

大概念统领下的高中化学项目式教学研究

——以“沉淀溶解平衡”为例

赵宏娇¹, 王新芳², 张宪玺^{1*}

¹聊城大学化学化工学院, 山东 聊城

²德州学院化学化工学院, 山东 德州

收稿日期: 2026年9月2日; 录用日期: 2026年10月3日; 发布日期: 2026年10月9日

摘 要

通过“城市水体硬化治理”这一真实情境, 依据“化学平衡”大概念和项目式教学理念, 设计从定性建立沉淀溶解平衡观、定量运用溶度积判断平衡移动方向, 到调控沉淀溶解平衡解决实际问题的教学思路。围绕高中化学“碳酸钙沉淀溶解平衡”的核心活动, 引导学生经历“现象观察 - 原理探究 - 模型建构 - 方案设计”的完整教学过程增强学生知识学习与实际问题解决能力, 落实变化观念与平衡思想、科学态度与社会责任等化学学科核心素养。

关键词

大概念, 项目式教学, 沉淀溶解平衡, 教学设计

Project-Based Teaching Research in High School Chemistry under the Guidance of Big Ideas

—Taking “Precipitation-Dissolution Equilibrium” as an Example

Hongjiao Zhao¹, Xinfang Wang², Xianxi Zhang^{1*}

¹School of Chemistry and Chemical Engineering, Liaocheng University, Liaocheng Shandong

²School of Chemistry and Chemical Engineering, Dezhou University, Dezhou Shandong

Received: September 2, 2026; accepted: October 3, 2026; published: October 9, 2026

*通讯作者。

文章引用: 赵宏娇, 王新芳, 张宪玺. 大概念统领下的高中化学项目式教学研究[J]. 教育进展, 2026, 16(10): 17-25.
DOI: 10.12677/ae.2026.16102075

Abstract

Based on the real-world context of urban water body hardening management, this study designs a teaching approach grounded in the overarching concept of “chemical equilibrium” and project-based learning. The approach progresses from qualitatively establishing an understanding of precipitation-dissolution equilibrium, to quantitatively applying solubility product to determine the direction of equilibrium shifts, and ultimately using this knowledge to regulate precipitation-dissolution equilibria for solving practical problems. Centered on the core high school chemistry topic of “calcium carbonate precipitation-dissolution equilibrium”, students are guided through a complete learning process involving “observation of phenomena-investigation of principles-model construction-solution design”. This enhances students’ ability to integrate knowledge with real-world problem-solving, effectively fostering key chemical competencies such as the concepts of change and equilibrium, scientific attitudes, and social responsibility.

Keywords

Big Ideas, Project-Based Teaching, Precipitation-Dissolution Equilibrium, Teaching Design

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

《普通高中化学课程标准(2017 版 2020 年修订)》倡导真实问题情境的创设,重视开展以化学实验为主的多种实践活动,激发学生学习兴趣,发展“素养为本”的教学[1]。《教育强国建设规划纲要(2024—2035 年)》提出强化素质教育,推动教学方式从传统讲授向多元化转变,鼓励项目式教学并将学习成果纳入综合评价[2]。在“双减”背景下,学生拥有更充足的自主探究时间,基于真实情境的化学项目式教学,既能避免自主时间低效消耗,又能强化动手实践能力,实现化学知识与真实问题的深度融合,最终促进学生化学学科核心素养的发展。

近年来,大概念教学与项目式教学的融合已成为化学教育研究的热点。黄佳仪、钱扬义等人[3]提出了国内外化学项目式教学课例比较与建议;李燃等人[4]将大概念与项目式教学进行结合,对初中化学“物质变化”一节进行教学设计。然而,针对高中化学“沉淀溶解平衡”这一兼具理论深度与生活应用价值的内容,目前基于大概念的完整项目链、任务进阶、成果制作与过程性评价一体化的教学设计研究尚不多见。基于此,本文构建“情境-问题-任务-活动-素养”五位一体教学流程,以“化学平衡”大概念统领全局,围绕“水壶结垢-水质硬化-除硬治理”真实情境链,开展基于大概念的项目式教学实践,为一线教学提供参考。

