

# CDIO 视角下生成式人工智能支持高中生问题解决能力的实证研究

## An Empirical Study of Generative Artificial Intelligence Supporting High School Students'

### Problem-solving Ability from the Perspective of CDIO

陈菁怡<sup>1</sup>, 郑思怡<sup>1</sup>, 杨宁<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 福建师范大学教育学院

\*nyang@fjnu.edu.cn

**【摘要】** 问题解决能力是 21 世纪学生必备核心素养之一。当下高中信息技术课堂存在理论与实践分离, 技术更新滞后等问题, 因此本研究构建生成式人工智能 (GAI) 介入的 CDIO 学习过程, 选取中国东部某中学高二年级两个班作为实验对象, 探索其在提升学生问题解决能力方面的潜力。结果表明, 实验组在作品内容和问题解决能力方面显著优于对照组, 说明该学习过程应用效果良好且能有效提高学生的问题解决能力。

**【关键词】** CDIO; 生成式人工智能; 问题解决能力

**Abstract:** Problem solving ability is one of the essential core qualities for students in the 21st century. At present, there are problems such as separation of theory and practice and lagging technological update in information technology classes in high schools. Therefore, this study constructed a CDIO learning process involving generative artificial intelligence (GAI), and selected two classes of senior two in a middle school in eastern China as experimental objects to explore its potential in improving students' problem-solving ability. The results showed that the experimental group was significantly better than the control group in the content and problem-solving ability of the works, indicating that the learning process had a good effect and could effectively improve students' problem-solving ability.

**Keywords:** CDIO, Generative artificial intelligence, Problem solving ability

## 1. 引言

随着当下信息技术的迅猛发展, 传统的知识传授型教学已难以满足现代社会对创新型、复合型人才的需求, 这就要求教育工作者在教育过程中要更加注重对高中生问题解决能力的培养, 以适应当下社会需求。近年来, 我国也颁布了一系列政策文件, 强调了培养高中生问题解决能力的重要性。2019 年教育部在《国务院办公厅关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》文件时提出: 突出立德树人导向, 重点考查学生运用所学知识分析问题和解决问题的能力。2020 年国家发布的《普通高中信息技术课程标准 (2017 年版 2020 年修订)》中指出要培育以学习为中心的教与学关系, 在问题解决过程中提升信息素养。而生成式人工智能 (Generative Artificial Intelligence, 简称 GAI) 作为信息技术迅猛发展的产物, 为高中信息技术课堂提供了新的教学工具, 将其应用于高中信息技术课堂或许能为培养高中生的问题解决能力提供新思路。

CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) 教育模式是由麻省理工学院和瑞典皇家工学院等四所高校创立的工程教育模式(李馨, 2015), 强调以项目为导向、以学生为中心的教学方法, 鼓励学生在实际问题解决过程中学习和应用知识。因此本研究选择以 CDIO 教育模式为载体, 将 GAI 介入高中信息技术课堂, 构建 GAI 介入的 CDIO 学习过程, 探索培养高中生问题解决能力的新路径, 具体的研究问题为:

- (1) 如何基于 CDIO 教育模式, 结合 GAI 的功能特点, 设计 GAI 介入的 CDIO 学习过程?
- (2) GAI 介入的 CDIO 学习过程对学生问题解决能力的作用效果如何?

## 2. 研究综述

### 2.1. CDIO 在信息技术学科的应用现状

CDIO 早期应用于高等工程教育领域, 旨在通过“构思—设计—实施—运行”的系统过程培养学生的工程实践能力。由于其核心理念和方法论的普适性, 该模式很快吸引了其他学科的关注。2010 年, 杨丽波等首次将 CDIO 教育思想应用在教育技术学的人才培养中(杨丽波 & 陈元琳, 2010)。而后陆续有学者将该模式应用于基础教育领域。黄婕首次进行 CDIO 工程教育模式下的机器人课程设计, 取得良好成效(黄婕, 2013); 龙泳构建基于 CDIO 教学模式的高中信息技术课程教学模式并应用于 Python 学习中, 结果表明其效果明显优于传统课堂的教学模式(龙泳, 2024)。可见, 将 CDIO 引入信息技术学科已取得一定的成效。

