

# ChemDraw 与 Chem3D 在有机化学教学中的应用

陈朔, 陈晓环, 侯欣妍, 许伟锋, 谢云龙

哈尔滨石油学院, 黑龙江 哈尔滨 150000

DOI: 10.61369/TACS.2025120041

**摘 要 :** 为解决有机化学微观结构抽象、反应机理复杂的教学难题, 推动课程数字化改革, 本研究将 ChemDraw 与 Chem3D 软件引入教学中。以哈尔滨石油学院环境工程专业两个平行班为对象, 设实验班与对照班, 通过学前测试、课后测试、课程设计及 VARK 学习风格分析, 结合 SPSS 统计验证效果。结果显示, 实验班课后测试均值较对照班高 8.86 分 ( $P < 0.05$ ); 立体化学认知、反应机理解析能力达标率分别达 86.1%、88.9%, 显著高于对照班, 视觉型和动觉型学生提升最明显。研究表明, 两款软件可实现知识可视化, 降低学习难度, 为有机化学教学模式创新提供可行参考。

**关 键 词 :** 有机化学; 软件; 教学效果

## The Application of ChemDraw and Chem3D in Organic Chemistry Teaching

Chen Shuo, Chen Xiaohuan, Hou Xinyan, Xu Weifeng, Xie Yunlong

Harbin Petroleum College, Harbin, Heilongjiang 150000

**Abstract :** To address the teaching challenges posed by the abstract microscopic structures and complex reaction mechanisms in organic chemistry, and promote the digital reform of courses, this study introduces ChemDraw and Chem3D software into teaching practice. Two parallel classes majoring in Environmental Engineering at Harbin Petroleum Institute were selected as research subjects, which were divided into an experimental class and a control class. The teaching effect was verified by SPSS statistical analysis, combined with pre-class tests, post-class tests, curriculum design, and VARK learning style analysis. The results show that the average score of the experimental class in the post-class test is 8.86 points higher than that of the control class ( $P < 0.05$ ). The qualification rates of stereochemistry cognition and reaction mechanism analysis capabilities reach 86.1% and 88.9% respectively, which are significantly higher than those of the control class, with the most obvious improvements observed among visual and kinesthetic learners. This study indicates that the two software can realize knowledge visualization, reduce learning difficulty, and provide a feasible reference for the innovation of organic chemistry teaching models.

**Keywords :** organic chemistry; software; teaching effect

## 引言

随着信息技术的发展, 计算机与智能化设备持续促进教学的开展, 为教育的信息化提供了强大的支撑<sup>[1]</sup>。有机化学是一门聚焦分子层面结构与反应规律的微观学科, 在分子与原子层次上研究物质的组成、结构与性质, 学生所能够观察到的通常是化学变化发生之后的宏观改变, 这种宏观的改变对于物质分子、原子层次上的研究是远远不够的, 并不能够真实的将原子、分子层次上的变化如同所看见的一般描述出来<sup>[2]</sup>。因此, 教师需要将这种微观世界发生的改变抽象化, 并根据其特点形成相应的理论模型, 以供学生了解化学变化的规律与本质。应用 ChemDraw 绘制有机化合物的结构、合成路线及反应机理, 可巩固学生对这些知识点的记忆; 同时, 利用其模拟有机化合物的核磁共振氢谱和碳谱的化学位移, 能极大辅助学生学习有机化合物的结构分析<sup>[3]</sup>。通过 Chem3D 绘制有机化合物的三维结构, 可将抽象的构型和构象具体化、形象化、可视化, 加深学生对结构的理解, 使其更易掌握化学性质。本文将 ChemDraw 和 Chem3D 软件引入有机化学课程教学中, 并让学生运用软件辅助有机化学学习<sup>[4]</sup>。通过学生调查反馈及同年两个不同班级学生的期末成绩对比, 考察 ChemOffice 在有机化学教学中的实用性, 以期提升教学效果, 为多元化教学方法的发展提供参考<sup>[5]</sup>。

## 一、计算机软件在有机化学教学中的实践应用

### (一) ChemDraw 在有机化学教学中的实践应用

#### 1. 绘制化学装置图

ChemDraw 软件可通过玻璃仪器插件形式绘制化学反应装

置图, 使学生的《有机化学》学习更直观<sup>[6]</sup>, 利用“Clipware, part1”和“Clipware, part2”窗口绘制“一锅法合成反应”装置图流程为: 点击玻璃仪器工具栏上的仪器图标, 将所需的三颈烧瓶、冷凝管、滴液漏斗、锥形瓶等实验仪器显示在绘图面板上, 随后依次组装。也可利用 ChemDraw 工具栏上的“图像选择”项

