arXiv:2602.01494v1 [cs.HC] 2 Feb 2026

# Draw2Learn：一种用于基于绘画的科学学习的人机协作工具

Yuqi Hang[1][0000−0002−4808−8481]

纽约大学[1] yh2072@nyu.edu

**摘要。** 绘画通过外化心理模型来支持学习，但要大规模提供及时反馈仍然面临挑战。我们介绍 Draw2Learn，这是一个探索人工智能如何在基于绘画的学习过程中充当支持型队友的系统。该系统将学习原理转化为具体的交互模式：由人工智能生成结构化的绘画任务，提供可选的视觉支架，监控进度，并提供多维反馈。我们在系统开发过程中收集了形成性用户反馈和开放式评论。反馈显示，用户对可用性、有用性和用户体验的评分均为正面，评论主题凸显了人工智能支架的价值与学习者自主性。本研究为生成式学习中的队友导向型人工智能提出了一个设计框架，并指出了未来研究需要考虑的关键因素。

**关键词：** 以绘画促学 · 人机协作 · 人机交互 · 生成式学习 · 生成式人工智能 · 科学教育 · 形成性反馈

## 1 引言

绘画是一种生成式学习策略，能够将心理模型外化，并通过整合言语表征与视觉空间表征来支持概念理解（Van Meter 和 Firetto，2013；Fan 等，2023）。然而，以绘画促进学习的效果，关键取决于学习者能否创作出高质量的绘画作品——这需要具备足够的先验知识、可控的认知负荷，以及外部指导来支持绘图构建与修改（Fiorella 和 Zhang，2018）。大规模提供此类指导仍然需要耗费大量资源，尤其是在支持元认知监控以及及时反馈绘画准确性方面。

视觉语言模型的最新进展使人工智能能够理解视觉内容、生成情境化反馈，并实时支持创造性过程（Peng 等，2025）。这些能力为基于绘画的学习提供了规模化指导的机会——解读学习者创作的草图、监控概念理解的准确性，并提供自适应支架。然而，要将这些技术能力转化为有效的学习支持，需要精心设计交互方式，既保留学习者的自主性，又在开放式创作过程中支持形成性评估，并将人工智能定位为协作队友，而非仅仅是评价型导师。

我们介绍了**Draw2Learn**[1]，这是一个通过以队友为导向的设计来探索这些问题的系统。该系统将学习原则转化为交互模式：生成结构化的绘画任务（目标设定理论）、提供可选的视觉支架（最近发展区）、监控进度（形成性评估），并提供多维反馈（交互式辅导反馈理论）。我们分享了开发过程中收集的形成性用户反馈和开放式评论。我们的贡献是一套以学习科学为基础的设计框架，以及表明用户初步反响积极的反馈，为未来研究学习效果奠定了基础。

## 2 理论基础

以绘画促学的效果，关键取决于学习者能否绘制出高质量的图画，准确呈现结构关系（Fiorella 和 Zhang，2018）。然而，若缺乏适当的指导，学生往往难以绘制出这样的图画——他们需要支持来应对认知负荷、利用先验知识，并通过比较和修改来监控绘画的准确性（Van Meter 和 Firetto，2013）。大规模提供此类指导面临设计挑战。我们通过一种以队友为导向的设计来应对这些挑战，该设计以学习理论为基础，并围绕三个相互关联的问题展开。

**问题 1：在高认知负荷任务中维持参与度**。以绘画促学需要持续投入，对于绘画信心不足的学习者而言，还可能引发焦虑。为解决动机与情感方面的问题，我们整合了三个框架。借鉴学习中内在动机的相关理论（Mozelius，2014），我们将绘画设计为一场协作式冒险：基于任务的挑战、进度可视化和里程碑庆祝，将潜在的焦虑转化为以成就为导向的参与。根据目标设定理论（Locke 和 Latham，2002），我们依照布鲁姆分类法，将抽象概念分解为按序排列、相互衔接的近期子目标，使复杂的想法能够通过循序渐进的成功逐步变得易于掌握。运用情感化设计原则，我们通过审美转变提升学习者的满意度：为完成的草图应用艺术风格（油画、水彩画、动画），能够增强成就感和对自己作品的自豪感，营造积极的情绪状态，从而维持参与度。

