

智能制造应用型人才培养的实践与思考

邓三鹏¹, 韩浩¹, 张香玲², 祁宇明¹

(1.天津职业技术师范大学机器人及智能装备研究所,天津 300222;

2.天津博诺智创机器人技术有限公司,天津 300353)

摘要:新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起,产业格局深度调整,世界各国纷纷将发展制造业作为抢占未来竞争制高点的重要战略,把人才作为实施制造业发展战略的重要支撑,加大人力资本投资,改革创新教育与培训体系。我国制造业迎来“由大变强”的难得机遇,制造业发展面临着资源环境约束不断强化、人口红利逐渐消失等多重因素的影响,人才是第一资源的重要性更加凸显,本文探讨了全球制造业发展趋势,智能制造相关专业的建设,结合天津职业技术师范大学机器人工程、智能制造工程专业建设的实践,探讨了智能制造应用型人才培养。

关键词:中国制造 2025;智能制造;工业机器人;人才培养

中图分类号:G642

文献标识码:A

文章编号:1672-545X(2019)09-0001-07

0 引言

新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起,全球范围内创新资源快速流动,产业格局深度调整,世界各国纷纷将发展制造业作为抢占未来竞争制高点的重要战略,把人才作为实施制造业发展战略的重要支撑,加大人力资本投资,改革创新教育与培训体系。我国制造业迎来了“由大变强”的难得机遇,制造业发展面临着资源环境约束不断强化、人口红利逐渐消失等多重因素的影响,人才是第一资源的重要性更加凸显。《中国制造 2025》第一次从国家战略层面描绘建设制造强国的宏伟蓝图,并把人才作为建设制造强国的根本,对人才发展提出了新的更高要求。本文探讨了全球制造业发展趋势,智能制造相关专业的建设,结合天津职业技术师范大学机器人工程、智能制造工程专业建设的实践,探讨了智能制造应用型人才培养的思考。

1 制造业现状及发展趋势

1.1 全球面临制造模式变革

如图 1 所示,全球制造业面临着劳动力短缺、产能过剩等问题,发达国家都在研究、谋划、部署,对高

端制造业布局,以打造国家竞争新优势,抢占新一轮发展制高点。

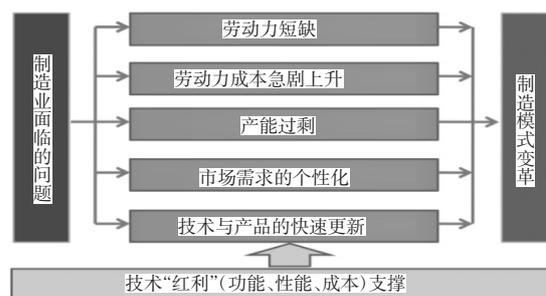


图 1 全球面临制造模式变革

(1) 美国的“制造创新网络”战略

国际金融危机爆发之后,时任美国总统奥巴马呼吁要“重新回归制造业”,通过快速发展人工智能、机器人和数字制造技术,重构制造业的竞争格局,实现制造模式变革。2012 年启动美国国家制造创新网络(NNMI)战略计划,并于 2013 年发布机器人发展路线图,机器人被列为美国实现制造业变革、促进经济发展的核心技术。

(2) 欧盟的“新工业革命”战略

2012 年,欧盟委员会提出“新工业革命”理念,强调技术创新与结构改革,更有效和可持续地利用资源,同时大力推进新的生产方式,包括机器人、数字

收稿日期:2019-06-15

基金项目:天津市科技军民融合重大专项:轻型高机动救援机器人平台关键技术研发(18ZXJMTG00160);天津市科技支撑重点项目:大型液化石油气球形储罐焊缝缺陷检测机器人研发(18YFZCSF00600)

专家简介:邓三鹏(1978-),教授,博士,博导,天津职业技术师范大学机器人及智能装备研究所所长,天津市机器人学会副会长兼秘书长,中国留学人员回国创业人才,天津市特聘青年学者,天津市科技创新创业人才,天津市 131 创新型人才,全国职业院校技能大赛专家,金砖国家技能发展与技术创新大赛专家,中国技能大赛专家,获天津市科技进步奖 4 项,教学成果奖 2 项。研究方向为智能机器人技术及应用,智能制造装备设计及工程应用。

技术等新兴产业。2013年,德国提出“工业4.0”战略,旨在提升制造业的智能化水平,建立具有适应性、资源效率及人因工程学的智慧工厂,在商业流程及价值流程中整合客户及商业伙伴。

