

基于项目驱动的数控技术“闭环”实践教学改革与实践

娄海峰,杨金林,潘翔伟,吴新丽,陈 明

(浙江理工大学机械基础实验教学中心,杭州 310018)

摘 要: 中国向制造强国迈进的号角已经吹响,培养具有数控技术综合实践能力的专业人员的任务已刻不容缓。针对目前数控技术实践教学系统性有待提高、实操教学手段有待多样化、自动编程教学有待加强的现状,提出扩展数控技术实践教学内容、建设数控技术实践教学平台、采用项目教学法贯穿数控技术实践教学各环节,构建“闭环”式实践教学体系的改革思路。通过数控技术实践教学改革的实施,学生在数控技术方面发现问题、分析问题与解决问题的实践能力得到提升,改革取得了一定成效。

关键词: 数控技术;实践教学体系;项目教学法;实践教学平台;闭环

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851(2017)06-0577-08

在发达国家纷纷制定如德国“工业 4.0”的国家战略发展先进制造业的今天,制造业的先进与否俨然成为一个国家综合实力与国际地位的决定性因素。为了迎头赶上全球制造业发展的新格局,国务院明确提出要重点突破和发展高档数控机床等智能制造装备的战略任务,并把加大专业技术人才、经营管理人才和技能人才的培养力度,健全制造业多层次人才的培养体系作为实现中国现代制造业的重要战略支持与保障措施之一^[1]。由此可见,数控技术是先进制造的技术基础,普通高校要应培养出适应我国现代制造业所需要的数控理论与工程应用兼备的人才。但是,目前高校实验、实训的教学环节相对薄弱的现状依然没有得到缓解,学生的实践能力、创新能力、团队精神不足,因此,为了应对先进制造业对人才培养的要求,我们有必要对目前数控技术的相关教学课程进行深入分析,对数控技术的实践教学进行重新规划与研究。

一、数控技术实践教学现状的分析

(一)数控技术实践教学的内容与目标

数控技术是一门应用性、实践性很强的应用科学,学生不仅要掌握一定的理论知识,更要掌握基本

的数控操作与编程的技能,所以,数控技术的实践教学的基本内容主要包括数控加工工艺与编程及数控机床操作的实践训练^[2-3],其内容如图 1 所示。与其他高职院校重点培养学生数控机床实际操作能力,达到一定操作技能为目标不同,普通本科院校不仅要培养学生具有一定的数控机床的操作能力,更应使学生具备数控程序员的基本素质,因此数控编程的实践教学环节不仅要求学生掌握手工编程的能力,也要求学生掌握计算机辅助设计制造(CAD/CAM)的自动编程技能。

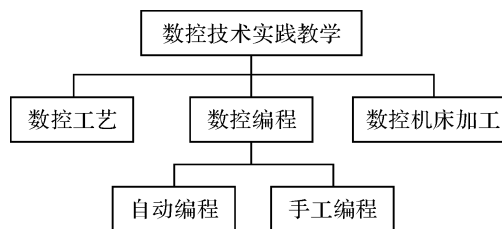


图1 数控技术实践教学的主要内容

数控技术实践教学应该让学生能够通过数控技术综合实践的锻炼,学会融会贯通数控技术的各个知识环节,最终达到学生能够按照加工图样的技术要求,独立制定加工工艺,编制数控加工程序并进行校验,最后在数控机床上加工出符合图纸要求的合

格产品的教学目标。

(二)数控技术实践教学各环节的现状与分析

数字制造是笔者所在的高校机械设计及其自动

化本科培养的专业方向之一,目前与数控技术直接相关的课程设置(以机制专业2015级本科生培养方案为例)如表1:

表1 与数控技术直接相关的课程设置

课程名称	课程性质	开课时间	数控实验/实践占总课时比例	对应数控技术教学环节
金工实习	独立实践必修	第2学期	5/20	数控机床组成及操作
三维数字化建模	学科基础选修	第5学期	0/32	CAD/CAM
CAXA制造工程师	专业选修	第6学期	4/32	CAD/CAM
数控加工工艺与编程技术	制造专业模块必修	第6学期	6/32	数控加工工艺与编程
机床数控技术	制造专业模块必修	第6学期	0/32	数控机床组成及操作

