

AI赋能初中数学几何教学的实践探索

——以“三角形的内角和定理”教学为例

王 爽, 车丕琳

大连市第九中学, 辽宁 大连

收稿日期: 2026年7月24日; 录用日期: 2026年8月31日; 发布日期: 2026年9月8日

摘 要

随着AI技术的发展, 将AI技术合理并高效地应用到数学教学中已经成为当前数学教师的一堂必修课。而在初中数学中, 几何部分的学习占据着重要的地位。而初中数学几何内容本身就具有较强的抽象性, 需要学生具备一定的逻辑推理能力, 因此几何教学面临着学生理解困难、几何动态演示不够直观等困境。本文将以前人教版初中数学八年级上册第十三章第三节第一课时“三角形的内角和定理”为例, 围绕课前, 课中, 课后三大环节, 在遵循教学评一致性的基础上, 讨论AI技术赋能几何教学的实践路径。课前阶段, AI技术可以帮助教师精准地搜索教学素材, 并且可以辅助教师生成教学课件, 与此同时, AI技术还可以助力教师创设问题情境, 让抽象的数学和学生们的生活紧密联系起来, 用多种多样的呈现形式, 让学生感受数学中的乐趣。课中阶段, AI可以辅助教师生成活跃课堂氛围的教学游戏或教学工具, 与此同时, 对于几何教学来说, AI可以生成交互式的动画, 实现几何教学的可视化, 让学生从“静态的听讲”向“动态的看见”进行转变, 助力学生在几何课堂上的深度探究。课后阶段, 利用AI可以生成错题分析的智能体或苏格拉底式智能体, 辅助学生进行错因分析, 并且及时对学生进行个性化的辅导, 与此同时AI还可以助力分层教学, 生成分层练习, 针对每一个学生的学习情况推送有针对性的习题和学习任务。

关键词

AI赋能, 初中数学, 几何教学, 可视化教学

Exploration of AI-Enhanced Geometry Teaching in Junior High School Mathematics

—Taking the Teaching of the Theorem of Sum of Interior Angles of Triangles as an Example

Shuang Wang, Pilin Che

Dalian No. 9 Middle School, Dalian Liaoning

Received: July 24, 2026; accepted: August 31, 2026; published: September 8, 2026

文章引用: 王爽, 车丕琳. AI 赋能初中数学几何教学的实践探索[J]. 职业教育发展, 2026, 15(9): 104-117.

DOI: 10.12677/ve.2026.159371

Abstract

With the development of AI technology, the rational and efficient application of AI technology in mathematics teaching has become a compulsory course for current mathematics teachers. In junior high school mathematics, the study of geometry occupies an important position. However, the geometry content in junior high school mathematics itself has a strong abstraction, requiring students to have a certain level of logical reasoning ability. Therefore, geometry teaching faces difficulties in students' understanding and the lack of intuitive geometric dynamic demonstrations. This article will take the first lesson of Chapter 13, Section 3, Lesson 1 of the 8th Grade Mathematics textbook of the New People's Education Press as an example to discuss the practical path of AI technology empowering geometry teaching, focusing on the three major stages of pre class, in class, and post class, while following the consistency of teaching evaluation. In the pre class stage, AI technology can help teachers accurately search for teaching materials and assist teachers in generating teaching courseware. At the same time, AI technology can also help teachers create problem scenarios, closely linking abstract mathematics with students' lives, and using various presentation forms to allow students to experience the fun of mathematics. During the in-class stage, AI can assist teachers in generating teaching games or tools that create an active classroom atmosphere. At the same time, for geometry teaching, AI can generate interactive animations to achieve visualization of geometry teaching, allowing students to transition from "static listening" to "dynamic viewing", and assisting students in deep exploration in geometry classrooms. In the post class stage, AI can generate intelligent agents or Socratic intelligent agents for error analysis, assist students in error cause analysis, and provide personalized guidance to students in a timely manner. At the same time, AI can also assist in layered teaching, generate layered exercises, and push targeted exercises and learning tasks for each student's learning situation.

Keywords

AI Empowerment, Junior High School Mathematics, Geometry Teaching, Visual Teaching

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. AI 赋能教学的背景与初中几何教学的现实困境

1.1. AI 赋能教育的时代背景

随着科学技术的快速发展,这两年来, AI 大模型的出现深刻影响着社会各个领域的发展, AI 渐渐地渗透到了我们生活中的各个场景,教育行业也不例外。在教育领域,国家相继出台《教育信息化 2.0 行动计划》¹《关于实施新时代基础教育扩优提质行动计划的意见》²等政策文件,明确提出,要推进教育数字化转型,鼓励 AI 技术在教育教学中的创新和应用。因此,如何将 AI 应用到教学当中来,是当今教师面临的一堂新的必修课。

1.2. 初中几何教学面临的现实困境

几何是初中数学的核心内容之一,也是培养学生逻辑推理、几何直观的重要载体。然而,在实际教

¹http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html

²http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/s3321/202308/t20230830_1076888.html

