

“平台+智能体”赋能小学数学社会性科学议题探究型范式构建

——以小学数学《如何应对微小太空垃圾的威胁》为例

Construction of an Inquiry-based Paradigm for Socio-Scientific Issues in

Elementary Mathematics Empowered by "Platform + Agent"

——A Case Study of "How to Cope with the Threat of Tiny Space Debris"

林晓玲¹，区永健¹，赖莹莹¹，赵鹤溶^{2*}，楼锦霖²

¹ 广州市越秀区东山培正小学

² 华南师范大学教育信息技术学院

*hrzhao7792@gmail.com

【摘要】 随着《义务教育数学课程标准（2022年版）》的深入实施，培养具有社会责任感与跨学科问题解决能力的创新人才已成为数学教学改革的核心目标。针对小学数学社会性科学议题教学中存在的议题复杂性与学生认知局限性冲突、探究型范式缺乏等问题，本研究以六年级《如何应对微小太空垃圾的威胁》为例，整合 SSIBL 模型、范希尔几何思维水平理论及人机协同教学理论，利用国家中小学智慧教育平台构建全景式学习场域，引入智能体与仿真工具作为思维脚手架与数据验证工具。明确了“平台+智能体”的赋能机理，构建了包含“议题感知与聚焦、数学建模与探究、多维推理与论证、理性决策与反思”的小学数学 SSI 四阶段探究型范式并开展实践教学。实践表明，该范式通过数据驱动的精准教学与智能体辅助，实现了从感性经验判断向理性数据实证的思维跃迁，有效破解了数学逻辑与社会议题间的认知阻碍，为小学数学社会性科学议题教学的范式变革提供了可迁移的实践路径。

【关键词】 社会性科学议题；小学数学；平台+智能体；探究型范式

Abstract: To address the conflict between complex topics and students' cognitive limitations in elementary mathematics Socio-Scientific Issues (SSI) teaching, this study constructs a "Platform + Agent" inquiry-based paradigm. Integrating the SSIBL model and collaborative teaching theories, the research utilizes the National Smart Education Platform and AI agents to establish a four-stage process: Issue Sensing and Focusing, Mathematical Modeling and Inquiry, Multidimensional Reasoning and Argumentation, and Rational Decision and Reflection. A case study on space debris demonstrates that this paradigm bridges the gap between mathematical logic and social issues. By facilitating a cognitive leap from empirical judgment to data-driven verification, the model offers a transferable path for interdisciplinary education reform.

Keywords: Socio-Scientific Issues, Primary School Mathematics, Platform + Intelligent Agent, Inquiry-based Paradigm

1.问题的提出

探究是数学核心素养落地、培养学生跨学科实践能力与社会责任感的关键载体，是引导学生从知识习得走向智慧行动，提升学生在复杂情境下的问题解决能力的重要形式。国家颁布的《基础教育课程教学改革深化行动方案》及《关于加强中小学人工智能教育的通知》明确指出，要深化科学教育与数学教育的融合，利用人工智能等新技术变革育人方式，探索“师-生-机”深度协同的新型教学模式。在此背景下，社会性科学议题（Socio-Scientific Issues, SSI）作为连接数学知识与社会现实的桥梁，成为落实核心素养的重要载体。然而，小学数学一线实践中仍面临议题复杂与认知局限、探究工具与思维深度断层、技术应用主体性偏离等显著矛盾。随着生成式人工智能、物理仿真工具及数智化平台的深化应用，为重构小学数学 SSI 探究型课堂提供了新可能。鉴于此，本研究试图构建“平台+智能体”双核驱动的小学数学 SSI 探究教学新范式，以六年级《如何应对微小太空垃圾的威胁》为例，利用数字化仿真平台提供可视化的实验环境，引入生成式 AI、智能体作为学生的思维伙伴与数据验证工具。旨在探索如何利用智能技术降低复杂议题的探究门槛，引导学生将几何直观与数智论证结合，完成对现实危机的数学建模与工程决策，为智能时代小学数学跨学科教学提供可复制的实践