从表1中可以看出,笔者所在的高校在数控技术相关课程设置上的教学思维方式是:一年级机械类新生进校后,可通过金工实习实践课程对机械加工制造的方法与设备形成基本的认知,对数控机床的加工原理与操作也有了粗浅的了解;到了三年级,进入了专业学习阶段,学生再接触到与CAD/CAM自动编程、数控加工工艺与编程和数控机床组成原理等相关数控专业课程。从上所述,数控技术实践教学基本上是跟随理论课的教学展开的,笔者认为对以下几点有必要加以改进:

1. 实践教学的系统性有待进一步提高

一年级金工实习阶段,学生尚未得到数控方面专业知识系统的学习,因此对数控机床仅限于操作层面的认知;而到了高年级,由于三维数字化建模、机床数控技术、数控加工工艺及编程等课程均以理论教授为主,各课程各自为教,实验的设置是为了使学生通过感性认识来加深对各课程知识点的理解与掌握,多为验证性的基础性实验,由于缺乏统一的教学主线贯穿数控技术的各教学环节,学生往往不知道自己所学的知识点有什么用、用在哪里、怎样去用。因此,有必要加强综合性的实践训练使学生得到数控编程与加工综合性、设计性的实践锻炼。

2. 实践教学的实操教学手段有待多样化

数控技术是一门实操性非常强的技术,在数控机床及加工工艺的教学中,有关坐标系、对刀、刀具长度及半径补偿等概念若只有书面的文字、图形,学生会感到很难理解,如果结合机床操作讲解,这些抽象的概念就会变得生动,有利于学生理解与掌握,不仅如此,通过对数控机床控制面板、工作台、夹具、刀具库及加工过程的接触与观察,学生对机械加工的理解会更加深刻。笔者所在的高校金工训练中心虽然配备一定数量的企业级的数控机床,但因为数控设备的使用维护较为昂贵,在没有任何可模拟实际机床操作的辅助教学手段的情况下,很难满足每个

学生在学习数控加工工艺与编程及非加工状态下的机床操作时,能够实时通过对机床操作来巩固与运用知识点的要求。

3. 实践教学的自动编程教学有待加强

由于手工编程是根据加工零件图样与既定工艺,人工计算数控程序中控制各个刀位点的坐标值,所以针对形状复杂的零件,人工不能胜任数控加工所需的数值计算,难以或是不可能完成数控程序的编制。随着计算机技术的发展,建立在CAD/CAM基础上的数控自动编程技术日益成熟,因此,自动编程技能的训练应在数控技术实践教学占有较大的比重。在目前的数控技术教学体系中,CAXA制造工程师课程以介绍这款国产的CAD/CAM一体化自动编程软件的使用操作为主,数控加工工艺与编程的实践教学着重以单个数控指令、手工编程的训练为主,两者未很好的融合;三维数字建模课程以教授机械专业常用的Solidworks等软件的操作为目的,并且由于CAXA制造工程师的CAD造型功能有其自身的特点,学生普遍反映其CAD建模操作的方法与Solidworks不尽相同,使用不习惯。

二、数控技术实践教学改革与教学体系的构建

针对前述数控技术实践教学中的不足,有必要在数控技术实践教学的内容与方法上做出改革,建立起切实有效的实践教学体系来锻炼学生数控加工及编程的综合实践能力。

(一)数控技术实践教学内容的改革与实践教学平台的构建

1. 拓展数控加工工艺与编程实践教学的内容,加强自动编程的实践教学

目前数控加工工艺与编程的实践教学仅限于数控车端面、外轮廓、螺纹及数控铣钻孔循环、子程序等单个指令的手工编写,缺乏实际的操作验证,实际上数控工艺中有关数控机床的类型及功能、机床坐标

系、编程坐标系、加工刀具夹具的选择、对刀的原理、刀具补偿原理等等知识点都是编写高效合理的数控程序的基础,这些知识点对于缺少实践经验的学生来说是抽象难懂的,数控技术的实践教学应该把以上知识点都纳入教学内容中来,让学生在“做中学”。

