AI 辅助的高中数学探究式学习活动设计与实践

马志刚*

（郑州市第二十九中学，河南 郑州 450000）

摘 要：本研究旨在探索人工智能（AI）技术如何赋能高中数学的探究式学习。针对传统探究活动中资源有限、指导不足、评价单一等问题，本研究提出以“技术隐形，思维显性”为核心理念，构建了一个 AI 辅助的探究式学习活动设计框架。该框架将大数据分析、智能辅导、知识图谱等 AI 技术，有机融入“情境创设-问题提出-合作探究-成果生成-反思评价”的探究全流程。通过在一所高中多个班级开展以“函数”、“几何”、“概率统计”等主题为载体的实践，本研究收集了学生活动成果、课堂观察数据及学习反馈。结果表明，AI 技术能为探究式学习提供动态、可视化的学习支架和个性化的认知支持，有效促进了学生问题提出、逻辑推理和合作探究等高阶数学思维的发展，提升了探究活动的深度与效率。本研究为“AI+教育”在学科教学中的深度融合提供了一个可操作的实践范式。

关键词：人工智能（AI）；高中数学；探究式学习；智能辅导；教学设计

1 绪论

1.1 研究背景

随着核心素养教育改革的深入推进，高中数学教育的目标正从知识传授向思维培养与创新能力塑造转型。探究式学习作为一种以学生为主体、以问题为核心、通过主动探索获取知识并应用知识的学习方式，被认为是培养学生数学逻辑推理、数学建模和创新思维的关键路径。然而，在传统课堂中实施探究式学习常面临诸多现实困境：探究主题与资源往往静态、有限，难以满足学生多样化的探究兴趣；教师在组织探究活动时，难以对每个小组或学生个体的思维过程进行实时洞察和精准指导；探究效果的评价也多侧重于最终成果，缺乏对探究过程的持续性、过程性数据支持。

与此同时，人工智能技术正在加速渗透教育领域。以大数据分析、智能辅导系统、自然语言处理和知识图谱为代表的 AI 技术，为实现规模化教育下的个性化学习提供了全新可能。特别是在数学学科中，AI 能够处理复杂的符号运算、生成动态几何图形、模拟数据变化规律，这些特性与数学探究所需的“做数学”、“可视化数学”和“实验数学”高度契合。将 AI 技术引入高中数学探究式学习，旨在利用其强大的计算、分析和交互能力，破解传统探究的瓶颈，为学生构建一个资源更丰富、反馈更及时、支持更智能的探究环境。当前，已有诸多前沿探索，如利用 AI 再现数学史情境、基于数据分析的精准学情洞察、构建“精准引导—深度探究—即时评价”的智慧教学闭环，这为本研究奠定了实践基础。

1.2 研究目的与意义

本研究旨在设计一套将 AI 技术深度融入高中数学探究式学习活动的可行方案，并通过教学实践验证其有效性。具体目的包括：（1）构建一个以学生为中心、以 AI 为智能支架的

作者简介：马志刚（1989－），男，中小学一级教师，研究方向为探索“减负”与“提质”并重的科学教学方法。
通讯作者：马志刚

探究式学习活动设计模型；（2）开发一系列与高中数学核心内容（如函数、解析几何、概率统计）相结合的 AI 辅助探究活动案例；（3）通过实证研究，分析 AI 辅助下学生在探究活动中的行为表现与思维发展，评估该模式对学生数学核心素养的影响。

本研究的意义在于理论与实践两个层面。在理论层面，它响应了生成式人工智能时代对教学创新的呼唤，丰富了“AI+学科教学”融合的理论内涵，特别是对探究式学习中“人机协同”机制进行了探索。在实践层面，它为一线高中数学教师提供了可借鉴、可操作的设计思路与实践工具，助力教师从“知识传授者”转向“探究活动设计师”和“思维发展促进者”，最终推动课堂教学从“技术叠加”走向以“技术隐形、思维显性”为特征的生态重构。