2. 文献综述与教学理论基础

2.1. 大概念

大概念,源自布鲁纳在《教育过程》中提出的学科结构思想,强调学科教学应围绕核心概念组织,帮助学生形成知识框架。其后,菲尼克斯提出“代表性概念”概念,认为每个学科都有其独特的核心概念。时隔多年,英国科学教育专家温·哈伦在《科学教育的原则与大概念》[5]和《以大概念理念进行科

学教育》[6]中进行了系统定义：大概念是“能够用于解释和预测较大范围自然界现象的概念”。同时她强调科学教育不是知识片段的堆砌，而是有结构、有联系的模型，概念有大小之分－小概念仅适用于特定观察和实验，大概念则能统摄较大范围内的现象，两者之间形成层级结构。随着研究的推进，美国教育专家威金斯与麦克泰格在《追求理解的教学设计》中进一步指出，大概念处于课程学习的中心位置，能够将多种知识有意义地联结起来，是不同情境中应用这些知识的关键[7]。随着核心素养导向的教学，我国学者也提出了有影响力的观点，李刚等人[8]提出大概念指向具体知识背后的具体内容，促进学生对核心知识的本质理解；吕立杰等[9]人也提出大概念是对事实性知识的高度概括。这些关于大概念的理论探讨，深化了学界对其内涵和外延的认识，有助于在教学实践中进行落地实施。

2.2. 大概念、核心概念、基本概念三级层级机构

在实际教学中，大概念、核心概念、基本概念构成一个相互关联、不可分割的体系。大概念居于学科最顶层，是统摄性最强、适用范围最广的观念。核心概念是大概念在具体主题下的展开，联结大概念与基本知识。基本概念是支撑核心概念的具体知识点，包括术语、定义、公式、规律等。结合化学学科特点，可建立“沉淀溶解平衡”一节的三级层级结构模型：大概念(化学平衡)→核心概念(沉淀溶解平衡)→基本概念(难溶电解质、溶度积、离子积、沉淀生成与溶解、平衡移动原理等)。

2.3. 项目式教学

杜威的“从做中学”理念为项目式教学奠定了基础。我国最早由刘儒德先生引入，将项目式教学融入科学教育应用中。随着项目式教学研究的不断深入，毕华林、卢珊珊采用内容分析方法，立足于当前中学化学教育项目式教学的现状，通过对“项目”一词的辨析，与情境、活动等进行区分，明确了项目式教学的概念和基本特征[10]。王磊、胡久华等人在教学实践的基础上，采用基于设计的研究，提出了项目式教学的基本课型、核心特征和标准[11]。姚媛媛提出项目式教学是一种以主题和任务为中心的教学模式，学生在教师的指导下，选择项目主题，以小组形式开展项目研究，最后将研究成果呈现出来[12]。这些关于项目式教学的前期研究为本工作的开展提供了有益的借鉴。

2.4. 大概念与项目式教学的融合

大概念与项目式教学的融合具有内在的一致性。大概念教学强调用有限的核心观念统摄广泛的知识领域；项目式教学强调以真实问题驱动学生主动探究。两者的结合点在于：

(1) 真实情境是大概念从抽象走向具体的载体：大概念本身是高度抽象的，需要通过真实、具体的情境来“揭示”。本文以“水壶结垢、城市水体硬化与治理”作为贯穿始终的情境，正是将“化学平衡”这一大概念具象化的有效路径。

(2) 项目任务是建构大概念的实践路径：学生在完成“探究水垢成因、定量计算溶度积与离子积、设计除硬方案”的进阶任务过程中，不断与“化学平衡”大概念产生互动，从定性理解走向定量应用，最终实现对平衡思想的深度内化。

(3) 大概念为项目活动提供聚焦方向：没有大概念统领的项目式教学容易沦为“热闹的活动”，而大概念确保每一个项目任务都指向学科核心素养的发展。本文中“化学平衡”大概念贯穿始终，使三个环节(建立平衡、定量判断、逆向应用)形成有机整体，而非割裂的知识点。

2.5. 建构主义学习理论

建构主义学习理论强调学习具有主动建构性，学习者不是被动信息接收者，而是主动的信息建构者。学习具有情境性，建构主义者强调知识是不可能脱离活动情境而抽象存在的，学习应该与情境的社会实