**问题2：在不削弱自主性的前提下提供适应性支持**。学习者在绘画操作和概念缺口方面需要帮助，但指令性干预可能会降低主体感并削弱有效的学习挣扎。受最近发展区（Vygotsky，1978）的启发，我们将人工智能定位为“更有知识的他人”，提供可选支架——可拖动的辅助对象可应请求获得，但不会被强加。在认知负荷理论（Sweller，1988）的指导下，我们设计支架，以减少绘画技能造成的外在负荷，同时保留用于概念加工的相关负荷。使支架保持可选，可防止习得性无助并维持学习者的控制权。

[1] 视频演示：https://vimeo.com/1159327790。

**问题3：提供支持而非评判的形成性反馈**。在生成式任务过程中，如果反馈时机不当或表述不佳，可能会扰乱心流或削弱信心。借鉴形成性反馈设计（Shute，2008），我们将反馈组织为四个维度：动机（认可努力与进展）、认知（识别概念缺口）、元认知（建议绘画策略）以及与自我相关（认可个人成就）。其语言框架整合了来自成长型思维理论（Dweck，2006）与自我决定理论（Deci & Ryan，1985）的见解：人工智能避免控制性指令（“你应该画X”），转而提供以协作支持为框架的建议（“我们可以尝试添加……”）；将部分完成视为正当的进展而非缺陷；并将粗略草图视为迭代建构，而非失败的作品。这一方法在提供实质性指导的同时维持学习者的主体性，并通过观察进展、支持下一步、先鼓励再评价的反馈来具体落实队友隐喻。

## 3 研究问题

基于上述三个问题，我们提出以下研究问题，以评估用户是否感知到预期的设计解决方案：

**RQ1（维持参与度）**。基于任务的活动、目标支架和美学转化能否在认知负荷较高的绘画活动中维持用户的参与度？用户是否会报告积极情感，并认为该系统具有吸引力？

**RQ2（保留自主性）**。可选支架能否在提供支持的同时避免施加指令性控制？用户是否对自己的绘画过程具有掌控感，并认为系统尊重而非取代其创造性能动性？

**RQ3（通过反馈提供支持）**。多维反馈能否起到鼓励而非评判的作用，在支持进展的同时不打断心流，并体现队友定位？用户是否认为人工智能是协作伙伴，而非评价型导师？

## 4 系统设计

Draw2Learn 通过基于任务的协作（问题 1：参与度）、学习者发起的支架（问题 2：自主性）以及鼓励多维度反馈（问题 3：反馈质量）来实现理论框架。本节介绍系统工作流程和界面架构。