然而, 现有将 CDIO 引入信息技术学科的研究普遍以机器人、Python 编程等特定教学内容为案例, 虽然有助于学生掌握具体技能, 但其普适性有限, 未能全面覆盖信息技术学科的大概念, 可能导致学生在面对其他类型的问题时缺乏解决措施。因此本研究将所构建的 GAI 介入的 CDIO 学习过程应用于“了解软件的功能与开发”这一项目中。信息系统是高中信息技术学科中的一个重要大概念, 而软件是信息系统的重要组成部分, 通过该项目的学习, 学生能够体验软件开发的一般过程, 提升对信息技术学科的整体理解和应用能力。

### 2.2. 生成式人工智能在信息技术教学中的应用现状

目前生成式人工智能 (Generative Artificial Intelligence, GAI) 已经在教育领域展现出巨大的发展潜力, 其通过实时反馈、个性化指导等功能丰富教学方式、提高学习效率, 对教育领域产生了深远的影响。有研究将 ChatGPT 引入编程教学, 通过 ChatGPT 所提供的精确回答, 使学习者降低认知负荷并增强对复杂编程概念的掌握和应用(Ko et al., 2024); Kieko Ido 等人在初中科学课堂上鼓励学生向 ChatGPT 提出问题, 结果表明单独回答学生问题的 GAI 可以成为激发学生提问和思考的学习伙伴(Ido et al., 2024)。可见, GAI 在教育实践中作为一种教学辅助工具的可能性, 将其引入课堂已具备一定的基础。

然而尽管 GAI 在许多学科教学中取得显著成效, 但其并没有指明 GAI 在不同学习活动中的具体作用, 也没有规范 GAI 的使用条件, 长此以往可能出现学生过度依赖 GAI 的情况, 而削弱他们的独立思考能力。因此, 本研究在将 GAI 介入课堂时依托一定的教育模式, 并向学生明确 GAI 的使用范围, 引导学生科学合理地使用 GAI, 以充分发挥 GAI 的优势。

### 2.3. 在信息技术课堂中培养问题解决能力的研究现状

问题解决能力最早起源于心理学领域, 美国心理学家桑代克在 19 世纪提出了著名的“试误说”, 认为问题解决的过程就是不断尝试错误的过程(蔡笑岳 & 于龙, 2008)。而后随着研究的深入, 问题解决能力从理论层面拓展到应用层面, 在我国各个学段、学科都有过相关研究。而信息技术作为一门实践性很强的学科, 对培养学生的问题解决能力有较大的优势。对于学生问题解决能力的培养具有得天独厚的优势(鹿佳景, 2022)。史宇晴在高中信息技术课堂上采用案例教学的方式来培养学生的问题解决能力(史宇晴, 2024)。欧佩玲在初中信息技术课堂利用项目教学策略培养学生的问题解决能力(欧佩玲, 2022)。可见, 在信息技术课堂中实施有效的教学策略能够提高学生的问题解决能力。