(3) 日本的“产业复兴”计划

2013年,日本推出的《日本复兴战略》提出了“日本产业复兴计划”、“战略市场创造计划”以及“国际拓展战略”,强调了制度改革和科学技术创新在日本经济再生中的关键作用,重申了要强化日本综合科学技术会议作为科技创新总司令部的职能,推出了推动跨部门的战略性创新项目等重要措施,将机器人产业作为“新产业发展战略”中7大重点扶持的产业之一,把机器人作为经济增长战略的重要支柱。

(4) 韩国的“智能机器人基本计划”

2009年,韩国制定了“智能机器人基本计划”,并

于2012年10月发布了“机器人未来战略展望2022”,指明了机器人未来的发展方向。

(5) 中国的“中国制造2025”规划

2015年5月,国务院公布了《中国制造2025》规划,是中国政府实施制造强国战略的第一个十年行动纲领,规划提出,坚持“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”的基本方针,坚持“市场主导、政府引导,立足当前、着眼长远,整体推进、重点突破,自主发展、开放合作”的基本原则,通过“三步走”实现制造强国的战略目标:第一步,到2025年迈入制造强国行列;第二步,到2035年中国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平;第三步,到新中国成立一百年时,综合实力进入世界制造强国前列。其具体内涵如图2所示。

