College and Job 职业教育发展, 2026, 15(11), 111-125
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ve
https://doi.org/10.12677/ve.2026.1511469

Hans汉斯

人工智能赋能职教本科《仪器分析》课程教学改革研究

——基于云端OpenClaw的智能作业批改系统设计与实践

张　毅[1]，杨玮民[2]

[1]深圳职业技术大学材料与环境工程学院，广东　深圳
[2]深圳职业技术大学本科教育学院，广东　深圳

收稿日期：2026年9月17日；录用日期：2026年10月29日；发布日期：2026年11月10日

摘　要

针对职教本科《仪器分析》课程教学中主观题作业批改耗时费力、学情分析难以深入等现实困境，本文依托深圳职业技术大学《仪器分析》课程建设基础，系统构建了基于云端OpenClaw的智能作业批改与学情分析系统。本系统以豆包大模型为支撑，通过任务拆分的技能组合方式，实现了主观题自动批改、分步给分、作答思路研判、共性学情汇总与诊断报告生成的全流程自动化处理。实践表明，该系统能够在一到两小时内完成70人教学班的作业批改，显著提升批改效率、保证评分一致性并降低人工成本。同时，本系统通过数据脱敏处理和人工内容审查等机制确保数据安全与输出质量，为职教本科理工类课程的AI赋能教学改革提供了系统化、可复制的实践路径。

关键词

人工智能教育，仪器分析，职教本科，智能批改，学情分析，OpenClaw

Research on Teaching Reform of AI Empowered Vocational Education Undergraduate Course *Instrument Analysis*

—Design and Practice of Intelligent Homework Correction System Based on Cloud OpenClaw

Yi Zhang[1], Weimin Yang[2]

[1]School of Materials and Environmental Engineering, Shenzhen Polytechnic University, Shenzhen Guangdong

文章引用: 张毅, 杨玮民. 人工智能赋能职教本科《仪器分析》课程教学改革研究[J]. 职业教育发展, 2026, 15(11): 111-125. DOI: 10.12677/ve.2026.1511469

[2]College of Undergraduate Education, Shenzhen Polytechnic University, Shenzhen Guangdong

Received: September 17, 2026; accepted: October 29, 2026; published: November 10, 2026

Abstract

In response to the practical difficulties of subjective homework correction in the teaching of the undergraduate course *Instrument Analysis* in vocational education, such as time-consuming and laborious work, and difficulty in in-depth analysis of learning situations, this article relies on the construction foundation of the *Instrument Analysis* course at Shenzhen Vocational and Technical University to systematically construct an intelligent homework correction and learning situation analysis system based on cloud OpenClaw. This system is supported by the Big Bean Bun Model and achieves the full process automation of subjective question automatic correction, step-by-step scoring, analysis of answer ideas, summary of common learning situations, and generation of diagnostic reports through the skill combination of task splitting. Practice has shown that the system can complete homework grading for a 70-person teaching class within one to two hours, significantly improving grading efficiency, ensuring grading consistency, and reducing labor costs. At the same time, this system ensures data security and output quality through mechanisms such as data anonymization and manual content review, providing a systematic and replicable practical path for AI empowered teaching reform in vocational education undergraduate science and engineering courses.

Keywords

Artificial Intelligence Education, *Instrument Analysis*, Vocational Education Undergraduate Program, Intelligent Correction, Analysis of Academic Situation, OpenClaw

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. 问题提出与研究背景

1.1. 职教本科《仪器分析》课程作业批改的现实困境

《仪器分析》是职教本科分析检验技术、环境工程、食品质量与安全等专业的一门核心专业课程。该课程涵盖原子吸收光谱法、紫外－可见分光光度法、气相色谱法、液相色谱法等多种仪器分析方法，强调学生对分析原理的深入理解、对分析过程的严谨推理以及对计算过程的准确呈现[1] [2]。相应地，课程作业大量以计算题、简答题和项目化方案等主观题形式呈现，以考查学生的综合运用能力。

然而，主观题作业的批改给教师带来了批改效率低的问题。正如教学实践中所观察到的：“日常教学中，教师需要花费大量时间批改学生作业，在批改手写体作业时，甚至需要花费更多时间识别内容。如果在批改作业同时，还要进一步揣测学生作答思路，并分析全班学情，就需要花费更多时间。”这一矛盾在职教本科扩招、班额增大的背景下愈发突出[3] [4]。

1.2. 现有技术工具的局限性

当前，“目前学习平台已经可以处理客观题作业的批改，但是少有批改主观题，如计算题、简答题的功能”，在探索主观题智能化批改的过程中，曾尝试多种主流技术路径，但均遇到不同程度的障碍。

首先是对话大模型方案。对话大模型虽具备自然语言理解能力，但受限于上下文语句语义，输出不稳定，尤其在处理多份作业的批量批改时，评分标准和批改一致性难以保证[4] [5]。同时，不同学生作业之间的评分标准不统一也会导致结果缺乏可比性[6]。

其次是选择通用智能体方案。智能体虽然支持工作流搭建，但搭建工作流过程较为复杂，且批量输入文件存在一定的限制。在涉及数十份作业批量处理的实际场景中，这种限制极大地制约了智能化批改的落地效率。第三是 WorkBuddy 方案。这一工具在批量输入图片时同样存在限制，且其本地安装模式存在一定风险。经过综合对比与分析，最终选择了云端 OpenClaw 作为技术平台，该方案具备“云端部署，无本地信息泄露风险，操作自主度高，支持一键部署和多种大模型选择”等显著优势[7] [8]。

1.3. 研究目的与意义

本研究的核心目的在于：基于云端 OpenClaw 构建一套适用于职教本科《仪器分析》课程的智能作业批改与学情分析系统，实现从作业识别、自动批改、学情诊断到报告生成的全流程自动化。本研究的实践意义在于：其一，为职教本科理工类课程的主观题批改提供可落地的 AI 解决方案；其二，通过数据脱敏和人工审查机制，探索 AI 赋能教学中的规范化应用路径；其三，将智能批改系统与课程 AI 建设规划相衔接，为构建“师－生－机”深度交互的智慧教学生态提供技术积累[9] [10]。