样本。

2.相关研究述评

2.1.AI 赋能小学数学的应用研究

当前，学界关于人工智能赋能小学数学教学的研究已从单纯的技术工具应用走向深度的教育生态重构，主要聚焦于教学模式变革、评价体系创新及人机协同策略三大核心领域。随着人机交互程度提高，以生成式人工智能为代表的数智技术正推动小学数学课堂教学从“师-生”二元协同结构走向“师-生-机”三元协同结构（谢幼如等，2025）。在教学重构与实践方面，邓金虹等（2025）认为 AI 作为智能学伴进入课堂，正在重构小学数学教学模式，并提出了个性化、精准化与灵动化的创新路径；曾焕等（2025）以班级运动场地规划项目为例，

探索了 AI 驱动式项目学习在数学跨学科教学中的应用，实现了从经验决策向数据驱动的转变。在教学评价创新方面，穆肃等（2025）构建了生成式 AI 赋能教学设计的智能分析框架，强调以学为中心的教学理念以助力学生素养与思维的培育。人机协同教学策略方面，Zhao 等（2024）阐述人机协同教学在促进个性化学习和资源优化配置方面的机遇，同时也指出了数据隐私、

算法偏见及教师数字化素养不足等现实挑战。综上，国内外关于 AI 赋能小学数学教学改革的相关研究成果日益丰富，然而研究多集中于常规数学问题的解决或单一环节的赋能，在复杂真实情境下的系统性探究尚缺乏成熟的范式构建与实证数据支撑。

2.2.社会性科学议题（SSI）在小学数学的应用研究

当前，社会性科学议题（SSI）在小学数学教学中的应用研究主要聚焦于理论阐释、推理机制以及跨学科教学模式的构建三个维度。Makramalla 等（2025）指出，SSI 能将数学教育引向可持续发展的未来，通过建立数学逻辑与现实社会挑战的联系，赋予学生改变世界的动力，Hilton 等（2018）则从社会正义数学教学的角度，阐述了 SSI 如何促进课堂的包容性，

帮助学生建立作为“变革者”的自我认同。在学生认知推理方面，Ozden（2020）通过对小学生的半结构化访谈发现，学生在解决 SSI 问题时会综合运用逻辑、情感和直觉等非正式推理模式，且推理质量受其内容知识储备的影响。在 SSI 教学模式构建与实践方面，吉青青等（2024）以“一次性筷子的利与弊”为例，构建了涵盖工程、数学、伦理等多维度的跨学科活动框架；Kynigos（2024）探讨了通过数字化游戏让学生在处理“棘手问题”中嵌入数学理性。综上，国内外关于 SSI 在教育中的应用研究成果较为丰富，学者们已充分意识到 SSI 对培养学生跨学科素养、非正式推理能力及社会责任感的重要意义。然而，大多数研究仍侧重于科学学科，在小学数学中的专项深度融合研究仍相对较少，且利用生成式人工智能、数智技术赋能“数学智慧解决社会危机”的研究尚处于起步阶段。

3.“平台+智能体”赋能小学数学 SSI 探究型范式的理念

3.1.SSIBL 模型

SSIBL 模型是一种将科学探究与公民责任教育深度融合的教学框架，其核心在于构建“提出问题—开展探究—采取行动”的迭代循环，旨在引导学生利用科学证据应对复杂的社会性挑战。在本项目中，基于“神舟飞船遭微小碎片撞击”的真实社会情境提出“应对微小太空垃圾，人类应该采取什么措施”的核心议题（提出问题）；借助物理仿真工具，搜集不同几何结构抗压性能的量化数据，构建“圆的几何特征”与“工程安全”之间的因果逻辑链条（开展探究）；最终依据循证结论，以严谨的数学作图技能绘制航天器防护结构图，提出基于科学理性的工程防御方案（采取行动）。这一设计将抽象的数学公理转化为解决现实危机的工具，实现了从单纯的“图形认知”向“利用数学智慧解决社会危机”的素养跃迁。

3.2.范希尔几何思维水平理论

范希尔几何思维水平理论关注学生几何认知发展的阶段性，强调通过适当的教学活动促进学生从直观描述向抽象推理过渡。在本项目中，学生从识别航天器外部形态特征出发，进阶到解析圆心与半径的工程定位功能，最终结合 AI 仿真数据逻辑推导圆形受力均匀的抗损原理并应用于精准设计，实现了从感性直观向基于逻辑关系的几何建模思维跃迁。

