

形象化教学法在《工程化学》中的应用

朱林林, 郑鑫玉, 李晓亮

北华航天工业学院建筑工程学院, 河北 廊坊

收稿日期: 2025年8月21日; 录用日期: 2025年9月17日; 发布日期: 2025年9月25日

摘要

针对工程化学课程理论性强、概念抽象、学生兴趣不足的教学难点, 本文提出基于生活化案例的形象化教学模式, 并通过准实验研究对其效果进行验证。实践表明, 该模式显著提升课堂互动性与学生理解深度, 为新工科背景下培养学生实践能力与创新思维提供有效路径。

关键词

工程化学, 形象化教学, 抽象概念, 类比学习

The Application of Visual Teaching Method in "Engineering Chemistry"

Linlin Zhu, Xinyu Zheng, Xiaoliang Li

School of Architecture and Engineering, North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang Hebei

Received: August 21, 2025; accepted: September 17, 2025; published: September 25, 2025

Abstract

In response to the teaching difficulties of strong theoretical basis, abstract concepts, and insufficient student interest in engineering chemistry courses, which often lead to insufficient student engagement, this paper proposes a visual teaching model based on real-life cases. A quasi-experimental study was conducted to compare the performance of an experimental class (using the visual teaching method) and a control class (using traditional instruction). Practice has shown that this model significantly enhances classroom interaction and students' understanding depth, providing an effective path for cultivating students' practical abilities and innovative thinking in the context of new engineering.

Keywords

Engineering Chemistry, Visual Teaching, Abstract Concept, Analogical Learning

Copyright © 2025 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

工程化学作为土木工程等工科专业的基础课程，承担着衔接化学理论与工程实践的关键职能，是培养学生科学思维与工程问题解决能力的重要载体[1]。然而，工程化学课程内容理论性强、抽象性高，学生普遍难以建立直观认知；此外，传统教学方法以单向讲授为主，缺乏互动性与具象化表达，导致课堂氛围沉闷、学生兴趣低迷，知识内化效果不佳[2]-[4]。尽管现有教学改革尝试调整内容或优化评价体系，却始终未能突破“抽象概念难以理解”与“学习动力不足”的核心问题[5] [6]。

为系统提升工程化学的教学效果，本研究引入形象化教学方法，并依托认知负荷理论、建构主义及类比学习理论[7]，设计了一系列生活化案例，将微观机理具象化、复杂公式情境化，以降低学生的认知负荷，增强学习动机与理解深度。同时，本文采用实证研究方法，通过前后测对比、问卷调查和焦点访谈，全面评估该教学法的实施效果。

2. 形象化教学的理论基础与设计

形象化教学法核心在于通过类比迁移，将陌生抽象的科学概念与学生熟悉的生活经验相连接，从而促进认知同化与思维建构。本研究借鉴 Mayer 的多媒体学习认知理论及 Sweller 的认知负荷理论，强调在教学设计中控制内在负荷、优化外在负荷，并增加相关认知负荷。每一个类比案例均经过精心设计，既保证趣味性和易懂性，也注重科学准确性与教学适用性。

3. 形象化教学案例与应用

工程化学课程涵盖化学反应基本原理、化学平衡以及物质结构基础等核心内容，在学生的知识体系中扮演着衔接前后知识的重要角色。然而，该课程中涉及大量抽象概念，仅凭学生想象难以深入理解，容易让学生感到枯燥乏味。尤其在涉及核外电子排布等复杂抽象的内容时，若仅依赖传统的讲授方式，学生往往难以有效把握那些抽象的物理规律，进而影响其学习动力和成效。因此，为激发学生学习兴趣，提升教学效果，笔者引入形象化的教学案例，将抽象理论具象化，降低了学生的认知难度，取得了良好的效果。部分案例如下：

案例一：状态函数变化与返校途径

状态函数变化只与系统的终始态有关，而与变化的具体途径无关。我们可以将状态函数的变化与学生返校联系在一起。将学生家与学校的位置看作状态函数的始态与终态。学生可以选择高铁、公共汽车或者飞机等不同的交通工具从家返回学校，选择的交通工具不同，返校的路线必然不同。当学生从家返回学校时，可以看成状态函数已经从初始状态变为终了状态，但是无论学生选择哪一种交通工具，他们初始位置到终点位置都是不变的。

该类比生动地阐明了状态函数的路径无关性，帮助学生摆脱对复杂过程的机械记忆。然而，需指出其局限性：状态函数是热力学系统的内在属性，而“位置”在物理空间中虽可视，却不同于热力学状

