

自然语言处理工具何以促进职业素养生成？——生成式AI赋能高职“医工融合”课程的准实验研究

张慧梅

重庆医药高等专科学校 / 数智化医药装备与新型剂型工程技术研究中心, 中国·重庆 401331

摘要: 高职制药设备类课程兼具机械工程精确性与药学规范严谨性的“医工融合”特征, 其职业素养培育长期面临工程技能与合规意识割裂、实训情境脱离真实岗位代价等困境。如何借助技术手段弥合这一鸿沟, 是当前医工交叉类课程教学改革的迫切议题。本文基于认知负荷与情境学习理论, 以“固体制剂设备使用与维修”课程为例开展准实验研究 (N=58), 探究以豆包、DeepSeek 等大语言模型为代表的生成式自然语言处理 (NLP) 工具赋能职业素养生成的干预机制与实证效果。研究构建了“GMP 合规意识具象化—安全伦理底线情境化—职业责任感批判性赋能”三维干预路径, 将 NLP 工具深度嵌入“对照核验—溯源纠偏—AI 幻觉转化”的人机协同实训环节。实证数据表明, 实验组在企业盲审合规性评分 ($p < 0.01$)、安全违规率控制 ($p < 0.01$) 及团队角色协作效率 ($d = 1.04$) 上均显著优于常规教学对照组; 但在高度程序化的工单规范执行率上未见显著差异 ($p = 0.16$)。研究证实, 在严密的教学设计下, NLP 工具可有效充当跨学科认知支架, 将抽象的行业规范转化为可操练的底线思维, 但其长效行为转化仍受制于短期干预周期的客观边界。

关键词: 自然语言处理; 生成式人工智能; 职业素养; 医工融合; 高职教育; 人机协同

How Do Natural Language Processing Tools Facilitate Professional Competency Development? A Quasi-Experimental Study on Generative AI-Empowered "Medicine-Engineering Integration" Courses in Higher Vocational Education

Zhang Huimei

Chongqing Medical and Pharmaceutical College/Engineering Research Center for Digital and Intelligent Biomedical Equipment and Novel Dosage Forms, China Chongqing 401331

Abstract: Pharmaceutical equipment courses require integrating mechanical precision with strict pharmaceutical compliance. However, bridging these two domains in competency cultivation is often hampered by disconnected instruction and training scenarios lacking authentic occupational consequences. Grounded in cognitive load and situated learning theories, this quasi-experimental study (N = 58) investigates the intervention mechanisms and empirical effects of generative natural language processing (NLP) tools (e.g., large language models) on professional competency development within a solid dosage equipment course. The study constructs a three-dimensional intervention pathway: concretizing GMP compliance awareness, contextualizing safety and ethical bottom-line thinking, and cultivating professional responsibility. Generative NLP tools are embedded throughout a human-AI collaborative training sequence involving cross-referencing, root-cause tracing, and pedagogical conversion of AI hallucinations. Empirical results indicate the experimental group significantly outperformed the control group in enterprise blind-review compliance scores ($p < 0.01$), safety violation rates ($p < 0.01$), and team role-rotation efficiency ($d = 1.04$). However, no significant difference was observed in highly proceduralized work-order protocol execution ($p = 0.16$). The findings confirm that, under rigorous instructional design, generative NLP tools effectively serve as interdisciplinary cognitive scaffolds, translating abstract industry regulations into actionable bottom-line thinking; yet, their capacity for long-term behavioral transformation remains constrained by short intervention cycles.

Keywords: Natural language processing; Generative artificial intelligence; Professional competency; Medicine-engineering integration; Higher vocational education; Human-AI collaboration

1 引言

1.1 研究背景: 医工融合课程中的素养培育困境

制药设备类课程是高职药学与医疗器械专业群中具有

鲜明“医工融合”特征的核心课程。它既涉及机械传动、电气控制、自动化等工程知识域, 又受制于 GMP (药品生产质量管理规范)、药品安全法规等药学规范体系的严格

约束。这种跨学科属性赋予了职业素养双重的内涵：学生既要具备工程实践要求的精确操作与系统思维，还必须严守 GMP（药品生产质量管理规范）等安全与伦理底线。

然而，在实际教学中，学生的工程思维与规范意识往往是割裂的。例如排查压片机故障时，学生多能迅速锁定机械异常，却极易忽略拆卸设备前的清场与防污染程序。究其根本，是由于传统的验证性实训缺乏真实的“岗位代价”——简单的实操失误并不会导致整批药品报废。因为无法直观感知污染后果，学生对 GMP 法规的理解往往停留在死记硬背，难以将其真正转化为操作台前的安全底线与职业本能。