学中, 初中几何教学长期面临以下几方面困境:

第一, 抽象性强导致理解困难。在初中阶段, 面对一些几何定理的理解和几何定理的证明时, 很多学生在推导和逻辑论证时就会感到吃力, 在这个过程中, 思维能力的培养是教学难点。比如, 在三角形内角和定理这节课的讲解中, 学生需要将平行线的性质应用于这个定理的证明过程中, 完成这一思维的跨越, 对初中的学生来说有一定难度。

第二, 几何直观能力和空间想象能力不足制约深度学习。几何学习要求学生具备在头脑中构建和操纵图形的能力, 但初中阶段学生的空间想象能力尚处于发展初期, 仅凭静态的听讲, 难以帮助学生在头脑中建立清晰的几何画面。数学中我们常用的两个工具就是几何画板和 GeoGebra 软件, 这两个软件已经具有着强大的功能, 能够帮助数学教师进行动态演示, 但教师应用这两个软件去制作动态课件时需要一定的技术基础, 而 AI 的出现提供给教师另一个方式去零基础制作高质量的动态演示课件。

第三, 课堂互动不足影响学习参与度。由于几何证明对于初中学生来说, 具有一定难度, 往往在几何课堂上就会出现互动不足, 气氛低沉等情况, 教师常常以讲授为主, 缺乏学生深度参与的环节。如何让每一个学生轻松的参与到几何探究活动中, 积极地体验数学学习的乐趣, 是如今数学教师想要突破的难题。

1.3. “三角形的内角和定理” 教学背景分析

本节课是 2025 人教版数学八年级上册第十三章第三节第一课时的内容。本节课的主要内容是三角形的内角和定理的证明与应用, 从“角”的角度刻画三角形的特征。这节课是在学生掌握平行线的性质、三角形的基本概念的基础上展开的, 是后续得到直角三角形的性质与判定、三角形外角性质的基础, 也是进一步研究多边形内角和必备的知识基础, 起着承上启下的重要作用。基于以上分析, 确定本节课的重点是探索并证明三角形内角和定理, 并进行简单应用。

学生在小学已经通过测量、剪拼等方式知道“三角形内角和是 180° ”这一结论, 已经掌握了以上知识, 并且经历了平行线的性质定理等几何知识的探究过程以及推理证明, 积累了几何学习的活动经验, 为本节课的学习奠定了重要的知识经验基础, 为学生经历为何证, 怎样证的探究过程打好了思维基础。但是学生也面临着挑战, 即在证明定理时需要添加辅助线, 如何想到添加辅助线以及怎样添加是学生的难点, 需要教师搭建有效的“脚手架”, 通过“拼接法”的活动逐步引导, 自然引出辅助线的做法。基于以上分析, 确定本节课的难点是: 通过添加辅助线构造辅助图形证明三角形的内角和定理。

2. AI 赋能几何教学的实践路径

本部分以“13.3.1 三角形的内角和定理”第一课时为案例, 围绕课前、课中、课后三个教学阶段, 从“教”、“学”、“评”三个维度, 构建 AI 赋能几何教学的完整闭环。

2.1. 课前阶段: AI 辅助教学准备与前置学习

2.1.1. AI 辅助教学设计与素材生成

在素材搜集方面, 教师可借助秘塔 AI 搜索等工具, 输入“我是一名初中数学教师, 我即将要上 13.3.1 三角形的内角第一课时这节课, 请帮我搜集与本节课相关的优质的教学资源, 包括公开课、优质教学设计、优质课件等。”AI 将在全网范围内检索相关教学素材, 供教师借鉴学习。

在课件生成方面, 我们在做自己的教案、教学设计、课件的时候也可以借助 AI 来辅助, 这里介绍很多教师常用的希沃白板软件, AI 出现不久, 希沃白板当时只有一个小的 AI 备课功能实验, 教师可以利用希沃白板尝试生成教学课件[1]。但是生成结果是一个初级的版本, 必须得经过自己的修改以后才能用。

希沃有一个功能是能直接生成一个对话智能体, 大屏呈现, 学生可以现场大屏对话呈现, 可以用来活跃课堂氛围。目前希沃已经有一个完整的网页平台 bloom 去辅助教师生成资源, 教师可以输入一个具体的细致的要求, 让它帮助我们生成一个全新的课件, 也可以优化已有课件, 把已有课件抛给它, 它就可以根据课标检查这里的内容, 还会辅助填充一定的细节。

在问题情境创设方面, AI 能够根据教学内容生成与生活密切相关的问题情境。对于“三角形的内角和定理”一课, 我们可以创设与学生生活联系较为密切的问题情境。接下来展示两种课堂引入案例。