此外,目前自动数控编程技术中图形化的自动编程技术是主流^[4-5]。图形化自动编程软件存在两种模式:一种是 CAD/CAM 一体式,即三维造型与加工是在同一个平台不同的模块下,比较常用的如 Unigraphics NX^[6]、Pro/E^[7]、MasterCAM^[8]、CAXA 制造工程师等;另一种是不具有 CAD 造型功能的纯粹的 CAM 软件。如前所述,由于学生不太适应 CAXA 制造工程师的 CAD 造型功能,所以我们有必要引入一种与通用三维 CAD 软件兼容性好的 CAM 软件工具来加强自动编程的实践教学。

2. 选择 CAD/CAM 软件,引入数控加工仿真软件,构建数控技术实践教学平台

目前机械类学生大多把 Solidworks 作为三维零件数字建模的工具,所以这款 CAD 软件在学生中普及率相当高,鉴于以上实际情况,有必要引入与通用 CAD 软件兼容性好的纯 CAM 软件 Powermill^[9] 作为自动编程工具的多一项选择。这样,自动编程实践教学就有 CAD/CAM 一体化的

CAXA 制造工程师与独立 CAM 功能的 Powermill 两种编程工具可供选择,掌握了 CAD 造型方法的学生不必重新学习 CAXA 制造工程师的 CAD 建模功能,从而可以降低学习自动编程的难度,提高学生对自动编程方法的学习兴趣。

针对数控实操教学手段多样化的要求,运用基于虚拟现实的数控加工仿真系统辅助数控技术的实践教学被很多高校采用。数控加工仿真系统重现了数控机床的三维立体形态,运用三维动态虚拟技术模拟数控机床的加工过程,学生可以在软件界面上完成原来需要在真实数控机床上才能进行的操作^[10]。宇龙数控仿真系统正是这样一款软件,采用宇龙数控仿真系统辅助数控技术实践教学不仅在非加工的状态下可以有效地代替真实的数控机床,大幅降低实践教学的投入成本,而且由于学生上机操作,安全性高,覆盖率广,学习效果好。

CAD/CAM 多元化自动编程工具、宇龙数控仿真系统及金工训练中心数控机床设备,这三方面的结合构建起了数控技术实践教学平台。

(二)数控技术实践教学方法的探索与改革

数控技术的实践是一个连续的作业过程,一个数控加工零件从图纸到实物必然经历的过程,如图 2 所示:

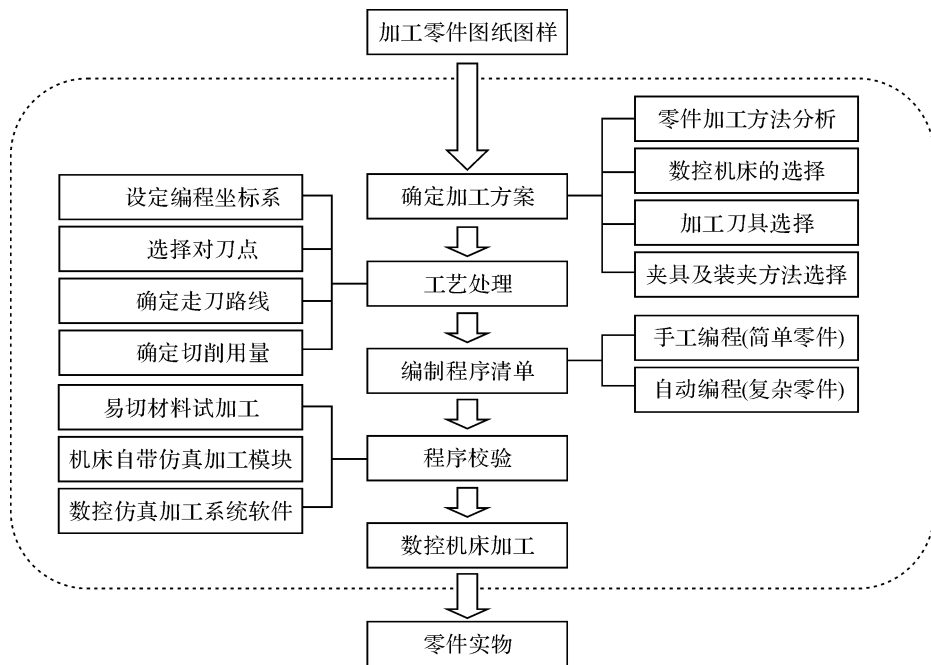


图 2 数控加工零件的过程

由此可见,数控编程与加工是一项系统工程,以往碎片式的数控实践教学的方法很难让学生建立起工程化系统化的概念,必须有一条教学主线贯穿各个实践单元,而项目教学法可以满足这一要求。

