Advances in Education 教育进展, 2026, 16(5), 1400-1407
Published Online May 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ae
https://doi.org/10.12677/ae.2026.1651003

Hans汉斯

化学学情诊断的传统路径与AI赋能对比研究

刘　健，辛景凡*

赤峰大学化学与生命科学学院，内蒙古　赤峰

收稿日期：2026年4月18日；录用日期：2026年5月15日；发布日期：2026年5月22日

摘　要

人工智能技术在教育领域正在不断地深入应用，学情诊断的方式正在从传统经验主导到信息技术赋能方面的改变。本文通过比较化学传统学情诊断与人工智能学情诊断在诊断方式、数据采集、应用效果等不同方面的差异，从各方面分析了传统方法存在的主观性、片面性问题，以及人工智能技术在实现精准、全面诊断方面所展现出的显著优势。另外，本文还探讨了人工智能学情诊断目前面临的算法歧视、隐私风险等挑战，并简单提出推动人机协同、加强人工智能算法等未来发展方向，以此为教育工作者能够有效整合两种诊断模式、优化教学决策科学性提供参考。

关键词

学情诊断，人工智能，化学，比较研究，人机协同

A Comparative Study of Traditional Approaches and AI Empowerment in Chemistry Learning Situation Diagnosis

Jian Liu, Jingfan Xin*

School of Chemistry and Life Sciences, Chifeng University, Chifeng Inner Mongolia

Received: April 18, 2026; accepted: May 15, 2026; published: May 22, 2026

Abstract

Artificial intelligence technology is being increasingly and deeply applied in the field of education, and the approach to learning situation diagnosis is shifting from traditional experience-oriented methods to information technology-empowered ones. This paper compares traditional chemistry learning situation diagnosis with AI-based learning situation diagnosis across different dimensions,

*通讯作者。

文章引用: 刘健, 辛景凡. 化学学情诊断的传统路径与 AI 赋能对比研究[J]. 教育进展, 2026, 16(5): 1400-1407.
DOI: 10.12677/ae.2026.1651003

including diagnostic methods, data collection, and application effectiveness. It analyzes the subjectivity and one-sidedness inherent in traditional methods from various aspects, as well as the significant advantages demonstrated by AI technology in achieving precise and comprehensive diagnosis. Additionally, this paper explores the current challenges faced by AI-based learning situation diagnosis, such as algorithmic bias and privacy risks, and briefly proposes future development directions, including promoting human-machine collaboration and strengthening AI algorithms. The aim is to provide a reference for educators to effectively integrate these two diagnostic models and optimize the scientific nature of teaching decisions.

Keywords

Learning Situation Diagnosis, Artificial Intelligence, Chemistry, Comparative Study, Human-Machine Collaboration

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. 引言

1.1. 问题缘起：化学教学中的诊断困境

化学是一门在分子、原子层面研究物质性质和变化的自然科学。日常教学里，教师常碰到这种困境：学生能熟练背诵“化学平衡移动原理”，却没法解释生活里常见的相关现象；能写对化学方程式，却不懂背后的微观粒子变化，实验操作看着规范，可实验报告漏洞百出。这种“知”和“行”脱节、“表象”和“本质”分离的情况，彰显出传统学情诊断方式的局限性。教师通常只能靠课堂互动、作业批改，再加上考试测评这些有限方式了解学情，这种抽样式的、延迟的诊断难以全面、及时地把握每位学生的真实思维过程和学习障碍。

当前教育数字化转型在推进，《普通高中化学课程标准(2017 年版 2025 年修订)》正在深入实施，化学教学正朝着更注重“核心素养导向”与“教－学－评”一体化的方向走。新版课标不光强化了“宏观辨识与微观探析”等学科核心素养，还明确倡导在评价中用人工智能等技术，推动教研从“经验导向”改成“数据支撑”。如何将人工智能有效地融入教育教学的各个环节，已经成为教育现代化进程中的重要课题[1]。

在此背景下，学情诊断作为连接教学与评价的关键环节，其模式的革新变得尤为迫切。

1.2. 核心概念与研究问题

学情诊断是指教师或系统通过收集、分析学生学习过程与结果的多维数据，识别其知识掌握、能力发展、思维特点及情感态度等方面的情况，进而分析原因、提供反馈并调整教学策略的系统过程。

