

AI赋能：高中数学教师教学能力提升的实践探索

——以三角函数专题为例

张雪晴，方 新，任全玉*

黄冈师范学院数学与统计学院，湖北 黄冈

收稿日期：2025年8月11日；录用日期：2025年9月10日；发布日期：2025年9月18日

摘 要

人工智能技术(AI)的迅猛发展与应用深刻重塑着教育领域，教育领域经历着前所未有的变革，教育工作者们日益认识到人工智能技术的巨大潜力，开始紧跟时代进步，以提升教学质量与学习效率为目的，寻找将AI技术融入教学过程的新途径，提升教师的教学能力，为学生的学习提供支持助力，赋予教育教学新的能力和活力。本文通过分析当前AI时代高中数学课程教学存在的问题，结合智慧教学平台，在AI赋能下从加强教师教学能力水平、智能化建设知识图谱、构建混合教学设计这三个方面出发，以人教版三角函数的图象这一教学内容进行了智能化教学革新思考和深入探讨。

关键词

人工智能，高中数学，教学能力，三角函数

AI Empowerment: Practical Exploration on Improving Teaching Ability of Senior High School Mathematics Teachers

—A Case Study of Trigonometric Function

Xueqing Zhang, Xin Fang, Quanyu Ren*

School of Mathematics and Statistics, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

Received: Aug. 11th, 2025; accepted: Sep. 10th, 2025; published: Sep. 18th, 2025

*通讯作者。

文章引用：张雪晴，方新，任全玉. AI 赋能：高中数学教师教学能力提升的实践探索[J]. 教育进展, 2025, 15(9): 1022-1033. DOI: 10.12677/ae.2025.1591771

Abstract

The rapid development and application of artificial intelligence (AI) technology have profoundly reshaped the field of education, which is undergoing unprecedented changes. Educators are increasingly aware of the huge potential of artificial intelligence technology and are beginning to keep up with the progress of the times. We seek new ways to integrate AI technology into the teaching process, enhance teachers' teaching ability, provide support and assistance for students' learning, and endow education and teaching with new capabilities and vitality. By analyzing the existing problems in senior high school mathematics teaching in the current AI era, combined with the intelligent teaching platform, this paper, under the empowerment of AI, starts from three aspects: strengthening teachers' teaching ability, intelligently building knowledge graphs, and constructing mixed teaching designs, and conducts in-depth discussions and reflections on intelligent teaching innovation taking the teaching content of "images of trigonometric functions" in the People's Education Edition as an example.

Keywords

Artificial Intelligence, Senior High School Mathematics, Teaching Ability, Trigonometric Function

Copyright © 2025 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. 引言

高中数学课程具有高度的抽象性、严密的逻辑性和广泛的应用性，是建构高中生思维逻辑、科学素养和问题解决的一门重要基础课程。2019 年，中国政府与联合国教科文组织一起通过了《北京共识：人工智能与教育》，强调人工智能是推动教育变革和创新的重要力量。各国应制定相应的政策，推动人工智能与教育、教学和学习的系统性融合[1]。这意味着要将人工智能技术融入教育的各个环节中，包括教学内容、教学方法、教学评价等，以实现教育的智能化和个性化。

而在 2024 年，教育部公布首批了人工智能与教育结合的应用场景案例，旨在深入贯彻落实国家关于开展 AI 教育行动的战略部署，积极推动教育与人工智能技术的融合发展，《普通高中数学课程标准》指出，教师应提升信息技术素养，将信息技术与数学课程深度融合，发挥其便捷直观、资源丰富等优势，以优化课堂教学，从而促进学生核心素养的发展[2]。在此背景下，教师可以依托智慧教育平台，利用 AI 技术赋能对高中数学课程进行教学改革，实现教学的个性化、精准化与智能化。

2. 高中数学课程教学在 AI 时代中存在的问题

在人工智能迅速发展背景下，世界上的各领域都朝着 AI 智能化的方向迈进。作为教育领域内不可或缺的基础学科，高中数学应当顺应时代发展趋势，在高中课堂教学中积极融合人工智能技术，首要任务就是让教师借助 AI 技术，不断更新其教学内容与教学方法，提升教学能力，设计出更适合学生的个性化教学方案，以适应新时代的需求与挑战[3]。然而，在实际的高中课堂上，我们发现这一技术的应用改革面临着许多问题。

2.1. 高中师资力量建设滞后于时代发展

目前的高中数学教学课堂中，不少教师存在教学观念滞后的问题，比如：部分教师对 AI 技术融入高

中教育的趋势态度比较保守,接受新鲜事物的意愿较低,对将 AI 应用于数学教学的兴趣不大,尤其是年龄较大或自身能力不足的教师,他们更倾向于坚持传统教学模式[4]。尽管教师具备扎实的数学专业知识,但对于 AI 融入高中数学课堂的具体教学计划了解局限,部分教师担心 AI 工具的介入可能会降低课堂互动质量,将其融入教学过程存在困难,教师容易对自身在 AI 赋能教学中的作用感到困惑,不知如何调整教学重心,进而给 AI 赋能教学革新带来了一定挑战。

2.2. 现有的教学模式单一

高中数学的教学内容丰富、理论性与抽象性强,且课时有限、教学主要围绕高考展开等特点,因此数学课堂多采用“教师主讲、学生吸收”的模式。这种模式下,学生被动吸收知识的时间较长,缺乏充分的自主思考时间,自主学习能力和探索精神的培养受到限制。同时,高中数学作为基础课程,普遍采用班级授课制,因而班内学生的数学基础差异较大,容易出现两极分化。在这样的背景下,教师很难依据学生的个体特点借助 AI 赋能拓展教学内容,难以满足 AI 技术本应实现的针对不同基础学生的个性化需求。

