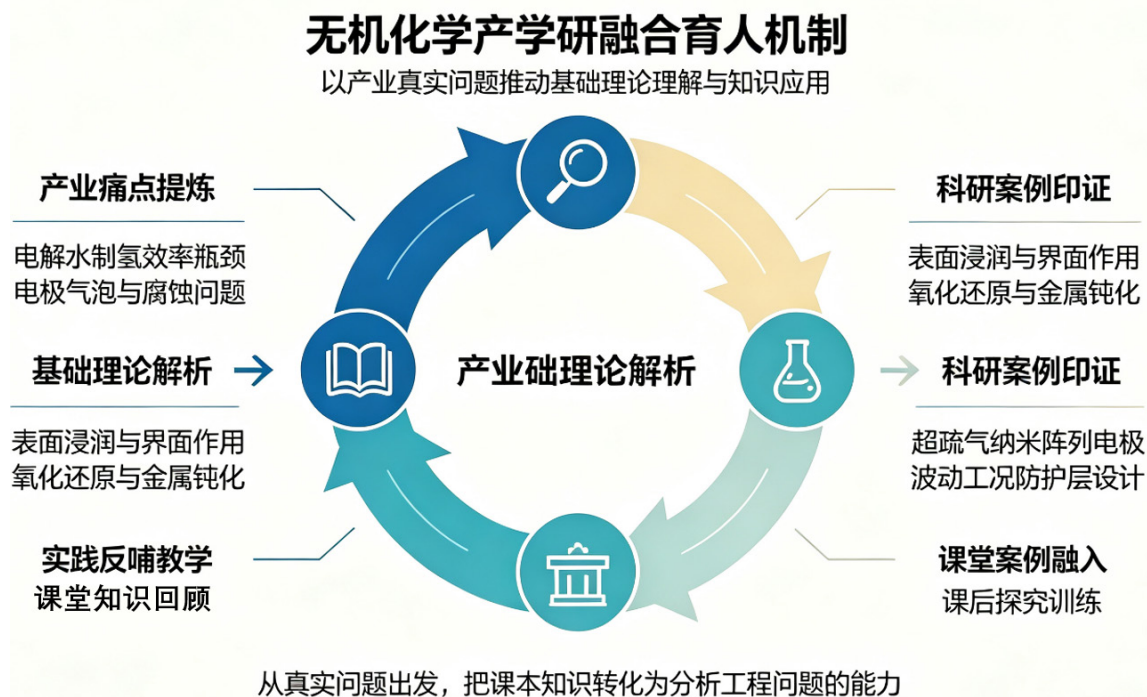


图2 产学研融合育人闭环机制

从绿氢产业实际技术难题对接到无机化学课本基础理论并延伸到融入课堂教学迭代优化。

产学研融合教学对接国家产业战略，可重塑新生专业认知、激活自主学习动力。化工、材料类大一新生的正处在从中学应试教育向大学专业教育过渡的关键阶段，不少学生是出于盲目填报、家长建议或是专业调剂进入本专业，入学之后普遍存在专业归属感不强、对学科实际应用价值认知模糊的现象，学习缺少内在驱动力，课堂学习多处于被动应付的状态。很多新生片面地把大学学习等同于完成课程任务、修满学分，看不到基础课程和国家产业发展之间的联系，容易滋生“基础理论脱离实际”的消极看法，进而出现学习目标模糊、学习积极性偏低等现实问题^[2]。立足双碳战略下绿氢产业快速发展的时代背景，在无机化学课堂引入北京化工大学孙晓明教授团队攻克电解水电极“卡脖子”技术、实现科研成果国产化与产业化落地的真实实例（图