1.2 研究思路与贡献

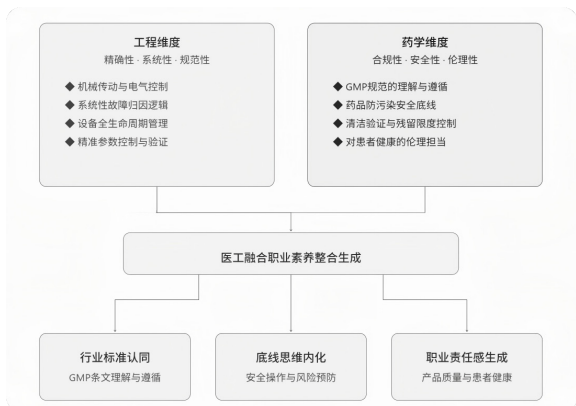
本文所探讨的自然语言处理（NLP）工具，特指以豆包、DeepSeek 等为代表的生成式大语言模型。相较于传统的文本分析技术，这类新型生成式 NLP 工具不仅具备强大的语义理解能力，更能通过多轮交互与内容生成为专业实训提供深度的情境模拟与认知支架。并且有效衔接专业技能教学与行业规范要求，促使学生在实践中同步养成所需的职业素养。

基于上述工具特性，本文沿“内涵界定—干预设计—效果验证”三个层次展开：首先立足“医工融合”视角，重新界定了制药设备类课程的素养内涵；然后设计了一套依托 NLP 工具的教学路径，通过具体情境与反思环节促进素养的形成；最后，利用企业盲审评分和操作违规次数等客观数据，为 NLP 工具在工程实践教学中的干预效果提供了实证支持。

2 医工融合视角下的职业素养内涵与困境

2.1 制药设备维修工程师岗位的职业素养双重属性

制药设备维修工程师是一个具有鲜明“医工交叉”特征的岗位：从工程角度看，岗位要求员工具备准确诊断故障、系统排查问题以及规范操作的能力；而从药学角度看，



则要求员工必须树立 GMP 合规意识，坚守防止药品污染的安全底线，并具备对患者负责的职业操守。对标《化工设备维修工国家职业技能标准》和《药品生产质量管理规范（2010 年修订）》，本课程的职业素养可划分为三个递进层次：首先是理解并认同医药行业标准，其次是在实践中守住安全操作底线，最终形成内在的职业责任感。（见图 1）。

2.2 当前高职制药设备课程职业素养培育的痛点

痛点一：认知与行为的鸿沟。学生在面对多学科交叉知识时，认知负荷过高，往往“记住了机械原理，就忘了 GMP 规范”，导致知识传授与素养要求被割裂到不同教学环节。

痛点二：实训情境与岗位规范的脱节。传统验证性实训缺乏“真实岗位代价”的情境感知，安全意识和伦理意识容易流于表面。

痛点三：规范意识的“表层记忆”困境。GMP 条文的学习多以背诵和考试为手段，学生缺乏将抽象条文转化为具体操作行为的认知路径。

2.3 理论基础

本研究的理论基础包括三个维度：Sweller（2011）的认知负荷理论提供了解释 NLP 工具如何通过“信息外包”释放工作记忆资源、促进素养与知识整合的理论视角；Lave 和 Wenger（1991）的情境学习理论强调职业素养是在真实岗位任务情境中通过参与、体验和反思逐步生成的；此外，从人机协同学习的角度看（Luckin 等，2016），NLP 工具偶尔产生的“知识幻觉”并非纯粹的干扰，反而可以转化为引导学生进行批判性思考的教学素材。