1. 项目教学法的内涵

项目教学法的显著特点是,“以项目为主线、教师为主导、学生为主体”,是 20 世纪 90 年代由美国教育学家提出的一种教学方法^[11]。教学伊始,教师

就把一个相对完整的项目任务布置给学生,完成项目任务所要开展的调查研究、项目方案设计及实施到最终的评价均由学生完成,教师只起到引导与监督的作用;在这一教学过程中,学生为教学活动的主体,教师引导学生去学习完成项目应具备的基本知识技能,学生通过教师的指引去分析问题,最终解决问题得到项目结果,并进行展示与自我评价^[12-13]。项目教学法强调的是学生的自主学习与主动参与,为了完成项目任务,学生不仅要会“学”,也要会“做”,要主动理解与把握项目要求的知识与技能,从中体验创新实践的辛苦与快乐,锻炼了系统解决问题的能力。

2. 基于项目驱动的数控技术实践教学改革的实施

(1)项目的确定和设置。在项目教学法中,项目的制定是关键的一环,项目确定的合理与否直接影响了教学的效果。在项目确定中应遵循以下几点原则:a)实用性原则。项目尽可能贴近生产实际,项目任务的结果具有较强的实际应用价值,完成项目所用的知识与技能适用于实际产品的研制。b)可行性原则。项目的难度要适中,过于复杂或是难度过大,学生会有为难情绪,失去了对项目实施的兴趣。c)综合性原则。项目应涉及多个知识点与操作技能才能够完成。教师可以确立一个项目贯穿整个教学计划,也可设置多个阶段性的项目。

由于实践教学改革带有实验性质,学生均为自愿参加,数量不是很多,所以项目的设置不必很多。在项目教学法的驱动下,实践教学设置了如图3所示“齿轮泵修复”的项目,模拟了在工厂生产时液压泵站中的齿轮泵由于过载,结构遭到破坏需要在加工修复的场景。齿轮泵由工厂修理工拆卸检查后发现一根轴齿轮齿面破坏,与泵盖配合轴段磨损;泵盖由于受力不均出现裂痕,与齿轮轴配合孔磨损,现需要技术人员对齿轮轴与泵盖进行重新加工与替换。项目设置如表2所示,表中按照实际数控加工生产中常用岗位(工种)分类设置了数控车与数控铣两个

项目模块,每个项目模块都要求学生综合运用相关数控工艺编程知识及机床操作加工技能。

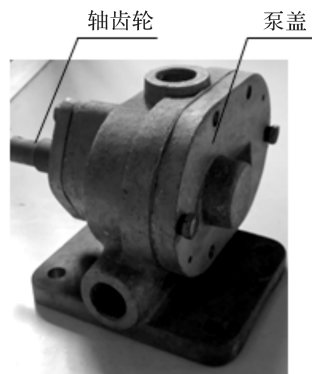


图3 齿轮泵实物

表2 项目设置

项目总任务	模块	项目设置	项目任务描述	所用数控系统
重新加工齿轮泵受损零件	数控车	轴齿轮的数车加工	测绘设计轴齿轮,完成轴齿轮车削加工,为齿轮加工提供半成品	发那科(Fanuc)
	数控铣	泵盖的数控铣加工	测绘设计泵盖,完成泵盖铣削加工,可与泵体和轴齿轮相配	发那科(Fanuc)

(2)项目实施计划的制定。在项目计划制定过程中,教师首先要根据项目任务提出指导性计划,即要完成任务需要学生掌握哪些知识及技能,项目完成的时间节点是什么;学生按照项目任务及教师的指导制定工作计划,规划各阶段的时间安排、分工等内容,最后得到教师的认可。

制定指导计划(见表3)时,每个项目模块均分阶段进行,按阶段进行项目指导与管理。参加项目的学生按照自主自愿自由的原则搭配成组,由于实践教学项目的开展在课外时间进行,学生可按照指导计划所设定的阶段,综合考虑小组成员的时间安排制定出小组的项目开展计划,确定了每个阶段完成的时间,这样教师对小组的进展情况也有大致了解,便于管理。