2），能够帮助学生跳出课本局限，直观意识到无机化学是新能源技术迭代升级的底层理论支撑。氧化还原反应规律、配位化学原理、固-液-气界面特性等课内讲授的基础知识点，正是高性能催化电极开发、降低绿氢生产成本过程中不可缺少的理论依据，以此纠正学生“理论脱离实际”的错误想法，推动学生把浅层的学分导向学习目标，逐步转变为锤炼专业本领、服务国家能源转型的内在追求。与此同时，科研团队直面技术难题、潜心攻关、坚持科技报国的科研历程，也能够潜移默化涵养学生严谨求实、勇于创新的科学素养，真正实现知识传授、能力锻炼与价值引领的一体化育人效果。

传统无机化学课堂教学模式相对封闭，理论讲授、科学前沿与产业实践三者之间相互割裂，教学多按照教材章节顺序推进，更加侧重概念记忆与知识点输出^[3]。

受高中应试思维惯性影响,学生习惯于碎片化记忆各类知识点,机械背诵反应方程式、物质理化性质,却很少思考知识产生的现实背景,也难以建立不同模块知识之间的内在联动,面对复杂实际问题时缺乏分析与迁移能力^[4]。而该团队从产业现实难题出发,历经机理探究、试样迭代优化直至工业化装备落地的完整研发链条,逻辑清晰、层次完整,十分适合拆解之后融入日常授课环节。在教学过程中同步讲解基础理论如何支撑科研创新、科研成果如何经过工艺放大走向工业化落地的内在逻辑,帮助学生搭建起“基础理论—科研创新—产业实践”的闭环认知框架,引导学生摆脱应试模式下功利化的学习思维,逐步改掉死记硬背、考前突击的学习习惯,着重培育从实际工程问题出发、灵活调用理论知识分析问题的综合思维,为学生后续学习专业课程、参与科创实践以及长远的职业发展筑牢思维根基。

3 电解水制氢产学研成果对应的无机化学基础理论体系解析

北京化工大学孙晓明团队电解水制氢相关科研及兆瓦级产业化技术均扎根大一无机化学基础知识,十

分适合作课程产学研教学素材。电解过程中电极表面气泡堆积覆盖活性位点,增大界面电阻、拉高能耗是行业普遍难题。团队依托表面化学、物质结构理论构筑纳米阵列电极,依靠调控表面粗糙度优化界面浸润效果,加快气泡脱附,有效消除气泡屏蔽问题;选用镍作电极基底契合过渡金属理化特性,再借助配位化学、晶体场理论负载镍铁氢氧化物、镍钴磷化物催化剂,优化电解催化性能^[5](图3)。

针对风光发电功率波动造成电极易腐蚀的问题,团队依据氧化还原电势、金属钝化原理设计自适应复合防护层,停机时隔绝氧气、氯离子避免镍基底腐蚀,工作时自动解离不干扰电解,设备可长时间稳定运转。面对海水电解氯离子侵蚀问题,依托化学平衡移动原理提高电解液碱浓度,依靠氢氧根抑制氯离子吸附,省去高额海水预处理成本。把上述工程难题融入电化学课堂,引导学生利用电极电势、氧化还原平衡等基础理论剖析腐蚀机理与防护思路,一改学生死记硬背公式的学习模式,切实锻炼学生运用基础化学知识剖析、解决实际工程问题的能力。