3.3. 现实数学教育理论

弗赖登塔尔的现实数学教育理论主张数学教学应基于真实情境，引导学生经历“横向数学化”与“纵向数学化”的再创造过程。在本项目中，学生首先将“航天器抗损”的工程现实抽象为“图形结构分析”的几何问题（横向数学化），进而利用圆的定义与仿真数据在逻辑层面严密论证圆形结构的优越性（纵向数学化），最终回归现实指导精准设计，切实培养学生用数学眼光审视现实世界的关键能力。

3.4. 人机协同教学理论

人机协同教学理论倡导教师、学生与智能工具三者互动，共同构建高效、个性化的学习环境。在本案例中，教师借助国家中小学智慧教育平台资源搭建课程结构，丰富教学内容，引导学生使用 DeepSeek 生成验证程序、运用易课堂、国家智慧教育平台给学生提供学习资源和智能体交互入口等，实现“师-生-机”三元协同，提升探究效率与跨学科实践能力。

4.“平台+智能体”赋能小学数学 SSI 探究型范式的构建

4.1. 小学数学 SSI 《如何应对微小太空垃圾的威胁》的设计

本研究以小学数学 SSI 《如何应对微小太空垃圾的威胁》为主题开展教学设计。近地轨道作为承载人类通信导航、气象监测及空间站运行的战略高地，不仅是国家安全与现代文明的交汇中枢，更象征着人类探索宇宙的权利与梦想。2025 年 11 月，中国“神舟二十号”载人飞船因疑似遭遇微小太空垃圾撞击而推迟返回的危机事件，更是将微米级碎片对航天器结构安全及宇航员生命的致命威胁推向了公众视野。如何在推进航天强国建设的同时，守护好这条充满危机的回家之路，已成为亟待解决的社会性科学议题。本项目对标《义务教育科学课程标准（2022 版）》，以 SSIBL 模型、范希尔几何思维水平理论、现实数学教育理论及人机协同教学理论为指导，基于“神舟二十号返回舱遭太空垃圾撞击，航天员返地遭遇困境”的真实情境，结合人教版小学数学六年级上册第五单元“圆”的内容，设计以“如何应对微小太空垃圾的威胁”为主题的 SSI 单元课程，旨在引导学生从真实前沿的科技与社会问题切入，培养其综合素养与责任担当，本单元的整体规划如图 1 所示，本单元各课时具体安排如表 1 所示：