2.3. 教学资源缺乏系统性

近几年来,随着信息化教学手段的进步,大部分学校和各类教学课程对混合式教学进行了一定的研究实践,并在实际教学中取得了一定的成果。但是针对线上线下双结合的混合式教学模式下,学生接受的教学资源往往较为零碎,缺乏整体性和系统性,难以进行资源的整合与知识的衔接,这使得学生在学习时对各个独立的知识点无法进行融理解,阻碍了他们对知识的全面理解和掌握,很大程度上影响学习效果。

3. AI 应用于三角函数专题教学分析

面对 AI 时代存在的一系列问题,构建以人工智能为杠杆的破局路径尤为必要。我们通过探讨 AI 技术在人教 A 版高中数学中三角函数模块教学中的应用,构建一个融合三角函数函数专题学习,以此提升教师教学能力,帮助他们更好地理解 AI 赋能与数学教育的有机融合,通过实际教学案例设计,为教育数字化转型战略在高中数学学科的具体实施提供可操作的方法。

3.1. 三角函数知识体系的 AI 重构

新课标突出了三角函数作为描述现实世界变化规律的数学模型之一,基于人教 A 版高中数学教科书中的三角函数知识的分析,具体内容包括角与弧度、三角函数的概念和性质、同角三角函数的基本关系式、三角恒等变换和三角函数的应用这五部分,借助人工智能深度解析三角函数专题中的教材编排规律,帮助教师理解三角函数专题内容的特征[5]。

具体来说,教材编写按照“角与弧度制 → 三角函数的概念和性质 → 诱导公式 → 三角函数的图象 → 三角恒等变换 → 三角函数的应用”的内容框架顺序,见表 1。从规律认知到模型建构到应用迁移的螺旋式上升特征,教师在教学时应将难度与梯度有机衔接,工具和方法双线并行。以函数研究方法为指导,借鉴指对函数的研究教学经验,构建从特殊到一般,从连续到离散,从工具到应用的认知教学路径,同时强调单位圆的作用,利用几何性质研究三角函数性质。

Table 1. AI analysis of the content rules of the trigonometric function topic
表 1. AI 解析三角函数专题内容规律

教材内容	核心知识点
角与弧度制	了解任意角的概念和弧度制,能进行弧度与角度的互化,体会弧度制的必要性。

续表

三角函数的概念和性质	正弦、余弦、正切函数的定义，画出三角函数的图象，了解三角函数的周期性、单调性、奇偶性、最大(小)值，推出诱导公式。
同角三角函数的基本关系式	理解掌握 $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ ， $\frac{\sin x}{\cos x} = \tan x$ 。
三角恒等变换	两角差正弦、余弦、正切公式，二倍角正弦、余弦、正切公式，和差化积、积化和差、半角公式。
三角函数的应用	解决简单的实际问题，体会三角函数构建刻画事物周期性变化的数学模型。

3.2. 三角函数专题深度学习的 AI 突破

目前的高中数学教材把三角函数这一专题中的函数思想作为核心主线，贯穿整个专题的学习课程，强调实际应用与建模能力的培养，教育目标是“塑造用数学图象模型的眼光观察世界”的能力，突出了工具性和抽象性的均衡发展，从技能的熟练掌握转向思维的网络构建，专题学习采用知识难度螺旋上升的特点，见表 2。

Table 2. AI analysis on the functional evaluation of the trigonometric function topic in textbooks
表 2. AI 分析教材三角函数专题的功能评价

作用	内容		
	核心概念	基本性质	基本性质分析
基础：概念与性质 目标：三角函数相关的核 心概念、基本性质与表示 方法	1) 任意角基本概念 2) 弧度制的基本概念 3) 三角函数的定义	正弦函数、余弦函数、 正切函数的基本性质， 包括定义域、值域、 周期性、奇偶性等。	了解三角函数周期性、单调性、 奇偶性的判断与证明， 对函数最值的逐步求解。
工具：运算与变换 目标：运用三角函数作为 数学工具进行运算、 变换与其余知识的融合	三角函数的运算 三角函数的诱导公式、 同角倍角关系， 函数图象的伸缩变换平移。	三角函数的分析 最小正周期的判定， 最值问题结合有界性， 恒等变化的等价性	与其余知识的联系 1) 与导数关系结合 2) 与几何、参数方程的链接
应用：建模与问题解决 目标：通过函数模型 解决问题，体现应用的 实际价值	三角函数模型实际应用 三角函数的正弦曲线， 三角函数的周期性现象。	三角函数模型的应用逻辑 周期性捕捉重复变化， 振幅描述变化幅度，相位还原初始状态。	

基于人工智能赋能高中“三角函数”模块的学习阶段分为四个阶段，不同阶段教师应采取对应的评价方式进行总结，可以通过 AI 辅助教学评价，见图 1。

阶段一包括 AI 工具赋能与基础概念理解，借助图象生成与问题串应用，形成概念问答与练习，进行 AI 模拟实验，比如三角函数的三类图象，借助 AI 工具生成，帮助学生更好看清基本性质；