3 NLP 工具赋能职业素养生成的干预机制设计

本节针对第二节揭示的三重痛点，提出具体的教学干预机制（见图 2）。本研究的核心设计在于，不再仅将



表1 两组职业素养相关指标实证结果汇总比较

| 素养维度 | 实验组(n=30) | 对照组(n=28) | 检验值 | p值 | 效应量 | 结果判断 |
|---------|---------------|---------------|---------|--------|--------|--------|
| 企业盲审总分 | 81.3 ± 7.8 | 74.6 ± 9.2 | U=258.0 | <0.01 | r=0.38 | 实验组显著优 |
| 安全违规次数 | 0.4 ± 0.5次 | 0.9 ± 0.7次 | U=268.0 | <0.01 | r=0.36 | 实验组显著优 |
| 角色轮换耗时 | 11.3 ± 3.8min | 15.6 ± 4.5min | t=3.94 | <0.001 | d=1.04 | 实验组显著优 |
| 工单规范执行率 | 92%(28/30) | 79%(22/28) | Fisher | 0.16 | φ=0.19 | 未达显著 |

注：企业盲审总分和安全违规次数因分布右偏采用Mann-Whitney U检验；角色轮换耗时采用独立样本t检验；工单规范执行率因部分期望频数<5采用Fisher精确检验。

NLP 工具用于查阅资料，而是将其作为创设教学情境的辅助手段；通过具体的任务引导，让枯燥的 GMP 条文融入学生的交互操作中，进而促进素养的养成。

3.1 路径一：具象化对标——依托“对照核验”建构 GMP 合规意识

设计了“先思后问—AI 生成—对照核验”三步干预流程：学生首先独立列出维修步骤（激活已有认知），然后借助 NLP 工具生成维修方案，最后将 AI 回答与《GMP 规范》原文逐条对比。当学生发现 AI 生成的冲模清洁步骤遗漏了“残留限度检测”环节时，GMP 条文不再是需要背诵的文字，而是关乎药品安全的真实操作要求。课程制定的“对照核验”原则要求所有涉及 GMP 规范的 AI 回答须与原文逐项核对，核对结果记录在工单“AI 回答核验栏”中，教师课后抽检完成率为 89%。

3.2 路径二：情境化植入——通过“溯源纠偏”生成安全伦理底线

结合企业真实工单，利用 NLP 工具进行多重参数排查，引导学生推演“如果错误操作会导致怎样的污染后果”。例如，在润滑系统维修环节，当 NLP 工具提示的润滑脂用量参数与设备铭牌值存在偏差时，教师引导学生追溯：过量润滑脂→溢出→接触药物→交叉污染→整批次报废→患者用药安全风险。通过这种反向推演，学生能够直观看到操作失误如何一步步导致药品污染，从而深刻体会到安全规范的实际意义。

3.3 路径三：批判性赋能——化“AI 幻觉”为职业责任感培养契机

NLP 工具的“知识幻觉”在本研究中被转化为培养批判性思维和职业责任感的教学资源。在一次压力参数查询中，豆包给出的数据与设备实际铭牌值存在偏差。教师没有直接指出错误，而是将其作为全班讨论案例：“如果我们不核验就按 AI 给的参数操作，可能会发生什么？”学生通过讨论意识到：在制药设备维修中，“参数错误”不仅仅是技术问题，更是关乎药品质量和患者安全的伦理问题。由此确立了“AI 提供线索，工程师对最终结果负责”的职业

责任边界。

4 职业素养提升效果的实证检验

4.1 研究设计概要

实验组（30 人）嵌入 NLP 工具辅助教学，对照组（28 人）采用常规教学，两班由同一教师授课、使用相同教材和教学大纲，前导课程成绩无显著差异（ $p > 0.05$ ）。教学干预为期 16 学时，见表 1。

4.2 行业标准认同：企业盲审中的合规性跃升

合作企业工程师对两班学生维修方案进行盲审评分（满分 100 分），从 GMP 合规性（40 分）、操作规范性（30 分）和方案可行性（30 分）三个维度评价。结果显示，实验组盲审总分显著高于对照组（ 81.3 ± 7.8 vs 74.6 ± 9.2 ， $U=258.0$ ， $p<0.01$ ， $r=0.38$ ），其中“GMP 合规性”和“方案可行性”维度上的得分优势尤为明显。这一结果表明，第 3.1 节“具象化对标”机制有效促进了学生对行业标准的深层理解和主动遵循。

