

Development of High School Chemistry Engineering Practice-Based Project Learning Activities Oriented towards Core Competencies

Xiaoling Xi

Changzhou No.1 High School City, Changzhou, Jiangsu, 213000, China

Abstract

The “Chemistry Curriculum Standards for General High Schools (2017 Edition, Revised in 2020)” clearly sets the academic core competencies as the core goal of chemistry teaching, requiring a transformation from “knowledge imparting” to “competence cultivation”, and focusing on cultivating students’ ability to solve complex chemical problems in real situations. Project-based learning of engineering practice, as an important carrier for connecting chemistry subject knowledge with industrial production practice and implementing core competency cultivation, has become an important direction for current high school chemistry teaching reform. This paper analyzes the current practical development dilemmas such as conceptual deviations, fragmented design, and insufficient context transformation, and proposes the basic principles, system framework, and practical paths for activity development aimed at core competencies, providing theoretical references and practical guidance for the systematic development and implementation of project-based learning of engineering practice in high school chemistry.

Keywords

core competencies; high school chemistry; scientific engineering practice; project learning; activity development

指向核心素养的高中化学工程实践类项目学习活动开发

奚小玲

常州市第一中学, 中国·江苏常州 213000

摘要

《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》明确将学科核心素养作为化学教学的核心目标,要求教学从“知识传授”向“素养养成”转型,重点培养学生在真实情境中解决复杂化学问题的能力。工程实践类项目学习作为衔接化学学科知识与工业生产实践、落实核心素养培育的重要载体,已成为当前高中化学教学改革的重要方向。本文分析了当前活动开发中存在的理念偏差、设计碎片化、情境转化不足等现实困境,提出了指向核心素养的活动开发基本原则、系统框架与实践路径,为高中化学工程实践类项目学习的系统化开发与落地实施提供理论参考与实践指引。

关键词

核心素养; 高中化学; 科学工程实践; 项目学习; 活动开发

1 引言

化学是一门兼具理论性与实践性的中心学科,其学科价值不仅体现在微观层面的物质性质与反应规律研究,更体现在通过工程实践将化学原理转化为解决人类生产生活实际问题的技术成果。新一轮高中化学课程改革以学科核心素

养为统领,将“科学探究与创新意识”作为核心素养的重要维度,同时新高考化学命题持续强化“陌生情境下真实化学工程问题解决”的考查导向,对高中化学教学提出了“从科学探究走向科学工程实践”的新要求。

2 高中化学工程实践类项目学习活动开发的现实困境

2.1 理念认知存在偏差,工程内涵挖掘不足

多数一线教师对科学工程实践的内涵理解不到位,将工程实践与传统化学实验探究混为一谈,简单将验证性实验、探究性实验包装为工程实践项目,缺失了工程设计、约束权衡、迭代优化等核心环节。同时,现有研究多聚焦于科学工程实践的整体理论分析,与化学学科特质的结合不足,

【基金项目】江苏省2024年教育科学“十四五”规划重点课题“基于科学工程实践的高中化学项目式学习活动开发与实施研究”的阶段性成果(项目编号: B-b/2024/03/202)。

【作者简介】奚小玲(1981-),女,中国江苏常州人,本科,中学高级教师,从事化学教育教学研究。

缺乏针对高中化学内容的工程实践设计范式，导致教学实践难以把握工程实践的核心本质。

2.2 活动设计碎片化，缺乏系统性与进阶性

当前多数工程实践类项目以零散的“微项目”形式存在，未能与高中化学必修、选择性必修的课程体系形成深度融合，项目之间缺乏逻辑关联与层级进阶，出现“为项目而项目”的现象。部分项目脱离教材知识体系，导致活动开展与日常教学脱节，学生难以通过项目完成对化学核心知识的系统建构，出现“实践热闹、知识落空”的问题。

2.3 真实工程情境转化能力不足，情境虚化现象突出

现实的化学学科工程实践活动是以实际工程为中心的，而目前大部分的活动都存在着“简单化”和“虚化”的现象。在现实生活中，教师常常会把一个复杂的工程问题过分简单化，而忽略了在工程实际中最重要的成本、安全、环保和能源消耗等关键因素，让工程实践类项目变成了一种理想化的理论检验，而不能还原工程实践的实质^[1]。

2.4 活动开发的支持体系缺失，教师专业能力不足

工程实践类项目的开展，对师资的素质提出了更高的要求，教师既要有较强的专业知识，又要有丰富的工程知识，以及多学科的交叉融合能力和项目设计能力。但是，目前的高中化学教师在工程方面的培训和实践经验较少，对化工生产和工程设计等方面的知识不多，很难独立地进行高质量的项目研究。