阶段二包括 AI 编程赋能与三角函数运算的深度转化，辅助教学数学运算可视化，通过数据分析工具建立简单函数模型，智能批改反馈学生动态；

阶段三包括 AI 优化三角函数单调性、极值性的应用，结合导数知识进行案例实战，辅助优化实际问题，可引入竞赛习题进行实战，帮助学生建立简单数学模型；

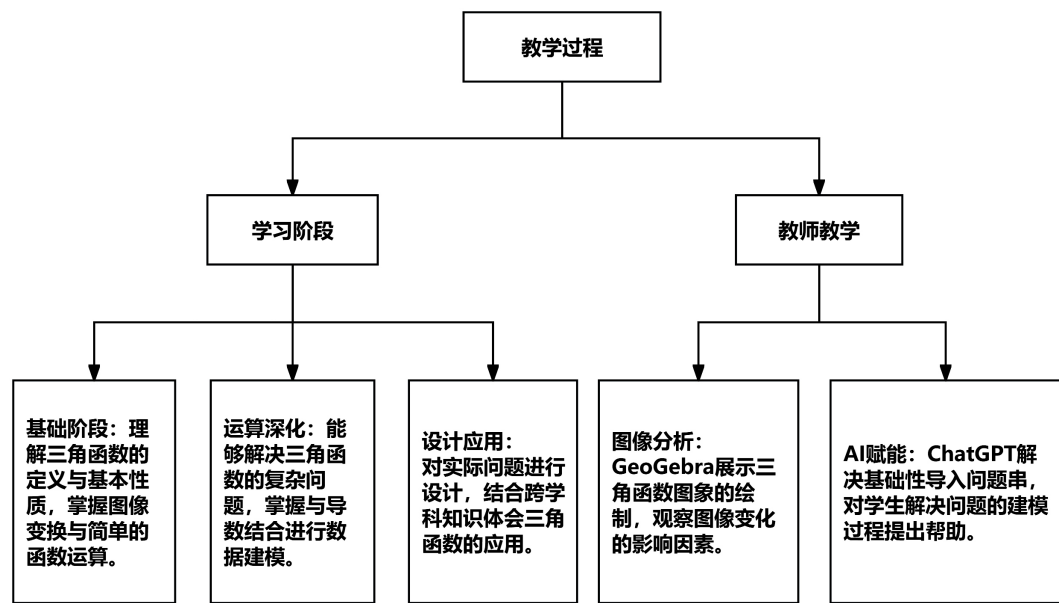


Figure 1. AI empowerment in the instructional design of trigonometric functions
图 1. AI 赋能于三角函数教学设计

阶段四包括 AI 赋能创新, 对三角函数模型进行跨学科应用, 结合地理知识进行正弦曲线记录地震波的地震监测, 结合物理知识对家庭交流电中正弦电流的传输使用进行分析, 结合音乐知识利用正弦波叠甲模拟乐器音色。

4. AI 应用于三角函数教学的实践案例

人工智能在高中数学函数模块的学习中发挥着重要作用, 促进了教学的整合与革新。鉴于三角函数模块学习的基础性、工具性和应用性, 以人工智能在高中数学中“三角函数的图象”的应用为例, 展示人工智能如何在概念课中实现教学设计, 辅助教师进行智能化备课, 提升教师教学能力, 结合 TPACK 理论(整合技术的学科教学知识)中的复合要素, 构建教学基本框架, 为 AI 指导下的三角函数教学提供新思路。

4.1. 教学目标与重难点

教学目标: 1) 通过 AI 技术理解三角函数的定义和形成过程; 2) 体验人工智能技术辅助三角函数图象生成的全过程。

教学重难点: 1) 三角函数的图象; 2) 三角函数的基本性质。

教学工具: GeoGebra、Deepseek、ChatGPT、智能题库系统(自动批改)。

4.2. 教学过程设计

4.2.1. AI 赋能：建构知识、情境导入

活动 1: AI 动态呈现周期性现象

教师提问: “生活中哪些现象具有重复出现的规律?” 学生积极回答游乐园的摩天轮、时钟的摆动, AI 同步展示动态案例库中的摩天轮旋转运行和钟摆摆动轨迹, 补充其余生活案例, 如月相变化、心电图波形等。教师引导学生观察: “这些曲线是否有相似的数学特征?” 引出本节课主题, 三角函数的图象是描述周期性现象的“数学语言”。

新课的情境导入中，教师借助了 TPK 理论(将信息技术与教学方法融合，进行直观教学)展示给学生单位圆在坐标系上的动态过程，在教师看来，借助 AI 图象，见图 2，展示与三角函数的教学联系，能够引发学生的好奇心，让学生理解更加形象地三角函数图象变化的过程，使得后续的教学过程能够自然地过渡。



Figure 2. Introduction image generated by AI as required by teachers
图 2. AI 根据教师要求生成的导入图片

教师以学生提出的生活中摩天轮为例，摩天轮，作为一种大型转轮状的机械建筑设施，为游客提供了独特的观景体验。当游客坐在摩天轮的座舱里，随着摩天轮缓缓转动，他们可以悠闲地俯瞰四周的景色。现在，我们面临一个问题：如何描述乘客在摩天轮转动过程中的位置变化呢？

【问题 1】假设摩天轮无休止地转动，怎样借助数学知识来刻画该游客的位置变化呢？

【追问】不难发现座舱的位置具有周期变化的规律，你认为这是由什么因素造成的？

【师生活动】学生通过思考，发现可以用圆周运动来刻画，把摩天轮看成一个圆，每个轿厢看成一个质点。教师借助 GeoGebra 补充并抽象出圆周运动模型，播放 AI 生成的摩天轮高度随时间变化视频，同步生成高度曲线(近似正弦曲线)。

