

虚实结合数控加工实训教学改革与效果评价

姜旭¹, 李锐², 鲍宇¹, 田军¹

¹黑龙江工程学院, 工程训练中心, 黑龙江 哈尔滨

²四川职业技术学院, 能源化工与环境学院, 四川 遂宁

收稿日期: 2023年9月26日; 录用日期: 2023年11月8日; 发布日期: 2023年11月16日

摘要

本文介绍了虚实结合教学模式在数控加工实训课程中的应用。以异形螺栓数控车削加工为例, 详细描述了该模式下数控车削工艺分析与方案设计、自动编程、虚拟仿真、实际加工与检验等内容。通过该教学模式的引入, 激发学生学习的兴趣, 提升工程实践能力, 以小组为单位进行分工合作, 锻炼了学生沟通协作能力, 培养了学生工程思维和创新思维。同时, 采用课程考试和实训项目考核(组内自评、组间互评、教师评价)的教学评价方法, 更加真实的反映出学生学习效果, 为实训教学进一步优化提供依据。

关键词

虚实结合, 数控车, 工程实训, 教学评价

Teaching Reform and Effect Evaluation of Virtual and Real Combination of Numerical Control Machining Training

Xu Jiang¹, Rui Li², Yu Bao¹, Jun Tian¹

¹Engineering Training Centre, Heilongjiang Institute of Technology, Harbin Heilongjiang

²School of Energy, Chemical Engineering and Environmental Engineering, Sichuan Vocational and Technical College, Suining Sichuan

Received: Sep. 26th, 2023; accepted: Nov. 8th, 2023; published: Nov. 16th, 2023

Abstract

This paper introduces the application of virtual and real combination teaching modes in NC machining training courses. Taking the special-shaped bolt numerical control turning processing as an example, the process analysis and scheme design, automatic programming, virtual simulation,

actual processing and inspection of CNC turning in this mode are described in detail. The teaching mode is introduced to stimulate students' interest in learning and improve their engineering practice ability. The division of labor and cooperation in small groups exercises students' ability to communicate and collaborate while cultivating engineering thinking and innovative thinking through the completion of a series of teaching group tasks. At the same time, the teaching evaluation methods of course examination and practical training project assessment (self-evaluation within the group, mutual evaluation between groups, teacher evaluation) are adopted to more truly reflect the learning effect of students and provide a basis for further optimization of practical training teaching.

Keywords

Combination of Virtual and Reality, Numerical Control Car, Engineering Training, Teaching Evaluation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2015年由国务院审议通过的行动纲领《中国制造2025》中提出,将数控机床与基础制造装备列为“加快突破的战略必争领域”,在“十四五”规划纲要中也提出了要推动制造业优化升级,高度关注高端数控机床产业的创新发展[1][2]。在此背景下,随着数控机床行业的发展,就业市场对数控技术人才需求激增,同时也对高校数控加工人才培养提出了更高要求。为了进一步优化数控加工实训教学课程,提升学生创新实践能力,引入了虚拟仿真技术,融合理论教学、虚拟仿真、工程实践三个维度的全新教学模式[3][4],该模式能够帮助学生更好的获得工程实践知识及技能。

黑龙江工程学院作为一所以省内省示范性应用型本科,注重培养学生工程实践能力、创新能力[5]。为培养适应市场对数控加工技术人才需求,已基于虚实结合数控加工实训教学模式进行了初步探索,加强理论与实践环节,提升教学效果,形成较为完整的教学思路,并为工程实训课程建设积累了一定经验,为人才培养提升质量。

2. 传统数控加工实训教学模式

传统数控加工实训教学主要采用“理论+实践”模式,课程面向全校大一、大二学生,该年级大部分学生工程意识、工程实践能力较为薄弱,但具有一定的学习热情,其中文科学生实训以认识实习为主,工科及近工科学生实训时间较长,通常要求其掌握数控机床的结构、加工工艺、编程及操作等内容。传统数控加工实训教学模式具有以下不足之处:

(1) 数控加工设备有限。以我校为例,每堂实训课程一个工种的实习人数通常为同一专业1~2个班级,人数在30~60人左右,虽然近些年学校加强了对工程训练中心的投入,但由于教学场地限制,大型数控设备价格昂贵,且养护成本较高,很难保证每堂实训课每位同学人手一台设备。

(2) 存在安全隐患。由于数控加工设备较大,主轴转速快,参与实训课程的同学实训时间长,实践经验不足,加工生产的安全意识相对较为薄弱,客观上讲,同学们在参加数控加工实训过程中具有一定危险性。

(3) 指导教师工作量较大。与理论课程不同,由于数控加工实训过程中,周边教学环境声音较为嘈杂,教学场地较为空旷,而实训同学数量远高于指导教师数量,且实训课程时长较长,指导老师在每轮操作演练过程中很难照顾到每一位同学,学习效果欠佳,这也要求指导教师反复进行操作演练,加大了教师工作量。

(4) 设备损坏率较高。由于大部分学生都是第一次接触数控加工设备,缺乏实际操作经验,很容易出现操作不当引起的撞刀问题,增大断刀机率,增加教学成本。

(5) 理论与实践结合不紧密。传统教学模式采用理论教学在前,实践教学在后的形式。当进行理论教学时,学生不能动手接触到实物设备,代入感不强,学习兴趣不高;当进行实践教学时,涉及到数控编程等较难理解的内容,由于理论教学时效果欠佳,导致动手操作时出现数控机床的基本概念不扎实、工艺特点不清晰、数控编程看不懂等问题,无法独立进行上机操作,参与感降低。

3. 虚实结合数控加工实训教学设计

近些年,高等教育注重工程实训教学模式创新,人才培养向应用型、复合型、创新型方向发展[6]。虚实结合数控加工实训教学模式是在传统金工实习模式的基础上,在理论教学和实训教学之间加入了虚拟仿真教学的新型教学模式,充分利用数控虚拟仿真技术优势,显著提升教学效果[7][8]。数控加工实训课程主要教学内容包括数控机床的结构及工作原理、加工工艺、刀具分类及选择、数控编程与数控机床基本操作等内容。数控加工理论教学相关内容,穿插在与虚拟仿真教学和实操教学项目当中,以数控加工典型零件为例,进行课程设计,该模式下课程教学内容设计如下图1所示。