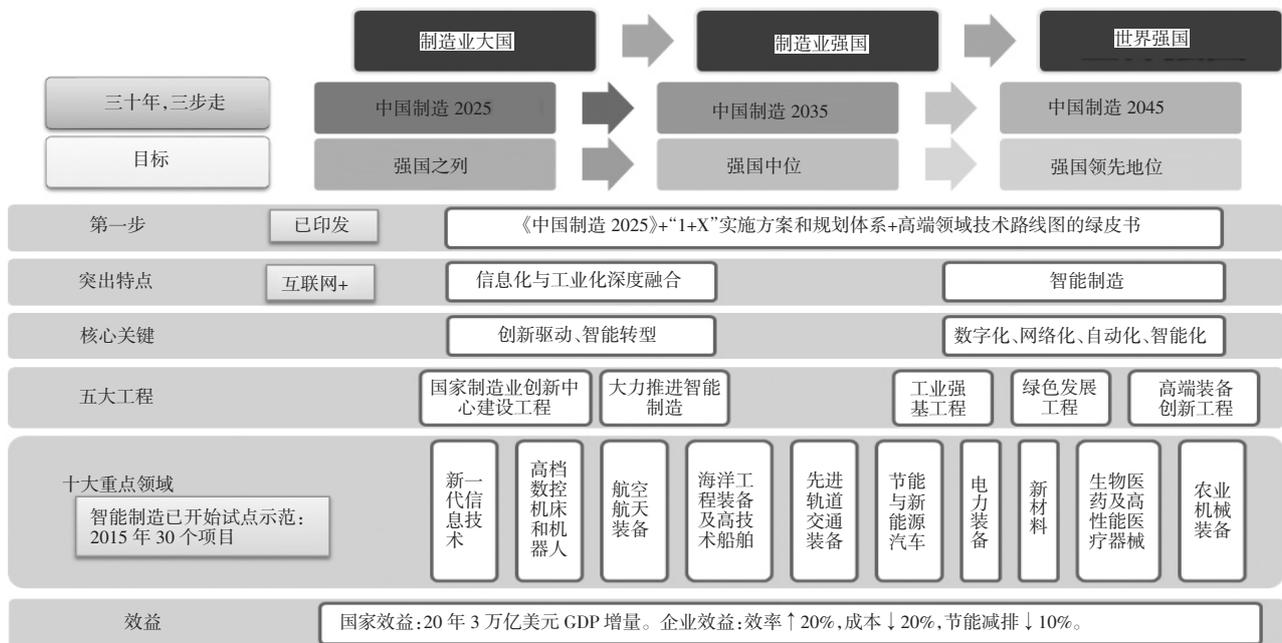


图2 中国制造2025的具体内涵

1.2 世界制造中心的演变

伴随世界制造业的发展,在不同的阶段形成了四大世界级制造中心,如图3所示。目前,中国已经成为全球第二大经济体,极可能成为第五个世界制造中心。

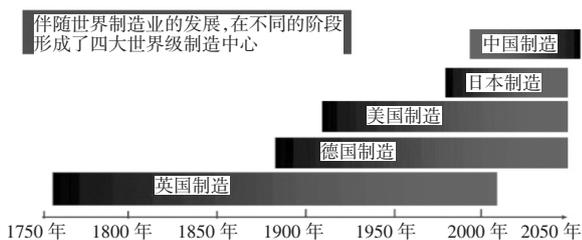


图3 在不同的阶段形成了四大世界级制造中心

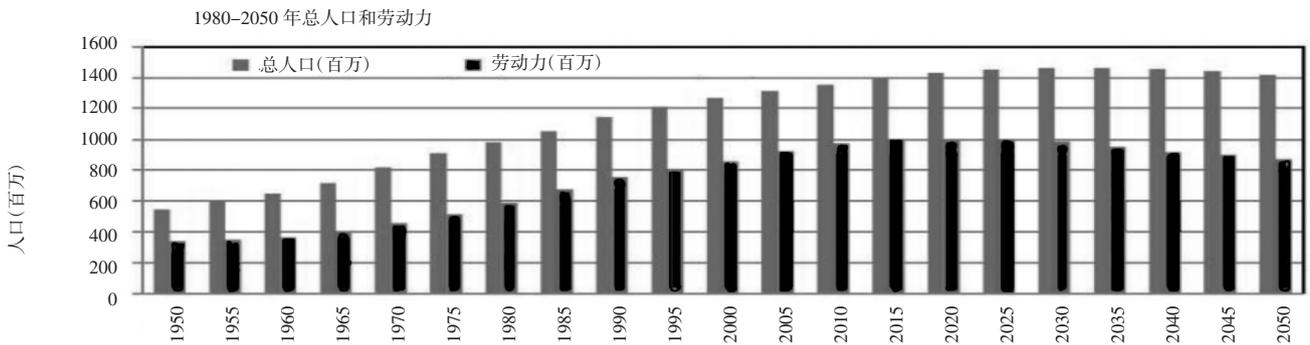
1.3 中国制造模式及其困境

改革开放40多年来,科技进步在制造领域发挥了重要作用,“人口红利”与“政策红利”相辅相成,显著提高了“中国制造”产品的市场竞争力。

第六次人口普查显示:老龄化人口占整个人口比重为8.9%,人口在2015年处于刘易斯拐点,到2050年时老龄人口将占到30%(这是绝对的人工荒);中国劳动力成本持续增长,人口红利消失(已成为亚洲新兴国家中人力成本最高的国家),中国劳动力出现结构性短缺,老龄化少子化严重,人海战术难以以为继,60岁达2.12亿/占到15.5%、65岁达1.38亿/10.1%,劳动力每年减少500万左右;90后的劳动

观念发生转变,将迫使低端制造业离开中国流向更低劳动力成本国家。图4所示为联合国秘书处2010

年公布的1980~2050年,世界总人口和劳动力的情况及预测。



资料来源:联合国秘书处,“世界人口前景,2010年展望”

图4 1980~2050年世界总人口和劳动力的情况及预测

中国有很多制造企业尚处于产业链中低附加值的阶段。例如富士康公司给苹果代工生产 iPhone,如图5所示,其所分到的利润不足2%。

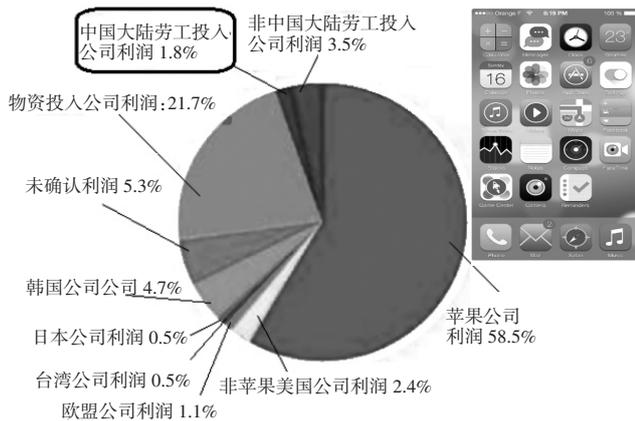


图5 2010年 iPhone 产品的利润分配格局

中国制造模式面临着三大困境:①劳动力结构性短缺,人口红利到期,劳动力效率低,仅为美国的1/10;②高成本、低附加值;③单位GDP耗能高:8倍于日本、4倍于美国、2倍于韩国,资源环境无以为继。中国制造模式难以持续,急需转型。

1.4 全球制造业发展趋势

机器人改变了生产方式,带来了制造业模式的变革。新一轮工业革命呼唤着机器人发展,劳动力成本不断上升加速机器人需求,新技术进步提升机器人性能,客户化定制依赖于机器人制造。