4.2.2. AI 赋能：设计问题链条

学生尝试用一次函数、二次函数拟合，AI 实时生成拟合曲线，显示拟合误差较大，引导发现周期性函数的必要性，自然引出三角函数图象。见图 3 所示，其中 A 点为登上座舱的起点，P 点就是游客所在位置。

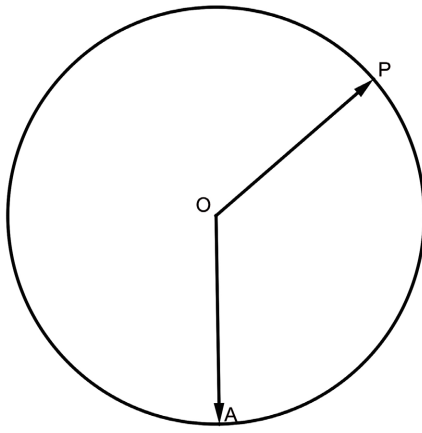


Figure 3. Simple image of ferris wheel motion simulated by AI
图 3. AI 模拟摩天轮运动的简易图象

【问题 2】单位圆上的动点 P 自 A 点按逆时针方向旋转，为描述其位置变化，我们可以用哪些变量刻画点的位置变化呢？建立直角坐标系进行描述。学生组内讨论，互相启发得出时间，角度，弧长，弦长，坐标等，小组成员互相启发，找到影响动点 P 的位置有关的变量，通过合作性学习，增加学生主动学习的体验感，学生思维不断发展，从而实现深度学习。

学生思考用角度来刻画点 P 的位置变化，角度为 $\angle AOP$ ，因此 A 点放在 X 轴正半轴，作为起点，教师借助 AI 补充绘制单位圆，以该圆的圆心为坐标原点，OA 所在的直线为 X 轴，建立如图 4 所示的平面直角坐标系，并设定该圆的半径为 1。

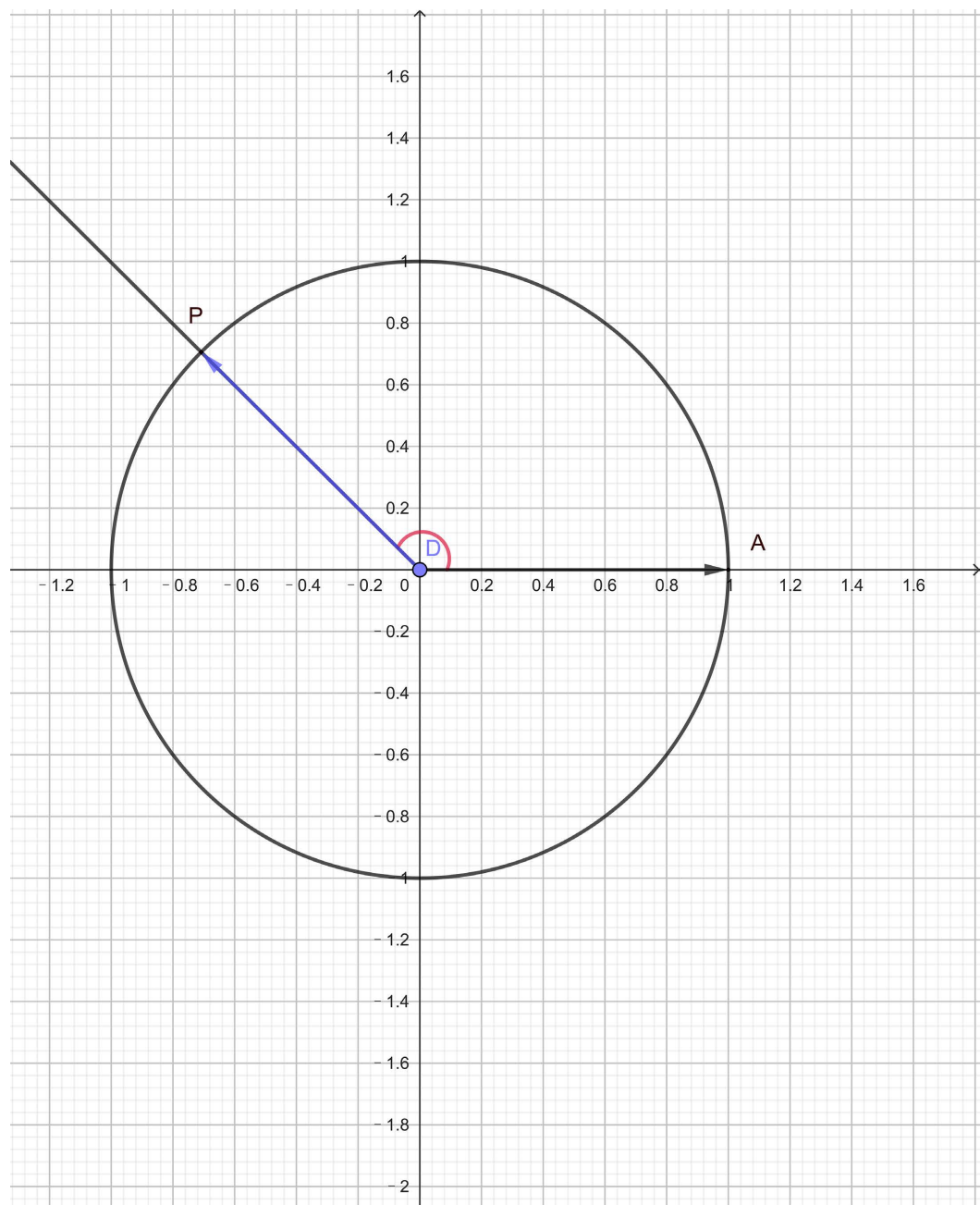


Figure 4. Establish a coordinate system based on the unit circle
图 4. 以单位圆为基础建立坐标系

