

# 交互式 AI 驱动化学实验课程过程性评价创新研究

程绍玲 孔林涛\* 杨迎花

天津科技大学理学院 天津 300457

**摘要:** 针对化学实验课过程性评价中教师难以全面跟踪学生操作、评价主观性强的问题,本研究提出一种“AI 图像识别+大语言模型”协同评价模式,构建了动态追踪与即时反馈一体化的智能平台。通过分解实验流程设计多个评价点,赋予不同等级评分标准,结合集成注意力机制的 ResNet 网络实现对实验相关图像精准分类,测试集准确率 >99%,同时链接大语言模型“文心一言”提供实时答疑。基于 SpringBoot 通过微信小程序构建一个在线化学实验过程性评价平台。该模式可量化学生操作细节,减少评价主观偏差,为实验教学评价的智能化转型提供了新范式。

**关键词:** 化学实验课;过程性评价;图像识别;AI 模型

高校化学实验课是化学、生物、食品和轻工等相关专业本科生的重要基础必修课程,旨在培养学生实验操作技能、发现与解决问题能力以及创新能力,该课程对提升学生的科研能力和综合素质至关重要<sup>[1-3]</sup>。考核评价是课程教学的重要环节,科学准确的评价方法,有利于激发学生的学习兴趣 and 动力<sup>[4]</sup>。传统的化学实验课程评价主要依赖于实验报告的评分,这种评价方式忽略了学生实验操作过程的细节<sup>[5]</sup>,难以全面反映学生的真实水平。基于 OBE 教育理念,学生实验技能和操作过程需重点评价。高校实验教学普遍采用一对多授课模式,在这种模式下,教师难以观察到每位学生的具体操作细节,无法做出准确公平及时的评价。在该模式下,如何有效评价学生的实验操作过程,成为摆在高校教师面前的一项紧迫任务<sup>[6-8]</sup>。

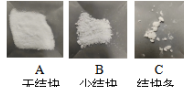
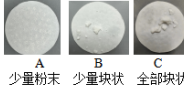
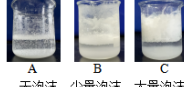
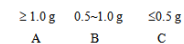
近年来,互联网、大数据与人工智能技术的飞速发展,为教育领域带来了变革机遇,推动了教育向数智化方向的转型<sup>[9-11]</sup>。人工智能技术不仅可以提高教学效率,还能为学生提供个性化的学习体验。当前 AI 技术在教育评价中的应用有图像识别,缺乏实时交互支持<sup>[12,13]</sup>。本文旨在探索利用人工智能技术构建一款交互式在线化学实验评价平台,将 AI 图像识别与大语言模型结合,双重赋能评价过程,形成“评价-反馈-答疑”闭环框架,提高评价的准确性、公平性与效率。通过创新尝试,为人工智能与实验教学的深度融合提供可复制的理论框架和实践范式,为高校化学实验课程的考核评价提供新的思路方法。

## 1. 实验操作评价数字化设计方案

### 1.1. 评价点设计及数据采集

以经典实验“乙酰水杨酸的制备”为例,根据操作中的关键点及产品情况,设计了 4 个评价点,分别是粗产物形态、副产物形态、酸化后状态和产物的质量,见表 1。每个评价点,根据结果状态预设不同的等级及相应的评价分值。模型训练需采集大量图片数据,因此对预设的各个等级情况进行具体实验操作,每个场景采集至少 500 张图片,构建了各个评价点基础图片数据库,用于模型训练。

