

生成式人工智能助力物理化学教学

袁汝明*, 张来英, 徐晓明, 吴平平, 傅钢

厦门大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(厦门大学), 福建 厦门 361005

摘要: 随着生成式人工智能(GAI)技术的突破性发展, 其在教育领域的应用为传统课程改革提供了全新思路。本文以物理化学课程为切入点, 提出并实践了一种以人工智能赋能的教学改革方案, 借助DeepSeek的自然语言理解和推理能力, 与Xmind、Mathematica以及即梦AI有机整合, 构建层级清晰、结构系统的思维脑图, 实现动态知识关联与智能扩展; 并将复杂数学模型以动态、可交互的形式呈现, 突破抽象数学障碍; 同时将相关知识点以高精度的示意图或小视频形式展示, 实现教学内容的“可视化、可交互、可移动”传达, 为化学教育数字化转型提供实践路径。

关键词: DeepSeek; 思维脑图; 可交互

中图分类号: G64; O6

Generative Artificial Intelligence Empowering Physical Chemistry Teaching

Ruming Yuan*, Laiying Zhang, Xiaoming Xu, Pingping Wu, Gang Fu

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Xiamen University), College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, China.

Abstract: The groundbreaking advancements in Generative Artificial Intelligence (GAI) technology have introduced novel perspectives for reforming traditional educational curricula. This study focuses on physical chemistry courses, presenting and implementing an AI-enhanced teaching reform strategy. By harnessing DeepSeek's capabilities in natural language understanding and reasoning, we have developed an integrated approach incorporating Xmind, Mathematica, and JiMing AI. This integration facilitates the creation of a systematic, hierarchical mind map that enables dynamic knowledge connections and intelligent expansion. Furthermore, complex mathematical models are transformed into dynamic, interactive representations, effectively overcoming the challenges posed by abstract mathematical concepts. Additionally, key concepts are presented through high-precision diagrams and concise video demonstrations, achieving a “visual, interactive, and mobile” delivery of educational content. This approach provides a practical framework for the digital transformation of chemistry education.

Key Words: DeepSeek; Systematic hierarchical mind map; Interactivity

在当前信息化与智能化背景下, 如何借助人工智能技术重塑物理化学的教学模式, 成为高校化学教育改革的重要方向^[1]。物理化学作为化学学科的理论基石, 其教学内容涵盖从宏观热力学到微观量子行为的跨尺度知识体系。然而, 传统教学方式受限于线性知识传递模式与静态表达手段, 难以展现物化知识的动态演化过程及变量之间的复杂联系, 如核心理论(如热力学定律、反应动力学等)涉及多维变量间的非线性关系, 教材中的离散化阐述易导致学生认知碎片化; 复杂数学模型的抽象

收稿: 2025-04-28; 录用: 2025-06-19; 网络发表: 2025-07-29

*通讯作者, Email: yuanrm@xmu.edu.cn

基金资助: 基础学科拔尖学生培养计划2.0研究课题(20222108)

符号系统，加剧了初学者的理解障碍，进而影响学生的学习兴趣与认知深度。同时物理化学的抽象表达与生产生活中的具象应用存在一定的认知鸿沟，导致学生普遍存在“学用脱节”现象。

生成式人工智能(Generative Artificial Intelligence, GAI)技术的突破性发展，为破解上述困境提供了全新路径^[2,3]。DeepSeek是一款具备自然语言处理与知识生成能力的大语言模型平台，可根据用户输入提示自动生成结构化文本、各类代码或图示等内容。借助DeepSeek的自然语言理解和推理能力，并与其他AI技术有效结合展现出了强大的多模态内容生成、动态交互响应与复杂问题的求解能力。在此背景下，如何系统性地将GAI嵌入物理化学课程的知识传授、能力培养与价值塑造全链条，成为化学教育数字化转型的关键命题。本文突破传统教学范式，提出了“认知框架重构-具象化呈现”的协同改革策略，将DeepSeek与Xmind(思维导图软件)、Mathematica(科学计算软件)以及即梦AI(图像与视频生成工具)有效结合，探索智能技术赋能下的教学范式革新，以期为高等化学教育的高质量发展提供实践参考。