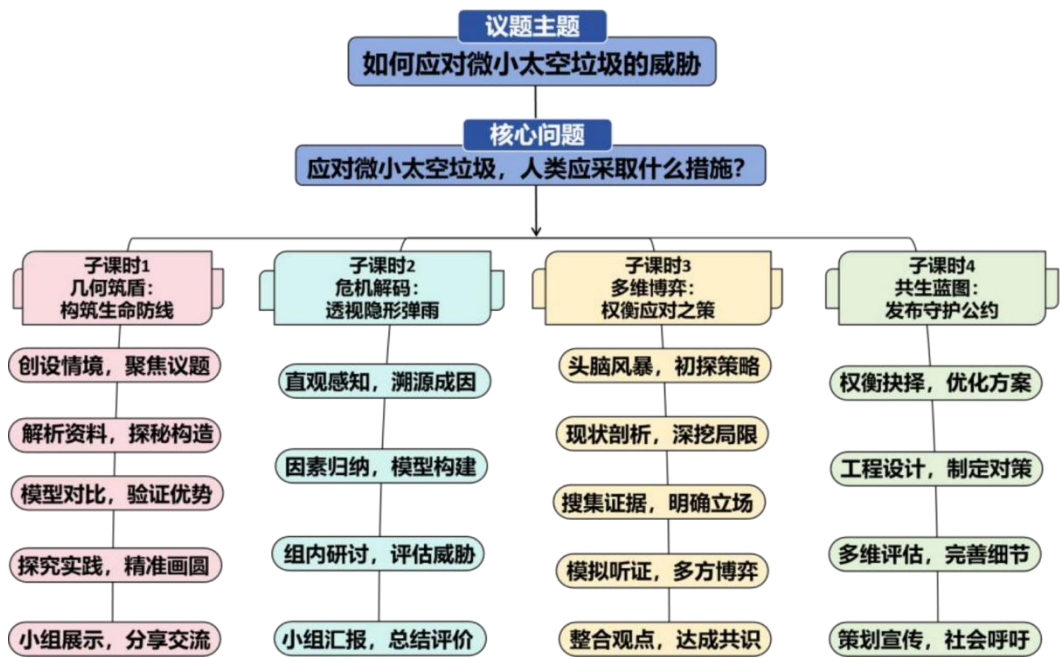


图 1 小学数学 SSI 单元整体规划图

表 1 小学数学 SSI 课时规划表

子课时	问题链	课时数
几何筑盾：构筑生命防线	1. 航天器为何广泛采用与圆相关的结构设计？	1 课时
	2. 圆形结构在抗压、散热等方面有何科学原理？	
	3. 如何精确绘制航天器的圆形部件？	
危机解码：透视隐形弹雨	1. 太空垃圾从何而来？	1 课时
	2. 微小太空垃圾为何具有巨大破坏力？	
	3. 如何评估太空垃圾对航天器的威胁？	
多维博弈：权衡应对之策	1. 应对微小太空垃圾，应先根除、抵御还是预防？	1 课时
	2. 不同策略的科学依据与局限性是什么？	
	3. 如何基于证据进行立场选择与论证？	
共生蓝图：发布守护公约	1. 如何综合各方观点形成共识？	1 课时
	2. 如何设计我们的“守护太空”方案？	
	3. 如何向社会传达我们的解决方案？	

4.2. “平台+智能体”的赋能作用

传统的小学数学 SSI 教学实践中，教师常面临着议题情境的复杂性与小学生认知局限性的深刻矛盾。真实的太空垃圾撞击数据涉及高阶的物理力学参数与海量概率计算，远超小学生常规运算能力，传统教学形式下导致探究过程易陷入浅层体验，难以形成严谨的数学证据链。鉴于此，本研究引入“平台+智能体”作为技术切入点，利用数字化仿真平台的可视化环境与生成式 AI 智能体的生成性智慧，共同重构探究流程。

4.2.1. 平台构建全景式学习场域，实现伴随性评价与资源流转

传统 SSI 教学中，探究过程往往难以记录，评价反馈滞后。本研究依托国家中小学智慧教育平台，实现资源精准推送与仿真入口对接。平台成为探究活动的调度中心。教师通过平台向学生终端精准推送“虚拟仿真软件”的链接入口，让学生能够进入物理实验环境，解决现实中器材匮乏的问题。同时，结合《航天构造探秘之旅》评价单，平台自动统计学生的自评与互评数据，生成班级与个人的能力画像，通过“教—学—评”一体化，让探究过程中的思维闪光点被即时看见与记录。

4.2.2. 智能体模拟运算验证，突破数学实证瓶颈

在探究“为什么航天器结构多为圆柱体”的子问题时，核心数学原理指向等周定理。然而，对于小学六年级学生而言，通过手动计算验证多种几何图形的面积并归纳出定理，计算量巨大且易出错。本研究引入 DeepSeek 智能体充当学生的“超级计算外脑”。学生只需输入自然语言指令，智能体即刻在后台运行 Python 代码进行模拟运算，瞬间输出精确的数值对比表格。智能体将繁琐的算术过程转化为直观的数据证据，帮助学生跨越计算障碍，直接聚焦于数据背后的数学规律，以严谨的量化证据支撑“圆形结构空间利用率最高”这一工程决策，增强了数学论证的科学性。

4.2.3. 智能体协同开展证据搜集，赋能循证探究

面对“太空垃圾撞击威胁”这一复杂议题，涉及材料学、力学等多学科知识，学生已有的知识储备难以支撑深度探究。智能体化身为“博学的科研助手”。当学生在设计防护盾遇到理论盲区时，智能体能够快速检索并筛选出符合小学生认知水平的关键信息，为学生提供权威的科学证据。这种协同机制改变了学生“拍脑袋”想方案的习惯，促使其学会利用智能工具搜集证据、支撑观点，培养了“基于证据进行推理”的科学素养。

4.2.4. 智能体赋能苏格拉底式对话，促进深度原理建构

在获取数据与结论后，学生往往知其然而不知其所以然。为了避免知识的浅层灌输，智能体转变为思维引导者。面对学生提问，智能体不会直接给出定义，而是进行类比追问，通过这种循循善诱的人机对话，智能体引导学生调用生活经验，主动在脑海中构建物理模型。