- 全球制造业发展三项关键技术:
- 生产方式:数字化制造;
 - 生产决策:人工智能;
 - 生产工具:智能机器人。

2 智能制造相关专业的发展

2.1 新工科专业建设

为主动应对新一轮科技革命与产业变革,支撑服务创新驱动发展、“中国制造2025”等一系列国家战略。2017年2月以来,教育部积极推进新工科建设,先后形成了“复旦共识”、“天大行动”和“北京指南”,并发布了《关于开展新工科研究与实践的通知》、《关于推进新工科研究与实践项目的通知》,全力探索形成领跑全球工程教育的中国模式、中国经验,助力高等教育强国建设。与传统的工程教育相比较,新工科建设更加注重与产业对接,更加注重学科交叉,更加注重创新创业育人体系建设,更加注重以学生为中心,更加注重开阔视野。随后许多本科院校相继本科院校开设了机器人工程、智能制造工程、智能科学与技术、物联网工程、智能电网信息工程等智能制造类新工科专业。如图6所示,以机器人工程专业为例,新工科专业发展迅速,至2019年,教育部正式备案的机器人工程本科专业达到186所。

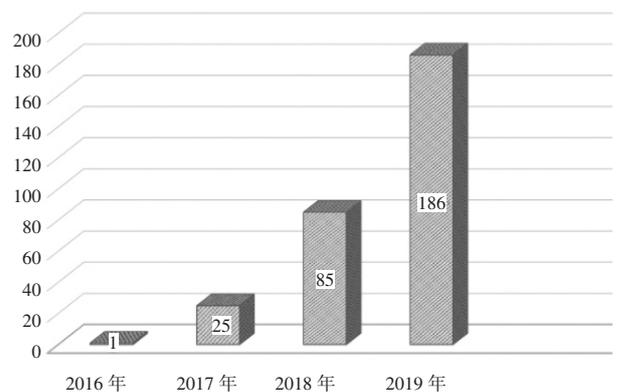


图6 新工科专业机器人工程开设情况

2.2 新职教专业建设

工业机器人作为高端制造业中不可替代的重要装备和手段,已成为衡量一个国家制造业水平和科技水平的重要标志。目前我国正处于加快转型升级的重要时期,以工业机器人为主体的机器人产业,正是破解我国产业成本上升、环境制约问题的重要路径选择。中国工业机器人市场近年来持续表现强劲,市场容量不断扩大。产业的发展急需大量高素质高级技能型专门人才,人才短缺已经成为产业发展的瓶颈。为适应企业对技能型人才的需求,职业本科、高职高专院校开设了工业机器人技术、智能控制技术、工业网络技术智能制造类新职教专业,中等职业学校开设了“工业机器人技术应用”专业,进行智能制造紧缺人才的培养,如图7所示,以高职高专工业机器人技术专业的开设情况为例,专业发展迅速。

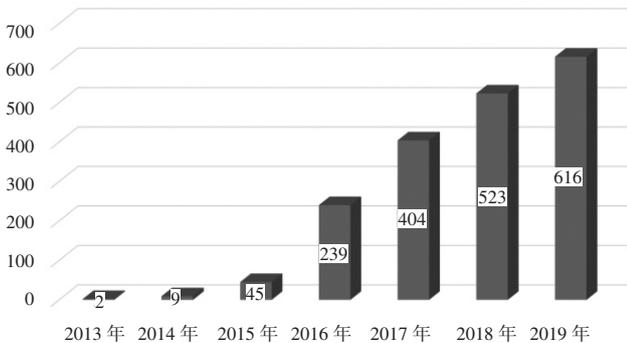


图7 高职高专工业机器人技术专业开设情况

3 智能制造应用型人才培养的实践与思考

2010年,天津职业技术师范大学机电工程系在机电技术教育专业增设了机器人方向,2018年获批机器人工程专业,2019年获批智能制造工程专业,积极进行智能制造紧缺职教师资和高级专门应用人才的培养。在教学模式,实践教学体系建设,特色教材开发和职教师资培养等方面形成了特色。

3.1 产业对人才的需求

(1) 国家相关政策规划

为深入实施《中国制造2025》,2016年12月,教育部、人力资源和社会保障部等部门共同编制了《制造业人才发展规划指南》。接下来国家又颁布了一系列相关文件:《增强制造业核心竞争力三年行动计划(2018-2020年)》、《机器人产业发展规划(2016-2020年)》、《中国制造2025重点领域技术路线图》、《国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见》、《国务院关于印发国家职业教育改革实施方案的通知》、《关于实施中国特色高水平高职学校和专业建设计划的意见》等。