## 3. 生成式人工智能介入的 CDIO 学习过程构建

基于上述研究综述,本研究结合高中信息技术课程的现状与需求,构建生成式人工智能介入的 CDIO 学习过程,探索其对学生问题解决能力的影响,如图 1 所示。

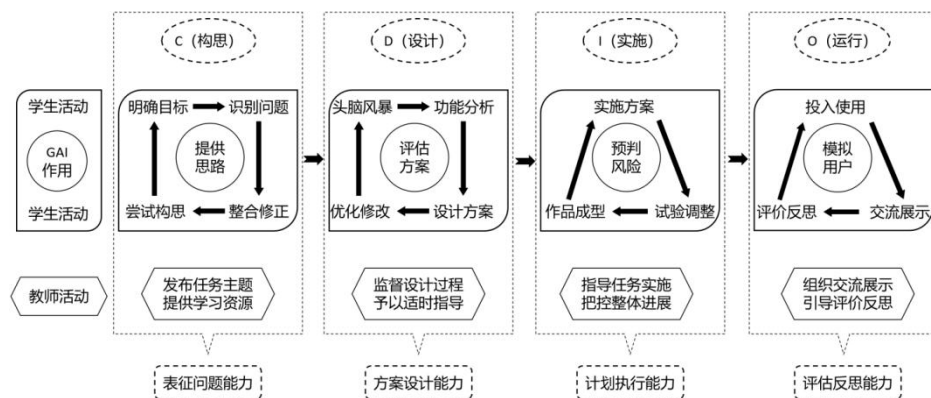


图 1 生成式人工智能介入的 CDIO 学习过程

### 3.1. 构思阶段

构思阶段是该学习过程开展的基础。在此阶段,由教师发布本节课的任务主题,并提供一定的学习资源。学生需要在教师的引导下,必要时借助 GAI 的帮助,识别任务中的问题并明确目标,完成对作品的基本构思并进行整合修正。该阶段旨在激发学生的创意想法,因此 GAI 的主要作用为提供创新的问题解决思路,但仍需要学生独立思考或在教师的帮助下对其进行进一步的整合修正,从而形成自己的问题解决思路。这一过程主要培养学生的表征问题能力,旨在通过 GAI 的思路提供,提高学生分析问题、理解问题、表述问题等方面的能力。

### 3.2. 设计阶段

设计阶段是实施该学习过程的关键,为后期实施与运行提供了重要支撑。进入该阶段后,主要由学生开展各项探究活动,而教师则负责监督设计过程,并予以适时指导。学生需要开展头脑风暴,将构思方案细化为可执行的步骤,在对各步骤功能分析的基础上整合成设计方案并优化修改。该阶段形成的设计方案是后期能否正常实施运行的基础,因此在班级人数较多,教师无法全面评估每个学生的设计方案时,就需要 GAI 的介入以帮助学生评估其方案可行性与必要性。这一过程主要培养学生的方案设计能力,学生要能把自己脑海中的构思转化为具体可行的方案,通过文字、流程图等方式制定方案并选取最优方案。

### 3.3. 实施阶段

实施阶段是将理论转化为实践的重要过程。学生依据设计方案,明确实施任务和目标,逐步实现模型搭建、编写程序等活动,并在实施过程中不断迭代优化,最终形成完整的作品。教师在此阶段为学生提供丰富的资源,鼓励学生不断尝试,并把控整体课堂进展。该阶段对于缺乏实践经验的中学生来说挑战较大,容易产生畏难情绪,而该阶段 GAI 可以根据学生的设计方案进行风险预判,及时帮助学生应对问题,从而缓解学生的畏难情绪。这一过程主要培养学生的计划执行能力,旨在通过 GAI 的风险预判,帮助学生制定合理可行的计划并执行。

### 3.4. 运行阶段

运行阶段是该学习过程的最后一个环节,用于检验学生的学习成果。在此阶段,学生将完成的作品投入到真实的生活情境中,并密切监控运行状态。最后教师组织学生进行交流展示,学生针对教师 and 同学们提出的疑问进行解答或改进。该阶段需要在真实的生活情境中运行,但由于当下课堂限制,许多学生作品无法走出课堂,因此学生无法了解作品的真正运行情况,而 GAI 则可以模拟用户行为,为学生作品提出改进意见。这一过程主要培养学生的评估反思能力,从多个角度对作品的实际效果进行评估、收集反馈、分析结果并改进作品。

## 4. 生成式人工智能介入的 CDIO 学习过程应用

#### 4.1. 实验设计

本研究选取中国东部某中学高二年级两个班级的 97 名学生作为实验对象，两班所选的高考科目相同、班级人数及男女比例相当，且问题解决能力前测水平相近。其中实验组 48 人（30 名男生，18 名女生），采用 GAI 介入的 CDIO 学习过程进行学习；对照组 49 人（31 名男生，18 名女生），采用无 GAI 介入的 CDIO 学习过程进行学习，两组由同一个教师开展教学，不同在于实验组融入国内大语言模型“文心一言”作为辅助工具，而对照组仅在教师的帮助下学习。实验持续 2 周共 4 个课时，具体的实验设计如下图所示。

