

DOI: 10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2025.02.019

基于工作过程的数字化设计制造能力培养课程体系构建研究

连碧华

(南京机电职业技术学院, 江苏 南京 211306)

摘要:从数字化设计制造技术内涵、数字化制造人才需求分析入手,基于产品工作过程职业岗位能力、技能需求,构建数字化设计与制造能力培养课程体系,系统设计基础能力课程、专业能力课程和实践教学流程。以数控技术专业为例,实践课程体系和实践教学流程。结果表明:所构建的能力培养体系合理有效,为高职“机械制造专业群”学生数字化设计与制造能力培养提供了借鉴。

关键词:数字化设计制造;课程体系;实践教学;职业能力

中图分类号:G710 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2025)02-0098-05

Research on Construction of Digital Design and Manufacturing Capability Training Curriculum System Based on Working Process

LIAN Bihua

(Nanjing Vocational Institute of Mechatronic Technology, Nanjing 211306, China)

Abstract: Starting with the connotation of digital design and manufacturing technology and the analysis of the demand for digital manufacturing talents, this paper constructs the course system of digital design and manufacturing ability training and systematically designs the basic ability course, professional ability course and practical teaching flow. The major of numerical control technology taken as an example, the course system and practical teaching process are put into practice, and the results show that the ability training system is reasonable and effective, a reference for vocational college students of mechanical manufacturing major to develop their digital design and manufacturing ability.

Keywords: digital design and manufacturing; curriculum system; practice teaching; professional ability

0 引言

随着网络技术、虚拟仿真技术、物联网、大数据等在制造业中的应用与推广,数字化设计和制造逐渐取代了传统的制造模式。制造业的革命性变化对相关从业人员提出了更高的要求,也对高职院校机械制造类专业培养的人才提出了更高的要求。要求学生不仅要具备扎实的制造理论知识和专业技能,熟悉数字化设计与制造流程,还要具备一定的数字化制造过程管理能力和创新能力。因此,如何培养高职机械制造类学生数字化设计与制造能力,以适应企业需要成为高职教育的首要任务。

1 制造业数字化设计与制造内涵及人才需求分析

1.1 制造业数字化设计与制造内涵^[1]

制造业数字化设计与制造就是将数字化技术

应用于产品生命周期的设计、制造及生产过程管理等环节,以缩短新产品开发周期,提高产品加工精度和生产效率,从而提高企业的竞争力。其中涉及的数字化技术包含以计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程分析(CAE)以及以计算机辅助工艺规划(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)、产品数据管理(PDM)为基础的数字化制造技术。企业在制造过程中,以基于三维建模与设计技术的产品主模型为数据源,通过产品生命周期管理(PLM)平台统筹规划工艺数据和制造数据,实现设计数据与制造数据的统一管理,保证设计与制造全过程的“零误差”信息传递和并行、协同,解决传统制造过程设计数据与加工制造数据相对独立的“孤岛”现象,从而实现设计协同、制造协同的高效节奏。

1.2 数字化设计与制造对高职人才需求分析

制造模式的巨大变革,对企业的人才需求提

基金项目:2021 年江苏省高等学校重点教材项目(苏高教会[2021]39 号);“十四五”市级重点建设项目(宁教高师[2021]16 号)

作者简介:连碧华(1971—),女,福建莆田人,副教授,硕士,研究方向为数字化设计与制造,934518937@qq.com。

出了新的、更高的要求,从调研数据获悉:多学科技术综合应用、实践操作技能、数字化工具熟练运用^[2]、创新能力等都将成为企业数字化设计与制造从业人员必备的技能。

1) 具备多学科技术综合应用能力

数字化设计与制造涉及机械(创新)设计、三维建模、加工工艺、数控编程与加工、网络通信、计算机软件等多个学科领域。对于从业人员而言,掌握跨学科的知识体系、具备多学科技术综合应用能力能帮助其更加从容、灵活地应对复杂多变技术环境的挑战,从而在企业技术创新和产业升级中更好地适应岗位变动和职业升迁。在技术技能人才紧缺的数字时代,企业更加青睐此类人才。

2) 具备动手实践操作技能

一直以来,技能人才都是企业生产制造不可缺少的重要组成部分,在产业结构不断优化升级的当今时代,技能人才作为企业高精尖技术的应用者和创新成果的转化者,对增强企业核心竞争力起着至关重要的作用。因此,随着新技术、新工艺、新材料、新设备在企业的深入应用,企业希望技能型人才具备较强的动手实践能力,具有自主学习、适应变革等职业素养,能够成为企业技术变革和技术创新的助推器,推动企业在产品开发、技术创新等方面取得较大的突破。