(2) 我国机器人产业对人才的需求状况

受劳动力结构性短缺、劳动力成本迅速上升及全球制造业模式变革的影响,机器人换人方案成为各行业的首选,造成整个社会对工业机器人的需求出现井喷现象,无论是在数量上,还是在技术结构上,在研发、制造、集成、安装、调试、维修、销售、服务等方面都对人才提出了新的要求。从机器人制造商需要的研发工程师和技术支持工程师、系统集成商需求的系统集成工程师和售前售后技术支持工程师,到机器人应用需要的运维工程师,都彰显出机器人产业对人才的大量而迫切的需求。工业机器人应用人才岗位分布及能力要求如图8所示。



图8 工业机器人应用人才岗位分布及能力要求

3.2 深化教学模式改革,创新实践教学体系

针对企业的需求,更加注重培养学生创新精神和实践能力为主线,坚持理论、设计、实验、实训“四位一体”教学模式,如图9所示;充分调研,以产业需求为导向;坚持机电融合。形成理论与实践融合、机与电融合、技能与工程融合、校与企融合的“四融合”教学特色。实施并完善“三层次、五阶段”实践教学体系,在工程实践教学阶段,分基础层、核心层和拓展层实施教学,培养职业能力和工程能力。①通过职业基本技能训练和工业系统认识实习,培养职业基本技能和工程概念认知;②通过高新、复合技能训练,培养相应工种职业技能和职业素质及应用能力和工程意识;③通过创新实践活动,培养解决生产实际问题能力和创新实践能力。如图10所示。

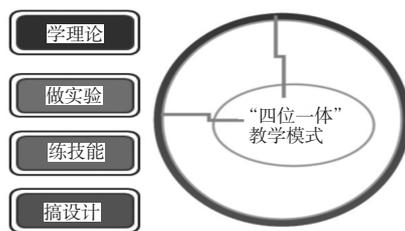


图9 “四位一体”教学模式

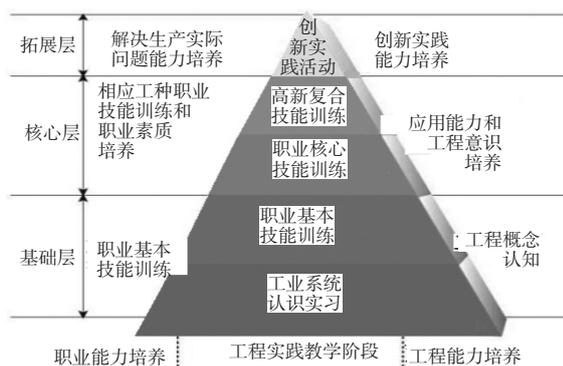


图 10 “三层次、五阶段”实践教学体系

基于“三层次、五阶段”实践教学体系,构建了机器人技术基础、仿真、应用编程和智能制造四大实验实训室,建设了工业机器人“理、虚、实”一体化实验实训中心,以学校模拟现场工程环境与企业实际项目相融合的模式,注重专业理论学习与技能训练的结合,将职业技能等级考核与实训教学相结合,开发特色实训教学环节,将实践能力培养贯穿于整个人才的培养过程中。

3.2.1 基础实训

基础实训室能对智能制造领域的学生进行基础性、系统性的基础知识实训,配备全开放的教学机器人平台,学习工业机器人技术基础知识,掌握机器人典型机械结构,控制架构和软件操作方法,支撑工业机器人技术基础核心课程。配备了机器人用 RV/谐波减速器拆装实训装置,机械手拆装实训装置,直角坐标机器人综合实训系统,AGV,并联机器人,工业机器人装调与维修实训系统(如图 11 所示)等,其中 BNRT-BRICS-RBT3 型工业机器人装调与维修实训系统紧贴国家工业机器人相关职业技能等级考核标

准研发,针对工业机器人的应用和维修工作,以搬运、涂胶、装配等典型应用为背景,融合了机械安装、电气接线、气压驱动、PLC 控制、人机交互、标定和校准等应用技术,涵盖了工业机器人工作站在安装、调试、编程、运维、标定和校准过程中的技能内容,涵盖知识点全面,配套资源丰富,适合实训教学、竞赛训练和 1+X 职业技能等级考核等。



图 11 工业机器人装调与维修实训系统

3.2.2 仿真实训

配备纯仿真软件,半实物仿真和实物验证系统来学习机器人基础,模拟操作机器人、搭建典型工作站和生产线等,通过仿真学习,降低了教学成本,提高了安全性,丰富了教学内容。针对教学的需要,天津职业技术师范大学机器人及智能装备研究所联合天津博诺机器人技术有限公司进行技术攻关,成功开发了一款功能强大的智能制造生产线仿真软件—IRobotSIM 及工业机器人模拟训练机等产品,IRobotSIM 软件丰富的 3D 设备库如图 12 所示。

