

AI赋能下数控加工专业“虚实互馈” 教学模式构建与实践

罗云龙

河北师范大学大学职业技术学院, 中国·河北 石家庄 050024

【摘要】在人工智能技术深度融入教育领域的背景下,数控加工专业教学面临技术赋能与教学失序、虚拟便捷与实践能力弱化、知识碎片化与创新能力不足的三重矛盾。本文立足AI赋能视角,构建了数控加工专业“虚实互馈”教学模式:以“实体知识库+AI教学工具+专业教师”协同发力,构建专业知识立体化获取渠道;以“数字孪生+虚拟仿真+实践操作”三级进阶,筑牢工程技能与素养培养根基;以“真实综合项目+跨学科融合+学科竞赛”为路径,提升创新与挑战能力。该模式明确了AI在教学中的应用边界,通过8/2黄金法则实现教学分工革新——将基础重复性工作交由AI完成,教师聚焦个性化指导与内容核查,形成“AI辅助-教师主导”的协同机制,为数控加工专业应对AI时代教学变革提供实践方案,同时为工程教育领域探索技术赋能下的教学模式创新提供参考。

【关键词】AI 赋能; 数控加工教学; 虚实互馈模式; 工程技能培养; 人机协同

人工智能(AI)技术的普及正在重塑教育生态。在机械工程领域, AI辅助的智能答疑、虚拟实训、个性化学习等应用已逐步渗透到教学环节, 为学生提供了更高效的知识获取渠道和更灵活的实践场景。然而, AI技术的“双刃剑”效应也日益凸显: 一方面, 其作为辅助工具能够突破时空限制, 解决传统教学中“教师精力有限”“实践资源不足”等问题; 另一方面, AI生成内容(AIGC)的便捷性可能导致学生过度依赖技术, 甚至引发抄袭、作弊等学术不端行为。

数控加工专业作为机械工程领域实践性极强的教学方向, 既要求学生掌握扎实的理论知识(如数控编程、机床原理、工艺设计等), 又需要具备高精度操作技能和工程问题解决能力。传统教学模式中, 知识传授依赖教材与课堂讲授, 实践环节受限于设备数量与场地, 创新培养缺乏真实工程场景支撑。AI技术的引入为解决这些痛点提供了可能, 但如何重新定位教师角色、建立规范机制以实现“人机协同”, 成为教学改革的核心命题。

本文基于“虚实互馈”理念, 构建融合AI技术与传统教学优势的新型模式, 重点探索AI辅助下教师角色的转型路径, 以期工程教育改革提供参考。

1 AI时代数控加工专业教学的矛盾与挑战

1.1 技术赋能与教学失序的冲突

AI 技术为数控加工教学提供了多元支持: 智能题库可实现编程题目的自动批改与错误定位, 虚拟仿真软件能模

拟复杂零件的加工过程, 知识图谱工具可可视化数控系统的关联知识。这些技术显著提升了教学效率, 但也带来了新的问题: 部分学生利用AI工具直接生成数控程序或课程报告, 规避独立思考过程; 由于缺乏统一规范, 教师对“合理使用AI”与“学术作弊”的界定存在模糊性, 导致教学评价失真。

1.2 虚拟便捷与实践能力弱化的失衡

数控加工的核心竞争力在于实践操作与工艺优化能力。

当前, 部分教学过度依赖虚拟仿真, 学生虽能在计算机上完成“完美加工”, 但面对真实机床的安全事故、机械振动、刀具磨损、材料特性等变量时却束手无策。虚拟环境的理想化与真实工程场景的复杂性形成割裂, 导致“虚拟高分”与“实践低能”的现象。

1.3 教师角色定位与技术应用的错位

传统教学中教师作为“知识唯一来源”的角色已难以适应AI时代需求: 一方面, 教师深陷教学设计、作业批改等重复性工作, 难以投入个性化指导; 另一方面, 对AI工具的局限性认知不足, 未能建立有效的内容核查机制, 导致错误信息误导学生。这种角色错位制约了AI技术的正向价值发挥。

2 “虚实互馈”教学模式的构建框架

“虚实互馈”模式以“虚拟技术服务真实能力, 真实场景反哺虚拟优化”为核心, 通过三个维度的协同设计, 实

现知识、技能与创新能力的一体化培养。该模式并非简单叠加虚拟与现实元素，而是强调二者的动态交互：虚拟环境为真实实践降低试错成本，真实实践为虚拟模型提供优化依据，最终形成“理论-虚拟-实践-创新”的闭环。