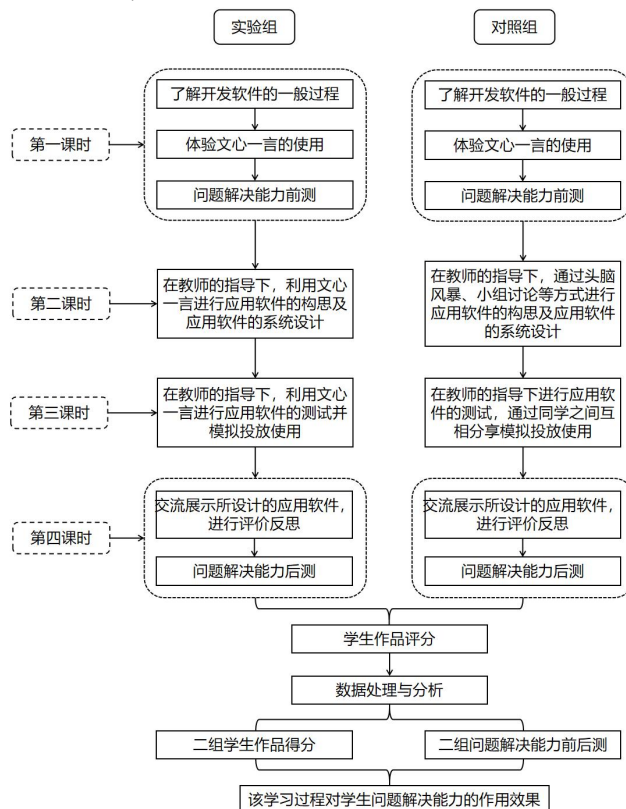


图 2 生成式人工智能介入的 CDIO 学习过程的实验设计

#### 4.2. 教学实验

本研究选取沪教版高中信息技术必修二项目四-了解软件的功能与开发作为教学内容开展教学实践，学生需要在课前完成问题解决能力前测量表，在课堂上完成相应的学习任务单，并在课后完成一份知识测试题以及问题解决能力后测量表。具体的教学设计如图 2 所示。

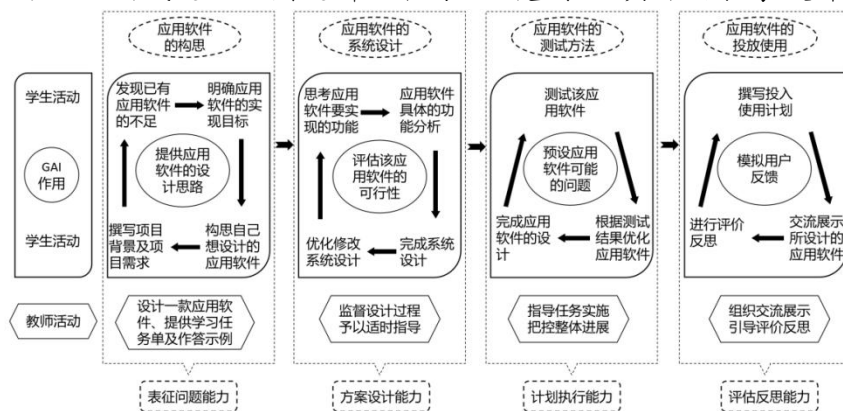


图 3 生成式人工智能介入的 CDIO 学习过程的教学设计

整个教学过程围绕应用软件的设计展开，根据学校每周两课时，每课时 45 分钟的教学安排进行教学过程设计，具体的教学过程如下。

应用程序的构思：教师引导学生通过观察日常使用的应用程序，发现其不足之处，由此引入本课的任务主题“设计一款应用程序”，同时分发学习任务单及作答案例。在教师的指导下，学生通过与 GAI 进行对话，对话内容围绕“设计一款创新的应用程序”展开，其大致包括“为什么要设计这款应用程序”和“设计这款应用程序能满足人们什么需求”。学生从 GAI 的对话中获取设计思路，明确自己要设计什么样的应用程序，根据其实现目标进行构思，完成学习任务单中的项目背景及项目需求。

应用程序的系统设计：在完成对应用程序的基本构思后，教师引导学生思考自己所设计的应用程序大致要实现哪些功能？学生根据学习任务单的提示进行具体的功能分析，完成系统设计。在初步完成系统设计后，学生将其上传至 GAI，通过输入相应的提示语让 GAI 评估该应用程序具体功能实现的可行性，学生根据评估结果对系统设计进行优化修改。教师在该过程中主要起到监督作用，并在学生想法与 GAI 提供的答案发生冲突时予以适时指导。

应用程序的测试方法：学生根据课本上提供的方法对应用程序进行测试，根据测试结果优化应用程序，进而完成应用程序的设计。在此过程中，学生可以通过与 GAI 对话，来预设该应用程序可能产生的问题，从而减少测试频率，提高作品的完成效率。教师在该过程中要注意把控整体进展，并适时指导学生进行测试。

应用程序的投放使用：在完成对应用程序的设计后，学生需要撰写应用程序的投入使用计划，由 GAI 作为模拟用户对该应用程序进行评估反馈，学生收集其反馈结果并加以改进。随后教师组织学生对自己所设计的应用程序进行交流展示，由教师 and 同学们提出改进意见，引导学生对自己的作品进行反思并总结经验，形成最终的作品。