2. 课程 AI 赋能建设的基础

《仪器分析》课程在长期建设中积累了较为扎实的 AI 融合基础。这些基础为本系统的实施提供了技术储备与资源支撑。

2.1. 数字化微视频资源积累

在校级金课建设基础上，课程已完成约 480 分钟的微视频资源，并已上线 i 深职平台用于日常仪器分析教学。这些微视频包括教学视频和三维教学动画等多种形式。在资源建设中，对于一些复杂的仪器操作过程，如质谱仪的调试和使用，通过微视频的形式进行详细展示，让学生更直观地了解操作步骤。对于复杂抽象的仪器原理，例如色谱柱上物质的保留行为的原理和特点，采用教学动画的方式模拟运动员在跑道上的进行讲解“范氏方程”，使得复杂的原理得以阐明。动态演示仪器的工作原理，使学生能够看到仪器内部的运作过程，这对于理解复杂的仪器结构和工作原理非常有帮助。

2.2. AI 数字人技术应用

在课程资源建设方面，课程团队已经完成教师的数字人建模制作。教师数字人通过克隆人物外形和个人音色的方式，将老师虚拟化，让老师在制作视频教学案例、以及一些长文本口述的视频时，可以极快的速度完成制作，并且形象口型和声音可以完全保持一致。尤其针对快速发展的环境监测技术和案例分析的视频制作，极大提高了效率，为学生打造更为灵活的、不受时空限制的移动学习场景。

2.3. 虚拟仿真教学系统

基于虚拟仿真仪器分析教学系统，融入到本课程教学中。该系统有效解决了传统教学的诸多问题，如仪器分析课程具有原理讲解难、仪器操作复杂、台套数少等特点，传统教学方法难以让学生真正具象地了解分析仪器的内部构造和工作原理而虚拟仿真技术可以有效解决这些问题；同时弥补实验教学不足，减少了操作训练较少，而在实际操作中的安全隐患。在虚拟环境中，学生可以自由实验，犯错不会导致实际损失，为学习提供了更安全的平台。同时，虚拟仿真可以提供无限次的模拟实验机会，让学生在虚拟环境中反复练习，提高操作技能。此外，虚拟仿真还支持学生可以根据自己的学习进度和兴趣，在仿

真软件内自由探索仪器的功能和应用。同时，教师可以根据学生的实际情况调整教学内容，提供个性化的辅导。

3. 智能作业批改系统的设计

3.1. 技术选型与方案对比

在系统设计初期，笔者分别尝试了对话大模型、智能体、WorkBuddy 三种技术路径。技术对比结果显示：对话大模型存在上下文连贯性差、评分标准和输出格式不统一、需输入复杂提示词等问题；智能体则面临批量处理文件逻辑复杂且受限，搭建工作流 AI 辅助弱，需大量人工处理的困境；WorkBuddy 需本地安装，有信息泄露风险，且难以批量识别图片。相较而言，coze-OpenClaw 方案云端部署，无本地信息泄露风险，操作自主度高，支持一键部署和多种大模型选择，是最适配本场景的技术路径。本系统最终选择豆包 2.0 lite 作为底层大模型，运行于 Coze 云端部署环境中。

3.2. 系统总体架构与工作流程

系统的主要工作流程为“导入评分标准–修改评分标准–识别学生作答–批改学生作业–分析学生学情–生成诊断报告”六步，对应的技能均在 OpenClaw 中通过对话生成并优化，开发时间约两个月，目前已能按要求稳定输出。

1. 评分标准提取与优化 系统首先调用提取答案技能，“将答案的文本或图片转化成为 Markdown 格式，公式转化为 LaTeX 格式；同时可以由 AI 判断，初步生成答案中每一步的对应知识点和评分标准(自动生成模版)”。该步骤实现了标准答案的结构化，将原始答案转化为带知识点标签、分步评分规则的标准化评分依据。

生成的评分标准模版包含以下结构化信息：题目内容、标准答案、各步骤对应知识点分析、每个得分点的满分分值及三个层级的评分规则(完全正确/部分正确/错误或未作答)。例如，对于《仪器分析》中“名词解释：吸收光谱”一题，评分标准将答案拆分为两个得分点，分别对应“吸收光谱的横纵坐标参数”和“吸收光谱的属性特征”，每个得分点下设明确的评分条件。

随后，教师可以查看答案和评分标准，之后，根据教师的经验和班级的学情，人工干预优化答案、对应知识点和评分标准。这一步可以通过人工手动修改 Markdown 文件，也可以调用修改答案技能通过对话由 AI 修改。

2. 批改任务拆分执行 确定评分标准后，系统进入批改执行阶段。为减少 token 用量，并提高 AI 输出的准确性，系统将整个批改过程拆分成“识别学生作答–批改学生作业–分析学生学情–生成诊断报告”四步，并使用批改作业技能统筹调度四个技能，提高自动化程度效率，如图 1 所示。

具体而言，批改过程分以下环节推进：识别学生作答环节：调用提取作答技能，提取学生的作答文本，输出格式为 markdown，公式通过 latex 输出。输入内容可以是每个学生作答的图片，也可以是学习平台导出的全班学生作答汇总表。系统能够将手写体的物理/化学公式准确转化，并根据学科惯例修正符号，例如将手写的 ω 识别为角速度符号并予以标注说明。作业评分环节：调用作业评分技能，根据教师修改的评分标准批改学生的作业。批改过程中，批改过程中根据学生作答过程判断学生的意图，而非机械地比对最终答案；同时采用分步给分的形式，并保留批改过程和评分理由，便于教师人为干预[10]-[12]。完成批改后，系统还会分析学生的错误原因和导致这个错误所欠缺的知识点，并给出个性化学习建议。

学情分析环节：调用学情分析技能，基于批改过程中分析的学生个性化学情汇总并分析出教学班的共性学情，如分数分布、共性欠缺知识点等，便于教师调整内容，开展后续教学。



pigaizuoye 技能检查结果

当前技能自身信息

- 技能名称：pigaizuoye（作业批改调度工具）
- 文件位置：/workspace/projects/workspace/skills/pigaizuoye.bak.20260511_081714/
- 核心文件：/workspace/projects/workspace/skills/pigaizuoye.bak.20260511_081714/SKILL.md
- 脚本文件：/workspace/projects/workspace/skills/pigaizuoye.bak.20260511_081714/scripts/grade.js