案例 1 观察星海湾大桥实物图, 让学生感受大桥的结构奥秘, 引入课题

在课件中展示星海湾大桥的实物图片, 引导学生发现大桥中丰富的三角形结构, 提出问题: 工程师在设计三角形架构时, 如果已知一个三角形架构中两个已知角的度数, 另一个角的度数可以精确地计算出来吗? (如图 1)。由这个问题出发探究三角形内角和定理。学生此时会根据小学所学知识, 回答出三角形的内角和是 180 度。紧接着利用 AI 生成几何动态实验, 在大屏幕是随机变化三角形的形状, 学生观察发现, 三角形的内角和的确一直不变, 固定为 180 度, 从而确定好本节课的猜想: 三角形的内角和是 180 度(如图 2)。



Figure 1. Exploring the structural mysteries of Xinghai Bay Bridge
图 1. 探究星海湾大桥的结构奥秘



Figure 2. Geometric experiment
图 2. 几何实验

案例 2 生成数学家泰勒斯的动态人物视频，讲述泰勒斯发现定理的故事

通过即梦 AI、豆包等平台生成泰勒斯的数学家形象，学生生动地感受数学家的故事，激发数学学习兴趣，与此同时感受泰勒斯追求真理的精神，体会一切真理最后都源于证明，并且为本节课证明三角形内角和定理做铺垫(如图 3)。

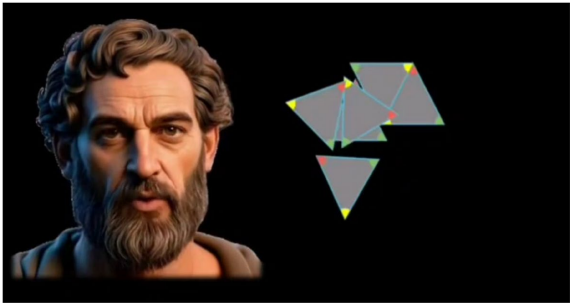


Figure 3. Dynamic character video
图 3. 动态人物视频

2.1.2. AI 辅助课前预习

学生在自主学习前进行预习可以为课堂上的学习打下良好的基础。而 AI 技术的出现对学生的预习进行个性化的支持[2]。教师可以通过 AI 为学生生成导学案，推送给学生，学生根据导学案中的任务，一步一步地去进行预习。例如，三角形的内角，这节课需要学生回忆起平行线的性质的应用，并且回顾小学阶段学生证明，三角形内角和是 180 度的方法。因此，在教学中，教师可以设计一个导学案，引导学生进行预习。这里教师可以借助飞象老师 APP 生成。

与此同时，智慧中小学平台中存在大量优质微课可以应用到课前导入或者用于学生前置预习。比如三角形的内角和定理这节课，教师可以推送给学生小学阶段用剪拼法证明三角形内角和为 180 度的视频(如图 4)，学生在视频中提前告知证明方法。

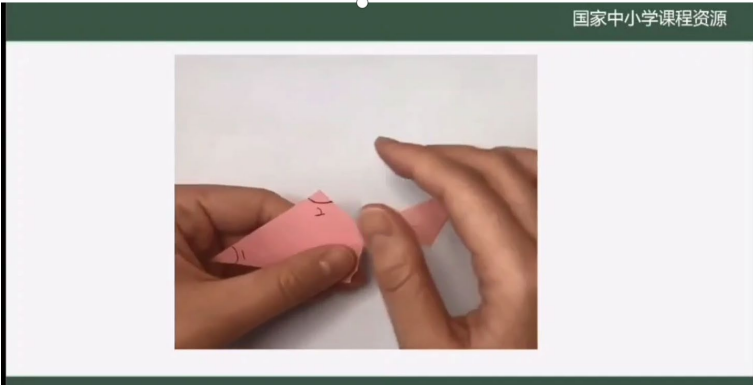


Figure 4. National smart primary and secondary school micro course
图 4. 国家智慧中小学微课

当学生在预习阶段遇到问题时，学生可以借助智慧平台中的九章智能答疑功能，利用这一答疑 AI 智能体，对学生的疑问进行解答，比如，在学生预习时可能会提问，怎么应用当前的知识去证明三角形的内角和？或者会提问，为什么要证明三角形的内角和为 180 度？而 AI 会以学生更容易理解的方式进行引导和解释，以当前学生水平认知为基础一步步解答，有效对学生的课前预习进行辅导。

2.2. 课中阶段：AI 赋能课堂实施与互动探究

2.2.1. AI 辅助可视化教学

AI 在可视化教学中起到了很大的辅助作用。利用 AI 软件，教师可以进行编程开发工作[3]。对 AI 提出相应的需求和指令，比如“我是一名初中数学教师，我接下来要上人教版八年级上册第 13 章第三节第一课时三角形的内角和这节课，帮我生成一个几何实验的网页，要求在这个网页中可以不断地变换三角形的形状，与此同时，度量三角形的内角和，让学生观察在变换三角形的形状的时候，三角形的内角和是否发生改变。”AI 就可以根据当前的需求，生成相应的代码，教师将代码保存成网页文件，并运行，就可以获得用于可视化教学的一个交互式的网页。如果想要更改网页中的内容，教师可以不断地与 AI 进行对话，让 AI 听清楚我们的需求，最后给出满意的结果。