践活动结合起来。“化学平衡”大概念作为认知脚手架，是沉淀溶解平衡的统摄性上位知识，“城市水体硬化治理”设计方案作为项目式教学任务真实驱动，让学生在解决真实问题中完成知识的意义建构。

2.6. 认知负荷理论

认知负荷理论包括内在认知负荷、外在认知负荷和关联认知负荷。深度学习发生的前提是控制内在、外在负荷不过载，同时提升有效关联认知负荷。通过大概念整合学科知识，降低认知混乱和内在认知负荷；项目式教学任务清晰，提供成本计算模板和多种技术路径参考，降低外在认知负荷；通过真实问题的方案设计，使学生从静态课本知识迁移到工程情境，提升学生的关联认知负荷，促进学习迁移和深度学习的发生。

3. 项目主题内容分析

3.1. 课标分析

- (1) 内容要求：认识难溶电解质在水溶液中存在的沉淀溶解平衡，了解沉淀的生成、溶解。
- (2) 学习活动建议：查阅资料并讨论含氟牙膏预防龋齿的化学原理，提出牙膏加氟需要注意的问题。
- (3) 情境素材建议：溶洞和珊瑚礁的形成。
- (4) 学业要求：能综合运用沉淀溶解平衡分析和解决生产、生活中的实际问题。

3.2. 教材分析

本节教学内容源于化学反应原理中第三章《物质在水溶液中的行为》第三节《沉淀溶解平衡》第1课时。沉淀溶解平衡是化学平衡理论的延伸和应用，它与化学平衡、电离平衡、水解平衡构成了中学化学完整的平衡理论体系。该内容在高中化学知识体系中具有承上启下的重要作用，既是对化学平衡知识的深化，又为沉淀的生成、转化、溶解等实际应用奠定基础。

3.3. 学情分析

- (1) 已有基础：学生已经系统学习了电离平衡、水解平衡，对平衡的核心特征较为熟悉；能够简单从定性和定量两个角度来分析离子平衡；有食盐溶解、水垢形成等生活体验，对“溶解”和“沉淀”有感性认识。
- (2) 认知障碍：难以理解“难溶和不溶”概念；对不同类型的沉淀换算、离子积 Q 与溶度积 K_{sp} 的比较判断，存在混淆。
- (3) 发展需求：建立完整的平衡体系，将沉淀溶解平衡纳入溶液离子平衡体系中，能够运用 Q 与 K_{sp} 的比较定量判断沉淀的生成与溶解，实现从定性向定量思维的进阶，能够运用沉淀溶解平衡原理解释和解决真实情境中的问题，如钡餐造影剂的选择、水垢的去除等，体会化学原理在生产生活中的应用价值。

4. 教学目标及重难点

4.1. 教学目标

- (1) 宏观辨识与微观探析：从宏观上认识难溶电解质的沉淀和溶解现象，从微观上理解沉淀溶解平衡的本质，能运用平衡移动原理分析沉淀溶解平衡的移动。
- (2) 证据推理与模型认知：运用溶度积常数进行计算和推理，建立沉淀溶解平衡的模型，理解沉淀生成、溶解的条件及规律。
- (3) 科学态度与社会责任：认识沉淀溶解平衡在实际生产生活中的应用，如城市水体的硬化与治理、锅炉除垢、龋齿预防等，增强合理利用资源的意识，培养社会责任感。

4.2. 教学重难点

教学重点：沉淀溶解平衡的建立、溶度积的概念及应用、沉淀的生成和溶解。
教学难点：利用沉淀溶解平衡的移动原理分析生产生活中的实际问题。

5. 项目教学任务及流程

项目教学任务及流程见表 1。

Table 1. Project tasks and workflow
表 1. 项目任务及流程

教学环节	问题驱动	学生活动	设计意图
环节一：建立沉淀溶解平衡(20 min)	水垢为什么难溶？ 为什么加醋后水垢溶解？	观察实验视频，思考沉淀溶解平衡的建立过程	通过实验现象建立沉淀溶解平衡概念
环节二：定性、定量判断平衡移动(20 min)	如何定量判断沉淀是否生成？	根据溶度积规则进行计算和判断	运用 K_{sp} 与 Q 的比较进行定量推理
环节三：逆向应用，设计治理方案(30 min)	如何治理水质硬度超标？	分组设计水质硬度超标治理方案	培养综合应用能力和科学决策素养