1 DeepSeek与Xmind结合重构知识体系

物理化学因其理论抽象、公式复杂、知识点关联紧密的特点，常成为学生学习中的难点。DeepSeek与Xmind的结合，通过AI驱动构建系统性框架，将不同章节的知识点整合为层级分明的知识网络，同时DeepSeek通过算法挖掘出各章节之间的内在逻辑关联，并实时解析学生疑问，自动生成扩展知识点链接；同时结合Xmind动态渲染关联路径，最终形成系统性的、并能进行动态知识关联的思维脑图^[4]。该脑图能帮助学生构建“从热力学理论到实际体系应用”的系统性认知，避免碎片化学习，破解知识点孤岛化难题，并强化了理解深度，为物理化学教学提供了革新性工具。下面以物理化学中热力学相关章节知识点相互关联为例，介绍具体实施流程。

(1) 打开DeepSeek，将准备好的电子书上传，本例子为《物理化学》上册部分内容^[5]；随后输入提示词：结合PDF文档，需做一个包含热力学第一定律、热力学第二定律、多组分系统热力学、相平衡以及化学平衡章节中知识点相互关联的Xmind思维脑图，请帮这份文档输出为Markdown格式。图1为部分Markdown格式输出的内容。

```
markdown

## 热力学第一定律
### 核心公式
-  $\Delta U = Q + W$ 
- 焓(H):  $H = U + pV \rightarrow \Delta H = Q_p$  (等压过程)
- 热容:  $C_p = (\partial H/\partial T)_p$ ,  $C_v = (\partial U/\partial T)_v$ 

### 与多组分系统的关联
- **化学反应的焓变计算**
   $\Delta H = \sum H_{\text{产物}} - \sum H_{\text{反应物}} \rightarrow$  用于溶液反应热力学计算
- **理想气体定律**
   $pV = nRT \rightarrow$  状态方程在多组分混合系统中的应用

### 与相平衡的关联
- **相变过程的能量守恒**
  熔化/蒸发时  $\Delta H = Q_p \rightarrow$  用于相图热力学分析 (如Clapeyron方程)
- **准静态过程**
  可逆相变中  $W = -p\Delta V \rightarrow$  驱动相平衡条件
```

图1 部分Markdown格式输出的内容

- (2) 将内容复制到text的文件中，进行保存，并将文件的后缀名改为.md。
- (3) 打开Xmind软件，通过文件→导入→Markdown导入上述文件，即可得到图2思维脑图。