4.3. 测量工具设计

测量工具分为学生作品评价表和问题解决能力量表。其中学生作品评价表用于对学生的学习任务单进行打分，问题解决能力量表用于测量学生问题解决能力情况，通过二者的数据分析结果共同探讨该学习过程对学生问题解决能力的作用效果，具体如下。

4.3.1. 学生作品评价表

问题解决的结果通常是以学生创作的作品作为依托。为客观评价学生的作品，本研究从作品内容与作品展示两个维度对学生作品进行评价，每个维度有具体的分值及指标说明，如表 1 所示。

表 1 学生作品评价表

| 评价维度           | 评价指标         | 具体内容                     |
|----------------|--------------|--------------------------|
| 作品内容<br>(70 分) | 完整性 (15 分)   | 方案结构清晰、内容充实完整。           |
|                | 创新性 (20 分)   | 方案视角独特、想法新颖、呈现形式多样。      |
|                | 科学性 (15 分)   | 方案契合主题，符合科学原理，技术实现合理。    |
|                | 实用性 (20 分)   | 方案能够满足目标用户真实需求，解决实际问题。   |
| 作品展示<br>(30 分) | 逻辑清晰度 (10 分) | 方案展示逻辑连贯、条理清晰，各部分内容衔接自然。 |
|                | 流利度 (5 分)    | 学生语言流利、语速适中。             |
|                | 自信程度 (5 分)   | 学生时间分配合理，从容应对突发情况。       |
|                | 互动性 (5 分)    | 学生能够积极回应老师和同学们的提问。       |
|                | 表达能力 (5 分)   | 学生能够准确传达信息，避免歧义。         |

4.3.2. 问题解决能力量表

为确保问卷信效度，本研究根据国际学生评估项目 (PISA) 2012 年对问题解决能力的研究，其将问题解决能力分为探究及理解、表征及形成、计划及执行、监控及反馈；并参考了伍远岳等将问题解决能力的过程分为理解问题、描述问题、展示问题、解决问题、反思解决

方案、交流解决方案(伍远岳 & 谢伟琦, 2013); 高富莹从理解问题、表征问题、协作学习、解决问题、反思监控、交流评价 6 个维度测量小学生的问题解决能力(高富莹, 2022); 同时以本研究所界定的 CDIO 教育模式的作为该问卷的基础, 结合《普通高中信息技术课程标准》, 对问卷进行设计, 主要从表征问题能力、方案设计能力、计划执行能力以及评估反思能力四个子维度考察学生的问题解决能力, 具体解释及对应的题号如表 2 所示。

表 2 问题解决能力量表的维度

| 问题解决能力 | 解释                                       | 题号    |
|--------|------------------------------------------|-------|
| 表征问题能力 | 学生在发现问题、理解问题、分析问题、表述问题等方面的能力。            | 1-4   |
| 方案设计能力 | 学生能够通过文字、流程图、思维导图等制定并选择最优的方案。            | 5-8   |
| 计划执行能力 | 学生能够制定实施计划并对问题解决的过程进行监控。                 | 9-12  |
| 评估反思能力 | 学生能够清晰表述解决方案, 对自己和他人作品做出合理评价, 并反思改进解决方案。 | 13-17 |

通过对前测数据进行信效度检验, 结果表明克隆巴赫系数为 0.996>0.9, Bartlett 球形度检验显著性<0.001, 故该量表具有良好的信效度。

5.研究结果

5.1. 学生作品得分

为探究学生作品在教学实验后的差异, 本研究对实验组与对照组的作品得分情况采用独立样本 t 检验进行统计分析, 结果表明, 实验组和对照组在作品展示上无显著差异 (p>0.05), 但在作品内容和作品总评上有显著差异 (p<0.05), 且实验组显著高于对照组, 如表 3 所示。说明 GAI 介入的 CDIO 学习过程在高中信息技术课程中的应用效果良好, 其得分情况充分验证了该学习过程能够有效提高学生的问题解决能力。