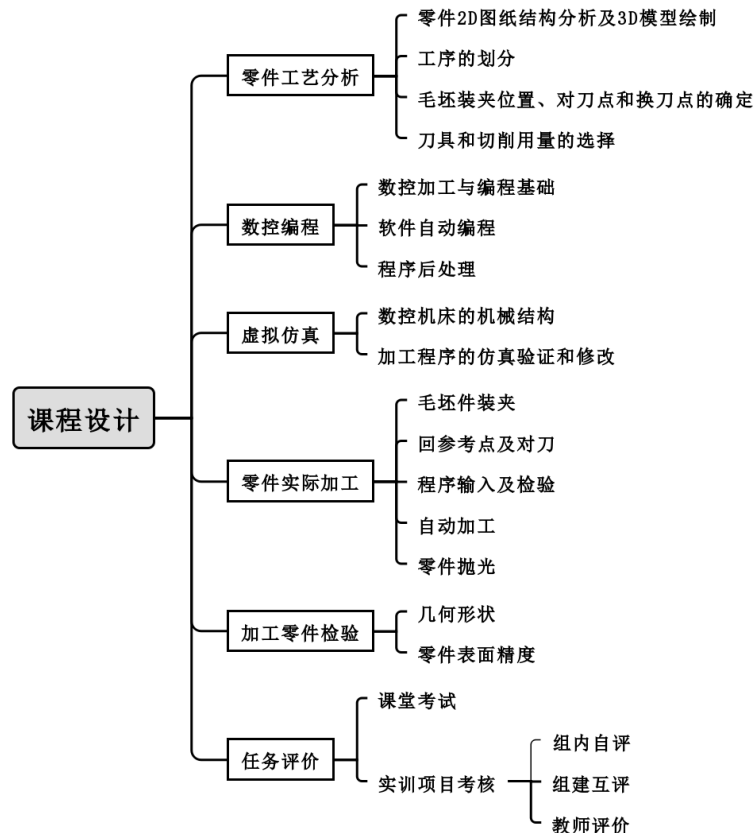


Figure 1. Teaching content design of CNC machining course

图1. 数控加工课程教学内容设计

4. 实训教学示例——以数控车削异性螺栓为例

为了更清楚表述该模式下的教学过程,本文以数控车削回转体零件为案例,面向机械类及近机械类专业学生,对异形螺栓零件的工艺分析与方案制定、数控编程与仿真、实际加工与检验等若干教学项目出发,对数控车削虚实结合工程实训教学过程进行详细描述。

4.1. 制定车削加工工艺方案

通常每个班次实训人数在 30 人左右,由同学自由组合成 10~15 个项目小组(每组 2~3 人),以小组为单位抽取需要完成的二维图纸,并在教师指导下,对零件进行工艺分析,并制定相应的加工方案。以图 2 零件为例进行分析,考虑工程实训教学安全性,毛坯材料采用 PVC 棒材,使用卧式数控车床进行加工,通过三爪自定心卡盘直接固定毛坯棒料,毛坯直径为 30 mm,外露长度为 100 mm,通过分析零件结构可知,在四方刀架 1~3 工位上分别机夹外圆车刀、外螺纹刀、切槽刀,使用量具有游标卡尺、螺纹环规、万能角度尺,已确定加工方案如下:

(1) 粗车外轮廓。使用 1 号刀外圆车刀首先车削端面,再进行零件外轮廓粗车,主轴转速为 800 r/min,进给速度为 0.15 mm/r, X 方向保留 1.5 mm 精加工余量,粗车加工可以在短时间去除大部分材料,提高效率;

(2) 精车外轮廓。为保证加工精度,使用 1 号刀进行零件外轮廓精车,主轴转速 1200 r/min,进给速度为 0.1 mm/r;

(3) 切槽。使用 3 号切槽刀进行切槽加工,主轴转速 500 r/min,进给速度为 0.1 mm/r;

(4) 外螺纹加工。使用 2 号外螺纹刀,保持转速 500 r/min,进给速度为螺纹螺距长度 1.5 mm,加工规格 M14 * 1.5 的外螺纹;

(5) 零件切断。保持转速,使用 3 号刀进行切断加工。

4.2. 数控车自动编程

手动编程需要人工进行操作,对人员要求较高,不但需要掌握数控编程技术,还需要熟悉数控加工工艺,编程错误率较高,且对于复杂结构编程时间成本较高,一般适用于较为简单的结构零件,而自动编程是通过计算机编程系统根据数控机床系统输出相应的加工程序,相较于手动编程,编程准确度高,可将程序直接对计算机进行传输,能够适应较为复杂的零件结构编程。自动编程已成为现代工业常见技术之一,UG 是自动化编程软件中最具代表性的,具有较好的综合性能,受到业界广泛认可[9] [10]。在工程实训教学过程中,引入 UG 自动化编程技术进行教学,迎合了市场对数控人才的发展需求。

通过抽取的二维图,利用 UG/CAD 模块绘制三维零件图,选择 CAD/CAM 车削加工模块进行自动化编程,将确定好的工艺加工过程、刀具号、切削用量等信息输入到编程软件中,经过后处理程序,生成适用于待加工的数控车床系统文件。

4.3. 数控车虚拟仿真

目前国内常用的数控加工虚拟仿真软件有 VERICUT、MACHINING、南京斯沃数控仿真软件等[11]。我校工程训练中心数控虚拟仿真教学采用斯沃数控仿真软件,该软件包含数控车、数控铣及加工中心模块,内置 FANUC、华中数控-HNC、FAGOR、巨森数控等主流的数控操作系统[12]。系统操作面板、机床结构与实际机床具有高度一致性,本课程选择 FANUC OiT/OiM 操作系统进行数控车仿真学习,学生通过 PC 机操作仿真软件,可以保证人手一台设备进行上机操作,通过反复数控仿真操作,可以减少第一次操作实物设备的生疏感,降低实际加工过程中失误率。教师通过局域网功能,对局域网内学生操作信

