

融合虚拟仿真技术的金属切削原理实验教学改革探索

梁晓亮 张士博

山东大学 机械工程学院, 山东 济南 250061

[摘要]前智能制造背景下,传统金属切削原理实验教学存在对实验设备依赖性强、资源耗损量大、安全隐患高、切削动态过程难于形象化等问题,本研究结合虚拟仿真技术,提出基于虚拟仿真技术金属切削原理实验课程教学方法改革路径,从教学方式、评价方式、优化推广角度提出意见和建议。丰富虚拟仿真技术在金属切削原理实验课程理论教学的应用,拓展虚拟仿真技术在更多课程实验教学的应用推广。

[关键词]虚拟仿真;金属切削;实验教学;教学改革

DOI: 10.33142/fme.v6i5.16572

中图分类号: G515

文献标识码: A

Exploration on Experimental Teaching Reform of Metal Cutting Principles Integrating Virtual Simulation Technology

LIANG Xiaoliang, ZHANG Shibo

School of Mechanical Engineering, Shandong University, Ji'nan, Shandong, 250061, China

Abstract: In the context of pre intelligent manufacturing, traditional experimental teaching of metal cutting principles has problems such as strong dependence on experimental equipment, large resource consumption, high safety hazards, and difficulty in visualizing cutting dynamic processes. This study combines virtual simulation technology to propose a reform path for the teaching method of metal cutting principle experimental courses based on virtual simulation technology, and puts forward opinions and suggestions from the perspectives of teaching reform, evaluation, optimization and promotion. Enrich the application of virtual simulation technology in the theoretical teaching of metal cutting principle experimental courses, and expand the application and promotion of virtual simulation technology in more experimental teaching courses.

Keywords: virtual simulation; metal cutting; experimental teaching; teaching reform

引言

随着人工智能技术(Artificial Intelligence, AI)的成熟,人工智能与教育教学的深度融合,对培养技术性和工程创新性人才具有不可磨灭的作用^[1]。仿真技术的应用能够显著克服传统实验教学中存在的资源消耗大、风险大以及开放性不足等弊端,尤其对于高危极端环境下不可逆的操作,可以为教学提供可靠、安全和经济的实验解决方案^[2]。随着高等教育信息化建设的深入推进,具备沉浸性、交互性和构想性等显著特征的虚拟仿真技术,在高等院校实验教学领域展现出愈发广阔的应用前景。王春萌^[3]等阐述了虚拟现实技术在思政教学改革的有效性。夏有兴^[4]等探讨了建设高等院校虚拟实验室的原则和目的。林宝灯^[5]等以典型应用虚拟实验室为研究对象,分析了虚拟现实对教学改进的效能。张玉笑^[6]等人通过虚拟教学与传统教学的对比,验证了虚拟教学可以提高教学效率和质量,并提出了相应的教学改革建议。

金属切削原理实验作为机械工程类学科实践教育体系的重要组成部分,是培养学生工程实践能力和专业素养的重要环节。传统的实验教学已难以适应现代创新型人才培养的需要,虚拟仿真实验技术为实验教学提供了全新途

径,为实验课程改革与创新提供了先进技术手段。

1 传统金属切削实验教学面临的主要问题

1.1 实验设备依赖性强,资源利用率低

在高校、职业院校的实验室教学过程中,金属切削实验设备配置情况会直接影响教学效果的好坏。由于金属切削实验设备成本高、维护技术要求高、设备数量不足,使得课程安排密度过大,学生实践动手能力机会少,实验设备受到实验室条件、实验室人员安排危险性等因素的影响,极大地影响实验教学质量的提升。

1.2 安全风险与操作门槛

学生作为“初学者”,操作规范性差,经验匮乏,容易发生安全事故,教师们普遍选择“以示范为主”的教学模式,有意无意地束缚了学生的动手实践。金属切削加工中存在高速运转、高负荷切削以及高温环境等多种复杂工况,使得该工艺环节存在安全隐患。

1.3 实验内容抽象,难以实现可视化理解

金属切削加工过程涉及切削过程切屑形成机理、刀具与工件间的相互作用、力和切削热产生及传递等一系列复杂的力学、热学、相变等过程,无法应用常规的观察手段获取。而通过实验测量手段,学生只能得到有限的、局部

的实验数据,无法系统深入地掌握切削加工机理,最终导致理论教学与实践教学“两张皮”。

1.4 教学评价方式单一,反馈滞后

当前金属切削实验课考核评价主要是以课后实验报告质量和操作技能考核为结果性指标,结果性评价忽视学生学习过程中的动态变化,缺乏指导的及时反馈,实验操作中存在认知偏差、技术错误等无法及时反馈和纠正。同时由于教师资源限制,无法做到针对每一名学生实验过程的细节化指导,互动教学效果弱化,评价结果不能真实反映学生操作能力水平。

2 虚拟仿真技术在金属切削实验中的优势与适用性分析

2.1 技术特性:可视化、交互性、可重复性

在可视化的三维领域,虚拟仿真技术通过三维建模及物理引擎实现了金属切削过程中切屑形成、刀具变形、切削温度场分布等切削现象的实时动态仿真,避免使用传统实验法观察精度、可视性的不足,优化教学可视化,有利于学生对金属切削过程中物理规律的理解,提升学生对复杂理论知识的掌握。