### 4.1 用户工作流程

从学习者的视角来看，Draw2Learn 提供了一个持续的协作循环（图 1）。学习者首先输入自由文本学习目标。人工智能会将其转化为

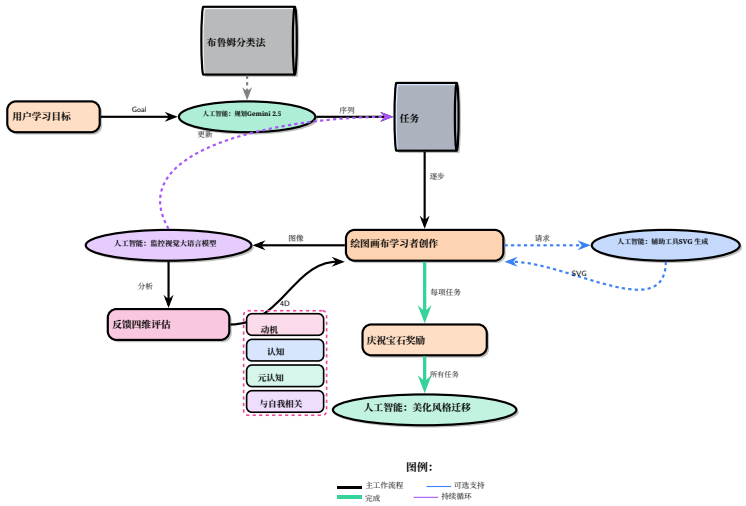



图1：用户工作流程：（1）学习者输入学习目标；（2）人工智能生成任务序列；（3）学习者在画布上绘图；（4）人工智能监控进度并提供四维反馈；（5）可按请求使用可选辅助工具；（6）每次任务完成时获得宝石奖励；（7）完成所有任务后进行风格转换。

遵循布鲁姆分类法进阶路径的结构化任务序列，并依次呈现绘画任务，引导学习者从简单的回忆（“画一个细胞膜”）逐步过渡到复杂的综合（“展示光合作用如何与细胞呼吸相联系”）。绘画过程中，人工智能通过定期进行视觉语言分析来监控画布状态，并生成情境感知反馈，回应学习者的动机、认知、元认知和自我关联需求。学习者可以控制任务节奏，并随时请求使用可选的视觉辅助工具。完成每项任务后，学习者都会获得宝石奖励，作为即时的正向强化。完成所有任务后，学习者可以对最终作品应用艺术风格迁移，通过审美转变增强成就感。

### 4.2 界面架构

三面板界面（图 2）通过空间布局安排各项功能，以支持心流。左侧面板 （“画布任务”）展示一系列任务、进度可视化，以及用于请求生成视觉 SVG 对象的“辅助对象”按钮，在提供支架式支持的同时不强加于学习者。中间面板 提供绘图画布、工具栏、颜色选择器和风格转换选项，在增强美感的同时保留创作控制权。右侧面板 （“人工智能导师——在线待命”）提供针对不同维度的颜色编码反馈卡片，并通过人工智能虚拟形象表明其始终在线，以此拉近队友关系，同时

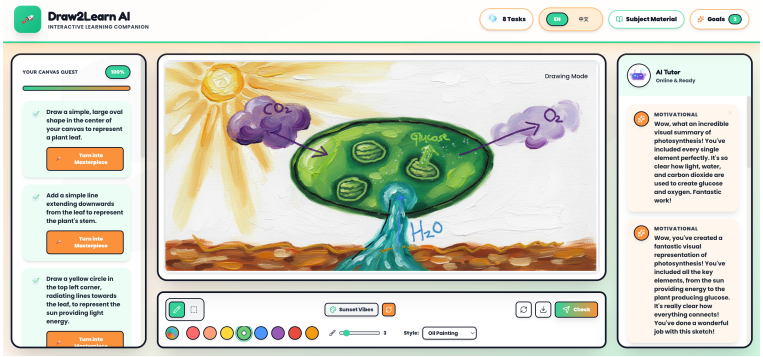



图2：三面板界面：（左）包含进度跟踪和辅助按钮的任务面板；（中）带有风格选择器的绘图画布；（右）提供多维反馈的人工智能团队成员。

通过实时评估或手动按下“检查”按钮来维护学习者自主性。

## 5 用户的形成性反馈

### 5.1 设置

为推动迭代式设计改进，我们在系统开发过程中开展了非正式的可用性测试。六名参与者使用该系统完成科学主题的绘图任务（光合作用、水循环、细胞结构）。使用后，他们提供了反馈和开放式评论。这一形成性反馈过程旨在评估用户体验和交互质量（RQ1-RQ3），以指导设计改进。