息进行监督，同时学生也可以通过局域网进行提问，在课堂上形成良好的互动。斯沃数控仿真系统完整还原机床结构，在仿真教学模块穿插数控机床结构、刀具选择等相关理论教学内容，让学生更加直观的了解机床整体构造和刀具类型。

仿真加工与实际加工操作基本一致，最大差异在于，仿真软件在对刀操作时，可以通过快速定位功能，定位毛坯棒料端面与外径轮廓交点和端面中心点位置。通过教师指导，保证每位同学都能够熟练进行 PC 端仿真实训操作，基本的操作流程包括：① 打开机床电源，旋起急停按钮；② 设定毛坯料尺寸并装夹；③ 根据工艺需求，设定加工需要的刀具并机夹在对应刀位；④ 按 X、Z 顺序，分别回机床参考点；⑤ 按刀具序号进行对刀操作；⑥ 导入自动编程好的程序进行校验；⑦ 再次回参考点；⑧ 进入“自动”模式，进行自动加工。

图 2 为异形螺栓仿真结果图，模拟过程中，刀具按程序代码中的轨迹信息进行运动，完成零件车削加工，通过仿真结果可以验证 UG 自动编程程序的准确性。

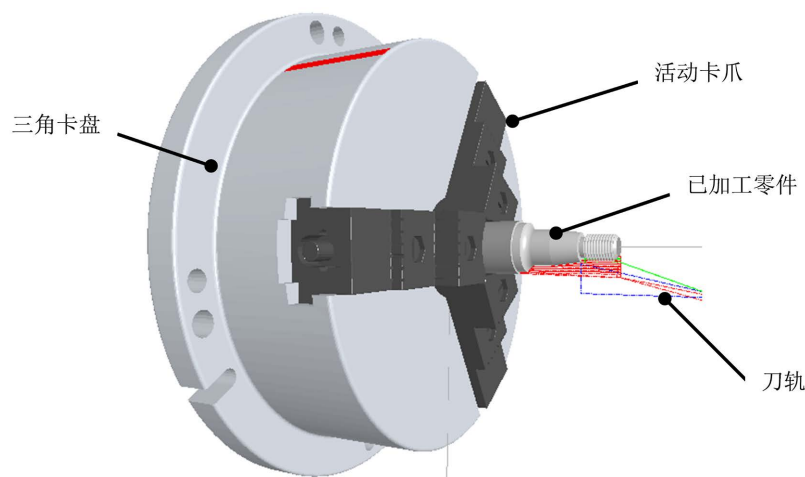


Figure 2. Simulation results of CNC turning of special-shaped bolts

图 2. 异形螺栓数控车削仿真结果

4.4. 实际加工与零件检验

数控车削零件加工教学使用的设备是济南第一机床生产的 CK6136i 卧式数控车床。小组成员根据验证完毕的数控程序和制定的工艺要求进行零件加工，数控车操作过程与仿真加工过程基本相同，并在指导教师指导下进行上机操作。由于加工材料为 PVC 棒材，将程序代码中 M08、M09 (切削液开/关)指令删除。实训过程中要求同学穿戴好工服等防护用具，操作过程中一般不允许两个人同时操作机床，进行换刀、手动对刀等操作时，要注意刀台位置，避免发生撞刀问题。零件加工过程中，要时刻注意走刀路径是否正确，如有问题应立刻按下急停按钮，对加工方案进行调整。PVC 材料在加工时会出现缠料问题，因此需要使主轴旋转，通过砂纸条对零件表面进行打磨，最后用锉刀等工具进行修面，加工完成的异形螺栓成品如图 3 所示。

使用游标卡尺、螺纹环规、万能角度尺分别对零件外径尺寸、外螺纹尺寸、直角尺寸进行检验，将测量数值与异形螺栓零件二维图纸尺寸进行对比，判断零件是否存在几何偏差。由于零件采用 PVC 材料，当主轴转速过大，会增大摩擦温度，在刀尖形成积屑瘤，并粘附在工件表面，从而影响刀尖位置和锋利度，导致零件表面质量降低，而主轴转速过低会影响进给速度，因此通过观察零件表面粗糙度情况，判断零件工艺参数合理性，小组进行讨论，对工艺参数进行调整。

