

四轨教学在物理化学与胶体化学课程的探究与实践

曾丽华* 秦苏 华美玉 徐常威

广东海洋大学 材料科学与工程学院, 中国·广东 阳江 529500

摘要: 针对物理化学与胶体化学课程存在理论与工程应用脱节问题, 融合 CBL、PBL、TBL、RBL 四种教学方法, 构建“四轨并驱”教学模式。以真实工程案例搭建理论应用场景, 采用问题链驱动探究、小组协作完成任务、多维线上资源保障自主学习, 并以新能源汽车电池冬季续航衰减开展课堂教学实践。通过平行对照班教学实践表明, 实验班学生模块成绩、知识迁移应用能力、课堂学习获得感均得到提升。该模式可为新工科背景下化工类专业基础课教学改革提供参考。

关键词: 物理化学与胶体化学; 四轨并驱; CBL-PBL-TBL-RBL 教学法; 新工科

Exploration and Practice of Four-Track Teaching in *Physical Chemistry and Colloid Chemistry*

Zeng Lihua*, Qin Su, Hua Meiyu, Xu Changwei

School of Materials Science and Engineering, Guangdong Ocean University, China Guangdong Yangjiang 529500

Abstract: Aiming at the disconnection between theoretical teaching and engineering application in the course of *Physical Chemistry and Colloid Chemistry*. Four teaching methods, including CBL, PBL, TBL and RBL are integrated to construct a "Four-Track Driven" teaching mode. Real-world engineering cases are utilized to establish theoretical application scenarios. Problem chains are employed to facilitate in-depth exploration, group collaboration is organized to complete learning tasks, and multidimensional online resources are provided to support autonomous learning. Classroom teaching practice is carried out based on the winter-range attenuation of new-energy vehicle batteries. The teaching practice of parallel control classes demonstrates that students in the experimental class have achieved improvements in module scores, knowledge-transfer application ability and classroom learning acquisition. This mode can provide references for the teaching reform of basic chemical engineering courses under the background of Emerging Engineering Education.

Keywords: Physical chemistry and colloid chemistry; Four-track driven; CBL-PBL-TBL-RBL teaching method; Emerging engineering education

0 引言

新一轮科技变革与产业迭代升级, 对高校工程人才培养提出全新要求。推进新工科建设, 重在培育兼具扎实专业知识、工程实践能力与正确价值素养的复合型工科人才^[1]。物理化学与胶体化学是连通基础化学理论与工程实践的桥梁课程, 授课效果直接决定学生后续能否将物化原理迁移到专业场景, 也影响着创新思维塑造与专业能力的培养^[2]。然而, 这门课程概念抽象、公式推导复杂、逻辑性强, 一直是学生公认难度较高的化学课程^[3]。传统的讲授导向学习 LBL (Lecture-Based Learning) 模式虽便于系统传授学科理论知识, 却难以有效激发学生主动思考, 多数学生仍停留在对热力学公式的形式记忆层面, 缺乏将其运用于具体工程场景的能力, 造成理论与实际应用相互脱节^[4]。近年来, 案例导向学习 CBL (Case-

Based Learning)、问题导向学习 PBL (Problem-Based Learning)、团队导向学习 TBL (Team-Based Learning) 和资源导向学习 RBL (Resource-Based Learning) 等教学方法已在多学科领域中取得一定成效^[5], 但鲜有将其系统应用于物理化学与胶体化学课程教学的相关研究。基于此, 本研究将 CBL、PBL、TBL 与 RBL 深度融合, 搭建“四轨并驱”教学体系, 重构课程教学逻辑, 兼顾理论讲授质量与实践能力的培养效果, 为同类课程改革提供可借鉴的实施思路。

1 物理化学与胶体化学课程现状与改革思路

在物理化学与胶体化学课程教学中存在三类突出矛盾。第一, 知识体系呈现碎片化倾向, 且与真实情境分离。热力学、动力学及电化学等核心模块常被孤立讲授, 教学活动过度集中于公式的推导演练与计算训练, 忽略了各模

块之间固有的内在关联及其所对应的工程实践中的问题源头。第二, 能力培养方向与工程实际需求之间存在错位。常规课堂普遍缺少来自生产一线的数据与实际案例, 学生难以将抽象的化学概念迁移到工程问题的分析与决策过程中, 工程思维方式的塑造以及将实际问题转化为科学问题的能力均存在明显短板。第三, 学生内在学习驱动力普遍不足。当课程内容难以彰显其实际应用价值时, 学生极易出现学习倦怠。如多数学生能够熟练书写吉布斯-亥姆霍兹方程, 却无法对低温环境中动力电池续航性能下降这一日常工程现象给出合理解释, 这也直观体现出学生掌握的理论知识, 难以转化为解决实际问题的能力。