3) 具备一定的创新能力

创新引领发展,技能造就梦想。创新是企业生存、持续发展的源动力,对一个企业来说,员工的创新意识、创新能力则是企业稳步健康发展的基石。未来,企业需要更多具有创新知识、创新技能和创新思维的人才进行创造性的学习和工作,因此,创新能力和实践操作技能一样,将成为衡量

人才素质的重要标准,也必将成为数字化设计与制造行业对人才需求的核心导向。

4) 具备数字化软件应用能力

在产业数字化转型进程中,随着数字技术在制造业业务流程中的渗透与应用,越来越多的数字化软件在设计、生产制造、过程管理中发挥着重要的作用,成为数字化设计与制造系统不可缺少的组成部分,这就要求数字化设计制造从业人员必须掌握相关软件的功能和知识,具备数字化软件工具的应用能力。

2 基于工作过程构建课程体系

2.1 课程体系构建思路

《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》中指出:职业教育以立德树人为根本,以服务为宗旨,以就业为导向,推动教学过程与生产过程对接,培养企业满意的高素质劳动者和技术技能人才,以适应技术进步和生产方式变革以及社会公共服务的需要。为满足企业对人才的上述需求,本院数控技术专业在充分调研、仔细分析、反复研讨基础上,确立了专业人才培养目标,提出了“三线融合、齐头并进”的能力培养体系构建思路^[3],如图1所示。以产品数字化设计制造工作过程为导向,以职业能力为本位,设计能力培养体系,培养多学科技术应用、工程实践能力;以职业素养养成、技能提高为主线,设计实践教学体系,培养动手实践能力、解决现场问题能力,养成良好职业素养;以创客教育、创新制作作为行动导向,设计创新能力培养路线,培养具有一定创新能力的实践者,使创客教育、能力培养、技能实践三线融合、齐头并进,形成数字化设计与制造能力的培养体系。