除了对于几何教学来说，交互式的网页还可以帮助教师函数教学，比如在学习一次函数的性质的探究过程中，教师就可以借助 AI 生成交互式动画让学生从静态的听讲转变为动态的看见，让学生真切地观察到一次函数的图像，从而总结出一次函数的性质(如图 5)。

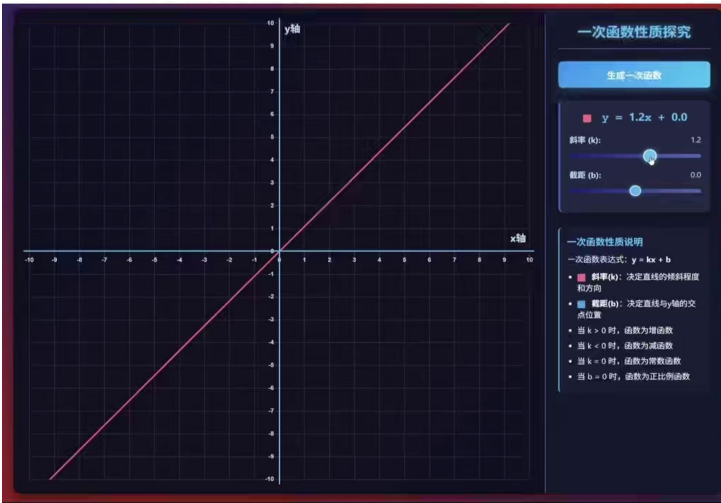


Figure 5. Explore the properties of a linear function
图 5. 探究线性函数的性质

本文作者选用了飞象老师这一平台，和飞象老师内部的 AI 功能进行对话，将剪拼法验证三角形内角和为 180 度的过程用信息化的手段生动的展现出来，在最后生成的网页中，学生可以自由地旋转移动三角形的三个角对应的角块，自主的完成拼凑平角和拼凑同旁内角这样的过程，与此同时，本文作者还添加了隐藏角块，添加辅助线这一功能，让学生从实物图中抽象出几何图形，并且体会几何辅助线的产生和在证明这一定理中辅助线起到的作用，在这一网页中，每一个拖拽过程，最后的结果都可以留在网页中，最后，教师可以用来总结和点评。如图 6 所示。

该交互式动画的生成指令如下：“请帮我根据教材中的剪拼演示图片(事先发送给飞象老师)生成一个交互式动画，要求三角形的三个角可以随意移动旋转，让学生可以根据自己的思路进行剪拼，与此同时，在三角形的三个角块拿走的同时不改变三角形的整个结构，剪拼的同时还想嵌入添加辅助线功能，让学生在发现平角的同时，主动想到添加辅助线这一步，并且辅助线可以旋转。考虑到这一探究过程思路有多种，所以请帮我设置六个演示区，每一个演示区的移动互不影响，这样每一种方法可以停留在大屏幕上，方便教师后续总结。”