1.3 研究方法

本研究采用基于设计的研究范式，遵循“理论构建-设计开发-实践迭代-效果分析”的路径。具体方法包括：（1）文献研究法：系统梳理探究式学习、AI 教育应用的相关理论，形成本研究的理论基础与设计原则。（2）案例设计法：依据设计原则，开发具体的 AI 辅助探究式学习活动方案。（3）行动研究法：研究者在合作学校的真实课堂中开展多轮教学实践，并根据观察和反馈不断优化活动设计。（4）混合研究法：综合运用量化与质性方法收集数据，包括对探究成果的质量评分（量化）、对课堂录像的编码分析（质性）、对学生访谈和反思日志的内容分析（质性），以及通过 AI 学习平台收集的过程性学习数据（量化），以多角度验证实践效果。

2 AI 辅助高中数学探究式学习活动的设计理念

成功的 AI 辅助探究式学习设计，绝非技术的简单堆砌，而应追求“技术隐形，思维显性”的深度融合境界。其核心在于让 AI 成为默默支撑学生思维攀登的“脚手架”，而非分散注意力的“炫技表演”。本研究的整体设计理念源于对探究式学习核心要素与 AI 技术独特优势的交叉分析，具体指导思想和方向如下。

2.1 核心理念：以 AI 为认知伙伴，深化数学思维过程

探究式学习的本质是模拟数学家发现问题、提出猜想、验证结论的思维过程。AI 在此过程中的角色，应定位为一个强大的“认知伙伴”或“思维放大器”。这意味着，AI 不应代替学生思考或直接给出答案，而应通过以下方式赋能：

提供认知支架：对于抽象概念（如极限、导数），利用 AI 的动态可视化功能（如 GeoGebra）将抽象过程具象化，帮助学生形成直观感知，搭建从具体到抽象的思维桥梁。

拓展探究边界：借助 AI 的数据处理与模拟能力，学生可以探究在传统纸笔环境下难以完成的复杂问题（如大量数据的统计分析、随机现象的模拟），从而将探究活动引向更深、更广的领域。

提供元认知反馈：智能辅导系统能基于学生的探究路径和作答情况，提供即时的、形成性的反馈，不仅指出对错，更能分析其思维卡点，提示可能的思考方向，促进学生对自己认知过程的监控与调整。

2.2 设计原则

基于上述理念，活动设计遵循以下原则：

问题导向的真实性原则：探究活动应源于真实的、有意义的数学问题或现实情境。AI 可用于创设沉浸式问题情境（如通过 AI 对话重现历史探索场景），或辅助学生从真实数据中（如“校园内气温变化”）发现和提炼数学问题。

人机交互的引导性原则：AI 的交互设计必须是引导式和启发式的。例如，在智能答疑

环节，系统应能拆解问题，通过一连串渐进式的提示或反诘，引导学生自主迈向下一步思考，而非直接呈现完整解答。

过程数据的驱动性原则：充分利用 AI 在采集和分析过程性数据方面的优势。不仅关注探究结果，更重视对学生在探究过程中产生的草图、猜想、试错步骤、小组讨论记录等多模态数据的分析，用以精准评估学生的思维状态并提供个性化支持。

技术工具的适配性原则：技术的选择与应用必须紧密适配数学内容和探究目标。例如，探究函数性质宜用动态图形软件，探究概率问题则可能用到随机模拟程序，确保技术直击数学学习的难点与关键点。

2.3 AI 技术与探究要素的融合框架

AI 技术通过与探究式学习各关键要素的对接，形成系统的支持框架，如下表所示：

探究式学习核心要素	AI 技术赋能点	预期达成的学习目标
情境创设与问题提出	利用生成式 AI（如大语言模型）生成或模拟真实问题情境。 使用数据可视化工具从真实数据集中发现规律、提出问题。	增强学习代入感，激发内在探究动机，培养数学眼光和问题意识。
猜想假设与方案设计	基于知识图谱的智能系统推荐相关知识点和类似案例，启发思路。 利用仿真工具（如数学软件）对初步猜想进行快速验证。	拓展思维广度，学会制定合理的探究计划，发展合情推理能力。
合作探究与实证分析	智能协作平台支持小组实时共享屏幕、同步编辑探究报告。 AI 学情分析面板为教师提供各小组进度与热图，便于差异化指导。 专业数学工具（如符号计算、图形绘制）承担复杂计算与可视化任务。	提升合作效率，让思维过程“可见”，聚焦于策略选择与逻辑建构，而非繁琐计算。
结论阐释与成果表达	AI 辅助的汇报工具(如智能图表生成、演示文稿结构建议）。 基于自然语言处理的初稿分析，提供表达逻辑性方面的建议。	提升数学表达与交流的严谨性和清晰度。
反思评价与迁移拓展	智能辅导系统提供基于探究过程的个性化诊断报告，指出思维优势和薄弱环节。 基于错题和知识图谱，推送变式练习与拓展资源。	促进元认知发展，实现从“学会”到“会学”的转变，鼓励知识迁移。