表3 项目指导计划

项目名称	阶段划分	涉及主要知识点	计划时间
轴齿轮数控车加工	图纸设计	零件测绘与机械制图	1周
	数控手工编程	数控车床坐标系规定,数控车刀具及补偿、刀尖方位号、切削用量等工艺知识,数控车工序的划分,编程T指令、M指令,数控车基本G指令与车端面、外圆、螺纹等粗精加工多重循环编程指令	两周(分散进行)
	宇龙数控数控车仿真加工	数控车床回零,毛坯创建及装夹,对刀操作(沈阳第一机床厂),Fanuc0i数控系统程序输入、调用、调试及运行	两周(分散进行)
	数控车床加工	数控车床CAK6150DJ/890刀具与毛坯装夹,对刀、数控程序运行,零件检验等实操	1天(集中进行)

表 3 续

项目名称	阶段划分	涉及主要知识点	计划时间
泵盖数控铣加工	图纸设计	零件测绘与机械制图	1 周
	自动编程	数控铣床坐标系规定,数控铣刀具及刀具补偿、切削用量等工艺知识,泵盖 CAD 建模,Powermill 的使用(数据格式转换、模型分析、毛坯生成、三轴加工策略的选择及刀路生成、刀路仿真及后处理生成 NC 程序)	两周(分散进行)
	宇龙数控数控铣车仿真加工	数控铣床回零,毛坯创建及装夹,对刀操作(沈阳第一机床厂),Fanuc0i 数控系统程序输入、调用、调试及运行	两周(分散进行)
	数控铣床加工	数控铣床刀具与毛坯装夹,对刀、数控程序运行,零件检验等实操	1 天(集中进行)

(3)项目实施。项目实施是实践教学的主要阶段,学生根据教师认可的实施计划,查阅资料与文献,及时交流所得以形成对项目任务的认识与理解,明确工作思路后即可分工开展各项工作;教师在项目初期要对学生进行基础知识与技能的培训,在实施过程中要采取适当的项目管理方法全程跟踪学生的进展情况并及时解答学生的疑问。

在本项目实施过程中,由于参加的学生多数对 Powermill 自动编程与宇龙数控仿真不熟悉,因此教师结合小组的进展计划,在这两个阶段初期采用了案例教学法对学生进行了软件操作方面的简单培训。对于 Powermil 数控铣自动编程,讲授时结合加工工序与刀具等工艺知识,仅演示完成典型零件全部加工策略中的一种,其余由学生自主学习;对于数控仿真系统的培训,例如数控车的仿真加工,讲授时仅围绕某一工序展开,重点演示对刀操作建立加工坐标系的过程,其余例如程序输入等操作可让学生参照使用手册完成。此外,参加的学生对数控加工工艺与编程的基础知识掌握的程度参差不齐,教师还向学生推荐了这些方面的学习资料。总之,教师仅扮演了入门引导者的角色,要完成项目任务,还需要学生主动去深挖研究各种知识技能。

项目实施中学生分成了两个小组并选出了小组长,组长制定各阶段学习计划,定期开展学习交流会展开讨论,教师参与其中并给予指导。小组成员均要求完成“齿轮泵修复”项目的数控车与数控铣程序的编制并独立上机,通过数控仿真系统的验证,最后遴选出工艺较优的进行实物加工。

在管理方式上,项目采用了开放式实验室管理的方式,实验教学中心机房日常开放,由小组长安排日常上机学习值班表并建立签到制度,教师与学生通过网络即时通讯工具建立学习群,可随时保持联系并掌握项目进展情况,解答学生的疑惑。

(4)项目的考核与评价。在学生完成项目任务后,首先由学生完成项目总结,开展相互的展示与交流,学生之间互评成绩;教师根据项目任务验收学生项目成

果,并根据学生的总结汇报综合评定学生成绩。

“齿轮泵修复”项目的考核按项目指导计划分阶段进行,分为数控程序考核、仿真加工考核与实物加工考核等三个阶段,每个阶段结束后,教师组织学生进行现场答辩,学生向大家展示自己的阶段性成果并接受同学的评论与提问。数控程序考核阶段,学生不仅要展示与解释程序,还要阐述所采用的数控工艺;数控仿真阶段,学生要现场演示程序输入与仿真加工,最后由其他学生对产品进行尺寸检验;实物加工阶段,小组成员分工协作,互相提醒,完成工件装夹、对刀、程序输入调用与加工,最后小组自检与指导教师按图验收。在各阶段考核完成后,学生还需完成实验项目总结报告,教师根据学生各阶段成绩与实验报告情况进行成绩的综合评定。