调用的技能列表及对应位置

pigaizuoye 是纯调度型技能，会自动调用以下技能完成全流程批改：

调用的技能名称	技能描述	技能文件位置
tiqudaan	标准答案提取工具，自动提取答案图片内容，分析知识点生成评分规则	/workspace/projects/workspa 60511_081724/SKILL.md
homework-auto-grader	作业自动批改工具，读取学生作答文件，根据评分标准完成单份批改	/workspace/projects/workspa ader.bak.20260511_081652/SK
homework-result-analyzer	作业批改结果分析工具，读取批改汇总数据，生成班级成绩分布、错误分析、薄弱知识点报告	/workspace/projects/workspa analyzer.bak.20260511_08155
homework-report-html	作业批改结果 HTML 报告生成工具，整合评分标准、数据分析，生成可视化网页报告	/workspace/projects/workspa html.bak.20260511_081701/SK

补充说明

1. pigaizuoye 自身仅负责流程编排，不实现具体批改逻辑
2. 所有依赖技能都在 /workspace/projects/workspace/skills/ 目录下，均为备份版本（bak 后缀）
3. 使用时需要通过 node 执行其脚本文件，传入作业文件夹路径参数

Figure 1. Overall system architecture and workflow
图 1. 系统总体架构与工作流程

报告生成环节：调用生成网页技能，“整合数据，生成 html 版的教学班本次作业的分析报告，包含分数统计、共性问题和个性问题，学生作答情况和批改过程等”。

为了提高 AI 的准确性，不仅需要优化提示词、skill.md 文件，更需要优化脚本，把工作流程、分值计算、核验等需要精确操作的工作从大模型端挪至脚本(JavaScript 或 Python 文件)，大大提高了评分、算分核验等步骤的准确性，确保输出的质量，并确保输出结果的准确，具体见图 2。

4. 多模态资源与系统实现

4.1. Skill 设计范例

Skill 的生成与调整通过对话实现，在对话中需要提出具体需求和操作方法，并且加上限制语“只修改这一步骤，不修改其他逻辑和输出内容”，避免 AI 修改其他正确无误的输出。

其中，批改作业为本系统的关键步骤，因此本节以实现批改作业相关的完整 skill 提示词展示实现 AI 精准批改作业的过程，如图 3 所示。

(1) 本系统通过批改作业的 skill 实现批改作业的全过程，创新点为：通过多次循环验证，确保批改



Figure 2. Example of skill script
图 2. Skill 的脚本示例



Figure 3. Example dialogue of skill fine-tuning process
图 3. Skill 微调过程对话示例

的完整和正确；通过调用 skill 整合批改过程，删除多余的思考过程文本；通过代码计算得分避免 AI 幻觉影响分数；通过严格限制输出文本，便于后续其他 skill 通过检索关键词，实现对批改结果的整合与分析。其 skill.md 文件如下：

---

name: homework-auto-grader

description: 作业自动批改工具，负责读取学生作答文件，根据评分标准完成单份作业批改，输出批改结果文件

作业自动批改工具

✨ 功能特点

1. **预加载评分标准**：自动读取作业文件夹下的`评分标准.md`，预解析每道题目的满分并加载到批改上下文

2. **支持多种作答格式**：支持图片格式(png/jpg/jpeg/webp)作答自动 OCR 识别，也支持 Markdown 文本作答

3. **自动分析学生解题步骤意图**：加载完学生作答后，先自动分析每一步解题步骤的意图，判断思路是否合理，再进行批改

4. **批量自动批改**：遍历`学生答案/`文件夹中的所有学生作答，逐个完成批改(也支持只批改单个学生文件)

   - 第一步：逐步骤判断学生每一步作答的正误
   - 第二步：正误判断完成后，根据评分标准逐题给分，得出每一题得分
   - **第三步：自动调用 `integrate-correction` 工具整合批改过程，只保留每道题最后正确的批改结论**
   - **第四步：使用代码提取逐题得分并验算总分，计算错误自动修正**
   - 第五步：汇总计算总分

5. **多层循环校验机制：**

   - **第一层循环：整体批改循环，校验所有必填部分(作答内容/正误判断/错误分析/分题得分/总分)是否完整，缺漏则重新批改直到无缺漏或达到重试上限**
   - **第二层循环：分题分步评分循环，每道题评分后自动校验是否超出该题满分，超分则重新评分直到符合要求或达到重试上限，超分多次后自动强制修正到满分限制内**
   - **第三层循环：总分验算循环，自动将分步得分相加验算总分，计算错误则自动修正直到正确**

6. **批改过程记录**：所有逐题批改尝试都会追加记录到`批改过程.md`，便于后续追溯和人工复核

7. **严格输出格式规范**：输出单份批改结果必须严格遵循顺序：

   1. 学生作答原始内容(已包含步骤意图分析)
   2. 学生解题思路分析
   3. 逐题评分详情(整合后只保留每一题最终得分和批改结论)
   4. 错误分析
   5. 欠缺知识点
   6. 改进建议
   7. 得分统计(分题得分明细 + 最终总分)

8. **自动后处理：自动清理批改结果中的思考过程、中间错误计分、修正性文字、错误提示，修复重复内容，保持输出整洁**

9. **自动更新汇总文件**：每批改完成一个学生，自动更新汇总文件：

- `批改作业汇总.md`：所有学生基本信息表格(姓名/学号/总分/欠缺知识点/错误分析)
- `学生作答汇总.md`：所有学生详细信息(作答内容/思路分析/错误/建议)
- `批改作业汇总.csv`：CSV 格式结构化汇总，便于 Excel 打开查看

📁 要求目录结构

输入结构

```
作业文件夹/
├── 评分标准.md          # 评分标准文件(必填)
└── 学生答案/            # 学生作答文件，每个学生一个文件
    ├── 学号-姓名.png/jpg   # 图片格式作答
    ├── 学号-姓名-作答.md   # Markdown 文本格式作答
    └── ...
```