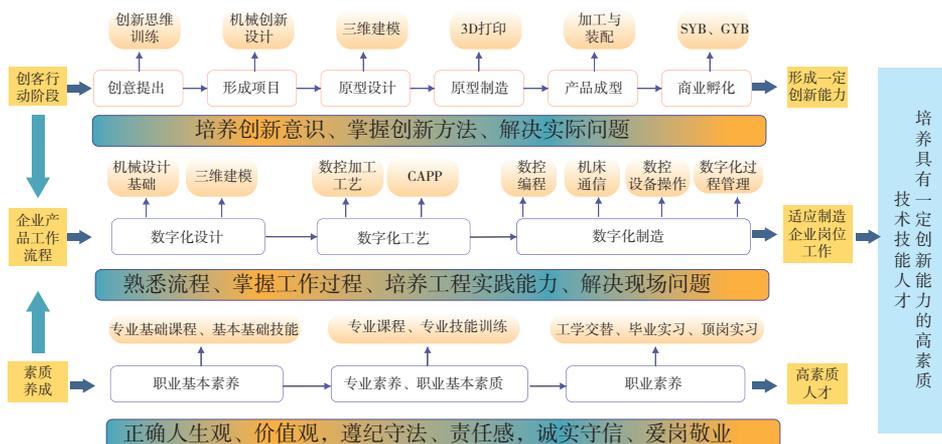


图1 课程体系构建思路

2.2 基于企业产品工作流程,构建专业培养体系

企业产品数字化制造工作流程为数字化设计—数字化工艺—数字化制造。高职学生在流程

中从事的主要职业岗位有产品三维建模(与设计)、数控加工工艺与编程、数字设备操作以及数字化制造生产管理。这些岗位对应的工作任务、所需的职业能力分析如表 1 所示。

表 1 数字化设计制造主要工作岗位与能力

工作岗位	工作任务	职业能力
设备操作员	操作数字化(或普通)设备制作零件;零件检测与质量控制;数控机床数据通信	能按图调整工艺系统(包括机床/3D 打印机等设备参数);能通过手工或数据通信方式导入加工数据;会操作数字设备并完成生产加工、产品检测与质量控制;能正确熟练使用数字化系统(PLM 等)软件
产品三维建模与设计	机械零部件三维建模与工程图绘制;机械零部件设计;技术文件编制	能根据制图标准,使用二维、三维 CAD 软件进行产品造型与工程图绘制;能按要求进行产品结构设计与优化(创新);能编制规范技术文件;能使用 PDM 系统进行设计数据、模型等管理
数控加工工艺与编程	工装夹具设计;工艺分析与文件编制;加工程序编制与校验	能分析产品结构,设计工装夹具;使用三维软件进行模型构建和工程图出图;能分析产品工艺方案、工艺路线,使用 CAPP 软件编制工艺文件;能正确使用 CAD/CAM 软件编制程序和仿真加工校验;会使用 PDM 系统管理生产加工数据、设计数据;能解决机械零部件生产工艺问题
数字化制造生产管理	编制生产计划并组织实施与控制;处理数字化生产中出现的各种技术问题;组织生产统计与审核	懂工艺流程,能识读机械加工工艺文件;能根据生产计划安排生产与实施;懂零件编程与仿真加工;能熟练进行数控机床数据通信;能进行数字化设计及制造调度与管理

根据数字化制造技术特点及职业岗位(群)工作要求,参照数字化设计与制造“1+X”证书职业标准,确立数字化设计制造人才培养规划。使学生具体为具备正确人生观、价值观、良好的身心素质和人文素养、良好的职业道德和职业素养;具有数字化/智能化制造相关基本理论和基本方法,具备三维建模与数字化设计、机械加工工艺规划、数控程序编制与加工专业能力;具有一定动手实践技能和工程实践能力;具有批判性思维、团队协作、创新解决实际问题等职业核心能力。综合考虑人才需求、教育教学规律和职业成长路径,按照基础能力—专业能力—职业能力的递进规律设计专业领域课程,构建高职数控技术专业数字化设计与制造能力培养课程体系^[4-5]。

2.3 课程体系设计与教学组织

1) 基础能力课程设计

基础能力课程是专业能力、职业能力课程学习的基础,包含专业基础技术课程、专业基础实践课程和创新创业基本素质课程。基础能力课程的设计思路是以机械制图为“基”,以机械机构(产品)为“干”,以二维、三维建模、创新技术活动、创客课程为“枝”,相辅相成,培养专业基本素养、专业基础知识应用能力。在教学组织与实施上,第一学年开设“机械制图”、“计算机辅助设计”、“机械设计基础”、“机械制造基础”、“创新思

维训练”等专业基础课程,培养学生空间想象能力、机械机构(产品)基本的设计方法和思路、产品制造方法等;第二学年上学期开设“机械创新设计”、“UGNX 三维建模与设计”、“机械制造工艺与夹具”、“数控车/铣削加工工艺与编程”等课程,通过企业机械产品装配件、教师(学生)专利产品等真实案例,让学生接触工程实例,了解企业工作内容,培养专业技术应用与创新实践基本技能。

2) 专业能力课程设计

高职机械制造类学生数字化设计与制造专业能力培养重在制造技术应用能力和工程实践能力的培养,包括工艺分析与制定、编程、加工设备操作、数据通信、数字软件平台应用等。专业能力课程的设计是基于 CDIO 理念^[6-7],以项目产品实物为成果导向,引导工艺、编程、加工、通信等子项目设置,通过子项目相关课程教学获得实施项目所需的知识、能力和技能,最终以综合项目为载体,通过产品构思(conceive)—设计(design)—实施(implement)—制作(operate)行动导向,获得专业技术应用能力和基本工程实践能力,为学生顺利入职提供保障,并为其岗位迁移提供基础。在教学组织与实施上,专业能力课程主要在第二学年,根据课程之间逻辑关系,首先开设“机械制造工艺与夹具”、“数控车/铣削加工工艺与编程”等工艺

类课程,采用理实一体化、任务驱动等教学方法,让学生在“学中做、做中学”中获得工艺、编程与仿真能力;接着安排“三维造型与仿真加工(CAM)”、CAPP(计算机辅助工艺规划)等数字化课程,培养数字软件工具在工程中的运用技能,同时巩固和强化专业课程学习;最后安排“典型零件数字化设计与制造”综合类课程,采用项目实战演练方式,依托PDM(产品数据管理)、PLM(产品生命周期管理)平台实现构思与创新设计(获得产品数字模型)、任务实施(获得工艺文件、程序清单)、操作数控加工机床加工出产品实物,完整体验设计与制造工作过程,获得相应的实践技能和一定的工程实践能力。