三、数控技术实践教学改革的成效

(一)锻炼了学生数控技术综合实践能力

在以往的数控技术教学中,各个环节的实践实验教学多依附与各理论课程,实践教学的目的多是通过实验观察,使学生掌握某个知识点。例如数控编程中数控车外圆、螺纹,数控铣钻孔循环等实验,实验前教师已经做好了实验的准备工作,比如刀具的选择与装夹,加工设备的调试,切削用量的确定乃至数控指令程序的编写等,学生实验时按照指导老师的吩咐,通过少量的操作就可观察到在某个数控指令的驱动下数控机床的动作,进而了解数控指令所能完成的功能。很明显,在这种模式下,教师是实践活动的主体,主导了某个知识点实验实践活动的设计、准备及实施,而学生是被动接受者,在实践过程中学生很少有主动设计思考的机会,需要动手的步骤也不多,而采用了项目教学法的实践教学改革改变了这种知识点分散、学生被动学习的模式。

在轴齿轮数控车项目模块中,学生接收到加工齿轮轴数控车的项目任务和项目进行指导计划,但这些都是纲领性的文件,要完成这一项目,学生首先要根据齿轮轴设计图纸中零件的轮廓、材料、精度等

技术要素进行分析,确定加工工艺,在确定各粗精加工工序、工件的装夹方式、加工刀具与切削用量的基础上编写数控车加工工艺表,在这一过程中学生综合运用了数控车床结构知识、车床加工工序及刀具种类与切削用量计算等知识;在进行数控车手工编程时,学生首先要根据工艺表确定编程坐标系、分配刀具编号、选择相应的数控指令、计算各工序刀位点的坐标值,然后才能根据发那科编程规则编写数控程序,这一过程是学生对数控车编程知识的综合运用;在仿真加工阶段,学生只有熟练掌握仿真数控机床的操作,正确运用对刀及刀具偏置等数控加工原理才能使数控程序顺利运行;最后的数控车床实物加工是学生仿真加工的实际检验,通过装夹工件与刀具、对刀、程序输入调用运行等实际操作,锻炼了学生实际动手的能力。泵盖数控铣项目模块的进行过程也是如此,与轴齿轮数控车项目模块不同的是,编程阶段学生对泵盖进行工艺分析后发现此零件外形轮廓稍显复杂,需要用自动编程来代替手工编程,这一过程学生要进行泵盖的三维建模,而后进入 Powermill 等 CAM 系统根据一定的加工策略生

成刀路进而产生 NC 程序,这是学生综合运用 CAD/CAM 知识的结果。

综上所述,由于改革中引入了项目教学法,学生在实践活动中由过去被动接受者转变为项目实施的主体,而老师转为引导者的角色。在完成项目的过程中,无论是手工编写齿轮轴的数控程序还是 CAM 自动编写泵盖的数控程序,无论是三维建模还是仿真数控机床的操作,学生们总会碰到各种各样的实际问题,这充分激发了学生的主观能动性与求知探索的欲望,也充分调动了学生综合运用各种数控知识解决问题的积极性,最终锻炼了学生发现问题、分析问题、解决问题的综合实践能力。

(二)建立了基于项目驱动的数控技术“闭环”实践教学体系

项目教学法的核心思想是以学生为实践活动的主体,教师作为指导者对学生的探索提供帮助与指导。此外,在项目实施的过程中,实践平台可以实时反馈学生实践的效果,确保学生掌握项目进展的主动权。通过教学改革,建立的实践教学体系如图 4 所示:

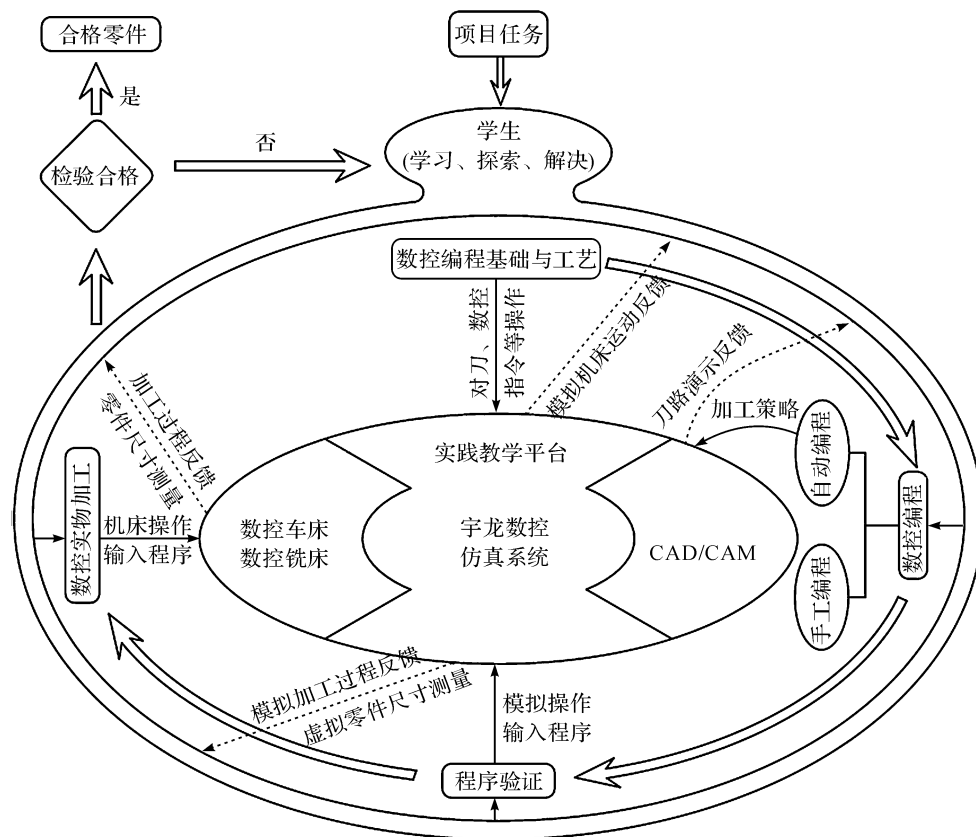


图4 基于项目驱动的数控技术“闭环”实践教学体系

从图4中可以看出,学生的实践活动都是围绕着项目展开的,从项目任务的下达到零件实物最后

加工要经过一系列的项目环节,而上一环节结果的正确性直接决定下一环节能否顺利进行,比如没有

合理的数控加工工序、刀具及刀位点等工艺参数就会影响数控程序的编制,没有符合规范的程序格式就会影响仿真加工及实物加工的进行等,最后零件经教师检验后若不符合图纸要求,则学生可根据反馈结果对项目环节进行检查、改进,这实现了项目流程的“闭环”。不仅如此,教学体系还实现了各个项目环节的“闭环”:在项目准备阶段,即学生学习数控编程基础与工艺阶段,通过操作宇龙数控仿真系统,学生可观察到机床的种类、坐标系及机床对各种数控指令的动作反馈等形象直观的信息,有利于学生的主动学习;自动编程阶段,CAD/CAM 软件工具可对学生输入的加工策略进行实时刀路运行演示,直观地反馈材料去除的过程,有利于学生进一步纠错与优化加工策略;程序验证阶段,学生操作宇龙数控仿真系统模拟加工,仿真系统可实时反馈与毛坯装夹、对刀、程序检查及刀具加工等与真实数控机床一致的仿真加工过程,并且学生可在系统中检查零件尺寸,这有利于学生得到切实可行的数控程序;实物加工阶段,通过对数控机床的加工操作,学生可直观地从刀具的切削运动中感受到不同工序中,主轴转速、进给量等切削用量对实际加工的影响,这有利于学生建立对机械加工的正确认识。

总而言之,实践教学体系体现了“学生掌控、项目贯穿、平台支撑、实践闭环”的特点,在项目的驱动下,学生要完成项目任务必须要经过完整的“闭环”式的项目流程;在各个项目环节中,学生通过实践平台输入自己的构想得到平台的实时反馈信息,并根据反馈信息对自己的构想进行修正,这一项目环节的正确结果又驱动下一环节的顺利实施,所以在各个项目环节中,学生都是活动的实施方与信息反馈的接收方,这实现了学生对项目环节的“闭环”控制。可见,正是项目的驱动实现了实践教学体系项目流程的“闭环”与各个项目环节的“闭环”,使学生在以项目为驱动的实践过程中真正成为实践活动的主体。