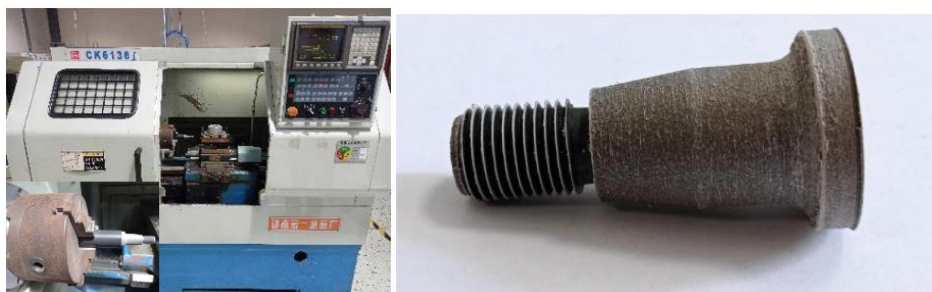


Figure 3. CNC turning physical processing
图 3. 数控车削实物加工

5. 实训教学效果评价

为了真实的反映学生实训课程学习效果情况,经过多年实训教学经验以及学生反馈情况,针对我校交通运输类、机械类、材料类专业本科学学生,制定了面向数控加工实训教学学生成绩评价的具体实施细则。主要分为课程考试和实训项目考核两部分,其中课程考试主要考察数控加工基本理论,以随堂测验及期末考试的形式进行考核,该项成绩在总比分中占比 30%;实训项目考核主要考察学生机械加工基础知识运用、动手操作能力、创新思维等内容,在总比分中占比 70%。

在数控加工实训项目教学评价方面引入“组内自评”、“组间互评”、“教师评价”三个维度评价机制,通过这种方式可以使教师了解学生更真实的实训情况,更加全面考察学生学习效果,激励更多学生参与到实训项目活动,同时也为指导教师改进教学提供依据[13]。

其中“组内评价”在小组内完成,学生在组内进行投票排名,投票以对项目贡献度、完成度、沟通协调等方面为评判标准,以排名顺序为给分依据,“组内自评”评分表,如表 1 所示,同学可以自由选择两人或三人组,“组内自评”在实训项目考核成绩中权重因子为 0.3。

Table 1. “In-group self-assessment” score sheet

表 1. “组内自评”评分表

学生姓名	三人组	两人组	组内排名
同学 1	95	95	1
同学 2	85	85	2
同学 3	75		3

“组间互评”是通过小组选择代表,并制作 PPT 答辩的形式进行,同学们通过答辩内容和完成零件质量对该组进行投票,投票获得优秀的小组积 4 分,良好积 3 分,中等积 2 分,及格积 1 分,累计积分占前 30%判定为优秀,处于 30%~60%为良好,处于 60%~90%为中等,处于 90%~100%为及格,未完成作品不积分,出现排名相同时,实训指导教师重新打分,判定最终排名。“组间互评”评分细则,如表 2 所示,小组成员以所在组得分计入最终综合得分,“组间互评”在实训项目考核成绩中权重因子为 0.3。

Table 2. “Mutual evaluation between groups” score table

表 2. “组间互评”评分表

等级	累计积分	成绩
优秀(排名前 30%)	4	95
良好(30% < 排名 ≤ 60%)	3	85
中等(60% < 排名 ≤ 90%)	2	75
及格(30% < 排名 ≤ 60%)	1	65

以授课教师为主要评价人,工程训练中心专业负责人为审核人,授课教师对学生评价应该从工程实训过程中多方面进行考察,不仅要参考项目完成情况,还有考察学生专业基础、动手能力、协作能力、创新能力等多方面因素。按表3“教师评价”评分要求表对学生进行打分,该项在实训项目考核成绩中权重因子为0.4。最终综合得分计算公式,即 $F = 0.3 * a + 0.3 * b + 0.4 * c$ (F为实训项目考核成绩,a为“组内自评”分数;b为“组间互评”分数;c为“教师评价”分数)。