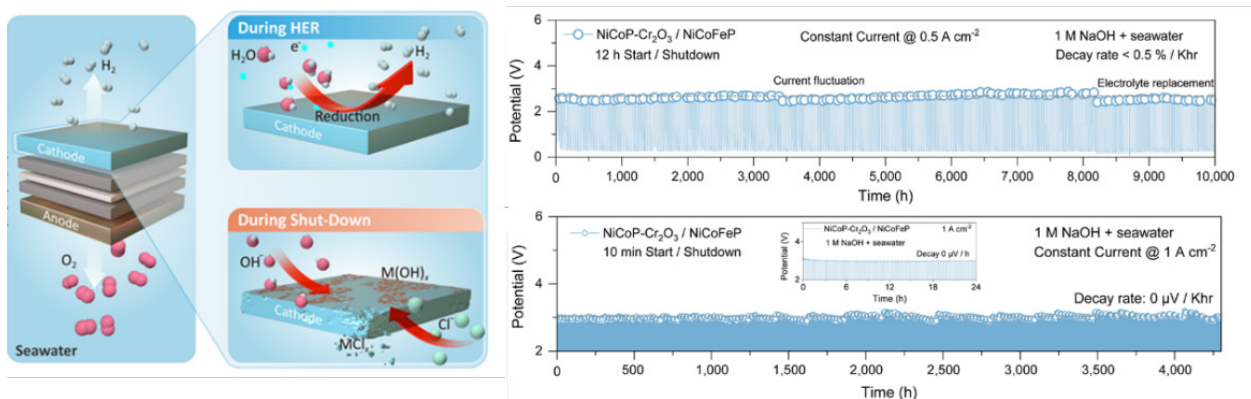


图3 孙晓明、周道金课题组关于耦合波动性能源的高性能析氢电极的开发和性能展示

将科研团队从实验室电极试样优化直至全球首台兆瓦级电解水成套装备成功落地的完整产业化链条融入课堂,能够从根源上重塑大一新生的专业认知体系,解决低年级学生普遍存在的专业迷茫与学习认知偏差。刚步入大学的新生尚未建立专业思维,普遍将无机化学视为孤立、抽象的应试课程,误认为基础理论与高端科研、产业技术毫无关联,容易产生“基础理论虚浮无用”的消极认知,导致学习被动、目标模糊、缺乏专业归属感。通过系统展示科研团队“理论优化—小试验证—中试调试—工业化集成”的完整研发路径,可让学生直观感知:国产新能源核心技术突破并非依靠工程经验堆砌,而是完全建立在物质结构、电化学平衡、

过渡金属特性、界面化学等无机化学核心理论之上。无论是高效催化电极结构设计、催化体系精准调控,还是工业工况下的防腐机制构建与工艺放大优化,均是课本基础原理在产业场景中的高阶应用。真实完整的产学研闭环教学,彻底打破了学生“理论脱离产业”的固有偏见,使学生深刻意识到基础课程是新能源产业技术迭代、国产替代攻坚的核心支撑。学生由此端正专业学习态度,清晰认识到扎实掌握基础知识是未来开展科研创新、解决工程问题、服务国家双碳战略的根本前提,有效扭转应试化、功利化学习心态,构建起“基础支撑前沿、理论赋能产业、专业服务国家”的正确专业认知,真正实现从“为学分学习”到“为能力、为产

业、为国家发展学习”的认知升华。

4 产学研融合导向下无机化学课程教学改革实施路径

依托绿氢电解水制氢领域优质产学研资源，充分遵循大一新生从具象认知到抽象理解的成长规律，紧密衔接无机化学课程核心知识体系，可从课堂教学、课后作业、第二课堂与考核机制四个核心维度，搭建全方位、系统化的课程教学改革路径，真正实现前沿产业科研资源与基础课堂教学的深度融合、协同赋能。本次改革彻底摒弃传统无机化学课堂单向灌输、重理论轻应用的固化教学模式，创新采用“产业问题前置、科研案例贯穿”的沉浸式新型授课方式（图4），打破课本知识与产业实践的壁垒^[6]。教学过程中紧扣课程各章节核

心知识点，精准匹配绿氢产业真实工程技术场景，在表面化学、电化学原理、过渡金属元素性质等重点教学模块，以电解水电极气泡屏蔽失效、波动电源工况下电极腐蚀、高性能催化材料筛选优化等行业核心痛点为授课切入点，将晦涩抽象的基础理论融入真实技术攻关场景。同时课堂增设专题研讨环节，引导学生主动调取课本化学原理拆解、分析工程实际问题，让学生跳出机械背诵、被动听课的应试学习误区。这种教学模式不仅帮助学生扎实掌握课程理论知识，更能重塑学生专业认知，让学生深刻理解基础化学理论的产业应用价值，逐步摒弃重技轻理的片面认知，主动养成学以致用、知行合一的良好专业思维，为后续专业学习、科研实践与产业创新筑牢扎实的知识基础与思维根基^[7]。