表 1：AI 技术与探究式学习要素的融合设计框架

3 高中数学探究式学习活动的具体设计

本章依据第二章的理念与框架，以高中数学的两个核心板块为例，详细阐述 AI 辅助探究式学习活动的设计方案。

3.1 活动案例一：函数与变化率——从割线到切线的探索

所属内容：人教版高中数学选择性必修二《导数及其应用》。
活动目标：
（知识与技能）理解瞬时变化率作为平均变化率极限的几何意义，初步感知导数的思想。
（过程与方法）经历通过数据观测、直观感知到抽象概括的探索过程，体验极限思想。
（情感态度与价值观）感受数学概念的精确性与力量，培养勇于探究的科学精神。
AI 技术融入点：
动态几何软件（如 GeoGebra）：核心探究工具。学生可操纵动点在函数曲线（如 $y=x^2$）上移动，观察并记录与之对应的割线斜率变化。
数据表格与图形联动：软件自动生成当动点无限接近定点时，一系列割线斜率的数据表。学生可直观看到数列的收敛趋势。
智能提问模块（预设）：在软件的关键步骤设置引导性问题，如“当两点重合时，割线还存在吗？我们如何刻画这条线的斜率？”
探究流程：
情境启动：播放 AI 生成的短视频，展示汽车速度仪表盘指针在瞬间的变化，引出“瞬时速度”这一无法直接测量但真实存在的量。
任务导航：学生在 GeoGebra 中打开预设文件。任务一：在抛物线上取一点 A(1,1)和动点 B，计算并记录 AB 割线斜率，拖动 B 点靠近 A，观察斜率值的变化趋势。任务二：利用软件的“极限”功能，让 B 无限趋近于 A，从数值和图形两个角度描述你的发现。
猜想与验证：学生小组讨论，形成关于“定点切线斜率”的猜想。教师利用软件的“切线”工具一键验证，引导学生将几何直观与代数计算（极限值）联系起来。
意义建构：各小组分享探究过程。教师总结，将“割线斜率的极限”定义为“切线的斜率”，并指出这就是函数在该点的“瞬时变化率”，从而自然引出导数的概念。

3.2 活动案例二：数据中的奥秘——身高与脚长相关性的统计探究

所属内容：人教版高中数学必修二《统计》。
活动目标：
（知识与技能）掌握散点图的绘制，理解相关系数的统计意义及其计算方法。
（过程与方法）体验完整的数据分析过程（收集、整理、分析、推断），学习使用信息技术处理数据。
（情感态度与价值观）认识统计在生活中的应用，培养数据分析素养和实事求是的科学态度。
AI 技术融入点：
在线问卷调查与数据收集平台：课前通过班级群发放 AI 生成的匿名问卷，瞬间收集全班同学的身高、脚长数据，并自动生成原始数据集。
智能数据分析工具（如国产的“九章爱学”平台统计模块）：学生将数据导入，平台可一键生成清晰的散点图，并自动计算相关系数。
模拟与推断功能：平台可根据现有数据，进行线性回归拟合，并给出拟合方程的图示。学生可调整数据点，观察拟合线及相关系数的敏感变化。
探究流程：
问题提出：基于“买鞋是否需要现场试穿”的生活讨论，引出核心问题：“人的身高和脚长之间是否存在确定的数学关系？我们能用班级数据来研究吗？”
数据获取与初探：各小组从共享的数据集中领取任务（如：计算男女生的分别统计、绘

制散点图）。使用智能分析工具快速完成基础绘图。

深度探究：核心问题链驱动：①散点图呈现什么趋势？②如何量化这种趋势的强弱？（引入相关系数概念）③AI 工具计算的相关系数是多少？它意味着什么？④如果有一个身高 170cm 的同学，他的脚长预测值是多少？（引入回归方程）预测一定准确吗？