在互动性方面,学生通过人机互动界面自主设置切削参数、更换工件以及刀具,并观察不同切削参数对切削过程、结果的影响,充分发挥学生的学习自主性和求知欲。此外,虚拟实验时间不限、地点不限,学生可以反复实践操作,零损耗,使学生反复实践操作、积累经验,逐渐提升动手实践能力、分析问题能力。

虚拟仿真实验可以在无设备、无时间、无安全风险的情况下不限次数地让学生重复进行实验,学生可以在虚拟场景中反复练习和实验,反复完善实验方案与操作步骤,直至熟练掌握金属切削实验知识及技能。这种可重复性不仅有助于学生巩固所学知识,还可以提高学生的学习积极性和自信心,促进其在实验中的深入探究和创新思维的培养。

2.2 应用场景:刀具磨损过程、切削力变化、温度分布模拟等

虚拟仿真在金属切削实验中的应用可模拟切削刀具不同工况下的磨损过程,动态演示刀具前刀面磨损、后刀面磨损、刃口崩裂等发展过程,直观呈现了刀具的发展过程轨迹,使学生更为直观了解刀具失效机理,对预测刀具寿命、优化工艺参数等具有重要意义,通过系统数据接入,学生还可对不同材料以及不同加工工艺下的磨损规律进行分析,增加了实验教学的可操作性。

仿真平台通过图像、曲线、热力图等,生动形象地呈现切削力、温度等在过程当中的变化规律、热力对产品加工质量的影响规律等,解决了现实中实验难、危险多、分析难的问题,让学生在安全的环境下把问题反反复复地分析,帮助学生建立完整的参数因果分析模型,为进一步的设计与改进打下实践与理论基础。

2.3 教学收益:降低成本,提升实验可操作性与学习积极性

虚拟仿真技术应用能够节约教学实验设备资金,降低设备采购、维修费用,对教学实验设备不齐全、实验资源有限的院校,可以在线实验平台在线选择相应的实验教学任务,避免传统实验教学过程中排队、故障、调试等导致的实验无法开展的情况发生,进而提升教学效率,同时,多用户虚拟仿真技术应用能够解决教学人数多、实验资源有限的问题,稳定教学。

该技术为学生充分自由、充分空间,学生从一个知识被动接受者到主动去实验、思考、改进主体,通过模拟和实时指点,使学生不断纠正认知偏差、强化工程思考、实验设计等,学生通过不断丰富视觉化方式和实时化互动,可以不断培养兴趣、形成不断探索、主动思考、解决问题的意识。

3 金属切削实验课虚拟仿真教学改革实施路径

3.1 教学设计:采用“虚实结合、任务驱动”教学模式

教学设计应遵循任务驱动理念,通过对真实工程场景进行仿真模拟项目设置,让学生在完成项目问题的过程中掌握基础知识和基本技能,整个教学过程应注重课堂讲授与仿真实验相结合,由教师首先讲授基本知识、基本技能,在仿真实验中让学生正确设定仿真模拟参数,选择刀具,最后判断分析实验结果,让学生从项目认知到实践操作最后再到结果分析,加深学生对于切削的认识,强化教学效果。

以虚实结合为教学手段,以虚拟仿真模拟教学为主,辅以必要的实验验证,将理论知识、基本操作实训和实践应用相结合,比如:学生在完成预测切削力模拟实验与温度场仿真模拟实验后进行必要的实验验证,将实验结果与真实数据进行对比和分析,强化学生对工程的分析判断,完成传统意义上验证性实验教学,向探索式的创新性实验教学转变。

3.2 教学资源:建设模块化虚拟实验平台,融入数字教材

教学资源建设是教学改革的核心内容,基于金属切削原理知识结构和实验教学需求,设计开发高度融合的模块化结构的虚拟仿真系统,由刀具几何仿真、参数仿真、切削模拟仿真、数据分析与故障修复等模块构成,模块化结构有助于教师根据教学课时灵活选择教学资源,也有助于学生根据自身需要进行个性化学习,做到教学资源利用最大化。

教学内容体系与多媒体数字教材相融合,将三维动画、视频课件、交互式图形等融入到教材内容体系中,让知识的传授更直观、有趣,实现虚拟虚拟平台和数字教材同步互动、资源共享的虚拟实验—课堂教学—自我学习一体化模式。依托数字化资源支撑,学生可自主开展资料检索、模拟操作及结果验证,逐步构建系统化的知识认知体系。

3.3 教学组织：重构教学流程，强化师生协同探究

教学设计改变传统传授式的模式，以虚拟的实验项目为主线建立分项目分组教学、角色定位的教学组织模式，小组对某个切削问题进行仿真设计，教师在某个教学点给予引导，给予诊断意见，教师从教学主体转变为教学主体，以项目为导向的小组成员协同完成，协作式解决问题实践能力培养。