6. 项目实施过程及学习结果

本文教学设计涵盖沉淀溶解平衡的建立、定性与定量判断平衡的移动、活动方案的设计三个环节，各环节的分配时间分别为 20 分钟、20 分钟、45 分钟，剩余 5 分钟用于课堂小结，建议 2 课时(90 分钟)完成。三个环节遵循“认知建构 - 规律应用 - 迁移创新”的认知进阶路径，体现大概念统领下的项目式教学递进逻辑。

环节一：建立沉淀溶解平衡 - 宏观辨识与微观探析

[课堂导入] 在生活中，绝大多数学生都有观察水壶结垢的经验。我们知道自来水反复加热后，水壶内壁会持续生成白色硬质水垢，水垢附着紧密，清水冲洗难以去除；若向水壶中加入白醋静置浸泡，硬质白色水垢又可逐渐溶解直至消失。那么水垢的成分是什么呢？水垢到底是如何形成和去除的呢？今天我们就围绕这个问题展开探究。

[教师] 请同学们根据课前任务，展示自己所查阅到的相关内容。

[学生分享] 水垢的主要成分是 CaCO_3 与 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的混合物。水垢的形成是天然水中的 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 和 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 受热分解为 CaCO_3 和 MgCO_3 沉淀， MgCO_3 进一步转化为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 形成的。

[教师] 感谢同学的分享！进一步设问 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 是怎么转化来的呢？ OH^- 从哪来的？天然水是中性的， OH^- 浓度只有 $10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，这点 OH^- 能让 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀吗？接下来播放实验视频来学习今天的核心概念，学完之后来解答这个问题。

[视频资料] 实验操作步骤 1：在盛有少量难溶的碘化铅黄色固体的试管中，加入约 3 mL 蒸馏水，充分震荡后静置。步骤 2：待上层液体变澄清后，即得到 PbI_2 饱和溶液，向其中滴加几滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KI 溶液，观察实验现象。

[教师引导] 请大家观察：上层清液中滴加 KI 溶液后出现黄色沉淀，说明什么？

[学生回答] 说明上层清液中有 Pb^{2+} 。

[教师追问] PbI_2 是“难溶”物质，按理说不溶于水，为什么上清液中会有 Pb^{2+} ？请同学们讨论 2 分钟。

[学生回答] 难溶不等于不溶， PbI_2 固体难溶于水，但是仍有部分的 Pb^{2+} 和 I^- 离开固体表面进入溶液，

而进入溶液的 Pb^{2+} 和 I^- 又会部分结合形成固体沉积下来。

[教师总结] 非常好！这就是“沉淀和溶解”同时存在的证据。 $\text{PbI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq})$ ，当 PbI_2 固体的溶解和 Pb^{2+} 、 I^- 的沉积两个过程的速率相等时，溶液达到一种动态平衡，我们把这种平衡状态叫做沉淀溶解平衡。

[教师] 基于沉淀溶解平衡的建立，请同学们思考并回答前面所留的问题- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 是怎么来的？

[学生回答] $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 受热分解为 MgCO_3 沉淀， MgCO_3 同样存在沉淀溶解平衡， $\text{MgCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ ，溶液中的 CO_3^{2-} 也会水解变成 HCO_3^- 和 OH^- ， $\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$ 。

[教师提问] $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的生成不是一步完成的，而是经过溶解平衡移动、离子浓度改变、更稳定沉淀生成的路径。这就是微粒间相互作用的结果。提供热力学数据[13]： $K_{\text{sp}}(\text{MgCO}_3) = 6.8 \times 10^{-6}$ ， $K_{\text{sp}}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 5.6 \times 10^{-12}$ ，从热力学角度看， $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的溶度积远小于 MgCO_3 ，因此 MgCO_3 会逐渐转化为更难溶的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，这正是沉淀转化的热力学驱动力。