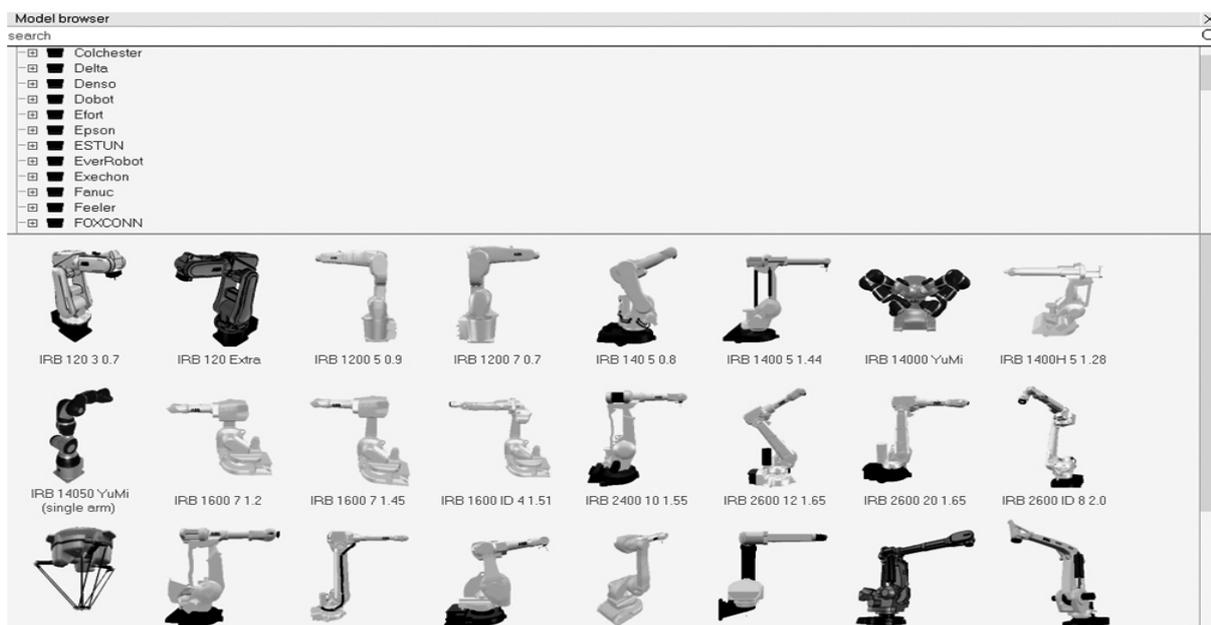


图 12 IRobotSIM 软件丰富的 3D 设备库

(1) IRobotSIM 智能制造生产线仿真软件: IRobot-SIM 软件在虚拟环境中对机器人、制造过程进行仿真,真实地模拟生产线的运动和节拍,实现智能制造生产线的分析与规划,具有丰富的 3D 设备库,支持用户模型导入和定制、物理、传感器仿真,机器人离线编程,便捷的拖曳操作,大场景的优秀仿真效果,强大 API 和数字孪生开发功能等,降低安全风险,节约了经费,提升了效率。

(2) 工业机器人模拟训练机如图 13 所示,采用真实的控制系统和手持示教器控制虚拟的工业机器人完成现场示教编程教学。通过更换手持示教器和工业机器人模型能够对 ABB、KUKA、FANUC、安川等多种品牌工业机器人进行真实示教编程训练。提供针对不同行业应用的工艺包,如码垛、搬运、装配、分拣、机床上下料、焊接、打磨、喷涂等。



图 13 工业机器人模拟训练机

3.2.3 应用编程实训

应用编程实训室配备各种典型的工业机器人工作站和作业工具学习工业机器人系统,熟练掌握工业机器人及工作站的编程操作,主要支撑工业机器人编程操作、工业机器人现场编程、工业机器人技术及应用等核心课程。配备了工业机器人虚实一体实训系统,工业机器人综合应用实训系统,工业机器人搬运、雕刻、分拣、焊接、协作等应用工作站。

(1) 工业机器人虚实一体实训系统如图 14 所示,由 PLC 控制器、输送线、送料系统、仓储模块、分拣系统、装配系统、6 轴工业机器人、仿真软件等组成。基于 IRobotSIM 仿真软件强大的数字孪生功能开发,实现了硬件和软件的实时同步联动。分拣系统可实现对金属、颜色等多种物料进行分拣;采用西门子 SIMATIC S7-1200/1500,完成工件的出库、运输、分拣、搬运、装配、入库,实时再现工业生产流程控制。

