DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.06.022

工程训练智能制造项目的建设与实践

寇　莹[1],张龙飞[2],耿冬妮[1],周　亮[1]

(1. 吉林大学 机械与航空航天工程学院,吉林 长春 130000; 2. 长春大学 机械与车辆工程学院,吉林 长春 130000)

摘　要:随着制造业的不断发展,大数据、云计算、物联网等技术得到了广泛应用,工业自动化、数字化水平不断提高。本文从工程训练智能制造项目出发,分析了智能制造系统架构组成,开发了以轮毂生产为载体的"智能制造综合实训模块"及"智能制造虚拟仿真模块",对模块的组成部分及建设过程进行了详细阐述,并对智能制造项目课程体系的建设进行了合理规划。结果表明,通过该课程的建设与实践,能较好地提升学生的工程素养及创新意识。

关键词:智能制造;工程训练;虚拟仿真;课程建设

中图分类号:G642　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)06-0588-05

Construction and Practice of Engineering Training Intelligent Manufacturing Project

KOU Ying[1], ZHANG Longfei[2], GENG Dongni[1], ZHOU Liang[1]

(1.College of Mechanical and Aerospace Engineering, Ji Lin University, Changchun 130000, China; 2.College of Mechanical and Vehicle Engineering, Chang Chun University, Changchun 130000, China)

Abstract: With the continuous development of the manufacturing industry, technologies such as big data, cloud computing and the Internet of things have been widely used, and the level of industrial automation and digitization has been continuously improved. Starting from the intelligent manufacturing engineering training project, the architecture of intelligent manufacturing system was analyzed, the production of wheel hub as the carrier of "intelligent manufacturing comprehensive training module" and "smart manufacturing virtual simulation module" were developed, on the part of the module and the construction process in detail, and the intelligent manufacturing project construction had carried on the rational planning of curriculum system. The results show that the construction and practice of this course can improve the engineering quality and innovation consciousness of students.

Key words: intelligent manufacturing; engineering training; virtual simulation; curriculum construction

在新一轮工业革命浪潮中,为了争夺全球制造业的领军地位,世界各国纷纷把发展先进制造业上升为国家战略[1]。在此背景下,德国提出了"工业4.0"的概念,美国提出了"工业互联网",日本则大力发展机器人产业[2,3]。与此同时我国制造业面临着诸多的挑战与机遇,2015年5月我国提出了《中国制造2025》全面推进实施制造强国的战略文件[4],我国急切需要由"制造业大国"向"制造业强国",由"制造"向"智能"转变,实现制造业的产业升级。《中国制造2025》将"人才为本"列为基本方针之一,坚持把人才作为建设制造强国的根本[5]。作为以培养高端人才为主的高等院校,更应结合国家发展需求,建立健全科学合理的育人机制,培养有工科素养、有实践能力、有智能技术、有创新意识的"四有"人才,为中国智能制造技术的发展添砖加瓦[6,7]。

工程训练的前身是金工实习,是我国高校实施工程教育实践教学不可或缺的组成部分,现代工程训练实践教学不再是传统意义上的纯机械加工训练,而是具有通识性基础工程实践教学特征的现代科学思想与高新技术相结合的工程训练基地、协同育人基地、多学科教育及创新创业实践基地[8,9]。目前,国内100多所高校均相继建立了工程训练中心,无论是培养对象还是培养方式、培养内容都与以往有了质的飞越。在新时代背景下,工程训练将充分发挥自身潜力,为新工科建设发挥重要作用[10]。

1　智能制造系统架构

智能制造是具有自学习、自感知、自决策、自执行与自适应等多功能与一身的新型生产方式,作为

收稿日期:2020-03-21

基金项目:吉林大学2019年度本科教学改革研究项目(2019XYB131);吉林大学2019年度本科教学改革研究项目(2019XZC030)

作者简介:寇　莹(1988-),女,吉林长春人,硕士,工程师.主要从事智能制造方面的工作.电话:13504400347,E-mail:123861103@qq.com