2.5 评价体系不完善，素养导向未能落地

当前多数项目学习的评价仍沿用传统的结果导向评价模式，以实验报告、成果展示为主要评价依据，忽视了对学生实践过程、思维发展、合作能力的过程性评价。评价维度未能与化学学科核心素养精准对接，缺乏对学生工程思维、创新能力、社会责任等素养维度的可操作化评价标准，无法通过评价实现对学生素养发展的精准诊断与有效引导，也难以形成“教-学-评”一体化的闭环。

3 指向核心素养的高中化学工程实践类项目学习活动开发基本原则

3.1 素养导向原则

活动开发的核心目标是落实化学学科核心素养的培育，所有项目设计都需紧扣核心素养的五个维度，将素养目标拆解、细化到项目的各个环节中，实现知识学习、能力发展与素养养成的深度统一。避免出现“重形式、轻素养”的问题，让每一项实践活动都有明确的素养发展指向。

3.2 真实性原则

项目情境应从实际化工生产、环境治理、新材料开发、新能源、食品和医药化工等实际问题出发，还原实际生产中存在的劣构问题、核心需求和约束条件等等，使学生面对实际工作中面临的实际问题。只有在接近现实生活的情境中，学生才能感受到化学知识的实用价值，并培养他们解决实际问题的能力。

3.3 系统性与进阶性原则

要将活动的发展与高中化学的课程体系紧密结合起来，将必修和选修的教学内容和学生的认知发展规律相结合，设计出螺旋上升的、循序渐进的系列性项目。从必修阶段，将注意力集中在单个知识点上的一个简单的工程问题，转变成了一种将多个模块知识相结合的复杂的系统工程，让项目活动和课程教学同步，促进学生素质的不断提升^[2]。

4 指向核心素养的高中化学工程实践类项目学习活动开发实践路径

4.1 锚定素养目标，深度对接课程标准

素养目标的锚定是项目开发的起点，也是确保项目育人方向的核心。首先，开发团队需深入解读高中化学课程标准，明确各模块的内容要求、学业要求与素养发展目标，梳理必修、选择性必修模块中适合与工程实践融合的核心知识，如化学反应原理、物质的性质与转化、有机合成、材料化学等，建立“知识点-工程应用-素养目标”的对应关系。

在此基础上，为每个项目设定清晰、可测的素养发展目标，将核心素养的五个维度拆解到项目的各个环节中。例如“工业含铬废水处理工程设计”项目，可设定如下素养目标：宏观辨识与微观探析层面，能从微观层面分析铬离子的存在形式与化学性质，对应宏观的废水处理现象；变化观念与平衡思想层面，能运用沉淀溶解平衡、氧化还原反应规律分析水处理过程中的化学反应，调控反应条件；证据推理与模型认知层面，能基于实验数据构建废水处理的工艺模型，论证方案的科学性；科学探究与创新意识层面，能设计并优化废水处理方案，完成实验验证；科学态度与社会责任层面，能树立绿色化学理念，认识化工污染治理的环境价值与社会责任。通过素养目标的精准锚定，实现项目设计与素养培育的深度融合。

4.2 挖掘真实工程情境，转化为项目学习主题

真实工程情境的创设是项目开发的核心环节，直接决定了项目的工程属性与育人价值。开发团队需从化工生产、生态环境治理、新材料研发、新能源开发、食品化学、医药化工等真实领域，挖掘与高中化学核心知识高度契合的工程素材，如海水淡化与资源综合利用、锂离子电池电极材料制备、工业合成氨工艺优化、食品防腐剂合成、土壤重金属污染修复等，形成项目主题库。

在情境转化过程中，需把握三个核心要点：一是紧扣化学核心知识，确保情境素材能够承载高中化学的核心教学内容，避免脱离课程体系的泛工程化设计；二是还原工程核心要素，在情境中明确工程需求、技术标准与约束条件，包括成本、安全、环保、能耗、工艺可行性等，让学生体会工程设计“在约束中求最优”的核心逻辑；三是做好难度适配，将复杂的工业工程问题拆解为符合高中生认知水平的子问题，剔除超出高中知识范畴的专业技术细节，保留工程实践的核心逻辑，实现工业工程场景到教学项目的科学转化^[3]。

4.3 拆解核心驱动任务，设计进阶式活动环节

一个完整的工程实践类项目，需以一个具有挑战性的核心驱动问题为统领，拆解为若干相互关联的子任务，设计进阶式的活动环节，引导学生完整经历工程实践的全流程。以“土壤重金属污染的化学修复工程设计”项目为例，可设计五个核心活动环节，形成完整的实践闭环。

环节一：需求分析与问题界定。通过文献调研、实地调研等方法，鼓励学生对重金属污染状况和危害进行分析，确定修复方案中重金属去除率、修复成本、二次污染防治等关键指标，并对其关键化学问题进行界定。这一部分着重于提高学生收集资料和解决问题的能力，并将其运用到实践中去。