3) 实践教学体系设计

技能作为能力的组成部分,与能力之间既相互促进也相互制约,因此,在设计实践教学体系时,既要关注技能形成的规律,也要关注技能与能力如何协调发展。借鉴专业能力培养CDIO理念,技能实践教学体系的设计是基于成果导向OBE理念^[8],按照基础技能完成简单工作任务—专业综合技能完成中等复杂工作任务—职业技能完成复杂工作任务的技能形成规律,通过理实一体化专业基础实践课程、项目化专业实训课程、顶

岗实习及毕业设计等职业综合实践课程设计,使理论教学和实践教学相互结合、相互交融,形成技能分级递进的实践教学体系^[9]。在教学组织与实施上,第一学年安排车工实习、钳工实习等专业基础实践课程,完成专业基础技能训练,产出简单机械产品,获得动手实践基本技能;第二学年安排数控车/铣实训、3D打印等专业实践课程,与职业能力课程配套教学,采取专业专项技能—专业综合技能的训练方式,强化专业实践技能,产出创新作品,获得专业综合技能;第三学年安排企业顶岗实习等职业技能实践课程,在企业实际工作环境中参与制造过程,积累经验、提升技能水平,从而获得胜任工作岗位所需的职业技能。

3 课程体系实施

课程体系构建旨在培养和提高学生的职业素养和职业能力,在提高技术技能型人才综合素养的同时实现教育与就业的“零对接”,尽可能缩短人才培养目标与企业实际岗位之间的差距。因此,专业针对数字化制造行业的关键技术和所需的关键能力、技能进行重点设计,实施教学。这里就数字化设计与制造实践能力培养进行了系统教学设计,构建了如图2所示的实践教学流程^[10-11]。

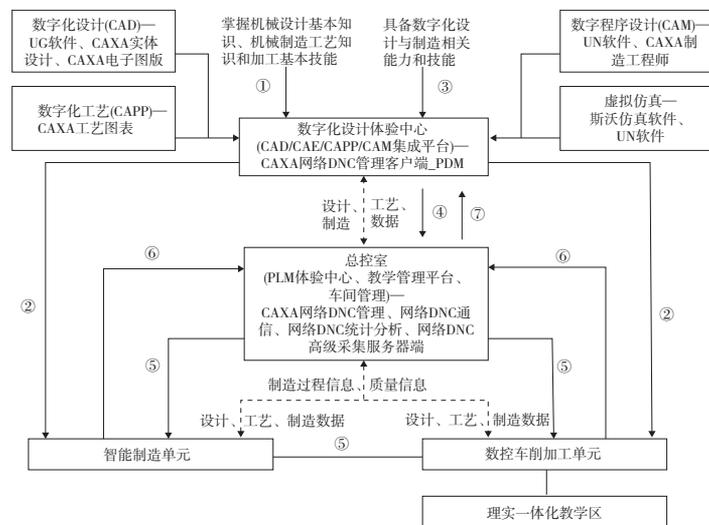


图2 实践教学流程

实践教学具体实施过程如下。

1) 数字化设计制造专项实践

在专业基础能力课程、基础实践课程学习中,学生获得机械设计基本知识、机械制造工艺知识和加工基本技能后,通过图2中的①通道进入数字化设计体验中心,该中心配备有CAD/CAE/

CAPP/CAM集成平台和CAXA网络DNC管理客户端PDM,在中心内学生通过项目化教学可以学习并实践数字化设计、数字化工艺、数控编程与仿真加工等,获得数字化设计相关专项技能;接着学生通过通道②分时进入数控车削加工单元和智能制造单元。首先是数控车削加工单元,该单元模

拟制造企业工作流程设置了不同岗位(计划、调度、工艺、编程、加工、质检等),学生在真实的工作环境中,通过“轮岗”实训方式,完成岗位工作任务,熟悉并体验企业工作内容和方式,获得数控加工各专项技能;其次是智能制造单元,该单元是一条配备有桁架机器人、搬运机器人等先进设备的制造生产线,学生在这里可以通过查询终端,领取任务安排和实习内容,并按要求完成相应的生产任务,熟悉并掌握智能制造生产线岗位工作内容和要求,获得数字化制造相关技能。经过图2中①—②实践流程,学生能够获得数字化设计制造基本能力及动手实践专项技能。