该演示动画的代码脚本见附录。

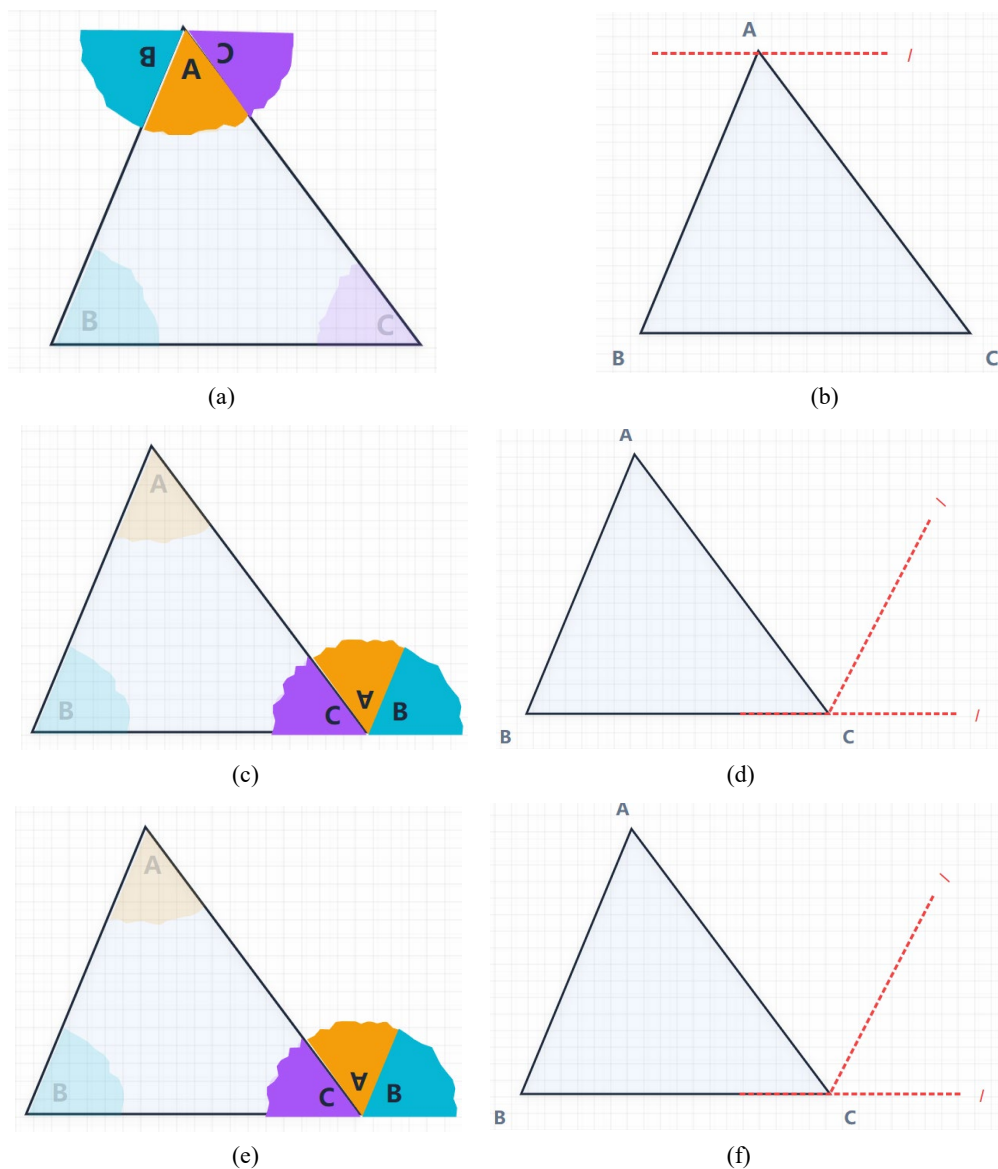


Figure 6. Exploring the inner angle sum of triangles by cutting spells

图 6. 剪拼法探究三角形的内角和

2.2.2. AI 辅助学生探究与课堂互动

为了使数学课堂氛围更浓烈, 更积极, AI 可以辅助生成一些教学小工具[4], 引导学生更多地参与课堂, 在课堂中找到乐趣。比如 AI 可以帮助教师生成趣味性随机点名工具, 可以有效提升学生的专注力, 而随机点名这一网页的生成与交互式动画的生成是同一种方式, 教师可以根据自己的想法, 对随机点评的网页加进不同风格的元件。与此同时, 我们常用的希沃白板中也存在随机点名和学生评价等功能, 教师可以在软件中建立所任班级并输入班级学生的名单, 利用希沃白板进行随机点名或即时评价。

与此同时, AI 生成交互式网页这一功能还可以辅助教师生成一些课堂游戏, 或者一些课堂互动的答

题系统。网络上的一些答题系统软件往往存在着无法插入几何图片或插入公式等功能，这对数学学科来说存在着影响，而 AI 可以帮助我们解决这一问题，我们可以将待修改的网页反馈给 AI，让 AI 根据当前这一系统的问题和后续想更改成功的结果，叙述给 AI，让 AI 帮助我们完成代码的修改工作，生成辅助教学的教学工具。接下来展示在立方根这一节课所用到的快问快答系统网页，如图 7。



Figure 7. Classroom answering system
图 7. 课堂答题系统

2.3. 课后阶段：AI 助力巩固提升与教学改进

2.3.1. AI 辅导错因分析

课后阶段，对于数学学科，能够有针对性地为每一个孩子做辅导，做有针对性地讲解很重要[5]。而我们老师要面对的是一个班级，如何分层地有针对性地让每个孩子有提升是我们需要思考的问题[6]。通过查阅资料，目前我们用得比较多的就是在课堂上生成一个 AI 智能体。比如生成一个专门分析错题的智能体，或者专门做引导式解答的智能体。比如，你可以向 AI 软件叙述：“你是苏格拉底式提问智能体，核心是通过连续追问引导我深入思考。面对我的观点，困惑或陈述，你不会直接给答案，而是用层层递进的开放式问题，促使我厘清逻辑，审视前提，挖掘本质。提问风格简洁严谨，贴合苏格拉底式诘问的特点，聚焦问题核心，不偏离主题。”

而这其中的关键就是设定描述一定要具体。比如对于错因分析智能体，就应该先拆解错题知识点，再找错误原因，最后给出步骤。对于引导式的解答的智能体，可以设计苏格拉底式智能体，不直接给出答案，而是一步一步引导学生靠近答案。在智慧中小学平台里现在已经有有了一个九章理科智能讲题的功能，可以发送题目照片后，AI 一步一步地提问引导学生，这个或许可以推荐给学生在自主学习的时候使用。