先进制造技术与信息通信技术深度融合的产物，贯穿于产品设计、生产、管理、服务等多个环节[11,12]。

智能工厂是智能制造系统的重要表现形式，制造业产品的诞生经历了自动化与数字化的过程。同时，借助互联网技术可以实现设备的互联互通和智能工厂架构的纵向集成。借助跨层级的数据传输能力建立自下而上的数据通道，为绿色、节能、环保的生态型智能工厂的提供组件基础。通过三维建模等可视化技术，实现物理世界与虚拟世界的无缝融合，将仿真融入到产品的设计与制造过程中。各个子系统之间能够相互协调、动态重组，整体上具备了自我诊断、自我维护等能力，更好地为制造业提供实现手段。

智能制造体系架构（如图 1）主要包括智能决策与管理层、智能操作层、智能系统控制层及智能制造现场层[13]。

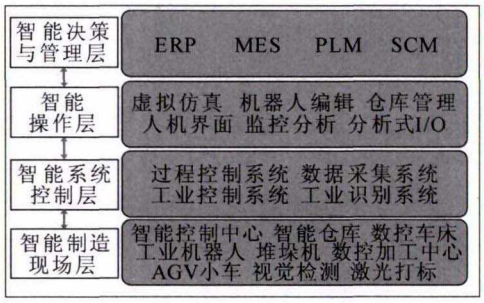

图 1 智能制造体系架构

Fig.1 Intelligent Manufacturing architecture

1.1 智能决策与管理层

智能决策与管理系统如图 2 所示，主要负责市场分析、物料采购、订单交付、产品制造等各个环节的管理与决策。

智能决策与管理层是智能制造项目的管控核心，通过集成产品全生命周期管理系统（PLM）、制造执行系统（MES）、企业资源计划（ERP）和供应链管理（SCM）等，实现设计到生产的高度数字化，最终实现基于产品的，贯穿所有层级的垂直管控。在智能制造中，这些系统可以向设备管理者提供全面的生产数据，同时，由于其已经达到了较高的智能化水平，因此在辅助管理者进行决策的过程中能切实提高生产的灵活性，满足不同生产方式的差异化需求。

1.2 智能操作层

智能操作层主要包括设备运行及监控管理，具体内容包含监控分析、仓库管理、虚拟仿真、机器人编程、人机界面和分布式 I/O。智能操作层将现场设备与虚拟仿真有机结合，能够做到虚实结合，虚实联动，虚拟仿真技术贯穿产品全生命周期的各个环节，进而提高现场作业的自动化和柔性化。

1.3 智能系统控制层

智能系统控制层是智能制造项目“大数据”的核心层，主要包含：过程控制系统、数据采集系统、工业控制系统和工业识别系统四部分。控制层可通过生产线监控、RFID 控制等模块获得设备当前加工工件的状态，并将实时数据反馈到制造执行系统（MES）及产品全生命周期管理系统（PLM）中，实现最优化生产。

1.4 智能制造现场层

现场层是实现智能化生产制造的前提条件，本项目所包含的智能设备有：智能控制中心、智能仓库、堆垛机、数控车床、数控加工中心、工业机器人、AGV 小车、视觉测量、激光打标、智能终端显示屏