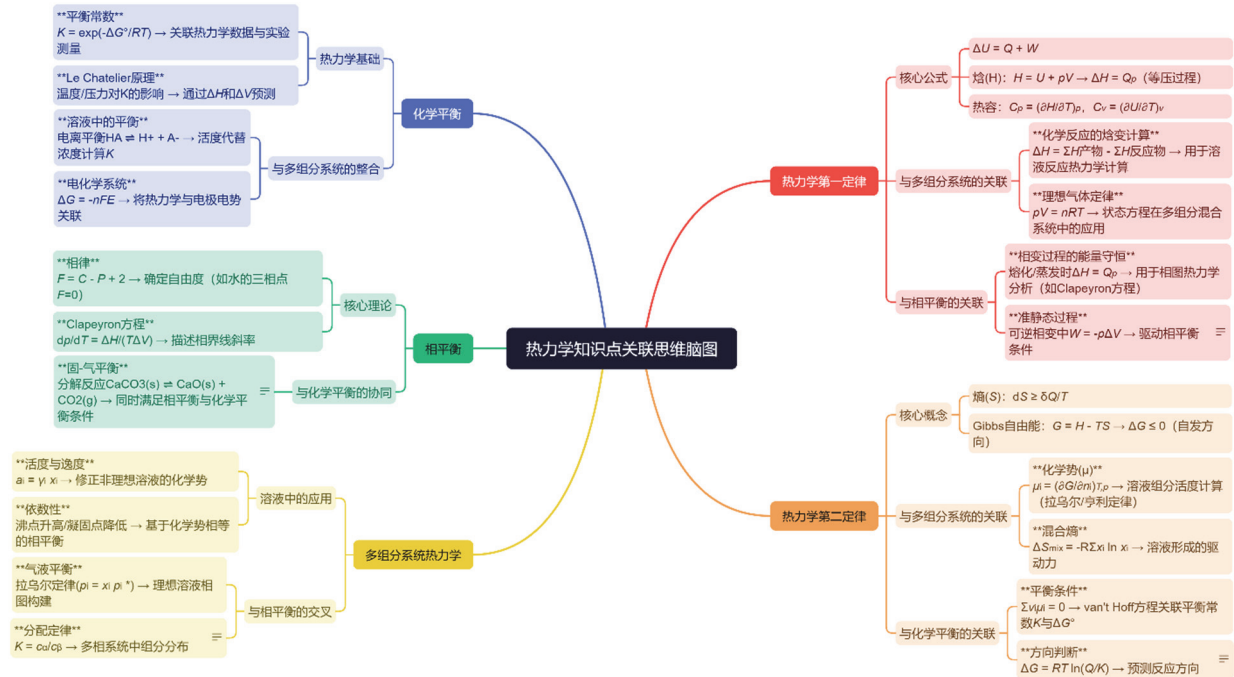


图2 热力学知识点关联思维脑图

如图2所示，通过Xmind将热力学定律、多组分系统、相平衡等知识体系通过树状分支拆解，进行层级化展示，明确知识点间的从属关系，如从“热力学第一定律”延伸至“焓、热力学能的计算”。同时加强了各章节之间的有效关联，如热力学第二定律中，将熵判据、吉布斯函数判据和化学势判据进行有机整合，并展示“化学势(μ)”在多组分系统与化学平衡($\sum \nu_i \mu_i = 0$)中的双重作用，揭示学科内在逻辑。同时DeepSeek能增强动态生成知识点间的关联案例(如“吉布斯函数判据如何预测反应方向”)，补充传统教材中缺失的横向联系。通过上述可视化、系统性的思维脑图，将物理化学上册各章知识点(如热力学定律、化学势、相平衡)串联，形成逻辑连贯的知识网络；不仅重构了物理化学的知识传递方式(从线性讲授到网状探索)，更能通过动态交互和跨章节拓展等，培养学生的科学思维范式，避免“碎片化学习”，帮助学生理解热力学核心思想如何贯穿化学反应的预测、能量计算与过程设计等。同时学生可精准确定相关薄弱知识环节，并进一步通过DeepSeek的智能问答进行精准诊断与补救。

需要指出的是，尽管利用DeepSeek自动生成思维导图在技术上极大地提升了教学效率，但生成内容往往不够全面，仍需教师和学生共同参与加工和拓展。因此，教师可以先将AI生成的脑图作为课堂讨论或作业的起点，引导学生在理解的基础上补充关键概念之间的联系、优化知识结构层次等。这种“以AI为基、以人脑为主”的协同建构模式，既保留了AI的效率优势，又能有效激发学生的认知参与度和批判性思维，有助于构建更加深度和个性化的知识网络。

2 DeepSeek与Mathematica结合实现数学模型的动态可交互

在物理化学教学中，热力学、量子化学和动力学模型等(例如卡诺循环、原子轨道和电子云、反应动力学方程等)通常涉及复杂的多维数学表达式。面对抽象的数学公式，学生可能会感到困惑，难

以将理论与实际现象联系起来。同时传统教材一般通过文字说明和静态图表来解释，虽然这种方式能够在一定程度上传达科学原理，但对初学者而言，这些方法往往没法完全呈现物理化学的动态性和复杂性。

借助DeepSeek的自然语言理解能力，我们能够快速解析科学公式和理论框架，并通过Mathematica的符号计算与图形引擎(如Plot、Plot3D、Manipulate等)将这些复杂的理论转化为生动、交互式的可视化图像^[6-8]。例如，利用Manipulate控件，学生可以实时调节参数(如温度、浓度、压力等)，并直观地观察这些变量如何影响体系的行为，如热机效率随热源温度的变化、分子轨道能级分裂、势能随结构变化等。这种交互式体验能帮助学生突破抽象数学障碍，从而深化对“变量关联性”的认知。