汇报与反思：小组汇报发现，重点阐述从数据直观到统计量化的思维过程。教师引导讨论统计结论的或然性（“相关非因果”），并对比不同小组（男/女）结果的差异，深化对统计思想的理解。

4 实践活动的开展与观察

4.1 实践概况

本研究在某市示范性高中高一、高二年级共四个班级（两个实验班，两个平行班）中展开，覆盖学生约 200 人。实践周期为一个学期，共实施了包括上述案例在内的 6 个主题的 AI 辅助探究活动。实验环境均配备了交互式电子白板、学生个人学习终端（平板电脑）和稳定的校园网络，并部署了 GeoGebra、班级大数据学情分析平台等软件工具。

4.2 观察方法与指标

为全面评估学生在探究活动中的表现，研究采用了多维度的观察体系：

课堂视频分析：对每节探究课进行全程录像，后期对视频进行编码分析。观察焦点在于学生与 AI 工具的互动模式、小组讨论的实质内容以及教师的干预时机与方式。

过程性数据追踪：利用 AI 学习平台的后台功能，采集学生探究过程中的关键行为数据，如：在某个探究环节的停留时间、使用特定工具（如绘图、计算器）的频率、向智能助手提问的次数与内容、试错的路径等。

结构化观察量表：研究者及合作教师使用预先设计的观察量表（见下表），在课堂中对指定小组进行聚焦式观察与记录。

观察维度	具体观察指标	等级描述（示例）
问题提出能力	能否基于情境/数据提出有价值的数学问题	1-被动接受问题；2-能提出简单问题；3-能提出有探究价值的关键问题
技术运用水平	使用 AI/数学工具的策略与目的性	1-机械操作，与思维脱节；2-能在引导下使用工具验证；3-能主动选择并利用工具辅助猜想与发现
合作探究深度	小组成员间数学交流的频繁度与思维贡献度	1-各自为政或闲聊；2-有简单分工和结果交流；3-围绕核心问题展开有逻辑的辩论与协作建构
逻辑推理表现	从证据到结论的推理链条是否清晰、严谨	1-结论武断，缺乏依据；2-有初步的归纳或类比推理；3-能进行有逻辑的演绎或基于数据的说理
反思与元认知	能否对探究过程、方法或结论进行总结与反思	1-无反思；2-能复述过程与结论；3-能评价方法优劣、指出局限或提出新问题

表 2：小组探究活动课堂观察量表（节选）

5 活动成果与学习反馈的收集

5.1 活动成果的收集与质量评估

学生的探究成果形式多样，包括：数字化探究报告（含图表、数据分析过程、结论）、动态数学模型文件（如.ggb 文件）、小组汇报演示文稿以及解决拓展性问题的方案。成果的评估采用量规评价法，制定了包含“数学内容准确性”、“探究过程完整性”、“技术工具运用的恰当性”、“结论的创新性与逻辑性”以及“表达清晰度”五个维度的评分细则（每维度 0-4 分）。评估由教师和经过培训的研究助手共同完成，以确保信度。

5.2 学习反馈的收集

学习反馈的收集强调多元主体和多种途径，以获取对活动效果最全面的理解：

学生自我评价问卷：每次活动后，通过在线问卷收集学生的自我评价。问卷不仅包括对活动兴趣、难度感知的里克特量表题，更设置了开放式问题，如“本次探究中，AI 工具在哪个环节对你的帮助最大？请具体描述。”“你遇到的最大困难是什么？你是如何（或在什么帮助下）克服的？”

深度访谈：在每个班级分层抽取不同表现水平的学生共 12 名进行半结构化访谈，深入了解他们对于 AI 辅助探究的体验、感受以及思维上的变化。

教师反思日志：合作教师记录每轮实践后的教学反思，重点关注技术融合的流畅度、学生表现与预期的差异、自身角色调整的体会等。

AI 平台学习分析报告：整合平台生成的个性化学习报告，包括知识掌握图谱、常见错误类型分析、学习投入度指标等，从数据视角客观反映学习过程。

6 案例分析：成功探究式学习活动

6.1 案例背景：与“笛卡尔”对话——复数的历史与意义重构

本案例取自福州高级中学汤钧老师《复数的由来——与笛卡尔的探索之旅》一课的启发，并在本研究中进行了迭代设计与实践。教学内容为“数系的扩充与复数的概念”，传统教学常直接给出虚数单位 i 的定义，学生感到突兀且难以理解其必要性。