项目信息: 中国民办教育协会规划课题(青年课题): 基于人工智能的民办高校“产教研创”一体化人才培养模式研究——以化学工程与工艺专业为例, 课题批准号: CANQN250454

调整仪器的角度和大小，还可通过该功能移动单个仪器，完成仪器装配，见图1。

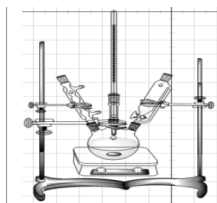


图1 “一锅法”合成装置图

## 2. 绘制化学反应方程式

常见化学反应方程式的绘制方式与绘制化学结构式类似，需用到“化学键”功能，包括工具栏中的“箭头”和“符号”的使用，见图2。

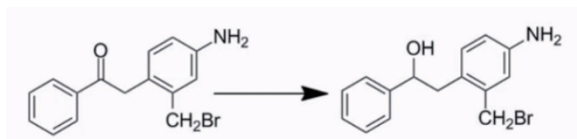


图2 化学反应式

## (二) Chem3D 在有机化学教学中的实践应用

### 1. 在构象教学中的应用

环己烷的构象是有机化学教学的难点<sup>[7]</sup>。以往教学中，教师在该知识点上花费大量精力和时间，却未取得理想的教学效果。利用 Chem3D 可简洁生动地展示环己烷的两种典型构象——椅式构象和船式构象，为教学提供极大便利。在图3中，学生难以理解这些图形是同一物质的不同构象，不清楚它们之间需要通过何种翻转实现转化，也不明确对位交叉构象与重叠构象的转化方式。实际上，椅式构象的扭转张力小、能量低，而船式构象的扭转张力大、能量高。通过课堂上软件绘图演示，空间想象力较弱的学生也能较好地理解教学内容。讲解取代环己烷知识点时，同样可利用 Chem3D 帮助学生理解环己烷的结构<sup>[8]</sup>。

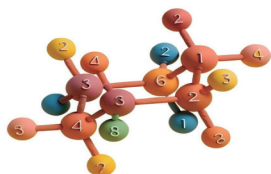


图3 环己烷构象图

### 2. 在立体化学教学中的应用

有机化学教学中，学生往往对乳酸分子三维结构相关知识理解不透彻。教学中运用软件可帮助学生掌握该知识：用鼠标拖动 D-乳酸或 L-乳酸使其任意旋转，并尝试让两者尽可能重叠，但无论如何旋转或平移，两者均无法重叠，从而生动演示手性现象，加深学生对手性概念的理解。同理，后续章节讲解更复杂的费歇尔投影式（如酒石酸分子、葡萄糖分子）时，也可采用该方法，将投影式的三维结构清晰展示在学生面前。讲解另一个难点——R/S 构型判断时，可先构建三维模型，再旋转模型使氢原子远离学生视线，随后让学生判断其他原子或基团的大小，从而更易判断分子是 R 构型还是 S 构型<sup>[9]</sup>。通过 Chem3D 中的分子模型可任意旋转这一特点，为初学者提供帮助，降低学习难度，提

高学习兴趣，如图4所示。此外，讲解不含手性碳原子的手性分子时，也可将 Chem3D 引入教学。学生通常难以通过教材中的两个结构式想象出这两种分子互为实物与镜像关系且无法重叠，但借助 Chem3D 构建两个分子的三维模型，通过任意旋转和平移，学生能直观判断出它们无法重叠，进而更深入地理解“手性”及手性分子的含义。

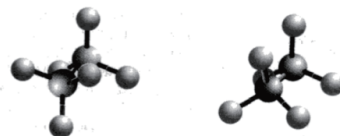


Figure 6 Conformation of lactic acid molecule

图4 乳酸构象图

## 二、计算机软件融入有机化学教学的实践分析

### (一) 教学实践设计

本教学实验选取哈尔滨石油学院环境工程专业两个平行教学班作为研究对象，以能源化学一班为实验班，以能源化学二班为对照班。在实验班的有机化学课程教学中，重复借助 ChemDraw 和 Chem3D 软件，在对照班则以传统的板书结合课件的方式开展教学。将实验班和对照班进行对比研究。