如果把轴上这一段分成 12 等份, 使得的值分别为 $0, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}, \frac{2\pi}{3}, \frac{5\pi}{6}, \pi, \frac{7\pi}{6}, \frac{4\pi}{3}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{3}, \frac{11\pi}{6}, 2\pi$ 。

它们所对应的角的终边与单位圆的交点将圆周 12 等分, 再按上述画点 $T(x_0, \sin x_0)$ 的方法, 就可画出自变量取这些值时对应的函数图象上的点, 尝试用比较光滑的曲线连接起来, 借助 AI 技术绘制正弦函数的图象, 见图 5。

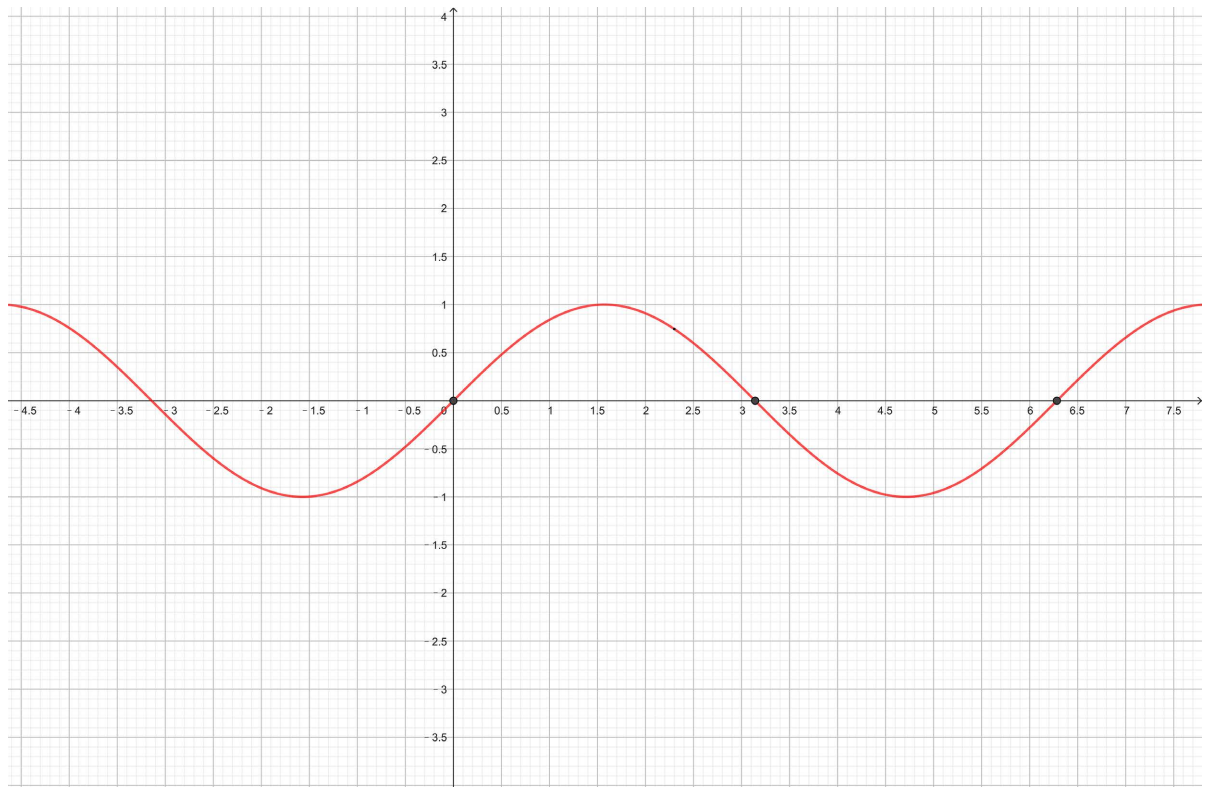


Figure 5. Plotting the graph of the sine function with GeoGebra
图 5. GeoGebra 绘制正弦函数的图象

教师利用人工智能辅助教学引导学生探究与验证, 辅助学生小组合作归纳正弦函数的共同特征, 如定义域、值域、单调性、奇偶性与周期性的判断。教师最后选择几名同学的图纸进行展示, 与学生探究取点过程, 分享自己的画图过程, 培养学生的语言能力, 以及可以用数学语言表达函数图象绘制过程, 以此带动班级学生进一步巩固三角函数的计算知识, 根据 Geogebra 软件在图象上取到足够多的点进行展示, 得到比较精准的 $y = \sin x, x \in [0, 2\pi]$ 函数的图象, 见图 6。

教师回归课前的知识引导, 思考根据函数 $y = \sin x, x \in [0, 2\pi]$ 的图象, 能想象函数 $y = \sin x, x \in R$ 的图象吗? 通过诱导公式一, 可知将函数 $y = \sin x, x \in [0, 2\pi]$ 不断向左、向右平移(每次移动 2π 个单位长度), 就可以得到正弦函数 $y = \sin x, x \in R$ 的图象。