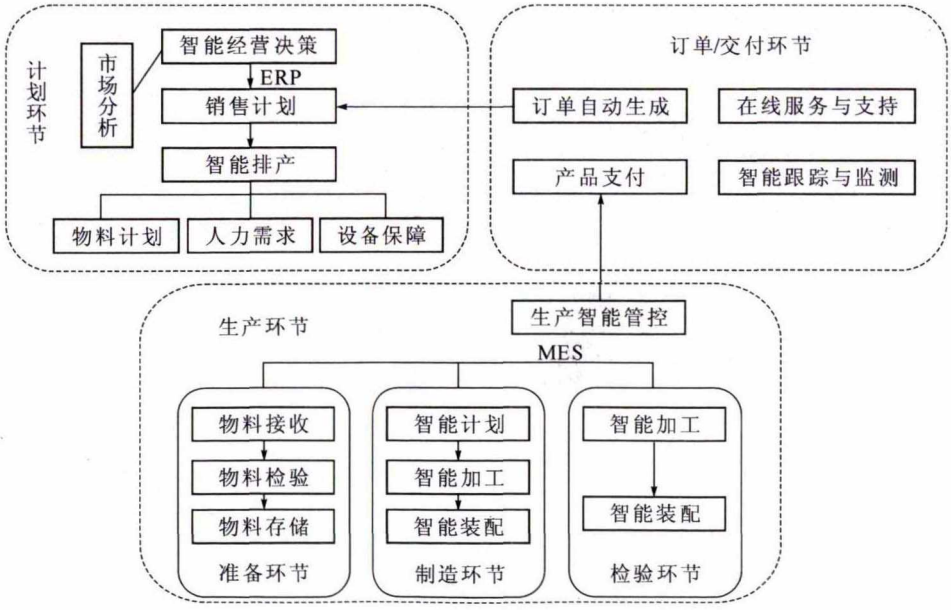

图 2 智能决策与管理系统

Fig.2 Intelligent decision and management system

等。智能制造项目实训设备布局如图 3 所示，该生产线以电动车轮毂为加工对象，通过智能设备与智能控制系统的有机结合，完成轮毂的毛坯加工及装配检测。

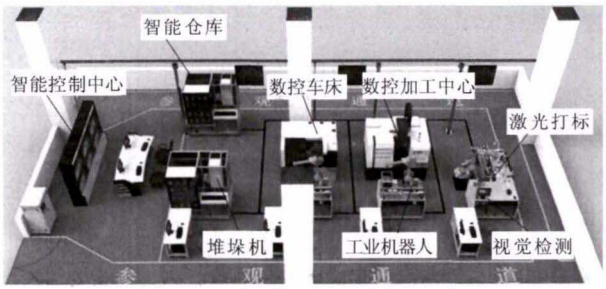

图 3 智能制造项目实训设备布图
Fig.3 Layout of Intelligent Manufacturing Project training equipment

2 智能制造教学模块的建设

智能制造教学工厂是我校与三向智能共同参与规划和设计的一套智能制造教学系统，为培养符合《中国制造 2025》对新时代、跨学科的高素质复合型人才的要求而开发的智能制造教学模块。

2.1 智能制造教学系统建设

智能制造教学系统如图 4 所示，是以电动车轮毂为制造对象，利用智能控制技术、网络通讯技术、信息安全技术、信息物联技术等，集成了互联网下单、系统数据分析、物料自动存储、物料自动运送、数控车床机器人上下料、数控铣床机器人上下料、成品装配与检测等轮毂的生产工序。该设备属于典型技能培训设备，以机器人为中心，配置数控机床、加工中心，各工作站能够独立运行，又能相互配合协调作业，既方便教学实训，又能用于实际加工生产。设备采用模块化设计，具备独立性、兼容性、可移植性等特点；并预留了扩展与升级的接口，根据教学需求进行不断的更新升级也可用于学生课程设计及其他创新实践。

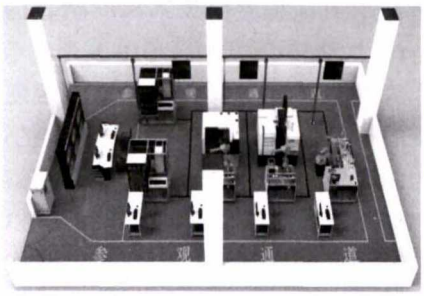

图 4 智能制造教学工厂
Fig.4 Intelligent Manufacturing teaching factory

2.2 智能制造教学系统运行过程

智能制造实训教室面积为 260 平方米，是轮毂产品智能化生产工厂，整个加工工艺过程如图 5 所示，包括互联网下单、出库、数控加工、智能装配、视觉检测、激光打标等环节。当系统接收到来自于控制中心的加工指令后，原材料区由伺服电机控制堆垛机运转，将毛坯料抓取至工作台，再由 AGV 运送至数控加工区进行加工，数控加工区由数控车床、数控加工中心与多自由度机器人组成，完成加工后由 AGV 将其运送至装配检测区进行压轴承及拧螺丝

