

关于高校开展柔性制造实训的探讨

苏万清¹, 李震¹, 刘学梅¹, 刘美君²

(1. 青岛理工大学机械与汽车工程学院, 山东 青岛 266520;

2. 青岛理工大学土木工程学院, 山东 青岛 266520)

摘要 为实现制造强国的战略目标, 柔性制造以其与传统大规模量产制造模式相对立, 以消费者为导向, 以需定产的制造模式, 在国家战略规划领域被着重提及。目前, 各大高校在工程训练中已陆续开展柔性制造相关实训课程, 为培养相关人才奠定了基础。本文结合青岛理工大学柔性制造系统(FMS)实训教学平台, 对如何在高校开展柔性制造实训课程进行探讨, 旨在为相关任课教师提供参考。

关键词 柔性制造; FMS; 工程训练; 实训教学平台

中图分类号: G642

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)05-0097-03

柔性生产的概念首次出现于 1965 年, 当时市场繁荣、竞争激烈, 制造业需要更加先进的生产方式来满足日益增长的生产要求, 于是柔性化生产应运而生。与柔性化生产所对应的刚性生产, 满足的是社会对大量商品的需求。而伴随着消费结构升级, 面对买方市场个性化、定制化以及时效性要求的步步紧逼, 满足“多样化、小规模、周期可控”的柔性化生产成为制造业未来发展的关键。改革开放以来, 我国已成长为制造大国, 但距离成为制造强国还有一定差距。而“柔性制造”这种先进制造方法的推行将有助于全面提升我国制造业水平, 从而缩小与国际先进制造程度的差距。柔性制造作为一种智能型生产方式, 在客观上要求有多层次的高素质人才去掌握和运用, 并具备一定开拓创新能力, 能根据消费者的个性化需求迅速研制出新产品, 快速制定和调整相应的生产工艺路线。因此, 大力发展柔性制造应加速培养各类“柔性”人才^[1]。近年来, 随着工程实训课程的不断发展, 从传统的单向课堂教学到推进科教产教融合, 从常规工程实训内容到紧扣现代化制造生产前沿技术, 各个高校也紧随时代步伐, 陆续开展了柔性制造相关实训课程, 为培养各类“柔性”人才打下了良好的基础^[2-3]。本文针对目前柔性制造实训课程中存在的问题进行简要探讨, 并提供一套解决方案。

1 柔性制造实训教学中存在的问题

1.1 柔性制造模块与其他实训模块缺少一定的关联性

长久以来, 许多高校因实训时间短或实训学生人数较多, 从而存在各工种或模块安排顺序不合理的问题, 导致各工种或模块之间内容相互独立, 缺少一定

的关联性^[4]。柔性制造实训作为融合了 PLC、工业机器人、数控加工等多学科知识的综合性实训课程, 学生综合基础性知识的掌握对实训质量以及内容的丰富度起到了至关重要的作用。在实际教学中, 往往会安排学生先进行柔性制造的实训, 学生对其他工种缺乏一定的了解, 而教师在讲解过程中因时间有限很难面面俱到, 相关基础性知识一带而过, 这既增加了学生实训的难度, 也增加了任课教师的教学难度。由此可见, 在整个实训过程中, 各工种或模块的顺序安排至关重要。如何在满足实训时间或人数要求等因素的同时, 又能合理安排实训顺序, 让各工种或模块之间有一定的关联, 从而大大提高学生实训的质量, 有待进一步探讨。

1.2 内容单一, 缺少针对性

工程训练是高等院校面向全体理工专业学生所开设的一门重要实践性课程, 不同专业的学生所掌握的理论知识也各不相同。柔性制造实训是一门融合了多学科知识的综合性实训课程, 但大部分任课教师通常只会制定一套能够适用于多数专业学生的基础认知型授课方案, 而没有根据不同专业的学科特点做出适当的调整和拓展, 授课内容相对单一, 缺少针对性, 从而导致学生对整个柔性制造系统只有一个简单的认知, 无法应用自己学到的专业知识对其进行深入了解^[5]。柔性制造教学系统作为开展此课程的主要实训设备, 除体积庞大、价格昂贵外, 也是一套完整、灵活、模块化、易扩展的教学系统, 如何更好地利用其自身价值, 通过对不同的专业设置相应的教学方案, 使效益和教学效果最大化, 仍需不断探索和改革。