环节二：定性、定量判断平衡移动 - 证据推理与模型认知

[教师提问] 清水冲洗无法去除水垢，加入白醋可以有效溶解水垢、清除硬质沉淀，其背后的平衡移动原理是什么？

[学生回答] 白醋呈酸性，氢离子消耗碳酸根离子，使溶液中碳酸根浓度减小，根据勒夏特列原理，平衡向碳酸钙溶解的方向移动，水垢逐渐溶解消失。

[教师] 我们定性地分析了白醋除垢的原理——酸性物质消耗 CO_3^{2-} ，平衡向溶解方向移动。如果我们面对的是地下水硬度持续攀升的真实环境问题，我们需要的是定量判断。回顾之前所学内容，我们该怎么做呢？

[学生回答] 我们可以类比化学平衡中的离子积 Q 与化学平衡常数 K 之间的关系，运用到沉淀溶解平衡中，进行溶度积 K_{sp} 与离子积 Q 的比较。比较结果见表 2。

Table 2. The relative magnitudes of solubility product and ion product
表 2. 溶度积与离子积的相对大小

比较关系	平衡状态	沉淀的生成或溶解	应用示例
$Q > K_{\text{sp}}$	过饱和	沉淀生成	加入沉淀剂使离子沉淀
$Q = K_{\text{sp}}$	饱和	动态平衡	饱和溶液体系
$Q < K_{\text{sp}}$	未饱和	沉淀溶解	加酸(白醋)溶解碳酸钙

[教师]这是一个非常简洁的判断准则，定量地告诉我们体系将向哪个方向移动。下面，我们来解决一个真实问题——已知我国《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2022)规定总硬度限值为 $450 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ [14]，某市地下水的 $c(\text{Ca}^{2+})$ 实测高达 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{CO}_3^{2-}) = 1.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，已知 $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3) = 5.6 \times 10^{-9}$ 。请同学们计算并判断：

- (1) 常温下该水样能否自然形成 CaCO_3 沉淀？
- (2) 若不能，说明原因。
- (3) 要使 Ca^{2+} 以 CaCO_3 形式沉淀析出，需要满足什么条件？

[学生计算]

- (1) $Q = c(\text{Ca}^{2+}) \times c(\text{CO}_3^{2-}) = 1.0 \times 10^{-9} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ ， $K_{\text{sp}} = 5.6 \times 10^{-9}$ ， $K_{\text{sp}} > Q$ 。
- (2) 常温下不会自然形成 CaCO_3 沉淀，因为该水样对碳酸钙尚未饱和，不具备碳酸钙沉淀析出的条件，钙离子稳定存在于水中，呈现硬度。
- (3) 要使 Ca^{2+} 开始以 CaCO_3 形式沉淀析出，需满足： $K_{\text{sp}}(\text{CaCO}_3) < Q$ ，带入数据，解得 $c(\text{CO}_3^{2-}) > 5.6$

$\times 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，因此 Ca^{2+} 开始沉淀所需的最小 CO_3^{2-} 浓度为 $5.6 \times 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

环节三：逆向应用，设计项目成果 - 科学态度与社会责任

[教师引导] 角色转换 - 如果你是水务局技术人员，请运用所学知识设计一个水质硬度超标的治理方案，我国《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2022)规定总硬度限值为 $450 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。成本计算模板如下： $C = PD/10,000$ ， P ：药剂单价 D ：药剂投加量 C ：药剂单项成本；可选路径参考：碳酸钠化学沉淀法、离子交换法、膜分离法等。

[学生汇报] 某市水质硬度超标治理方案见表 3。本方案选择碳酸钠化学沉淀法，成本估算数据来源为查阅网络资料获得，工业级碳酸钠的市场单价为 2000 元每吨。

Table 3. Water quality hardness exceedance control plan for a certain city
表 3. 某市水质硬度超标治理方案

项目	具体内容	原理依据	预期效果
水质数据	$c(\text{Ca}^{2+}) = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	总硬度超过国家标准	需要降低 Ca^{2+} 浓度
治理方案	投加 Na_2CO_3 使 Ca^{2+} 沉淀	$Q > K_{SP}$ ，沉淀生成	Ca^{2+} 浓度降至达标
用量计算	需 $c(\text{CO}_3^{2-}) > 5.6 \times 10^{-7}$	根据 K_{SP} 计算	精确控制投加量
成本估算	Na_2CO_3 工业级约 2000 元/吨	实际用量约 2.5 吨/万吨水	治理成本约 5 元/吨水
后续处理	沉淀过滤后回收利用	CaCO_3 可用作建筑材料	资源化利用

