

# AI 赋能小学科学工程思维培养的教学实践研究

付泽元<sup>1</sup>，孙家铭<sup>2</sup>，孙宏<sup>3</sup>

(1. 北京第二实验小学玉桃园分校; 2. 北京师范大学京师附小; 3. 北京小学广内分校)

**摘要：**本研究聚焦小学科学教育中工程思维培养面临的“想不清楚”“画不出来”等设计困境，探索 AI 赋能技术工程在项目式学习中的应用路径。教师在《设计机械臂》一课的教学中，开发并尝试一系列 AI 应用策略辅助学生完成设计，将抽象的工程思维转化为可操作、可追踪的实践过程。采用学习性评价跟踪学生表现，结果显示学生在结构与功能关联理解、逻辑论证及系统分析能力上均有显著进步。为小学科学教育中工程思维的培养提供了有效的实践路径，助力学生系统性思维与问题解决能力的发展。

**关键词：**AI 赋能；工程思维；小学科学

## 一、背景

在小学科学教育领域，工程设计教育的价值已超越知识传授层面，成为培养学生系统性思维与问题解决能力的关键载体。《义务教育科学课程标准》（2022 版）明确指出：“工程的关键是设计，且工程是设计方案物化的结果”<sup>[1]</sup>。当学生以“工程师”身份经历工程实践的全过程时，其认知发展将实现三重跃迁：从碎片化知识整合为“结构与功能”的跨学科概念网络，从直觉式判断强化为基于证据的系统决策，从孤立操作转变为团队协作的工程实践。上述特征体现出工程实践活动具有极高的学科育人价值。

但是在实际教学中，教师开展高质量的工程实践活动面临着一定的挑战和困难，设计环节对学生而言难度较高，思考不够深入，完成的图纸缺乏可读性，使得设计环节流于形式。而 AI 技术的融入为突破这一困境提供了全新路径：生成式 AI 能够与操作者交互并生成有逻辑的内容，具备识图、生图、文字润色等功能。若在教学中合理运用，能够辅助学生进行有效的设计，将头脑中抽象的想法变为肉眼可见的图文内容，提供设计参考，突破学习难点，使工程思维的培养能够落到实处。

### (一)科学课上培养工程思维的困境

工程思维是整合决策、设计、实践与评价的系统性思维，其核心在于解决实际问题，具有较强的实践价值与迁移意义<sup>[2]</sup>。而“设计”正是解决工程问题的重要一环。以往的设计活动中，学生常面临“想不好”与“画不出来”的困境，制约了设计环节的有效推进。

“想不清楚”主要体现为设计构思的模糊性与碎片化。学生虽能提出初步设想，如“设计一个可抓取物体的机械臂”，但难以将抽象想法转化为具体的结构与功能关联，既无法明确实现抓取功能所需的核心部件，例如转动臂、末端执行器等，也不能清晰界定各部件的作用机制，如转动臂的旋转角度如何影响抓取范围，末端执行器的开合方式如何适配不同物体。导致设计方案缺乏系统性，可能出现功能冲突，更甚是遗漏关键结构，难以形成可操作、可执行的设计方案。

“画不出来”则表现为设计可视化能力的不足。即便学生形成构思，也难以通过绘图将其准确呈现：或因绘图技能有限，设计图仅为简单线条组合，无法区分关键部件，如混淆转动轴与固定架；或因表述不规范，图纸缺乏必要标注，如未说明部件尺寸、连接方式，导致设计图既无法供设计者后续参考，也难以支撑团队协作，教师也难以根据这样的图纸理解学生的想法，从而提供合适的指导。设计的可视化障碍直接导致设计进程受阻，难以推进后续的工程实践任务。