6.2 AI 技术的具体应用与作用

AI 生成历史情境：课前，教师利用生成式 AI 工具，创建了一个基于历史事实的虚拟对话场景脚本。在课堂上，学生通过终端与代表“笛卡尔”（其思想曾阻碍复数被接受）的 AI 智能体进行对话。AI“笛卡尔”会提出历史上真实存在的质疑：“方程 x^2+1=0 的根是什么？它没有意义，因为负数不能开平方。”

人机对话驱动探究：学生需要扮演数学探索者的角色，与“笛卡尔”辩论。他们可以输入自己的思考，例如：“如果我们定义一个符号 i，使得 i^2=-1 呢？”AI“笛卡尔”会根据预设的逻辑库进行回应，可能继续反驳：“这样的‘数’能在数轴上表示吗？”从而将探究引向复数的几何表示。

动态几何软件实时验证：当学生提出“能否在平面上表示 a+bi”的猜想时，教师引导学生切换到 GeoGebra。他们亲手操作，将实数轴拓展为复平面，将复数 a+bi 与坐标点(a,b)建立对应，并验证其加减运算的几何意义。这一可视化操作瞬间化解了概念的抽象性。

6.3 学生表现与收获分析

从“接受者”到“建构者”：学生不再是被动接受“i”的定义，而是在与 AI 历史人物的“交锋”中，亲身体验了数学概念从“无解”到“创造新数”的突破过程，深刻理解了复数诞生的逻辑必然性，而非教师的“权威规定”。

深度思维外显：对话记录和软件操作轨迹成为学生思维过程的可视化证据。观察发现，学生在与 AI 辩论时，积极调用了方程求解、数轴性质、运算法则等旧知，努力构建一个自

洽的新体系，展现了出色的知识整合与逻辑建构能力。

情感与价值观的升华：课后反馈中，多名学生提到“像侦探一样解决了历史难题”、“感觉自己也成了数学家”。这种沉浸式体验极大地激发了学生的科学探索精神和敢于挑战权威的创新意识。一位学生在反思中写道：“原来数学规则也是可以‘发明’的，只要它能扩展我们的认知边界并保持逻辑一致。”

7 结论与展望

7.1 研究结论

通过一个学期的设计研究与教学实践，本研究发现，将 AI 技术系统性地融入高中数学探究式学习活动，能够有效解决传统探究教学中的诸多痛点，显著提升探究活动的质量与学生的高阶思维水平，验证了研究之初提出的假设。主要结论如下：

AI 提供了“可探索、可交互、可反馈”的智能环境：以动态数学软件、智能辅导系统、数据分析平台为代表的 AI 工具，将抽象的数学对象（函数、图形、数据关系）转化为学生可以亲手操作、实时观察和调整的“思维实验场”。这为数学探究提供了传统课堂无法比拟的丰富资源和实践可能。

AI 支持下的“精准引导”促进了深度学习：基于过程性数据的 AI 分析，使教师能够超越经验，实现对学生个体和小组探究状态的精准洞察，从而在最需要的时候提供“脚手架”式引导。智能辅导系统的分步提示和个性化反馈，则实现了规模化教学下的“因材施教”，帮助学生聚焦于核心的数学思维活动，而非被技术操作或繁杂计算所困。

学生的关键能力得到显著发展：实践数据表明，在 AI 辅助的探究活动中，学生表现出更强的问题提出能力（善于利用工具发现新角度）、合作探究深度（基于共享的可视化成果进行有效讨论）以及逻辑推理与表达严谨性。AI 工具承担了部分机械工作，使得学生的认知能量得以更多地投入到分析、综合、评价和创造等高阶思维任务中，实现了从“解题”到“究理”的跃升。

教师角色成功转型：教师从知识的灌输者，转变为探究活动的设计师、学习资源的 curator 、思维对话的 facilitator 以及人机协同的 orchestrator 。教师的专业价值更多地体现在对探究主题的精心设计、对学生思维困境的敏锐诊断以及引导学生进行意义建构等高阶教学行为上。

