

Error control and application specification of CAM machining simulation technology in CNC programming Processing teaching

Jiahe Luo

Tacheng District Wusu Vocational and Technical School, Wusu, Xinjiang, 833000, China

Abstract

In the context of CNC programming Processing education, the application of CAM machining simulation technology is crucial for enhancing teaching effectiveness and students' practical skills. This paper explores the error control and application standards of CAM machining simulation technology in education, highlighting its educational value and research significance. It analyzes the types and causes of simulation errors in CNC programming Processing education and proposes strategies for error control, including optimizing simulation parameters, standardizing processes, and innovating teaching models. The paper constructs an application standard system that includes software selection, practical training design, and assessment evaluation, providing theoretical references and practical guidance for the efficient implementation of CNC programming Processing education.

Keywords

CAM processing simulation technology; CNC programming Processing teaching; error control; application specification

CAM 加工仿真技术在数控编程加工教学中的误差控制与应用规范

罗嘉禾

塔城地区乌苏职业技术学校, 中国·新疆 乌苏 833000

摘要

在数控编程加工教学中, CAM加工仿真技术的应用对提升教学效果与学生实践能力至关重要。本文围绕CAM加工仿真技术在教学中的误差控制与应用规范展开研究, 阐述CAM加工仿真技术的教学价值与研究意义, 分析数控编程加工教学中仿真误差的类型及成因, 从仿真参数优化、流程规范、教学模式创新等方面提出误差控制策略, 构建涵盖软件选型、实训设计、考核评价的应用规范体系, 为数控编程加工教学的高效开展提供理论参考与实践指导。

关键词

CAM加工仿真技术; 数控编程加工教学; 误差控制; 应用规范

1 引言

数控编程加工作为职业院校机械类专业核心课程, 其教学质量直接学生岗位实践能力。CAM 加工仿真技术通过虚拟模型模拟加工过程, 能将原本难以直接观察的加工过程直观地呈现给学生, 有助于学生理解数控加工的原理, 降低实训所耗成本, 提升教学安全性。仿真过程受模型简化、参数设置等因素干扰, 容易出现误差, 降低教学成效。现时期职业院校数控编程加工教学范畴内, 存在仿真误差管控观念薄弱、应用流程不规等现象, 迫切需要建立一套系统化的误差管控途径与应用标准。探寻 CAM 加工仿真技术误差控制

及应用规范的要点, 对增强数控编程加工教学质量、造就高技能人才十分关键。

2 CAM 加工仿真技术的教学价值与研究意义

2.1 教学价值

在数控编程加工教学里, CAM 加工仿真技术存在三重关键价值: 依靠三维模型搭建与加工进程动态展示, 把抽象的编程代码转化成直观可见的加工轨迹, 辅助学生弄懂 G 代码、M 代码实际作用机理; 虚拟仿真可对部分真机实训进行替代, 有效降低刀具与机床的占用和损耗, 增加刀具及设备的种类与数量, 在提高整体教学效果的减少教学成本耗; 仿真加工过程中, 学生可以放心大胆使用仿真机床, 有利于增强学生自信心, 防止学生因担心受伤、顾虑损坏设备而逃避课程。仿真技术解决了数控编程加工课程普遍存在的

【作者简介】罗嘉禾(1993-), 男, 中国新疆乌苏人, 本科, 助理工程师, 从事CAD/CAM技术研究。

实训问题,让学生在课堂即可开展复杂零件编程与加工的模拟活动,实现教学效率跃升^[1]。

2.2 研究意义

仿真加工的精度一直被忽视,主要是因为它在大多数时候只是为了代替传统试切,减少损失^[2],并不在乎精度。但我们可以看到,随着计算机技术的发展,仿真加工越来越“真”,在相同参数下,让仿真与实际加工结果几乎相同已成为下一步目标。随着数字孪生技术的发展,也许有一天,完成仿真加工会成为数控编程加工的教学目标。

使用CAM加工仿真技术教学存在问题。在实际教学过程中,学生不重视加工过程,只求迅速得出结果,仿真软件无法体现工艺流程的重要性^[3],导致在仿真教学过程中,学生对加工精度和工艺不在乎,仿真课程变成了“竞速游戏”。

开展高精度、高质量的仿真教学,能让学生自接触数控编程加工起,就树立对这门课程的正确认知。使他们重视加工精度,认识到工艺的重要性,并将相关课程知识灵活运用至仿真操作中。对于培养学生的质量意识,提升教学效果,提高劳动素质大有裨益。

3 数控编程加工教学中 CAM 仿真误差类型及成因

3.1 几何建模误差

几何建模误差主要归因于以下几方面问题。一是三维模型的简化,例如省略零件倒圆角、螺纹等细节特征。二是三维模型在不同格式转换中可能存在精度损失,如在STL格式转换时会出现三角面片拟合偏差现象。三是为提高运算速度,软件会降低模型精度。有时还存在教师为简化授课对模型过度简化抽象,这些都造成仿真模型与实际零件有几何方面的偏差。