图4 课程教学改革整体实施路径

具体包括课堂案例化授课、探究型课后作业、多元化第二课堂、过程化综合考核评价。

与此同时，课程重构课后作业体系，删减公式默写、概念背诵等机械性训练，增设贴合产业场景的探究型小组任务，引导学生整合碎片化知识，建立理论与工程实践的对应关系，提升知识迁移与逻辑分析能力。通过科研科普资源、云端实验室观摩、企业专家专题讲座等形式搭建第二课堂，拓宽学生前沿视野，打通校园教学与产业应用的壁垒。在考核评价层面，建立过程化、多元化综合评价体系，将探究作业、课堂研讨表现纳入总成绩，降低记忆类试题比重，增设大量工程应用型题型，重点考查学生运用基础理论分析和解决实际问题的能力^[8]。以考核导向反向推动学习模式转型，扭转学生重

背诵、轻理解、重分数、轻应用的应试陋习，全面落实产学研融合的育人改革目标。

5 改革成效与学生问卷调查

5.1 调研基本概况

本次调研对象为材料科学与工程类专业大一修读无机化学原理课程学生，累计发放问卷123份，回收有效问卷123份，有效回收率100%。围绕本次电解水制氢产学研融合教学改革，筛选4项核心维度开展调研，分别对应原有学习认知、课堂教学适配度、探究式作业认可度、整体学习思维转变。

5.2 问卷题目及统计数据表

问卷1 教改实施前,你认为无机化学课本理论知识与新能源、化工产业实际生产的关联程度

选项	人数	占比
完全无关,学习只为应付考试	41	33.33%
关联性很低,基本看不到实际用途	39	31.71%
存在一定关联,但不清楚具体应用场景	27	21.95%
关联性较强,大致了解对应的产业应用	9	7.32%
联系十分紧密,清晰知晓理论支撑工程技术	7	5.69%

问卷2 你对本次“电解水制氢产业痛点导入知识点”课堂教学模式的整体接受程度

选项	人数	占比
难以适应,更偏好传统照本宣科授课	8	6.50%
效果一般,听课注意力提升不明显	20	16.26%
比较认可,课堂走神减少,听课代入感更强	57	46.34%
非常认可,可跟随工程问题主动思考化学原理	38	30.00%

问卷3 相较于传统默写、刷题作业,你对本次轻量化产学研探究型小组作业的评价

选项	人数	占比
难度偏大,课业负担较重	13	10.57%
难度适中,愿意主动梳理课本知识点完成任务	78	63.41%
趣味性更强,会主动查阅资料拓展行业相关知识	32	26.02%

问卷4 经过一学期教改学习,自身学习模式与学习思维的整体变化情况

选项	人数	占比
基本无变化,依旧依靠死记硬背应试学习	11	8.94%
小幅转变,部分知识点改为理解式记忆	32	26.02%
转变明显,习惯结合工程场景理解理论知识	61	49.59%
大幅转型,形成以问题为导向、学以致用探究思维	19	15.45%

5.3 调研数据结果分析与讨论

数据显示,教改开展前合计 65.04%的学生认为无机化学基础理论和产业实际关联微弱甚至毫无关联,仅有 13.01%的学生能够意识到基础知识的工程价值。该结果印证传统课堂模式下,学生长期局限于课本纸面内容,受应试思维影响普遍形成“重术轻道”的片面认知,学习目标仅为完成课程考核,缺乏内在学习驱动力,也是本次教学改革需要重点破解的核心痛点。依托电解水制氢全链条产学研案例开展教学后,产业真实技术难题与课本表面化学、电化学、过渡金属性质等知识点一一对应,直观展示基础理论解决行业瓶颈的实际作用,从根源上纠正学生认知偏差。合计 76.34%的学生认可产业问题前置的新型授课模式,仅 6.50%的学生无法适应新模式。传统单向灌输式授课难以调动学生主动性,而以电极气泡堵塞、波动工况电极腐蚀等