2) 数字化设计制造综合实践

在获得专业能力和专项技能后,学生进入数字化工厂 PLM 平台,学习并实践“典型零件数字化设计与制造”综合课程。该课程采取项目行动导向、实战演练教学模式。首先,学生以小组(通常3—5人)形式组成项目组,在教师的指导下开展典型项目(每组项目不同)实施方案总体规划与设计;其次,学生以组为单位,按照图2中③—④—⑤—⑥—⑦的流程,依次在数字化设计体验中心—总控室(控制中心)—制造单元—总控室—数字化设计体验中心循环流动。其中,在数字化设计体验中心,小组研讨并设计满足功能要求的个性化定制产品,通过PDM系统集成的CAD软件构建产品三维数字模型,将该数字模型作为数据源,导入CAPP软件生成数字工艺文件,导入CAM软件定义加工轨迹、仿真校验并后处理成数控代码,最终将产生的设计数据、工艺数据及加工数据推送至数字化工厂控制中心 PLM 平台;在总控室,小组通过数据通信系统将制造有关的数据从控制中心 PLM 平台传送至数控车削加工单元/智能制造单元/增材制造(3D打印)中心,完成数据通信;在生产车间,学生从终端接收派送的制造信息和数据,按计划在车削中心、智能制造单元等加工区域流动,操作数字设备完成产品加工并实施装配,同时解决生产过程出现的加工、传输、设备/系统报警、质量等问题;完成加工后,学生将制造过程产生的质量数据、加工过程数据等通过网络终端传回控制中心 PLM 平台,在此将实际生产数据与原有数据进行比对,形成相关报告。最后,学生返回数字化设计体验中心进行项目方案优化、撰写项目实施报告、项目汇报等。通过整个综合项目行动导向实践流程,学生不仅完整体验了设计—工艺—制造—设计优化整个数字

化设计与制造过程,在获得工程实践能力和数字化设计与制造综合技能的同时获得了项目管理、生产过程管控的能力和技能。

4 结语

本文在分析研究数字化设计制造内涵、数字化制造职业岗位工作内容及人才能力需求的基础上,构思并构建了基于数字化制造工作流程、以职业能力为本位的数字化设计与制造能力培养课程体系。该课程体系从2020年开始在数控技术专业全面实施,按照设计的实践教学流程对专业(以及机械设计与制造专业群部分专业)学生进行能力、技能训练,使学生数字化设计制造能力与技能有了较大的提高,先后在先进制造技术(智能制造)创新制作、中国大学生机械工程创新创业大赛、数字化设计与制造(省赛)等赛项中取得较好的成绩,学生就业率、专业对口率都较高。实践表明,数字化设计制造人才培养定位准确、课程体系设计合理有效,符合当代制造业的用人需求。

参考文献:

- [1] 刘检华,孙连胜,张旭,等. 三维数字化设计制造技术内涵及关键问题[J]. 计算机集成制造系统,2014,20(3):494-504.
- [2] 吴爱珍,金杨华. 高职院校市场营销专业人才培养研究[J]. 职业技术教育,2021,42(14):27-31.
- [3] 韩燕霞. 高职院校“专创融合”课程体系的问题反思与重构[J]. 江苏高教,2022(12):122-127.
- [4] 赵锦,李名梁. “双创”背景下高职院校学生职业能力开发体系建设研究[J]. 职教论坛,2020(11):165-171.
- [5] 付娜. “互联网+”环境下高职院校创客教育与专业教育深度融合研究[J]. 教育与职业,2020(20):80-84.
- [6] 杨曼琳,刘顺才. 基于CDIO模式的高职院校新商科人才培养模式创新研究[J]. 经济师,2023(6):156-157,159.
- [7] 薛健飞,袁志华,谢旭东. 基于CDIO的高职创新人才培养模式探析[J]. 职教论坛,2011(14):76-77.
- [8] 李晓川. OBE理念下高职动态课程教学模式改革研究[J]. 教育与职业,2013(36):125-127.
- [9] 姚佳,朱志伟. 双创教育及现代学徒制视域下高职机电类专业实训教学体系的建设与实践[J]. 实验技术与管理,2022,39(6):198-203.
- [10] 杜梦. 高职院校开展项目化教学的实施路径探究[J]. 职业技术教育,2022,43(5):24-28.
- [11] 连碧华. 高职“工学结合、校企共育”人才培养模式研究[J]. 机械制造与自动化,2022,51(1):87-89,93.

收稿日期:2023-08-10