态。教师应进一步引导学生理解“状态函数”的物理定义，说明其数学表达与物理意义，避免学生将状态函数简单等同于地理位置。

案例二：熵与宿舍卫生

熵用来表示物质内部微粒的混乱程度。混乱程度越高，熵值越高，反之亦然。熵与焓共同定义吉布斯自由能，用以判断化学反应进行的方向。众所周知，在自然环境下，任何反应都将朝着能量最低方向进行。因此，熵与焓都能表示系统能量的变化，然而在教学过程中笔者发现很多同学只知道熵代表混乱程度，而对于熵为什么能代表能量变化感到疑惑。为此笔者在授课过程中将宿舍卫生状况与熵的概念相结合。卫生状况差的宿舍熵值高，通过学生打扫宿舍，使宿舍变得整洁，熵值也随之降低。打扫过程可以看作学生对宿舍做功，正是这部分能量维持着宿舍所有物品有序摆放。通过打扫宿舍，学生能直观理解熵减过程，即系统有序度增加，从而更好地掌握熵的概念及其应用。此外，我们还可以将课堂坐姿与熵联系起来。坐姿端正的学生熵值较低，此时的低熵值是靠着学生的身体肌肉群维持的，也就是肌肉群在做功。当学生将肌肉群放松，能量得到释放，端正坐姿秒变葛优躺，熵值陡然增加。这种生活化的类比，不仅帮助学生理解抽象的熵概念，还能促使他们在日常生活中注重秩序，提升学习效率。

以宿舍卫生类比熵变，具象地表达了熵作为混乱度指标的含义，尤其通过“打扫卫生需做功”强调熵减的非自发特性。但该类比可能强化“熵即混乱”的片面理解，忽略其统计本质。教师应在此基础上引入玻尔兹曼熵公式，说明熵实为系统微观状态数的度量，从而将学生的理解从宏观现象提升至统计物理层面。

案例三：蒸气压下降与交通秩序

蒸气压下降是指当非挥发性溶质溶解于纯溶剂后，溶液表面被溶质粒子部分占据，导致单位时间内逸出液面的溶剂分子数目减少，从而使得溶液的饱和蒸气压低于同温度下纯溶剂的蒸气压。在学习液蒸气压下降这一内容时，如果直接按照定义讲解，学生理解困难，极易产生厌学心理。我们可以将这一抽象概念与城市交通秩序进行生动类比：将纯溶剂想象成一条在非高峰时段畅通无阻的城市主干道或空旷的高速公路，此时车辆(溶剂分子)能够以较高频率自由驶离道路(逸出液面)，此时具有较高的通行效率，即纯溶剂具有较高的蒸气压。当溶质加入后，如同交通高峰来临或道路上设置了大量减速带、交通信号灯和检查站。这些设施占据路面空间并规范车辆行为，显著增加了车辆通行的阻碍和等待时间。车辆需要绕行、减速或排队等候，单位时间内能够成功通过特定检查点的车辆数目大幅下降，整条道路通行效率因此明显降低，即溶液的蒸气压下降。溶质粒子在溶液表面的阻滞作用恰似交通设施对车流的疏导与限制，两者均通过引入新的规则元素(溶质/交通设施)，增加了系统内原有粒子(溶剂分子/车辆)活动的难度，降低了其有效活动速率(逸出速率/通行速率)，最终在宏观层面表现为系统性质(蒸气压/通行效率)的下降。此案例对蒸气压下降原理进行了形象化的比喻，不仅加深了学生对知识点的理解，而且活跃了课堂氛围，提高了学生的学习兴趣。

交通类比对蒸气压下降的机制进行了富有创见的诠释，尤其强调“溶质粒子占据表面”导致溶剂分子逸出受阻，类比车辆通行效率下降。然而，该类比未体现温度对蒸气压的影响，也可能使学生误以为溶质粒子是“静态障碍”。教师应补充讲解动力学理论，说明蒸气压的本质是分子逸出倾向的平衡，并可引入拉乌尔定律进行定量分析，使学生从现象类比走向数学模型。

案例四：化学平衡的移动判据与赛跑

在化学平衡体系中，反应商(Q)与平衡常数(K)的比值是判断平衡移动方向的核心判据：当 $Q < K$ 时反应正向自发， $Q > K$ 时逆向自发， $Q = K$ 时系统处于平衡态。在讲解这一部分时，有部分同学反映记不住公式或公式记反了。

笔者在授课过程中以导航为例，将平衡常数 K 作为导航终点；而反应商 Q 则对应脚下的实时位置。

若当前位置还没有到达终点，即此时的反应商 Q 小于平衡常数 K ，其自发行为必然是向前前进(正向反应)；若因导航偏差超过终点($Q > K$)，则需主动后退(逆向反应)；当双脚精准踏在终点($Q = K$)时，既不需前进也不需后退，此时达到平衡状态。

导航类比对 Q 与 K 的关系提供了直观的操作性解释，尤其适合记忆困难的学生。但其风险在于可能让学生仅停留在“前进/后退”的机械判断上，忽视热力学势(如吉布斯自由能)的根本作用。教师应引导学生从类比回归到 $\Delta G = RT \ln(Q/K)$ 的推导，说明判断反应方向的热力学本质，从而将形象记忆提升为理论理解。