### 5.2 反馈总结

用户评分（图 3）为 RQ1-RQ3 提供了初步信号。对于 *RQ1*（维持参与度），较高的吸引力（M=6.17/7）、积极情感（M=5.83/7）以及总体积极体验（M=6.15/7）表明，任务式设计和审美转换能够在高认知负荷任务期间维持动机。对于 *RQ2*（保留自主性），较高的有用性（M=5.67/7）和易用性（M=5.67/7）表明，支架式支持能够在不过度施加控制的情况下提供支持，但目前缺少直接自主性测量。对于 *RQ3*（通过反馈提供支持），中等程度的社交纽带（M=4.67/7）和复用意愿（M=4.17/7）表明，鼓励性反馈能够被感知并受到重视，但仍有进一步强化队友框架的空间。我们将这一形成性反馈解读为指导系统改进的设计信号。

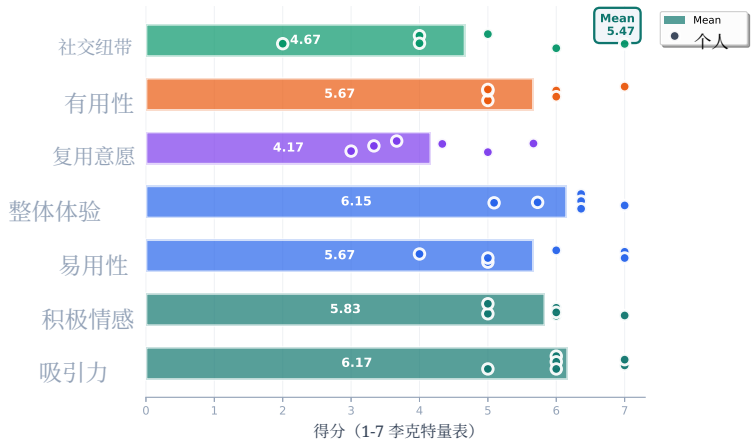



图3：用户反馈评分及各个数据点：吸引力（M=6.17）、整体体验（M=6.15）、正面情感（M=5.83）、易用性（M=5.67）和有用性（M=5.67）均获得正面评分，总体平均分为 5.47/7.0。

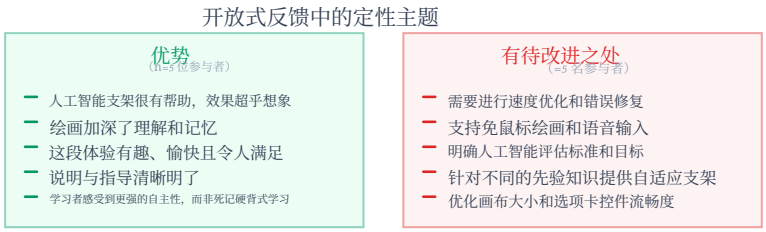



图4：主题分析得出的定性主题：归纳出五项优势，包括人工智能支架、深度学习、参与度、清晰指导和学习者自主性。五项待改进领域包括性能、输入模态、人工智能透明度、自适应支架和界面改进。

主题分析（图 4）提供了更深入的见解。对于 *RQ1*，“有趣”“有成就感”和“深入加工”等主题表明，任务式设计能够保持动机。对于 *RQ2*，“学习者自主性”和“不是死记硬背式学习”表明，可选支架尊重创作控制，不过，关于“自适应支架”的请求也揭示了支持与自主权之间的张力。对于 *RQ3*，“人工智能支架受到认可”和“清晰指导”表明，鼓励性的反馈是有效的。

### 5.3 局限性与未来研究

这项设计探索存在一些局限：来自六位参与者的形成性反馈仅提供初步迹象，而非确凿证据；我们没有考察学习成果；非正式测试可能无法反映真实的课堂情境。未来研究应通过对照实验、课堂部署以及对个体差异的考察，探究学习成效。

## 6 讨论

**连接理论、设计与用户感知**。形成性反馈为设计意图是否传达给用户提供了初步迹象。对于 *RQ1*，高吸引力、积极情感以及“有趣”和“深入加工”等主题表明，基于任务的活动能够保持动机。对于 *RQ2*，“学习者自主性”相关主题表明，可选支架能够保留学习者的自主权，不过，关于“自适应支架”的请求也揭示了支持与控制之间的张力。对于 *RQ3*，“人工智能支架受到认可”表明，鼓励性的反馈是有效的；而社交纽带感适中，则说明队友定位仍有加强的空间——用户既认可支持，也初步展现出协作伙伴关系的迹象，这种关系还可以进一步发展。