Geogebra 展示正弦函数的图象, 其呈现的叫做正弦曲线, 是一条波浪起伏的连续光滑曲线, 见图 7。

【问题 3】同学们想象一下在确定正弦函数的图象形状时, 应抓住哪些关键点? 大家可以小组讨论一下。此时可以利用教学方法进行适当引导, 比如观察图象趋势变化明显的点和与坐标轴相交的点。

学生 1: 老师, 我们在讨论后认为在函数 $y = \sin x, x \in [0, 2\pi]$ 的图象上, 应该关注 $(\frac{\pi}{2}, 0), (\frac{3\pi}{2}, -1)$ 这两个点。

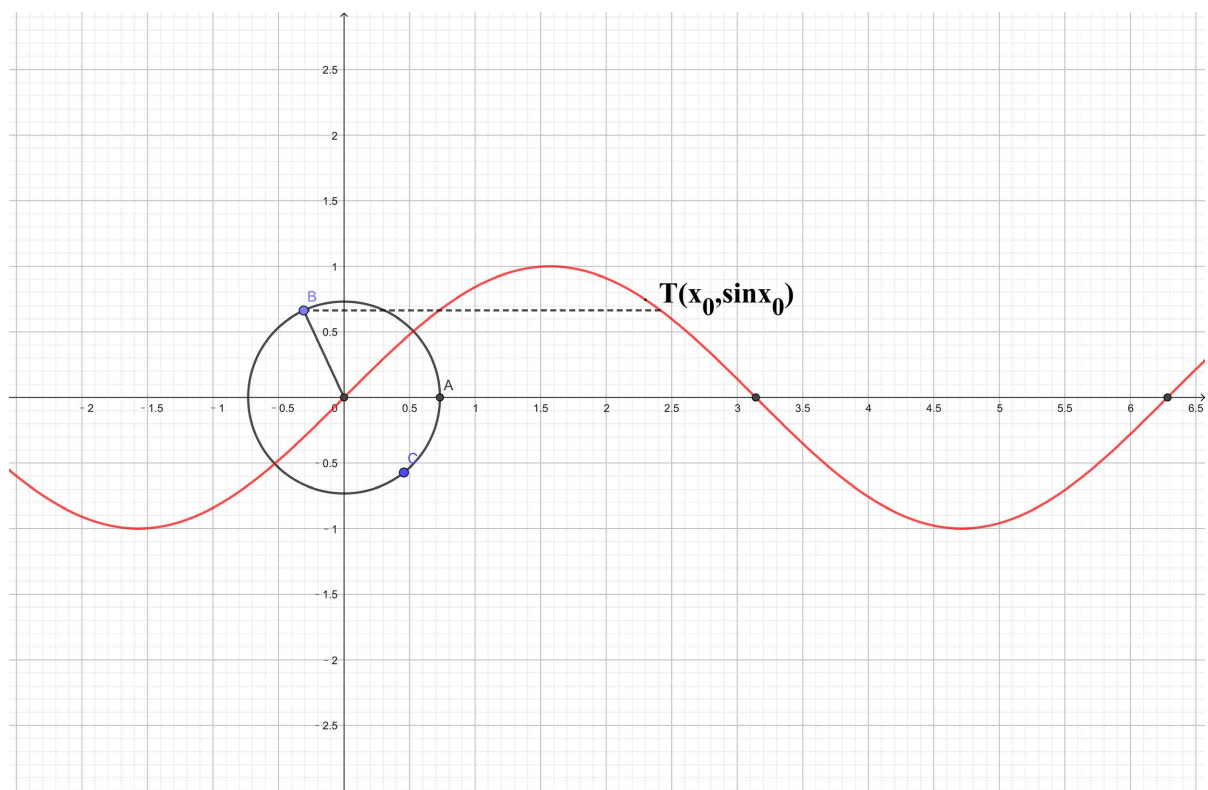


Figure 6. The graph of the sine function
图 6. 正弦函数的图象

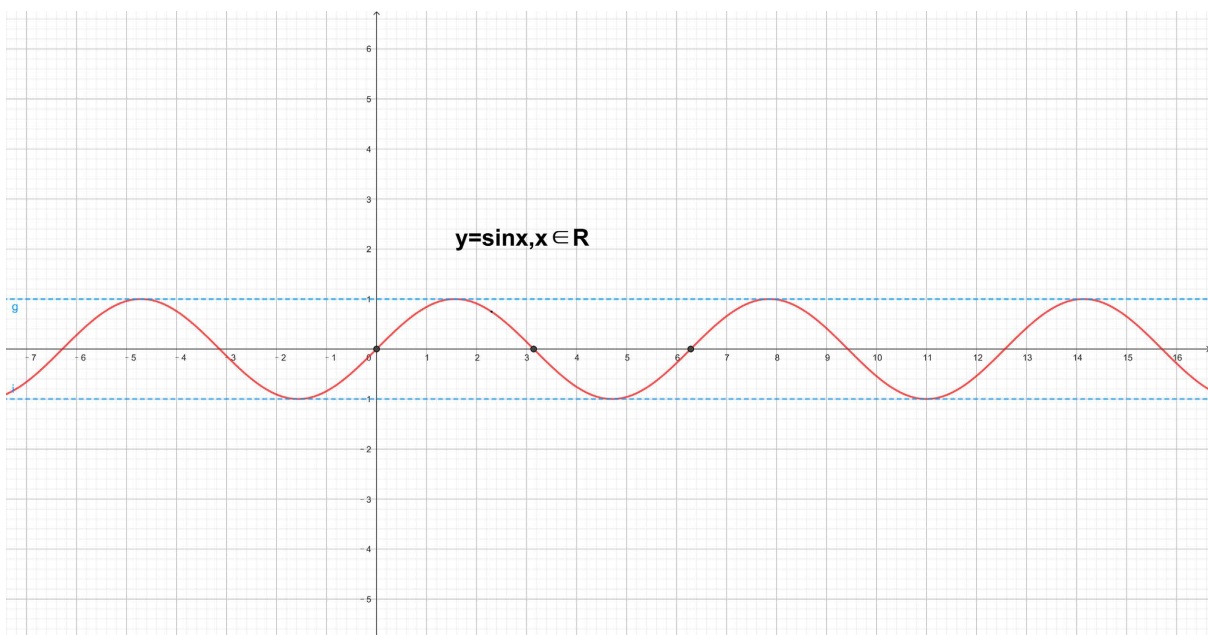


Figure 7. Sine curve
图 7. 正弦曲线

教师：非常好，那么你能说一下你选择这两个点的原因吗？

学生 1：可以的，因为我认为它们分别代表了函数图象上的最大值和最小值，对于确定函数图象的值

域有帮助，需要特别关注。

教师：很好，找得非常准。还有没有同学找到了其他关键点？

学生 2：老师，我们组认为还应该关注 $(0,0),(\pi,0),(2\pi,0)$ 这三个点。

教师：很好，请问你能说一下选择这三个点的原因吗？

学生 2：没问题，我们小组讨论后认为因为这三个点都是函数图象与坐标轴的交点，其中 $(0,0)$ 作为原点，可看作图象的起始点，函数图象经历了第一象限内的变化后在 $(\pi,0)$ 与坐标轴相交，经历了第四象限内的变化后在 $(2\pi,0)$ 结束，所以这些点很重要。