这种赋能实现了从被动接受向主动建构的思维进阶，帮助学生真正理解了几何模型在解决社会危机中的核心价值。

通过“平台+智能体”赋能课堂教学，极大降低了复杂议题探究的认知负荷，使学生能够跨越繁琐的计算障碍，直接聚焦于核心的数学建模与工程决策思维；同时，智能体提供的即时反馈与仿真验证，将传统的“经验式决策”转变为“数智驱动决策”，真正实现了人机协同下的深度学习，让数学知识在解决社会危机的真实挑战中焕发出强大的解释力与创造力。

4.3. 小学数学SSI探究型范式构建

本研究依托 SSIBL 模型、范希尔几何思维水平理论、现实数学教育理论及人机协同教学理论，结合小学数学“圆”的内容及其包含的工程设计逻辑、循证推理、社会责任感等核心要素，明晰“平台+智能体”在小学数学 SSI 探究型课堂教学的赋能作用，厘清小学数学 SSI 探究型课堂四阶段流程，在此基础上构建小学数学 SSI 探究型范式，如图 2 所示：



图2 小学数学 SSI 探究型范式

该范式依托由国家中小学智慧教育平台、DeepSeek 生成式 AI 及 Matplotlib 仿真工具构成的数智基座，为课堂提供了资源流转、实时反馈与强大的算力支撑。在此基础上，研究开展了由“议题感知与聚焦、数学建模与探究、多维推理与论证、理性决策与反思”组成的四阶段递进式探究流程，将复杂的社会议题有效转化为可操作、可论证的数学实践活动。同时范式通过形成性、总结性与增值性的多维评价体系，对学生的建模思路、论证证据及素养提升表现进行全方位的伴随式反馈。这种设计最终指向培养学生几何直观、模型意识、跨学科实践能力及社会责任感的育人目标，实现了从“知识习得”向“利用数学智慧解决社会危机”的范式跃迁。为了进一步明确该范式在实际教学中的动态过程，现将上述四个核心探究阶段的具体执行路径拆解如下：

阶段一：议题感知与聚焦

本阶段依托数智技术基座创设真实的可交互情境，通过情境唤醒引发学生的认知冲突。学生在沉浸式体验中感知社会性议题的复杂性，通过对现实现象的多元剖析，将宏观的社会危机剥离并聚焦为具体的、具有跨学科研究价值的数学问题。

阶段二：数学建模与探究

在数学建模环节，利用智能体实现大规模因材施教，引导学生简化复杂假设并建立几何模型。通过智能体的数智模拟与实证探究功能，学生能够跨越繁琐的计算障碍，利用量化证据进行求解验证，在数智模拟与实证探究的深度融合中实践几何思维。

阶段三：多维推理与论证

该阶段依托数智平台的数据支撑驱动多方博弈，引导学生基于建模结论开展逻辑严密的推理论证。学生需在智能体的辅助下搜集多维度证据，在复杂的价值抉择中权衡不同方案的优劣，从而在多方观点的碰撞中培养理性思辨与科学决策的能力。

阶段四：理性决策与反思

最终阶段指向育人价值的落地，通过伦理反思驱动社会行动。学生将数学结论转化为解决现实议题的智慧方案，通过撰写方案、发布公约等形式践行社会责任，确保立德树人根本任务在数学跨学科实践中得到深度渗透。