2.3.2. AI 推送分层练习

关于 AI 分层练习，AI 市场上的软件各种各样，其实每一个软件大同小异，为了能够精准地让 AI 帮我们推送分层的习题，关键点是跟 AI 说清楚、说细致。比如你要生成几道一次函数的分层练习，我们可以把本节课的目标抛给 AI，或者把这—个班级里边学生的情况进行分类，把每一类学生需要练习的点、出现的问题和亟待提升的方面都和 AI 说清楚，让它成为你的教学的助理。把这些和 AI 铺垫好之后，让 AI 根据这些基础去生成分层的练习，从一个核心出发，生成基础、强化、挑战三个类型的问题。如果你需要一些辅助性的说明，比如说想让 AI 在每一个题目的后面标注上这一部分需要考查的问题，也可以对 AI 提出诉求。

实际上,关于生成数学问题的分层作业、分层练习,在网上已经有很多 AI 生成的一些模板可以使用,甚至我们还可以生成基于学生错题数据的一种个性化的作业,比如说你可以将学生的错题的截图或者是错题的描述,或者是某一次考试学生们出现的问题和调查之后的情况抛给 AI,让 AI 按照当前的情况有针对性的去分析错因,根据错因去分层练习,然后举一反三生成与错题类似的题目。同样,在 AI 九章大模型下也有一个九章数学举一反三的功能,发给它一道题,它可以检索出来类似的三道题,并且可以直接生成 pdf,但是题目到底合不合适还是需要我们去甄别。

3. 反思与展望

其实,无论是早期的幻灯片技术,20 年前的 flash 还是如今的网络数字化,各类资源再到最近的 AI 技术的兴起,这些技术的变革都有着一个共同的目的,就是,辅助突破数学抽象困境,让学生真正理解数学。然而 AI 时代带给我们的不仅是新的工具,也为我们的教学提出了新的问题。在当前的教育背景下,AI 出现之后,我们渐渐从如何使用 AI 这个角度,转变成了什么时候该用 AI,什么时候不该用 AI 这一引发思考的问题。其实这一问题对教育而言,或许比如何用 AI 更加重要。对于 AI 与教学的结合,我们应该注意以下问题。

应注重学生思维过程的培养:

利用 AI 进行几何实验之后,学生还是需要回归到动手进行错图来感受和锤炼空间想象,AI 的智能解答也应该以培养学生思维能力为基础,而不是直接给出问题的答案,AI 技术可以快速地给出问题,最终的解,而学生仍然需要执笔演算的推演来感受运算法则。

做 AI 技术不可替代的数学教师:

AI 可以生成无数道数学题,但是 AI 永远无法替代教师与学生真正的互动,师生共同攻克难题时的喜悦,更无法替代学生在遇到难题时,教师鼓励的眼神以及关键的点拨。数学教师永远是数学课堂交响乐的总指挥。

4. 结语

AI 赋能初中数学几何教学,不是简单地将技术叠加入课堂教学设计,而是在核心上改变当前的教育理念和教学方式。本文以三角形的内角和定理为案例,讨论了 AI 赋能几何教学的实践路径,得到了一个关键的结论就是生成式 AI 在课堂的各个环节都有辅助教学的可能性,未来,在设备允许的情况下,AI 还可以辅助教师进行学情分析,在 AI 大数据的支持下,精准诊断学生的学习弱点和难点,与此同时,AI 还可以在课堂上进行即时的反馈,进行即时的课堂检测,并且大数据直接大屏显示,用数据反映课堂效果,检验学习目标是否达成,AI 在数学教学中潜在的辅助能力还有待于数学教师们进行不断的探索。

总之,AI 的核心价值不是替代老师,而是赋能老师。当我们开始理解 AI、用好 AI 时,AI 就不再只是一个工具,而是我们探索教学、创造惊喜的伙伴。

参考文献

- [1] 李虎伟. 希沃白板赋能初中数学课堂: 从工具应用到思维素养培育的实践路径[J]. 中小学电教, 2026(9): 22-24.
- [2] 唐简. AI 赋能下初中数学个性化学习[J]. 文理导航(中旬), 2026(6): 7-9.
- [3] 万妍青. 用 AI 构建交互式学件, 创新直观化几何教学——以《勾股定理》为例[J]. 教育家, 2026(10): 28-29.
- [4] 时俊伟. 生成式人工智能赋能初中数学课堂实践[J]. 天津教育, 2026(18): 83-85.
- [5] 贾付杰. AI 赋能视角下初中数学解题策略的应用研究[J]. 数理天地(初中版), 2026(13): 56-58.
- [6] 侯俊萍. 初中数学分层教学的实施策略与效果研究[J]. 数理天地(初中版), 2026(13): 104-106.