环节二：方案设计与科学论证。以学生小组为单位，以化学沉淀法、吸附法、氧化还原法、土壤淋洗法等为研究方案，通过学科交叉形成一系列具有自主知识产权的复合污染治理方法。同时，采用小组讨论、文献调研和专家咨询等方法，从科学性、可行性、经济性和环境效益四个方面对试验方案进行论证，并初步形成试验方案。

环节三：实验探究与原型验证。学生在实验室中对设计的方案开展小试实验，验证反应原理的可行性，优化关键工艺参数，如反应pH、反应物配比、反应温度、反应时间等，制备相关修复材料并测试其性能，收集完整的实验数据。

环节四：方案迭代与优化升级。在试验的基础上，结合项目的实际情况，对设计方案进行多次迭代的优化。比如，为了解决吸附剂的吸附效能不高的问题，可以对制备过程进行修改；由于化学沉淀法产生大量的污泥，需要对加药方案进行优化；并将其与费用计算相结合，权衡治理效果和经济费用，得到最佳的工程方案。这一部分是以工程实践为中心的，侧重于对学生进行系统思考、优化和工程思维的训练。

4.4 构建多元评价体系，实现“教-学-评”一体化

在评估维度上，设定五个核心维度：知识掌握层面，侧重于对化学核心概念和原则的理解和运用；实践能力方面，侧重于对实验操作、方案设计和解决问题能力的考核；在工程思维方面，侧重于对学生进行分析、约束权衡和迭代优化等方面的考核；素养开发方面，与化学学科核心素养的五个方面相对应；合作与沟通方面，侧重于对学生的参与程度、沟通能力和责任心的评估。

在评估方法方面，采用课堂观察、学习单分析、实验报告、项目结果报告、访谈和问卷调查等方法，搜集学生在项目学习的整个过程中的证据，从而构建一个完整的评估证据链。通过对评估的结果进行及时的反馈，来指导学生进行自我反省和改进，并不断地对方案的设计进行改进，使“教学-学习-评估”真正地达到“教学-学习-评估”的统一^[4]。

5 高中化学工程实践类项目学习活动开发案例

5.1 项目驱动问题

创设真实工程情境：本地城市污水处理厂进水氨氮浓

度持续超标，无法稳定达到《污水综合排放标准》，需针对中低浓度氨氮废水，设计一套适配高中生实验条件、兼顾处理效率、环保性与经济性的小试工程化处理方案，解决氨氮废水污染的实际问题。

5.2 核心工程实践环节

5.2.1 需求分析与问题界定（1课时）

通过文献调研、线上/线下访谈等方式，确定氨氮废水的环境风险及治理行业标准，锚定必修2的核心知识，对核心化学问题进行界定，确定氨氮去除率 $\geq 90\%$ ，无二次污染，药剂成本可控，实验室可落地实施，体现科学态度和社会责任素养。

5.2.2 方案设计与科学论证

同学们分组，并根据所学知识，选择适合高中生认知的折点氯化法、化学沉淀法、沸石吸附法等方法，设计多种替代方法，从科学性、可行性、经济性和环境效益四个方面进行验证，并对试验方案进行初步验证，形成基于证据推理和模型认知能力和工程设计思维的训练。

5.2.3 实验验证与迭代优化（2课时）

通过实验室模拟氨氮废水的小试，对反应机理的可行性进行验证，并通过调节pH值、药剂配比和反应时间等关键技术参数，获得试验数据。在此基础上，将宏观识别与微观探究相结合，转变理念与均衡理念相结合，强化工程系统思考。

5.3 素养导向评价设计

以化学核心素养为导向，以学生的实验操作、方案迭代、小组协作为主要内容的过程性评估，以工程设计报告和结果演示为主要内容，对学生掌握的氮及其化合物的核心知识的应用能力、工程思维和创新力、环境责任意识等进行考核，达到“教学-学习-评估”的融合。

6 结语

指向核心素养的高中化学工程实践类项目学习，是打破传统教学范式、落实新课标要求的重要路径，也是推动化学教学从“科学探究”走向“科学工程实践”的核心抓手。通过系统化的活动开发，将真实的化学工程场景转化为可实施的教学项目，让学生在亲历工程实践的过程中，深化对化学学科本质的理解，发展解决复杂真实问题的能力，真正实现化学学科核心素养的一体化培育。

参考文献

- [1] 左宇任.基于STEAM理念发展学生工程思维的高中化学教学模型建构与实践研究[D].华中师范大学,2025.
- [2] 黄慧.基于科学与工程实践的高中化学教学研究[D].广西师范大学,2024.
- [3] 付海兰.基于STEM教育理念的高中化学教学设计与实践研究[D].云南师范大学,2023.
- [4] 孙寒雪,李红伟,毛丽萍.化学反应工程课堂教学方法探讨[J].广东化工,2022,49(07):219-220+215.