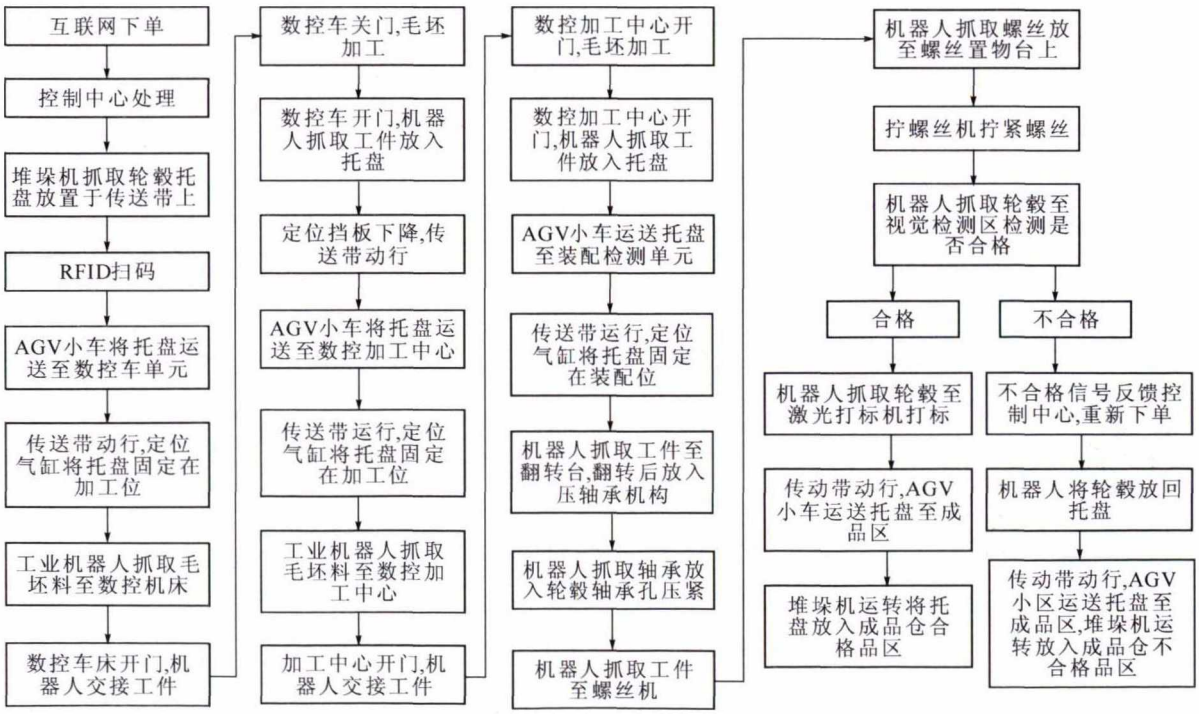

图 5 轮毂加工工艺过程
Fig.5 Hub manufacturing process

工序，装配完成后的工件运用摄像机对其进行视觉检测，检测合格产品进行激光打标（打标内容可个性化定制），不合格产品剔除生产线，同时不合格信号反馈回控制中心并由控制中心进行补充下单生产，最后合格品由 AGV 运动至成品库中进行储存。该生产线生产的轮毂产品有 8 寸与 10 寸两种尺寸，且生产合格的轮毂产品可以投入到实际的生产生活中。

3　虚拟仿真模块的建设

随着计算机技术的高速发展，虚实结合的教学模式在工程训练教学中得到广泛应用，虚拟仿真教学模式不受时间和空间的限制，具有节约成本、减少污染、低风险、真实感强等特点。虚拟仿真是智能制造的基础，制造过程数字化是在计算机虚拟环境中，对整个产品研发及其生产过程进行仿真、评估和优化的过程，并进一步扩展到整个产品生命周期，是沟通产品设计、制造、管理和服务之间的桥梁。智能制造是在虚拟仿真的基础上进行的升级，是在制造过程中进行的智能活动[14]。