案例五：洪特规则与公交车上的分散就座

洪特规则指出：在原子同一亚层的等价轨道上排布电子时，电子优先以自旋平行方式分占不同轨道，而非成对填入同一轨道。这种排布能使体系能量最低，如同量子世界的社交距离优化法则。我们可以用公交车分散就座来讲解该规则。将简并轨道视为车厢内并排的空座位组，电子则是上车的乘客。当乘客进入空车厢时，往往会优先选择独占整排座位，且相邻乘客自动侧身朝窗(自旋平行)，确保社交距离足够大；仅当座位紧张时，才不得与他人共享一排(电子成对填入轨道)，此时两人必须面对面就坐(自旋相反)。电子填充过程如同乘客登车流：首站发车的空车厢(基态原子)迎来第一位乘客(电子)，其径直走向后排角落独坐；后续乘客上车时，若发现某排已有独坐者(\uparrow 自旋)，便自动选择相邻空排就坐(自旋平行)，维持一人一排的最优布局。当车厢过半满员，新乘客被迫与独坐者共享座位，此时两人调整坐姿，避免尴尬。先坐者保持朝窗(\uparrow 自旋)，后坐者转身面朝过道(\downarrow 自旋)，形成自旋相反配对。

公交车类比对洪特规则的能量优化机制提供了非常贴切的解释，尤其强调“平行自旋分占轨道”以降低排斥、稳定体系。但该类比未触及交换作用等量子效应，可能使学生仅从“社交习惯”角度理解。教师可进一步引入电子间库仑排斥与交换能的概念，说明洪特规则的量子力学基础，从而完成从行为模拟到能量分析的深化。

4. 研究设计与数据分析

为科学评估形象化教学法的效果，本研究设计了准实验研究方案。选取同一专业的两个自然班，分别作为实验班($n = 35$)与对照班($n = 34$)，均由笔者授课，确保教学内容与进度一致，实验班采用形象化案例教学，而对照班采用常规讲授法。在教学单元开始前和结束后，分别对两个班进行测试，试卷均采用同一套涵盖核心概念与应用能力的标准化试题。

本研究采用量化与质性研究相结合的方法以全面收集证据。在量化方面，使用 SPSS 软件对前后测成绩进行独立样本 t 检验，以控制前测差异，精确评估教学方法的净效应。此外，在教学后对实验班发放调查问卷，旨在收集学生在学习兴趣、自我效能感及认知负荷三个维度的数据。

在质性方面，本研究从实验班中依据后测成绩高、中、低分层抽取 5 名学生进行小组访谈。主要围绕学生对形象化案例的具体看法、理解过程中遇到的困惑以及概念认知的真实变化展开，旨在获取问卷无法涵盖的深层、生动的反馈，从而增强研究结论的深度与可靠性。

5. 教学效果与反思

形象化教学方法在工程化学课程中的实施显著提升了教学效能。通过构建跨学科类比模型，有效优化了学生对抽象化学概念的认知路径。课堂实践表明，该方法大幅增强了师生的互动性，使学生对焓、化学平衡移动过程等抽象理论的理解更为透彻。期末考核结果证实，学生在传统难点领域的解题能力获得实质性突破，形象化策略有力促进了工程设计思维与分析能力的建构。形象化教学法既显著延长了核心知识点的记忆周期；又切实强化了工程迁移能力，多数学生能在学习过程中做到举一反三。这些成效

充分印证，形象化教学不仅降低了工程化学的学习门槛，更在理论体系与工程实践之间建立了可视化纽带，推动知识传授向能力培养的实质性转化。

同时，我们也注意到类比教学的双刃剑效应：恰当的类比可大幅降低认知门槛，但不准确或过度简化的类比可能导致误解。因此，在应用中需谨慎设计类比内容，明确其适用边界，并及时引导学生回归科学本质，实现从具体形象到抽象理论的升华。

6. 结语

工程化学的形象化教学改革，本质是以学生认知规律为中心的教学范式重构。通过将抽象理论锚定于生活经验与工程场景，不仅破解了“难教难学”的难题，更激活了学生的探究欲与创新潜能。未来需进一步深化两方面探索：一是结合 AI 技术开发智能类比生成工具，提升资源设计效率；二是构建跨校形象化教学联盟，推动优质案例库共建共享，为新工科人才培养注入持续动力。

基金项目

北华航天工业学院教育教学改革研究与实践项目：“新工科背景下工程化学课程抽象概念形象化教学方法探索与改革”（项目编号：JY-2025-039）。

参考文献

- [1] 张峰, 马金金, 魏雨, 等. 土木工程专业《工程化学》教学中的问题及对策[J]. 山东化工, 2020, 49(18): 194-195.
- [2] 宿辉, 白青子, 刘英. “新工科”背景下“工程化学”教学内容改革探索[J]. 黑龙江教育, 2020(3): 3-4.
- [3] 高莉. 工程化学课程的建设与改革[J]. 河南化工, 2024, 41(7): 62-64.
- [4] 李姣. 新工科背景下《工程化学》教学改革的实践与思考[J]. 云南化工, 2021, 48(12): 189-191.
- [5] 王旭裕, 刘欣欣. 工科专业《工程化学》授课改革思考[J]. 广州化工, 2022, 50(17): 247-249.
- [6] 谢云鹏. 工程化学多元化教学方法探索与实践[J]. 广州化工, 2022, 50(12): 182-184.
- [7] 刘振海. 以形象化教学助力课堂教学质量提升[J]. 江苏教育, 2020(60): 79-80.