表 3 实验班和对照班的作品得分独立样本 t 检验

| 项目   | 组别  | 人数 | 均值    | 标准差   | t     | p     |
|------|-----|----|-------|-------|-------|-------|
| 作品内容 | 实验组 | 48 | 60.02 | 3.498 | 2.334 | .022* |
|      | 对照组 | 49 | 58.45 | 3.130 |       |       |
| 作品展示 | 实验组 | 48 | 23.79 | 2.543 | .636  | .526  |
|      | 对照组 | 49 | 23.49 | 2.113 |       |       |
| 作品总评 | 实验组 | 48 | 83.81 | 3.863 | 2.350 | .021* |
|      | 对照组 | 49 | 81.94 | 3.986 |       |       |

注: p<0.05, \*; p<0.01, \*\*

5.2. 问题解决能力量表

本研究将实验组与对照组的问题解决能力前测数据进行独立样本 t 检验, 结果表明, 实验组和对照组在问题解决能力的前测阶段并无显著差异 (p>0.05), 如表 4 所示。

表 4 实验班和对照班问题解决能力前测独立样本 t 检验

| 项目   | 组别  | 人数 | 均值    | 标准差   | t     | p    |
|------|-----|----|-------|-------|-------|------|
| 表征问题 | 实验组 | 48 | 16.60 | 2.623 | -.356 | .722 |
| 能力总分 | 对照组 | 49 | 16.80 | 2.677 |       |      |
| 方案设计 | 实验组 | 48 | 16.77 | 2.520 | .404  | .687 |
| 能力总分 | 对照组 | 49 | 16.55 | 2.829 |       |      |
| 计划执行 | 实验组 | 48 | 16.79 | 2.601 | .405  | .687 |
| 能力总分 | 对照组 | 49 | 16.57 | 2.754 |       |      |

|      |     |    |       |        |       |      |
|------|-----|----|-------|--------|-------|------|
| 评估反思 | 实验组 | 48 | 20.98 | 3.310  | -.270 | .788 |
| 能力总分 | 对照组 | 49 | 21.16 | 3.406  |       |      |
| 总分   | 实验组 | 48 | 71.15 | 10.074 | .030  | .976 |
|      | 对照组 | 49 | 71.08 | 11.103 |       |      |

注：p<0.05，\*；p<0.01，\*\*

因此，将实验组和对照组的问题解决能力后测数据进行独立样本 t 检验，结果表明，实验组和对照组在问题解决能力上存在显著差异（p<0.05），且实验组显著高于对照组，如表 5 所示。表明 GAI 介入的 CDIO 学习过程能够有效提高高中生的问题解决能力。但其提升效果在问题解决能力的不同维度上仍存在差异。进一步分析可知，评估反思能力存在显著差异（p<0.05），而表征问题能力、方案设计能力、计划执行能力无显著差异（p>0.05），这反映了 GAI 在帮助学生进行作品评价和改进方面的独特价值，同时也反映了 GAI 在不同教学阶段的作用差异，在 O（运行）阶段 GAI 更能发挥其有效作用，模拟用户行为以帮助学生优化改进作品，进而更好地提升学生的问题解决能力。

表 5 实验班和对照班问题解决能力后测独立样本 t 检验

| 项目   | 组别  | 人数 | 均值    | 标准差   | t     | p     |
|------|-----|----|-------|-------|-------|-------|
| 表征问题 | 实验组 | 48 | 17.90 | 2.156 | 1.634 | .106  |
| 能力总分 | 对照组 | 49 | 17.24 | 1.750 |       |       |
| 方案设计 | 实验组 | 48 | 17.79 | 2.475 | 1.504 | .136  |
| 能力总分 | 对照组 | 49 | 17.08 | 2.168 |       |       |
| 计划执行 | 实验组 | 48 | 17.90 | 2.503 | 1.948 | .054  |
| 能力总分 | 对照组 | 49 | 16.96 | 2.226 |       |       |
| 评估反思 | 实验组 | 48 | 22.81 | 2.929 | 2.134 | .035* |
| 能力总分 | 对照组 | 49 | 21.61 | 2.605 |       |       |
| 总分   | 实验组 | 48 | 76.40 | 9.538 | 2.003 | .048* |
|      | 对照组 | 49 | 72.90 | 7.570 |       |       |