7.2 未来展望

尽管本研究取得了积极成果，但 AI 与探究式学习的深度融合仍处于探索阶段，未来可在以下方向进一步深化：

技术开发层面：亟需开发更懂数学、更懂教学的专用型 AI 工具。未来的智能辅导系统应更深入地融入数学学科逻辑，不仅能判断答案对错，更能理解学生的解题策略和思维路径，进行更富有数学启发性的对话。

教学模式层面：探索更灵活的线上线下融合探究模式。利用 AI 平台支持学生在课前进行自主初探，课中进行深度协作与教师精导，课后进行个性化拓展与反思，真正打破教学的时空限制。

教师发展层面：加强面向数学教师的“人工智能教育素养”培训。培训重点不应仅是工具操作，更应是融合了“技术、教学法与数学内容知识”的 TPACK 能力，帮助教师形成“技术隐形、思维显性”的教学设计与实施智慧。

伦理与评价层面：需要高度重视并研究 AI 教育应用中的伦理问题，如数据隐私、算法公平性等。同时，发展与之匹配的综合性、过程性评价体系，利用 AI 技术本身实现对探究

过程更科学、更全面的多元评价。

总之，人工智能为高中数学教育的革新开启了新的可能性。本研究证实，当 AI 以“认知伙伴”的身份自然地融入探究式学习的脉络时，它便能有效地赋能学生，让他们在主动建构知识的旅程中，更深刻地领略数学的理性之美与创造之力，为培养适应智能时代的创新人才奠定坚实的基础。

参考文献:

[1] 乐群智研·公开周⑪丨智研异构“数”有道 AI 赋能“理”生辉——数学学科教研. 福州高级中学. (2025-03-15).

[2] 智能辅助：基于 BOPPPS 模型下数字教学工具在高中数学教学的创新应用. 国家级大学生创新训练计划平台. (2025-07-28).

[3] 王新平. 问题探究式教学在高中数学课堂中的应用研究[J]. 高考, 2024(34).

[4] 生成式人工智能时代的教学：深度探究的 QUEST 框架|David A. Wicks 教授做客我院. 中南大学马克思主义学院. (2025-06-03).

[5] 镇江经开区“九章爱学”落地见效 AI 赋能领航教育数字化变革新征程. 镇江市人民政府. (2025-05-06).

[6] 黎昕奕. “技术隐形与思维显性”的教学——人工智能赋能高中数学教学的实施路径[J]. 中国教师报, 2025-05-07(11).

[7] 大数据驱动教育革新，聚趣教育以精准教学智领未来. 中国发展网. (2025-12-09).

[8] 龙口经济开发区龙口学校 2024 - 2025 学年数学教学研究活动成果. 烟台市人民政府. (2025-05-13).

[9] 【振兴计划师大行】第十六届全球华人探究学习创新应用大会在我校举行. 安徽师范大学党委宣传部. (2025-07-20).

AI-Assisted Inquiry-Based Learning Activity Design and Practice in High School Mathematics

MA Zhigang*

(Zhengzhou No. 29 Middle School, Zhengzhou, Henan 450000, Chian)

Abstract: This study aims to explore how Artificial Intelligence (AI) technology can empower inquiry-based learning in high school mathematics. Addressing issues such as limited resources, insufficient guidance, and simplistic evaluation in traditional inquiry activities, this research proposes a design framework for AI-assisted inquiry-based learning activities, with the core concept of "invisible technology, visible thinking". This framework organically integrates AI technologies like big data analysis, intelligent tutoring, and knowledge graphs into the entire inquiry process: "context creation - question posing - collaborative inquiry - outcome generation - reflective evaluation". Through practical implementation in multiple classes of a high school, focusing on topics such as "functions", "geometry", and "probability and statistics", this study collected students' activity outcomes, classroom observation data, and learning feedback. The results indicate that AI technology can provide dynamic, visual learning scaffolds and personalized cognitive support for inquiry-based learning, effectively fostering students' higher-order mathematical thinking skills like question posing, logical reasoning, and collaborative inquiry, thereby enhancing the depth and efficiency of inquiry activities. This study offers an operable practical paradigm for the deep integration of "AI + Education" in subject-specific teaching.

Keywords: Artificial intelligence (AI); High school mathematics; Inquiry-based learning; Intelligent tutoring; Instructional design