教师：回答得很棒，我们可以观察发现，在函数 $y = \sin x, x \in [0, 2\pi]$ 的图象上，以下五个点： $(0,0), (\frac{\pi}{2},1), (\pi,0), (\frac{3\pi}{2},-1), (2\pi,0)$ 在确定图象形状时起关键作用。描出这五个点，函数 $y = \sin x, x \in [0, 2\pi]$ 的图象形状就基本确定了，因此，在精确度要求不高时，常先找出这五个关键点，再用光滑的曲线将它们连接起来，得到正弦函数的简图，这种近似的五点(画图)法是非常实用的。

教师在教学过程中要注重提问的语言模式，借用引导性语言鼓励学生说出确定关键点的原因，依据 PCK 理论(基于具体的学习内容，使用合适的教学策略进行教学)引导学生养成数学思维，通过学生的语言表达，将教学知识呈现给全体学生，最后教师进行总结，突破教学重难点。

活动 2：AI 赋能引导余弦函数图象的推导

教师：由三角函数的定义可知，正弦函数、余弦函数是一对密切关联的函数，下面我们利用这种关系，借助正弦函数的图象画出余弦函数的图象。我们学习发现对于函数 $y = \cos x$ ，由诱导公式 $\cos x = \sin(x + \frac{\pi}{2})$ ，得 $y = \cos x = \sin(x + \frac{\pi}{2})$ ，结合之前学习的函数性质，我们能发现什么？

学生 3：老师，我们可以将 $y = \sin x$ 向左平移，就可以得到余弦函数的图象了。

教师：很好，那么我们就借助信息技术来展示一下正弦函数平移之后的结果，可以发现余弦函数 $y = \cos x, x \in R$ 的图象叫做余弦曲线，是与正弦曲线具有相同形状的“波浪起伏”的连续光滑曲线，见图 8。