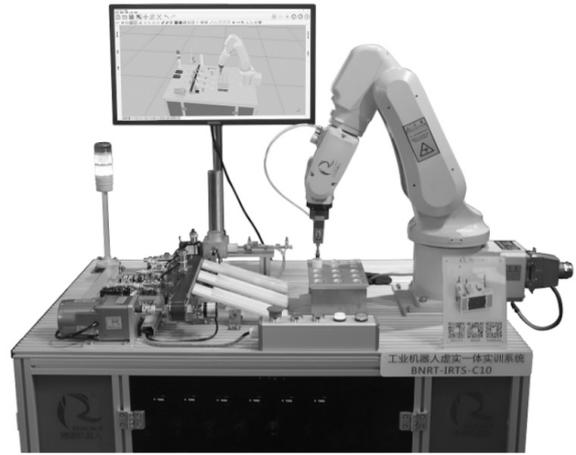


图 14 工业机器人虚实一体实训系统

(2) 工业机器人综合应用实训系统如图 15 所示,能够再现工业领域搬运、码垛、上下料、装配、焊接、抛光、喷涂、绘图、循迹、视觉检测等典型应用,可满足汽车制造、机械加工、物流等行业对工业机器人编程与操作训练需求;开放性好、与工业实际应用融合度高、可操作性强;涉及的技术包括:工业机器人编程、PLC 控制、视觉处理、人机交互、传感器检测、机械结构与系统装调、智能仓储等。涵盖知识点全面,配套资源丰富,适合实训教学、竞赛训练和 1+X 职业技能等级考核等。



图 15 工业机器人综合应用实训系统

3.2.4 智能制造生产线实训

配置典型多工业机器人工作站及常用外围设备学习工业机器人系统集成技术、掌握智能生产线管理、PLC 主控、总线与网络通信,人机交互(HIMI)、作业流程优化 MES 核心技术,提高大系统掌控能力,主要针对工业机器人系统集成,工业机器人应用综合实训,智能生产线运营与调试等核心课程。如图 16 所示。

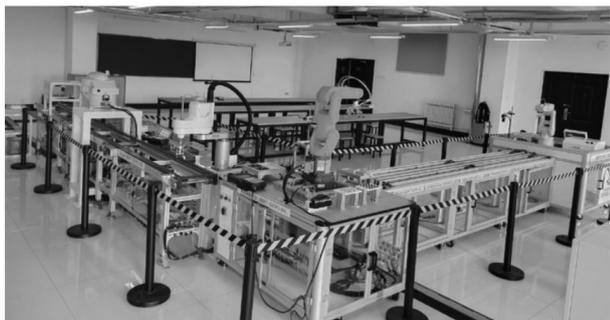
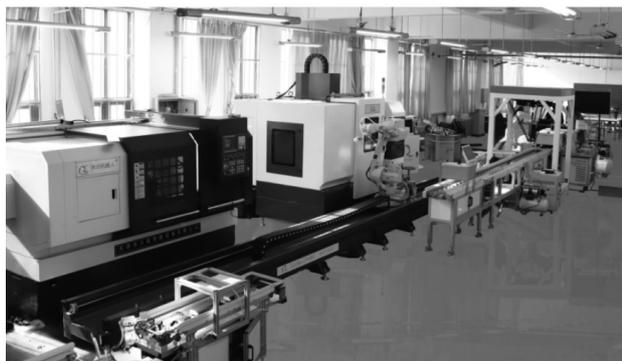


图 16 智能制造生产线实训系统

3.3 以“项目驱动、工作过程”为导向开发特色教材

围绕机器人实际应用,以工作任务为依据,以真实的工作任务为载体,设计项目模块,以工作过程为导向,做到知识学习与技能训练融合,实现“教、学、做”一体化,出版“十三五”智能制造高级应用型人才培养规划系列教材,例如《ABB 工业机器人编程与操作》《移动机器人技术应用》《工业机器人系统集成技术》《工业机器人装调维修技术》等。

3.4 职教师资的培养

2010年开始,按照“四模块六能力”模式培养机器人职教师资:四模块六能力具体为:(1)师范训练模块,用于培养①教师基本技能;(2)实习实训模块,

培养②初步工程能力、③较高职业技能;(3)实验设计模块,培养④设计开发能力、⑤基本实验能力;(4)科技活动模块,培养⑥实践创新能力。2018年机电技术教育(机器人方向)更名为机器人工程,进行更加深入的机器人职教师资培养的探索。开展了多场智能制造专业建设研讨会和多期智能制造师资研修班,着力提升智能制造职教师资的能力。2018年,“智能制造领域紧缺职教师资人才培养模式的探索与实践”荣获天津市第八届高等教育天津市级教学成果一等奖。