其准确性与全面性直接影响到教学目标应该如何设定，还有教学内容和教学策略的选择。传统的教学实践中，学情诊断主要靠教师的个人经验和直观观察，这种方式虽然积累了丰富的实践经验，但在大规模、个性化教育需求日益增长的今天，它的局限变得越来越明显。近年来，人工智能技术的迅速发展为学情诊断带来了新的契机，能让它更客观快捷，还能直接展示出来。所以系统梳理并比较传统学情诊断与人工智能学情诊断的异同、优势与困境，对于促进教育评价体系的现代化转型、推动精准教学的实施具有重要的理论与现实意义。

基于此，本文旨在探讨以下核心问题：

① 在化学学科中，基于教师经验的传统学情诊断路径有何特点、优势与局限？

② 人工智能技术如何赋能化学学情诊断？形成了哪些新的模式与应用场景？

③ 两种诊断路径如何有效融合，构建“人机协同”的化学智能诊断新范式？

2. 传统学情诊断：经验主导及其局限性

2.1. 依赖主观经验的诊断方式

传统模式里，教师是学情诊断的主体。诊断过程很依赖教师的个人专业素养、教学经验甚至直觉。比如，教师靠学生课堂上的表情、举手频率、答题质量，判断他们的理解程度。这种做法虽体现了教师的教育智慧，但难免有较强的主观色彩。不同教师可能因为关注点、经验积累甚至情绪状态不一样，对同一个学生会有不同判断，影响诊断的一致性和客观性。

2.2. 单一局限的数据采集渠道

传统学情诊断用的数据类型比较单一，大多是考试成绩、作业完成情况、课堂提问这些好观察、能量化的外部行为指标。这些数据虽然能反映学生的学习结果，但没法抓住他们内在的思维过程、情感态度和能力发展的慢慢变化。有研究指出，传统方法就像“用渔网量水流”，漏掉了不少关键信息。比如，它无法诊断学生出现错误概念的深层原因，也无法一直追踪每个学生学习时的微小变化。

2.3. 滞后且概括化的应用效果

因为数据采集和处理主要靠人工，传统学情诊断效率通常不高，具有明显滞后性。教师一般要花很多时间去批改作业和试卷后才能拿到反馈信息，很容易错过干预的“黄金窗口期”。根据艾宾浩斯遗忘曲线，记忆的遗忘在学习后立即开始，且在最初 24 至 48 小时内最为迅速。因此，滞后的诊断与反馈会大大削弱干预效果，无法在学生知识结构最易动摇的初期提供巩固支持。另外，传统诊断结果通常是对学生群体的整体描述，缺乏对个体认知结构、学习风格与障碍点的精细刻画，难以支撑真正意义上的个性化教学。

2.4. 高质量传统形成性评价的价值与协同空间

需指出的是，传统学情诊断并非全无优势。优质教师实践中，课堂深度追问、分层提问、同伴互评等形成性评价策略，能捕捉学生的思维过程并提供即时情感反馈，这是当前 AI 难以替代的。然而，这些方法难以规模化且记录成本高。AI 的价值不在于替代，而在于增强：例如，AI 可根据学生历史提问数据为教师推荐个性化追问问题，或对同伴互评文本进行语义分析以筛选高质量评语。二者协同的关键是将教师经验“数字化增强”而非“机械化取代”。

3. AI 学情诊断：技术赋能及其优势

3.1. 多模态数据采集与深度融合

AI 学情诊断打破了传统数据的边界，能采集并把多模态、全过程的学习数据合在一起。这不只有传统的成绩和作业数据，还有学生在数字平台上的操作日志、在线学习时长，甚至是智能传感设备抓到的微表情、眼动轨迹、皮肤电阻、脑电波等生理和行为数据。比如，北京师范大学的“智慧学伴”系统，靠语音分析找出学生的理解困惑，准确率接近 90% [2]；清华大学的研究分析课堂里的生理反馈信号后发现，学生每分钟皱眉超过 5 次，知识吸收效率就有明显下降。这些多维数据共同构成了对学生学习状态的立体化、全景式描绘(具体维度拓展见表 1)。

Table 1. Multi-dimensional expansion of AI learning diagnosis
表 1. AI 学情诊断的多维度拓展

诊断维度	传统方法关注度	AI 技术实现方式	应用实例
生理反馈	低	智能感知设备捕捉微表情、皮肤电阻等	皱眉频率与知识吸收效率关联分析
操作行为	中	记录虚拟实验操作轨迹、设备使用精度	构建实验技能的“数字画像”
思维活动	低	便携式脑电设备监测脑波活动	识别解题顿悟时刻的高频脑电波