3.2 工艺参数误差

工艺参数误差是切削速度、进给量、刀具参数等设置与实际加工不相符所带来的误差,仿真中采用的虚拟刀具切削参数与实训设备真实刀具性能不相符,也未将机床主轴转速限制纳入考量,导致仿真结果跟实际加工效果不一致。

3.3 机床运动误差

机床运动误差由数控系统插补算法以及坐标轴联动精度等仿真设置所引发,当机床反向间隙补偿和丝杠螺距误差补偿参数未获正确配置时,仿真里的刀具轨迹和实际机床动作就会出现偏差。

3.4 系统环境误差

系统环境误差涵盖仿真软件算法存在的局限,软硬件兼容问题,计算机硬件性能不达标,老旧计算机运行复杂仿真期间运算存在延迟,抑或软件物理引擎对切削力、热变形模拟精准度欠佳,导致仿真结果偏差较大。

4 数控编程教学中 CAM 仿真误差的控制策略

4.1 仿真参数的精细化设置

4.1.1 几何建模优化

实施“基础模型+细节特征”的分层建模办法:编程逻辑教学借助基础模型开展,采用软件精度的限定(像UG中STL输出公差 $\leq 0.01\text{mm}$)保障主体结构的精确性;采用独立模块演示细节特征,避免模型陷入过度简化境地,可采用实际零件的三维扫描数据资料,增进模型的还原逼真度。

4.1.2 工艺参数匹配

搭建“学校实训设备参数库”,将常用刀具的切削参数跨度、机床主轴转速最高限度以及进给量上限等实际数据纳入其中。要求学生依据实训设备手册设置刀具参数、机床参数、工件材料参数等,并根据工艺要求计算合理的切削速度,确保仿真参数与实际加工情况一致。

4.1.3 机床特性模拟

在仿真软件依靠“机床仿真模块”导入真实的数控系统参数文件,让仿真刀具运动与实际机床联动精准契合,面对多轴机床的情形,应特别关注旋转轴定位精度的设置^[4]。

4.2 教学流程的规范化设计

4.2.1 误差预控机制

制订“三阶段”仿真的流程架构,模型校验的起始阶段,学生结束建模流程后,借助软件“干涉检查”功能(如Mastercam“过切检测”)考查模型合理性,教师着重对模型细节特征的保留程度予以审核;参数审查阶段,创建“参数校验核查清单”,含有刀具的不同款式、切削液开关是否开启、进给倍率的相关参数等12项必查项目,未通过相关校验,禁止开展下一步仿真工作;结果校验比对阶段,要求学生把仿真生成的G代码置入“机床模拟器”,评估虚拟加工轨迹跟理论轨迹的偏差幅度,若偏差超出允许误差,需重新调试参数。

4.2.2 误差溯源方法

依靠“分层排查法”去定位误差情况,几何层采用软件“测量工具”,对模型关键尺寸和图纸的偏差予以比对;在工艺层这方面,对比仿真切削力曲线与理论值,像端面铣削力波动范围不超过15%;系统层探究机床仿真日志中的插补误差数据内容。

4.3 教学模式的创新融合

4.3.1 “虚实结合”实训设计

仿真教学跟真机实训按3:1的比例对课时进行混合分配:仿真阶段重点聚焦提高学生对整体加工过程的认知以及编程能力的提升^[5],真机实训把核心放在简单零件的高精度加工以及工艺能力的提升,可以通过实际的零件配合,让学生感受到加工精度带来的实际意义,使学生在仿真加工时主动追求精度,增强对误差的把控意识。

4.3.2 误差案例库建设

汇聚典型误差案例并进行分类标记,通过对这些案例

的详细讲解,引导学生深入分析误差出现的缘由,并提出改进措施。

案例库的构建可来源于实际生产中的常见问题、学生实验过程中的错误案例等。通过丰富多样的案例,让学生认识到仿真软件存在的一些典型问题,避免形成“仿真会了就是实机会了”的错误认知。

5 CAM 加工仿真技术的教学应用规范体系

5.1 软件选型与配置规范

5.1.1 软件功能匹配

数控编程加工教学中, CAM 软件选型要遵循“阶梯式能力培养”原则,按教学阶段和目标匹配功能。

基础教学阶段,选斯沃数控仿真软件,其操作界面清晰、入门轻松。拟真操作面板帮助学生学习机床操作,仿真加工展现刀具路径与编程逻辑,方便理解 G 代码和加工轨迹关联,搭建初步认知体系。

进阶教学用 UG NX “加工仿真”模块,可开展多轴加工及机床运动学模拟。在复杂零件编程教学中,能模拟五轴联动,帮助学生认识坐标转换与刀具姿态把控,“过切检测”可验证编程正确性。