2.1 专业知识获取的“虚实互馈”：实体知识库+AI教学工具+专业教师

数控加工专业知识体系涵盖机械制图、金属切削原理、数控编程、机床构造、电气工程等多领域，传统依赖教材的线性知识传授难以满足学生个性化需求。“虚实互馈”的知识获取模式通过三者协同实现立体化学习：

2.1.1 实体知识库：传统载体的基础支撑

设立实体知识库，收录经典教材、行业标准（如ISO数控编程规范）、企业工艺手册等纸质资源，保障学生对核心理论（如G代码/M代码逻辑、刀具路径规划原则）的系统理解。实体知识库的价值在于提供“慢学习”场景，帮助学生构建知识框架，避免被AI生成的碎片化信息误导。

2.1.2 AI教学工具：专业智能体辅助的效率提升

AI正在以“数字教材”“课程聊天机器人”“智能学习导师”三种形式快速融入课堂：数字教材基于知识图谱动态生成数控编程知识点关联手册，支持学生按认知路径自主导航；课程聊天机器人实时解答标准化问题（如“G00 与 G01 的区别”“刀具半径补偿的适用场景”），响应速度达毫秒级；智能学习导师根据学生测试数据推送薄弱环节强化练习，如针对“宏程序编程”难点生成定制化训练题库。

2.1.3 专业教师：角色转型后的价值重构

AI辅助下，教师角色最深刻的变化在于不再是所有信息的唯一来源，而是实现了从“知识传授者”向“学习设计师”“价值判断者”的转型。教师将基础、重复、耗时的工作（如标准化教案生成、编程作业自动批改、常见问题答疑）交由教学智能平台完成，只专注于高价值工作：个性化场景设计，将AI生成的学习资源适配到具体教学场景，如“数字化双胞胎+虚拟加工”联动训练；深度思辨引导，在课堂中对比AI生成的工艺方案与工程实际的差距，如分析AI推荐的切削参数在加工中的局限性；内容质量把控，由于AI存在生成错误的可能性（如混淆不同数控系统的指令格式），教师需对所有AI输出内容进行专业核查，

确保知识传递的准确性。

2.2 工程技能与素养的“虚实互馈”：数字孪生+虚拟仿真+实践能力

数控加工技能的培养需经历“认知-模拟-操作-优化”的过程，“虚实互馈”模式通过三级进阶实现技能内化：

2.2.1 数字孪生：真实设备的虚拟映射

构建数控机床（如FANUC系统加工中心）的数字孪生模型，将设备的几何参数、运动特性、传感器数据（如主轴温度、进给速度）实时映射到虚拟环境。学生可通过模型观察“不可见”的加工过程（如切削力分布、刀具磨损趋势），理解“刀尖半径补偿”“恒线速控制”等参数对加工质量的影响。

2.2.2 虚拟仿真：低风险的试错训练

基于数字孪生模型开发虚拟仿真模块，学生在完成编程后，先通过仿真验证刀具路径的合理性：碰撞检测模拟刀具与夹具、工件的相对运动，预警干涉风险；工艺优化通过仿真对比不同切削参数（如进给量、转速）下的加工时间与表面粗糙度，初步筛选方案；故障模拟设置虚拟故障（如何服电机异响、程序段错误），训练学生的诊断与排除能力。

2.2.3 实践操作：真实场景的能力落地

虚拟仿真的优化方案需在真实机床上验证：学生根据仿真结果调整实际参数，观察真实加工中的振动、切屑形态与仿真数据的差异；记录实践中的异常情况（如材料硬度不均导致的尺寸偏差），反哺数字孪生模型参数修正；通过“虚拟仿真-真实操作-数据对比-模型优化”的循环，培养“虚拟预判”与“真实应对”的协同能力。

例如，在“曲面零件加工”教学中，学生先通过数字孪生模型理解曲面插补原理，再通过虚拟仿真优化刀具路径，最后在真实机床上加工并测量表面精度，对比虚拟与真实结果的误差，分析原因（如机床刚性不足）并改进。