下面以热力学中经典的热机循环模型——卡诺循环为例，介绍动态可交互实施流程。

(1) 使用DeepSeek获取代码：打开DeepSeek，输入以下提示词“用Mathematica绘制单原子理想气体卡诺循环 p - V 图，并输出热机效率；要求可以调节高温热源和低温热源温度，且在图表区域内清晰标注四个过程的具体名称以及纵横坐标所表示的物理量；请输出Mathematica完整代码。”图3显示的是DeepSeek输出的部分Mathematica代码。

(2) 复制DeepSeek输出的代码。

```
(*可调节温度的单原子理想气体卡诺循环P-V图*) Manipulate[Module[{V1 = 1, V2, V3, V4, P1, P2, P3, P4,  $\gamma$  = 5/3, R = 8.314, iso12, adia23, iso34, adia41,  $\eta$ , plotRange, labels}, (*计算状态点参数*) V2 = 2 V1;

(*等温膨胀终点*) P1 = n R Th / V1;
P2 = n R Th / V2;
V3 = V2 (Th / Tc) ^ (1 / ( $\gamma$  - 1)); (*绝热膨胀终点*) P3 = P2 (V2 / V3) ^  $\gamma$ ;
V4 = V1 (Th / Tc) ^ (1 / ( $\gamma$  - 1)); (*等温压缩终点*) P4 = n R Tc / V4;

(*定义过程曲线*) iso12[V_] := n R Th / V;
(*等温膨胀*) adia23[V_] := P2 (V2 / V) ^  $\gamma$ ;
(*绝热膨胀*) iso34[V_] := n R Tc / V;
(*等温压缩*) adia41[V_] := P4 (V4 / V) ^  $\gamma$ ;
(*绝热压缩*) (*计算效率*)  $\eta$  = 1 - Tc / Th;
(*自动调整绘图范围*) plotRange = {{0.8 V1, 1.2 V3}, {0, 1.2 Max[{P1, P2, P3, P4}]}};

(*标注设置*) labels = {{Blue, Text[Style[" $\rightarrow$  等温可逆膨胀", 12], {1.5 V1, iso12[1.5 V1]}, {-1, 0}], {Black, Text[Style[" $\rightarrow$  绝热可逆膨胀", 12], {1.5 V2, adia23[1.5 V2]}, {-1, 0}],
{Red, Text[Style[" $\rightarrow$  等温可逆压缩", 12], {0.7 V3, iso34[0.7 V3]}, {1, 0}], {Black, Text[Style[" $\rightarrow$  绝热可逆压缩", 12], {0.7 V4, adia41[0.7 V4]}, {1, 0}],
Text[Style[StringForm[" $\eta$  = ` ` %", NumberForm[100  $\eta$ , {3, 1}], 14, Darker[Green]], Scaled[{0.8, 0.9}], Text[Style[StringForm["Th = ` ` K", Th], 12, Blue], Scaled[{0.15, 0.85}],
Text[Style[StringForm["Tc = ` ` K", Tc], 12, Red], Scaled[{0.15, 0.15}]];

(*绘制图形*) Show[Plot[iso12[V], {V, V1, V2}, PlotStyle -> {Black, Thick}], Plot[adia23[V], {V, V2, V3}, PlotStyle -> {Black, Thick, Dashed}], Plot[iso34[V], {V, V3, V4}, PlotStyle -> {Red, Thick}],
Plot[adia41[V], {V, V4, V1}, PlotStyle -> {Black, Thick, Dashed}],
Graphics[{PointSize[0.025], {Blue, Point[{V1, P1}], {V2, P2}], {Red, Point[{V3, P3}, {V4, P4}]},
{Black, MapThread[Text[Style["", 14], #2, {1.5, 1.5}] &, {"", "a", "b", "c", "d"}, {{V1, P1}, {V2, P2}, {V3, P3}, {V4, P4}}], labels}], Frame -> True,
FrameLabel -> {Style["体积 V (m3)", 14, Black, FontFamily -> "Times"], Style["压强 p (Pa)", 14, Black, FontFamily -> "Times"]}, FrameStyle -> Directive[Thick, Black],
FrameTicks -> Automatic, GridLines -> Automatic, PlotRange -> plotRange, ImageSize -> 650, AspectRatio -> 0.8, PlottLabel -> Style["单原子理想气体卡诺循环 ( $\gamma$  = 5/3)", 16, Bold]]],
```