输出结构

```
作业文件夹/
├── 评分标准.md
├── 批改过程.md                  # 所有逐题批改尝试记录(用于追溯复核)
├── 批改作业汇总.csv             # 所有学生结构化汇总(CSV 格式)
├── 批改作业汇总.md              # 所有学生基本信息汇总
├── 学生作答汇总.md              # 所有学生详细作答和批改信息汇总
├── 学生答案/                    # 原始学生作答
└── 批改/                        # 自动创建，存储单份批改结果
    ├── 学号-姓名-批改结果.md
    └── ...
```

🚀 使用方法

```bash
# 批量批改作业文件夹下所有学生作答
node {skillDir}/scripts/grade.js --folder-path "/path/to/作业文件夹"
# 只批改指定单个学生作答文件
node {skillDir}/scripts/grade.js --folder-path "/path/to/作业文件夹" --student-file "/path/to/学生作答.md"
```

⚙ 参数说明

参数	说明	必填	默认值

| `--folder-path` | 作业文件夹完整路径(必须包含`评分标准.md`) | 是 | - |

| `--student-file` | 指定只批改单个学生作答文件路径(不指定则批量处理`学生答案/`文件夹下所有文件) | 否 | - |

| `--subject` | 学科类型 | 否 | 通用 |

| `--help` | 显示帮助信息 | 否 | - |

工作流程

1. **检查输入**：验证作业文件夹和评分标准文件存在
2. **初始化**：创建`批改/`目录和`批改过程.md`记录文件
3. **加载评分标准**：从`评分标准.md`提取每道题的满分信息
4. **遍历学生作答**：遍历`学生答案/`文件夹下的所有图片和 Markdown 文件
5. **逐份批改**：对每个学生作答执行批改循环：
   - OCR 识别(如果是图片格式)或读取文本(如果是 Markdown)
   - 调用大模型进行批改，生成逐题评分过程
   - 将逐题评分过程追加记录到`批改过程.md`
   - 调用`integrate-correction`工具整合批改过程，只保留每道题最后正确结论
   - 代码提取逐题得分，验算总分，自动修正超分和计算错误
   - 检查所有必填部分是否完整，不完整则重试
   - 检查通过后写入单份批改结果到`批改/`目录
   - 自动更新三个汇总文件
6. **完成退出**：输出所有结果文件路径

(2) 通过整合工具整合批改过程的文本，创新点在于：通过新的 skill 整合文本(保留最后一次批改结果)，实现批改作业过程中允许保留错误的思考过程和文本，便于 AI 进行思考和修正，直至最终获得正确的批改结果，并保证输出结果只有一次正确的批改结果，便于后续 skill 进行分析和整合。其 skill.md 文件如下：

---

name: integrate-correction

description: 整合批改过程，从批改过程.md 文件中提取每一题最后无误的批改记录，分析并输出所有题目的最终分数和批改思路。使用场景：作业批改后需要整合多次批改结果，保留每次修改最后正确的批改结论，生成最终批改报告。

整合批改过程

功能概述

本技能用于整合批改过程文件，解决多轮批改中产生的多版本批改记录问题：

1. 读取指定文件夹中的 `批改过程.md` 文件
2. 分析所有批改记录，按题目和步骤分组
3. 对每一题每一步，选择**最后一次无误**的批改结论
4. 整合后输出所有题目的最终分数和清晰的批改思路

使用场景

- 当你需要 "整合批改过程" 时触发

- 当批改过程.md 文件中有多轮批改修改记录，需要提取最终版本时
- 当需要从批改历史中生成最终的批改总结报告时
- 用户提到 "整合批改"、"提取最后批改"、"生成最终批改报告" 时
工作流程
1. 定位文件
- 从当前工作目录或指定目录查找 `批改过程.md` 文件
- 如果在多个位置找到，询问用户确认具体路径
2. 分析批改结构
- 解析批改过程文件，识别题目分隔(通常按 `## 第 X 题` 或类似标题分隔)
- 提取每个题目的所有批改记录，包括多次修改过程
- 识别批改步骤和修改历史，区分不同版本的批改
3. 选择最终批改
- 对每个题目，按时间顺序(文件顺序)保留最后一次批改
- 如果存在多个修改版本，选择标记为 "无误" 或最后一次确认正确的批改
- 移除被修正的错误批改记录，只保留最终结论
4. 输出整合结果
- 按题目顺序整理
- 输出每个题目的：
  - 最终得分
  - 批改思路和评分依据
  - 关键错误指出(如果有)
- 将结果保存为 `整合后批改结果.md` 文件
脚本使用
scripts/integrate-correction.js
Node.js 脚本，自动执行批改整合过程。
用法：
```bash
node integrate-correction.js <folder-path>
```
参数：
- `folder-path`: 包含 `批改过程.md` 的文件夹路径
输出：
- 在同一目录下生成 `整合后批改结果.md` 文件，包含整合后的最终批改结果

4.2. 多模态作答输入适配

《仪器分析》课程的作业提交方式具有显著的多模态特征。部分学生选择文字作答，部分学生以手写图片提交计算过程，还有学生通过线下学习平台完成作业。系统支持多种输入方式，既可以处理单张图片，也可以批量导入学习平台导出的全班汇总表。部分场景下有 37 人对 Q3 或 Q4 使用图片答题，这要求系统具备良好的图片识别与公式转化能力。从批改结果来看，系统在公式识别方面表现出较高准确性。系统能够将手写的物理/化学公式准确转化，并根据学科惯例修正符号。同时，通过引入 AI 分析学生