表 1 乙酰水杨酸制备实验流程与评价点

| 实验流程      | 操作方法                                                               | 评价点及要求                            | 评价点细分等级                                                                                                                   |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 加料反应   | 在 50 mL 单口瓶中依次加入 1.0 g 水杨酸和 3.0 mL 乙酸酐,滴入 6 滴 85%磷酸,安装仪器,50℃,加热反应。 |                                   |                                                                                                                           |
| 2. 粗产物的制备 | 反应 15 min 后,倒入 30 mL 水中,冰浴充分冷却后抽滤,得乙酰水杨酸粗产物。                       | 粗产物形态:将粗产物转移到称量纸上,置于桌面,从上向下拍照。    | <br>A 无结块 B 少结块 C 结块多                |
| 3. 碱溶除副产物 | 粗产物加入 25 mL 饱和碳酸氢钠溶液,搅拌至无气泡产生,抽滤除去副产物。                             | 副产物形态:将抽滤后带有副产物的滤纸取下,置于桌面,从上向下拍照。 | <br>A 少量粉末 B 少量块状 C 全部块状             |
| 4. 酸化析出产物 | 搅拌下向滤液中缓慢加入 8 mL 4 M 盐酸,析出晶体,抽滤,得乙酰水杨酸产物。                          | 酸化后状态:加酸结束,从烧杯侧面拍照。               | <br>A 无泡沫 B 少量泡沫 C 大量泡沫              |
| 5. 检测和称重  | 取少量产物,乙醇溶解后用 1% 三氯化铁溶液检测产物纯度。产物烘干称重。                               | 产物质量:称量后输入产物质量。                   | <br>≥1.0 g 0.5-1.0 g ≤0.5 g<br>A B C |

### 1.2. 深度学习模型构建与数据优化

ResNet 网络是一种经典的深度学习模型<sup>[14]</sup>,因其强大的特征提取能力,在图像分类、图像聚类和目标识别等领域得到了广泛应用。在 ResNet 网络的基础上,引入了

通道注意力机制和空间注意力机制 CBAM<sup>[15]</sup>, 构建了增强 AResNet18 网络模型。通道注意力机制更准确地关注实验产物的纹理、颜色等关键特征通道。空间注意力机制使模型快速定位到图像中的实验产物, 减少背景区域干扰, 提高模型在复杂环境中的性能稳定性。

为了增强模型的泛化能力, 在模型训练前对每张图片做了 4 次数据增强, 包括随机颜色抖动、随机水平翻转、随机旋转和随机裁剪。通过数据增强可以大幅减少模型对颜色分布、光照条件、拍摄角度、背景图像以及产品形状的依赖, 从而提高模型的泛化能力。

### 1.3. 模型训练环境与结果

将图像增强后的数据集, 输入模型进行训练。模型训练环境: Linux 系统, Python3.8, PyTorch2.0.0, Cuda11.8, RTX4090。训练参数如下: 学习率为 0.0001, 批次大小为 32, 输入图像分辨率为 224\*224。随着训练次数的增加, 模型的准确率趋近于 1.0, 损失值趋近于 0.0, 能够满足实验操作过程评价准确性的要求。

### 1.4. 应用平台的构建

结合前端和后端开发技术, 集成 AI 图像识别和大语言模型的功能, 基于 Spring Boot 集成 SSM 框架, 构建一个化学实验课操作过程在线评价平台, 通过微信小程序应用。平台主体界面分学生端和教师端, 框架如图 1 所示。学生端功能为“上传评价点图片→AI 自动评分并反馈意见→ERNIE Bot 答疑”, 教师端功能为“实验监控→异常报警→数据导出分析”。

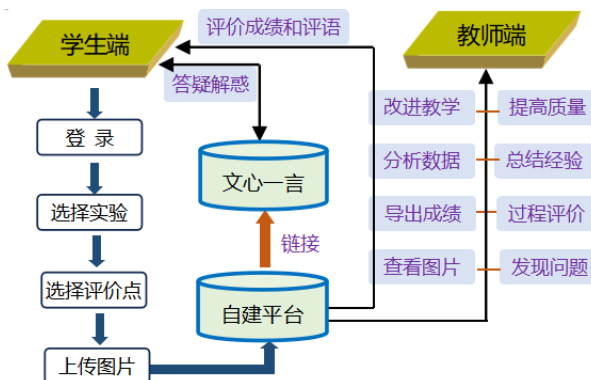


图 1 平台应用框架图

## 2.AI 赋能实验操作过程评价实践应用

以乙酰水杨酸制备实验为例, 应用 AI 进行实验操作过程评价流程如下。

实验课中, 学生登录微信小程序平台, 选择实验项目, 了解评价点的具体位置和要求, 按表 1 进行实验操作。学生每个评价点, 按要求对结果进行拍照上传。平台通过图像识别技术, 自动给出成绩并对结果给出反馈评价, 同时弹出窗口链接文心一言大模型, 学生对这步操作可进行答疑解惑。