教学过程可设计线上交流互动环节，利用仿真平台所提供的实时通讯功能、实时测试及数据共享功能，实现师生之间的实时交流及分享，教师可实时查看学生的仿真实验成果，及时进行点评和指导，学生之间可相互借鉴参数设置及操作步骤，形成开放、共享、协作的教学氛围，将实验课打造为“学—练—评”为一体的教学课堂。

3.4 教学评价：构建过程性评价体系，实现动态追踪反馈

评价系统以过程考核为主，建立多维度评价系统，在原有实验考核、考试的基础上，重点考察学生的仿真设计能力、实验过程中的问题思考能力、自我反思、改进能力、通过实验完成相应的仿真任务、实验中的参数设置是否得当、实验过程中的操作流程是否合理等，建立以教师评价、自评、互评为主体的学生评价体系，提升评价的全面性。

为了方便对教学过程进行实时跟踪，及时对教学过程进行评价，在仿真平台中开发学习过程跟踪分析功能，通过自动采集学生数据、跟踪学生学习过程，辅助教师进行学情分析，提供教学意见建议，辅助平台诊断结果对学生学情诊断，提出改进意见和建议，针对性对学生进行强项练习，帮助学生突破学习障碍点，以“学中练—学中评—学中优”的闭环模式，确保教学反馈的及时性和针对性，让学生学有所得、学有所长。

4 教学改革实践效果与优化建议

4.1 学生反馈与成果分析

虚拟仿真实验提高学生的学习能力和实践能力，虚拟平台提供让学生在虚拟安全平台上反复进行切削参数、刀具配套、加工仿真等实验操作，加深学生对切削加工工艺过程的全过程认知，熟悉掌握基本操作技能，通过对不同参数设置的仿真结果的比较，通过分析，学生不断总结实践经验，逐步形成解决工程问题的思维和能力。

4.2 教师视角

教学实践中，教师们认为虚拟仿真技术可有效解决实验资源有限及实验组织等教学痛点，传统教学模式下，受限于教学器材等实验资源有限问题，需耗费大量时间开展实验组织及实验风险控制等工作，虚拟实验中多人交互特性可有效提升课堂教学组织效率，为教师提供教学进度调整空间，降低教学管理压力。

4.3 优化建议

面对技术迭代与课程革新需求，现有虚拟仿真平台亟待持续优化升级，可通过拓展功能边界，如增设多元加工工艺模块、提升热-力耦合模拟精度、实现多终端无缝交互等方式，增强平台对复杂实验场景的适配能力，同时，开放系统接口促进数据互通，推动与教学管理系统、在线课程平台的资源整合，提升教育生态协同效能。

4.4 推广展望

虚拟仿真教学在金属切削实验课的创新应用，开创了教学新模式，解决了数控编程、机床结构设计等课程普遍存在风险高、成本大、可视化不足等问题，均可借鉴虚拟仿真技术重塑教学模式。未来可贯通技术平台、数据平台、评价平台，共享教学资源，将虚拟仿真能力与新兴技术AR/VR、AI深度融合，推动机械专业办学实力、育人质量的全面提升。

5 结语

虚拟仿真技术与金属切削原理实验教学的深度融合理念，赋能教学模式系统性革新。通过重构教学设计、整合多维资源、创新评价体系，有效强化学生工程实践能力与系统性思维培养，显著提升教学效能与水平。该平台在实现过程可视化、保障本质安全、增强交互沉浸方面优势突出，发展前景广阔。未来需持续优化平台技术、提升教师数字化教学能力，并拓展至机械大类课程体系，以驱动实验教学数字化、智能化转型升级。

[参考文献]

- [1]姜潜基, 宋薇, 李郁. 基于 AI 背景下的工科实验教学创新思考与研究[J]. 教育教学论坛, 2025(17): 81-84.
 - [2]郭松, 车红连. 基于虚拟仿真技术的实验教学发展路径探索[J]. 教育教学论坛, 2025(17): 109-112.
 - [3]王春萌, 张波. 基于虚拟现实的数字媒体技术专业课程思政教学改革[J]. 教育教学论坛, 2025(16): 91-94.
 - [4]夏兴有, 邹广平, 曲嘉. 高校虚拟实验室建设问题探讨[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2020(5): 57-58.
 - [5]林宝灯, 梅雄杰. 人工智能视域下高校实验教学创新路径探讨[J]. 广西职业师范学院学报, 2021(4): 1-10.
 - [6]张玉笑, 李振兴, 王芳芳, 等. 人工智能与虚拟教研室在食品专业课堂教学中的应用[J]. 食品工业, 2025, 46(3): 158-161.
 - [7]于爱兵, 齐少春. 铣削虚拟仿真辅助教学系统设计[J]. 装备制造技术, 2022(11): 126-129.
 - [8]景理琴. 基于虚拟仿真技术的《机械制造技术基础》课程教学改革[J]. 模具制造, 2023, 23(9): 106-108.
- 作者简介：梁晓亮（1991—），男，山东寿光人，博士，山东大学机械工程学院教授，主要从事加工表面完整性研究。