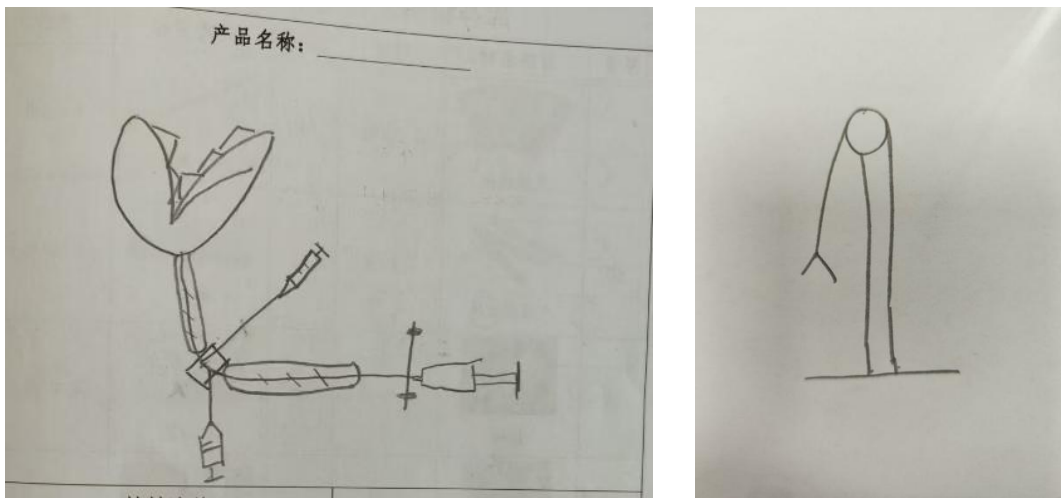


图 1：“设计可视化能力的不足”的学生设计图

### (二) AI 赋能助力培养学生工程思维

工程思维以解决实际问题为目标，涵盖定义问题、方案设计、原型制作、测试迭代的系统性逻辑，包含物化逻辑（结构与功能关联）、证据决策（基于分析的判断）、迭代优化（持续完善意识）、协作沟通（精准表达能力）等关键维度。经团队教师的前期试验，合理运用 AI 工具又能针对性地支撑这些维度的发展，破解前文所述“想不清楚”“画不出来”的设计

困境。

针对“想不清楚”的问题，AI 生图工具可基于学生的文字描述或提问，生成一定的文字或图画内容，为学生提供有价值的参考信息，拓宽思路辅助学生设计；针对“画不出来”的问题，AI 能基于学生的简易草图进行优化，补充结构细节、规范结构比例，使设计图具备可读性，为后续交流完善设计、按图动手制作奠定基础。学生后续可以结合 AI 生成的内容说明自己的设计意图，实现学生间、师生间的有效沟通，亦可在现有内容基础上借助 AI 进一步完善，提高设计环节的有效性，促进学生工程思维的发展。

二、AI 赋能技术工程促进学生工程思维的实践策略

在人教鄂教版《科学》五年级下册《技术与发明》单元的教学中，教师基于项目式教学理念将整个单元重组为《开发取物机械臂》项目式学习单元，以本单元的《设计机械臂》一课为例，教师通过 AI 赋能的方式，引导学生使用多种 AI 辅助手段，帮助学生完成设计并在这一过程中促进学生工程思维的发展。

（一）思维外化：AI 生图工具推动设计构思可视化

工程思维的首要特征是“设计的物化逻辑”，即通过结构实现功能的明确关联。但小学生常因表达能力有限，难以将头脑中的构思清晰呈现，导致设计与实践脱节。AI 生图工具的介入，为思维外化提供了技术支撑<sup>[3]</sup>：学生先描述设计意图，绘制相对简单的设计草图，AI 基于学生绘制的草图生成初步设计图；教师通过核心提问“你认为 AI 图和你的想法一致吗？能对照图说说结构与功能的关系吗？”直接触发学生对自身设计与 AI 可视化结果之间一致性的批判性思辨，这种思辨促使学生在表达想法，例如学生审视 AI 生成的设计图时，必须深入剖析结构与功能的关系，从而深化对“设计是物化的结果”这一工程核心逻辑的理解。