1.3 缺乏动手环节, 以讲解演示为主, 导致学生积极性不高

缺乏动手环节, 以讲解演示为主一直以来都是各

高校工程训练过程中易出现的一个重要问题。柔性制造实训系统组成设备精密程度高且具有一定危险性,致使整体设备维护及程序调试比较复杂且周期较长,容错率低,危险性也更高,在一定程度上增加了教学难度,从而导致部分教师在实际授课过程中会适当减少甚至取消学生的动手实操时间,而是以讲解演示所代替,这不仅无法培养学生的动手能力,同时也会降低学生的实训积极性。因此,应不断探索更科学、高效的授课方式,做到既能引导学生不断探索创新,增强自身的动手能力,又能最大限度地减少设备损坏,保证学生的人身安全。

2 本教学所用柔性制造系统介绍

如图1所示为青岛理工大学工程训练中心用于实验、教学的柔性制造实训教学平台,此平台包含数控加工模块、立体仓储模块、运输模块、激光打标模块、视觉检测模块以及装配模块,各模块具有统一的信息接口并通过工业以太网技术与上位机相连,可实现从原料供给、加工运输,到组合装配,最后分类存储的自动化加工过程。当接收到上位机的加工信号后,由立体仓库向系统输出所需的原材料,通过运输模块将原材料送达各个加工、检测或组装模块进行相应的加工或处理,最后将装配工件存储于立体仓储模块中。此系统还配有仿真调试和运行监控系统,可实现停机程序调试和远程操作及监控。以下是各模块组成及功能介绍。



图1 柔性制造实训教学系统

1. 立体仓储模块: 主要用来存储原材料和最终装配好的产品,分为三层五列总共十五个存储单元,每个存储单元都设有地址编码并且安装有红外传感器,用于检测该存储单元是否有物料。

2. 数控加工模块: 作为整个柔性制造系统中的加工模块,包含一台数控车和一台三轴加工中心,数控系统均为德国西门子的 SINUMERIK 808D,担任把从立体仓储模块中取出的原材料加工为产品零件的任务。

3. 运输模块: 运输模块采用与外部轴(皮带传动)做协调运动的通用六轴机器人,主要由机器人本体、

机器人控制柜和示教器三部分组成,能够同时完成工件的传送和装卸,负责把毛坯材料运送至各加工终端并将最终装配好的产品运回至立体仓储存储。

4. 激光标刻模块: 主要由专用的工件放置台和一台激光标刻机组成,能够利用激光束在已加工好的工件表面打上永久标记。

5. 视觉检测模块: 主要由相机、镜头和光源组合而成,可以代替人工来完成条码字符、裂痕、包装表面是否完整等检测,并将检测结果通过视觉检测模块所带的显示器实时显示。

6. 装配模块: 主要由电批、自动螺丝供料器以及物料装夹台组成。其主要的功能是利用电批从自动螺丝供料器吸取螺丝物料进行自动装配,从而得到最终产品。

该柔性制造系统采用模块化设计,采用在运输模块周围摆放其他模块的方式进行固定,具有很强的扩展功能,各个模块都能独立运行且具有较好的柔性,可组成多种完整的自动生产流水线。同时,在需求发生变化时可重新布局和集成,满足自主设计和开发功能,在激发学生兴趣的同时,使学生在机电系统的设计、装配、调试能力等方面均能得到综合提高。

3 教学与实操

柔性制造生产线属于高端、贵重、大型单台套设备。对于单台套贵重实验设备如何开设实训,如何根据不同的专业特点开展针对性教学一直是限制这套实训平台充分发挥作用的瓶颈,也是各大高校开展实践教学的一大难题^[6]。青岛理工大学工程训练中心通过多次研讨和教学实践,根据不同的专业设定了不同的整体实训时间(二周、三周、四周),并总结出了一套完整的柔性制造教学方案,具体内容如下。

3.1 整体认知环节

认知环节作为学习柔性制造的基础,所有实训柔性制造模块的专业都需要进行,主要以大屏幕展示PPT并结合现场实际演示、讲解进行教学。具体内容如下:

(1)对柔性制造的定义、产生的背景条件、特点等相关内容进行阐述;(2)详细介绍整个柔性制造实训平台所能完成的任务、系统中所包含的各模块的工作原理以及其在整个流程中的作用;(3)简要介绍平台所应用到的工业网络总线技术、PLC技术、机器人技术、模拟仿真和系统控制软件,为后面相关专业学生的深入性实操环节打下一定的理论基础;(4)六轴机器人本体基础知识讲解:轴的划分(包含外部轴)、坐标系(关节坐标、直角坐标、工具坐标、用户坐标)的设定与使用,以及工业机器人的精度、速度和机构参数等;(5)演示平台的完整生产及装配过程运行,加

深学生对柔性制造系统的认知。认知环节的教学内容能够帮助学生从整体角度认识柔性制造系统,从而拓宽学生视野,激发学习兴趣,为后面的基础性和拓展性实操环节做好充分的准备。