3.2. 智能算法模型与精准诊断

靠已有数据，AI 用先进的算法模型仔细挖掘和分析来做到精准诊断。

① 认知结构诊断：AI 可以通过对学生的答题序列、反应时间等做分析，搭建其知识图谱，找出知识漏洞和错误概念。例如，松鼠 AI 的“Deep K12”项目能通过分析手写草稿重建学生思维，对数学错误进行细粒度分析原因[3]。

② 情感与参与度分析：用面部表情、语音语调和非语言行为的数据，AI 能自动认出学生的专注度、困惑情绪或学习投入程度。研究发现，自动化探测器用在教育软件日志分析上，它的成本效益和规模扩展性比传统观察方法有潜力。

③ 社会交互分析：用图卷积网络等技术，AI 能画出学生之间的交互关系图，做了合作学习、讨论互动这些社会性因素对学习效果影响的分析，给出从各方面的评价视角。在基于 AI 精准诊断构建个人知识档案之后，教学的核心挑战转变为如何为每个学生规划并管理一条最优学习路径[4]。

3.3. AI 在化学教学中的革新性应用场景

3.3.1. 知识图谱与迷思概念的系统式挖掘

AI 能做细粒度的化学知识图谱，把概念、原理这类知识和技能用网络连起来。学生做线上练习时，系统不光能判断单题对错，还能分析作答序列，找到知识网络里的薄弱点，再关联到常见的“迷思概念”库。比如，系统能发现某个学生做“原电池”相关题错得多，还能查出他的深层迷思是觉得“电子在溶液里直接移动”，不是通过外电路定向移动。这么系统又批量的迷思概念诊断，传统方法做不到。

虚拟仿真实验的量化过程性打分：在虚拟化学实验平台上，学生做“粗盐提纯”“制备乙酸乙酯”等实验。AI 能全程记录并对每个操作步骤做了分析：称量精度、加热温度控制、试剂添加顺序与速度、分离操作手法等。实验结束后，系统不仅能说结果对不对，还能生成一份量化打分报告，指出“你的过滤操作平均用时太长，三次倒液体的角度差得较多，建议多练这个”。这对实验技能的精细培养有帮助。

3.3.2. 微观过程的可视化交互和理解诊断

面对抽象的微观世界，靠 AI 的交互式模拟就能变成好用的工具。比如，学“化学键”的时候，学生能亲手在屏幕上“拖动”原子，试着组成分子，系统会立刻给出能量变化、键长键角这些信息。AI 分析学生的构建路径、尝试次数、停留节点，能判断学生对成键原理、分子空间构型的理解程度，比传统看静态模型或动画更深入。

3.3.3. 计算类问题的步骤拆分与自动反馈

对于复杂的化学计算题(比如化学反应速率计算、平衡常数计算，还有滴定曲线分析题)，AI 训练之后，能像个耐心的老师似的，自动识别解题步骤，判断每一步的逻辑、公式、数据代入和单位有没有问题，还能对着出错的具体步骤给提示，不是只给个最终答案。

3.3.4. 动态规划个性化学习路径

通过持续诊断每位学生的知识状态、能力水平，AI 能当“智能导航”，动态规划并推送个性化学习资源序列：给概念不清的学生推送基础讲解微视频，给计算薄弱的学生安排针对性练习，学有余力的学生则能拿到拓展探究任务，做到“因材施教”。

4. 传统与 AI 学情诊断的综合对比

为了更清晰地展现两种模式的差异，以下从多个维度进行系统比较(见表 2)。

Table 2. Comprehensive comparison of traditional learning situation diagnosis and AI learning situation diagnosis
表 2. 传统学情诊断与 AI 学情诊断的综合对比

比较维度	传统学情诊断	AI 学情诊断
诊断方式	教师经验主导，主观性强	数据驱动，追求客观化
数据采集	单一、静态、结果性数据	多模态、动态、过程性数据
技术方法	依赖人工观察与纸笔测验	运用机器学习、深度学习等算法
诊断效率	滞后，处理大量数据时效率低	快捷，能实现大规模、实时分析
诊断精度	概括化，易受主观偏见影响	精准化，能洞察微观变化
应用规模	适合小群体、深度访谈	易于规模化应用，支持个性化
伦理考量	隐私风险较低	面临算法歧视、数据隐私等风险