[教师提问] 整个方案思路清晰，从数据分析到原理阐释，再到成本核算，逻辑链条非常完整。我看到在治理方案中，对于沉淀可回收用作建筑材料，还有其他利用途径吗？整个过程，在哪些环节会产生能耗呢？为什么选择碳酸钠化学沉淀法。

[学生回答] 碳酸钠沉淀还可用以农业，调节土壤酸碱度；产生主要能耗的为沉淀的烘干回收，运营设备的维护；碳酸钠沉淀法相较于离子交换法有设备简单、运维便捷、能耗极低，综合性价比更高、绿色无污染等优势。

[教师总结]回顾整节课：水垢生成是平衡向沉淀方向移动，白醋除垢是平衡向溶解方向移动，硬度攀升是 $Q < K_{SP}$ 驱动溶解，加 Na_2CO_3 除硬是让 $Q > K_{SP}$ 驱动沉淀。所有这些现象，其背后都统一于“化学平衡”这一大概念，平衡移动的方向取决于外界条件对平衡体系的影响，这正是化学学科核心素养中“变化观念与平衡思想”的集中体现。

7. 教学评价量表及评分统计结果

7.1. 教学评价量表

本教学采用教师对学生的过程性评价，并将各维度得分计入平时成绩。评价量表见表 4。

Table 4. Teaching evaluation scale
表 4. 教学评价量表

评价维度	优秀(5 分)	良好(4 分)	合格(3 分)	待改进(2 分以下)
原理理解	能准确解释沉淀溶解平衡	理解基本概念	部分理解	概念模糊
定量计算	能独立完成 K_{SP} 计算	能套用公式计算	在提示下完成	困难
方案设计	方案完整、可行、有创新 (创新指考虑了环保、资源化等多维因素)	方案基本可行	方案有缺陷	无法完成
合作交流	积极讨论、贡献突出	参与讨论	参与较少	不参与
科学态度	能主动联系实际应用	能联系实际	在引导下联系	缺乏联系

7.2. 项目方案评分统计结果

本教学对全班 55 名同学进行评分统计，总分为 25 分，统计结果如图 1 所示。

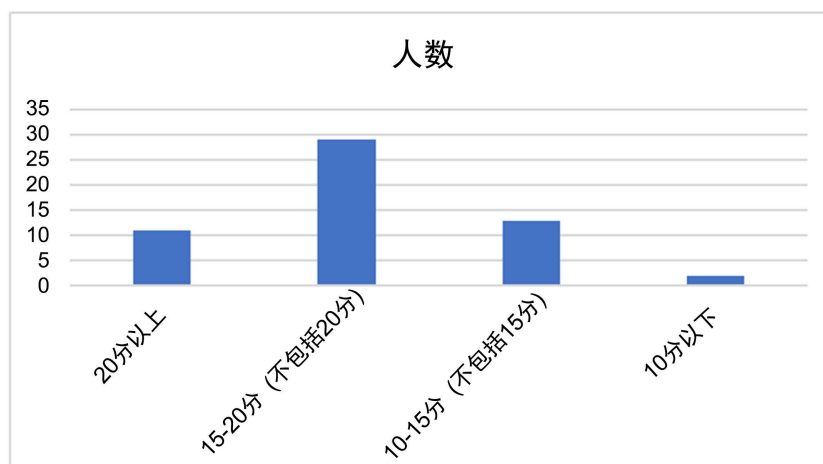


Figure 1. The results of the score statistics
图 1. 评分统计结果

图 1 显示，方案设计评分整体呈右偏分布，大多数学生得分集中在 15~20 分区间，表明学生经过前两个环节的学习后，能够较好地运用沉淀溶解平衡知识解决实际问题。其中第二组、第五组和第七组方案较为完善，能够将核心要素阐述清楚；其他组原理清楚完整，但在成本核算、工艺流程细节等方面尚需进一步完善，这也为后续教学改进指明了方向。