Table 3. “Teacher evaluation” score standard table

表 3. “教师评价”评分标准表

等级	标准
优秀 (100 ≥ 分数 ≥ 90)	在“良好”标准基础上,要求学生具备协作意识,组织或协调小组成员完成任务,在实训过程中,体现较强的动手和解决问题的能力,具备一定创新思维,能够对零件结构、工艺等内容进行合理改进。
良好 (90 > 分数 ≥ 80)	较好的完成小组内承担任务,设计工艺方案、编制程序等内容准确,数控车床操作标准、熟练,数控加工的理论基础较为扎实。
中等 (80 > 分数 ≥ 70)	在“合格”要求基础上,掌握机械制造基本理论基础,主动并独立完成小组内分配的项目任务,基本完成工艺方案、编制程序等实训内容,在指导教师引导下能够独立完成数控机床仿真和上机操作。
及格 (70 > 分数 ≥ 60)	按规定要求着装,具有安全实训意识,服从指导教师安排,主动参与到工程实训项目中,在教师 and 同组同学帮助下基本完成实训任务。
不及格 (分数 ≤ 60)	不能完成实训任务。

6. 结语

虚实结合教学模式在数控加工实训教学中的应用,能够充分激发学生在学习热情,让更多同学参与到工程实训教学项目中,培养学生工程实践能力。虚拟仿真教学模块加入,解决了传统金工实训场地不够、设备不足等问题,大量数控加工仿真练习,降低了学生机床操作失误率,从而降低实训安全隐患。工艺设计、数控编程等教学项目有利于培养学生工程思维和创新思维,为大学创新创业、大学生竞赛、科学研究等活动奠定基础。

基金项目

黑龙江省教育科学规划重点课题“以本为本背景下工程训练课程体系探索与实践”(GJB1422507);黑龙江工程学院新工科(新文科)研究与实践项目“面向新工科的数控加工虚拟仿真教学实践研究”(XGK2022210);中国交通教育研究会教育科学研究课题“基于增材思维的先进设计与制造工程实训教学实践与探索”(JT2022YB460)。

参考文献

- [1] 李清江,刘世爽,蒋莉,马明明,冯文颖.在“互联网+”和“中国制造 2025”背景下的产教融合创新基地建设[J].实验技术与管理,2021,38(3):242-245+250.
- [2] 郑国伟.《中国制造 2025》解读与体会[J].制造技术与机床,2018(9):13-14+136.
- [3] 郭军红,崔锦峰,杨保平.新工科背景下虚实结合虚拟仿真实验项目的建设[J].实验技术与管理,2019,36(8):119-122.
- [4] 高洪.基于虚拟仿真技术的工程训练教学[J].计算机仿真,2020,37(7):391-393+408.
- [5] 范军.职业院校“共享型”实训基地建设过程的保障机制分析——以四川职业技术学院机械类专业实训基地建设为例[J].科技风,2016(19):187.

-
- [6] 苗玉琪. 产教融合式专业实训基地建设目标、策略与成效[J]. 现代职业教育, 2023(25): 113-116.
- [7] 王建武, 金仁东, 王超, 等. 问题导向型数控车虚实结合教学实践与探索[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(3): 249-251+261.
- [8] 史红燕. 基于理虚实一体化的“数控加工编程与操作”教学改革研究[J]. 现代农机, 2021(3): 96-97.
- [9] 孙芹. NX (UG)软件在机制本科教学中的应用[J]. 教育与职业, 2013(29): 168-169.
- [10] 北京兆迪科技有限公司. UG NX10.0 数控加工教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [11] 任杰宇, 李卫国. 数控加工虚拟仿真实验教学方法的改革与实践[J]. 创新创业理论研究与实践, 2021, 4(17): 33-35.
- [12] 陶亮, 周知进, 潘克强. 基于斯沃仿真软件的数控技术辅助教学研究[J]. 教育教学论坛, 2020(36): 293-294.
- [13] 戴蔚荃, 周长江, 林锦明, 王小燕. 基础化学实验课研究性教学考核评价体系构建[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(5): 125-127+168.