智能制造虚拟仿真教学软件（如图 6）通过计算机网络将智能制造设备 3D 虚拟模型与实体 PLC 设备建立实时数据连接，形成虚实结合的智能制造实验教学系统。构建的资源共享智能制造虚拟实验教学平台可以提高实验室资源的利用率，能培养出新时代、跨学科的高素质复合型人才，为智能制造提供人才支撑。

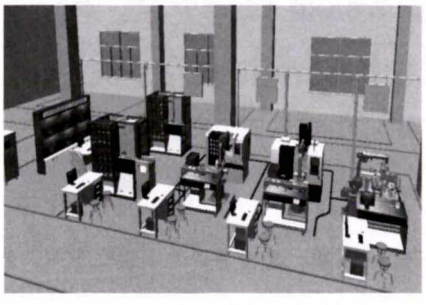

图 6　智能制造虚拟仿真教学软件

Fig.6　Intelligent Manufacturing virtual simulation teaching software

在智能制造教学过程中，通过虚拟仿真与半实物仿真两种模式，运用真实 PLC、机器人编程控制等来实现 3D 仿真动画运行，即可以让学生得到控制实训又可以避免机械设备安全事故等问题，同时还可以弥补实物设备数量、实训空间有限等问题。

（1）虚拟仿真模块，任何产品都可以在虚拟世界与实体世界同时存在，虚拟世界中的产品是对现实产品的精确表达。虚拟仿真模块是对生产过程的仿真建模，能模拟整个生产过程的工艺流程和管控过程，将实体世界映射到虚拟世界空间，形成虚拟模型与实体世界之间的交互与联动。通过虚拟仿真模块可以在线观看轮毂生产的整个过程，减少由于实训空间有限，设备数量不足而导致的学生了解加工工艺不全面，不深入等问题。

（2）半实物仿真模块，在半实物仿真模块下，将 PLC 设备与仿真软件进行连接，PLC 负责整个工厂的逻辑动作控制，其中包括机器人、数控机床、仓库、AGV 小车等生产协调控制。本项目使用的 PLC 型号为西门子 S7-1200，使用的编程软件是西门子 Portal 软件。利用 PLC 编程及机器人编程可以实现控制虚拟仿真软件中设备协同运行的功能。半实物仿真模块包含：堆垛机运转、RFID 读写器通讯、传送带启停、AGV 小车呼叫、机器人上下料、伺服系统组态编程与调试等项目。同时，在虚拟仿真环境下还可根据现有仿真设备进行开放创新式开发。

4　智能制造课程实践

根据我校工程训练培养新工科人才的目标，结合智能制造实训模块的建设，面向全校大一到大四的本科生开展智能制造实践课程。受教学生覆盖机类、近机类及非机类，各个学生群体专业不同、兴趣爱好不同、实践创新能力不同，因此，须因材施教。培养方案分为认知实训、基础实训和综合创新实训三个阶段。结合实验教学大纲、实验指导书、实验报告等教学文档，设置模块化、梯度化教学内容。

4.1　认知实训

工程训练智能制造课程认知实训部分采用线上、线下相结合的方式进行，主要针对非机类，工科基础比较薄弱的同学。首先，通过在线教学平台观看与本课程相关的视频及文件，了解智能制造教学工厂的组成、加工对象及运行过程。然后，在课程中介绍智能制造国内外发展现状、大数据、云计算、物联网、制造执行系统、工业机器人、数控设备及 PLC 通讯等技术，使学生对智能制造运行机制及应用范围有一定的了解。最后，观看智能制造教学工厂的加工过程，对整个工艺流程加深认识。

4.2　基础实训

智能制造课程基础实训主要开放对象为机类、近机类，有一定的工科基础，和对智能制造感兴趣的，接受过认知实训的非机类本科生。除对认知实训的内容进行讲解外，还应了解机器人编程及 PLC 编程，通过简单的 PLC 通讯及编程可控制虚拟仿真教学模块进行相应的动作，进一步加深对智能制造更