4 结束语

新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起,产业格局深度调整,我国制造业迎来“由大变强”的难得机遇,人才紧缺成为产业转型升级的瓶颈,本文首先分析了全球制造业发展趋势,智能制造相关专业的建设,结合天津职业技术师范大学机器人工程、智能制造工程专业建设的实践,探讨了智能制造应用型人才培养教学理念、实验实训室建设、师资培养等多个方面,智能制造内涵丰富,还需要不断的探索、实践创新,期望能给智能制造应用型人才培养带来一定的借鉴。

参考文献:

- [1] 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知[Z].中华人民共和国国务院公报,2015.
- [2] 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(17):2273-2284.
- [3] 《中国制造 2025》与工程技术人才培养研究课题组.《中国制造 2025》与工程技术人才培养[J].高等工程教育研究,2015(6):6-10.

Practice and Reflection on the Cultivation of Intelligent Manufacturing Applied Talents

DENG San-peng¹, HAN Hao¹, ZHANG Xiang-ling², QI Yu-ming¹

(1. Institute of Robotics and Intelligent Equipment, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin 300222, China; 2. Tianjin Bonus Intelligent Creative Robotics Co., Ltd., Tianjin 300353, China)

Abstract: A new round of scientific and technological revolution and industrial transformation, the depth adjustment of the industrial structure, the development of manufacturing industry as a strategy to seize the commanding heights of future competition, the implementation of manufacturing strategy to support the development of talents, increase investment in human capital, reform innovation education and training system. China's manufacturing industry is faced with the impact of multiple factors, such as the strengthening of resource and environmental constraints and the gradual disappearance of the demographic dividend. The importance of talent as the first resource is even more prominent. Based on the construction practice of robot engineering and intelligent manufacturing engineering in Tianjin University of Technology and Education, discusses the thinking of intelligent manufacturing applied talents training.

Key words: made in China 2025; intelligent manufacturing; industrial robot; personnel training

邓三鹏（1978-），教授，工学博士，博士研究生导师，天津职业技术师范大学机电工程系主任机器人及智能装备研究所所长，《装备制造技术》杂志编委，荣获天津市科技进步奖二等奖 2 项，三等奖 2 项，天津市教学成果奖 2 项。主持省部级以上课题 10 余项，授权专利 60 余项，发表论文 100 余篇，主编教材 10 余部，研究方向



为特种机器人及其关键技术、机器人系统集成及应用技术、智能制造装备设计及工程应用、智能制造教育装备研发。

教育经历：

1997 年 9 月—2001 年 6 月：长春理工大学获工学学士学位；

2001 年 9 月—2004 年 3 月：天津大学获工学硕士学位；

2007 年 9 月—2011 年 6 月：北京理工大学获工学博士学位；

2015 年 4 月—2016 年 3 月：日本三重大学访问学者。

入选人才计划：

2018 年入选中国留学人员回国创业启动支持计划；2018 年入选天津市特聘教授青年学者；

2017 年入选天津市人才发展特殊支持计划；2017 年入选天津市创新人才推进计划；2017

年天津职业技术师范大学 2017 届毕业生最喜爱教师；2015 年天津市机电优秀教学团队负

责人；2013 年入选天津市“131”创新型人才；2012 年入选天津市高校“中青年骨干创新人才培养计划”。

社会兼职：

长春理工大学天津校友会会长；天津市机器人学会副会长兼秘书长；中国机器人峰会联席副秘书长；天津市科协智能制造学会联合体副秘书长；天津市科技计划评审专家；中国机械工程学会设备管理与维修分会理事；中国机电一体化技术应用协会智能机器人分会理事；全国高校机电类学科教指委委员；全国机械职业教育教指委智能制造专指委委员；全国职业院校技能大赛专家；全国机械行业职业教育技能大赛专家；一带一路暨金砖国家技能发展与技术创新大赛专家。

获奖项目：

1. 2018 年，“基于超高压水射流的破拆机器人关键技术研究及工程应用”荣获天津市科技进步二等奖；

2. 2018 年，“智能制造领域紧缺职教师资人才培养模式的探索与实践”荣获天津市第八届高等教育天津市级教学成果一等奖；

3. 2010 年，“储油罐油泥清理机器人”荣获天津市科技进步三等奖；

4. 2010 年，“兆瓦级风力发电液压动力控制单元研制”荣获天津市科技进步三等奖；

5. 2009 年，“聚丙烯酰胺干粉自动上料系统”荣获天津市科技进步二等奖；

6. 2009 年，“创建机械维修与检测技术专业培养高层次数控机床故障诊断与维修人才”获第六届高等教育天津市级教学成果二等奖。