5. AI 学情诊断的现实困境与深层伦理反思

5.1. 算法歧视与公平性质疑

AI 模型的决策主要靠它的训练数据。如果训练数据本身有偏见(例如，某些学生群体的数据不足)，算法就可能照搬甚至放大这些偏见，对特定学生给出不公平评价。比如，靠语音识别的系统对有口音的学生识别准确率较低，会影响对他们学习状态的判断。从教育社会学视角看，算法歧视可能加剧教育中的“马太效应”——本就处于弱势的学生群体(如方言口音、经济欠发达地区、特殊教育需求学生)因数据代表性不足而获得更低的诊断准确率，进而被系统性地分配更少的学习资源或更低的教学期望。这种技术驱动的偏见再生产值得高度警惕。

5.2. 隐私威胁与数据安全风险

AI 学情诊断要收集大量学生数据，里面有不少个人敏感信息。要是这些数据被乱用或者泄露了，会严重威胁学生隐私。所以，怎么完善隐私安全保护机制，如何健全隐私安全保护机制，是 AI 学情分析发展必须跨越的障碍。

5.3. 认知偏重与“数据孤岛”问题

当前部分 AI 系统过于侧重对可量化外部行为的分析，可能忽视了学习中那些难以量化的高级思维能力、创造力以及情感态度的培养。此外，教育领域中普遍存在的“数据孤岛”现象，使得不同平台间的数据难以互通互认，限制了 AI 模型性能的充分发挥。

5.4. 深层伦理挑战：从社会学与心理学视角的审视

(1) 对学习文化的潜在影响

AI 系统倾向于量化、可追踪的行为指标(如答题正确率、专注时长、微表情)，可能导致“可测量优

先”的教学文化。有些难以量化但对科学素养至关重要的能力可能被边缘化。化学教育尤其需要警惕：学生是否因追求 AI 系统的高分而回避具有挑战性的开放探究任务？

(2) 对学生心理健康的隐性影响

持续的数据采集与分析可能诱发“被监视感”，进而引发学习焦虑或防御性行为。例如，学生可能刻意调整自己的操作行为以迎合 AI 的“良好模式”，而非真实探索。心理学研究指出，过度外部监控可能削弱内在动机，将学习从“求知”异化为“表演”。如何在精准诊断与心理安全之间取得平衡，是 AI 学情分析必须面对的课题。

(3) 对教师专业发展的结构性影响

若 AI 诊断系统过度主导教学决策，教师可能从“专业决策者”退化为“系统执行者”，其专业判断能力与教学创造力面临退化风险。因此，教师培训不仅要教会教师“如何使用 AI 工具”，更应培养其批判性评估 AI 输出的能力，以及对 AI 建议“有选择地采纳或否决”的专业自主性。

5.5. 迈向负责任的 AI 学情诊断：对策与建议

针对上述伦理挑战，本文提出以下初步建议：

① 算法透明度：要求 AI 诊断系统公开其核心特征(如哪些数据维度权重较高、决策逻辑的可视化说明)，并接受第三方审计。

② 人机边界设计：明确划分 AI 自动决策与教师最终裁定的边界。例如，AI 可发出“学习困难预警”，但干预方案的制定与执行必须由教师主导。

③ 数据权利框架：建立教育场景下的数据使用者权利清单，包括知情权、解释权、异议权与遗忘权。

6. 未来路径：人机协同的融合模式

6.1. 未来方向及实践方案

未来的方向绝不是“AI 替代教师”，而是构建一种“人机协同，优势互补”的智能诊断新模式。核心想法是：AI 当教师的“超级感官”和“智能参谋”，负责处理大量可量化、重复的数据收集与分析工作；教师则当“智慧大脑”和“灵魂导师”，专注于价值判断、情感互动，还有创造性问题解决和复杂决策。

以“化学反应速率与化学平衡”单元为例的融合实践方案：

阶段一：课前精准预习与诊断(AI 主导，教师决策)

AI 平台推送有“浓度、温度、压强、催化剂对速率影响”核心概念的微课与前置测验。

AI 分析全班预习数据，做出诊断报告：直观展示各知识点的平均掌握率，标出迷思概念高发区(如“误认为催化剂改变平衡转化率”)。

教师读报告，确定课堂重点难点，设计分层探究任务：基础薄弱组设计验证性虚拟实验；进阶组设计开放性探究问题。

阶段二：课中差异化教学与深度互动(人机协同)