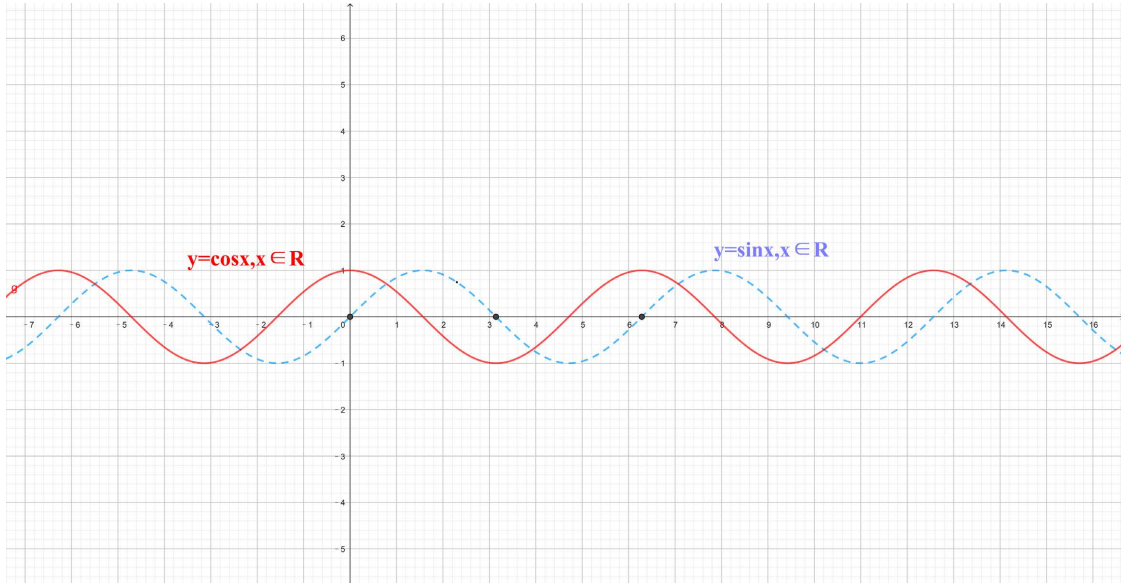


Figure 8. Cosine curve
图 8. 余弦曲线

教师在教学过程中要注重培养学生举一反三的思维能力,有效整合内容、教学方法和技术的知识,从学生的认知角度出发,让学生理解正弦函数与余弦函数间的联系,结合新旧知识引发学生的认知冲突,从而真正理解诱导公式在实际函数图象变化的研究过程中的作用,布置个性化作业,从智慧题库中进行解答。

4.2.3. AI 赋能:拓展应用三角函数

使用 DeepSeek 检验资料探究三角函数的含义,除了符号层面的解释,还应从图象、模型以及日常生活中实例进行详细阐释和举例,结合 ChatGPT 的解释进行综合整理,赋予学生不同学生对三角函数定义的个性化管理,从而加深学生对函数概念的掌握。三角函数的核心无论是用符号、图象、模型还是实物描述都需要满足定义方式,这样有助于帮助学生在数学问题和实际掌握场景中的灵活应用体现[6]。

教师在完成课堂知识的讲授后,也要帮助学生培养正确的人生观和价值观,这是基于 PCK 理论(引导学生形成良好的道德品质),课堂做到首尾呼应的同时,将 Geogebra 的教育技术贯穿整个课堂,完成 TPACK 理论在教学设计中综合运用技术、教学法和学科内容的能力。

与此同时,教师可以通过智能题库系统进行在线反馈探究,学生输入做题结果,AI 进行实时分析,及时批改,形成反馈性评价,并推送相关知识链接或者微课视频,针对不同个体形成个性化的 AI 学习库。同时针对学生的回答形成问题记录,生成个人学习档案和建议。

5. 结语

人工智能技术深度融入高中数学教育,通过构建 AI 赋能动态培养育人生态,使得 AI 主导下的教更灵活、学更个性,帮助教师走出传统教学模式,避免传统教学中教学设计的刻板割裂状态,依托人工智能实现教学策略的动态优化、学习路径的个性化适配,结合课程思政,不断更新融入新信息,形成具有自我迭代特征的数学教育生态[7]。

同时,建构主义理论指导下的 TPACK 框架也可以应用于一般的高中数学教学,具体策略包括以下几方面。设计以学生为中心设计教学活动。突出学生主体地位,让学生通过观察自主探索、合作交流,发现数学现象,提出问题并尝试解决。促进技术与数学知识深度融合。利用技术突破教学难点,对于抽象的数学概念和复杂的数学过程,运用 AI 赋能与信息技术进行可视化展示。借助 AI 技术实施多元评价,过程性评价与终结性评价相结合,利用在线学习平台记录学生的学习过程,包括参与讨论、完成作业、在线测试等情况,对学生的学习过程进行及时反馈和评价。

人工智能技术在高中数学教学中的应用,为学生学习三角函数提供了新的助力,同时,我们也要提防“网络是一把双刃剑”这一问题,当学生学习过度依赖人工智能的算法题库、教师教学过度依赖人工智能给出的建议优化时,数学应该强化抽象与逻辑推理培养,避免思维单一,尝试渗透跨学科联结意识,连接物理、生物、地理和经济等领域,借助 AI 工具实现跨学科问题解决,呼应教育趋势。人工智能与数学教育的融合正在催生新环境下的教学生态,这就要求教育工作者保持对数学本质的坚守,具备驾驭智能技术的素养[8]。未来的数学教育要将传统数学思维与计算思维深度交融,最终培养出具有数字智慧的数学人才。

基金项目

黄冈师范学院教学研究项目(2023CE22);黄冈师范学院研究生工作站课题(5032025023)。

参考文献

- [1] 李桂娟. 人工智能赋能小学数学教育公平性的研究[J]. 教育与装备研究, 2025, 41(1): 23-28.

-
- [2] 朱金凤, 沈中宇, 沐方华, 等. AI 应用于高中数学函数专题“教学评”一体化的实践探索——以人教 A 版“函数的概念”为例[J]. 中学数学月刊, 2025(7): 57-60.
- [3] 吴晓雪. 问题驱动视角下高中数学课堂建构策略探析——以人教版“三角函数图象与性质”为例[J]. 理科爱好者, 2025(3): 43-45.
- [4] 吴荣燕. 指向深度学习的单元教学活动设计——以三角函数中的大概念“单位圆”为例[J]. 数学教学通讯, 2024(21): 22-24.
- [5] 银婉秋. 基于深度学习的三角函数单元教学设计研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州大学, 2024.
- [6] 张振荣. 数学知识图谱构建与 AI 大模型在数学教育中的应用探索[C]//中国智慧工程研究会. 2025 素质教育创新发展交流会论文集(上册). 2025: 297-299.
- [7] 本刊编辑部. AI 时代, 我们需要怎样的数学教育? [J]. 上海教育, 2025(8): 1.
- [8] 徐海锋. “生成式 AI + 数智资源”赋能高中数学课堂教学的探索[J]. 教育传播与技术, 2024(6): 62-67+73.