注：p<0.05，\*；p<0.01，\*\*

6.结论与展望

本研究基于高中信息技术教学现状，结合 GAI 的功能特点，从 CDIO 视角构建了 GAI 介入的 CDIO 学习过程。研究采用实证研究方法，以该学习过程为基础进行教学设计，并开展教学实验。通过学生作品评价表、问题解决能力量表探索该学习过程对高中生问题解决能力的影响。结果表明，GAI 介入的 CDIO 学习过程能够有效提升学生的作品得分，在作品内容方面尤为显著，并且在介入该学习过程后实验组的问题解决能力显著高于对照组，证明了该学习过程的有效性。而 GAI 在该学习过程的各个阶段中扮演着不同的角色，其中在 O（运行）阶段的作用尤为显著，其通过模拟用户、提供反馈意见等作用显著提高了学生的评估反思能力。

然而，尽管该学习过程在提高学生问题解决能力方面取得了显著成效，但研究过程仍存在实验周期短、样本容量有限等问题，无法全面评估该教学模式的长期效果，其研究结果的普适性和可靠性也有待考究。因此未来的研究可以通过进行更长时间的干预实验，以全面评估该教学模式对学生学习和问题解决能力的长期影响，同时扩大样本规模，以提高研究结果的普适性和可靠性。此外，针对问题解决能力各维度提升情况有所差异的现状，还需要未来的研究进一步探索如何在各个阶段更有效地利用 GAI，以全面提升学生的问题解决能力。还需

要注意的是,在课堂中介入 GAI 可能导致学生独立思考能力的削弱,技术故障可能影响教学活动的正常进行,数据隐私和安全问题也需要进一步重视。为了充分发挥 GAI 的优势,教育工作者和技术开发者需要共同努力,制定科学合理的使用策略,确保 GAI 的应用更加科学合理。未来的研究可以进一步探索 GAI 在其他学科中的应用潜力,以及如何更好地整合 GAI 与传统教学资源,为培养更多具备问题解决能力的复合型人才提供有力支持。

## 参考文献

- Ido, K., Goto, K., Yamada, M., & Matsuura, S. (2024). Use of ChatGPT in the Classrooms of a Junior Highschool Science to Invoke Ability of Questioning. In A. Coman, S. Vasilache, F. Fui-Hoon Nah, K. L. Siau, J. Wei, & G. Margetis (Eds.), *HCI International 2024 – Late Breaking Papers* (pp. 25–45). Springer Nature Switzerland.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-76806-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-76806-4_3)
- Ko, H.-T., Liu, Y.-K., Tsai, Y.-C., & Suen, S. (2024). Enhancing Python Learning Through Retrieval-Augmented Generation: A Theoretical and Applied Innovation in Generative AI Education. In Y.-P. Cheng, M. Pedaste, E. Bardone, & Y.-M. Huang (Eds.), *Innovative Technologies and Learning* (Vol. 14786, pp. 164–173). Springer Nature Switzerland.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-65884-6\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-65884-6_17)
- 伍远岳 & 谢伟琦. (2013). 问题解决能力:内涵、结构及其培养. *教育研究与实验*, 4, 48–51.
- 史宇晴. (2024). 培养学生问题解决能力的高中信息技术案例教学研究 [硕士, 哈尔滨师范大学]. <https://doi.org/10.27064/d.cnki.ghasu.2023.001271>
- 李馨. (2015). 翻转课堂的教学质量评价体系研究——借鉴 CDIO 教学模式评价标准. *电化教育研究*, 36(3), 96–100. <https://doi.org/10.13811/j.cnki.eer.2015.03.014>
- 杨丽波 & 陈元琳. (2010). CDIO 教育思想在教育技术学人才培养中的应用. *黑龙江教育学院学报*, 29(8), 42–44.
- 欧佩玲. (2022). 面向问题解决能力培养的项目教学策略研究 [硕士, 广州大学].  
<https://doi.org/10.27040/d.cnki.ggzdu.2020.000694>
- 蔡笑岳 & 于龙. (2008). 问题解决心理学的研究模式及研究取向的演变. *华南师范大学学报(社会科学版)*, 6, 103-109+159-160.
- 高富莹. (2022). STEM 教学中提升小学生问题解决能力的学习支架设计研究 [硕士, 福建师范大学]. <https://doi.org/10.27019/d.cnki.gfjsu.2021.001771>
- 鹿佳景. (2022). 初中生问题解决能力的现状与提升策略研究 [硕士, 山东师范大学].  
<https://doi.org/10.27280/d.cnki.gsdsu.2021.000462>
- 黄婕. (2013). 基于 CDIO 模式下的课程开发与教学设计实践研究. (eds.) *科学教育与科技创新后备人才培养* (pp.97-100). 上海交通大学附属第二中学