作答意图，进一步辅助教师判断学生对知识的掌握情况，如图 4 所示。

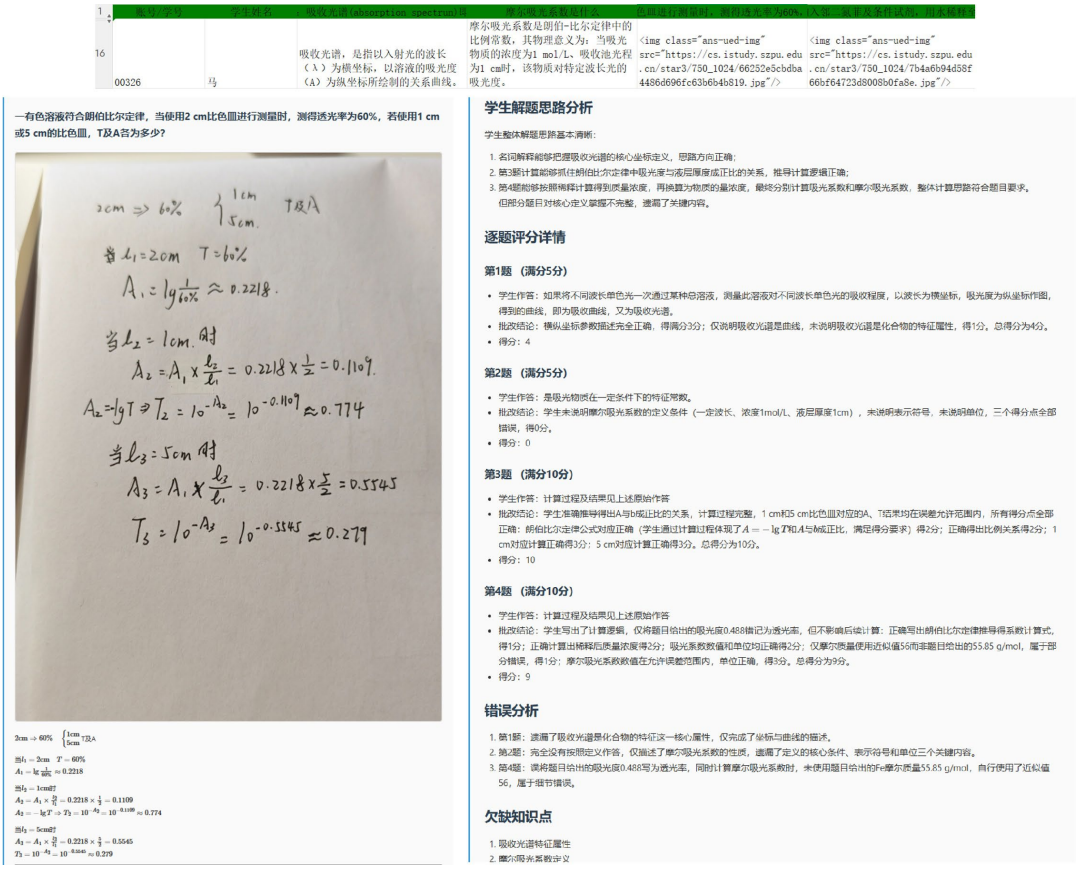


Figure 4. Example of multimodal input and text recognition
图 4. 多模态输入及文本识别示例

4.3. 批改过程留痕与反馈

在评分执行中，系统采用逐题评分的策略。批改记录保留“逐题评分详情”模块，包含题目、学生作答、批改结论、得分点和总得分等信息。例如在某次化学分析作业中，批改结论清晰可见：“得分点 1-1：完整说出仪器分析的基础是物质的物理性质和物理化学性质，回答正确，得 8 分；”对于学生作答中出现的笔误(如将“仪器”误写为“虚器”)，系统能够识别并注明“学生笔误将‘仪器’写为‘虚器’不影响得分判断”。

此外，系统在错误分析模块能够精准定位学生的知识短板。例如某学生的批改结果指出：“第 2 题作答存在错误：学生仅提到仪器受环境影响导致读数偏移，需要消除误差、保证结果可信，遗漏了两个核心要点：1. 仪器分析直接测量的是物理信号而非待测物的浓度/质量；2. 信号和浓度/质量的定量关系受仪器、方法、基体等多种因素影响，需要通过校正建立确定的关系才能准确定量，作答未抓住仪器分析需要校正的本质原因，仅停留在误差的泛泛表述层面。”同时，系统给出个性化改进建议，帮助学生从概念理解层面纠偏[13]-[15]，如图 5 所示。

此外通过添加流程，对批改结果进行二次验证，保证每一步的成绩和批改分析内容输出无误，基本可以实现 100%准确批改。结合 markdown 文件的特点，结合 JavaScript 脚本，可以实现删除错误批改过程后的无冗余输出。

```
## 逐题评分详情
### 第1题 （满分33.3分）
- 学生作答：
a：仪器分析，就是不主要靠化学试剂反应，而是用专门的精密仪器，通过检测物质发出的信号，来判断物质里有什么成分、含量多少、结构是什么，一般来说更快更精准b：靠化学试剂和基础实验，通过物质间的反应，判断样品里有什么成分、有多少
- 批改结论：
1. 仪器分析部分：学生间接点明了仪器分析基于物理/物理化学信号检测，符合“仪器分析的基础是物质的物理性质和物理化学性质”的核心要求，得分点1-1得8分；学生明确提到仪器分析使用专门的精密仪器，满足得分点1-2要求，得8.7分。
2. 化学分析部分：学生完整提到了化学分析基于物质间的化学反应，核心要素完整，因此得分点2得16.6分。
总得分：8+8.7+16.6=33.3分
- 得分：33.3

### 第2题 （满分33.3分）
- 学生作答：
需要原因：要消除仪器本身误差、环境干扰，保证结果准确、可靠、可重复
- 批改结论：
1. 得分点1：学生明确回答需要校正，结论正确，得10.3分。
2. 得分点2-1：学生未说明“仪器分析直接测量的是物理信号而非浓度/质量”这一核心前提，表述缺失，得0分。
3. 得分点2-2：学生仅提到受仪器、环境因素影响，但未说明信号和浓度之间没有天然确定关系，核心表述不完整，不得分，得0分。
4. 得分点2-3：学生未说明校正的本质是建立信号与浓度/质量之间的关系才能完成定量分析，仅提到保证结果准确，核心表述缺失，得0分。
总得分：10.3+0+0+0=10.3分
- 得分：10.3

### 第3题 （满分33.4分）
- 学生作答：
1. 光学显微镜应用：实验室里观察细胞、微生物、材料细微结构等肉眼看不见的物体原理：通过光学镜片将微小物体放大成像2. 分光光度计应用：检测液体中物质的含量，比如水质、食品、药品的浓度测定原理：利用物质对光的吸收程度不同，测量吸光度，计算出样品中物质的浓度
- 批改结论：
1. 第一个实例：学生写出了有效应用实例，得分点1-1得5分；原理表述正确，符合光学仪器分析的特征，完全正确，得分点1-2得11.7分，第一例合计16.7分。
2. 第二个实例：学生写出了有效应用实例，得分点2-1得5分；原理表述正确，符合分光光度法的仪器分析特征，完全正确，得分点2-2得11.7分，第二例合计16.7分。
总得分：5+11.7+5+11.7=33.4分
- 得分：33.4

## 错误分析
1. 第2题作答不完整，仅回答了校正的作用是消除干扰保证准确，未覆盖校正必要性的核心逻辑，缺少了“仪器分析直接测量物理信号而非浓度/含量”“信号和浓度之间没有天然确定的对应关系，需要人为建立”“校正的本质是建立信号与待测量的对应关系实现定量”这几个核心环节，仅答对了结论部分。
2. 整体作答偏向口语化描述，没有严格按照定义的核心要素规范表述。

## 欠缺知识点
1. 仪器分析校正的本质逻辑：未掌握仪器分析定量校正的核心必要性，仅知道校正有消除误差的作用，不理解校正的核心目的是建立物理信号和待测量（浓度/质量）之间的定量关系。
2. 仪器分析校正必要性的核心推导过程，不清楚从仪器分析的测量对象到需要校正的完整逻辑链条。

## 改进建议
1. 梳理核心概念的逻辑框架：学习仪器分析基本概念时，要抓住定义的核心要素，不要只记住功能，要掌握定义的本质，比如对于校正，要按照“仪器分析测什么→测的信号和想要的结果是什么关系→这个关系受什么影响→为什么需要校正”的逻辑梳理记忆，完整掌握知识点。
2. 作答专业名词解释和问题阐述时，尽量使用教材规范表述，不要只用生活化经验描述，明确核心得分点，保证作答覆盖完整的知识点要求。
3. 多练习简答题的逻辑推导，养成完整表述原因的习惯，不要只给出结论，遗漏中间的推导环节。

## 得分统计

- 第1题：33.3分
- 第2题：10.3分
- 第3题：33.4分
- **总分：77分**
```