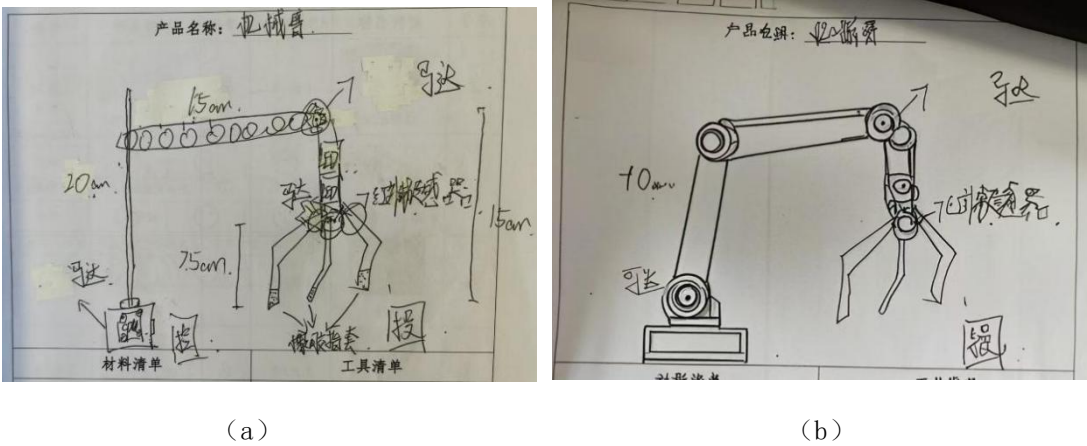


图 2：（a）和（b）分别为学生的初始设计草图和 AI 生图工具加工处理后的设计图

在此过程中，学生需主动剖析设计图中各部件的功能，如“摇臂的转动轴是为了实现360度旋转，方便抓取不同位置的物体”。同时学生需要识别AI理解偏差并纠正，如“AI给我的设计图多画了几个旋转轴，我认为AI没有理解我的意思”，学生针对AI理解的误差再次修订设计方案。这种比对促使学生将模糊的“想法”转化为清晰的“结构—功能”关联表述，本质是工程思维从“内隐”到“外显”的转化。某学生在分析AI生成的机械臂设计图时，主动补充“AI给我的机械臂多加了一个可以转动的底座，这样能让机械臂转动角度的更大，给了我很多启发”，展现了学生在AI赋能后对结构与功能的深度理解。

## （二）辅助决策：AI 评价建议驱动批判性思维发展

工程思维的核心是“基于证据的决策”，而AI的评价反馈功能为这一能力的培养提供了载体。当AI基于设计图提供书面化建议，如“摇臂与底座的连接缺乏稳定性，建议增加加固杆”时，学生需经历批判性采纳过程：若建议符合设计意图，如“加固杆可提升稳定性，且不影响抓取功能”，则采纳并修改；若与核心需求冲突，如“增加加固杆会导致机械臂转动受限，无法实现灵活转动”，则拒绝并说明理由；若AI存在理解偏差，如误将“末端执行器执行器”理解为“可以转动的摇臂”，则说明学生需要修正表述并重新生成设计图。这一过程中，学生的决策不再依赖直觉，而是基于“结构对功能的影响”“设计目标的优先级”等证据。AI的“非绝对正确”特性<sup>[4]</sup>，反而强化了学生的批判性意识——工程决策需立足实际需求，而非盲从外部建议。

## （三）迭代优化：设计图修改轨迹记录思维进阶

迭代优化是工程思维的关键特征，而AI赋能下的设计图修改过程，直观呈现了这一思维的发展轨迹。学生需用不同颜色标注修改痕迹（如红色标注新增结构、蓝色标注删除部分）<sup>[5]</sup>，并在AI对话记录中说明修改原因，如“减少多余的转轴，因为测试发现部分转轴已满足需求，且简化结构可降低制作难度”。这种“修改—记录—反思”的循环，让“迭代”从抽象概念转化为具体实践。教师通过引导学生对比“初始图—AI反馈图—修改后图”的差异，帮助其总结迭代，而这正是迭代优化思维的显性化体现。

## （四）沟通严谨：AI 反馈促进精确表达

设计图是工程师沟通的语言，有效的设计依赖于工程师彼此间清晰的沟通，而AI对“模糊表述”的敏感，能强化学生的表达严谨性意识。<sup>[6]</sup>当AI生成的设计图与设想差异较大时，如将短距离水平移动理解为大范围的转动，教师引导学生反思：“是否因表述模糊导致误解？”学生需重新梳理语言，将“能移动”改为“在10厘米范围内水平移动，且不偏离抓取点”，直至AI生成符合预期的设计图。这一过程让学生意识到：工程沟通中“清晰、无歧义的表达”