针对上述矛盾, 本文提出构建 CBL-PBL-TBL-RBL 四轨教学的新型模式。其基本运行逻辑为通过 CBL 引入真实、典型的行业案例, 使抽象理论获得具体情境依托, 从而唤起学生的学习兴趣与代入感; PBL 借助设计层层深入的问题链条, 推动学生的知识探索不断走向深层, 促进其高阶认知能力与复杂问题解决能力的形成; TBL 利用合理的任务分配与团队内部互动机制, 保障综合性探究任务的有序推进, 同时在协作过程中锻炼学生的沟通表达与团队合作等人文素养。RBL 借助丰富多样的学习材料和智能化辅助工具, 突破课堂教学的时间与空间局限, 为学生的自主学习和差异化发展提供有力支撑。四类教学策略相互衔接、互为补充, 共同形成一条“情境感知→任务驱动→协作探究→资源赋能”的连贯性教学实施路径, 推动课堂教学从以知识输入为主导向以能力输出为导向的转变。

2 “四轨并驱” 教学模式设计

2.1 模块化教学内容重组

按照模块化、情境化、问题化原则重构原有章节内容, 把课程内容划分五大教学模块。热力学第一定律模块结合食品加工能量衡算场景, 引导学生理解内能、焓、热容以及可逆过程相关概念; 热力学第二定律与熵模块依托相变实例, 训练学生判断过程自发性; 多组分系统与化学平衡模块选取工业合成氨工艺, 讲解化学势与平衡常数的工程意义; 电化学模块以新能源动力电池作为主线, 解析电极电势、能斯特方程的实际价值; 界面化学与胶体化学模块围绕纳米药物载体稳定性展开研讨, 理解表面张力、吸附、胶体体系相关规律。

每个教学模块统一遵循“案例引入-问题链设问-小组探究-资源拓展”流程组织课堂, 教师保留必要理论精讲环节, 兼顾理论深度和工程应用训练。每个真实案例配套 2-3 道逐级递进的开放性思考题, 引导学生由基础概念

逐步走向综合工程分析。案例素材筛选坚持真实性、典型性、适配性, 优先选取和地方产业、新能源领域关联紧密的现实素材, 避免脱离专业培养目标的虚构案例。

2.2 配套教学支撑与多元评价体系

依托超星一平三端智慧教学平台搭建教学资源库, 涵盖案例素材库、分层思考题库、小组探究任务库与拓展学习资料库, 依照教学单元分阶段向学生推送。落实课前线上预习、课中线下探究研讨、课后线上巩固提升三阶混合教学流程。同步建立兼顾过程表现与期末考核的评价机制, 过程考核合计占总成绩 40%, 期末卷面成绩占 60%。

过程考核维度覆盖线上预习参与情况、课堂研讨表现、开放性专题报告质量、小组案例研讨汇报、课后作业五大模块。线上学习数据由教学平台自动采集记录; 课堂研讨表现依靠教师课堂观察完成记录; 专题报告与小组汇报采用细化评分量规开展打分, 小组汇报增设组员互评环节, 区分不同成员实际贡献; 课后作业由教师逐份批阅。整套评价体系公开明确评分细则, 发挥考核对日常学习的导向约束作用, 改变单一试卷评定成绩的评价方式。

3 “四轨并驱” 模式在电化学模块的教学实践

选取电化学模块开展完整课堂落地, 教学载体为新能源汽车动力电池低温续航衰减现象, 展现“四轨并驱”模式的教学流程。

3.1 CBL 情境案例导入

课堂导入环节播放一段新能源汽车冬季续航衰减的新闻报道视频, 呈现真实数据: 某品牌电动车在 -10°C 环境下续航里程较常温衰减 30%~40%, 车主充电时间明显延长。抛出启发性设问: 低温环境下电池总电量并未减少, 为何车辆实际可用续航明显缩水? 利用现实工程现象带来认知冲突, 引导学生联系能斯特方程、电极电势相关理论开展思考。

3.2 PBL 递进问题链设计

围绕电池低温衰减案例设计三层递进式问题链。基础层立足理论应用, 引导学生借助能斯特方程, 从热力学角度辨析温度变化如何改变电池电动势与实际输出电压。拓展层关联动力学知识, 结合阿伦尼乌斯公式, 解释低温内阻增大、离子迁移速率下降对放电容量带来的负面影响。应用层面向工程决策, 站在电池研发工程师视角, 从电极材料改性、电解液添加剂、电池管理三个方向提出现实可行的改进思路。整套问题链由理论推演逐步过渡到工程解决方案设计。

3.3 TBL 团队协作探究

将班级学生分为若干项目组（每组 4-5 人），组内划分材料研发、电解液配方、电池管理三类任务角色，分工完成资料查阅、原理推导、方案设计。材料研发组查阅文献，分析低温下锂离子在正负极材料（如磷酸铁锂、三元材料）中的动力学障碍。电解液配方组探究低温下电解液黏度、离子电导率的变化规律，调研并报告新型电解液添加剂（如降低凝固点的溶剂）的研究进展。电池管理组设计一套低温充电预热策略，利用电池自身能量或外部热源，在充电前将电池加热至适宜温度区间。各组在规定时间内利用教师提供的文献资源与平台工具进行协作探究，形成阶段性技术方案，并进行全班汇报与交叉提问。教师针对性点评各组方案的优势与不足，结合组内互评记录每位学生实际贡献。

3.4 RBL 学习资源支撑

在整个协作探究过程中，超星学习通平台分阶段推送配套学习材料。课前推送关于能斯特方程应用的视频及电池性能测试的相关国家标准文件。课中开放电池领域高被引综述、企业技术白皮书以及电化学工作站的虚拟仿真软件链接，供学生即时查阅与模拟验证。课后发布关于钠离子电池、固态电池在低温场景下的技术潜力等拓展思考题，并提供相关前沿文献，满足不同层次学生的深度学习需求。

3.5 教学效果对照评估

选取两个平行教学班开展教学比对实践，实验班共计 65 人执行四轨协同教学模式，对照班 63 人沿用传统讲授模式，两个班级授课教师、教材、学时、期末试卷全部保持一致，仅电化学单元教学手段存在区别。以试卷电化学模块（满分 20 分）作为效果比较，实验班平均得分 16.7 分，对照班 13.6 分；实验班及格率 87.7%，对照班 65.1%；实验班优秀率 33.8%，对照班 20.6%。两类班级差距集中在工程应用型题目，该题型实验班得分率 86.2%，对照班仅有 63.5%。课程结束面向实验班全部学生发放调查问卷并且全部回收，96.9% 学生认可案例研讨与小组协作可以活跃课堂氛围，93.8% 学生认为课程可以帮助自己理解物化公式工程含义。需要客观说明，本次实践只完成电化学单元改革试点，样本规模有限，后续还需要扩大授课班级进一步检验模式成效。

4 教学反思

教学实践反映“四轨并驱”模式能够提升学生课程得分，强化原理迁移运用能力，调动课堂学习主动性，但实施过程中同样暴露出现实短板。小组探究任务存在少数成

员“搭便车”现象，部分组员参与度偏低，后续需要进一步细化组内贡献量化打分规则，依靠评价制度约束个体参与行为。另外本次试点班级规模适中，如果推广到大班课堂，小组汇报、课堂点评会面临课时压力，需要进一步优化课堂任务的线上工具，形成线上线下互补实施方案。教师角色从知识讲授者转向课堂引导者，对教师工程案例储备、课堂把控、跨领域知识储备提出更高要求，需要配套教研活动持续提升授课能力。

5 结语

本文将 CBL-PBL-TBL-RBL 的“四轨并驱”教学模式与物理化学与胶体化学课程相结合，从教学内容重构、课堂流程设计、多元考核三个维度完成课程系统性改革。依托动力电池低温衰减完整教学案例开展落地，将抽象物化理论和工程产业场景相结合，该模式能够提升学生知识迁移与工程问题分析能力。未来，我们将秉持持续改进的理念，在教学实践中不断积累实证数据，迭代优化任务设计与评价机制，以期将该教学模式打造为一种稳定、高效、可迁移的教学范式，为新时代新工科基础课程改革贡献一份切实可行的方案。

参考文献：

- [1] 李国波, 李喜宝, 彭洪根等. “环境仪器分析”课程思政教学改革与新工科实践—以南昌大学为例[J]. 大学化学, 2027, 42 (X), 1. doi: 10.12461/PKU.DXHX202605012.
- [2] 丁聪, 顾江江, 张瑾华等. 将课程思政融入物理化学教学中的探索与实践—以农林高校《物理化学与胶体化学》教学为例[J]. 产业与科技论坛, 2023, 22 (03): 209-211.
- [3] 王超. 新能源领域“物理化学”课程知识体系建设[J]. 当代化工研究, 2026 (14): 134-136.
- [4] 杨晓刚, 曲家福, 胡俊蝶等. 工程教育背景下物理化学课程的产教融合 PBL 教学实践[J]. 大学化学, 2026, 41 (X), 1. doi: 10.12461/PKU.DXHX202602041.
- [5] 赵玥, 孙秀君, 李艾. 基于 LBL-CBL-PBL-RBL 的分析化学课程四轨教学模式研究[J]. 安徽化工, 2025, 51 (03): 167-171.

基金项目：2026 年广东海洋大学教育教学改革项目 (PX-972026064)；2022 年广东海洋大学自然科学科研项目 (360302012201)。

作者简介：* 通讯作者：曾丽华（1993-），女，汉族，广东阳江人，博士研究生，讲师，研究方向：化学化工课程教学。