Figure 5. Example of complete grading result
图 5. 完整批改结果示例

4.4. 学情汇总与可视化报告

批改完成后，系统自动汇总数据生成可视化分析报告。报告涵盖整体成绩发布、分数分布、主要薄弱知识点等信息，并按照学号、姓名、总分、知识欠缺点等字段生成结构化汇总表。例如，某次报告显示“平均分为 4.4 分，最高分为 11.8 分，最低分 0 分”，“大部分学生(88.9%)分数在 0~9 分区间”，并列出高频薄弱知识点如“火焰原子吸收化学干扰成因(75.0%)”“原子吸收分析线选择原则(75.0%)”等。这些分析结果为教师调整后续教学内容提供了直接的数据支撑[12]，如图 6 所示。

5. 实施应用与成效分析

5.1. 实施过程

本系统在多个教学班中进行了实践应用。以某次 70 人教学班的作业批改为例，作业内容包括计算题和简答题若干，其中 30%的作答以图片形式提交。教师从学习平台导出全班作答记录，导入批改作业技能后，系统自动完成批改、统计和分析报告生成，全过程无需人工逐份干预。在具体案例中，教师从学习平台导出全班作答记录，导入批改作业技能后，系统自动完成批改、统计和分析报告生成，全过程无需人工逐份干预。某次批改的产出文件包括“批改过程.md”“批改结果报告.html”“批改作业汇总.csv”

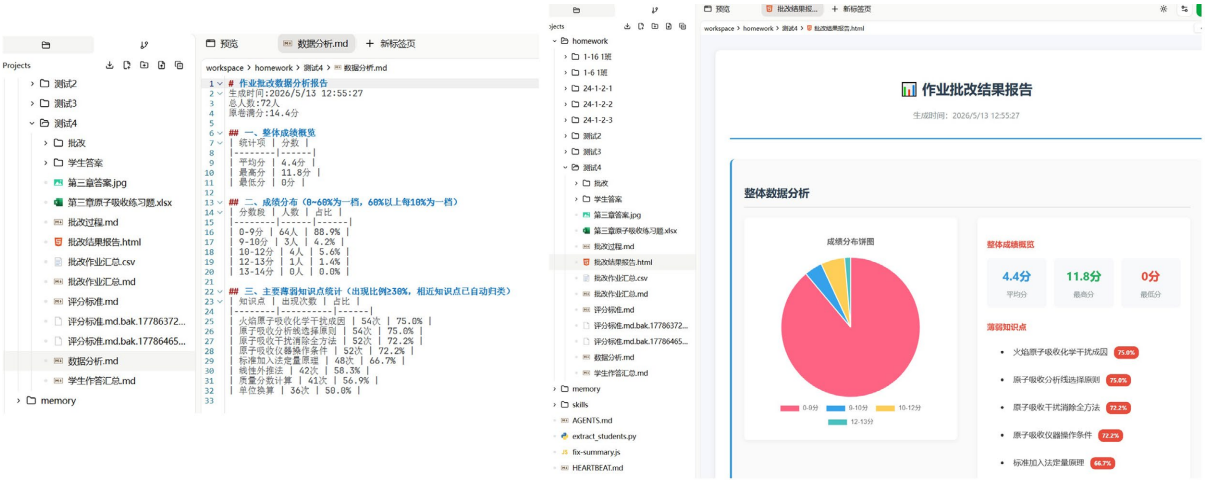


Figure 6. Example of class-wide statistical results
图 6. 全班统计结果示例

“批改作业汇总.md”以及“数据分析.md”等，覆盖了过程留痕、汇总统计、报告可视化等多个管理层级。

5.2. 应用成效

第一，效率大幅提升。“只需要从学习平台导出整个教学班的作答记录，并审核评分标准和标准答案，就可以在一到两小时自动完成批改。”相较传统人工批改，效率提升了一个数量级。第二，过程高度一致。“批改过程也可以全班保持一致”，避免了人工批改中因疲劳、经验差异导致的评分波动。第三，成本可控。在 70 人教学班 3 题作业，30%作答为图片的情况下，大约需要消耗两百万 tokens，约合不到 10 元人民币，具有极高的经济可行性[14]。