综合实训引入 VERICUT,能模拟现实机床数控系统和物理加工。在碰撞检测实训里,精准模拟碰撞场景,给出误差判定报告,提升学生复杂工况编程调试能力^[6]。

5.1.2 硬件配置达标

维持仿真的精度以及运行效率,计算机技术发展较快,硬件配置应选择近几年的主流配置,杜绝因计算能力不足引发的仿真卡顿与数据失准。

5.2 实训项目设计规范

5.2.1 项目梯度设置

依靠认知规律和技能进阶的逻辑,开发三级实训项目体系模型,单项技能项目聚焦开展针对单一编程要素的训练,如“平面铣削仿真”这般项目,要学生实现矩形工件二维轮廓的编程,重点在于把握切削参数(进给量、主轴转速)与刀具路径(顺铣/逆铣)设置的逻辑关系。依靠软件的“切削力监测”相关功能,学生须校验仿真内切削力波动的范围,证实参数设置的恰当程度^[7]。

综合应用项目将“箱体零件多工序加工”作为实例,整合铣削、钻孔、攻丝等多样工艺,学生需首先借助 UG 达成箱体三维模型的构建,接着利用 CAM 模块创建多工序刀具轨迹,最终借助 VERICUT 实现完整加工过程的模拟。

创意设计课题,诸如“个性化手柄建模与加工”这一,学生须凭借自己完成手柄的 CAD 建模操作,同时要按照手柄曲面特征选取恰当的 CAM 策略,该项目着重检测学生对复杂曲面进行编程的能力强弱,需借助“表面粗糙度模拟”功能对仿真结果予以验证,同时需要考量实际加工过程中刀具磨损的补偿,让仿真误差处于整体尺寸 $\pm 0.05\text{mm}$ 的误差带内。

5.2.2 评价指标构建

构建量化与质性相嵌的三维度评价体系,模拟精度

(40%):依靠软件“偏差分析”工具判别模型匹配度,测定仿真模型与设计图纸相关的几何误差,要求关键尺寸的偏差值 $\leq 0.01\text{mm}$;校验刀具实际运动轨迹与理论轨迹的偏差量,直线轨迹偏差每 100mm 不超过 0.01mm,对于圆弧轨迹,误差需满足 $\leq 0.02\text{mm}$ 的要求;对照仿真实所生成的 Ra 值与理论数值,可容忍的误差是 $\pm 0.2\mu\text{m}$ 。

工艺合理性(30%):检验主轴转速、进给量是否符合刀具材料和工件材质的匹配规范;鉴别是否采用最短路径的规划途径,防止空行程占比超出 20% 这一限度,另外核查是否存在重复切削的部分区域;核实仿真里夹具定位的合理性,就箱体加工情况,是否采用“一面两销”定位途径,阻止加工的时候工件出现位移状况。

问题解决能力(30%):对学生定位时过切、欠切等典型误差的时间做记录,目标设定为每次 15 分钟内,同时查看是否能恰当运用软件“错误日志”功能;审视学生调整参数后误差的改善水平,就像减少 20% 的进给量,能实现振动类误差降低 50% 以上;要求报告涵盖完整的参数设定表、误差分析图谱(如切削力曲线)及改进手段,格式要贴合机械工程技术文档规范标准。

6 结论

CAM 加工仿真技术在数控编程加工教学当中的采用,应围绕误差控制核心,形成一套科学的应用规范,采用仿真参数的细致设定、教学流程的规范规划,同时创新教学模式,能有力推动仿真精度及教学效果的提升,建成应用规范体系,囊括软件选定工作、实训体系设计、师资综合培养等范畴,为教学实践给予体系化指引。未来研究可把重点放在人工智能技术在误差预报中的应用探索,还能探索一下虚拟现实(VR)技术与 CAM 仿真的结合模式,进一步提高数控编程加工教学实践质量与精准水平。

参考文献

- [1] 张炜,马进中,汪炳森.虚实融合的数控机床虚拟仿真实践教学平台建设与实践[J].机电工程技术,2023,52(09):114-117.
- [2] 邱丽梅,熊昌炯,吴龙,等.基于VERICUT的数控加工仿真检测与修正[J].三明学院学报,2013,30(06):36-39.DOI:10.14098/j.cn35-1288/z.2013.06.007.
- [3] 郝琼.对仿真教学的几点思考[J].新课程(下),2015,(03):120-121.
- [4] 袁磊.计算机虚拟仿真技术在数控加工中的应用研究[J].内燃机与配件,2021,(20):197-198.DOI:10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2021.20.087.
- [5] 石站果,郑继明.数控仿真技术在数控加工编程课程教学中的应用研究[J].内燃机与配件,2021,(12):220-224.DOI:10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2021.12.103.
- [6] 刘永锋.虚拟仿真技术在数控五轴加工教学中的应用探究[J].现代职业教育,2020,(15):170-171.
- [7] 田锐.虚拟仿真技术在数控加工编程课程考核改革中的应用[J].南方农机,2020,51(06):93+96.