**设计贡献**。本研究从三个方面推动了人工智能支持的学习。首先，我们提出了一种以队友为导向的交互范式，使人工智能的能力与学习者能动性相协调——通过既能观察而不干扰、又能提供支架而不施加限制的交互模式，将人工智能从指令型教师重新定位为协作型支持者。这一范式回应了人工智能支持的生成式学习中的一个根本张力：如何在不损害学习所必需的有效学习挣扎的前提下提供适应性支持。其次，我们展示了对学习科学原则的系统化操作化，弥合了抽象理论与具体交互设计之间的差距。通过将动机框架、认知理论和反馈原则转化为可实施的模式（任务生成、可选支架、多维反馈），我们为绘画之外的人工智能支持的生成式任务提供了可复用的设计知识。第三，我们呈现了将设计意图与用户感知联系起来的形成性证据，表明以理论为依据的交互模式能够产生预期的用户体验——通过趋同的定量评分和定性主题验证了队友范式。

**启示**。这项工作展示了人工智能设计中的多框架综合，同时兼顾认知支架、情感化设计和动机支持

。关键问题仍然存在：队友范式能否迁移到其他生成式任务（写作、建模、编程）中？个体差异会如何调节其有效性？未来的研究应在真实情境中，结合学习成果考察这些问题。

## 7 结论

Draw2Learn 探索了人工智能如何通过以队友为导向的设计支持基于绘画的学习，该设计将学习原则转化为具体的交互模式。开发过程中的形成性反馈表明，用户体验良好且用户接受度较高；相关主题显示，该设计在提供支持与维护学习者能动性之间取得了平衡。这项工作提出了一个以学习科学为基础的设计框架，并确定了人工智能在生成式学习情境中的关键交互模式。我们希望，这项设计探索能为研究人工智能支持的以绘画促学的研究者提供有益的起点。

## 参考文献

1. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). 内在动机与自我决定的概念化。在《人类行为中的内在动机与自我决定》（第 11-40 页）。美国马萨诸塞州波士顿：Springer US。2. Dweck, C. S. (2006).《心态：成功的新心理学》。Random House。3. Fan, J. E., Bainbridge, W. A., Chamberlain, R., & Wammes, J. D. (2023). 绘画作为一种多功能认知工具。《自然评论：心理学》，2(9)，556-568。4. Fiorella, L., & Zhang, Q. (2018). 通过绘画学习的绘画边界条件。《教育心理学评论》，30(3)，1115-1137。5. Locke, E. A., & Latham, G. P. (2002). 构建实用的目标设定与任务动机理论：35 年的探索。《美国心理学家》，57(9)，705。6. Mozelius, P. (2014, June). 游戏式学习——一种激发内在动机的方式。载于第九届国际电子学习会议（*ICEL*）论文集（第 272-278 页）。7. Peng, Y., Wang, M., Wang, Y., Wang, Y., Zhang, C., Zhu, Y., & Zheng, Z. (2025). 探索并诱发视觉语言模型中的组合创造力。*arXiv* 预印本 *arXiv:2504*13120 8*13120*10 48550 2504 2008。。https://doi.org/ . /arxiv. . . Shute, V. J. ( )。聚焦形成性反馈。《教育研究评论》，78(1)，153-189。9. Sweller, J. (1988). 问题解决过程中的认知负荷：对学习的影响。《认知科学》，12(2)，257-285。10. Van Meter, P., & Firetto, C. M. (2013). 绘画构建的认知模型。《通过视觉呈现学习》，247-280。11. Vygotsky, L. S. (1978).《社会中的心智：高级心理过程的发展》（第 86 卷）。哈佛大学出版社。