5.“平台+智能体”赋能小学数学 SSI 探究型范式的实施

本研究以项目中的第 1 课时《几何筑盾：构筑生命防线》为例，简述“平台+智能体”赋能小学数学 SSI 探究型范式的实施过程。具体实施流程如下：

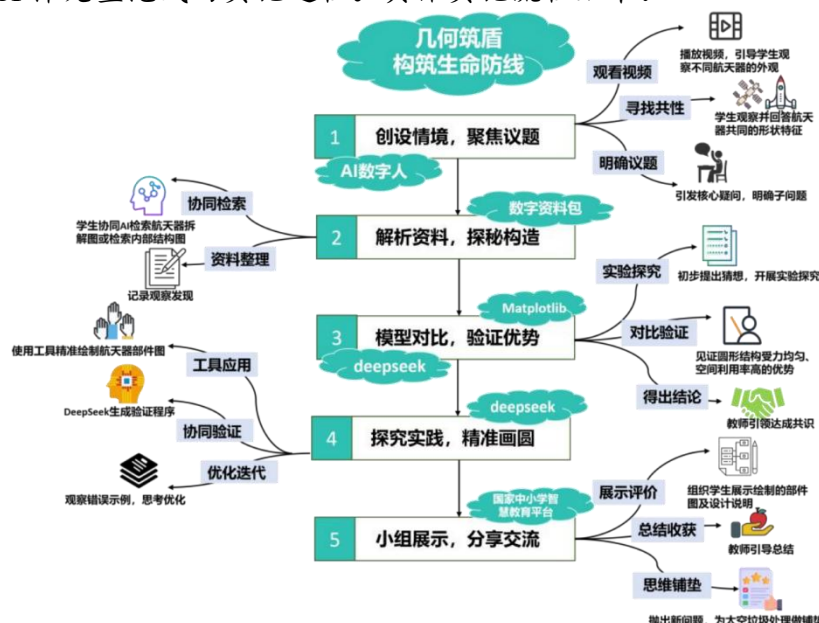


图 3 教学实施流程图

本课例采用 DeepSeek、Matplotlib 物理仿真、AI 数字人、国家中小学智慧教育公共服务平台及希沃易课堂等数智化工具，以“面对微小太空垃圾的威胁，如何运用几何智慧设计最坚固的航天器部件结构？”为核心问题，开展以“工程循证与数学建模”为主的探究型社会性科学议题教学。

旨在引导学生在通用范式的框架下，通过“创设情境，聚焦议题——解析资料，探秘构造——模型对比，验证优势——探究实践，精准画圆——小组展示，分享交流”五个环节的进阶，习得将数学几何特征转化为工程设计依据的方法，渗透“结构决定性质”的科学思想及“技术护航生命”的责任意识，从而推动空间观念、推理意识与模型意识等核心素养的深度培养。

5.1. 创设情境，聚焦议题：平台沉浸感知，数智唤醒责任

利用数字化教学平台构建“近地轨道碎片场”的沉浸式全景空间，让学生身临其境地目睹神舟飞船面临的真实威胁，打破课堂与太空的时空壁垒。随后，AI 智能体“小航”作为任务发布官，基于实时演算数据发布“几何筑盾”的核心挑战。通过“平台造境+智能体发布”，将抽象的社会议题转化为具象的感官冲击，有效激发学生“用数学智慧守护航天器”的责任感与内驱力。

5.2. 解析资料，探秘构造：3D 交互解构，抽象概念剥离

借助平台的三维建模功能，学生对神舟飞船模型进行 3D 旋转、拆解与透视，直观剥离复杂的机械细节，识别出圆柱、圆锥等核心几何架构。在此过程中，教师引导学生完成“横向数学化”过程，即利用平台的几何提取功能，把生活世界的问题转化为符号世界的问题的过程，通过将复杂的工程现实对象精准抽象为纯粹的数学几何模型，紧扣新课标中“会用数学的眼光观察现实世界”的核心素养要求，为后续的探究奠定模型基础。

5.3. 模型对比, 验证优势: 智能仿真论证, 突破认知局限

针对“为什么圆柱体抗撞击”这一超越小学生认知经验的难题, 实施“虚实融合”的循证探究。平台赋能可视化原理探究, 引入物理仿真引擎生成的“应力云图”, 将肉眼不可见的受力分布以颜色深浅直观呈现, 让学生“看见”圆柱侧面如何均匀分散压力。智能体赋能数智计算, 学生调用 DeepSeek 智能体运行模拟程序, 验证“等周定理”。智能体瞬间完成海量数据运算, 输出“相同周长下, 圆面积利用率比正方形高”的精确结论。通过“平台显化原理+智能体提供算力”, 学生成功构建了从几何特征到工程优势的严谨证据链。

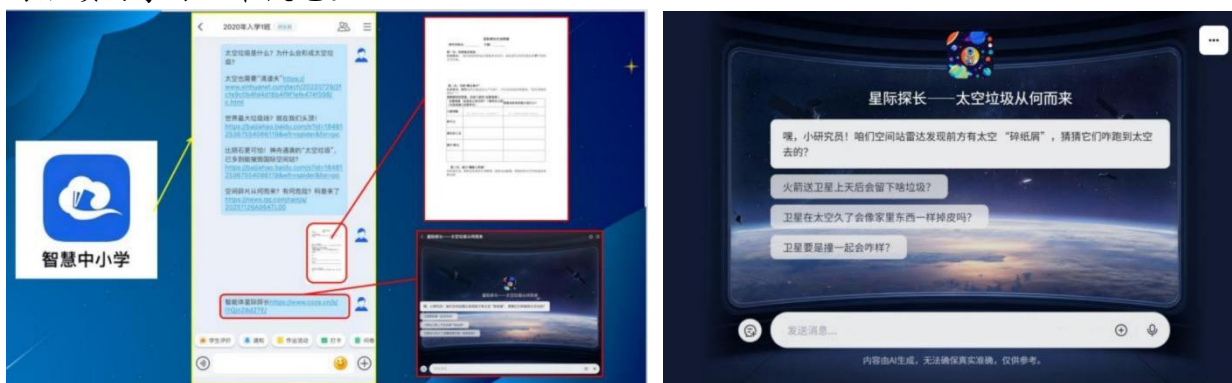


5.4. 探究实践, 精准画圆: 人机协同迭代, 渗透工匠精神

本环节是探究成果的工程化呈现, 旨在引导学生将智能体辅助决策下的圆形最优解转化为精确的工程设计图。首先学生基于上一环节 DeepSeek 智能体验证的“等周定理”与“抗压优势”结论, 明确了防护结构必须为“圆形”。这一过程体现了智能体作为“数智外脑”对工程决策的逻辑支撑。接着, 利用数字化平台展示航天器主体结构, 引导学生在设计图中确定几何要素。学生需结合防撞需求, 将航天器主体确立为圆心, 将防护范围确立为半径, 在平台辅助下深刻理解“圆是到定点距离等于定长的点的集合”这一几何本质。最后, 学生回归传统工具, 利用圆规与直尺进行毫米级精度的手工绘制。在这一过程中, 教师强调工程制图的严谨性, 让学生体会实体落地过程中对精确度的极致追求, 通过定点、定长、旋转一周的操作, 将数学的理性与工程的严谨完美融合。

5.5. 小组展示, 分享交流: 多维评价与反思

通过国家中小学智慧教育平台展示各组的设计蓝图与设计说明。学生需说明圆心、半径确定的数学依据及其背后的防御逻辑。最后, 教师利用平台推送学习评价单, 引导学生协同智能体星际探长对不同应对方案 (如防御派 vs 清理派 vs 盔甲派) 进行进一步的科学探究, 为后续的学习埋下伏笔。



6. 研究结果与讨论

本研究立足于教育数字化转型的时代背景, 针对小学数学 SSI 教学中存在的议题复杂性与认知局限性冲突等痛点问题, 整合了 SSIBL 模型、范希尔几何思维水平理论及现实数学教育理论, 通过发挥“平台+智能体”在全景场域构建等方面的赋能作用, 有效弥补了小学生的算力鸿沟, 破解了数学逻辑与复杂社会议题间的认知阻碍。通过《如何应对微小太空垃圾的威胁》的实证探索, 本研究最终构建并验证了“平台+智能体”驱动的小学数学 SSI 探究型教学范式。为小学数学 SSI 探究式课堂教学提供了可操作的实践样本。

参考文献

- 谢幼如、陈薇和邱艺（2025）。人工智能赋能高校课堂教学重构研究。电化教育研究， 46 (10),5-13。
- 谢幼如、李草茵、吴冰和潘丹（2025）。生成式人工智能何以赋能中小学项目化学习。现代远程教育研究， 37 (05),97-104+112。
- 曾焕、郭天宇和于鸿儒（2025）。AI 赋能小学数学跨学科实践教学的创新探索——以《班级运动场地规划》AI 驱动式项目学习为例。人民教育， Z3, 70~71。
- 邓金虹和符盛（2025）。教育数字化背景下 AI 赋能小学数学课堂教学的策略研究。信息与电脑， 37 (18), 167~169。
- 吉青青、张荣华和孙坤（2024）。基于社会性科学议题的跨学科实践活动——一次性筷子的利与弊。化学教育（中英文）， 45(5), 58~64。
- 穆肃、陈孝然和周德青（2025）。生成式人工智能赋能教学设计分析：需求、方法和发展。开放教育研究， 31(1), 61~72。
- Hilton, C, Kelly, J. & Wright, P (2018). How teaching mathematics for social justice can support inclusive practices in the elementary mathematics classroom.
- Kynigos, C (2024). Embedding Mathematics in Socio-Scientific Games: The Mathematical in Grappling with Wicked Problems. *Education Sciences*, 14(6).