实验过程中, 教师通过微信小程序登录平台, 查看图片, 辅助了解全体学生实验状况, 及时现场查看解决问题。实验结束后, 教师从平台导出每个学生的各个评价点的数据, 形成学生操作过程的分步成绩, 实现对学生实验操作过程的高效精准评价。通过对学生使用平台后的学习效果进行跟踪分析, 学生在实验操作技能和实验原理解方面显著提升。学生对实验过程的关注度更高, 盲目性明显降低。课后, 教师可以导出过程评价数据, 分析共性和个性问题, 为教学改进提供数据支持。实践表明, 引入 AI 技术辅助过程性评价, 减少了主观因素, 提高了评价的效率和准确性。

## 3. 结语

本文设计并构建了一个交互式 AI 辅助实验教学过程性评价平台, 集成 AI 图像识别和大语言模型双重赋能改进教学评价, 实现自动评价与个性化答疑。实践应用表明, 使用该平台进行过程性评价, 效率和准确性大大提高。教师利用平台, 在实验过程中可随时快速观测到所有学生的实验进度和操作情况, 快速了解每一位学生的状态数据, 解决了课中教师无法掌握所有学生的实验状况的难题。教师课后导出过程评价数据, 通过数据分析有利于教师发现共性和个性问题, 推动教学改革, 提高教学质量。

## 参考文献:

- [1] 李子峰, 刘絮, 孟祥茹. 无机化学实验培养学生科研能力的探索 [J]. 实验室研究与探索, 2023,42(06):160-163+173.
- [2] 章烨, 谢小敏, 郑少瑜. 改进有机经典实验培养学生创新能力 [J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(07):221-223.
- [3] 张海波, 刘欲文, 丁琼, 等. 国家级化学实验教学示范中心建设与拔尖创新人才培养实践 [J]. 大学化学, 2024,39(07):82-92.
- [4] 张丽蓉, 莫尊理. 课堂教学评价发展历程及对核心素养为本教学评价的启示 [J]. 化学教育 (中英文), 2024, 45(07):60-66.
- [5] Wang Y, Chen L, Zhou B, et al. Process-oriented

assessment in STEM labs: A review. *IEEE Transactions on Education*[J]. 2023, 66(2), 234–241.

[6] 王薇, 任家强, 周宝晗, 等. 工科基础化学实验课程过程性评价体系的构建与实践 [J]. *化学教育 (中英文)*, 2024, 45(06):23–29.

[7] 李建凤, 廖立敏. 有机化学实验课程目标达成评价及结果应用研究 [J]. *化学教育 (中英文)*, 2022, 43(24):56–61.

[8] 唐小兰, 刘英菊. 评价量表在化学实验操作评价中的应用探索 [J]. *大学化学*, 2022, 37(12):284–288.

[9] 李思琦, 金成华. ChatGPT 赋能高校药物化学实验教学: 机遇与挑战 [J]. *科技视界*, 2024, 14(07):17–19.

[10] 高文蓓, 王新福, 凌一洲. 基于人工智能的化学实验现象评价与反馈系统开发 [J]. *化学教学*, 2024, 6:63–67.

[11] 邓淞, 伍晓春. 类 Chat GPT 生成式人工智能——化学研究与化学教育好帮手 [J]. *化学教育 (中英文)*, 2024, 45(18):14–21.

[12] Gao W, Wang X, Liu Y, et al. AI-based evaluation system for chemistry experiments. *Journal of Chemical*

*Education*[J]. 2024, 101(3), 456 – 462.

[13] Zhang W, Li N. Real-time feedback systems in experimental teaching. *Journal of Educational Technology*[J]. 2024, 32(4), 156–178.

[14] Kaiming H, Xiangyu Z, Shaoqing R, et al. Deep Residual Learning for Image Recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016, 770–778..

[15] Sanghyun W, Jongchan P, Joon-Young L, et al. Convolutional Block Attention Module. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*, 2018, 3–19.

**基金项目:** 本文系天津科技大学教育教学改革研究项目“新工科背景下理工类基础课程支撑专业人才培养机制研究”研究成果(项目编号 KZ202307); “‘以学生为中心’基础化学实验创新教学模式的研究与实践”研究成果(项目编号 KY202323); “新工科背景下基础化学与专业对接中精准“课程思政”研究”研究成果(项目编号 JGY202420)。