5.3. 教师反馈与个性化辅导

批改结果和诊断报告为教师提供了多维度的教学决策依据，如图 7 所示。教师可以据此“检查批改结果，优化教学设计，并定向关心学生，辅导学生”。同时，在智能批改的基础上，教师可对 AI 生成的评价标准和学习建议进行人工审核，确保教育评价的公平性和准确性。通过 AI 辅助可以快速完成批改作业和学情分析，既可以掌握全班的共性问题，在下一次课上及时复习；又可以掌握学生的个性问题，有针对性地推送学习资源。最终学生期末考试卷面成绩相比往年有近 5 分的提高。

6. 数据安全与伦理规范

6.1. 合规合法处理数据

本系统高度重视学生数据的安全与合规使用。具体处理方法是：“对学生的学号删除前几位并只保留姓氏后，提交 OpenClaw。获得统计 csv 表格后，在本地替换。”这确保了提交到云端的数据已充分脱敏，即使数据被截获也无法关联到具体学生。“未来如果硬件允许，还可以在本地或局域网的电脑部署 OpenClaw 并运行，防止信息泄露。”这一备份方案为更高安全需求场景提供了出口。此外，在教育大数据应用过程中，还应遵循“处理学业数据时，需先对敏感数据(如学生姓名和家庭信息)进行脱敏处理，防止数据被用于非教育目的或被非法共享、出售或用于歧视”“上传文档资料时，必须清除文档中包含的各类敏感信息和未公开内容，以防止数据泄露”等要求。这些原则不仅适用于本系统，也是所有 AI 赋能教育场景的基本底线。



批改作业汇总

学号	姓名	总分	欠缺知识点	错误分析
00313	何	7.3	1. 火焰原子吸收化学干扰成因 2. 原子吸收干扰消除全方法 3. 标准加入法定量原理 4. 单位换算 5. 线性外推法 6. 质量分数计算	1. 第19题：学生未说明磷酸根干扰钙测定的干扰成因，遗漏了化学分离法这一消除方法，知识点掌握不完整。 2. 第21题：学生未呈现完整的解题步骤，既没有进行浓度增量计算，也没有体现标准加入法的外推逻辑，仅给出错误的最终结果，整道题解答不完整，结果错误。
00314	冯	6.5	1. 火焰原子吸收化学干扰成因 2. 原子吸收干扰消除方法 3. 标准加入法定量原理 4. 单位换算 5. 线性外推法 6. 质量分数计算	1. 第19题：未明确完整说明PO_4^{3-}干扰钙测定的成因，仅说明了消除方法的原理，且仅列出1种消除方法，遗漏了其他3种正确消除方法。 2. 第21题：未展示标准加入法的任何计算过程，包括浓度增量计算、线性外推求待测浓度、质量分数计算的步骤全部缺失，最终计算结果错误，数值偏差极大。
00315	杨	7.9	1. 火焰原子吸收化学干扰成因描述 2. 原子吸收化学干扰消除方法范围 3. 标准加入法定量原理 4. 单位换算 5. 线性外推法 6. 质量分数计算	1. 第19题中，学生仅正确判断了干扰类型，没有说明PO_4^{3-}干扰钙测定的具体成因，不符合得分要求；同时错误将标准加入法作为该化学干扰的消除方法，多列了错误的消除方法。 2. 第21题学生未进行任何作答，无法得到相应分数。

Figure 7. Example of personalized analysis of student answers
图 7. 学生作答结果个性化分析示例

6.2. 加强内容审查把关

系统设计明确要求强制要求教师在标准答案、评价标准、结果审核、与学生沟通几部分人工介入，对 AI 生成的内容进行审核和校正。如图 8 所示，这一机制有效规避了 AI 生成内容可能存在的科学性错误、过时信息、偏见或不当信息等风险。在实际操作中标准答案由教师提供；提取答案后需经人工修改；批改记录及理由完整保留；最终结果由教师审核后发布。同时，教师需对生成的教学设计、课件、习题等进行审核和校正，确保其符合课程标准和学科专业规范，并及时修正错误，同时将发现的问题反馈给技术提供方。



33. (简答题)

名词解释：吸收光谱(absorption spectrum)即吸收曲线

答案： 以波长（λ）为横坐标，吸光度（A）为纵坐标所绘制的曲线。吸收光谱是化合物的特征。

34. (简答题)

摩尔吸光系数是什么

答案： 在一定波长下，溶液中吸光物质浓度为1 mol/L，液层厚度为1cm的吸光度。用 ε 表示，单位：L/cm·mol。

35. (计算题)

一有色溶液符合朗伯比尔定律，当使用2 cm比色皿进行测量时，测得透光率为60%，若使用1 cm或5 cm的比色皿，T及A各为多少？

答案： **解：** 根据 $A = -\lg T = Kbc$

对于同一溶液，K和c是恒定值，所以 $\frac{\lg T_1}{\lg T_2} = \frac{b_1}{b_2}$

当使用 1cm 比色皿时，$\lg T_1 = \frac{1}{2}\lg 60\% = -0.111$

$A = 0.111 \quad T = 77.5\%$

当使用 5cm 比色皿时，$\lg T_1 = \frac{5}{2}\lg 60\% = -0.555$

$A = 0.555 \quad T = 27.9\%$

36. (计算题)

用邻二氮菲分光光度法测Fe^{2+}，移取0.0200 mg·mL^{-1}标准铁溶液6.00 mL于50 mL容量瓶中，加入邻二氮菲及条件试剂，用水稀释至刻度。用1 cm比色皿于510 nm处测得该溶液的吸光度为0.488，计算吸光系数、摩尔吸光系数。