图3 Deepseek输出的部分Mathematica代码

(3) 在Mathematica中执行代码：打开Mathematica软件，并将上述代码粘贴到对话框中。按下“Shift + Enter”，即可运行代码并绘制出卡诺循环图(如图4所示)。

(4) 动态交互实施：在交互式界面中，通过调节高温和低温热源的温度，学生能够直观地观察到温度变化如何影响卡诺循环的形状以及热机效率；如调节高温热源温度为600 K，低温热源温度为300 K，即可在图中显示理论热机效率为50%。这不仅有助于学生深入理解卡诺循环的工作原理，还能够帮助他们认识到热源温度变化对热机效率的直接影响。此外，在DeepSeek中输入提示词时，也可要求动态改变初始体积或体积比、调节不同气体类型的 γ (热容商)值、绘制 T - H 图或 S - V 图等，以全方位理解各类参数对卡诺循环形状、热机效率以及热力学性质的影响。

由此可见，DeepSeek和Mathematica结合能将复杂的物理化学问题转化为可操作、可视化的实验，通过动态调整系统参数的功能使学生能够探索和模拟多种不同的实验条件；同时通过交互式图形，学生可以立即看到变量改变对结果的影响，这样不仅提高了学习的参与感，也更容易激发学生的兴

趣和理解。同时在实施过程中,实施者无需掌握复杂的代码编写,可直接用DeepSeek输出完整代码,随后在Mathematica中实现可交互的可视化图像,大大降低了使用者的门槛,有效拓展了适用范围。由于DeepSeek和Mathematica结合具有实时交互性、数学精确性(直接基于方程求解生成图形,无近似处理)以及轻量化输出(通常生成可嵌入PPT的交互式文件)等特点,适合在课堂上演示参数敏感性分析。

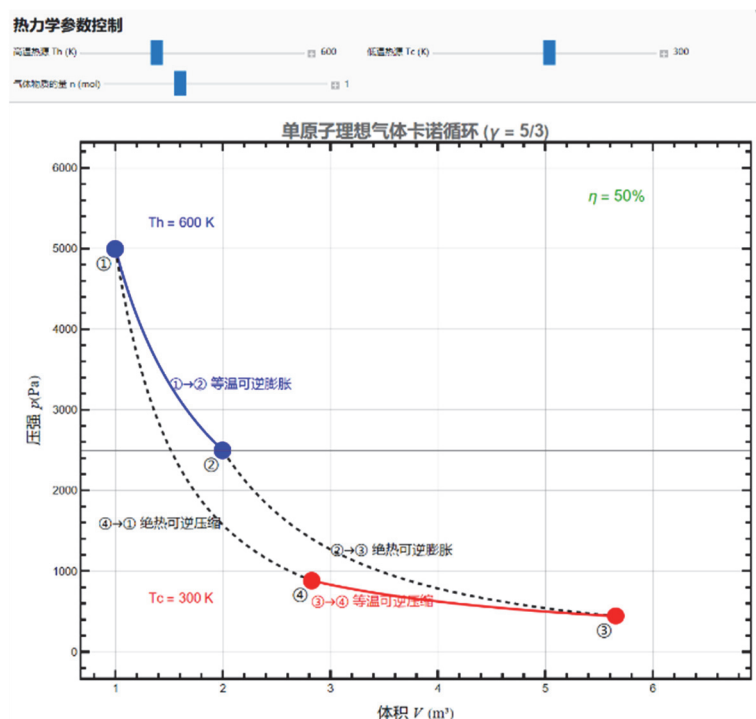


图4 动态可交互卡诺循环图

3 DeepSeek与即梦AI结合拓展感知维度

GAI利用深度学习、生成对抗网络等先进算法,通过学习和模仿大量图像数据,能够自动创作出高度真实和艺术化的图片与视频。如即梦AI(JiMing AI)就是一款图像与视频生成工具,基于提示词能有效生成多模态教学资源。在此,我们将DeepSeek和即梦AI结合,针对某些物理化学概念和应用场景生成高质量的示意图或视频。这些图像和视频不仅能够帮助学生更直观地理解复杂的物理化学概念,还能通过可视化的方式展示实际应用场景,从而提升学习的趣味性与实用性。

下面以不同叶面上水珠的接触角差异为例介绍实施流程:

(1) 打开DeepSeek,输入以下提示词:想要用AI绘制图像,对比普通叶片和莲叶上水滴形状,突出叶面微观表面结构与水滴接触角的关系,输出一段提示词。(输出的提示词:分屏展示,左为普通叶片显微图像,表面比较光滑,水膜扩散接触角 30° ;右为莲叶显示纳米乳突结构,水滴保持球形,其接触角为 150° 。)

(2) 登录“即梦AI”,点击“AI作图”的“图片生成”(如制作视频,则点击“AI视频”的“视频生成”),随后在提示词输入框中,把第1步DeepSeek生成的提示词粘贴进来,点击“立即生成”,即可得图5(a)。

通过图5(a),我们可以清晰地观察不同叶面上水珠的形态差异,同时模拟了叶面微观结构,加深对界面现象中莲花效应的理解。我们也可进一步应用目前手机的高清晰摄像头拍摄不同叶面上水滴形状,结合Python程序测量相应的接触角,并将上述AI图和手机结果与物化实验中用接触角测量仪测定的实验结果以及相关的叶面扫描电镜图进行对比,科学理解表面微观结构与接触角之间的关

系^[9]。同理，我们还可以应用AI生成海水淡化示意图以及电池在能源环保领域的应用场景图等，如图5(b)和(c)所示。通过图5(b)，学生能够直观地看到海水通过反渗透膜后的物质变化(图中白色的部分示意海水中的盐类物质)，进一步帮助他们理解这一过程背后的物理化学原理。借助DeepSeek对原理解析，并通过即梦AI转化为高精度的示意图像或视频，这种方式不仅提升了教学的趣味性和互动性，还能通过直观的视觉刺激加深学生对抽象理论的理解，拓展感知维度，并促进理论与实际应用的结合。

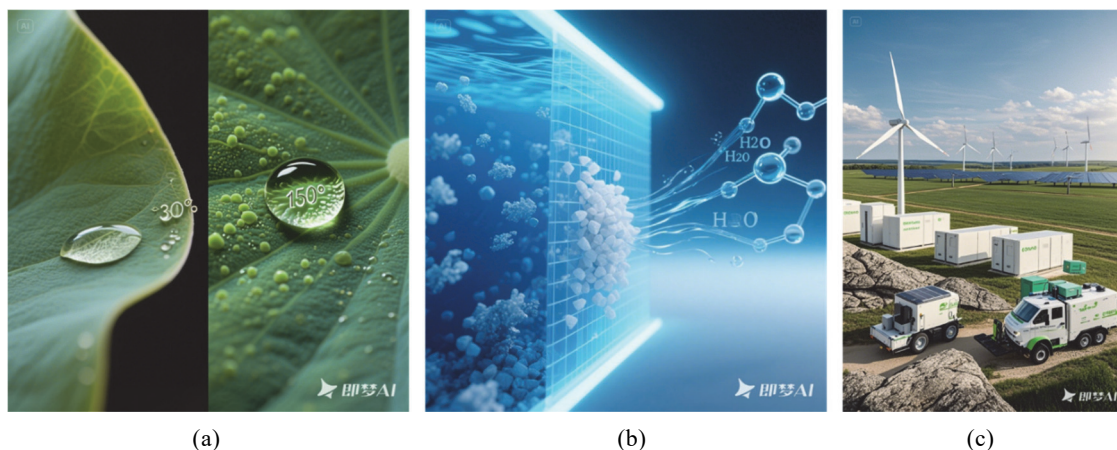


图5 (a) 不同叶面上水珠接触角差异示意图；(b) 海水淡化示意图；(c) 电池在能源环保领域的应用

尽管目前对于微观层面以及具有高度专业性的图片和视频生成仍面临一定的技术挑战，但随着科技的不断进步，AI在物理化学教学中的应用及其创新的教学手段变革，已成为不可忽视的趋势。这些技术使得物理化学的教学变得更加生动、易于理解，并为学生提供了更多探索和学习的机会。