4.3 底线思维内化：安全违规率的实质性下降

实验组人均安全违规 0.4 ± 0.5 次，显著低于对照组 0.9 ± 0.7 次（ $U=268.0$ ， $p<0.01$ ， $r=0.36$ ）。安全违规次数的减少证明了情境化设计的实际效果。通过推演操作失误的严重后果，学生逐渐将安全规定转化为实操中的下意识习惯。

4.4 团队协作优化：工单执行效率的提升

三角色轮换任务的平均完成时间，实验组为 11.3 ± 3.8 分钟，显著短于对照组 15.6 ± 4.5 分钟（ $t=3.94$ ， $p<0.001$ ， $d=1.04$ ）。NLP 工具作为“第三方客观信息源”，有效减少了小组成员间的无端争执，提高了沟通效率与团队协作素养。

4.5 过程性证据：工单分阶段数据趋势

如图 3 所示，工单分阶段数据揭示了一个值得关注的趋势：在基础认知类任务（模块 1）中，两组在一次正确率上差异较小（+6%）；但随着任务复杂度递增，实验组优势逐步扩大至模块 3（+11%）并稳定保持。数据说明，面对简单的识记任务，引入 NLP 工具的帮助并不大；但当

任务涉及复杂的故障排查与参数对比时,工具的辅助优势才真正显现出来,这也恰好是素养培育的关键环节。

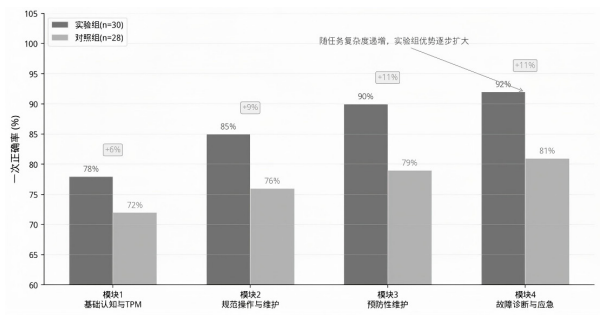


图3 两组工单一次正确率的分阶段比较

5 典型案例剖析与教学反思

5.1 跨界创新落地:从“被动维修”到“主动预防”

实验组谭同学团队利用 NLP 工具辅助设计了“智能在线润滑系统”方案。该方案不仅解决了机械润滑问题(工程维度),更严格符合了药品防污染要求(药学维度)——通过精准控制润滑脂用量,从根本上消除了过量润滑导致的药品交叉污染风险。该案例表明,学生在解决机械故障的同时,已经能够主动兼顾药学的防污染要求。只要教学引导得当,NLP 工具能够帮助学生将理论知识转化为解决跨界问题的实际能力。

5.2 边界反思:程序化规范执行的局限

工单规范执行率虽然实验组(92%)高于对照组(79%),但 Fisher 精确检验显示差异未达到统计学显著性水平($p=0.16, \phi=0.19$)。这一“不显著”的结果具有重要的理论价值:程序化行为习惯的养成依赖于长期的岗位真实历练,仅靠短期(16学时)的 AI 工具介入难以产生显著改变。这揭示了 AI 赋能素养培育的时间边界——技术可以加速认知层面的理解和内化,但行为层面的习惯固化需要更长时间。

6 讨论

综合前文的数据与案例,可以看出 NLP 工具对职业素养的培养并非孤立的层次叠加,而是一个认知、行为与价值相互印证、循环强化的过程。在这个过程中,学生首先利用 NLP 工具生成的方案与 GMP 原文进行逐条比对,这一动作打破了法规条文的抽象感,将其具象为真实的操作步骤;有了具体的认知标尺后,借助工具对违规后果进行因果推演,原本枯燥的安全规定便与具体的实操情境紧密挂钩,促使学生在动手前形成下意识的底线思维;更为关键的是,NLP 工具不可避免的“事实幻觉”恰好构成了一种真实的工程挑战。当学生发现并纠正 AI 给出的错误参数时,他们不再仅仅是工具的被动使用者,而是成为了对