深层次的理解。

4.3 综合创新实训

智能制造课程综合创新实训主要针对具有较强工科背景的接受过基础实训且表现出良好兴趣及实力的个人或小团体。在综合创新实训中，学生应很好的掌握了机器人编程、数控机床编程、PLC编程、视觉检测及激光打标等技术。能熟练操作智能制造项目中的各项设备，可对设备运行过程中出现的小事故进行维修，学生可通过程序编写熟练操作机器人、数控机床等设备，并在虚拟仿真软件上通过PLC程序任意设定设备运行方式，并根据自己对智能制造的理解编写出个性化的程序。

5 结语

在智能制造技术广泛发展的背景下，我校工程训练中心对智能制造实训及虚拟仿真项目进行建设，为培养具有新工科专业基础的智能制造高端人才提供有力支撑。通过该项目的实践教学能够引导学生从简单的机械加工向跨学科、综合性、多领域、系统性工程实践发展。培养学生的工科素养、实践能力、智能技术及创新意识，使工程训练真正服务于智能制造业的发展。

参考文献：

[1] 冯毅萍，荣冈，赵久强，等. 面向工程教育的智能制造教学工厂[J]. 实验技术与管理，2018，35(5): 167-173.

[2] 陈明，梁乃明. 智能制造之路数字化工厂[M]. 北京: 机械工业出版社，2018.

[3] 卢秉恒，林忠钦，张俊，等. 智能制造装备产业培育与发展研究报告[M]. 北京: 科学出版社，2015.

[4] 国务院，国务院关于印发《中国制造 2025》的通知: 国发[2015]28号[Z]. 2015.

[5] 周济. 智能制造:“中国制造 2025” 的主攻方向 [J]. 中国机械工程，2015 (26): 2273-2284.

[6] 吴晓蓓.《中国制造 2025》与自动化专业人才培养[J]. 中国大学教学，2015(8): 9-11.

[7] 制造强国战略研究项目组. 制造强国战略研究–智能制造专题卷(全彩)[M]. 北京: 电子工业出版社，2015.

[8] 教育部高等教育司. 关于开展新工科研究与实践的通知: 教高司函[2017]6 号[Z]. 2017.

[9] 王秀梅，胡蝶，房静，等. 工程训练中心利用多学科综合优势开展创新教育的探索实践[J]. 实验技术与管理，2018，35(2): 6-9.

[10] 周峥嵘，管琪明. 以“双创”中心建设为契机全面开创工程训练教学新局面[J]. 实验技术与管理，2017，34(4): 18-20.

[11] Lu Y, Morriss K, Frechette S. Current standards land-scape for smart manufacturing systems[M]. Berlin, Germay: Springer, 2016.

[12] HANKEL M, REXROTH B. The reference architechture model industries4.0 (RAMI4.0)[Z]. ZVEI, 2015.

[13] 刘强，丁德宇. 智能制造之路[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018.

[14] 房朝晖，于赫阳，李祺，等. 资源共享的智能制造虚拟实验教学平台建设[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(4): 118-121.

RX 榕霞®

福建省榕霞石英砂有限责任公司
漳浦县榕霞矿业开发有限公司

公司简介
Company

我公司创办于1976年，是国内较早从事石英砂系列产品生产、销售一体化经营的综合性企业。公司拥有丰富的优质石英砂矿产资源，矿区面积1000多亩，年开采量可达40万吨。公司生产的石英砂产品具有SiO2含量高，含泥量低、角形系数小等特点，是高品位的天然石英砂。

“榕霞”天然石英砂系列产品现广泛应用于国内铸造行业、机械制造行业、全国各水处理行业及玻璃制造、钢铁冶金行业等，质量达到国际先进水平。公司已通过ISO9001、ISO14001管理体系认证，先进的生产工艺及完善的品质保障体系确保了产品质量的长期稳定，专业的销售团队为客户提供优质完善的售后服务。

产品主要理化性能

Sio2 > 98%	角形系数 < 1.3
灼烧减量 < 0.5%	含泥量 < 0.3%
含水量(干砂) < 0.2%	耐温 > 1700℃

地址:福建省晋江市金井　电话:0595-85332410 85332410　传真:0595-85331410　www.rxsgy.com　E-mail:rxsgy@163.com