教师讲授核心原理，针对 AI 诊断的共性难点重点突破。

学生分组做虚拟探究实验：在仿真环境里探究不同条件对合成氨反应的影响。AI 实时记录各组实验设计、数据采集和做分析的过程。

教师巡视指导，观察小组合作情况，听其讨论内容，对 AI 抓不到的“思维火花”或“合作障碍”及时做引导。

课堂快结束时，教师用 AI 平台发起即时测评，检查当前课堂效果，根据实时数据调整课后安排。

阶段三：课后个性化巩固与关怀干预(人机分工)

AI 根据课里的表现和测评数据，给每个学生推送个性化的巩固练习包、拓展阅读材料或纠错讲解视频。

AI 自动批改作业，并生成新一轮的学情仪表盘，给疑似“掉队”或有“学习焦虑”迹象的学生做预警。

教师不用批改所有基础作业，而是把宝贵时间用来：和预警名单上的学生做有针对性的一对一面谈，给他们情感支持和思维点拨；设计跨学科的项目学习任务。

6.2. 对未来化学教师的角色期待

在这种融合范式下，化学教师的角色将实现升华：

从“知识传授者”到“学习设计师”：能靠 AI 给的学情数据，设计更精准、更贴合个人的学习体验。

从“经验判断者”到“数据协作者”：具备解读数据、能和 AI 系统协作的“数据素养”，做出更靠谱的教育决策。

从“技能训练员”到“成长导师”：更专注于培养学生对化学的热爱，教他们科学的思维方法，养成严谨求实的态度，还有解决复杂实际问题的能力，这些是 AI 替代不了的育人核心。

7. 结论与展望

7.1. 研究结论

化学学情诊断的传统路径和 AI 赋能模式，各有自己的优势和适用边界。AI 系统能够依据学生的实时表现，智能适配推送的学习资源和习题，并提供即时性、形成性的个性化反馈[5]。前者擅长深度理解、情感互动，还能做情境决策；后者擅长批量分析、量化反馈，还能提供个性化支持。

二者在化学学科里是互补共生的，不是互相取代的关系。构建人机协同的智能学情诊断模式是必然趋势。它的关键是分好工：AI 处理可量化部分，省出教师精力；教师专注不可量化的人文关怀和智慧创造，达到 $1 + 1 > 2$ 的效果。

7.2. 研究不足与展望

本研究主要为理论探讨与框架设计，未来研究可进一步深入：

① 做实证研究：在不同类型学校、不同化学教学主题中，实施融合方案并评估实际效果。

② 研究前沿技术结合：看看情感计算技术怎么帮 AI 更准确识别学生学习情绪，还有可以解释 AI 怎么让诊断过程更透明可信、AR 技术怎么打造更沉浸的化学实验诊断环境。

③ 抓好伦理规范研究：仔细研究教育数据使用的伦理框架与政策建议，让技术赋能走在健康、公平的轨道上。

④ 教育数字化转型的势头已经势不可挡，但技术的温度一直得靠人赋予。在化学教育中，要是教师的经验智慧和 AI 的数据智能能够结合起来，我们就能进入一个既能“看见”每个分子变化，也能“照亮”每个学生成长的精准教学新时代。

基金项目

内蒙古自治区科学技术厅项目(2023LHMS02009)；内蒙古自治区教育科学“十四五”规划 2025 年度课题(2025NGHGZ083)；赤峰大学 2026 年度第二批博士科研创新发展基金项目(BSJJ2610)。

参考文献

[1] 郑长龙. 数智化新时代重构化学教育及化学教学论学科新体系[J]. 化学教育(中英文), 2025, 46(1): 127.

[2] 刘宁, 王琦, 徐刘杰, 等. 教育大数据促进精准教学与实践研究——以“智慧学伴”为例[J]. 现代教育技术, 2020, 30(4): 12-17.

[3] 崔炜, 薛镇. 松鼠 AI 智适应学习系统[J]. 机器人产业, 2019(4): 84-94.

[4] 洪荣顺. 人工智能技术与高中化学教学有效融合的路径探究[J]. 考试周刊, 2025(24): 122-125.

[5] 俞叶. 生成式人工智能技术在高中化学教学中的实践探索[J]. 中国信息技术教育, 2024(23): 81-84.