2.3 创新与挑战学习能力的“虚实互馈”：综合实训项目+多学科融合+学科竞赛

数控加工的创新力体现在“以工艺创新解决工程问题”，需打破单一学科局限。“虚实互馈”模式通过真实场景驱动创新：

2.3.1 跨学科综合项目：真实需求的问题导向

引入企业真实项目（如新能源汽车电机壳加工），项目需融合机械设计（零件结构）、材料科学（工件材质特性）、自动化控制（生产线适配）等多领域知识。学生以团队形式完成从工艺设计到加工验证的全流程：利用 AI 工具（如工艺参数优化算法）初步生成方案；通过数字孪生模拟生产线适配性；在真实加工中解决突发问题（如薄壁件变形），并形成创新工艺报告。

2.3.2 多学科专业融合：知识整合的能力训练

与工业工程、自动化等专业合作开设联合课程，例如：与自动化专业学生共同设计“数控加工与机器人上下料”系统，理解加工工艺与自动化设备的协同逻辑；与工业工程专业合作优化加工流程，平衡加工精度与生产效率。

3 AI 教学应用的规范体系与实施路径

3.1 AI 使用规范的构建原则

为避免 AI 技术的滥用，需建立“明确边界、过程管控、能力导向”的规范体系：

3.1.1 界定使用范围

制定《数控加工专业 AI 工具使用指南》，明确允许使用的场景（如程序语法校验、切削参数查询）与禁止行为（如直接提交 AI 生成的课程设计、竞赛方案）。例如，规定“AI 生成的编程方案需经学生手工修改并附修改说明，否则视为无效”。

3.1.2 强化过程性评价

改变“以结果论优劣”的传统评价模式，通过以下方式追踪学习过程：要求学生提交编程草稿、仿真迭代记录、实践日志，证明独立思考轨迹；采用“线上虚拟操作+线下真实答辩”结合的考核方式，教师随机提问工艺设计细节，检验学生对 AI 结果的理解程度。

3.1.3 培养 AI 素养

在课程中增设“AI 与工程伦理”模块，教学内容包括：AI 工具的局限性（如无法完全预测真实加工中的材料缺陷）；学术诚信准则（如引用 AI 生成内容需明确标注）；批判性使用 AI 的方法（如交叉验证不同 AI 工具的输出结果）。

3.2 “真实项目+竞赛并行”的实施保障

3.2.1 校企协同机制

与制造业企业共建实践基地，企业提供真实加工项目、设备支持与工程师指导，学校则将项目拆解为教学模块，确保教学内容与行业需求同步。例如，与机床企业合作开发“数控设备故障诊断”项目，学生在企业工程师指导下，结合 AI 诊断工具与真实设备检修，提升实战能力。

3.2.2 教学与竞赛的衔接设计

将竞赛内容分解为阶段性教学任务：基础阶段通过虚拟仿真训练竞赛所需的核心技能（如精密零件的尺寸控制）；提升阶段以简化的竞赛题目为项目，开展团队协作与工艺创新；冲刺阶段组建竞赛小组，利用真实设备进行全流程模拟，教师与企业导师联合指导。

4 结论与展望

AI 技术为数控加工教学改革注入动能，其应用须以“服务能力培养”为核心，杜绝技术主导。本文“虚实互馈”模式通过知识、技能、创新三维协同，实现传统教学与 AI 优势耦合：实体知识库与教师保障知识系统及批判性，AI 工具提升效能，数字孪生与虚拟仿真降本，真实项目与竞赛检验能力。

教师角色转型中，8/2 法则释放其创造性，内容核查机制规避 AI 风险，构建人机协同生态。

未来，AI 与数字孪生深度融合将推动教学迈向“虚实共生”，如自适应虚拟场景、区块链追溯诚信。但无论技术如何发展，教学核心始终是培养学生工程思维与创新能力——AI 仅是工具，“善用工具”与“不被工具替代”，是数控加工专业及工程教育领域的永恒命题。

参考文献：

- [1] 王小平, 陈韬. 数字孪生技术背景下中职数控车削编程与加工技术课程教学评价改革途径的探索[J]. 中国机械, 2024 (33): 154-156+160.
- [2] 陈文俊, 杨勇, 谢玲, 等. 基于 OBE 理念的中职数控机床编程与操作实训课程教学设计研究[J]. 中国教育技术装备, 2024 (21): 97-101.

作者简介：罗云龙（1972.04-），男，汉，云南牟定，本科，河北师范大学大学职业技术学院实验师，机械制造工艺及设备专业，研究方向：机械产品设计、机械制造、设备管理。