绿氢产业现实难题作为切入点,把抽象化学原理嵌入具体工程场景,学生带着解决问题的目标听课,课堂参与感与专注度显著提升。少数不适应的学生是多年应试学习固化思维导致,后续教学可循序渐进简化研讨任务梯度,逐步引导学生自主分析化学问题。

90%以上学生可以适配本次探究型小组作业,该作业摒弃机械背诵刷题,倒逼学生整合碎片化知识点,搭建理论与产业应用之间的逻辑链条;仅 10.57%的学生反馈作业压力偏大,后续可合理精简任务量,推行分层作业设计,平衡学习质量与课业压力。过程化考核模式获得 90.24%学生接纳,考核权重向日常学习倾斜,打破“平时松懈、期末突击”的应试陋习,引导学生保持常态化稳定学习状态,从评价机制层面稳固教改成果。总计 65.04%的学生学习思维出现明显乃至大幅度转变,仅 8.94%的学生学习模式未发生改变,证明本次

产学研融合教学改革整体落地效果良好,成功推动学生从机械记忆的应试学习,逐步转向问题导向的探究式学习。整体来看,本次改革搭建起“产业痛点牵引—理论深度学习—实践任务巩固—过程评价约束”的完整育人闭环,有效改善学生专业认知、学习习惯。针对少数思维转型滞后的学生,后续将持续更新绿氢前沿教学案例,优化课堂互动形式,联动第二课堂产业科普资源持续强化熏陶,进一步夯实低年级基础课程学以致用育人效果。

6 结论

无机化学作为化工、材料等专业的入门核心基础课,肩负学习习惯重塑、专业思维启蒙、知识体系搭建与思政价值引领的育人作用,是工科人才培养的关键基石。现阶段新生普遍固守应试思维,依靠机械背诵应付学习,理论学习脱离产业实际,知识运用能力不足,对专业发展认知模糊。紧扣双碳战略与绿氢产业发展大势,依托北京化工大学孙晓明团队电解水制氢整套产学研成果,把超疏气纳米电极、自适应防腐防护层、兆瓦级制氢装备等工程案例融入课堂,打造以产业问题驱动、理论与实践结合、科研精神浸润的授课模式。本次改革打通理论、科研与产业间的隔阂,纠正学生死记硬背的学习弊病,推动学习模式由被动接收转向主动探究、由应试备考转向学以致用。在夯实理论基础的同时,以科研自主攻坚的实例培育学生专业自信与家国担当,做到教书与育人并举。该方案贴合低年级教学实际,可在同类院校推广借鉴,后续将紧跟产业与科研动态优化教学设计,持续优化育人体系,为化工与新能源领域培育基础扎实、创新意识突出的优质人才。

参考文献

- [1] 高教发展与评估. 走出大一迷茫:以拔尖大学生为例的过程分析[J]. 2025, 41(1): 74-83
- [2] 李雨桐, 朱柯权. 工科大学生学习内驱力调查与专业思想培育研究——基于奥苏贝尔动机理论[J]. 科教文汇, 2024(14): 20-26.
- [3] 顾泉, 帅琪, 翟全国, 胡满成, 高胜利. 无机化学中“氧族元素”教学内容的重构[J]. 大学化学, 2022, 37(11): 220902.
- [4] Advances in Social Sciences 社会科学前沿, 2023, 12(9), 5280-5284.
- [5] Sha, Q., Wang, S., Yan, L. et al. 10,000-h-stable intermittent alkaline seawater electrolysis. Nature, 2025, 639, 360-367.
- [6] 问题驱动下“情境线-知识线-问题线”三线融合的教学设计与实践——以化学热力学与动力学教学为例[J]. 大学化学, 2026, 41(6): 100-107.
- [7] 李庆丰. 基于思维能力培养的大学教学方法变革与重构[J]. 2025, 41(5): 30-36.
- [8] 唐冬雁, 姜艳秋, 郝素娥, 等. 融合优势资源与聚焦多元培养的非化类大学化学一流课程建设[J]. 大学化学, 2025, 40(6): 71-76.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS