

# 高分子化学 PBL 教学及 OBE 理念的结合：思考与实践



林宁\*, 朱阁

武汉理工大学化学化工与生命科学学院, 湖北武汉 430070

**摘要:** 探索 PBL 教学法在本科高分子化学教学中的应用, 在建设启发式问题库的过程中, 与工程教育专业认证的 OBE 理念结合, 以课程支撑毕业要求指标点为指导, 对问题进行归类总结, 应用于实际教学过程中, 可有效培养学生独立思考的能力和创新精神。本论文先以高分子化学课程中教学重难点的例子为切入点, 探索 PBL 教学法在本科高分子化学教学中的应用, 结合工程教育专业认证的 OBE 理念, 以课程支撑毕业要求指标点为指导, 对教学问题进行, 应用于实际教学过程中。实践结果表明, 在有限课程学时内, PBL 教学方法效果显著, 能够激发学生的学习兴趣, 调动课堂氛围; 增强团队协作意识, 有助于培养学生独立思考的能力和创新精神, 使学生的综合素质得到大幅提升。

**关键词:** 高分子化学; 教研改革; PBL 教学; OBE 理念

**DOI:** [10.57237/j.cse.2023.04.003](https://doi.org/10.57237/j.cse.2023.04.003)

## Combination of PBL Teaching and OBE Concept in Polymer Chemistry: Thought and Practice

Ning Lin\*, Ge Zhu

School of Chemistry, Chemical Engineering and Life Sciences, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China

**Abstract:** In this paper, we explore the application of the PBL teaching method with the combination of the OBE concept from Engineering Education Accreditation in the teaching of polymer chemistry. In the process of building a heuristic question bank, the graduation requirements indicator points can serve as a guideline to classify and summarize the questions. In the actual teaching process, it is proved to effectively cultivate students' independent thinking ability and innovative spirit. Taking the teaching key and difficult points in the course of Polymer Chemistry as the breakthrough, this paper explores the application of PB; teaching method. In the practical teachings, we integrated the OBE idea from China Engineering Education Accreditation Association (CEEAA) and classified the teaching problems, according to the instruction of graduation requirements of the course. The practical results show that the PBL teaching method is effective in stimulating students' interest in learning and mobilizing the classroom atmosphere, enhancing the sense of teamwork, helping to cultivate students' independent thinking ability and innovative spirit, and significantly improving students' overall quality within the limited course hours.

**Keywords:** Polymer Chemistry; Teaching and Research Reform; PBL Teaching; OBE Concept

---

基金项目: 武汉理工大学教学改革研究项目 (w20210141).

\*通信作者: 林宁, ninglin.whut@gmail.com, ninglin@whut.edu.cn

收稿日期: 2023-11-12; 接受日期: 2023-11-27; 在线出版日期: 2023-12-27

<http://www.chemscieng.com>

## 1 引言

高分子化学是针对高分子材料与工程、高分子化工等学科和方向开设的专业类课程，主要讲授高聚物的各种合成方法和化学反应机理等经典基础学科知识，与高分子材料的分子设计、合成工艺、改性方法、实际应用等密切联系。该课程主要以各类聚合反应机理和动力学为主线，涉及高分子化合物的合成原理、聚合动力学、聚合方法、聚合物的化学反应等内容，分析和解决聚合速率、平均聚合度、聚合物微结构、共聚物组成等影响因素和工程问题。作为一门理论性极强的专业基础课，如何让学生快速的融入课堂，跟随教师的授课思路，在有限的教学时长下理解并掌握高分子化学中纷繁复杂的知识点，一直是该课程的教学难点[1-4]。在过去数年的教学过程中，笔者坚持以问题为导向的 PBL 教学法 (Problem-Based Learning)，调动学生的发散性思维，让学生快速高效地掌握教学大纲涵盖的知识点，从而提高课堂教学效率，使学生综合素质得到大幅提升。笔者通过建立启发式问题库，推动授课模式的创新和改革，在本科高分子化学课程教学中取得了一些经验。

工程教育专业认证的理念要求注重成果导向 (OBE, Outcome-Based Education) 的教学设计，“以学生为中心理念贯穿教学设计全过程”，特别是在教学设计、教学实施、教学评价、教学管理各环节都贯穿该理念，形成周期性评价的闭环[5-8]。武汉理工大学化学工程与工艺专业刚完成工程教育专业认证，笔者通过对所授课程《高分子化学》的分析，基于 PBL 授课模式及 OBE 理念的结合，得到一些对新工科高等教育的思考和实践经验。

## 2 高分子化学课程教学重难点举例

目前中国大部分院校的高分子化学课程均采用由潘祖仁教授编写，化工出版社出版的《高分子化学》(第五版)为教材。该教材以高分子反应动力学为主线，以连锁聚合和逐步聚合为两大主要板块，内容详实丰富。实为一本较为优秀的本科生教材。本文以潘祖仁主编的第五版《高分子化学》为教材[9, 10]，举例说明教学重难点及授课过程中碰到的实际困难，以问题为导向驱动启发式问题库的建立及教学模式的探索。

### 2.1 凝胶化现象及凝胶点预测

缩聚反应中，凝胶化现象的理解及 Carothers 凝胶点的预测计算一直是课程教学的重点。从历次闭卷考试结果来看，部分学生对凝胶现象的产生及凝胶下聚合速率的影响效应的理解一直存在困难；而针对 Carothers 凝胶点预测公式的计算应用中，又经常混淆相同官能度及不同官能度公式的选用。上述情况产生的根本原因在于，在缺乏直接实验现象观测的前提下，学生基于已所学的有机化学中小分子反应的固有知识经验，难于将缩聚反应中单体的官能团数量与聚合产物微观形态进行联系，进而理解 Carothers 凝胶点预测公式的内涵。在实际教学过程中还发现，由于此部分知识点偏理论，需要学生较长时间集中注意力，而一旦漏掉某一环节的理解，将导致后续知识的断节。如何引导学生跟随教师的思路，以点带面，弄清缩聚反应凝胶化知识体系的脉络，是这一章教学中的难点。

### 2.2 自由基聚合反应动力学

在本教材中，自由基聚合反应动力学占比较多，因其理论研究相对透彻成熟，而且在实际生产过程中有着相当大的应用。在本科高分子化学的教学过程中，许多一线教师对自由基聚合反应动力学的教学方法及重难点已经进行了较多深入的研究与探讨[11-13]。这部分知识点较多且分散，涉及范围广，影响因素众多；同时涉及很多数学公式的推导，包括求导及求偏微分，课程讲授过程比较枯燥无趣。因此在教学过程中学生会觉得知识点较零散、学习跨度大等问题。即使采用黑板板书的方式，也难以让学生保持全程注意力集中。学生在这部分的学习过程中体现出的问题，主要有掌握的知识系统性不够、重点不突出、主线不明朗等。

## 3 PBL 授课模式与 OBE 理念的结合

### 3.1 以专业认证指标点指导问题库的建立和归类

以上述两个教学难点为切入点，以毕业要求指标点指导启发式问题库的建立，应用于 PBL 教学环节。在建立启发式问题库的过程中，需要对毕业要求指标点进行深入理解，贯通相关教学内容，达成教学目标。

如本课程支撑毕业要求 2-问题分析, 指标点 2.1 中的关键词“识别、判断”、“关键环节”, 指标点 2.2 中“影响因素”、“关键环节”、“参数和边界条件”, 需要重点关注。在对应启发式问题的设计和选择时, 也应和指标点中的关键词相呼应, 才能有效的建立工程教育专业认证和 PBL 教学模式之间的有机联系。驱动问题的难度宜适中且具备足够的复杂性, 如果问题难度太大, 则难以调动学生学习的积极性和热情, 同时问题所涉

及的知识点应相互衔接交叉以加深理解和记忆。同时教师还需掌握驱动问题所衍生出的基础理论知识和实际生产过程中所涉及的制备工艺等; 再者教师应及时了解高分子化学的各类前沿研究进展, 时刻补充新观念和新信息。表 1 列出以“凝胶点预测及终点控制”、“自由基聚合及动力学”两个教学重难点, 设计的启发式问题。

表 1 以“凝胶点预测及终点控制”和“自由基聚合”作为问题切入点建立启发式问题库

毕业要求	毕业要求指标点	启发式问题	问题所属
2. 问题分析	2.1 能运用相关科学原理, 识别、判断复杂化学工程问题的关键环节。	在制备脲醛树脂时, 聚合反应过程中为什么需要不断检查产物 pH 值和水溶性?	第二章: 凝胶点预测及终点控制
		在制备脲醛树脂时, 在反应体系中加入尿素时为什么需分两次加入?	
		在制备脲醛树脂过程中, 如何预防粘度骤增的现象, 以及补救措施?	
		甲基丙烯酸甲酯自由基聚合时采用的本体聚合引发剂是什么? 与溶液聚合和乳液聚合使用的引发剂有何区别?	
		聚甲基丙烯酸甲酯为什么可以热解聚?	
		为什么不同烯烃单体的聚合方式不同, 具有选择性?	
	2.2 能运用化工基本原理、工程基础知识和数学模型方法, 分析复杂化学工程问题的影响因素、关键环节、参数和边界条件。	如何判断脲醛树脂合成反应的终点?	第二章: 凝胶点预测及终点控制
		制备脲醛树脂反应至终点时, 为什么需用 NaOH 溶液调至混合液的 pH 为中性?	
		两种不同单体组成和配比的缩聚反应, 通过什么参数条件判别凝胶点的不同?	
		自由基是什么? 为什么不容易探测其浓度?	
		自由基聚合引发剂与聚合温度是什么关系? 引发剂用量与聚合度是什么关系?	
		自由基聚合动力学公式推导中, 为什么要做四个假定, 分别简化了哪些参数条件?	第三章: 自由基聚合及动力学

## 3.2 教学方式的设计

在教学实践过程中, 以第三章自由基聚合及动力学为例, 采用设计的启发式问题, 尝试 PBL 教学方法, 在学习该内容之前从问题库中摘选相关问题布置课前预习和思考。在课堂教学环节, 先以“为什么不同烯烃单体的聚合方式不同, 具有选择性?”为问题驱动点, 引导学生理解烯烃单体的不同结构、取代基的诱导效应、共轭效应和位阻效应, 对自由基聚合、阴离子聚合、阳离子聚合的选择性, 对应毕业要求指标点 2.1“识别、判断复杂化学工程问题的关键环节”知识能力的培养。在进行“自由基聚合动力学公式推导”的知识点讲授中, 先以“自由基聚合过程中影响因素很多也很复杂, 如果你是高分子化学家, 如何去繁就简, 得到较准确的动力学公式?”这一问题, 引导学生思考可以简化聚合过程中的哪些参数条件, 进而得出自由基等活性、聚合度很大、稳态、链转移反应无影响四个假定, 加深对假定意

义的理解, 弄清简化条件和要求, 从而明晰和掌握自由基聚合动力学的相关理论知识。这一部分的内容和问题设定, 紧密围绕着毕业要求指标点 2.2“分析复杂化学工程问题的影响因素、关键环节、参数和边界条件”知识能力的培养。

PBL 教学模式包括提出问题、收集资料、论证汇报、归纳总结四大板块[14], 如图 1 所示。因此, 在上述教学过程中, 还应基于教师设计和选择的问题, 设置相关环节。如提出启发式问题后, 布置学生在查找各类资料过程中, 对之前所学的相关知识进行梳理, 在整理汇总各类不同资料时, 加深对问题的思考与理解; 相关知识课堂讲授结束后, 可以设置小组讨论与演示汇报, 最后由教师进行相关知识的补充、归纳和总结, 在此过程中学生分析与解决复杂问题的能力可以得到逐步提高。这些环节的设计, 进一步支撑了工程教育专业认证对学生在毕业要求 2-问题分析能力的培养, 也间接支撑学生毕业要求 9-个人和团队、毕业要求 10-沟通、毕业要求 12-终身学习相关能力

的培养[15]。

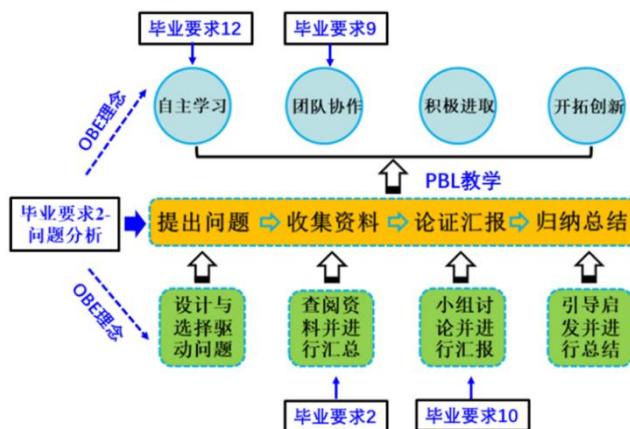


图 1 PBL 教学模式融合专业认证 OBE 理念示意图

在教学实践过程中，针对第四章自由基共聚合反应动力学的学习，我们也尝试了另一套 PBL 教学方法的案例，提前从启发式问题库中选取聚苯乙烯这一经典自由基聚合物布置课前预习问题，作为一种无色透明的热塑性塑料，聚苯乙烯表现的性能为低温易脆裂。在实际应用过程中要求制备得到的鞋底或轮胎耐候性好，如何对聚苯乙烯进行改性以满足不同的需求？以此为问题驱动点，督促学生查找相关文献资料以及制备工艺流程，积极思考共聚改性的条件以及目的意义。课前阶段，同学们以小组形式对相关问题进行讨论，就共聚改性方法撰写提纲并制作 PPT。课堂上，学生学习氛围浓厚，各小组依次进行汇报，积极参与相关问题讨论，小组成员共同作答，并进行补充、修正，充分发挥团队协作精神。教师在汇报过程中针对学生存在的问题进行启发和引导，同时指出汇报过程中的不足和改性的思路。汇报结束后由教师进行归纳总结：(1)将苯乙烯加入到丁二烯中进行无规共聚，可制备得到耐候性优越的丁苯橡胶，其可广泛用于制造地板、鞋底和轮胎；若苯乙烯与丁二烯发生嵌段共聚，则可制备得到一种弹性大、不易变形、抗张强度高的新型热塑性弹性体，可制成电缆及非轮胎橡胶制品；将苯乙烯和丙烯腈加入到聚丁二烯乳液发生接枝共聚，得到的聚合物性能完全不同，得到综合性能非常好的 ABS 树脂，可广泛用于汽车、飞机零件等。在共聚合反应中，相同的两种单体，不同的摩尔比，加入顺序不同，反应温度以及时间不同，可制备得到性能各异的共聚物。(2)对自由基共聚的重难点进行归纳梳理，自由基共聚包括交替共聚、无规共聚、接枝共聚和嵌段共聚；通过改变共聚的反应单体以及聚合条件，可

针对性的改变聚合物结构，改善聚合物诸多性能，如机械性能、热性能、表面性能等，同时增加聚合物种类，扩大单体的应用范围。

以上两种教学实践结果表明，PBL 教学法是以实践问题为导向，围绕学生这一中心所展开的一种教育方式。通过教师布置的驱动问题，“以学生为中心，以问题为基础”，推动学生自主搜集、整理资料，结合小组讨论以及汇报展示挖掘实践问题中所涉及的理论知识，通过理论知识去解决实际生产过程中的问题，以培养学生自主学习能力以及创新能力。相较于传统的授课模式，PBL 教学法将课堂的重心转移到学生的自主学习，而不是传统的教师单方面授课。PBL 教学法是采用以学生为中心的教学方法，但在此过程中不能忽视教师的作用，而是对教师提出了更高的要求。教师是 PBL 教学法能否顺利进行的关键，是整个过程的参与者、组织者和指导者。教师设计的高质量驱动问题是 PBL 教学法顺利开展的关键点[16]，驱动问题的难度宜适中且具备足够的复杂性；如果问题难度太大，则难以调动学生学习的积极性和热情，同时问题所涉及的知识点应相互衔接交叉以加深理解和记忆。因此 PBL 教学法要求教师课前需精心设计和选择合适的驱动问题，同时教师还需掌握驱动问题所衍生出的基础理论知识和实际生产过程中所涉及的制备工艺等；再者教师应及时了解高分子化学的各类前沿研究进展，时刻补充新观念和新信息；最后还要善于借鉴他人先进的教学理念来改善自己的教学方法。

## 4 PBL 教学模式融合 OBE 理念教学设计的实践效果

笔者基于 PBL 结合 OBE 教学设计，授课《高分子化学》教学结果评价的对象为武汉理工大学化学工程与工艺专业 zy1901 班学生，共 29 人。评价依据为《化学化工与生命科学学院课程目标达成评价实施办法》和《高分子化学教学大纲》。课程目标 1 是使学生能够应用聚合机理、实施方法、聚合物的化学反应等原理，推演和分析聚合物材料制备和使用中的高分子化工问题，让学生具备扎实的高分子化学专业知识，支撑工程教育专业认证毕业要求指标点 2.1；课程目标 2 是使学生能够推导聚合动力学、聚合度及共聚物组成公式，并用于表达高分子材料制备、结构与性能和应用中的高分子化工问题，分析相关问题的影响因素、关键环

节、参数和边界条件, 支撑毕业要求指标点 2.2。

该课程的课程目标达成情况如图 2 所示, 本课程所支撑各个毕业要求指标点 2.1 和 2.2 的平均值均达到目标期望值 (0.70) 要求。基于 PBL 结合 OBE 教学理念的设计, 实践结果表明该教学设计确实辅助学生对高分子化学知识点的掌握和学习, 有效提升了学生对

高分子化工问题的理解和问题分析能力, 最终提高了课程目标达成度。未能达到要求的两位同学, 经试卷分析未能较好的理解和掌握自由基共聚组成曲线等知识应用于工程问题的分析, 在后续教学过程中, 可进一步设计加强。

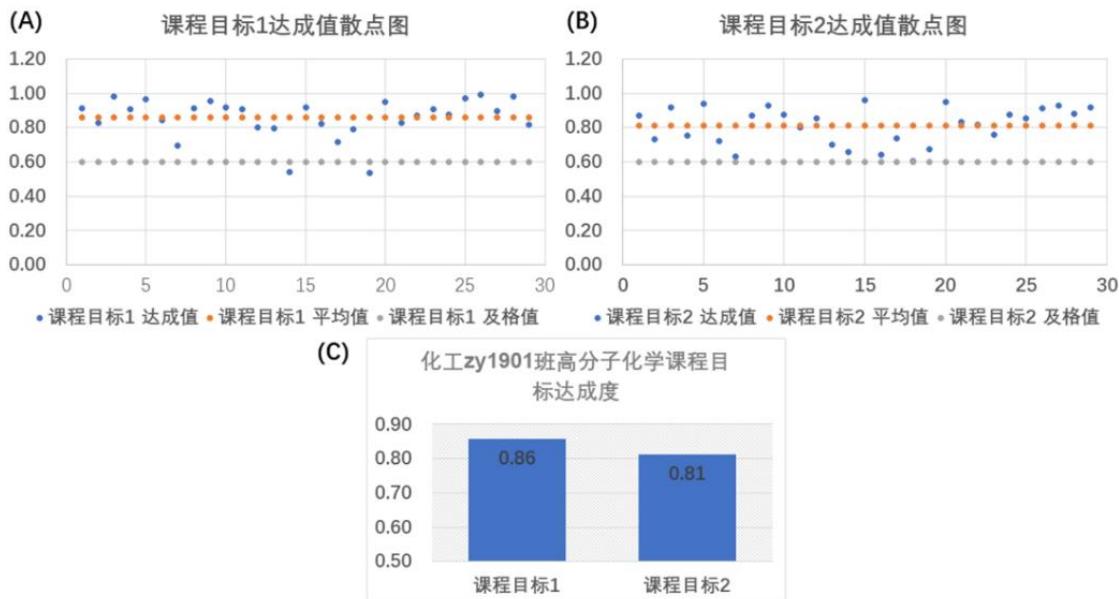


图 2 基于 PBL 结合 OBE 教学理念的《高分子化学》教学实践表现: (A、B)课程目标 1、2 达成情况散点图、(C)课程目标达成度

## 5 结语

与传统教学模式相比, 恰当地运用 PBL 教学法有助于活跃课堂氛围, 激发学生的兴趣, 增强团队协作意识, 提高学生分析和解决复杂问题的能力, 使学生的综合素质得到全面提升。但如何设计和选择课程驱动问题, 调动学生课堂积极性等, 仍是今后本科高分子化学在有限的学时内 PBL 教学研究的重要课题。基于工程教育专业认证的 OBE 理念, 指导启发式问题库的建立, 实践证明两种教学思想的融合对教学效果具有明显的提高。在今后的教学改革中应进一步加强 OBE 理念在 PBL 教学研究中融合度的问题, 努力探索适合各环节的教学和考核方案, 不断培养适应新时代发展需求的复合型人才。

## 参考文献

- [1] 范芳. 案例结合 PBL 教学法在生物化学教学中的探索. 基础医学教育, 2014, 16(2), 95-96.

- [2] 戴润英, 王义华, 魏玲, 黄忠, 刘倩, 龚磊, 刘光斌, 黄喜根. PBL 教学法在《精细化化工工艺学》教学中的应用. 广州化工, 2016, 44(08), 214-215.
- [3] 刘伯军, 吴广峰, 张明耀, 张会轩. 《高分子化学》教学过程新教学模式探讨. 高分子通报, 2020, 2, 72-75.
- [4] 陈旸, 乔宁, 闫莉. 多学科交融教学模式在《高分子化学》课程中的应用研究. 高分子通报, 2021, 2, 83-87.
- [5] 刘月. PBL 教学模式改革的主要内容与特色. 决策探索(下), 2019, 02, 69.
- [6] 赵俭波, 戴勋, 刘速, 穆金城, 姜建辉. 问题式教学法在高分子化学课程教学中的初探. 化工高等教育, 2016, 33(02), 88-91.
- [7] 罗建新, 张春燕, 丁茜, 刘勇, 蒋美丽. 面向“卓越计划”的高分子化学教学改革研究. 教育教学论坛, 2015, 32, 265-266.
- [8] 戴润英, 龚磊, 卢丽敏, 刘倩, 黄喜根, 魏玲, 邱美, 黄忠, 刘光斌. 有限学时下 PBL 教学法在高分子化学课程教学中的应用. 广州化工, 2020, 48(03), 135-136.
- [9] 潘祖仁. 高分子化学(第五版). 北京: 化学工业出版社, 2013.

- [10] 陈娜丽, 冯辉霞. 高分子化学教学中难点的选析. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(4), 163-166.
- [11] 王国建. 对《高分子化学》课程中若干难点的教学体会. 高分子通报, 2006, 8, 88-92.
- [12] 许一婷, 戴李宗. 关于《高分子化学》课程教学的几点思考. 广东化工, 2008, 35(8), 165- 167.
- [13] 陈雪萍, 李伯耿. 新版《高分子化学》解读. 高分子通报, 2008, 6, 60-63.
- [14] 毕肖林, 陈军. 药用高分子材料学教学的几点思考及其对策探讨. 教育论坛, 2010, 7(27), 103-104.
- [15] 祝侠丽, 贾永艳. 药用高分子材料学教学应用 PBL 教学法探析. 中国中医药现代远程教育, 2011, 9(21), 53-54.
- [16] 张良珂. PBL 教学法在药剂学教学中的应用探讨. 山西医科大学学报: 基础医学教育, 2009, II(1), 44-47.