最终药品质量把关的“责任人”。认知为行为提供依据,行为在情境中锤炼价值,而价值的确立最终又反哺了学生对人机协作的理性审视。

本研究的实践过程呼应了吴南中等(2023)关于 AI 教育应用路径的观点,同时也为吴河江和吴砥(2024)指出的大模型伦理风险提供了具体的教学应对策略。“AI 幻觉”不再仅仅是需要规避的风险,而是成为培养职业责任感的教学资源。徐晓飞和张策(2025)提出的“能力四要素”框架中,本研究的实践表明 NLP 工具在促进“职业经验”这一要素的加速积累方面具有独特价值。

7 结语

本研究证实,NLP 工具能够有效连接制药设备教学中的工程技术与药学规范要求。通过本文设计的三个教学环节,学生在掌握精确工程技能的同时,也建立起了必要的合规意识,验证了“医工融合”培养的可行性。实证数据表明,该干预在企业盲审评分、安全违规率和团队协作效率等素养指标上产生了显著效果;但在程序化规范执行方面,短期 AI 介入效果有限。此外,引入 AI 工具并不必然带来学生素养的提升。

尽管生成式 AI 在加速规范化与拓展思维维度方面展现出了显著优势,但在制药设备的教学现场,它仍有其无法逾越的边界。职业素养的最终落脚点在于真实生产环境中日复一日的精准执行,而这种涉及复杂手眼协调、机械触感反馈(如设备核心部件拆装的力道把握)的“默会知识”,是现阶段任何文本生成工具都无法提供指导的。此外,本研究观察到的素养提升多发生在教学干预期间,这种基于课堂互动的规范意识,能否在学生未来长期的企业岗位中沉淀为职业本能,仍需长期的追踪观察。因此,如何跨越认知与行动的最后一道鸿沟,将 AI 的虚拟认知支架与线下实训车间的复杂手艺训练深度融合,将是未来制药工程教育亟待解决的课题。

参考文献:

- [1] 吴南中,陈咸彰,冯永.“失序”到“有序”:生成式人工智能教育应用的转向及其生成机制[J]. 远程教育杂志, 2023, 41(6): 42-51.
- [2] 吴河江,吴砥. 教育领域通用大模型应用伦理风险的表征、成因与治理[J]. 清华大学教育研究, 2024, 45(2): 33-41.
- [3] 徐晓飞,张策. 生成式人工智能赋能工程教育及学生能力的培养、测评与认证体系[J]. 高等工程教育研究, 2025(4): 1-9.

- [4] 盛湘君, 吴雪萍, 郑民. 职业教育专业领域垂类模型开发的價值意蕴、现实挑战与行动路径[J]. 中国职业技术教育, 2026(6): 103-112.
- [5] 刘邦奇. 人工智能赋能课堂变革的核心价值: 智慧生成与模式创新[J]. 开放教育研究, 2022, 28(4): 42-49.
- [6] 祝智庭, 胡姣. 教育数字化转型的本质探析与研究展望[J]. 中国电化教育, 2022(4): 1-8.
- [7] Sweller J. Cognitive load theory[M]//Psychology of learning and motivation. Academic Press, 2011: 37-76.
- [8] Lave J, Wenger E. Situated learning: legitimate peripheral participation[M]. Cambridge University Press, 1991.
- [9] Luckin R, Holmes W, Griffiths M, et al. Intelligence unleashed: an argument for AI as a tool for formative assessment[R]. Pearson Education, 2016.
- [10] Kasneci E, et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education[J]. Learning and Individual Differences, 2023, 103: 102274.
- [11] Lan Y, et al. Survey of natural language processing for education[J/OL]. arXiv:2401.07518, 2024.
- [12] 国家药品监督管理局. 药品生产质量管理规范(2010年修订)[S]. 2011.
- [13] 人力资源和社会保障部. 化工设备维修工国家职业技能标准[S]. 2019.
- [14] Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences[M]. 2nd ed. Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- 基金项目: 重庆市教委科研项目(Z233053)“自然语言处理工具在医工类专业课程中的应用与价值探究”; 重庆医药高等专科学校教改项目(YGZJGZD2025302)“巴渝工匠图谱驱动的制药设备专业‘图-控-维’融通课程建设与实践”。
- 作者简介: 张慧梅, 女, 汉族, 重庆人, 副教授, 高级工程师, 博士研究生, 研究方向: 医工类专业课程建设、实践教学与智能化教学应用。