四、结 语

基于项目驱动的数控技术“闭环”实践教学改革是一项具有探索性质的实验教学项目,它通过引入项目教学法串联了数控编程与加工的各个环节的实践知识点,在项目设计、制定计划与实施乃至项目评价过程中使学生成为了实践教学活动的主体;它通过构建“闭环”式实践教学体系,实时反馈学生学习与实施的实践活动效果,为学生在项目实施中真正

成为实践活动主体提供技术性保障。通过项目教学法的实施与实践教学平台的构建,提高了学生自主探索的热情,学生的数控技术综合实践能力得到了锻炼与提升,取得了良好的实践教学效果。当前,在《中国制造 2025》的制造业国家战略政策的推动下,各个高校都在探索建设“新工科”的路子以迎合国家发展的需要,数控技术作为先进制造的基础,笔者所在的高校也在不断地调整机械专业数控技术实践能力培养的机制,今后笔者所在的高校会设置针对数控技术的综合实践课程,学生的数控的实践能力必将得到进一步加强,此次数控技术实践教学改革为今后我实验教学中心进一步开设数控技术实训课程提供了宝贵的实践经验。

参考文献:

- [1] 国务院. 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知:国发[2015]28号[EB/OL]. (2015-05-08)[2017-08-12]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm.
- [2] 韩振宇,富宏亚,付云忠,等.“数控技术”课程教学改革的探讨与实践[J]. 中国大学教育,2012(7):41-42.
- [3] 冯涛,邱昕洋,刘志杰,等. 基于创新能力培养的数控技术课程教学改革与实践[J]. 教育教学论坛,2016(13):64-65.
- [4] 郭倩. 数控自动编程技术现状和发展方向[J]. 价值工程,2011,30(28):41-42.
- [5] 贾利晓,黄广霞. 数控加工编程方法及应用[J]. 现代制造技术与装备,2015(4):88-90.
- [6] 盖立武,郭旭红. 基于UG数控车加工环境设置常见问题的解析[J]. 制造业自动化,2015,37(10):30-35.
- [7] 毕俊喜,任昭. 基于Pro/E的数控车削加工仿真[J]. 现代机械,2015(4):5-7.
- [8] 石从继. Mastercam《数控技术》实践教学中的应用[J]. 机电技术,2010(2):177-178,184.
- [9] 张炜,夏山鹏,宿良. 基于Powermill的数控自动编程加工技术研究[J]. 轻工科技,2015(6):60-61,63.
- [10] 丁杰,刘践丰. 数控仿真软件在教学中的应用研究[J]. 教育教学论坛,2017(13):264-265.
- [11] 何霞,陈瞻,张涛. 项目教学法在包装CAD课程中的应用研究[J]. 浙江理工大学学报(社会科学版),2014,32(4):238-240,244.
- [12] 刘春玲,霍春宝,王铁超. 非电类专业《单片机原理及应用》项目驱动法教学改革与实践[J]. 辽宁工业大学学报(社会科学版),2014,16(5):135-137.
- [13] 张辉杰. 以项目驱动法为主体的实践教学方法的探索与研究[J]. 西藏科技,2013(7):9-10.

Reform and Practice of Practice Teaching of Project-Driven Closed-Cycle NC Technology

LOU Haifeng, YANG Jinling, PAN Xiangwei, WU Xinli, CHEN Ming

(Mechanical Foundation Experimental Center, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 30018, China)

Abstract: The clarion call of China's entry in a great power country in manufacturing has sounded. It is urgent to train the specialized talents with the ability of comprehensive practice in NC technology. The systematicness of NC technology practice teaching should be improved. The operation teaching methods need to be diversified. The teaching of automatic programming needs to be strengthened. In view of the above situations, the paper puts forward the reform idea of expanding the practice teaching content of NC technology, constructing NC technology practice teaching platform, running through each link of the NC technology practice teaching by project teaching method, and constructing a closed-cycle practice teaching system. Through implementing the reform for NC technology practice teaching, the practical ability of students to find, analyse and solve the problems in NC technology has improved, and the reform has achieved certain results.

Key words: NC technology; practice teaching system; project teaching method; practice teaching platform; closed-cycle

(责任编辑:王艳娟)