### (二) 实验班教学过程

在有机物结构的教学环节中，教师借助计算机绘图软件构建物质的微观结构模型，帮助学生直观具象地认知有机物的空间构型与键合方式，以此深化对物质结构特征的理解。引导学生清晰掌握结构特点，从而准确判断断键、成键位点，推导反应过程，正确书写有机反应方程式，进而更系统地分析反应机理、掌握反应规律<sup>[10]</sup>。

### (三) 对照班教学过程

在对照班采用传统的教学方式开展教学，学生在学习的过程中主要通过反复研读教材、老师的课件来获取新的知识，没有计算机软件对学习进行辅助。课后所布置的作业全部都是书写作业，并无涉及到软件的操作和模拟。

### (四) 实践结果对比与分析

在开展有机化学课程教学之前和教学之后分别向实验班和对照版的同学发放相同的练习题，收集答题结果后导入 SPSS 软件，将两个班级的成绩进行对比，评估计算化学软件融入有机化学课堂的实践效果。

#### 1. 实验班与对照班学前成绩对比

实验班和对照班同学的课前测试成绩进行独立样本 t 检验，结果显示 p 值大于 0.05，表明两组学生在知识基础水平上无显著差异，具备可比性。这一结果为后续教学干预的有效性分析提供了前提保障，确保了实践研究的科学性和可靠性。

表1：实验班与对照班学前测试成绩正态性检验结果

| 班级  | 样本数量 (N) | 均值 (X) | P 值   |
|-----|----------|--------|-------|
| 实验班 | 36       | 64.11  | 0.001 |
| 对照班 | 35       | 63.99  | 0.002 |

2. 实验班与对照班课后测试成绩对比

将实验班和对照班同学在学习有机化学以后的课后测试成绩进行独立样本 t 检验, 结果表明实验班于对照班同学的成绩均值相差 8.86 分, 具有明显差异, 这与教师所采取的教学方式直接相关。

表 2: 实验班与对照班课后测试成绩正态性检验结果

| 班级  | 样本数量 (N) | 均值 (X) | P 值   |
|-----|----------|--------|-------|
| 实验班 | 36       | 78.21  | 0.002 |
| 对照班 | 35       | 69.35  | 0.003 |

3. 不同学习风格学生对教学效果的软件评价

采用 VARK 模型 (视觉型、听觉型、动觉型、阅读型) 通过问卷调查对实验班学生进行分类, 发现不同类型学生学习后的成绩提升程度与预期阶段存在差异。

表 3 不同学习风格学生的成绩提升情况

| 学习风格 | 班级  | 样本数量 | 学前测试平均分 | 课后测试平均分 | 成绩提升分数 | 成绩提升百分比 |
|------|-----|------|---------|---------|--------|---------|
| 视觉型  | 实验班 | 9    | 63.21   | 79.04   | 19.85  | 25.04%  |
|      | 对照班 | 8    | 64.32   | 68.89   | 9.79   | 7.11%   |
| 动觉型  | 实验班 | 9    | 65.34   | 79.15   | 16.89  | 21.14%  |
|      | 对照班 | 11   | 63.92   | 64.87   | 5.95   | 1.49%   |
| 听觉型  | 实验班 | 10   | 62.69   | 68.98   | 9.35   | 10.03%  |
|      | 对照班 | 9    | 63.75   | 64.12   | 7.37   | 0.58%   |
| 阅读型  | 实验班 | 8    | 65.51   | 77.05   | 11.96  | 17.62%  |
|      | 对照班 | 7    | 64.03   | 68.57   | 11.31  | 7.09%   |

由表 3 可知, 对于视觉型和动觉型学生, 由于教学软件直接满足了视觉型学生“视觉理解”和动觉型学生“互动操作”的需求, 实验班的视觉型和动觉型学生对有机化学知识的理解更透彻, 表现明显优于对照班。对于阅读型和听觉型学生, 实验班与对照班的成绩提升情况相近<sup>[11]</sup>。因为阅读型学生更偏好文字和书写, 听觉型学生更依赖听觉, 所以软件对其学习效果的提升无显著作用。

4. 实验班与对照班后续测试成绩对比

在期末, 组织实验班和对照班的同学应用有机化学课程中学习的知识开展有机化学课程设计, 通过设计报告撰写的情况考察学生对于立体化学的空间认知与分析能力、分子间相互作用与反应机理的理解能力、分子性质的预测与验证能力。

表 4 实验班与对照班的知识应用情况

| 班级  | 样本数量 (N) | 具备立体化学认知与空间结构分析能力 |       | 具备有机反应机理的解析与反应选择性判断能力 |       |
|-----|----------|-------------------|-------|-----------------------|-------|
|     |          | 人数                | 比例    | 人数                    | 比例    |
| 实验班 | 36       | 31                | 86.1% | 32                    | 88.9% |
| 对照班 | 35       | 21                | 60%   | 20                    | 57.1% |