4 教学初探与效果评估

针对上述生成式人工智能，我们已在实际教学工作中进行了初步的探索和应用^[6]，部分应用和效果评估如表1所示。

通过上述教学初探，我们发现，DeepSeek + Xmind虽然能快速构建知识网络体系，但对于动态交互仍需手动加强。DeepSeek + Mathematica能精准实现复杂模型可视化与参数化探究，但对学生的数理基础有一定的要求。DeepSeek + 即梦AI虽能快速生成案例图像，但其科学准确性须严格校验，避免出现误导性内容。故三类工具应通过系统化整合与精准优化，以有效提升教学效率和学生的高阶思维能力，从而为“新工科”人才培养提供强有力支撑。

5 结语

文本借助生成式人工智能建立了“认知框架重构-具象化呈现”的教学新范式。首先通过DeepSeek + Xmind，破解了“知识点碎片化”问题，帮助学生建立起有机的知识网络。其次，针对物理化学中的关键数学模型，利用DeepSeek + Mathematica揭示变量间非线性关系，实现动态可交互呈现，培养学生的变量敏感性认知。最后，将物化抽象概念和应用通过即梦AI转变成高精度示意图或小视频，拓展学生感知维度，帮助其对相关知识的理解和应用。三者协同应用，不仅使物理化学教学从传统的“线性灌输”模式转向了“多维探究”的新型学习方式，而且为理工科高阶课程的改革提供了一个具有普适性和可推广的教学范式。展望未来，随着人工智能技术和可视化工具的不断发展，教学工具和资源将更加智能化和个性化。此外，随着跨学科的融合和技术创新，将打造更为灵活、创新和高效的教学生态系统，以适应快速发展的科技前沿。

表1 生成式人工智能的应用实例与效果评估

人工智能工具	应用实例	效果评估
DeepSeek + Xmind	热力学知识关联脑图	有效整合热力学定律以及相关应用,学生的逻辑清晰度以及关联度提升明显
	原电池与电解池对比脑图	直观输出两者的区别和联系,包括构成、反应本质、能量转化方向、实际应用等,学生知识点关联效率提升
	碰撞理论与过渡态理论对比脑图	明确区分理论假设、适用场景、活化能计算方法等,有效提升了学生理论辨析能力
DeepSeek + Mathematica	理想气体与范德华方程动态可视化对比图	通过调节温度、范德华常数等,实时生成 p - V 曲线,直观展示范德华气体与理想气体的偏差,学生相变临界点理解准确率提升
	可交互卡诺循环图	学生通过调节热源温度(T_1 、 T_2)滑块,软件自动计算热机效率,并显示各阶段 p 、 V 变化,使得抽象概念具象化,学习耗时减少
	原子轨道及电子云的可视化图	直观展示电子在不同能级轨道上的空间分布,学生更容易理解这些微观抽象概念
	可交互连串反应物质浓度随时间变化的关系曲线	调节速率常数 k_1 、 k_2 ,绘制动态 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 的浓度-时间曲线,突出中间产物B的积累与消耗,提升了学生对连串反应动力学建模能力
DeepSeek + 即梦AI	封闭系统、敞开系统和孤立系统示意图	快速生成教学虚拟场景与案例,提升了学生的视觉刺激和感知维度
	海水淡化示意图	
	电池实际应用示意图	
	不同叶面接触角示意图	

参 考 文 献

- [1] 李平, 尹超. 大学化学, **2024**, *39* (10), 402.
- [2] 厦大团队: DeepSeek大模型系列报告. [2025-07-24]. <https://dmlab.xmu.edu.cn/post/deepseek/>
- [3] 翟红林, 张晓昀, 曹晶晶. 大学化学, **2024**, *39* (1), 63.
- [4] 陈亚芍, 宁清茹. 大学化学, **2017**, *32* (3), 24.
- [5] 孙世刚, 陈良坦, 李海燕, 黄令. 物理化学(上册). 厦门: 厦门大学出版社, 2008: 33-37.
- [6] 袁汝明, 张来英, 徐晓明, 吴平平, 傅钢. 大学化学, **2024**, *39* (8), 375.
- [7] 周佳, 魏梦娇. 大学化学, **2022**, *37* (6), 2201033.
- [8] Cahill, S. T.; Bergstrom Mann, P. E.; Worrall, A. F.; Stewart, M. I. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97*, 3085.
- [9] 黄会梅, 黄帆, 蒋中锐, 吴平平, 袁汝明. 大学化学, **2023**, *38* (7), 274.