为增加柔性制造实训与其他模块之间关联性,还可调整各模块实训顺序,将与柔性制造实训相关模块的实训时间前置,没有时间场地条件的实训课程,可利用线上教学平台资源开展基础教学。

3.2 基础性实操环节

基础性实操环节是以柔性制造系统各组成部分的独立操作运用作为主要实操内容,此环节同样也是所有实训柔性制造模块的专业都需要进行,任课教师先结合讲解进行操作演示,学生再以分组的方式进行实操。内容包括:(1)数控机床(数控车床和加工中心)常用插补和循环指令编程,且能够根据需求进行工件加工(如前期学生已实训过数控加工,此环节不再重复);(2)学生通过任课教师对机器人编程常用程序指令及输入输出信号控制的讲解,能够利用示教器进行简单搬运流程的程序编写(例如:工业机器人将物料从仓储单元中取出并放到任意平台上)并能顺利演示(需要注意的是,学生在编写好程序后需通过任课教师的检查,确认无误后方可运行,防止程序出错,导致机器人或其他设备的损坏);(3)熟练掌握激光标刻机以及视觉检测系统的使用,能够利用激光标刻机在物料表面打上自己设计的标记,并通过视觉检测系统检测物料表面质量;(4)掌握 OPC 服务器的使用,监控设备运行状态。基础性实操内容让学生掌握各组成部分独立运行的同时加深对系统整体运行过程的认知。由于学生是初步接触操作,安全问题任课教师需尤为重视。

3.3 拓展性实操环节

拓展性实操环节主要是针对机械和电气控制类专业(整体实训时间为四周)特点所开展的深入性实操,是在学生对柔性制造有一定理论和操作基础上运用各自专业所学知识对此教学平台的深度应用。在完成基础性操作环节的基础上,注重调整与控制。

针对机械类专业,注重在柔性制造系统整体运行过程中,数控设备的加工流程以及机器人在搬运过程中各关节轴之间的运动,通过对各关节轴移动位置和速度之间的调整使机器人在运行过程中达到最顺畅的状态,与其他外设进行更好的配合。因此,在拓展性实操环节中以整个小组为单位完成以下任务:(1)通过示教器对工业机器人快换工具的安装、放回进行程序编写并调试,在调试的过程中逐渐对机器人本体机

械部分的组成以及各关节轴之间的运行进行深入的了解;(2)利用示教器编写并调试程序将物料从仓储模块中的固定位置取出,放到加工中心(或数控车床)中进行加工,并将加工好的工件放回到仓储模块中。此过程可以加深学生对于数控加工设备的加工流程以及机器人与数控加工设备之间的配合。

针对电气控制类专业,应注重控制和监测过程,通过探究柔性制造系统中 PLC 的控制模式以及如何对整个系统进行数据采集,对自己所学的专业知识有更好的应用。因此,在探究性实操环节中以整个小组为单位完成以下任务:(1)完成机器人将物料从仓储模块中的特定地址单元中取出,放到加工中心(或数控车床)中进行加工,并将加工好的工件放回到仓储模块中,此过程的 PLC 程序编写及调试;(2)掌握 MES 生产管理系统软件的使用:仓储管理、设备管理、流程执行、进度监控等。

通过拓展性实操环节的实训,既加强了学生对于专业知识的应用,又能培养学生的探究、创新能力,为真正培养“柔性”人才奠定良好的基础。

4 总结

柔性制造作为智能制造的重要内容,是推动国内制造业从高速增长转向高质量发展的关键。随着越来越多的高校陆续开展柔性制造相关实训课程,本文简要分析了在柔性制造实训课程中存在与其他实训模块缺少关联性、授课内容单一以及缺少动手环节等问题,并结合青岛理工大学工程训练中心柔性制造系统实训教学平台给出了一套解决方案,为相关任课教师提供一定参考。青岛理工大学工程训练中心开展柔性制造实训课程已有两年半时间,实际课堂教学效果显著。

参考文献:

- [1] 雷永峰,王振玉,宋黎,等.柔性制造系统工程训练实践应用[J].实验科学与技术,2013,11(01):127-129,154.
- [2] 胡克强.高校机械工程训练中实施柔性制造实训的探讨[J].河北农机,2020(12):113-114.
- [3] 羊荣金,沈孟锋,罗晓晔,等.基于模具柔性制造系统的工程教学应用研究[J].装备制造技术,2021(04):185-188,202.
- [4] 谢民雄.高校机械工程训练中实施柔性制造实训的探讨[J].产业与科技论坛,2019,18(06):192-193.
- [5] 同[4].
- [6] 杨斌,王振玉.基于柔性制造系统工程训练教学的智能制造人才培养[J].实验室研究与探索,2017,36(01):192-195,200.