8. 教学效果与反思

8.1. 教学效果

通过本节课的学习及课后检测发现，80%的学生对于基础知识掌握牢固，65%的学生能够正确完成离子积的计算并与溶度积进行比较，但仅 30%的学生能够结合电离平衡、水解平衡、沉淀溶解平衡进行综合分析，反映出学生综合运用多种平衡体系进行微观动态学习的能力有待加强。通过图 1 可知，方案设计环节大多数学生能够得到 15~20 分，第二组、第五组和第七组较为完善，能将核心要素阐述清楚，其他组原理清楚完整，但成本核算、工艺流程细节等尚需完善。

8.2. 教学反思

本文以水壶结垢为真实情境，以治理水质硬化问题为任务贯穿全文，贴近生活，有效激发学生探究兴趣与学习内驱力。教学环节由浅入深，重视三级层级结构，并且始终贯穿化学平衡思想。最后展示小组实验方案设计，培养学生解决实际问题的能力，促进证据推理、科学态度与社会责任等核心素养的发展。在教学实践中也发现了一些值得深入反思的问题：

(1) 学生在前置知识衔接上仍存在个体差异，建议在课前提供电离平衡和水解平衡的复习微课，帮助不同层次学生做好知识准备；

(2) 方案设计环节时间较为紧张，可适当延长至 1 课时，给予学生更充分的讨论和完善时间；

(3) 部分小组在成本核算环节存在困难，后续可提供简化的成本计算模板。

针对上述问题，将采取以下改进措施：

- (1) 采用“课前预习 + 课中探究 + 课后家庭小实验”三段式教学, 优化时间分配并补充长效评价。
- (2) 布置“水壶除垢”家庭实验, 延伸探究场景, 让学生在实践中巩固所学知识。
- (3) 分层设计任务, 兼顾不同认知水平学生的探究需求, 确保每位学生都能在原有基础上获得发展。

基金项目

感谢山东省教育厅 2022 年山东省本科教学改革项目“大中学校共建化学教育研究院的探索与实践”(M2022083)、2019 年山东省研究生教育教学改革项目“地方高校化学化工专业研究生协同育人模式研究与实践”(SDYGJ19061)、聊城大学研究生课程思政示范课程项目和德州学院研究生教育教学项目的资助。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017 年版 2020 年修订) [S]. 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [2] 中共中央 国务院印发《教育强国建设规划纲要(2024—2035 年)》[EB/OL]. 2015-01-19.
https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11846/202502/content_7002799.html, 2026-08-26.
- [3] 黄佳仪, 钱扬义, 吴锬敏, 等. 国内外化学项目式学习课例比较与建议[J]. 化学教育(中英文), 2025, 46(5): 113-117.
- [4] 李燃, 赵宸, 王磊, 等. “物质变化”大概念统领下的初中化学项目式学习——我是燃料代言人[J]. 化学教育(中英文), 2025, 46(5): 37-44.
- [5] 温·哈伦. 科学教育的原则和大概念[M]. 韦钰, 译. 北京: 科学普及出版社, 2011.
- [6] 温·哈伦. 以大概概念理念进行科学教育[M]. 韦钰, 译. 北京: 科学普及出版社, 2016.
- [7] 威金斯, 麦克泰格. 追求理解的教学设计[M]. 第 2 版. 闫寒冰, 等, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2017.
- [8] 李刚, 吕立杰. 大概念课程设计: 指向学科核心素养落实的课程架构[J]. 教育发展研究, 2018(Z2): 35-42.
- [9] 吕立杰. 大概念课程设计的内涵与实施[J]. 教育研究, 2020(10): 53-61.
- [10] 卢姗姗, 毕华林. 中学理科教育中项目式学习的内涵与特征[J]. 化学教学, 2023(2): 3-7.
- [11] 王磊, 胡久华, 魏锐, 等. 化学项目式学习的课程、教学与评价系统研究——北京师范大学化学教育研究团队 20 年研究历程与成果[J]. 化学教育, 2022, 43(16): 24-29.
- [12] 姚媛媛. 国内基于翻转课堂的项目式教学模式研究综述[J]. 海外英语, 2021(11): 147-148.
- [13] 王磊. 普通高中教科书·化学·选择性必修 1 化学反应原理[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2020.
- [14] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB 5749-2022 生活饮用水卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.