附录

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="zh-CN">
<head>
<meta charset="UTF-8">
<title>剪拼法验证三角形内角和是 180°</title>
<style>
body{margin:0;padding:20px;font-family:system-ui,sans-serif;background:#f8fafc}
h2{margin:0 0 6px;color:#1e293b;text-align:center}
p.sub{color:#64748b;text-align:center;margin:0 0 24px;font-size:14px}
.wrap{display:grid;grid-template-columns:repeat(2,1fr);gap:24px;max-width:960px;margin:0 auto}
.box{background:#fff;border:2px solid #cbd5e1;border-radius:12px;height:420px;position:relative;overflow:hidden}
.bar{position:absolute;top:8px;right:8px;display:flex;gap:5px;z-index:100}
.btn{background:#fff;border:1px solid #cbd5e1;border-radius:5px;padding:3px 8px;font-size:11px;cursor:pointer;transition:.2s}
.btn:hover{background:#f1f5f9;border-color:#3B82F6}
.btn.on{background:#3B82F6;color:#fff;border-color:#3B82F6}
.tip{position:absolute;top:8px;left:12px;font-size:13px;color:#64748b;font-weight:600;pointer-events:none}
/* 角块 */
.piece{position:absolute;width:160px;height:160px;cursor:move;z-index:20;touch-action:none;user-select:none}
.piece.svg{position:absolute;left:0;top:0;pointer-events:none}
.piece.org{z-index:10;pointer-events:none}
.rot-h{position:absolute;top:-28px;left:50%;transform:translateX(-50%);width:20px;height:20px;background:#fff;border:2px solid #3B82F6;border-radius:50%;display:none;cursor:alias}
.piece.show .rot-h{display:flex}
.rot-h::after{content:'⌵';color:#3B82F6;font-size:12px;font-weight:bold}
/* 辅助线 */
.aux{position:absolute;width:160px;height:0;border-top:3px dashed #ef4444;cursor:move;z-index:50}
.aux .rot-h{border-color:#ef4444;right:-26px;top:-12px;left:auto;transform:none}
.aux .rot-h::after{color:#ef4444}
.aux.show .rot-h{display:flex}
</style>
</head>
<body>
<h2>剪拼法验证三角形内角和是 180°</h2>
<p class="sub">拖动并旋转角块，将三个角拼成一个平角；辅助线可用于同位角对比</p>
<div class="wrap" id="main"></div>

```

```

<script>
const COL=['#f59e0b','#06b6d4','#a855f7'],LBL=['A','B','C'];
const TRI=[[160,80],[60,320],[340,320]]; // 教材标准三角形顶点坐标
// ----- 拖拽 / 旋转(角块 & 辅助线共用) -----
function bind(elm,handle,box){
  let drag=false,spin=false,dx,dy,a0,rot=0;
  function down(e){
    e.preventDefault();
    const x=e.touches?e.touches[0].clientX:e.clientX;
    const y=e.touches?e.touches[0].clientY:e.clientY;
    if(e.target===handle){
      spin=true; const r=elm.getBoundingClientRect();
      a0=Math.atan2(y-r.top-r.height/2,x-r.left-r.width/2);
      const m=new DOMMatrix(getComputedStyle(elm).transform);
      rot=Math.atan2(m.b,m.a)*180/Math.PI;
    }else{
      drag=true; const r=elm.getBoundingClientRect();
      dx=x-r.left; dy=y-r.top;
    }
  }
  function move(e2){
    const mx=e2.touches?e2.touches[0].clientX:e2.clientX;
    const my=e2.touches?e2.touches[0].clientY:e2.clientY;
    if(drag){
      elm.style.left=(mx-box.getBoundingClientRect().left-dx)+'px';
      elm.style.top=(my-box.getBoundingClientRect().top-dy)+'px';
    }else if(spin){
      const r=elm.getBoundingClientRect();
      const a=Math.atan2(my-r.top-r.height/2,mx-r.left-r.width/2);
      elm.style.transform='rotate('+((a-a0)*180/Math.PI+rot)+'deg)';
    }
  }
  function up(){drag=spin=false;remove()}
  function remove(){
    document.removeEventListener('mousemove',move);
    document.removeEventListener('mouseup',up);
    document.removeEventListener('touchmove',move);
    document.removeEventListener('touchend',up);
  }
  document.addEventListener('mousemove',move);

```