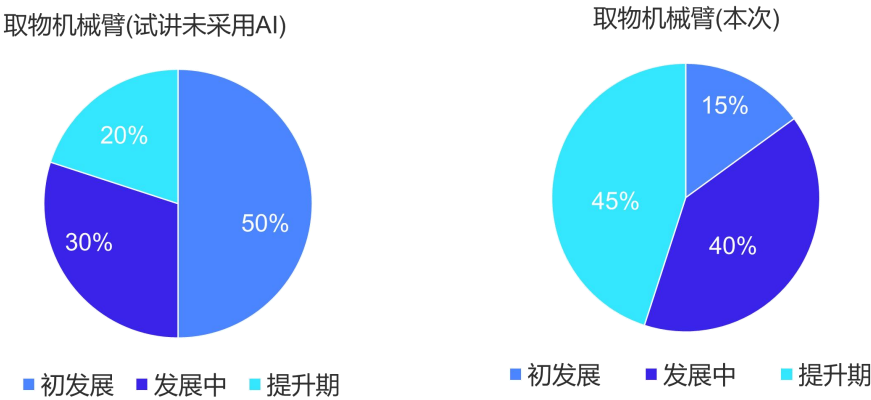
达”是协作的基础。某小组在经历3次“表述—生成—修正”后总结：“说清楚结构是什么、要做什么、不能影响什么，这样AI才能画对，跟其他同学合作时，也要这么说才行。”这种意识的迁移，让工程思维从“技术设计”延伸至“协作沟通”，实现了思维的系统性拓展。

### 三、效果与总结反思

#### （一）效果及数据分析

在融入AI赋能的项目式学习中，学生的工程思维得到显著提升。本研究特别采用了金娜等人（2024）提出的学习性评价方案<sup>[7]</sup>，该评价以“以评促学”为核心理念，突破传统终结性评价的局限，以学生学习过程为中心，通过动态证据收集（如设计草图、AI对话记录、修改轨迹）实现“评价即学习”。在课前，我们会确定学科核心大概念，依据课标划分出核心素养的水平层次，制订单元评价导引图，将学生的课堂表现划分为“初发展（低于课标要求）”“发展中（达到课标要求）”和“提升期（优于课标要求）”3个水平，三个水平之间属于包含关系，教师依据学生课堂中的学习表现，参考评价导引图评价学生在课堂学习中的发展水平，依据各发展水平学生的数量，分析课堂教学效果，及时调整教学策略，发挥评价的诊断与导向功能，实现以评促教。

在《设计机械臂》一课中，我们基于金娜团队开发的“评价导引图”对接课标中“结构与功能”“技术与工程”核心概念，将AI工具转化为评价载体，对学生进行学习性评价。结果如下图所示。



数据显示，相较于传统教学，处于提升期的学生比例从20%提升至45%，发展中的学生比例也有所提高，而初发展的学生数量明显下降。这表明AI赋能有效推动了学生工程思维的进阶，让他们从直觉设计转向逻辑论证，从碎片化思考转向系统分析，并对结构与功能建立深层理解

#### （二）总结反思

尽管 AI 赋能取得了一定成效，但实践中仍存在不足。部分学生在操作 AI 工具时依赖教师协助，师生对 AI 工具的操作熟练度和理解存在个体差异，导致学习效果不均衡。未来需加强学生 AI 工具操作能力的培养，设计更贴合学生认知水平的 AI 辅助方案，减少外部干预，确保 AI 真正赋能学生的自主实践，进一步深化工程思维的培养。

#### 四、结语：

AI 赋能技术工程为学生工程思维的培养开辟了新途径，通过推动思维外化、锻炼决策能力、强化迭代意识和记录学习轨迹，有效促进了学生系统化、批判性、迭代性工程思维的发展。在未来的小学科学教育中，应进一步探索 AI 与工程教育的深度融合，优化 AI 赋能策略，让 AI 成为培养学生工程思维的有力工具，助力培养更多面向未来的问题解决者。

#### 参考文献

- [1] 教育部.义务教育科学课程标准（2022 年版）
- [2] 顾建军， 王培峰. 工程思维的核心要素与小学科学教育的培养路径[J]. 南京师范大学学报(社会科学版)， 2023， （6）： 112-121.
- [3] 李芒， 刘芳. 生成式 AI 在小学科学项目式学习中的应用机制——以“机械结构设计”为例[J]. 北京师范大学学报(社会科学版)， 2025， （1）： 98-107.
- [4] 郑永和， 田慧生. 人工智能支持的学生批判性思维培养研究——基于工程设计项目的实证[J]. 教育研究， 2024， 45(5)： 89-102.
- [5] 余胜泉， 王琦. 技术赋能下小学工程思维的迭代发展机制[J]. 电化教育研究， 2023， 44(10)： 53-60.
- [6] 钟柏昌， 张逸凡. 小学工程教育中沟通严谨性的培养——基于 AI 反馈的实证研究[J]. 课程·教材·教法， 2025， 45(2)： 78-85.
- [7] 金娜， 等. 学习性评价视角下小学科学项目式学习评价方案研究[J]. 中小学教材教学， 2024(6)