实验班有 86.1% 的学生具备立体化学认知与空间结构分析能力, 对照班只有 60% 的学生具备立体化学认知与空间结构分析能力, 实验班有 88.9% 的学生具备有机反应机理的解析与反应选择性判断能力, 对照班只有 57.1% 的学生具备有机反应机理的解析与反应选择性判断能力; 实验班学生的立体化学认知与空间结构分析能力明显高于对照班, 这是由于实验班借助 Chem3D 和 ChemDraw, 将立体化学的抽象空间结构转化为可交互的 3D 模

型, 把反应机理的文字逻辑具象为可视化的动态过程, 突破了传统教学的认知难点; 而对照班依赖平面图示与文字描述, 难以建立结构与性质 的关联认知, 因此在立体化学分析与反应机理解析能力上存在明显差距。

(五) 实践结论

将计算机软件辅助有机化学的教学, 改变了以往的教学方式, 使学生带着新鲜感学习, 原本枯燥的知识不再乏味, 同时, 能够辅助学生建立起有机物结构、性质和应用之间的关系。可有效突破立体化学、反应机理等知识的抽象认知难点, 显著提升学生的空间结构分析、反应机理解析等知识应用能力, 是优化有机化学实践教学效果的可行路径。

三、结语

近年来, 随着教育数字化转型的推进, 各类交互性工具在理工科课程中的教学价值逐渐被挖掘, 不同种类的计算机软件在《有机化学》辅助教学与实验设计中的应用愈发广泛。在《有机化学》教学中, 计算机软件与传统教学方式的结合, 既解决了高危险、高成本实验难以开展的问题, 也让立体化学、反应机理等抽象原理转化为空间立体场景; 同时, 借助软件的实时数据反馈与过程可视化功能, 能有效激发学生的主动探究欲, 显著改善课堂的知识传递效率。

ChemDraw 和 Chem3D 软件近年在教学场景中的应用探索逐步拓展, 该课程中有机物结构绘制、立体异构分析、反应机理推演等核心内容, 均可依托这两款软件完成从“理论认知”到“具象验证” 的闭环设计, 从而丰富教学维度、强化知识落地。目前, 针对这两款工具在《有机化学》教学中的系统性应用评估仍较为欠缺, 因此, 本文通过实证分析其融入教学后的效果差异, 为《有机化学》课程的数字化教学改革提供了实践参考。

参考文献

- [1] 王德林, 俞佳慧. 美国“2061 计划”新进展及其对我国科学教育的启示 [J]. 教育与教学研究, 2019, 33(04): 43-50.
- [2] 张玉莹. 信息技术与课程整合的目标和方法 [J]. 天津教育, 2021(05): 65-66+69.
- [3] 芦瑞. 计算机辅助高中化学物质结构教学的探索与实践 [D]. 宁夏大学, 2019.
- [4] 付慧慧. 现代信息技术在《有机化学基础》教学中的应用研究 [D]. 天水师范学院, 2022.
- [5] 白云霞, 覃程荣, 宋雪萍, 等. 基于 Gaussian 量子化学计算的波谱分析课程教学探索 [J]. 轻工科技, 2019, 35(12): 32-33+93.
- [6] 陈冬寅, 陈维琳, 秦亚娟, 等. 量子化学计算在有机化学电子效应学习中的应用 [J]. 化工管理, 2021(32): 56-57.
- [7] 唐海飞, 吴梅青, 颜涛. 量子化学软件在高职院校校药学专业“药物化学”教学中的应用研究 [J]. 广东职业技术教育, 2022(01): 96-99.
- [8] 高修库, 赵浏, 杨晓琳, 等. 计算量子化学手段辅助高中化学素养教学——从“结构”视角浅析乙醇的化学性质 [J]. 中学化学教学参考, 2019(11): 23-25.
- [9] 苏燕, 姜林, 张赧, 等. 基于科研引导的化学类拔尖人才全过程培养模式的探索与实践 [J]. 大学化学, 2019, 34(10): 36-40.
- [10] 张兴辉, 师海雄, 李姗姗, 等. 计算化学及软件应用课程提升学生创新能力的探索与实践 [J]. 广州化工, 2023, 51(06): 206-208.
- [11] 李晚晴. 基于教学过程最优化的思考 [J]. 产业与科技论坛, 2022, 21(03): 103-104.