```

        document.addEventListener('mouseup',up);
        document.addEventListener('touchmove',move,{passive:false});
        document.addEventListener('touchend',up);
    }
    elm.addEventListener('mousedown',down);
    elm.addEventListener('touchstart',down,{passive:false});
}
// ----- 创建扇形角块 -----
function makePiece(box,idx,isOrg){
    const R=80,p=TRI[idx],pp=TRI[(idx+2)%3],pn=TRI[(idx+1)%3];
    const a1=Math.atan2(pp[1]-p[1],pp[0]-p[0]);
    const a2=Math.atan2(pn[1]-p[1],pn[0]-p[0]);
    const el=document.createElement('div');
    el.className='piece'+(isOrg?' org:');
    const br=box.getBoundingClientRect();
    el.style.left=(br.width/2+p[0]-200-R)+'px';
    el.style.top=(br.height/2+p[1]-200-R)+'px';
    const NS='http://www.w3.org/2000/svg';
    const svg=document.createElementNS(NS,'svg');
    svg.setAttribute('width',R*2);svg.setAttribute('height',R*2);
    let df=a2-a1;
    while(df<0)df+=Math.PI*2;while(df>Math.PI*2)df-=Math.PI*2;
    const sa=df>Math.PI?a2:a1,delta=df>Math.PI?Math.PI*2-df:df;
    const step=delta/12;
    let d='M '+R+' '+R+' L '+R+Math.cos(sa)*R+' '+R+Math.sin(sa)*R;
    for(let i=1;i<=12;i++){
        const a=sa+i*step,rr=R+(Math.random()*6-3); // 模拟手工剪裁的不规则边
        d+=' L '+R+Math.cos(a)*rr+' '+R+Math.sin(a)*rr;
    }d+=' Z';
    const path=document.createElementNS(NS,'path');
    path.setAttribute('d',d);
    path.setAttribute('fill',COL[idx]);
    path.setAttribute('opacity',isOrg?'0.15':'1');
    svg.appendChild(path);
    const txt=document.createElementNS(NS,'text');
    const ma=sa+delta/2;
    txt.setAttribute('x',R+Math.cos(ma)*R*.4);
    txt.setAttribute('y',R+Math.sin(ma)*R*.4);
    txt.setAttribute('fill',isOrg?'rgba(30,41,59,0.2)':'#1e293b');

```

```

txt.setAttribute('font-size','20');txt.setAttribute('font-weight','bold');
txt.setAttribute('text-anchor','middle');txt.setAttribute('dominant-baseline','middle');
txt.textContent=LBL[idx];
svg.appendChild(txt);
el.appendChild(svg);
if(!isOrg){
    const h=document.createElement('div');h.className='rot-h';
    el.appendChild(h);
    bind(el,h,box);
}
box.appendChild(el);
}
// ----- 绘制三角形 -----
function render(box){
    box.querySelectorAll('.piece,.aux').forEach(e=>e.remove());
    const NS='http://www.w3.org/2000/svg';
    const svg=document.createElementNS(NS,'svg');
    svg.setAttribute('width','400');svg.setAttribute('height','400');
    svg.style.cssText='position:absolute;left:50%;top:50%;transform:translate(-50%,-50%);pointer-
events:none';
    const poly=document.createElementNS(NS,'polygon');
    poly.setAttribute('points',TRI.map(p=>p.join(',')).join(' '));
    poly.setAttribute('fill','rgba(59,130,246,0.05)');
    poly.setAttribute('stroke','#1e293b');poly.setAttribute('stroke-width','2');
    svg.appendChild(poly);box.appendChild(svg);
    TRI.forEach((_j)=>{makePiece(box,j,true);makePiece(box,j,false);});
}
// ----- 按钮回调 -----
const main=document.getElementById('main');
for(let i=0;i<2;i++){
    const box=document.createElement('div');
    box.className='box';box.id='box-'+i;
    box.innerHTML=
        '<div class="tip">实验区 '+i+1+'</div>'+
        '<div class="bar">'+
            '<button class="btn" onclick="toggleRot('+i+')">角块旋转</button>'+
            '<button class="btn" onclick="addAux('+i+')">辅助线</button>'+
            '<button class="btn" onclick="toggleLrot('+i+')">线旋转</button>'+
            '<button class="btn" style="border-color:#ef4444;color:#ef4444" onclick="reset('+i+')">重置</but-
ton>'+

```

```

    '</div>';
    main.appendChild(box);
    render(box);
  }
  window.toggleRot=function(i){
    const box=document.getElementById('box-'+i);
    const ps=box.querySelectorAll('.piece:not(.org)');
    const btn=box.querySelector('[onclick^="toggleRot"]');
    const show=!btn.classList.contains('on');
    ps.forEach(p=>p.classList[show?'add':'remove']('show'));
    btn.classList.toggle('on',show);
  };
  window.addAux=function(i){
    const box=document.getElementById('box-'+i);
    const line=document.createElement('div');line.className='aux';
    if(box.querySelector('[onclick^="toggleLrot"].on'))line.classList.add('show');
    line.style.left='60px';line.style.top='120px';
    const h=document.createElement('div');h.className='rot-h';
    line.appendChild(h);bind(line,h,box);
    box.appendChild(line);
  };
  window.toggleLrot=function(i){
    const box=document.getElementById('box-'+i);
    const ls=box.querySelectorAll('.aux');
    const btn=box.querySelector('[onclick^="toggleLrot"]');
    const show=!btn.classList.contains('on');
    ls.forEach(l=>l.classList[show?'add':'remove']('show'));
    btn.classList.toggle('on',show);
  };
  window.reset=function(i){
    const box=document.getElementById('box-'+i);
    render(box);
    box.querySelectorAll('.btn').forEach(b=>b.classList.remove('on'));
  };
</script>
</body>
</html>

```