答案： **解：** 根据 $A = -\lg T = Kbc$，则 $K = \frac{A}{bc}$，所以

$$a = \frac{A}{bc} = \frac{0.488}{1 \times \frac{0.0200 \times 6.00}{50}} = 203\ (L \cdot g^{-1} \cdot cm^{-1})$$

$$\varepsilon = \frac{A}{bc} = \frac{0.488}{1 \times \frac{0.0200 \times 6.00}{50 \times 55.85}} = 1.14 \times 10^4\ (L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1})$$

```
### 一、各题题目、标准答案与评分标准

---

#### 第33题（第1题）
##### （1）题目内容
名词解释：吸收光谱(absorption spectrum)即吸收曲线

##### （2）标准答案
以波长（$\lambda$）为横坐标，吸光度（$A$）为纵坐标所绘制的曲线。吸收光谱是化合物的特征。

##### （3）各步骤对应知识点分析
- **物理知识点**：吸收光谱意义
- **数学知识点**：坐标系定义

##### （4）评分标准
【得分点1】明确吸收光谱的横纵坐标参数，对应知识点：吸收光谱定义、坐标系定义
- 满分：3分
- 完全正确：得3分（条件：准确说明横坐标为波长$\lambda$，纵坐标为吸光度$A$）
- 部分正确：得1.5分（条件：仅正确说明其中一个坐标参数，或横纵坐标写反）
- 错误/未作答：得0分（条件：两个坐标参数均描述错误，或未作答）

【得分点2】说明吸收光谱的属性，对应知识点：吸收光谱特征
- 满分：2分
- 完全正确：得2分（条件：明确指出吸收光谱是化合物的特征）
- 部分正确：得1分（条件：仅说明其是曲线，未提及化合物特征属性）
- 错误/未作答：得0分（条件：属性描述错误，或未作答）

**本题总分校验：5分（3 + 2 = 5）**

---

#### 第34题（第2题）
##### （1）题目内容
摩尔吸光系数是什么

##### （2）标准答案
在一定波长下，溶液中吸光物质浓度为$\boldsymbol{1\ \mathrm{mol/L}}$，液层厚度为$\boldsymbol{1\ \mathrm{cm}}$的吸光度，用$\varepsilon$表示，单位：$\boldsymbol{\mathrm{L/(cm\cdot mol)}}$。

##### （3）各步骤对应知识点分析
- **物理知识点**：摩尔吸光系数定义
- **数学知识点**：单位规范

##### （4）评分标准
【得分点1】说明摩尔吸光系数的定义条件，对应知识点：摩尔吸光系数定义
- 满分：2分
- 完全正确：得2分（条件：明确说明前提为一定波长，浓度为$1\ \mathrm{mol/L}$，液层厚度为$1\ \mathrm{cm}$）
- 部分正确：得1分（条件：仅正确说明其中1-2个条件，缺少波长前提或其中一个参数）
- 错误/未作答：得0分（条件：条件描述完全错误，或未作答）

【得分点2】说明摩尔吸光系数的表示符号，对应知识点：摩尔吸光系数定义
- 满分：1分
- 完全正确：得1分（条件：明确说明用$\varepsilon$表示）
- 部分正确：无（该知识点无部分正确情况）
- 错误/未作答：得0分（条件：符号描述错误，或未作答）
```

Figure 8. Example of manually editable grading criteria.md file
图 8. 可人工介入修改的评分标准.md 示例

7. 对未来课程建设的启示

本系统的成功实践为《仪器分析》课程的进一步 AI 赋能奠定了技术基础。课程规划中提出“推动教学从‘师生交互’向‘师－生－机’深度交互转变”的总体目标，而智能批改系统正是“师－生－机”交互中“批改－反馈－干预”闭环的关键支撑。未来，随着课程层面知识图谱的构建，智能批改系统的分析结果可进一步与知识图谱中的“知识点掌握率”联动。课程建设规划中提到构建包含教学课件、微视频、动画、习题等在内的智能化教学资源库，以及利用 AI 技术对学生学习数据和行为进行分析，识别学习难点和薄弱环节，为教师提供精准教学建议。智能批改系统作为数据采集端，可为知识图谱的完善和教学评价体系的建设提供真实的学情数据。同时，课程规划中提出的 24H 智能学伴、智能题目辅导助手、智能视频学习助手等智能助学工具，也可与批改系统形成联动，在学生完成作业后即时推送给个性化学习资源。

参考文献

[1] 新时代我国职业本科院校高质量发展的困境与路径——基于对全国 35 所职业本科试点院校的分析[J]. 职业技术教育, 2024, 45(8): 12-17.

[2] 刘娟丽, 张文博, 李丽, 等. 数智赋能专业实验课程教学模式探索与实践[J]. 大学化学, 2026, 41(7): 60-66.

[3] 杨国鑫, 张向荣, 杜姣姣, 等. 实验报告设计优化与评阅机制的改革与实践[J]. 大学化学, 2026, 41(4): 447-451.

[4] 徐继宁, 黄楠, 宋浩. 大语言模型驱动的多模态实验报告自动批改[J]. 现代信息科技, 2025, 9(12): 79-84.

[5] 程志, 张晓惠, 蔡东蛟. 大语言模型主观题批改准确度提升研究[J]. 福建电脑, 2026, 42(1): 35-39.

[6] 郑燕林, 周楠, 任维武, 等. 基于图卷积网络的知识建构过程智能评估模型设计与应用实践[J]. 现代远距离教育, 2026(2): 72-82.

[7] 张天龙, 张容玲, 汤宏胜, 等. 人工智能时代背景下的仪器分析科教融合模式探索[J]. 大学化学, 2024, 39(8): 365-374.

[8] 郝先, 杨一飞. 基于知识图谱与人工智能辅助的《卫生化学》教学模式探索——以“电位分析法”教学为例[J]. 应用化学, 2026(43): 1485-1492.

[9] 王鹏飞. 基于 AI 的智慧作业自动批改系统研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2023, 35(17): 168-170.

[10] 钱升华. 基于孪生网络和 BERT 模型的主观题自动评分系统[J]. 计算机系统应用, 2022, 31(3): 143-149.

[11] 刘晔, 施宇虹. AI 赋能食品仪器分析技术课程教学改革与实践[J]. 中外食品工业, 2026, 32(6): 160-163.

[12] 张娟, 刘庆普, 雷敬卫, 等. 混合教学模式在仪器分析课程中的实践运用: 以“气相色谱分析法”为例[J]. 大学化学, 2023, 38(5): 13-20.

[13] 黄廷祝. 人工智能时代教学形态的主动变革[J]. 中国大学教学, 2025(Z1): 85-91, 107.

[14] 付金伟, 魏佳鑫, 刘美, 等. AIGC 技术赋能工程教育转型: 教学方法与学习体验革新[J]. 高等工程教育研究, 2024(5): 51-57.

[15] 郭庆, 吴砥. 国际视野下人工智能教育应用伦理风险与治理策略[J]. 比较教育研究, 2025, 47(1): 56-64.